企业

IBM PRESS

让世界更美好

让世界更美好

塑造了一个世纪和一家公司的理念

Kevin Maney · Steve Hamm · Jeffrey M. O'Brien
序言由彭明盛撰写

一百年前，IBM 的前身公司向迷蒙之中的未来迈出了第一步。在《*让世界更美好：塑造了一个世纪和一家公司的理念*》中，记者 Kevin Maney、Steve Hamm 和 Jeffrey M. O'Brien 讲述了一个关于进步的故事。通过这个故事，我们不仅可以了解 IBM 的深厚历史，还可以领略到更多东西。

通过广泛研究，他们考察了 IBM 对技术、对现代企业不断变化的角色以及对整个世界的实际运转方式的影响。最有趣的是，他们揭示了一套令人信服的理念。这些理念不仅在上个世纪迸发出巨大影响力，而且在接下来的一个世纪中，它们也可能塑造一个令人惊讶的未来，并且改变我们的思维方式。

让世界更美好

Maney · Hamm · O'Brien

ibmpressbooks.com

IBM Press
Pearson plc
Upper Saddle River, New Jersey 07458

IBM PRESS

让世界更美好

让世界更美好

塑造了
一个世纪和一家公司的
理念

IBM Press—Pearson plc

新泽西上马鞍河区，/波士顿/印第安纳波利斯/旧金山/
纽约/多伦多/蒙特利尔/伦敦/慕尼黑/巴黎/马德里/
开普敦/悉尼/东京/新加坡/墨西哥城

ibmpressbooks.com

作者和出版商在本书编制过程中尽量严谨，但不作任何形式保证，并且恕不对错误或疏漏承担责任。同时，我们也不对与使用本文所含信息或方案有关或因为这种使用而导致的任何偶然性或因果性损害负责。

© 版权所有 2011 国际商业机器公司。

封面及内部设计：VSA Partners, Inc.

编辑：Mike Wing

原稿编辑：Pennie Rossini

内容核实：Janet Byrne

索引编制：Robert Swanson

翻译：宝阁文 — 韩芹静 & 王晓丽

语言审核：祁金华

汤磊磊

申小乙

孟　岩

以下词语是 IBM 公司在全球许多司法辖区的商标：IBM、IBM Press、THINK、Blue Gene、CICS、Deep Blue、Lotus、PROFS、InnovationJam、Cognos、ILOG、Maximo、Smarter Planet、Global Business Services、World Community Grid、On Demand Community、Many Eyes、DB2 和 Blue Gene/L。要了解 IBM 最新的商标清单，请访问其版权和商标信息网站，网址为 www.ibm.com/legal/copytrade.shtml。

Intel 和 Pentium 是 Intel Corporation 或其子公司在美国和其他国家或地区的商标或注册商标。

UNIX 是 The Open Group 在美国和其他国家/地区的注册商标。

Linux 是 Linus Torvalds 在美国和/或其他国家或地区的注册商标。

其他公司、产品和服务名称可能是其他公司的商标或服务标识。

国会图书馆出版物编目数据已存档。

保留所有权利。本出版物受版权法保护，若未获得出版商事先的许可，严禁以任何形式或方式（电子、机械、影印、录音或任何类似方式）复制、存储到检索系统中或传播。

在美国印地安那州克劳福兹维尔 R.R. Donnelley 采用再生纸张印刷。

2011 年 8 月第一次印刷

目录

前言：关于变革与进步 6

开拓引领信息科技 14

感知 20
记忆 36
处理 52
逻辑 68
连接 88
架构 102

重塑现代企业 134

精心培育企业文化 142
利用知识创造经济价值 168
走向全球 198
企业如何与社会交融 222

让世界更美好 244

看 258
理 268
悟 278
信 296
行 310

致谢 328
文注 329
图片来源 339
索引 340
作者简介 352

关于变革与进步

彭明盛

IBM 公司董事长、总裁和首席执行官

要评价一个组织的历史影响，有一个简单的方法，那就是回答这样一个问题：世界如何因为它的存在而变得不同？

本书出版的日期，2011 年 6 月 16 日，对 IBM 来说有着特殊的意义：这是我们庆祝公司成立一百周年的日子。对于今天的 IBM 人来说，在亲历了公司成长过程中的一个重要的历史阶段之后，“IBM 百年”意味着对公司历史传奇的重温，以及对其未来影响的思考。

但我们相信，我们从历史中所学到的东西有着更广泛的意义。不论你是希望了解科学技术的发展轨迹、创办并经营一个成功的企业，还是推动世界的进步，你都应该可以从 IBM 的发展历程中学到很多东西。这些经验的意义远远超越一家公司自身的范畴，我们自己也希望能更好地了解它们，因此我们决定创作一件不同于传统纪念性出版物的作品。

我们不是简单地记载公司的一长串成就，而是找到了多年以来一直在报道我们行业的 3 位记者。事实上，他们都曾采访过我。他们拥有丰富的科技、商业和历史知识，并且每一位都对 IBM 的历史经验有独到见解。另外，他们都是一流的

记者。我们请他们深入介绍与世界的变化方式有关的 3 个方面，并探讨IBM在这种变化中所扮演的角色。

他们的研究结果深深吸引了我，尤其是他们所揭示的基本理念。当然，我们公司素以老托马斯•沃森的基本理念 — 就是那些指导着 IBM 人行为的准则 — 而闻名于世。而且在近几年，我们还合全员之力重新审视和定义了我们的核心价值观。有趣的是，在本书创作过程中所进行的研究揭示了另一套“新”的思想。这些思想虽然此前从未被正式提及，但从IBM诞生一直到现在，它们始终渗透在 IBM 之中。

其中之一与计算和信息科学的本质有关。Kevin Maney 探讨了这一科技分支的历史以及它所催生的产业，他的工作让我们意识到，这个行业的丰富性和细致程度远远超过了当今大多数人的认识。如果你对于 IT 行业的认识来自媒体，你可能认为IT的故事就分为 2 个阶段 — 硬件和软件。或者说，可以将其整个划分为前互联网时代和后互联网时代。而在 Kevin 的“长镜头”之下，我们见到了一个关于计算的多维历

史，了解到IBM在塑造该行业中的角色，并更深入地认识了IT在推动历史、塑造现实的过程中的重大作用。

但他没有就此止步。正如Kevin所认为的，计算的核心要素反映了人脑的关键特质，计算的进化展示人的思维如何改变工具，而工具又如何反过来改变人的思维。这种更深入的认识表明，科学真理不是非此即彼的，而科学发现也不能简单的以前后论之。在21世纪之初的今天，我们发现自己站在科学思想和技术实践的拐点上，此时此刻，全球的领导者和普通民众都必须深入研究和思考，才能在信息主导的未来世界中驾驭潮流。

同样，Steve Hamm在审视IBM如何发展成一个新型商业机构时，也不只是记载了一个公司的成绩、错误和不断重塑的过程。Steve就一些老生常谈的话题提出了有趣的新观点。以信息经济的出现为例。我们都知道，从原子到比特的转变是经济价值的来源。但它还有更深的意义。由于信息无边界，因此它不可避免地导致全球经济一体化，并且促进商业和社会的日益趋同。我们了解到，“走向全球”所涉及的远不仅仅是地理

问题，同时也远远不只是在全球各地开办业务那样简单。最后，这一部分强调指出，一个持久的组织文化并不是简单的成事在天，而是组织中所有人的努力成就，此种努力远远不只是着装规定和团队建设练习那么表面。

在托马斯•沃森父子的时代，他们没有我们今天这么精致复杂的语言来描述诸如企业之类的复杂系统，他们也没有近半个世纪以来才发展出来的那些科技和商业的工具，但他们确实拥有一种信念，创建一种与众不同的企业的信念 — 或者说是关于企业应该搞成什么样子的直觉冲动。正是在这些冲动的驱使之下，IBM 在整个 20 世纪对于塑造现代企业进行了不懈的探索。Steve 在文章中令人信服地指出，IBM 仍在演变，而这种演变继续帮助包括企业、政府、教育机构在内的所有组织能够以新的思维回答一些最根本的问题，比如：如何创造价值？如何吸引、培养和留住人才？如何组织和管理自身？在社会中扮演什么角色？如何能与众不同？

最后，Jeff O'Brien 的研究通过令人信服的实例告诉我们，如何才能在一个日益复杂和相互联系的世界中跨越困难，推动世界的进步。当你

以十年的跨度来审视IBM和其他人所从事的工作时（这些工作正在不断加速），便会看到特定的行为模式和思想模式。无论技术多么强大，单靠技术本身无法实现系统性的变革。事实证明，要审慎地变革世界，需要更广博、更具长远眼光的方法，并且掌握某些基本的步骤。

纵观过去一个世纪的发展，Jeff 发现了一个简洁、直观并且强大的进步的模式。今天，在新技术的推动下，这个模式也在不断更新，我们可以对自然和社会方方面面的大量新数据进行“看”、“理”、“悟”，从而为推动世界进步打通了路径。然而，这些故事表明，“行”——以可持续的方式改造我们星球上的复杂系统——在最根本上依赖于信念，而不是数据。我们的学习取决于是否事先对自己的学习能力有信心——就像老托马斯•沃森经常所说的“思考”。

贯穿全书的主角是一家集体的企业，这家企业以思想的力量为基础－思想的经济力量、激励和结构力量以及变革力量。这些都是推动进步的思想。我在这里所说的“进步”，是指建立这样一个世界：它不仅更加繁荣、可持续和更为公平，而且还能够不断改造自己，即，一个不断学

习的世界。一个最优秀的IBM人应当将这种对进步的追求反映在其一切行为之中。

现在，我们可以用科学的眼光来探讨和追忆这种思想。我们也可以把它们放在管理理论的框架内来审视它们。但事实上，与此最相关的学科似乎是历史 — 因此，便有了这本书和这几位作者。

就我个人而言，我要说，这种方法令我这样的老文科生颇感鼓舞。在公司 38 年的职业生涯中，我不止一次开玩笑地说过，我要为我缺乏理工科背景表示道歉。事实上，周围那些杰出的工程师、科学家、MBA 和其他类似的思想者可能会让你感到胆怯，并且毫无疑问的是，本书各个章节令人称奇的故事丝毫不能帮助你克服这种感觉。相反，它们只会让你觉得，你必须始终保持一种深刻的谦卑感。我不禁对我此时此刻能在这个机构担任这个职位感到惊讶。我真的很幸运。

不过，我仍然乐于看到历史镜头所揭示的与我们公司、公司发展所处的世界环境以及公司影响的轨迹有关的东西。毫无疑问，站在历史的高度，我们可以用IBM人在先前无法做到的方式审

视 IBM —— 在我们 100 周年之际，这样做似乎是恰当的。

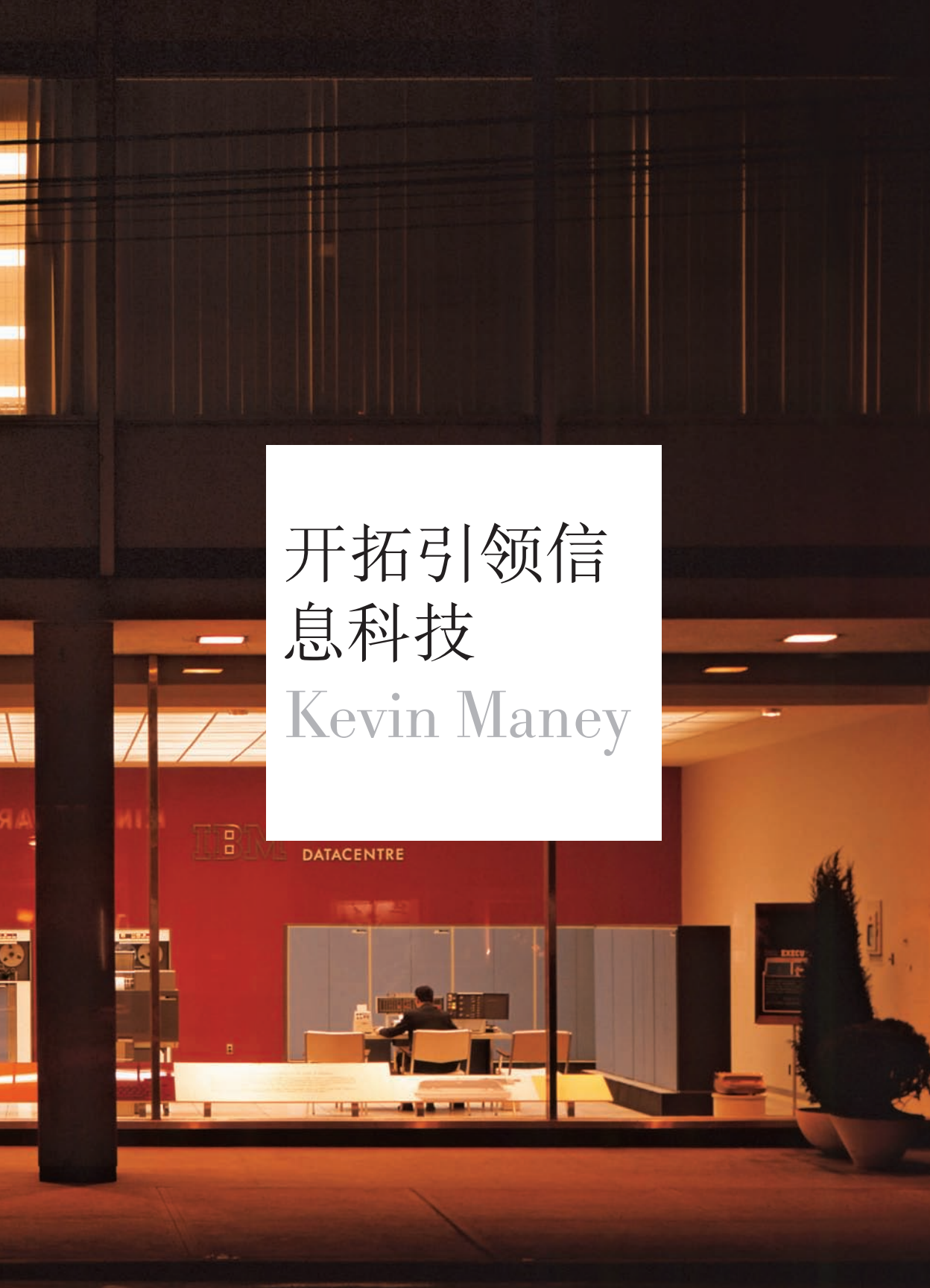
世界因为 IBM 的存在如何变得不同？本书给出了一份精彩的答卷，同时也提出了一些意味深长的新问题。

全体 IBM 人和我本人都为此时此刻能成为这个历程中的一员而感到自豪。先驱者创立了这家公司，并留下了让我们倍感自豪的传统。对于他们留给我们的这个属于我们大家的企业，我们尽力照料。历史的轨迹汇合为一，为我们指明一个不同寻常的未来，这让我们为即将到来的巨大变革激动不已。

对于 IBM 的客户以及我们身处其中的社会来说，这一历史轨迹的汇合所预示的，就是智慧的地球。而对于IBM人来说，历史所指向的，则是一个新的未来，一个将要由一代新人 —— 明天的 IBM 人来构建的未来。你们正是这本书的读者。谨将此书献给你们。

• • •

IBM



开拓引领信息科技

Kevin Maney

1955 年 3 月 28 日，《时代周刊》的封面采用了一幅 IBM 总裁小托马斯•沃森 (Thomas Watson) 的画像，其后面是一台卡通机器人，旁边的标题为：“叮当叮当，思考畅想”。在那个年代，除了极少数专家外，几乎没有人亲眼目睹过电脑，接触者就更是寥寥无几了。时代杂志的这篇报道对运行在 Monsanto 办公大楼内的一台机器惊叹不已，这台机器正是由 IBM 公司制造。

“对 IBM 而言，它是 702 型电子数据处理机，”报道称，“而对于 Monsanto 和肃然起敬的参观者而言，它仅仅是一台‘巨型大脑’。”

对于电脑，我们总会不由自主地这样认为。无论是 1911 年、1955 年还是 2011 年，我们都将坚硬、僵硬、电子驱动的电脑与柔软、灵活、生物驱动的人脑这二者的功能等同起来。电脑终归是工具，而非人脑，就像锤子并非人手一样。然而这种比喻容易让人产生一种设想：随着电脑技术的进步，我们能将更多大脑负责的工作交由电脑完成，使它们与我们共同努力来改善世界并管理其日益增加的复杂性。IBM 自成立以来，很长一段时间都以这种方式来考虑计算能力。正如《时代周刊》在 1955 的某篇文章中所提到的：

> *IBM 的新大脑是公司著名口号“思考”在逻辑上的延伸。在巨型电脑时代，IBM 总裁小托马斯•约翰•沃森 (Thomas J. Watson Jr.) 将该口号应用于机器，而其父亲，即 IBM 董事会主席老托马斯•约翰•沃森 (Thomas J. Watson Sr.)，仅将其应用到了人类。总裁沃森希望日常业务中需要单调、重复性“思维”的数百种流程实现机*

械化。进而将人类从繁杂的例行工作中解放出来，让大脑解决机器无能为力的问题：创造性思维。

当然，在过去 100 年中，全球与信息科学技术相关人员并未尝试制造能模仿人脑工作方式的电脑。目标始终都是提高独特的人类思考能力。尽管电脑曾击败世界象棋冠军并在电视智力竞赛《*危险边缘*》中战胜两名当时的冠军，但电脑无法进行推理，自动投球机也不可能成为棒球明星。不过，计算能力的发展不仅仅只是解决了真正困难的数学问题。

信息技术完全改变了我们的思维方式。它在向前发展的过程中，让我们领略到了各种可能性，并将我们的头脑解放出来，得以梦想未来的宏伟蓝图。这些梦想激发我们构建更好的技术，然后我们便会就技术的用途产生新念头。

但小沃森 (Watson Jr.) 忽略了信息革命的部分内容。传感器、存储器、处理器、软件、网络，所有这些计算能力构件可以通过协作从人脑中提炼出信息和思维流程。对人类所掌握的知识（甚至是做出决定的方式）进行捕捉和分享。然后再与有关自然和人类活动的数据（我们最近才开始通过传感器和电子事务以空前的数量与速度捕捉到的信息）相结合。技术正在将全世界的知识注入一个大熔炉，以此来创造更高层面的空间，或至少是更加广阔的意识领域。让机器思考的探索过程所实现的不是对具体人类思维的模仿，而是全新的思维方式。许多相互关联的个人几乎可以同时访问相同的信息库，并在机器的帮助下共同处理这些信息。我们正在创建一个由知识、人类和电脑组成的活跃环境，所有这些组成部分都相互支持。

这种相互依存的关系只有一个终极目标，即让世界更美好。我们在持续创造各种系统，来提高我们在这个星球上的生活水平。

IBM公司的历史可以追溯到1911年，当时是一家生产原始穿孔卡片机的公司。后来，公司凭借一项技术取得了蓬勃发展。利用该技术，不仅可以通过计算机网络为手持式器件提供如同超级计算机一样的模拟功能，还可以将计算与网络功能融入到商业与生活的方方面面。通过研究在信息技术发展的六个主要方面所取得的一次次突破，便可详细了解IBM公司的发展历程。

感知

从人类及活动中获取信息并传输至计算机的机制。

记忆

计算机存储并访问信息的方式。

处理

计算机的核心速度与能力。

逻辑

可以使计算机进行工作的软件与语言。

连接

计算机与人类和机器进行交流的方式。

架构

计算方式及信息思考方式的本质，这一本质在不断变化。

整体而言，这六个方面互相配合构成了现代计算环境。在描述这些方面不断发展的背后的故事中，可以找到来自世界各地精英人物的身影。其中包括来自贝尔实验室、Machines Bull、Cray Research、Intel、Xerox PARC、索尼、苹果公司以及其他公司的人员。过去 100 年中的每一个 10 年，IBM 都在计算科学发展史上扮演着举足轻重的角色。

在1911 年，金融家 Charles Flint 合并了三家小型技术公司：一家制造磅秤（可自动算出按重量销售的物品的总价）；一家制造制表机；一家制造工人在工厂打卡时用的计时器。最初，公司被命名为计算-制表-记录公司或 C-T-R。1914 年，老托马斯•沃森加盟该公司，并在 1924 年将公司更名为国际商业机器公司。凭借最初非常简单的信息产品，以及坚持不懈地尽一切努力使这些产品变得更好、更快、更高效、更智能，公司在 100 年中不断茁壮成长。

从沃森 1914 年加盟公司开始，他便提出了标志性口号“THINK”。自从那时起，他的公司在思维变革方面一直发挥着主导作用。

• • •

感知

要通过信息来处理任何事情，机器首先必须获取这些信息；它们需要感知世界。在过去 100 年中，计算机传感技术经历了从接触到听再到看等等这样一系列过程。

依靠计算机触感的穿孔卡作为信息输入的一种方式盛行了 60 年。

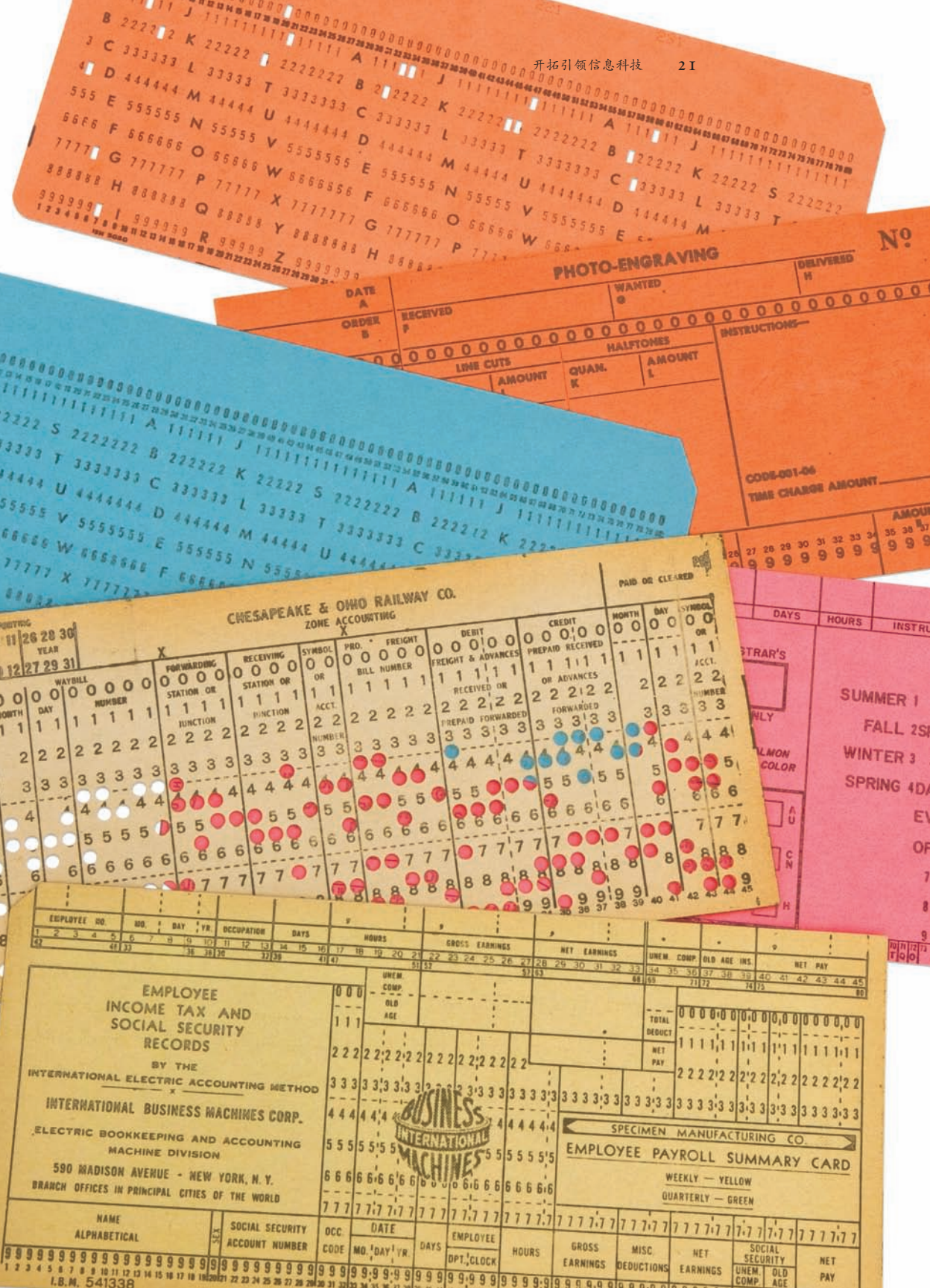


PHOTO-ENGRAVING
DATE
ORDER
RECEIVED
WANTED
DELIVERED
LINE CUTS
HALFTONES
AMOUNT
QUAN.
INSTRUCTIONS
CODE-001-06
TIME CHARGE AMOUNT
CHESAPEAKE & OHIO RAILWAY CO.
ZONE ACCOUNTING
PAID OR CLEARED
WAYBILL NUMBER
FORWARDING STATION OR JUNCTION
RECEIVING STATION OR JUNCTION
SYMBOL OR ACCT. NUMBER
PRO. BILL NUMBER
FREIGHT
DEBIT FREIGHT & ADVANCES
CREDIT PREPAID RECEIVED OR ADVANCES
MONTH
DAY
SYMBOL OR ACCT. NUMBER
DAYS
HOURS
SUMMER 1
FALL 2
WINTER 3
SPRING 4
EMPLOYEE NO.
OCCUPATION
GROSS EARNINGS
NET EARNINGS
UNEM. COMP.
OLD AGE INS.
NET PAY
EMPLOYEE INCOME TAX AND SOCIAL SECURITY RECORDS
BY THE INTERNATIONAL ELECTRIC ACCOUNTING METHOD
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.
ELECTRIC BOOKKEEPING AND ACCOUNTING MACHINE DIVISION
590 MADISON AVENUE - NEW YORK, N. Y.
BRANCH OFFICES IN PRINCIPAL CITIES OF THE WORLD
BUSINESS INTERNATIONAL MACHINES
SPECIMEN MANUFACTURING CO.
EMPLOYEE PAYROLL SUMMARY CARD
WEEKLY — YELLOW
QUARTERLY — GREEN
NAME ALPHABETICAL
SEX
SOCIAL SECURITY ACCOUNT NUMBER
OCC. CODE
DATE MO. DAY YR.
DAYS
EMPLOYEE DPT. CLOCK
HOURS
GROSS EARNINGS
MISC. DEDUCTIONS
NET EARNINGS
SOCIAL SECURITY UNEM. COMP.
OLD AGE
NET PAY
I.B.M. 541338

在肯尼亚中部的荒野中，有一些斑马成为了某一独特分段式点对点计算机网络的一部分。科学家在这些动物身上安装了内嵌计算机传感与发射器件的皮革项圈。这些器件中的GPS芯片可以使科学家跟踪每头斑马的活动情况，这些活动包括短距离的寻找水源活动，也包括在平原间进行迁徙。这些装置可以监控斑马的进食习惯，确定动物停留和进食的时长与地点，跟踪斑马与包括豹子和狮子（这些动物自身的进食习惯让斑马保持高度戒备状态）在内的其他动物之间的互动。[1]

每只斑马都充当了网络上的一个节点，这个网络被称为ZebraNet。只要ZebraNet器件之间的距离足够近，每个节点就会以无线方式向系统上其他十几个斑马节点发送其收集到的信息。这使得每个节点都会保存所有节点所收集到的全部信息。科学家只需驾车经过一只联网的斑马，即可将所有数据下载到笔记本电脑。

通过ZebraNet，科学家可以收集之前从未获悉的有关斑马行为的详细信息。例如，斑马在晚上会干些什么？“关于斑马的大多数知识都来源于白天的观察。没有人愿意在天黑后潜伏在有狮子出没的环境中，窥视并探究斑马的行踪，”普林斯顿大学教授、ZebraNet项目的首席研究员以及IBM研究院的前职员Margaret Martonosi说。

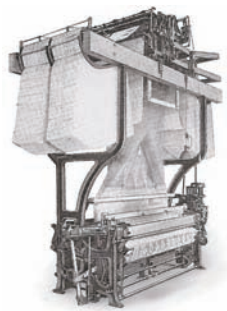
自2010年以来，计算与信息科学从传感技术的迅猛发展中受益匪浅。在爱尔兰，人们通过将节点与戈尔韦湾冰凉海水中的浮标相连来检测污染、研究危险波浪模式、监控海产品存储情况并将信息上传到互联网供大众浏览。医疗专家正在对体内传感器网络进行试验，该网络将使用针头大小的器件来跟踪患者的健康状况，并以无线方式向计算机发送相关数据。工业机器人可以借助计算机视觉与触觉传感器来组装汽车并检查缺陷。化学传感器可

以察觉到空气中的有毒物质。通过手机可以听到对手持装置发出的搜寻命令。[2]

人类使用自身感官（视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉）来收集信息并将其传递给大脑这一中央处理单元。在经过 100 年的发展后，计算机也终于在一定程度上开始获得这些传感功能了。计算机的传感功能在某些方面远不及人类的感知功能。不过计算机的传感功能也有人类无法企及的方面。比如说，在 GPS 的辅助下，计算机可以知道自身所处的位置。它们能察觉房间空气中分子结构的细微差别，还能够水下作业、内置于混凝土或纸尿裤内，而且决不会感觉疲劳。

在接下来的十年中，传感技术将改变我们思考的方式，也会改变计算机能够访问的数据。然而就在不久前，计算机传感技术还相当落后。未来计算机将能延伸并了解其所处的环境，不过，通往这样的一个时刻的整个进程充满了艰辛与挫折。在这条道路上，发明创造的光芒曾微微照亮过整片黑暗。

但是，在计算能力发展史的大部分时间中，计算机都曾面临着只能通过触觉来感知世界这一难题。



在开发穿孔卡时，Herman Hollerith 从 Jacquard 织布机以及所观察到的火车检票员为标记乘客特征而在车票上轧洞这一情景中汲取了灵感。

Herman Hollerith 在 19 岁时获得了哥伦比亚大学的工程学学士学位，然后担任美国国家统计局的统计员，在 1880 年的人口普查中协助统计人口信息。当时他需要访问国家快速壮大的人口信息，并按年龄、性别、种族和其他类别对这些信息进行细分，这项工作进展得极其缓慢且耗资不菲。局里的一位管理人员感叹没有一台能够加快人口信息统计速度的机器。毕竟，当时正值机器（机车、蒸汽磨坊、磅秤、蒸汽挖掘机）时代的开端。为何不设计专用于计算的机器？Hollerith 认同这一想法并开始着手构建用于计算的机器。[3]

在研究过程中 Hollerith 常常会发现，让机器计算比让其理解需计算*什么*要容易。来自外部世界的信息必须以某种方式进入 Hollerith 的制表机。必须由一台既不会看也不会听的机器来读取人口普查员写下的信息或公众寄来的信息。

为了解决这一问题，Hollerith 开始求助于历史。80 多年前在法国，Joseph Marie Jacquard 创造了一种让蒸汽驱动的织布机实现自动化的方法，这种方法指引织布机利用纸板卡片上穿透的一系列小孔。这些卡片包含数行与数列小孔，这些小孔可以构成不同的图案。传动装置上的倒钩将伸进卡片中。如果它们发现小孔，就会透过小孔穿针引线；如果未发现小孔，倒钩就处于受阻状态，不采取任何操作。通过以打孔方式在卡片上形成不同图案可以生产不同设计的纺织品。

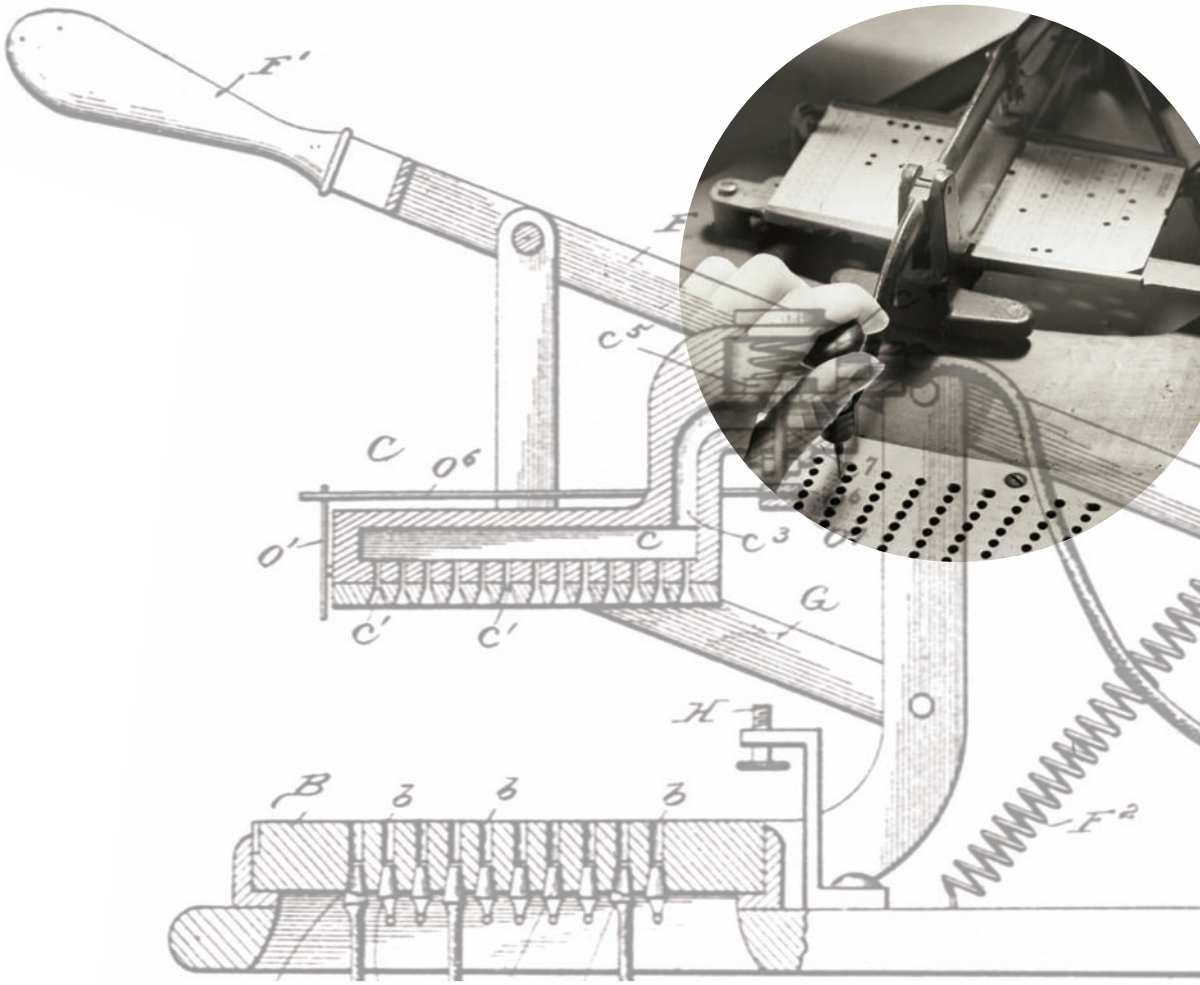
数十年后，英国数学家 Charles Babbage 在尝试创建蒸汽驱动式信息处理器时利用了 Jacquard 的设计。尽管 Babbage 未能成功创建差分机（或更具挑战性的分析机），但他就预期的由传动装置与机轴组成的多项式计算机草拟了详细的设计方案。对于数据输入，金属手指将伸入穿孔卡中的小孔里，以读取其中的信息，这与 Jacquard 织布机上倒钩的操作极其相似。

Hollerith 听说过 Babbage 和 Jacquard。就该方面而言，在 19 世纪头 10 年后期，第一位钢琴弹奏者通过在几卷厚纸中穿孔来弹奏音乐，这种钢琴在当时倍受欢迎。不过 Hollerith 具有一项新工具，有助于其实现其想法。当时的电力系统的稳定性和可用性已经大大提高，它提供了一种改善之前所有穿孔卡概念的新方式。

在 Hollerith 的设计中，一张卡（面积约为 3 英寸乘以 7 英寸）存放一个人的数据。工作人员会读取人口普查卷宗并将相应人员的详细信息保存到卡片上的适当位置，每个孔代表一种特性，如年龄、婚姻状况或收入。然后，机器操作员会将卡片放在与制表机相连的一个压力设备上，并盖上顶盖。这会将一系列细

制表机通过接触穿孔卡找到代表数据的小孔来收集信息。

Hollerith 机器将几行细针压向卡片。穿过小孔的细针会接触到另一面的金属，从而构成了一个完整电路。



针向下推动到卡片上。穿过小孔的细针与装有一部分水银的小杯接触，从而构成了一个完整的电路。这会向机器上类似于拨号盘的计算器发送电脉冲。1890 年有多少单身白人女性居住在特拉华州多佛尔？将一堆代表多佛尔居民的卡片通过 Hollerith 的读卡器，计算器面板上便会记录结果。

Hollerith 为计算机提供了一种通过原始的触觉形式感知世界的方法。随后，计算能力与制表机在流程方面得到了改善，可在卡片上存储更多信息，并开发提高读卡速度的方法。然而令人惊讶的是，六十多年中，计算机并未通过其他方式来感知外部世界。

不过后来，在应用一种旧式装置后，计算机可以更好地感知人类试图表达的内容。

自 19 世纪中期以来，打字机一度得到了广泛应用。在 20 世纪早期，一些小公司产生了以下想法：电机或许可以使打字机使用起来更加方便和快速。其中就包括位于纽约州罗彻斯特的小型设备供应商 Rochester 公司，该公司后来变成了电动自动化打字机公司。到 20 世纪 30 年代，电动打字机已进入各类企业，甚至秘书这一职位能否成功得到，要取决于应聘者每分钟能够打多少个

IBM Selectric 打字机

IBM 1050 数据通信系统

字。而在 IBM，工程师们开始考虑是否能将电动打字机与电动制表机相连，以作为一种让信息输入输出的方式。其他计算机公司也在考虑同样的问题。1933 年，IBM 首席执行官老托马斯•沃森在综合各方面信息并注意到这种新型商业机器的出现后，做出了一项投资决策：即收购电动自动化打字机公司。

在 20 世纪 60 年代早期，电动打字机在自身发展道路上发生了种种变革。IBM 发明的 Selectric 打字机在全球各地的办公室中引发了不小的轰动。Selectric 打字机将传统打字机的系列打字杆替换成了一个高尔夫球形状的打字头。打字杆容易缠结在一起，从而降低打字速度。银色高尔夫球型打字头避免了这种问题：没有了挤在一起的打字杆，打字员打字的速度和效率都得到了大幅提升。由于可以更换球形打字头，因此可以使用不同的字体。Selectric 打字机成为了有史以来最成功的电动打字机，在高端办公室打字机市场上占据了 25 年的绝对主导地位。

然而对 IBM 计算机科学家 Bob Bemer 而言，Selectric 打字机却代表着其职业生涯中一次重大的失败。[4]

Bemer 曾在于 20 世纪 40 年代在道格拉斯飞行器公司中帮助设计飞机，还曾在 20 世纪 50 年代与计算机传奇人物格蕾丝•赫柏 (Grace Murray Hopper) 合作为 UNIVAC 编程，之后在 1957 年

早期的分时系统装有打字机（如 IBM Selectric 打字机），以为操作员提供一种与计算机沟通的方式。20 世纪 60 年代末，操作员主要依靠像 IBM 1050 一样的终端。1992 年推出的 ThinkPad 701 提供了可以打开并扩展的键盘。50 年来，向机器输入信息一直是人类与电脑沟通的主导方式。

IBM ThinkPad 701

加入了 IBM。1960 年，公司要求 Bemer 为计算机创建一种标准，该标准应该能将字母字符转变为任何机器可以理解的代码。“我们有60多种不同的方法来在计算机中表示字符，”Bemer 在 1999 年对美国《*计算机世界*》杂志说，“它是一座真正的巴别塔。”Bemer 通过努力，发明了美国信息交换标准代码（即 ASCII），这套标准代码在今天仍然被用来为计算机定义字母表。Bemer 意识到，计算机需要其他一些按键与字符来帮助其理解人类语言，于是他又添加了一些按键，如 Esc 与 Backslash 按键。Bemer 的妻子 Bettie 过去经常在德克萨斯州各地驾驶的一辆梅赛德斯的车牌号就是 ESC KEY。（Bemer 于 2004 年逝世。）

在 1961 年，当 Selectric 打字机的原型已在 IBM 位于肯塔基州莱克星顿的打字机工厂投入生产时，Bemer 查看了它的规格。Bemer 发现纸带与穿孔卡仍大量被用作输入端，而一些计算机则采用类似于西部联盟所使用装置的电传打字机键盘来发送电报，但它们与打字机并不相同。Bemer 认为，Selectric 打字机可以成为更加自然的计算机键盘。

他还认为，应该将球形打字头设计为包含 ASCII 所要求的 64 个字符，而非打字机上的标准数量 44 个。这样便可以相对轻松地将 Selectric 打字机转变为计算机输入端。但 Selectric 打字机始终未能采用 ASCII，Bemer 将此视作了一次失败。

然而，由于 Selectric 打字机极像人类思维与计算机理解力之间的自然纽带，因此计算机用户（从企业幕后的工程师到研发分时技术的麻省理工学院研究员）开始临时装配 Selectric 打字机，以便让打字机与计算机进行通信。随着对键盘输入端的需求不断增长，IBM“必须克服重重障碍”以让 Selectric 打字机成为计算机键盘，Bemer 说。1965 年，IBM 推出了 2741 型终端（实质上是在一个小型箱体内将 Selectric 打字机与电子器件结合在一起），该终端可以将用户输入的词汇翻译成 S/360 机器可以理解的语

言。从打字机到键盘的过渡并非一帆风顺，也未经过周密的策划，但计算机却获得了一种全新、非凡的有效方法来直接感知其主宰者人类的思想与命令。

实际上，键盘与另一项发明 Douglas Engelbart 的鼠标，数十年来一直是主要的计算机输入设备。自 2010 年以来，这种情况才开始有所变化。

在向机器输入信息前的久远年代（这里是指书面语言产生前），人类通过说话进行沟通。一个人说，另一个人通过感觉声波并将其转换成词语和想法进行理解。那么，让计算机做同样的事情为何会如此艰难？

让机器理解语音的愿望至少可以追溯到 20 世纪初，尽管数十年来科学家在这一领域的成就微乎其微。在 1962 年的西雅图世界博览会上，IBM 展出了被称作 Shoebox 的世界上最先进的语音识别机器。该机器可以理解 16 个单词：zero、one、two、three、four、five、six、seven、eight、nine、minus、plus、subtotal、total、false 以及 off。IBM 展台的参观者有机会通过麦克风向 Shoebox 讲话，当机器打印出初级算术问题的答案时，经常会让旁观者大吃一惊。[5]

Shoebox 由加利福尼亚圣何塞 IBM 高级系统部的 William Dersch 及其团队研制而成。与其他许多科学家一样，IBM 团队的这些成员也在竭尽全力让计算机凭借音频模式以人类倾听的方式进行倾听。不过，这些机器无法通过这些模式来判断一句话起始

William Dersch 与 Shoebox，1961 年。

语音激活汽车导航系统，2010 年。

自 20 世纪 60 年代以来，工程师一直在努力让计算机解读人类语音。IBM Shoebox 只能理解 16 个单词。如今，计算机可以翻译自然口头语言。许多车内计算机导航系统可以理解 10,000 个单词或更多。

于何处以及终止于何处。随后的 1959 年，在一期《*自动数据处理*》杂志中，Dersch 写道：“有一天运气悄然降临”。当研究人员在示波器上研究语音的波形模式时发现，声音波形之间通常会发生相位抵消的情况。这种现象对人类听觉没有实质性影响。但相位差可以按以下方式解释：计算机已能够区别人类语言的不同声音了。一些科学家将其描述为，让声音去迎合机器倾听的方式，而不是强迫机器像人类一样倾听。

在那届世界博览会上，Shoebox 能理解 16 个单词的表现让公众惊诧不已。一名电台播音员设想了如下一种场景：“未来的商业人士可以将这种机器与打字机相连，通过口授的方式直接让信息传输至打字机”— 尽管 IBM 代表曾向一名记者澄清，语音识别系统“无法取代秘书”。

继 Shoebox 这一突破性机器问世后，在呈指数级增长的计算能力的协助下，语音识别技术开始加速发展。（Shoebox 装有 31 个晶体管，而奔腾芯片所容纳的晶体管数量超过了 2 亿个。）Dersch 称，他希望有一天语音识别系统可以理解多达 1,000 到 10,000 个单词。到 1980 年，已经实现了具有里程碑意义的 1,000 个单词的目标，精确率达 91%。到 1984 年，最佳的语音识别系统可以理解 5,000 个单词，精确率为 95%。到 1986 年，IBM 已开始针对其个人电脑/AT 销售语音识别软件，从而让消费者开始享用这一技术。IBM 最终将 ViaVoice 语音软件出售给了制作 Dragon Naturally-Speaking 软件的 Nuance 公司。[6]

如今，语音识别技术已得到了普遍应用，并且具有广泛的词汇量和惊人的准确性。呼叫客服热线经常会登录到语音识别系统。用户可以通过智能手机讲出搜索字词或输入要在地图上查找的地址。新型汽车内置有语音识别系统，因此驾驶人员可以在不

触动任何按钮的情况下进行呼叫、获得导航帮助或调换电台。在人类语音的其他方面，IBM 的 DeepQA 系统（最初开发出来是让一台计算机在《*危险边缘*》栏目中进行角逐）采用了尖端的自然语言处理技术，该技术可以细致入微地剖析刁钻问题。

然而，尽管语音识别技术已得到了长足发展，但让机器真正理解人类语言仍然是一项挑战。“十年前，我断言如今的计算机将战胜人类抄录员，”负责 IBM 语音识别研究的 IBM 院士 David Nahamoo 说，“我们将其设定为目标并且取得了长足的进步，但该目标尚未实现。从现在开始的十年后会怎样？有可能实现。”

Nahamoo 补充道：“语音技术的终极阶段是深入的互动式对话。如果我讲了三分钟，那么都说了些什么？这仍然很艰难。”[7]

---

20 世纪 70 年代的食品杂货店行业见证了一个严重问题下所隐藏的机遇。当时，通货膨胀时有发生，价格波动频繁，雇用人员来更换一个个产品上粘附的价签无疑是一笔不小的开支。商店凭借直觉和其他因素来补充库存。同时，由于连锁超市不断扩张，食品杂货零售业中的竞争越来越激烈。这使得顾客越来越苛刻。例如，如果一家商店总是没有 Cocoa Krispies，消费者就会转到有良好库存控制措施、极具竞争力的连锁超市。

20 世纪 70 年代市场上的技术提供了一种可能的解决方案。大型机与数据库可以存储数量庞大的有关库存与价格的信息，并对其进行分类。如果有一种方法可以快速地将有关每种产品的数据输入到收银机的计算装置中，商店就会掌握有关库存的准确信息。他们可以通过键盘输入信息来更改价格。

主要障碍是：当时不存在能够读取数千产品上的价格信息并将相关数据传输至这些计算机的系统。毕竟，计算机还无法看得见。

从20世纪40年代后期开始，技术专家就一直在探索在收银机上记录产品信息的各种方法。1951 年，工程师 Norman Woodland 加盟 IBM 并建议了一种能够通过激光束扫描器进行信息读取的牛眼形状的产品码。（他在1949年为线形条码和环形条码申请了专利，并在1952年被授予一项专利。）IBM 高管层对这些条码很感兴趣，但认为当时的技术过于局限，无法让条码可靠地发挥作用，因此在后来将Woodland的条码专利出售给了 RCA。

在之后的几年中，牛眼形条码与其他样式的条码曾被试验性地用来跟踪铁路车厢、运货卡车甚至新泽西某收费桥上的车辆。不过，设备仍然过于昂贵，进行广泛部署并不现实。到 20 世纪 60 年代，晶体管、激光装置和其他电子器件已变得足够小而便宜，因此制造扫描器产品在经济上已切实可行。该技术较为昂贵，但买进的零售商会很快得到回报。连锁企业联合起来要求十多个技术公司提交有关通用产品码技术的方案。这一概念只有在所有零售商与制造商都接受同样的标准时才会发挥作用。

IBM是研究该标准的公司之一。IBM高管层并未过多关注选择哪种条码，只要确立一种标准，公司就可以向零售商销售计算机和其他商业设备。IBM 指定北卡罗莱纳州罗利市 IBM 研究中心的工程师 George Laurer 撰写一篇支持 RCA 的牛眼形条码（该技术最初由Woodland在数年前未加入IBM时申请了专利）的论文。IBM 的高层领导将在 Laurer 的经理 Paul McEnroe 度假回来后的第二天查看论文。Laurer 必须在这之前完成论文。[8]

条码是最先成功地用于计算机输入的视觉信息，可以使机器识别产品及其价格。

Laurer 始终没有撰写论文。McEnroe“希望我撰文称赞 RCA 方案是最棒的，”Laurer 回忆道，“但我的本性与所接受的教育不允许我支持自己不信服的事物。”对条码的具体要求极其苛刻。多数字条码必须能从不同角度进行读取，错误率需低于 1/20,000。Laurer 很快得出结论：使用同心圆的牛眼形条码不符合要求。这种图案很难在印刷时不出错，尤其在压缩成该行业所要求的较小尺寸时。因此，Laurer 没有撰写所要求的论文，他说：“我完全没有听从经理的指示，而是着手开始设计更好的系统。”

于是他开始研究光学条码，最终所发明的斑马纹矩形图案，不仅容易印刷而且在任何尺寸下都可以很好地发挥作用。Laurer 及其同事所建议的系统在条码读取器中放置了两块镜子，形成了呈 X 型的两条直线。这种模式可以确保，无论条码处于哪个方向都可以对其进行准确读取。

Laurer 在家里完成了报告书并等待其上司（住在街对面并且隔三个门）度假后返回家中。McEnroe 一回来，Laurer 便找到 McEnroe，并向他说明了自己的计划。

McEnroe 表现出了不悦，因为 IBM 高管层都在期望以 RCA 条码为基础的一个方案。“他清楚地说明，如果我错了，被停职的人将是我，而不是他，”Laurer 说，“我真正在拿自己的工作做赌注。”不过，McEnroe 最终还是给予了支持，从而使 Laurer 有机会介绍自己的方案。IBM 团队被说服，同意尝试 Laurer 的方法。最终定局的是针对 Laurer 系统的一次特殊测试：先将条码附在烟灰缸的底部，然后由 IBM 本地垒球队的投手投出烟灰缸，使其以极高的速度越过扫描器。扫描器正确读取了每个烟灰缸上的条码。

输给了通用产品码的条码

Litton

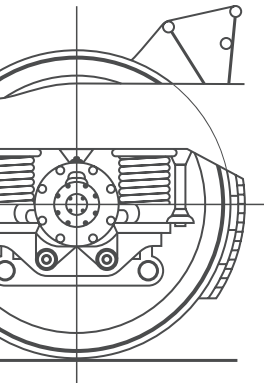
Singer

Charecogn

Pitney-Bowes

RCA

IBM



通用产品代码(UPC)系统成了对工业技术最重大的贡献之一。对于零售商，这种条码意味着可以实现节约、改善客户服务、精确地控制库存并丰富商店的营销数据。该技术很快便扩展到了其他行业。如今，UPC 系统无处不在，可以用来跟踪从出租车、奶牛、飞机行李到血袋不等的一切对象。几乎每张票都包含 UPC，无论是航空公司的登机证、滑雪通行证，还是电影票存根。如果没有 UPC 系统，就无法实现让二十世纪末的制造业发生了重大变革并开启了仓储式商店与全球供应链时代的实时库存系统。

这种条码为计算机提供了一种通过看的方法来记录数据 —— 不是人类看的方式，而是适合计算技术的方式。计算机无法看到一箱蓝莓并认出来，但可以读取包装上的一系列信息行，从而以丝毫不逊色于人类的速度知道包装内装有蓝莓及其价格。

计算机研究人员并未就此止步。数十年来，他们一直在尽力让计算机能够看得见。最初，计算机可以通过视频识别边界线。例如，一台机器人可以处理通过视频摄像头看到的图像，从而在整个房间内行走。到 20 世纪 90 年代末，最初的消费者软件程序能够通过扫描硬盘找到包含某面孔的所有照片。如今，面部识别技术（由 3-D 传感器、皮肤纹理分析和模板匹配技术组成）可以将嫌疑犯的照片与数据库中的照片或影像进行比较，从而确定最匹配的面孔，机器在这方面的表现要优于人类。

字符识别系统（如那些部署在新加坡与斯德哥尔摩用来监控交通的系统）可以读取车牌号码，即使车牌溅满泥浆或被雪覆

计算系统可以借助传感器来探察人类无法注意到的细微变化。

在台湾的高铁系统中，传感器可以收集 320,000 多种数据条目，这些条目包括从车轮的转速与温度，到为火车提供动力的高架电线的厚度等的广泛范围。如果系统发现问题，如刹车过度磨损，就会自动向指挥中心发送通知并生成相应的工作指令请求。

盖。视频监控系统可以识别形状与运动方式，这两个方面可以使系统有能力辨别诸如闯入者是犬还是人等各种情况。

针对肯尼亚斑马构建的点对点网络仅预示着一种新趋势的开端。在加利福尼亚州的纳帕峡谷中，人们利用传感器来监控各棵葡萄树的水分蒸发程度，从而提醒葡萄酒商何时最适合浇灌。在哥本哈根，安装在自行车上的传感器可以收集有关空气质量的信息，骑车者可以通过智能手机将这些信息转发给希望选择更健康路线的其他骑车者。通过监控手机总通信量可以确定哪些城市建筑在哪个时段人数较多，以此作为可更好管理能耗的一种方法。

机器一度曾以极其有限的能力来获取有关周遭世界的信息，但它们以细致入微的方式监控整个星球运作模式的能力正在逐步提高，并且还能为人类破译和分析相关信息。人类与机器通过协作可以以之前无法实现的方式来感知并理解整个星球。

与此同时，计算机传感史本身也经历了角色换位这样一个过程。最初是制表机触控卡片。而在 2011 年，则是人类触控计算机。触摸屏技术继 1977 年肯塔基州的 Elographics 公司开发最初版本后开始得到广泛应用。尽管数十年来该技术已被应用于信息站与博物馆以及 PalmPilot 和其他一些小器件上，但将其作为计算机界面的情况并不普遍。

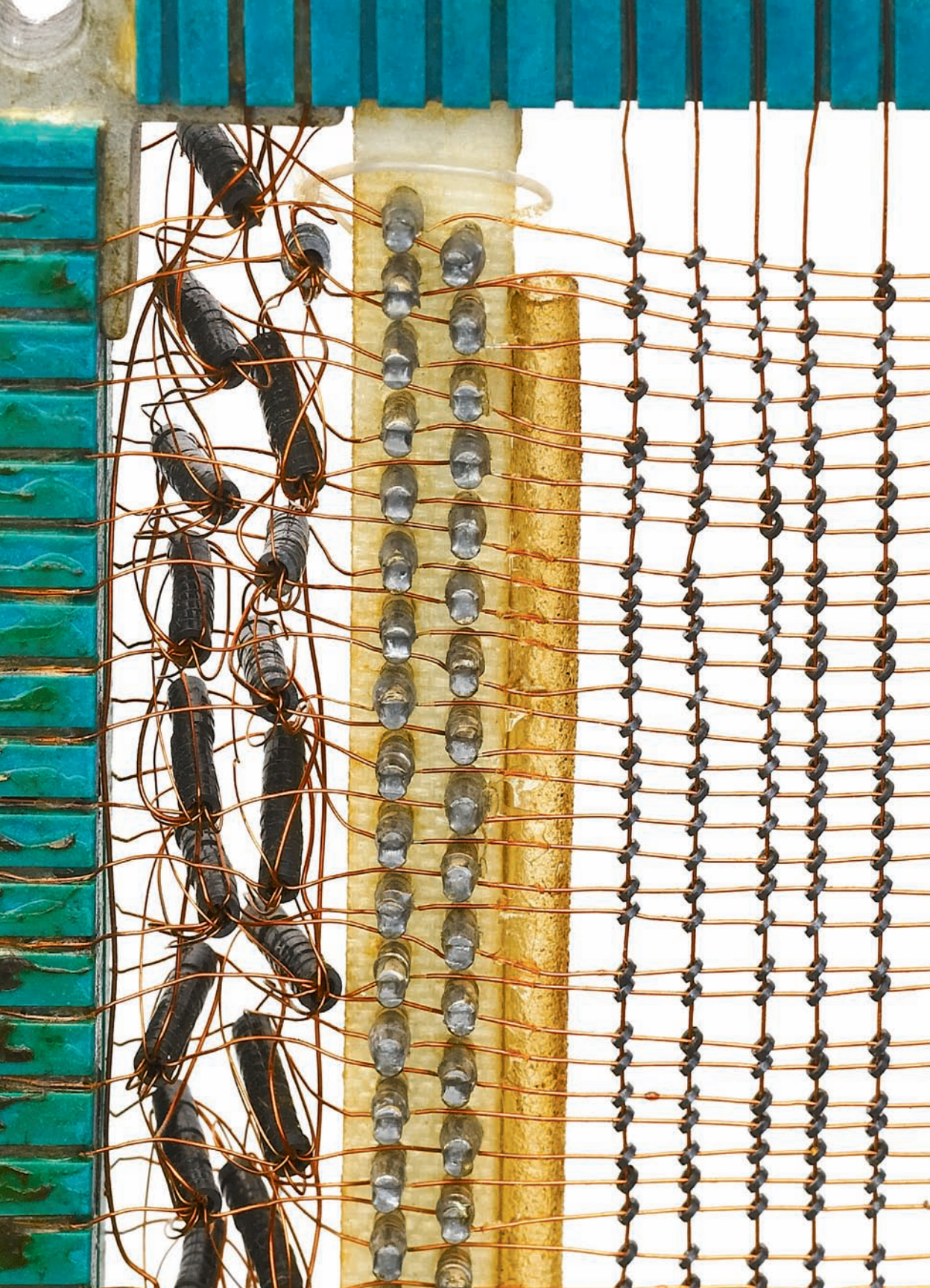
苹果公司通过 iPhone 和后来的 iPad 改变了这种现状。在这两种情况下，人们主要依靠直观而先进的多点触控技术来告诉设备进行何种操作。最亲密温情的传感形式将人类与机器联系起来，实现了物理连接并让人类能够触控信息，尽管所有人都在期望机器能在听看能力上更上一层楼。

• • •

记忆

存储和存取信息（计算的原始资料）已变得如此高效，以至于我们目前正在接近百分之百的重新调用能力。

磁芯存储器是最早用来存储信息的手段之一。通过网状线缆，铁氧体线圈可以沿顺时针方向或逆时针方向被磁化，每个线圈都代表一个一或一个零。



20世纪50年代，Phil Fox负责运营美国百货公司制表部，这使他有机会想象如果大脑没有可访问的存储单元，会是什么情况。

1917年，Acme Tea公司与费城的四家食品杂货店合并形成了美国百货公司，该公司最后发展成了美国最大的连锁超市及杂货店之一。要在20世纪50年代初经营2,000多家商店并维持具有一定相似性的管控方式，唯一的方法是依靠一屋子的机电计算机和塞满另一屋子的一桶桶矩形穿孔卡。[9]

这极其类似于，在一个房间运行电脑，而在另一房间存放其存储器。计算机只是处理器，而不能存储任何信息。这些卡片上存储着与美国百货公司相关的方方面面的信息：产品订单、工资单、销售额、支出、库存。如果不将一批仔细整理过的卡片取来并加载至计算机中，机器就不能执行任何任务。当机器对整批卡片完成分类、计数工作并报告结果后，卡片便会被取走，这时机器便会忘记一切。

Fox在1960年对一名记者说："在我们公司，这意味着必须首先将一种品牌的肥皂或谷类食品的所有订单整理到一起，每天要处理70,000个左右的杂货产品系列，这是一项很大的工作量。"如果一家商店在我们运行完一批有关可乐的穿孔卡后两小时发来可口可乐订单，那么需要等一至两天后，在运行下一批有关可乐的穿孔卡时才能记录并填写该订单。

在20世纪50年代，类似问题影响着许多全球性行业。当时，IBM与Sperry（后来的Sperry Univac）等计算公司已经发明了电子电脑，这种电脑可在瞬间进行计数、关联和运算，从而让繁杂的工作实现自动化。但所有信息（所有记录），依然都被存储在硬纸板上打出的小孔中。这些卡片需要由人工进行分类、存放、加载和归档。纽约中央铁路公司每天需要对175,000张卡片进行穿孔。

由于电脑与存储单元处于分离状态，因此无法与数据进行互动 —— 无法利用计算机来随机查找某特定一周所售出的可口可乐箱数或更改一天中任意时刻在纽约-波士顿线路上行驶的车辆数量。

在时间进入 20 世纪 50 年代时，没有人真正明白计算机可以轻松存储并随机存取数字数据意味着什么，也没有人知道这种情况如何可以实现。当然也没有人意识到将电脑与存储单元结合在一起将完全改变计算概念与计算能力。

在 60 多年的历史中，企业和政府一直依靠穿孔卡来存储和重新调用信息。穿孔卡是信息技术史上最非凡的成功事项之一。

Herman Hollerith 通过借鉴火车检票员在乘客的车票上轧孔这一惯例，将穿孔卡变成了数据存储单元，并将其应用于美国国家统计局的人口识别和计数工作中。可以用一个位置的某个孔表示黑色头发，而用另一个位置的某个孔表示男女性别。Hollerith 意识到，他可以为每位美国居民制作一幅相似的“小孔素描”。

1911 年 7 月 6 日，Hollerith 同意将他的制表机公司以 2,312,100 美元的价格转让给金融家 Charles Flint，从此该公司成了 Flint 的计算-制表-记录公司的一部分。20 世纪 20 年代，计算-制表-记录公司变成了 IBM。雷明顿兰德公司是穿孔卡与制表机领域中的主要竞争对手。卡片经过发展后能够存储更多信息。早期版本有 45 列。1928 年，IBM 通过一项突破性技术制造出了内含 80 列的卡片。雷明顿兰德通过制造包含 90 列的卡片给予了反击，然后有趣的是，这并未显著影响 IBM 的业务。内含 90 列的卡片能存储更多数据，但不如 IBM 内含 80 列的卡片更便于用户使用。

机构存储信息的方式从文件与手写帐簿转变成了穿孔卡。铁路部门是最初实现信息自动化队伍中的一员，他们开始以自动化方式处理有关车辆、货物和乘客的信息。Marshall Field's 公司等零售商将库存跟踪信息保存到了卡片上。在美国政府设立社会安全部以后，卡片便成了国家的财政存储单元，存储着工作人员的工资信息。到 20 世纪 30 年代末，穿孔卡机的应用已扩展到了整个欧洲，瑞士的雀巢公司、匈牙利布达佩斯的 Gasworks、希腊的财政部以及大量其他实体都开始使用穿孔卡机。[10] 穿孔卡的存储能力成就了现代企业的规模。到 1937 年，IBM 已在纽约州恩迪科特成立了 32 家印刷厂，每天可以印刷、折剪并叠放 500 万到 1,000 万张穿孔卡。20 世纪 50 年代，这些卡片本身占 IBM 收入的三分之一。尽管 IBM 无疑是一家技术公司，但经济上的成功主要依靠制造并销售纸质卡片。[11]

但是，随着穿孔卡使得规模化成为可能，日益增长的规模开始需要更多的穿孔卡。企业与政府碰到了这种存储单元所带来的种种问题。20 世纪四、五十年代的 IBM 高管 James Birkenstock 说："如果您走进 MetLife 大厦，就会看到有整整一个楼层被用来放置存放卡片的档案柜，"客户希望着手一些穿孔卡系统无能为力的事情。IBM 的发展正逢其时 — 或许有点晚。"

幸运的是，Bing Crosby 照亮了一条新路。[12]

随着二战的结束，全球工业得到了蓬勃发展，对穿孔卡的需求也急剧增加。尽管 IBM 的销售队伍能利用这颗摇钱树实现盈利，但一些管理人员（包括小托马斯•沃森，他在结束军队生涯后回到 IBM 担任高管并同其父亲一起工作）担心客户会被蜂拥而至的卡片压得喘不过气来。还出现了另一个问题：基于真空管电子装置的最新计算机处理信息的速度远远高于将卡片加载到计算机的速

度。存储单元正在拖累处理速度，这使得很难开发更快的计算机并说服客户进行升级。

战争期间，德国公司 AEG 开发出了磁带和磁带录音机。美国陆军通信兵部队的无线电专家 John Mullin 在战争快结束时发现了德国人的发明，并将其带回了美国。大约在同一时期，歌手 Bing Crosby 开始寻找办法来实现一个目标：不用每次亲临录音棚演出即可完成自己的每周电台节目。Crosby 聘请 Mullin 来预先录制节目。1947 年 10 月 1 日，公众首次听到了通过磁带播放的电台节目，这引发了一项新技术的出现。

纽约州波基普西 IBM 实验室的一组工程师借鉴 Crosby 的尝试并开始研究以同样方式存储数据的方法。任何地方都没有人对磁带的特性有较多的了解，让客户相信他们能以一种他们未亲眼见过的方式安全地存储信息似乎是件很冒险的事。与此同时，在 IBM 内部，寻求穿孔卡的替代产品已成为政治禁区。首台磁带驱动器开发团队的关键成员 Wayne Winge 说：“一次，波基普西 IBM 的一名老员工将我们几个拉到一边，说道，‘你

磁带第一次以无形的方式存储 1 和 0。可以将一张穿孔卡上的信息装到又小又薄的一盘磁带上。

IBM 2401 磁带装置。

们几个年轻人要记住，IBM 是靠穿孔卡起家的，我们的基础将永远是穿孔卡。’”[13]

当时，小沃森刚刚 35 岁左右，他具备足够的冒险精神，决定支持这项未经验证的技术。IBM 科学家 Nathaniel Rochester 回忆称，沃森召集人们举行了一次会议并且“在整个屋子走来走去，询问人们着手这件事情是否正确，一些人说‘正确’，一些人则另有看法。然后，他对所有那些另有看法的人说他们应该研究其他问题。”[14]

明尼苏达矿业与制造公司 (3M) 按 IBM 的规格研制出了磁带，同时 IBM 的工程师也设计出了可快速启动和停止的磁带驱动器，磁带沿卷轴的走速可达每秒钟 100 到 200 英寸。IBM 又一次制造出了前所未有的新产品。工程师们冒出了一个念头，即利用真空柱来缠绕一圈圈的磁带，以便对磁带起到缓冲作用，从而避免在停止和启动时发出刺耳的声音。其中一名工程师 Wayne Weidenhammer 回忆道：“我们迫不及待地想尝试这种想法。为了制作灵敏的压力传感隔膜，我们需要一些极薄的弹性材料。当时手头没有合适的材料，最快的解决办法是派一名年轻的工程师到最近的杂货店购买一条 [橡胶] 婴儿裤。婴儿裤发挥了作用。”[15]

1952 年，IBM 推出了业界首款名为 IBM 726 的磁带装置，它与公司的首台商业电子计算机 701 属于配套产品。IBM 说服客户相信了数据在磁带上可以持久存留，随后磁带装置立即缓解了存储问题。一盘磁带的直径为 10½ 英寸，可以存储等同于 35,000 张穿孔卡的信息。

但很快便出现了一个新问题。存储单元与处理单元仍未结合在一起。处理器必须在磁带上查找数据，而磁带则必须以后退和前进的方式旋转。处理器与存储单元分别位于不同的机器上。磁带顾及了存储与空间问题，但未顾及到批处理问题。在某种程度

上，由于企业可以利用磁带来存储更多信息，因此批处理问题变得更加突出。

这正是美国空军关注的方面。他们需要一种新系统来跟踪库存，并且希望能随机存取这些信息，以便当一台设备经过检验后，职员可以立即更新相关信息，而无需被迫等待在处理下一批信息时再更新。当时，IBM 刚刚在圣何塞建立了一个实验室，由当时的一名中学科学教师负责运作，该教师最后变成了一名有独特见解的研究人员。该实验室接手了美国空军的任务，当时根本不知道如何能实现目标。

开发某种磁性快速存取存储器的想法在 20 世纪 40 年代末开始出现。像明尼苏达州圣保罗 Engineering Research Associates 这样的小公司开发出了磁鼓存储。这些旋转的磁鼓性能可靠，但速度较慢。后来，移居美国的中国人王安成立了文字处理行业巨头王安实验室，并在早期开发出了一种技术，从而让磁芯存储器的出现成为可能。这些由线缆和小磁铁组成的设备可以快速存取信息，但无法保留大量信息。这些设备无法取代磁带或穿孔卡，但被用作了早期计算机的短期存储器，是采用 DRAM 芯片的固态存储器的先祖。

1952 年，IBM 委派 Reynold Johnson 前往圣何塞组建新的研究实验室。Johnson 从 1934 年开始便在 IBM 任职，之前他在密歇根州艾恩伍德教授科学，在那里，他与他的学生一起研制出了自动判分机，这引起了 IBM 的关注。他是一名不受传统束缚的经理，对技术有着准确的本能反应。在美国空军需要一种可随机存取信息的库存系统时，Johnson 启动了由 50 名人员组成的实验室，并开始了各方面的尝试 — 条、杆、磁带、平板。[16]

很快，该实验室便决定使用涂有磁性材料的旋转水平盘。磁盘上的磁点可以代表数据的一个字符。由于这些磁点可以产生磁

可以在磁盘驱动器上随机查找并重新写入 1 和 0，从而避免了磁带卷轴必须前后旋转这种情况。

63.5 cm

RAMAC 于 1956 年推出，是首款磁盘驱动器，可以在 24 个旋转磁盘上存储大约相当于曼哈顿电话簿的数据量。

13.4 cm

12 cm

围绕 RAMAC 的研究工作致使 1971 年推出了软盘。最初，软盘可以存储的数据量大约相当于八页百科全书的内容。

14.7 cm

光盘于 1982 年推出，它大幅提高了数据容量，可以存储 700 MB 的数据，相当于 80 分钟左右的音频信息。

硬盘驱动器是 RAMAC 最直接的后代产品，目前可以存储多达 3 TB 的数据 — 多于一个大型大学图书馆的所有信息。

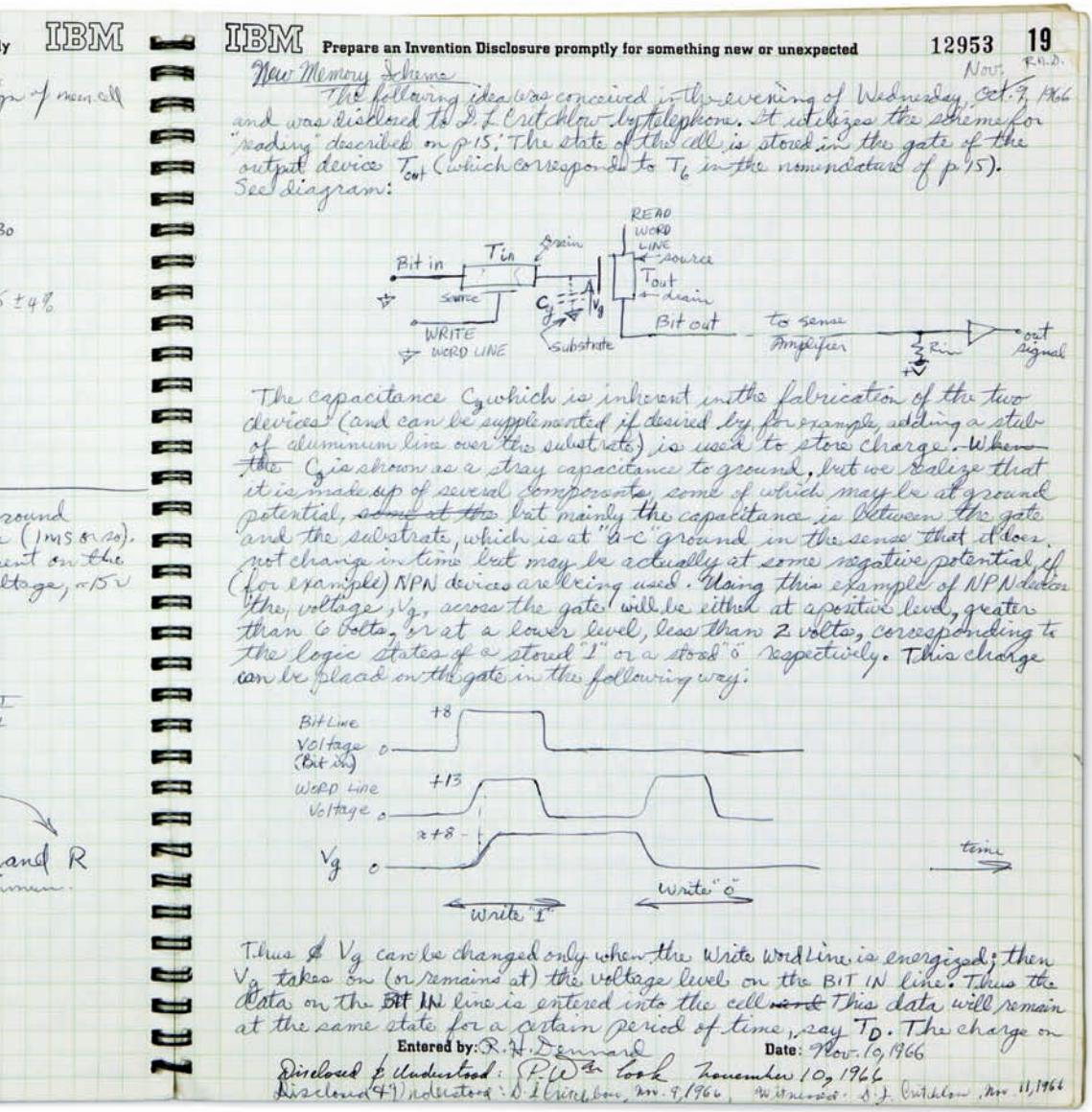
场，因此类似于唱片针的磁臂可以悬在磁点上方，在磁盘高速旋转时读取磁点。但实验室面临的第一个挑战是找到一种磁盘材料。这种磁盘必须绝对平直、坚固并且足够轻便，以便让合理尺寸的电机带动旋转。由 Alcoa 公司研制的单张铝盘在高速运转下容易弯曲。在反复试验后，研究人员试着将两张铝盘粘在一起。结果证明这样行得通。

更大的问题是磁臂。如果磁臂接触到磁盘，就会擦除数据。两名研究人员 William Goddard 和 John Lynott 设计出了一种通过喷出压缩空气而悬浮于磁盘正上方的磁臂。“当我们断定可以这样做时，制造真正能够实现的随机存取存储器的明朗前景便展现在了我们眼前，”圣何塞实验室的高级工程师 Louis Stevens 说。[17]

前途是光明的，但成功之路总是艰辛的。实验室的一起事故差点中断了该项目。在测试机械装置时，一个旋转的磁盘断裂并从机壳飞了出来，导致一名研究人员的鼻子骨折，另一名研究人员的拇指筋腱被切断。Johnson 不得不向 IBM 总部保证今后所有试验都将在一堆沙袋后面运行。

由于一张磁盘不能存储足够的有用数据，因此研究人员研制了一台能水平堆叠 24 张磁盘的机器，各磁盘之间均留有极小的空间。Johnson 说：“我们将其称为自动点唱机、切肉机还有许多其他名字。”对持怀疑态度的总部高管而言，它就是一台切肠机。

自动点唱机装置向圣何塞试验室的研究小组提出了另一项挑战：如何让磁臂瞬间找到适当磁盘上的正确位置。Johnson 说：“我们的目标是，从一张磁盘上六英寸的任何磁轨开始，向外、向下经过两英尺到达底部，然后再经过六英寸 — 在半秒钟内完成。我们取得了大约 800 毫秒的成绩，并推出了具备这种速度的产品。这的确是一项令人惊异的成就。”



IBM Prepare an Invention Disclosure promptly for something new or unexpected 12953 19

New Memory Scheme

The following idea was conceived in the evening of Wednesday, Oct. 9, 1966 and was disclosed to D. L. Critchlow by telephone. It utilizes the scheme for "reading" described on p.15. The state of the cell is stored in the gate of the output device T_{out} (which corresponds to T_6 in the nomenclature of p.15). See diagram:

The capacitance C_g which is inherent in the fabrication of the two devices (and can be supplemented if desired by, for example, adding a stub of aluminum line over the substrate) is used to store charge. ~~When the~~ C_g is shown as a stray capacitance to ground, but we realize that it is made up of several components, some of which may be at ground potential, ~~some at the~~ but mainly the capacitance is between the gate and the substrate, which is at "a-c" ground in the sense that it does not change in time but may be actually at some negative potential, if (for example) NPN devices are being used. Using this example of NPN devices the voltage, V_g, across the gate will be either at a positive level, greater than 6 volts, or at a lower level, less than 2 volts, corresponding to the logic states of a stored "1" or a stored "0" respectively. This charge can be placed on the gate in the following way:

Thus ~~&~~ V_g can be changed only when the Write Word Line is energized; then V_g takes on (or remains at) the voltage level on the BIT IN line. Thus the data on the ~~BIT IN~~ line is entered into the cell ~~and~~ This data will remain at the same state for a certain period of time, say T_D. The charge on

Entered by: R. H. Dennard Date: Nov. 10, 1966

Disclosed & Understood: P. W. Cook November 10, 1966

Disclosed & Understood: D. L. Critchlow, Nov. 9, 1966, Witnessed: D. L. Critchlow, Nov. 11, 1966

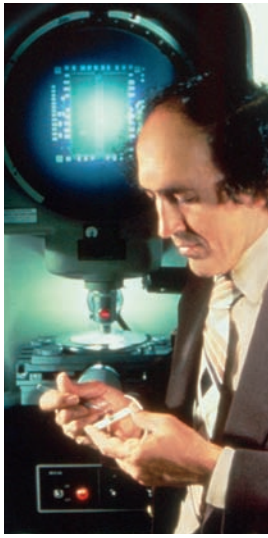
那天早上，IBM 科学家 Robert Dennard 在突然想出通过在电容器上放置电荷来存储信息后，便将其想法简要记在了旁边的记事本上。与许多新想法一样，这一想法让 Dennard 又花了数月时间来完善 DRAM 的设计。

1955 年 5 月推出的产品在大小上与并排放置的两台厨房冰箱相当。内部的 24 个磁盘以每分钟 1,200 转的速度旋转，同时磁臂急速进行往复运动，以每秒钟约 100,000 位的速度存取数据。整台设备可以存储 5 百万二十进制编码的字符（每个字符 7 位），大约相当于曼哈顿电话簿的内容量。可以在任何时候、以任何顺序随机读取或更改每个字符，从而使这种机器成了一项重要发明。

在当时，由于早期 UNIVAC 计算机的成功，后缀 AC 成了流行的技术品牌名称 — 如同 .com 时代 eBay 或 eToys 等词汇的前缀。研究人员将该机器称为随机存取存储器 AC，即 RAMAC (Random Access Memory-AC)。IBM 销售人员喜欢 RAMAC 这一叫法，不过后来该缩写所代表的意义变成了 RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control)。

RAMAC 推出后的第二天，*《圣何塞信使报》*刊出了一篇标题为“带有超级存储器的机器！”的报道。该篇报道对这种机器进行了描述，称：“可以随意在磁盘上添加、更改或删除信息。卡片分类工作作为办公室机器最耗时的流程之一，将消失或大幅减少。”

此外，企业还可以以全新的方式来考虑数据 — 将其快速混合在一起并进行匹配。随机存取技术使关系数据库成为了可能。



IBM 研究人员 Robert Dennard，DRAM 的发明者，1978 年左右。

Robert Dennard 正坐在其纽约州韦斯特切斯特家中的客厅里，观察克罗顿河峡谷上的落日。他突然间有了灵感。[18]

那天早上，他参加了由 IBM 研究人员参与的全天会议，在这里大家分享了各自的项目进展。会议的目的是激发创意并进行交叉合作。Dennard 拥有电气工程博士学位，专门研究计算机的 MOS（金属氧化物半导体）晶体管存储器。Dennard 说：“我们的目标是用半导体存储器代替磁芯存储器。”不过，当天早些时候，他听小组成员说要设法改进磁芯存储器，并让该项技术继续发挥作用。

Dennard 被工作中遇到的一些问题以及在会议上看到的情形所困扰。作为其竞争对手的研究人员所开发的磁芯存储器有着缺点，但这种存储器却极其简单。他的 MOS 项目很有前途，但相当复杂，每位信息需要使用六个晶体管。

“我当时想，怎样才能真正变简单？”Dennard 回忆道。在沙发上，他很透彻地思考了 MOS 技术的各种特性。可以制作电容器，通过在电容器上存储一个电荷或不存储电荷来代表一个信息位的 1 和 0。晶体管可以控制向电容器写入电荷。Dennard 想得越深入，越有把握地认为自己可以通过这种方法制造简单的存储器。

Dennard 说：“那天晚上 10 点钟左右，我给上司打电话，我很少给他打电话。他听后建议明天再谈论此事。我开玩笑说他其实应该叮嘱我吃两片阿斯匹林并在早上给他打电话。”

由于 Dennard 还必须研究六个晶体管的存储器，因此只能在业余时间研究他的新创意。最终，他研究出了一种微妙的方法，该方法可以通过存取晶体管向电容器写入一个电荷，然后再通过同一个晶体管进行读取。1967 年，他与 IBM 为其单晶体管动态随机存取存储器 (DRAM) 申请了一项专利。

该项专利于 1968 年签发。1970 年，Intel 研制了商业上获得成功的首款动态随机存取存储器芯片，这一由三个晶体管组成的存储器芯片被称作 1103。到 20 世纪 70 年代中期，已有数家制造商推出了单晶体管存储单元。

DRAM 的简单性与低功耗特性改变了整个计算行业。它使得随机存取存储器 (RAM) 变得密度极高、价位相对便宜，而所需功耗却极低。因此，大型计算机可以装配快速、可靠的 RAM 来为在磁盘驱动器上存储的爆炸式数量的数据充当缓冲器。这极大地加快了访问并使用存储信息的过程。

同样重要的是，廉价的小型 DRAM 与最初的低成本微处理器相结合，使个人计算机的出现成为了可能。

在自家客厅的沙发上，Dennard 想象了 DRAM 会如何工作以及对整个行业会有什么样的重要性。但他承认：“我未能想象出它会在多大程度上改变计算方式。”

人脑是世界上最伟大的处理器，但如果没有记忆，则无法处理任何事情。实际上，大脑需要两种记忆（短期记忆和长期记忆）才能高效地工作。例如，短期记忆可以记住当前的对话内容，然后会将最重要的细节提供给长期记忆并丢弃其余信息。这属于工作记忆，可以为手头的任务调用所存储的知识，然后再为接下来的任务调用新知识。长期记忆存储您已知道的一切 — 分门别类、交叉关联并划分优先等级 — 大多数时间都将信息保存在后台，然而在您需要某些信息时会立即提供，甚至在您不需要时，有时也会瞬间冒出来。[19]

在计算领域，将处理单元与存储单元完美结合在一起是一条漫长而艰辛的道路。随着磁盘驱动器与固态存储器技术的成本急剧下降而容量却迅猛增长，上述目标在 21 世纪初终于变成了现实。从 20 世纪 50 年代末到 2010 年，磁盘驱动器某特定区域可以存储的信息量以 1,700 万为系数进行增长。在同一期间，从磁盘读取数据的速度增加了 8,000 倍，而存取数据的成本则降到了原来的百万分之一。在过去 20 年中，改进速度已明显提高。在 20 世纪 80 年代，1 GB 信息（等同于一小时标准数量的电视视频）需要用一台重 500 磅、冰箱大小的机器进行存储。而到 2010 年，1 GB 信息用比硬币小的一个磁盘就可以存储。

在计算领域的行话中，术语存储器 (memory) 与存储 (storage) 代表不同的事物。存储是指保存的数据，如同大脑中的长期记忆。而计算机存储器是指可以保持笔记本电脑顺畅运行的工作存储器（短期记忆）。

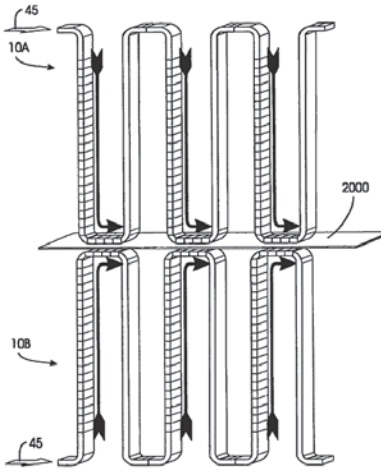
大众逐渐将存储器与存储视作了商品，尤其是存储。2000 年，个人电脑很容易就会用完磁盘空间，企业 IT 部门对电子邮件存储量进行了限制，并且手机只能保存几张模糊不清的照片。2010 年，几条口香糖大小的 iPod 可存放的音乐量，相当于一个从地板到屋顶的书柜所能放置的所有乙烯基唱片。到 2010 年，国会图书馆已下载并存储了相当于 167 TB 的网站内容，并设立了一个部门以每年高达 5,000 TB 的速度对音频和视频资料进行数字化处理。（1 TB 的 DVD 电影可以播放 16 天。）

技术专家让机器能够轻而易举地负责记忆工作，并且像成功制造商业数据库、模拟核爆炸以及制作《阿凡达》等计算机生成的电影一样，他们也将存储数据与处理性能很好地结合在了一起。

然而，所有磁盘驱动器仍需要通过磁臂移动来查找数据。1 TB 的数据在一张磁盘上有一个存取点，全部数据都通过读写磁头存取。与此同时，处理器的速度已变得如此之快，以至于经常需要等待数据从磁盘上被读取出来。这不禁让人回想起了首台电子计算机不得不等待数据从穿孔卡上被读取出来的那个年代。

就像 20 世纪 60 年代的 Bob Dennard 一样，Stuart Parkin 在 21 世纪的最初几年中一直在寻找一种简单的固态解决方案。Parkin 是圣何塞 Almaden 研究中心的一名试验物理学家。他已经开拓了一条通往自旋电子学的新路，旨在利用自旋的电子而非电荷来实现存储器。他的研究成果是过去 20 年中磁盘驱动器的密度得到增加的一个重要原因。

在固态存储中，可以瞬间读取每个数位，而无需等待读写磁臂。引导过程变得只需一秒的少部分时间。消费者可以在 iPhone 或使用闪存驱动器的任何小型设备上看到这种情况。不过，固态存储的问题是成本。每个晶体管只能存储一个数位的信息。将更多信息放到闪存驱动器的唯一方法是将微小、昂贵的最新晶体管



赛道存储器在由亚原子粒子组成的柱体中存储 1 和 0。带有赛道存储器的设备可以存储数千部电影，并且能在十亿分之一秒内找到一张图片。

美国专利号为 7,315,470 的赛道存储器的图示，该专利属于 IBM 的 Stuart Parkin。

组合在一起。2010年，闪存驱动器1 GB所需成本大约为2美元。而磁盘驱动器1 GB所需成本大约为10美分。

Parkin研究出了如何在一个晶体管内创建由磁性材料构成的较高柱体，让这一小型高楼的每一层都代表一个数据位。这种技术利用自旋的电子来形成这些数据位，实际上是在较高柱体上下赛道的四周发射电子。Parkin说："每个晶体管可以存储的不是一个数据位，而是100个数据位。您可以享受与磁盘驱动器同样的低价位，但性能却要高1,000万倍。"

赛道存储器已在实验室成功研制。Parkin估计该产品需要几年时间才能实现商业化。到那时，可以将这种目前还需要磁盘驱动器实现的海量存储安装到几乎不耗费任何能量、拇指甲大小的芯片上。

手持式设备可以存放几千部电影，用一块电池一次性播放数周时间，并且几乎不会中断。可以将存储器件安装到衣领别针上，记录其佩戴者在数年中的每次对话，直至容量用完。在企业中，可以将海量存储广泛应用于各个方面，为各种设备、传感器、摄像头和门把手内置数TB的信息容量。

在接下来10年中，企业与政府机构将不得不开始考虑以全新的方式来存储和存取信息，就像当年的RAMAC推出后他们所做的一样。如果存储在现实中变得容量无限、可免费获得，并且小到足可以内置到任何物体内，情况会如何？如果所发生的一切都可以被记录并保存下来，情况又会如何？

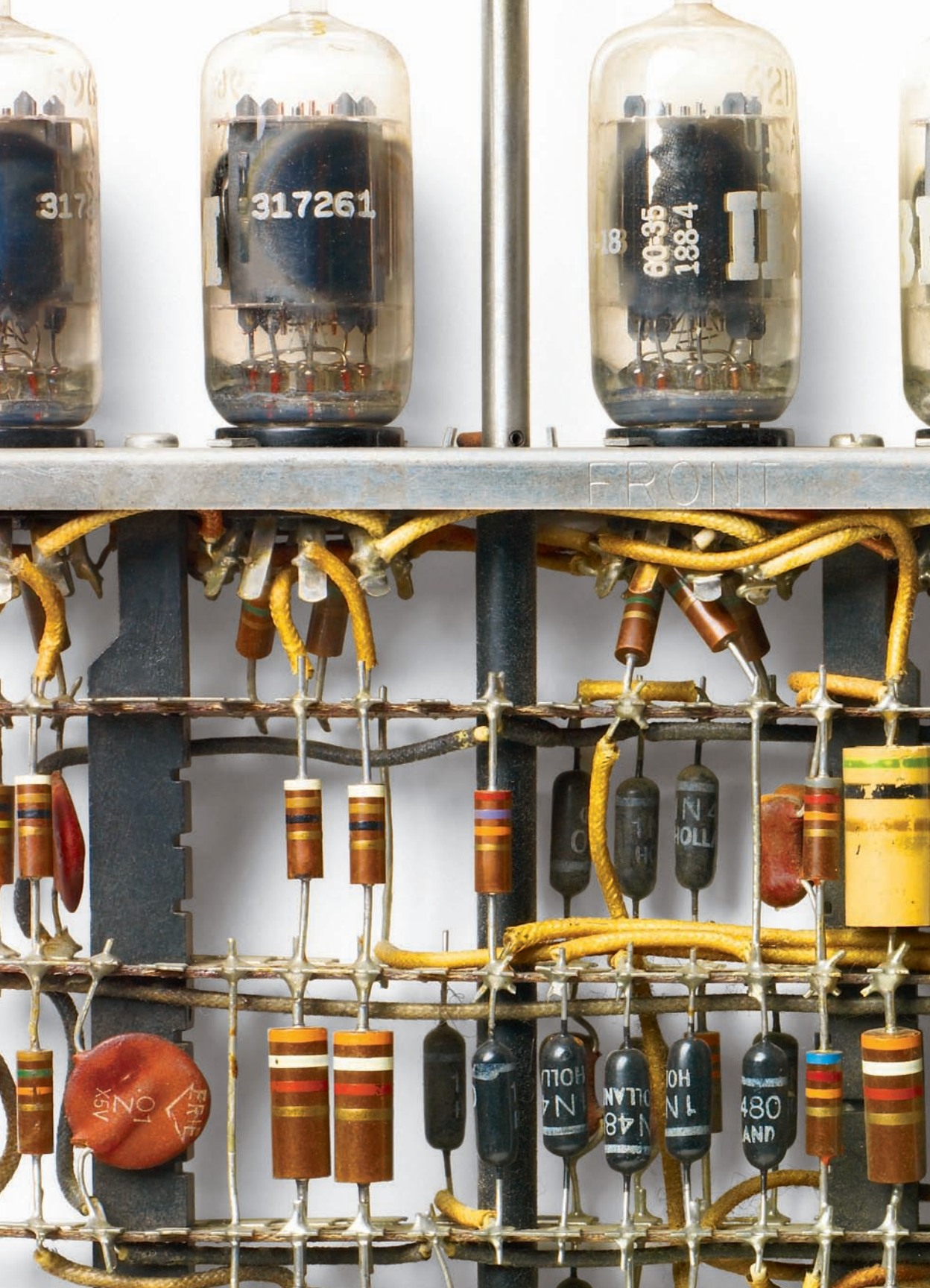
人脑有一种应对数据超出负荷的机制，即遗忘。如果我们的发展方向确实是制造像我们一样思考的机器，那么当有关计算机存储器的下一项发明是遗忘能力时，那该多么滑稽啊！

• • •

处理

本质上，计算是一个处理 1 和 0 的过程。计算能力是让这种处理速度越来越快的技术表现。

1953 系统中的这些真空管每秒钟可以运行 2,000 次两个 10 位数的乘法运算。


317261
FRONT

二战刚结束后，在三月的一个阴天，两名来自 IBM 总裁办公室的年青人（Charles Kirk 和小沃森）走进了宾夕法尼亚大学校园内的一个房间，18,000 只亮着的真空管开关让整个房间极其酷热。自负而充满激情的 J. Presper Eckert 向他们解释了他的发明 ENIAC 将如何工作，还说明了电子计算机将如何取代 IBM 等公司的机电设备。

Eckert 与他的联合发明者 John Mauchly 为寻求帮助已联系了 IBM。在战争时期，ENIAC 的研发由美国陆军资助，但在和平时期，Eckert 和 Mauchly 仍需得到资助，因此便求助于 IBM、美国无线电公司 (RCA) 和 AT&T（美国电话电报公司）贝尔实验室。IBM 同意设计一种可以将数字加载到 ENIAC 的定制化读卡设备。这种接触使得 IBM 工程师能够开展相关工作来收集有关该机器的信息，尤其是 Eckert 和 Mauchly 如何将真空管连接成能执行高速运算的阵列。除了读卡器等外围设备，ENIAC 没有任何机械部件，这与之前的任何计算机都不同。Mauchly 在建议书中称，对于机电计算机需要 15–30 分钟才能算出的特定方程式，ENIAC 仅需 100 秒就可以完成。然而，ENIAC 仍然是一项具有风险的实验室试验。在首次会面中，这种计算机因成本太高且缺乏可靠性而遭到了小沃森和 Kirk 的一致否定。如果真空管不断烧坏从而关闭机器，一个企业如何能着手关键工作？[20]

然而，信息行业中的任何人都无法忽视市场的需求。

战争需求让美国政府对速度有着无止境的渴望。陆军与海军快速开发了新式武器，为了创建精确瞄准枪炮所需的弹道表，每种武器都需要巨大的计算能力。情报局截获了大量敌军通讯信息并努力对其进行分析，其中多数信息采用了代码形式，因此他们必须进行破译。军队跨海陆空间捕获了数量空前的有关人与物的信息。

人们迫切需要一些能以更快的速度生成结果的机器。50 多年中，一直是机电穿孔卡系统（IBM 的一项优势业务）在处理信息。但这些机器的速度及其能处理的问题种类极其有限，战争激发人类疯狂地研究像 ENIAC 一样可以保证巨大速度的纯电子系统。随着战争时期 ENIAC 和电子设备的出现，世界经济得到了蓬勃发展，士兵们怀着重振生活与生意的渴望重返家园。电视机、电子吉他和宝丽莱照相机在当时属于新技术。一切都在以较快的速度向前发展。与战争期间的军队一样，各类公司与企业也都面临着汹涌而至的信息。商业的发展需要提升速度。一场以计算速度与能力得到数量级增长为标志的信息革命在年复一年、一个年代接着一个年代的岁月中蓄势待发。

二战中期，军队需要 IBM 集中精力研制当下（而非将来）所需的产品，因此 IBM 在一定程度上停下了研究电子设备的步伐。在研究主管 James Bryce 的批准下，一名充满激情的年轻工程师 Arthur Halsey Dickinson 得以在自家地下室中继续研究真空管电子设备。战争结束后，Bryce 让 Dickinson 将研究工作重新转移到实验室来完成。Kirk 和小沃森在拒绝考虑 ENIAC 数周后，两人又去参观了 Dickinson 的原型电子计算机。Dickinson 将一台高速穿孔卡读出器与一个高约 4 英尺的黑色金属盒连在一起。小沃森询问该盒子的作用。其中一名工程师告诉他该盒子可以利用无线电管执行乘法运算。这些工程师还称，该设备执行乘法运算的速度比穿孔卡机快 10 倍。实际上，该金属盒需要花费十分之九的时间来等待穿孔卡装置跟上步伐。尽管小沃森没有看到巨型 ENIAC 的任何优势，但 Dickinson 的电子黑盒子却让他异常兴奋。“它让我产生的震惊不啻于被人用棍子猛击了头部，”小沃森回忆道。

IBM 开始着手制造一种能够投入生产并进行销售（如果有人愿意购买）的电子计算机。在 1946 年 9 月举行的纽约国家商业展上，IBM 亮出了 IBM 603 电子乘法器，这是 IBM 所生产的第一台电子计算器，是在 Dickinson 研究成果的基础上开发出来的。与 ENIAC 的 18,000 只真空管相比，该计算机仅包含 300 只真空管。由于没有存储器，因此无法处理复杂的方程式运算。它只能对从穿孔卡读取的两个六位数执行乘法运算，但其执行乘法运算的速度比市场上其他任何产品都要快 10 倍。

让 IBM 备感惊讶的是，顾客非常喜欢 603 型计算机，有些顾客当场就下了订单。IBM 在生产 100 台这种机器后即宣告停产，工程师随后又构建了一种更加精密的多功能后续产品，即 IBM 604 电子计算打孔机。该机器使用了 1,400 只真空管，可以通过编程执行简单的方程式运算。在接下来的 10 年中，IBM 生产并租借出 5,600 台 604 型机器。在整个 IBM 公司内部，都没有人预见到过这样的成功。

早期制表机借助机械设备来开关电路。

IBM-Harvard Mark 1 计算机（左），一名工程师正在关闭机电继电器。

历史上第一次，IBM 得到了这样一条信息：顾客愿意购买电子产品。人们对速度的渴望已达到了出人意料的程度。

——

真空管电子设备开启了一扇通往速度的大门，但正如小沃森在看到 603 型计算机的处理器运行速度远远高于读卡器的同时所发现的一样，速度的提升有赖于整个系统。

随着时间开始进入 20 世纪 50 年代，有 14 家公司在政府的帮助下开始开发电子计算机。冷战期间，为了保持凌驾于苏联之上的优势，杜鲁门 (Truman) 政府诚惶诚恐地将大量资金注入了技术研发领域。其中部分资金流向大学实验室，部分分配给了 Engineering Research Associates 等这些初创立的公司，Eckert 和 Mauchly 也获得了一些资金，他们为其雷明顿兰德公司的业务找到了赞助方。二人联合制造了一台 ENIAC 的商业后继产品，该产品称为 UNIVAC，是第一台赢得新一代速度追求者喜好的电子计算机。UNIVAC 的问世让 IBM 的工程师倍感压力，他们觉得自己的声望 — 以及 IBM 未来的重要潜在部分 — 受到了威胁。IBM 文化对此的反应是汹涌而至的集体主义精神，接着公司便创建了一种针对速度的系统方法，并将其命名为 701。

701 设计团队等不及 IBM 内部腾出他们所需的空间，于是在波基普西市一家领带厂的第三层开始了工作，然后又搬到了一栋空出来的超市大楼里。“天热时，沥青会从天花板滴落下来，”其中一名项目经理 Clarence Frizzell 说，“我们必须把它们从图纸上擦掉才能继续工作。”该团队将预算和时间表丢在一边，以前这些是实验室中的例行事项。“可能这就是我们进展如此快速的原因，”701 团队的管理工程师 Jerrier Haddad 说，“我们没有制定让自己放慢速度的时间表。”[21]

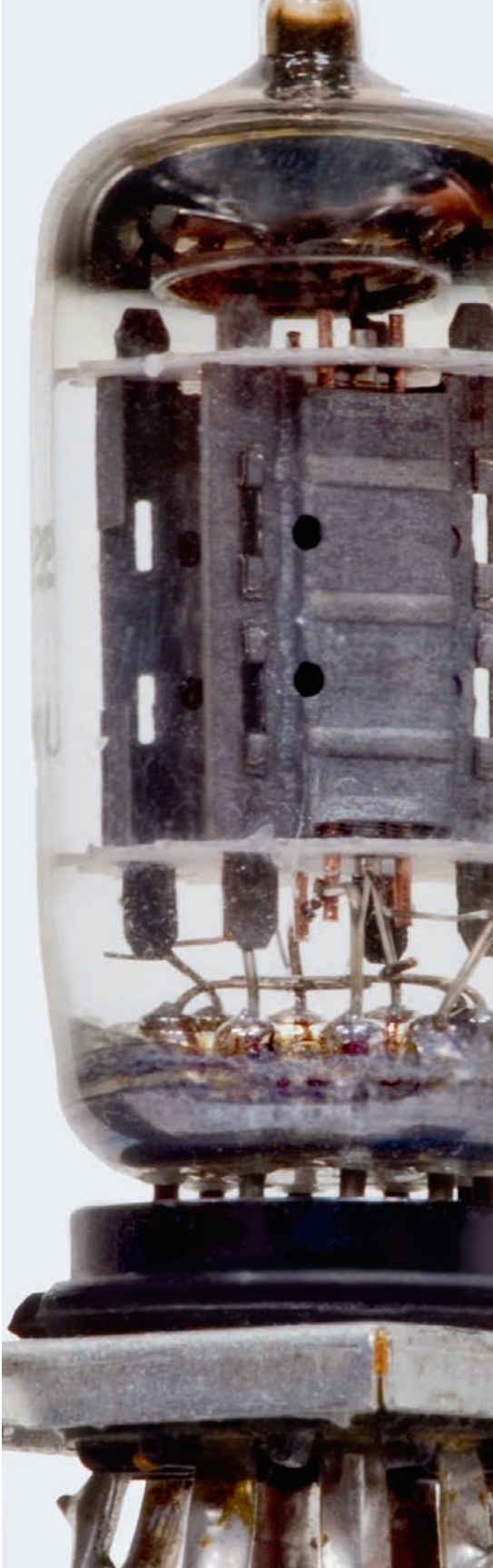
在将近两年的时间里，该团队开发出了极其复杂的防卫计算机并开始了制造过程，该计算机在设计上取得了多项突破。防卫计算机最后变成了 701 型电子数据处理机，这种科学计算机每秒钟可以执行 2,000 次乘法运算，速度几乎比 603 型机器快 50 倍。但处理器仅为影响速度的部分因素。存储器（存取供计算机处理的信息的能力）是早期计算机的短板。701 型机器采用称为威廉姆斯管的静电设备作为主要存储器，该存储器只能存储 20,000 多个十进制数，约为 2011 年 300 美元笔记本电脑中标准存储器容量的千分之一。补充主要存储器的是一个可以存储 82,000 个十进制数的容量较大但速度较慢的磁鼓（一种原始磁盘驱动器），以及每盘可以存储 8 百万个十进制数的速度更慢的磁带单元。[22]

将电子处理能力与电子存储器结合在一起制造出来的机器震惊了全世界。*《时代周刊》*称，701、702 型机器面向商业的版本能够“存储足以填充 1,836 页曼哈顿电话簿的信息，并且能按每秒钟 7,200 次准确逻辑运算的速率处理信息。它可以在三分之一秒内对两个 127 位的数字执行乘法运算，并得出一个 254 位的答案。”这种系统速度促使科学家开始设想在以较快的速度处理更复杂的数据方面他们可以做些什么。*《时代周刊》*中写道，Monsanto 公司的化学家认为该机器“将为人类开启新视野，因为它可以快速计算出复杂方程式，进而能帮助发现新产品、改良旧产品，并从某些问题的数十个技术上正确的答案中确定最佳答案。”

军队对系统速度的追求从未懈怠。在麻省理工学院，计算先驱 Jay Forrester 得到了一笔资助，他需要为美国空军制造一个被

真空管是最初的“电子”开关，这种开关利用电能发挥作用，能以光速开关系统。但真空管体积较大、容易烧坏，并且会释放巨大热量。

正在更换 ENIAC 上的一个真空管（左），以及真空管的特写镜头。



称作Whirlwind的系统。当时的其他计算机均按批处理方式处理问题，先加载一个程序并运行之，然后再加载下一个程序。Whirlwind计划被用作飞行模拟器的核心，需发挥如下作用：从飞行控制器中捕捉数据、及时处理这些数据并实时持续地反馈处理结果。这就需要一个比当时存在的任何产品快一个数量级的系统。20世纪40年代发明的磁芯存储器成了关键所在。这种技术使用了一些极小的铁圈，这些铁圈的磁性正负级可以反转，给通过磁芯矩阵连接在一起的金属线通电即可读取信息。

Whirlwind并未变成飞行模拟器，而是经过重新构思后成为了一台数字计算机。IBM在701、704型机器接下来的版本中借鉴了Forrester使用磁芯存储器的做法。接下来公司又在针对速度的系统方法上向前迈出了几步。1954年推出的704型机器采用了称作索引寄存器的三个特殊存储单元，这种寄存器可以使编程更容易、更灵活。浮点运算（科学符号变体）使其可以存储极大（或极小）的数字并更加快速地对这些数字执行运算。704型机器的运行速度是701型机器的两倍，不过，浮点运算的引入意味着处理速度已取得了实质性的巨大飞跃。[23]

20世纪50年代的计算机工程师为制造更快速计算机所付出的所有努力并未让机器脱离真空管，这使得计算机仍然体积庞大、费用昂贵、可靠性不高并且运行速度相对较慢。但顶部固定一根微小电视天线的小箭头状装置永远地改变了这种现状。贝尔实验室的研究人员将他们的发明称作晶体管。

贝尔实验室的三名研究人员John Bardeen、Walter Brattain和William Shockley于1947年第一次让晶体管发挥作用。这种器件是通过在一块固态锗中复制真空管的开关特性而形成的。晶体管的一大优势是寿命可能会无限期地延长；与真空管不同，晶体管

没有容易烧断的灯丝。从长远来看更重要的一点是，晶体管的造价比真空管低得多，并且尺寸更小，这可以使计算机在更小的空间内实现更强的处理能力。

晶体管是在真空管的基础上所迈出的巨大一步，但计算机性能仍有大量改善余地。只要晶体管采用独立封装形式，就存在一个可以小到什么程度的底限问题，并且随着计算机的运行速度越来越快，它们的大小将成为影响性能的一个因素。格蕾丝•赫柏过去常常在演讲中表明这一点。她经常会拿出几段长约一英尺的金属丝，并指出这就是电子信号在一毫微秒（十亿分之一秒）内可以传输的最远距离。“她用形象的比喻来说明问题，‘这会让人思考机器为何正在变得越来越小，’”Fortran 语言的发明者约翰•巴克斯 (John Backus) 说。将较小的晶体管紧凑地封装在一起，便能够让信息快速穿过较短的几段金属丝，从而提高信息访问速度。

德州仪器公司的 Jack St. Clair Kilby 和仙童半导体公司的 Robert Noyce 与 Gordon Moore（戈登•摩尔）分别发现了这种想法的实现方法。他们意识到可以利用与制造具体晶体管一样的技术将多个晶体管以及连接晶体管的金属丝通过单个硅片放进适当的电路中。最初的集成电路仅包括几个晶体管，但很快，芯片上的组件变得越来越小、越来越密集。1965 年，Moore 提出了著名论断：晶体管的密度大约每 18 个月便会翻一番，该预言已经历住了 45 年的考验（即著名的摩尔定律）。并且，电路越密集，其运行速度越快。[24]

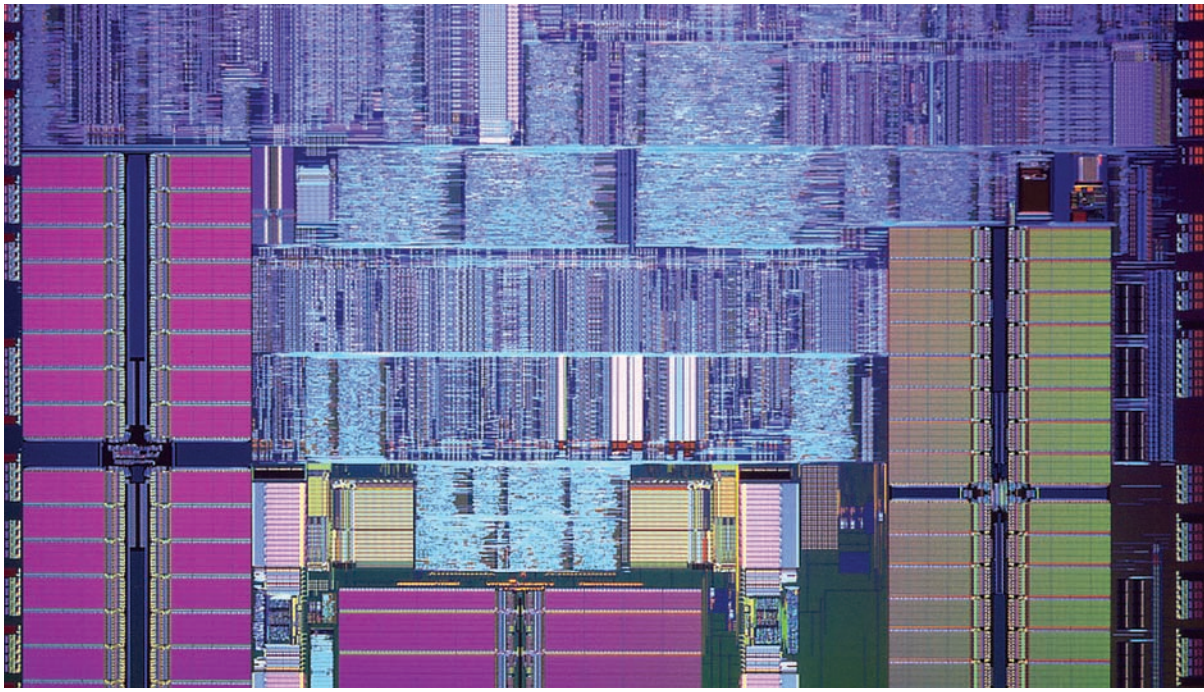
在 20 世纪 60 年代，人们对速度的追求不仅仅停留在机器能以多快的速度执行任务上，而且关注机器在越来越小的空间中能以多快的速度执行任务。小型化成了主流趋势。美国政府斥资数十亿美元展开空间竞赛，在可以缩小计算空间的任何方面都进行了投资，以便将其应用到火箭或卫星中。在日本，Masaru Ibuka

和 Akio Morita 成立了索尼公司，专门制造晶体管收音机及其他小型电子器件。在 20 世纪 60 年代，随着经济的迅猛发展，各公司有关新客户、新产品和新市场的数据也出现激增，因此需要更快、更小、更便宜的计算机来跟踪这些数据。

1971 年，IBM 冒险推出了采用集成电路的 145 型系统 370 计算机。IBM 不仅将这种全新的技术应用于计算机的逻辑中，还应用到了一种 IBM 称之为单片存储器的新型芯片上。这种存储器取代了原来的磁芯存储器。370/145 型计算机的存储器容量最高可达 512 KB，尽管这与如今的标准相比微不足道，但却是被其取代的 40 型 S/360 计算机中最大存储器容量的两倍。固态存储器所占用的空间是磁芯存储器的一半。370/145 型计算机的存储器与处理器都得到了改进，运行速度比 360/40 型计算机快五倍，所有这一切都归功于集成电路。

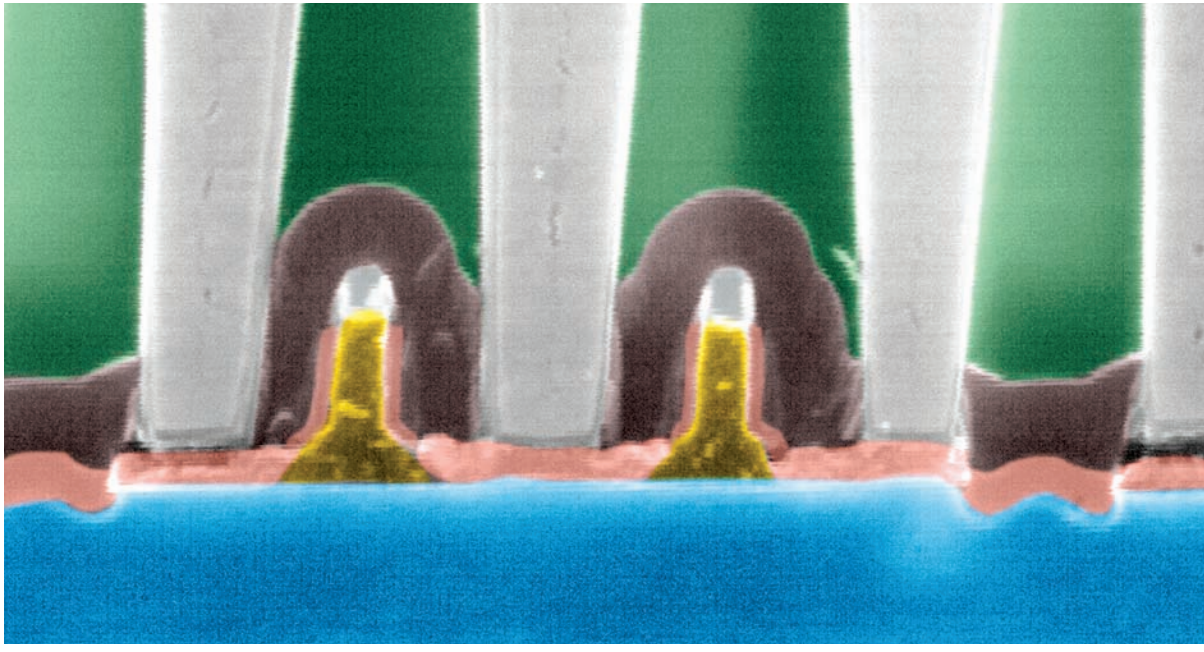
到集成电路的转变开启了计算机性能急速上升、成本直线下降这样一种局面，这种局面如今仍在继续。即使在采用集成电路的 370 型计算机中，处理器仍然是一台设备，大小往往与冰箱差不多或更大，上面布满了电路板。但芯片设计的进步将结束这种现状。1971 年，英特尔公司（由 Noyce 和 Moore 在离开仙童半导体公司后成立）推出了 4004 型处理器，这是第一款完整的芯片式处理器。4004 型处理器属于普通芯片，更适合桌面计算机，而不太适合发展成熟的计算机，但英特尔接着又很快推出了功能更加强大的 8008 型微处理器。其他公司也纷纷开始涉足这一业务领域，并生产出了 Zilog Z80 和 MOS Technology 6502（Apple II 计算机中的处理器）。最后，计算空间发展到了计算机适合个人拥有的程度。

IBM 在努力制造微处理器的过程中又发明了新的高性能计算技术。20 世纪 70 年代末，IBM 研究人员 John Cocke 正在研究一种



晶体管属于固态器件，不包含会烧断的灯丝，并且体积更小，散热量比真空管低。可以将晶体管封装在一起，从而能使计算机以更快的速度执行更多运算。

Power6 微处理器（上），Power6 芯片上晶体管的高倍放大图。
金色突出部分是晶体管。



代号为 America 的新型微处理器。他认为，如果处理器能够使用更少、更简单的指令，则其性能会得到提升。在这种努力下，最终推出了精简指令集计算机 (RISC)。IBM 801 型处理器是第一款 RISC 处理器。由于该技术未经验证并且费用昂贵，因此 IBM 在经过慎重考虑后放弃了将 801 型处理器用于 IBM 个人电脑的想法。但 IBM 最终采用 Cocke 的 801 型处理器的一个版本推出了 RS/6000 计算机，该计算机是目前获得巨大成功的 IBM Power Systems 计算机的直接前身。[25] 太阳微系统公司的 SPARC 芯片便采用了 RISC 技术，另外，基于 RISC 的芯片还促使各公司推出了大量流行的视频游戏机，包括索尼的 PlayStation 系列、微软的 Xbox 以及 Nintendo 64。

晶体管、集成电路和微处理器通过实现小型化而提升了速度。但还有一些工程师正在尝试通过其他方式来提高速度。想法独特的计算机设计者 Seymour Cray 最先开始制造专门致力于达到前所未有的、最高速度的昂贵高端机。这种机器被称作超级计算机。[26]

到 20 世界 70 年代，速度促使人们想要了解未知事物：宇宙最远的地方都有什么？天气机制是如何工作的？蛋白质是如何形成的？Cray 离开了计算机制造商控制数据公司并成立了克雷研究公司，这是一家完全专注于超级计算机的公司，致力于提高计算机的运行速度。

“突然间对计算能力的需求几乎达到了无穷大，”Cray 在 1995 年对一名记者说，“对诸如天气或军事应用中的核反应等对象进行模拟时，需要计算微分方程式，在计算过程中需将方程式分解成无数个小部分，但有限的计算能力还无法在如此精密的层面上进行工作。”欧洲中期天气预报中心是当时技术最先进的天气模拟机构之一，但由于其计算机的功能尚未强大到可以解释洛基山脉的影响，因此为美国提供的天气预报经常出错。“这可以

让我们了解在能够模拟真实环境前，计算能力在精密化方面还有多远的路要走，因为洛基山脉对当地天气明显具有某些影响。您不能只是将它们视作平原，”Cray 说。

超级计算机竞赛从此拉开了序幕。最初，Cray 得到了广泛关注，这不仅需归功于他在速度方面所取得的成就，还应归功于其半圆形机器的美学结构。Cray-1 在 1976 年被运往洛斯阿拉莫斯国家实验室，其设计初衷是为了实现前所未有的速度。该计算机极适合执行向量运算（尤其适合执行并行处理的一种计算方式）。没有人会用 Cray 计算机或如今的某台大规模并行超级计算机来运行会计系统，但这种机器极为适合气候模拟等复杂计算任务。[27]

由于 Cray 已证明超级计算机有市场需求，因此其他公司也纷纷加入，包括日本的 NEC 和富士通。IBM 在 20 世纪 90 年代开始着手超级计算机业务，并为美国能源部的高级战略计算计划项目制造了一系列一次性机器。为了满足政府、学术界和工业领域研究人员的高性能需求，IBM 在 21 世纪推出了一款被称作蓝色基因 (Blue Gene) 的新设计。第一台蓝色基因系统专为劳伦斯利弗莫尔国家实验室开展基因学研究而设计，并因此得名。[28]

最新超级计算机在设计方面的常见要素是大规模并行架构。这些机器采用大量相对简单的处理器（往往为最初专为进行图形处理而设计的专用单元）来同时对数量庞大的数据进行计算。此类系统难于编程，但对于需要采用这种方法（以及包括从图像处理、量子化学到商业分析的各类问题）的难题而言，这种系统能以惊人的速度得出结果。

如今，计算速度的发展方向似乎发生了逆转，这种转变过程经历了：从速度较快的处理器到系统速度、较小空间速度、超级速度，再到可能会被称作较小空间系统超级速度的这样一个阶段。对于新一代计算机，IBM 正在研究单芯片上的超级计算机。蓝色基因的原始系统架构师 Monty Denneau 领导团队设计了

Cyclops64，其中包括 160 个处理器核，全部组件都整合到了一个不到一平方英寸的芯片上，并利用一个超高速网络进行连接。完整 Cyclops64 系统将包含 100 万个以上的处理器，其速度会比 21 世纪的超级计算机 Roadrunner 计算机快若干倍。（Roadrunner 中文名“走鹃”，是全球首台运算峰值达到千万亿次的超级计算机）利用单个 Cyclops64 芯片制造的计算机能用比打印文件少得多的时间来计算月球星历表，而 IBM 在 20 世纪 50 年代的机器需要数年才能完成。[29]

——

有两种方法可以显著提升计算机速度。一种方法是缩短所有组件的尺寸，以便减少以光速移动的电信号穿过机器所需的时间；另外，可以将用来执行更多任务的更多芯片整合到一个系统中。另一种提高速度的途径是寻找用来制作组件的新材料。曾经有许多次，通过改变材料而实现了：让脉冲形式的信息在更小的空间内利用更少的能量穿过更细的金属丝（所有这些都有利于提高总体系统速度）。例如在 20 世纪 90 年代，IBM 制造了首批基于铜的芯片。在旧有技术越来越落伍的情况下，这些新式芯片的出现对跟上摩尔定律的步伐起到了至关重要的作用。

在 20 世纪 80 年代前的数 10 年中，科学家们不断研究并尝试各种超导体材料，最终在材料科学领域取得了重大发现。超导体属于完美的电导体，没有电阻，还具有其他导体所不具备的非凡磁学特性。但是科学家们遇到了一个问题，已知材料只有在接近绝对零度（即零下 459 华氏度，或摄氏零下 273 度）

计算机芯片上能封装多少晶体管？在这一方面我们正在达到极限。让微处理器的功能更加强大的一种方案是使用光学芯片，这种芯片利用的是可见光子，而非电能中的电子。光学芯片几乎不会释放任何热量，并且比采用铜线的芯片要高效得多。

——

实际大小的 IBM 试验性光学芯片。

时才具备超导性能。这种低温，只有在实验室试验中才能达到较为接近的温度。

1986 年，在瑞士苏黎世附近的 IBM 研究实验室中，科学家乔治•贝德纳兹 (Georg Bednorz) 和亚历克斯•马勒 (Alex Müller) 正在研究一种称为钙钛矿的金属氧化物，并且发现这种材料可以在远高于之前所有超导记录的温度下具备超导性能：约为零下 397 华氏度。这种温度可以通过相对便宜且可以获得的液态氮来实现，之前的低温超导体只有借助液态氦才能达到足够低的温度。这种温度上的差别是一种突破，打开了一种将切实可行的高温超导体内置到实用产品中的新局面。超导体促使磁共振成像机更加便宜、快速，从而可以将其应用于世界各地的医院中。速度可达每小时 300 英里的上海磁悬浮列车便采用了超导体技术。1987 年，贝德纳兹和马勒因其发明而获得了诺贝尔物理奖。[30]

超导体尚未应用于计算机中，但在接下来 10 年中有关速度的对话将逐步转换到 exascale 计算上。这种系统每秒钟将可以执行一百万万亿次运算，该速度约为 2010 年最快超级计算机的 500 倍。这一目标的实现有赖于新材料（包括高温超导体）的帮助。

随着对信息的渴望越来越强烈，对速度的需求也在与日俱增，而速度的提升又增强了我们对信息的渴望。这种循环并无终止的迹象，因此大量有趣的问题接踵而来。如果当前计算机的运行速度比 50 年前的计算机快 300 亿倍，那么这种速度是否有可能再快 300 亿倍？未来主义者 Ray Kurzweil 预言，有一天机器的智能将超越人类，并开始统治整个世界。多数计算机科学家都对这种观点持否定态度，他们称速度不能等同于思维能力。然而勿庸置疑的一点是，极度快速的计算机正在朝我们走来，它们将能够完成无法想象的事情。但问题是：这些无法想象的事情都包含什么？

• • •

逻辑

计算机揭示了模式“if *x*，then *y*”语句将二进制语言转换为人类思维语言。语言越来越丰富，解决的办法也就越来越多。

针对 IBM 704 的 Fortran 编程人员手册，1957 年印制。

fortra

AUTOMATIC CODING SY

FOR THE IBM 70

20 世纪 50 年代，知道如何与计算机打交道的人屈指可数，格蕾丝·赫柏和约翰·巴克斯就是其中的两位。赫柏是一个坚持己见、不走寻常路的人，她在 1943 放弃了瓦萨学院的数学教授职务，加入美国海军。后来被派遣到哈佛大学帮助为 Mark I 设计程序，Mark I 是由哈佛大学和 IBM 联合开发的超级计算机。

战争结束后，赫柏离开了海军（只是暂时性离开，因为她会在军队度过职业生涯中的大部分时光），并在 1949 年加入到在二战期间发明 ENIAC 的 John Mauchly 和 J. Presper Eckert 团队中。赫柏为 ENIAC 的后继产品 UNIVAC I 开发了部分早期程序。

巴克斯比赫柏小 20 岁，刚刚在哥伦比亚大学修完数学硕士学位，之前刚步入成年期的他对自己的目标并不明确。他从弗吉尼亚大学中途退学，在陆军派遣其接受医学培训时，他意识到自己不想成为一名医生。一天巴克斯在经过纽约麦迪逊大道的 IBM 总部时，透过临街橱窗，他看到了大厅中正在运行的一台巨型计算机并被它深深地吸引住了。这是 IBM 的可选顺序电子计算器 (SSEC)，是 Mark I 的后继产品。“我刚刚发现这个地方，于是走了进去，它看起来很有趣，”巴克斯在 2006 年口述历史时说道，“我问他们能否为我提供一份工作，他们说，‘可以，走，去见老板吧。’”于是巴克斯便开始了研究 SSEC 的工作。[31]

赫柏与巴克斯分别为经验与特性极为不同的两个竞争对手和领域工作。这两人最先显著地改变了人类与计算机之间的关系。在计算领域中，他们发明了替代书写的方法，在历尽艰辛与挫折后创建了一种人机通信系统。他们还开创了计算机编程的先河。

在最早期的计算机中，程序涉及到接线板以及用来连接可执行运算的开关的金属线。编程人员必须实际改变布线方式才能改变计算机执行的任务。这种方式最终演变成了：编程人员通过输入晦涩难懂的字母数字代码来告诉机器执行什么任务以及在何处存储

信息。在研究 UNIVAC 期间，赫柏考虑到了与这种编程方法相关的一个简单问题：编程人员在重新输入之前已用过的代码时，会产生大量错误。赫柏在 1980 年口述经历时说道，“很快我便明确意识到，编程人员不可能完全正确地复制内容。在 UNIVAC 中，我们用三角形表示空格，如果 [编程人员] 写下一个潦草的希腊字母‘Δ’，就有可能看起来像 4。许多人写下的英文字母‘B’看起来像‘13’。”

如果要让少数专家以外的人也能够编程，就必须让编程语言变得更简单、更易于人类使用，赫柏推测说。以下所示为某简单 UNIVAC I 程序的头几行内容：

```
B 0037L 0041      0
000000T 0003      1
500060B 0037      2
R 0031U 0019      3
500050500057      4
```

赫柏开始着手编写指令易于让人类理解并且可以被翻译成计算机能理解的代码的一种程序。她将这种程序称作编译器，如果要将 5 加载到寄存器并在随后发送到存储器单元，则编程人员只需写入 $x = 5$ 即可，而无需编写计算机代码。不过遗憾的是，UNIVAC 进行翻译需要花费很长的时间。译码系统效率低下，因此最终代码的运行速度远远低于熟练人员直接编写的代码的运行速度。不过，赫柏围绕所谓自动化编程所开展的研究标志着软件真正发展进程的开端，随着软件的发展，计算机能力可以被越来越多地发掘出来。

在此之前，巴克斯已开始为 IBM 的首批商业计算机 700 系列电子数据处理机进行编程。他的团队（据他回忆，其团队的工作地点是从公司总部沿 56 号街向前走即可到达的一栋小楼的第五层）也正在尝试帮助人类在机器语言的基础上向前发展。他最初

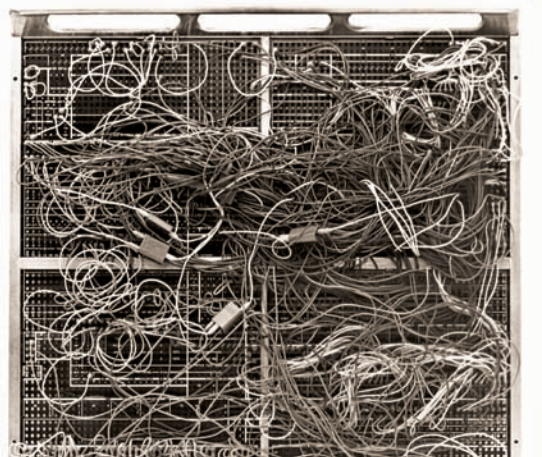
CO SELECTORS
HOP STOP
READ
SKIP
MPLY
COUPLE
DIVIDE
EXITS
X2
X5
TENTHS
SKIP OUT
READ OUT
RESET
NB
BUS
N. B. CHECK
to 1R
to 3R
6R
3L
6L
5L
1L

的尝试被称作“Speedcoding”。机器语言只能提供非常简单的指令，而许多常见的数学运算需要较长的指令序列。Speedcoding为这些高级运算（例如求一个数的平方根）创建了新指令，并且允许编程人员输入速度代码，而非基础性的机器语言。“用机器代码编程是一项让人头疼的工作，”巴克斯在2006说道，“于是我萌发了让编程变得简单一点的念头。”[32]

1957年，巴克斯与他的团队发明了第一种真正高级的语言Fortran（for FORmula TRANslating System，公式翻译系统）。Fortran编译器在原理上与赫柏早期的研究成果很相似，但它可以生成几乎与优秀编程人员所编写代码一样高效的机器代码。编码员必须对计算机有相当的了解才能编写并运行Fortran程序，但第一次有了一种计算领域外的人们可以理解的代码，从而可以让数学家和科学家也参与到编程中来。例如，学过高中代数但对计算机一无所知的人可能明白以下这些Fortran语句：

```
R1 = ( -B + SQRT(B**2 - 4*A*C)) / (2*A)
R2 = ( -B - SQRT(B**2 - 4*A*C)) / (2*A)
```

上面计算的是二次方程式的根。

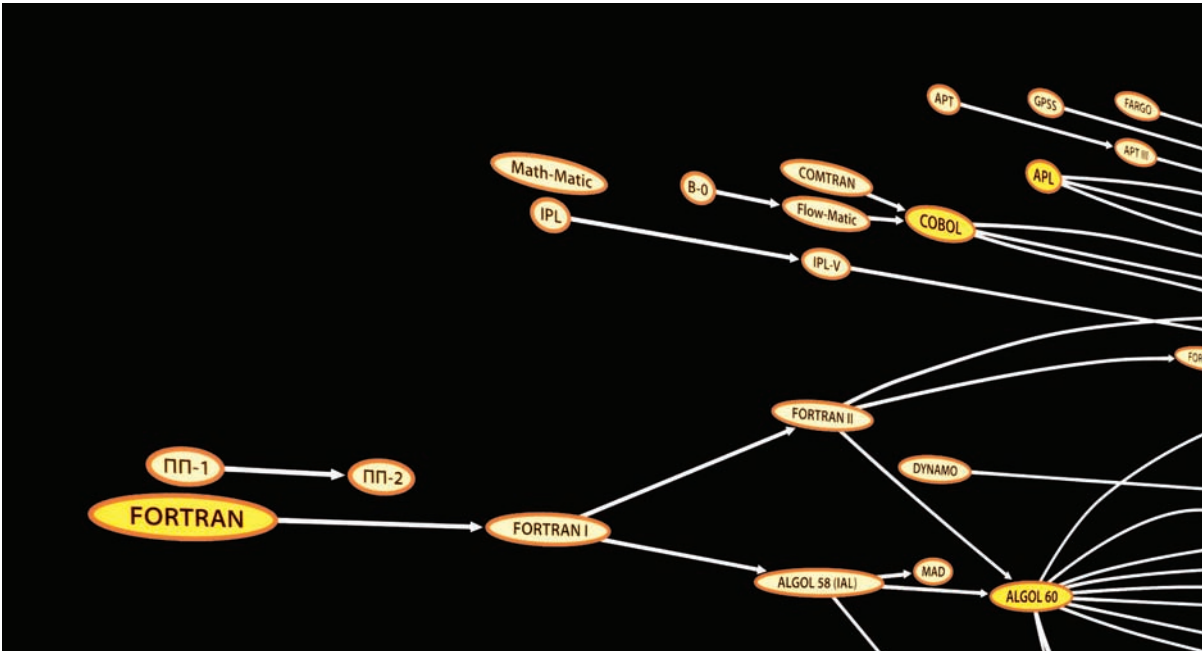


早期的计算机通过接通并断开金属线进行编程。如果一个开关执行运算，那么电缆另一端的开关就会执行相关联的运算。这种计算语言类似于原始人之间的交流。

IBM 407控制面板上的插头（右），以及控制面板编程示图。

Fortran 的出现开启了将软件从运行软件的硬件上分离出来这样一个过程。机器语言程序在编写时必须针对某特定计算机，而 Fortran 程序则可以在装有 Fortran 编译器的任何系统中运行。

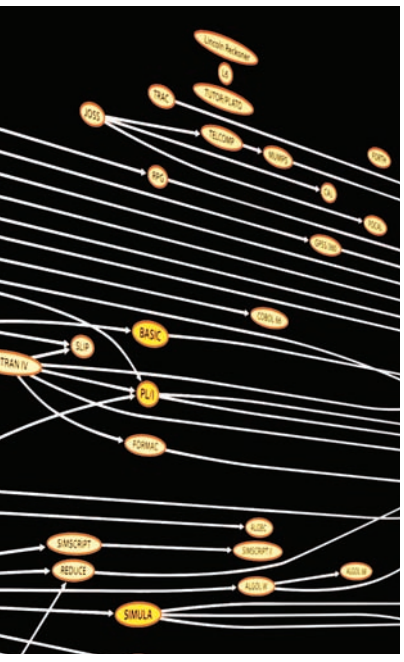
在巴克斯的首个 Fortran 版本问世两年后，又出现了一种经过改善的新版本 Fortran II，该版本包括一项绝妙工具：子例行程序。大量编程工作都涉及到一些之前已做过的事情，并且需要一遍一遍地重复完成。子例行程序是一种独立的子程序，可以在其他程序内运行。例如，名为 ROOTS (A, B, C) 的子例行程序可以计算 $ax^2 + bx + c = 0$ 的根，并且会针对任何此类方程式发挥作用。子例行程序有两大优势。首先，使用子例行程序的编程人员无需深入了解其工作方式，只需了解其适用于哪些值以及将返回什么结果。其次，可以轻而易举地将预先编写的子例行程序放进一个程序中。如今，编程人员可以从巨大的例行程序库中进行选择，但在早期年代，添加一个子例行程序往往意味着需要从他



人的程序中借用一堆穿孔卡。不过，两种途径都有助于大量节省人力。

“Fortran与科学家和工程师在日常工作中使用的代数公式极为相似，”*《纽约时报》*在2007年巴克斯的讣告中写道，“他们只需接受少许培训，便无需再依赖编程专家来将其科学与工程问题翻译成计算机可以理解的语言。于1969年在贝尔实验室开发出Unix操作系统的Ken Thompson称，在早期年代进行编程的人员中，有95%的人如果没有Fortran就无法编程。”

不过，能用数学符号编写程序这种情况并没有深深触动负责具体数据处理运算的人们。“据我判断，世界上有两类人正在尝试使用这些东西，”赫柏说，“一类是喜欢使用符号的人 — 数学家以及与数学家属于同类的人。另一类是讨厌符号而喜欢文字的、负责数据处理工作的人 — 无疑是文字工作者。因此，我认为我们需要两种语言。”



格蕾丝•赫柏

约翰•巴克斯

格蕾丝•赫柏和约翰•巴克斯开发了可以让计算机与人类用代码相互交流的早期语言。从那以后，人类开发出了数百种其他语言，使更加复杂的指令成为可能。

加利福尼亚州帕洛阿尔托市计算机历史博物馆所收藏的一幅图，显示了从Fortran演变来的各种语言。

于是，赫柏为 UNIVA 发明了 FLOW-MATIC 语言，这种语言最后演变成了极其成功的 COBOL 语言（for COmmon Business-Oriented Language，通用商业语言）。COBOL 语言详细而冗长，这与赫柏的目的相一致。针对一项简单运算的指令可能类似于：

MULTIPLY HOURS BY WAGE-RATE GIVING STRAIGHT-TIME（在已知正常工作时间的情况下，将小时数与工资率相乘）

“这为管理与经理人员提供了一种令人欣慰的前景展望：即使他们自己不会编写程序，也可以阅读并理解其员工编写的程序，”Martin Campbell-Kelly 和 William Aspray 在其撰写的计算史中写道。另外，COBOL 的奇特性还在数十年后造成了一些代价昂贵的后果。当时，由于存储资源稀缺，因此只为日期的年份部分分配了两个数字位，认为 19 能够代表可以预见的将来。在 20 世纪末，由于最初的创始人多数已辞世，因此新一代编程人员不得不埋头苦思数百万行 COBOL 代码，以便查验日历翻到 2000 年时可能发生的种种问题 — 媒体将这种情况称为 Y2K（千年虫问题）。

Fortran 是 IBM 专有的一种语言，不过最后，其他系统也开始相继使用。COBOL 语言由美国政府支持的一家行业委员会开发。在该委员会完成开发后，由于政府对每次购买一台新计算机都必须重新编写程序这种情况颇感厌烦，因此下令联邦机构购买的所有计算机都必须装有标准 COBOL 编译器。这是将程序从其在上边运行的机器中提取出来又向前迈出的一大步。

在 20 世纪 70 年代中期以前，多数商业交易都由职员记录，然后交给专家，让专家将其输入计算机或穿孔卡中。当时的计算

机可以利用这些信息来生成每日、每周和每月报告，这些报告通常以一大叠 14x17 英寸的折叠纸的形式提供，在打印前需将纸张沿边打孔，然后放进高速打印机中。如果您需要一份新报告，则需向数据处理部门提供说明信息，最后计算机操作员将对报告进行编程，随后您便可获得所输出的报告。即使对现有报告进行小幅改动，也需要花费数周时间进行处理。

同时期左右的三项发展成果改变了所有这些情况。每一项成果都变成了目前所谓的中间件 — 有益、实用然而经常会被忽视的一大类软件，该类软件可以让公司和政府持续运作。

20 世纪 60 年代末，IBM 研究人员 E. F. "Ted" Codd 开始注意计算机对数据进行分类和处理的方法，并想出了一种更好的方法。与赫柏和巴克斯一样，他也被培养成了一名数学家，所从事的工作是为最早期的计算机进行编程。Codd 的研究领域是以数学上较为严格的方式对数据库进行定义。其目标是概括性地说明如何存储、更新和提取数据，以便精确地对查询作出响应，并实现在对数据进行任何更改后可以生成一致的结果。[33]

1970 年，Codd 完成了对关系数据库的定义。在某种程度上，其观点十分容易理解。关系数据库的核心是一个数据表，其中行代表某种实体，列（通常称为字段）代表这些实体的属性。在图书馆数据库表中，每行可以列出一本书，而列则可以包括书名、作者、出版社等等。在将各个数据表结合在一起并让每对数据表通过共有字段（关联方面）相互关联时，关系数据库的真正优势就显而易见了。在图书馆示例中，第二个表可以列出图书馆的所有借书者以及所借图书，并且可以用每本图书的唯一标识符充当关系链接。简单的链接可以创建庞大而复杂的结构。对图书馆而言，可以通过相互连接的数据表发现一些特点：例如，喜欢作者 A 的人还往往会阅读作者 B 的书。

关系数据库以通用方式组织数据，因此可以对有关不同事物的信息进行匹配、分类或查询，从而发现各种关系。

纽约警局在 1994 安装了 CompStat 数据库，以便警官可以整理并匹配犯罪报告与其他数据，进而预测哪儿可能发生犯罪行为。由于该数据库在减少纽约犯罪率上立了功，因此后来被费城、温哥华和其他大城市采用。

Codd 的研究成果催生了一批数据库公司，其中包括 Oracle 和 Sybase。任何特定的数据库可以在任何计算机上运行，这进一步将软件与硬件割裂开来。

同样重要的还有结构化查询语言的发展。在 Codd 发表其论文后，另外两名 IBM 研究人员 Donald Chamberlin 和 Raymond Boyce 也发表了名为“SEQUEL：一种结构化英语查询语言”的论文。由于商标问题，这种语言的名称后来简写成了 SQL。Chamberlin 和 Boyce 实现了无需直接对计算机进行编程也无需了解存储数据的具体方式即可从数据库中提取信息。所有人都必须了解的是数据库的结构：哪些数据表中有哪些字段，以及将各个数据表链接在一起的方式。不久后，所编写出来的应用程序便实现了如下功能：用户无需真正了解如何用 SQL 编写查询即可生成所需报告。用户只需选择搜索标准，程序便会创建查询并将其提交至数据库。桌面计算机上运行的易用型报表创建软件，使任何人都可以对数据库进行查询。过去需要数据处理部门花费数周时间才能创建完成的定制化报表，如今可以由需要信息的人员来整理完成。

当然，不通过某种方式将信息录入系统，上述这些情况就不可能发生。在 20 世纪 60 年代末，IBM 工程师 Ben Riggins 正在为当时的弗吉尼亚电力公司研究 IBM 计算机实现方法。弗吉尼亚电力公司与其他公用事业公司希望建立客服中心（居民客户可以前往支付帐单或更改帐户），并将其与公司的大型机以电子方式相连。这样便可以输入并存储交易信息，只是还没有可以在现场执行交易的软件。在这一方面，Riggins 产生了一个想法 — 一种称被为 CICS（Customer Information Control System，客户信息控制系统）的软件。

1968 年，Riggins 被调到伊利诺州德斯普雷恩城的 IBM 公司开发 CICS，该软件于 1969 年推出。在 20 世纪 70 年代中期，CICS 的开发工作又被转移到了英国赫斯利市的 IBM 公司。后来该系统发展成了标准 IT 中间件，到 21 世纪初，每天通过它处理数千亿项交易。[34] 如今，全球大多数银行与零售交易系统都以 CICS 为基础。

关系数据库、SQL 和 CICS 成了 20 世纪计算机科学领域最重要突破中的一部分。每个人在日常生活中都会涉及到这些系统：当人们在刷卡、进行预订、发送电子邮件，甚至在打电话时，这些软件系统就会在幕后发挥作用，帮助完成交易。

---

20 世纪七、八十年代，在软件方面出现了两种出人意料的矛盾趋势。计算机变得越来越标准化并且越来越易于编程，但普通用户却很少需要尝试编程。

在 AT&T（美国电话电报公司）贝尔实验室，Ken Thompson 与 Dennis Ritchie 发明了 Unix 操作系统和 C 编程语言。Unix 在学术计算领域逐渐站稳了脚跟，并最终成了中型企业内计算机的标准操作系统。C 语言及后来的衍生语言 C++ 变成了大多数严肃编程工作的通用语言。20 世纪 60 年代，瑞士联邦理工学院的 Niklaus Wirth 专门编写了 Pascal 语言，并将其作为教授编程课程的一种工具。大约在同一时期，达特茅斯学院的 John Kemeny 与 Thomas Kurtz 发明了 BASIC，这是一种旨在让非专业人员进行编程的简单编程语言。由于计算机越来越普及，因此 BASIC 指令成了大学课程的标准内容，最后还成了中学甚至小学课程的标准内容。

与此同时，快速发展的软件行业中的熟练编程人员为个人电脑创建了应用程序，从而改变了人们对软件与编程的思考方式。通过 1979 年为 Apple II 推出的电子表格程序 VisiCalc，分析者无需编写任何代码即可创建高级的财务模型。WordStar、WordPerfect 和最终的 Microsoft Word 等文字处理程序在很短的时间内便将打字机与专用文字处理系统淘汰出局。

——

人工智能 (AI) 的概念，从一开始便出现在计算机科学领域。1950 年，负责有关研制最初计算机的大量理论工作的英国数学家阿兰•图灵 (Alan Turing) 提议进行一项简单的测试：如果通过一个终端与某台计算机进行对话的人员无法判断另一端是人还是机器，则可以将该计算机视作具备人类思维。然而没有一台计算机通过测试。计算机科学家与神经科学家对人脑的了解尚未达到能够复制其功能的程度。

不过，计算机科学家意识到，速度更快的计算机可以在特定的高级认知活动中赶上或超越人类。人工智能研究人员对国际象棋尤其着迷。该游戏深奥复杂，但其可能性却十分有限。

20 世纪 80 年代中期，卡内基梅隆大学的三名博士生 Murray Campbell、Thomas Anantharaman 和许峰雄开始着手制造一台能够战胜人类最佳棋手的国际象棋机。台湾出生的许峰雄长久以来一直对计算机国际象棋很感兴趣，他设计了一个名为 ChipTest 的专用国际象棋处理器。Murray 在青少年时曾荣获阿尔伯达省的冠军头衔，在大学期间曾编写过一个下国际象棋的程序。许峰雄和 Murray 一起制造了 Deep Thought，该名称源自 Douglas Adams 的*《银河系漫游指南》*中的一台计算机。它是当时最好的国际象棋机，在 1989 年春天的世界计算机国际象棋锦标赛上战胜了所有

挑战者。但同年秋天，在与当届的人类世界冠军所展开的两场比赛中，却轻易被击败。[35] IBM 研究院雇用了 Deep Thought 团队，该团体具备制造 Deep Blue（专门用来下国家象棋的超级计算机）的资源。1997 年，当届冠军同意与最新版本一决胜负。Deep Blue II 包含 30 个 Power 处理器和 480 个专用国际象棋芯片，这使其在一秒钟内可以判断多达 3.3 亿个国际象棋棋盘位置。这场比赛引起了极为广泛的关注，现场气氛紧张而激烈。国际象棋大师赢得了第一局比赛，但在第二天的比赛中则是 Deep Blue 胜出。接下来的三局比赛以平局结束。在具有决定性的第六回合中，Deep Blue 仅走了 19 步便战胜了对方。

《纽约时报》报道称："I.B.M. 计算机 Deep Blue 以凶悍敏捷的方式，将昨天还是整个星球最棒国际象棋棋手的人类拉下（至少可以说是暂时性地拉下）了冠军宝座。"

Deep Blue 在比赛中的表现像机器，而不像人类。"Deep Blue 的处理方式要比人类国际象棋棋手高明得多，" Campbell 说，他是纽约约克镇高地 IBM 托马斯•沃森研究中心商业分析与数学科学小组现任高级经理，"它做的是计算机擅长的事情。而人类依靠的是直觉。这很有效，但很难让计算机模仿。" Deep Blue 之所以与人类的玩法不同是因为他不会像人类一样思考。它的一些走法让其程序设计人员都大惑不解，得要到事后才能逐渐理解 Deep Blue 的行为逻辑。当 Deep Blue 在僵局情况下竭力苦撑时，为了不让人类对手苦等几个小时，人类助手有时不得不介入接受平局。

Deep Blue 具有持久的重要意义。它为 IBM 重操超级计算业务指明了一条道路。另外它还激发人们开始考虑：如何利用最新计算机的非凡处理能力，实现不仅能够更加快速地处理具体问题，而且还能更加深入地处理具体问题。高级业务分析任务（从

庞大的数据库中提取多方面信息）需要巨大的处理能力并且使得高性能计算技术对商业领域极具价值。

从刚进入计算机时代时起，人类就不得不学习专门技术来与计算机进行交流。UNIVAC 的数字代码被创建优良 Google 搜索的技术所取代。机器在理解人类语言方面从未达到过可以称得上绝佳的程度。消除这种差距是计算机科学家所面临的挑战之一。电视智力竞赛*《危险边缘》*节目成了 IBM 研究院一个小组所面临的最为苛刻的新式考验。[36]

“人类可以灵活地应用语言。他们不会认为一个词汇具有绝对明确且永恒不变的含义，”IBM 科学家 David Ferrucci 说，他曾带领团队研究制造一台能在电视节目*《危险边缘》*中与人类进行现场对决的计算机。其团队在外观和运行方式与*《危险边缘》*演播室极为相似的一个 IBM 实验室中制造出了名为 Watson 的计算机（Watson 计算机）。“当我们看到或听到一个词汇时，该词汇总是会存在于某个语境中，”Ferrucci 说，“所有周围的信息以及相关信息都会深刻影响词汇的实际含义（我们解释该词汇的方式）。我们在*《危险边缘》*节目中便面临着这种挑战。”[37]

节目中的问题经常以微妙精巧并带有双关的语言形式出现，这类语言可以娱乐人类，但却难住了计算机。在名为“之前、期间和之后”的一个类别中，给出的提示是：“一手扑克牌包含 3 个 A 和 2 个王，1917 年采用的英国皇室名称，系领带的一种好方法。”

DeepQA 技术是 Watson 的核心，该技术将自动化自然语言理解推向了全新的水平，并让计算机的架构点发展成为针对特定工作负载的系统的全新模型。

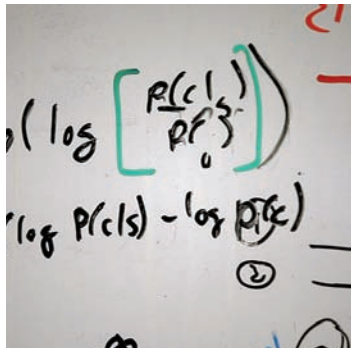
Watson 在 2011 年 2 月播出的著名电视大赛*《危险边缘》*节目中战胜了曾创记录的冠军 Ken Jennings 和 Brad Rutter。在《危险边缘》决赛中答题时，Jennings 套用了“*辛普森一家*”的一句玩笑话：“我以个人名义欢迎新的电脑霸主。”

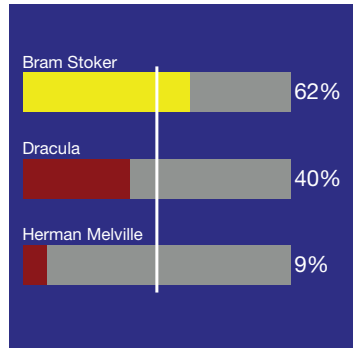
Watson 是如何在《*危险边缘*》节目中胜出的

与所有《*危险边缘*》节目的参赛者一样，Watson 并未与互联网连接，而是从自身的数据库中提取信息 — IBM 研究人员为其输入了 2 亿多页的内容。

由 2,880 个处理器核与 15 TB 的 RAM 提供支持，Watson 的算法可以快速理解问题。人类无疑擅长理解双关语，而 Watson 则擅长运行复杂分析。

数百种算法搜索数据库。其结果的相符度越高，Watson 在回答问题时越有信心。如果某答案错误，Watson 会调整其算法。与人类一样，Watson 也会从错误中学习。





“我们打算让计算机在理解我们的自然语言查询上表现更为出色，”IBM 研究院 DeepQA/Watson 项目的首席研究员 David Ferrucci 说。

正确答案为：“赢得满堂红的温莎领结？”这类结果是无法从普通计算机搜索中找到的。

Ferrucci 工作背后的重要目的是研究 DeepQA（问题回答技术）。该研究旨在真正理解并回答问题，具体方法是利用强大的计算能力，从那些以可搜索数字表单形式存在的、并逐渐壮大的人类知识库中查找答案。相比之下，网络搜索可以提供答案的潜在来源，而非答案本身。

“我们打算让计算机在理解我们的自然语言查询上表现更为出色，”Ferrucci 说，在过去 15 年中，他一直都在 IBM 研究院研究自然语言问题并在非结构化信息中查找答案，“计算机中包含所有这些信息，但信息未按可以让计算机将其与您的问题相关联的方式加以组织。我希望计算机能按人类表达信息的方式领会信息，然后根据人类的条件为其提供所需信息。

这并不意味着 Watson 能像人类一样思考，即使它可以像人类一样回答问题。“我们的目标不是模拟人脑，”Ferrucci 说，“而是制造在理解自然语言并以自然语言进行互动方面更加有效的计算机，但无需与人类的理解或互动方式完全一致。”

Ferrucci 称，当他的团队明显意识到增加信息已无益于改善结果时便停止了向 Watson 的存储装置添加数据。当向 Watson 输入问题时，100 多种算法就会同时以不同的方式分析该问题并找出许多看似合理的不同答案。而另一套算法则会对这些答案进行排名并分别给出分数。对于每个可能的答案，Watson 都会查找可以支持或反驳该答案的证据。因此，它会为所找到的数百项可能答案中的每一项搜索出数百条证据，然后利用数百种算法就这些证据在多大程度上可以支持不同的答案给出分数。具有最佳证

据评估结果的答案将赢得最高信心水平。Watson 最终会选择信心等级中排名最高的答案 — 除非该答案的信心水平未超过所规定的最低限值。在《危险边缘》节目中，如果排名最高的答案的等级不足以让 Watson 获得信心，则 Watson 会放弃抢答，从而避免扣减钱币数量的风险。该计算机还可以从错误中学习，快速改进答案。Watson 计算机可以在三秒左右的时间内完成所有这一切。

到 2010 年末，在约克镇高地 IBM 研究院举办的实践回合中，由于 Watson 在找到正确答案方面的水平已相当高，因此在超过 70% 的比赛中胜过了前来与其对决的《危险边缘》的前冠军们。随后在 2011 年初，Watson 与《危险边缘》节目的超级明星 Ken Jennings 和 Brad Rutter 同台竞赛。

本次比赛在 2011 年 2 月连播了三天，成了当月的重要文化事件。Watson 由上面显示旋转地球的屏幕代表，两侧分别是 Jennings 和 Rutter，它以沉着稳重的男高音声调针对提示回答问题。在第一天结束时，Watson 与 Rutter 持平，均赢得了 5,000 美元的钱币数，而 Jennings 的钱币数是 2,000 美元。第二天，Watson 以压倒性的成绩领先。在第三天结束时，Watson 赢得的钱币数为 77,147 美元，而 Jennings 和 Rutter 分别为 24,000 美元与 21,600 美元。（作为获胜者，Watson 获得了一百万美元的奖金，IBM 将这笔钱捐给了慈善机构。Jennings 与 Rutter 分别获得了 30 万美元和 20 万美元。他们各自向慈善机构捐出了一半奖金。）在《危险边缘》决赛中，Jennings 在题板上写下了源引自“辛普森一家”的一句总结（逗乐观众的一句自嘲语）：“我以个人名义欢迎新的电脑霸主。”

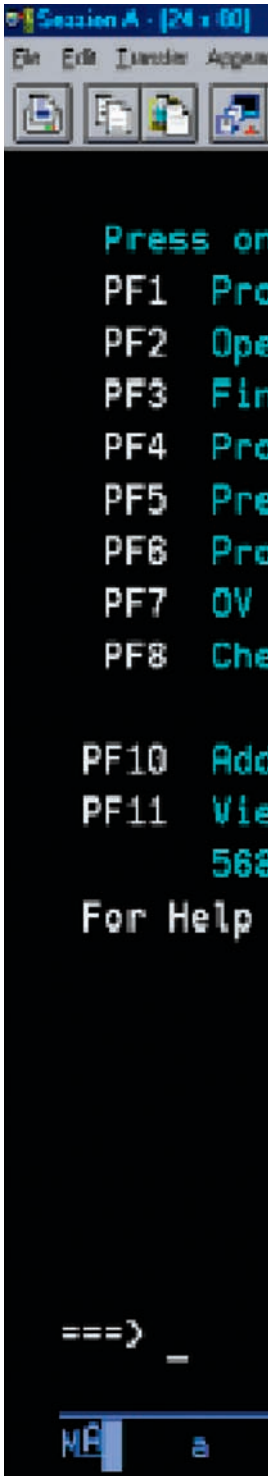
竞赛结果成了全球各地的重大新闻。《纽约时报》的头版报道称：“对 I.B.M. 而言，这次决战不仅仅意味着一种效果不错的宣传手段以及一百万美元的奖金，还证明该公司已沿以下方向跨出了一大步：智能机器将理解人类并作出反应，并且可能会不可避免地在某些方面取代部分人类。”[38] Ray Kurzweil 称，Watson 标志着计算历史上的一个重要转折点。“计算机能力正在逐步增强，已成功侵入这一被视作只有人类智能才能到达的领地，在这方面 Watson 是一个极好的例子，”Kurzweil 写道。[39]

与影响了计算机设计但最终只会下国际象棋的 Deep Blue 不同，Watson 及其 DeepQA 技术具有直接而明显的影响。如今，数据库可以为深奥的分析问题提供答案，但前提是查询需包含结构严格的关系数据库中的信息。DeepQA 设法从世界中一大堆杂乱无章的非结构化信息中查找答案，并向知道如何问问题的任何人提供结果。这种问题回答技术的一种潜在应用是智能诊断。医生作为个人，不可能随时了解巨大数量的数据和不断发布的研究成果，因此像 Watson 一样能以实际医学语言实时回答询问的功能极为强大的问题回答软件，可能会成为能否正确进行诊断与治疗的关键。在 Watson 刚刚于《危险边缘》节目中夺魁后，IBM 便宣布与马里兰大学和哥伦比亚大学的医学院建立了合作伙伴关系，以共同探索此类应用。

另一项更实际的应用是让我们摆脱客服热线的语言菜单。通过问题回答软件，呼叫者在用浅显易懂的语言向系统讲话后，便可真正获得有用的答案。法律行业表示对使用 DeepQA 来查找埋没在数千页文件中的信息颇感兴趣。

在许多方面，计算机实用性逐渐提高的历史可以看作是一个帮助人类与计算机以更加复杂和微妙的方式相互理解的过程。“计算机科学的终极目标是让机器以我们的语言而非其他方法来流利地与我们对话，”Ferrucci 说，“这可以帮助人类在众多领域快速前进，因为机器可以捕捉大量人类知识并用自然语言与人类交流。”具有意识与自我感知能力的计算机仍然是科幻小说中的事物，但我们看到，通过被问问题即可帮助我们思考的机器正开始向我们走来。

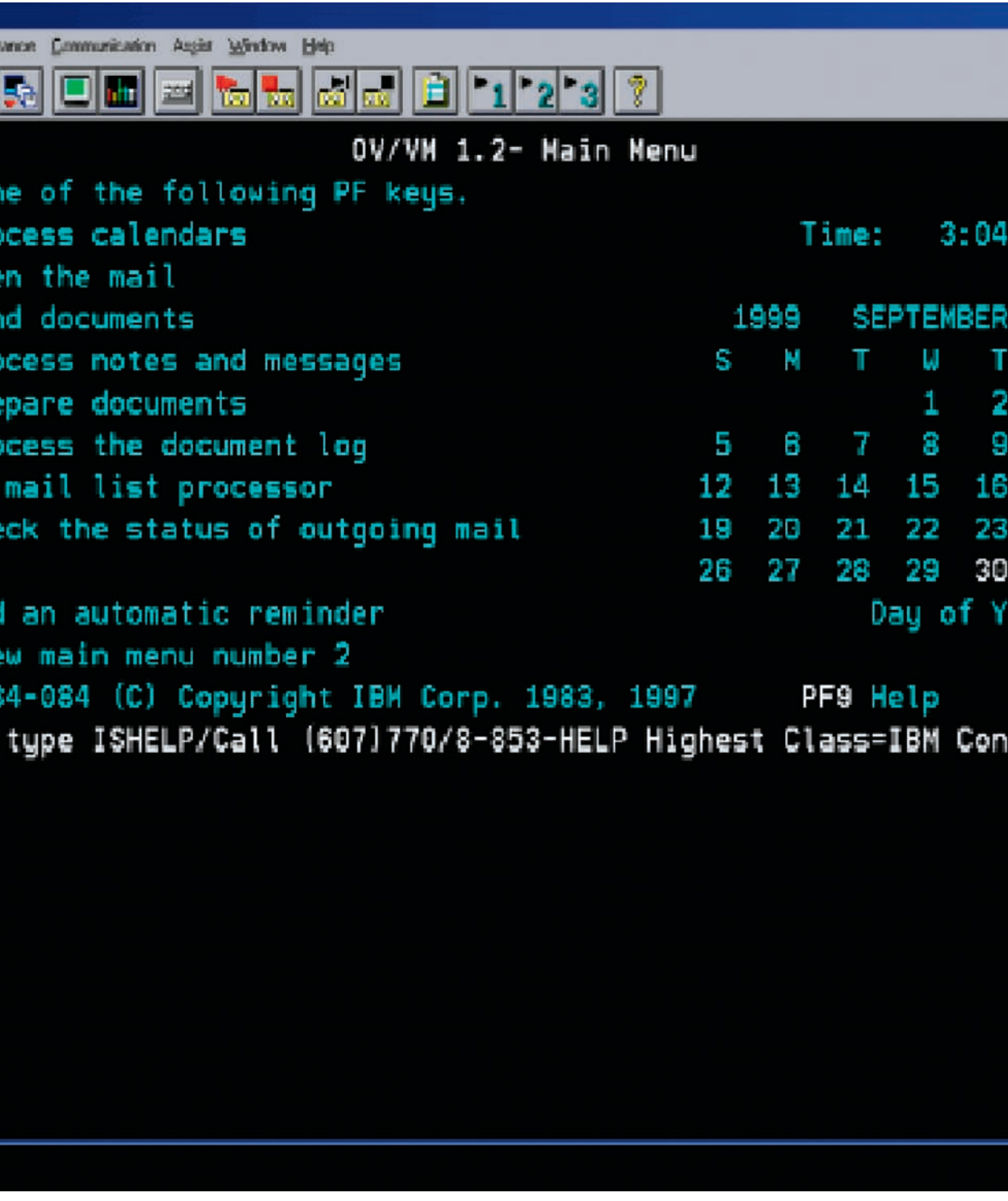
• • •



连接

当人类、计算机和设备实现互连时，计算技术的影响力便会呈指数级增长。

20 世纪 80 年代，那是在电子邮件或即时通讯、网络论坛或社交网络普及之前很久远的年代，IBM 的专业办公系统 (PROFS) 是商业世界最高级的网络通信方式。它可以使 IBM 人（以及许多 IBM 客户的员工）聊天、保存其日程表、发送消息并管理从财务记录到个人记录的各种信息。


Communication
Assist
Window
Help
OV/VM 1.2- Main Menu
ne of the following PF keys.
ocess calendars
Time: 3:04
en the mail
nd documents
1999 SEPTEMBER
ocess notes and messages
S M T W T
epare documents
1 2
ocess the document log
5 6 7 8 9
mail list processor
12 13 14 15 16
eck the status of outgoing mail
19 20 21 22 23
26 27 28 29 30
d an automatic reminder
Day of Y
ew main menu number 2
84-084 (C) Copyright IBM Corp. 1983, 1997
PF9 Help
type ISHELP/Call (607)770/8-853-HELP Highest Class=IBM Con

20 世纪 30 年代，发明家 Walter Lemmon 组建了一家名为 Radio Industries Corporation 的小公司。当时 Lemmon 正在研究通过短波无线电将两台电动打字机连接起来的方法，以便在一台打字机上输入的信息能自动输入到数英里之外的另一台打字机上。在某种意义上，这可以视作电子邮件的雏形。[40]

在 IBM，老托马斯•沃森的工程师们一直在探索利用电话线将穿孔卡上的小孔序列发送至位于其他位置的自动穿孔设备的方法，因此 Lemmon 的研究引起了沃森的注意。在观看原型后，沃森不仅说服 Lemmon 及其助手解散公司并加盟 IBM，还承诺 IBM 将资助为制造可上市销售的产品而必须进行的所有研究。

1941 年，Lemmon 推出了一种工作模型 — 一种名为 Radiotype 的鲁宾•戈德堡式装置。当 Radiotype 操作员输入信息时，每次按键都会向纸带穿孔装置发送脉冲信号，接着该装置会根据脉冲信号在纸带上穿孔。然后纸带进入短波无线电装置，该装置会利用类似于摩尔斯代码的代码发送小孔信息。在另一端则正好相反 — 根据无线电信号为纸带穿孔，然后纸带进入读取器，该读取器会告诉电动打字机启动哪些按键。

随着二战的升级，美军在全球各地的记录保存办公室中都安装了 Radiotype，这可以让军队向遥远的区域快速发送常规信息。一名陆军中校称 Radiotype 是为战争所制造的所有信息产品中“最震撼人心的研发成果之一”。沃森预言，Radiotype 的光芒有一天会超越作为 IBM 支柱产品的财务机：“我认为这种机器具有广阔的发展前景，以至于我都不敢停下来不去想它。”

1941 年的一台已准备就绪的 Radiotype 产品，可以为二战期间的美国军队发送信息。

Radiotype
ELECTROMATIC

在那之前，计算机都是相互孤立的 — 没有以任何方式进行连接。例如，要将信息从伦敦的一台计算机转移到曼彻斯特的另一台计算机，唯一的方法是将穿孔卡装载到卡车上并驱车运往那里。IBM 似乎已为创造某种新事物做好了准备：通过通信网络跨地理区域传输数据的一种方法。

战争结束后，IBM 针对民用领域开发 Radiotype 看似是一桩顺理成章的事。但这种情况并未发生。沃森意识到，如果 IBM 继续从事这一业务，就势必会与 AT&T（美国电话电报公司）的电传打字电报业务形成竞争，而 AT&T（美国电话电报公司）是 IBM 的一家大客户。曾参与研究 Radiotype 的 IBM 数据处理专家 Richard Canning 回忆道：“Radiotype 决不会成为 IBM 的一项重要业务，因此遭到了淘汰。”[41]

当时有一种文化观念根深蒂固，那就是：计算机公司销售机器和服务。通信公司运营网络，两者互不涉足彼此的业务领地。

又经历了 20 多年的时间，才发展到了计算机之间重新开始互相通信的时代。

1969 年，加州大学洛杉矶分校的计算机工程师 Bob Braden 面临着一项非同寻常的任务。他必须为刚刚在校内数学科学大楼中安装的一台 IBM 360/91 计算机编写联网软件。只有极少数人知道计算机联网是指什么。该计算机的制造者 IBM 甚至对这些似乎并不太感兴趣 — 至少对 Braden 正在帮助构建的网络类型并不太感兴趣。[42]

360/91 计算机是一款让人艳羡的产品。其快速的处理器和额外的内存让美国国防部的高级研究计划署 (ARPA) 垂涎三尺。美国希望在与苏联的冷战及太空竞赛中获得优势，因此向计算

分时技术可以使各地用户，通过辐射型网络连接利用同一台计算机的资源。

机研究领域投入了大量资金。ARPA 热切希望能让尽可能多的科学家访问现有数量极少的像 360/91 一样强大的计算机。唯一合理的策略是：通过一个网络将研究人员与稀缺的计算机资源连在一起。

问题是，360 系列极不擅长通信。它完全不是为了通信而制造的。从 20 世纪 60 年代开始，人类出于时间共享目的而制造了一些计算机，分时技术可以让身处不同位置的大量用户通过哑终端同时访问单台计算机。ARPA 的研究人员作了进一步的设想 — 有一种灵活的方法可以让科学家访问任意数量功能强大的机器，而无论这些机器由谁制造或位于何处。IBM 本身并不反对计算机通信，甚至还计划为其某些产品添加该功能。但技术应该使用 IBM 公司所拥有的。在这方面，IBM 与当时的任何其他计算机公司都别无二致。所有公司都设法让用户忠诚于自己全面而完整的专有系统。对与那些不受 IBM 完全控制的硬件和软件，IBM 不希望让它们连接到自己的系统中。实际上，制造 S/360 的整个前提条件是机器具备完整性 — 完全独立的功能。这是整个行业的一种倾向。（在那个年代，AT&T（美国电话电报公司）不允许任何非他们自己生产的设备连入其网络中。美国的所有电话和交换机都由 AT&T（美国电话电报公司）制造。）

因此，Braden 在 ARPA 的支持下继续前进，采用了一种基本的名为数据包交换的新通信技术。数据将被分成许多较小的称作数据包的电子数据段。每个数据包都会包括一个计算机与电子交换机可以读取的电子地址。与电话通话不同，计算机之间的包数据传输无需占用整条通信线路。在到达目的地之前，这些数据包可以相互分离，通过不同的线路和不同的中间计算机进行传输，目的地的接收计算机会快速按正确顺序组织这些数据包。

用户正在阅读从 TSS/360 分时网络的一个终端打印出来的内容，该网络专为一种特殊型号的 S/360 计算机而设计。

这可以高效利用网络资源，而且拥有足够的灵活性。如果有敌人设法中断了部分网络，则数据包可以通过其他线路进行传输，最终仍可到达目的地。包交换网络可能会以电话网络无法实现的方式躲过核攻击。

1970 年，被命名为阿帕网 (ARPANET) 的网络开始运行。随后，大量机构与大型计算机加入到了阿帕网。从而，全国各地的科学家与工程师得以访问世界上最强大的计算机。这使得人们开始产生一种观念：计算技术不该是私有的，而应该是共享的。

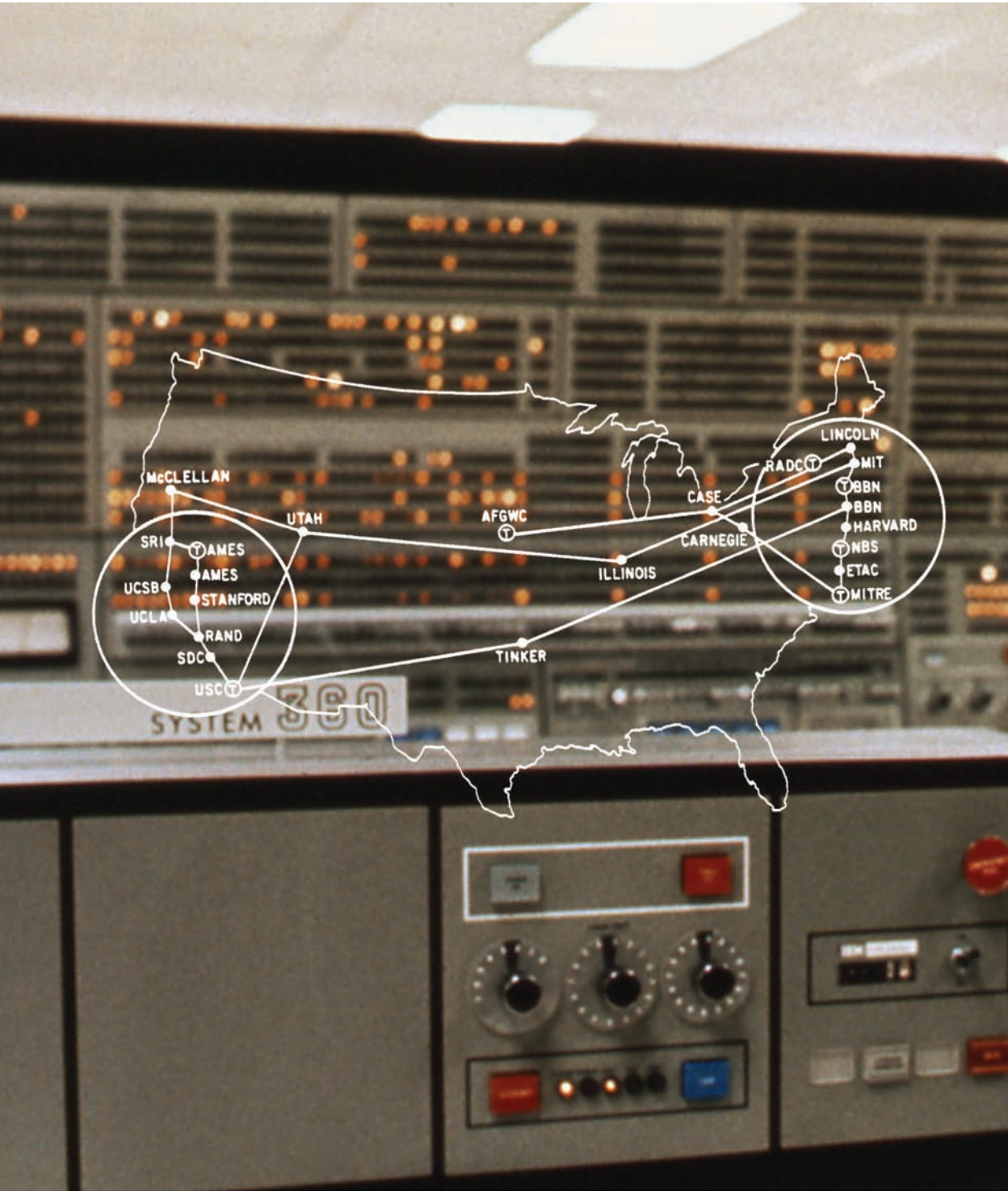
1973 年，ARPA 工程师 Robert Kahn 偶然碰到了斯坦福大学教授 Vinton Cerf。与 Kahn 一样，Vinton Cerf 也在致力于寻找可以让各种网络轻松地共享信息的方法。换句话说，他们都在努力实现网络互连。

随着计算机联网技术的发展，每个网络都通过自身的协议进行通信。IBM、Digital Equipment 和 Amdahl 等计算机公司都开始涉足联网技术领域，并分别建立了各自的协议集，当然，每个公司的协议集并不兼容。这很快发展成了一种让用户感觉混乱不堪的局面。

天体物理学家 Larry Smarr 回忆称，1982 年在慕尼黑他曾与德国同事一起喝啤酒，并抱怨为了能够运行他的有关超新星爆炸和撞击黑洞的模拟器，他不得不飞越大西洋来访问一台

计算机开始连入阿帕网网络，因此许多人可以共享大量计算机的资源，这就是互联网的前身。

加州大学圣塔芭芭拉分校的 S/360 计算机，是最初连接到阿帕网网络的四台计算机之一。其他几台分别是加州大学洛杉矶分校的 Honeywell DDP-516、斯坦福研究院的 SDS-940 和犹他大学的 DEC PDP-10。


McCLELLAN
SRI
AMES
AMES
UCSB
STANFORD
UCLA
RAND
SDC
USC
UTAH
AFGWC
ILLINOIS
TINKER
CASE
CARNEGIE
LINCOLN
RADC
MIT
BBN
BBN
HARVARD
NBS
ETAC
MITRE
SYSTEM 360

美国制造的超级计算机。他无法通过登录阿帕网来完成这项工作。Smarr 称："阿帕网变成了精英人物的专利。它针对的是一些计算机科学部门和军队。在大学物理系或化学系中根本没有人对阿帕网有深入的了解，访问过该网络的人更是寥寥无几。"[43]

Kahn 与 Cerf 致力于创建一种通用协议，这种协议不仅可以让机器之间互相通信，而且可以让所有网络都能轻松实现通信。在 ARPA 的支持下，他们研究出了名为传输控制协议/互联网协议的一套规则，即著名的 TCP/IP (transmission control protocol/Internet protocol)。1983 年，他们在 TCP/IP 方面的研究使得阿帕网可以与一个名为 CS/NET 的学术网络相连，两个网络上的研究人员从此便可以开始交换信息了。

在华盛顿，TCP/IP 赢得了一名实力雄厚的赞助者的青睐：参议员 Al Gore，他的工作是代表政府提供支持和资金。Gore 大胆地提出了一种被他称之为信息高速公路的想法，他称这种信息高速公路不仅仅会吸引来大学和企业，最终会以加速信息交流和经济扩张的方式与各种各样的人建立联系。[44]

里根政府很配合 Gore 的工作，国家科学基金会向五个超级计算机中心提供了资助，这些超级计算机中心分别位于伊利诺大学香槟分校、加州大学圣地亚哥分校、康奈尔大学、普林斯顿大学，还有一个超级计算机中心由卡内基梅隆大学和匹兹堡大学联合运作。国家科学基金会会为这些中心购置 Cray Research、IBM、Thinking Machines 和其他公司推出的最新超级计算机（有些价值超过 2,000 万美元）。当时需要一个网络来将这些中心与分布广泛的研究人员连接起来 — 以 TCP/IP 协议运行的名为 NSFNET 的一个网络。[45]

这是网络互连技术的起点。世界各地的网络都开始转而使用 TCP/IP 协议，从而形成了互联网。

但互联网也有反对者。AT&T（美国电话电报公司）及其他电信公司将计算机联网技术视作竞争威胁，反对政府给予资助。IBM也很不愿意加入使用 TCP/IP 协议的行列。1974 年，公司推出了名为系统网络架构 (SNA) 的专有联网技术。鉴于 IBM 在数据处理行业的突出地位，SNA 所承载的数据流量高于任何其他联网技术。在 TCP/IP 等更具开放性的技术开始出现前超过 15 年的时间里，SNA 一直是 IBM 计算机之间共享信息的方式。

IBM 研究院的 Al Weis 是公司中坚定支持 TCP/IP 的一员，他认为公司越早采用这种协议获益越大。IBM 针对改进后的新 NSFNET 网络制造了路由器。“我非常认真地开始观察流量，”Weis 说，“最后发现形势近乎疯狂，就像打开了一道闸。”[46]

随着越来越多的人开始使用高速发展的互联网，他们发现了许多改善互联网的方法。欧洲粒子物理实验室 (CERN) 的计算机科学家 Tim Berners-Lee 发明了一种通过名为超文本的链接方法，在互联网中访问文档的方式，这种链接方法可以将万维网中的网页连接在一起。伊利诺大学超级计算机中心的 Marc Andreessen 和同学们构建了首款图形浏览器 Mosaic。它使用户通过点击图片即可浏览网络，而无需输入命令字符串。

随着 TCP/IP 开始将大型计算机连接在一起，个人计算风潮开始涌现，并在公司中普及起来。很奇怪的一点是，尽管人们会出于某种理由将慕尼黑与伊利诺州的超级计算机连接起来，但却没有人着手开发一种能将一栋写字楼内的大量小型或微型计算机连在一起的方法。

在瑞士，由 IBM 研究人员构成的一个小组担负起了创建局域网 (LAN) 的任务。IBM 苏黎世研究实验室的 Werner Bux 和 Hans

当互连技术渗透进世界上的智能物理系统时，世界上的系统变得更智能了。

显示 2010 年 Facebook 上所有连接的图片。

Müller 开发出了名为令牌环 (Token Ring) 的技术。它是一种对局域网上的数据流进行指挥的方法，目的是避免信息发生冲突并导致系统瘫痪。

令牌环将局域网引入了企业界，即最初的企业内网，但 IBM 的这项技术并未盛行。在 Xerox 公司位于加州的著名帕洛阿尔托研究中心，工程师 Robert Metcalfe 正在不断完善名为以太网的局域网技术，这种技术比令牌环技术更加实惠、快捷。以太网很快便成为了局域网标准。不过重要的一点是，局域网将公司内部的个人电脑与外部互联网连接在一起，从而将通信网络带到了每位信息工作者的桌面上。

1995 年，需求激增，互联网开始了改变整个世界的进程。“一种不祥的预感是，互联网将开始与所有人抢饭碗，”Weis 说。

但同时它也在创造各种各样新的可能性。通过这一由网络组成的网络，其中的计算机与信息已开始变得社会化。数十年前，机器还是一座座孤岛。如今，一名好奇的用户通过向搜索引擎输入一项请求，即可询问全球各地的计算机，从哪儿可以找到有关臭氧层的数据或一名超级模特的照片，随后网络便会将该人员引向并连接至适当的地方。互联网是让信息突破物理限制的关键。无论你身在何方，无论你想找到什么信息，都可以通过搜索引擎完成，这是一个自动的过程并且会瞬间完成。信息属于整个世界，而不是供某个实体进行收藏。这一简单的观点具有非常强大的力量，它影响了从媒体、零售业到银行业等的全部行业。其政治和社会影响力刚刚开始显现，未来可能发挥更为重要的作用。

不过，在整个 20 世纪 90 年代后期，互联网仍然存在一项物理限制：线缆。

计算技术注定要变得无处不在，永不中断，哪儿有可以与任何其他系统进行连接并通信的系统，哪儿就有它的身影。在世纪之交，无线高速互联网访问技术 Wi-Fi 出现在家庭、办公室、机场、咖啡馆和个别城市公园中。全球各地的手机提供商，包括日本 DoCoMo、韩国 SK Telecom、欧洲 Orange、美国 Sprint 和 Verizon在内，构建了新一代无线蜂窝网络，能够以较高的速度和较低的成本传输数据。这促使了 iPhone 和 BlackBerry 等智能手机的出现，这些装置实质上是与互联网连接在一起可以通话的电脑。截止到2010年，整个世界范围内已分布了将近60亿部手机。通过这种简单的连接，一个人可以接触到全球各地的信息、应用程序和计算能力。[47]

任何人随时随地都可以利用计算技术已不再是有待实现的一种幻想。在2011年，它变成了一种可以预期的事物。联网技术已让计算技术在我们周围遍地开花。这便是云计算技术中的云。

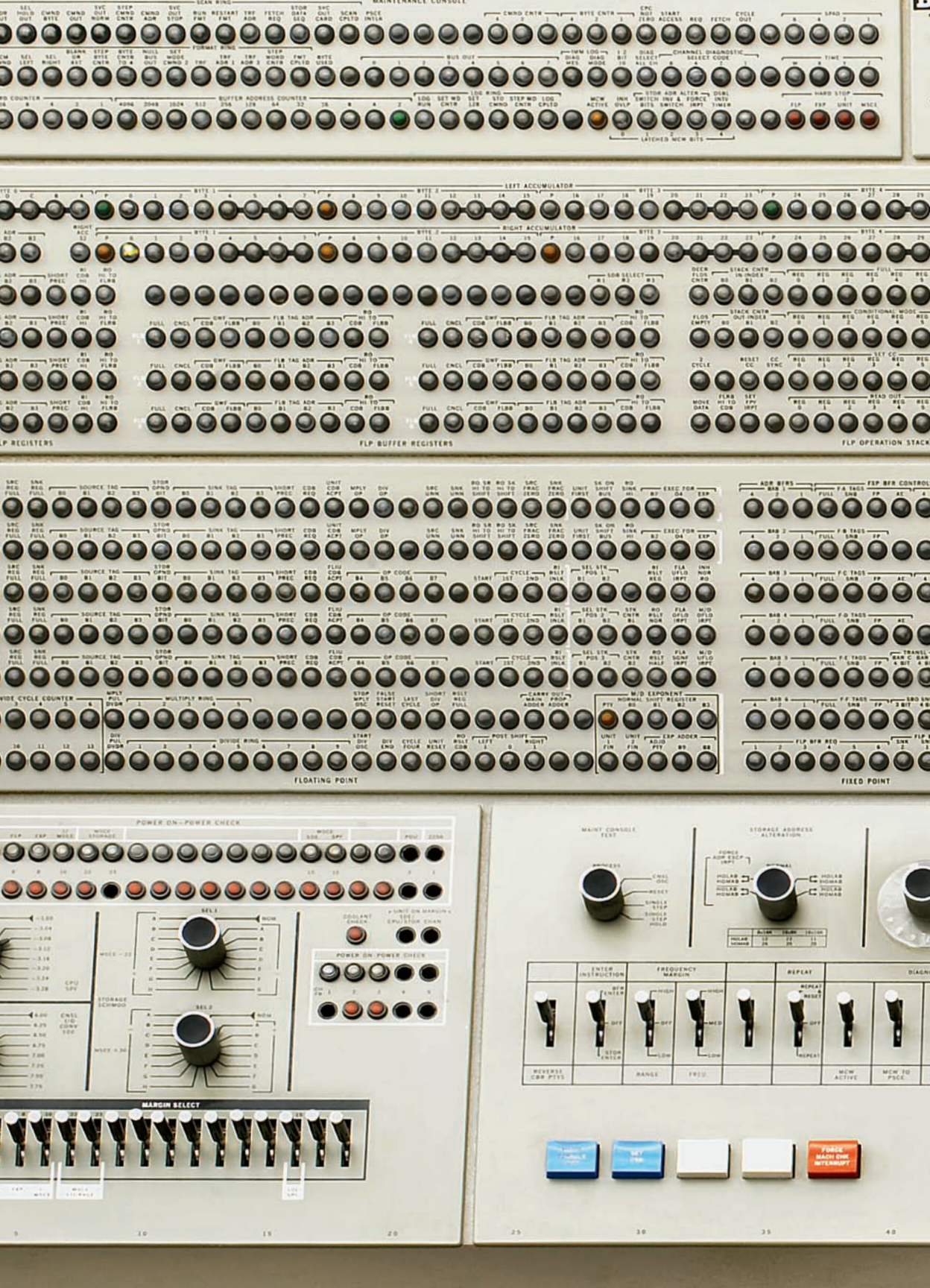
如今，机器之间（而非与人类之间）在“云”范围内的通信能力正在逐步提高。这可能是两个功能强大的系统交换财务信息并瞬间完成交易，或者是河流中的微小传感器以无线方式告诉另一台计算机水流量是多少。在接下来的 10 年中，机器间的对话能力将扶摇直上，从而赶超需要人类守在一端或两端的数据通信方式。

• • •

结构

结构的发展史就是将技术进步结合在一起来创造新系统，新系统继而促进我们思考技术的历史。

S/360 91 型控制台。


MAINTENANCE CONSOLE
LEFT ACCUMULATOR
RIGHT ACCUMULATOR
FLP REGISTERS
FLP BUFFER REGISTERS
FLP OPERATION STACK
FLOATING POINT
FIXED POINT
POWER ON—POWER CHECK
MARGIN SELECT
FORCE MACH CHK INTERRUPT

在 IBM 总裁老托马斯•沃森面前，本•伍德明显有些发抖。会谈一开始并不太顺利。沃森似乎对使用 IBM 制表机能高效地为标准化测验打分的想法不是很感兴趣。伍德是美国哥伦比亚大学的教授，他在测验方面提出的新观念推动了类似学术能力评估考试 (SAT) 等测试的产生。而这也产生了如何快速为数以万计的试卷打分的问题。伍德雇佣了数百名年轻女子，将她们安排在哥伦比亚大学的汉密尔顿大厅，让她们以每份约 $5 美元的价格进行手工阅卷。很显然，伍德当时想，一定有比人工阅卷更好的方法。[48]

哥伦比亚大学教授本•伍德说服老托马斯•沃森，运用计算机帮助科学研究的进行，并在哥伦比亚开设首家科学计算实验室 — 里面都是 IBM 生产的机器。

于是伍德致信 10 家生产商用机器的公司的总裁，但 9 家都没有给他回复。伍德回忆起他接到唯一一家回复时的情景 — 那天沃森在电话里简短地说：

“我是托马斯•沃森。我很忙，我只给你一小时时间。你十二点准时来世纪俱乐部 (Century Club)。下午一点我还有安排。”

世纪俱乐部是位于纽约的一个商业精英人士会所，沃森在那里预定了一小时的私人包间。沃森带来了一个年轻的男秘书，他让秘书在包间外等候，到下午一点时叫他。

当时的情景可以概括为 — 地点：世纪俱乐部；人物：穿着考究的沃森，计时的秘书，心神不宁的伍德。伍德开始谈起了关于考试评分的事情，可是看到沃森一脸不屑的表情时，他决定拓宽谈话内容。这是 1928 年 — 此时的人们极富创新进取精神。1927 年，Charles Lindbergh 成功飞越大西洋。1925 年，贝尔实验室成立。人们感受到了新技术的力量 — 当时三分之二的家庭用上了电，三分之一的家庭拥有收音机，近一半的家庭拥有电话。伍德想，也许沃森会对新奇的想法感兴趣。近二十年来，沃森一直在将 IBM 的制表机作为一种可以对有形事物（货币、库存、军队等）进行计数和分类的设备来销售。伍德看到，尽管 IBM 的制表机拥有很大的市场潜力，但这一潜力还是有限的。

于是伍德将话锋一转，开始介绍如何将IBM生产的机器用于智力和心理测试。任何事物都可以用数学，即数字和公式来表示，生物学、天文学、物理学或任何其他科学，都能够得到IBM机器的辅助。沃森之前从未想过可以用数字表示或模拟所有事物。一直以来，他都是通过公司在商业和政府部门的会计及记录保存领域的份额来评估IBM的潜在市场。这位紧张的教授对沃森说，IBM在这些领域的潜在市场可以说是无限大的。

听完伍德的描述，沃森对伍德进行一系列的盘问，以至于在下午一点时伸进头来提醒时间的秘书也被沃森赶走了。直到下午五点半，这场会面才结束。两天后，三辆卡车开进了哥伦比亚大学，为伍德运来了他可能需要的所有制表机、分类机和穿孔机。

沃森聘伍德为顾问。于是，伍德在哥伦比亚大学建立了计算机中心，并邀请其他教授使用里面的设备。天文系的 Wallace Eckert 教授随后便迷上了这里。Wallace Eckert 教授提出了对IBM机器的改进建议，以便更好地完成天文计算任务。为此，哥伦比亚大学装配了更多的计算机。1937年，Eckert教授位于普平大厅卢瑟福天文台的天文学实验室成为小托马斯•沃森天文计算局，世界上第一家科学计算中心自此成立。

在计算技术不断实现跨时代发展的历程中，技术发挥了至关重要的作用。处理能力以及微型化技术的进步、存储和快速访问数据的能力取得长足进展、新的编程语言和软件不断涌现，这些天时地利人和的因素，催生出了在几年前人们还完全无法想象的新系统。

不过，体系结构方面的这些转变始终需要有一个因素能够真正发挥作用。这个因素就是我们对待科技的态度。技术不断向前发展，人们开始思考技术到底可以做些什么，于是有些人想到了一个使技术变得不可或缺的想法。如果拒绝转变思想，那么计算机体系结构方面的重大改变只会被计算机研究领域的人们掌握，

而不会被广泛应用。在过去的 100 年中，计算机领域中，意义重大的*想法和概念等不断涌现*。小到计算模式的连续发展更新，大到信息科学技术出现并启动新的技术革命 — 它们使世界发生一次又一次的变化，从今天的角度看，它们会对未来产生更加深刻的影响。

1928 年，本•伍德从长久以来为商业领域服务的机器身上看到了未来科学的发展方向。计算机有了新的体系结构之后，科学探索领域也随之发生了根本性的变革。

二十世纪六十年代，鲍勃•雷斯尼科夫 (Bob Resnikoff) 还是美国第七军驻西德斯图加特的低级技术人员。他当时使用的是 IBM 若干年前推出的、已然过时的 IBM 1401 型计算机。

“我们当时有一台会移动的 1401 型计算机”，数十年过去后，雷斯尼科夫回忆道，“那台计算机被放在了大型货车挂车上。我们进行军事演习的时候会带上它。我们接到部署命令之后，将挂车缩至最短就形成了一个较大的机房，机房里被穿孔机、验证机、1401 数据处理系统、磁带机、控制台等设备占据。我当时并不完全了解这些设备各自的用途，只知道它们被称作“指令与控制信息系统”。不管怎样，无论是在德国西南部的黑森林深处，还是在泥泞的地区，它都能连续正常工作数周。[49]

1401 型计算机 1401 又称大型机，投入商用之后，为数千家公司处理并传播信息。

图为 1401 型计算机（中），磁带驱动器，控制台和打印机。

雷斯尼科夫对之前的几个计算机机型从未给出这样的评价。他说：“我一直都很喜欢 1401。”

今天的我们会觉得这样的评价再平常不过了。当时人们对 1401 的如此喜爱，正证明了它的重大意义。20 世纪 50 年代末，计算机在发展当中经历了巨大变化。第二次世界大战期间，战争的需要要求计算机的计算速度更快。于是，真空管电子元件取代了制表机所使用的机电元件，这些机电元件在二十世纪上半叶在信息处理领域曾占统治地位。先是出现第一台 ENIAC 实验机，随后是雷明顿兰德公司生产的 UNIVAC 和 IBM 的 701，它们都基于真空管电子元件技术构造。磁带以及第一个磁盘驱动器的出现改变了人们对于存取信息的观念。格蕾丝•赫柏的编译器和约翰•巴克斯发明的 Fortran 语言给电脑专家们开辟了新路，使机器更加智能化，并能够执行更复杂的任务。操作系统随着计算机技术发展应运而生，且集发展成果于一身，成为了计算机运算功能发展史上的里程碑。

然而，当时计算机并未得到广泛应用，接触计算机的人少之又少。安装并投入使用的计算机加起来超不过 1,000 台。当时，人们翘首以待更容易操作的计算机。IBM 1401 恰好满足了人们这一需求。

第二代计算机首先出现在法国。查克•布兰斯科姆 (Chuck Branscomb) 在 20 世纪 50 年代中期是 IBM 会计计算机生产线上的一名工作人员。他回忆当时的情景，说：“当时，有人给 IBM 敲响了警钟。”法国布尔机器公司 (Machines Bull) 推出伽马 (Gamma) 计算机，比 IBM 700 系列的产品体积更小，计算速度更快。跟这家刚起步的公司生产的计算机相比，IBM 的产品更像是歌利亚巨人。“那家公司对 IBM 构成了竞争性的威胁。”布兰斯科姆说。[50]

布尔机器公司使得 IBM 和其他公司意识到一些经济实体虽然预算较少，但也需要计算机。IBM 竭力调度资源，试图生产出具有竞争力的计算机。“那是在 1957 年，IBM 公司没有进行新产品的开发，”布兰斯科姆说。“这在当时引发了一系列的问题。”[51]

布兰斯科姆所在的小组将每月的租赁成本定为 $2,500 美元，远远低于生产 IBM 700 系列产品时的金额。人们当时需要操作简便的计算机。“我们意识到一次重大的改变即将发生，并会一直持续下去。”布兰斯科姆补充道。

终于，IBM 在 1959 年 10 月向世人展示了他们努力的成果。这台名为 1401 的新机器，生产时所需的租金又达到了每月 $2,500 美元的水平。IBM 宣称，它是第一台多用途的经济适用型计算机。1401 型计算机是最早使用晶体管，而非真空电子管的机器之一，体积更小，比先前的计算机更耐用。“虽然 1401型计算机在节电以及运算速度方面较之前并没有多少改进，但这些都是无关紧要的。”“这台机器由于其实用性，受到用户的热捧。”塞吕基 (Paul Ceruzzi) 在*《现代计算机发展史》一书中写到*。1401 型计算机之所以这样受欢迎，其中很关键的一点是因为它是当时最早的可以编程的机器。美国计算机历史博物馆的高级管理人员 Dag Spicer 写到，这台计算机的系统里的软件“在可用性上有着重大的突破”。

这台计算机因其便于使用，将长期被抑制的数据处理需求释放了出来。IBM 向世人介绍 1401 型计算机之后的五周内共收到 5,200 份订单，远远超过了先前的估计，连 IBM 自身都觉得很惊讶。很快，之前不受自动化影响的企业功能被计算机应用所取代。截至 20 世纪 60 年代中期，IBM 售出 1 万多台 1401 型计算机，成为有史以来最畅销的计算机。

总的来说，1401 型计算机标志着新一代计算机体系结构的出现，它改变了一些企业管理层对计算机的看法。计算机不只是给精英使用的庞大机器。它也可以为中等规模的公司或者实验室服务。在世界领先的企业当中，每个部门都可以配备自己的计算机。计算机甚至能在德国森林深处指挥一辆军用卡车的行动。

“1401 型计算机问世之前，人们无法理解更无法预想计算机的巨大影响力 — 虽然今天我们能很好的认识到这一点。”布兰斯科姆说。1401 的出现使大大小小的企业觉得计算机是很有用的，一些人甚至视其为必需品。

1961 年，IBM 成为美国最具活力的公司之一，年收入为 $22 亿美元 $，净收益达 2.54 亿美元。当时 IBM 有 11.6 万名员工。然而，一些小型创新型企业和诸如通用电气公司和美国无线电公司等资金技术力量雄厚的大企业，也开始涉足计算机领域。IBM 的产品虽然质量过硬，科技实力强，但是缺少一个拥有远见和对未来进行合理规划的领导者。[52]

同时，就整个产业而言，有多款计算机产品被创造出来，却没有为之培训足够多的服务人员，也没有能够提供能够满足需要的软件支持。这在当时成了问题。各厂家的产品之间互不兼容，甚至 IBM 自己每个系列的产品之间也不兼容。

出于担心和改进产品的需要，IBM 推出了 S/360。IBM 公司在 S/360 的研发上花费了 $50 亿美元 — 当时这笔钱相当于今天

的$340亿美元 — 几乎花费掉了IBM所有的财产。小托马斯•沃森在两年多的时间里面，几乎将公司所有的研发资源都投入到了S/360的开发，这可以算是一场豪赌。IBM公司又在相关的工程和制造方面耗费了两年的时间，终于，经历这些艰辛之后，IBM收到了产品的订单。S/360在交付后，开始实现IBM对世人的承诺。1966年，《财富》杂志曾引用S/360的设计师之一鲍勃•埃文斯(Bob Evans)说过的话："我们将这个项目称为'全公司的豪赌'"

对于包括小沃森以及他的弟弟亚瑟•迪克(Arthur Dick)在内的很多员工来说，那也成为他们事业中一次具有决定性意义的事件。小托马斯•沃森完胜，但这也毁掉了他弟弟亚瑟（迪克）的事业。为保证S/360生产的顺利进行，沃森必须在自己的公司吹响内战的号角。最终，S/360永远地改变了IBM以及整个计算机行业。

沃森最大的赌注下在了 T•文森特•利尔森 (T. Vincent Learson)身上。利尔森有着2米多高的个子，他的进取心、洞察力和决断力令人赞不绝口，他有着非凡的经历。二十世纪五十年代，他曾帮助沃森制造出IBM第一台电子计算机，即IBM 701。

他的第一项决策就是追求系统间的兼容性，不仅在恩迪科特(Endicott)生产的所有计算机产品相互之间要兼容，还要跟在波基普西(Poughkeepsie)生产出来的计算机相互兼容。这样做既能减降低成本，又能促进客户从IBM的小型系统向更大型系统之间的迁移。然而当时在波基普西的工程师们已经开始设计用以替代7000系列产品的8000系列。利尔森的计划遭到8000系列产品架构经理小弗雷德里克•布鲁克斯(Frederick Brooks Jr.)和其他主管们的强烈反对，引起了IBM的巨大分歧。然而，经过深思熟虑之后，利尔森在1961年5月接受了鲍勃•埃文斯的提议，终止了8000系列产品的开发。埃文斯随后立即要求布鲁克斯制造出一个"计算机家族"。"跟埃文斯争吵了六个月之后，他让我负责

这个工作。这让我十分诧异。”布鲁克斯回忆说。布鲁克斯接受了他的要求，他的学识和热情很快赢得了同事们的支持。

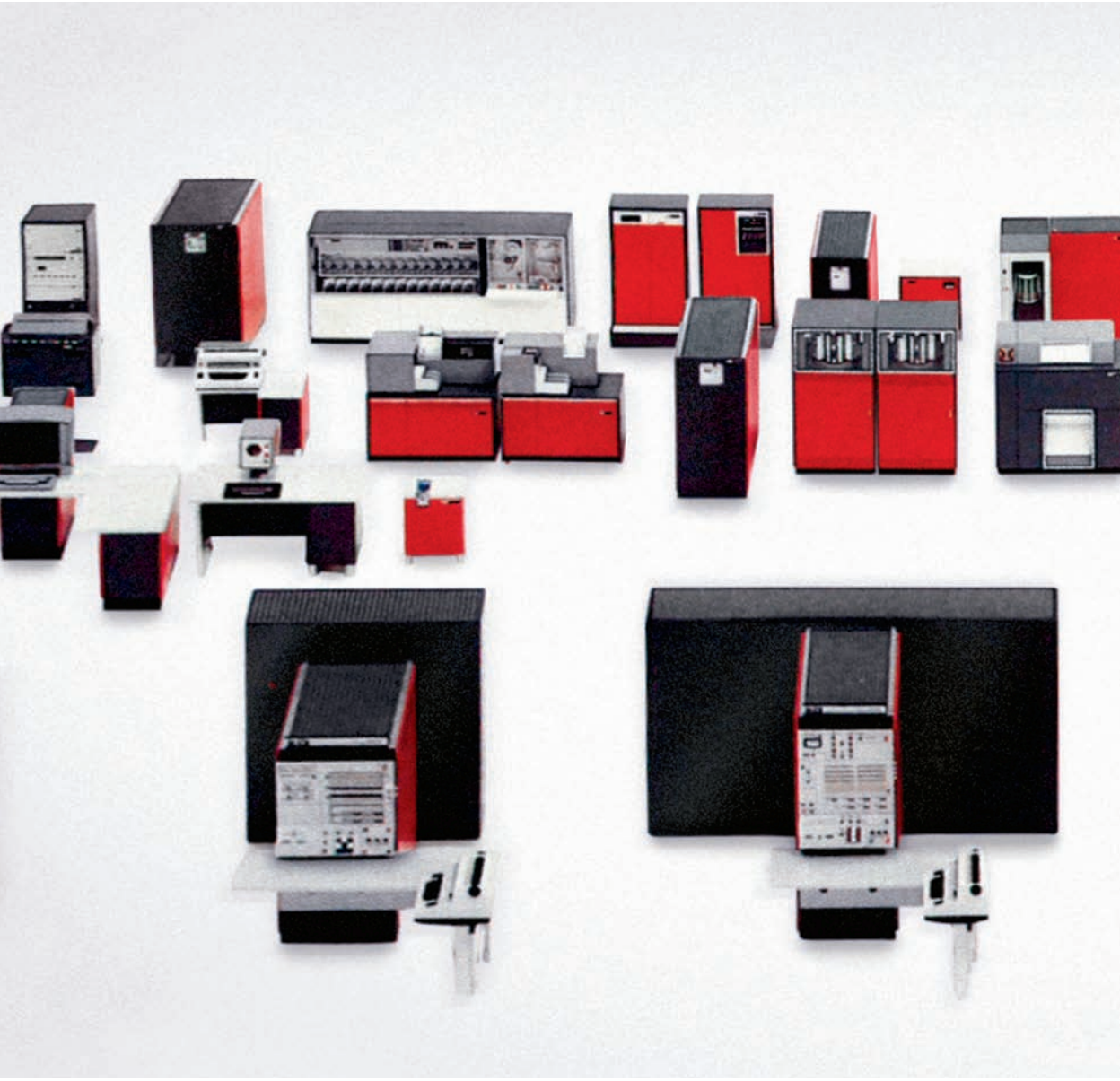
利尔森建立了公司范围的工作小组，代号 SPREAD，其名称取自于系统编程 (Systems Programming)，研究 (Research)，工程 (Engineering) 与发展 (Development) 的英文首字母 (SPREAD)。小组的成立是为了“给 IBM 数据处理产品制定一个全面的计划。”在这份长达 26 页的计划中，为了保证各输入输出设备的互换性，建议所有处理器、标准接口都严格遵守兼容性标准，所有处理器均采用 8 位字节（在 IBM Stretch 超级计算机首次实现）并带有固态逻辑技术 (SLT)，由 IBM 新成立的组件部门进行开发。

1964 年 4 月 7 日，沃森建立了新的生产线。选用“*系统*”一词，是为了表示 IBM 提供的不只是处理器组和外围设备，而是一套自上而下都具备可编程功能、拥有互换能力的硬件设备的集合。选用 *360* 这个数字（360 为圆的度数）是为了表明 IBM 每台计算机都能够处理各种应用程序。

人们对 S/360 的反应空前热烈。很快，订单的数量超过了此前的预估。产品公开发布之后的四周内，IBM 收到了 1,000 多张订单，接下来的四个月里收到了另外的 1,000 张。除了对产品的需求之外，大部分订单里要求比 IBM 标配更多的内存和存储容量。

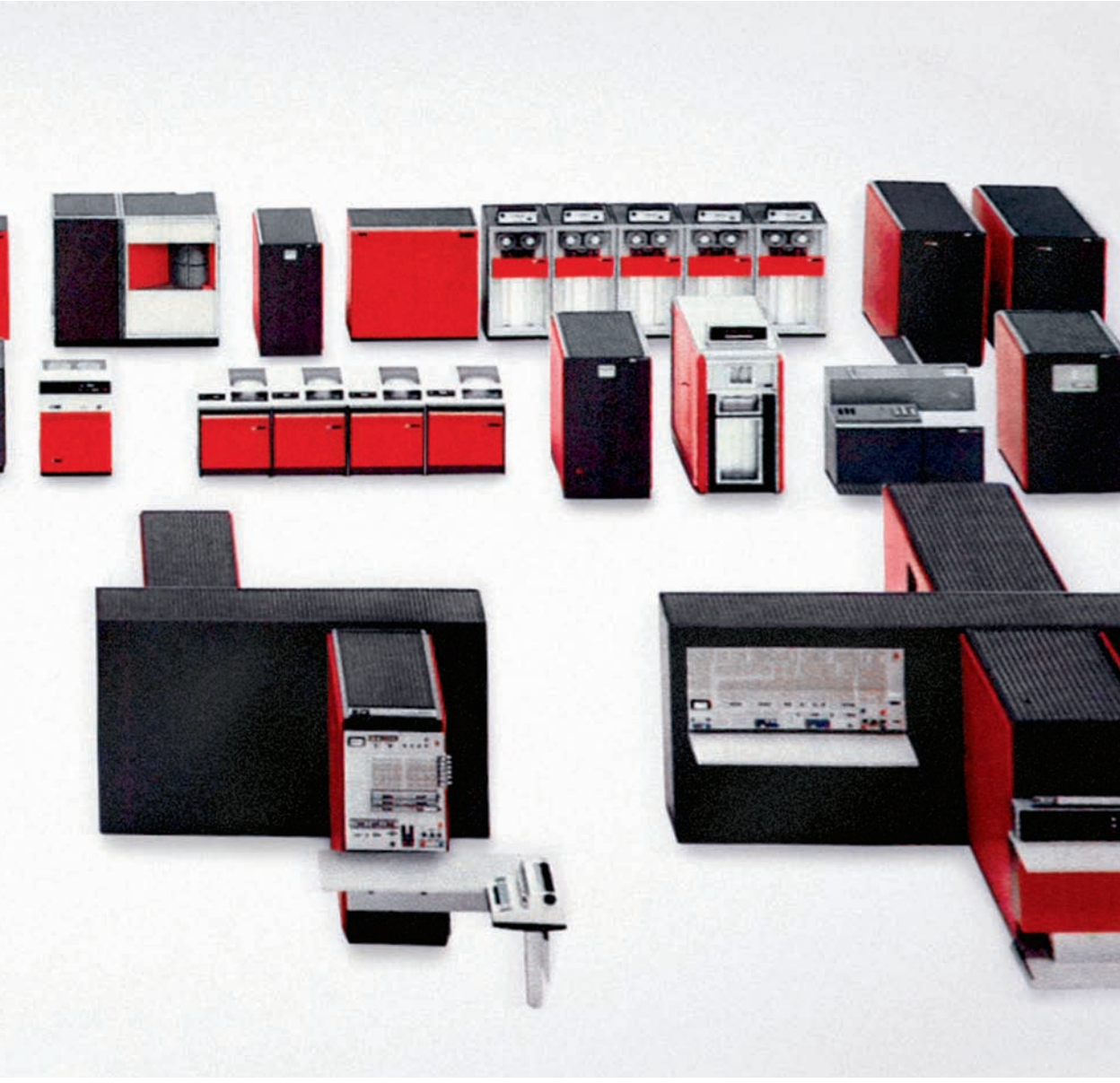
1963 年，在纽约 IBM 东菲什基尔工厂生产的固态逻辑技术模块的数量达 50 万。模块生产数量在 1964 年增长了 12 倍，全年共生产了 600 万个模块，1965 年模块的生产计划数定为 2,800 万。这超出了 IBM 工厂的生产能力。截止 1965 年 9 月，有超过 25% 的 SLT 模块被扣押在质量控制部门中，IBM 决定停止生产 SLT 模块。IBM 公司被迫对外宣布一个尴尬的决定 — S/360 必须延迟 2 到 4 个月才能出货。

同时，编程任务的重要性被严重低估。在高峰期，有 1,000 多人被雇用，那时支出超过了整个项目的预算开支。布鲁克斯苦笑



S/360 是一个端到端的兼容系统，有多种用途并能满足不断变化的需求，使计算机成为商业和社会的核心基础设施之一。

S/360 家族包括 6 个处理器型号，性能较之前相比提升了 50 倍。共有 54 个不同的外围设备，包括若干磁存储设备，直观显示部件，通讯设备，读卡机，穿孔机，打印机和光符阅读器等。当时，每月租金从基本配置的 2,700 美元到典型的大型多系统配置的 115,000 美元不等。



着介绍他的“布鲁克斯定律”：“为已延期的软件开发项目增加人手，只会导致项目更加延期。”

IBM 觉察到自身处境的危险，为使 S/360 回到正轨，利尔森成立了一个小组。小组成员当中的 Hank Cooley 是这样描述当时的工作情况的：“每周工作七天，每天工作 20 个小时，从未回过家，简直暗无天日。”但正是他们的艰苦努力，不到五个月的时间之后，S/360 便按如期上市。

S/360 改变了这个行业的面貌。S/360 在 1964 年发布之后，计算机行业的大公司就常被比做白雪公主 (IBM) 和七个小矮人 — 宝来公司 (Burroughs)，控制数据公司 (Control Data)，通用电气公司 (General Electric)，霍尼韦尔公司 (Honeywell)，NCR 公司，美国无线电公司 (RCA) 和斯佩里•兰德公司 (Sperry Rand)。据估计，在 1964 年，在全球所销售的价值 $1,100 亿美元的计算机产品中，前述七家计算机公司生产了当中的百分之三十，剩下的都是由 IBM 生产的。五年后，IBM 的出货量增加了三倍，总价值超过 $240 亿美元，而其他公司在增长比率大概相同的情况下，出货量大概在 $90 亿美元。

S/360 的巨大成功，令通用电脑市场上的其他竞争者难以匹敌。美国无线电公司 (RCA) 曾生产出光谱 70 (Spectra 70)，这台计算机可以和 S/360 兼容，但是价格更低。最终还是没能获得成功，美国无线电公司在 1971 年将其电脑部门出售给斯佩里•兰德公司。通用电气为银行业建立的系统收效颇丰，并且通过收购法国布尔机器公司 (Machines Bull) 和 Olivetti 计算机分布，在欧洲拓展了市场。然而，之后通用电气的效益并不好，于是在 1970 年将其电脑分支卖给了霍尼韦尔公司。

IBM 的 S/360 的市场影响力的如此巨大，很大程度上是因为它所采用的创造性的标准接口，方便和其他配件搭配使用，并且 S/360 的处理器也能够在其他产品中工作。很快，计算机行业的所有企业，都开始制造和供应可兼容的周边产品。1967 年 Telex 公司推出的磁带驱动器，与 1968 年 Memorex 公司推出的磁盘存

储单元一起，大力推动了整个行业的发展，其中一部分原因要归结于 IBM 存储产品的利润率最大。IBM 继续在技术革新方面投资并大获成功。

但是，这成功付出了个人的代价。为确保新的生产线的成功引入，小托马斯•沃森提拔利尔森为高级副总裁并负责销售，也提拔他的弟弟迪克为高级副总裁，由他负责产品的开发和制造。但是对于出现在这条庞杂的产品线上出现的种种问题，迪克•沃森 (Dick Watson) 的管理和协调能力明显不足以应付。因此，托马斯•沃森只能再次让他能力出众并最受信赖的高管接手 S/360 项目，使 IBM 免受灭顶之灾。利尔森被要求由销售部门回归到开发和制造部门，取代迪克•沃森成为该部门的领导者，但是托马斯•沃森的这一要求并未在正式的场合下宣布。迪克•沃森被调到人力资源部门，不再负责生产线上的事务。在 1970 年，迪克•沃森接受了美国驻法国大使的任命。迪克•沃森就此无缘 IBM 总裁，他在 IBM 的职业生涯也结束了。

在美国历史上，能像 IBM S/360 这样，对世界或者说对其缔造者能够产生如此巨大的影响的产品很少。托马斯•沃森拿自己的公司未来进行豪赌，他以自己都没想到的方式成了大赢家。S/360 不仅使 IBM 获得巨大成功，也使 IBM 成为行业当中的佼佼者。S/360 及其创造过程，使 IBM 的产品成为全球基础设施的重要组成部分并享誉全世界。

尽管 1401 型计算机和 S/360 的推出大获成功，在上世纪 60 年代中期，对大多数人而言，计算机仍然被笼罩着一层神秘的面纱。花了将近十年的时间，计算机的应用才逐渐开始被拓展到非计算机专业领域的人群。

1963 年在麻省理工学院拍摄的一部电影中，有一幕关于麻省理工学院 (MIT) 的第一位计算机科学教授费尔南多•考巴脱 (Fernando Jose Corbato) 的特写，展示了那个时代典型的计算机

房里的情况：在日光灯下，大量机器在金属制成的桌子上发出巨大的噪音。约翰•麦卡锡 (John McCarthy) 是考巴脱的同事，他在50年代末提出了一个建议，主张计算机能让多个用户访问，并能够使每个用户觉得是自己独自在占有整台计算机资源。考巴脱和他麻省理工学院的同事针对这个设想展开了相关研究。在那部电影中，考巴脱穿着西装，打着领结，戴着一副大塑料眼镜，走进他的办公室，用一台看似平常的电动打字机打出了“Start”的字样。他解释说，这台打字机是麻省理工学院中 21 台和电脑相连的打字机之一。几秒钟后，打字机自动打出如下字样（原文为英文，此处为中文翻译）：“你好。我可以计算平方根，也可以计算斜边。请输入方根，或者给出三角形条件。”

那是一个富有技术性并具有决定性的时刻，这项功能后来被称为“分时” — 它的出现标志计算机系统架构再次发生了变化。

1401 型计算机将计算机的应用推广到企业当中，但是 1401 型计算机和其他计算机一样，有一个技术上的瓶颈。在同一时刻，一次只能运行一个程序来处理一组数据。如果 20 名管理人员需要打出 20 份不同的报告，需要发出请求，并依次排队等候。第一份报告的数据会被加载到计算机当中，由程序对其进行处理，然后生成报告。第一份数据处理完之后才能进行下一组数据的处理。无法处理多任务，不支持多用户共同使用 — 一次只能处理一项任务。一位经理可能要为自己的报告等上一两天。打印出的结果需要由专人或以邮递方式送达。大量的时间耗费在空闲周期上，处理效率很低。

但是在 20 世纪 60 年代，电子技术的发展为加快计算机的速度提供了可能，磁盘驱动器的出现使数据读取和程序操作更为便捷。分时技术的基本原理是在程序执行之前增加监督程序，从而能够有效地利用计算机在速度上的提升和存储上的扩充能力。监督程序可以对用户从不同终端发出的请求作出相应的调整。在一个用户输入一个数据请求之后，计算机会做出反应，同时，另一个用户也可以输入他的命令。在第一个用户读他的数据时，监督

程序可以让系统利用这一时间处理第二个用户发出的请求。到上世纪 60 年代中期，计算机已经可以利用多个用户操作之间时的空闲时间，在不同的工作之间切换并进行处理，因此每个用户几乎无需等待就能使自己的请求得到处理，并快速得到所需要的结果。计算机的这种能力是我们现在通常提到的虚拟化技术的早期应用 —— 通过共享计算机或系统，使不同的用户都感觉他们是在独占着一台设备。[53]

20 世纪 60 年代时的计算机，并没有采用分时技术。各大计算机公司并没有预见到这一技术的重要性。麻省理工学院开展的这一项目，得到了美国国防部高级研究计划局 (ARPA) $3 百万美元的资金支持，其他大学的研究人员也对现有的计算机进行了改造。1983 年，麦卡锡在回忆分时技术的出现时说，麻省理工学院的校长提议进行一项市场调查，以确定计算机用户对该项技术的实际需求。麦卡锡当时觉得这项市场调查的收效不会很好。“这项调查类似于向挖掘工人询问是否有购买一台蒸汽挖掘机的需要。”他写道。使用分时的人不但不是计算机极客 (geeks)，他们甚至不会想到在计算机上实现分时的可能。

因此，计算机公司听从了客户的意见，丧失了获得更大发展的机会。IBM 将大量资源投进开发 S/360 上面，也错过了实现分时的机会，并且 S/360 几乎完全不支持分时功能。倒是以通用电气公司和控制数据公司为代表的其他计算机公司制造出了具备分时技术的计算机。两家公司的计算机都是为分时而特别制造的，他们还成立了计算机部门，和各个公司订立租约时间，允许它们进行远程访问。1965 年 11 月 12 日一则刊登在《*时代周刊*》上的文章宣称分时技术“已经成为一种趋势，能够进一步开发计算机的能力，它可以使得计算机的使用达到公用设施中电力和汽油的普及程度。”截止到 1965 年，通用电气有了 88 个通过分时技术使用其计算机的客户。控制数据公司在美国洛杉矶最大的中心也投入了使用。IBM 在 1965 年推出 S/360，而当时有 50 个用户使用 IBM 之前生产的计算机进行分时。IBM 顺势在 1970 年推出了可进行分时的系统 370。

分时技术经过不断改善和普及，打字机般的终端机 — 其中大部分仍依靠打孔卡实现人和计算机之间的沟通 — 也使计算机应用得到进一步普及。根据马丁•坎贝尔 (Martin Campbell) 和丹尼尔•加西亚•斯瓦茨 (Daniel Garcia-Swartz) 合著的《*用经济学视角分析计算机分时工业发展史*》中的记载，到 1968 年年底，约 36 家公司提供分时服务，并且他们的计算机系统与 10,000 个位于客户处的终端相连。之前从未接触计算机的人也可以使用了。工厂、小公司里，政府机构中，甚至在一些学校里也配备了终端机。

在上世纪 70 年代初期，在华盛顿州的西雅图湖滨中学 (Lakeside School) 里的母亲俱乐部 (the Mothers Club)，利用义卖获得的收入购买了一台客户端，学生从中可以访问通用电气的分时系统。一个头发蓬乱、瘦瘦的八年级男生对它很感兴趣。他学会了 BASIC 语言，不久之后，这位名叫比尔•盖茨 (Bill Gates) 的男孩用这台机器完成了他编写的第一个计算机程序：一字棋 (tic-tac-toe) 游戏程序。

*分时*一词最终被*虚拟化技术*所替代，并在 2000 年至今，虚拟化技术经过发展完善，变得更加成熟。虚拟化技术使计算机能够在接近满负荷的情况下，仍能正常运转，公司或组织可以用更少的机器做更多的事情，从而节约了成本。虚拟化技术可以使得全球数百万计算机用户共享计算机资源池，并使云计算成为可能。这个简单的概念在上世纪 60 年代由麻省理工学院提出，它被应用在当前的计算机中，未来的计算机也会对其加以利用。

比尔•洛 (Bill Lowe) 1980 年在 IBM 工作，但当时没什么人会羡慕他的工作。IBM 公司当时以大型而昂贵的产品，推动科技发展，提高数据处理能力而闻名。1980 年总收入超过 $260 亿美元，净收入达 $34 亿美元。拥有员工 341,000 名。公司将大量资金投入到科研上，培养出四名诺贝尔物理学奖得主。[54]

比尔•洛当时在佛罗里达州的博卡拉顿 (Boca Raton) 担任 IBM 通用系统部的入门级系统经理。他在距离 IBM 公司总部有数千英

里的地方工作，他每天为除打字机之外的IBM的最普通的产品忙得团团转。然而，在1980年，洛参与的一次会议中，IBM的首席执行官弗兰克•卡里(Frank Cary)和员工一起探讨如何应对个人电脑兴起的问题。IBM当时决定不参与和个人电脑的竞争。

1974年，英特尔推出的8080微处理器为计算机微型化铺平了道路。1975年1月，《大众电子》*(Popular Electronics)* 杂志将MITS（微型仪器与自动测量系统公司）的“牵牛星” 8800 — 第一台真正意义上的个人电脑 — 的图片当做封面，同年，比尔•盖茨和保罗•艾伦(Paul Allen)成立了微软公司。1977年，两台具有突破性意义计算机在市场上出现：RadioShack推出的TRS-80和苹果公司的Apple II。VisiCalc是业界首款电子表格软件，于1979年问世，它的推出证明了个人电脑在商业领域的意义。这款软件售出了70多万个拷贝。

这让卡里做出了相应的行动。个人电脑和VisiCalc抢走IBM商业领域的客户 — 这在1980年已经成为非常明显的事实。卡里问洛，IBM对此应怎么办。

洛回忆他当时的回答，说：“我当时说‘我们会在继续推进我们自己产品的发展过程中，逐渐清楚如何应对这一情况。’同时，他说，‘不，四年的时间，借助300人的专业团队，IBM能够达成任何目标 — 这是大家所公认的。’我接着说，‘不过，先生 — 您需要的产品只需一年就能生产出来。’随后，他立即结束了会议。他对我说‘欢迎加入我们，洛 — 两个星期后来找我，告诉我，你需要什么。’”

两周后，洛要求卡里重新考虑IBM的企业文化 — 至少在这个项目中进行一些改变。此前，IBM计算机中的所有的组件都由IBM公司负责生产。洛说，如果换做是他，他会从供应商那里购买所有零部件然后再组装成完整的电脑。“解决问题的关键是建立一种开放式架构，不采用IBM技术，也不使用IBM软件，同时IBM不参与产品的销售和服务，”洛回忆说，“在项目的介绍环节，我们大概用了一半时间为公司管理层（卡里和其他执行主管）灌输这一理念。”

卡里接受了洛的提议。洛在博卡拉顿与 12 名工程师一起，启动了这个项目。从不受IBM旧有企业文化的限制角度来看，洛现在觉得离 IBM 总部越远越好。菲利普•“唐”•埃斯特里奇 (Philip “Don” Estridge) 负责管理这支团队。团队中的所有成员都参与过IBM大型计算机的研发工作。埃斯特里奇接受采访时说，设计出的计算机如何能让之前从未接触计算机的人也能轻松使用，这成为当时工程师们面对的一大难题。“人们对个人电脑的感情因素已经比实用因素更为重要，”埃斯特里奇说，“这种全新的观点给我们上了一课，对我们进行个人电脑的设计来说也非常重要。”

果不其然，经过洛、埃斯特里奇和团队的努力，他们如期在一年内交付出了产品：IBM 个人电脑。埃斯特里奇于 1981 年 8 月 12 日将它公诸于世。IBM 推出的这款个人电脑标价 $1,565 美元，包括键盘和显示器，并采用了英特尔的 8088 微处理器，操作系统是后来大名鼎鼎的微软 MS-DOS。这是第一款在西尔斯公司 (Sears)、电脑天地 (ComputerLand) 等零售公司出售的 IBM 产品。更重要的是，其他公司纷纷效仿了 IBM 个人电脑利用外围供应商的技术的这一举措，使不同厂家得以克隆了 IBM 个人电脑。

然后，IBM 公司，以其在企业中的威望，将个人电脑的应用范围扩展到商用领域。IBM 公司参与竞争之前，个人电脑只是被一些电脑爱好者使用。而在IBM推出个人电脑之后，个人电脑就逐渐形成了一个完整的行业。在 IBM 个人电脑推出两年之后，逐渐取代 Apple II (Apple II)，成为最畅销的个人电脑。到 1985 年，IBM 的个人电脑部门的员工增加到 1 万人，每年收入达 $45 亿美元。软件开发人员如雨后春笋般涌现 — 安信达 (Ashton-Tate)，莲花发展公司 (Lotus Development)，Wordperfect，当然，还有微软。生产 IBM 个人电脑克隆机的一些公司，例如康柏电脑 (Compaq Computer)，也得到蓬勃发展。

计算机普及到个人，这在计算机发展史中具有重要意义。最初，计算机只会出现在科学家的实验室里，它们从那里走了出来，进入了千家万户。个人电脑刚出现不久，只有十几名员工的小企业

个人电脑将计算广泛普及到个人，使它成为人们日常生活以及处理小型商业事务的一部分。

发现，他们可以利用个人电脑上的电子表格软件做一些规划工作。作家可以创作并打印出具有专业水准的时事通讯，无需借助媒体便可将自己的想法、观点传播出去。销售部门可以用计算机将客户的信息存储在数据库中。就此，处理事务有了全新的方法。这些小机器虽然无法像大型机那样处理复杂的任务，但是需要大型机处理任务的人数远远少于不需要大型机的人。一旦IBM公司进入该市场，个人电脑的销量就开始飙升。然而公众觉得这些仍然不够。

——

IBM个人电脑问世十年后，计算机已成为世界各地的企业日常经营中的一部分。它也很快成为个人生活的一部分 — 与电话、收音机和电视一样，已经进入千家万户。这个架构 — 为个人制造的计算机 — 带动计算机产业长达30年之久。个人电脑的功能也越来越强大。互联网的出现，使电脑能够与万维网连接。人们发现使用计算机能做很多有趣的事情，如观看视频、欣赏音乐，并对个人电脑的配置提出更高要求。云计算技术得到发展，并且衍生出一些新的产品：新硬件设备，传感器以及其它配件。

计算机几乎渗透到商业和社会中的每一个方面，人们对信息的概念有了新的理解，并意识到信息的重要性。信息已经不再像之前那样简单，而需要我们对其进行研究、分析、理解。信息技术科学在自身的发展中发现了信息的价值，而之前从未有人意识

到这些。信息可以将现实世界变得更美好，也能降低企业成本，也可以帮助人们制造火箭，人们也可以把自己的视频放在互联网上。通过自身的计算能力，计算机得以从信息中分析出诸多隐藏的线索，从而使信息的价值得到了充分体现。归根结底，信息才是人们想要拥有并操作一台计算机的主要原因。[55]

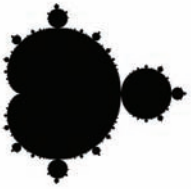
克劳德•香农 (Claude Shannon) 是信息科学的始祖。1937 年，21 岁的香农就读于麻省理工学院，他在硕士毕业论文中用布尔代数理论展示了电子电路如何以形式逻辑的方式执行任务，这一概念为电子计算机的发展奠定了基础。论文当中提到，利用计算机不仅可以排序、汇总，它可以做更多 — 前文中提到的本•伍德也是这样认为的。可以通过运算模拟几乎所有的东西。计算机运行越得快，计算一项复杂算法的时间就越短。复杂的算法可以表现为一些有趣的问题，比如可以用计算机算出哪家分店哪天需要多少存货，以完善物流环节。

与香农同时代的英国数学家阿兰•图灵确定了算法的概念，并用公式在二战中破译了德军的电码。几十年来，大学里的数学家，和诸如 IBM，AT & T 公司和 SAS 公司内的技术人员对算法进行了不断改善。从 20 世纪 40 年代到 80 年代，世界上只有一种算法 — 单纯形算法 (simplex algorithm)，这个算法可以解决含有大量变量的复杂问题。这种算法在点与点之间移动从而实现计算，它沿着一条锯齿状的假想线进行运动，到达最优点时运算结束 — 这个过程需要很长的时间。1985 年，贝尔实验室的研究员纳伦德拉•卡马卡 (Narendra Karmarkar) 提出的算法效率比单纯形算法有显著提升。打个比方，用单纯形算法就好像驾车从一座城市开往另一座城市，而卡马卡提出的算法就像坐飞机那样快捷。

这项新的运算法则使计算机能够在更短的时间里挖掘出更多的有价值信息。例如，20 世纪 80 年代后期，美国航空公司(American Airlines)成为行业中第一家安装了可管理收益的计算机系统的公司。该系统可以收集各个航线每个座位的数据，并可以预览调整变量之后可能发生的变化。收集到的信息帮助航空公司定位商务人员并可以对其收取较高的费用，也可以创建一套新系统以便减少空座位：超值票价。

信息科学的不断进步，引领计算机的应用走在了更加宽广的道路上。在 1975 年，IBM 的数学研究员伯努瓦•曼德勃罗(Benoît Mandelbrot)提出分形几何的设想。他提出的观念使计算机能够描绘像云一样不规则的图案，分析节奏不规则的旋律，计算机处理“棘手”的问题成为可能。计算机的利用价值再次被提高，分形几何可以用来压缩视频，以便更易在互联网上进行传播，并可以在视频游戏中添入风景画面，也能帮助人们制造出更强的金属。

在21世纪前 10年，大学中以及在IBM 工作的数学研究员们开始在非线性规划领域中寻求突破。算法一直是计算机解决实际问题的主要手段 — 哪怕是卡马卡的算法 — 按照顺序，由始至终，这就好比我们需要按顺序进行阅读一样。用传统的方法解决日益复杂的算法会花费大量时间。“我们必须研究出和之前完全不同的方法，”IBM 沃森研究中心数学科学系的布伦达•迪特里希 (Brenda Dietrich) 说。信息科学需要打破算法的限制，要可以并行地解决问题，解决问题时应能将问题分成小份，最后再拼在一起。“这跟人脑的功能很像，也和一组人解决问题时采用的方法类似。”迪特里希说。[56]



伯努瓦•曼德勃罗并不知道自己提出的分形几何的构想会在未来被如此广泛的应用。他的构想使我们今天能够压缩视频并上传到互联网，也使我们能在视频游戏中进入不同的场景成为可能，甚至，医学研究中神经系统的建模也和他的构想密切相关。

如果研究人员能取得突破，将会在不依赖于微处理器的前提下，提高计算机的运算速度。由此涌出大量的信息将会产生类似20世纪80年代的超值票价系统等令人惊讶的新事物。

——

2006年秋天，亚马逊公司 (Amazon.com) 首席执行官杰夫•贝佐斯 (Jeff Bezos) 在旧金山一家酒店的套房里，为亚马逊即将开展的一项服务做发布前的准备。他将这项服务称为弹性计算云 (Elastic Compute Cloud)。贝佐斯性格开朗，就连解决难题时也很开心 — 即便在2006年还很少有人知道这一难题是什么，有人甚至还不知道什么是云计算。“我还没有想好怎么才能将它解释明白呢，”贝佐斯笑嘻嘻地对房间里的记者说，“我还以为你能懂呢。”[57]

通常人们觉得亚马逊是网络零售商，而非技术提供者，然而亚马逊打算将自己的幕后技术服务借用给需要的人，无论是大企业还是位于蒙古国中蒙古包的小企业 — 只要这个蒙古包具备与高速互联网连接的能力，那么他们就都可以使用亚马逊的技术。方法就是：人们如果要做生意，可租用亚马逊的计算机空间，或租用亚马逊的交易能力来卖出商品，并从中获利。无论身居何处，只要通过公共互联网接入并利用亚马逊公司系统中计算能力，任何人都能够成为一名网络零售商。在亚马逊公司系统中的这种计算能力，因其无定形所以被形象地比喻成“云”。“使用该技术，人们可以通过远程控制，创建自己的生意，”贝佐斯说。

贝佐斯赶上了好时候。亚马逊的举动让公众意识到了云计算的作用，随后一系列的计算装置和接收器让人们的日常生活和商业活动愈发离不开云计算技术。此后，云计算和相关设备相互支持，并在21世纪的头10年改变了人们对计算的认识。一个新的体系结构也由此诞生。

云计算在贝佐斯涉足之前就出现了。“它在被发现之前就已经存在了，但当时市场还没准备好。”IBM 前互联网策略师欧文•弗洛达斯基-伯杰 (Irving Wladawsky-Berger) 说。1995 年，网景公司 (Netscape Communications) 浏览器大受欢迎，同时，互联网和万维网的发展也开始起飞。与外界连接的能力变得和处理能力一样重要，人们强烈的沟通愿望催生出了各种基础设施：连进家中的宽带，Wi-Fi 无线网络，3G 蜂窝数据网络，长途光纤线路，服务器群，数据中心。这些设施的出现都是为了满足人们和外界连接的需求，同时帮助人们存储和调用不断增加的数据和内容。

这些基础设施成为一个平台 — 一个为人们提供企业和服务行业之前无法提供的服务的平台。早在 2002 年，一些大型科技公司就意识到，应该有一种方法，能建立一个平台供企业使用相关的计算资源，而无须亲自制造或购买。2002 年，IBM 提出随需应变 (on-demand) 的概念，即用户用计算机产品可以像用电一样 — 在任何地方都能使用和并按照用量付款。对于那些已经习惯了私有数据网路带来的安全感的公司而言，这个想法有点可怕。同样，对于已经习惯用个人电脑的硬盘上存储数据的个人用户来说，也无法很好地领会这一概念：他们无法理解电子表格或销售自动化软件是怎样依赖一个不可知的云上进行工作的。

随后，苹果公司在 2007 年 1 月推出第一代 iPhone，激起了消费者对口袋大小、能和计算机连接的设备的消费需求。“智能手机的数量在 2007 年左右开始激增，当时人们意识到我们所在的世界跟之前已经大有不同，”弗洛达斯基-伯杰说。

智能手机和云计算技术一起推动了计算机技术的发展，实现了体系结构的又一次跨越。这次，计算机技术可以惠及全球数十亿人，从俄亥俄州的少年儿童到纳米比亚的农民，无一例外。之前属于大公司专享的计算能力，现在变成了市场上物美价廉并且

节电的设备，供人们随意购买使用。反过来，这些用户也会和历史上所有使用过新产品的用户一样，对计算机信息处理技术产生影响。

同时，另一群用户也开始使用云计算技术。这些不依附于人的机器，传感器和其他物体的组合，被称为“物联网”。物联网包括家庭中安装的智能电表、公用事业公司和房主收集反馈信息的系统。还包括放置在野生斑马身上的传感器，这些传感器收集并发送数据，可以追踪斑马的去向、观察它们的行为。嵌入沥青中的传感器可以告诉智能手机用户，哪条街有空的停车位。这些互联的设备，将会变得非常智能，能够代替人处理某些事情。微软研究院的科学家埃里克•霍维茨 (Eric Horvitz) 有一个名为劳拉 (Laura) 的虚拟助理，劳拉根据他的日历了解他的行程，欢迎他办公室的来客，并能给来宾提供饮料。[58]

由于设备驱动转向外部，系统需要处理大量数据 — 这要求构成云计算的机器更为成熟，要成熟到令人吃惊的程度。2010 年，超过 1,200 艾字节 (exabyte) 的数字信息被创造出来。一个艾字节能容纳约 1 万亿本书的内容。在可预见的未来里，数据的产生将呈指数倍增加。数据来源广泛：个人在社交网站上发表自己的近况、上传照片，在线电影，公司建立的庞大的数据库，以及有越来越多的传感器检测周围的一切，从海水潮汐到城市交通状况，甚至计算出人们运动时燃烧掉的卡路里。对全球的企业而言，海量数据非常具有挑战性，并且他们之前从未对数据有过如此的依赖，这推动了赛道存储器等新技术的出现。它促进了流计算的发展，这是一种新的软件和算法，比如通过实时分析数据，人们可以很清楚的看出哪些数据需要保留、哪些可以删除。云计算技术越来越专业、越来越工业化，使得相关的设备也更易操作，随处可见。

IBM 的“智慧的地球”不只是一个口号那么简单。计算架构的演变是一个关于将计算能力外包的故事 — 无论对专家、科学家，还是小企业，都是从 1401 计算机，到终端机，然后到个人电脑。现在，云计算技术将每个人每个事物联系起来，并进行数据处理。运用诸如 DeepQA 之类的自动问答技术，使用动作感应技术的 iPad 使人与机器能够进行密切的合作。算法曾完全依靠线性、确定性的路径处理任务，现已变得更加成熟，能够处理复杂的任务，并能计算现实中的概率。下个十年，机器将有能力开始自主学习。从很多方面来看，地球事实上似乎成为了一台庞大的计算机 — 但绝不会是一台旧时的孤立的计算机。这台地球计算机，是机器与自然、人类、信息有机的结合在一起的产物。

世界也在变智慧。这是 1928 年，本•伍德与托马斯•沃森在会面之后，我们一直在走的道路。

• • •

一名西装革履的人士正站在上海市街头的某个拐角，他需要去往位于城市另一端的某处。有一个简单的问题在他脑海里盘旋：此时此刻，是打车还是乘坐地铁更合适？

目前来说，还不能很肯定地回答这个问题。到2021年，地球上的计算机网络将能够通过一部手机立即给出答案。

在过去100年的发展进程中，计算技术改变了我们的思维方式，我们的思维方式也改变了计算技术。计算技术从工业时代科学与技术的发展中诞生，继而又帮助催生了后工业时代的新型科学与技术。通过计算技术，我们可以提炼信息，进而分析并驾驭这些信息。这本身就涉及到了一门新的信息科学，这门科学是21世纪有关科学理解的学科（从物理学、生物学、化学到社会科学）的基础。从许多方面讲，开拓引领信息科技都意味着引领科学、引领时代。

这是上个世纪的发展轨迹。下个世纪我们将何去何从？很难预言太过遥远的未来，但今后10年的景象却相当明晰，计算与信息科学会将我们带往全新的境界，并带给我们全新的思维水平。在个人的日常任务能以目前只有大型企业可以实现的方式进行优化时，我们将重新思考自己的生活方式。当可以对来自人类、事物和大自然的数据进行筛选、混合、匹配以及分析时，世界将以全新的方式与我们对话。到那时，领导人所面临的难题将是如何重新考虑传统智慧、现有机构、企业、城市和民族。

IBM首席执行官萨姆•彭明盛说：“许多社会问题和制度问题都可以得到解决。所有人都说这些问题无法解决 —— 安全的边

境、清洁的水资源和能源。但技术的应用可以解决大量此类我们正在与之斗争的问题。”[59]

计算与信息科学在经历 100 年的持续发展后，将我们带到了正处于深刻变革边缘的 2011 年。技术正在从我们周围的世界获取数据。这些数据始终都蕴含在庄稼的成长中、人类的活动中、数十亿的日常交易中以及不断变化的河流水平面中，但现在我们正在开始捕捉、解读并理解这些数据。这种新的有关信息洞察力的潮流正在改变我们会知道些什么，也在改变着我们想知道些什么。由于这种趋势会在未来 10 年中加快速度，因此技术将再次改变世界运转的方式。

同时，计算技术将继续保持其前 100 年的发展势头，不断将人类创造力与知识从禁锢中解放出来。思想不再被封锁在个体的头脑、企业或国家中。20 世纪早期，将数据保存在穿孔卡上的做法是为将知识从人类头脑中提取出来所迈出的第一步。互联网加速推进了这一进程，可以使整个公司或组织内部相隔任何距离的任何人共享信息并相互合作。智能手机、GPS、视频和传感器遍布各个角落。超级计算机可以在分子层面模拟人类器官的功能。全球范围内云计算技术的蓬勃发展以及移动与个人计算设备的迅猛增长，将更多知识和创意汇聚在一个大熔炉内。在 10 年内，自动化语言翻译技术将跨越最后一道重大屏障。没有什么能将我们的集体观念割裂开。

世界将要经历的不仅仅是新时代的技术，还有新时代的思想。技术的作用只是让思想变为现实。

在 2021 年，上海街道拐角处的男士将能够对着自己手机上的应用程序讲话并询问：“打车还是乘坐地铁？”随即 GPS 即可掌握他的具体位置，应用程序将从他的日程表中获悉其约会地点，装备有 GPS 与无线通信系统的出租车将告诉网络出租车的具体位置、车内有无乘客以及行驶速度，行驶中的出租车还会告诉网络交通状况。通过所有这些输入信息，网络便会知道该男士需

要多久可以坐上出租车，以及出租车需要多久可以到达该男士所指定的目的地。对于地铁，系统将了解该男士与最近车站的距离，在地铁上的行驶时间以及从另一端车站到约会地点步行所需的时间。另外，网络还会了解天气情况以及该男士的身体状况（多亏 Fitbit 等健康状态监视器）。天气是否很热，是否会导致该人士在走过几个街区后便汗流满面、气喘吁吁？

因此，当该男士对自己的移动设备说出“打车还是乘坐地铁？”时，便会听到答复：“天气很好，交通拥挤，您可以锻炼一下身体乘坐地铁，具体路线如下。”

这种场景距离我们并不遥远。实际上，世界各地的许多城市已经在着手实施更加雄心勃勃的计划了。例如，IBM 最近宣布已与里约热内卢签订了“智慧城市共识”，根据该协议，定期袭击人口稠密的山坡平民区的灾难性泥石流可以被提前预测，进而预防其造成毁灭性的破坏。2010 年 12 月的《*Fast Company*》杂志报道，一个新落成的城市运维中心将从城市的各个机构收集数据。“该中心通过一组算法运行，可以监控、预测并显示风暴损害情况，同时确定最佳响应方式。‘哪些街道最需要严密布哨？’IBM 材料建议将相关变量合而为一。‘哪些山头最容易发生泥石流？哪些收容所有空位置？哪些医院有可用床位？在马拉卡纳体育场观看足球比赛时最佳的出口在哪里？路管人员应该如何指挥从科帕卡巴纳海滩出来的人流？’”

如今，根据 2011 年的技术以及已知的到 2021 年时会推出或应用的技术，我们可以预见到未来的这种场景。

2011 年，劳伦斯利弗莫尔国家实验室将部署基于 IBM 蓝色基因 (Blue Gene)/Q 技术的 Sequoia 超级计算机。其运算速度将超过 20 petaflops，即每秒 2 万万亿次 — 领先于在 2010 年Top 500榜单上运行的全部超级计算机处理能力总和。Sequoia 一天的运算量相当于 1,200 亿左右配备有计算器的人们在将近 50 年内的工作量。这种计算机将被用来研究天文学、能源、人类基因组科学以及气候变化。（几乎对所有 Sequoia 研究领域都进行了分类。）

在存储方面，容量实质上正在变得接近无穷大，而其成本却在直线下降。我们希望保存的任何数据都可以得到保存。通常所面临的问题不是存储信息，而是查找信息。但这方面的情况也在不断变化。通过IBM研究院发明的向外扩展型网络存储(SONAS)技术，可以访问数十亿数据文件 — 无论这些文件位于系统中的哪个位置。SONAS 可以在数分钟内扫描数十亿个文件。该技术对整理从网络视频到电子邮件不等的各种非结构化数据很有必要，这些数据的年增长率可达 47%。

在数据中心，新系统将解决一个越来越严重的问题。为了运行特定的应用程序，就需要随着时间的推移将不同技术混合在一起进行部署。所有技术都挤在一个空间，但相互之间却无法通信。在一些情况下，不同部分需要不同人员来负责。但 2021 年的数据中心将更像一台巨型机器在运行（而不是包含许多不同的机器并安装许多不同的软件），从而能够为不同的任务选择相应组件并让其结合在一起。最终，这种巨型机器可能会变得具备一定的自我感知能力，从而可以自己确定如何对自身进行重新配置以满足某些任务的要求。

通过在《*危险边缘*》节目中战胜人类冠军，Watson 计算机与 DeepQA 问答技术不但证明了自身实力，还表明计算机可以与人类进行互动式对话。

同时，苹果公司、Research in Motion、诺基亚和其他公司正在广泛深入地向大众推广功能强大的沟通性手持计算设备。这些设备不仅只供消费者使用，还会逐渐进入通过云计算技术实现的企业级应用中。

技术正在让这个星球变得更加智能，但还只是停留在盈利的层面上。另外还存在着众多挑战。摩尔定律所描述的这种计算能力的指数级增长正在显著放慢速度。互联网与传感器中大量涌现的数据在速度上可能会遥遥领先于公司购买并安装技术以控制这些数据的能力。分散式数据中心的存在在一段时间内仍将是现实情况，从而会在许多情况下形成复杂性危机。

然而，100 年的技术发展轨迹不会就此搁浅。在计算科学的各个方面（速度、存储、软件、传感、网络、架构），技术会一如既往地勇往直前。每一代技术都会沿袭看似会超越人类创新界限的上一代信息技术，并在之前技术的基础上突破这些界限，进一步向前发展。没有理由认为这种循环会在不久后的某一时期戛然而止。

预计接下来的 10 到 15 年会取得一些重要突破。自这些突破项目开始酝酿以来，计算机一直在按同样的方式运作，以极高的速度处理一系列“如果这样，那么那样 (if this, then that)”的指令。不过，科学家将研究从人类大脑中得到借鉴的计算架构，从而能够一次性处理大量相互关联的想法，并应用比如今计算机程序的硬规则略显抽象和模糊的逻辑。此类计算机估计会成为当前架构的有益补充，它们将能够着手处理当前机器无能为力的一些事情。另外它们还会像人脑一样从数据中学习、吸取教训并得出结论，同时还会舍弃细枝末节。这些计算机无需编程，而是会得到训练。实际上，它们甚至会进行自我训练。此类系统将代表着计算科学发展史上的一次根本性突破，是超越存储程序架构所迈出的第一步。存储程序架构由 Eckert 和 Mauchly 首创并应用于 ENIAC 中，在约翰•冯•诺依曼 (John von Neumann) 于 1945 年发表一篇论文后，这种架构通常被称为“冯•诺依曼架构”。科学家将下一代的这种系统称作“学习系统”。

还没有人构建能以与人脑如此类似的方式运行的计算机制，尽管 IBM 的 Watson计算机在这一方向迈出了最初的几步。但这一定会成为现实。一种可能的途径是通过量子计算法来实现，这是一种利用旋转的原子进行计算的方法。量子计算机可以在同一时刻，以极少的能量消耗，处理一个问题的所有可能答案。尽管量子计算机在 2011 年仅停留在实验室中笼统的实验层面上，但有效版本可能会在 21 世纪 20 年代末建成，届时将成为与晶体管同样重要的一项突破。

同时，许多方面都在发展。DeepQA 形式的自然语言软件与即时语言翻译技术将使任何人（而不仅仅是数据库专业人员）能

够查询数据并获得有意义的答案。机器视觉功能可以通过视频摄像头帮助计算机观察并理解所见内容，还可以存储有关活动的数据，而不仅仅是无法搜索的原始视频。通过实时数据流计算机运行的分析功能，将为利用数据来模拟活动并理解模式创建全新的方式。随着软件变得越来越智能、计算技术越来越强大，模拟功能（不久前只能通过超级计算机实现）可能会变得与电子表格一样实惠、方便和普遍。

安全功能（自始至终的一个问题）也将在 2021 年的世界中得到发展。随着计算能力逐步向云计算技术过渡，可以在设计之初将更强大、更专业的安全功能内置于更多计算活动中。深入数据包检查等新技术能够检验在整个系统中流动的数据包，从而帮助阻止可疑信息。尽管威胁会变本加厉，但技术将抢先一步，从容面对这些威胁。

所有这些技术将在通往 2021 年期间推动两种主要趋势，这两种趋势与 100 年来计算技术所推动的趋势完全相同，这并非巧合：

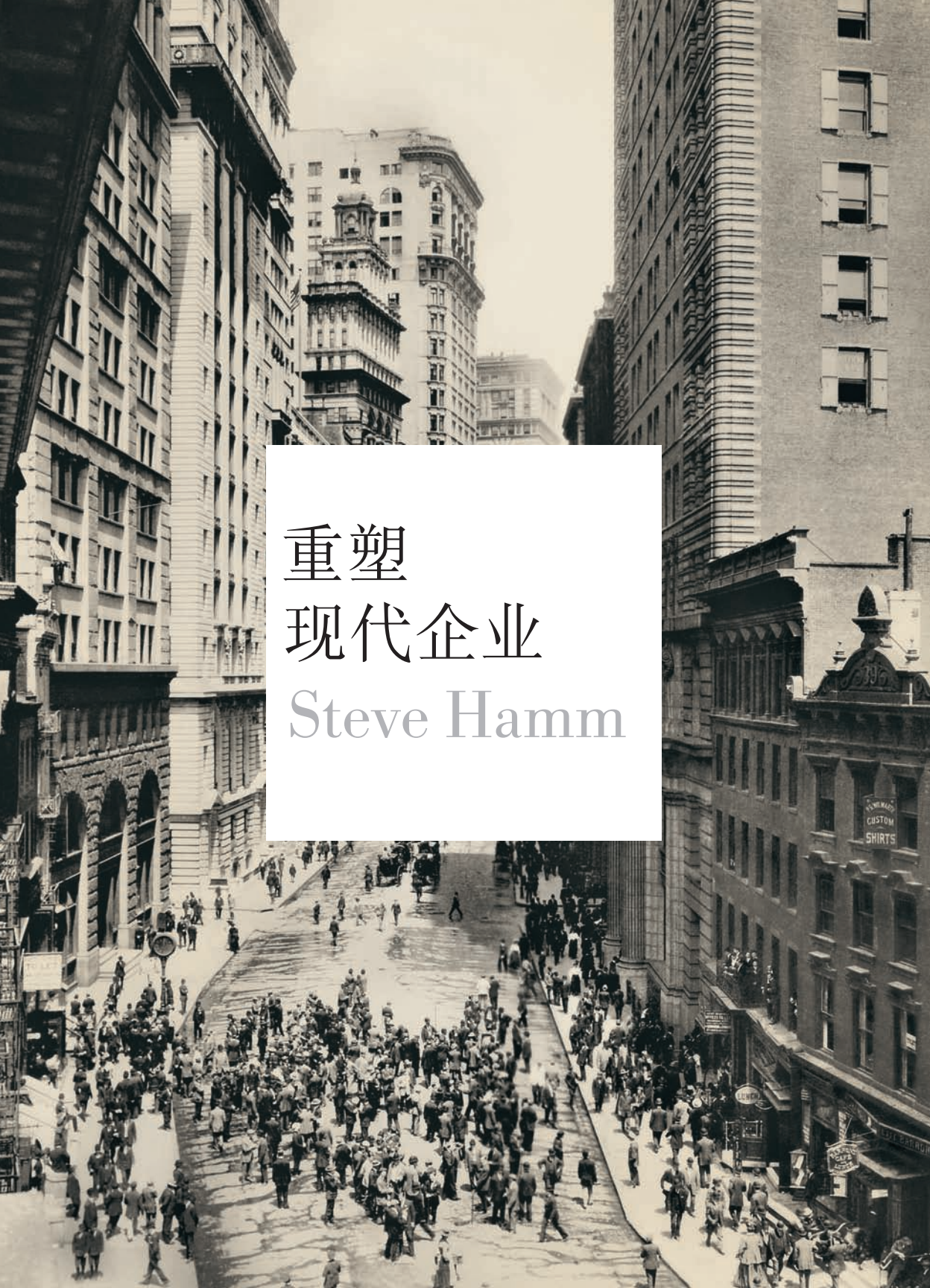
高端计算技术将进行更细致复杂的分析并做出更高层次的判断，从而将人类从神秘的思维流程中逐渐解放出来，让人类专注于独特的人类创造力、模式识别和创新活动。

另一方面是，复杂计算技术将进一步融入到日常生活中。过去只有企业或政府实验室可以获得的信息将通过笔记本电脑、移动设备以及此前无法预料到的小装置向个人提供。

在过去 100 年中，这种由计算技术驱动的各种趋势，让我们开始重新思考生活、商业和制度。这种情况即将再现。

过去一百年来，整个社会认为我们在沿着一条制造会思考的计算机的道路发展。实际上，情况绝非如此。我们一直处于一条不断重新创造思想的道路上。这条道路将持续不断，滚滚向前。

• • •



重塑现代企业

Steve Hamm

当老托马斯•沃森于 1914 年加盟 Computing Tabulating Recording 公司 (CTR) 并担任总经理一职时，他正处于美国资本主义新时代曙光初现的时间点上。这家刚起步的公司（他后来将其更名为“国际商业机器公司”）是 3 年前通过合并 3 个销售机械式财务机、磅秤和计时器的小制造公司而成立的。公司总部设在一幢 20 层大楼内的办公套间中。这是一幢新落成的大楼，位于纽约市宽街，与纽约证券交易所相隔 50 码远，并且去纽约下东区（纽约繁荣的服装产业的发源地）的路程也不远。

宽街的鹅卵石路面上有一个场外交易市场，买卖证券的商人杂乱拥挤，沃森有时不得不挤进大楼。在 18 层总部，C-T-R 这位 40 岁的执行官每天都穿着带有爱德华式硬领的三件套，坐在一张简陋的木桌旁查看分类账簿和信件。他可以透过窗户俯瞰街道上的喧闹景象。街道上的商人戴着黑色圆顶礼帽，穿着黑色西装，这些使他们看起来像野餐时看到的蚂蚁群。事实证明，这种居高临下的角度为他塑造现代企业提供了莫大帮助。

在那些日子里，纽约到处都是人。来自俄罗斯、意大利、爱尔兰、德国和其他国家/地区的移民坐船来到这里，并涌入城市的狭窄街道和出租屋区。之前 20 年中，人口已增长了近一倍，达

上页插图：
纽约市宽街，摄于 1903 年（左）；老托马斯•沃森，摄于 1913 年。

到4.8一百万。[60]纽约当时是全国金融之都，同时也是金融家和商人的乐园。他们纷纷投资于新兴经济产业、发动机制造业以及服装厂、印刷厂、机械厂和砂模金属铸造厂。一个多世纪以来，实业巨头们通过利用自然资源创造价值，或通过修建庞大的钢厂和洲际铁路，利用劳动者强大的脊梁和灵巧的手指，建立起了自己的帝国。1920年的美国人口普查显示，在所有劳动人口中，从事制造业者占30%，从事农业、林业和渔业者占26%。其他的主要类别包括贸易(10.2%)、家庭和个人服务(8.2%)、文职(7.5%)和交通运输(7.4%)。[61]事实上，C-T-R的客户群便是由重工业和商业的佼佼者构成的。[62]

但沃森将C-T-R塑造成一个与众不同的公司。他意识到，公司的统计和计算设备可以帮助那些铁路公司、钢铁公司、制造商和商人们管理他们的数据。他预见到，在新的世纪，一家公司最宝贵的资产将是它积累的信息、创造的知识以及其员工的思想，也就是说，将是智力资本而不是资金、体力或原料。“汤姆•沃森认为信息将是20世纪的一件大事，这种远见卓识值得称赞”，《*The Watson Dynasty*》（沃森王朝）一书的作者，哈佛商学院教授理查德•泰德洛(Richard Tedlow)说。[63]

当沃森接手C-T-R时，现代企业的理念刚刚开始形成，而他在奠定其基础方面发挥了重要作用。现代企业是西方社会中主宰商业的大型工业和金融机构的发展产物，而在美国，它还是对镀金时代(Gilded Age)的弊端（即市场操纵者和反竞争托拉斯造成经济扭曲）作出的反应。在新的世纪，随着全球的优秀商业机构学会用新方法来撷取和管理信息，从而更充分利用资本、自然资

源和人力，并不断提高工作的效率、有效性和积极性，企业的形式和职能都将发生快速变化。

在1914年，这种转变还不怎么明显，包括在沃森自己的头脑中。他对信息和思想的信奉显得既坚定但又不成熟。他清楚，信息将是经济价值的基础。还清楚，商业必定会走向全球。他深信，企业将不只是对股东负责，而且还要对整个社会负责。他执着地希望打造一个能自觉体现其口号（即“THINK”）的企业。在接下来的40年里，他开始了一个探索过程，其间发生了许多失误，但更多的是成功。他将这些本能冲动转化成政策和实践、科学观念以及当时堪称激进的刻意培养企业文化的意图。

今天，我们再次处于企业发展历史的转折关头。面临经济、环境和政治方面的多重有力挑战，企业领导人正在重新审视各种基本假设。正如当初涌入纽约市的商业和社会生活中的多元化人群一样，以前那些坐在场边的“球员”如今正在成为全球经济的“选手”或者是作为消费者，或者是作为生产者。中国、印度、韩国、南非和其他国家/地区正在显示其商业力量。他们发明的商业模式赋予了他们重塑成熟产业并超越20世纪的商业巨人的能力。互联网正在打破一个又一个市场的传统营商方式，从媒体和音乐，一直到制造和零售市场，概莫能外。它为企业和个体提供了一个公平的全球性平台。曾经因为传统和便利而只在一个地方进行的工作，如今可以在全球各地完成。而曾经不累积大量资本便无法逾越的进入门槛，当前也大大降低。个体公民可以成为全球性的资本家。借用对我们这个时代最常使用的两个比喻，全球经济正在变成“一条扁而长的尾巴”。

企业应如何应对？与以前一样，领导人都在问自己与公司形式和经营方式有关的基本问题，从古代的希腊到现代的硅谷，经营思想无不源自对这些问题的回答。但今天，这些问题的答案正在以极快的速度变化。因此，当前到了再次重塑企业的时候。本文提供了一个审视过去和当前的现代企业以及在二十一世纪将看到何种发展的视角。它是围绕领导人必须提出并回答的四个基本问题组织的：

企业如何界定和管理其自身？过去 100 年以来，企业管理已逐渐偏离十九世纪的模式（即企业完全以一位强有力的领导人为中心），从而开始采用更加分散和更为平等的方法。虽然存在例外情况，但今天有越来越多的企业开始以刻意培养的企业文化为指引，并且这种文化往往基于哪怕领导人离去也会留存的共同价值观。IBM 是这种转变的先驱，它不仅仅灌输道德思想，而且还寻求差异化和企业特质，并试图厘清企业的存在理由。未来面临的挑战将是，如何创建一个由具备主观能动性的人员构成的超灵活企业，从而可以预测各种变化并未雨绸缪，而不只是被动地感知变化并作出反应。

企业如何创造价值？IBM 的演变历程大致勾勒出现代商业的历史，我们可以从中发现从工业时代的价值创造模式到二十世纪的知识和智力资本货币化的转变。这表现为多种形式，并且不只是限于产品开发，而是涉及企业经营的各个方面。这种发展表明，企业将越来越多地与其他企业、政府甚至个

体开展坦率而深入的协作，从而完全融入到网络经济中去，并借此来创造价值。

企业如何在全球经济中经营？在十九世纪，“国际化”意味着在全球各地开展业务。在二十世纪，这个词开始具有颇为不同的含义：把世界看成一个整体，不论是从市场还是从资源和人才供应来说。因此，现代企业的形式发生了变化，它从十九世纪的国际模式发展到二十世纪的跨国模式，并接着发展到二十一世纪的全球整合模式。为了管理一旦走向全球并实现本土化后固有的紧张感，那些获得成功的企业（包括IBM）已创造出新的技能、流程和管理制度。

企业如何与社会交融？企业曾只需向其股东负责。慈善事业曾只是富有的企业家的个人事情。在二十世纪，那些最开明的企业意识到，企业的自我界定方式会在一定程度上关系到企业如何建立负责任的社会关系。如何与社会交融的问题，已体现到企业的经营中，并且几乎是企业所作出的每一个决定都必须考虑的问题。

IBM通过过去100年的演变，包括二十世纪90年代初的濒临倒闭经历，IBM已成为一家脱胎换骨的企业，与托马斯•沃森在1914年刚加盟时相比，它已经变得非常不同。事实上，该公司在近十年发生了巨大变化。在这个过程中，其领导人问了那些相同的基本问题，重申了企业曾经信奉的一些东西，同时也给出了一

些新答案。IBM人当前都深知，如果一家企业看不到企业的存在基础，并且不能作出积极应对来满足客户最深层的需求，将可能发生什么事情。他们明白，在当今的商业环境下，企业赖以生存的东西就是不断转变。

IBM 仍在重塑自我，并且它知道，这个过程将永远不会结束。当被问及IBM发展历史在领导力方面留给我们的最深刻经验教训时，其首席执行官彭明盛没有丝毫犹豫：“你必须愿意改变你的核心价值观，并且你必须提前转变。”[64]

• • •

精心培育企业文化

当本田宗一郎 (Soichiro Honda) 于1948年开办本田汽车公司并在饱经战争创伤的日本设计和制造摩托车时，他有着凌云壮志。本田是一个铁匠的儿子，常年穿着一件蓝色技工服。4年之后，在公司工厂中，他站在一个橘黄色的货箱上宣布了自己的想法：将本田公司发展成日本和全球的头号摩托车公司。

他的目标不是在一夜之间实现的，而是始于他决意打造一种可以让小企业成长为伟大公司的企业文化。[65] 为此，他与企业员工之间建立起一种相互尊重的融洽关系，并为他们指明了公司的价值观和抱负。例如，1956年，他在本田通讯中公布了一条“企业原则”，这条原则归纳了企业的基本宗旨：“放眼全球，致力于提供具有最高品质和合理价格的产品，从而满足全球客户的需求”。

“企业可以精心培育自己的文化”，从教室到数据中心，从装配生产线到销售培训设施，托马斯•沃森的口头禅“思考”始终是这种崭新理念的外在表现形式。

为女员工举办的系统服务工程课程。纽约恩迪科特，1935 年。

1. IBM 服务局，意大利佛罗伦萨，1953 年。**2.** 老托马斯•沃森，华盛顿西雅图，1947 年。**3.** 露丝•利奇 (Ruth Leach) 视察，加利福尼亚圣何塞，1949 年。**4.** IBM 校舍，纽约恩迪科特，1933 年。**5.** IBM 研讨会，印度新德里，1956 年。**6.** 机械服务和测试部，阿根廷，1935 年。**7.** 电动打字机演示，巴西，1958 年。**8.** IBM 培训班，沙特，1951 年。**9.** Richard Whitcomb 在 IBM，夏威夷檀香山，1962 年。**10.** IBM 办事处，日本，1966 年。**11.** IBM 办事处人员，厄瓜多尔，1943 年。**12.** 日本第一家销售代表，1925 年。**13.** IBM 员工，菲律宾，1939 年。

14. 哈默史密斯工厂，英国伦敦，1960 年。**15.** 第一期《THINK》杂志，1935 年 6 月。**16.** IBM 办事处，印尼雅加达，1964 年。**17.** Think 标识，1964 年。**18.** 新加坡自治世博会，IBM 展厅，1959 年。**19.** 老托马斯•沃森，1914 年。**20.** IBM 服务局剪彩，中国台湾台北，1960 年。**21.** IBM 销售培训班，法国巴黎，1937 年。**22.** 百分百俱乐部，纽约恩迪科特，1940 年。**23.** IBM 世博会展馆，比利时布鲁塞尔，1958 年。**24.** 北美航空公司洛克达分部，加利福尼亚，1965 年。**25.** 沃尔特•内菲尔发送 IBM 的第一封电传（从纽约市发到恩迪科特），1930 年。

那之后，本田创造的企业文化（即所谓的“本田之路”）塑造了企业自那以来的基本特征。它帮助该企业成为全球领先的摩托车制造商和全球第 6 大汽车公司，并带领企业度过了从 2008 年开始的全球汽车销售困境。2008 当其他汽车企业裁减了成千上万名员工时，本田却没有解雇一个人，而是削减了产量以及非生产员工的薪水。[66] 2010 年 7 月 20 日，在一次设定企业未来 10 年的战略和目标的讲话中，社长伊东孝绅 (Takanobu Ito) 重申了本田的远景。“特别是，在我们处于困难的经营环境下时，没有什么比回到本田的基本原则更重要的。这就是，站在客户的角度看待所有事情，并继续提供令客户满意的产品。”[67]

通过本田的例子，我们可以看到现代企业在与员工交融以及员工管理方面的重要特点。当前，大多数企业都拥有一套正式的信念，并希望借此建立一种强大的文化。有些价值观仅有一句话。美国户外服装和设备零售商 Patagonia 的格言是：“让我的人去冲浪”。其所有者伊冯•乔伊纳德 (Yvon Chouinard) 认为，除非员工感觉到快乐和自由，否则他们不会在工作中全力以赴。而美国食品零售商 Whole Foods Market 则用近千字的篇幅表述了其价值观。文字的长短并不重要。重要的是，领导人必须精心培育以价值观为基础的企业文化。

但实际情况并非总是如此。事实上，在现代企业诞生之前，企业文化还是一个鲜为人知的概念。当然，每个人类集体和组织都有其文化，即“我们在这里做事的方式”。但即使在今天，仍有许多公司没有自觉去理解什么是“企业文化”，更不用说建立和维持企业文化了。即使已这样做的企业，企业文化的目标也会因企业或形势不同而存在广泛差异。例如，对于价值主张是提供大规模生产的低价商品的企业，其企业文化可能着眼于培育对机

械式任务的热情和良好的团队合作精神。在重视创新和探索的机构，比如大学中，则要求迥异的文化规范。

对大多数19世纪的企业来说，文化意识本是一件不相干的东西。但随着现代知识型企业的到来，创立曾被认为与企业无关的企业文化，已成为企业面临的一项紧迫任务。对这些企业来说，它们精心培育的企业文化不仅成为企业的一个方面，而且还关系到企业的组织原则。

这样的企业正是沃森在进入C-T-R时所期望创建的。从他40多年的管理创新、他的儿子20多年的不断扩展以及此后几代领导人和IBM人对这种传统的承袭，我们可以找到与现代企业的员工交融和管理方式有关的一些核心原则。我们还可以看到这种新机制带来的压力。

如果一个企业领导人希望为知识型企业创建一种文化，他不应从业务模式或技术/管理制度入手。他必须从*价值观*开始。这种价值观是指企业特质和差异而不是道德品行方面的价值观。这些价值观的确立方式取决于所处的时代和企业自身情况。IBM通过其创始人的声明而迈出了第一步。但矛盾的是，从长期来看，将价值观作为企业的立足之本实际上会削弱领导人的重要性。事实上，这正是我们想要的。如果她或他变得不合时宜，企业中的其他每一个人都知道该如何做，并且如何确定轻重缓急。

这一点很重要。企业文化由充满活力的个体所创造，因此很自然地会反映这些个体的人格和价值观。但除非企业文化具有可持续性（这意味着，不论产品、市场和主要领导人是否发生变化，它都能不断茁壮成长），否则企业自身将无法实现可持

续发展。这是一项极其艰巨的任务，并且只有在长期中才能看到其成败。

价值观的确具有重大意义。过去30年来，有大量研究表明，当企业建立起完善和耳熟能详的价值观和文化时，会取得比其他企业更佳的表现。例如，约翰•科特 (John Kotter) 和詹姆斯•赫斯克特 (James Heskett) 对 207 家美国大企业进行了长达 11 年的跟踪研究，并在 1992 年出版的《*Corporate Culture and Performance*》（*企业文化和绩效*）一书 207 中介绍了这项里程碑式 11 研究的结果。悉心管理自身文化的企业实现了 682% 的收入增长，而对自身文化管理不善者仅增长了 166%。[68]

一个世纪的经历让 IBM 自成立之初便始终根据一套核心信念从事经营。IBM 凭借对个体的尊重、在一切事务中追求卓越以及承诺提供最好的客户服务而使自己独树一帜。老托马斯•沃森将这些价值观深深植入到企业的 DNA 中，并将 1914 年那个濒临倒闭的企业打造成一家具有持久生存能力的产业巨人。100 多年来，这种 DNA 已在数百万员工心中生根发芽。

关于企业如何实现长久成功，小托马斯•沃森在 1962 年春季的哥伦比亚大学演讲中阐明了自己及其父亲的观点。“我坚信，为了生存并取得成功，任何企业都必须有一套健全的理念，并且应将它作为所有政策和行动的基础”，他对学生讲述道。“其次，企业若想取得成功，我认为最重要的一个因素是恪守这些信念。最后，我认为，企业若想克服其发展期间因为环境的不断变化所带来的挑战，它必须随时准备改变自身除这些信念之外的一切东西。”[69]

将核心理念作为企业之本，是IBM企业文化的根基。当然，当沃森的父亲在一个世纪前提出IBM的基本信念时，还没有人使用“企业文化”一词。但事后看来，我们可以理解老沃森为何被誉为第一位如此自觉和全面地创建企业文化的企业领导人。[70]

在沃森制定的旨在塑造IBM的政策中，有许多都源自他对员工的尊重。他认为所有员工都是平等的。1915年，在纽约恩迪科特对IBM高管、销售人员和工厂经理的讲话中，他阐明了自己的“人本主张”。沃森当时在一大张纸上写出了公司中的职位名称，包括“sales manager”（销售经理）、“sales man”（销售人员）、“factory manager”（工厂经理）和“factory man”（工人）。然后，他划掉了除*man*（人）一词以外的所有文字。他告诉人们：“不论我们的职业或岗位是什么，我们都应时刻谨记，我们只是人而已，人和人应肩并肩地在一起，携手为一个共同利益奋斗。我们有一个共同利益，并且我们每一个人的小利益都将影响到企业的大利益。”[71]

在沃森所处的年代，这种态度在实业巨头中间绝不常见。“‘员工是我的伙伴’，这种员工政策让同时代的人感到疯狂和古怪。这是一种激进观念，但不是阶级战争！”后加盟的管理顾问兼作家彼得•德鲁克(Peter Drucker)说。彼得•德鲁克与老沃森和小沃森合作共事了20年。[72]

人本主张也适用于妇女。例如，在上个世纪1930沃森推出了一项计划。他将销售管理人员派遣到实地去拜访客户，同时指示他们的秘书填补空缺。他建议妇女保持信件简洁、避免繁文缛节并利用机会显示自己可以从事更具挑战性的工作。[73]第二次世界

“男女将同工同酬。女性将享有同等待遇、承担同等责任并且
拥有同等晋升机会。”
—老托马斯•沃森，1935 年

大战迫使数百万妇女走进了美国劳动大军的队伍，但早在此前的1935年，IBM便开始雇用妇女帮助客户学习使用机器，并担任人事专员。“男女将同工同酬。她们将享有同等待遇、承担同等责任并且拥有同等晋升机会”，沃森在这一年接受《纽约太阳报》采访时说。[74] 露丝•利奇于1939年进入IBM，当时是为了在旧金山金门国际博览会上展示公司的机器。1943年，她被提拔为公司的第一位女性副总裁，成为大型工业公司中首先进入这种行政级别的女性之一。[75] 这种在劳动队伍中倡导社会进步的胆识，是IBM文化的一个重要组成部分。今天，IBM的全球雇员中有29%是女性IBM，并且公司的女性管理者达到25%。[76] 在恩迪科特一家IBM工厂担任多年经理的C. L. Reeser记录了沃森的先行之举。其中包括：

1916年：每周工作时间从54小时缩短为48小时；
1924年：创办了供员工学习新技能的研习社；
1934年：所有员工的酬劳都从计件工资变为固定薪水；
1937年：小时工带薪休假；
1945年：所有工人都有养老金。[77]

曾一度负责IBM制造业务的前IBM主管帕特里克•图尔(Patrick Toole)说，沃森离开公司后，其遗风仍存续了很久。“你知道，如果你努力尝试，你不会被解雇”，图尔回忆道。“但如果你不诚实，你会被解雇；或者如果因为你图省事而导致有人受伤，你也会被解雇。很明显，这种最高安全标准是‘个体尊重’的一部分。”[78]

沃森在上个世纪1920年代初推出的“敞门”政策，是他的管理创新之一。任何觉得自己受到不当或不公平待遇的员工都可以给总裁写信，并且公司会对他们的投诉进行调查。据1981年到

露丝•利奇是IBM的第一位女副总裁。

汤姆•拉斯特(Tom Laster)是IBM的第一位黑人推销员。

1942年，IBM聘请心理学家迈克尔•苏帕(Michael Supa)（盲人）负责招聘和培训残障人员。

1985 年期间担任 IBM 总裁的约翰•奥贝尔 (John Opel) 回忆，当他 1949 年进入公司时，这项政策给他留下了深刻印象。“其中规定，个人有权说出他们想说的话，而管理者必须认真倾听”，他说。[79]

沃森不仅尊重自己的员工，而且他还希望 IBM 人得到外界的高度尊重。他坚持认为，只有穿着正式才能给人留下好印象。“他的穿着始终好像他要去拜访某家公司的总裁那样”，多年担任 IBM 主管的 James Birkenstock 回忆道。[80] 沃森对绩效杰出者的奖励非常优厚，他为完成年度销售指标的销售人员创办了“百分之百俱乐部”，并为俱乐部成员专门举办聚会和高尔夫郊游活动。IBM 对新员工进行企业文化培训，沃森也在内部刊物上撰文来强化企业价值观。

当然，企业文化有时也可以靠企业应对危机的态度来培育，而不是靠预先规划。如果这样的应对是成功的，它便可以对企业性格的形成起到促进作用。对 IBM 来说，这方面的一件事情是沃森面对大萧条时所表现出的顽强乐观态度。1929 年 11 月 18 日，也就是在股市崩盘后的第三个星期，他把 IBM 高级管理人员召集到一起开了一个打气会。这些人员都在担心股市损失，而在沃森看来，这是在推卸他们的职责。“事情好比就是这样，我开了一个股票经纪处，但只维持了 3 周就关门了”，他对他们说。“我现在又开了一家叫 IBM 的公司，因此我希望你们所有人都振作起精神，并把挫折抛在脑后。”他宣布，从几天后开始，他将安排一个管理人员顾问委员会主持每周例会，会议将主要着眼于未来。“我们正在走进未来，我们不能坐等其他公司超过我们”，

他说。“我们的机器在将来会有更好的前景，这种前景是你们所有人做梦都不敢想的。”[81]

沃森没有像其他许多企业领导人那样趴下，他确信，只要IBM保持积极主动，就一定能度过大萧条时期。他让他的工厂保持运转，始终坚持不裁员，甚至还增加了产品研发投入。公司几乎破产，但后来的事实证明了沃森的先知先觉。[82]第二次世界大战迫使数百万妇女走进了美国劳动大军的队伍，但早在此前的1935年，富兰克林•罗斯福(Franklin D. Roosevelt)总统签署了《社会保障法》，这是一项全国性制度，它要求工人向某个基金缴费，从而在退休后可以获得养老金。这涉及到一项巨大而复杂的全社会层面的信息处理工作，由于IBM一直在生产、改进和储备其制表机，因此它拥有遥遥领先于任何竞争对手的快速反应能力。IBM参加竞标并赢得了合同。[83]公司敢于承担巨大的看似不可能任务的冲劲，首次得到了体现，这种冲劲已成为其企业文化的一个重要组成部分。

在企业管理方面，沃森肯定从他身边的人那里得到了帮助。但不要误会，在当时沃森就是IBM。他作出了所有重要决定，甚至还包括许多不那么重要的决定。比如，他曾责令销售办事处改变IBM机器在橱窗中的摆设方式。同一时代还有一个企业巨人，这就是担任通用汽车公司总裁多年的阿尔弗雷德•斯隆(Alfred Sloan)，他开创了管理大型多元化业务并且将权力下放给下级管理人员的艺术。第二次世界大战迫使数百万妇女走进了美国劳动大军的队伍，但早在此前的1931年，斯隆通过与大学合作率先推出了一项针对高级管理人员的教育课程，这成为后来的麻省理工学院阿尔弗雷德•斯隆管理学院的发端。

IBM 建立了一种科技创新文化，并赋予其院校形式，比如对 IBM 院士的高度褒奖。

截至 2011 年初，这个独特群体已有 217 名成员。IBM 研究群体的成员被永久陈列在纽约约克镇高地的沃森实验室中。

小托马斯•沃森于 1952 年成为总裁后，为了应对一个快速变化的行业所存在的挑战，他发誓，要以通用汽车和其他与通用汽车一样可以应对这种挑战的企业为榜样，对 IBM 进行重塑。这要从 1950 年的一天他被一个电话吵醒说起，当时，其竞争对手雷明顿兰德公司收购了设计 UNIVAC（第一款商业电子计算机）的小公司。IBM 的工程师急忙作出应对，并很快推出了 IBM 701 计算机，但小沃森认为，公司需要进行重组，只有这样才能更好地预测不断变化的技术以及市场需求，从而走在他人的前面。小沃森虽然也有自己的专横之处，但他意识到，公司再也不能由一个人甚至少数人把持。

1955 年 11 月，在宾夕法尼亚州波科诺山区布满乱石的斯凯托普度假村，50 位 IBM 高级管理人员聚集一堂，参加了为期 4 天的“高级管理人员培训班”，这一事件标志着一个时代的结束和另一个时代的开始。因为七个月后，老沃森就会与世长辞。在老沃森的讲话中（这也成为他对公司管理人员所作的告别演说），他讲述了公司的早期岁月以及他曾经不得不作出的许多艰难决

定。他赞扬了从一开始就与他并肩作战的人员，同时敦促IBM的现任领导人放开手脚，并确立雄心勃勃的目标。他对他们说："如果没有远见和勇气，你将去不了任何地方。"[84]

当老沃森满怀告别之情时，小沃森却在想自己的事情，这就是，对企业进行改组，以便迎接将来。他说，这次会议的目的是为打造新 IBM 奠定基础：建立更完善的管理体系；增进内部沟通；以及在企业中进行深入的权责分配。"如果我们将权力下放，即选择适当人员，并授予他们权限，将可以实现对企业的全面拯救"，他说。[85]

就在父亲去世的几个月后，小沃森在弗吉尼亚州威廉斯堡召开了为期 3 天的管理层会议，他说，这次会议在某种程度上堪称"IBM 的制宪会议。"会议结束时，与会人员通过了一个在通用汽车和通用电气等企业已是家常便饭的参谋 — 前线式结构。运营部门的经理被赋予经营各自业务的权责，企业参谋人员将设定总体政策和战略，并充当一线经理的顾问。[86] 在威廉斯堡作出的变革，创造了一个在计算机行业屹立几十年的强大企业。

当小沃森走出父亲的阴影时，他便找到了自我。事实上，在现代企业的经营方式方面，他汲取了父亲仅仅勾勒出的许多想法，并将它们转变成处于世纪中期的IBM。

其中之一是推出了高级管理人员发展计划。他在这个方面紧跟通用电气的步伐。第二次世界大战迫使数百万妇女走进了美国劳动大军的队伍，但早在此前的1956年，通用电气在克罗顿维尔创办了企业在全球的第一所大型内部管理学院，地点在纽约市正北方的哈得逊河畔。一年后，小沃森开办了IBM的第一期管理培训班，12名人员在位于斯利皮霍洛乡村俱乐部的临时设施中学习了一个月。他的父亲在他进入公司后不久就制定了IBM员工培训计划，并且多年来一直在举办高级管理层务虚会，包括为期4天的斯凯托普会议。但这次的培训是公司第一个正式的管理教育培训。

与通用电气一样，IBM聘请了大学教授来讲授部分课程。但IBM也在院校教学中添加了自己的东西。它采用了基于战争游戏概念的计算机模拟程序，即“高级管理层决策游戏”，这是IBM与美国管理协会共同开发的。至于首期的12人培训班，沃森要求学员做到追根究底和具有创造性。“不要做谨小慎微的人。在培训班中没有这种人的位置”，他对学员这样说。[87] 从那以后，IBM培训了数十万名管理人员（仅2010年18,000人），其中许多人都已走上IBM和其他公司的高级管理职位。事实上，2009年，IBM被《财富》杂志评为全球最善于培育领导人的企业。[88]

对于IBM顶尖技术人才，为了给予他们原本留在学术界中可以获得的荣誉，沃森在1963年推出了IBM研究员计划，这一举措旨在彰显公司的工程师和科学家对公司的贡献。这样一来，公司的发明创新人员就不必再放弃自己的技术事业而转向管理方向

的职业道路，以借此获得认可和经济回报。在首届技术成就奖的颁奖晚宴上，他说："当你们在这个房间中环顾四周，想到你们所有人表现出的创造力，以及这对IBM公司的影响时，我认为这正是一家平凡公司与世界上最伟大的公司之一的区别。"[89] 这种在技术研究人员方面的创新此后亦被其他先进企业所采用。

在沃森的领导下，IBM还成为首批确立正式企业行为准则的公司之一，并且它没有停留在口头上。直到今天，员工每年仍必须证明自己已阅读并清楚该行为准则。[90]

尽管推行了新的结构和管理体制，但IBM在小沃森的领导下仍保留了其父亲主持公司时的大胆风格。当时美国经济正处于繁荣期，而IBM则是当时世界上最成功的企业之一，但沃森并不满足。他看到，IBM保持5个单独计算机产品系列的做法造成了许多浪费。与此同时，当客户的计算需求发生变化和增长时，他们无法从一种产品轻松转向另一种产品。

沃森没有坐观竞争对手是否会推出更好的业务模式和客户主张，1962年，他决定重塑公司的产品战略，用一个新系列的计算机产品取代现有的产品，并且所有新产品都采用相同的软件和外设。新系列的计算机于1964年推出，被称为S/360[91]，这是一款改变游戏规则的产品。其优异的市场表现使得IBM在接下来的20年中在计算机行业中独领风骚。当时，许多人都把IBM及其竞争对手比作白雪公主和七个小矮人。"在那之前，七个小矮人的竞争非常激烈。在那之后，情况就变了"，主持S/360产品开发的小弗雷德里克•布鲁克斯说。[92]

S/360具有非常高的技术创新水平，但从某种程度上说，它们只是这个雄心勃勃的项目所面临的最微不足道的挑战。IBM在S/360分拆并重新组合了公司的现有产品。最艰巨的任务也许是，它要求公司说服客户改变他们自己的管理方式。为了使

S/360 成为成功的产品，全球的大型企业需要采用一种全新机制并投入许多资金。他们甚至必须在企业内设立新的职能部门（管理信息服务部）和新的高管职位（首席信息官）。IBM 在 S/360 项目上花费了约 $50 亿美元（用当前的美元计算，为 $340 亿美元），而它在 1961 年的净收入仅为 $254 亿美元。在小沃森的自传，即《*Father, Son & Co.*》（*父亲、儿子和公司*）中，他将此称为“我这辈子作出的最具风险的决定。”

沃森在 S/360 上的豪赌（就像他父亲对大萧条作出的反应一样）展现了 IBM 得以生存一个世纪的秘诀之一，同时这也是其企业文化的一个重要组成部分。该公司一直从大处着想。1962 年，当小沃森在哥伦比亚大学的演讲中谈到这一点时，他说，“我们相信，只有当一个企业愿意承担看似不可能的任务时，它才能出类拔萃。当一个人决意做其他人说到但未能做到的事情时，他便会有新的发现和发明，并最终推动世界进步。”[93]就此来说，IBM 文化是其最大的研究资产之一，这使得 IBM 能够识别客户需求、技术进步和行业动态方面的大变化。

此外，公司往往还可以借此作出及时反应，以防某种迫在眉睫的威胁或机遇变成危机。例如，在上个世纪 80 年代初，当时的首席执行官弗兰克•卡里看到个人电脑在工作场所中的潜力，便不遗余力地建立 IBM 在商业性个人电脑制造市场的领导地位。上个世纪 90 年代初，IBM 通过自己的电子商务战略赶上了互联网热潮，从而使企业享受到互联网发展机遇所带来的效益。

但凡事都有例外。上个世纪 90 年代初，IBM 在计算机行业的地位使其开始变得沾沾自喜，并很快发生业务流失现象。为什么会这样呢？最可能的原因是，公司领导人忽视了 IBM 文化中的某些核心要素，即，做大的意愿、敢于下风险赌注以及专注于客户服务。

IBM 早在 1981 年就推出了 IBM 个人电脑，尽管抢得了先机，但它却未能充分利用自己的优势。与大型机业务有关的官僚现象最好地说明了这一点。为评估所面临的业务挑战，公司委托外部机构执行了数项长达数月的研究，但它反应迟缓，甚至发生了方向性错误。某些高管忙于彼此排挤，以至于未能关注外部威胁。他们的“不合作”（这是在发展到依赖共识来决策的企业中所存在的一种致命伎俩）导致他人的积极计划被拖后腿。IBM 就反垄断问题与美国司法部之间展开的长期消耗战也削弱了其竞争力。在案件拖了 13 年，IBM 为此聘请了大量律师，最多的时候达到 200 人。政府在 1982 年撤消了这个案件 — 在同一天，法官下令拆分 AT&T（美国电话电报公司）。[94] 但到那时，对公司造成的长期损害已成事实。“文化是：小心你做的事。小心你说的话。小心你写的东西。人们都在看着你”，前执行副总裁尼古拉斯•多诺弗里奥 (Nicholas Donofrio) 回忆说。在就职 IBM 的 41 年中，他见证了 IBM 在推出 S/360 之后的崛起、衰落和复兴。[95]

例如，在上个世纪 1990 上个世纪 90 年代初，IBM 的问题变得尖锐起来，并且其现金流几乎枯竭。曾担任麦肯锡顾问和首席执行官 Nabisco 首席执行官的郭士纳 (Lou Gerstner) 此时入主 IBM。但事与愿违的是，他并不以削减开支见长。他是一个重建者，并因促成现代企业史上最伟大的转变之一而广受好评。但郭士纳带给 IBM 的东西与 IBM 对他的影响几乎同样有意思，对于企业中最重要的东西是什么，他改变了自己的看法。“我所看到的情况非常清楚，这就是，如果仅仅设定一个战略方向，或者找出阻碍所在，还远远不足以推动企业发生变化”，郭士纳说。“除非你了解企业的文化，否则不会发生任何变化。人们最看重的是什么？对公司来说，他们认为什么才是正确的？这些东西都非常重要。”[96]

在郭士纳加盟时，IBM 的文化似乎已变得紊乱。他和他的继任者萨姆•彭明盛将许多领导工作都花在重新审视和恢复企业文化

基础上。事实上，我们现在可以从事后看出企业文化的重要性，不论是对濒临崩溃的公司，还是对公司的存续和最终振兴。与商业史上的任何企业一样，IBM也是一块试金石，它检验了一种根深蒂固的企业文化在顺境和逆境下的韧性。

即使IBM文化的某些方面有所萎缩，但其他要素却没有衰败。例如，IBM研究员兼创新部副总裁伯纳德•梅尔森(Bernard Meyerson)（他于1980年进入公司）表示，IBM之所以能长期生存，一个重要原因是，它宽容甚至鼓励激进思想。例如，在上个世纪90年代初，他提出了一项改造大型机的技术。当时选择了另一种办法，但他没有放弃自己的想法，而是接着进行自己的工作，并弄清了如何在半导体芯片中使用这种被称为“硅锗”的技术来实现无线通讯，比如Wi-Fi网络功能。其他IBM科学家和管理人员对此持怀疑态度，但他收集了大量科学证据来支撑自己的方案。最后，他的想法获得了批准。当前在佛蒙特州伯灵顿的IBM芯片制造厂中，约有半数产品都基于这项技术。“像我这种捣乱分子，在大多数地方都会成为众矢之的”，梅尔森说。“IBM虽不完美，但如果你愿意争论，并且善于用数据来说话，那么您在这里可以获胜。”[97]

梅尔森是IBM所说的“野鸭”之一，即，有时会与企业对抗的叛逆者。沃森在1959年的一份备忘录中首次使用了这种说法。备忘录的原件已遗失，但沃森在他的《*A Business and Its Beliefs*》（*企业及其信念*）一书中提到，这出自丹麦哲学家Søren Kierkegaard讲述的一个故事，说的是一个人年复一年地喂养有着迁徙习性的野鸭，直到它们再也不飞往南方过冬。若干几年后，它们变得非常懒惰，以至于连想飞起来都很困难。“我们深信，任何企业都需要野鸭型人员，并且在IBM，我们尽量不驯服他们”，沃森说。

几十年来，IBM 都受益于沃森的这个基本信念。但随着公司业务环境发生重大变化（更不用说发生濒临崩溃的险境了），公司可能必须进行深刻的自我反思。2002 年，萨姆•彭明盛在接手 IBM 首席执行官一职的数月内，便觉得当时需要回答一个问题：我们当前的实际信念是什么？他提出这个问题的原因有 3 个。首先，像郭士纳一样，他意识到基本理念在传承过程中，有许多方面都变得与初衷严重不符。几十年来，“尊重个体”已逐渐演变成一种权利感。“在一切事务中追求卓越”已变成有碍决策的完美主义。而“最佳客户服务”通常已变成“客户说想要什么，就给他们什么”。

其次，IBM 正在实行全球扩张，为此在新兴市场中增加了数千名员工。彭明盛希望建立一个文化结构，以便将扩张后的企业整合为一体。

最重要的是，彭明盛认为，IBM 要想再次成为一个伟大公司，它需要进行*价值观方面的*重塑。IBM 的营销和公关高级副总裁乔恩•岩田聪 (Jon Iwata)，回忆了彭明盛在那段时间打给他手机的电话：“我的手机响了，是萨姆打来的。他说，‘我一直在想，要成为一个伟大的公司，究竟意味着什么。我们过去认为，‘伟大’就是值得他人钦佩，并且成为一个榜样。随后我们变成了一个非常困难的公司。现在我们回来了，并且成为一个非常出色的公司。但在我们所处的这个时代，要成为一个*伟大*的公司，究竟意味着什么？因为这与沃森所处的时代已不可同日而语’。”

彭明盛不是问自己，价值观是否仍对 IBM 他考虑的是，为了反映新世纪的形势变迁，是否应对这些价值观进行更新。这是一个冒险举动。但经过一番思考后，他确定确实到了该改变的时候。为此，他邀请了 IBM 全球 300,000 多万员工发表各自的见解。“这是为了让所有人了解 IBM 的主张”，彭明盛说。[98]

在 ValuesJam（2003 年 7 月，在公司内部网络上召开的一次长达 72 小时的头脑风暴会议）期间，IBM 人纷纷发表了自己的意见。这次活动迎来了一个艰难的开局。对公司为了提高效率和增强竞争力而作出的裁员计划以及退休计划变化，一些老员工表示了不满。另一些人则抱怨，公司倡导的价值观与实际行为之间相去甚远。“在今天的 IBM 中，股票价格是唯一的价值观”，一位与会者写道。另一个人写道：“我觉得我们在信任和冒险方面已经谈论了许多，但与此同时，我们有无穷无尽的审核；一旦犯错便会受到惩罚，而不是将这视为学习的一部分而加以鼓励；管理人员（和其他人）始终受到压制。”[99] 批评和负面意见淹没了论坛。事情变得如此糟糕，以至于一位高级官员想就此打住。但彭明盛没有附和这种想法，并且随着时间推移，员工的语气也变得具有建设性。[100] 在这次活动之后，公司对讨论意见进行了分析，并归纳出 3 条新的价值观：

致力于每一位客户的成功
追求重大创新——不论对于企业还是对于整个世界
在所有关系中注重信任和个人责任

毫无疑问，这些由员工提出的新价值观与沃森的基本理念之间具有一脉相承性。但两者的某些差异也颇具启发意义：例如，从“在一切事务中追求卓越”（适合寻求建立自己声誉的企业）

“对于一个庞大的并且高度专业化的工作队伍，你不能仅采用命令和指挥机制。我所说的不仅指我们的科学家、工程师和顾问。我们员工当中，有 20 多万人都拥有高等教育学历。”
——萨姆•彭明盛，2004 年

1700 多名 IBM 人聚集在 IBM 硅谷实验室外面拍照（在公司的 2004 年报中刊载了这幅照片）。

到“追求重大创新”（反映了对世界具有更深远影响的技术和工作）的转变。最充满情感的基本理念，即“尊重个体”，已被一种更明确地扎根于相互依赖和分权文化的价值观代替，即“信任和个人责任”。

但除细节之外，最大的变化是，这些价值观是由公司的员工而不仅仅是由首席执行官界定的。事实上，公司也明确表示，这些是 IBM 人而不是 *IBM* 的价值观。这种转变比其他任何变化都更能反映公司在二十一世纪的新精神。

2004 年，彭明盛向《哈佛商业评论》解释了这一转变：“你如何为这种多元化的并且持续变化的人才和经验集合找到一个共同目标？你如何才能让人们*热切*地追求*这个*目标？你可以采用各种传统的自上而下的管理方法。但这些在 IBM 不奏效，或者说，我认为会在越来越多的二十一世纪的企业中不管用。对于一个庞大的并且高度专业化的工作队伍，你不能仅采用命令和指挥机制…首席执行官不能对他们说，‘排好队，然后跟我走’。或者说，‘*我已经*确定了你们的*价值*观’。他们对此非常敏感。如你所知，敏感的人往往更容易质疑，甚至可以是玩世不恭。”

这些新价值观的后劲和对基本信念的影响，还有待观察。建立企业文化是一项艰巨的任务，重新界定它则更是难上加难。看一看成功的大型企业改变自我认识和经营的历程，就知道这有多难。通用电气在传奇首席执行官杰克•韦尔奇 (Jack Welch) 的领导下时，以不懈追求效率和质量改进而著称。如果某个业务部门无法锻造成形，韦尔奇便会将它卖掉。但时过境迁，他的继任者杰弗里•伊梅尔特 (Jeffrey Immelt) 面临重大挑战：如何将一个一丝不苟的注重过程的公司，改造成一个焕发创造力和冒险精神的公司。[101]

这种不断重塑挑战，正是 IBM 一次又一次所面对的。事实上，重塑过程永远不会休止，这不仅因为世界从来没有停止变化，而且还因为，变革承诺是吸引最富才智和最具前瞻性人才的关键因素。正如 IBM 首席执行官约翰•埃克斯 (John Akers) 所说的那样：“环境是如此瞬息万变。人才竞争是如此激烈。今天还适用的方法，到明天可能就不奏效。为了吸引优秀人才，需要让他们对你未来的成功充满信心，只有这样，他们才愿意与你一起作出尝试。”[102] 在职业生涯早期曾担任埃克斯的总裁助手的彭明盛也表示赞同。在他担任首席执行官期间，重视员工对企业发展的贡献欲望，一直是其变革管理的重要环节之一。在多年担任首席执行官期间，彭明盛卖掉了一个又一个产品业务，并用位于技术食物链高端的产品和服务取而代之。这些新产品和服务更为重视软件和企业专长，而不是硬件。借此，他使 IBM 摆脱了产品类型的局限，比如领导，工程师和科学家早期开创的磁盘驱动器和个人电脑产品。在一次又一次的会议和备忘录中，彭明盛阐明了变革理由。他敦促员工忘却过去的辉煌，并帮助创造未来。“员工队伍对变革表示出令人难以置信的认可”，他说。“他们希望创造出某种能让整个行业发生变革的东西。”[103] 这种 IBM 文化元素，是追求创新、让世界变得更美好以及不断向未来进军的动力，同时也是在顺境中获得成功并在逆境中度过难关的关键因素。

IBM 的经历对未来的企业文化有何意味？如果有的话，只能说企业文化将来会变得更为重要。不论领导人管理的是行业巨擘、全球性企业还是仅有 10 人的刚起步公司，在瞬息万变、竞争激烈、

日趋复杂的全球商业环境中求生存的压力，都无法用传统方式来管理。正如彭明盛对《哈佛商业评论》所说的：*HBR*:

> *想一想我们的组织矩阵。请记住，我们在170个国家/地区开展业务。简单起见，假设我们仅有60个或70个主要产品线。我们有十几个客户群。如果你描绘出整个三维矩阵，你会得到10多万个单元 — 在每个单元中，你每天都必须进行损益核算、作出决策、分配资源、进行折衷。如果你试图集中管理矩阵的每一个交叉点，你会让人发狂。*
>
> *因此，如果无法通过组织结构或管理规定来优化IBM，那么你必须放权给他人，并且确保他们按照正确的方式作出决定…你必须建立放权方面的管理制度，并规定一个与IBM的其他人保持一致的决策原则。*

很显然，这不只是适用于像 IBM 这样的公司。在未来的岁月中很有可能看到，越来越多的企业会将文化建立在集体形成并且明确阐述的价值观和行为上，而不是监督和统一流程上。这将对旧体系的最明显代表，即管理者，具有直接影响。管理者越来越多地被视为编排者和催化剂，而不是监督者。“正如我们所了解的，未来10年内，管理领域会发生剧烈变化”，IBM 人力资源部高级副总裁 Randy MacDonald 表示，“管理者将不再那么必不可少。他们所做的许多工作都会被管理系统代替，后者将利用网络来实现协作性的思想多元化。”他认为，IBM 会在某个时候开发出先进的决策管理软件，从而令员工在许多情况下都能作出以前靠管理者作出的决策。[104]

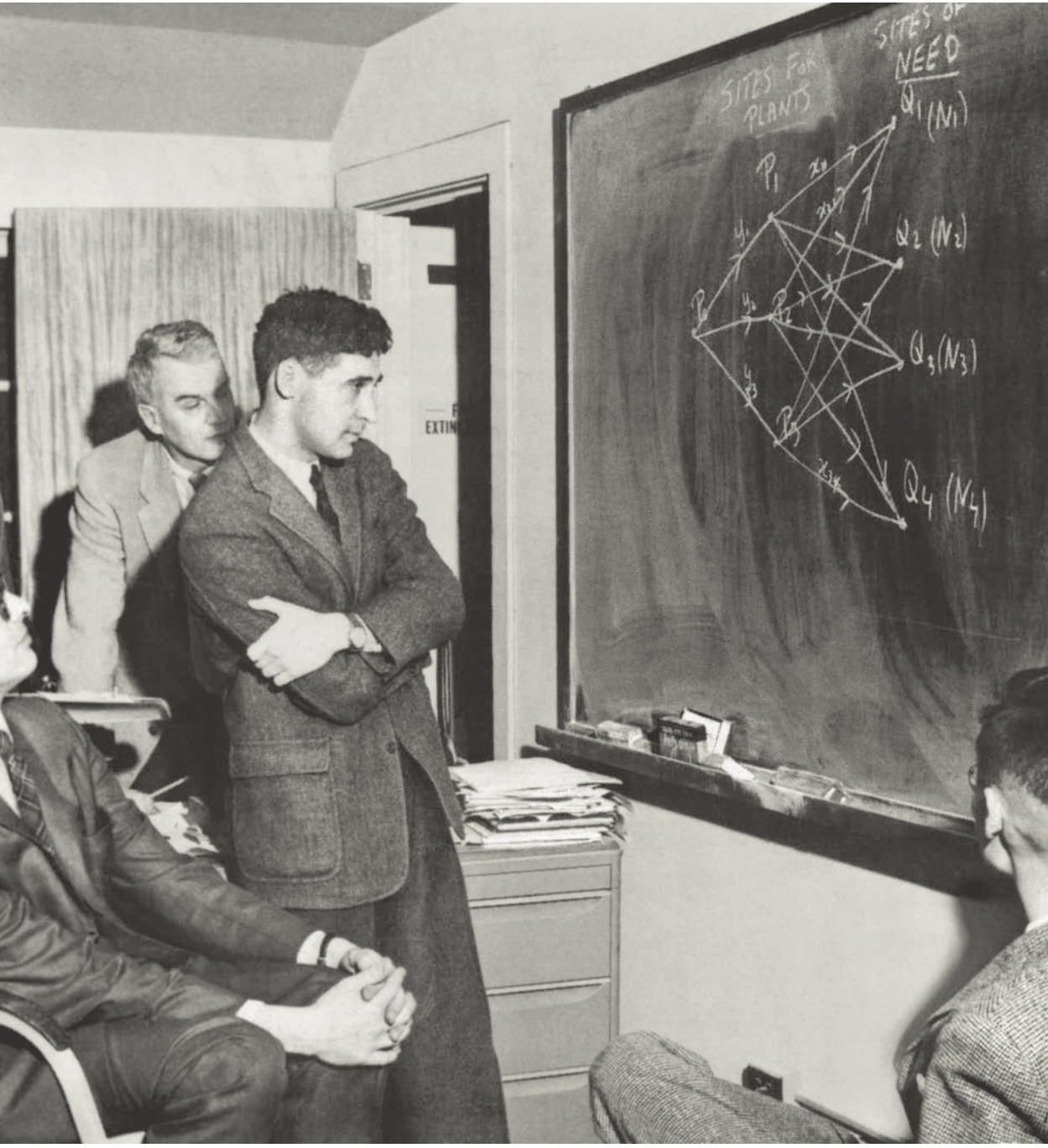
IBM了解到，企业文化不只是一种管理手段，它还是管理的目标。公司还清楚，企业价值观不论在表达字眼上如何醒目有力，如果不能在日常业务活动中严格和一致地施行，它们也只能是空洞的陈词滥调。从正确决策直到在言行中折射企业的价值观，只有当企业文化体现在一切事务中时，它才能成为员工在行走、呼吸和思考时的自然方式。

• • •

利用知识创造经济价值

老托马斯•沃森在掌管C-T-R之前便已将“THINK”作为一个口号。这发生在1911年。同一年，金融家Charles Flint将Herman Hollerith的制表机公司、美国磅秤公司和国际记时公司整合为一体。沃森当时在俄亥俄州代顿市的国民收款机公司担任销售经理。该公司的销售管理人员每天上午8点都会开一个会，以交流新情况和想法。

一个阴沉的冬日，他们竟然提不出一个讨论话题。沃森感到非常失望，他大步走到房间前面的讲台处，并敦促他们更深入地展开思考。根据1954年《IBM *商业机器杂志*》中的一篇报道，他当时高声说道，“思考不够，是我们每一个人的问题”，“我们不是靠双脚来获得报酬。我们靠我们的头脑。脚永远无法与头脑匹敌。”



IBM 研究院在业务研究中的开拓性进展。左起：1961 年，伯努瓦•曼德尔布罗 (Benoît Mandelbrot)、理查德•列维坦 (Richard Levitan)、保罗•吉尔莫尔 (Paul Gillmore)、Ralph Gomory 和德•胡 (Te Hu) 在探讨一个复杂的交通问题。

沃森的语气随后变得柔和，因为他希望将当时的尴尬局面变成一次学习机会。他花了 10 几分钟时间讲述思考的作用。他告诉他们："知识来源于思考，并且思考是我们企业或任何其他企业获得成功的基本要素。"他当场决定，从今以后，"思考"将是公司的口号。第二天早上，他嘱咐下属将这两个字用粗体打印出来做成标语牌，然后挂到房间的墙壁上。

沃森加盟 C-T-R 时，随身带来了这个口号。在此，尤其在 C-T-R 变为 IBM 后，"思考"两个字便无所不在。在这个口号最流行的时期，无数 IBM 办公室的桌面和墙面上都能看到写有"Think"（思考）标语；公司出版了《*THINK*》杂志；许多 IBM 人都随身携带封面上印有"Think"字样的袖珍笔记本。（这些小笔记本是 ThinkPad 笔记本电脑的雏形，它们的便携性可能超乎你的想象。IBM 人奥利弗•柯林斯 (Oliver Collins) 在参加海军陆战队后，在 1945 年的一次冲绳岛战斗中被一粒子弹击中，所幸的是，他藏在背包中的一个带有皮革封面的笔记本替他挡住了子弹，从而救了他一命。）[105]

沃森一度激进的观点逐渐变成了传统智慧。在 1973 年的《*The Coming of the Post-Industrial Society*》（*后工业社会的到来*）一书中，哈佛大学的社会学家丹尼尔•贝尔 (Daniel Bell) 推断了当时的社会和经济发展趋势。他预测，未来社会将以服务业为主，技术和专业就业人口将增多，并且在科研推动下，创新将层出不穷。他预计这一天将在 2000 年到来，但后工业社会却提前而至。上个世纪 90 代中叶，美国和其他西方国家迅速摆脱烟囱产业，并开始迎接作为经济增长点和竞争优势所在的数字技术。1950 年，美国制造业就业人口在非农业就业人口中占 30%，

到 2008 年，这一比重骤减到仅为 10%。与此同时，服务业就业人口激增到 68%。[106] 无论在服务业还是在制造业中，知识都成为现代经济的助推剂。根据美国经济分析局根据入学率、年均收入和人均工作小时数等因素作出的一项评估，全球人力资本的价值达 $750 万亿美元，相比之下，全球探明的石油和天然气储量的价值仅为 $150 万亿美元。[107]

近几十年来，信息技术的进步使得生产力大大提升。1981 年到 1995 年，美国非农业劳动者的生产力平均增长 1.6%，而 1995 年到 2007 年，这一数字快速增长至 2.6%。[108] 麻省理工学院斯隆管理学院的教授 Erik Brynjolfsson 认为，这种增长在很大程度上可归结于积极的技术投资。[109]

同时我们还逐渐认识到，知识不仅仅推动了产品创新。事实上，大量研究表明，公司的财务业绩与其研发投入水平之间并不存在简单的关联关系。相反，最重要的是公司在知识、人才、工具和工作方式方面具备什么样的组合。[110] 美国东北大学的教授迈克尔•萨克 (Michael Zack) 写道，一家知识型企业“会在其经营的各个方面都考虑到知识，并且将每一项活动都视作增进知识的机会。它把知识和学习当作评估自身行为的主要标准，这包括其组织方式、产品或服务、选址、招聘、与客户的关系、所体现的形象以及竞争性质。”[111]

不论你称呼它为“后工业社会”、“知识型组织”还是其他别的什么，这种根本转变都是显而易见的。但在这个大趋势下的问题仍然是，企业该如何实际捕获自己创造的价值。过去一个世纪以来，IBM 的历史揭示了信息和知识转变成经济效益的大致模式，这个模式暗示了现代企业在持续发展中将要遵循的轨迹。

在信息时代的早期阶段，信息和思想价值的捕获方式在很大程度上与生产力基于自然资源、劳力和资本的时代相同。这是一个如何发现、捕获和出售专有价值的问题。公司通过确立探索、创作和分发能力来创建知识产权，不论是以研究实验室、出版物、签约电影明星还是以广播中心的形式。公司在市场中出售有价值的知识产权。由于创意无法受到控制，因此公司借助专利和版权来控制创意的复制权，从而保护公司的收入来源。

但本世纪以来，信息可以创造的价值类型已超出了各个公司甚至整个行业可以创造的范围。首先，当前变得越来越明确的是，学术科研发现拥有经济价值，并需要找到进入市场的方式。此外，从军事研究到信息科学应用乃至社会福祉计划，社会或全球规模的研究费用往往超出个体公司的财力或难以勾起个体公司的兴趣。因此，政府作为研究的主要资助者和跨学科协作的纽带而参与进来。

在二十世纪初，企业、学术界和政府就像 3 个独立运行的太阳系，相互之间很少发生交叠。只有迫于战争需要，它们才会走到一起。在这种涉及政府、高校研究人员和企业（包括 IBM）的协作方面，最显著的例子是曼哈顿计划（美国研究第一颗原子弹的计划）。但到世纪中叶，在战时联合中采用的先进做法越来越多地被应用到其他领域，尤其是科学领域中。美国在高校的计算机科研投入从 1960 年的 1000 万美元增长到 1995 年的近 10 亿美元，这些资金帮助取得了许多科技进步，包括个人电脑和互联网。[112] 作为一种刚露面的全新投资类别，风险资本进一步扩展了将创意和知识转化为货币的渠道，并极大地提升了投资者获得回报的速度和回报水平。

在交叠程度日益增加的政府、工业和学术圈子中，我们现在可以添加第 4 个圈子，即由个体创造者和协作者群体组成的更为

广泛的圈子，这个圈子的形成要归功于互联网。事实上，我们已经逐渐认识到，全球信息经济的运作方式像一个网络，而不像是一个层次结构。有些人甚至将我们目前进入的阶段称为“网络经济”，这体现了金融资本、劳动力、知识和自然资源的要素在本质上是一个庞大的关系网络的思想。从这个角度来看，网络经济所遵守的规则与互联网一样，主要是梅特卡夫定律。它假定，网络的价值与连接到网络的人数成正比。当前，拥有任何东西都不如拥有信息和思想的相互联系所产生的经济价值高。因此，通过开源、公司和客户之间的联合创造、Web 2.0 和社交媒介等现象，我们看到了价值创造领域的进一步扩展。

随着这些新的价值创造形式的涌现，旧的形式并没有消失，不同的企业会根据自己的业务模式、战略和文化而立足于不同的形式。我们开始看到，通过掌握信息，可以实现超出效率和生产力之外的价值。它还能促进创新、市场拓展和企业业务模式转变。这些不仅源于企业采用新技术，而且还因为它们通过一个开放的、充满活力的思想、信息和工作交流平台与其他企业、政府和个体实现交融。

要理解这一进展，不妨通过 IBM 的创新历史，考虑一下现代企业创造智力资本的主要形式 — 这些形式是如何出现的，并且是如何在当前发生作用的。

研究：通过知识创造经济价值的最直接和直观的渠道是技术和科学研究，后者在十九世纪末期开始进入企业。创新通常来自像赫尔曼•霍尔瑞斯一样的个体发明家，但将这些发明转化成工业流程的是电子学先驱托马斯•爱迪生 (Thomas Edison)。他在新泽西门

洛帕克创办了一个开发实验室，并配备了工程师、绘图员和其他技术人员。这些人员通过团队工作将科学发现转化成产品。[113]

当沃森加盟 C-T-R 时，他已经熟悉该公司的拳头产品，即霍尔瑞斯制表机。作为世界上第一台机械式商业制表机，该产品被用于各种机械式数字运算任务，包括美国人口普查统计。沃森就职国民收款机公司期间，在一次到纽约北部看望母亲时，第一次见到了这种机器。他当时顺便拜访了位于罗切斯特的老朋友。这位朋友在伊斯曼柯达公司工作，他向沃森展示了一份图表，上面粘贴着柯达公司所有销售人员的详细销售记录。沃森对这些数据产生了兴趣，便问它们是如何收集到的。他的朋友向他展示了一台霍尔瑞斯制表机。这是沃森首次看到穿孔纸卡，这在后来成为他的财源和 IBM 的幸运源。[114]

沃森接管 C-T-R 后，他意识到，要想在快速变化的商业机器领域保持领先地位，公司必须改进霍尔瑞斯制表机，并发明其他设备。沃森加盟 C-T-R 时，公司花名册上没有一名工程师，因此他很快就招聘了工程师，并在纽约市老宾夕法尼亚车站对面的褐砂石房屋中成立了产品开发部。[115] 聘用工程顾问 James Bryce 是一次重要决定，沃森将他任命为 IBM 的首席工程师。Bryce 的工作是想象出新的做事方式，然后申请专利。1932 年，他建立了一个专利开发部，并聘用了 Arthur Halsey Dickinson [116]（后者成为电子真空管的先驱）。Dickinson 后来在描述其老板的风格时说："如果他有某种想法或者想到某事，他会进行讨论。通常情况下，他会画出足以阐明其想法或目标的草图或图纸。"Bryce 和 Dickinson 将 IBM 变成了一个专利申请机器 —— 他们两人获得

的美国专利超过了 440 项。到 1935 年，公司已拥有 300 名工程师，并且根据沃森自己的估计，公司 95% 的利润都来自 1917 年之后推出的创新。[117]

上个世纪 40 年代，沃森在美国率先建立了第一个与高校挂钩的企业科研实验室。他已经看到科学研究的商业和社会潜力。1928 年，哥伦比亚大学高校教育研究局主管本•伍德说服了沃森，他告诉沃森，大学里的所有东西都可以被理解为信息，并且 IBM 的计算机器将可以帮助实现科学发现。因此，IBM 开始为哥伦比亚大学提供机器，并与其科学家开展协作。IBM 于 1945 年在哥伦比亚大学创建了实验室，从而迈出了一大步。沃森聘请了若干德高望重的科学家，并由天文学家 Wallace Eckert 领导。实验室与校园相邻，以前曾是联谊会会所。当时的想法是研究先进的计算机器，并用它们来解决科研方面的某些最棘手挑战。在研究人员构建的第一批机器中，有一款被称为 SSEC 的机器堪称信息科学领域的重大突破，它是机械式计算器和电子计算机的混合体。[118] 实验室的初步成果可能无法直接应用于 IBM 的当时业务，可这对沃森来说并不重要。“沃森永远将 IBM 视作整个宇宙中的某种超凡力量”，曾经属于首批 IBM 研究人员之一的赫伯特•格罗希 (Herbert Grosch)（已故）回忆说。[119]

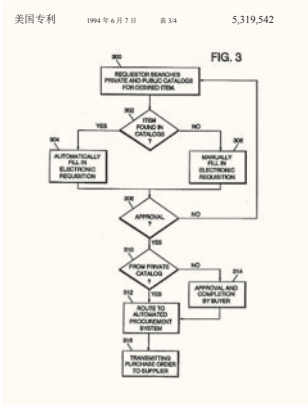
然而，尽管沃森具有开拓视野，但我们今天知道的“IBM 研究院”实际上是由他的儿子而不是他建立的。上个世纪 50 年代，在小沃森的领导下，IBM 的研究活动迅速从隐没在哥伦比亚大学附近的一个微型实验室发展成一个体制，这个体制使得公司在接下来的几代中始终处于或接近计算机行业的前列。

长期的创新传统

自成立以来，IBM 一直兼顾着两种类型的研发投资。一些成果在数年内便可进入市场，另一些更具探索性的研究可能几十年都看不到成效。两种研究都跨越多个学科和科学领域 — 从半导体、软件和计算机硬件，一直到电子商务和生命科学。许多创新不仅用于公司自己的产品和服务，而且还被其他公司采用。这一战略取得了丰硕的知识产权成果，多年以来，公司的专利获得量呈指数级增长。IBM 获得其前 5000 项美国专利用了 53 年时间，但仅在 2010 年，它就获得了 5896 项。自 1993 年以来，IBM 的美国专利获得量连续 18 年位居榜首。

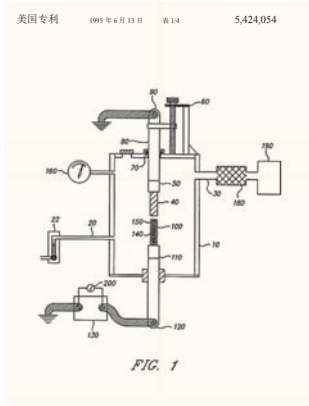
IBM 美国专利总量：1911–2010

IBM 许可最频繁的某些专利：



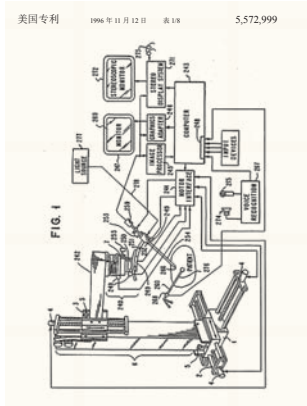
美国专利 5,319,542 (1994)

组织网上目录和创建订单 — Web 商务的基础。



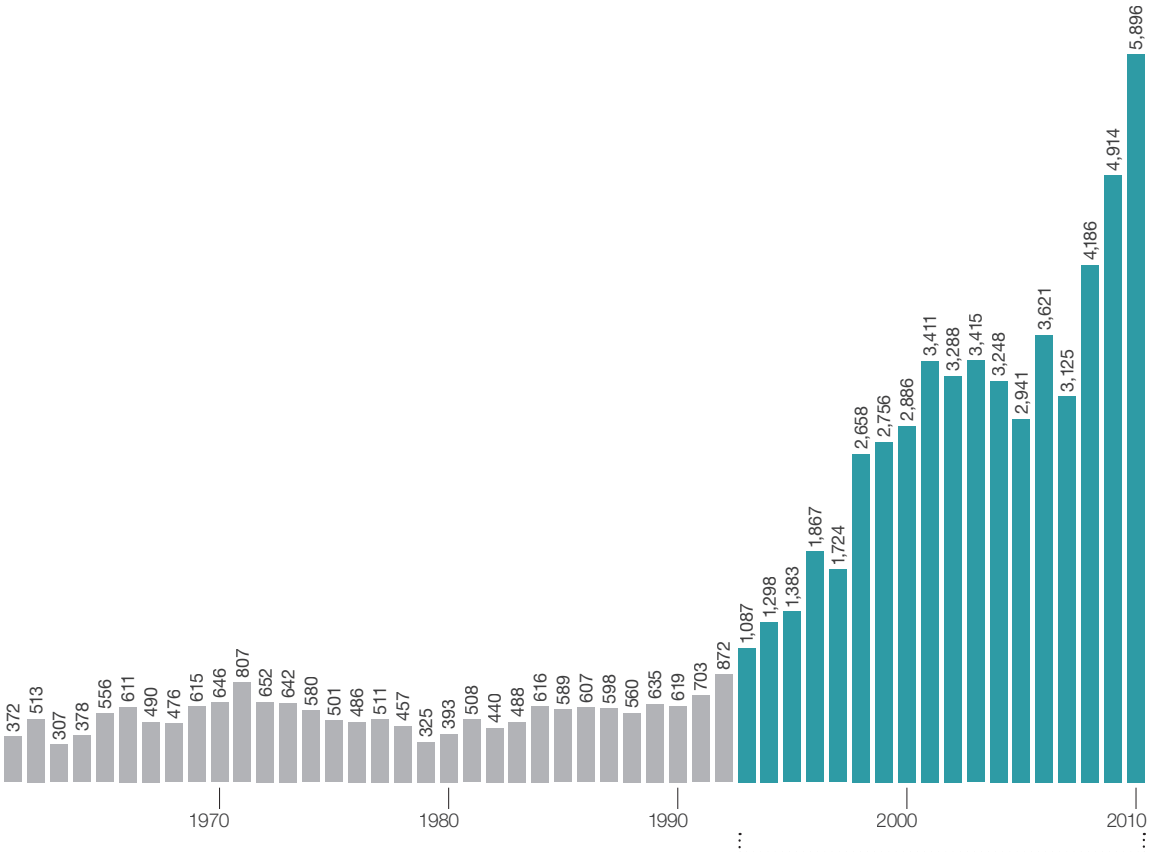
美国专利 5,424,054 (1995)

碳素纳米管生产：有望获得更小、更快和能耗更低的新型计算机芯片。

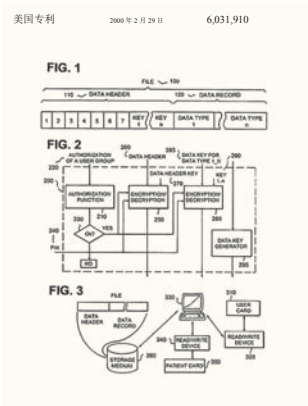


美国专利 5,572,999 (1996)

机器人手术器械定位（相对于患者身体）。

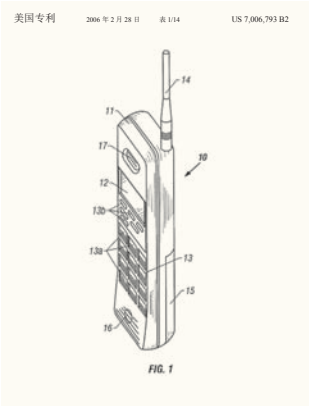


IBM 获得的美国专利数量连续 18 年名列榜首。



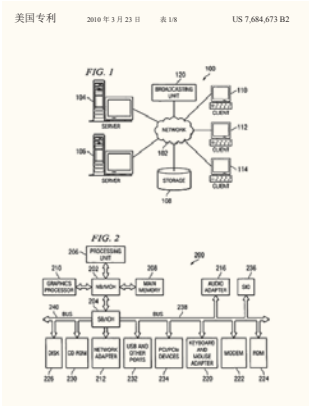
美国专利 6,031,910 (2000)

电子医疗记录和其他敏感信息的安全传输。



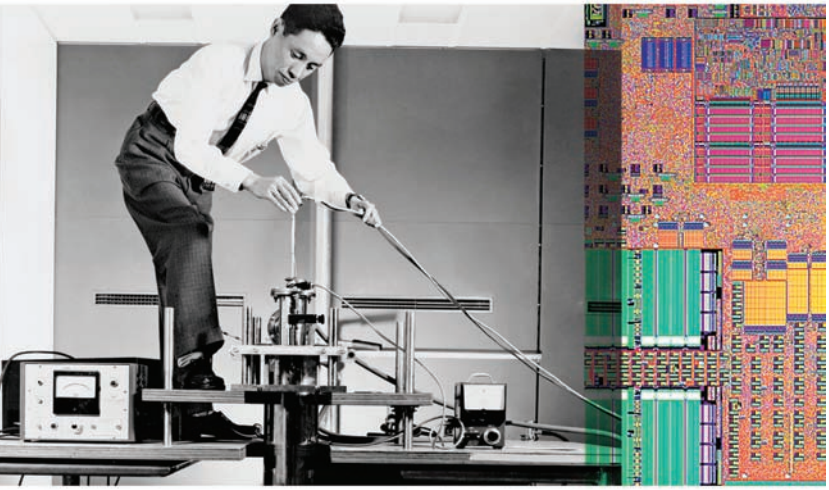
美国专利 7,006,793 (2006)

使用车载计算机连接并操作移动电子设备，比如手机。



美国专利 7,684,673 (2010)

描述了一种通过互联网设置和管理数字视频录像机的方法。

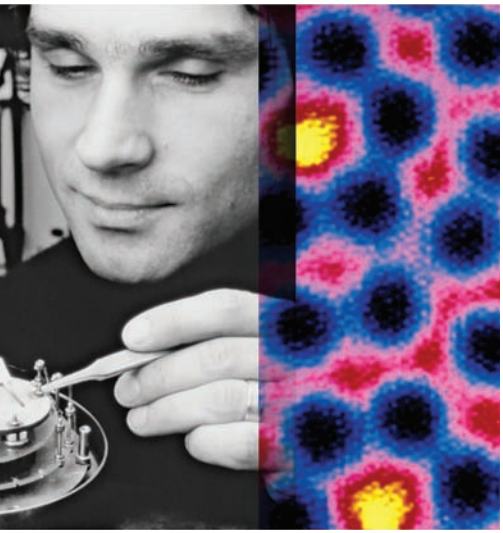


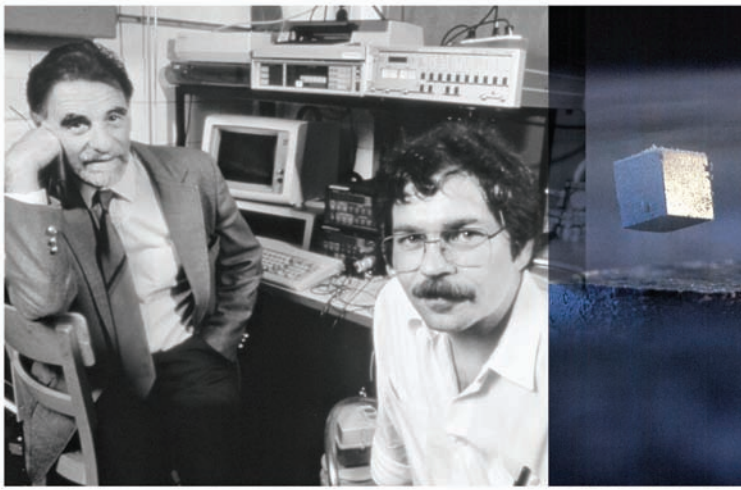
1973 年，江崎玲於奈 (Leo Esaki) 因发现半导体中的电子隧道效应而荣获诺贝尔物理学奖。

1986 年，海因里希•罗勒 (Heinrich Rohrer)（左）和格尔德•宾宁 (Gerd Binnig) 因发明扫描隧道显微镜而荣获诺贝尔物理学奖。

第一步是确定，是否需要创建一个真正的研究部门。就像 IBM 组织演变的其他许多方面一样，沃森对此的本能态度是，要将过去以其父亲的超凡个性为主从而略微显得不那么正式的组织制度化，并予以扩展。在这个方面，IBM 有一个榜样：AT&T（美国电话电报公司）的贝尔实验室。贝尔实验室成立于 1925 年，它为电话电报公司的业务部门提供基础科研。

1956 年，沃森聘任美国海军研究局的前首席科学家伊曼纽尔•皮奥里 (Emanuel Piore) 为研究总监，皮奥里随后指派三位被其称为“三智者”的资深 IBM 科学家研究替代产品。在视察了 IBM 的产品开发设施并和研究集体的负责人交流之后，他们建议成立一个独立的研究机构。该机构将侧重于长期项目，而不是对产品开发有立竿见影之效的渐进式进步。皮奥里和沃森同意这一建议并将其付诸实施。“这些项目中，有一些走进了死胡同，但另一些则获得了令 IBM 处于领先地位的成果”，“三智者”之一并且后来领导 IBM 研究院的加德纳•塔克 (Gardiner Tucker) 说。[120]





1987 年，亚历克斯•马勒（左）和乔治•贝德纳兹因为发现一类新材料中的高温超导性而荣获诺贝尔奖。

1981 年，在瑞士苏黎世的 IBM 实验室就取得了这样的重大成果。物理学家格尔德•宾宁和海因里希•罗勒联合发明了扫描隧道显微镜 (STM)，从而首次使科学家可以看到单个原子。STM 成为新兴的纳米技术科研活动的必备工具。罗勒聘用了刚读完研究生的宾宁，并让他研究近原子级的材料，但宾宁发现，当时没有任何显微镜可胜任这项工作。因此，他们决定发明一架显微镜。宾宁打破了实验室规定并在晚上工作，因为晚上周围没有别人，不会导致可能会对他的试验造成影响的声音和振动。经过几个月的不断摸索，他们终于发明了一种强大的工具，并且其分辨率比预想的还高。是什么使得这一发现成为可能？宾宁认为，是一种赋予科学家自由追查他们所找到的线索的文化。“在 IBM，你可以进行非常深入的研究，并发明一些全新的东西”，如今在一家成像设备公司工作的宾宁说。鉴于两位科学家在扫描隧道显微镜方面的工作，二人于 1986 年获得了诺贝尔物理学奖。[121]

IBM 研究院的实验室

托马斯•约翰•沃森
哥伦比亚大学，
纽约，1945–1970

约克镇高地，纽约，1961

霍桑，纽约，1984

剑桥，马萨诸塞，1995

阿尔马登
圣何塞，加利福尼亚，
1955

苏黎世
吕施利孔，瑞士，1956

海法
海法，以色列，1972

东京
大和，日本，1982

奥斯汀
奥斯汀，德克萨斯，
1995

中国
北京，1995 上海，2008

印度
新德里，1998 班加罗
尔，2005

巴西
里约热内卢，2010 圣保
罗，2010

澳大利亚*
墨尔本，2010

*研发

赋予这种自由的成效是显而易见的。IBM 科学家和工程师帮助开创了信息时代，并在信息存储、半导体技术、数据库软件、编程语言和计算机系统等领域取得了众多突破。一路走来，研究人员几乎囊括了所有重大荣誉，包括 5 项诺贝尔奖。在 IBM 的明星研究员中包括已故的伯努瓦•曼德尔布罗，他在 20 世纪 70 年代开创了名为“分形几何学”的数学新分支。IBM 研究院当前是全球的科技动力源，拥有 3000 名研究人员，是世界上最大的企业研究部门。它还包含规模为全球之最的非学术数学部门，其中有 200 名从事高级分析的研究人员。此外，归功于 IBM 研究院的良好措施，该公司还是世界上最大的专利创造者 — 连续 18 年来，它获得的美国专利数量一直名列榜首，这些专利使其每年可获得约 10 亿美元与知识产权有关的收入。

——

将研究同产品开发联系起来：IBM 研究院始终将目光放在长期挑战上，但为了始终保持蓬勃发展，它还坚持向公司战略看齐。其他一度强大的企业研究机构因为没有这样做而在走下坡路或已经消失。IBM 研究院的早期主管清楚，他们必须为产品开发提供帮助。当时，这已在通用电气、杜邦和通用汽车等制造业巨人中成为一条铁律。IBM 在科研方面取得的成功，“源于管理层愿意重新思考和重新定位研究部门在企业中的角色，以使其与时代确定的客户和企业需求更相关，其次是向员工和管理层推销这一点的能力，”Robert Buderi 在其介绍美国企业科研发展的书籍《*Engines of Tomorrow*》（*明日的发动机*）中这样说道。[122]

IBM 研究院第 4 任总监 Ralph Gomory 于 1970 年走马上任，他回忆起担任此职后不久与当时总裁卡里的一次会晤。在会晤时 Gomory 问卡里想从研究部门得到什么，卡里回答说，作为一个起点，他希望确保任何新技术都不会让 IBM 感到意外。Gomory 希望研究部门能发挥更大影响。“我告诉他说，我认为，如果没有一个能对 IBM 作出持续贡献的战略和结构，我们将无法长期生存”，他回忆说。

卡里接受了 Gomory 的建议，并且在接下来的多年中，IBM 研究人员尝试了许多旨在把他们的工作瞄准公司将来重心的方法。例如，Gomory 的副手并在后来担任 IBM 研究院总监的 James McGroddy 建议，应尽量由研究科学家和产品开发人员同时来开展项目，即所谓的联合项目。这方面的第一个项目是 1980 年启动的“先进硅技术实验室”。这是一项由研究科学家与来自半导体部门的工程师携手推进微晶片技术的努力。此项目对 2 个部门来说都获得了成功。最终，IBM 研究院又策划了十几个联合项目。通过联合项目和类似努力，IBM 研究院稳步发展成 IBM 产品开发引擎的一个重要组成部分，同时也成为其纯理论研究活动的核心。

当前，IBM 不仅在全球拥有 9 个研究实验室（包括在巴西、印度和中国最新开办的实验室），而且还设立了几十个硬件和软件开发中心。仅软件集团就在 25 个国家/地区拥有 40 多个开发实验室，并且主持着 26,000 个项目。公司的科研人员经常在研究任务和 IBM 产品部门的职责之间变换角色，从而将创新注入到产品团队，同时将业务实践带回到实验室。许多公司的研发工作都将研究分割开来。但对于其他企业（包括当今的制药巨头、芯片制造商

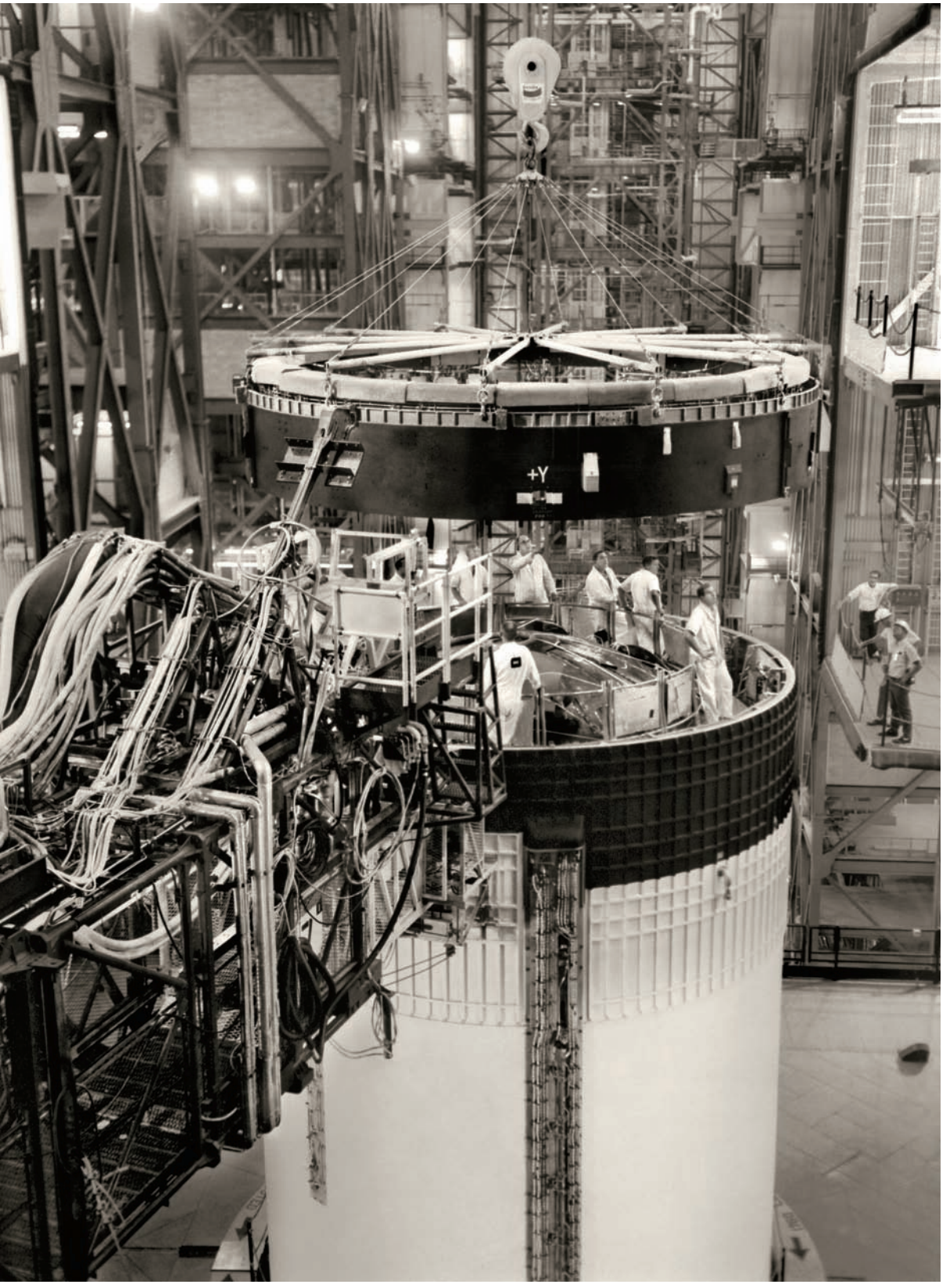
英特尔及 IBM）来说，基础研究和产品开发的整合，都是实现波浪式创新从而推动科学发展和为世界带来强大影响的关键所在。

学术界和政府的协作：众所周知的是，上个世纪 70 年代和 80 年代，加利福尼亚的硅谷成为美国的高科技孵化器。但硅谷是如何通过跨部门的协作来形成的，却往往鲜为人知。美国政府、斯坦福大学和加州大学伯克利分校与 IBM、SUN 微系统公司、惠普和其他公司的研发部门以非正式方式形成的联合力量，形成了一个多产的创新生态系统。

事实上，过去 40 年来，在硅谷启迪下开展的类似协作推动了电子和信息技术领域的某些最重要进步。例如，1987 年，美国国家科学基金会为一个由 IBM、MCI 以及密歇根大学研究小组构成的团体拨款，研究出了某些促进现代互联网诞生的核心技术。[123] 美国企业、高校和政府机构的研发投资从 1980 年的 630 亿美元增长到 2007 年的 3680 亿美元。[124] 其他国家/地区的研发投资甚至更为庞大。日本政府的非军事研究投资在 GDP 中的比重从 1978 年的 1.8% 增长到 1985 年的 2.6%，日本正是在这个时期成为一个又一个行业的世界强国。相比之下，美国的同期投资从 1.6% 上升到 1.8%。[125]

国家或社会基础设施的变革需要政府、企业和学术界的协作。IBM 在其中许多最重要的工作中发挥了主导作用 —— 从社会保障、曼哈顿计划、美国太空计划，直到互联网的奠基。IBM 当前开展的“智慧的地球”计划继续谱写着这个方面的新篇章。

20 世纪 60 年代，IBM 研究人员帮助构建了土星探测火箭的信息基础设施，并为美国载人航天计划作出了其他许多贡献。


+Y

IBM与高校的协作，同样源自它走上科研之路（与哥伦比亚大学建立联盟）时的顿悟。在Gomory领导IBM研究院期间，这些协作进一步扩大。他的目标是，开辟多种途径，以便将新成果和年轻有为的科学家吸纳到IBM。从那以后，与世界顶尖的研究型高校合作，一直是IBM创新战略的一个关键因素。今天，IBM与全球6000所高校和30000名教员合作，为他们提供获得项目资助和开展合作研究的机会。过去5年来，公司先后在学术项目中投入了5亿多美元的资金。此外，它还始终深度介入由政府资助的研究项目。例如，2008年，国防部高级研究计划局(DARPA)向IBM及来自斯坦福大学、哥伦比亚大学、康奈尔大学和其他高校的合作研究者提出了一个大胆挑战：创建能够模拟人脑的感知和理解能力的紧凑计算系统。[126]

内部协作：虽然这可能会让聚集在MySpace和Facebook上的年轻人吃惊，但社交网络和在线头脑风暴确实不是在2004年才诞生的。作为互联网的前身，阿帕网在1969年的推出就是为了将高校研究人员联系到一起。[127]并且IBM也在发起办公室协作方面起到了开创性作用：1981年，它在内部推出了自己的Professional Office System (PROFS)软件程序，此软件最终被IBM的许多大客户采用，其中包含早期形式的电子邮件、共享日历、共享文档存储以及从应付账款到库存和人员管理的后台流程管理系统。虽然新闻组在Web互联网出现之前便已激增，但PROFS也包含数百个旨在鼓励IBM人自由讨论的聊天室。这是世界上第一个企业内部网。

20 世纪 90 年代，企业领导人曾预言“知识管理系统”的到来，这样的系统将可以收集和存储机构的知识资本，并方便地为其服务。但这个预言至今未能成真。员工倾向于保护自己的知识，或者不想花时间将它们输入到一个大而复杂的系统中。从信息接收端来说，员工发现自己很难找到所需的信息片段。

但这种情况最终发生了变化。在审视了维基百科、Facebook 和 YouTube 提供的信息共享体验后，企业领导人已开始在内部采用基于 Web 的协作工具。这种工具吸引人的地方在于，与传统的知识共享软件程序相比，它们更易于使用，以至于员工真正想使用它们。在市场研究公司 Gartner 开展的 2010 年企业首席信息官调查中，Web 2.0 技术被列为第 3 项重要工作，超过了网络、业务智能和移动技术。[128] Gartner 后来预测，到 2014 年，社交网络服务将取代电子邮件而成为 20% 商业用户的主要个人沟通工具。[129] 为了描述这种现象而造出 Enterprise 2.0 一词的安德鲁•迈克菲 (Andrew McAfee)（麻省理工学院斯隆管理学院的研究科学家）说，“这样一来，在任何地方都可以冒出好的新业务创意，并实现有组织的传播，而不是集中形成某种创意然后自上而下地传达。”[130]

为了获得对这种新工作方式的初步认识，我们不妨看一下 Cognizant 技术解决方案公司。这是一家总部设在新泽西提内克的咨询和 IT 外包公司，在全球拥有 10 万名员工。在 2008 到 2009 年的萧条时期，Cognizant 的表现优于其大多数竞争对手。其管理层认为，这在某种程度上要归功于被称为 Cognizant 2.0 的知识共享和工作管理系统。该系统借助 Web 2.0 协作工具管理大型复杂软件程序的每一个流程步骤。它从员工的博客、在线论坛和即时讯息中挖掘有价值的信息，因此人们无需花大量时间将自

己的知识输入系统中。当 Cognizant 工程师编写软件程序时，系统会根据他们正在做的事情而在其计算机屏幕上提供相关建议和信息。如果没有看到自己需要的东西，他们可以执行谷歌式搜索，或向一个内部专家组寻求在线帮助。[131]

衡量这种联系和协作所创造的价值尚为时过早，但在 2010 年联合发布的 2 份研究显示，一度被认为是纯理论信仰的“集体智慧”，当前正在积累经验实证。[132] 在一个架构设计问题中，集体智慧几乎是最高个体智慧的 3 倍（用一组多元化认知任务的表现得分来衡量）。“这项工作实际上对我们关于什么是智慧的整个观念提出了疑问”，论文的主要作者，卡耐基-梅隆大学泰珀商学院的助理教授安妮塔•威廉姆斯•伍利 (Anita Williams Woolley) 说。“个体可以独自做哪些事情，正变得不那么重要；更重要的是，他们与他人一起或借助技术可以做哪些事情。”[133]

管理者面临的下一个重大挑战是，如何将协作工具与解放员工思想的政策结合到一起。“如果我们要保留人们的聪明才智，我们就必须采用不同的管理方式。我们不希望禁锢员工的头脑。我们希望他们的潜能得以释放”，负责 IBM 持续变革计划的高级副总裁琳达•桑福德 (Lina Sanford) 说。在某些情况下，这意味着要做看起来与基本管理观念相悖的事情。她说，成功的 IBM 管理者正在学习如何通过放弃而不是加强控制来获得成功，即，在最低限度的监督下，允许身边的人员作出决定和拥有主动权。“现在，我们通过我们的共同努力来寻找发展动力”，桑福德说。[134]

IBM 已通过网上大讨论活动（为期 3 天的、完全开放的全球头脑风暴活动）将这个概念运用到新的层面。在 2006 年的“创

新即兴大讨论”活动中，公司将来自 104 个国家/地区的 150,000 名 IBM 人、104 客户和业务伙伴聚集到一起，共同为如何将 IBM 研究院的某些技术转化成新业务献计献策。[135] 作为本次大讨论活动的结果，IBM 投入了 1 亿美元作为新业务的种子资金。虽然一些想法以失败告终，但也有一些已成为公司的重要举措，包括“智慧的地球”（在医疗、交通运输和环境可持续型数据中心方面的战略）的核心要素。

尽管这些新业务已变得前景光明并且有利可图，但在彭明盛的头脑中，开创新业务并不是首要目标。其首要目标是实现一种新的协作思路：“其要旨并不是，如果做到这一点，我们就可以获得新的产品构思。更重要的是如何激发 IBM 工程师和科学家的动力，促使他们思考如何创造未来。”[136]

政府、个体和企业的人力资本投资已造就了高素质的劳动队伍。这使得企业可以在组织的各个级别将更多的权力和责任交给员工，麻省理工学院教授托马斯•马龙 (Thomas Malone) 将这种结构称为“松散体系”。“我们有史以来第一次可以借助技术来获得大型企业的经济效益，比如规模和知识经济，同时也不放弃小型企业的人力优势，比如自由度、创造力、积极性和灵活性”，马龙写道。[137]事实上，一些企业越来越具有某些鲜明的高校特点。它们将“发现和充分利用知识”视作自己的宗旨。实现这一宗旨的手段则是自由思考和公开讨论。在这种模式下，员工的成功取决于他们的知识和据此采取行动的能力，而不是他们认识谁和他们有多听话。马龙提到了默克制药公司的研究部门，在其中，每个科学家都对他们从事的项目有很大

发言权。项目负责人没有预算或指挥权。他们必须招募人员，而后者将为团队带来设备和资源。[138]

在当今的IBM中，“Think”标识和笔记本已不再是高层的硬性规定，但公司对员工智慧和专长的重视程度未减。事实上，创建一种思考文化比沃森要求的形式更重要。

与客户的协作：自从商业诞生以来，企业一直在以这样或那样的方式迎合客户，因此人们不禁要问，为何到了20世纪末期，企业才看到通过与客户的协作来创建新产品和服务的价值。C.K. Prahalad和Venkat Ramaswamy在他们2004年的*《The Future of Competition》（将来的竞争）*一书中鲜明阐述了“联合创造”概念。书中援引了包括网络新贵Napster（原始音乐共享网络服务）和Netflix（电影租赁网站）在内的示例，二人认为，对于一家公司提供的产品或服务，客户将不再满足于不是接受就是拒绝的选择；他们希望帮助企业打造其产品和服务。作者呼吁企业领导人支持这种新模式——因为这不仅能提升客户满意度，而且还可以改善企业自身的创新能力。他们称赞了Lego，比如，它允许客户定制Mindstorms（一个与PC集成的科学项目开发包，它允许人们设计并使用Lego构造块制作自己的机器人）。客户甚至可以为该开发包编写自己的软件操作系统并与他人分享。Lego以这种方式营造了一个帮助它改善其产品的客户社区。[139]

今天，IBM的科学家和开发人员经常与客户合作，共同开展这种“全新”项目，以便更快地将发明推向市场。例如，通过与丹麦的Thy-Mors医院进行合作，IBM研究人员在2009年将各个患者的信息嵌入到屏幕上的三维人体模型中，从而使医护人员

可以对各个患者的最新情况和整体病情一目了然。[140] 这种合作对IBM的业务战略造成重大影响。“通过这些类型的合作，我们几年前意识到，我们的计划遗漏了一些东西，而客户需要借助这些东西来解决其问题”，彭明盛说。[141] 这种“遗漏的东西”即，对业务分析技术的市场潜力的认识。这促使 IBM 通过收购和内部发展来增强其能力，并且为此投入 120 亿美元。[142]

与其他机构协作所带来的经济利益也是IBM协作活动的动力之一。2007 年，当约翰•凯利 (John Kelly) 三世担任 IBM 研究院主管时，他开始设法在不花费更多资金的情况下扩展研究活动。他看到，通过与其他机构开展深入协作，IBM可以做超出其预算的事情，与此同时，还可以利用全球范围极其多元化的思想。“现在，世界就是我们的实验室”，他说。[143]

迄今为止，IBM 已在美国、沙特、瑞士、中国、爱尔兰、中国台湾、澳大利亚和印度开展过协作活动。一个显著的例子是，IBM 研究人员为中国台湾政府与 4 所顶尖的研究型大学牵线搭桥，以帮助研究旨在改善台湾民众乃至全人类健康水平的技术。IBM 实验室的资深人员 Henry Chang 返回台湾，并与台湾大学的一位教授共同拟定了一个重建台湾经济的方案。他们的想法是，建议一个途径，以便从电子制造业（大陆在这个行业具有明显成本优势）过渡到基于高价值技术服务的经济。“像 IBM 一样，台湾必须实现从硬件到服务的转变”，Henry Chang 说。政府领导人最终接受了这个想法，并将其视作一项整体目标。[144]

通过收购实现创新：当前，收购创新性的年轻公司并提升它们对世界的影响，是老牌企业创造价值的一个重要渠道。美国近几十

年来的创业热潮显然要归结于风险投资这个新行业的诞生。这个行业始于1946年，当时，少数政府和投资领导人聘请前美国陆军将军Georges Doriot成立了第一家风险投资公司，即美国研究与发展公司(ARD)，以帮助促进新英格兰的经济发展。在接下来的25年中，ARD为100多家起步公司提供了支持，其中最有名的是Digital Equipment Corporation (DEC)。ARD在DEC中投入的7万美元最终获益4亿美元，[145]这显示了风险资本家可以获得的惊人回报，因此引发了风险投资淘金热潮。美国的风险投资行业在2000年达到高峰，融资额达到948亿美元，有200多家企业上市。[146]现在，随着网络泡沫的破裂，老牌企业收购高科技起步公司的做法，已代替上市而成为创业者获得贴现的基本方式。

IBM是并购游戏的姗姗来迟者。它在大多数时候都会避开收购交易。但这种思维在1995年开始发生转变，当时，约翰•汤普森(John Thompson)（他后来成为IBM新成立的独立软件集团的领导）说服了郭士纳收购莲花发展公司（凭借电子表格和协作程序而在PC软件市场居于领先地位的一家公司）。汤普森看到，软件协作将对企业的未来具有至关重要的意义，并且通过收购这个市场领军企业，IBM可以立即成为一个巨大增长市场中的重量级企业。莲花公司的首席执行官吉姆•曼兹(Jim Manzi)一开始回绝了IBM的提议，这导致IBM遭遇文化上前所未有的事情 — 敌意收购报价。最终，曼兹和莲花董事会作出让步，并接受了32亿美元的报价。

在彭明盛领导下，IBM打开了收购闸门。公司看到，在后PC时代，价值创造源正在转变，而收购则是快速重组公司产品组合的一种手段。这种战略转移带来了深远影响。自1995年以

来，IBM 斥资 400 亿美元完成了 160 多起收购。虽然有少量大型收购，包括 2003 年的普华永道咨询部门和 2007 年的 Cognos 商业智能软件，但大部分都是中小型收购。该战略关乎创新，而不是为了实现产业整合。IBM 的目标不是直接获得收入或增加市场份额，它将其战略与实现其目标所需的技术挂起钩来。当管理者看到能以合理价格获得重要的技术/服务能力和专长，并且这比在内部发展建设更快时，他们便会走并购路线。并购以及通过并购来创造新价值的能力，正在成为协作创新的一项新技能集，目前对这个方面的研究还较少。

当然，收购一家公司只是获得和利用其价值的一个小步骤。IBM 持续变革中最引人注目的元素之一是，它将其他业务和文化融合到自身的技能正在不断增长。说得客气一些，公司的合并历史并不始终是那么成功。但通过整合所购公司、统一步调、融合工作队伍、获得创新合力和通过其全球销售和分销体系利用购得的知识产权，IBM 似乎已建立起一门学科。2003 年 2 月，公司利用一次在线大讨论活动将来自普华永道的 3 万名顾问介绍给 IBM 的 3 万名顾问。

收购能否成功，在一定程度上取决于能否让这些公司的领导人相信，收购会对被收购方和收购方的业务都有利。当 IBM 在 2008 年收购法国软件公司 ILOG 时，其创始人兼首席执行官皮埃尔•哈伦 (Pierre Haren) 看到，ILOG 的业务规则管理产品将可以吸引新客户，这些客户此前本不会考虑从小公司购买这种产品。IBM 提升了 ILOG 将创新技术推向市场的能力。“作为一家小公司，你可能有很棒的技术，但你无法触及市场的中心”，哈伦说。“通过成为 IBM 的一部分，你可以立刻获得信誉以及与商界

领导人打交道的机会。这种影响是看得见的。”完成交易后的两年内，ILOG 主要产品的销售量增长了 3 倍。[147]

开放式创新：一个世纪的研究、开发、公共和私营部门协作、风险投资和并购，已使得“知识型企业”概念在发展中企业的头脑中根深蒂固。但 20 世纪 90 年代中期诞生的万维网，为这个概念带来了新的面貌。而当前，也就是在进入新千年的十年中，已变得非常明显的一点是，那些孤立考虑自身的企业可能错过一种重要的价值创造新模式：网络经济中的开放式创新。

我们不妨以宝洁公司为例。这家拥有 165 年历史的企业从封闭到开放的历程显示了正在进行的巨大变化。2000 年，当 A. G. 雷富礼 (A. G. Lafley) 被任命为这家美国消费品巨人的首席执行官时，他面临重重挑战：销量停滞不前、产品研发工作毫无生气并且股价大幅下跌。当雷富礼退休时，2009 宝洁的销量翻了一番，利润翻了两番，而公司的市值也增长到超过 1000 亿美元。观察家认为，这些卓越成效的取得，源于雷富礼采用了新的开放式创新战略。如今，在所有的新产品构思中，有一半以上来自外界，并且约有 40% 来自美国境外。与此同时，宝洁新产品的成功率也得以提升，从 15% 增加到 50%。[148]

那些包揽所有环节（从自然资源勘探直到向客户提供成品）的纵向一体化巨型公司已成为历史。如今，企业纷纷利用分布式供应链、业务生态系统及合作伙伴的各种技能，而将自身资源集中在自己最擅长的地方。印度的主要移动通讯提供商 Bharti Airtel 就是一个生动例子，它将自己的所有 IT 业务和网络管理都外包给其

他公司（包括 IBM），而自己则专注于市场开发。与此同时，许多公司逐渐改变囤积知识产权的做法，转为投资于与他人一起通过开源软件和其他共同合作战略创造的智力资本。这种方法可以大规模提升效率。例如，通过联合，个体、高校和企业可以编写并共享核心 Linux 计算机操作系统。2006 年为欧盟委员会编写的一份报告估计，这项工作如果由个体来完成，将需要 145,000 个人月；如果由单个企业来完成，将需要花费 10 多亿美元。[149]

“在这个开放式创新的新时代，那些可以利用外界想法促进自身业务，同时可以在自身当前业务之外利用内部想法的企业可能会蓬勃发展”，加州大学伯克利分校哈斯商学院的开放式创新中心的执行总监亨利•切斯布罗格 (Henry Chesbrough) 写道。[150] 虽然与当前开放式创新的水平有关的许多信息都是道听途说，但美国国家科学基金会于 2010 年公布的一份调查显示，美国企业 1998 年在全球投入的 3300 亿美元研发资金中，有 11.5% 花在由其他企业执行的研发工作中。在制药行业，这个数字达到 25%。在 3300 亿美元的总投资中，有 18.8% 投向美国境外。[151]

切斯布罗格的思想深受上文所述的开源软件现象的影响。开源软件起源于个人电脑早期当黑客彼此分享简单程序之时，并在上个世纪 90 年代作为一支不容企业忽视的力量而出现。网络浏览器先驱网景通讯公司率先允许他人免费使用和修改其某些程序，从而起到促进作用。

2000 年，开源软件迎来了更大的突破，当时，IBM 宣布它将在 Linux 生态系统中投资 10 亿美元。这向企业发出了一个强烈信号：Linux 将逐渐成为主流。根据科技市场研究公司 IDC 的数据，短短几年内，Linux 便成为 20% 以上服务器计算机的操作系

统。“毫无疑问，将 IBM 争取过来是 Linux 的最大成功”，Linux 开源项目的创建者李诺斯•托维尔德兹说。[152]

对 IBM 来说，这代表了一次巨大的文化转变。上个世纪 60 和 70 年代，公司已在专有技术基础上建立了它在商业计算领域的领导地位。上个世纪 90 年代末，一些 IBM 高级管理人员担心 Linux 会损害公司的服务器业务。但公司领导人已从此前濒临死亡的经历汲取了教训。他们的结论是，Linux 迟早会成功，IBM 应构建围绕 Linux 的业务，而不应试图抗拒它。“当时，IBM 仍被某些人认为是陈旧和保守的象征。这使得我们有机会标榜自己，并被他人视作具有超前思想”，IBM 软件集团高级副总裁 Robert LeBlanc 回忆说。他也是主张支持 Linux 的人员之一。[153] IBM 的投资很快通过销售软件和计算机系统而收回。

Linux 计算机操作系统是以一种崭新方式开发开源软件的例子。利用全球连为一体的优势，数千名独立程序员在李纳斯•托瓦兹尔德兹的原始软件内核基础上创建一个开放的、高品质的操作系统。IBM 是该行动的早期支持者，并且给予了重大帮助。“毫无疑问，将 IBM 争取过来是 Linux 的最大成功”，托维尔德兹写道。

IBM 还对其他开源项目作出了重大贡献，包括 Eclipse。这是一个快速开发复杂软件应用程序的框架，由 IBM 创建，并随后交给开源社区。通过介入开源软件，IBM 持续获得了丰厚回报。“开源趋势只会增加”，IBM 开放系统和 Linux 业务副总裁罗伯特•苏托尔 (Robert Sutor) 说。“越来越多的企业计算核心基础架构都将加入开源行列。专有创新将主要位于上层。”[154] 事实上，网络化的协作创新所带来的成功，已促使 IBM 制定了一个双重的知识产权战略：一方面，通过参加开源工作来获得构造块技术；另一面，用在上层自主构建的专有技术来实现竞争特色。

跨全球体系的协作：当前，新的价值创造方法不仅显得更丰富，而且随着挑战和机遇变得复杂许多，因此也更加必要。自然

和人造系统的数据爆炸，使得被复杂性理论家称为“系统的系统”正在显现。这个新领域是一个相互依赖的巨大网络，只有通过多学科的方法才能成功迎接它的到来，并且只有这样才能实现任何单个行业或学科自身无法实现的创新。这种类型的知识共享已对经济产生影响。1995 年到 2007 年，美国生产力增长总量中，多因素生产力（其中包括技术利用、组织改进和工作全球化）大约占到一半。[155] 这是二十一世纪的知识经济的基础。

当 IBM 根据其“智慧的地球”计划与客户交融时，它发现自己必须在现有领域之间架起新桥梁，甚至需要开辟新的学科。其中一个例子是服务科学，这是 IBM 在 2005 年率先与 7 所高校一起开创的新兴研究领域。现在，54 个国家/地区的 450 多所高校都设立了服务科学课程。[156]

“随着我们建立起融合不同研发领域 — （IT 和生物科技、生物科学和能源、能源和纳米技术）的能力，最大的回报将是加快创新”，可见经济有限责任公司 (Visible Economy) 的经济学家和创新专家迈克尔•曼德尔 (Michael Mandel) 说。这方面的一个例子是，IBM 和制药巨头罗氏制药公司之间为了快速高效地读取人类 DNA 并进行序列化处理而开展的协作。这个过程将纳米技术、数据分析和遗传学结合到一起。如果成功，则将可以用低成本对大量个体的整个基因组进行序列化处理，从而大大提高医师的疾病治疗能力。[157]

如果企业通过演变来迎接这些挑战，则会创造与铁路时代的帝国建造者、二十世纪中叶的三大底特律汽车制造商甚至个人计算机时代快速机动的硅谷企业不同的价值。这些企业可能易于结盟并分享技术。他们会在将来某个时间以某种方式竞争，但在其

他方面又进行协作。在形式上，它们可能是不同企业的混合体：公共和私营、盈利和非盈利、小创业公司和庞大企业、老牌企业和为了捕捉机遇而组建并随后消散的临时机构。事实上，下一代的标志性企业可能是一个联盟网络，而不是像统治二十世纪中叶的那些单个巨无霸企业。

在过去一个世纪里，企业通过大规模生产来创造价值。在二十一世纪，企业需要从大规模协作中获取价值，这一点将至关重要。

未来的价值创造：知识型企业将何去何从？这一点很难准确预测，但IBM研究院的科学家有一些明确想法。当他们凝视遥远的未来时，他们预见了三个领域的进步 — 计算能力、对人类认知的了解以及分析软件。这些合在一起，将帮助塑造一个由人类和计算机程序（它们将可以和当今的人类之间那样实现协作）构成的“知觉企业”。

在这种未来的企业中，计算工具将适应其人类主人，而不是相反。复杂的分析引擎能够理解企业的运作方式，了解人类、软件程序或几乎能与人一样思考的知觉工具的能力。它们很有可能缺少我们人类的创造力。但软件程序将可以创建能预测变化并改善决策的企业模式，并且可以从成功和错误中学习知识。“最终将得到更为高效、更富生产力并且服务于所有利益相关者需求的企业”，IBM研究院生物学隐喻计算经理查尔斯•奇德•佩克 (Charles “Chad” Peck) 说。[158]

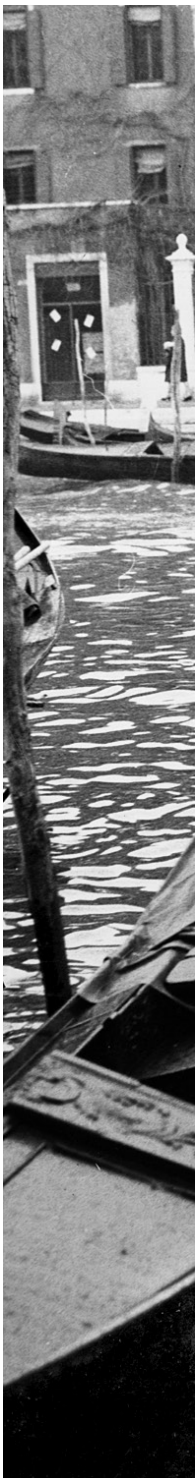
这种设想对一些人来说可能过于宏伟，同时也会吓到一些人。与其他技术进步一样，很难预测何时会有什么东西成为可能。同时也与其他进步一样，如何保持对机器的控制，以及如何以有益、道德和符合人类利益的方式使用他们，都将取决于人。IBM 对所有方面都保持乐观态度。如果我们回头看看，并承认现代知识型企业在过去 100 年甚至过去 20 年中走了多远，那么关于未来的任何东西都不会让我们感到惊讶。

• • •

走向全球

“全球经济”的思想并不新鲜 — 但在现代社会的发展进程中，商业机构的全球化意味着不同东西。

对于十七世纪的欧洲帝国，这意味着建立新的国家机器：比如英国东印度公司和荷兰东印度公司等帮助其政府实现殖民野心的“企业”。它们的员工靠乘船和骑马漫游世界，为本国进口工业原料，并将成品出口到它们的殖民地。这不是单纯的贸易。十七和十八世纪的大型商贸企业在它们的业务地驻扎下来，并且曾一度管辖印度和北美的大片土地。[159]



企业的全球化意味着，你需要入乡随俗。

1966 年，一位 IBM 推销员在去拜访位于意大利威尼斯的客户的途中。

1. IBM 6400 机器培训班，中国台湾，1963 年。**2.** 列宁格勒博览会，俄罗斯，1971 年。**3.** IBM 客户工程培训班，法国巴黎，1952 年。**4.** IBM 推销员 Lewis N. T. Hsu，中国香港，1961 年。**5.** 瓦尔德•尼尔森 (Valder Nielsen)、阿恩•约翰森 (Arne Johansen) 和 F. Normann Jensen，丹麦，1952 年。**6.** 第一台计算机剪彩仪式，韩国，1967 年。**7.** T. L. Cummins（左）和阿瑟•沃森 (Arthur Watson)，拉丁美洲管理会议，巴西，1957 年。**8.** IBM 卡车，巴黎，1959 年。**9.**“企业效率”展，印度，1950 年。**10.** A. R. Dadi，巴基斯坦卡拉奇，1957 年。

11. 第一百万台电动打字机，肯塔基列克星敦，1958 年。**12.** S/360 装运，日本，约在 1960。**13.** 印度开年大会，1959 年。**14.** 客户，中国香港，日期不详。**15.** IBM 开设厄瓜多尔办事处，1937 年。**16.** 发货到菲律宾，1961 年。**17.** IBM 印刷广告，美国，1935 年。**18.** 维也纳博览会，奥地利，1937 年。**19.** 中国科学家访问沃森研究中心，纽约约克镇，1972 年。**20.** 位于哥本哈根市中心的 IBM Datamobile 车辆，丹麦，1960 年。

到十九世纪，这些公司若要成为全球企业，便意味着须避开殖民帝国的封闭体系，转而追求开放市场所带来的更大经济潜力。随着时间推移，它们逐渐与其政府母体分开，国际企业也因此而诞生。这些企业在某些方面延续了其前身（国有公司）的组织架构，即采用中心辐射模式：所有重大业务和决策都位于本国，并且仅在海外设立销售办事处。尽管其组织结构看起来可能与其前身相差无几，但它们的宗旨已发生变化。这些企业到处为自己寻找经济机会，而不是为某个帝国的利益服务。

这种体系延续了半个世纪。之后，正当许多人都开始认为，市场机制和欧洲的力量平衡已使得国际政治和经济秩序趋于稳定时，第一次世界大战、大萧条和第二次世界大战却将这些想法无情粉碎，并导致世界经济发生新的分化。

IBM就在这种分裂即将发生之时登上了舞台。当老沃森入主IBM时，其前身公司已在加拿大、英国、德国和其他少数国家/地区站稳脚跟，但在沃森的领导下，公司积极扩展到亚洲、拉丁美洲和非洲。1924年，他将C-T-R改名为“国际商业机器公司”，即IBM，因此，其国际野心初见端倪。

如果说第一次世界大战仅对世界贸易体系造成了冲击，那么经济大萧条和第二次世界大战则堪称更猛烈的余震。“全球化”的含义，再一次被重新定义。为了克服战争对贸易造成的影响（这种影响因各国纷纷征收保护性关税而被加剧），公司开始在全球各地的每一个主要市场中建立自给自足业务，包括在当地设立经营管理机构和开办制造工厂。通过将各国的分公司做强，企业对其国外市场也有了很好了解。在某些情况下，这些分公司保持着本土企业的外貌，享受着市场对民族品牌的忠诚度，同时拥有税收和贸易方面的优势。这是跨国模型。1949年，这种模型在

IBM具有了组织形式。当时，沃森创建了一家管理这些增殖业务的全资分公司，即IBM世界贸易公司。

在这一时期，IBM学到了其他跨国公司后来都曾学到的经验教训。对起步者来说，在一个相对和平和开放的世界市场中，它们不再可以随意漫游（就像在国际时代中那样）。相反，公司不得不在充斥着贸易壁垒和经济国有化程度日趋增长的“环境”下开展业务。企业开始意识到，它们必须雇用了解当地营商环境和文化的本土人员。此外，它们还必须对全球领导团队进行培训，使其了解管理大为复杂化的组织和关系的要求。而在这中间，不论一些地方的官员或商人有多腐败，也不论所爆发的政治动乱或战争可能如何对业务造成影响，它们的经营实践都必须保持道德。

如何管理离心力（当地可行性）和向心拉力（全球整合）之间的矛盾，是二十世纪的企业所建立的关键技能集之一。这个管理重担主要落在各国当地的管理团队肩上。他们解决这些固有矛盾的能力，在很大程度上关系到一家作为全球企业的公司能否取得成功。通过几十年的全球扩张和经验，世界各地的IBM人已经学会了一些其他许多人仍然觉得难以接受的东西：耐心、适应能力和共同价值观是成功度过重大历史变迁的关键所在。

以拉丁美洲为例。过去一个世纪中，这个地区的国家被一次又一次的危机（经济、政治和军事危机）所动撼。“如果我们逃离危机，我们50年前就不在拉美了”，IBM新兴市场总经理李博诺(Bruno Di Leo)说。他在自己的职业生涯早期曾担任拉丁美洲地区总经理。例如，上个世纪80年代和90年代初，阿根廷、

巴西和秘鲁曾发生恶性通货膨胀，年膨胀率有时高达6000%。这可能对IBM员工造成毁灭性打击，但李博诺和他的同事们运用自己的智慧降低了膨胀影响。由于强烈通胀往往发生在传统的发薪日，因此IBM开始比其他雇主提前一天支付员工薪水。IBM通过与银行合作在自己的设施中设立了银行分支机构，因此员工可以立即将支票兑现，并将钱交给他们的配偶或其他家庭成员，而后者会赶紧去商店购买杂货。通过这种方式，他们在每个发薪日可将购买力提高 30% 之多。此外，IBM 还经常一个月涨一次薪水。“对于员工的需求，我们必须灵活务实并且时刻关注。提前发薪使他们有机会最充分利用他们手中的钱”，李博诺说。[160]

IBM在南美做到了坚持到底，但在印度却作出了不同决定，并且造成了消极后果。公司在上个世纪30年代开始在那里销售产品，并在1951年开始产品制造业务。上个世纪70年代中期之前，一切都很好，但此后，印度监管机构开始要求外资公司接纳本土合作伙伴，从而大幅度削减其股权。IBM 拒绝向新规定妥协，并于1978年关闭了印度境内的业务。[161] 在印度于1991年开始经济自由化后，IBM通过与塔塔集团旗下的一个分公司合资而重新进入印度，并在后来重新创办了一个全资分公司。但在IBM离开印度期间，其他科技公司已进入该国，并通过合资实现了扩张，而IBM不得不从零开始重建。[162] “IBM毫无优势。他们挣扎着在印度进行了重建。他们在竞争中落于下风”，闯荡多年的科技企业家Shyam Aggarwal说。上个世纪70年代，他曾在IBM印度分公司担任经理。[163] 虽然从长期来看，IBM印度分公司已取得成功，但成功的道路显得蜿蜒曲折。

上个世纪30和40年代，新兴跨国模式固有的紧张关系在德国体现得尤为剧烈。1922年，C-T-R收购了德意志穿孔卡生产公司(Dehomag)，这是一家在欧洲制造和租赁会计制表机的德国公司。上个世纪30年代，随着国际紧张局势上升，欧洲战争一触即发，在这个时候，沃森领导了一场阻止敌对行动的运动。他认为，德国及其邻国之间的纠纷，甚至新纳粹政权的种族和社会政策，比如犹太人政策，都可以通过谈判和仲裁来解决。他提出“以世界贸易促进世界和平”的口号，呼吁世界强国的领导人开放市场，避免战争。[164] 沃森误判了阿道夫•希特勒(Adolf Hitler)的意图。在沃森于1937年当选为国际商会的主席后，他和商会的前任主席在柏林召开的国际商会会议上获得了德国颁发的十字勋章。在与希特勒进行了一次一对一的会晤后，他相信这位纳粹领导人并不希望发生战争。[165] 当时得出这个结论的人不在少数。当希特勒的意图变得明确后，沃森纠正了自己的错误。就在德国于1940年侵略法国后不久，沃森便将勋章退还给德国，并给希特勒写了一封信，信中说，“贵国政府的现行政策与我一贯从事的事业相悖。”[166]

在沃森呼吁外交手段期间，IBM的德国分公司Dehomag逐渐与其母体疏远。其管理人员（都是德国人）催逼纽约总部将表决控制权交给他们，以便Dehomag能继续承接德国政府的订单。总部拒绝了这一请求，但为了防止企业被政府没收，总部将当地管理层的股份增加到16%。Dehomag的几名管理人员加入了纳粹党，后来声称他们这样做是为了避免公司落入政府手中。1941年，IBM完全丧失了对Dehomag的影响力，并且直到1948年才重新获得完全控制权。战争结束后不久，一名IBM代

表视察了 Dehomag 设施，当时才了解到，在达豪集中营中曾使用该公司生产的一台机器。[167]

沃森和 IBM 的原则和操守没有问题，只是商会主席的判断有误。更重要的是，IBM 一直在与分散式跨国模型所特有的紧张关系作斗争。几十年之后，这些问题在世界的另一个地方再次显现出来。上个世纪 70 年代，IBM 与其他美国大公司一起面临教会团体和高校施加的压力，要求它们停止在南非开展业务，因为南非政权当时歧视非白人。是撤回还是设法促进改变，从首席执行官弗兰克•卡里在 1973 年 IBM 年会上的讲话可以明显体会到这种在应对方面的两难境地："任何类型的种族歧视都与 IBM 政策相悖…虽然我们的存在在某些方面确实对南非政府起到了支持作用，但我们相信，我们不应该离开，因为我们在那里是一支追求正义的力量，并且如果离开，我们将会辜负我们的员工和我们的股东。"[168] 4 年之后，卡里主持了一个历史性的企业领导人聚会。与会者起草了《沙利文原则》，这是一套美国公司在南非开展业务的指导准则，并旨在改善南非黑人的境遇。该文件后来被修改，以要求结束种族隔离。南非政府没有作出回应，因此 IBM 毅然成为离开这个国家的 70 家公司之一。1987 年，IBM 最终将其南非分公司卖给为了使南非员工受益而设立的信托公司。南非种族隔离制度最终土崩瓦解，这在一定程度上也归因于它所遭受的经济压力。在抵抗运动领袖纳尔逊•曼德拉 (Nelson Mandela) 成为南非总统后，IBM 逐步买回了整个公司。

这些例子说明了 IBM 和其他跨国公司经历的挣扎，但公司的全球扩张也对一些发展中国家带来了积极影响，比如帮助引入计算技术和提升生活水平。例如，尽管 IBM 在 1970 年尚未在尼泊尔设立办事处，但它帮助这个山区王国执行了首次计算机化人口

普查。Ravindra Marwaha（当时担任IBM印度销售经理，后来成为印度分公司总经理）乘坐一架小型飞机来到加德满都，并为该项目举行了奠基仪式。该项目包括在尼泊尔首次安装计算机。那里没有软件程序员，因此他建立了一个程序员招聘和培训系统。“我们顺利完成任务。IBM 发挥了显著影响”，马尔瓦哈说。[169] 对尼泊尔政府来说，这是一个重要里程碑，政府官员将合同签署地点安排在以前宫殿中通常专门用于签署条约的房间中。

今天，全球化的批评者认为跨国企业应对世界上的许多弊病负责，包括虐待劳工、环境退化和政府腐败。他们的观点有充足的论据，但事实上，这些问题不能简单地以善恶来区分。经济组织的形式天生没有善恶之分。更有益的问题是问：某种类型的商业或政治组织是如何管理其所在时代的紧张关系的？哪种组织形式能最好地兼顾以下几方面：创造短期经济价值、实现组织的长期可持续性和促进更广泛的社会进步？IBM 为了成为它所说的“全球整合企业”而在过去二十年中的转变，为在新世纪中将如何回答这些问题提供了有益指示。

当郭士纳于 1993 年来到 IBM 时，公司的组织结构仍是它作为一家典型跨国公司时的传统形式，几乎在 100 个国家/地区的业务都呈半独立运作状态。这些分公司的独立状态已成为 IBM 提高内部连贯性和适应能力的重大障碍。当郭士纳来时，公司存在高度各自为政的局面，全权负责各国业务的经理甚至不向高层汇报重大信息。

“我向这种各自为政的局面宣战”，郭士纳在他的回忆录《*Who Says Elephants Can't Dance?*》（*谁说大象不能跳舞？*）中写

意大利，1933 年

巴西，1952 年

尼日利亚，1965 年

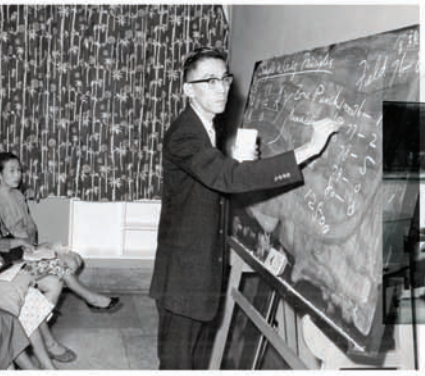
为了站稳脚跟，企业需要做的不仅仅是设立销售办事处。

IBM 致力于构建本地技能、工作队伍和知识，为员工和客户提供信息时代的新技术和新流程培训。

道。他围绕全球团队并侧重于十几个重大行业在他们的地盘上对IBM进行了重组。有些经理感到非常不安，他们警告他说，他这是在破坏公司。但这种情况并未发生。通过从一个以国家和产品为中心的公司，转变成一个以客户为中心的全球组织，IBM可以更快发现业务问题，并更迅速地应对客户需求变化。郭士纳在重新实现企业的整合。因此，IBM开始从一个跨国公司转变成一种新的形态。

虽然这种新的企业形式尚未界定，但非常明确的一点是，公司体系需要发生重大变化。小沃森本人也向郭士纳表明了他对根本性企业变革的认同。郭士纳在他的书中回忆说，一天早上，他从家里出来准备坐车去上班时，忽然发现79岁的沃森坐在他汽车的后座上等他（沃森就住在附近）。当两人一同坐车时，沃森显得有些焦躁。他告诉郭士纳，他对IBM发生的事情很生气，并敦促他实行“自上而下”的变革，郭士纳说。[170]

郭士纳这样做了，但饶有意味的是，他是在决定不改变IBM基本组织形式的情况下实现这一目标的。逆传统智慧的潮流而动，他将IBM保持成一个整体，而不是让它分离成若干“蓝色小巨人”。这是他任期内的签字决策。在经过许多爱恨交加的事情后，IBM的财务状况在两年内恢复了稳定。彭明盛是这样评价郭



日本，1959 年

委内瑞拉，1952 年

印度尼西亚，1950 年

士纳的：“我认为，如果没有他，我们可能无法存活下来。我们需要拥有这种坚定意志和分析技能的人。”[171]

作为对通讯革命的反应，下一阶段的全球变革短短几年之后便不期而至。上个世纪90年代中期，互联网的出现以及全球各地铺设的数据通讯电缆，使得已在进行之中的全球贸易再全球化开始加速。这引发全球经济发生重大和快速的转变，并且这种转变在随后十年中开始显现。班加罗尔的工程师做着与硅谷的同行相同的事情，但成本只是后者的约20%。对其他办公室工作（包括会计、客户服务甚至科研）来说，情况也是如此。这场革命使得商业领域崛起了一支新生力军。雄心勃勃的印度公司（包括Infosys、TCS和Wipro）用比IBM和其他西方科技公司低的价格提供高品质的外包服务。IBM再次面临严重威胁。尤其令公司关注的是，Infosys高管南丹•尼勒卡尼(Nandan Nilekani)放言，印度科技服务公司将对美国的老牌技术服务企业造成致命打击，就像日本汽车公司曾为底特律三大汽车制造商带来的影响那样。[172]

尼勒卡尼的预言成为IBM演变成一个全球整合企业的新动力。IBM迅速开始招聘低成本国家/地区的人员，当前，它已在新兴市场中聘用了10万余人。这个初步举措是为了回应印度技术服务新贵的挑战。“如果不将工作转移到低成本国家/地区，我们

将不会有竞争力”，IBM 首席财务官马克•洛克里奇说。[173] 但借此可以获得一个额外好处：IBM 发现，通过在全球最重要的人口集中地设置其办事处，将可以吸引全球数以万计最优秀和最聪明的年轻人才。

IBM 对印度人才库的利用没有停留在原则上，其实际规模已达到前所未有的水平。公司早就认识到聘用美国以外的优秀人才的重要性。例如，上个世纪 80 代末，个人电脑部门开始将设计和工程工作转移到日本大和的实验室，此实验室在专门为日本市场研制产品之前便已建立。上个世纪 90 年代初，大和的工程师凭借自己的卓越技能获得了生产 IBM 首款 ThinkPad 笔记本电脑的光荣任务，并且此后的每一个新版本几乎都由他们包揽。工程经理 Arimasa Naitoh 及其团队与生活在意大利的 IBM 设计顾问 Sapper Richard 和美国的产品营销团队的配合非常默契。日本员工善于团队工作和全球协作。他们与塞普一起取得的一项工程突破是，他们将 ThinkPad 键盘变成一道易于开启的门，从而使人们可以方便地升级内部的组件。[174] 在当时，小而轻的笔记本电脑非常难以设计和构建。“这就像最初的飞机”，Naitoh 说。“试飞，然后坠毁。“再试飞，然后再坠毁。ThinkPad 是我们所有人的惊喜。它飞起来了，没有坠毁。”事实上，ThinkPad 成为最畅销的品牌笔记本电脑之一，这是一个技术、设计和全球整合的胜利。[175]

今天，IBM 在中国和印度最新设立的某些研究机构中的科学家已为科学进步作出了贡献。例如，在印度德里，IBM 人已经开发出一种语音识别和网络技术。借此，文盲或没有计算机的人可以使用任何电话设置或使用由语音操作的网站。IBM 将这种网站称为 Spoken Web（语音网站）。通过这个简单而直观的系统，消费者可以

购买食物或获得医疗建议，而农民可以查看天气和为其庄稼找到最好的卖价。现在，研究人员正在与IBM管理人员和电信公司合作，以便将该技术转变成业务。“该技术最终可能在世界各地产生巨大影响。这是我们的动力所在”，德里的IBM研究人员阿伦•库马尔(Arun Kumar)说。Spoken Web的想法正是他提出的。[176]

纽约的科学家会有像这样的突破性想法吗？也许。但毫无疑问，在为某种技术找到一种可能有助于改善全球数十亿文盲的生活的新用途方面，具有全新视角的人员会具有优势。

IBM近年来在印度的冒险，向全球性企业展示了新兴国家所存在的巨大收入增长机遇。2004年中期从通用电气医疗系统加盟IBM并管理其印度分公司的Shanker Annaswamy，回忆起他与当年11月视察德里的彭明盛进行的第一次会晤。Annaswamy花了几个小时准备了一个演示。当他和彭明盛在泰姬陵酒店见面并坐下来就餐时，他紧张地去掏演示文稿，但彭明盛朝他摆摆手，制止了他。他说他已看过演示文稿。他反客为主地阐述了他对印度的巨大希翼。他不只是希望利用印度接受过高等教育并且说英语的广大年轻人才。他还希望IBM成为印度科技服务、软件和其他主要产品行业的领导者。[177]

事实证明，这一战略是非常成功的。通过为印度民众提供数万个工作岗位，IBM与印度政府的国家经济发展纲领保持了一致。通过为印度提供定制的服务和产品，它很快便击败其他跨国企业和本土竞争对手，而成为技术服务业的领导者。根据市场研究公司IDC的数据，IBM在其他市场段的份额也发生了增长，包括高性能UNIX服务器和外部磁盘存储市场。[178]

2006年6月，彭明盛在一次会议上对印度境内的成功给予了郑重评价，但这次会议也颇具戏剧性。当时，他在远离公司纽

约总部的地方，在印度“硅谷”心脏地区的班加罗尔宫的空地上搭起的一座亭子中，召开了一次 IBM 员工正式会议。彭明盛对与会的 1 万名 IBM 人说，短短 2 年内，公司的印度员工队伍已从 9000 人壮大到 4.3 万人，并且在未来 3 年中，公司准备在该国投资 60 亿美元。[179]

企业的这种大手笔改造与它从破产边缘被拉回仅相隔十年之久。但对彭明盛来说，这只是在办公室的另一天。自从 IBM 止住颓势，公司便一直处于不断重塑途中。全球整合是其中的一个重大部分，但并不是唯一部分。公司卖掉了一个又一个产品业务，包括磁盘驱动器、打印机和个人电脑，同时增强了其高价值和高利润业务，包括技术服务、业务咨询和软件。“彭明盛所做的是最难做的事情 —— 打造一个成功平台，然后不断改进它”，郭士纳说。“彭明盛接手了一个成功的公司，并让它变得更成功。”[180]

没有什么能像濒临死亡的经历让你更关注成功，并且不会认为成功是理所当然。1993 年的教训现在已成为 IBM 对自身认识的一部分。公司意识到，在某个层面上，它不应认为自己处于计算机服务器业务、软件业务或技术服务中。相反，它是在全球规模的创新业务，也就是让世界变得更美好的业务中。这个自我定义贯穿于公司的“智慧的地球”战略，并且延伸到 IBM 自身的不断革新中。

在为 2006 年 5/6 月的政策期刊《*Foreign Affairs*》撰写的一篇文章中，彭明盛阐述了其“全球整合企业”理念：“新兴的全球整合企业是指通过塑造其战略、管理和经营来追求以下新目标的公司：全球生产和价值实现的整合。企业思考或实践范围越来越不受国家界限的限制”，他写道。这篇文章是无国界网络化企业的解放宣言。

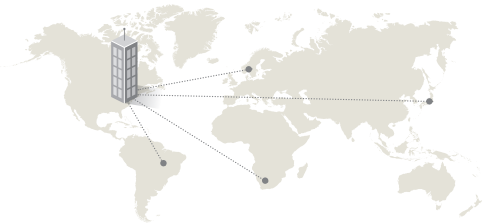
但制定一个大胆的新战略是一回事，将它付诸实践则是另一回事。IBM将自己变成一个全球整合企业的过程已进行了5年，但目前还称不上“基本完成”。

彭明盛在2005年中期启动IBM全球整顿计划，此举旨在巩固公司此前取得的成效，即，通过改善其全球供应链的效率，每年实现了50亿美元的节约。这个计划的目标是，借助业务流程再造、技术升级和全球劳动力调配的组合手段，改善质量和响应能力，并每年将公司整个服务业务的生产力提高10%到15%。[181] 在接下来的2年内，公司将该计划付诸实施，从而将工作转移到亚洲、拉丁美洲和东欧的低成本国家/地区，并建立庞大的全球服务交付中心，以便为分布在全球的客户以及IBM自身的业务部门提供服务。例如，位于巴西圣保罗州的一家前IBM制造工厂开始为全球说葡萄牙语、法语、西班牙语和英语的客户提供服务。服务交付经理和咨询项目经理借助在线数据库和先进的分析工具来确定项目空缺职位的最佳人选。单是IBM全球企业咨询服务部就从这些工具中受益匪浅。任意时间未被分配工作的人员（被称为“板凳人员”）已从8%降低到3%。[182]

共享服务的概念逐渐扩展到企业的其他部分。受一次公司全球大讨论活动中某个想法的启迪，销售队伍建立了所谓的“交易处理中心”，以便在达成交易后帮助全球销售人员整合和协调为客户履行服务所需的多个流程。技术和咨询团体联合成立了旨在解决特定问题的卓越技术中心。例如，2008年，公司在阿姆斯特丹开设了一个水资源管理全球卓越中心。[183] 各种共享服务举措加在一起，将此类任务的年成本从2005年的160亿美元削减到2010年的115亿美元。[184]

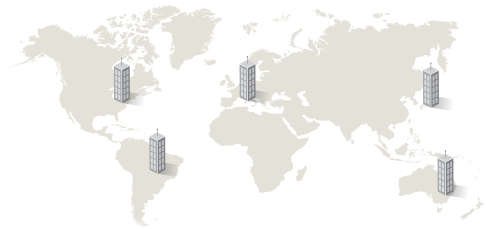
全球整合历程

十九世纪中叶到二十世纪初：国际企业



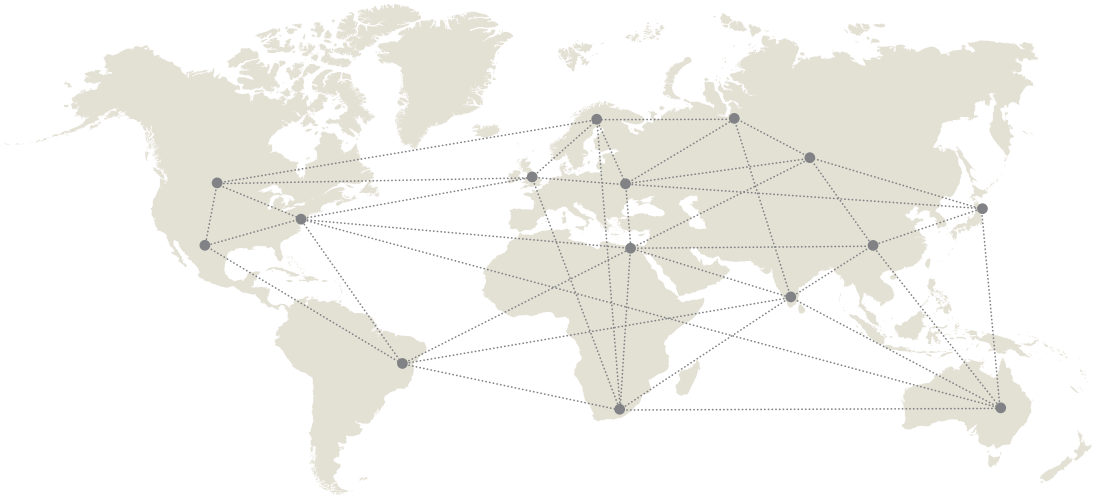
大多数业务都集中在本国，仅在海外销售和分销。

二十世纪中叶：跨国企业



跨国企业在世界各国创建自身的缩微版本，并为此作出了大量本地投资。

二十一世纪：全球整合企业



全球整合企业通过共同的价值观和流程实现整合，并根据成本、技能和营商环境在全球范围内选择业务和职能位置。

其中的秘诀只有一个，这就是“彻底简化”。未来 5 年内，IBM 有望通过多种措施实现 80 亿美元的节省：将工作转移到最适宜的地方；通过分析实现持续改进；以及关注高价值咨询业务活动方面的整合机遇。[185]

在全力以赴地成为一个全球整合企业方面，IBM 并不孤单。许多企业，包括一些比 IBM 还早成为国际企业的企业，当前都在作出这样的转变。我们不妨以汇丰银行为例。今天，它自称为“世界的本地银行”，这是原话。这个有着 145 年历史的金融服务公司，现在是世界上最大的银行机构之一。它最初创办于中国香港，当时叫“香港上海汇丰银行”，但如今已在伦敦设立总部，并在 87 个国家和地区设立了约 8000 个分支机构，包括在南太平洋中不起眼的库克群岛设立分行。高层管理者中有 2 人在香港，包括首席执行官斯图尔特•格列佛 (Stuart Gulliver)；另有 3 人在伦敦。过去两个世纪中，汇丰银行经历了全球化方面对世界各地企业造成了影响的所有重大转变。其创办初衷是为欧洲、印度和中国之间不断增长的贸易提供金融服务。之后它开始走向国际，并逐步在其他主要国家/地区开办业务。现在它正在变成真正的全球性企业，这不仅体现在地域范围上，而且还反映在企业宗旨方面。[186]

一家公司一旦招纳了全球各地的优秀人才，它便会面临一个重大挑战，这就是，如何协调他们的活动，如何克服时区、语言和文化方面的差异。IBM 拉丁美洲总经理罗杰里奥•奥利维拉 (Rogério Oliveira)，回忆起当全球整合体系于 2006 年首次触及巴西业务时的情况。他当时是负责该国业务的经理。起初，他的全球服务人员被来自世界各地的 IBM 产品和工业团队的请求搞得焦头烂额。他们不知道有什么东西会来，并且他也不知道该招聘或培训多少人。

奥利维拉感到巨大的压力，特别是在每个季度末的那段时间。他需要完成销售指标，但与此同时，他还必须管理这个全球服务交付新流程。“我总有顾此失彼之感”，他说。但随时间推移，新的规划和管理系统应运而生，从而使工作变得更容易。他说，除此之外，公司的文化也起到帮助作用。“公司中的所有人都有共同的文化和价值观。这些东西使得我们更容易应付全球性压力“，他回忆说。[187]

从全球整合企业的初期以来，IBM 已建立了一个包含广泛举措的管理体系。其中包括领导力培训计划；推广使用最新的协作软件；以及成立由全球高级管理人员组成的专门团队，以帮助新兴市场国家/地区的本地经理启动重大项目。

例如，2008 到 2010 年间，IBM 为巴西、中国、土耳其和南非等多个不同国家组建了 13 个全球管理人员指导团队。这些 4 人或 5 人高级管理人员团队为各国业务经理提供指导，并帮助他们构建与主要客户的关系。此外，他们还采取一项或多项旨在培养当地管理人员技能的重大举措，并将 IBM 的全球资源带到国内。拿南非来说，南非政府曾想设计一个覆盖全国各级政府的财政管理系统，时任企业首席财务官的 Mark Hennessy 便帮助当地领导人为政府官员出谋划策。他利用自己的 IBM 关系网络向拥有此类系统设计专长的优秀软件架构师求助。这使得南非政府能更顺利地开展其项目。短短几个月内，IBM 便赢得了该系统下的多个合同。“团队通过新的联系渠道带来新的见解，”南非全球高级管理人员指导团队 (GET) 的负责人，IBM 全球企业咨询服务部营销副总裁 Katharyn White 说。[188]

大多数大公司都会为数百名管理人员提供领导力发展培训。由于 IBM 员工广为分散，因此它意识到，自己需要在企业中的更

深层次培养卓越的管理技能。为此，它在 2009 年制定了一项名为“领导力效能及发展体系”的计划，后者借助软件分析工具来识别 60,000 高潜质的员工。随后将这些 IBM 员工当作全球领导人进行职业辅导和培训，并把他们放到用于为世界各地的管理职位挑选人才的名单上。[189]

这些人员管理的工作与他们的任何前辈所处理的工作都不同。我们不妨看看 IBM 是如何协作开发最新版本的 Lotus Symphony 的。Lotus Symphony 是 IBM 的个人电脑应用软件包。位于得克萨斯州奥斯汀、北卡罗来纳州罗利、中国北京和德国伯布林根的软件开发团队，从 2007 年中期开始从事该项目。这是北京团队首次领衔一个全球性项目。为了让从未谋面的人员坦率沟通并建立相互信任，这些分散的团队使用了 IBM 的 SocialBlue 应用程序（IBM 内部版本的“Facebook”）。中国程序员在文化上习惯于听从管理者的明确指示，因此项目负责人 Helen Dai（生于中国，但在美国受教育）教他们如何更具主动性并且如何确定优先次序。“很快，他们就完全像其他任何地方的开发团队一样工作了”，当时负责中国软件开发业务的 Michael Karasick（现在担任 IBM 软件集团副总裁）回忆说。该产品按期于 2008 年 5 月发布，并且符合预算。[190]

作为一名全球 IBM 人，不仅仅涉及技能。它还涉及到文化。IBM 建立在深厚的文化传统基础上，从老沃森倡导妇女、少数民族人员和残障人员平等和小沃森在 1954 年率先推出平等机会政策，一直到上个世纪 90 年代启动的一系列多元化计划，无不体现出这一点。他们注意消除工作场所中基于种族和性别的障碍，以便少数民族人员和妇女感到可以自由表现他们的差异，而不是试图融入白人男性的文化传统中。这个方面的卓越表现使得

IBM 在 2010 年的 DiversityInc“全球多元化 10 大典范企业”名单上名列榜首。此外，它还是《*Working Mother Magazine*》（*职业妇女杂志*）于 1985 年开始评选“100 家优秀企业”以来，唯一一个年年都上榜的公司。[191]

当前，在第三次浪潮中，公司的人力资源管理者正着眼于跨文化和跨代问题。他们称之为“Diversity 3.0”，后者包括一个“文化适应性”维基，员工可以在此查找与国家和地区文化差异有关的信息和建议，或者投稿。他们还创建了一个基于 Web 的工具，即“全球导航器”。IBM 人可以借此选择一个国家/地区，从而了解如何增进与生活在该地的同事或客户的交流。[192]

未来几十年里，IBM 期望继续快速扩展和推进全球整合，不论对于它所服务的客户，还是它所利用的人才而言。2008 年，它成立了一个瞄准新兴市场的业务部门，并期望到 2015 年，将这些国家/地区的收入在总收入中的比重从当年的 18% 提升到接近 30% 的水平，从而为公司同期的收入增长作出 50% 的贡献。例如，2000 年，公司在非洲和中东地区仅有 10 个分支机构，到 2010 年达到 23 个，而到 2015 年，将有望增加到 40 个。[193]

其中一些国家/地区的营商环境仍相当严峻。但怀着下赌注的想法，公司寄希望于在多年甚至几十年之后得到回报。以伊拉克为例。2004 年，IBM 冒着战争的炮火开始在那里开展业务。作为 IBM 中东和非洲地区的总经理，埃及人 TakreemEl-Tohamy 至今还记得坐飞机抵达巴格达某个机场的情形。当时，为了避免成为火箭筒的目标，飞机在降落到机场的过程中被迫关闭了所有灯火。当为了拜访潜在客户而冒险走出酒店时，他会穿防弹背心并

戴头盔，并且有时甚至要睡在防护装备中。第一笔大交易是为巴格达大学提供计算机，因为其工程部门当时正靠一些过时装备艰难度日。“IBM 很早就来到这个国家，树立起形象，并帮助制定 IT 战略，因此赢得了人心”，El-Tohamy 说。“从长远来看，这里将是 IBM 开展业务的理想位置。”[194]

对于中东和非洲的新兴国家，IBM 打算首先在那里建立关系并开展销售业务，然后将其中的某些地点变成其全球人才网络中的节点。2010 年，IBM 赢得了为 Bharti Enterprises 在非洲的扩展提供 IT 和客户管理服务的合同，这意味着，IBM 将为十几个国家（包括以前从未开展过业务的国家）提供服务。IBM 已在南非设立一个 1,000 人的全球交付中心，并打算将其用作日后的培训基地，以培训尼日利亚和其他拥有大量人口并存在光明经济前景国家的员工。[195]

西方企业在实现其工作队伍的全球化时，都面临棘手的政治挑战。一方面，它们在亚洲和其他低成本地区创造了数百万个制造和工程就业机会；另一方面，美国、日本和西欧有数百万人失去工作。例如，根据美国经济政策研究所提供的数据，2001 到 2007 年间，有 200 多万个美国制造业就业机会被中国夺走。[196] 卡洛塔•佩雷斯 (Carlota Perez) 在其*所著的《Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages》（技术革命与金融资本：泡沫与黄金时代的动力）*一书中，呼吁政府和企业联合起来投资于新技术和技能培训。[197]

IBM 和某些志同道合的企业作出了积极响应。在美国，IBM 已在爱荷华州杜布克、密歇根州东兰辛和密苏里州哥伦比亚开设了技术服务交付中心。它帮助员工重新培养未来工作所要求的技能，并协助高校开办新课程，以教育下一代的知识型工作者。此

外，IBM 还加入纽约州、纽约州立大学奥尔巴尼分校和企业合作伙伴的行列，以便促进纽约北部地区实现以纳米技术为中心的经济发展。IBM 的 2 家芯片厂中有 1 家位于此地区。这是一个在州政府的财政支持下由企业、研究团体和教育机构构成的群落，它们共享研究设施、设备和想法。参与的企业来自多个国家/地区，除了美国之外，还包括日本、德国、新加坡和阿布扎比。[198] 这个联盟可能会为全球发达经济体的经济复苏树立一个典范。

该联盟还表明，未来的全球整合企业将不可能局限在自己的圈子内，不论它如何积极地进行全球扩张。企业将不仅编织自己的广泛业务，而且它还会融入到由各种规模的企业以及政府和高校构成的全球社区中。

这类事务不仅会促进经济增长，而且还将对全球安全和秩序作出重大贡献。也许沃森的“以世界贸易促进世界和平”的主张超前于他所处的时代，抑或全球网络化经济不仅仅涉及贸易。无论如何，有一点是清楚的：仅当企业认为它们开展业务的国家/地区能保持长期稳定时，它们才会投资于全球生产体系。与此同时，在避免战争、制止腐败和为大量贫困人口提供教育方面，它们不能袖手旁观，只是寄希望于政府。全球整合企业可以（甚至必须）成为帮助解决这些问题的一支力量。彭明盛在他于《*Foreign Affairs*》（外交季刊）上发表的文章中也谈到了这一点：

> *在改革医疗和教育体系，保护全球贸易通道和电子商务的安全，为难民和无家可归者提供培训使其获得生存能力，解决环境问题，控制传染病，以及在应对全球化引发的其他众多挑战时，政府领导人会在企业界找到情投意合者…*

从跨国公司到全球整合企业的转变，创造了实现企业发展和社会进步的机遇。但它也会引发有着广泛牵涉面的重大问题，这些问题单靠企业或政府自身将无法解决。

在充满历史性转变的一个世纪中，“全球化”曾意味着许多不同的东西。但某些基本的方法、技能和实践一直保持着重要地位，并且在二十一世纪日益整合的经济中，它们也可能继续如此。现代企业需要能将全球战略贯彻到本土实践中的国家领导，反之亦然。在人员、技能、思想和资源方面，它们需要承认全球多样性，从而反映这样的现实：世界上前殖民地中不断崛起的中产阶级，当前已成为国家经济增长的动力和新创新代的源泉。它们需要根据日益网络化的供应链（在其中，没有哪一个企业能决定自己的命运）对传统的分布式管理体系进行调整。它们需要接受新的领导力发展形式，从而塑造新一代的全球专业人士和全球公民。

• • •

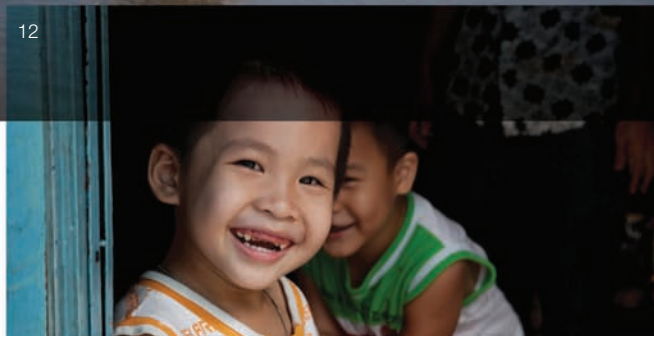
企业如何与社会交融

上个世纪 90 年代中期，在墨西哥遭受了一场经济危机的重创后，该国最大的建材企业 CEMEX（它过去的业务模式一直为“企业对企业”）决定直接向数百万修建或扩建自住房屋的墨西哥人销售其产品。该公司认为，在危机期间，这部分市场可能比其他市场更加稳定。公司派出研究人员到实地走访房主并了解该市场。研究发现，为了向这个人群（其中许多都很贫困，并且生活在狭窄拥挤的棚屋中）销售产品，公司必须要制定一种新的业务方式。结果，公司于 2000 年推出了名为 Patrimonio Hoy（意思是“今天的房屋”）的举措。

新的全球经济需要新型的全球公民。

IBM 企业服务志愿队的一个首批团队开创了将领导力培训和全球公民意识统一起来的方式。2008 年帮助加纳推动商业发展的团队（左起）：业务流程专家日图•贝迪 (Ritu Bedi)（印度）；工艺架构师彼得•利奥 (Pietro Leo)（意大利）；供应链经理朱莉•洛克伍德 (Julie Lockwood)（美国）；互动社区构建者约翰•托尔瓦 (John Tolva)（美国）；摄影师查理•雄 (Charles Ung)（加拿大）；和项目经理 Arindam Bhattacharyya（印度）。

2008 到 2011 年，为了开展旨在推动社会的经济发展项目，共向 24 个国家/地区派遣了 100 个团队，共计 1000 名“企业服务志愿队”成员：**1.** 加纳的纺织工人，2008 年。**2.** “企业服务志愿队”成员伊夫林•贝利 (Evelyn Bailey)（左）（加拿大）和 Michele Grieshaber（美国）在越南胡志明市，2009 年。**3.** 成员克拉拉•查洛纳•沃克 (Clara Challoner Walker)（英国）在胡志明市，2009 年。**4.** 成员丹•德洛斯 (Dan Delos)（左）（美国）在胡志明市，2009 年。**5.** 加纳的手工艺者，2008 年。



6. 成员查理•雄（加拿大）在加纳，2008 年。**7.** 成员 Jordan Olivero（左）（美国）在中国成都，2009 年。**8.** Arindam Bhattacharyya（印度）在商务培训期间，加纳，2008 年。**9.** 胡志明市的农产品商店，2009 年。**10.** Grieshaber在胡志明市，2009 年。**11.** 成员 Guru Banavar（左）（印度）在胡志明市，2009 年。**12.** 胡志明市，2009 年。

通过这项举措，CEMEX 开始直接向穷人销售水泥和其他建材，但这只是包括金融、咨询和物流服务在内的一整套方案中的一个环节。家庭通常每周要支付 15 美元，而该计划通常可将建造时间缩短 60%，将成本降低 35%。建材和服务套餐由当地所谓的“推销员”销售。推销员生活在当地社区中，他们类似于雅芳的独立美容产品代表。该计划最初作为一项业务举措推出，但公司领导人很快就发现，它可以具有更重要的意义：即帮助墨西哥穷人改善生活质量，以及帮助推销员挣得额外收入。“我们认为这是一个巨大机会。借此，我们可以同时向民众和政府提供一种可以减轻社会压力和提供更好住房的方案”，在 CEMEX 干了 20 年的老员工以色列•莫雷诺 (Israel Moreno) 说。Patrimonio Hoy 举措自从启动以来，一直是由他负责。

自推出以来，该计划已为 30 万户墨西哥家庭（约 150 万人）提供了服务（CEMEX 已将该计划推广到哥伦比亚、哥斯达黎加、尼加拉瓜和多米尼加共和国）。在墨西哥，公司每年通过该计划销售 10 万吨水泥。但其影响仍然很小。莫雷诺希望最终能为 5000 万名墨西哥人服务。“我们还有很长的路要走”，他说。[199]

当今企业中，有许多都已开始向全球 20 亿迄今为止还是非正式地方经济的一部分，并且只能靠不多的工作机会和不多的钱勉强度日的人口销售产品和服务。上述计划只是这些企业众多举措中的一个示例。如果企业制定适当战略，从而让这个目标市场买得起产品，同时仍做到有利可图，那么企业不仅能在当前创造市场，而且还能为提高更广泛人口的富裕水平奠定基础，从而也使自己的产品和服务拥有更大市场。“这是世界上从未见过的最大增长机会”，《The Fortune at the Bottom of the Pyramid》*（金字塔底部的财富）*一书的作者 C. K. Prahalad（已故）说。

Patrimonio Hoy 举措还预示着企业与社会交融方式的重大转变。当前，在企业社会责任的最新表征中，许多企业领导人都将其看成是业务活动的一个组成部分，是企业获得成功的要素，而不是企业出于负疚或无私而从事的一种辅助活动。一旦这种转变完全实现，则可能改变企业和业务本身的性质。“我们有可能创造一种基于价值观的，并且在企业经营方式的核心赋予一种‘让世界变得不同’的使命感的资本主义”，《*Supercorp: How Vanguard Companies Create Innovation, Profits, Growth, and Social Good*》*（超级企业：先驱公司如何创造创新、利润、增长和社会效益）*一书的作者，哈佛商学院教授 Rosabeth Moss Kanter 说。[200]

为什么会发生这种转变？原因与现代企业中发生的其他转变一样，即，过去一个世纪以来，价值创造方式、人员管理方式和企业的全球化方式发生了变化。当今的企业与社会的关系也不同，这在很大程度上是因为如今的“社会”概念有着与以前非常不同的意味。

从文艺复兴开始一直延伸到二十世纪，“社会”的概念主要是指政治机构之间的关系。在初期，君主、贵族和教会领导人其影响范围内的所有人制定规则，并控制着社会的经济资源。资本主义的崛起，带来了一支重要的新力量。十七世纪，经济学家亚当•斯密 (Adam Smith) 所说的“看不见的市场之手”是一个挑战旧权力体系（教会、国家军权和帝国主义商业体制）的进步力量。事实上，随着资本主义在二十世纪的影响增长和全球扩张，它越来越可以与国家权力抗衡。但企业领导人通常并不认为自己应对社会发展负责。

在二十一世纪的曙光中，我们来到了另一转折点，这可能与从封建社会到文艺复兴和启蒙运动的转变一样具有因果性。全球

化，数字技术，再加上公民通过获悉更多和更好的信息所具备的能力，这些因素合在一起，正在创造被IBM称为“智慧的地球”的东西。世界的运作方式取决于众多相互关联的全球体系（政治、商业、社会和自然体系）之间的关系。我们的星球正在成为一个跨越国家、行业和现有领域和学科界限的“系统的系统”。

因此，“社会”当前意味着各种关联利益的全球网络，它融合了所有类型的人类活动和目的，包括商业。经济增长和社会进步日益依赖于政府、企业领导人和个体携手优化这些全球体系从而谋求整体健康、财富和可持续性的能力。

在IBM，这已导致一个信念，即，以对社会负责的方式行事，不能再被视为与公司的核心业务活动分开的事情。它被视为类型相似的活动，并且是公司取得成功的要素。正如彭明盛在“IBM *2009年企业责任报告*”的序言中所说，“解决世界目前面临的问题——从清洁水资源、更好的医疗保健、绿色能源和更好的学校，一直到可持续和充满活力的城市，以及积极主动的工作队伍和地方民众——并不存在是选择企业战略还是公民战略的问题。因为这些问题需要靠二者的融合才能解决。”也就是说，“智慧的地球”体系（包括其企业）运行在一个可以同时实现经济增长和社会进步的舞台上，并且这个舞台在全球都相同。现代企业不是仅出于“行善”愿望才与社会发生交融。其领导人这样做，是因为当今世界的运转方式。

在1964/1965年度的纽约世界博览会上，IBM希望通过展示科技可以如何让世界更美好来体现一代人的想象。

IBM的展馆有六个，其中包括一个被称为“信息机”的大剧场，它在设计上可以每天接待16000名游客。

他们还会为了培养下一代思想者、创新者和员工的价值观、文化和思想而这样做。“社会责任被深度关联到 IBM 的价值观”，企业公民事务副总裁 Stanley Litow 说。“通过对社会负责，可帮助我们吸引并留住最优秀的人才，这关系到你如何保持伟大。真正的社会责任会让公司更有效地为客户服务。它最大限度降低企业风险，并为股东、员工和社会创造最大回报。”[201]

在这个新世界中，当前已明确的一点是，企业和社会不可分离，并且谁离了谁都无法实现最优化。各个企业可以实际改变世界，可以推动进步 — 按照杰夫•奥布莱恩在本书最后一章所描述的方式。这并不意味我们已达到某个美好经济状态和社会团结地步。事实上，我们面临的新挑战可能比旧挑战还大。

从个人慈善到社会企业的历程，是一个逐步探索的过程。沃森的“企业拥有社会责任”的信念，只不过在本能直觉的基础上迈出了一小步，它没有明确的管理模式或普遍实践。IBM 和其他进步企业必须随着自身发展而建立起这些。并且相对于主流经济理论来说，它们曾属于异类。这种传统智慧使得企业没有能力甚至无权追求社会进步。从这一点来看，为股东利益服务曾是企业的道德责任，仅此而已。经济学家米尔顿•弗里德曼 (Milton Friedman) 阐述了一代人以前为何会存在这种观点。他写道：“企业有一项并且只有一项社会责任，这就是，利用其资源从事旨在增加其利润的活动，只要符合公开和自由竞争原则，并且不采用欺诈手段...。”[202]

但有越来越多的证据表明，这种经济和社会观点已无法反映现实世界。在二十一世纪的前十年，从气候到食品，从零售到国

家安全，从能源到金融，我们目睹了一系列全球性并且兼具经济性和社会性的系统性危机。当市场和社会与整个星球合而为一时，便不会再有那种管好自己的业务就万事无忧的事情。

在IBM成立之时，这种系统性观点还鲜为人知。即便是“不仅个体要表现出公民道德，企业也应这样做”的想法，在当时也相当新鲜。例如，美国实业家安德鲁•卡内基 (Andrew Carnegie) 在担任全球最大钢铁公司的首席执行官时，曾在调和其个人原则与公司政策之间的矛盾中挣扎。就个人而言，他对工人组织工会的权利表示支持，但在紧要关头，他还是命令他的副手亨利•克莱•弗里克 (Henry Clay Frick) 去宾夕法尼亚州荷姆斯泰德的卡内基钢铁公司强行制止由工会组织的工人。[203] 这导致罢工者和弗里克聘请的私人警察部队之间发生血腥枪战。卡内基在书籍和文章中认为，一位实业家的生活应截然分成两部分：当作为商业人士时，他专注于财富积累；当作为慈善主义者时，在他退休后，他专注于将自己的财富奉献给崇高事业。“在它的影响下，我们将看到一个理想状态。其中，少数人的多余财富在最合理的情况下将成为多数人的财产”，他写道。[204] 在卡内基于1901年卖掉其钢铁公司，并且资助了无数公共图书馆和学校之后，他为卡内基钢铁厂的退休人员设立了一个养老基金。

1886年，美国最高法院根据美国宪法第十四条修正案，授予企业（法人）与个体公民相同的权利。这最明确地承认了，企业不再像商业帝国时代那样属于一种国家机器，而是一位

“国民”，并与公民一样受相同法律的管辖。然而，这个比喻有更深的含义。如果企业拥有某些与公民一样的法律权利，那么它是否也可能要承担某些相同的道德或社会责任？

至少老沃森认为该这样。他并没有在富裕个体的责任和企业的责任之间划出一条界线。虽然沃森没有在其著作中提到，但他确实经常表示，1886 公司应该像负责任的公民那样行事。在某些方面，他采纳了进步运动的传统，只不过将其应用到新兴的企业管理科学上。进步派认为，科学、教育和更好的政府可以消除社会的薄弱环节和弊端。他们帮助选举了新一代政府领导人，后者启动了一浪接一浪的改革，包括反托拉斯法律、市场投机遏制法规和世界贸易扩张。一些企业领导人与进步派并肩而行。例如，亨利•福特 (Henry Ford) 认识到，通过将其工人的工资增加一倍，他可以吸引和留住底特律最优秀的工程师和装配工。他还清楚，通过提高劳动者薪水，实业家可以为汽车和其他昂贵物品创造大众市场。

在 IBM，沃森也变成一个改革者。其中的原因也许要追溯到他职业生涯的早期，当他在 NCR 遇到麻烦时。当沃森从销售队伍的一员被提拔后，公司管理层要求他去管理一家销售旧收款机并且没有硬性盈利指标的分公司。这一策略促使 NCR 的某些竞争对手关张，从而为 NCR 雄霸一个又一个城市的市场扫清了道路。最终，30 NCR 的多名管理者被指控违反了反托拉斯法并受到审判，沃森也是其中之一。他被认为有罪，但该判决后来被废止。在与 NCR 的创始人，即锐意创新、意志坚强的约翰•亨利•帕特森 (John Henry Patterson) 发生一系列争吵后，沃森于 1913 年离开该公司。[205]

沃森一直否认他触犯了法律，但历史学者认为，他将自己的余生花在寻求救赎上（事实上，不仅仅是救赎），尽管他从未公开表示过。他是一个肩负使命的人。在他受聘管理刚起步的C-T-R之后，他在企业的一个又一个方面寻求制高点。

在上个世纪20和30年代期间进行的一次演讲中，他说："企业领导人不只是'做生意'。他们还共同编织整个文明结构。它的和谐性、样式、设计和机制源于他们的清晰思维、独创性、先进性、想象力和个性。因此，为了形成一种通过联合努力来追求和平、繁荣和幸福的文明，企业领导人必须对这种文明的所有构成要素同样感兴趣和同样精通。"[206]

沃森和其他志同道合的首席执行官用两种不同方式追求自己的信仰。首先，他们以其十九世纪前辈的个人慈善为蓝本，演绎出通过企业慈善来回报社会的观念。其次，他们希望在自身范围内成为对社会负责的一员，并采用进步的劳动力政策和实践。

在老/小沃森时代，IBM是企业慈善和社会意识政策方面的领路者。因此，到上个世纪80年代末，IBM每年在全球各地的慈善捐赠达到近2亿美元。老沃森从一开始便要求公司秉持按良心办事的原则，并且随着IBM的国际扩张，沃森自己对世界上贫穷和压迫现象的理解和关注也扩展到了世界各地。1950年，他坐船去拉丁美洲视察IBM设施。当时有一个会议安排在哥伦比亚湿热的港口城市布埃纳文图拉。在那里，他仍然穿着黑西装和马甲。一天，在午餐过后，他随多年担任IBM高级管理人员的Luis Lamassonne一起，沿着该市未铺设的泥泞路面散步。布埃纳文图拉肮脏和贫困的儿童生活环境，让沃森感到震惊。Lamassonne想起沃森对他说的话："我们要在这里承担起一份责任。我们必

老托马斯•沃森认为，商业机构不仅应对其员工负责，而且还应对其业务开展地的社区负责。1950 年，当他和IBM 高级管理人员 Luis Lamassonne 一同巡游哥伦比亚布埃纳文图拉市的街道时，他所看到的贫困情景让他感到震惊，IBM 为此在内部发起了一个儿童援助计划。

须帮助他们获得教育和改善他们的生活。”作为响应，Lamassonne 在 IBM 内部发起了一个儿童援助计划，包括 IBM 员工的配偶为儿童缝制衣服的慈善缝纫组。[207]

十年之后，小托马斯•沃森扛起种族平等的大旗。IBM 很早就开始按照与白人平起平坐的原则聘用黑人，1944 年，它成为第一家支持黑人高校联合基金会 (United Negro College Fund) 的企业。1953 年，当 IBM 与肯塔基州和北卡罗来纳州的政府领导人协商在两州的建厂事宜时，小沃森告诉他们，他打算在工厂中推行全面融合政策。过了 11 年之后，《民权法案》才开始禁止在企业、学校和公共场所实行种族隔离制度。“我告诉那些人，我不会容忍在我的公司中存在所谓的隔离平等做法，如果你们坚持，我只好将我的工厂开到别处”，沃森在 1990 年与 J. T. Childs Jr.（当时任多元化计划主管）的一次会晤中回忆道。[208] 为了进一步对州长施压，沃森给 IBM 管理者发了一封信，正式确立了 IBM 不分种族、肤色或信仰的人员聘用政策，从而成为第一家作出此类规定的美国企业。地方报纸刊登了有关该信件的报道。州长作出了让步，并且两家工厂都于 1956 年开业。[209]

整个国家在种族问题上存在深度分歧，但 IBM 一次又一次地站在了“平等机会”一侧。1968 年，在参议员罗伯特•肯尼迪 (Robert Kennedy) 的敦促下，公司在纽约市以黑人为主的贝德福德-斯泰弗森特穷人街区开办了一家 300 人的制造厂。当时，许多公司都正在撤离旧城区。[210] 当沃森在 1970 年为《*纽约时报*》写专栏文章时，不平等问题还萦绕在他的脑海中。他引用非白人的预期寿命比白人短 6 年的事实，呼吁推行全民健康保险。他曾反对哈瑞•杜鲁门 (Harry Truman) 总统于 1949 年提出的公费医

疗想法，但他后来改变了主意。“我们必须让所有美国人都享受到全面的医疗保健服务”，他写道。“作为世界上最伟大的国家，我相信我们能不折不扣地做到这一点。”[211]

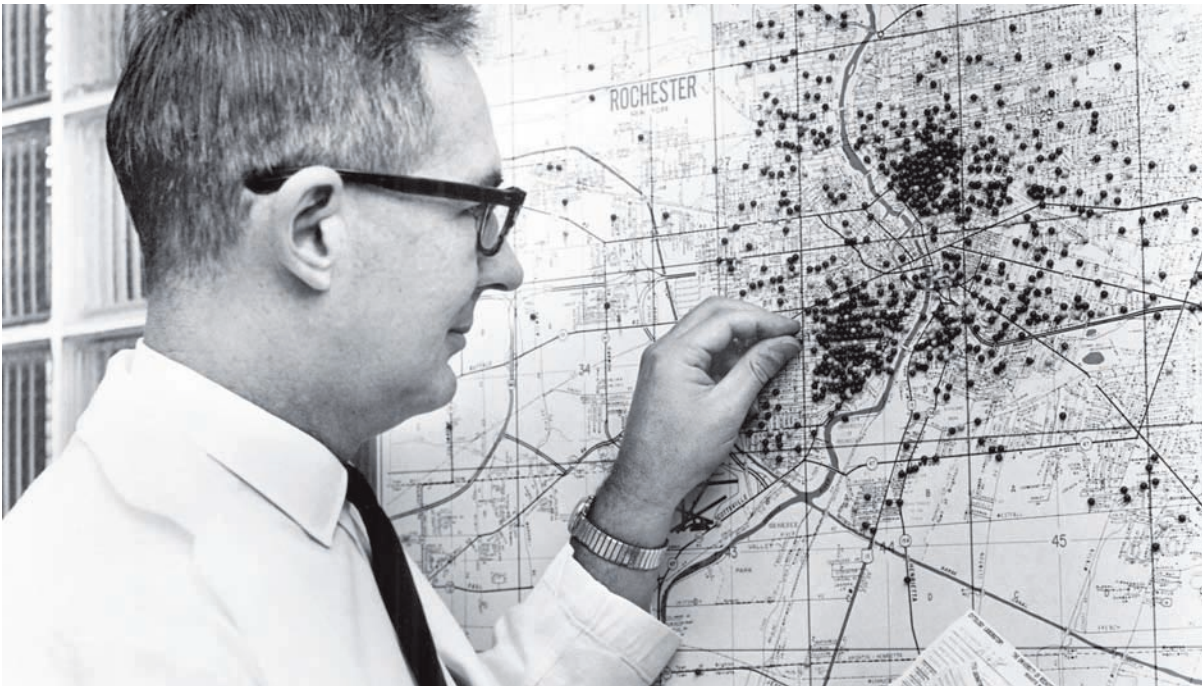
在环保方面，IBM 始终保持了积极态度。几乎在 40 年之前，小沃森就要求 IBM 成为环保领导者。1978 年，当公司在其新泽西代顿工厂处发现地下水污染后，它便自愿实施了一项计划，要求所有制造设施调查并控制地下水污染问题。而要求执行此类活动的法规在此后很久才出台。多年以来，IBM 的环保重点已从污染控制逐步扩展到污染预防和环境创新领域。例如，它研究出智能电网技术，以帮助电力公用事业更有效地管理能源，并且在自己的系统中添置替代来源，包括风能和太阳能。“良好的环境管理不仅是我们所在社会的当务之急，它还具有深远的商业意味”，企业环境事务和产品安全副总裁威尼•巴尔塔 (Wayne Balta) 说。“没有正确处理好自身环境责任的企业既没有效率也不能持续。”[212]

向一种真正的全球性经济和社会的转变（这种转变随万维网的出现而被大大加快），改变了公司的重点。从上个世纪 90 年代中期以来，IBM 领导人开始重新思考，公司如何才能最有效地帮助让这个世界更好地运转 —— 更有效率、更富创造力和更为可持续。不是仅捐款或通过自己的政策树立一个榜样，新战略是以 IBM 的技术和专业知识为引导，并直接参与到社会进步当中。

这种活动家思路的第一个目标是教育。美国和其他国家/地区的教育体系因为它们已取得的所有成就而面临越来越大的压

力。1994年，公司开始直接与校区合作，以帮助它们改善效率和效力，最终与美国的25个校区和其他国家/地区的12个校区商定了一个投资7500万美元的多年计划。此外，郭士纳还组织了全国教育峰会（于1996年召开）。比尔•克林顿 (Bill Clinton) 总统、众多教育工作者和企业领导人以及美国所有50个州的州长都出席了此次会议。这是首个由企业召集的大规模教育政策会议，并取得了成效。与会者散会时达成了一个共识：为了改善公共教育，必须要改善问责制。这有助于促进今天仍在持续的院校绩效评测工作，以及特许学校等举措。

IBM向“智慧的地球”战略的转变，加快了这种从慈善事业转向直接行动的步伐。公司正在整合其研究、业务和社会战略，准备将其50%的研发精力投入到“智慧的地球”科研和探索中。[213] 它正在花数十亿美元开发更智能的系统，这些系统用于政府、教育、医疗、能源、食品、水资源和社会基础设施的其他基本方面。它正在用新方式将更智能的能力和技术应用于社会举措，比如世界社区网格 (World Community Grid)。后者利用空闲的个人电脑执行需要大量数据运算的项目，比如开发清洁能源，找到HIV/AIDS治疗方法，以及研制更有营养的水稻（世界贫困地区的主要食物）品种。并且它通过“爱心献社区志愿服务项目”用开拓性方式使员工志愿服务组织化和规模化。在这个项目下，公司为15万多员工和退休人员提供丰富的软件工具集和信息，以便他们能利用自己的专业知识帮助其社区。自从2005年以来，该项目已记录了1000多万个小时的志愿工作。此外，IBM仍然是最慷慨、最对社会负责的企业捐献者之一，2009年，捐赠



IBM 一贯勇于迎接它所在时代的大型挑战，这些挑战往往涉及关系到整个社会的问题。

长期以来，IBM 一直在利用数据来提高医疗服务水平。1969 年，公司帮助纽约罗切斯特 Strong Memorial 医院的 Stanley Patten Jr. 博士（上图）探索子宫颈癌发病率与城市贫困的关联性。今天，加拿大多伦多病童医院利用 IBM 流计算技术和安大略理工大学的高级分析研究来监视早产婴儿的健康状况（本图来自一则 IBM 广告）。

了价值约达 1.85 亿美元的现金、产品和服务。[214] 从 1986 年到 2009 年，它一共捐赠了 30 多亿美元。

近年来，越来越多的企业设法将其业务活动和社会工作融合起来 — 从 Salesforce.com 承诺，将公司 1% 的股权、1% 的产品和 1% 的员工时间捐献给公益事业，[215] 到可口可乐公司答应，在与外界隔绝的非洲地区，帮助创建 2500 多家共雇用 12000 多人并且年度总收入达 5 亿美元的小企业，均体现了这一点。[216]

事实上，当前要说一家企业的自身利益止于何处并且其社会责任始于何处，已变得越来越困难。2007 年，作为“全球公民一揽子计划”（一个政策和计划创新集合，旨在使 IBM 人更好地成为二十一世纪的全球专业人员和全球公民）的一个环节，IBM 建立了其“企业服务志愿队 (CSC)”。CSC 特别侧重于培养新一代领导人的技能和经验。它组织一小群具有不同才能的高潜质 IBM 人，并将他们送到发展中国家，以帮助制定经济发展战略、改善政府服务和改进交通和医疗等体系。2010 年，公司为 CSC 任务派遣了 430 名潜在的未来领导人和 36 名高级管理人员。[217]

2010 年 5 月，IBM 派遣一个包含 6 名高级管理人员的小组奔赴波兰卡托维兹，以帮助政府领导人制定一项振兴该市乃至整个地区的计划。他们在整个地区进行了十几次实地走访后，提出了一系列建议。在该团队结束三周之行时召开的新闻发布会上，卡托维兹市市长 Piotr Uszok（以前是工程师，在波兰变成民主国家后进入政界）说，他对 IBM 的看法发生了变化。此前，他只知道

该公司是一家备受尊敬的技术领导者。“因为这个计划，我们看到了 IBM 的另一面”，他说。“这家公司不仅专注于自身的技术项目和盈利，而且还帮助民众和政府在现代世界中更好地运转。”

类似的事情还发生在其他地方。在越南，CSC 团队的成员制定了一个计划。该计划可以帮助胡志明市成为亚洲技术最先进的城市之一。在加纳，另一个团队通过一个网站帮助当地手工艺市场向全球销售手工艺品，并将手工艺者与美国和欧洲的进口商联系到一起。

这个经历尤其让一名 IBM 人感到兴奋。在加拿大温哥华工作的查理•雄是一名 IBM 摄影师，他在孩提时代曾是一个柬埔寨难民。他当初从一条船上被海盗抛入南中国海，他的父亲跟着跳入海里救了他。查理•雄知道他能活下来并且能随家人一起搬到加拿大是多么幸运。“去加纳对我来说很重要。我想让他人的生活变得有所不同，IBM 帮助我做到了这一点”，查理•雄说。[218]

“让他人的生活变得有所不同”是人类出现以来就存在的念头，同时也是仁爱的基础。但现在，通过利用资本的力量和行善愿望，公司、政府和非营利组织有更好的机会在贫困、疾病和环境退化等看似棘手的问题上取得进展。当然，一个更加繁荣和健康并且更为兼顾环境的世界是更好的营商之地，但当前，在网络泡沫破灭和全球金融瘫痪的情况下，这些类型的活动也为企业带来了另一个机遇。“企业领导人都是一些最受人尊重的社会成员，我们现在可以恢复他们的作用”，哈佛大学的 Rosabeth Moss Kanter 说。[219]

这是一个检验实践和社会智慧的时间 — 不论对于大型企业还是对于新兴的社区和商业形式，都是如此。例如，全球食品公司达能集团与孟加拉国的格莱珉(Grameen)集团创办了一个合资企业。新公司叫格莱珉达能食品公司，主要生产针对3到8岁贫困儿童（这一人群约有1400万人）的营养酸奶。儿童份量的包装售价为5美分和7美分。由于该公司的目标之一是减少贫困，因此它从当地企业采购原料，并通过当地的自创业妇女进行分销。这是一家*社会企业*。这个词是由格莱珉集团创始人，同时也是诺贝尔和平奖获得者穆罕默德•尤努斯(Muhammad Yunus)提出的，用于指将经营利润重新投入到业务扩展中而不是交还给股东的企业。

对达能集团来说，这家合资企业有三个目标。它帮助达能集团履行自己的使命，即“通过营养将健康带给尽可能多的人”。它可以为全球各地的其他社会企业项目提供灵感和经验教训。它为该公司“上了一课”，该公司可以将学到的东西用于其传统业务中。例如，该合资企业在孟加拉国开办的第一家工厂仅花了70万美元，而达能集团开办新厂的成本往往高达2000万美元。“管理社会企业时，我们必须挑战我们的通常经营方式，不断探索新的途径”，达能员工Corinne Bazina说。15年来，她一直担任格莱珉达能合资公司的执行董事。[220]

2010年初，在英国皇家国际事务研究所的演讲中，彭明盛宣布了一项行动，他呼吁企业和政府领导人联合起来解决世界问题，即，利用当前所掌握的能力，建立一个“智慧的地球”。他的讲话非常务实，强调了如何构建更智能的体系。尽管如此，他还是不自觉地重申了老托马斯•沃森在上个世纪20年代的训诫，

即，企业领导人不应只是做生意，他们还应“共同编织整个文明结构”。[221] 在很大程度上归因于技术进步及社会关系和体系的演化，包括现代企业的诞生，企业和政府当前拥有与世界的实际运转方式有关的巨大知识财富，这些远远超过沃森所处的时代。“有了这些知识”，彭明盛说，“我们可以降低成本和减少浪费，提高效率和生产力，并提升从我们的产品到企业乃至我们所在城市的一切事务的品质。”[222]

从这个角度看，企业与社会的交融呈现出比单纯的无私更为强大和更为可持续的特征。社会交融变成企业如何为自己、客户和整个世界创造价值的最终体现。

• • •

2008 年底发生的金融震荡对世界银行体系、商业贸易和资本市场的基础造成了冲击，其影响无疑会在将来持续多年。但这只是一种更深层转变的表征之一。无论是审视遭到气候变化威胁的自然环境，还是石油和其他资源的地缘政治，抑或是恐怖或犯罪造成的安全威胁，我们都可以看到，过去一个世纪以来形成的变化，现在无疑已汇聚成人类事业（我们在商业、治理或日常生活中从事的工作）的新格局。

今后的工作都将具有全球性，其价值将基于思维水平，其模式将是协作性的。那些具有独特和持久文化的组织机构将会掌握新的工作方法。不论一家企业、一个团体或一项工作的本地程度如何，情况都是这样。这一新的现实意味着，为了迎接在我们共有的全球舞台上促进经济增长和社会进步的挑战，我们将需要发展新的治理体系和新的制度形式。现代企业将是其中之一，它建立在过去一个世纪的创新基础上。

过去 100 年来，技术进步使得世界变得更小、更加相互关联并且更具活力，因此，企业对整个社会的影响力已大大增加。对利用全球资源和人才并让这些发挥作用的组织机构来说，其活动会对整个人类带来深远影响，只有少数事情（其中包括战争、革命和气候变化）能达到这样的影响力。因此，企业与高校、政府和非政府组织一起，可以成为推动或阻碍进步的力量。

每个组织机构都必须找到自己的道路，但IBM领导人认为，当前的经济和社会压力以及未来的商业机会迟早会影响到大多数企业，并且这一天极有可能提前到来。因此，IBM预计，企业的自身界定和经营方式将会发生广泛的世俗性转变。并且，如果只是提出基本问题、窥探迷蒙的未来和猜测未来10年和20年后的领导人和组织机构应具备什么东西，则还不够。为了弄清楚自己要去哪里，领导人必须研究企业、资本主义和现代企业的变迁历程。“通过认识过去，可确保我们拥有将来”，纪录片导演Ken Burns说。[223]

在二十一世纪，现代企业将继续发展。就像100年前刚诞生时那样，它将由那些以新方式回答下述基本问题的领导人塑造。企业将如何创造价值？它将如何管理和激励员工？它将如何运作？以及它将如何与社会交融？因为当前正在迸发的富有前景的力量，未来的最优秀企业将可以利用历史性机遇创造跨越人类事业所有层面的价值。

• • •

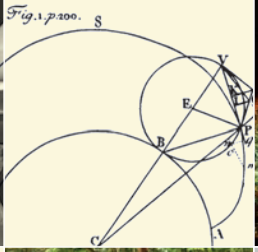
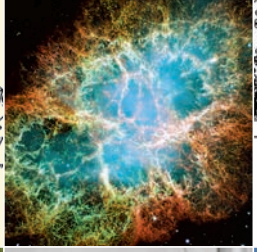
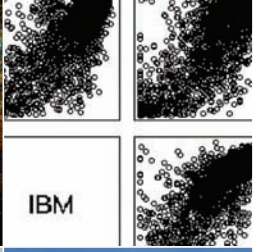
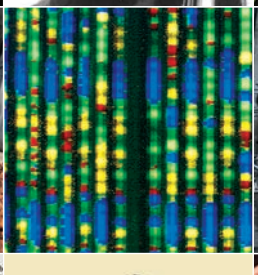
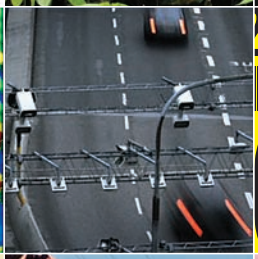


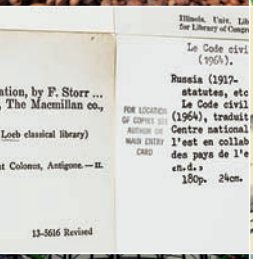
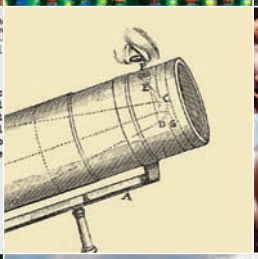
Fig.1.p.200.
S
E
B
C
A


IBM

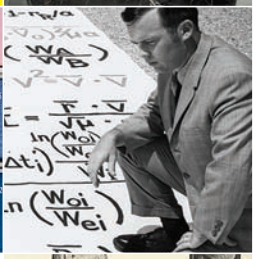
OB
VA4-7
Tib 0.2

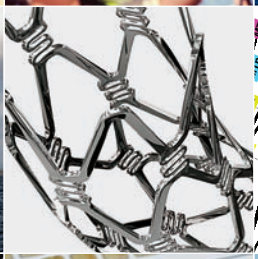
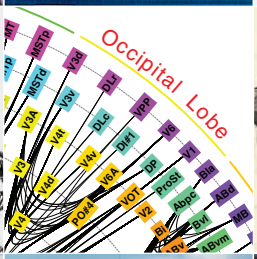
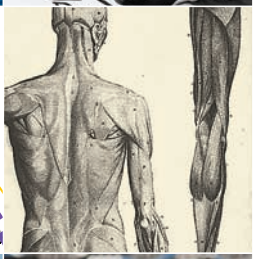
USA

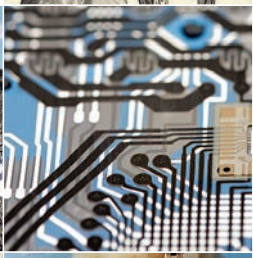
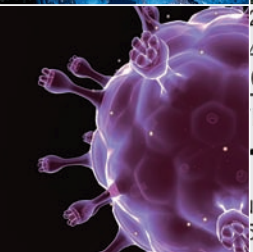
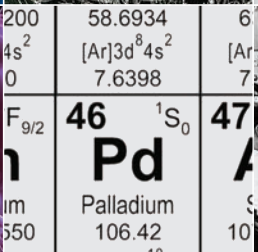
230 123 7525
0037

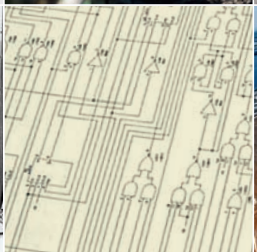

Illinois. Univ. Lib
for Library of Congr
Le Code civi
(1964).
Russia (1917-
statutes, etc
Le Code civil
(1964), traduit
Centre national
l'est en collab
des pays de l'e
«n.d.»
180p. 24cm.
ation, by F. Storr ...
The Macmillan co.,
Loeb classical library)
t Colonus, Antigone.—H.
13-5616 Revised

A
B
C
D
E

Technical Reference
6025005
Hardware Maintenance
and Service
6025072




Occipital Lobe
NSTd
NSTp
V3A
V4t
V3v
DLO
Dlf1
PPP
V6
V3
V4v
V6A
DP
ProSt
Abge
VOT
V2
Bl
Bd
MB
pOr4
aBvm


Measurement
Zoom
Body Pattern
M/D Cursor




200
4s²
0
58.6934
[Ar]3d⁸4s²
7.6398
F9/2
46
¹S0
Pd
Palladium
106.42
47
550
10



让世界更美好

Jeffrey M. O'Brien

在那次改变他命运的手术过去十多年后，Mike May 在长时间谈话时仍喜欢闭着眼睛。这是他在接受一项为了恢复其视力而进行的实验性干细胞手术治疗后，长年累月养成的习惯。失明 43 年后，May 突然重见光明。源源不断映入眼帘的景象，打乱了他的导航系统，并推翻了他对世界的认识。虽然是一个盲人，但 May 一直是社会大家庭中独立、勤奋而自信的一员，可是重见光明却使他在社会中举步维艰。[224]

May 在 3 岁时因为一次奇怪的化学事故而失明，在几十年的时间中，他只能通过支离破碎的信息来领悟世界。他成为一个颇有造诣的技师，发明了供盲人使用的 GPS 导航装置，同时他也是一个狂热的旅行家，一位丈夫和 2 个男孩的父亲，此外还是一名世界级的滑雪者，可以用 65 英里的时速冲下山坡。一只眼睛重见光明（另一只已损坏，无法修复）改变了一切，但这并不总是体现在好的一面。许多日常情景变得过于令他感到不安，以至于无法承受。人们蠕动的嘴唇、扭曲的面部表情和随意的手势，都使得交流变得困难起来。当夹杂了山顶的远景、滑翔的飞鸟、高耸的影子和其他滑雪者的身影后，滑雪也变成一件非常危险的事情。因此，为了帮助集中注意力，May 开始闭上自己的眼睛。“我相信，所有这些视觉交流总有一天会对我意味着更多的东西”，手术后不久，May 在《*Guardian*》（*美国卫报*）中写道，“但现在，这些只会让我分心。”[225]

就像从医学角度来看，这次手术让人感到不可思议一样，这也只是一个令人难以置信的故事的开始。畅销书《*Crashing Through*》（*踉跄而行*）便讲述了这个故事，其中描述了一个人缘何从自给自足变成功能瘫痪、生活倒退。[226] 我们通常认为“看”不是一个习得过程，因为人类在自己生命的最早期就能这样做。但正如 May 的磨难所显示的那样，“看”本身是一种历程。沉重的负担感并不是唯一的困扰。新的视觉数据也开始挑战 May 的一贯想法。轰鸣的海浪尤其让他感到困惑。他的耳朵告诉他，海岸线上雷声轰鸣，让人恐惧；但他的眼睛告诉他，大海是那样柔和而宁静。

失明 43 年后，Mike May 接受了旨在恢复其视力的干细胞治疗。这次有风险的手术堪称成功，但因此带来的影响却与他的想象大相径庭。他所看到的一切都让他感到困惑，这打乱了他的导航系统，并颠覆了他对世界运转方式的认识。

May 还必须重新思考世界的运转方式。他总是在一个矢量化的网格中想象周围的事物，但视力为他揭示了一个要混乱得多的现实。州际公路并不是径直地呈南北和东西方向，它们会随地形蜿蜒起伏。为了顺利通过迷宫似的登机门、自动扶梯、行李入闸机和出租车线路，他曾在自己的脑海中绘出整个机场的示意图。但事实证明，这些地图极不完整。人们告诉他如何从地点 A 到达地点 B，但他们却忽略了两者之间的许多复杂因素 — 商店、休息室、其他通道和组织安排方面的混乱。

May 拥有蓬勃向上的精神，以及在生活中绝不苟且度日的强烈愿望。但他的故事也给我们一个启示。我们都在应对视觉轰炸。数据打乱了我们的导航系统，并且挑战我们对世界运转方式的看法。数以十亿计的传感器、照相机、麦克风、望远镜、显微镜和移动电话，正在不断捕捉与发生在我们周围的一切事物 — 最小的运动，化学成分的丝毫变化，宇宙最远处和原子内部的最细微活动，以及二者之间的几乎所有事物 — 有关的信息流。May 正在不断努力重新全面解读这个世界。我们也是如此。

如果我们能找到所有数据中的含义，其影响将是革命性的。同样以 May 作为证据。如同许多自豪的父亲一样，他将自己的妻子和 2 个儿子放在比他的其他许多成就更高的位置。他从来没有想到，会有什么东西能让他更爱他的家人。但在他有生以来第一次看到孩子眼睛的颜色和妻子美丽的笑容的那一刻，这种东西突然出现了。

——

IBM 是做什么的？这是公司 42.5 万余名员工中的许多人无疑都会遇到的问题。[227] 公司的品牌知名度在全球各地仍然非常强悍，但自从卖掉个人电脑事业部后，公司变得更加难以向随便某个人解释公司的业务。金融分析师和媒体使用了“软件和服务”、“信息技术”或“咨询服务”之类的标签。虽然所有这些标签至少在一定程度上是正确的，但它们几乎无法描绘公司一个多世纪以来的恒久使命的全貌。对于这个问题为何如此难以回答，公司董事长兼首席执行官彭明盛深有体会。“我们从来没有用某种拳头产品来界定自己。从一开始，沃森就觉得 IBM 始终肩负着更大的使命”，他在位于纽约 Armonk 的公司总部告诉我。[228] “IBM 始终代表着一种创新文化，并且立足于长远。我们一直在努力让世界变得更美好。这在今天无疑也适用。”

IBM 人让世界变得更美好。这种诠释比“软件和服务”更能打动人心，但也只是略微更具启迪性而已。也许最好是列举一些实例。一个世纪以来，IBM 将自己塑造成全球各地企业和机构的创新合作伙伴。公司使得太空旅行成为可能，并且设计出了社会福利计划、智能电网、差旅订票系统和更为高效的供应链。所有这些项目 —— 以及数以百计的其他项目 —— 似乎称得上是“让世界变得更美好”。但与在许多人眼中让“世界变

得更美好”的事情，比如打造更吸引人的智能手机相比，这些项目的区别在哪里呢？

在一定程度上说，这是一个规模问题。IBM 的最伟大成就与设计和改进我们星球上的散乱架构有关。在科学领域，这些架构有一个统称性的术语：复杂系统。复杂系统具有极端复杂性，但这并不是其称谓的由来。在这里，*复杂*一词是“无法预测”或者至少是“无法轻易预测”的代名词。复杂系统包含数千甚至数百万个共同协作的部分，它们之间的相互作用是突现式的，而不是线性的。当它们连同工作时，便会产生令人惊讶的结果。

只有眼见为实，你才会知道什么是复杂系统。事实上，它们无处不在。我们每天都与数十个复杂系统打交道。它们或存在于自然状态下，或来源于人为设计，并且构成了我们的生活结构。心血管系统是一个心脏与肺、血管、毛细血管、血液和化学物质协同而成的综合体 — 这些组成本身全都是复杂系统 — 它通过与消化系统、神经系统等的协作而产生了惊人结果：动物生命。小麦是由根、茎、叶、外壳和麦粒与许多分子水平的成分构成的组合体，所有这些组成部分都与阳光、土壤和水发生相互作用，并因此创造了世界上最大的植物蛋白来源。电子商务网站是一个复杂零售系统的前端。这种系统由供应链、能源网和金融系统构成，客户只需单击一下鼠标按钮，便可以获得所需的商品和服务。汽车的发动机、刹车和设计；道路、自行车道、人行道和交通灯；火车、公共汽车和飞机 — 它们都是一个高度复杂的交通运输系统的组分，它们将我们带到我们想去的地方。

我们希望所有这些系统更好地、更有效地并且更为可持续地工作。但是，面对一些像教育这样的大问题，我们还无从下手，更不用说弄明白如何改变它？一个良好的开端是，首先确定哪个环节出了问题。不幸的是，仅仅是为了实现这一点，就需要分析

无数的变量，以便评估从资金、师资质量、教科书的使用年头到标准化测试的侧重，以及学日和学年长度甚至营养和睡眠周期等各种因素所造成的影响。医疗保健领域的情况更糟糕。为了改善总体医疗水平，当前在减少医疗体系的低效和膨胀方面还有很长的路要走（反之亦然）。哪怕只是解决了一个棘手问题（比如儿童肥胖），也会为改进该体系的其他方面腾出大量资源。但肥胖问题究竟来自哪里？在各种可能因素的泥潭里，包括营养、经济条件、农业补贴、自尊、无孔不入的广告、公共交通的质量、学校午餐政策以及超市/保险/操场的便利程度。

人类可能非常容易受到影响。我们每天都在利用自己的眼睛和经验在一个复杂的世界中游走。但我们通常所认识到的更多是表征而不是根源。即使我们有时间了解与全球变暖一样复杂的东西，但我们大脑能力的不足，使得我们无法考虑季节性天气模式、能源效率、空气动力学、冰盖退化、农药使用量、股市表现和藻类大量繁殖之间的关系。我们无法在我们的脑海中理清复杂的系统，并且我们无法凭直觉确定让世界更好运转的道路。计算机自身并没有什么过人之处。如果只是启动机房里的超级计算机，并期望它能让某个复杂系统更好地运转，则无异于痴人说梦。计算机只是处理器而已。人类必须为它们增添感知、推理、认知和感知能力。简单地说，这就是IBM的业务。过去一个世纪是这样，今天仍然如此。

“让世界更美好”涉及到理清并管理复杂性。为此，不论是改造行业、市场、社会还是自然，都将要求严肃的科学。但仅凭好奇心和实验还不够。解决系统性问题还需要具备特定的组合，即远大雄心和宽广的胸怀。一方面，要具备解决看似无法解决问题的雄心；另一方面应足够谦逊，要承认，没有谁能凭一己之力

让世界变得更美好和控制某个复杂系统。我们这里在真正谈论的是众所周知的进步。

过去一年多来，我和一个研究人员小组采访了几十位IBM科学家、工程师、高级管理人员和合作伙伴。我们埋首在纽约萨默斯的档案室中，并研究公司的业务轨迹。我们不关心 IBM 是如何、何时或是否赚了钱。相反，我们专注于它何时以及如何让世界变得更美好。鉴于公司正值一百周年纪念之际，并且考虑到我们周围各种体系的失灵程度，现在似乎是揭示我们研究结果的恰好时机。

变化非常容易。它自己就会发生。在“自然选择”法则的操纵下，整个宇宙具有与生俱来的创新性。而另一方面，进步，即人类自觉从事的创新形式，则是刻意的和困难的。它不是随机的。除了固有的无法预测性之外，气候、交通运输、医疗和零售似乎没有任何其他共性。但事实证明，在试图操纵任何复杂的系统方面，确实有共同道路可循。我们的探索工作发现了这条道路上的一些关键步骤。我们了解到我们的前辈在其进步道路上是如何努力迈出每一步的，并且我们看到新工具是如何充实我们的能力，从而使我们可以用更快、更稳妥和更包容的方式完成这个历程的。

哪怕是开始踏上这条道路也需要有灵感，这样的灵感可能来自许多地方 —— 可能来自一个灾难性事件，或是在一个困扰了20年的问题拨云见日的那一刻。一份工作订单、一个梦想或我们通常所说的“鞋中的石子”可能激发出这样的灵感。但不论是什么激发了改进系统的愿望，所要迈出的第一步总是相同的：看。

“看”并不仅仅是指光子撞击视网膜，它还包括采用各种可用方法来收集与某种情况有关的数据。任何复杂系统都会产生大

量信息 —— 与哪些东西在正常工作、哪些东西不对头以及与因果关系有关的信息。每一个行为元素，每一种现象，都是随时可捕获的数据点：时间的推移、从你的办公桌到咖啡厅的台阶数、一个急转弧线球的旋转、太阳耀斑的辐射能量、车库地面油渍的毫升数、季节性流感最新变体的传染率。这些数据始终存在，变化的只是我们捕捉它们的能力。

但如果没有上下文，数据也只是噪音。它们只有经过整理才能有用。这正是地图所做的。地图告诉我们我们在什么位置。它过滤掉无关信息，揭示行为模式，并呈现出与探讨内容有关的论据。星系图显示，地球毗邻其他行星和太阳。日历将地球轨道分为 365 等份。杜威十进分类法将图书馆中所有知识内容分门别类。几千年以来，我们一直在用数据编制地图。现在的实时数据和可视化工具，使得我们可以从多个视角创建动态图谱，从而不仅激励我们探索，而且还促使我们去思考。

图谱显示了某些东西在何时和何地发生，甚至发生频率如何。“悟”是寻求回答为什么。在我们的太阳系中，为什么地球是我们知道唯一能支撑生命的星球？它为什么要用 365 天环绕太阳一周 —— 并且那里为什么首先会有一个轨道？在“悟”的过程中，我们循着因果链来确定是哪些杠杆影响了最终结果。在过去的许多时间里，这种可能跨越多代人并且可能超越科学门类的艰巨过程，一直仅局限在摸索阶段。但近年来，旨在帮助诠释地图、解释神秘行为和实际验证假说的更先进工具，已使得这个过程加快。“悟”是整个科学领域的重心所在；是赢得诺贝尔奖的根本；是迫切行动的出发点。

我们可能了解某些事情为什么会发生，但这并没有告诉我们，我们该如何做。可能的前行道路始终有许多条，历史先驱是在这些选项中作出最佳选择的人。在迷茫当中，他们找到了信念。信念是有关对分析结果的信任以及理清克服现状的意愿。历

史上最伟大的信奉者通常都是有魅力的空想家，他们可以通过人格力量或武力来传播其信条和动员合作者。在更近的时候，信念已开始通过其他方式传播，尤其是借助于科学方法的严谨性。近来，多变量模型、模拟和其他允许我们更有效预测结果的可视化工具，使得形形色色的信奉者变得更具能力和勇气。

最后是，要取得进步，需要将智慧和意愿付诸行动。即使对未来有着共识和明确了解，对复杂系统施加影响也是一件困难的事情。采取行动不是一种孤立或单独的活动。为实现可持续进度，需要精心组织、通力协作、力求精准和快速反应，因为我们的系统是活动的，并会对我们的每一次干预作出反应。更重要的是，“更好”是一个活动的目标。随着世界变得越来越小，我们的复杂系统也变得更为相互交织。这种相互依赖性，增加了一个系统中的故障会殃及其他系统的可能性。此外，它还使得任何问题更难以在孤立状态下被修复。但我们并不是束手无策。日益成熟的网络化、协作和自动化工具，赋予我们对系统化行为更深入的洞察力，并允许我们以更及时、更直接的方式进行集体干预，从而让我们的系统变得更快捷、更有效和更为可持续。

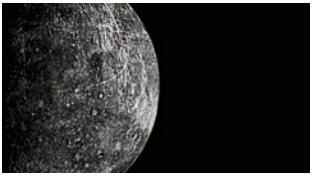
如此一来，这些步骤便构成一个可供用来促生进步的模型：*看*、*理*、*悟*、*信*、还有*行 (SMUBA)* IBM 从未阐述这个模型并据此来解释其业务，但正如你将看到的，像其他许多企业、机构和个体在过去一个世纪以来那样，IBM 在让世界变得更美好的过程中也遵循了这条道路。我们向几十位科学家和高级管理人员描述了这个模型 — 我们将其简称为 *SMUBA*（毕竟，IBM 人都对缩写有特殊嗜好），结果几乎每一个人都认为，这是一种对系统化进步是如何发生的有益阐述。一些人纠缠于顺序，一些人纠缠于界限。还有一些人警告，这个框架显得过于拘泥。但这是与一群拥有超凡智力和成就的实践者讨论某个想法时所固有的现象。在本文当中，我将谈到其中的某些反对意见和一些人的告诫。

我们如何掌握复杂系统?

通过遵循一条明确的道路:

看

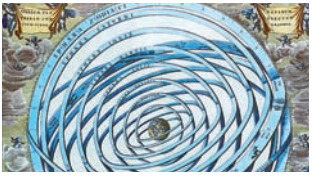
每一种现象都是一个随时可捕获的数据集 …

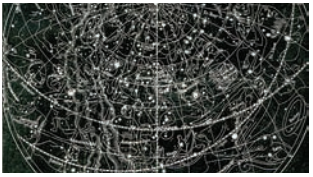


我们构造了更先进的望远镜，以便准确测量天体的位置和运动。

理

… 用有意义的地图形式加以组织 …



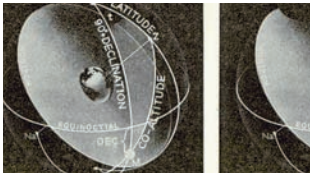


通过整理这些测量结果，我们绘制出详细的太阳系图。

例如:

悟

… 这已经成为描述和预测复杂行为的基础 …



那些图谱揭示了行为模式，并激励我们探索和弄清天体物理学、火箭推进器和空间导航规律。

信

… 激发人们对我们能够实现进步的信心 …

更透彻的领悟，使得我们敢于相信，我们可以将 3 名宇航员送上月球，并让他们平安返回。

行

… 使得前瞻性思想者可以设计、建造、调整、优化全球的系统，并实现自动化。

数千名科学家和工程师协作完成了一项具有历史意义的使命：阿波罗 11 登月计划。

但在探讨商业、社会和技术领域的大规模变化之前，我们不妨先考虑一个现实生活中的行进例子：在高速公路上变道。下班者驾车跟在一辆缓慢行驶的卡车后面，但他希望按时回家吃晚饭。这是一种无需费太多心思的问题解决过程，我们许多人每天都在这样做，但在这样的过程中，我们实际上遵循了*SMUBA*步骤。

看：我们从后视镜和侧视镜收集数据。我们听到身后有疾驰而来的摩托车轰鸣声。我们目测与前方卡车的距离，并发现并行车道上有空间，然后瞥了一眼车辆盲区的情况。理：我们在自己现有的知识范围内组织这些数据，即，在我们的脑海中，描绘由道路交规、驾车者（和骑车者）的典型行为、脚下油门、前方道路的曲线构成的地图。悟：我们将各种变量组合到一起，预测出让我们安全地将车辆转至相邻车道并超过卡车的条件。信：我们决定，是的，我们有时间、能力和驾驶技术，因此，现在是行动的时候了。行：打开方向灯，再查看一下情况，然后变道。

超过一辆卡车还不能达到目的。要想在食物还没变冷之前回家，我们必须克服一系列障碍。与任何复杂系统的组成部分一样，高速公路上的汽车处在不断变化的状态中，因此需要持续监测。每当我们考虑另一举动时，我们都会再次完成上述过程。当然，有些人在变道时根本不收集信息，或者有时对道路交规缺乏明确了解。但这种行为是不可持续的。因此它不是本文所指的“进步”。一顿家庭制作的晚餐（或真正的好外卖）可以是一个进步。

高速公路上的变道例子还说明了我们与动态的复杂系统交互的另一个重要方面。前进道路取决于人的决定，而与机器无关。在变道例子中，我们有各种工具（汽车及其反光镜，以及我们的耳朵和眼睛），但我们是实践者。我们在此可以借助工具和技术，但它们并不负责驾驶 —— 即使可能很快就有能做到这一点的汽车。当这一天到来时，也只是意味着我们掌握了另一个系统，因此我们可以解放我们的决策思维，并将它们集中到更大的挑战上。

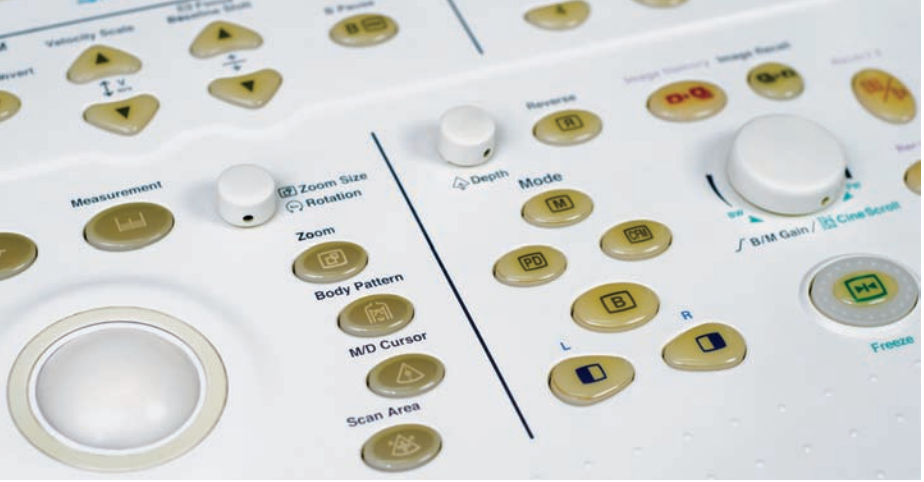
• • •

看

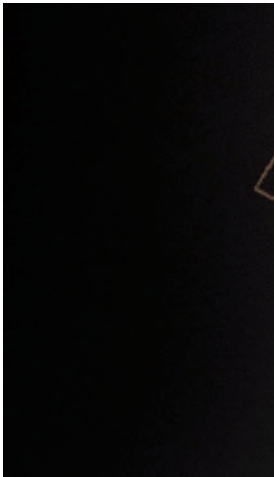
2010 年冬季，科罗拉多州博尔德的美国国家标准与技术研究所的一个物理学家小组推出了世界上最精确的时钟。它基于单个铝原子，在一眨眼的时间内可以走 1 万亿下，虽然可能产生偏差，但这种偏差每 37 亿年只会达到 1 秒钟。这个精度是此前记录保持者的 2 倍，并且比 2004 年最先进的钟表设备高出许多数量级。[229]

我们为什么需要这样的设备？官方表示，它将用于有着极端精密度要求的活动，比如空间导航、电信网络同步并且，或许有一天还将用于全自动驾驶。[230]但更实在的回答也许是：待定。我们知道的是，所有科学进步都始于认识。引用一句通常被认为是十九世纪的数学物理学家威廉•汤姆森 (William Thomson)（也被称为“开尔文勋爵 (Lord Calvin)”）所说的话，“如果你无法衡量某个事物，你便无法改善它。”并且这种衡量越准确越好。

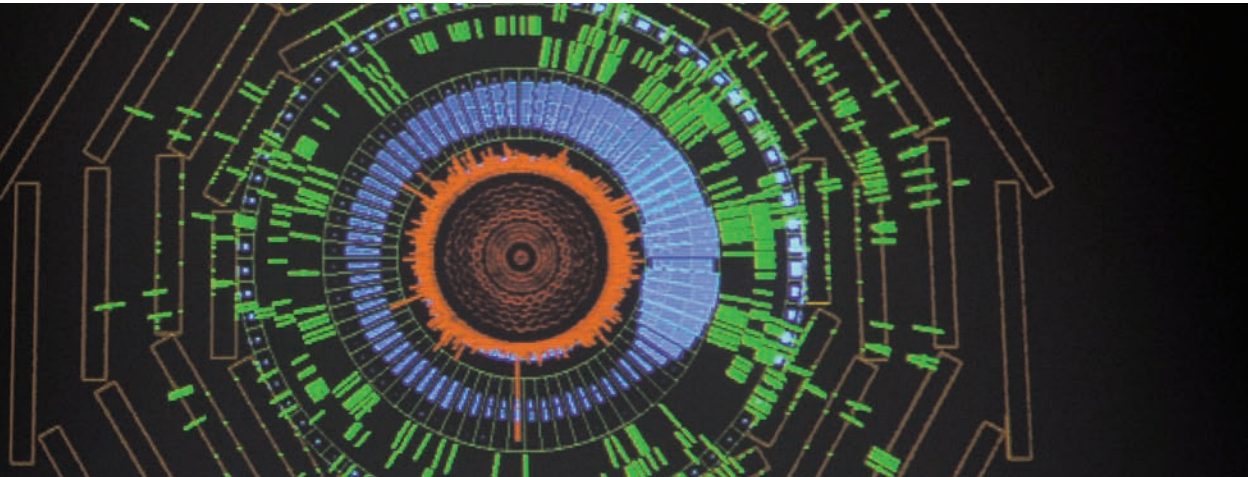
人类一直渴望以更细致的眼光进行观察。为了帮助我们认知这个世界，我们创建了一系列工具 —— 从动画照相机（左）到哈勃望远镜（上）。



一幅三维超声波图像显示了胎儿的全貌。



紧凑型 μ 介子螺线管（上）是大型强子对撞机粒子加速器的一部分，它记录亚原子颗粒的高能碰撞过程，并生成相关数据（下）。科学家希望借助这些数据来了解紧接在大爆炸之后存在的情况。



我们衡量世界的能力一度仅局限于我们与生俱来的 5 种感官。随后，我们开始想方设法地通过构建认识工具来增强我们对复杂系统的认知，并且从那以后，这些工具的数量、种类和先进程度一直在稳步增加。原子钟的研究之路可以追溯到几千年前 —— 从机械式手表到石英振荡器，再到发条钟表、钟摆、沙漏和日晷。而用于测定重量、化学成分、运动、速度、质量、环境和几乎其他任何明确现象的工具，也有着类似的发展路线。最早的温度计测量的是温度波动，而不是度数。2009 年，麻省理工学院哈佛中心超冷原子研究小组研制出可以测量绝对零度之上万亿分之一度的温度计。[231] 显微镜、听诊器和望远镜，使得我们可以更进一步地并且比以往更细致地观测体内和外界。

这方面的发展趋势不仅仅是更高的精度。其中还包括研制新型工具，以便我们能观测以前无法看到的行为和现象。过去的一个世纪给我们带来了无线电雷达、声纳、激光雷达、电子显微镜和电容式麦克风。过去的几十年中，我们看到了全球定位系统 (GPS)、射频识别 (RFID)、数字视频、芯片级陀螺仪、功能磁共振成像 (fMRI) 和 PET 扫描、平流层望远镜乃至高能粒子加速器。

IBM 的业务一直涉及观测领域，在 IBM 正式存在之前就是如此。1890 年，公司便利用赫尔曼•霍尔瑞斯的打卡制表技术来记录美国人口普查数据。[232] 1914 年，当老托马斯•沃森接手 C-T-R 时，其主要产品除打孔卡外，还有商业秤具和钟表，这些都是观测工具。[233] 随着这个世纪向前挺进，IBM 推出了一系列相关工具 —— 从铅涂卡测试计分器和磁条，直到通用产品代码（一种现在已无处不在的条形码，它催生了新的零售结算和库存跟踪

系统）和扫描隧道显微镜（其发明者，IBM 院士格尔德•宾宁和海因里希•罗勒，因此而在 1986 年荣获诺贝尔物理学奖）。[234]

从那时起，传感器便已渗透到我们的自然和人造系统中。GPS 芯片和加速度计从我们的手机中跟踪物体位置和运动。RFID 标签在我们的供应链、钥匙链和跑鞋中以及宠物身上做着同样的事情。机场有化学品嗅探器；警察局有数字视频监控系统；体育馆有生物识别设备。当前有几十家公司正在全球各地的多种位置（比如滑雪胜地、装配线、医院、高档宾馆、屠宰场和水库）大力部署这些传感器，IBM 只是其中之一。“传感器正变得更为先进，而制造和部署成本却越来越低”，IBM 研究院传感器解决方案领域的杰出工程师哈利•科拉尔 (Harry Kolar) 说。[235]“因此，它们正在迅速扩张，并且正在捕获大量数据。”

根据市场研究公司 iSuppli 提供的数据，2006 年大约交付了 1600 万部供手机使用的惯性传感器和磁传感器（比如加速度计和指南针）。[236] 3 年之后，出货量达到 4.36 亿部，增长了 27 倍。IC Insights 预计，到 2014 年，半导体传感器市场的产值将接近 60 亿美元。[237]

与此同时，截至 2010 年，数据捕获量每年以 60% 的速率增长。[238] 这些传感器在其中所起的作用不可小觑，但我们不要忘记互联网的影响，因为互联网鼓励每一个人用手机或键盘来提供数据。2010 年夏季，世界各地的人员每天在推特 (Twitter) 上发布近 6400 万个帖子，向 Facebook 上传 9000 多万幅照片，并且发送 500 亿条即时讯息。[239] 根据研究公司 IDC 提供的数据，在 2010 年，每年产生的数字信息总量首次超越千万亿兆字节的水平。010.[240] 这相当于从地球摞放到月球然后再从月球摞放到地球的 DVD 包含的所有信息。到 2020 年，我们将捕获 35 千万亿兆

字节的数据，这相当于从地球摆放到地球与火星中间位置的DVD所含的信息。

——

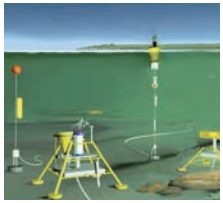
在所有这些数据中包含什么？包罗万象。我们正在以此前无法想象的细致程度观测外界。预定在2016年投入使用的大型巡天望远镜，每隔5天便会收集140万亿字节的新数据。[241]现有的最大望远镜项目需要用10年时间才能搜集这么多的天文数据——这个时间与检测某颗恒星的轨道摆动从而了解Gliese 581g的位置所花的时间大致相同（Gliese 581g的大气层和地表条件与地球类似，可以支持生命，因此被称为“Goldilocks星球”）。[242]“如果这种星球是罕见的，那么我们不应该这么快就在这么近的位置找到一个”，加州大学圣克鲁斯分校的天文学家史蒂文•沃格特(Steven Vogt)说。[243]“我们的银河系中可能有数百亿个这样的系统。”如果是这样，我们将很快就能以一周一颗的速度发现新的Goldilocks星球。与此同时，国家标准与技术研究所正在研制探测器，以测量在大爆炸之后的首个万亿万亿万亿分之一秒中发生的事情。[244]美国宇航局正在制作低成本的重量仅为2磅的皮卫星，以期向教育机构和非盈利机构打开太空研究之门。[245]

我们正在观测所有形式的环境。我们的智能手机已成为全球最大的无线传感器网络，可以监测交通流量、化学剂的分散以及从病毒感染到入侵物种的所有事物的扩散情况。无人驾驶飞机已飞入飓风的中心。[246]加利福尼亚州塔霍湖市一群10到12岁的学生设计了一个由太阳能供电的树梢式视频摄像机网络，将实时视频发送到由市民防火监测员值守的中央计算机。[247]明尼阿波利斯的35号洲际公路桥的新桥墩上安装了300多个传感器，它们负责监测混凝土强度、负荷分布、膨胀、收缩、腐蚀、温度甚至是异响。[248]荷兰公司Microflown Technologies研制出火

柴头大小的麦克风，它们可以测量单个空气粒子的运动、确定飞来的飞机是什么机型并且辨别人群中的个体声音。[249] 为了勘探地下石油，壳牌公司和惠普构建了一个有着数百万节点的传感器网络。[250] 英特尔和加州大学伯克利分校在旧金山市的清路机中安装了污染传感器，以收集各个街区的一氧化碳、臭氧和氮氧化物指标。[251] 为了加强生物安全保障和疾病跟踪，新西兰的牛和鹿现在已普遍使用 RFID 芯片标签。[252] 世界上许多最优质的葡萄酒厂已开始利用传感器网络来监测葡萄园的耗水情况，这正在改变他们长期持有的与植物缺水时的外观有关的成见。“我们正在努力改变人们的观念，让他们不再只相信自己的眼睛，因为他们的眼睛可能愚弄他们”，Fruition Sciences（加州一家刚起步的公司）创办人 Thibaut Scholasch 说。该公司已在整个纳帕峡谷安装了传感器。[253]

我们正在以可以与视频游戏相媲美的细致程度来观测我们的休闲活动。最新的迈凯轮一级方程式赛车借助传感器向检修加油站人员提供 300 个数据流，其中包含从驾驶员心率直到发动机压力的所有信息。[254] 科罗拉多州的韦尔度假村利用嵌入在缆车票中的 RFID 芯片来跟踪游客在 6 个美国度假村中滑雪时的总垂直距离。[255] 耐克允许拥有 iPod 的跑步者记录他们所跑的每一步和他们所消耗的每一卡路里热量。[256] 现在，美国职业棒球大联盟的所有场地都配备了 Sportvision 摄像系统。该系统可以在投球区和本垒之间的 60 个位置确定每一次投球的速度、反弹转向和旋转，从而为棒球迷和专业教练等人士提供了一个新视角。[257] 2008 年的北京夏季奥运会采用了 I-MOVIX 提供的超慢速运动视频系统，它可以用每秒 10,000 帧的速度即刻重放视频。这个速度比正常速度慢 400 倍，可以显示运动中在肉眼看来似乎流畅的抽搐和打嗝。该公司的口号是：“When the invisible comes to light”（当隐藏之物显露之时）。[258]

RFID 标签已变得非常小和非常便宜，足以用于记录我们世界中粒度级的运动。它们可以跟踪基础设施、生产效率和药品真实性，甚至对肉类食品进行从农场到餐桌的全程跟踪。



“智能港湾”是 IBM 和爱尔兰海洋研究所的一个合作项目，它位于一个海岸环境的恶劣程度居全球前列的地区中。该项目使用装满传感器的浮标来系统化地测量和收集该地区的数据。这些数据可能有助于减少污染、增加渔业储备和充分利用海洋优势。

我们正在监测危机。爱尔兰的海洋研究所和 IBM 携手在戈尔韦湾部署了装满传感器的浮标，以监测污染、风速、气温和水温、湿度以及波浪强度。[259] 美国联邦调查局正在设法通过足迹、掌形和步态来查明嫌疑人。[260] GE 正在研制当接触到不同化学物质时会改变颜色的传感器。[261] 这些传感器基于蝴蝶翅膀的纳米结构，它们或许有一天会附着在衣服上、放置在建筑物中或散布在某个地貌中。

我们还在观测人体内部。美国加州大学圣地亚哥分校的一位科学家将电化学生物传感器印刷在军人的衣服上，以便医生能从远程监测他们的血压和心率。[262] 石溪 (Stony Brook) 大学的研究人员利用纳米颗粒设计出一种传感器芯片，它可以通过“闻”患者的呼吸气息来检测其胆固醇水平，或确定患者是否患有糖尿病和肺癌。[263] 华盛顿大学的研究人员已研制出用于扫描食道的药丸式摄像机。[264] 借助一种德国产的微芯片，研究人员可以同时衡量 24 种可能的癌症治疗药物对患者自身肿瘤细胞的疗效。[265] 波士顿的 Beth Israel Deaconess 医疗中心正在利用飞利浦研制的混合单光子辐射计算机断层/X 射线成像系统来查明感染、骨折和肿瘤的位置。“我们有史以来第一次可以随 CT 获得的结构影像一起看到代谢功能的三维影像”，Beth Israel 的医师杰拉尔德•科劳德尼 (Gerald Kolodny) 告诉《*ScienceDaily*》（*科学日报*）。[266]“它们合在一起，使我们可以更精确地查找和确定疾病或外伤的程度。”

由苏黎世的 IBM 研究院研制的 IBM“芯片实验室”技术，可以在数分钟内测试心脏病发作者的血液。这预示着，医师将来可以通过这种测试来迅速确定最佳的治疗方案。[267] 它甚至可以检测流感、乳腺癌和前列腺癌，以及各种毒药和毒素的存在。DNA 晶体管可能拥有更为光明的前景。它让 DNA 分子以旋转方式通过硅芯片上大小为 1 纳米的孔中，从而有可能使每一个人都能以低廉费用迅速测定其基因组序列。[268]“没有什么东西像人类基因

组那样，有这么多”，该设备的共同发明人，纽约约克镇高地沃森研究中心的 IBM 功能基因组和系统生物学小组经理 Gustavo Stolovitzky 说。[269]

“如果我们能够研制出快速和廉价的定序器，那么便会发生一些在遗传医学领域令人感兴趣的事情”，Stolovitzky 说。“这是一个让我们的子孙后代拥有个性化医疗的想法。”

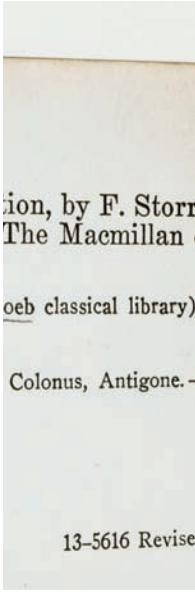
总之，这些工具正在揭示一个虽然一直存在但我们从来无法见识其全貌的领域。实际上，它们只是让我们看到了新的现实。科技爱好者喜欢将这称为“扩展现实”。“互联网之所以改变了许多事物，是因为它允许我们用共同的头脑思考。我们现在能够拥有集体头脑，并利用这种共同头脑进行思考”，在 2010 年“扩展现实”会议上，作家和游戏开发者杰西•谢尔 (Jesse Schell) 在其主题演讲“观察”中说，“扩展现实使得我们可以用共同的眼光去观察。”

• • •

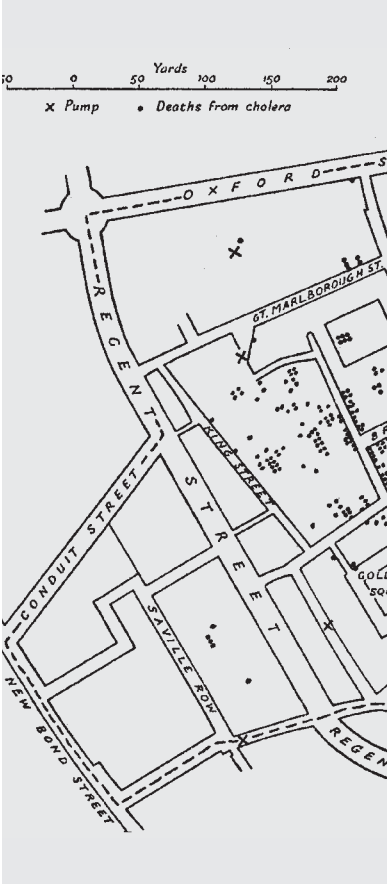
理

当托马斯•杰斐逊总统派遣梅里韦瑟•刘易斯 (Meriwether Lewis) 和威廉•克拉克 (William Clark)，要他们去完成历史上著名的从密西西比河到现在的俄勒冈州阿斯托里亚的测绘任务时，他们拥有自己的一套观测工具。这一年是 1804 年，根据刘易斯-克拉克曼丹堡基金会的说法，他们携带了用于记录地貌景象的暗箱、用于计时的精密时钟、用于天体导航的八分仪，以及蜡烛灯笼、六分仪、勘测链、圆周罗盘和指南针。[270] 今天，我们认为刘易斯、克拉克及其探险队并不是数据采集者。他们只是为了绘制通往西海岸的商业路线而踏上征途的探险家。

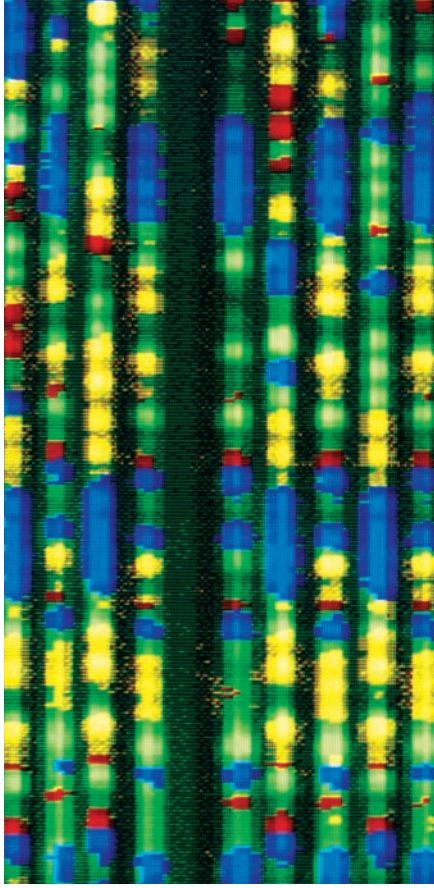
二者存在重要区别。数据和图谱是共生关系。没有数据，就没有图谱。没有图谱，数据的作用就会大打折扣。通过用图谱来组织信息，可以显示前后关联、周边情况、移动、我们到过的地方、我们知道的东西以及我们还有多少需要了解。它们可以促进进一步的研究和探索，为发展和发现提供指导，并且促进行动。



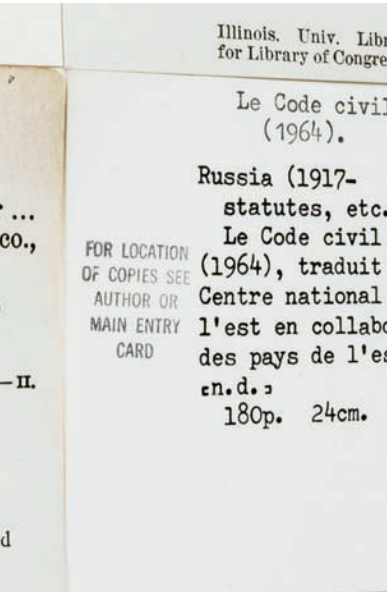
托勒密的世界地图让我们了解了地理形成知识。



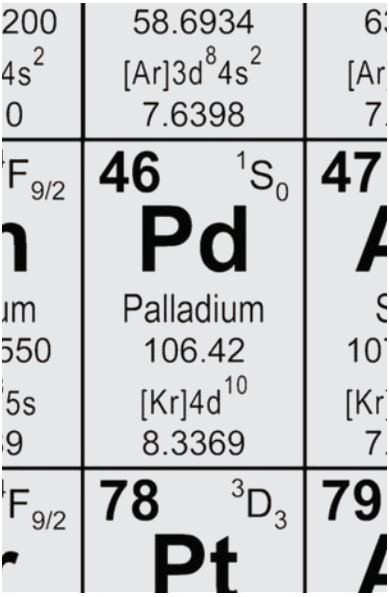
约翰•斯诺在 19 世纪将伦敦的一次霍乱疫情绘制成地图，并奠定了病菌学说的基础。



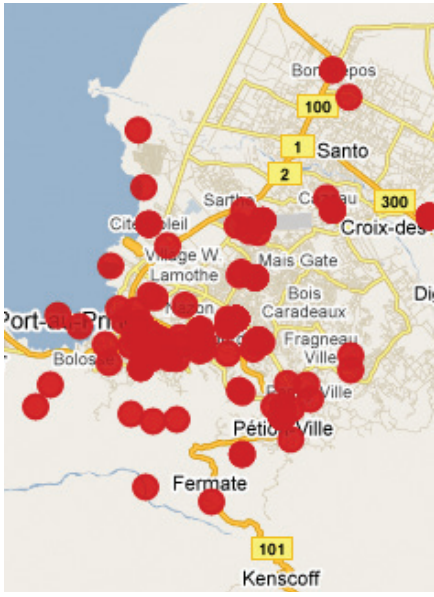
通过创建人类基因组图谱，我们或许能找到实现个性化医疗的钥匙。



杜威十进分类法奠定了图书馆科学的基础。



元素周期表描述了各种元素之间的关系，从而为整个化学学科奠定了基础。



在海地于 2010 年发生地震后，Ushahidi 整理短信并将信息标注在海地地图上，以精确指明受害者的被困位置。

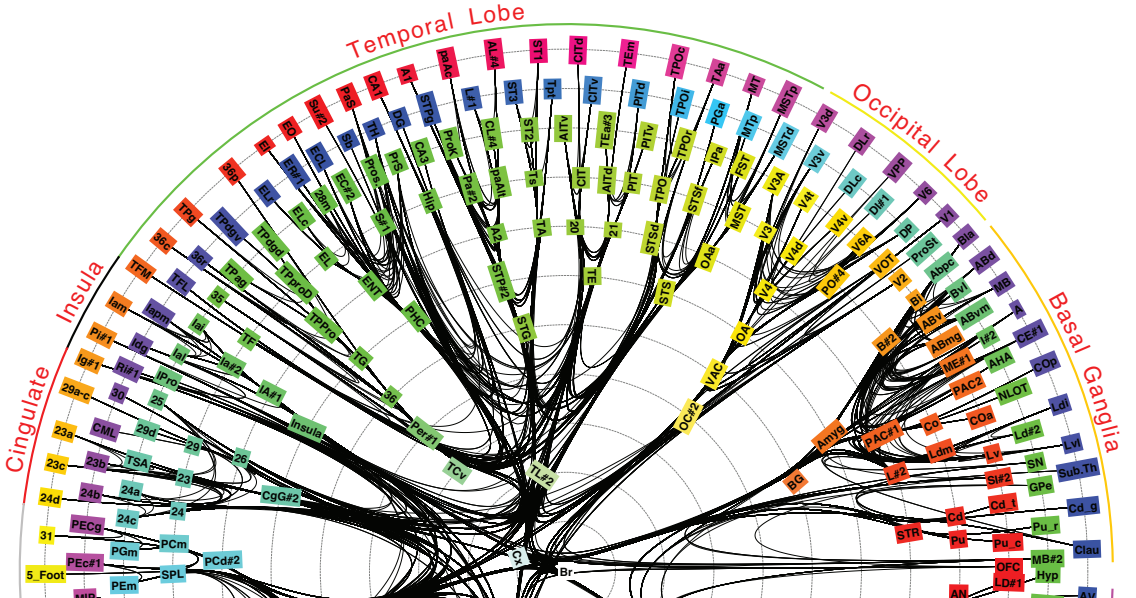
当听到*图谱*一词时，我们首先想到的是地理，或者可能是政治，但从广义上说，不论从色彩范围还是从艺术性来看，图谱都是一种表现关系和记录资源的手段。萨拉戈萨大学的考古学家小组近期在一个西班牙山洞中发现了可能是有史以来最古老的地图 — 一个泥盘，上面标明了河流、山峰、邻近洞穴、鹿和羊群。“我们无法确定泥盘上的标记有何用意，但它显然对那些在 13660 年前居住在这个洞穴中的人很重要”，研究人员 Pilar Utrilla 在伦敦*《Telegraph》（每日电讯报）中说*。[271] “也许它是为了记录在哪些区域有着丰富的蘑菇、鸟蛋或用于制作工具的燧石。”九千年以后，苏美尔人在创建世界上已知最古老的文明的过程中，把泥盘当做了早期的库存系统 — 苏美尔人用它们绘制定居点、星星、人口和贸易。

为了有用，任何图谱都必须有选择地呈现数据。在将“信号”与“噪声”分离开来的工作中，图谱绘制者需要确定重点和要省略的东西 — 这意味着所有图谱都有一个视角。每幅图谱都代表一种观点。古西班牙人在他们的早期地图中建议：在这个地方吃饭，在那个地方睡觉。十九世纪中叶，约翰•斯诺 (John Snow)（如今被尊为“流行病学之父”）在挨户走访并在一幅伦敦街区地图上标出了一次肆虐的霍乱疫情后，提出了地图制作史上最著名的观点之一。当斯诺发现，病例大都集中在宽街的一个水泵周围时，已有 10000 多名伦敦人死去。在他绘制出自己的结果之前，没有人看到这种病情发作格局。手持地图，城市官员关闭了该水泵并抑制了疫情。[272]

不是所有图谱都是为了认识可怕现象。历史上最重要的一些图谱是为了充分利用资源。杜威十进分类法和元素周期表都是知识性图谱，并且创建时间在斯诺开展其工作的前后，它们分别奠定了图书馆科学和化学的基础。纽约伊利铁路公司在十九世纪中叶创建的人力资源图谱，是这个领域最早的现代图谱之一。这是一个组织结构图，其中明确了上至董事会下至乘客的责任。它因为扭转了公司的命运、支撑了整个铁路行业并且奠定了现代商业的主旋律而广受赞誉。[273]

随后迎来了人口普查。恰当地说，IBM 的“看”和“理”是并肩而来的。要不是霍氏制表排序机（虽然这只是一种能清点卡片并将其排序的早期计算机），用穿孔卡表示的 1890 年美国人口普查数据本来会毫无价值。[274] 从那以后，公司在数据组织整理方面的兴趣有增无减。20 世纪上半叶，公司参与了为澳大利亚、瑞士等几十个国家进行人口普查设计和制表的工作。[275] 20 世纪 30 年代，IBM 与社会保障局携手整理了 2600 万份美国工人档案。[276] 20 世纪 60 年代，IBM 科学家创建了最精确的月球轨道图。[277] 当 Donald Chamberlin 和 Raymond Boyce 发明了结

生物图已从艺术性的解剖图（比如上图显示的这幅早期肌肉组织图）发展到非常详细的神经病学图。2010 年，IBM 研究人员绘制出猕猴大脑中 383 个不同区域的神经网络（下）。



构化查询语言 (SQL) 后，一个新的映射平台便诞生了。SQL 是大多数关系数据库的软件始作俑者，现在已成为世界上最普及和最强大的映射形式之一。在 SQL 诞生后不久，米奇•卡普尔 (Mitch Kapor) 创造了另一个映射平台，即 Lotus1-2-3，这是一个电子表格、图表和数据库套件。如今，IBM 在图谱方面的尝试仍在继续。去年夏天，印度德里和美国加州圣何塞的 IBM 研究人员合作，共同创建了被《*Popular Science*》（*大众科学*）称为“迄今看到的最复杂的神经系统图”，其中绘制了猕猴大脑中 383 个不同区域之间的神经网络连接。[278]

图谱在促进变革和构建社会方面发挥了重要作用。它们还一直是争夺的对象。地图赋予的权力是一种界定权，是一种人们纷纷争夺的权力。教皇亚历山大六世 (Pope Alexander VI) 在南美洲确定了西班牙和葡萄牙领土的分界线，由于严重偏袒他的祖国，即西班牙，从而造成巴西是当前唯一讲葡萄牙语的南美洲国家。因为边界线的划分位置问题，已引发过无数战争。其中包括在 1985 年，美国和英国就西北太平洋中的圣胡安群岛争端发动的所谓“猪之战”。当然，巴勒斯坦和以色列之间的持久冲突最终也与地图上的分界线有关。

我们知道，我们的地图可能从来谈不上完美。但我们也知道，一些框架、想法和地图确实比另一些好。有一些是如此之好，以至于改变了知识结构和历史进程。想一想当哥白尼的日心宇宙地图取代托勒密的地图（其中，地球被放在宇宙的中心）后发生的情况。或者想一想 IBM 于 50 年前为美国航空公司创建的订票系统 — 即“半自动商务研究环境 (SABRE)” — 所带来的

影响。从本质来看，这个系统其实是一幅非常棒的图谱。它如此之好，以至于成为现代空中旅行的根基。

在当前这样一个通过网络进行预订并用手机作为登机证的时代，很难想像在1960年之前，十几名员工几乎要花3个小时才能预订飞机上的一个座位。今天，一个空座位就能让人有意外惊喜之感。而在当时，由于记录保存问题，美国的航空公司的每六个座位中便会有一个空置。该航空公司可以了解座位存量，但无法迅速将它们与乘客要求对应起来，从而造成重复预订、退订后无记录和利润损失。作为该公司到当时为止最大的一个商业订单，IBM设计的Sabre将平均预订时间缩短至不足3秒，避免了数百万美元浪费，提升了该航空公司的客户服务信誉，并因为允许代理机构预订酒店、汽车租赁和转乘航班而增加了利润。[279]

Sabre首次提供了航班座位情况的实时对应图，从而提升了美国航空公司的盈利水平，并将乘客的订票时间从数小时缩短至数分钟。Sabre系统在1959年推出，它预示了基于Web的现代差旅预订时代的到来，并促生了后来的Travelocity公司。

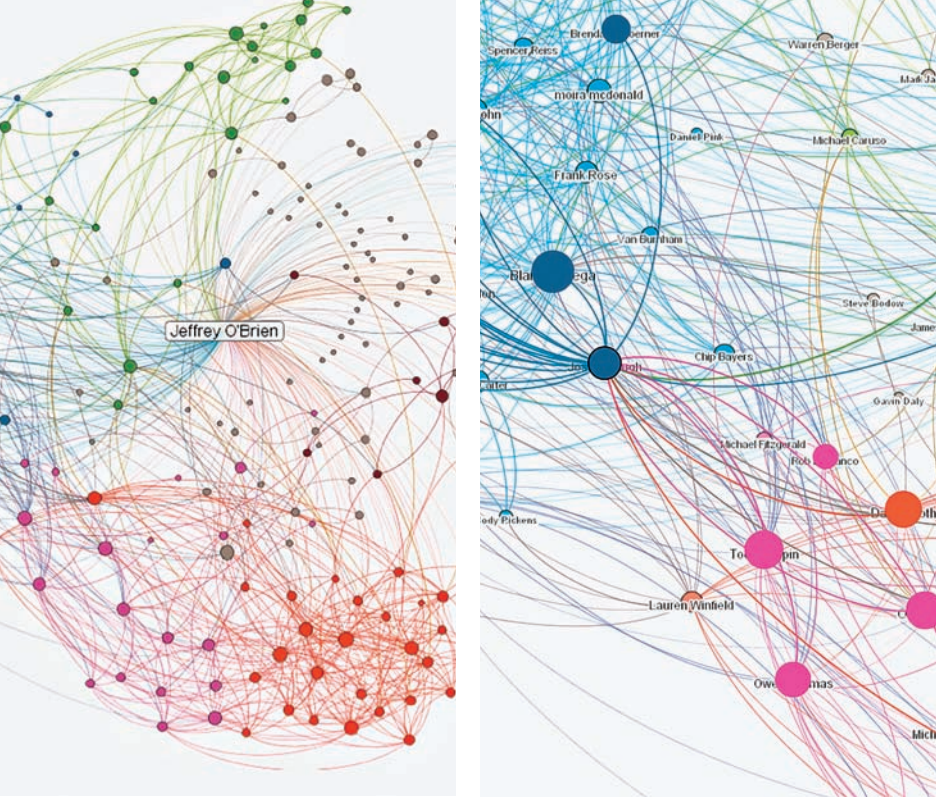
由61个城市的1100多个票务代理构成的网络将对与航班对应的纸卡插入基于打字机的控制台中。每个代理都可以查看1200个日间航班上所有座位在每一分钟的存量，并可以提前一年预订。归功于到当时为止为民用目的部署的最强大计算机，代理机构还可以为打来电话的客户保留座位，并且几乎可以避免重复订票问题。借助此系统，该航空公司开始了解到客户行为模式，可以按性别和旅行频率将乘客分类；同时还开始可以根据机票预售情况来更有效地安排航班和航线。座位空置率从16%骤降到7%，这相当于1350万美元的净利润。[280]到1964年，Sabre为美国航空公司节省了30%人工成本。[281]

该系统成为IBM为泛美、德尔塔、布兰尼夫、大陆、东北、东部、西部航空公司以及后来的环球和联合航空公司开发的类似系统的基础。1976年，Sabre被安装到旅行社办事处中，从而允

许独立代理机构购买机票。20 世纪 80年代，客户开始可以通过 CompuServe 和 GEnie 等在线系统访问此系统。1996 年，Sabre 促生了一家独立公司，后者推出了 Travelocity.com 网站，从而使公众可以直接享受到该系统的好处。[282]

如今，与借助更强大和更普及的计算机、更快的网络和无限制的数据实现的实时地图相比，早期的 Sabre 系统已显得非常古朴。20 世纪 90 年代中期诞生了由 GPS 生成的地图，比如 MapQuest 和谷歌地图，这意味着，人们再也不必问路。由于这些地图位于移动电话中，并且会不断更新交通流量和事故信息，因此我们迟到的经典借口也就不复存在了。2011 年初，荷兰导航公司 TomTom 推出了被其称为“世界上最大的交通记录数据库”。它涵盖整个欧洲和美国的道路网络，并且包含从实际的汽车运动搜集的 3 万亿多个测量数据（并且每天都会新增 35 亿多个），这样一来，便可以快速分析任何道路在过去某一天中任何时段的交通时间和速度。[283] 鞋子和服装零售商 Zappos.com 将每一个正在处理的订单（包括款式信息和目的地）标示到一幅公众可访问的地图上。[284] Breathing Earth 网站记录出生和死亡率，并跟踪实时人口，此外还不断更新全球的二氧化碳排放量（在写最后一句话期间，约为 10 吨）。[285]

互联网还大大增强了每一个人获得、诠释和描述原始数据的能力。维基百科拥有用 273 种语言撰写的 1000 多万篇文章，它可能被看成一个简单的内容存储库，但其相互链接的有组织的在线专业知识目录，实际上是目前所创建的最成功的新型开源图谱之一，其数量远远超过其数据输入的总和。[286] 危机地图网站 Ushahidi 允许任何人收集并通过短信、电子邮件、语音邮件或推特 (Twitter) 来绘制数据。在海地于 2010 年发生灾难性地震后，Ushahidi 提供了与基础设施损坏、安全威胁、火灾、倒塌桥梁、受害者被困事件和现有服务有关并且带有背景的信息（以及其他许多内容），从



当今的图谱具有动态性和合作性，并且往往只需单击几下鼠标便能创建。例如，LinkedIn 图谱用图形化方式描述用户专业组织中的关系（左），从而揭示在单纯的名录中不易察觉的模式。

而为救援人员提供了一个了解灾难的窗口。这个窗口是任何军用直升机或新闻工作者都无法比拟的。[287]“实时地图提供了在军事上被称为‘态势感知’的新认知水平”，Ushahidi 的危机地图和新媒体主管帕特里克•迈尔 (Patrick Meier) 说。“现在任何人都可以说，‘我在这儿，这是我看到的，这是我的故事’，这是对世界上正在发生事情的实时描述。他们说，笔头比刀剑强大。而现在，图谱可能比笔头还强大。”[288]

只需单击几下鼠标，任何用户便可以在社交网站 LinkedIn 上为自己的专业组织创建图谱，从而揭示在单纯的名录中无法察觉的模式。利用美国几十个城市中数百万爱好美食和喜欢泡酒吧者的意见，总部位于旧金山的新公司 Yelp 提供包含最新信息的地图，其中包含人群对各种事情 — 从医师和管道工到餐厅和酒店 — 的评论。比如，可以到这个地方吃饭，可以到那个地方睡觉。去年，纽约市的信息技术和电信部 (DoITT) 推出了基于 Web 的 NYCityMap，其中显示了从基础设施质量到经济刺激拨款部署的各种信息。“你可以查看建筑的修建年份、

总面积和任何违规信息[甚至是]餐厅检查方面的信息”，DoITT的外事主管 Nicholas Sbordone 对《*Government Technology*》（*政府技术杂志*）说。[289]“有许多事情你只需查看特定位置的信息便可以完成。”

2007 年，IBM 创建了自己的开放映射平台。基于 Web 的研究项目 Many Eyes 为大众提供了直观的数据可视化工具。它吸引了各种希望深入认识私有和公共数据等（并希望提出自己观点）的人群，包括一个热衷于研究《新约》中人物关系的圣经爱好者群体。他们已经描绘出各个专有姓名之间的联系，这实际上创建了一个关于圣经的社会网络。这是一个完美示例，它说明，通过将易获得的数据和协作环境结合起来，可以鼓励人们以新眼光认识他们所关注的事物。“当数据可视化工具允许人们探索时，它就会表现出自己的生命力”，IBM 研究院经理 Joan DiMicco 说。他在位于马萨诸塞州剑桥的视觉传媒实验室开展 Many Eyes 项目。“人们将它当作一种个人表达手段。”[290]

2010 年 11 月，《*New York Times*》（*纽约时报*）在一篇文章中阐述了人文研究者当中的一种趋势，即，他们越来越多地利用这类工具来进行分析。比如，用这类工具来制作美国内战战场的数字化地图，以希望解释地形和胜利之间的关系；或者剖析音乐协作对爵士乐多人即兴演奏的影响。美国国家人文科学捐赠基金会的数字主管 Brett Bobley 告诉*纽约时报*，大量数据和易用的映射工具将为人文科学做它们已为硬科学所做的事情。[291]“技术不只是使天文学、生物学和物理学研究更有效率”，他说。“它还使得科学家可以从事此前根本无法从事的研究。”乔治梅森大学历史和新媒体中心的常务董事 Tom Scheinfeldt 补充说，人文科学研究已进入“一个后理论时代”或“类似于 19 世纪末和 20 世纪初的‘方法论时刻’，当时，学者们忙于整理因为通讯、交通运输和科学领域的革命所带来的庞大信息并将它们编目。”

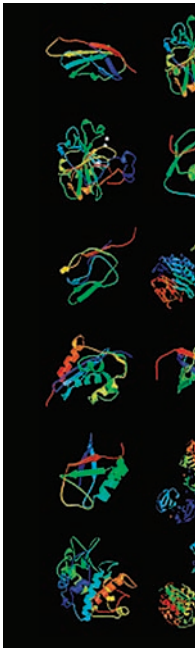
没有哪一门学科比基因组学更为受益于我们搜集数据和绘制地图的能力。1990年，当美国能源部和国家卫生研究所启动人类基因组项目时，它们宣布了若干正式目标，包括确定人类 DNA 中的所有基因（约 25000 个）、测定其 30 亿个化学碱基对的序列并将相关信息存储到数据库中。[292] 当然，其真正的目标 — 这也是克雷格•文特尔 (Craig Venter) 和 Celera Genomics 加入基因组测序竞赛的原因 — 显得既宏伟，同时也更具机会主义。一方面，通过破译基因组，可以了解哪些人易罹患某些疾病和痛苦，并开创个性化医疗的新时代。另一方面，基于遗传学的医疗保健还可以开辟全新的产业，并创造数十亿美元的利润。

“第一步是合成基因组，这个过程用了近 15 年时间。我们的发现之一是，DNA 确实是生命的软件”，文特尔在 2009 年 6 月的加州大学旧金山分校海伦迪勒家庭综合癌症中心的开幕式上说。“另一个是，均一化的做法绝对没有任何意义。为大量人群提供的相同药品，只会对其中的少部分人奏效，这种做法必须改变。唯一的限制是，我们对基因组的解读方式知之甚少。拥有一个或两个副本，并不会给我们带来新的知识。这只会为我们提供获取知识的基础。毫不夸张地说，在不久的将来，我们将需要研究数万个基因组。我们将被信息的海洋淹没。其挑战将是，如何将信息转化成认识。”

• • •

悟

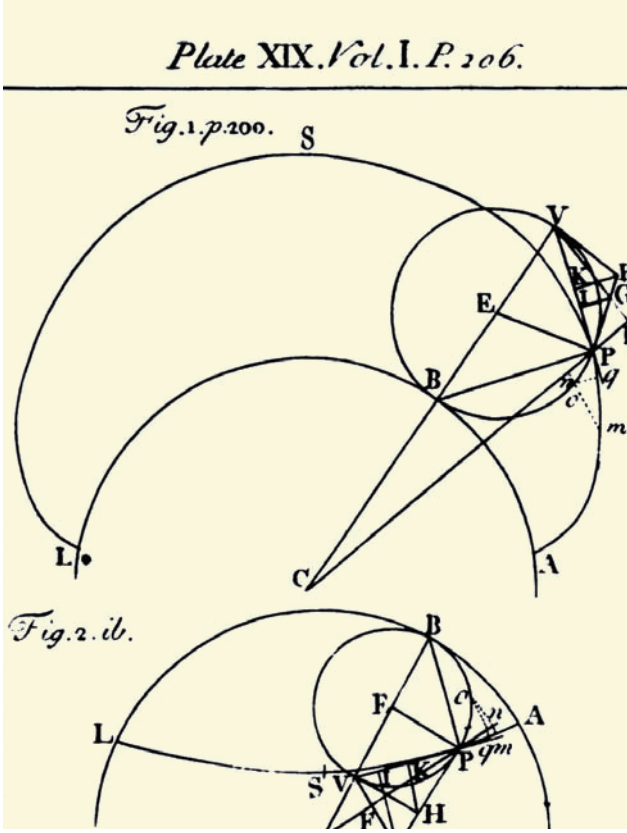
数据反映行为。图谱提供前后关联。“看”和“理”相结合，可以获得对事物、位置、时间甚至方式的适当认识。正如文特尔所言，“将信息转化成认识”，是一个弄清楚为什么的过程。这个过程遵循从原因到结果的逻辑链。这种追求动辄便会耗费一生的精力。它是整个科学界的驻扎之地。它有着不近情理的要求。但如果没有它，便无法实现可持续和可复制的进步。



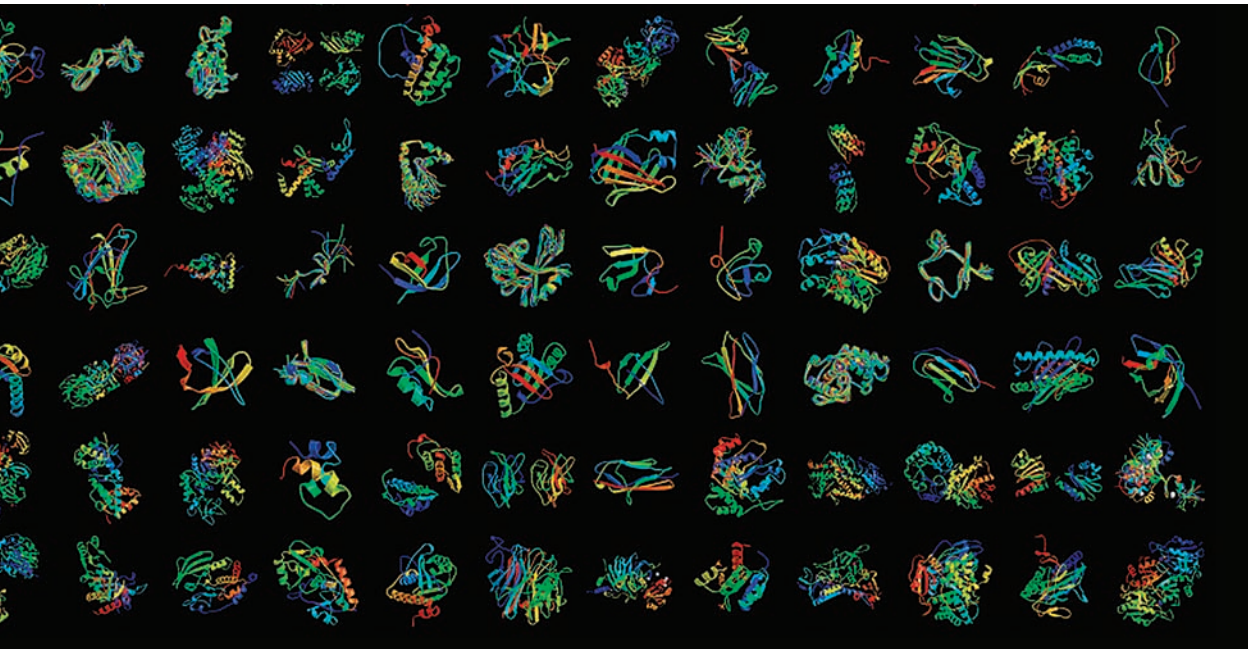
在运用 SMUBA 的过程中，有明显的捷径可走。在高速公路上变道时，我们需要瞥一眼车后面的路况。即使在与复杂系统打交道时，零星的数据也可能引发行动。自来水总管道破裂后，会淹没街道并危及整个街区，因此，系统化改进的第一步是修复管道。有时，只需少量的背景信息即可让人们想出对策。斯诺的霍乱疫情图给出了显而易见的应急之策：关闭水泵。但为了实现可持续的改进，则需要更深入地了解一个体系的运转方式。

斯诺认为其图揭示的事实是，被下水道污染的自来水是霍乱爆发的根源，因此他将此地图作为其与疾病传播（在此处是通过自来水中的微生物传

任何模型都是为了试图了解复杂行为。实物模型，比如由莱特兄弟试验的这架早期的滑翔机，具有非常宝贵的价值，但也可能极其昂贵，并且往往伴随着巨大风险。



微分方程（比如在牛顿定律中阐明的那些微分方程）可以通过确定关系和解析未来状态来消除风险，但它们只是我们的数学知识。



借助巨大的处理能力，研究人员现在可以通过模拟为复杂行为反复建立模型，并从此前绝无可能的层面确定可能的结果。上图的蛋白质折叠模拟是在美国国家能源研究科学计算中心的超级计算机上执行的，它显示了 156 种不同蛋白质的折叠模式。

播）有关的新生理论的证据。市府官员在自来水井周围看到了同样的疫情模式，但他们认为，这证明疾病是通过瘴气（有毒空气）传播的。他们基于错误的认识采取了正确的行动，因为他们并不明白其中的原因。当然，斯诺并没有放弃自己的主张。他继续怀疑瘴气论以及亚里士多德的自然发生说，他的见解成为病菌学说的基础。如今，虽然人们只是因为霍乱疫情图而记住了他，但他在历史上的真正地位却是“流行病学之父”。这个故事说明，一幅优秀地图的作用可以有多大，哪怕它并没有诠释太多东西。斯诺的图阻止了一种疾病，并很可能挽救了数千人的生命。但作为“悟”的结果，斯诺的病菌学说奠定了现代医学的基石，并无疑改善和拯救了数十亿人的生命。

现在我们来看看，在过去一百年中，这种“悟”的过程是如何促生若干重要创新和产业的，并探讨一下新技术工具是如何加快这个过程的。

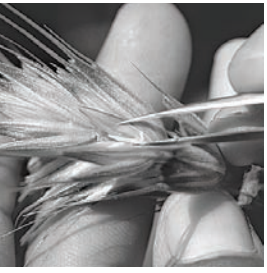
2009年，美国遗传学家诺曼•博洛格死于淋巴癌，享年95岁。生前，他曾获得诺贝尔和平奖、总统自由勋章、国会金质勋章、国家科学勋章和其他众多荣誉。他研究高产小麦新品种的工作使他赢得了“绿色革命之父”的尊称，有人估计，他的贡献挽救了数百万人的生命，并节省了数十亿英亩的农田。[293] 即使死后，博洛格也仍然因倡导非有机肥料而备受争议。尽管如此，他的贡献仍是有史以来最伟大的科学成就之一，因此，了解一下他按照因果链来改变我们所熟知的农业的历程，无疑将是有益的。

1944年，博洛格在墨西哥加入了洛克菲勒基金会的小麦合作研究和生产计划，当时，各种灾祸正在摧毁全球的小麦作物。中国、印度和巴基斯坦正处于大规模饥荒的边缘。在博洛格到来之前的5年中，墨西哥曾遭遇3种大规模的小麦茎锈病。人们越来越担心，大规模饥荒将夺去数亿人的生命，并且印度将无法自给

自足。在短短 30 年中，印度和巴基斯坦便实现了自给自足，这在很大程度上要归功于博洛格的贡献。到 2001 年，印度的小麦产量已增长 4 倍以上，达到 7500 万吨。巴基斯坦也看到类似效益，其产量从 450 万吨增加到 2200 万吨。孟加拉国、土耳其、墨西哥和津巴布韦的小麦产量都提高了 2 到 4 倍。[294]

简单地说，博洛格就是近代的孟德尔。孟德尔在 19 世纪末开创了现代遗传学，他对豌豆植株进行杂交，并希望借此来了解其特征有时为何会隔代遗传。这次不是豌豆，博洛格将一种高而细的小麦植株与日本的矮杆品种进行杂交，从而获得了一种更小、更为健壮的品种。这个品种可以更好地吸收肥料和抵抗锈病，并且所有这些都是在植株不会因为粒重增加而倒地的情况下实现的。这是一项非常艰苦的工作。他成天在田地里用镊子去除植株的雄性花蕊，以防它们自己授粉。他将植株的头部包好，以防它们通过空气授粉，然后对植株进行人工授粉。他不断重新栽培种子及其后代，直到植株的父代特征开始显现（这通常要到第 4 代或第 5 代）。每一次他都会测量和记录植株的高度和重量、茎部尺寸、麦粒量、开花成熟期、收获期、产量、颜色、种子饱满度和一系列的其他变量，比如叶片形状、高度和曲率等。[295]“这是一项极其复杂的运筹工作，而他在计算机时代还未到来之前就在做所有这一切”，《Borlaug》（博洛格）传记的作者，美国国家科学院前资深项目官员 Noel Vietmeyer 说。[296]“他每季会栽培数百万个植株，如果发现它们不符合他试图实现的特征组合，他便会将它们拔掉。”

为了增加数据量，博洛格开创了一种新方法（他称之为“穿梭育种”），即，每个生长季节在 2 个不同位置播种两代植株。一个位置在墨西哥城附近，海拔达到近 7000 英尺；另一位置在西北部，海拔接近海平面。[297] 博洛格用这种方法培育出的新植株



“绿色革命之父”诺曼•博洛格将其观察结果绘制成图，以期培育一种更为健壮的小麦品种。为了培育一种新的矮杆小麦品种，他用镊子去除植株的雄性花蕊。

除了将产量提高一倍之外，还有一个意外收获：它既适合在高海拔下靠雨水灌溉的低肥力土壤，同时也适合靠近海平面的具有良好灌溉条件的高肥力土壤。他将新品种从一个地方带到另一个地方，让它们经受不同昼长和疾病（茎锈和叶锈病）的考验，以增强植株在世界各地的可种植性。单是运送问题便令人望而生畏。“刚开始时，那里几乎没有任何道路。他必须奔波 1000 英里，并且只能用 1 个月的时间完成一个地方的收割，将种子包好，进行清洗以及杀菌和干燥处理，然后赶赴下一个地方，趁季节尚未结束时栽培它们”，Vietmeyer 说。“这是一项令人感到无法承受的工作。”

博洛格还遇到他自己造成的麻烦。由于生活在数字时代还未到来的年代，他只能将统计数据记录在一个三孔活页夹中。在季节结束时的一天，他和同事稍事休息去吃午饭。“他们把笔记本放在一堆玉米叶上，谁知此后起了一场沙尘暴，将笔记本吹到了空中”，Vietmeyer 说。“其中的纸张被吹得不知去向，而这是他们一年的工作成果。事后，博洛格开始使用带有金属螺钉夹的大笔记本。”

博洛格决意弄清楚哪些因素会影响植株的存活力和产量，很显然，一部笔记本电脑和一款电子表格软件，本可以为这种追求提供莫大帮助。一幅小麦基因组图谱也本可以让他的工作与基因层面发生关系。但这些工具却姗姗来迟。“他甚至不知道 DNA。DNA 直到 1953 年才被发现。在知道有这种双螺旋结构之前，他已经耕耘了 16 个播收周期”，Vietmeyer 说。“他单凭观察来从事研究。他不知道什么是基因，它们在什么位置，并且它们能遗传，这些都完全超出了他的想象范围。”

今天的植物育种者则不必猜想。过去十年中，我们已经测定了许多作物的基因组序列，包括葡萄、水稻、小麦、大豆和油菜籽。去年秋天，在 IBM 和多个学术和政府合作伙伴的协助下从事

2 年的测序工作之后，甜食制造商 Mars Incorporated 向社会公布了可可树的基因组。Mars 植物科学和外部研究部的全球参谋官 Shapiro. Howard-Yana 最早向 IBM 求助，并表明希望通过测定可可树（其果实，即可可豆，是生产巧克力的原料）的基因组来提升产量，并避免它们遭遇病害。[298]

不起眼的可可树，似乎被农业革命忽略了。过去 20 多年来，可可豆的总产量翻了一番，但这只是通过夷平大片热带森林从而增加种植面积来实现的。与此同时，可可作物每年因为病害和干旱而发生 6 亿多美元的经济损失。而当前在全球可可总产量中占 70% 的西非地区，被认为是极易遭受真菌袭击的高危地区。20 世纪 80 年代，这种袭击曾使巴西作物遭受重创。[299] 如果这成为现实，我们可能要面临一个不再有巧克力存在的世界。

Mars 对拆除这颗“定时炸弹”表现出明显兴趣。因此，Shapiro 决定以博洛格为榜样。他不只是对如何增强可可树的抗病能力感兴趣。他还希望设法培育出一种新品种的可可树。这种可可树能结出更优质的果实，能适应气候变化，并且为全球可可种植者的经济利益着想，还能提高产量。唯一的问题是，当前没有时间来理清可可树、最重要的生长条件和人类口味之间的关系。博洛格当时无法借助现今才有的技术，但他也足够幸运，因为他研究的是一种生长很快的作物。可可树长得像蜗牛爬一样慢。用传统方式培育一个新品种，至少需要 10 年时间。

Shapiro 知道，通过绘制出可可树基因组的 4.15 亿个组成碱基对并向科学界公开，将可以加快认识过程，从而缩短培育周期。他估计，通过从实验室着手这项工作，可以将培育新品种的时间缩短到 3 年以内。但他首先需要帮助创建基因组图谱。

Shapiro 拜访了 IBM 的阿尔马登研究设施，在那里与 IBM 研究员同时也是副总裁马克•迪恩进行了会晤。“这是我有生以来进行的最富启发性的谈话之一”，Shapiro 回忆说。“我说，‘我

Mars Incorporated 的 Shapiro. Howard-Yana 正在使用可可树基因组图谱培育一种可抗病的高产可可树，并且希望生产出口感更佳的巧克力。

们需要贵公司的计算生物学和模式识别软件。IBM是世界上最好的'。他看着我，并立即答道：'没错。'

迪恩承认，这个项目的重要性不仅体现在它的文化和经济意义上，而且这还将是一个学习机遇。"可可树是一种非常娇嫩的作物。它很难收获，并且需要近乎完美的生长条件。我们的目标是，确定哪些序列会影响产量、抗旱性等等，并找到足以使植株变得更为可持续的信息"，迪恩在这个项目公布后不久这样告诉我。[300]"我们希望找到对若干病害具有更高抵抗性的变种。为什么这个变种具有抵抗性，而另一个却没有？此外还有证据表明，可可中的类黄酮具有一定的健康效益。我们希望找出其中的原因。并且我非常希望找到一个能在赤道地区之外生长的变种。如果能在佛罗里达州种植可可，那就太美妙了。"

随着IBM的到位，Shapiro召集了一个由全球最好的植物科学家、分子生物学家、遗传学家和计算机科学家构成的团队。团队成员分别来自Mars、美国农业部农业研究服务中心、克莱姆森大学、印地安那大学、华盛顿州立大学、加州大学戴维斯分校、美国基因组资源中心、PIPRA、HudsonAlpha研究所和罗氏制药公司。这个"不同寻常的合作团体"（按照Shapiro的说法）在2008年6月宣布了项目，并且目标是，用5年时间测定可可树的基因组序列。到2010年9月，他们便完成了工作，比预定时间提前了3年。随即到了困难部分。"测序很重要，但分析基因的职能也同样重要"，迪恩说。这种分析可能具有不只是限于可可树的重大价值。比如，对生长条件有着同样苛刻要求的菠萝，可能也会受益。对制药业和金融业来说，也是如此。"计算方法总会有许多共同点"，迪恩说。

Shapiro所思考的附加效益远远超越了行业或更美味的糖块。他从可可树基因组图谱上看到改善全球可可种植者生活品质的希

望。“我们已找到那些决定抗病害能力、脂肪含量、口感特征、养分利用效率和树木结构的基因，我们正在着手了解它们的相互作用。这完全是一个将科学转换成行动的过程”，他说。“试想一下，如果数量仅为当前总数量三分之一的树木能将当前总产量提升 3 倍，情况将会如何。我们将可以占用更少的土地，并且使相关地区实现作物多样化。对社会负责和对环境无害的可可生产模型，可能有助于稳定西非和东亚的农村经济。这将是一场真正的绿色革命。”

——

如果说图谱是描述关系，那么“悟”就是解析这些关系。这种任务基本上是科研人员的“专利”。自从资本拥有诞生以来，所有公司便渴望更好地了解自己的客户，并且近年来形成了提供这方面帮助的完整产业，包括客户关系管理、商业情报、业务流程管理和在线分析处理。世界上某些最大的科技公司，包括惠普、甲骨文、SAP 和 SAS，都在这个领域拥有重大利益。在线广告甚至网络搜索归根结底也是连接客户和数据，因此，谷歌、微软和雅虎也必须包括在内。当然，IBM 在这个领域也拥有良好的形象。IBM 认为，数据分析将是未来的潮流，过去 10 年中，它一直在展示自己的这种信仰 — 先后斥资 120 亿美元收购了数据分析领域的专业公司，包括 Cognos、Coremetrics、ILOG、Maximo、MRO Software、Netezza、SPSS 和 Unica。

上述每一个公司都在不同的小生境中经营，但或许有点令人吃惊的是，它们都与一家叫 Fingerhut 的公司有某种渊源，后者是 20 世纪 80 年代末和 90 年代初的互联网目录热潮之前的一家公司。“那是开始。Fingerhut 擅长数据库营销法。他们说，‘如果我拥有所有历史数据，那么我是否可以结合它来建立一个模型，

从而预测下一次谁可能购买东西，并且购买什么？’”，IBM 沃森研究中心的分析研究主管 Chidanand Apte 说。[301] Fingerhut 开始分割其数据库并将定制的目录版本邮寄给 25 个类别的客户。经过进一步探索，该目录商开始看到从购物习惯到信誉的联系，并最终成功地将这些认识运用到风险评估工具和信用卡业务中。（联邦百货公司最终用 17 亿美元的现金和债务收购了该目录公司，这在很大程度上是因为其数据库营销业务的优势。[302]）

Fingerhut 通过挖掘数据来预测未来行为的做法几乎前无古人。行销者一直利用道听途说的信息来说服客户购买更多的东西。但该目录商是最早用店主的直觉来衡量数百万顾客心思的公司之一。现在，所有行业的公司都通过模拟客户行为来作出实时预测。亚马逊网站根据过去购物情况来推介商品的做法，是它与其他早期电子零售商的一个区别。（如果购物者喜欢 Coldplay 的《*Viva La Vida*》，那么亚马逊可能会推荐 Stieg Larsson 的《*The Girl with the Dragon Tattoo*》。）每当客户搜索航班时，微软的搜索引擎 Bing（必应）都会分析数以百万计的路线，并预测票价上涨的可能性。[303] 交友网站 eHarmony 通过审视 3300 万用户的品味和交流习惯来查找具有相容爱恋观的人，并自称，仅在美国，每天就有 500 多对新婚夫妇源于其撮合。[304] 东京 Musashino 红十字会医院分析了 400 多项重要的肝炎特征，并识别了 100 多种感染模式。通过将患者划分到适当的组群，该医院可以更好地推荐个性化药物治疗，并已经将根除率从 50% 提高到 77%。Netflix 预测其 1600 多万客户中，每一位客户将如何通过五星标准来评价 10 万部电影。[305] 音乐网站 Pandora 通过审视数十万首歌曲的 400 个音乐属性，并按照数百万条用户反馈来匹配它们，从而以动态方式为 8000 万用户打造定制的在线广播电台。[306] Zillow 研究了 6000 万例房地产交易，并据此来确定某幢

房屋的市场价值。Zestimates 的准确性存在很大差异，因此在经纪人和估价人群体中引发了一定争议 —— 这反映了与改变现状有关的任务艰巨性和新思想的威力。“这一直都是一个不透明的市场，我们正试图揭下其面纱，并了解和预测其走向”，Zillow 的联合创始人和执行主席理查德•巴顿说。[307] “如果 Zillow 能够解释市场为何会遵循其自己的轨迹，我们便可以为买房者和卖房者创造新价值。”

建立模型不只是为了了解消费者的期望。如果有足够的处理能力，它还可以告诉企业该如何构建更好的产品和流程。固特异轮胎橡胶公司在 2004 年首次模拟并以虚拟化方式测试了不同车型，根据美国科技委员会的一份近期报告，这使得“一批新轮胎获得了创纪录的利润”。铝制品制造商 Alcoa 以虚拟化方式重新设计了饮料罐以及汽车、航空航天和建筑行业的各种部件。高尔夫球杆制造商 Ping 采用由劳伦斯利弗莫尔国家实验室设计的预测模型，将设计周期从 24 个月缩短到 8 个月，同时产量提高了 4 倍。[308] 2009 年，IBM 开始与马耳他岛合作，以部署世界上第一个全国性的智能供能和供水网络。智能量表为客户提供接近实时的能耗和用水量数据，从而减轻抄表工作量，同时可通过帮助确定泄漏位置来减少浪费。但该国的能源和供水公用事业还希望借助智能量表来更好地了解天气模式、游客流量和总体需求之间的联系。为用电用水高峰做好准备，总比被动地作出响应合算。在一个所有能源都源自进口化石燃料，并且一半用水都靠能源密集型的海水淡化设施供应的岛国上，这一点尤其重要。

预测模型还正在成为预测破损的强大工具。全球制造商每年要在质保服务方面花费数百亿美元。[309] 如果知道产品何时和如何发生故障，将不仅能节省金钱，而且还可以改善工作人员和客户的安全水平。田纳西州一家名为 Vextec 的新公司正在试图做这样的事情。

在由国防高级研究计划局部分出资的情况下，Vextec利用一个涵盖全球已知金属、陶瓷、复合材料和塑料的数据库，研究出一种通过了解机器零件的构成材质的行为，来预测机器零件的耐用性、性能和生命周期成本的方法。从美国海军一直到医疗设备制造商，该公司为一系列客户工作。它通过模拟涡轮机叶片、汽车车轴和其他机器部件的工作来揭示各种金属在不同应力水平下的行为方式。“所有行业都面临一个问题，即，产品走下装配线时都没有问题，但它们会过早发生故障”，该公司的首席执行官和共同创办人洛伦•纳赛尔 (Loren Nasser) 说。[310] “产品研发始终是一个不断摸索的过程。产品故障会导致负面舆论、质保成本和召回成本，并且损害消费者的信心。这正是我们试图改变的东西。”

经过多年发展，CAD 软件已使得在个人电脑上模拟产品使用情况成为可能。但对于某个制造商在一年之中生产的250,000只网球拍，Vextec 不只是以虚拟化方式模拟了将球拍挥舞250,000下的过程，它还将球拍分解成2.5亿个颗粒，并模拟每个球拍中的每一个颗粒上的应力。该公司专有的核心模拟算法是用Fortran（IBM在20世纪50年代开发的一种经典编程语言）编写的，其原因正如Vextec副总裁Frank Priscaro所说，“没有哪一种语言的数学处理方式赶得上它，早期的IBM人都知道这一点。”[311]

Vextec的业务基于一个资料库，归功于计算处理技术（比如云计算）的近期发展，该资料库实现了数字化。这些信息与客户的使用情况数据结合到一起，已开始提供新的洞察力。“随着制造商从传感器、统计分析和使用情况报告收集到有关其产品的更多数据，我们的软件将赋予它们一种利用这些数据的方式”，Priscaro说。“如果你知道某个零部件即将出问题，那么你便可以采取措施将影响减至最低。因此，像航空公司维修之类

的工作将会高效得多，因为他们不必猜测零部件还可以坚持多长时间，或者过早将它们报废。他们将确切知道这些。”

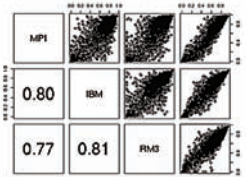
Alcoa、亚马逊、eHarmony、固特异、Netflix、Vextec、Zillow，这些公司似乎并没有很多共同点。但在后台，它们和数以千计其他创业公司一样，都在尝试做同样的事情，即，了解那些曾被认为是“无法预测行为”的东西。通过收集、整理和分析复杂系统产生的数据，它们正在一直被认为是“混沌世界”的领域中理清各种因果关系，寻找合理性并探究原因。

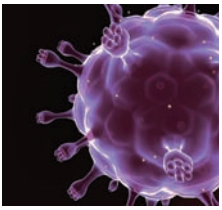
——

没有哪一个体系的被误解程度和与人类福祉的关联程度能超过人体。IBM 与上述许多公司合作，并参与了从局部天气直到核储备的各种模拟工作。但公司最令人感兴趣的建模工作与试图了解我们身体内部发生的事情有关。这方面的工作显然有益于人类福祉，但它肯定还会在许多相互依存的体系 — 从农业到零售乃至医疗 — 中产生连锁效应。

在为 3300 万 HIV/AIDS 感染者提供的治疗方法中，可以说一半是猜测，一半是科学。为了控制症状，需要使用 3 种或更多种抗逆转录病毒药物，这些药物被统称为“药物鸡尾酒”。但药物的配方需要根据患者的病情、生理和对某些化学药物的接受性来确定。直到最近，还只能通过 2 种常见方法来预卜最有效的“鸡尾酒”。一种是表型试验，即，对血液样本执行体外试验，以了解病毒对不同药物的反应方式。这种方法成本高昂，并需要使用专用设备和花费大量时间，因此基本上只有研究群体才使用。

更为常见的临床方法是基因型法，即，将取自血液样本的突变体与公布的科研成果对照，然后利用最接近的结果来确定“鸡尾酒”配方。这个过程具有可扩展性，并且比表型试验更便宜和





EuResist 是一个基于 Web 的建模工具，它利用全球最大的 HIV 数据库和 3 个预测引擎来确定某种“药物鸡尾酒”对患者有效的概率（上表）。事实证明，这些因人制宜的建议具有 76% 以上的准确度 — 在与人类专家的较量中，10 次有 9 次获胜。

更快捷，但它仅考虑了病毒的 DNA。在忽略药物相互作用和患者临床数据的情况下，医师开出错误配方的几率会增加，而这将造成痛苦的副作用，并且可能增强病毒本已非常顽强的免疫力。“现在的问题是，HIV 病毒非常聪明”，IBM 以色列海法研究设施的医疗保健和生命科学经理 Yardena Peres 说。[312] “它们可以通过自我复制来产生不再受药物影响的变体。为了避免病毒对现有药物产生抵抗力，医师必须非常小心。”

Peres 是投身于 EuResist 在线建模项目的多名 IBM 研究人员之一。该项目为医师提供了一个工具，使他们可以用虚拟化方式模拟不同的药物配方。EuResist 最初由欧盟资助，现在是一个在 IBM 研究院 Haifa 团队的支持下，由卡罗林斯卡研究所、马克斯普朗克研究所、锡耶纳大学、Informa s.r.l 和科隆大学联合开展的非盈利合作项目。该项目采用 IBM 的 DB2 软件来提供这个全球最大的 HIV 数据库，其中包含自 1996 年以来收集的与来自比利时、德国、意大利、卢森堡、西班牙和瑞典的 AIDS 患者有关的 5 万条记录。“拥有一个庞大的数据库显得至关重要，因为相关的分析方法需要大型数据集”，Peres 说。“本项目的想法是，发掘蕴藏在这些数据中的知识，并从以往的成功和失败治疗案例中汲取经验教训。”

借助基于 Web 的 EuResist 工具，医师可以输入患者数据，从而获得与最佳“鸡尾酒”有关的建议。事实证明，这些建议的准确率超过了 76% — 在与人类专家的较量中，10 次有 9 次获胜。“EuResist 不仅优于其他预测系统，它还超过了那些堪称 HIV 专家的医师”，Peres 说。

现在我们可以来解释一下，EuResist 之类的预测引擎是如何工作的。首先是定义：任何模型都是对现实的抽象，都是一种有

助于我们认识在复杂系统中发生的事情的架构。在一些情况下，这些模型是实物，比如风洞或产品原型。此外还有一些非实物的预测模型，比如 EuResist 使用的模型。这些模型对体力劳动、材料和时间的要求较少，更多的是数学方面的要求。

预测模型并不需要使用计算机来构建。在计算机诞生之前的年代，一个预测模型往往由一组数学公式构成。这些公式通常是微分方程，它们描述了系统的组分以及它们之间的动态关系。科学家会解析这些方程，以获得关于行为的预测。牛顿第二运动定律，即 $F = ma$，便是一个众所周知的例子。它描述了力与质量和加速度的关系，从而使我们能够预测某个物理系统的未来状态。因此，如果我们知道火箭的推力和质量，我们就可以预测其加速度，从而得知它在不同时间的位置。

为了能够解析，过去的数学模型需要保持足够的简单，因此受到限制。但最近，超级计算机或云计算提供的巨大处理能力，不仅降低了这种简明性要求，同时还提升了我们认识高度复杂事物的能力。“在使用计算机模拟时，通常可以用强大的，CPU 的能力，来代替人类的聪明才智”，IBM Almaden 最优秀的建模和模拟研究人员彼得•哈斯 (Peter Haas) 说。[313] 由于模拟的基本规则不够精确，因此它们可能产生极为不可能的结果。但通过反复运行它们，错误结论便往往会下降到钟形曲线的远端。“过去需要靠数学家和统计学家来创建复杂的公式，但现在，你只需要用相对简单的方式不断生成新数据或对现有数据进行重新采样，便可以在单靠分析技术尚不足够的情况下作出预测。并且所执行的模拟越多，答案也越精确。”

正如哈斯指出的，今天的计算机不只是处理现实世界的数据，它们实际上还生成数据。为了了解这是如何发生的，我拜访

了威廉•普利布兰克 (William Pulleyblank)。他是一名刚从沃森研究中心退休的研究人员，并已经在西点军校的美国军事学院开始了作为一名数学教授的新职业生涯。[314] “计算机正在对科学和商业的 2 个关键领域造成影响。一是当你有用于分析的数据时”，他说。“二是当你没有太多数据但你仍必须获得相关认知时。这个领域往往是超级计算大显身手的地方。”

我们在一些时候无法获得数据。有时只是因为这样做过于危险，比如通过实际爆炸来测试核弹。有时候，等待数据到来会贻误战机，比如在某种具有高度传染性的疾病蔓延之后。在另一些时候，只是因为我们无法进入相关行为的发生空间。作为一个例子，普利布兰克介绍了蓝色基因 (Blue Gene) 项目。这是一个于 1998 年启动的蛋白质折叠模拟项目，在项目中使用了同名的蓝色基因 (Blue Gene)/L 超级计算机以及分子动力学原理。

蛋白质是所有生物的基本组分。我们的身体由不同系统 — 心血管系统、呼吸系统等 — 构成，而这些又由器官组成。这些器官含有细胞，而后者依赖于蛋白质。比如，在蛋白质结合成细胞膜的一部分之前，氨基酸链必须先组装成一种三维形式，从而变成蛋白质。这个过程被称为折叠。直到最近，蛋白质折叠过程还完全是一个秘密 — 但我们知道这个过程很重要，因为我们已经能够确定将错误折叠与各类疾病（包括老年痴呆症和多种癌症）联系到一起的模式。因此，模拟蛋白质折叠的理由应该是显而易见的。如果我们能够了解这个过程，也许我们可以弄清它为何会出错，从而增强我们预测和防范此类事情发生的能力。但是我们如何才能了解这样一个发生在分子层面并且持续时间仅为千分之一秒的过程？

蓝色基因 (Blue Gene) 采用了 20 万颗处理器和被称为“分子动力学”的模拟类型，并借此实现了用于表达分子生物学、物理

学、生理学、化学和其他相关学科的规则的算法，从而可以随时间推移而预测某种蛋白质如何从步骤A变化到步骤B，然后再变化到步骤C，如此等等。“假如你想知道《阿凡达》的结局，但我只给你该电影的前60个画面，并告诉你，此后的所有情节都是按逻辑顺序发展的。那么你将需要一个画面一个画面地重新拼凑该电影。这就是我们所做的事情”，普利布兰克解释说。这60个画面代表我们在细胞和亚细胞生物学方面的基础知识。“我们知道蛋白质的构成原子，并且知道它周围的分子，这就是我们的起点。你需要审视每一对原子，并确定它们之间是互相吸引还是互相排斥。单个原子的运动方向取决于其他所有原子所施加的作用力。我们需要弄清所施加的每一个作用力，并据此预测这个原子下一步将运动到何处。这必须是一个微小运动 — 如果你用微小步伐前进，便不会有什么东西丢失 — 并且这样就创建了电影的另一画面。”

一个典型的大蛋白分子包含数千个原子。为了模拟蛋白质在人体环境中的行为，需要以虚拟化方式将它投入水中，这样就必须计算包含蛋白质分子及其周围水分子所含的原子，总数约为32,000个原子之间的相互作用。这相当于10亿个左右的相互作用。计算任何一对原子的相互作用时，都需要进行150次计算（或浮点运算）。因此，从一个“画面”移动到下一个“画面”期间 — 被称为时间步长 — 需要执行1500亿次计算。每个时间步长约为1飞秒（千万亿分之一秒），而蛋白质发生折叠约需1毫秒时间，这等于2000亿飞秒。这是一种庞大计算，确切地说，计算次数等于22的30次幂。“这个数字还没有一个名称可以描述它”，普利布兰克说。“这将需要用每秒1千万亿次浮点运算的速度计算一整年。而且，顺便说一下，同一蛋白质每次还可能发生不同的折叠。因此，对于每一个蛋白质分子，我们要做几千次这种计算。”

自从蓝色基因 (Blue Gene) 开始工作以来，计算能力已取得显著进步，而某些分子动力学方法也是如此。研究人员已找到只需用 1 周或 2 周时间即可模拟蛋白质的方法，但就说明如何开展模拟而言，蓝色基因 (Blue Gene) 不失为一个好例子。当我们知道目的地后，寻找捷径的工作就会容易许多。

就像研究人员正在全球各地从事的工作所证明的，模拟是我们迄今为止拥有的最强大的认识工具之一。拿起任何一本有影响的同行评议期刊，或者只是翻阅一下当地报纸的科技报道，你就会找到与研究人员试图通过模拟来认识世界奥秘有关的大量证据。流行病学家正在利用 2000 年人口普查数据来模拟和跟踪传染病在整个大陆上 2.81 亿美国人中间的传播方式。[315] 一个天文学家小组正在模拟来自早期太阳系的 75000 个尘粒与外行星、太阳风和日光的相互作用，以更好地了解遥远的行星系。[316] 考古学家正在模拟数千年的密集耕作和放牧对土壤侵蚀的影响。[317] 气象学家正在用数百万个数据点（包括风速、温度和湿度数据）模拟飓风。[318] 执法机构用坐满 7 万名模拟球迷的虚拟体育场馆来模拟发生紧急情况或恐怖袭击事件时的各种疏散方法。[319] 瑞士联邦理工学院最近宣布，它打算创建一个 Living Earth Simulator（现实地球模拟器）。这是一个耗资 10 亿欧元的项目，它将试图预测从经济周期直到大规模传染病甚至气候变化的一切东西。[320]

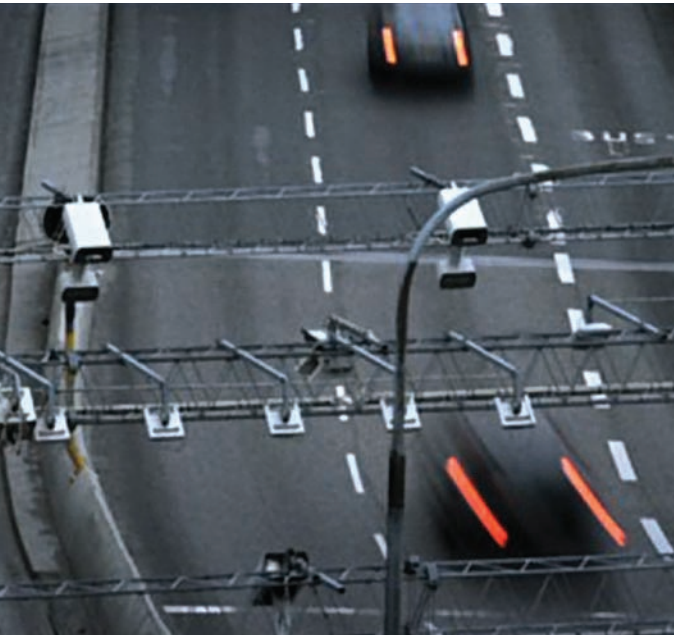
蛋白质折叠项目只是表明我们可以模拟人体内的哪些东西。我们正在根据从真实患者收集的 10 亿个变量来模拟血液流过心脏的过程，以期预测动脉硬化症和动脉硬化现象的发生情况。[321] 在 IBM 研究院的合作下，瑞士联邦理工学院的科学家小组正在开展一个大规模的大脑模拟工作（Blue Brain 项目），以期了解从细胞活动直到高级官能（比如记忆）的所有东西。[322] 该项目一开始使用的是老鼠大脑，模拟人类大脑将是未来十年内的目标。

普利布兰克认为，这种趋势没有尽头。“与蛋白质折叠相比，了解单个细胞的行为要复杂若干数量级。如果我可以模拟细胞，那么我能否模拟心脏？”他说。“如果能做到这一点，那么便可以了解起搏器随时间变化对器官产生的影响。如果能做到这一点，也许有一天我能根据你现在的情况，模拟你的身体在 10 年之中的变化。”

自从诺曼•博洛格艰难地用手培育出小麦新品种以来，我们已经走过了很长的一段路。在自然领域内工作的他，凭借一幅镊子、顽强的背脊和思想以及一种不懈的意志，建立起事物之间的联系。他无法预见他的其他工作所带来的副作用 — 过多地使用石化类肥料和农药将会如何破坏交叉系统。但现在我们可以做到。我们可以看到更广泛的范围，可以绘制更全面的数据图谱，可以了解更综合的影响。通过所有这些，我们可以预见此类连锁效应，并最终使我们的发明更为可持续。

• • •

要让人类登上月球，举国上下首先必须相信这是可能的。



要取得进步，你首先必须阐明你的主张。斯德哥尔摩市民起初抵触新的交通舒缓计划，但这是试运行之前的事情。

从发明到创新的道路往往存在阻隔，只有足够坚定才能成功走完全程，就像第一个冠状动脉支架的诞生历程那样。

信

前进的道路通常是曲折的。将SMUBA想象成一辆5速自行车上的一系列档位，可能会有帮助。“看”是第一档，用于触发向前运动。其效用永远不会消失，但随着地形变化，它会让位于后续档位。当然，任何档位只换一次都将是不够的。一次数据采集不足以创建出值得信赖的图谱。就像刘易斯和克拉克为杰斐逊制作的1804年地图那样，这张地图和它的不完整性一样令人印象深刻。美国地图最终又用了几十年时间进行数据收集才得以完整。“悟”的过程也是如此。

确定造成交通瓶颈的原因可能是一件相对简单的事情，比如或许只需绘制出一系列的路面坑洼即可。但是，如果其原因与道路系统无关，比如说，是因为午后刺眼的阳光，那么在地图中就需要包含环境信息，而这会要求更多的数据。“悟”的过程可以揭示地图的不足之处，从而激发其他的要求，比如更多的数据。

但与自行车不同的是，SMUBA 通常并不只是由一位实践者来推动。到目前为止列举的例子中，一些与为了促进社会进步而采集、绘制和分析专有数据有关，但还有许多不是这样。有大量公共信息在等待我们去发掘其模式，并且有成堆的模拟和数字地图在等待我们进行诠释和分析。“悟”是一项艰苦的工作，在此之后，能力超凡的信奉者无疑将有大量的机会来建立联系。

历史上一些最伟大的创新者正是这样做的。Joseph Marie Jacquard 并不是想象机械化编织系统的第一人。他的织机基于当时已有几十年历史的发明。亨利•福特 (Henry Ford) 并没有发明汽车或装配生产线，他只不过拿来并改进了此前已有的东西。甚至对历史上最富成就的技术专家和发明家托马斯•爱迪生 (Thomas Edison) 来说，情况也是如此。爱迪生的名下有 1000 多项美国专利，但我们记得他，更多的是因为他在发展 2 个并非他自己的想法中所起的作用，一个是灯泡，另一个是电力。在灯泡方面，至少有 8 个人被认为比他抢先一步。“这是一项伟大的技术发明，但除非你有像爱迪生这样知道该如何开辟市场并促进自己事业的推动者，否则它不会成为现实。他在技术和社会的风口浪尖上跳舞，并且跳得非常出色”，IBM 首席科学家 Grady Booch 说。[323]“在发电方面，他没有坐等，而是自己将它变成了现实。他通过销售发电机、电线和灯泡找到了赚钱机会，并且开始以这种方式为纽约和其他地方提供电力。”

每个发明家都有一个与其灵光闪现时刻有关的故事。我们仰慕这些天才，也许是因为他们赋予我们所有人希望，即，我们也可能产生类似灵感。但这是不证自明的。任何人都可能有

伟大想法。那些设法将发明转化成创新的人在剖析自己的成功时，往往将实际想法视作商品。例如，Julio Palmaz 因为创建世界上首个冠状动脉支架（一种用于支撑被堵塞血管的设备）而入选发明家名人堂。[324] 这个想法来源于他听 Andreas Gruentzig 的演讲之时。后者执行了首例球囊成形手术，并在一次会议上坦承了其缺点。该支架的成功，不只是因为 Palmaz 在正确的时间出现在正确的地点。听 Gruentzig 演讲的还有其他许多人。这个想法本身是突现的，是一个复杂体系产生的令人惊讶的产物。它会突然出现在其他地方，因为属于它的时间已经到来。但并不是任何人都可以抓住它。想象出一种可以支撑动脉壁的全新设备并构思出其具体细节，需要具备丰富的技术知识和非凡的创造力。但这个想法之所以取得成功并开创了一个产值达数十亿美元的产业，主要归功于一种更具蓝领特点的因素：百折不挠。“我的想法很简单。大多数人都会说，‘我讨厌这个想法。很显然，这是血管成形术的一种进步，但谁会希望在动脉中放一块金属？’”这位出生于阿根廷的心脏病专家在加州纳帕峡谷的 Palmaz 葡萄园中说。“创新始终会遇到理性的怀疑态度。不要因为我提出支架的想法而褒奖我。没有我，别人也会想到它。如果要褒奖我，就褒奖我的坚持吧。我的坚持才是最重要的。”

这种坚持源于真正的信念。当然，信念有许多种表现形式，包括想像力、好奇心、假说和直觉，每一种都在生活中具有重要作用。“信念”通常被用作“信仰”的同义词，并且与宗教有关，但这不是我在此谈论的那种信念。在让世界变得更美好的艰苦工作中，信念建立在证据之上，并靠证据说话，因为这是支撑

和追求某种想法并直至其完全实现的东西。这种独特的人类能力是历史英雄人物的共同特点 —— 他们拥有非凡远见、动力和感召力。但它也可以培养。

风险投资就是一个旨在培育信念的机制。在加州的硅谷尤其如此，在世界各地也是这样，风险资本家提供了一个培育、检验和部署伟大想法的渠道。对矢志创新的人员来说，资金显然是一个大问题，但在理想情况下，这些资本家并不只是提供资金。他们还预测前方的困难并激励创业者，同时将创业者连接到一个可以激发其信心和雄心的资源网络。简而言之，他们为这些创业者提供了一个检验和证实其信念的地方。当然，学术界也可以对在同仁和积极努力的博士后研究员当中涌现的想法起到培育作用。从哈佛大学、麻省理工学院和斯坦福大学，一直到剑桥大学、牛津大学和麦吉尔大学，众多高校不断证明，科学头脑与市场本位的正确结合，可以促生系统性创新。

爱迪生设计的门洛帕克工业研究实验室，可以被视为科技信念的现代文化的标志。他为他的多学科研究人员提供当时可以想象得到的各种工具和材料，并给他们分派任务，以便将新技术转化成市场应用。记在爱迪生名下的许多专利都来自其员工从事的工作。“他创建了一个实验室结构，并且有很多专注的人员在其中做了很多了不起的事情”，Booch 说。“所有这些创新都源于初步的想法和人类尝试。”

从那以来，企业研发工作已走过漫长的道路。过去的 AT&T（美国电话电报公司）因其研究实验室而著称。施乐的标志性设施，帕洛阿尔托研究中心 (PARC)，因为诞生了计算机鼠标和图形用户界面以及其他许多创新而闻名遐迩（再次证明了，发

明者并不总是最坚定的信仰者）。各类公司，比如 3M、苹果、道氏化学、Genentech、谷歌、微软、Monsanto 和宝洁，都会在不同形式的研究和产品开发上投入数十亿美元。单是 IBM 每年的研发花销便达到约 60 亿美元。[325] 对于科研活动和产品开发活动的构成比例，以及何时促进创新，何时奉行拿来主义的战略，每个公司都有自己的想法。但这些实验室都有一个普遍共识：发明可能是科学方法的自然产物，但创新却不只是需要科学，它还需要鼓励、合作和整合。

2010 年，全球 9 个 IBM 实验室一共产生了 5800 多项专利。[326] 但专利无法让世界变得更美好。这些研究人员可能相信，通过运用自己的智力、推理能力和科学知识，可以改善企业、社会和人类状况，但是，除非这种信念能感染数十万非科研领域的同事以及合作伙伴和客户，否则将无法取得进步。这就是 IBM 高级副总裁兼科研主管约翰•凯利为何要确保有一群稳定的研究人员在研发一线，同时也有非技术领域的业务人员来到实验室。[327] “我们有一个研究小组在梅奥诊所开展智能医疗项目。我们还有人穿着靴子在哈得逊河的沿岸收集水流数据。从某种意义上说，实验室就在这些地方”，他告诉我，“业务部门真正需要靠研究工作为它们提供一盏照亮前方的探照灯。它们依靠我们在各自的领域中立于前沿，并设法找到下一个重大目标。”

在说服队伍，使其相信某种变化是可能的时候， 个人魅力始终是一种重要工具。但技术也可以在其中起到自己的作用。我们对未来可能情况的计算和想象越精确，我们就越能更好地减小风险，

肯尼迪总统的登月计划演讲是阿波罗 11 号任务的起因，但仅靠灵感是无法将月球火箭发射到太空中的。美国宇航局需要地面控制站中的 IBM 计算机和 IBM 人计算数不清的飞行计划，预测每一种可能情形，并防范所有可预见的困难。正是这种实地工作，才使得每一个人都相信，登月任务是可行的。

并且越能更有效地传达最佳的前进道路。美国宇航局的登月任务是一个很好示例，它说明了在从事不朽的同时也是极度艰巨的事业时，技术可以如何帮助树立所需的坚定信念。

1961 年，美国总统约翰•肯尼迪 (John F. Kennedy) 在其著名的登月计划演讲中提出，争取在 60 年代末将美国人送上月球。作为阿波罗 11 号月球任务的一部分，1969 年 7 月 20 日，15 吨重的登月舱（代号为 *Eagle*）在月球上成功着陆。是什么使肯尼迪相信这种壮举确有可能？冷战期间的那些故事就不用管它了。他的信念至少在一定程度上源自几十年前在 Astronomical Calculator 上从事的工作。Astronomical Calculator 是 IBM 于 1945 年捐赠给哥伦比亚大学的计算机。10 年之后，IBM 与美国天文学协会联合创办了“托马斯约翰沃森天文计算局”，这是世界上第一个科学计算中心，同时也是全球天文学界探索行星运动的微分方程的重地。这项工作为 20 世纪 60 年代初的双子座号和水星号飞船计划奠定了基础，而后者接着促生了阿波罗号飞船。

美国第一艘亚轨道载人飞船，即 *“水星-红石 3 号”*，仅持续飞行了 15 分钟，火箭的飞行轨迹和飞船的飞行路径靠地球上的 IBM 计算机提供。相比之下，第一次载人月球任务则持续了 8 天以上。为了确保 *阿波罗 11 号*任务能拥有尽可能好的导航数据，IBM 研究人员创建了一个新的月球星历表，从而描绘出直到 2000 年的月球位置和轨道。这些计算的精度比此前任何相关计算都高 10 倍以上。[328]

IBM 在休斯顿设计了实时计算机群集 (Real-Time Computer Complex)（又名“地面控制站”），同时在马里兰州格林贝尔特设计了戈达德太空飞行中心。这两个系统的灵感都来自早期的实

时跟踪系统，包括美国航空公司的 Sabre，以及冷战时期旨在搜索天空中的苏联轰炸机的早期预警系统 SAGE。地面控制站采用 5 个 S/360/75 型控制台来全方位地监测火箭状况和位置，并且可以在 1200 亿分之一秒的时间内发现任何偏离飞行计划的问题。路线校正、月球轨道、通讯中断、月球着陆、起飞、登月舱和航空舱之间的会合乃至最终降落到太平洋中，每一个环节都已事先安排好。[329]

与任务持续时间要短得多的双子座号和水星号飞船相比，在阿波罗号飞船上必须要搭载计算机。土星 V 火箭共有 36 层，重 3500 吨，并由被称为“仪表设备”的导航计算机引导。该设备由 2000 名 IBM 人在阿拉巴马州罕茨维尔构建，它是小型化和计算能力方面的一个壮举，与当时看到的任何计算机都不同。IBM 将 S/360/50 型控制台的等价系统压缩成公文包大小，其耗电水平仅为 144 瓦，比某些灯泡的功耗还低。该设备计算 500 条通往月球的路线，每条路线由 135 个方程和 6100 条指令组成；它不断测量火箭的姿势、加速度、速度和位置，并且每秒钟发出多达 22 个操纵命令，以确保宇航员能保持最有效的飞行路径。该设备在被遗弃到太空中之前的最后职责是，控制第三级火箭的燃烧情况，从而将指挥舱（里面有 Neil Armstrong、Michael Collins 和 Buzz Aldrin）抛向月球。[330]

这与“信”有什么关系？在阿波罗 11 号任务期间计算出的 100 亿条指令起到了持续强化作用，即每时每刻的持续保证。它们保证这 3 人不仅能完成月球之旅，而且还能平安回家。

当然，如果没有实际人类的团队合作，世间的所有技术都将毫无价值，而在这些人当中，有许多都是 IBM 人。IBM 人，Homer Ahr 是所有有最坚定的信念者中的一员，他在走出大学校

门后的第一份工作中，便担负起在*阿波罗 11* 号任务之旅期间值守地面控制站计算机的职责。[331] 他记得当时曾被阿姆斯特朗的名言深深打动：这是一个人迈出的一小步，但却是整个人类迈出的一大步。“在这一小步当中，包含我的同事和我迈出的所有微小步伐”，他说。“因为它确实是许多琐碎步伐。”

聪明而专注的人类团队可以成功解决任何难题，在这个方面，阿尔是一个活生生的证据。此外，他还是我们无法预测每一个潜在困难的见证。如果我们必须有百分之百的把握才相信我们的每一个行动是完美无缺的，那么我们注定会止步不前。但通过构建自身有活力的系统，我们便可以应对所出现的危机。为了证明这一点，阿尔回顾了几近灾难的*阿波罗 13* 号任务，当时，机组人员因为一个氧气罐破裂而被迫终止了登陆。“在那次任务之前，他们执行的操控本来是地面系统无法计算和无法定位的，并且也无法将操控指令告知或上传给机组人员”，他热泪盈眶地说。“*在阿波罗 13 号*任务中，我们首次赋予了计算器这种能力，我之所以知道这一点，是因为这项工作正是我的办公室同事和我一起完成的。”

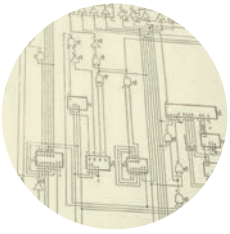
系统性改变不会单方面地发生。它需要举全村、全国、全社会甚至全人类之力。这意味着它需要领导力。领导力有多种形式。有时候，这是一个说服他人的问题，比如说服数千名工程师，使他们相信自己可以实现其祖父母未能想到过的东西。有时候，这与将某个想法公布于众从而使其发扬光大有关。个人电脑就是一个很好例证。IBM 在 30 年前进入个人电脑市场，此后，它向全世界开放了其架构，并且作出了众所周知的决定，即，软件不值得

拥有。在一些人看来，这项举动可能是一个巨大的战略失误 —— 毕竟，它实际上将操作系统业务让给了微软，而后者的Windows现在每年可以获得近200亿美元的收入。但它无疑对社会发展有益（并且也很有可能对IBM具有长远的积极意义），因为它不仅创造了一种产品，而且还开创了整个行业，催生了微软以及从康柏到戴尔的一系列仿制厂商和外围设备厂商。

“如果我们采用更为专有的方式，情况将不会是这样。并且事情的发生方式也显得很有意思，因为我们本不必特意那样做”，IBM副总裁迪恩说。“这就像最初人们将电视机的原理图贴在电视机背后，以便修理人员可以进行维修。我们也将原理图放在随个人电脑交付的参考手册中。这样一来，任何想构建一个副本的人都可以轻松这样做。因此，它为许多想构建系统、制造附加件和编写代码的人打开了大门，实际上，它只是提供了一个可以在上面建造东西的好平台。这就是它取得成功的原因。”

英特尔前董事长兼首席执行官克雷格•贝瑞特 (Craig Barrett) 认为，与平台一样，在一个不断收缩的世界中，标准也变得更重要。“随着边界变得透明，不论你是经营跨界铁路线还是宽带连接，你都需要具备一定程度的共性，而这正是标准所确保的”，他在该公司网站上的一篇采访文章中说。[332]“整个行业可以围绕共同特征发展，并在它们之上进行创新。”

贝瑞特谈论的是信息技术和消费类电子产品，但这个观点适用于整个工业、技术和社会。通过建立限制和约束，标准以一种有些自相矛盾的方式促使开发者在共同基础上进行创新。当爱迪生就采用交流电还是直流电标准与尼古拉•特斯拉 (Nikola Tesla) 争论时，他了解这一点。一组零售商、制造商和安装商采用UPC



最初的IBM个人电脑所附带的原理图为所有后来者构建自己的机器提供了线索。这一举动树立了一个标准，并且基本上是拱手让出了一项大业务，与此同时，也促生了许多竞争对手，并使得一个新的行业得以诞生。

符号来重新打造整个行业。国际公认的绿色建筑认证，即LEED，为促进建筑师和承建商设计和开发环保节能建筑提供了一个共同准则。电子医疗记录的标准化，是设计一个更高效、更有效力和更透明的医疗保健系统的第一个必要步骤。在这样的系统下，患者可以访问自己的数据，医师可以交流成果，而管理者可以减少文书工作。

领导力的另一主要来源是辩论，并且在必要的时候，是为了一些值得信仰的东西而置个人声誉乃至整个职业生涯于不顾。IBM近期一项有口皆碑的成功发生在瑞典的斯德哥尔摩市。我在2009年5月为《财富》杂志撰写的一篇文章中谈到了该市的交通拥堵收费系统。[333]该系统将斯德哥尔摩及周边地区的交通流量减少了22%，将排放量降低了14%，并且改善了市区的总体生活质量。街道变得更适于行人通行，并且公共汽车开始能提前完成自己的运营线路。但这些都来之不易。当时最大的障碍不是构建一个近乎完美的收费系统、研制新技术或车辆登记。最大的障碍来自斯德哥尔摩市民，由于要缴纳另一税种，因此他们表现出抵触态度。

投票数据显示，绝大多数市民都不希望开展此项目。面对这种情况，市议会宣布进行为期7个月的试运行，此后再通过全体市民的投票来决定这个系统的命运。Gunnar Söderholm是市政厅中负责该项目实施的高级官员。实际上，由于他和斯德哥尔摩市的其他领导人知道他们可能必须要推倒整个项目，因此，他们已让自己成为一个活生生的靶子，并且可能损失惨重。这是一个冒险的开局。高估技术的能力或作用，将会带来灾难性的后果。IBM参与到每一个步骤中：策划用于阐明系统工作方式的宣传活动；研制新的光学字符识别技术；调整系统集成商和技术合

作伙伴；以及安装计费系统。如果瑞典人不喜欢拥堵收费，它就不会存在，因为那是对他们错误的收费。

最后，该系统顺利移交，并且在斯德哥尔摩市民的复决投票中以压倒性的多数票通过，因为他们希望继续享受拥堵程度较低并且天空更蓝的生活。“刚开始时，这里只有一张空桌子，我们设计方案、制定采购流程、开展试运行和举行市民投票，所有这些都在4年之内完成”，在市政厅中年度诺贝尔奖颁奖位置的一间巴罗克风格的会议室中，Söderholm 对我说了这番话。“此项目是几例立即带来回报的基础设施投资中的一个。”

在2年之后的追踪采访中，Söderholm 指出，斯德哥尔摩市民仍然赞成拥堵收费。在2010年11月的一次调查中，三分之二发表意见的人都对该系统表示了支持。Söderholm 仍对这项4.5亿美元投资的性价比赞不绝口。“如果采用其他任何可将进/出城市的交通流量减少20%到25%的基础设施方案，投资额至少是现在的10倍”，他说。“拥堵税在这里得到普遍认可，并且现在已成为日常生活的一部分。”事实上，这种做法正在被推广。瑞典第二大城市哥特堡计划在2013年1月1日开始实施类似方案。

斯德哥尔摩的事例显示了为说服大众接受在看不到任何明显回报的行为改变时需要作出的努力。在我们应对棘手的气候变化问题时，务必要谨记这一点。2010年春季，麻省理工学院教授和建模专家约翰•斯特曼 (John Sterman) 在阿尔马登研究所会议上发出热切呼吁，他恳请同仁更加努力地增强公众意识，使他们认识到全球变暖的真实性，并阐明我们的不作为将会造成的可怕后果。他说，“我们正在为我们的子孙后代遗留一个穷困和贫瘠的未来”，并且认为，我们不能丝毫寄希望于某个科学家团队以曼

哈顿计划那样的突击式发明来拯救这一天。“对这种技术解决方案的期盼是可以理解的。通过将大量资金和天才集中到新墨西哥州的沙漠中，科学家们研制出核武器，这可以说是我们历史上运用科技来影响地缘政治格局的一个最有效范例。因此，你可以看到有人呼吁通过另一个曼哈顿计划来解决气候变化。但这不可能奏效。”

核武器与公众丝毫不相干（除了害怕）。而全球变暖则不然，因为冰帽融化、海平面上升、天气变得更加极端和肥沃的农田变得贫瘠，无不是我们自己的行为造成的。温室气体减排需要靠数十亿个体减小自己碳足迹的点滴行动来实现，比如购买更节能的汽车、为房屋做保温、选择公共交通以及推动旨在提倡清洁的可再生能源的立法。但是我们很多人甚至还不相信这会成为一个问题。盖洛普 2004 年关于环境问题的年度调查显示，“当前，48% 的美国人认为全球变暖的严重性被普遍夸大”，这一数字在 1997 年的 31% 的基础上发生了增长。[334] 斯特曼认为，为了扭转这种普遍认识，我们需要的不是封闭的研究项目，而是一种社会运动 — 一种类似于民权运动的社会运动，只有这样才能利用分散的领导力来说服民众：我们当前的生活方式是不可持续的。

事实上，这甚至比民权运动更困难。“种族隔离造成的危害，每一个人都可以清楚看到”，斯特曼说。“预测海平面上升的电脑模型和图表，无法像工人仅因为自己的肤色而被殴打和被警犬袭击的民权照片那样引起愤慨。”与引发民权运动的种族主义不同，气候变化的成因和影响并不那么显而易见。在气候变化方面，每一个让人感到寒意的夏日或暴风雪天气似乎都会驱散大气正在变暖的观点。

这将是我们一生的挑战。我们可以通过各种手段收集确凿数据、显示实时出现的新模式、了解各种情景以及模拟不作为的后果并向决策者演示这些。（IBM 甚至在研究一个被称为 SPLASH 的模型集成标准。在模拟医疗和气候等大型复杂系统的影响时，这将可以帮助研究人员将所用的几十个模型关联到一起。）[335] 但这些是否足以改变公众不思进取的态度？

作为一名科学家，斯特曼心急如焚。作为一名普通人，他仍然保持谨慎的乐观态度，他认为，民众将会逐渐认识到我们所面临问题的严重性。“我们将不得不设计我们的模型，以便它们具有我们在民权运动中曾感受到的那种紧迫性和影响。如果我们这样做，并且在这样做时不仅强调技术，而且还重视这种改变过程，那么我们便可以解决这些问题。”

• • •

行

作为让世界变得更美好的艰巨过程的最后一步，“行”应该只是例行公事而已。如果我们已收集并整理所有数据，发现其中的因果关系，而且说服利害相关方和我们自己存在更好的方式，那么，我们只需按动开关即可。

但是没有这样的开关。没有哪一种单一举措可以扭转气候变化、消除供应链浪费、避免肥胖或让你及时回家吃晚餐。对某个系统采取行动，并不像打开一盏灯那样简单，它更像打造职业生涯。获得走出大学校门后的第一份工作还远远不够。一个成功的职业生涯需要持续的教育、不断的重新评价并且据此作出反应。如果有一个“前进开关”— 并且如果知道路线和拥有工具就已足够 — 那么将不会有爆炸的煤气管道、令人窒息的天空、经济崩溃、干旱、森林火灾或大规模传染病。我们都希望生活舒适、受到良好教育、身体健康、营养良好，并且可以花更多的时间在碳排放量为零的宽敞房屋中与我们的家人在一起。

但情况几乎不可能这样。相反，事情有时候似乎正在变得越来越糟。气候在变暖，病毒越来越恶毒，我们的人造系统也在迅速衰退。有学派认为，这条情况将持续下去，人类将与复杂系统注定要失灵的命运联系在一起，并且人类除了摧毁它们之

我们从哪里开始？

是重新设计，还是从头开始重建？

我们将如何找到共识？

为了克服现状，我们需要具备什么？

可接受的风险水平是多大？

战胜一个系统后，是否可以为攻克其他系统带来曙光？

外，一切都无济于事。“即使我们拥有更完善的知识，但在错综复杂的系统中，事故乃至潜在灾难仍是不可避免的，并且发生的几率非常高”，社会学家和组织理论家查尔斯•佩罗 (Charles Perrow) 在《*Normal Accidents*》（*正常事故*）*一书中写道*。[336]“我们只能听任其风险的存在、将它们关停，或对它们进行彻底的重新设计。”

但这既无济于事，也不现实。修复地球不是对整幢房屋进行装修。我们不能搬走并在某个地方租住6个月，然后等专家为我们打造一个全新的地球。并且我们人类绝不会坐以待毙。我们的祖先曾多次化解棘手的问题和“不可避免”的厄运。我们一直在孜孜不倦地追求更大的智慧和更高的舒适和便利水平。这并不意味着一种乐观情绪，至少不完全如此。并且这与生存本能无关。每一个物种 — 当然包括人类 — 都有一种避免灭亡并将基因延伸到未来的天生内驱力，这种基本的本能对我们用处很大。作为人类，我们还努力让事情变得更好。在我们当中，有人追求利益，有人追求荣耀，还有人追求为他人谋福利或更有意义的目标。不论动机是什么，我们都已经一再证明，我们不会坐等毁灭。

那么，我们如何才能真正实现复杂系统层面的改进？在对某个系统采取行动时，需要具备在“看”、“理”、“悟”和“信”的过程中培养的所有技能。它还需要优秀人才、合作伙伴和技术之间的协作，并且同样需要领导力。优秀的领导者必定是伟大的沟通者。他们不仅仅只是善于辞令。伟大的领导者会向大众展示自己借以获得认知和坚定其信念的数据和图谱。在当前，如果听到技术也对这个方面有帮助，应该不会让人感到吃惊。技术赋予大众以“看”、“理”、“悟”以及改变自己习惯的能力，智能量表只是其中一个例子。在需要集体行动时，在线日历、维基、即时通讯、视频会议和个性化网络门户可以增强我们的协作能力，减少我们沟通当中的语意损失，并使得我们可以预见后果和献计献策。并且我们现在拥有可以让世界上的各种系统实现自动化的

技术，借此可以实时觉察所发生的行为变化、评估其影响并且确定相关行动。

关于“行”的另一个重要经验教训是：精准的干预往往胜过极端的整体改造。如果我们能够将我们的行动瞄准特定领域和时间，我们将可以用最小的努力获得最大的回报。通过对一个系统的组成部分采取行动，我们可以获得有关如何在更广泛的层面实施改变的经验教训。或者，在更好的情况下，我们可以引发一系列有益的会使系统自己发生改变的连锁事件。

作为一个示例，我们来看看一种具体的人类苦难。贫困既是众多有缺陷的系统融合在一起所表现出的一种症状，同时也是这些系统进一步恶化的原因。它与教育、就业、社会服务、生活费用、犯罪等等交织在一起。消除贫困是一个令人钦佩但不现实的目标。我们无法摧毁所有造成贫困并且连锁在一起的系统，然后重建它们。但是，我们可以一次一小步地来击退它。

与大萧条相比，二十一世纪早期发生的糟糕事情根本不值一提。在大萧条期间，事情似乎真正陷入绝望之中。没有哪一种单一举措可以使经济恢复，并且确保数百万穷困、饥饿和苦难的公民有一个更美好的未来。在多种因素（包括第二次世界大战，以及富兰克林•罗斯福总统的新政创造的就业机会）的共同作用下，美国经济最终走出了低谷。但在确保这些变化可持续的单个因素中，最大的也许是富兰克林•罗斯福总统在 1935 年作出的一项决定，即，通过社会保障局为 2600 万工人建立一个社会保障网。[337] 这项举措没有减少失业或增加生产，但它确立了一个限制经济波动幅度的底线（至少在对个体工人的影响方面是这样）。就此而言，它是一次典型的系统干预。

在社会保障制度实施 25 周年庆典上，美国前劳工部长弗朗西丝•珀金斯 (Frances Perkins) 讲述了这项任务的艰巨性。[338]“这是一个仓促组建的团队。我们没有资金”，她在一次演讲中说。

在 1935 年，为 2600 万工人设计一个工资税和报销方案几乎是不可想象的。然而，这就是美国劳工部长弗朗西丝•珀金斯通过“一个仓促组建的团队并且在无资金的情况下”做到的。IBM 在设计和部署美国社会保障体系中所起的作用，帮助 IBM 人树立了一种信念，即，任何问题，不论其规模如何，也不论其多么新奇，都可以通过运用智力、科学和推理能力来解决。

“当时看起来似乎不可能成功。”（并且许多人认为*不应该*这样做。）她从其他部借用人员，说服某些全球最优秀的技术和经济人才来到华盛顿（许多都没有薪水），然后劝说那些可想而知缺乏热情的美国工人，因为他们需要从工资中拿出钱来缴纳一个新税种，并且看不到立竿见影的好处。她还利用了当时最先进的工具。“我记得有一天，Arthur Altmeyer（他后来成为劳工部第一任助理部长）走进我的办公室，然后说，‘我认为我们找到了，这些新的IBM机器，我相信它们能完成任务”，她回忆说，并提到了077型校对机，这是一款专为该项目研制的穿孔卡机。“从这个真正具有创造力的群体，我们找到了完成工作的方式。”

相对于我们今天面临的问题，这个社会保障项目的复杂程度可能很容易让人感到不以为然，但我们必须要从历史的角度来看它。“其规模是空前的。此前曾有一些较大的会计项目采用制表机，但相对于管理2600万工人的账目来说，这些项目都不值一提”，位于纽约萨默斯的IBM企业档案管理员Paul Lasewicz说。[339]“另一个造成难度的因素是时限。他们必须在16个月中完成整个过程：征求供应商建议；界定流程和程序；面试、聘用和培训2000多名员工；建立基础架构；物色可以承受机器重量的建筑物并将机器就位；然后收集并处理数百万人员的工资信息。”

这个系统被罗斯福誉为其政府的基石，并且依然是当今美国人生活结构的一个重要部分。成功完成如此规模的项目，也使得IBM一举成名。“我们实际上改变了一代又一代人的生活”，Lasewicz说。“我们的知名度提升了一个档次。在政府大力推动经济增长之际，我们的产品赢得了巨大声誉。随着国家为第二次世界大战做准备 — 供应军用物资和调遣军队 — 而引发的物流现代化，增加了对会计产品的需求。我们的设备成为这一工作的组成部分，从物流和人员档案，直到弹道学领域的军事研究以及航海表和天文表计算，都会用到我们的产品。”

该项目对公司的精神面貌有着更大影响，它提升了公司迎接真正大挑战的信心和动力。它表明，智力、推理能力和科学知识可以改善企业、社会和人类的状况。“IBM 人喜欢认为，自己所从事的工作会对世界具有重要意义。这种进步道德观指导我们如何思考”，撰写了大量有关信息技术的历史和管理书籍及文章，同时也是 IBM 商业价值研究所成员的 James Cortada 说。[340]“‘为世界作出积极贡献’的思想，在 IBM 文化中占有重要地位。事实证明，这往往也是良好的业务来源。”帮助社会保障局完成“有史以来规模最大的簿记作业”，不只是一次对美国社会和经济体系的干预。它还是对 IBM 这个复杂系统的一次重大干预。

——

作为复杂的“系统的系统”，城市是寻找如何让世界变得更美好的示例的好地方。世界上的若干城市，包括爱荷华州的迪比克，葡萄牙的帕雷德斯，韩国的仁川，正试图从头建立全新架构，或者执行集中的全面改造。这些无疑会提供重要的经验教训，因为全球正在以惊人的速度进行城市化，特别是在发展中国家。但对我们大多数人来说，进步通常是以渐进形式取得的。

在加利福尼亚州的阿拉米达县，贫穷仍然是一个大问题。总部设在奥克兰的社会服务机构要为 13% 的人口提供一切东西 —— 从食品券一直到福利、残障援助、住房和寄养。此机构的助理主管唐•爱德华兹 (Don Edwards) 无力改变造成该县贫困状况的宏观经济因素。但他对社会保障网有独特认识，并且近期开始着手改变一件他可以控制的事情。[341]

2005 年，加利福尼亚州发布了一份报告，其中，阿拉米达的社会服务工作被排在该州所有县之后。只有 12% 的受助者在参加职业培训活动，而参加这种培训被认为是领取补助的前提条件。

糟糕的表现正在危及到资金来源，但对爱德华兹来说，修复这个系统具有更大的意义。他和 2 个兄弟在印第安纳波利斯的贫穷地区长大，并同母亲和祖母生活在一起。尽管家庭条件有限，但爱德华兹的祖母始终用温热的饭菜招待那些更为不幸的儿童，从而向她的孙子灌输了一种帮助他人的责任感。在富国银行和 Kaiser Permanente 经过历练后，爱德华兹离开私营部门，并去实现其祖母的夙愿。

现在回想起来，阿拉米达县社会服务问题的根源似乎是显而易见的。该机构有 2200 名社会工作者，每人要与 600 位之多的受助者打交道。就在近 5 年前，卷宗记录还往往存放在简易文件夹中，并且贴满了便签。那些卷宗文件含有丰富的相似的数据和有趣的数据，但无法方便地加以利用。并且各个部门之间没有联系，因此无法从制度上控制计划绩效、系统效能、受助要求以及浪费或欺诈问题。“我们数据丰富，但信息贫乏。我们知道，有许多领取补助者并没有参加培训计划，但我们不知道情况有多糟糕”，爱德华兹在其可以俯瞰一个 Greyhound 巴士站的奥克兰办公室中解释说。“我不只是想看到全局性的东西，我还希望工作人员自己明白发生了什么事情。如果不放开他们的手脚，我们自己也将寸步难行。”

爱德华兹在银行和保险业的就职经历告诉他，也许可以利用某些技术工具来纠正这些问题。他花了 3 年时间寻找正确的工具，最后将目光锁定在被称为 SSIRS（社会服务综合报告服务）的 IBM 软件包上。该工具包含数据库及各种分析和建模软件。他使出浑身解数，终于说服上司试用这个价格为 $130 万美元的软件包。对一个资金紧缺的机构来说，这笔费用几乎超出了合理范围。

爱德华兹在 2 个部门试用该系统，并立即发现了情况。有些非常简单：同一名字下有 2 个或更多个社会保障号；以及一些生活在本州之外的人员仍在领取补助。是输入错误还是欺诈？也许

两种情况都存在。其次是，有一些受助者同时以受助者和施助者身份领取款项。SSIRS 也在不断监测该系统。爱德华兹不再依靠某个外部供应商提供的关于数月之前情况的报告，现在，他拥有“不仅实时而且精确到极点”的报告，它们可以随时提供机构的绩效情况，并且可靠性也大大提升。

到这时，SSIRS 开始显示出自己的威力。“我们把它放在高层人员的办公桌上，然后说，‘这个东西你可以把玩一下’。这就像老宠物店经常做的：把这条小狗带回家吧，如果你不喜欢，我们再把它接回来”，爱德华兹笑着对我说。“这不是火箭科学。这是一件如何打动人心的事情。如果能做到这一点，则不仅可以说服他们，而且他们还将要求你做更多的事情。领导者的态度正在从疑虑变成拥护。”

一份独立报告显示，该系统会产生近 $2500 万美元的直接和间接效益，包括减少多付问题和增加社会工作者的效率。[342] 该机构的绩效正在不断提高。每当在高速公路上变道时，我们都必须重新执行一遍 SMUBA 过程。但阿拉米达县的系统却好比是，绘出公路上的每一辆汽车，预测它们在任何给定时间的位置，并且确定每一个必要行动，以确保每一个人都可以及时回家吃晚饭。“它具有预测性和前瞻性”，爱德华兹说，”就像一种能让人吐露真言的东西。”

为了节省机构开支，爱德华兹从不外出；他想最充分地利用他的预算，从而更好地为受助者服务。而现在他俨然已经成为一个系统思想家，热衷于将他的方法推广到姊妹机构中，从而使市政工作人员可以跨系统地跟踪阿拉米达县的居民，以便预测他们的需求，并在他们踏上危险道路时及时阻止他们。“我们如何发现那些应该获得食品券的儿童？那些经常逃学的寄养儿童随时都有被送入未成年人刑事犯罪系统的危险”，爱德华兹说。“我们如何发现他们并加以干预？我们也许能够避免儿童走上犯罪的道路。”

加利福尼亚州削减阿拉米达县社会服务拨款的威胁，促使助理主管唐•爱德华兹对社会服务系统进行了改造。但其真正动力，却来自在他年轻时教他帮助别人的祖母。

科技历史学家和哲学家刘易斯•芒福德 (Lewis Mumford) 在其重要作品《*The City in History*》（*历史中的城市*）中提出，各个时代的成功城市都提供了经济机会，拥有一个神圣的核心价值观，并且做到了文化、科技和工业的均衡发展。[343] 过去一个世纪以来，许多研究复杂系统的人员，特别是简•雅各布斯 (Jane Jacobs)（曾是芒福德的门生，但最后成为其强硬对手），逐渐将城市视作人类对我们星球上各种系统的一种独特干预形式（从 SMUBA 意义来看，可以将其称作我们的“招牌行为”）。“城市”和“文明”两个词均派生自同一拉丁语词根 *civis*，*这绝非偶然*。简单地说，人类历史就是一个城市化的历史。没有城市，就没有法律，没有工业，没有文化，没有进步。

但在深入探讨之前，我们先考虑一下这个复杂的“系统之系统”的一个基本要素，同时也是每一个成功的城市都具备的东西，这就是：市民安全。确保安全曾一度意味着砌起围墙并布置哨兵。而现在，这可能意味着设计一个可以阻止犯罪的系统。

2005 年中期，在警察局长莱利•戈德温 (Larry Godwin) 的领导下，孟菲斯警察局开始与孟菲斯大学开展一个被称为 Blue Crush（利用统计记录来减少犯罪）的合作项目，以期通过整理犯罪数据并绘制出案件高发点地图来抑制犯罪脓疮。“孟菲斯面临真正的挑战。我们有 26% 的人口处在贫困线以下，50% 被视作低收入者，此外，警察部门也相当不稳定”，孟菲斯大学社区犯罪和研究中心的主任 W. Richard Janikowski 说，[344]“市长不停地解雇警察局长，最后，他找到了莱利•戈德温。”

Blue Crush 只是警察部门借助数据来打击犯罪的众多示例中的一个。仅在美国，纽约市、费城、洛杉矶和巴尔的摩便都部署了类似系统，以期开创一个预测性警务时代。为此，所要求的不仅仅是打开数据“闸阀”。这意味着建立一种新的文化。对研究人员来说，答案始终是在数据中。他们往往将警察

局视为数据“宝库”。而在警务人员看来，研究人员固执、苛刻、缺乏生气和以自我为中心。为了消除这一鸿沟，孟菲斯的做法是，“找到警务人员和警官，向他们说明我们的策略，我们准备实现的目标，并试图获得反馈”，Janikowski 说。“警察组织不喜欢变化。但是你必须在现场对他们进行软磨硬泡。”

研究人员必须学会像警务人员一样思考和交流。“警察的头脑中蕴藏着很多知识。他们在看过某些数据后可能会说，‘是的，这里存在盗窃问题，我知道不远处住着一伙盗贼，我们以前曾抓过他们’”，Janikowski 说。“只有将人类的分析、记忆和理解能力与自动化结合起来，才可以获得最有效的结果。”

即使在警察局同意合作后，在每一步中采取软磨硬泡的做法仍然很重要。我们都将某些数据放在靠近背心的地方，公共机构也是这样。起初，警察只想提供粗略信息，比如严重袭击案件的总数。而研究人员希望了解更多。“我们认为，你不妨着眼于一组重要的变量，包括社会人口信息，比如贫困程度。这将警务人员变成了问题解决者。这需要时间。这不是一个神奇的过程”，Janikowski 说。“每当你与人合作时，您都需要花点时间来建立信任。有时候可能会引发摩擦，但一旦建立起这种信任，那么你们即使是相互吼叫也没有关系。”

2008 年，孟菲斯采用 SPSS 分析系统在全市部署了实时犯罪中心。借此，外勤警察可以及时用掌上电脑提交报告和检索信息。该系统不仅可实时绘出事件发生地，而且还包含非传统数据，因此警方可以获得其他认知，比如了解汽车盗窃和下雨或者抵押品丧失赎回权和与毒品类犯罪活动之间的联系。

该计划启动 4 年以来，犯罪率下降了近 30%，包括将暴力犯罪率降低了 15%。[345]“这方面的工作永远没有尽头”，戈德温说。[346]“但是我们实施了一些试点方案，接下来的事情是，我们将抓捕携带枪支和毒品的人员。我们改变了我们开展工作的方式。天啦，我做梦也没有想到会这样有希望。”

戈德温在 2 月底宣布，他将在春季退休。但他倡导的系统将保持不变。警察局长大卫•马尔泰洛 (Dave Martello) 告诉孟菲斯的《*Commercial Appeal*》（*商业诉求报*），Blue Crush 是戈德温留下的。“它赋予许多警察一直梦寐以求的能力，即，锁定坏人，并让社区变得不同”，马尔泰洛说。[347]

随着该系统的成熟，警员在指导其发展方面已经变得越来越得心应手。“现在，我们经常看到警官自己在研究最佳做法，提出新想法，或者说，‘我们试试这个’，或‘我读过它’，或‘这告诉我们什么？’”Janikowski 说。“这是组织上的变化。”

我们有工具，我们知道路径。那么，作为一名有抱负的世界改造者，在行动之前还应该清楚别的什么呢？准备迎接意外。系统是不断发展和成长的，不论多么精心设计，都始终会遭受磨损。对它们进行修补也会对配套基础设施造成附带影响。进步对各方的影响并不一样。

进步也会造成附带影响。在旧金山公用事业委员污水处理企业中，管理者约翰•鲍威尔正在开创一个预测性维护的新时代。他的目标实现后将可以削减成本，但其工作队伍的组成也将发生变化。

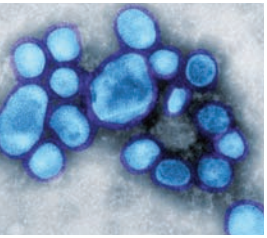
旧金山污水处理设施在 1000 英里长的管道中安装了传感器，绘制了整个系统，并部署了 IBM 的 Maximo 分析软件来监测管道、流量、容量、振动、热和性能情况。“污水是世界上最具腐蚀性的环境之一。如果你在污水中盖房子，污水会轻易将它摧毁”，SFPUC（旧金山公用事业委员会）污水处理企业的管理者和资产经理约翰•鲍威尔 (John Powell) 说。该设施在无雨的时候，每天约处理 9500 万加仑污水，在暴雨季节，每天处理近 4 亿加仑污水和径流水。[348]

20 年前，管理腐蚀的影响，意味着要聘用一支维护队伍来不断修理破损的部件和管道。那是被动性维护时代。自那以后，鲍威尔的设施逐渐过渡到预防性维护模式；现在，该设施根据部件的预期寿命来系统地更换它们。这种模式的成本更低，并且更有效，但依然不够理想，因为部件是根据平均寿命更换的。鲍威尔

的目标是开创一个预测性维护时代，即，在工业中创建与个性化医疗或预测性警务等价的东西。“我们将构建一个风险模型，它可以表明城市的哪些地区处于故障模式下”，鲍威尔说。“预防性维护虽然好，但预测性维护才是真正的出路。我希望维护人员在知道部件即将破损时再签发作业单。

实施这种级别的改变不可能无痛。鲍威尔的团队组成已发生变化。擅长修理破损管道的维护人员已退居到能够监测、诠释和调整系统的软件工程师之后。随着鲍威尔的终极目标变成现实，在透明度和自动化所赋予的力量下，其工作队伍的组成会继续发生变化。他和所有领导者都需要预测将来为了提高生产力和尽量减少停机时间所需的技能。另一方面，工作人员最起码需要弄清楚如何在这种新的现实中保住自己的岗位。此外还需要考虑现实的预算问题。企业承担一定的破损成本，同时通过预留一定资金和通过投保来解决资金问题。但在我们决定修理尚未破损的部件时，资金应来自谁的预算？为了促进预测性维护（对于医疗行业，则为个性化医疗）时代的到来，我们可能需要创造新的会计方法。

遵循SMUBA路线还有其他的深远意义。在所谓的“大数据”时代，一部分挑战来自如何认识所有可用的信息。另一部分挑战则来自“确定什么是数据禁区”上。在不透明的世界中，我们享有天然的隐私和安全屏障。在透明的世界中，我们将不得不自己砌起围墙。这在一定程度上可以借助技术来解决，但同时这也是一个文化习俗问题。维基解密 (WikiLeaks) 是一个很好的例子。许多人觉得，传播私人谈话内容是一种犯罪行为。另一些人则认为，就像热烈的阳光一样，这是一种良好的消毒剂，尤其在与政府有关的时候。无论历史如何评价该揭发者网站（是好还是邪恶），它都将为创建先例提供榜样。数据安全也许是一个更大的问题。人们常说，技术是和善的。因此，进步也是这样。在本文中，我介绍了一些热衷于为了实现积极的改变而捕捉、组织和分析数据的人。每个例子都代表了全球各地几十甚至数百名以这种方式让世界变得更美好的



通过了解如何抑制 H1N1 的蔓延，我们获得了不仅仅是关于大规模流行病的传播行为的认知。阻止疾病传播的实践，或许可以揭示鼓励思想、宽容之心甚至幸福感传播的关键所在。

其他人员，包括研究人员、企业家和政府官员。但是，总会有邪恶势力出于恶意来利用这个过程。随着“看”的工具变得越来越便宜并且越来越普及，坏人将变得更善于收集被认为是“数据禁区”的数据，或者捏造令人信服的虚假数据。不论动机如何，图谱始终赋予其所有者以权力，而现在，所有人都能比以往任何时候更容易制作图谱。随着“模拟”被广泛认为是一种能促进信仰的工具，我们无疑会遇到更加狡猾和更具欺骗性并且旨在兜售坏主意的模型，这在很大程度上就像华尔街上的某些人向社会兜售次级贷款那样。

从更积极的方面看，追求进步可能带来丰厚利润。1936 年末，IBM 估计《社会保障法》会为公司带来 2 万个新的潜在企业客户。到 1937 年底，公司收入在 1935 年基础上增长 48%，到 1939 年，收入增长了 81%。[349] 这次解决极其困难问题的行动，确立了 IBM 的声誉：面对棘手问题勇往直前，或者追求远大梦想。这种声誉一直延续至今。任何实体如果能以类似方式证明自己可以解决看似棘手的挑战（包括数据安全和隐私问题），那么它都必将产生自己的光环，并且开启新的大门。

正如任何研究科学家都会指出的，如果解开一个复杂的系统，便可能会揭示改造其他复杂系统的方式。有时候，这种相关性是显而易见的。通过了解如何预测病毒性流感植株（比如 H1N1）的传播，我们获得了与其他各种大规模传染病和流行病的传播有关的认识。但通过认识某种疾病，还可以增进我们对不是那么明显相关的系统性现象的了解。为了抑制 H1N1 的蔓延，我们对受感染者进行隔离，并要求有征兆者捂住自己的嘴巴并留在家中。对于教育，我们采取类似的但方向正好相反的行动。我们希望促进知识的传播。我们一些最伟大的机构从一开始（或者至少已变得如此）就将知识隔离起来，并且只有那些被认为能够“捕捉”伟大想法的头脑才能接触到。为了影响后代，我们将这些伟大的想法放在在网上和图书馆中。这能有什么用呢？可能一点用处也没有。或者这可能正好说

明，抑制疾病与促进思想正好是对立的。毕竟，疾病和知识都有着相同的载体：我们人类。所以，也许我们可以从阻止H1N1的做法中，找到创建更好的教育体系或商业环境从而促进创造力的方法。也许通过了解如何抑制消极症状，比如肥胖，我们可以获知如何鼓励积极行为，比如锻炼。在了解了如何鼓励锻炼后，我们可以利用这些策略来鼓励其他积极行为，比如说，宽容？慷慨？也许从减少贸易摩擦的实践中，我们不仅能学会如何制止欺诈，同时还能知道如何提改善安全和福祉。科学家们热衷于这类发现。但在具备适当的工具、机会和经验的情况下，任何好奇的头脑都有可能揭示系统性模式，并且成功只会激发更大的斗志。唐•爱德华兹是一个很好的例子。通过了解如何在本机构中各自为政的部门之间架起一座桥梁，他可能还会得知如何将警察、消防、交通运输、教育、水资源和能源系统联系起来，从而打造伟大的具有超级感知能力和超级连通性的明日之城。至少，他的经验会大大增加他去尝试的愿望。

务必再次强调的是，作为我们要采取行动的对象，复杂系统并不是一成不变的。它们会对我们的干预作出反应。我们还是以城市的话题为例。一方面，城市使人类成为地球上占优势地位的大物种，同时也使得我们成为要与地球上占优势地位的小物种 — 细菌 — 决一雌雄的重大竞争者。但正如作家史蒂文•约翰逊 (Steven Johnson) 在其《*The Ghost Map*》（*幽灵地图*）一书中介绍的（该书讲述了约翰•斯诺和1854年霍乱疫情），正是因为城市将细菌的食物供应者 — 居民 — 集中到一起，才导致细菌繁殖量大大增加。

因此，我们调整了管理我们自己 — 城市 — 的方式。我们必须介入到我们自己的干预活动中。这就是Snow的地图、病菌学说以及当时新兴的流行病学所研究的东西。约翰逊认为，人类的一个好消息是，作为人类进步的发动机，城市仍然保持了强劲

动力 — 要说城市是一部SMUBA机器也未尝不可。的确，它首先帮助了细菌，但它给我们的帮助更多。

更广泛的观点是，进步是一个迭代的动态过程。由于你的“看”、“理”、“悟”、“信”、“行”，自然和社会系统会对你的行动作出反应。因此，你必须再次“看”、“理”、“悟”、“信”、“行”，并如此循环下去。

我在撰写本文期间与众多人员进行了交流，其中许多人生来就知道这一切。他们是系统思想家，喜欢在看似独特的问题之间找出它们的相似性，并反复运用SMUBA方式。一旦解决了某个复杂问题，他们便转向下一个大挑战，并且永远好奇，永远自信，永远孜孜以求。这种能力和抱负在IBM无处不在，它们使得公司可以在众多行业实现蓬勃发展，并且解决一系列广泛的问题。许多公司的业务仅建立在SMUBA中的某一项原则之上，比如帮助客户收集或组织所有可用数据，并且经营得红红火火。但IBM在该道路上的每一步都留下了足迹。这可能是具有先见之明的产品设计，也可能不是。无论是哪一种方式，公司的业务都反映了进步的步伐。几乎可以肯定，这就是IBM之所以能不断吸引世界上某些最优秀人才的原因。这些人员积极思索如何创建电动飞机和超高效光伏电池、如何重塑教育、如何挑战*《危险边缘》*节目的大师（作为一种了解人类语言变幻莫测性的方式）、如何抗击污染、如何打造更可靠和更具性价比的医疗系统，以及如何解决伴随年龄、人口增长、权宜之策和最崇高的意图而产生的众多现代问题。

为什么要停止呢？从头建立一个新世界似乎已无可能。但我们可以创建更好的工具来改进我们当前拥有的世界。试想一下这个复杂时代诞生的第一个应用程序便是专门为让世界变得更美好而构建的。这就是我们的发展方向，IBM 研究院项目主管达里奥•吉尔(Dario Gil)说。[350]“为了解决我们可能从未想到过的突现

问题，我们需要有一套新工具。我们研制的计算机不应以 MIPS [每秒百万条指令] 或存储指标来判断其价值，而应看它们是否能帮助我们获得预期结果。我们是否已开始做我们想做的事情？”吉尔告诉我，我可以想象一下与我们寻求解决的问题一样突现的计算机系统。“我们管它们叫学习系统。”

学习系统将增强我们收集、整理和分析各种数据的能力，同时在让世界变得更美好的道路上，减少各个步骤之间的摩擦。这样一来，我们便可以用更加动态和更为有效的方式预测各种行动的最佳方案，比如消除欺诈、遏制贫困、改善教育、根除疾病、减少浪费、鼓励可持续的行为、延长生命或及时回家享用我们如此渴望的家庭晚餐。

正如吉尔看到的，这种学习系统还将以另一种方式改变社会。通过赋予我们参与变革所需的各种工具，许多被视为科学过程的事物将实现解放和平民化。“在需要掌握算盘才能从事计算的年代，有多少人可以做这种工作？很少。现在，有多少人可以从事计算工作？几乎是所有人”，吉尔说。“今天，有多少人可以用统计方式收集数据、整理它、建立假设并制定可以获得良好成效的举措？为数不多。但是，如果这个过程融合到某些可重复的事情中从而与它们合为一体时，我们所有人都将可以使用科学方法的工具来谋求进步，到那时，进步的希望便会大大增加。”

“让世界更美好”从来都不是一件轻松的事情，并且“更美好”也是一个活动的目标。但它让我们知道有一条可以遵循的道路，并且可以借助工具来加快这个进程。因为最终来说，管理复杂性，远不仅仅是IBM的业务模式。它是人类改善自身生活品质的一种共同追求。我们都置身其中。

• • •

这里有一个关于视力的故事，它沉重而不平凡，并且能够在不需要其他任何衬托和点缀的情况下给予我们启示。在旧金山轮渡大厦附近的一家户外咖啡馆中，Mike May 和我相对而坐，讲述了他自从通过干细胞手术恢复视力以来长达 10 年之久的历程。“一开始，我没有真正仔细想过这些东西。我在生活中遇到了沉重而复杂的信息负担，并且心想，‘我该怎么办？’”

May 的手术是一种非急需施行的新兴手术，并且仅适用于特定病情。他虽然符合条件，但手术治疗并不是大多数视力正常者会轻易作出的选择。他曾经过着充实而有成就的盲人生活。失明是他身份的一部分。虽然这种实验性治疗的成功率足以引起人的兴趣，但也只不过是 50% 的几率而已。并且即便如此，为了保证手术成功，他还需要服用强力的免疫抑制药物，以帮助防止新眼球遭到身体排斥。这种药物会严重削弱他的免疫系统，从而大大增加感染各种疾病（包括癌症）的可能性。这种为了获得视力而拿生命冒险的做法是否值得？

最终，May 选择了“看”，虽然他重新认识世界的过程一直不顺利，但他现在已经停止用药，并且大部分时间都在借助视力来享受生活。走到这一步，需要一种顿悟。“我试图处理我满眼看到的信息，但一直做得不好。我想我只是需要更多的练习，但更多的练习也不一定有帮助”，May 告诉我。

做完手术的 3 年后，科学杂志《*Nature Neuroscience*》（*自然神经科学*）发表的一篇文章指出，May 的视力不会变得更好。[351] 文章下结论说，他的大脑已经失去可塑性，他的视觉混乱将伴随他一生。这使得他以科学上被认为不现实的方式振作起来。“这没什么大不了的。当时，我想我最好证明是他们错了。我相信，总会有一种解决方法”，他说。“信念是你绝对需要跨越的重要桥梁。我决定，我必须更多地学会分析。我必须将视力当做一种工具，并与我的其他工具一起使用它。”

现在，May 就像我们其余人一样，手头拥有比以往更多的工具。今天上午，他从家步行到加州戴维斯的 Amtrak 站（那里离旧金山约 60 英里远），然后在里奇蒙换乘 BART 通勤列车。在抵达西奥克兰时，由于在旧金山的 Embarcadero 站发生事故，工作人员清空了他所乘坐的列车。他本想坐出租车穿过 Bay Bridge 桥来到我们的会面地点，但那样的话便无异于放弃。

他打开其 iPhone 上的 iBART Live 应用程序，查看实时的列车位置图，然后决定坐下一趟列车，因为根据该应用程序的预测，下一趟车很快就会来。情况确实如此。他跳上了车。谁知这趟车在 Embarcadero 没停，因此他只好在离我们见面地点还有几个街区的地方下车。当 May 走上地面后，他在自己为帮助盲人出行而设计的 GPS 设备上将 Embarcadero 设为目的地，然后在它的引导下来到了我们的桌子前。

他说，“技术再加上人类的聪明才智，真是一个不错的组合。”

• • •

致谢

作者谨此感谢 Paul Lasewicz 在研究 IBM 历史方面的丰富知识和提供的指导；感谢 Mike Wing 稳重而细致的编辑工作；感谢 Teresa Yoo 和 Elizabeth Schaefer 在从头至尾负责本项目期间给予的意见和关心；感谢 Jon Iwata 和 Keith Yamashita 在策划本文主题方面提供的指导；感谢 Pennie Rossini 和 Janet Byrne 在原稿编辑和内容核实方面一丝不苟的工作；以及感谢几十位现职和离职 IBM 人各自作出的贡献。最后，我们感谢 Curt Schreiber 和 VSA 团队在用视觉方式表达本文思想方面所作的努力。

Kevin Maney 在此感谢 Steve Wildstrom、Russ Mitchell 和 Emerson Pugh 帮助研究和整理计算历史；感谢计算机历史博物馆馆长 Dag Spicer 自始至终提供的建议。

Steve Hamm 在此感谢已退休的 IBM 高级管理人员尼古拉斯•多诺弗里奥提供的指导和理论；感谢 Erik Brynjolfsson 的价值创造见解；并且感谢 Rosabeth Moss Kanter 和已故的 C. K. Prahalad 提供的关于企业与社会交融的观点。

Jeff O'Brien 在此感谢 Stuart Luman 的持续努力和热情；感谢 Sabrina Clark、Carl DeTorres、Heui Jin Jo、Nicolas Maitret、Susana Rodriguez 以及圣大菲研究所、MIT 和 IBM 的几十位研究人员和工程人员 — 尤其是 Don Eigler、Laura 和彼得•哈斯，以及 Bill Pulleyblank — 帮助形成 SMUBA 理论；并且感谢 Heather、Hugo 和 Henry 提供的一切帮助。

文注

1 Margaret Martonosi（普林斯顿大学教授），由 Russ Mitchell 为 Kevin Maney 做的采访，2010 年 6 月。

2 海洋研究所，“SmartBay Environmental Monitoring System Installed in Galway Bay” 新闻稿，2010 年 7 月，http://www.marine.ie/home/aboutus/newsroom/news/smartbaymonitoring-systeminstalledingalwaybay.htm；IBM，“IBM and Marine Institute Ireland Netting Results in Galway’s ‘SmartBay’ Project” 新闻稿，2009 年 3 月 16 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26922.wss。

3 Geoffrey B. Austrian，*《Herman Hollerith: Forgotten Giant of Information Processing》*（纽约：哥伦比亚大学出版社，1982 年），50 - 70；塞吕基，*《现代计算机发展史》*（马萨诸塞州剑桥：麻省理工学院出版社，1998 年），26。

4 Robert William Bemer，“The History of Computing Project”，访问时的最近修改时间为 2010 年 3 月 17 日，http://www.thocp.net/biographies/bemer_bob.htm。

5 M. J. Underwood，“Shoebox—A Voice Responsive Machine”，*《Datamation》*8 (1962): 47；“IBM Shoebox”，IBM，2010 年 5 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/specialprod1/specialprod1_7.html。

6 “Human Language Technologies”，IBM 研究院，2010 年 12 月访问，http://www.research.ibm.com/hlt/html/history.html。

7 David Nahamoo（IBM 院士），由 Kevin Maney 做的采访，2010 年 6 月 22 日。

8 George Laurer（前 IBM 工程师），由 Russ Mitchell 为 Kevin Maney 做的采访，2010 年 6 月。

9 *The Trumpeter*，“ASCO’s Dual-system RAMAC”，1960 年 10 月，IBM 档案馆，纽约萨默斯。

10 James W. Cortada，*《Before the Computer: IBM, NCR, Burroughs, and Remington Rand and the Industry They Created, 1865–1956》*（新泽西普林斯顿：普林斯顿大学出版社，2000 年），142。

11 “A few facts about IBM storage”，IBM，2010 年 2 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage_facts.html。

12 J. M. Fenster，“How Bing Crosby Brought You Audiotape”，*《Invention & Technology》*第 10 期（1994 年秋）：58。

13 R. Bradshaw 和 C. Schroeder，“Fifty years of IBM innovation with information storage on magnetic tape”，*《IBM Journal of Research and Development》*第 47 期，第 4 号（2003 年）：373。

14 同上。

15 磁带文件，IBM 档案馆。

16 M. E. Wolf，“The R&D bootleggers inventing against the odds”，*《IEEE Spectrum》*第 12 期（1975 年 7 月）：38。

17 RAMAC 文件，IBM 档案馆。

18 Robert Dennard（IBM 院士），由 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

19 Sally Adee，“Thanks for the Memories”，*《IEEE Spectrum》*第 46 期（2009 年 5 月）：48；IBM，“IBM Moves Closer to New Class of Memory” 新闻稿，2008 年 4 月 10 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/23859.wss；Kevin Maney，“Every move you make could be stored on a PLR”，*《今日美国报》*，2004 年 9 月；Stuart Parkin（IBM 院士），由 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

20 Kevin Maney，*《The Maverick and His Machine》*（新泽西霍波肯：John Wiley & Sons，2003 年），359。

21 同上，415。

22 G. M. Amdahl 的备忘录，“Logical Equations for ANS Decoder”，1955 年 12 月 13 日，计算机历史博物馆，http://archive.computerhistory.org/resources/text/IBM/Stretch/pdfs/06-06/102632244.pdf（2010 年 4 月访问）；Frank da Cruz，“A Chronology of Computing at Columbia University”，哥伦比亚大学，沃森实验室，访问时的最近修改时间为 2010 年 9 月 28 日，http://www.columbia.edu/acis/history；脚本，约翰·巴克斯（备案号：X3715.2007），Charles Branscomb（备案号：X5548.2010），Richard Case（备案号：X3777.2006），Paul Castrucci（备案号：X4943.2009）和格蕾丝·赫柏（备案号：X5142.2009），Oral Histories Online，计算机历史博物馆，2010 年 12 月访问，http://www.computerhistory.org/collections/oralhistories/。

23 “IBM 704 Electronic Data Processing Machine Manual of Operation”，1955 年，IBM 档案馆。

24 “The Chip That Jack Built”，德州仪器公司，2010 年 5 月访问，http://www.ti.com/corp/docs/kilbyctr/jackbuilt.shtml。

25 Peter Capek 和 Bruce Shriver，“Just Curious: An Interview with John Cocke”，*《Computer》*第 32 期（1999 年 11 月）：34。

26 “Tribute to Seymour Cray”，IEEE 计算机学会，2010 年 6 月访问，http://www.computer.org/portal/web/awards/seymourbio。

27 “The Supercomputer at Los Alamos”，IBM，2010 年 5 月访问，http://www-03.ibm.com/systems/deepcomputing/rr/。

28 “蓝色基因 (Blue Gene)”，IBM 研究院，2010 年 5 月访问，http://domino.research.ibm.com/comm/research_projects.nsf/pages/bluegene.index.html。

29 Juan B. Cuvillo 等，“Toward a Software Infrastructure for the Cyclops-64 Cellular Architecture”，CAPSL 技术备忘录第 55 号，特拉华州大学，特拉华州纽瓦克，2004 年。

30 “The History of Superconductors”，Superconductors.org，访问时的最近修改时间为 2010 年 10 月，http://www.superconductors.org/History.htm；Lisa Hernandez，“The Exascale Supercomputer: 10 Million Cores in 2020”，*《ConceivablyTech》*，2010 年 9 月 23 日，http://www.conceivablytech.com/2997/products/the-exascale-supercomputer-10-million-cores-in-2020/。

31 约翰·w·巴克斯和 Harlan Herrick，“IBM 701 Speedcoding and Other Automatic-Programming Systems”，106（在“数字计算机自动编程专题讨论会”上呈示的论文，海军研究办公室，华盛顿特区，1954 年 5 月）；巴克斯和赫柏，Oral Histories Online；Steve Lohr，“John W. Backus, 82, Fortran Developer, Dies”，*《纽约时报》*，2007 年 3 月 19 日。

32 巴克斯，Oral Histories Online。

33 E. F. Codd，*《The Relational Model for Database Management: Version 2》*（马萨诸塞州里丁：Addison-Wesley，1990 年），12。

34 Edward Hurley，“Q&A: An insider’s view of CICS’ development”，*SearchDataCenter.com*，2004 年 9 月 16 日，http://searchdatacenter.techtarget.com/news/1156274/QA-An-insiders-view-of-CICS-development。

35 Bruce Weber，“Swift and Slashing, Computer Topples Kasparov”，*《纽约时报》*，1997 年 5 月 12 日；Feng-hsiung Hsu，*《Behind Deep Blue: Building the Computer That Defeated the World Chess Champion》*（新泽西普林斯顿：普林斯顿大学出版社，2002 年），68。

36 Clive Thompson，“What Is IBM’s Watson?”，*《纽约时报杂志》*，2010 年 6 月 20 日。

37 David Ferrucci（IBM 研究院职员），由 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

38 John Markoff，“Computer Wins on ‘Jeopardy!’ Trivial, It’s Not”，*《纽约时报》*，2011 年 2 月 16 日。

39 Ray Kurzweil，“The Significance of Watson”，*Kurzweil, Accelerating Intelligence*（博客），2011 年 2 月 13 日，http://www.kurzweilai.net/the-significance-of-watson。

40 Maney，*《The Maverick and His Machine》*，331–332；“Calling signals for the Army”，*《Popular Mechanics》*82（1944 年 8 月）56。

41 Richard Canning，Jeffrey Yost 的口述历史访谈，2002 年 8 月，查尔斯巴贝奇信息处理历史研究中心，明尼苏达州大学，明尼苏达州。

42 Bob Braden（计算机科学家），由 Russ Mitchell 为 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

43 Larry Smarr（创始董事，加州电信与信息技术研究所），由 Russ Mitchell 为 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

44 Vint Cerf 发给 Interesting-People 电子邮件列表的信息，2000 年 9 月 30 日，http://www.interesting-people.org/archives/interesting-people/200009/msg00052.html。

45 Dennis Jennings，由 Veà Baró 做的采访，2007 年 11 月 28 日，后者在《Internet World》任职，加州帕洛阿尔托。

46 Al Weis（前 IBM 员工），由 Russ Mitchell 为 Kevin Maney 做的采访，2010 年 6 月。

47 “Data, data everywhere”，*《经济学人》*，2010 年 2 月 25 日，http://www.economist.com/node/1555743。

48 Maney，*《The Maverick and His Machine》*，150；“Columbia University Professor Ben Wood”，哥伦比亚大学，访问时的最近修改时间为 2009 年 4 月 29 日，http://www.columbia.edu/acis/history/benwood.html。

49 Cruz，“A Chronology of Computing at Columbia University”，http://www.columbia.edu/acis/history/。

50 “IBM 1401 System 50th Anniversary”，YouTube 视频，125，计算机历史博物馆于 2009 年 11 月 10 日庆祝 1401 系统 50 周年，由 ComputerHistory 发布于 2009 年 11 月 19 日，http://www.youtube.com/watch?v=FVsX7aHNENo。

51 Branscomb，Oral Histories Online。

52 Emerson Pugh、L. R. Johnson 和 J. H. Palmer。*《IBM’s 360 and Early 370 Systems》*（马萨诸塞州剑桥：麻省理工学院出版社，1991 年），113 - 174。

53 “Timesharing: A Solution to Computer Bottlenecks”，YouTube 视频，28，MIT 计算中心的 MIT 科技记者 John Fitch 于 1963 年 5 月 9 日与 MIT 计算机学教授 Fernando J. Corbató 的一次访谈，2010 年 1 月 7 日发布，http://www.youtube.com/watch?v=Q07PhW5sCEk；John McCarthy，“Reminiscences on the History of Time Sharing”，斯坦福大学，1983 年，http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/timesharing.html；Martin Campbell-Kelly 和 Daniel Garcia-Swartz，“Economic Perspectives on the History of the Computer Time-Sharing Industry, 1965–1968”，*《Annals of the History of Computing》*，IEEE 30（2008 年 1 月至 3 月）：16。

54 比尔·洛（IBM 前副总裁），由 Bob Cringely 做的采访，*《Triumph of the Nerds》*，PBS，1996 年 6 月；David Sanger，“Philip Estridge Dies in Plane Crash; Guided IBM Personal Computer”，*《纽约时报》*，1985 年 8 月 5 日。

55 Charles Seife，*《Decoding the Universe》*（纽约：Viking Penguin，2006 年），56 - 87。

56 Brenda Dietrich（IBM 院士），由 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

57 Kevin Maney，“Amazon’s new direction: Point, click, make a product to sell to the world”，*《今日美国报》*，2006 年 11 月 21 日。

58 埃里克·霍维茨（微软研究院科学家），由 Liane Hansen 做的采访，“Meet Laura, Your Virtual Personal Assistant”，NPR，2009 年 3 月 21 日。

59 彭明盛（IBM 首席执行官），由 Kevin Maney 做的采访，2010 年 5 月。

60 1910 *美国人口普查，城市人口*，美国人口普查局（华盛顿特区），188，http://www2.census.gov/prod2/decennial/documents/36894832v3ch2.pdf。

61 *1920 年人口普查*，美国人口普查局（华盛顿特区），4，http://www2.census.gov/prod2/decennial/documents/41084484v4ch02.pdf。

62 *Computing-Tabulating-Recording 公司报告*，1912 年 3 月 31 日，IBM 档案馆。

63 理查德·泰德洛（哈佛大学教授），由 Steve Hamm 做的采访，2004 年。

64 彭明盛（IBM 首席执行官），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 5 月 6 日。

65 Masaaki Sato，《*The Honda Myth: the Genius and His Wake*》（纽约：Vertical，2006 年），69 - 81。

66 Jeffrey Smith（本田美国公司主管），与 Steve Hamm 之间的面谈和电子邮件，2010 年 10 月。

67 本田公司，"Summary of 2010 CEO Speech" 新闻稿，2010 年 7 月 20 日，http://world.honda.com/news/2010/c100720Mid-Year-CEO-Speech/index.html。

68 约翰·P ·科特和詹姆斯·L ·赫斯克特，《*Corporate Culture and Performance*》（纽约：Free 出版社，1992 年），11。

69 小托马斯·沃森，《*A Business and Its Beliefs*》（纽约：McGraw-Hill，1963 年），5。

70 Maney，《*The Maverick and His Machine*》, 145.

71 "The Man Proposition"，1915 年 1 月 25 日，IBM 档案馆。

72 Peter Drucker（管理顾问），由 Kevin Maney 做的采访，2002 年。

73 《*Business Machines*》，1932 年 10 月 6 日，1, IBM 档案馆。

74 IBM 档案馆。

75 同上。

76 Lisa Gable，IBM 人力资源部，发给 Steve Hamm 的电子邮件，2010 年 11 月 2 日。

77 帕特里克·图尔（前 IBM 主管），照着 C. L. Reeser 给他的一个笔记本念出，2010 年 1 月 11 日。

78 帕特里克·图尔，由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 11 日。

79 约翰·R ·奥贝尔（前 IBM 首席执行官），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 7 日。

80 James Birkenstock（前 IBM 主管），由 Kevin Maney 做的采访，2000 年 12 月 11 日。

81 老托马斯·沃森同 IBM 主管的谈话（录入记录），1929 年 11 月 18 日，IBM 档案馆。

82 Maney，《*The Maverick and His Machine*》, 138。

83 同上，155。

84 IBM 高级管理人员培训班录音磁带，1955 年 11 月 8 日，IBM 档案馆，磁带 1。

85 同上，磁带 2。

86 Dick Wright，"1991 biography of Thomas Watson Jr."，IBM 档案馆。

87 《*Business Machines*》，1957 年 10 月 25 日，7，IBM 档案馆。

88 Beth Kowitt 和 Kim Thai，"World's Best Companies for Leaders"，《*财富*》，访问时的最近修改时间为 2009 年 11 月 19 日，http://money.cnn.com/galleries/2009/fortune/0911/gallery.leadership_top_ten.fortune/index.html。

89 《*Business Machines*》，1963 年 1 月 29 日，IBM 档案馆。

90 Michael Cronin（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 20 日。

91 Chuck Boyer，《*The 360 Revolution*》（*纽约*阿蒙克：IBM，2004 年），32，ftp://ftp.software.ibm.com/s390/misc/bookoffer/download/360revolution_040704.pdf。

92 Frederick Brooks（前 IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2004 年 4 月。

93 小沃森，《*A Business and Its Beliefs*》, 34。

94 Rachel Konra，"IBM and Microsoft: Antitrust Then and Now"，*CNET News*，2000 年 6 月 2 日，http://news.cnet.com/2100-1001-241565.html。

95 尼古拉斯·多诺弗里奥（前 IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 7 月 23 日。

96 郭士纳（前 IBM 首席执行官），由 Steve Hamm 做的采访，2011 年 1 月 5 日。

97 Bernard Meyerson（IBM 院士），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 18 日。

98 彭明盛，由 Steve Hamm 做的采访。

99 Paul Hemp 和 Thomas A. Stewart，"Leading Change When Business Is Good"，《*哈佛商业评论*》（2004 年 12 月）http://hbr.org/2004/12/leading-change-when-business-is-good/ar/1。

100 Jon Iwata（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月。

101 Diane Brady，"The Immelt Revolution"，《*商业周刊*》，2005 年 3 月 28 日。

102 John F. Akers（前 IBM 首席执行官），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 12 月 16 日。

103 彭明盛，由 Steve Hamm 做的采访。

104 J. Randall MacDonald（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 18 日。

105 剪报（报纸名称不祥），IBM 档案馆。

106 *当前就业人口统计，1950 到2007 年*，美国劳工统计局（华盛顿特区，2008 年 3 月）；"USA Statistics in Brief–Employment"，美国人口普查局，2010 年 10 月 1 日访问，http://www.census.gov/compendia/statab/2010/files/employ.html。

107 Michael S. Christian，"Human Capital Accounting in the United States: 1994–2006," *当前企业调查*（2010 年 6 月）：31。

108 Will Hamlin 和 Max Eulenstein，"A Retrospective Look at U.S. Productivity Growth Resurgence"（报告，《Economics》，161，波莫纳学院，2009 年 2 月 3 日）。

109 Erik Brynjolfsson（MIT 教授），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 6 日。

110 Barry Jaruzelski 和 Kevin Dehoff，“The Global Innovation: How the Top Innovators Keep Winning”，*Strategy + Business*，2010 年 11 月 3 日，http://www.strategy-business.com/article/10408?gko=08375。

111 迈克尔·H·萨克，“Rethinking the Knowledge-Based Organization”，《*Sloan Management Review*》第 44 期，第 4 号（2003 年夏）：67。

112 计算机科学与通讯委员会，《*Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*》（华盛顿特区：美国国家科学院出版社，1999 年），1，139。

113 “Thomas A. Edison & the Menlo Park Laboratory”，亨利福特博物馆，2011 年 1 月 13 日访问，http://www.hfmgv.org/exhibits/edison。

114 IBM 高级管理人员培训班录音磁带，1955 年 11 月 8 日，IBM 档案馆，磁带 1。

115 同上。

116 “IBM’s Intellectual Property History”，IBM 知识产权与授权部。

117 《*Business Machines*》，1935 年 1 月 4 日，IBM 档案馆。

118 Jean Ford Brennan，《*The IBM Watson Laboratory at Columbia University*》（纽约阿蒙克：IBM，1971 年）http://www.columbia.edu/acis/history/brennan/index.html。

119 Herb Grosch（前 IBM 科学家），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月。

120 Gardiner Tucker（前 IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 8 月 20 日。

121 Gerd Binnig（前 IBM 研究人员），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 11 月 17 日。

122 Robert Buderi（作家），Steve Hamm 以电子邮件方式做的采访，2010 年 11 月 11 日。

123 “NSF and the Birth of the Internet”，美国国家科学基金会，访问时的最近修改时间为 2008 年 7 月 10 日，http://www.nsf.gov/news/special_reports/nsf-net/textonly/index.jsp。

124 计算机科学与通讯委员会，《*Funding a Revolution*》，1，139。

125 美国国家科学基金会，“*Japan Hopes to Double Its Government Spending on R&D*”，NSF 97-310（弗吉尼亚州阿灵顿：NSF，1997 年 6 月 13 日），http://www.nsf.gov/statistics/issuebrf/sib97310.htm。

126 IBM，“IBM Seeks to Build the Computer of the Future Based on Insights from the Brain” 新闻稿，2008 年 11 月 20 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26123.wss。

127 Leonard Kleinrock 的主页，“Leonard Kleinrock’s Personal History/Biography: the birth of the Internet”，访问时的最近修改时间为 2005 年 3 月 9 日，http://www.lk.cs.ucla.edu/personal_history.html。

128 Gartner，“Gartner EXP Worldwide Survey of Nearly 1,600 CIOs Shows IT Budgets in 2010 to be at 2005 Levels” 新闻稿，2010 年 1 月 19 日，http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1283413。

129 Gartner，“Gartner Reveals Five Social Software Predictions for 2010 and Beyond” 新闻稿，2010 年 2 月 2 日，http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1293114。

130 Andrew McAfee，《*Enterprise 2.0: New Collaborative Tools for Your Organization’s Toughest Challenges*》（马萨诸塞州剑桥：哈佛商业出版社，2009 年），211。

131 Francisco D’Souza（Cognizant 首席执行官），由 Steve Hamm 做的采访，2009 年。

132 Anita Williams Woolley 和 Christopher F. Chabris，“Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups”，《*Science*》第 330 期，第 6044 号（2010 年 10 月 29 日）：686–688。

133 MIT 新闻，“Study Finds Small Groups Demonstrate Distinctive ‘Collective Intelligence’ When Facing Difficult Tasks” 新闻稿，2010 年 9 月 30 日，http://web.mit.edu/press/2010/collective-intel.html。

134 Linda Sanford（IBM 主管）,由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 2 月 2 日。

135 “IBM InnovationJam 活动”网页，2011 年 1 月 13 日访问，https://www.collaborationjam.com。

136 彭明盛，由 Steve Hamm 做的采访。

137 Thomas W. Malone，《*The Future of Work: How the New Order of Business Will Shape Your Organization, Your Management Style and Your Life*》（马萨诸塞州剑桥：哈佛商业出版社，2002 年），4。

138 同上，93。

139 C. K. Prahalad 和 Venkat Ramaswamy，《*The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*》（马萨诸塞州剑桥：哈佛商业出版社，2002 年），49 - 52。

140 IBM，“IBM and Danish Hospital Pioneer Smarter Patient Records to Improve Patient Care” 新闻稿，2009 年 3 月 10 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26870.wss。

141 彭明盛，由 Steve Hamm 做的采访。

142 IBM，“IBM Analytics Streamlines Processes for Russian Prosecutor General’s Office” 新闻稿，2010 年 4 月 8 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/29843.wss。

143 约翰·凯利（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2009 年 7 月 15 日。

144 Henry Chang（IBM 研究人员），由 Steve Hamm 做的采访，2009 年 8 月。

145 Spencer Ante，*《Creative Capital: George Doriot and the Birth of Venture Capital》*（马萨诸塞州波士顿：哈佛商学院出版社，2008 年），xiii，xviii。

146 WilmerHale，*"2009 Venture Capital Report"*，2, 4。

147 Pierre Haren（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 11 月。

148 A. G. Lafley，"P&G's Innovation Culture"，*Strategy + Business*（2008 年秋），http://www.strategy-business.com/media/file/sb52_08304.pdf。

149 Rishab Aiyer Ghosh，*《Study on the: Economic impact of open source software on innovation and competitiveness of the Information and Communications Technologies sector in the EU》*（荷兰马斯特里赫特：UNU-Merit，2006 年 11 月 20 日），50。

150 Henry W. Chesbrough，"The Era of Open Innovation"，*《MIT Sloan Management Review》*（2003 年春），http://sloanreview.mit.edu/the-magazine/articles/2003/spring/4435/the-era-of-open-innovation/?type=x&reprint=4435。

151 Raymond M. Wolfe，*U.S. Businesses Report 2008 Worldwide R&D Expense of $330 Billion*，NSF 10-322（弗吉尼亚州阿灵顿：美国国家科学基金会，2010 年 5 月），http://www.nsf.gov/statistics/infbrief/nsf10322/nsf10322.pdf。

152 Linus Torvalds 和 David Diamond，*《Just for Fun: The Story of an Accidental Revolutionary》*（纽约：Harper Collins，2001 年），158。

153 Robert Le Blanc（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 11 月 19 日。

154 Robert Sutor（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月。

155 美国劳工统计局，"Preliminary Multifactor Productivity Trends, 2009" 新闻稿，2010 年 10 月 6 日，http://www.bls.gov/news.release/prod3.nr0.htm。

156 IBM 与高校的合作关系，由 Timothy Willeford 提供的简报，2010 年 10 月 21 日。

157 IBM，"Roche and IBM Collaborate to Develop Nanopore-Based DNA Sequencing Technology" 新闻稿，2010 年 7 月 1 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32037.wss。

158 Chad Peck（IBM 研究人员），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 5 月 6 日。

159 John Micklethwait 和 Adrian Wooldridge，*《The Company: A Short History of a Revolutionary Idea》*（纽约：Random House，2003 年），17 - 28。

160 Bruno Di Leo（IBM主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 5 日。

161 N. R. Kleinfield，"IBM to Leave India and Avoid Loss of Control"，*《纽约时报》*，1977 年 11 月 16 日。

162 Shyam Aggarwal 和 Ravi Marwaha（前 IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 11 月。

163 Aggarwal，采访。

164 *《纽约时报》*，"Arbitration Asked for World Issues"，1939 年 1 月 18 日。

165 *《纽约时报》*，"'No War,' Says Hitler to American Caller"，1937 年 6 月 30 日；*《纽约时报》*，"Thomas J. Watson Is Decorated by Hitler"，1937 年 7 月 2 日。

166 *《纽约时报》*，"1937 Hitler Decoration Is Returned by Watson"，1940 年 6 月 7 日。

167 名为 "Germany" 的备忘录，1945 年 11 月 16 日，3，费尔斯图书馆，纽约大学，IBM 欧洲业务档案。

168 IBM 档案馆。

169 Marwaha，采访。

170 郭士纳，*《Who Says Elephants Can't Dance? Leading a Great Enterprise Through Dramatic Change》*（纽约：Harper Collins，2002 年），37。

171 彭明盛，由 Steve Hamm 做的采访。

172 Mark Loughridge（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 12 月 21 日。

173 Loughridge，由 Steve Hamm 做的采访。

174 Steve Hamm，*《The Race for Perfect: Inside the Quest to Design the Ultimate Portable Computer》*（纽约：McGraw-Hill：2008 年），75 - 78。

175 Arimasa Naitoh（Lenovo 主管），由 Kenji Hall 做的采访，2007 年 5 月 2 日。

176 阿伦·库马尔（IBM 研究人员），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 29 日。

177 Shanker Annaswamy（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 5 月 28 日。

178 "IBM Market Share in India"（报告，IBM 印度分公司，2010 年 6 月）。

179 Manjeet Kripalani，"IBM's India Pep Rally"，*《商业周刊》*，2006 年 6 月 6 日。

180 郭士纳，采访。

181 Robert Moffat，"Services Competitiveness"（"IBM 投资者日"上的报告，2007 年 5 月 7 日），http://www.ibm.com/investor/events/analyst0507/presentation/part6/part6.pdf。

182 IBM 全球技术服务部，*《The Road to a Smarter Enterprise》*（纽约阿蒙克：IBM，2010 年 10 月），ftp://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/ciw03076usen/CIW03076USEN.PDF。

183 IBM，"IBM Establishes Global Center of Excellence for Water Management in the Netherlands" 新闻稿，2008 年 2 月 1 日。

184 Bill Creighton（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 29 日。

185 Mark Loughridge，“Financial Model”（Mark Loughridge 在“IBM 投资者日”上的报告，2010 年 5 月 12 日），http://www.ibm.com/investor/events/analyst0507/presentation/part10/part10.pdf。

186 “About HSBC”，HSBC，2011 年 1 月 13 日访问，http://www.hsbc.com；Brendan McNamara，发给 Steve Hamm 的电子邮件，2010 年 12 月 9 日。

187 Rogerio Oliveira（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2007 年。

188 Katharyn White（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 3 月 10 日。

189 Ted Hoff（IBM 主管）,由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 2 月 24 日。

190 Michael Karasick（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 3 月。

191 Gable，电子邮件。

192 Ron Glover（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 14 日。

193 Loughridge，报告。

194 Takreem El-Tohamy（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 6 日。

195 李博诺（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 5 日。

196 Robert E. Scott，《*Costly Trade With China*》，188（华盛顿特区：经济政策研究所，2007 年 5 月），http://www.epi.org/publications/entry/bp188/。

197 卡洛塔·佩雷斯（作家），由 Steve Hamm 做的采访，2007 年。

198 Steve Hamm，“Radical Collaboration”，《*商业周刊*》，2007 年 8 月 30 日。

199 以色列·莫雷诺（CEMEX 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 9 月；CEMEX 公共关系部，发给 Steve Hamm 的电子邮件，2010 年 9 月 29 日。

200 Rosabeth Moss Kanter，“Enduring Principles of Changing Times”（演讲），Long Now 基金会，旧金山，2007 年 11 月 9 日，脚本和 Adobe Flash 音频，http://fora.tv/2007/11/09/Rosabeth_Moss_Kanter。

201 Stanley Litow（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 11 日。

202 米尔顿·弗里德曼，“The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits”，《*纽约时报杂志*》，1970 年 9 月 13 日。

203 John Steele Gordon，“The Sunny Steel Baron and His Bootstraps Fortune”，《*纽约时报*》，2006 年 10 月 30 日，http://www.nytimes.com/2006/10/30/books/30gord.html?ref=andrew_carnegie&pagewanted=print。

204 安德鲁·卡内基，“Wealth”，《*North American Review*》第 148 期，第 391 号（1889 年 6 月）：653。

205 Maney，《*The Maverick and His Machine*》, 24–25。

206 老托马斯·沃森，《*Think: The First Principle of Business Ethics*》（弗吉尼亚州韦恩斯伯勒：科学与哲学大学，2003 年），80。

207 Luis Lamassonne（前 IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 8 日。

208 Ted Childs（前 IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月。

209 “Policy letter #4”，1953 年 9 月 21 日，IBM 档案馆。

210 Richard E. Mooney，“IBM Plans 300-Worker Plant in Slums of Bedford-Stuyvesant”，《*纽约时报*》，1968 年 4 月 18 日。

211 小托马斯·沃森，“The Right to Life”，《*纽约时报*》，1970 年 12 月 19 日。

212 威尼·巴尔塔（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 5 月 21 日。

213 马克·迪恩（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月。

214 Robin Willner（IBM 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月；Willner，发给 Steve Hamm 的电子邮件，2010 年 10 月 25 日。

215 “Integrated philanthropy.The 1/1/1 model”，Salesforce.com，2011 年 1 月 13 日访问，http://www.salesforce.com/company/foundation。

216 Jane Nelson 等，*Developing Inclusive Business Models*（马萨诸塞州剑桥：哈佛大学肯尼迪政治学院，2009 年），http://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/CSRI/publications/other_10_MDC_report.pdf。

217 Willner，采访。

218 查理·雄（IBM 摄影师），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 1 月 20 日。

219 Rosabeth Moss Kanter（哈佛大学教授），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月 18 日。

220 Corinne Bazina（Danone Grameen 主管），由 Steve Hamm 做的采访，2010 年 10 月。

221 老沃森，《*Think*》, 80。

222 彭明盛，“Welcome to the Decade of the Smart”（演讲），Chatham House，伦敦，2010 年 1 月 12 日，http://www.ibm.com/ibm/sjp/speeches.html。

223 “Ken Burns: Citizen of the West”，PBS，2011 年 1 月 13 日访问，http://www.pbs.org/weta/thewest/program/producers/burns.htm。

224 Mike May（Sendero Group 总裁兼首席执行官），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 6 月。

225 Mike May，“Mike May regains his sight after 43 years of blindness”，《*Guardian*》，2003 年 8 月 26 日。

226 Robert Kurson，《*Crashing Through: A True Story of Risk, Adventure, and the Man Who Dared to See*》（纽约：Random House，2007 年）。

227 IBM，*2010 年度报告*，2010 年 12 月访问，http://www.ibm.com/annualreport/2010/。

228 彭明盛，由 Jeffrey O'Brien 做的采访，2010 年 5 月。

229 美国国家标准与技术研究所，"NIST's Second 'Quantum Logic Clock' Based on Aluminum Ion Is Now World's Most Precise Clock" 新闻稿，2010 年 2 月 4 日，http://www.nist.gov/pml/div688/logicclock_020410.cfm。

230 Quinn Norton，"How Super-Precise Atomic Clocks Will Change the World in a Decade"，《连线》，2007 年 12 月 12 日，http://www.wired.com/science/discoveries/news/2007/12/time_nist。

231 "Super Cool Atom Thermometer: New, Reliable Ways of Measuring Extreme Low Temperatures"，*《ScienceDaily》*，2009 年 12 月 8 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2009/12/091207173626.htm。

232 "Hollerith Tabulator and Sorter Box"，IBM，2010 年 12 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/attic/attic_071.html。

233 "1900s"，IBM，2010 年 12 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1900.html。

234 "1986"，IBM，2010 年 12 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/year_1986.html；"The Nobel Prize in Physics 1986"，Nobelprize.org，2010 年 12 月访问，http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1986/。

235 H. R. 科拉尔（IBM 系统与科技事业部首席架构师），由 Jeffrey O'Brien 做的采访，2010 年 8 月。

236 iSuppli，"Shipments of Cell Phone Motion Sensors to Rise Fivefold by 2014" 新闻稿，2010 年 5 月 4 日，http://www.isuppli.com/MEMS-and-Sensors/News/Pages/Shipments-of-Cell-Phone-Motion-Sensors-to-Rise-Fivefold-by-2014.aspx；Jérémie Bouchaud（iSuppli 首席分析师），发给 Stuart Luman 的电子邮件，2010 年 5 月 27 日。

237 Rob Lineback（IC Insights 资深市场研究分析师），发给 Stuart Luman 的电子邮件，2010 年 5 月 26 日。

238 John Gantz 和 David Reinsel，*"The Digital Universe Decade—Are You Ready?"*，International Data Corp.，2010 年 5 月，http://idcdocserv.com/925。

239 "Twitter, now 2 billion tweets per month"，*《Royal Pingdom》*（博客），2010 年 6 月 8 日，http://royal.pingdom.com/2010/06/08/twitter-now-2-billion-tweets-per-month/；"Amazing facts and figures about Instant Messaging（信息图）"，*《Royal Pingdom》*（博客），2010 年 4 月 23 日，http://royal.pingdom.com/2010/04/23/amazing-facts-and-figures-about-instant-messaging-infographic/；"Facebook: Facts & Figures for 2010"，*《Digital Buzz Blog》*，2010 年 3 月22 日，http://www.digitalbuzzblog.com/facebook-statistics-facts-figures-for-2010。

240 John Gantz 和 David Reinsel，*"The Digital Universe Decade—Are You Ready?"*，2。

241 "Data, data everywhere"，*《经济学人》*，2010 年 2 月 25 日，http://www.economist.com/node/15557443。

242 NASA，"NASA and NSF-Funded Research Finds First Potentially Habitable Exoplanet" 新闻稿，2010 年 9 月 29 日，http://www.nasa.gov/topics/universe/features/gliese_581_feature.html。

243 加州大学圣克鲁斯分校，"Newly discovered planet may be first truly habitable exoplanet" 新闻稿，2010 年 9 月 29 日，http://news.ucsc.edu/2010/09/planet.html。

244 NIST，"NIST Super-Sensors to Measure 'Signature' of Inflationary Universe" 新闻稿，2009 年 5 月 5 日，http://www.nist.gov/pml/quantum/cmb_050509.cfm。

245 "NASA announces new satellite initiative"，*《Space Daily》*，2009 年 3 月 1 日，http://www.spacedaily.com/reports/NASA_announces_new_satellite_initiative_999.html。

246 "NASA Lightning Research Happens in a Flash"，*《Terra Daily》*，2010 年 8 月 10 日，http://www.terradaily.com/reports/NASA_Lightning_Research_Happens_In_A_Flash_999.html。

247 Jaymi Heimbuch，"Forest Guard Sets Up Solar Powered Warning System for Forest Fires"，*Planetgreen.com*，2010 年 2 月 29 日，http://planetgreen.discovery.com/tech-transport/forest-guard-solar-warning.html。

248 "Minneapolis Bridge Reopens Following Last Year's Deadly Collapse"，*NewsHour*，PBS，2008 年 9 月 17 日，http://www.pbs.org/newshour/bb/science/july-dec08/bridgereopens_09-17.html#_jmp0。

249 Jim Nash，"Super listening device hears and identifies any sound"，*DVICE*（博客），2010 年 3 月 9 日，http://dvice.com/archives/2010/03/super-listening.php；"Acoustic Vector Sensors"，Microflown Technologies，2010 年 12 月访问，http://www.microflown-avisa.com/acoustic-vector-sensors/。

250 Greg Lindsay，"HP Invents a 'Central Nervous System for Earth' and Joins the Smarter Planet Sweepstakes"，*《Fast Company》*，2010 年 2 月 15 日，http://www.fastcompany.com/1548674/hp-joins-the-smarter-planet-sweepstakes#_jmp0。

251 Agam Shah，"Intel Measures Air Quality With Sweepers"，*《IDG News》*，2008 年 7 月 10 日，http://www.pcworld.com/businesscenter/article/148205/intel_measures_air_quality_with_sweepers.html；"Deployments"，Common Sense，2010 年 12 月访问，http://www.communitysensing.org/deployments.php。

252 "RFID for All of New Zealand's Cattle and Deer by 2011"，*RFID Update*，2008 年 6 月 5 日，http://www.rfidjournal.com/article/articleview/6991/1/565/。

253 Thibaut Scholasch（Fruition Sciences 创办人），由 Jeffrey O'Brien 做的采访，2010 年 7 月。

254 Owen Slot，"Technology from Formula One to be used in Surrey healthcare trial"，*《伦敦时报》*，2010 年 4 月 1 日，http://www.timesonline.co.uk/tol/sport/formula_1/article7083337.ece。

255 "Epic Mix"，Vail Resorts Management Company，2010 年 12 月访问，http://www.snow.com/epicmix/home.aspx?intcmp=SN00009。

256 “Nike+ Dashboard”，Nike，2010 年 12 月访问，http://nikerunning.nike.com/nikeos/p/nikeplus/en_US/plus/#//dashboard/。

257 “Sportvision: Baseball”，Sportvision，2010 年 12 月访问，http://www.sportvision.com/base-pitchfx.html。

258 “SprintCam Live V2.1”，I-Movix，2010 年 12 月访问，http://i-movix.com/en/products/sprintcam-live-21。

259 IBM，“IBM and Marine Institute Ireland Netting Results in Galway's 'SmartBay' Project” 新闻稿，2009 年 3 月 16 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26922.wss；“A mirror in the sea”，*《经济学人》*，2010 年 11 月 5 日，http://www.economist.com/blogs/babbage/2010/11/sensors_multiply_ocean_too。

260 “Emerging Biometrics”，FBI 生物测定卓越中心，2010 年 12 月访问，http://www.biometriccoe.gov/Modalities/Emerging_Biometrics.htm。

261 “Wearable RFID sensors to detect airborne toxins”，*Printed Electronics World*，2010 年 2 月 19 日，http://www.printedelectronicsworld.com/articles/wearable_rfid_sensors_to_detect_airborne_toxins_00002050.asp。

262 Jacob Bush，“Biosensors in Brief”，*Highlights in Chemical Technology*，2010 年 3 月25 日，http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2010/05/biosensors_in_briefs.asp。

263 石溪大学，“New Sensor Nanotechnology Developed by Stony Brook University Researchers Simplifies Disease Detection” 新闻稿，2010 年 9 月 29 日，http://commcgi.cc.stonybrook.edu/am2/publish/General_University_News_2/New_Sensor_Nanotechnology_Developed_by_Stony_Brook_University_Researchers_Simplifies_Disease_Detection.shtml。

264 “Camera in a Pill Offers Cheaper, Easier Window on Your Insides”，*《ScienceDaily》*，2008 年 1 月 25 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2008/01/080124161613.htm。

265 “Sensor Biochips Could Aid in Cancer Diagnosis and Treatment”，*Physorg.com*，2009 年 10 月 22 日，http://www.physorg.com/news175412440.html。

266 “New Hybrid Imaging System Allows Pinpoint Locating of Problems”，*《ScienceDaily》*，2007 年 1 月 9 日，2010 年 12 月访问，http://www.sciencedaily.com/releases/2007/01/070108153030.htm。

267 “IBM Scientists Reinvent Medical Diagnostic Testing”，IBM，2010 年 12 月访问，http://www.zurich.ibm.com/news/09/lab_on_a_chip.html。

268 “DNA Transistor”，IBM，2010 年 12 月访问，https://researcher.ibm.com/researcher/view_project.php?id=1120。

269 Gustavo Stolovitzky（功能基因组和系统生物学小组经理，IBM 研究院），由 Jeffrey O'Brien 做的采访，2009 年 2 月。

270 “Washington City to Fort Mandan”，刘易斯-克拉克曼丹堡基金会，2010 年 12 月访问，http://lewis-clark.org/content/content-article.asp?ArticleID=3018。

271 Fiona Govan，“World's oldest map: Spanish cave has landscape from 14,000 years ago”，*《Telegraph》*，2009 年 8 月 6 日，http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/spain/5978900/Worlds-oldest-map-Spanish-cave-has-landscape-from-14000-years-ago.html。

272 Stephen Johnson，*《The Ghost Map》*（纽约：Riverhead Trade，2007 年）。

273 Alfred D. Chandler，*《Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise》*（波士顿：麻省理工学院出版社，1969 年），22。

274 “Hollerith tabulator and sorter”，IBM，2010 年 12 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506VV2139.html。

275 Ken W. Sayers，“A Summary History of IBM's International Operations 1911–2006, 2nd ed.”，2006 年 10 月 26 日，IBM 档案馆。

276 “1930s”，IBM，2010 年 12 月访问，http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1930.html。

277 “Federal Systems Division, Lunar Landing Special”，*IBM 新闻*，1969 年 7 月 24 日，IBM 档案馆。

278 Amara D. Angelica，“IBM scientists create most comprehensive map of the brain's network”，*Kurzweil, Accelerating Intelligence*（博客），2010 年 7 月 28 日，http://www.kurzweilai.net/ibm-scientists-create-most-comprehensive-map-of-the-brains-network。

279 Duncan G. Copeland、Richard O. Mason 和 James L. McKenney，“Sabre: The Development of Information-Based Competence and Execution of Information-Based Competition”，*《IEEE Annals of the History of Computing》* 第 17 期，第 3 号（1995 年）：30 - 55；Robert V. Head，“Getting Sabre Off the Ground”，*《IEEE Annals of the History of Computing》* 第 24 期，第 4 号（2002 年）：32–38。

280 Walt Rauscher（美国航空公司客运销售和服务副总裁），美国公共关系协会致辞，纽约希尔顿酒店，1966 年 11 月 10 日上午 9:30，Sabre 盒，IBM 档案馆。

281 “Sabre history”，Sabre Holdings，2010 年 12 月访问，http://www.sabre-holdings.com/aboutUs/history.html。

282 Copeland、Mason 和 McKenney，“Sabre: The development of information-based competence and execution of information-based competition”。

283 TomTom International，“TomTom Makes the Largest Historic Traffic Database in the World Available for Governments and Enterprises via its Online Web Portal” 新闻稿，2011 年 1 月 24 日，http://licensing.tomtom.com/WhyTeleAtlas/Pressroom/PressReleases/TA_CT047806。

284 “Mappos—The Zappos Real-Time Order Map”，Zappos.com，2010 年 12 月访问，http://www.zappos.com/map/#。

285 David Bleja，“Breathingearth—CO2, birth & death rates by country, simulated real-time”，Breathingearth，2010 年 12 月访问，http://www.breathingearth.net。

286 “Our Projects”，Wikimedia Foundation，2010 年 12 月访问，http://wikimediafoundation.org/wiki/Our_projects#Wikipedia。

287 “About us”，Ushahidi，2010 年 12 月访问，http://www.ushahidi.com/about。

288 Patrick Meier（Ushahidi 的危机地图和新媒体主管），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2011 年 2 月。

289 Hilton Collins，“New York City’s Digital Map Puts In-Depth GIS Data a Few Clicks Away”，《*Government Technology*》，2010 年 11 月 18 日，http://www.govtech.com/e-government/New-York-City-Digital-Map.html。

290 Joan DiMicco（IBM 研究经理），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2011 年 3 月。

291 Patricia Cohen，“Digital Keys for Unlocking the Humanities’ Riches”，《*纽约时报*》，2010 年 11 月 16 日。

292 “Human Genome Project Information”，美国能源部科技办公室，2010 年 12 月访问，http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/about.shtml。

293 Gregg Easterbrook，“Forgotten Benefactor of Humanity”，《*大西洋月刊*》第 279 期，第 1 号（1997 年）：75 - 82；Norman Borlaug，在挪威奥斯陆诺贝尔研究所的诺贝尔奖周年纪念活动上的致辞，“The Green Revolution Revisited and the Road Ahead”，2002 年 9 月 26 日。

294 Leon Hesser，《*The Man Who Fed the World*》（达拉斯：Durban House Publishing，2008 年）；Norman Borlaug，在 S. Rajaram 和 G. P. Hettel 等人撰写的《*Wheat Breeding at CIMMYT: Commemorating 50 Years of Research in Mexico for Global Wheat Improvement*，Wheat Special Report No. 29》的序言中，（墨西哥联邦区：CIMMYT，1995 年），iv - vi。

295 Hesser，《*The Man Who Fed the World*》，44 - 45；Noel Vietmeyer，《*Borlaug*》，第 2 卷（弗吉尼亚州 Lortan：Bracing Books，2009 年），101。

296 Noel Vietmeyer（作家），由 Stuart Luman 为 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 10 月。

297 Hesser，《*The Man Who Fed the World*》；Vietmeyer，《*Borlaug*》, 67–86。

298 Howard Yana-Shapiro（Mars Inc. 全球参谋官），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 11 月。

299 Mars，“MARS, USDA-ARS, and IBM Unveil Preliminary Cacao Genome Sequence Three Years Ahead of Schedule” 新闻稿，2010 年 9 月 15 日，http://www.mars.com/global/news-and-media/press-releases/news-releases.aspx?SiteId=94&Id=2460。

300 马克·迪恩（IBM 院士及副总裁），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2009 年 2 月。

301 Chidanand Apte（IBM 数据分析高级经理），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 5 月。

302 Leslie Kaufman，“Federated Department Stores to Buy Fingerhut”，《*纽约时报*》，1999 年 2 月 12 日。

303 “Our Technology and Data”，Bing Travel，2010 年 12 月访问，http://www.bing.com/travel/about/ourTechnology.do。

304 “About eHarmony”，eHarmony，2010 年 12 月访问，http://www.eharmony.com/about/eharmony。

305 “Press kit”，Netflix，2010 年 12 月访问，http://www.netflix.com/MediaCenter?id=5379；Netflix，“Netflix Passes 10 Million Subscribers, With 600,000 Net Additions Since the First of the Year” 新闻稿，2010 年 2 月 12 日，http://netflix.mediaroom.com/index.php?s=43&item=307。

306 “About the Music Genome Project”，Pandora，2010 年 12 月访问，http://www.pandora.com/corporate/mgp；M. G. Siegler，“You Are On Pandora: Service Hits 60 Million Listeners, Adding Users Faster Than Ever”，*TechCrunch*，2010 年 7 月 21 日，http://techcrunch.com/2010/07/21/pandora-stats。

307 理查德·巴顿（Zillow 共同创办人），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 9 月。

308 “Goodyear Puts the Rubber to the Road with High Performance Computing”，Council on Competitiveness，2010 年 12 月访问，http://www.compete.org/publications/detail/685/goodyear-puts-the-rubber-to-the-road-with-high-performance-computing/；“High Performance Computing Drives a ‘Can-Do’ Attitude at Alcoa”，http://www.compete.org/publications/detail/495/high-performance-computing-drives-a-can-do-attitude-at-alcoa；“PING Scores a Hole in One with High Performance Computing”，http://www.compete.org/publications/detail/684/ping-scores-a-hole-in-one-with-high-performance-computing。

309 “Warranty Claims & Accruals in Financial Statements”，*Warranty Week*，2010 年 12 月访问，http://www.warrantyweek.com。

310 洛伦·纳赛尔（Vextec 首席执行官和共同创办人），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2009 年 6 月。

311 Frank Priscaro（Vextec 副总裁），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月。

312 Yardena Peres（IBM 医疗保健和生命科学经理），由 Mat Honan 为 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月。

313 彼得·哈斯（IBM 研究院职员），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 9 月。

314 William Pulleyblank（美国军事学院运筹学研究教授），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 7 月。

315 “Census Data Aid Disease Simulation Studies”，《*ScienceDaily*》，2010 年 4 月 1 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100331141015.htm。

316 “Dust Models Paint Alien’s View of the Solar System”，《*ScienceDaily*》，2010 年 9 月 26 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2010/09/100923111528.htm。

317 “Advanced Geographical Models Bring New Perspective to Study of Archaeology”，《*ScienceDaily*》，2010 年 5 月 17 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2010/05/100514094838.htm。

318 “Supercomputer Reproduces a Cyclone’s Birth, May Boost Forecasting”，《*ScienceDaily*》，2010 年 7 月 23 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2010/07/100721121701.htm。

319 “Evacuating 70,000 Sports Fans in Less Than an Hour? Rehearse It With 70,000 Avatars”，《*ScienceDaily*》，2010 年 4 月 12 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100410160121.htm。

320 “Europe’s Plan to Simulate the Entire Planet”，*The Physics arXiv Blog*，2010 年 4 月 30 日，http://www.technologyreview.com/blog/arxiv/25126/?a=f。

321 “3-D Model of Blood Flow by Supercomputer Predicts Heart Attacks”，《*ScienceDaily*》，2010 年 5 月 24 日，http://www.sciencedaily.com/releases/2010/05/100520102913.htm。

322 “About the Blue Brain Project”，瑞士联邦理工学院，2010 年 12 月访问，http://bluebrain.epfl.ch。

323 Grady Booch（IBM 首席科学家），由 Stuart Luman 为 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月。

324 Julio Palmaz（心脏病专家),由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 6 月。

325 IBM，*2010 年度报告*。

326 IBM，“IBM Earns Most U.S. Patents for 17th Consecutive Year; Will Offer Licenses to Patent Portfolio Management Know-How” 新闻稿，2010 年 1 月 12 日，2010 年 12 月访问，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/29168.wss。

327 约翰·凯利（IBM 研究院高级副总裁和主管），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2009 年 3 月。

328 “Federal Systems Division, Lunar Landing Special”，*IBM 新闻*。

329 同上。

330 同上。

331 Homer Ahr（已退休的 IBM 程序员），由 Errol Morris 做的采访，2010 年 10 月。

332 “Craig Barrett on the Importance of Global Standards”，Intel，2010 年 12 月访问，http://www.intel.com/standards/execqa/qa0904.htm。

333 Jeffrey M. O’Brien，“IBM’s Grand Plan to Save the Planet”，《*财富*》，2009 年 5 月 4 日。

334 Gallup，“Americans’ Global Warming Concerns Continue to Drop” 新闻稿，2010 年 3 月 11 日，http://www.gallup.com/poll/126560/americans-global-warming-concerns-continue-drop.aspx。

335 Paul Maglio（IBM 研究院“智慧的地球”服务系统经理）和彼得·哈斯（IBM 研究院职员），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月；“SPLASH: Smarter Planet platform for Analysis and Simulation of Health”，IBM，2010 年 12 月访问，http://www.almaden.ibm.com/asr/projects/splash。

336 查尔斯·佩罗，《*Normal Accidents*》（新泽西普林斯顿：普林斯顿大学出版社，1999 年），354。

337 “Legislative History: 1935 Social Security Act”，美国社会保障局，2010 年 12 月访问，http://www.ssa.gov/history/35actinx.html。

338 “Social Security Anniversaries: 25th Anniversary Article from OASIS”，美国社会保障局，2010 年 12 月访问，http://www.ssa.gov/history/25annoasis.html。

339 Paul Lasewicz（IBM 企业档案管理员），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月。

340 James Cortada（IBM 企业价值研究所成员，作家），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 6 月。

341 唐·爱德华兹（阿拉米达县社会服务机构的机构管理及财务助理主管），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 5 月。

342 “ROI Case Study: IBM SSIRS, Alameda County Social Services Agency”，Nucleus Research，2010 年 8 月，http://nucleusresearch.com/research/roi-case-studies/roi-case-study-ibm-alameda-county-social-services-agency。

343 刘易斯·芒福德，《*The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*》（纽约：Harcourt Brace Jovanovich，1961 年）。

344 W. Richard Janikowski（孟菲斯大学社区犯罪和研究中心的主任），由 Stuart Luman 为 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月。

345 IBM，“Memphis Police Department Reduces Crime Rates with IBM Predictive Analytics Software” 新闻稿，2010 年 7 月 21 日，http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32169.wss。

346 Larry Godwin（孟菲斯警察局局长），由 Stuart Luman 为 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 8 月。

347 Amos Maki，“Memphis Police Director Larry Godwin Says He’ll Retire in April”，《*Commercial Appeal*》，2011 年 2 月 25 日。

348 约翰·鲍威尔（SFPUC 污水处理企业的管理者），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2010 年 7 月。

349 Lasewicz，采访。

350 达里奥·吉尔（IBM 研究院项目主管），由 Jeffrey O’Brien 做的采访，2011 年 1 月。

351 Ione Fine 等，“Long-term deprivation affects visual perception and cortex”，《*Nature Neuroscience*》第 6 期，第 9 号（2003 年）：915–16。

图片来源

特别委员会/GS1 US Inc. 33
Armstrong, Neil/Star Buzz LLC 245, 255
阿帕网. 95
Balibouse, Denis/路透社/Corbis 244, 261
不列颠图书馆 245, 269
Burnett, David/Contact Press Images . . . . 封面, 244, 255, 296
Butler, Paul/Facebook/法新社/Getty Images 98–99
剑桥大学. 244, 254
CERN 261
Child, Martin 78
Coffrini, Fabrice/法新社/Getty Images 245, 255, 261
哥伦比亚大学 72
计算机历史博物馆. 25
Comstock 44
De La Guardia, Helena. 83
Deschere, Patrick 244
Digital Vision 245, 255
Faris, Randy/Corbis. 244
Fotog. 245
Freund, David 244, 269
Gamma-Keystone（通过 Getty Images） 244, 313
Hagley 博物馆及图书馆. 75
Hasbun, Gabriela. 244, 283
Hulton Archive/Stringer/Getty Images 245, 259
IBM 63, 83, 84, 89, 223, 224-225, 244, 245, 290
IBM 档案馆 . . . . . 封面, 14–15, 25–27, 29, 44, 47, 56, 69, 73, 75, 91, 93, 95, 104, 106–107, 112–113, 121, 123, 134, 135, 143, 144–145, 150, 151, 169, 178–179, 183, 194, 199, 200–201, 208–209, 229, 237, 244, 245, 255, 273
IHS iSuppli/Telematics Research Group, Inc. 29
图片来源/Corbis 245
Jeopardy Productions Inc. . . . . 封面, 83
约翰肯尼迪总统图书馆 245, 255, 302
强生公司. 244, 296
Lamassonne Family. 234
Layyous, Najeeb/Photo Researchers Inc.. . . . . 244, 260
美国国会图书馆 244
LinkedIn. 245, 275
Mars Inc. 244, 283
May, Mike/Sendero Group 244, 247
MedicalRF.com/Corbis. 244, 290
Modha, Dharmendra 和 Raghavendra Singh/美国国家科学院公报，2010,107: 13485-13490 271
Moodboard/Corbis 245, 311
Morgan, Hank/Rainbow/Science Faction/Corbis . . . . . 封面, 244, 269
Motion Theory 237
Muybridge, Eadweard/Stringer/Getty Images. . . . . 封面, 245, 259
美国宇航局 244, 245, 254, 255, 311
美国宇航局/NOAA/SPL. . . . . 封面, 244, 311
诺曼博洛格研究所. 245, 282
Ogilvy & Mather/Nick Quinn/Wizz 296
Ogilvy & Mather/Radical Media 84
Philadelphia Print Shop 244, 254
约翰·鲍威尔. 320
Rakusen, Monty 244, 311
Reilly, Fran and James Ryan/海洋研究所. 244, 245, 266
Richards, Mark . . . . . 封面, 21, 27, 37, 41, 46, 59, 74–75, 103, 154–155
Sanogo, Issouf/法新社/Getty Images. 244
Schwere, Frank/Bransch 163
Science Source/Photo Researchers 279
Smalling, Mark. 53
Smalling, Mark/伊利诺斯大学厄本那-香槟分校 269
Spears, Dieter 44
SSPL. 244, 259
Starush/Fotolia 260
Streshinsky, Ted/Corbis 244, 282
Sutch, Dennis 244, 305
台湾高速铁路股份有限公司 34
Telematics Research Group, Inc. 29
Time & Life Pictures/Getty Images 59, 244, 245, 259
Uploader, Siyavula/Connexions Education 244, 269
美国版权局 50, 176, 177
Ushahidi 245, 269
Visuals Unlimited/Corbis 245, 322
Yurii Vlasov，以及 Solomon Assefa、William Green、Folkert Horst、Alexander Rylyakov、Clint Schow/IBM 研究院 66
Weinberger, David 23
Wesemann, Ingmar 244, 265

索引

“Think”，IBM 口号 19, 138, 145, 168
流行 170
“以世界贸易促进世界和平” 205, 220
“智慧城市共识” 130
“智慧的地球” 13, 127, 182, 187, 195, 212, 228, 236, 240
《2009 年企业责任报告》IBM. 228
《A Business and Its Beliefs》（小托马斯沃森著） 160
《Commercial Appeal》 320
《Corporate Culture and Performance》（科特/赫斯克特著） 148
《Crashing Through》（May 著） . . . 247
《Engines of Tomorrow》（Buderi 著） 180
《Fast Company》 130
《Father, Son & Co.》（小托马斯沃森著） 158
《Foreign Affairs》 . . . 212-213, 220-221
《Government Technology》 276
《Guardian》 246
《Nature Neuroscience》 327
《Normal Accidents》（Perrow 著） 312
《Popular Science》 272
《ScienceDaily》 266
《Supercorp: How Vanguard Companies Create Innovation, Profits, Growth, and Social Good》（Kanter 著） 227
《Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages》（佩雷斯著） 219
《Telegraph》 270
《The City in History》（Mumford 著） 318
《The Fortune at the Bottom of the Pyramid》（Prahalad 著） 226
《The Future of Competition》（Prahalad/Ramaswamy 著） . . . 188
《The Ghost Map》（Johnson, S. 著） 323
《The Watson Dynasty》（泰德洛著） 137
《TheComing of the Post-Industrial Society》（Bell 著） 170
《THINK》杂志 145, 170
《Who Says Elephants Can’t Dance?》（Gerstner 著） 207
《阿凡达》 50, 293
《财富》 110, 156, 306
《大众电子》 119
《哈佛商业评论》 164, 166
《计算机世界》 28
《民权法案》 234
《纽约时报》 75, 81, 86, 234, 276
《沙利文原则》 206
《社会保障法》 153, 322
《圣何塞信使报》 47
《时代周刊》 16, 58, 117
《危险边缘》栏目 17, 31, 82, 83, 85, 86, 131, 324
Watson 计算机 82, 83, 85, 86
《现代计算机发展史》（塞吕基著） 108
《银河系漫游指南》（Adams 著） 80
《自动数据处理》 30
077 型校对机 314
1103 存储器芯片 (DRAM). 48
1401 计算机系统 106, 106-109
开发 108
早期移动版本 106
立即受欢迎 108-109
传统 109
晶体管. 108
1859 年“猪之战” 272
1958 年世界博览会 145
1962 年世界博览会 29
1964/1965 年度世界博览会 228
2008 年金融危机 242-243
2741 型终端，Selectric 打字机. . . . 28-29
360/91 系统 92, 102-103
阿帕网. 95
沟通问题. 99
3M。见 Minnesota Mining & Manufacturing 公司
4004 型处理器芯片 62
407 控制面板 73
603 电子乘法器 56
604 电子计算打孔机. 56-57
客户反应. 56-57
701 电子数据处理机（计算机） 42, 57-58, 107, 110, 154
威廉姆斯管 58
701 系统，设计方法. 57-58
防卫计算机. 57-58
702 电子数据处理机. 16
704 电子数据处理机. 60
浮点运算和 60
索引寄存器 60
726 型（磁带设备） 42
801 处理器 64
8088 微处理器 120

A

A.G. 雷富礼. 192
Adams，Douglas 80
Aggarwal，Shyam 204
Ahr，Homer 303-304
AI。见人工智能
Aldrin，Buzz 303
Altmeyer，Arthur. 314
数据挖掘. 286
Anantharaman，Thomas 80
Andreessen，Marc 97
Annaswamy，Shanker 211
Apple II 119
处理器. 62
VisiCalc 计划. 80, 119
Apple 19, 131
iPad. 35, 127
iPhone. 35, 101, 125
iPod，记忆存储 49
触摸屏技术 35
Apte，Chidanand 286
Armstrong，Neil 303
ARPA。见高级研究计划局
ASCII。见美国标准信息交换码
Aspray，William 76
阿波罗 11 号任务。另见登月任务. 303-304
阿波罗 13 号任务。另见登月任务 304
阿道夫•希特勒 205
阿尔弗雷德•斯隆 153

阿尔马登研究中心 50
阿拉米达县，加利福尼亚，
社会服务机构 315-317
SSIRS 和 316-317
阿兰•图灵 80, 122
阿伦•库马尔 211
阿帕网 94, 95, 96-97, 184
互联网和，前身 94
TCP/IP 和 96-97
埃里克•霍维茨 126
安德鲁•卡内基 231
安德鲁•迈克菲 185
安妮塔•威廉姆斯•伍利 186
安全
云计算 133
深入数据包检查 133
安信达 120
按需计算 125
奥利弗•柯林斯 170

B

Babbage，Charles 24
Banavar，Guru 225
Bardeen，John 60
BASIC 编程语言 79
Bazina，Corinne 240
Bedi，Ritu 223
Bemer，Bettie 28
Bemer，Bob 27-28
Berners-Lee，Tim 97
Bharti Airtel 192
Bhattacharyya，Arindam 223, 225
Bing（必应） 286
Birkenstock，James 40, 152
BlackBerry 101
Blue Crush 计划 318
Bobley，Brett 276
Booch，Grady 298
Boyce，Raymond 78, 271
Braden，Bob 92
Brattain，Walter 60
Breathing Earth 274
Bryce，James 55, 174
Brynjolfsson，Erik 171
Buderi，Robert 180
Burns，Ken 243
Bux，Werner 97
巴西，IBM 215-216
白雪公主和七个小矮人 114, 157
百分百俱乐部 145, 152
宝洁 192, 301
宝来公司 114
保罗•艾伦 119
鲍勃•埃文斯 110
鲍勃•雷斯尼科夫 106
贝尔实验室 19, 54, 60, 75, 79, 104, 122, 178
晶体管研制 60
本•伍德 104, 104-106, 122, 127, 175
本田，宗一郎 142-146
本田汽车公司 142-147
“本田之路” 146-147
比尔•盖茨 118-119
比尔•克林顿 236
比尔•洛 118-121
彼得•哈斯 291
彼得•德鲁克 149
彼得•利奥 223
编码，语言 72-80
BASIC 79
FLOW-MATIC 76
Fortran 61, 68-69, 73-76, 107, 288
Pascal 79
speedcoding 73
SQL 78, 79, 272
Unix 操作系统 75, 79
文字处理系统 80
病菌学说，早期，地图 269, 270, 280, 323
波基普西，纽约 41, 57, 110
波兰，IBM 238-239
伯纳德•梅尔森 160
伯努瓦•曼德勃罗 123, 123, 169, 180
博卡拉顿，佛罗里达 118-120
布尔代数 122
布鲁克斯定律 114
布伦达•迪特里希 123

C

C 语言 79
C++ 语言 79
CAD 软件 288
Campbell，Murray 80
Campbell-Kelly，Martin 76, 118
Canning，Richard 92
Celera Genomics 277
CEMEX 222, 226
Patrimonio Hoy 举措 222, 226-227
Cerf，Vinton 94, 96
Chamberlin，Donald 78, 272
Chang，Henry 189
Childs，J. T.，Jr. 234
ChipTest 80
CICS。见客户信息控制系统
COBOL 语言 76
Cocke，John 62, 64
Codd，E. F. “Ted” 77-78
Cognizant 2.0 185
Cognizant Technology Solutions 185
CompuServe 274
Computing-Tabulating-Recording 公司 (CTR) 19, 136
另见国际商业机器公司
公司名称更改 19
老托马斯沃森 19, 136
Cooley，Hank 114
Cortada，James 315
Cray，Seymour 64-65
Cray-1 超级计算机 64-65
Crosby，Bing 40-41
磁带研制和 41
CSC。见企业服务志愿队
CTR。见 Computing-Tabulating-Recording 公司
Cummins，T. L. 200
Cyclops64 系统 66
查尔斯•奇德•佩克 196
查尔斯•佩罗 312
查克•布兰斯科姆 108
查理•雄 223-224, 239
差分机 24
产品开发 180-181

产品型号。见特定型号
超导体 66-67
医疗应用 67
超级计算机，研制 64-65
Cray-1 64-65
Sequoia 130
美国政府资助 96
超文本，开发 97
处理，信息技术和 52-67
集成电路和，开发 61-62
微处理器研制 62, 64-66
触觉传感器 22-23
触摸屏
Apple 技术 35
早期开发 35
穿孔卡 20-21, 23-25, 25, 28
设计影响 23, 23-24
电力和，发展，影响 23, 23-24
机构存储手段 39-40
记忆存储和 38-40
过程 24-25
社会保障计划应用 40
美国人口普查应用 23, 39, 40
穿梭育种 281-282
传感，信息技术和 20-35
字符识别系统 34
电动打字机 26-29
面部识别系统 34
面部识别技术 34
日益普及 22
库存系统 31-34
穿孔卡 20-21, 23-25, 25
语音识别系统 29-31
触摸屏技术 35
视频监控系统 35
ZebraNet 和 22
动物学应用 22
传感器 263-267
化学 22
生态应用 35
惯性 263
磁 263
市场预测 263
市政应用 126
触控 22-23
交通运输应用 34
视频监控系统 35
传输控制协议/互联网协议 (TCP/IP) 96-97
创新，经济价值 189-194
通过收购 189-191
开放 192-194
风险资本主义和 190
创新即兴大讨论 186
慈善事业，企业 222-241
磁传感器 263
磁带 41, 42-45
铝盘和 45
Crosby 和 41
IBM 726 42
3m 和 42
美国空军 43
磁鼓存储器 43
磁盘，研制，记忆储存 43, 44, 45, 47
驱动器类型 44
在圣何塞，加利福尼亚 43, 45
堆叠 45
磁盘驱动器 44
磁芯存储器 36-37
开发 43
存储，存储器
容量限制 131
定义 49
磁盘，研制 43, 44, 45, 47
DRAM 48
磁芯 36-37
磁带 41, 42-45
单片 62
穿孔卡 38-40
固态 50-51
存储器，信息技术和 36-51
另见存储，存储器
磁盘驱动器和 43, 44, 45, 47
DRAM 48
机构 31-34
库存系统和 38-39
磁芯 36-37
磁带和 41, 42-45
单片 62
穿孔卡和 38
晶体管 47-48
存储器芯片。见 1103 存储器芯片

D

Dai，Helen 217
DARPA。见美国国防部高级研究计划局
Deep Blue 计划 81
Deep Thought 计划 80-81
DeepQA 技术 31, 82, 84, 86, 127, 131, 133
语言软件 133
Watson 计算机 82, 84-86, 131, 132
Dennard，Robert 46, 47, 47-48, 50
另见晶体管笔记本电脑草图 46
Denneau，Monty 65
Dersch，William 29-30
另见 Shoebox
Dickinson，Arthur Halsey ... 55, 56, 174
Digital Equipment Corporation 190
DiMicco，Joan 276
Doriot，Georges 189
Dragon Naturally-Speaking 软件 30
DRAM。见动态随机存取存储器
达里奥•吉尔 324-325
打字机 26-29
另见电动打字机
电动 26-29
大萧条 152, 153, 158, 202, 313
IBM 152-154, 202
大型强子对撞机 261
大型巡天望远镜 264
丹•德洛斯 224
丹尼尔•贝尔 170
丹尼尔•加西亚•斯瓦茨 118
单片存储器 62
弹性计算云 124
蛋白质折叠 279, 292, 294-295
德国 41, 94, 106, 109, 136, 202, 205, 217, 220, 266, 290
德斯普雷恩，伊利诺伊 79
德州仪器公司 61
登月任务 302-303

S/360 计算机和 303
第二次世界大战 (WW II)
IBM，经济危机..... 202, 313
军方对 IBM 的依赖..... 55, 90, 107
第十四条修正案 231
电动打字机..... 26-29
Selectric 模型 26, 26-28
制表机和，组合 27
电动自动化打字机公司..... 26, 27
收购 27
电子商务，IBM 战略 158
东菲什基尔，纽约 111
动态随机存取存储器 (DRAM)
1103 存储器芯片 48
PC 和，影响..... 48
杜威十进分类法，地图系统... 269, 271
对复杂系统的“看”，掌握.....
..... 254, 258-267
工具 260
对复杂系统的“思”，掌握.....
..... 254, 268-277
杜威十进分类法 269, 271
灾难应用..... 269
早期病菌学说 269, 270
霍氏制表排序机 271-272
人类生物学 271
人类基因组学 269, 277
IBM 平台..... 276
LinkedIn..... 275
元素周期表 269, 271
Sabre 预订系统..... 272, 273-274
社会传统..... 272
社会保障..... 272
对复杂系统的“悟”，掌握.....
..... 255, 278-295
蓝色基因 (Blue Gene)..... 292-294
数据挖掘..... 286-287
基因组学..... 282-285
HIV/AIDS 研究..... 289-290
建模 287-292
牛顿定律和..... 279
模拟和..... 279, 294
对复杂系统的“信”，掌握.....
..... 255, 297-309
领导素质的影响 306-307
登月任务的例子 302-303
研发和..... 300-301
风险缓解和..... 302-304
风险资本主义和 300
对复杂系统的“信”和，象征.....
..... 300-301
对复杂系统的“行”，掌握.....
..... 255, 310-325
健康问题..... 322-323
公众安全计划 318-320
社会服务 315-317
多因素生产力 195
多元化计划，IBM..... 217-218, 234
另见非裔美国人，IBM：妇女

E

Eckert，J. Presper 54, 57, 70
另见 ENIAC 计算机
Eckert，Wallace 105, 175
Eclipse 194
Elographics..... 35
El-Tohamy，Takreem 218-219
Engelbart，Douglas 29
Engineering Research Associates.....
..... 43, 57
ENIAC 计算机..... 54-58, 70, 107, 132
战后时期..... 55
真空管技术..... 57
战时研发..... 54
EuResist 建模工具 290, 290-291
恩迪科特，纽约 40
系统服务工程课程 143

F

Facebook 98-99, 184-185, 213, 263
Ferrucci，David 82, 84, 87
另见 DeepQA 技术；Watson 计算机
Fingerhut..... 285-286
数据挖掘..... 286
Flint，Charles 19, 39, 168
FLOW-MATIC 编码语言 76
FORmula TRANslating System。
见 Fortran Forrester，Jay 58, 60
另见 Whirlwind
Fortran II 74-75
子例程..... 74
Fortran 61, 68-69, 73-76, 107, 288
计算机语言的演变 74-75
改进版本..... 74
专有语言..... 76
Fox，Phil..... 38
Frizzell，Clarence 57
反垄断诉讼
IBM 和..... 159
老托马斯沃森 232-233
防卫计算机..... 58
非裔美国人，IBM..... 151
在小托马斯沃森领导下，
平等机会问题 234
菲利普•“唐”•埃斯特里奇 120
费尔南多•考巴托 115-116
分时系统..... 27-28, 93, 116-118
另见虚拟化
可访问性..... 117-118
ARPA 和 117
计算机之间..... 93, 93
控制数据公司..... 117
数据通信系统..... 26-27
通用电气..... 117
麻省理工学院..... 28
Selectric 打字机 27
分形几何学..... 123, 180
风险，缓解..... 302-304
风险资本主义..... 190
对复杂系统的“信”和..... 300
冯•诺依曼架构 132
弗吉尼亚电力公司 (VEPCO)..... 78
弗兰克•卡里 119, 120, 158, 181, 206
富兰克林•罗斯福 153, 313
服务交付系统
在彭明盛领导下 213
技术 219
服务科学，IBM，研究领域 195
浮点运算..... 60, 293
妇女，IBM 招聘 149-152, 150
复杂系统..... 249-251
另见建模，复杂系统行，掌握 .....
..... 255, 310-325
“信”元素，掌握形态.....
..... 255, 297-309

数据生成 251-252
理，掌握 254, 268-277
建模 287-292
问题解决 250
公众安全 318-320
看，掌握形态 254, 258-267
社会服务 315-317
悟，掌握形态 255, 278-295

G

Gamma 计算机 108
GEnie 274
Goddard，William 45
Gomory，Ralph 169, 181, 184
Gore，Al 96
Grieshaber，Michele 224-225
Gruentzig，Andreas 299
高级管理层决策游戏程序 156
高级管理人员发展计划，IBM . . . 154-156
高级管理层决策游戏 156
高级商业分析 81-82
高级研究计划署 (ARPA) 92-94
阿帕网 94, 95, 96
TCP/IP 开发和 96-97
分时系统和 117
高校，企业合作 182-184
高校教育研究局 175
哥伦比亚大学，早期计算机中心 104-105
格尔德•宾宁 178, 179, 263
格蕾丝•赫柏 27, 61, 70, 75, 107
另见 UNIVAC I 计算机
早期计算机编程开发 71
个人电脑 (IBM) 120-121, 158
最初的原理图 305
ThinkPad 210
个人电脑 (PC) 119-121
另见 Apple
商务应用 121
剥离 212, 248
DRAM 的影响 48
早期开发 115-116
互联网和 121
MITS Altair 8800 119
软件开发 80, 120
TRS-80 119
公司。另见跨国公司，IBM
文化 142-167
发展，现代时代 137-138
经济价值，创造 168-197
全球化和，影响 198-221
全球化的影响 138-140
知识型组织 170-171
跨国模型 203
慈善事业 233-234
个体公民的权利 231
社会责任 140, 222-241
价值，创造 139-140
公众安全计划，复杂系统 318-320
Blue Crush 318-319
功能基因组和系统生物学小组 267
共享信息。见信息
谷歌地图 274
固态存储，存储器 43, 49, 50, 62
固态逻辑技术 (SLT) 111
关系数据库 47, 77-79, 86, 272
惯性传感器 263
光盘 44
硅谷，加利福尼亚 182
郭士纳 159, 161, 190, 207-209, 212, 236
改善公共教育 236
保持公司的统一 208-209
国际记时公司 168
国际商业机器公司 (IBM)
学术应用，早期制表机 104-105
学术合作 182-184
高级系统部 29
先进硅技术实验室 181
非裔美国人 151, 234
反垄断问题 159
美国电话电报公司贝尔实验室，作为研究模型 178
条码研制 32-34
基本信念 8, 149-150, 161-164
生物学隐喻计算 196
品牌知名度 248
在巴西 215-216
企业行为准则 157
合作者倡议 188-189
核心理念 149
CSC 223-225, 238-239
CTR 和，公司名称变为 19
残障员工 151
多元化计划 217-218, 234
着装规定 152
早期地图系统 271-272
电子商务战略 158
Eclipse 和，投资 194
环保和，社会责任 235
演变 141
高级管理人员发展计划 154-156
招聘女性 149-152
全新项目 188
Fortran 专有语言 76
通用汽车业务模式 153
在德国 205-206
在加纳 239
全球企业咨询服务部 213
全球管理人员指导团队 216
大萧条期间 152-154
霍氏制表排序机 271-272
在印度 204-205, 209-212
信息时代的影响因素 180
创新历史 176-177
创新即兴大讨论 186
集成电路研制 61-62
国际合作 189
国际扩张 202
国际足迹 200-201
国际研究团队 210-211
国际服务交付系统，建立 213
在伊拉克 218
在日本 210
在拉丁美洲 203
Linux 生态系统和，投资 193-194
人本主张 149-150
Many Eyes 平台 276
地图平台 276
海洋研究所和 266
兼并和收购以及 190
微处理器研制 62, 64-66
军方依赖，二战期间 55

作为跨国公司，转变为 203-207
1958 年世界博览会 145
1962 年世界博览会 29
1964/1965 年世界博览会 228
诺贝尔奖得主 180
按需计算 125
1401 计算机系统 106, 106-109
“敞门”政策 151-152
开源软件和，投资 193-194
专利 174-175, 176-177, 180, 301
个人电脑 120-121, 158
在波兰 238-239
产品战略重组 157-159
PROFS 88-89
重塑，持续 165
重组 154
研究地点 180
Sabre 预订系统 273-274
服务局 144-145
服务科学，研究领域 195
“智慧城市共识” 130
智慧的地球纲要 127, 195, 236
白雪公主和七个小矮人及 . . . 114, 157
工作队伍中的社会进步 151
社会保障和，设计和部署 313, 313-314
在南非 206
语音识别系统 29-31
SSIRS 316-317
S/360 计算机 109-115
S/370 计算机 117
“思考”公司口号 11, 16, 19, 138, 143, 168, 170
三智者 178
在越南 224-225, 239
野鸭子 160
世界贸易公司 203
国际象棋，AI 和 80-81
国民收款机公司 168, 174

H

H1N1 传播 322-323
Haddad，Jerrier 57
Hennessy，Mark 216
HIV/AIDS，研究 289,290
DB2 软件 290
EuResist 建模 290
Hollerith，Herman 23-26, 39, 168, 173-174, 262
另见穿孔卡，制表机公司的设计影响，穿孔卡机 23, 23-24
Hsu，Lewis N. T. 200
哈利•科拉尔 263
哈瑞•杜鲁门 57, 235
海洋研究所（爱尔兰），IBM 和 266, 266
海因里希•罗勒 178, 263
罕茨维尔，阿拉巴马 303
航空业。见 Sabre 预订系统
合作，创造经济价值
与客户 188-189
基因组图谱 269, 282-284
全球化的影响 194-196
与政府 182
IBM 倡议 188-189
内部 184-188
与大学 184
荷兰东印度公司 198
赫斯利，英国 79
黑人高校联合基金会 234
亨利•福特 232, 298
亨利•克莱•弗里克 231
亨利•切斯布罗格 193
胡志明市。见越南，IBM
互联网
阿帕网，前身 94
数据捕获量增加，源于 263, 274
指数级需求增长 100
超文本开发 97
知识型组织 171
新的业务模式 138
PC 和 121
TCP/IP 的早期开发 96
无线网络 101
化学传感器 22
环保 235
霍尼韦尔 114
霍氏制表排序机 271-272

I

IBM 世界贸易公司 203
IBM 院士 154-155
IBM。见国际商业机器公司
IBM-Harvard Mark 1 计算机 56
Ibuka，Masaru 61
ILOG 191-192, 285
iPad 35, 127
iPhone 35, 101, 125
iPod，记忆存储 49

J

Jacquard 织机 23, 23-24
Jacquard，Joseph Marie 23-24, 298
Janikowski，W. Richard 318-320
Jennings，Ken 83, 85
Jensen，F. Normann 200
Johansen，Arne 200
Johnson，Reynold 43
机构存储手段 40
基因组学
可可树 283-284
合作 284
作物 282
人类 269, 277
人类基因组项目 277
吉姆•曼兹 190
集成电路，研制 61-62
IBM 62
集体智慧 186
计算机，发展。另见架构，信息技术；ENIAC 计算机；穿孔卡；超级计算机，研制；晶体管；打字机；UNIVAC I 计算机；真空管电子设备
云计算 125-127
冷战时期 57
未来应用 128
联网 88, 90-94, 95, 96-97, 100-101
1401 系统 106, 106-109
接线板 70
速度因素 61, 65-67
S/360 计算机 109-115
真空管电子设备 57-60
计算机芯片

4004 处理器 62
单片存储器 62
计算机语言。见编码，语言
记忆存储。见存储，存储器
技术服务交付中心 219
加德纳•塔克 178
加纳，IBM 239
价值，企业 139-140, 147-152
架构，信息
技术 102-127
学术应用 104-105
云计算 125-127
信息科学和 122-123
1401 计算机系统和 . . . 106, 106-109
PC 119-121
S/360 计算机 109-115
分时系统 27-28, 93, 116-118
兼并和收购 190-191
简•雅各布斯 318
建模，复杂系统 287-292
气候 64-65, 294
DB2 软件 290
EuResist 290, 290-291
HIV/AIDS 研究 289-290
数学 291-292
预测性 287-288
江崎玲於奈 178
交通运输业，传感器用途 34
交易处理中心 213
杰夫•贝佐斯 124
杰弗里•伊梅尔特 164
杰克•韦尔奇 164
杰拉尔德•科劳德尼 266
杰里奥•奥利维拉 215
结构化查询语言 (SQL) 78, 79, 272
金属氧化物半导体 (MOS) 晶体管 47
进步 253
进步运动 232
经济价值，创造，从知识 168-197
通过学术合作 182-184
通过客户合作 188-189
通过员工 186-187
未来 196-197
通过全球合作 194-196
通过政府合作 182-184
在信息时代 172
通过收购创新 189-191
收购整合，作为一部分 191
通过内部合作 184-188
知识因素 170-172
梅特卡夫定律 173
多因素生产力和 195
通过开放式创新 192-194
通过产品开发 180-182
通过研究 173-180
晶体管 63
早期开发 47-48, 60
集成电路 61-62
MOS 47
1401 计算机系统 108
大小 66
精简指令集计算机见 RISC 处理器
局域网 (LAN) 97, 100
以太网 100
令牌环技术 100
军事，美国
IBM 和，军方依赖，二战期间 55
磁带研制 42-43
Radiotype 使用 90-92
随机存取库存系统 43

K

Kahn，Robert 94, 96
Kanter，Rosabeth Moss 227, 239
Kapor，Mitch 272
Karasick，Michael 217
Kemeny，John 79
Kierkegaard，S160
Kilby，Jack St. Clair 61
Kirk，Charles 54
Knievel，Walter 145
Kurtz，Thomas 79
Kurzweil，Ray 67, 86
卡洛塔•佩雷斯 219
开放式创新，经济价值 192-194
万维网的影响 192
开关 72
开源软件 193-194
Eclipse 194
IBM 投资 193-194
Linux 193-194
康柏电脑 120
可可树，基因组学项目 282-285
可选顺序电子计算器 (SSEC) . . . 70, 175
克拉拉•查洛纳•沃克 224
克劳德•香农 122
克雷格•文特尔 277
克雷格•贝瑞特 305-306
客户信息控制系统 (CICS) 78-79
空军。见美国空军
库存系统 31-34
条码 32-34
开发 32
实时 34
记忆存储和 38-39
随机存取 43
UPC 34
跨国公司
在德国 205-206
全球一体化的 214
政府政策的影响 205-207
IBM 203-207
在拉丁美洲 203
模型 203
在南非 206
宽街，纽约市 136, 270
扩展现实 267

L

Lamassonne，Luis 233-234, 234
LAN。见局域网
Lasewicz，Paul 314
Laurer，George 32
LeBlanc，Robert 194
Lego 188
Lemmon，Walter 90
Lindbergh，Charles 104
LinkedIn 地图 275
Linux 生态系统
IBM 投资 193-194
开源 192-195
Litow，Stanley 230

Living Earth Simulator 294
Lotus Development 120
　软件 190
Lotus Symphony 217
Lynott，John 45
拉丁美洲，IBM 203-204
蓝色基因 (Blue Gene) 65, 130, 292-294
　蛋白质折叠 292-293
劳伦斯利弗莫尔国家实验室 130
老托马斯•沃森 16, 19, 27, 90, 104, 136, 144-145, 148, 150, 168, 234, 240, 262
　反垄断指控 232-233
　基本信念 8, 149-150, 161-164, 217
　在 CTR 19, 136, 262
　电动自动化，收购 27
　希特勒和，误判意图 205
　国际扩张 202
　基于品行的信任，IBM 宗旨 150
　社会责任，企业 232-233, 234
　“Think”和 11
　在《Time》中 16
　Wood 和 104-106, 127
　“以世界贸易促进世界和平” 205, 220
雷明顿兰德公司 39, 57, 107, 154
　另见 UNIVAC I 计算机
冷战，计算机发展 57
李博诺 204
理查德•泰德洛 137
理查德•巴顿 287
联网，信息技术和 88-101
　另见互联网
　ARPA 92-94
　阿帕网 94, 95, 96
　计算机之间 88, 90-94, 95, 96-97, 100-101
　以太网 100
　单个协议集和 94-95
　LAN 97, 100
　数据包交换 93-94
　PROFS 88-89, 184
　SNA 97
　TCP/IP 开发 96-97
　分时系统 93, 93
　美国政府资助 96, 172
　Wi-Fi 101, 125, 160
量子计算 132
琳达•桑福德 186
领导力效能及发展体系 217
领导素质 306-307
令牌环技术 100
刘易斯•芒福德 318
刘易斯-克拉克曼丹堡基金会 268
露丝•利奇 144, 151, 151
绿色革命 280
罗伯特•苏托尔 194
罗伯特•肯尼迪 234
罗利，北卡罗来纳 32, 217
逻辑，信息技术和 68-87
　另见编码，语言
　AI 80-82, 84-86
　布尔代数 122
　语言编码 72-80
　计算机之间的通讯 82
　编程开发 70-71
　速度，计算机 66-67
　开关 72
洛伦•纳赛尔 288

M

MacDonald，Randy 166
Machines Bull 108, 114
Many Eyes 平台 276
MapQuest 274
Marshall Field's 40
Martonosi，Margaret 22
Marwaha，Ravindra 207
Mauchly，John 54, 70
May，Mike 246-248, 247, 326-327
McEnroe，Paul 32-33
McGroddy，James 181
Memorex 114
Metcalfe，Robert 100
Michael Collins 303
Microflown Technologies 264
MIT。见麻省理工学院
MITS Altair 8800 119
Moore，Gordon 61
Morita，Akio 62
MOS Technology 6502 62
MOS 晶体管。见金属氧化物半导体晶体管
Mosaic 浏览器 97
Müller，Hans 97
Musahino 红十字医院 286
MySpace 184
麻省理工学院 (MIT) 28
马克•迪恩 283-284, 305
马克•洛克里奇 210
迈克尔•苏帕 151
迈克尔•曼德尔 195
迈克尔•萨克 171
曼德拉，纳尔逊 206
曼哈顿计划 172
梅里韦瑟•刘易斯 268
梅特卡夫定律 173
美国百货公司 38
美国磅秤公司 168
美国电话电报公司贝尔实验室，IBM 的研究模型 178
美国管理协会 156
美国国防部高级研究计划局 (DARPA) 184
　Vextec 资金 287, 288
美国国会图书馆 49
美国国家标准与技术研究所 . . . 258, 264
美国国家科学基金会 96, 182, 193
美国军队。见军事，美国
美国空军
　磁带研制 42-43
　随机存取库存系统 43
美国人口普查局，穿孔卡应用 . . . 23, 39
美国信息交换标准代码 (ASCII) 28
美国最高法院 231
孟菲斯，田纳西，公众安全计划 318-320
米尔顿•弗里德曼 230
面部识别技术 34
明尼苏达矿业与制造公司 (3M) 42
模拟，认识复杂系统 279, 294-295
摩尔定律 61, 66, 131
穆罕默德•尤努斯 240

N

Nahamoo，David 31
Naitoh，Arimasa 210
Napster 188
NCR 114, 232
Netflix 188, 286, 289
　数据挖掘 286
Nielsen，Valder 200
Noyce，Robert 61
NSFNET 96, 97
Nuance 30
NYCityMap 275-276
纳伦德拉•卡马卡 122-123
南丹•尼勒卡尼 209
南非，IBM 206
　《沙利文原则》和 206
尼古拉斯•多诺弗里奥 159
尼古拉•特斯拉 305
牛顿定律 279
诺贝尔奖得主，在 IBM 历史上 180
诺基亚 131
诺曼•博洛格 280-282, 282, 295
　另见绿色革命
　穿梭育种 281-282

O

Olivero，Jordan 225
Olivetti 114
On Demand Community（爱心献社区志愿服务项目） 236
Oracle 78
欧文•弗洛达斯基-伯杰 125

P

Palmaz，Julio 299
PalmPilot 35
Pandora 286
Parkin，Stuart 50-51
　Racetrack 存储开发 50, 51
Pascal 79
Patagonia 146
Patrimonio Hoy 222, 226-227
Patten，Stanley 237
PC。见个人电脑
Peres，Yardena 290
Perkins，Frances 313
Power6 微处理器 63
Prahalad，C. K. 188, 226
Priscaro，Frank 288-289
Professional Office Systems (PROFS) 88-89, 184
PROFS。见 Professional Office Systems
帕特里克•图尔 151
帕特里克•迈尔 275
彭明盛 129, 141, 159, 161-162, 164-166, 187, 189-190, 208, 211-213, 220, 228, 240, 248
　基本信念，更新 161-164
　全球重组 211-215
　IBM 品牌知名度 248
　国际服务交付系统 213
　组织的社会责任 240-241
皮埃尔•哈伦 191
贫困 315-317
　品牌知名度，IBM 248

Q

企业慈善事业。见慈善事业，企业
企业服务志愿队 (CSC) 223-225
　开发 238
　在加纳 239
气候模拟 65, 294
汽车，语音识别系统 29-31
乔恩•岩田聪 161
乔治•贝德纳兹 67, 179
全民健康保险 234
全球管理人员指导团队 216
全球化 138-140, 198-221
　活动协调 215-218
　合作的影响因素 194-196
　通讯革命的影响 209
　批评 207
　公司扩张，源于 138
　地方经济活力和，作为经济平衡 203
　组织结构转变 207-215
　万维网的影响 235
全球企业咨询服务部，IBM 213
全球一体化企业 140, 207, 209-213, 214, 215-216, 220-221
全新项目，IBM 188

R

R&D。见研发
Racetrack 存储，存储器 . . . 50, 51, 126
Radio Industries Corporation 90
Radiotype 90-92
　美国军队应用 90-91
RAMAC。见 Random Access Memory-AC
Ramaswamy，Venkat 188
Random Access Memory-AC (RAMAC) 47
　磁盘驱动器 44
RCA 32-33, 54, 109, 114
READ。见系统编程，研究，工程和开发
Research in Motion 131
　BlackBerry 101
RFID 标签 263, 265
　市场使用 265
Riggins，Ben 78
RISC（精简指令集计算机）处理器 . . . 64
　801 型 64
　游戏机研制 64
　SPARC 64
Ritchie，Dennis 79
Rochester，Nathaniel 42
Rutter，Brad 82, 85
人本主张 149-150
　性别中立 149-150
人工智能 (AI) 80-82, 84-86
　高级商业分析和 81-82
　国际象棋和 80-81
　ChipTest 80
　文化影响 85-86
　Deep Blue 计划 81
　DeepQA 技术 31, 82, 86, 127
　Deep Thought 计划 80-81
　Watson 计算机 82-86, 131-312
人口普查局。见美国人口普查局，穿孔卡应用
人类基因组项目 277
人力资本，世界价值观 170-171
日本，IBM 210

日用品行业，库存系统 31-34
软件
DB2，在 HIV/AIDS 研究中 290
Dragon Naturally-Speaking 30
Lotus Development 120
自然语言 32, 82, 84, 87, 133
开源 173, 193-194, 274
ViaVoice 30
软盘 44

S

Söderholm, Gunnar 306-307
S/360 计算机 62, 109-115
开发 109-115
早期订单统计 111
行业影响 114
对 IBM 的长期影响 109-110
登月任务和 303
40 型 62
产品选择 112-113
交货延误 111
SLT 111
SPREAD 和 110-111
沃森，小托马斯，支持 109-110, 157
S/360 制造 114-115
S/370 计算机 62
145 型 62
Sabre 预订系统 273-274, 302
Sapper，Richard 210
Satellite Systems International 120
Sbordone，Nicholas 276
Scheinfeldt，Tom 276
Schell，Jesse 267
Scholasch，Thibaut 265
Selectric 打字机 26, 26-28
附加键/字符 28
设计 27-28
分时系统 27, 118
2471 终端 28-29
Sequoia 超级计算机 130
Shapiro，Howard-Yana 283-284
另见可可树，基因组学项目
Shockley，William 60
Shoebox 29-30
单词量目标 30
SLT。见固态逻辑技术 SM
Smarr，Larry 94-96
SMUBA。见对复杂系统的“行”，掌握：对复杂系统的“信”，掌握：对复杂系统的“思”，掌握：对复杂系统的“看”，掌握：对复杂系统的“悟”，掌握
SNA。见系统网络架构
Snow，John 270, 323
霍乱疫情和，地图 269
SocialBlue 应用程序 217
SONAS 131
SONAS。见向外扩展型网络存储 SP
SPARC 微处理器芯片 64
Spectra 70 计算机系统 114
speedcoding 73
Sperry Rand 114
Spicer，Dag 108
SPLASH 集成标准 309
SQL。见结构化查询语言
SSEC。见可选顺序电子计算器
SSIRS。见社会服务综合报告服务
Stevens，Louis 45
STM。见扫描隧道显微镜
Stolovitzky，Gustavo 267
Sun 微系统公司 182
Sybase 78
萨默斯，纽约 251, 314
塞吕基 108
三维超声波 260
三智者，IBM 178
扫描隧道显微镜 (STM) 178-179, 262-263
商业价值研究所，IBM 315
社会，概念 227-228
资本主义和 243
社会保障
IBM 在设计和部署中的作用 . . . 313-314
系统测绘 272
穿孔卡应用 40
社会服务，复杂系统 315-317
社会服务综合报告服务 (SSIRS) 316-317
社会企业 230, 240
社会责任，企业 222-241
企业慈善事业 233-234
经济刺激 238-239
教育体系 235-236
演变 230
彭明盛 240, 248
小托马斯沃森 233
老托马斯沃森 16, 19, 27, 90, 262, 232-234, 240-241
深入数据包检查 133
生物学隐喻计算，IBM 研究院 196
圣何塞，加利福尼亚 29, 43, 45, 50, 144, 180, 272
磁盘驱动器研制 45
实时计算机群集 302
实时库存系统 34
史蒂文•沃格特 264
史蒂文•约翰逊 323
世界博览会，IBM。见特定世界博览会
视频监控系统 34-35
手势技术 127
鼠标 29, 249, 275, 300
数据包 93-94, 133
深入数据包检查，作为安全措施 133
交换 28, 93-94, 96, 101
数据存储。见存储，存储器
数据库 77-78
市政应用 78
关系 77-78
数据通信系统 26-27
数据挖掘 286-287
企业应用 286-287
数学建模 291-292
斯德哥尔摩，瑞典 306-307
斯凯托普度假村 154-156
斯图尔特•格列佛 215
松散体系 187
苏黎世，瑞士 179-180
速度，计算机 61, 65-67
组件大小因素 66
研发因素 66
半导体和 66
超导体和 66-67
温度因素 66-67

随机存取库存系统 43
DRAM 43, 46, 47, 48
RAMAC 44, 47, 51
索尼 19, 62, 64
索引寄存器 60

T
T•文森特•利尔森 110
TCP/IP。见传输控制协议/互联网协议
Telex 114
ThinkPad 701 27
ThinkPad 笔记本电脑 170, 210
Thompson，Ken 75, 79
TomTom 导航系统 274
Torvalds，Linus 193
TRS-80 个人电脑 119
Twitter（推特） 263, 274
探险队 268
汤姆•拉斯特 151
唐•爱德华兹 315-317, 317, 323
SSIRS 和 316-317
条码 32-34
专利 32, 48, 50, 96, 172, 174-176, 180, 285, 298, 300, 301
UPC 34, 305
通过技术实现联系。见联网，信息
技术和 Control Data 公司 114
分时计算机 117
通用产品代码 (UPC) 33-34, 262
提交样式 33
通用电气 109, 114, 117, 118, 155, 156, 164, 180, 211
分时计算机 117
韦尔奇领导下 164
通用汽车 153, 155, 180
托马斯•爱迪生 173, 298, 300, 305
托马斯•杰斐逊 268
托马斯•马龙 187

U
UNIVAC I 计算机 27, 47, 57, 107
FLOW-MATIC 编码 76
编程代码 71
Unix 操作系统 75, 79
UPC。见通用产品代码
Ushahidi 269, 274-275
Uszok，Piotr 238
Utrilla，Pilar 270

V
ValuesJam 162
VEPCO。见弗吉尼亚电力公司
Vextec 287-289
ViaVoice 语音软件 30
Vietmeyer，Noel 281-282
VisiCalc 80, 119

W
Watson 计算机 82, 83, 85-86, 131-132
DeepQA 技术 82, 84-86, 131
Weidenhammer，Wayne 42
Weis，Al 97, 100
Whirlwind 58, 60
芯式存储器 60
Whitcomb，Richard 144
White，Katharyn 216
Whole Foods Market 146
Wi-Fi 联网 160
Winger，Wayne 41
Wirth，Niklaus 79
制表机和，学术应用 104-105
Woodland，Norman 32
World Community Grid 236
WW II。见第二次世界大战
万维网 97, 121, 125, 192, 225
另见互联网全球化的影响因素 . . . 235
超文本链接法 97
开放式创新的影响因素 192
王安 43
磁芯存储器研制 43
网景通讯公司 125, 193
威廉•汤姆森 258
威廉•克拉克 268
威廉•普利布兰克 292-293, 295
威尼•巴尔塔 235
微处理器。另见晶体管
气候模拟 64-65
开发 62, 64-66
8088 119-120
英特尔开发 119-120
Power6 63
RISC 64
SPARC 64
微软 64, 119, 120, 126, 285, 286, 301, 305
PC 软件开发 120
维基百科 185, 274
维基解密 321
文化，企业 142-166
另见价值，企业
基本信念，IBM 8, 149-150, 161-164, 217
危机管理，作为一部分 153-154
本田汽车公司 142-147
可持续性 147, 207, 228
价值，作为一部分 139-140, 147-152
文字处理系统 80
无线网络
在互联网上 101
Wi-Fi 联网 125, 160
物联网 126
物流，现代化 314

X
Xerox PARC 19
仙童半导体公司 61
先进硅技术实验室 181
向外扩展型网络存储 (SONAS) 131
小弗雷德里克•布鲁克斯 110-111, 157
小托马斯•沃森 16, 40, 104, 110, 115, 148, 154, 234
非裔美国人就业，平等机会问题 234
企业行为准则 156-157
企业成功 148-149
早期计算机研制 55-56
磁带研制 42-43
产品战略重组 157-159
研究部门 175, 178-179
社会责任，企业 233
S/360 计算机和 109-110, 157
全民健康保险 234
协议。见传输控制协议/互联网协议

信息
捕捉 17
科学 122-124
共享 17
价值 122
信息高速公路 96
信息技术 17
架构，作为支柱 102-127
连接/联网，作为支柱 88-101
电动打字机 26-29
库存系统 31-34, 43, 270
逻辑，作为支柱 68-87
存储器，作为支柱 36-51
处理，作为支柱 52-67
生产力增长，源于 171
穿孔卡 20-21, 23-25, 25
传感，作为支柱 20-35
六个支柱 18
语音识别系统 29-31
信息科学 22, 106, 122, 128-129, 172, 175
信息时代 172, 180, 208
另见信息技术
IBM 的影响 179-180
虚拟化 117-118
许峰雄 80
学术应用 104-105
电动打字机和，结合 26-27
系统 110
系统编程，研究，工程和开发 (SPREAD) 110-111
系统的系统 194
系统网络架构 (SNA) 97

Y
Yelp 275
YouTube 185
亚当•斯密 227
亚历克斯•马勒 67, 179
亚历山大六世（教皇） 272
亚马逊公司 124
亚瑟•“迪克”•沃尔森 110, 200
研发 (R&D) 193
另见开放式创新，经济价值
研究，经济价值 173-180
另见研发
计算机速度 66
国际团队 210-211
医疗应用，HIV/AIDS 289-290
小托马斯沃森著，和 . . . 175, 178-179
野鸭子，IBM 160
伊东孝绅 146
伊冯•乔伊纳德 146
伊夫林•贝利 224
伊拉克，IBM 218
伊曼纽尔•皮奥里 178
以色列•莫雷诺 226
以太网 100
印度，IBM 204-205, 209-212
扩大就业 210-212
应对地方科技公司挑战 209-210
英国东印度公司 198
英特尔公司 62
DRAM 研制 48
微处理器研制 119
硬盘驱动器 44
语言软件，DeepQA 技术 132
语音识别系统 29-31
另见 Shoebox
汽车 29-31
DeepQA 系统 31
智能手机 . . . 30, 35, 101, 125-126, 129
语音模式，开发 30
ViaVoice 软件 30
元素周期表，地图系统 269, 271
约翰•冯•诺依曼 132
约翰•科特 148
约翰•奥贝尔 152
约翰•亨利•帕特森 232
约翰•斯特曼 307-309
约翰•汤普森 190
约翰•托尔瓦 223
约翰•埃克斯 165
约翰•巴克斯 61, 70, 75, 107
另见 Fortran
700 系列电子数据处理机编程 71-72
约翰•鲍威尔 320
约翰•凯利三世 189, 301
约翰•肯尼迪 302
约翰•麦卡锡 115-116
约克镇高地，纽约 81, 85, 154, 180, 267
越南，IBM 224-225, 239
云计算 101, 108, 121, 124-127, 129, 131, 133, 288, 291
安全问题 133

Z
Zappos.com 274
Zillow 286-287
Zilog Z80 62
詹姆斯•赫斯克特 148
真空管电子设备 57-60
ENIAC 计算机 54-58, 70, 107
701 电子数据处理机 58
管 52-53
政府，企业合作 181-184
知识型组织 170-172
学术界 65, 156, 172, 182, 300
政府 172
互联网 172-173
制表机 26
制表机公司 39, 168
智能电网技术 235
智能量表 287, 312
智能手机 30, 35, 101, 125-126, 129
语音识别系统 30
智能诊断技术 86
朱莉•洛克伍德 223
专利，IBM 申请 174-175, 176-177, 180, 301
资本主义，兴起 227-228
字符识别系统 34
最高法院。见美国最高法院
作为企业理念的基本信念 8, 149-150, 161-164
当代更新 161-164
员工引导的 164
在 ValuesJam 中 162
作物基因组学 282

作者简介

Steve Hamm 是一名有着 30 年经验的记者。在以作家和摄影师身份加盟 IBM 企业传媒部之前，他曾是《*BusinessWeek*》（*商业周刊*）的资深撰稿人，并从事了 20 年的计算机行业报道工作（最初在硅谷，后来在纽约）。他著有《*Bangalore Tiger*》（*班加罗尔虎*）和《*The Race for Perfect*》（*完美竞争*）等书籍。他与妻子和儿子一起居住在纽约佩勒姆。

——

Kevin Maney 著有《*Trade-Off: Why Some Things Catch On, and Others Don't*》（*折衷：为何一些东西流行，而另一些不流行*）、《*The Maverick and His Machine: Thomas Watson Sr. and the Making of IBM*》（*标新立异者和他的机器：老托马斯•沃森和 IBM 的成功*）和《*Megamedia Shakeout*》（*大媒体潮*）等书籍。他在《*USA Today*》（*今日美国报*）担任了 22 年记者、编辑和专栏作家，并且是*康泰纳仕旗下的《Portfolio》杂志的特约编辑*。他一直是《*Fortune*》（*财富*）和《*Wired*》（*连线*）杂志以及《*Atlantic*》（*大西洋月刊*）、NPR（*美国国家公共电台*）和 *ABC News*（*美国广播公司新闻网*）*的撰稿人*。他居住在弗吉尼亚森特维尔。

——

Jeffrey M. O'Brien 一直是《*Fortune*》（*财富*）和《*Wired*》（*连线*）杂志的资深编辑。他的作品多次出现在“*最佳技术写作*”、“*美国最佳科学和自然写作*”以及“*美国最佳科学写作*”*名单中*。他与妻子和两个儿子居住在加利福尼亚米尔谷。