

THE IDEA FACTORY

Bell Labs and the Great
Age of American Innovation

贝尔实验室 与美国革新大时代

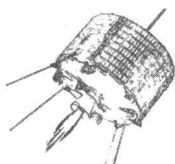
乔恩·格特纳 (Jon Gertner) ○著
王勇○译



中信出版集团 · CHINA CITIC PRESS

THE **IDEA** FACTORY

Bell Labs and the Great
Age of American Innovation



贝尔实验室 与美国革新大时代

乔恩·格特纳 (Jon Gertner) ◎著
王勇◎译

图书在版编目 (CIP) 数据

贝尔实验室与美国革新大时代 / (美) 格特纳著;
王勇译. —北京: 中信出版社, 2016.1
书名原文: The Idea Factory: Bell Labs and the
Great Age of American Innovation
ISBN 978-7-5086-5589-5

I. ①贝… II. ①格… ②王… III. ①科学研究组织
机构-影响-经济发展-研究-美国 IV. ①F171.24

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第 246728 号

The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation by Jon Gertner
Copyright © Gertner, 2012
Simplified Chinese translation rights © 2015 by CITIC Press Corporation
ALL RIGHTS RESERVED.
本书仅限中国大陆地区发行销售

贝尔实验室与美国革新大时代

著 者: [美]乔恩·格特纳

译 者: 王 勇

策划推广: 中信出版社 (China CITIC Press)

出版发行: 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

(CITIC Publishing Group)

承 印 者: 北京鹏润伟业印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2016 年 1 月第 1 版

京权字号: 01-2012-8424

书 号: ISBN 978-7-5086-5589-5 / F · 3511

定 价: 58.00 元

印 张: 20.75 字 数: 300 千字

印 次: 2016 年 1 月第 1 次印刷

广告经营许可证: 京朝工商广字第 8087 号

版权所有·侵权必究

凡购本社图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由发行公司负责退换。

服务热线: 010-84849555 服务传真: 010-84849000

投稿邮箱: author@citicpub.com



序 言

棘手的难题

本书通过对贝尔电话实验室几位员工经历的描述，探讨了现代通信技术的起源。不过，这更是一本关于创新的著作——关于创新产生的方式、原因以及创新的促成者。它同时还解释了创新何以重要，不仅对科学家、工程师和公司主管重要，而且对每个人都具有重要意义。本书描述的是贝尔实验室的情况，更具体地说，描述的是 20 世纪 30 年代晚期到 70 年代中期贝尔实验室的情况，这并非出于巧合。在美国最优秀的人才开始向美国西部加州的硅谷汇集之前，许多精英之士来到了东部的新泽西州，在玻璃和砖块修建的宽敞大楼中工作，而在傍晚时分，野鹿则会在周围的茵茵草地上啃草。在 20 世纪 60 年代晚期的巅峰阶段，贝尔实验室雇用了约 1.5 万名员工，其中包括约 1 200 位博士。实验室成员包括了世界上最出色（也最古怪）的一群人。在谷歌出现之前的那个时代，贝尔实验室被称为美国知识分子的天堂。正是这个地方孕育设计出了当时的未来——也就是如今我们所谓的现在。

在 20 世纪的很长一段时间里，贝尔实验室一直是世界上最具创新性的科研机构，而且可以说也是世界上最重要的商业组织之一。不计其数的企业家将自己的公司植根于该实验室的基础性发明——分享这些发明往往只需适度付费。从严格意义上讲，这并不是设立贝尔实验室的初衷。其最初目的，是支持当时居于垄断地位的美国电话电报公司（AT & T）的研发工作，该公司试图创建并维持一个系统——那时候“网络”这个词还不常见，借助这个系统来随时随地联系世界各地的任何人。美国电话电报公司“普遍连接”的梦想是在 20 世纪初期确立下来的，然而到这个想法成熟却花费了超过 3/4 个世纪的时间。这个成功很大程度上要归功于贝尔实验室开展的工作，才最终演化成一套复杂程度难以置信的铜线电缆、微波链路和玻璃纤维系统，把整个星球的声音、图像和数据都联系起来。在整个演变过程中，全世界的商业发展和技术进步都开始依赖信息以及信息传递的渠道。的确，人们用来描述贝尔实验室科学家帮助创造的这个时代的术语——“信息时代”表明，我们已经超越了物质世界。一种无重量、无形状、像光线一样迅捷的新生事物成了当今时代的标志。

新时代提出了更高的要求。对贝尔实验室来说，需要数以万计的科学家和工程师付出数十载的努力，借用美国电话电报公司的说法，也就是需要数百万“工时”。而美国电话电报公司也已习惯准确核算员工付出的劳动，这样就使得公司的员工都为之自豪，同时也阻止了美国政府（政府密切监控着公司的业务运转和长途电话垄断情况）的干涉。出于一些理论以及实际的原因，本书并没把焦点放在贝尔实验室数以万计的员工身上，而是聚焦于颇具代表性的少数几位：默文·凯利、吉姆·菲斯克、威廉·肖克利、克劳德·申农、约翰·皮尔斯，以及威廉·贝克。这其中有的人声名狼藉，比如 1956 年诺贝尔物理学奖获得者肖克利晚年就在坚韧不拔地研究人种和智商间的科学联系。另外一些人，比如申农，对某个兴趣领域的人来说非常熟悉（就申农来说，是数学和人工智能领域），但却始终不为普通民众所知晓。而几乎遭到遗忘的是卫星通信之父皮尔斯，他的创意无法在此一一列举。凯利、菲

斯克和贝克都曾担任贝尔实验室的总裁，在这家机构的黄金时代都扮演过管家的角色。这些人彼此都认识，有些甚至关系非常密切。除年龄最长的默文·凯利外，这群人有时候被人称为贝尔实验室激进群体“少壮派”的成员。对贝尔实验室几近神圣的使命和技术革新的共同信念，把他们紧紧团结在一起。

他们倾向于认为自己不是在贝尔实验室工作，而是在凯利所谓的“创新技术研究所”工作。这种描述的目的是向世人表明，艺术与贝尔实验室科学家从事的科学研究间，有着并不总是清晰的界限。另外，尽管凯利的许多同事或许都很古怪，但确实也有少数几位是“梦想家”——指的是不那么讨人喜欢的那层含义。他们因为自己的想象力获得酬劳，但事实上他们之所以获得酬劳，是因为在这种文化环境和机构中工作，新创意的意义就在于将想象力转换为新事物。

我们应该关心新创意是如何产生的吗？就实际情况来说，如果我们的手机和电脑网络运作正常，我们就不需要去回想下面的情况：1947年秋天，两位工程师在新泽西州郊区的实验室里发明了晶体管，而晶体管正是所有数码产品和当代信息生活必需的基本条件。我们也不需要知道，在1971年，有无数个夜晚，一个工程师团队驾驶着一辆装载着敏锐的无线设备的拖车，在整个费城到处游荡，试图设立第一个手机通信系统。换句话说，要在21世纪生活，我们并不需要搞清楚20世纪的种种细节，而且我们也有充分的理由。技术发展的历史往往被束之高阁，或者存在于垂垂老矣的科学家的脑海中。按照今天的标准，过去几十年的突破性产品似乎已经没有什么用处，比如20世纪50年代在贝尔实验室发明的最早的硅太阳能电池，现在已经被遗弃到新泽西州中部库房的档案柜里。技术理念的演化极为迅速，从最先进到落后的发展历程可能用不了几年的时间。

尽管如此，为了论证清楚，我们还是有必要思考一下科学发展的历史。比尔·盖茨曾经这样评价晶体管的发明：“如果能穿越时空去探险，我的第一站将是1947年12月的贝尔实验室。”在我看来，这个愿望颇具洞察力。不可否认，贝尔实验室并不完美。与其他精英组织一样，它也时不时地因为个性冲突、制度性的傲慢，

以及——尤其是在晚年——战略失策而出现问题。然而，如果我们能理解造成贝尔实验室 1947 年那个不同寻常冬季的环境因素，搞清楚此后这些年间贝尔实验室的发展历程，我们就会对社会是如何进步的有许多感悟。考虑到这一点，我们就会感到有充分的理由去重温那些古老的发明、那些被遗忘的工程师和那些已经失落的世界。

过去 60 年间，我们的技术实力得到了大幅度提升，但创新的原则却没有多大改变。事实上，贝尔实验室创新的那些手段，也就是搞清楚令人苦恼的问题、收集种种或许会带来解决方案的想法，以及推动研发能够大规模应用的产品，这就是他们的诀窍，即使在今天也值得思考，因为我们依然面对诸多似乎难以解决的挑战（比如信息过载、传染病和气候变化），有些观察家把这些挑战称为“棘手的难题”。巧的是，历史给我们提供了一个范例：贝尔实验室付出的努力解决了一个似乎棘手的难题，这个问题在规模、范围、投入和持续时间方面都足以与阿波罗登月计划和开发核武器的曼哈顿工程相提并论。但它带来一个新的问题就是，把我们所有人和我们的新机器连在一起。

20 世纪 50 年代后期，作家阿瑟·C·克拉克曾指出：“乍看起来，在这个令人吃惊的乡村环境中，位于新泽西州的贝尔实验室本部就像一家现代化的大型工厂，而在某种意义上，它确实是这样的，不过是一家创意工厂，因此它的生产线都是无形的。”一些当代思想家认为，21 世纪的创新只能靠头脑聪明、追逐利润的企业家在激烈的市场竞争中实现。对陷入当前复杂世界的我们来说，昔日的创意工厂——甚至就连他们最具天赋的雇员——似乎都没有任何借鉴意义，这种观点太简单化了。思考一下贝尔实验室的历程、考察一下其无形且如今已消失的“生产线”的内部运作，我们就能对规模庞大的人类组织的潜力有所领悟。



目 录

序 言 棘手的难题 //VII

第一部分	第一章	油滴实验	//003
	第二章	从西部到东部	//017
	第三章	系统	//031
	第四章	战争	//045
	第五章	固态研究	//059
	第六章	魔法屋	//073
	第七章	信息学家	//093
	第八章	人与机器	//111
	第九章	公式	//121
	第十章	硅	//133
	第十一章	帝国	//145

第二部分	第十二章	激励者	//159
	第十三章	在克劳福德山上	//173
	第十四章	真实的和想象的未来	//193
	第十五章	错误	//211
	第十六章	竞争	//225
	第十七章	拆分	//239
	第十八章	余生	//257
	第十九章	遗产	//279
	第二十章	回声	//287
		致谢	//307
		资料来源	//313
		访谈对象名单	//319
		口述历史摘要	//321

THE



FACTORY



Bell Labs and the Great Age of
American Innovation

第一部分



第一章 油滴实验

默文·凯利最引人瞩目的特点，就是他的不安分，密苏里州加勒廷市的每个人都能看出这一点。这个男孩儿容易烦躁，没有耐心，不肯平心静气地等待事情顺其自然地发展，这种对快的需求或许会让你以为他出生时血管里曾有电流通过。他对功课很认真，但由于精力过剩，还做了很多其他工作。年纪很小的时候，他就在父亲的店里打杂，或者帮当地农民放牛，从中赚些外快。10岁那年，他开始设计送报纸的路线，很快就雇了一批男孩儿来送报纸，而不是自己亲自去做。到十几岁的时候，他还在市中心父亲的店里帮着记账。他中学所在的班级很小，只有18名学生，但他学习很刻苦，不但是班长，还作为优秀毕业生代表在毕业典礼上发言，同学们称他为“我们的爱尔兰国王”。加勒廷市的居民也注意到，这个年轻人一心要成为领导者。在这个城市，居民讲话和走路都慢悠悠的，可年轻的默文·凯利却截然不同。

他的父亲约瑟夫·芬尼莫尔·凯利性情温和，一身书生气，不是儿子那种说干

就干的类型。年轻时，约瑟夫在中学教过历史和英文，但到 1900 年，也就是凯利一家首次参与加勒廷市人口普查的时候，他们家已经在这个城市开了一家五金店。尽管加勒廷市离堪萨斯市有 75 英里，足以让人以为是个落后的地方，但事实上市区很热闹。显而易见的原因是，这个城市位于两条火车线路的交汇处——从芝加哥经罗克艾兰到太平洋附近的铁路线和沃巴什铁路线，两条铁路上的火车都在加勒廷市停靠并上下乘客。这样一来，虽然是一座人口只有 1 700 人的小城，却有 3 家旅馆、好几家餐馆、两家报社、两家银行、5 位牙医、4 位药商、两位珠宝商、9 位内科医生、两家雪茄厂、4 位铁匠，还有几家理发店。在加勒廷，凯利一家居住在繁华地段，处于现代生活的前端。

这里处处体现出小城生活的简单和淳朴。日常生活大多不会受到轰鸣的机器或电子设备的干扰。大家都是屠宰自家的猪，捡自家鸡产的蛋。周六晚上，农民和商人都会在城中热闹的广场上和老朋友聊天。那个古老而狂野的西部还没有彻底从人们的记忆中消退，因此你经常会听到有人讲起审判杰西·詹姆斯那个为非作歹的兄弟弗兰克·詹姆斯的往事——那是加勒廷市几十年前的往事。炎炎夏日，你可以步行或骑马走出小城半英里，到格兰德河边下水一游；如果你是个十几岁的男孩儿（而且足够幸运），你可以在冰激凌社交舞会上跟女孩子跳舞。当时没有普及电台，那种设备多数是业余爱好者的新玩具，所以聚会时或许会有爱迪生发明的早期留声机或弦乐队，或许会有朋友拉小提琴、演奏曼陀林。

与此同时，毫无疑问加勒廷市也在与世界其他地方一样向前发展。技术发展带来的各种影响，至少在一位年轻人看来，是令人激动的。默文·凯利读中学的时候，除铁路外，汽车也开始在加勒廷市出现。托一台柴油发电机的福，这座小城如今每天晚上都能有几小时的电力供应。在小城的广场附近，与凯利家的五金店在同一座大楼中，加勒廷市的电话交换局也开始营业了，尽管那只是连接城中大约 100 名电话用户的一个小型交换台。想要见识一下电话交换台的工作，凯利只要走出父亲的店铺向右转，沿着大楼走到交换局的门前即可。从某种意义上说，他的未来就

在身边不远处。

16岁时，凯利获得了250英里外罗拉市密苏里矿业和冶金学院的奖学金。对那个时候加勒廷市的居民来说，这么遥远的距离几乎是无法想象的，然而凯利似乎对离家读书毫无怨言。“我确实非常幸运。”他后来曾经说过。在他所在的小城，没有几个人读完中学，读到大学的更是寥寥无几。离家的时候，这个年轻人以为自己最后可能会成为地质学家或采矿工程师，那样的话，他就可以去更远的地方。他似乎很清楚自己的人生道路取决于他的活力十足和冲动性格。凯利在加勒廷中学的毕业班年刊中写道：“激情决定了我的命运。”

1910年凯利踏入大学校门的时候，没有多少美国人知道科学家、工程师和发明家有何区别。与创造技术的知识相比，新的技术更能给民众留下深刻印象。因此几乎可以肯定，对当时的人来说，机器的发明者似乎比训练有素的物理学家更重要，尽管物理学家能解释机器的工作原理。

托马斯·爱迪生似乎就是这方面的典型范例。1894年凯利出生的时候，爱迪生已经成了民族英雄，是集智慧与企业家精神于一体的完美典范。拥有独特直觉的爱迪生把自己和一群专心致志、同样沉迷于发明创造的人封闭在新泽西的一个小型工业实验室中。他经常每天工作至少18小时，抛开家庭责任，连着几个星期在工作台上吃饭，拒绝放下工作去睡觉或洗澡。他讨厌洗澡，经常满身都是浓重的汗臭和化学溶剂味道。实在太疲劳了，就钻到工作台下休息一会儿，或者随便找个地方伸懒腰（不过，后来他的妻子在新泽西州西奥兰治实验室的图书室里给他放了一张床）。在发明的过程中，爱迪生借助的是坚持不懈、系统探索的一套工作流程，努力去找出能派上用场的材料。他的储物室包罗万象，不仅有铜线这种实验室的常见材料，甚至还有马蹄和羊角。他会反复尝试，直到做出既能申请专利，又具备市场价值的发明。

尽管爱迪生因发明留声机和白炽灯泡而名利双收，但毫无疑问，他的另外一些受欢迎程度略低的发明对现代生活的发展也具有同样的影响力，其中一个例子就是

“碳制扁平扣状物”。1877年，他发现将碳放在电话的送话口可以显著改善声音传输的质量和清晰度。（在此之前他尝试过铅、铜、锰、石墨、钨、钨、硅、硼、铋、铂，以及其他多种液体和纤维。）10年以后，他又改良了碳制扣状物，提出在声音发射机中放入从煤炭中提取后烘干的碳粒。这个新发现使得电话成了真正有市场的发明。

爱迪生的过人之处在于让新的发明发挥作用，或者以别人难以想象的方式改进现有的发明。但对爱迪生来说，这些发明到底是怎样工作的就不那么重要了。正像爱迪生曾经的门徒尼古拉·特斯拉坚称的，爱迪生并不鄙视文学和思想。他嗜好阅读——比如古典文学和报纸。爱迪生常说，早年读过的托马斯·潘恩的作品，为他的人生确定了方向。在实验室里，他有一间宽敞的图书室，发明过程中，他会专心阅读一些化学文章。不过他不喜欢讨论科学理论，甚至承认自己对电学知之甚少，以读书期间代数一直不及格为荣。必要的时候，他就依靠接受过数学和科学方面训练的助手来探究发明涉及的原理，因为他真的对理论基础不感兴趣。在声誉的巅峰时刻，他曾戏谑说：“我总是能雇用数学家为我工作，但他们却不能雇用我。”

的确如此。此外借用一位科学史学家的话说，在工业革命鼎盛时期，发明缝纫机或铁丝网“需要的主要是机械方面的技能和独创性，而不是科学知识和训练”。在矿业、橡胶和能源领域，工程师偶尔会咨询搞学术的地质学家、化学家和物理学家的意见。“但总体说来，工业机器是在不依赖科学家和实验室的条件下，靠甚至没怎么接受过大学教育的工程师推动发展。这时的技术进步更多依赖的是心灵手巧的匠人的多次实验，除了可能上过机械学院之外，他们没怎么接受学校教育。”事实上，1910年前后默文·凯利开始就读于密苏里矿业和冶金学院前，有远见的美国年轻人可能都在考虑学习工程学，新的工业时代最需要的是能制造更大、更好机器的人才。

尽管如此，在物理这样的学科领域，训练有素的科学家能做出让人感兴趣的创新，这种见解也在开始得到认同。美国人仍然对科学几乎一无所知，但他们已经开

始听到一些源自欧洲的阐释，开始了解现实世界中隐藏的基础结构。“放射性”、“X射线”，尤其是“量子”——用来描述渺小的分子世界组成的一个新术语——这样的词语开始慢慢出现在美国大学内部以及报纸上。这些信息当然也传播到了密苏里州。当时凯利住在罗拉市冶金大楼三楼的一个房间里，通过帮助州地质调查局给矿物标本标号，每周挣 18 美金来交房租。有一年暑假期间，他在犹他州一家铜矿找了一份工作，这次经历让他彻底放弃了当采矿工程师的想法，开始更倾向于理论科学。大学毕业后，他在肯塔基大学给本科生讲授了一年物理学，学校也授予他物理学硕士学位。此后他就北上去了芝加哥。

几十年来，美国所有倾心学术的理科学生都需要在欧洲完成学业，而且往往是在德国柏林或哥廷根的学校。在那些地方，他们可以坐在大师的身边听课或看着大师做实验。（科学的语言也是德语。）但到 20 世纪初，一批美国高校，尤其是约翰·霍普金斯大学、康奈尔大学和芝加哥大学，也开始培养在物理和化学领域有所成就的毕业生。1916 年，芝加哥大学教授罗伯特·米利肯已经表现出一流物理学家的特质。1923 年，40 多岁的他获得了诺贝尔物理学奖，并在 1927 年成为《时代》杂志封面人物。最后，他把加州理工学院打造成了全美最好的科研机构之一。在他的职业生涯中，他引领许多最优秀的学生走上了美国电话电报公司的工作岗位。对凯利这样的学生而言，米利肯就是偶像般的人物。他编写的物理学教程已经成了大学教育的标准教材，他在准确计算电子电荷数方面所做的工作，使得他在物理学家的学术圈子名声大噪。凯利到芝加哥跟随米利肯学习时，那个实验还在继续。

与凯利类似，米利肯身上有一种真实而又让人无法抵抗的美国人气质。尽管他在巴黎、柏林和哥丁根求学过，但实际上他是艾奥瓦州一位传教士的儿子，开朗、真诚、保守，英俊而又略带稚气，总是衣冠楚楚，穿带领衬衣，打领结。同样与凯利类似的是，米利肯也是个实干家。工作起来他虽然不像爱迪生那么疯狂，但也大同小异，由此可以看出，奋斗不息这种精神既适合物理学家，也适合发明家。年轻时，这

位教授曾经因为忙着在办公室审阅一份科技文稿，差点儿错过了自己的婚礼。

到 20 世纪 20 年代早期，物理学家已经分为理论派和实验派两大阵营。米利肯属于实验派。按照他的学生保罗·爱泼斯坦的说法，他巧妙地设计了一些实验来证明理论研究成果，还在其他实验派物理学家工作的基础上，“发现了可以改善的一些不足之处”。米利肯的第一项了不起的成绩是所谓的“油滴实验”，这是 20 世纪初实验派物理学家代表性的成果。这个实验具备创新性，但却很麻烦：其创新性在于这个实验试图借助常见材料做成的微小设备，来揭示宇宙的组成部分；之所以说它麻烦，是因为想要得到精确的结果，就需要多年的跟踪实验（甚至在 1910 年第一次公开实验结果之后也是如此）。并非偶然，这也是默文·凯利第一次真正接触有深度的基础研究。

用米利肯自己的话说，“油滴实验”可以“最直接而又确凿地证明电子的存在”。更准确地说，这个实验将算出电荷确切的数值，相应地就能对亚原子物理做出一系列精确的计算。其他研究员已经试着通过观察一层带电水雾来测算电荷。实验者在两片间隔不足 1 英寸的水平金属板上喷上一层水。一片金属板带有负电荷，另一片带有正电荷。两片金属板之间的电场会减缓水滴降落的速度。他们的想法或者说理想情况是让一滴水悬浮在两片金属板之间，然后通过测量水滴降落速度和减缓水滴降落需要的电场强度，就可以计算其电荷。不过这里存在一个问题：水滴蒸发得很快，几秒之后就消失了。电荷的值只能大致猜测，难以更精确地计算。这让实验进入了死胡同。

米利肯的妙招儿，就是把测量的物质由水换成油，因为油不会蒸发，这样测量结果就会得到改善。后来他自称这个想法是在乘火车穿过马尼托巴平原时想到的。（实际上，更有可能是米利肯指导的研究生哈维·弗莱彻建议把水换成油，并帮他制作了实验仪器。）改进后的实验是这样的：研究人员站在一个箱子状的仪器前，用喷雾瓶喷出一层油雾，通过近焦望远镜观察光线照射下的油滴，随后给电板通电，观测（手里拿着秒表）油滴的表现——看它们在悬浮空间上下活动的时候