

# 夏建白：美国贝尔实验室是基础研究、 新技术开发和市场结合的典范\*

作者：夏建白



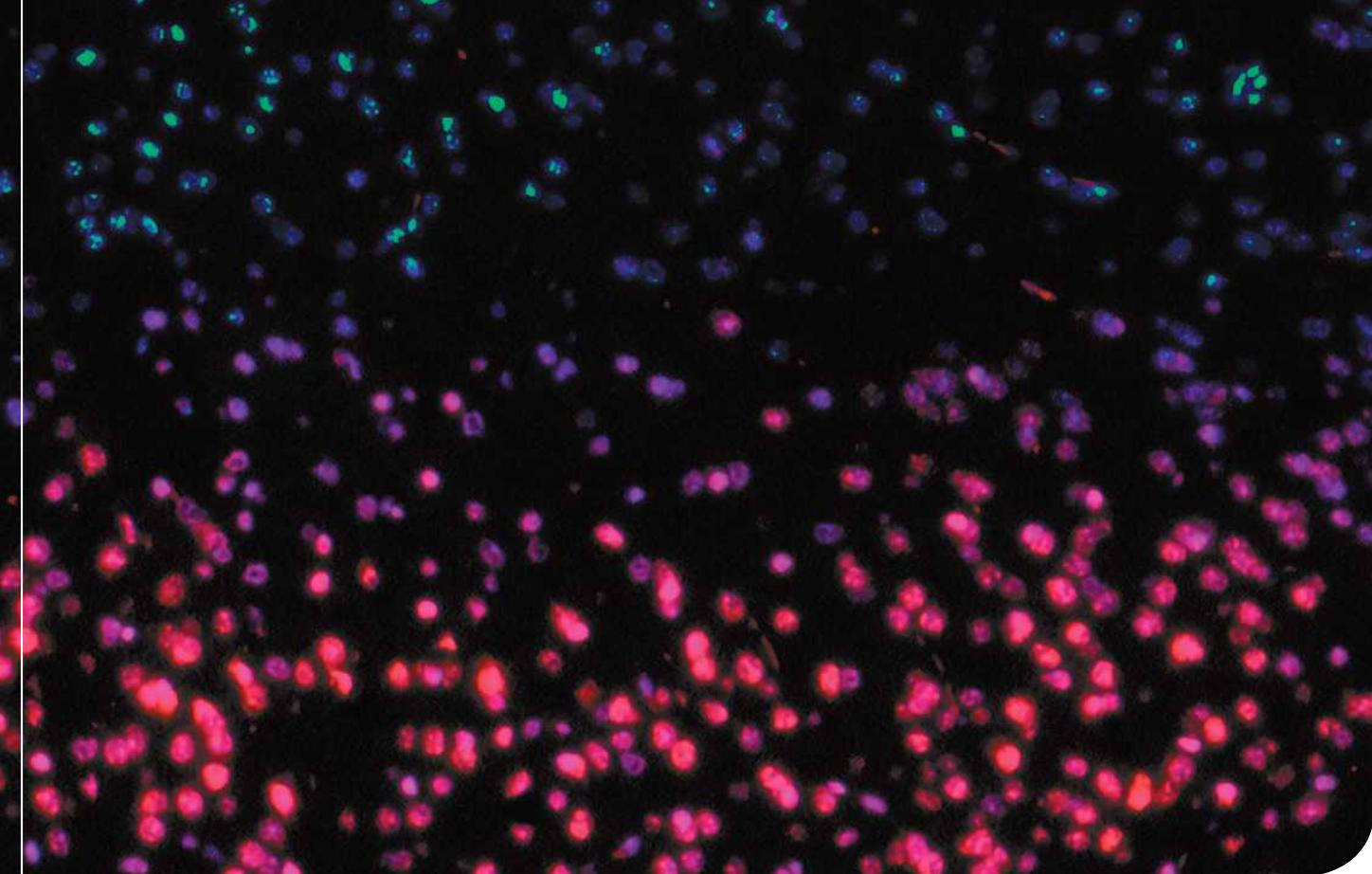
## 夏建白 半导体物理专家

1939年出生于上海，原籍江苏苏州。1965年北京大学物理系研究生毕业。2001年当选为中国科学院院士。中国科学院半导体研究所研究员。在低维半导体微结构电子态的量子理论及其应用方面进行了系统的研究。

2018年美国制裁中兴事件值得深思。2019年末、2020年初抗击新冠肺炎疫情期间，美国加紧了对中国高科技的封锁。习近平总书记强调：“核心技术是我们最大的命门，核心技术受制于人是我们最大的隐患。不掌握核心技术，我们就会被‘卡脖子’‘牵鼻子’，不得不看别人的脸色行事。而真正的核心技术是花钱买不来的、市场换不到的。我们必须争这口气，下定决心、保持恒心、找准重心，增强抓核心技术突破的紧迫感和使命感。”本文介绍高科技的摇篮之一——美国贝尔实验室。本文将不具体介绍在贝尔实验室中发明晶体管、集成电路、激光器、光通信等的具体研究过程，而是介绍贝尔实验室的历届领导和管理思想，尝试探讨其取得这样重大成果的

\* 本期特约撰稿

收稿日期：2020年5月3日



管理上的原因。

## 1 巴克莱时期

美国贝尔实验室第一任总裁尤厄特（Frank Baldwin Jewett, 1887—1959年）在1939年当选为美国国家科学院院长，并在1940年辞去贝尔实验室总裁。之后巴克莱（Oliver Ellworth Buckley, 1887—?）继承该实验室总裁，他领导实验室在第二次世界大战中圆满完成了承担的一系列军事科技研究与发展任务，并且在战后几年中领导了晶体管的发明和由此引起的信息技术革命，使贝尔实验室成为微电子技术和信息技术革命的先锋。

巴克莱认为，贝尔实验室就是以科学适于实用目的为职业的人员的世界最大组织。他指出：“贝尔实验室在很多方面都是独一无二的，

它不仅是最大的研究与发展机构，而且它很可能比任何其他类似的群体覆盖着更广泛的活动范围，尽管在它的正常活动中集中注意单一的电气通信。”

巴克莱在1940—1951年担任实验室总裁，在他担任总裁期间，实验室作出的重大贡献有：

- ① **雷达发展和应用**，其中包括著名的综合无线电话和有线电话系统、微波雷达、移动无线电系统、全球电传机网络、全球通信网络等；
- ② **固体物理研究和晶体管的发明**，为此巴丁、布拉顿和巴克莱获得1956年诺贝尔物理奖；
- ③ **香农提出信息论**，将信息从无数的事件中抽象出来，找出了其中的普遍规律，从而产生了信息科学。

巴克莱认为，科学研究和技术发展的关系不应分开或孤立地理解，这在公司的工业研

究实验室中尤为重要。他说：“实际上科学只提供知识的基础，因而要求很多的时间和很专的工程技能把新的想法和设计转变成有用的工具。”19世纪工业研究不具有定量化的优点，贝尔实验室在准确的知识基础之上进行补充，使美国的工业研究实验室达到一个崭新的阶段。巴克莱有机地阐述了基础研究与应用技术的正确关系：实用的和理论的研究总是趋向有价值的联系。

巴克莱指出，贝尔实验室将从基础研究获得的知识与仪表、仪器和设备设计中性能要求的知识密切地结合起来，这些仪表、仪器和设备都是为生产做准备才发明出来的。这种研究和发展工作的指导原则显然贯穿在整个贝尔实验室的活动之中，显示出服务精神与市场竞争相结合的指导思想。这说明了贝尔实验室为什么能够做出那样多的重大成就并取得普遍赞誉的真谛。

## 2 凯利时期

凯利 (Mervin Joe Kelly, 1894—1971年) 在1951年继巴克莱之后担任贝尔实验室第三任总裁，当时晶体管和集成电路的发明使得贝尔实验室成为了微电子科技的发源地和固体物理的主要基地。凯利锐意革新和创造，雄心勃勃地试图打开新的研究领域。凯利决心将应用研究与基础研究的前沿联系起来，使实验室成为“创造性的科技研究所”和“有组织的、创造性的空间单一

实体”。他认为需要有3个前提：

(1) 基础研究“配对”。 “配对”应包括所有的研究和基础的发展，使纯科学的进展与新知识的利用之间的时间差变得最短，从而达到科技成果向实用技术转化的最高效率。凯利在1950年的文章中特别介绍了基础研究的“配对”(coupling)方法，他认为“这个配对越紧密，那么我们保持与科学进步平行的先进技术就越完善。”

(2) 团队精神。凯利极其重视团队精神，包括实验室外和实验室内。他认为，为了重组贝尔实验室的研发组织、充分发挥它的作用，应当从西方电气公司(AT&T公司的生产厂)与贝尔实验室的科技研发工作综合考虑和相互补充的观点出发，充分发挥团体协作或团队精神。在实验室内凯利提出了“集中科学家们，致力于研究”的政策。他成立了基础发展组，1950年约30%的专业人员在研究和基础发展部门工作，与系统工程部门密切配合，为通信科技提供了充分的新知识。

(3) 及时反馈。系统工程部门了解当前通信技术的关键和问题，及时向科研人员提出要求，协助调整研究计划。强调将科学家的努力集中到基础研究上，并规定了科学研究向基础发展或技术渗透的深度范围，以便使科学家沿着从最低成本做出最佳成果的路线取得最大的突破。

20世纪50年代的贝尔实验室拥有7000

多位工作人员和 6000 多位科学家和工程师，在凯利领导时期取得的成果有：① 晶体管的发展，例如高频晶体管、MOS 晶体管、平面晶体管，这对集成电路的发明起了重要作用。② 发明了 SiO<sub>2</sub> 掩膜的工艺技术。③ 发明集成电路。当时同时开展这项工作的有德克萨斯公司、仙童公司和英特尔公司，贝尔实验室发展了其中的一些技术，如外延技术、引线的热压结合法等。④ 发明太阳能电池。直接用于美国第一颗人造卫星。⑤ 微波喷射器和激光器。制成了第一个氦-氖激光器，是最初市场上普遍使用的激光器。⑥ 计算机的操作系统“UNIX”，对以后计算机的发展起了重要的作用。在凯利领导期间，贝尔实验室有 3 人获得了诺贝尔物理学奖。

### 3 菲斯克时期

1959 年凯利退休，菲斯克（James Brown Fisk, 1910—1981 年）担任总裁。他是贝尔实验室历史上担任总裁时间最长的人之一，达 14 年，他将实验室推向创造性的高峰。他的管理理念是：① 第一是人。他认为最好的科学与技术不仅来自将有关的人组织到一起，而且来自激发这些人的创造性思维。吸引和保留进行卓越研究所需要的具有洞察力的人和有相关才能的人。“在实验室内按科技人员的成就和取得专利的情况确定他们的工资，从而使工资和奖励成为激励科研人员发挥创造性的重要手段。② 精确瞄准任务。他明确改进生活的

质量（指通信方面）是实验室的指导原则。也就是说在 20 世纪 60 年代这类服务已经不限于电话和电报，而应当将通信服务扩大到人机通话和先进的激光通信。20 世纪 60 年代实验室大力投入光纤通信研究，并在菲斯克任期最后一年发明了光纤通信。③ 创造一个支持研究人员和研发工程师特殊需要的工作环境。这个环境是以“愉快、幽默、严肃和刻苦工作的气氛”为标志的，显然这也是菲斯克本人的性格和工作特征。

菲斯克任期的 20 世纪 60 年代实验室共有工作人员 17000 位，其中 5600 位是科学家和工程师。科学家和工程师中约 15%（840 人左右）为基础研究。菲斯克任期的 1959—1973 年，实验室取得的主要成果有：① 通信卫星。1962 年第一颗人造通信卫星发射成功，该卫星采用的相关技术都是贝尔实验室发明的专利，包括太阳能电池、晶体管、行波管、低噪声微波激光放大器和喇叭形天线。以后又发射了多颗通信卫星。② 射电天文探测和宇宙微波背景本底辐射的发现。1965 年 5 月贝尔实验室的科学家彭齐亚斯和威尔逊首先分别观察到宇宙微波背景本底辐射，为此他们获得 1978 年诺贝尔物理学奖。至此已经有 7 位实验室成员获得诺贝尔物理学奖。③ 激光器的发明和发展。1963 年帕特尔发明 CO<sub>2</sub> 激光器，波长 9—11 微米，连续功率超过 200 瓦。1967 年潘尼什等发明 GaAs 异质结激光器，1970 年制成连续工作的

激光器，可直接用于光纤通信。④ 磁泡技术。1969年施尔伍德制成可实用的二维磁泡移位存储器，为计算机提供了存储器件。⑤ 分子束外延。1971年卓以和发明了分子束外延技术，从此开辟了半导体异质结和超晶格研究的新时代。在1993年他获得美国总统颁发的国家科学奖。⑥ 晶体和非晶体电子结构的理论研究。由于安德森在这方面的创造性理论研究，1977年他获得诺贝尔物理学奖，1983年获得美国国家科学奖。⑦ 集成电路的发展。由于贝尔实验室发明了氧化物掩膜技术和MOS器件，使得集成电路得到了飞速的发展。1965年摩尔提出了著名的摩尔定律：集成电路的集成度每18个月增加一倍。⑧ 横跨大西洋和北美大陆新电缆的铺设。

#### 4 贝克时期

1973年菲斯克退休，贝克（William Oliver Baker，1915—2005年）接任第5届总裁。由于年龄限制，贝克的任期比较短，只有6年就已到65岁退休年龄。贝克主张研究工作不但要摆脱来自生产部门的干扰，而且还要避开技术发展工作带来的压力，从而保证基础研究必须的环境、气氛和条件——既要与技术发展工作有紧密的联系，又要保持二者的相对独立性。他提出了实验室的一些新的发展方向：① 人机联系，也就是计算机的智能化。② 互联网。③ 技术的集成，从设计、制造到运营的集合，将

这几道程序紧密结合成一个整体。④ 市场意识进入到研发之中。由于司法部关于针对AT&T公司提出的反垄断法使贝尔系统笼罩着分解的阴影，贝克以市场需要调整了实验室的研发机构。⑤ 树立了材料研究与发展对工业和国防的重要性概念。在他的任期内，材料科技（如光导纤维、发光二极管和很多器件用材料和聚合物、超导材料等方面）在实验室研发中占有重要地位。

贝克任期内的重要成果：① 光通信的发明和发展，包括发光二极管和异质结激光器、光导纤维、电光调制器、光探测器、光电检波器、光波中继站等，特别是1976年在亚特兰大进行了第一次光波通信的室外光缆设置和光波通信试验。② 安德森超导理论的新发展。③ 太阳能电池的发展和锂电池的发明。④ 皮秒光交换器和集成光学的出现。⑤ 臭氧层破坏的原因。⑥ 文本和语音合成。⑦ 通信元器件的新材料研制，包括半导体材料、三元超导材料和大分子聚合物材料等。

#### 5 小结

贝尔实验室从1940年到1979年，共40年，历经4位总裁。这4位总裁在不同时期根据当时的形势，都提出了自己的管理方针，领导着该实验室近万名工作人员和几千名的科学家和工程师为世界和美国的科技发展作出了重要的贡献。

贝尔实验室从基础研究成果，到产品开发，一直到推向市场的周期特别短，这就是美国高科技发展的生命力所在。这个过程是一个巨大的系统工程，这不是少数科学家或工程师所能做到的，而是许多科学家、工程师，还有各级管理人员特别是总裁共同协作、努力的结果。中国好像还缺少这样的系统工程（“两弹”研究中有）。

目前中国科研经费不少，人才也有，就是缺少“贝尔实验室总裁”这样的组织者、管理者。

中国也组织了不少大项目，但目前有些组织者只是“切分一个大蛋糕”。每个单位，以至小课题组“都分一块”。最后大家把蛋糕吃完了，交出一些文章和专利就完事，不见真正的效果。

所以我们要研究贝尔实验室，学习他们先进的管理理念和经验，自力更生发展和攻克核心技术。（参考书：闫康年，《贝尔实验室——现代高科技的摇篮》，河北大学出版社，1999年出版）