

贝尔实验室丰硕的诺贝尔奖成果及其启示*

——纪念贝尔实验室成立 75 周年

阎康年

(中国科学院自然科学史研究所 北京 100010)

摘要 将美国的工业实验研究分为四个发展阶段,贝尔实验室开创了后两个阶段,在简单介绍了该室的主要成就和获得的 11 人次诺贝尔物理奖之后,着重分析了它获得诺贝尔奖的经验,提出了五点启示,特别就通向诺贝尔奖的道路分为基础研究和推动科技创新两方面作了说明,以供我国实现诺贝尔奖零点突破和科技转化为生产力决策时作为启示和借鉴。

关键词 贝尔实验室,诺贝尔奖

THOUGHTS ON THE NOBEL PRIZES AND 75th ANNIVERSARY OF BELL LABS

YAN Kang Nian

(Institute of the History of Natural Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100010)

Abstract The development of the industrial research labs in the USA can be divided into four stages, with the later two stages initiated by Bell Labs. A review is presented of the major achievements and eleven Nobel Prizes of Bell Labs, from which five points may be summarized for our benefit and for the better transformation of science and technology into productive forces.

Key words Bell Labs, Nobel Prize

贝尔实验室原名贝尔电话实验室,成立于 1925 年元旦,在 1925—1996 年间为美国电话电报公司的研发机构,1996 至今为美国朗讯科技公司的研发共同体。它在过去的 75 年中,为这两个公司先后发展成为世界最大的通信公司和通信科技公司起了决定性的作用。

贝尔实验室从成立时至今,一直是世界上最大的科技研发机构,人员由开始时的 3,600 人至 1995 年发展到 29,000 人,至今仍保持 27,000 人的庞大研发队伍,1998 年的研发费用达 37 亿美元,由此可见它的基础科学研究和新技术创新实力是很大的。它在多个基础学科和通信高科技方面,成果累累、人才辈出,仅诺贝尔物理奖获得者就达 11 人次之多,为各国应用科学界之冠,因而在世界上引起广泛关注,誉载全球。

造性的科学基础知识研究并将其研究成果应用于新技术和产品的创新为指导方针,提出了美国工业实验研究以基础科学研究为起点的研发路线,从而开创了美国工业研究实验室发展的崭新时期。到了 80 年代,由于国际市场竞争极其激烈和经济全球化的需要,该实验室在新形势下对研发方针作了大幅度的调整,这就是在保证基础研究质量的同时将市场机制引入研发过程中,实行以技术推动和以市场拉动的策略,形象地说就是由传统的 R&D 向 R&D & M¹⁾ 转轨,因而形成科研、技术和产品创新、市场反馈的闭式循环,大大推动了公司的经济全球化和研发全球化,使美国工业研究实验室的发展进入第四发展阶段。

贝尔实验室依靠公司年收入的 11% 为经费,优选和培养了各个有关学科的大量杰出科技人才,实行自由研讨和广泛交流等激发性很大的治学环境和

1 研发方针和主要贡献

贝尔实验室从成立之时起,就制定了以进行创

* 1999 - 09 - 24 收到初稿,1999 - 10 - 08 修回

1) R, D, M 分别为 research, development 和 market 的首字母

氛围,使研发人员的积极性和创造性充分发挥出来,在科学和技术上作出一系列闻名于世的重大成果.在科学上,它在固体物理、半导体和凝聚态及高分子化学领域居世界领先地位,在信息科学领域不但奠定了信息论和系统工程的基础,而且成为微电子、光通信和集成光学的发祥地.在技术上,它是微波雷达、晶体管、继电器式数字计算机、激光、人造通信卫星、光纤和光通信、光子计算机、C++和 phenix 计算机语言、数字电子交换系统、电视电话、蜂窝移动电话及多种通信软件与网络的发明地.仅仅这些成就就足以说明,贝尔实验室是微电子技术革命、光子技术革命和信息时代的发源地.

人们往往把剑桥大学的卡文迪什实验室(培养出 25 个诺贝尔奖获得者)称为培养诺贝尔奖获得者

的摇篮.相比之下,贝尔实验室至今已经培养出 11 位诺贝尔奖获得者,另有两个激光发明者因为与激光有关的贡献在到大学工作后也获得了诺贝尔奖,这在各国的工业研究实验室中是空前的,因而可以说是应用科学界培养诺贝尔奖获得者的摇篮.值得注意的是,1977 和 1978 年、1997 和 1998 年,该实验室两度连年获得诺贝尔物理奖,在国际科技界引起巨大轰动.

一个企业的工业研究实验室,由于坚持创造性的基础科学研究,并密切注重将其研究成果用于高技术和新产品的创新,而在 75 年中做出上面提到的一系列划时代成就,并取得了创记录的诺贝尔奖项,确实是了不起的贡献.



图1 H.斯托尔默(左)、崔琦(右)和 R.C.劳克林(中)展示他们获诺贝尔奖的证书

2 诺贝尔奖获得者情况简介

工业研究实验室进行研发的目的,显然是聚焦于国内外市场竞争和经济收益.但是贝尔实验室的奠基者和历任负责人却把眼光放在起决定和长远作用的基础科学研究的创造性上,他们实行的自由研究政策是放手让科学家们把研究的触角伸向自然的各个领域,上至宇空,下至大地之内,大到宇宙天体,小到基本粒子,只要探索的东西在近期和远期能够对通信科技有用处,都要涉猎和予以捕捉.对于贝尔实验室来说,通信技术和产品的创新是硬件,而取得纯科学成果则是软件,因此诺贝尔奖只是个副产品.但是这种副产品可以丰富人类知识宝库,创造崭新的高技术,还会成为公司最好的广告,使人们相信它的产品是以先进的科技知识为后盾的,具有可信性

和可靠性,因而公司的负责人需要它,培植它,科研人员自然也奋发追逐它.

1927 年, C. J. 戴维森 (Clinton J. Davisson, 1881—1958) 和 L. H. 革末 (Lester H. Germer, 1896—1971) 发现镍晶体对电子的衍射现象,证实了 L. V. 德布罗意 (Louis V. de Broglie, 1892—1987) 关于电子具有波动性的预言,戴维森在 1937 年获得了诺贝尔物理奖.1947—1950 年, W. H. 布拉顿 (Walter H. Brattain, 1902—), J. 巴丁 (John Bardeen, 1908—) 和 W. B. 肖克莱 (William B. Shockley, 1910—) 先后发明了点接触晶体管、面结型晶体管和体结型场效应晶体管,他们在 1956 年获得了诺贝尔物理奖^[1]. P. W. 安德森 (Philip W. Anderson, 1923—) 在 1957 年提出了局域化理论,在 60 年代提出原子无规排列非晶体材料中电子运动理论,在 1977 年获得了诺贝尔物理奖.1965 年, A. A. 彭齐亚

斯(Arno A. Penzias, 1933 —) 和 R. W. 威尔逊(Robert W. Wilson, 1936 —) 发现了 3 K 宇宙微波背景本底辐射, 为宇宙起源的大爆炸理论提供了有力的证据, 他们在 1978 年获得了诺贝尔物理奖^[2]. 1985 年, 朱棣文(Steven Chu, 1948 —) 用多束激光的光压和超低温冷冻捕获了单个的钠原子, 为精确研究原子的性质和提高原子钟的精密度等作出重要贡献, 于 1997 年获得了诺贝尔物理奖^[3]. 1998 年的诺贝尔物理奖授予贝尔实验室的 H. 斯托尔默以及在该室工作时作出有关发现的崔琦(Daniel C. Tsui) 和 R. C. 劳克林(Robert C. Laughlin)(见图 1), 奖励他们在 1982 年在该室工作时发现了分数量子流体霍耳效应, 从中还发现电子在强磁场和超低温作用下分裂成带分数电荷的准粒子^[4]. 这 11 位科学家都是在贝尔实验室进行通信科学和技术的新知识研究中, 取得这些重要发现的, 其中尤以晶体管的发明掀起了微电子技术革命最为重要.

应该说明, 激光是该室的研究人员 A. L. 肖洛(Arthur L. Schawlow, 1921 — 1999) 和顾问 C. H. 汤斯(Charles H. Townes, 1915 —) 在 1958 年发明的. 前者于 1981 年在斯坦福大学工作时因为激光光谱学的成就获得诺贝尔物理奖, 后者于 1964 年在哥伦比亚大学工作时因为发明微波激射等获得了诺贝尔物理奖, 但均未计入贝尔实验室获得诺贝尔奖的正式名单之中.

贝尔实验室能够出现这样多的诺贝尔奖获得者, 主要应归功于它正确的建室研究方针、优越的实验研究条件和富于激发性的研发环境.

3 贝尔实验室获得 11 个诺贝尔奖的启示

贝尔实验室作为一个企业的工业研究实验室和通信科技研发机构, 能够培育出应用科学机构中最多的诺贝尔奖获得者, 不但引起了国际科学界而且引起产业界的极大兴趣. 诺贝尔科学奖本来是面向基础科学界及基础科学家的, 为什么在应用科技和产业界不但一再爆破冷门, 而且简直形成一股巨流, 这股巨流在 1977 年和 1978 年贝尔实验室连续两年获得 3 人次的诺贝尔物理奖之后, 到今天变成涛涛洪流, 其原因和启示是什么呢? 据笔者的了解和看法可有以下几个方面:

3.1 基础研究的动力既来自科学内在逻辑发展又来自技术发展的需要

当有人说科学的发展来自生产的需要时, 不少

基础科学家会争辩说科学发展在很大程度上来自科学的内在逻辑发展和科学家的兴趣. 如果有人说科学的发展由生产的发展决定时, 有些人又会举出万有引力定律、相对论和量子力学产生于科学家们的科学思维的特殊发展来反驳. 近百年来诺贝尔奖的获得情况却表明, 基础科学的发展是科学逻辑思维与生产技术两个方面发展的产物, 因此通向诺贝尔奖的道路是双轨的. 认识了诺贝尔奖的双轨性, 对于我国实现诺贝尔奖零点突破有重要意义, 因为百年来我国见长于理论科学却至今未能获得诺贝尔奖, 现在实验科学和高技术在我国大陆已遍地开花, 自然为获得该奖打开了新的途径. 贝尔实验室的经验说明, 沿着技术发展的要求, 推进基础科学研究, 是获得诺贝尔奖的一条重要渠道. 因此, 我们对待诺贝尔奖应从基础和应用两方面着眼, 改变观念和做法, 其获奖几率恐怕要增加 50% 左右.

3.2 贝尔实验室开创和坚持基础科学研究的方针

贝尔实验室是世界产业史上第一个建立企业内部进行创造性的基础知识研究, 并将其研究成果用于技术和产品开发的机构, 而且在它成立至今的 75 年中坚持这个方针^[5]. 事实证明, 它不但将 AT & T 公司和朗讯科技公司推向通信服务和技术的 world 前列, 而且还获得了工业实验研究界最多的诺贝尔科学奖, 就一个机构获该奖人数之多而言, 除去卡文迪什实验室之外, 恐怕很少有基础科学机构能与它相比的. 这个事实说明, 一个企业特别是大企业应该建立研究基础科学知识和技术创新的工业研究实验室, 不但能创新先进的技术和产品, 在市场竞争中取胜和赢利, 而且诺贝尔奖又是个极富宣传力的广告, 它说明获该奖的企业科技先进和可靠, 因而使它们的信誉和名声遍及全国和全世界, 从而为其产品赢得广泛的市场和利润. 所以, 贝尔实验室的经验又证明公司建立科技研发机构不是可有可无的, 而是极其重要的和大有可为的.

3.3 工业实验研究是企业立身和发家之本及安全的最大保障

德国在 19 世纪 60 年代初从染料企业开始, 建立工业研究实验室, 发明了多种新染料而成为染料和化工强国. 美国从 19 世纪 70 年代爱迪生开创工业研究实验室起, 导致美国通用电气公司至今成为世界 500 个大公司的领先者之一. A. G. 贝尔发明电话的研究实验室, 发展成世界最大的通信公司——美国电话电报公司; 美孚石油公司依靠它的石油精炼研究实验室, 发展成石油大王洛克菲勒财团; 杜邦

公司的研究实验室发明了硝化纤维炸药、人造丝和尼龙,发展成世界化工首强;通用汽车公司依靠它的巨大工业研究实验室,使其汽车产值雄居世界之首。IBM公司由于投巨资于基础和应用研究,不但成了世界电子计算机的最大企业,而且还出了5个诺贝尔奖获得者。朗讯科技公司以贝尔实验室为通信科技创新的基地,在成立3年多中不但成为世界最先进的通信科技公司,而且诺贝尔奖和创新成果泉涌般地出现,已进入世界500强的前25名之内。F.D.罗斯福总统在1941年8月给议会的一封信中写道:“民主武库中最大的资源之一是我们国家在工业研究上的能力和兴趣”,“我们的科学家已经揭示和解释了自然的奥秘,将它们用于工业,因之提高了我们的生活标准,加强了我们的国防和丰富了我们的国家生活。”^[6]这是美国总统对于工业实验研究的重要性所持有的看法,那么工业界又是怎样估价的呢?请看前AT&T公司副总裁和贝尔实验室第一任总裁F.B.尤厄特(Frank B. Jewett)是怎样说的,他在1945年的一次会议上说:“因为科学应用的方法在进行有目的的探求中是这样有力和确定,不论在基础的还是应用的科学上都是一样,通过组织很好的研究和发展部所花的钱,都是最少危险的,并在工业的风险投资中是所有花费中潜在着最大收益的。”^[7]百年来的历史证明,这些看法是正确的,美国经济和这些公司的巨大发展雄辩地证明,工业研究实验室是企业立身和发家之本,并且是企业中投资风险最小和收益最大的事业。

3.4 工业实验研究是基础科学发展的重要途径

长期以来,基础科学只是大学和科研单位活动的领域,而企业只是工艺技术和产品制造的场所,科学家把技术特别是工艺看成雕虫小技和上不了大雅之堂的东西,企业成为生产和赢利而不是治学的地方。但是科学和技术发展到20世纪,情况发生了根本的变化,不但技术从经验脱胎而出并向科学求助,以便从科学的原理和实验中生长出高新的技术和产品,而且科学还要从技术中寻找和提炼出新的机制和知识,甚至没有企业的经济支持就步履艰难或寸步难行。所以现代科学和技术的重要特点之一便是在企业的工业研究实验室中汇合和沟通。晶体管、集成电路、激光、集成光学、电子计算机、光子计算机、半导体、超导体、凝聚态、通信网络、高分子化合物及材料人工合成和生物基因工程等,几乎都是在工业研究实验室中发明或发展的,甚至捕获单个原子、分裂电子、发现分数电荷和宇宙背景本底辐射也是在

工业研究实验室完成的,因而出现了大学、研究单位和企业的研发机构共同推动基础科学大发展的新格局。贝尔实验室有1200—1300个基础科学家和以万计的科学家、工程师,将大量创造性的研究成果转变为通信技术和产品,推动了现代科学、技术和经济的发展,诺贝尔奖作为它们的副产品使其声名卓著。

3.5 培育杰出人才的机制和富于创造性的治学环境与氛围

贝尔实验室历来把选择和培育优秀的人才和形成激励性的创造性人才作为立室之本。它的历任总裁和研发指导都根据研发课题的需要,请名牌大学的名教授推荐最优秀的博士和其他人员,实行播良种和以成功培育成功的策略,凭籍它的名声、成果和薪给的优厚条件,通过学术会议、发表、推荐和暑期学校发现所需的良才,即使暂时不需却将特殊人才请来以备以后使用。对工作人员不断进行持续教育,在工作中,每周抽1—2天学习和送到大学进行新知识补充或更新,使大家的知识领先或与需要同步发展。定期组织各层次的学术报告、研讨会,以及日常的无形学术交流和谈心,餐厅、走廊和工作室都是自由交流的场所,很多新的想法是在交流和谈心中涌现出来的。他们的研究室与窗外花园和野景交融,以便形成轻松自然的环境,房间的间壁做成可调节的以便适应工作和思想交流的需要。企业技术历来有保密性,但是他们实行在专利备案的条件下可以发表科研成果,鼓励参加全国和国际会议并发表,以扩大影响、便于交流和以花引蝶,因而形成激励创造性和新想法涌出的环境。在基础研究上提倡自由,主张最好的研究指导就是不做具体指导的指导,在技术开发上重视协作和团队精神,这样的管理证明是颇具成效的。P. W. 安德森在贝尔实验室庆祝他获得诺贝尔奖的会议上说过这样的话:“在贝尔实验室有我以前从未见到过的学术氛围”。那么,他说的学术氛围是什么呢?请看他在1983年获得国家科学奖时说过的话。他向记者说了这样的话,“在工业研究实验室,你必须有能力发现一个以任务定向的工程师没有时间看到的关系,而在贝尔实验室我们有范围广泛的各种自由度和范围广泛的各种研究氛围,我认为那是很好的。我们必须保有某种干部,他们在观察他们认为值得审视的问题上是自由的,我们也必须保有这样的干部,他们感到可以主动进行会成为有用发明基础的那种研究。最后,我们还必须有与按任务定向运作直接联系的人们。”^[8]这些话说明,贝尔实验室对于科学家而言有足够的自由去选题和进

行会成为技术发明的科学基础知识的研究,因此他说他在任何时候都从未在外界压力之下做过科学的决定.这样的治学环境恐怕是他能够作出重大科学发现,并获得国际的和美国的最高科学奖的客观原因.朱棣文在他的诺贝尔奖讲演中,对于贝尔实验室给他提供的优越治学条件和治学环境做了这样的说明:“贝尔实验室是研究人员的伊甸园.我们的管理供给我们基金,使我们免受官僚干预之苦,并督促我们做尽可能好的科学研究,局限的实验室和小办公室迫使我们彼此擦肩相处.生气勃勃的讨论时常打断研讨会,在自助餐厅中的偶然谈话有时会标志着一个新合作的开始.”^[9]朱棣文以短短的几句话勾画出贝尔实验室是怎样在工作条件狭窄的情况下,为研究人员创造相互讨论和交流的,何况该实验室的房间结构设计成间壁,可以根据需要进行移动,这样既保证了研究必需的空间,又创造了促膝谈心和研讨的良好条件.

作为一个企业的工业研究实验室,贝尔实验室在不失技术机密的条件下,尽最大可能地鼓励研发人员参加各种学术会议,发表他们的研究成果,与国内外同行建立广泛的联系和交流.在室内创造自由研究和研讨的环境和氛围,由于研发费用由公司和该室提供,研发人员的课题只要不超出大的控制范围一般都可以满足要求,因此大家有条件把全部精力和时间用到科学研究和技术与产品的创新上,从而才可能做出很多重大的科研成果,并能按技术和产品发展的需要推动基础研究取得突破.这些是贝尔实验室为什么既能获得那么多诺贝尔奖,又能将科研成果迅速转化为生产力的重要原因.

3.6 极力提倡创新精神并视为其传统的核心

朗讯科技公司在1997年的年度报告中提出“创新是贝尔实验室传统的核心”,在贝尔实验室大门入口的左侧半空中悬挂着醒目的创新大条幅:

创新是贝尔实验室传统的核心,我们正赋予它以新的含义...我们创新的公式是简单的:组织一些世界上最有才华的技术专家和经营人员,形成团队,给他们以所需要的工具,允许他们瞄准创造性的新解决方法,以满足客户的需要.

可以毫不夸张地说,创新已经成为贝尔实验室研发精神所在,在这种精神指引下,在科学上能够产生创记录的诺贝尔奖获得者,在技术和产品上会创造出大量前无古人的业绩.

贝尔实验室75年来的发展经验,特别在激励创新和科技成果转化成为生产力,以及在技术推动和市场拉动的科技研发方面,具有普遍性的意义.在我国科技体制转轨,改革和决策中会有重要的启示和借鉴价值.贝尔实验室能够做到的,我们的科研和研发机构也应该能够做到,关键在于突破传统的观念和习惯了的做法,使科学和技术的创造性最大限度地发挥出来,做出前所未有的更大贡献.当前应认识到通向诺贝尔奖的道路是双轨的,努力做出零点突破,使中华民族的科学技术无愧地屹立在世界各民族之林中.

参 考 文 献

- [1] 阎康年.物理通报,1998(2):37[YAN Kang Nian. Physics Bulletin,1998(2):37(in Chinese)]
- [2] Bernstein J. Three Degrees Above Zero. New York: Charles Scribner's Sons,1948,225
- [3] Bell Labs News,1997,October 31
- [4] Bell Labs News,1998,October 20;1999,January 14
- [5] Jewett F B,Bell Telephone Quarterly,1932,XI(II):151,156
- [6] Roosevelt F D,Bell Labs Record,1941,Vol. XIX
- [7] Jewett F B,“The Future of Industrial Research”,The Future of Industrial Research,edited by Standard Oil Development Co.,1945,22
- [8] Anderson P W.Bell Labs Record,1983,61(6):6,7
- [9] Chu S,Reviews of Modern Physics,1998,70(3):685

(上接第68页)

- [8] Anderson B P,Kasevich M A.Science,1998,282:1686;
Bloch I,Hansch T W,Esslinger T.Phys. Rev. Lett.,1999,82:
3008
- [9] Franken P A,Hill A E,Peter C W et al. Phys. Rev. Lett.,
1961,7:118
- [10] Maker P D, Terhune R W. Phys. Rev.,1965,137A:A801
- [11] Lens G, Meystre P, Wright E W. Phys. Rev. Lett.,1993,71:
3271;Zhang W P, Walls D F. Phys. Rev. A,1994,49:3799;
Zhang W P, Walls D F,Sanders B C. Phys. Rev. Lett.,1994,
72:60
- [12] Trippenbach M,Band Y B,Julienne P S. Opt. Express,1999,
3:530