

\* 科学家论坛 \*

# 从诺贝尔奖与 20 世纪重大科学成就 看科技原始创新的规律(摘要)

\*  
路甬祥

(中国科学院 北京 100864)

关键词 诺贝尔奖, 科技创新, 规律

20 世纪是科学技术突飞猛进的世纪, 科学技术的发展深刻改变了历史前进的步伐, 成为人类社会文明进步最具革命性的推动力量。世界各国都在制定各种政策与措施激励和推进科学技术创新。在众多国际科学奖项中, 历经近百年历史的诺贝尔奖被一致公认为最具权威的科学奖项。诺贝尔奖不但反映了现代科学的历史, 而且也与 20 世纪蓬勃发展的技术进步紧密相连。获奖成果不但有重要科学发现、重大理论创新, 还有重大技术创新以及实验方法和仪器的重大发明。诺贝尔奖所激励的, 事实上是对人类社会有重大影响的原始性创新。

目前, 我国的科技工作仍普遍存在自主创新能力不足的问题, 科研工作大多仍属于跟踪方式, 如果不改变这一状态, 不但难以改变对世界科学技术发展贡献过少的局面, 也不能适应和满足中国社会面临新世纪严峻挑战和民族复兴的形势和需求。21 世纪, 要使我国的科技水平跻身世界先进行列, 在注重技术创新与科技成果产业化的同时, 还必须痛下决心, 注重和鼓励原始性知识创新、技术创新, 以及观念、体制和管理的创新。

研究诺贝尔奖与 20 世纪的重大科技成就, 从中认识原始性创新活动中带有规律性的东西, 对于我院在实施知识创新工程的过程中, 进一步推进观念、体制与管理创新, 建设创新文化和提高创新能力将会有很好的启示。尽管我们并不赞成把获得诺贝尔奖刻意列为知识创新工程的目标, 但我们坚信, 在中国产生如诺贝尔奖一样的世界水平的科学技术创新成就, 应是中国科学技术水平和创新能力提高的必然结果。

(1) 自然科学的重大理论突破, 需要善于发现已有理论与实际的矛盾, 需要勇于挑战传统理论的自信与勇气; 重大理论的创建和形成, 往往经历长时间的争论以至非难, 在得到反复验证后才被承认。

## 案例 1. 狭义相对论的创建

精心设计的迈克尔逊(A. A. Michelson, 1852—1931)-莫罗(E. W. Morley, 1838—1923)实验对传统的“以太”漂移学说给出了否定的结果, 洛伦兹(H. A. Lorentz, 1853—1928)的解释虽然起到

---

\* 中国科学院院长, 中国科学院院士, 中国工程院院士  
收稿日期: 2000 年 8 月 21 日

了修补漏洞的作用,但仍囿于传统时空观。爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)革命性地提出了统一的时空观,带动了整个物理学的革命。虽然爱因斯坦 1921 年因对数学物理做出的贡献和阐明光电效应规律而获诺贝尔物理学奖,但遗憾的是,他在 1905 年对狭义相对论和 1916 年对于广义相对论的贡献却没有作为获奖的主要理由,然而,这些正是 20 世纪物理学最伟大的理论成就。

### 案例 2. 量子论的提出

基于麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)经典电磁理论推演出的黑体辐射定律在长波区的实验中暴露出了矛盾,在原有理论框架下解释这一矛盾的努力均未获成功。普朗克(M. K. E. L. Planck, 1858—1947)革命性地提出了能量的变化不是连续的,而是有一最小单元,引入了普朗克常数的概念,导致了量子论的诞生。普朗克因此获 1918 年诺贝尔物理学奖。

### 案例 3. 高分子理论的创立

德国化学家斯陶丁格(H. Staudinger, 1881—1965)针对当时许多科学家都把高分子溶液视为胶体的情况,首先提出高分子化合物的概念,并提出高分子是由以共价键连接的长链分子所组成的理论,不同意把橡胶、纤维等结构看作胶体小分子的物理缔合。经过长达 10 余年的激烈论战,由于发明了超离心机,测出了高分子的大分子量,以及其它一些实验研究结果的证实,高分子理论才被人们所接受。斯陶丁格因此获 1953 年诺贝尔化学奖。

(2) 原始性重大发现多来源于对实验事实敏锐的观察和独具创意的实验。

### 案例 4. X 射线的发现

1895 年 11 月下旬的一个晚上,伦琴(W. C. Röntgen, 1845—1923)在探索阴极射线的研究中,检测实验装置是否有漏光时,意外地发现了 1 米外的涂有钡铂氰化物晶体的护罩上有发光现象。他敏锐地认识到这是一种具有强穿透力的新射线,并设计了一系列实验加以验证。这一重大发现不但改变了近代物理学的面貌,而且为现代材料和医学科学研究与诊断提供了崭新的手段。伦琴获 1901 年诺贝尔物理学奖。

### 案例 5. 遗传物质 DNA 的发现

美国科学家赫尔希(A. D. Hershey, 1908—)精密地设计了一个试验,用放射性同位素标记噬菌体中的 DNA 和蛋白质外壳,为证明 DNA 是遗传物质找到了直接证据。与德尔布鲁克(M. Delbruck, 1906—1981)、卢里亚(S. E. Luria, 1912—)一起,因将细胞遗传学研究转变为可精确测量和定量实验的科学而分享 1969 年诺贝尔生理学/医学奖。

### 案例 6. “移动控制基因”的发现

美国女生物学家麦克林托克(B. McClintock, 1902—1992)在长期对玉米进行杂交实验中,观察斑点玉米的放大照片,发现玉米粒斑点的出现频率和出现部位的变化率用孟德尔(G. Mendel, 1822—1884)的遗传法则无法解释,由此发现了“移动控制基因”,获 1983 年诺贝尔生理学/医学奖。

(3) 新的科学仪器和装置的发明,往往打开一扇新的科学之门。

### 案例 7. 粒子加速器的发明

粒子加速器是研究核物理学和粒子物理学的强大实验手段,它的发展与核物理学和粒子物理学的发展休戚相关,也可以说是理论科学、实验科学和技术科学相互依存、相互促进的一个典型代表。1930 年第一台回旋加速器建成,开创了实验粒子物理的新纪元。美国科学家劳

伦斯(E. O. Lawrence, 1901—1958)因发明回旋加速器并由此获得大量放射性同位素,获 1939 年诺贝尔物理学奖。

#### 案例 8. 电子显微镜与隧道扫描显微镜的发明

电子显微镜的发明为 20 世纪材料科学和生命科学研究微观结构提供了新的工具。隧道扫描显微镜使人类第一次能够实时地观察单个原子在物质表面的排列状态,了解与表面电子行为有关的物理、化学性质,在材料科学、生命科学等领域的研究中具有重大的意义。德国科学家宾宁(G. Binning, 1947—)和瑞士科学家罗赫尔(H. Rohrer, 1933—)因发明隧道扫描显微镜,与在 50 年前设计第一台电子显微镜的德国工程师鲁斯卡(E. Ruska, 1906—1988)共获 1986 年诺贝尔物理学奖。

#### 案例 9. “激光冷却”实验装置俘获原子

美籍华裔科学家朱棣文(Steven Chu, 1948—)利用一些光学和原子物理学的原理,巧妙地设计了“激光冷却”实验装置,使人们能够将孤立的原子运动冷却变慢并俘获它。这项技术在制造高精度原子钟、重力测量仪和原子“物质波”激光器等有着广泛的应用前景。朱棣文与法国人科昂-塔洛德基(C. Cohen-Tannoudji, 1933—)及美国科学家菲利浦斯(W. Phillips, 1948—)共获 1997 年诺贝尔物理学奖。

(4) 重大科学发现和技术与方法的发明,往往对人类健康、社会与经济的进步产生巨大的推动作用和深远的影响。

这一类科学发现尽管并不属于传统意义上的基础科学,它们或属于应用科学、或属于技术和工具的发明,但同样对人类健康、社会与经济的进步产生了巨大的推动作用和深远的影响,同样受到科学界和社会的高度评价与尊重。

#### 案例 10. 青霉素和链霉素的发现

英国剑桥大学细菌学家弗莱明(A. Fleming, 1874—1965)在 1928 年抓住了偶然观察到的青霉菌抑制葡萄糖菌生长的现象进行研究,发现在除去青霉菌后,培养基同样具有杀菌作用。他由此推论出,这种杀菌剂是青霉菌在生长过程中的代谢产物,遂称之为“青霉素”。青霉素的发现与应用挽救了千百万人的生命。弗莱明和发现青霉素巨大疗效以及发明浓缩、提纯青霉素技术的英国牛津大学教授钱恩(E. B. Chain, 1906—1979)和弗洛里(H. W. Florey, 1898—1968)获 1945 年诺贝尔生理学/医学奖。

由于青霉素的发现震动了医药学界,因此不少人从事寻找新的抗菌素。1944 年,出生在俄国的美国微生物学家瓦克斯曼(S. A. Waksman, 1888—1974)在默克公司的资助下,从土壤中分离出链霉素。链霉素是第一种对革氏阴性结核杆菌有效的抗菌素,40 年代末链霉素批量生产,行销全球,使长期困扰人类的结核病得到有效的治疗。他因此获 1954 年诺贝尔生理学/医学奖。

#### 案例 11. 核磁共振技术的发明

在诺贝尔获奖者中,有关核磁共振技术就有 5 人次获奖。其中美国科学家拉比(I. I. Rabi, 1898—1988)因发明记录原子核磁性的共振法,1944 年获诺贝尔物理学奖。1946 年,美籍瑞士科学家布洛赫(F. Bloch, 1905—1983)、美国科学家珀塞尔(E. M. Purcell, 1912—)因发展精密测量核磁的新方法以及由此做出的发现,获 1952 年诺贝尔物理学奖。法国科学家卡斯特莱(A. Kastler, 1902—)因发明并发展用以研究原子核内共振的光学方法,获 1966 年诺贝尔物理学奖。



瑞士科学家恩斯特(R. Ernst, 1933—)因在高分辨率核磁共振分光法分析分子结构发展方面的贡献, 获 1991 年诺贝尔化学奖。核磁共振技术不但广泛运用在科学研究和医学上, 而且是发展量子计算机的主要技术手段之一。

#### 案例 12. 晶体管的发明

40 年代, 美国贝尔实验室的物理学家肖克利(W. B. Shockley, 1910—1989)、巴丁(J. Bardeen, 1908—)和布拉顿(W. H. Brattain, 1902—1987)发明了晶体管。在晶体管广泛应用 10 年后的 1958 年, 美国的基尔比(T. S. C. Kilby, 1923—)和他的同事制作的集成相移振荡器电路成为世界上第一批集成电路, 拉开了信息革命的序幕。肖克利、巴丁和布拉顿因发现晶体管效应和半导体方面的研究而获 1956 年的诺贝尔物理学奖。

#### 案例 13. 激光技术的发明

美国科学家汤斯(C. H. Townes, 1915—)、前苏联科学家巴索夫(С. Г. Барыш, 1922—)和普洛霍洛夫(А. М. Прохоров, 1916—), 由于分别独立研制微波激光器, 以及他们在量子电动力学方面的贡献导致激光器的诞生而获 1964 年诺贝尔物理学奖。激光技术广泛应用于光通讯、医疗诊断与治疗技术、全息照相技术、激光照排技术、激光核聚变技术。计量基准中, 激光技术设备已成为物理学、化学、生物学等学科必不可少的实验装备。由于激光器的诞生, 使匈牙利出生的英国科学家盖伯(D. Gabor, 1900—1979)发明的全息照相技术成为实用技术, 他因此而获得 1971 年诺贝尔物理学奖。

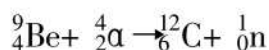
(5) 良好的科学基础和前沿性、交叉性的研究也可能偶发重大的科学发现, 偶然中寓必然。

#### 案例 14. 宇宙背景辐射的发现

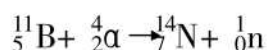
彭齐亚斯(A. A. Penzias, 1894—1984)和威尔逊(R. W. Wilson, 1936—)在用新型卫星的天线接收系统进行测量时, 发现了一种相当于绝对温度 3.5K 的“噪声辐射”。经与普林斯顿大学理论物理学家进一步研究, 终于确信这种“噪声辐射”是宇宙背景辐射, 为宇宙大爆炸学说提供了最有力的支持。他们因此获 1978 年诺贝尔物理学奖。

#### 案例 15. 中子的发现

1932 年, 查德威克(J. Chadwick, 1891—1974)在研究天然放射性  $\alpha$  粒子对非放射性元素轰击时, 从测得的结果发现其散射与当时已有的知识不一致。他回忆起若干年前卢瑟福(E. Rutherford, 1871—1937)曾推测可能存在一种中性的质量与质子类似的放射性粒子, 他推测  $\alpha$  粒子轰击铍引起的辐射是中子, 并列出了方程:



稍后他还指出  $\alpha$  粒子轰击硼也能产生中子, 即



他并确定了中子的原子量。中子的发现使他获 1935 年诺贝尔物理学奖。

(6) 数学与计算机工具创造性的应用, 也可能带来自然科学、工程技术、经济与管理科学方法与理论的突破。

#### 案例 16. 数学对量子力学创立的作用

海森伯(W. K. Heisenberg, 1901—1976)用矩阵方法写成的矩阵力学和薛定谔(E.

Schrodinger, 1887—1961) 用代数方法写出的量子力学理论在数学上被证明是等价的; 狄拉克 (P. A. M. Dirac, 1902—1984) 在此基础上建立了完整的量子力学的数学表述, 并在理论上预言了正电子的存在, 为规范场的研究建立了坚实的数学基础, 构筑了量子力学的理论体系。三人因此分别于 1932 年、1933 年获诺贝尔物理学奖。

#### 案例 17. 测定分子结构的新方法

美国科学家豪普特曼 (H. A. Hauptman, 1917—) 和卡尔勒 (J. Karle, 1918—) 应用计算机技术, 发明了可以通过计算机三维图像重建直接显示被 X 射线透射的分子立体结构的新方法, 并测出包括维生素、激素等数万种分子结构, 推动了有机化学、药理学及生物学的发展, 荣获 1985 年诺贝尔化学奖。

#### 案例 18. 数学对经济学、管理科学发展的作用

从 1969 年设立诺贝尔经济学奖以来, 有相当多的工作是非常数学化的, 其中不乏数学家获诺贝尔经济学奖。如康德洛维奇 (Л. В. Канторович, 1912—1986) 将线性规划方法应用到物资调拨理论而获 1975 年诺贝尔经济学奖; 克莱因 (L. R. Klein, 1920—) 因建立“设计预测经济变动的计算机模式”获 1980 年诺贝尔经济学奖; 陶宾 (J. Tobin, 1918—) 因建立“投资决策的数学模型”获 1981 年诺贝尔经济学奖。

此外, 数学家冯·诺伊曼 (J. von Neumann, 1903—1957) 和经济学家摩根斯坦 (O. Morganstain, 1902—1977) 长期合作的结晶《对策论与经济行为》的出版, 被认为是 20 世纪经济学重大成就之一。

现代管理科学方法很多也来自数学方法, 如运筹学、控制论等学科。建立数学模型、采用有效的算法和利用计算机已成为重要手段。

(7) 对已有知识的科学整理与发掘, 也可能有新的重大发现与理论创新。

#### 案例 19. 原子结构理论的建立

玻尔 (N. H. D. Bohr, 1885—1962) 在卢瑟福的原子模型和普朗克的量子论的基础上, 建立了原子结构理论。他因此获 1922 年诺贝尔物理学奖。

#### 案例 20. 门捷列夫的元素周期表

门捷列夫 (Д. И. Менделѣев, 1834—1907) 在前人对大量化学元素研究的基础上, 总结出了元素周期律。遗憾的是, 在他生前元素周期律未能得到科学的评价, 未能获奖。

#### 案例 21. DNA 双螺旋结构模型的提出

沃森 (J. D. Watson, 1928—) 和克里克 (F. H. C. Crick, 1916—) 集中了化学家鲍林 (L. C. Pauling, 1901—1994) 关于 DNA 碱基结构特征的化学信息、弗兰克林女士 (R. Franklin, 1920—1958) 的 DNA 的 X 射线衍射照片以及威尔金斯 (M. H. F. Wilkins, 1916—) 对照片的解释, 进行深入研究, 最终提出 DNA 的双螺旋结构模型, 成为生命科学研究进入到分子水平的标志。因此, 与威尔金斯共获 1962 年诺贝尔生理学/医学奖。

(8) 良好的创新氛围和高水平的创新基地是产生高水平创新成果的温床。

从诺贝尔奖获奖单位相对集中可以看出, 创新基地的建设对于取得高水平的创新成果十分重要;

④诺贝尔奖获奖者中, 师生关系、学术亲缘关系屡见不鲜, 说明高水平人才的集中凝聚、跨学科交流以及在高水平学术带头人领导和指导下, 选择前沿领域和战略方向, 对于创新学术氛

围的形成和重大创新突破都有重要意义。

④从诺贝尔奖获奖者做出代表性工作到最终获奖一般需要 10 余年,并且有增长的趋势,说明高水平创新工作被科学界和社会所认同需要时间。产生世界级的原始创新是一项艰巨和长期的目标,不可急功近利,需要稳定的科技政策予以支持。

(9) 中青年时期是科学家实现创新突破的峰值年龄。

从诺贝尔奖获得者的年龄分析可以看出,科学家创新的高峰期在 30—40 岁,许多是博士学位论文期间的工作。因此,在重视发挥中老年杰出科学家指导作用的同时,必须建立起正常的人才新老交替和合理流动制度,破除论资排辈、因循守旧的陋习,支持中青年优秀人才,创造性地开展研究工作。特别需要鼓励和支持 20 几岁的科学家就在前沿领域和重大战略方向上开始独立的创新研究与发展工作。

(10) 创新意识、原始性创新思想与创新战略比经费和设备更具有决定意义。

本世纪以来,许多具有重大意义的原始创新突破并不都发生在投资最大的地方。例如,提出相对论的爱因斯坦,当时是瑞士伯尔尼专利局的低级职员,并无专项研究经费;沃森和克里克构建 DNA 双螺旋结构模型研究小组的经费消耗据说也只有数百英镑;魏格纳的大陆板块与漂移学说的提出也主要得益于他的创新科学思想。

一些实验科学的原始性重大发现也并不在于特别昂贵的实验设备,而在于研究人员的创新意识、独特的实验构思、周密的实验和观测及科学思维,并且许多是研究生阶段的工作。必要资金和设备是科技创新的必要条件,但不是首要条件和充分条件。当然,随着物质科学向研究极端条件空间和尺度下的物质结构、相互作用及运动规律转移,生命科学与信息科学向分子和原子等微观层次、向着纳米尺度和飞秒量级发展,在具有原始创新科学思想和正确创新战略的前提下,充裕的资金与设备保证仍然是十分必要的。

(11) 重大科技创新突破及其推广应用需要相应的创新体制和科学管理机制保证。

英国剑桥大学的卡文迪什实验室(25 人次获诺贝尔奖)和德国的马普学会(17 人次获诺贝尔奖)是从事基础研究基地的代表,美国的贝尔实验室(11 人次获诺贝尔奖)与 IBM 实验室(5 人次获诺贝尔奖)是公司实验室的卓越代表。其共同特点是领导人具有高瞻远瞩的战略眼光,善于识别与培养创新人才,尤其是善于发现、培养和支持青年人才的创新研究,善于选择研究战略方向和重点领域,充分尊重科学家的自主权和学术自由,建立公正的、适时的乃至国际化的科学评估与管理,开展广泛而经常的国际合作交流,营造优良的研究条件和创新文化氛围。

重大科技创新突破及其推广与应用需要相应的创新体制与科学管理机制作为保证:

必须遴选具有科技战略眼光、尊重知识、尊重人才、善于管理的领导人,建立一套比较完善可行的人才选拔、吸引、培养、支持与组织管理的体制和方法。建立实施科技创新的人才队伍与组织保证。

④对于基础研究与高技术前沿探索,拟应根据科技发展以及经济和社会发展的长远需求,依靠专家,着眼长远与基础,选择重点领域与战略方向,遴选与凝聚优秀队伍,建设创新基地,给予稳定支持,鼓励并尊重科技人员的自主创新探索,科学评估,适时调整,努力保持研究领域、方向的前沿性和研究队伍的创新活力,孕育原始性创新的重大突破。

④对于基础性和战略性研究,必须根据经济建设、国家安全与社会发展的重大需求,发挥自身综合优势,联合国内、国际优势力量,开展具有自主创新科学思想和技术路线的系统研究



与战略攻关。力争取得科学规律的系统知识与重大关键技术原始性创新突破或实现创造性的系统集成。不断完善有利于科技创新及产业化的政策与体制,促使 R&D 与市场及企业机制接轨,实行体制与机制的适时转换,促进创新成果的产业化。

科学技术创新是全球性的创新活动,必须进一步扩大开放,加强国际合作与交流。在进一步扩大信息和人才交流的基础上,要积极探索国际性双边或多边研究项目合作、研究机构合作、创新人才培养合作、高技术产业孵化、风险基金及高技术产业经营合作。积极创造条件吸引优秀人才回国或为国服务,尤其要有目标地礼聘杰出人才来华领衔开展前沿研究或向国际重要研究机构派送研究生与高级访问学者进行合作研究,建立互利、稳定的合作关系,将国际合作推进到新的水平。在提高素质、优化结构的同时,按绩效优先的原则,努力提高研究及管理人士的待遇,改革与改善园区工作环境、科研基础设施和文化氛围,改善研究生、访问学者的待遇及工作与生活条件,增强对优秀人才尤其是青年优秀人才的吸引力与凝聚力,为创新队伍的建设提供基本保证。

———— \* ————— \* ————— \* —————

## \* 简讯 \*

### 李岚清考察中国科学院知识创新工程试点工作

**本刊讯** 8月25日上午,中共中央政治局常委、国务院副总理李岚清在科技部部长朱丽兰和中国科学院院长路甬祥陪同下,考察了中国科学院生命科学园区、遥感应用研究所、物理研究所和数学与系统科学研究院。李岚清在听取了路甬祥及有关科研院所负责人关于知识创新工程试点工作的汇报后,发表重要讲话。他强调应继续努力,深化改革,为科技创新提供有力支持和良好环境。

李岚清指出,知识创新工程试点取得顺利进展和明显成效的情况表明,江泽民同志倡导开展这一试点工作是完全正确的。科学技术已经成为当代经济发展和社会进步最活跃的动力。中国科学院知识创新工程试点,不仅对中国科学院自身的发展,而且对创建具有中国特色的科技体制,促进我国科技事业和经济社会的全面进步,都将产生积极的影响。

李岚清强调,为科技发展提供有力支持和良好环境是各级党委和政府的重要责任,各级党政领导要高度重视创新工作,完善有关政策和法制,创造有利于创新的物质条件和人文环境,以激发科研人员的科技创新精神。

陪同李岚清考察的还有北京市市长刘淇、国务院副秘书长徐荣凯、国家计委副主任张国宝、教育部副部长吕福源、国防科工委副主任张华祝、财政部副部长张佑才,以及中国科学院的领导严义埏、陈宜瑜、白春礼、杨柏龄、江绵恒、郭传杰等。

(晓岩)