

历史的启迪和重大科学发现产生的条件

Historical Enlightenment and Conditions of Causing Important Scientific Discoveries

周光召

(中国科学技术协会主席,中国科学院、中国工程院两院院士 北京 100863)

编者按 随着千禧年的开始,给人们无限遐思与期望的 21 世纪启幕了。本刊在新世纪第一年第一期里,以首篇位置刊载了周光召院士于上个世纪末在中国科协首届学术年会上的学术报告。这个报告始终突出了“科学·创新·超越”这一主旨。我们相信,这一主旨终将成为我国 21 世纪科技发展蓝图中最重要的主导部分。本期还刊发了关于科学哲理的几篇文章,其中含有论述科学与民主之间关系的内容。回顾刚刚过去的 20 世纪,中华民族的优秀分子从世纪之初的新文化运动开始,就高举起民主、科学这两面大旗,为民主、科学在祖国大地上生根、繁茂而不懈地奋斗。但若严加审察,迄今的进展不过是迈出了最初几步;而关键性的、决定性的、本质性的步伐,还必须在这个新世纪力争早日成功。我们在此谨向所有为科学、民主而呐喊和奋斗的作者、读者及一切有识之士致敬,并期望您们,也自勉为您们服务的我们自己,继续用包括手中笔在内的一切有效的方式,为在 21 世纪把我国建成一个科学大国、民主大国而顽强地拼搏,孜孜不倦地耕耘。

21 世纪初叶将是中华民族以坚定的步伐走向世界,自立于世界民族之林的关键时期。中华民族的复兴要求科技先行,要求在中华大地上涌现有世界领先水平的重大科技创新。

我国当前迫切要求解决的问题是科技与经济的紧密结合,是将科技创新成果迅速有效地转化为现实生产力。同时,我国的进一步发展需要更多更好的自有知识产权,需要振奋民族的自信心,实现以弱胜强,后来居上。因此需要在中国大地上出现重大的科学发现。笔者仅就第二个问题发表一些看法。

一、重大科技创新产生的外部条件正在逐步形成

这些条件,归纳起来有以下 6 个方面:(1) 国家加强了科研经费的投入;(2) 对科技已产生重大的社会需求;(3) 正在大力进行优秀人才的培养、选拔、吸引和集聚;(4) 实行开放政策,保持了稳定的政治局面;(5) 开始形成尊重知识和尊重科学的社会环境;(6) 提倡创新,开始建立全国科技创新体系。在此,笔者仅就某些条件予以简要的说明。

1. 国家加强了科研经费的投入

前一段时间,科研和教育经费投入不足,成为我国发展科技的瓶颈。近几年来,情况有了巨大变化。中央和国务院决定实行科教兴国的战略,从各

方面加强了科研和教育经费的投入。随着经济水平的提升,科技的重要性日益为社会所认同,可以预计,中央、地方和企业对科研经费的投入都将不断增长。但科研经费只是获得重大科研成果的必要条件而非充分条件。在目前的大好形势下,我们应当更多地注重其它条件的创造。

2. 对科技已产生重大的社会需求

(1) 合理利用资源,保护生态环境,实现可持续发展已成为紧迫任务。

这其中的严重问题之一是环境污染愈益严重。据 1998 年国际卫生组织公布,全球空气污染最严重的 10 个城市依次为太原、米兰、北京、乌鲁木齐、墨西哥、兰州、重庆、济南、石家庄、德黑兰,其中我国占 7 个。1998 年全国一半以上城市降水年均 PH 值低于 5.6,酸雨覆盖率已超过国土面积的 30% 以上。以长沙、南昌、怀化为中心的华中酸雨区是全国最严重的酸雨区,其中心区年降水 PH 值低于 4.0,酸雨频率高于 90%。

(2) 农产品成本过高、质量品种不足、效益低下对农业科技提出新要求。

(3) 工业结构不合理,管理不善,市场竞争力不强,大量企业亏损。迫切需要高新技术,改善产业结构,提高产品的科技含量,还需要加强科学预测和管理。

尤其是,我国面对信息社会的挑战迫切需要高新技术。目前,我国信息产业的核心——亚微米微

电子技术、CPU 芯片和电脑操作系统完全由外国公司控制;重要电脑和网络部件、外设、传感器和应用软件没有知识产权;信息资源的建库、传输和处理技术远远落后;电脑和网络应用刚刚起步。我国 IT 业 1998 年上半年高速增长但效益下滑。据信息产业部统计,1998 年邮电通信业产值 1 113.9 亿(+37.7%);信息产品产值 2 248 亿(+26.2%);固定和移动电话二季度平均放号 250 万户,电话普及率达 9.55/100 人(城市 27.51/100 人),但是效益却明显下降。主要原因是:硬件产品降价,毛利率低(如微机不到 5%);出口下降;有些地方片面追求高投入、大规模,不重视提高网络运行水平、优化网络结构,未充分利用原有设备。根本原因则是重硬件、轻软件;重规模、轻效益;重引进,轻消化吸收。这些问题,必须依靠高新技术和加强科学管理才可能解决。

(4) 就业形势严峻,需要开辟新就业途径。

在新世纪,我国将面临人口老龄化和就业困难的严峻形势。我国人口 20 世纪末接近 13 亿,21 世纪中叶可能达到 16 亿。目前,我国超过 60 岁的老龄人口已占人口总数的 10%,超过 65 岁的已占 7%,开始进入老龄社会,第一产业劳动力大量过剩,第二产业劳动力也已过剩,就业问题将长期困扰我国社会。

3. 提高人口素质,是重大科技创新产生的必要条件

历史的经验告诉我们,发挥中国人的智慧和潜力是实现我国第三步战略目标的唯一依靠。我国有世界最多的人口和青年。但若没有知识、没有科学态度和科学方法的训练,人口多将成为严重包袱;反之,则将汇聚世界最强大的生产力和创造力。因此,发展科教,提高全民素质是实行科教兴国战略的首要任务。

这里,笔者认为有必要强调,中国人是富有智慧和创造力的。这有历史和现实的事例为证。

(1) 我国古代技术的成就

——公元前 5 000 多年的西安半坡人已会制造彩陶。据传说,黄帝统一华夏后,制造了黄钟,其长度和底面积作为标准度量单位,其发声作为基准音;苍颉创造了文字;螺祖发明了养蚕制丝。但这些传说还没有找到考古的证据。

——夏朝冶铜业有很大发展,到商朝,铜器大量在贵族生活中使用,还出现了青铜武器。在龟甲和商代铜器上刻有古代文字 3 500 多个。当时的天文学家还记载了一颗新星的出现。纺织方面已经有了结构复杂的提花机。周朝开始了筹算,卜师们写出了易经。

——春秋战国时代是一个百家争鸣、学术繁荣的时代,出现了一大批思想家,老子、孔子、墨子、庄子、孟子、孙子、屈原等等,对我国社会后来的文化、

政治、军事、哲学、伦理等都产生了决定性影响。这一时期,在科学技术方面出现了名医扁鹊、名匠鲁班、曾侯乙编钟,建造了都江堰,写出了山海经、禹贡、周髀算经、黄帝内经、天文星占、考工记等重要著作。

——16 世纪前,我国发展了许多卓越的技术,在世界上处于先进地位。我国不仅贡献了四大发明,有助于世界上资本主义的产生和初期的发展,而且在农业、建筑、地理、陶瓷、冶金、医学等一系列领域有所发明、有所创造,对世界作出了无愧于中华民族的贡献。在天文观测、数学计算、资源探测、环境保护等方面也有重要的发现、观点和成果。

——据李约瑟教授研究的结果,从汉至明朝,中国传向西方的发明,除火药、造纸、活字印刷、指南针四大发明外,还包括缫丝、纺丝、提花机、铸铁技术、弩、水力石碾、船尾方向舵、水排、龙骨水车、风扇和簸扬车、瓷器、独轮车、马蹄铁掌和马镫、走马灯、游动常平悬吊器、深钻技术、弧形拱桥、铁索吊桥、竹蜻蜓,等等。

(2) 华裔学者和中国留学生的贡献

——到目前为止,已有 5 位华裔物理学家和一位已由美国返回台湾的化学家获得了诺贝尔奖。他们是李政道、杨振宁、丁肇中、李远哲、朱隶文和崔奇。

——早期的留学生,如吴有训、赵忠尧等都作出了极杰出的有资格竞争诺贝尔奖的成果。

——已有相当一批华裔和留学生由于在科学研究上的突出贡献,得到过世界级的奖励。

(3) 新中国成立后中国科学家的贡献

——在被封锁的条件下,自主地发展了“两弹一星”,解决了国民经济中若干重大科技问题。

——最早完成人工合成牛胰岛素。在数论、数值计算方法、数学定理证明、理论物理、凝聚态和准晶、高能物理、高分子化学、太阳磁场、杂交育种、古生物学、地质和生物调查、资源勘探和环境保护、断手再植、临床医学等方面都有杰出的工作。

尽管经过了多代人的努力,有上述这些成绩,但是,近现代以来完全领先、开时代之先河的开创性科研成果和重大科学发现,却至今仍然没有在中国土地上产生。

显然,我国在世界的复兴,需要创造世界第一流的科研成果,需要产生出领导世界科学潮流的科学发现。但是,什么时候在中国土地上能出现领导世界科研潮流、开辟全新研究领域的一流科研成果呢?同时为达到这一目标,我们还缺少什么样的客观和主观条件,需要创造什么样的氛围和环境呢?这是我们必须认真思考并予以回答的。

二、现代科学技术发展的历史带来的启迪

本世纪最富创新力的科学发现是相对论、量子力学和基因的双螺旋结构；最有社会影响和带动力的科学工程是制造核武器的曼哈顿工程和阿波罗登月工程。就我国来说，在被封锁的条件下成功地制成了“两弹一星”，振了国威军威，提高了中国的国际地位和中国人的自信。我们应当分析这些成功经验，从中得到启迪，创造重大创新得以产生的环境和条件。可从以下3个方面发掘重要的启迪。

(1) 世界科学中心的转移。

(2) 本世纪重大科学发现的社会和学术环境。

(3) 重大科学发现产生的条件，青年如何才能成为科学发现的主力军。

1. 英国是最早的世界科学中心

直到19世纪末，英国作为世界上率先完成工业革命和占有大量殖民地的国家，在科学发展上起了带头作用。英国是力学、电磁场理论和进化论的创始地，英国人首先发现电子和原子结构，直到本世纪初仍是当时世界科学的中心。这是和英国当时的经济和政治地位相称的。

但同时，欧洲各大国都对科学发展作出了重要的贡献。18和19世纪，英国人焦尔和德国人赫尔姆斯创立了能量守恒的热力学第一定律，法国人卡诺发现了热力学第二定律；英国人道尔顿提出了原子论，俄罗斯人门德列也夫发现了元素周期表，德国人开创了有机化学，他们都对化学的发展有功；分析动力学是法国人拉格朗日、爱尔兰人哈密顿和德国人贾寇比共同发展起来的。这些均说明，科学没有国界，是人类共同发展、共同享有的成果。

再看看数学的发展。数学的发展不需要很多经费，而是更需要创造性的环境和思维。欧洲大陆一直注重数学的发展。早在17世纪，和牛顿同时代的莱布尼兹，就独立地发现了微积分；到19世纪，欧洲大陆的数学已经超过英国，出现了Gauss、Riemann、Laplace、Poincare等杰出的数学家。

到了19世纪末，出现了物理学的危机。

人们曾经认为，到19世纪下半世纪，力学、热学、电磁学、光学的理论都已成熟，能够解释所有有关的物理现象；但这种乐观的看法很快就遭到了新的挑战。挑战来自于，在19世纪末，法国人发现了放射性，德国人研究了黑体辐射频率分布，美国人发现光速不随地球相对于太空的运动而改变，等等，这些现象都不能用已发展出的理论解释。

2. 相对论、量子力学的发现和科学中心的第一次转移

20世纪初期的30年，最重要的理论发现是对相对论和量子力学，对物质结构的认识深入到原子的层次。

1905年德国人爱因斯坦在研究运动物体的电动力学时提出了相对论和光速不变原理，确立了质

量能量等价和时间空间变换关系，完全改变了牛顿力学的世界观。1915年爱因斯坦提出关于重力的广义相对论。

在20世纪的重大科学发现中，相对论比较特殊，因为它基本上是由爱因斯坦一个人完成的。无疑，爱因斯坦的个人天才起了决定性作用。这和其它发现的环境条件不同，是可遇而不可求的。还值得指出的是，爱因斯坦发现狭义相对论和成功解释光电效应时，只是一个专利局的职员，并没有受到大学或研究机构的重视。

量子力学是逐步发现和形成的。1900年德国人普朗克首先提出光量子论。1905年德国人爱因斯坦用光量子论解释了光电现象。1913年丹麦人玻尔提出电子轨道的量子化，用它解释了原子结构和原子光谱。1916年俄国人索默菲得(A. Sommerfeld)改进了玻尔模型，计算了电子的椭圆轨道。1923年法国人德布洛依提出电子也是一种波动。1925年德国人海森堡引进矩阵作为力学量，德国人玻恩、约当和海森堡建立起量子矩阵力学体系。1926年德国人薛丁格提出量子波动力学，证明波动力学和矩阵力学等价；同年，玻恩提出了波函数的统计解释。1927年德国人约当和英国人狄拉克证明了普遍的变换定理，海森堡提出测不准关系，从而量子力学理论的构建就完成了，并迅速成功地应用于原子、分子和固体结构的研究。

量子力学发展的速度虽然很快，却是在激烈的学术争论中展开的。薛丁格和爱因斯坦长期不同意海森堡的理论和波恩的统计解释。爱因斯坦甚至终身都不认为量子力学是一个完备的理论。

相对论和量子力学是本世纪最伟大的科学发现，从上面列举的情况看，各个欧洲国家都有参与，而主要部分则是德国人完成的。这说明，世界科学中心在本世纪初由英国转移到欧洲大陆，主要是德国。

3. 德国为什么在本世纪初能成为世界科学的中心？

德国在当时并不是经济最发达的国家。量子力学发现时，德国正经历第一次世界大战失败后经济特别困难的时期。正是这种经济形势导致了30年代法西斯的上台。当时德国科学家的生活和工作条件都是很差的。可见在条件不够好的地方也可以产生最重要的科学发现，其关键在于要具有优良的学术传统和人才优势。

(1) 有长期尊重知识、尊重科学的传统

如德国洪堡大学最早设立的专门从事研究的实验室，成为国内外其他大学效仿的样板。

(2) 形成若干人才资金集中、学术传统优良的研究中心

德国率先成立了马克斯·普朗克研究所和若

干大学的研究中心,如柏林大学、哥廷根大学、慕尼黑大学、莱布尼兹大学等。

(3) 采取开放和吸引人才的政策

在希特勒上台以前,德国大学采取开放流动的政策,吸引了大批犹太族的科学家去德国定居和学习。爱因斯坦、波恩等都是犹太族人。同时,鼓励国际学术交流和人员流动,从而吸引了大批外国留学生。美国原子弹之父奥本海默、氢弹之父特勒,著名匈牙利科学家冯诺曼、魏格勒,著名俄罗斯科学家朗道等当年都曾去德国留学。

(4) 积极培养选拔青年

以海森堡为例,他 1920 年入慕尼黑大学,师从名教授俄国人索默菲得,1923 年即获得博士学位,其间 1922~1923 年由索默菲得推荐,转至哥廷根大学师从著名的波恩教授。海森堡毕业后即获得资助去丹麦哥本哈根,在原子结构量子论的创始人玻尔教授处工作了 1 年。海森堡自己说,他从慕尼黑学到不怕困难问题的乐观主义;从哥廷根学到数学;从哥本哈根学到物理。这为他在 1925 年发现量子力学打下了坚实的基础,当时他年仅 24 岁。

(5) 发挥哲学的突破和指导作用

德国在哲学上率先脱离机械论和绝对论的束缚,发展了辩证法和唯物论。德国的科学家都有很高的哲学素养。在发现相对论和量子力学的过程中都进行了对认识论的哲学讨论。

(6) 理论联系实际

德国理论物理学家重视理论和实验的结合,对当时物理实验的前沿——原子光谱作了详尽的分析。海森堡在发现量子矩阵力学以前从事了大量光谱的分析工作,正是在分析光谱强度时找到了物理量不对易这一量子矩阵力学的关键。

(7) 数学领先

德国在 19 世纪末,已经成为数学领先的国家,产生了世界超一流的数学家高斯和黎曼等。本世纪初最著名的数学家是在德国哥廷根大学的希伯特教授。当时定居德国的理论物理学家中,有一批人如索默菲得和波恩在物理和数学两方面都具有很高的素养。量子力学的发现与一批物理学家掌握了当时最前沿的数学发展(如算子和希伯特空间)有很大关系。

总之,哲学思想的指导和数学研究的领先,理论与实验的紧密结合,学术思想的活跃和创新,研究机构的开放流动、频繁的学术交流和激烈的学术争论,对年轻人才的吸引、集聚和破格选拔,这些优良的学术传统和优势是德国当时成为世界科学中心的重要条件。它不仅造就了海森堡一人,而且为发展世界科学造就了一大批人。

4. “二战”后世界科学中心转移到美国

“二战”时,美国利用未受战争破坏的强大经济

实力,从战争年代开始就大量吸引欧洲和世界的人才,开展军事科研。战后,扩大研究规模,建立了许多国家实验室和国家科学基金会,以军事研究带动尖端技术,形成世界最强大的研究开发力量和世界的科学中心城市。从此世界科学中心转移到美国。

作为世界科学中心的美国,自“二战”以后取得了许多重大的科技成果,其科学家获得了最多的诺贝尔奖,这里就不一一细述了。不过笔者以为特别有必要谈谈曼哈顿计划。战争年代,美国大量吸引欧洲的人才,特别是犹太人,开展了曼哈顿计划,由此开创了科学大工程的先河。应当指出,即使美国的经费充裕,但在高山荒漠区进行曼哈顿计划,开始时也是非常艰苦的。同样,我国的“两弹一星”更是在艰难困苦的条件下完成的。

从曼哈顿计划和“两弹一星”的成功,可以认识到这些大工程计划成功的基本条件是:科学家和参与工作的全体人员的爱国心、使命感和由此而来的献身精神和高度的责任心;大力协同和强大有力的组织协调;人力物力财力的高度集中和统一指挥。

然而,美国虽然经济和科研实力雄厚,是其他国家在战后无法与之比拟的。但是战后最伟大的科学发现——基因的双螺旋结构却不是在美国发现的,而是在遭受战争严重破坏的英国卡文迪希实验室发现的。这个实验室在战后开创了分子生物学和射电天文学两个新领域,都取得了震惊世界的科研成果。再一次说明物质条件虽然差一些也并不一定不能产生最好的科研成果。

让我们回顾一下生物学的发展。早在 19 世纪中叶,英国生物学家达尔文提出生物进化学说,后来奥地利生物学家孟德尔提出了遗传基因的假说。到本世纪初,美国生物学家摩根发展基因的假说,明确指出,基因存在于染色体上。而基因的双螺旋结构则是在“二战”后,欧洲还在医治战争创伤时,由英国剑桥大学卡文迪希实验室的物理学家克里克和华生于 1953 年发现的,当时华生只有 25 岁。

这样,我们就必定会提出下述的问题:为什么基因的双螺旋结构是由物理学家而不是生物学家发现的?为什么它不在当时最强盛、条件最好、有深厚基因研究传统的世界科学中心美国产生?搞清楚这两个问题是十分有意义的。

5. 英国剑桥大学的卡文迪希实验室为何能在战后经费困难的时期连续作出优异的科研成果?

“二战”前的卡文迪希实验室是物理学实验室,有长期科研的传统,曾经由发现电子的汤姆生和发现原子结构的卢瑟福担任主任,在原子结构和原子核物理的发展上作出过重要贡献。

“二战”期间,多数科学家放弃了原来从事的研究工作,加入到为国防服务的行列,特别是发展核武器和雷达的工作。

战后，由于原子能与核武器的发展，要求规模大、保密性高，不能继续在大学的实验室进行，故各国都决定成立新的独立研究机构。这样，核物理研究工作就由卡文迪希实验室分离了出去，卡文迪希实验室的经费因此而减少，面临科研方向的重新选择和确定。

(1) 果断地开辟新的研究方向

面对前述的新情况，新任卡文迪希实验室主任布腊格从实验室和英国国情出发，果断地决定将实验室原有的科研积累加以发展，开辟新的研究领域。一是利用 X 光衍射进行矿物晶体结构的分析技术，来进行生物大分子的结构分析，力图从分子的角度了解生物的遗传和生命现象的本质。二是利用在“二战”中发展起来的雷达技术进行天文研究。

历史已经证明，由一个以物理学前沿为主要研究方向的世界知名实验室，改为利用物理学发展出的仪器和物理学家的思维方法，重点从事天文和生物的研究，这样一个决定是非常正确和极有远见的。经过几年的努力，卡文迪希实验室在这两个新研究方向上都取得了划时代的研究成果，开辟了射电天文学和分子生物学的崭新领域。在天文上发现了类星体和脉冲星，赖尔和休伊什因而获得了 1974 年的诺贝尔物理学奖。在分子生物上发现了 DNA 的双螺旋结构，克里克和华生获得了 1962 年的生物和医学诺贝尔奖。在卡文迪希实验室分子生物方向工作过的科学家中还有好几位获得诺贝尔奖。这就使得在战后困难的条件下，卡文迪希实验室重新成为世界最重要的科学中心之一。

(2) 科学中心领导核心起到了关键作用

卡文迪希实验室主任布腊格从学科交叉中发现了新的科学生长点，充分调动了实验室原有的技术力量，以很少的经费，在困难的条件下开创了崭新的局面。英国开创了分子生物学和射电天文学，以后在这两个领域又长期领先于世界，布腊格是有很大功劳的。这说明科学中心领导核心的学术水平和战略部署对中心的科学发现起着关键作用。

(3) 既要有只争朝夕的精神，又不能急于求成

从 1946 年开始到 1953 年，发现 DNA 的双螺旋结构共经历了 7 年时间。对一个以往没有人进入过的崭新研究领域，只有信心坚定而不是急于求成的领导人，才能始终不渝地给以支持，并不断地创造条件，开展学术研讨，以寻找突破点。这样，才有可能在不断进行科学积累、不断吸引和发现人才的基础上作出重大的科学发现；而一旦产生重大科学发现的客观条件已经成熟，就要抓住时机，以只争朝夕的精神取得突破性进展。

以上的例子，特别是德国和英国卡文迪希实验室的事例充分说明，物质条件在重大科学发现和重大科学工程的实现上都只是必要条件，而非充分条

件。20 世纪最重要的科学发现并不是在条件最好的国家和实验室中产生的。在有了基本工作条件后，提出明确的目标和战略，在科学家群体中形成使命感和凝聚力，创造促使创新思维产生的学术环境，吸引优秀人才和选择学术带头人，将起到更关键的作用。

三、以弱胜强，后来居上

我国是人口众多的发展中国家，在经济实力上不仅现在不及发达国家，在未来相当长时期内也不可能赶上，因此不能期望科研经费能和发达国家比照。我们必须认识到，在创造了必要的物质条件以后，能不能有重大创新就完全取决于主观能动性的发挥。我们应当从本世纪科学研究历史中那些以弱胜强的范例里吸取经验，树立信心，充分调动和发挥中国人的智慧、组织力量和协作精神，完成历史赋予的使命。

1. 必须有以下方面的正确认识和措施

(1) 正视产生重大科学发现的困难

重大科学发现一般是在学科交叉的生长点上出现，而不是按照常规计划，在可预见结果的情况下进行实验和逻辑推理就能得到的。因为计划只能在原有的科学原理框架内制订，科学家个人又受到知识面狭窄和学科传统观念的限制，多数人很难有观念上的突破。这种局限和困难必须努力克服。

(2) 充分认识科学发现的偶然性和必然性

通常在科研探索过程中要出现多次的失败，但在失败中可能发生偶然出现的现象，其中包含启发新思想的萌芽。只有不怕失败，观察敏锐的人才能在单调重复的试探中注意到新的现象或思想的萌芽，并将其发展下去。而科学发现的时机一旦成熟，发现就成为必然；至于由哪一位科学家发现则是偶然的。历史已经证明，只有那些及时抓住机遇的科学家才能成为最初的发现人。

(3) 有创新力的科学家必备的素质

——包袱少，失败后不怕人笑话，对新事物非常敏感，有强烈的好奇心，不受原有思维方式和原有理论的束缚，敢想敢干。

——身体相对健康，精力充沛，工作非常努力。

——不受各种社会和家庭事务的干扰，脑子高度集中，日夜处于创新的临界状态，从而容易作出重要的成果。

(4) 自信、善于学习和做好战略选择是有所发现的基本条件

——要有严格的科学态度，掌握先进的科学方法，在此基础上建立起充分的自信。自信不足，不敢碰难问题，仅仅满足于跟踪模仿，是巨大的思想障碍。

——要善于学习，既能站在巨人的肩膀上前进，又不盲从权威人士的意见。

——要从自身的实际条件出发，做好课题方向的战略性选择。要扬长避短，着力发现学科的新生长点和突破点，集中力量，坚持不懈，才有收获。在这方面，有经验的学科带头人会起到重要的作用。

(5) 要形成创新的学术集体和良好的科学生态环境

要在开放流动的环境下建立能不断创新的学术集体；要有追求真理、实事求是、崇尚科研道德的精神。科研人员来往要频繁，学术争论气氛要热烈。通过各种学术观点的激烈交锋、单个学科的深入开拓、不同学科的交叉融合，才能形成良好的科学生态环境，实现科学系统的协同进化，科学家个人也才能在这个环境中激发出创造力和新思维。

(6) 充分发挥哲学和科学方法论的作用

当前，科学前沿研究的对象多是复杂的系统，很多对象具有无穷多自由度，过去常用的科学方法和思维方式很可能不够需要，必须进一步发展才能处理复杂系统。因此，要加强对哲学的研讨，加强科学方法论、数学及计算方法的研究。另外，观测仪器是发现新现象的先导，要重视新仪器的研制和实验手段的开发。

(7) 攀登顶峰永不停歇，处于逆境更应奋进

许多人在还没有建树时，渴望得到社会的承认、得到社会稳定的职业和社会地位，有一股拼劲；但一旦拿到永久职位和职称，就不再努力，缺少内在的动力去攀登科学的顶峰。显然，条件过于优越，可能使人懈怠，而逆境却常能促使人奋发图强。现在还没有得到社会承认、没有列入重点支持的科技工作者不要灰心，很可能将来出现重大创新的部分科学家是那些身在内地、没有得到国家重大资助的科学家。

(8) 青年要成为科研的主力军

青年最有条件具备上面所说的素质和条件，因而可能最有创新的活力。青年要想有所发现，就必须刻苦学习和锻炼。科学研究没有捷径可走，尝试、失败；再尝试、再失败，只有经过千锤百炼，直到最后才可能取得成功。只有从心理、身体、知识和能力诸方面做好准备的青年，才能抓住难得的机遇，实现理想，作出重大的科学发现。

(9) 搞好老中青三结合，发挥中年科技工作者的骨干作用

一个好的科研集体中，老、中、青科学家各有各的作用，他们互相支持、共同协作，才能形成思想活跃、干劲十足、经验得到继承、技术不断发展、科研方向始终处于前沿的集体。

当前，在着力培养和选拔年轻科技人员的同时，要充分发挥中年科技工作者的骨干作用和老年

科技工作者的指导作用。

有造诣的中年科学家已经得到社会的承认，承担了许多重要科研项目的领导任务，是多数科研课题的负责人。在没有经过识别，也没有更好识别机制的情况下，社会应当也只能将这些职责主要交给中年的一代，而不会交给品质和能力尚未充分显现的青年。

(10) 尊重和发挥老师的作用

很多时候年青人作出的工作还不完善，需要有经验的科学家给以指导和加工。如量子力学的完整理论是在海森堡的老师波恩带领下完成的。年青人的才华常常要由有经验的科学家来识别，给以培养和鼓励，才能得到发挥的机会。一个成功的年青科学家身后必定都有一些值得称道的老师。很多科学大师，如玻尔、波恩、布腊克、费米等在他们生命的后期都带出了一大批杰出的青年科学家。

结论是，在科学发现的过程中，只要紧紧抓住人才、战略和学术环境这3个环节，充分发挥科研单位和科学家个人的主观能动性这个关键，主动自觉地克服各种各样的困难，寻求突破的新途径，那么以弱胜强、后来居上是完全可能的。

2. 从科学管理的角度，理清人才、战略和学术环境这3个环节的要害

(1) 人才

——要着力选拔有战略眼光和管理能力的领导班子和学术带头人。

——要注重学科交叉，形成相关学科人才的临界数量和质量。

——应从全国和全世界选拔人才，进行公开招聘，逐步打破目前由本单位人员中提拔教授和研究员的作法，实现完全的开放流动。

——要在给科研重担和开放流动的环境下加强对年青科学家的识别、培养、选拔和使用。

(2) 战略

——根据科学前沿发展趋势和国情，在学科交叉的生长点上，扬长避短，以超越为目标，有选择地制订独特的发展战略。

——不能总是跟在别人后面、以模仿为目标，必须瞄准新生长点，探索新的研究方向和实现途径。

——不要急于求成、拔苗助长或施加过大的行政压力。要强调科学研究集体内部的压力和动力。在加强竞争的同时，要保持相对宽松的学术氛围。

(3) 学术环境

——建立创新思维得以萌发和实现的学术集体。要集聚优秀人才、展开学术争论、加强学科交叉和跨学科协作，提倡科研道德和优良作风。

——处理好竞争与协同、个人与集体、学术带头人与助理工作者、战略的严肃性和战术的灵活

科学精神三要素及其人文意蕴

Three Essential Factors of the Scientific Spirit and the Meaning of Humanism

王鸿生

(中国人民大学,教授 北京 100872)

一般认为,中国古代文明中的科学知识是零散的,科学的精神和理念也就无法张扬。在西方文明中蕴育成长起来的科学传入中国之后,国人先是接受西来的科学知识,然后才体味这些知识所包含的人文理念和精神。纵观历史,科学的发展首先增加了人类的知识,也逐步改变着人们的观念,这主要表现在当代人对宗教的信仰逐步弱化,对各种古代迷信逐步疏远,对科学的信念逐步增强。

与科学知识相比,科学精神处于更高的层面。在很长时期里,我国政府、社会和科学界都把努力普及科学知识放在首位,希望通过科普让社会公众掌握科学以发挥科学的社会功能,但对科学精神的张扬和理解还很不足。在将“科教兴国”作为国家发展战略的今天,由科学界和理论界张扬科学精神,促进社会公众对科学精神的理解,是一项“跨世纪工程”。近年有人提出把“普及科学知识”的思路转变为“让公众理解科学”的新思路,这是很有见地的。

应该承认,尽管科学知识的领域已无比广阔,但现代文明的疆域也必然还会给各种信仰留下一定的空间,而且各式各样的古代迷信、现代迷信和未来迷信也不会完全彻底地退出历史舞台。这在很大程度上并不是由于人类科学知识的不足和不广,而是由于科学知识本身的某些局限性。比如,人类掌握的科学知识都是已知的,但面临的挑战却是前所未有的,用已知的理论解决各种未知问题,不但需要恰当地选择理论、合理地确定理论的适用范围

和应用条件,而且结果还有可能修正甚至推翻已知的理论;知识空间是不断扩展的、无涯的,和人的精力、生命之间的关系是不对称的,没有人能全面及时地把握所有最新科学知识;科学知识是不断更新的,许多知识会很快过时,有些知识会随着科学的发展暴露出片面性甚至错误。所以,虽然“知识就是力量”,但知识不等于智慧。哪怕设想把超级电脑移入人脑,让人掌握所有的科学知识,也不能创造出“全知者”、“全能者”和“超智者”。总之,掌握了具体的科学知识并不能保证我们能运用科学的眼光来理解自然和社会。因此,为了迎接未来的挑战和探索未知的领域,并且有效地反对伪科学和回应反科学思潮的冲击,就要超越科学知识的局限性,理解科学的精神,感悟其人文智慧的灵光。

一、科学精神的第一要素:怀疑的意识

怀疑是科学和信仰的根本区别。信仰中不能包容怀疑,如果产生怀疑,信仰就开始动摇了。反过来,科学不能排除怀疑,排除了怀疑,科学就接近信仰了。科学知识的积累虽不可能完全排除信仰,但却能够不断消除迷信,破解许多伪科学布下的疑阵。

在科学研究的过程中,人们把可重复性实验作为最基本的标准,以确认科学的发现和科学的理论,也借此把科学理论同科学假说、科学猜想以及伪科学区分开来。不能由重复性观测验证的事实,

性、单科深入与多科交叉、学科发展与国家任务、规定项目和自由探索、老中青三结合、稳定和流动、理论和实验、科学和哲学、科学和技术、学术水平和市场价值等等关系。

我国正处于经济起飞的前夕,处于实现国家现代化的关键时期,社会对科技已有强大的需求。这种需求,正如恩格斯所说,将会比10所大学更有力

地推动科学的发展。这个关键时期需要在中国大地上出现伟大的科学家,也一定能出现伟大的科学家。一切有使命感和责任心的中国青年科学家应当珍惜建功立业的大好时机。只要充分发挥我们的智慧和主观能动性,选好发展战略和领头人,团结协作,艰苦奋斗,实现以弱胜强、后来居上是完全可能的。让我们在新的21世纪为此而共同努力!

(责任编辑 王宏章)