

# 创新在电工学科发展中的重要作用

## ——兼论创新与传统学科发展的关系

王幽林\*

**[摘要]** 几年来,从自然科学基金管理实践中发现,如何促使传统学科按照基金宗旨的要求形成高水平的研究课题,已成为亟待解决的迫切问题。本文结合电工学科的分支课题的历史、现状和发展趋势分析了创新在电工学科发展中的重要作用并从科研管理学角度探讨了开拓传统学科新局面和增强活力的问题。

### 一、创新的作用和意义

从管理学角度,科研管理工作实际上就是运用计划、组织、协调和指导等基本手段促使人、财、物密切配合,发挥最高效率,实现以最佳方式和途径达到预定总体目标和目的。从我国的情况看,涉及到的基本要素主要包括课题、人、财、物和信息。它的主要任务贯穿在从选题到成果的全过程。实践表明,上述原则也完全适用于自然科学基金的管理工作。

对科技发展起决定性作用的课题是基金管理的基础和主要对象。选题是否准确是至关重要的,一旦出现失误,不仅要造成人、财、物的浪费,同时还会丧失宝贵的时间。信息是选好题不可缺少的背景材料,只有当对国内外近、中、远期发展动向、前沿、需求和技术关键有了比较完整的了解,并对获得的材料进行整理、分析、评价和预测之后,才能保证选题的准确。国家自然科学基金委员会(NSFC)是我国当前唯一的面向全国,以基金形式资助基础研究和应用性基础研究的机构。应用性基础研究的任务是从事以服务于经济建设为背景的科学技术基础的研究。几年来,电工学科资助的各类项目中多数属于这一范畴。

我国国民经济发展纲要中明确规定,到本世纪末,我国工农业总产值要翻两番,即年均经济增长率应达到7.2%。按照规划的设想,其中一半(3.6%)要依靠技术进步来取得。实现这个目标无疑是十分艰巨的。因为从历史上看,在我国,技术进步对年增长率的贡献不过0.5%左右,即使是基础比较雄厚的沿海地区,如上海市也不过1.5%,差距甚大。世界上象美、苏这样的大国,早期一般也不过3.0%左右。可见这样的年增长速度在世界上也不多见,对我国来说,实现这个目标需要认真对待,绝非轻而易举之事。应当承认,这个设想是宏伟的,也是十分必要的,否则要想使7.2%的增长率全部或大部靠“硬投入”(单靠增加投资来更新或扩大原有企业和建立新企业以提高生产能力)来获得是难以奏效的。

长期以来,我国经济建设的一个突出特点,是以高耗费、低效益为代价换取高速度,而忽视产品创新。品种规格几十年一贯制,材耗和能耗十分惊人,致使原材料和能源供应十分紧张。

\* 国家自然科学基金委员会材料与工程学部

据报道,在机械工业方面,80年代中期我国每万元产值的钢耗为一吨左右,电耗约2000度,而日本同期的相应指标分别为0.15吨和220度,都比我国低近一个量级。在性能、寿命和可靠性方面,由于不及国外的同类产品,在国际市场上竞争呈下降趋势。据统计,60年代中期,我国外贸出口总额大体上与台湾省、南朝鲜、新加坡和香港的总和相当,但20年以后,他们的总和已是我国的3.5倍。造成这种局面的一个重要原因,就是作为经济支柱的科学技术,尤其是被认为已经比较成熟的技术缺乏开拓和创新,致使不少产品的性能长期停留在一个水平上,失去竞争优势。应用性基础研究的最终目的就是要在产品更新换代上发挥作用,为经济建设作出更大的贡献。这种局面不改变,要想逐步扩大“软投入”(在不增加或少增加投资的情况下,靠提高技术水平来增加原有企业的效益和生产能力)对经济增长贡献的比重,减轻“硬投入”的压力,充分发挥科技进步在经济增长中的作用是很难设想的,经济建设的进程也会因此而更加艰难。

## 二、创新依赖科技投入

科学实践表明,任何一门科学在它的发展过程中,都要经过萌芽、发展、成熟几个阶段。成熟的标志通常表现为:在揭示物质基本规律方面建立了较完整的理论基础;在技术领域中获得了对实践具有指导作用的较系统的知识;在生产范围内找到了较为广泛的有价值的应用领域。一个多世纪以来,电工学经过奥斯特、法拉第、马克斯威尔和爱因斯坦等人的艰苦努力,已经建立了比较完整的电磁理论体系,形成了比较成熟的传统学科,并和能源科学建立了不可分割的联系。

能源是人类社会存在和发展的重要物质基础,是社会的三大支柱之一。电能是各种能源中最方便的二次能源,任何形式的一次能源均可通过一定的途径直接或间接地转变为电能。它除了不易于大规模长期贮存之外,其他方面的优点是任何形式的能源所无法比拟的。如果说能源的消耗程度标志着一个国家的生产、科研和生活的发达水平,那么电能的使用程度将是衡量一个国家现代化水平的根本标志。从世界范围看,目前在总能量消耗中,以电能形式消耗的一次能源大体上占25%,发达国家却在30%以上(预计到本世纪末可达到40%以上),而我国仅占20%左右。按人均年用电量计算,世界人均年耗电量为1700度。各国的电能消费情况见下表。

表1

国 家	人年均耗电(度)
美	10000
苏	5000
英	5000
法	5000
西德	6000
日本	4000
中国	300

由上表可见,我国的电能消费指标不足世界人均年消费量的五分之一。造成这种局面固然与我国的国力薄弱、设备陈旧、技术落后、管理水平低有密切关系,但也不能不看到与不够重视科技进步有直接关系。科技进步的内涵实质上是个广义的综合性的效益评价概念,创新是它的核心内容之一。传统学科的生命力在于创新,只有创新才能打破传统模式,开拓新领域,发展新技术。没有创新意识要想保持科技领先和竞争力长久不衰是不可能的。实现创新除了高水平的人才外,足够的科技投入是不可缺少的物质条件。世界上许多发达国家为了能够经常推出高水平的新产品,保持在竞争中的领先地位,都十分重视创新。企业部门的研究机构承担了绝大多数的研究与发展工作。大公司都有自己完整的研究系统,成为科研、生产、推销的综合体,把一定比例的收入作为发展基金用于科技投入。据估计,一个企业的科技投入如果只占收入的1%,这个企业就难以生存;如果达到2%,也只能勉强维持;只有提高到5%以上才有活力。世界上已形成的十大著名电气公司,分布在欧、美、亚地区,亚洲的3个都在日本。以创立于1910年的日立电气公司为例,其科技投入从1984年以后,差不多每年以0.4%的速度递增,到1985年已达到5.3%;1986,1987,1988年的投入额分别为5.8%,6.2%,6.5%。实际投入的研究发展经费,到1988年一季度已增加到26亿美元。绝大部分的创新和研究发展工作按专业不同主要集中在8个研究所进行。能源已被列为日立公司当前两大首要发展研究重点之一,涉及到能源和电力的研究所有两个,此外还有一个以材料科学和生物工程为中心的基础研究所,目的是为下一世纪的发展奠定基础。由于科技投入的逐年上升,加快了技术进步的步伐,因而对经济增长的贡献从1985年开始逐年提高,大大地增强了公司实力。

美国几家电气公司也有类似的情况。以西屋电气公司为例,为了在世界范围内的电气产品市场的激烈竞争中始终保持优势,不惜重金,不分民族和国籍聘请有造诣的专家,建立了研究发展中心,成为公司创新的支柱,专门进行与本公司有关领域的探索性研究和发展研究,并致力于将其它学科的最新成就用于产品和工艺上。

应用性基础研究在发达国家已被列入企业的研究发展中心范围,不再作为国家级NSF的资助范畴。然而在我国,产业部门所属的研究机构对这类工作却兴趣不大,认为“远水救不了近火”,致使在NSFC的规划中不得不占相当的比重,这就不可避免地要削弱自然科学基金支持前沿性基础课题的能力。

### 三、创新是选题的重要依据

面对现实,对当前如何开拓电工学科的新局面和增强该学科的活力,曾作过某些尝试,初步结果表明,要想使电工学基础知识更有效地服务于电力建设和高科技发展的需要,必须注重应用性基础研究的创新,而且创新精神首先体现在选题中,只有立题准确才有可能研制出符合国情,意义重大的高性能、高质量和高效率的电力设备。否则必将导致专业知识陈旧、学科水平下降、贡献能力减弱。几年来,针对与大型输变电设备有关的应用性基础研究,根据开拓和创新的原则,按照评审程序,在各类项目中,先后资助了一定的课题。以重大项目为例,其中一个子课题叫作“SF<sub>6</sub>混合气体放电基本特性与灭弧机理的研究”,属于电工学科高电压技术分支,主要是研究在极端电磁场条件下的物理现象及其应用技术。很显然,这是电工学科传统性应用基础研究的进一步发展。国际上,对SF<sub>6</sub>混合气体放电特性的研究也不过十几年,对灭弧机理的研究则更短。国内的起步比国外晚些,但差距并不大,只要给予重视,跨入国际先进

行列不会用太长的时间,而且从资助一开始就特别强调避免照搬国外的办法,有分析地借鉴别人的经验、注重弄清微观机理,根据实用上的要求进行全面地、综合地分析评价,寻求具有实用价值的混合气体,为电力事业的发展作出切实的贡献,这既突出了创新思想又体现了我国的特色。

众所周知,任何一个电气设备无一例外地都是由导体和绝缘体两大基本部分,按照一定的要求结合起来组成的有机整体。 $\text{SF}_6$  由于它的优良性能,作为一种良好的绝缘和灭弧气体用于电力设备,已有近 40 年的历史。特别是 60 年代以来,在对高电压大容量断路器的改型换代方面,发挥了极其重要的作用。近代比较先进的超高电压金属壳全封闭式组合电器(GIS),就是以它作为绝缘和灭弧介质而发展起来的。它能使户外式高压电器摆脱污秽大气环境的影响,大大地降低外绝缘距离和缩小占地面积。但是随着电力系统电压水平的提高和输送容量的扩大,发现使用单一的  $\text{SF}_6$  在技术和经济上也有某些美中不足之处。具体说,首先,  $\text{SF}_6$  价格昂贵,国内每公斤约 100—150 元,是国外价格的 4—5 倍。其次,相变临界温度不够低,临界压力又不够高。当压力加到 6 个大气压时,  $-25^\circ\text{C}$  就已经变成液体了,通常认为不适用于在环境温度  $-30^\circ\text{C}$  以下(高寒地带)的电力设备上,然而在我国冬季最低温度达到这个水平的地区还相当不少。再次,  $\text{SF}_6$  的电特性对带电体表面的状态十分敏感,电场稍有不均就会引起其电特性明显下降。另外,当有电弧通过时,在高温作用下能分解出一定量的剧毒化合物,而且随放电能量的增加,毒性物质的含量也愈大,若不加处理会污染环境和危及健康。

为了克服上述缺点,照常规,人们自然会首先想到摆脱  $\text{SF}_6$ , 把注意力集中到寻找新的比  $\text{SF}_6$  更好的气体介质上,这个愿望自然是好的,事实上,国外有人已作过这种尝试,如美国的 ORNL 从基础入手进行过不少的研究,但始终未获得有希望的结果。但是从开拓和创新的思路出发,经过分析,人们设想了另一条途径,即仍以  $\text{SF}_6$  为基础(因为它具有很多优良特性)去设法寻找某种在技术和经济上均较为理想的气体,作为添加剂,组成  $\text{SF}_6$  混合气体,使它起到既能发扬  $\text{SF}_6$  的优良电气性能,又能有效地抑制其不利因素的作用。近些年来,这种尝试已经取得了令人鼓舞的进展,有的研究机构,如联邦德国的西门子公司已将所得结果用于电力设备上制成了样品,初步试运行结果表明,性能是令人满意的。目前,这一课题在学术上的主要任务是研究二元(甚至是多元)混合气体的内部微观过程对宏观特性的影响。可行的办法是从宏观入手,经过半微观到微观逐步深入,以求从机理上阐明添加物与性能的关系,进而弄清选择添加物的依据。这被普遍认为是个既有理论意义,又有应用价值的课题,也是开拓和创新的结果。

#### 四、创新促进了应用性基础研究的深化

仍以上述课题为例,前面已经提到,  $\text{SF}_6$  是一种良好的电介质,具有优良的电气性能,在高压电力设备中起着举足轻重的作用。从本质上看,它是一种电负性极强的气体,也就是说,在放电过程中能有效地捕获自由电子,形成质量很大的负离子,由于它运动十分迟缓,使大量的参与导电的自由电子转为束缚态,从而有效地抑制了放电的发展,促进了气体介电特性的尽快恢复。长期研究实践表明,对于电气工业用  $\text{SF}_6$ , 采用以实验为基础发展起来的流注击穿放电(Streamer Breakdown)理论来计算放电特性,能得到比较满意的结果。但进一步又发现,当在  $\text{SF}_6$  中加入某种添加剂,组成  $\text{SF}_6$  混合气体时,按上述理论求得的放电特性计算值往往高

于实验值,如果工作压力超过两个大气压,偏差更为明显。据分析,其主要原因是计算中没考虑  $SF_6$  和添加剂之间,由于能量输运效应引起一部分已经被俘获的自由电子摆脱束缚,恢复自由态,重新加入导电过程的影响,而且这种作用随压力增加不断加强。这就说明,在较高压力下,混合气体中负离子和中性粒子的相互作用,带电粒子间的电荷转移,以及双体和三体碰撞等对放电特性具有不可忽视的作用,必须深入进行研究,这不仅推进了理论研究的深化,发展了理论结果,同时还可通过对影响上述结果的各种因素的深入探讨,找到寻求更为优异的混合气体的依据。

## 五、结 语

如上所述,应用性基础研究的任务是从事服务于经济建设为背景的科学技术的研究。对电工学科而言,除少量基础研究外,主要是从事服务于能源建设(主要是电力建设)和某些高技术领域的电工技术基础的研究,具有明确的应用背景,项目的突出特点是研究价值和应用前景两者不可偏废。很难想象,一个服务于经济建设的课题只有技术上的先进性没有经济上的合理性而能够得到社会的承认;也不能指望只有眼前的经济效益,缺乏技术上先进性的课题能具有持久的生命力。实践表明,开拓和创新是使两者紧密结合的有效方法,这一点不仅对电工学科,对其他比较成熟的传统学科也都适用。

从管理学角度出发,判断一个应用性基础研究项目的取舍,概括起来有以下几点:理论上是否可信;技术上是否可行;经济上是否可取和应用上是否可靠。在传统学科中,开拓和创新也是贯彻上述原则的有效方法,因为它能起到准确、及时地发掘高水平和高效益课题的作用。所开拓的项目,经过认真组织落实,一旦取得突破,将会给经济建设带来巨大的贡献,同时还能推动传统学科向深入发展。

综上所述不难看出,立题思想的创新是给传统学科带来活力的关键。要想做到这一点,必须从我国的实际需要出发,考虑客观条件的可能,根据世界范围的发展趋势和已有的研究积累,选择那些经过努力有希望跨入世界先进行列的课题,加强管理、积极扶植,使其在推进理论发展的同时,尽快取得高水平的研究成果。自然,今后科学基金的管理工作在这方面的任务还十分繁重,需要加倍努力。

## 参 考 文 献

- [1] 李柱流等译,管理学基础——职能·行为·模型,中国人民大学出版社,1981年。
- [2] 师昌绪,国家自然科学基金委员会在我国基础研究中的作用,科技导报,1989年, No.3, 18—23.
- [3] 张铸全,我国经济发展战略研究中的几个重要问题,中外管理导报,1989年, No.1, 8—11.
- [4] Proc.of 5th International Symposium on High Voltage Engineering, 1987年. No., 15—15.

## THE IMPORTANT FUNCTION OF THE CREATION IN THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING SCIENCE

Wang Youlin

(Dept. of M & E, NSFC)

### Abstract

In recent years, from the practice of research managements of foundation we found that it has been a imperative problems demanding prompt solution how to impel a traditional disciplines to come into being the advanced projects according to the regulations of foundation. In this paper, the important function of the creation in the development of electrical engineering science has been analyzed in the light of the history, present status and progress of electrical discipline's specific project and the new aspect of traditional disciplines is discussed from point of view of research management science.

· 简讯 ·

### 我国首次光纤孤子通信与孤子激光学术 讨论会在南京召开

国家自然科学基金委员会信息科学部委托东南大学于1990年3月19—22日在南京召开了光纤孤子通信与孤子激光学术讨论会。出席会议的有来自高等院校、科研院所等17个单位的代表四十多人。向会议提交学术论文、综述报告共24篇。这是国内首次召开的有关光纤孤子通信与孤子激光专题学术讨论会报告。内容包括有关的基本理论; 光纤孤子传输演化特性分析; 系统设计及实验方案等、有些理论成果已达国际先进水平。

由于光纤孤子通信是一种高速大容量、长距离全光通信方案是现代通信的前沿学科。因此, 美国贝尔实验室在1988、1989年先后建立的4000公里和6000公里光纤孤子通信实验系统引起了世界各国的极大关注。美、日、英、苏等国在这方面已投入大量的人力和物力。贝尔实验室已经宣布争取在近期建立实用化的光纤孤子通信系统, 这将是通信科学技术前沿研究工作的重大进展。与会代表通过讨论一致认为, 我国已具备了发展光纤孤子通信与孤子激光的技术基础。今后各单位应加强合作, 着眼于未来的实用性积极开展实验研究。从多种渠道争取立项的满足较大强度的资金要求, 争取在“八五”期间有较大发展。

(信息科学部 王玉堂供稿)