

黄为民 编著



科学发现 与技术发明方法

上海科学普及出版社

科学发现与技术发明方法

黄为民 编著

上海科学普及出版社

(沪)新登字第 305 号

责任编辑 李 乔

科学发现与技术发明方法

黄为民 编著

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 上海七厂一分厂印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.125 字数 185000

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—4500

ISBN 7-5427-1494-5/N · 27 定价:14.00 元

前 言

人类社会将进入知识经济时代。这是社会生产方式、生活方式、思维方式和方式等诸多层面发生裂变的时代。作为一个明显的时代特征,全球化、知识化趋势在世纪之交日益凸现。经济发展的活力源自信息的流动和组合;知识创造着经济的奇迹。未来的一切产品和服务都将体现着知识的价值。知识经济的灵魂是创新。科学发现与技术发明的本质也在于创新。加强对创新及其机制的研究,是人类适应知识经济发展的一种必然要求。

对知识经济条件下创新的研究,可以采用不同的研究角度。在这里,我很高兴向读者推荐黄为民同志撰写的《关于科学发现与技术发明的方法》一书。该书从当代科学技术发展的宏观背景出发,立足方法论层面,深入探讨科学发现与技术发明的内在机制。通览全书,有以下几个特色值得一说:

一是起点高。全书以辩证唯物主义和历史唯物主义作指导,从具体的科学发现和技术发明活动中提炼出十几种方法。这些方法既是具体科学研究活动的升华,又是把握当代科学技术发展脉络的基础。可以这样说,《关于科学发现与技术发明的方法》一书是科学世界观、方法论与具体方法相结合的一本力作。

二是视野广。该书以知识经济发展为背景,关注科学研究和技术发明的前沿问题,对不同领域的科学发明活

动进行准确描述和分析,论证了方法创新的极端重要性。书中论述的十几种方法涵盖了当代科学发现和技术发明的各个领域。

三是可操作性。作为一本论述方法的书稿,全书以科学事实为依据,深入剖析创新方法的内在机理,揭示了科学发现和技术发明的本质规律。其应用价值就在于,它不仅为科技工作者提供方法论指导和实际工作的应用,而且为一般读者和初入科学殿堂的年青人提供了掌握科学方法的钥匙。

概言之,《关于科学发现与技术发明的方法》是一本颇具特色、且有较高应用价值的好书。这也是黄为民同志长期从事自然辩证法教学和研究创新的成果。需要指出的是,有关科学发现与技术发明的方法研究是一个未竟的课题。无论在研究广度和深度上,它将随着实践和科学技术的发展而发展。这就给科学工作者、理论研究工作者提供了大有可为的研究空间。愿黄为民同志以此为起点,在科学方法研究领域有更大的突破,也愿有更多的同志关注和参与这方面的研究。

叶敦平

于上海交通大学

1996年6月

序

科学发现与技术发明的方法是自然辩证法学科的重要内容之一。在自然辩证法课的教学中介绍这一内容,旨在开拓硕士研究生的眼界,启迪思路,为他们早日独立承担科研工作打下方法论的基础。

纵观科学发展史和技术发展史,可以清楚地看到,重大的科学发现、技术发明总是与发现者、发明者高超的研究方法相联系的。著名的法国生理学家贝尔纳认为,科学中难能可贵的创造性才华,由于方法拙劣可能被削弱,甚至被扼杀;而良好的方法则会增长、促进这种才华。俄国学者巴甫洛夫认为,初期研究的障碍,是缺乏研究方法。因此,西方教育界重视对在校学生进行方法教育。

随着高新技术和高新技术产业的出现,欧美等国强化了对高校学生的方法教育。如1973年,美国国家基金会在卡内基—梅隆大学、俄勒冈大学、麻省理工学院和犹太大学建立了“创新中心”,全方位地指导全美的创造发明运动。不仅如此,各大公司也加强了对职员的方法培训,如贝尔公司通过发明案例的分析,对进入该公司的青年科技人员进行研究方法教育;IBM公司对全体人员进行综摄法轮训;福特汽车公司常年开设创造方法培训班。

以二次创新著称于世的日本,培养了一批专门从事发明方法研究的创造学家。这些学者不仅在各级、各类学校中讲授研究方法,而且深入企业,向科技人员与职工宣

讲创造技法,有力地促进了企业的发明、革新运动的开展,推动了日本经济和科学技术的发展。

我国在这方面的起步较晚,80年代在硕士研究生中开始在自然辩证法课程中讲授科学研究方法,有些大学在本科生中开设了方法论选修课。中国创造学会成立后,创造技法在一些大、中、小学和企业中传播。发展虽然较快,但与欧美等国相比,还有相当的距离。

当前,一些工业发达国家已步入信息社会,与此相适应的知识经济已在发达国家中得到发展,创新已成为各国政府发展经济的共识。今年2月4日,江泽民主席就中国科学院《迎接知识经济时代,建设国家创新体系》的报告作了重要批示:知识经济,创新意识对于我们二十一世纪的发展至关重要。创新自然离不开良好的方法。在即将全面推动我国知识创新工程之际,上海科学普及出版社出版本书正是适逢时机,为我国知识创新工程的启动做了一件有益的事。

黄为民同志作为一位自然辩证法专业教师,从80年代起就在上海机械学院(现为上海理工大学)从事硕士生、博士生课程教学,并在本科生中开设科研方法选修课;作为中国创造学会会员,应上海技师协会化工工作委员会、上海市创造学会、上海人民广播电台、上海市人事局等单位邀请,为高级技师、中青年科技人员、管理干部讲授创造技法,受到上述各单位和听讲者的好评,这是他长期重视方法论学习与研究的结果。本书是他教学与研究的成果,其内容反映了当今中外学者的研究状况,资料丰富翔实,思路清晰,文字通俗,易为读者了解发现与发

明过程的基本方法,能给予人们以一定的启迪。值得一提的是,黄为民同志能脚踏实地访问他曾学习与工作过的单位(如复旦大学、华东师范大学和上海理工大学)的专家、教授,并将他们的研究方法汇入书中,克服了不少书籍只讲外国科学家的倾向,使学生有一种亲近感和自豪感。本书的第三个特点是所选内容是在较广泛地听取生产、科研第一线的工作人员的意见基础上确定的,故具有可操作性和较高的实用价值。本书还有一个特点是,作者自觉地以唯物辩证法为主线来组织内容。

衷心希望黄为民同志能继续探索、研究与整理,在现有的对方法的论述的基础上,为上升到方法论的层次再作努力。

张瑞琨

于华东师范大学

1998. 6.

目 录

第一章 选题方法	1
第一节 选题分析.....	1
第二节 选题的五项原则.....	5
第三节 选题需注意的六大关系.....	9
第二章 调研方法	14
第一节 直接性调研	14
第二节 当代科技文献的特点	17
第三节 查阅科技文献资料	23
第三章 计算机检索与国际联机检索方法	31
第一节 计算机检索与联机检索概述	31
第二节 检索的途径与方法	37
第四章 观察和实验方法	43
第一节 观察方法	43
第二节 实验方法	52
第五章 逻辑方法	58
第一节 形式逻辑的最基本概念	58
第二节 基本的逻辑方法	63
第六章 假说方法	76
第一节 假说的形成及其发展	77
第二节 假说的运用	80
第三节 建立假说的方法	86
第七章 系统工程方法	90
第一节 系统目标的确定	94
第二节 寻找系统方案.....	105

2 科学发现与技术发明方法

第三节 选择最优方案.....	118
第八章 创造发明的基本原理.....	134
第一节 创造发明的外在动力原理.....	134
第二节 创造发明的方法论原理.....	139
第三节 创造发明的思维原理.....	147
第九章 创造发明的对立——统一技法.....	157
第一节 自由——强制技法.....	157
第二节 分析——综合技法.....	175
第三节 继承——突破技法.....	184
第十章 创造发明的联系——传递技法.....	192
第一节 系统——离散技法.....	192
第二节 类比——联想技法.....	203
主要参考资料.....	213
后 记.....	216

第一章 选题方法

选题是科学发现与技术发明的起点。如果把一项科学发现或技术发明的全过程视为一场战役的话,那么,选题是该战役的第一仗,这一仗打得好与坏对整个战役的胜败关系极为密切。英国科学家 J. D. 贝尔纳认为,课题的选择是发现与发明过程中最复杂的一个阶段。一般来说,提出课题比解决课题更困难,所以评价和选择课题,便成了研究的战略起点。

纵观科学史,可以看到那些扬鞭跃马、纵横驰骋在科技战线上的科学名将,皆是选题的能手。他们善于观察,能够从蛛丝马迹中发现大自然透露出来的秘密;他们多谋善断,勇于放弃那些旁人认为很有意义的目标而去追捕新的目标;他们独具慧眼,能正确地选择突破口。那么,他们是怎样选题的呢?

第一节 选题的分析

选题,这本身就是一个值得研究的课题。“因为提出新的问题,新的可能性,从新的角度看旧问题,都需要有创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步”。(《物理学的进化》爱因斯坦,英费尔著上海科技出版社第 60 页,1986 年版)这不仅告诉我们一个有创见的课题,对科学的发现有着极为重要的作用,而且告诉我们选题是一项复杂的工作。为此先对选题作一个简单的分析。

选题,根据不同的目的和要求,可分成各种不同的类型。如根据课题的来源,选题可分为:生产实践型、科学理论型、意外发现型等等。根据学科来分,选题则有:基础理论型、应用研究型、生产研制型等等。不同的分类方法各有千秋。综合起来,可将课题分为如

下五种类型:

一、物化型课题——科学理论向实际应用转化的课题,属发明型课题。工程师通常以这类课题作为主要任务。这类课题的特点是,先有比较完善、比较系统的定律、定理或理论体系,后人以这些理论为指导,制造出各种器件,使理论物化,变为直接生产力。1820年,奥斯特在研究过程中看到,通电导线会引起磁针旋转,这是电磁效应最早的发现。到1831年,英国的科学家法拉第发现了电磁感应定律。这一定律证明了机械能可以转化为电能。后来,法国的皮克希根据这个定律,用永久磁铁做转子制成了发电机。1867年,德国的西门子发明了自激式直流发电机。1870年法国的格拉姆发明环状转子。1873年德国的阿尔特涅发明了鼓状转子。至此,发电机成为电力工业中的一个重要组成部分,使法拉第的理论物化。摄影术、电话、无线电、雷达、原子弹、电视机、晶体管、集成电路……等技术成就,均属这类课题。选择这类课题的科技工作人员,需要一定的理论修养,特别是对所选课题涉及的理论,要有深刻的理解。

二、理论型课题——在实验和实践经验的基础上,对丰富的感性资料进行分析、研究,上升为理论。这类课题属发现型课题,是善长理论研究的科技人员所关心的。它与上述课题相反,是对丰富的、杂乱的实践材料加以制作和改造,从中揭示出隐藏在现象背后的规律。恩格斯提出,科学的发生和发展一开始就是由生产决定的,而且人的认识,主要地依赖于物质的生产活动,逐渐地了解自然的现象、自然的性质、自然的规律性。理论型课题归根到底是来源于生产实践和科学实验。从科学史上不难看出,最早出现的科学理论是与生产实践联系最紧密的,如几何学、力学、天文学……等。自然科学发展到今天,虽然有其新的特点,似乎直接来自生产实践的课题越来越少,但是,要看到科学—技术—生产的周期越来越短,生产向科学研究提出了更高的要求。同时,科学实验的作用日益增强,它为科学发展提供了越来越多的研究材料,如太阳能的利

用,海洋能的利用,地热能的利用,人口问题,环境问题……都是生产、生活向科学研究提出的课题。因此,从事科学发现与技术发明理论研究的科技工作人员,必须十分关注生产实践提出的各种问题,热情地解决这些问题,提出新的理论。选择这类课题的科技工作者需要掌握大量的第一手材料,具有较强的抽象思维能力。

三、验证型课题——用实验证实某一科学假说。这类课题可以是发现型,也可是发明型,通常是实验工作者感兴趣的选题。如著名的麦克尔逊—莫雷尔实验,吴健雄的钴⁶⁰实验,都是这类课题中颇有影响的成功的实验。

目前,国外不少从事实验的科技工作者,都在设计寻找引力波实验,企图为广义相对论提出实验证据;不少从事高能物理研究的工作者,都在设法用实验探索夸克问题。选择这类课题为研究对象的科技人员,需要有高超的实验技巧。

四、探索型课题——当原有的理论与新的实验发生矛盾时,探索原有理论的适用范围。这类课题属于发现型,多半出现在科学革命时期。在物理学史上,相对论提出后,探讨牛顿力学适用的范围是这类课题中比较典型的一例。1905年6月,爱因斯坦发表了《论流体的电动力学》一文,完整地提出了狭义相对论,揭示了空间和时间的联系,引起了物理学理论的革命。1913年发表了同格罗斯曼合著的论文《广义相对论和引力理论纲要》,提出引力的度规场理论。相对论告诉人们,当任何物体作高速运动时(接近光速时),会出现二个现象:一是物体缩短了(如果你用尺同时测量这物体的两端,就会发现该物体比原来短了,与运动方向垂直的一端收缩了);二是在这物体上的时钟比放在地球上的时钟慢了(当然,这都是以光速为极限)。可是,牛顿力学告诉我们,空间和时间都是客观存在的。一个物体无论处于静止状态,还是处于运动状态,其占据的空间总是相同的。在这物体上的时钟与别处运动物上的时钟始终是相同的(当然,两钟具有完全相同的精度)。二种说法哪一种对呢?经过探索得知,两者皆对。根据相对论的观点,一个物体不

可能有比光速更大的速度。光速是所有物体所能具有的速度的最大限度。如果一个物体相对于别的速率等于光的速率,那么它相对于岸的速率也等于光的速率。将速度加上或减去的简单的力学定律在这里不再适用了,或者更确切地说,它对低的速度若不求精确还是可用的,但是对于接近光速的速度就不能应用。表示光速的数明确地现显在洛仑兹转换中,它并不象经典力学描述的,速度可以无限大,而是有极限的。这个更为普遍的理论 with 经典转换和经典力学并不矛盾。反过来,当速度在非常小的极限情况下,我们又回到旧概念上来了。《物理学的进化》爱因斯坦、英费尔著)探索型课题不仅可通过理论计算解决,也可用实验来解决。但是,它要求科技人员具有明察秋毫的判别能力和清晰的分析能力。

五、开拓型课题——其一是利用原有的科学理论去开拓新的领域。这类选题既有发现型,又有发明型,研究这类课题的科技人员越来越多。这一情况的出现,是与当代科学技术发展的“积分化”特点相联系的。所谓积分化是指学科之间不断渗透,边缘学科不断产生,从而填补了早期各学科之间的空隙。如化学物理、生物物理、地球物理、天体物理、生物力学、地质力学、地质化学、生物地球化学……等等。边缘学科填补了数、理、化、天、地、生六大基础学科之间的空白。此外,还出现了控制论、信息论、系统论这些横断学科。创建这些边缘学科和横断学科就属这类课题。控制论是自动控制、电子技术、无线电通讯、神经生理学、生物学、心理学、医学、数理逻辑、统计力学等多种学科杂交的产物。在它的酝酿阶段,维纳、别格罗、罗森勃吕特吸取了谢灵顿和巴甫洛夫神经生理学的研究成果以及数理逻辑的成就,特别是仲农的类布尔代数在电工开关系统研究中应用和其他工程技术人员在滤波和开关电路方面的研究成果。在形成阶段,不仅吸取了神经生理学家匹茨和数理逻辑学家麦克卡洛合作在神经生理学方面取得的成就,冯·诺意曼与经济学家摩根希吞合作创立的《博弈论与经济行为》的成就,而且吸取了墨西哥国立心脏研究所与罗森勃吕特共同进行的涉及反馈主

题的神经方面的实验成果。从这事实中可以看到,这类课题要求研究者具有深厚的专业造诣和广博的知识。

其二是探讨科学技术领域中的空白点。这类课题是高难度课题。如天体起源、人类起源和基本粒子研究、宇航……等问题。它要求研究者具有非常扎实的基础理论、专业基础知识和丰富的想象力与非凡的创造力。

总之,各类选题各有特点,对研究者有不同的要求,每个科技工作者应根据自己的特长,量力而行,正确地选择能发挥自己才能的课题。

第二节 选题的五项原则

原则是处理问题的准绳。选题也要有一定的准绳。科技工作者按选题准绳行事,可能使所选之题有生命力。

一、科学性原则

所谓科学性原则是指选题要以科学理论为依据,切不可谬论作为出发点。一般来说,选题不能与已有的、被实验所证实是正确的理论以及被科学实验所验证过的经验公式、经验事实相违背。这一点似乎每个科技工作者都知道,其实并不尽然。例如,从目前的研究来看,永动机是不可能被制造出来的,因为它违背热力学定律。可是还有人进行“永动机设计方案”的研究。这是违反这一原则的,可见,重审这一原则是有必要的。

然而,更为重要的是,我们应该看到科学理论、经验公式和经验事实都具有二重性,即绝对性和相对性,所以,要辩证地看待这一原则。在某些场合下,可以选择与原有理论与经验公式相违背的题目作为研究课题。如上海理工大学一位教师把30兆显像管改为100兆显像管就是一个例证。那是七十年代中期,某单位急需100兆显像管,但当时我国只有30兆显像管。怎么办?他提出把30兆显像管改为100兆的设想。可是,当他走访了有关生产部门后,发

现自己的想法超越了经验事实。但他并没有轻易地放弃自己的选题,而是努力探索,克服了重重困难,终于取得了成功。

在科学革命时期,在大量的事实和科学实验的面前,则可以选择与原有理论相矛盾的题目作为研究课题。非达尔文主义就是与传统的达尔文进化论相矛盾的课题。达尔文进化论的要点是:自然选择是进化的最重要的因素,生物的每一性状都是自然选择的产物;突变是随机的,新发生的突变几乎全是有害的;突变是不定向的,但随着时间的推移,进化的进程还是具有方向性的,那就是在自然选择的连续作用下,朝着适应的方向进化。可是,60年代出现的非达尔文主义进化论,却是与上述理论相对立的。这一学说认为,生物进化是“中性突变”在自然群体中进行随机的“遗传漂变”的结果。目前,国内外有不少学者从事非达尔文主义进化课题的研究。

二、可行性原则

所谓可行性原则是指选题应与主客观条件相匹配。这一原则要求科技工作者对选题所涉及的各个方面,尽可能地作细致的分析,以便预测课题成功的概率。

一个课题的成功与否涉及众多因素,受到很多条件的限制,最主要的是人、财、物和时间这四个因素。用科学技术知识武装起来的人是科研的主体;物是进行研究的基本物质基础;财和时间是科研的两大约束因素。

人,是指经过一定训练、具有完成选题所必备的基本知识的工作人员。对于一个课题小组来说,人是指有一定组织、指挥和业务能力的组长;有数名或数十名各有专长的成员,他们能组成完成这课题所需的合理的知识结构;组长与成员,以及成员与成员之间有合作的可能性。

物,是指研究过程必备的仪器、设备、场所,必要的情报资料、科学理论等。

财,是指完成课题所需的最低的经费。

时间,是指计划完成课题的最长限期。

一般来说,上述各条能实现,表明此课题是可行的,而且能比较顺利地完。但是,我们不能唯条件论,在课题已定,上述条件尚未全部具备的情况下,要发挥每个科技工作者的主观能动性,努力创造条件,克服困难,变不行为可行。上海理工大学赵学瑞教授所从事的“高分子减阻”研究,就是在上述物的条件不完全具备的情况下进行的。60年代末、70年代初,社会上需要减阻剂,不少单位想从事这方面的研究,可是又不敢,原因是缺乏必要的情报资料和科学理论。赵教授也看到了这一点,但他认为学校流体力学教研组有各种专业知识的人才,有较先进、精确的实验设备,有经费,只要刻苦钻研,发扬攻关精神,是可以克服上述困难的。经过近十年的研究,取得了可喜的成果。

可行性的四因素中,人是最主要的因素,在共产党的领导下,只要有人,什么人间奇迹都可以创造。在这方面,我们可以从大庆油田的开发得到启示。当初,大庆油田的开发,得到了党和国家的重视,可是由于种种原因,石油开发者们进入大庆时,还是头顶青天,脚踏荒原。在冰天雪地之中,开发者在党委的领导下,发扬了“一不怕苦,二不怕死”的革命精神,战胜了重重困难,打出了一口口油井。

当前,正是全面进入 21 世纪的时期,每个科技工作者都应该有“没有条件,创造条件”上的精神,努力使那些物、财相对不足的课题开花、结果。

运用可行性原则时还须注意灵活性,即某一课题在此时、此地、此人、此单位不可行,但在彼时、彼地、彼单位是可行的。可行与不可行要因人、因时、因地而定。每个科技人员要根据实际情况扬长避短,发扬敢想、敢干,边学、边干、边创造条件的精神,量力而行。

三、经济性原则

所谓经济性原则是指选题成功后可能带来的经济效益。发现