

21世纪高等教育规划教材

实验研究的技能与方法

王青宁 主编
俞树荣 主审



西南交通大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了如何进行科研课题选题、查阅资料的方法与资料整理以及试验设计方法,其中重点介绍了正交试验的设计方法,另外还介绍了试验误差的处理、试验数据的处理以及如何写作科研论文。本书密切结合工作实际,内容丰富,每章都有相应的实例说明。

本书可作为高等学校化学工程与技术、材料科学与工程、环境、农业、医药、机械等专业本科生和研究生的教材与参考书,亦可供从事科学研究人员、工程技术人员、相关学科技术人员和管理技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实验研究的技能与方法/王青宁主编. —成都:西南交通大学出版社,2007.4

21 世纪高等教育规划教材

ISBN 978-7-81104-629-8

I. 实… II. 王… III. 实验方法—高等学校—教材
IV. N33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 049608 号

21 世纪高等教育规划教材

实验研究的技能与方法

Shiyan Yanjiu de Jineng yu Fangfa

王青宁 主编

*

责任编辑 张华敏

封面设计 水木时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

安徽省蚌埠市广达印务有限公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:13

字数:352 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-629-8

定价:22.80 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

前 言

本书编者从1998年以来,在兰州理工大学多次给本科生和研究生讲授“实验技能与数据处理方法”课,学生反映很好,并建议将讲义编写成正规教材出版。鉴于此,编者本着国家教委关于高等教育应面向21世纪培养专业面宽、知识面广、综合素质高、实践能力强的现代化建设人才的精神,并根据自身多年的科研、教学实践体会,在原有讲义的基础上进行修订补充,编写成此书以满足更多读者学习和研究需要。

本书共八章,由五大部分组成。第1~2章为第一部分,主要介绍科学技术的关系以及科技研究的特点、性质及任务、类型和基本程序,另外还介绍了科研课题的选题原则、方式、程序及开题报告的写作方法。第3章为第二部分,主要介绍科技情报的收集以及CA、化学信息资源等文献的查找、阅读及数据整理的方法和如何做文献综述。第4章为第三部分,主要介绍实验的基本程序及如何拟定实验方案。第5~7章为第四部分,主要介绍实验误差的分析和方差分析以及采用列表法、图解法、回归分析法对实验数据进行有效处理的方法。第8章为第五部分,主要介绍科技论文和总结报告的撰写要求及格式。

本书结合大量实例,从技术观点、应用观点力求对每种方法的原理和应用给予通俗的说明,并通过简单实例阐述各种方法的应用,书中实例丰富,特别注重工程实际应用,强调理论联系实际、学以致用。

本书由王青宁主编并统稿,俞树荣教授主审全书。另外,参加本书编写的还有:崔锦峰、王继红、叶启智、张飞龙、李澜。在本书的编写过程中,陈斌、赵秋萍、杜当愚等参与了部分文字、图表及公式等的录入校对工作,同时,本书的编写还得到了兰州理工大学石油化工学院史高峰、李春雷、梁皓等老师的关心与鼓励,在此一并表示衷心感谢!

在本书编写的过程中,编者参考了国内外的有关文献与资料,引用了其中的一些内容和实例,在此向所有原作者表示感谢!

本书可作为高等院校理工科类专业的本科生、研究生的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

由于编者水平所限,书中难免有遗漏和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2007年4月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 科学与技术的关系	(1)
1.2 科技研究的性质及任务	(3)
1.3 科技研究的特点	(3)
1.4 科技研究的类型	(6)
1.5 科技研究的基本程序	(8)
第 2 章 科研课题的选择	(11)
2.1 选题原则	(12)
2.2 选题方式	(14)
2.3 选题的程序	(17)
2.4 文献综述	(19)
2.5 开题报告	(19)
第 3 章 科技情报的收集	(22)
3.1 概述	(22)
3.2 科技文献的查阅方法	(24)
3.3 文献的阅读及整理方法	(31)
第 4 章 实验研究	(39)
4.1 实验的基本程序	(40)
4.2 拟订实验方案	(42)
4.3 实验设计	(46)
4.4 黄金分割法(0.618 法)	(49)
4.5 正交试验设计	(51)
4.6 实验过程中的观察及机遇	(73)
第 5 章 实验误差的分析	(76)
5.1 真实值与平均值	(76)
5.2 误差的种类与表示	(77)
5.3 误差来源及处理方法	(79)
5.4 实验数据的精确度	(84)
5.5 误差的传递	(89)
第 6 章 实验数据的处理	(94)
6.1 实验数据的列表法	(94)
6.2 实验数据的图解法	(99)
6.3 回归分析法	(112)
第 7 章 方差分析	(128)
7.1 单因素方差分析	(128)

7.2 双因素方差分析	(131)
第8章 科技论文的撰写	(137)
8.1 科技论文的种类及要求	(137)
8.2 科技论文的基本格式及内容	(142)
8.3 科技论文的写作步骤及方法	(161)
附 录	(169)
附录1 相关系数检验表	(169)
附录2 常用正交表	(170)
附录3 秩和临界表	(180)
附录4 化学信息资源	(181)
附录5 查阅美国《化学文摘》的方法	(183)
附录6 美国《化学文摘》中常用词的缩写	(190)
附录7 专利国别代码	(199)
参考文献	(202)

第1章 绪 论

人类知识的创造、科学的进展都有前因后果。勤奋学习、全面掌握知识、积累深厚的文化基础,加上万事必问的好奇心、勤奋严谨的学习态度和强烈的求知欲,就是创新的源泉。学而不问则殆,问而不学则罔。学而问,问而思,思而行,行而果,这就是创新。

创新思维方式,就是以超常规乃至反常规的眼界、视角、方法去观察、思考问题,提出与众不同的解决问题的方案、程序或重新组合已有的知识、技术、经验等,以获取创造性的思维成果,从而实现具有主体创造能力的思维方式。

科学发展观的本质是以人为本。当前国际经济竞争激烈,核心是高端科技人才和管理人才的竞争。人才是社会进步、科技发展的最重要资源。一个国家如此,一个企业如此,一个科学研究单位也是如此。

本章主要论述科学与技术的关系、科学研究的性质及任务、科学研究的程序等。

1.1 科学与技术的关系

科学技术是第一生产力,科学研究是发展科学技术的中心环节。科技研究是创造知识、加工已有的知识、利用知识、把科学知识转化为技术知识、把技术知识转化为生产知识的一系列重要实践活动。

科学是正确反映客观事物本质和规律的系统知识。技术不只是一种运作程序和技巧,而是一种知识,是行动和制造的知识。科技,广义是指“科学”和“技术”的统称;狭义是指以自然科学为基础的技术或工程技术。

科技一词的定义,在不同的情况下可能不同。科技可以简单地被界定为:“有目的地应用知识、能力和经验,用资源创造产品或建立系统,以满足人类需要”。实际上,科技是指:利用资源以满足人类需求的知识总和;人类生存的一种策略;人们控制和改造自然环境的手段和方法;一种理论(如科学)的实际应用;社会变迁的主要动力;人类适应环境的主要工具;运用科学、材料和人力资源,以实现人类期求目标的历程;运用我们的知识、工具和技能以解决实际问题并扩展人类的能力;前人生活经验与智慧传承的累积。上述定义包含两个方面的含义:一是科学技术活动的性质,即这些活动必须集中于或密切关系着科技知识的产生、发展、传播和应用;二是所涉及的领域,即这些活动是在自然科学、工程与技术、医学、农业科学、社会科学及人文科学领域内进行的。

不是任何一种知识活动都可以看成是科学。广义的科学是社会科学、自然科学和思维科学的总称;而狭义的科学是指自然科学。本书主要讲的科学是自然科学。

把自然科学体系作为一个整体,根据科学知识的类型可划分为三类:基础科学、技术科学和工程科学,如图 1-1 所示。基础科学由基础科学理论和实验技术组成;技术科学由技术科学理论和基础技术组成;工程科学由工程科学理论和工程技术组成。

自然科学的研究方法包括科学和技术研究方法。从科学的角度看,科学理论包括基础科学理论、技术科学理论和工程科学理论三部分。从科技的角度看,技术包括实验技术、基础技术和工程

技术三部分。科技是一种手段,能使资源变成社会需要的对象和服务。

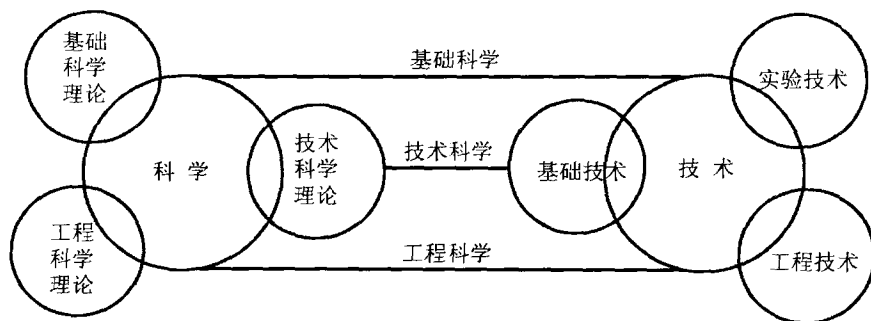


图 1-1 自然科学体系结构

科学与技术的区别是:

(1)科学是有组织、有系统的学问;而科技则是人类应用知识、工具与技术解决问题并延伸人类能力的活动。

(2)科学活动大致遵循仔细观察、提出问题、提出假设、进行实验(验证假设)、得出结论(学说与定律)等科学方法和步骤;而科技活动则通过界定问题、搜集相关资料、提出解决方案、执行制作、测试与评估等步骤解决问题。

(3)科学活动较偏重于发现(Discover)与探索(Explore);而科技活动除解决人类所面临的问题或满足人类的需求外,科技活动常伴随着创新与发明的活动内涵。

(4)就活动的结果而言,科学活动的目的在于理清事物之间的关系或探究自然界或宇宙运行的法则,通过科学活动的协助,我们可以了解事物之间的关系或建立共同的原理、原则、定律;而科技活动的目的在于解决人类所面临的问题或满足人类需求。因此,科学是反映客观事实和规律的知识体系,而技术是满足生产等需要而创造的手段的总和。其中,有一种是看得见、摸得着的硬技术,如工具、设备、机械等;另一种是看不见和摸不着的软技术,如经验、技能、技巧等。

科学的根本职能是认识客观世界的规律,应解决三个问题:是什么——说清楚是什么样的现象;为什么——为什么会出这种现象;能不能——出现的现象能不能解决。技术的根本职能是对客观世界的控制和利用,即设计和制造用于生产等方面的工具和手段,使理论变为现实,也要解决三个问题:做什么;怎么做;做出来有什么用。

科学与技术的关系是:

(1)科学和科学活动较偏重于发现与探索,即发现那些在自然界早已存在的事物或现象的规律;而科技活动除解决人类所面临的问题或满足人类的需求外,常伴随着创新与发明的活动内涵,即发明在自然界中从来没有过的东西。

(2)科学处在自然与技术的交点上,技术处在科学与生产的交点上。

(3)科学是单一知识,技术是综合性知识。

(4)科学是观念形态技术,是有组织、有系统的学问;技术是物质形态科学,是人类应用知识、工具与技术解决问题并延伸人类能力的活动。

(5)就活动的结果而言,科学活动的目的在于理清事物之间的关系或探究自然运行的法则,因此通过科学活动的协助,我们可以了解事物之间的关系或建立共同的原理、原则、定律;而科技活动的目的在于解决人类所面临的问题或满足人类需求。

总之,科学和技术不过是一种本质的两种表现形式。科学中有技术,技术中也有科学,没有科学理论的指导,技术就不可能有创新;没有技术成果的不断创造,就不能推动科学的发展。随着生产实践和科学实验的发展,特别是现代科学和现代技术的兴起,科学与技术的联系日益紧密,彼此渗透,已形成现代科学技术的统一体系。

1.2 科技研究的性质及任务

1.2.1 科技研究的性质

科学研究是人类特有的活动方式,是人类社会实践的基本形式之一。科学研究的本质是创造知识。其内涵:一是创造新知识;二是加工已有的知识,包括存储、分析、鉴别、整理,使零散的知识系统化、体系化;三是利用知识,把科学知识转化为技术知识,把技术知识转化为生产知识,把某个学科知识成功地应用于其他学科,等等。因此,知识的创造、加工和利用三者之间既有区别又有联系。

知识生产与物质活动相比有很多特殊性:

(1)劳动对象不同。物质生产是把各种形态的物质加工成人们所需的产品;知识生产的劳动对象是知识、信息、定理、设想、实验方案、技术路线、工艺流程等。

(2)加工过程不同。物质生产的加工过程是投入原料,经过事先准备好的工艺流程,生产出合格产品;而知识生产没有成熟“工艺”,由于投入知识的多样性和随机性,加工知识的“工艺”是经常变化的,而且不易重复。

(3)产品形态不同。物质生产的产品是物,即材料、设备、仪器、吃穿用品等;而知识生产的产品是论文、报告、资料、设计、图表、曲线等。有时,知识生产也以新仪器、新设备、新材料等物质的形态表现出来,不过和工厂的定型产品有着本质的区别,它是作为一种“知识化”的产品形式出现。

1.2.2 科技研究的任务

科技研究作为人类特有的活动方式有四个基本任务:

(1)揭示自然现象的奥秘及其发展变化规律。

(2)提高利用自然现象及其规律的能力。科技研究不能只停留在认识自然的阶段,还必须在认识自然的基础上,进一步探索如何利用自然,解决人类在适应自然和利用自然过程中提出的各种理论和技术问题,这是科技研究的一项主要任务。

(3)推动社会物质生产的发展。科技来自生产,科技也指导生产,科技如果不能直接或间接地对生产起指导作用,也就没有存在的价值。一系列新兴的工业,大多数都建立在先进的科技基础上。理论研究一旦获得重大成果,迟早会给生产和技术的发展带来巨大的影响。

(4)促进精神文明的进步。没有发达的科学文化,就不可能建立物质文明和精神文明相统一并高度发达的现代化强国。

1.3 科技研究的特点

科技研究活动是人类社会生产活动的一种方式,是一种极其复杂的、难度较高的智力劳动。它

与工业的生产劳动以及社会的其他劳动是有区别的。

1.3.1 科学研究的基本特点

1. 继承性是从事科技研究的前提和基础

任何研究都是以前人的成果为起点,在前人创造的基础上进行的。科学研究就是利用前人所建立起来的科学技术作为继续研究的工具,将前人探索过但没有完成的事业继续探索下去。因此,系统地继承前人已经获得的知识,了解前人还没有解决的问题,是从事科技研究的基础和前提。

2. 探索性是科技研究的基本任务

探索即探索未知,提出问题,解决问题。探索意味着开拓、变动、偶现和失败。开拓是研究起点,在错综复杂的矛盾中,研究选择新方向、新领域、新方法、新工艺;变动是在探索进度中经常发生的,因为探索实际上就是有目的地改变研究方案、研究方法、设计构思、计算步骤等,使自己逐步接近研究目的;偶现是超出预定目的的事件,是探索中的机遇和产物,科学史上不少发现和发明并不是有目的的研究结果,而是在研究其他问题时作为偶然现象捕获的;探索还意味着研究人员应能接受失败的考验,并从失败中不断总结经验教训,失败是探索之路,是科技研究中的正常现象,只有在失败中不断总结经验教训,才能在科研活动中不断取得成功。

3. 创造性是科学研究的灵魂

科技研究的目的是为了发现新事物,创造新知识,研究新产品,它不是重复前人的劳动,而是在继承的基础上,进行十分艰巨的再创造,只有在继承的基础上进行创造,才能使知识扩大、加深和发展。

科学创造包括三个方面的内容:发现、发明和创新。发现是首先取得对自然界包括社会的规律性认识,并有新现象的发现、新规律的揭示、新理论的创立;发明是自然界不存在的东西,通过科技劳动而被创造出来,如许多化学制品和各种特殊新材料的发明;创新是对现有知识水平的提高及更新,如科学创新、技术创新、生产工艺创新等。

4. 严密性是科学研究成败的关键

自然现象是按一定的规律运动、变化和发展的,人们只能遵循它,而不能违背它,科学研究活动只有适应它才能揭示它。研究工作者要寻求其变化规律,一定要:①有一丝不苟的精神;②严格选取典型材料,才易于发现和抓住本质;③严格地定时、定点进行科学研究;④具备精良装备,这是衡量科研水平的重要标志;⑤在研究中,既要严格适应研究对象的客观规律性,又要符合认识过程的逻辑性。

1.3.2 现代科技研究的特点

科技研究除了具有上述基本特点外,现代科学研究还有以下特点。

1. 科学的运作性

现代的西方科学,无论在理论方面或经验方面皆属于运作性的。

就科学理论而言,一切科学命题原则上均可采用逻辑数学程序来表达和运算,或至少可以纳入逻辑运作,这些运作包含了转换性、形式性、可概括性和系统性四种特性。

科学理论的转换性,是指科学知识的一种转换操作,最简单的转换是数学或逻辑上的运算符号

所带来的对于数学或逻辑程序的转换,例如加、减、乘、除、连接、倒置等;科学理论的形式性,是指按一定规则推演出命题体系,而无需涉及这些命题的实际事例,亦即可以不顾所应用对象的性质,而专注于运作的形式;科学理论的可概括性,是指通过较低层次的运作寻找出彼此的共同性质,并将它们纳入更高的、新层次的运作;科学理论的系统性,是指任何运作皆不是孤立的,而是嵌在整体的运作网中,相互牵连,形成一个系统,而数个系统又可以通过概括程序,变成另一个更大的系统中的子系统。

就科学的经验而言,所谓“经验”不再是指一种被动的观察,或对知觉内容的注意,而是一套有系统地干预现象,控制知觉内容出现的程序。在今天,科学的观察已不再是被动记录某一系统所发生的一切现象,而是主动利用理论工具或实验工具,收集实验者所要的信息。其中,无论器物的操作(架起器材、预备场地、建立互动、记录现象、进行等)还是理智的操作(排除错误、调整曲线、运用统计、归纳与演绎等)皆是运作性的。

2. 技术的运作性

现代技术的最大特色,便是它与科学的密切互动。一方面,科学在实验上对于仪器十分依赖,而仪器皆是尖端技术的产品;另一方面,仪器的使用及其结果的解释,亦需要高度的科学理论。科学之所以能与技术形成非常密切的互动关系,是因为技术亦是运作性的。技术的运作性亦包含转换性、形式性、可概括性等几种特性。技术是一种转换的行动,人通过对技术的转换行动改变自然或社会的状态,或产生新的状态;技术的运作亦是形式性的,每一项具体操作遵循一种独立于器材之外的模式;技术的运作是可概括性的,因为每一种运作皆可以纳入更宽泛的运作中;技术的运作亦是系统性的,因为每一种单独运作皆非孤立的,而是与其他运作一起依序列或回馈式连锁形成一个系统。

科学与技术原本隶属于文化中的认知次系统的行动次系统,但是现代西方已将两者的运作密切结合起来,形成一个自由、独立、有规律的系统,进而把全球文化带向普及化、运作化的发展方向。

3. 集体性

随着科学的发展,知识相互渗透,现代科技问题往往是几个学科交叉的共同点,因此,解决问题需要凭借于集体的力量,要有合理的知识结构、年龄结构和专业类别。

4. 多学科性

随着工业生产的发展,生产分工更细,导致科学技术的学科与门类不断增加,现代科技研究不仅要纵深方向解决科学技术问题,而且一个问题往往横向涉及多类学科,因此,多学科的应用,已成为现代科技研究的一个主要特点。

5. 现代化的方法与手段

随着数学、计算机和各种现代化测试仪器的的发展,许多科技问题已采用计算和测试方法以及数据处理方法来解决,掌握这些方法和手段,是科技研究的基本功。

6. 大信息量

21世纪是信息时代,每时每刻都会产生数量惊人的信息,要使自己处于科技研究的前沿,必须掌握处理大量信息的方法和手段。

7. 国际性

随着全球一体化步伐的加快,国际国内的科学技术合作与交流也会不断增加,因此,科技研究

更加具有国际性。

科研工作者应了解以上科技研究的特点,这对于减少甚至避免科研活动中的失误、提高科研效率、扩大科研成果和推动研究工作的进展十分重要。

1.4 科技研究的类型

现代科学技术体系由基础科学、技术科学和工程科学组成,因而科技研究可划分为基础研究、应用研究和开发研究几种类型,见图 1-2。

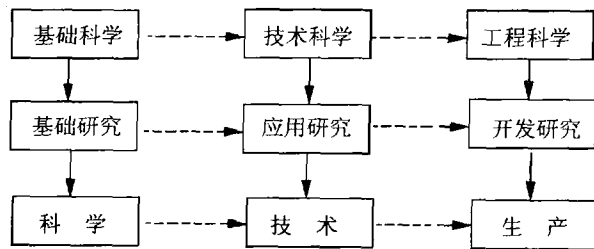


图 1-2 现代科学技术体系与科技研究之间的关系

1.4.1 基础研究

基础研究是增加科学技术知识和发现新的探索领域的创造性活动,其内容是探索自然的本质、特征、结构、运动规律,是为了获得所探索领域的新发现、新学说而进行的实验性或理论性研究。基础研究不以任何专门或特定的应用或使用为目的,它只是通过试验分析或理论性研究,对事物的特性、结构和各种关系进行分析,加深对客观事物的认识,解释现象的本质,揭示物质运动的规律或提出和验证各种设想、理论与定律。其表现形式以理论知识形态的科学考察、实验报告、学术论文和科学著作为主。

1.4.2 应用研究

应用研究是指为获得新知识而进行的创造性研究,主要针对某一特定的目标。其特点是更具有专门性,本质特征是技术发明。从研究目的看,应用研究是探索基础研究成果的可能用途,或是为达到预定的目标而探索应采取的新方法(原理)、新途径,为解决实际问题提供科学依据。从研究结果看,应用研究的成果一般只影响科学技术的某些领域和有限范围,其结果只针对具体的领域、问题或情况。表现形式具有多元性,既有学术论文、学术报告或专著、原理性模型或发明专利,也可以有信息形态的设计图纸和技术说明书,还可以有样品原型,其内容是技术原理和技术规则等。

1.4.3 开发研究

开发研究是具有具体的、明确的、实用目的的某种研究活动。具体是将基础研究和应用研究的成果扩展到生产中去,为推广新材料、新产品、新设备、新技术、新工艺、新流程和新方法,寻求在技术上可行、经济上合理的最佳解决方案。其特点是在基础研究和应用研究的基础上进行新的开发和再创造。表现形式与应用研究大体相同,但实用性、针对性更强,与产品生产更密切、更接近,主要是专利、专有技术、新产品原型或样机、样件等。

工业领域的开发研究包括以下几类活动:

(1)为研制新产品(新工艺)或对已有产品(已有工艺)进行实质性改进而从事的系列工作。它包括技术调研、技术咨询和资料准备,设计及改进设计,工装模具准备、研制,检测用仪器设备的准备、制造及安装,原材料、元器件、零配件、辅助材料的准备,样机的试验和检测,试验车间(中间试验)的建立和运行,论证鉴定,等等。

(2)在工程设计、小批量试制、工业性试验及试生产过程中,对新产品原型和新工艺本身做进一步改进所从事的相关活动。

(3)对从国外引进的技术或从国内购买的技术作实质性改进及再创新所开展的相关活动,但不包括对这些技术的直接应用或仿制活动。

1.4.4 基础研究、应用研究和开发研究三者的关系

基础研究、应用研究和开发研究三者的关系如下:

(1)基础研究与应用研究的主要区别是:基础研究没有特定的应用目的或目标,主要表现在进行研究时,对其成果的实际应用前景如何并不很清楚,或者虽然确知其应用前景但并不了解达到应用目标的具体方法和技术途径。应用研究的特定应用目的不外乎两类:一是发展基础研究成果确定其可能用途,二是为达到具体的、预定的目标确定应采取的方法和途径。应用研究虽然也是为了获得科学技术知识,但这种新知识是在开辟新的应用途径的基础上获得的,是对现有知识的扩展,为解决实际问题提供科学依据,对实际应用有直接的影响。基础研究获取的知识必须经过应用研究才能发展为实际应用的形式。

例如:对金属和非金属结构与性质的研究,其直接目的是探索金属和非金属结合的基本规律以及其结构与性质的关系,属于基础研究;在不同的温度、压力条件下,研究各种金属和非金属复合的可能性以及所形成的复合物的物理、化学性质,以便为获得高性能的金属、非金属复合材料提供科学依据和实验数据,属于应用研究。这两项研究,前者目的是认识事物本质,解释物质运动规律,虽有明确的应用前景,但不具有应用的目的,其成果主要是为探索金属和非金属复合材料提供理论依据而不是提供具体的途径和方法;而后者具有直接的应用目的,是为获得高性能的复合材料提供研究方法和途径。

(2)基础研究、应用研究与开发研究的主要区别是:基础研究和应用研究主要是扩大科学技术知识,而开发研究则是开辟新的应用,即为获得新材料、新产品、新工艺、新系统、新服务以及对已有的上述各项作实质性的改进。

虽然应用研究和开发研究所追求的最终目标是一样的,但它们的直接目的或目标却有着本质的差别。应用研究是为达到实际应用效果提供应用原理、技术途径和方法、原理性样机或方案,这是创造知识的过程;开发研究并不增加科学技术知识,而是利用或综合已有知识创造新的应用,与生产活动直接有关,所提供的材料、产品装置是可以复制的原型,而不是原理性样机或方案,提供的工艺、系统和服务可以在实际中采用。

基础研究、应用研究、开发研究,反映了科学、技术、生产三者的相互关系,前一类研究成果是后一类研究的前提和依据;后一类研究又不断地反馈,为前一类研究提供新的研究课题;应用研究在整个科研体系活动中起关键作用,是桥梁。

总之,基础研究、应用研究与开发研究是相互联系、相互渗透和相互促进的有机整体,形成了现代科学研究的“立体作战”的结构体系,从而实现了人类认识自然和改造自然过程的统一、技术与生产的一体化。

1.5 科技研究的基本程序

科学技术研究的全过程为：基础研究—应用研究—开发研究—推广应用四个阶段。其相互关系如图 1-3 所示。

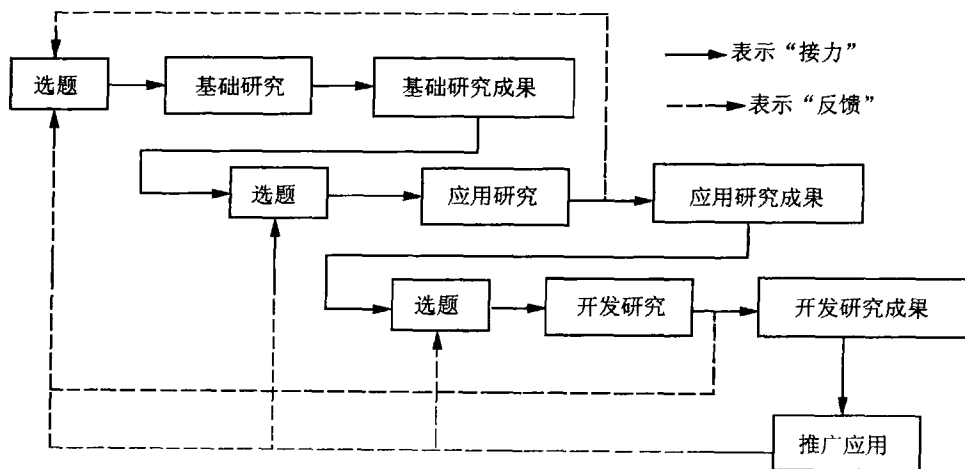


图 1-3 科学技术研究的全过程

科学研究的全过程不仅是一个接力过程，而且还是一个反馈过程，既按“基础研究→应用研究→开发研究→推广应用”的方向以接力的方式进行，又按“推广应用→开发研究→应用研究→基础研究”的方向提供信息反馈。在整个科学研究的过程中，要经多次内、外反馈，形成一个不间断的循环系统，从而使科研工作不断深化。例如，生产技术发展的新要求、推广应用中发生的科学技术问题，反过来给开发研究和应用研究又提出了新的课题；开发研究中遇到的异常现象和难以解释的理论问题，又为应用研究和基础研究提供了新的研究方向。

1.5.1 基础研究的一般过程

基础研究的具体过程可能会因学科、课题或人的不同而不同；但基础研究的一般过程则大致相同，通常可分为五个基本阶段：

(1) 抉择与准备阶段。研究人员要通过各种途径和线索，提出尚未解决的科学问题，确定研究方向，选择并论证课题，从而把课题具体化；然后，对新研究的问题提出大胆的假设，确定研究的组织形式，掌握研究工具，并确定研究的方法，拟定研究程序和制订研究计划。

(2) 资料与事实的搜集阶段。收集文献与情报资料可帮助确定并论证研究课题，它是科学研究继承性的具体表现。经验事实是科学研究的基础，是能否探索发现科学真理的先决条件。观察和实验是搜集经验事实的主要方法，是获取研究对象的第一手资料的创造性实践活动。

(3) 资料与事实的加工整理阶段。运用逻辑方法、数学方法、统计方法及其他方法对新搜集到的资料与事实进行加工、整理。通过科学的抽象方法建立科学概念，并运用比较、分类、类比、归纳、演绎、分析、综合以及各种数学方法，对研究中的现象和变化规律作出解释和说明。科学研究成果的创造性程度如何，主要取决于这一阶段。

(4)提出科学假说,建立科学理论阶段。如果研究任务是验证一个假设,通过观察或实践检验之后,若发现事实与假设相符,假设就可以上升为假说。同样,若发现事实与假说相符,假说就可以上升为理论。假说和理论都是科学研究的成果。对一些新的研究领域来说,仅仅获得一个科学理论是不够的,还要不断地在该领域向纵深拓展,扩充、丰富已获得的理论,形成一系列原理、定律、公式,然后用历史与逻辑相统一的方法、公理化方法等建立比较完整的科学理论体系。假说和理论都是科学研究的成果,可通过学术论文和学术专著等形式表现出来。

(5)科研成果的评价阶段。研究人员通过前面几个阶段,一般都会获得预期研究成果。但有可能只是部分达到预期目标,甚至可能会得到否定的结果,因此,必须进行鉴定和评价,这是科学研究活动的最后一个环节。

上述五个阶段只是基础研究的一般程序,并不完全包括基础研究中所采用的全部程序。

1.5.2 开发研究的一般过程

开发研究有明确的、具体的目标,是为了解决实际生产中出现的问题而开展的研究工作。开发研究一般可分为五个阶段:

(1)计划。主要任务是制定产品研制方案,为此要进行各种调查,包括生产、市场、资源、环境及其他社会调查,并查阅有关科技文献资料,在调查的基础上确定新产品开发课题,进行课题论证;根据新产品开发对象的各种功能要求,提出产品技术指标;拟定达到技术指标的方案,通过可行性分析,进行全面的评估,确定最佳研制方案。

(2)小试。研制方案确定之后,要对研究方案中某些关键技术采取措施,认真细致地做好试验(基础研究成果、应用研究成果、通用技术成果)研究工作;把适用的成果消化,吸收,解决关键技术问题;进行定量、定性的分析,得出设计所需要的技术参数和结论。小试是保证研制方案的生产可行性、经济合理性和产品开发成功的重要步骤。

(3)中试。中试阶段包括批量生产设计、试制和鉴定。

设计是开发新产品的重要环节,涉及技术、经济和政策等问题。在设计时应考虑产品性能稳定可靠、技术上先进、经济上合理和制造上可行,注意产品的继承性,只有这样,才能取得经济效益。

试制是根据设计图纸,小批量加工制造新产品。此过程能暴露设计、工艺、原材料和功能等方面存在的生产技术问题,因而进一步完善设计,改进和稳定工艺,消除正式投产中的技术障碍。

鉴定直接关系到科研成果的推广应用和研究人员的劳动成果评定。

(4)生产。包括试生产及正式生产,试车前围绕研制的新产品,要进行工程设计、原料准备及设备安装、试车及确定生产方案,试生产任务完成后,要由有关部门验收合格后,才可以正式交付生产。

(5)销售。市场开发主要包括市场分析、样品试用、市场试销、产品投放市场、售后服务、产品宣传等工作。

1.5.3 开发研究活动与开发研究成果应用之间的区分

新产品的研制或对现有产品的性能进行重大改进的设计、制造和试验是开发研究活动。对引进(或购买)现成的技术成果(如专利、技术诀窍、图纸和样机等)进行复制或直接应用而形成新产品的过程是研究与开发成果的应用。

采用国内已有的产品及技术,对其在技术上没有实质性的改进,或为开拓市场仅有一些小的调整或修改,属于仿造或模仿,其设计、制造与试验不属于开发研究,而是开发研究成果的应用,制造

出的样机只能算是复制品。

对新工艺、新生产过程、新方法的研制或对现有工艺、生产过程在方法上和技术上作实质性的改进,是开发研究活动。

新产品、新工艺、新生产过程直接应用于生产之前,往往要进行中间试验以解决一系列的技术问题,这种情况比较复杂,对其是否属于开发研究应视具体情况而定。如果进行中间试验的直接目的是为了从技术上进一步改进产品、工艺或生产过程,为此进行的试验就是开发研究;如果是为了进行产品的定型设计,获取生产所需的技术参数,就不是开发研究,而是开发研究成果的应用。例如,桐油改性聚氨酯漆中试,其目的是为了找出改进工艺的方法,通过中试研究和制定最佳配方及工艺条件,因而测试中试产品的物化性能、施工性能、贮存性能,属于开发研究;磷酸酯盐系列产品中试,其目的是为了稳定产品质量,选择有效除泡方法并确定工艺条件,这种进行产品应用考核实验的中试,属于开发研究成果的应用。

试生产是原型经过必要的改进,修改满意后,在正式投入生产前的“试验性”生产。进行试生产时,有关产品、工艺、流程等的设计工作已基本完成,在试生产过程中也不对产品或生产过程在技术方面作进一步的改进,因而既不属于开发研究,也不属于开发研究成果的应用。

生产过程的质量控制及材料、设备、产品的常规检验、测试,既不属于开发研究,也不属于开发研究成果的应用。原型检验检测和非商业性的试验工厂(中试车间)的检验检测,属于开发研究试验活动。

市场调查既不是开发研究,也不是开发研究成果的应用。

综上所述,科技研究程序与研究的目的、需要解决的问题等密切相关。但从认识的角度来看,绝大多数研究过程都有一个共同点,即实践—认识—再实践—再认识这样一个不断循环、深化、提高的过程。科技研究的实践主要是靠实验或试验,而认识则靠思维。实验与思维是科技研究的两大武器,即科学研究中既要动手也要动脑。实验是科技知识的客观检验标准,也是科学技术发展的重要依据和源泉。实验离不开思维,通过思维,把蕴涵在实验资料内部的内在联系发掘出来,形成一个比较完整的新认识。只有通过思维,实验的真正目的才能达到,而检验思维正确性的唯一标准是实验。所以,实验与思维是科技研究中的两个重要的研究方法。本书将主要阐述实验研究的方法。

第2章 科研课题的选择

课题是指理论和实践中尚未解决的问题。研究课题按科技研究分类有基础研究课题、应用研究课题和开发研究课题;按规模分类有实验室研究、中间试验和工业试验;按内容分类有大、中、小课题;按方法分类有理论研究和实验研究;按时间分类有长期研究和短期研究;按来源分类有外来的研究题目和自选的题目;按工作关系分类有协作研究和个人独立研究。科研课题的选择,就是选题。选题是否恰当,直接关系到科研进展的快慢、成果的大小与好坏,甚至整个工作的成败。选择课题就像打仗一样,主攻方向和突破点的选择得当与否,是关系到整个战役全局的大问题,因此,研究课题的选择是科研工作中带有根本性和战略性的环节。

选题本身就是一项研究工作,正确恰当地选题,是科技工作者成功的起点。如何选好科研课题,这不仅反映出一个人的工作态度和方法,也反映了科学技术水平和科技研究能力,因此,要求研究人员必须具有相当高的学识;能提出既适应现实需要又反映未来发展方向或具有开拓性的课题,需要有过人的想象力和科学鉴赏力。科研选题有国家级的、地方的、部门的和自选等不同层次。下面主要介绍选题原则、方法及程序。

科研课题如何选择,奥妙就在于提出问题的“层次”,它不同于政策研究报告,学术文章一般处于理论层面,解决理论问题。理论是由一系列前提假设和术语构造的逻辑体系。特定领域的理论有其特定的概念、范畴和研究方式。多数的科技研究是在既有理论的基础上加以发展,因此,在提出问题时,要以“内行”看得懂的术语和明确的逻辑表述。例如,“中国的半导体产业为什么发展不起来”,审视这个题目,这仅仅是对现象的探询,而不是有待求证的理论命题;“中国产业政策过程是精英主导的共识过程吗”,在这个命题中,“政策过程”、“精英”、“共识过程”三个术语勾勒出研究理论的大体范围和视角。

理论问题总是深深地隐藏在纷繁复杂的现实背后,而发现理论问题,则需要运用理论思维的能力,而理论思维的训练是一个长期积累的过程,大体可以分为三步:第一步,先划定一个“兴趣范围”,如半导体产业、信息产业、精细化工、高等教育体制等,广泛浏览相关的媒体报道、政府文献和学术文章,找出其中的“问题”或“热点”;第二步,总结以往的研究者大体从哪些理论视角分析“问题”或“热点”,运用了哪些理论工具,如公共财政的视角、活性剂的瓶颈问题、社会冲突方式等;第三步,考察问题的可研究性,也就是我们自己的研究空间和研究的可行性,例如,西方的理论是否无法解释中国的问题,或者同一个问题能否用不同的理论解释,或者理论本身的前提假设、逻辑推演是否存在缺陷,通过回答这些问题,我们就可以找到自己研究的立足点。

陈述问题实质上就是凝练核心观点的过程。观点应当来自对现实问题的思考和总结,而不是为了套理论而“削足适履”。例如,中国的政治、经济和社会充满动态的、丰富的景象,如何才能用恰当的术语、准确的逻辑表述出来呢?建议尽可能缩小研究范围,明确研究对象,才能保证在有限的时间内完成学术论文。再如,“中国半导体产业政策研究”就是一个非常含糊的陈述,我们可以从下面几个方面来收缩话题:

(1)时间:1980—2000年。

(2)对象:政府的决策行为,而不是市场、企业、治理结构等。

(3)视角:政治和政府理论中的精英研究。

(4)案例:908工程、909工程、13号文件和《电子振兴》,这是发生在1980—2000年间半导体政策领域的两个重大工程和两个重要文件。

通过这样的明确界定,我们将目光集中在“政策过程”、“精英”、“共识”几个显而易见的概念上,问题也就水落石出清楚了,这样,我们在筛选信息和资料时也就有了明确的标准,在这个“信息冗余”的时代,能够大大提高研究效率。

2.1 选题原则

2.2.1 选题的基本原则

选题至少有四条基本原则,即需要性、创造性、科学性、现实可行性。

1. 需要性原则

这条原则也称为必要性原则、服务性原则、应用性原则、目的性原则。选题必须着眼于社会实践需要和科学技术本身发展的需要。

社会实践的需要,是确定实际应用的价值目标。通过研究,寻求科学技术上实现目标的途径和方法,即根据生产发展的需要,国家建设的需要,医疗卫生的需要及精神、文化、艺术等方面的需要提出。

科技发展的需要,是指首先规定科学技术探索的价值目标,通过研究发现科学规律,然后再指出和探索实际应用的前景和手段,即在科学实验中发现了前所未见的新现象、新事物时,需要加以研究,以揭示其内在奥秘。科技发展到一定阶段上,由于在某些问题上或对某种现象已经积累了足够的材料和实验数据,就需要加以整理、概括,以找出其规律性;当已经建立的科学假说和科学理论与实验事实产生矛盾时,需要对前两者重新审查,或者更换,或者修改,或者补充,使之逐渐完善起来;此外,寻求经验公式的理论意义,就在于将定性理论发展到定量理论,解决理论中的逻辑矛盾以及未能解决的难题、猜想,应用新的理论或技术重新考察过去的研究对象。这些都是科技发展所需要的。

需要性原则是选题的一条基本原则,这是因为科学活动的最终目的是满足日益增长的社会生产和人民生活的需要。需要性原则体现了科技研究的目的性。人们科研活动的目的是认识世界然后改造世界。认识世界的重大科学成就是发现;改造世界的重大科技成就是发明。科学发现为人类知识宝库增添了财富,使科学得到发展,它终将转化为发明、应用,进而转化为直接生产力。因此,我们选题时着眼于科学本身发展的需要,最终目的还是为了社会实践。科学技术的发展,应以促进经济发展为首要任务,它与经济发展、社会发展是三位一体的。选题的需要性原则,正是这种内在联系的反映。

判断选题的需要性可考虑以下几点:

(1)有无实用价值、经济价值和科学价值。

(2)现实需要和长远需要相结合。以现实的、迫切需要解决的课题为重点,积极承担国家重点课题,也要适当选择发展本学科所需的较长远的课题,重视科学预见。

(3)正确对待基础理论研究和应用技术研究。基础研究的目的是探索自然、认识自然,从事基础研究往往不完全是为了生产。然而,基础研究是为经济发展和技术创新作准备,对现代科学的整体发展起着重要作用;应用研究是将基础研究成果转化为直接生产力,利用自然规律解决实际问题,同时又为基础研究创造物质条件。基础理论研究和应用研究相互依存,相互促进,相互不断反