

**KEYAN
JIBEN FANGFA**

科研基本方法

李孟楼 主编

西北农林科技大学出版社

科研基本方法

主 编 李孟楼

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

科研基本方法/李孟楼等主编. —陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2010.4

ISBN 987—7—81092—591—4

I. ①科… II. ①李… III. ①科研基本方法—高等学校—教材 IV. ①G312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 059958 号

科研基本方法

李孟楼 主编

出版发行	西北农林科技大学出版社		
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编	712100
电 话	总编室:029—87093105	发行部	87093302
电子邮箱	press0809@163.com		
印 刷	陕西龙源印务有限公司		
版 次	2011 年 8 月第 1 版		
印 次	2011 年 8 月第 1 次		
开 本	787 mm×960 mm	1/16	
印 张	13.25		
字 数	235 千字		

ISBN 987—7—81092—591—4

定价:20.00 元

本书如有印刷质量问题,请与本社联系

《科研基本方法》编写人员

主 编 李孟楼

副 主 编 刘小林 欧阳韶辉 南小宁

编 者 (以姓氏笔画为序)

尹丽娟	中国农业大学
卢博友	西北农林科技大学
刘小林	西北农林科技大学
李孟楼	西北农林科技大学
李维平	西北农林科技大学
欧阳韶辉	西北农林科技大学
南小宁	西北农林科技大学
郭风平	西北农林科技大学
景天忠	东北林业大学
程智慧	西北农林科技大学

内容简要

本书在序言部分主要介绍了科学与科学研究、科学革命与科学思维方式、科学思想史、科学研究的意义；第一章科学方法论讲述了科学研究方法、科学假设与验证、科学研究与修养；第二章自然科学研究介绍了自然科学研究中的常用方法、科学研究中的仪器与技术、自然科学研究技术；第三章人文社会科学研究描述了人文社会科学的研究范畴与特点、研究方法与技术、选题与研究，并列举了研究实例；第四章科学研究的选题论述了选题的原则与方法、文献查新与检索、研究方案的规划、科研论证报告的撰写；第五章科学研究程序讲述了准备阶段、研究方案实施阶段的特点及科学创新源与研究过程、科研项目管理；第六章科学实验设计与分析介绍了实验性质与目的、试验的设计与规划、实验数据处理与结果分析，并列举了实验设计与分析实例；第七章在科技论文撰写当中介绍了科技论文的类型与特征、撰写要求、写作技巧，并列举了两篇不同类型的科技论文；第八章科研项目的结题与成果申报介绍了科研项目的结题、验收、鉴定及专利申请和科技成果奖励的申报。

本教材按照科学研究的规律对研究的全过程进行论述，总结、吸纳并反映了当前科研基本方法中的最新成果，全书附插图 17 幅。本教材适合高等农、理、工、文科院校本科生及研究生教学使用，也可供初步接触科学研究的工作者参考和阅读。

前 言

人类社会经过漫长的发展,在与天、与地、与自我斗争的过程中,艰难地积累和丰富了人类的认识观、自然观,最终将其上升为认识自然、社会和人类自身的工具,即科学。科学历经数千年的脱胎换骨,已逐步发展成了门类复杂的学科。现代人要认识和利用自然、要提高自身立足天地之间的本领,没有必要再去重复原始人、古代人所走过的艰难的知识积累道路,只需要学会使用人类已经打磨而成的开启科学知识宝库的钥匙的方法。这把能够满足现代人在很短时间内完成古人数千年积累知识过程的钥匙,就是人类智慧结晶的科学思维、科技哲学、科学技术与方法。

人类在生产和生活过程中逐步认识了自然规律,要解决自然和社会问题就必须遵循其规律,并使用富有哲理性的科学思维与方法,这种能够解决生产与社会问题的办法就是研究。由于生产、经济、社会发展的需要,国家和社会也需要一部分人才使用科学方法和科学技术,专门从事探询那些现在或将来应该知道的未知问题,并寻找解决各类难题的办法,研究也就上升成了学问。这类属于研究的学问经过日积月累,越来越多、越来越复杂,当人类按照其认识自然的方式将这类学问分门别类后,从事这类学问的人群也有了分工,这种特殊的社会事业就上升成了科学研究,科学研究已成为现代人类社会进步与文明化的标志和产物。

科学研究是现代社会结构中不可缺少的部分,科学研究水平是一个国家的发展与实力的综合体现。人类经过数千年的科学研究和探索,在认识和利用自然的过程中经历了茫然、盲从、被动和主动阶段,积累了许多科学思想、理论与方法。一个国家、一个民族要在同等生存条件下提高竞争水平和实力,就要不断总结、吸纳和借鉴人类所积累的科学思想与科学技术。

很少接触科学研究的人可能感觉科学的学问很神秘,进行科学研究是那些学问很深的人做的事情。事实并非如此,人类有意识地认识世界和人类社会的产物就是科学,人在认识世界和人类社会中使用的方法就是科学方法,在解决问题中有意识、有技巧地使用科学方法就是科学思想。自然界和人类社会的事

物很多、很复杂,认识不同的事物、解决不同的问题使用的思想和方法差别较大,有些事情只凭借人的直接观察和思考常难以辨别他们的本来面目,就要借助专门的仪器和工具去认识他们,使用仪器和工具认识事物就要有专门的技术,这种技术就叫科学技术。

现代社会已建立了结构较为完善的科学教育与研究体制,但随着社会的不断进步和发展,新的科学和社会问题对科学和技术要求越来越高,社会需要更多的掌握专门知识的人才,个人本领的提高也需要借助于科学方法。鉴于此,为了满足社会和人才培养的要求,本编写组在借鉴其他科学研究方法相关教材的基础上,全方位地总结和吸纳了有关科学研究理论与方法的研究成果,进行了科学思想史、自然科学、人文社会科学、科学研究方法论等知识体系的浓缩与整合,创建了适合农、理、工科高等院校本科与研究生教学使用的《科研基本方法》的结构体系。

读者在阅读本书后,能够体会到只要有生活与实践经历和一定的知识,在每个人的头脑里其实也有被称作科学思想和科学方法的东西,只不过是他们没有认识到那些在解决琐碎事情中使用的办法或技巧也能够称得上是科学。所以,要使人们能够了解科学思想、科学方法和科学技术的使用和运行过程,善于归类 and 总结工作及生活中解决人和人、人和事等方面的经验和技巧,就能够发现很多别人不知道的规律,解决事情的思路、经验和技巧,就能够超越“常人”,就可以成为能力很强的人、有作为的人。

本教材由西北农林科技大学李孟楼教授担任主编,刘小林、欧杨韶辉、南小宁担任副主编。由西北农林科技大学李孟楼编写序言,欧阳韶辉编写第一章科学方法论,中国农业大学尹丽娟、东北林业大学景天忠编写第二章自然科学研究,郭风平编写第三章人文社会科学研究,李维平编写第四章科学研究的选题,刘小林编写第五章科学研究程序,南小宁编写第六章科学实验设计与分析,卢博友编写第七章科技论文撰写,程智慧编写第八章科研项目的结题与成果申报。全书由主编李孟楼教授统稿,书稿完成后各副主编及编委进行了勘误和修改。

本书在编写过程中引用了相关科学研究方法教材中的诸多知识和观点,并参阅和引用了众多专家和学者的资料、文献、研究成果及网络资源中的相关资料,编写组恳请谅解并表示谢意。鉴于本教材编者的水平所限,在内容上难免存在疏漏和错误,敬请同行和读者指正。

编 者

2010 年 5 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第二章 科学方法论	(18)
第一节 科学研究方法	(18)
第二节 假设与验证	(24)
第三节 科学研究与修养	(27)
第三章 自然科学研究	(32)
第一节 自然科学研究中的常用方法	(32)
第二节 科学研究中的仪器与技术	(40)
第三节 自然科学研究技术	(45)
第四章 人文社会科学研究	(64)
第一节 研究范畴与特点	(64)
第二节 研究方法与技术	(74)
第三节 选题与研究	(80)
第五章 科学研究的选题	(88)
第一节 选题的原则与方法	(88)
第二节 文献查新与检索	(97)
第三节 研究方案的规划	(101)
第四节 科研论证报告的撰写	(104)
第六章 科学研究程序	(109)
第一节 准备阶段	(109)
第二节 研究方案的实施阶段	(116)

第三节	科学创新源与研究过程	(118)
第四节	科研项目的管理	(123)
第七章	科学实验设计与分析	(127)
第一节	实验性质与目的	(127)
第二节	实验的规划与设计	(131)
第三节	实验数据处理与结果分析	(141)
第四节	实验设计与分析实例	(147)
第八章	科技论文撰写	(151)
第一节	科技论文的类型与特征	(151)
第二节	论文撰写要求	(157)
第三节	写作技巧	(166)
第九章	科研项目的结题与成果申报	(173)
第一节	科研项目的结题	(173)
第二节	科研项目的验收	(175)
第三节	科研项目的鉴定	(179)
第四节	专利及其申请	(184)
第五节	科技成果奖励申报	(190)
术语索引		(197)
主要参考书目		(201)

第一章 绪 论

科学是人类使用特定技术和哲学观认识自然、自我及精神世界的学问，是包括系统技术和系统哲学在内的一个完整系统。科学并不神秘，是具有科学思想和学问的人自立于社会的一种本领。有了科学思想，人就可以掌握辨析事物、认识社会、明辨是非、获得生存技能的本领。但要具有科学思想和科学本领，必须系统、科学地了解科学研究方法、科学的类型和科学研究过程。

一、科学与科学研究

科学可以区分为自然科学和人文社会科学，这两种不同的科学在性质、内容和研究方法上有着显著的区别。自然科学是对自然现象、规律采取必要的技术、手段进行探索和解释。自然科学是最早具有科学性的科学，自然科学方法已经渗透到了人类生活、生产和社会活动的各个方面，自然科学研究和技术对现代社会、经济的发展有不可估量的重要性。“新科学”即人文社会科学，它将世界划分为自然世界、人类世界和心灵世界（又叫人神世界），主要研究人类生活及人文社会活动方面的各个问题。

现代科学观认为，世界由物质、能量和信息三大基本要素所构成，科学就是研究这三大要素的本质特征及其各层次的运动规律（机械、物理、化学、生物和社会运动），所要认识的对象是一个统一的整体。所以，现代科学就是以物质、能量和信息为中心，以科学和人文相结合为标志，将逻辑实证主义和技术功利主义与思想性、创造性、文化性和精神性相结合为整体性的系统科学。

科学研究是现代社会一项不可缺少的事业，也是现代文明社会一项有组织的社会活动和社会建制。科学显示着人类文明，促进着社会进步，提升着人们的智慧水平和生存质量。现代科学研究包括基础研究、应用研究与开发（或发展）研究，这三类研究在不同研究机构中的地位与比例不同，也在一定程度上反映了研究机构的基本性质。从事科学研究的机构大体上有三类，即

独立的科学研究机构、企业科研机构 and 大学，这三类机构由于其自身目标、组织、任务的不同，各自所从事的科学研究活动和范围也有所区别。

二、科学方法

科学方法是科学研究过程中人的思维、创造、技术的组合，由于技术、研究内容与目标不同，所使用的科学方法也不同。科学实验是为了验证一个理论、假设、问题、猜测、现象而采用的一种科学方法，科学实验不等于科学方法。科学方法是近代科学的产物，古代人类在对自然的初步认识活动中就有其萌芽，古希腊文化则为后来科学方法的孕育和产生提供了数学、逻辑和实验理性等精神准备。现代的科学方法包括实验—数学方法、科学归纳方法、直观—演绎方法等。

在公元前七、八世纪以前，古代学者仅将从生产劳动中分化出来的实验研究作为经验科学的附带，物理学还只是“自然哲学”的组成部分，还处在对现象的描述、经验的简单总结和思辨性猜测阶段。13 世纪的罗吉尔·培根认为，证明前人说法的唯一方法只有观察和实验，并把经验、实验、证明当作科学的三个重要途径。1583 ~ 1608 年，伽利略由实验得出了正确的落体运动等定律，并确立了实验—数学方法，他认为实验应以定量实验观测结果为基础，用数学抽象描述实验客体的基本概念和基本关系（图 1-1）。

由 R. 培根首创，穆勒等加以完善的科学归纳法，创造了科学研究中的实验、归类、归纳和排除的逻辑思维三段论（图 1-1）。19 世纪的赫舍尔（图 1-2）认为发现包括归纳和假说两条途径，制定了包括求同法、差异法、剩余法和共变法在内的发现事物间因果关系的 9 条原则，并提出科学发现中的归纳途径是分解复杂现象——归纳、寻找规律和定律——创造思维产生理论。与赫舍尔同时代的哲学家、经济学家和逻辑学家密尔（J. S. Mill）将逻辑推理从广义上分为归纳和演绎，将归纳定义为发现和证明，提出了契合法（求同法）、差异法、剩余法、共变法、契合差异并用法的“密尔求因果五法”。

笛卡尔（1596 - 1650，图 1-2）以普遍怀疑为起点、以数学方法为模板，建立了直观—演绎的科学方法论。他认为要建立真正的科学知识体系，必须有直接、真实和直观的出发点，才能运用演绎方法进行推论，数学方法则是直观—演绎法的基础。据此，笛卡尔提出了实现这一过程的四条方法规则，即普遍怀疑和直观方法——从具体到抽象的分析方法——由一般到个别的演绎过程——总结、审查并形成理论（图 1-3）。



图 1-1 伽利略 罗吉尔·培根



图 1-2 赫舍尔 笛卡尔

目的：发现逻辑——→说明逻辑
 方法：普遍怀疑——→理性直观——→演绎展开——→事实验证
 过程：准备——→演绎过程——→结果

图 1-3 演绎-归纳过程示意

三、科学革命与科学思维方式

科学革命是指科学领域中的重大突破和进展，科学革命不仅对社会物质生活产生了重大的影响，也改变了人们的精神世界，带来了科学思维方式的变革。科学发展过程是一个渐进与革命交替出现的过程，近代的科学发展曾发生过三次科学革命，产生了许多重要的进展，形成了多次重大突破，每次科学革命都涉及一系列相互关联的具体科学领域的革命性进展。

科学革命、科学领域里的重大进展与科学思维方式的变革有着不可分割的联系，科学革命在很大程度上依赖于科学思维方式的变革；但科学革命的成果则是科学思维方式变革的体现和凝结，常向我们展示出一幅新思维方式下的世界新图景，并进一步推进了科学思维方式的变革。

1. 第一次科学革命与科学思维方式的变革

第一次科学革命开始于16世纪中期哥白尼提出日心说，其标志性成果是由牛顿建立和完成了经典力学的科学理论体系（图1-4）。相对于先前的哲学或宗教的神创论场景而言，它向我们展示了这样一幅新的世界场景，即构成世界的基本要素是离散的“质点”、机械力与引力，由所观察和实验得到的数据可对世界进行定量描述，由力、质量和加速度三项中的两项可定量计算出未知项的场景。



图 1-4 哥白尼 牛顿

该时代的科学思维方式就是机械

力学的思维方式，即在绝对时空背景下可量化的机械力与有质量的单元相统一的思维方式。许多科学家接受，并将这种思维方式推广到了各自研究的领域，在哲学上也出现了机械论和“科学的（狭义的形而上学）哲学”的思维方式。然而，当这种“科学的哲学”成熟的时候，第二次科学革命已悄然降临。

2. 第二次科学革命与科学思维方式的变革

第二次科学革命孕育于 18 世纪后期、延续到 19 世纪末，第二次科学革命对人类社会又一次产生了深远的影响，加快了社会前进的步伐。第二次科学革命的重要成果是康德—拉普拉斯的星云说、赖尔的地质演化理论、达尔文的进化论、克劳修斯的熵增理论等；其他的如原子—分子学说、细胞学说、遗传因子说、能量守恒和转化定律、元素周期律等（图 1-5，6）。

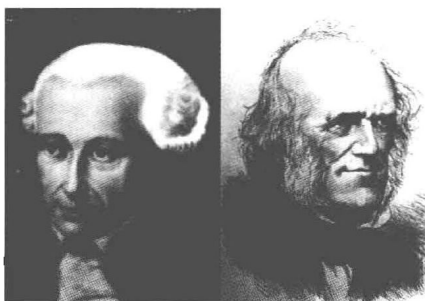


图 1-5 康德 赖尔

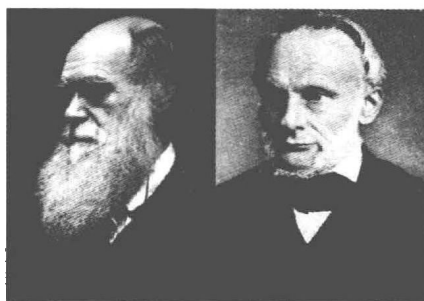


图 1-6 达尔文 克劳修斯

第二次科学革命的核心成果即建立了可以定量描述、相对完整的经典电磁理论体系，该场和波的理论带来的科学思维方式就是波（动）场（连续）式的思维方式，也是以连续整体、能量、质变和多样联系为主要特征的科学思维方式。它从多方面突破了牛顿力学的框架，不仅影响了其他科学的思维方式，还进一步影响了哲学和日常生活。但第二次科学革命并没有在科学上获得概括与综合，形成一个相对完整的、统一的、协调一致的综合体系。

3. 第三次科学革命与科学思维方式的变革

第三次科学革命发生于 20 世纪，它带动了各门科学的蓬勃发展、产生了众多的边缘科学、横断科学和综合科学，形成了真正意义上的大科学。这种一方面高度分化、另一方面又高度综合的发展趋势仍在持续。

第三次科学革命首先在物理学领域产生，其主要成果是爱因斯坦的相对论和海森堡的量子论。相对论和量子论向我们揭示出了一种波粒二象、质能互变、时空对易的互补式的新的科学思维方式。该时期同时也产生了系统论、信息论、控制论、耗散结构理论、协同学理论、超循环理论、混沌理

论等系统科学理论。这一时期的科学思维方式强调系统与环境，要素、功能与层次结构，质变、量变和序变，物质、能量和信息的多样统一，所以可以称为系统科学观（世界由物质、能量和信息三大基本要素构成）或系统思维方式。

因此，了解科学革命和科学思维的变革，就是要明确科学革命和科学思维对社会、经济、人类生活所产生的影响，进行科学研究、引进新的思维具有造就创新和创造的作用。思维方式指导人的活动，有什么样的思维方式就会有怎样的指导思想，有什么样的指导思想就会有怎样的发展观。对个人讲，就会有怎样的成才方式；对国家讲，就会有怎样的发展道路、发展模式和发展战略。

四、科学思想史

人类科学技术的发展史实质上是认识观的发展，人类对自然的认识、思考和幻想推动了科学发现和发明，科学发现和发明导致人们总结发明的经验，进而产生了科学思想和哲学，即指导科学研究的理论和方法，宏观上讲没有科学思想指导的科学研究只能是盲目和无序的研究。因此，总结和了解人类社会长期积累的科学研究思想，对于指导和设计现代科学研究有很重要的意义。

（一）古代科学思想的产生

古代科学处于科学的萌芽时期。是人类认识发展的幼稚时期。人类科学思想最初来自不仅仅在巫术、莫名的崇拜和图腾，巫术诱使人们幻想、幻想导致探索和求知。但古代人对自然界的认识开始于最简单的外部现象，认识经历了由简单到复杂、从现象到本质的发展过程，因此整个科学技术和思想的发展最先来自自然科学中天文学与力学。如重物直线下落，水往低处流，太阳的东升西落，恒星间的相对位置不变等，对这些自然现象的解释就形成了古代天文与力学的理论体系。

古代科学思想来自最简单的自然现象，所以不是在简单的东西内部揭示出复杂性，而是力求用最简单的原理来说明比较复杂的现象。人的直观经验与常识一致是古代科学要达到的目的之一，所以不可能提出与直观常识不相符合的理论，即使有人提出了也不易流传；当直观材料对想象难以解释时，就用猜测进行弥补，自圆其说。如古人认为上与下、高与低有绝对的界限等，在天地形状的解释上就有天平地平、天曲地平、天平地曲、天曲地曲、地球

地平、天球地球等说法，在日地关系上就有日心、地心、太阳围绕地球旋转等各种说法；亚里士多德的“自然界不做多余的事情”就鲜明地体现了这个思想，柏拉图则用“匀速”与“正圆”结合，解释天体运动就是这个原则的范例。

人类在对世界本质的认识上有过单质论、多种单质论、原子论和属性决定物质结构的学说，在单质论中水、土、火、气都分别被当过本原。正因为有了古代许多的猜测和想象，孕育着许多科学思想的种子，保存了不少后世科学理论的萌芽，才为现代许多科学理论和思想的诞生提供了基础。古代科学知识的主要来源是日常生产和生活经验，是常识的积累和解释；而古代的科学本质是农业文明的一部分，是一种典型的农业文化，所以制定历法、授民以时等古代农业生产和地学比较发达。如中国的《九章算术》、《齐民要术》、《梦溪笔谈》、《天工开物》、《本草纲目》等都是来自经验的记述性和总结性文献，贾思勰在《齐民要术》中引用的农谚就有 30 多条；徐光启向农民请教灭蝗方法、种过甘薯和豆类；李时珍拜农民、药农、果农、樵夫、猎人为师，四处搜集民间单方、验方，并亲自栽培药材等。

中国农业社会时间长、古代农业文化保存得较完整，这同西方近代工业文化和机械论形成了强烈的反差。1937 年，李约瑟了解到中国古代科技文化与自然哲学，立即引起了他的强烈兴趣。中国古代哲学与西方的哲学有着互补关系，老子的思想影响了西方人的宇宙观（图 1-7）。西方科学向来是强调实体（如原子、分子、基本粒子、生物分子等），而中国的自然哲学观则以“关系”为基础，西方科学与中国自然观中整体性与协和性结合，形成了现代新的自然哲学和自然观。协同学创始人哈肯认为，协同学含有中国哲学的基本思维，对自然的整体理解是中国哲学的一个核心部分；突变理论创始人托姆认为老子的理论有很大一部分是关于突变理论的启蒙论述。



图 1-7 老子像

（二）科学思想的形成与发展

当人类社会进入欧洲的文艺和科学复兴阶段，人类认识自然从无意和顺其自然走向了有目的和有目标的活动，探索自然、解释自然、发明和创造成为了一项社会活动。科学由原始经验积累过渡到了实验科学，科学理论由生产经验总结发展成为了科学原理和本质的探索。

实验科学的创立 16 世纪以前亚里士多德的运动观一直占统治地位，亚

里士多德认为物体运动与作用力的大小有关,重的物体下落快、轻的物体下落慢。1590年伽利略由比萨斜塔实验得到了自由落体是匀加速运动,其下落速度和时间与物体的轻重无关。在此基础上他又发现了惯性原理,然后他将实验方法、分析方法和数学方法相结合用于力学研究,并开创了实验科学。

科学思维方法的建立 ①古代亚里士多德在形式逻辑理论的基础上,制定了由大前提、小前提、结论组成的三段论式的逻辑体系;17世纪笛卡尔进一步强调了理性的演绎法之后,人类创立了科学研究中第一个科学思维方法,即演绎逻辑法。②19世纪30年代归纳主义的始祖培根,认为演绎逻辑并不能帮助我们发现新的科学,只能强人同意命题,他认为科学研究要从观察和事实出发,要从阶梯式的总结中归纳出低级、中级和普遍公理,然后形成概念。与培根同时代的近代演绎主义的始祖笛卡尔却坚信只有依靠理性才能得到科学真理,可以通过演绎将事物的基本规律揭示出来。③爱因斯坦认为培根单纯强调阶梯式的归纳法表现了科学幼年期的一种稚气,他认为从特殊到一般的道路有直觉性,而从一般到特殊的道路则有逻辑性,单纯的推演也发现不了重大科学原理,因而在科学研究中建立了直觉法。④20世纪40年代产生的系统方法将研究对象视为系统和一个整体,将这个系统中事物的普遍联系和永恒运动看成一个总体过程,综合地探索系统中各种作用、关系和变化规律,以便有效地认识和改造对象。

科学体系的建立 ①近代科学革命以后,随着人类对自然认识的深入,自然科学从哲学的母体中分离了出来,以经验为基础、以实验为手段的自然科学走上了独立发展的逻辑轨道,分别建立了数学、物理、化学等学科,其研究范围和规模不断扩大。②随着科学的进步,社会承认并建立了专门的科学共同体运行机制,各种大学、学会或学院纷纷成立。如,1158年意大利建立博洛尼亚大学,1198年意大利建立萨莱诺大学,11世纪初法国巴黎大学,1167年英国建立牛津大学,1636年美国创建哈佛大学,1560年意大利在那不勒斯创建自然奥秘学院,1826年德国大化学家李比希创建了吉森化学实验室,1874年英国剑桥大学建立了卡文迪许实验室,1594年天主教耶稣会在澳门创办了圣保禄学院,19世纪60年代的即上海建立圣约翰大学。③科学发展到现代,不同学科之间相互渗透、交叉和融合,当代科学已呈现出整体化趋势,第二次世界大战后几乎同时发展起来的系统论、控制论和信息论以及后来的耗散结构理论、协同论、趋循环理论等就是科学整体化的反映。

(三) 自然观的形成和发展

人类对自然世界的认识经历了艰难曲折的过程,每一个认识的历史阶段

都有反映其时代科技发展水平的自然观，直到现在才最终形成了现代的自然观，但是随科学技术的进步和发展，这些自然观仍在继续发展和进步。

1. 物质观——从元素论、原子论到夸克模型

元素论 约公元前 770—前 476 年，老子的《道德经》将世界的本原归于“道”，并认为其兼具物质和精神为一体，这是人类第一次从哲学角度概括和认识世界的本质；公元前 624—前 547 年，泰勒斯认为世界万物的本原是水，万物起于水并复归于水；约公元前 570—前 497 年，毕达格拉斯主张数是世界的本原，万物皆数，由此产生点、线、面、体和水、土、火、气四元素最后形成世界；公元前 500—前 430 年，雅典时期恩培多克勒认为火、气、土、水是世界的本原，公元前约 335—320 年，亚里士多德主张冷、热、干、湿四种性质才是自然最基本本性。

原子论的诞生 约公元前 450 年，与恩培多克勒同时期的阿纳克萨格拉认为万物均可无限分割，提出了无限小的概念；约公元前 432—前 420 年德漠克里特和留基波集前人思想之大成，提出了对后来科学思想的发展有着极大启发和影响的著名的原子论；1803 年英国化学家道尔顿 (J. Dalton) 提出了他的原子论思想，1808 年他在《化学哲学新体系》中系统阐述了原子论思想，同时法国化学家盖—吕萨克 (J. L. Gay-Lussac) 提出了自认为对原子论有力支持的气体反应定律；1811 年意大利物理学家阿伏伽德罗 (A. Avogadro) 提出了分子假说，将道尔顿原子论与盖—吕萨克气体反应定律统一起来，形成了科学的原子—分子学说，建立了物质结构的基本理论，但这一观点在 50 多年后才得到普遍的承认和应用。

夸克模型的创立 电子和元素天然放射性的发现，打破了原子不可分的经典物理学观念，英国物理学家 J. J. 汤姆逊于 1903 年 12 月提出了第一个原子结构模型即西瓜模型，1904 年日本的长冈半太郎提出了“土星模型”；1911 年 J. J. 汤姆逊的学生英籍新西兰物理学家卢瑟福提出了“微太阳系模型”；1913 年卢瑟福的学生丹麦物理学家玻尔提出了原子结构的量子化轨道理论的模型；20 世纪 20 年代海森伯在量子力学的基础上将玻尔模型又改进为电子云模型；1956 年日本理论物理学家坂田昌从物质无限可分的思想出发，提出了强相互作用粒子的复合模即坂田模型；1964 年盖尔曼在坂田模型的基础上提出了夸克模型。到目前为止，物理学家认为自然界中有 6 种不同的夸克 (图 1-8)。

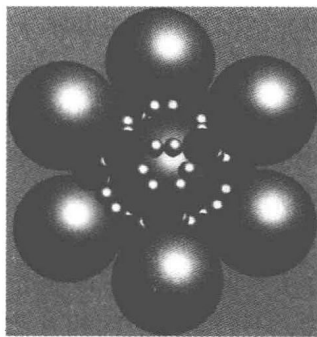


图 1-8 原子间的夸克示意