

● 基础教育阶段
科学教育丛书

总主编 祝怀新

科学教育 导论

KEXUEJIAOYU

DAOLUN

祝怀新 等著

中国环境科学出版社

基础教育阶段科学教育丛书

■总主编 祝怀新

科学教育导论

祝怀新 等著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

科学教育导论 / 祝怀新等著 — 北京: 中国环境科学出版社, 2005.5

(基础教育阶段科学教育丛书/祝怀新主编)

ISBN 7-80209-081-4

I 科… II 祝… III 基础教育—科学教育学—概论 IV G633.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 024640 号

责任编辑: 刘大澍 赵惠芬

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: zongbianshi@cesp.cn

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2005 年 5 月第一版 2005 年 5 月第一次印刷

开 本 850×1168 1/32

印 张 11

字 数 260 千字

定 价 20.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《基础教育阶段科学教育》丛书

编写委员会

主 编 祝怀新

编 委 (按姓氏音序排列)

陈征燕 管培红 赖爱娥

马冬娟 王益红 徐美芬

周爱芬

前 言

科学教育是随着人类社会的发展而产生发展的。西方各国在工业革命后，为满足资本主义生产方式的需要，开始了教育世俗化历程，在此过程中，科学知识被逐渐纳入到教育之中，从而使教育培养出有利于社会生产力发展的人才。可以说，早期的科学教育重在科学知识的传授，其目的不仅是为资本主义社会培养合格的人才，同时，从实用主义观出发，也是为个人未来生活做好充分准备。二次大战后，世界形成了新格局，在冷战背景下，社会主义和资本主义两大阵营都意识到，战胜敌方的必由之路就是加强国力。前苏联卫星的上天，刺激了整个西方世界，由此，以美国为首的资本主义国家把重振国力的希望寄托在教育上，掀起了科学教育的高潮。

战后，世界各国的科学技术得到了前所未有的发展，各国都认识到，一个国家要在世界民族之林立于不败之地，发展是硬道理。但科学技术本身也是一把双刃剑，一方面，战后科学技术的发展极大地提高了社会生产力和人们的生活水平，但同时，人类赖以生存的环境也遭到了巨大的破坏。由此，人们开始进一步认识到，通过学校教育使下一代掌握科学文化知识固然重要，但使未来公民拥有较高的综合科学素质则更为重要，因为科学本身的价值是通过人们的使用来体现的，科学既可以为善服务，也可以为恶服务。因此，科学教育不应当单单强调使学习者积累科学知识的量，更要重视他们的科学价值观与态度、科学精神的形成。

欧美各国在探索科学教育过程中，形成了一个共识，即要使

学习者形成科学素养，不仅应当关注科学事实的传授，关注他们科学知识的积累，而且应当更加重视培养他们科学探究的能力，使他们从小就像科学家那样思考问题、质疑现象。一些学者否认了科学知识的可传授性，而是认为知识是由学习主体通过主动的建构而获得的，由此，建构主义观点被纳入到科学教育，甚至整个教育之中。

长期以来，我国学校教育中的科学教育的内涵被狭隘化，其任务被大大地简化。人们常常把科学教育片面地理解为自然科学知识的传授，一味追求学生对科学知识量的不断积累，以期能有效地通过各级升学考试。而这一问题事实上与科学教育的本质与目标相去甚远，也与我国倡导的素质教育和创新教育的宗旨格格不入，并已严重影响到我国人才培养的素质，影响到我国科学的发展和技术的创新。在实践中，由于上述对科学教育内涵的狭隘理解，致使科学教育步入误区，造成以下缺憾。

首先，忽略了科学精神的弘扬。由于受应试教育的影响，科学教育大多被理解为单纯的科学知识传授而忽略了其他层面。然而，科学不仅仅是公式和定理，忽视科学的价值体系，科学教育必将大失偏颇，并丧失其大部分的育人功能，科学教育不仅包括使人获得生活和工作所需的知识和技能，还包括对科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，而我国的学校教育在这些方面显得尤为不足，使学生的综合科学素质难以得到有效的发展。与此同时，在很长时期内，我国政府、社会和科学界都把努力普及科学知识放在首位，希望通过科学知识的普及，让社会公众掌握科学，以发挥科学的社会功能，但对科学精神的弘扬和理解还很不足。在将“科教兴国”作为国家发展战略的今天，通过正确把握科学教育的实质，培养下一代的科学精神，是一项十分重要的工程。

其次，忽视了科学方法的培养。通常认为，科学教育就是相对于人文学科、社会学科的教育，以系统传授自然科学知识、培

养基本技能和科学思想方法为目的。英国著名自然科学家和教育家托马斯·亨利·赫胥黎说过：“我并不是指应当把一切科学知识都教给每一个学生。那样去设想是非常荒唐的，那种企图是非常有害的。我指的是，无论是男孩还是女孩，在离开学校之前，都应当牢固地掌握科学的一般特点，并且在所有的科学方法上多少受到一点训练。^①”的确，在有限的学校教育过程中，不可能将所有科学知识灌输给学生，同样，任何一个学生在学习期间都不可能接受并掌握所有科学知识。在学校科学教育过程中，重要的是培养学生的一种科学方法，使他们有能力去用已知探索未知，即在有限的学习年限里有效地掌握科学的一般特点，从而有能力在纷繁复杂的世界里运用所学知识处理各种问题。遗憾的是，我国基础教育阶段所进行的科学教育往往较多地注重学生科学知识量的积累以及解题能力的提高，却很少去关注培养学生从科学的一般特点出发，用实证、分析等科学的方法去探索科学奥秘的能力。长期以来，我国一些学校学生学习科学的目的不过是为了应付考试，而最终他们在现实生活中依然形同“科盲”。总之，缺少了科学方法培养的科学教育，是难以造就具有综合思维和判断能力的人才，更不用说造就像科学家那样思维的人才。

第三，忽视了科学价值观的培养。同样，由于偏重单纯科学知识的传授的另一个结果是忽略了科学价值观的培养，导致教育者在教学过程中看不到培养科学价值观的重要性，或为了应付升学的压力而无力渗透科学价值观教育，这无形中形成了一种唯科学主义的导向，即将科学视为唯一可靠的知识形态，科学即真理。科学被确定为最完善的知识范式，科学知识是精确的实证知识。这样的科学教育必然是偏狭的，因为科学本身只是一种工具，是人们认识世界、丰富精神世界的工具，换言之，科学必须被拥有正确的科学价值观的人掌握和运用才能真正产生价值。正如科学

① 赫胥黎. 科学与教育. 单中惠等译. 人民教育出版社, 1990, 第 85 页

主义学者大卫·雷·格里芬所指出的：“现代科学并没有为指明人生的各个发展阶段而创造出新的法则，它无法满足人们对相互间亲情或有意义的工作的需求，也无法使人们通过集体强大的力量而满足对精神需求的渴望……换句话说，科学满足了人类理解自然现象的需求，但很少在人类发展、社会和精神需求方面有所作为。^①”因此，单纯强调科学知识的积累而忽视科学价值观培养的科学教育，虽能教出一些懂得法则定理和善于解题的“合格的”“标准件”，却难以形成受教育者的科学责任感、道德感，最终使他们缺乏判断科学发展带来的各种正面和负面后果的能力，也缺乏判断科学行为善恶是非的能力。我国科学教育中科学价值观培养的缺憾直接导致具有科学素养的人才的匮乏。

总之，在现代社会中，科学素质已成为公民的基本素质的一部分，任何一个民族都不能仅仅关注于本民族人民科学知识水平的提高，以期提高国力，而是要关注包括科学知识与技能、科学价值观与态度、科学精神等在内的科学素养的发展，因为这不仅关乎该民族能否以厚实的科学技术立足于民族之林，更关乎该民族、乃至全世界的健康生存与发展。一个民族的科学素养的高低，关键在于基础教育。因此，在基础教育阶段，如何理解科学教育的本质、如何对受教育者进行有效系统的科学教育，是摆在教育理论工作者和一线实践者面前的一个重大课题。要恰当而有效地实施科学教育，就必须对科学教育有一个正确的认识，形成正确的科学教育理念，掌握一定的科学教育方法，消除误区。基础教育阶段的科学教育，其最终目标是形成和促进未来公民的科学素质，因此它必须超越认知目标范围，进一步关注情感、技能等目标，即要超越单纯的科学事实的传授，通过整个教育过程来引导学习者进行包括社会实践活动、研究性学习等在内的综合实践活动以及帮助他们进行批判性思维等综合策略培养学生的探究能力、思维能力，进而形成科学的道

^① 大卫·雷·格里芬著，后现代科学——科学魅力的再现，马季方译，中央编译出版社，1998，第181页

德观、责任感、价值观等。我国教育部颁布的《幼儿园教育指导纲要》强调了在作为终身教育基础的幼儿园教育中，培养幼儿最为基本的科学素养的重要性，要帮助他们形成善于观察自然、关爱自然的科学情感。中小学各科的课程标准则明确了各学科在形成学生有关科学态度与价值观、科学精神、科学方法以及掌握科学知识诸方面相应的作用和功能。

基于上述对科学教育的认识，我们编写了这一套丛书，作为基础教育阶段实施科学教育的参考。丛书理论卷《科学教育导论》由我编著，其中介析了发达国家的科学教育理念及实践经验，并提出了科学教育的课程开发和实施策略，确立了基本的科学教育观。丛书还包括与基础教育各阶段相应的《幼儿园科学教育的理论与实践》、《小学科学教育的理论与实践》和《中学科学教育的理论与实践》，这些分卷的作者都是一线从事教育教学工作的实践者，他们长期以来一直与我进行着相关的实践探索和教科研工作，业已取得了丰富的实践性成果，并在此基础上形成了较正确的科学教育理念，把他们的宝贵经验总结出来，相信会对同行们有一定的启示意义。

作为丛书的总主编，我参与了各卷提纲的设计、编写思路的讨论，并对各卷的初稿进行了审阅、修改和统稿工作。但由于我本人的学识水平和理论修养不高，由我本人撰写的理论卷中难免还存在不少谬误，恳请广大教育理论工作者和实践者批评指正。我对各卷所做的修改也可能存在诸多不妥之处，甚至可能因曲解了作者意思而使修改之处还不如原文，敬请各卷作者谅解并进一步与我讨论交流。此外，在整套书的编写过程中，我们得到了国内外一些同行的鼎力帮助，中国环境科学出版社刘大澍、赵惠芬责任编辑对本丛书的出版也花费了不少心血，在此深表敬意和谢意。

2004年12月

目 录

第一章 科学教育的历史发展	1
第一节 早期的科学教育：社会发展与科技进步的产物	1
一、科学教育的萌芽	1
二、从中世纪到文艺复兴：科学教育的逐步形成 （5 世纪至 16 世纪）	4
第二节 科学发展与社会变革：科学教育发展的源动力	9
一、科学教育正式地位的确立 （17 至 19 世纪上半叶）	9
二、实用主义倾向的科学教育 （19 世纪中叶至 20 世纪中叶）	12
第三节 科学教育的深化：从知识本位到关注 科学素养的教育	18
一、卫星冲击下的欧美科学教育发展 （20 世纪 50 至 60 年代）	18
二、关注科学素养的教育 （20 世纪 70 年代以来的改革）	22
第二章 科学教育思想与思潮	33
第一节 现代科学教育思想之父： 斯宾塞、赫胥黎的科学教育社会价值论	33
一、斯宾塞的科学教育论	33
二、赫胥黎：科学教育的倡导者和实践者	37
第二节 进步主义教育思潮中的科学教育思想	39

一、进步主义教育思潮与科学教育	39
二、杜威的科学教育思想	41
第三节 建构主义的科学教育思潮	48
一、建构主义的基本观点和理论根源	48
二、建构主义的科学教育观	50
三、建构主义与科学教育改革	51
四、建构主义对科学教育的意义分析	52
第三节 多元文化与科学教育	55
一、多元文化观的兴起与发展	55
二、多元文化教育	57
三、多元文化科学教育	59
四、多元文化科学教育的基本框架	61
五、多元文化科学教育的课程设计和课堂教学	63
六、多元文化科学教育的一个案例	64
七、多元文化科学教育的启示	66
第三章 科学教育的哲学、心理学基础	68
第一节 科学教育的哲学基础	68
一、科学的双重态度:	
实证主义科学观与方法论	68
二、科学的“工具”性:	
实用主义科学观与方法论	73
三、反实证主义:	
波普尔科学哲学的科学观与方法论	79
第二节 科学教育的心理学基础	83
一、行为主义心理学	84
二、建构主义心理学	87
三、兼容性的科学教育——	
科学教育发展的新趋向	91

第四章 科学教育的基本原理	93
第一节 科学教育的内涵和特点	93
一、科学概念的演进及其内涵	93
二、现代科学教育的内涵及其目标	95
第二节 科学教育的基本要素	101
一、科学知识与技能	101
二、科学精神	106
三、科学态度	108
四、科学价值观	111
第三节 科学教育的基本原则	113
一、整体性原则	113
二、批判性原则	114
三、探索性原则	115
第五章 科学教育课程模式的改革与发展	117
第一节 法国动手做科学教育课程模式	118
一、动手做模式兴起的背景	118
二、动手做模式的课程设计及教学原则	119
三、动手做模式的支撑体系	121
四、动手做模式对科学教育的意义	124
第二节 STS 教育课程模式	125
一、STS 课程模式出现的背景	125
二、STS 教育课程模式的基本原理	127
三、STS 教育课程模式的实施	130
四、STS 教育对科学教育发展的意义	131
第三节 综合理科科学教育课程模式	133
一、综合理科课程模式出现的背景	133
二、综合理科课程的开展情况	134
三、综合理科课程的具体设置	135

四、综合理科课程在科学教育中的意义及其缺陷	138
第四节 分科与综合双轨并行的模式	140
一、双轨课程理念的提出	140
二、四层课程架构	142
三、案例分析	144
四、双轨课程模式在科学素养培养中的意义	146
第六章 美英澳科学教育的政策与目标	148
第一节 美国科学教育政策与实施	148
一、政策背景	148
二、《国家科学教育标准》的主要内容	151
三、《国家科学教育标准》的特征及实施	156
第二节 英国科学教育的理论与实践	161
一、英国科学教育史上的重大事件	161
二、英国科学教育课程改革	162
三、科学教育的目的与目标	166
四、科学教育的教学和教师的专业化发展	167
五、科学教育的质量保证和评估	172
六、英国科学教育中不容忽视的几个方面的问题	176
七、英国科学教育特征总结	181
第三节 澳大利亚科学教育的课程与实践	183
一、澳大利亚科学教育的目标	183
二、澳大利亚的科学教育课程	187
三、多种多样的科学教育活动计划	190
四、澳大利亚科学教育的特征分析	192
第七章 科学教育典型教学策略及方法	195
第一节 科学教学的发展趋势	195
一、倡导以学生为主体的建构主义教学观	196

二、强调科学探究作为教与学的指导思想	197
三、围绕问题展开教学	199
四、重视实物模拟及实践活动	200
五、应用多媒体教学手段	201
第二节 科学教育的基本教学策略	202
一、观察教学法	203
二、演示教学法	207
三、实验探索法	210
四、合作教学法	212
五、发现教学法	215
六、问题教学法	219
七、活动教学法	223
第八章 科学教育与自然科学学科的关系	226
第一节 科学教育与物理学科	227
一、物理学科的性质和课程目标	227
二、物理学科与科学教育的关系	229
第二节 科学教育与化学学科	233
一、化学的学科性质和课程目标	233
二、化学学科与科学教育的关系	236
第三节 科学教育与生物学科	238
一、生物学科的性质和课程目标	239
二、生物学科与科学教育的关系	241
第四节 科学教育与数学学科	244
一、数学的学科性质和课程目标	245
二、数学学科与科学教育的关系	246
第九章 科学教育与其他课程领域的关系	251
第一节 科学教育与人文教育	251

一、人文教育的基本目标及内容界定	252
二、语文学科与科学教育	254
三、历史与社会学科与科学教育	258
第二节 科学教育与环境教育	261
一、环境教育的历史发展与本质内涵	261
二、环境教育与科学教育的关系	263
第三节 科学教育与技术教育	268
一、技术教育的发展历程	268
二、科学教育与技术教育	272
第四节 科学教育与健康教育	275
一、学校健康教育的历史发展	275
二、健康教育与科学教育	278
第五节 科学教育与艺术教育	281
一、艺术的审美价值、情感体验有利于 培养学生的科学精神	282
二、艺术与科学能力的培养	285
 第十章 科学教育的评价策略	 289
第一节 科学教育评价的基本原则	290
一、评价主体的多元化	290
二、评价内容的全面化	291
三、评价方式的多样化	292
四、评价过程的客观性	293
第二节 科学教育评价的基本方法	294
一、常模评价法和达标评价法	294
二、发展性学生评价法	295
三、真实性评价法	298
第三节 科学教育评价的内容	307
一、对科学探究过程、方法和能力的评价	307

二、对科学知识与技能的评价	308
三、科学态度、情感与价值观的评价	310
四、对科学、技术与社会关系的认识评价	313
五、若干科学教育评价表	315
参考文献	321
后记	331

第一章

科学教育的历史发展

第一节 早期的科学教育：社会发展与科技进步的产物

一、科学教育的萌芽

教育是人类社会特有的一种社会现象，是一种有目的有意识的行动。它的产生，是人类社会发展的需要。早在古代文明时期，人类为了有效地进行社会实践，并把它们继续下去，延续不断地向下一代传授有关知识与经验。这些知识与经验，是人类在生产、生活实践中总结积累下来的。恩格斯曾经指出：“人离开动物愈远，他们对自然界的作用就愈带有经过思考的、有计划的、向着一定的和事先知识的目标前进的特征。^①”年长一代有计划有目的有意识地把有关生活、生产的经验、知识、技能传授给年轻一代，保障了人类社会的延续与发展。

科学起源于对生活和生产的需要，正如 W·C·丹皮尔在其著名的《科学史》一书中所指出的：“常识性的知识和工艺知识的规范化和标准化，应该说是实用科学起源的最可靠的基础。”即使

^① 恩格斯：《自然辩证法》，《马克思恩格斯选集》第3卷，人民出版社1972年版，第516页。