

中小学 科学教育改革

赵学淑 著

广东教育出版社





中小学 科学教育改革

赵学湫 著

广东教育出版社

粤新登字 03 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中小学科学教育改革/赵学漱 著

—广州：广东教育出版社，1995·5

ISBN 7—5406—2895—6

I. 中…

II. 赵…

III. 教学研究和改革—教学理论

N. G420

中小学科学教育改革

赵学漱著

*

广东教育出版社出版发行

广东省新华书店经销

南海彩印制本厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 10 印张 380000 字

1995 年 5 月第 1 版 1995 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7—5406—2859—6

G·3040 定价：9.00 元

前 言

应作者之请，斗胆为《中小学科学教育改革》的付印写一篇前言。

社会主义市场经济的确立和发展，经济的起飞，主要依靠科技进步和劳动者素质的提高，这也是我国进行教育改革的强大推动力。而从应试教育向素质教育的转轨，更使我们感到中小学的科学教育，必须向素质教育尽快过渡。综观今日世界的中小学科学教育，与已往有着明显的差别。如强调科学教育的全方位性，即突破传统的、以传授系统的科学知识为主的局限，发展为包括科学基础知识、科学哲学（思维法）、科学过程（包括科学史）、科学方法和技能、科学价值观、科学精神和态度的全方面的科学素质教育。又如中小学科学教育的综合化，即突破各分科的界限，而把原来开设的理、化、生、地各分科，加上天文、环境等学科综合起来，使之互相联系，互相贯通，并更符合学生的认知过程。再如科学、技术、社会（STS）教育，更是一种崭新的、富有生命力的科学教育构想，它把科学教育的侧重点放在了社会（社会的生产、生活、发展）中的科学技术方面。此外，科学教育空间的扩大化，科学教育方法和手段的现代化，也在改变着中小学科学教育的面貌。在这样的时期，赵学漱同志（中央教育科学研究所副研究员）撰写了这本书，从科学教育的概述，科学教育的历史、现状与改革，科学教育改革的几种类型，科学教育中的师资培训，科学教育中的青少年科技活动等多方面介绍和论述了中小学科学教育的改革，是十分有意义的。特别是对从事科学教育理论工作者和中小学第一线的科学教育教师，更有参考价值。

还要说明的是，这本书也是作者的研究成果。赵学漱同志自

1982 年至今，一直专注于中小学科学教育的研究，即使近年来肩负全国教育科学规划办的繁杂的行政事务，也从未中断。她自己除了出席过多次国际性科学教育会议外，还协助联合国教科文组织在我国举行了多次科学教育会议，如 1985 年在苏州举行的理科教师能力培养研讨会；1987 年在广东举行的综合理科研讨会；1990 年在杭州举行的 STS 国际研讨会等。这些会议在推动我国中小学科学教育改革方面有很大的促进作用。赵学漱同志在这些国内外的学术会议上多次发表了有影响的论文。因此，信息、资料的累积，加上潜心的研究，才有这本书的问世。

我从事中学科学教育已四十年了，读来甚感亲切，且对世界各国中小学科学教育的改革又增进了了解。这本书的出版，对规划未来中小学科学教育的蓝图，增添了斑斓的色彩。为此愿将此书推荐给关心科学教育改革的读者们，并请诸位批评指正。

朱正威

1994 年 12 月 25 日于北京

目 录

第一部分 科学教育概述	(1)
一、科学的内涵.....	(1)
二、科学教育的目标.....	(7)
三、科学教育的内容	(15)
四、科学教育的特性	(45)
五、科学教育的课程	(50)
六、科学教育的教学方法	(72)
第二部分 科学教育的历史、现状与改革	(87)
一、科学教育的沿革	(87)
二、科学教育的现状分析	(93)
三、科学教育改革的理论基础	(99)
四、科学教育中的道德教育.....	(117)
五、从经科教一体谈科学教育改革.....	(122)
第三部分 科学教育改革的几种类型	(130)
一、综合理科教育.....	(130)
二、科学、技术、社会 (STS) 教育	(148)
三、新学科教育.....	(174)
四、科技教育.....	(190)
第四部分 科学教育中的师资培训	(195)
一、理科教师的素质要求.....	(195)
二、理科教师“扩展能力”的培养.....	(213)
三、理科教师能力要求细目	(219)
四、理科师资的职前、在职和继续教育.....	(227)

第五部分 科学教育中的青少年科技活动	(241)
一、青少年科技活动的任务和内容.....	(242)
二、青少年科技活动的方式和原则.....	(245)
三、“小星火”计划活动	(249)
四、国外校外科技教育的主要形式——科学俱乐部	(258)
附录一 联合国教科文亚太地区科技双周活动	(261)
附录二 第一届亚洲青少年校外科技教育双周活动综合运 用科学知识能力竞赛试题	(269)
后 记	(304)
参考文献	(308)

第一部分 科学教育概述

一、科学的内涵

科学是什么？通俗地说，科学是人们关于自然、社会和思维的知识体系，科学是人对客观世界的认识，是反映客观事实和规律的知识。科学是一项反映客观事实和规律的知识体系的相关活动的事业。随着科学以及技术的不断革新，科学已经积累成为社会文化的重要内容。现代的观点是把科学视为一种不断前进和自我矫正的探究过程，所有的科学知识都是科学探究的结果，是社会实践经验的总结，并在社会实践中得到检验和发展。

科学的产生是由于社会实践的需要，主要是物质生产的需要。科学的任务是揭示事物发展的规律，探求客观真理。科学是人们改造世界的指南。

随着现代社会的发展，对科学内涵的认识也不断深化，涉及范围也越来越广，主要包含以下方面：知识体系、创造活动、社会结构、社会生产力、文化形态。

1. 科学是系统化的理论知识体系

科学知识主要包括两个方面的内容：

一是客观事实。客观事实是科学的基石，如物理学家发现声、光、电磁现象，原子结构，原子核的裂变和聚变；化学家发现各种化学元素，原子的化合和分解；生物学家发现生物生理过程，生物的遗传和变异现象，生物的分子结构；天文学家发现天体运动现象等等。

二是规律。例如物理学所揭示的能量守恒和转化定律，电磁

运动规律，微观世界的波粒二象性原理，万有引力定律和运动三大定律；化学方面的门捷列夫周期表，光合作用；生物学方面的生物进化、遗传、变异规律；天文学方面的天体运动和天体演化规律等等。这些都是概括了大量实验事实所总结出来的客观规律，是对事物的本质的反映。因而，科学是如实反映客观事实，并对事实进行思维加工，揭示出客观事物内在规律的知识。

知识的系统化，即科学理论，也就是逻辑的科学概念。现代科学是建立在客观事实基础上，经过思维加工和逻辑论证后再经过实验检验的，有着严密结构的科学知识体系。它较好地反映了自然界的本来面目。

科学成为系统化的理论知识体系，是当代科学的重要特征。它是划分科学与非科学的根本标志。普通的常识和经验性的知识，只是零散的没有构成体系的知识，不能称之为科学。科学知识具有持久性，当一个强有力的学说力求保存下来，变得更加精确而为更多人所接受时，修正概念，而不是彻底地否定概念是科学的准则。比如，爱因斯坦创立相对论时，就没有摒弃牛顿的物体运动定律，而是指出从全面角度来看，牛顿定律只能在一个更广泛的概念中有限度地近似地使用。同时也说明了科学具有连续性和稳定性。

2. 科学是创造知识的认识活动

科学不仅表现为静态的知识，同时还表现为获取知识、探索自然奥秘的认识活动，是创造知识和加工知识的精神生产活动。它的活动包括了三个基本要素：探索、解释、经验。

探索：对人类生存的宇宙的探索。开始于好奇心、求知欲，每一个人都在思考日常生活中有趣的事物。科学工作者设计假设、利用证据，通过调查、实验、思维加工，获取科学知识。

解释：这是对于探索过程中各种事物所做的解释。科学是一个产生知识的过程，这个过程要依靠仔细地观察现象，并且从观

察中发现和提出能成立的理论。

考验：这是对于所作“解释”的考验。科学的本质是通过观察来验证，如果科学理论只适用于对已经观察到的现象的解释，那还是不够的，必须对这种解释加以验证，要通过实验、数据去证实。

美国一位著名科学教育者路特福认为科学是一种探究的过程，也是一种开放的、积极的研究过程。科学活动的目的是探索自然事实和揭示自然规律，它的活动方式是科学实验和理论研究，其成果则是知识。

科学活动是知识的生产，是人和物等要素组成的动态过程。科学活动有其特殊性，它包括：科学劳动者、科学劳动软件和硬件、科学劳动对象、科学管理等要素。

科学劳动者：科学劳动者主要是指具有一定科学知识，会使用科学仪器、仪表、设备、技术装置，并采用科学方法去从事探索自然的劳动者。科学家、工程师、实验员、各类专业人员以及科学管理人员都属于科学劳动者范围。

科学劳动软件和硬件：科学劳动软件为两个方面，一方面是本学科、本领域的历史资料，前人认识的成果，各种实验资料、科技情报、图书期刊等，它是科学研究的原材料；另一个方面是各学科领域通用之物，如思维方法、思维工具等科学方法，它是科学劳动者认识自然的主观手段。研究方法的正确与否关系到科学研究的效率。硬件是指各种科学工具、物质技术手段，如各种仪器、仪表、设备、技术装置，以及实验过程中所需要的材料、用具等。它们能“延伸”科学劳动者的肢体、感觉器官和大脑，是连结认识主体和认识客观之间的桥梁。

劳动对象：劳动对象是整个自然界，包括人工自然以及在认识自然和改造自然过程中形成的科研课题等等。科学家都很重视研究课题的价值和意义。爱因斯坦说：“提出一个问题往往比解决

一个问题更重要。因为解决问题也许仅是一个数学上的或实验上的技能而已，而提出新的问题，新的可能性，从新的角度看旧的问题，却需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”^①

科学管理：正确地选择和安排科研课题，有计划地对科学研究进行管理，科学地组织人力，合理调配仪器、设备、材料等物质条件，分配和使用科学经费，协调好人、财、物等因素之间的关系，发挥出各种要素的作用，使科学活动具有最佳机能。

科学活动也是一种劳动，是社会总劳动中不可缺少的部分。它主要是探索自然规律的脑力劳动。但开展科学研究活动，进行科学实验、实地观测、野外综合调查、极地考察等等，也要付出艰苦的体力劳动。

3. 科学是一种社会结构

在现代社会中，探索客观世界，从事科学研究以获取知识，已是一种社会活动，而且是一项复杂的社会活动，它涉及许多人，许多不同的工作，甚至在一定程度上在世界各国范围内进行。所有国家，所有民族，男、女公民都参与科学研究和应用。这些人包括科学家、工程师、数学家、技术人员、计算机编程人员、图书管理员等等。他们进行着科学研究、搜集数据、创立理论、制造仪器、交流信息等活动。这种活动逐渐形成一种社会结构，是现实社会中的一个基本部门。

科学的社会结构，是由科学研究体系、科学后勤部门和科学管理机构等共同组成的。科学研究体系在横的方面包括探索自然科学基本理论的基础研究，解决改造世界中的科学技术问题的应用研究，进行科研成果试验推广的开发研究。这体现了从科学理论过渡到应用技术，又进一步转化为直接生产力的过程。在纵的

^① A. 爱因斯坦、L. 莫费尔德《物理学的进化》，上海科学技术出版社，1962年版，第66页。

方面，包括各种类型的科学研究组织和各种科学管理机构。各类系统和机构相互联络，构成比较完整的科学社会结构，体现出一个国家和社会的科研体制。目前我国正在建立社会主义市场经济体制，随着社会主义市场经济体制的建立和健全，科研体制也将会有较大的改革。

4. 科学是社会生产力

科学与物质生产活动密切联系，担负着解决人与自然的矛盾的任务，它既是物质生产力中的一个因素，又是一种社会生产力。自然科学主要来自生产实践，通过生产实践从自然取得感性材料，或将生产实践中创造的技术经验加以总结，上升为自然科学，再用于生产，科学也被包括在生产力中。其表现形式主要是“生产—技术—科学”。而现代科学就不同了，不再是单单来源于生产实践，而更多的是来自科学实验，从现代科学实验中得到的新知识，不只是纸上的知识，而是能够回归到生产实践中去的活的知识。由此取得的科学成果还通过转变成技术，并加入到生产过程中去，“科学—技术—生产”的过程显得非常突出。

从 50 年代以来形成的许多知识密集、技术密集的新兴生产行业，如电子计算机、微电子工业、激光工业、高分子化学工业、原子能工业等，就是以科学为基础，运用了从科学实验中得到的成果。“生产—技术—科学”与“科学—技术—生产”结合起来，构成了一个科学与生产以技术为中介的双向作用的完整过程。这个过程是从生产开始，经过科学、技术再到生产，走向生产的新阶段。现代科学已经成为人类生产过程中一个中心环节。

科学作为一种知识成果，独立的社会活动和社会机构，只是知识形态的生产力，只是潜在的生产力，还不是直接的现实的社会生产力。但是，科学是可以通过加入生产过程，与物质生产部门或生产力中诸要素相结合，转化为直接生产力的。加强对科学的管理，沟通科学与生产的横向与纵向联系，加速科学向直接生

产力转化，可以促进经济和社会的发展。

中国现代化建设有许多事情是史无前例的，学者们认为自然科学与社会科学相结合才能更好地发挥第一生产力的作用。社会科学对社会发展的作用好比是向量的方向，自然科学好比是向量模的增长或减少，两者的合成才是整个社会的发展，缺一不可。如果没有自然科学，向量没有模，成为一个点；如果没有社会科学，如果没有自然科学的正确指导，国家发展就会迷失方向或方向不对头。从生产力的要素和管理科学的重要作用来看都说明两者相结合，才能更好的发挥生产力的作用。

因此，科学实质上是一种社会生产力。

5. 科学的文化形态

科学作为系统化的理论知识体系，是一种特殊的社会意识形态，它与文化密切联系，并成为文化的一个组成部分。在现代，科学不仅是文化的一个重要组成部分，而且成为文化发展的基础。科学技术进步使文化发生变革，科学技术也成为基本的文化形态。

作为文化形态的现代科学技术，其内容更加丰富。科学不仅包含有在认识自然和改造自然过程中积累总结出来的物理学、化学、生物学等各门技术科学的知识，以及由此形成的体系，而且还包括在认识自然和改造自然的活动中所形成的一套科学思想、科学精神、科学方法和科学道德，以及由此建立的价值观念和行为规范。

科学，上升到思想精神、方法论、价值论，实质上是塑造“人”。而这种“人”，不是拘泥于琐事私利，而是把人和自然融为一体，正如毛泽东在纪念白求恩中说：“高尚的人、纯粹的人、有道德的人，脱离低级趣味的人，有益于人民的人。”自然科学大发展、大应用，像白求恩这样的人就不是个别的，而是群体的。如果说爱因斯坦反对希特勒是个别的，现在的“绿党”——绿色保

护组织则是群体。“绿党”是一种非常有生命力的社会现象。作为一种社会现象，以保护自然而形成政党，形成一种为崇高目标而奋斗的社会力量，可以说是人类自觉能动性达到新的历史高峰的伟大标志。

科学经过技术的不断革新，转变为物化的技术设备的物质产品；换句话说，科学同经济相结合，同商品市场相结合，就广泛地深入到日常社会生活的各个领域。时下流行的“商品文化”、“市场文化”概念，就是科学、技术同经济结合的产物，也是科学通过经济而呈现为更为普及的社会文化现象。

各国的一些教堂已不再是尖顶、窄窗的欧洲原有模式，而是现代文化建筑；上帝活动的场所也不得不遭到科学、技术的“侵犯”，作为文化现象的宗教活动也抵御不了科学、技术力量的扩展。宗教活动尚且如此，衣、食、住、行各个领域所呈现的文化因素或文化形态都不可避免地要受到科学、技术的支配。

科学，不仅作为精神形态，直接影响文化，而且通过技术达到经济形态，以种种物质形态成为社会文化。

科学是永不休止的发展过程。即使中世纪的宗教迫害也遏制不了科学萌芽的发展；相反，科学使人类相信自身的创造力量。科学（包括技术）经过科学教育，是社会文化前进的永远不衰竭的巨大动力。

二、科学教育的目标

科学教育目标是依据科学教育的原理，以哲学、教育学、心理学、教学原理作基础，按照社会的需求，学生的认知程度，配合自然科学完整的概念来制定的。

在不同国家，科学教育目标有不同的考虑和规定。

1. 美国的科学教育目标（有两个类型）

科学家型：纯科学各科（物理、化学、生物、地球科学）的博士、专家，以造就科学家为目的。

⑥ 全民科学素养型：以学生为中心。在科学概念的理解和学习过程中，养成独立安排实验、控制变因、动手操作、细心观察、尊重数据（收集数据）、分析资料、归纳推理的习惯，从而形成概念；在具体科学活动过程中，获得独立自学能力，尊重他人、互助合作，以获得一生受用的活用科学知识，并能综合运用科学精神、科学方法及科学态度来评价处理各种事务；在困难情况下，以开放心智及理性心态，找出变因，掌握变因，作最好的决定克服困境，解决问题。

“美国 2061 计划”：教育的最高目标是要使人们能够达到自我实现和理智的生活。科学教育是教育的一部分，即传授科学、数学和技术，这些知识可以增进学生的理解，养成好的思维习惯，养成富有同情心的人，使他们能够独立考虑怎样面对人生。用这些知识装备他们，使他们同公众一道，全心全意地参与建设和保卫一个开放的、公正的和生机勃勃的社会。

（1）不断地执着地探索科学，可以为人类提供生物环境知识和社会行为知识，人们需要运用这些知识找出解决全球问题和地方问题的有效方法。没有这些知识，创造一个安定世界的进展就会遇到许多不必要的障碍。

（2）科学强调和解释生命体相互间和物质环境的相互依存性，培养着自然界的理智之光，人们进行技术使用的决策时应当了解。如果没有理智，人们就会鲁莽地毁灭生命赖以生存的系统。

（3）科学的思维习惯能够帮助各界人士明智地处理问题，这常常包括取证、定量分析、逻辑推理和不确定分析。没有批判性思维和独立思维的能力，公民就很容易成为教条主义者和胡言乱

语的骗子们的牺牲品，用简单方法来解决复杂问题。

(4) 与上述议题相关的技术原则，如系统特性，反馈和控制的重要性，成本——利润——风险关系，新技术无法避免的副作用，这些原则都向人们提出了一个评价新技术使用及其对环境和文化的影响的坚实基础。人们如果不理解这些原则，就不可能从当前的自我利益的考虑中解脱出来。

(5) 虽然许多紧迫的全球问题和地方问题起源于技术，但是技术可以提供解决这些问题的手段，提供借助科学产生重要的新知识的工具。社会倘若不能不断地开发和创造性地采用新技术，其生存能力和建造一个人与环境协调发展的世界的能力就会受到限制。

(6) 一般说来，除非公众具有科学、数学、技术知识和科学探索的思维方法，否则就无法实现利用科学和技术增加生命力。

2. 英国的科学教育目标

把学生培养成能升入大学，使其成为职业科学家和工程师。

使一般市民更多地知晓健康、饮食和卫生的问题，以便家庭健康和福利得到加强。

提高一大部分人的机械技能的水平，使其在工厂、农场更有效地使用和保养机器。

在居民中普及科学技术知识，作为当今世界普通教育的一部分。

3. 总体概况

联合国教科文组织曾对 53 个发展中国家的 500 多名有经验的教育工作者进行了调查，要求他们说出科学教育应有哪些重要的目标，然后按其重要性依次列出了 16 条：

①帮助学生发展智力，使学生能在迅速变化的世界解决生活问题。

②帮助学生发展逻辑思维能力（例如观察……作出决定等）。

③培养学生成为对本国的发展能作出贡献的合格公民。

④培养国家团结精神。

⑤帮助学生发挥自己最大的能力。

⑥培养学生的公民品德。

⑦使学生获得特别适合于他们所在的农村社会的要求和能力的教育。

⑧培养学生好探讨、重试验的态度。

⑨使学生养成热爱社会而非自私自利的思想作风。

⑩增进对不同阶层人民之间文化上的了解。

⑪提高社会保健和卫生水平。

⑫为社会发展一种能随新知识、新问题的出现而作相应改革的教育。

⑬帮助不同水平的学生获得解决问题的能力。

⑭在求知中学会求知，帮助学生养成不间断地探索和运用知识的态度和能力。

⑮培养学生成为足智多谋的人，使他们认识到自己的潜力。

⑯培养学生具备有规则的、积极的工作习惯。

归纳的 16 条目标中，按照布鲁姆的目标分类，5 条是知识目标，11 条属情感目标，9 条是属于社会性质的目标。对研究结果统计分析表明，各种不同国家不同的人（男人、女人、非洲人、印度人、中东人等等），有着高度的一致性。同时，在发展中国家，政府优先考虑的问题同教育工作者所考虑的问题也是一样的。研究还表明，科学教育的目标，课程重点已从强调个人和知识方面转为强调社会和情感方面。强调科学教育的社会目的，强调需要运用教育作为实现民族抱负和满足国家需要的工具，并不意味着低估教育对个人的作用。在西方国家，一切都是为了个人的发展，而教育的首要目的是给他们提供最广泛的机会以充分发挥其潜力。但要达到这一目的，需要通过社会的再组织和对社会发展前