



科学教育

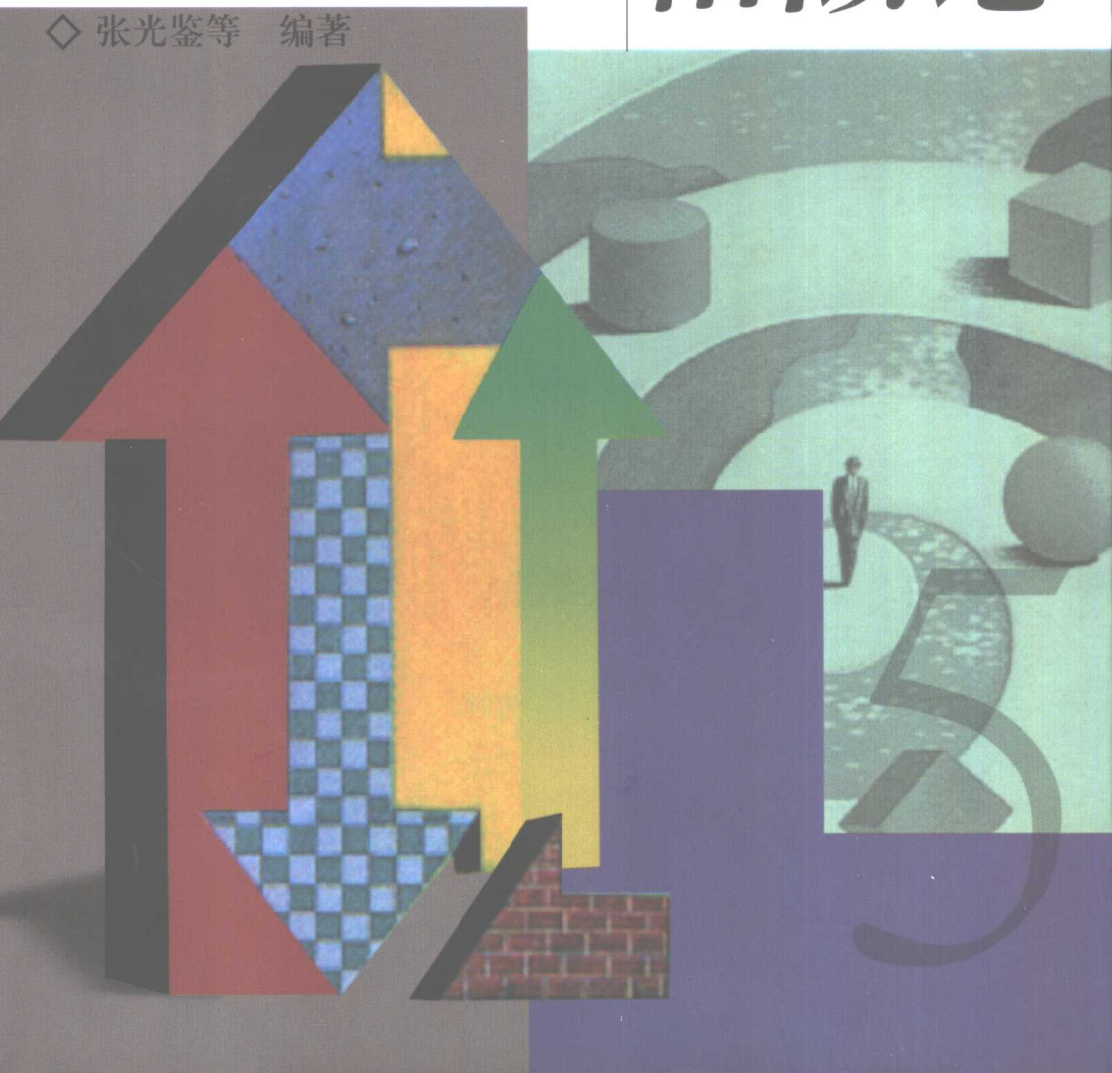


潜能开发丛书

江苏科学技术出版社

科学教育 与相似论

◇ 张光鉴等 编著



科学教育与潜能开发丛书

科学教育 与相似论

◇ 张光鉴
高林生 编著
张菀竹

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学教育与相似论/张光鉴等编著. —南京: 江苏科学技术出版社, 2000. 12

(科学教育与潜能开发丛书)

ISBN 7-5345-3246-9

I. 科... II. 张... III. 科学教育学·普及读物
IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 73457 号

科学教育与潜能开发丛书

科学教育与相似论

编 著 张光鉴 高林生 张苑竹

责任编辑 贾丽华

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

经 销 江苏省新华书店
照 排 南京展望照排印刷有限公司
印 刷 丹阳教育印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 11.5

插 页 4

字 数 280 000

版 次 2000 年 12 月第 1 版

印 次 2000 年 12 月第 1 次印刷

印 数 1—14 000 册

标准书号 ISBN 7—5345—3246—9/N·21

定 价 22.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

■《科学教育与潜能开发丛书》编委会

顾	问:	韦 钰	王 珉		
主	任:	周德藩			
副 主	任:	袁金华	胡明琇	成尚荣	
编	委:	周德藩	袁金华	胡明琇	成尚荣
		张光鉴	吴馥梅	刘志礼	郭亨杰
		李嘉曾	徐文怀		

1994.10



代总序

以教育跨越式的发展迎接挑战

教育部副部长、中国工程院院士

韦 钰

历史的车轮正驶向 21 世纪，越来越多的有识之士正清醒地认识到，人类社会正在经历一次由信息科学技术驱动的深刻变革。生产、交换和服务的方式发生了重大变化，知识的作用产生了质的飞跃。可以预见，21 世纪初，网络将遍布世界各地，地球上十几亿人将会在互联网构筑的平台上生活、学习和工作。在这场变革中，我们要抓住机遇，直面挑战，必须坚决贯彻落实国家“科教兴国”的战略方针。在这样一个大背景下，教育必须，也必然会发生革命性变革。

首先，现代网络技术、信息科技的发展，要求教育必须发生革命性变革。这是因为：

第一，社会要求教育培养掌握科学技术的合格公民。科学技术已经成为人们日常生活的一部分、文化的一部分，因此，掌握一定的科学技术，将成为进入信息社会的入场券，成为人们享有尊严的生活，并获得参与社会发展权利的必备条件。

第二，社会要求教育要为新经济发展提供合格的劳动者。新经济的发展已经证明：它对劳动者的素质有了新的要求，需要大量具有聪明智慧和专业技能的人才，因此，要



尽可能为更多的人提供高层次、高质量的教育。

第三,教育要培养能敬业、创业、革新和创新的人才。一个民族创新能力,特别是顶尖创新人才的质量,是体现国家竞争能力的关键。

第四,教育要为公民提供终身学习体系。科学技术不仅发展非常迅速,而且不再是缓慢地经过几十年,甚至更长的时间才进入实用。它会很快地进入社会生活,信息技术更是如此。学习已成为人们生活中不可分割的部分,因此,教育要为尽可能多的公民提供更方便、更灵活、且不受时间和地点限制,能够满足其需求的学习方式和学习内容。

第五,教育要培养国际性人才。科技和经济的全球化是不可逆转的趋势;跨国公司的作用日益重要;国际资本流动产生决定性的影响。教育要培养在地球村中能够相互理解和良好沟通的人才:他们要拥有在国际活动中既能合作,也可在竞争中取胜的实力;既能参与经济和科技全球一体化,又能保持本国文化的独特性。

除以上五条之外,由于互联网的引入,知识的传播方式、课堂的概念、教师的作用和行为、学生的作用和行为、学习的方法、思维的方法、生活的方式等都将会发生巨大变化,不以人的意志为转移,所以,教育必然,也必须发生一场深刻而伟大的变革。

自觉而深刻地认识这场教育变革的紧迫性,及时地研究教育思想的变化,以制定正确的策略和措施,争取在这场变革中掌握主动,是时代赋予我国教育工作者的历史责任。为此,1998年教育部制定了《面向21世纪中国教育振兴行动计划》;1999年,中共中央国务院颁发了《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,对我国教育改革和发展做出了全



面部署。

一、运用互联网技术实现全民教育的跨越

全民教育是指为全体社会成员提供的教育。这一概念最早出现在 1948 年《世界人权宣言》之中。1990 年在泰国宗滴恩召开的“世界全民教育大会”启动了“世界全民教育十年”，在《世界全民教育宣言》中提出：满足每个人的基本学习需要是全民教育的最终目标。基本学习需要包括：人们为生存下去、为充分发展自己的能力、为享有尊严地生活和工作、为充分参与发展、为改善自己的生活质量、为做出有见识的决策、为实现继续学习，所需要的基本学习手段和基本学习内容；2000 年在达喀尔召开的“世界教育论坛”，标志着“未来世界全民教育十五年”的开始。

众所周知，中国是一个发展中国家，运转着世界最大规模的教育体系。迄今我们已经为推进全民教育作了很多工作，取得了很大成绩。据统计，在义务教育方面：截止 2000 年年底，可在 85% 的人口地区普及九年义务教育；中青年文盲率降低到 5% 以下；高等教育方面：通过近两年的大规模扩大大学招生，按年龄段计算的大学入学率可达 11% 左右。诚然，这样的比例对于知识经济社会来说，显然还是较低的。在提高全民教育质量和实现高等教育大众化方面，按照发达国家的模式发展是相当困难的。

然而，我们在远程教育方面已经具备了良好的基础。远程教育开展有可能为中国全民教育的跨越式发展，提供一种可能的、有效的途径。1994 年开始，以计算机网络技术和多媒体技术为基础的交互式现代远程教育在内地起步，1997 年对其进行了全面规划。现代远程教育工程主要包含以下几方面的内容：高速硬件传输平台、依托重点大学的二级网络教



育学院、共用软件平台与工具、师资培训用课件与工具、高中与中小学联网、实行面向西部的扶贫工程以及教师培训计划等。另外,我们还要发展一批诸如网上招生系统、高校科学研究虚拟中心、高校科技评估系统、高校科技协作网,以及网上电视会议系统等大型应用网站和系统。最近教育部又决定启动“校校通”工程。目前已通达全国各省会城市和连接了全国 700 多所大学入网,用户数量 300 多万,这是在世界范围内也很少见的全国性的统一规划和建设的教育网络,预计到 2000 年底,将完成 CERNET 扩容和提速工作,将把 CERNET 主干网的速度提升到 155M~622M,部分地区提升到 2.5G,最高提速 1 200 倍,并连通全国所有大学和数千所中小学。CERNET 的全面提速将为现代远程教育提供宽阔的高速传输通道。

为了实现西部教育的跨越式发展,教育部在现代远程教育工程中安排了专门的项目,我们还得到了国际组织和香港地区友好人士的支持。例如:已启动的“明天女教师培训”计划,把那些在大山沟里从事中小学教育、从未到过大大城市的年轻女教师,邀请到北京进行强化培训,培训结束时,让每位女教师携带一台计算机和一套网络接受装置返回学校,以推动贫困地区农科教的发展,将名校和名师的教学资源能真正送到西部。

在开发师资培训教学资源与课程,实施中小学教师继续教育工程的同时,利用现代远程教育所提供的工具和手段,帮助进行中小学师资培训工作。要利用 CERNET 网开展中小学素质教育,以建立网络文化下的学习环境和培养相应的学习能力为主要目标。我们也正在推进有关地区的信息化试点工作和名校教学资源的上网工作。



二、加强学习科学的研究和实践,实现教育创新的跨越

学习科学有两重含义:一方面是指对科学的学习(学科学习),即研究如何使学生学习科学知识和掌握获取知识的科学方法,培养科学精神、科学态度和科学研究能力;另一方面是指科学地学习(学习的科学),即把学习置于有关科学的指导之下。学习的科学(science of learning)是一个跨学科的、新的研究领域。

教育正逐渐转化为一种终身学习。新兴技术创造了很多在几年前预想不到的指导学习、促进学习的新机会。对学习的研究成为一个跨学科的研究领域,涉及教育学、神经科学、认知心理学、生理学、人类学和社会心理学等。在“理解人类如何学习”的研究领域所取得的进展,对我们教育领域里教学思想和方式的改变具有特殊重要的意义。

学习的科学就是要研究学习的规律,研究学生如何有效地从原有知识向新知识的转移。中国的成语“举一反三”和“触类旁通”都很好地表述了学习的规律。目前研究学习科学主要有两类方法:一类是从现有教育学和心理学,以及成功的实践中提出规律;另一类是基于跨学科的更为基础的研究。

“国际科盟”(ICSU)从1995年起,组织了“科学能力建设委员会”(CCBS),由来自11个国家的13名科学家组成。其中包括:美国诺贝尔奖金获得者 Leon Lederman;法国的诺贝尔奖金获得者 G. Charpak;原印度科学院院长 C. N. R. Rao 等。我也有幸应邀参加了该委员会的工作。这个委员会的主要任务之一就是研究如何进行中小学科学和数学教育的改革。

今年11月,“国际科盟”科学能力建设委员会在北京召



开了国际小学科学和数学教育会议。来自 20 个国家的科学家、教育家、官员和教师，共同讨论了在小学开展科学与数学教育中的问题和机遇，并就此问题发表了《北京宣言》，号召各国重视儿童科学教育的改革。

此次会上着重介绍了主动式学习(active learning)的学习思想和实践。主动式学习主张在实践中学习,认为听会忘记;看能记住;做才学会(You hear, you forget; You see, you remember; You do, you learn)。美国诺贝尔奖金获得者 Leon Lederman 在 15 年前提出了“HANDS ON”(动手做)的学习模式。5 年前,由法国的诺贝尔奖金获得者 G. Charpak 引入法国,称为“La Main a la Pate”。由法国科学院帮助实施的这项教学改革,已在 4 000 多个小学和幼儿园进行了成功的实践,法国教育部决定要在全法国推广。在“动手做”的学习模式中,儿童从两岁半开始就按照探究的模式学习,培养儿童注意观察周围的环境,从中发现问题,提出问题,然后着手不断地动手做各种尝试(实验),以小组的形式讨论,直到得出问题的答案。学生要对“动手做”的过程和结果进行记录,最后要作表达、陈述。他们认为,这种模式不仅培养儿童具有正确的学习方法,而且又是培养他们思维的方式、生活的方式,不仅有利于儿童智力和创新能力的培养,而且又有利于培养他们在事实面前谦虚、合作、求真、求实的科学态度。我们也准备结合中国的实践开展这种教学模式的试点。

1996 年李岚清副总理号召内地各教育部门进行改革,加强素质教育,还强调指出了研究人脑的重要性。根据这一建议,我们组织各学科的有关科学家研究这一课题,召开了一系列研讨会,并认真调查实践取得的一些经验。目前,正在开展一些多学科领域的研究。



十余年前，当有关儿童发展的主要研究尚未涉及大脑时，几位有远见卓识的科学家就开创了认知神经科学这一新的研究领域。近年来，尤其是最近 10 年，神经科学取得了巨大进展。过去 10 年取得的成就也许超过了以前在整个人类文明史所积累的成就，因此，20 世纪 90 年代常被人们称为“大脑十年”。有许多新方法、新仪器都可以用于脑研究，其中正电子成像术 (PET) 和功能磁共振成像 (FNMR) 等详细观察大脑的所谓非侵入成像技术的发明与应用，可说是一大突破。现在，脑神经科学从实验研究中开始提供了有关数据，以证实提出的许多学习原则，并说明学习是如何改变脑的生物结构，从而改变大脑功能的，特别是在儿童早期发展中。从大量的实例中，我们可以得到以下的一些结论：

第一，我们的思维与肉体不是分离的，而是要和我们大脑中神经元组织、树突结构、突触的树突棘形态等有关，它们不仅取决于基因，也取决于经历，特别是学习的经历，并从良好的经历中受益。

第二，发展不仅是一个受生物规律驱动的进化过程，也是因学习而促成的主动过程。也就是说，学习改变了大脑的组织结构，这些结构的变化，改变了大脑的功能。换句话说，学习能组织和改组大脑。

第三，研究表明，有些经历在童年特定敏感时期有极其强大的影响，而其他一些经历影响大脑的时间则可能长得多。

第四，我们不仅要关注儿童的智力发展，更要注意儿童的情感发展。不仅儿童的学习，他们的自尊和与社会的关系也深受情感的影响。在早期发展中，儿童情感的发展和智力一样都深受经历的影响。



神经科学开始对教育工作者十分感兴趣的问题提出一些解释,也许不是最终答案,但却给我们以深刻的启迪。我们在教育领域里工作的专家应当认真研究这些知识,努力与神经科学和认知心理学专家合作,把教学建立在坚实的基础研究之上,我认为,这种研究可以引导我们的儿童健康、扎实而完美地发展。

在未来的竞争中,人才是关键,人的创新能力起着决定性的作用。因此,教育应该是最重要的基础。教育为这场变革提供最重要的资源:生产力诸要素中最具活力的要素——人才。邓小平同志的重要指示:“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”是我们教育发展的战略指导方针。教育不仅必须适应当前的社会变革和经济发展的需要,而且要面向未来的激烈竞争和变化而发展,面向国际间的相互合作而发展。现代远程教育的发展,为内地实现教育跨越式的发展提供了广阔的空间和可能;互联网引入教育领域后,学习方式的改变、思维方式的改变、甚至生活方式的改变是我们实现教育跨越式发展中最本质的方面。学习科学的研究,尤其是脑科学的研究,将为教育观念的更新、教育方法的改革奠定新的基础。只有实现教育跨越式的发展,才能为人类教育科技和经济社会的发展培养出更多、更优秀的各级各类合格人才,使中华民族在未来激烈的竞争之中立于不败之地,迎接未来新世纪的挑战。愿祖国的未来更美好。

以上是 2000 年 12 月 12 日我在赴香港接受香港公开大学名誉博士之际作的演讲,就以此作为向江苏科学技术出版社出版《科学教育与潜能开发丛书》提出的一些希望吧!



序

对教育在社会发展中的关键作用，人们已经有了广泛的共识。怎样进行卓有成效的教育，是任何教育理论所必须阐述的主要命题之一。由于教育所具有的明显的时代性，教育观念、教育理论、教育方式，都随着时代的发展不断地演进、更新。历史上曾经有过重大影响的教育理论，固然不乏真知灼见，至今仍广泛沿用，但随着科学的发展，出现了新的社会需求，涌现出新的研究成果。如何不断地丰富和发展教育理论，以更合乎科学规律的方式进行教育，培养现代社会需要的合格人才，则是每一位从事与教育有关工作的人们不遑多让的社会责任。张光鉴先生及其同事们，正是本着这一理念，撰写了本书。

本书的第一个显著特点是，作者在阐述科学教育的主题时，较详细地介绍了有关学科（认知心理学、脑科学思维科学等）的新进展。据我所知，张光鉴先生是较早注意到脑科学的基础理论对教育的重要性的少数人中的一位，他本人并不直接从事脑科学研究，但却广泛涉猎脑科学（神经科学）的著作，并对脑科学的内涵以及与教育的关系，逐渐形成了独到的见解。他在与我多次的交谈中阐述了他的认识，给我以深刻的印象。这些学科的进展对于任何一位关心科学教育的读者显然是不可或缺的。尽管脑科学还不能直接回答教育实践中提出的许多问题，我们还需要不断努力去建立脑科学、认知科学和教育之间的桥梁，但人们也许都会同意，以脑科学的研究成果为基础，应该是科学教育的言中之义。

作者对“相似论”与科学教育间关系的阐述构成了本书



另一个突出的特点。作者在另一本著作《相似论》中，应用“相似论”对科学思维的分析，曾得到我国著名科学家钱学森及已故著名科学家高士其先生的高度评价。我本人对思维科学及作者的“相似论”都不内行，但依我管见，应用“相似论”的观点来阐述思维规律及科学教育的内涵，既是作者的创见，也可谓是另辟蹊径，在培植新的教育理论的百花园中当可聊备一格。

张光鉴先生原来有很强的工程方面的背景，后来转而致力于思维科学的研究，颇有成绩。在其研究的历程中，博览群书，并勤加思考，多有心得，这些心得集中地反映在本书对“创造性思维”和“教改实践”的论述中，可以说是这位思维科学研究者的真正“思维之果”。

承光鉴先生雅嘱，是为序。

楊雄里

2000 岁尾于中国科学院上海生理研究所



目 录

代总序	1
序	1
1 科学教育——时代发展的必然命题	1
■ 科学教育提出的时代背景	2
■ 科学教育的实质和内涵	7
■ 科学教育呼唤前沿学科理论的支撑	8
■ 美国科学教育理念与相似论原理的契合	9
● 《普及科学——美国 2061 计划》第二部分	11
● 《计划》与《相似论》的契合	17
■ 杨-米尔斯场、相似论与科学教育	64
2 相似论——思维的规律和方法	71
■ 相似的定义	73
■ 相似的基本规律	82
● 相似运动律	82
● 相似联系律	86
● 相似创造律	91
■ 相似的基本关系	94
● 相似现象与本质的关系	94
● 静态相似与动态相似的关系	98
● 宏观相似与微观相似的关系	100
3 科学教育理论研究新进展	103
■ 学习与记忆	104
● 学习和记忆的分类	106



● 记忆是信息编码、储存、提取的神经过程	111
● 脑内的记忆系统	113
■ 脑发育的可塑性与关键期	116
● 突触传递的长时程增强(long-term potentiation, LTP)	116
● 突触传递的长时程压抑(long-term depression, LTD)	120
● 长时程增强和长时程压抑在学习和记忆过程中的作用	123
● 习惯化和敏感化的神经机制	125
● 学习和记忆的分子基础	131
■ 神经递质和神经肽对学习记忆的调控	133
■ 内隐记忆	135
● 内隐记忆分离的加工说明	139
● 记得和知道	143
■ 情节记忆和语义记忆	147
● 闪光灯记忆	149
● 对情节记忆和语义记忆的评论	153
■ 工作记忆	154
● 工作记忆模型和短时贮存	154
● 初级记忆和次级记忆间的区别——模糊的边界	161
■ 语言信息的处理	168
■ 事件提取中的重构	171
● 目击者的描述	171
● 提取被压抑的记忆	174
■ 自传体记忆	179
● 自传体记忆概述	179



● 自传体记忆研究回溯	180
● 自传体记忆：概念辨析及其基本特征	183
■ 神经留体对人行为的影响	188
● 神经留体的作用机制	188
● 神经留体在神经精神活动中的作用	192
4 学习、个性、主体和创造性思维	195
■ 关于学习理论的探讨	196
● 学习理论的过去与现在	196
● 学习理论中的相似原理	204
■ 关于个性教育的探讨	215
■ 关于学习主体的探讨	220
■ 关于创造性思维的培养的探讨	226
● 什么是创造性思维	227
● 国外对创造性思维的探讨	229
● 中国对创造性思维的研究	235
● 中西方对创造性思维实质认识的相似点	238
● 关于培养创造性思维的几点建议	242
5 教改实践——相似原理与“五重”教学法	245
■ 重情趣——情趣是学习的内因和催化剂	247
● 情感理论的由来和发展	247
● 情绪中枢的科学研究	250
● 情感对学习的作用和应用	254
■ 重感悟——感悟是学会学习的重要一课	272
● 关于理解的相似原理	273
● 读懂与听懂的效能比较	279
● 感悟过程中的教学操作	281