

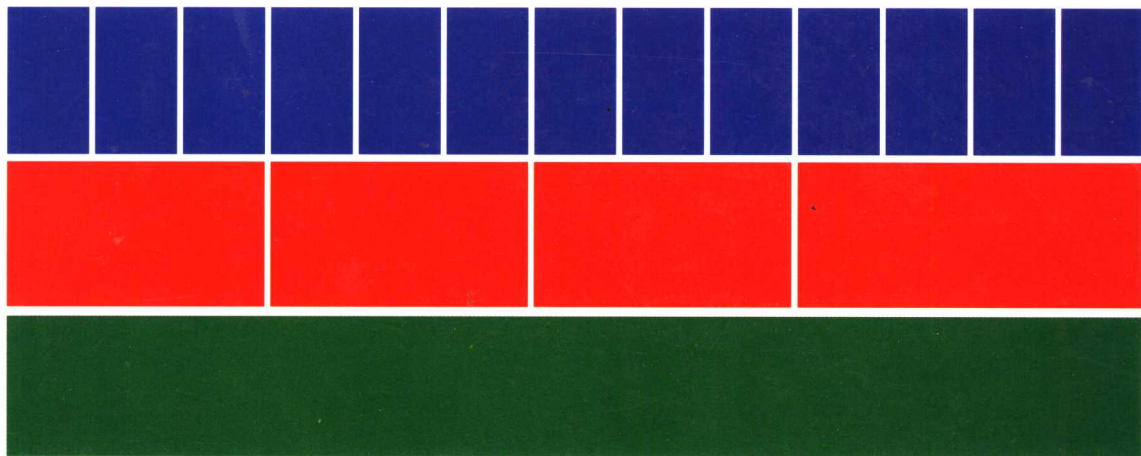
21世纪科学教育书系

科学素养的设计

DESIGNS FOR SCIENCE LITERACY

美国科学促进协会 著

中国科学技术协会 译



“2061计划”丛书

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE
PROJECT 2061



科学普及出版社

21 世纪科学教育书系

科 学 素 养 的 设 计

DESIGNS FOR SCIENCE LITERACY

美国科学促进协会 著
中国科学技术协会 译

“2 0 6 1 计划”丛书

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE
PROJECT 2061

科学普及出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学素养的设计/美国科学促进协会著;中国科学技术协会译. —北京:科学普及出版社, 2005. 1
ISBN 7-110-06066-7

I. 科… II. ①美…②中… III. 科学教育学 IV. G571. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 24466 号

Copyright ©2001 by American Association for the Advancement of Science
This translation of Designs for Science Literacy, originally published in English in 2001,
is published by arrangement with Oxford University Press Inc.

著作权合同登记号 北京市版权局图字:01-2002-2842 号
本书中文版权由牛津大学出版社授权科学普及出版社独家出版,
未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分
版权所有 侵权必究

科学普及出版社出版
北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081
电话: 010-62103210 传真: 010-62183872
科学普及出版社发行部发行
中科印刷有限公司印刷

*

开本: 889 毫米×1194 毫米 1/20 印张: 15.5 字数: 370 千字
2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷
印数: 1— 5000 册 定价: 39.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

序

人类经过几千年漫长的农业经济时代,由于诞生了近代科学,导致了产业革命的兴起,人类历史才真正跨入工业经济时代。随着 21 世纪的到来,人类社会由工业经济迈向知识经济的步伐不断加快,科技和教育在经济和社会发展中的地位正日益增强。在人类文明历史的长河中,科学技术将发挥关键性的作用。在这样一个科学技术快速发展的时代,党中央和国务院提出了“科教兴国”的伟大战略,这对于实现我国经济腾飞,实现中华民族的伟大复兴,造福子孙后代意义重大。

可以预计,21 世纪科学技术将更加迅猛发展,未来的国际竞争,焦点是科学技术,最激烈的应是人才的竞争。这种竞争的态势要求人才培养和教育体制必须及时跟进与调整,以适应 21 世纪国际竞争的需要。在当今时代,科学在基础教育中比重正逐渐加大,西方尤其是美国的教育比较宽松,聪明的孩子如果给他机会能很快地成长。而亚洲特别是我国的教育重视基础,培养的学生基础知识扎实,但对学生约束太多,不利于学生的个性发展。所以,东西方教育的取长补短,相互交融,非常重要。为此,及时研究、借鉴发达国家人才培养和教育的经验十分重要。

“2061 计划”是美国科学促进协会联合美国科学院、联邦教育部等 12 个机构,于 1985 年启动的一项面向 21 世纪人才培养、致力于中小学课程改革的跨世纪计划,它代表着未来美国基础教育课程和教学改革的趋势。“2061 计划”在美国和西方发达国家的未来发展战略中具有极高的影响和地位,该计划认为:美国的下一代必将面临巨大的变革,而科学、数学和技术位居变革的核心,它们导致变革,塑造变革,并且对变革做出反应,它们对今日的儿童适应明日的世界十分重要。“2061 计划”还提出了未来儿童和青少年从小学到高中应掌握的科

学、数学和技术领域的基础知识的框架,包括主要学科的基础内容、基本概念、基本技能,学科间的有机联系,以及掌握这些内容、概念和联系的基本态度、方法和手段。由于1985年恰逢哈雷彗星临近地球,改革计划又是为了使美国当今的儿童——下世纪的主人,能适应2061年哈雷彗星再次临近地球的那个时期科学技术和社会生活的急剧变化,故取名为“2061计划”。所以,在我国目前开展素质教育的探索和改革中,借鉴美国“2061计划”具有一定的现实意义。

最近,科学普及出版社与美国科学促进协会和牛津大学出版社取得联系,购买了有关“2061计划”全部出版物的版权。目前即将出版的“2061计划”系列著作包括:《面向全体美国人的科学》、《科学素养的基准》、《科学教育改革的蓝本》、《科学素养的导航图》、《科学素养的设计》、《科学素养的资源》(3卷,包括专业的发展、课程教材和评估)等。我相信,“2061计划”系列著作的翻译出版,对推动我国素质教育的探索和改革,提高全民科技教育意识、培养跨世纪人才及制定科技教育发展规划等方面都具有一定的借鉴意义。

我也希望,这套书的出版,能引起我国科学技术教育领域及广大读者的兴趣,并将为繁荣我国的科学技术教育事业作出贡献。

张王

《科学素养的设计》(中文版)序言

我们非常高兴地看到《科学素养的设计》中文版出版发行。《科学素养的设计》是美国“2061 计划”早期出版物《面向全体美国人的科学》、《科学素养的基准》的配套图书(两书中文版已由科学普及出版社出版*)。该书阐述了美国和中国教育界同样面临的最为棘手的教育改革问题:如何设计反映学生多样性需求和兴趣的课程,与此同时又能够使所有的学生都具备科学、数学和技术素养。《科学素养的设计》表明:迈向改革必要的第一步是削减那些不必要和毫无意义的课程来减轻学生过重的学业负担,留出更多的时间来让他们更好地学习基础知识和技能。

为了重新设计课程以更好地满足当今学生的需要,《科学素养的设计》强调了将通常的设计理念应用到课程改革工作中去的重要性,并提供了开始这些改革的指导思路。《科学素养的设计》一书吸取了工程和建筑领域的观点,展示了这样的未来:教育工作者可以从被专家认定和学生测试过的大型课程板块中选择高质量指导板块来构建一个全新的课程。除了制定一些特定的、实用的步骤来简化和重新构建一个完整的 K-12 年级的课程标准外,《科学素养的设计》还描述了一些实用知识、教学技能和行政策略以帮助教师和教育工作者进行这种有意义的课程改革。

在美国《科学素养的设计》启发了教育工作者的新思维,我希望此书也会对中国的教育同行们起到相同的作用。我们深深地感谢中国科学技术协会和科学普及出版社为《科学素养的设计》(中文版)的出版所做的努力。

乔·埃伦·罗斯曼博士

美国科学促进协会“2061 计划”主任

* 美国科学促进协会授权在中国唯一出版“2061 计划”丛书中文版的出版社

Preface for Chinese edition of *Designs for Science Literacy*

It is with great pleasure that we welcome the Chinese language edition of *Designs for Science Literacy*. As a companion to Project 2061's earlier publications *Science for all Americans* and *Benchmarks for Science Literacy* (also published in China by Popular Science Press), *Designs* addresses one of the most difficult reform questions facing both the U.S. and Chinese education systems: how to design curricula in a way that reflects the diverse needs and interests of students while, at the same time, helping all students to reach widely accepted goals of literacy in science, mathematics, and technology. *Designs* makes the case that a necessary first step toward reform is to reduce the currently overburdened curriculum by eliminating extraneous and less significant topics, leaving time for students to learn the essential ideas and skills well.

To reconfigure the curriculum to better serve the needs of today's students, *Designs for Science Literacy* emphasizes the importance of applying general design principles to the task of curriculum reform and offers some guidelines for getting started. Drawing on perspectives from the fields of engineering and architecture, *Designs* envisions a future where educators are able to construct an entire new curriculum by selecting and coordinating high-quality instructional blocks from a large pool of blocks that have already been validated by experts and tested with students. In addition to proposing specific, practical steps for streamlining and restructuring the entire K-12 curriculum, *Designs* also describes the content knowledge, pedagogical skills, and administrative strategies that teachers and other educators will need to undertake this kind of purposeful curriculum reform.

Our hope is that *Designs for Science Literacy* will provoke fresh thinking on the part of Chinese educators, just as it has among their counterparts in the United States. We deeply appreciate the role of the Chinese Association for Science and Technology and Popular Science Press in making the publication of this volume possible.

Jo Ellen Roseman, Ph.D.

Director

AAAS Project 2061

American Association for the Advancement of Science

前言

1989年出版的《面向全体美国人的科学》是“2061计划”的基本报告。它仅阐述了学习目标——学生应当懂得些什么,并经过多年的学校学习,在离开学校后学生们应知道如何去做什么;然而,报告并未涉及如何编制课程以达到学习目标。现在出版了《科学素养的设计》以下(简称《设计》),课程就成为《设计》要阐明的中心问题了。

为什么用了这么长的时间才出版这本书?一个原因是“2061计划”精心策划开发一整套相互关联的工具,使教育工作者能实现《面向全体美国人的科学》一书中所作的承诺。但说实在的,创作《设计》这本书也是一场战斗。这不仅是一场寻求实施此计划所需足够资金的一般性斗争,而且是一场战略的和观念的争斗。创造一整套从幼儿园到十二年级的课程,使所有学生达到《面向全体美国人的科学》所确立的目标,这不正是“2061计划”的工作吗?我们曾经认为,这样的工作野心可能太大了,而且对于课程有益的多样性来说也许是不相宜的。但是,如不这样做,又能做什么呢?这项计划的工作人员、顾问和专家、咨询人员经过深入研讨,逐渐形成了一种强烈的信念,并得到了顾问机构——美国科学技术教育理事会的支持,这就是“2061计划”应该去应对如何设计整个从幼儿园到十二年级的课程,使所有学生都能成为具有科学素养的人这一重大的挑战。

从教育文献中我们并没有得到多少帮助,因而我们转向有着设计和大量实例的文献,特别是(但不仅仅限于此)建筑和工程的文献。不久,我们意识到,无论是文字的或形象的,我们都缺乏令人满意的语言来清楚表达课程结构的概念。于是,我和项目计划副主任安德鲁·阿尔格伦开始探索这方面的可能性。至少有两年时间,我办公室的墙面上都挂满了一大批不断变化的图表,其中大部分是由阿尔格伦博士制作的。这些图表备受工作人员和来访者的关注,也引来尖锐的批评和有见地的意见。

在《设计》的理念开始日益清晰,它的草案被展示以后,人们经常指出草案的两个缺陷。一个是提出的课程设计程序的目标过于庞大而不能立即实现;另一个是设计的过程过于复杂而不易实施。第一个问题的解决办法是要设法使教育工作者能够在即时改进课程的同时,使他

们自己处于更有利的地位去最终实现全面的课程改革。因课程本来就是复杂的,课程设计过于复杂这一问题的解决不是要极力简化已经编制出来的设计方案,而是要研究如何将在其他领域发挥了巨大作用的计算机辅助设计的原则和手段运用到课程设计之中。

如同先前的几本书一样,《科学素养的设计》是“2061计划”工作人员实现承诺、发挥创造性和持久努力的结果,也是几百位教育家和科学家的贡献。我深切感谢他们,特别感谢与我长期合作的安德鲁·阿尔格伦先生,感谢他卓越的工作。

令人鼓舞的是由于考虑到我们的国家需要尽快和逐步解决复杂的教育问题,资助机构愿意长期支持“2061计划”,使诸如《科学素养的设计》这类书得以完成出版。美国科学促进协会和参加这项工作的工作人员对此表示深切的谢意。

美国科学促进会“2061计划”项目(前)主任

詹姆斯·卢瑟福

美国科学技术教育理事会

主席：

唐纳德·兰根勃(Donald Langenberg) 马里兰大学校长

成员：

小保罗·阿尔瓦拉多(Raul Alvarado, Jr.) 波音公司多样化计划主任

约翰·杜伊(John Duea) 北衣阿华州大学教育教授

伯纳德·法杰斯(Bernard Farges) 旧金山联合学区数学教师

斯图尔特·法尔特曼(Stuart Feldman) 美国国际商用机器公司(IBM)托马斯·J. 华生研究中心互联网应用和服务部经理

琳达·弗洛斯乔塞(Linda Froschauer) 康涅狄格州WESTON中学科学部主任

帕特赛·D. 加里沃特(Patsy D. Garriott) EASTMAN化学公司教育创新计划代表

弗雷特·约翰森(Fred Johnson) 田纳西州SHELBY县教育局助理教育督导

罗伯特·T. 琼斯(Robert T. Jones) 美国全国商人联合会主席兼首席执行官

休·马修斯(Sue Matthews) 佐治亚州ELBERTON县学区科学教师

加里·纳卡杰里(Gary Nakagiri) 加利福尼亚州SAN MATEO县学区数学科学课程协调员

罗伯特·西特莫尔(Robert Seidmore) 威斯康星州EAU CLAIRE学区技术人员培训专家

本杰明·谢申(Benjamin Shen) 宾夕法尼亚州大学天体物理学荣誉退休教授

克莱邦恩·D. 史密斯(Claibourne D. Smith) 杜邦公司技术业务开发部副主任(已退休)

塞缪尔·沃特(Sameul Ward) 亚利桑那大学分子和细胞生物系教授,系主任

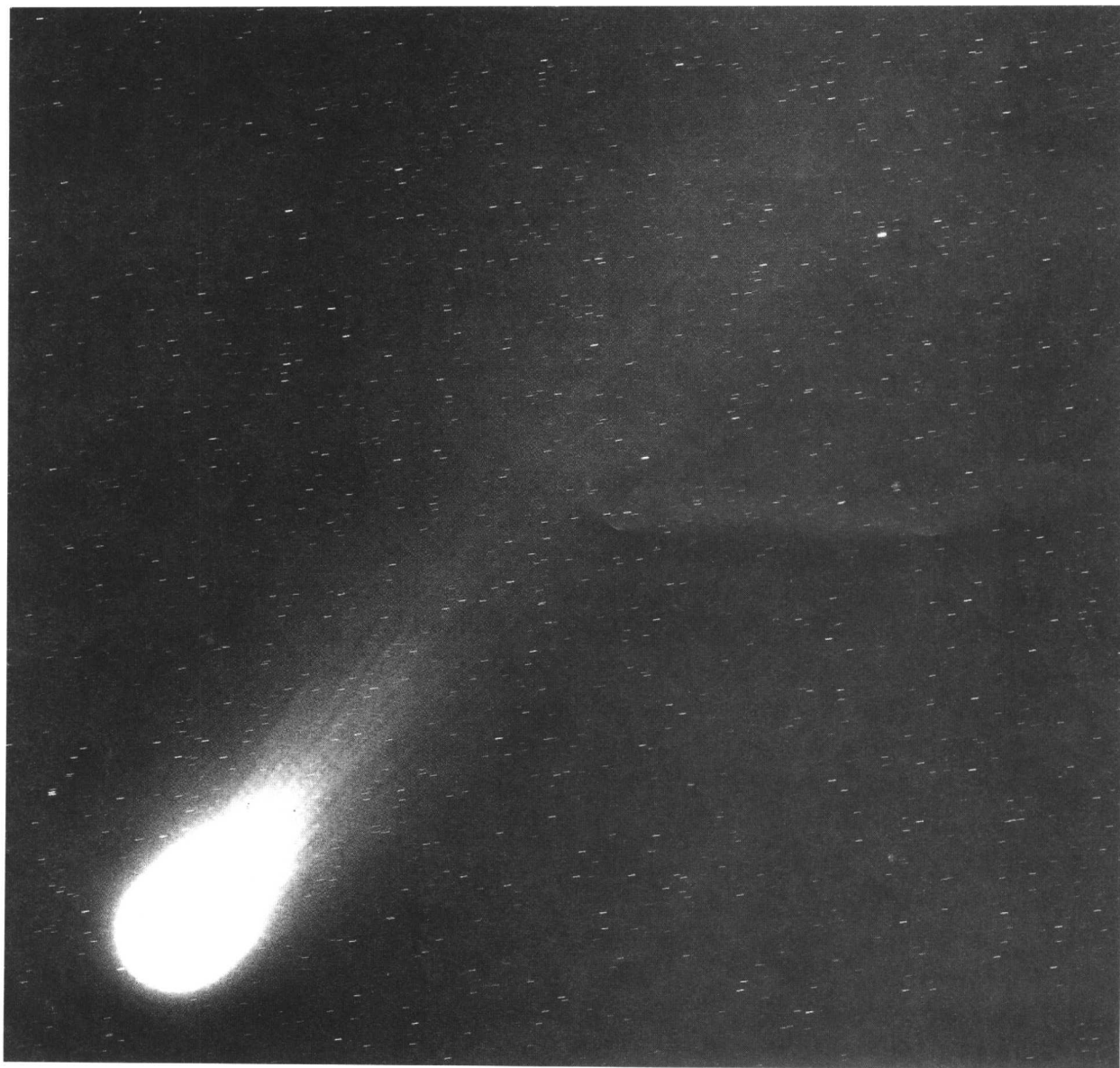
特里·怀亚特(Terry Wyatt) 俄亥俄州TOLEDO公立学校教学计划科学教师

约翰·佐拉(John Zola) 科罗拉多州THE NEW VISTA高级中学社会科学教师

Ex-officio成员：

马西娅·C. 林(Marcia C. Linn) 加利福尼亚大学(伯克利)数学、科学技术教育教授,学术协调员

乔治·尼尔森(George D. Nelson)“2061计划”主任



哈雷彗星, 艾伦·德莱斯勒 (Alan Dressler) 1985年3月摄于智利拉斯·坎帕纳斯 (Las Campanas) 天文台

目 录

前言

科学素养、课程改革及关于本书	1
----------------------	---

导言 设计通论	9
---------------	---

一个示意性的例证	9
----------------	---

设计的特性	11
-------------	----

制定设计的规范	14
---------------	----

形成设计的理念	18
---------------	----

实施设计	20
------------	----

几个有用的策略	21
---------------	----

设计的决策	25
-------------	----

不断完善设计	28
--------------	----

进一步的探索	30
--------------	----

第一部分 设计和课程	32
------------------	----

第一章 课程设计	35
----------------	----

一个示意性的例证	35
----------------	----

课程设计的特性	37
---------------	----

制定课程设计的规范	38
-----------------	----

形成课程设计的理念	50
-----------------	----

编制课程设计	56
--------------	----

课程设计的决策	59
---------------	----

不断完善课程设计	61
----------------	----

进一步的探索	64
--------------	----

第二章 课程规范	67
----------------	----

什么是课程?	67
--------------	----

课程的结构	68
-------------	----

课程的内容	78
课程的实施	84
小结	86
第二部分 未来课程的设计	88
第三章 用组合的方法进行设计	91
主要的设计理念	92
具体的设计思想	96
确定设计的步骤	98
组合的策略	102
课程资源的管理	112
继续专业的发展	115
第四章 课程板块	117
什么是课程板块?	118
课程板块的特征	121
描述课程板块的样板	122
课程板块的来源	135
进一步的探索	140
第五章 课程设计的设想——三个构想的事例	143
前言	144
帕拉第奥联合学区	146
埃德蒙特·哈雷学区	153
路易丝和克拉克地区学区	159
后记	164
第三部分 改进现有的课程	166
第六章 培养专业能力	173
提高教职员的科学素养	174
了解学生的学习目标	179
熟悉对学习的研究	184

学习分析课程教材	186
掌握课程的多样性	190
改进课程的评估	194
了解课程改革的动向	200
第七章 减轻课程负担	203
削减主要学科	204
删减主要学科的分支学科	212
减少技术词汇	219
减少无用的重复	225
面临的挑战	227
第八章 增强课程的相关性	229
课程相关性的类别	229
提高跨年级学科的连贯性	234
提高跨学科的相关性	243
后记 对课程设计的进一步探讨	257
参考书目	265
致谢	277
索引	279
译者加注	287
出版后记	293

科学素养、课程改革及关于本书

《科学素养的设计》(以下简称《设计》)的基本主题是,把课程改革视为设计问题,这样做将会对达到人们渴望的科学素养目标作出重大贡献。“2061计划”认为科学素养应涵盖自然和社会科学、数学和统计学、技术以及它们之间的相互作用。《科学素养的设计》也认识到这几门科学的学习需要结合艺术和人文科学、职业教育以及整个课程的其他部分。本书有关课程设计的讨论在多数情况下仅涉及与科学有关的课程,但有时也可能会涉及其他部分。

《设计》论述了如何将各类高质量的教材组合成从幼儿园到十二年级互相关联的课程整体有关的一些重大的问题。但是,它并不涉及如何编写这些教材,也较少论述学校在实施新课程设计中的实际问题。《设计》只就选择和组合13年的课程教材中采用的方法提出了建议,使其适合已确立的学习目标,这样同时也保持了地方对自己教材负责的美国传统。

《设计》能否达到目的将取决于课程教材库的开发,课程教材应具有预期的内在特色,包括同具体学习目标的连接,有效的教学方法、认识和文化多样性的要求,为优秀学生提供机遇和有益的评估方式。

随着《设计》一书的出版,“2061计划”希望能促进全国形成更为一致的学习目标,同时鼓励课程具有更多的地方多样性,并帮助开展有成效的课程改革。

《科学素养的设计》是为谁编写的?

《设计》是为五类主要读者编写的。它的目的是帮助:

- ⑤ 行政管理人员和教师组织实施与全国新的科学素养前景相一致的课程变革。
- ④ 教材编写人员和出版者用一种理念的框架来创新和修改他们的教材,努力达到具体学习目标。
- ③ 从幼儿园到十二年级课程的设计人员把课程的科学、数学和技术教育各组成部分组合成一个相互关联的整体。
- ② 教育改革的领导者引入对长期的、重大的课程改革起作用的近期变革。
- ① 学院的教职员为新聘任的和有经验的教师讲授课程分析和设计的原则。

为何需要课程改革?

《设计》预料到,较之于修补已讲授了几十年的学科和科目,课程改革必然更为根本和广泛。实际上,在20世纪的多数年代里,曾一次又一次地要求进行广泛的课程改革,反映了对传统的学校课程持续不断地批评:

课程的内容已不适合生活在现代社会人们的个人和社会的需要。简言之,内容已过时了。学校讲授的许多内容在日常生活中已不需要,却又缺少许多日常生活需要的内容。

课程的科目混杂繁琐,科目内容之间和年级之间缺乏相互关联。课程中各个科目都有这样或那样的内容,每一部分都有其存在的理由,但是它们缺乏与整体课程理念的关联。

课程严重地充塞着各种课题。课程最轻而易举的改革似乎就是增加某些内容。结果课程内容无节制地增加着,常常只是为了满足公众的要求,他们要求学校应面向社会问题,例如酗酒、吸毒、艾滋病和危险驾驶等。新的课题有增无减,其结果是造成课程内容一是肤浅,二是互不关联。

课程对所有学生并不都适用。这问题因其他因素变得越来越严重,如教育资源分配的不公,某类学生只有较低的期望等。现有课程对满足各类学生的不同要求不够灵活,反应不够敏锐。

总之,课程并不能带来人们期待的学习效果。学生可以选学代数、历史、生物和其他“正规”的学科,并在学科考试中取得好成绩,但是深入的研究显示他们真正理解和掌握的内容很少。此外,课程和教学的发展又很少注意研究学生学什么和何时、如何学的问题,而只是依赖科目、方法和年级的传统安排。

虽然不适当的讲授在造成这些问题上也起了部分作用,可大部分过失仍在于课程本身(人们可以看到在二年级讲授形成季节的原因或四年级讲授电子壳层时出现的各种错误认识)。

《设计》提出了许多有关减轻课程负担的建议,但要注意的是不应将这些建议解释为“淡化”课程。这些建议绝不是要冲淡课程,相反,《设计》要求学生集中精力理解好课程的关键概念,使学生更好地学好当前的课程,取得考试的好成绩,掌握更高水平的知识和技能。现在真正冲淡课程的情况在课堂上也是显而易见的,学生在课堂上只接受了过多科目的肤浅讲解,而除了一堆杂乱零散的不很理解的内容以外,学生什么也没有真正掌握。

课程的顽疾

如果这些持续的批评是有道理的,又为什么一直没有改革课程呢?尽管有过多次改革的尝试,可在20世纪讲授的课程同最初讲授的几乎一样,只是增加了许多新的课题。对变革的抗拒在所有的社会制度下和机构内是常事,无论是在体育组织、政府部门、工商企业,还是学区都是如此。安于现状的舒适和不愿尝试的忧虑,导致教师、管理人员、学校管委会、国家立法者、家长、一般公众,甚至学生都对课程改革不热心。例如,虽然民意调查说明家长给学校和教师的评分都不高,也表示支持教育改革,但调查也反映出同是这些家长却认为他们自己的学校和教师按现在的办法做得不错,不需要做重大的变动。

除了对改革有疑惑的原因以外,坚持现在的课程有着更多深层的原因。从幼儿园到十二年级的课程有着复杂的结构,它的存在不是孤立的,而是一个更为复杂的教育和社会制度不可缺少的一部分,所以难以轻易和简单地进行处置。在美国,实施变革所需要的权力和资源是极为分散的,对体制哪一部分需要改革或朝什么方向变革,社会上不是只有一种意见。德克尔·沃克(Decker Walker)在1990年的著作《课程的原理》中论述道:“在美国,要影响课程的体系的工作几乎是不可能进行的,因为这个体系是如此纷繁复杂,不合理和支离破碎,又如此开放和难以预测……整个变革工作过程可看做是一个有权决定课程的各个竞争派别对他们的分歧进行协商的过程。参加协商的各派别是许多对课程有兴趣的个人和机构……他们在影响课程体系中都起着官方的、半官方的或非官方的作用。”此外,教师和家长在学校受教育的经验大都是在传统课程中取得的。

现有课程之所以还能保持下去的另一个原因是:缺少可供选择的替代课程。在某些学科中已有少量可供选择的替代教材和教学技术,可这些都是在通常被认可的改革范围之内的。

此外,谁负责设计新的课程也不明确。教师除了在课堂上作些次要的细微的变动外,缺少进行更多变革所需的时间和资料,而且他们也没有受过专门的课程设计的培训。大学科学课程的教职员又很少了解年轻学生对学科知识的反应,具备设计从幼儿园到十二年级课程经验的人员缺乏。教育界以外的人士对难以改革的教育制度实行变革缺少必要的权力和能力。

虽然,改革的倡导者要求立即进行变革,可面对如此复杂的情况和历程,进行重大而持久的课程改革是一件最少长达几十年的事业。如果真要实现重大的课程变革,就需要有一个创立可替代课程的新的工作程序。《设计》一书正是提出了此种工作程序。

如何设计课程?

课程设计可以是多种多样的:有课时计划的设计、教材设计、学科设计和学科序列的设计。然而,大部分这类设计活动是一项一项分散进行的,在规模上很少有多于一年或两年的课程。在人类活动的其他领域(例如制造飞机、农业布局或军事行动),整体的设计是大有裨益的,如各部分工作可以更好地协调配合,减少重叠和遗漏,减少重复设计和进行必要的调整。

幸运的是如何有效地进行设计有几条普遍适用的原则。相信设计的普遍原则对从幼儿园到十二年级课程整体设计的质量有着重大意义,《科学素养的设计》概略地阐述了几种设计的可能性,希望从事设计的实际工作者帮助充实这一概略的方案。