

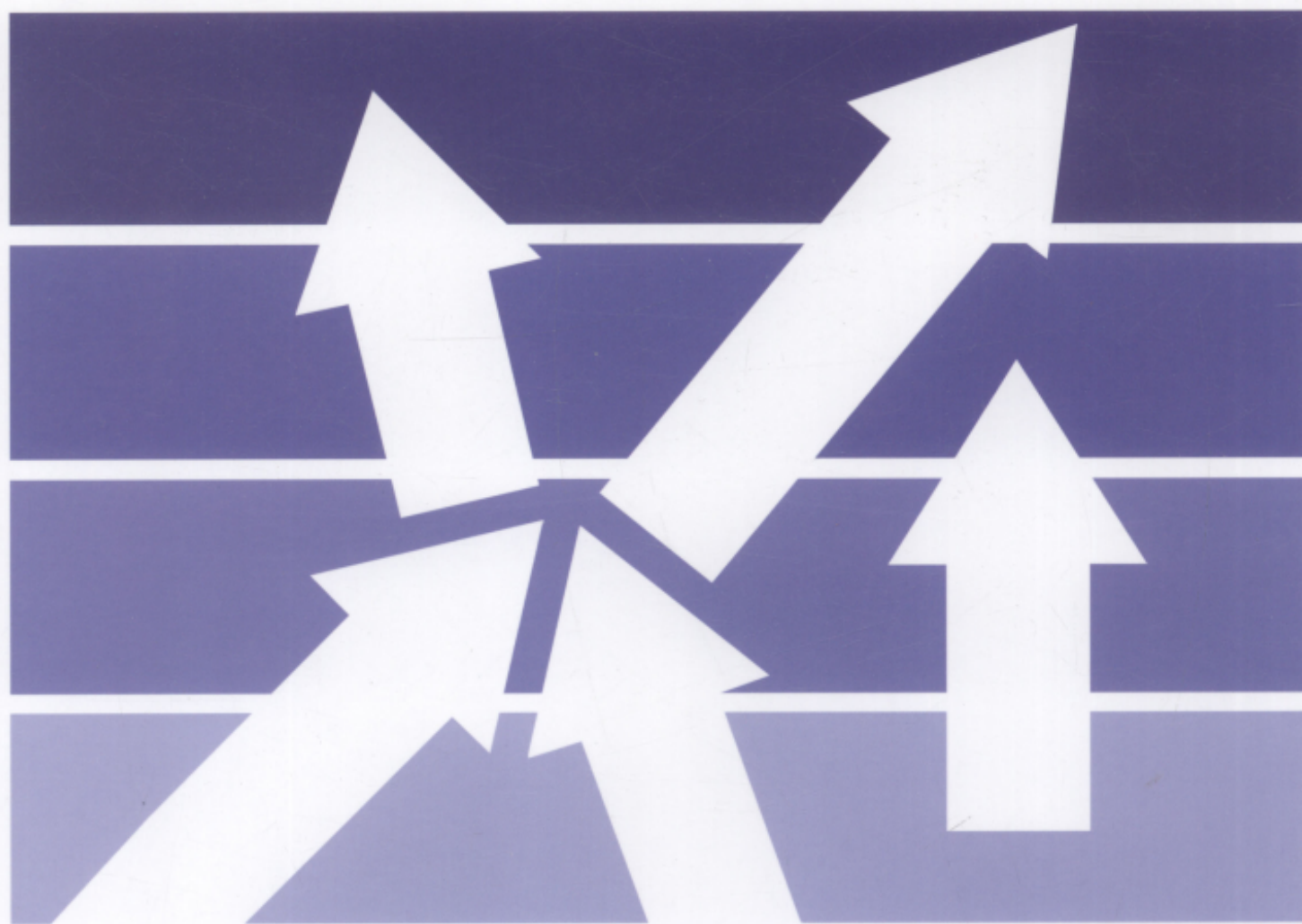


全民科学素质行动计划纲要书系

科学素养的导航图

ATLAS OF 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



全民科学素质行动计划纲要书系

科学素养的导航图

ATLAS OF 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

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION, CO-PUBLISHER

PROJECT 2061

科学普及出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

科学素养的导航图/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, 2008. 9

(全民科学素质行动计划纲要书系, “2061计划”丛书)

ISBN 978-7-110-06719-2

I. 科... II. ①美...②中... III. 科学知识—教育计划—美国 IV. G571.20

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第046031号

Authorized translation of English edition. Copyright 2001 by the American Association for the Advancement of Science (AAAS). This translation is published and sold by permission of AAAS, the owner of all rights to publish and sell the same.

著作权合同登记: 01-2002-5572

本书中文版由美国科促会(AAAS)授权科学普及出版社出版,
未经出版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

责任编辑 单 亭
封面设计 世纪佳想
责任校对 王勤杰
责任印制 李春利

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

<http://www.kjpkooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京华联印刷有限公司印刷

*

开本: 635毫米×965毫米 1/6 印张: 30 字数: 390千字

2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

ISBN 978-7-110-06719-2/G · 2996

印数: 1-5000册 定价: 68.00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)

科学素养的导航图

ATLAS OF SCIENCE LITERACY

刘延申 刘 怡 译

程东红 校订

《科学素养的导航图》（中文版）序言

“2061计划”项目委员会非常高兴地看到第一版《科学素养的导航图》中文版在中国出版。《科学素养的导航图》是《面向全体美国人的科学》和《科学素养的基准》的姊妹篇，这两本书中文版已由科学普及出版社出版。《面向全体美国人的科学》描述了每一位被认为有素养的成年人在科学、数学、技术方面所应具备的知识和技能；而《科学素养的基准》则设计了达到这些素养发展之路的认知步骤。如今，为了促进幼儿园至十二年级课程内在的连贯性，《科学素养的导航图》清晰地阐释了这些认知步骤之间概念性的联系。

为了达到课程内在的连贯性，一门课程必须在先前课程的基础上有所创新，同一年级内部如此，纵跨年级之间亦如此。《科学素养的导航图》明确阐释了科学、数学和技术主题之间的内在联系，并对每一主题相对应的幼儿园至十二年级的学习目标提出了建议。连贯的课程为学生们创造了这样一种可能：随着学生在学校学习的进步，他们可以用更高的水准来理解概念，从而发展他们对周围世界的认知能力。

在美国，不同的教育工作者都采用《科学素养的导航图》作为教学工具。课程教材开发人员使用该图来指导和决策同一年级或跨年级间重要概念的排序。教师使用该图来事先确定他们所教授的内容。评价开发人员使用该图设计一套项目或任务以考查学生是否已经达到了特定的学习目标。师范教育工作者则使用该图来培训新的教师，让新教师认识到课程连贯性的作用，以及如何应用这种连贯性促进学生的学习。

我们希望，在中国《科学素养的导航图》将在激励和指导教育改革方面发挥作用。我们相信，当所有公民都具备了科学、数学和技术素养，我们的世界将会更加健康和和谐。“2061计划”项目委员会和美国科学促进协会非常感谢中国科学技术协会促成了第一版《科学素养的导航图》译为中文，并由科学普及出版社出版了中文版。我们期待着双方机构的同仁们再次合作，在不久的将来把《科学素养的导航图》第二版带给中国的教育工作者。

乔·埃伦·罗斯曼博士

美国科学促进协会“2061计划”委员会主任

Preface to Chinese Translation of *Atlas of Science Literacy*

Project 2061 is pleased that the first volume of *Atlas of Science Literacy* is now available in China. The Chinese translation of *Atlas* is a companion to *Science for All Americans* and *Benchmarks for Science Literacy*, which also have been published by Popular Science Press. *Science for All Americans* describes the knowledge and skills in science, mathematics, and technology that every adult should possess to be considered literate, and *Benchmarks* lays out the cognitive steps along the way to achieving that literacy. Now, to help promote more coherence in the K-12 curriculum, *Atlas of Science Literacy* articulates the conceptual connections among these steps.

To achieve coherence, a curriculum must build new ideas and skills on earlier ones, both within each grade and across grades. *Atlas of Science Literacy* makes explicit the connections among important science, mathematics, and technology topics and suggests K-12 learning trajectories on each topic. A coherent curriculum makes it possible for students to encounter ideas at increasingly more sophisticated levels as they progress through their schooling, thus developing their ability to make sense of the world around them.

Atlas of Science Literacy is being widely used in the United States by a variety of educators. Developers of curriculum materials are using it to guide their decisions about the sequencing of key ideas within and across grades. Teachers are using it to identify prerequisites to the ideas they are teaching. Assessment developers are using it to design sets of items or tasks that can probe whether students have achieved the specified goals for learning. And teacher educators are using it to prepare new teachers to recognize the attributes of a coherent curriculum and how that coherence can be used to enhance their students' learning.

Our hope is that *Atlas* will be useful in stimulating and guiding the improvement of education in China as well. It is our belief that a world where all citizens are literate in science, mathematics, and technology will be a healthier and safer place to live.

Project 2061 and the American Association for the Advancement of Science are grateful to the Chinese Association for Science and Technology for stimulating the translation of *Atlas of Science Literacy* and to Popular Science Press for publishing this volume. We look forward to working with our colleagues in both organizations to bring the second volume of *Atlas of Science Literacy* to Chinese educators in the very near future.

Jo Ellen Roseman, Ph.D

Director

AAAS Project 2061

美国科学促进会 (AAAS) 是世界上最大的科学与工程团体之一，它创建于1848年，拥有近300个团体会员，是《科学》杂志的出版机构。另外，美国科学促进会还有143 000多名个人会员，由科学家、工程师、科学教育工作者、政策制定者和对科学技术有兴趣的其他人士组成。美国科学促进协会的任务是推动科学家的工作，为他们的合作提供便利条件，培养科学自由和科学责任感，增进科学对提高人类生活水准的效用，推进科学教育，让公众理解和支持促进人类进步的重要的科学方法。

“2061计划” 是美国科学促进会实施的一个长期项目，旨在改革在全美国范围内从幼儿园到十二年级的教育，以便使所有的高中毕业生都具备科学素养。该计划起始于1985年，这一年是哈雷彗星最近一次光临地球，并以哈雷彗星再次临近地球的年份（2061年）为名，取名为“2061计划”。从一开始，“2061计划”就提出了科学素养的广泛定义，包括科学、数学和技术方面的知识和技能，科学的思维习惯，对自然科学的理解，科学素养对每个人的影响，以及其社会中的作用。

面向全民的科学素养。 伴随着由科学家、数学家和技术专家组成的研究小组的工作，“2061计划”起始于1985年，它界定每个成年人在五个学科领域——生物和保健科学，数学，物理学，信息科学和工程学，社会和行为科学，以及技术——必须具有的基本知识和技能。最后，这些学习目标集中体现在“2061计划”具有里程碑意义的文献《面向全体美国人的科学》（1989）中。这本书论述了所有经过13年学校教育的学生，在科学、数学和技术方面应该达到的知识和能力。1993年，“2061计划”与经过认真选聘来自6个学区的教师组成的研究小组合作，撰写了《科学素养的基准》。这是一种课程设计工具，指出学生在二年级、五年级、八年级和十二年级结束时应该知道什么，将《面向全体美国人的科学》所提出的科学素养目标解释为预期达到的标准。上述两部文献已经对教育产生了巨大影响，为制订“国家科学教育标准”奠定了基础，并帮助美国许多州和学区制定了课程框架和课程标准。

教育工作者的工具。 目前，“2061计划”正开发一组配套的改革工具，教育工作者可以使用这些工具在自己的学区进行课程设计和指导改革：《科学素养的资源：专业发展》（1997）为教育工作者提供有价值的背景资料，增进他们的知识和技能。《科学教育改革的蓝本》（1998）论述教育体制若干部分需要改革的情况，以推

进科学、数学和技术的学习。《幼儿科学、数学和技术教育的对话》（1999）讨论学龄前儿童科学、数学和技术学科教学的最新情况。《中等数学教科书：基于基准的评价》（2000）给出了“2061计划”对中学数学教科书使用范围和最新进展的分析。《科学素养的设计》和科学素养设计配套光盘（2001）为教育工作者设计从幼儿园到十二年级的课程，提供了理论框架和实践指导，目的是为了帮助所有的学生达到科学素养的目标。

“2061计划”即将出版的文献包括《科学素养的资源：课程教材》，这本书描述了该项目基于研究的、分析教学资料的过程，以及对中等科学和数学教科书、高中生物学和代数教科书所作的最新的网上评估报告。与此同时，“2061计划”正在制定有关科学和数学评价工作的分析步骤。另外，“2061计划”还通过其“专业发展计划”，组织关于了解基准与标准、课程与评价的专题研讨会。

美国科学促进协会对下述“2061计划”的赞助机构表示感谢：

纽约卡内基公司

惠普公司

约翰·D. 和凯瑟琳·T. 麦克阿瑟基金会

安德鲁·W. 梅隆基金会

普尤·查吉泰伯信托基金

国家科学基金会

美国全国科学教师协会(NSTA)是世界上最大的科学教师团体之一，它创建于1944年。该组织一直致力于科学教育的改革创新。目前，该协会会员超过53 000名，其中包括科学教师、科学督学、管理人员、科学家和工商界代表，还有积极参与科学教育的其他人士。

这本《科学素养的导航图》由“2061计划”项目组和美国全国科学教师协会联合出版。

序

美国科学教师协会（NSTA）很高兴能和美国科学促进协会一起联合出版《科学素养的导航图》。教师、课程设计和开发人员将会发现《科学素养的导航图》对于他们来说非常有用；同时，该书的出版对“2061计划”工具库是一个补充。《科学素养的导航图》是已经出版的《面向全体美国人的科学》和《科学素养的基准》的姐妹篇，也是一部非常重要的文献。该书对那些希望按照《国家科学教育标准》对课程标准进行连贯性设计的教师和课程规划者来说是一个非常实用的工具。

为达到连贯性，一门课程必须在原有基础上构建新的概念和技能，这些新的概念和技能应贯穿一节课到另一节课，一个单元到另一个单元，以至一学年到另一学年。由于课程的连贯性，当它们形成新的概念和获得新的技能时，学生学习的内容和过程会变得更加复杂。研究结果表明，学生已经掌握的概念是决定他们获取新知识非常重要的因素之一。

在开始学习一个新的主题之前，教师们可以查阅《科学素养的导航图》来确定学生们可能已经掌握的概念，这对理解新主题非常有帮助。当教师发现学生对某一概念感到困惑时，他们也可以查阅导航图来确定在学生的学习背景中是否缺失一些先前的知识概念。研究很清楚地表明，早期概念的掌握比简单地重复原始讲义要有用得多。

对课程开发人员来说，无论他们是改进教学的教育工作者还是课程设计专家，都将发现《科学素养的导航图》是开发连贯性课程的极佳工具，不必简单地重复主题和技能。使用导航图，可在教学单元内和它们之间概念的发展上加强连贯性，不留有空间。那些对课程中相关主题或科目相互连接感兴趣的课程开发人员将会发现《科学素养的导航图》是一部现成的非常有用的参考书，导航图可将相关主题按逻辑性和实用性的方式联系起来。借助于《科学素养的导航图》，课程开发人员将能够认识到，当学习内容涉及不止一个学科时，需要特定的学习概念来提供帮助。

致力于开发新的评价体系的科学教育工作者将会发现《科学素养的导航图》对确定考试科目的年级范围标准具有重要帮助作用。当学生对某一概念的理解被评估为若干个不同等级时，评价工具具有重要的评判作用。

哈罗德·普拉特

2001-2002 全国科学教师协会主席

前言

连贯性是高质量的教学标准、课程安排、教学指导和评价体系的基本要求。我们不应该将学习目标仅仅看做是对各种主题所构成的概念的集合，而应该把学习目标看做是对理解的提高，包括对哪些概念构成了某一特定目标，以及如何达到这一目标。这些清晰的相互关联不仅在概念线索之间显得十分重要，而且对相互作用的邻近线索也十分重要。“2061 计划”对科学和数学教材的仔细分析表明这些教材的最大缺点就是缺乏连贯性。许多教材只是简单地列出数百种概念，但没有将它们用理性的方式串联在一起。

研究概念间的进展和相互作用对开发《面向全体美国人的科学》(1989)这一重要文献起到了非常重要的作用；如果不沿着这样的思路考虑尽量合理的步骤，就很难描绘成年人的素养。自从“2061计划”启动以来，我们一直认为，对科学素养的概念来说，不仅单个概念是重要的，而且概念之间的相互支持亦非常重要，这样有助于获得对所有概念的综合理解。在撰写《科学素养的基准》(1993)这本书的过程中，我们绘制了概念导航图，这些图清晰地表明从幼儿园至十二年级相关概念是如何发展而来的。虽然，当时这些清晰的导航图对研发人员提供了帮助，但并没有在《科学素养的基准》书中展示出来。《科学素养的导航图》中的进展图第一次清楚地描绘了基准之间的许多关联，而这些联系以前并未清晰表示出来。

自《面向全体美国人的科学》的首次出版以来，许多研究人员和我们同仁都对该作品作出了许多贡献，我们必须特别感谢索恩·惠勒。他经过四年认真、细致的工作，以非常准确的图框、箭头、连线成功地完成了基准的绘制工作。我对他的聪明才智和辛苦的工作表示衷心感谢。

在当前的教育改革进程中，许多事情在迅速地发生变化；各州和各学区都在修改他们的课程标准和评价体系，而在逐年级地进行改革。然而，将概念的发展图形化是一种需求，也是一项缓慢的工作，到目前为止，我们仅仅绘制出了49个较完善的、相互连接的导航图。我们非常希望绘制一整套完整的导航图，但考虑到这些导航图对于教育改革的重要性，我们不得不推迟一年左右才能完成。我们相信读者将发现，尽管目前只能使用并不完整的导航图，但也会发现有很多有价值的和可利用的东西（尽管导航图是为了科学、数学和技术而制作的，但这些图对理解进程概念的描述和对其他领域也同样有所帮助）。

我们绘制这些进展图的主要目的是让读者开始思考，教学方式应更多地采用图形化的形式。同时，我们也鼓励他们根据自己的需要修改并完善这套导航图。当然这并不意味着读者就可以草率任意地修改导航图，因为这套导航图是许多科学家和教师经过10多年的努力才完成的。此外，这套导航图经过了许多大专院校的教育工作者的多次研讨和试用。在任何情况下，对重要概念的掌握都是一种挑战，我们应让学生们去认真思考，希望他们掌握理解的真谛。

安德鲁·阿尔根

美国科学促进协会“2061计划”委员会副主任

目 录

序		进展图:生态系统中的物质流	
前言		生态系统中能量流	
导言	3	节:生命的进化	80
关于《科学素养的导航图》	3	进展图:生物进化	
关于进展图	6	自然选择	
图示	12	第六章 人类机体	85
第一章 科学的性质	15	节:肌体健康	86
节:科学探索	16	进展图:疾病	
进展图:科学探索中的证据和推理		保持健康	
科学调查		节:精神健康	90
科学理论		进展图:精神苦恼的处理	
避免科学偏见		精神失常的诊断和治疗	
第二章 数学的性质	25	第七章 人类社会	95
节:数学探索	26	节:行为	96
进展图:数学过程		进展图:遗传和经验塑造人的行为	
数学模型		文化对行为的影响	
第三章 技术的性质	31	节:社会变革	100
节:设计与系统	32	进展图:对社会变革的影响	
进展图:设计的约束条件		社会的决策	
设计系统		第八章 被改造了的世界	105
节:技术中的问题	36	进展图:农业技术	
进展图:技术和社会的相互影响		节:交流与信息	108
使用技术的决定		进展图:通信技术	
第四章 自然环境	41	计算机	
节:宇宙	42	第九章 数学世界	113
进展图:万有引力		节:数学表达式	114
太阳系		进展图:图形表示法	
恒星		符号表达式	
星系和宇宙		节:比例	118
节:影响地貌的因素	50	进展图:比和比例	
进展图:地球表面的变化		描述变化	
板块构造学		节:统计学	122
节:物质结构	54	进展图:平均值与比较	
进展图:原子和分子		相关性	
物质守恒		统计推理	
物质状态		第十章 历史展望	129
化学反应		第十一章 通用概念	131
节:物体运动	62	进展图:系统	
进展图:运动定律		第十二章 思维习惯	135
波		反思	137
第五章 生存环境	67	进展图的起源	137
节:遗传	68	问题	139
进展图:DNA和遗传特性		进展图的结构	145
遗传特性的变化		进展图与基准	148
节:细胞	72	图示基准分布	148
进展图:细胞的功能		图示基准索引	149
细胞与器官		参考文献	158
节:物质流与能量流	76		

科学素养的导航图



哈雷彗星 英一澳天文台/皇家天文台, 爱丁堡

导 言

科学、数学和技术对我们所属的文化和你我的生活产生着深远的影响。在人类进行的几乎所有活动中都能发现它们的作用，它们还影响我们同他人及周围世界的联系。“2061计划”便是为改善教育，使公众获得科学素养——即基本了解自然与社会科学、数学、技术及三者之间的相互作用而做出的长期不懈努力。

“2061计划”的开创性报告《面向全体美国人的科学》(AAAS, 1989)阐述了哪些技能和知识构成了科学素养。其姊妹篇《科学素养的基准》(AAAS, 1993)列举了学生在四个年级阶段——获取素养过程中经历的阶段——中应学到哪些目标性的具体技能和知识点。全美国都在使用《面向全体美国人的科学》和《科学素养的基准》以及其他一些标准文献来改革国家和各州的课程框架、教学要求、教学评估及师资教育。但改革中难免会遇到很大的困难。

《科学素养的导航图》迎接把科学教育改革变成现实的重大挑战：科学素养不应视做支离破碎信息及毫不相干技能的简单集合，而应是一个内容丰富、技能与观点可以相互支撑的架构，这个架构是随着时间的推移而发展变化的。从小学到高中，学生的学习应建立在他们的既有知识基础上，这才能了解他们今后还得学什么，并为他们日后还应该学习什么做好准备。为了帮助学生获得科学素养，教学人员需要明白学生在不同年级乃至不同学科中学到的技能和知识是如何相互作用的。《科学素养的导航图》使用一系列“进展图”来描绘这种相互作用，把学生理解能力的增长以图形化的形式表现出来。每张图都说明了在某一主题下获取素养所应具备的知识点和技能，以及它们之间是如何连接的，并显示了学习过程中的每一步来自何方、去往何处。

《科学素养的导航图》旨在帮助教学人员

明了学生在不同年级应学到些什么，从而帮助他们设计更加全面且连贯的课程、教学和评估方案。教学人员必须明白概念和技能随着时间的推移而发展，并且它们之间相互关联，否则学生只能学到一堆互不相干的，晦涩难懂的，易于忘却的事实、运算法则和技术术语。

《科学素养的导航图》并非为某一课程或教学要求量身制作，而是提供了一个框架来激励人们思考如何根据实际情况来设计和组织学习。此外，这些图还将在新的讨论、课堂经验、教学研究中不断完善。我们希望《科学素养的导航图》能持续给人如下信息：仔细斟酌学生从幼儿园至高中毕业期间理解能力的增长，是制定计划让学生去学习什么和如何尽最大可能帮助他们达成预期目标的不可或缺的重要组成部分。

关于《科学素养的导航图》

《**科**学素养的导航图》提供了一些进展图，这些图表示随着时间的推移，学生理解获取科学、数学和技术素养所需技能和观点的能力如何增长。本书还包含针对进展图所做的一般性讨论和针对每张图所做的特殊论述。

《科学素养的导航图》用来帮助教学人员了解并确定学生学习中的具体目标，是“2061计划”所开发的一套协同工具中的一部分。假如教学人员在使用《科学素养的导航图》时配合使用先前出版的两本书(《面向全体美国人

进展图与我们熟知的科学教育中的“概念图”有着天壤之别。进展图描绘的是技能与观点的发展，而概念图描绘的是学生的理解能力在某一时间点上的表现。

的科学》和《科学素养的基准》),就会在本书的使用上获得最佳效果。《科学素养的导航图》中的进展图由基准——《科学素养的基准》中设定的学习目标衍生而来,而基准本身则源自《面向全体美国人的科学》中成年人的素养目标。此外,图中基准间的关联基于《科学素养的基准》中关于认知的研究和论文,以及《面向全体美国人的科学》中成年人应拥有的素养。

使用《科学素养的导航图》

《科学素养的导航图》通过展示各个基准之间的明确关联而丰富《科学素养的基准》(和其他标准教材)的内容。

这些关联本身是构成科学素养和帮助学生获取科学素养的关键要素。因此,我们发现这些图在指导我们自己的研究和发展方面,以及在对各级教学人员开展工作方面是非常有用的。下述范例阐述了进展图的一些适用情形,以及它们为何能在改进科学教育中作出如此重大的贡献。

理解基准和标准。教师和其他教学人员通过仔细研习某一张图,就能提高自身对具体学习目标性基准的性质和内容的理解。例如在“2061计划”的职业发展研讨会上,进展图帮助教学人员理清了各个基准的含意,并对这套基准想要实现的目标有了直观的认识。当然,各地的教学框架或其他教学标准的体系也能用图的方法加以表示,从而更直观地显示它们的全面性和连贯性或显示它们缺少这些性质。

设计课程。图中信息可帮助教学人员建立在不同年级和不同课程提高中学生科学素养的责任体系,以确保教学要求的不断提高。为不同年级和不同课程分配基准时应考虑中学生能学到的观点与技能之间的关联。有些州和地区已经使用进展图的草图来加速这一进程了。

制订教学计划。进展图可以把人们的注意力集中在如何准备将基准纳入教学要求和在今后的学习中应重点教授哪一部分。当学

生为某一教学难点所困扰时,这些图可以用来确定需要什么样的概念支持或确定哪些概念对教学会有所帮助。学习中若是能考虑到基准之间的关联,则可以加强理解。从长远看,帮助学生把学到的东西整合在一起有助于提高他们的理解力和记忆力。

教材开发设计。进展图可以帮助教材开发人员掌握在适当的时间达到适当的基准。进展图还可以帮助他们以不同的深度说明基准之下关于某具体活动与课堂教学,而非仅仅说明同一大标题下都有哪些内容。无论是在开发教材还是分析教材中,很关键的一步是深刻认识目标基准本身、其实施的前提条件和应在教材或教师指南中加以强调的概念之间的关联。进展图是“2061计划”课程教材分析程序的重要组成部分。《科学素养的导航图》中大量的图是从“2061计划”课程教材开发中逐步发展而来的。

教学评估和分析。当用作解读评估结果时,导航图可以帮助解答何时适合评价某一特定技能与观点,以及学生为何会在学习中遇到困难。有了图作为框架,对学生的评估便可设计为在理解能力增长的过程中,学生处于何种位置,而不是让学生们去理解某些撮合在一起的风马牛不相及的观点。“2061计划”早期的分析性评估工作证实了在寻找某一任务的基准方面和确定深度方面,图都是一个很重要的工具。

准备师资。不论职前还是在岗,以上列举的所有活动都可以强化教师对基准意义的理解及如何帮助学生达到基准。教师们通过认真地学习进展图中各基准之间的联系,也丰富了他们自己的知识。这些图从学生如何获得知识的角度出发描绘了科学、数学和技术素养,为思考如何教授这些素养指明了方向。

图的设计

本版《科学素养的导航图》并未形成一整套导航图的体系——也就是说,它并未涵盖《科学素养的基准》中全部的学习目标。《科学素养的基准》中大约50%的内容在本版中有图示。下一版《科学素养的导航图》中会完成所有的图。

本书最后的“进展图与基准”一节详细说明了《科学素养的基准》在本版《科学素养的导航图》中图示化的情况，以及各个基准都出现在哪些进展图中。

虽然本版《科学素养的导航图》对《科学素养的基准》中大部分章节的主题都绘制了进展图，但第十章和第十二章是例外的。第十章“历史展望”中的一些基准在《科学素养的导航图》其他章节的几张图中有所涉及，相关的历史事件将在下一版《科学素养的导航图》中涉及并配有相应的图。第十二章“思维习惯”没有制图，该章节中出现的基准已分散至本版《科学素养的导航图》的其他章节中。

鉴于没有对所有基准都进行图示化，因此一张图可能会与某主题有关，但这个主题却未收录至本版《科学素养的导航图》中。进展图旁边的文字会对这种情况有所说明，同时建议

读者到《科学素养的基准》或《面向全体美国人的科学》的相关部分寻找关于遗漏主题的详细信息。

《科学素养的导航图》的结构

《科学素养的导航图》的章节与《科学素养的基准》和《面向全体美国人的科学》一致。《科学素养的导航图》的每个章节都包含“一群”关系密切的图，它们或近或远地与《科学素养的基准》中的章节相对应。但由于《科学素养的导航图》中一张图会并列涉及《科学素养的基准》中几个不同的基准，因此本书中以《科学素养的基准》中某

图 1 在“科学探索”图集中基准的图示化

《科学素养的基准》的章节	基准的图示化比例	《科学素养的基准》的章节	基准的图示化比例
第一章 科学的性质		第八章 被改造了的世界	
1. 科学世界观		1. 农业	
2. 科学探索		2. 材料与制造	
3. 科学事业		3. 能源及其利用	
第二章 数学的性质		4. 交流	
1. 规律与关系		5. 信息处理	
2. 数学、科学与技术		6. 保健技术	
3. 数学探索		第九章 数学世界	
第三章 技术的性质		1. 数字	
1. 技术与科学		2. 符号间的关系	
2. 设计与系统		3. 形状	
3. 技术中的问题		4. 不确定性	
第四章 自然环境		5. 推理	
1. 宇宙		第十章 历史展望	
2. 地球		1. “地球中心论”的覆灭	
3. 影响地貌的因素		2. 天地合一	
4. 物质结构		3. 物质与能量、时间与空间的关联	
5. 能量转换		4. 时间的延伸	
6. 物体运动		5. 大陆板块的运动	
7. 自然力		6. 认识火	
第五章 生存环境		7. 原子的分裂	
1. 生命的多样性		8. 对生命多样性的解释	
2. 遗传		9. 发现细菌	
3. 细胞		10. 动力的利用	
4. 生命的相互依存		第十一章 通用概念	
5. 物质流与能量流		1. 系统	
6. 生命的进化		2. 模型	
第六章 人类机体		3. 恒定与变化	
1. 人的特性		4. 规模	
2. 人的生长		第十二章 思维习惯	
3. 基本功能		1. 价值观和态度	
4. 学习		2. 计算和估量	
5. 肌体健康		3. 操作与观察	
6. 精神健康		4. 交流能力	
第七章 人类社会		5. 批判—反应能力	
1. 文化对行为的影响			
2. 群体行为			
3. 社会变革			
4. 社会的协调平衡			
5. 政治和经济体制			
6. 社会冲突			
7. 全球的相互依存			

一特定部分命名的一个图集可能会包含其他章节中提到的基准。

的确，这些图的价值之一便是它们能把每一主题下所有的基准集合到一起，而不管它们原先在《科学素养的基准》中处于什么位置。例如本版《科学素养的导航图》第一章“科学的性质”中属于“科学探索”节的图主要描绘了《科学素养的基准》第一章“科学探索”的基准，但同时也包含了其他章节的一些基准。图1显示了《科学素养的基准》的章节目录，以及“科学探索”图集中涉及的基准都来自何处。

尽管我们尝试着将《科学素养的导航图》中图的设计与《科学素养的基准》的章节结构相对应，但在将基准放入图示的过程中难免会产生新的结构，同时激励读者以一种全新的方式对《科学素养的基准》进行思考。

图 解

《科学素养的导航图》每个章节的开头都会简要地探讨一下与《科学素养的基准》一书相同章节中的主题，以及下一版的《科学素养的导航图》里会增加哪些主题。接下来会简要地讨论一下本章出现的每个图集——着重其总体内容和图间的一般关系。

每张图的前面都会有相应的图解。图解的第一部分是对该主题的一般性探讨，及其对内容和主要路线的简要概括，还有对相关的但尚未图示化的主题、历史阶段的注解。图解的第二部分是与图相关的“备注”和“研究”。备注会指出该图有趣或难以理解之处，以帮助读者掌握该图，但并非要完全阐明图中观点；同时，相关的认知学研究也会适时出现。这些研究节选自《科学素养的基准》第十五章的“研究基础”，受《科学素养的基准》出版时的限制，仅包括对阐明图有重大帮助的那些文献。

关于进展图

张进展图聚焦于对科学、数学和技术至关重要的一个主题，展示

了最易于帮助理解这个主题从小学到高中的若干基准，还显示这一主题立足于哪些基准和它能进一步支持哪些基准。这些图最重要的特征是体现基准所表达的技能 and 观点是如何随着时间的推移而发展变化的。为突出这些图的发展变化性质，我们称其为“进展图”。“进展”即不同年级阶段在一组基准中发展变化的能为人们所辨识的概念或描述。

然而，将一张图上的基准整理成条理清晰的进展图不一定有用或站得住脚。构成素养的概念和描述在它们发展过程中常常相互交错、融合并相互共享。重要的是把这些图看做是总体上的基准组合，它表达着每张图的基本内容，并帮助读者聚焦在提高理解能力上。

基 准

每幅图中所表达的技能 and 观点是学生学习中要实现的具体目标。我们称其为学习目标性基准，这是因为它们选自《科学素养的基准》，每个基准都以“学生们应该知道……”或“学生们应该学会……”作为开头。在图中，每个基准的文字之后都会有一个编码，用以说明《科学素养的基准》中相应目标所在的章节（见第12页“图例”）。当然，应依据任何一套具体、合理、连贯、完整的学习目标来绘图。描绘基准过程中遇到的问题和经验对于描述其他一些学习目标也有借鉴作用。

编写《科学素养的基准》的重要之处就是注意技能与观点之间的关联，但由于一个基准可能在不同背景下出现多次，因此并不可能每次都把基准互相关联得很好。把图中的基准明确地联系起来会很快让人注意到它们之间的关系，并能做出微调。例如，许多基准都包含几个相关的技能与观点。在图中，这些技能和观点常常分开来阐述一条基准中具体观点与另一基准中具体观点之间是什么关系。图2就表示了《科学素养的基准》中处于同一页上的两条基准是怎样体现在图的三个方框里的。

在《科学素养的导航图》中，为表示技能和观点的流向，作者小幅修改了一些基准的措辞。除却这些轻微修改，图中的基准还是与出

更完整的针对某一主题研究发现的总结和参考文献见《科学素养的基准》第十五章的“研究基础”和《科学素养的资源：职业发展》（AAAS，1997）。

现在原来《科学素养的基准》中的基准保持一致的。

在少数情况下，出于认真和细致的考虑绘图会对基准做出更积极的调整。有时与《科学素养的基准》相比，图中的基准会出现在高一些或低一些的年级中。有时还需要增加一些技能和观点。这种需要大多数情况下会通过使用《面向全体美国人的科学》或《科学素养的基准》中的观点来满足，但有时不得不提出一个新的基准。总之，在绘制本版《科学素养的导航图》的过程中，对《科学素养的基准》也进行了微调，使之更合理。

关联

基准之间的关联基于学科的逻辑性，还基

于在可能的范围内查找到的关于学生如何学习——包括一段概念和特定概念——的研究文献。两条基准之间的关联如果在图中以箭头的形式表示，则表示一条基准可以“促成或实现”另一条基准（见第12页“图例”）。偶尔出现的双向箭头表示这些基准之间是互相支撑的。

一个基准会以不同方式促成另一基准。例如，要想让学生明白力改变运动的原理，从逻辑上讲他们需要事先知道什么是“力”，什么是“改变运动”。但仅仅依靠逻辑很难充分提高理解能力，心理和发展的因素也要考虑在内。要理解一个基准，学生常常需要事先了解包含同样概念的更为简洁的另一个基准。

图2 《科学素养的基准》中的一页和《科学素养的导航图》中框出的基准

生存环境

六年级至八年级

在 中学阶段，学生们可以从几方面进一步获得证据。化石证据不仅可解释已灭绝的和存活的物种，还可以扩展到认识生物进化的历史方面。可以把沉积岩带入课堂，用来反映相对的年代。但是真正了解年代的确定需要知道同位素技术，应等到高中，在学生理解了原子结构以后再介绍。饲养实验可以展示遗传的特性和选育的效果。正是由于精通选育，达尔文才激发出一种想法，认为生物体连续各代间的差异是可以自然地累积的

到八年级结束，学生们应该知道：

► 父母与后代之间的微小差异能够一代一代地累积起来（通过选育），以至于后代与它们遥远的祖先非常不同。

► 具有某些特性的单个生物体可能比其他的生物体更易于存活和繁育后代。环境条件的改变能够影响单个生物体或者整个物种的生存。

► 成千上万层的沉积岩，为地球悠久的历史提供了证据，而在岩石中发现的生命残骸也为历史上的生命形式演变提供了证据。沉积岩层的年代越接近现代，其中包含的化石与现存的物种就越相像。

父母与后代之间的微小差异能够一代一代地累积起来（通过选育），以至于后代与它们遥远的祖先非常不同。五6/1

具有某些特性的单个生物体可能比其他的生物体更易于存活和繁育后代。五6/2...

环境条件的改变能够影响单个生物体或者整个物种的生存。...五6/2