

科学教育理论与实践研究译丛

HOW CHILDREN LEARN SCIENCE
conceptual development&implicaations for teaching

儿童如何学科学

——概念的形成和对教学的建议

[美] 罗纳德·G·古德



人民教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

儿童如何学科学：概念的形成和对教学的建议/ [美] 古德
著；张东海等译. —北京：人民教育出版社，2005
ISBN 7-107-18425-3

I. 儿...

II. ①古... ②张...

III. 科学知识—教学研究—小学

IV. G623.602

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 006381 号

人民教育出版社 出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编:100009)

网址:<http://www.pep.com.cn>

北京四季青印刷厂印装 全国新华书店经销

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张: 17

字数: 208 千字 印数: 0 001~3 000 册

定价: 21.80 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

(联系地址:北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编:100078)

《科学教育理论与实践研究译丛》

前 言

近年来，随着我国教育的不断深入，科学教育研究也蓬勃开展起来。在我国相继出版了一些科学教育理论与实践研究专著，这些著作作为提高广大科学教育工作者的理论和实践水平产生了一定的积极作用。但是，目前我国对于世界发达国家科学教育研究的历史和现状认识得还不够充分，尤其是对一些国际知名的科学教育研究者所提出的科学教育理论、研究方法以及他们的实践经验和研究成果了解得还远远不够。为了弥补以上缺憾，教育部课程教材研究所科学课程教材研究开发中心，组织翻译了世界发达国家《科学教育理论与实践研究译丛》。

本套丛书搜集了美、英、日等发达国家科学教育理论与实践研究方面有影响的著作，内容涉及科学教育理论、科学教育历史、科学教学模式、科学学习认知研究、科学学习评价、科学教学策略等多方面内容。我们衷心希望该套译丛的出版能对我国的科学教育理论与实践的研究起到积极的推动作用。

课程教材研究所 科学课程教材研究开发中心

2005年1月

译者说明

《儿童如何学科学——概念的形成和对教学的建议》是《科学教育理论与实践研究译丛》之一，内容主要涉及科学学习的认知研究领域。该书系统地介绍了自皮亚杰以来有关科学认知研究的理论与实践。书中提供了丰富的理论和大量可操作性的实验，它们能给我们的科学教育研究者和广大的科学教师带来很多的启示与思考。本书的作者罗纳德·G·古德，曾是美国佛罗里达大学心理系著名的教育心理学家，担任过美国《科学教师》杂志的主编。他一生致力于科学学习的认知研究，写下了大量的学术论文和著作，在国际科学教育界影响很大。本书是古德教授对20世纪20年代至80年代这段时间有关科学认知研究成果的一个梳理和收集，它汇聚了这几十年来科学学习与认知研究的精粹。本书曾一直作为美英等国科学教育方面研究生的必读书，今天它能与我国广大的科学教育者见面，首先要感谢翻译人员的辛苦工作，另外还要感谢人民教育出版社王岳副总编辑的推荐与帮助，感谢他慧眼识珠从万里之遥的英国带回此书，并不遗余力地支持本书的翻译工作。

参加本书的翻译人员有（按照拼音字母顺序）：郭冕成、郭元洁、李华、刘忠学、倪男奇、王淑芳、熊耕、余小倩、张东海、张军霞、赵本涛等。全书由王岳、黄海旺审定，由刘忠学统稿。

由于时间仓促以及我们的能力有限，书中难免有错误之处，在此敬请广大读者予以批评和指正！

作者前言

认知发展正日益受到越来越多的教育者（尤其是科学和数学领域的）所关注。为了让广大科学教育者对科学学习的认知研究有一个系统而全面的了解，本书将介绍自皮亚杰以来一些认知心理学家有关科学学习的理论与实践，内容包括：确定与科学学习相关的重要概念；解释理解这些概念所需的智力结构，并说明这种结构的发展特点；探讨以上内容对科学教学及课程开发的启示。

本书重点介绍研究思维发展所用的情境访谈法，而相关的理论部分不作为重点内容。但对于皮亚杰的研究，我们还有必要予以了解。因为作为认知发展研究的开创者及奠基人，皮亚杰对于该领域的发展贡献很大。

本书的第一章简要回顾了 20 世纪 20 年代以来皮亚杰的研究方法及研究领域，并把他早期所用的访谈法与后来的研究技术（其中包括一些操作性材料）进行了比较。为了能让有兴趣的读者尝试对儿童进行一两次访谈，书中还提供了比较详细的访谈记录。

第二章是本书的重点。本章主要介绍了访谈的步骤及技巧，并对访谈的成果作了描述。成果的描述一般是按年龄段进行，我们把年龄段分为“具体运算”和“形式运算”两个部分，具体运算阶段的年龄上限为十一二岁，其后便是以抽象思维为主的形式运算阶段。对应于这两个年龄段，通过研究可以知道哪些概念是该年龄段大部分儿童都能达到“初步运用性”理解水平的，并依此将概念发展分为“具体运算阶段”和“形式运算阶段”两个部分。需要指出的是，皮亚杰理论中的“前运算”阶段通常是指 2~7 岁这个年龄段。这里容易让人误解，因为对于面积、重量、体积等概念，儿童一般要到 7 岁以后才能达到“初步运用”的理解水平。

这里的抽象思维（皮亚杰称之为“形式运算思维”）是指不借助具体事物而只是凭借一定的假设和命题进行思考的能力。具备抽象思维的人能比较全面地考虑到事物之间的各种组合（无论是现实的，还是可能的），

能把已有经验作为支持的证据，还能把可能性、组合、比例、识别及控制变量等内容或过程看作是事物或事物之间的一种功能和内在关系，并能对现实和假设的问题进行概括。

为了体现认知发展具有一定连续性的观点，本书不强调发展“阶段”的概念。因为对于大多数青少年和成人来说，他们是否一定具有很好的抽象思维能力，目前尚有存疑。因此，本章只将科学概念所对应的儿童认知水平要求与有关的研究结果作一下比较研究。

本书的第三章概括了认知发展的一般理论，目的是帮助读者理解认知发展的研究成果及其应用价值。我们知道，要对内容和方法做出合理决策，就必须知道究竟是什么因素在影响结果。科学教育也不例外，儿童对科学的认知特点应是科学教育决策的重要基础。培养科学“思维”能力是科学教育的重要目标，因此教师必须了解儿童认知发展的一般特点，现行的教科书也应体现和考虑同一班级儿童在思维发展方面上的差异。

第四章是以上一章内容为指导进行的一些实际研究和分析。我们从现行的八套科学教材中选取了一些课例，首先描述了课文中概念的理解水平，并将其与相应的认知发展水平进行比较；然后描述了课文中出现的一些科学“过程”，并根据科学过程技能的发展水平对相应的概念水平进行分析研究。

第五章考察了教师的五种不同角色，并把每种角色与从认知发展理论和科学本质推演出的四个制约因素进行对照。另外，本章还探讨了在科学活动中儿童的思维、教师角色以及科学过程的本质等具体问题。

第六章是本书的结论部分。根据以上研究，对儿童的科学学习提出了一些建议。

附录主要列举了本书某些部分的参考资料。附录四是一个自测题，读者可在本书阅读前后各自测一次，测验前后你的不同回答会有助于你理解本书的内容。

希望这本书能帮助读者更好地了解认知发展这个十分复杂的领域，并能根据书中介绍的成果来改进我们的科学教学。尽管本书没把情感领域作为影响科学学习的重要因素，但这并不意味着在低估它的价值。大量证据表明，在所有的学习活动中，情感因素都起着十分重要的作用。因为本书

主要涉及科学认知领域，对于情感因素的作用，将来我们可以做些单独研究。

最后，我要感谢我的同事和我的学生，是他们在过去的几年中影响了我的思想，影响了本书的内容。在此，我还要特别感谢我的妻子——伊莱恩，感谢她协助我完成这本书的手稿，感谢她在这一段时间里给予我的关爱和理解。

罗纳德·G·古德

目 录

第一章 认知发展研究的实质	1
目标	1
导言	1
皮亚杰的职业背景	2
皮亚杰访谈法的实质	3
访谈实例及其结果	4
无操作辅助的访谈	4
有操作辅助的访谈	19
第二章 与科学相关的概念及其发展	27
目标	27
导言	27
具体运算阶段的概念发展	28
分类	29
排序	36
数字	37
空间概念	44
长度和距离的关系	57
面积	61
体积	67
坐标系	70
时间和运动	73
质量、重量和密度	80
因果关系	83
对具体运算阶段发展的总结	86
形式运算阶段的概念水平发展	90

五年级阶段的科学过程 (SAPA)	163
科学的过程与儿童的思维总结	167
第五章 教师的角色	169
目标	169
导言	169
教师的角色	171
教师的五种角色	172
教师的五种角色总结	178
教师与科学课程	180
教材与教师角色	180
课程项目与教师角色	181
总结	187
第六章 帮助儿童学习科学的具体建议	190
目标	190
导言	190
对于学习条件的考察	191
年级设置	192
教室中的准备	193
免费材料的来源	193
室内的科学探究活动	194
室外的科学探究活动	219
关于儿童、科学和教学的几点想法	229
附录	231
附录一：以学生为中心的科学研究 (SSLS) 和以教师指导为主的 科学研究 (TSLS)——两种量化的中小学科学教学策略 的研究与实施	231
附录二：儿童数学学习的传统顺序期待改革	247
附录三：认知发展阶段的神话	253
附录四：自测题	257

第一章 认知发展研究的实质

目标

本章旨在帮助读者：

1. 理解访谈法的实质，即它是一种探索人的因果概念形成的方法；
2. 解释对因果问题不同类型的回答；
3. 理解有操作辅助访谈的实质；
4. 明确与数量、类别、空间等概念相关访谈的详细过程。

本章是第二章总的导言。在第二章中，我们将对儿童与青少年的智力特征展开更全面的论述。

导 言

教育儿童并使之“举止得体”似乎是每个成年人的天职。在履行这个职能的过程中，成人需要花些时间来观察儿童在其自发组织活动中的天性表现，其实这就是一种认知发展研究。在自然状态下或在精心设计的情境中对儿童的行为进行耐心而细致地观察，即为20世纪以来许多儿童思维发展研究的精髓所在。在思维发展研究中诞生了一位不同寻常的人物，他凭借着在20世纪20年代以来所写下的大量著作和论文而成为认知发展研究的领袖与先锋。他就是皮亚杰。他的长达六十年的不懈努力成为了其他许多研究者的动力，推动并鼓舞着后人继续研究来揭开人类思维发展的秘密。

和其他科研领域一样，“寻求模式”（searching for patterns）也是认知发展研究的主要特征。通过对不同年龄段儿童进行仔细观察和耐心接触，我们会发现在儿童行为中那些看似随意的思维过程开始变得更有规律。通过对儿童和其周围环境间的相互作用的系统分析，儿童的科学思维发展（包括对空间、时间、数量、重量、运动等概念的认知发展）就会变得更

加清晰可见。

本章主要介绍在认知发展研究中获取信息的实例，并寻求对思维发展水平进行大致分类的模式。有的读者或许对认知发展研究的方法略有所知，对那些根据信息所总结出来的典型阶段也有所了解，那么他们只须对本章内容稍作浏览，便可阅读后面章节的内容。

皮亚杰的职业背景

了解一个人的生活背景，常常有助于我们更准确地把握其思想。就皮亚杰而言，他早期对生物学的研究兴趣，可能是其成为发生认识论（关于科学知识是如何产生的一种学说）研究先驱的主要原因。下面我们就来了解一下皮亚杰本人的生活经历和职业背景。

1896年8月9日，皮亚杰出生在瑞士的纳沙泰尔镇。在他很小的时候就对生物学产生了浓厚的兴趣，年仅10岁的他就曾在《纳沙泰尔自然历史杂志》上发表了一篇学术论文。该论文研究的是麻雀的一个白化变种，里面详细介绍了他对麻雀的各种行为所进行的深刻而全面的观察。正因为如此，杂志的编辑才认为小皮亚杰的这篇处女作是值得发表的。有趣的是，在他后来对儿童的观察和访谈中也表现了同样的洞察力，这也正是皮亚杰在认知发展研究方面的独到之处。皮亚杰对生物学的兴趣一直持续到他十几岁，在此期间他不断地发表有关软体动物方面的论文。

皮亚杰的教父是一位颇有建树的学者，他对皮亚杰的成长影响很大。他们两人的一次度假生活使得皮亚杰的兴趣开始延伸到哲学和逻辑学领域，但当时他对生物学的研究仍占主要部分。自那以来，他就有了两种兴趣——生物学方面的兴趣和哲学方面兴趣。这两种兴趣的结合能让他按照一种独特的方法进行研究。几年后，皮亚杰通过对人在认知发展方面的研究，创立了他的发生认识论（或者说是对知识获得能力的一种生物学解释）。

皮亚杰在21岁时，完成了在纳沙泰尔大学的动物学方面的学习，并获得哲学博士学位。在接下来的两年中，他总找不到可研究的课题，所以一直也没有什么研究成果。1920年，皮亚杰在巴黎的阿尔弗雷德·比纳实验室谋求到了一个工作，负责开发一套法语版的标准化巴特（Burt）推理测

验。该测试要求要能确保测试的成绩与被试的客观能力相关而与问题的呈现方式无关。皮亚杰很快发现，标准化测验中比较僵化的结构模式使得主试者无法获得了解儿童思维能力的一些重要线索。他还发现儿童回答问题的各种方式远比他们答对了多少题更重要，而结构化程度更低的临床法更容易让他把握儿童思维的脉络。

在此期间，皮亚杰聆听了弗洛伊德和荣格的演讲。由于受弗洛伊德的影响，皮亚杰开始研究所谓“非正常”儿童。希望通过这种研究来了解正常人的认知过程。也正是在此期间，皮亚杰创立了他的访谈法，该方法后来成为他的认知发展研究的基础。由于“非正常”儿童缺乏一定的口头表达能力，皮亚杰在提问的过程中使用了可操作性的材料，以确保他能与那些儿童进行准确地交流。

与此同时，皮亚杰还阅读了大量的逻辑学著作，这使得他注意到有相当多的儿童都不能进行最基本的逻辑思维运算。由于受到最初的一些关于儿童逻辑思维能力实验的影响，皮亚杰在表述他的研究成果时大量使用了逻辑学语言，可能正因为如此后人对他的工作抱怨很多。

皮亚杰访谈法的实质

1921年，皮亚杰担任了日内瓦大学卢梭学院的研究主任一职。在其后的几年中，他一直致力于儿童思维发展方面的研究，而且他的研究成果很快得到了国际认可。

皮亚杰对语言能力的发展、物体间因果关系的解释、人的道德判断以及推理能力的发展等方面做了研究。这些研究成果可见于他的五本著作（分别出版于1923年、1924年、1926年、1927年和1932年）和当时的各种杂志中。他的访谈法在技术上与几年前研究“非正常”儿童的相似，都很少使用可操作性的辅助设备。但后来他逐渐认识到了纯口头访谈的缺陷，因为儿童在有具体物体的情境下的逻辑思维与纯口头表述状态下的不同。

20世纪20年代末，皮亚杰在他自己的孩子身上进行了著名的婴幼儿智力发展研究。他和夫人一道对他们的两儿一女进行了深入细致的研究。他们从孩子一出生就开始观察，一直持续到孩子两岁。他们试图把儿童的

各种行为拼接起来形成两岁前儿童的认知发展模式，即后来所谓的“感知运动”阶段。皮亚杰对婴幼儿的认知发展研究清楚地表明：在幼儿的思维中动作比语言更加重要。基于这些经验，皮亚杰认识到具体事物在与低龄儿童进行访谈时的重要性，此后，他又对访谈技术作了相应的改进。

20世纪30年代，在巴贝尔·英海尔德和阿里纳·泽明斯卡的协助下，皮亚杰进行了一些数字和数量概念方面的研究。在此期间他们发表了大量的论文，并将最后的研究成果写成了两本书，并于1941年分别出版。值得注意的是，在此后的研究中，他们继续把目光集中在各种科学概念的习得上。20世纪30年代初，在爱因斯坦的鼓动下，他们还还对儿童在理解时间、运动和速度方面进行了研究，其成果在1946年出版。除对感知的实验研究外，他们在1948年还写了两本关于儿童对空间和平面几何理解方面的书。

皮亚杰的著作中还有两本（1959年）是关于中小学阶段儿童科学概念形成的。与以上著作相比，这两本书可能更能体现皮亚杰试图用逻辑学语言来表述其研究成果的想法。因为逻辑语言与口头语言不同，口头语言可以作多种解释，而正规的逻辑学语言更加精准。有趣的是，1955年出版的那本书也是皮亚杰与卢梭学院的同事们仅有的研究青少年思维发展的著作。

当我們对自己的工作了解得越多，我们的兴趣和理解能力也会随之发生变化，皮亚杰自20世纪20年代早期以来发表的著作和论文也正反映了这种变化。在对儿童思维的本质进行了长达三十多年的研究后，皮亚杰的兴趣逐渐转向了对发生认识论的研究上。后来在他独立完成的（1967年）或与英海尔德合著的书（1968年）中也都反映了这种转向，即他不再研究特定的科学概念，而倾向于建构一个能根据生物学因素来解释认识论的理论框架。

访谈实例及其结果

无操作辅助的访谈

无操作辅助的访谈是发生在儿童与访谈者之间的一种纯口头性的交谈。这种访谈模式有优点也有其不足。因为人们的口头语言在不同的情境

下可以作不同的理解，所以仅用熟练的谈话技巧来收集信息必然会存在一定的缺陷。但是我们还是能够从中得到一些有价值的因素。在皮亚杰早期的两本比较有趣的著作《儿童对世界的概念》（1926年）和《儿童的自然因果概念》（1927年）中，记录了许多对5~15岁儿童的访谈。在1926年出版的那本书中，介绍了有关名字的由来、梦、动物的意识、生命的含义及其他一些“日常生活”问题的访谈。皮亚杰想以此探明各年龄段儿童眼中的“现实世界”，并试图弄清楚儿童能在多大程度上区分出外部世界与内部世界（即儿童的主观世界）。另一本是关于物质世界因果关系的访谈，该书考查了儿童对空气、云彩、日月星辰、水流、力、沉浮、阴影等自然现象的理解。按照皮亚杰的访谈模式，最近我也做了几个访谈（20世纪70年代），从中不难看出儿童的思维特征。

对汤姆的访谈

访谈者：风是从哪里来的？

汤姆：从东边，从南边。

访谈者：现在它在哪儿？

汤姆：到处都有。难道你感觉不到吗？

访谈者：风是由什么构成的？

汤姆：空气。我们也有空气，我们可以通过吹气制造出风来。

访谈者：风最开始是从哪里来的？

汤姆：哦，你知道，上帝给了人空气，这样他们就能呼吸了，上帝还想多帮人一点忙。对了，你知道帆船吗？就是空气推着它们走的。空气可以推走东西，就是因为有上帝的帮助我们才能开动帆船。

访谈者：它是怎样走的？

汤姆：上帝推着它走的。

访谈者：当风吹向人时，它能感觉到有人吗？

汤姆：是的，它碰到了我们。

访谈者：风是有生命的吗？

汤姆：对。

访谈者：晚上风到哪里去了呢？

汤姆：去了……西边……北边。

访谈者：风永远呆在一个地方吗？

汤姆：不，它到处跑。

（访谈转而讨论太阳和月亮）

访谈者：太阳在哪里？

汤姆：在上面（以手指天），在云的后面。

访谈者：它离我们很远吗？

汤姆：是的，老远老远的。

访谈者：它有什么作用？

汤姆：它会发光。它给我们光线，这样我们才能看见东西。

访谈者：它是从哪儿来的？

汤姆：是上帝制造的。

访谈者：它是用什么做成的？

汤姆：火。魔鬼也是用火做成的。你知道，上帝制造了太阳的同时也制造了魔鬼。

访谈者：它们在一个地方吗？

汤姆：不是！你看，太阳在上面的地方，魔鬼在下面。

访谈者：晚上太阳去哪里了？

汤姆：它睡觉去了，然后月亮就醒来发光了。

访谈者：太阳在哪里睡觉？

汤姆：这个嘛，你看到上面的云了吗？云跑到太阳周围，像这样（用手臂比划成圆圈状）把太阳遮起来，太阳全被遮住了，它就睡着了。

访谈者：月亮是怎么醒来的？

汤姆：嗯，上帝造了一个人，他的名字叫“Econ”……那是一个很伟大的名字，但那确实是它的名字，对了！“Econ”是一个跑得飞快的人，当月亮要醒来的时候，他就飞快地跑，能跑多快就跑多快，然后把月亮叫醒。……当太阳要醒来的时候，他就跑回来，他来回地跑……就像这样（用手比划）。

访谈者：月亮是用什么做成的？

汤姆：鲜奶酪。（带着儿童般的傻笑看着我）不，其实不是鲜奶酪做的。你知道是什么吗？它是激光做的。对，那是科学家最伟大的

发明，是有史以来最厉害的防御武器。它能帮助宇航员登上月球。上帝发明了太阳和月亮，我知道是谁发明了光。

访谈者：是谁？

汤姆：是爱迪生。

汤姆是一位一年级学生（6岁），老师认为他对自然环境“非常了解”。但是我们不难看出，汤姆头脑中虚构出来的世界与成年人眼中的大相径庭。在回答关于事物起源的问题时，汤姆始终把上帝视为万物的创造者。在回答关于风、太阳和月亮的问题时，也是用上帝来解释事物是如何产生的，如上帝使空气流动，帆船才能因此远航；上帝让太阳光芒万丈，世界才变得如此明亮。从某种意义上说，上帝被当作了人类的仆人，他可以做任何人们需要他去做的的事情。有了空气，我们才能呼吸；有了光，我们才能看见万物。在整个访谈过程中，汤姆的思维表现出了强烈的自我中心主义，这说明他还不能脱离自己的需要来解释事物。当儿童认为是人而不是上帝创造了太阳时，他依然是自我中心主义的，太阳依然是“为我们而生”的。

1926年皮亚杰曾总结出儿童在解释周围环境和事物时的思维特征。首要的特征是“万物有灵论”（animism），即赋予太阳、月亮、树木、石头、空气之类的事物以意识，它们可以有自发的行为，如运动、变色等等。其次是“目的论”（artificialism），皮亚杰用这个词来表示儿童认为任何事物都是为人的利益而存在的。在汤姆的案例中，空气是为人的呼吸而存在的，事物存在或产生是因为人们需要它。最后一个特征是，用“魔力”（magic）来解释人们如何使事物发生变化，如云的运动、太阳的运行等等。一直到七八岁，儿童都倾向于把魔力、万物有灵论和目的论结合起来解释环境中的因果关系。七八岁之后，儿童对因果关系的解释朝着更“客观”的方向缓慢发展。

关于这个问题，另一次访谈或许有助于理解我们是如何研究儿童的因果思维的。访谈的对象是6岁的蒂娜，地点是在一片森林的外缘，当时正值傍晚时分，太阳掩映在树木丛中隐约可见。

对蒂娜的访谈

访谈者：我想问你几个问题，看看你对一些事情是怎么想的。请