

学科教育 前沿论丛

王 磊◎主 编

化学课程与 学生认识素养发展

· 胡久华◎著

HUAXUEKECHENG YU
XUESHENG RENSHISUYANG FAZHAN



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社

学科教育 前沿论丛

王磊◎主编

化学课程与 学生认识素养发展

·胡久华◎著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

化学课程与学生认识素养发展 / 胡久华著. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.1

ISBN 978-7-303-10894-7

I. ①化… II. ①胡… III. ①化学课—教学研究—高中 IV. ① G633.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第053457号

营销中心电话	010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网	http://gaojiao.bnup.com.cn
电子信箱	beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街19号

邮政编码: 100875

印刷: 北京中印联印务有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 170 mm × 230 mm

印张: 15.75

字数: 265千字

版次: 2011年1月第1版

印次: 2011年1月第1次印刷

定价: 28.00元

策划编辑: 范林

责任编辑: 范林

美术编辑: 毛佳

装帧设计: 天之赋设计室

责任校对: 李茵

责任印制: 李啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

《学科教育前沿论丛》

编 委 会

主 任：顾明远

副主任：郑国民 王 磊

委 员：（按姓氏笔画排列）

王 民 王 蔷 王 磊 刘恩山 郑 林

郑国民 郭玉英 曹一鸣 程光泉

总 序

改革开放三十多年来，我国教育发展取得了巨大的成绩：在一个有 13 亿人口的发展中国家普及了九年义务教育，高中毛入学率超过了 79%，高等教育实现了跨越式发展，进入了大众化阶段。但是从总体上讲，我国教育还不适应经济社会发展和人民群众接受良好教育的要求。表现在教育观念相对落后，内容方法比较陈旧，中小学生学习负担过重，素质教育推进困难，学生适应社会的能力不强，教育体制机制不活，教育发展不平衡，等等。今后的任务是要促进教育公平和提高教育质量。而提高教育质量又是重中之重。因为教育不公平不仅表现在入学机会上，更表现在教育过程中，即教育质量均衡上。只有达到一定的质量，才能谈得上真正的教育公平。

课程是提高教育质量的核心。纵观世界教育改革和发展的历史，每一次重大的教育改革都是以课程改革为核心。我国新一轮课程改革从试点开始已经进行了 10 年，现在正在总结、调整、改进和完善中。课程改革与学科教育有着紧密的联系，学科教育理论应该是课程改革的理论基础；课程的设置、课程的内容和实施又是学科教育研究的对象。因此，学科教育研究总是围绕着课程改革而展开的，同时促进课程改革和发展，为提高教育质量服务。

《学科教育前沿论丛》就是在我国新一轮课程改革进程中出现的。它研究论述了中学化学、物理、地理、语文等学科教育中的重大理论问题和实际问题，介绍了当今各学科发展的前沿理论。它可以帮助教师对本学科的性质、内容、学科的演变和最新进展有一个全面了解，从而把握本学科的本质特征；可以帮助教师提高本学科在整体课程中的地位和作用

的认识，掌握学科教学的先进方法，最终达到提高教育质量的目的。

《学科教育前沿论丛》以北京师范大学课程与学科教学论专业的博士论文为基础。这些博士生在导师的指导下深入我国课程改革的实际，并将理论和实际相结合，因此，论丛的内容具有时代性、前沿性、理论性、实践性。我想，读者会从中得到某种知识和启迪。



2010年6月12日

序

我们创意这个《学科教育前沿论丛》，并定位于辑选学科课程教学论专业的优秀博士研究生学位论文。希望以此为平台，促生充满活力的学科教育研究新生力量，记载现代学科教育及其研究的发展沿革和学科教育人才培养的经验，反思学科教育研究的理念、内容、方法和手段，从而实现推动高水平学科教育研究的最终目的。

这是一个成果系列，而且将不断加入最新的研究成果；这个系列的研究成果是充满活力的年轻学者的积极探索所得，而且是他们最投入最自主的一次研究经历所得；这个成果系列也凝结着各位博士生导师的智慧、心血和追求，记载和反映着大家对学科教育、学科教育研究和学科教育研究人才培养的个性化理解，而且这种理解也将与时俱进、不断发展，令人期待的将是五年、十年甚或是十五年的坚持出版。为感谢培养我们导师和研究生的母校，我们选择了北京师范大学出版社，感谢北京师范大学出版社叶子副总编、梁志国主任和范林编辑为京师学科教育前沿论丛的策划、编辑和出版做出的努力和贡献。

我们国家的现代化学教育研究，应该可以说是从20世纪80年代开始进入了正规的发展阶段，其中重要的标志就是开始招收化学课程教学论专业的硕士研究生。20世纪90年代，我们国家的年轻一代化学课程教学论研究者当中有一批学者进入教育心理学、教育学原理、课程教学论或比较教育等专业进行学习获得博士学位。进入21世纪之后，我们国家终于有了第一批化学课程教学论专业的博士生导师，开始招收本专业自己的博士研究生。这标志着化学课程教学论的学科发展进入了新的时期。北京师范大学化学课程教学论专业从

2005年开始培养博士研究生，胡久华、魏锐作为第一批博士研究生于2008年7月顺利毕业，随后是陈颖、宋万璐、支瑶、黄燕宁……此时，我们突然有了一个愿望，就是将这些博士研究生的学位论文编辑出版构成北京师范大学化学教育研究前沿论丛，以这个出版系列，记载北京师范大学化学课程教学论专业博士生导师对学生的培养成果，并希望慢慢显现出我们师生共同的研究取向、研究兴趣、研究方法和研究成果，记载北京师范大学化学教育研究团队的一种研究路径。

我们以为，化学教育研究的核心选题应该着重于那些能够被教师的教学进行干预的，化学教育研究的问题域应着重于持续地回答教什么、为什么教、怎么教和教得怎么样这样的基本而核心的问题。主要包括化学课程内容的选取和组织，化学教学的方式方法和策略，学生化学学习和发展的空间、层级、学习的规律和特点、学习和发展水平的评价及其影响因素，以及化学教师的成长与专业发展等方面问题的研究。所谓前沿论丛就是新的时间里年轻的学者在重要而核心的研究领域进行独立的思考和研究，提出具有前瞻性和趋势性的研究问题和学术观点，开展深入扎实的实验和实践研究，探索科学合理有效的研究方法，得到独有的研究数据和资料，形成具有理论和实践双重价值的研究成果。

胡久华于1998年开始跟随我攻读化学课程教学论硕士学位，硕士学位论文研究的是科学教学建构模式的理论与实践研究，是国内第一篇在中学现场实验研究化学探究教学的。那时她就表现出思路清晰、悟性好、自主性较强的良好研究素质。2001年硕士毕业留校任教，2005年成为我的第一批博士研究生，期间作为核心成员参加了北师大“新世纪”（山东科技版）高中化学教材的编写，实验区的教师培训工作，以及师范司2007年、2008年、2009年远程培训课程的开发和远程指导项目，积累了比较丰富的化学课程教学研究经验，综合素质得到全面提高。她的博士论文选取科学素养这一大研究领域，具体选题“促进学生化学认识素养发展的课程及教学研究”，论文既针对学生科学素养发展的核心，又针对知识教学为本的缺陷，提出了以认识方式为核心的认识素养的概念，以及认识素养的基本构成，并通过问卷调查和专家访谈对认识素养概念建立的价值和认识素养构成模型进行了初步的实证研究，并通过对800多名不同地区的高中生的化学反应和物质结构认识素养水平的测查研究，一方面进一步实证了认识素养概念建立和认识素养构成模型的合理性；另一方面也构建了学生化学认识素养的评价和测查模型和方法，确认课程、教材和课堂教学等是影响学生化学认识素养发展水平的主要教育因素。随后，论文提出了基于认

识素养构成模型的课标内容、教材内容、课堂教学的分析评价方法，并据此对我国高中化学新课程的课程标准、不同版本化学教材以及高中化学课堂教学进行了广泛、深入和系统的分析和评价。获得了丰富而且有深度的研究成果。在上述研究基础之上，提出并阐述了促进学生认识素养发展为核心的高中化学课程及教学系统的优化方向和思路策略。

这是北京师范大学化学教育研究所近年来在基于学生认识发展视角对化学学科课程教学论开展系列化研究的重要研究成果之一。该研究成果在研究观点、研究角度、研究思路和具体研究指标方面均有创新，关于认识素养的研究成果对于科学素养研究的深化有积极的开拓意义。基于学生认识素养发展的研究取向对高中化学课程标准、教材编写、课堂教学进行的分析和评价，不仅有新意、有深度，而且富有重要的化学课程和教学论价值。这项研究对后续的研究和实践至少具有以下几方面的重要价值：一是对于科学素养、化学科学素养的研究领域而言，二是对于学生的化学认识发展领域而言，三是对于化学课程内容、教学编写的分析和评价研究领域而言，四是对于化学课堂教学的改革与研究领域而言。

王 磊

2010年4月于北京师范大学化学学院化学教育研究所

前言

在关于科学教育研究的热点之一的科学素养的相关研究日益深入到各个学科素养(化学素养、物理素养、生物素养等)和专项素养(技术素养、教科书素养、实验素养等)研究之际,笔者关注到基础化学教育中普遍存在这样的问题:学生经过化学教育,拥有了大量的具体化学知识,却不能主动地从化学视角解释、分析自然界和社会中的现象或问题。在这样两方面的刺激和启示下,提出了认识素养的概念。在充分分析已有研究的基础上,如科学素养的构成及测评、培养研究,以学生理解力培养和发展为主的课程与教学研究,关注学生认识发展过程的建构主义及其对科学教育影响的研究,学生对核心概念认识的测查与发展研究,我国高中化学课程发展脉络研究等,明确了已有研究的成果及其不足,并提出问题,确定了认识素养研究视角的独特性。该视角的确立和提出对科学素养和化学素养的研究具有丰富和发展作用,对科学和化学教育理论与实践具有深远的影响和重要的意义。

通过文献和理论研究,建构了认识素养的概念和构成模型。认识素养是个体认识客观事物的方式和结果的水平。认识素养包含认识方式和认识结果两个维度。认识方式是个体对客观事物能动反映的方式,是学生在思考和处理问题时,所表现出来的倾向于使用某种思维模式或是从一定角度来认识或解决问题的信息处理对策或模式。认识方式包含四个构成要素:认识对象、认识域与认识角度、认识深度、认识思路。认识结果指的是个体从不同视角对客观事物能动反映的结果,通过语言、文字、图表、符号等各种形式表征。笔者通过调查问卷和个案访谈求证了认识素养概念和构成模型的合理性,并从理论层面阐述了其价值和意义。

在分析关于课程内容已有研究的基础上,建立了从认识素养视角分析课程内容的模型,对国内外中学化学课程内容进行了专题分析。结果表明我国高中化学新课程内容的组织形式、呈现方式能够部分体现化学知识的认识功能,但以潜在形式体现,阅读者很少关注;内容属性能够让学生建立基本的认识域和认识角度,但认识域不丰富,缺少自然域,认识角度较少,尤其缺少社会域和自然域中的认识角度,认识思路更为缺乏。在此基础上,提出了从认识素养视角选择课程内容的原则,给出了课程内容组织和呈现方式的建议。

在分析关于教科书评析已有研究的基础上,建构了从认识素养视角分析和评价教科书的方法和标准。通过对两种版本必修模块教科书和化学反应原理模块教科书的整体分析和内容专题比较分析,发现我国高中化学教科书在关注学生认识素养发展方面具有一定的效果,但仍有较大的提高空间。提出了两种从认识素养视角建构教科书的框架模式,给出了教科书呈现方式的建议。

在探讨促进学生认识素养发展的教学特点的基础上,建立了从认识素养视角分析、评价教学的程序和评价标准。通过对具体教学案例的评价,描述了我国高中化学教学在促进学生认识素养发展方面的情况。通过教学实验研究,建立了促进学生认识素养发展的教学设计程序、教学策略和教学改进思路,探讨了各种化学课型对学生认识素养发展的作用,分析了促进学生认识素养发展的教学与现代教学观的关系。

在分析化学素养测评已有研究的基础上,探讨了认识素养的测查方法,构建了认识素养的评价模型和测查模型,并进行了高中生关于化学反应认识和物质结构认识的测评,结果初步表明:学生拥有的化学知识不等同于学生拥有的化学认识,二者的差距较大;学生的认识素养普遍处于较低水平;影响学生认识素养水平的主要因素有课程内容、教科书和教学等。

在以上各项分析研究的基础上,提出了促进学生认识素养发展的课程观,探讨了这种课程取向与学科中心、社会中心、活动中心课程的关系。

经过这些研究再回首、沉思,进一步坚定了认识素养这一研究视角,但需要说明的是,该视角并不是否定其他视角和观点,也不是要代替其他视角,更不是要重新编制课程。更多的是要让化学课程研究者和化学课程实施者关注这样的视角,因为我们的课程、教科书和教学在这一方面还有很大的发展空间,或者说以往的基础化学教育在这一方面太忽视了。也许有人会质疑,有必要让学生都具有较高的认识素养吗?这的确是值得深入思考的。笔者认为,首先,认识素养肯定是需要培养和发展的,这是中学化学课程的重要教育教学价值之一,亦是化学教育的灵魂所在。其次,学生在中学阶段应该达到怎样的认识素

养水平？这是需要进一步研究的。测评研究结果表明学生的认识素养水平明显偏低，一方面是我国化学教育长期被忽略的结果，另一方面也有可能是学生在认识素养的形成中存在一定的困难，也就是说学生能够掌握化学知识，但未必能够达到相应的认识素养水平。例如，学生能够用化学平衡常数和浓度商的关系分析平衡移动问题，但却没有达到定量、动态相互作用的深度的认识素养水平。换句话说，要求学生掌握的化学知识和要求学生达到的认识素养水平可能是不同水平的，不是一一对应的。

此外，需要进一步明确的是，本书中提出的认识素养概念及其构成模型，初步建构了学生关于认识的结构要素，明确了与学生知识结构的差异，适合于所有的学科，具有跨学科的一般属性。

在回顾本研究的核心研究问题和结果之后，在感受收获的同时还有研究之路漫长的感慨，因为仍有很多遗憾留下并仍有很多需要进一步研究的问题。

博士论文能够出版，要感谢导师王磊教授所给予的重要支持和不断的鼓励，感谢北京师范大学出版社给予的大力支持和责任编辑范林付出的辛苦工作。

作者

2010年1月30日

目 录

第 1 章 国内外基础科学教育课程的发展 /1

- 1.1 以科学素养发展为核心取向的科学教育 1
- 1.2 以理解力培养为核心取向的科学教育 5
- 1.3 以认识建构为主流的认知心理学的发展 6
- 1.4 关注学生对核心概念认识的学科教育 8
- 1.5 中国中学化学课程的发展 12

第 2 章 认识素养概念的提出与论证 /17

- 2.1 关于认识、认识发展和化学认识的已有概念 19
- 2.2 认识素养的概念和构成模型 27
- 2.3 认识素养概念和构成模型的实证研究 34
- 2.4 认识素养概念和构成模型的价值 40

第 3 章 从认识素养视角分析化学课程内容 /54

- 3.1 关于化学课程内容的已有研究 ... 54

3.2	从认识素养视角分析化学课程内容的方法	57
3.3	从认识素养视角对中学化学课程内容的专题分析	59
3.4	从认识素养视角探讨化学课程内容的选择、组织和 呈现	88

第4章 从认识素养视角分析化学教科书 /93

4.1	关于教科书分析评价的已有研究	93
4.2	从认识素养视角评析化学教科书的方法	96
4.3	从认识素养视角分析必修模块教科书	101
4.4	从认识素养视角分析化学反应原理模块教科书 ...	127
4.5	从认识素养视角探讨化学教科书的编写	140

第5章 从认识素养视角分析化学教学 /146

5.1	关于教学分析和评价的已有研究	146
5.2	促进学生认识素养发展的化学教学特点	148
5.3	从认识素养视角分析、评价化学教学	150
5.4	促进学生认识素养发展的化学教学设计程序和教学 策略	167
5.5	从认识素养视角探讨现代教学观	191

第6章 从认识素养视角评价学生的化学学习 /195

6.1	化学素养测评的已有研究	195
6.2	认识素养测评的理论研究	196
6.3	高中生认识素养的测评	206
6.4	影响学生认识素养发展的因素分析	219

结语 /222

参考文献 /224

第1章 国内外基础科学教育课程的发展

在科技迅猛发展的 21 世纪，在知识骤增的 21 世纪，在社会发展对公民要求越来越高的 21 世纪，人们对科学教育的关注之多前所未有。

培养和发展学生的科学素养，已经成为全世界公认的科学教育的核心目标。研究者一方面关注学生科学素养的构成分析和测评研究，另一方面寻找各种策略促进学生科学素养的发展。与此同时，不同领域的研究者更加关注各学科素养的构成、测评和培养研究，如物理教育研究者关注学生物理素养的构成要素、学生物理素养的培养策略和测评方法；化学教育研究者关注学生化学素养的测查和培养。随着我国基础教育课程改革的逐渐深入，研究者开始关注基础教育课程内容、教科书和教学在促进和发展学生科学素养方面的效果。

在关注科学素养发展这一教育教学目标的同时，还有另一重要的研究热点，即学生理解力的培养。研究者认为在知识倍增的时代，培养和发展学生的综合思维能力、促进学生理解力的发展是科学教育的核心目标。在这一目标的驱动下，应该让学生获得概念性知识、观念性知识，而不是枝节的具体性知识。研究者也提出了为了理解而教学的主要策略。随着心理学和教育心理学的发展，随着建构主义理论对基础教育的影响，人们开始关注教育教学过程，关注学生的认识建构和认识发展。认知建构主义认为学习是学习者与环境相互作用的结果。研究者日益关注学生是如何建构意义的，营造怎样的环境有利于学生的意义建构，学生对科学概念的认识是怎样发生和发展的。

在国际科学教育关注科学素养培养、关注学生理解力培养、注重学生意义建构和科学认识发展的背景下，我国基础科学教育课程改革也在向此方向深入发展。

1.1 以科学素养发展为核心取向的科学教育

化学教育属于科学教育的范畴。科学教育目的是体现科学教育方向和评估标准的一种原则性规定，是随着科学教育的发展和使命的嬗变而变动的。以美

国为例,20世纪60年代,科学教育以学科为中心的改革运动为主要特征;70年代,由于社会及社会价值和态度等的重大改变,科学教育以解决社会问题并符合社会需求为主旨;80年代,从对“教育品质”的要求延伸到对“科学素养”的重视,科学教育的主要目标以科学和技术素养为依归;进入90年代,对受教育者实施科学与技术素养教育的实践为科学教育的主旨已成为世界各国公认的潮流。当今时代,科学教育的中心理论已从传统的侧重于科学知识的培养与科学真理的探索,发展为科学-技术-社会及科学与人文平衡的中心理论(赵金祁,1992)。90年代起直至现在,科学教育的目标聚焦在“科学素养”(scientific literacy)(D. Hodson, 2003)。使所有学生都具有良好的科学素养已成为全世界科学教育的目标。

与科学素养相关的研究较多,第一类研究为界定科学素养的具体含义,包括各个学科的科学素养,如化学素养、物理素养、生物素养等。关于科学素养的内涵,因各国情况不同和科技发展而不断变化,但其核心内容则是基本一致的。已有研究成果以要素性构成为主,普遍认为科学素养应包括科学知识、科学过程与方法、对科学本质的理解、科学态度情感与价值观、科学技术与社会的关系等方面。

但也有研究持不同的观点。美国“2061计划”,核心著作之一《面向全体美国人的科学》(Science for All Americans)把科学素养定义为“应理解科学核心概念和原理,熟悉自然界,认识自然界的多样性和统一性,能够按个人和社会目的运用科学知识的思维方法”。经济合作与发展组织(The Organization for Economic Cooperation and Development)认为:科学素养是运用科学知识确定问题和做出具有证据的结论,以便对自然世界和通过人类活动对自然界的改变进行理解和做出决定的能力。《美国国家科学教育标准》认为:所谓有科学素养是指了解和深谙进行个人决策、参与公民事务和文化事务、从事经济生产所需的科学概念和科学过程。有科学素养还包括一些特定门类的能力。

第二类研究为科学素养的测评研究。这类研究涉及对公众、学生、教师等各类群体科学素养的测评。对公众科学素养的测评始于1957年美国“公众对科学的理解”的调查工作。1972年以后,美国基本维持了两年一次的全国抽样调查。近十几年来,美国、欧盟、日本等普遍开展了这一工作。基本是采用了国际流行的有关公众科学素养的衡量标准,即美国学者J. D. 米勒提出的“三要素维度”的科学素养模型:了解科学技术的基本术语和基本科学观点;了解科学的研究方法和科学研究的过程;了解科学对社会的影响和作用。

关于学生科学素养的测评,起初多集中在某一个方面学生的知识和观点。

例如,研究学生对科学性质理解的评价工具,其中最著名的是1961年库利奇(Kulichich)等所做的对理解科学的测验,1967年金布尔(Kilburn)的科学等级性质和1978年鲁巴(Lube)等的科学知识等级的性质(NSSK)的测验,1992年艾肯里德(Aikinied)等开发的研究学生对科学-技术-社会(STS)观点的工具,监测学生对STS各方面的观点。

近年来,三大与科学素养评价相关的测评项目日益引起研究者的关注,一是国际学生评价项目(PISA),二是国际教育评价研究和评测(TIMSS),三是国家教育进展评估(NAEP)。

国际学生评价项目(The Program for International Student Assessment, 简称PISA)是由经济合作与发展组织负责组织实施的国际评价比较测试,主要目的是各国协作监控教育成果,测试工业化国家15岁的学生在阅读、数学和科学等方面应用知识、技能和解决问题的能力^①。PISA的口号是“评价学生现实生活和终身学习所必需的知识和技能”,集中在学生习得的技能的价值和解决问题的能力,在一个更广阔的范围,在实际生活的情境中测试学生的实际操作能力和文化素质。PISA主要从三个角度对科学素养进行评估:科学概念、科学方法、科学情境。

TIMSS是由国际教育成就评价协会(the International Association for the Evaluation of Educational Achievement)发起和组织的国际教育评价研究和测评活动。为了进一步落实科学素养的具体内容和测试的操作定义,TIMSS组织了一个由科学素养工作组和科学素养研究专家组成的研讨会。研讨会认为科学素养应包括三个方面:科学内容;数学、科学和技术中的推理;数学、科学和技术对社会的影响。TIMSS关于科学素养的测试包括26项科学内容和6项推理与应用。

由美国国家教育进展评议中心组织的国家教育进展评估(National Assessment of Educational Progress, 简称NAEP)是从1969年起定期实施的评估,测评美国学生各种主题领域的知识和技能,为教育者和政策制定者提供美国学生成就水平的最新状况,并基于以前的评估比较分析得出学生成就的变化趋势。NAEP以4年级、8年级和12年级的学生为测评对象,主要评估学校课程和国家课程共同包括的知识和技能,即特定的内容主题和广泛的思考技能。2004年,NAEP对数学和科学领域进行了评估,建立了科学领域评估的框架,包括地球科学、物理科学(其中包括化学科学内容)、生命科学3个主题。

^① 王晞. PISA: 科学素养的界定与测评[J]. 考试与评价, 2004, (2): 49-52.