

国家出版基金项目

国家“十二五”重点图书出版规划项目



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国化学教育研究丛书

化学课程中的 科学过程技能研究

HUAXUE KECHENG ZHONG DE
KEXUE GUOCHENG JINENG YANJIU

龚正元 著

主 顾

编 问

王 刘
祖 知
浩 新



广西教育出版社

国家出版基金项目

国家“十二五”重点图书出版规划项目



中国化学教育研究丛书

- ◆ 华东师范大学教育学高峰学科建设项目资助
- ◆ 教育部普通高等学校人文社会科学重点研究基地
——华东师范大学课程与教学研究所研究成果

化学课程中的 科学过程技能研究

HUAXUE KECHENG ZHONG DE
KEXUE GUOCHENG JINENG YANJIU

龚正元 著

主 顾

编 问

王 刘
祖 知
浩 新


广西教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化学课程中的科学过程技能研究/王祖浩主编. —南宁: 广西教育出版社, 2015. 11

(中国化学教育研究丛书)

ISBN 978-7-5435-8044-2

I. ①化… II. ①王… III. ①化学教学—教学研究 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 273971 号

出 版 人: 张华斌

出版发行: 广西教育出版社

地 址: 广西南宁市鲤湾路 8 号 邮政编码: 530022

电 话: 0771—5865797

本社网址: <http://www.gxeph.com>

电子信箱: gxeph@vip.163.com

印 刷: 广西地质印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 17

字 数: 300 千字

版 次: 2015 年 11 月第 1 版

印 次: 2015 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5435-8044-2

定 价: 34.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。

序

20 世纪 90 年代中期,广西教育出版社策划出版了《学科现代教育理论书系》(以下简称《书系》),被列为“九五”国家重点图书出版规划项目,并获得了国家图书奖。本人有幸担任《书系》的化学丛书主编,汇集了国内主要的研究力量,着重梳理了当时国内化学教育界在化学教学论、化学学习论、化学实验教学研究、化学教育测量与评价、化学教育史等领域研究的成果。这套丛书反映了改革开放以来我国化学教育理论工作者的研究思维,展示了国际科学教育研究的动态,构筑了 21 世纪中国化学教育“本土化”发展的广阔前景,为我国年轻一代学者的成长,特别是研究生教育提供了实用的观点和方法。今天,距《书系》的化学丛书出版整整过去了 18 个年头,中国的化学教育在理论和实践上都有了“量”和“质”的飞跃,特别是随着 21 世纪初我国基础教育课程的改革和实施,化学教育的研究课题更为广泛,研究方法更加多元,研究内容也更有深度。毫无疑问,现在又到了一个可以认真总结我国化学教育理论与实践成果的时代节点,广西教育出版社再度策划出版《中国化学教育研究丛书》,正当其时,承先启后,展望未来,意义深远!

领衔编撰《中国化学教育研究丛书》的华东师范大学化学系王祖浩教授,是我 20 世纪 80 年代初最早指导的研究生,也是当年《书系》化学丛书的主要作者之一。他长期致力于化学课程研制与实施、化学课程与教材的国际比较、化学学科教学心理学等多方面的研究,成果丰硕。由他领衔的团队十余年来主持我国基础教育化学课程标准的研制,在化学教育研究的“本土化”和“国际化”方面均有出色的工作。我相信,他能将中国化学教育的“继承”与“转型”两项任务很好地体现在这套新丛书中。

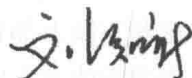
这套丛书立意高远,指向清晰,特点鲜明:(1)立足中国本土,以中国学

者的眼光,选择具有中国特色的化学学科教育的热点问题,展开兼具原创性和实证性的工作,力求从新的视角梳理我国化学教育的历史脉络,提炼化学教育的“中国问题”;(2)继承中国化学教育的优良传统,借鉴国外科学教育研究的经验,深入探讨影响化学教育系统运行的微观因素,揭示化学教育的若干规律;(3)选取的课题广泛,涉及“教科书学习难度评估”“核心概念的认知研究”“化学课程教学”“科学过程技能”“实验研究方法”等一系列内容,研究的问题具体而深入,研究方法的操作性强,研究结论翔实并富于启迪性。因此,本丛书有望形成新时期中国化学教育研究的标志性成果,将为中国化学教育基础研究的深入展开和中学化学教学实践的优化提供方法论指导。

学科教育理论的形成是学科发展与建设不断完善、充实和长期积淀、提升的结果,需要几代学者为这一宏伟工程而不懈奋斗!《中国化学教育研究丛书》是一项为化学教育学科建设开拓并打牢坚实根基的工作,宜“精益求精”,用“攻关拔寨”的精神来完成,在不断的锤炼中形成精品!作为在中国化学教育园地中耕耘了六十多年的一名老教师,看到这套研究丛书陆续出版,倍感欣慰,也衷心地感谢为这项重大工程做出巨大努力的全体作者和编者!期待更多有志于化学教育研究和实践的广大读者从书中获得有益的启发和帮助。我们坚信,只要广大的化学教育工作者勤于学习、不畏艰难、勇于探索,一定能将中国化学教育的美好蓝图变为现实!

谨以此为序,愿与本丛书的作者、编者和读者共勉。

北京师范大学教授



2015年12月

刘知新:我国著名化学教育家,北京师范大学化学学院教授。曾任教育部高等学校理科化学教材编审委员会委员,国家教委高等学校理科化学教学指导委员会委员,教育部中小学教材审定委员会化学学科审查委员,中国教育学会化学教学研究会理事长,中国化学会化学教育委员会副理事长。中国化学会《化学教育》杂志的创办人和原主编。享受国务院颁发的政府特殊津贴。

前言

当今的科学教育以提高学生的科学素养为主旨，提高学生能力、发展学生素质是科学课程追求的目标。但是，在化学课程中提高学生科学素养的有效途径是什么？科学探究能力的构成要素是什么？如何培养学生的科学探究能力？这些都是非常重要并亟待解决的理论和实践问题。本书以化学课程中的科学过程技能为研究对象，旨在为化学课程切实培养学生能力、发展学生素质寻找一个突破口。

培养学生的能力、提高学生的科学素养是科学教育的宗旨。但是，我们从“大处着眼”的同时还需要从“小处着手”，培养学生的科学过程技能就是实现科学教育宏大目标的奠基性工作之一。作者通过对科学探究过程的系统分析，以广阔的科学教育视角，构建了化学课程中科学过程技能的目标体系，具体提出了化学课程中科学过程技能的要素、层次和目标。在充分借鉴国内外研究成果的基础上，重新界定了科学过程技能的概念。认为科学过程技能是科学家进行科学研究活动所必备的基本技能，包括智力技能和动作技能，其中以智力技能为核心。它也是学生进行科学探究学习活动时，按某些规则或操作程序顺利完成某种智慧任务或身体协调任务的能力。科学过程技能属于广义知识的范畴，也属于广义技能的范畴，它是科学方法的基石，也是科学探究能力的构成要素，并且它与智力也有着十分密切的关系。

科学过程技能的提出基于科学过程的教育思想。科学教育中关注科学过程发轫于科学方法教育，此后逐渐演变为科学探究的教育思想。科学探究作为学生学习科学的一种方式，经历从提出问题到解决问题的全过程，其中每一个环节都蕴含着科学过程技能的要素。探究教学必须深入到科学过程技能的层面，才能取得实效。通过对科学探究活动过程的系统分析，在本书中作者提出了化

学课程中科学过程技能的基本要素,包括界定问题、观察、记录、查阅资料、假设、控制变量、实验操作、比较、分类、建立模型、数据处理、表达、交流、反思、评价等。以上各项科学过程技能在化学课程目标中都被划分为四个等级,对各年级的学生提出了适切的要求。

科学过程技能属于程序性知识,也属于智慧技能的高阶成分,其习得的过程与陈述性知识不可分离。科学过程技能与科学知识的学习是相互促进、协同建构的过程。科学过程技能中含有缄默知识的成分,其习得的途径仅仅依靠语言的传递往往不能奏效,它可以通过明确知识的内化和缄默知识的意会两种途径习得。科学过程技能的学习方式既包含外显的学习,也包含内隐的学习,因此,在教学中应该引导学生“内外兼修”。

科学过程技能必须在科学探究学习活动中才能形成和提高。因此,基于培养学生科学过程技能的化学教科书的编制,必须关注学生的探究活动,体现动态化的设计理念。化学教科书中科学过程技能的呈现方式主要有:以学生的探究活动为主线的整体构思,设置科学过程技能的专题或单元,安排“活动型”栏目,采取镶嵌和穿插等分散编排方式。

科学过程技能的学习既遵循一般技能训练的原则,也有其与科学知识学习密不可分特殊性。通过对化学教学中培养学生科学过程技能的理论探讨和行动研究,作者认为,化学教学中培养学生科学过程技能的有效途径是将知识与技能进行有机融合。具体做法是:首先将课堂教学中的知识点尽数罗列,接着分析每一个知识点可能采取的教学方式,然后分析每一教学活动方式中蕴含的科学过程技能要素,最后综合集成、形成教学方案。按此思路设计的教学方案体现了化学知识与科学过程技能的有效耦合。经过一段时间的实践研究,教师对教学活动的设计更加注重其有效性,对科学过程技能的教学思路更加清晰,学生的科学过程技能水平得到了提高。

本书是在我的博士论文的基础上进一步充实、修改而形成的。上述各种思考和观点,也是本人多年来从理论学习和实践研究中获得的智慧结晶。

回想起自己的博士学习生涯,那种清贫、简单、充实而快乐,对未来既迷惘而又憧憬的生活,何尝不是一种幸福!我感触最多的莫过于我至深的“师缘”。我的父亲是中学教师,我自己也是一名教师,担任过中等师范院校和高等师范院校的老师。在我的求学生涯中遇到了许多好老师,至今心存感念。我结识我的博士导师王祖浩教授是在1996年,当时我在南京师范大学读研究生课程班,王老师为我们做了一次精彩的学术报告。他渊博的学识、缜密的思维和机智的语言深深地吸引了我。

此后不久，我读教育硕士之时，王老师应邀为我们系统讲授了化学教学论的课程，他深刻、精辟的见解给了我很多启迪。后来我又有多次机会近距离接触王老师，向王老师当面讨教，一次次被他的学识和素养所折服，被他的人格魅力所倾倒。在读博士的三年间，我更是得到了王老师的精心指导。我的论文从选题、构思到成文的整个过程中，王老师提出了许多建设性的意见。王老师高屋建瓴的思想和时常迸发的创造性思维火花每每让我茅塞顿开。如果说我的论文有一些闪光点的话，其中必定凝结着王老师的智慧。

南京师范大学的李广洲教授是我读教育硕士时的导师。李老师宽厚慈祥、爱生如子，尽显长者风范，深受学生爱戴。多年以来，李老师一直关心我的学习、工作和生活情况，给我很多鼓励和支持。尤其是在我困顿迷惘之际，他更是热情地伸出了援手。此恩此情，无以为报。今年，李老师光荣退休了，但是仍然坚持工作。李老师的敬业精神令人敬佩。

上海师范大学的吴俊明教授是我在扬州师范学院读本科时的老师。吴老师一丝不苟、严谨治学的态度对我影响至深。“板凳要坐十年冷”，吴老师对我的谆谆教诲驱除了我浮躁的心态。在上海的那段时间，我有幸多次与吴老师接触。每次向他讨教问题，都能得到他耐心细致的讲解，使我获益匪浅。这几年，我也利用和吴老师接触的机会讨教问题，他总是耐心地解答，一如当初。

我的本、硕、博三位化学教学论的老师都是博士生导师，毫无疑问都是本研究领域的佼佼者。我相继求学在三位名师门下，实乃三生有幸。只是，由于各种原因，当然最主要的原因是自己不够努力，我未能做出骄人的成绩，感觉愧对老师。

我要感谢南京师范大学的周志华教授、马宏佳教授、邱道骥教授、陆真教授以及扬州大学的吴星教授等对我学业的关心，感谢南京师范大学的任红艳、程萍对我工作的支持，感谢华东师范大学的诸多名师给我的学术滋养，感谢江苏淮安开明中学和清江中学的化学组全体老师对我研究工作的支持和帮助。

我的同窗好友尹筱莉、何永红两位女士都是高校的老师。相似的经历和相同的学业，使我们有很多共同的语言，形成了团结互助的学习共同体。我们经常在一起交流，自由驰骋的思想不断地碰撞，我从她们那里获得本书写作的很多灵感。

我还要感谢我的父母和家人对我学业的支持。尤其是我的爱妻傅红冬女士，作为一名高校老师，教学、科研的任务艰巨，在我读书期间，她还要承担全部家务。相夫教子，温柔贤淑，在她的身上体现了中华传统女性的美德。她为我付出的太多，我唯有“执子之手，与子偕老”为报。我能想到的最浪漫的事就是与她一起慢慢变老。

在本书即将付梓之际，我还要感谢广西教育出版社的领导和编辑为本书的出版所付出的辛勤努力，使得我的观点能与更多的读者分享。同时，也衷心感谢提供思想资源的本书所有参考文献的作者们。

龚正元

2014年初夏于南京仙林

目 录

第一章 科学过程技能研究概述 / 1

第一节 问题的缘起 / 3

一、科学素养的培养目标如何落到实处 / 3

二、探究教学如何取得实效 / 5

第二节 研究的基本思路 / 8

一、理论研究 / 8

二、行动研究 / 9

第三节 相关文献综述 / 11

一、西方国家关于科学过程技能的研究 / 11

二、我国台湾地区关于科学过程技能的研究 / 14

三、我国大陆关于科学过程技能的研究 / 15

第四节 科学过程技能内涵的深层解析 / 18

一、广义知识的视角 / 18

二、广义技能的观点 / 20

三、科学方法的范畴 / 21

四、科学探究能力的构成要素 / 25

五、多元智力的观点 / 28

六、科学过程技能概念界定 / 32

本章小结 / 36

第二章 科学过程技能的教育理论探索 / 37

第一节 科学过程教育思想的流变 / 38

- 一、科学方法教育思想的萌芽 / 38
- 二、“做中学”的科学教育思想 / 41
- 三、科学探究教育思想的勃兴 / 44
- 四、科学过程技能的提出 / 47

第二节 现代科学观与科学过程教育 / 49

- 一、传统科学观及其对科学教育的影响 / 49
- 二、现代科学观及其对科学教育的影响 / 52
- 三、通过科学过程理解科学本质 / 55

第三节 科学过程的一般程序与基本环节 / 57

- 一、认识论的观点 / 57
- 二、问题解决的观点 / 59
- 三、科学探究学习的基本过程 / 62
- 四、科学探究学习中的过程技能 / 64

本章小结 / 68

第三章 科学过程技能的学习心理探微 / 70

第一节 科学过程技能习得的过程与条件 / 71

- 一、智慧技能层次论 / 71
- 二、科学过程技能的类属层次 / 72
- 三、科学过程技能与科学知识的协同建构 / 74

第二节 科学过程技能的内化途径 / 78

- 一、缄默知识论 / 78
- 二、缄默知识与明确知识的相互转化 / 80
- 三、科学过程技能的内化 / 81

第三节 科学过程技能的内隐学习 / 83

- 一、内隐学习的特征 / 83
- 二、科学过程技能的内隐学习机制 / 84

本章小结 / 87

第四章 化学课程中科学过程技能的系统建构 / 88

第一节 对传统化学基本技能的深刻反思 / 89

- 一、传统的化学基本技能概念的由来 / 89
- 二、传统的化学基本技能概念的缺陷 / 91

第二节 化学课程中科学过程技能的要素 / 94

一、化学课程中能力目标的演变 / 94

二、以科学过程技能建构化学基本技能系统 / 96

第三节 化学课程中科学过程技能目标的层次 / 99

一、科学过程技能目标层次划分的依据 / 99

二、科学过程技能目标的四个层次 / 101

第四节 以科学过程技能重建化学课程的技能目标 / 104

一、化学课程目标的三个维度 / 104

二、化学课程三维目标的逻辑关系 / 108

三、重新建构化学课程的“三维目标” / 110

四、中学化学课程技能目标的重新表述 / 112

本章小结 / 114

第五章 化学课程中的重点技能诠释 / 115

第一节 问题与计划阶段的技能 / 116

一、界定问题 / 116

二、假设 / 118

三、设计实验方案 / 120

第二节 搜集证据阶段的技能 / 122

一、观察 / 122

二、控制变量 / 126

三、实验操作 / 127

第三节 做出解释阶段的技能 / 130

一、分类 / 130

二、归纳 / 131

三、演绎 / 133

四、分析 / 135

五、类比 / 137

六、建立模型 / 138

第四节 结论与反思阶段的技能 / 142

一、表达 / 142

二、交流 / 143

三、数据处理 / 144

四、反思 / 146

	本章小结 / 147
第六章	化学教科书中科学过程技能内容的设计 / 149
	第一节 科学过程技能的动态化呈现 / 150
	一、静态的化学教科书剖析 / 151
	二、动态的化学教科书分析 / 153
	第二节 化学实验为主线的教科书系统建构 / 156
	一、科学过程技能的训练系统化 / 157
	二、实验课题的探究性 / 162
	第三节 主题探究式的整体构思 / 165
	一、主题探究式化学教科书的设计思想 / 165
	二、主题探究式化学教科书的启示 / 168
	第四节 科学过程技能专题的设置 / 170
	一、科学过程技能专题设置思路 / 170
	二、科学过程技能专题需注意的问题 / 172
	第五节 科学过程技能的栏目表征 / 175
	一、栏目之间的内在联系 / 175
	二、栏目统整的基本规准 / 177
	第六节 科学过程技能的链接方式 / 180
	一、镶嵌式链接的基本思路 / 180
	二、知识与技能的穿插编排 / 184
	本章小结 / 188
第七章	科学过程技能教学的行动研究 / 190
	第一节 行动研究的基本构想 / 191
	一、知识与技能耦合的教学设想 / 191
	二、知识与技能耦合的教学设计 / 196
	三、行动研究的计划 / 199
	第二节 观察与访谈 / 202
	一、进入研究现场 / 202
	二、课堂观察 / 203
	三、课后交流 / 206
	四、集体评课 / 209
	第三节 研究教学方案 / 212

- 一、科学过程技能目标的制订 / 212
- 二、一个完整的教学方案的形成 / 216

第四节 实施教学方案 / 222

- 一、现场观察与思考 / 223
- 二、课后交流研讨 / 228

第五节 反思与评价 / 230

- 一、来自教师的声音 / 230
- 二、学生问卷分析 / 233

本章小结 / 237

附 录 / 239

附录 1 : AAAS 制定的科学过程技能 / 239

基本技能 / 239

综合技能 / 240

附录 2 : 科学过程技能手册 / 241

附录 3 : 科学过程技能调查问卷 / 246

主要参考文献 / 248

第一章

科学过程技能研究概述

新世纪伊始,国务院颁布了《关于基础教育改革与发展的决定》(国发〔2001〕21号),教育部颁发了《基础教育课程改革纲要(试行)》(教基〔2001〕17号,以下简称《纲要》),这些重要文件的出台,标志着新中国成立后的第八次课程改革正式拉开了序幕。新课程从现代公民所应具备的基本素质出发,明确提出要培养学生“具有初步的创新精神、实践能力”“具有适应终身学习的基础知识、基本技能和方法”等,体现了新时代的要求。^[1]

在《纲要》精神的指导下,教育部组织专家组相继研制了初、高中化学课程标准。目前义务教育化学新课程改革已经全面实施,高中化学新课程改革正在稳步推进。新的化学课程改革旗帜鲜明地以培养学生的科学素养为主旨,对课程目标、课程结构、课程内容、课程评价等方面进行了划时代的变革,顺应了国际、国内教育改革的浪潮。但是,新的课程标准的问世只标志着“理想的课程”的诞生。实践表明,只有当教育实践者在学校里、在教学中实际执行或实施了新的课程标准,新课程改革的理想才能转化为学校“知觉的课程”、教师“运作的课程”和学生“体验的课程”。新课程改革在风风雨雨中一路走来,经历过热情澎湃、激情燃烧的岁月,

[1] 钟启泉,崔允漷,张华. 为了中华民族的复兴,为了每位学生的发展:《基础教育课程改革纲要(试行)》解读[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001: 4.

也遭遇过怀疑责难、心灰意冷的寒冬。客观地说，新课程的实施已经取得了有目共睹的辉煌业绩，但是，与此同时也出现了一些比较棘手的新问题。对新课程实施中出现的问题，我们应该正视并设法予以解决，而不应该消极回避。

第一节 问题的缘起

课程改革是个宏大的系统工程，当然不可能一蹴而就，不可避免地会遇到一些问题。新课程实施中的问题林林总总，有的是历史遗留下来的老问题，有的是新课程实施中出现的新问题。这些问题或大或小，或难或易。面对种种问题，我们应该从大处着眼，同时也要从小处着手。要在问题群中寻找关键所在，也许，一个关键性问题的解决能够使一大堆问题迎刃而解，起到牵一发而动全身的效果。以下是化学新课程实施中比较突出的问题。

一、科学素养的培养目标如何落到实处

近年来，随着科学教育改革的深入，国际科学教育界已经达成共识：科学教育的宗旨就是培养学生的科学素养。我国公民的科学素养水平如何？根据中国科学技术协会（以下简称中国科协）组织的五次全国性的公民科学素养调查，我国公民科学素养水平虽然呈逐渐上升趋势，但是整体水平还较低。与2001年欧盟15国、美国和日本进行比较，在对科学知识的了解方面，瑞典排名第一，我国排名第十八位，位列最后；在科学方法的了解程度上，我国也几乎排名最后。能否提高公民的科学素养是关系到国家兴衰的大事，因此，2001年国务院批准了中国科协关于在我国开展“全民科学素质行动计划”的建议（按笔者理解，科学素质与科学素养是同义词），并委派中国科协牵头，联合科技部、教育部等13个部委机构和部门共同推进这项超长期宏大计划的实施，力争到2049年中华人民共和国成立100周年之际，在我国实现“人人具备基本科学素质”（简称“2049计划”）。^[1]这被誉为中国的“2049计划”。

新世纪启动的化学课程体现了21世纪对人才培养的要求，以培养学生的科学素养为课程的总目标，顺应了国际科学教育的主流，也合乎我国的现实国情。那么，什么是科学素养？怎样培养学生的科学素养？这是摆在我们面前的亟待研究和解决的重大现实课题。

关于什么是科学素养，目前学术界众说纷纭，尚无公认的、统一的定义，这也

[1] 傅振国. 中国已于6月29日颁布《科学技术普及法》正在制订未来50年的全民科学素质行动计划——2049年：人人具备科学素质（视点）[N]. 人民日报（海外版），2002-7-12（2）.