

中学生化学探究能力 的构成及其发展

刘东方 著



科学出版社

中学生化学探究能力的 构成及其发展

刘东方 著

国家社会科学基金“十二五”规划 2013 年度
教育学青年课题成果

科学出版社

北 京

内 容 简 介

科学探究能力是国内外科学教育研究与实践的重要领域,本书属于该领域的基础性研究。本书解构一般探究能力的构成要素,分析不同学段的化学教材,提炼出各类型化学探究活动的探究角度和探究思路;提出化学探究能力的构成模型,并依据 Rasch 模型理论开发了中学生化学探究能力的测评工具,测查不同学段、不同水平中学生化学探究能力的发展现状,为制定中学生化学探究能力的培养目标提供依据。在上述研究基础上,本书从促进中学生化学探究能力发展的视角,探讨中学生化学课程研究的热点问题。

本书可作为中学化学在职教师继续教育的教材,也可作为师范院校本科生、研究生教材,以及中学化学教育研究人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中学生化学探究能力的构成及其发展/刘东方著. —北京:科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-044997-9

I. ①中… II. ①刘… III. ①中学化学课-教学研究 IV. ①G633.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 130093 号

责任编辑:石 悦 / 责任校对:胡小洁

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:华路天然工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2015 年 6 月第一次印刷 印张:12 3/4

字数:257 000

定价:51.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

“科学素养”这一概念是伴随着 20 世纪五六十年代美国的“课程改革运动”而系统确立起来的，世界各国都把科学素养作为科学教育的目标，其倡导的“科学探究”和“基于探究的科学教学观”等核心内容，对我国科学教育课程、教学及评价都产生了深刻影响。

21 世纪的中国基础教育化学课程改革走进第 15 个年头，对于化学学科来说，探究能力究竟应赋予哪些内涵，课程与教材中应由哪些教学内容承载探究要项，教学实施过程中应该切入哪些方面使探究能力得以发展，不同学段学生的探究能力应达到哪些目标，考试评价中应设置何种内容和水平维度才能准确刻画学生的探究能力，这些问题无论对于课程的开发者，还是一线教学的实施者，都需要通过系统的研究作出结论并指导实践。正是基于这样的出发点，本书开展了对中学生化学探究能力的构成及其发展的理论与实证研究。

本书共分为六章，第一章为科学探究能力概述，介绍科学探究能力的研究背景，对相关研究加以述评，规划研究思路和方法；第二章为化学探究活动的学科本体分析，从理论上归纳化学探究活动的基本类型，以及各类型化学探究活动的一般思路 and 角度；第三章基于国外课程文本，分析化学探究活动的一般探究能力要素，并结合学科本体分析结论，建构化学探究能力构成的理论模型；第四章、第五章为中学生化学探究能力发展现状测查与结果分析，开发化学探究能力评价工具，选取学生样本进行测查，使用 Rasch 测量模型及相应软件对数据进行量化分析，讨论总体样本测查结果、一般探究能力测查结果、各类活动的探究能力测查结果；第六章为结论与展望，探讨研究结论对中学化学课程、教学及评价的启示。希望本书能够为读者提供些许科学探究的理论与研究方法方面的借鉴。

在此，要向北京师范大学化学教育研究所王磊教授致以深深的敬意和衷心的感谢，正是得益于王教授的悉心帮助，本研究才得以顺利完成，王教授的人格魅力与渊博知识令人受益终生。

感谢科学出版社和责任编辑石悦同志为本书的出版付出的辛勤劳动。支瑶博士和魏昕博士在理论研究及数据处理过程中给予了无私的帮助，在此一并致谢！

由于能力水平有限，本书一定会存在不足之处，敬请读者批评指正。

刘东方
2015 年 5 月

目 录

第一章 科学探究能力概述	1
第一节 科学探究能力的研究背景	1
一、公民的科学素养需要以探究能力的培养为核心	1
二、学生的现状迫切需要研究探究能力及其发展的相关问题	2
三、科学探究能力相关的已有研究缺乏深层结构	4
第二节 科学探究能力的相关研究概述	6
一、科学探究概述	6
二、科学探究能力的界定	7
三、科学探究能力的构成	10
四、科学探究能力的发展层级	18
五、认识方式的相关研究	22
六、科学探究能力的相关研究述评	23
第三节 研究问题、任务和方法	24
一、研究问题	24
二、研究任务	24
三、研究方法	25
四、研究的意义与价值	26
五、研究构想与设计	26
第二章 化学探究活动的学科本体分析	28
第一节 化学探究活动的基本类型	28
第二节 化学探究活动的一般思路	30
一、物质组成与结构探究活动的一般思路	31
二、物质性质探究活动的一般思路	34
三、物质制备与合成探究活动的一般思路	35
四、物质分离探究活动的一般思路	37
五、物质检验探究活动的一般思路	40
六、化学变化规律探究活动的一般思路	41
第三节 化学探究活动的角度分析	42
一、物质组成与结构探究活动的角度分析	42
二、物质性质探究活动的角度分析	48

三、物质制备与合成探究活动的角度分析	55
四、物质分离探究活动的角度分析	60
五、物质检验探究活动的角度分析	62
六、化学变化规律探究活动的角度分析	67
第三章 化学探究活动的一般探究能力要素	71
第一节 一般探究能力要素的解构	71
一、国外科学课程文本中的科学探究能力构成要素	71
二、关于探究能力构成要素的实证研究	77
第二节 化学探究活动的一般探究能力要素	79
一、化学提出问题能力要素	80
二、化学猜想假设能力要素	83
三、化学制订计划能力要素	86
四、进行化学实验能力要素	88
五、化学收集证据能力要素	88
六、化学解释结论能力要素	89
七、化学反思评价能力要素	91
八、化学表达交流能力要素	92
第三节 化学探究能力及其构成模型	93
一、化学探究能力构成模型相关概念界定	93
二、化学探究能力的构成模型	93
第四章 中学生化学探究能力发展现状调查	97
第一节 中学生化学探究能力调查概述	97
一、中学生化学探究能力的评价模型	97
二、中学生化学探究能力调查目的	97
第二节 中学生化学探究能力评价工具的开发	98
一、中学生化学探究能力评价工具的概述	98
二、调查计划及调查样本的选取	100
三、评价标准	101
四、测试工具的信效度分析	107
五、评分者信度	110
第五章 中学生化学探究能力的调查结果与分析	112
第一节 中学生总体样本化学探究能力结果与分析	112
一、中学生总体样本化学探究能力总分结果与分析	112
二、中学生总体样本化学探究能力分项指标总分结果与分析	112

第二节 不同学段化学探究能力结果与分析	113
一、不同学段学生化学探究能力总分结果与分析	113
二、不同学段学生化学探究能力分项指标总分结果与分析	114
第三节 中学生一般探究能力的调查结果与分析	116
一、中学生化学提出问题能力的调查结果与分析	116
二、中学生化学猜想假设能力的调查结果与分析	125
三、中学生化学制订计划能力的调查结果与分析	131
四、中学生化学收集证据能力的调查结果与分析	137
五、中学生化学解释结论能力的调查结果与分析	143
六、中学生化学反思评价能力的调查结果与分析	149
七、中学生化学表达交流能力的调查结果与分析	154
第四节 中学生关于不同探究活动的探究能力调查结果与分析	160
一、中学生关于物质分离探究活动的探究能力调查结果与分析	160
二、中学生关于物质制备探究活动的探究能力调查结果与分析	168
第五节 中学生化学探究能力发展的研究结果分析与讨论	175
一、对一般探究能力构成要素列表的分析与讨论	175
二、关于中学生化学探究能力发展现状的分析与讨论	176
第六章 结论与展望	186
第一节 主要结论	186
一、一般探究能力的构成要素	186
二、建构化学探究能力的构成模型	187
三、开发工具调查中学生化学探究能力的发展现状	187
第二节 研究启示	188
一、对中学化学课程研究的启示	188
二、对化学探究能力教学的启示	189
三、对化学探究能力评价的启示	189
第三节 研究展望	190

图 目 录

图 1-1	教师对中学生科学探究能力要素水平的认识情况调查	3
图 1-2	约克大学提出探究活动的一般思路模式	16
图 1-3	APU 的科学探究问题解决模式	17
图 1-4	科学探究能力的结构模型	18
图 1-5	本研究的研究过程设计化学探究能力模型中的化学探究活动	27
图 2-1	化学分析以及光谱分析确定分子结构的程序	32
图 2-2	化学性质实验或仪器分析谱图判断官能团的程序	32
图 2-3	有机化合物结构测定的总体流程	33
图 2-4	有机物元素组成的测定方法	33
图 2-5	有机物化学性质预测思路程序	35
图 2-6	物质制备探究的思维流程图	36
图 2-7	有机物制备与合成路线的设计思路	36
图 2-8	逆推分析法设计有机合成路线的思维程序	37
图 2-9	解决物质分离任务的一般思路	38
图 2-10	菠菜中色素的提取与分离程序	40
图 3-1	化学教师对探究能力要素构成的认同度	79
图 3-2	化学探究能力构成模型	94
图 4-1	中学生化学探究能力的评价模型	97
图 4-2	中学生化学探究能力试题一维性检验	110
图 5-1	提出问题能力样本总体分布 Wright 图	118
图 5-2	初中学生学习后 (a) 和必修模块学习后 (b) 样本的 Wright 图 ...	120
图 5-3	初中学生选修模块学习后 (c) 和高三学生学习后 (d) 样本的 Wright 图	121
图 5-4	不同学段学生化学提出问题能力的发展现状	123
图 5-5	认为学生在不同学段能够达到的探究能力要素的教师比例	124
图 5-6	学生化学猜想假设能力样本总体分布 Wright 图	127
图 5-7	不同学段学生猜想假设能力的发展现状	129
图 5-8	认为学生在不同学段能达到的猜想假设能力要素的教师比例	130
图 5-9	制订计划能力样本总体分布 Wright 图	132
图 5-10	不同学段中学生化学制订计划能力的发展现状	136

图 5-11	认为学生在不同学段能达到制订计划能力要素的教师比例	137
图 5-12	收集证据能力样本总体分布 Wright 图	139
图 5-13	不同学段中学生收集证据能力的发展现状	141
图 5-14	认为学生在不同学段能达到的收集证据能力要素的教师比例	142
图 5-15	解释结论能力样本总体分布 Wright 图	144
图 5-16	不同学段学生解释结论能力的发展现状	147
图 5-17	认为学生在不同学段能达到的解释结论能力要素的教师比例	148
图 5-18	反思评价能力样本总体分布 Wright 图	150
图 5-19	不同学段学生反思评价能力的发展现状	153
图 5-20	认为学生在不同学段能达到的反思评价能力要素的教师比例	154
图 5-21	表达交流能力样本总体分布 Wright 图	156
图 5-22	不同学段学生表达交流能力的发展现状	159
图 5-23	认为学生在不同学段能达到的表达交流能力要素的教师比例	160
图 5-24	物质分离探究能力样本总体分布 Wright 图	163
图 5-25	初中学生学习后 (a) 和必修模块学习后 (b) 物质分离探究能力样本的 Wright 图	164
图 5-26	初中学生选修模块学习后 (c) 和高三学生学习后 (d) 物质分离探究能力样本的 Wright 图	165
图 5-27	中生物物质分离探究活动探究角度和探究思路的发展现状	167
图 5-28	物质制备探究能力样本总体分布 Wright 图	170
图 5-29	初中学生学习后 (a) 和必修模块学习后 (b) 物质制备探究能力样本的 Wright 图	172
图 5-30	初中学生选修模块学习后 (c) 和高三学习后 (d) 物质制备探究能力样本的 Wright 图	173
图 5-31	中生物物质制备探究活动探究角度和探究思路的发展现状	175
图 5-32	一般探究能力各要素的发展情况比较	180
图 5-33	中学生化学提出问题能力的发展层级	180
图 5-34	中学生化学猜想假设能力的发展层级	181
图 5-35	中学生化学制订计划能力的发展层级	181
图 5-36	中学生化学收集证据能力的发展层级	182
图 5-37	中学生化学解释结论能力的发展层级	182
图 5-38	中学生化学反思评价能力的发展层级	182
图 5-39	中学生化学表达交流能力的发展层级	183
图 5-40	物质分离探究能力的构成模型	184
图 5-41	物质制备探究能力的构成模型	185

表 目 录

表 1-1	桑德和特罗布雷奇对探究目标的描述	14
表 1-2	设计探究的学习层级	20
表 1-3	科学解释和争论的学习层级	20
表 1-4	六至八年级学生建立模型的学习层级	21
表 1-5	系统思考的学习层级	22
表 2-1	高中化学课程标准探究活动建议的主题	29
表 2-2	本研究选择的教材的具体说明	42
表 2-3	有机物组成与结构的探究活动要点	43
表 2-4	有机物组成与结构探究角度的分析	45
表 2-5	无机物组成与含量探究分析选取的教材说明	45
表 2-6	无机物组成与含量探究活动要点	46
表 2-7	无机物组成及含量探究角度分析	47
表 2-8	无机物化学性质探究分析选取的教材说明	48
表 2-9	无机物化学性质探究活动要点	49
表 2-10	无机物化学性质的探究角度分析	52
表 2-11	有机物化学性质探究活动所选择的教科书情况	52
表 2-12	有机化合物探究内容和核心问题	53
表 2-13	有机物化学性质的探究角度分析	55
表 2-14	无机物制备探究分析选取的教材说明	55
表 2-15	无机物制备探究活动要点	56
表 2-16	无机物制备的探究角度分析	57
表 2-17	有机物制备与合成探究活动所选择的教科书情况	58
表 2-18	有机物制备与合成探究内容和核心问题	58
表 2-19	有机物制备与合成的探究角度分析	59
表 2-20	物质分离探究分析选取的教材说明	60
表 2-21	物质分离探究活动要点	60
表 2-22	物质分离的探究角度分析	62
表 2-23	物质检验探究活动所选择的教科书情况	62
表 2-24	无机化合物检验探究活动要点	63
表 2-25	无机化合物检验的探究角度分析	64
表 2-26	有机化合物检验探究活动所选择的教科书情况	65

表 2-27	有机化合物检验的探究内容和核心问题	65
表 2-28	有机化合物检验的探究角度分析	67
表 2-29	变量控制探究分析选取的教材说明	67
表 2-30	化学变化规律探究活动角度的确立	68
表 2-31	条件对化学变化的影响的探究角度分析	70
表 3-1	提出问题能力构成	71
表 3-2	猜想假设能力构成	72
表 3-3	制订计划能力构成	72
表 3-4	进行实验能力构成	73
表 3-5	收集证据能力构成	74
表 3-6	解释结论能力构成	74
表 3-7	反思评价能力构成	74
表 3-8	表达交流能力构成	75
表 3-9	科学探究能力要素的构成	75
表 3-10	受调查者的职称构成	77
表 3-11	受调查者的教龄构成	78
表 3-12	受调查者所在学校类型及比例	78
表 3-13	教师对科学探究能力构成的认同度结果	78
表 4-1	中学生探究能力发展现状测查有效样本的构成	100
表 4-2	总体化学探究能力的评价指标	102
表 4-3	化学一般探究能力要素水平及其评价标准	103
表 4-4	化学探究能力 A 卷的总体统计	107
表 4-5	化学探究能力测试题目拟合、误差统计	107
表 4-6	一般探究能力要素测评工具的信度	110
表 4-7	中学生化学探究能力评分者信度统计	111
表 5-1	中学生总体样本化学探究能力总分情况	112
表 5-2	总体样本化学探究能力分项指标得分情况	112
表 5-3	不同学段学生化学探究能力总分情况	114
表 5-4	不同学段学生化学一般探究能力得分情况	114
表 5-5	不同学段学生化学探究活动关键角度得分情况	115
表 5-6	不同学段学生化学探究活动探究思路得分情况	116
表 5-7	化学探究能力得分在不同学段之间的差异	116
表 5-8	不同学段学生化学提出问题能力得分情况	117
表 5-9	中学生化学提出问题能力的水平	119
表 5-10	不同学段学生化学提出问题能力的发展情况	122
表 5-11	提出问题能力二级能力要素不同学段之间的差异	124

表 5-12	不同学段学生化学猜想假设能力得分情况	125
表 5-13	中学生化学猜想假设能力的水平	128
表 5-14	不同学段中学生化学猜想假设能力的发展情况	128
表 5-15	猜想假设能力二级能力要素不同学段之间的差异	130
表 5-16	不同学段学生化学制订计划能力得分情况	131
表 5-17	中学生化学制订计划能力的水平及其对应能力要素	133
表 5-18	不同学段中学生化学制订计划能力的发展情况	134
表 5-19	制订计划能力二级能力要素不同学段之间的差异	136
表 5-20	不同学段学生化学收集证据能力得分情况	137
表 5-21	中学生化学收集证据能力的水平	140
表 5-22	不同学段学生收集证据能力的发展情况	140
表 5-23	收集证据能力二级能力要素不同学段之间的差异	142
表 5-24	不同学段学生化学解释结论能力得分情况	143
表 5-25	中学生化学解释结论能力的水平	145
表 5-26	不同学段学生解释结论能力的发展情况	146
表 5-27	解释结论能力二级能力要素不同学段之间的差异	148
表 5-28	不同学段学生化学反思评价能力得分情况	149
表 5-29	中学生化学反思评价能力的水平	151
表 5-30	不同学段中学生化学反思评价能力的发展情况	152
表 5-31	反思评价能力二级能力要素不同学段之间的差异	153
表 5-32	不同学段学生化学表达交流能力得分情况	155
表 5-33	中学生化学表达交流能力的水平	157
表 5-34	不同学段学生表达交流能力的发展情况	158
表 5-35	表达交流能力二级能力要素不同学段之间的差异	159
表 5-36	中学生物质分离探究能力的评价标准	160
表 5-37	不同学段学生物质分离探究活动探究能力得分情况	161
表 5-38	中学生物质分离探究能力的水平	162
表 5-39	不同学段学生物质分离探究能力的发展情况	166
表 5-40	物质分离探究能力不同学段之间的差异	167
表 5-41	中学生物质制备探究能力的评价标准	168
表 5-42	不同学段学生物质制备探究能力得分情况	169
表 5-43	中学生物质制备探究能力的水平	171
表 5-44	不同学段学生物质制备探究能力的发展情况	174
表 5-45	物质制备探究能力不同学段之间的差异	175
表 5-46	一般探究能力各要素得分情况	179

第一章 科学探究能力概述

第一节 科学探究能力的研究背景

一、公民的科学素养需要以探究能力的培养为核心

“科学素养”这一概念是伴随着 20 世纪 50~60 年代美国“课程改革运动”而系统确立起来的,科学教育的目标是达成科学素养,把科学素养作为科学教育的目标,已是世界各国的共识。早在 1985 年美国就推行“2061 计划”,旨在提高人们在科学、数学和技术方面的素养。科学素养使公民具有必需的理解能力和思维习惯,使他们能够紧跟世界发展形势,批判性地和独立地思考,对事件的不同解释加以辨认和权衡并提出协调方案,敏锐地处理那些有关证据、数字、模型、逻辑推理和不确定性的问题。

科学素养所包含的内容之一是程序性,即强调科学(与技术)的思想及过程。“科学思想”是指构成科学界各学术领域的主要思想,包括基础概念、原理等。“科学过程”是指科学探究的基本过程及方法,包括对科学探究性质的理解和从事科学探究的能力。在学科教育中,综合解决问题的能力以及科学探究能力就是培养学生的科学素养的重要核心。^①

在国际理科教育中,无论是从课程性质和价值的定位上,还是从它的基本理念上,各国理科教育标准都将“科学探究”作为课程改革的突破口。美国《国家科学教育标准》(1996 年)就将科学素养与科学探究紧密地结合起来,详细阐明了科学教育中探究式教学的重要性。它提出“学习是学生们亲自动手做而不是要别人做给他们看的事情”,“让各个学段所有年级的学生都有机会进行科学探究,培养其进行探究性思维和探究性活动的 ability”^②;2010 年美国在其《科学共同课程框架(草案)》中,将科学探究扩展到科学实践,认为科学不仅仅是表征当前对自然事物的理解的知识实体,也是知识得以建立、扩展、精致和修改的实践。具体的科学实践包括提出问题、构建模型、变换可检验的假设、收集、分析和处理数据、形成和评判争论、交流和理解科学和技术、应用知识等。英国自 1988 年起先后颁布了五个不同版本的科学课程标准,科学探究活动的内容一直受到重

^① 王健,中学生科学探究能力的培养研究,首都师范大学硕士学位论文,2006。

^② National Research Council. National Science Education Standards. New York: National Academy Press, 1995.

视,被认为是科学学习的核心,课程设置原则中多数与科学探究有关,例如:①教师与学生应该互相交流,提出问题。②学生对学科概念的认识和理解,应通过多种途径逐步发展,学生学习科学与科学家的科学探究有相似之处等。在韩国的科学教育标准中,从小学、初中的科学课到高中的物理课都设置了科学探究内容。韩国科学教育标准指出,“在科学的教学,与学生认知发展水平相一致的关键的科学概念,应在学生们的熟悉的情境下通过学生的具体体验进行”。我国台湾地区于2000年发表《创造力教育白皮书》,就科学教学与学习而言,强调的重点在于以“科学探究”为学习活动、以“问题解决”为学习核心、以“创造力”的培养为目的的三个向度。我国也在20世纪80年代末开始倡导素质教育,将提高学生的科学素养作为科学教育的宗旨,并强调了科学探究对培养科学素养的重要意义。国务院2006年颁发的《全民科学素质行动计划纲要(2006—2010—2020年)》中提出:“使中小学生掌握必要和基本的科学知识与技能,体验科学探究活动的过程与方法,培养良好的科学态度、情感与价值观,发展初步的科学探究能力,增强创新意识和实践能力”;“让学生有更多的机会主动地体验科学探究的过程,在知识的形成、相互联系和应用过程中养成科学的态度,获得科学的方法,在‘做科学’的探究实践中培养学生的创新精神和实践能力”。

二、学生的现状迫切需要研究探究能力及其发展的相关问题

为了解目前中学的探究能力现状,我们采用了网络调研方式,调查对象是山东省参加2010年夏季初中化学新课程远程研修的化学教师和化学教研员,共收到1031份有效答卷。问卷旨在调查化学教师和教研员对初中毕业生探究能力要素所能达到的水平的认识与评价。

在调查问卷中,将学生科学探究能力的构成分为提出问题、猜想假设、制订计划、进行实验、收集证据、解释推论、反思评价、表达交流八个要素。每个要素分为三个水平等级,其中,提出问题要素的水平分别为能根据已有知识和经验发现问题,能比较清楚地表述所发现的问题,能从发现的问题中筛选出适当的课题进行科学探究;猜想假设要素的水平分别能对提出的假设进行质疑,能依据已有的知识和经验对猜想或假设作初步论证,能在有关背景知识支持下,确定要探究的内容、起点和方向;制订计划要素的水平分别为能明确探究目标,提出可操作的实验步骤和测量变量的方法,考虑影响探究结果的因素、合理控制实验条件;进行实验要素的水平分别为能顺利地完实验操作,在实验操作中注意观察和思考相结合,能对实验事实或数据进行描述和解释并形成结论;收集证据要素能力水平分别为能运用多种方式对物质及其变化进行观察,能对观察和测量的结果进行如实记录,并运用图表等形式加以表述,能运用调查、资料查阅等方式收集解决问题所需要的证据;解释推论要素水平分别为能初步判断事实证据与假设

之间的关系,能对所获得的事实与证据进行选择,应用有关的科学知识解释,得出正确的结论,能通过比较、分类、推理、归纳、概括等方法认识知识之间的联系,形成合理的认知结构。统计结果如图 1-1 所示。

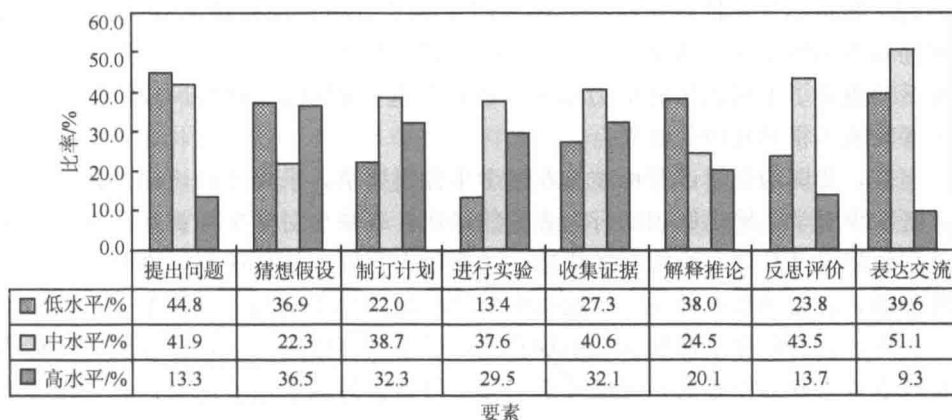


图 1-1 教师对中学生科学探究能力要素水平的认识情况调查

根据教师对学生的评价统计结果可知,认为学生在初三毕业时各探究能力要素能够达到较高水平的教师人数比率分别为 13.3%、36.5%、32.3%、29.5%、32.2%、20.1%、13.7%、9.3%。这些较低的比率表明学生的总体探究能力普遍较差,水平较低。从教师对学生的评价比率来看,学生在猜想假设、制订计划、收集证据三个方面的能力相对较强,进行实验、解释推论能力次之,而提出问题、反思评价、表达交流能力相对较弱。这表明,学生探究能力发展水平尚处于中低水平。

对于探究能力或要素技能也有其他研究者进行了相关调查。姚蕾和吴星在 2004 年对江苏省部分必修学生科学探究能力的调查研究表明:必修学生化学探究能力普遍偏低,探究能力各要素发展不平衡。^①其中,制订探究方案的能力及合作与交流的能力最为欠缺。许应华和文庆城在 2005 年对广西的城市和农村的重点、普通中学学生进行了猜想与假设能力调查,发现高中生化学猜想与假设能力普遍较差,大多数学生的猜想与假设能力处在较差和差的水平,学生批判性思维能力、创造思维能力缺乏。^②

从以上调查结果来看,无论是国内较为偏远地区还是发达城区,学生普遍的化学探究能力都还很低,各要素能力发展不均衡,还有很大的提升空间。因此,学生的探究能力现状仍然迫切需要研究探究能力的相关问题。

① 姚蕾,吴星.关于必修学生化学探究能力的调查及思考.化学教育,2004,(7):45-48.

② 许应华.现阶段高中生化学猜想与假设能力的调查研究.广西师范大学硕士学位论文,2005.

学生探究能力水平低且发展不均衡是由多种因素造成的,从“义务教育化学课程标准”^①与“高中化学课程标准”^②方面来看,主要存在探究内容选取和水平要求两个方面的问题。相对于国外的科学课程标准,我国的化学课程标准与之不同的优势是不仅提供内容标准,还专门设有“活动与探究建议”,后者更具有课程性和指示性意义。活动与探究建议虽然只是具体活动名称,而实际上,不同探究活动蕴含了不同的探究能力水平,通过某些知识内容的学习与活动的展开,学生探究能力得到相应的发展。

但是,我国的化学课程标准重在对学生提出要求,采用了知识输入的行为动词,既缺少对学生输出知识的行为表现的描述,也缺少对学生知识输出的探究活动类型的限定及具体行为水平的描述,这在很大程度上使得课程标准对教学指导是有限的,容易导致教师在实际教学中无法准确定位学生的学习水平。

此外,目前的化学课程标准中尽管引入了活动与探究建议,但探究活动的设置是以学科内容为中心的,仅仅考虑了与学科知识的配合,活动与探究建议本身没有概括性的建议,探究活动内部未进行系列化、结构性、系统性的规划,未能呈现出一贯性和连续性,即层级发展不明确,这表明目前对探究能力及其发展的认识是相对缺乏的。

面对各种类型的化学探究活动,学生的探究能力应该达到什么样的水平要求,应该有何种发展,还需要课程标准进行具体规定。^③因此,一般探究能力界定、化学探究内容的选取、化学探究活动类型和探究能力层级的建构是亟待研究的问题。

三、科学探究能力相关的已有研究缺乏深层结构

我们从学术著作和学术期刊论文两个方面分析已有科学探究能力文献。在学术著作方面,我国学者出版了《以科学探究为核心的科学教育教学策略研究》^④、《科学探究与探究学习》^⑤、《多维假设与求证的探究教学》^⑥、《探究学习教学策略》^⑦、《探究式教学实践指导》^⑧、《探究学习》^⑨、《新课程化学探究学习论》^⑩、

① 中华人民共和国教育部,全日制义务教育化学课程标准(实验稿),北京:北京师范大学出版社,2001.

② 中华人民共和国教育部,普通高中化学课程标准(实验),北京:人民教育出版社,2003:7.

③ 王磊,刘东方,中考化学试卷探究题的评价内容与水平要求设置研究,基础教育课程,2011,(3):76-80.

④ 马宏佳,以科学探究为核心的科学教育教学策略研究,北京:高等教育出版社,2005.

⑤ 瞿晓峰,科学探究与探究学习,长春:东北师范大学出版社,2008.

⑥ 郭小鹏,李志刚,多维假设与求证的探究教学,济南:山东教育出版社,2007.

⑦ 徐学福,探究学习教学策略,北京:北京师范大学出版社,2010.

⑧ 温鲍姆,探究式教学实践指导,郑丹丹译,北京:中国轻工业出版社,2006.

⑨ 靳玉乐,探究学习,成都:四川教育出版社,2005.

⑩ 熊士荣,新课程化学探究学习论,北京:科学出版社,2010.

《化学新课程中的科学探究》^①等书籍，分别从科学探究能力的理论依据、发展脉络、课程实施、探究能力评价等方面进行了探讨。但是鲜有对探究能力的详细解析和课程标准与科学探究能力、课程设置与探究能力培养的关系的相关研究。

国外关于科学探究能力具有代表性的书籍是美国“2061 计划”系列刊物，包括《面向全体美国人的科学》（1989 年）、《国家科学教育标准》（1991—1995 年）、《科学素养的基准》（1993 年）、《科学素养的资源》（1997 年）、《科学教育改革的蓝本》（1998 年）、《科学素养的导航图》（2001 年）。其中《科学素养的导航图》是美国第一次尝试将科学教育的设计连续化，通过显示基准之间的联系，显示 k~2、3~5、6~8 和 9~12 年级的水平，用一系列规定的主题描绘这些联系。然而，却没有关注科学探究学习的层级，也没有考虑一次探究如何建立在前一次探究的基础之上的问题。美国 2011 年出版的《国家科学教育框架》中，也没有提供探究能力发展层级的规定。

在学术期刊的已有研究方面，我们查询了中国期刊全文数据库近 10 年（2001~2011 年）探究能力与探究学习主题的教育类文献和近 5 年教育类的优秀博士、硕士论文数据库，以及通过搜索引擎查询了相关论文。在探究学习与教学的研究方面，自 2001 年以来的研究文献逐年增多，2006 年之后呈现大幅回落的趋势。随着研究的深入，难度逐渐增大，高水平的研究成果也越少。从文献现状来看，第一类研究介绍了探究学习的缘起、内涵以及价值分析；第二类研究介绍了国外探究学习的实施模式；第三类研究侧重于从理论与实践层面探讨探究教学中的教与学，即探究教学的问题以及现代教育技术在探究教学中的应用；第四类研究介绍并分析了国内探究教学的案例；第五类研究对探究学习与探究能力现状进行了调查，即实然研究；第六类研究探讨了探究能力水平界定及其评价的理论和方法。

以关键词为“科学探究”查询，得到文献 2105 篇，其中，关于“认知机制”的文献仅 1 篇，关于“思维特征”的文献 1 篇，关于“问题解决”的文献 2 篇；以关键词为“探究能力”查询，得到文献 1375 篇，其中，关于“能力构成”的文献 6 篇，关于“探究能力结构”的文献 2 篇；以关键词为“过程技能”查询，得到文献 16 篇。关于“探究学习”的文献 116 篇，关于“探究教材”的文献 17 篇，关于“科学探究课程”的文献 23 篇。

目前，对科学探究能力本体进行解析以及对探究能力水平及层级划分的研究为数不多，而将化学学科教育与学生探究能力相结合的研究非常缺乏，需要通过理论和开展实证研究得出结论。因此，本研究的目的是在已有研究基础之上，建构并论证中学生化学探究能力的构成模型，建立基于不同化学探究活动类型的探

^① 吴星. 化学新课程中的科学探究. 北京: 高等教育出版社, 2003.