



“十二五”国家重点图书出版规划项目
中小学理科教材难度国际比较研究丛书

丛书主编 袁振国

CHEMISTRY

初中化学卷



中小学理科教材难度 国际比较研究

王祖浩 等 著



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



“十二五”
中小学理科教材难度国际比较研究丛书

丛书主编 袁振国

中小学理科教材难度 国际比较研究

王祖浩 等 著

初中化学卷

CHEMISTRY

教育科学出版社
· 北 京 ·

出版人 李 东
责任编辑 刘明堂 王晶晶
版式设计 宗沅书装 孙欢欢
责任校对 张 珍 金 霞
责任印制 叶小峰

图书在版编目 (CIP) 数据

中小学理科教材难度国际比较研究. 初中化学卷 /
王祖浩等著. —北京: 教育科学出版社, 2016. 12
(中小学理科教材难度国际比较研究丛书/袁振国
主编)

ISBN 978-7-5191-0720-8

I. ①中… II. ①王… III. ①中学化学课—教材—对
比研究—初中—世界 IV. ①G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 181500 号

中小学理科教材难度国际比较研究丛书

中小学理科教材难度国际比较研究 (初中化学卷)

ZHONGXIAOXUE LIKE JIAOCAI NANDU GUOJI BIJIAO YANJIU (CHUZHONG HUAXUE JUAN)

出版发行 教育科学出版社

社 址	北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号	市场部电话	010-64989009
邮 编	100101	编辑部电话	010-64989419
传 真	010-64891796	网 址	http://www.esph.com.cn

经 销 各地新华书店

制 作 北京大有艺彩图文设计有限公司

印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 169 毫米×239 毫米 16 开 版 次 2016 年 12 月第 1 版

印 张 17.25 印 次 2016 年 12 月第 1 次印刷

字 数 203 千 定 价 35.00 元

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

一、缘起

2008年8月29日，中央决定启动《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》（以下简称《教育规划纲要》）的研制工作，我很荣幸地参与了《教育规划纲要》调研起草的全过程。在征求意见的过程中，减轻学生课业负担的呼声一直很高，同时，很多家长、社会人士，包括著名学者、两院院士都认为，减轻学生课业负担需适当降低教材难度，“适当降低教材难度”一度写进了《教育规划纲要》文本。但是，这一判断并没有科学研究的依据。从全世界科技发展的进程和课程教材改革的历史来看，教材的内容越来越丰富，新的知识和方法不断被补充到教材中来。如果比较笼统地做一个判断的话，中小学教材总的说来不是越来越易，而是越来越难，在国际竞争日益加剧的背景下降低教材难度具有很大的风险。

中小学教材的难易在一定程度上代表了一个国家教育发展的水平。教材的难易不仅决定着学生掌握知识的程度，而且关系到人才培养目标和民族的整体素质。世界上很多有影响的教育改革都聚焦课程教材的改革，教材难度的调整常常是课程教材改革的重要内容。1958年，美国为了应对苏联成功发射人造卫星的挑战，颁布了著名的《国防教育法》，强调“新三艺”，就是以提高教材难度而著称的。

学生课业负担过重与教材难度到底有没有关系？如果我们在没有进行认真研究的情况下就把大中小学教材的难度降下来，10年、20年以后发现是一个错误选择的话，后果就太严重了。这一疑虑得到了领导和同事们的认同。因此，关于这个问题，《教育规划纲要》的文本是这样表述的：“调整教材内

容,科学设计课程难度”。这既积极回应了社会的关切,又保持了审慎的态度,为今后开展专题研究提供了空间,留下了伏笔。

二、过程

教材难度研究非常复杂,涉及很多因素,不仅与教材的客观难度有关,也与教师的素质、教学的要求、教学的时间以及学生的能力和用功程度等因素有关。研究过程中不断有人提出,仅研究教材的难度意义不大,要把教材、教学、教师、课程综合起来研究,才能提出系统改进我国教育的意见。这一观点乍一听起来很有道理,但如果真的这么做了,大概就不可能有今天的研究成果了。因为将无数个复杂因素堆积在一起,这一研究就不可避免地会变成无数凭主观发表评论的研究中的一个,成为没有任何确切结论的自娱自乐。中国教育太需要板上钉钉的、数据确凿的研究了。为了保证客观性和可靠性,研究经历了一个不断聚焦核心问题的过程。

要正面回答教材难不难的问题,有两条可以选择的途径。一是测量出人在不同年龄阶段的接受能力和学习潜力,同时确定学习不同难度的知识所需要的智力程度,根据人的学习能力和潜力判定教材的难易程度。但是我们都知这在目前的科学研究水平上是做不到的,况且人和人还存在很大差异。另一个相对可行的办法则是通过国际比较,确定我国教材在国际上的相对难易程度,由此做出政策性的判断。为此,《教育规划纲要》颁布后不久,全国教育科学规划领导小组办公室就启动了“中小学理科教材国际比较研究”这一课题,得到全国哲学社会科学规划办公室的大力支持和全国相关高校的积极响应。通过招标竞标,华东师范大学、北京师范大学、东北师范大学、西南大学、陕西师范大学、华中师范大学6所大学的13个团队承担了6个学科不同学段的子课题,各子课题组的组长分别是:

数学:小学——宋乃庆(西南大学),初中——曹一鸣(北京师范大学),高中——史宁中(东北师范大学)。

物理：初中——李春密（北京师范大学），高中——廖伯琴（西南大学）。

化学：初中——王祖浩（华东师范大学），高中——周青（陕西师范大学）。

生物：初中——陆建身（华东师范大学），高中——刘恩山（北京师范大学）。

地理：初中——段玉山（华东师范大学），高中——王民（北京师范大学）。

科学：小学——胡卫平（陕西师范大学），初中——崔鸿（华中师范大学）。

课题组的全体成员精诚协作，总分结合，有步骤地收集和翻译教材、制定研究框架、研讨规范标准、确定方法原则、统计分析数据、调查验证结论、合成研究成果，举行了上百次的大中小型研讨会。很多课题组还利用出国交流或邀请外国专家访问的机会与外国同行进行了切磋研讨。课题组紧张有序，出色地完成了研究任务。

三、方法

通过反复讨论，课题组确定了以下4个原则。第一，此次教材比较研究限定于理科，这样可以排除历史文化因素和意识形态的影响。研究涵盖了基础教育的所有6个理科学科：数学、物理、化学、生物、地理、科学。第二，研究涵盖3个学段——小学、初中、高中，以便了解不同学段教材难度可能存在的差异。第三，仅就教材的文本进行比较，虽然各国在使用教材的过程中对教材的依赖程度不同，但它毕竟是一个基本依据。教材选取的原则是使用范围广，使用时间长，得到政府部门或专业委员会的认可。第四，研究选取了10个国家进行比较，包含中国、澳大利亚、日本、韩国、新加坡、德国、法国、俄罗斯、英国和美国，涉及7种语言，工作量之大、工作之难，可想而知。

研究从广度和深度两个维度着手，综合判断教材难度。用 N 表示知识的难度， G 表示知识的广度， S 表示知识的深度， α_1 、 α_2 分别表示知识广度、深度的权重。在此基础上，提出了刻画教材难度的模型，这个模型是广度和深

度两个要素的加权平均,即

$$N = \alpha_1 \cdot G + \alpha_2 \cdot S$$

在调查研究的基础上,各学科确定模型中的参数值 α ,一般广度为0.40,深度为0.60,难度值在0—1之间,0为最易,1为最难(部分学科如生物则采用了乘法模型 $N=G \times S$)。

教材的广度研究参考美国各州首席教育官员委员会(Council of Chief State School Officers, CCSSO, 2004)提出的课程实施调查(Surveys of Enacted Curriculum, SEC)。SEC将教材所涉及的知识结构与知识点整理成若干主题。实验、例题、习题根据它们隶属的知识点,也采取同样的方法进行分析。以物理为例,有“力与运动”“电”“波”“动力学和平衡”“能”“物性”6个一级主题,每个主题下包括若干个二级主题,如表1所示。

表1 物理教材的知识结构

一级主题	二级主题	一级主题	二级主题
力与运动	矢量和标量	力与运动	动量、冲量和守恒
	位移		平衡
	速度		摩擦力
	相对位置和速度		万有引力
	加速度		弹力
	力	电	静电学
	牛顿第一定律		库仑定律
	牛顿第二定律		电场
	牛顿第三定律		电学

续表

一级主题	二级主题	一级主题	二级主题
电	电流、电压、电阻	能	势能
	串联、并联电路		动能
	磁学		质能守恒
	场的相互作用		内能及热传递
	导体和绝缘体		光能
	其他		声能
波	特性和作用		热力学定律和熵
	可见光		功和能
	不可见光/电磁波谱		机械能和机械
	声音		能源
	地震、海啸、海浪	物性	特性及构成
	信息的传递		物态
动力学和平衡	分子运动		物理变化
	压强和浮力		物理特性
	动力学和温度		光子和光谱
	平衡		原子学说
	反应速度		量子论和电子云
	其他		其他

再以化学为例，有“物质结构与性质”“元素及其化合物”“化学反应原理”“有机化合物”“化学计量”“化学实验”6个二级主题，二级主题继续分解为三级主题、知识团、知识点和微观内容。以“元素及其化合物”为例，教材的知识结构如图1所示。

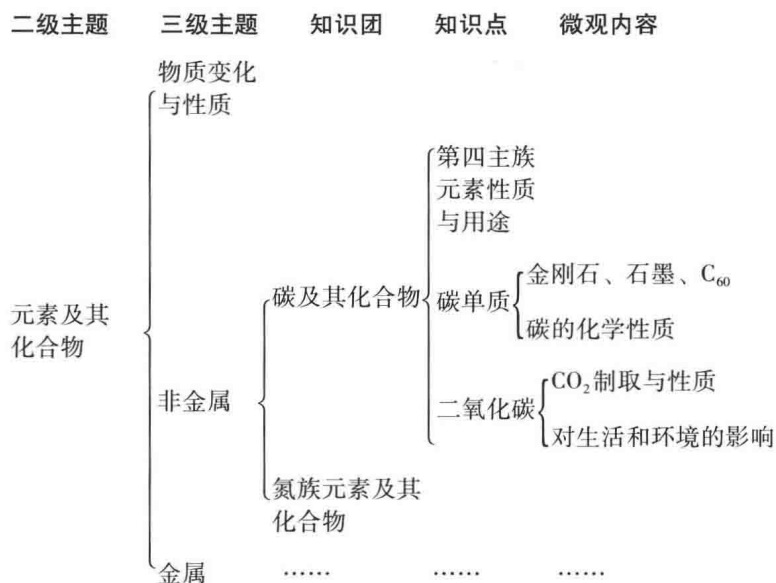


图1 化学教材的知识结构示例

教材深度的测定是在广度分析的基础上,分别对知识点、例题、习题、实验,根据其内容的特点进行深度赋值。

首先是知识点深度水平的划分。SEC 把知识点深度分为 5 个水平, 分别是记忆、操作、理解、分析和应用。我们进行了简化, 分为了解、理解、应用 3 个水平, 相应的教材知识点深度从低到高分别赋值为 1、2、3, 如表 2 所示。

表 2 知识点深度水平界定

水平	各水平的含义	教材的表征方式
了解	通过阅读教材，能背诵基础科学事实；回忆科学术语和定义；回忆科学公式；识别、辨认事实或证据；举出例子；描述对象的基本特征	定义、意义、单位、单位换算、符号、公式、原理、规律、结论、基础性的材料、描述性例子、分析性例子、图片例子、仪器的介绍、拓展资料

续表

水平	各水平的含义	教材的表征方式
理解	通过阅读教材，能解释概念；解释教师演示的内容；说明科学探究的过程和方法；利用图表记录和整理数据	例题、演示实验、公式推导、探究实验、概念的总结、规律的得出、对现象的解释（包括生活现象）
应用	通过阅读教材，能新的情境中使用抽象的概念、原则；进行总结、推广；建立不同情境下的合理联系；对实验进行评估等	运用知识解决综合性的问题、设计制作

教材的难度分析综合广度分析和深度分析的思路框架，如图 2 所示。

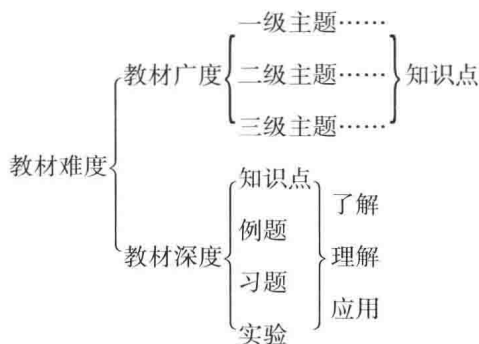


图 2 教材难度分析的思路框架

四、发现

通过 2011 年 2 月至 2014 年 5 月历时 3 年多、集中了 150 多位研究人员的研究，把教材最难的国家计 10 分，最容易的计 1 分，把 6 科教材各个学段的积分相加，再除以 13 发现，在 10 个国家中，中小学理科教材最难的是俄罗斯，以下依次为：美国、澳大利亚、德国、中国、新加坡、韩国、日本、法国、英国。我国中小学理科教材难度在 10 个国家中属中等水平，在 6 个学科上大都排在第 4—6 名，但 10 个国家的教材难度排名在 6 个学科上存在明显差异。

数学教材：俄罗斯最难，其次是美国和中国，英国最容易。

物理教材：美国最难，中国第5，法国和韩国最容易。

化学教材：俄罗斯最难，美国第3，中国第5，韩国最容易。

生物教材：澳大利亚和德国最难，美国第4，中国第7，日本和法国最容易。

地理教材：澳大利亚和俄罗斯最难，中国第4，美国和中国接近，日本最容易。

科学教材：美国最难，中国第6，德国和俄罗斯最容易。

从总体上看，我国教材难度处于世界中等水平，但在广度、深度和不同知识主题的难度上表现出不同特征。有的学科教材容量不大，更重内容深度，表现出“窄而深”的取向，如物理学科；有的学科教材覆盖面宽，知识点多，但内容较浅，表现出“大而宽”“浅而散”的倾向，如化学学科。在不同学段和具体内容方面，我国教材难度也有所不同。如小学数学教材难度比较适中，初高中数学教材偏难；小学数学教材内容略少，初高中数学教材内容偏多；小学、初中数学教材习题偏难，高中数学教材习题偏易；初高中物理教材实验难度大，知识和习题偏易；初高中化学教材内容偏多，知识和实验偏易。

既然我国中小学理科教材难度在世界上处于中等水平，为什么人们会认为学生课业负担特别重呢？13个研究团队基于对我国中小学教学长期的观察、调研发现：我国学生课业负担过重主要是课外加码和教不得法所致。在对教材难度进行国际比较研究的同时，课题组还对中小学各学科的实际教学情况进行了调查和分析，发现我国中小学的实际教学难度比教材难度平均高出50%—100%，同时又布置大量作业，重复练习问题严重，占用了学生大量课余时间，而且给学生造成了很大的心理压力。

五、启示

本课题揭示了我国学生课业负担过重并非由教材难度过高所致的事

实，同时对我国教材编写内容与形式的改进也有很多启发。从教材编写理念看，我们还基本停留于老师讲、学生听的模式，即注重概念、定义、例题、练习的讲解，内容缺乏问题性、探索性和创造性，更缺少从学生出发、以学生发展为导向的编写思想。我国教材编写的改革还有很大空间。

（一）加强课程标准与教材的系统设计，注重不同学段的有效衔接

国际比较发现，我国中小学课程标准和教材编写缺少学段间的整体规划，缺乏不同学段之间的有效衔接，学科知识的系统性体现不够。有的学科课程标准没有一体化设计，在一标多本的教材编写模式之下，不同学段教材编写团队各自独立，未能通盘考虑。我国教材编写需要加强教学内容和目标层级的整体设计，对能力培养和态度形成进行系统安排，帮助学生对学科形成整体认识，完善教材学科知识的系统性、过程性和衔接性。

（二）变革教材呈现方式，增强趣味性

我国教材的编写基本遵循“老师讲、学生听”的教学方式的要求，不利于自主学习、合作学习和师生互动。国外教材普遍比较重视栏目设计、版式设计、语言表达、插图编排以及内容组织的多样性，同时注重趣味性，教材的编写意图和教学思想也非常清楚，有利于激发学生学习兴趣，易于教师把握和处理教材。建议我国教材中增加实物图、示意图、模型图、概念图、表格等形象、直观、生动的素材，运用类比、模拟等方法，增强教材的吸引力。

（三）优化教材结构，加强知识类型的均衡选择

国外教材重视科学性与逻辑性，多从问题入手，强调知识的整体构建。教材编写能考虑学生认知特点，突出同一概念或同一主题内容在不同年级的逐步深入，重视知识编排的递进性。我国教材在编写时需更加注意按照不同年级学生的认知特点和知识基础，螺旋式设计知识目标、能力目标、态度目标及其教学安排。针对教材中不同类的知识或主题难度不够均衡的问题，需要改进设计。比如，加强信息技术在数学学习中的作用；物理教材要适当增加教材的广度，降低教材的深度，实验内容的设计应更加科学；化学教材应

适当减少偏离核心概念的知识点数量,收缩知识的覆盖面,优化实验和习题,强化学生思维训练等。

(四) 加强国情和本土文化的渗透,融合价值观教育

教材的本土文化渗透是指将本国地理、历史、艺术、文化、科技等渗透到教材中,以培养学生爱祖国、爱家乡的情感和社会责任感。国外很多教材都特别重视文化渗透。如物理教材普遍注重科学-技术-社会观念的渗透;新加坡科学教材专门开辟了“国民教育”栏目;美国、法国、德国等国的教材频繁出现与科学有关的人物、艺术作品赏析;等等。相比其他国家,我国教材的文化渗透较少,不利于培养学生的科学人文素养和社会责任感。建议我国教材编写加强文化渗透,帮助学生形成正确的价值观。

(五) 注重与生活实际的联系,培养学生解决实践问题的能力

国外教材非常重视与现实生活及其他学科之间的联系,重视培养学生解决实践问题的能力。比如,数学习题常常涉及文化、商业、家庭理财等方面的生活实际问题,突出知识的运用。建议我国教材增加应用性知识的比重,拓展与学生生活相联系的内容,习题更多以实际生活为背景,以培养学生解决实践问题的能力。

六、成效

如此大规模、多学科、跨部门的实证研究在中国是罕见的,在国际上也是少有的。本课题在取得了大量数据和重要发现的同时,对国家课程教材政策、学术规范和学术队伍建设、社会认知和国际学术研究均产生了重大影响。

(一) 为国家课程标准修订和教材编写提供了科学支撑

长期以来,要求降低我国中小学教材难度的声音始终存在,制定基础教育课程标准和编写教材的专家学者中也有相当一部分人持这种主张并直接影响到对课程标准的修订。本课题取得阶段性成果后,袁贵仁部长在研究报告上做了长篇批示。2014年5月6日,在教育部基础教育二司指导下,课题组

举行了大型课题成果报告会，来自全国各地的课程标准制定委员会专家、教育科学与教学研究专家 300 多人出席了成果报告会。清华大学谢维和副校长、教育部基础教育课程教材发展中心田慧生主任、上海市教委尹后庆副主任、人民教育出版社韦志榕总编辑从不同角度对研究成果的价值、意义和影响做了高度评价。本课题对我国新一轮课程标准的修订产生了直接影响，为今后教材的改进提供了科学支撑。

（二）有力促进了教材研究的学术规范和学术队伍建设

课程教材研究是国际教育历久弥新的研究领域，在我国，其研究成果和研究队伍也占到总量的 30% 以上。本课题在研究的初期和中期用了大量的时间与精力讨论研究的标准、程序及方法，形成了统一的研究思路、标准和方法，为保证研究的质量和得出科学的结论奠定了方法论基础。同时，本课题带动了 6 所部属师范大学的学科教学论队伍建设和人才培养工作。据不完全统计，以本课题为依托完成的博士论文就有十多篇，公开发表论文数十篇。本课题还促进了 6 所大学学科教学论的学术交流，提供了协同创新的成功案例。

（三）对形成正确的社会舆论导向发挥了重要作用

课题报告发布之后，各大媒体进行了广泛报道，中央电视台、中国教育电视台、北京电视台、东方卫视等进行了专题报道；《光明日报》《文汇报》《中国教育报》均以大篇幅进行了专题报道，特别是《光明日报》两次以整版面进行了报道，进行了专题报道的报纸杂志累计近百家；新华网、人民网、中国网、新浪网、搜狐网、凤凰网等 300 余家网络媒体转载报道。这不仅增进了人们对学生课业负担过重原因的正确认知，增进了人们对教育科学研究重要性的认知，而且增进了人们对深化教育改革、支持教育改革的认知。

（四）极大地改善了我国教育研究在国际上的学术形象

在研究过程中，很多课题组成员与外国学者，包括美国、德国、日本、澳大利亚的学者进行过交流，或者在国外做过演讲。外国学者在听说了本研

究的规模和方法后，无不表现出惊讶和敬佩，坦承组织和开展如此规模的研究在他们国家是难以想象的。

以本人的经历为例。2014年10月22日上午，应美国大城市教育局局长联席会议（Joint Conference of Directors of Education Bureau in American Metropolis）和联合国教科文组织国际教育发展部华盛顿分部邀请，本人在乔治·华盛顿大学做了题为“中小学理科教材难度的国际比较研究”的专题演讲，演讲历时一个半小时，进行了30分钟的提问交流。美国教育部官员、知名大学学者和智库人员、市郡教育局局长、资深媒体人员和专栏作家100多人出席了会议。乔治·华盛顿大学教育与人类发展学院院长、国家教育学术委员会会长福伊尔（Michael J. Feuer）教授在报告前做了热情洋溢的致辞。会议由霍普金斯大学中国事务与全球战略合作办公室主任罗斯（M. Ross）教授主持。

大会特邀评论员托尔尼-普塔（Judith Torney-Purta）教授（马里兰大学人类发展与定量分析学荣誉教授，她对“年青人的公民与社会参与”课题有50年的跨国界的深入研究，曾经荣获2009年美国心理学会颁发的国际心理发展奖，并当选为国家教育学术委员会委员）、威廉斯（James H. Williams）教授（乔治·华盛顿大学国际教育与国际事务学院教授，拥有哈佛大学博士学位，著作超过40部，并为联合国儿童基金会的多个项目提供过咨询）对演讲给予了高度评价。托尔尼-普塔教授在评论中说：袁教授的报告令人惊奇，大量的数据揭示了很多我们完全无法猜测的结论，对美国课程和教材政策有深刻启发，使我们对中国学者的教育研究充满敬意。这些数据潜在的意义还有很多，（我）期待着袁教授在报告中所展示的更大的研究前景。威廉斯教授在评论中说：袁教授领导的团队研究是巨大的、惊人的，在美国组织这样的研究是难以想象的，它使我们看到了教育国际标准研究的新趋势。我们期待有更多这样的报告会。

七、深化

基于事实和证据的实证研究是科学研究的基础，但课程和教材不仅是科

学问题，而且是历史和人文的问题。随着研究的深入，这一研究需要从事实研究向价值研究拓展，不仅关心教材的难度，而且关心教材的质量，不仅关心“难不难”，而且要关心“好不好”。

目前的研究是从各国正在使用的教材入手进行的比较研究，是一种共时性研究，但教材改进是一个历史发展过程，并且会继续发展。我们的研究要面向未来，就要拓展到历时性研究，特别是教材内容与科学技术发展的关系、教材编写与现实生活中知识应用的关系、教材呈现与创新能力培养的关系以及多个学科知识综合运用要求。确实，教材编写与教材的使用有很大的差别，在教材实际使用过程中，教学理念、教学方法、师生关系都极大地影响着教材的使用效果，这些都有待系统化的深入探讨。希望我们的研究成为教材研究和学科教学研究的新起点，能够激发更多更好的研究，为科学、高效和创造性的课程与教材建设做出更大贡献！

袁振国

课题组组长，华东师范大学终身教授

2015年10月20日

目 录

第一章 化学教材研究综述 / 001

第一节 化学教材的质性研究 / 003

第二节 化学教材难度比较研究 / 007

第二章 化学教材难度比较研究设计 / 015

第一节 研究意义 / 017

第二节 研究设计 / 020

第三节 化学教材难度分析与比较思路 / 030

第三章 化学教材总体难度、广度和深度比较 / 035

第一节 初中化学教材总体难度的国际比较 / 037

第二节 初中化学教材总体广度的国际比较 / 039

第三节 初中化学教材总体深度的国际比较 / 044

第四章 初中化学教材内容域难度(上) / 053

第一节 “物质结构与性质”内容域的难度比较 / 055

第二节 “元素及其化合物”内容域的难度比较 / 075

第三节 “化学反应原理”内容域的难度比较 / 103