

高中化学新教材习题与课程标准一致性研究*

——以“常见无机物及其应用”内容为例

包倩倩 莫尊理** 寇艳庭

(西北师范大学 甘肃兰州 730070)

摘要 结合本国国情,对 SEC 一致性分析模式进行本土化改造,构建基于化学学科能力的一致性分析框架,并从内容主题和认知水平等 2 个维度分析课程标准与 3 个版本高中化学新教材习题在“常见无机物及其应用”主题的一致性程度。研究结果显示:3 个版本高中化学新教材习题与课程标准在内容主题和认知水平维度上均存在统计学意义上的显著一致性。在一致性研究的基础上,分析不同版本教材习题在内容主题和认知水平上的分布重点,并提出教材习题编写建议和使用策略。

关键词 高中化学教材 课程标准 一致性

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2021080187

《普通高中化学课程标准(2017年版)》(以下简称课程标准)中明确指出:“课程标准应本着为编写教材服务、为教学服务、为考试评价服务的原则,突出课程标准的可操作性,切实加强教材编写、教学实施、考试评价的指导。教材中的习题应以课程目标、学业质量水平要求为基本依据,凸显习题的诊断与发展学科核心素养功能”^[1]。可以看出,课程标准是高中化学新教材编写的重要依据,教材课后习题是高中化学教材的重要组成部分,是评价学生依托化学新教材进行学习后是否达成了化学课程标准所规定学习目标的重要载体^[2]。因此,研究高中化学新教材习题与课程标准的一致性,可以帮助学生巩固所学知识,进行自我检测;有利于教师更好地理解 and 把握课程标准的理念和要求,开展教学活动;还可以为化学新教材课后习题的编写和修订提供依据。

1 研究方法

为科学客观地分析高中化学新教材课后习题与课程标准在“常见无机物及其应用”内容部分的一致性,本研究采用美国学者安德鲁·波特(Anderw Porter)和约翰·史密森(John Smithson)等学者以计划课程调查(Survey of Enacted Curriculum,简称 SEC)数据为基础构建的 SEC 一致性分析模式^[3]。

利用 SEC 一致性研究思路主要围绕以下几个步骤展开:(1)建立由内容主题和认知水平组成的二维编码框架;(2)对课程标准和教材习题

进行编码,并将编码结果分别统计到 2 个二维矩阵中,为了便于比较 2 个表格分别对应的单元格值的符合程度,需要将表格中所有数据进行归一处理;(3)通过 Porter 一致性计算公式计算一致性指数。一致性计算公式^[4]:

$$P = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{2}$$

其中 n 为矩阵元总数目, X_i 为矩阵第 i 个矩阵元, Y_i 为矩阵第 i 个矩阵元。 P 的值在 0~1 范围区间, P 值为 0 时, 2 个研究对象间的一致性程度最小。 P 值为 1 时, 2 研究对象间的一致性程度最大。

二维编码框架中内容主题的确定主要遵循课程标准中的内容标准部分,认知水平维度主要依据布卢姆认知目标新分类理论,其将认知水平分为记忆、理解、应用、分析、评价和创造等 6 级水平^[5]。布卢姆认知水平的划分适用于很多学科,为更能凸显我国中学化学的学科特点,需要对 SEC 一致性分析框架进行本土化改造。

2 研究过程

2.1 研究样本

课程标准包括 6 大部分,包含 24 个一级主题,其中必修部分包含 5 个一级主题,每个一级主题下又包含若干个二级主题,本文仅选择“常见无机物及其应用”主题的内容标准部分。“常见无机物及其应用”主题下有 7 个二级主题,其中“2.6 物质性质及物质转化的价值”的内容标准部分在“2.4

* 中国化学会化学教育委员会“十四五”规划 2021 年重点课题,课题批准号: HJ2021-0039

** 通信联系人, E-mail: mozl@163.com

金属及其化合物”和“2.5 非金属及其化合物”有较为具体的呈现,“2.7 学生必做实验”属于学生活动项目,在纸笔测验情境中无法呈现。因此,本研究选择“2.1 元素与物质”“2.2 氧化还原反应”“2.3 电离与离子反应”“2.4 金属及其化合物”“2.5 非金属及其化合物”等 5 个二级主题作为内容主题。化学教材选择使用较为广泛且具有代表性的 2019 年出版的人教版、鲁科版和苏教版教材。习题主要选择这 3 个版本教材在“常见无机物及其应用”主题各个章节的课后习题。

2.2 编码框架的构建

二维编码框架中内容主题的划分主要依据课程标准进行,因此,一致性编码框架的本土化主要考虑认知水平维度。北京师范大学王磊团队通过多年的理论和实践研究,基于发展学生化学学科核心素养构建了学习理解、应用实践和迁移创新导向的学科能力活动表现模型^[6]。与布卢姆认知目标新分类理论相比,王磊团队划分的“学习理解、应用实践、迁移创新”等 3 个化学学科能力一级要素下细分的 9 个二级要素内涵更加清晰明了,对于习题分析具有很强的实用性和可操作性。并且,这 3 个学科能力水平层次也更能代表和反映出我国学生对知识的认知水平层次。因此,通过“认知水平”可以将“化学学科能力构成模型”与“SEC 一致性分析模型”建立联系,即将化学学科能力构成模型中的 3 个一级能力水平要素作为 SEC 一致性分析模式中“认知水平”维度的“描述符”。基于此构建了基于化学学科能力的本土化 SEC 一致性分析框架。据此,形成了本研究中的“内容主题×认知水平”的“5×9”二维编码框架,如表 1 所示。

2.3 课程标准与教材习题编码及结果

用“5×9”的二维框架分别对课程标准和 3 个版本化学教材习题进行编码。具体操作方法是,将

表 1 基于化学学科能力的本土化 SEC 一致性分析框架

Table 1 Localized SEC consistency analysis framework based on chemistry subject ability

内容主题	认知水平								
	学习理解 (A)			应用实践 (B)			迁移创新 (C)		
	辨识记忆	概括关联	说明论证	分析解释	推论预测	简单设计	复杂推理	系统探究	创新思维
2.1 元素与物质									
2.2 氧化还原反应									
2.3 电离与离子反应									
2.4 金属及其化合物									
2.5 非金属及其化合物									

各二级主题中的每一条内容标准拆分为涉及单个知识点的具体内容标准,多为“行为动词+名词或短语”,由“名词或短语”确定知识点,由“行为动词”确定该知识点对应的认知水平;而对教材习题的编码则是先确定习题考查哪个或哪几个知识点,再分析每道习题的解答过程,确定学生解决该题时需要达到的认知水平。

根据以上编码框架和编码方法,由 2 位化学教育研究生独立编码,编码后运用 SPSS 软件分别计算出 2 位编码者对 3 个版本教材习题编码的皮尔逊相关系数为 0.767, 0.818, 0.855, 编码结果具有较强的可靠性。对于编码有分歧的地方,经过讨论和协商达成一致。对编码结果进行统计后,得到课程标准与 3 个版本化学教材习题在主题 2“常见无机物及其应用”的编码结果。为了方便比较,对编码结果进行标准化处理,即将每个单元格中的数据除以对应表格中所有单元格数据之和,形成 4 个相对应的比率表,所有单元格数据之和为 1。具体结果如表 2、表 3、表 4 和表 5 所示。

表 2 课程标准编码结果比率

Table 2 Curriculum standard coding results ratio

内容主题	认知水平									小计
	学习理解 (A)			应用实践 (B)			迁移创新 (C)			
	辨识记忆	概括关联	说明论证	分析解释	推论预测	简单设计	复杂推理	系统探究	创新思维	
2.1 元素与物质	0.08	0.04	0.08	0	0	0	0	0	0	0.20
2.2 氧化还原反应	0.08	0.04	0.04	0	0	0	0	0	0	0.16
2.3 电离与离子反应	0.04	0.08	0.12	0	0	0	0	0	0	0.24
2.4 金属及其化合物	0	0	0	0.08	0	0.08	0	0	0	0.16
2.5 非金属及其化合物	0	0	0	0.12	0	0.12	0	0	0	0.24
小计	0.20	0.16	0.24	0.20	0	0.20	0	0	0	1

表3 人教版教材习题编码结果比率
Table 3 PEP textbook exercise coding result ratio

内容主题	认知水平									小计
	学习理解 (A)			应用实践 (B)			迁移创新 (C)			
	辨识记忆	概括关联	说明论证	分析解释	推论预测	简单设计	复杂推理	系统探究	创新思维	
2.1 元素与物质	0.052 6	0.014 4	0.023 9	0.014 4	0.004 8	0.009 6	0	0	0	0.119 6
2.2 氧化还原反应	0.014 4	0.009 6	0.047 8	0.062 2	0.004 8	0.004 8	0	0	0	0.143 5
2.3 电离与离子反应	0.009 6	0.009 6	0.062 2	0.047 8	0.009 6	0.004 8	0	0	0	0.143 5
2.4 金属及其化合物	0.019 1	0.009 6	0.062 2	0.047 8	0.052 6	0.038 3	0.004 8	0	0	0.234 4
2.5 非金属及其化合物	0.033 5	0.047 8	0.134 0	0.067 0	0.043 1	0.019 1	0.014 4	0	0	0.358 9
小计	0.129 2	0.091 0	0.330 1	0.239 2	0.114 8	0.076 6	0.019 1	0	0	1

表4 鲁科版教材习题编码结果比率
Table 4 Lu science edition textbook exercise coding result ratio

内容主题	认知水平									小计
	学习理解 (A)			应用实践 (B)			迁移创新 (C)			
	辨识记忆	概括关联	说明论证	分析解释	推论预测	简单设计	复杂推理	系统探究	创新思维	
2.1 元素与物质	0.025 5	0.010 2	0.010 2	0.020 4	0.040 8	0.010 2	0	0	0	0.117 3
2.2 氧化还原反应	0	0	0.051 0	0.040 8	0.005 1	0.005 1	0.005 1	0.010 2	0	0.117 3
2.3 电离与离子反应	0	0.005 1	0.056 1	0.051 0	0.040 8	0.020 4	0	0	0	0.173 5
2.4 金属及其化合物	0.020 4	0.020 4	0.051 0	0.045 9	0.051 0	0.005 1	0.005 1	0	0	0.199 0
2.5 非金属及其化合物	0.045 9	0.045 9	0.061 2	0.102 0	0.045 9	0.056 1	0.030 6	0	0.005 1	0.392 9
小计	0.091 8	0.081 6	0.229 6	0.260 2	0.183 7	0.096 9	0.040 8	0.010 2	0.005 1	1

表5 苏教版教材习题编码结果比率
Table 5 Jiangsu Education edition textbook exercise coding result ratio

内容主题	认知水平									小计
	学习理解 (A)			应用实践 (B)			迁移创新 (C)			
	辨识记忆	概括关联	说明论证	分析解释	推论预测	简单设计	复杂推理	系统探究	创新思维	
2.1 元素与物质	0.020 3	0.045 7	0.040 6	0.030 5	0.010 2	0.005 1	0	0	0	0.152 3
2.2 氧化还原反应	0	0	0.045 7	0.020 3	0.025 4	0	0	0	0	0.091 4
2.3 电离与离子反应	0	0	0.025 4	0.015 2	0.005 1	0	0	0	0	0.045 7
2.4 金属及其化合物	0.005 1	0	0.066 0	0.010 2	0.025 4	0.025 4	0.020 3	0	0	0.152 3
2.5 非金属及其化合物	0.055 8	0.025 4	0.208 1	0.106 6	0.101 5	0.045 7	0.015 2	0	0	0.558 4
小计	0.081 2	0.071 1	0.385 8	0.182 7	0.167 5	0.076 1	0.035 5	0	0	1

3 研究结果及分析

3.1 一致性分析

在计算 Porter 一致性指数之前, 还需要确定具有统计意义上显著的一致性参考值 P_0 。为了得到波特系数在统计学意义上显著的一致性标准, 本文借鉴刘恩山等人的处理思路^[7], 即利用 Matlab 软件里的 unidrnd 函数, 随机获得五行九列的矩阵, 计算 P 值, 得到 20 000 个 P 值样本, 作出正态分布图像; 并计算其 95% 的置信区间, 要达到 $\alpha=0.05$ 水平统计学意义上的显著一致性, P 值必须大于下临界值^[8]。

将课程标准和教材习题编码结果的比率数据代入一致性系数公式中, 分别计算 3 个版本化学教材习题与课程标准的一致性系数 P 值。计算结果如表 6 所示。

表6 课程标准与 3 个版本化学教材习题一致性系数统计

Table 6 Statistics of consistency coefficient between curriculum standards and high school chemistry textbook exercises

分析对象	二维矩阵	P 值	下临界值	上临界值
课程标准 & 人教版	5×9	0.806 6	0.597 1	0.751 6
课程标准 & 鲁科版	5×9	0.808 1	0.597 7	0.752 2
课程标准 & 苏教版	5×9	0.681 6	0.597 2	0.751 7

根据计算结果可知, 3 个版本化学教材习题与课程标准一致性系数 P 值都大于下临界值, 说明 3 个版本化学教材习题与课程标准都具有统计学意义上的显著一致性。

3.2 曲面图分析

为了将课程标准与教材习题在内容主题和认知水平的侧重点进行直观比较, 将表 2、表 3、表 4、表 5 中的数据用曲面图表示出来, 如图 1、图 2、

图3、图4所示。

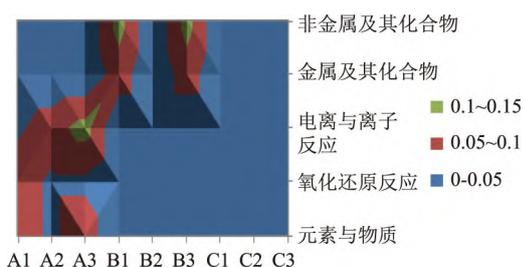


Fig. 1 Surface diagram of chemistry curriculum standard

图1 化学课程标准曲面图



Fig. 2 Exercise surface graph of PEP textbook

图2 人教版教材习题曲面图

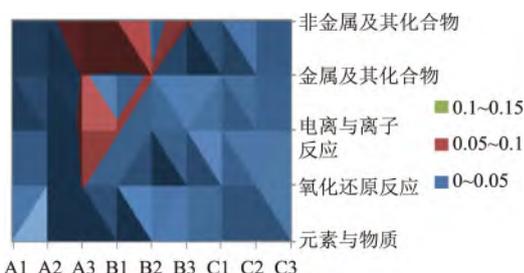


Fig. 3 Exercise surface graph of Lu science edition textbook

图3 鲁科版教材习题曲面图



Fig. 4 Exercise surface graph of Jiangsu Education edition textbook

图4 苏教版教材习题曲面图

根据课程标准和3个版本高中化学教材习题曲面图可知,课程标准内容主题重点分布均匀,能力水平集中在学习理解中的辨识记忆水平、概括关联水平和说明论证水平;应用实践中的分析解释水平和简单设计水平。人教版教材习题内容主题重点分布在氧化还原反应主题、电离与离子反应主题、金属及其化合物主题、非金属及其化合物主题,能力

水平集中在学习理解中的概括关联水平和说明论证水平,应用实践中的分析解释和推论预测水平。鲁科版教材习题内容主题重点与人教版相似,能力水平重点分布在学习理解中的概括关联水平、说明论证水平,应用实践中的分析解释水平、推论预测水平和简单设计水平。苏教版教材习题内容主题重点分布在金属及其化合物主题和非金属及其化合物主题,能力水平重点分布在学习理解中的概括关联水平、说明论证水平,应用实践中的分析解释水平、推论预测水平和简单设计水平。由此可知,在内容主题维度,人教版和鲁科版教材习题与课程标准一致性较好;课程标准与3个版本化学教材习题的能力水平都集中在学习理解和应用实践水平上。

3.3 柱状图分析

为进一步定量比较课程标准与3个版本化学教材习题在“常见无机物及其应用”部分内容主题与认知水平的吻合程度,建立了如图5和图6的柱状图。

由图5可知,3个版本化学教材习题在“元素与物质”主题、“氧化还原反应”主题、“电离与离子反应”主题的比例均小于课程标准。其中,苏教版与课程标准在“元素与物质”主题所占比例差距最小;人教版与课程标准在“氧化还原反应”所占比例差距最小;在“电离与离子反应”主题,鲁科版与课程标准差距最小。在“金属及其化合物”主题,人教版教材习题所占比例最大,且远高于课程标准,鲁科版略高于课程标准,苏教版略低于课程标准;在“非金属及其化合物”主题,3个版本化学教材习题所占比例均大于课程标准,其中,苏教版占比最高且远高于课程标准,人教版在3个版本化学教材中占比最低,但也远高于课程标准。由此可知,在内容主题维度,人教版教材习题在“氧化还原反应”主题、“非金属及其化合物”主题与课程标准的一致性更好;鲁科版教材习题在“电离与离子反应”主题、“金属及其化合物”主题与课程标准一致性更好;苏教版教材习题在“元素与物质”主题与课程标准一致性更好。

由图6可知,课程标准的能力水平集中在学习理解和应用实践层次,且在在学习理解水平的总占比高于应用实践水平。人教版、鲁科版和苏教版教材习题都较为重视对学习理解能力和应用实践能力的考查。其中,人教版和苏教版在学习理解维度上的总占比高于应用实践维度;鲁科版在应用实践维度的总占比高于学习理解维度。由此可知,在认知水平维度,人教版和苏教版与课程标准一致性更好,也反映出人

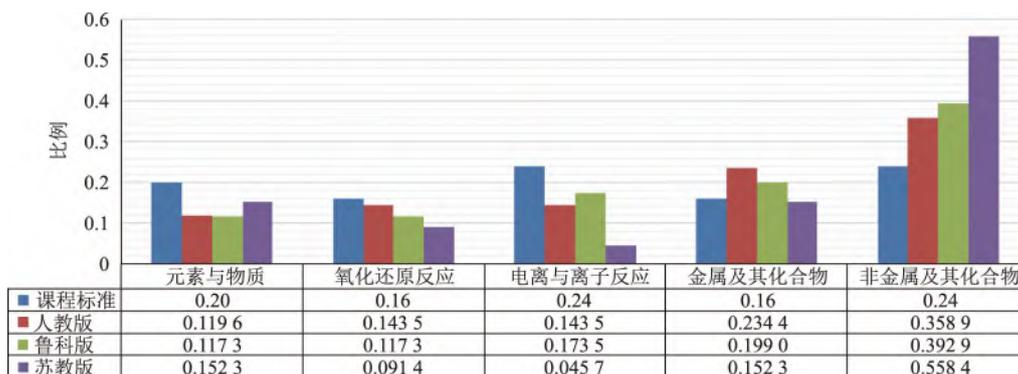


Fig 5 Content theme comparison histogram

图5 内容主题比较柱状图

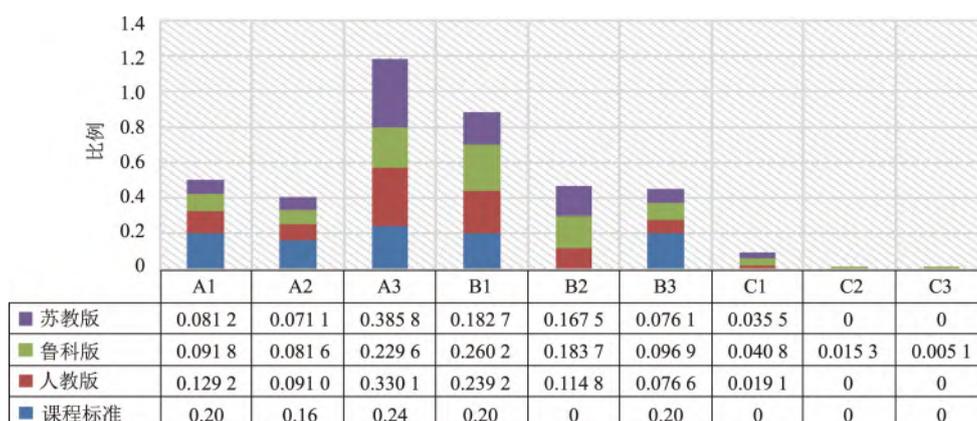


Fig 6 Cognitive level comparison histogram

图6 认知水平比较柱状图

教版和苏教版化学教材习题更具有基础性,鲁科版化学教材习题能力水平高于人教版和苏教版。

4 结论与启示

4.1 结论

本研究的结果表明:在0.05统计显著性水平上,3个版本教材习题与课程标准在“常见无机物及其应用”主题的内容维度与认知水平维度上均具有一致性。在内容主题维度上,人教版和鲁科版与课程标准一致性更好;在认知水平维度上,人教版和苏教版与课程标准一致性更好。

4.2 启示

4.2.1 增强课后习题内容分布的平衡性

在对高中化学教材习题与课程标准进行一致性分析时发现,3个版本化学教材习题在内容主题的分布上存在不均衡的情况。如人教版和鲁科版化学教材课后习题对“元素与物质”主题的考查都比较薄弱,具体体现在习题数量少、具体知识点的分配不均衡。苏教版教材对氧化还原反应和电离与离子反应主题没有安排独立的单元和章节进行系统学

习,而是将其零星地穿插在物质的分类、分散系、钠及其化合物等章节中,且相关习题数量非常少,这在一定程度上削弱了知识的系统性和结构化,不利于学生建构和理解一些具有统摄性的概念原理知识。此外,还发现3个版本教材存在同个内容的习题重复过多、内容不丰富的情况。因此,建议编者适当加强各内容主题习题分布的平衡性,对一些基础且重要的内容,在保证习题容量和难度的基础上,丰富习题内容,加强习题的灵活性和启发性。

诚然,在“一标多本”的新课改背景下,各个地区学生的学习基础和学习能力存在较大差异,需要不同版本教材来满足不同群体的需要,但仍然需要在满足课程标准基本要求的前提下,根据各地的实际情况,合理安排教材课后习题内容主题的覆盖程度,加强课后习题内容分布的平衡性和层次性。

4.2.2 合理设置教科书习题认知水平

在对课程标准的能力要求和3个版本化学教材习题考查的能力水平进行分析发现,各个版本化学教材课后习题能力水平分布也存在不均衡的情况。

其中,鲁科版教材课后习题的能力水平大多处于应用实践水平,仅有少数习题处于低阶的辨识记忆和理解水平;人教版和苏教版教材超过半数的课后习题能力水平为学习理解水平,即大多数习题处于低阶的记忆和理解水平,少数习题处于应用实践水平,且3个版本教材习题在高阶的迁移创新水平上的习题都极少。相比较而言,鲁科版在迁移创新维度的习题比人教版和苏教版多。除此以外,3个版本化学教材习题在不同水平层次上的分布存在较大波动,如人教版在概括关联水平的习题仅占总数的9%,苏教版在简单设计水平的习题占总数的7%。因此,为尽可能满足不同学生的需要,建议在满足课程标准要求的前提下,合理设计课后习题认知水平梯度,适当增加高阶认知水平权重。

4.2.3 有效融合使用多版本教材习题

3个版本高中化学教材习题各具特色,限于教材篇幅,每个版本教材在编排习题时不能做到面面俱到,需要教师根据学生学情和实际教学需要,融合使用各版本教材习题。如鲁科版教材设置了类型多样、能力水平进阶合理的习题栏目;人教版在“氧化还原反应”主题的习题中创设了一些有关古籍中化学工艺记载的情境。这些能体现古代人民智慧的化学史情境提供了丰富的感性素材,有利于学生在学习知识的过程中增强民族认同感。因此,教师可以借鉴和整合不同版本教材习题的相关素材,帮助学生更好地建构知识。教师还可以将不同版本教材习题中关于同一知识点的习题由浅入深进行融

合,构成习题组,实现知识点的串联和难度的延伸。此外,要真正实现用“活”教材,还需要教师在借鉴和融合的同时根据学情对习题进行灵活改编,最大程度满足不同学生发展的需要。

将不同版本教材习题进行有效融合需要教师改变以往对教材习题数量少、内容简单,不能满足学生能力发展需要的刻板印象,从根本上重视教材习题;对教材习题进行深入研究^[9-10],认真研读教材,吃透教材,熟悉各个版本教材习题的特点;深入挖掘并有效整合相关素材,把握各个知识之间的逻辑线索,才能将教材习题功能发挥到最大化,更好地为学生发展服务。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版). 北京:人民教育出版社,2018
- [2] 叶德伟,肖龙海. 物理教师,2020,41(12):20-24
- [3] 杨玉琴,王祖浩,张新宇. 外国教育研究,2012,39(1):113-121
- [4] 鲁芹,颜桂炀,郑柳萍. 化学教育(中英文),2019,40(17):38-43
- [5] (美)洛林·W.安德森.布卢姆教育目标分类学:分类学视野下的学与教及其测评.北京:外语教学与研究出版社,2009
- [6] 王磊. 教育研究,2016,37(9):83-92,125
- [7] 卢群,刘恩山. 课程·教材·教法,2012,32(5):75-82
- [8] 张骞,丰雪情,刘飞,等. 化学教育(中英文),2020,41(5):11-16
- [9] 黄泰荣,唐婉玲,唐媛媛,等. 化学教育(中英文),2022,43(5):14-20
- [10] 杨国贤,杨诗敏,李佳,等. 化学教育(中英文),2021,42(21):17-21

Consistency of New Chemistry Textbooks Exercises and Curriculum Standards in Senior High School: Common Inorganic Substances and Their Applications

BAO Qian-Qian MO Zun-Li** KOU Yan-Ting

(Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract According to the national conditions, the SEC consistency analysis model is localized, and the consistency analysis framework based on the chemistry discipline ability is constructed, and the consistency between the curriculum standard and the exercises in the three versions of new high school chemistry textbooks on the theme of “common inorganic substances and their applications” from the two dimensions of content theme and understanding level is analyzed. The results show that the three editions of the new high school chemistry textbook exercises and curriculum standards are statistically significantly consistent in content themes and cognitive level dimensions. On the basis of consistency research, the themes of the exercises in different versions of textbooks and the distribution of cognitive level are analyzed, and suggestions on the compilation of textbook exercises and use strategies are put forward.

Keywords senior high school chemistry textbook; curriculum standards; consistency