

基于 SOLO 分类理论的高中生化学反应原理学习水平发展研究*

谢洁纯¹ 李 佳^{2**} 罗俏芳¹ 邹丽花¹

(1. 华南师范大学化学与环境学院 广东广州 510006; 2. 广东省教育考试院 广东广州 510631)

摘要 基于 SOLO 分类理论, 开发测试工具, 测试工具由 30 道封闭的 SOLO 试题构成, 具有良好的信度和效度。以广东省高二和高三年级的学生为测试对象, 对高中生化学反应原理学习水平的发展进行研究。通过一系列的差异性分析发现: (1) 总体上, 高二和高三年级学生关于化学反应原理的学习水平存在显著性差异, 且高中生化学反应原理学习水平呈上升的发展趋势; (2) 不同章节上, 高二和高三年级学生的学习水平存在差异。同时, 提出相应的教学建议。

关键词 SOLO 分类理论 化学反应原理 差异性分析 学习水平

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2016080067

高中“化学反应原理”内容主要包括热力学基础、动力学基础和电化学等知识, 其思维性和逻辑性较强, 是高中学习的难点之一。研究高中生关于该模块的学习水平发展情况, 有利于教师帮助学生更有效地掌握该模块的知识。

1 理论框架

1.1 SOLO 分类理论

SOLO 分类理论是比格斯和科利斯基于皮亚杰的发展阶段学说创立的一种学习质量评价理论。该理论认为学生的学习成果是可观察的。

该理论将“可观察的学习成果结构”主要分为 5 个层次, 即 (1) 前结构 P: 将线索和回答不加区别地混在一起; (2) 单点结构 U: 能区分线索和一个相关的方面; (3) 多点结构 M: 回答中包括 2 个或多个概念或素材; (4) 关联结构 R: 能掌握线索与相关素材及素材间的关系, 并将各个概念联系起来; (5) 抽象拓展结构 E: 能对已知素材进行编码, 理解已知信息与抽象原理的关联, 导出假设并应用到未知情境^[1]。然而, 在实际教学中, 有时很难确切地将学生的某些回答归为上述 5 个层次中的任何一种。当学生正迈向一个新层次, 但尚未达到时, 就会出现 2 种层次间的过渡性回答。可把过渡性回答表示为 PA (由 P 到 U 的过渡), UA (由 U 到 M 的过渡), MA (由 M 到 R 的过渡), RA (由 R 到 E 的过渡)。若根据关联的程度将 R 细分为 R1, R2 和 R3 等, 则 R1A 为 R1 到 R2 的过渡^[2]。

目前, SOLO 分类理论已受到越来越多国内外学者的关注。国外关于 SOLO 分类理论的研究主

要包括 3 个方面的内容: (1) 研究学生的学习方式^[3-4]; (2) 测量学生的学习结果^[5]; (3) 衡量教师的教学效果^[6]。国内 SOLO 分类理论在中学化学教育的应用, 主要包括 4 方面^[7]: (1) 分析和编制试题与评分标准^[2]; (2) 分析化学高考题的 SOLO 水平层次^[8]; (3) 指导课堂教学设计和实践^[9-10]; (4) 指导化学学习心理实证研究^[11-13]。

1.2 SOLO 试题的界定

什么是 SOLO 试题? 从广义上来讲, SOLO 试题是指运用 SOLO 分类理论对学生在试题上的反应能做出合理、科学的等级或成绩评定的试题。从这个角度上讲, SOLO 试题并非一定为开放性试题。

通常情况下, 将 SOLO 试题分成 2 种类型: (1) 一道试题由不同的亚题构成, 亚题分别对应于 SOLO 的几个层次。具体地说, 就是运用 SOLO 分类理论的基本要义, 在基于对学生的学习水平了解上, 立足于学生在原始的开放性问题的开放式反应, 将开放式问题编制成对应于 SOLO 的 4 个层次的 4 个小题, 即每一个小题对应于一个 SOLO 层次, 小题的难度由低到高排列, 构成一道 SOLO 试题; (2) 单一的、合理的试题, 学生对试题的反应呈现出 SOLO 层次, 这个试题可以是开放有度的, 也可以是封闭的^[2]。

2 研究方法

2.1 课程内容 SOLO 水平层次表征

普通高中化学课程标准提出高中生关于“化学反应原理”模块的学习水平标准。运用文献研究法和描述分析法以及统计法等几种质性与量化方法对

* 广东省教育科学十二五规划课题“基于 SOLO 分类的高中生化学学习水平发展的研究”(课题编号: 2011TJK112)

** 通信联系人, E-mail: xuefeng020@126.com

该模块的内容进行分析,选取不同主题的不同内容标准进行编码、统计和描述。对所选定的内容领域,运用化学学科理论知识将该内容领域的课程目标要求转化为对学生的能力要求。在这里,把学生的能力发展界定为 SOLO 水平的发展^[2]。“化学反应原理”包括 3 个内容主题:主题 1 “化学反应与能量”、主题 2 “化学反应速率和化学平衡”和主题 3 “溶液中的离子平衡”。依据彼格斯的分类理论,对 3 个主题中的内容标准进行表征说明。表 1^[4]列举了课程内容标准描述的动词与 SOLO 水平层次的匹配关系,为内容标准的水平层次划分提供了依据。

表 1 课程内容标准描述的动词与 SOLO 水平层次匹配关系

Table 1 The matching relation between the verbs of the course content standard and the SOLO levels

U	M	R	E
释义	复合	分析	推理
定义	分类	比较	归纳
证明	结构	对比	假设
计算	描述	合并	预测
命名	列举	关联	判断
复述	列目录	介绍缘由	反推
根据(简单)说明	做演算	应用理论(得出定义)	演绎(得出新的定义)
—	应用方法	—	—

依据学科知识的结构对课程标准里的内容标准进行分析,明确学生要达成的最低目标要求,以及所需具备的知识基础与能力。由此,再进行综合分析,应用表 1,将化学课程标准内容里的动词与彼格斯的动词相联系,确定某一项目标要求所对应的 SOLO 水平层次。不同教师按如此程序先分别进行转换,再集体讨论,比较分析出教师分析结果间的差异,对不同之处进一步讨论与分析,最后确定 SOLO 水平层次。

例如,根据表 1 中的动词“列举”,将主题 1 中的第 1 条内容标准(编号 1-1)“了解化学反应中能量转化的原因,能说出常见能量转化形式”的 SOLO 水平层次确定为多点结构。根据以上方法对 19 条内容标准分别进行 SOLO 水平层次表征,统计结果见图 1。其中,模块“化学反应原理”内容标准的 SOLO 水平层次最低为多点结构,最高为抽象拓展结构;内容标准的 SOLO 水平层次主要为多点结构和关联结构。总体上,课程标准对学生的要求是较高的。

通过列式计算“SOLO 平均值”^[5],可进一步比较课程标准中不同主题的要求。将不同 SOLO 水平层次分别用数字代替,即 P=0, U=1, M=2, R=3, E=4。进而,列式计算“SOLO 平均

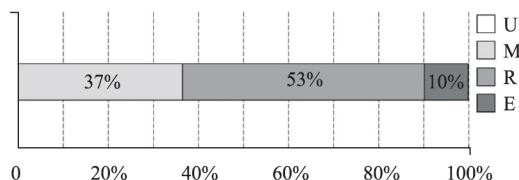


Fig 1 The distribution of SOLO levels about course content standard

图 1 内容标准 SOLO 水平层次分布

值”。如,主题 1 中共有 6 条内容标准,将 6 条内容标准对应的 SOLO 水平层次分别用数字代替后,计算平均值,得“SOLO 平均值”= $(2+2+3+3+4+3)/6=2.8$;同理,主题 2 “SOLO 平均值”= $(2+2+3+2+3+3+3+2)/8=2.5$;主题 3 “SOLO 平均值”= $(3+3+2+4+2)/5=2.8$ 。3 个主题的“SOLO 平均值”相差细微,但主题 1 的要求更高些。通过模块“化学反应原理”的学习,课标要求学生能够认识化学变化所遵循的基本原理,初步形成关于物质变化的正确观念;了解化学反应中能量转化所遵循的规律,知道化学反应原理在生产、生活和科学研究中的应用。“化学反应与能量”则根据这 2 点要求设置主题,其要求高于其他 2 个主题。

2.2 测试工具的构成

采用问卷调查法,对高中生化学反应原理学习水平的发展进行研究。为了更好地分析学生 SOLO 水平的发展,需要开发 SOLO 测试工具。根据普通高中化学课程标准和教材内容,开发 SOLO 测试工具。通过对广东化学高考题进行筛选和改编,确定由 7 道综合性试题构成一份问卷,即测试工具。其中测试工具中的 30 道试题均为广义上的 SOLO 试题,题型包括选择题、填空题、计算题和作图题,其中以填空题为主。需说明的是,30 道 SOLO 试题均为封闭试题。

测试工具构成的具体步骤为:(1)根据普通高中化学课程标准,对广东省化学高考题进行筛选。(2)根据 SOLO 分类理论中 SOLO 试题的特征,对所筛选出的 7 道大题进行改编。(3)根据学生的认知结构和表 1,对 7 道大题中的每小题进行 SOLO 结构层次的划分。(4)进行预测,分析 SOLO 结构层次划分的合理性。(5)根据预测结果,对每道题的 SOLO 结构层次进行调整。测试工具的 SOLO 试题的等级水平与其对应的内容标准的等级水平相近。统计不同章节的“SOLO 平均值”,进一步验证测试工具与内容标准的 SOLO 等级水平相近。(6)再次进行预测,分析测试工具的信度和效度。测试工具的信度 α 系数为 0.83,具有较好的信度。进行结构效度分析,得出:KMO 值为 0.853, Bartlett 球形 $p < 0.001$,即具有良好的效度。

表 2 呈现出测试工具中 30 道 SOLO 试题的分布情况。SOLO 试题考查的内容涵盖普通高中化学课程标准中的模块“化学反应原理”3 个一级内容主题, 人教版选修 4《化学反应原理》4 个章节的内容。其中, 第 1 章“化学反应与能量”有 5 道题, 均为填空题; 第 2 章“化学反应速率和化学平

衡”有 12 道题, 包括选择题、填空题、计算题与作图题; 第 3 章“溶液中的离子平衡”有 7 道题, 包括填空题和选择题; 第 4 章“电化学基础”有 6 道题, 也均为填空题。测试工具 SOLO 试题的分布情况与普通高中化学课程标准中内容标准的分布情况相符合。

表 2 测试工具的分布

Table 2 The distribution of test tools

普通高中化学课程标准				测试工具				
内容主题	内容标准	SOLO 水平	SOLO 平均值	教材章节	试题编号	题型	SOLO 水平	SOLO 平均值
化学反应与能量	1-1	M	2.8	章节 1 化学反应与能量	6 (1) ①	填空	M	2.4
	1-2	M			6 (1) ②	填空	M	
					6 (2)	填空	R	
					3 (1)	填空	R	
	1-3	R			5 (1)	填空	M	
	1-4	R		章节 4 电化学基础	4 (1) ①	填空	M	2.8
	1-5	E			4 (2)	填空	R	
					6 (4)	填空	E	
4 (1) ②			填空		M			
1-6	R	4 (3)	填空		R3			
		4 (4)	填空	E				
化学反应速率和化学平衡	2-2	M	2.5	章节 2 化学反应速率和化学平衡	5 (3)	作图	R2	2.8
	2-3	R			7 (3)	作图	R	
					1 (2)	填空	R	
					1 (3)	作图	R2	
	2-4	M			7 (1)	填空	R	
	2-6	R			5 (2)	填空	M	
					3 (2) ③	选择	R	
					5 (4)	计算	R2	
	2-7	R			7 (2)	计算	R2	
	2-8	M			2 (4)	填空	R2	
1 (1) ①			填空	M				
		1 (1) ②	填空	R				
溶液中的离子平衡	3-1	R	2.8	章节 3 溶液中的离子平衡	6 (3)	填空	R	2.7
	3-3	M			3 (2) ①	填空	M	
	3-4	E			3 (2) ②	填空	R2	
	3-5	R			2 (1)	填空	M	
					2 (2)	填空	R	
					2 (3)	填空	R	
					2 (5)	计算	R	

2.3 SOLO 试题的结构表征

基于 SOLO 分类理论, 对 30 道 SOLO 试题进行结构表征。下面以题目 1(3) 为例, 对 SOLO 试题结构表征进行详细阐述。表 3 为题目 1(3) 的具体结构表征, 其 SOLO 最高水平为关联结构。

题目 1 (3): 已知某条件下, $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ -反应时间 t 的变化曲线如图 2 所示, 若保持其他条件不

变, 请在答题卡坐标图中, 分别画出降低反应温度和加入催化剂时 $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ - t 的变化曲线示意图 (进行相应的标注), 见图 2。

2.4 测试对象

测试对象为广东省 6 所普通高中的高二、高三年级学生。表 4 为测试对象的具体分布情况。按照办学质量, 可将 6 所高中归为 2 类。其中 A, C,

表3 题目1(3)的SOLO结构表征

Table 3 SOLO structural characterization of question 1 (3)

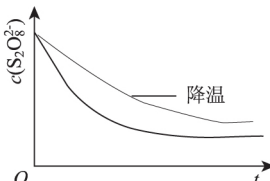
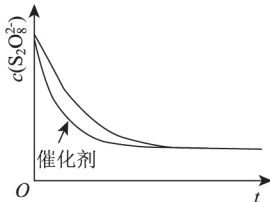
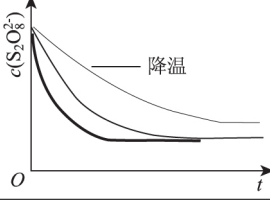
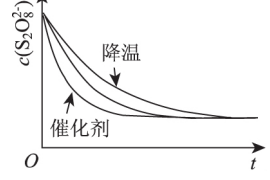
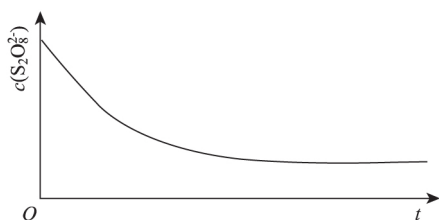
题号	SOLO 水平	赋分	典型答案表征	注解分析
1(3)	P	0	除以下外其他答案	不明白影响化学反应速率的因素, 答非所问
	M	2		知道: ①降低温度会降低反应速率; ②温度会影响平衡的移动。但忽略该反应不是可逆反应, 降温不影响反应物的转化率
	R1	4		加入催化剂, 增大反应速率, 则缩短反应到达平衡的时间, 能正确画出曲线, 只达到1个关联
	R1A	5		了解温度降低可降低反应速率, 但忽略此反应不是可逆反应, 降温不影响反应物的转化率, 未达到2个关联, 处于1个关联与2个关联的过渡阶段
	R2	6		加入催化剂, 增大反应速率, 缩短反应到达平衡的时间; 知道反应为不可逆反应, 降低温度, 化学反应速率减小, 到达平衡的时间延长; 达到2个关联

表4 测试对象的分布

Table 4 The distribution of tested objects

	A校	B校	C校	D校	E校	F校	汇总
高二	70	44	27	105	85	80	411
高三	44	77	—	96	46	—	263
汇总	114	121	27	201	131	80	674

Fig. 2 Change curve of $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}) - t$ 图2 $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ -反应时间 t 的变化曲线

D和F校为一类, 办学质量较好, 且更注重学生的全面发展; B和E校为另一类, 办学质量较差些, 且更侧重学生的升学。共发放问卷688份, 其中有效问卷674份, 回收率为98.0%。

3 结果与分析

3.1 总体学习水平表征

依据30道SOLO试题的SOLO结构表征, 判断学生在具体题目作答情况上所达到的学习水平, 从而统计高二和高三学生不同SOLO结构层次水平的百分比。再对学生达到的学习水平进行赋分, 统计每道题的平均分。表5呈现了各年级学生的学习水平表征。

对比高二和高三年级学生的不同SOLO学习水平表征, 可直观看出高二和高三年级学生在所考查的具体内容的总体学习质量和其之间的差异性。例如, 题目1(3)中, 高二年级学生的学习水平表征为: 13.9% P, 1.2% M, 8.5% R1, 10.4% R1A, 65.9% R2, 高三年级学生的学习水平表征为: 5.3% P, 3.4% M, 11.0% R1, 11.8% R1A, 68.4% R2。从高二和高三年级学生的学习水平表征上看, 高二和高三年级大多数学生在理解温度和催化剂对化学反应速率的影响上达到了关联水平。同时, 发现除P结构外, 其他结构水平中, 高三年级学生的百分比均大于高二的, 说明在理解温度和催化剂对化学反应速率的影响上高二和高三年级学生间存在差异。

从最高SOLO水平百分比来看, 高三年级学

生在 30 道试题中呈现出的最高水平百分比大于高二年级学生的共有 23 道试题, 占全部试题的 76.7%。在最高水平为 M 的 9 道试题中, 高三年级学生最高水平百分比大于高二的共 7 道, 所占百分比为 77.8%。在最高水平为 R 的 19 道试题中, 高三年级学生最高水平百分比大于高二的共 15 道, 所占百分比为 78.9%。在最高水平为 E 的 2 道试

题中, 高三年级学生最高水平百分比大于高二的共 1 道, 所占百分比为 50%。

从平均分上来看, 高三年级学生的平均分大于高二的题目数占全部题目数的 83.3%。

从学生学习水平表征的角度, 可直观发现总体上高三年级学生关于化学反应原理的学习水平高于高二年级学生的学习水平。

表 5 高二和高三年级学生学习水平表征

Table 5 Representation of learning levels of senior two and senior three students

章节	试题编号	最高水平	不同 SOLO 学习水平百分比/%		最高水平百分比/%		平均分	
			高二	高三	高二	高三	高二	高三
章节 1 化学反应与能量	6(1)①	M	18.0P, 10.5U, 71.5M	5.3P, 11.0U, 83.7M	71.5	83.7	1.54	1.78
	6(1)②	M	26.8P, 6.3U, 66.9M	3.0P, 5.3U, 91.6M	66.9	91.6	2.12	2.84
	6(2)	R	27.0P, 22.9U, 35.8MA, 14.4R	10.6P, 18.6U, 41.4MA, 29.3R	14.4	29.3	1.88	2.60
	3(1)	R	13.1P, 2.7M, 5.1MA, 79.1R	7.6P, 1.1M, 3.0MA, 88.2R	79.1	88.2	3.37	3.64
	5(1)	M	10.5P, 7.3U, 82.2M	6.8P, 3.8U, 89.4M	82.2	89.4	2.54	2.72
章节 4 电化学基础	4(1)①	M	34.3P, 3.4U, 62.3M	34.6P, 14.1U, 51.3M	62.3	51.3	1.28	1.17
	4(2)	R	24.5P, 75.4R	6.1P, 93.9R	75.4	93.9	2.27	2.83
	6(4)	E	75.2P, 12.9M, 11.9E	49.8P, 22.1M, 28.1E	11.9	28.1	0.73	1.57
	4(1)②	M	35.3P, 64.7M	16.7P, 83.3M	64.7	83.3	1.29	1.67
	4(3)	R3	12.9P, 7.7M, 25.3R1, 23.3R1A, 20.0R2, 6.8R2A, 3.9R3	15.2P, 25.5M, 22.8R1, 13.7R1A, 18.3R2, 3.0R2A, 1.5R3	3.9	1.5	2.66	2.10
	4(4)	E	60.8P, 10.0R1, 25.5R2, 3.6E	66.2P, 28.9R1, 4.2R2, 0.8E	3.6	0.8	1.65	1.07
章节 2 化学反应速率和化学平衡	5(3)	R2	38.2P, 13.9M, 24.8R1, 23.1R2	27.4P, 10.3M, 36.1R1, 26.2R2	23.1	26.2	2.43	2.96
	7(3)	R	31.1P, 9.7U, 44.3M, 14.8R	12.9P, 16.0U, 30.4M, 40.7R	14.8	40.7	1.96	2.86
	1(2)	R	6.8P, 75.4MA, 17.8R	1.9P, 81.4MA, 16.7R	17.8	16.7	2.97	3.11
	1(3)	R2	13.9P, 1.2M, 8.5R1, 10.4R1A, 65.9R2	5.3P, 3.4M, 11.0R1, 11.8R1A, 68.4R2	65.9	68.4	4.84	5.21
	7(1)	R	6.6P, 0.5U, 2.4M, 90.5R	2.7P, 1.1U, 1.9M, 94.3R	90.5	94.3	2.77	2.88
	5(2)	M	72.7P, 27.3M	77.9P, 22.1M	27.3	22.1	0.82	0.66
	3(2)③	R	10.5P, 44.3M, 45.3R	8.7P, 30.5M, 60.8R	45.3	60.8	2.76	3.07
	5(4)	R2	10.2P, 6.3U, 2.4M, 16.8R1, 64.2R2	5.3P, 2.7U, 1.9M, 14.8R1, 75.3R2	64.2	75.3	6.35	6.95
	7(2)	R2	32.8P, 4.6U, 16.5M, 7.8R1, 14.8R1A, 23.4R2	23.6P, 5.7U, 22.8M, 16.0R1, 17.5R1A, 14.4R2	23.4	14.4	2.83	2.89
	2(4)	R2	3.9P, 71.8M, 8.3R1, 8.0R1A, 8.0R2	3.4P, 69.2M, 19.8R1, 3.0R1A, 4.6R2	8.0	4.6	2.65	2.60
	1(1)①	M	17.5P, 82.5M	12.9P, 87.1M	82.5	87.1	1.65	1.74
	1(1)②	R	34.8P, 24.8MA, 40.4R	23.2P, 10.3MA, 66.5R	40.4	66.5	2.36	2.97
	6(3)	R	32.8P, 3.6U, 39.4M, 24.1R	12.5P, 0.8U, 34.2M, 52.5R	24.1	52.5	1.79	2.79
章节 3 溶液中的离子平衡	3(2)①	M	37.0P, 41.8U, 21.2M	15.2P, 34.6U, 50.2M	21.2	50.2	0.84	1.35
	3(2)②	R2	48.4P, 21.2M, 28.2R1, 2.2R2	16.0P, 16.0M, 50.6R1, 17.5R2	2.2	17.5	1.66	3.22
	2(1)	M	2.9P, 43.8U, 53.2M	3.4P, 33.5U, 63.1R	53.2	63.1	1.50	1.60
	2(2)	R	28.5P, 50.4M, 21.2R	8.0P, 57.8M, 34.2R	21.2	34.2	1.85	2.52
	2(3)	R	39.4P, 60.6R	37.3P, 62.7R	60.6	62.7	1.82	1.88
	2(5)	R	37.2P, 10.9MA, 51.8R	6.1P, 11.4MA, 82.5R	51.8	82.5	2.81	4.46

3.2 高二与高三年级学生间学习水平差异性

为了进一步分析高二和高三年级学生间总体学习水平差异性, 下面从 2 个不同的维度进行比较。

3.2.1 最高 SOLO 水平百分比间的比较

从测试工具的分布情况可知, 该测试工具涵盖了 SOLO 分类理论的各等级水平。统计各年级每小題中达到最高 SOLO 结构水平的学生百分比,

可据此推断得出学生总体学习水平。根据表 5 的数据, 对高二和高三年级学生的学习水平进行配对样本 t 检验。结果如下: $t = -4.761$, $p < 0.001$ (远小于 0.050)。由此可知, 从最高 SOLO 水平所占的百分比间比较的角度上看: (1) 高三年级学生总体学习水平高于高二年级学生; (2) 高二和高三年级学生总体水平之间存在显著性差异。

3.2.2 平均分间的比较

为了进一步比较高二和高三年级学生学习水平的差异性,对高二和高三年级学生每道题的平均分进行配对样本 t 检验。结果如下: $t = -4.221$, $p < 0.001$ 。由此可知,从平均分比较的角度上看:(1)高三年级学生总体学习水平高于高二年级学生;(2)高二和高三年级学生总体学习水平之间存在显著性差异。

以上关于高二和高三年级学生间总体水平差异性的2种分析,结果均显示高二年级与高三年级学生总体学习水平间存在显著性差异,且高三学生的学习水平高于高二学生。根据图1,内容标准达到关联结构的为63.2%,说明化学反应原理的内容具有研究对象的复杂性和关联性,研究层次的多样性和交错性,研究对象的综合性和实用性^[14]。高二学生学习化学反应原理的过程主要是分主题进行,关于化学反应原理的知识网络未完全建立或只是初步建立。在较丰富的知识背景下,高三学生对化学反应原理的知识有进一步的认识和思考。同时,高三学生在学习过程中,学习动机更明确,学习强度更大,学习方法也更成熟。

3.3 不同章节内容的学习水平差异性

测试工具考查的内容涵盖了教材中4个章节的内容。章节1的“SOLO平均值”为2.4,其中最高SOLO水平为M的题目有3道,高二学生M水平的平均百分比为73.5%,高三的为88.2%;最高SOLO水平为R的题目有2道,高二学生R水平的平均百分比为47.2%,高三的为58.8%。同样的,可得高二和高三年级学生在其他章节的学习水平表征,具体见图3。

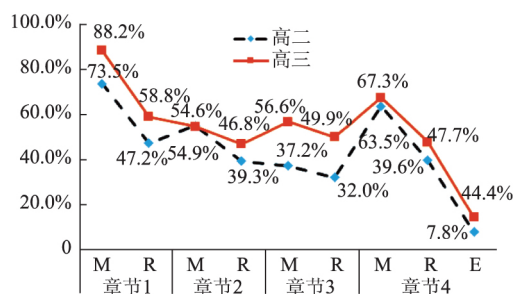


Fig 3 Percentage of the highest level in different chapters of senior two and senior three students

图3 高二和高三年级学生各章节最高水平百分比

由图3可知,从最高水平的百分比上看,高三学生各章节的学习水平均高于高二学生,且关于章节3的学习水平,2个年级相差较大。章节3“水溶液中的离子平衡”要求学生从量化且微观的角度进行学习。同时,课标关于该章节对应的主题的

“SOLO平均值”为2.8,高于测试工具的“SOLO平均值”。测试结果显示高二学生达到关联水平的仅为32.0%,而高三学生约为49.9%。与高二学生相比,高三学生已实现质的转变。

为了进一步分析高二和高三学生关于各章的学习水平的差异性,进行卡方检验,结果见表6。结果显示,不同章节中高二和高三学生之间学习水平存在显著性差异。

表6 不同章节卡方检验结果

Table 6 The outcome of Chi-square test in difference chapters

章节	p
章节1	0.008
章节2	<0.001
章节3	<0.001
章节4	<0.001

4 结论与讨论

测试结果显示,总体上,高二和高三学生关于化学反应原理的学习水平具有显著性差异。无论从最高SOLO水平的百分比的角度,还是平均分的角度上看,高二学生关于化学反应原理的学习水平与高三学生之间存在显著性差异,且低于高三学生的学习水平;学生能力从高二到高三获得了发展。高二和高三学生都处于形式运算思维阶段,已具备良好的心理因素学习化学反应原理的知识。然而,随着学习强度增大,高三学生的知识积累量较大,信息处理能力也在增强,对问题能从不同角度进行思考。从高三学生关于最高水平为R的题目中有78.9%的题目强于高二学生可看出,高三学生在化学反应原理的学习中处于关联水平的多于高二学生。值得注意的是,无论是高二学生还是高三学生,处于抽象拓展结构的均很少。此测试结果与2011年的测试结果^[2]相同。

在不同章节的学习中,高二学生的学习水平低于高三学生,且存在显著性差异。章节1“化学反应与能量”的“SOLO平均值”最低,仅为2.4,即难度是最小的。高二学生达到所要求的多点结构的百分比为73.5%,关联结构的为47.2%,与高三学生对比,发现:高三学生关于“化学反应与能量”的学习水平已在高二的学习水平基础上实现了质的转变。章节2“化学反应速率和化学平衡”要求学生使用定量的方法学习化学反应速率和化学平衡。高二和高三学生达到所要求的多点结构的百分比相近,而达到关联水平的百分比,高三学生明显高于高二学生。认知心理学认为进行问题解决时需激活知识网络中的节点。高三学生的学习强度高于高二学生,高三学生“化学反应速率和化学平衡”的节点比较活跃,解决问题时可同时处理几个信

息, 关联程度较高。测试结果显示, 高二学生和高三学生关于章节 3 “水溶液中的离子平衡” 的学习水平存在最大的差异性。章节 3 的内容范围比较大, 需要学生能够从化学平衡和定量微粒观的角度进行思考, 解决问题。高二学生在这方面的能力比高三学生略差。章节 4 “电化学基础” 要求学生达到的学习水平有多点结构、关联结构和抽象拓展结构水平。高二学生达到这 3 个层次水平的百分比均低于高三学生的, 且高二和高三学生达到多点结构水平的百分比高于达到关联水平的, 达到关联水平的高于抽象拓展的。“电化学基础” 需要学生具备氧化还原反应的基础、已建立化学微粒观、联系实际生活的能力等, 具有较强的综合性。从测试结果来看, 无论是高二学生还是高三学生, 都很难能达到抽象拓展。

SOLO 分类理论指导测试工具的生成, 使测试工具具有良好的信度、效度和区分度。SOLO 分类理论将学生的学习结果可视化, 即能力是可测的。它不仅能评价学生的能力, 更重要的是它能评价学生的思维能力所处的层次和阶段, 使之可视化。这使得教师与学生能够运用它以获得更多的信息, 以促进他们教与学。同时, SOLO 分类理论将学生的学习结果分成不同的等级, 这在一定程度上认为学生的能力是阶段性发展。由此, SOLO 分类理论可作为测试工具生成的有效指导性理论。

5 教学建议

化学反应原理是高中化学中的重点和难点。从测试结果上看, 对学生思维的关联性要求较高。因此, 提高学生的思维水平是化学反应原理教学的中心任务。教师在教学过程中, 可采用 SOLO 结构表征表, 对教学内容的不同知识点进行 SOLO 表征, 并在此基础上确定教学目标。教学过程中依据

SOLO 理论设计相应学习活动, 对学生的作答情况进行 SOLO 评价与反馈, 帮助学生建立提升思维水平的意识, 明确达到较高思维水平的途径。例如, 可通过概念图的绘制, 引导学生形成知识网络。课后训练设计基于 SOLO 的问题, 将知识的学习反馈与思维水平的提升结合起来, 从而促进学生从多点结构向关联结构转变, 从关联结构向抽象拓展结构的转化, 从而实现质的转化。

参 考 文 献

- [1] 彼格斯, 科利斯. 学习质量评价: SOLO 分类理论. 高凌飏, 张洪岩, 译. 北京: 人民教育出版社, 2010: 27—32
- [2] 李佳. 基于 SOLO 理论的测试工具开发以及高中生化学学习水平发展的研究. 广州: 华南师范大学博士学位论文, 2011
- [3] Boulton-Lewis G. Higher Education Research and Development, 1995 (14): 143—154
- [4] Claus B, Bettina D. Higher Education, 2009 (4): 531—549
- [5] Munowenyu E. International Research in Geographical and Environmental Education, 2007 (16): 21—43
- [6] Tracy W S, Susan A C. The clearing House, 2007, 80 (5): 205—210
- [7] 麦裕华, 肖信. 化学教育, 2016, 37 (7): 6—12
- [8] 赵雪, 毕华林. 化学教育, 2016, 37 (13): 35—41
- [9] 郑嘉丽. SOLO 分类理论在中学化学教学中的应用研究. 广州: 华南师范大学硕士学位论文, 2015
- [10] 宋柳娟. 基于 SOLO 分类理论的高中化学实验教学研究——以人教版《化学 1》为例. 广州: 华南师范大学硕士学位论文, 2016
- [11] 李霞. SOLO 在高中生化学平衡认知发展研究中的运用. 广州: 华南师范大学硕士学位论文, 2010
- [12] 邹丽花. 高中生化学学习结果与学习方式及教学方式间的关联性研究. 广州: 华南师范大学硕士学位论文, 2012
- [13] 杨剑. 高中化学教师教学观与高中生化学实验能力的关系研究. 广州: 华南师范大学硕士学位论文, 2014
- [14] 赵华, 高峰. 化学教育, 2011, 32 (3): 42—45

Development of Senior High School Students' Chemical Reaction Principle Learning Level Based on SOLO Taxonomy

XIE Jie-Chun¹ LI Jia^{2**} LUO Qiao-Fang¹ ZOU Li-Hua¹

(1. School of Chemistry and Environment, South China Normal University, Guangzhou 510006, China;

2. The Education Examinations Authority of Guangdong Province, Guangzhou 510631, China)

Abstract Based on SOLO taxonomy, this paper developed the test tool consisting of 30 SOLO questions and with good reliability and validity. Taking the students of senior two and senior three in Guangdong as the test object, studied the development of the learning level of students. Through a series of difference analysis, this paper found that: (1) Overall, the learning level on the chemical reaction principle of students between senior two and senior three existed significant differences, and the learning level had a spiral rising trend; (2) on different chapters, the learning level of students between senior two and senior three existed significant differences. At the same time, put forward the corresponding teaching suggestions.

Keywords SOLO taxonomy; chemical reaction principle; difference analysis; learning level