

用思维导图建构模型的实践探索*

——以“无机化工流程图题”为例

成际宝^{1**}, 高翔², 朱园园¹

(1. 高邮第一中学; 2. 高邮教育局教研室, 江苏高邮 225600)

摘要: 以无机化工流程图题为例, 用思维导图建构了高考试题内容的解读模型、重难点知识的认知模型、高考试题的解题模型。通过各级模型的建构、应用和检验过程, 可以发展学生的认知图式, 培养学生科学研究的方法和化学核心素养。

关键词: 思维导图; 工艺流程; 模型建构; 核心素养

文章编号: 1005-6629(2018)9-0000-00

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 问题的引出

江苏省高考每年都考无机化工流程图题。学生普遍认为该题难度大, 一方面该题题干长、信息多、内容散、知识点多, 另一方面又以真实的工业生产作为背景, 因而情境陌生度大、综合性强。

笔者认为产生这种认知的原因主要在于学生不能透过事物的表象, 抓不住无机化工流程图题的本质和规律; 难以加强新旧知识的联系、强化知识的理解; 不能使知识结构条理化、系统化。

2 问题解决的方法

英国的托尼·博赞(Tony Buzan)在他的《思维导图》¹一书中: 人的大脑不是以线性和单一的方式思考的, 而是以关键词和关键图像为中心出发点, 朝着多个方向进行思考的。思维导图运用图文并重的方式, 把各级主题的关系用相互隶属与相关的层级图表现出来, 把主题、关键词与图像、颜色等建立记忆链接。

制作思维导图, 就是将分散知识整合成各层级的关键词或者关键图像, 建构起结构化、系统化知识; 各层级的“关键”就是化工流程图相关的基本特征, 能够增加学生对化工流程图相关知识的深度理解; 整合后的“各层级的关键”, 能够引发关于化工流程图的最大数量的联想。

模型²是人们为了某种特定目的而对客观对象称为原型所做的一种简化描述; 孙小礼等认为科学模型是人们按照科学研究的特定目的, 在一

定假设条件下, 用物质形式或思维形式再现原型客体的某种本质特征, 诸如客体的某种结构整体或部分的、功能、属性、关系、过程等。因此通过建构模型的方法, 能够使学生揭示无机化工流程图题的形态、特征和本质, 因而能使透过事物的表象, 抓住无机化工流程图题的本质和规律。

皮亚杰认为, 图式是心理活动的框架或组织结构³, 是认知结构的起点和核心; 图式的形成和变化是认知发展的实质。认知的发展受同化、顺应、平衡影响, 同化是个体对外在刺激输入的过滤或改变, 即用已有概念理解新概念; 顺应就是当个体遇到不能用原有图式来同化新的刺激时, 就要对原有图式加以修改或者重建以适应情境。

化工流程图题以真实的工业生产为背景, 学生们原有认知结构中很难有完整的认知图式, 需要在对旧知识进行深度理解、扩展认知结构的基础上, 并对新知识、新的生产背景等进行同化、顺应、平衡, 才能构建新的、动态的认知图式, 从而解决化工流程图题中复杂的情境问题。当然随着学生认知的发展, 旧的认知平衡被破坏, 逐渐达到新的认知平衡。

综上所述, 用思维导图进行模型建构能够有效解决无机化工流程图题中的诸多问题, 值得一试。

3 用思维导图建构无机工艺流程题解读模型

在认知心理学中, “原型”是指一个范畴中最

* 本文为江苏省教研室立项课题《运用思维导图培养高中生核心素养的研究》(2017JK12-L214) 阶段性研究成果。

** 联系电话: 13773432957, 邮箱: cjb12505@126.com

具代表性一个或者几个成员,模型的原型就是高考试题。以近4年江苏省高考无机化工流程图题(第16题)为例,让学生按年份对考查内容所属类别构建导图,发现不同学生构建的导图差异较大。

建构主义认为,人们不能直接知觉世界,必须经过人的理解加以过滤才能知觉世界。对于同一

个知识点,每个人的理解可能会是截然相反的³。构建思维导图时,对零碎知识点整合成关键词时,学生会带入自己的不同理解,在图中显现出来。因此在学生画图后,教师还要求讲图,然后师生、生生之间共同研讨高考试题内容、导图,得出共同的认知。经研讨后学生构建的导图如图1所示。

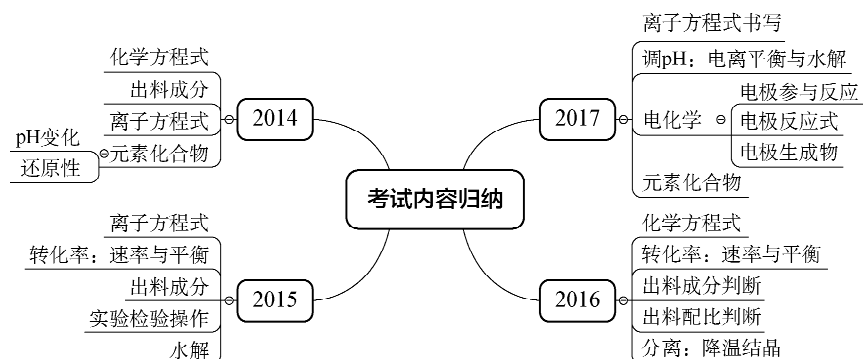


图1 近4年高考无机化工流程图题内容归纳

有意义学习理论认为：在新知识的学习中，认知结构中原有适当观念起决定作用。这种对新知识起固定作用的观念⁴称为“固定作用的观念(anchoring idea)”。显然2015等各年高考内容不

能成为固定作用的观念。我要求对近4年高考内容进行整合,舍弃偶然性内容,突出考试核心,再提炼出核心关键词。生生、师生再次研讨后,学生重新构建的导图如图2所示。

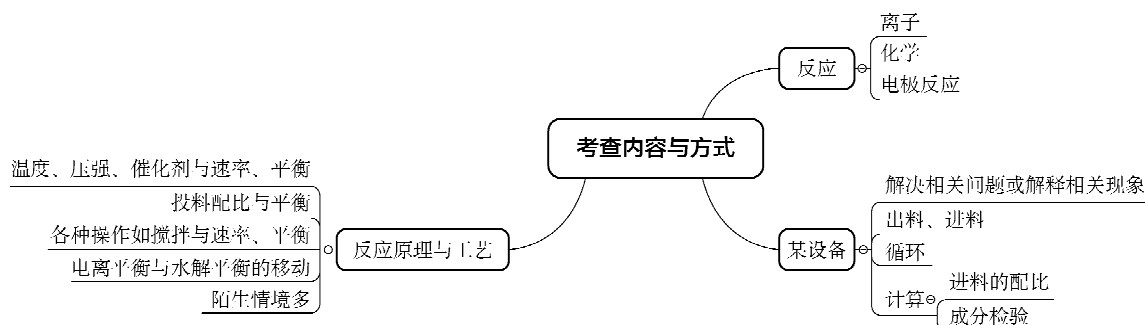


图2 高考无机化工流程图题的解读模型1

再将图2代入到高考试题中,要求学生按照考查内容在试题中呈现的前后顺序、将相同的内

容进行整合,经多方研讨后绘制导图,如图3所示。

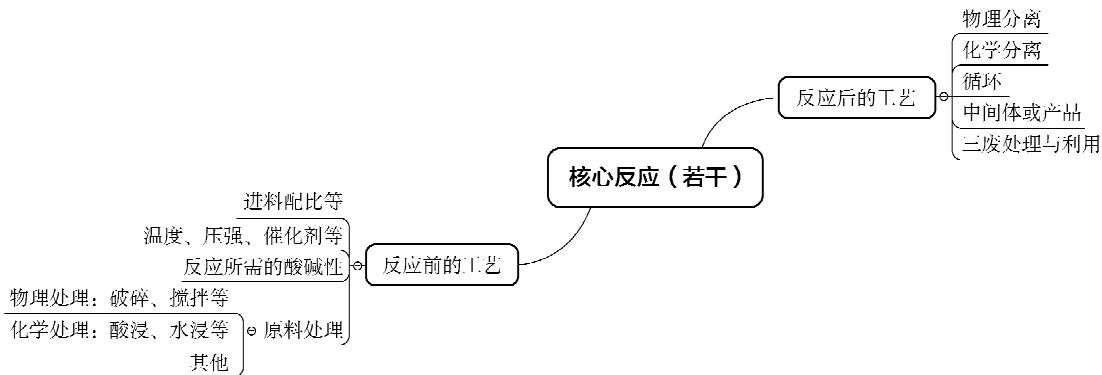


图3 高考无机化工流程图题的解读模型2

图3凸显了模型的解读功能:任何一个化工产品的生产过程,都分为反应前工艺(原料处理、各种进料达到反应所需的工艺条件进行)、核心化学反应(一步或若干步)、反应后工艺[经过一次或若干步分离与提纯、三废处理(含循环利用)]。也凸显了模型的预测功能,考试内容的重点主要来之于这三个方面。

在模型的构建过程中,由于能够舍弃非本质的东西,从而抓住工艺流程图题的本质特征,各部分或整个的功能、属性、从属关系等,为学生形成良好的认知图式提供了科学的保障。用思维导图构建模型,凸显了模型的形象化、直观化、可视化的、彩色化、框架化,而且通过对知识的细化与整理减少了冗余信息,降低了工作记忆的负荷,增强了大脑的信息加工能力和认知效率;思维导图的演化过程,有利于教师对学生学习结果的评价,及时改进教与学,促使学生进行反思,促进学生形成良好的认知习惯。能及时发现学生模型建构存在的问题^[5]。用模型的思维绘制思维导图,为关键词或关键图像的选取提供了方向,使“关

键”更能反映其本质特征、一般特征之间的从属关系。

4 用思维导图建构重、难点知识的认知模型

根据模型(图3)解读功能,核心反应、化工工艺及其原理不仅是考试内容的重点,更是教师教学与学生学习的重、难点,因此必须建构这两者的认知模型。

4.1 构建核心反应的认知模型

4.1.1 构建元素及其化合物反应的认知模型

化学学习不仅仅是为了获得更多外部信息,而是要更多掌握认识知识的程序,即建构新的认识图式。对元素及其化合物的复习,应将其拓展到从元素观(分类观、价态观、变化观)的角度对某一类型的元素及其化合物进行复习,就会挑战学生的底线,促使学生将已有知识进行整合重新构建知识体系的认知模型。如以二氧化硫为例,对它的性质上升到元素观的角度来建构知识体系,就会使学生获取更高层次的认知结构。经多方研讨后,学生导图如图4所示。

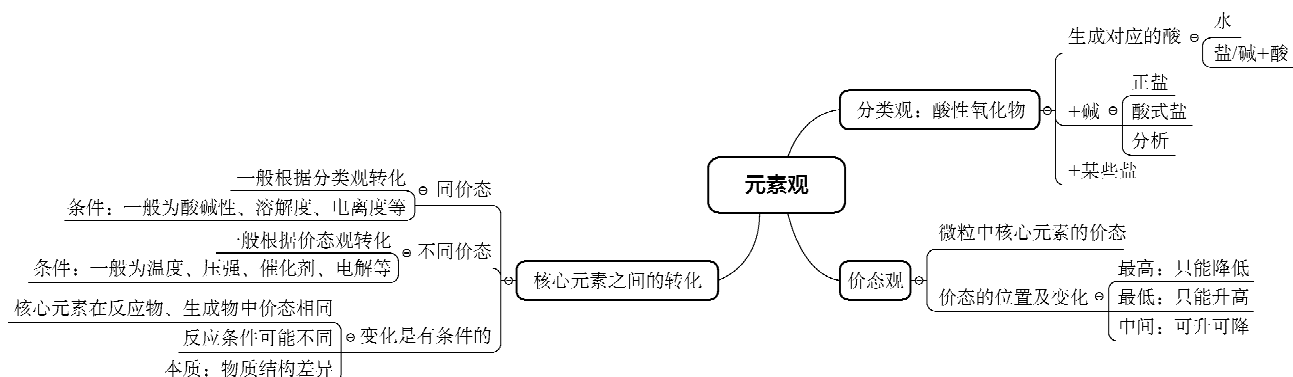


图4 元素及其化合物反应的认知模型

研讨过程中,将低层次(单一物质 SO_2 、知识模型)认知模型上升到高层次(一类物质、理论)的认知模型(图4),不仅能指导知识的学习,更能揭示元素及其化合物反应的本质特征:如反应前后化合价变了,按价态观指导变化;如化合价没变,按分类观指导变化。反应是有条件的,要注意反应条件来之于课本还是题中的信息,其次信息决定了反应物或生成物存在的形态;条件不同,化学性质不同,根本原因在于反应物结构上的差异,即结构决定性质。

将元素及其化合物拓展到元素观、反应原理体系中,就能将以前割裂的知识与相关知识(平行知识、上下游知识等)、相关理论相融合,使学生的认知结构得到丰富和发展,使学生能够从整体到局部、局部到整体来重新认知元素及其化合物的性质,得到对已有知识更加全面、科学和辩证的认识与深度理解。

4.2 构建电极反应的认知模型

只有将电化学的认知上升到氧化还原反应,就能明确解决问题的关键所在。首先确定核心元

素的价态;其次明确核心元素价态的升高、降低;关注介质至关重要(多以信息提示出现),如酸性溶液、碱性溶液、非水介质等,直接决定了核心元素在生成物中存在的微粒形式。以氢气、氧气燃

料电池和电解饱和食盐水为例,将个性上升共性,将知识上升到理论,经多方研讨,学生绘制的导图如图5所示:

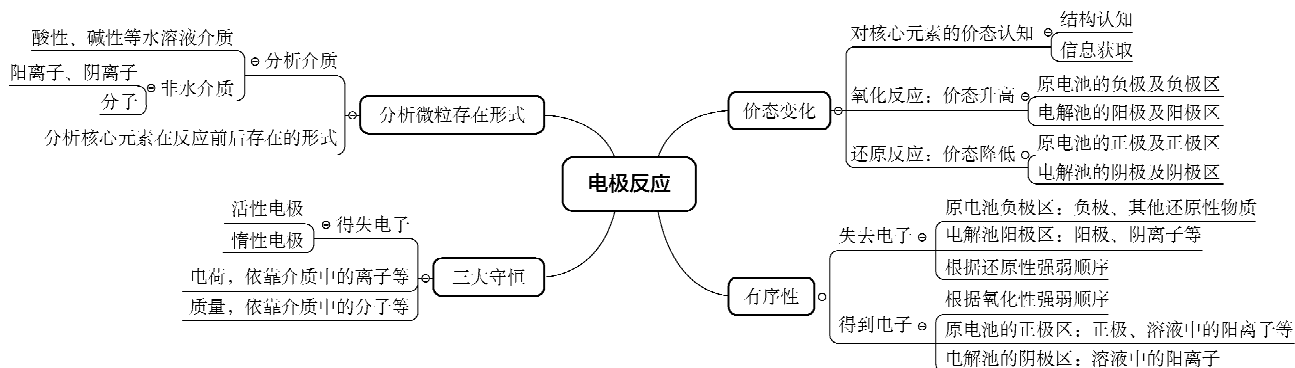


图5 电极反应的认知模型

只有将电化学知识融入到氧化还原反应理论、将微粒的性质融入到元素观中,才能健全、丰富和发展学生的电化学认知,不仅加深学生对电化学知识的深度理解,也加深了学生对元素及其化合物知识点深度理解。同时也说明学科知识的核心概念、模型的特征知识等为思维导图的关键词整合提供了方向,为学生建立正确、科学、全面的认知结构提供了保证。

4.3 构建化工工艺的认知模型

工艺流程图题,学生最大的困难在于对工艺的陌生,即情境的陌生性,由此导致系列知识的提取困难。应充分利用教材中已有的工艺流程,开发其中的工艺部分,使学生尝试用原理、元素化合物、结构等知识解决工艺流程中的诸多问题。

建构主义强调真实世界的复杂性和许多知识

领域的结构不良性⁴,许多教学系统的失败就是因为教学设计脱离现实的简单化,而结构良好的方式呈现了教学领域以及相关的行为要求。无机化工流程图题,就是结构不良性知识领域经典案例,即涉及元素化合物、结构、原理等知识同时交互作用;任一部分,又都是比较复杂的;不同试题的问题,又可能用不同的内容的知识来解决。因此学习者需要有更大的认知弹性,包括能从不同的观点和案例表征知识;应用知识时,能够适应理解的需要或者问题情境的需要,从这些不同的概念和案例表征中建构知识整体。如在硫酸工业生产⁵过程中,教师根据已有经验、查阅文献等开发其中的工艺部分,提出相应的问题。引导学生用元素化合物、原理等知识与新情境相融合,构建新的知识体系,从而解决相关问题。经多方研讨后,学生构建的导图如图6所示。

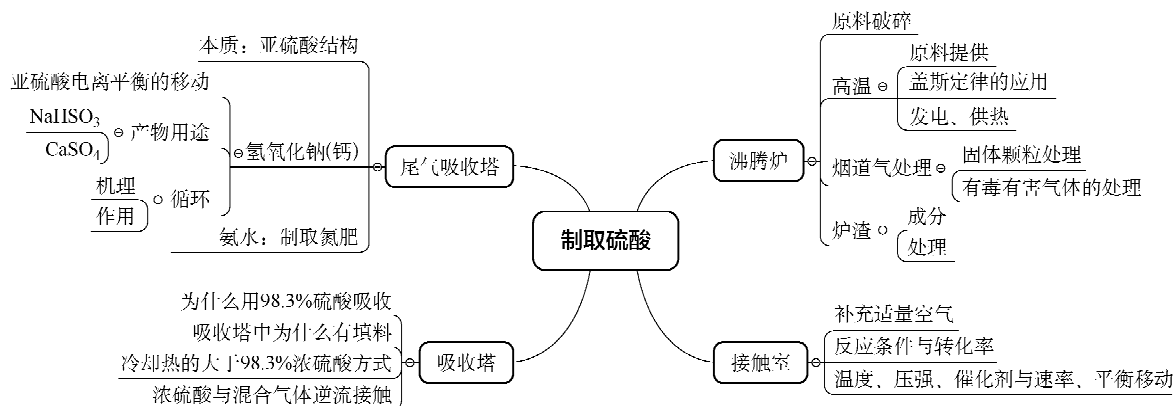


图6 硫酸工艺的认知模型

其他工业生产也可以按照图 6 进行整合,如老师没有这方面的条件,可根据物料线(进料、出料及其处理、各种循环),能量线(温度、压强等工

艺与能量守恒)等对元素及其化合物核心反应及原理、结构等相应知识进行整合,学生构建的导图如图 7 所示。

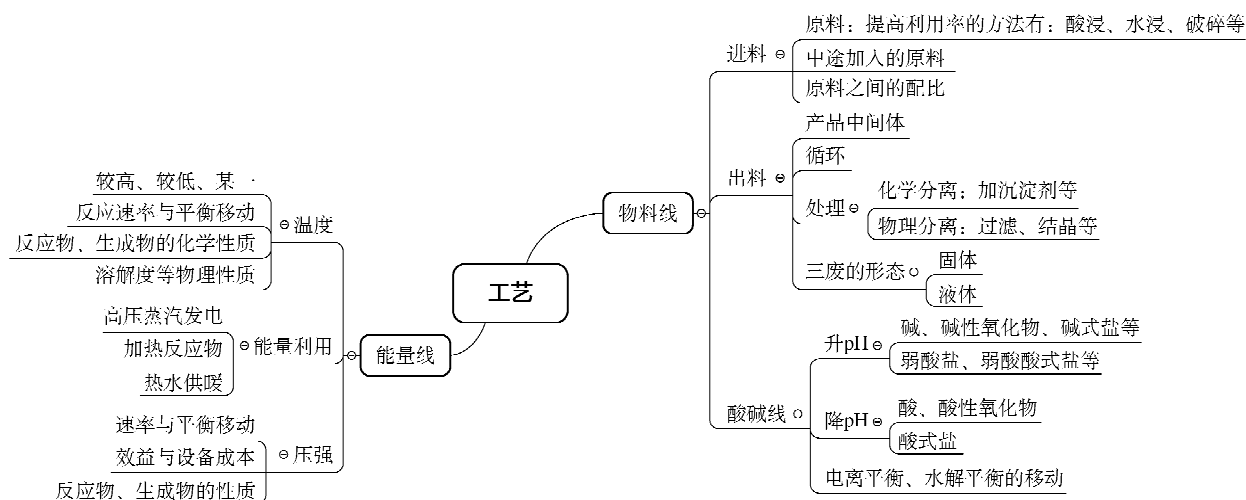


图 7 化工工艺的认知模型

皮亚杰认为认识是螺旋式上升的。即任何认识,在解决了前面问题的时候,又会出现新的问题。每一种达到平衡的建构,都是新的不平衡的开始,即模型完善是相对的。经常对同一工艺流程图题从不同角度(如模型 6、7)等进行整合,既检验认知模型(发现元素及其化合物、核心反应、原理等模型的缺失),又完善、发展该模型,在此基础上又建构了新的认知模型。只有结构良好的模型,根据新的工艺情境,才能快速提取与工艺相

匹配的知识,从而快速解决工艺中的问题。

5 用思维导图构建解题模型

上述建立的模型属于知识结构认知模型,只有上升到解决实际问题的解题模型,模型才能体现出应用价值。因此当学生建立认知模型之后,还要求学生对近 4 年高考试题实地演练,建构自己的解题模型。原有的模型再次变为“潜在意义”,通过同化(演练)使得变为具体个体心理意义的解题模型。学生的导图如图 8 所示。

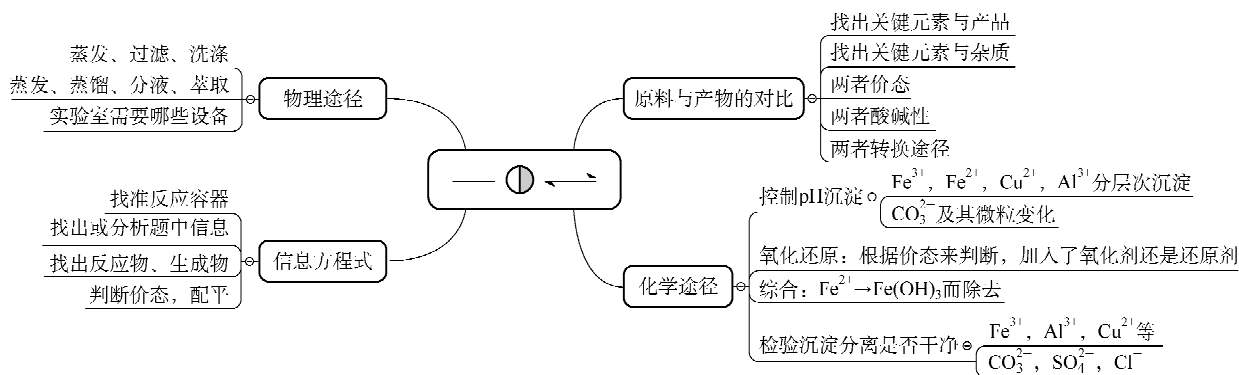


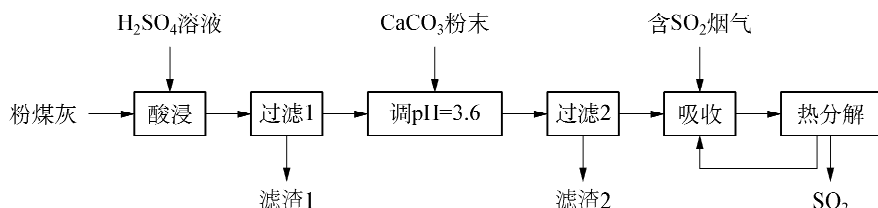
图 8 无机化工流程图题的解题模型

从图 8 可知,导图中的主题思想为:对比法(⊕)(对比进出口物料的成分及其类别、价态、pH 值等)、守恒法(=)(物料守恒、电子得失守恒、电荷守恒)、平衡观念(⇌)(化学平衡、电离平衡、水解平衡、溶解平衡等)的综合应用,切中了

工艺流程图题的解题要点;四个一级关键词中,有两个分别属于物料线(原料到产物,物理分离途径)、反应线(化学分离途径、信息反应),也基本抓住了工艺流程图题的特征,因此学生画的解题模型总体正确。唯一缺失的仍然是学生的薄弱环

节—工艺线没有重点体现,这不仅是学生的薄弱环节,也是教师的薄弱环节。

皮亚杰认为“错误是有意义学习所必需的”⁶。错误会引起学生顺化自己的知识结构,并且把所观察的结果同化到修正过的的知识结构中去。同时也说明模型6、7是在教师的指导下建构的,学生还没有真正理解。因此对于薄弱环节的相关知识,学生还需要进行进一步理解、建构。



(1) 酸浸时反应的化学方程式为 _____; 滤渣 I 的主要成分为 _____ (填化学式)。

(2) 加 CaCO_3 调节溶液的 pH 至 3.6, 其目的是中和溶液中的酸, 并使 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 转化为 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_x(\text{OH})_{6-2x}$ 。滤渣 II 的主要成分为 _____ (填化学式); 若溶液的 pH 偏高, 将会导致溶液中铝元素的含量降低, 其原因是 _____ (用离子方程式表示)。

(3) 上述流程中经完全热分解放出的 SO_2 量总是小于吸收的 SO_2 量, 其主要原因是 _____; 与吸收 SO_2 前的溶液相比, 热分解后循环利用的溶液的 pH 将 _____ (填“增大”、“减小”或“不变”)。

解析: 根据解题模型中的化学途径(结合图4)可以解决(1)①(2)②(3)等问题; 根据解题模型中原料与产物的对比可以解决(1)②的问题; 根据解题模型中信息方程式书写可解决(1)问题。(具体解析、答案略)

上述说明应用思维导图模型能有效解决无机化工流程图题, 同时也检验了模型4、5、7、8是否具有良好的结构。考后学生普遍反映良好, 与没有建构模型的学生对比: (1)(2)②得分没有差距, 即在较难、较易题中差距不大; 在第(3)问领先较多(与平时基本相符), 即模型建构在中等及其偏上题目中得分率有较大优势, 这部分内容

6 模型的应用与检验

模型的形成需要反复的过程, 通过得到的资料或数据对模型进行修正, 修正后的模型又需要不断的验证, 以2014江苏高考试题为例检验如下。

例题: 烟气脱硫能有效减少二氧化硫的排放。实验室用粉煤灰(主要含 Al_2O_3 、 SiO_2 等)制备碱式硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_x(\text{OH})_{6-2x}]$ 溶液, 并用于烟气脱硫研究。

比重越多, 领先的幅度越大。说明模型建构的层次与试题的难度层次存在博弈, 同时也说明模型是一种动态平衡, 还需要不断升级到新的平衡, 才能解决层级越来越高的试题。

综上所述, 模型建构能促进学生认识工艺流程图题的特征, 建立良好的认知结构, 从而帮助学生理解工业情境、促进试题分析、帮助学生解题。采用思维导图的方式, 清晰可见模型中良好的认知结构部分、不良的认知结构部分, 从而不断改进、完善, 且可视重构后的部分是否结构良好; 可以评价学生的模型层级, 推测学生可解决的问题及问题的层次。

参考文献:

- [1] Buzan, T 等著. 卜煜婷译. 思维导图[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [2] 陈文婷, 化学教师对模型的认识与应用研究[D]. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 2008.
- [3] 皮连生. 教育心理学[M]. 上海: 上海教育出版社. 2004: 107~117.
- [4] 莱斯利·P. 斯特弗(Leslie P. Steffe)[美]等主编, 教育中的建构主义[M], 华东师范大学, 2002, 99~110.
- [5] 成际宝等, 建构模型、转换角色、突破工艺流程题[J]. 中学化学教学参考, 2013(9): 65~67.
- [6] 康立新. 国内图式理论理论研究综述[J], 河南社会科学, 2011(7): 185~188.