



高中化学原创试题命制尝试与思考

叶永鑫

(江苏省太仓高级中学 江苏 太仓 215400)

摘要:以新课标提出的“以化学学科核心素养为导向的命题框架”为指导,尝试命制高中化学原创试题。结合例题说明命题应注意基于真实情境、源自教学又高于教学,这样有助于考查学生的核心素养,体现化学的学科价值。同时,教师尝试命制原创试题也有助于提升自身专业素养。

关键词:高中化学;核心素养;试题命制

文章编号:1002-2201(2023)11-0076-03

中图分类号:G632.42

文献标识码:B

化学学业水平考试是评价学生化学学科核心素养发展状况的重要手段。命题是考试的重要环节,试题质量关乎评价学生核心素养的准确度。《普通高中化学课程标准(2017年版)》指出:“化学学业水平考试命题必须坚持以化学学科核心素养为导向,准确把握‘素养’‘情境’‘问题’和‘知识’4个要素在命题中的定位与相互联系,构建以化学学科核心素养为导向的命题框架^{[1]77}”。高考评价体系中也对试题的命制思路提出了建议和要求:以真实情境为载体、核心价值为引领,以基础性、综合性、应用性、创新性设问,考查核心价值、学科素养、关键能力和必备知识^[2]。

一、原创试题命制尝试

1. 例题及参考答案

例题.氮氧化物(NO_x)排放到大气中会严重危害环境和人体健康。采用选择性催化还原技术(SCR)可以有效脱除烟气中的氮氧化物。

(1) 钒基催化剂($\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 催化剂)可用于 NH_3 -SCR, 反应机理与催化剂表面 NH_3 的活性吸附位点有关。基于 Lewis 酸位点的 SCR 催化反应循环机理如图 1 所示^[3]。

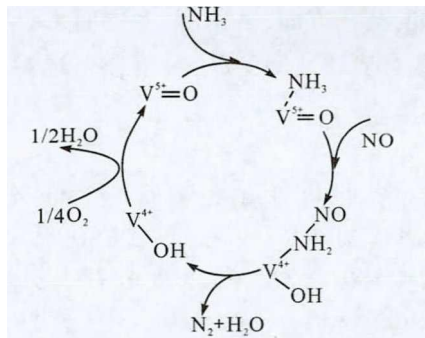


图1 NH_3 -SCR 催化反应机理循环图

①脱除 NO 的总反应为_____。

②若烟气中含有硫的氧化物,则会降低 NH_3 -SCR 的速率,可能的原因是_____。

(2) 研究发现:当烟气中 NO 和 NO_2 的物质的量相同时,会发生快速 SCR 反应过程: $2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 = 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。臭氧对 NH_3 -SCR 具有一定的辅助作用。臭氧先氧化 NO , 发生如下反应: $\text{O}_3 + \text{NO} = \text{NO}_2 + \text{O}_2$ 。在不同温度下,经过相同时间后测得 O_3/NO 的物质的量之比与 NO 的脱除率关系如图 2 所示^[4]。

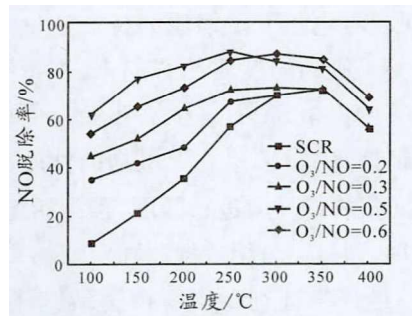


图2 O_3/NO 物质的量之比对 O_3 - NH_3 -SCR 中 NO 脱除率的影响

①温度升高到一定程度后, O_3 - NH_3 -SCR 中 NO 脱除率均有不同程度降低的原因除了催化剂活性降低外,还可能是_____。

②温度低于 250°C , O_3/NO 物质的量之比为 0.5 时, NO 脱除率较高的原因是_____。

③实验发现,向烟气中先通入 NH_3 , NO 脱除率低于先通入 O_3 , 可能的原因是_____。

(3) 以 $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$ 为媒介的间接电化学氧化法可以同时除去烟气中的 NO_2 和 SO_2 , 装置如图 3



所示^[5]。

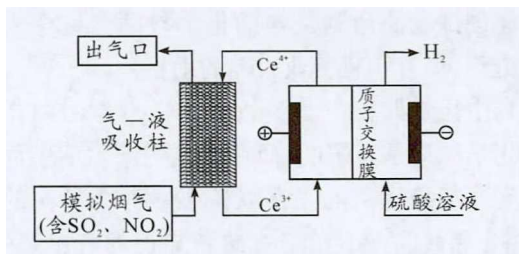
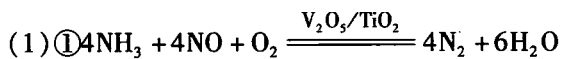


图3 电催化氧化法装置图

该装置除去烟气中 NO₂ 和 SO₂ 的工作原理可以描述为_____。

参考答案:



②硫的氧化物与 NH₃ 反应,生成硫酸盐或亚硫酸盐,覆盖在催化剂表面的活性吸附位点上,导致催化剂活性降低

(2) ①温度升高到一定程度后, O₃ 迅速分解,臭氧的利用率降低

②当 O₃/NO 物质的量之比为 0.5 时,生成的 NO₂ 和剩余的 NO 物质的量相同,发生快速 SCR 反应过程,因此相同时间内 NO 脱除率较高

③先通入 O₃, 部分 NO 被氧化为 NO₂, 有利于发生快速 SCR 反应;先通入 NH₃, 后通入 O₃, 部分 NH₃ 和 O₃ 发生氧化还原反应,降低了 NO 的脱除率

(3)当烟气进入气-液吸收柱时, NO₂ 和 SO₂ 被 Ce⁴⁺ 氧化生成 HNO₃ 和 H₂SO₄, Ce⁴⁺ 自身被还原为 Ce³⁺。吸收液循环进入电池体系的阳极区, Ce³⁺ 失电子被氧化再生为 Ce⁴⁺。阴极区 H⁺ 得电子生成氢气, 同时, 阳极区生成的 H⁺ 透过质子交换膜迁移至阴极区平衡电荷

2. 例题的命制说明

例题聚焦于化学与环境保护, 依托于工业烟气中氮氧化物的去除, 落脚于考查学生对化学反应原理知识的综合运用。

在以核心素养为导向的试题命制过程中, 应当始终以化学核心素养为测试宗旨。在课程标准中, 明确将化学核心素养的五个方面划分为 4 个水平等级^{[1]89-92}。例题在命制过程中遵循如表 1 所示的素养考查水平。

表 1 例题的学业质量水平

题号	素养考查方向及水平	具体描述
(1) ①	宏观辨识与微观探析(水平 3) 证据推理与模型认知(水平 1)	能运用化学符号说明物质的组成及其变化;能识别化学中常见的物质模型和化学反应的理论模型
(1) ②	变化观念与平衡思想(水平 3)	能运用化学反应原理分析影响化学变化的因素
(2) ①	变化观念与平衡思想(水平 2)	能从原子、分子水平分析化学变化的内因和变化的本质,能理解化学反应中量变和质变的关系
(2) ②	证据推理与模型认知(水平 3) 变化观念与平衡思想(水平 3)	能从定性定量结合上收集证据,能通过定性分析和定量计算推出合理的结论;形成化学变化是有条件的观念,认识反应条件对化学反应速率的影响
(2) ③	变化观念与平衡思想(水平 4) 证据推理与模型认知(水平 4)	能从不同视角认识化学变化的多样性,能运用对立统一思想揭示化学变化的本质特征;能对复杂的化学问题情境中的关键要素进行分析以建构相应的模型,能选择不同模型综合解释或解决复杂的化学问题

二、原创试题命制思考

1. 试题命制应基于真实情境,体现学科价值

化学试题的命制过程中采用真实情境,一定程度上重现了化学科学的发展过程,即发现“真实问题”,解决“真实问题”,形成化学知识。在以核心素养为导向的试题命制中,真实情境是考查学生真实素养水平与必备学科能力的落脚点。如,在第(1)问中,要求学生书写陌生氧化还原反应方程式。试题的呈现依托于氨气催化还原一氧化氮的反应机理循环图。图 1 中涉及的物质转化来自真实研究成果,并且需要学生运用化学反应原理中有关催化剂与化学反应机理的相关知识。

使用真实情境是对化学学科价值的展现。在例题中,体现了化学科学在环境保护中做出的重要贡



献,让学生能够体会到化学的学科价值。真实的情境素材的价值不仅在于体现化学学科对生活、社会的外在价值,更蕴含着丰富的精神内涵,可以引领学生的情感态度与价值观。在 NH_3 -SCR中,有众多学者致力于研究反应机理,也有众多学者致力于方法的创新。在例题的第(2)问中, O_3 - NH_3 -SCR方案被学者提出,并且进行了一系列可行性研究。例题的问题设置,引导学生从化学反应中的物质变化、反应机理、催化原理、实验方案创新、实验条件控制等多个角度,全方位地认识 NH_3 -SCR过程。在这样的真实情境中展现的研究过程,其中所蕴含的科学探究精神和共创绿色家园的环保意识都是化学学科中的宝贵精神财富。同时,也让学生认识到化学学科是一个不断发展的、充满未知与活力的学科,有效地保护了学生对化学学科的好奇心。

2. 试题命制应源于日常教学,高于日常教学

在2021年2月首次投入使用的新苏教版《化学(必修第二册)》第49页提到:“安装汽车尾气净化装置,将 NO_x 转化为中性的、无污染的氮气”,并给出了具体的化学方程式;第54页的习题中提到,“氨气亦可用来处理氮氧化物”。由此可见,在日常教学中,氮氧化物的无害化处理是高一必修阶段的重要知识之一。在此前提下,学生对例题中涉及的情境并不是完全陌生的,这有利于学生消除对试题的陌生感与恐惧感,有利于帮助学生积极调动已有知识与能力。

熟悉的情境并不意味着降低试题的选拔性和对学生核心素养的考查要求,试题的命制也应当高于日常教学。在此处的“高于日常教学”并不是指一味地将试题的难度拔高,而是指试题应当能够引发学生思考,让学生学会从不同角度分析、理解化学反应,最终学会综合运用多模块的知识解答实际问题。在高一一年级的日常教学中,对于氮氧化物的无害化处理,教师一般落脚于两点:一是分析物质变化和化合价变化,嵌套并巩固氧化还原反应的相关知识;二是对学生进行环境保护教育和社会责任感教育。在例题中,面对同样的情境素材,问题的提出主要围绕化学反应原理中的相关知识,考查学生对化学知识的迁移和对化学原理的理解与应用,有效落实对学生综合能力和核心素养的考查。

3. 试题命制有利于教师发展,提升专业素养

原创试题的命制是辅助化学教师走好个人专业发展道路、提升学科专业素养的助推器。

高中化学课程中需要教师与学生学习的化学知识和化学原理是有限的,而在实际生产生活中面临的化学问题却是无限的。在以核心素养为导向的试题命制中,考查重点不在于对课堂知识的简单复述,而是在于对知识的迁移运用和对能力的考查。对知识的迁移运用和对能力的考查又依附于真实的化学情境。因此,化学教师唯有不断地学习化学知识、了解化学学科发展动态才能完成高质量试题的命制。

其次,命制原创试题能有效促进化学教师对课程标准的深度解读,促进化学教师更好地把握教材。化学世界纷繁复杂,并不是所有的化学问题都适合放到高中化学课堂中讨论。因此,命制一道高质量的原创试题需要化学教师挑选合适的化学情境、提出合理的化学问题,更需要化学教师吃透课程标准,熟稔化学教材。这些方方面面的积累都有助于教师提升自身的专业素养水平。

三、结语

随着课程改革的不断推进和高考改革的不断深入,对化学教师的高要求不仅体现在专业素养和教学能力方面,正不断向命题能力方面过渡。在日常教学研讨中,教师除了研究教材和课程标准外,也可以尝试进行原创试题的命制。考试只是一次检测学生核心素养水平的机会,而核心素养的落地更应渗透在平时的教学中。在日常教学过程中,化学教师也需要注重真实情境的创设,指导学生如何分析并解决真实问题,将提升学生的核心素养落到实处。

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)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 王怀文,苏章顺. 基于高考评价体系的主题式命题及教学评启示——以区域高中教学质量检测化学工艺流程原创题为例[J]. 中学化学教学参考,2020(19):64-68.
- [3] 张焯. 活性中心调控强化VOCs和 NO_x 催化脱除的机理研究[D]. 杭州:浙江大学,2020:25.
- [4] 刘美艺. 臭氧辅助SCR低温烟气脱硝技术的研究[D]. 大连:大连理工大学,2020:28.
- [5] 王红霞. 络合吸收—电化学法处理烟气中的氮氧化物[D]. 杭州:浙江工业大学,2011:24.

(本文编辑:文 丰)