

化学考试主题式命题初探^{*}

——以上海合格考综合题“大气颗粒物的化学组成”为例

李子明¹, 周 群¹, 周国亮^{2**}

(1. 上海市教育考试院, 上海 200433; 2. 上海市七宝中学, 上海 201101)

摘 要: 主题式命题能更好地引导学生从机械刷题向实际应用转变, 有助于构建全面系统的学科知识体系, 测评学生的学科核心素养水平。以上海合格考综合题“大气颗粒物的化学组成”为例, 探讨基于核心素养的化学考试主题式命题方法, 分析如何将真实情境与关键问题融合, 综合考查学生运用知识解决问题的能力。

关键词: 化学学科核心素养; 主题式; 合格性考试; 命题

文章编号: 1005-6629(2025)04-0080-05 **中图分类号:** G633.8 **文献标识码:** B

考试命题作为评价高中生学业水平的重要依据, 高质量的试题试卷是高考综合改革顺利实施的重要保障之一。上海普通高中学业水平合格性考试(以下简称“合格考”)作为全市普通高中在籍学生均须报考的考试项目, 考试成绩合格是高中学生取得毕业资格的必要条件, 合格考试成绩合格的考生方可报考相应科目的等级性考试(以下简称“等级考”)[¹]。随着《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“新课标”)的颁布, 上海市在高中学业水平考试的试题命制中, 正在探索以核心素养为测试宗旨的主题式命题。本文以上海市教育考试院于2023年3月在上海市某两区开展的化学合格考命题与测试为例, 讨论在化学考试命题中, 如何开展以核心素养为测试宗旨的主题式命题, 以达到科学合理评价学生核心素养水平, 有效区分合格与不合格考生的目的, 同时为“双新”背景下的等级考命题与评价提供借鉴。

1 开展主题式命题的必要性

高中学业水平考试作为一种基于标准的教育考试, 在考试设计阶段, 需要考虑的问题主要有: 考试的内容, 包括内容领域、内容主题以及每个主题需要考查的知识内容; 考查的认知技能和操作技能; 考试的分

值、题型、题量等方面[²]。2016~2022年上海市在进行合格考开发时, 首先依据《上海市中学化学课程标准(试行稿)》, 制定考试内容和要求, 以基础型课程为考试内容, 对考试内容的学习水平要求具体见表1。这种评价框架主要依据布鲁姆教育目标分类学, 注重考查“双基”(基础知识、基本技能), 侧重从知识与技能、过程与方法, 情感态度与价值观三维目标对学生进行评价。

表1 2016~2022年上海市普通高中学业水平合格性考试内容和要求

知识内容维度	具体要求	技能维度	具体要求
知道	能对重要的事实性知识进行回忆、再认、辨认或描述。	初步学会	能对某一实验操作进行模仿和尝试。
理解	能说明主要的事实、概念和原理之间的相互关系。	学会	能规范、熟练地完成某种实验操作。
运用	能将所学内容应用到新的情景中, 并用于解决简单的问题。	设计	能根据具体情境的需要, 选择、组合相关实验操作, 解决问题。
综合	能运用所学知识、技能和方法, 进行组合、迁移, 解决具有一定综合性的问题。		

* 国家社会科学基金2024年教育学一般课题“中国式现代化背景下科学素养评价体系及监测机制研究”(BHA240243)。

** 通讯联系人, E-mail: zhougul@163.com。

依据评价框架,上海市教育考试院组织专家对试卷的结构进行论证,形成以选择题为主,结合综合题的命题形式,如表2所示,对学生实施合格考。

表2 2016—2022年上海市普通高级中学学业水平合格性考试试卷结构

题型	题量	分值
选择题	40题	80分
综合题	2大题	20分

在这种评价框架和试卷结构中,尤其是选择题部分,大多数试题不具有真实情境,或仅有简单的情境,主要关注学科知识点,并以学生掌握这些知识的程度来衡量学业质量,旨在考查学生能否在有标准答案的问题或任务中识别并运用这些知识。显然,这种方式过于侧重知识点的认知理解,缺乏对学生整体认识能力和综合思维的培养,忽视了知识整合与实际应用的重要性^[3]。这种评价框架已经不符合“新课标”中提出的“以核心素养为测试宗旨,以真实情境为测试载体,以化学知识为解决问题的工具,以实际问题为测试任务”的命题要求。

“新课标”对课程结构进行了调整,重视“素养为本”的教学,将必修阶段的课程内容主题化,共包含五个主题,如此设计有利于教师根据主题化的内容来开

展教学,利于主题式教学模式在化学教学中的应用,而不是按照章节和课时进行标签式设计^[4]。主题式教学模式符合“新课标”的教学要求,有助于促进学生知识关联,认识思路、核心观念的结构化,从化学学科知识向化学学科核心素养的转化,而内容的结构化则是实现这种转化的关键^[5]。考试命题评价因此也须由传统的命题模式向以核心素养为测试宗旨的主题式考试命题转变,使之成为评价学生核心素养水平的重要抓手之一。

以核心素养为测试宗旨的主题式命题是以学科核心素养为导向,对以某主题的真实情境素材进行整理和研究,着眼于情境素材的核心内容,创设结构化的问题任务,达到系统、结构化地考查学生学科知识、技能、观念和方法,以满足评价学生学科核心素养水平的一种命题方法。

2 主题式命题基本流程

根据图1主题式命题基本流程,首先明确考试类别是合格考还是等级考,命题依据为学业质量水平2还是学业质量水平4,考试内容为必修课程的内容或是必修+选择性必修课程的内容,进而确定以学科核心素养为测试宗旨和目标,编制命题蓝图,对命题进行总体规划,再按照命题蓝图开展具体命题工作。

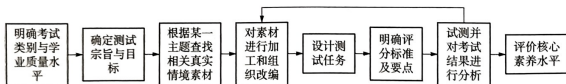


图1 主题式命题基本流程

2.1 从化学学科与学习、生产、生活、研究等领域精选素材

素材的选择应彰显化学学科育人价值。如能展现我国科研人员在实现碳中和目标中的关键科技创新,体现化学学科在推动国家高质量发展和全球环境治理中的重要作用,认识我国在改善生态环境和治理环境污染等方面取得的成就等,这些素材有利于增强学生对国家的科技自立自强的意识与民族自信。

再如,中国传统文化博大精深,在几千年的农业生产活动中,我国形成大量由人民群众创作并口口相传

的农业谚语,这些农谚不仅是智慧结晶,也蕴含着丰富的农业知识,同时也是我国传统文化的重要组成部分。如以一些农谚为背景,突出我国古代劳动人民如何提高肥料利用率和实现粮食增产,为保障国家粮食安全,人民安居乐业发挥重要作用,也体现出我国对世界农业发展的重大贡献。

2.2 对素材进行加工和改编

选定某一主题的素材后,需要对素材进行加工和改编,梳理素材的情境脉络。在进行素材改编的过程中,要努力实现素材呈现方式的多样性,为考生提供更

加新颖丰富的样式,可在文字、数字、公式、方程式的基础上,增加非连续文本,如图像、表格、流程图、模型等形式,使素材更接近真实情境,更真实自然,为考生阅读和提取信息提供更友好的方式,激发考生阅读和答题的兴趣,更能实现素材与问题任务的良好融合,有助于激发学生的探索欲望,提高解决问题的能力^[6]。要把握好素材呈现的度与量的关系。情境素材的信息冗余,会浪费学生的阅读时间和审题时间,降低试题的信度和效度,同时也要避免试题情境与问题任务之间的“两张皮”情况出现,应将试题情境有机、充分融入试题设问中,在解决问题时,不仅需要调动化学学科的本体知识,还需结合情境所提供的有效信息,并对信息进行加工和整理输出^[7]。

2.3 设计测试任务

试题设问是考查学生学科核心素养的载体,其设问逻辑要与“新课标”中化学学科核心素养的内涵、测试目标一致。其中的客观题(选择题)主要考查学生概念、原理的掌握程度,要求学生辨析、判断各选项中学科术语、表达以及逻辑等是否科学准确;主观题主要考查学生阐释理由、判断事实、处理数据、说明原理、分析转化流程、描述实验现象、总结反应规律、设计方案等^[8]主观能力。

根据测试宗旨和测试目标,科学设定问题任务,对照学科核心素养及学业质量水平,设计不同试题类型、不同难度梯度、不同主题和学业质量水平、具有不同价值导向和教育意义的结构化的试题,以达到能综合评价学生学科核心素养水平。

根据考试类型和定位,应适当增加实践性、探究性、开放性的试题比重,探索结构不良的试题,使学生在答题过程中,能充分展示自己的思维和解决问题的过程,展现文字、语言表达能力及其核心素养水平。

2.4 试测和改进

选取具有代表性的考生样本进行试测,并对考试结果进行统计分析。通过对试题难度和区分度等指标的统计分析,科学合理地确定试题的难度,并使其能够对不同水平的考生具有良好的区分功能;通过学生的具体表现,分析考生的表现与命题预设所要考查的核心素养和表现水平是否一致,进而反思素材改编、加工及测试任务设计环节是否存在问题,有针对性地改进,从而达到科学评价学生的学科核心素养水平。

3 主题式命题例析

我们以生产环保类情境中环境污染及其成因、主要危害及其防治对素材进行检索和选取,最后以“大气颗粒物的化学组成”^[9,10]为主题进行命题,在对素材进行加工和改编后,命制的试题如下:

大气颗粒物的化学组成

为了增强大气污染防治的科学性、针对性和有效性,研究大气颗粒物的化学组成和分布特征具有重要的意义。水溶性离子是PM2.5的重要组成部分,主要包含 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等,这些离子多由化石燃料燃烧、机动车尾气等排放的 SO_2 、 NO_x 、 NH_3 等气体经过复杂的大气物理化学过程二次转化而来。

1. 常温下,将某地大气污染物样品配制成溶液,测得溶液的 $\text{pH}>7$,该溶液显_____。(单选)

A. 酸性 B. 碱性 C. 中性

2. PM2.5中的 SO_4^{2-} 主要源自燃煤产生的 SO_2 ,写出 SO_2 转化为 H_2SO_4 的化学方程式。

硫氧化率(SOR)和氮氧化率(NOR)通常用来分别表示气体污染物 SO_2 和 NO_x 向 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 的转化率。SOR和NOR的计算公式为:

$$\text{SOR} = \frac{n(\text{SO}_4^{2-})}{n(\text{SO}_4^{2-}) + n(\text{SO}_2)}$$

$$\text{NOR} = \frac{n(\text{NO}_3^-)}{n(\text{NO}_3^-) + n(\text{NO}_2)}$$

已知PM2.5中 SO_4^{2-} 主要以 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 形式存在, NO_3^- 主要以 NH_4NO_3 形式存在。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 比 NH_4NO_3 更稳定; NH_4NO_3 和 HNO_3 加热或光照均易分解。

某地SOR和NOR的数据如下表所示:

季节	春季	夏季	秋季	冬季	平均
SOR	0.29	0.42	0.28	0.26	0.31
NOR	0.21	0.14	0.23	0.25	0.21

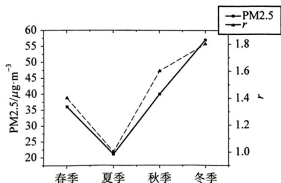
3. 由上表数据可知,SOR和NOR差异最大的季节是_____。(单选)

A. 春季 B. 夏季 C. 秋季 D. 冬季

结合相关化学原理推测该季节产生这种差异可能的原因。

4. 设 $r = c(\text{NO}_3^-)/c(\text{SO}_4^{2-})$, r 值可以较好地反映机动车等移动源污染与燃煤等固定源污染的相对大小。已知某地 PM_{2.5} 浓度及 r 值随季节变化如下图所示。根据该图分析,造成秋冬季节 PM_{2.5} 偏高的首要原因是_____。(单选)

A. 移动源污染 B. 固定源污染



假如你是该地某城市管理者,请你提出一条有针对性的措施,以缓解秋冬季节 PM_{2.5} 污染较严重的问题。

首先,从化学学科与环保相关的领域精选素材,选取我国科研人员在环境污染方面的研究成果,通过科研人员的研究,可为城市管理者在缓解大气污染方面提供科学的有针对性的措施建议,以期能够凸显化学在环境保护中的重要价值。其次,在对2篇研究论文进行梳理后,对情境素材进行适当的统整、合并、加工和改编,如删除一些与测试无关的、影响考生阅读和作答的冗余信息,以节约学生的阅卷和理解时间;对影响学生理解的一些专有名词和概念进行一定程度的删减,并对一些关键概念(如 SOR、NOR)做了充分的说明和解释,以符合学生认知水平。在对素材进行加工和改编后,围绕研究主题,设计测试任务,要求学生通过所给信息,结合所学化学知识,完成判断污染物的酸碱性,如何通过二次转化而来,以及随季节变化的转化关系及其原因。最后分析某城市的秋冬季节 PM_{2.5} 偏高的首要原因,并要求根据首要原因,提出一条有针对性的措施等任务,来落实“新课标”中“能运用化学原理和方法解释或解决生产生活中与化学相关的一些实际问题”。该题紧紧围绕主题,服务于问题的解决,设置了选择题、填空题、简答题等多种试题形式,展现的素材类型有文本、公式、表格、图像等,形成较好的梯度和结构良好的任务类型,能够综合考查学生多个方面的学

科核心素养和不同学科核心素养水平,该题所考查的学科核心素养和核心素养水平见表3。该题的情境类型、情境脉络、素材类型、问题类型见表4。

表3 例题所考查的学科核心素养和素养水平

题号	核心素养	素养水平
1	科学探究与创新意识	水平2
2	变化观念与平衡思想	水平1
3-1	证据推理与模型认知	水平1
3-2	科学态度与社会责任	水平2
4-1	证据推理与模型认知	水平2
4-2	科学态度与社会责任	水平2

表4 例题的情境类型、情境脉络、素材类型和问题类型

情境类型	情境脉络	素材类型	问题类型
学术论文	水溶性离子的组成 → 性质 → 来源 → 随季节变化的原因 → 污染成因 → 对策	文本、公式、表格、图像	选择题、填空题、简答题

4 主题式命题的反思

通过以核心素养为测试宗旨的主题式命题探索,我们认为主题式命题与非主题式命题从试题类型、试题之间关联度、素材之间关联度、知识结构化的要求、考查立意等方面存在较大区别,具体见表5。

表5 主题式命题与非主题式命题的区别

命题类型	非主题式命题	主题式命题
试题类型	选择题为主	综合题(含选择题、填空题、简答题等试题类型)
试题之间关联度	无关联	关联密切
素材之间关联度	无关联	关联密切
知识结构化的要求	较低	较高
考查立意	知识立意或能力立意	核心素养立意

主题式命题有利于落实2019年《国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》中提出的应“创新试题形式,加强情境设计,注重联系社会生活实际,增加综合性、开放性、应用性、探究性试题”和2020年中共中央、国务院印发的《深化新时代教

