

# 高考化学学科关键能力的 建构思路、基本内涵与考察实施路径

单旭峰

(教育部教育考试院, 北京 100084)

**摘要:**根据化学学科研究特点, 依据化学学科核心素养内涵和课程目标, 借鉴国内外考试的能力目标设置思路, 建构的高考化学关键能力包括理解与辨析能力、分析与推测能力、归纳与论证能力、实验与探究能力四个方面。根据高考实际情况, 提出呈现真实情境、创新试题形式、考查思维品质、改进评分方式四条关键能力考查实施路径, 通过典型试题对考查方式进行了案例分析。

**关键词:**高考化学; 关键能力; 考核目标; 学科核心素养

**中图分类号:**G632.474 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2022)06-0139-08

《普通高中化学课程标准(2017年版)》(以下简称《课程标准》)提出化学学科核心素养, 指出学科核心素养是学科育人价值的集中体现, 是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力。化学学科核心素养将化学知识与技能的学习、化学思想观念的建构、科学探究与问题解决能力的发展、创新意识和社会责任感的形成等多方面要求融为一体, 体现了化学课程在帮助学生形成未来发展需要的正确价值观念、必备品格和关键能力中所发挥的重要作用。但《课程标准》没有对化学学科关键能力进行具体界定, 也没有做翔实的内涵表述。

学科能力是一个多维复杂的结构系统, 人们对学科能力的认识是不断发展的, 对学科能力的测评也在不断完善。目前, 大量专家学者基于特定角度结合教学和测试工作对学科能力进行了深入的研究。杨玉琴等从化学学科的基本问题出发, 基于化学学科本质及其学科特殊性进行分

析, 构建了符号表征能力、实验能力、模型思维能力和定量化能力等学科能力的核心要素, 并开发了测验工具, 进行了测评分析研究。<sup>[1]</sup>司马兰、王后雄等通过分析智力、技能的多种因素与化学的五个基本特征之间的交互关系, 构建了多因素、多形态、多层次的化学能力结构, 包括观察与实验能力、化学学习能力、化学思维能力、科学探究能力以及实践创新能力。<sup>[2]</sup>王磊等以能力的类化经验说为主要理论基础, 构建了学习理解能力、应用实践能力和迁移创新能力及其表现的理论模型, 并开发能力测试工具进行了系统研究, 对培养学科能力和核心素养提出了建议。<sup>[3]</sup>

在培养化学学科核心素养的时代, 如何在考试中贯彻课程理念, 如何加强对关键能力的考查, 是当前面临的重大课题。虽然《课程标准》在课程目标和学业要求中对能力培养的宏观理念和具体思路提出了一些要求, 但纸笔考试对能力的考查方式与教学对能力的培养和测评方式存在

**基金项目:** 国家教育考试科研规划 2021 年度课题“新高考制度下选择性考试命题质量保障机制研究”(GJK2021042)。

**作者简介:** 单旭峰, 教育部教育考试院副研究员, 化学博士, 主要从事化学教育测量与评价研究。

一定的差异。目前, 高考综合改革正在全国逐渐推广, 亟须构建高考化学学科的关键能力结构, 并详细阐明其内涵要素, 提出考查路径与实施建议, 为完善已有的和今后更多的高考综合改革省份的学业水平考试命题提供参考。

## 一、高考化学学科关键能力构建的基本原则

一是注重学科特点。化学是一门以实验为主的科学, 在中学阶段主要学习专业术语、基本概念、基本原理和方法。许多化学规律的发现、化学知识的形成, 都源于具体的化学实验而非理论推理。要认识到化学科学的规律既有普遍性又有特殊性, 化学科学既研究抽象的理论规律也研究具体的物质。化学科学研究物质的运动规律时, 许多粒子或反应是不能直接观察的, 只有通过想象、类比和模型化的方法, 才能将抽象变为具体。二是关注考查形式。目前, 高考是纸笔考试, 主要考查学生思维方面的能力。对于现场勘查、实验操作、文献查阅等能力, 要转换考查方式, 设计有针对性的问题。例如, 对学生实验能力的考查, 通常通过设计实验方案、描述实验操作步骤、推测实验结果等方式完成。三是考虑实践功能。关键能力是学科核心素养的重要组成部分, 对学科关键能力的考查是落实课程标准学科核心素养的重要途径。今后, 高考综合改革省份均依据《课程标准》、使用新教材进行教学, 对关键能力的考查有利于落实新课程理念, 关键能力的结构和考查方式是指导高考综合改革、学业水平考试命题的重要依据。对于学生关键能力掌握程度的考查, 为教学中进一步培养和提高学生的关键能力提供了有效反馈和参考。<sup>[4]</sup>

## 二、高考化学学科关键能力构建的思路

(一) 从化学科学研究中探寻关键能力的结构框架

化学是在原子、分子及以上水平上研究物质的组成、结构、性质、转化规律及其应用的科学。化学科学的研究成果包括发现(合成)新的功能物质、阐释新的反应机理、建立新的理论、发明新的合成方法等。在化学领域中, 重要理论的创立、重要物质的发现或合成、重要合成方法的发明等都是根据具体的实验数据和现象进行归

纳、类比的过程, 采用从个别到一般的推理方法。例如, 化学研究史上通过归纳得到新规律的典型代表就是元素周期律的发现。门捷列夫针对已经公布的元素性质数据进行分类比较分析, 发现了元素周期律, 并利用其成功推测了某些当时没有被发现的元素及其性质。实验是化学科学研究的前提和基础, 实验能力是科学研究的基本能力属性, 包括设计实验方案、操作实验、观察实验现象和处理实验数据、总结归纳找出本质等方面。

化学科学理论是解释生产、生活中有关化学问题的工具, 是进一步开展化学科学相关研究的基础。在化学研究中, 分析推测是化学科学理论应用的重要方面。例如, 利用通过元素、红外、核磁等分析方法得到的数据推测物质的结构, 或根据结构推测物质的性质和应用; 结合理论及计算辅助技术, 推测反应的机理或物质的性质。化学科学理论在其他科学和生产生活中的应用也是学科能力的表现形式, 包括分析材料结构和性质的关系, 阐释生命体内物质的功能和转化过程, 说明药物的合成、功效和转化规律, 选择合适的化学理论和技术减少污染, 解释物质变化中的能量转化等。这些都属于将抽象的化学科学理论应用到具体实践中的能力。

结合已有研究和上述分析, 化学科学研究能力包括获取已有知识理论体系(文献阅读)、科学设计方案、系统进行实验, 在实验数据和现象的基础上, 总结归纳物质结构、变化方面的规律, 创立理论体系, 并将反应变化规律及理论体系应用于其他科学领域, 解决生产生活中的问题。简单来说, 化学科学研究能力包括掌握已有化学理论、运用化学知识解决问题、进行实验并发展产生新的理论, 这些能力是构建化学学科关键能力框架的重要依据。

(二) 从化学教学要求中提炼关键能力的表现要求

林崇德指出, 一个学科的特殊能力是该学科能力的最直接体现, 学科能力都要以概括能力为基础, 学科能力的结构应有思维品质的参与。学科能力是以学科知识为中介的一种稳定的、可操作的结构。<sup>[5]</sup>分析国内外不同专家学者研制的学科能力模型和国内外有关学科能力的研究成果可

以发现，学科能力模型要基于教育总目标和课程标准的基本要求，包括学科核心素养、学业要求、学业质量内涵和水平要求等。

基于《课程标准》提炼关键能力的表现要求大致包括如下三个方面。一是从学科核心素养内涵中凝练关键能力的总体表现要求。学科核心素养中的很多表述都包含指向能力的关键词，如“分类”“认识……规律”“分析……问题”“解决……问题”“分析、推理……相互关系”“能发现和提出……问题”“设计探究方案”等。二是从学业要求中提炼关键能力的具体表现要求。《课程标准》各主题下的学业要求描述了学生学习该主题内容之后应具备的能力，其基本表述是“能……”，相关内容都是学生能力形成的具体表现。根据对《课程标准》中学业要求的不完全统计，能力方面的关键词按照出现频次从多到少排列的顺序为认识、了解、知道、说明、分析、探究、解释、列举、设计、判断、描述、辨识、评价、计算、预测、比较、推理、推断。其中，认识、了解、知道、辨识、列举属于知识的简单理解与辨识，说明、解释、判断、预测、描述、比较、计算等属于知识的综合应用，探究、推理、推断、设计等属于知识的应用及再生成。这些都是思维方面的能力要求。对于实验操作方面，《课程标准》规定了学生必做实验。这些必做实验培养的是学生运用化学知识和实验方法开展综合项目研究的能力。三是从学业质量及其内涵中获取关键能力的表现水平。学业质量是以学科核心素养及其表现水平为主要维度，对学生学业成

就表现所做的总体宏观上的概括，是高中化学培养目标中能力水平的具体体现，也是考试与评价的重要依据。在考试中，必须依据学业质量水平标准中有关素养的内容，设计考查不同能力层次水平的试题，实现考试的目的和要求。

(三) 从已有考试目标中借鉴和继承关键能力的具体内涵

在构建高考化学学科关键能力目标内涵的过程中，必须参考借鉴已有的、经典的、具有广泛影响力的考查能力目标体系。

1. 从国际上其他考试目标中借鉴关键能力要求内涵

国外科学领域的考试及其目标有着自身的理论体系和实践操作指南，其中影响力比较大的有英国的 A-Level 考试、经济合作与发展组织的 PISA 考试和美国的 ACT 考试。这三种考试都包含科学科目，其评价目标逻辑结构合理、符合自身目标体系。英国的 A-Level 科学考试能力目标内涵包括知识与理解、知识和理解的应用、科学工作的原理。其中，知识与理解包括回忆知识，理解科学概念、过程、方法和步骤；知识和理解的应用包括把科学概念、过程、方法和步骤应用到陌生的情境以及相关问题上；科学工作的原理包括在相关主题中分析、解释评价科学信息概念和证据，作出决策和总结，进行实践和设计实践步骤。<sup>[6]</sup> PISA 考试包括阅读、数学和科学三个评估项目。其中，科学的考试能力目标包括科学地解释现象、评价和设计科学探究、科学地解释数据和证据（见表 1）。<sup>[7]</sup>

表 1 PISA 科学考试能力目标及内涵

能力目标	内涵
科学地解释现象	识别、给出和评价自然与技术现象并提供解释；利用适宜的科学知识形成说明性的模型和表示方法，给出合理的预测，提供说明性的假设；对于社会中的科学知识给出其潜在的含义
评价和设计科学探究	识别某个科学研究领域探索的问题；辨别需要探究的科学问题，给出解决问题的方法；评价给定问题的解决方法；描述和评价科学家确保数据可靠客观和结论具有普适性的方法
科学地解释数据和证据	分析与评价多种现象中的数据、主张和争论，得出科学合理的结论；将数据从一种形式转换成其他形式；分析和解释数据并得出结论；在科学论文中识别假设、证据和推理；区分基于科学证据和理论得出的结论与基于其他方式得出的结论；评价不同来源的科学争论和证据

ACT 的科学考试提供了大量科学研究的事实、数据、实验现象以及假设或观点，要求学生科学数据进行转换处理、解释有偏差的数据、基于证据进行推理得出结论，同时要识别真正的

科学问题，设计自己的科学探究活动，评价他人的科学探究活动。ACT 科学考试的能力目标包括分析图表数据、解析研究报告和评析不同观点（见表 2）。<sup>[8]</sup>

表 2 ACT 科学考试的能力目标及内涵

能力目标	内涵
分析图表数据	基于试题提供的科学杂志或论文中出现的含有数据的图或表，对图表中的数据分析、转换
解析研究报告	基于试题提供的几个相关研究或实验，对实验的设计或结论进行解释或评析
评析不同观点	基于试题中描述同一问题的几种不同假设或观点，以不同数据或现象为证据，对相互冲突或不一致的观点和假设进行评析与比较

可以看出，A-level 科学考试能力目标主要对应化学学科研究能力中的掌握已有化学理论、运用化学知识解决问题，而 PISA 和 ACT 科学考试能力目标则对应运用化学知识解决问题、在实验数据和现象的基础上归纳总结规律。

目标由原来的观察能力、自学能力、思维能力、实验能力，调整为接受、吸收、整合化学信息的能力，分析问题和解决化学问题的能力，化学实验与探究能力（见表 3）。<sup>[9]</sup> 这些能力目标及内涵基本对应化学学科研究能力要求，但分析和解决化学问题的能力内涵表述过于抽象，没有体现出化学学科特点。

2. 从我国原有考试目标中继承和发展关键能力

2003 年课程改革实施后，高考化学的能力

表 3 我国原有考试中的化学能力目标及内涵

能力目标	内涵
接受、吸收、整合化学信息的能力	对中学化学基础知识能正确复述、再现、辨认，并能融会贯通；通过对自然界、生产和生活中的化学现象的观察，以及对实验现象、实物、模型的观察和对图形、图表的阅读，获取有关的感性知识和印象，并进行初步加工、吸收和有序储存；从试题提供的新信息中，准确地提取实质性内容，并与有关知识块整合，重组为新知识块
分析问题和解决化学问题的能力	将实际问题分解，通过运用相关知识，采用分析、综合的方法，解决简单化学问题；能够将分析解决问题的过程和成果，用准确的化学术语及文字、图表、模型等形式表达，并作出合理解释
化学实验与探究能力	掌握化学实验的基本方法和技能，并初步实践化学实验的一般过程；在解决化学问题的过程中，运用科学的方法，初步了解化学变化规律，并对化学现象提出科学合理的解释

按照林崇德的说法，学科能力是以学科知识为中介的，要体现出学科特点。国外的考试能力目标和我国原有高考考试大纲的能力目标是构建当前高考化学学科关键能力的重要参考。但这些化学能力目标的表述没有与学科内容紧密结合，没有体现出化学学科的特点。因此，有必要完善其框架结构及内涵，提升其对考试命题的指导作用。

其考查要求与高中化学的素养内涵、培养目标具有很强的一致性。通过对高考化学试题考查要求的聚类分析发现，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的说法、学科术语、陈述、表达以及逻辑等是否科学准确；主观题主要考查阐释理由、判断事实、处理转换数据、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。这些考查要求为提取化学学科关键能力内涵提供了丰富的素材。

3. 从我国高考试题设问中提取和概括关键能力具体内涵

高考化学试题是考查学生化学能力的载体，

### 三、高考化学学科关键能力内涵及逻辑关系

#### (一) 高考化学学科关键能力框架及内涵

按照上述能力构建思路,依据建构主义理论,参照《课程标准》有关要求并借鉴国内外已有考试能力目标,通过对多年高考试题的归类及验证性因素分析,本文将高考化学学科关键能力建构为理解与辨析能力、分析与推测能力、归纳与论证能力、实验与探究能力四个方面<sup>[10]</sup>,其框架如图1所示。

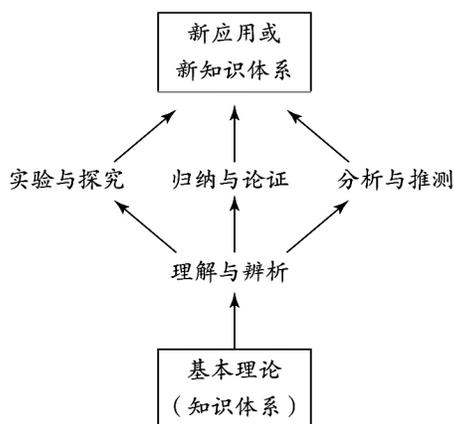


图1 高考化学学科关键能力的框架

基于已有考试能力目标的内涵和高考化学试题的考查要求,通过系统梳理、全面分析和深入挖掘,得到四方面能力的内涵。理解与辨析能力,主要指掌握已学过的化学符号、概念、原理、事实等术语知识内容,并能融会贯通;辨析模型、图表等各种类型的信息,从中提取关键内容并与有关已学知识进行整合;辨析在解决生产、生活与社会问题过程中运用的基本化学原理和方法,并能解答简单化学问题。分析与推测能力,主要指基于对化学反应规律的认识,运用比较和分类等方法,预测物质的性质或可能发生的反应及产物;根据物质性质或反应现象等,判断物质的结构特征;结合化学原理,推测简单反应的过程和机理。归纳与论证能力,主要指认识不同呈现方式的数据和信息,利用数学方法对数据进行转换,推导物理化学参数以及它们之间的定量关系,归纳总结出变化特征和规律;比较不同方式得到的结果,论证并得出科学合理的结论。实验与探究能力,主要指根据实验操作和过程,分析实验目的或预测实验结果;根据实验目的和

要求,设计或评价简单实验方案;描述实验现象,处理、分析实验数据和结果,得出相应结论;在运用规律、原理和方法解决生产生活、实践探索、科学研究等实际问题的过程中,构建解决问题的模型,清晰、准确而有逻辑地运用化学专业术语、数据图表和模型等方式表达自己的观点和方案,科学而有创造性地解决问题。

#### (二) 高考化学学科关键能力之间的逻辑关系

高考化学学科关键能力首先要求学生掌握基础知识、基本理论,这是解决问题和从事科学研究的基础,也是高考化学能力的根基所在。因此,理解与辨析能力是其他能力的基础。分析与推测能力要求从一般的原理和规律出发,在理解辨析的基础上推断出特殊事实和规律。例如,通过化学反应原理分析不同压强或温度下的反应转化率,或根据物质结构理论分析推理不同物质的结构性质差异等。实验与探究能力是在前两种能力的基础上,要求学生根据已有的原理或规律,设计并操作实验、收集证据,表达自己的观点和方案,是具有化学学科特点的重要能力。归纳与论证能力要求基于实验数据、证据抽象出反应的普适条件或物质结构的普遍规律,对应化学学科研究中的创造新理论,属于实验与探究能力之上的高阶创造性思维能力。

#### (三) 高考化学学科关键能力与其他能力目标之间的关系

高考化学学科关键能力的内涵与布卢姆教育目标分类、PISA科学考试能力目标以及以往高考化学能力目标的关系如图2所示。可以看到,PISA科学考试能力目标、以往高考化学能力目标和本文提出的高考化学学科关键能力目标均与布卢姆教育目标分类具有较强的对应关系。理解与辨析能力对应布卢姆教育目标分类中的记忆与理解。分析与推测能力属于知识的应用,对应布卢姆教育目标分类中的应用与分析。归纳与论证能力类似于化学科学研究中抽象概括得出基本原理的能力,一部分对应布卢姆教育目标分类中的应用与分析,一部分对应评价与创造。而实验与探究能力既是化学科学研究的方法,也是创造的手段,更多地对应布卢姆教育目标分类中的评价与创造。



图2 不同能力目标之间的关系

#### 四、高考化学学科关键能力考查的实施路径

##### (一) 呈现真实情境

根据建构主义理论，知识在具体的实践活动中产生和发展，并在具体的情境中应用于问题解决。知识的发展、应用和情境紧密联系在一起，对知识的理解和掌握要还原到其产生的实践中，才能实现知识的发展并由此解决实际问题。在真实情境中解决问题时展示出来的能力才是实际的能力，表现出来的态度和情感才是真正的品质特征。在考试中，必须呈现真实的情境，这样才能考查出关键能力和必备品格，从而测评出学生的核心素养水平。化学学科命题要借鉴 PISA 考试的成功经验，选取日常生活、生产环保、学术探索、实验探究、化学史料等情境，在真实情境中对学生的知识、能力、方法等进行考查，实现对学生情感、态度和价值观的综合评价。

##### (二) 创新试题形式

避免高考化学试题呈现方式的模式化和僵化，是有效考查学生关键能力的重要途径，也是落实《深化新时代教育评价改革总体方案》中“改变相对固化的试题形式”的重要手段。创新试题形式的方式有如下两种：一是呈现数据表格、变化曲线、结构模型图等多种形式的图表信息，要求学生从中提取和筛选关键数据，并进行数据转化，进而分析解决实际问题，实现对学生信息理解、数据处理等能力以及证据推理和模型认知学科核心素养的考查；二是从不同视角设置分析原因、说明目的、阐释理由、用图像表示结果等类型的问题，考查学生运用化学专业术语、数据图表和模型等方式表达自己的观点和方案，

科学而有创造性地解决问题的能力。

##### (三) 考查思维品质

一般认为，思维品质包括思维的深刻性、独特性、灵活性、敏捷性和创造性。实验与探究能力中的解释实验现象、设计实验方案（合成流程）和归纳与总结能力中的总结反应规律、阐释反应原理等要求，都反映了化学学科能力的思维过程。因此，想对关键能力进行深度考查，不能仅关注解答结果的简单表示，还要考虑学生分析、解决问题过程的思维品质。在这方面，应借鉴历史和政治等科目试题的命制策略，在情境设置和解题思路预设方面应当充分考虑学生的思考方式。对于多设问、多步骤解答的非选择题，应注重各设问之间的逻辑性、层次性以及能力考查的多样性，达成高效、精准区分不同思维品质学生的效果，实现考试选拔功能。

##### (四) 改进评分方式

大部分化学试题的答案的客观性很强，较难实现对学生能力水平的全面测评。对于具有较强主观性的设问，可以参照 PISA 科学考试的评分方式或文科类考试中大型主观题分项分等的评分方式，实现对各种能力及能力的不同水平的科学高效考查，促进学生关键能力水平的提升。

#### 五、高考化学学科关键能力考查的案例分析

自《课程标准》颁布以来，高考化学命题一直在探索对学生关键能力的考查思路，取得了良好的考查效果。在纸笔考试方式下，关键能力考查的基本原则是以理解与辨析为基础，以分析与推测为主要方式，以实验与探究为重要手段，适度考查归纳与论证，对学生能力进行全面考查，

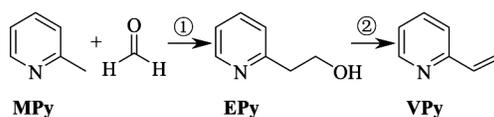
促进学生创新思维的形成与发展。下面列举两道典型试题，希望对学生化学学科关键能力的培养与考查发挥良好的导向作用。

(一) 理解与辨析能力、分析与推测能力考查案例分析

对理解与辨析能力的考查，即考查学生对题目提供的信息以及已学的有关基本概念的掌握和辨识情况。对分析与推测能力的考查，通常是让学生在理解辨析的基础上，对陌生物质的性质或结构等进行分析与推测。

【例 1】吡啶 () 是类似苯的芳香化合物。

2-乙烯基吡啶 (VPy) 是合成治疗硅肺病药物的原料，可由如下路线合成。下列叙述正确的是 ( )。



- A. MPy 只有两种芳香同分异构体
- B. EPy 中所有原子共平面
- C. VPy 是乙烯的同系物
- D. 反应②的反应类型是消去反应

例 1 的四个选项包括芳香性、同分异构体、分子中共平面、同系物以及有机反应类型等多个概念，要求学生在理解这些概念的基础上，分析推测陌生反应类型及物质的性质。对于选项 A，要求学生理解“吡啶是类似苯的芳香化合物”，由此可判断 2-甲基吡啶 (MPy) 也是一个芳香性化合物，它的芳香同分异构体有 3-甲基吡啶、4-甲基吡啶、苯胺，即 2-甲基吡啶至少有三种芳香同分异构体，说明选项 A 叙述是错误的。

(二) 实验与探究能力、归纳与论证能力考查案例分析

从科学方法论的角度来看，实验与探究能力、归纳与论证能力属于从特殊到一般的逻辑推理方法，是在根据具体的、特殊的实验数据和现象进行科学抽象得到普适规律的过程中展现出来的能力。在考试中，可给出多个实验探究的数据和现象，要求学生根据实验现象和证据，归纳论证得出特定条件下反应的一般规律，实现对实验与探究能力、归纳与论证能力的综合考查。

【例 2】(节选自 2021 年北京高考化学试卷第 19 题) 某小组探究卤素参与的氧化还原反应，总结物质浓度对氧化性和还原性的影响规律。

(1) 浓盐酸与  $\text{MnO}_2$  混合加热生成氯气。氯气不再逸出时，固液混合物中仍存在盐酸和  $\text{MnO}_2$ 。

① 将此反应设计成电池：

i. 还原反应： $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；ii. 氧化反应：\_\_\_\_\_。

② 根据电极反应式，分析仍存在盐酸和  $\text{MnO}_2$  的原因。

i. 随  $c(\text{H}^+)$  降低或  $c(\text{Mn}^{2+})$  升高， $\text{MnO}_2$  氧化性减弱；ii. 随  $c(\text{Cl}^-)$  降低，\_\_\_\_\_。

(2) 利用  $c(\text{H}^+)$  对  $\text{MnO}_2$  氧化性的影响，探究卤素离子的还原性。相同浓度的  $\text{KCl}$ 、 $\text{KBr}$  和  $\text{KI}$  溶液，能与  $\text{MnO}_2$  反应所需的最低  $c(\text{H}^+)$  由大到小的顺序是\_\_\_\_\_，从原子结构角度说明理由：\_\_\_\_\_。

(3) 根据 (1) 中结论推测：酸性条件下，加入某种化合物可以提高溴的氧化性，将  $\text{Mn}^{2+}$  氧化为  $\text{MnO}_2$ 。实验证实了这一推测。该化合物是\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{Ag}$  分别与  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸、氢溴酸和氢碘酸混合， $\text{Ag}$  只与氢碘酸发生置换反应。试解释原因：\_\_\_\_\_。

(5) 总结：物质浓度影响氧化性和还原性的一般规律是\_\_\_\_\_。

例 2 是一道在实验与探究能力基础上考查学生归纳与论证能力的经典优秀试题。题目提供不同卤素及化合物在不同条件下的氧化还原反应。对于浓盐酸与  $\text{MnO}_2$  混合加热生成氯气这一反应，随着反应进行，参与还原反应的  $\text{H}^+$  浓度降低、生成物  $\text{Mn}^{2+}$  浓度增大，氧化剂的活性减弱；参与氧化反应的  $\text{Cl}^-$  浓度降低，还原剂的活性减弱。在溴的氧化性实验中，减小生成物  $\text{Br}^-$  的浓度，即可增强溴的氧化性。对于银与三种氢卤酸的反应，要增加反应的进行程度，可将生成物  $\text{Ag}^+$  的浓度减小到一定程度，即实现银与氢卤酸反应，其中  $\text{AgI}$  的溶解度小， $\text{Ag}^+$  浓度可满足银与氢碘酸反应的条件。综合所有实验现象和事实，可以归纳总结出物质浓度影响氧化性和还原性的变化规律：还原反应中，增大反应物浓

度或降低生成物浓度，氧化剂的氧化性增强；氧化反应中，增大反应物浓度或降低生成物浓度，还原剂的还原性增强。当然，学生进一步学习电极电势的表达式之后，会对物质的氧化还原能力有更深层的定量的认识。

高考化学学科关键能力框架、内涵及其考查路径是化学学科教育教学及评价领域学术研究和实践操作的热点与重点，基于理论的学术探索和基于考试命题的实践研究都是对这个复杂问题在特定角度的有限探索。基于化学科学研究本体论和考试命题实践经验提出的包含理解与辨析、分析与推测、归纳与论证、实验与探究四个方面的关键能力框架及内涵对考试命题工作提供了理论框架，为新高考方案下选拔高素质人才提供了具体化的实施路径。

#### 参考文献：

- [1] 杨玉琴. 化学学科能力及其测评研究 [D]. 上海：华东师范大学，2012：1.
- [2] 司马兰，王后雄，王敏. 化学学科能力的基本理论问题研究 [J]. 中国考试，2010（5）：3.
- [3] 王磊. 学科能力构成及其表现研究：基于学习理解、应用实践与迁移创新导向的多维整合模型 [J]. 教

育研究，2016（9）：84.

- [4] 韩家勋，肖立宏，黄晓婷. 论新高考改革中学业水平选择性考试的设计转向 [J]. 中国教育学刊，2020（8）：39.
- [5] 林崇德. 从智力到学科能力 [J]. 课程·教材·教法，2015（1）：12.
- [6] GCE subject level guidance for science (biology, chemistry, physics) [EB/OL]. (2014-04-11) [2021-12-21]. <https://www.gov.uk/government/publications/gce-as-and-a-level-for-science>.
- [7] Organization for Economic Co-operation and Development. PISA 2015 draft science framework [EB/OL]. (2013-03-01) [2021-12-21]. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>.
- [8] Preparing for the ACT® test [EB/OL]. (2021-01-01) [2021-12-21]. <https://cloud.e.act.org/free-practice-act-test>.
- [9] 教育部考试中心. 2017年普通高等学校招生全国统一考试大纲：理科 [M]. 北京：高等教育出版社，2017：131.
- [10] 单旭峰. 基于高考评价体系的化学学科考试内容改革实施路径 [J]. 中国考试，2019（12）：48.

（责任编辑：郭晨跃）

## Construction Ideas, Basic Connotations and the Examination Path of Chemistry Key Abilities in College Entrance Examination

Shan Xufeng

(National Education Examinations Authority, Beijing 100084, China)

**Abstract:** According to the characteristics of chemistry subject research, based on the connotation of core competencies and curriculum objectives of chemistry, and drawing on the ideas of setting ability objectives of domestic and international examinations, the key abilities of chemistry in the college entrance examination are constructed into four aspects: understanding and discriminating ability, analyzing and speculating ability, inductive and argumentative ability, and experimental and investigative ability. According to the actual situation of the college entrance examination, we propose the examination path of key abilities as the followings: presenting the real situation; innovating the form of test questions; testing the quality of thinking and improving the scoring method, and make a case study of the examination method through typical test questions.

**Key words:** chemistry in college entrance examination; key abilities; assessment objectives; subject core competencies