

第12届全国大学生化学实验邀请赛情况和实验笔试题解析

李恺*, 韩润平, 王瑞勇, 武杰, 余旻, 周立鹏, 关新新, 赵旭波, 闫学斌, 郝新奇, 宋传君, 张宗培*, 何占航*

郑州大学化学学院, 郑州 450001

摘要: 介绍了第12届全国大学生化学实验邀请赛实验笔试题的命题思路, 对参赛选手的答题情况和反映出的问题进行了总结分析。

关键词: 化学实验邀请赛; 试题解析

中图分类号: G64; O6

Briefing and Examination Analysis of the 12th National Undergraduate Chemistry Laboratory Tournament

Kai Li *, Runping Han, Ruiyong Wang, Jie Wu, Min Yu, Lipeng Zhou, Xinxin Guan, Xubo Zhao, Xuebin Yan, Xinqi Hao, Chuanjun Song, Zongpei Zhang *, Zhanhang He *

College of Chemistry, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China.

Abstract: The design principles of the experimental theory examination for the 12th National Undergraduate Chemistry Laboratory Tournament were introduced. The problems with the competition and the analyses of the results were also provided.

Key Words: Chemistry laboratory tournament; Examination analysis

由教育部高等学校化学教育研究中心主办、国家自然科学基金委支持、郑州大学承办的“第12届全国大学生化学实验邀请赛”(后文简称邀请赛)于2021年7月8–11日在郑州举行。来自全国43所高校的129位选手和180余位老师汇聚黄河之滨, 交流学习。作为我国高等化学学科面向本科生进行的最高级别比赛, 赛事的举办对提高我国高校本科化学实验教学总体水平、推进大学化学实验教学改革起到了很好的促进作用。邀请赛期间, 同时举办了“第3届全国高校化学实验技术交流会”(后文简称交流会)。交流会2018年由北京大学倡议, 已先后在北京大学、厦门大学成功举办过两届。本次赛会不但为全国高校的化学专业学生提供了交流提高的机会, 也为提高我国高校化学实验教学水平、促进化学实验教学人员和技术人员之间的沟通、展示各高校化学实验教学和管理的特色工作成果提供了平台。

本文介绍了本次邀请赛的总体办赛情况以及对赛事未来发展的思考, 同时也对本次赛事的实验理论试题命题思路和试题特点, 以及参赛选手的答题情况和反映出的问题等进行了总结分析, 希望能对化学实验教学模式、教学内容、教学方法的改革起到积极的推动作用。(实验理论试题及答案请详见“补充材料”, 可通过网站<http://www.dxhx.pku.edu.cn>免费下载。)

收稿: 2021-09-29; 录用: 2021-11-26; 网络发表: 2021-12-09

*通讯作者, Emails: likai@zzu.edu.cn (李恺); zhzp@zzu.edu.cn (张宗培); 15093342996@139.com (何占航)

基金资助: 郑州大学本科教育教学改革研究与实践项目(2020zzuJXLX002, 2020zzuJXLX062)

1 赛会情况介绍

“第12届全国大学生化学实验邀请赛”原定于2020年7月在郑州大学举办,受2020年新冠肺炎疫情的影响,延期至2021年举办。本次邀请赛原计划邀请来自全国45所高校的135位选手和200余位老师参加,由于2021年6月广东地区新冠肺炎疫情反弹的影响,中山大学和华南师范大学受邀代表未能参赛。实验技术交流会上,共有26位报告人围绕化学实验教学、化学实验管理相关内容做了精彩的报告,其中有2个特邀报告和24个大会报告。报告展现了各位老师在化学实验教学和管理中的深入思考,报告内容丰富,现场讨论热烈。值得注意的是,本次交流会上各个高校的青年教师积极报告交流,展现了化学实验教学发展的勃勃生气。

依照惯例,本次邀请赛分为实验理论考试和实验操作考试两个部分,分别考查选手对化学实验室安全知识、实验基础理论知识、实验规范等知识的了解和掌握,以及实验基本操作、实验安排和设计、实验现象的观察和记录、仪器的使用和数据的采集、分析以及解决问题等能力。作为竞赛考试,考题的区分度较大,具有较强的适赛性,符合全国大学生化学实验邀请赛的竞赛宗旨^[1]。

本次邀请赛的会标以阿拉伯数字“12”和“化”字为原型组合而成,代表“第12届全国大学生化学实验邀请赛”(图1A)。外圈标注“第十二届全国大学生化学实验邀请赛”中英文名称,下端波浪造型半圆环带象征黄河,环带上印有“2021郑州大学”字样和郑州标志性建筑二七纪念塔、中原福塔、会展中心、大玉米楼等图案。赛会吉祥物“华豫”是一只微笑招手的小象(图1B)。大象是河南的代表,吉祥物表达了郑州大学的师生热情欢迎兄弟院校的老师 and 同学们来参加本次赛会的情感。“华豫”取“化遇”的谐音,代表参会者通过“化学实验邀请赛”这一机缘相遇。

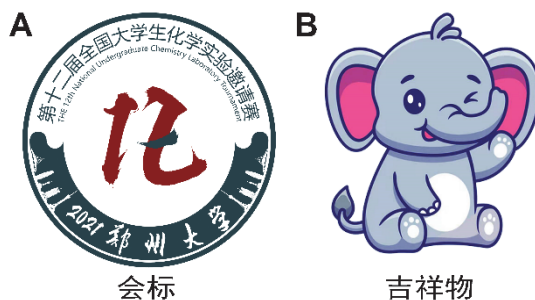


图1 第12届全国大学生化学实验邀请赛会标和吉祥物

本次邀请赛在选手选拔的过程中遇到了和往届不同的意外情况。按照惯例,选手由各个参赛高校按照三年级学生比例的30%提交名单至组委会,通过抽签形式确定3名参赛选手。然而,由于比赛同期有多所高校和科研院所举办研究生招生夏令营,导致17所高校第一轮抽签出的部分学生无法参赛,占总参赛学校的40%。组委会经过慎重讨论,进行了参赛选手补抽签工作,21名同学递补参赛,占总参赛人数的16%。赛后分析,造成这一结果的主要原因是在新冠肺炎疫情影响下,化学专业本科生毕业出国人数锐减,国内高校深造成为绝大多数学生的毕业首选,而参加实验邀请赛的恰好为三年级学生,造成邀请赛和各个高校招生夏令营的“撞车”。因此,如何通过调整比赛时间或调整参赛选手范围,促进未来赛事的顺利开展,成为与会代表们讨论的热点问题。

2 笔试题题型及考核模块说明

本次邀请赛选手的比赛总成绩由实验笔试考试成绩(30%)和实验操作考试成绩(70%)两部分组成。试题由郑州大学化学学院不同专业方向的十余名老师共同命题完成,考查学生对化学实验安全知识、实验常识、实验技能的掌握,以及利用化学知识解决实验问题的能力。本文主要介绍邀请赛实验笔试考试试题的相关情况,实验操作考试试题的相关解析将另外撰文说明。实验笔试考试时间

为3小时, 题型为单项选择题, 共150道, 总分150分。其中, 一般选择题70道(1–70题), 考查学生对某些特定知识点的了解与掌握; 综合选择题80道(71–150题), 以案例的形式, 融合化学实验知识, 重点考查学生灵活应用化学知识、综合解决化学实验问题的能力。考试内容中, 实验安全相关内容占比约10%, 实验常识和基本操作占比约10%, 无机化学、有机化学、分析化学和物理化学实验技术各占比约20%。

实验安全知识是化学专业学生必须具备的最重要的基本素质, 也是历届化学实验邀请赛考查的重点。本届赛事中, 除了实验操作考试中有相关的内容要求外, 实验笔试也对此进行了多方面考查。通过实验笔试, 全方面考查学生对水电气安全知识(第2、8、9、15题)、实验室防火知识(第5题)、化学品毒性知识(第7题)、化学品储存和使用安全知识(第6、16题)、化学安全防护知识(第10、12、14题)等内容的掌握, 同时也考查学生利用所学知识, 排查实验安全隐患(第22题)、分析实验事故原因(第18题)等综合能力。以第18题为例, 本题列举了实验室的4个实验事故, 要求学生对实验事故的原因进行分析, 以案例的形式综合考查了封管、鼓风干燥箱、电磁炉、马弗炉等操作中的安全要点, 以及压力操作和防火安全的相关知识, 具有较强的综合性和适赛性。

由于考试的竞赛特性, 实验常识和基本操作试题除了部分基础实验知识外, 还将一些平时在实验室或课本上习以为常的标注、标准、缩写等知识进行扩展, 编排成试题, 重点放在考查学生对化学实验基本常识的探究深度上, 只有平时对化学实验细心了解的同学才能较好地作答。例如, 第4题考查了气体钢瓶钢印标志的含义, 第21题考查了实验室用水的等级划分标准, 第23题考查了不同负压装置的真空度标准, 第28题考查了常见标准符号代码的具体意义等。这些内容虽然不完全是教科书或教学大纲的要求内容, 却是所有化学工作者都会常常接触到的, 因此, 可以很好地考查选手在平时实验学习或科研训练中的观察和探索程度。此部分试题中, 命题人还将化学知识与日常生活相关联, 例如第3题将化学原理和烹饪相结合, 要求学生利用所学的化学知识解释日常烹饪中的一些现象, 提高了竞赛试题的趣味性。

化学实验技术试题中, 命题人根据各学科的不同特点进行有针对性的命题, 注重考查选手“灵活运用知识解决化学实验问题”的能力。

无机化学实验技术的试题中, 命题人重点关注选手对于无机化合物特性和无机实验操作原理等基础内容的考理解。以第82–86题为例, 题目通过对商业化锂离子电池重要组分六氟磷酸锂(LiPF_6)的分析方法介绍, 综合考查选手对实验中发生的化学反应产物的判断、对实验方法的了解、对实验操作原理的掌握等。

有机化学实验技术试题模拟实际有机化学研究中的文献阅读过程, 以案例分析为主(第94–98题、99–103题、104–107题), 通过详细介绍某有机实验流程, 从中提炼实验操作原理和实际操作的相关问题。这样的考查形式, 对经过科研实训、有一定文献阅读能力的学生来说更容易取得较为理想的成绩。

物理化学实验技术的考查也以综合题为主(第127–134题、135–141题、142–150题), 考查学生对物理化学测试原理和方法的掌握情况。以135–141题为例, 题目以化学电源为背景, 考查学生对电解质溶液、可逆电池电动势和电解与极化等三部分电化学知识和实验技能的理解和掌握。其中, 电解质溶液部分题目主要考查学生对离子迁移数概念和界面移动法测定离子迁移数原理的理解, 对电解质溶液导电机理及其与金属导体导电机理差异的理解, 以及电导的影响因素和电导测定的各种应用。同时考查学生对测定离子迁移数和溶液电导实验中实验现象的观察能力。可逆电池电动势部分均以电动势测定实验为题干, 要求学生掌握可逆电池电动势的概念和测定原理, 熟悉实验中所用仪器以及测定时的实验现象。电解与极化部分考查学生对电极极化概念的理解, 了解电极极化的原因和不可逆电极电势的测定方法, 进一步了解影响极化的因素和极化在金属防腐中的应用。

分析化学实验技术内容较为琐碎, 与其他实验技术多有交叉, 本次笔试题目涵盖了化学分析和仪器分析的很多知识点。化学分析包括: 重量法、酸碱滴定、络合滴定、非水滴定, 以及氧化还原滴定中的高锰酸钾法、碘量法和重铬酸钾法等; 仪器分析包括分光光度法、原子光谱法、红外光谱

法、色谱法、电化学分析法、热分析方法、质谱分析法和核磁共振波谱法, 涉及衰减全反射傅立叶变换红外技术、毛细管电泳、离子交换色谱、离子选择性电极、伏安分析、电解分析、胶体金技术、磁微粒化学发光等内容。除了有实验操作的知识点之外, 还有误差分析和理论计算等, 覆盖了分析化学课程大纲所要求的大部分基本实验技术, 并进行了一定程度的拔高, 使之更适合于竞赛考试。

3 实验笔试题特点

相较于往届邀请赛的笔试题, 本次邀请赛的题目具有如下特点:

(1) 注重结合社会经济发展热点和科学前沿进行命题, 并且融入课程思政内容。例如, 综合题第75–81题结合空间探索的社会热点, 以长征系列运载火箭推进剂偏二甲肼为载体, 考查无机化合物制备、检测、分析等相关知识。又如, 综合题第87–89题, 介绍了近年来十分引人注目的化学机器人(Chempoter)的相关知识和理论^[2], 并以此为载体, 考查了有机溶剂沸点、化学品易燃易爆特性等实验知识。再如, 综合题第90–93题, 以聚集诱导发光(AIE)理论为载体^[3], 考查选手对溶剂互溶特性、相似相溶原理、有机试剂重蒸操作等内容的掌握, 同时, 展示中国科学家的开创性研究成果, 提升参赛学生的民族自尊心和自豪感。再如, 综合题第108–112题, 结合时事热点, 从《新型冠状病毒肺炎防控方案(第8版)》中取材^[4], 以荧光分析法、84消毒液等为载体, 考查学生相关仪器分析和分析化学实验知识。此外, 本次命题中还涉及锂离子电池电解液成分分析(第82–86题)、温室气体二氧化碳的转化(第142–150题)等学科前沿热点问题, 突出了化学理论联系实践的特点。

(2) 扩展了化学实验相关知识的考核范围。例如, 前文所提到的第4题、第21题、第23题和第28题的考查内容皆为化学工作者需要掌握的常识性问题。以28题为例, 以往竞赛对现代化工业体系中标准制度基本上没有涉猎, 而且在化学类及相近专业学生的培养过程中, 这方面的知识也被无意忽略了, 绝大多数硕士研究生对于标准体系所知甚少, 一些博士研究生也了解不多, 因此, 加强这方面的培训或学习十分必要。赛后分析表明, 第21题的得分率为46%, 说明还是有一部分同学对实验室用水的纯度有所了解; 第23题的得分率仅为25%, 与4个选项蒙对一个的概率相同, 说明同学们对负压装置的真空度标准几乎没有概念; 第28题的得分率为91%, 说明参赛高校的大多数同学对现代化工业体系中标准制度有所了解, 即使不是完全知道所有标准字母代码所表达的含义, 也可以通过排除法得到正确的答案。

(3) 题目的综合性程度较高。题目的综合性不仅体现在71题之后的综合大题中, 即使在70题之前的分散性题目中, 也得到了贯彻和执行。比如13、17和22等题目, 在选项的设置方面, 把基础实验中的相关知识和相关技能充分融合, 在有限的题目空间中, 尽最大可能考查学生的综合素养。例如第13题, 每个选项所包含的实验化学要素都在三个不同范畴, 如选项B就包含: 常见折光率仪的测量精度、溶液pH的结果表达以及光度法中有色溶液吸光度的恰当范围等方面。

(4) 题目融入东道主郑州大学本身的学科特色。例如, 综合题第127–134题介绍了由郑州大学化学学院刘寿长教授开发的苯选择加氢制环己烯成果^[5], 该成果成功完成了工业化应用, 使我国成为世界上第二个掌握该项技术并拥有完全自主知识产权的国家。以该成果为载体, 命题者巧妙地将化学动力学、精馏方法、仪器分析技术、离心分离操作、粘度测定操作等知识点融入题中, 设计成一道考查选手综合化学实验能力的试题。

4 答题情况与成绩分析

实验笔试中, 绝大多数考生都能在规定时间内完成答卷, 约20%的选手在120 min后完成了答卷, 提前交卷, 说明考试题量基本合适。笔试成绩的分析统计结果如图2和图3所示。从图2可以看出, 分数分布呈现出较好的正态分布。最高分104分, 最低分50分, 显示出较好的区分度。尤其值得注意的是, 对于多数参赛学校来说, 每校的三名选手的得分都较为接近, 这在一定程度上反映了该校的实验教学质量。

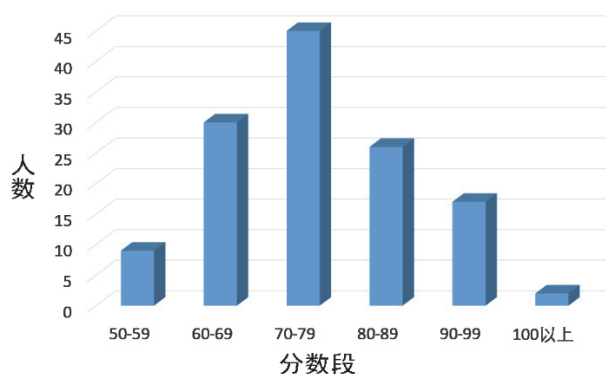


图2 实验笔试成绩分布

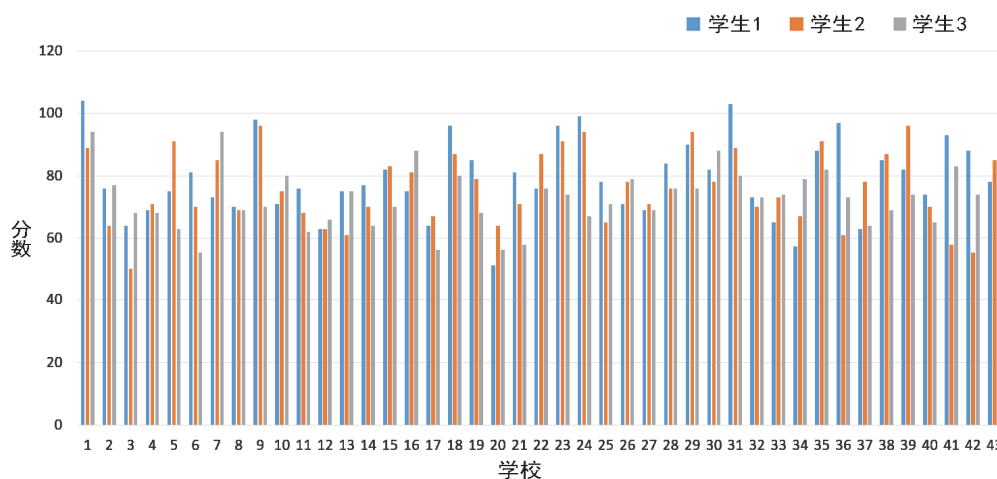


图3 实验笔试成绩表

电子版为彩图

本次实验笔试各题目的回答正确率如图4所示。可以看出，无机及分析化学相关试题得分率较高，物理化学相关试题得分率较低。这一方面反映出选手对物理化学相关实验知识的掌握较为薄弱，另一方面也反映出物理化学学科本身较为抽象、实验技术较为复杂的特点。同时，由于物理化学实验仪器成本相对较高，许多实验为小组合作式开展，也会导致部分学生对相关知识掌握的欠缺。而无机化学实验和分析化学实验教学中，多数实验都可做到单人组，教学效果也相对较好。

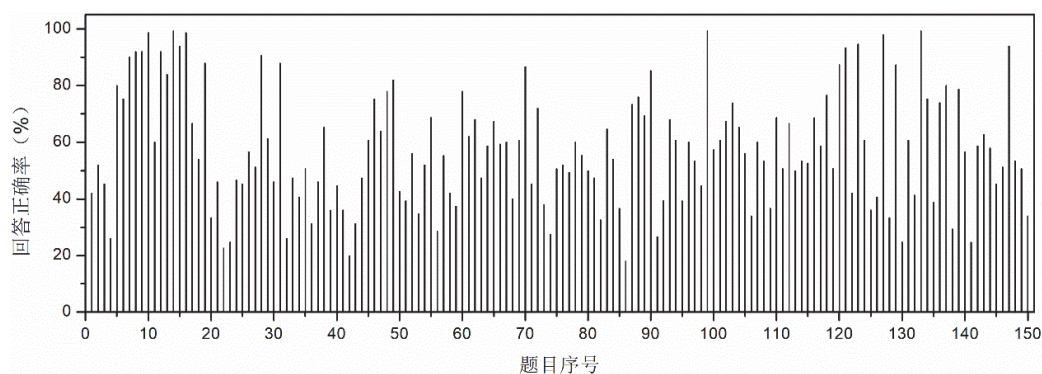


图4 实验笔试题目回答正确率

5 结语

第12届全国大学生化学实验邀请赛已圆满结束。在疫情防控的特殊背景下,参赛选手表现出了优秀的组织性、纪律性,积极配合组委会的安排,使各项日程都能够顺利完成。本次比赛的实验笔试命题围绕教学大纲,融合学科发展前沿内容进行了拓展,具有较好的适赛性。考试结果区分度明显,符合赛前预期。

参 考 文 献

- [1] 段连运. 大学化学, **2002**, 17 (5), 64.
- [2] Sebastian, S.; Jakob, W.; Stefan, G.; Anna, A.; Jarosław, M. G.; Graham, K.; Trevor, H.; Gerardo, A. C.; Philip, J. K.; Davide, A.; *et al.* *Science* **2019**, 363, eaav2211.
- [3] 李恺, 何占航, 李中军, 臧双全. 大学化学, **2021**, 36 (3), 2009025.
- [4] 国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情联防联控机制综合组. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案. 第8版. [2021-09-20].
http://www.gov.cn/xinwen/2021-05/14/content_5606469.htm
- [5] 刘仲毅, 刘寿长, 李中军. 苯选择加氢制环己烯催化技术. 北京: 科学出版社, 2017.