

我国化学奥林匹克竞赛研究综述

成丹¹, 刘珮云¹, 罗春², 高玲香^{1,*}

¹ 陕西师范大学化学化工学院, 西安 710119

² 陕西师范大学附属中学, 西安 710061

摘要: 通过对我国化学奥林匹克竞赛(以下可简称“化学奥赛”或“竞赛”)相关文献的回顾和梳理, 发现我国学者对国内化学奥赛的研究主要集中在五个方面, 包括竞赛试题解析、竞赛培训策略、地区现状研究、竞赛评述研究以及国内外化学奥赛对比分析。结果发现: 试题研究和竞赛培训是两大研究热点, 关于某一地区化学奥赛发展现状的研究则较少, 仅仅只对几个地区开展了研究。在竞赛培训研究中, 学者除了聚焦学生思维、解题技巧方面的培养, 逐渐开始关注学生的兴趣、自主学习以及合作学习, 而且随着化学学科核心素养的提出, 也陆续有一些学者开展这一化学教育热点与化学奥赛的相关研究(主要集中在试题研究和竞赛培训两大领域)。

关键词: 中国化学奥林匹克竞赛; 研究综述

中图分类号: G64; O6

The Review on Chinese Chemistry Olympiad

Dan Cheng¹, Peiyun Liu¹, Chun Luo², Lingxiang Gao^{1,*}

¹ School of Chemistry & Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China.

² The High School Affiliated to Shaanxi Normal University, Xi'an 710061, China.

Abstract: By reviewing and combing the literatures about Chinese Chemistry Olympiad (referred to as CChO), it was found that the studies on CChO by Chinese scholars are concentrated in five parts, including the analysis of the competition test questions, the strategies of training competition, the competition situation of regional area, the commenting on competitions and the comparative analysis of domestic and international Chemistry Olympiad. The results suggest that the competition test questions and the strategies of training competition are two major hotspots. There are only a few studies on the development in Chemistry Olympiad of regional area. In the researches on the strategies of training competition, Chinese scholars have focused on the cultivation of students' thinking and problem-solving skills and gradually began to pay attention to the students' interest, independent learning, and cooperative learning. As the core literacy of chemistry is proposed, some scholars have successively carried out the studies in the combination of the chemistry education hotspots with Chemistry Olympiad (mainly focus on the test questions and the strategies of training competition).

Key Words: Chinese Chemistry Olympiad; The review of research status

自1984年以来, 中国化学会连续多年组织了中国化学奥林匹克竞赛(Chinese Chemistry Olympiad, CChO)活动, 青少年通过参加化学奥赛极大地提高了对化学的兴趣, 提升了科学素养,

并且化学奥赛对促进化学教学改革也产生了积极作用。我国化学教育研究者非常关注这一重要赛事,至今已有许多有价值的研究成果。我国化学奥林匹克竞赛分为三个阶段:省级预赛;中国化学奥林匹克(初赛),简称“初赛”;中国化学奥林匹克(决赛),简称“决赛”。决赛后获金奖进入全国集训队的选手通过培训测试选拔出4名国家队选手代表中国参加国际化学奥林匹克竞赛(International Chemistry Olympiad, IChO),参赛地区辐射全国,且和国际化学奥林匹克竞赛接轨,整个竞赛体系已相当成熟完善,已经成为了一项极具影响力的高中生化学学科竞赛活动。随着化学奥赛在国内的不断发展,各级学者、专家和竞赛辅导教师纷纷从不同方面、不同角度对此展开了研究。本文笔者通过中国知网以“化学竞赛”“化学奥赛”分别为主题词进行检索,对化学奥赛相关文献进行总体梳理,分析我国化学奥赛研究现状,得出其研究特点和趋势,为化学奥赛研究者提供有价值的参考。

1 研究视域

我国学者对国内化学奥赛的研究视角主要集中在以下方面:(1)竞赛试题解析;(2)竞赛培训策略;(3)地区现状研究;(4)竞赛评述研究;(5)国内外化学奥赛对比分析。

1.1 竞赛试题解析

对于国内化学奥赛试题的研究占很大比重,其中可分为四种类型:单道试题分析,某届试题分析,试题系统性分析以及解题方法研究。

1.1.1 单道试题分析

从1996年至今,几乎每一年都有学者发表此类文章,例如:“赏析一道值得玩味的化学竞赛题”“由一道化学竞赛题引发的质疑和思考”“一道竞赛试题的思考”“值得推荐的一道化学竞赛题”等。研究者主要是对竞赛的某一道试题深入分析,这样的试题往往是好题、难题或者有争议的题目。例如李传雄^[1]指出1998年湖北省预赛题中第30题是一道好题目,认为其培养了学生的能力,进而对此题进行了详细解析。陈辉^[2]指出,2002年的一道山东省预赛题基本涵盖了高中化学的重要知识点并注重化学与实际生活、生物技术、高新技术的联系,也更注重科学方法和态度的培养,由此对其进行了深入分析。向玉耀^[3]对第21届初赛试题第2题进行分析之后,认为该道试题考查了学生的综合素质,对高中化学教学以及竞赛辅导有很强的指导意义。叶书林和洪赛君^[4]对2007年浙江省预赛题第14题的D选项提出了质疑,并对其进行了证伪,认为教师在教学过程当中应具有批判和质疑精神。随后朱殿飞^[5]对叶书林的这一文章的结论又提出了质疑,并给出了详细的证明过程。

1.1.2 某届试题分析

这类研究内容主要是对地区预赛、某届中国化学奥林匹克(初赛、决赛)或者国际化学奥林匹克竞赛进行整体或部分热点题型(主要包括有机化学、无机化学和实验试题)的详细解析,以期为学生和竞赛指导教师提供参考。例如贺麒麟等^[6,7]对第29届初赛和决赛试题分别进行了详尽的解析,提供了解题思路和计算过程。常泰维等^[8-16]连续发表多篇文章,对第30、31届初赛、决赛试题进行了解析。胡傲然等^[17]将第32届初赛中有机化学试题考点与前两年进行了对比,发现结合题目信息分析的考题有所增加,并对第32届初赛有机试题进行了详细分析。

1.1.3 试题系统性分析

这类文献是对连续多年的竞赛试题进行系统性分析,主要包括两部分:试题整体性研究和热点题型研究。

对试题整体性研究的这部分文献多为硕士学位论文,从不同角度对连续多年的试题进行统计分析,得出竞赛试题的发展趋势及特点,以期对竞赛教学提供参考。席兰云^[18]从知识点、知识水平、能力水平、试题类型等多个方面对第6-17届初赛试题进行了系统分析,为中学化学教学和竞赛辅导提供了非常有价值的参考。张玲^[19]从学科知识和学科能力两个角度出发,系统分析了第15-24届初赛试题、第20-24届决赛试题以及第15-24届决赛实验试题,并最终建构出化学学科能力结构模型。随后也出现了多篇研究竞赛试题考查学生能力水平的文章。再之后随着化学学科核心素养的提出,开

始有研究者从化学学科核心素养的角度对竞赛试题进行分析,曹坚等^[20]从知识水平、能力水平、素养水平对第28–32届初赛试题进行统计分析,指出在化学教学中应注重将知识、能力与素养相融合,以促进化学教育的发展。吴双^[21]从试题类型、知识层次及核心素养等模块统计分析了第29–33届初赛试题,并总结出化学奥赛对化学教学的启示。可以看出,研究者对竞赛试题的研究紧随时代教育热点,以期能够更加全面、科学地分析化学奥赛试题。

对热点题型的研究则是对连续多年的竞赛试题中某一学科领域题型进行专题研究,例如无机化学、有机化学、热力学、电化学、晶体结构、氢键等,其中对有机化学题型的研究居多。朱彬和赵从军^[22]分析了第15–24届初赛的有机化学试题,得出了其特点和规律。刘彩婷和郑兴^[23]从知识角度出发,全面并深入分析了第29–31届初赛中的晶体结构试题,认为这三届试题整体难度不大,注重基础和应用,培养学生的探究能力和创新型思维。

1.1.4 解题方法研究

研究者对化学奥赛试题的解题方法研究主要包括针对某一热点题型(化学平衡、有机化学推断、共棱八面体、键级的计算、猜谜题、Michael加成反应、晶体结构、有机部分、信息给予题、电化学、配合物等)的解题方法、对竞赛试题的通用解题方法以及一些思想、方法在竞赛当中的应用。例如,贾龙贤和王茜^[24]论述了建模思想,列举出了五种建模方法,并将这些建模方法在一些化学奥赛试题当中进行了应用,认为应用此方法能够拓宽学生的思维领域,有效提高学生发现、分析、解决问题的能力。王伟和黄秀玲^[25]将数学归纳法在化学奥赛试题中进行了具体应用。徐嘉伟等^[26]提出了一套针对化学奥赛中化学平衡题的解题方法(“列表–设未知数–计算分压–计算平衡常数–求解”),并利用此方法在一些典型试题中进行了应用。赵根厚^[27]提出了化学奥赛试题的五种解题思维方法,分别为类比联想、排除确认、猜想求证、顺藤摸瓜、由果推因。

1.2 竞赛培训策略

本部分研究在化学奥赛相关文献中占比最重。从我国开展化学奥赛开始,平均每年至少有三篇及以上的相关文章发表。该类文献主要是一些竞赛辅导教师基于自己的辅导经验所提出的培训辅导方法,例如李国成^[28]认为竞赛辅导应认真研究考试大纲、试题,正确选择“竞赛苗子”以及要有全程规划,并提出了辅导过程中应注意的三个问题。也有一些探究培训模式的硕士学位论文,例如,曾羽^[29]初步提出了“以自主学习为主线,提高能力为核心”的培训模式。丁萍^[30]在对第20–24届化学奥赛试题以及江苏省竞赛现状进行详细分析之后,初步构建了江苏省化学奥赛培训模式——“以学生为主体,以教师为主导,以训练为主线”。化学学科核心素养提出之后,则有学者开展了竞赛辅导与培养学生化学学科核心素养关系的研究,韩闽江^[31]最先从化学学科核心素养出发,构建了化学奥赛培训模式,并指出在培训模式与化学核心素养相结合下,自己所在学校的化学奥赛团队取得的成绩逐渐变好。史永鑫^[32]则基于化学学科核心素养,设计出了针对竞赛特长生的“离子反应”导学案。也有一些学者关注竞赛辅导中对学生兴趣、能力、素质以及合作学习的培养,例如严业安^[33]对引导学生兴趣的倾向性、维持兴趣的稳定性、拓展兴趣的广阔性、提升兴趣的效能性四个方面提出了一些有效的辅导方法。鄢斌^[34]认为竞赛辅导中培养学生的自学能力是十分有必要的,其中包括自我阅读能力、化学思维能力、化学实验能力。吴伟丰^[35]为了培养学生的实验素质,提出了实验当中的一些注意事项。蒋泓^[36]提出在竞赛教学中应引入新的学习模式——合作学习,并指明了合作学习在实际辅导中的实践方式。

1.3 地区现状研究

化学奥赛在国内的发展很不平衡。该类文献主要是研究者通过问卷调查以及访谈的形式对所在省份或地区(例如黑龙江、内蒙古、贵州、甘肃、江西、江苏、湖南等)化学奥赛的发展现状进行研究,并针对暴露出来的问题提出应对策略。例如李晶晶^[37]采用问卷调查法和访谈法揭示了湖南省的化学奥赛发展现状:成绩亮眼、组织有序,有一套完整系统的培训模式,但也显露出竞赛资源高度集中、常规教学与竞赛教育的平衡等问题,最后提出了一些应对策略。桂耀荣^[38]通过问卷调查和访谈对江

西省化学奥赛进行了调查分析,揭示了其现状。苏文和王喜贵^[39]为了解内蒙古地区化学奥赛的现状,对该地区12所学校的高中生进行了问卷调查,分析后发现化学奥赛在内蒙古地区的普及推广程度较低、对竞赛不够重视,提出学校、教师和学生应积极正确地认识并参与化学奥赛。总体来看,针对该部分研究的文献较少。

1.4 竞赛评述研究

我国的高中化学奥林匹克竞赛已开展多年,人们对化学奥赛的态度和看法也是形形色色,有人支持化学奥赛,有人以功利性的眼光看待化学奥赛,更有人坚决反对加入化学奥赛,认为这是一种畸形的教育。面对这些争议,只有对化学奥赛进行全面的说明和评述,论述其宗旨、目的、特点、作用以及影响等等,才能帮助老师、学生和家长更加客观科学地认识化学奥赛,因此该部分文献的重要性就更加凸显了出来。陆泉芳^[40]认为化学奥赛是大学化学与中学化学相结合的中间化学,可紧密联系化学前沿,展示出了化学艺术,促进了课程体系和教学内容的改革和教师教学思想的转变,同时培养了竞赛选手的综合素质,因此应吸引更多青少年加入到竞赛培训中来,造就更多的高素质人才。此外也有不少学者分析论述了化学奥赛对中学化学教育,素质教育,中学化学教改,学生的创新素养、思维能力、科学素养等方面的作用影响。景一丹和肖小明^[41]、郑代明^[42]、张天宏^[43]、蔡志武^[44]和武曲寅^[45]都针对化学奥赛对学生思维能力的影响进行了分析研究,足可以看出其对学生思维培养的重要作用。张家登^[46]提出学生通过参加化学奥赛活动,非常有助于创造力的培养。张庆^[47]认为化学奥赛激发了学生对科学的兴趣,有利于学生形成发展性、研究性的知识结构,有利于培养学生开拓型的智力、能力和创造性思维能力,对培养学生科学素养的作用是非常重要的。顾锡菊^[48]论述了化学奥赛的目的和试题特点,并提倡合作式学习、研究性学习、实验探究、网络化交流等各种教与学的方式,体现以学生的发展为中心的教学。不过自从“化学学科核心素养”提出之后,至今还未有学者提出化学奥赛对学生化学学科核心素养的作用与影响。

1.5 国内外化学奥赛对比分析

该部分文献是针对国外(主要包括美国、英国、韩国、加拿大、德国、波兰等国家)的化学奥赛试题、概况进行研究,以期能够对我国化学奥赛提供参考和启示。叶晨等^[49]对加拿大高中生化学奥林匹克竞赛赛制进行了分析研究,并将其与我国化学奥赛赛制进行了对比。随后,叶晨和张文华^[50]又对2009年加拿大化学奥赛试题进行了分析,认为该试题注重基础,与现实生活和科学前沿联系紧密,并且充分体现了“科学素养的培养”的课程理念,提出我国化学奥赛试题应加强与社会、生活以及科学前沿的结合。赵芹等^[51]对加拿大高中生化学奥林匹克竞赛的试卷结构和内容比例进行了介绍,分析了其试题特点,据此认为我国化学奥赛应适当调适竞赛目的、适当降低试题难度、重视STS (science科学、technology技术、society社会)教育理念。罗宵山和王后雄^[52]对加拿大化学奥赛进行了简要的介绍,并详细分析了2012年加拿大化学奥赛试题,认为其试卷难度层次分明、注重学科知识融合并涉及多种情境,最后指出对我国化学奥赛的启示。可以看出我国研究者对加拿大化学奥赛进行了多次全面分析,为我国化学奥赛提供了丰富的宝贵经验。

刘娟娟等^[53]介绍了美国化学奥赛的地区选拔赛试题并分析出其特点,对我国化学奥赛得出以下启示:应激发学生学习化学的兴趣、普及化学知识、注重培养学生的科学素养等。郭洪涛^[54]以2010年全英化学奥赛试题和中国化学奥赛初赛试题为例将中英两国化学奥赛初赛试题进行了比较与分析,认为我国化学奥赛试题难度较大。肖迎^[55]对2012年韩国化学奥赛试题进行了详细分析,认为该试题注重基础性、注重学科知识融合、与社会实际紧密联系考查角度具有多维性。张命华^[56]简要介绍了德国化学奥赛的概况,并对其竞赛试题进行了分析,认为德国化学奥赛试题难度与我国相比较更大,指出我国对竞赛生的培养应向德国开设的化学特长课程学习,提高对平时培训课程的要求。汤平发^[57]剖析了2009年和2011年波兰化学奥赛中的两道试题,认为其命题灵活,与我国初赛命题相当,但知识范围要求与我国相比更广,记忆性要求较低。采他山之石,琢本山之玉。我们应善于借鉴国外化学奥赛的精华之处,并结合本国化学奥赛的特点,不断提高国内的化学教育水平。

此外还有学者对化学奥赛的相关研究进行了综述,以期发现其特点和趋势。通过检索发现该类文献仅仅只有两篇。颜茗彦^[58]对国内和国外的化学奥赛相关文献进行了梳理分析,依据时间线将国内和国外相关文献研究分别分为四个阶段,并概述了每一阶段的研究特点,认为国外研究的广度和深度比起国内要略胜一筹,最后预测出“竞赛与教育和教学”这一研究热点后续会更炙手可热,并且化学奥赛与心理学、互联网+相结合的研究也会越来越多。随后黄泰荣^[59]利用BICOMB (Bibliographic Items Co-occurrence Matrix Builder,即书目共现分析系统)、UCINET6 (University of California at Irvine NETwork,即一种社会网络分析软件)与SPSS 22 (Statistical Product and Service Solutions,即“统计产品与服务解决方案”软件),对中国知网中化学奥赛的相关文献进行了社会网络分析、系统聚类分析和多维尺度分析,认为当前国内化学奥赛的研究内容分为竞赛试题研究、教育教学研究和教育心理研究三大领域,并提出可拓展化学奥赛与化学学科核心素养、心理学、信息技术相结合的研究。可以看出,两位学者对化学奥赛相关研究的预测相一致,能够对我国化学奥赛的研究和发展提供有效的参考价值。

2 分析与讨论

基于对相关文献的梳理和分析,发现我国关于化学奥赛的研究存在以下特点:

1) 试题研究和竞赛培训为两大研究热点。试题研究往往是为了能够更好地服务于教学,为竞赛教学提供有价值的参考和启示。其次在竞赛辅导中,学者除了关注学生思维、解题技巧方面的培养,逐渐开始关注学生的兴趣、自主学习以及合作学习。

2) 随着化学奥赛的普及程度越来越高,竞赛与高考相结合的研究也开始崭露头角,意味着这两者将不再是彼此坚决独立的分支,因此高考和竞赛的联系、区别以及彼此可供借鉴的地方将可能会成为学者们的研究方向。

3) 随着化学学科核心素养的提出,已经陆续有一些学者开展这一化学教育热点与化学奥赛的相关研究。在竞赛试题研究中,研究者除了关注试题当中考查的知识、能力以及思维,也逐渐开始关注化学学科核心素养;在竞赛教学研究中,研究者也开始着手去探究基于化学学科核心素养的培训模式。

4) 关于某一地区化学奥赛发展现状的研究较少,仅仅只对几个地区(黑龙江、内蒙古、贵州、甘肃、江西、江苏、湖南等)开展了研究。通过学者的研究可以很明显地发现,竞赛强省的化学奥赛比起竞赛弱省普及程度更高、家长学校学生对其的重视程度更高、学生获得的成绩水平更高、竞赛辅导资源更加丰富等等。因此,针对如何有效促进我国化学奥赛弱省的发展应引起各位学者的重视。

5) 自我国1987年参加国际化学奥林匹克竞赛以来,之后的十年之内未有学者研究其他参赛国家的化学奥林匹克竞赛,直到21世纪初才逐渐开始有学者关注国外的化学奥赛状况,但总体上此类研究的数量不是很多。

综上所述,可以预测,在后续化学奥赛的研究中化学学科核心素养会占据一席之地,二者将更加融合;此外,学者关注的不再仅仅是少数尖子生的培养,更是将竞赛当中所涉及到的思维、素质、兴趣、自主学习意识以及合作学习意识辐射到全体学生的培养。最后,希望研究者们可以对我国化学奥赛弱省的发展以及国外的化学奥赛给予更多的关注,以促进我国化学奥赛朝着更好的方向发展。

参 考 文 献

- [1] 李传雄. 化学教育, 2000, No. 5, 42.
- [2] 陈辉. 中学理科, 2002, No. 10, 44.
- [3] 向玉耀. 化学教学, 2008, No. 9, 55.

- [4] 叶书林, 洪赛君. 化学教学, **2014**, No. 12, 85.
- [5] 朱殿飞. 化学教学, **2015**, No. 6, 94.
- [6] 贺麒麟, 米天雄, 孙桐, 杨中天, 余子迪, 柳晗宇. 大学化学, **2015**, 30 (5), 69.
- [7] 陈胤霖, 贺麒麟, 黄禹铨, 柳晗宇, 孙桐, 唐麒, 杨中天, 余子迪. 大学化学, **2016**, 31 (2), 46.
- [8] 常泰维, 陈胤霖, 崔竞蒙, 董学洋, 柳晗宇, 鲁亮, 潘书廷, 孙泽昊. 大学化学, **2016**, 31 (12), 90.
- [9] 常泰维, 陈胤霖, 崔竞蒙, 董学洋, 柳晗宇, 鲁亮, 潘书廷, 孙泽昊. 大学化学, **2017**, 32 (1), 106.
- [10] 常泰维, 陈胤霖, 崔竞蒙, 董学洋, 柳晗宇, 鲁亮, 潘书廷, 孙泽昊. 大学化学, **2017**, 32 (2), 98.
- [11] 常泰维, 陈胤霖, 崔竞蒙, 董学洋, 柳晗宇, 鲁亮, 潘书廷, 孙泽昊. 大学化学, **2017**, 32 (3), 89.
- [12] 常泰维, 陈胤霖, 崔竞蒙, 董学洋, 柳晗宇, 鲁亮, 潘书廷, 孙泽昊. 大学化学, **2017**, 32 (4), 88.
- [13] 常泰维, 戴昱民, 方润亭, 李宇轩, 孙斯达, 孙泽昊, 王泽淳, 曾承禹, 张宇婷. 大学化学, **2018**, 33 (1), 73.
- [14] 常泰维, 戴昱民, 方润亭, 李宇轩, 孙斯达, 孙泽昊, 王泽淳, 曾承禹, 张宇婷. 大学化学, **2018**, 33 (2), 82.
- [15] 常泰维, 戴昱民, 方润亭, 李宇轩, 马亦然, 孙泽昊, 王泽淳, 曾承禹, 张宇婷. 大学化学, **2018**, 33 (4), 79.
- [16] 常泰维, 戴昱民, 方润亭, 李宇轩, 马亦然, 孙泽昊, 王泽淳, 曾承禹, 张宇婷. 大学化学, **2018**, 33 (5), 83.
- [17] 胡傲然, 郝强, 玉占君, 姜笑楠. 化学教育(中英文), **2019**, 40 (17), 90.
- [18] 席兰云. 全国高中学生化学竞赛初赛试题分析和启示(硕士学位论文). 兰州: 西北师范大学, 2004.
- [19] 张玲. 基于学科知识和学科能力的NChO试题系统研究(硕士学位论文). 上海: 华东师范大学, 2011.
- [20] 曹坚, 李雪, 李凤姣, 肖小明, 景一丹. 化学教育(中英文), **2019**, 40 (15), 92.
- [21] 吴双. 奥林匹克化学初赛试题对教学启示的研究(硕士学位论文). 固原: 宁夏师范学院, 2020.
- [22] 朱彬, 赵从军. 遵义师范学院学报, **2011**, 13 (5), 134.
- [23] 刘彩婷, 郑兴. 化学教育(中英文), **2020**, 41 (1), 106.
- [24] 贾龙贤, 王茜. 中学化学教学参考, **2009**, No. 5, 57.
- [25] 王伟, 黄秀玲. 中国科教创新导刊, **2009**, No. 3, 91.
- [26] 徐嘉伟, 邓力克, 陈晓峰, 方敏, 包建春, 吴勇. 化学教育(中英文), **2020**, 41 (23), 100.
- [27] 赵根厚. 中学化学教学参考, **2002**, No. 10, 45.
- [28] 李国成. 文理导航(中旬), **2018**, No. 7, 72.
- [29] 曾羽. 四川省高中生化学竞赛培训模式初探(硕士学位论文). 成都: 四川师范大学, 2006.
- [30] 丁萍. 江苏省高中生化学竞赛培训模式的研究(硕士学位论文). 南京: 南京师范大学, 2011.
- [31] 韩闽江. 以素养为本的高中化学竞赛培训模式研究(硕士学位论文). 武汉: 华中师范大学, 2018.
- [32] 史永鑫. 新课程导学, **2019**, No. 19, 32.
- [33] 严业安. 化学教育, **2012**, 33 (6), 72.
- [34] 鄢斌. 科学咨询(教育科研), **2016**, No. 5, 64.
- [35] 吴伟丰. 教学仪器与实验, **2013**, 29 (5), 49.
- [36] 蒋泓. 新课程(中学), **2019**, No. 1, 140.
- [37] 李晶晶. 湖南省高中化学竞赛发展现状与策略研究(硕士学位论文). 长沙: 湖南师范大学, 2020.
- [38] 桂耀荣. 化学教与学, **2014**, No. 10, 70.
- [39] 苏文, 王喜贵. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), **2008**, 21 (4), 127.
- [40] 陆泉芳. 化学教育, **2006**, No. 7, 60.
- [41] 景一丹, 肖小明. 化学教育, **2007**, No. 11, 58.
- [42] 郑代明. 宁德师范学院学报(自然科学版), **2011**, 23 (4), 434.
- [43] 张天宏. 中学生数理化(学研版), **2013**, No. 5, 46.
- [44] 蔡志武. 考试周刊, **2018**, No. A4, 162.
- [45] 武曲寅. 科学咨询(教育科研), **2019**, No. 12, 263.
- [46] 张家登. 江西化工, **1996**, No. 3, 15.

- [47] 张庆. 课程教育研究, **2013**, No. 13, 184.
- [48] 顾锡菊. 传奇. 传记文学选刊(教学研究), **2013**, No. 6, 67.
- [49] 叶晨, 张文华, 叶蓓. 现代中小学教育, **2010**, No. 10, 75.
- [50] 叶晨, 张文华. 化学教育, **2010**, 31 (11), 89.
- [51] 赵芹, 王后雄, 熊彬舟. 化学教学, **2012**, No. 11, 79.
- [52] 罗宵山, 王后雄. 化学教育, **2014**, 35 (5), 79.
- [53] 刘娟娟, 马路平, 陈艳. 化学教学, **2011**, No. 4, 78.
- [54] 郭洪涛. 化学教育, **2013**, 34 (3), 70.
- [55] 肖迎. 化学教与学, **2013**, No. 7, 75.
- [56] 张命华. 中学化学教学参考, **2014**, No. 18, 70.
- [57] 汤平发. 中学化学, **2018**, No. 1, 54.
- [58] 颜茗彦. 化学教育(中英文), **2019**, 40 (23), 91.
- [59] 黄泰荣. 化学教育(中英文), **2020**, 41 (21), 108.