

单位代码 10635

学 号 112020316221669

西南大学

专业学位硕士学位论文

新高考背景下化工流程题的研究和教学
实践探索

论文作者：申晓洁

指导教师：石燕 高级实验师

专业学位类别：教育硕士

专业领域：学科教学（化学）

提交论文日期：2023 年 10 月 17 日

论文答辩日期：2023 年 11 月 25 日

学位授予单位：西南大学

中国 • 重庆

2023 年 11 月

摘要

化学是高考考查的选考科目之一，在新高考具有公平性、科学性、自主性的背景下，化学学科更加注重培养学生的化学学科核心素养、科学探究过程和方法以及解决问题的能力。本文研究的就是化学在高考里面的必考题型之一——化工流程题。将实际化学工业生产进行简化的化工流程题，以流程图的形式将主要的生产阶段表示出来，它考查的内容包括分离混合物、去除杂质、选择化学试剂、控制流程条件等方面，涉及到化学物质的性质掌握、实验过程的操作、工业流程的思维等方面的能力。化工流程题不仅可以巩固学生对化学基础知识、基本概念、基本规律的理解和运用，还可以让学生通过实际的工业生产情境对化学中基本实验操作和化学反应原理有深入的认识，更好地理解化学、技术、社会、环境、发展之间的关系，最终实现学习能力、健康人格、综合素质等方面的快速提升。

为了充分掌握近几年高考化学试题中化工流程题命题角度、考查内容和趋势，进一步优化高中化学学科教师授课的方式方法，增强对学生学习方法策略的指导，丰富高中化学学科研究进展，本文以“新高考背景下近三年高考化工流程题的分析”、“化工流程题教学现状调查研究”、“教学实践探索和教学策略总结”、“化工流程题教学实践研究的评价”为研究思路，通过文献调研综述法、文本研究法、实例分析法以及访谈和问卷调查法对高中化工流程题进行了分析和研究。通过以上的探索和实践，最终对以下内容进行了总结，包括：（1）学生解化工流程题的思维障碍；（2）教学现状的调查分析；（3）解化工流程题的教学策略。其中，本文结合化工流程题的教学现状和教学实践结果，以解决目前存在的教学问题为目的，总结了以下几点教学建议：（1）将理论和实际联系起来，建立合适的教学情境，从而培养学生的学习兴趣；（2）注重基础知识的复习，培养学生解化工流程题的关键能力；（3）给学生强调规范答题的重要性，建立答题模板；（4）在课堂上构建化工流程题的通用模型，实现自主命题。本文也根据教学现状总结了化工流程题的解题策略，包含对题头的分析、流程图的分析和建构化工流程题的分析模型的方法。

基于以上的研究结果，可以得到一些解答化工流程题的复习和备考策略启示，建议高中教师在化工流程题及化学学科教学中：（1）明确考试重点，划分知识模块，与课本知识相对应；（2）规范语言表达，建立答题模板；（3）以化工流程题的内容作为教学情境来构建知识体系，对化工流程题有更加深入的理解和认识。

关键词：新高考；化工流程题；教学现状；教学实践；备考策略

Abstract

Chemistry is one of the selected subjects in the college entrance examination. Under the background that the new college entrance examination is fair, scientific and independent, the chemistry discipline pays more attention to cultivating students' core quality of chemistry, scientific inquiry process and method, and problem-solving ability. This paper studies chemistry in the college entrance examination inside one of the required questions - chemical process questions. The actual chemical industry production to simplify the chemical process problem, in the form of a flow chart will be the main production stage, it examines the content including separation of mixtures, removal of impurities, selection of chemical reagents, control process conditions, etc., involving the nature of chemical substances to master, experimental process operation, industrial process thinking and other aspects of the ability. Chemical process problems can not only consolidate students' understanding and application of basic knowledge, basic concepts and basic laws of chemistry, but also enable students to have an in-depth understanding of basic experimental operation and chemical reaction principles in chemistry through actual industrial production situations, and better understand the relationship among chemistry, technology, society, environment and development. Finally realize the rapid improvement of learning ability, healthy personality, comprehensive quality and so on.

In order to fully grasp the proposition Angle, examination content and trend of chemical process questions in chemistry examination questions of college entrance examination in recent years, further optimize the teaching methods and methods of high school chemistry teachers, strengthen the guidance of students' learning methods and strategies, and enrich the research progress of high school chemistry. This paper takes "Analysis of chemical process Questions in College Entrance Examination in Recent three Years under the background of New College Entrance Examination", "Investigation and research on the teaching status of Chemical process questions", "Exploration of teaching practice and summary of teaching strategies", and "Evaluation of teaching practice research on chemical process questions" as research ideas. Through literature review, text research, case analysis, interview and questionnaire, this paper analyzes and studies the process problems of senior high school chemical industry. Through the above exploration and practice, the following contents are finally summarized, including: (1) Students' thinking barriers in solving chemical process

problems; (2) Investigation and analysis of teaching status; (3) Teaching strategies for solving chemical process problems. Among them, this paper combines the teaching status and teaching practice results of chemical process problems, in order to solve the current teaching problems, summarizes the following teaching suggestions: (1) combine theory with practice, establish a suitable teaching situation, so as to cultivate students' learning interest; (2) Pay attention to the review of basic knowledge, and cultivate students' key ability to solve chemical process problems; (3) Emphasize the importance of standardized answers to students and establish answer templates; (4) Build a general model of chemical process problems in class to achieve independent propositions. This paper also summarizes the solving strategy of chemical process problem according to the teaching situation, including the analysis of the topic, the analysis of the flow chart and the method of constructing the analysis model of chemical process problem.

Based on the above research results, we can get some inspirations on the review and preparation strategies for solving the chemical process problems. It is suggested that senior high school teachers should: (1) clarify the examination focus, divide the knowledge modules, and correspond with the textbook knowledge; (2) Standardize the language expression and establish the answer template; (3) Take the content of chemical process problems as the teaching context to build a knowledge system, and have a deeper understanding and knowledge of chemical process problems.

Keywords: The new college entrance examination; Chemical process problem; Teaching status; Teaching practice; Test preparation strategy

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究现状.....	2
1.2.1 基本情况.....	2
1.2.2 新高考背景特点.....	3
1.2.3 化学学科核心素养.....	4
1.2.4 新高考评价体系.....	4
1.2.5 化工流程题综述.....	5
1.2.6 已有文献的研究成果和存在的不足.....	8
1.3 研究内容.....	8
1.4 研究意义.....	8
1.5 研究方法.....	9
第 2 章 近三年高考化工流程题分析	11
2.1 2021 年高考试题分析.....	11
2.2 2022 年高考试题分析.....	14
2.3 2023 年高考试题分析.....	17
2.4 化工流程试题的分析与总结	19
第 3 章 化工流程题教学现状的调查研究	23
3.1 学生问卷调查设计.....	23
3.1.1 调查目的	23
3.1.2 调查对象.....	23
3.1.3 调查提纲.....	23
3.1.4 调查结果分析.....	23
3.1.5 调查结果总结.....	27
3.2 学生水平前测.....	27
3.2.1 研究对象.....	27
3.2.2 研究材料.....	28
3.2.3 答题分析.....	29
3.2.4 数据分析.....	30
3.3 教师访谈设计.....	32
3.3.1 访谈目的	32
3.3.2 访谈提纲.....	32
3.3.3 访谈结果分析.....	32
3.3.4 教师访谈总结.....	35

3.4 教学现状分析与总结.....	36
第4章 教学实践探索和教学策略总结	37
4.1 教学实践探索.....	37
4.2 教学策略总结.....	39
4.3 化工流程题的解题策略.....	41
第5章 化工流程题教学实践研究的评价	43
5.1 学生水平后测试验.....	43
5.1.1 研究对象.....	43
5.1.2 研究变量.....	43
5.1.3 研究材料.....	43
5.1.4 答题分析.....	44
5.1.5 后测结果评价.....	45
5.2 学生自我评价.....	47
5.3 教师评价.....	48
第6章 总结与展望	51
6.1 研究结论.....	51
6.2 研究不足与展望.....	52
参考文献.....	53

第1章 绪论

1.1 研究背景

从党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央非常重视教育事业的发展，对教育工作进行了一系列重要部署和决策。新高考的考核方式正是以“高中阶段学校多样化发展”为导向，实施了以下政策^{[1][2]}，（1）文理不分科；（2）英语听力；（3）实行了基于高考成绩、学业水平考试成绩以及综合素质评价的多元化录取方式。

从2016年开始，安徽、广东以及福建的高考形式从自主命题改为统一使用全国Ⅰ卷，重庆从自主命题改为统一使用全国Ⅱ卷，贵州、广西以及云南将全国Ⅱ卷改为统一使用全国Ⅰ卷；从2017年开始，上海和浙江开始实施新高考“3+3”模式；从2020年开始，北京、天津、海南以及山东陆陆续续的开始实施新高考“3+3”的模式；河北、辽宁等省从2021年开始推行“3+1+2”模式；从2023年开始，四川省也开始推行“3+1+2”模式。

化学属于高考的选考科目^[3]，在新高考的背景下，化学课程正在加速创新性改革，重视化学学科的核心素养，关注科学探究过程和方法，加强解决问题能力的培养^[4]。新课程标准强调对学生核心素养的培养，这对于高中化学教师而言是一种挑战。为了在高中化学教学中取得教学效果，教师应帮助学生培养正确的化学思维。因此，近几年的高考题都能体现出对学生自主学习能力的考查，其目的是加强学生分析推理的能力、能够运用化学知识解决实际问题的能力和建立人与社会、自然和谐发展的意识^[5]。化工流程题是必考题型，在高考的考查和化学的学习中有着非常重要的地位^[6]，化工流程题一方面能够加强学生对化学基础知识、概念和规律的理解和运用，另一方面学生可以通过真实的化工生产情境对化学里的实验操作和化学反应原理有更加深刻的理解，进一步认识到化学、技术、社会、环境之间的紧密关系，认识到化学作为一门自然学科在人类历史发展中的重要作用，还能够加强学生的社会责任感，建立正确的价值观，最终实现学习能力、健康人格和综合素质等方面的高速发展。

本章介绍了新高考背景下化工流程题的研究现状，主要包括基本情况、新高考背景特点、化学学科核心素养、新高考评级体系以及化工流程题综述。基于本文的选题背景，提出了研究内容、意义与方法。

1.2 研究现状

1.2.1 基本情况

高中阶段的化工流程题是对学生思维和实践综合考查的重要形式，它是高考化学考查中的重难点，其涵盖的知识面广，所占分值比重大，所以在教育改革的过程中化工流程题的考查形式在不断的更新和完善，它也是一线的高中化学老师和其他教育工作者重点关注和探讨的内容。

岳庆先等通过构建化工流程题的出题模型，来对化工流程题在高考中的考查形式、考查深度等进行了分析和研究^[7]。郭轩林提出了化工流程题在高考中一般是将真实的化工生产流程作为载体的观念，从而对高中阶段涉及到的氧化还原反应、元素化合物和化学实验操作等知识点进行多方面、多角度的考查，将化工流程题具有广泛性、特殊性和真实性的特点进行了总结^[8]。尚凡朋提出了化工流程题的重点是对化工生产中涉及到的反应机理的考查，涉及到如何通过化工流程来获得产品的方法和操作等^[9]。赵铭认为从化工流程题首次出现在上海的高考题开始，化工流程题必然会成为高考的必考内容，通过工业制备流程进行考查，有很强的实践性、应用性，也是对学生思维的拓展和认知的充实，具有重要意义^[10]。华昕玲研究了2018-2020年高考全国卷中化工流程题，进行了深入分析，提出了备考策略，他认为以物质的制备为核心的化工流程题是高考命题的发展趋势和重要方向，将真实的生产情境作为背景，让题目内容与真实的生产生活密切相联，化学教师不仅要向学生传授理论知识，还要提高学生的综合素质，让学生对化学知识的学习充满兴趣，教师在课堂上需要根据实际情况来采用创新的教学方法^[11]。刘西广认为试题一般会用到和化学技术发展紧密相连的内容作为情境来进行考查，题目内容丰富^[12]。李晓文提出了高考化学中的化工流程题具有稳中有变、变中创新的特点，其中的稳定性大多是通过类比思维来实现的，变化性大多是通过一些真实的情境为载体来实施的。创新性大多是通过思维层次的构建以及问题的精心设计来体现的^[13]。一样的考点可以用不同的情境作为背景，从而提高题目的灵活性，考查内容具有一定的深度和广度，进一步来拓宽考生的知识视野。白成博通过对化工实验题的解题思路进行介绍，以两道经典高考中的化工实验题作为研究对象，对化工实验题解题技巧展开了全面论述，提高了我国高三学生的解题能力^[14]。赵鑫光研究了在新高考评价体系下实施学业水平考试的目的，得到的结论是为了考查学生在化学学习中学业质量的达成情况，这是新高考区别于传统考试的特征^[15]。

一方面，以上研究为本文确定研究内容提供了思路；另一方面，在新高考背景下，化工流程题具有稳中有变、变中创新的新方向和新特点，这使得对化工流程题的进一步研究具有重要意义；再者，由于新高考在我省刚开始实施，导致平时化学教师的教

学活动缺乏相应的指导与方向引领。因此,在新高考的背景下,从目前我校教师在教学过程中出现的关于化工流程题的问题出发,进行对化工流程题的教学现状、教学实践和教学策略探究是非常有价值的工作。

1.2.2 新高考背景特点

从近几年高考情况分析,新高考全面考查基础知识的同时也突出重难点,试题涉及知识范围广,同时也注重知识之间的相互联系,强调学科知识的融合,突出对学生的学科思想、基本能力的培养^[16]。研究近几年新高考试题,具有以下明显特征:(1)试题的立意明确:新课程的试题不要求知识的全覆盖,着重考查的是能力和方法。培养学生的语言和化学专业术语的表达能力,解决实际问题的能力。(2)重视化学的重点知识和核心内容的考查:结合目前新高考的发展趋势,试题的命制都要围绕重点知识和核心内容进行全面的考查,能够保证学生基础知识的夯实和迁移思维的培养。(3)强调化学知识和实际生产生活的联系,结合新高考新课标的要求,高考题越来越重视化学与社会、科学技术和生产等方面的联系,让学生能够运用学科知识解决实际问题,提高学生学习化学的动力。(4)注重新高考背景下的学习过程:注重学习过程是新课标、新高考所倡导的重要学习理念,科学探究是化学教学的重要形式,所以高考题的命制一定会将上述理念融入到试题中。

近年来,我国教育改革呈现出加速推进的态势,在高考改革中,化学科目也有了新的政策变化^[17]。据悉,《普通高等学校招生全国统一考试实施细则》已经发布,对于参加高考的学生们而言,需要注意以下几个方面:首先是题型和难度的调整。此次改革将尝试用知识点相对单独、更贴合学习规律的形式替代过去较为偏重记忆的形式。然后是素质评价因素,此次高考将通过师德评价、社会公益服务活动成果等多元测量途径进行筛选,并作为补助录取决策的重要依据,这充分体现了高考政策方面促进素质教育的意义和必要性。新高考化学科目“知识点+实验”的设计理念更注重拓展学生思维单独创新能力。因此,在备考过程中需要多加强对概念掌握、思辨分析等方面的锻炼,以适应并顺利通过高考。

对于即将参加高考的学生们而言,他们需要掌握最新的政策和变化,才能更好地备战高考。在近几年的全国普通高等学校招生统一考试中,化学试卷受到广泛关注。据分析,在近几年的化学试题中,特别强调了基础知识与应用能力相结合、实验与理论相结合、交叉融合等多种形式^[18]。因此可以看出新高考旨在全面测试考生对知识点及其理解程度,并通过运用和实践来检测其分析问题和解决问题的能力水平,并促进人才培养模式转型升级。2021年高考化学试卷是教育标准提升后的优质教育成果的例证。

最后，将课程与产业紧密相连。在经济高速发展的时代背景下，化工行业也一片欣欣向荣，各类高分子材料、生物科技应用、环保新材料等领域正处于快速增长阶段，因此我们也要结合产业需求来调整课程内容和考核方式，将其融合到化工流程题中，为我国的发展提供更加优质的人才储备^[19]。

1.2.3 化学学科核心素养

在新课改不断深入研究的背景下，教师的教学不仅是简单的对知识进行讲解，还应该关注对学生核心素养的培养^[20]。所以，教师需要从培养学生核心素养的角度出发来设计合理的教学内容，提高学生的课堂参与度。随着 2018 年《普通高中化学课程标准（2017 年版）》的发布，将我国用了近十年的课程改革的研究成果展现了出来，凝聚了众多教育工作者的智慧结晶，其中强调了着重培养学生的化学学科核心素养，因为核心素养是学生在高中阶段必须具备的素养，也是学生未来学习和人生发展的基石^[21]。

化学学科核心素养包括“宏观辨识与微观探析”、“变化观念与平衡思想”、“证据推理与模型认知”、“科学探究与创新意识”、“科学态度与社会责任”。化学核心素养如果能和平时的教学产生联系，这会对学生的各方面能力发展有着重要的作用。“宏观辨识与微观探析”的观点是学习化学的过程中应具备微观和宏观相结合的思维理念。“变化观念与平衡思想”的观点是化学反应的主要特点是建立动态平衡，以上两种素养都体现了化学学习的根本意义。“证据推理与模型认知”的观点是学生应具备学习化学的思想和基本的学习方法，包括收集证据和通过证据来进行推理论证，构建理论模型并通过理论模型来解决化学问题。“科学探究与创新意识”的观点是从实践出发，以达到鼓励学生积极创新的目的；科学探究是对化学学科内容的解释说明和发现，创新主要体现在真实的化学实践中，因此该素养要求学生具备发现和解决问题的能力，逐步培养起学生的探究精神和创新意识。“科学态度与社会责任”可以说是对学生更高层面的要求，要求学生通过化学学科的学习，不仅仅是掌握基本的化学知识，还应该具备运用所学知识来解决问题的能力，进一步加强学生的学科认同感和社会责任感^[22]。

由于化工流程题是高考的重点查考内容，因此化工流程题的命制需要将化学学科核心素养作为指导思想。所以在教学过程中，老师们应该将学科素养融入到课堂中，注重对学生必备品格的培养、对学生关键能力的提高。

1.2.4 新高考评价体系

《中国高考评价体系》和《中国高考评价体系说明》说明了“为什么考、会考什么、怎么去考”的根本性问题。

高考评价体系包含“一核”“四层”“四翼”三个部分^[23]。首先“一核”是高考的

核心组成部分，解释了“为什么考”的关键性问题，具体来说为“立德树人、选拔人才、教学引导”。“四层”的主要内容为高考的考查范围，解释了“会考什么”的问题，具体来说为“核心价值、学科素养、关键能力和必备知识”。站在高考评价体系的角度分析，核心价值的一级指标涵盖的内容广泛，涉及到政治和思想观念、价值观、道德素养以及综合素质^[24]。因此，新高考评价体系要求学生必须具备以下知识和能力：分析研究并理解人文社科方面的问题、原理和基本理念，特别是具有正确的人文思想的理念、观点和方法；学习并理解基础的科学知识和科学技术、科学精神以及科学思维；学会运用语言或者符号来完成对知识的正确表达^[25]。“四翼”的主要内容是高考的考查要求，解释了“怎么去考”的问题，体现了高考的基础性、综合性、应用性和创新性。首先，基础性要求学生具备扎实的基础，重点关注学科的中心内容；综合性要求学生在在学习过程中学会将知识进行融合和联系；应用性要求学生能够学以致用，关心我国的经济社会发展情况，将生产生活实际和化学紧密联系起来；创新性的重点是培养学生的创新意识和创新精神，引导学生具备创造性的思维，能够运用该思维来全面的思考和解决问题^[26]。综上，根据“四翼”的考查要求，高考命题重视基础性知识的考查，需要教师在平时的教学中夯实基础知识；关注研究内容的整体性、完整性，一方面能够从学科内容上进行整合^[27]，另一方面也在可以让试题的考查形式更加多元化^[28]；始终坚持理论和实际的紧密联系，选择合理的、和生活相关的、能体现时代发展特点的素材，培养学生解决问题的能力；通过创建有效的问题情境，设计具有创新性的试题来进行有针对性的提问，进一步来考查学生解决开放性、探究性问题的能力^[29]。

总之，高考试题的命制需要以高考评价体系作为基础，所以高考评价体系对平时的教学有着重要的引导作用。根据新高考评价体系，要求命题的内容必须含有一定量的基础题，引导学生逐步构建完整的基础知识体系；将试题、考试内容和学科内容紧密联系起来，构建一个全面的知识评价框架，从而完成对学生综合素养的考查；通过紧跟时代、社会发展的素材，引导学生将理论和实际联系起来，发现并解决日常生产生活中涉及到的问题，理解并思考所学内容在实际生产生活中的应用价值；通过构建合适的教学情境，设计新颖的试题，具有多元的呈现形式和设问形式，引导学生积极主动的去发现问题、思考问题、总结规律、得到结论^{[30][31]}。

1.2.5 化工流程题综述

(1) 概念

化工流程题就是将真实的化学工业生产进行简化，将重要的生产环节用流程图的形式表示出来，将分离混合物、去除杂质、选择化学试剂以及流程条件的选择等内容的整合起来作为题目内容来进行综合性考查，在高考中考查的内容包括学生对化学物

质性质的掌握程度、实验操作过程的规范性、化工流程思维构建等方面。给定生产或制备流程的基础上，需要学生对流程图进行深入分析和研究。重点考查学生获取和整合信息的能力，具备研究问题、解决问题的能力^{[32][33]}。具体来说，以化工生产作为背景，考查的知识点包括物质的分离和提纯，元素化合物中价态的转化、性质的研究，电化学以及化学反应原理等。站在命题立意的角度，紧跟时代发展的特点，将实际生产生活中常见的化学知识来考查对物质的分离除杂、制备以及性质的探究，从而达到让学生将高中化学知识运用于实际生产生活的目的，体现出高考试题的新颖性和时代感，引导学生站在化学的角度来体会社会、经济、文化和生活，逐渐感受到化学给人类社会带来的深远影响^[34]。此外，从试题的特点分析，题头大多会简明扼要地将考查的知识情境和考查目的体现出来，然后用图片、流程、装置图、表格等信息展现出来，题目是通过流程图、装置图中涵盖的化学知识和反应原理来提出问题。总而言之，化工流程题对学生综合能力要求高，要求学生具备获取信息、整合信息的能力^[35]，能够有效地培养学生的思维逻辑能力，所以该类题型作为高考必考题型，对于选拔学生有一定的作用^[36]。

(2) 题型结构和特点

化工流程题是由题头、题干和题尾组成^[12]，如图 1-1 所示。

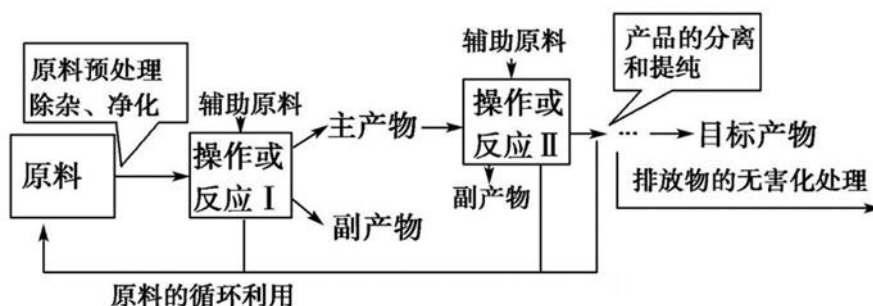


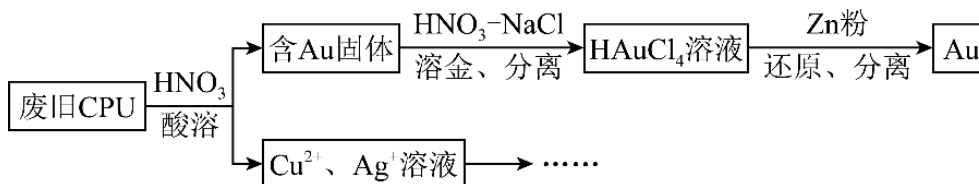
图 1-1 化工流程图

Figure 1-1 Chemical engineering flowchart

依据分类标准的划分标准，可将化工流程题分为不同类型。从原料到目标产物过程中发生的变化作为分类依据，可将化工流程题分为三大类^[37]。

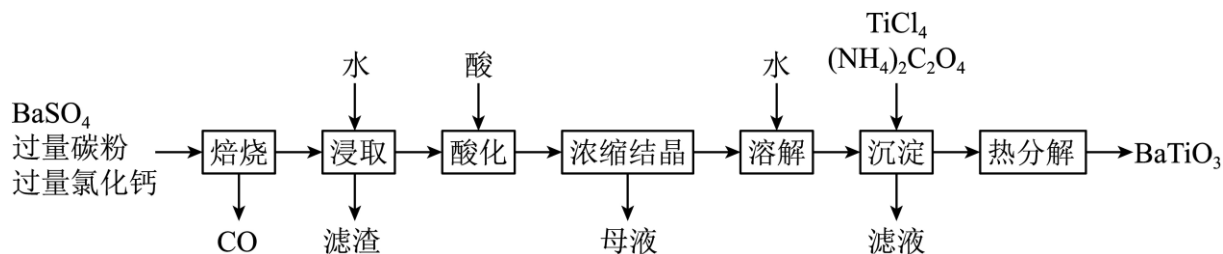
提纯型：

[2020 年北京卷]用如图方法回收废旧 CPU 中的单质 Au（金），Ag 和 Cu。



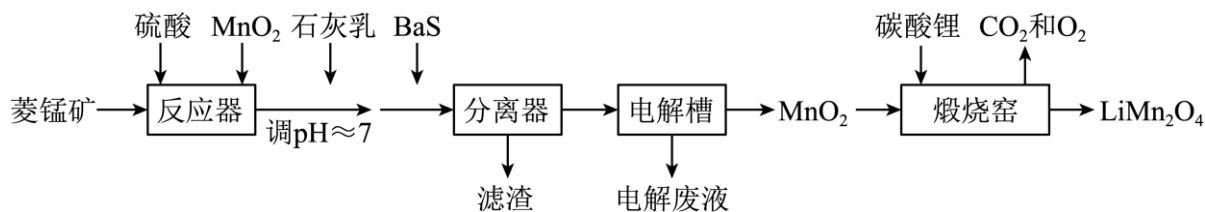
制备型：

[2023 年全国甲卷] BaTiO_3 是一种压电材料。以 BaSO_4 为原料，采用下列路线可制备粉状 BaTiO_3 。



提纯+制备型：

[2023 全国乙卷] LiMn_2O_4 作为一种新型锂电池正极材料受到广泛关注。由菱锰矿 (MnCO_3 ，含有少量 Si、Fe、Ni、Al 等元素) 制备 LiMn_2O_4 的流程如下：



总的来说，提纯型着重考查物质分离和提纯的方法，制备型侧着重考查反应原理，除杂+制备型则是均有涉及。按照新高考的发展趋势，更加侧重考查除杂+制备题型，更有利于全面考查学生的综合素质和能力。

根据不同类型的化工流程题，可总结出化工流程题具有以下特点：一是试题源于生活实际，以解决实际问题作为思路进行问题的提出，从而使问题情境具有真实化的特点，让学生学会理论联系实际，建立学以致用学习观，而且题目中涉及的元素不一定是学生所熟悉的，具有新鲜感，激发学生的求知欲。二是试题内容丰富化、多元化，包含化学基础知识，题目的呈现形式多样且信息量大，可以涵盖文字叙述、表格、方程式、数字计算等，而且题干的信息比较隐蔽，需要在做题过程中仔细审题，检索到关键内容。三是试题新颖，化工流程题一般是根据实际工艺流程简化得到，题目内容紧跟工艺流程的变化和发展，试题不断更新，内容新颖且多样化^[38]。

(3) 考查能力

①信息整合能力：由于化工流程题信息量大、信息隐蔽，所以需要学生高效的完成题目的浏览，分析流程图的信息、题干的信息等，然后快速整理出有效的信息，考查了学生的信息整合能力^[39]。

②知识迁移能力：化工流程题不仅考查学生的基础知识和化学反应原理的掌握，还需要学生考虑在真实生产情境的综合因素影响。在平时的教学中，教师需要引导学

生对基础知识进行理解和应用^[40]，能够做到举一反三，从而考查学生的知识迁移能力。

③逻辑推理能力：学生需要结合题干信息分析化工流程图每一步转化的目的和物质变化情况，在整个推理分析过程中要求学生具备严谨的思维和一定的逻辑推理能力，从而将整个化工流程的转化贯穿起来^[41]，以达到高效解题的目的。

1.2.6 已有文献的研究成果和存在的不足

目前已有很多学者对化学化工流程题开展了系统性的研究，在高考背景下对化学化工流程特点和发展等方面形成了一系列的论述并取得了一定的研究成果。但是目前的研究存在一定的时效性，缺乏对近几年新高考背景下的化学化工流程题的分析以及缺少结合新高考的发展趋势和化工流程题的现状开展的研究工作。

1.3 研究内容

化工流程题作为高考中的必考题，是对高中化学内容中基本概念和基本理论的考查，体现高考题的基础性、综合性和应用性。结合新高考的发展趋势和化工流程题的现状，本文的研究内容为：

- (1) 近几年高考化工流程题的试题分析。
- (2) 化工流程题教学现状的分析和总结。
- (3) 化工流程题的教学实践探索和教学策略总结。
- (4) 化工流程题教学实践研究的评价。

1.4 研究意义

从理论角度和实践角度对化工流程题进行深入的分析和探索都有重大的意义。首先，从理论角度分析，在新高考的发展的趋势下，老师们需要掌握更新的理论内容，需要老师们从简单的传授知识转变为学生学习的引导者，培养学生的逻辑思维，让学生实现共同探究、同步学习。作为教师，除了传授知识之外，还需要让学生能够运用知识来解决问题，所以要求教师们能够帮助学生整理分析出化工流程题的重要考点。由于学生在学习知识的过程中，是循序渐进的，所以在课堂中融合化学核心素养也是一个长期的过程，所以教师需要在不同的教学阶段制定合理的教学目标，综合考量目前学生的知识储备、学习能力等方面，从学段、知识模块、课程主题以及章节划分来制定的课时目标需要有整体性的规划和安排。

举个例子，化工流程题中体现出了变化观念与平衡思想的核心素养，因此需要在平时的教学中有所渗透和体现：高一上学期学生学习了氧化还原反应知识和元素化合物，不仅是对基本概念的理解，还要求学生能够运用得失电子守恒原理和物质之间的

转化来进行问题的分析和解决。高一下学期，通过对化学键的学习，学生了解到化学反应的实质，可以从微观层面来对反应过程进行分析，并理解能量变化的实质。通过化学资源的开发和利用这一章节，学生首次学习化工流程图，能够掌握流程图的基本考查形式。高二开始学习化学反应原理，可以掌握化学反应具有方向、具有限度的特点，可以从多个层面来全面地理解化学反应，能够逐渐深入理解化工流程图的反应机理。最后，教师也需要在不同的教学阶段设计契合学生发展的教学内容，从而让学生能够更加高效地完成化工流程题，加强其对化学理论知识体系的完善。

站在实践的角度分析，能够让教师更加合理的安排教学内容，从而加强复习的效果。高考一直受到学生、学校和家长的重点关注，以前的应试教育导致教师大多只注重最终的考试成绩，虽然教师们知道培养学生自主解决问题的能力非常重要，然而在真正的复习过程中往往是让学生对重难点知识进行反复的记忆，忽略了对学生思维的培养和拓展，导致学生缺乏探究精神和创新意识。建立一个合理的教学情境对于培养学生的化学核心素养有着重要的意义，所以在化工流程题中出现的和实际化工生产紧密相联的案例都可以作为有效的教学情境。教师在分析化工流程题的过程中，不能只是结合答案对题目进行简单解释说明，不分析题目背后的实质和解题思路，会导致学生在下次解题的时候遇到类似的问题，做不到举一反三。所以，在讲解化工流程题的时候，教师可以适当的对于问题进行探究性的、拓展性的分析，从而增强学生的学习主动性和探究能力，提高课堂的效率，拓展学生的思维，以达到学生能够自主解决疑难的目的。

1.5 研究方法

（1）文献研究法

文献研究法是对文献进行分析整理的方法。本研究中，首先获取了与“高考”、“化工流程题”相关的硕文和期刊，然后结合相关著作、教材、期刊、学位论文来进行阅读、分析、比较，总结分析出高考化工流程题的命题立意、考查内容、考查特点等内容。

（2）文本研究法

文本研究法是通过搜集和研究课题有关的文本，来对内容进行对比分析的方法。本研究整理了2021-2023年全国高考卷中的化工流程题，对其进行深入分析，总结对比近几年新高考背景下试题的相同点和不同点，有利于教学方法和教学策略的研究分析。

（3）问卷调查法和访谈法

本文通过问卷调查的形式搜集和掌握高三的学生解化工流程题的思维特点和存在的问题，对学生的水平进行前测。

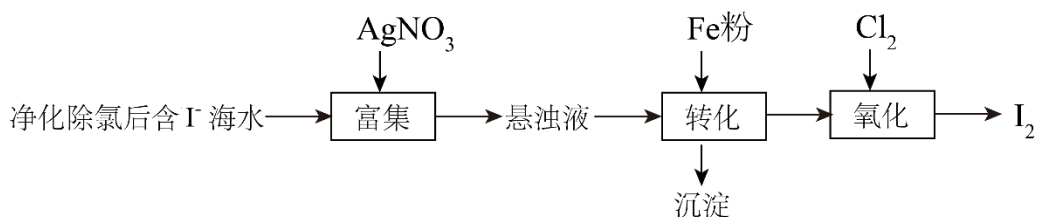
访谈法是通过口头的形式，结合被访者的所述内容来搜集客观的事实。本次研究设计了相关问题，对一线教师进行访谈，了解目前教师在教学中的教学策略和难题。完成教学实践之后，对受教学生进行访谈，总结在教学过程中的体验和收获。

第2章 近三年高考化工流程题分析

2.1 2021 年高考题分析

[2021 年全国甲卷]碘（紫黑色固体，微溶于水）及其化合物广泛用于医药、染料等方面。

I_2 的一种制备方法如下图所示：



(1) ①加入铁粉后的离子方程式为_____，生成的沉淀与硝酸反应，生成_____后可循环使用。

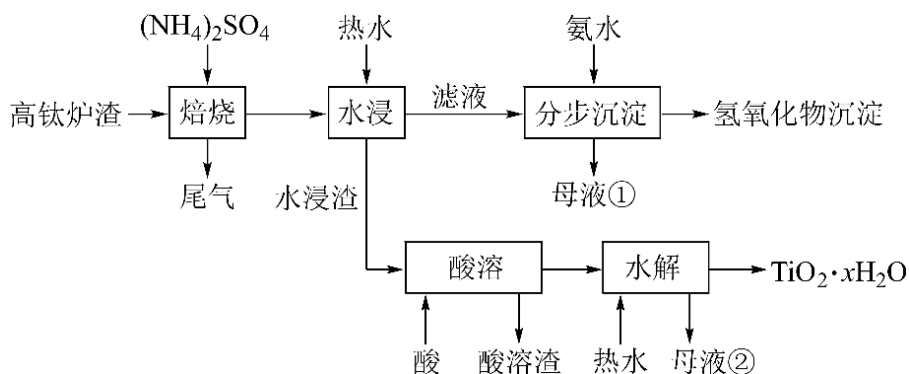
②通入 Cl_2 的过程中，若氧化产物只有一种，反应的化学方程式为_____；若反应物用量比 $n(Cl_2)/n(FeI_2)=1.5$ ，氧化产物为_____；当 $n(Cl_2)/n(FeI_2)>1.5$ ，单质碘的收率会降低，原因是_____。

(2) 以 $NaIO_3$ 为原料制备 I_2 的方法是：先向 $NaIO_3$ 溶液中加入过量的 $NaHSO_3$ ，生成碘化物；再向混合溶液中加入 $NaIO_3$ 溶液，反应得到 I_2 ，上述制备 I_2 的总反应的离子方程式为_____。

(3) KI 溶液和 $CuSO_4$ 溶液混合可生成 CuI 沉淀和 I_2 ，若生成 $1\text{ mol } I_2$ ，消耗的 KI 至少为_____ mol。

【分析】 本题属于“单线性工艺生产流程题”，学生答题的思维应从以下思维展开：试题的背景是什么、净化除氯后含碘海水中碘元素的存在形式、富集过程中发生的化学反应、转化中的化学反应、问题中的关键词和信息是什么。针对该类题型，解题的思路应为：推理分析流程中物质之间的转化，挖掘原料和目标产物的转化关系，进一步得到反应过程中的原理和分离提纯的步骤，最后，根据题目来设计问题。因此，该题是根据 Ag^+ 与 I^- 反应生成沉淀作为反应原理来富集碘元素，再利用 Fe 的还原性来置换 Ag^+ ，使 I^- 大量的存在于溶液中，再通过 Cl_2 氧化 I^- 获得 I_2 。

[2021 年全国乙卷]磁选后的炼铁高钛炉渣，主要成分有 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 以及少量的 Fe_2O_3 。为节约和充分利用资源，通过如下工艺流程回收钛、铝、镁等。



该工艺条件下，有关金属离子开始沉淀和沉淀完全的 pH 见下表

金属离子	Fe ³⁺	Al ³⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
开始沉淀的 pH	2.2	3.5	9.5	12.4
沉淀完全($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)的 pH	3.2	4.7	11.1	13.8

回答下列问题：

(1) “焙烧”中，TiO₂、SiO₂ 几乎不发生反应，Al₂O₃、MgO、CaO、Fe₂O₃ 化为相应的硫酸盐，写出 Al₂O₃ 转化为 NH₄Al(SO₄)₂ 的化学方程式_____。

(2) “水浸”后“滤液”的 pH 约为 2.0，在“分步沉淀”时用氨水逐步调节 pH 至 11.6，依次析出的金属离子是_____。

(3) “母液①”中 Mg²⁺ 浓度为_____ mol·L⁻¹。

(4) “水浸渣”在 160 °C“酸溶”最适合的酸是_____。“酸溶渣”的成分是_____、_____。

(5) “酸溶”后，将溶液适当稀释并加热，TiO²⁺ 水解析出 TiO₂·xH₂O 沉淀，该反应的离子方程式是_____。

(6) 将“母液①”和“母液②”混合，吸收尾气，经处理得_____，循环利用。

【分析】本题属于“多线性工艺生产流程题”，整个化工生产中除生产主产品 TiO₂·xH₂O，还生产了氢氧化物，考查 K_{sp} 的计算。因此，为弄清楚整个生产的工艺流程，可采用分段分析法。即第一段分析流程线路中如何将原料转化为氢氧化物沉淀，第二段分析如何从水浸渣中制备 TiO₂·xH₂O。本题可用阶段分析法解工艺流程题，关键在于如何截断、截成几段更合理。由题给流程可知，高钛炉渣与硫酸铵混合后焙烧时，二氧化钛和二氧化硅不反应，氧化铝、氧化镁、氧化钙、氧化铁转化为相应的硫酸盐，尾气为氨气；将焙烧后物质加入热水水浸，二氧化钛、二氧化硅不溶于水，微溶的硫酸钙部分溶于水，硫酸铁、硫酸镁和硫酸铝铵溶于水，过滤得到含有二氧化钛、二氧化硅、硫酸钙的水浸渣和含有硫酸铁、硫酸镁、硫酸铝铵和硫酸钙的滤液；向 pH 约为 2.0 的滤液中加入氨水至 11.6，溶液中铁离子、铝离子和镁离子依次沉淀，过滤得到含

有硫酸铵、硫酸钙的母液①和氢氧化物沉淀；向水浸渣中加入浓硫酸加热到 160°C 酸溶，二氧化硅和硫酸钙与浓硫酸不反应，二氧化钛与稀硫酸反应得到 TiOSO_4 ，过滤得到含有二氧化硅、硫酸钙的酸溶渣和 TiOSO_4 溶液；将 TiOSO_4 溶液加入热水稀释并适当加热，使 TiOSO_4 完全水解生成 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀和硫酸，过滤得到含有硫酸的母液②和 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

[2021 年新高考辽宁卷]从钒铬锰矿渣（主要成分为 V_2O_5 、 Cr_2O_3 、 MnO ）中提铬的一种工艺流程如下：

已知：pH 较大时，二价锰在空气中易被氧化

- (1) Cr 元素位于元素周期表第_____周期_____族。
- (2) 用 FeCl_3 溶液制备 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体的化学方程式为_____。
- (3) 常温下，各种形态五价钒粒子总浓度的对数 $[\lg c_{\text{总}}(\text{V})]$ 与 pH 关系如图 1。已知钒铬锰矿渣硫酸浸液中 $c_{\text{总}}(\text{V}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，“沉钒”过程控制 pH=3.0，则与胶体共沉降的五价钒粒子的存在形态为_____（填化学式）。

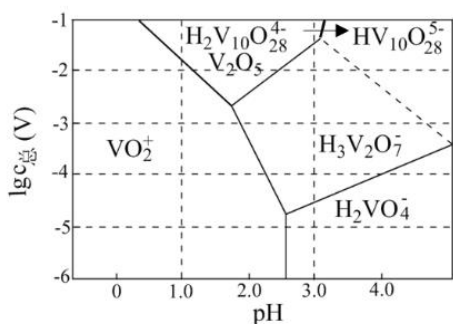


图1

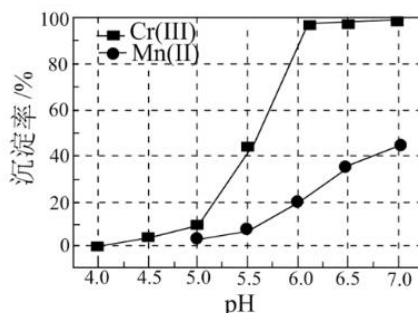


图2

- (4) 某温度下， Cr^{3+} 、 Mn^{2+} 的沉淀率与 pH 关系如图 2。“沉铬”过程最佳 pH 为_____；在该条件下滤液 B 中 $c(\text{Cr}^{3+})$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 【 K_w 近似为 1×10^{-14} ， $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 的 K_{sp} 近似为 1×10^{-30} 】。

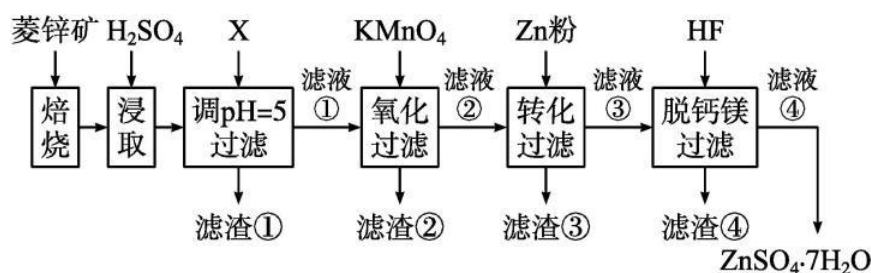
(5) “转化”过程中生成 MnO_2 的离子方程式为_____。

(6) “提纯”过程中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的作用为_____。

【分析】根据本工艺流程图可知，“沉钒”步骤中使用氢氧化铁胶体吸附含有钒的杂质，滤液中主要含有 Mn^{2+} 和 Cr^{3+} ，加热 NaOH “沉铬”后， Cr^{3+} 转化为固体 A 为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀，滤液 B 中主要含有 MnSO_4 ，加入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 主要时防止 pH 较大时，二价锰被空气中的氧气氧化， $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 煅烧后生成 Cr_2O_3 ，“转化”步骤中的反应离子方程式为： $\text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，据此分析解题。

2.2 2022 年高考试题分析

[2022 年全国甲卷]硫酸锌是制备各种含锌材料的原料。硫酸锌可由菱锌矿制备，菱锌矿的主要成分为 ZnCO_3 ，杂质为 SiO_2 以及 Ca 、 Mg 、 Fe 、 Cu 等的化合物。其制备流程如下：



本题中所涉及离子的氢氧化物溶度积常数如下表：

离子	Fe^{3+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Mg^{2+}
K_{sp}	4.0×10^{-38}	6.7×10^{-17}	2.2×10^{-20}	8.0×10^{-16}	1.8×10^{-11}

(1) 菱锌矿焙烧生成氧化锌的化学方程式为_____。

(2) 为了提高锌的浸取效果，可采取的措施有_____、_____。

(3) 加入物质 X 调溶液 $\text{pH}=5$ ，最适宜使用的 X 是_____（填标号）。

A. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ B. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ C. NaOH

滤渣①的主要成分是_____、_____、_____。

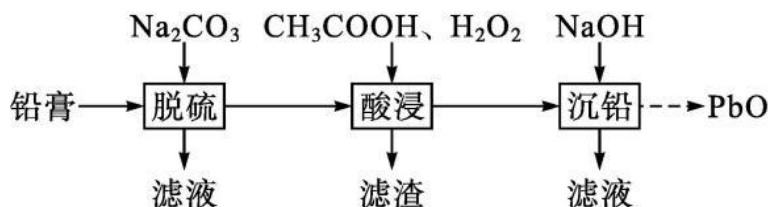
(4) 向 $80 \sim 90^\circ\text{C}$ 的滤液①中分批加入适量 KMnO_4 溶液充分反应后过滤，滤渣②中有 MnO_2 ，该步反应的离子方程式为_____。

(5) 滤液②中加入锌粉的目的是_____。

(6) 滤渣④与浓 H_2SO_4 反应可以释放 HF 并循环利用，同时得到的副产物是_____、_____。

【分析】将菱锌矿高温焙烧反应产生 ZnO 、 CO_2 ， Ca 、 Mg 、 Fe 、 Cu 等的化合物焙烧产生 CaO 、 MgO 、 Fe_3O_4 、 CuO ， SiO_2 不发生反应；然后用 H_2SO_4 酸浸， ZnO 、 CaO 、 MgO 、 Fe_3O_4 、 CuO 变为 ZnSO_4 、 CaSO_4 、 MgSO_4 、 FeSO_4 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 CuSO_4 ， CaSO_4 、 SiO_2 不溶于硫酸，过滤得到滤渣①，继续加 H_2O_2 ，达到将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 的目的，再加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 调整溶液 pH ，转化得到 CaSO_4 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 以及 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀形成了滤渣②，所以在滤液②中含有 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mg^{2+} 及少量 Ca^{2+} 。然后由于滤液②中 Zn 粉的加入，使 Cu^{2+} 发生反应生成铜单质，进一步过滤得到铜单质和反应剩余的 Zn 粉。最后，伴随着滤液③中 HF 的加入，生成 CaF_2 、 MgF_2 沉淀，进一步通过过滤分离，滤液中最后含的 ZnSO_4 最后转化为 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

[2022 年全国乙卷]废旧铅蓄电池的铅膏中主要含有 PbSO_4 、 PbO_2 、 PbO 和 Pb ，还有少量 Ba 、 Fe 、 Al 的盐或氧化物等。为了保护环境、充分利用铅资源，通过下图流程实现铅的回收。



一些难溶电解质的溶度积常数如下表：

难溶电解质	PbSO_4	PbCO_3	BaSO_4	BaCO_3
K_{sp}	2.5×10^{-8}	7.4×10^{-14}	1.1×10^{-10}	2.6×10^{-9}

一定条件下，一些金属氢氧化物沉淀时的 pH 如下表：

金属氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
开始沉淀的 pH	2.3	6.8	3.5	7.2
完全沉淀的 pH	3.2	8.3	4.6	9.1

回答下列问题：

(1) 在“脱硫”中 PbSO_4 转化反应的离子方程式为_____。用沉淀溶解平衡原理解释选择 Na_2CO_3 的原因_____。

(2) 在“脱硫”中，加入 Na_2CO_3 不能使铅膏中 BaSO_4 完全转化，原因是_____。

(3) 在“酸浸”中，除加入醋酸 (CH_3COOH)，还要加入 H_2O_2 。

(i) 能被 H_2O_2 氧化的离子是_____；

(ii) H_2O_2 促进了金属 Pb 在醋酸中转化为 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ ，其化学方程式为_____；

(iii) H_2O_2 也能使 PbO_2 转化为 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ ， H_2O_2 的作用是_____。

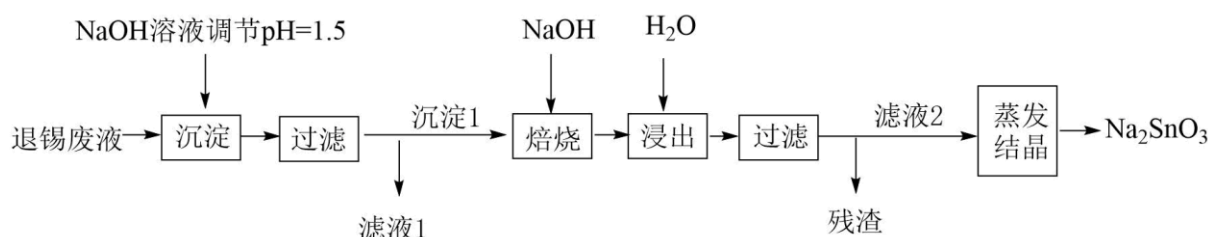
(4) “酸浸”后溶液的 pH 约为 4.9，滤渣的主要成分是_____。

(5) “沉铅”的滤液中，金属离子有_____。

【分析】铅膏所含的物质涉及到硫酸铅、二氧化铅、一氧化铅以及铅单质，此外，还有一定量的钡、铁、铝形成的氧化物和盐类物质。首先，是向铅膏中加入 Na_2CO_3 溶液以达到分离硫的目的，然后把硫酸铅彻底转化为碳酸铅，进行过滤操作，向分离得到的固体中加入 CH_3COOH 、 H_2O_2 进行酸浸， H_2O_2 将的 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} 。酸浸后

溶液的 pH 约为 4.9，然后根据表格提供的金属阳离子形成氢氧化物沉淀的 pH 数据可以分析得到：滤渣主要含有 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，进一步再进行过滤操作，继续向得到滤液中加入 NaOH 溶液把铅元素转化为沉淀，因此滤液中的金属阳离子主要为 Na^+ 和 Ba^{2+} ，最后再把形成的沉淀转化为一氧化铅。

[2022 年新高考重庆卷] 电子印制工业产生的某退锡废液含硝酸、锡化合物及少量 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 等，对其处理的流程如图。



Sn 与 Si 同族， 25°C 时相关的溶度积见表。

化学式	$\text{Sn}(\text{OH})_4$ (或 $\text{SnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
溶度积	1.0×10^{-56}	4×10^{-38}	2.5×10^{-20}

(1) Na_2SnO_3 的回收

① 产品 Na_2SnO_3 中 Sn 的化合价是_____。

② 退锡工艺是利用稀 HNO_3 与 Sn 反应生成 Sn^{2+} ，且无气体生成，则生成的硝酸盐是_____，废液中的 Sn^{2+} 易转化成 $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

③ 沉淀 1 的主要成分是 SnO_2 ，焙烧时，与 NaOH 反应的化学方程式为_____。

(2) 滤液 1 的处理

① 滤液 1 中 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 的浓度相近，加入 NaOH 溶液，先得到的沉淀是_____。

② 25°C 时，为了使 Cu^{2+} 沉淀完全，需调节溶液 H^+ 浓度不大于_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) 产品中锡含量的测定

称取产品 1.5g，用大量盐酸溶解，在 CO_2 保护下，先用 Al 片将 Sn^{4+} 还原为 Sn^{2+} ，再用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KIO_3 标准溶液滴定，以淀粉作指示剂滴定过程中 IO_3^- 被还原为 I^- ，终点时消耗 KIO_3 溶液 20.00 mL。

② 终点时的现象为_____，产生 I_2 的离子反应方程式为_____。

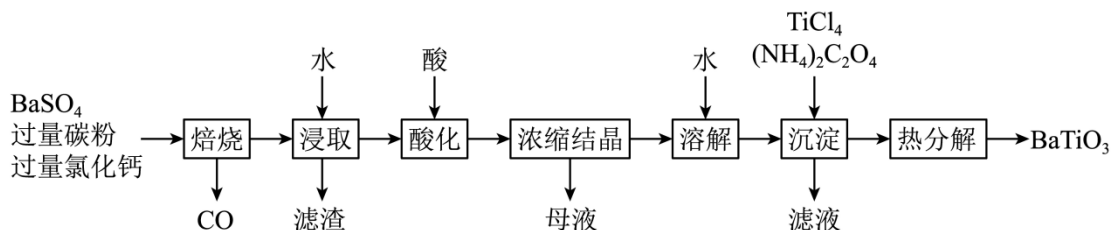
② 产品中 Sn 的质量分数为_____ %。

【分析】 由题给流程可知，向退锡废液中加入氢氧化钠溶液调节溶液 pH 为 1.5，将锡的化合物转化为二氧化锡，过滤得到含有铁离子、铜离子的滤液 1 和沉淀 1；向沉淀 1 中加入氢氧化钠焙烧将二氧化锡转化为锡酸钠后，水浸、过滤得到锡酸钠溶液，

溶液经蒸发结晶得到锡酸钠。

2.3 2023 年高考试题分析

[2023 年全国甲卷] BaTiO_3 是一种压电材料。以 BaSO_4 为原料，采用下列路线可制备粉状 BaTiO_3 。

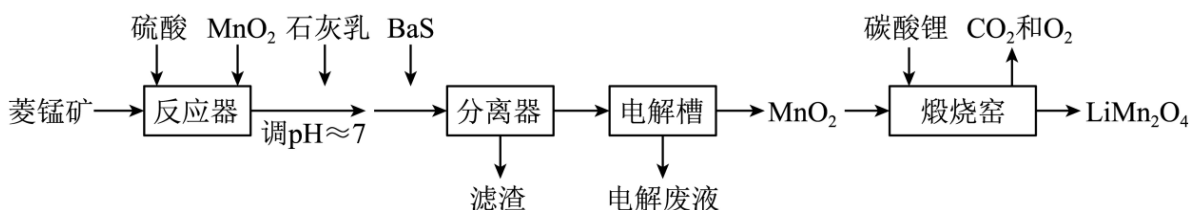


回答下列问题：

- (1) “焙烧”步骤中碳粉的主要作用是_____。
- (2) “焙烧”后固体产物有 BaCl_2 、易溶于水的 BaS 和微溶于水的 CaS 。“浸取”时主要反应的离子方程式为_____。
- (3) “酸化”步骤应选用的酸是_____（填标号）。
a. 稀硫酸 b. 浓硫酸 c. 盐酸 d. 磷酸
- (4) 如果焙烧后的产物直接用酸浸取，是否可行？_____，其原因是_____。
- (5) “沉淀”步骤中生成 $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ 的化学方程式为_____。
- (6) “热分解”生成粉状钛酸钡，产生的 $n_{\text{CO}_2} : n_{\text{CO}}$ _____。

【分析】 由流程和题中信息可知， BaSO_4 与过量的碳粉及过量的氯化钙在高温下焙烧得到 CO 、 BaCl_2 、易溶于水的 BaS 和微溶于水的 CaS ；烧渣经水浸取后过滤，滤渣中碳粉和 CaS ，滤液中有 BaCl_2 和 BaS ；滤液经酸化后浓缩结晶得到 BaCl_2 晶体； BaCl_2 晶体溶于水后，加入 TiCl_4 和 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 将钡离子充分沉淀得到 $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ ； $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ 经热分解得到 BaTiO_3 。

[2023 年全国乙卷] LiMn_2O_4 作为一种新型锂电池正极材料受到广泛关注。由菱锰矿（ MnCO_3 ，含少量 Si 、 Fe 、 Ni 、 Al 等元素）制备 LiMn_2O_4 的流程如下：



已知: $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=2.8 \times 10^{-39}$, $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]=1.3 \times 10^{-33}$, $K_{sp}[\text{Ni}(\text{OH})_2]=5.5 \times 10^{-16}$ 。

回答下列问题:

(1) 硫酸溶矿主要反应的化学方程式为_____。为提高溶矿速率,可采取的措施_____ (举1例)。

(2) 加入少量 MnO_2 的作用是_____。不宜使用 H_2O_2 替代 MnO_2 , 原因是_____。

(3) 溶矿反应完成后,反应器中溶液 $\text{pH}=4$, 此时 $c(\text{Fe}^{3+})=\text{_____mol}\cdot\text{L}^{-1}$; 用石灰乳调节至 $\text{pH}\approx 7$, 除去的金属离子是_____。

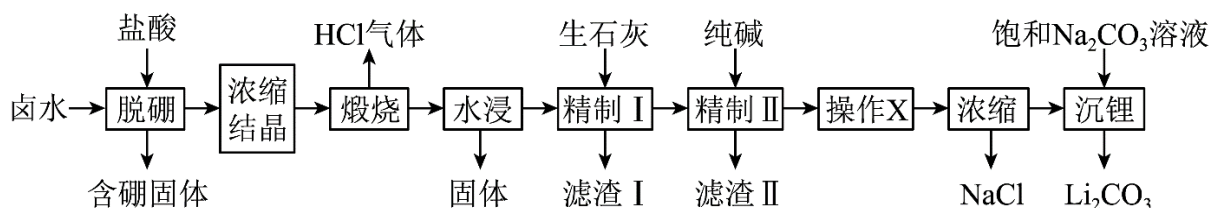
(4) 加入少量 BaS 溶液除去 Ni^{2+} , 生成的沉淀有_____。

(5) 在电解槽中,发生电解反应的离子方程式为_____。随着电解反应进行,为保持电解液成分稳定,应不断_____。电解废液可在反应器中循环利用。

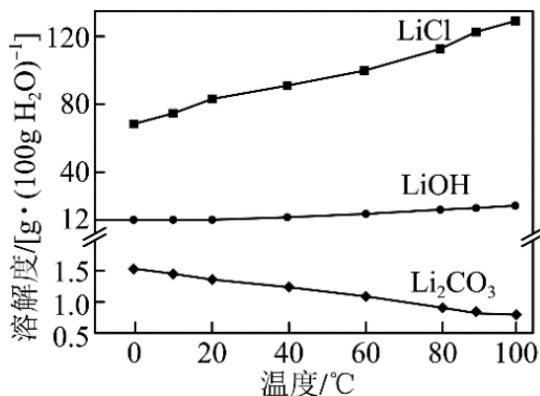
(6) 煅烧窑中,生成 LiMn_2O_4 反应的化学方程式是_____。

【分析】根据题给的流程,将菱锰矿置于反应器中,加入硫酸和 MnO_2 , 可将固体溶解为离子,将杂质中的 Fe 、 Ni 、 Al 等元素物质也转化为其离子形式,同时,加入的 MnO_2 可以将溶液中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ; 随后将溶液 pH 调至制约等于 7, 此时,根据已知条件给出的三种氢氧化物的溶度积可以将溶液中的 Al^{3+} 沉淀出来; 随后加入 BaS , 可以将溶液中的 Ni^{2+} 沉淀, 得到相应的滤渣; 后溶液中含有大量的 Mn^{2+} , 将此溶液置于电解槽中电解, 得到 MnO_2 , 将 MnO_2 与碳酸锂共同煅烧得到最终产物 LiMn_2O_4 。

[2023 年新高考山东卷]盐湖卤水 (主要含 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Li^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和硼酸根等) 是锂盐的重要来源。一种以高镁卤水为原料经两段除镁制备 Li_2CO_3 的工艺流程如下:



已知: 常温下, $K_{sp}(\text{Li}_2\text{CO}_3)=2.2 \times 10^{-3}$ 。相关化合物的溶解度与温度的关系如图所示。



回答下列问题:

(1) 含硼固体中的 $\text{B}(\text{OH})_3$ 在水中存在平衡: $\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + [\text{B}(\text{OH})_4]^-$ (常温下, $K_a = 10^{-9.34}$); $\text{B}(\text{OH})_3$ 与 NaOH 溶液反应可制备硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。常温下, 在 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硼砂溶液中, $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-}$ 水解生成等物质的量浓度的 $\text{B}(\text{OH})_3$ 和 $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$, 该水解反应的离子方程式为____, 该溶液 $\text{pH} = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

(2) 滤渣I的主要成分是____ (填化学式); 精制I后溶液中 Li^+ 的浓度为 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则常温下精制II过程中 CO_3^{2-} 浓度应控制在____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下。若脱硼后直接进行精制I, 除无法回收 HCl 外, 还将增加____ 的用量 (填化学式)。

(3) 精制II的目的是____; 进行操作X时应选择的试剂是____, 若不进行该操作而直接浓缩, 将导致____。

【分析】由流程可知, 卤水中加入盐酸脱硼后过滤, 所得滤液经浓缩结晶后得到晶体, 该晶体中含有 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等, 焙烧后生成 HCl 气体; 烧渣水浸后过滤, 滤液中加入生石灰后产生沉淀, 在此条件下溶解度最小的是 CaSO_4 , 则滤渣I的主要成分为 CaSO_4 ; 由于 CaSO_4 微溶于水, 精制I所得滤液中再加纯碱又生成沉淀, 则滤渣II为 CaCO_3 ; 精制II所得滤液经操作X后, 所得溶液经浓缩结晶、过滤得到氯化钠, 浓缩后的滤液中加入 Na_2CO_3 溶液来得到 Li_2CO_3 。

2.4 化工流程试题的分析与总结

综合分析近三年的全国甲卷、乙卷以及一些新高考省市的化工流程题, 可以看出其中的相似之处。从化工流程题的课程标准要求与考点的角度分析, 涉及到元素化合物的知识, 包括物质的检验、条件的控制、性质与转化、分离与提纯; 涉及到化学反应原理, 包括反应速率、电离平衡、沉淀溶解平衡、水解平衡常数、离子在溶液中的行为、水解平衡、电离平衡常数、转化率、 K_{sp} 。通过分析, 可以得到近几年化工流程题的主要考点分布情况和考查频率, 如表2-1所示。

表 2-1 近几年化工流程题的主要考点分布情况和考查频率

Table 2-1 Distribution of main examination points and examination frequency of chemical process questions in recent years

设问角度	频率
1.加快浸出速率的操作及分析	高频
2.实验条件的选择	中频
3.浸出或除杂过程中涉及到的化学或离子方程式的书写	高频
4.陌生物质类别判断、电子式的书写	低频
5.陌生物质中元素化合价或化学键数判断	低频
6.分离提纯操作及仪器	高频
7.物质成分判断	高频
8.分析流程中某一操作目的（选择合适试剂）	高频
9.转化率的分析判断	低频
10.K _{sp} 除杂或判断沉淀是否生成的应用	高频

化工流程题的流程繁杂、信息庞大，对于学生而言，在解化工流程题时应具备的基础能力包括掌握常见的化工术语、常见的基本操作、常见的氧化剂和还原剂、常见的离子检验或物质的分离方法、调控温度或 pH 等条件的作用、三大守恒与陌生方程式的书写、化学反应原理等。因此，化工流程题将核心素养有所体现，可以从“一流、二转、三性”的三维角度分析化工流程题^[42]，其中“一流”是抓核心元素的流向，“二转”是抓物质类别的转化和元素价态的转化，“三性”是抓物质的氧化性、还原性和溶解性。

新高考背景下的化工流程题除了具备上述基本特点之外，还对学生的能力有一定的要求，①信息整合能力：化工流程题信息量大、信息隐蔽，需要学生高效地阅读完题目，分析流程图的信息、题干的信息，然后快速整理出有效的信息。②知识迁移能力：不仅仅是考查学生对化学基础知识和化学基础原理的掌握程度，还需要学生考虑在真实生产情境的综合因素影响。在对基础知识进行理解和应用的基础上，做到举一反三。③逻辑推理能力：需要结合题干信息分析化工流程图每一步转化的目的和物质变化情况，在整个推理分析过程中要求具备严谨的思维和一定的逻辑推理能力，从而将整个化工流程的转化贯穿起来，以达到正确且高效解题的目的。

根据近几年新高考化工流程试题可以看出，题目更加结合生活实际，将化学和生

活之间的紧密联系充分体现了出来。题目注重化学的实践性，不单单是让学生掌握化学基础知识，还要引导学生深入分析其原理，培养学生的拓展应用能力和推理分析能力^[43]。总的来说，新高考背景下的化工流程题越来越契合新高考评价体系提出的“一核”“四层”“四翼”。

新高考背景下的化工流程题将课程与产业紧密相连。随着经济的不断发展，化工行业也在蓬勃发展，各类高分子材料、生物科技应用、环保新材料等领域正处于快速增长阶段，因此我们也要结合产业需求来调整课程内容和考核方式，将其融合到化工流程题中，为国家的发展提供更加优质的人才储备。

第3章 化工流程题教学现状的调查研究

3.1 学生问卷调查设计

3.1.1 调查目的

了解学生学习化工流程题的情况和现状。

3.1.2 调查对象

本问卷针对刚刚进入一轮复习的高三同学进行设计和调查,本次调查选择了四川省绵阳中学高三年级的两个班级,共 132 位学生进行了问卷调查,回收的有效问卷有 125 份,因此有效回收率为 94.70 %。

3.1.3 调查提纲

1. 学生学习化工流程题的兴趣。
2. 学生学习化工流程题的主动性。
3. 化工流程题的解题能力。
4. 解化工流程题遇到的障碍。

3.1.4 调查结果分析

表 3-1 学生学习化工流程题的兴趣
Table 3-1 Students' interest in learning chemical process problems

问题	选项		
1. 你对化学有兴趣吗?	很感兴趣	兴趣一般	不感兴趣
	25.6 %	57.6 %	16.8 %
2. 化学课上你的活动参与度高吗?	积极参与	有时参与	几乎不参与
	24.0 %	54.4 %	21.6 %
3. 你能通过解化学题获得成就感吗?	经常	偶尔	几乎不
	19.2 %	67.2 %	13.6 %

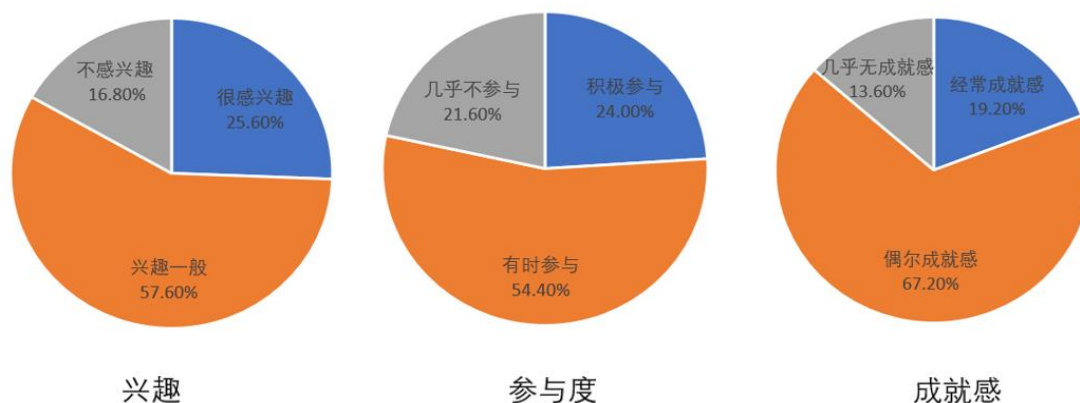


图 3-1 学生学习化工流程题的兴趣

Figure 3-1 Students' interest in learning chemical process problems

通过表 3-1 与图 3-1 的数据分析可以得出的结论是：两个班的学生对化学感兴趣的人较少，学生在课堂的参与度不高，通过解题获得成就感的频率也不高。据以上情况，需要教师在教学过程中，建立合适的教学情境，提高学生的学习兴趣 and 课堂参与度。

表 3-2 学生学习化工流程题的主动性

Table 3-2 Students' initiative in learning chemical process problems

问题	选项		
1.解化工流程题遇到问题 你是怎么处理的？	独立思考 38.4 %	请教老师、同学 52.8 %	放弃 8.8 %
2.你会找同类型化工流程 题来加强练习吗？	经常会 28.8 %	偶尔会 59.2 %	不会 12.0 %
3.你如何处理化工流程的 错题？	整理错题，进行分析和总结 24.8 %	整理错题，但很少翻看 64.8 %	几乎不管 10.4 %

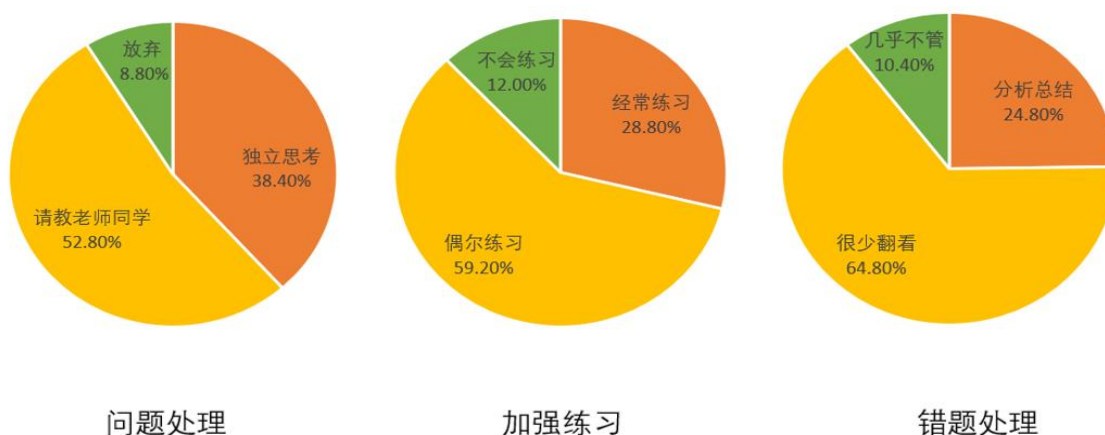


图 3-2 学生学习化工流程题的主动性

Figure 3-2 Students' initiative in learning chemical process problems

通过表 3-2 与图 3-2 的数据分析可以得出的结论是：两个班的学生在解化工流程题的过程中遇到问题时，绝大部分同学都会想办法解决，但相对而言能够独立思考解决问题的比例较低，更多的还是对老师和同学产生了一定的依赖性。此外，学生进行同类题型的训练意识比较强，但频率不够高。最后，学生对化工流程题的错题有整理归纳的意识，但对错题的反思和运用还不够到位，很多功夫都流于表面，没有落实到实处。根据以上情况，需要教师调动学生的学习主动性，让学生能够独立思考、解决问题，并对错题进行分析和总结，加强对同类题型的练习，做到举一反三。

表 3-3 学生解化工流程题的能力

Table 3-3 Students' ability to solve chemical process problems

问题	选项		
1.你觉得化工流程题的难度怎么样？	非常困难	难度适中或比较困难	难度较小
	53.6 %	39.2 %	7.2 %
2.你做一道化工流程题大概花多长时间？	0~8min	8~16min	16min 以上
	15.2 %	61.6 %	23.2 %
3.你做一道化工流程题的得分是？（满分 15 分）	0-5 分	6-10 分	11-15 分
	23.2 %	55.2 %	21.6 %

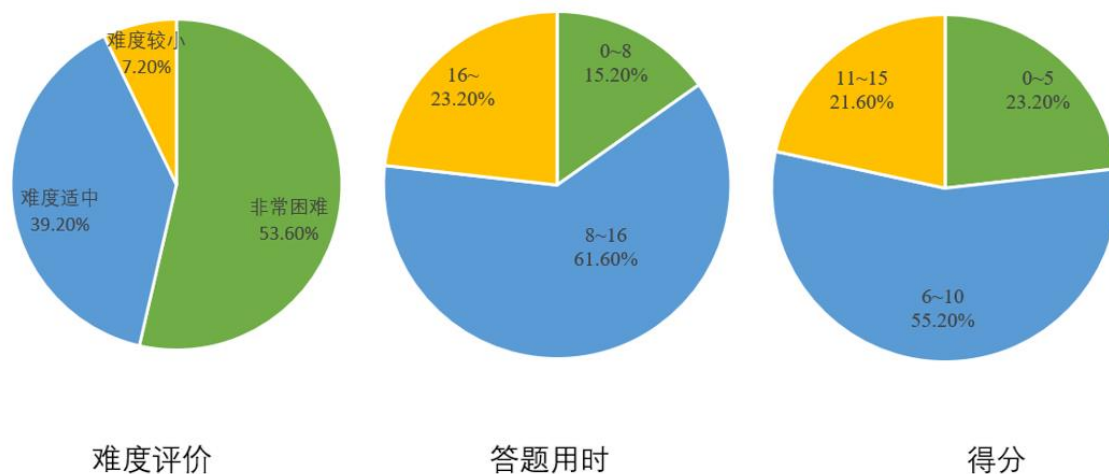


图 3-3 学生解化工流程题的能力

Figure 3-3 Students' ability to solve chemical process problems

通过表 3-3 的数据分析可以得出的结论是：两个班的学生绝大多数认为化工流程题是困难或者是比较困难的，很少有学生觉得化工流程题简单。此外，学生解一道化工流程题的时间相对总的考试时间而言也是比较长的，再结合学生具体的得分情况，说明了能够高效解化工流程题并得到高分的学生是比较少的。根据以上情况，可以看出

很多同学在做化工流程题的时候已经出现了畏难的心理，需要教师在讲解化工流程题的过程中带领学生攻克重难点，培养学生解化工流程题的思路和信心。

表 3-4 学生解化工流程题的障碍

Table 3-4 Obstacles for students to solve chemical process problems

问题	选项		
1.在做化工流程题的过程中，你存在的最大问题是？	审题不仔细 18.4 %	基础薄弱，不能解决实际问题 42.4 %	分析和推理能力差 39.2 %
2.你做化工流程题的一般步骤是？	直接看问题，有时会结合流程图分析 5.6 %	先分析流程图信息，再结合问题分析 63.2 %	先看题头、流程图、已知信息，再结合问题分析 31.2 %
3.相似的化工流程题再次进行训练，你觉得难度为？	依然困难 31.2 %	相似度很高的题型会做，新的题型依然不会 51.2 %	能够解决绝大多数问题，解题能力有一定的提高 17.6 %

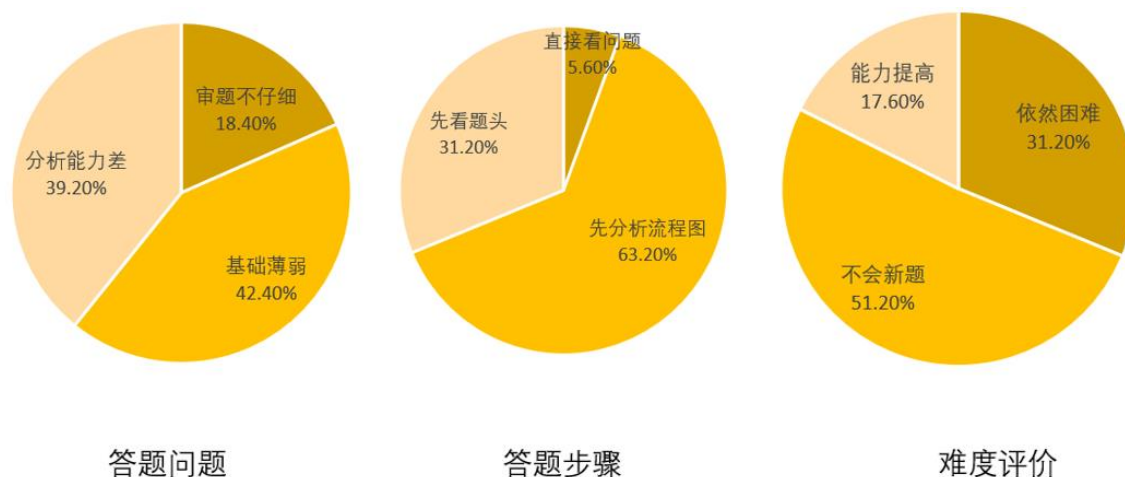


图 3-4 学生解化工流程题的障碍

Figure 3-4 Obstacles for students to solve chemical process problems

通过表 3-4 与图 3-4 的数据分析可以得出的结论：两个班的学生在解题过程中出现的普遍性问题是审题不仔细，最大的问题主要是学生对化工流程题涉及到的基础知识掌握得不够扎实，对如何运用知识解决实际问题和分析推理的能力比较薄弱。此外，根据学生解化工流程题的一般步骤可以看出，绝大多数同学能够做到流程图和问题结合起来进行分析，但对题目隐含的重要信息，比如说题头的信息重视和运用不够到位。

最后,通过对相似题型的再次训练,可以看出,绝大多数学生依然觉得困难或者只能解决相似的、简单的问题,知识的迁移能力不够,解题能力还有待提高。根据以上情况,在后面的复习过程中需要加强学生审题的能力,在评讲化工流程题的过程中,也要注重学生解题能力的培养。

3.1.5 调查结果总结

通过本化工流程题学生问卷调查,了解了学生学习化工流程题的情况和现状,主要包括了学生学习化工流程题的兴趣;学生学习化工流程题的主动性;化工流程题的解题能力;解化工流程题遇到的障碍。并对调查数据进行了仔细分析,得到了以下结论:(1)学生对化学感兴趣的人比较少,学生在课堂的参与度不算高,通过解题获得成就感的比例不高。(2)学生在解化工流程题的过程中遇到问题时绝大部分都会想办法解决,但相对而言能够独立思考解决问题的比重较低,更多的还是对老师和同学产生了一定的依赖性。(3)学生绝大多数认为化工流程题是困难或者是比较困难的,很少有学生觉得化工流程题简单。(4)学生在解题过程中出现的普遍性问题是审题不仔细,最大的问题主要是学生对化工流程题涉及到的基础知识掌握得不够扎实,对如何运用知识解决实际问题和分析推理的能力比较薄弱。

3.2 学生水平前测

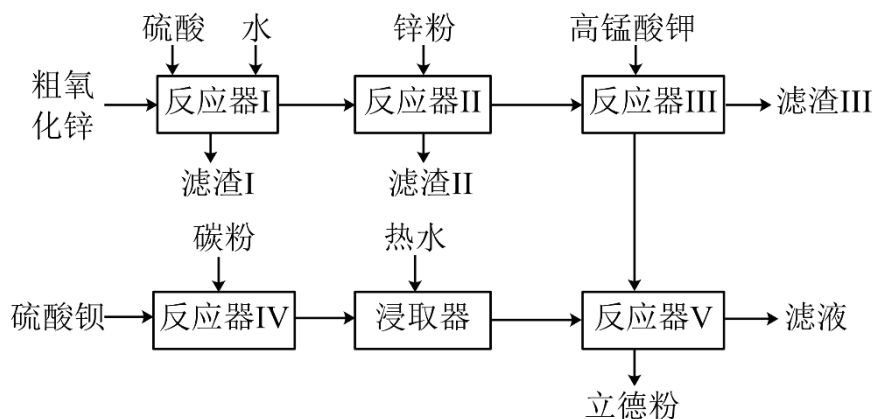
学生现有的知识储备对于后续新知识的学习有着重要的影响,教师可以通过新旧知识之间的联系,培养学生的知识迁移能力。因此,教师设计的教学内容应契合学生的认知发展水平和现有的知识储备。设计《化学化工流程试题》(前测),通过教学之前的测试,其目的是通过前测了解学情,得到相关数据;通过分析前测产生的数据,找到教学的落脚点,进行高效的课堂教学。同时本测试为后测试验提供数据和实践支撑。

3.2.1 研究对象

绵阳中学两个刚进入高三第一轮复习的平行班(A班、B班),两个班级均是理科班,教学进度一致,对两个班级进行编号,分为A班和B班。其中,A班共有50人,女生15人,男生35人,该班作为实验班;B班共有50人,女生14人,男生36人,该班作为对照班。两个班级的成绩差异、性别差异等方面的差异都较小,研究时间从2023年3月到2023年7月。

3.2.2 研究材料

普通立德粉 ($\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$) 可利用 ZnSO_4 和 BaS 共沉淀法制备。以粗氧化锌 (含 Zn 、 CuO 、 FeO 等杂质) 和 BaSO_4 为原料制备立德粉的流程如下:



- (1) 生产 ZnSO_4 的过程中, 反应器I要保持强制通风, 原因是_____。
- (2) 加入锌粉的主要目的是_____ (用离子方程式表示)。
- (3) KMnO_4 在酸性溶液中被还原为 Mn^{2+} , 在弱酸性、弱碱性溶液中被还原为 MnO_2 , 在碱性溶液中被还原为 MnO_4^{2-} 。据流程判断, 加入 KMnO_4 时溶液的 pH 应调至___; 滤渣III的成分为_____。
a. 2.2~2.4 b. 5.2~5.4 c. 12.2~12.4
- (4) 制备 BaS 时, 按物质的量之比计算, BaSO_4 和碳粉的投料比要大于 1: 2, 目的是_____; 生产过程中会有少量氧气进入反应器IV, 反应器IV中产生的尾气需用碱液吸收, 原因是_____。
- (5) 普通立德粉 ($\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$) 中 ZnS 含量为 29.4 %, 高品质银印级立德粉中 ZnS 含量为 62.5 %。在 ZnSO_4 、 BaS 、 Na_2SO_4 、 Na_2S 中选取三种试剂制备银印级立德粉, 所选试剂为_____, 反应的化学方程式为_____ (已知 BaSO_4 相对分子质量为 233, ZnS 相对分子质量为 97)。

【分析】通过对流程中涉及到的反应进行分析, 可以得到的结论是: 反应器I中的 ZnO 粗产品中的 Zn 、 CuO 、 FeO 会和 H_2SO_4 发生反应, 产生的沉淀通过过滤进入到滤渣中。反应器II中发生的反应为 Zn 和 Cu^{2+} 的置换反应。反应器III中的 Fe^{2+} 被 KMnO_4 氧化为 Fe^{3+} 后, 然后通过对溶液的 pH 进行调节生成 MnO_2 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 过滤得到 ZnSO_4 。反应器IV在制备 BaS 。反应器V用 ZnSO_4 和 BaS 反应来得到沉淀, 以达到制备立德粉的目的。

3.2.3 答题分析

1. 缺乏对生产实践的理解, 甚至存在知识负迁移的问题

首先, 第一个问题是“保持强制通风”的原因解释, 这道题作为一道基础题, 但是得分率较低, 主要是因为学生答题的过程中产生了思维偏差和漏洞, 本来该题只需要学生能够分析出氢气作为可燃性气体存在一定的安全隐患, 但是很多学生认为氢气在没有点燃的条件下, 就不需要将其从装置中排出, 反映了学生缺乏对生产实践的理解。此外, 类似的问题出现在“ BaSO_4 和碳粉的投料比”上, 许多学生只从价格上去比较 BaSO_4 和碳粉, 认为 BaSO_4 的价格更高, 不需要过量, 却不知道在实际的化工生产中, 碳粉的处理十分复杂和麻烦, 尤其是用于生产白色染料的时候, 对碳粉是否能够实现完全转化的要求特别高, 其目的是保证产品的质量。因此, 理论知识和实际生产实际相互分离是导致知识负迁移的主要原因。

2. 定量计算能力较弱

该题的一大难点是第五问中的试剂选择以及化学方程式的书写, 结合学生实际的答题情况分析, 有一些考生是能够正确判断出所用的试剂, 然而在书写对应方程式时, 出现了无法根据题干给的有效信息来进行正确的分析和计算, 无法推出银印级立德粉的化学式, 也就无法书写反应方程式了。通过该题的答题情况, 可以看出学生在解化工流程题中的计算题型时, 定量计算的能力是较弱的。此外, 由于答题的规范性以及化学语言的正确使用存在问题, 导致整体的得分率不高。

3. 信息获取和加工能力较弱

第五问提供了银印级立德粉的组分含量的信息, 需要学生通过分析 ZnS 含量的变化来选择合适的试剂。根据学生的答题情况分析, 许多学生没有完全读懂题意, 不能够正确分析出解题的方向, 导致答题内容不合理。在新高考的背景下, 越来越多的试题在创设新的问题情境, 题干信息的表示形式千变万化, 如果学生不能从问题情境和题干信息中获取有效的信息进行加工处理, 就会缺乏自主分析解决问题的能力。

4. 存在解题障碍

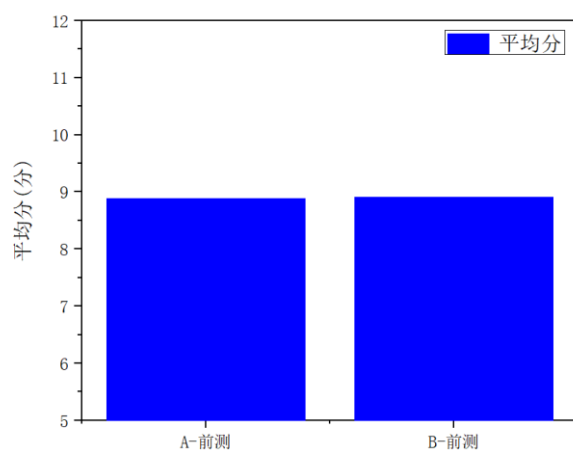
对整个化工流程中每一个步骤涉及的物质转化、反应机理的分析不够透彻。很多得分率较低的学生在解第三问的时候, 需要从避免引入锰元素的角度出发, 分析出要把 KMnO_4 转化为 MnO_2 , 但是加入 KMnO_4 的具体原因, 不能够透彻的进行分析, 认为在前面的步骤中通过加入锌粉已经将铁元素除尽, 所以滤渣③往往只答了 MnO_2 。通过分析该题的答题情况, 可以看出学生不仅无法有效的从试题情境中获取有效信息, 而且还无法进行知识的迁移, 思维比较死板。其实正确的解题思路应为锌粉处于含有硫酸的环境, 由于锌粉可以和硫酸反应, 所以不能将铁反应完。在真正的化工生产流程

中，每一步转化可能会涉及多个反应，这些反应的关系是相互竞争的，如果只是简单地运用高中基础知识是不能解决化工流程的难题，这就需要学生对化工生产的每一步和整体都有所把握，能够将题干信息和所学知识紧密联系起来，全面地分析每一个问题。

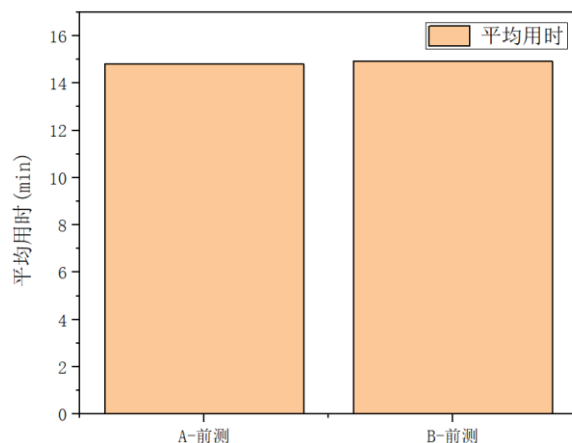
3.2.4 数据分析

表 3-5 前测数据统计表
Table 3-5 Statistics of pre-test data

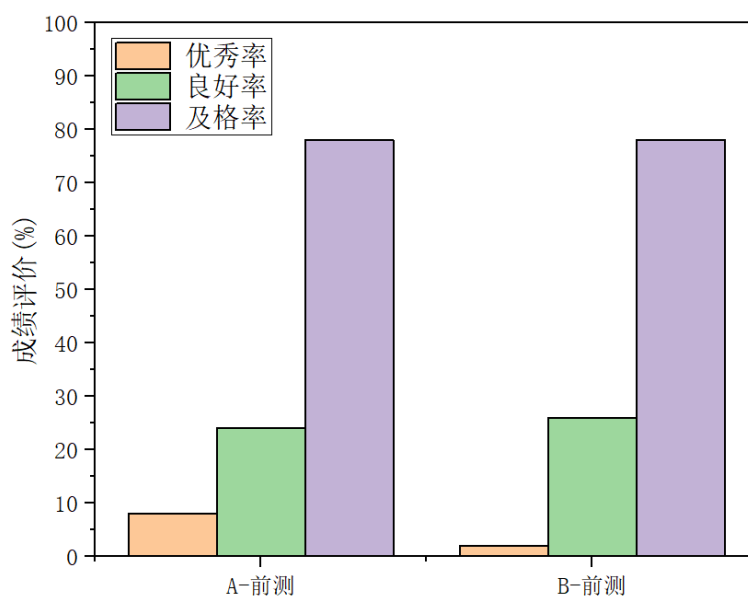
统计项	数据值	
	A 班	B 班
平均分	8.88	8.91
答题用时 (min)	14.81	14.92
优秀率 (13.5-15 分) (%)	8	2
良好率 (12-15 分) (%)	24	24
及格率 (9-15 分) (%)	76	78



(a)



(b)



(c)

图 3-5 前测数据统计图: (a) 平均分; (b) 平均用时; (c) 成绩评价

Figure 3-5 Statistical chart of pre-test data: (a) average score; (b) The average time taken; (c) Performance evaluation

由前测数据表与前测数据图可知, 两个班在前测阶段平均分、答题用时、良好率、及格率、不及格率上差异较小, 说明了两个班学习成绩差异小, 严格控制变量后可作为后测的研究对象。

3.3 教师访谈设计

3.3.1 访谈目的

通过与经验丰富的高中化学教师进行访谈，了解目前化工流程题的教学现状，并对访谈的结果进行分析与总结，有利于探究有效的教学策略。

3.3.2 访谈提纲

本次的访谈对象选择的是一线的高中化学教师，包括四川省绵阳中学和四川省南山中学的化学教师，这两所高中都是国家级示范性普通高中，师资力量雄厚。

为了深入的了解到目前化工流程题的教学现状，本次访谈采用两种方式实施：线下直接面谈和线上电话沟通，交流内容均采用录音或者笔录的形式记录整理下来，便于分析汇总。

本次访谈的提纲参照了相关文献进行拟定，具体内容见下面的访谈结果分析。

3.3.3 访谈结果分析

在访谈结束之后，将交流的内容整理出来，由于交流的内容信息量大，于是我将重点内容整理出来，具体内容如下：

问题 1：你如何看待化工流程题在高三的复习阶段具有怎样的重要性？

表 3-6 访谈内容记录
Table 3-6 Interview records

被访教师	访谈内容
T1	非常重要，化工流程题在高考中所占分值为 14 分左右，比重较大
T2	比较重要，化工流程题的综合性强，在高考中的地位会不断加强
T3	重要，有基本的答题模板，但是考查的形式越来越多样化和灵活
T4	重要，需要在新课教学中把学生的基础知识夯实，学生才能够运用知识高效的解题
T5	比较重要，该类题型对学生的综合能力要求较高
T6	非常重要，在高三的复习中应该作为专题进行讲解和解题方法的总结

通过表 3-6 的访谈内容可以分析得到的是：所有的被访教师都认为化工流程题在高

考中占有重要地位，它是高考的必考题，教师对其有着很高的关注度。由于该类题型的综合性强，对学生的综合素质要求高，得分率相对降低，所以教师们在复习阶段也十分注重该类题型的复习。

问题 2：你在高三复习阶段是否进行过化工流程题的专题复习？学生的学习积极性和效果如何？

表 3-7 访谈内容记录

Table 3-7 Interview content records

被访教师	访谈内容
T1	进行了专题复习，基础好的学生学习效果和积极性不错，基础差的学生认为难度太大，不喜欢做该类题型
T2	做过专题，学生的积极性较高，但学习的效果一般，对同类题型再进行练习时，大多学生的解题思路依然固化
T3	目前还没进行专题复习，但在平时遇到该类题型的时候会总结解题方法，学生的学习积极性不是很高
T4	做过专题，学生的积极性较高，学习效果还可以
T5	做过专题，学生普遍认为该类题型难，积极性和学习效果一般
T6	做过专题，学生比较重视，专题复习后整体做题效果有一定的提升，但变化不大，普遍来说，得分率依然偏低

通过表 3-7 的访谈内容可以分析得到的是：基本上所有教师再高三复习阶段都进行了关于化工流程题的专题复习，但是对学生的学习积极性和学习效果有较大的差异，主要是因为老师们所教的班级层次存在差异，但整体的趋势是基础较好的学生学习的积极性和学习效果不错，基础差的学生学习的积极性和学习效果比较差。总的来说，专题复习的效果在学生的个体上存在较大的差异，整体的复习效果一般，有待提高。

问题 3：你认为化工流程题考查了学生哪些能力？

表 3-8 访谈内容记录
Table 3-8 Interview content records

被访教师	访谈内容
T1	知识迁移能力，图表分析能力
T2	计算能力，知识点的联系能力，信息获取能力
T3	化学专业术语的表达能力，基础知识的掌握程度： 元素化合物的知识、化学反应原理
T4	整合信息能力，实验探究能力，陌生方程式的书写能力
T5	运用化学知识解决实际化工生产问题的能力
T6	阅读信息、分析信息、整合信息的能力

通过表 3-8 的访谈内容可以分析得到的是：被访问的教师普遍认为化工流程题的综合性较强，考查的知识涵盖的范围广，对学生各方面的能力要求高，而表格里面汇总的对学生的主要能力要求中，学生存在的问题包括：化学符号表征能力、信息整理分析能力、图表分析能力和化学计算能力都比较弱，缺乏正确的逻辑思维，化学专业术语的表达不够精准。

问题 4：在教学过程中，你认为学生存在的解化工流程题的思维障碍主要是？

表 3-9 访谈内容记录
Table 3-9 Interview content records

被访教师	访谈内容
T1	化学计算和物质转化的分析推断存在问题
T2	基础知识不扎实，物质转化分析不正确或者存在漏洞
T3	题干的有效信息读取不够全面，很难将有效信息运用于解决问题
T4	看不懂流程图，文字表述不完整，化学用语不规范
T5	对信息给的陌生的理解和处理不到位
T6	基础薄弱，对化工流程题有一定的排斥和畏难心理，不愿意认真去解题

通过表 3-9 的访谈内容可以分析得到的是：被访问的教师们都认为学生解化工流程题存在较大的问题，体现出的思维障碍是复杂化的，部分教师重视学生基础薄弱的问题，部分教师重视学生解题思维存在障碍的问题。总的来说，这两个角度都是目前学生普遍性存在的问题，先夯实基础知识，再建立正确的解题思路，才能做好化工流程

题。

问题 5: 针对学生出现的解题障碍, 你在教学过程中实施或者是总结了哪些好的教学策略?

表 3-10 访谈内容记录
Table 3-10 Interview content records

被访教师	访谈内容
T1	对于固有的答题模板, 要求学生记忆; 引导学生建立完整的物质性质和物质转化的知识框架
T2	培养学生规范答题, 加强高考题的练习, 并在讲解的过程中引导学生自主分析和总结解题方法
T3	专题专练, 培养学生的解题思维, 建立起适合学生自己的解题技巧和方法
T4	在讲解的过程中, 循循善诱, 引导学生理解题干信息、分析化工流程图
T5	在练习化工流程题前让学生将无机元素的知识点进行全面的复习
T6	总结归纳解题方法, 练习的题型难度层层递进, 并对重要的考查形式进行归纳总结

通过表 3-10 的访谈内容可以分析得到的是: 关于化工流程题的教学策略, 每位老师都在想办法, 分享了自己的看法。整体来说, 老师们的教学策略还是比较统一的: 夯实基础, 多讲、多练, 注重答题的模板和技巧, 同时也要避免满堂灌, 不利于学生逻辑思维的建立。

3.3.4 教师访谈总结

通过对四川省绵阳中学和四川省南山中学的一线高中化学教师进行访谈, 得到了以下结论: (1) 所有被访教师都认为化工流程题在高考中占有重要地位, 它是高考的必考题, 教师们有着很高的关注度。(2) 所有被访问教师在高三复习阶段都进行了关于化工流程题的专题复习, 但是学生的学习积极性和学习效果有较大的差异。(3) 被访问的教师普遍认为化工流程题的综合性强, 考查的知识范围广, 对学生各方面的能力要求高。(4) 被访问的教师们都认为学生解化工流程题存在较大的问题, 体现出的思维障碍是复杂的, 部分教师重视学生基础薄弱的问题, 部分教师重视学生解题思维存在障碍的问题。(5) 被访问的老师们的教学策略比较统一: 夯实基础, 多讲、多练, 注重答题的模板和技巧, 同时也要避免满堂灌, 不利于学生逻辑思维的建立。

3.4 教学现状分析与总结

通过对学生的问卷调查和教师的访谈内容进行分析，得到了目前的教学过程中存在的问题和现状。

1. 学生层面

学生学习化工流程题的主动性不强，由于化工流程题的综合性强、难度比较大，很多学生在做化工流程题的过程中会出现畏难的心理，导致最终做化工流程题的时候出现审题不仔细、思考不严密、难题直接放弃等问题。此外，在老师讲解的过程中，也不够重视，有些学生不会紧跟老师思路来分析和总结解题方法和技巧，很难主动去练习同类题型，进行加强训练。

学生的基础知识不扎实、解题思维未建立。很多化工流程题涉及到元素化合物的知识，物质的性质和转化对于分析化工流程图有着极其重要的影响，但是很多学生对于元素化合物的知识复习不够到位，存在知识漏洞，未建立完整的知识框架，因此在分析化工流程图的过程中容易出现错误。此外，学生也没有建立正确的解题思路，很多时候做题都是“跟着感觉走”，茫无目的地解题，对知识深层次地思考和理解有所欠缺。

2. 教师层面

通过对访谈内容进行分析可以知道，教师们对化工流程题的重视程度是比较高的，大多数教师在高三复习阶段会进行关于化工流程题的专题专练，在教学过程中总结了一定的教学方法和策略，但是大多数教师对化工流程题的研究还不够充分，比如说在访谈中体现出教师们对化学学科核心素养、新高考评价体系在化工流程题中的体现不是很了解，普遍的流于表面的关注化工流程题的分值和练习，对试题的命题立意、对学生的能力和核心素养的考查研究较少。

此外，通过访谈也可以看出大多数教师对化工流程题的教学方法是比较传统、单一的。多数教师在教学过程中一般采取专题专练的方式，希望以多讲多练的方式让学生能够熟练地解化工流程题，但是不重视学生解题心理的探究和解题技巧的总结，最终的结果就是有效但却不高效，可能会导致学生盲目的、机械性地刷题，不利于学生学习兴趣和学习主动性的建立，最终导致学生不善于自主思考，也不利于学生的逻辑思维的建立。

第4章 教学实践探索和教学策略总结

第三章通过学生的问卷调查结果和教师访谈内容结果总结出目前教学中的一些普遍性问题,为了解决学生在解题过程中出现的障碍,培养学生建立学习化工流程题的主动性和正确的解题思维,将化学学科素养、新高考评价体系的价值体现出来,就需要教师们在平时的教学过程中注重学生学习兴趣的培养和思维的引导。因此,本文结合高考化工流程题的研究结果和对教学现状的分析,以期探索出有效的教学策略。本章主要通过真实课堂的教学实践探究来总结分析有效的教学策略和化工流程题的备考建议。

4.1 教学实践探索

结合整个高中化学知识体系,元素化合物的知识所占比重超过一半,元素化合物的知识涵盖范围广,所以可以以真实的化工生产中的化学反应为基础,以元素化合物之间的转化为骨架,来进行化工生产情境的设计和教学。

本文就以新高考背景下的高中化学人教版的新教材中的内容作为教学的情境素材,选择了必修二第八章的思考与讨论部分的铝的生产原理示意图来设计“从铝土矿到铝”的化工流程的专题复习,紧密结合教材内容和生活实际来建立复习内容的情境,有利于激发学生的探究欲和学习兴趣。

本次教学过程以“引入流程→设计流程→建构流程模型→分析流程”为教学活动的主线,引导学生真正融入到教学过程中。首先,对工业冶炼铝涉及到的情境素材进行整理,具体内容包括:铝土矿的成分、生产氧化铝的过程和步骤、工业冶炼铝的方法、工业生产氧化铝方法的选择、工业制铝的能耗问题、科学家们探索铝的制备的过程。用以上素材为背景,来合理设计化工流程题中的学科问题,进一步开展教学活动,形成了下表所示的教学思路。

表 4-1 从“铝土矿到铝”的教学思路
Table 4-1 Teaching ideas from "Bauxite to aluminum"

教学步骤	核心知识	学科问题	教学活动
1.铝土矿的主要成分	铝在地壳中的含量、铝的存在形式	铝是地壳中含量最多的金属元素，为什么历史上铝比黄金还贵？	结合铝的存在形式，介绍富集的铝的载体物质：铝土矿。
2.碱法提纯氧化铝的化工流程	铝及其化合物的性质	提纯氧化铝的过程中涉及到的铝元素的转化是怎样的？	探究铝及其化合物的性质
3.酸法提纯氧化铝的化工流程	工业生产氧化铝的方法选择	为了提高铝土矿的浸出率，可以对铝土矿进行哪些预处理？ 酸化处理为什么选择二氧化碳且过量？ 你会选择酸法还是碱法？	设计从酸法从铝土矿中提取氧化铝的化工流程； 对原料进行预处理； 酸化试剂的选择； 化工流程的方案选择。
4.氧化铝制备铝的探索过程	电解熔融氧化铝制备铝	选择氧化铝制备铝的原因？ 通过铝土矿制备铝单质总结金属制备的一般流程和注意事项？	明确铝的制备方法； 构建工业制备金属的流程框架。
5.制备铝过程中的能耗	铝合金的性质和用途	结合铝合金的用途说明铝合金具有哪些性质？ 关于化工流程中的能耗和污染问题，你有什么建议？	明确铝合金的性质和用途； 分析总结化工流程中的能耗和污染治理问题。

结合以上教学思路在高三年级开展了教学实践，对教学后的情况进行反思和总结：本节课是以化工流程题的建构来开展教学活动，结合情境素材，教学环节层层递进，以连贯性的化工流程题中出现的常见问题作为导向，驱动学生自主分析探究、交流讨论，最终总结得到制备铝的最佳途径，并让学生绘制化工流程图，标出每一步转化的目的和要点，从物质的性质入手，分析试剂的从而实现学生在认知、能力、思维等多方面的考查和逻辑思维的培养。本次通过铝的制备过程来进行教学是一次比较成功的尝试，还可以不断完善和拓展教学内容，基于化工生产进行更多教学探索，有利于在化工流程的复习课中开展有效的情境教学，有利于培养学生的探究欲和思维能力。

当然，在教学实践过程中还可以建立很多化工生产情境，比如说制备硝酸、制备

硫酸、工业合成氨等。具体来说,在学习钠及其化合物的时候,可以将纯碱工业进行讲解说明,并考虑实际生产过程中的成本问题来确定反应的原料,通过物质的循环利用来节约成本等。在学习硫酸的性质的时候,在制备硫酸过程中要考虑原料的确定、环境的保护、经济效益和方案的选择等问题,比如说可以从“黄铁矿 $\rightarrow\text{SO}_2\rightarrow\text{SO}_3\rightarrow\text{H}_2\text{SO}_4$ ”的物质转化角度将硫及其化合物的性质联系起来,从催化剂的选择、反应设备、反应物浓度、温度和压强等角度来进行化学反应的调控,最后还可以通过尾气处理环节来培养学生保护环境意识。总的来说,将化工生产情境融入到教学过程中,通过“情境确定 $\rightarrow$ 获取信息、设计问题 $\rightarrow$ 任务驱动 $\rightarrow$ 总结与反思”的步骤来进行教学,形成了化工生产情境的教学思路(见图 4-1),可以让学生从真实的化工生产情境中学习化学知识,培养学生解决实际问题的能力,认识到化工生产的意义和价值,进一步提高学生的学科素养。

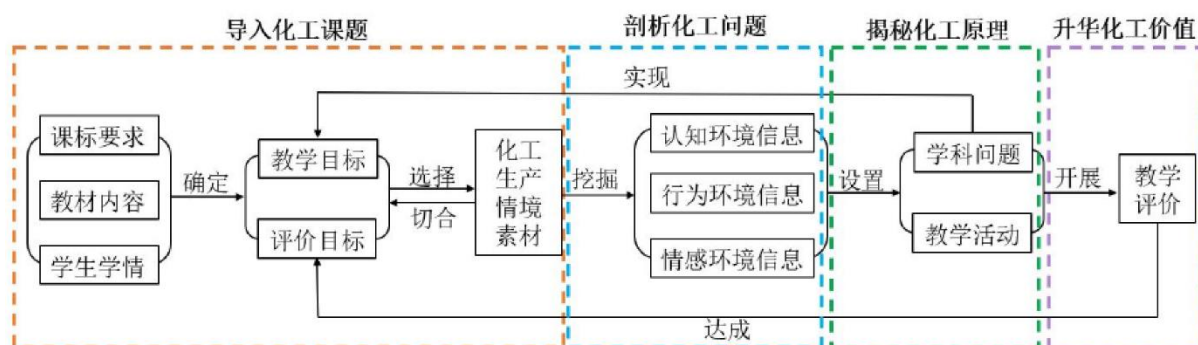


图 4-1 化工生产情境的教学思路

Figure 4-1 Teaching idea of chemical production situation

4.2 教学策略总结

结合化工流程题的教学现状和教学实践探索,解决目前存在的问题,实现以学科素养为核心、立德树人为宗旨的教学目标,提出以下几点教学策略的建议,希望能对高三复习有一定的帮助。

1. 联系实际,建立教学情境,培养学生学习兴趣

化工流程题实际上是一道和生活中的化工生产实际紧密相联的题型,如果在平时的教学过程中教师注重课本内容和生活实际联系起来,那么学生在做化工流程题时不会产生太多的畏难情绪。教师在平时的教学中要潜移默化的深入化学在生活中的用途,挖掘化学发展前沿和高中化学知识的相关性,比如说屠呦呦青蒿素的发现等。所以,教师在备课的环节中,可以适当查阅和本节课知识相关的资料,在课堂上进行有机融合,拓宽学生的知识面的同时也能培养他们学习化学的兴趣。此外,还可以结合上述

教学实践探究结果，建立合适的化工流程相关的教学情境，引导学生进行分析和总结。

2. 注重基础知识的复习

化工流程题一般是通过建立真实情境来考查学生高中阶段的基础、必备知识，往往会涉及到元素及其化合物的性质、操作和条件的选择、化学反应原理等知识，这些知识均是高中阶段基础且重要的知识，是要求学生必须记忆和理解的知识板块。因此，学生对基础知识的掌握程度会直接影响化工流程图的推导。对于教师而言，可以在教学过程中建立合适的化工流程情境，以巩固学生的基础知识并增强学生如何用现有知识解决化工流程中的实际问题的能力，进一步加强了学生对知识的理解和应用。

3. 培养学生解化工流程题的关键能力

化工流程题考查的是学生的综合素质，其中特别重视的是对学生的分析能力、逻辑推理能力、信息获取和加工能力、知识迁移能力和理论联系实际等多方面能力的考查。因此在教学过程中，教师应根据学生现有的知识水平和能力，利用恰当的教学情境和教学内容来着重培养学生上述能力，并且能够进一步加强学生科学探究的意识和学习的兴趣，从而实现能力和学习主动性的共同发展。

化工流程题的重心是化学核心素养的建立。因此，教师在教学的过程中应该让学生结合知识的同时应用能力来解题，从而让学生获得学科成就感并开阔学科视野。在化工流程题的讲解过程中，体现化学对社会发展的重要用途，体现学科价值，实现教学评一体化。

4. 规范语言表达，建立答题模板

对于化工流程题中出现的一些语言表达的题目，教师可以给出一些常见的、规范的答题模板，从而减少学生因语言表述不当造成的失分概率。一方面要规范化学专业术语的使用，教师在平时教学过程中就需要严格要求自己，一丝不苟的对待每一次板书内容和文字表达内容，潜移默化的影响着学生。此外，历年的考试中学生常常因为审题不仔细或不当导致信息获取和加工环节遇到困难，所以教师应在平时的习题讲解中强调审题时一定要分析出题中的关键信息，答其所问。

5. 构建模型，自主命题

在高三的复习过程中，教学时间紧、教学任务重，很多教师一般在复习时常采用的是“讲解知识点、练习对应习题、对习题进行评价”的教学模式，学生往往把时间用于大量刷题，很少有时间对学习的内容进行总结和反思。由于化工流程题对学生的解题水平的要求是比较高的，往往会出现学生来不及或刻意减少化工流程题的练习的情况，为了解决学生做化工流程题的心理障碍并让学生自主的去做化工流程题，教师们在课堂上首先要建立一个相对能让学生放松的、主动学习的氛围。比如说讲解化工流程题时先从基础题型入手，让学生感受到没有想象中的困难，然后让学生结合题目、回归教材、夯实基础，让学生逐步构建化工流程题的基本框架。最后，在学生经过一

定的、有效的练习后，引导学生总结归纳化工流程题的考查范围和特点，常见题型和解题技巧，并帮助学生建立一个化工流程题的通用模型，归纳总结化工流程题常见的出题规律。

4.3 化工流程题的解题策略

1. 题头的分析

题头的内容大多会给出化工生产的原料、所含杂质以及目标产物，有时也会给一些重要物质的物理或者化学性质，这些内容一般都是在后面解题过程中的关键信息，所以就要求学生在解题前需要对题头的信息和问题之间的关系进行有效的整合，用于分析物质转化的过程中的步骤，涉及到的反应类型、反应机理，进一步来正确的选择所需试剂、确定反应条件、掌握分离提纯的方法和书写反应方程式。

2. 流程图的分析

化工流程图一般来说是由三个部分组成的，包含原料的处理、相关的化学反应和物质的分离提纯。此外，也可以将其分为三条流程线路，包含目标产物的制备、副产物的制备以及物质的循环利用。首先，原料的处理常见的操作有高温煅烧、加入酸性或者碱性试剂溶解、过滤以及除杂等。此外，相关的化学反应主要是生产目标产物的反应，一般来说，在生产目标产物的过程中会有副反应发生，这就涉及到物质的分离提纯，过滤、蒸馏、蒸发结晶和洗涤等是常见的分离提纯方法，在这个过程中一般还需要控制好体系的温度和溶液的 pH 等。最后，三条流程线路一般是将生产目标产物的过程称为主线，生产副产物的过程称为支线，物质的循环利用过程称为回头线。

3. 建立分析化工流程题的模型

一般来说，是以元素化合物的知识作为建立分析模型的理论基础，以流程转化图的形式将物质的转化过程体现出来，然后结合涉及到的高中化学知识来命制问题。因此，在平时的教学中教师应引导学生自主构建化工流程题的框架，建立分析模型，从而提高学生的逻辑思维能力。当然，大多化工流程题的物质转化过程可以总结为将原料通过核心的化学反应转化为需要的产物。站在元素化合物的角度分析，需要理解元素在每一步的转化形式、去向和反应机理，通过结合高中化学的知识来整理出正确的解题思路。

第5章 化工流程题教学实践研究的评价

第四章针对学生的问卷调查和教师访谈结果反映的目前教学过程中存在的一些普遍问题，通过真实课堂的教学实践探究总结分析了有效的教学策略和化工流程题的备考建议。本章基于前面的得到的教学策略与备考建议，开展学生水平后测试验，并从不同维度对学生水平后测结果进行了评价。

5.1 学生水平后测试验

5.1.1 研究对象

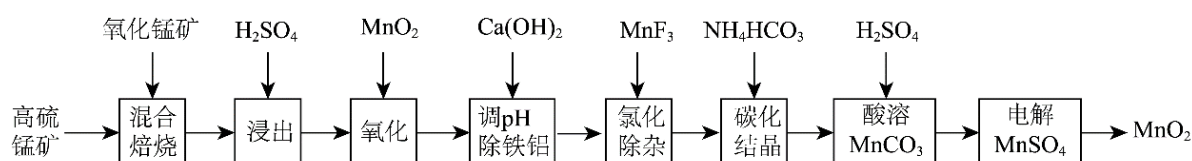
第四章作为前测研究对象 A 班、B 班。前测数据表明在教学实践前两个班级学习情况差异小（包括教学进度、男女比例、生源地、前期学习成绩等）。

5.1.2 研究变量

研究变量为教学方式：其中 A 班传统教学模式，B 班改进的方式进行教学；严格控制其余变量，保证单一变量原则。

5.1.3 研究材料

高硫锰矿（主要成分为锰的化合物和 FeS ）为原料制取 MnO_2 的工艺流程如图：



①“混合焙烧”的烧渣含 MnSO_4 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 Al_2O_3

②金属离子沉淀的 pH 见下表。

金属离子	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}
开始沉淀	1.8	6.8	4.0	7.5
完全沉淀	3.2	8.0	5.0	8.4

(1) 浸出时与铝元素有关的离子反应方程式_____。

(2) 上述“氧化”步骤是否可省略____, 你的依据是_____。

(3) “调 pH 除铁铝”时, 生成沉淀的 pH 范围为____; “氟化除杂”中除去的离子为_____。

(4) 平衡移动原理解释除杂处理后的 Mn^{2+} 用 NH_4HCO_3 转化成 MnCO_3 沉淀的过程_____。

(5) 惰性电极电解 MnSO_4 制备 MnO_2 时, 阳极反应式为____; 整个流程中能够循环利用的物质除 MnO_2 外还有_____。

【分析】高硫锰矿和氧化锰矿一起焙烧, 反应得到的物质有 MnSO_4 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 Al_2O_3 和 MgO , 继续向溶液中加入 H_2SO_4 , 溶液中的微粒含有 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 和 Al^{3+} , 继续向其中加入 MnO_2 , 其目的是将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} , 再加入碱性物质将 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 转化为沉淀而除去, 然后加入 MnF_2 将 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 转化为沉淀而除去, 最后溶液中的金属离子只有 Mn^{2+} , 进一步加入 NH_4HCO_3 得到 MnCO_3 沉淀, 加入 H_2SO_4 使其转化为 MnSO_4 溶液, 最后通过电解 MnSO_4 溶液来得到 MnO_2 和 H_2SO_4 , 其中 H_2SO_4 和 MnO_2 可以加以循环利用。

5.1.4 答题分析

(1) 小题常见错误①是离子方程式书写错误, 主要因为学生忽略题干信息, 误认为“混合焙烧”过程中氧化铝转化为了铝单质, 因而写出铝单质和氢离子反应生成氢气的离子方程式; ②是过失性失分, 写成了化学方程式。

(2) 小题常见错误①是极少数学生审题不够严谨, 没有明确题干要求, 答“不可以”“不能”等, ②是就题答题。“因为只有氧化才能除去”。很明显没有领会到, 出题人希望考生答出具体为什么需要被氧化。③是多数同学答出二者沉淀范围有交叉或会有含铁杂质无法除尽等。

(3) 小题常见错误①是部分学生对取值点 5.0、7.5 是否取值上把握不清或沉淀 pH 范围表达不够准确。对于评分标准给出: 5.0~7.5, 只给 1 分存在争议, 对于在数学上“~”符号表示的范围是指大于等于某值到小于某值, 因此 5.0~7.5 表示的范围是 $5.0 \leq \text{pH} < 7.5$ 是合理答案。②是除去的离子答不全或答错。

(4) 小题常见错误①是平衡对象分析错误。如碳酸氢根水解平衡, 先给出 MnCO_3 溶解平衡等。②是未具体写出化学平衡, 直接文字表述。③是直接写出沉锰的离子方程式。④是未答出 H^+ 与 HCO_3^- 结合生成 CO_2 的过程。这部分学生完成得不好。几乎很少学生写到了这个过程。

(5) 小题常见错误①是阳极电极反应式用 OH^- 配平电荷。未理解环境应该是一个酸性环境。②是阳极电极反应式中 MnSO_4 没有拆, 配平错误等。③是循环物质写的硫酸铵, 碳酸铵等, 反馈学生对“循环”物质的理解。以及化工流程中物质转化关系不够

明确。④是题干要求写名称而误写成化学式。

总的来说,学生在作答化工流程题的过程中依然存在着一些比较突出的问题,但在一定时间的专题复习后,学生对化工流程题的适应性有着较为显著的提高,不再有强烈的畏难心理,做题时也不再茫无目的,审题更加全面和仔细,课堂上教师强调的细节和易错点能够做到学以致用。

5.1.5 后测结果评价

表 5-1 前后测数据统计表
Table 5-1 Statistics of pre - and post-test data

统计项	数据			
	A 班		B 班	
	前测	后测	前测	后测
平均分	8.88	10.63	8.91	11.88
答题用时 (min)	14.81	13.55	14.92	13.40
优秀率 (13.5-15 分) (%)	8	16	2	18
良好率 (12-15 分) (%)	24	50	26	68
及格率 (9-15 分) (%)	76	98	78	98

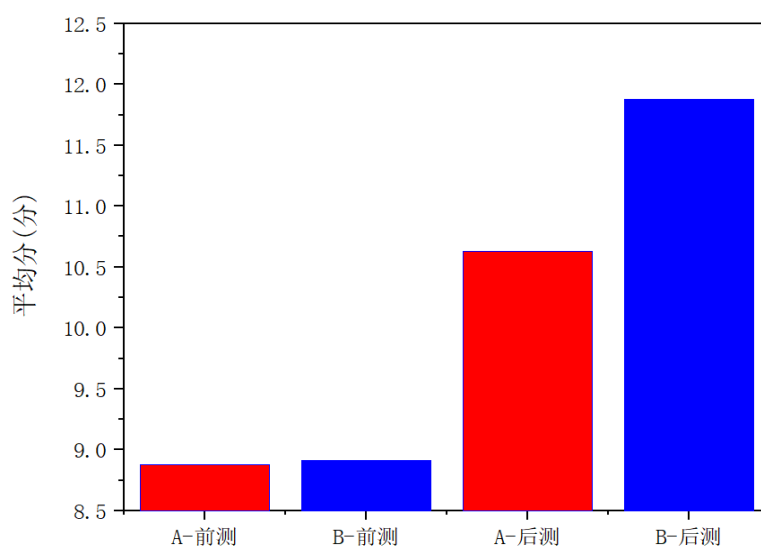


图 5-1 A、B 班化工流程题前测与后测阶段的平均分变化图

Figure 5-1 Change chart of average scores in pre-test and post-test stages of chemical process questions of class A and Class B

图 5-1 为 A、B 班化工流程题前测与后测阶段的平均分变化图，由图可知：在前测阶段，由于高考复习刚刚开始，同学们存在部分知识遗忘的现象，导致 A 班与 B 班在做化工流程题时，失分都较多，平均分处于一个较低的水平，均不到 9 分（其总分的 55 %左右）；同时两个班的平均分差异极小，反映出两个班的同学学习水平差异不大。通过教学实践实施，A 班与 B 班在化工流程题上均有显著提升，其中 A 班上升了 1.75 分，B 班上升了 2.97 分，这主要是因为加强了对已学知识的巩固与运用，但是 B 班后测平均分远高于 A 班（1.25 分），说明通过改进的方式进行教学实践效果较于传统方式有明显提升。

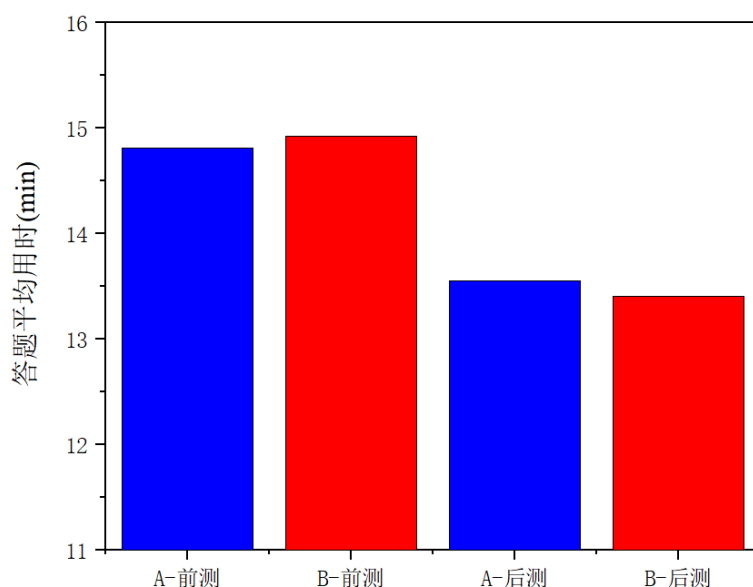


图 5-2 A、B 班化工流程题前测与后测阶段的答题平均用时变化图

Figure 5-2 Changes in the average time of chemical process questions in the pre-test and post-test stages of class A and Class B

图 5-2 为 A、B 班化工流程题前测与后测阶段的答题平均用时变化图，由图可知：A、B 两班前测阶段（14.85min）化工流程题答题用时均明显高于后测阶段（13.47min），但是无论是前测阶段还是后测阶段，A、B 两班之间的答题用时差异都不大，究其原因是因为同学们的学习能力差异不大且都处于相对较高的水平；同时也说明了教师有必要不断地探索教学实施方案，不断激发同学们的求知欲。

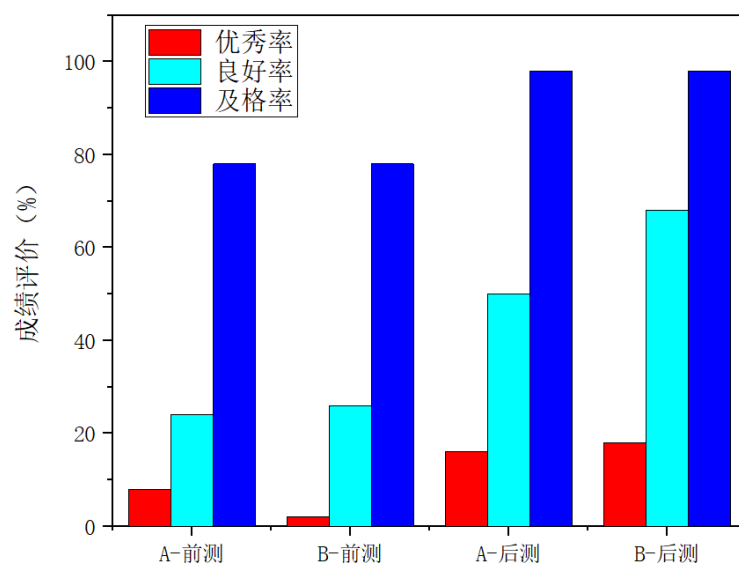


图 5-3 为 A、B 班化工流程题前测与后测阶段的成绩评价图

Figure 5-3 shows the evaluation chart of the pre-test and post-test stages of chemical process problems of class A and Class B

图 5-3 为 A、B 班化工流程题前测与后测阶段的成绩评价图，由图可知：A、B 两班前测阶段在化工流程题答题上的优秀率有明显差异（A 班：8 %；B 班：2 %），但是通过教学实践后，A、B 两班后测阶段在化工流程题答题上的优秀率差异极小（A 班：16 %；B 班：18 %）。在前测阶段，A、B 两班在化工流程题答题上的良好率无明显差异（A 班：24 %；B 班：26 %），通过教学实践后，A、B 两班后测阶段在化工流程题答题上的良好率差有显著的提升（A 班提升：26 %；B 班提升：32 %），且有明显差异（A 班：50 %；B 班：68 %）。在及格率方面，A、B 两班后测阶段（98 %）化工流程题得分及格率均远远高于前测阶段（77 %左右），但是无论是前测阶段还是后测阶段，A、B 两班之间的及格率差异都不大。这说明通过不断地探索教学实施策略与方案，能明显提高学生的学习水平，但是这种提升效果在优等生与差生间效果不明显。

5.2 学生自我评价

实验班与对照班的学生经过教学实践活动后都表达自身能力有所提高，并在此基础上，自信心也逐渐增强，在实验班的学生体现的更明显。其能力提升主要体现为化工流程题失分减少，逐渐开始明确答题重点，并注重语言表达的规范性。信心提升主要体现在在解决化工流程题时，开始答题的时间明显缩短，题目的完成度有明显的提高。

实验班的同学们评价自己的信息整合能力快速增强，可以高效地阅读完题目，分

析流程图的信息、题干的信息等，然后较为高效地整理出有效的信息。知识迁移能力明显提升，不仅仅是化学基础知识和化学基础原理的掌握程度，还具备在真实生产情境的综合因素影响下分析问题的能力。在对基础知识进行理解和应用的基础上，能做到举一反三。逻辑推理能力不断增强，可以结合题干信息分析化工流程图每一步转化的目的和物质变化情况，在整个推理分析过程中具备严谨的思维和一定的逻辑推理能力。有能力将整个化工流程的转化贯穿起来，以达到正确且高效解题的目的。

5.3 教师评价

1. 教师自我评价

通过对学生水平前测和后测数据的对比分析，教学实践探究取得了一定的效果，再结合目前化工流程题的教学现状和本文提出的教学策略，在教师后期的教学中，需要注意以下几点：

(1) 准确把握答题重点，规范语言表达。教学实践之前，大部分学生不能够掌握答题的重难点，无法分析出问题的关键所在，根本原因是对化工流程题不够熟悉。此外，还有一部分学生在答题的过程中化学用语使用不够规范。通过一段时间的教学实践，实验班的学生明显的开始具备分析答题侧重点的能力，而且答题的规范性有所提高。对比对照班级，大多学生的答题的规范性也有所提高，但是依然无法分析答题的侧重点。

(2) 构建知识体系。实验班在教学过程中十分重视学生自主思考能力的培养，学会自主分析总结，进一步培养学生的思维逻辑能力，所以需要将学科思维、学科核心素养有机融合到课堂中。通过前后测成绩的对比分析，实验班的学生的综合能力均有明显的提高。此外，结合学生在课堂上的表现，可以发现学生学习化学的兴趣更加浓厚。特别是成绩处于中等阶段或中等偏上阶段的学生，构建知识框架的能力都有所加强。

(3) 学习信心增强。实验班的学生通过自身学习能力的增强，答题效果有较为显著的提升，也提高了学生学习化学的自信心。具体表现在解题时长有所缩短，问题的完成度有一定的提高，可以看出该班学生对解化工流程题已经有了较为清晰的解题思路。学生的学习信心增强也可以形成一个良性循环，让学生通过分数的提高认识到自身的努力取得一定的效果，从而体会到学习的成就感和乐趣。

2. 其他教师评价

对于本次教学前测和后测的情况、教学实践的开展内容，我和经验丰富的化学教师也进行了深入的交流，进行了面对面的访谈。本次的访谈对象选择的依然是教学现状前测的访谈对象，均是一线的高中化学教师，包括四川省绵阳中学和四川省南山中学的化学教师。

问题 1: 对于本文进行的化工流程题的教学实践探究和结果, 你的看法是?

表 5-2 访谈内容记录
Table 5-2 Interview records

被访教师	访谈内容
T1	有必要的, 目前化工流程题的教学形式应朝着新高考的发展趋势进行改革
T2	有一定作用, 但是在实际教学过程中实施具有一定困难
T3	有意义的, 这是培养学生学科思维和解题能力的有效途径
T4	非常必要, 但是需要化学教师们进行更多的教学研究和教学探索, 总的来说, 教学改革之路, 道阻且长
T5	有实际意义, 具有创新性和实践性
T6	在实际教学中的应用还有待考究

问题 2: 对于本次前测和后测数据对比, 你的看法是?

表 5-3 访谈内容记录
Table 5-3 Interview records

被访教师	访谈内容
T1	学生进步明显, 不同教学方式的差距较为明显
T2	数据说明了教学实践的意义, 体现了教学改革上的进步性
T3	同层次班级对比, 教学结果存在较大差异, 说明了教师的教学方式对学生的学习有着深远的影响
T4	数据反映了对中等生影响较大, 优生和差生的影响较小, 教学方式还是有一定的局限性
T5	有进步说明就有意义
T6	对比数据, 有一定的差异, 说明本次教学有一定的效果, 但是教学案例和教学探究还不足, 需要更多的样本来说明问题, 解决化工流程题的教学难题

问题 3: 结合本次教学实践探究, 前测和后测情况对比, 你会在今后化工流程题的教学过程中进行怎样的教学调整或改进?

表 5-4 访谈内容记录
Table 5-4 Interview records

被访教师	访谈内容
T1	会结合本文的教学案例和教学策略，进行教学改进和教学实践探索
T2	会进行一定的教学改进，并进行更多关于化工流程题的教研
T3	会进行更多关于化工流程题教学策略的学习，融会贯通，内化为适合自己的、适合学生的教学方式
T4	会进行更多教学实践探索，在实践过程中发现问题、总结经验
T5	保留原有教学形式中的优点，逐渐融合新的教学形式和方法，慢慢渗透，不会一蹴而就，这样教师和学生都无法适应
T6	有进行教学方式改进的想法，但是实践起来具有一定的困难，还需要更为长期的探索和研究

通过本次访谈，可以总结出教师们对于新高考背景下的教学实践探索和前测、后测的数据对比的访谈，可以得到以下结论：（1）教师们一致认为进行新高考背景下的教学实践具有一定的意义，但是还需要更多的教学实践探索和经验总结，以取得有效的化工流程题的教学效果；（2）通过前测和后测数据对比，说明了教学实践探索具有一定的效果，教师的“教”对学生的“学”有着显著的影响，但是通过数据也说明目前的教学实践效果还有一定的局限性；（3）结合本文的教学实践情况和数据，绝大部分教师都想在今后的教学过程中对教学方式一定的改进，但是需要长时间的探索，逐渐内化为自己的东西。也有个别教师对化工流程题的教学方法改进保留一定的看法，认为还需要更多的研究来得到一个更加全面的教学策略，再来进行行之有效的教学改进。

通过教师自我评价和其他教师的评价，说明目前进行化工流程题的教学实践探索是必要的，也是具有实际意义的，但是还需要进行长期的分析和研究，以取得最佳的教学效果。

第6章 总结与展望

6.1 研究结论

本研究首先整理分析了相关文献和期刊内容,总结高中生的思维特点,并且深入研究了化工流程题的框架、作用。接着,为了明确在新高考背景下,化工流程题的变化趋势,统计分析了近三年高考题中的化工流程题的考点和特点。另外,结合真实的教学情况,筛选了具有代表性的化工流程题作为问卷调查的理论性内容,深入研究学生在解题过程中出现的问题,并对问题类型进行分类;结合问卷调查的结果和与学生交流的内容,从多个角度来总结学生存在解题障碍和思维障碍的根本原因。最后,根据与具有丰富经验的一线教师的访谈内容,站在教师的思维角度来观察化工流程题的变与不变,再结合学情,总结分析解决学生思维障碍的方法以及相关教学策略。综上所述,可以总结本文的研究内容及结论如下:

1. 学生解化工流程题的思维障碍

在平时的教学中,存在一个普遍问题,学生对化学的基本概念、规律发展和反应原理等都没有完全理解到其实质,大多只是掌握其字面含义,不能够掌握其实质,就会导致对知识的片面性理解,形成了一定的思维障碍。另外,很多学生没有习惯对所学知识进行知识之间的联系和知识框架的建立,不会融会贯通,导致学生的思维方式受到限制,在做题的过程中体现出来的就是解题方法不够简洁、解题思路比较混乱以及对题目的理解存在偏差,这就是思维逻辑混乱引起的学习障碍。

2. 教学现状的调查分析

以前的化工流程题的考查内容比较单一,题目也较为基础,常见的就是无机物的推断;但是现在的题型越来越多元化,考查的内容对学生的综合能力要求更高,往往会应用真实的化工生产情境来设计系列问题。通过分析问卷调查内容和访谈内容,可以发现由于学生在生活中不能接触到真实的化工生产情境,对该类题型产生了一定的距离感,在做该类题型的时候是比较抗拒的。此外,由于学生没有建立完整的知识框架,知识点存在漏洞,就会导致在解题的过程中无法完全将所学知识运用在题目中,做不到知识的迁移。最后,部分学生的化学用语不够规范,审题不够仔细导致的过失性失误等原因,让学生对化工流程题产生了畏惧感。通过与6位一线教师的深入访谈交流,得到的结论是该类题型是近几年高考的热点题型,能够全面的考查学生各方面的能力,也能够契合新高考评价体系的指导思想,但是很多学生的解题能力都有所欠缺。

3. 解化工流程题的教学策略

在访谈中,教师们都强调了基础知识的重要性,需要引导学生建立完整的知识体系。如果学生可以在教师的引导下学会自主地整理知识框架,那么就可以减少知识负迁移情况出现的概率。此外,需要让学生将化工流程题和生活实际紧密联系起来,从而培养学生学习化学的兴趣。由于,化工流程题本身就 and 实际的化工生产有着紧密的联系,所以教师应重视该类题型的解题思路引导和解题方法总结,学生逐渐就会减弱对该类题型的畏惧感。此外,还需要重视学生答题习惯的培养,减少过失性失误,关注细节。所以,教师应注重学生化学用语的规范性表达,在平时的授课中,教师自身就应该严谨使用正确的化学用语。此外,教师应该引导学生认真审题,培养学生获取信息并对信息进行加工的能力,还应该通过一定的训练提高学生的计算能力。学生在解题的过程中,首先应该明确答题的思路,通过题干内容检索有效信息,进一步逐一研究每一个问题。在平时的习题训练中,切忌题海战术,教师应引导学生对不同题型进行分类和总结,能够做到举一反三,精讲精练,不断提高学生的解题能力。

从试题的命制角度分析,近几年的高考题十分重视对学生各方面能力的考查。尤其是近几年化工流程题的难度,难度一般偏难或者适中,难度系数基本稳定。实际上,不管是哪一类题型,都要求学生可以在合理的时间内进行有效的分析。站在培养学生化学核心素养的角度看,化工流程题重视“证据推理与模型认知”和“宏观辨识与微观探析”能力的培养。总的来说,高考题的命题趋势是考查学生的学习能力,不单单是基础知识的填写,这就要求教师在平时的教学中培养学生的综合素养和关键能力。结合上述情况,我总结了以下几点教学策略:(1)明确考试重点,划分知识模块,与课本知识相对应;(2)规范语言表达,建立答题模板;(3)以化工流程题的内容作为教学情境来构建知识体系,对化工流程题有更加深入的理解和认识。

6.2 研究不足与展望

本研究中也存在一些不足之处。首先,是本次研究的时间不是特别充分,对课题的探索和研究不够深入。问卷内容和访谈内容的涵盖范围、精准度等有待改进。

2013 年的全国卷开始出现化工流程题,而本研究以近三年高考卷中的化工流程题为研究对象。本次研究的高考试题是从 2021 年到 2023 年的高考题,包括全国卷和部分省市的新高考卷,由于对新高考卷的研究不够充分,所以该研究也有一定的局限性。

本次研究设置了实验班和对照班,在研究的过程中,会有一些客观因素的影响,比如两个班级教学管理模式和教师存在一定差异。此外,由于教学理论和真实的教学实践的经验尚浅,所以对学生存在的解题障碍和教学策略的分析不够到位,所以还需要在今后的教学实践中继续改进和完善。总之,在今后的教学中还需要继续进行相应的教学研究,以期不断提高自身的认知水平。

参考文献

- [1] 单旭峰. 对接高中课程改革—深化高考内容改革——2019 年高考化学试题剖析[J]. 中学化学教学参考, 2019(13): 68-71.
- [2] 郭伟. "能""学"适配——新高考专业选择的"万能模式"[J]. 高校招生: 高考指导, 2022(3): 27-29.
- [3] 王后雄. 化学教学诊断学[M]. 武汉. 华中师范大学出版社.
- [4] 乐晓峰. 新课标背景下的新高考备考[J]. 中学化学教学参考, 2022(30): 21-24.
- [5] 华昕玲. 2018-2020 年高考全国卷化学试题中化工流程题分析及备考策略研究[D]. 西南大学.
- [6] 施雄飞. 浅议高考无机化工流程题[J]. 中学化学教学参考, 2015(08): 64-65.
- [7] 岳庆先, 吕存正. 高考化学工艺流程题命题探讨[J]. 化学教学, 2019(10): 77-81.
- [8] 郭轩林. "三步法"解析化学工艺流程题[J]. 中学化学教学参考, 2019(18): 58-59.
- [9] 尚凡朋. 化学流程题的解题方法和技巧[J]. 中学化学教学参考, 2018(16): 66.
- [10] 赵铭. 化学工业流程题溯源、特点及价值思考[J]. 化学教学, 2017(06): 82-85.
- [11] 杨占银. 学科核心素养视角下的高中化学教学策略探讨[J]. 前卫, 2022(36): 3.
- [12] 刘西广. 浅谈无机化工流程题的解题策略[J]. 中学化学, 2023(1): 4.
- [13] 李晓文. 研讨高考真题设问落实化学核心素养——以化工流程题为例[J]. 中学化学教学参考, 2022(9): 66-71.
- [14] 白成博. "新高考"模式下高三化学化工实验题的解题技巧探析[J]. 中华活页文选: 高中版, 2022(20): 3.
- [15] 赵鑫光. 高考中的"明星"题目——工艺流程题的命题与解题[J]. 教学考试, 2023(15): 6.
- [16] 王梦可. 电化学问题解决中思维障碍的测查及对策研究 [D]. 华中师范大学硕士学位论文, 2015.
- [17] 钟琳, 胡典顺, 朱斌. 基于核心素养的高考试卷与课程标准一致性的研究——以2022年新高考 I 卷为例[J]. 中学数学研究 (华南师范大学), 2023(1): 2.
- [18] 邵毓. 围绕真实情境, 突出核心素养——新高考化学全国各卷命题特点解读[J]. 招生考试通讯: 高考版, 2023(2): 9.
- [19] 黄金金. 新高考下高中化学核心素养培养的研究[J]. 中华活页文选 (高中版), 2023(3): 12-14.
- [20] 陶勇, 王后雄. 基于课程标准的 2019 年高考化学全国卷试题分析与启示[J]. 教

- 育测量与评价,2019(09):45-51.
- [21] 李剑淳. 高中生解答化工流程题的错因分析及教学策略研究 [D]. 华中师范大学硕士论文,2012.
- [22] 沈素帆. 高中生解答化工流程题的思维障碍及突破策略研究[D]. 华中师范大学,2019.
- [23] 徐琴. 新高考评价体系"四翼"下的高三化学课堂教学策略[J]. 中学化学教学参考,2023(9):8-10.
- [24] 李霞. "3+1+2"高考模式下高中化学教学策略研究[J]. 学周刊,2023(11):70-72.
- [25] 刘树领, 鉴培培. 首尾对比四周环顾——巧解无机化工流程题[J]. 理科考试研究,2022, (3):3.
- [26] 孙红保, 王海勤. 明确情境设计内涵提升问题解决能力——高考化工流程题情境问题解读策略[J],2021(09):11.
- [27] 李宇倩, 蔡海涛. 抽丝剥茧析流程透视本质巧迁移——例析高中化学工业流程题求解策略[J]. 理科考试研究,2021, (13):3.
- [28] 黄智跃, 黄宜美, 张贤金. 化工流程题中金属阳离子的转化与分离[J]. 化学教学,2022(11):87-91.
- [29] 吴俊杰, 姜建文. 素养测评导向的化工流程题命制实践与思考——以"海水提溴"为例[J]. 化学教学,2020(8):5.
- [30] 白建娥. 无机化工流程题备考策略[J]. 中学化学教学参考,2020(3):5.
- [31] 过文学, 丁百林. 核心素养视域下的高考化工流程题分析及思考——以 2021 年全国理综乙卷为例[J]. 江西化工,2021, 37(6):108-110.
- [32] 李建平. 浅谈化工流程题如何做好平时教学及复习[J]. 文渊(中学版),2019, (002):368.
- [33] 戴舒婷. 新高考化学分层走班教学研究[D]. 华中师范大学,2017.
- [34] 王雪莲. 新高考改革背景下普通高中化学课程体系的重构——以浙江省为例[D]. 浙江师范大学,2017.
- [35] 张文庆. 无机化工流程题命题特点与解题策略[J]. 高中数理化,2015(9):4.
- [36] 刘树领, 王贵来. 无机化工流程题的妙解策略[J]. 高中数理化,2011(3):3.
- [37] 郭腾飞. 化学教学中"化工流程专题"的突破策略[J]. 安庆师范学院学报:自然科学版,2015(01):40.
- [38] 施雄飞. 浅议高考无机化工流程题[J]. 中学化学教学参考,2015(4):2.
- [39] 郑惠婵, 衷明华. 高考“宠儿”工业流程题[J]. 江西化工,2015(03):161-162.
- [40] 张辉. 浅谈高考化学工业流程试题的解决策略[J]. 学周刊,2017(02):180-181.

- [41] 刘蕾. 基于课程标准的变迁探究化学教学目标的发展[D]. 哈尔滨师范大学, 2019.
- [42] 黄晓青. 高考化学中"一核四层四翼"的考查与教学建议[J]. 数理化解题研究, 2023(9): 93-95.
- [43] 李颖. 高中化学核心素养的价值与培养策略探微[J]. 学周刊, 2020(14): 117-118.