

分类号_____

U D C _____

密级_____

编号 10736

西北师范大学

硕士学位论文 (专业学位)

促进学生模型认知素养发展的 高中化学建模教学行动改进研究 ——以“氯及其化合物”单元教学为例

研究生姓名: _____ 李丹清

指导教师姓名、职称: _____ 方洁 副教授

实践指导教师姓名、职称: _____ 苏洁 高级教师

专业学位类别: _____ 全日制教育硕士

专业学位领域: _____ 学科教学(化学)

专项计划: _____

二〇二三年五月

Promoting the Development of Students' Model Cognitive Literacy Research on the Improvement of Chemical Modeling Teaching Action in High School

——Take the teaching of “chlorine and its
compounds” as an example

A Thesis Submitted to
Northwest Normal University
in partial fulfillment of the requirement
for the degree of
Master of Education

By

DanQing Li

Supervisor : (Associate) Jie Fang

May, 2023

摘要

建模教学是随着人们对模型和建模认识的深化而不断发展的一种教学范式，是促进学生模型认知素养发展的有效途径，而在实际的教学过程中缺乏深入课堂内部的建模教学实践研究，模型认知素养与建模教学实践亟待结合。鉴于此，深入课堂内部将建模教学和模型认知素养两者结合起来是非常有必要的。

本研究试图构建基于模型建构的单元教学模式，以“氯及其化合物”单元教学为例，基于埃巴特行动研究的思路，采用课堂观察法、测查法、访谈法开展促进学生模型认知素养发展的建模教学行动改进研究。首先，在对既有研究成果梳理和总结的基础上，形成基于模型建构的单元教学模式。其次，借鉴王磊老师无机化合物主题的化学学科能力理论研究构建氯及其化合物模型认知素养测评框架，并基于 Rasch 模型开发测评工具。再次，以甘肃省 L 市 X 中学高一 1 班和 4 班学生为实施对象，在前测分析以及整体讨论单元教学设计的基础上，展开促进学生模型认知素养发展的单元教学改进。最后，测查学生模型认知素养的发展，分析教学改进效果，并对开展有效建模教学提出建议。

研究表明，第一，基于模型建构的单元教学整体改进的效果良好，能够促进学生模型认知素养发展。教学前后，学生模型认知素养水平从接近水平 1 发展为接近水平 2，即学生能基于物质类别和元素价态视角说明论证物质的相关性质。教学改进前后，1 班学生模型认知素养发展水平高于 4 班，4 班有 54% 学生处于水平 1 “理解模型”，24% 处于水平 2 “应用模型”，而 1 班有 32.69% 学生处于水平 1，30.77% 处于水平 2。第二，基于教学改进过程探寻模型建构的元素化合物教学与模型认知素养的结合点，从模型要素出发，结合学生已有思维模型，融合具体知识内容全面分析各类物质与性质，并注重师生对话追问活动及教学任务的设计等。第三，通过基于模型建构的四课时教学实施与改进，对开展有效建模教学提出以下几点建议：结合建模教学理论，分析课标与学情，对教材进行二次开发；注重真实情境创设，感受模型应用；重视探究性活动设计，凸显建模过程；注重小组合作互动，理解模型要素。

关键词：模型认知；建模教学；单元教学；元素化合物

Abstract

Modeling teaching is a teaching paradigm that continues to develop with the deepening of people's understanding of models and modeling, and is an effective way to promote the development of students' model cognitive literacy. However, in actual teaching, there is a lack of in-depth classroom modeling teaching practice research, and the combination of model cognitive literacy and modeling teaching practice is urgently needed. In view of this, it is very necessary to deeply integrate modeling teaching and model cognitive literacy within the classroom.

This study attempts to build a unit teaching mode based on model construction. Taking the unit teaching of "chlorine and its compounds" as an example, based on the idea of Ebbart's action research, classroom observation, test and interview methods are adopted to improve the modeling teaching action to promote the development of students' model cognitive literacy. Firstly, on the basis of sorting out and summarizing the existing research results, a unit teaching mode based on model construction is formed. Secondly, based on Professor Wang Lei's theoretical research on chemical discipline competence in the topic of inorganic compounds, a framework for assessing the cognitive literacy of chlorine and its compounds models was constructed, and evaluation tools were developed based on the Rasch model. Thirdly, taking the students of Class 1 and Class 4, Grade 1, X Middle School in L City, Gansu Province as the implementation objects, based on the pre-test analysis and the overall discussion of the unit teaching design, the unit teaching improvement is carried out to promote the development of students' model cognitive literacy. Finally, it examines the development of students' model cognitive literacy, analyzes the effectiveness of teaching improvements, and puts forward suggestions for effective modeling teaching.

The research shows that, firstly, the overall improvement of unit teaching based on model construction has a good effect and can promote the development of students' model cognitive literacy. Before and after teaching, the cognitive literacy level of students' models has developed from near level 1 to near level 2, which means that students can demonstrate the relevant properties of materials based on the perspective of material categories and elemental valence. Before and after the teaching improvement, the development level of students' model cognitive literacy in Class 1 is higher than that in Class 4. 54% of students in Class 4 are at Level 1 "understanding model", 24% are at Level 2 "application model", while 32.69% of students in Class 1

are at Level 1, and 30.77% are at Level 2. Secondly, based on the process of teaching improvement, explore the combination of modeling teaching and model cognitive literacy in the teaching of elements and compounds. Starting from the model elements, combine the existing thinking models of students, integrate specific knowledge content, comprehensively analyze various substances and properties, and pay attention to the design of teacher-student dialogue and questioning activities and teaching tasks. Thirdly, through the implementation and improvement of 4-hour teaching based on model construction, the following suggestions are proposed for effective modeling teaching: combining modeling teaching theory, analyzing the curriculum and learning situation, and conducting secondary development of textbooks; Emphasize the creation of real situations and the application of sensory models; Emphasize the design of exploratory activities and highlight the modeling process; Focus on teamwork and interaction, and understand model elements.

Keywords: model cognition; Modeling teaching; Unit teaching; Elemental compound

目 录

一、引言.....	1
(一)问题提出	1
1.模型认知素养对学生思维能力发展的重要性	1
2.建模教学是学生模型认知素养发展的有效途径	1
3.建模教学缺乏深入课堂内部的实践研究.....	1
4.模型认知素养与建模教学实践亟待结合.....	2
(二)文献综述	2
1.关于模型与建模教学的研究综述.....	2
2.关于元素化合物建模教学的研究综述.....	14
(三)研究问题	18
(四)核心概念界定	18
1.模型.....	18
2.建模教学	20
3.认识模型	20
4.模型认知	20
(五)研究目的与意义	21
1.研究目的	21
2.研究意义	21
二、促进学生模型认知素养发展的建模教学理论探讨	22
(一)基于模型建构的单元教学相关理论探讨.....	22
1.确定凸显建模思想的单元教学内容.....	23
2.设计指向模型认知素养水平的单元教学目标	23
3.设计基于建模要素的单元教学过程.....	23
4.建模过程注重教学策略的应用	25
5.设计学生模型认知素养发展的持续性评价	26
6.开发并实施促进模型认知素养发展的单元教学	26
7.反思促进模型认知素养发展的单元教学效果	26
(二)基于模型认知素养测评的相关理论探讨.....	27
1.模型认知素养水平框架的重构.....	27
2.测评工具开发的理论基础.....	29
三、研究设计.....	30
(一)研究思路	30
(二)研究方法	31
1.收集资料的方法	32

2.处理资料的方法	32
(三)研究对象	33
(四)氯及其化合物模型认知素养测评工具的开发	34
1.测评工具的编制	34
2.测评工具的质量分析	36
四、促进学生模型认知素养发展的单元教学设计	40
(一)确定凸显建模思想的单元教学内容	40
1.把握模型分类、考虑单元特性	40
2.课程标准解读	41
3.深挖教材内容	41
4.关注学生认知	43
(二)设计指向模型认知素养发展的单元教学与评价目标	46
1.教学与评价目标	46
2.教学重难点	47
(三)设计基于建模要素的单元教学过程	47
(四)设计学生模型认知素养发展的持续性评价	52
五、促进学生模型认知素养发展的单元教学改进	55
(一)第 1 课时:初建价类二维图与研究物质性质的思路模型	55
1.第 1 课时的初次实践	55
2.第 1 课时改进后的再次实践	62
(二)第 2 课时:应用研究物质性质的思路模型和完善价类二维图	65
1.第 2 课时的初次实践	65
2.第 2 课时改进后的再次实践	70
(三)第 3 课时:应用完善价类二维图	73
1.第 3 课时的初次实践	73
2.第 3 课时改进后的再次实践	77
(四)第 4 课时:应用价类二维图和修正气体制备的思路模型	79
1.第 4 课时的初次实践	79
2.第 4 课时改进后的再次实践	85
(五)“氯及其化合物”单元整体教学改进	87
六、促进学生模型认知素养发展的教学评价与反思	89
(一)教学评价	89
1.教学前后模型认知素养发展水平分析	89
2.教学改进前后模型认知素养发展水平分析	90
3.教学改进前后模型认知素养各水平中项目的作答分析	91
(二)教学反思	95
1.注重师生对话追问,细化与凸显模型要素	95
2.关注各类含氯物质,补充完善价类模型	95

3.融合具体知识内容,应用模型各要素.....	96
4.调整教学活动任务,促进学科能力发展.....	96
5.全面分析物质性质,防止惯性思维养成.....	96
6.关注已有思维模型,对比分析模型各要素	96
七、研究结论与建议	98
(一)研究结论	98
1.基于已有研究构建基于模型建构的单元教学模式	98
2.基于 Rasch 模型开发氯及其化合物模型认知素养测评工具.....	98
3.建模教学行动改进能够促进学生模型认知素养的发展	98
(二)教学建议	99
1.基于课标与学情分析,开展建模教学.....	99
2.注重创设真实情境,感受模型应用.....	99
3.注重小组合作互动,理解模型要素.....	100
4.重视探究性活动设计,凸显建模过程.....	100
5.基于建模教学理论,二次开发教材.....	100
八、研究反思与展望	102
(一)研究反思	102
(二)研究展望	102
参考文献.....	103
附录 A 元素化合物前后测测试题.....	108
附录 B 教师访谈提纲.....	114
附录 C 学生导学案.....	115
附录 D 单元教学过程.....	124

一、引言

（一）问题提出

1.模型认知素养对学生思维能力发展的重要性

建模教学是随着人们对模型和建模认识的深化而不断发展的一种教学范式，教师和学生可以通过科学模型和建模来提升他们对于复杂现象和问题的理解 and 解决能力^①。《普通高中化学课程标准（2017 年版）》将“证据推理与模型认知”作为化学学科核心素养的思维核心被提出，这不仅肯定了模型在化学教学中的教育价值，而且将模型应用于化学教学中有助于学生形成具有化学学科的思维和方法。因此，在化学学习中除了掌握基本的学科知识外，还要从化学学科的视角去培养和发展学生解决复杂问题的视角和思路。

2.建模教学是学生模型认知素养发展的有效途径

建模教学是促进学生模型认知素养发展的有效途径。面对繁多杂乱的高中化学知识，学生难以将化学知识结构化、体系化与功能化，没有形成解决化学实际问题的视角和思路，而建模教学在此过程中发挥重要作用。可以帮助学生从科学发展的角度理解化学理论的内容，改变对化学学科理论杂乱的看法，还可以帮助学生以理性的角度解决复杂问题。因此，教师在教学过程中引导学生进行多维度的建模，引导学生从点、线、面多层次的知识建构，逐渐将知识的表面无序建立成有序的体系，形成认识 and 解决化学问题的一般思路和方法，促进学生模型认知素养的发展。

3.建模教学缺乏深入课堂内部的实践研究

有效的建模教学能够帮助学生形成结构化的知识体系、条理化的思维线索，熟练化的基本技能、显性化的基本概念和可视化的学科方法^②，也可以帮助学习者表达和外显他们的思想，形成系统化的解决问题的思路和框架。在化学教学中越来越多的教师或研究者以模型建构或模型认知作为设计理念来建构教学设计，并进行实施。学生模型认知素养的发展是进行建模教学的最终目的，为了这一目标的实现我们除了将建模教学的相关理论应用于具体的教学实践中，还应该关注

① 史凡,王磊. 论国际化学教育研究热点:模型与建模[J]. 全球教育展望,2019,48(05):105-116.

② 蒋小钢. 基于建构认知模型的元素化学教学策略与实践[J]. 化学教学,2020,(11):27-32.

教师在课堂教学中采用有效建模教学的方法和策略，关注学生在进行建模教学活动中的具体表现以及关注师生间的提问、对话等互动过程，深入分析建模教学课堂中教师的教学行为以及学生建模学习的认知过程存在的相关问题，提出建设性改进建议，开展有效的建模教学。

4.模型认知素养与建模教学实践亟待结合

课程标准将学生模型认知素养划分为四个水平，它是学生在经过整个高中三年的学习后所达到的一定水平的总结性描述，而结合具体学科知识评价学生在学习过程中的学科素养水平在课程标准中尚未提及，在实际教学中教师大多都是学生通过学生在课堂上的活动表现以及运用学科知识的表现来进行评价的。实践表明建模教学对学生思维能力的发展确实有积极的作用，但如何基于核心知识设计建模与模型认知素养相结合的教学^①，还需做进一步的教学研讨。因此，本研究在课程标准对模型认知素养水平描述的基础上，将其与具体的学科知识结合进一步开发出适用于具体主题的模型认知素养水平的测评工具，教师根据学生的模型认知素养发展水平发现素养为本的化学教学中存在的问题，基于学生的实际情况和认知发展进行基于模型建构的教学设计和实践，针对教学实施效果改进教学，这不仅有利于教师对学科知识和学科思想方法有更加深入的了解，同时有助于学生模型认知素养在教学中落地，也为教师建模教学专业发展和学生模型认知素养培养提供了途径和依据。

（二）文献综述

1.关于模型与建模教学的研究综述

在中国知网（CNKI）以主题形式，将时间限定在 2000 年 1 月 1 日至 2022 年 5 月 1 日进行文献检索，为保证文献检索的全面性，首先以“模型”或“建模”为主题词分别进行检索，其次将学科设定为“中等教育”，最后再以主题词“化学”检索，最终得到文献 490 篇，具体发文趋势如图 1.1 所示。

^① 史凡,王磊. 国际科学教育建模教学研究综述——基于教师发展视角[J]. 外国教育研究,2019,46(05):89-103.

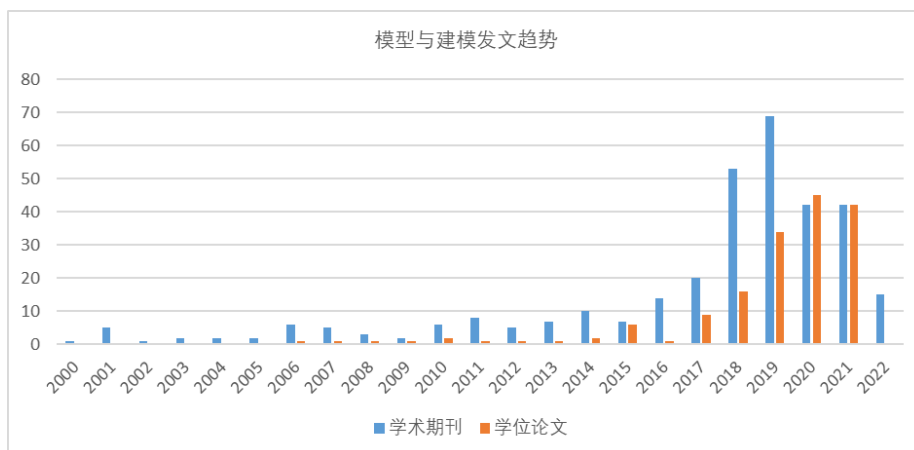


图 1.1 模型与建模发文趋势图

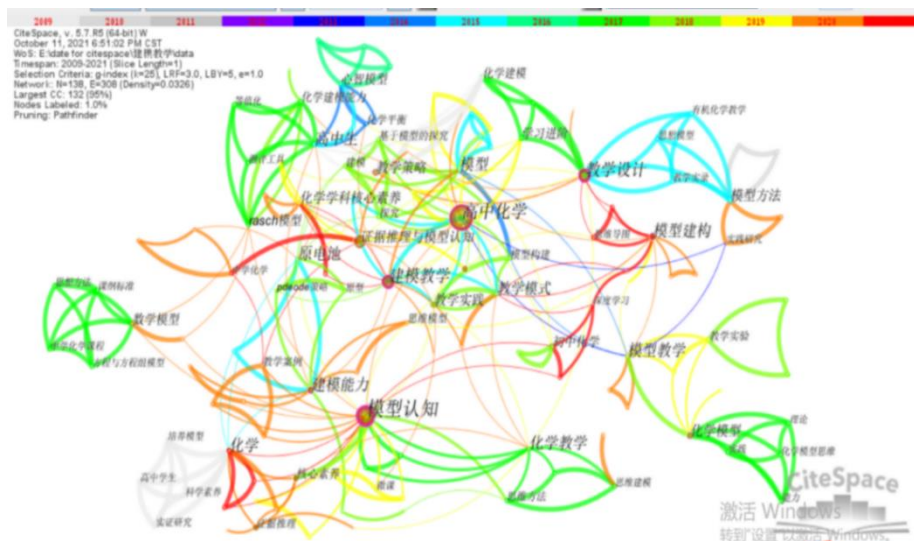


图 1.2 2006-2021 年模型与建模研究的关键词共现图谱

运用 Cite space5.7R5W，选择关键词作为节点类型对这 164 篇硕博学位论文进行分析，得到 2006-2021 年模型与建模相关研究的关键词共现知识图谱，如图 1.2 所示，可以看出中介中心性较大的关键词有高中化学和模型认知，围绕高中化学这一节点相联系的关键词有建模教学、教学设计、教学实践、教学模式、教学策略、证据推理与模型认知等，这说明高中化学教学是模型与建模研究的主要对象，研究内容主要集中于建模教学设计、策略、模式等方面。同时与模型认知这一节点相联系的关键词主要有建模能力，这说明模型认知素养与建模能力可能存在某种联系，通过文献的进一步梳理可以发现建模能力实际上就是本土化的模型认知素养。因此本研究结合相关的学位论文和学术期刊文献，将从模型与建模的理论分析、教学实践以及能力测评三个方面进行综述。

(1) 模型与建模教学的理论研究

2017 年之前关于模型与建模理论分析的研究主要围绕模型的内涵、分类、建模历程以及建模教学模式等方面,大都借鉴国外关于模型与建模的研究。随着“模型认知”这一具有我国本土化特征的词汇出现在人们的视野里,这一阶段有关模型分类和模型认知素养内涵解读的探讨视角呈现多样化和本土化,且建模教学的过程研究在内容阐述上动态化和学科特征化。

①化学模型的分类

化学模型分类的细化和具体化有利于教师的理解和教学实际操作,可以使生结构化、系统性的理解化学知识,进而解决相关化学问题。基于不同的角度和依据对化学模型进行分类,其结果也不同,如表 1.1 所示。

表 1.1 化学模型的分类依据及类别

分类依据	模型类别
根据宏观、微观和符号间的本质联系	形象模型、化学符号模型、数学模型(张发新)
根据化学模型的表现形式	物质模型、符号模型、思想模型(郭静、薛亮等) 实物模型、符号模型和思维模型(李鹏鸽)
根据模型的研究方向(关注点)不同	“组成结构”模型、“作用力”模型、“变化规律”模型、“状态”模型(张钧如)
根据化学模型的研究对象	微粒结构类、变化过程类、结构与变化的关系
从化学学科知识内容和形式的视角	概念模型、结构模型、过程模型、数学模型、复杂模型(单旭峰)
从化学学科知识体系建构的视角	化学微观模型、化学计量模型、化学分类模型、化学理论模型、化学认识模型(石鹏)

虽然不同研究者分类的依据和角度不同,但对化学模型的划分主要有两种形式,一种基于前人对科学模型划分的基础上进一步将具体的学科内容和知识中涉及到的模型进行归纳分析,例如物质、符号、思想模型等。另一种是基于化学学科内容和知识本身直接对具体的化学学科中的概念、理论、规律等相关模型进行划分,例如微粒结构类的模型、变化过程类的模型等。其实两种划分形式都是科学模型划分的进一步衍生,且都注重化学学科本体知识。除此之外,在对具体的化学模型分类过程中不同的分类依据之间也存在相互交叉重叠,例如在化学教科书中常见的原子结构模型、有机分子结构模型、晶体模型等在不同分类依据的模型类别中都属于微观结构模型或物质模型。同时石鹏从化学学科知识体系建构的视角划分模型

时关注了化学认识模型^①，如价类二维模型、位-构-性认识模型等。化学认识模型与思想模型虽然都是强调一种思维的建构，但是它们的认识主体和内容形式是不一样的，思想模型指的是科学家们或化学教育研究者对客观事物的一种抽象反应，可以是某一种概念、原理或理论，也可以是一系列规律。而化学认识模型是在化学学习过程中师生共同建构的方面学生认知和解决问题的一种角度和思路。

因此，通过文献梳理可以将化学学科中模型进一步分析总结为两大类，一类是化学科学模型，是人们对化学领域中的研究对象做科学研究后所得结果的一种表述和解释^②；另一类是化学认识模型，是施教者和学习者为了学习和理解而建立的一种思维路径和认识框架。同时，化学科学模型又可做进一步划分，本研究结合前面化学模型的划分类别，从化学学科本体知识出发将化学科学模型进一步划分为物质模型、理论模型、符号模型、概念模型和数学模型，其中在化学教学中涉及较多的是物质模型和理论模型。

②模型认知素养的内涵解读

“模型认知”作为我国本土化的概念，对其内涵的理解应具有多重性，目前许多化学教育工作者对其内涵的解读具有一定的差异。冯品钰等对模型认知内涵的理解包含两个基本层次：一是基于科学模型的认知，二是建构认知模型^③，这为我们多角度认识模型认知的内涵提供了思考的角度。通过相关文献进一步梳理，对其内涵的解读主要有基于化学认识模型的理解与基于化学科学模型的理解^④。

a.基于化学认识模型的认知

模型认知这一概念在正式提出之前，王磊及其团队已提出化学认识模型，王磊团队首次提出化学认识模型，既包括如何认识（认识什么？从哪些角度（认识角度）认识？以何种思维方式（认识方式类别）认识？），又包括如何基于认识解决问题（解题思路）。既包括认识对象系统，也包括问题解决任务系统。这样的认识模型具有较强的概括性和广泛的普适性，既使学习的过程更具指导性，也使学习的结果更具功能性，还为教师的建模教学提供了一定的可操作性。^⑤从认识模型视角看模型认知，陈进前从建构和运用（输入和输出）两个方面对模型认知的内涵进行了解

① 石鹏. 基于模型与建模的化学学习过程设计[J]. 化学教育,2016,37(23):37-40.

② 陈进前. 理解“模型认知”素养的不同视角[J]. 课程.教材.教法,2020,40(04):108-113.

③ 冯品钰,何彩霞. 发展学生模型认知的化学教学实践——以“离子晶体”为例[J]. 教育与装备研究,2018,34(04):29-33.

④ 陈进前. 理解“模型认知”素养的不同视角[J]. 课程.教材.教法,2020,40(04):108-113.

⑤ 王磊,姜言霞,支瑶,等. 促进学生认识发展的“化学反应原理”绪言课教学研究——基于化学反应认识模型建构[J]. 化学教育,2012,33(11):12-20.

读^①，认识模型的建构除了对知识的输入外，还有超越具体知识的认识角度和认识方式等，这些都是需要学生在教师的引导下进行深入的加工，使知识认识化、结构化和思路化。而应用认识模型解决问题是一个高级输出过程，基于具体的知识内容挖掘所蕴含的视角与思路，内化为自身的元认知，在真实的问题解决体现模型建构的价值。

认识模型是通过教师和学生共同对研究对象进行深入理解和分析而建构的一种有助于解决化学问题的思路和框架。因此，基于化学认识模型的认知是指教师和学生为了学习和理解而对特定化学问题进行系统化分析，形成研究陌生复杂问题的认识角度、思路与方法。

b. 基于化学科学模型的认知

杨玉琴、倪娟提出化学中的模型认知可理解为“利用模型进行思维的一种方法”，即基于一定的感性认识，以理想化的思维方式对看不见的化学原型客体进行近似、简化的摹写，以揭示其本质和规律的一种科学抽象方法。^②与前面模型认知内涵的理解有所不同，这里是指“基于化学科学模型的认知”，是一种重要的解决问题的方法，是教师和学生运用科学家们建立的特定的科学模型，形成对客观事物的形象化认识，体会模型在化学学习过程中的重要性。因此，从化学科学模型视角理解模型认知，就是教师和学生基于科学家们所建构的模型来认知原型，经历像科学家一样的思维建构过程，使学生掌握模型并运用模型来解释、论证、预测和验证化学问题。

③ 建模教学的历程与模式

在教学中渗透建模思想对于提高学生解决实际问题的能力和创新性思维的培养都具有重要的意义，有关建模教学方式的研究主要是从模型产生的过程和建模教学的模式来对建模教学进行研究。

a. 建模教学的历程

赫斯滕斯（Hestenes）认为建模是一个复杂的过程，包括模型选择、建构、验证、分析、展开及应用与模型再发展或再建构^③。贾斯蒂和吉尔伯特（Justi & Gilbert）提出了适用于科学教学中模型建构的框架模型理论，^④之后，贾斯蒂（Justi）又提出模型建构过程的四个关键阶段，即模型精细化、表征、运行测试，并指出模型的

① 陈进前. 理解“模型认知”素养的不同视角[J]. 课程.教材.教法, 2020, 40(04): 108-113

② 杨玉琴. 化学核心素养之“模型认知”能力的测评研究[J]. 化学教学, 2017, (07): 9-14.

③ Harrison, A.G., & Treagust, D.F.. Secondary students' mental models of atom and molecules: Implications for teaching chemistry[J]. Science Education, 1996, 80: 509-534.

④ Justi, R.S., & Gillbert, J.K.. Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers[J]. International Journal of Science Education, 2002, 24(4): 369-387.

局限性与适用范围，且每个阶段相互影响。^①由此可以看出，在科学学习中学生的建模学习活动是一个循环往复的过程，要基于一定的目的经历模型的选择、建立、分析、修正、评价等过程，同时也要注意学生心理模型的转变。研究者们对建模过程的研究虽具有不同的见解，但也有很多相似之处。第一、强调个体头脑中心智模型的建立；第二、以一定的形式将心智模型进行表达，将其应用于新情境中；第三、对模型进行不断的分析与修正。因此，在化学学习中的建模过程需要个体基于头脑中的已有经验与新获得的信息交互作用建立模型，或者根据需要从已有模型中进行选择，形成的心智模型需进一步以某种形式表达出来，对事件或现象进行理解、描述、结束和预测。

目前我国学者普遍认为建模就是产生科学模型的过程，通常包括构建、应用、评估和修正四个动态性的循环过程。如我国学者张晋、毕华林通过分析国外研究者对建模学习过程的相似性与差异性的基础上，将建模过程概括为构建、应用、评价和修正模型四个循环的过程，是一种探究的学习过程，^②如图 1.3 所示。

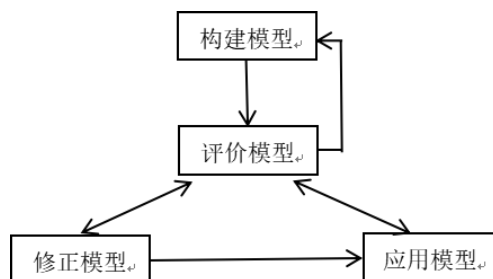


图 1.3 建模的过程

b.建模教学的模式

为了进行有效的建模教学，国内外学者基于模型建构的过程提出了多种以科学模型为中心的建模教学模式，其中基于模型的教学是较为普遍的建模教学模式，指的是学习者利用他们已有的知识整合新的信息的扩充知识的生成性学习过程，在整个过程中模型被不断修正^③。这一类研究关注学习者的前概念，强调建模与学生的心理模型发展的内在联系，主张模型建构是一个循环过程。克莱蒙特(Clement)认为模型建构的心理转变模式是在科学学习中学生需要根据特定的学习任务，综合不同的信息资源不断构建自己的心理模型，^④如图 1.4 所示。

① Justi, R.. Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills[J]. Education Quimica, 2010, 20:32-40.

② 张晋,毕华林. 模型建构与建模教学的理论分析[J]. 化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

③ 史凡,王磊. 国际科学教育建模教学研究综述——基于教师发展视角[J]. 外国教育研究,2019,46(05):89-103.

④ Clement, John J.. Model based learning as a key research area for science education. International Journal of Science

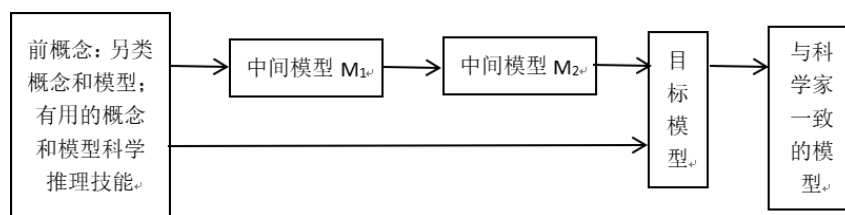


图 1.4 模型建构的概念转变教学模式

国内学者都是在国外建模教学模式的基础上做进一步的探讨，无论是哪种教学模式对于本研究中的建模教学设计和学生模型认知素养的测评都具有一定的参考价值，但结合建模历程而言，本研究在教学设计过程中更倾向于基于探究的建模教学模式。

综上所述，国外关于模型与建模的理论探讨已经形成较为完整的体系，而我国在该领域的理论分析研究大都借鉴国外学者的相关研究，随着模型认知作为化学学科核心素养的要素之一提出后，无论是关于模型的分类、还是模型认知素养的内涵解读，或是建模教学的过程探讨都融合了具有我国本土化的特征与思考，关于模型与建模的理论分析还需结合我国学生发展的特点做进一步探讨。

(2) 模型与建模教学的实践研究

① 基于学生模型认知素养发展的教学

发展学生模型认知素养的教学是在日常教学活动中渗透化学模型与建模的思想，在课堂中使学生经历建构模型和应用模型的过程。

a. 基于化学认识模型的开发与应用

在模型认知素养提出之前，王磊及其团队已深入系统的展开了一系列基于认识模型建构的化学教学设计与实践研究。其中，建构的认识模型包括化学反应认识模型^①、元素化合物认识模型^②、电化学认识模型^③以及位-构-性模型^④等。

基于认识模型建构的教学研究大多都是在复习课教学中进行的，这可能与其高度的概括性和总结性有关，对学生知识掌握的全面性以及各种综合能力的要求比较高。都是在对某一研究主题已有研究梳理总结的基础上，结合学生在该主题下

Education, 2000, 22(9):1041-1053.

① 王磊,姜言霞,支瑶,等. 促进学生认识发展的“化学反应原理”绪言课教学研究——基于化学反应认识模型建构[J]. 化学教育,2012,33(11):12-20.

② 王磊,郭晓丽,王澜,等. 元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学 1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J]. 化学教育,2015,36(05):15-21.

③ 王维臻,王磊,支瑶,等. 电化学认识模型及其在高三原电池复习教学中的应用[J]. 化学教育,2014,35(01):34-40.

④ 黄鸣春,王磊,宋晓敏,等. 基于认识模型建构的“元素周期律·表”教学研究[J]. 化学教育,2013,34(11):12-18.

的认知特点分析归纳建立认识模型,构建教学设计并实施,根据试讲后的学生访谈对教学环节进行进一步的修改与调整,通过试题测试或访谈等方法对教学效果进行测试,分析基于认识模型建构的教学对学生认识发展的影响并提出相应的教学建议。但是基于认识模型建构的研究不会在此止步,随后又探查了元素周期律复习教学中认识模型建构的有效策略^①、进一步深化对新教材“原子结构 元素周期律”教学研究,将位-构-性模型与化学学科能力活动任务相结合,进行了7个课时的单元整体的教学设计并实施。^②

教学研究是一个循序渐进、不断深入的过程,其他学者们在王磊及其团队构建的各主题认识模型的基础上,运用认识模型在教学中不断的实践,进一步挖掘和发挥认识模型在化学教育中的功能价值,其中涉及较多的是元素化合物主题和原电池主题。例如有学者从元素化合物认识模型出发,关注认识模型与学科能力要素的紧密联系,进行具有进阶性和梯度性的“铁及其化合物”单元教学设计和实践研究。^③与此同时,基于认识模型建构的教学研究逐渐转向新授课,在新授课教学中就开始一以贯之的建立认识模型,逐渐形成模型与建模的思想,顺应学生的认识发展阶段,实现系统思维能力的提升。

b.基于化学科学模型的构建与应用

化学科学模型是化学知识的重要组成部分,揭示物质结构、化学原理和反应机理的各种模型本身就是化学知识本质特征的抽象与简化。^④在教学中应用化学科学模型可以更加形象地认识物质,让复杂抽象的化学问题变得简单直观。如在原子结构的教学中,引导学生沿着历史的足迹追踪科学家探索原子的结构,使学生认识到科学的发展是一个不断发展的动态过程,每一次新的原子结构模型的提出都是对原有模型的审视与修正,而并不是完全的抛弃原有模型。^⑤然而,在已有化学科学模型的教学中化学反应原理方面的研究相对较少,这可能与这部分内容本身的抽象性和复杂性的有关。

以此同时,化学认识模型与化学科学模型两者之间是相互联系的,它们都指向

① 王婉洋,王磊,于少华,等. 元素周期律复习教学中认识模型建构的有效策略[J]. 化学教育(中英文),2018,39(07):18-26.

② 孙彤,王全,孔思敏,等. 以“位-构-性”模型建构和学科能力发展的必修“原子结构元素周期律”教学设计和实践[J]. 化学教育(中英文),2022,43(03):45-55.

③ 上官庆景,阮雪丹. 基于元素化合物认识模型的单元教学设计实践探索——以“铁及其化合物”单元教学为例[J]. 化学教育(中英文),2021,42(19):69-74.

④ 陈廷俊. “模型法”在化学中的应用及教学启示[J]. 化学教学,2021,(01):42-45+65.

⑤ 邹国华,童文昭,杨梓生. 对活化能相关模型的反思——基于科学模型的教学视角[J]. 化学教学,2021,(05):91-96.

学生思维能力的发展,有学者在有机化合物的结构教学研究中不仅构建了有机化合物结构的认识模型,而且还分析了球棍模型的教学功能,使学生在模型搭建的活动中形成研究有机化合物的认识方式^①。同时从球棍模型的搭建到认识模型的建构,也体现了学生认知水平不断发展的过程。因此在某些主题的教学,可以从化学认识模型和化学科学模型两者融合的视角进行教学设计和实践研究,这既突出了化学科学模型的建构与应用,也关注了学生思维过程的建构。

c.基于模型与建模教学的建议与策略

我国学者对于模型与建模的教学策略研究大都是在具体的教学实践活动中进一步反思总结的,例如在元素化合物的教学中注重应用和发挥认识模型功能与价值,建立研究物质性质及转化的认识角度;设计开放性任务,通过有效的师生对话,外显问题解决思路^②等。也有在对已有研究理论分析的基础上提出促进学生模型认知素养的有效策略,如通过展示与制作实物模型引领学生树立模型意识、利用符号模型表征宏观特征和微观本质化学教学中等^③。

②基于证据推理与模型认知素养发展的教学

在教学中如何根据具体的知识内容将证据推理与模型认知的具体内涵和目标指向具体的教学行为中是研究者们探索和思考的问题。如闫银权从与学生学习过程的对应关系进行了分析,并结合具体的教学内容,分析挖掘知识背后所承载的重点核心素养价值,^④这对一线教师进行该素养的关联性教学设计和实践具有一定的借鉴意义。同时基于证据推理与模型认知的教学中常常将实验探究与问题解决贯穿其中,这也进一步说明随着新课程改革的不断深化教师已经充分认识到科学探究、问题情境的设计对教学的作用,也注意到模型建构教学在问题解决中的重要性。在内容选取上,基于证据推理与模型认知教学的相关主题包括有机化合物、原电池、原子结构等主题,也有一部分研究者将该素养的教学研究应用于初中化学课堂,包括二氧化碳、水的主题式复习课教学以及空气、燃烧与灭火、物质组成的简单计算等新授课教学。

综上所述,有关模型与建模教学的实践研究大多集中于认识模型的建构和应用,且大都是在王磊及其团队开发的认识模型的基础上不断的完善和深化。同时实验探究活动与问题解决贯穿于模型与建模教学实践中,说明在一节课的教学中对

-
- ① 秦林,胡久华,支梅,等. 促进学生有机化合物结构认识方式发展的模型搭建活动教学研究[J]. 化学教育(中英文),2021,42(23):62-69.
- ② 胡久华,安鹏,邢鑫,等. 促进学生化学学科核心素养发展的“铁盐和亚铁盐”的单元教学[J]. 化学教育(中英文),2022,43(01):36-41.
- ③ 胡红杏,祁宁宁. 科学模型及模型认知素养发展策略[J]. 当代教育与文化,2021,13(06):42-47.
- ④ 闫银权. 基于“证据推理与模型认知”培育的教学——以“苯”的教学实践为例[J]. 化学教学,2020,(02):51-55.

学生核心素养都是有不同程度的发展，只是不同知识承载的重点核心素养导向不一样。但是在已有的模型与建模教学中缺乏深入课堂内部的实践研究，对教师和学生课堂上的动态性刻画研究较少，结合学科具体知识和教学过程本身的教学模式和策略还需进一步探讨。

（3）模型与建模能力的测评研究

在“模型认知”这一本土化概念提出之前，学者们在能力测评方面的研究围绕建模能力，且测评框架大多借鉴国外建模能力的组成和表现水平。模型认知素养其实就是用我国本土化术语表述的建模能力，在这一概念提出之后，关于模型与建模的能力测评研究呈现本土化、多元化发展。在已有研究中多集中于学生建模能力或模型认知素养的评价，大部分是对学生建模实践能力的测查，即指在教师引导下学生基于建模教学活动解决复杂化学问题的能力，可分为“单一测评类研究”“关联测评类”研究。

① “单一测评类”研究

“单一测评类”研究指对学生建模能力或模型认知能力整体性的或基于某一主题的测评，研究者通过专家效度检验等开发测评工具，或者基于自己所研究群体的特征整合修改已有测评工具测查学生的建模或模型认知能力水平。已有模型与建模能力整体性测评框架主要有两种类型，一类是研究者总结国内外学者有关建模能力测评的基础上建构高中生化学建模能力测评框架，例如李凤将建模能力分为模型认知、构建、表征、检验及应用能力，并且每一个能力维度又分别划分为水平1到水平4四个等级^①。

另一类是根据课程标准中模型认知素养水平划分的基础上，根据模型的内涵、特征、功能、建模的历程以及学生认知发展的特点等，结合布卢姆教育目标分类学对认知维度的划分，依次以认识、理解、应用、分析、建构模型定义模型认知素养的水平，可分为以下几种形式。a.研究者直接从模型认知素养的认知、理解、运用和建构进阶式的定义四水平来建构模型认知素养的水平框架。例如杨玉琴将模型认知能力水平划分为由低到高4个水平，即认识、理解、运用、建构模型，同时对四个水平分别进行了定义，并用 Rasch 模型开发了专门的测评工具。^②b.研究者对模型认知素养不仅有一级指标的进阶式的划分，还对各个维度进行了二级指标的详细的分点阐述。例如陈苗雨参考我国化学课程标准对模型认知能力的具体内容，结合布卢姆教育目标分类学过程维度，将模型认知能力划分为认识、理解、运用、分析、建构模型五个一级指标、十个二级指标，并请专家对各指标权重根据赋分，

① 李凤. 高中生化学建模能力的测评工具开发及应用研究[D]. 华中师范大学, 2017: 25.

② 杨玉琴. 化学核心素养之“模型认知”能力的测评研究[J]. 化学教学, 2017, (07): 9-14.

形成计算学生模型认知能力的计算公式进行测评。^①c.研究者在对模型认知素养进阶式定义不同数量一级指标的基础上,对二级指标也进行了相应的水平等级的划分描述。例如李宇凤根据所在学校学生的实际情况,综合已有该素养测评体系以及课程标准模型认知素养水平,将模型认知素养水平描述为理解、应用、建构模型三个维度,同时分析了各水平在三维度的具体描述,并编制模型认知素养的测评工具对高一学生进行施测。^②

同时,基于某一主题对学生具体建模能力或模型认知能力探查的研究较少,目前研究主题主要有原电池、原子结构、离子反应、氧化还原反应、主题,研究者结合已有研究构建某一主题模型认知能力框架,并在此基础上设计调查工具,例如李艳灵、梁丹蕾等从认识、理解、运用、迁移模型四个由低到高的水平将原电池知识与化学模型认知能力水平及具体行为描述进行匹配,构建了高中生原电池模型认知能力水平框架^③。而对于元素化合物,化学平衡、盐类水解、沉淀溶解平衡等复杂体系主题下的模型认知能力的测评研究甚少,还有待研究者进一步深入探讨。

② “关联测评类”研究

“关联测评类”研究指基于某种理论或某种方式方法来促进学生建模能力或模型认知能力的发展,这些研究多依附于特定的学科知识,常常选择某一节课或者某一主题,按照研究者设计的某种教学原则、教学模式实施教学,根据教学实践的结果分析来验证可行性与有效性,进而发展学生的模型认知或建模能力,其中原电池、化学平衡、物质结构、有机化学等主题研究频率较高。如刘西子采用“问题表单”这种解决问题的方法和策略,选取“原电池问题表单”作为测试评价模型,对高中生建模能力进行调查与分析。^④陈梅梅采用“模型方法渗透阶段—模型方法理解阶段—模型方法迁移阶段—模型方法反思阶段”教学模型,依据一定的教学原则,以初中化学“分子以原子”为例开发教学案例,并实施教学,根据测试结果对实验班和对照班进行分析模型教学对学生建模能力的影响。^⑤这类研究中的测评方式有的直接选取相关主题测试题进行前后测分析评价,有的选择建模能力的不同构成要素融合 solo 分类理论并编制测评工具对学生的建模能力水平进行分析。

综上所述,在高中化学课程标准中对模型认知素养水平划分的基础上,学者们

① 陈苗雨. 民族地区高中生化学模型认知能力的测评研究[D].西南大学,2020: 30-38.

② 李宇凤. 高中化学学科中模型认知素养的测评研究[D].上海师范大学,2021.

③ 李艳灵,梁丹蕾,阮北,等. 高中生原电池模型认知能力测评工具开发及其应用研究[J]. 化学教育(中英文),2021,42(19):56-62.

④ 刘西子. 基于问题表单的高中生化学知识建模能力的研究[D].哈尔滨师范大学,2020.

⑤ 陈梅梅. 化学模型教学对初中生化学建模能力的影响研究[D].华中师范大学,2019.

对于模型认知素养测评框架主要依据布卢姆教育目标分类学大都以认识、理解、运用、分析、建构等为进阶式或相互平行式的定义不同的水平，但是对于具体水平的描述与课程标准中该素养划分的水平并非全部对应，这与研究者所选主题的测评内容以及所在学校学生的实际情况都有关。

（4）研究述评

通过梳理文献，国外关于模型与建模的研究成果相对丰富，而我国在该领域的研究是在模型认知素养提出之后被研究者所关注，在借鉴国外学者相关研究的基础上，我国关于模型与建模的研究正在逐渐形成着具有我国本土化特征的体系。基于此本研究将从研究对象、研究内容、研究范式、研究方法四个方面针对模型与建模教学的相关研究作如下评述：

①研究对象具有明显倾向性，需进一步从教与学的过程方面平衡化

在教学实践研究中主要围绕教师群体如何进行基于模型建构的教学设计和实施，从学生角度出发的研究相对较少，实际上教师在实施教学的过程中学生的课堂学习表现和行为是怎样的、学生存在哪些问题和疑惑、学生课后完成作业的情况都与教师的课堂教学有着紧密的联系，同时教师的课堂表现行为等也对学生学习产生着影响。而在能力测评研究中大都围绕学生模型认知素养或建模能力，对教师建模教学能力的研究甚少，而教师自身的元建模知识和建模教学能力影响着建模教学开展，教师只有认识模型在化学教学中的重要性，了解模型的内涵和本质，掌握建模教学的方法，才能进行有效的建模教学。

②研究内容较广泛，需进一步聚焦于具体知识与模型认知素养融合

研究内容的范围比较广泛，包括模型与建模的教学研究、建模能力或模型认知素养的测评等，但是研究的深度和连续性有待提高，如进行建模教学与模型认知素养的关联性研究等。实践表明，开展基于模型建构的教学对学生解决问题能力的提高和思维创新能力的发展都具有积极的影响，也有利于化学学科核心素养在课堂教学中落地，但是关于模型与建模教学的研究绝大多数处于经验描述水平，缺乏深入课堂内部开展建模教学的实践研究，特别是基于某一主题进行模型与建模的单元教学甚少。同时研究者也对学生模型认知素养的发展进行了整体性或主题性的测评，而对于对学生的模型认知素养的测评更多关注最后的结果。那么，在实际的课堂教学中开展基于模型建构的教学对学生模型认知素养的发展如何，为了促进学生模型认知素养的发展应从哪些方面对实际课堂进行改进等方面的问题都需要我们做进一步的探讨。

③研究范式多集中于实践研究，需进一步开展实证研究

从研究范式方面来看，已有的化学建模教学研究多集中于实践研究，大都是以

某种教学方式或策略为基础开展建模教学，之后通过问卷测查的形式用数据来检验教学效果与素养发展，而在实证研究中基于测评的定量研究较多，质性研究较少，其作用是辅助于定量研究的结果进行深入的解释。缺乏针对具有典型特征的建模教学课堂开展的个案研究或探查不同的学生如何进行建模的内在学习过程研究。实践表明建模教学对学生模型认知发展具有积极的影响，那么探讨建模教学与模型认知素养如何有效的结合起来还需在教学实践中做进一步的教学改进研究，因此，化学建模教学研究的范式还有待进一步多样化。

④研究方法多集中于量化方法，需进一步将定性研究与定量研究相结合

在具体的研究方法方面，与研究范式的选择相对应，目前研究者多采用问卷、测试等方法，依据调查数据分析和解决问题，在教学实践研究中一般都是以某种教学模式或教学策略为基础进行模型建构的教学，之后进行问卷的编制与开发来测查这种教学模式或策略的有效性。而在模型认知素养整体性或主题性测评研究中也是基于课程标准对该素养水平的划分建立测评框架并开发测查工具来测查学生素养的现状。基于定量数据分析的基础上，还需结合访谈、观察、实物收集等质性研究方法，把建模教学中难以用数字量化表达的内容挖掘表征出来，由此获得的结论更加准确和全面。

2.关于元素化合物建模教学的研究综述

在中国知网(CNKI)以主题形式对有关元素化合物建模教学的文献进行检索，首先以“模型”或“建模”为主题词分别进行检索，其次将学科设定为“中等教育”，最后再以主题词“元素化合物”或“无机物”或“价类二维图”检索。得到文献 74 篇，其中学术期刊 55 篇，学位论文 18 篇，其发文趋势如图 1.5 所示。

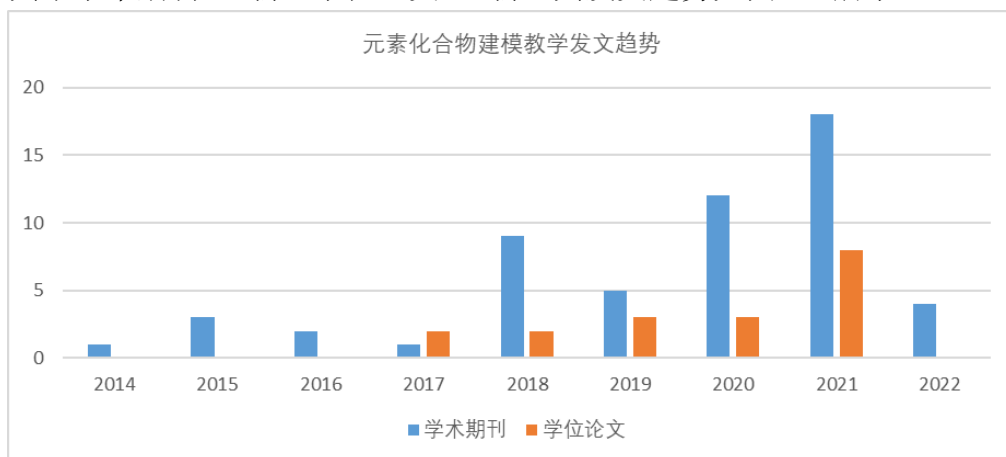


图 1.5 元素化合物建模教学发文趋势图

通过图 1.5 可以看出，关于元素化合物建模教学的研究最早出现在 2014 年，

是将价类二维图作为一种教学策略转化为学生复习元素化合物知识的思路。2015年北京师范大学王磊团队提出了元素化合物认识模型,通过进一步追溯文献发现在2012年王磊等就指出在元素化合物教学中基于物质类别和化合价两视角认识物质及其转化^①。而基于元素化合物认识模型的教学被研究者所关注是在2017年之后,这与课程标准对元素化合物主题的学业要求密切相关。通过对相关文献的阅读、分析与梳理,本研究将从基于元素化合物认识模型的教学形式研究、教学内容研究以及教学范式研究三个方面进行文献综述。

(1) 基于元素化合物认识模型的教学形式研究

基于元素化合物认识模型的教学形式主要有两种类型,一类是单课时教学,另一类是单元整体教学。根据建模教学的历程,元素化合物认识模型的单课时教学主要目的是用一课时来建构模型或应用模型,如宋立栋等以真实问题情境硫酸厂址如何选择为核心,引导学生在问题解决过程中搭建起物质类别、价态转化之间的关系,构建含硫物质的价-类二维图,进而实现元素化合物知识的功能价值^②。与单课时教学不同的是,基于元素化合物认识模型的单元教学注重引导学生形成认识和研究元素化合物知识的视角和思路。往往围绕一个主题进行模型的构建、完善和应用,通过整体规划课堂教学,突出知识、认识以及思维的整体性和进阶性。如张建阳、周仕东以金属铝为例,从3个阶段即初高中知识衔接阶段(金属的通性)、具体性质认知阶段(物质类别和氧化还原)、位-构-性学习阶段(同主族、同周期元素的相似性和递变性规律)构建了不同层级的单元整体教学设计。^③

目前,开展单元整体教学备受研究者们的关注,一个有效的单元教学更能体现化学学科核心素养培养的阶段性和层级性。但是已有研究关于元素化合物认识模型的单元教学相对较少,还有待进一步挖掘。

(2) 基于元素化合物认识模型的教学内容研究

通过相关文献的梳理,已有基于元素化合物认识模型的教学内容研究主要有复习课单元教学和新授课单元教学,且教学大多分布于Fe、S、N等元素主题,对于Na、Cl等元素主题的教学研究相对较少。

① 基于元素化合物认识模型的复习课教学研究

元素化合物认识模型具有高度的概括作用,基于价类视角在物质的性质和物质间的转化关系中建立解决化学问题的系统化思维。王磊等构建元素化合认识模

① 姜言霞,王磊,支瑶. 元素化合物知识的教学价值分析及教学策略研究[J]. 课程·教材·教法,2012,32(09):106-112.

② 宋立栋,刘翠,王磊,等. 基于项目式教学的含硫物质转化复习教学设计与实施[J]. 化学教育(中英文),2019,40(19):37-40.

③ 张建阳,周仕东. 基于科学思维学习进阶的高一元素化合物单元整体教学设计[J]. 化学教育,2017,38(05):5-9.

型并进行了金属元素及其化合物单元设计教学实践,让学生在各类任务中逐步建立价类二维认识模型,在实验探究活动中应用模型解决真实复杂情境的问题。^①在元素及其化合物的复习课教学中基于学习理解、应用实践、迁移创新学科能力设置进阶性的任务活动引导学生建构和应用价类二维模型,凸显研究物质性质的角度和思路,有利于元素化合物知识结构化,同时也对学生系统性思维的建立和化学实际问题的解决具有积极的影响。

②基于元素化合物认识模型的新授课教学研究

学生认识角度和思路的形成应是在新授课教学中逐步建立,复习课教学中完善和深化的。在基于元素化合物认识模型的新授课单元教学中,大都倾向于以真实复杂的问题情境为载体开展基于认识模型建构和应用的元素化合物教学,并将实验探究活动贯穿其中,注重学生对无机物认识模型的转变,如上官庆景、阮雪丹通过认识“补铁”原理、定性定量测定菠菜中铁元素含量为情境素材设计了铁及其化合物的单元教学,将化学理论(分类方法、氧化还原)维度和化学实验活动融合,在复杂情境的真实问题解决之中构建和应用价类二维模型^②。而胡久华等融合了鲁科版和人教版教材中的任务活动,^③这启示我们在进行教学设计时可对多版本教材分析、借鉴和参考,抓住各教材的特色活动栏目。

在元素及其化合物教学中涉及的主题主要有 Fe、S、N 等主题,因为 Fe、S、N 等元素对应的物质类别和元素化合价的变化都比较丰富,这部分内容涉及的反应数量较多,可以为学生建构完整的价类二维模型提供充分的证据,像 Na、Cl 这样化合价变化比较简单、物质类别信息不够丰富的元素教学研究较少。

(3) 基于元素化合物认识模型的教学范式研究

课程标准虽明确了元素化合物的相关教学要求,但是并不能直接解决在教学实践过程中出现的问题,学生学科核心素养的落实需以具体的核心知识作为载体来转化为教师的课堂教学实践,王磊团队及其他研究者基于无机化合物认识模型进行了一系列教学实践研究,在取得了很大的进展的同时也看到无机化合物的教学现状与课标要求还有较大的差距,为减少实然与应然之间的差距,于少华、林博娇等在调研无机元素化合物教学现状的基础上反思目前教学中的问题,针对出现的问题,选取铁及其化合物的性质教学内容进行了备课—试讲—正式讲—反思的

① 王磊,郭晓丽,王澜,等. 元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学 1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J]. 化学教育,2015,36(05):15-21.

② 上官庆景,阮雪丹. 基于元素化合物认识模型的单元教学设计实践探索——以“铁及其化合物”单元教学为例[J]. 化学教育(中英文),2021,42(19):69-74.

③ 胡久华,安鹏,邢鑫,等. 促进学生化学学科核心素养发展的“铁盐和亚铁盐”的单元教学[J]. 化学教育(中英文),2022,43(01):36-41.

教学改进研究^①。但已有的相关文献在行动研究范式下进行基于元素化合物认识模型的教学改进研究相对较少，既然开展认识模型的元素化合物教学研究对学生思维能力的发展和化学学科核心素养的落实都具有积极的影响，我们就应该深入的课堂教学反思和解决教师和学生在学习过程中存在的问题，为基于模型建构的课堂教学提出有效的策略，如此有关元素化合物认识模型的教学改进研究还需研究者进一步的实践探索。

（4）研究述评

通过梳理文献可以发现在模型认知这一核心素养提出之前王磊及其团队已构建元素化合物教学的认识模型，并基于模型做了深入的元素化合物教学实践与探讨，而在 2017 年版课程标准颁布以后越来越多的学者或一线教师将其应用于教学实践研究中做进一步的探索。基于此本研究将从研究对象、研究内容、研究课型、研究形式四个方面针对元素化合物建模教学的相关研究作如下评述：

①研究对象多集中于 Fe、S、N 等元素，Na、Cl 等元素有待进一步丰富

研究对象集中于 Fe、S、N 等元素。因为 Fe、S、N 等元素对应的物质类别和元素化合价的变化都比较丰富，在教学过程中有足够的证据来支持教师和学生共同建立相对完整的价类二维认识模型，所以在应用元素化合物认识模型教学中 Fe、S、N 等元素的频次高。而对于 Na、Cl 等化合价变化比较简单、物质类别信息不够丰富的一些元素不同学者有不同的看法。学生的认知是不断进阶发展发展的，应该在元素化合物教学中针对不同研究对象物质性质和转化特点突出学习元素化合物的认识视角，是学生认识物质及其转化的视角从单一视角逐渐过渡到多元化视角。

②研究课型由复习课教学转向新授课教学，仍需进一步的实践探索

在复习课教学中面对元素化合物相对零散庞杂的知识，元素化合物认识模型可帮助学生将元素化合物知识结构化和体系化，但是只在复习课中开展建模教学可能对于某些学生来说这种角度和思路的建立存在一定的困难，而学生物质类别、元素价态等认识角度的建立应是在新授课教学中逐步建立，复习课教学中完善和深化，因此在新授课教学中就应该有意识引导学生从单一角度到多角度认识元素化合物。

③研究内容基于价类视角，需进一步拓展认识视角

研究内容主要是基于物质类别和元素价态，注重学生认识角度的凸显。但是人教版高中新教材（2019 年版）将无机元素化合物内容分为“律前”和“律后”两

① 于少华,林博娇,王磊,等. 化学核心素养背景下的元素化合物教学改进[J]. 化学教育(中英文),2020,41(05):60-65.

部分^①（“律前”、“律后”指在教材中位于元素周期律内容前后），对于“律前”的元素化合物，即 Na、Cl、Fe 元素的学习可通过物质分类、元素价态量角度凸显认识物质多样性的视角，同时也要引导学生利用已有元素原子核外电子排布的相关知识来解释物质的性质。“律后”的元素化合物，即多变价元素 S、N 元素的学习除价类二维角度外，也可通过原子结构的递变规律以及元素周期表的相似性与递变性来研究陌生物质的性质和转化。

④研究形式虽关注单元教学，但研究相对较少，仍需进一步深化

研究层次关注单元教学。虽然元素化合物认识模型因其较强的概括作用部分学者将其应用于单元教学中，从大概念和大主题层次下系统规划元素化合物认识模型的教学研究，但也有部分研究是以具体知识或单课时的内容为例展开的。总体来说元素化合物认识模型的单元教学相对较少，还有待深入研究。

基于此，从建模教学本身的价值和功能出发其对学生模型认知素养的发展确实有积极的影响，但是在教学实践中如何将建模教学与模型认知素养的发展有效的结合起来，还需要做进一步的教学改进研究探讨。因此本研究以“氯及其化合物律后”主题为例构建基于模型建构的单元教学设计，开发元素化合物主题模型认知素养测评工具，在行动研究的范式下通过教学改进研究深入课堂内部开展元素化合物认识模型的教学实践研究，促进学生模型认知素养的发展。

（三）研究问题

通过相关文献梳理，将本研究的问题确定为：

- 1.如何基于模型认知素养的水平框架，开发氯及其化合物主题模型认知素养发展的测评工具？
- 2.如何基于建模教学开展有针对性的氯及其化合物单元教学设计与改进？
- 3.促进学生模型认知素养发展的单元教学整体改进效果如何？对开展有效建模教学提出哪些建议？

（四）核心概念界定

1.模型

国内外学者对模型一词的解释虽很多不同的表述，通过相关文献的梳理主要

^① 郑长龙著. 核心素养导向的化学教学设计[M]. 北京：人民教育出版社，2021：99.

有两种研究视角：一是模型是对客观事物或过程的一种表征方式^①，二是模型是对研究对象本质特征的一种简化性描述，如表 1.2 所示。其中，国外学者强调模型是对客观事物或过程的一种表征，可用以表征现象、概念、过程、事件等。我国学者在借鉴国外学者的基础上进一步丰富了模型的内涵研究，如邱美虹在国外学者的基础上强调了模型的功能与目的，同时也可以看出我国关于模型的内涵研究已逐渐形成具有本土化特色的定义，即模型是对研究对象本质特征的一种简化性描述，主要聚焦于对研究对象的本质特征反映和多方式的简化性描述。另外在我国普通高中生物、化学等教材中将模型作为一种方法进行了介绍，这有助于教师和学生对模型的认识和理解，也说明了模型在科学教育中发挥着重要的价值，教师在进行教学的过程中应对模型给予一定的重视。

表 1.2 模型内涵的两种视角及各学者具体观点

模型是对客观事物或过程的一种表征方式	吉尔伯特和博尔特：模型是一种观点、一个实物、一个事件、一个概念、一个过程或者一个系统的表征。
	美国《国家科学教育标准》（1996 版）：模型是与真实物体、单一事件或一类事件对应的而且具有解释力的试探性体系或结构。
	刘儒德：模型是对现实世界的一种简化再现（或表征）。
模型是对研究对象本质特征的一种简化性描述	邱美虹：模型用以表征现象、概念、过程、事件或是物件等，它可以以不同的表征方式来呈现（如图像、文字等多元方式），以达到不同的功能与目的（如解释性、描述性等等）。
	《教育大辞典》：模型是原系统的一种简化、抽象和类比表示，不包括原系统的全部特征，但能集中表现出它的本质特征。
	余自强：模型是模拟原型（所要研究的系统的结构形态或运动形态）的形式，模型不再包括原型的全部特征，但能描述原型的本质特征。
	单旭峰：模型是人们为了达到对目标对象进行解释、认识或研究等特定目的，对目标对象所作的一种简化的、直观的、定性的或定量的、文字的或图形的描述。
	人教版普通高中教科书《化学必修第一册》：模型是在对研究对象进行实验观察和证据推理的基础上，利用简化、抽象和类比等方法，将反映研究对象的本质特征形成的一种概括性的描述和认识思路。

本研究中的模型是对研究对象本质特征的一种简化性描述，主要借鉴人教版普通高中教科书《化学必修第一册》中对模型的界定：模型是在对研究对象进行实验观察和证据推理的基础上，利用简化、抽象和类比等方法，将反映研究对象

① 张晋,毕华林. 模型建构与建模教学的理论分析[J]. 化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

的本质特征形成的一种概括性的描述和认识思路。

2.建模教学

建模,即“模型建构”,在研究过程中很多研究者提出了不同的观点,主要包括以下三点:第一,建模是一个动态的、复杂的历程,通常包括模型建构、应用、评估和修正四个方面^①。第二,建模是指个体通过构建心智模型与客观世界相互作用的过程。^②第三、建模是指通过一定的方式对研究对象进行推理、表征的过程^③。我国学者张晋、毕华林在总结国外学者关于建模定义的基础上,进一步较为全面而系统的对建模进行了阐释:建模是产生模型的过程,不仅包括模型的建构,也包括模型的应用和发展的一个系统、复杂的过程;建模是人的心智活动与客观世界相互作用的过程;是多种科学方法综合运用过程,既包括模型这种方法,也包括假说、类比、实验等方法。^④

本研究借鉴毕华林关于建模定义,建模教学是将模型建构的方法引入到课堂教学中,使学生像科学家一样经历模型建构的过程,并在模型建构、应用和发展的过程中形成认识和研究化学问题的一种思维模式,从而发展学生科学思维能力的动态化的过程。

3.认识模型

认识模型,即王磊老师团队系列研究成果中的化学认识模型,如无机化合物认识模型等,既包括如何认识(认识什么?从哪些角度(认识角度)认识?以何种思维方式(认识方式类别)认识?),又包括如何基于认识解决问题(解题思路)。既包括认识对象系统,也包括问题解决任务系统。^⑤这样的认识模型具有较强的概括性和广泛的普适性,既可以是指导学生学习化学知识,认识、研究和解决化学问题的一种系统化思维模式,使学习的结果更具功能性;也可以为教师的建模教学提供一定的可操作性,帮助教师明确课程定位和教学目标,指导教师系统设计教学活动和任务,诊断学生实然的认识方式等^⑥。

4.模型认知

① 史凡,王磊.论国际化学教育研究热点:模型与建模[J].全球教育展望,2019,48(05):105-116.

② 张晋,毕华林.模型建构与建模教学的理论分析[J].化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

③ 张晋,毕华林.模型建构与建模教学的理论分析[J].化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

④ 张晋,毕华林.模型建构与建模教学的理论分析[J].化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

⑤ 王磊,姜言霞,支瑶,等.促进学生认识发展的“化学反应原理”绪言课教学研究——基于化学反应认识模型建构[J].化学教育,2012,33(11):12-20.

⑥ 王磊,郭晓丽,王澜,等.元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J].化学教育,2015,36(05):15-21.

课程标准中对“模型认知”素养的描述“知道可以通过分析、推理等方法认识研究对象的本质特征、构成要素及其相互关系，建立认知模型，并能运用模型解释化学现象，揭示现象的本质和规律”，更倾向于从偏正结构理解其内涵^①，即基于模型的认知，包括基于化学科学模型的认知与基于化学认识模型的认知。本研究中的模型认知指基于化学认识模型的认知，即在实际课堂教学中通过模型建构、修正、评价及应用过程理解模型要素及其相互关系，建立认知模型，形成解决化学问题的一般思路和方法，促进学生模型认知素养发展。

（五）研究目的与意义

1.研究目的

（1）通过相关理论的研究，开发氯及其化合物模型认知素养测评工具，探查学生模型认知素养的现状，确定学生的障碍点与发展点，进行基于模型建构的元素及其化合物单元教学设计和实施。

（2）通过埃巴特行动研究的模式对基于模型建构的元素及其化合物教学进行改进，测查学生模型认知素养的水平，分析教学改进效果，为开展有效建模教学进一步提出建议。

2.研究意义

（1）理论意义

第一、通过开发氯及其化合物模型认知素养测评工具，进一步充实普通高中化学建模教学的评价理论。

第二、通过构建氯及其化合物的单元教学设计，进一步补充完善元素化合物主题的单元教学设计的相关案例。

（2）实践意义

第一、通过探查学生模型认知素养的现状，为中学化学教师开展化学建模教学提供一定的实践依据。

第二、通过开展氯及其化合物单元教学，促进学生模型认知素养的发展。

第三、通过对氯及其化合物单元教学进行行动研究，为中学化学教师提供建模教学研究的可参考案例，同时丰富研究者自身的理论素养与实践研究能力。

^① 赵铭,赵华.“证据推理与模型认知”的内涵与教学研讨[J]. 化学教学,2020,(02):29-33+60.

二、促进学生模型认知素养发展的建模教学理论探讨

（一）基于模型建构的单元教学相关理论探讨

本研究在对单元教学和单元教学设计相关文献学习与研究的基础上，结合单元教学设计的内涵、特征、要素等，从建模要素视角出发，依据毕华林教授提出的建模四循环过程，借鉴同课题组陈宇灵对建模教学各要素的细化，参照教学设计的ADDIE模型（分析 Analysis、设计 Design、开发 Deveiopment、实施 Implementation、评价 Evaluation），以促进模型认知素养发展为目的，构建了基于模型建构的单元教学模式，具体如图 2.1 所示，以此作为单元教学设计与改进的理论依据。

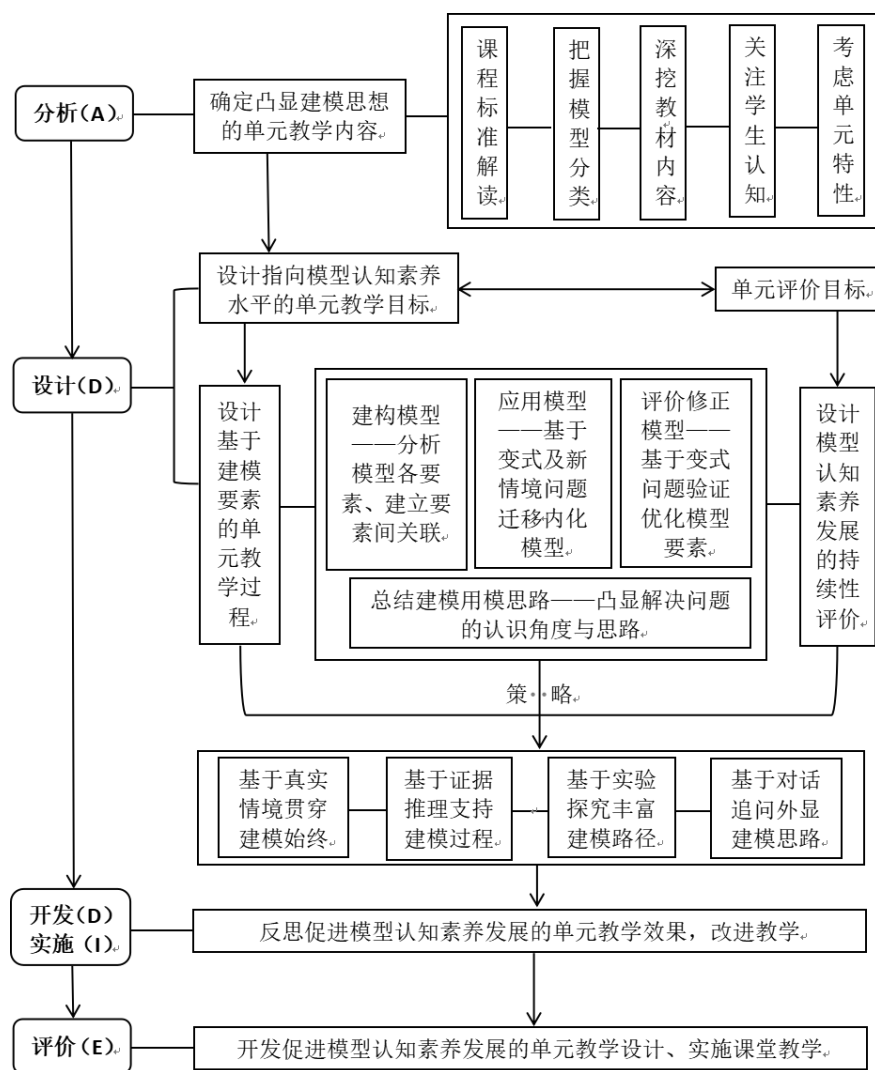


图 2.1 基于模型建构的单元教学模式

1. 确定凸显建模思想的单元教学内容

首先,确定凸显建模思想的教学单元内容离不开对课程标准的解读,教师需要对课程标准中相关主题内容进行系统而全面了解的基础上,整体性的组织和选择单元教学内容。然后,注重把握模型的分类,在单元教学分析过程中关注涉及模型类型。其次,明确课程标准中有关模型的建议后,深入挖掘教材内容,深入思考不同知识内容与素养间的关系,充分挖掘内容背后所蕴含的方法思路,以此来提炼出蕴含模型认知素养的学科内容,形成内容系统、逻辑严密、素养指向明确的单元。再次,体现学生的主体地位,促进学生模型认知的素养单元指向的是学生活动,因此要关注学生的认知规律及学习特点,分析学生的已有经验与素养水平,有目的优化与调整知识、素养与学生认知的顺序,构建单元教学内容,保证模型认知素养的落实与发展。最后,考虑单元的整体性、关联性、进阶性以及一致性。

2. 设计指向模型认知素养水平的单元教学目标

一个教学单元内的化学知识不仅仅指向某一核心素养的发展,但是在教学中可侧重某一核心素养的培养进而更深入全面促进该素养。在设计蕴含模型认知素养水平的单元教学目标时应结合具体的知识内容外显模型要素及其关联,进行有目的性的建模教学。同时课程标准与研究者们都将模型认知素养进行了不同水平的划分,设计目标应根据学生的认识方式和认识水平设计进阶性的目标,促进认知方式的多元发展。此外,把握单元目标与课时目标、课时目标与课时目标间的关系。

3. 设计基于建模要素的单元教学过程

基于模型建构的单元教学过程更为重要的是突出“建模”这一线索,本研究依据毕华林教授提出的建模四循环过程,从建模要素视角出发,将模型构建、模型评价与修正、模型应用作为建模教学的一级要素,同时借鉴同课题组陈宇灵对建模教学各要素的细化(表 2.1)^①,融合具体要素进行建模单元教学过程的分析,主要包括建构模型,分析模型各要素、建立要素间关联建构模型;应用模型,基于变式及情境问题迁移内化模型应用模型;评价或修正模型,基于变式问题验证优化模型要素评价与修正模型;总结思路,凸显解决问题的角度与思路。在进行模型建构的单元教学设计与实施时并不一定都要经历模型建构、应用、评价和修正四个过程,要根据所教内容的特征与课型等进行选择性设计。

^① 陈宇灵. 普通高中化学教师建模教学行为分析框架的建构与应用研究[D].西北师范大学,2022.

表 2.1 普通高中化学教师建模教学要素分析

一级要素	二级要素	三级要素（具体过程）
A 建构模型	A1 分析识别模型要素	A11 确立建模目标
		A12 提供建模原型
		A13 识别模型中的要素
	A2 关联要素建构模型	A21 分析要素
		A22 对要素进行关联，实现要素的结构化
		A23 表征模型
B 应用模型	B1 拓展变式应用模型 B2 设置情境应用模型	B11 设置变式问题/新情境中的问题
		B12 深化对模型要素及模型要素关联的理解
		B13 选择可供分析的模型
		B14 寻找变式问题中与模型要素的关联
		B15 确定利用模型分析问题的切入点、抓手
C 修正模型	C1 要素改变修正模型	C11 检验模型的内部/外部一致性
		C12 通过增加模型的要素对模型进行修正
D 评价模型	D1 分析内部验证模型	D11 评价变式中要素的适切性
	D2 拓展变式验证模型	D21 分析模型之间的关联性是否合理
		D22 在实际应用中分析模型的适切性
E1 总结建模用模思路		E11 梳理用模型分析问题的思路
		E12 总结利用模型分析问题的思路和方法

（1）建构模型，分析模型各要素、建立要素间关联

建构模型的过程是一个输入的过程，学生的已有知识经验是建模过程的基础，在教学中通过简化、推理、论证等方法对原型或者情境问题进行分析，引导学生梳理出相关的模型构成要素，正确建立要素与要素间的联系，同时在形成预设心智模型。这种模型可以是化学科学模型，也可以是化学认识模型，初步构建模型的过程主要是引导学生去探究和拆解研究对象，唤醒学生关注目标内容中的关键要素，探究关键要素间关系的意识，使学生充分理解所建模型真正的内涵。

（2）评价与修正模型，基于变式问题验证优化模型要素

初步形成模型后教师应鼓励学生用语言或图形等多种方式表征模型，设置相应的活动任务，通过小组合作、讨论交流、证据与推理等多种方式应用初步构建的模型进一步去理解、描述、解释或预测化学事实或现象，分析并验证问题情境与模型内部各要素的适切性以及要素间相互关联的合理性，同时也加深了学生对模型中的各要素及其相互关系的认识，使学生初步建构的模型合理化和科学化。在对模

型与问题情境的对应性进行分析评价之后,根据具体情况重新构建或选择模型,或者进一步修正模型,或者直接应用模型。若进一步修正模型主要是通过增加或删除对应要素,修正的模型可以再次置于问题情境确认其一致性后进行应用,或者直接应用。

(3) 应用模型,基于变式及新情境问题迁移内化模型

应用模型解决化学问题是一个输出的过程,将已经建立好的模型应用到熟悉的问题情境中解决相关变式问题,使学生有针对性地关注模型的不同部分,深化对模型要素及要素间关联的理解,或将其迁移应用于新情境解决相对陌生复杂问题,使得学生对模型的认识不再局限于相似情境,而是形成一种迁移意识。同时学生在运用模型的过程中将解决问题的认识思路与方式外显化,用这种可视化的方式验证或反思所建的模型,分析模型中存在的问题,并尝试修改或重构模型。

(4) 总结思路,凸显解决问题的角度与思路

总结思路,即总结建模用模思路,在教学中基于模型要素初步建构模型以及应用模型解决化学问题后,引导学生进一步分析梳理模型各要素间的关联,总结建构模型以及应用模型解决问题过程的方法,并采用一定的方式凸显建模用模过程中解决问题的角度与思路。

4.建模过程注重教学策略的应用

在基于模型建构的单元教学全过程中要注重真实问题情境的创设,证据推理与实验探究等活动的开展,师生间有效对话、追问等策略的选择等等。

(1) 基于真实情境贯穿建模始终

崔永潮教授指出每一个大单元教学设计都必须介入真实情境与任务,只有在真实情境下运用某种和多种完成特定的任务,才能评估关键能力、必备品格和价值观念^①。因此,在建模教学的过程中应将真实情境与任务贯穿其中,引导学生学会分析学习情境中的关键信息和问题,产生有意义的思维启迪和正面的情感体验。

(2) 基于证据推理支持建模过程

证据推理与模型认知两者有着密切的联系。通过分析情境中的信息、观察等方式方法发现问题,收集证据提出假设,并建立相应的模型。在相似的问题情境与任务中将模型进行应用,通过实验探究等活动收集新的证据对所建的模型进行检验,若现有模型不能对相关问题进行解释时,则需要进一步修改完善模型,或者是重新建构模型,直至所建构的模型能解决问题为止。

(3) 基于实验探究丰富建模路径

^① 崔允漭. 学科核心素养呼唤大单元教学设计[J]. 上海教育科研,2019,(04):1.

实验探究过程一般包括提出问题、猜想与假设、分析推理等多种思维活动，而促进学生模型认知素养发展的建模教学指向学生思维能力的发展，也需要学生在多样化的实验探究活动中结合具体的知识内容分析模型各要素，进而建构、完善与应用模型。

（4）基于对话追问外显建模思路

师生间的对话、追问等活动的开展可以将学生的思考不断的引向深处，将学生模糊的思路不断外显。因此在进行建模教学的过程中，教师需要设计完整的对话活动，要求学生将自己头脑中的模型表征出来，并且就学生所表征模型的过程教师要给学生充分的时间做论证，使学生在建模过程中学会怎样思考、怎样解决问题，发现自己的不足，只有这样的对话才能确确实实发展学生的思维，促进学生深度思考。

5.设计学生模型认知素养发展的持续性评价

素养为本的课堂教学倡导“教、学、评”一体化，将教学过程、学习过程以及评价过程进行有效整合，使教学评价的环节不再游离于课堂教学之外。因此，单元教学要结合教学目标，确定学生模型认知素养的评价标准。首先基于学生的活动表现对核心知识、学科方法及素养等开展持续性评价。其次，在单元教学中不仅仅拘束于纸笔测试的方式对学生模型认知素养发展的情况进行评价，还可通过课堂观察、访谈、纸笔测验等方法分析模型认知素养的发展情况。最后，教师评价、学生评价、自我评价等多元化评价。

6.开发并实施促进模型认知素养发展的单元教学

在分析的基础上围绕单元核心素养目标定位对单元教学进行整体性的梳理，构建促进学生模型认知素养发展的单元教学设计，将素养、情境与知识的有效整合，体现教、学、评一致性。在实际课堂教学中实施教学方案，不同于常规教学，促进学生模型认知素养发展的单元教学是在教师的引领下使学生经历模型建构的过程，形成认识物质及其变化的角度和思路。

7.反思促进模型认知素养发展的单元教学效果

在实施完促进学生模型认知素养发展的教学实践后，教师可根据学生的课堂活动表现、导学案与作业的完后才能情况等多方面获取教学目标达成情况的证据，分析教学实施的效果，反思在这个单元教学过程之中的不足之处，为单元教学改进提供方向，同时也促进教师自身的专业成长。

（二）基于模型认知素养测评的相关理论探讨

1. 模型认知素养水平框架的重构

基于已有研究有关模型认知素养水平或维度指标的具体描述，对课程标准中模型认知素养各水平的具体描述进行分析归纳，并将其与认识模型、理解模型、应用模型和迁移模型四个维度进行相互匹配。

课程标准中在模型认知素养不同水平中所描述的模型类别是不一样的，在水平 1 的描述中是物质模型和理论模型，水平 2 的描述中是认知模型与理论模型，而在水平 3 的描述中是理论模型外，在水平 3 的部分描述中以及水平 4 的描述中则又是模型。人教版高中新教材（2019 年版）必修第一册中指出化学中的模型有实物模型、理论模型等，其中，理论模型应用范围最广，例如阿伦尼乌斯在前人研究的基础上，通过研究电解质稀溶液的导电性等提出了电离模型。这与课程标准中所描述的物质模型和理论模型是相对应的，由此可以看出课程标准中所描述的物质模型和理论模型是从化学科学模型的角度来进行认知的。因此通过前文对化学模型的分类以及模型认知素养的内涵解读可以看出，课程标准在模型认知素养水平有关物质模型和理论模型的描述主要是基于化学科学模型来促进学生素养的发展，而有关认知模型的描述则是指向化学认识模型。另外课程标准中其他关于模型认知素养的水平描述应根据研究的内容进行分析，例如“能说明模型使用的条件和适用范围”“能对复杂的化学问题情境中的关键要素进行分析以建构相应的模型”等既可以从化学科学模型角度也可以从化学认识模型角度来分析学生模型认知素养的划分。

本研究主要从化学认识模型的角度出发对学生模型认知素养水平的发展进行测评研究的，因此可将模型认知素养水平 1 “能识别化学中常见的物质模型和化学反应的理论模型，能将化学事实和理论模型之间进行关联和合理匹配”、水平 3 的部分描述“能认识物质及其变化的理论模型和研究对象之间的异同，能对模型和原型的关系进行评价以改进模型”进行删除，因为它们都是从化学科学模型的角度进行的相关描述，将水平 2 “并运用于理论模型解释或推测物质的组成、结构、性质与变化”将其修改为“并能运用于认识模型解释推测物质的组成、结构、性质与变化”，修改原因是在教师引导学生建构理论模型和认识模型的过程中都强调思维的发展，不同之处在于理论模型基于科学家建构的模型认识化学现象，而认识模型是对化学知识进行抽象概括化了的的一种思路和框架。通过以上分析，因为在认识模型维度主要是能识别化学中常见的物质模型和理论模型，认识物质及其变化的理论模型与研究对象之间的异同，主要指向的是化学科学模型角度该素养的发展。所以

对模型认知素养进一步划分为理解模型、应用模型和建构模型三个水平，并将其与课程标准中的描述进行对应解构，如表 2.2 所示。

表 2.2 对课程标准中模型认知素养的解构

模型认知素养水平	内涵
水平 1: 理解模型	能理解、描述和表示化学中常见的认知模型，指出模型表示的具体含义；能说明模型使用的条件和适用范围。
水平 2: 应用模型	能应用模型解释或推测物质的组成、结构、性质与变化；能指出所建模型的局限性，探寻模型优化需要的证据。
水平 3: 建构模型	能对复杂的化学问题情境中的关键要素进行分析以建构相应的模型，能选择不同模型综合解释或解决复杂的化学问题。

表 2.3 元素及其化合物主题模型认知素养水平框架

维度	水平界定	描述
水平 1 理解模型	能初步建立物质类别、元素价态角度与元素化合物性质的联系；能将物质性质与化学事实之间进行关联匹配	1.能基于物质类别和元素价态角度辨识物质 2.能用化学（离子）方程式正确表示物质的重要化学性质 3.能依据物质类别和元素价态角度构建物质及其化合物的转化关系 4.能调用所学知识建立物质性质、反应现象及其应用、保存、检验等间的关联
水平 2 应用模型	能基于物质类别、元素价态认识角度分析解释或预测某些化学问题和现象，设计实验验证物质性质	1.能基于物质类别或元素价态等角度说明论证物质及其化合物的相关性质 2.能基于价类二维模型分析解释实验现象、或生产和生活中的问题 3.能基于价类二维模型推断预测物质的化学性质或反应 4.能设计简单实验实现物质的检验、制备、分离等，形成研究物质性质的思路方法
水平 3 迁移模型	能基于研究元素及其化合物性质的思路方法预测、验证物质的陌生性质及其转化关系	1.能基于价类二维模型及研究物质性质的思路方法对物质的陌生性质或现象进行预测 2.能基于研究物质性质的思路方法设计实验方案实现物质间的相互转化 3.能基于物质的性质及转化关系，能多角度对实际问题的解决方案分析、解释和评价 4.能基于问题情境提炼认识角度与方法，确定探究任务与问题解决之间的关系

模型认知素养水平的测评是学生在完成以学科知识为核心的认识活动和问题解决活动中的表现，本研究依据化学学科能力要素及表现指标，王磊等学者基于

元素化合物认识模型的教学实践研究，将模型认知素养水平及具体行为与元素化合物相关内容进行匹配，确定元素及其化合物主题模型认知素养水平框架，如表 2.3 所示，以此作为研究及测评工具开发的依据。

2. 测评工具开发的理论基础

测评工具质量的分析是教育测评的一个重要环节。本研究采用项目反应理论（Item Response Theory，简称 IRT）作为测评工具开发的理论基础，其依据被试的作答结果，通过特定的数学模型，可估计出被试的能力水平与潜在的性能力特质^①。具有被试能力估计独立于测验项目的选择、项目参数估计独立于被试样本、被试能力参数量表与项目难度参数量表一致以及可以精确估计每一测试项目的测量误差等优良性质^②。

Rasch 模型是数十种 IRT 构建的统计学模型中的一种，对于客观测量有两个基本要求：第一，对于任何试题，能力高的个体相对于能力低的个体，作出正确回答的概率更大；第二，对于任何个体，在简单题目上的表现应始终好于困难题目^③，即在测量中被试者对某个项目的正确与否取决于项目难度之间的比较，被试者能力越高，则对应正确项目正确率越高，反之则越低。Rasch 模型不是一个模型，而是一系列模型从计分类型上看可划分为二级 Rasch 模型、等级量表模型以及部分赋分模型。本研究测评的是学生元素及其化合物主题模型认知素养水平，项目包含二段测试题和开放题，对每个试题制定详细的评分标准，故采用单维 Rasch，部分赋分模型。

① 罗照盛.项目反应理论基础[M].北京,北京师范大学出版社,2012:4.

② 戴海琦,罗照盛. 项目反应理论原理与当前应用热点概览[J]. 心理学探新,2013,33(05):392-395.

③ Wright B D , Stone M H. Best test design[M]. Mesa Press, 1979.

三、研究设计

(一) 研究思路

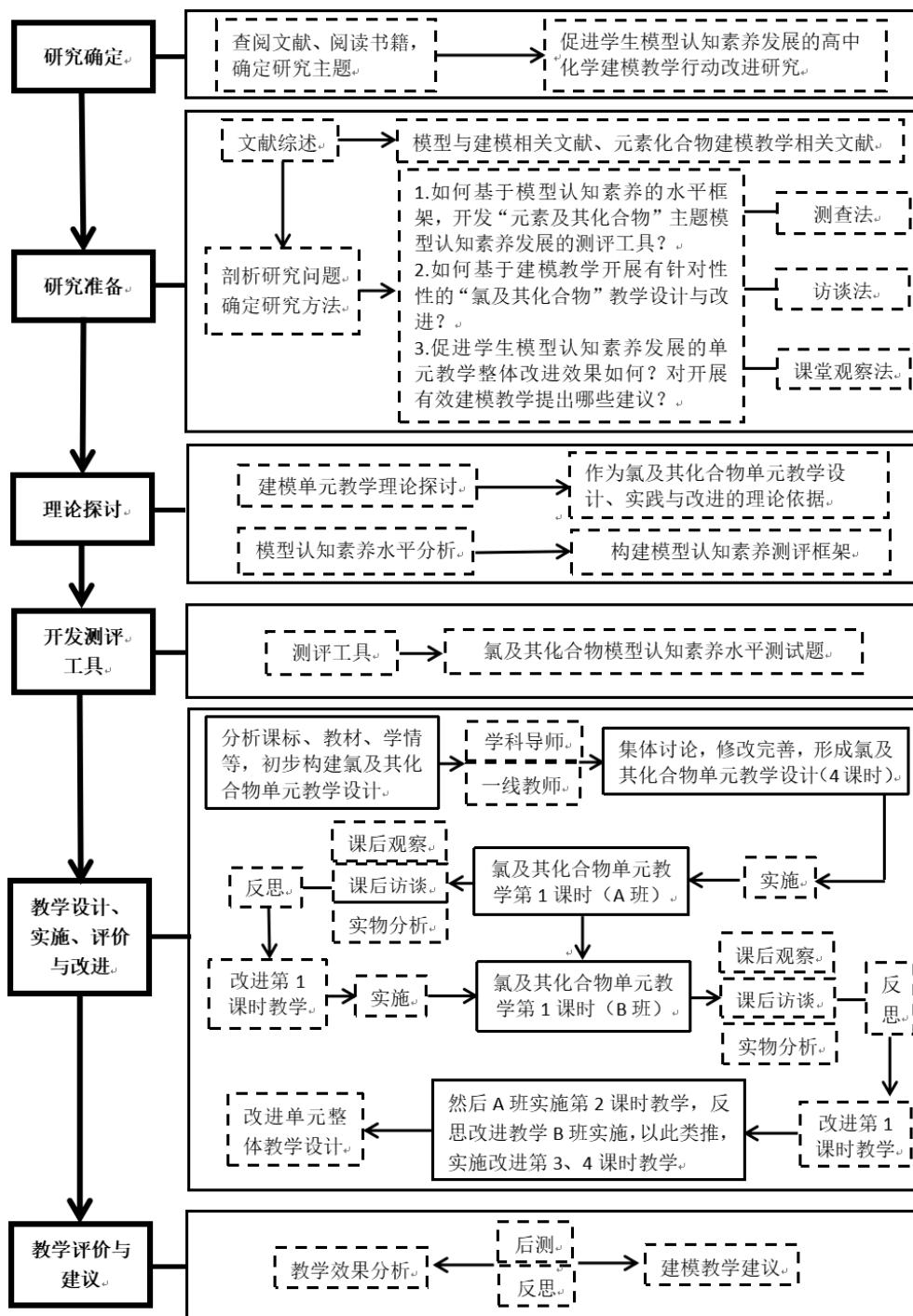


图 3.1 研究思路图

本研究研究思路如图 3.1 所示，具体可分为以下几个阶段：

第一阶段，产生问题，梳理文献。基于建模教学理念，反思建模教学实践与模型认知素养间的关联性，初步确定研究主题，全面梳理有关模型认知、建模教学以及基于模型建构的元素化合物教学的文献，理清研究现状，对本研究的核心概念模型、模型认知、建模教学进行界定，并确定研究问题。

第二阶段，理论探讨，寻找依据。探讨建模教学要素、单元教学设计以及基于模型建构的单元教学相关理论，构建基于模型建构的单元教学模式，作为氯及其化合物主题单元教学设计及教学改进依据；分析课标探讨模型认知素养测评相关理论，作为元素及其化合物模型认知素养测评的依据。

第三阶段：开发测评工具，即氯及其化合物模型认知素养测评工具的开发。

第四阶段：设计教学、行动改进。首先，通过前测和访谈了解学情，构建基于模型建构的氯及其化合物单元教学设计；然后，在 A 班实施第 1 课时的教学，通过课堂观察、作业分析及访谈评价反思教学，改进教学，改进后的教学在 B 班实施，通过课堂观察、作业分析及访谈评价反思教学，改进教学；其次，在 A 班实施第 2 课时的教学，评价反思改进教学后再在 B 班实施，以此类推；最后，实施完 4 课时教学后对整体单元教学进行改进，并对学生后进行测。

第五阶段，分析改进效果，提出建议。利用 SPSS 和 Winsteps 软件分析数据，评价教学改进效果，根据分析结果提出有效建模教学建议，进行研究反思与展望。

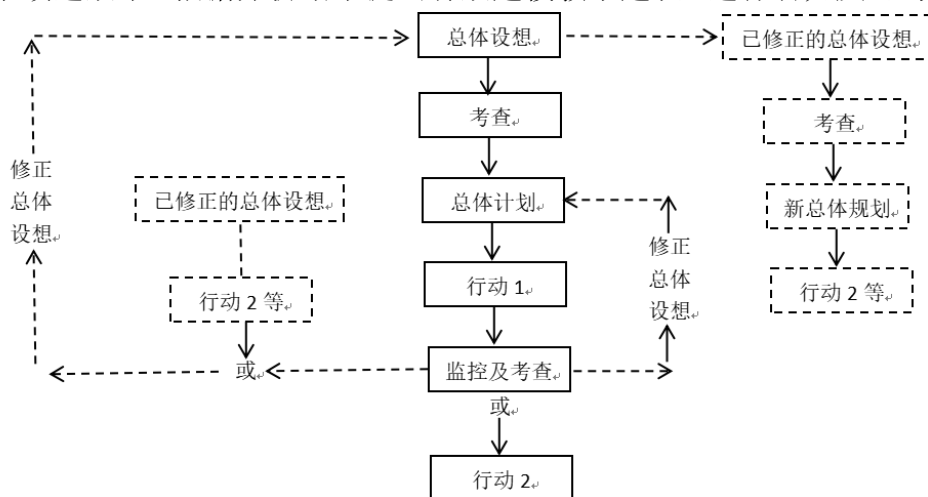


图 3.2 埃巴特模式示意图

（二）研究方法

本研究是以行动研究为主要的研究范式，基于埃巴特模式展开建模教学行动改进研究，如图 3.2 所示，具体教学改进流程如图 3.3 所示，在整个行动研究的过

程中研究者都在不断的对计划进行反思与改进，以期指向问题解决的最优行动。主要采用测查法、访谈法、课堂观察法以及统计分析法等。

1.收集资料的方法

(1) 测查法

本研究通过开发氯及其化合物模型认知素养测评工具，通过前测初步了解学生认识物质性质的视角与思路，明确学生在元素化合物教学中的障碍点和发展点，为教学设计的构建提供可靠的依据；教学改进结束后进行后测分析教学改进效果，了解学生模型认知素养的发展水平。

(2) 访谈法

本研究主要通过对教师进行半结构式访谈，一是在教学设计前分析学情，包括学生平时的学习基础、学习习惯、思维方式以及对元素化合物等事实性知识的认识角度和学习方式，明确学生学习元素化合物过程中所存在的问题。二是在教学实践过程及时了解学生的困惑点，反思教学中存在的问题，为建模教学实践进一步提供改进方向。

(3) 课堂观察法

课堂观察法主要有两种，一种是直接观察，另一种是间接观察。本研究主要采用间接的课堂观察法，即借助录播设备记录教学过程，可供日后反复观测和分析，从而能更加细致的分析教学过程中教师和学生的活动和行为。具体的课堂观察方法在第四部分促进学生模型认知素养发展的单元教学设计中具体阐述。

2.处理资料的方法

处理资料的方法与收集资料方法的选择相对应。首先，对基于测查法所收集的数据采用描述统计的方法处理，应用 Winsetps 和 SPSS 软件对前后测数据进行处理，为了便于模型认知素养水平对比与各项目的作答情况分析，采用频数方式绘制对比图，同时将相关数据以表格形式进行整理。其次，选择与教师访谈过程中的某些代表性观点，引用于具体的内容分析之中为单元教学改进提供证据。最后，结合教学评价量表，通过间接观察法分析师生间的互动与对话，对学生核心知识的掌握程度、研究角度和思路的形成情况进行初步的判断，以此作为教学改进分析的依据。

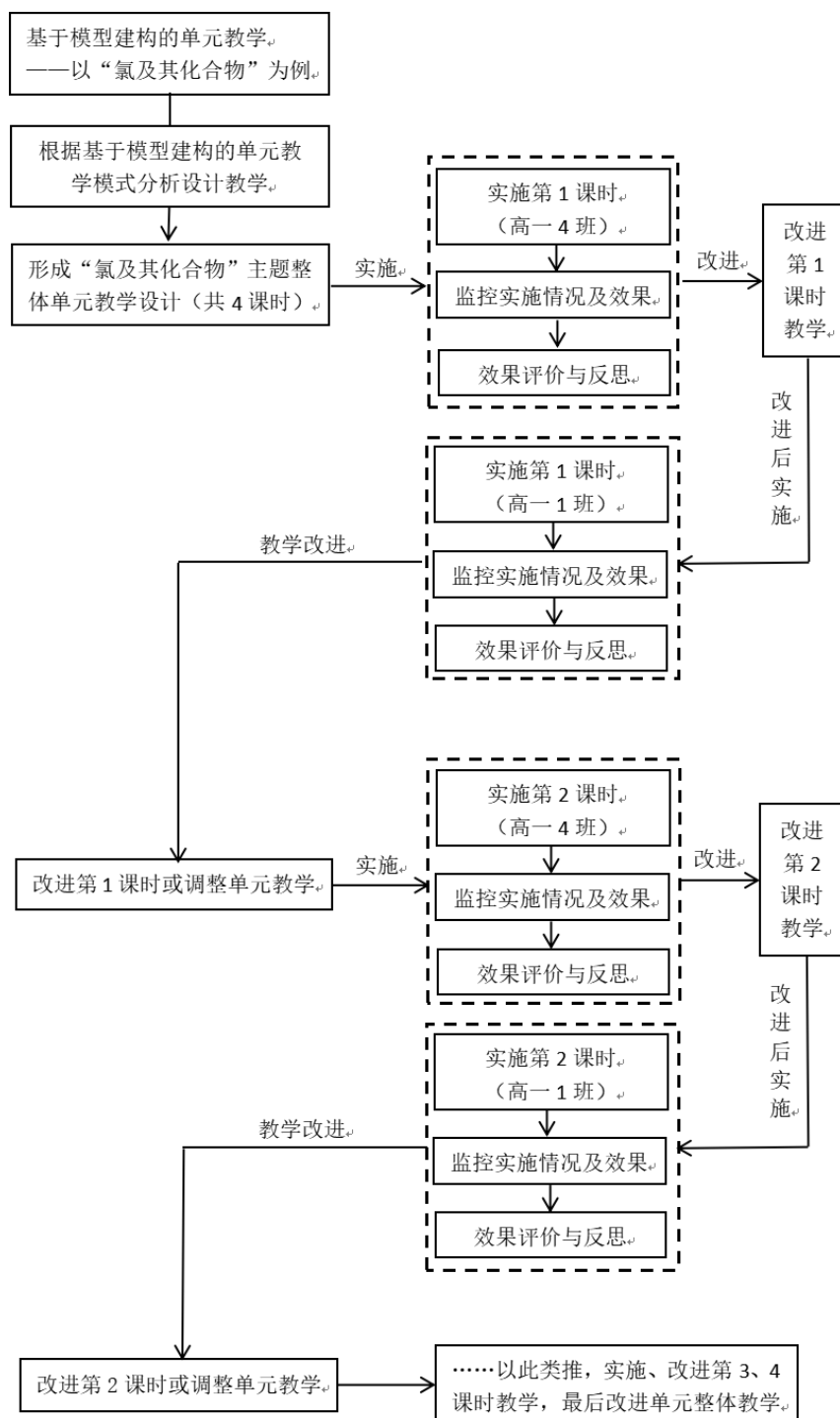


图 3.3 教学改进流程图

（三）研究对象

由于受某些客观因素的影响，本研究中的教学实践部分不是由笔者深入真实课堂教学之中，而是选择与甘肃省 L 市 X 县级中学 C 教师（C 教师为该中学高一

年级 1、3、4 三个班级化学任课教师，也是与笔者同一课题组的农硕生）合作开展的促进学生模型认知素养发展的建模教学行动改进研究。

为进一步探讨在实际课堂教学实践中开展建模教学对学生模型认知素养发展的影响，通过 C 教师交流，X 中学生源次于县一中，学生学习成绩整体都较低，C 教师所带三个班级均为普通班，学习学习氛围 1 班和 4 班都较好，3 班学生比较死板与沉闷；但是在两次全校性考试中 3 班在十个普通班里面均排名第二，在第一次考试中 1 班和 4 班成绩排名分别为第五和第七，第二次考试中两个班级排名分别为第四和第五，因此选择 1 班和 4 班两个平行班级学生作为实施对象进行建模教学行动改进研究，两班级学生基本信息如表 3.1 所示。

表 3.1 高一 1 班与 4 班学生基本信息表

	高一 1 班	高一 4 班
学生人数	52	50
女生人数	24	26
男生人数	28	24

C 教师表示 1 班和 4 班平均成绩虽处于十个普通班的中等，但是学生整体学习基础相对薄弱，课堂教学多以灌输式、知识点讲解为主；整体来看，1 班课堂教学气氛较 4 班好。但学生在课堂教学中对问题的解释与回答容易受到其他不同“声音”的影响，可见学生认知风格偏向于“场依存性”；学生自主学习能力较差，缺乏多角度、多维度分析问题的视角与思路，缺乏批判性思维；同时小组合作互助学习意识不够，部分学生在课堂上没有记笔记的习惯，也不善于表达自己的想法和观点。

（四）氯及其化合物模型认知素养测评工具的开发

基于元素及其化合物模型认知素养水平框架的构建，选择相关习题完成测试工具的编制，制定评分标准，并对测评工具的质量进行分析。

1. 测评工具的编制

（1）测试题目的设计

根据元素及其化合物主题模型认知素养水平框架，结合学生的认知发展和元素化合物内容的特点，对课后相关习题筛选形成《氯及其化合物测试题》，前测共 8 道大题，后测共 9 道大题，（前后测见附录 A）题目形式包括选择题、填空题及

简答题，测查学生在教学前后模型认知素养水平的变化。

(2) 双向细目表的编制

各试题项目采用字母(Q)+题号的形式进行编码，如第8大题第3小题第1小问编码为Q8.3.1。每个水平的试题项目不等，表3.2为氯及其化合物模型认知水平调查工具前后测双向细目表。

表3.2 氯及其化合物模型认知水平调查工具双向细目表(前后测)

维度	考查要点	题号(前测)	题号(后测)
水平1 理解模型	1.能基于物质类别和元素价态角度辨识物质	Q5.3	Q5
	2.能用化学(离子)方程式正确表示物质的重要化学性质	Q7.3.2	Q3.2; Q6.2
	3.能依据物质类别和元素价态角度构建物质及其化合物的转化关系	Q4.1	Q4
	4.能调用所学知识建立物质性质、反应现象及其应用、保存、检验等间的关联	Q1	Q1
水平2 应用模型	1.能基于物质类别或元素价态等角度说明论证物质及其化合物的相关性质	Q2	Q2
	2.能基于价类二维模型分析解释实验现象、或生产和生活中的问题	Q3	Q3.1
	3.能基于价类二维模型推断预测物质的化学性质或反应	Q5.4	Q5.3
	4.能设计简单实验实现物质的检验、制备、分离等，形成研究物质性质的思路方法	Q6	Q7
水平3 迁移模型	1.能基于价类二维模型及研究物质性质的思路方法对物质的陌生性质或现象进行理论预测	Q7.2	Q8.1
	2.能基于研究物质性质的思路方法设计实验方案实现物质间的相互转化	Q7.3.1	Q8.2
	3.能基于物质的性质及转化关系，能多角度对实际问题的解决方案进行分析、解释和评价	Q4.2	Q6.1
	4.能基于问题情境提炼认识角度与方法，确定探究任务与问题解决之间的关系	Q7.4	Q6.3

(3) 赋分标准

测评标准主要基于每道题目的特点，选择题选择正确赋3分，选择错误赋0分；填空题与简答题根据认识视角与思维进行分级赋分，其中无任何角度回答赋0分，基于原子结构或物质类别视角回答赋1分，基于元素价态视角赋2分，基于两

个及以上视角赋 3 分。

（4）工具的质量分析参数

在 Rasch 模型中，主要通过对参数指标（信度和效度）进行分析来衡量测评工具的质量，质量参数的具体含义和指标可接受范围如表 3.3 所示^①。

表 3.3 基于 Rasch 模型工具的具体参数及指标

质量参数	参数含义	可接受范围
项目信度和被试信度	项目分布再现程度；被试在变量分布再现程度	0~1，越接近 1 越好
信度	分离度	题项和被试在测量变量上分离程度，越大效果越好
度	标准误差	测量精密程度，测量值与期望值间的差异
	模型—数据拟合	MNSQ 范围 0~1，一般可接受范围 0.7~1.3 ZSTD 越接近 0 越好，一般可接受范围-2~+2
效度	单维性	题项是否为被试的共同能力和潜在特质
	项目—被试对应	题项好被试之间在单维、线性、变量上分布的对应关系
	点—测量相关系数	被试者在项目上得分与测验总分的相关性，表示项目与总量表之间的一致性
		可接受范围 0~1，一般大于 0.2 认为项目相关性较高

2.测评工具的质量分析

研究选取甘肃省 L 市 X 县级中学高一年级某班学生 47 人进行了试测，测试时长为 40min，问卷有效回收率为 100%，基于 Rasch 模型利用 Winsteps4.48 软件对测试工具进行信效度分析。

（1）信度检验

前后测总体分析包括被试与项目数量（N）、难度平均值（Measure）、误差（Realse）、模拟数据拟合值（MNSQ 和 ZSTD）、分离度（Separation）、信度

① 单媛媛.高中化学教师电化学主题学科理解水平测量与评价研究[D].东北师范大学,2021.

(Reliability) 等指标参数, 具体分析结果如表 3.4, 3.5 所示。参照基于 Rasch 模型的工具质量分析参数及指标可知, ①前后测项目信度 (0.96) 较高, 完全符合诊断性测试的信度要求。但是前后测被试的信度分别为 0.78、0.77, 这可能是学生还没学习这部分内容, 但结果基本符合要求。②前测项目的分离度为 $3.46 > 2$, 后测项目的分离度为 $5.22 > 2$, 说明试题本身的分离度较为良好; 前测被试的分离度为 $1.89 < 2$, 后测被试的分离度为 $1.83 < 2$, 可能与样本容量小有关。③前后测被试能力估计的误差为 0.38 和 0.39, 而项目难度估计误差均为 0.18, 说明前后测中二者误差都很小。

表 3.4 测评工具总体分析统计表 (前测)

N	Measure	Realse	Infit		Outfit		Separation	Reliability
			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD		
Person(47)	-0.65	0.38	1.02	0.00	1.02	-0.40	1.89	0.78
Item(12)	0.00	0.18	0.99	0.00	1.02	-0.1	3.46	0.96

表 3.5 测评工具总体分析统计表 (后测)

N	Measure	Realse	Infit		Outfit		Separation	Reliability
			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD		
Person(47)	0.16	0.39	1.00	-0.2	1.03	0.1	1.83	0.77
Item(12)	0.00	0.18	1.02	-0.1	1.02	0.1	5.22	0.96

(2) 效度检验

①单维性检验

图 3.4 为前后测单维性检验示意图, 可以看出前后测试测绝大多数题项都在 -0.4~0.4 区间之内, 表明大多数测试题都在测评学生模型认知素养的发展水平, 满足 Rasch 模型要求。其中, 前测试题有 4 个得分点, 即 A (1)、B (2)、a (3)、b (5) 的因子载荷在 -0.4~0.4 区间之外, 但其题项的 MNSQ 值均小于 1.5, 均在可接受范围内, 满足 Rasch 模型要求; 后测试题有 4 个得分点, 即 A (2)、B (1)、a (7)、b (9) 的因子载荷在 -0.4~0.4 区间之外, 但其题项的 MNSQ 值均小于 1.5, 均在可接受范围内。

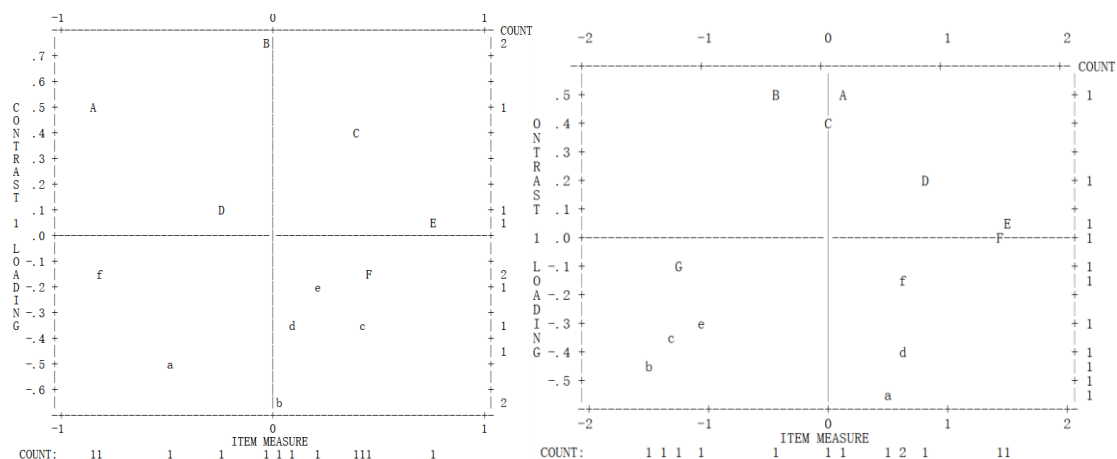


图 3.4 测评工具题项单维性检验 (左·前测, 右·后测)

②怀特图

图 3.5 为前后测试卷-怀特图, 由怀特图可知, 前测被试者能力水平的难度处于-2~2logit 单位之间, 测试项目的难度处于-1~1logit 单位之间, 说明整个试卷稍微偏易。后测被试者能力水平的难度处于-2~2logit 单位之间, 测试项目的难度处于-2~2logit 单位之间, 说明后测试题与被试能力相互匹配。但是前测部分试题没有与被试能力相匹配, 部分被试没有与之对应的试题, 这可能是因为学生对前测试题中的部分内容相对陌生。

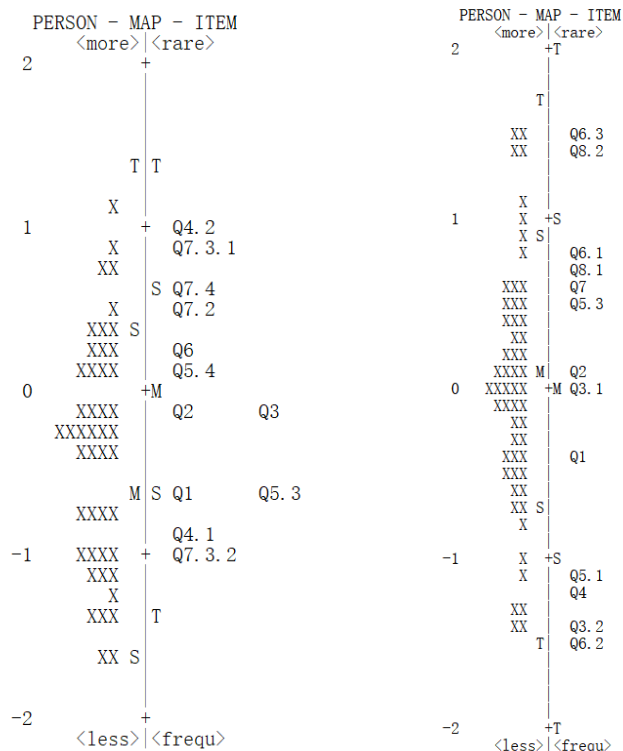


图 3.5 测评工具怀特图 (左·前测, 右·后测)

③模拟-数据拟合

图 3.6、图 3.7 分别为前后测各项目拟合情况示意图。分析图中信息可知，前测 12 个项目的标准误差范围为 0.17~0.23，后测 12 个项目的标准误差范围为 0.13~0.23，误差相对较小，说明试测的数据较为精确。同时前测各项目点-测量相关系数为 0.34~0.81，后测各项目点-测量相关系数为 0.25~0.71，说明前后测评工具的拟合度相对比较理想。此外，在 Rasch 模型中一般认为每个项目的最佳拟合值 MNSQ 范围在 0.7~1.3 之间，在模型-数据拟合前测测试中的 Q5.3、Q4.1 的 Infit (MNSQ) 与 Outfit (MNSQ) 值略小于 0.7，Q4.2、Q7.4 的 Infit (MNSQ) 与 Outfit (MNSQ) 值、Q7.3.2 的 Outfit (MNSQ) 值均略大于 1.3；后测测试中的 Q7 的 Infit (MNSQ) 与 Q5.3、Q4.1 的 Outfit (MNSQ) 值略小于 0.7，Q5.3、Q5.1 的 Infit (MNSQ) 与 Outfit (MNSQ) 值、Q6.2 的 Infit (MNSQ) 值均略大于 1.3，但都在一般可接受范围内。

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	MEASURE	MODEL S. E.	INFIT		OUTFIT		PT-MEASURE		EXACT	MATCH	ITEM
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	
5	19	47	1.01	.23	1.41	1.5	1.50	2.0	.34	.42	42.6	66.6	Q4.2
10	22	47	.86	.22	.82	-.6	.99	.1	.49	.44	68.1	64.7	Q7.3.1
12	26	47	.68	.20	1.32	1.2	1.43	1.2	.46	.47	53.2	58.5	Q7.4
9	30	47	.53	.19	.74	-1.9	.84	-2.0	.68	.50	76.6	56.9	Q7.2
8	39	47	.22	.18	.85	-.7	.75	-.8	.57	.55	44.7	50.2	Q6
7	42	47	.13	.17	1.05	.3	1.28	1.0	.37	.57	38.3	48.1	Q5.4
2	51	47	-.13	.17	1.36	1.7	1.12	.5	.66	.60	29.8	43.3	Q2
3	51	47	-.13	.17	.71	-2.0	.82	-.6	.63	.60	51.1	43.3	Q3
1	69	47	-.61	.16	.84	-.8	.70	-1.2	.81	.65	25.5	39.4	Q1
6	70	47	-.63	.16	.65	-1.9	.59	-1.8	.76	.65	48.9	37.6	Q5.3
4	80	47	-.90	.16	.56	-1.9	.51	-2.2	.81	.67	57.4	45.0	Q4.1
11	85	47	-1.03	.17	1.22	1.7	1.49	2.0	.47	.67	36.2	49.1	Q7.3.2
MEAN	48.7	47.0	.00	.18	.95	-.4	1.18	.0			47.7	50.2	
S. D.	21.9	.0	.66	.02	.35	1.7	.90	1.8			14.3	9.1	

图 3.6 测评工具试题拟合指数（前测）

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	MEASURE	MODEL S. E.	INFIT		OUTFIT		PT-MEASURE		EXACT	MATCH	ITEM
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	
10	20	52	1.50	.21	.75	-.7	.92	.1	.63	.60	82.4	78.0	Q6.3
13	22	52	1.41	.20	.84	-.4	.55	-.6	.67	.60	80.4	76.9	Q8.2
8	42	52	.81	.15	.85	-.6	1.30	.8	.61	.63	43.1	51.1	Q6.1
12	49	52	.65	.15	.77	-1.2	.65	-.8	.71	.63	56.9	50.2	Q8.1
11	51	52	.61	.14	.67	-1.8	.85	-.2	.69	.63	54.9	50.0	Q7
7	55	52	.53	.14	1.46	2.0	1.48	1.9	.35	.63	39.2	49.3	Q5.3
2	78	52	.10	.13	.87	-.7	.80	-.5	.69	.62	37.3	40.4	Q2
3	84	52	-.01	.14	.82	-1.0	.81	-.5	.69	.61	31.4	37.9	Q3.1
1	105	52	-.41	.14	1.06	.4	.74	-.5	.61	.57	49.0	47.8	Q1
6	133	52	-1.08	.18	1.31	2.0	1.39	1.7	.25	.43	56.9	62.8	Q5.1
5	138	52	-1.25	.19	1.27	.9	1.05	.3	.39	.39	76.5	73.2	Q4
4	141	52	-1.36	.21	.93	-.1	.35	-.9	.47	.36	82.4	76.9	Q3.2
9	144	52	-1.50	.23	1.49	1.4	1.11	.4	.28	.33	84.3	80.6	Q6.2
MEAN	81.7	52.0	.00	.17	1.02	-.1	1.03	.1			59.6	59.6	
S. D.	44.2	.0	1.00	.03	.34	1.4	.53	.9			18.6	15.0	

图 3.7 测评工具试题拟合指数（后测）

四、促进学生模型认知素养发展的单元教学设计

（一）确定凸显建模思想的单元教学内容

1. 把握模型分类、考虑单元特性

元素化合物的认识模型包括研究对象、认识角度、化学问题、任务类型 4 个维度，如图 4.1 所示。^①元素化合物认识域的研究对象包括具体物质（代表物）、具有共同特点的一类物质（如酸、盐、碱、金属、酸性氧化物、碱性氧化物等）、含某种核心元素的一系列物质（如硫及其化合物等）、不同元素及其化合物的性质关系（如卤族元素、第二周期元素最高价氧化物水化物的递变规律等）等^②，由此可以看出物质和元素是该认识模型的研究对象。这些研究对象经常以物质的保存、使用、检验等化学问题为载体，而这些化学问题的实质都是指向元素及其化合物的性质、转化与应用。教学活动又可将这些化学问题转化为具体任务，不同的任务类型对应着不同的能力要素（学习理解能力、应用实践能力、探究创新能力）。学生在完成与元素化合物有关的问题任务时常需利用某些概念原理知识所形成的特定角度，如代表物类比、类别通性、化合价等，认识和分析物质。

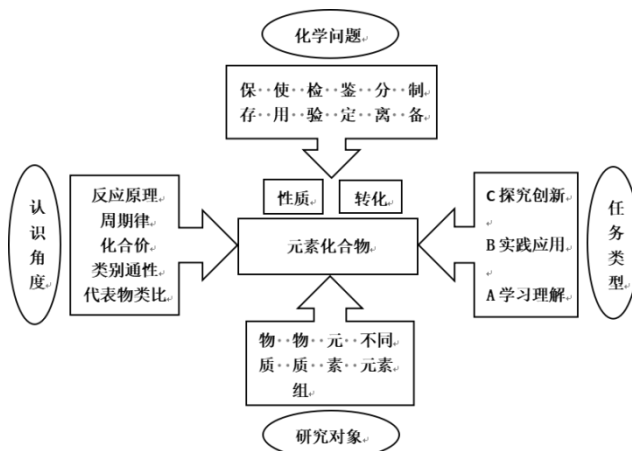


图 4.1 无机化合物的认识模型

本研究基于元素化合物认识模型，选取“律前”元素，即氯及其化合物主题展开教学设计和实践，从类别通性和化合价两个视角构建和应用价-类二维模型，建

① 王磊,郭晓丽,王澜,等. 元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学 1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J]. 化学教育,2015,36(05):15-21.

② 王磊,郭晓丽,王澜,等. 元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学 1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J]. 化学教育,2015,36(05):15-21.

立物质间的转化关系，形成研究物质性质的一般思路。同时，在教学过程中也要引导学生基于 Na、Cl、Fe 元素原子结构分析和预测物质形成，认识物质结构与性质之间的关系。这样学生在面对各种问题时能基于认识角度进行分析和推理，形成解决元素化合物问题的系统性的思维过程和方法。

2. 课程标准解读

基于课程标准主题 2：常见的无机物及应用相关内容研读：

从内容要求看，元素化合物教学在真实情景或实验探究中认识物质的性质及应用。对于含氯物质化合物在生活中有广泛的应用，比如 84 消毒液等，让学生从价类视角对生活中常见含氯物质进行分类，初步建立氯元素的价类二维模型，再基于化学史和实际问题对生活中常见的含氯物质进行更深入的解读，学生在对氯元素价类模型应用、修正与评价的过程中对氯及其化合物有全面系统的学习。

从教学策略、学习活动建议及情景素材建议看，要求发挥核心元素化合物的指导作用，重视开展高水平的实验探究活动，紧密联系生产和生活实际，创设丰富多样的真实问题情境，鼓励使用多样化的教学方式和学习途径。因此通过常见含氯物质及相关化学史，依据核心元素的结构、类别和价态对 Cl_2 的性质进行预测，应用氯元素价类二维模型对生活中常见的含氯物质进行分析预测，形成研究元素化合物的一般思路和方法。

从学业要求看，依据复分解反应和氧化还原等内容，从价态和类别等角度预测、解释物质的性质和现象，通过对生活中常见含氯物质的分析，从物质类别和价态两个角度初步构建含氯物质的价类二维模型，应用该模型对各物质性质进行预测，设计实验方案进行验证。另一方面，从化学视角解读生活中含氯物质可能带来的危害，从而提升预测陌生物质性质的能力以及增强合理使用化学品德意识。

3. 深挖教材内容

本节教学是人教版普通高中教科书化学必修第一册第二章第二节“氯及其化合物”的内容。

氯是一种典型的非金属元素，从物质类别角度看，有氢化物、单质、酸、盐各类含氯物质，从元素价态看，有 -1、0、+1、+4、+7 等多种化合价，能够形成漂白粉、漂白液、食盐等各种物质，这些含氯物质在我们日常生活中也有广泛应用。通过本章第一节钠及其化合物的学习，学生已经从物质类别角度初步认识了研究物质性质一般思路，能够构建同种元素物质间的转化关系。而教材在本节并未采取“钠及其化合物”课题的编写思路，而是以生活中不常见的氯气为主线，结合氯气

的氧化性、氯气与水的反应、氯气与碱的反应、氯气的实验室制备等内容来对相关含氯物质进行介绍，使学生在学氯气相关性质的过程中能够基于氯元素的结构、类别和价态等认识各类物质间的转化，引导学生形成研究非金属单质及其化合物的研究视角和思路，建立不同价态物质间的转化关系。

	人教版	鲁科版	苏教版
地位与作用	氯及其化合物是高中阶段元素化合物中非金属及其化合物部分重要的一部分内容，主要包括元素性质、制备、用途等内容，对帮助学生掌握研究元素化合物的一般思路和方法具有重要价值。		
	以氧化还原反应为基础，在典型金属元素钠之后	学习氧化还原反应内容之后的应用	以氧化还原反应为基础，在典型金属元素钠之前
内容栏目	微项目		
	一. 氯气的性质 二. 氯气的实验室制法 三. 氯离子的检验	项目活动 1 “84” 消毒液的产品说明 项目活动 2 探究消毒剂的使用问题	一. 氯气的生产原理 二. 氯气的性质 三. 氧化还原反应
活动栏目	实验 2-7 氢气在氯气中的燃烧 实验 2-8 次氯酸的漂白性 氯气的实验室制备 实验 2-9 氯离子的检验	实验探究 1 预测次氯酸钠的性质 实验探究 2 针对使用问题转化成实验室可以研究的化学问题展开实验探究	实验 1: 电解饱和食盐水 实验 2: 制备氯气 实验 3: 氯气的性质实验
资料栏目	化学史话：氯气的发现 漂粉精等可用游泳池的消毒 科学技术社会：验证次氯酸光照分解产物的数字化。 方法导引：实验室中制备气体装置的设计	1. “84” 消毒液的产品说明书 2. 2016 巴西里约热内卢奥运会期间游泳池的水变绿 3. 方法导引分析和解决与化学相关的实际问题的思路和方法	化学史话：氯的发现 拓展视野：新型灭菌消毒剂—二氧化氯

通过对三版教材的对比分析：

从物质类别看，人教版和苏教版教材重点突出介绍氯气单质，在具体知识的学习过程中融入 HClO 、 NaClO 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 等，在认识不同含氯物质间的相互转化关系的同时，引导学生形成研究物质性质的一般思路和方法。从知识体系看，人教版和苏教版教材都强调氯气的强氧化性，引导学生应用离子反应、氧化还原反应等已有知识对反应物进行分析与预测，体现宏微结合思想，强化学生证据推理与模型意识。从内容选取看，三版教材都重视含氯物质在生产生活中的应用价值，如氯气用于自来水消毒，84 消毒液、漂白粉是日常生活中重要的消毒剂和漂白剂，有助于

学生更好的了解化学知识的应用。当然,氯气具有双面应用价值,使学生认识到要学好知识并正确应用,才能让资源更好的服务于人类,从而发展社会参与意识,建立社会责任感。除此之外,三版教材都重视化学史的应用,让学生明白科学发展需要严谨、质疑、尊重事实、不迷信权威等科学精神,可培养科学精神与社会责任。从氯气的实验室制法看,三版教材都介绍氯气制备的原理和装置特征,帮助学生构建实验室制备气体的一般思路,为以后学习更多的物质的制备方法奠定基础。

因此,本节教材以氯及其化合物的研究为载体,在对氯气的氧化性、与水反应、与碱反应以及氯气的制备等内容的学习过程中,基于构建模型、应用模型、修正评价模型等环节,结合模型要素,逐步构建认识物质性质的价类视角,即价类二维图;在此基础上形成研究物质性质的一般思路,即研究物质性质的思路模型;此外,基于学生已有制备气体的思路,引导学生修正完善气体制备的思路模型,旨在培养学生模型认知素养的发展。

4.关注学生认知

为进一步探查学生当前模型认知素养水平,确定学生的已知点和障碍点,利用学生自习时间,对高一1班和4班学生进行了氯及其化合物测试题(前测)当堂检测。测试时间为40分钟,剔除无效问卷2份,共回收有效问卷97份,回收率为97.98%。利用Winsteps4.48软件分析数据得到试题难度值与学生能力值范围,根据学生能力值判断学生模型认知素养水平,表4.1为前测试题不同水平的难度范围,表4.2为学生模型认知素养前测结果的总体情况,由此可知前测学生模型认知能力总体水平刚及水平1。

表 4.1 测评工具(前测)不同水平的难度范围表

水平	0	1	2	3
难度值	<-0.65	-0.65~-0.27	-0.27~0.18	0.18~0.88

表 4.2 学生模型认知素养总体水平统计表

被试	最高 能力值	最低 能力值	平均 能力值	标准差	Infit		Outfit	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
学生	0.56	-2.65	-0.54	0.37	1.04	0.10	1.01	-0.00

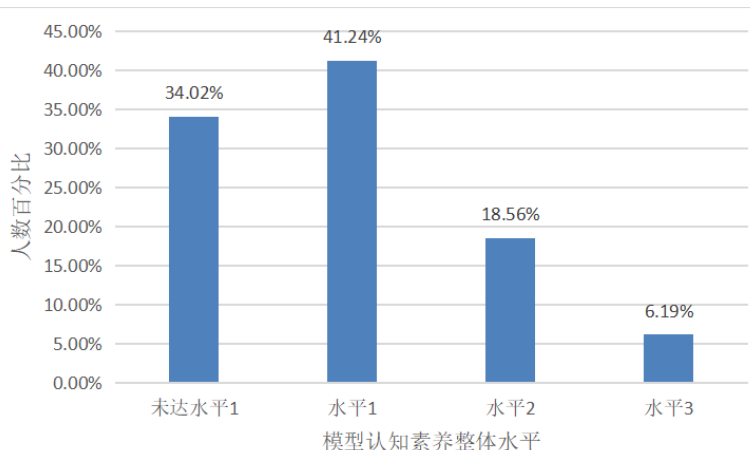


图 4.2 被试在模型认知素养各个水平的频数分布

将所获得的学生能力值与前测工具不同水平难度值进行对比分析,即可得在不同能力水平上所占的人数,如图 4.2 所示。具体来看,34.02%的学生未达水平 1,从知识本身的难度来看前测题大都给出研究问题的视角,但是从一部分学生的答题表现出学生结合具体知识内容分析角度存在一定困难,说明一部分学生根本没有认识物质性质的视角;有 41.24%的学生处于水平 1,进一步对水平 1 测试题项目总体作答情况统计,如表 4.3 所示,可以发现 Q4.1 考查“能依据物质类别和元素价态角度构建物质及其化合物的转化关系”在水平 1 测试题中的均值 0.77 较小,该测试题正确率只有 23%,说明大部分学生都不能根据给出含氯物质补充完全氯元素价类二维图;由 Q5.3“能基于物质类别和元素价态角度辨识物质”答题情况说明 64%的学生仅仅能从物质类别角度预测物质性质,而只有 16%学生考虑物质类别和元素价态两方面,图 4.3 为学生具体作答情况。有 18.56%、6.19%的学生分别达到了水平 2 和水平 3,这是由于一部分题是钠及其化合物相关内容,由此可见作为刚刚学习过的内容,学生的掌握情况并不理想。

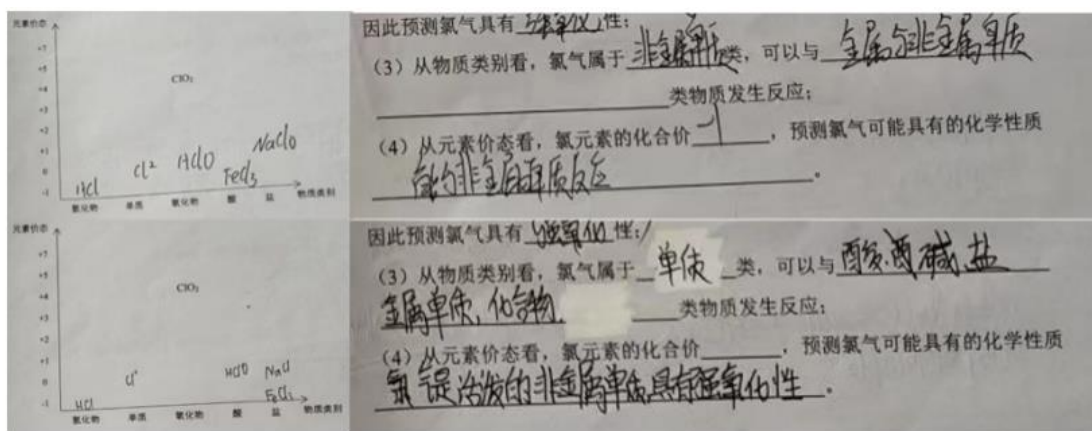


图 4.3 学生回答示例

四、促进学生模型认知素养发展的单元教学设计

表 4.3 水平 1 测试题项目总体作答情况统计（前测）

项目	得分	频率	百分比	均值	标准差
Q5.3	0	24	25%	1.13	0.153
	1	52	54%		
	2	5	5%		
	3	16	16%		
Q7.3.2	0	38	39%	1.34	0.128
	1	20	21%		
	2	7	7%		
	3	32	33%		
Q4.1	0	68	70%	0.77	0.132
	1	5	5%		
	2	2	2%		
	3	22	23%		
Q1	0	48	49%	1.52	0.099
	3	49	51%		

表 4.4 学生模型认知素养水平前测统计表

被试	最高能力值	最低能力值	平均能力值	Infit		Outfit	
				MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
学生（4 班）	0.46	-2.37	-0.58	0.98	0.1	1.05	0.1
学生（1 班）	0.51	-2.42	-0.50	1.02	0.0	1.02	0.0

通过课前与上课教师交流，学生整体的学习氛围不是特别好，第一次月考化学成绩也不太理想，其中 1 班和 4 班两个班级学生成绩都差不多，从表 4.4 也可发现在前测中两个班级模型认知素养平均能力值相差不大，但是 1 班学生上课氛围比 4 班好些。在前面钠及其化合物的学习中强调学生从物质类别学习钠单质、氧化物及其盐等，也从化合价的角度对物质性质进行分析，但是学生在课堂上的表现和考试卷面截然相反。在了解到前面的学习也是基于视角和方法，而从前测卷可以发现学生并未掌握学习元素化合物的方法与思路，同时对于物质分类、氧化还原等知识的掌握不够。与教师的访谈中也提到虽然在学习完相关内容后从方法层面进行归纳

总结，但是大多数学生的理解是浅表的，学生的能力表现还是基于简单记忆。

由此确定学生学习的障碍点，对于系统认识物质研究物质的思路方面的学习仍有欠缺，缺乏从化合价和物质类别两个角度分析物质性质的思路。虽然对物质分类和氧化还原有一定的认识，但是在具体知识内容中不知如何应用。同时，确定学生的发展点，形成预测物质性质的原子结构、物质类别和元素价态角度，分析氯元素之间的转化关系，构建研究物质性质的思路模型。

（二）设计指向模型认知素养发展的单元教学与评价目标

结合元素及其化合物学习内容的特点和学生的学习现状水平，基于建模教学理论开展氯及其化合物单元教学，使学生初步建立预测物质性质的认识视角，形成研究物质性质的一般思路模型，本单元教学划分为四个课时。

1.教学与评价目标

（1）单元教学目标

①通过实验探究氯气的相关性质，认识研究预测物质性质的价类视角，形成研究物质性质的思路模型，体会实验对认识和研究物质性质的重要作用；

②通过模型要素分析含氯物质性质，建立物质性质与用途间联系，感受化学对生活、环境保护的重要意义，增强社会责任感；

③通过应用模型分析不同含氯物质间的转化关系体会模型在化学学习中的价值，促进模型认知能力发展价类模型；

④通过氯气的实验室制法建立实验室制备气体思路模型，增强建模意识。

（2）课时教学与评价目标

课时 1：初建价类二维图与研究物质性质的思路模型

课时目标	评价目标
（1）通过预测氯气具有氧化性，初步形成认识物质性质的类别-价态视角	（1）通过对氯气性质的预测，诊断并发展学生预测物质性质的角度
（2）通过实验探究氯气与金属、非金属的反应，初步形成研究物质性质的一般思路	（2）通过氯气与金属、非金属的探究，诊断学生是否具有研究物质性质的思路

课时 2：应用研究物质性质的思路模型和完善价类二维图

课时目标	评价目标
（1）通过实验探究氯气和水的反应，进一步补充	通过对氯气与水是否发生反应以及氯水

四、促进学生模型认知素养发展的单元教学设计

完善价类二维模型以及研究物质性质的思维模型 (2) 通过探讨氯水的成分与性质, 培养证据意识与逻辑推理能力	成分和性质的实验探究活动, 诊断并发展学生的证据推理、实验探究设计及模型认知能力
--	--

课时 3: 应用完善价类二维模型图

课时目标	评价目标
(1) 能认识氯气与碱的反应, 知道漂白液与漂白粉的成分, 感受化学的真实价值。	(1) 通过学生对氯气与碱反应的学习, 诊断学生对复分解反应、氧化还原反应等知识的应用水平
(2) 通过氯气与碱反应的知识学习线索, 结合第 1、2 课时, 建立氯元素的价类视角及物质间转化关系, 进一步了解研究物质性质的思路和方法;	(2) 通过次氯酸盐化学性质的预测活动, 诊断并发展应用模型分析问题能力
(3) 通过漂白粉、漂白液性质和用途的学习, 感受物质性质与用途的关系, 体会化学的价值。	(3) 通过对含氯物质转化关系的分析和讨论, 诊断并发展学生对物质及其转化思路的认知水平

课时 4: 应用价类二维图和修正气体备的思路模型

课时目标	评价目标
(1) 能应用氯元素的价类二维图分析氯气的制备途径, 能正确书写相关的化学方程式;	
(2) 通过问题驱动理解实验室制取氯气的原理及实验装置的选择, 建立起从化学视角分析和解决问题的思路方法	通过对氯气实验室制法的探究, 诊断并发展学生分析与推测问题能力, 以及对常见气体的制备研究模型认知能力
(3) 通过探究氯气的实验室制法, 建立起气体制备的研究模型, 形成实验室制备气体的一般思路和方法;	

2. 教学重难点

(1) 教学重点

- ① 基于物质分类、氧化还原等内容建构认识物质性质的价类视角;
- ② 应用研究物质思路模型, 形成研究物质性质的一般思路模型;
- ③ 建立实验室制备气体的一般思路模型。

(2) 教学难点

- ① 转变简单记忆类的元素化合物学习, 培养基于视角和思路的建模学习方式;
- ② 应用模型认识物质性质及其相互间转化关系, 解决相关化学问题。

(三) 设计基于建模要素的单元教学过程

“氯及其化合物”教学以学生模型认知素养发展为主线，贯穿化学史料与身边常见含氯物质，认识氯及其化合物的性质及其转化关系，在整个单元教学过程中注重学生对研究物质性质视角和思路的凝练、实际问题解决能力以及思维建模能力的培养。本单元教学共分为4个课时，单元整体教学思路如图4.4所示。

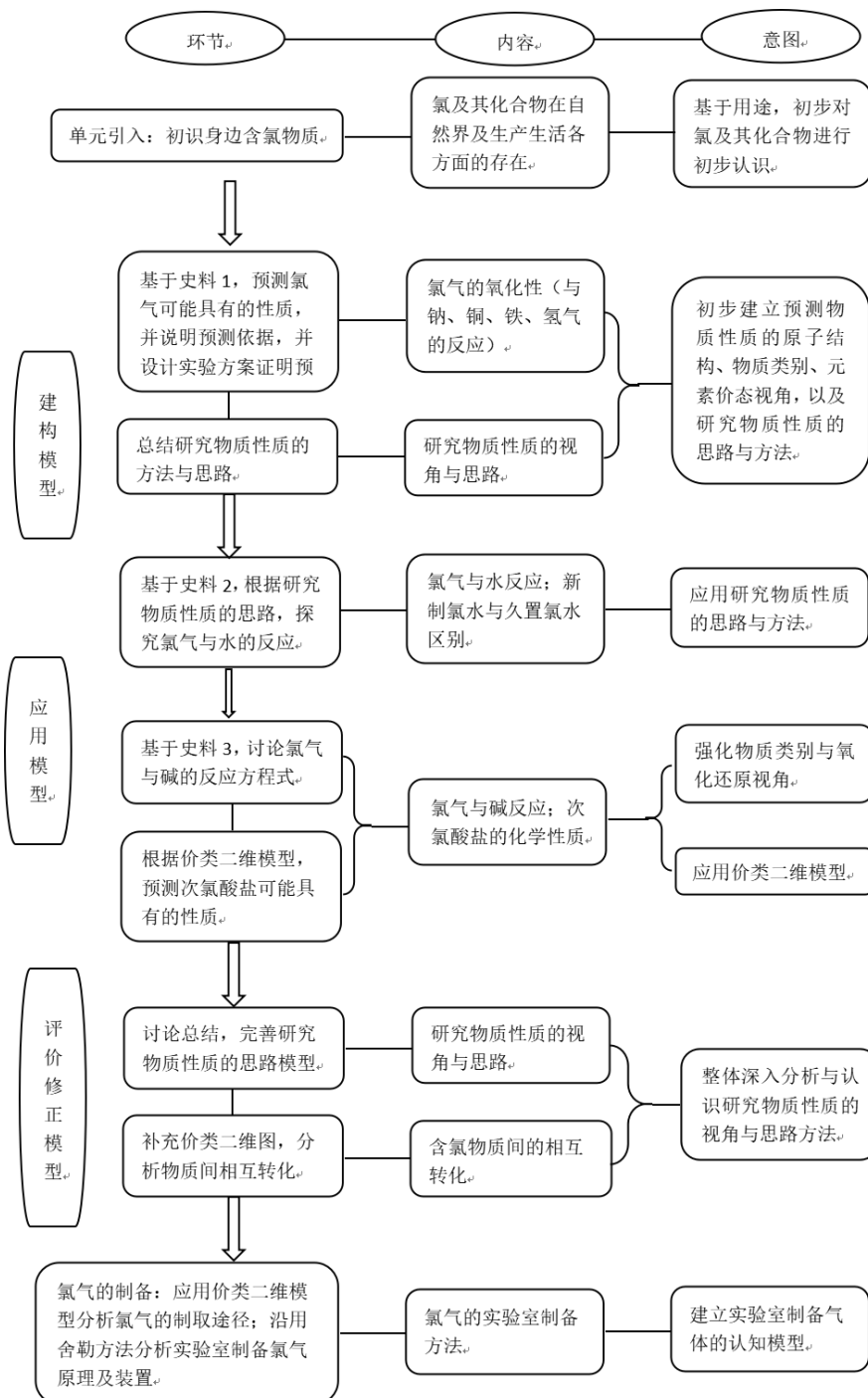


图4.4 单元整体教学思路

第1课时：初建价类二维图与研究物质性质的思路模型

在课前安排学生收集身边常见的含氯物质，了解氯及其化合物在自然界和生产生活中的存在及其广泛用途，初识含氯物质。基于“氯气”发现史，归纳总结氯气的物理性质，并从价类等角度预测氯气的氧化性，并设计实验方案进行验证，在此基础上师生共同总结研究物质性质的思路方法，建立价类二维图。第 1 课时具体教学流程如图 4.5 所示，导学案见附录 C 第 1 课时氯气的氧化性。

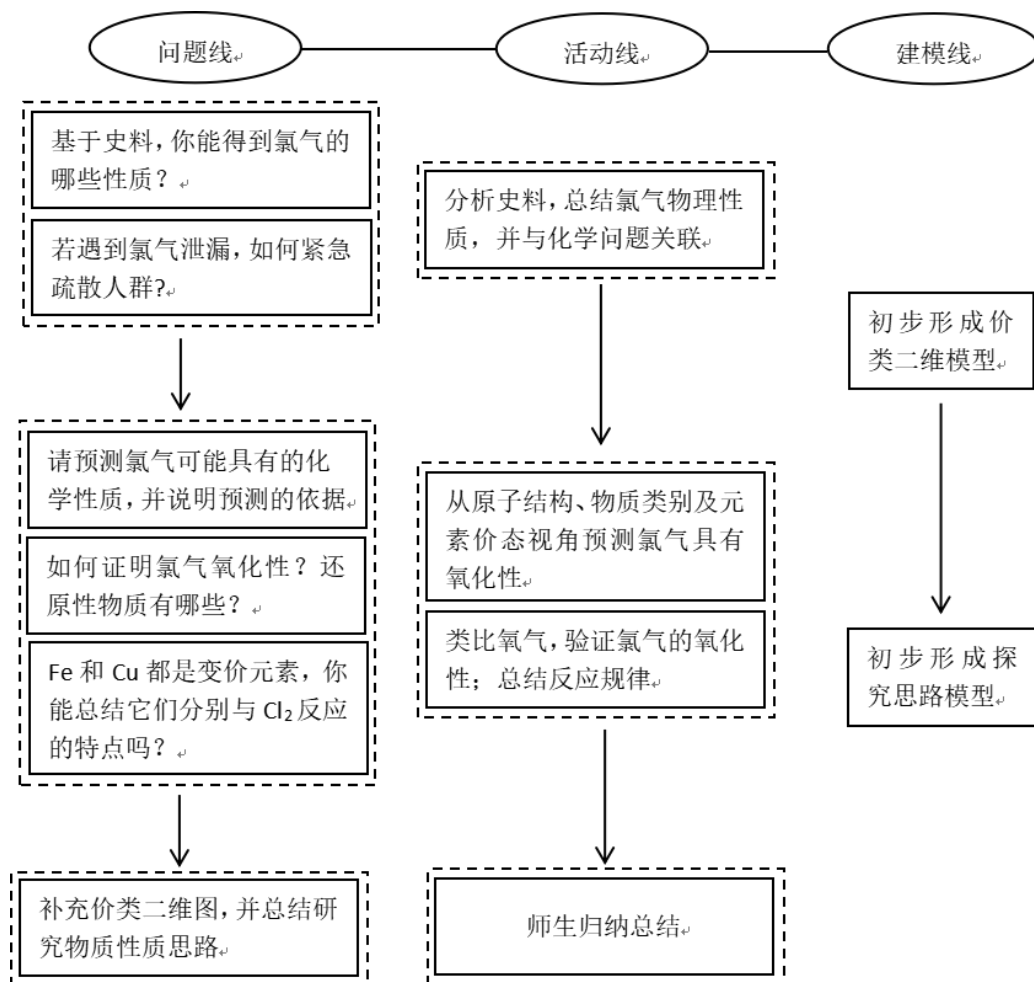


图 4.5 第 1 课时教学流程图

第 2 课时：应用研究物质性质的思路模型和完善价类二维图

基于贝托莱化学史激发学生的探究意识，应用第 1 课时建立的研究物质性质的思路模型探究氯气与水反应，通过小组合作方式从预测猜想、实验验证、得出结论等思路来证伪。与此同时，分析讨论新制氯水的相关成分，并与久置氯水进行对比分析。通过新学含氯物质 HClO 、 ClO_2 等补充氯元素的价类二维模型，进一步完善修正研究物质性质的思路模型，使学生的科学探究思维不仅仅停留在之前所学“提出问题、猜想假设、制定计划”等，而是基于物质类别、元素价态等可操作性的基础之上。第 2 课时具体教学流程如图 4.6 所示，导学案见附录 C 第 2 课时氯

气与水反应。

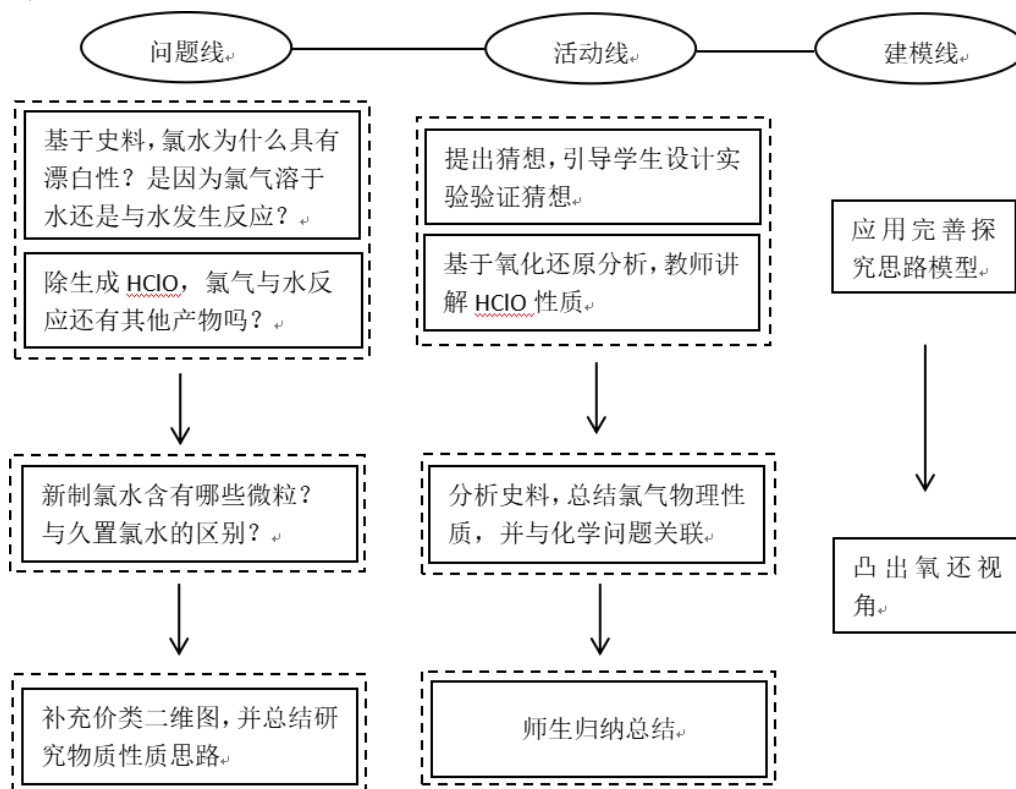


图 4.6 第 2 课时教学流程图

课时 3: 应用完善价类二维模型图

基于漂白粉化学史, 学生了解次氯酸作为生活漂白剂不便的同时认识次氯酸钙的漂白作用, 引导学生从物质类别和氧化还原视角分析书写氯气与次氯酸钙、次氯酸钠反应的化学方程式。同时采用小组合作的形式让学生应用已建构的价类二维模型对次氯酸盐的化学性质进行预测, 并对讨论结果进行生生间、师生间评价交流, 诊断学生对价类二维模型应用的掌握程度。师生补充完善氯元素的价类二维模型, 并分析氯元素间的相互转化关系。第 3 课时具体教学流程如图 4.7 所示, 导学案见附录 C 第 3 课时氯气与碱反应。

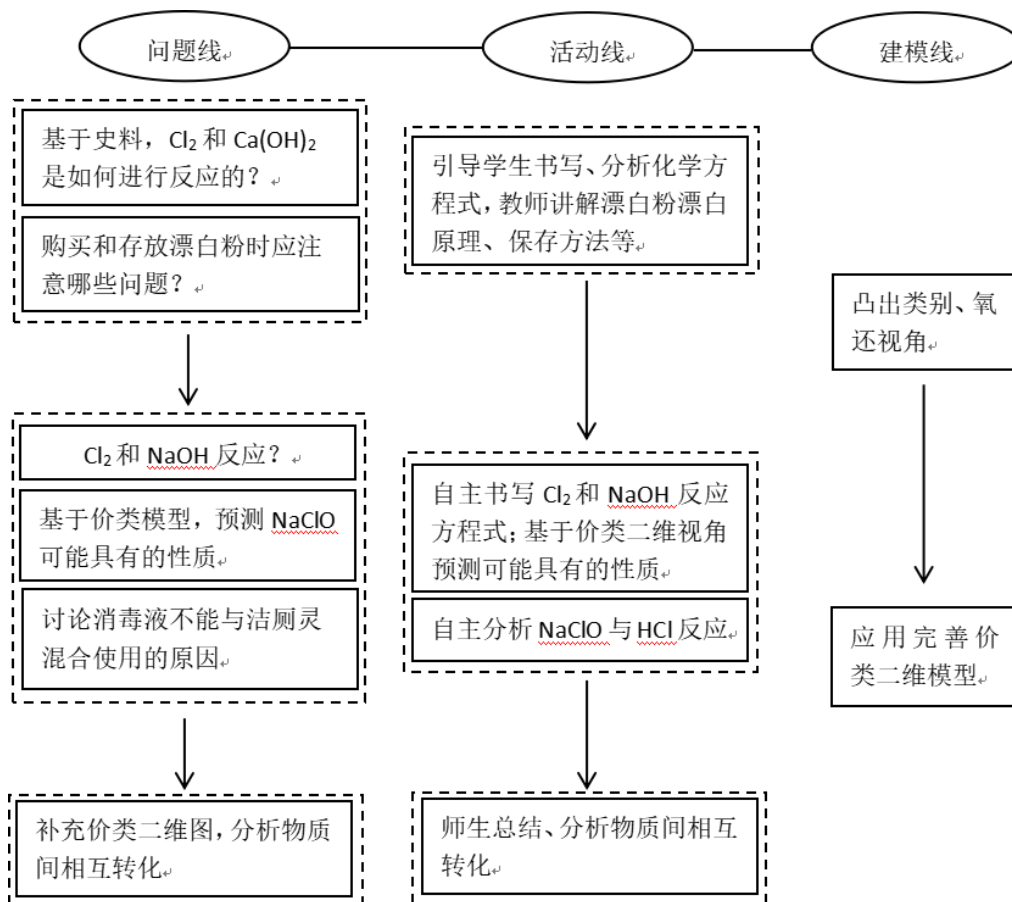


图 4.7 第 3 课时教学流程图

课时 4: 应用价类二维图和修正气体备的思路模型

通过前面几课时学生已初步具有预测物质性质的视角, 因此引导学生应用价类二维模型自主分析氯气的制备途径, 感受价类二维模型的应用价值。根据氧气、二氧化碳等气体的制取方法应用氧化还原分析舍勒的实验制氯气的方法, 选择合适的发生装置、收集装置、尾气处理装置及除杂装置, 最后师生共同总结分析建立实验室制备气体的思路模型, 第 4 课时具体教学流程如图 4.8 所示, 导学案见附录 C 第 4 课时氯气的制备。

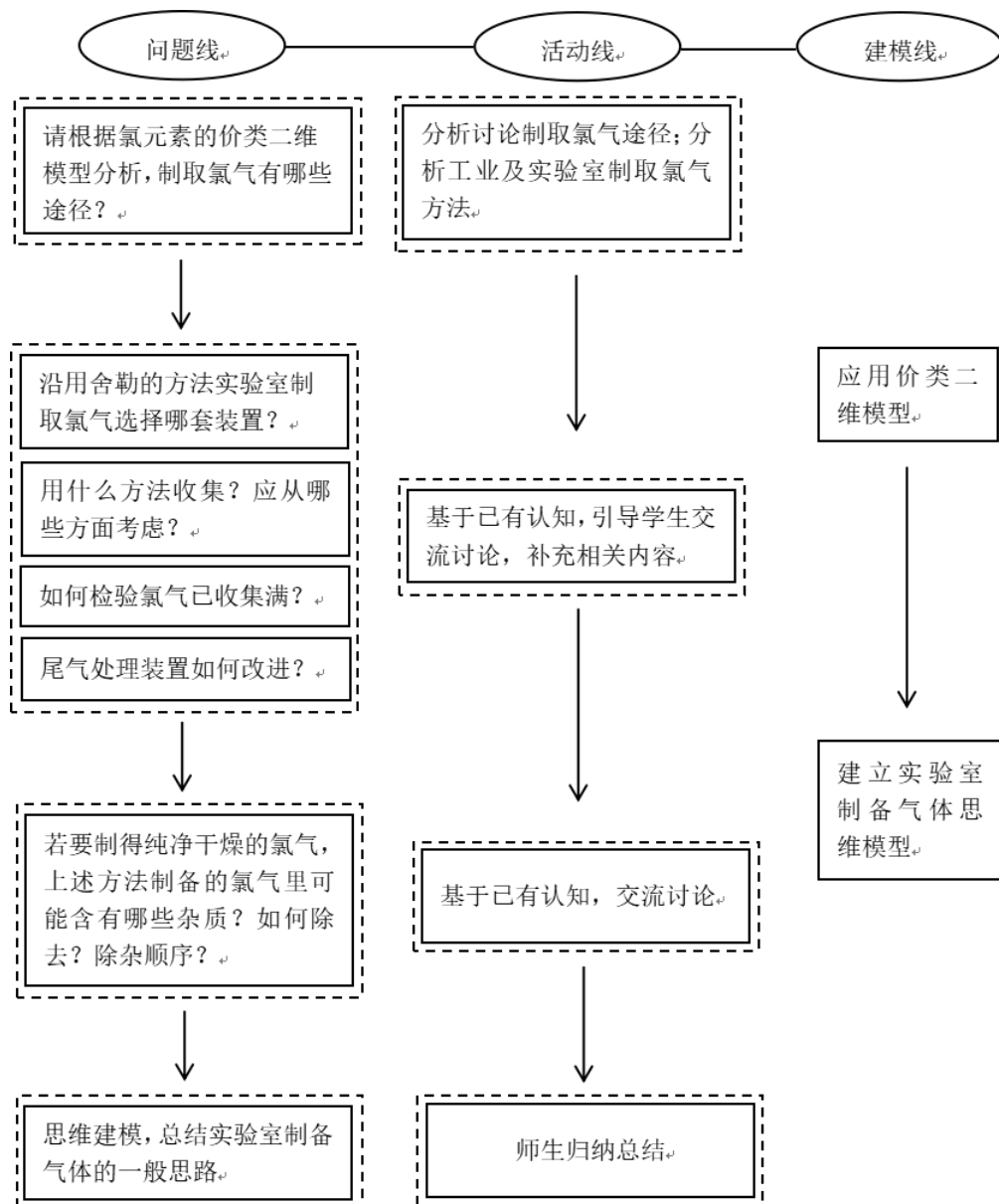


图 4.8 第 4 课时教学流程图

(四) 设计学生模型认知素养发展的持续性评价

本研究从核心知识及知识结构, 价类二维模型、研究物质性质的思路模型和制备气体思路模型各要素的分析、建立、应用、完善, 以及证据推理、科学探究等素养融入方面设计评价内容与评价标准, 根据学生在课堂上的表现以及文本性资料的完成情况, 完成各课时教学评价量表的统计, 进而对学生模型认知素养目标的达成情况进行初步评价, 具体见表 4.5、4.6、4.7、4.8。

四、促进学生模型认知素养发展的单元教学设计

表 4.5 促进学生模型认知素养发展的持续性评价（第 1 课时）

评价内容	评价标准	评价任务	评价方式
核心知识及知识结构	描述、辨识氯气的物理性质、氧化性及实验现象；正确书写化学（离子）方程式	课堂相关方程式书写、讨论、练习等活动；课下习题任务	课堂观察；学生自评；课堂练习反馈；导学案分析；课下作业反馈
预测物质性质的角度	从原子结构、物质类别和元素价态这三角度预测氯气具有氧化性	课上小组讨论预测物质性质活动；课下相关的习题作业	课堂活动表现；师生追问；小组互评；课下作业反馈；教师评价；导学案分析
研究物质性质的思路	通过实验探究、证据推理等活动形成研究物质性质的一般思路	课上归纳总结活动	课堂回答情况；小组讨论与互评；师生追问；教师评价；导学案分析
科学态度与社会责任等素养	应用氯气的性质解决实际生活中的问题，认识氯气在生活中的应用	课上对真实问题提出解决方法；课下完成相关作业	课堂回答情况；小组互评；课下作业反馈

表 4.6 促进学生模型认知素养发展的持续性评价（第 2 课时）

评价内容	评价标准	评价任务	评价方式
核心知识及知识结构	掌握次氯酸的性质；认识新制氯水与久置氯水的区别；正确书写相关化学（离子）方程式	课上书写、讨论任务；课下习题任务	课堂活动表现；小组评价、学生自评与互评；师生追问；课堂练习反馈；课下的作业反馈；导学案分析
研究物质性质的思维模型	通过猜想预测、实验探究、证据推理等活动进一步完善研究物质性质的一般思路	课上小组讨论、师生对话、归纳总结等活动	课堂回答情况；学生互评；师生追问；教师评价；导学案分析
价类二维模型	基于氧还视角分析氯气与水反应产物，进一步完善价类二维模型	课上讨论回答；课下相关的习题作业	课堂活动表现；学生自评、教师评价；课堂练习反馈；课下作业反馈；导学案分析
证据推理与科学探究等素养	实验探究氯气与水反应，体会证据推理意识	课上对某些含氯物质分析；课下完成相关作业	课堂活动表现；课堂回答情况；课下作业反馈

四、促进学生模型认知素养发展的单元教学设计

表 4.7 促进学生模型认知素养发展的持续性评价（第 3 课时）

评价内容	评价标准	评价任务	评价方式
核心知识及知识结构	1.正确书写氯气与氢氧化钙、氢氧化钠反应的化学方程式； 2.知道漂白粉的漂白原理和保存方法； 3.探究次氯酸钠的化学性质	课上书写任务，小组讨论、交流评价、练习等活动与任务；课下习题任务	课堂活动表现；小组互评；课堂练习反馈；课下作业反馈；导学案分析；师生追问
价类二维模型	1.应用价类二维模型预测次氯酸盐的化学性质； 2.基于所学含氯物质进一步补充完善价类二维模型	课上小组讨论、归纳总结等活动	课堂活动表现；小组互评与教师评价；课堂练习反馈；导学案分析；课下作业反馈
科学态度与社会责任等素养	生活中正确使用 84 消毒液等含氯物质的化学用品	课上讨论回答；课下相关的习题作业	课堂活动表现；课堂回答情况；课下作业分析

表 4.8 促进学生模型认知素养发展的持续性评价（第 4 课时）

评价内容	评价标准	评价任务	评价方式
核心知识及知识结构	1.氯气的实验室制取原理 2.氯气实验室制取装置的选择原理、收集方法原理、尾气吸收除杂试剂及顺序分析 3.氯气的验满方法 4.尾气吸收装置的改进	课上书写任务；学生独立思考；小组讨论、交流评价等；课下习题任务	课堂活动表现；课堂回答情况；学生自评与小组互评；课堂练习反馈；课下作业反馈；导学案分析；师生追问等
价类二维模型	应用价类二维模型分析制取氯气的途径	课上师生讨论活动	学生互评与教师评价；师生追问；导学案分析
实验室制备气体思路模型	从明确制备任务、设计转化路线、选取制备装置（发生装置、除杂装置、收集装置、尾气处理装置）、制取气体和观察现象分析总结实验室制备气体的一般思路	课上师生对话追问、归纳总结等活动	课堂回答情况；小组互评；师生追问；教师评价；课堂练习反馈；导学案分析；课下作业分析

五、促进学生模型认知素养发展的单元教学改进

在实际课堂教学实践中,应用模型建构、建模教学等相关理论,依据化学认识模型及基于模型建构的单元教学模式设计教学,采用分析推理、实验探究等方法从建构、应用、评价、修正模型过程实施教学,探查学生模型认知素养发展水平。因此,本研究通过与导师及同门交流讨论,形成促进学生模型认知素养发展的氯及其化合物单元教学设计,选择甘肃省L市X中学高一年级的1班和4班学生作为研究对象,与C教师合作展开促进学生模型认知素养发展的建模单元教学实施与改进研究。

(一) 第1课时: 初建价类二维图与研究物质性质的思路模型

学生的已有知识经验是建模过程的基础。通过对现象的观察,学生获得新的信息,通过新旧信息的交互作用,经由心智的运作建构模型。^①同时基于模型要素视角,引导学生分析梳理模型构成要素,建立要素与要素间的关联。因此,基于学生对物质的分类、氧化还原反应等知识的学习,第1课时教学主要引导学生认识氯气的氧化性,形成预测物质性质的视角以及研究物质性质的思路方法。

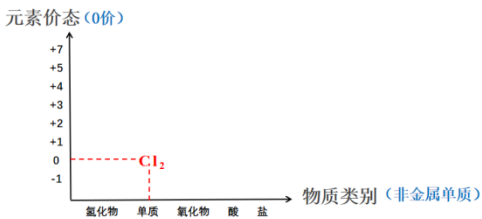
1.第1课时的初次实践

2022年10月31日早上在高一4班实施教学,活动分为教学实践、教学研讨和教学改进三部分。

(1) 教学实施过程: 分析模型各要素及其关联

教学实施过程	观察与分析
【引入】氯气的应用已经与我们的生产生活紧密相关,下面我们一起重温氯气的发现之旅 【史料】舍勒发现氯气 【提问】你能从史料中得到Cl₂的哪些物理性质呢? 【学生】Cl₂是有刺激性气味的黄绿色气体、密度比空气大、能溶于水;有毒是化学性质 【思考】遇到Cl₂泄漏,应如何处理? 【学生】用湿毛巾捂住口鼻,往地势高处走	对于氯气物理性质的分析不完全,例如氯气的熔沸点,液氯和氯气的区别等
【任务1】利用氯气的物理性质解决了氯气泄漏紧急疏散人群的问题,	

① 张晋,毕华林. 模型建构与建模教学的理论分析[J]. 化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

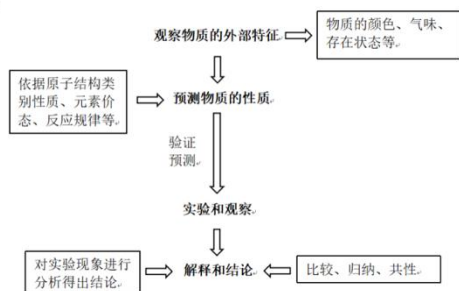
那么氯气可能有哪些化学性质呢？并说明预测的依据 【学生】强氧化性 【追问 1】你的预测依据是什么？ 【学生】氯的最外层有 7 个电子易得电子，预测氯气具有强氧化性 【追问 2】还可以从哪些方面对氯气的化学性质进行预测呢？ 【学生】（沉默） 【追问 3】Cl_2 中 Cl 的化合价如何变化？ 【学生】降低或升高 【追问 4】一般氯元素的化合价会降为 -1 价，因此表现为什么性？ 【学生】氧化性 【追问 5】从物质类别来看，氯气与我们学过的氧气相似，氧气可以与哪些物质反应？ 【学生】白磷、铁丝、金属钠、氢气等 【板书】呈现价类二维图 	在课堂教学中虽有师生间的追问活动，但多是“一问一答式的”，教师对学生的引导是得到某个具体的答案，而不是在具体知识的学习过程中寻找认识物质的角度和解决问题的思路，将知识升高到思维层面上。同时课堂进度过快，留给学生的反应时间较少
【任务 2】从以上 3 个角度均预测氯气具有氧化性，那么我们的预测是否正确呢？如何证明氯气的氧化性呢？氯气作为一种非金属气态单质，能与哪些还原性的物质发生反应呢？ 【学生】Na、Al、Fe 等金属单质；非金属单质 H_2 【讲解】我们先以 Na 与 Cl_2 反应为例 【播放实验视频】学生分析现象，书写化学方程式 由此我们初步证明氯气具有氧化性 【思考】你能预测变价元素 Fe 与 Cl_2 反应的产物是什么吗？ 【学生】氯化铁 【播放实验视频】 【追问】氯气与 Cu 的反应呢？ 【播放实验视频】学生分析现象，书写化学方程式，并用双线桥法表示 【小结】 【过渡】氯气作为一种非金属气态单质，与金属单质钠、铁、铜等反应生成高价态氯化物，那么氯气与非金属反应又是怎样？ 【播放实验视频】学生观察实验现象	在氯气氧化性验证过程中学生参与度不够，师生间的互动少，课堂气氛逐渐变得沉闷

【讲解】白雾为产物 HCl 遇到空气中的水蒸气形成的盐酸小液滴。其中， $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ （工业制盐酸）

【思考】由此你对燃烧的条件及本质有什么新的认识？

【板书】价类二维图中补充 FeCl_3 、 CuCl_2 、 HCl 等

【总结】研究物质性质的一般思路



学生大都回答“通过颜色、状态、气味等研究氯气的物理性质，然后研究氯气的化学性质，具有氧化性，可与金属和非金属元素反应等”，但学生仍未结合具体知识从方法论层面总结

（2）发现问题：学生对价类要素和认识思路未内化

笔者根据第 1 课时教学评价量表，通过录课视频观察课堂教学情况，结合部分学生导学案、课后作业完成情况，认为第 1 课时教学目标达成不理想。同时也与 C 教师展开讨论。首先 C 教师谈及实施完第 1 课时的整体感受，“和想象中有些差距，本来计划的是满满一节课的内容，但我感觉很快就讲完了内容，大约还剩 10 分钟时间让学生做练习题。主要是氯气与金属、非金属反应的内容是比较简单的，本来是跟氯气与水的反应一起上的，但是我们课题组讨论之后觉得分开上比较好，一起上内容有些多讲不完。这节课刚开始虽然学生的反应还可以，课堂氛围也还不错，但是师生间的互动是趋于形式的，在后面播放完几个视频再也没啥了，跟学生也没啥互动，更多的时候好像是我一个人在上面讲。……”然后基于课堂时间充裕、师生互动等问题就具体的教学环节与 C 教师进行讨论，在预测氯气化学性质环节中，C 教师说“学生主要想到的是氯的原子结构，从原子结构角度分析氯气具有强氧化性，但是让学生从物质类别和元素价态两角度来分析的话有点困难，他们只是根据导学案上的提示回答，当问到氯气跟我们学过的哪些物质类比，大部分学生就不知道怎么回答了，所以我就都说了。”

那么如何引导学生从价、类视角预测氯气的性质？

同时笔者也提出在最后总结研究思路环节学生的反应跟预设差距挺大的，虽然在教师的引导下进行了归纳总结，但从学生的课堂表现可以看出，只是处于一种“附和”的状态。C 教师解释说“虽然总结环节学生的反应不太理想，但是这种方式对于学生思路方法的形成具有重要意义，之前的教学都是对本节课的知识点进行总结，而这样的总结是对知识点的升华，由于学生的学习方式，我觉得应该在课堂上先让学生梳理这节课我们学习了什么，如氯气是黄绿色有刺激性气味的气体，

然后再说出这是我们通过观察物质的外部特征,包括颜色、气味、存在状态等,而氯气具有氧化性,可以和金属与非金属单质发生反应,那我们首先是怎么对氯气的化学性质进行预测的呢,依据是什么,这样自然就过渡到预测物质性质的原子结构、物质类别等角度了,然后……”但是,从学生的课堂活动表现来看,这种对研究物质性质方法和思路的总结还是比较表面化的,那么如何更显性化的在总结过程中凸显研究物质性质的思路方法呢?

(3) 分析问题:模型要素识别方式

学生对模型要素的理解和应用在建构模型阶段极其重要,其识别方式有自上而下式与自下而上式两种。从具体实物出发,将这些事物的本质特征以及影响其性质、变化的因素抽离出来并概括为模型要素的过程,即为自下而上式的模型要素识别方式;直接指出模型的要素,引导学生结合具体事例,用演绎推理等方法验证和梳理要是有间关系的过程,即为自上而下式的模型要素识别方式。^①

C教师说:“在教学中或是学生自己说出预测依据,或是教师直接给出,看似是自上而下式的模型识别方式,但学生对模型要素的理解缺乏方法论层面的引导。而第1课时氯气氧化性具体内容知识较为简单,学生对物质类别和元素价态已有初步的认识,在钠及其化合物学习中已初步介绍了研究物质性质的思路方法,同时课标要求学生具有预测物质性质的视角,因此本课时教学采用自下而上式的模型要素识别方式,从具体知识内容的学习过程中逐步抽提价类要素以及研究物质性质的思路要素。”基于模型要素识别方式分析具体教学过程,存在以下问题。

① 学生价类要素方面的基本知识薄弱

当学生具备能够支持其识别模型要素及其相互关系的知识经验时,宜采用自下而上的模型要素识别方式。^②然而,在“预测氯气可能具有的化学性质,并说明所预测的依据”教学过程中,只有部分学生从原子结构角度分析氯气具有氧化性,而从价类要素分析物质的性质对于学生来说是相对陌生的。从导学案可以看出,有的学生认为“氯气属于气体单质,能与大多数金属氧化物发生化合反应”(图5.1),知道氯气属于非金属单质,但不能很好的调用已有知识将其与已学过的氧气等物质进行类比(图5.2);虽然部分学生知道氯气中氯元素的化合价为0价,可升可降,但是对于“一般情况下氯气很容易转化为-1价,表现为氧化性”,也有学生根本不知道氯气可以通过价态转化为-1价(图5.2),同时部分学生在课堂上的回答“化合价降低,体现还原性”。由此可见部分学生对物质的分类及氧化还原相关知识掌握的不好,导致学生在思考问题过程中没有物质类别和元素价态角度。

① 张钧如,李佳,李晓燕,等. 浅谈化学模型要素的识别与生成策略[J]. 化学教学,2021,(03):29-34.

② 张钧如,李佳,李晓燕,等. 浅谈化学模型要素的识别与生成策略[J]. 化学教学,2021,(03):29-34.

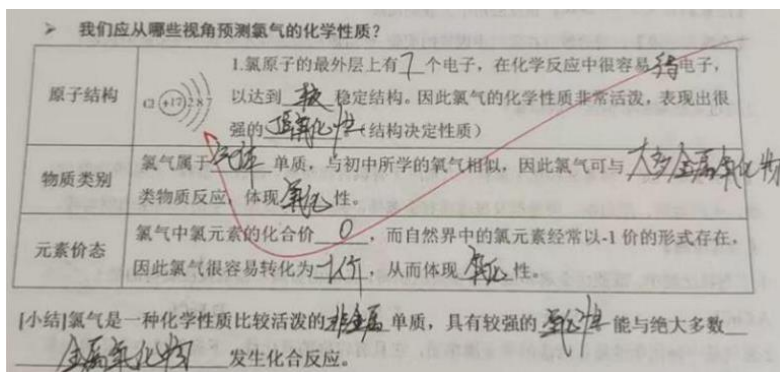


图 5.1 导学案 1 学生作答部分片段

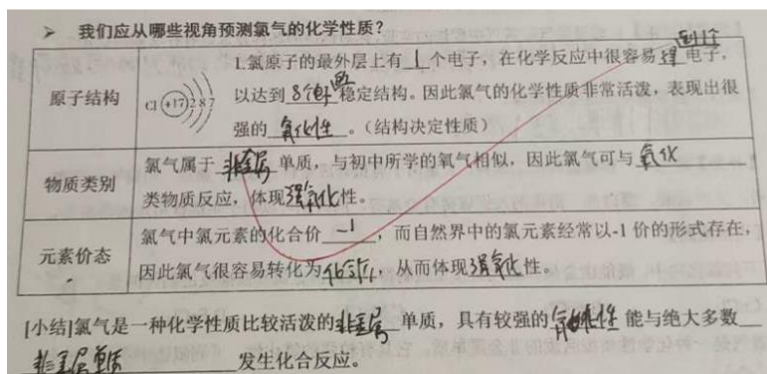


图 5.2 导学案 1 学生作答部分片段

②基于价态要素分析缺乏证据支持

在验证氯气氧化性的教学中主要通过播放氯气与金属单质（钠、铜、铁）以及与非金属氢气（光照和燃烧条件）反应的实验视频，学生观察实验现象并得出结论，这样的教学缺乏学生的参与，课堂气氛逐渐变得沉闷。分析原因是一方面是教学内容本身是比较简单的，另一方面是由于有些内容之前课堂教学中多次强调的，但不知其根本原因，之前预设的一个学生交流讨论活动“对于变价元素 Fe，你能对它与 Cl_2 反应的产物进行预测吗”，但在提出问题后学生没做讨论一致回答反应生成 FeCl_3 ，教师继续追问“有没有可能生成 FeCl_2 ”，统一回答“不能”，但是当问及原因时都不知道怎么回答了。C 教师解释说“主要是在前面学习离子反应、氧化还原反应这些内容的时候也有提到氯气与铁的反应，而且老师们都经常给学生强调生成的是三价铁离子。”

自下而上式的模型要素识别过程涉及猜想、归纳推理、抽象概括等思维活动，而氯气与铁反应的实验不能引起学生的深度学习。既然通过预测、实验证明氯气具有强氧化性，那么氯气的强氧化性具体体现在哪些方面，还需设计具体的任务活动提供一些证据深入认识氯气的强氧化性。

③教师板书意识不强，视角与思路不凸显

钠及其化合物教学中已认识研究物质性质的思路方法，但是通过氯气氧化性的学习，大部分学生仍不能基于某些要素来对本节课中有关氯气的性质进行概括关联，更不能形成研究物质性质的系统性的方法和思路。一是总结方式按部就班，“首先观察物质的外部特征，例如物质的颜色、气味、存在状态等，然后预测物质的性质，预测的依据有原子结构、物质类别、元素价态等……”，这样的引导学生的思维是悬空着的，而思维的发展必须要有基础知识作为载体。二是教师板书意识不强，大都依赖于 ppt，讲述后没有在黑板上进一步展示各要素及要素间的关联，也没有再次突出强调预测物质性质的视角。在讨论中 C 教师也提及这一问题“很多时候我发现我不能很好地将导学案与我所讲的内容很好的联系起来，板书、ppt 与所讲内容之间也一样，我看别的老师就能很好的利用导学案，我的板书也写的很难看，所以上课的时候能不写板书就不写板书。”板书既能完整呈现一节课的内容，也能辅助学生做笔记等，因此 C 教师表示在之后教学中尽可能去展示板书。

④对话追问简单，心智模型暴露不充分

建模教学强调凸显模型建构过程，将学生内隐的心智模型外显化，而师生间的深度对话追问是将学生思维过程外显化的方式之一，但是在本课时教学中师生间的对话交流是较简单的，更多的是针对具体的知识点，学生只需要填空即可。因此尝试改变师生间的对话方式，目的是通过对话追问活动引领学生去揭示知识学习背后所蕴藏的方法和思路。

（4）解决问题：采用“自下而上的模型要素识别方式”改进教学

①突出物质类别分析角度，建立价类维度关联

基于学生在不能很好的将氯气与氧气进行类比，不知道氯气能与金属单质、非金属单质类物质反应，在各小组交流讨论发表想法后，进一步突出物质类别分析角度，引导学生深入分析氧气与氯气的相似性，氧气能与哪些物质发生反应，属于什么类物质，氯气又能与哪些物质发生反应，同时也在 ppt 上呈现具体内容，如图 5.3 所示。由于学生对相关的含氯物质认识有限，基于物质类别角度分析物质性质会贯穿整个单元的教学，同时本课时教学也强调元素价态视角，因此在突出物质类别分析角度的同时还需关注元素价态要素，建立价类维度间关联。



图 5.3 突出物质类别分析角度后增加的具体内容

②提供证据支持氯气氧化性，强化元素价态视角

基于学生对氧化还原相关内容掌握程度以及实验视频—分析现象—得出结论这种较为单一方式导致课堂氛围逐渐沉闷现象，在验证氯气氧化性环节增加“思考讨论”活动进一步提供证据认识氯气的氧化性。如图 5.4 所示，一是在氯气与铁单质反应之后，增加讨论比较 Cl₂ 和 HCl（H⁺）的氧化性活动；二是在学习完氯气与金属、非金属单质的反应之后增加海带提碘工艺中重要反应之一 2I⁻ + Cl₂ = 2Cl⁻ + I₂ 思考 Cl₂ 的作用。同时也在黑板上书写氯气与铜单质反应的化学方程式，并用双线桥法标注电子转移的数目和方向。因为 C 教师在讨论中提到“教研组教师们统一建议在之后的教学中将氧化还原角度贯穿始终，包括双线桥法的使用等，使学生进一步复习巩固氧化还原相关知识。”

氯气的氧化性

讨论 请同学们分别写出 Fe 与 HCl 反应的离子方程式，并比较一下 Cl₂ 和 HCl（H⁺）的氧化性？

$\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$

$2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{FeCl}_3$

氧化性：Cl₂ > H⁺

氯气的氧化性

【思考】 在海带提碘工艺中，2I⁻ + Cl₂ = 2Cl⁻ + I₂ 是重要的步骤之一，在该步骤中氯气的作用是什么？ **做氧化剂**

富集、分离提纯、转化



图 5.4 在验证氯气氧化性环节增加的“思考讨论”相关活动

③基于对话追问细化各模型要素，启发深度思考

基于师生间对话针对具体知识点展开问题，改进后的师生对话基于研究物质性质思路包含的基本要素展开的；在研究物质性质方面教师的追问针对的是通过

物质的颜色、气味、存在状态等在研究物质的什么，在对物质预测时是从哪些方面预测的，能否对 S 等不熟悉物质进行预测等，这些追问都是指向思路方法。

④通过板书总结研究物质性质思路，凸显价类模型

基于总结环节研究物质性质思维模型不凸显问题，在改进后的教学中通过师生间的对话追问完整示范研究物质性质的思路方法，同时要注意整节课的板书分布，虽然有写板书呈现的是知识点，但是我们在总结过程中结合板书挖掘与知识点相关的思路方法，建立研究物质性质的各环节要素间的关联，同时也进一步凸显价类视角，在价类二维图中补充在本节课学习中除氯气外的其他含氯化合物，如 HCl 、 FeCl_3 等。

⑤其他改进内容

对氯气物理性质的教学内容进行改进，一是增加氯气熔沸点以及密度的相关数据，并与物质的量章节中有关阿伏伽德罗定律推论相关联得出氯气密度与空气密度大小；二是对液氯和氯气做简单的对比分析；三是强调氯气有毒，这是其化学性质，并提供前段时间济源市某化学有限公司氯气泄漏相关资料以及氯气中毒给人体带来的危害，使学生认识到氯气在我们的生活以及农业生产中发挥着重要作用外，也要了解其“恶魔”的一面，树立正确使用化学用品的意识。

2.第 1 课时改进后的再次实践

11 月 1 日早上在高一 1 班实施改进后教学，同时也是作为一节公开课，之后与 C 教师继续“打磨”第 1 课时教学设计。

(1) 教学实施过程：凸显模型要素的识别与关联

改进后的教学实施过程只呈现部分重要的改进环节，在本课时教学中展示的是“基于预测氯气氧化性分析价类模型”的教学片段。

教学实施过程	观察与分析
【任务 1】请预测氯气可能具有的化学性质，并说明你的预测依据。以小组为单位相互讨论，选一个代表说说你们小组的讨论结果 【学生】小组讨论。ppt 展示元素周期表，学生预测氯气具有强氧化性，根据氯元素的原子结构预测其具有氧化性 	改进后的预测氯气性质教学更多的是引导学生“自下而上式”的从具体的知识中抽提价类二维图的价类要素，更符合学生的认知。同时也从原子结构角度对氯气的性质

【板书】画出氯原子结构示意图 【提问】其他小组还有不同想法吗？或者说除了通过原子结构外，还可以从哪些方面预测呢？ 【个别学生】氯元素化合价变化 【追问】很多同学都没有想法，我们看氯元素的化合价变化，请同学们再次预测 【学生】氯元素常见的化合价有-1、0、+5 价，氯气中氯的化合价 0 价，可升高也可降低，既表现为氧化性也表现为还原性 【讲解】自然界中的氯元素经常以-1 价的形式存在，因此氯气很容易转化为-1 价，从而体现其氧化性 【提问】还有其他角度来对氯气的化学性质进行预测吗？ 【学生】（沉默） 【追问 1】氯气属于什么类别呢？ 【学生】单质或非金属单质或气体 【追问 2】我们学习过的常见非金属单质有什么呀？ 【学生】氧气 【追问 3】氧气能与哪些物质发生反应呀 【学生】金属钠、铁丝、铜、白磷、氢气 【追问 4】那么金属钠、铁丝、铜属于什么类别，氢气、白磷呢？ 【学生】金属单质、非金属单质 【追问 5】所以氯气作为一种非金属单质，能与哪类物质发生反应呢？ 【学生】金属单质钠、铁丝、铜等；非金属单质氢气等 【板书】黑板呈现价类二维图	进行了预测。整节课的课堂气氛以及师生间的互动较 4 班好很多
--	---------------------------------------

（2）发现问题：如何将原子结构视角与价类要素关联起来

第 1 课时改进后的再次实践效果比较理想的，如图 5.5 所示，部分学生可根据给出的原子结构、物质类别、元素价态等视角正确填写导学案，课后习题的完成也相对认知，且做了批注。在预测环节通过小组讨论、师生追问不再是基于知识点的问答，而是指向思维的发展，启发深度思考。然而，听课教师对这里的原子结构视角提出建议，“课下和教研组老师讨论时说原子结构那一部分处理不太好，氯原子的位置给的太突然了，可以先让学生思考氯元素在周期表中的位置，然后呈现元素周期表，再进一步去分析性质”。基于模型要素改进后的教学中突出价类要素，帮助学生进一步深入理解预测物质性质的价类视角，但是同时也弱化了原子结构视角，那么如何处理预测氯气性质的原子结构视角？

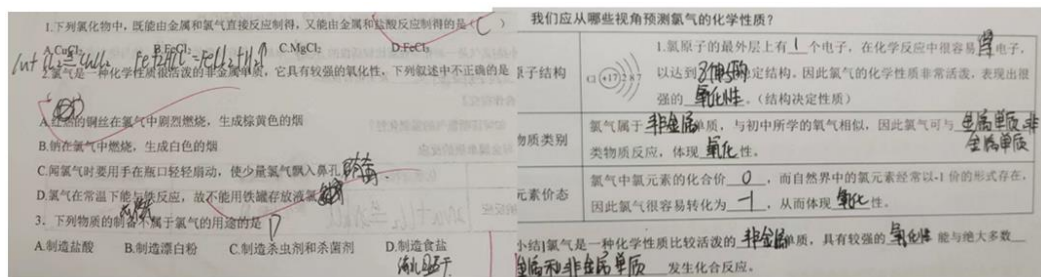


图 5.5 导学案 1 学生作答部分片段

(3) 分析问题：教材“律前律后”元素编排意图

“律前”钠、氯、铁典型元素的编排目的之一是利用学生已有的元素原子核外电子排布的知识解释物质的性质；而学习完元素周期律后学习多变价硫、氮元素，除进一步认识物质多样性的价类视角外，也通过对递变规律的认识建立位-构-型模型，发展学生认识无机物构型关系的水平。^①由此可见律前元素教学中在预测物质性质的价类视角同时也要关注物质结构与性质间的关联。然而，从原子结构角度预测氯气性质只是学生仅仅分析了氯的原子结构，之后教师总结“因此，从原子结构看它处于元素周期表中第三周期Ⅶ主族，最外层 7 个电子……”。既然学生分析问题视角指向的是原子结构，而教师在讲解中也提及氯原子的位置，因此在教学中可进一步放大预测物质性质的原子结构角度，引导学生认识位置、结构、性质之间的关系。

正确建立要素与要素间的联系是模型建构的重要环节，要素的关联程度决定了模型建构的水平。而模型的刻画和表征过程主要采用形象化、可视化思维等方式。^②在教学中无论是原子结构还是价类视角的分析，都指向氯气的氧化性，因此在对各视角突出分析的基础上建立结构-类别-价态三维预测角度。同时与 C 教师讨论后在每节课教学中尽可能板书三维要素，鼓励学生用图形或语言的方式表达自己的思想，实现要素之间的关联，初步建构模型。

(4) 解决问题：依据元素周期表建立结构与性质的联系

调整教学目标，强化原子结构视角，建立构-价-类三维模型。通过分析 C 教师建议，“在学生从原子结构角度分析氯气氧化性时引导学生考虑氯元素在元素周期表中的位置，根据位置分析原子结构，进而根据原子结构分析性质，初步认识位置-结构-性质间的关联”，由此改进后的教学进一步强化原子结构视角，具体如图 5.6 所示。因此对本课时教学目标进行了调整，即初步形成预测物质性质的构-价-类三维模型。一方面基于学生的已有认知初步认识位-构-性间的关联，另一方面无机元

① 郑长龙著. 核心素养导向的化学教学设计[M]. 北京：人民教育出版社，2021：99.

② 陈宇灵. 普通高中化学教师建模教学行为分析框架的建构与应用研究[D]. 西北师范大学, 2022.

素化合物学习过程中认识物质视角是不断进阶的，结构律表对于认识物质性质具有重要的作用，“律前”元素的学习引导学生认识位-构-性间的关联，初步形成构-价-类维度，在此基础上进一步结合元素周期表学习物质性质，建立类别-价态-结构律表三维模型。

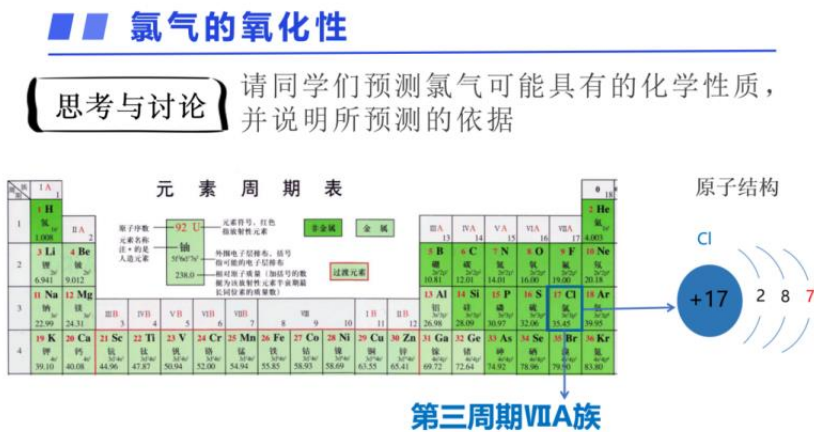


图 5.6 强化原子结构视角增加的内容

(二) 第 2 课时：应用研究物质性质的思路模型和完善价类二维图

第 2 课时教学主要在相似情境中应用思路模型探究氯气与水反应。

1.第 2 课时的初次实践

2022 年 11 月 1 日在高一 4 班实施第 2 课时教学，笔者通过课堂观察及文本性资料分析，与 C 教师讨论教学中存在的问题。

(1) 教学实施过程：在应用模型解决问题中分析模型适切性

教学实施过程	观察与分析
【讲解】氯气不管与金属单质还是非金属单质发生反应，氯气中的化合价均降低体现氧化性，那么氯气在发生化学反应时化合价只能降低吗？ 【史料】 【探究】氯水中的氯气和水是否发生了化学反应：水为什么具有漂白性？是因为氯气溶于水还是和水发生了反应？请同学们提出猜想 【学生】交流讨论（教师引导讨论）	

猜想 ₀	体系内存在的粒子 ₀	具有漂白性的物质 ₀
猜想 1: 全部溶解 ₀	Cl_2 , H_2O ₀	Cl_2 ₀
猜想 2: 部分溶解, 部分反应 ₀	Cl_2 , H_2O , 新物质 ₀	Cl_2 或新物质 ₀
猜想 3: 全部反应 ₀	H_2O , 新物质 ₀	新物质 ₀

【验证方案】(给出) 将干燥和湿润的有色布条(纸条)分别放入到干燥的氯气中, 观察有色布条(纸条)是否褪色, 判断漂白性物质是氯气还是新物质

【播放实验视频】学生观看、分析实验现象

【讲解】经过实验证明漂白性物质为次氯酸, 说明物质与水反应生成了 HClO

【追问】在该反应中还有其他产物生成吗?

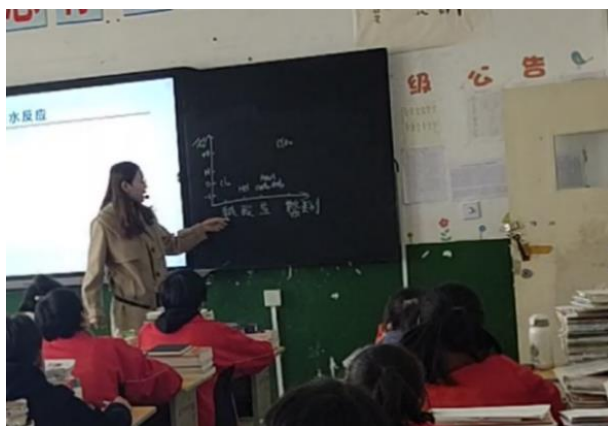
【学生】根据氧化还原分析 H 、 Cl 元素化合价变化, 还有盐酸生成

【布置任务】请写出氯气与水反应的化学方程式, 并用双线桥法标注电子转移的方向和数目

【讲解】1. HClO 是弱酸(酸性小于碳酸), 只存在于水溶液中

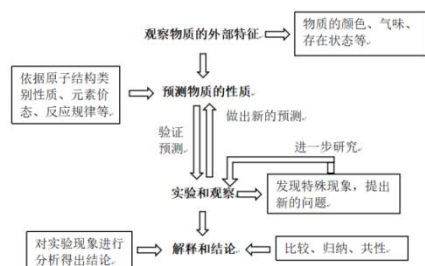
2. HClO 具有强氧化性, 能漂白有色物质, 能杀菌、消毒, 可用于自来水消毒(目前已逐步用 ClO_2 代替)

(黑板上画出价类二维图, 寻找 HClO 位置并分析其性质)



【思考】新制氯水与久置氯水有何区别?

【小结】总结研究物质性质的一般思路



在推断氯气与水反应产物环节虽突出氧化还原分析产物, 书写化学方程式, 用双线桥法表示等, 但在这过程中缺乏学生的参与, 大都是教师在黑板上展示

学生对价类二维图的认识不再陌生, 能从物质类别和元素价态角度对相关含氯物质初步分析

本节课是在预测猜想、实验探究、结论解释等环节之后基于具体的探究过程进一步总结研究物质性质的思路模型但是在教学中并没有调动学生深度的思考, 模型与具体知识内容的融合度不够, 且各要素间的关联性也不够紧密

(2) 发现问题: 如何将模型要素与具体知识相融合?

通过课堂观察及导学案等分析,应用研究物质性质的思路模型结合具体知识内容解决问题存在一定的困难,如在猜想环节即使已经在课堂上讲过不同体系内存在的微粒,但学生的回答仍是不全面的,如图 5.7 所示。同时 C 教师表示“在教学中一直尝试怎样将价类模型和思路模型更加凸显一些,比如将价类二维在黑板上呈现,但是在本节教学中对于思路模型的应用不是太好,模型与具体知识内容的学习是相分离的,二者如何融合处理的不好。”诚然,学生模型认知能力的培养必然需要建立在具体的化学知识学习之中,在教学中如何将模型要素与具体的核心知识内容相融合?

【合作探究】氯水中氯气和水是否发生化学反应
(1) 请根据体系内存在的氯气、水以及氯水有漂白性,提出猜想

猜想	体系内存在的粒子	具有漂白性的物质
猜想 1: 全部溶解	$\text{Cl}_2, \text{H}_2\text{O}$	Cl_2
猜想 2: 全部溶解	$\text{Cl}_2, \text{H}_2\text{O}$	Cl_2 或新物质
猜想 3: 全部反应	H_2O 新物质	新物质

【注意】氯气的 水溶液 称为 氯水, 氯水因溶有氯气而显 黄绿色

【合作探究】氯水中氯气和水是否发生化学反应
(1) 请根据体系内存在的氯气、水以及氯水有漂白性,提出猜想

猜想	体系内存在的粒子	具有漂白性的物质
猜想 1: 全部溶解	$\text{Cl}_2, \text{H}_2\text{O}$	Cl_2
猜想 2: 全部溶解	$\text{Cl}_2, \text{H}_2\text{O}$	Cl_2 或新物质
猜想 3: 全部反应	H_2O 新物质	新物质

【注意】氯气的 水溶液 称为 氯水, 氯水因溶有氯气而显 黄绿色

图 5.7 导学案 2 学生作答部分片段

(3) 分析问题: 采取策略可视化模型要素

通过应用模型的活动,学习者就可以用可视化的方式来验证、反思和表达自己的思想,如果所用模型表达的是别人的想法,学习者就可以探究这些想法与自己的想法是相符还是相矛盾,可以对模型进行试验,甚至可以修改模型以便更好地表征客体。^①结合基于模型建构的单元教学模式,存在以下问题。

①用模过程缺乏要素凝练

基于模型应用,本节教学是在预测猜想、实验探究、结论解释等环节之后基于具体的探究过程进一步总结研究物质性质的思路模型,那么第 1 课时建构的思路模型作用是什么?而师生间的对话追问对于用模要素的凝练起着重要作用。虽然本节教学过程中的师生对话较第 1 课时有改变,但在“分析氯气与水反应产物”中师生对话还是针对具体的知识点。同时在最后总结环节中师生间对话仍是一问一答式,如表 5.1,而不是在学生对本节课所学内容总结的基础上,教师进一步引导

① 陈宇灵. 普通高中化学教师建模教学行为分析框架的建构与应用研究[D].西北师范大学,2022.

学生去揭示具体知识内容学习过程中思路与方法。

表 5.1 高一 4 班“小结”环节师生对话

教师提问	学生回答
同学们，通过本节课的学习，对于相对陌生的物质我们应如何去分析？	（沉默）
首先我们预测氯气与水是否发生反应，我们知道氯气在水中的溶解度如何？	氯气能溶于水
对，氯气能溶于水，贝托莱溶于水之后发现氯水有漂白能力，是不是跟我们预想的不一样？	是的
然后我们再进一步提出问题，这种漂白的物质是什么呢？	（沉默）
接下来设计实验方案进一步验证预测猜想，发现氯气不仅能溶于水，还能与水发生反应，生成的产物是什么？	盐酸和次氯酸
因此我们在研究物质性质时首先进行预测，然后设计实验方案进行验证，但是有时候会发现一些特殊现象，我们就要进一步研究。	（听讲）

②用模过程缺少证据支持

在课堂教学中关于新制氯水与久置氯水区别的解释是简单化的或没有提及。同时习题时涉及氯水中相关微粒性质部分学生还是存在困难的（图 5.8），这也说明对于氯水中微粒成分及其性质的认识不充分，但是学生只有在理解这些问题的基础上才会对新制氯水与久置氯水的区别有深入的理解，进而去提炼分析问题的角度。

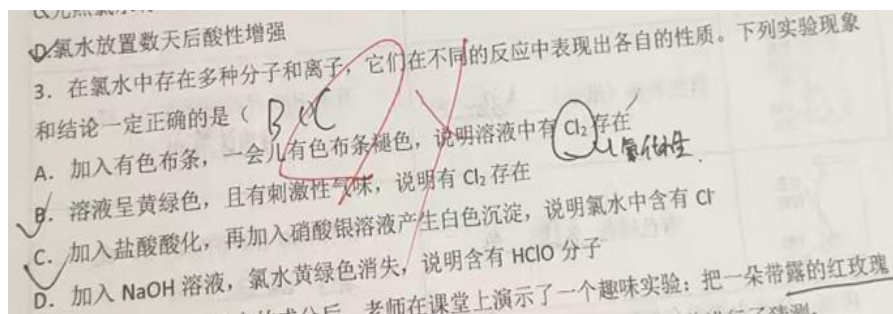


图 5.8 课后作业学生作答部分片段

③用模路径缺乏实验探究

C 教师说，“今天听了两节氯气与水反应的公开课，其中一节课是在探究完氯气与水的反应后对氯水成分的性质进行了分析，比如设计方案证明氯水中含有 H^+ 、 Cl^- 、 $HClO$ 等，感觉这样学生对新制氯水和久置氯水区别的认识更直观化，所以我再想在 1 班的教学中要不要尝试将氯气成分的性质分析及实验验证加入课堂教学

中，主要是在分析它们的颜色、所微粒成分以及性质时感觉有些唐突，学生都没有见过新制氯水与久置氯水，就算是引导学生分析了感觉他们也就是在课堂上记住了，下课之后可能就不知道了。”如此，学生的理解可能是暂时性的。同时课后习题中有关氯水微粒成分及性质的考查内容是需要进一步拓展的，如习题 3 中涉及的 Cl^- 检验等内容（图 5.8）。

（4）解决问题：寻找策略关联模型要素与知识内容

①增设氯水性质验证实验，将证据与实验贯穿建模过程

基于学生对新制氯水和久置氯水区别认识不充分以及氯水成分性质相关内容没有涉及等问题，改进后的教学增加有关氯水所含微粒性质探究的内容（图 5.9）。由于在此环节的实验视频中涉及到氯离子的检验，所以把第 4 课时中的相关内容调整到本节课的教学中（图 5.10）。这样学生在理解新制氯水与久置氯水的区别时，可从所含微粒及各微粒的性质上去分析，同时为解决有关氯水性质方面的问题提供思路。

第2课时 氯气与水反应

【氯水成分的验证实验】

	实验现象	离子方程式或解释
将镁粉加入氯水中	有大量气泡产生	氯水中含 H^+ ，有酸性
先将硝酸银溶液加入氯水中，然后再加入稀硝酸溶液	有不溶于稀硝酸的白色沉淀生成	氯水中含 Cl^- ： $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$
将溴化钠固体加入氯水中	溶液呈黄色	氯水中含 Cl_2 ，有氧化性， $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$
将有色纸条加入氯水中	有色纸条褪色	氯水中含 HClO ，有漂白性
将氯水加入紫色石蕊溶液中	溶液先变红后褪色	氯水中含 H^+ 和 HClO ，有酸性和漂白性

第2课时 氯气与水反应

验证实验



图 5.9 改进后增加的有关氯水性质内容

第2课时 氯气与水反应

补充 Cl^- 的检验

原理： $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$

方法： 往待测液中加入稀硝酸溶液，产生白色沉淀，然后再加入少量稀硝酸，沉淀不溶解，则可说明溶液中含有氯离子

【思考】 稀硝酸的作用是什么？

排除 CO_3^{2-} 的干扰，同时溶液是强酸性环境，在此环境下生成的白色沉淀是不溶于酸的

图 5.10 改进后增加的有关 Cl^- 检验内容

②基于对话追问外显研究物质性质思路模型

基于师生间对话简单化、一问一答式，思路模型总结环节与具体知识内容融合不太好等问题，改进后的师生对话尝试融合具体知识内容外显研究物质性质的思路模型。一方面是拆分思路模型各要素，在探究氯气与水反应各环节进一步结合具体知识内容凸显要素；另一方面调整师生间对话追问活动。首先让同学们说说本节课的收获，目的是了解学习完本课时教学后学生的认知是知识层面的还是思维层面的，然后基于学生的回答情况抽提探究氯气与水是否发生化学反应过程中的思维方法，关联外显思路模型各要素。

③给学生思考时间调用或修正“个人模型”

本节目标是探究氯气与水是否发生了化学反应，要求学生积极主动的参与思考讨论，但给学生思考的空间和时间比较少，改进后的教学建议 C 教师放慢上课进度，尽可能让学生都主动地参与到讨论之中，基于第 1 课时建构的研究物质性质思路模型进行分析，给学生思考的空间与时间，调用已有模型去解决相关问题，在总结环节更新学生头脑中的个人模型，趋向于更加完整准确的思路模型。

2.第 2 课时改进后的再次实践

2022 年 11 月 2 日在高一 1 班实施第 2 课时教学，继续与 C 教师讨论教学实践过程中存在的问题并改进。

(1) 教学实施过程：结合具体内容深化模型分析

在本课时改进后的教学实施过程只呈现了“总结研究物质性质思路模型”的教学片段。

教学实施过程	观察与分析
【教师】同学们，通过本节课的学习，你有哪些收获呢？ 【学生】通过氯气与水反应的探究知道了氯气与水发生化学反应生成盐酸和次氯酸 【学生】还知道新制氯水与久置氯水的区别 【教师】本节课主要是探究氯气与水的反应，我们知道氯气能溶于水，但是从贝托莱化学史中我们有什么新的发现呀？ 【学生】氯气溶于水之后形成的溶液氯水有漂白性 【教师】这与我们观察到的实验现象是不一样的，因此我们就要进一步去研究，提出了怎样的新问题？ 【学生】氯水为什么具有漂白性，是氯气溶于水还是氯气与水发生了化学反应？ 【教师】接下来我们需要做什么？ 【学生】设计实验方案验证猜想	较 4 班教学，1 班在模型要素与具体知识的融入、师生间对话追问活动等方面有明显的改变，从最后的小结环节中可以看出学生对模型各要素的内化并不好，同时氯气与水反应的实验探究活动

【教师】因此，我们在研究物质性质或探究某一反应时可从哪些方面去研究？ 【学生】我们在研究物质性质时首先进行预测，然后设计实验方案进行验证，但是有时候会发现一些特殊现象，我们就要进一步研究，做出新的预测，进而进行实验验证，分析解释并得出结论 【教师】ppt 展示思路模型	与模型各要素间还需做进一步的教学融合
---	--------------------

(2) 发现问题：如何引导学生内化模型及要素？

通过文本性资料分析发现，学生并没有真正将课堂所学知识内化。C 教师说，“我们这边学生学习能力都不强，别看他们在课堂上面全都活泼的很，听的也很认真，回答问题的时候啥都知道，正当考试的时候试卷上的答案再没法说，就像我前面说的，照着板书抄都有抄错的”。虽然 C 教师表示学生基础薄弱，但是针对不同群体的学生，我们如何设计活动引导他们内化模型及要素？

(3) 分析问题：内化与外化相互相成

维果斯基认为，知识的建构同时包括内化和外化两个过程，通过内化学习者将外在的操作和交流活动转变为头脑内部的思维过程；通过外化，学习者将自己的思想转变为外在的行动与言语，外在的行动与言语提供反馈信息，反过来有助于思想的形成与修改。由此，结合学生的课堂表现及作业完成情况分析教学过程中存在的问题。

① 氯气消毒原理认识不深

氯气用于饮用水的消毒原理学生认识不明确，在课堂上学生都积极回答“HClO 具有强氧化性，能漂白有色物质，能杀菌、消毒，可用于自来水消毒”，同时教师讲解自来水消毒目前已逐步用含氯物质 ClO_2 代替，并且师生一起在价类二维图中标出了 ClO_2 的位置，并从物质类别和元素价态对其性质进行了分析，但是从导学案的作答情况（图 5.11）可以看出学生的答案是各有不同的，有认为氯水用于自来水消毒的实质是“利用氯气的漂白性”，也有的认为是“氯水的强氧化性”，还有将 HClO 写成 HCl_2O 的。这也说明学生对于次氯酸相关性质的认识是不充分的，且性质与用途之间也没有建立起联系。

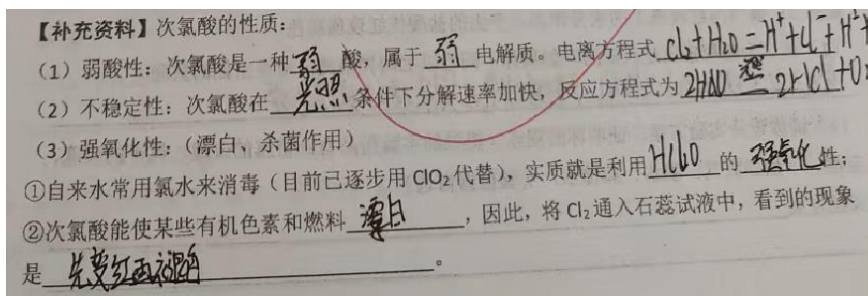


图 5.11 导学案 2 学生作答部分片段 (a)

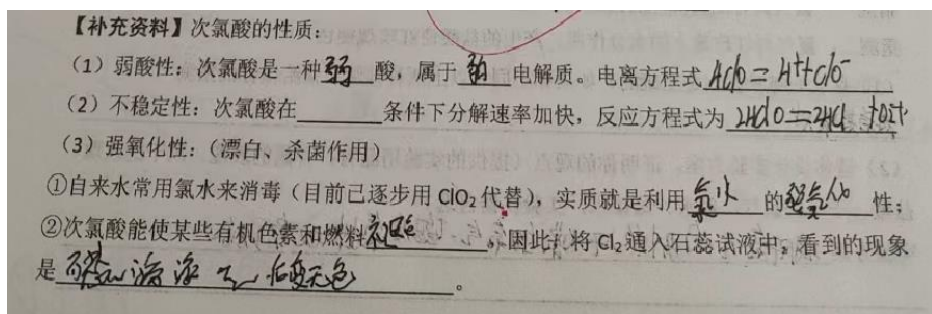


图 5.11 导学案 2 学生作答部分片段 (b)

②实验方案活动简单设计

实际课堂教学中学生对于“漂白性物质是 Cl_2 还是新物质”实验方案的设计虽然是学生一下就回答的, 同时教师没有任何提示的情况下他们异口同声的说要设计对照实验, C 教师说, “对照实验他们确实是有提到的, 但是他们一下子能说出实验方案是因为提前做了导学案或看了课本上面的实验方案”。分析学生课后作业的作答情况 (图 5.12), 在实验方案设计部分大部分学生只是填写将风干的玫瑰放入干燥的氯气中, 没有课堂中提到的对照实验思想。同时在氯水成分验证的实验方案设计环节更多的是教师的讲解, 没有让学生自己讨论设计实验方案, 在此基础上教师再做进一步的补充说明, 虽然在实验方案设计方面学生能力相对较弱的, 但是还是要“放手”让他们多参与简单实验设计的活动。

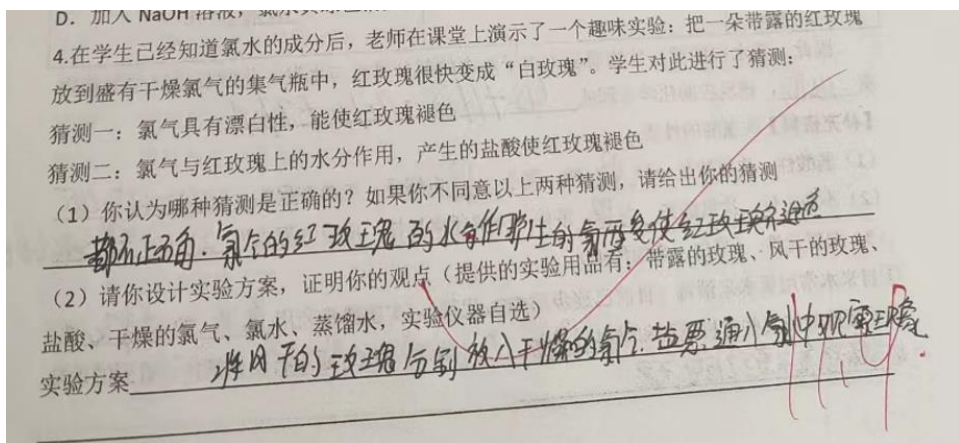


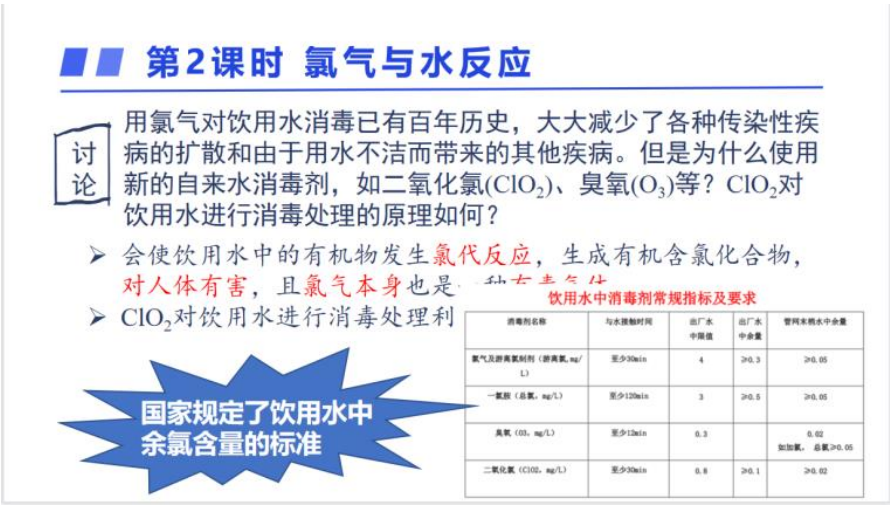
图 5.12 学生课后作业部分作答片段

(4) 解决问题: 基于学科能力设计实践应用类活动

①丰富自来水消毒处理情境, 理解消毒原理

在含氯物质用于自来水消毒原理部分增加其他自来水消毒剂, 如二氧化氯 (ClO_2)、臭氧 (O_3) 等。通过分析氯气用于自来水消毒的原理及其带来的危害, 然后应用价类二维图类比氯气分析 ClO_2 是如何进行自来水的消毒, 最后也让学生

进一步了解国家规定饮用水中的余氯含量的标准（图 5.13），这在帮助学生进一步理解不同含氯物质消毒作用原理是利用其氧化性。



【任务1】结合氯气和水的反应，分析写出制备漂白粉的化学方程式（类比与水的反应，教师从理论上引导学生书写） 【思考】该反应是否为氧化还原反应，若是，请找出氧化剂、还原剂 【讲解】1.漂白粉是混合物 2.漂白粉的主要成分是 CaCl_2 和 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 3.漂白粉的有效成分是 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 4.漂白粉漂白原理：（强酸制取弱酸） 日常漂白：$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{HClO}$（基于物质类别分析反应） 工业漂白：$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{HClO}$（$\text{HCl}$ 少量） 【思考】根据以上反应，在购买和存放漂白粉时应注意哪些问题？	在问题，不能根据复分解反应、物质类别等内容分析氯气与氢氧化钙的反应 同时在基于物质类别分析漂白粉的漂白原理过程中，分析视角的凸显不明显，化学方程式中过量与少量问题的分析也存在困惑
【任务2】生活中还有一种常见的具有漂白性、能消毒的物质 84 消毒液它是新冠病毒常用消毒剂之一，请写出氯气与氢氧化钠溶液反应的化学方程式 【讲解】性质决定用途，84 消毒液的漂白杀菌作用肯定与其性质有关，请同学们预测 NaClO 可能具有的性质。 （引导学生基于元素价态分析次氯酸钠的性质） 【思考】家庭常用 84 消毒液和洁厕灵（主要成分是 HCl），结合化学用语解释为什么消毒液不能与洁厕灵混合使用？	从学生的整体课堂表现来看能够基于元素价态角度对次氯酸钠的性质进行预测，但是基于物质类别角度还需要教师引导与提示 在课堂教学活动表现中无论是对次氯酸钙使用和保存方法的分析，还是 84 消毒液与洁厕灵混合使用的讨论，学生都能够将物质的性质与用途之间相关联，具有正确合适使用化学用品的意识
【任务3】根据已学含氯元素的物质，从物质类别和元素价态视角绘制价类二维图，并尝试写出相关的化学方程式	学生不能很好的对含氯物质间的相互转化进行分析

（2）发现问题：如何突出预测物质性质的类别视角？

课标要求“能从物质类别、元素价态的角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，预测物质的性质和化学变化……”而从学生整体课堂表现来看能够基于元素价态角度对次氯酸钠的性质进行预测，但是基于物质类别的角度还需要教师引导与提示。对于这一现象，C 教师说“这可能与平时的课堂教学强调氧化还原反应有关，比如说双线桥法等，教研组老师们也经常强调氧化还原知识在整个高中课堂中都要贯穿进去，但是对于物质类别我们强调的不多，还有一点就可能是学生对某个

物质不熟悉,虽然知道它是盐或是酸,但是要说具体跟什么物质反应他们还是存在困难的,所以在教学中还是要经常提及,说的次数多了他们也就慢慢知道了。”因此,在考虑学生已有认知的基础上如何进一步引导学生从物质类别视角预测次氯酸钠性质?

(3) 分析问题: 基于认识模型明确教学定位与核心目标

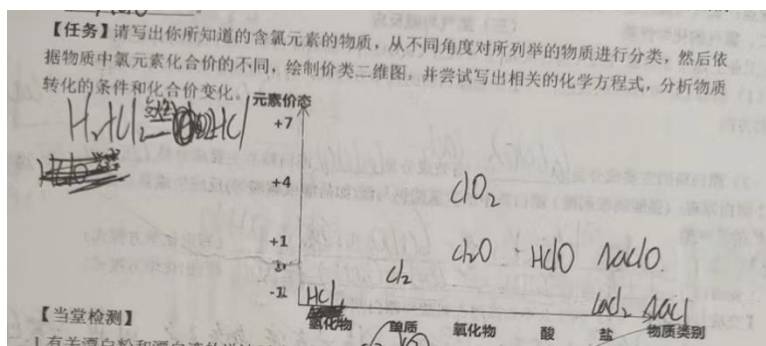
基于认识模型不难明确教材中金属及其化合物单元新授课的教学定位和核心目标,应该着重与转变和建构学生对无机物的认识角度(从基于代表物或物质类别的单一角度到基于价态和类别二维角度)。^①因此,基于认识视角从以下方面分析本课时教学。

① 基于物质类别预测性质不熟练

通过课堂观察发现学生能较好的从元素价态角度对次氯酸盐的性质进行预测,但是从物质类别角度需要教师的引导和讲解。例如当问到次氯酸钠属于什么物质类别,能与哪类物质反应时,学生虽然知道次氯酸钠的物质类别是盐,但是不知道它能与哪些类别的物质发生反应。同时在教师引导分析氢氧化钙与氯气的反应之后,让学生自己书写并回答氯气与氢氧化钠是如何反应的,他们虽能说出反应之后的产物,但是从物质类别角度分析如何反应的也是存在困难的。

② 价类二维图补充不完全

基于文本性资料分析(图 5.14),一是氯元素的价类二维图中的含氯物质补充不完全,例如制取氧气常用的 KClO_3 ,应将已学的全部含氯物质进行补充;二是学生虽能在价类二维图中正确的表示出各类含氯物质,并能对 Cl_2 、 HCl 、 FeCl_3 等简单含氯物质间的转化关系进行说明,但是只有个别学生能从元素价态角对 Cl_2 、 ClO_2 、 NaClO 等相对复杂含氯物质间的转化进行说明,在导学案上很少有学生去主动书写相关反应的化学方程式。



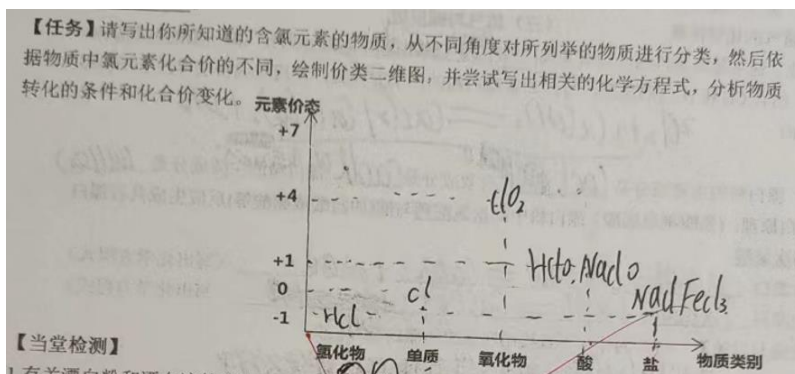


图 5.14 导学案 3 生作答部分片段 (b)

(4) 解决问题：强调物质类别视角，完善价类模型

①强调分析与预测物质性质的类别视角

一方面学生虽然初步能够从类别角度对简单物质的性质进行分析，但是对于复杂物质的反应与性质分析囿于已有知识基础和思维发展的限制需在教师的引导讲解下完成；另一方面是平时课堂教学注重从氧化还原角度书写方程式和预测性质，削弱了物质类别角度在化学学习中的重要性，因此改进后的教学引导学生自己尝试书写化学方程式，说明分析该反应的依据；在预测次氯酸钠性质环节，进一步归纳总结盐类物质能与哪些类型物质反应，在教学中注重思维角度的同时也复习巩固物质类别的相关知识。

②完善价类模型，建立物质间转化关系

基于价类图含氯物质不完全以及物质间转化关系分析不理想问题，改进后的教学除本单元所学含氯物质外，进一步补充 KClO_3 、 HClO_4 等相关含氯物质逐步从价态和类别单一角度分析物质的转化，要求在导学案中书写相关反应的化学方程式，注意相互间反应的条件。

③其他改进内容——总结常见漂白剂，拓宽认识视野

在根据建模教学目标、要素进行针对性改进的基础上，也对有关常见漂白剂及其原理进行了总结。在初中水的净化学习中已初步认识了活性炭、氢氧化铝胶体等吸附型漂白物质，前面章节也对过氧化钠、臭氧以及本单元教学中的含氯漂白剂有基本的认知，但是学生还不能从共性与区别方面分析其漂白原理，因此改进后的教学增加了常见漂白剂相关内容（图 5.15），目的是让学生进一步理解不同漂白剂原理，同时也为之后有关 SO_2 漂白物质内容的学习奠定基础。

第3课时 氯气与碱反应

【总结】常见的漂白剂

	物质	漂白原理
吸附型漂白	活性炭	这类物质疏松多孔，具有较大的表面积，可以吸附有色物质，起到漂白作用，是物理变化
	氢氧化铝胶体	
强氧化性漂白	H_2O_2	具有漂白性是因为它们有强氧化性，能将有色物质氧化成无色物质。一旦氧化后就不能恢复原来的颜色了，因此它们的漂白作用是不可逆的、永久性的。
	Na_2O_2	
	氯水	
	HClO	
	$NaClO$ 、 $Ca(ClO)_2$	
化合型漂白	O_3	SO ₂ 有漂白作用是因为它溶于水后生成了H ₂ SO ₃ ，H ₂ SO ₃ 能够和有色有机物（如品红）结合，形成不稳定的无色化合物，无色化合物在一定条件（如加热）下，又可以恢复原来的颜色，这种漂白是可逆的、暂时性漂白。SO ₂ 的漂白作用具有特殊性。
	SO ₂	

图 5.15 改进后增加“常见漂白剂”总结内容

2.第3课时改进后的再次实践

改进后的教学于11月4日在高一1班实施，继续与C教师讨论教学中存在的问题改进教学。

（1）教学实施过程：突出价类二维图的预测功能

基于在初次实践预测次氯酸盐教学中价类要素分析不突出，在本课时改进后的教学实施过程只展示“次氯酸盐的性质预测”的教学片段。

教学实施过程	观察与分析
【活动】性质决定用途，84 消毒液的漂白杀菌作用肯定与其性质有关，请同学们预测 $NaClO$ 可能具有的性质，小组讨论，结束后请各小组分享讨论结果 【教师】我发现很多同学都没有想法，我们这几节课出现频率较高的价类二维图，你们用它了吗？ 【学生1】从元素化合价看，$NaClO$ 中 Cl 元素的化合价为+1 价，化合价可以降低，预测其具有氧化性 【追问】所以我们预测 $NaClO$ 具有氧化性的依据是什么呀？ 【学生】氧化还原（元素价态） 【教师】我们再从纵向上看 $NaClO$ 的物质类别，它属于什么？ 【学生2】盐，根据前面分析，次氯酸钠能与盐酸反应生成次氯酸 【教师】对，从物质类别看，$NaClO$ 属于盐，我们想想盐有哪些通性？ 【学生】（沉默） 【讲解】理论上盐能与某些酸反应；某些碱反应；与某些盐反应以及某些金属反应。但是今天的学习我们关注 $NaClO$ 作为盐与酸的反应。根据前面的分析，我们知道 $NaClO$ 可以与酸反应生成次氯酸，次氯酸具有更强的氧化性	改进后的课堂教学无论是氯气与碱反应、次氯酸盐性质的预测，都要求学生交流讨论说明分析依据，这进一步使学生体会价类模型的应用及价值，建立研究物质性质的思路与方法，但是大多数学生只预测次氯酸盐具有氧化性，同时对于含氯物质间的相互转化关系分析仍存在困难



(2) 发现问题： NaClO 中氯元素的化合价只能降低吗？

认识角度是模型中最核心的变量，是学生分析和解决问题的思维基础，在教学过程中绘制和熟记二维图并不是教学的目的，让学生基于二维图，建立类别和价态这 2 个认识物质性质的角度，才是最有价值的。^①改进后的教学将基于物质类别和元素价态预测物质性质的教学环节外显，将发现认识角度的活动交还给学生，主动建立认识角度。然而，学生基于元素价态预测 NaClO 的化学性质进阶关注其价态降低表现氧化性， NaClO 中氯元素的化合价只能降低吗？元素价态是否可以升高表现为还原性呢？

(3) 分析问题：“思维定势”的影响

思维定势，也称惯性思维，是由先前的活动而造成的对活动的特殊的心理准备状态，或活动的倾向性。基于此进一步分析学生课堂教学表现继续改进教学。虽然学生从价类视角对次氯酸盐的性质进行预测，但在基于元素价态分析性质时只说明次氯酸盐具有氧化性，未提及它也具有还原性。次氯酸盐中氯元素的化合价为+1价，既可升高也可低，因此既具有氧化性也具有还原性。而在前面课时教学中强调的氯气、次氯酸都具有氧化性，而忽略了它们同时也是具有还原性的，只是在反应过程中氯元素的得电子能力较强，通常表现为氧化性。因此，从元素价态分析物质性质时学生思考的角度是不全面的，还需进一步认识次氯酸盐的还原性。

与此同时，在任务 3 教学过程有学生提出“在价类二维图中对应标出物质有何作用作用，是像前面预测次氯酸盐性质时那样吗”，虽然本单元教学中一直强调模型的构建、应用及完善，虽然学生能够初步从价类视角分析预测物质性质，但是对于模型要素及要素间关联的理解仍不够深入（图 5.16），还未真正体会到模型在化学学习中的应用价值。

^① 王磊,郭晓丽,王澜,等. 元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学 1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J]. 化学教育,2015,36(05):15-21.

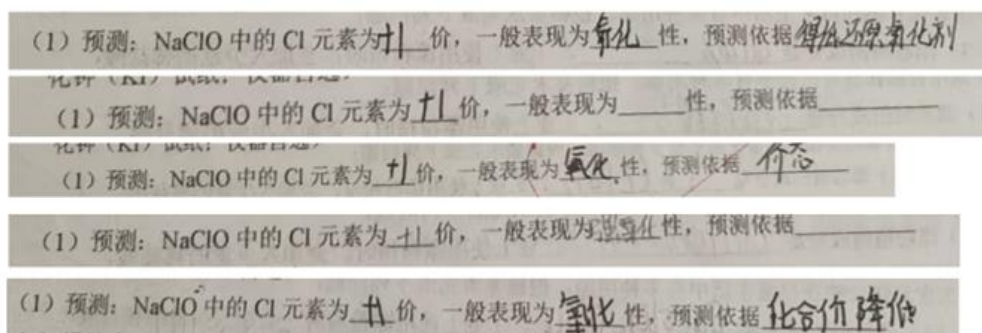


图 5.16 导学案 3 部分作答情况

(4) 解决问题: 全面分析物质性质, 感受模型价值

① 基于价态角度全面性分析物质性质

改进后的教学一方面教学中进一步从价态角度分析次氯酸盐的还原性, 提醒学生分析物质性质要全面性考虑元素价态的升降; 另一方面准确定位某物质在价类图中的位置, 从价态和类别角度认识物质性质的多样性, 建立价类要素间的关联性。另外, 学生对模型的理解与应用不仅需要时间的内化, 也需要在之后的教学中不断的渗透模型这一思维方法, 感受模型对于解决化学实际问题的价值。

② 增加实验方案设计活动验证性质

本课时教学只是预测次氯酸盐的性质, 并未让学生去设计实验验证预测, 为进一步体现单元教学内容的层级进阶性以及学生应用实践类能力的发展, 在预测次氯酸盐性质之后尝试增加实验方案设计环节。一是提升了预测环节的开放性, 尝试让学生基于自己的认识先去预测, 诊断学生有无价类角度; 二是注重实验探究, 通过提供一定的实验用品引导学生对相对陌生物质性质进行验证, 进一步应用研究物质性质思路模型设计实验方案对相对陌生物质的性质进行验证, 促进学生思维能力的进阶发展。

(四) 第 4 课时: 应用价类二维图和修正气体制备的思路模型

第 4 课时教学应用价类二维模型分析制备氯气的途径, 基于制备原理、装置等一系列分析建构气体制备思路模型。

1. 第 4 课时的初次实践

11 月 4 日在高一 4 班实施第 4 课时教学, 与 C 教师合作也给我一个非常好的学习机会, 接下来继续与 C 教师探讨教学实践中存在的问题。

(1) 教学实施过程: 基于已有认知分析氯气制备的原理和装置

教学实施过程	观察与分析
【引入】氯气是一种重要的化工原料，我们应该如何获得氯气呢？ 【活动】基于价类二维图，分析制取氯气有哪些途径？ 【思考】氯气的工业制备需要考虑什么？在工业上制取氯气应选择什么原料？如果在实验室制备氯气，需要考虑什么？ 【讲解】实验室制取氯气仍沿用舍勒的方法：$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$，请同学们写出该反应的离子方程式，并用双线桥法分析反应	学生不能主动基于价类二维图分析氯气的制备途径，可能学生对其内化还需要时间 也有学生不能够正确书写实验室制取氯气的离子方程式，如将“MnO_2”进行拆解
【思考】以上制取气体的3种装置有什么特点？沿用舍勒的方法实验室制取氯气选择哪一套装置？主要考虑哪些因素？ 【提问】氯气用什么方法收集呢？应从哪些方面考虑？ 【思考】若要求得到纯净干燥的氯气，上述方法可能含有哪些杂质？ 【追问】如果要除去杂质得到纯净的氯气，需要增加哪些装置？ 【问题1】如何除去 $\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})$？ 【学生】浓硫酸 【问题2】如何除去 $\text{Cl}_2(\text{HCl})$？ 【讲解】基于气体性质考虑，从溶解性看，HCl 极易溶于水（1:500），Cl_2 能溶于水（1:2），所以要除去 $\text{Cl}_2(\text{HCl})$ 用水溶解 HCl，选择洗气装置，长进短出，但是 Cl_2 会损失一些，所以选择饱和食盐水除去 $\text{Cl}_2(\text{HCl})$。因为 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$，该反应为可逆，饱和食盐水中 Cl^- 浓度很高，使该反应向逆向移动，就会减弱氯气与水的反应。因此使用饱和食盐水一是除去 HCl 气体，二是降低氯气在水中的溶解度，减少 Cl_2 损失 【思考】除杂的顺序如何？ 【学生】先饱和食盐水后浓硫酸 【提问】在设计实验室制取气体的装置时，除考虑发生装置、收集装置以及在除杂装置（如需要）外，还需考虑什么？ 【学生】尾气处理 【展示】实验室制备氯气的完整装置	虽然对于氯气实验室制备的装置选择方面是在初中所学 O_2、CO_2 等气体制备的基础上分析的，但是在这里要引导学生为什么要选择这套装置，依据是什么等，使学生从理论层面去认识。但是在教学过程中发现在学习之前学生“个人模型”暴露不充分
【活动】如何确定一个体系（溶液）中有没有 Cl^- 存在，大家能否应用	

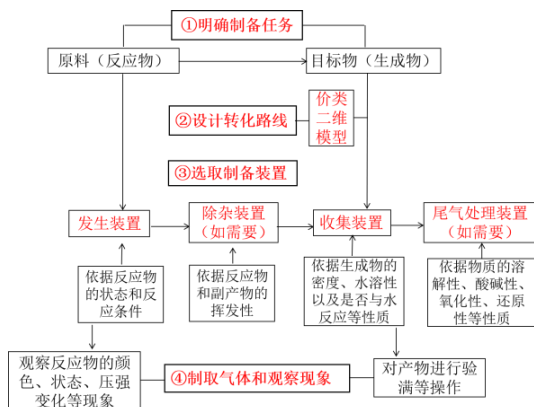
初中所学的知识提供一下思路？（用 AgNO_3 溶液，看是否有白色沉淀 AgCl 生成）

【播放实验视频】 Cl^- 的检验

【讲解】原理： $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$

方法：往待测液中加入稀硝酸溶液，产生白色沉淀，然后再加入少量稀硝酸，沉淀不溶解，则可说明溶液中含有氯离子

【小结】思维建模——实验室制备气体的思路模型



学习完整节课后的总结环节，学生的思维仍旧停留在“发生装置—收集装置—除杂装置—尾气处理装置”层面

（2）发现问题

问题 1：如何应用价类模型分析制备途径？

学生应用价类二维模型分析氯气的制取途径主要有三种情况（图 5.17），一是完全没有思考的角度，二是知道制取氯气的具体反应，但是对于选取试剂角度不明确，三是可以单角度的思考，如前面课时学习中强调含氯物质的强氧化性，所以选择 HClO 、 KClO_3 等高价态物质制取氯气需加入还原剂。由此可见，学生仍不能熟练的应用价类模型解决简单化学问题。那么，在教学中如何引导学生正确应用价类二维模型分析氯气制备的途径？

一、氯气的实验室制备

1. 制备原理

【交流与讨论】请同学们根据氯元素的价类二维模型，分析制取氯气有哪些途径？可以选择哪些含氯试剂？

解： KClO_3 、 HClO 、 HCl 加入还原剂

（1）实验室制备氯气仍沿用舍勒的方法，即 MnO_2 和浓盐酸加热反应制取氯气，反应的化学方程式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，离子方程式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

（2）原理：利用强氧化剂氧化浓盐酸中的 Cl^- 生成 Cl_2 ，该反应中 MnO_2 为氧化剂， HCl 为还原剂，并且该实验还体现了浓盐酸的还原性。

图 5.17 “原理分析”环节导学案部分完成情况（a）

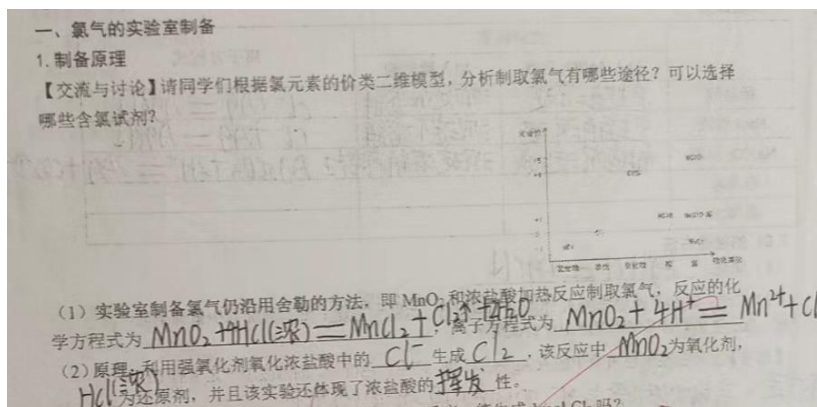


图 5.17 “原理分析”环节导学案部分完成情况 (b)

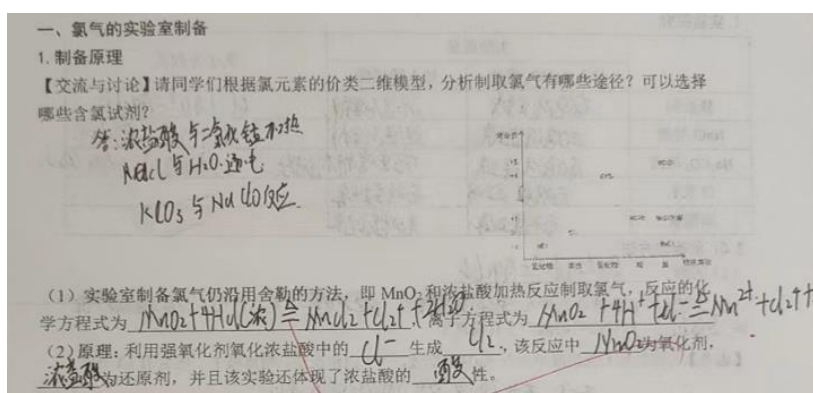


图 5.17 “原理分析”环节导学案部分完成情况 (c)

问题 2：如何处理已有简单制备思路与氯气制备思路的关系？

在方法总结环节中大多数学生没有制备氯气思路方法，其思维仍处于初中所学 O_2 、 CO_2 等气体的制备（图 5.18），即遵循“发生装置—收集装置—除杂装置—尾气处理装置”过程。那么，本节课需建立的制备气体思路模型与学生已有制备思路的区别是什么？如何处理两者之间的联系？基于哪些要素引导学生建立气体制备思路模型？

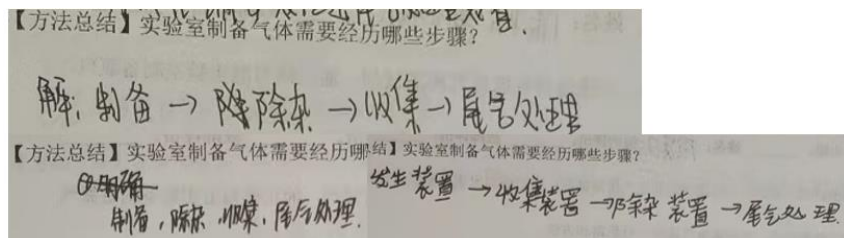


图 5.18 “思路总结”环节导学案部分完成情况

(3) 分析问题：基于建模理论、策略分析模型的应用与建构

在对已有模型进行评价之后，即所构建的模型是否对应建模的目的以及该问

题情境,如果结果与目标差别太大,则需要重新构建或选择模型;如果只有部分不一致,则对其进行修正;如果完全符合,模型则可以应用。^①而学生已有制备气体的简单认识思路是所建构的气体制备模型的基础,需要在其基础上进一步去衍生,因此本节教学通过氯气制备方法的学习修正学生已有思路模型,建构气体制备思路模型。同时结合基于模型建构教学模式的策略部分进一步分析教学。

①价类模型应用过程缺乏深度讨论

虽然经过前面课时的教学改进师生间的对话交流更多指向思路方法,但是刚开始课堂教学氛围就比较低沉,没有充分发挥小组互动协助学习。一学生思维的改变需要长期的影响与干预;二本节是早晨第一节课,窗户外面黑漆漆一片,学生的学习状态不是太好;三缺乏合作学习意识,比起讨论交流更倾向于单打独斗,在学习中独立思考固然重要,但小组间互助学习听取别人意见对于思路的启发也更为重要。

②建模过程缺乏拓展性内容支持

C教师建议,“我觉得在除杂顺序干燥那里把常见的干燥管这些介绍一下,今天有个学生来问我的题就是干燥管气体流动方向的,那个学生还是学习比较好的,我想其他学生可能也不太知道,所以有必要说一下。除此之外,在尾气处理装置那里把防倒吸的方法也都说一下,虽然在这里将比较综合,先初步让学生有个印象,我们学生基础不太好,强调的多了他们也就记住了。”确实如此,整节课的教学按照氯气制备原理以及装置选择进行分析,主要原因是教学设计前考虑到学生已有基础而对于其他拓展性内容涉及较少,但是试题多考查学生随机应变、思维能力,而本节教学缺乏拓展性知识支持制备模型的建构,因此有必要再增加一些拓展性内容,如在除去 Cl_2 (H_2O) 教学中向学生介绍常见干燥剂装置等、尾气处理装置除常见的“倒置漏斗式”外等。

(4) 解决问题:基于已有思路修正气体制备模型

①引入回顾旧知以建立认知冲突

针对学生对制备气体思路模型总结仍停留在简单的“流程式”装置分析层面,改进后的教学开始先让学生根据已有制备气体的思路分析氯气的实验室制法,最后对比总结建立实验室制备气体的一般思路模型。这样对比性的学习使学生认识到先前所学内容的局限性,在此基础上不断修正个人模型,使学生的思维进一步得到升华。

②展开有关价类模型的深度讨论活动

在学习完本单元教学应初步具有解决元素及其化合物相关问题的视角与思路,

^① 张晋,毕华林. 模型建构与建模教学的理论分析[J]. 化学教育(中英文),2017,38(13):27-32.

这需要进行价、类要素的功能化教学以及交流讨论、总结梳理等活动的开展。因此针对学生不能够自主应用价类模型分析氯气的制备问题，在应用价类模型环节可充分发挥小组合作学习优势，让不同学习层次的学生都加入到讨论之中，鼓励每个学生多发言，同时教师也要设计层次性、反映思路方法的问题引导学生思考，这样在应用价类模型解决相关问题的过程中实现学生思维的深度参与。

③增加拓展性内容支持建模过程

改进后的教学对要素下的具体知识内容做进一步拓展来丰富学生的认知。一是在制备原理教学增加了应用价类模型分析氯气制备的转化路线，如 $2\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{MnO}_2 = 2\text{NaHSO}_4 + \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2\uparrow$ 等；二是介绍了常见干燥剂类型、装置示意图及气体流动方向；三是对“倒置漏斗式”的尾气改进装置的各种变式装置进一步补充说明，具体如图 5.19 所示。

氯气的制备

【问题1】 如何除去 Cl_2 (HCl) ? 饱和食盐水

一是除去 HCl 气体，二是降低氯气在水中的溶解度，减少 Cl_2 损失

【问题2】 如何除去 Cl_2 (H_2O) ? 酸性干燥剂，如浓硫酸等

盛装干燥剂状态	液体干燥剂	固体干燥剂
装置示意图	 洗气瓶	 U形干燥管  球形干燥管
气体流动方向	长管进，短管出	U形干燥管，进气和出气没有区别；球形干燥管应该大口进气，小口出气（在干燥管的进口气口都要塞一团棉花，防止干燥剂流动）

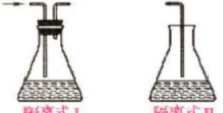
· 装置分析

图 5.19 改进后教学中增加的部分内容（a）

氯气的制备

【讨论2】 Cl_2 和 NaOH 反应快速， Cl_2 吸收的速率快，因此尾气吸收装置中容易产生倒吸现象，那么尾气吸收装置如何改进？

隔离式



隔离式 I 隔离式 II

导气管末端不插入液体中，导气管与液体呈隔离状态

倒置漏斗式和肚容式



由于漏斗容积较大，当液体进入漏斗内时，烧杯中液面显著下降而低于漏斗口，液体又流落到烧杯中

接收式



使用较大容积的容器将可能倒吸来的液体接收，防止进入前段装置

· 装置分析

图 5.19 改进后教学中增加的部分内容（b）

④其他改进内容——基于制备气体要素调整部分教学顺序

基于制备气体模型要素分析氯气的实验室制备过程中一些教学片段与学生的认知顺序相反，所以对某些内容进行了调整，主要是将两个讨论活动“如何检验氯气已经集满”“尾气处理装置如何改进”放在整个实验装置分析之后。这样调整是在原理、装置（发生、收集、尾气处理及除杂装置）分析之后的综合性讨论活动，促进学生思维能力的进阶性发展。

2.第4课时改进后的再次实践

11月5日在高一1班实施改进后第4课时教学，课后继续与C教师讨论教学中存在的问题。

（1）教学实施过程：基于要素对比分析氯气的制备

在本课时改进后的教学实施过程只展示“基于已有认知引入教学，建立认知冲突”的教学片段。

教学实施过程	观察与分析
【引入】氯气是一种重要的化工原料，我们应该如何获得氯气呢？首先请同学们根据初中所学的 O_2、CO_2 等气体的制备，讨论实验室制取气体的一般思路和方法？ 【学生】发生装置、收集装置或选择实验药品或除杂装置 【教师】那么今天我们的任务是制备氯气，我们首先要干什么？ 【学生】选择发生装置或写化学方程式或看反应需要的原料和条件 【教师】对，有同学说寻找制备气体所需的原料和条件。首先我们要明确制备任务，也就是我们的目标是制备氯气，我们就要寻找制备氯气所需的原料和条件，请同学们基于价类二维图，小组讨论并得出制备氯气的途径，并说明依据 ……	改进后的再次实践教学中注重基于已有认知分析氯气的实验室制法，认识已有思路的局限性，主动修正并建构适用本阶段学习的实验室制备气体思路模型，但是通过观察课堂表现活动学生的思维仍聚焦于装置的分析，忽略考虑氯气制备方法路径的选择等方面

（2）发现问题：如何引导学生建立“设计转化路线”要素？

本课时教学注重基于已有认知分析氯气的实验室制法，认识已有思路的局限性，主动修正并建构适用本阶段学习的实验室制备气体思路模型，但是通过设计教学前后制备气体思路的对比（图 5.20），学生的课堂表现活动其思维仍聚焦于装置的分析，忽略考虑氯气制备方法路径的选择等方面。那么在教学中如何引导学生基于价类二维图设计转化路线？

氯气的制备



请同学们根据初中所学的 O_2 、 CO_2 等气体的制备，讨论**实验室制取气体的一般思路和方法**？

发生装置——收集装置——除杂装置——尾气处理装置

图 5.20 教学前制备气体思路 (a)

小结

实验室制取气体的一般思路

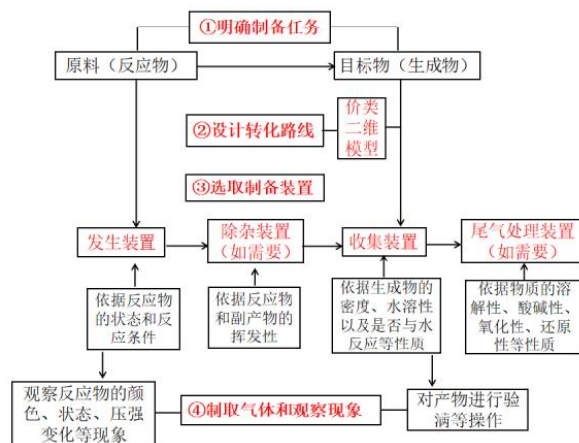


图 5.20 教学后制备气体思路 (b)

(3) 分析问题：忽略模型评价类活动的开展

在整个教学过程中有关模型评价类的活动甚少，缺乏对已有认知模型局限性的分析，对学生现有认知思路的“依赖性”不强，脱离已有认知分析氯气的实验室制备，导致部分学生的思维仍停留于装置层面分析，如对于实验室制备气体需要考虑哪些要素，有回答“检验装置气密性”“根据反应物状态选择仪器”、也有回答“选择原料”。同时通过文本性资料分析部分学生对制备装置的认识也是片面化的，如对于选择反应装置的依据或是没有任何说明、或是根据给出装置分析，没有考虑到根据反应物状态、条件等（图 5.21）。分析原因，一教学过程中学生已有思路模型暴露不充分，缺乏修正前后模型各要素的对比分析；二学生的模型意识仍然薄弱，修正模型过程没有明确凸显头脑中已有的认知模型；三学生的学习态度敷衍，导学案中没有导引性的开放性题目部分学生没有作答。

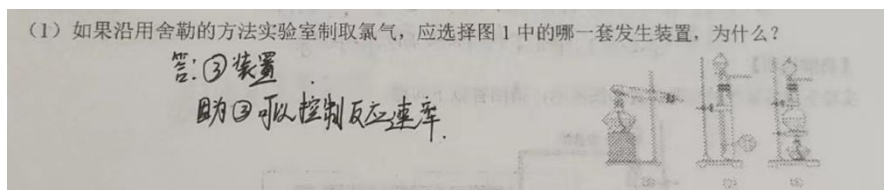


图 5.21 导学案“装置选择”学生作答情况 (a)

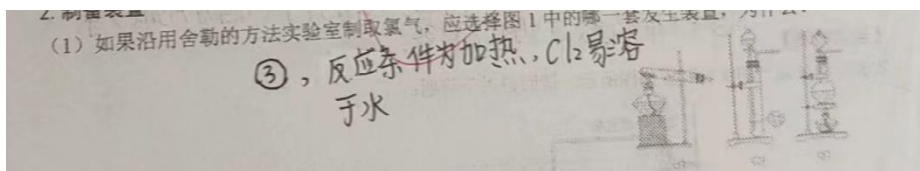


图 5.21 导学案“装置选择”学生作答情况 (b)

(4) 解决问题：开展模型评价活动，明确修正要素

①重视模型间对比评价活动的设计

建模可以让学生形成分析解决问题的思路，沿着学生已有的认知思路思考氯气的实验室制备第一步是什么？要用什么物质来制取氯气？如何寻找制备氯气所需的原料和条件？这样一系列的问题抛出之后引起学生的认知冲突，自己头脑中已有的制备气体思路是存在局限性的。在此过程中将各要素与学生的已有认知进行对比分析，注重模型评价类活动的开展，学生言语表达局限的方面以改变现有的模型，构建适用于本阶段学习的实验室制备气体认知模型。

②明确教学过程模型修正要点

教学过程中当学生意识到已有认知的局限性时，教师要进一步引导学生明确不足之处的具体表现，指出应从哪些方面进行修正完善。因此针对气体制备思路忽略原理分析层面的问题，让学生明确制备任务，基于价类二维图从原料和目标物之间找出转化的路线，依据“廉价易得”原则选择原料，确定反应原理。之后明确指出这与我们已有的认知思路是有冲突的，在有关气体制备的学习中要明确制备任务，设计转化路线，然后才是选取转化装置。

(五) “氯及其化合物”单元整体教学改进

基于课时教学改进分析梳理整个单元教学内容，从模型要素出发建构价类模型、研究物质性质的思路模型，应用并完善相应的模型，同时也基于已有认知引导学生评价、修正、建构气体制备认知模型，由此形成完整的“氯及其化合物”单元教学设计，目的引导学生认识学习元素及其化合物相关内容的视角与思路，促进学

生模型认知素养发展。改进后的具体教学过程见附录 D。

六、促进学生模型认知素养发展的教学评价与反思

在实施完四课时的教学后,利用氯及其化合物测试题(后测)对高一1班和4班学生进行测试,一是将前测总体结果与后测总体结果进行对比分析,比较学生在教学前后模型认知素养发展水平的发展情况,二是将1班和4班的后测结果进行对比分析,比较学生在教学改进前后模型认知素养的发展情况,同时结合授课教师的访谈以及笔者自身反思分析教学实践效果,从而为教学改进提供充分的证据支持。

(一) 教学评价

2022年11月7日,利用学生自习时间对高一年级的102名学生(1班52人,4班50人)发放氯及其化合物测试题(后测)进行测试,测试时间为40分钟,共回收有效问卷102份,回收率为100%。表6.1呈现了Rasch模型转化后的各水平难度范围值,以此作为分析学生模型认知素养水平的判断标准,在结合学生的能力值,则判断学生所处的模型认知素养的发展水平。

表 6.1 测评工具(前测)不同水平的难度范围表

水平	0	1	2	3
难度值	<-1.00	-1.00~-0.08	-0.08~0.51	0.51~1.23

1.教学前后模型认知素养发展水平分析

根据已确定的模型认知素养水平,对所测试的102名学生的测试结果做总体水平统计,结果如表6.2所示。

表 6.2 学生模型认知素养总体水平统计表

被试	最高 能力值	最低 能力值	平均 能力值	标准差	Infit		Outfit	
					MNSQ	ZSTD	MNS Q	ZSTD
学生	2.91	-1.10	0.05	0.31	0.96	-0.2	1.02	-0.0.1

由表6.2可知,所测样本的平均能力值为0.05,处于-0.08~0.51的范围内,说明高一学生模型认知素养整体处于水平2“应用模型”,但数据靠近水平1“认识模型”。表明实施完氯及其化合物教学实践后学生能基于物质类别和元素价态视角

说明论证物质的相关性质，其模型认知素养水平从接近水平 1 发展为接近水平 2，这也表明基于模型建构的单元教学实践不仅拓展了学生对元素及其化合物的认识角度，其相应的学科能力水平也有所提升。其中，最高能力值为 2.91，处于水平 3 “迁移模型”，最低能力值为-1.10，未达水平 1，这一结果表明学生的氯及其化合物模型认知素养水平差距较大。

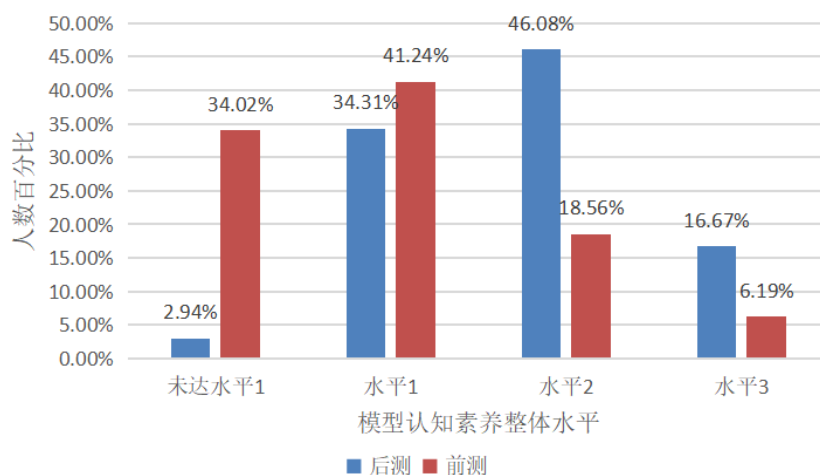


图 6.1 模型认知素养各水平前后测人数百分比对比图

为了解所测试学生在各水平的人数分布情况，对前后测各水平的人数进行了对比统计，如图 6.1 所示。在后测中，约 34.31%的学生模型认知素养处于水平 1 “理解模型”，表明部分学生能初步建立物质类别、元素价态要素与物质性质间的联系，能物质性质与化学事实之间进行关联匹配；约 46.08%的学生处于水平 2 “应用模型”，这表明部分学生能基于物质类别和元素价态角度分析解释某些化学问题或现象，但是基于要素关联预测物质性质，并设计设计实验验证预测的人数较少；约 16.67%的学生处于水平 3 “迁移模型”，这表明高一学生的模型思维还未完全建立，认识方式偏物质类别或元素价态单一角度，高水平的模型认识素养的认识还较少。然而，同前测相比，后测学生各水平都有相当明显的增幅，其中未达水平 1（34.02%降低至 2.94%），水平 2（18.56%发展至 46.08%），水平 3（6.19%发展至 16.67%）三个水平的增幅比较明显，涨幅超过了 10%。

2. 教学改进前后模型认知素养发展水平分析

对高一 1 班和 4 班后测结果分别做水平统计，如表 6.3 所示，1 班学生平均能力值为 0.26，4 班平均能力值为-0.02，虽然处于-0.08~0.51 的范围内，但 1 班学生“应用模型”水平的平均能力值大于 4 班的。其中，4 班学生最高能力值为 1.61，最低能力值为-1.23，1 班学生最高能力值为 3.26，最低能力值为-1.15，这一结果表

明教学改进前后学生的氯及其化合物模型认知素养水平差距仍旧较大。总体来看,通过基于模型建构的氯及其化合物单元教学行动改进,1班学生模型认知素养发展水平高于4班,教学改进效果良好。

表 6.3 学生模型认知素养水平后测统计表

被试	最高能力值	最低能力值	平均能力值	标准差	Infit		Outfit	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
学生(4班)	1.61	-1.23	-0.02	0.27	0.96	-0.2	1.08	0.1
学生(1班)	3.26	-1.15	0.26	0.35	1.00	-0.2	1.03	0.1

为了解所测试高一1班和4班学生在各水平的人数分布情况,对两个班级的各水平人数进行对比统计,如图6.2所示。4班有54%学生处于水平1“理解模型”,24%处于水平2“应用模型”,10%处于水平3“迁移模型”,而1班有32.69%学生处于水平1,30.77%处于水平2,28.85%处于水平3,由此可以看出1班学生模型认知素养水平分布比较均匀,而4班学生大多数处于理解模型水平,即能从物质类别和元素价态等要素初步认识预测物质性质的价类模型。其中1班(7.80%)和4班(12%)都有一小部分学生模型认知素养未达水平1,在后续教学中还需进一步强化模型意识,从物质类别、元素价态等视角引导学生认识物质性质,建立研究物质性质的思维模型。

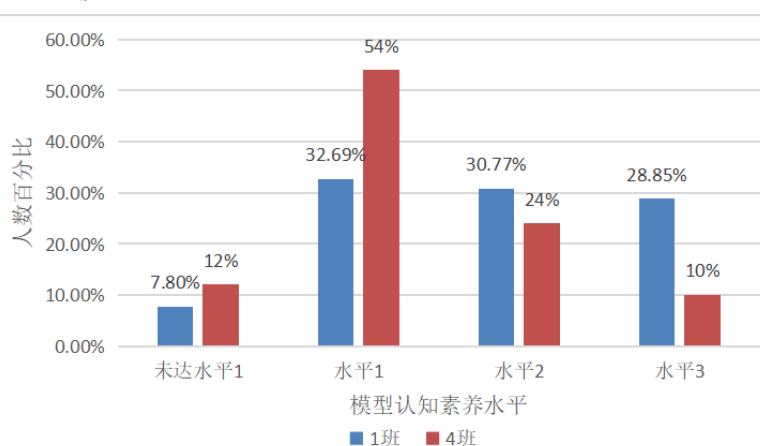


图 6.2 模型认知素养各水平后测 1 班和 4 班人数百分比对比图

3.教学改进前后模型认知素养各水平中项目的作答分析

为进一步了解1班和4班学生在教学改进前后不同项目上的作答情况,对各水平中每个项目的测试情况进行统计,统计分析见表6.4、6.5、6.6,从而明确高一

学生在各个水平试题项目作答中存在的学习障碍点及掌握程度，便于后续提供针对性建模教学建议。

表 6.4 水平 1 测试题项目作答情况统计（后测）

项目	得分		频率		百分比		均值		标准差		Sig（双尾）	
	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班
Q5.1	0	0	5	4	10%	8%	2.56	1.98	0.138	0.203	0.000	0.000
	1	1	4	2	8%	4%						
	2		8		16%							
	3	3	43	36	83%	72%						
Q6.2	0	0	4	11	8%	22%	2.77	2.52	0.112	0.129	0.000	0.000
	3	3	48	38	92%	78%						
Q3.2	0	0	5	17	10%	34%	2.71	2.10	0.124	0.196	0.000	0.000
	3	3	47	33	90%	66%						
Q4	0	0	6	15	12%	30%	2.65	2.10	0.134	0.196	0.000	0.000
	3	3	46	35	88%	70%						
Q1	0	0	17	17	33%	34%	2.02	1.98	0.197	0.203	0.000	0.000
	3	3	35	33	67%	66%						

由表 6.4 可知，水平 1“理解模型”中包含 5 道试题，试题形式大多为选择题，试题项目满分皆为 3 分；Q5.1 为填空题，试题项目得分情况为 0、1、2、3。整体来看，1 班学生作答为满分的频次或百分比较 4 班高。5 道试题中作答情况最好的为 Q6.2，其出现最大均值 1 班和 4 班分别为 2.77 和 2.52，分别有 92%和 78%的样本学生作答正确，该试题主要通过填空题的形式考查学生能否正确书写氯气与次氯酸钙反应的化学方程式，1 班学生掌握较好，4 班学生还有待进一步加强化学方程式的书写。相比较来说 Q1 题目均值稍低为 2.02 和 1.98，1 班和 4 班学生作答情况差不多，该试题主要以选择题形式考查物质性质与其保存间的关联。

Q5.1 要求填空氯气中有关氯元素化合价和物质类别，1 班和 4 班分别有 10%和 8%的学生没有物质类别和元素价态视角，8%和 4%仅仅知道氯气的物质类别，对氯元素的化合价判断存在困难，4 班有 16%仅仅知道氯元素的化合价，对于其物质类别的认知存在困惑，而分别有 83%和 72%学生既能从物质类别又能从元素价态分析氯气。Q4 要求学生补充完善氯元素的价类二维图，1 班和 4 班仍然有 12%

和 30%对于物质类别和元素价态间的关联性认知存在困惑。

表 6.5 水平 2 测试题项目作答情况统计（后测）

项目	得分		频率		百分比		均值		标准差		Sig（双尾）	
	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班
Q2	0	0	26	27	50%	54%	1.50	1.38	0.197	0.214	0.000	0.000
	3	3	26	23	50%	46%						
Q3.1	0	0	23	24	44%	48%	1.62	1.56	0.206	0.214	0.000	0.000
	1		1		2%							
	2		1		2%							
	3	3	27	26	52%	52%						
	0	0	22	15	42%	30%						
Q5.3	1	1	11	15	21%	30%	1.06	1.10	0.149	0.119	0.000	0.000
	2	2	13	20	25%	40%						
	3		6		12%							
Q7	0	0	19	20	37%	40%	0.98	0.88	0.130	0.130	0.000	0.000
	1	1	20	20	38%	40%						
	2	2	8	6	15%	12%						
	3	3	5	4	10%	8%						

由表 6.5 可知，水平 2“应用模型”中包含 4 道试题，试题形式大多为填空题，试题项目得分情况为 0、1、2、3，Q2 为选择题，试题项目满分皆为 3 分。整体来看，除 Q3.1 两个班级满分的频次或百分比相等外，其他项目 1 班满分的人数稍多于 4 班。4 道试题中作答情况最好的是 Q3.1，1 班和 4 班出现最大均值分别为 1.62 和 1.56，都有 52%的样本学生作答正确，该试题主要通过填空题的形式要求判断氯气通入紫色石蕊溶液中的现象，并解释原因，两班学生都不能较好的基于价类二维模型分析解释生产或生活中的问题。相比较来说 Q7 试题 1 班和 4 班的均值分别为 0.98 和 0.88，该试题主要考查氯气的实验室制备，诊断学生对制备气体思维模型的掌握，1 班和 4 班分别有 10%和 8%学生作答正确，53%和 52%能对部分试题进行作答，而有 37%和 40%学生没有作答角度，由此可见两班学生对制备气体思维模型的掌握不好。

Q5.3 试题考查学生能否基于价类二维模型推断预测物质的性质或反应, 1 班有 12% 学生能正确的预测氯气具有的化学性质, 并说出相应的依据, 4 班有 70% 学生能从单一角度预测氯气的性质, 而 1 班只有 46%。1 班和 4 班分别有 42% 和 30% 学生没有任何预测角度。从均值看, 1 班和 4 班分别为 1.06 和 1.10, 4 班虽稍高于 1 班, 但是两个班学生对预测物质性质的角度掌握不好, 在后续教学中还需进一步引导学生提炼具体知识内容所含有的思路与方法。

表 6.6 水平 3 测试题项目作答情况统计 (后测)

项目	得分		频率		百分比		均值		标准差		Sig (双尾)	
	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班	1 班	4 班
Q8.1	0	0	21	25	40%	48%	1.19	0.96	0.179	0.173	0.000	0.000
	1	1	12	11	32%	26%						
	2	2	7	5	4%	2%						
	3	3	12	9	25%	24%						
Q8.2	0	0	32	40	79%	80%	0.77	0.56	0.127	0.165	0.002	0.001
	1	1	4	1	8%	2%						
	2		3		6%							
	3	3	10	9	8%	18%						
Q6.1	0	0	33	27	63%	54%	0.81	0.94	0.160	0.180	0.000	0.000
	1	1	3	7	6%	14%						
	2	2	9	8	17%	8%						
	3	3	7	8	13%	24%						
Q6.3	0	0	41	43	79%	86%	0.38	0.28	0.117	0.165	0.002	0.009
	1	1	5	1	10%	2%						
	2		3		6%							
	3	3	3	6	6%	12%						

由表 6.6 可知, 水平 3 “迁移模型” 中包含 4 道试题, 试题形式为填空题或简答题, 试题项目得分情况为 0、1、2、3。整体来看, 1 班各项目满分的频次或百分比是大于 4 班的, 但是在三个水平中得分均值最低, 样本学生对该水平试题项目掌握程度较差。4 道试题中作答情况最好的是 Q8.1, 主要考查学生能否基于研究物

质性质的思路方法对相对陌生现象进行理论预测,可以看出 1 班和 4 班出现最大均值分别为 1.19 和 0.96, 分别有 25%和 24%的样本学生作答正确,有 36%和 28%学生只能从单一角度分析, 40%和 48%没有任何分析角度。相比较来看 Q6.3 试题作答均值最低, 1 班和 4 班分别为 0.38 和 0.28, 该试题主要以简答题形式考查学生能否基于所解答相关问题提炼认识角度与方法, 1 班和 4 班分别有 6%和 12%学生能够从物质性质角度入手对解决问题的思路方法进行提炼, 但是 4 本学生存在几份答案一样的问题, 分别有 16%和 2%的学生简单的进行总结, 79%和 86%学生不能够对思路方法进行提炼, 由此可见学生仍比较注重对知识的简单学习, 忽略思路方法的提炼, 后续教学还需进一步引导学生从知识学习向方法思维层面的过渡。

(二) 教学反思

在整个教学改进过程中, 笔者与授课教师一起交流讨论教学中存在的问题, 感受学生在氯及其化合物单元教学中变化以及与一线教师合作研究的过程, 在有所收获的同时也对教学改进过程进行整体性反思。

1. 注重师生对话追问, 细化与凸显模型要素

在第 1 课时教学中学生已初步形成预测物质性质的结构、价类视角, 但在教学改进前后的反思中都提到学生对模型各要素的认识不够深入。而模型的建立需要在对模型各要素充分理解的基础上将各要素进行关联, 因此在之后的课时教学中引导学生在初步整体认识各类模型的基础上, 应用所构建的模型解决实际化学问题, 通过对话追问活动进一步细化研究物质性质模型各要素和预测物质性质各视角。如在第 2 课时“探究氯气与水是否发生了化学反应”教学中对研究物质性质模型各要素进行拆分, 基于各要素分析解决问题的同时进一步补充完善模型, 凸显元素价态视角, 在这一过程中要充分体现师生有效的对话追问活动, 暴露学生自己头脑中建构的模型。

2. 关注各类含氯物质, 补充完善价类模型

在第 1 课时教学中虽然通过预测氯气的氧化性初步建构氯元素的构-价-类模型, 但学生对此类模型的认识还是比较陌生的, 且填充物质仅仅有 Cl_2 、 HCl 以及 -1 价的氯盐, 对相关含氯物质的认识有限, 因此在之后的课时教学中关注各类含氯物质, 如 HClO 、 ClO_2 、 NaClO 等, 引导学生从物质类别和元素价态角度对所学物质进行分析, 并指出该物质在价类二维图中所处位置进一步补充完善价类二维图, 这样学生在学习完氯及其化合物单元教学后能整体性认识价类模型, 初步应用

价类模型分析物质性质。除此之外，对于各课时教学中没有涉及到的含氯物质，师生共同补充完善，如学生比较熟悉的 KClO_3 ，以及其他相对陌生的 ClO_4 、 HClO_4 等。

3.融合具体知识内容，应用模型各要素

基于模型要素视角，通过分析具体的学科知识内容抽提模型各要素，初步初步建构价类模型和研究物质性质的思路模型，之后应用模型展开探究性教学进而评价完善模型。但是通过分析前面两课时的实施情况发现在应用模型过程中与具体知识内容的融合性不太好。因此在之后的课时教学中进一步加强具体知识内容与模型要素间的融合，如在第 3 课时的应用思路模型和价类模型探究次氯酸盐的性质教学中将性质与预测要素，碱性、氧化性、还原性与类别、价态要素相结合；在第 4 课时的教学中基于学生头脑中已有的简单的制备气体的思路模型，结合氯气的相关知识修正学生“个人模型”，建立实验室制备气体的思路模型。

4.调整教学活动任务，促进学科能力发展

本单元结合化学学科能力，注重对应设计和突出由易到难、由简单到复杂的进阶性的教学活动任务，主要有学习理解类、应用实践类以及迁移创新类任务，其中第 1 课时教学指向学习理解类任务，第 2 课时教学指向应用实践类任务，第 3、4 课时教学指向应用实践与迁移创新类任务，而不同类型任务的设计关照学生模型认知素养的发展，帮助学生建立研究物质性质的认识角度和思路模型，促进其学科能力的进阶发展。

5.全面分析物质性质，防止惯性思维养成

氯及其化合物单元教学基于物质用途认识身边常见的含氯物质，从结构、价类视角强调氯气的氧化性，应用价类模型分析次氯酸、次氯酸盐等物质具有氧化性，进而建立各类含氯物质的氧化性与用途之间的关联。但是在教学改进实施过程中发现学生从元素价态视角对 ClO_2 、 HClO 、 NaClO 等含氯物质性质分析的过程中仅仅关注其价态降低表现氧化性，忽略这些物质在具有氧化性的同时也具有还原性，这就很容易使学生形成一种惯性思维，看到含氯物质，如 HClO_4 或是 HCl 等就想到它们具有氧化性。因此在应用价类模型分析物质性质过程中引导学生尽可能全面考虑，防止惯性思维养成。

6.关注已有思维模型，对比分析模型各要素

当外界的刺激与已有的认知结构没有冲突时,个体会直接吸收(同化)新内容,从而丰富已有的知识经验;当外界的刺激与已有的认知结构冲突或矛盾时,引起认知的不平衡,个体会选择调整或重组已有的认知结构,从而适应客体^①。例如“氯气的制备”教学前学生头脑中已经有实验室制取气体的装置模型,但是在4班的实施过程中没有将已有模型与欲建构的模型外显化,学生对氯气实验室制法的总结仍然沿用初中 CO_2 、 O_2 等气体制备的简单流程。因此本单元课时教学在基于具体知识内容抽提模型各要素教学中注重引导学生与头脑中已有的思路进行对比分析,同化或顺应新内容,不断修正完善个人模型,进而建构完整或正确的思维认知模型,促进模型认知素养的发展。

① 田园园. 从统觉到同化、顺应:教师课堂教学的价值探讨[J]. 西北成人教育学院学报,2017,(02):5-9.

七、研究结论与建议

开展建模教学是促进学生模型认知素养发展、提高学生建模能力的有效途径,本研究将建模教学与模型认知素养发展相关联展开行动改进研究,基于已有研究构建基于模型建构的单元教学模式,设计促进学生模型认知素养发展的单元整体教学,并进行教学实践与改进,进而分析学生模型认知素养发展水平,为开展建模教学实践提供一定的策略与建议。

(一) 研究结论

1. 基于已有研究构建基于模型建构的单元教学模式

在对化学学科核心素养理念下的单元教学设计内涵、特征、要素等相关理论探讨的基础上,遵循“ADDIE”模型,结合建构、应用、修正、评价模型以及总结建模用模思路五大建模教学要素构建基于模型建构的单元教学模式。一是作为教学设计的理论依据,基于该模式设计模型建构的氯及其化合物单元教学设计;二是作为教学改进的理论依据,基于该模式从教学目标的达成、建模过程的分析、教学策略的应用等方面完成建模教学行动改进研究。

2. 基于 Rasch 模型开发氯及其化合物模型认知素养测评工具

以项目反应理论为测评工具开发的理论基础,在对课程标准中模型认知素养水平重新解构的基础上,结合课程标准、教材中对元素化合物知识内容的具体要求以及王磊等学者基于元素化合物认识模型的理论与实践研究,将解构的模型认知素养水平与元素化合物相关内容进行匹配,确定元素及其化合物模型认知素养水平框架。基于测评框架选取与氯及其化合物教学相关的测试题、编制双向细目表、制定赋分标准,采用单维 Rasch、部分赋分模型,应用 Winsteps4.48 软件对测评工具的信效度进行检验,根据信度、分离度及误差检验工具的信度,利用单维性、被试与项目的对应情况、数据与模型的拟合指标、点-测量相关性来分析工具的效度,最终确定氯及其化合物模型认知素养水平测评工具。

3. 建模教学行动改进能够促进学生模型认知素养的发展

通过前后测整体结果分析,前测学生氯及其化合物模型认知素养刚及水平 1 “理解模型”,对价类二维模型认识模糊、对探究物质性质思路总结无角度、对氯气的实验室制备分析无依据。而实施建模教学后学生模型认知素养水平触及水平 2

“应用模型”，大都能够初步形成研究物质性质的价类视角，部分能够设计实验完成物质的检验、制备等，并总结解决问题的方法与思路。同时通过两个平行班后测结果分析，水平 2 “理解模式” 1 班学生整体模型认知素养水平平均能力值大于 4 班，说明建模单元教学改进效果良好。因此，开展基于模型建构的单元教学实践确实能够促进学生模型认知素养的发展。

（二）教学建议

前后测结果显示建模教学实践能够促进学生模型认知素养的发展，但在之后的元素化合物教学中仍需提高，通过基于模型建构的氯及其化合物单元教学行动改进，总结归纳以下教学策略，帮助教师进一步开展元素化合物建模教学实践，发展学生元素化合物主题的模型认知素养。

1. 基于课标与学情分析，开展建模教学

在与教师访谈中发现其教研组教师虽然知道学习元素及其化合物的价类角度，但是在教学中仅仅提出预测氯气性质的视角或展示氯元素的价类二维图，没有认识到模型在教学中的价值，因此在元素化合物初学阶段不能很好的帮助学生认识价类模型及物质性质探究模型。首先，教师要仔细研读课程标准，准确把握元素化合物教学知识，在教学中渗透模型认知素养的相关理念。其次，结合元素化合物知识内容、学生认知发展特点及前测分析明确氯及其化合物学习障碍点及发展点。在此基础上构建进阶性的单元教学，通过设计辨识记忆、概括关联、说明论证学习任务理解价类模型与研究物质性质的思路模型各要素，设计分析解释、推论预测、简单设计学习任务应用完善各模型。最后，通过分析课标中高度凝练的思路方法，基于学生实际情况凸显元素化合物学习中研究物质性质的一般思路，逐步掌握模型这一学习方法。

2. 注重创设真实情境，感受模型应用

从后测结果看，教学时间后学生整体的元素化合物模型认知素养水平刚处于水平 2 “应用模型”，表明高一学生还没有很好的建立知识内容、思路方法与实际问题之间的联系。而在元素化合物相关试题中大多数试题情境都是基于实际生产生活，但是学生对于贴近现实生活情境感到陌生，真实的情境不仅可以为知识的应用提供环境，也可以提高学生参与互动的积极性。本研究在氯及其化合物教学中以身边常见的含氯物质 84 消毒液、漂白粉等为情境，基于化学史提出问题，引导学生基于证据推理与科学探究多角度分析研究对象，提炼模型各要素、建构模型，并

在真实情境中应用完善模型。因此，在教学中选取真实的问题作为教学情境，启发学生应用各模型分析和解决问题，用化学的视角来分析解释生活中的各种现象，让学生深刻感知模型在解决复杂问题时的功能价值。

3.注重小组合作互动，理解模型要素

通过教学改进及测评结果发现仍有部分学生处于理解模型水平，但4班人数百分比比1班多，说明这部分学生对模型各要素的理解并不透彻，不能很好的基于模型各要素解决简单问题或建立各要素间的关联。有效的课堂教学应注重互动交流的小组合作学习，通过观察学生的课堂活动行为，1班学生小组交流讨论氛围整体比4班好，对模型各要素拆解的理解无论是关联模型要素、还是应用完善模型过程中都具有重要作用，小组内展开讨论说明依据并交流评价，实现了真正意义上的交流与互动，教师在各小组间游走并针对小组存在的问题进行具体的指导，同时在每课时教学中需要学生讨论的问题放在“导学案”上提前发给學生，小组合作前先独立思考，提高小组讨论的效率。

4.重视探究性活动设计，凸显建模过程

面对知识点繁多的元素化合物内容，一味理论知识的讲解无法使学生从思维层面进行建模，而形成研究物质性质的角度与思路对这部分内容的学习具有重要作用。在学习本单元教学之前学生虽然能对 Na_2CO_3 的性质进行“引导式”探究，但是总结探究碳酸钠性质的思路方法时，大多数学生没有任何思考的角度与思路。因此在氯及其化合物前3个课时的教学中设计科学探究类活动，强调学生从结构价类视角对氯气等物质的性质猜想预测，然后设计实验方案验证预测，播放相应的实验视频，最后交流讨论得出结论，总结研究物质性质的一般思路。通过后测分析，在没有任何引导下总结归纳氯气泄漏自救的各种处理方法思路时，部分学生能够对解决问题的思路方法进行提炼。由此可见，价类模型、研究物质性质的思路模型都需基于一定的探究活动建立，并凸显建模过程，在应用模型解决相关问题的过程中进一步评价完善模型。

5.基于建模教学理论，二次开发教材

基于模型建构的教学能使知识结构化和体系化，帮助学生形成解决问题的视角和思路，提升学生的认识和思维水平。在元素化合物的教学中教师可对教材进行二次开发。首先教师在备课时应充分理解教学内容，基于整个元素化合物主题考虑，依据建模教学的相关理论灵活处理教材体系，结合模型各要素对相关内容进行重

排、补充。然后，教师应重视实施完教学后的反思，以此来指导下节课或整体单元的教材开发。其次，教材课后习题中有关方法与思路方面的题目较少，因此在课后习题的相关练习中应适当补充一些与科学方法相对应的题目。最后，积极建立教师间的合作关系，学科组的老师对进行有关资料、网站资源的共享，从科学方法层面参与教材的二次开发。

八、研究反思与展望

（一）研究反思

在本研究在梳理建模教学与模型认知素养相关文献过程中发现已有研究大多是在理论层面上对其进行探讨，或者对中学生的模型认知能力进行了整体性的水平测查（或依附于某一主题），滞留于理论层面的建模教学研究和模型认知素养测评并不能直接解决怎么培养和落实学生的模型认知素养的问题，因此本研究应用行动研究的方法将教师的建模教学和学生的模型认知素养结合在一起进行教学改进研究，基于开发的“氯及其化合物”模型认知素养测评工具探查教学改进前后学生模型认知素养水平的发展。但由于研究能力的有限和研究经验的步骤，本研究仍有一定的局限性。

一是行动改进研究的周期性短，学生模型认知素养的发展是一个缓慢长期的过程，本研究只对“氯及其化合物”单元教学进行了行动改进，虽取得阶段性的教学改进效果，但是学生能否将研究物质性质的思路模型迁移于铁、硫等教学中还需做进一步研究，若想得到更有效的教学改进效果，应延长建模教学行动改进研究的周期性。二是研究者未深入真实建模教学课堂之中，由于受不可控因素的影响，在与同师门农硕进行多次教学设计交流讨论基础上合作开展了“氯及其化合物”单元建模教学实践与改进，虽然通过课堂观察、作业分析以及访谈等方式对教学实施过程进行分析，但研究者自身未深入真实的课堂教学内部，可能对整个课堂教学的氛围、学生的情绪变化等的感触不深入。

（二）研究展望

模型认知素养内涵丰富，包括从化学科学模型和化学认识模型等不同视角诠释，本研究通过开发测评工具探查学生模型认知素养，为高中化学建模教学的开展提供诊断依据。但在后续元素化合物模型认知素养测评研究中还需深入剖析无机化合物内容，紧密结合建模各要素及学生思维能力发展，多视角更全面的建构测评框架。同时基于模型建构的单元教学改进能够帮助学生形成研究物质性质的视角与思路，在之后的教学中能够有更多的教育研究者投身于化学建模教学相关主题的行动改进研究中，探索行之有效的教学设计，为中学化学教师提供建模教学案例。

参考文献

1. 专著

- [1]袁维新. 科学教学通论[M]. 北京: 人民教育出版社, 2013: 324.
- [2]刘知新. 化学教学论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 316.
- [3]王磊等著. 基于学生核心素养的化学学科能力研究[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2020.
- [4]郑长龙著. 核心素养导向的化学教学设计[M]. 北京: 人民教育出版社, 2021: 99.

2. 学位论文

- [1]杨思丽. 化学教学模型建构指导下的问题链教学研究[D]. 西南大学, 2021.
- [2]凌金旺. 模型建构理论下高三化学复习教学设计研究[D]. 西南大学, 2021.
- [3]闫美竹. 基于化学学科核心素养的价类二维模型认知图教学设计应用研究[D]. 西南大学, 2021.
- [4]赖泽薇. 高中生氧化还原反应建模能力调查研究[D]. 广州大学, 2021.
- [5]张静娟. 高中生模型观念对其模型认知水平影响的研究[D]. 曲阜师范大学, 2021.
- [6]王文丹. 基于学科核心素养的化学教师建模教学实践研究[D]. 陕西理工大学, 2021.
- [7]李静. 高一学生离子反应模型认知能力水平的调查研究[D]. 河北师范大学, 2021.
- [8]胡忻瑜. 发展学生“模型认知”素养的单元教学设计与实践研究[D]. 上海师范大学, 2021.
- [9]李宇风. 高中化学学科中模型认知素养的测评研究[D]. 上海师范大学, 2021.
- [10]王科. 发展高中生化学建模能力的教学实践研究[D]. 广西师范大学, 2020.
- [11]李倩. 基于提升学生“模型认知”核心素养的电化学教学研究[D]. 合肥师范学院, 2020.
- [12]刘西子. 基于问题表单的高中生化学知识建模能力的研究[D]. 哈尔滨师范大学, 2020.
- [13]朱雪燕. 应用引导探究式的高中化学建模教学实践研究[D]. 湖南师范大学, 2020.
- [14]张景雪. 高中生化学模型认知能力培养的实践研究[D]. 河南大学, 2020.
- [15]刘丹阳. 高中生“原子结构”模型认知能力的测查研究[D]. 山东师范大学, 2020.
- [16]杨娟. 高中化学教师模型教学信念现状研究[D]. 华中师范大学, 2020.
- [17]鲁静. PCK 视域下职前化学教师模型认知的现状调查及建模教学水平测评研究[D]. 华中师范大学, 2020.
- [18]陈苗雨. 民族地区高中生化学模型认知能力的测评研究[D]. 西南大学, 2020.
- [19]梁丹蕾. 高中生原电池模型认知能力调查研究[D]. 河北师范大学, 2020.
- [20]胡影梅. 高中化学建模教学的研究与实践[D]. 湖南师范大学, 2019.
- [21]康同辉. 高中生化学模型认知能力研究[D]. 沈阳师范大学, 2019.
- [22]张小秋. 高一化学教学中学生模型认知能力培养的实证研究[D]. 重庆师范大学, 2019.
- [23]陈梅梅. 化学模型教学对初中生化学建模能力的影响研究[D]. 华中师范大学, 2019.

- [24]陈驰婷. 高中化学教师对化学模型的课堂应用研究[D]. 上海师范大学, 2019.
- [25]胡晶. 职前化学教师化学建模能力测评研究[D]. 华中师范大学, 2018.
- [26]鲁欢欢. 基于模型建构的“原电池的工作原理”教学研究[D]. 山东师范大学, 2018.
- [27]李凤. 高中生化学建模能力的测评工具开发及应用研究[D]. 华中师范大学, 2017.
- [28]李凡凡. 高二学生化学原电池建模能力的调查研究[D]. 西北师范大学, 2015.
- [29]袁野. 高中生化学问题解决中建模能力的研究[D]. 扬州大学, 2009.
- [30]祖琳. 高中化学“金属及化合物”模型认知与教学实施[D]. 山西师范大学, 2020.
- [31]宋晓彤. 基于模型认知的高中化学教学策略与应用研究[D]. 鲁东大学, 2020.
- [32]李莽娟. 基于模型认知的元素化合物知识的教学设计与实践[D]. 河南师范大学, 2019.
- [33]吴琼. 价一类二维图在元素化合物复习中的应用研究[D]. 华中师范大学, 2017.
- [34]张凤影. 元素化合物认知模型的探索及其教学应用研究[D]. 广西师范大学, 2017.

3. 学术期刊

- [1]孙彤, 王全, 孔思敏, 邹紫微, 范大维, 王磊. 以“位-构-性”模型建构和学科能力发展的必修“原子结构元素周期律”教学设计和实践[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(03): 45-55.
- [2]胡久华, 安鹏, 邢鑫, 沈俊玲. 促进学生化学学科核心素养发展的“铁盐和亚铁盐”的单元教学[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(01): 36-41.
- [3]李艳灵, 梁丹蕾, 阮北, 李川, 刘敬华. 高中生原电池模型认知能力测评工具开发及其应用研究[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(19): 56-62.
- [4]秦林, 胡久华, 支梅, 徐敏, 尚荣荣. 促进学生有机化合物结构认识方式发展的模型搭建活动教学研究[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(23): 62-69.
- [5]朱如琴. 基于证据推理与模型认知的主题式复习——以“水的主题式复习”为例[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(21): 41-46.
- [6]上官庆景, 阮雪丹. 基于元素化合物认识模型的单元教学设计实践探索——以“铁及其化合物”单元教学为例[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(19): 69-74.
- [7]朱如琴. “证据推理与模型认知”素养下的主题式复习与反思——以“二氧化碳的主题式复习”为例[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(11): 34-40.
- [8]于志民, 何鹏, 李婷婷. 基于课程标准的科学建模能力试题开发与检验研究[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(09): 12-21.
- [9]邓峰, 储独俊, 董娟, 李培桐. 化学教师模型认识与模型教学观的关系研究[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(05): 66-71.
- [10]陈廷俊. “模型法”在化学中的应用及教学启示[J]. 化学教学, 2021, (01): 42-45+65.
- [11]蒋小钢. 基于建构认知模型的元素化学教学策略与实践[J]. 化学教学, 2020, (11): 27-32.
- [12]吴星, 吕琳, 景峻壁. 化学学科核心素养中“模型认知”的解读[J]. 化学教学, 2020, (06): 3-8.
- [13]傅永超, 任佳钰. 高中生化学“模型认知”素养的考查特点及命题走向——以近3年高考

- 化学江苏卷为例[J]. 教育测量与评价, 2020, (06): 40-48.
- [14]陈进前. 理解“模型认知”素养的不同视角[J]. 课程.教材.教法, 2020, 40(04): 108-113.
- [15]傅永超, 王祖浩. 基于科学建模的化学教学设计——以“燃烧的条件”为例[J]. 化学教学, 2020, (04): 41-45.
- [16]于少华, 林博娇, 王磊, 王京苏, 赫丽萍. 化学核心素养背景下的元素化合物教学改进[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(05): 60-65.
- [17]胡晶, 李佳, 吴鑫德. 职前化学教师化学建模能力测评研究[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(04): 44-51.
- [18]赵铭, 赵华. “证据推理与模型认知”的内涵与教学研讨[J]. 化学教学, 2020, (02): 29-33+60.
- [19]杨玉琴, 倪娟. 证据推理与模型认知: 内涵解析及实践策略[J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(23): 23-29.
- [20]刘雅丽, 濮江, 周青. 发展学生建模能力的教学案例研究[J]. 化学教学, 2019, (09): 39-43.
- [21]单旭峰. 对“模型认知”学科核心素养的认识与思考[J]. 化学教学, 2019, (03): 8-12.
- [22]卓高峰, 魏樟庆. 基于“模型认知”的元素化合物教学认识[J]. 化学教学, 2018, (12): 32-35.
- [23]周正祥, 杨玉琴. 指向“证据推理与模型认知”的教学设计——以“原子结构模型的演变”为例[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(23): 25-30.
- [24]徐凯里. 建模思想在化学原理教学中的运用[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(17): 32-35.
- [25]郭静, 薛亮, 任程, 李俊杰. 化学课程标准中的模型要求分析[J]. 化学教学, 2018, (08): 9-14.
- [26]王婉洋, 王磊, 于少华, 康永明, 白光耀, 陈娜, 范洪玲. 元素周期律复习教学中认识模型建构的有效策略[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(07): 18-26.
- [27]李鹏鸽, 龚文慧, 秦蕊, 王旭, 夏志卿. 模型认知素养及其在化学概念教学中的落实[J]. 教学与管理, 2018, (04): 64-66.
- [28]顾建辛. 关于化学核心素养培育的微观思考——原电池教学中的“证据推理与模型认知”[J]. 化学教学, 2017, (11): 34-38.
- [29]陆军. 化学教学中引领学生模型认知的思考与探索[J]. 化学教学, 2017, (09): 19-23.
- [30]杨玉琴. 化学核心素养之“模型认知”能力的测评研究[J]. 化学教学, 2017, (07): 9-14.
- [31]张发新. 利用模型建构促进学生化学学习[J]. 化学教学, 2017, (05): 24-28.
- [32]石鹏. 基于模型与建模的化学学习过程设计[J]. 化学教育, 2016, 37(23): 37-40.
- [33]张俊华, 王澜, 王磊. 引导学生运用元素化合物认识模型解决实际问题的教学研究——以“菠菜补铁是真的吗”探究教学为例[J]. 化学教育, 2015, 36(05): 22-25.
- [34]王磊, 郭晓丽, 王澜, 商晓芹, 张俊华. 元素化合物认识模型及其在复习教学中的应用——以高中《化学1》“金属元素及其化合物”单元复习为例[J]. 化学教育, 2015, 36(05): 15-21.
- [35]吴庆生. 利用化学模型提升学生解决问题的能力[J]. 化学教学, 2014, (12): 42-45.
- [36]薛勇军. 例谈模型在高中化学教学中的应用[J]. 化学教学, 2014, (10): 19-21.
- [37]邱美虹, 钟建坪. 模型观点在化学教科书中的角色与对化学教学之启示[J]. 化学教学, 2014,

(01): 3-6+11.

[38]王维臻, 王磊, 支瑶, 葛继宁, 李振玲, 于少华. 电化学认识模型及其在高三原电池复习教学中的应用[J]. 化学教育, 2014, 35(01): 34-40.

[39]黄鸣春, 王磊, 宋晓敏, 常伟. 基于认识模型建构的“元素周期律·表”教学研究[J]. 化学教育, 2013, 34(11): 12-18.

[40]王磊, 姜言霞, 支瑶, 黄燕宁, 曹欢, 刘红莲. 促进学生认识发展的“化学反应原理”绪言课教学研究——基于化学反应认识模型建构[J]. 化学教育, 2012, 33(11): 12-20.

[41]樊会武, 单晓海, 张贤金. 基于“证据推理与模型认知”的元素化合物教学实践——以“亚铁盐和铁盐的性质”为例[J]. 中学化学教学参考, 2021, (09): 10-14.

[42]刘永茂, 李少坤. 三角模型图在“物质间的相互转化”复习中的应用[J]. 化学教学, 2020, (10): 89-93.

[43]徐凯里, 陈永平. 基于模型认知的价-类二维图在元素化合物学习中的应用——以“自然界中硫氮元素的循环”教学为例[J]. 化学教学, 2020, (07): 42-48.

[44]于少华, 林博娇, 王磊, 王京苏, 赫丽萍. 化学核心素养背景下的元素化合物教学改进[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(05): 60-65.

[45]左传鹏, 晏曦, 喻建军, 杨落星. 基于“价-类二维图”促进观念建构的教学实践与反思——以“氮的性质与用途”高三一轮复习课为例[J]. 化学教与学, 2019, (05): 46-48+53.

[46]唐云波. 从“知识本位”走向“素养为重”的元素化合物教学设计——以“硫及其化合物”教学为例[J]. 化学教学, 2017, (10): 35-40.

[47]贾喜珍. 如何把价类二维图转化为学生复习元素化合物知识的思路——以硫及化合物知识的复习为例[J]. 新课程(下), 2014, (06): 164-165.

[48]姜言霞, 王磊, 支瑶. 元素化合物知识的教学价值分析及教学策略研究[J]. 课程·教材·教法, 2012, 32(09): 106-112.

[49]Harrison, A.G. Treagust, D.F. Secondary students' mental models of atom and molecules: Implications for teaching chemistry[J]. Science Education, 1996, 80: 509-534.

[50]Justi, R.S. Gillbert, J.K. Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers[J]. International Journal of Science Education, 2002, 24(4): 369-387.

[51]Justi, R. Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills[J]. Education Quimica, 2010, 20: 32-40.

[52]Ingham, A.M. and Gibert, J.K. The use of analogue models by students of Chemistry at higher education. level[J]. International Journal of Science Education, 1991, 13: 193-202.

[53]Gibert, J. The role of models and modeling in some narratives in science learning [R]. Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, April 18-22. San Francisco, CA, USA. 1995.

[54]Donald R. Cruickshank, Deborah Bainer, Kim Metcalf. The Act of teaching. McGraw-Hill Companies, 1995: 198.

[55]Briggs M. Models and modeling: A theory of learning[A]. In: Bodner G M, Orgill M. Theoretical Frameworks for Research in Chemistry/Science Education[C]. USA: Pearson Prentice Hall, 2007: 72-

85.

[56]Johnson-Laird, P.N. Mental Models: Toward a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness[M]. (Cambridge,MA:Harvard University Press). 1983.

[57]Harrison, A.G. &Treagust, D.F. Secondary students' mental models of atom and molecules: Implications for teaching chemistry[J]. Science Education, 1996, 80: 509-534.

4. 其他

[1]中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准：2017 年版 2020 年修订[M].北京：人民教育出版社，2020.

[2]中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准：2022 年版[M].北京：北京师范大学出版集团，2022.

附录 A 元素化合物前后测测试题

氯及其化合物测试题（前测）

1.制备氯化物时，常用两种方法：

① 用金属与氯气直接化合制得；② 金属与盐酸反应制得

用以上两种方法都可制得氯化物的是（ ）

A. AlCl_3 B. FeCl_2 C. CuCl_2 D. FeCl_3

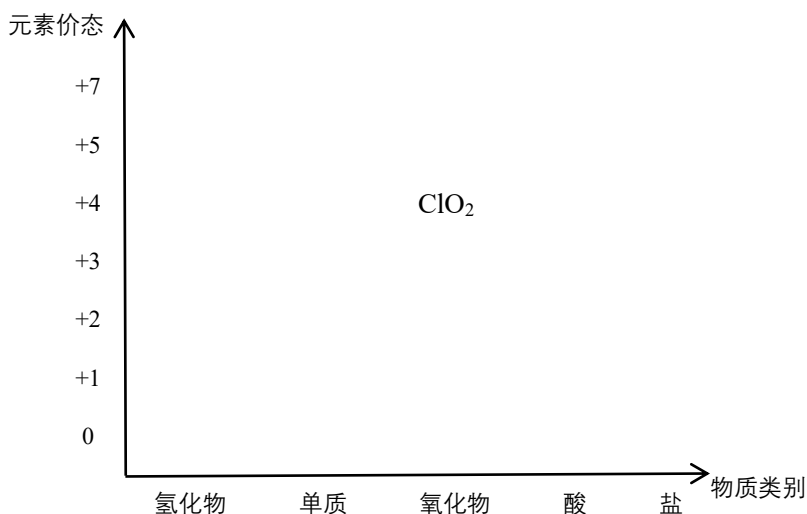
2.医疗人员在消毒杀菌时，通常要用到一种消毒剂。已知该消毒剂有强氧化性，其主要成分焰色反应火焰呈黄色。请判断该消毒剂的主要成分是（ ）

A. NaHCO_3 B. NaCl C. Na_2CO_3 D. NaClO

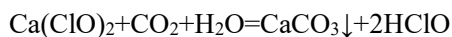
3.蒸馒头时，如果面团发酵的不好，通常会向其中加入 NaHCO_3 来改善蓬松度，请你尽可能全面的分析加入 NaHCO_3 的作用：_____

4.氯元素在生活中具有广泛的用途，常见的含氯物质有食盐 NaCl 、84 消毒液 NaClO 、漂白粉或漂白精 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 、洁厕剂(HCl)、化肥 (NH_4Cl 、 KCl)、电路板刻蚀液 (FeCl_3) 以及生活用水用氯气 (Cl_2) 或二氧化氯 (ClO_2) 消毒等。

(1) 请同学们从不同角度对上述含氯物质进行分类，然后依据各物质中氯元素化合价的不同，补充完成氯元素的价类二维图。例如：二氧化氯 (ClO_2) 属于非金属氧化物，元素价态为+4 价，因此在价类二维图中标出它所处的位置。



(2) 漂白粉（精）中的 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 能与空气中的 CO_2 和水蒸气发生如下反应：



根据以上反应，在购买和存放漂白粉（精）时需注意什么？

5. 请按要求完成氯气的研究任务。

(1) 氯气的化学式_____；

(2) 氯元素的原子结构_____，在化学反应中_____（得失电子），因此预测氯气具有_____性；

(3) 从物质类别看，氯气属于_____类，从元素价态看，氯元素的化合价_____；

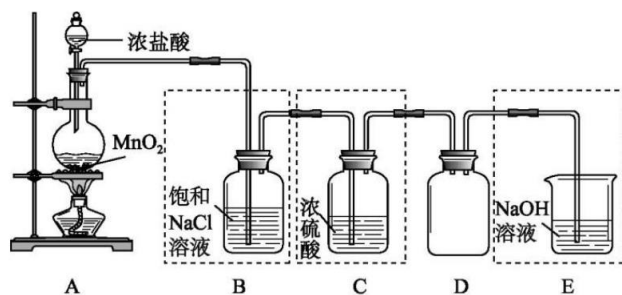
(4) 从物质类别看，氯气可以与_____类物质发生反应；从元素价态看，氯气可能具有的化学性质_____。

6. 实验室制取氯气的化学方程式如下：



其中实验室制备氯气的实验装置，如图所示。

请回答以下问题：



(1) 装置 B、C 的作用是除去杂质以制取纯净、干燥的氯气，那么通过装置 A 制备的氯气中可能含有的杂质是_____；

(2) 用装置 D 收集氯气，请补全装置图；

(3) 装置 E 的作用是_____。

7. 探究 Na_2CO_3 的性质：

(1) 观察：描述 Na_2CO_3 的颜色、状态_____；

(2) 预测：从物质类别来看， Na_2CO_3 属于_____类，可以与_____类物质

发生反应。

(3) 设计实验并得出结论

	实验步骤	实验现象	结论或解释（用化学或离子方程式表示）
方案 1	向盛有 Na_2CO_3 溶液的试管中滴加稀盐酸	开始无气泡产生，一段时间后产生气泡	① $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ ② _____
方案 2			
方案 3			

(4) 问题与讨论：

该组同学在总结碳酸钠的性质时，思路是什么，运用了什么方法？

氯及其化合物测试题（后测）

1. 下列物质在空气中久置反应，既有氧化还原反应发生又有非氧化还原反应发生的是（ ）

- A. NaOH B. 漂白粉 C. 氯水 D. 生石灰

2. 下列物质能使干燥的蓝色石蕊试纸先变红后褪色的是（ ）

- ①氯气 ②液氯 ③新制氯水 ④含氯气的酒精 ⑤盐酸

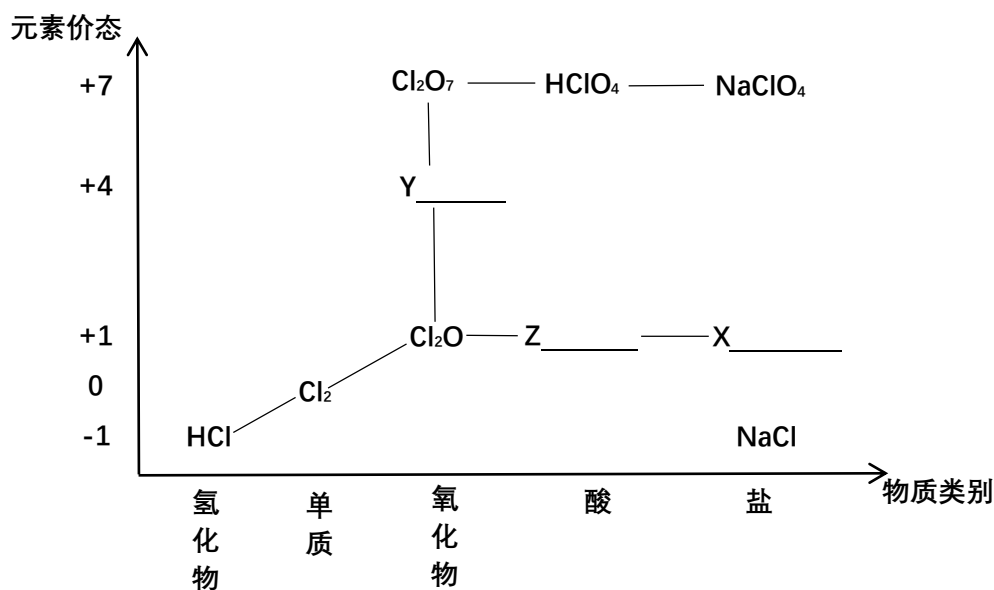
- A. ①②③ B. ②③ C. ③ D. ③④

3. 氯气具有广泛的用途，根据氯气的性质完成下列各题。

(1) 将氯气通入紫色石蕊溶液中观察到的现象是_____；请解释其中的原因_____。

(2) 请从氧化还原的角度解释，“洁厕灵”（主要成分是稀盐酸）与 84 消毒液混合使用发生氯气中毒原因_____（用离子方程式表示）

4. 请根据氯元素的“价类二维图”，写出图中 X、Y、Z 的化学式。



5. 请按要求完成氯气的研究任务。

(1) Cl_2 中氯元素的化合价_____；(2) Cl_2 的物质类别_____

(3) 请预测氯气可能具有的化学性质，并说明你预测该性质的依据（尽可能多的从不同角度出发进行预测）

可选试剂：钠、铁、氢气、水、氯化亚铁溶液

预测氯气可能具有的化学性质	预测该性质的依据

6.某化学试剂厂不慎发生了氯气泄漏事故：

(1) 请应用所学的相关化学知识进行自救：

①如果你当时在现场，你应该往哪里撤离？_____（填“高坡处”或“低洼处”）

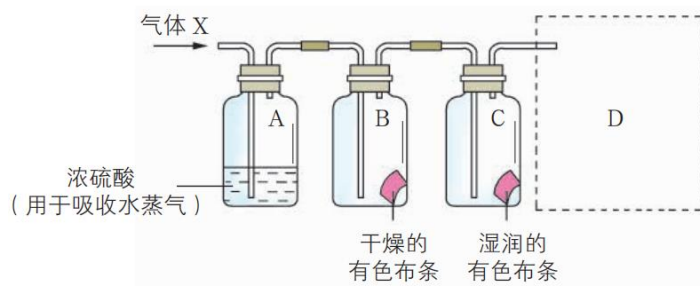
②如果你当时在该厂实验室，撤离时应该准备什么样的简易防毒面罩避免吸入较多的氯气？

③如果你当时在距离该厂较近的家中，如何利用家中的现成物品来制作简易的防毒面具？

(2) 消防官兵赶到现场后，把泄漏的氯气钢瓶投入一盛有石灰水[Ca(OH)₂]的水池中，写出有关物质之间所发生反应的化学方程式：_____

(3) 归纳总结上述各种处理方法的思路：_____

7.某同学用如图所示的实验装置研究气体 X 的性质，气体 X 的主要成分是氯气，其中还含有水蒸气。请完成下列各题：



(1) 该实验的主要目的是_____。

(2) 请分析与实验目的直接相关的实验现象是：_____ (3) 在 D 处画图补充有关实验装置和所用试剂

8.用胶头滴管将新制的饱和氯水慢慢滴入含有酚酞的氢氧化钠稀溶液中，当滴到一定量时，红色突然退去，试回答下列问题：

(1) 产生上述现象的原因可能有两种：

原因 1：_____

原因 2：_____

(2) 怎样用实验证明红色退去的原因是 1 或 2？

附录 B 教师访谈提纲

- 1.能否谈一谈基于建模教学方式上完本课时教学的整体感受？
- 2.先让学生预测氯气（或次氯酸钠）性质再说明预测依据，说一说你实施完这一环节的感受，包括学生对结构、价类角度的认识？
- 3.“氯气与水是否反应”探究活动的教学中，在预测猜想、设计方案两个环节中你认为学生主要的困惑是什么？
- 4.你认为在“氯气的实验室制备”教学中如何处理初中所学 CO_2 、 O_2 等气体制备方法与本节课所建构的气体制备模型间的关系？
- 5.按照建模教学方式，你在上课过程中有困惑或问题吗？能不能具体谈一谈是哪些方面？
- 6.基于这些困惑与问题，你有没有初步解决方案作为教学改进要点？
- 7.除此之外，你认为本课时教学再有没有改进地方？

附录 C 学生导学案

第二节 氯及其化合物（第 1 课时 氯气的氧化性）

编写人：XXX

审核人：高一化学组

编号：20

【学习目标】

1. 通过预测氯气单质具有强氧化性，初步形成认识物质性质的价类角度；
2. 通过实验探究氯气与金属、非金属的反应，初步形成研究物质化学性质的一般思路。

【学习重点】氯气的氧化性

【自主学习】

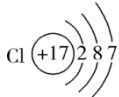
一、氯气的物理性质

颜色	气味	状态	熔点	沸点	密度	溶解性
_____	_____	_____	-101℃	-34.6℃， 易液化	_____	以 1:2 溶 于水

思考：若遇到氯气泄漏，应如何处理？

二、氯气的化学性质

（一）氯气的氧化性

原子结构	Cl 
物质类别	Cl ₂ 属于_____单质，与初中所学的氧气相似，因此氯气可与_____类物质反应，体现_____性。
元素价态	Cl ₂ 中氯元素的化合价_____，很容易转化为_____，从而体现_____性。

【小结】氯气是一种化学性质比较活泼的_____单质，具有较强的_____。能与绝大多数_____发生化合反应。

【合作探究】

➤ 如何证明氯气的强氧化性？

1. 与金属单质的反应

	化学方程式	反应现象	水溶液的颜色

与钠反应		产生大量_____烟	
与铁反应		产生大量_____烟	水溶液呈_____

【交流与讨论】你能预测金属铜与 Cl_2 反应的产物吗？请同学们写出氯气与铜反应的化学方程式，并用单线桥法表示

现象：氯气与不活泼金属铜反应，铜丝剧烈燃烧，产生棕黄色烟，加水后其浓溶液呈_____色，稀溶液呈_____色。

【小结】_____

2. 与非金属单质的反应（实验操作：P₄₂【实验 2-7】）

条件	现象	化学方程式
点燃	氢气在氯气中安静地_____，发出_____火焰，集气瓶口上方出现_____	
光照	爆炸	

【注意】 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ 该反应用于工业制盐酸

【交流与讨论】1. 通过实验观察如何区分烟和雾？

【补充】氯气是一种重要的化工原料，大量用于有机合成塑料、橡胶、燃料、药物等化学物质，生产盐酸、漂白剂、消毒剂及提炼稀有金属等，同时也可以用于生活饮用水的消毒等。

第二节 氯及其化合物（第2课时 氯气与水反应）

编写人：XXX

审核人：高一化学组

编号：21

【学习目标】

通过探究氯气与水的反应，进一步补充完善价类二维模型以及研究物质性质的思维模型。

【学习重难点】氯气与水的反应

二、氯气的化学性质 （二）氯气与水反应

【合作探究】氯水中氯气和水是否发生化学反应

（1）请根据体系内存在的氯气、水以及氯水有漂白性，提出猜想

猜想	体系内存在的粒子	具有漂白性的物质
猜想 1：全部溶解	Cl_2 、 H_2O	Cl_2
猜想 2：_____	_____	_____
猜想 3：_____	_____	_____

（2）请按照要求完成表格

实验操作	实验现象	实验结论
 干燥的有色布条放入干燥氯气中	有色布条（纸条）_____色	干燥的 Cl_2 _____作用
 湿润的有色布条放入干燥氯气中	有色布条（纸条）_____色	在有 H_2O 存在的情况下， Cl_2 _____作用
 有色鲜花放入干燥氯气中	有色鲜花_____色	在有 H_2O 存在的情况下， Cl_2 _____作用

因此，氯水中的漂白性物质应为溶于水中的部分氯气与水发生化学反应产生的新物质_____，该反应的化学方程式_____

【补充资料】次氯酸的性质：

（1）弱酸性：次氯酸是一种_____酸，属于_____电解质。电离方程式_____

（2）不稳定性：_____，反应方程式为_____

（3）强氧化性：（漂白、杀菌作用）

【交流与讨论】 1. 新制氯水的成分

①三分子：_____；②四离子：_____

2. 新制氯水与久置氯水的区别

	新制氯水	久置氯水
颜色		
微粒成分		
性质		

3. 新制氯水应如何保存？

补充：第二节 氯及其化合物（第2课时 氯气与水反应）

编写人：XXX

审核人：高一化学组

编号：21

三、氯气的化学性质

（二）氯气与水反应

【交流与讨论】新制氯水中含有哪些微粒？有哪些性质？

1. 氯水中的化学反应及有关电离方程式



$$2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$$
，因此新制氯水中含有的微粒有_____（三分子四离子）

2. 新制氯水性质的验证实验

	实验现象	离子方程式或解释
将镁粉加入氯水中	_____	氯水中含_____，有酸性
先将硝酸银溶液加入氯水中，然后再加入稀硝酸溶液	不溶于稀硝酸的 _____沉淀生成	氯水中含_____ $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$
将溴化钠固体加入氯水中	溶液呈黄色	氯水中含_____ $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$
将有色纸条加入氯水中	_____	氯水中含_____, _____
将氯水加入紫色石蕊溶液中	_____	氯水中含_____, _____ 有酸性和漂白性

【补充】Cl⁻的检验

(1) 原理：_____

(2) 方法：往待测液中先加入_____，产生_____；然后再加入少量稀硝酸，沉淀_____，则可说明溶液中含有氯离子

思考：检验 Cl⁻时为何要加入稀硝酸酸化？

【思考】新制氯水与久置氯水的区别

变化原因： $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCl}$ ； $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$

	新制氯水	久置氯水
颜色		
微粒成分		
性质		

第二节 氯及其化合物（第3课时 氯气与碱反应）

编写人：XXX

审核人：高一化学组

编号：22

【学习目标】

- 1.通过氯气与碱反应的知识学习线索，建立含氯元素的价类视角及物质间转化关系，进一步了解研究物质性质的思路和方法；
- 2.通过漂白粉、漂白液性质和用途的学习，感受物质性质与用途的关系，体验实验对研究物质性质的重要作用，体会化学对生活的重要意义。

【学习重难点】

重点：氯气与碱反应、次氯酸盐的化学性质；

难点：次氯酸盐的化学性质

二、氯气的化学性质

（三）氯气与碱反应

1.漂白粉的制取原理

- （1）写出制备漂白粉的化学方程式，并用双线桥法标注电子转移的方向

（2）漂白粉的成分

3. 漂白原理

日常漂白_____（写出化学方程式）

工业漂白_____（写出化学方程式）

三. 次氯酸盐的性质

【探究】次氯酸盐的漂白原理

将氯气通入氢氧化钠溶液中，可制得“84”消毒液等。写出该反应的化学方程式_____，其有效成分_____。

请同学们预测 NaClO 可能具有的性质，并设计实验验证预测。

（提供的实验用品：84 消毒液、KMnO₄ 溶液、Na₂SO₃ 溶液、BaCl₂ 溶液、稀盐酸、淀粉碘化钾（KI）试纸；仪器自选）

(1) 预测次氯酸盐可能具有的性质，并说明预测依据

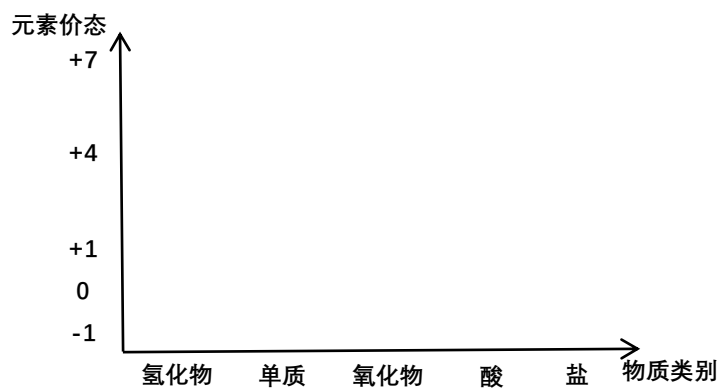
可能具有的性质	预测依据

(2) 设计实验并得出结论

实验方案	
实验现象	
结论	

【思考】有一种说法：“84 消毒液 (NaClO) 和洁厕灵 (HCl) 混用，既清洁又消毒”，这种说法对吗？用离子方程式解释原因。

【任务】根据已学含氯元素的物质，从物质类别和元素价态视角绘制价类二维图，并尝试写出相关的化学方程式。



第二节 氯及其化合物（第4课时 氯气的制备）

编写人：XXX

审核人：高一化学组

编号：23

【学习目标】

- 1.能应用氯元素的价类二维图分析氯气的制取途径，能正确书写相关化学方程式
- 2.能通过氯气的实验室制法，掌握制备气体的一般思路和方法
- 3.通过对比实验掌握氯离子的检验方法，培养证据推理与科学探究能力

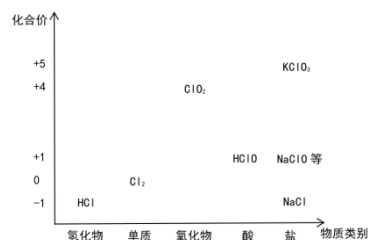
【学习重点】氯气的实验室制备

【自主学习】

一、氯气的实验室制备

1. 制备原理

【交流与讨论】请同学们根据氯元素的价类二维模型，制取的途径有哪些？



（1）实验室制备氯气的化学方程式

为_____，

离子方程式为_____。

（2）原理：

2. 制备装置

（1）如果沿用舍勒的方法实验室制取氯气，应选择图 D.1 中的哪一套发生装置，为什么？

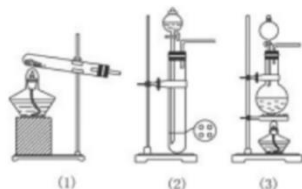


图 D.1

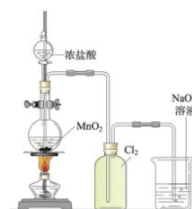


图 D.2

（2）氯气应使用什么方法进行收集？_____

（3）实验室制取氯气如何处理尾气处理？

（3）请观察图 D.2 制备装置，思考：

①如何确定氯气已经收集满? _____

③按图 2 方式制备的氯气里,可能含有哪些杂质? _____

④若要制得干燥纯净的氯气,如何除去杂质?如果有多种杂质,除杂顺序如何?

【方法总结】实验室制备气体需要经历哪些步骤?

二、 Cl^- 的检验 (1 班本课时教学删除本道试题)

1. 实验探究

	实验现象		离子方程式
	加入 AgNO_3 溶液	加入稀硝酸	
稀盐酸			
NaCl 溶液			
Na_2CO_3 溶液			
自来水			
蒸馏水			

2. Cl^- 的检验方法

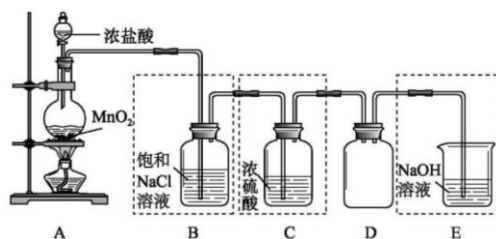
(1) 原理: _____

(2) 方法: 往待测液中先加入_____, 产生_____; 然后再加入少量稀硝酸, 沉淀_____, 则可说明溶液中含有氯离子

【思考】检验 Cl^- 时为何要加入稀硝酸酸化?

【当堂检测】

实验室制备氯气的实验装置如图所示, 请回答以下问题:



(1) 实验室制备氯气的化学方程式_____;

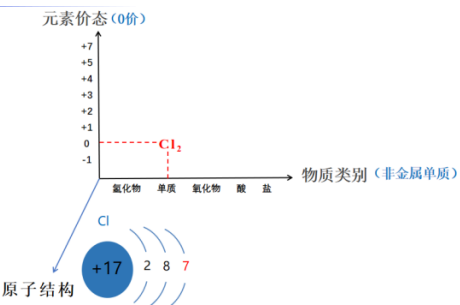
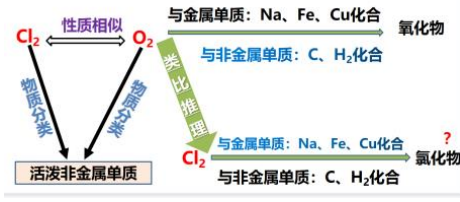
(2) 装置 C 的作用是_____;

(3) 用装置 D 收集氯气, 请补全装置图;

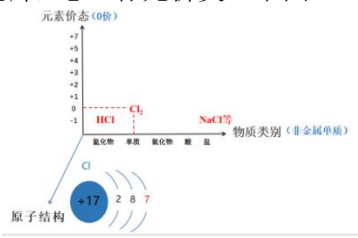
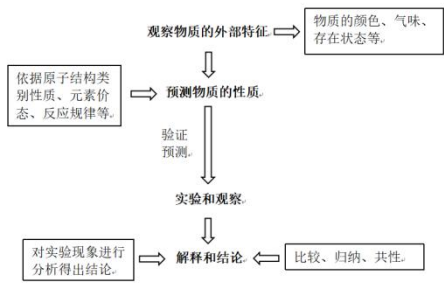
(4) 装置 E 的作用是_____, 其中发生反应的离子方程式为_____。

附录 D 单元教学过程

课程名称		第 1 课时 初建价类二维图与研究物质性质的思路模型																					
课程类型		新授课		授课时间	40min																		
教学环节	知识线	素材线	问题线	活动线	设计意图																		
环节 1： 初见身边的含氯物质		新冠期间，广泛使用的各类含氯消毒剂 		【师】氯气的应用已深入我们的生活乃至农业生产中，如生产盐酸（HCl）、漂白粉或漂白精（Ca(ClO)2）用于饮用水消毒（ClO2），有机合成塑料、橡胶、燃料、药物等化学物质等，但是氯的发现却有一段曲折的历程。下面我们一同穿越时空，回到 18-19 世纪与科学家对话，重温氯气的发现之旅。	创设情境，初步认识到氯气与我们生活生产紧密联系的																		
环节 2： 认识氯气的物理性质	氯气的颜色状态、气味、密度、溶解性等物理性质以及毒性	【史料 1】氯气发现史 1774 年，瑞典科学家舍勒在研究软锰矿（主要成分为 MnO2）时，将它与浓盐酸混合加热时产生了一种黄绿色、有刺激性气味的气体（该气体后来被命名为氯气）。他对这种气体的性质进行了研究，发现这种气体能杀死昆虫；	你能从史料 1 中得到 Cl2 的哪些物理性质呢？ 若一旦遇到氯气泄漏，应如何紧急疏散人群？	【生】完成导学案并回答 <table border="1"><tr><td>颜色状态</td><td>黄绿色气体</td></tr><tr><td>气味</td><td>有刺激性气味</td></tr><tr><td>密度</td><td></td></tr><tr><td>溶解性</td><td>能溶于水</td></tr><tr><td>毒性</td><td>有毒（化学性质）</td></tr></table> 【师】请根据阿伏伽德罗定律推论比较氯气与空气密度的大小 <table border="1"><tr><td colspan="2">氯气</td></tr><tr><td>熔点</td><td>-101℃</td></tr><tr><td>沸点</td><td>-34.6℃</td></tr><tr><td>密度</td><td>3.214g/L（0℃）</td></tr></table> 【生】通过计算，氯气密度大于空气	颜色状态	黄绿色气体	气味	有刺激性气味	密度		溶解性	能溶于水	毒性	有毒（化学性质）	氯气		熔点	-101℃	沸点	-34.6℃	密度	3.214g/L（0℃）	能够描述、辨识氯气的物理性质，能够将物质的物理性质与生活中的化学问题进行概括关联
颜色状态	黄绿色气体																						
气味	有刺激性气味																						
密度																							
溶解性	能溶于水																						
毒性	有毒（化学性质）																						
氯气																							
熔点	-101℃																						
沸点	-34.6℃																						
密度	3.214g/L（0℃）																						

		而且能溶于水。			
环节3: 分析预测物质视角, 初建结构-类别-价态三维模型	氯气具有氧化性		氯气有哪些化学性质呢? 请预测氯气可能具有的化学性质, 并说明所预测的依据	【生1】原子结构: 氯元素位于元素周期表的第三周期VIIA族, 最外层有7个电子, 在化学反应中易得电子, 预测氯气具有强氧化性; 【生2】物质类别: 类比初中所学的氧气, 属于非金属单质, 可与金属单质、非金属单质化合, 体现氧化性; 【生3】元素化合价: 自然界中的氯元素经常以-1价的形式存在, 因此氯气很容易转化为氯离子从而体现氧化性 【师】黑板上展示模型 	学会从原子结构, 物质分类、元素化合价三个角度预测物质可能具有的化学性质, 初建结构-类别-价态三维模型
	氯气与金属单质、非金属单质反应		如何证明氯气的氧化性呢? 氯气作为一种非金属气态单质, 能与哪些还原性的物质发生反应呢?	【生】与金属单质, 如 Na、Al、Fe 等反应; 与非金属单质, 如 H₂ 反应 【师】与氧气类比进行讲解 	突出研究物质性质的物质类别视角
	氯气与金属单		氯气与金属单质反	【师】请观看实验视频, 并书写该反应的化学方程式	

质钠、铜、铁的反应		应如何呢？首先是活泼金属钠与氯气的反应	【播放实验视频】 【生】观察实验现象（补充导学案） 【师】由此我们初步证明氯气具有氧化性	通过实验法，用最直观的方式给学生视觉上的刺激，集中学生注意力。通过用化学方程式表示物质的化学性质，以及用双线桥法表示电子转移数目和方向，进一步突出元素价态视角
		对于变价元素Fe，你能预测它与Cl ₂ 反应的产物是什么吗？	【生】氯化铁 【播放实验视频】 【生】观察实验现象，氯气与较活泼金属铁反应，现象是铁丝剧烈燃烧，产生棕褐色烟，加少量水形成棕黄色溶液。书写化学方程式，并标注电子转移的方向与数目（补充导学案）	
		氯气与Cu的反应呢？写出氯气与铜反应的化学方程式，并用双线桥法表示	【生1】黑板书写反应方程式，并用双线桥法表示电子转移数目与方向 【生2】评价生1的书写情况 【播放实验视频】 【生】观察实验现象，（补充导学案）	
			【小结】由此我们可以得出结论，氯气的氧化性很强，具有很强的吸收电子的能力，能够与大多数的金属发生化合反应生成高价金属氯化物	
	氯气与非金属单质氢气的反应	氯气与非金属反应又如何？请观察氯气与氢气在不同条件下的反应，完成导学案。	【播放实验视频】 【生】观察实验现象 【师】白雾为产物HCl遇到空气中的水蒸气形成的盐酸小液滴。其中，$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2HCl$，该反应用于工业制盐酸（补充导学案）	通过类比得出结论，充分利用实验现象，培养学生观察、对比的能力

			通过氯气与氢气的反应,你对燃烧的条件及本质有什么新的认识?	【生】讨论、回答问题	
环节4: 补充价类模型, 外显研究物质性质思路模型			基于本节所学内容补充价类二维图,并总结研究物质性质思路	【师生】1.补充价类二维图  2.总结研究物质性质的思路模型 	引导学生初步形成价类二维模型,总结研究物质性质的一般思路
当堂检测					

课程名称	第 2 课时 应用研究物质性质的思路模型和完善价类二维图																	
课程类型		新授课		授课时间		40min												
教学环节	知识线	素材线	问题线	活动线		设计意图												
		【史料 2】法国化学家贝托莱在研究氯气时发现，氯气溶于水后的溶液（称为“氯	氯水为什么具有漂白性？是因为氯气溶于水还是氯气和水发生了	【生】交流讨论 <table><tr><td>猜想</td><td>体系内存在的粒子</td><td>具有漂白性的物质</td></tr><tr><td>猜想 1：全部溶解</td><td>Cl₂，H₂O</td><td>Cl₂</td></tr><tr><td>猜想 2：部分溶解，部分反应</td><td>Cl₂，H₂O，新物质</td><td>Cl₂ 或 新物质</td></tr><tr><td>猜想 3：全部反应</td><td>H₂O，新物</td><td>新物质</td></tr></table>		猜想	体系内存在的粒子	具有漂白性的物质	猜想 1：全部溶解	Cl ₂ ，H ₂ O	Cl ₂	猜想 2：部分溶解，部分反应	Cl ₂ ，H ₂ O，新物质	Cl ₂ 或 新物质	猜想 3：全部反应	H ₂ O，新物	新物质	引导学生掌握研究
猜想	体系内存在的粒子	具有漂白性的物质																
猜想 1：全部溶解	Cl ₂ ，H ₂ O	Cl ₂																
猜想 2：部分溶解，部分反应	Cl ₂ ，H ₂ O，新物质	Cl ₂ 或 新物质																
猜想 3：全部反应	H ₂ O，新物	新物质																

环节1: 应用思路模型探究氯气与水的反应		水”)有漂白性,露置在日光下会失去漂白能力,同时产生盐酸和氯气,因此他推断氯气是一种含氧化合物。	反应?请同学们提出猜想	质 【展示氯水图片】  【师】氯气能溶于水(常温常压下,1体积水约溶解2体积的氯气,1:2),观察氯水颜色,分析氯水中是否含有氯气 【生】观察氯水为黄绿色溶液,说明氯水中存在氯气分子,因此猜测3排除	物质性质的一般思路,首先基于物质的类别通性、元素价态及反应规律等对反应或反应结果做出合理预测,然后利用实验验证预测,在实验过程中观察和分析实验现象,并结合所学知识对现象进行解释,最后基于实验证据进行推理分析,得出结论。
	氯气与水反应的产物为次氯酸和盐酸		具有漂白性的物质是氯气还是反应生成的新物质?	【实验探究】将干燥和湿润的有色布条(纸条)分别放入到干燥的氯气中,观察有色布条(纸条)是否褪色,判断漂白性物质是氯气还是新物质 【播放实验视频】 【生】观看实验视频,分析实验现象并得出结论 【生1】干燥的有色布条放入干燥的氯气中布条(纸条)不褪色,而湿润的有色布条(纸条)放入干燥的氯气中纸条褪色,说明干燥的氯气无漂白性,湿润的氯气有漂白性 【生2】补充,通过实验现象的得出结论氯水中漂白性的物质应为氯气与水发生化学反应产生新物质,说明是溶于水中的部分氯气与水发生化学反应 【师】经实验证明漂白性物质为次氯酸,说明氯气与水反应生成了HClO(次氯酸)	
			在该反应中还有其他产物吗?	【生】根据氧化还原反应原理,氯元素的化合价升高为+1价,则体系内有H元素和Cl元素的化合价降低。若H元素化合价降低会有氢气生成,而氯水中无气泡生成,因此降价元素为Cl,从0降为-1,产物应为盐酸 【师】请写出氯气与水反应的化学方程式,并用双线桥法表示 【生】黑板上书写化学方程式,并用双线	应用氧化还原原理分析氯气与水的反应,进一步突出元素价态视角

				桥法表示																	
	次氯酸的弱酸性、强氧化性			【师】（1）HClO 是弱酸（酸性小于碳酸），只存在于水溶液中。 （2）次氯酸具有不稳定性，光照条件下分解产生盐酸和氧气 （3）HClO 具有强氧化性，能漂白有色物质，能杀菌、消毒，可用于自来水消毒。	认识次氯酸的性质																
环节2：应用思路模型探究氯水的成分和性质	新制氯水的三分子四离子及其氧化性、漂白性与酸性		新制氯水中含有哪些微粒？有哪些性质？	【生】交流讨论，分析氯水中发生的化学反应及有关电离方程式 【生1】 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$ 【生2】补充 $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$ 【生】新制氯水中含有的微粒有 Cl_2 、HClO、 H_2O 、 Cl^- 、 H^+ 、 OH^- 、 ClO^- ，有氧化性、漂白性与酸性	进一步应用研究物质性质思路模型探究氯水的成分及性质，培养科学探究能力																
			如何设计实验方案验证氯水的成分及其性质呢？	学生交流讨论，教师进一步补充实验方案 【氯水成分的验证实验】 <table><tr><th></th><th>实验现象</th><th>离子方程式或解释</th></tr><tr><td>将镁粉加入氯水中</td><td>有大量气泡产生</td><td>氯水中含H^+，有酸性</td></tr><tr><td>先将硝酸银溶液加入氯水中，然后再加入稀硝酸溶液</td><td>有不溶于稀硝酸的白色沉淀生成</td><td>氯水中含Cl^-，$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$</td></tr><tr><td>将溴化钠固体加入氯水中</td><td>溶液呈黄色</td><td>氯水中含Cl_2，有氧化性，$\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$</td></tr><tr><td>将有色纸条加入氯水中</td><td>有色纸条褪色</td><td>氯水中含HClO，有漂白性</td></tr><tr><td>将氯水加入紫色石蕊溶液中</td><td>溶液先变红后褪色</td><td>氯水中含H^+和HClO，有酸性和漂白性</td></tr></table> 【播放实验视频】			实验现象	离子方程式或解释	将镁粉加入氯水中	有大量气泡产生	氯水中含 H^+ ，有酸性	先将硝酸银溶液加入氯水中，然后再加入稀硝酸溶液	有不溶于稀硝酸的白色沉淀生成	氯水中含 Cl^- ， $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$	将溴化钠固体加入氯水中	溶液呈黄色	氯水中含 Cl_2 ，有氧化性， $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$	将有色纸条加入氯水中	有色纸条褪色	氯水中含HClO，有漂白性	将氯水加入紫色石蕊溶液中
		实验现象	离子方程式或解释																		
将镁粉加入氯水中	有大量气泡产生	氯水中含 H^+ ，有酸性																			
先将硝酸银溶液加入氯水中，然后再加入稀硝酸溶液	有不溶于稀硝酸的白色沉淀生成	氯水中含 Cl^- ， $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$																			
将溴化钠固体加入氯水中	溶液呈黄色	氯水中含 Cl_2 ，有氧化性， $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$																			
将有色纸条加入氯水中	有色纸条褪色	氯水中含HClO，有漂白性																			
将氯水加入紫色石蕊溶液中	溶液先变红后褪色	氯水中含 H^+ 和HClO，有酸性和漂白性																			
Cl ⁻ 的检验		Cl ⁻ 检验过程中稀硝酸的作用是什么？	【师】讲解 Cl ⁻ 的检验 原理： $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ 方法：往待测液中加入稀硝酸溶液，产生白色沉淀，然后再加入少量稀硝酸，沉淀不溶解，则可说明溶液中含有氯离子 【生】稀硝酸的作用是排除 CO_3^{2-} 的干扰	了解 Cl ⁻ 检验的原理、方法																	

				【师】补充，加稀硝酸是为了排除 CO_3^{2-} 的干扰，同时溶液是强酸性环境，在此环境下生成的白色沉淀是不溶于酸的	
	久置氯水成分		新制氯水与久置氯水有什么区别？	【生】交流讨论，分析久置氯水变化原因及其成分 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCl}$ $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$ 久置氯水所含微粒 H^+ 、 OH^- 、 Cl^- 、 H_2O ，只具有酸性	对比分析新制氯水与久置氯水区别
环节3：完善价类模型与物质性质探究模型			基于本节所学内容补充价类二维图，并总结研究物质性质思路	【师生】1.补充完善价类二维图 2.总结研究物质性质的思路模型 	在实验探究过程中进一步引导学生补充完善研究物质性质的一般思路
当堂检测					

课程名称	第3课时 应用完善价类二维模型图				
课程类型	新授课		授课时间	40min	
教学环节	知识线	素材线	问题线	活动线	设计意图
环节1：应用价类模型	漂白粉的制备原理、主要成分、有效成分	1798年，法国化学家贝托莱发现氯水具有漂白性，他提出		【生】类比氯气与水的反应，尝试书写化学方程式 【师】该反应可以看作是氯气与水反应的产物继续与碱发生酸碱中和反应 (1) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCl}$	通过类比氯气与水反应，调用

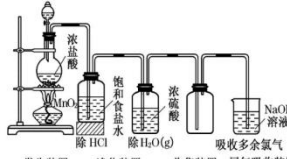
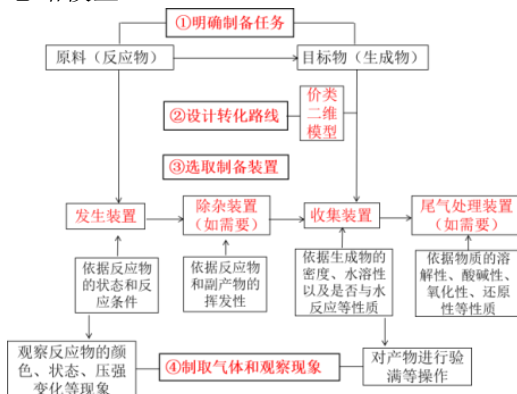
认识漂白粉	分、漂白原理及其保存方法	把氯水的漂白作用应用于漂白工业。但因为Cl ₂ 的溶解度不大，且生成的HClO不稳定，难以保存，使用起来很不方便，效果也不理想。英国化学家台耐特将Cl ₂ 溶于石灰乳中，发现生成了一种具有漂白性且更稳定的物质——漂白粉，从此将漂白从实验室带进了“寻常百姓家”，现代工业制取漂白粉依然采用该反应。	思考Cl ₂ 和Ca(OH) ₂ 是怎样反应的呢？请尝试写出该反应的化学方程式	(2) $2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (3) $2\text{HClO} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 将(1)(2)(3)相加得， $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 该反应是否为氧化还原反应，若是氧化还原，请找出氧化剂、还原剂 【生】分析反应化合价升降，Cl₂既是氧化剂也是还原剂 【师】讲解 1.漂白粉是混合物 2.漂白粉的主要成分是CaCl₂和Ca(ClO)₂ 3.漂白粉的有效成分是Ca(ClO)₂ 4.漂白粉漂白原理：(强酸制取弱酸)漂白粉中的次氯酸钙与酸(如盐酸或碳酸等)反应生成具有漂白性的次氯酸。 日常漂白：$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{HClO}$ 工业漂白：$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{HClO}$ (HCl少量) 请分析以上两个反应，并解释原因 【生】Ca(ClO)₂属于次氯酸盐，可与酸反应生成次氯酸，次氯酸具有强氧化性，进而更好的发挥漂白与消毒功能。在空气中露置时，空气中的CO₂溶于水起到酸的作用 【生】交流讨论	复分解反应、氧化还原反应分析氯气与碱的反应，培养学生知识迁移与应用的能力
环节2:	氯气与氢氧化钠反应；次氯酸盐的性质	 生活常用84消毒液	请写出氯气与氢氧化钠溶液反应的化学方程式	【生】思考、讨论 $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ 【师】84消毒液的有效成分是NaClO 【生】交流讨论 【生1】从物质类别角度看，NaClO属于盐，可以与酸反应生成次氯酸，次氯酸具	引导学生从物质性质出发来思考，分析漂白粉漂白原理及其保存方法

应用价类模型探究次氯酸盐性质			84 的杀菌消毒作用与其性质有关,请预测 NaClO 可能具有的性质	有更强的氧化性 【生 2】从元素价态角度看, NaClO 中 Cl 元素的化合价为+1 价,化合价可以降低, NaClO 具有氧化性	引导学生从类别和价态预测物质的性质,应用价类二维认知模型
	次氯酸钠与盐酸的反应		为什么消毒液不能与洁厕灵混合使用?	【生】应用氧化还原反应分析,在酸性环境下, $\text{NaClO} + 2\text{HCl} = \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ 氯气有毒	知道生活中常见物质错误使用所带来的危害,增强自我保护,培养学生的安全意识
环节 3: 完善价类模型,分析含氯物质间转化			基于本节所学内容补充价类二维图,并尝试含氯物质间的转化	【师生】补充完善价类二维图 	基于已有含氯物质补充完善价类模型,完整认识含氯物质价类二维模型
当堂检测					

课程名称	第 4 课时 应用价类二维图和修正气体备的思路模型				
课程类型	新授课		授课时间	40min	
教学环节	知识线	问题线	活动线		设计意图

环节1： 应用价类模型分析制取氯气途径		请根据 O ₂ 、CO ₂ 等气体的制备，讨论实验室制取气体的一般思路和方法？	【生】交流讨论 【生 1】从发生装置、收集装置、尾气处理装置等方面考虑 【生 2】生 1 小组主要是从装置方面分析的，还要考虑反应原理，选择哪些物质	诊断学生是否具有制备气体的思路方法			
		根据氯元素的价类二维模型，分析制取氯气有哪些途径，可选择哪些含氯试剂？	【生】基于价类二维图分析制取氯气的途径，并寻找找见氧化剂与还原 元素价态 氢化物 单质 氧化物 酸 盐 → 物质类别 【师】讲解常见氧化剂与还原剂 <table><tr><td>常见还原剂</td><td>K等金属单质 (K、Ca、Na、Mg) ； Fe²⁺等低价金属阳离子 (Fe²⁺、S²⁻、I⁻) ； H₂等非金属单质 (H₂、C、S) ； CO等低价态化合物 (CO、SO₂)</td></tr><tr><td>常见氧化剂</td><td>O₂等非金属单质 (O₂、F₂、Cl₂、Br₂) ； Fe³⁺等高价金属阳离子 (Fe³⁺、Cu²⁺、Ag⁺) ； KMnO₄等高价态化合物 (KMnO₄、MnO₂、KClO₃、K₂Cr₂O₇、浓H₂SO₄、HNO₃) ； Na₂O₂、H₂O₂等过氧化物</td></tr></table>	常见还原剂	K等金属单质 (K、Ca、Na、Mg) ； Fe ²⁺ 等低价金属阳离子 (Fe ²⁺ 、S ²⁻ 、I ⁻) ； H ₂ 等非金属单质 (H ₂ 、C、S) ； CO等低价态化合物 (CO、SO ₂)	常见氧化剂	O ₂ 等非金属单质 (O ₂ 、F ₂ 、Cl ₂ 、Br ₂) ； Fe ³⁺ 等高价金属阳离子 (Fe ³⁺ 、Cu ²⁺ 、Ag ⁺) ； KMnO ₄ 等高价态化合物 (KMnO ₄ 、MnO ₂ 、KClO ₃ 、K ₂ Cr ₂ O ₇ 、浓H ₂ SO ₄ 、HNO ₃) ； Na ₂ O ₂ 、H ₂ O ₂ 等过氧化物
常见还原剂	K等金属单质 (K、Ca、Na、Mg) ； Fe ²⁺ 等低价金属阳离子 (Fe ²⁺ 、S ²⁻ 、I ⁻) ； H ₂ 等非金属单质 (H ₂ 、C、S) ； CO等低价态化合物 (CO、SO ₂)						
常见氧化剂	O ₂ 等非金属单质 (O ₂ 、F ₂ 、Cl ₂ 、Br ₂) ； Fe ³⁺ 等高价金属阳离子 (Fe ³⁺ 、Cu ²⁺ 、Ag ⁺) ； KMnO ₄ 等高价态化合物 (KMnO ₄ 、MnO ₂ 、KClO ₃ 、K ₂ Cr ₂ O ₇ 、浓H ₂ SO ₄ 、HNO ₃) ； Na ₂ O ₂ 、H ₂ O ₂ 等过氧化物						
环节2： 应用价类模型分析氯气制备原理	氯碱工业	氯气的工业制备需考虑什么？可选择什么原料？	【生】考虑原料、成本问题等，可选择 NaCl 【师】氯碱工业 $2NaCl+2H_2O = (通电)Cl_2\uparrow+H_2\uparrow+2NaOH$	了解工业制取氯气的方法			
	氯气实验室制备原理	如果在实验室制备氯气，需要考虑什么？	【生】反应速率快，操作简单，安全等 【师】实验室通常用氧化浓盐酸的方法来制取氯气，常见的氧化剂有 MnO₂，KMnO₄，Ca(ClO)₂ 等。其中实验室制取氯气，仍沿用舍勒的方法，写出该反应的离子方程式，并用双线桥法表示 【生】用双线桥法分析该反应电子转移方向与数目 【师】讲解该反应为部分氧化，其中浓 HCl 具有双重性质、还原性和酸性	加深学生对氧化还原反应的理解并熟悉陌生方程式的书写以及配平			
	发生装置	以下 3 种制取气体的装置有什么特点？沿用舍勒的方法实验室制取氯气选择哪一套	【展示图片】	识别实验装置，能对实验装置进行分类总结。			

环节3：基于已有思路分析氯气制备装置		装置？选择依据？	【生】选择装置（3），需要考虑反应物状态、反应条件									
	收集装置	氯气用什么方法收集呢？选择依据？	【生】向上排空气法，依据气体的密度，溶解性以及是否与水反应 【师】补充，排饱和食盐水法，一是除去 HCl 气体，二是降低氯气在水中的溶解度，减少 Cl ₂ 损失	培养学生能根据物质的性质，分析制备气体时需选择的收集装置与尾气吸收装置								
	尾气装置	实验室制取氯气是否需要尾气处理，如需要如何处理？	【生】氯气有毒，可用氢氧化钠溶液吸收尾气									
	除杂装置	若要求得到纯净干燥的氯气，用舍勒的方法制取的氯气中可能含有哪些杂质？	【生】浓盐酸易挥发，产生的杂质气体有氯化氢气体和水蒸气	通过分析、解决相关问题，激发学生的求知欲和不断探索学习的精神，培养科学探究与创新意识学科素养								
		除杂的顺序如何？先除去氯化氢气体还是水蒸气？	【生】先除去氯化氢气体，再除去水蒸气									
		如何除去 Cl ₂ （HCl）？	【生 1】选择水，HCl 极溶于水 【生 2】但 Cl ₂ 也是溶于水的 【师】基于气体性质考虑，从溶解性看，HCl 极易溶于水（1:500），Cl ₂ 能溶于水（1:2），所以要除去 Cl ₂ （HCl）用水溶解 HCl，选择洗气装置，长进短出，但是 Cl ₂ 会损失一些，所以选择饱和食盐水除去 Cl ₂ （HCl）									
		如何除去 Cl ₂ （H ₂ O）？	【生】用干燥剂，常用的干燥剂有浓硫酸等酸性干燥剂，但是碱性干燥剂不行，会把氯气吸收掉 【师】讲解常用干燥剂装置									
	<table><tr><td>盛装干燥剂状态</td><td>液体干燥剂</td><td>固体干燥剂</td></tr><tr><td>装置示意图</td><td></td><td></td></tr><tr><td>气体流动方向</td><td>长管进，短管出</td><td>U形干燥管，进气和出气没有区别；球形干燥管应该大口进气，小口出气（在干燥管的进出口都要塞一团棉花，防止干燥剂流动）</td></tr></table>			盛装干燥剂状态	液体干燥剂	固体干燥剂	装置示意图			气体流动方向	长管进，短管出	U形干燥管，进气和出气没有区别；球形干燥管应该大口进气，小口出气（在干燥管的进出口都要塞一团棉花，防止干燥剂流动）
盛装干燥剂状态	液体干燥剂	固体干燥剂										
装置示意图												
气体流动方向	长管进，短管出	U形干燥管，进气和出气没有区别；球形干燥管应该大口进气，小口出气（在干燥管的进出口都要塞一团棉花，防止干燥剂流动）										

			【展示实验室制取氯气的装置图】  学生交流讨论，教师再做解释与补充 (1)观察法：通过观察气体颜色的方法初步检测Cl₂ (2)试纸法 湿润的淀粉KI试纸：Cl₂能使湿润的淀粉KI试纸变蓝，(Cl₂+2KI==2KCl+I₂) 湿润的蓝色石蕊试纸：Cl₂能使湿润的蓝色石蕊试纸先变红后褪色 FeCl₂：Cl₂通入FeCl₂溶液，溶液由淡绿色变为黄色(2FeCl₂+Cl₂=2FeCl₃) (3)试液法 H₂S的水溶液：Cl₂通入氢硫酸中，溶液变浑浊(H₂S+Cl₂=2HCl+S↓) 紫色石蕊试液：Cl₂通入石蕊试液先变红后褪色 【师】讲解 隔离式  隔离式I 隔离式II 倒置漏斗式和肚容式  由于漏斗容积较大，当液体进入漏斗内时，烧杯中液面显著下降而低于漏斗口，液体又流落到烧杯中 接收式  使用较大容积的容器将可能倒吸来的液体接收，防止进入前段装置 开拓学生视野，培养学生分析、解决问题能力	
环节4：建构实验室制备气体思路模型		【小结】思维建模——实验室制备气体的思路模型 	基于所学内容总结实验室制备气体思路方法，培养学生模型认知的能力	
当堂检测				