

化学“101计划”无机化学课程 建设实践与探索

匡 勤, 郑兰荪, 朱亚先
(厦门大学化学化工学院, 厦门 361005)

摘要 基础学科系列“101计划”是教育部统筹推进的拔尖创新人才培养筑基性工程,旨在通过课程、教材、师资和实践项目等基础要素改革,实现人才培养模式从“知识为主”向“能力为先”的转型.无机化学作为化学学科的核心基础课程,其课程建设质量直接影响化学类专业人才的培养根基.本文基于化学“101计划”建设要求,系统阐述无机化学课程的建设背景,详细介绍了课程知识框架的重构思路与具体内容、动态电子教案及纸版教材的建设特色、应用成效,为基础学科课程改革提供了参考.

关键词 化学“101计划”;无机化学;课程建设;动态电子教案;教材建设

中图分类号 O61; G64 文献标志码 A doi: 10.7503/cjcu20260025

Practice and Exploration on Curriculum Construction of Inorganic Chemistry Under the Chemistry "101 Plan"

KUANG Qin, ZHENG Lansun, ZHU Yaxian*

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract The "101 Plan" for basic disciplines is a foundational project initiated by the Ministry of Education to foster top-notch innovative talents. It aims to transform the talent training model from "knowledge-centered" to "competence-oriented" through reforms in basic elements such as curricula, textbooks, teaching staff, and practical projects. As a core foundational course in chemistry, Inorganic Chemistry directly impacts the training foundation of chemistry majors. Based on the construction requirements of the "101 Plan" of Chemistry, this paper systematically elaborates on the background of curriculum construction for Inorganic Chemistry, details the reconstruction ideas and specific content of the curriculum knowledge framework, and deeply analyzes the construction characteristics and application effects of dynamic electronic teaching materials and paper-based textbooks. This paper provides a reference for the reform of basic discipline courses.

Keywords "101 Plan" of Chemistry; Inorganic chemistry; Curriculum construction; Dynamic electronic teaching material; Textbook construction

当前,我国正处于高水平科技自立自强的关键发展阶段,基础学科人才培养作为支撑科技创新的核心基石,其质量直接关乎国家战略科技力量的培育.教育部于2021年12月率先在计算机领域启动“101计划”,并于2023年4月将试点范围拓展至数学、物理学、化学等8个基础学科领域,旨在通过强化核心课程、核心教材、核心师资和核心实践项目等基础要素,以课程改革小切口带动人才培养模式大变革,破解基础学科拔尖创新人才培养“瓶颈”问题.

收稿日期: 2026-01-12. 网络首发日期: 2026-01-22.

联系人简介: 朱亚先,女,硕士,教授,主要从事无机化学教学方面的研究. E-mail: yaxian@xmu.edu.cn

基金项目: 基础学科拔尖学生培养计划2.0(批准号: 20251004)和教育部大中小学课程教材研究重大项目(批准号: 25AC0008)资助.

Supported by the Top-notch Students Training Program 2.0 for Basic Disciplines, China(No.20251004) and the Key Project of Curriculum and Textbook Research for Primary, Secondary and Higher Education of the Ministry of Education, China(No.25AC0008).

化学作为自然科学的中心学科,是新材料、新能源、生物医药等战略性新兴产业的重要支撑^[1].作为化学学科最基础、最核心的课程之一,无机化学承载着衔接高中化学与大学后续专业课程、构建化学学科知识体系、培养学生化学思维的关键使命,是化学“101计划”8门核心理论课程之一.受化学“101计划”专家组委托,厦门大学作为牵头学校,携手北京大学、南开大学、武汉大学、吉林大学、大连理工大学和中山大学等25所化学学科拔尖学生培养计划2.0基地高校,组建了跨校课程建设团队.团队通过国内外课程调研、高校问卷反馈、化学教指委建议内容分析等多维途径^[2-7],系统梳理了当前无机化学课程存在的问题,重构课程知识框架,编写高阶性与创新性兼具的教材与教案,开展师资培训与成果推广,形成“理论-资源-实践-推广”四位一体的课程建设体系,为创新人才培养奠定了基础.

1 无机化学课程教学改革的迫切性

在高等教育数字化转型与学科交叉融合的双重驱动下,拔尖创新人才培养对无机化学教学提出了更高要求.而当前无机化学课程在知识体系架构、内容前沿性、理论实践融合及跨学科渗透等方面存在如下诸多问题,不同程度地制约了课程育人成效,亟需通过系统性改革加以解决^[8].

(1) 课程体系衔接失衡,内容框架需要重构.目前,国内多数高校将“无机化学”设置于大一学年,分为上下两学期(原理和元素).为加强理论基础,化学“101计划”单独规划了“普通化学”课程讲授原理部分,如果按照传统设置,“无机化学”仅剩下学期的元素化学内容,知识体系单薄,难以支撑拔尖人才培养的需求.同时,元素化学部分与高中化学重叠度较高,但与后续配位化学、固体无机化学等课程衔接不足,存在“低水平重复”与“高阶内容断层”并存的现象,整体架构缺乏递进性与系统性^[9,10].

(2) 理论与实践脱节,科教融合需要加强.现有元素化学内容偏陈旧,与科研前沿结合不够紧密,与实际生产生活联系薄弱;对化合物结构-性质-应用的规律性总结不足,未能充分运用热力学、结构化学等原理解释物质性质与规律,导致学生难以理解理论知识的现实价值,也无法感知学科前沿的发展动态,形成“理论悬浮于实践、教学脱节于科研”的现象.

(3) 能力导向不足,思维培养有待深化.传统无机化学课程教材侧重知识呈现,缺乏“现象观察-问题提出-原理探究-迁移应用”的科研思维训练链条,未形成能力导向的内容支撑.学生难以获得独立思考、分析问题及创新应用的针对性训练,难以适配新时代创新型人才的培养需求.

(4) 交叉内容薄弱,学科视野有待拓展.国外高校无机化学课程普遍融入生物无机、金属有机、固体化学和新材料等交叉内容,而国内多数高校此类内容多数以选修课形式开设,未能融入主干课程体系.学生对无机化学与生命医学、环境科学、人工智能等领域的交叉融合认知不足,难以满足拔尖人才“宽口径、跨学科”的发展需求.

从人才培养需求来看,新时代化学类专业学生不仅需要掌握扎实的基础理论,还需具备跨学科融合、解决复杂问题等综合能力.而“101计划”提出的“能力为先”培养理念,恰好为解决上述痛点、推进无机化学课程改革指明了方向.于是,课程团队汇聚了顶尖高校、一流师资与优质出版资源,通过重构知识框架、创新教材体系、开发数字化教学资源,实现了无机化学课程的基础性与前沿性、系统性与实践性、传统性与创新性的有机统一.

2 无机化学课程知识框架重构

课程团队结合化学“101计划”拔尖人才培养需求与无机化学学科发展特征,在教育部高等学校化学类专业教学指导委员会2016年制订的《化学类专业化学理论教学建议内容》^[7]基础上,经过充分研讨重构了无机化学课程知识框架^[11].

构建时遵循下述四项核心原则:一是衔接性与递进性统一,衔接“普通化学”等前序课程,避免与高中化学低水平重复,同时实现模块间的递进衔接及与后续高阶课程延伸衔接;二是经典与前沿融合,以元素周期律、化学键理论等经典知识为根基,融入生物无机、金属有机等前沿交叉领域内容;三是模块化与分级化结合,将知识体系拆解为相互关联的模块,知识点按“基础核心(A)-进阶综合(B)-扩

展前沿(C)”分级, 适配不同高校培养需求; 四是学科交叉与应用导向, 强化无机化学与材料、生命、环境等学科的融合, 融入科研案例与具体实践.

基于上述原则, 课程团队构建了“基础知识+交叉领域”两大核心板块、9个知识模块和42个核心知识点的完整体系, 形成“101计划”无机化学内容架构(图1).

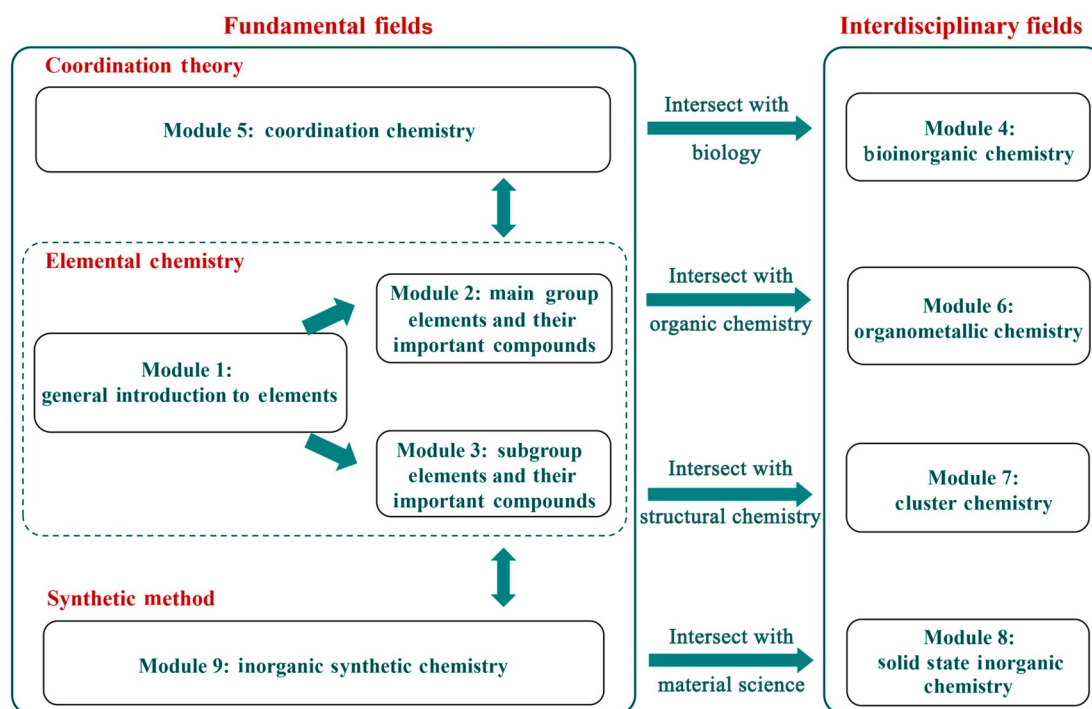


Fig. 1 Relationship diagram of knowledge modules in Inorganic Chemistry under the "101 Plan" of Chemistry

基础知识板块聚焦无机化学基础知识和基本理论, 含5个模块: 元素化学涵盖元素化学概论(模块1)、主族与副族元素及其重要化合物(模块2和3), 以周期律为指导, 突出“结构-性质-应用”关联, 减少描述性内容, 强化热力学和结构化学原理的应用; 配位化学(模块5)系统讲解配合物的立体化学、化学键理论、合成与反应动力学以及在催化、发光材料等领域的应用; 无机合成化学(模块9)包含化学热力学应用、固相合成、水热合成等传统方法以及绿色合成、仿生自组装等前沿技术, 衔接新材料设计需求.

交叉领域板块拓展学科视野, 含4个模块: 生物无机化学(模块4)介绍生命元素分布、生物学效应及无机药物、环境无机化学等内容; 金属有机化学基础(模块6)涵盖金属有机化合物分类、羰基配合物等常见化合物及小分子活化应用; 原子簇化学(模块7)讲解原子簇定义、结构规则及非金属/金属原子簇和金属氧簇; 固体无机化学(模块8)论述固体结构、电子结构、缺陷与表面化学, 关联配位聚合物、分子基磁性材料等无机功能新材料.

为达成适配性与精准化育人目标, 知识框架采用“基础和核心(A)-进阶综合(B)-扩展前沿(C)”三级梯度设计, 其中A类知识点占比63%, 作为必修核心内容筑牢学生基础理论根基; B类和C类知识点分别占比20%和17%, 供高校结合培养需求自主选讲, 满足个性化培养需要.

本课程建议设置为4学分, 各高校可依据自身教学资源与培养方案, 从72学时建议教学内容(含必修与选修模块)中灵活选取64学时组织教学实施: 知识模块1~4涵盖无机化学基础概念与核心原理, 建议安排在大一春季学期, 帮助学生筑牢学科基础; 知识模块5~9聚焦较深入的专业领域内容, 建议设置于大二春季或秋季学期, 此时学生已具备一定专业知识储备, 能更高效地理解内容. 各高校亦可结合学生基础差异、学科特色等实际情况, 对教学安排进行动态弹性调整.

3 教材与教案建设: 打造核心教学资源

根据化学“101计划”的建设目标, 团队以“系统化知识构建+创新教学赋能”为双导向, 同步推进教材编写与动态电子教案开发, 分别从知识载体与具体教学实施层面为课程建设提供核心支撑.

3.1 《无机化学》教材: 构建系统化知识载体

课程建设团队遵循五大核心原则打造《无机化学》教材^[12]: 一是聚焦基础原则, 系统阐释元素化学、配位化学等核心领域的基础知识, 同时摒弃“逐元素罗列”的模式, 着重聚焦与国家战略、科研前沿以及生产生活紧密关联的典型元素化合物; 二是规律导向原则, 以元素周期律为核心, 深度剖析单质与化合物性质的周期性、次周期性以及不同周期特性, 助力学生构建“思维化元素周期表”, 实现融会贯通; 三是能力培养原则, 通过“思考讨论”、“运用提升”栏目, 强化学生的分析与应用能力; 四是交叉拓展原则, 融入生物无机、金属有机等交叉领域的前沿内容, 拓宽学生的学术视野, 激发创新思维; 五是价值塑造原则, 在知识传授过程中潜移默化地渗透科学精神与社会责任感的培养. 由此形成“基础扎实、规律明晰、前沿凸显、文化浸润、融会贯通”的特色内容体系, 为拔尖创新人才提供系统化的知识载体.

基于上述设计原则, 教材采用上、下册架构, 形成递进式知识链条(表1). 上册为基础知识篇(8章), 以元素化学为核心构建知识根基, 涵盖元素概论(元素起源、分布与自然资源)、元素性质周期性变化(周期律应用、化合物性质规律)、s区/p区/ds区/d区/f区元素及其化合物, 最后以生物无机化学基础(生命元素、无机药物)衔接交叉领域, 筑牢理论基础; 下册为进阶知识篇(8章), 聚焦无机化学高阶内容与交叉前沿, 包括分子对称性与群论基础、配合物成键与应用、金属有机化学基础、原子簇化学、固体无机化学、无机合成化学, 最终以无机功能新材料(配位聚合物、分子磁性材料等)收尾, 实现从理论到应用的贯通. 全书既保持传统知识体系的系统性, 又突破学科边界实现前沿延伸.

Table 1 Contents of the paper textbook for inorganic chemistry under the "101 Plan" of chemistry

First volume			Second Volume		
Number	Chapter	Section	Number	Chapter	Section
1	General Introduction to Elements	1.1 Basic Concepts	9	Molecular Symmetry and Group Theory Basics	9.1 Symmetry Operations and Symmetry Elements
		1.2 Origin and Synthesis of Elements			9.2 Molecular Point Groups
		1.3 Existence and Distribution of Elements in the Universe			9.3 Brief Introduction to Character Tables
		1.4 Existence, Distribution and Natural Resources of Elements on Earth			9.4 Some Applications of Symmetry and Group Theory in Molecular Structure
2	Periodic Variation of Element Properties	2.1 Basics of Periodic Variation of Element Properties	10	Bonding, Structure and Reactions of Coordination Compounds	10.1 Chemical Bonding Theory of Coordination Compounds
		2.2 Properties of Elemental Substances and Their Periodic Variation			10.2 Stereochemistry of Coordination Compounds
		2.3 Variation Rules and Empirical Rules of Compound Properties			10.3 Synthesis of Coordination Compounds
		2.4 Secondary Periodicity and Characteristics of Elements in Different Periods			10.4 Reaction Kinetics of Coordination Compounds
3	s-Block elements	3.1 General Properties	11	Properties and Applications of Coordination Compounds	11.1 Electronic Spectra of Coordination Compounds
		3.2 Hydrogen and Hydrogen Energy			11.2 Optical Activity and Circular Dichroism of Coordination Compounds
		3.3 Alkali Metals and Alkaline Earth Metals			11.3 Magnetic Properties of Coordination Compounds
					11.4 Applications of Coordination Compounds

Continued

First volume			Second Volume		
Number	Chapter	Section	Number	Chapter	Section
4	<i>p</i> -Block elements	4.1 General Propertie	12	Organometallic Chemistry Basics	12.1 Basic Concepts of Organometallic Chemistry
		4.2 Boron Group			12.2 Typical Organometallic Compounds
		4.3 Carbon Group			12.3 Organometallic Catalytic Reactions
		4.4 Nitrogen Group			
		4.5 Oxygen Group			
		4.6 Halogens			
		4.7 Noble Gases			
5	<i>ds</i> -Block elements	5.1 General Properties	13	Cluster Chemistry	13.1 Basic Concepts of Atomic Clusters
		5.2 Copper Group			13.2 Nonmetallic Atomic Clusters
		5.3 Zinc Group			13.3 Metallic Atomic Clusters
	13.4 Metal-Oxo Clusters				
6	<i>d</i> -Block elements	6.1 General Properties	14	Solid State Inorganic Chemistry	14.1 Structural Characteristics of Solids
		6.2 Titanium Group			14.2 Electronic Structure of Solids
		6.3 Vanadium Group			14.3 Solid Defects
		6.4 Chromium Group			14.4 Surface Structure of Solids
		6.5 Manganese Group			14.5 Solid-State Reactions
		6.6 Iron Series and Platinum Series			
7	<i>f</i> -Block elements	7.1 General Properties	15	Inorganic Synthetic Chemistry	15.1 Chemical Thermodynamics and Inorganic Synthesis
		7.2 Lanthanide			15.2 Classical Inorganic Synthesis
		7.3 Actinide			15.3 New Routes and Methods of Inorganic Synthesis
8	Bioinorganic Chemistry Basics	8.1 Biogenic Elements	16	New Inorganic Functional Materials	16.1 Nonlinear Optical Materials
		8.2 Biological Effects of Elements			16.2 Thermoelectric Materials
		8.3 Inorganic Medicinal Chemistry			16.3 Inorganic Two-Dimensional Materials
	16.4 Chiral Mesostructured Inorganic Materials				
	16.5 Coordination Polymer Materials				
	16.6 Molecular-Based Magnetic Materials				

3.2 《无机化学动态电子教案》: 创新教学实施工具

化学“101计划”中课程内容既有传统的基础知识和理论,又兼具前沿交叉领域的内容,具有高阶性、创新型与挑战度。对于这一全新的课程内容和知识体系,教师该如何教、学生该如何学?这是“101计划”课程推广亟需解决的问题。为此,化学“101计划”牵头人高松院士提出了研制“动态电子教案”,无机化学率先开展此项工作。

作为牵头单位,厦门大学联合 25 所化学拔尖计划 2.0 基地高校的 60 余位骨干教师,历时 10 个月精心编撰完成《无机化学动态电子教案》,并于 2024 年 8 月由高等教育出版社正式出版^[13]。该教案以重构的 9 大知识模块、42 个核心知识点为框架,构建“知识体系-教学建议-电子教案-设计案例”四位一体的资源矩阵。内容涵盖六大部分:一是课程基本信息,详细阐述课程定位、目标、教学指引及各知识模块关系图,为教师提供清晰教学蓝图,助力其全面把握课程结构;二是各模块教学建议,包含每个模块的教学目标、基本内容、重点难点、建议学时、教学策略及参考资料,实现教学要求的精准落地;三是知识点 PPT,共 47 个文件(1900 多页),图文并茂并有文字备注;四是教学设计案例,针对核心知识点提供包含教学目标、实施过程、评价方式及配套 PPT,为教学方法改革提供示范;五是数字教师,选取核心内容采用 AI 数字人技术生成动态教学视频,丰富数字化呈现形式;六是其他辅助资源,涵盖图片、动画、参考文献等,形成全方位教学资源体系。

作为新形态数字化教材,本教材具备以下显著特色:(1)资源集成性:它整合了 PPT、案例、视频

等多类型教学素材,为教师提供“一站式”备课支持,大幅降低教学准备成本;(2)灵活适配性:教师可根据各自学校的学生基础、学科特色等实际情况,对教案进行个性化修改和完善,形成具有自己特色的教学方案,从而更好地满足拔尖创新人才的培养需求;(3)动态迭代性:依托数字化优势可快速纳入学科最新研究成果,有效解决传统教材更新滞后问题,确保教学内容的前沿性与时效性。

《无机化学动态电子教案》免费提供给高校无机化学课程相关教师试用,目前已有190余所高校400余名教师申请了试用,包括综合性大学、理工类和师范类院校等,涵盖教育部拔尖计划2.0基地高校和地方院校。在教学实践中,该教案形成“备课-授课-拓展”的完整应用闭环:教师可通过动态电子教案系统深入学习“101计划”无机化学的教学目标、内容体系,参考模块化教学建议(含重点、难点、学时分配)设计个性化方案;课堂中,可直接使用或按需调整PPT,并结合学校特点形成具有个人特色的授课PPT,还可以借助AI数字人视频辅助讲解知识点,显著提升教学效率。此外,依托教案核心内容可构建无机化学知识图谱,建设《无机化学》智慧课程,延伸教学场景。

4 教师培训与成果推广:构建协同发展共同体

为推动课程建设成果落地与优质资源共享,团队以“国家级虚拟教研室+专题研修”为双引擎,构建跨校协同的教师发展与成果推广体系,形成“教研共创-能力共升-资源共享”的良性生态。

“101计划”无机化学课程虚拟教研室(教育部第三批虚拟教研室建设试点)汇聚25所拔尖2.0基地高校的骨干教师,采用“专家组-牵头校-子工作组”三级架构,重点开展课堂提升、教学研讨、示范教学三大常态化教研活动:围绕教材编撰、前沿案例融入等议题进行跨校教学研讨^[14,15];通过开展“线上直播+录播回放+线下听课”教学观摩提升教学;邀请厦门大学、上海交通大学、北京航空航天大学等校教学名师开展教学方法分享,助力“101计划”的课堂提升工作。

在虚拟教研室平台支撑下,依托“研修班+赛事”双路径提升师资能力。2024~2025年先后在大连理工大学、吉林大学举办了骨干教师研修班与培训班,邀请郑兰荪院士以及各模块负责人等专家,围绕“101计划”无机化学课程建设要点、教学案例设计方法、教学模式创新路径及人工智能教学应用等主题分享教研成果与教学经验。同时,为提高教师的教学能力,连续两年举办无机化学教学案例设计大赛,吸引30余所高校老师参赛,第二届优秀案例在教育部101计划骨干教师培训会上做示范展示,形成“研修蓄能+赛事赋能”的递进式模式。

课程团队还同步推进资源共建共享以扩大辐射范围,建立云端资源库,在虚拟教研室上传教案PPT、教学视频、案例库等资源供成员校免费使用。这些资源的开放共享不仅为兄弟院校的无机化学课程教学提供了有力支持,还助力了教育资源的均衡发展,推动了无机化学教学改革在更大范围内的落地实施。

5 总结与展望

化学“101计划”无机化学课程建设取得了显著的成果。在知识框架构建方面,形成了系统、全面且具有层次性的知识体系,涵盖了基础知识和交叉领域,满足了不同学生的学习需求。纸版教材内容扎实、特色鲜明,动态电子教案创新性强、实用便捷,两者相辅相成,为教学提供了丰富、优质的教学资源,共同提升了教学效果。在课程推广方面,通过试用、研修班等形式,得到了广大教师的认可和好评,试用范围不断扩大,为课程的进一步推广奠定了基础。

展望未来,无机化学课程建设将继续深化“101计划”理念,进一步优化知识框架与教学内容,加强前沿成果与教学的融合;持续更新动态电子教案,拓展人工智能等新技术在教学中的应用;扩大课程建设成果的推广范围,推动优质教学资源的共享共用,为我国基础化学教育质量的全面提升与拔尖创新人才培养做出更大贡献。

厦门大学、北京大学、南开大学、吉林大学、中山大学、武汉大学、大连理工大学、北京航空航天

大学、北京师范大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、同济大学、天津大学、山东大学、北京化工大学、华中科技大学、兰州大学、西北大学、四川大学、湖南大学、郑州大学、华东师范大学、华东理工大学及华南理工大学等25所化学拔尖2.0基地高校参与了化学“101计划”无机化学课程建设,在此感谢所有参与课程建设的老师们。

参 考 文 献

- [1] Gao S., Su C. Y., Research Report on Talent Cultivation Strategy for Chemistry-related Majors in Colleges and Universities and Core Curriculum System, Higher Education Press, Beijing, 2024, 1—33(高松, 苏成勇. 高等学校化学类专业人才培养战略研究报告暨核心课程体系, 北京: 高等教育出版社, 2024, 1—33)
- [2] Jiao Y., Zhu Y. X., Meng C. G., Wang Y. X., Han X. J., Hu T., *Univ. Chem.*, 2023, 38(10), 30—36(焦扬, 朱亚先, 孟长功, 王颖霞, 韩喜江, 胡涛. 大学化学, 2023, 38(10), 30—36)
- [3] Zhao P. P., Cai P., Hu K., Zhu Y. X., Cheng P., *Univ. Chem.*, 2023, 38(6), 36—40(赵莘莘, 蔡莘, 胡锴, 朱亚先, 程鹏, 郑兰荪. 大学化学, 2023, 38(6), 36—40)
- [4] Zhu Y. X., Lin X. P., Zhou L. Y., Zheng L. S., *Univ. Chem.*, 2016, 31(5), 8—14(朱亚先, 林新萍, 周立亚, 郑兰荪. 大学化学, 2016, 31(5), 8—14)
- [5] Zhu Y. X., Lin X. P., Zhou L. Y., Zheng L. S., *Univ. Chem.*, 2016, 31(6), 7—9(朱亚先, 林新萍, 周立亚, 郑兰荪. 大学化学, 2016, 31(6), 7—9)
- [6] Zhu Y. X., Lin X. P., Zhou L. Y., Zheng L. S., *Univ. Chem.*, 2016, 31(7), 14—19(朱亚先, 林新萍, 周立亚, 郑兰荪. 大学化学, 2016, 31(7), 14—19)
- [7] 2013—2017 Teaching Steering Committee for Electrical Majors in Colleges and Universities of the Ministry of Education, *Univ. Chem.*, 2016, 31(11), 11—18(2013—2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, 2016, 31(11), 11—18)
- [8] Kuang Q., Zheng L. S., Zhu Y. X., *Univ. Chem.*, 2024, 39(10), 14—21(匡勤, 郑兰荪, 朱亚先. 大学化学, 2024, 39(10), 14—21)
- [9] Zhu Y. X., Zhou L. Y., Kuang Q., Wang F., Wang Y. X., Zheng L. S., *Univ. Chem.*, 2022, 37(11), 2205037(朱亚先, 周立亚, 匡勤, 王凡, 王颖霞, 郑兰荪. 大学化学, 2022, 37(11), 2205037)
- [10] Zhu Y. X., Kuang Q., Wang C., Huang R. B., Yang S. Y., Zheng L. S., *Univ. Chem.*, 2020, 35(8), 1—5(朱亚先, 匡勤, 汪骋, 黄荣彬, 杨士尧, 郑兰荪. 大学化学, 2020, 35(8), 1—5)
- [11] Gao S., Su C. Y., Research Report on Talent Cultivation Strategy for Chemistry-related Majors in Colleges and Universities and Core Curriculum System, Higher Education Press, Beijing, 2024, 48—59(高松, 苏成勇. 高等学校化学类专业人才培养战略研究报告暨核心课程体系, 北京: 高等教育出版社, 2024, 48—59)
- [12] Zhu Y. X., Kuang Q., Cai P., Qiu X. H., *Inorganic Chemistry*, Higher Education Press, Beijing, 2025, I—III(朱亚先, 匡勤, 蔡莘, 邱晓航. 无机化学, 北京: 高等教育出版社, 2025, I—III)
- [13] Zhu Y. X., Kuang Q., Hu T., Qiu X. H., *Dynamic Electronic Teaching Materials for Inorganic Chemistry*, Higher Education Press, Beijing, 2024(朱亚先, 匡勤, 胡涛, 邱晓航. 无机化学动态电子教案, 北京: 高等教育出版社, 2024)
- [14] Cai P., Zhu Y. X., Hu T., *Univ. Chem.*, 2024, 39(10), 84—88(蔡莘, 朱亚先, 胡涛. 大学化学, 2024, 39(10), 84—88)
- [15] Lu C. S., *Univ. Chem.*, 2024, 39(10), 78—83(芦昌盛. 大学化学, 2024, 39(10), 78—83)

(Ed.: V, K)