

同行专家业内评价意见书编号： 20250856075

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名： 李雨欣

学号： 22260336

申报工程师职称专业类别（领域）： 材料与化工

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月09日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

在本专业领域内，我系统掌握了扎实的基础理论知识和专业技术知识，并通过工程实践案例不断深化和拓展这些知识的应用。在基础及专业知识方面，我熟练掌握了与工程构思、设计、实现、运作相关的数学、自然科学、经济管理等人文与社会科学基础知识，并系统掌握了专业理论知识和研究方法，能够将理论与实践紧密结合。在行业知识方面，我深入了解了企业采用的新技术、新流程、新工艺、新方法、新材料、新设备以及国内外技术前沿发展现状与趋势，熟悉企业技术标准、工作流程、职业规范、政策制度、法律法规等，能够灵活运用这些知识解决实际问题。在具体专业实践训练过程中我通过日积月累掌握了大量情境性、意会性知识，并且在处理复杂工程问题时交叉了学习其他专业的知识。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在中核秦山同位素有限公司完成专业实践训练的这段经历中，我根据企业放射性同位素分离的需求，设计并执行离子液体双水相体系实验方案，根据方案开展实验，定期收集与分析实验数据，主动与企业导师沟通，及时调整实验方案以实现项目目标，最终实现了使用离子液体双水相分离放射性高锝酸根离子的目标。在实践过程中，我还负责实验室内相关设备的日常维护与管理，保障实验顺利进行，并撰写详细的实验报告，包括实验过程、结果分析及改进建议。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

中核秦山同位素有限公司以放射性同位素生产为主体，立足国内稳定同位素供应，创造良好的经济效益和社会效益，满足“人民对美好生活的向往”。在公司完成专业实践训练的这段时间内，我根据企业放射性同位素分离的需求，开发清洁高效的Tc富集分离技术。

核电技术成熟、成本低，是化石能源的可靠替代品。但是在核电厂产生的高放废物中核裂变产物Tc半衰期长，主要离子态高锝酸根水溶性高，在漫长的储存过程中容易随着地下水的迁移而泄漏到环境中，对生态系统构成长期潜在危害，需要进行回收处理。考虑到目前工业上应用于废液处理领域，技术上相对成熟的是液液萃取，开发新型的变温离子液体双水相体系萃取剂有望提高液液萃取过程的选择性，解决传统萃取过程中有机溶剂挥发性问题，对于乏燃料后处理以及核能的可持续发展具有重要意义。

我设计并执行离子液体双水相体系实验方案，根据方案开展实验，定期收集与分析实验数据，主动与企业导师沟通，及时调整实验方案以实现项目目标，最终实现了使用离子液体双水相分离放射性高锝酸根离子的目标。

该项目的技术难点主要在于需要对不同种类的离子液体形成双水相体系的能力、萃取高锝酸根的能力进行综合考虑，选择适合用于从碱性较强的废水中回收高锝酸根的体系，并且分别探索其中萃取过程、双水相形成过程的机理。我筛选了不同种类的离子液体，分别建立离子液体双水相体系，研究发现，阳离子侧链碳原子数量变化会引起离子液体表面电荷分布和分子极性变化，据此构建一系列具有亲疏水性差异的离子液体，测定其相图，能够判断适合形成双水相的条件。由于高锝酸根离子具有放射性，使用非放射性元素模拟法，以化学性质、微粒结构均非常相似的非放射性的高铼酸根替代高锝酸根进行萃取实验，并通过控制变量与确定萃取和反萃条件，不断优化条件，实现对高锝酸根的高效分离，并探索其中的机制。最终确定对高铼酸根具有较强亲和性的咪唑基类离子液体为萃取剂，为了验证该体系在实际应用中的效果，在模拟汉福德储罐废液中进行了萃取实验。接下来通过一系列表征手段研究双

水相体系形成、高锝酸根萃取的机制。通过X射线小角散射（SAXS），动态光散射（DLS）等手段研究双水相体系形成机制，总结出了各种促进溶液内微粒团增长、胶束聚集从而最终形成双水相的因素。通过傅里叶变换红外光谱、质谱、拉曼光谱以及核磁共振氢谱、核磁共振碳谱等表征手段证明萃取机理为阴离子交换。本项目为解决强碱性核废液中高锝酸根的回收难题而提供了一种较为绿色、高效的分离回收依据。

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】


1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

| 成果名称 | 成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等] | 发表时间/ 授权或申 请时间等 | 刊物名称 /专利授权 或申请号等 | 本人 排名/ 总人 数 | 备注 |
|---|---|-----------------------|---|----------------------|----|
| Extracting TcO ₄ -/ ReO ₄ - from the Alkaline Solution by the Imidazolium-Based Ionic Liquid-Aqueous Biphasic System | 权威期刊 | 2025年01 月16日 | Industrial & Engineerin g Chemistry Research | 1/5 | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

| | |
|---|----------------------------------|
| (三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况 | |
| 课程成绩情况 | 按课程学分核算的平均成绩： 85 分 |
| 专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求) | 累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 82 分 |
| 本人承诺 | |
| <p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名：李雨欣</p> | |

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

| | |
|----------|---|
| 日常表现考核评价 | <p>非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格</p> <p>德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）： 2025年5月13日</p> |
| 申报材料审核公示 | <p>根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下：</p> <p><input type="checkbox"/>通过 <input type="checkbox"/>不通过（具体原因： 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日</p> |

浙 江 大 学 研 究 生 院
攻读硕士学位研究生成绩表

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|--------|-----|------------|-------|-----------------|--------------------|--------------|-----|---------|-------|
| 学号：22260336 | | 姓名：李雨欣 | | 性别：女 | | 学院：工程师学院 | | 专业：材料与化工 | | 学制：2.5年 | |
| 毕业时最低应获：24.0学分 | | | | 已获得：27.0学分 | | | | 入学年月：2022-09 | | 毕业年月： | |
| 学位证书号： | | | | 毕业证书号： | | | | 授予学位： | | | |
| 学习时间 | 课程名称 | 备注 | 学分 | 成绩 | 课程性质 | 学习时间 | 课程名称 | 备注 | 学分 | 成绩 | 课程性质 |
| 2022-2023学年秋季学期 | 研究生英语 | | 2.0 | 免修 | 公共学位课 | 2022-2023学年秋冬学期 | 数据分析的概率统计基础 | | 3.0 | 77 | 专业选修课 |
| 2022-2023学年秋季学期 | 工程技术创新前沿 | | 1.5 | 82 | 专业学位课 | 2022-2023学年秋冬学期 | 高阶工程认知实践 | | 3.0 | 79 | 专业学位课 |
| 2022-2023学年秋季学期 | 化学品设计与制造 | | 2.0 | 92 | 专业学位课 | 2022-2023学年冬季学期 | 新时代中国特色社会主义思想理论与实践 | | 2.0 | 92 | 公共学位课 |
| 2022-2023学年秋季学期 | 研究生英语能力提升 | | 1.0 | 免修 | 跨专业课 | 2022-2023学年冬季学期 | 产业技术发展前沿 | | 1.5 | 90 | 专业学位课 |
| 2022-2023学年秋季学期 | 研究生英语基础技能 | | 1.0 | 免修 | 公共学位课 | 2022-2023学年春季学期 | 自然辩证法概论 | | 1.0 | 86 | 公共学位课 |
| 2022-2023学年秋冬学期 | 工程伦理 | | 2.0 | 92 | 公共学位课 | 2022-2023学年春夏学期 | 化学品制造技术进展 | | 2.0 | 78 | 专业学位课 |
| 2022-2023学年秋冬学期 | 研究生论文写作指导 | | 1.0 | 86 | 专业学位课 | | 硕士生读书报告 | | 2.0 | 通过 | |
| 2022-2023学年冬季学期 | 化工制造安全与环境 | | 2.0 | 92 | 专业选修课 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：

成绩校核人：张梦依

打印日期：2025-06-03

Extracting $\text{TcO}_4^-/\text{ReO}_4^-$ from the Alkaline Solution by the Imidazolium-Based Ionic Liquid–Aqueous Biphasic System

Yuxin Li, Chuanying Liu,* Anting Ding, Zhiwei Liu, and Chengliang Xiao*

Cite This: *Ind. Eng. Chem. Res.* 2025, 64, 2309–2317

Read Online

ACCESS |



Metrics & More

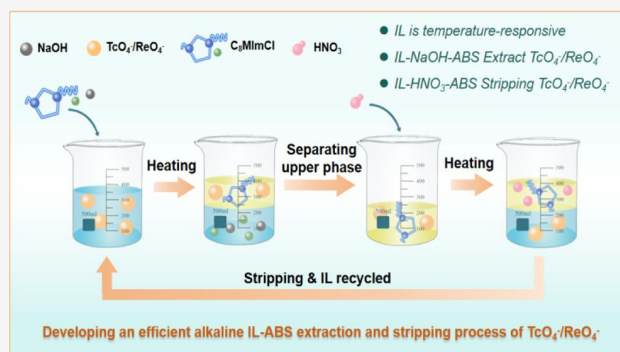


Article Recommendations



Supporting Information

ABSTRACT: With the advancement of the nuclear industry, recovering $^{99}\text{TcO}_4^-$ from alkaline waste has become urgently necessary. In this study, an alkaline aqueous biphasic system (ABS) based on an imidazolium-based ionic liquid (IL) was developed to meet this demand. The phase transition mechanism was investigated by using cloud point titration, small-angle X-ray scattering (SAXS), and dynamic light scattering (DLS). The ABS was formed through the aggregation and growth of imidazolium micelles, which were influenced by the NaOH/IL concentration and temperature. Furthermore, the anion exchange extraction mechanism was identified through Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), electrospray ionization mass spectrometry (ESI-MS), Raman spectroscopy, and ^1H NMR and ^{13}C NMR analyses. This IL-ABS demonstrated high loading capacity, fast kinetics, and high selectivity for ReO_4^- (an analogue for radioactive $^{99}\text{TcO}_4^-$) and could recover over 95% of ReO_4^- from a simulated radioactive tank waste supernatant with high concentrations of NaOH and competing anions. Additionally, the loaded ReO_4^- could be easily stripped by using nitric acid. Compared with traditional separation methods, alkaline ABS is efficient and green, showing promising application prospects for the removal of $^{99}\text{TcO}_4^-$ from nuclear alkaline waste.



1. INTRODUCTION

Over 80% of the world's energy needs are met by fossil fuels, and the large amount of CO_2 generated during combustion poses a threat to the ecological environment.¹ With the development of modern society, nuclear energy is expected to be a viable alternative to fossil fuels.² However, technetium-99 (^{99}Tc)—a radioactive isotope with a half-life of 2.13×10^5 years—is produced in significant quantities ($\sim 6\%$) from typical uranium (^{235}U) and plutonium (^{239}Pu) fission reactors.^{3,4} It usually exists as $^{99}\text{TcO}_4^-$ and is stored in high alkalinity waste tanks along with various other high concentration anions.⁵ If nuclear waste leaks, $^{99}\text{TcO}_4^-$ could lead to long-term environmental contamination due to its excellent chemical stability and high water solubility.^{6–8} Its potential for bioaccumulation and toxicological effects in mammals also raises concerns.⁹ Therefore, effective methods for extracting $^{99}\text{TcO}_4^-$ from nuclear waste are urgently needed.

Numerous methods for the separation of $^{99}\text{TcO}_4^-$ have been developed, including precipitation,^{10,11} adsorption,^{12,13} and solvent extraction.¹⁴ Precipitation is unsuitable for low-concentration solutions, such as tank waste,⁵ which contains only 5 ppm of $^{99}\text{TcO}_4^-$. While adsorption is time-consuming and many adsorbents have drawbacks such as low adsorption capacity, poor selectivity, and frequent regeneration of

adsorbents,¹⁵ solvent extraction is more appropriate and efficient for the removal of $^{99}\text{TcO}_4^-$ from nuclear waste.¹⁶

Traditional solvent extraction typically uses water-immiscible organic solvents such as kerosene and benzene, which pose significant environmental threats due to their high volatility, flammability, and inherent unsustainability.¹⁷ To overcome these disadvantages, various green solvents have been developed as alternatives, including supercritical fluids,¹⁸ ionic liquids, and deep eutectic solvents.¹⁹ Among these, a novel system combining ionic liquid (IL) and an aqueous biphasic system (ABS) has been established in recent decades.²⁰ ILs possess many advantages, such as negligible vapor pressure, high thermal stability, and adjustable structures.²¹ However, ILs also have drawbacks, including high viscosity, which hinders mass transfer and limits practical applications. The introduction of ABS can address this problem, as there is no mass transfer obstacle caused by the liquid interface in homogeneous liquid–liquid extraction.²²

Received: October 18, 2024

Revised: January 3, 2025

Accepted: January 8, 2025

Published: January 16, 2025

