

同行专家业内评价意见书编号： 20250858240

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：_____ 李星睿

学号：_____ 22260163

申报工程师职称专业类别（领域）：_____ 能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月10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)

在校期间，我系统地修读了智慧能源系统工程及相关专业课程，深入掌握了本专业的基础理论知识和专业技术知识。通过课程学习，我对能源系统的构成、运行机制及其优化管理有了全面的理解，特别是在能源转换、储存与利用等方面的理论基础得到了扎实的提升。这些知识不仅让我理解了能源系统的复杂性，还培养了我运用理论知识解决实际问题的能力。此外，我还参与了多个项目，应用所学知识进行实际案例分析，提升了我的实践能力和创新思维，为我今后在工程实践中应用先进技术、解决问题打下了坚实的基础。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在实践期间参与了废旧锂离子电池回收中试平台搭建过程，参与制定工程项目的总体设计方案，提出创意和技术解决方案，尤其针对隧道炉的改进工作，纠正了可能存在的隧道炉氮气焙烧过程中氧含量超标问题，确保设计的可行性和安全性，引入了和应用新的思路，提高项目的效率和质量。在项目结束后，编写了各类技术文档和项目报告，记录工作过程和成果，确保信息的完整性和可追溯性。编写了总结报告，分析项目的成功经验和不足，为未来项目提供了参考。在工艺探究过程中，以该中试平台机械破碎、氮气焙烧、气流分选得到的中试废旧磷酸铁锂电池黑粉为研究目标，探究了湿法全组分浸出的浸出机理与浸出最佳条件，得到的浸出液既可确保电池黑粉中有价值的成分完全提取，又比实验室规模的浸出液更具工业应用代表性。在工艺路线设计优化过程中，比较了多种除杂方法的效率与差异性，了解了不同实验条件下浸出液中铜、铝杂质元素的形成和析出行为，面对浸出液中高浓度铁离子中分离微量铝离子的难题，创新地提出了最佳的除杂工艺，实现了高浓度有价金属中微量杂质的去除，同时保证了有价成分的最大回收。

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）

浙江大学能源工程设计研究院有限公司于1988年07月28日成立。公司经营范围包括：服务：电力行业（新能源发电）专业乙级、环境工程（大气污染防治工程、固体废物处理处置工程、水污染防治工程）专项乙级，可从事资质证书许可范围内相应的建设工程总承包业务以及项目管理和相关的技术与管理服务等。在浙江大学能源工程设计研究院有限公司的专业实习实践为我提供了宝贵的锻炼机会，使我在科研、应用和职业能力方面取得了显著进步，为未来的职业发展奠定了坚实基础。

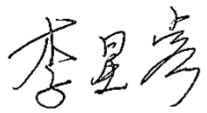
在知识掌握、科研能力方面，作为一位科研新人，在刘少俊老师的指导下，掌握了科研学习的方法，熟悉了科研项目的流程，包括文献查阅、实验设计、数据收集与分析等；通过相关的论文阅读和产业调研，明确了目前废旧磷酸铁锂电池的回收技术难点和行业痛点，从经济、政策的角度分析了全组分回收工艺的必要性。在工艺路线设计优化过程中，比较了多种除杂方法的效率与差异性，面对浸出液中高浓度铁离子中分离微量铝离子的难题，在刘老师的指导下，提出了具有创新性的解决方案，将课堂上学到的理论知识与实际问题相结合，在工艺优化中培养了创新能力。

在应用能力提升方面，在整个废旧电池回收中试平台搭建期间，在吴卫红工程师的指导与安排下，我有机会将理论应用于实践，在现场实践的过程中，提升了自己实际操作能力；面对隧道炉在氮气焙烧时气氛难以完全保证，少量氧气会氧化磷酸铁锂从而导致全组分浸出率降低的问题，通过试验确定了隧道炉中不同位置的氧含量，进一步在隧道炉与氮气输送管道之间，设置了气体阀门与金属浮子流量计，明确了气体流量与残存氧气含量的关系，基于实验

数据，在隧道炉中关键段加入风机、氧含量的检测与报警系统，强化了内部氮气的循环，成功降低了焙烧段的氧含量。通过不断尝试和调整，在实践中培养了灵活应对和高效解决实际问题中复杂问题的能力。

在职业能力、素质养成方面，通过实习实践，我对自身的研究方向和职业发展有了更清晰的认识，废旧锂电池高质循环利用对支撑新能源产业可持续发展和双碳目标实现具有重大意义，若能将自己的研究与国家双碳战略需求相结合，实现个人科研成果与国家发展目标的紧密对接，为国家电池回收工艺和政策的完善作出一定贡献，将极大地实现自身的科研价值。此外，在项目完成过程中，通过与不同领域的专业人士合作，我拓宽了知识面，提升了自己跨学科应用的能力，展现了工程师学院学科交叉培养的优点。通过本次专业实践的锻炼，我学习了行业职业道德和行业规范，培养了良好的职业素养，将自己提升成为了一名更加合格的工程师。

(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
Separation of Al and Cu from spent LiFePO ₄ cathodes via a combination of selective leaching and two-stage precipitation	国际期刊	2025年04月11日	Separation and Purification Technology	1/11	SCI一区TOP
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： 87 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： 92 分
本人承诺	
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！ 申报人签名：	

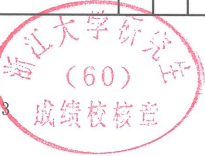
浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260163		姓名：李星睿		性别：男		学院：工程师学院		专业：能源动力			学制：2.5年	
毕业时最低应获：26.0学分				已获得：28.0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	智慧能源工程案例分析		2.0	90	专业学位课	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	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	94	公共学位课	2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	77	专业选修课	
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	80	专业学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	81	公共学位课	
2022-2023学年冬季学期	低碳能源系统理论与设计		2.0	90	专业学位课	2022-2023学年春夏学期	新能源利用技术及工程		2.0	77	专业选修课	
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	93	公共学位课	2022-2023学年夏季学期	工程师创新创业思维		2.0	96	专业选修课	
2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	94	公共学位课	2023-2024学年夏季学期	研究生英语应用能力提升		2.0	83	公共学位课	
2022-2023学年冬季学期	智慧能源系统工程		2.0	88	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过		
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	84	专业学位课							

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：2025-06-08



http:

《SCI-EXPANDED》收录、《JCR》期刊影响因子、分区及中科院期刊分区证明

经检索《Web of Science》、《Journal Citation Reports (JCR)》及《中国科学院文献情报中心期刊分区表》数据库,《Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)》收录论文及其期刊影响因子、分区情况如下。(检索时间: 2025 年 5 月 12 日)

第 1 条, 共 1 条

标题: Separation of Al and Cu from spent LiFePO₄ cathodes via a combination of selective leaching and two-stage precipitation

作者: Li, XR(Li, Xingrui); Ma, ZH(Ma, Zihao); Guo, JM(Guo, Jiangmin); Zhang, Y(Zhang, Yu); Ye, TM(Ye, Tianmeng); Liu, SJ(Liu, Shaojun); Xing, P(Xing, Peng); Song, H(Song, Hao); Wu, WH(Wu, Weihong); Zheng, CH(Zheng, Chenghang); Gao, X(Gao, Xiang);

来源出版物: SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY 卷: 368 文献号: 132993

DOI: 10.1016/j.seppur.2025.132993 出版年: SEP 17 2025

入藏号: WOS:001473247200001

文献类型: Article

地址:

[Li, Xingrui; Guo, Jiangmin; Zhang, Yu; Ye, Tianmeng; Liu, Shaojun; Song, Hao; Wu, Weihong; Zheng, Chenghang; Gao, Xiang] Zhejiang Univ, State Key Lab Clean Energy Utilizat, Hangzhou 310027, Peoples R China.

[Ma, Zihao] Shanghai Elect Grp Co LTD, Shanghai 200336, Peoples R China.

[Xing, Peng] Chinese Acad Sci, Inst Proc Engn, Natl Engn Res Ctr Green Recycling Strateg Met Reso, CAS Key Lab Green Proc & Engn, Beijing 100190, Peoples R China.

通讯作者地址:

Liu, SJ; Gao, X (通讯作者), Zhejiang Univ, State Key Lab Clean Energy Utilizat, Hangzhou 310027, Peoples R China.

电子邮件地址: phoenix205@zju.edu.cn; xgao1@zju.edu.cn

IDS 号: 1TL3O

ISSN: 1383-5866

eISSN: 1873-3794

期刊《SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY》2023 年的影响因子为 8.2, 五年影响因子为 7.6。

期刊《SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY》2023 年的 JCR 分区情况为:

Edition	JCR® 类别	类别中的排序	JCR 分区
SCIE	ENGINEERING, CHEMICAL	15/170	Q1

期刊《SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY》2025 年升级版的中科院期刊分区情况为:

刊名	SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY		
年份	2025		
ISSN	1383-5866		
	学科	分区	Top 期刊
大类	工程技术	2	是
小类	ENGINEERING, CHEMICAL 工程: 化工	2	-

注:

1. 期刊影响因子及分区情况最新数据以 JCR 数据库、《中国科学院文献情报中心期刊分区表》最新数据为准。
2. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。
3. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。





Separation of Al and Cu from spent LiFePO_4 cathodes via a combination of selective leaching and two-stage precipitation^{*}

Xingrui Li^a, Zihao Ma^b, Jiangmin Guo^a, Yu Zhang^a, Tianmeng Ye^a, Shaojun Liu^{a,*},
Peng Xing^c, Hao Song^a, Weihong Wu^a, Chenghang Zheng^a, Xiang Gao^{a,*}

^a State Key Lab of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

^b Shanghai Electric Group Co. LTD, Shanghai 200336, China

^c CAS Key Laboratory of Green Process and Engineering, National Engineering Research Center of Green Recycling for Strategic Metal Resources, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

ARTICLE INFO

Editor: B. Van der Bruggen

Keywords:
Spent LiFePO_4 cathodes
Selective leaching
Precipitation
Impurities removal

ABSTRACT

Recycling Li, P and Fe from cathodes of spent LiFePO_4 batteries plays a significant role in mitigation of Li resources shortage, as well as environmental protection. In this study, black mass from spent LiFePO_4 batteries were subjected to roasting at 600°C under a nitrogen atmosphere to inhibit the oxidation of Fe^{2+} . Then, Li, Fe and P in the black mass were successfully leached into the solution under optimal conditions (2 mol/L H_2SO_4 , liquid to solid ratio of 10:1, temperature of 35°C , 300r/min stirring for 120 min), that achieved the initial separation of these elements from graphite and part of Al. Subsequently, a two-stage precipitation process, consisting of a cementation reaction followed by pH value adjustment, was employed to sequentially remove Cu and Al from the leaching solution. The total separation efficiencies for Cu and Al achieved 99.93 % and 95.37 % (based on contents of black mass), respectively. After separation of Cu and Al, 96.03 % of Li and 83.69 % of P present in the black mass were successfully recovered in the forms of Li_2CO_3 and FePO_4 , respectively. The strategy developed herein provides valuable guidance for the resource utilization of P, Fe and Li, demonstrating promising potential for industrial-scale applications.

1. Introduction

With the rapid advancement of modern science and technology, human energy consumption has surged, driving an incessant growth in the demand for sustainable and environmentally friendly energy sources, such as solar and wind energy [1,2]. However, the intrinsic properties like instability hinder the large-scale applications of solar or wind energy alone. Thus, combining sustainable energy with energy storage to fabricate integrated energy systems receives great attention in recent years [3]. As an ideal medium for energy storage, especially electricity, Li-ion batteries have emerged as a favored choice [4]. Within Li-ion batteries, LiFePO_4 (LFP) batteries have garnered widespread adoption owing to their exceptional safety performance, cost-effectiveness, long cycle life [5]. However, with the extending of service life, a substantial number of LFP batteries will inevitably reach their retirement phase, thereby generating spent batteries. The typical composition of a LFP battery includes a cathode, an anode of graphite, separator, electrolyte,

and battery casing [6]. Improper disposal of spent LFP batteries not only results in a great waste of resources, but also leads to environmental pollution due to the presence of P in the electrodes and organic matter in the electrolyte [7]. Hence, the recycling of spent LFP batteries is helpful both to save natural resources and tackle the environmental problems, thereby responding a sustainability challenge [8,9].

Currently, recycling routes for spent LFP batteries primarily include mechanical [10], pyrometallurgical [11,12], hydrometallurgical [13,14], and direct ones [15–17], as well as the combination of two or more above. Among these, hydrometallurgy is deemed as an ideal process for large-scale applications, due to its low operating temperatures, high recovery efficiency and product purity [18–20]. In a typical hydrometallurgy, pretreatment, leaching and separation processes are included [21,22].

The pretreatment process usually encompasses steps such as discharge, disassembly, crushing and sorting. Before further treatment, discharge is normally used to prevent possible combustion and

^{*} This article is part of a special issue entitled: 'SPT for LIBs Recycling' published in Separation and Purification Technology.

^{*} Corresponding authors.

E-mail addresses: phenix205@zju.edu.cn (S. Liu), xgao1@zju.edu.cn (X. Gao).

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.132993>

Received 24 October 2024; Received in revised form 29 March 2025; Accepted 10 April 2025

Available online 11 April 2025

1383-5866/© 2025 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.