

同行专家业内评价意见书编号：20250856098

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： 陈明洲

学号： 22260323

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20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)

扎实掌握《化工原理》、《传质过程原理》、《化工热力学》、《化学反应工程》、《物理化学》、《有机化学》等学科知识，具备材料结构-

性能关联分析、化工过程模拟与优化的理论基础。较好地掌握了材料合成与表征技术(如有机合成方法、DSC、TG、FTIR、ICP-

MS、IC等)、会分析化工传递过程(传质、传热、流体力学)及建立反应动力学模型，能运用Aspen

Plus软件进行工艺流程仿真。此外，硕士课题围绕含氟锂盐的合成以及电解液工程设计开展研究熟悉锂电池相关材料结构与性能研究，如锂盐的合成以及电解液工程设计；掌握电化学测试方法，如CV、LSV、EIS、GCD等。并在《锂离子电池用双氟磺酰亚胺里的的开发》项目(实验室研发项目)中，主导开发LiFSI合成工艺开发，通过优化工艺路线与合成参数，实现绿色清洁高效制备高纯LiFSI的技术路线。申请发明专利3项，发表EI论文1篇。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

项目为锂离子电池用双氟磺酰亚胺锂的合成，项目为实践单位华友钴业新能源科技有限公司所提供，提供项目经费50万元。针对该项目，主要研究目标是制备得到双氟磺酰亚胺锂，并能满足电池中的应用要求，存在的技术难点为：双氟磺酰亚胺锂的制备路线多，传统路线存在收率低，氟化效率低，三废处理问题等，且最终产品中产生的杂质离子多，不利于其在电池中的应用。基于氯化反应机理，通过优化投料比以及加料顺序大大提高了氯化反应收率；开发了氟化铵的氟化反应路线，通过单因素实验法优化工艺条件，得到氟化反应效率高达97%。结合化学反应、外加能量、溶液结晶动力学等方法，实现粗品LiFSI的纯化，能满足电池级标准。在LiFSI合成与工艺开发过程中，申请了相关发明专利3项，发表EI论文1篇。

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)

双氟磺酰亚胺锂(LiFSI)是一种导电性好、热稳定性高的电解质锂盐，其在锂电池体系中展现出独特的电解质兼容性与界面调控优势，有望取代六氟磷酸锂成为新一代锂盐。但目前，其规模化应用仍受限于合成成本高、产率不稳定、工艺复杂度大及杂质控制难等产业化瓶颈，本研究针对此，对LiFSI的合成工艺路线进行了改进，得到了一条绿色、安全、高效的工艺合成路线：

(1) 在合成双氯磺酰亚胺酸(HClSI)时，进行了原料成本分析，对比了氨基磺酸法和氯磺酸异氰酸酯法，选择了成本更低的氨基磺酸法合成HClSI。通过对机理的认识以及实验现象的观察，发现添加第四原料氯磺酸异氰酸酯利于原料氯磺酸的完全转化，进而利于氨基磺酸的转化，从而对产物产率有了阶段性的提升(95%)。产率的提升对于企业生产来无疑是一笔经济收益，同时，也为后续合成最终产物双氟磺酰亚胺锂提供了更多的原料。

(2) 考虑到氟化效率、安全性、绿色性方面。在氟化过程的研究中，选择氟化铵进行氟化，能够较好的避免直接采用氟化氢的工艺，一方面极大地提升了操作者以环境的安全问题；另一方面，针对氟化反应选择性低(副产物占比>30%)，导致后续提纯难度大的问题，选择了氟化效率更高的氟化试剂氟化铵。针对此固液相反应，根据所学的“三传一反”理论知识，此时的传质界面在固液反应界面，需要强化传质效率。采用了回流的反应条件来不断更新固液界面以促进传质，提高反应效率。氟化过程，反应的成功在于F的活性，需要控制温度以提升氟化试剂中F的离解速率，选择极性大的有机溶剂以及适当提升温度均能促进F的离

解。综上，对氟化铵的氟化双氯中间体的反应过程，极大地提升了其反应效率，达到97%。此外，结合了核磁表征方法，对反应过程中产物进行了间隔取样分析，实时追踪氟化产物信号，得知该氟化反应速率是相对较快的，成功验证了强化传质过程、优化反应条件的有效性。

（3）合成的LiFSI需要满足电池级标准方能用于电池中，这就要求其中的杂质含量很低，产品含量高，仅仅通过工艺优化无法满足应用条件，需要进一步开发纯化工艺路线。在该项研究中，采用了化学反应法、反溶剂结晶法、外加能量的冷冻干燥法综合实现了除酸、除水、除各种杂质离子的目的。由于所合成的LiFSI经过了多步反应，粗品中残留LiFSI的杂质来源于工艺路线中每步反应过程，杂质主要来源包括原料引入的杂质、残留的反应物原料、生成的副产物以及原料/产物分解/水解等。其中，典型的杂质包括氯化过程的 Cl^- 、氟化过程产生的 F^- 和 NH_4^+ 、离子交换时引入的水分、产物水解产生的 SO_4^{2-} 等。采用化学反应的方式，通过加入 Li_2CO_3 （本着少引入杂质的原则）来中和粗品LiFSI中的游离酸；同样是化学反应法，加入与水反应的原甲酸三甲酯来反应掉LiFSI中少量的水，有利于LiFSI的结晶。其次，针对其中其余杂质离子，可以通过多次反溶剂结晶来进一步纯化LiFSI。综上，对上多步除杂过程进行了合并，得到了纯化LiFSI的工艺路线，得到的产品纯度大于99.9%（ICP-OES验证），实现了行业的技术指标。

(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
双氟磺酰亚胺锂合成工艺研究进展及其改进方向	核心期刊	2024年12月18日	精细化工	1/7	EI期刊收录
一种清洁无废制备双氟磺酰亚胺锂的方法	发明专利申请	2023年05月25日	申请号: CN 2023105986 27.0	2/3	
双氟磺酰亚胺钠的高效率制备方法	发明专利申请	2023年09月28日	申请号: CN 2023112733 31.8	2/5	

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： 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： 81 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： 陈明洲</p>	

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22260323	姓名: 陈明洲	性别: 男	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: 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	研究生英语		2.0	免修	公共学位课	2022-2023学年冬季学期	化工制造安全与环境		2.0	91	专业选修课
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	92	公共学位课	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	工程技术创新前沿		1.5	90	专业学位课	2022-2023学年冬季学期	化工流变学		2.0	88	跨专业课
2022-2023学年秋季学期	化学品设计与制造		2.0	88	专业学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	84	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学年夏季学期	研究生论文写作指导		1.0	93	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学年春夏学期	化学品制造技术进展		2.0	81	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	82	公共学位课	2022-2023学年春夏学期	高阶工程认知实践		3.0	87	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	工程中的有限元方法		2.0	98	专业选修课		硕士生读书报告		2.0	通过	

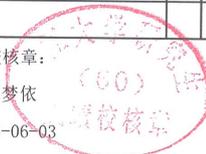
说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制(通过、不通过), 五级制(优、良、中、及格、不及格)。

2. 备注中“*”表示重修课程。

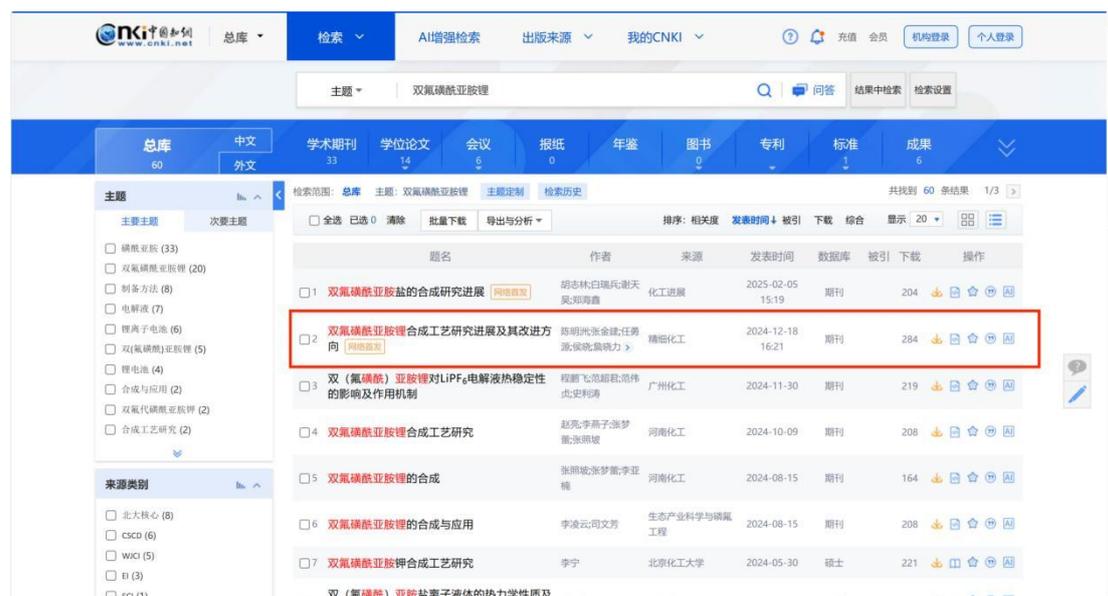
学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2025-06-03



论文网络搜索页截图（第二个）：



图书馆收录证明：

来源于浙江大学《国内学术期刊目录·2016 版》。

网址：<https://hr.zju.edu.cn/cn/2016/1229/c28843a1272721/page.psp>

556	经济学动态	1002-8390	
557	经济与管理研究	1000-7636	
558	经济纵横	1007-7685	
559	精细化工	1003-5214	
560	军事医学	1674-9960	
561	开放教育研究	1007-2179	
562	开放时代	1004-2938	

双氟磺酰亚胺锂合成工艺研究进展及其改进方向

陈明洲^{1,2}, 张金建³, 任勇源^{1,2}, 侯晓^{1,2}, 詹晓力^{1,2}, 沈芳明³,
张庆华^{1,2}

(1. 浙江大学 化学工程与生物工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江大学衢州研究院, 浙江 衢州 324000; 3. 浙江永正锂电股份有限公司, 浙江 衢州 324000)

*通信作者 张庆华(1976—), 男, 教授, E-mail: qhzhang@zju.edu.cn

摘要 锂电池电解液通常由锂盐、溶剂、添加剂三部分组成, 锂盐在很大程度上决定着电池的能量密度、循环性能与安全问题。目前, 主要的商业化锂盐六氟磷酸锂(LiPF₆)存在热稳定性差、易水解等问题, 限制了锂电池在极端情况尤其是宽温区的使用。而双氟磺酰亚胺锂(LiFSI)因其较好的热稳定性、电导率高、高低温性能优异有望取代LiPF₆成为新一代锂盐, 但其仍存在合成成本高、高纯产品难以获得的问题, 亟需对现有的工艺进行改进以及开发新的合成路线。该文对LiFSI现有合成工艺进行了总结, 并分析了其优缺点。在此基础上, 提出了LiFSI合成工艺中优化合成步骤顺序、研发新型硅氮烷原料、创新设计氟化剂等改进方向。这些合成工艺的改进与优化将进一步促进LiFSI产业的发展及其在新能源锂电池领域中的应用。

关键词 锂电池; 双氟磺酰亚胺锂; 合成; 工艺路线; 氟化; 锂化

DOI: 10.13550/j.jxhg.20240747

Research progress and improvement direction on synthesis process of lithium bis(fluorosulfonyl)imides

CHEN Mingzhou^{1,2}, ZHANG Jinjian³, REN Yongyuan^{1,2}, HOU Xiao^{1,2}, ZHAN Xiaoli^{1,2}, SHEN Fangming³,
ZHANG Qinghua^{1,2}

(1. College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China; 2. Institute of Zhejiang University-Quzhou, Quzhou 324000, Zhejiang, China; 3. Zhejiang Youngdream Li-ion Co., Ltd., Quzhou 324000, Zhejiang, China)

Abstract Lithium battery electrolyte is usually composed of lithium salt, solvent, and additive, of which lithium salt, to a large extent, determines the battery energy density, cycle performance and safety issues. At present, lithium hexafluorophosphate (LiPF₆), the main commercial lithium salt, has problems such as poor thermal stability and easy hydrolysis, which limits the use of lithium batteries in extreme situations, especially in areas with wide temperature ranges. Lithium bis(fluorosulfonyl)imide (LiFSI) is expected to replace LiPF₆ as a new generation of lithium salt due to its good thermal stability, high conductivity, as well as excellent high and low temperature performance. However, LiFSI also has disadvantages of high synthesis cost and difficulty in obtaining high-purity products, so there is an urgent need to improve the existing process and develop new synthesis routes. In this review, the existing LiFSI synthesis processes were summarized, with their advantages and disadvantages analyzed. The improvement direction for LiFSI synthesis process, such as optimizing the sequence of synthesis steps, developing new silazane raw materials and innovating the design of fluorinating agents were subsequently discusses, which will further promote the development of the LiFSI industry and its application in the field of new energy lithium batteries.

Key words lithium batteries; lithium bis(fluorosulfonyl)imide; synthesis; processing route; fluoridation; lithiation

收稿日期: 2024-09-29

基金项目: 中国博士后科学基金项目(2023M742989); 浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划项目(2022C01071、2023C01185); 杭州市科技发展计划项目(202204T08); 衢州市科研计划项目(2022Z03、2023K020); 浙江大学衢州研究院科技计划项目(IZQ2023KJ2002、IZQ2023KJ3008和IZQ2023KJ3011)

作者简介: 陈明洲(2000—), 男, 硕士生, E-mail: 1563498436@qq.com.

网络首发时间: 2024-12-18 16:21:17 网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/21.1203.TQ.20241218.1448.004>

EI 收录证明:

The screenshot shows a spreadsheet titled 'CPXSourceList_04202501.xlsx' with the following data:

PRINT ISSN	ONLINE ISSN	CHINESE TITLE (中文刊名)	TRANSLITERATED TITLE (刊名翻译)	ENGLISH/TRANSLATED TITLE (英文刊名)	LANGUAGE (语言)
132	26667592	-	-	Energy Geoscience	English
133	26661381	-	-	Engineered Regeneration	English
134	10004750	工程力学	Gongcheng Lixue	Engineering Mechanics	Chinese
135	10013539	工程塑料应用	Gongcheng Suliao Yingyong	Engineering Plastics Application	Chinese
136	25901826	-	-	Environmental Chemistry and Ecotoxicology	English
137	02503301	环境科学	Huanjing Kexue	Environmental Science	Chinese
138	26618869	26618877	-	Experimental and Computational Multiphase Flow	English
139	10011455	爆炸与冲击	Baozha yu Chongji	Explosion and Shock Waves	Chinese
140	10035214	精细化工	Jingxi Huagong	Fine Chemicals	Chinese
141	26671344	-	-	FirePhysChem	English
142	0253990X	食品与发酵工业	Shipin yu Fajiao Gongye	Food and Fermentation Industries	Chinese, English
143	10026630	食品科学	Shipin Kexue	Food Science	Chinese
144	22237690	22237704	-	Friction	English
145	20951701	20951698	-	Frontiers in Energy	English
146	20952635	20952643	-	Frontiers of Architectural Research	English
147	20950179	20950187	-	Frontiers of Chemical Science and Engineering	English
148	20952228	20952236	-	Frontiers of Computer Science	English
149	20952201	2095221X	-	Frontiers of Environmental Science and Engineering	English
150	20959184	20959230	-	Frontiers of Information Technology & Electronic	English

专利一：

(19) 国家知识产权局



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 116654882 A

(43) 申请公布日 2023.08.29

(21) 申请号 202310598627.0

(22) 申请日 2023.05.25

(71) 申请人 浙江大学

地址 310030 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 张庆华 陈明洲 詹晓力

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所

(特殊普通合伙) 33240

专利代理师 朱月芬

(51) Int. Cl.

C01B 21/086 (2006.01)

H01M 10/0568 (2010.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

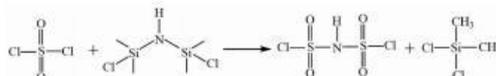
权利要求书1页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种清洁无废制备双氟磺酰亚胺锂的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种清洁无废制备双氟磺酰亚胺锂的方法。本发明本着以提高产品收率,减少无用副产物的思想:(1)设计了一种新的含氯的硅氮烷作为氮源—四甲基二氯二硅氮烷。又以硫酰氯为原料之一,作为氯磺酰基的来源,两者反应高产率高纯度生成双氯磺酰亚胺酸,同时生成重要的有机硅单体原料二甲基二氯硅烷;(2)选择KF作为氟化剂得到KFSI,避免了其他氟化剂带来了的腐蚀设备,成本高,毒害性大的缺点;(3)LiFSI是通过KFSI和LiCl在有机溶剂中的复分解反应制备的,接近定量收率,进一步提高产品的产率。通过以上工艺,有效降低了生产成本,提高了最终产品的产率和整个生产过程中的经济效益。



专利二:

(19) 国家知识产权局



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 117361451 A

(43) 申请公布日 2024.01.09

(21) 申请号 202311273331.8

(22) 申请日 2023.09.28

(71) 申请人 浙江大学

地址 310030 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 张庆华 陈明洲 詹晓力 侯晓任勇源

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所(特殊普通合伙) 33240

专利代理师 朱月芬

(51) Int. Cl.

C01B 21/086 (2006.01)

H01M 10/054 (2010.01)

H01M 10/0568 (2010.01)

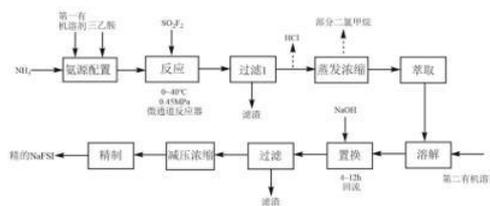
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

双氟磺酰亚胺钠的高效率制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双氟磺酰亚胺钠的高效率制备方法。本发明分成三个步骤进行NaFSI的制备: (1) 以硫酰氟、氨气等易获得气体为原料, 反应在有机溶剂的环境中进行, 加入三乙胺作为缚酸剂实现产物的高选择性, 并通过微通道反应器实现该气液相反应的高转化率进行, 生成中间体双氟磺酰亚胺三乙胺盐; (2) 由于第一步反应存在副产物, 为了保证最终产品的纯度, 需要经过进一步的蒸发、萃取等分离操作实现中间产物的提取; (3) 钠化过程, 采用碱性较强的氢氧化钠置换除去三乙胺得到NaFSI产品。本发明从缩短反应路径、节省成本考虑对整个反应路径进行了合理设计, 反应过程中产生的副产物少, 能实现产率高达92.6%, 纯度99.42%, 具有很好的应用前景。



CN 117361451 A