

附件 6



**中国科学院大学**

University of Chinese Academy of Sciences

## 博士学位论文评阅书

论文题目: 硫正极催化转换反应研究

作者姓名: 邵钦君

学位类别: 工学博士

学科(专业) 化学工程

研究所(院系) 中国科学院大连化学物理研究所

中国科学院大学制

## 学术道德评价

（一票否决）

评价要素	评价意见（请在相应栏内划“√”）
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是（具体说明存在的问题）
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

## 评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	98
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	96
3	创新成果	论文成果创新性，对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	94
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度，专门知识的系统性、深入性	10%	95
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	94
6	论文写作	论文结构、撰写规范性；文字表达准确、清晰和流畅性；引文严谨、规范性	10%	94
总体评价			总分	94.8

注：“分数”栏每项均按百分制整数评分，各项满分均为100分。评分分为四档：大于等于90分为优秀；大于等于75分小于89分为良好；大于等于60分小于74分为一般；小于60分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目： 硫正极催化转换反应研究

作者姓名： 邵钦君

硫正极材料具有高比容量优势，是构筑高比能锂硫电池的核心。论文选题属于该领域的前沿基础性研究课题，具有重要的理论研究意义和潜在的应用价值。

针对硫正极反应中多硫化物较慢的反应特征，该论文设计、制备出多种碳负载过渡金属氧化物、硫化物以及单原子催化剂材料，并通过催化多硫化物反应来抑制多硫化物穿梭反应和改善硫正极的循环稳定性。研究显示，中空碳球负载  $\text{MnO}_2$  和  $\text{MoS}_2$  均呈现良好的电催化功能，可有效加速多硫化物的催化转换进程，进而显著改善硫电极的循环稳定性。在此基础上，该论文将单原子 Fe 负载到氮掺杂中空碳球上制备出新型催化载体，明显改善多硫化物转换的动力学反应速度和硫正极的循环寿命。同时，将这种硫正极应用于软包装电池体系中也得到良好的效果和实际验证。

论文整体围绕硫正极的催化转换反应机制开展研究，论证与分析严谨，工作量大，研究成果有创新性。综合其研究成果，该论文为一篇优秀的博士论文。

是否同意组织学位论文答辩

（请在相应栏内划“√”）

☒ 同意答辩

☐ 修改后答辩

☐ 不同意答辩

## 学术道德评价

（一票否决）

评价要素	评价意见（请在相应栏内划“√”）
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是（具体说明存在的问题）
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

## 评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	90
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	90
3	创新成果	论文成果创新性，对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	85
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度，专门知识的系统性、深入性	10%	90
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	90
6	论文写作	论文结构、撰写规范性；文字表达准确、清晰和流畅性；引文严谨、规范性	10%	90
总体评价			总分	88.5

注：“分数”栏每项均按百分制整数评分，各项满分均为 100 分。评分分为四档：大于等于 90 分为优秀；大于等于 75 分小于 89 分为良好；大于等于 60 分小于 74 分为一般；小于 60 分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目：硫正极催化转换反应研究

作者姓名：邵钦君

论文选题具有高度创新性：首次将硫电池作为研究对象，针对硫电极-电解质界面反应问题开展研究，选题具有重大理论意义和实用价值。

论文工作中，作者设计、制备了多种硫负载过渡金属氧化物、硫化物以及导电聚合物，实现了多硫物种的催化还原和氧化，从而加快多硫物种的转化及反应速率。抑制型穿梭反应，有效提高了硫电极-电解质界面稳定性，为构建高性能硫电池提供了新思路。论文写作规范、条理清晰，逻辑关系明确。

是否同意组织学位论文答辩

（请在相应栏内划“√”）

☒ 同意答辩

☐ 修改后答辩

☐ 不同意答辩

论文存在以下问题：1. 图相转换是描述硫电极可逆性之一重要途径，作者在图记中应当给予一定描述；2. 图1及图3.2和3.3与实验结果不符；3. 既然 $MnO_2$ 与多硫物种反应，如何将其作为第3页标题提供（催化作用）？作者在图1对 $MnO_2$ 在反应过程中之作用给予描述。

## 学术道德评价

（一票否决）

评价要素	评价意见（请在相应栏内划“√”）
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是（具体说明存在的问题）
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

## 评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	90
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	90
3	创新成果	论文成果创新性，对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	95
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度，专门知识的系统性、深入性	10%	90
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	95
6	论文写作	论文结构、撰写规范性；文字表达准确、清晰和流畅性；引文严谨、规范性	10%	90
总体评价			总分	92

注：“分数”栏每项均按百分制整数评分，各项满分均为100分。评分分为四档：大于等于90分为优秀；大于等于75分小于89分为良好；大于等于60分小于74分为一般；小于60分为差。

对学位论文的学术评语:

锂硫电池具有较高的理论比容量,且可以发生复杂多电子反应,具有很好的应用前景,但是也面对着锂硫化物的流失和穿梭效应等问题。本论文选择中空碳球分别与  $\text{MnO}_2$ 、片状  $\text{MoS}_2$  和单原子铁进行复合,制备锂硫电池高效催化剂,并对其作用机制进行探究。选题属于能源材料领域的热点和前沿,论文具有较大的理论意义和实用价值,理论性、系统性较好,作者阅读较广泛,综述较全面,基本掌握了国内外动态。研究思路和方法具有一定的创新性,论文写作结构较严谨,逻辑性比较强,文笔较好,写作能力和写作规范性较好。达到了博士学位论文水平,同意参加博士学位论文答辩。

论文的不足之处和建议:

- 1) 简历中“是从”应改为“师从”;
- 2) 增加电化学循环过程中电极硫负载量和软包电池中的电解液使用量等信息。

是否同意组织学位论文答辩  
(请在相应栏内划“√”)

☒ 同意答辩

☐ 修改后答辩

☐ 不同意答辩

## 学术道德评价

（一票否决）

评价要素	评价意见（请在相应栏内划“√”）
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是（具体说明存在的问题）
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

## 评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	95
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	95
3	创新成果	论文成果创新性，对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	95
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度，专门知识的系统性、深入性	10%	90
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	90
6	论文写作	论文结构、撰写规范性；文字表达准确、清晰和流畅性；引文严谨、规范性	10%	90
总体评价			总分	94

注：“分数”栏每项均按百分制整数评分，各项满分均为100分。评分分为四档：大于等于90分为优秀；大于等于75分小于89分为良好；大于等于60分小于74分为一般；小于60分为差。



该博士毕业论文针对 Li-S 电池中硫正极反应动力学缓慢、中间产物 LiPSs 溶解流失等关键科学问题，创新性地提出通过催化转化 LiPSs，达到抑制 LiPSs 的流失与穿梭，显著提升硫正极的电化学性能，最终获得性能较为优异的 Li-S 电池。取得的主要研究结果如下：

1. 设计、制备 yolk-shell 结构的  $\text{MnO}_2$  填充中空碳球 ( $\text{MnO}_2@\text{HCS}$ ) 作为载硫基底。得益于极性  $\text{MnO}_2$  化学吸附高阶易溶 LiPSs，并快速催化转化为低阶难溶 LiPSs，达到限制 LiPSs 溶解流失、抑制穿梭效应的目的。

2. 合成  $\text{MoS}_2$  包覆中空碳球 ( $\text{MHCS}@\text{MoS}_2$ ) 作为新型载硫基底。 $\text{MoS}_2$  中的 S 与 LiPSs 中的 Li 可形成 “Li-S” 键，有效抑制 LiPSs 的溶解流失。此外， $\text{MoS}_2$  可降低硫正极 SRR 与 SOR 的活化能，催化 SRR 与 SOR 反应，获得高性能复合硫电极。

3. 创新性地引入单原子催化概念，制备了具有  $\text{Fe-N}_4$  单分散位点的 N 掺杂 MHCS 载硫基底 Fe-N/MHCS。基于  $\text{Fe-N}_4$  活性中心 Fe、N 对 LiPSs 分子中 S、Li 的强化学吸附作用，及  $\text{Fe-N}_4$  对硫正极 SRR 与 SOR 的快速催化转化效应，实现高载硫量、贫电解液条件下高性能 Li-S 电池。

Li-S 电池是新型锂电池的代表，不仅具有极高的能量密度，而且是目前最有可能商品化的新型锂电池。但是，Li-S 电池依然存有诸多技术壁垒，相比于负极金属锂保护，来自正极的提高硫及硫化锂导电性、限制/抑制 LiPSs “穿梭” 效应、缓解正极体积剧烈变化等科学问题更加突出，也是当前 Li-S 电池研究的最重要方向，以此选题，具有前沿性和应用意义。本论文基于 LiPSs 的催化转化思路，设计、合成多种高性能载硫基底，获得了一系列有实用价值的实验结果，发表数篇高质量研究论文。本论文写作思路清晰，表述准确，对实验细节及现象分析充分、解释到位。本论文的完成表明作者拥有扎实的基础理论知识，具备独立从事科学研究的能力。

当然，本论文依旧存在一些错误与不足，仍需作者完善。包含以下几个方面：

1. 数据图的绘制需完善。

个人研究工作中，作者在作图时采用颜色区分多条工作曲线，但在黑白打印后，却无法进行有效、清晰的辨认。建议作者不仅仅是颜色上的区分，还需线条上的区分。作者需认真排查、修改、完善。

2. 格式编辑错误。

在参考文献部分，有多处下标未编辑，建议认真检查、修改。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目： 硫正极催化转换反应研究

作者姓名：

邵钦君

### 3. 表述缺乏科学严谨性。

基于自身研发的复合硫正极，作者制备了软包电池进行性能验证，这个数据对实际应用具有十分重要的指导意义。但是作者只是给出了软包电池的放电容量为 760mAh (MHCS@MoS<sub>2</sub>-S 软包锂硫电池) 与 459mAh (S@Fe-N/MHCS 软包锂硫电池)。作者应该注明设计的软包电池的容量，如 1Ah 或是其他值，这样给出的实测值才具有科学性，也更有参考价值。

### 4. 保证学位论文的通读性。

论文中有些表述句子过长，建议改成短句子，增加论文的通读性。如“6.1 结论”部分第一段的第一句中，“现阶段 Li-S 电池……容量衰减快的问题”，半句话表达了多层意思，读起来拗口，理解起来难懂，需认真修改。

是否同意组织学位论文答辩 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 同意答辩	<input type="checkbox"/> 修改后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩
------------------------------	--	--------------------------------	--------------------------------

## 学术道德评价

（一票否决）

评价要素	评价意见（请在相应栏内划“√”）
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是（具体说明存在的问题）
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

## 评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	9
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	13
3	创新成果	论文成果创新性，对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	38
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度，专门知识的系统性、深入性	10%	9
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	13
6	论文写作	论文结构、撰写规范性；文字表达准确、清晰和流畅性；引文严谨、规范性	10%	9
总体评价			总分	91

注：“分数”栏每项均按百分制整数评分，各项满分均为100分。评分分为四档：大于等于90分为优秀；大于等于75分小于89分为良好；大于等于60分小于74分为一般；小于60分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目： 硫正极催化转换反应研究

作者姓名： 邵钦君

锂硫电池具有理论质量比能最高的优点，是下一代最具应用潜力的储能装置。硫正极材料对锂硫电池的研究与发展具有重要的参考价值。针对硫正极催化性能开展研究，合成了一系列 yolk-shell 结构、二维金属箔基的中空硫球，有效稳定并缓解高阶 LiPSs 的溶解扩散穿梭，构建了富含介孔中空硫球。利用电沉积法在其表面包覆一层  $\text{MnO}_2$ ，促进了  $\text{Li}_2\text{S}_8$  的氧化还原反应，抑制了 LiPSs 的穿梭扩散。制备了负载的氮掺杂介孔中空硫球，加快了  $\text{Li}_2\text{S}_8$  的氧化还原反应，获得了优异的电池性能。论文结构清晰，逻辑性强，数据详实，结论明确，写作规范，图表清晰，是一份优秀的学位论文。论文在下一部分中应加强电催化性能的研究。

是否同意组织学位论文答辩

（请在相应栏内划“√”）

☒ 同意答辩

☐ 修改后答辩

☐ 不同意答辩