

附件 7



**中国科学院大学**  
University of Chinese Academy of Sciences

## 硕士学位论文评阅书

论文题目 纳米碳材料及碳载单原子催化环己烷氧化脱氢反应研究

作者姓名 杜鹏飞

学位类别 工程硕士

学科（专业） 材料工程

研究所（院系） 中科院大连化学物理研究所

中国科学院大学制

## 填 表 说 明

1. 本表内容须真实、完整、准确。
2. “学位类别”名称：学术型学位填写哲学硕士、经济学硕士、法学硕士、教育学硕士、文学硕士、理学硕士、工学硕士、农学硕士、医学硕士、管理学硕士等；专业学位填写工程硕士、工商管理硕士（MBA）、应用统计硕士、翻译硕士、应用心理硕士、农业推广硕士、工程管理硕士、药学硕士等。
3. “学科(专业)”名称：学术型学位填写“二级学科”全称，专业学位填写“培养领域”全称。

该硕士学位论文选题具有较强的实践意义,环己烯是现代化工的重要原料之一,高效制备环己烯具有重要的经济价值。该硕士论文以纳米碳材料作为催化剂探索其在环己烷氧化脱氢反应中的应用,选题具有较强的理论意义和应用价值。该论文的研究为拓展纳米碳材料在环己烷氧化脱氢反应的应用,得到高活性、高稳定性的纳米碳催化剂及碳载单原子催化剂提供科学理论基础及应用依据。

该硕士论文的研究成果为:一篇学术论文已正式接受和一项发明专利正在申请中。达到获得硕士学位水平。

该硕士论文的主要研究内容为三部分:(1)以常见的纳米碳材料为催化剂,研究纳米碳材料对环己烷氧化脱氢的催化性能。(2)首次将具有  $sp^3 @ sp^2$  核-壳结构的 NDs 催化剂用于环己烷氧化脱氢反应中,研究其构效关系与脱氢反应的具体路径。(3)通过浸渍法制备碳载单原子催化剂(Ni, Fe, Ni+Fe 单原子催化剂),并用于环己烷氧化脱氢反应中。研究金属单原子对反应活性的影响以及不同金属之间的协同效应。该硕士论文实验设计合理,数据详实,逻辑性强。文字表达清晰,图表条理清楚,论文写作规范。全文引用 119 篇参考文献,文献资料调研掌握详实。

在论文的三部分研究中,第三部分碳载单原子催化剂在环己烷氧化脱氢中的应用稍显薄弱,其中的研究对象为三个催化剂,两种金属。以后可以进行更深入的研究。比如可以适当增加催化剂数量,金属种类以及表征手段,例如球差校正透射电镜。

论文的编辑也有可改进之处:1. 第 8 页图 1.4 换彩图可避免原子种类分不清。2. 换行问题。例第 13 页表 2.1 中  $Fe(NO_3)_3$  和  $Ni(NO_3)_2$  下标不换行。3. 重复描述,例第 20 页石墨粉和碳纳米管的生产厂家在表 2.1 中已注明。4. 参数笔误,例第 15 页 2.3.7 中加速电压应为 200 kV。

该硕士论文总体评价优秀,同意组织学位论文答辩。

硕士学位论文专家评阅意见

评阅意见（包括论文选题的理论意义和应用价值；文献资料的掌握；论文取得的成果及水平；写作规范化、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：纳米碳材料及碳载单原子催化环己烷氧化脱氢反应研究

作者姓名：杜鹏飞

论文总体评价 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 优秀	<input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 差
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"/> 修改以后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩	

## 硕士学位论文专家评阅意见

评阅意见（包括论文选题的理论意义和应用价值；文献资料的掌握；论文取得的成果及水平；写作规范化、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：纳米碳材料及碳载单原子催化环己烷氧化脱氢反应研究

作者姓名：杜鹏飞

本硕士学位论文《纳米碳材料及碳载单原子催化环己烷氧化脱氢反应研究》，针对环己烷氧化脱氢选择性制备环己烯这一重要工业过程，探索了纳米碳非金属催化剂以及纳米碳载金属单原子催化剂在此反应中的应用。为环己烷氧化脱氢新型高效催化材料的设计提供基础，具有重要的理论意义。本论文首先通过对不同纳米碳催化剂，包括氧化石墨，氧化石墨烯，还原氧化石墨烯和纳米金刚石等在环己烷氧化脱氢反应中的催化活性，选择性以及稳定性比较，筛选出优异的催化剂。其次以纳米金刚石为研究对象，通过高温处理调控纳米金刚石相变形成  $sp^3@sp^2$  核壳结构，系统地研究石墨化程度，缺陷程度以及官能团对环己烷氧化脱氢性能的影响，并阐明其微观反应机制。最后，以氧化石墨烯为载体制备单原子催化剂，研究不同单原子催化剂对环己烷氧化脱氢反应的影响机制。

论文反映作者阅读了大量相关文献，能够抓住研究领域内的关键性科学问题。实验设计思路合理，实验数据可靠，分析合理，取得了较好的科研成果。论文写作条理较为清楚、具有较强逻辑性、结构层次清晰。但是在图文规范以及实验结果分析上仍存在一些小的问题需要改进：

1. 作者在相关文献综述的过程中应注意正确的评价与引用，特别针对“第一次”、“首次”等进展结果的定义。部分专业术语需要准确，例如“三维纳米金刚石”，应为“零维纳米金刚石”；部分文献引用需要准确，例如文献 59 为 1998 年发表的文献，不会出现“石墨烯”等专业术语。
2. 作者应详细了解一些表征方法以及其背后数据分析过程的误差范围以及精确度，从而确认数据有效数字的位数及精确度。如：表 3.1，4.3 中的比表面积数据；表 4.4 中 ICP 测试得到的金属含量；表 4.6 反应速率常数的一些数据的有效数字甚至达到了 8 位。
3. 3.3.8 部分作者认为部分酮羰基对反应活性没有贡献，4.3.8 部分认为因为越高温处理的纳米金刚石表面的羰基官能团亲核性越高，使得环己烯的选择性变高。作者可以进一步讨论，阐明为何同一活性物种部分没活性，在更高温处理的表面也表现出不同的性能。
4. 在第五章通过活性测试，比较了 Ni, Fe 单原子催化剂以及 NiFe 双原子催化剂的活性趋势，可在催化机理部分给出更丰富的数据深入讨论不同单原子以及双单原子催化剂对催化过程的影响机制。在较高反应温度下，负载金属的碳催化剂的抗氧化能力如何？

论文总体评价 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 优秀	<input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 差
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"/> 修改以后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩	

## 硕士学位论文专家评阅意见

评阅意见（包括论文选题的理论意义和应用价值；文献资料的掌握；论文取得的成果及水平；写作规范化、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：纳米碳材料及碳载单原子催化环己烷氧化脱氢反应研究

作者姓名：杜鹏飞

该论文以纳米碳及碳载单原子金属催化剂为主要研究对象，通过纳米碳材料改性、单原子金属负载等设计制备催化剂，评价其在环乙烷氧化脱氢反应中的性能，并借助多种表征手段深入解析结构-性能关系。

(1) 研究不同纳米碳材料在环乙烷氧化脱氢反应中的催化性能，其中氧化石墨烯表现出最高的转化率和选择性，纳米金刚石的热稳定性最好。研究发现纳米碳的比表面积和酮羰基的含量是影响催化活性的主要因素。

(2) 惰性气氛高温处理得到系列 $\text{sp}^3@\text{sp}^2$ 核壳结构纳米碳材料，细致研究不同石墨化程度和缺陷程度对环乙烷氧化脱氢反应性能的影响，其中NDs-1500性能最高。通过动力学分析揭示了反应的路径。

(3) 浸渍法制备了氧化石墨烯负载Ni、Fe、Fe+Ni单原子催化剂，用于环乙烷氧化脱氢反应。深入研究各种催化剂对C-H键的解离能力，揭示金属单原子对反应活性的影响及不同金属间的协同作用。

论文总体评价 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 优秀	<input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 差
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"/> 修改以后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩	

## 评阅意见附页

本论文主题明确，层次清晰，对纳米碳和碳载单原子金属催化剂调控，并深入研究其在环乙烷氧化脱氢反应中的构效关系，从电子、原子尺度揭示了催化过程中催化剂的变化，具有重要的应用价值。文献材料收集详实，综合运用了所学知识解决问题，有一定的创新性，且论文书写工整、条理清晰，逻辑性较强，各种数据、图表齐备，文献引用正确，科学性较强。

文中有些小问题需要修改，例如：在论文格式要求范围内，适当调整一些表格位置、图片大小等，减少论文中部分页面的空白部分（如P4、P16、P22、P27、P38、P41、P50等），使论文格式更为工整。