



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 超声微反应器内液-液传质及反应过程研究

作者姓名 赵帅南

学位类别 工学博士

学科（专业） 化学工程

研究所（院系） 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%	10	100
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	88
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%	34	86
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	90
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	9	92
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%	10	98
总体评价			总分	90	90

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： 超声微反应器内液-液传质及反应过程研究

作者姓名： 赵帅南

本文将超声和微反应器两种化工过程强化技术耦合，研究超声微反应器中互不相溶液-液体系流动、传质及反应过程开展研究，对发展化工生产过程的强化技术具有重要的科学意义和实际价值。

通过研究，获得如下有创新性的结果：

1. 基于实验室设计的直接耦合式和温控式超声微反应器，通过实验研究，建立了预测气泡体积-形状振动转变阈值的半经验模型。
2. 系统研究了超声微反应器内互不相溶液-液两相乳化及萃取过程，提出了超声乳化的自由气泡穿梭机制。基于液相雷诺数与超声声能密度提出了预测萃取过程总体积传质系数的经验关联式，预测值与实验值吻合良好。
3. 将气体搅拌与超声场相结合，实现了互不相溶液-液两相传质速率与传质通量的同步强化。结果表明，液-液相传质速率最高可增强 17 倍。
4. 以甲苯为原料，硝酸为硝化剂，浓硫酸为催化剂，实现了单硝基甲苯的连续制备。甲苯转化率最高可强化 36.3%，证实了超声微反应器适用于快速强放热反应过程。

论文综述比较全面、工作量大、层次分明、撰写规范、结论合理。表明作者较好掌握了化工专业基础知识和专门知识，具备了独立从事科研工作的能力；论文达到了国家学位条例规定的博士学位论文要求。同意进行博士论文答辩，并建议授予工学博士学位。

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%	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%	14
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%	14
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	93

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： 超声微反应器内液-液传质及反应过程研究

作者姓名： 赵帅南

超声与微反应器作为典型的化工过程强化技术，如何实现其耦合协同是目前研究的一个新领域。本文基于超声与微通道集成，系统研究其声空化行为的内在机制以及互不相溶液-液两相流动，传质及反应特性，考察超声对微通道液-液萃取以及甲苯硝化等过程的影响，具有理论意义和应用价值。

该生首先对微反应器技术特点、传质特性、存在问题以及超声的声空化和其辅助传质过程进行了详尽的总结，讨论超声与微反应器耦合方式与结构特性，提出论文研究框架与内容，显示出该生对该领域的发展有较强理解能力。

在研究方面，首先研究了超声微通道内的声空化行为以及微通道尺寸引起的限域效应。基于超声空化振动行为分析，建立气泡体积-形状振动转变阈值的半经验理论模型。

然后，基于超声微通道，以水-辛烷体系研究互不相溶液-液两相乳化及萃取过程，提出了超声乳化的自由气泡穿梭机制。基于液相雷诺数与超声声能密度建立超声微反应器内萃取过程总体积传质系数的无因次数群经验关联式。提出气体搅拌与超声场耦合方法，实现超声微反应器内互不相溶液-液两相传质性能强化。

在此基础上，以甲苯为原料，硝酸为硝化剂、浓硫酸为催化剂，实现超声微反应器内单硝基甲苯的连续制备，验证超声声空化研究成果，证实超声微反应器对于快速强放热反应的适应性。

该论文实验方法及手段设计合理，数据的获取可靠。同时论文书写流畅，条理清楚，论述透彻，逻辑性强，结论可信，并有好的论文发表，是一篇优秀博士论文。达到博士学位论文答辩要求，同意组织答辩。

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%	92
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%	92
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	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： 超声微反应器内液-液传质及反应过程研究

作者姓名： 赵帅南

博士生赵帅南的论文在系统综述国内外文献基础上，将超声和微反应器两种典型化工过程强化技术集成，系统研究超声对微反应器内互不相溶液-液体系流动、传质及反应过程的影响。论文选题具有重要的理论和实际应用价值。

论文主要研究结果包括：1）基于设计加工的直接耦合式及温控式超声微反应器，系统研究反应器通道尺寸、介质和温度等因素对空化行为影响，建立了预测气泡体积-形状振动转变阈值半经验模型；2）系统研究超声微反应器内互不相溶液-液两相乳化及萃取过程，提出预测萃取过程总体积传质系数的经验关联式；3）提出将气体搅拌与超声结合的方法，实现互不相溶液-液两相传质速率与通量的同步强化；4）在超声微反应器中实现单硝基甲苯的连续制备，超声强化使甲苯转化率提高了36%，验证了超声微反应器对快速强放热反应的适用性。这些研究工作和结果具有创新性。

论文目标明确、结构完整、写作规范、分析合理、结论可信、成果突出，反映作者掌握了该领域基础理论和专门知识，具有独立从事科研工作能力，论文达到博士学位论文要求。

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%	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%	14
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	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：（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： 超声微反应器内液-液传质及反应过程研究

作者姓名： 赵帅南

本文通过超声与微通道耦合强化互不相溶液-液体系流动、传质和反应过程，系统研究了单相流体的声空化行为、互不相溶液-液两相乳化及萃取、气体搅拌与超声耦合强化传质行为，构建了半理论模型或经验关联式，并通过甲苯硝化反应验证了相关研究结论，本研究具有重要的理论意义和应用价值。

论文表述清楚、实验设计合理、数据翔实、有理有据，表明该生具有扎实的理论基础和独立从事科研的能力。

有如下几点建议：

（1）能否以甲苯和水为研究体系，研究空化行为以及液-液乳化行为，然后再通过甲苯硝化来验证，更有说服力；

（2）在 45℃ 时进行硝化反应，而混酸中硫酸的比例较高，是否会发生磺化副反应？应给出邻对位硝化甲苯的选择性，而不仅仅是二硝基甲苯的选择性！并给出典型的产物的全组成分析结果。

（3）硝化反应属于传质控制的反应，特别是温度越高传质对反应的影响越大。在相对较高的温度下，超声对反应的强化因子应该越大，但是结果并非如此，这是什么原因导致的？

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%	
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%	
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%	
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%	
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	
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%	
总体评价			总分	90

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： 超声微反应器内液-液传质及反应过程研究

将超声与微反应器两种化工过程技术结合，有望提升化工生产过程的效率，是一个重要的研究方向。本论文从超声微反应器内单相流体的声空化行为入手，系统研究了超声对微反应器内互补相溶液-液体系流动、传质及反应过程的影响。取得以下进展：证实了微通道内超声空化限域效应的存在，揭示了通道尺寸、液体性质等因素对超声空化行为的影响规律；提出了超声乳化的气泡穿梭机制，考察了超声对微通道内液-液萃取、甲苯硝化反应等过程的影响，证实了超声微反应器对于快速强放热反应的适用性。以上工作对于微通道反应器的设计以及拓展应用都具有重要的指导意义和借鉴价值。该论文选题新颖，条理清楚，结构明确，重点突出，论文工作量大并已发表多篇学术论文，建议组织博士学位论文答辩。

几点建议，供作者修改博士论文时参考：

- 1， 超声微反应器的设计对于相关基础研究的开展至关重要，本论文在相关方面的工作相对薄弱。对于气泡的动力学行为缺乏定量的数值模拟，建议通过 CFD 模拟等手段进行加强。
- 2， 催化反应体系的选择不够合理，对于实验现象的描述相比比较主观，缺乏定量的分析。

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