

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 热致重排聚合物气体分离膜制备与性能

作者姓名 叶 璐

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%	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%	37
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%	8
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：热致重排聚合物气体分离膜的制备性能

作者姓名：叶璐

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

热致重排膜是一种新型的气体分离膜，因具有较高的自由体积和孔隙结构，不仅表现出优异的气体渗透性和分离选择性，同时还具有良好的热稳定性和化学稳定性。叶路同学的博士学位论文在评述国内外有关热致重排膜研究现状及发展趋势的基础上，针对聚酰胺基热致重排膜因热处理温度高，膜脆、易开裂等问题。通过结构设计，选取邻位含官能团的聚酰胺为前驱体，以期在较温和的热处理条件制备出具有良好柔韧的热致重排聚合物膜。重点探讨聚合物结构、热处理条件等对热致重排膜结构和性能的影响；并揭示热处理过程中聚酰胺分子重排机理和气体在膜中的传递机制、构效关系。论文选题新颖、对制备高性能气体分离膜具有理论意义和实际应用价值。

本论文在如下几方面取得创新成果：

1、通过结构设计，制备了聚酰胺基热致重排膜，系统地探讨了聚酰胺在热处理过程中的结构变化规律及前驱体结构和热处理工艺对热致重排膜的结构与性能的影响；建立了聚酰胺前驱体玻璃化转变温度与分子重排温度的关系，阐明了聚酰胺结构的分子重排机制；并通过在 APAF-TPC 体系中引入醚键调节膜的孔径分布，提高了膜机械性能和分离选择性。所制备的热致重排膜其 CO_2/CH_4 分离性能接近 2008 年 Robeson 上限。

2、以聚酰胺（PHAA）多孔纤维膜为前驱体，采用热致密效应和表面涂层的方法，并通过制备工艺的优化，制备了具有良好柔韧性的聚酰胺基中空纤维热致重排气体分离膜，其气体分离性能接近材料本征值。

本论文写作规范，层次分明、条理清晰、数据翔实，工作量大；研究方法与实验手段先进，反映了该生具备扎实的理论基础、分析和解决问题的能力；良好的论文写作水平及独立从事科研工作能力。论文的部分成果已在国内外学术期刊发表，达到了博士学位论文的要求，可以进行论文答辩。

不足：1、论文中图示需进一步规范 and 统一；

2、创新点需要进一步凝练；

3、参考文献格式及字体是否符合要求，请检查核实。

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%	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%	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	92.5

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： 热致重排聚合物气体分离膜制备与性能

作者姓名： 叶璐

突破“Robeson”上限的膜材料开发一直是膜过程技术中的重要研究方向。本博士论文开展了以邻位含官能团的聚酰胺为前驱体经热致重排制备聚苯并噁唑膜的过程机制和性能研究，有重要的学术价值和应用前景。

论文研究了热重排过程中结构和性能变化规律。邻位含羟基的聚酰胺前驱体膜经分子热重排后形成了呈刚性骨架的聚苯并噁唑聚合物膜（TR-PBO）。研究表明，经稍高于玻璃化转变温度的重排后，膜孔径由单峰演变为双峰；分子重排率和自由体积分数随热重排温度和二胺单体 APAF 含量提高而增大，气体渗透性也相应增加；传递机制为“溶解-扩散”机理，扩散系数的影响更显著；TR-PBO 膜具有优异的抗 CO₂ 塑化和抗老化性能。

研究并优化了热致重排聚合物膜的机械和气体传输性能。经热重排制备了含醚键的聚(苯并噁唑-共-酰胺) (TR-PBOA) 膜，研究表明，醚键引入对分子重排温度和膜孔径分布的影响并不显著，但改善膜的机械性能。气体渗透系数随着热重排温度的升高而增大，分子重排和高温退火双重作用，重排温度 300℃ 时选择性最优，CO₂ 渗透系数为 237 Barrer、CO₂/CH₄ 的选择性为 36.6。热致重排聚合物膜气体渗透系数和自由体积间的关系可由 Fujita 自由体积理论模型描述。

制备了以聚酰胺为前驱体的热致重排聚合物中空纤维气体分离膜，研究了纺丝和热重排条件等对膜选择性的影响规律。结果表明，经乙醇-正己烷置换干燥、并在 350-390℃ 处理后，膜选择性显著提高，O₂/N₂ 和 CO₂/N₂ 的选择性分别为 5.3 和 18.9。

上述研究结果具有创新性。根据本文的工作，论文综述全面、研究工作系统深入、书写规范、论述充分、分析合理，反映了叶璐同学具有扎实的理论基础和独立的科研工作能力，已达到博士论文要求，同意进行答辩，并建议授予工学博士学位。

建议：

- 1、采用何种材料或工艺将所制备的膜突破或接近“Robeson”上限？
- 2、如何进一步提高膜的透量？
- 3、热致重排膜的稳定性？

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%	35
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%	8
总体评价			总分	88

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：热致重排聚合物气体分离膜制备与性能

作者姓名：叶璐

论文针对聚酰胺基热致重排聚合物膜，制备过程热处理温度高、膜机械性能欠佳的问题，采用邻位含官能团聚酰胺为前体，研究了聚酰胺分子重排机理及气体在膜中传递机制，并研究了聚酰胺结构、热处理条件对热致重排膜的结构和性能的影响规律，制备了热致重排聚合物中空纤维气体分离膜。论文工作有创新，研究方案合理、结果可信，撰写规范，达到了博士学位论文水平，同意组织答辩。

论文中存在少量语言表述问题，需检查修改；存在几处图表分页，如 Table 3.5、Table 3.6 等。

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%	98
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%	90
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%	92
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%	95
总体评价			总分	93.15

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：热致重排聚合物气体分离膜制备与性能

作者姓名：叶璐

热致重排聚合物的结构特点和形成过程使其有望制备出高性能的气体分离膜。本文对热致重排聚合物气体分离膜制备和性能进行研究，选题具有重要意义。论文显示出作者对相关文献有充分的掌握，写作规范，逻辑性强。论文建立了聚碳酸酯前驱体玻璃化转变温度与分子重排温度的关系，阐明了PHA-co-PBO的分子重排机制及其化学结构等在热处理过程中的变化情况；制备出具有较高性能的TR-β-PBO膜以及TR-PBOA中空纤维膜。论文工作创新性突出。是一篇优秀的学位论文。

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%	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%	36
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	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：热致重排聚合物气体分离膜制备与性能

作者姓名：叶璐

该论文以聚砜膜为前驱体进行了热致重排聚合物膜的制备，并对其 CO_2/CH_4 的气体分离性能进行了研究。制备的APAF-ODA膜 CO_2 渗透系数达到237 Barrer， CO_2/CH_4 选择性为36.6，结果较好。同时以PHAA多孔纤维膜为前驱体，采用热致重排和涂膜工艺，制备热致重排聚合物(TP-PBOA)中空纤维气体分离膜，其气体分离性能接近材料本征值。

总之，该论文达到了博士论文的要求。

存在的问题：1. 论文文献中描述有不准确的地方
2. 制备的膜在结构上有一定的缺陷。

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