



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 聚酰胺复合膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名 章 昭

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

章昭

## 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%	8
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：聚酰胺复合膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名：章昭

方 界面聚合法是制备纳滤、反渗透聚酰胺复合膜的有效途径，本文的选题具有重要的理论及实际意义。取得的主要成果有：（1）针对PIP-TMC体系，在油相、水相中分别采用TAC、Bis-Tris propane单体，有效提高了膜的通量，实现了膜表面的疏水改性；（2）将TAC应用到MPD-TMC体系，制备高通量、高离子选择性的纳滤膜；（3）基于中空结构有利通量的理念，将TFPTCS做调节剂，用MPD-TMC体系有效控制了膜的空腔结构，显著提高了反渗透膜的通量。论文写作规范，数据翔实，分析有据，结论可信，已达到工学博士学位论文的要求，同意答辩。

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%	96
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%	92
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%	93
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%	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%	89
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：聚酰胺复合膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名：章昭

从界面聚合体系出发，开发新的单体和添加剂，并依据单体和添加剂的结构特点，制备具备有高通量、高截留率的聚酰胺复合膜，对促反渗透，纳滤技术的发展具有重要的理论意义和广阔的应用前景。

研究工作取得了如下创新成果：

1、利用 1,3-二〔三（羟甲基）甲氨基〕丙烷的线性结构特性和良好的亲水性，将其作为水相添加剂，与 PIP 一起组成水溶液并与含 TMC 的正己烷油相溶液进行界面聚合制备了高通量、高截留率的聚酰胺纳滤膜。

2、将酸酐类单体引入到界面聚合体系，采用 TAC 这一既含酰氯又含酸酐基团的单体添加到油相与 TMC 组成混合油相单体与水相 PIP 或 MPD 反应制备聚酰胺复合膜，由于 TAC 活性低于 TMC 且其与水相单体只能生成含有亲水性羧基侧基的线性聚酰胺结构，使膜结构均转变成蜂窝状形貌，且增强复合膜的亲水性和电负性，提高了膜的水通量和对无机盐的截留性能。

3、将有机含氟氯硅烷 TFPTCS 作为空腔调节剂引入到 MPD-TMC 界面聚合体系，制备聚酰胺反渗透膜，TFPTCS 的引入有效地提高了聚酰胺分离层的空腔比例及孔隙率，为水分子在聚酰胺分离层的传输提供了更多的渗透通道，显著提高了反渗透膜透水性能。

论文工作量大，论据充分，数据可信，分析讨论深入，结论合理可靠，撰写规范，图表正确，表明该生具有扎实的理论基础知识和宽厚的专业知识，具有很强的科学研究能力，论文已达到博士学位论文的要求，建议给予答辩。

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：聚酰胺复合膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名：章彤

从界面聚合体系出发，开发新的单体和添加剂，并依据单体和添加剂的结构特点，制备具备高通量、高截留率的聚酰胺复合膜，对促反渗透，纳滤技术的发展具有重要的理论意义和广阔的应用前景。

研究工作取得了如下创新成果：

1、利用 1,3-二[三（羟甲基）甲氨基]丙烷的线性结构特性和良好的亲水性，将其作为水相添加剂，与 DM 一起组成水溶液并与含 TAC 的可溶性油相溶

是否同意组织学位论文答辩

☒ 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%	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%	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%	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	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：聚酰胺复合膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名：章昭

纳滤和反渗透膜技术是分离水中小分子物质的关键膜分离技术，在水的深度处理具有广泛的应用前景和发展潜力。目前，已经商品化应用的纳滤和反渗透膜主要是由聚酰胺膜为分离层的复合膜。这种以界面聚合技术形成的聚酰胺复合膜具有优异的分

离性能，然而其性能仍然存在着“Trade-off”现象等问题。章昭同学的博士论文在全

面评述国内外有关聚酰胺复合膜研究与发展现状的基础上，针对聚酰胺复合膜所存在

的关键问题，从结构设计出发，通过开发新型的界面聚合单体和添加剂，并依据单体

和添加剂的结构特点进行结构优化，调控复合膜的微观结构和性能，制备出具有不同

功能聚酰胺复合膜。论文选题新颖、对纳滤和反渗透膜材料的发展有推动作用，具有

良好的实用价值和应用前景。

本博士学位论文在如下几方面取得创新成果：

1. 在水相体系中，引入具有良好亲水性的线性 Bis-Tris propane，通过调节单体比例来调控聚酰胺分离层的亲水性和自由体积，明显地提高了复合膜的水通量，进而制备出具有高通量的聚酰胺纳滤膜。
2. 在油相体系中，引入酸酐类单体如 TAC 与 TMC 组成混合油相单体制备聚酰胺复合膜。通过 TAC 调控界面聚合的反应动力学，进而来控制聚酰胺分离层的形成和聚酰胺膜的交联度、形貌、亲水性、荷电性以及 MWCO，实现对聚酰胺复合膜的分离性能调控。
3. 将“空腔调节剂”的概念引入界面聚合过程。空腔调节剂的引入可有效地提高聚酰胺分离层的空腔比例和背面孔隙率，为水分子在膜层的传输提供更多的通道，显著地提升实现反渗透膜渗透能力。把含氟氯硅烷 TFPTCS 为空腔调节剂引入到 MPD-TMC 界面聚合体系，所制备的聚酰胺反渗透膜在保持较高的 NaCl 脱除率（97%）下，其反渗透膜纯水渗透系数为未改性膜的 2.8 倍。

本论文写作规范，条理清晰、数据详实可信，工作量大；反映了该生具备扎实的理论基础，分析和解决问题的能力，以及独立从事科研工作能力。研究的成果在本领域高水平学术期刊上发表了多篇研究论文，达到了博士学位论文的要求，可以进行论文答辩。

建议：论文的摘要需要进一步凝练，以突出论文的创新性。



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：聚酰胺复合膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名：章昭

纳滤和反渗透膜技术是分离水中小分子物质的关键膜分离技术，在水的深度处理具有广泛的应用前景和发展潜力。目前，已经商品化应用的纳滤和反渗透膜主要是由聚酰胺膜为分离层的复合膜。这种以界面聚合技术形成的聚酰胺复合膜具有优异的分

离性能，然而其性能仍然存在着“Trade-off”现象等问题。章昭同学的博士论文在全面评述国内外有关聚酰胺复合膜研究与发展现状的基础上，针对聚酰胺复合膜所存在的关键问题，从结构设计出发，通过开发新型的界面聚合单体和添加剂，并依据单体和添加剂的结构特点进行结构优化，调控复合膜的微观结构和性能，制备出具有不同

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%	8
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%	34
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%	8
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	85

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：聚醚砜与含氟的聚醚砜及其分离膜的研制

作者姓名：章 昭

论文针对反渗透、纳滤分离过程对分离膜的要求，通过膜界面聚合的方法，通过控制反应过程中的反应参数制备出不同性能的膜，并对膜的分离性能进行了详细研究。论文选题具有重大的理论意义和应用价值。取得以下重要结论：

- 1) 研究了不同反应体系的膜分离性能，并探讨了其机理。
- 2) 在膜界面聚合中引入TAC，制备出含氟聚醚砜膜，其性能较普通膜有较大提高。并探讨了其机理。

上述结论具有创新性，对材料制备设计具有参考价值。论文工作量较大，学术水平高，论文撰写规范，符合学位论文要求。

建议：深入研究膜分离性能，并进一步探讨其机理。

此论文符合学位论文要求。

是否同意组织学位论文答辩 (请在相应栏内划“√”)	<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%	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%	13.5
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
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%	9.5
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：聚酰胺分离膜的微观结构调控及其分离性能研究

作者姓名：章昭

本论文采用界面聚合技术调控聚酰胺分离膜的微观结构，实现高通量和高分离性能的纳滤膜和反渗透膜的可控制备，选题有重要学术和实用价值。

首先采用具有线性结构和良好亲水性的 1,3-二（三（羟甲基）甲氨基）丙烷（Bis-Tris Propane）与哌嗪（PIP）组成水相，并与均苯三甲酰氯（TMC）有机相溶液进行界面聚合。实验优化了最佳水相组成，所制备的纳滤膜，纯水渗透系数为原膜的 1.54 倍，具有较高的硫酸盐截留率。

其次选择具有荷电基团羧基的氯化偏苯三酸酐（TAC）与 TMC 组成有机相，与 PIP 水相发生界面反应，所制备的纳滤膜具有与无机盐较强的 Donnan 排斥效应，其纯水渗透系数和无机盐截留率均有较大幅度的提高。

再次，将 TAC 和 TFPTCS（氟氯硅烷单体）分别引入传统的间苯二胺（MPD）-TMC 界面聚合体系，制备孔径和空腔可调的聚酰胺复合膜。该类复合膜的纯水渗透系数为原膜的 2.8-4.2 倍，NaCl 的截留率高于 97%，具有良好的选择渗透性能。

上述研究结果具有创新性。论文综述全面、工作系统深入、论述充分、分析合理，反映了章昭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。

建议在修改论文时需要进一步深入探讨：

- 1、针对不同界面聚合单体，其界面聚合过程的传质与反应机理？
- 2、阐明膜微观结构调控的内在机制？

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