

同行专家业内评价意见书编号: 20250858272

附件1

**浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）
同行专家业内评价意见书**

姓名: 刘欣怡

学号: 22260456

申报工程师职称专业类别（领域）: 能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月26日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

系统掌握能源动力工程领域相关的基础理论知识与专业技术知识，具备扎实的工程认知与实践能力。通过课程学习和项目训练，熟悉热力学、传热学、流体力学等核心知识体系，对能源转换与利用的基本原理具备较全面的理解。关注本领域的新技术发展动态，结合工程需求不断拓展对工程材料、表面改性、等离子体处理等交叉知识的学习与应用。在实践过程中，注重理论联系实际，能够综合运用专业知识分析并解决工程问题，逐步建立起较为系统的技术认知框架。通过参与多项工程实践任务，进一步强化了对专业知识的掌握深度和工程适应能力，为后续开展更高水平的技术与工程实践打下了坚实基础。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

研究生阶段积极参与了多项与企业实际需求紧密结合的工程实践项目，积累了扎实的工程应用经验。在宁波琳盛高分子材料有限公司担任研发工程师，参与完成高性能聚合物材料在医疗器械领域的表面改性及产业化应用研究，协助企业建立改性工艺参数体系并推进技术转化工作。参与了宁波市“科创甬江”2035项目，与科研机构及企业协同开展多层导管关键结构设计及表面粘附性能提升研究。期间还协助企业完成改性技术中试放大、样品性能验证及材料适应性评估等工作，具备较强的项目执行与落地能力。此外，还曾参与拓凌机械(浙江)有限公司植物气培混合型空气净化系统项目，负责植物气培装置的结构改进及微通道雾化装置的设计工作，体现出良好的跨领域工程设计与实践能力。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

研究生阶段参与了多个具有工程背景的企业科研合作项目，主要围绕高分子材料的表面改性与功能化应用，并在医疗器械材料界面性能优化、复合导管结构设计以及空气净化器结构集成创新等方面进行了较深入的探索。以下结合项目经历，说明在实际工作中对所学理论知识与工程技能的综合运用能力。

在宁波琳盛高分子材料有限公司担任研发工程师，参与完成高性能聚合物材料在医疗器械领域的表面改性及产业化应用研究。本项目聚焦于医用高性能聚合物PEEK(聚醚醚酮)在多层导管结构中的粘附性改性问题。PEEK因其出色的耐温性、生物相容性和化学稳定性，广泛应用于介入类医疗器械，但由于其表面能低、化学惰性强，难以实现与其他材料的有效复合，严重制约了其进一步应用。因此项目以提升其粘附性能为目标，围绕材料表面能调控、界面键合机制和改性层稳定性等方面开展系统研究。

项目通过构建“等离子体预处理+单体气相接枝”的双重改性策略，显著提升了PEEK材料与其他结构层之间的粘附性能。前期研究基于材料表面改性与等离子体物理化学作用机制，系统筛选了适用于医用材料处理的多种惰性与活性气体(如氢气、氧气、氮气、氩气)，分析其在辉光放电过程中产生的活性粒子类型。结合XPS(X射线光电子能谱)与FTIR(傅里叶变换红外光谱)等手段，定量表征了处理后PEEK表面官能团变化与极性提升情况。研究发现，氩氧混合气体在协同作用下可有效兼顾材料表面的物理刻蚀与化学活化，促进羟基、羧基等极性基团的引入，显著提升材料表面亲水性与反应活性。

在此基础上，进一步探索了等离子体引发的单体气相接枝技术，利用等离子体处理激活后的高能表面状态，引入含不饱和键的功能性小分子单体(如丙烯酸、甲基丙烯酸羟乙酯等)，在不影响基体力学性能的前提下实现了稳定接枝层的构建。该技术以材料表面原位活性位点为起始，诱导接枝反应在气相中进行，有效避免了传统液相法中单体聚集或迁移的问题。通

过调控单体种类、通气量及反应时间等参数，有效平衡了材料表面的物理刻蚀与化学键合过程，提高了界面结合强度及改性层的稳定性。为验证改性效果，结合XPS、FTIR、接触角等表征手段，对表面化学组成及官能团变化进行定量分析。此外利用覆膜技术制备了双层复合导管，并进行了各项力学测试以及剥离力测试。该技术方案现已应用于企业医用导管产品的中试与规模化预处理工艺中，表现出良好的加工适配性、粘附可靠性，为高性能医用聚合物材料的结构复合提供了可推广的解决路径。

与宁波琳盛高分子材料有限公司和中科院宁波材料所联合参与了宁波市“科创甬江”2035项目。本项目作为前述医疗器械项目的延伸拓展，旨在开发具备多功能性的有机/金属精密复合导管，提升其在复杂医疗场景下的力学性能与界面协同性。重点围绕不同材料层之间的结合界面展开结构设计 with 功能调控，面临多材料协同处理、结构兼容性与界面老化等工程难题。

依托前期在PEEK材料表面处理方面的技术积累，本阶段工作进一步扩展至多组分材料界面的能量匹配与等离子体处理反应机制优化。在项目初期，构建了涵盖工艺气体选择、等离子体能量控制与单体结构调配的整体研究架构。针对多气体耦合产生的协同活化效应，提出了复合气体组分调控策略，通过调节辉光放电过程中的功率、压力等参数，实现不同材质表面的功能化改性。

除上述两项重点项目外，曾在研究早期参与拓凌机械（浙江）有限公司的植物气培混合型空气净化系统研发，主要承担植物气培装置结构优化及微通道雾化装置设计相关工作。期间针对现有市售气培产品的缺陷点，对固植杯进行技术优化，提升植物根部环境的稳定性与适用性。此外，结合微通道流量控制原理设计低功耗滴灌装置，探索在无外部动力系统条件下的水雾输送路径。

通过上述项目实践，在复杂工程问题的识别、系统性分析与解决方案设计等方面积累了较为扎实的能力，能够结合材料学原理、等离子体机制与工程设计逻辑进行跨专业整合，对工程问题具备较强的判断力与执行力。同时，在不同技术背景与工程需求之间实现有效衔接，也体现了较好的科研转化意识与实际应用导向。

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 84 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年（要求1年及以上） 考核成绩： 86 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！ 申报人签名：刘欣怡	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒ 优秀 ☐ 良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  2022年5月27日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐ 通过 ☐ 不通过（具体原因： 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）：

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260456		姓名：刘欣怡		性别：女		学院：工程师学院			专业：能源动力			学制：2.5年	
毕业时最低应获：29.0学分				已获得：31.0学分					入学年月：2022-09			毕业年月：	
学位证书号：					毕业证书号：					授予学位：			
学习时间	课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称		备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	创新设计方法			2.0	通过	专业选修课	2022-2023学年春季学期	绿色化工与生物催化前沿			2.0	87	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	高等反应工程			4.0	75	专业选修课	2022-2023学年春季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践			2.0	80	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿			1.5	85	专业学位课	2022-2023学年春季学期	研究生论文写作指导			1.0	84	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程数值分析			2.0	84	专业选修课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语基础技能			1.0	75	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程伦理			2.0	84	公共学位课	2022-2023学年春夏学期	高阶工程认知实践			3.0	81	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	自然辩证法概论			1.0	99	公共学位课	2022-2023学年夏季学期	材料工程产业与发展			2.0	84	专业选修课
2022-2023学年冬季学期	智慧能源系统工程			2.0	83	专业学位课	2022-2023学年春夏学期	研究生英语			2.0	91	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿			1.5	90	专业学位课	硕士生读书报告			2.0	通过		

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：

成绩校核人：张梦依

打印日期：2025-06-03



分类号: TQ316.6

单位代码: 10335

密 级: 公开

学 号: 22260456

浙江大学

硕士学位论文

(专业学位)



中文论文题目: PEEK 等离子改性及其双层导管的成型技术研究

英文论文题目: Research on Plasma Modification of PEEK and Forming Technology of Double-Layer Catheter

申请人姓名: _____

校内导师(组): _____

行业导师: _____

专业学位类别、领域: 能源动力、动力工程

研究方向: 材料工程及装备

培养类型: 全日制非定向

所在学院: 工程师学院

论文提交日期_____

工程~~硕士~~专业学位论文水平参考评价标准

评价指标	评价要素	建议权重
论文选题	- 选题为本工程领域前沿，具有一定的代表性与先进性。 - 解决实际工程问题，有明确的应用背景和应用价值。	15%
文献综述	- 对本工程领域国内外研究进展了解充分，综述全面准确。 - 文献资料新颖，具有代表性与权威性。 - 文献资料引用、标注规范。	10%
理论基础与技术方法	- 基础知识扎实，准确运用工程基础理论与专业知识。 - 研究目标明确，思路清晰，内容与过程合理。 - 技术方法正确，具有先进性、创新性。 - 分析论证科学规范。	30%
研究成果与应用性	- 研究成果具有先进性、创新性与可验证性。 - 研究成果具有实际应用性，对解决实际工程问题具有指导意义。 - 在技术推广、理论深度及其他方面产生一定的应用价值、经济效益与社会效益。	30%
论文写作	- 结构合理，系统性、逻辑性强。 - 概念明确，文字表达清晰准确。 - 格式规范，图表、公式、引文标注规范，学风严谨。	15%

（送审版学位论文首页附此页，供评阅专家参考）

摘 要

聚醚醚酮 (PEEK) 因其优异的力学性能、耐化学性及生物相容性, 在医疗器械领域, 尤其是介入导管中具有广泛的应用前景。然而, PEEK 的表面惰性和较低的亲水性导致其与其它材料复合时存在粘附力较差的问题, 影响复合导管界面结合的稳定性, 限制了其在临床应用中的进一步发展。本文通过高效环保的等离子处理方式对 PEEK 材料进行表面改性研究。具体采用氢气、氩气、氧气和氮气等离子体对 PEEK 表面进行处理, 研究其对表面化学组成及亲水性变化的影响机制; 利用气相法等离子体诱导单体接枝, 采用丙烯酸 (AA)、甲基丙烯酸羟乙酯 (HEMA)、丙烯酰胺 (AM)、乙酸乙烯酯 (VAc) 四种单体对 PEEK 表面进行等离子接枝实验, 实现亲水性改性和粘附改性; 在选择了最佳单体的基础上, 将改性工艺进一步用于聚醚醚酮-聚醚嵌段聚酰胺 (PEEK-PEBAX) 双层复合导管的制备, 系统评估其力学可靠性以及界面粘附效果。主要研究结果如下:

四种无机气体 (氢气、氩气、氧气、氮气) 等离子体处理均能够使 PEEK 的表面接触角降低 65° 以上, 但经过 5 天的放置后普遍回升至 70° 以上, 表明无机气体等离子体改性主要依赖物理吸附与亚表面活化, 缺乏稳定的共价锚定, 难以长期保持亲水性。进一步利用气相法等离子体诱导单体接枝, 同时研究维持材料表面长效亲水性的主要机制。实验表明单体在等离子体环境下会产生分解行为, 官能团的引入受单体稳定性及分解路径影响。四种单体接枝均使 PEEK 的接触角降至 20° 以下, 但仅乙酸乙烯酯处理的样品在放置 20 天后接触角仍维持在 25° 以下, 表现出较好的长效亲水性。

使用挤出机制备了 PEEK 内层管和 PEBAX 外层管, 选用乙酸乙烯酯作为等离子接枝工艺的最佳单体, 对 PEEK 内层管进行处理后, 和 PEBAX 进行覆膜成型。测试结果表明, 相较同尺寸的单层管, 双层管的弯曲压力峰值与最大扭矩分别降低 14.12 N 和 $58.3\text{ N}\cdot\text{mm}$, 柔韧性显著提升; 与未处理制备的双层管比, 界面粘附性能大大增强, 剥离强度提高 6 N , 且在放置两周后仍保持稳定。研究表明, 该改性工艺有效提升了 PEEK 导管的界面结合力和时效稳定性。

本文为惰性材料表面改性提供了新的思路, 并为 PEEK 材料在医用复合导管中的应用提供了新的理论依据和工艺优化方法, 具有重要的科学和工程应用价值。

关 键 词: 聚醚醚酮 (PEEK); 医用导管; 表面改性; 等离子处理; 挤出成型

目 录

摘 要 I

ABSTRACT II

目 录 IV

图 目 录 VII

表 目 录 X

1 绪论 1

 1.1 研究背景及意义 1

 1.2 医用介入导管概述 2

 1.2.1 常用材料 2

 1.2.2 结构类型 3

 1.2.3 成型加工工艺 6

 1.3 聚醚醚酮 (PEEK) 概述 8

 1.3.1 物理化学性质 8

 1.3.2 医学领域的应用 10

 1.3.3 应用中的技术挑战 11

 1.4 表面改性策略 13

 1.4.1 粘附作用机制 13

 1.4.2 PEEK 表面粘附改性研究现状 14

 1.4.3 等离子体改性 16

 1.5 目前存在的问题 20

 1.6 课题来源与主要研究内容 21

 1.6.1 课题来源 21

 1.6.2 主要研究内容 21

2 无机气体等离子处理对 PEEK 界面性质的影响 23

 2.1 引言 23

2.2 实验部分	23
2.2.1 实验原料	23
2.2.2 实验仪器及设备	24
2.2.3 气体等离子处理方法	24
2.2.4 测试与表征	25
2.3 结果与讨论	26
2.3.1 FTIR 结果分析	26
2.3.2 XPS 结果分析	27
2.3.3 接触角结果分析	30
2.3.4 无机气体处理机理分析	31
2.4 本章小结	32
3 单体等离子接枝对 PEEK 界面性质的影响	34
3.1 引言	34
3.2 实验部分	35
3.2.1 实验原料	35
3.2.2 实验仪器及设备	35
3.2.3 单体等离子接枝方法	36
3.2.4 测试与表征	37
3.3 结果与讨论	38
3.3.1 FTIR 分析	38
3.3.2 XPS 分析	40
3.3.3 接触角结果分析	42
3.3.4 SEM 分析	43
3.3.5 单体接枝机理分析	44
3.4 本章小结	46
4 PEEK-PEBAX 双层导管成型的工艺装置及性能研究	48
4.1 引言	48
4.2 实验部分	48
4.2.1 实验原料	48

4.2.2 实验仪器及设备..... 49

4.2.3 PEEK 管、PEBAX 管的挤出成型工艺及装置..... 49

4.2.4 双层导管覆膜的工艺及装置..... 53

4.2.5 测试与表征..... 56

4.3 结果与讨论..... 57

4.3.1 三点弯曲结果分析..... 57

4.3.2 扭转试验结果分析..... 58

4.3.3 剥离力结果分析..... 61

4.3.4 材料表面形貌结果分析..... 62

4.4 本章小结..... 65

5 结论与展望..... 67

5.1 结论..... 67

5.2 创新点..... 68

5.3 展望..... 68

参考文献..... 69

1 绪论

1.1 研究背景及意义

生物医用材料作为现代医疗体系的关键组成部分，在疾病诊疗、组织工程及微创介入治疗领域具有不可替代的作用^[1]。随着人口老龄化进程的加快以及慢性疾病发病率逐年攀升，微创介入技术凭借创伤小、恢复快、并发症少等优势，已成为临床治疗的重要发展方向，尤其在心血管、神经血管及泌尿系统等疾病的治疗中展现出显著成效。介入导管作为介入手术的核心器械，其材料不仅需要具备良好的生物相容性和机械强度，同时还需兼顾柔韧性、耐化学腐蚀性、加工成型性等多方面性能指标，以确保导管在体内操作过程中的可控性与稳定性。目前临床常用的导管材料主要包括聚氨酯 (PU)、尼龙 (PA) 以及聚四氟乙烯 (PTFE) 等，这些材料虽具有良好的柔顺性，但普遍存在强度不足、耐疲劳性差等问题。聚醚醚酮 (PEEK) 作为一种半结晶性特种工程塑料，凭借其优异的机械强度、耐化学腐蚀性以及与人体骨骼相近的弹性模量，已在骨科植入物领域获得广泛应用。PEEK 虽能提供足够的支撑力，但其刚性特征易引发血管损伤，限制了其在微创介入器械中的应用。随着临床需求的不断提高，传统的单层导管结构逐渐难以满足介入治疗中复杂生理环境的要求。如何优化导管整体性能，提升其在临床应用中的安全性和可靠性，成为当前医疗器械研发领域亟待解决的关键问题。

复合结构导管凭借多层材料的组合优势，能够在力学性能与操作灵活性之间取得平衡，这使其成为未来导管设计的重要发展方向。然而不同材料间界面结合力不足导致复合结构导管使用过程中易出现分层、剥离等问题，严重影响导管的可靠性和使用寿命，这一问题已成为制约复合导管进一步发展的关键技术瓶颈。表面改性技术的发展为聚合物界面性能的调控提供了新的可能。通过物理或化学方法对材料表面进行定向修饰，可在不损害基体性能的前提下改善其粘接特性。其中，等离子体处理技术因具有处理效率高、环境友好且不改变基体材料本体性能的优势，在聚合物表面改性领域展现出重要应用价值。

本研究围绕医用导管的功能需求，以 PEEK 材料为研究对象，聚焦等离子体表面改性及双层复合结构导管成型技术，探讨双层复合结构导管整体力学性能以及改性对界面粘附性的影响。本研究为开发设计更高安全性和可靠性的高性能医用导管提供了重要的参考，同时也为高分子材料表面改性及异质材料复合领域提供理论参考和工程实践经验，具有重要的学术价值和实际工程应用意义。

5 结论与展望

5.1 结论

本文围绕医用聚醚醚酮 (PEEK) 材料在双层复合导管应用中的粘附性能不足问题,对不同气体等离子体的物理-化学作用途径差异进行研究,并对材料表面化学演变和表面亲水性之间的关联性进行分析。开展了基于等离子体诱导的单体接枝表面改性研究,利用四种单体的差异化分子结构研究接枝机制与改性性能的关联。研究旨在探究长效亲水改性策略,以有效提升 PEEK 表面活性及界面粘附性能,为 PEEK-PEBAX 双层导管的稳定制备提供可行的技术路径。主要结论如下:

(1) 针对 PEEK 材料表面存在的惰性问题,采用射频等离子体对其进行表面处理,系统考察了不同无机气体(氢气、氩气、氧气、氮气)等离子体处理对 PEEK 表面物理-化学性质的影响规律。通过傅里叶变换红外光谱 (FTIR)、X 射线光电子能谱 (XPS) 和接触角测试多维度表征,明确了各类气体等离子体处理对 PEEK 表面物理-化学性质的调控效果。结果显示,四种气体等离子处理都使 PEEK 表面的接触角降低了 65° 以上,但在 5 天后接触角普遍回升至 70° 以上。这揭示了无机气体的等离子体改性存在本质局限性,通过物理吸附与亚表面活化实现短暂的表面亲水改性,缺乏共价键网络的稳定锚定作用。

(2) 在等离子体预处理的基础上,开展了功能性单体的接枝改性实验。选取了四种含有不同功能基团的单体(丙烯酸、甲基丙烯酸羟乙酯、丙烯酰胺、乙酸乙烯酯),分别对 PEEK 表面进行等离子接枝改性。通过 FTIR、XPS 和接触角测试表征,探讨单体结构对接枝层化学组成、表面能的影响,研究发现单体在等离子体中更易发生分解行为,官能团的引入高度依赖单体的稳定性与分解路径。四种单体等离子接枝都使 PEEK 表面的接触角达到了 20° 以下,但经过 5 天的放置后,仅有乙酸乙烯酯单体处理的样品依旧维持高亲水性。跟踪研究发现在乙酸乙烯酯等离子接枝处理 20 天后,PEEK 的表面接触角依然在 25° 以下,达到了较为长效的亲水改性效果。

(3) 将乙酸乙烯酯等离子接枝改性 PEEK 应用于双层复合导管的制备中。通过挤出成型技术制备 PEEK 内层管、PEBAX 外层管,采用覆膜工艺实现 PEEK-PEBAX 双层导管的复合。对双层导管弯曲性能、扭转性能、剥离力进行了系统测试,全面评估表面改性对导管界面粘附性及整体结构稳定性的影响。排除几何参数差异的影响,双层导管的实际弯曲压力峰值与最大扭矩比理论相同尺寸的单层管分别降低 14.12 N 与 58.3 N·mm,双层管的柔韧性显著提升。同时 PEEK 与 PEBAX 之间的粘附性能显著提升,双层管不会产生结

合不良而导致的扭转失效现象。乙酸乙烯酯等离子接枝的双层管剥离力峰值提升了 6 N，并且放置两周后再覆膜的样品剥离强度同样达标。研究结果表明乙酸乙烯酯等离子接枝改性策略有效解决了传统工艺中存在的改性效果不稳定、易脱落分层及对基体性能影响较大等问题，实现了对 PEEK 导管表面粘附性能与时效稳定性的协同优化，在复合导管领域具有良好的推广应用前景。

5.2 创新点

(1) 突破了工业应用中传统空气等离子体处理 PEEK 表面存在的改性时效性差、粘附性能不足等问题，提出了气相单体接枝与等离子体诱导协同作用的复合改性策略。通过筛选合适的单体种类与反应条件，实现了在 PEEK 惰性表面形成稳定的亲水性功能层，显著提升了材料的表面能及粘附性能。

(2) 基于以 PEEK 为基体的复合导管因界面粘附性不足而在临床推广中受限的问题，采用自主开发的表面改性工艺，设计并制备了以 PEEK 为内层基体、无需胶粘剂结合的双层复合导管，实现了 PEEK 导管在力学性能与界面结合性能上的双重优化，提升了其在复杂临床环境中的使用稳定性与实际推广应用的可行性。

5.3 展望

本研究围绕等离子体诱导单体接枝改性 PEEK 导管的工艺进行了探索，但实际应用中仍有一些工程难点亟待进一步研究和优化。未来的研究可围绕以下几个方面展开：

(1) 接枝单体的选择对改性效果具有决定性影响。未来可重点关注同时具备亲水基团和空间位阻结构的单体，以平衡界面润湿性与化学稳定性。根据单体的性质优化等离子处理的功率、压力和时间，以避免单体过度裂解或重排，从而在材料表面形成更加稳定可控的功能层。

(2) 为了实际工业应用的大批量生产，需要对单体蒸发输送系统进行优化。本研究采用水浴加热气化装置，在气化效率和输送稳定性方面存在一定局限。可以尝试采用精确控温的气化装置，改进单体输送路径并优化气体流量与压力控制，以提高单体利用率并确保改性工艺在大规模生产中的稳定性。

(3) 双层导管的结构设计仍有待进一步优化。可通过合理设计内外层管的厚度比及材料组成，提高其力学性能和操作灵活性。此外，可考虑引入编织层或其他增强结构制备多层复合导管，以实现更优异的柔韧性及耐久性，为复杂介入治疗提供更可靠的器械支持。

学号: 22260456

姓名: 刘欣怡

论文题目: PEEK等离子改性及其双层导管的成型技术研究

英文题目: Research on Plasma Modification of PEEK and Forming Technology of Double-Layer Catheter

★★★★

★★★★

★★★★

评阅意见

* 评阅意见: 该论文围绕聚醚醚酮 (PEEK) 表面改性及医用双层导管成型技术展开系统性研究, 选题紧密结合医疗器械领域的实际需求, 具有明确的工程应用价值。研究采用气相法等离子体诱导单体接枝技术, 突破了传统无机气体等离子体改性时

* 不足之处及修改意见: 1. 论文中“等离子”与“等离子体”存在混用现象, 建议统一术语。
2. 第三章单体接枝实验未说明单体浓度的控制方法, 建议补充水浴锅温度、载气流速等关键参数的计算公式或校准过

* 总体评价: A (优秀) ▼

* 评阅结果: 同意答辩 ▼

返回

学号: 22260456

姓名: 刘欣怡

论文题目: PEEK等离子改性及其双层导管的成型技术研究

英文题目: Research on Plasma Modification of PEEK and Forming Technology of Double-Layer Catheter

★★★★

★★★★

★★★★

评阅意见

* 评阅意见: 该论文选题具有重要的理论意义和显著的实用价值, 聚焦于聚醚醚酮 (PEEK) 在医用双层复合导管应用中的关键技术瓶颈——表面惰性、亲水性差及界面粘附力不足问题。研究系统探索了等离子体技术对PEEK的表面改性机理, 通过无

* 不足之处及修改意见: 1. 生物相容性验证: 论文的核心是面向医用导管应用, 虽然PEEK和PEBAX本身是生物相容性材料, 但经过等离子体及VAc接枝改性后的表面, 其生物相容性 (如细胞毒性、溶血性等) 是否发生变化, 是最终能否应用于临床的关键。论文

* 总体评价: A (优秀) ▼

* 评阅结果: 同意答辩 ▼

返回

学号: 22260456

姓名: 刘欣怡

论文题目: PEEK等离子改性及其双层导管的成型技术研究

英文题目: Research on Plasma Modification of PEEK and Forming Technology of Double-Layer Catheter

☆☆☆☆

☆☆☆☆

☆☆☆☆

评阅意见

* 评阅意见: 针对医用PEEK材料在使用过程中存在的问题, 提出采用常规无机气体以及有机单体两类等离子体进行表面改性, 从而提高材料的黏附性能等。这对材料的使用与推广具有积极的意义。论文从实际应用出发, 切实帮助企业解决实际遇到

* 不足之处及修改意见: 论文中也存在一些不足之处, 希望能够在后期的研究加以增补与修正:
1. 在P26的红外光谱分析中, 整体而言, PEEK分子的主链结构变化不大, 但也可以看出各种气体处理存在的差异, 器

* 总体评价: A (优秀) ▼

* 评阅结果: 同意答辩 ▼

返回



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118681067 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 24

(21) 申请号 202410695566.4

C08J 7/16 (2006.01)

(22) 申请日 2024.05.31

C08J 7/18 (2006.01)

(71) 申请人 浙江大学

C08J 7/12 (2006.01)

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

C08L 61/16 (2006.01)

申请人 宁波琳盛高分子材料有限公司

(72) 发明人 刘欣怡 宋晓波 许忠斌 赵南阳
毕明铖 金胜祥

(74) 专利代理机构 宁波诚源专利事务所有限公
司 33102

专利代理师 袁忠卫

(51) Int.Cl.

A61L 29/12 (2006.01)

A61L 29/06 (2006.01)

A61L 29/14 (2006.01)

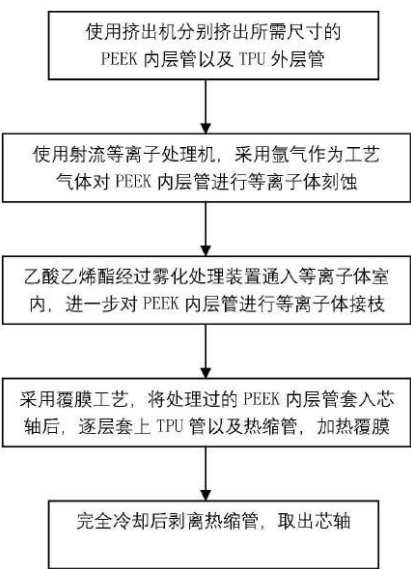
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于等离子改性后熔融粘附的PEEK/
TPU双层医用导管及制备方法

(57) 摘要

一种基于等离子改性后熔融粘附的PEEK/
TPU双层医用导管,包括内外二层,外层为热塑性
聚氨酯管,内层采用等离子改性的聚醚醚酮管,
制备步骤:挤出机分别挤出所需尺寸的PEEK管以
及TPU管,采用氩气作为工艺气体对PEEK管进行
等离子体刻蚀;选用乙酸乙烯酯作为接枝单体,
单体经过雾化处理装置通入等离子体室内,对
PEEK内层管进行等离子体接枝;采用覆膜工艺,
将TPU外层管粘合,制备得到界面粘附强化的双
层医用导管。本发明的制备方法工艺方法简单,
制备的双层医用导管具有良好的生物相容性,双
层医用导管剥离力达到10N以上,满足临床对管
路分层的要求,同时安全环保能耗低,易于大批
量生产。



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

刘欣怡：

荣获 2024 年度浙江大学宁波科创中心(宁波校区)

优秀专业实践奖学金

特发此证，以资鼓励！

浙江大学宁波科创中心

2024 年 12 月