

附件 1:

新工科毕业设计研究与实践项目与选题征集表

| | | | |
|---|---------------------------|----------------|----------------------------------|
| 项目名称 | pH/气体双响应智能包装指示膜的协同设计与性能评估 | | |
| 负责人 | 朱礼智 | 联系方式 | 13163159192;zhulizhi@tust.edu.cn |
| 所在学院 | 轻工科学与工程学院 | | |
| 学院联系人 | 包海英 | 联系电话 | 18202548101 |
| 拟设置指导教师数 | 3 | 指导教师学科背景 | 轻工、人工智能、食品 |
| 拟指导学生数 | 3 | 拟招募选题学生的学院(专业) | 轻工、人工智能、食品 |
| 项目目的及意义(200字内): 本项目旨在设计 pH/气体双响应智能包装指示膜，通过构建多信号响应体系，实现对食品等包装内 pH 值、挥发性气体的实时监测与可视化预警。该膜可精准反馈包装内环境变化，及时预警变质风险，提升产品流通安全性。其协同响应机制为智能包装材料研发提供新思路，推动食品包装向功能化、智能化升级，助力食品工业质量管控与减损增效，具有重要的理论价值与应用前景。 | | | |
| 项目已具备的条件(200字内): 在智能包装与活性材料研发领域，已完成淀粉—纳米纤维素复合指示膜的基础研发工作。该指示膜的厚度与断裂伸长率显著提升，水蒸气透过系数及透光率有效降低，已具备目标环境变化响应能力；然而，其力学性能的进一步优化，仍是需重点突破的方向。 针对复杂环境下的应用需求，双响应智能指示膜对综合性能提出了更高要求。为实现更精准、高效的环境响应，当前正聚焦快速响应型指示剂的筛选与优化，旨在突破单一响应模式的局限，提升指示膜在复杂场景下的适用性与可靠性。 | | | |
| 项目期限与目标(300字内): 项目期限为 6 个月，采用“核心任务并行实施、关键节点交叉迭代”模式推进： (1) 1-2 个月：双响应膜功能组分筛选、复配优化与膜材初步制备同步启动，同步衔接包装适配设计的前期需求调研，形成“材料研发—应用适配”双向反馈机制； (2) 3-4 个月：智能化显示优化、响应灵敏度/稳定性核心性能测试并行开展，同步推进食品接触安全性预验证，基于性能测试结果迭代优化膜材配方与显示方案； (3) 5-6 个月：应用场景适配、产业化工艺适配与安全性终验证交叉推进，结合实际场景测试数据持续优化工艺参数，确保膜材性能与产业化需求精准匹配。 核心技术成果目标：成功研发 pH/气体双响应协同的智能指示膜，实现目标环境变化的“裸眼可视化+机器精准量化”双重预警；确定 1-2 组最优材料配方及包装适配原型，膜材的响应速度、稳定性、力学性能及阻隔性能均满足食品包装实际应用需求，为后续产业化转化奠定坚实技术基础。 | | | |
| 项目主要研究方向(选题)及任务(1000字内，应至少设计 2 个研究方向)： 研究方向 1：pH/气体双响应智能包装指示膜的制备及性能研究 任务： 筛选适配的双响应功能组分：调研 pH 敏感染料（如溴甲酚紫、酚红）和气体响应聚合物（如聚乙炔衍生物、金属有机框架材料）的响应特性，通过预实验证不同组分对目标 pH 范围 (4-9) 和特征气体（如挥发性胺、CO ₂ ）的响应灵敏度。 优化组分复配：设计功能组分与膜基材（如聚乳酸、聚乙烯醇）的复配比例，调控超声分散、 | | | |

共混等工艺参数，解决组分团聚、界面结合力不足等问题，制备 3-5 组不同配方的膜材样品。

基础性能表征：通过紫外—可见分光光度计、拉力试验机、气体渗透仪等设备，测试膜材的双响应信号强度、力学强度、阻隔性能及耐老化性，筛选出 1-2 组最优配方。

分析协同响应机理：通过红外光谱、扫描电镜等表征手段，探究功能组分间的相互作用及与基材的结合机制，明确双响应功能协同实现的核心原理，优化工艺。

研究方向 2：pH/气体双响应指示膜的智能化显示功能设计

任务：

优化可视化显示效果：针对食品包装场景需求，调整功能组分浓度及膜厚度，使膜材在响应时呈现“裸眼可辨、梯度清晰”的颜色变化（如酸性变红、碱性变蓝，气体浓度升高变紫），制定响应信号与环境参数的对应标准。

设计包装结构适配方案：结合不同食品包装类型（如真空袋、托盘盖膜），优化膜材的成型工艺（如流延、涂覆），设计模切尺寸及边缘密封结构，确保膜材与包装的贴合性、密封性，避免响应信号被遮挡。

整合智能化辅助模块：搭建简易机器视觉识别系统，编写图像识别算法，实现对膜材颜色变化的自动捕捉与量化分析，将视觉信号转化为数字预警值，提升检测的客观性。

显示功能实用性测试：模拟食品贮藏环境（如 4℃冷藏、25℃常温），通过加速老化实验测试膜材显示信号的稳定性，验证智能化识别系统的准确率（要求 $\geq 90\%$ ），完成包装适配原型设计。

研究方向 3：pH/气体双响应智能指示膜的安全性评估及产业化应用

任务：

开展食品接触安全性检测：依据 GB 4806.1-2016 等标准，选取水、3%乙酸、10%乙醇、橄榄油作为食品模拟物，通过迁移实验测试膜材中功能组分、添加剂的迁移量，确保符合限量要求。

验证使用过程安全性：模拟膜材与食品的长期接触场景（如 7-15 天贮藏），测试膜材在响应过程中是否产生有毒副产物，通过气味检测、细胞毒性测试（MTT 法）验证其生物安全性。

完成应用场景验证：选取典型食品（如冷鲜肉、酸奶）开展实际包装测试，结合食品感官评价、微生物检测结果，建立“膜响应信号—食品品质”关联模型，形成安全性评估及产业化可行性报告。