

2019年招生计划

三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 基于纳米结构薄膜涂层润湿性的油水分离技术的研究

选题类别： ☒ 基础性研究 ☒ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究  
☐ 新开辟的研究方向 ☒ 已有研究方向的继续 ☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

高效经济的油水分离技术在许多领域有重要的应用价值，课题将针对基于纳米结构功能性材料油水分离基础理论和应用技术开展研究。随着纳米科技的发展，具有特殊纳米结构的功能性材料已被应用到诸多领域，其中构造具有特殊润湿性的纳米结构表面，用以实现油水混合物中的油水分离已成为新兴研究热点，然而目前该研究尚处于起步阶段，其相关理论和技术尚不完备，距离工程实际应用尚有较大差距。本课题将紧密围绕应用背景，采取理论分析、实验研究与仿真模拟相结合的技术路线，对具备油水分离功能的纳米多层复合结构涂层的制备机理、工作特性及其受电场、磁场、温度场和液体酸碱度等外部条件影响下的应激可控性进行研究，并将其应用在石油开采原油提纯和机械设备渗漏油回收中。具体内容如下：

（1）新型超亲水/超疏油纳米多层复合结构涂层的构建、制备机理和技术研究  
构建一种具备纳米级粗糙度和纳米级非连续表面活性剂的新型超亲水/超疏油纳米尺度多层复合结构，分析含氟和无氟表面活性剂的特性。分析不同工艺参数选择，如材料选择，溶液浓度，浸润时长和环境温度等对涂层亲水性和疏油性的影响规律，分别建立含氟和无氟超亲水/超疏油多层纳米结构涂层的制备方法，并进行对比分析。

（2）纳米多层复合结构对超亲水/超疏油涂层的亲水性和疏油性影响机理的分析  
利用原子力显微镜对制备的涂层表面纳米多层复合结构的纳米级粗糙度进行测量并建立其表征体系，搭建实验平台测量涂层表面活性剂在纳米尺度上的分布特征，利用接触角测量仪与表面张力分析仪分析所制备涂层的油和水的润湿性，进而分析不同表面微观物理化学特征对超亲水/超疏油涂层亲水性和疏油性的影响机理和规律。通过流体动力学与分子动力学仿真研究在不同纳米复合结构修饰的超亲水/超疏油涂层上水和不同种类油的流动特性和它们与固体表面之间的相互作用机理和规律。

（3）油水分离网膜的制备及其宏观结构参数对油水分离性能影响的研究  
利用所掌握的纳米多层复合结构对超亲水/超疏油涂层的亲水性和疏油性影响机理和规律优化超亲水/超疏油纳米多层复合结构涂层，并将此涂层涂覆在网状基底上制备出油水分离网膜，通过理论、仿真和实验研究不同网孔形状、大小和线径等宏观结构参数对油水分离性能的影响。

（4）超亲水/超疏油纳米多层复合结构涂层的失效和工作寿命延长方法的研究  
理论和仿真分析纳米多层复合结构涂层各层结构间的结合力，并通过纳米压痕实验、纳米刮擦实验、时间演化实验和连续工作实验研究超亲水/超疏油纳米多层复合结构涂层失效寿命和工作寿命的影响因素，通过改进涂覆工艺，以提高多层纳米结构层间结合力和纳米结构自身稳定性，降低纳米结构与液体间粘附力，进而延长超亲水/超疏油纳米多层复合结构涂层的失效寿命和工作寿命。

（5）油水分离网膜在石油开采原油提纯中的应用研究  
解决大尺寸具有纳米多层复合结构涂层的油水分离网膜性能稳定性问题和原油在常压下通过油水分离网膜前的去除杂质、原油降粘等前置处理技术问题；设计并制作原油提纯实验样机。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

（1）赵学增，微纳尺度下固液界面流体阻力多因素耦合影响机理及规律的研究，国家自然科学基金面上项目。  
（2）潘昀路，赵学增，空间磁场及其与电场耦合对微纳尺度下边界滑移和流体阻力影响规律的研究，国家自然科学基金青年基金。  
（3）赵学增，基于纳米结构薄膜涂层润湿性的油水分离装置的研发，哈尔滨市科技局高层次创新人才专项基金。

2019年招生计划
三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介
1. 博士论文研究方向： 基于核酸适配体-石墨烯场效应管纳米生物传感器机理及特性的研究 选题类别： <input checked="" type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input checked="" type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 课题将采取理论分析和实验研究相结合的技术路线，对核酸适配体-石墨烯场效应管柔性纳米生物传感器的传感机理、传感特性、弯曲和扭转形变状态下电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置的变化规律、人体汗液环境中响应特异性及其提高方法进行系统的研究。 （1）核酸适配体与白介素-6分子亲和性结合对石墨烯电学性能的影响机理 利用表面物理化学理论，结合AFM液下成像技术，对浸于液下并修饰在石墨烯表面的核酸适配体与目标蛋白质分子白介素-6亲和性结合与解离状态进行成像，实验验证核酸适配体是否捕获了目标蛋白质分子白介素-6，并明确捕获之后的状态，验证目前学术界的几种猜想。研究核酸适配体-白介素-6分子亲和性结合与解离对单层石墨烯内部载流子的影响机理，进而掌握其对石墨烯沟道电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置的影响规律，揭示核酸适配体-石墨烯场效应管纳米生物传感器的传感机理，为核酸适配体捕获白介素-6分子后对石墨烯沟道中漏-源电流产生影响的解释提供直接的理论和实验支持。研究溶液离子浓度、阳离子价态和温度等环境因素对核酸适配体与白介素-6分子亲和性结合与解离的影响规律。 （2）响应特性随弯曲和扭转变化规律的研究 利用理论模型分析，结合先进测量和电化学实验手段，对正、反向弯曲与扭转形变状态下石墨烯电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置变化规律进行定量测量和分析，同时对弯曲与扭转形变造成的核酸适配体与白介素-6亲和性结合与解离时间和系数的影响进行实验研究。 （3）汗液中响应特异性及其提高方法的研究 利用理论和实验相结合的方法，定性、定量分析汗液中非目标带电分子、带电杂质、离子浓度、温度和酸碱度对核酸适配体-石墨烯场效应管传感器响应特异性的影响。通过电化学表面修饰或物理保护方法，处理石墨烯表面，有效消除或减小汗液中干扰因素对传感器响应特异性的影响，提高核酸适配体-石墨烯场效应管生物传感器对汗液中白介素-6分子的响应特异性。 （4）传感器性能的研究和可穿戴式柔性样机研制 以蛋白质白介素-6为研究对象，通过生物与电化学实验方法，对核酸适配体-石墨烯场效应管生物传感器的传感特性，包括线性度、灵敏度、精度、测量范围、特异性、迟滞性、温漂、时漂（稳定性）进行研究。优化液栅型与埋栅型核酸适配体-石墨烯场效应管纳米生物传感器结构设计，研究它们对白介素-6分子的检测性能，确定对白介素-6分子检测的最优传感器结构设计方案。解决核酸适配体-石墨烯场效应管柔性纳米生物传感器的高精度低压低噪声供电、纳安级微弱电流信号连续采集和尺寸小型化等关键技术问题，研制出可穿戴柔性生物传感器样机实现汗液中白介素-6分子浓度的方便、快速和经济检测，为癌症的早期筛查提供一种新的解决途径。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 （1）赵学增，微纳尺度下固液界面流体阻力多因素耦合影响机理及规律的研究，国家自然科学基金面上项目。 （2）潘昀路，赵学增，空间磁场及其与电场耦合对微纳尺度下边界滑移和流体阻力影响规律的研究，国家自然科学基金青年基金。 （3）赵学增，基于纳米结构薄膜涂层润湿性的油水分离装置的研发，哈尔滨市科技局高层次创新人才专项基金。