

2023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： 抗液、耐久超双疏表面的构造及油水分离应用

- 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

油水分离技术始终是世界科技前沿的热点与难点，在原油开采、工业含油废水处理、海洋油污治理等能源、环境领域有着巨大的应用前景。近年来，越来越多的油水分离相关的基础研究聚焦在了利用功能材料对油水混合物进行过滤式分离上，通过对网状基底材料表面的特殊处理，实现通油阻水或通水阻油式的油水分离。这种分离技术效率较高，可仅依靠重力驱动，能耗极低，被认为是先进油水分离技术的发展方向。然而，该技术目前仍然存在诸多问题，相关研究仍然停留在理论或实验室阶段，无法真正走向应用。其中关键的问题之一在于油的高粘性使得功能材料极易被油污覆盖，使其分离功能不可持续。因此，能否构造出抗油的功能材料并利用其高效地分离油水混合物成为了先进油水分离技术发展的瓶颈。超疏油表面排斥多种常见的油脂，有着非常广泛的应用前景。

超疏油表面可以分为两种，一种是超疏油同时超亲水即超疏油/超亲水表面，另一种则是超疏油同时超疏水即超双疏表面。对于油水分离而言，通常需要功能表面对油和水有着截然相反的润湿性，因此超疏油/超亲水表面曾被认为是最为理想的油水分离功能材料。然而，从表面能的角度而言，表面同时具备超疏油性和超亲水性是十分困难的，因此目前多数研究只能采用超亲水/水下超疏油表面来间接实现这一功能。但是这种材料在空气中依然表现为超亲油性，因此极易被油污污染而失效，仍然难以应用于实际工程中。2017年以来，一些研究人员陆续提出了使表面同时具有超疏油性和超亲水性的方法，但是目前理论基础不完善，应用存在较大缺陷。与超疏油/超亲水表面不同，超双疏表面制备原理较为简单，只要构造出特殊微纳结构并通过化学修饰将其表面能降到足够低，即可获得超双疏表面，近年来相关的制备方法层出不穷，超双疏表面的构造方法已逐渐走向成熟。然而对于油水混合物而言，超双疏网膜同时阻水阻油，无法实现油水分离，目前仍未见利用超双疏网膜实现油水分离的相关报道。由此可见，虽然超疏油表面有着不易被油污污染的优势，但无论是超疏油/超亲水表面还是超双疏表面目前在油水分离方面仍然存在难以解决的问题。需要对超疏油表面与油、水接触时的固、油、水、气四相接触规律进行系统性的梳理，另辟蹊径，找到一种全新的利用超疏油表面进行油水分离的方法。与此同时，包括超疏油表面在内的各种超浸润表面微纳结构往往会带来机械耐久性差等问题。此外，油水分离的实际应用中又对材料有着耐酸碱、耐腐蚀、耐高温等多重考验，因此对超疏油表面的化学耐久性也提出了较高要求。 本课题针对超浸润表面在油中和水中的固、油、水、气四相接触规律进行深入研究，研究将超双疏网膜转换为特殊的超疏油/超亲水性或Cassie 态超“亲油”/超疏水性的方法与机理，继而提出一种利用超双疏表面实现高效、全流程抗油的油水分离方法；同时以摩擦学理论中的磨损理论为基础，建立超浸润表面三维磨损评价体系，对超浸润表面的机械耐久性进行全面、标准化的评估，并在此基础上分析影响超双疏表面机械耐久性的因素，通过改进表面处理工艺，提高超双疏表面的机械耐久性和化学耐久性。并对超双疏网状结构的油水分离性能进行深入研究，实现高效、低能耗油水分离。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金委员会，面上项目，51975145，耐久超双疏表面特殊润湿性转化及其在油水分离中的应用研究，2020-01-01 至 2023-12-31，60万元

国家自然科学基金委员会，面上项目，51975163，高耐久性和可控润湿性超疏油/超亲水微纳复合结构功能表面的研究，2020-01-01 至 2023-12-31，60万元

2023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： 反常特殊润湿性表面的构建及应用

- 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是重要的前沿科学问题之一，先进的分离技术对于人均资源较少的我国具有重要的意义。随着纳米技术的发展，利用具有特殊润湿性的微纳结构表面分离油水混合物已成为新兴研究热点。目前被广泛研究的超亲油/超疏水表面由于与油粘附力较大，表面容易被油污染甚至堵塞，其连续分离效果难以保证。为了克服以上问题，2010以后，超亲水/水下超疏油表面得到了广泛关注。然而，这类表面的抗油性能严重依赖于水环境，在实际应用中受到很大限制。相比之下，真正意义上的超疏油/超亲水表面是最为理想的解决方案，具有重要应用价值和广阔的应用前景。但这类表面实现困难，尚存在许多需要解决科学问题。本课题围绕油水分离应用背景，采取理论分析、仿真模拟与实验研究相结合的技术路线，对具备超疏油/超亲水反常润湿性的微纳复合结构表面的制备方法、润湿性机理、液下稳定性、机械耐久性以及在电场、光照影响下的可控性进行系统的研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金委员会，面上项目，51975145，耐久超双疏表面特殊润湿性转化及其在油水分离中的应用研究，2020-01-01 至 2023-12-31，60万元