

2020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： 聚合物驱配注系统多工况耦合流动机制与粘损机理研究 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 一、选题背景及意义 石油是一种非可再生能源，其储量随着开采时间的加长逐年减少，采收率逐年降低，而开采难度和开采成本却逐年增高。如何提高石油采收率、降低开采成本成为石油开采领域亟待解决的关键问题之一。石油开采历程中，先后经历了依靠天然地层储能采油的一次采油和以注水采油为代表的二次采油，随着油田的持续开发，进入采油后期注水采油已经不能有效地驱替地层残余油，影响石油采收率的进一步提高。目前主产油田，如大庆油田已进入特高含水阶段。近十年来，通过注入驱油剂开发油层残余油的三次采油在各大油田逐渐从试验摸索走向大规模推广应用，其中聚合物注入采油因其操作方便、原料易得、成本较低、并可与调整油水剖面相结合，相对于三元复合驱油环境污染小等优点受到广泛关注。 聚合物注入驱油（聚驱）采油是一种流度控制技术，即在注入水中加入一定量相对分子量高的聚丙烯酰胺或生物聚合物黄胞胶，增加注入水的粘度，改善油水流度比，提高驱替相的波及体积。聚合物溶液属于非牛顿流体，具有一定的粘弹性，可提高微观驱油效率，从而获得较高的采收率。然而聚合物是一种高分子化合物，分子链较长，聚驱配注系统的静态混合、配注器节流、炮眼节流和地层渗耦合流动过程复杂，易使聚合物分子链受拉伸与剪切作用导致机械降解，造成聚合物粘度损失，然而至今没有一种成熟的理论用来指导混合单元结构的优化与设计，以最大程度降低粘损。此外，油田开发过程中，对于具有多个层段的聚驱注入井而言，任何一个层段注入压力或流量的变化都会影响其它层段，扰乱各层段已调配好的注入参数。对于已开发油田，由于压力和渗透率等差异，各层段吸水能力不同，会出现高渗透突进水淹，低渗透层补给不足等问题。 因此，开展聚合物分层注入技术基础理论研究和配注系统耦合流动及粘损机理研究，不仅能科学指导因层配注、实时测调方案的制定，优化注采工艺，提高采收率，还能节约聚合物注入量，降低开采成本，在石油开采领域具有重要的理论意义及应用前景。 二、主要研究内容简介 本研究结合地质学、机械学、力学、化学、材料学、电磁学、计算机科学、测试与控制科学、石油工程等多学科，对聚驱配注系统多工况耦合流动机制与粘损机理进行深入研究，具体包括以下内容： (1) 聚合物配注混合系统混合均匀度调控机制及粘度损失机理研究。研究静态混合器复杂流场流动机制，以及混合单元几何参数、表面形貌参数对聚合物溶液压力、流量、粘度、混合均匀度的影响规律，以达到降低粘损和提高混合均匀度的目标。 (2) 聚驱分层配注井下系统垂直管流、配注器与炮眼节流及地层渗流耦合流动机制、机械降解及粘度损失机理研究。分析耦合流动机制与机械降解及粘度损失机理，选择最佳调配方式提供科学依据；研究聚合物注入垂直管流、配注器及炮眼节流流动机制；研究机械拉伸与剪切、地层吸附与捕集等复合作用对聚合物流动动态特性及粘度变化的影响机制。 (3) 聚合物井下配注压力、流量与粘度调控机制及井下复杂工况分层调控新原理与新方法研究。研究单节及多节梭型阀芯几何参数、表面形貌参数等对聚合物压力、流量变化的影响规律、调控机制与粘度损失抑制方法；探索采用梭型阀芯连续调压节流的新原理新方法，针对传统投捞式阀芯离散式节流及无法实时测调等缺陷，研究单井聚驱配注多层同时边测边调的新工艺与调配技术，以及恶劣工况下节流阀芯高可靠性设计方法。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家自然科学基金面上项目“区域油藏聚驱配注系统多工况耦合流动机制与粘损机理及分层调配技术研究”（经费63万元）可提供经费支持。

2020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： 基于光声效应的微纳马达驱动检测一体化耦合机理及关键技术研究 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 一、选题背景及意义 微纳马达是一种介于微米和纳米尺度，能将光能、磁能、电能以及化学能等转化为机械能，从而驱动自身运动的微纳机械。作为纳米科技的前沿研究领域之一，微纳马达具有体积小、质量轻、推重比大等特点，能精确携带靶向药物或靶向因子，作为特定组织和器官的靶向药物运送载体，作用于致癌位点，从而实现对癌细胞的精准靶向治疗，可将原有治疗从组织器官尺度拓展到细胞及分子尺度，在癌症的诊断和治疗中具有广阔的应用前景。然而，现有微纳马达研究主要集中在多物理场驱动方式、运动轨迹调控等方面，真正实现体内运输及控制的研究较少，其核心问题在于现有微纳马达的研究一般采用传统光学显微镜进行观测，然而由于光存在衍射和扩散现象，限制了光学成像的分辨率和穿透深度；因此，实现微纳马达高精度、高穿透的体内观测较为困难，更难实现马达在生物体内运动状态的实时跟踪。此外，传统光学成像技术由于成像深度与分辨率不可兼得的问题，其成像深度的极限约为1毫米，也无法实现微纳马达在生物体内进行靶向药物运输过程的实时监测与反馈调控，而微纳手术及治疗、纳米传感等精准医疗技术的发展亟需提高微纳马达在生物体内的可视性、可控性及精确性，因此，迫切需要发展对微纳马达等运输载体的原位观测技术与方法。 光声成像技术是国际上最新发展的，结合光学对比度与高超声穿透深度的一种新型无创的在体生物医学成像技术。然而，光声成像技术中的外源造影剂本身不具有主观能动性 & 载药能力。因此，将微纳马达与光声成像技术相结合，设计一种既能在生物体环境中进行药物运输的微纳马达，又能通过光声成像技术对其运动轨迹进行实时监测，不仅可提升药物靶向的准确性，还可大大拓展微纳马达的应用范畴，为微纳手术及治疗、纳米传感等精准医疗技术的发展提供新的途径，具有重要的理论意义与实用价值。 二、主要研究内容简介 （1）纳秒脉冲光驱微纳马达制备与运动行为研究 制备基于自电泳以及自热泳机理的纳秒脉冲光驱动微纳马达，为后续研究微纳马达运动规律提供实验模型；研究纳秒脉冲光波形、幅度、宽度以及重复频率等参数对马达运动行为的影响规律与控制方法。 （2）纳秒脉冲光驱微纳马达自驱动过程光声、光机能量传递与转换机制 研究基于自电泳运动机制的纳秒脉冲光驱微纳马达光-电-机械能之间的能量传递与转换机制；研究基于自热泳运动机制的纳秒脉冲光驱微纳马达光-热转换机制及马达环境热梯度的形成与演变规律；研究微纳马达形状等物理特征参数以及频率、脉宽等光学参数对微纳马达光声信号的影响规律与控制方法； （3）脉冲光驱微纳马达驱动检测一体化耦合设计、特征信号提取与评估方法 基于光声效应，研究微纳马达驱动检测系统设计方法，为后续脉冲光驱微纳马达驱动检测一体化研究提供技术手段；基于统计学方法，研究微纳马达光声信号特征频谱的提取方法，研究脉冲光参数、马达动态运动参数对分辨率、灵敏度及信号持续时间等特征信号的影响规律；研究微纳马达脉冲光驱-检测一体化耦合关系及微纳马达驱动检测一体化技术最佳组合的评估方法，为后续开展生物体内原位实验提供基础。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家自然科学基金面上项目“基于光声效应的微纳马达驱动检测一体化耦合机理及关键技术研究”（62万元）可提供经费支持。

2020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： 功能器件多材料增材制造技术研究

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

一、选题背景及意义
增材制造（3D打印）技术是近年来快速发展的先进制造技术，在复杂三维结构、高深宽比结构和复合（多材料）材料结构制造方面具有无可比拟的技术优势，且具备成本低、效率高、材料种类多、直接成形等优点，在功能器件制造成型领域极具发展前景，正逐渐成为未来制造业的核心技术之一。
近年来，以微立体光刻、CLIP等为代表的增材制造技术快速发展，并通过集成和嵌入不同机/电部件，已初步实现多材料、多功能集成的任意复杂结构-材料-器件一体化制造，为突破复杂结构多材料一体化制造的技术瓶颈提供了一种全新的解决方案。2016年，美国由雷神公司牵头，联合GE公司、罗杰斯公司、UML研究所等单位，率先启动了针对功能器件多材料增材制造的“电子器件和结构的多材料3D打印”项目，并成为2016年美国正式启动的增材制造7个重大高端项目之一，而我国在该领域目前尚属于发展起步阶段。
为了突破当前制约国防、航空航天领域所需功能器件复杂结构、多材料一体化制造的技术共性和关键难题，立足国家重大战略需求、瞄准增材制造的学科前沿，必须对面向功能器件的“材料-结构-器件”多材料增材制造关键技术与装备进行研究。

二、主要研究内容简介
本研究以机械电子技术为基础，结合近代物理学、化学、热学等学科，对功能器件多材料增材制造技术进行深入研究，具体包括以下内容：
（1）多材料增材制造表/界面行为及调控机制研究。研究功能器件增材制造过程中多材料的相互作用行为与机制，研究分子尺度材料化学组成和结构、表面自由能、润湿性等性质与材料流变性能、成型精度和表面质量的相互关系；揭示材料组成、成型制造工艺对材料表/界面结构结合性能的影响机制与控制方法；研究多物理场对多材料表/界面改性作用机制及协同控制方法。
（2）功能导向的多材料体系设计与一体化成型技术。研究面向增材制造工艺原理的多材料体系设计原则与性能调控技术，研究多材料体系成型制造机理；研究一体化成型过程不同材料的同步输运方法、切换方法、熔化（固化）特性、多材多层致密融合成型机理与质量控制技术；研究功能器件嵌入多材料微细增材制造工艺，以及多材料功能器件一体化成型原理与技术。
（3）高精度多材料微细增材制造工艺与装备。研究材料物性参数、流体特性、电学参数、运动参数与热控参数对材料成型质量的影响机制与控制规律；研究多材料微细增材制造平台运动机构稳定性设计、运动几何误差测量、高精度运动控制及环境误差补偿方法；研究多材料增材制造过程的精密原位测量技术；研发多材料高速连续光固化3D打印新工艺与新装备。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

横向课题“精密微型薄壳可编程多层齿轮集增材制造方法与工艺研究”（经费60万元）、其他在研科研项目（经费300万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

四、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字： 年 月 日

五、所在单位党支部意见：

党支部书记签字： 年 月 日

六、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字： 年 月 日

七、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项：

院长（系主任）签字： 年 月 日

八、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）： 年 月 日