

2026 年度山东省科技进步奖提名公示信息

项目名称	水下复杂地层中泥水盾构智能掘进控制系统关键技术及应用		
提名者	山东大学	提名等级	二等奖
提名意见	我单位认真严格地审阅了该项目的提名书及全部附件材料，确认该项目符合山东省科学技术奖励规定的提名条件，全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。 该项目面向《交通强国建设纲要》重点任务“隧道工程机械装备”，以及《山东省高端装备制造业发展规划(2018-2025 年》发展重点“攻克大直径地铁隧道盾构机的刀盘刀具...等关键技术”，针对泥水盾构机在水下复杂地层中“掘不快、掘不准、易失稳”难题，采用“结构优化、驱动匹配、控制换代”融合创新方法，发明了基于结构优化与载荷预测的泥水盾构刀盘智能破岩控制技术，发明了基于参数匹配与超高压驱动的泥水盾构位姿安全闭环控制技术，发明了面向掘进界面稳定保持的泥浆环流与压力直接反馈控制技术，形成了“刀盘高效破岩引领、推进轨迹精确控制支撑、泥浆环流压力稳定控制保障”的泥水盾构智能掘进控制关键技术体系，实现了“有人值守、无人操作”智能化掘进作业，显著提高了水下隧道施工的速度、精度与稳定性。研究成果应用于济南重工集团有限公司、中铁工程装备集团有限公司、中交天和机械设备制造有限公司研制的 29 台智能型泥水盾构机。近两年，该项目新增销售收入 26.89 亿元。		
项目简介	水下隧道可实现全天候大流量跨江跨海通行，是打通地理限制、连接经济命脉、增强民生福祉的战略性基础设施。泥水盾构机通过“刀盘-推进-泥浆环流”协作的掘进控制系统，实现掌子面稳定下掘进，在水下隧道施工中起关键作用，属核心装备。然而在面对高水压、软硬不均、构造多变的水下复杂地层时，泥水盾构机掘进控制系统存在“掘不快、掘不准、易失稳”三大难题。该项目在国家 863 课题等支持下，攻克了泥水盾构掘进参数自主决策、岩机界面应力约束的轨迹全闭环控制、泥浆压力直接反馈控制等技术瓶颈，取得了以下创新成果： （1）发明了基于结构优化与载荷预测的泥水盾构刀盘智能破岩控制技术。开发了适用于高水压软硬不均地层的辐条箱体式常压刀盘结构，提出了基于小波变换与灰色预测的刀盘载荷特征在线预测方法，发明了深度强化学习驱动的泥水盾构刀盘高效率破岩控制技术，在沪渝蓉高铁崇太长江隧道实现了月掘进 718 米（刀盘直径 15.3 米），解决了“掘不快”的难题。 （2）发明了基于参数匹配与超高压驱动的泥水盾构位姿安全闭环控制技术。提出了面向隧道轴线轨迹的盾构推进机构多参数匹配设计方法，发明了盾构推进机构超高压自由分组电液比例控制技术，发明了岩机界面应力稳定约束的盾构位姿安全闭环精确控制技术，在水下复杂地层条件下将大直径泥水盾构掘进轨迹误差控制在 ±25mm 以内，解决了“掘不准”的难题。 （3）发明了面向掘进界面稳定保持的泥浆环流与压力直接反馈控制技术。发明了面向水下软黏渣土的刀盘分布式动态适配泥浆冲刷技术，发明了面向水下硬岩渣土的大流量高可靠泥浆环流出渣技术，发明了基于环流匹配与气体卸荷的仓内泥浆压力直接反馈控制技术，将大直径泥		

水盾构机仓内泥浆压力偏差控制在±0.15bar以内，解决了“易失稳”的难题。 通过上述三项创新，形成了“刀盘高效破岩引领、推进轨迹精确控制支撑、泥浆环流压力稳定控制保障”的泥水盾构智能掘进控制关键技术体系，授权发明专利 30 件、实用新型 23 件、软著 6 项，制定标准 4 项，发表论文 18 篇。 中国机械工业联合会组织以王复明院士为主任的专家组，对该项目的鉴定意见为：“该项目技术难度大、创新性强，具有自主知识产权，整体技术达到国际先进水平，其中盾构机位姿安全闭环控制技术达到国际领先水平”。该项目成果应用于济南重工集团有限公司、中铁工程装备集团有限公司、中交天和机械设备制造有限公司研制的 29 台智能型泥水盾构机，实现了我国泥水盾构机从“依赖进口到自主可控”、从“自主可控到国际先进”的重大转变。近两年，该项目新增销售收入 26.89 亿元。									
主要知识产权和标准规范等目录									
序号	知识产权 (标准)类别	知识产权(标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权(标准 发布) 日期	证书编号 (标准批准发布部门)	权利人 (标准起草单位)	发明人 (标准起草人)	发明专利 (标准)有效状态
1	发明专利	大直径盾构机推进阻尼控制系统及方法	中国	ZL202411411584.1	2024.12.10	第 7592547 号	山东大学	杨旭;唐苑寿;于普涟;马思乐;傅道成;孙洋;张震	有效
2	发明专利	超大直径泥水平衡盾构机位姿低扰动控制方法及系统	中国	ZL202411455140.8	2024.12.20	第 7616244 号	山东大学	杨旭;傅道成;周小磊;韩伟锋;张亚坤;孙洋;张震	有效
3	发明专利	超大直径盾构机泥水仓内气液状态分布式控制系统及方法	中国	ZL202411404272.8	2024.12.31	第 7638239 号	山东大学	杨旭;傅道成;周小磊;韩伟锋;李沂滨;孙洋;张震	有效
4	发明专利	超大直径泥水平衡盾构用防滞渣破碎系统	中国	ZL202411400497.6	2025.10.17	第 8362085 号	山东大学	杨旭;傅道成;周小磊;张震;韩伟锋;李沂滨;孙洋	有效
5	发明专利	一种多泵组合液压源的性能多维感知系统	中国	ZL202210277444.4	2024.09.20	第 7392128 号	中铁工程装备集团有限公司;山东大学	杨旭;贾连辉;郑博;郑永光;蔡留金;马志勇;郭攀登;李孝谨	有效
6	发明专利	一种面向软弱地层的盾构掘进姿态辅助控制系统	中国	ZL202310239902.X	2025.07.04	第 8047827 号	盾构及掘进技术国家重点实验室;山东大学	曾垂刚;杨旭;郭璐;韩伟锋	有效
7	发明专利	基于深度强化学习的盾构最优自主掘进控制方法	中国	ZL202110748572.8	2023.05.02	第 5938560 号	中铁工程装备集团有限公司;浙江大学	贾连辉;龚国芳;张亚坤;郑康泰;王帅;周小磊;邹泉;詹晨菲;孙佳椿;郑永光;韩冬;陈玉羲;周星海;杨华勇	有效

8	发明专利	一种隧道掘进机刀盘组件的可视化监测方法及设备	中国	ZL202411367242.4	2024.11.26	第 7551131 号	济南重工集团有限公司	唐苑寿;刘广源;王红梅;朱洪涛;刘盾;张慧平;于春涛	有效
9	发明专利	一种盾构机主轴承工况载荷检测系统及方法	中国	ZL202210104457.1	2024.08.02	第 7254137 号	中交天和机械设备制造有限公司	张路赛;卞士元;王峰民;靳党鹏;肖军;姜鹏	有效
10	发明专利	一种开挖仓直排渣浆盾构机和开挖仓直排渣浆方法	中国	ZL202110159288.7	2022.11.29	第 5612800 号	中铁工程装备集团有限公司	王又增;叶蕾;周小磊;苏志学;徐金秋;钟宇;袁浩浩;詹晨菲;李江华;刘鑫鑫;丁梦俊;孟祥超	有效
主要完成人情况									
位次	姓名	工作单位	完成单位	对本项目贡献					
1	杨旭	山东大学	山东大学	作为项目负责人，制定了项目总体技术方案，对创新点[1-3]做出了贡献，开发了基于小波变换的载荷特征预处理技术，建立了载荷特征灰色预测模型，研发了以隧道轴线误差为反馈的泥水盾构推进机构位姿状态全闭环控制技术，发明了基于泥水仓压力直接反馈的气体卸荷控制技术。支撑材料：发明专利 9 件（附件 1-6、16）、软著 4 项（附件 18）、标准 2 项（附件 18）、论文 6 篇（附件 19）。					
2	韩冬	浙江大学	浙江大学	作为主要研究人员，对创新点[1-3]做出了贡献，发明了深度强化学习模型驱动的常压刀盘高效破岩控制方法，建立了以盾构单环轨迹为输入的推进液压缸位移轨迹规划模型，发明了基于掘进速度前馈的进浆流量控制方法以及面向泥浆液位控制的排浆流量调节技术。支撑材料：发明专利 3 件（附件 7、16）、论文 2 篇（附件 19）。					
3	唐苑寿	济南重工集团有限公司	济南重工集团有限公司	作为主要研究人员，对创新点[1-3]做出了贡献，提出了兼顾地层稳定性与渣土流动性的刀盘开口率设计方法，开发了兼顾界面应力稳定与轨迹精度的掘进轨迹控制程序，优化设计了刀盘面板与开口区域泥浆喷口位置与喷射方向。支撑材料：发明专利 3 件（附件 1、8、16）、实用新型 1 件（附件 17）、软著 1 项（附件 18）、标准 1 项（附件 18）、论文 1 篇（附件 19）。					
4	周小磊	中铁工程装备集团有限公司	中铁工程装备集团有限公司	作为主要研究人员，对创新点[1-3]做出了贡献，研制了泥水盾构智能高效破岩控制系统，发明了超高压大流量二通插装减压阀的阀芯动压支撑结构，发明了面向水下硬岩地层的泥浆环流出渣系统。支撑材料：发明专利 19 件（附件 2-4、7、10、16）、实用新型 13 件（附件 17）、软著 1 项（附件 18）、论文 4 篇（附件 19）。					
5	靳党鹏	中交天和机械设备制造有限公司	中交天和机械设备制造有限公司	作为主要研究人员，对创新点[1、3]做出了贡献，开发了泥水盾构辐条箱体式常压换刀刀盘结构，揭示了高水压地层载荷作用下刀盘结构应力与应变，设计了仓内颚式破碎与格栅筛选降低水下硬岩渣土引起的“堵仓”风险。支撑材料：发明专利 2 件（附件 9、16）、实用新型 4 件（附件 17）、标准 1 项（附件 18）。					
6	邱健	济南重工集团有限公司	济南重工集团有限公司	作为主要研究人员，对创新点[1、3]做出了贡献，提出了刀盘结构优化设计方法，分析了水下地层中刀盘载荷特征变化规律，开发了常压刀盘分布式泥浆冲刷系统成套方案。支撑材料：实用新型 5 件（附件 17）、标准 1 项（附件 18）。					

7	王林涛	大连理工大学	大连理工大学	作为主要研究人员，对创新点[2]做出了贡献，揭示了盾构机并联推进机构自由度，建立了多约束下盾构推进机构工作空间解析模型，提出了隧道轴线参数输入下推进液压缸位移解析方法。支撑材料：论文 4 篇（附件 19）。
8	霍军周	大连理工大学	大连理工大学	作为主要研究人员，对创新点[2、3]做出了贡献，分析了机构参数与隧道参数对推进机构可达空间及运动特性的影响机制，优化了环流管路参数与流速参数。支撑材料：标准 1 项（附件 18）、论文 1 篇（附件 19）。
9	韩伟锋	盾构及掘进技术国家重点实验室	盾构及掘进技术国家重点实验室	作为主要研究人员，对创新点[1、3]做出了贡献，探明了滚刀间距等对破岩性能的影响，优化了刀具布置，分析了常压刀盘岩机作用区域软粘渣土流动性特点。支撑材料：发明专利 4 件(附件 2、3、4、6)、论文 4 篇(附件 19)。
10	龚国芳	浙江大学	浙江大学	作为主要研究人员，对创新点[1、2]做出了贡献，建立了泥水盾构装备-水下地层交互特性的深度神经网络模型，提出了以刀盘面板-岩土间界面应力稳定保持为约束的盾构推进机构压力分区调控方法。支撑材料：发明专利 3 件（附件 7、16）、软著 3 项（附件 18）、论文 9 篇（附件 19）。
主要完成单位情况				
山东大学, 济南重工集团有限公司, 浙江大学, 中铁工程装备集团有限公司, 中交天和机械设备制造有限公司, 大连理工大学, 盾构及掘进技术国家重点实验室				