# 浙江省水利科技创新奖公示信息表

|  |  |
| --- | --- |
| 成果名称 | “穿山重剑”--极硬岩超400m陡倾角长斜井智能化施工技术 |
| 推荐书  相关内容 | 一、研究内容  长龙山抽水蓄能电站斜井长达430m，是国内已建成最长、世界排名第2长抽水蓄能电站斜井工程。工程区以凝灰岩为主，夹杂花岗岩，属硬及极硬岩层、磨粒性很强，地质条件复杂。电站引水斜井倾角大、距离长、高差大、偏斜率控制要求高，扩挖及衬砌作业环境差，存在严峻的技术挑战和施工安全风险。  主要研究内容：  本项目开展复杂坚硬岩层超长斜井(>400m)智能化施工关键技术与装备及装备开发研究，首先，提出了坚硬岩层长陡斜井随钻精细化探测反演方法，实现了先导孔围岩信息智能化感知，实时监控并优化钻机工作参数，实现高精度钻进；其次，阐明了硬岩陡倾角条件下反拉钻孔岩体破坏机制，然后，研发了适用于重载、高频运行工况下长陡斜井成套安全提升和运输装备，实现了硬岩陡倾角斜井高效钻进施工，显著提升了长陡斜井滑模施工工艺及超长斜井扩挖及衬砌安全施工技术；最后，研发了引进视频监控设备在陡倾角超400m级长斜井施工全过程监控监视，实现云上传、云存储和云警示，实现安全高效协同施工。综合上述研究成果，本项目建立了物联感知、数智分析及辅助决策的抽水蓄能电站斜井智能化施工架构，实现了先导孔、反导井和扩挖衬砌的全过程智能化施工，累计缩短工期40%以上，为类似工程施工提供重要技术参考，取得显著社会经济效益。  二、创新点  （1）阐明了不同钻具、围压下非均质坚硬岩体的非线性力学行为，明确了高应力非均质硬岩在不同钻具作用下的破裂机理，构建了高应力硬岩与钻具耦合力学模型，揭示了典型岩层条件下钻进速度、钻压等施工工艺对钻进偏斜率的影响；  （2）首次创建一套超长（≥400m）、陡倾角斜井导孔的高精度钻进技术，实现超长陡斜井钻进偏斜的全过程控制，超长斜井导孔偏斜率0.23‰，远小于设计指标的5‰，钻进过程全角变化率控制在4°/30m以内；首次研发了适用于强研磨性坚硬岩石的镶齿盘形滚刀，有效地提高了破岩效率，研制了反拉刀盘及滚刀姿态矫正装置，避免了钻具掉落、磕碰、卡钻等风险，提高了导井成井效率；  （3）首次在水电行业的陡倾角超400m级长斜井引进矿用绞车体系，引进视频监控设备在陡倾角超400m级长斜井施工全过程监控监视，实现云上传、云存储和云警示。研究形成了一套斜井提升系统的全套装备、装置和安全施工技术，最终实现3条引水斜井自扩挖至灌浆施工期“零安全事故”研发了独立附壁式测站装置，提出了新型斜井网状控制网测量技术，优化了观测和极限倾角平差方案，解决了受限空间内测站布置困难及观测人员干扰问题，提高了测量精度。；  （4）首次采用分段（块）装配式平面桁架钢结构的50t级滑模台车进行斜井混凝土衬砌，在滑模提升中使用100kN单筒慢速卷扬机顺利实现50t级重型滑模在斜井内安全就位。实现58°陡倾角、超400m级长斜井混凝土200m/月施工速度的行业创举。首次使用防“翻转”防“晃动”的稳定钢结构施工平台车进行陡倾角超400m级长斜井固结灌浆施工，实现斜井无轨载人运输小车近500次连续安全运行、无轨灌浆作业平台累计安全运行时间近200天。通过本课题研究形成了一套满足本工程斜井混凝土施工的滑模台车设计、就位及稳定运行的关键技术、斜井固结灌浆施工台车的防翻转、晃动设计技术，实现引水斜井混凝土安全高效施工。  （5）研制了超长陡斜井全断面扩挖、混凝土施工安全提升系统相关装备，构建了由物联感知、数智分析及辅助决策的抽水蓄能电站斜井施工总体架构，实现了先导孔、反导井和扩挖衬砌的全过程智能化协同施工。  三、推荐理由  本项目开展复杂坚硬岩层超长斜井(>400m)智能化施工关键技术与装备及装备开发研究，本项目建立了物联感知、数智分析及辅助决策的抽水蓄能电站斜井智能化施工架构，实现了先导孔、反导井和扩挖衬砌的全过程智能化施工，累计缩短工期40%以上，为类似工程施工提供重要技术参考，取得显著社会经济效益。  四、主要知识产权  1.专利(授权11项发明专利，7项实用新型。)  [1]姜国平，刘希元，姚忠，张曦彦等,斜井轨道安装的专用运输施工车和施工方法[P].中国：发明专利号ZL 2020 1 0706477.7，授权公告日2021年12月7日  [2]茅健生，李忠，刘文星，周洋，胡海峰，汤辉，一种大倾角长斜井控制测量方法，中国：专利号 ZL2020 1 0662135.X，授权公告日2023年3月14日  [3]王振宇；崔晓铁；蒋建群，一种带检测管的灌浆套筒及其灌浆饱满度检测与补浆方法. 中国：发明专利号ZL 201910108291.9，授权公告日2024年02月04日  [4]邱冰静; 凌道盛; 汪玉冰; 赵宇; 郑建靖 ; 一种多级磁流体密封装置, 2020-11-20, 中国, ZL 20110987890.2  [5]郑克洪，邱冰静，王振宇等，一种径向柱塞泵/马达及其配流结构[P].中国：发明专利号ZL 2019 1 0782964.9，授权公告日2020年7月24日；  [6]郑克洪，王振宇，邱冰静等，一种静压支承泄漏测试实验台[P].中国：发明专利号ZL 2019 1 0796813.9，授权公告日2021年3月23日；  [7]邱冰静; 凌道盛; 郑建靖; 赵宇; 汪玉冰; 闫子壮; 王剑; 郑克洪 ; 一种两级磁流体密封装置，2022-05-31, 中国, CN202010967361.9  [8]郑克洪，沈益源，张曦彦等，一种适用于抽水蓄能电站斜井施工的自行走轨道爬行装置[P].中国：CN202111452571.5，授权公告日2023年3月24日  [9]王振宇；陈皓，一种隧道表面特征检测装置及方法，中国：专利号ZL 2020 1 0996039.9,授权公告日2022年4月19日  [10]邱冰静; 雷勇; 刘代峰; 凌道盛; 王剑; 闫子壮; 赵宇; 汪玉冰; 陈云敏; 一种主轴真空防油雾动密封装置, 2023-07-25, 中国, CN202210291810.1  [11]姜国平，沈益源等，斜井运输车抱轨自紧装置.中国：专利号ZL 2019 1 0657026.6，授权公告日2024年7月02日  [12]姜国平，沈益源等，一种安装在斜井运输车上的刹车锁紧机构.中国：专利号ZL 2019 2 1141876.2，授权公告日2020年6月16日  [13]米刚利等，一种服务于地下工程施工的测量控制点装置.中国：专利号ZL 2020 2 2976731.3，授权公告日2021年7月13日  [14]郑克洪，朱鹏，陈浩等，一种适用于处理坡度隧道爆破残留物的扒渣装置[P].中国：ZL 2022 2 1810723.4，授权公告日2023年04月14日  [15]郑克洪等，一种适用于大坡度隧道轨道的安全运输系统装置 [P].中国：ZL 2022 2 1810703.7，授权公布日2023年04月14日  [16]邱冰静，张曦彦，沈仲涛等，一种隧道钻头姿态矫正装置[P].中国：CN202211210137.0，公开公告日2022年12月30日  [17]姜国平，刘杰等，一种斜井施工伸缩式扒渣装置.中国：专利号ZL 2021 2 0743023.7，授权公告日2021年11月19日  [18] 姜国平，刘希元，姚忠，张曦彦等，一种用于斜井轨道安装的专用运输施工车.中国：专利号ZL 2020 2 1444133.5，授权公告日2021年4月13日  2.学术论文(15篇，其中SCI 4篇，中文期刊11篇。)  [1] Chen H, Cao X, Zhang X, et al. Automatic segmentation framework of X-Ray tomography data for multi-phase rock using Swin Transformer approach[J]. Scientific Data, 2023, 10(1): 812.  [2] Zhang, X. , Zhou, H. , Wang, Z. , Liu, G. , Shen, Z. , & Gao, Y. . (2023). A comprehensive study on the effect of reinforcing methods on the flexural behaviour of concrete-uhtcc composite beams. Engineering structures(Oct.1), 292.  [3] Zheng, K., Chen, H., Wu, C., Zhang, X., Ying, Z., Wang, Z., Wu, Z., Pan, Z., & Qiu, B.J. (2023). An improved dataset augmentation approach for deep learning-based XCT images segmentation in layered composite fabric. Composite Structures.  [4] Zheng, K., Wu, C., Chen, H., Zhang, X., Wang, Z., Pan, Z., Qiu, B., & Wu, Z. (2023). Improved 3D image segmentation for X-ray tomographic data of biaxial warp-knitted composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites.  [5]张曦彦, 赵仲舒. 长斜井先导孔开孔遇大偏转角处理方法[J]. 水利水电施工, 2021,001: 70-73.  [6]张曦彦，赵仲舒. 长龙山电站引水上斜井导井施工技术研究[J]. 华东科技（水利科技）, 2020,007: 327.  [7]张曦彦，欧应国. 长龙山电站引水上斜井扩挖施工技术总结[J]. 华东科技（水利科技）, 2020,011: 320,323.  [8]欧应国，余海斌，张曦彦. 长龙山电站引水上斜井滑模混凝土施工技术总结[J]. 华东科技（水利科技）, 2020,012: 352,361.  [9]孙广亮，张曦彦. 浅谈长斜井滑模施工安全保障技术措施[J]. 水利水电施工, 2022,005: 1-1.  [10]茅健生.大倾角长斜井贯通测量技术研究[J].工程技术, 2019,012:231,232.  [11]张曦彦.重型滑模斜井内转向牵引系统设计与实施[J].水利水电施工.2022,(6):1-5.  [12]张曦彦.引水斜井全断面扩挖提升系统设计与实施[J].水利水电施工.2023,(1):12-15.  [13]张曦彦,孙广亮.长龙山电站上斜井固结灌浆施工技术[J].水利水电施工.2022,(5):88-90.  [14]凡刚,徐宏昌.长龙山电站引水上斜井滑模混凝土施工[J].水利水电施工.2022,(5):49-51.  [15]王蕾蕾,徐宏昌,赵仲舒.长龙山抽水蓄能电站上平洞及上弯段混凝土衬砌施工技术[J].水利水电施工.2022,(5):42-45.  3.工法5项  [1]400m级高倾角节理坚硬岩长斜井导井施工工法：ZGSD12GF007-2021;  [2]400m级高倾角节理坚硬岩长斜井导井施工工法（新）：ZGDJGF088-2023;  [3]超长斜井导井定向孔施工工法：ZGSD12GF001-2020;  [4]大倾角长斜井贯通控制测量技术研究施工工法：ZGSD12GF028-2022；  [5]长斜井狭窄空间整装重型滑模转向牵引就位施工工法：ZGSD12GF007-2022；  4.软件著作权14项  [1]斜井收敛变形智能监测系统:2023R11L0153852；  [2]长陡斜井台车工作状态监测预警系统:2023SR0466612；  [3]隧洞智能喷浆监控系统：2023R11L0185200；  [4]长距离隧洞高效出渣管理系统：2023R11L0179504；  [5]超长斜井钻机工作状态监测预警系统：2023SR0466610；  [6]大坝高韧性混凝土面板运行状态监测软件：2023SR0466608;  [7]数智建造综合管理小程序：2022SR0530230;  [8]数智建造劳务实名制系统: 2022SR0555412;  [9]数智建造运营管理后台系统: 2022SR0531395;  [10]数建大脑项目综合管理平台: 2022SR0877856;  [11]洞室监管系统: 2023SR0433445;  [12]全要素智慧工地管理平台: 2023SR0433308;  [13]远程运维指挥中心系统: 2023SR0432076;  [14]长斜井安全数字化管理平台: 2024SR0692453;  5.获得科学技术进步奖5项  [1]大倾角长斜井贯通控制测量技术研究：获得中国电力建设企业协会科学技术进步三等奖；  [2]大倾角长斜井贯通控制测量技术研究：获得中国水利水电第十二工程局有限公司科学技术进步奖特等奖；  [3]长龙山抽水蓄能电站斜井控制测量与放样：获得浙江省优秀测绘与地理信息工程奖金奖；  [4]400m级超长斜井衬砌及灌浆施工关键技术研究：获得中国水利水电第十二工程局有限公司科学技术进步奖特等奖；  [5]数字洞室安全监管系统研究：获得中国水利水电第十二工程局有限公司科学技术进步奖特等奖； |
| 主要完成人 | 张曦彦，排名1，高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  沈仲涛，排名2，正高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  欧应国，排名3，高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  郑克洪，排名4，副教授，浙江理工大学；  郜永勤，排名5，正高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  任王贵，排名6，正高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  王振宇，排名7，正教授，浙江大学；  胡良洪，排名8，高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  凡刚，排名9，工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  张建超，排名10，正高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  赵仲舒，排名11，高级工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  魏相卿，排名12，助理工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司；  杨川，排名13，工程师，中国水利水电第十二工程局有限公司； |
| 主要完成单位 | 1. 单位名称：中国水利水电第十二工程局有限公司 2. 单位名称：浙江大学 3. 单位名称：浙江理工大学 |
| 提名单位 | 中国水利水电第十二工程局有限公司 |
| 推荐意见 | 同意推荐 |