《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》

1. 项目名称：

多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用

1. 提名者及提名意见

提名单位：陕西省水利厅

提名意见：我省陕北和渭北广大地区地处黄土高原腹地,是典型的生态环境脆弱地带,黄河、渭河、无定河等北方多泥沙河流,以及水库、灌区、泵站、闸坝泥沙淤积严重。在每年汛期,因泥沙淤积导致的洪水出路阻塞、水库库容降低、灌区取水不畅、泵站引水脱流、闸阀启闭不灵等造成各种险情,损失严重。为确保防汛安全、减轻水利工程清淤过程中的人员伤亡、降低人力物力投入,基于多泥沙环境下研究的应急排险清淤机器人应运而生。省水旱灾害防御中心结合近年来的防汛抢险和水利工程清淤实际,联合巴洛仕集团有限公司、省水土保持监测中心、西安市水文水资源勘测中心研制的多泥沙环境下应急排险清淤机器人为我省水库、河道、泵站、灌区等水利工程防汛应急排险清淤工作中提供了全新理念和方法,且在近年来的实际应用中发挥了重要作用。

成果获得实用新型专利授权8项，出版论文21篇，是防汛应急排险和库、坝、涵、闸等水利工程清淤作业方式的全新应用，是典型“应急不着急排险不涉险”的良好示范，具有创新性和重要推广应用价值。

拟提名该项目为陕西省科学技术进步三等奖。

1. 项目简介：

1.主要技术内容

我省陕北、渭北广大地区位于黄土高原腹地,属典型的生态脆弱区,黄河、渭河、无定河等北方多泥沙河流,以及关中、陕北地区的水库、灌区、泵站、闸坝等水利工程,普遍存在泥沙淤积严重的问题。每年汛期,大量泥沙沉积导致行洪通道受阻、水库库容锐减、灌区取水受限、泵站引水中断、闸阀启闭不畅等险情频发,严重影响防洪安全与工程运行效益,造成重大经济损失与人员风险。

为切实提升防汛应急能力,减少清淤作业过程中人员涉险作业和人力物力投入，提高抢险处置效率与安全性,本项目针对黄土高原典型多泥沙环境,研发了应急排险清淤机器人系统,实现了多功能、高效能、远程化、全液压驱动的水下清淤与险情处置新模式。项目由省水旱灾害防御中心牵头,联合巴洛仕集团有限公司、省水土保持监测中心、西安市水文水资源勘测中心共同实施,研发成果已在全省多处水库、河道、泵站、灌区的防汛应急与清淤中投入应用,取得显著的社会、经济与生态效益。项目完成了以下 4 项主要研究内容

(1)高效全液压驱动水下应急清淤作业系统。针对多泥沙河流、水库、灌区、泵站、闸坝等水利工程泥沙淤积和险情处置难题,研制了搭载高压力、大流量液压渣浆泵的水下应急清淤机器人。设备可快速部署至险情点,直接对堵塞位置实施水下作业,并适应闸室、流道、涵洞等狭窄或高风险作业空间。通过集成耙、绞、割、抽等多功能作业模块,可应对水草、漂浮物及泥沙耦合堆积等复杂环境,有效解决管道阻塞、闸门卡滞等关键技术瓶颈。

(2)全液压驱动与安全作业技术突破。经过五年以上的工程化试验,驱动系统从初期的全电机驱动、电液混合驱动,最终演进为全液压驱动架构。该技术显著提高了动力输出的稳定性和可靠性,完全避免了高压电气入水所带来的触电风险及电机、电路故障引发的水下安全事故,突破了传统电驱水下清淤设备在安全性上的瓶颈。

(3)多模式远程操控与应急处置能力。系统采用无线遥控、现场触控、上位机集中控制等多种操控模式,结合紧凑化布局与模块化设计,实现了机动灵活、响应迅速的应急处置能力。该设计最大限度减少了人员下水操作的需求,降低了次生灾害与人身伤害的风险,适应复杂险情下的全天候作业。

(4)高适应性与工程化推广应用价值。设备具备高防护密封性能,能够适应高浑浊度、强泥沙冲刷及狭小空间的工作环境;运输、部署及维护便捷,具备批量化推广应用条件。该成果在防汛应急排险和水利工程运维中开辟了全新的技术路径与作业模式，对提升流域水利工程韧性、防洪调度灵活性以及生态环境改善具有重大意义。

2.项目获得知识产权

1)授权的实用新型专利 8 项,外观设计专利 1 项,计算机软件著作 15 项。

2)获《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》成果登记 1 项。

3)发表录用论文 21 篇,其中 SCI 论文 2 篇,核心期刊 6 篇。

4)出版学术著作 2 部,制订标准 3 项。

3.技术经济指标

1)技术指标

本项目研发的多泥沙环境应急排险清淤机器人,经过工程化验证与优化,其主要技术性能与经济优势如下:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **指标类别** | **关键参数** | **性能/优势说明** |
| 重量与机动性 | 单台总重约 1 吨 | 结构紧凑、机动灵活,运输与布设便捷,可快速投放至险情点位 |
| 作业空间适应性 | 最小作业空间:直径 500mm 管道及等效水下狭窄区域 | 可进入传统人工与设备均无法作业的超限狭小空间 |
| 作业能力 | 高风险或人工无法作业环境中可完成≥80%作业量 | 显著提升险情处置效率及安全性 |
| 动力系统 | 抽排总功率300kW | 液压驱动高效稳定,适应高浓度泥沙环境 |
| 能耗优势 | 相比传统柴油机驱动节能约 50%;相比常规电机组节能约 30% | 运行能耗大幅下降，经济效益显著 |
| 运行成本 | 较人工及其他机械方式降低约70% | 减少人力投入与设备维护费用 |
| 适应环境 | 高浑浊度、多杂质、多泥沙水域 | 保证长期稳定作业，满足防汛抢险应用需求 |

2)经济指标

每台应急抢险清淤机器人单价在 70 万元以内,每次作业运行仅需 8 人配合操作,该设备可适用于以往人类无法解决或需要涉险处理环境作业量 80%以上,相对人工和其他机械清淤节省成本 70%左右,同时可确保作业人员人身安全。近年来,水利行业采用该设备进行应急抢险和清淤等作业产生直接经济效益约 370 万元。

3)社会效益

该项目的研发和推广为防汛抢险和水下清淤增添了新生力量,并为保护作业人员人身安全提供了新保障。该设备应用可减少因灾害造成的损失,提高应急处置效率,为后续创新研发开启新思路,新设备的诞生开辟了新市场,社会经济价值远超项目本身。

4)生态效益

该应急排险清淤机器人设备的动力系统可直接附近动力电源,减少了环境污染,机器工作时噪音小,不会造成噪音污染,清理出的淤积物可用车辆及时清运并堆放填埋,平整复垦后还可增加种植或者绿化面积。

4.应用推广及效益情况

在广西广投北海发电有限公司循环水泵房甬道淤泥清理项目中用BLSQY100A1和 BLSQY80B1 顺利按期完成了四条甬道共 2100m3清淤任务;在西安鄠邑区中节能(西安)环保能源有限公司渗滤液系统厌氧罐主体清垢及各池体清淤服务中用 LSQY80B2清淤机器人清淤 7300m3。在我省渭北和关中部分水利工程管理单位中用于防汛应急抢险三次,水库、泵站前池等清淤约 3000m3,技术和经济效益明显。

1. 客观评价：

科技成果评价意见：陕西省水利学会依据科技部《科学技术评价办法》有关规定，按照科技成果评价的标准及程序，本着独立、客观、公正的原则，邀请胡彦华和省内外专家组成评审委员会，对项目组完成的“多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用”项目进行了成果评价，项目组成果通过了以张解生等5位专家组成的专家委员会的评价，评议结果认为本项目总体达到国内水利行业领先水平。

科技查新报告结论：经国家一级科技查新咨询单位科学技术部西南信息中心查新中心查新，成果提出的技术创新点“在所查的国内外文献范围内，除本项目组成员发表专利文献涉及查新内容外，未见其它相同或类似报道，本项目具有新颖性”。

1. 应用情况：

该设备在广西广投北海发电有限公司循环水泵房甬道，淤泥清理项目中用BLSQY100A1和BLSQY80B1顺利按期完成了四条甬道共2100m³的清淤任务；在西安鄠邑区中节能（西安）环保能源有限公司渗滤液系统厌氧罐，主体清垢及各池体清淤服务中用LSQY80B2清淤机器人清淤7300m³。在我省渭北和关中部分水利工程管理单位中用于防汛应急抢险三次，水库、泵站前池等清淤约3000m³，技术和经济效益明显。

1. 主要知识产权和标准规范等目录：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **知识产权类别** | **知识产权****具体名称** | **国家****（地区）** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** |
| 1 | 论文 | 防汛应急清淤机器人排险新技术研究应用探析 | 中国 | 10.19807/j.cnki.DXS.2024-04-095 | 2024年07月25日 | 地下水 | 陕西省水旱灾害防御中心;巴洛仕集团有限公司 | 黄喜峰;李勇民;赵宇博;李新玉;康东平 |
| 2 | 实用新型专利 | 清淤机器人 | 中国 | ZL202430524335.8 | 2024年08月19日 | 证书号第9232983号(国家知识产权局) | 巴洛仕集团有限公司 | 李新玉;康东平;黄喜峰;李勇民赵宇博 |
| 3 | 计算机软件著作权 | 水下智能清淤机器人控制软件系统V1.0 | 中国 | 2024SR0673487 | 2024年05月17日 | 软著登字第13077360号(中华人民共和国国家版权局) | 巴洛仕集团有限公司 | 巴洛仕集团有限公司 |
| 4 | 计算机软件著作权 | 水下清淤作业控制系统V1.0 | 中国 | 2024SR0673511 | 2024年05月17日 | 软著登字第13077384号(中华人民共和国国家版权局 | 巴洛仕集团有限公司 | 巴洛仕集团有限公司 |
| 5 | 计算机软件著作权 | 行走式清淤机器人智能控制软件V1.0 | 中国 | 2024SR0673495 | 2024年05月17日 | 软著登字第13077368号(中华人民共和国国家版权局) | 巴洛仕集团有限公司 | 巴洛仕集团有限公司 |
| 6 | 计算机软件著作权 | 水下污泥声呐探测管理系统V1.0 | 中国 | 2024SR0673497 | 2024年05月17日 | 软著登字第13077370号(中华人民共和国国家版权局) | 巴洛仕集团有限公司 | 巴洛仕集团有限公司 |
| 7 | 计算机软件著作权 | 污泥资源化处理系统管理软件V1.0 | 中国 | 2024SR0673489 | 2024年05月17日 | 软著登字第13077362号(中华人民共和国国家版权局) | 巴洛仕集团有限公司 | 巴洛仕集团有限公司 |
| 8 | 论文 | 延河流域土壤水分变化及影响因素分析 | 中国 | 2024-46(s1) | 2024年06月28日 | 人民黄河 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 黄喜峰 |
| 9 | 论文 | 北洛河状头(四)站悬移质输沙率间测分析 | 中国 | 10.16747/j.cnki.cn61-1109/tv.2024.12.031 | 2024年12月19日 | 陕西水利 | 西安水文水资源勘测中心 | 屈阿莉 |
| 10 | 论文 | 主要DEM数据在陕西省水土流失动态监测中的适宜性分析 | 中国 | 10.16843/j.sswc.2022.04.008 | 2022年08月15日 | 中国水土保持科学(中英文) | 陕西省水土保持勘测规划研究所(陕西省水土保持生态环境监测中心); | 张发民 |

1. 主要完成人情况：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **排名** | **姓名** | **技术职称** | **行政职务** | **工作 单位** | **完成 单位** | **对本项目的贡献** |
| 1 | 黄喜峰 | 正高级工程师 | 总工程师 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》的第一完成人。 |
| 2 | 李勇民 | 高级工程师 | 科长 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》的第二完成人。 |
| 3 | 赵宇博 | 助理工程师 | 无 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》的第三完成人。 |
| 4 | 康东平 | 无 | 无 | 巴洛仕集团有限公司 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《应急排险清淤机器人研究》《应急排险清淤机器人应用推广》的第四完成人。 |
| 5 | 李新玉 | 工程师 | 执行总裁 | 巴洛仕集团有限公司 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》的第五完成人。 |
| 6 | 屈阿莉 | 工程师 | 无 | 西安水文水资源勘测中心 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》的第六完成人。 |
| 7 | 张发民 | 正高级工程师 | 无 | 陕西省水土保持勘测规划研究所(陕西省水土保持生态环境监测中心) | 陕西省水旱灾害防御中心 | 是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》的第七完成人。 |

1. 主要完成单位及创新推广贡献：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **排****名** | **完成单位** | **创新推广贡献** |
| 1 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 该单位技术工作人员共同参与了“多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用”科研项目中有关设备的文档、参数及技术支持等工作。本单位为项目的实施提供了人力、物力和财力的支持和资助,在全省有关市县进行推广,上报水利部“水利先进实用技术重点推广指导目录”等;通过本项目的研究保障了作业人员的人身安全,每年汛期除汛情带来的直接损失和伤害以外,防汛抢险过程中造成的二次伤害也是无法预估的,而应急排险清淤机器人具备快速启动和应对的能力,可以随时响应突发水患事件,相比传统的人工作业,机器人可以迅速进入水下环境进行排险和清淤工作,缩短响应时间,保证及时处置抢险任务,减少人员伤亡风险,提高作业安全性。 |
| 2 | 巴洛仕集团有限公司 | 该单位科研人员共同参与了“多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用”科研项目中有关设备的文档、参数及技术支持等工作。本单位为项目的实施提供了厂房、场地、设备、设施、人力、物力和财力的支持和资助。通过本项目的研究创造了一种满足应急排险实际应用的特种机器人设备,提升了应急响应效率,改善了排险作业方案。减少降低了因救援抢险产生的次生灾害和伤害。通过本项目的大力全面推进,为提升改进应急排险能力发挥了超前的科技水平,为保障安全救援和人民生命财产安全做出突出贡献。 |
| 3 | 西安水文水资源勘测中心 | 该单位科研人员共同参与了“应急排险清淤机器人研究”科研项目中有关设备的文档、参数及技术支持等工作。本单位为项目的实施提供了人力和技术的支持。通过本项目的研究保障了作业人员的人身安全,每年汛期除汛情带来的直接损失和伤害以外,防汛抢险过程中造成的二次伤害也是无法预估的,而应急排险清淤机器人具备快速启动和应对的能力,可以随时响应突发水患事件,相比传统的人工作业,机器人可以迅速进入水下环境进行排险和清淤工作,缩短响应时间,保证及时处置抢险任务,减少人员伤亡风险,提高作业安全性。 |
| 4 | 陕西省水土保持勘测规划研究所(陕西省水土保持生态环境监测中心) | 该单位科研人员共同参与了“多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用”科研项目中有关技术支撑等工作。本单位为项目实施提供了区域多泥沙形成机理、标准制定、研发前期调研等人力和技术的支持,分析多泥沙环境下应急处置排险的技术保障因素。 |

1. 完成人合作关系说明：

项目完成人黄喜峰、李勇民、赵宇博为陕西省水旱灾害防御中心成员,康东平、李新玉为巴洛仕集团有限公司员工,,屈阿莉为西安水文水资源勘测中心成员,张发民为陕西省水土保持生态环境监测中心成员。

黄喜峰,项目负责人,正高级工程师,总工,本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第一完成人。长期负责防汛抗旱技术管理工作,2011 年被国务院表彰为全国粮食生产先进工作者(享受国家级劳模待遇)。参加的《全国抗旱规划》编审,在 2013 年获得了全国优秀水利水电工程勘测设计金奖。2021 年以来,先后被聘为省级水利、气象、应急等部门专家,2023 年汛期,第一时间冒着生命危险参加西安市长安区“8.11”突发山洪泥石流现场救援专家指导,带领省级山洪灾害技术团队,攻克技术难题,连续两年开展了陕西省山洪灾害预警平台、测雨雷达设施建设,是西北地区首个构建“天、空、地”山区小流域风险预警的省份,具有典型的示范意义。近年来共发表专业论文 20 多篇,在 SCI 核心期刊发表论文 5 篇、著作 2 部、实用专利 2 项。

李勇民,项目技术骨干,高级工程师,是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第二完成人。完成了 2020、2021、2022 年度大型灌区续建配套与现代化改造项目初步设计报告、大型灌区重要工程安全鉴定报告、大中型泵站更新改造项目现状调查报告、安全复核报告、安全鉴定报告等的编制报批工作;在中国水利、陕西水利、中文信息(国家级期刊)等刊物上发表自著理论探索文章数十篇次,如《防汛应急清淤机器人排险新技术研究应用探析》《大型灌区渠道砼衬砌工程施工方法》《水工混凝土裂缝的危害与防治》《干旱趋势条件下大型灌区高效用水探索》《陕西东部大型电力提水灌区引水口脱流问题探析》等。

赵宇博,项目技术骨干,是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第三完成人。参与《陕西省水利行业抗旱预案》、《陕西省抗旱应急水量调度方案》编写工作;在防汛抗旱、陕西水利、地下水等刊物上发表论文5篇,如《防汛应急清淤机器人排险新技术研究应用探析》、《陕西东部大型电力提水灌区引水口脱流问题探析》、《2024年陕西夏旱特点分析和思考》等。授权发明、实用新型、计算机软著等专利共5项。

康东平,项目技术骨干,本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第四完成人。巴洛仕集团有限公司总经理,多年来负责巴洛仕机器人研发工作。获得”清淤机器人“等多项发明专利和实用新型专利。陕西省科学技术奖励工作办公室参与应急排险机器人的行走和执行部分研发工作。并且带头开发了清淤工程 AI大模型,赋能排险清淤机器人的作业和安全风险分析。并获得“行走式清淤机器人智能控制软件”和”水下污泥声呐探测管理系统“软件著作权。

李新玉,项目技术骨干,本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第五完成人。巴洛仕集团有限公司技术负责人,多年来负责巴洛仕机器人高压力、大流量的排泥排水液压渣浆泵、全液压驱动控制技术应用研究。获得”清淤机器人“等多项发明专利和实用新型专利。

屈阿莉,项目技术骨干,是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第六完成人。长期从事水文勘测,墒情、水流沙、降蒸、泥颗分析,以及资料整编等工作。近年来共发表专业论文5篇,实用专利2项。

张发民,项目技术骨干,正高级工程师,本科,长期负责水利工程建设管理、水土流失动态监测工作,是本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第七完成人。2007 年,参与完成的陕西省关中灌区改造工程世行贷款项目被世界银行评为“非常满意”项目,并受到陕西省人民政府嘉奖;2022 年 4 月,作为第一人起草人参编的《水土保持术语》《风沙区水土流失综合治理技术规程》《生态清洁小流域建设技术规范》等 3 个地方标准颁布实施;2021 年以来,带领省水土保持监测团队勇于创新、大胆实践,取得“全国唯一一个自主研发水土流失动态监测程序的水土保持监测单位”、“全国唯一一个独立自主开展水土流失动态监测的省级水土保持监测单位”,连续两年受到水利部监测中心书面表扬;2023 年主持完成陕西省小流域划分工作。曾被聘为陕西省水利防汛抢险专家。近年来共发表专业论文 10 多篇。

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **合作方式** | **合作者/项目排名** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** | **证明材料** |
| 1 | 项目负责人 | 黄喜峰/1 | 2020年3月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第一完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |
| 2 | 技术骨干 | 李勇民/2 | 2020年3月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第二完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |
| 3 | 技术骨干 | 赵宇博/3 | 2023年12月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第三完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |
| 4 | 技术骨干 | 康东平/4 | 2020年3月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第四完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |
| 5 | 技术骨干 | 李新玉/5 | 2020年3月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第五完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |
| 6 | 技术骨干 | 屈阿莉/6 | 2020年3月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第六完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |
| 7 | 技术骨干 | 张发民/7 | 2020年3月 | 2025年6月 | 本项目《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科技报告的第七完成人。 | 《多泥沙环境下应急排险清淤机器人关键技术研发及应用》科研成果申报书。 |