

科技创新

智造“换刀手”——闯关“无人区”

——我国首台重载智能盾构换刀机器人研发攻坚纪实

通讯员 李桂香 李聪馨

6月25日,鹭岛滨海,疏雨淅沥。中铁十四局厦金大桥(厦门段)环岛路隧道“厦金号”盾构机上,一幅颇具科幻感的画面正在上演——泥水舱内空无一人,智能机器人稳稳伸出机械臂,取旧刀、换新刀,一气呵成。

监控中心内,中国工程院院士钱七虎、梁文瀛、肖明清共同见证了这一时刻。这是我国盾构施工首次由机器人独立完成换刀作业,从此,大盾构带压换刀迈入无人化新阶段。

这台拥有完全自主知识产权的智能换刀机器人,拥有11个自由度、500公斤负载能力,可覆盖10米至18米级超大直径盾构机全刀盘,软硬件实现100%国产化。亮眼数据的背后,是科研团队六年时间在“无人区”闯出的一条自主创新之路。

从零起步找方向

时间回到2021年初,关于“换刀机器人”的第一次正式讨论,气氛有些悲壮。中铁十四局大盾构研究院院长王华伟回忆,“国内外没有成熟产品可以参考,大家想摸着石头过河,但石头在谁都不知道。”

长期以来,盾构换刀依赖人工带压进舱。传统方式需3名作业人员耗时4小时以上,单次费用数万元,往往需反复加压减压、多次进舱,作业人员还时刻面临掌子面失稳、涌水涌砂、有害气体及减压病等风险。随着隧道向更深地层、更长距离延伸,人工换刀的风险和成本被成倍放大,研发智能换刀机器人,成为必答题。

但机器人长什么样、走哪条技术路,没人说得清。团队先后奔赴中国科学院、清华大学、大连理工大学等高校研讨,最终两条技术路线浮出水面:重载机器人带压换刀、

攻关难过关关过

方向定了,真正的攻坚战才刚刚开始。多级伸缩臂是机器人的“手臂”,末端额定负载500公斤,臂体加工精度近乎苛刻,任何微米级的偏差都会在末端放大为厘米级的定位误差。

科研骨干直接住进设备厂家,白天守机床,晚上推敲方案。中铁十四局大盾构研究院盾构机械所副所长魏英杰回忆说,“工人师傅说差一丁点儿根本看不出来。但到了现场肯定就是大问题。”最终,伸缩臂配合间隙被锁定在0.05毫米,运行平顺无卡滞,结构刚度满足重载要求。

伸缩臂刚拿下,刀座又泼了冷水。初代产品采用加长模块结构,试验中螺杆臂受弯易疲劳断裂。团队连夜分析力学机理,增设斜面抵消附加弯矩,一周内有限元仿真跑了几十组角度,敲定了最优构型。改良后的一

成渝中线智能工装“组团上新”

本报安岳8月20日讯(通讯员汪小博 徐 强)7月28日,在成渝中线高铁四川段施工现场,由中国铁建电气化局研发的通信信号智能工装亮相投用,为这条智能高铁的工程建设按下“加速键”。

当前,该公司正在进行成渝中线高铁安岳至大足区间的信号专业施工。为确保这条高铁具有更高的预留时速运行条件,项目团队对通信、信号系统施工制定出更严苛的要求。在放缆过程中,投用的新能源全自动智能放线车搭载北斗定位与多融合感知系统,具备自动避障、智能放缆、数据实时回传功能,让三至五名作业人员即可完成以往十余人的数缆任务,在确保绿色、高效、低噪音的同时,有效降低缆体作业中的安全风险。

同时,在线路上正式亮相的还有模块化智能钻孔装备。该智能工装适配轨道板、钢轨、防撞墙等多种作业场景,能自动定位钻孔,自身的轻量化模块便于快速拆装,施工精度及效率显著优于人工操作。

本批研发完成的智能工装涵盖放缆、钻孔、定测、隧道安装等弱电专业施工需要,后续该公司将继续搭建包括弱电施工、检测、调试在内的全链条数字化管控体系,用“数据施工”为打造这条成渝地区双城经济圈互联互通的交通动脉积累可复制的智能建造经验,为国家重大铁路工程贡献“铁建四电”技术力量。

成渝中线高铁是国家“八纵八横”高铁网沿江通道的重要组成部分,正线全长292公里,建成后可实现重庆、成都50分钟通达。

鱼宜高速双幅同向转体桥成功转体

本报柳州8月20日讯(通讯员彭春辉 屈 超)8月18日凌晨,随着最后一道指令的下达,由中国铁建投资集团投资、中铁十九局承建的广西鱼宜高速公路上跨柳南客运专线转体桥成功完成转体,万吨“钢铁巨臂”在空中上演了一场精彩的“空中芭蕾”,标志着该标段关键控制性工程取得重大突破,为项目如期通车奠定了坚实基础。

鱼宜高速公路全长约115公里,采用双向四车道标准,设计时速100公里,穿越复杂的喀斯特地貌,建设难度极大。其中,上跨柳南客运专线转体桥是全线重难点控制性工程,桥体全长607米,主墩转体部分采用转体T构设计,双幅整体转体施工,转体重量达2.6万吨,是全线唯一一座转体桥。

柳南客专是广西最繁忙的运输主干线之一,列车通行密集,日均列车通行量约190列,安全压力巨大。桥墩承台基坑边缘距柳南客专铁路轨道最小距离为14.72米,梁底距铁路轨面的最小距离为8.4米,且面临梁体重、曲线控制难、“天窗”时间短、安全防护高等严峻挑战。

为确保此次桥梁转体施工顺利完成,项目建设团队联合专业机构对转体桥抗风稳定性及转体系统关键构造开展专项分析与稳定性验算,并提前进行了试转体,通过一体化称重设备精准配重,确保转体平衡。转体过程中,通过布设多个传感器,对桥梁姿态、应力、转速等关键参数进行实时监控,数据同步传输至指挥中心,实现转体全过程的“可视化”与“智能化”管控。同时,他们采用国际领先的“平衡重转体施工”技术,在桥墩底部安装巨型“转动球铀”作为桥梁旋转的“轴心”,通过电脑控制连续牵引系统,多台液压千斤顶同步牵引,驱动桥体以每分钟1.15度左右的匀速平稳转动,最终实现“毫米级”精准对接。

鱼宜高速作为柳州与河池的第二条高速通道,建成通车后将大幅压缩两地通行时间,缓解汕昆高速宜柳段交通压力,强化桂中城市群协同联动。同时,该高速串联多个广西骨干路网,打通桂中地区西进贵州的省际通道,将极大改善沿线山区群众出行条件,促进沿线产业转移与资源流转,助力广西融入粤港澳大湾区,带动沿线乡村振兴与区域高质量发展。

安全人工地 关怀进班组



安全全天候

本报漳州8月20日讯(通讯员冯仕杰 刘 升)傍晚收工,中铁十一局一公司漳州高铁门口山隧道出口的开挖工陈泽贵没急着回宿舍,而是走进工地旁那间十几平方米的小超市。货架上,洗衣液、毛巾等各类商品整齐码放。他掏出一张IC卡,在POS机似的设备上轻轻一贴——“嘀”的一声,卡内余额从390变为375。一瓶洗发水到手,没花一分现金,用的是他这周规范作业、配合安全检查攒下的“安全积分”。

这张小卡片,是该项目班组标准化建设的缩影。过去,一线工人安全奖励要走借款、审批、报销的长链条,常常“奖励还没到,热情早凉了”。项目团队在门口山隧道班组试点,自建“安全积分超市”,从劳务合同中硬性提取1%作为激励约束基金,专款专用。每名工人实名配发IC卡,集成身份识别、积分存储、刷卡消费、工资结

本报天津8月20日讯(通讯员段浩利)在粤东的层峦叠嶂间,中铁十五局汕梅高速改扩建TJ2标智慧梁场,一排排“PET透明管”正在悄然运转。管内绿色藻液翻滚不息,管外混凝土蒸养热气氤氲,这套立柱式光生物反应系统,正让高耗能的混凝土蒸养环节上演“点碳成绿”的魔法,将看不见的碳排放,转化为看得见的绿色生机。

汕梅高速改扩建工程是广东省首个山岭重丘区高速公路改扩建项目,中铁十五局承建的TJ2标智慧梁场承担全线3073片预制梁板生产任务。长期以来,梁场蒸养高度依赖生物质燃烧供热,碳排放总量大,是基建低碳转型的难点痛点,而成熟的工业碳捕获技术成本高、流程复杂,难以适配梁场临时性、规模化生产特性,成为制约项目绿色发展的瓶颈。

“能不能把废气变成养料?”带着

美丽铁建 与绿色同行

“小卡片”里的安全账

转四项功能。进驻班组的现场管理人员每日对照安全操作、规范施工、文明作业等标准,当场打分、当场赋分,1积分严格按照1元钱折算,同步登记台账,全程留痕。

“当天干得怎么样,当天就知道有没有奖。”班组长介绍,班组长还拥有一次分配权限,可根据组员当日表现差异化分配积分,真正实现多劳多得、优绩优酬。

数据跑腿,现金免了。工友随时刷卡换日用品,月底结余积分按1:1折现,随农民工工资一并足额发放。制度推行一年来,项目累计发放IC卡720张,兑现安全奖励28万元,现场安全质量水平不断提升。

更重要的是,从试点到全面推开,这一制度带来的变化清晰可见,过去班组安全管理更多靠“说教”和“罚款”,工人被动应付;现在每个人都主动算起“安全账”——规范操作能加

这一追问,项目技术团队打破固有思维,将目光投向自然界最高效的“碳捕手”——微藻。微藻固碳效率虽是普通植物的10倍以上,但极为“娇贵”,现有开放式培养极易受灰尘、微生物污染,稳定性差,要将其“搬”进风餐露宿的施工现场,在国内基建领域尚无先例。

面对难题,团队创新设计立柱式透明光生物反应器,将微藻“请”进全封闭的PET透明管。这一设计既隔绝了外部污染,保障微藻在高浓度二氧化碳环境下的高效繁殖,又巧妙利用自然光降低了能耗成本,可灵活拆装,适配不同规模梁场,为施工场地临时化、规模化推广提供了可能。项目团队反复优化废气捕集管道布局,光照调控参数,让固碳效率从最初的88%跃升至92%以上,还能吸收烟气中的氮氧化物等污染物,实现多重净化、高效治理。

绿色创新,既要生态效益,更要务

山岭间的“绿色魔术”

实效益。这套设备投入11.3万元,按年产2000片梁测算,全年可直接减排二氧化碳200至300吨。吸收的二氧化碳可产生110—165吨微藻生物质,可制成11万至16.5万吨富含营养的藻液,并直接用于路基边坡绿化与土壤改良,替代化学肥料,形成“废气—微藻—绿肥”完美闭环,每年可支撑约440至660亩绿地的生态养护,实现“环保+降本”双赢。

“绿”在山间,“智”在匠心。在“双碳”目标引领下,中铁十五局汕梅项目以微藻固碳技术创新为抓手,构建起“生物固碳+生态修复”协同治理的全新范式,荣获2025年度广东省公路微创新成果优良奖项,不仅为山岭重丘高速改扩建提供了绿色施工新方案,更夯实了高质量发展的鲜亮底色。当微藻在反应管中泛起绿意,那不仅是新质生产力的生动注脚,更是建设者在钢筋水泥间,为时代交出的一份“绿水青山”答卷。

铁建时评

把安全生产韧性转化为高质量发展本色

郝大新

习近平总书记强调,要时刻绷紧安全生产这根弦,深入排查整治各类风险隐患,坚决防范遏制重特大事故发生。安全是发展的基石,也是最大的民生。抓好安全生产,是践行正确政绩观的具体体现;守住安全底线,是必须扛牢的重大政治责任。对中国铁建而言,安全生产韧性不仅是抵御风险挑战、培育核心功能和核心竞争力的需要,更是争做安全、质量、环保标杆,实现企业高质量发展的内在本色。

中国铁建系统深入贯彻习近平总书记关于安全生产的重要论述和重要指示批示精神,全面开展安全生产大反思、大排查、大整治专项行动。干部职工深刻认识到,唯有全面提升安全风险防控、隐患排查治理、应急处置及安全生产监督保障能力,推动安全生产治理模式向事前预防转型,方能以强大的安全生产韧性支撑本质安全型企业建设。

思想麻痹是最大的隐患,责任悬空是最大的风险。抓安全,必须先筑牢思想根基。任何侥幸心理,都是事故发生的导火索。国务院国资委安全生产“十条硬措施”,既是安全生产的“压舱石”,也是企业发展的“护身符”,必须不折不扣贯彻落实。要坚持班前会、安全学习日等制度,用身边事教育身边人,让安全工作“一失万无”的理念深入人心。作业班组每日开工前开展“五分钟安全思考”,风险在哪里?防护到位否?施工安全吗?只有从“要我安全”转向“我要安全”“我会安全”,才能真正拧紧思想总开关。要把重大风险隐患当作事故来对待,让安全意识成为每一名铁建员工的自觉——这是锻造安全韧性的第一道防线。

制度执行贵在刚性落地,安全韧性重在久为功。要构建横向到边、纵向到底的责任体系,严格落实执行中国铁建施工现场安全生产“九条铁律”。安全员每日逐项核验,绝不放过设备异常、物资不合格等细节;管理团队每周研判,力求将问题化解于萌芽。结合实际推行“安全积分制”“隐患随手拍”,发现隐患有奖励,整改不及时则扣分,并与薪酬激励挂钩。加大安全生产考核力度,将安全绩效与干部任用、评优评先直接挂钩,实行“一票否决”。把安全责任细化到每个项目、每个岗位、每个班组,形成“层层负责、人人有责”的工作格局,让制度成为每日运行的习惯,以刚性执行筑牢安全韧性的根基。

源头防控方为治本之策,科技赋能实乃强安之要。要将安全关口前移,严把项目承揽、规划设计、设备准入、人员准入等关键环节。新上场项目实行安全评估“一票否决”,新入职员工培训不合格不上岗。强化人力资源管理,配备配强安全监管力量,将安全履职能力作为干部选拔任用的重要标尺。加强物资设备管理,严把设备进场验收、定期维保和淘汰退场关,杜绝“带病运行”。推广智慧工地监管平台,在隧道、深基坑、高墩等高风险点位安装物联传感设备,实时监测有害气体、设备温度,异常即自动报警推送。以“技防”全时段运行弥补“人防”盲区,用科技赋能提升安全生产韧性的智能化水平。

安全一头连着企业发展,一头连着万家安宁。在建项目要加强全员应急演练,让逃生路线烂熟于心,成为本能;消防设施、急救器材定人定时点检,确保随时可用。党员干部要带头守护安全,在暴雨、台风、高温等极端天气下严格执行24小时值班制度,用辛苦指数换取职工群众的安全指数。要严格落实“四不两直”专项督导检查制度,倒逼责任落地。要构建安全生产大监督格局,统筹纪检、审计、巡察、安全等监督力量,实现信息共享、成果共用、整改闭环,让人人讲安全、个个会应急成为安全防线上的可靠节点,让安全基因融入每一名铁建员工的血液,以全员参与铸就安全韧性的坚实基础。

安全是发展的前提,发展是安全的保障。中国铁建作为建筑央企排头兵,要时刻绷紧安全生产这根弦,以更高标准、更严要求、更实举措,拧紧思想开关,加固制度堤坝,抓实责任担当,切实把安全生产韧性转化为企业高质量发展的鲜明本色,为奋进“十五五”新征程筑牢坚不可摧的安全屏障。

念好“三字经” 履约创效优

本报兰州8月20日讯(通讯员谈军志 王 绮)“铁路如期圆满开通、项目综合收益率达15%、守住涉外合规底线。”中铁二十一局几内亚西芒杜铁路通信信号维护项目坚持“一切成本皆可控,一切成本皆可控”的理念,念好“管、省、防”三字真经,实现项目履约创效双赢目标。

西芒杜铁路从几内亚西芒杜矿区延伸至马瑞巴亚港,采用中国标准建设,正线全长约552.5公里、SimFer支线长约72.44公里。该项目承担正线和支线所有通信信号设备管理,保障通信信号设备安全正常运行。

面对工程建设标准高、当地高温多雨、线路点多线长等困难,该公司从架构、制度、现场执行三层搭建完整标准化管控体系,保障项目履约。建立“项目本一级分部车间一级场工区”垂直管理模式,清晰界定电务检修、通信维护、应急抢险的管理边界与岗位职责。逐级签订管理责任书,安全生产协议,将各项工作任务细化到岗、责任到人,彻底消除管理盲区。

管理制度的项目高质量推进建设的根本保障。他们出台《西芒杜铁路信号维护实施管理办法》,自主编制通信、信号、车载设备专项作业指导书,配套完善光缆中断应急预案等标准化作业文件,确保了各项工作有章可循。同时参建人员刚性落实现场闭环管理,常态化开展每日巡检、定期精检维修,高质量完成联锁试验、调度指挥系统调试、全线通信信号开通等关键工作。

人工成本是工程成本管控的核心关键,他们优化用工模式,实现降本增效。该项目推行“国内骨干+属地员工”混合用工机制,在保留核心技术、关键岗位国内骨干力量的基础上,择优录用熟悉当地环境、具备基础操作能力的属地人员,承担常规运维、日常巡检等工作,大幅减少了外派人员机票、海外补贴等支出。结合线路运维工作量淡旺季,动态梳理用工需求,优化人员排班,避免人员闲置浪费,最大限度压缩了人工成本开支。

针对几内亚当地劳工、税务、环保监管要求,该项目将合规管控嵌入项目全过程,严格遵循当地劳工法规,全面落实用工备案、劳动合同签订、工时薪酬登记等法定流程,完整留存风险、工资发放凭证等原始资料,从源头上杜绝了违规用工风险。严把物资准入关,资金支付两道关口,所有进口运维配件、施工物资完整留存报关单据,物流凭证以及各类资金支付完善审批链条,做到了物资流转、资金支出流程完整、资料可追溯。

此外,他们还常态化开展合规自查,定期排查环保、现场安全、税务申报隐患,同步完善设备维保、物资出入库全套台账,做到生产、商务、财务数据逐一对应,牢牢守住了海外项目合规底线。