

看国能科普

## 智能“打工仔”的“朋友圈”

■ 本报特约记者 王海波

无人驾驶  
集控中心。  
庞伟摄

近年来,科技已深度融入能源领域安全生产全链条,智能设备与技术的应用中不断优化功能,提升体验。今天,让我们一起来探秘准能集团矿山无人驾驶

技术。  
在鄂尔多斯高原的准能集团矿山上,一派震撼的科技图景正在上演:数十台载重360吨的巨型矿卡,在没有司机、没有安

全员的情况下,沿着矿区道路精准行驶、自动装卸、有序避让,与电铲、推土机协同配合,对车辆驱动、转向、制动、车斗举升等动作进行毫秒级精确控制,指令可实现秒

级传达,数据可实现实时传输,完成“采、运、排”全流程作业。这些驾驶室空无一人的“钢铁巨无霸”,正以自主创新的智能技术,改写传统矿山的作业模式。

## 自主化运行

提到矿用卡车,很多人脑海里会浮现出身躯庞大、轰鸣行驶的重型机械。而在黑岱沟露天煤矿,这些矿卡不仅体形惊人,更拥有了“自主思考”的能力。

无人驾驶卡车最大载重可达360吨,相当于一次性可以运载数百辆家用轿车的重量。截至2025年年底,准能集团已累计完成124台矿用卡车的无人驾驶功能部署落地,成为国内规模领先、技术成熟的露天矿无人驾驶系统。2025年,无人驾驶矿卡全年累计拉运岩石约2000万立方米,综合效率达到人工驾驶

的85%以上。露天煤矿无人运输作业系统关键技术研究与应用项目包含的7大子系统中,有5项达到国际领先水平,2项达到国际先进水平。

很多人会好奇:矿区没有城市道路的标线、红绿灯,地形复杂、道路环绕且路况差,春季易发生沙尘天气,这些“大块头”怎么做到不迷路、不碰撞、精准作业?答案就藏在它的四大运行“秘籍”里——智能感知、5G通讯、线控系统、智能调度,四者协同,让矿卡拥有了“眼睛”、“神经”、“手脚”和“大脑”。

## 矿卡有了“眼睛”“神经”“手脚”

整车采用一体化线控技术,就像给矿卡装上了精准可控的“智能四肢”,能对车辆驱动、转向、制动、车斗举升等动作进行毫秒级精确控制,哪怕是在重载状态下,也能平稳启停、精准停靠。

让矿卡“看得见”的,是一套超强感知系统:车辆前后方均布置了激光雷达和毫米波雷达,前方障碍物最远探测距离达250米,后方约30米,无论白天黑夜、粉尘大小,都能清晰识别周边环境。

同时,车身平台左右两侧装有北斗高精度定位系统,实现厘米级定位,误差

几乎可以忽略不计。全车还搭载5个高清摄像头,通过5G网络把实时画面回传至集控指挥中心,让工作人员随时掌握矿卡运行状态。

支撑这一切高效运转的,是矿区强大的5G基站和核心网,实现办公区与坑下作业区5G信号全覆盖,信号低延迟、高可靠,确保指令秒级传达、数据实时传输。部分已实现远程操控的推土机和700吨液压正铲与无人矿卡无缝配合,让“采、运、排”全过程真正走向无人化。

## 多重安全盾

矿山作业,安全永远是第一位的。矿卡驾驶室无人操控,如何确保万无一失?准能集团给出的方案是:一套健康管理管理系统+一个数字孪生仿真系统,“双重守护”筑牢安全防线。

首先是矿卡的“专属医生”——健康管理。它由车载终端、数据中台、手持终端APP三部分组成,就像给每台矿

卡配备24小时在线的智能体检仪。系统在矿卡上设置72处监测点位,对发动机、胎压、燃油、电气系统等关键部位实时监控,持续收集运行数据,进行健康评估、趋势分析,还能查询历史状态、优化诊断模型。数据通过5G专网回传,如发现异常,系统会按照五个故障等级分级处置,从提醒观察到紧急熄火停车,自动规避风

## “专属医生”有良方

险,从“事后维修”变成“事前预警”。

另一重安全保障是矿山数字孪生系统。简单来说,就是在虚拟世界里,给真实矿卡做一个1:1的三维“数字克隆体”。

这套系统可在数字世界里完美还原矿区地形、设备位置、作业场景,和现实矿区同步运行。在矿卡实际运行前,可通过该系统先在数字世界里模拟演练,

验证路线、测试方案,减少现实车辆磨损和燃油消耗;遇到复杂工况,能提前仿真预判风险,优化调度策略;日常作业中,全方位监控设备协同状态,避免碰撞等人为失误导致的事故。这项技术让矿山安全从“人防”升级为“技防+智防”,既守护了设备安全,更把工作人员从危险作业环境中解放出来。

## 智能“朋友圈”

无人驾驶矿卡不是“单打独斗”,而是准能矿山完整智能生态的核心一环。作为国家智能化示范煤矿,这里早已构建起覆盖全流程的智能“朋友圈”,从信息基建到生产管理,从设备作业到园区管控,全面实现数字化、智能化。

信息基础设施——建成全国规模最大的矿山5G定制专网,核心网下沉

本地,基站全覆盖,为所有智能设备提供高效稳定的“信息高速公路”。

矿山设计——运用智慧采矿系统,一键生成地质三维模型,智能计算工程量、剥采比,让采矿规划更精准高效。

智能穿爆——从布孔、钻进、测量到装药、爆破,全流程智能操控,钻机、装车自动作业,又快又安全。

## 无人矿卡不是“单打独斗”

矿山工程——无人矿卡无安全员常态化运行,远程操控推土机、智能钻机试点应用;电铲数字化升级360度障碍物识别、斗齿监控、电缆自动收放,更智能、更可靠。

边坡监测——部署三维雷达和位移监测设备,24小时盯防高台阶与排土场边坡,异常自动预警,守住边坡安全底线。

管理与决策——以智能调度为核心,集成“生产一张图”、大数据分析、无人航测、三维矿图,生产计划、任务执行、数据分析全流程数字化。

智能化园区——通过搭建智能调度与综合管理平台,实现人、事、物的全程可视、可管、可控,打造安全、绿色、高效的智慧园区。

## 从“传统”到“数字”

从司机手握方向盘、日夜颠簸在驾驶室,到工作人员坐在调度中心、轻点鼠标操控全场;从依靠经验判断路况、排查故障,到传感器实时感知、系统智能预警;从单台设备各自作业,到多设备编组协同——矿山无人驾驶技术带来的,不只是作业方式的改变,更是安全、效率、成本的全面升级。

它大幅提升运输安全性,用程序与传感器替代人工操作,从源头避免事故;它提高设备运维效率,故障提前预判、快速定位,减少停机时间;它优化生产组织,24小时不间断作业,人歇设备不歇,让矿山产能稳步提升;它更推动行业技术突破,5G、北斗定位、激光雷达、数字孪生等前沿技术落地矿山,形

## 智能“打工仔”成为新矿工

成一批可复制、可推广的标准与经验。

在黑岱沟露天煤矿,这些穿梭不息的无人驾驶矿卡,是中国矿山智能化的生动缩影,也是自主创新、国产替代的有力证明。从核心算法到硬件设备,从系统集成到场景应用,全部依托国内技术研发,打破国外垄断,走出一条适合中国大型露天矿的智能化转型之路。

如今,越来越多的“智能矿工”正在矿山上岗,以钢铁之躯、智能之脑,在保障国家能源安全的同时,推动传统矿业向安全、高效、绿色、智能转型。未来,随着技术不断迭代升级,矿山无人驾驶将更成熟、更普及,我们也将看到更多由中国科技打造的智慧矿山,在神州大地上绽放新的光彩。

## 防冻液不再飞溅

■ 本报特约记者 郝艳霞 通讯员 白鹏

3月4日,焦化公司蒙西棋盘井洗煤厂火车装车站传来清脆的启动声。装车操作员张旭东按下防冻液喷洒按钮,曾经四溅的液滴如今被一道1.8米高的蓝色挡墙完全拦截,仅留下导流槽内潺潺的液流声。铁路值班员摘下护目镜笑着说:“现在装车时再也不用担心被防冻液滑倒了,这挡墙可真是我们的‘安全卫士’!”

这项改变源于该厂历时半个月的技改攻坚。技改前,防冻液高压喷洒产生的飞溅问题困扰一线多年。液滴不仅会腐蚀设备、污染环境,更因地面湿滑容易引发安全事故。每次装车后,都需要4名工人花费2小时清理设备上的防冻液残留,直接经济损失年均超10万元。更令人头疼的是,飞溅的液滴会附着在设备表面形成腐蚀层,加速设备

老化,增加维护成本。

储装车间主任白鹏回忆起攻坚初期的场景:“解决问题的关键在于找到飞溅的‘物理边界’。我们首先对防冻液喷洒压力、喷射角度、液滴粒径等参数进行了详细测试。”技术人员使用三维激光扫描仪精确绘制了装车站的立体模型,结合CFD流体模拟软件,最终确定挡墙的最佳安装位置,每节车厢经过时,挡墙需覆盖车厢两侧各1.5米范围,形成3米宽的防护带。

在材料选择上,技术人员进行了严格的测试。他们模拟零下30摄氏度的极端低温环境,测试材料的耐低温性能;使用浓度15%的防冻液进行抗腐蚀实验,确保材料在长期使用中不会出现腐蚀问题。最终,特种玻璃钢复合材料

脱颖而出。这种材料在极端低温下仍保持良好韧性,抗腐蚀性是普通钢材的3倍,使用寿命长达10年,完全适配冬季低温作业环境。

“挡墙高度1.8米是经过四次现场验证确定的。”白鹏指着挡墙顶端的刻度线介绍道。第一次实验中,1.5米挡墙导致液滴飞溅至设备顶部;第二次1.7米挡墙仍有少量飘散;第三次1.8米挡墙实现完全拦截;第四次在强风天气下验证,飞溅抑制率仍达100%。通过高清摄像机记录液滴飞溅轨迹,团队最终确定了1.8米的最优高度和3米的覆盖范围。

技改后的效果立竿见影。数据显示,设备腐蚀率下降了95%,现场清洁工作量减少了80%,每年可节约人力和材料成本约8万元。更显著的是装车

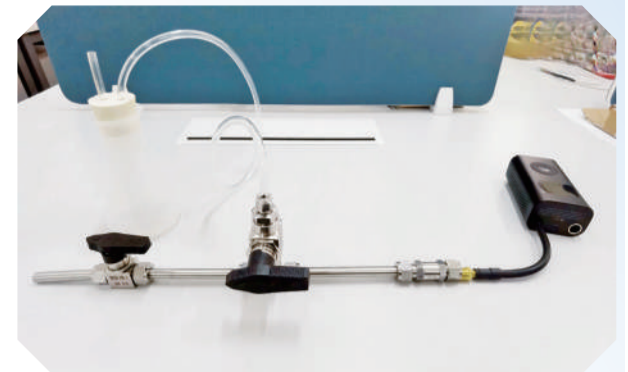
效率的提升,单列车装车时间由2小时缩短至1小时20分钟,作业效率提升33%。装车班班长张国忠算了一笔账:“以前每天装车完,都要安排对飞洒的防冻液进行清理与人工收集,既耗时又影响正常生产任务,现在提高了效率,减轻了劳动量,按照人工成本与回收的防冻液计算,每年节省费用约20万元。”

在装车现场,防冻液顺着挡墙内侧的导流槽流入回收系统,实现了零浪费、零污染。调度室员岳明亮指着监控屏幕上的实时数据说:“防冻液消耗量比以前下降了20%,装车现场视频更加清晰了,比起以前防冻液飞扬起来影响视频效果强太多了。”这项技改不仅解决了环境问题,更通过系统优化形成了可复制的“绿色装车”模式。

## 革新之窗

## 瓦斯继电器试验工具实现高效校验

■ 张雯婷 王清荷



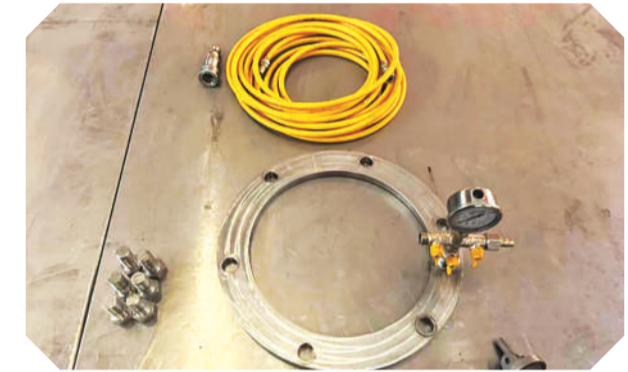
瓦斯继电器专用试验工具。

背景 江苏谏壁公司油浸式变压器占比达76%,其主保护瓦斯继电器的定期校验是保障变压器安全运行的关键环节。传统试验工具功能单一,仅能完成打气操作,无法实现排气与集油,导致试验过程中渗油严重、排气状态不可视、复检频繁,平均单次试验耗时长达123.77小时,严重影响检修效率与质量验证准确性。

做法 谏壁公司设备管理部电气一班创新团队研制出国产瓦斯继电器专用试验工具。该工具采用三通管道设计,集成打气、排气、集油三大功能,通过加装逆止阀防回油、球阀导向控制气流,电动打气筒稳定供压,并搭配透明锥形瓶实现排气过程可视化。工具主体采用304不锈钢定制接口,确保密封性;模块化结构便于拆装与维护。经实际校验应用,试验时间降至24.69小时,大幅提升检修效率,且工具无渗油、接口抖动现象,校验结果准确可靠。

## 打压模组精准判断部件缺陷位置

■ 魏江



HXN3型机车动力组打压模组。

背景 HXN3型机车检修作业中,气缸盖与气缸套由于铸造及组装工艺缺陷有时会出现漏水故障。一旦冷却水漏水或造成机油乳化,润滑系统将出现严重损伤,影响机车运行安全。因此,急需一套可以对机车动力组整体或气缸盖、气缸套进行分体密封试验的装置。

做法 包神铁路青年创新小组自主研发“HXN3型机车动力组打压模组”,对HXN3型机车动力组进行整体或气缸盖、气缸套分体打压,大法兰由304不锈钢整体加工,气缸套下沿水口小法兰通过金属3D打印加工,通过高压防爆钢丝水管与快拆接头进行连接,连接好后先向动力组内注水,通过风压产生0.7兆帕压力,保压5分钟无泄漏即通过打压试验。该装置投入使用后,可高效定位故障位置,辅助检修人员消除故障,大幅缩短作业时间,填补动力组自主打压的行业空白。

## 破解钢轨探伤漏检难题

■ 秦素芳



数字化智能钢轨焊缝一体探伤仪。

背景 在朔黄铁路钢轨探伤作业中,传统探伤仅存在轨头近轨面轨距角检测盲区、数据追溯困难、设备笨重以及无法有效识别轨头近轨面核伤等关键痛点,断轨风险大大增加,给重载列车运行带来很大安全隐患。

做法 朔黄铁路线路桥修中心自主研发数字化智能钢轨焊缝一体探伤仪,创新采用滑靴式三合一探头,将检测通道扩展至13个,并新增前后直70度探头组,彻底攻克了轨头直70度区域的漏检难题,并首次在小径探伤仪上集成轨底三角区高清视频采集功能,其内置的智能分析系统基于先进算法自动识别伤损波形。同时,深度融合数智化技术,结合5G通信与北斗定位,实现探伤数据、参数及作业视频的实时传输与全流程追溯。设备应用以来,作业效率提升40%,人力成本降低50%,年节约运维成本达116万元,填补了多项国内技术空白,为铁路运输安全筑牢坚实基础。