

汗水浇筑智慧护航

——长三角铁路暑运观察

本报记者 李治国

四足机器人巡检作业、“云端大脑”辅助高铁运维、全天候“感知网”防范风险……为应对暑运旅客发送高峰，长三角铁路依托科技装备和智慧系统，以数字化、智能化手段全面提升运输效率与服务品质。科技让铁路从“汗水”浇筑升级为“智慧”护航，一场深刻的数智化变革正全方位展开。

7月16日凌晨时分，中国铁路上海局集团有限公司上海动车段上海虹桥动车运用所检修库内灯火通明。8号检修线地沟内，一台智能巡检机器人沿着轨道缓缓滑过车底，0.5毫米级的微小异常几秒钟内被精准锁定。“过去靠经验，现在靠数据说话，检修效率显著提高。”地勤机械师钱奕涛说。

今年暑运，长三角铁路预计将发送旅客1.9亿人次。当大家踏上旅途，一场静默而深刻的数智化变革也在同步上演：机器人、人工智能、大数据等新技术、新设备，正深度改变暑运保障方式。

智能检修替代人工

检修质量的提升，既靠人工经验的“准”，也靠智能装备的“稳”。以往，车辆巡检主要依靠人工完成，作业强度大、检查标准不统一、数据记录零散，巡检质量易受人员经验、现场环境等因素干扰。如今，在上铁集团杭州北车辆段乔司检修车间，四足机器人的应用解决了这一难题。

这是上海申铁信息工程有限公司联合杭州北车辆段共同研发的“机器狗”智能巡检项目，融合了轮足式机器人运动控制技术、高精度自主导航定位、机械臂精准操控、视觉AI智能识别等多重技术。“机器狗”能够沿预设路线自主巡航，采集车辆关键部位图像，重点识别车号、定检标记、车厢门锁等信息。所有数据实时回传后台，系统通过图像拼接、智能判别等手段，辅助作业人员快速研判车辆状态。“修竣货车巡检正从‘人走、人看、人记’向‘机器采集、平台留痕、智能辅助判断’转变。”该项目负责人吴新辉说。

在上铁集团上海机车检修段，转向架车间探伤检测组副班组长莫佳琪是该段最年轻的班组长，手握超声、磁粉、渗透、涡流4种探伤资格证。不久前，他从一批全新机车轮对中检测出缺陷。这得益于刚升级改造的相控阵设备——不用人工涂抹耦合剂，不用重复更换探头，鼠标点一点，轮对踏面和车轴内部数据就出来了。

这个暑运，上海机车检修段全面升级智能装备。便携式磁粉探伤仪携带方便，能快速发现裂纹；空心轴探伤设备可深入车轴内部探查隐藏缺陷，并生成探伤报告……智能装备投用后，整体作业时时长压缩40%，物料损耗减少60%，故障检出率提升至99.8%。

暑运期间，动力集中型动车组大量上线运行，检修保障压力陡增。为此，上海机辆段松江车辆运用车间投用“动力集中型动车组智能整备机器人系统”，为检修装上“科技大脑”。

该系统采用AI视觉识别与高精度三维测量技术，可自主对关键部位与悬挂装置开展全覆盖检测与智能诊断，精准识别部件异常、尺寸超限等安全隐患，实现检测流程全数字化闭环管理。与传统人工作业模式相比，这套机器人系统单组列车检修可节省约6名作业人员，平均作业时长短短30分钟。

合肥西站是2025年底开通运营的高铁客站，站房钢结构网架悬空隐蔽，屋顶天沟易受杂物堵塞，人工巡检条件受限、巡检周期长。上铁集团合肥房建公寓段依托智慧运维中心平台，引入两类巡检机器人作为核心模块。机器人融合可见光与红外成像、AI视觉分析等技术，可沿预设轨道自主巡航，实时采集重点部位的图像与环境数据，自动识别变形、锈蚀等异常。数据实时回传平台，及时预警并生成分析报告，为现场核查与运维决策提供支撑。机器人还能自主充电，实现全天候常态化巡检。

“巡检机器人填补了站房高空隐蔽点位的巡检盲区，打破了人工巡检局限，让合肥西站设备运维更安全、高效、精准。”项目负责人赵思凡说。

云端大脑辅助决策

如果说智能检修装备解决的是“谁来干体力活”的问题，那么暑运保障中的另一场变革，则试图回答“谁来动脑子”的问题。



动车组如果途中突发故障，司机紧急向后方求助，工作人员逐一核对纸质资料、多方沟通对接，单次故障研判处置往往耗时5分钟至8分钟。在分秒必争的应急处置场景中，这宝贵的几分钟意味着巨大的风险。

上海申铁信息工程有限公司的工程师们梳理一线专家运维经验，自主研发了高铁救援智能辅助决策系统。该系统依托AI、大数据、VR可视化技术，为高铁应急运维装配一个“云端大脑”，实现动车组运维从经验研判变为智能决策、从单点作战变为全域协同、从被动处置变为主动预警三大核心革新。

“不是让AI替人做决策，而是让AI帮人更快地做对决策。”项目负责人蒋振宇说。实际应用中，该系统可在2秒内弹出核心信息，1秒内调取关联数据，约1分钟生成标准化操作流程，一线人员按流程逐项处置，可确保整个过程闭环可控。

针对复杂故障，这一系统还可以即时激活VR全景可视化功能，将列车实景画面同步共享至地勤、乘务与后方专家终端，打破过去信息不对称的局面。故障处置完成后，系统自动汇总关键信息、开展数据分析，为后续动车组预测性维护提供精准的技术支撑。

另一场“大脑升级”，发生在旅客看不见的通信领域。通信网络中，成千上万个摄像头遍布长三角铁路沿线、车站候车室、站台及设备机房，构成安全监测的“眼睛”——但这些“眼睛”也需要被照看。

过去，对摄像头开展巡检主要依靠人工完成。一名工作人员一天只能检查几个点，效率低且难以覆盖全部点位。如今，上铁集团上海通信段智能图像诊断系统升级后，彻底改变了这一模式。该系统可根据预设方案自动调取摄像头实时画面，依托算法模型对图像质量开展快速分析，精准识别各类问题，同步生成巡检报告与故障清单。完成5万多个摄像头全部巡检工作，系统单轮扫描时间仅需1小时，重点场景视频完好率达99.9%以上。上海通信段上海通信车间检查工区通信工王凡说：“我们现在要做的是在系统发现问题后，去现场核实和修复，工作量减轻了，质量反而上去了。”

封浜站位于上海市嘉定区，其衔接7个运行方向，日均接发列车超340列。暑运期间，列车

开行密度较平日提升10%以上，设备损耗与故障风险同步攀升。加之夏季雷雨、强对流天气频发，电力设备面临考验。

眼下，智能监测防雷分线柜24小时盯控防雷元件状态、接地电阻等核心指标，并与信号集中监测系统深度互联。7月9日，雷雨天气导致室外轨道电路出现异常，系统第一时间报警。值班人员依托实时数据迅速锁定故障点，全程不足20分钟便消除隐患。

感知网络防范风险

钢梁内部细微的裂缝、深山边坡的松动、桥墩底部隐秘的冲刷……在运输生产一线，有些安全隐患仅靠人眼难以察觉。如今，无人机、光纤传感、激光雷达、无人监测船编织起一张立体多维的“感知网”，让风险无所遁形。

徐州站衔接陇海、京沪两条繁忙干线，5个站合雨棚总面积达4.89万平方米。暑运期间客流密集，雨棚的“健康”状况直接关系到旅客出行安全。在上铁集团徐州站，记者看到，一套雨棚健康监测系统——13个数字双目摄像头，400万像素的高分辨率，具备广角、长焦距、光学变焦等配置，可以无死角捕捉关键位置的细微变化。与此同时，268个传感器像“神经末梢”般24小时采集雨棚结构应力、位移等数据，一旦指标异常就及时预警。过去的周期性巡检，变成了全天候“脉搏监听”。

杭台高铁全长266.9公里，是我国首条民营控股高铁，线路桥隧比高、地质环境复杂。暑运期间，汛期暴雨、台风等极端天气给线路安全带来挑战。上铁集团宁波工务段创新搭建“智能视频+光纤监测+雷达感知+无人机巡检”多源立体化技防矩阵，在全线科学布设733台智能视频设备、27.25公里监测光纤、30台监测雷达，实现24小时智能动态监测。依托定制化AI算法，该技防矩阵可自动精准识别边坡坍塌等安全隐患，风险识别准确率超98%；应急响应时间从11分钟缩短至1分钟以内。

上铁集团南京供电段管辖的皖南山区725.5公里架空电力线路，山林覆盖面近70%。今年夏天，皖南持续高温，暴雨等极端天气频发。该段巡检工操控无人机飞越密林陡坡，从高空俯瞰排查隐患。以往，人工巡线要翻山越岭，10公里线路巡完需半天；如今，无人机平均6分钟便可完成1公里线路的精细化巡检，故障定位效率提升超60%。“无人机跑腿，我们动脑，工作干得更快了。”上铁集团南京供电段黄山电力车间绩溪电力工区员工张昊杰说。

空中有“鹰眼”，水上则有“侦察兵”。今年暑运，上铁集团上海工务段启用KD-S10型测绘无人船，为铁路桥梁安全度汛再添屏障。该无人船航行稳，配备全向双天线，数据传输距离远、信号稳定，单座桥梁水下测量压缩至20分钟以内，数据准确度提至98.5%，有效破解了传统人工测量效率低、水上作业安全风险高等难题。

目前，上铁集团上海工务段路桥科桥梁检测青年团队已熟练掌握桥梁视频监控、无人机航拍、3D



高铁列车行驶在浙江杭州市境内的杭温高铁跨杭黄铁路特大桥上。新华社记者 黄宗治摄

数字管理触达末梢

暑运的保障，既靠硬件的“硬”，也靠管理的“软”。数字化正把“软”管理变得可量化、可追溯、可优化，驱动着管理运行模式的深层变革。

铁路客票系统是服务亿万旅客智慧出行的关键信息基础设施，一场“数字革命”正在铁路客票系统运维领域展开。

以智能化、可视化、数字化为核心，上海申铁信息工程有限公司运维部客票组自主研发的“多屏联动”运维平台，通过客票中心总控屏、售检票分时数据屏、层级化监控屏等多块大屏轮转呈现，实现上铁集团200余台客票系统服务器全域可视，改变了传统人工逐台登录巡检的运维模式。

“这一平台基于大数据的全流程预警体系，通过采集系统运行数据和业务运行数据，可提前识别系统风险，实现从‘被动救火’到‘主动预防’的转变。”客票组负责人郝绍忠介绍，以前排查一个故障，需要登录十几套系统，切换几十个页面，平均耗时十几分钟。现在依托该运维平台，可快速精准锁定对应的故障服务和设备。

在上铁集团南京东机辆段南京东整备场，数据流正和车流“赛跑”。机车刚停稳，车载数据已通过WiFi自动下载，传至专家诊断系统。不用U盘，不用人工拷贝，系统自动解析故障，直接给出处置建议。“以前主要凭经验，实在不行就打电话问厂家，现在让数据自己‘说话’。”技术科助理工程师刘瑶说，“专家诊断系统还能将相关数据自动匹配到机车整备作业系统，生成电子维修工单并实现线上派工，有效减少工作量。”

面对暑运，高铁站售检票机、引导屏、电梯、空调等成千上万台设备高负荷运转，人工巡检工作量巨大。上铁智能科技有限公司自主研发客站设备智能化管理平台，为车站设备上“智慧

大脑”。该平台24小时实时监控设备状态，实现故障自动上报、智能诊断、闭环检修，同时精细管控能耗、优化运行策略。

电梯健康大数据智慧管理系统是其中一个子系统。电子地图上，每部电梯位置一目了然，绿色正常、红色报警，运行楼层、轿厢温湿度等数据实时刷新，出现异常即弹窗。电梯基坑内的温湿度传感器、轿顶控制器全天候采集参数，系统智能分析故障规律，提前预警易损件更换，将问题消灭在萌芽。

“目前，整套系统已覆盖沪苏浙皖100余座重点车站，实现设备感知、云端研判、现场处置全闭环，以数字化手段守住站内候车出行安全关口。”上海上铁智能科技有限公司董事长金其炳说。

在能源保障领域，数字化变革同样在推进。浙江铁道发展集团有限公司所辖光伏电站站点分散，传统运维依赖人工排查，管控难。为适配光伏产业可视化、智能化、集约化运维管理发展需求，他们搭建了智慧光伏系统，融合大数据、物联网与可视化监测技术，实现运维业务与生产管理平台数据互通。

这一系统对所辖电站开展全域在线监测，实时采集设备运行、发电效能等全维度数据，重点跟踪功率、电量、预警及气象信息，所有数据回传后台，辅助运维人员快速研判设备状态、精准定位异常。目前，系统经迭代优化后已覆盖12座电站，并统一接入生产管理平台。

高铁列车飞驰，货物列车穿行，铁路复杂有序的运维中，有无数双眼睛在看、无数个传感器在听、无数行代码在跑……铁路人守护平安的心从未改变，如今又多了一身“科技铠甲”。那些原本靠“扛”、靠“熬”、靠“流汗”的生产环节，有了更从容、更精准、更安全、更高效的处理方式。

调查手记

以前很苦，现在很酷

烈日烘烤下巡检线路、雷雨夜手执电筒逐一排查……暑运之“苦”，曾是几代铁路人共同的记忆。而如今的铁路变得很“酷”，当巡检机器人滑过车底，AI系统2秒弹出故障研判，这不是技术炫技，而是劳动形态从“体力—经验密集型”向“数据—算法驱动型”的深层跃迁。

首先是“人的替代”。智能装备正在构建一套独立的感知体系，建立客观化、标准化的质量坐标，铁路安全从“经验概率”走向“数据维护”。其次是“数据闭环”。“云端大脑”的介入，实现故障信息的秒级调取、VR实景的跨端共享。提升效率的同时，更意味着铁路系统每一次处置都在优化规则。还有从“被动巡检”到“全息感知”。光纤传感、激光雷达、监测雷达、无人船编织的“感知网”，正将铁路基础设施唤醒为“会说话的机体”。雨棚的应力数据、钢梁的微小裂缝、边坡的毫米级位移，这些过去“看不见的风险”被实时量化，安全防线升级为“全天候脉动监测”。

然而，数智化浪潮之下也面临深层次挑战。从技术成熟度与系统稳定性方面来看，

暑运期间单日千万级客流、数万列次运行，任何算法偏差、通信延迟或传感器误报都可能引发连锁反应，AI的“黑箱”特性与铁路绝对安全的刚性要求之间，仍需建立更透明的机制与更严格的体系。

从标准化与灵活性方面来看，智能装备的推广往往以流程标准化为前提，但铁路地理跨度极大、工况差异悬殊，一套算法无法适配所有场景。这就要求在顶层设计中预留“弹性接口”，既保持技术框架的统一性，又允许因地制宜的本地化调优。

从技术与制度建设方面来看，数智化不仅是设备升级，更是组织流程、人才结构、管理文化的系统性再造。这对铁路职工的技能、培训和职业通道等提出全新要求。如果制度变革滞后于技术引入，再酷的装备也只是“花瓶式创新”。

从“以前很苦”到“现在很酷”，这条转型之路本质是铁路从“规模扩张型”增长向“内涵质量型”发展的转向。真正的挑战从来不是机器能否跑得更快、看得更远，而是能否让制度、人才与文化的进化速度紧跟技术迭代的节奏。

动力集中型动车组智能整备机器人在巡检动车组。

曹唯奕摄

本版编辑 闫伟奇 郎冰 美编 高妍