

隧道掘进机及智能运维科技信息 简 报

第 1 期

2024 年 04 月 04 日

我国盾构机掘进核心技术日趋成熟 隧道施工迈入“智能时代”

近年来，我国数字经济蓬勃发展，数字技术成为新一轮技术革命和产业变革的重点方向，数字转型为智能创造提供重要引擎。习近平总书记多次强调，要加快产业智能化发展，推进数字产业化、产业数字化，推动新一代智能化信息技术和实体经济深度融合。

一是成功研制具有自主决策和自动掘进能力的智能盾构机。上海隧道工程有限公司制造的智能盾构机基于 5G 通信、大数据、人工智能技术，盾构掘进等一系列智能模型，运用数-图-数多重转换的异常检测算法，实现环境识别、盾构机 3D 位姿规划与控制、地面变形规划、自适应控制和多参数协同控制。通过施工信息感知，准确采集隧道掘进过程中的近千组数据（编者注：如地质特征、施工参数、盾构姿态、环境影响等），开发的“超级脑盾控制系统平台”可根据传输数据自主快速判断自身状态，感知周围环境特征，自动

向盾构机发出指令，实现更自适应、更快速、更安全的智能无人化掘进。

二是攻克智能化技术难关，构建全新掘进工作模式。三一重装正式推出了具有全面感知、实时互联、分析决策、动态预测、协同控制特征的智能掘进机。

“远程控制系统”，依托可视化装备，真实还原掘进工作面及设备工作状态。通过超视距控制技术，实现大于 1000m 的远程设备操作，将矿工从环境恶劣的工作面解放出来。

“精准定位系统”融合惯性导航系统与多传感器，实时监测掘进机机身和截割头的位姿信息，并自动调整位姿及航向，实现误差小于 0.1° ，断面成型误差小于 10cm。

“巷道成型系统”，通过建立巷道模型，结合截割轨迹与边界成型算法，实现掘进机自主纠偏、自动调直和路径自主规划，截割头定位误差小于 50mm，有效地保证断面成型效果。

“预测性维护系统”基于数据驱动的方式，有效利用设备运行实时数据，实现掘进机设备关键零部件的故障诊断与健康趋势预测，故障预判准确性可达 85% 以上。

“井下电子围栏可视化系统”通过视觉 AI 技术与 UWB 技术相结合，实时检测人机相对位置，识别率大于 95%。当有人员误入到危险区域时，设备会立即停机，有效地保证了人员安全。

三是成功开发“智能掘进协同管理系统”，实现精密预判掘进场景化，实现设备全生命周期管理。智能感知技术，

利用 AI，实现掘进计划、规程设计、作业执行、任务验收等模块进行全流程闭环管理，通过智能化对比，分析掘进工作流程中的异常之处，结合煤矿生产经营管理系统数据，提出优化合理建议，达到辅助作业指挥、安全高效生产的目的。

可视化系统，通过二维、三维的可视化界面，展示掘进工作面的地质模型，能够根据掘进作业中揭露的地质数据，动态修正三维地质模型，精准表达煤矿地质地貌，为掘进作业提供地质保障。

场景再现分析系统，采用三维实时渲染技术，依据实时采集的巷道、设备数据，对现场工况进行模拟仿真，真实反映现场掘进设备的位姿及运行状态；基于掘进机的位姿测量、截割头定位以及巷道参数数据，实时模拟巷道断面截割轨迹，便于远程人员实时监控、操纵和指挥，提高生产协同能力，减少安全隐患，保障作业安全。

风险监控报警系统，将数字孪生技术应用于煤矿掘进“人、机、环、管”各环节，实时监测各个对象的状态及瓦斯、粉尘、温湿度等环境变化情况，并联合大数据网络对其进行智能分析。出现异常情况时，及时将报警信息推送给作业人员以及各级管理人员，并智能联动掘、锚、运、支工序，做停机处理，减少煤矿生产事故率，达到实时管控、异常报警、动态指挥生产作业管理的目的。

信息采集系统，通过煤矿原有的摄像头、人员定位器等对掘进作业人员行为和设备的运行状态进行实时监控、管理，智能识别危险区域人员接近、敲帮问顶和支护作业等关键环

节，并联动井下手机、现场声光和广播等进行报警。针对报警未及时处理的违规操作，联动井下集控中心，对设备进行紧急停机，保护工作人员安全，降低设备损耗。

实时监测分析系统，对已支护巷道的顶板离层和应力监测情况预测，如发生离层仪数据异常等情况，辅助用户加强或优化支护方案，提升单次支护的使用效率及服务期限，减少后期维修需求和时间。还可对顶板进行监测监控，基于 GIS、大数据等数据融合分析，从全矿井矿压云图到巷道地质模型展示矿山整体矿压变化趋势、来压规律、异常定位、支护失效预警等信息，形成矿山压力大数据实时分析及评价模型，为技术人员实时管理、优化设计提供决策依据。

基于目前的发展现状，未来智能化掘进发展应紧跟前沿、紧盯市场、坚持突破产业关键技术，瞄准社会需求，加快技术研发和推广应用，持续实施“技术攻关+产业化应用”科技示范工程，推动产业链创新链深度融合。

抄 送：盾构及掘进技术国家重点实验室
