



隧道

TUNNEL

智能化 解决方案

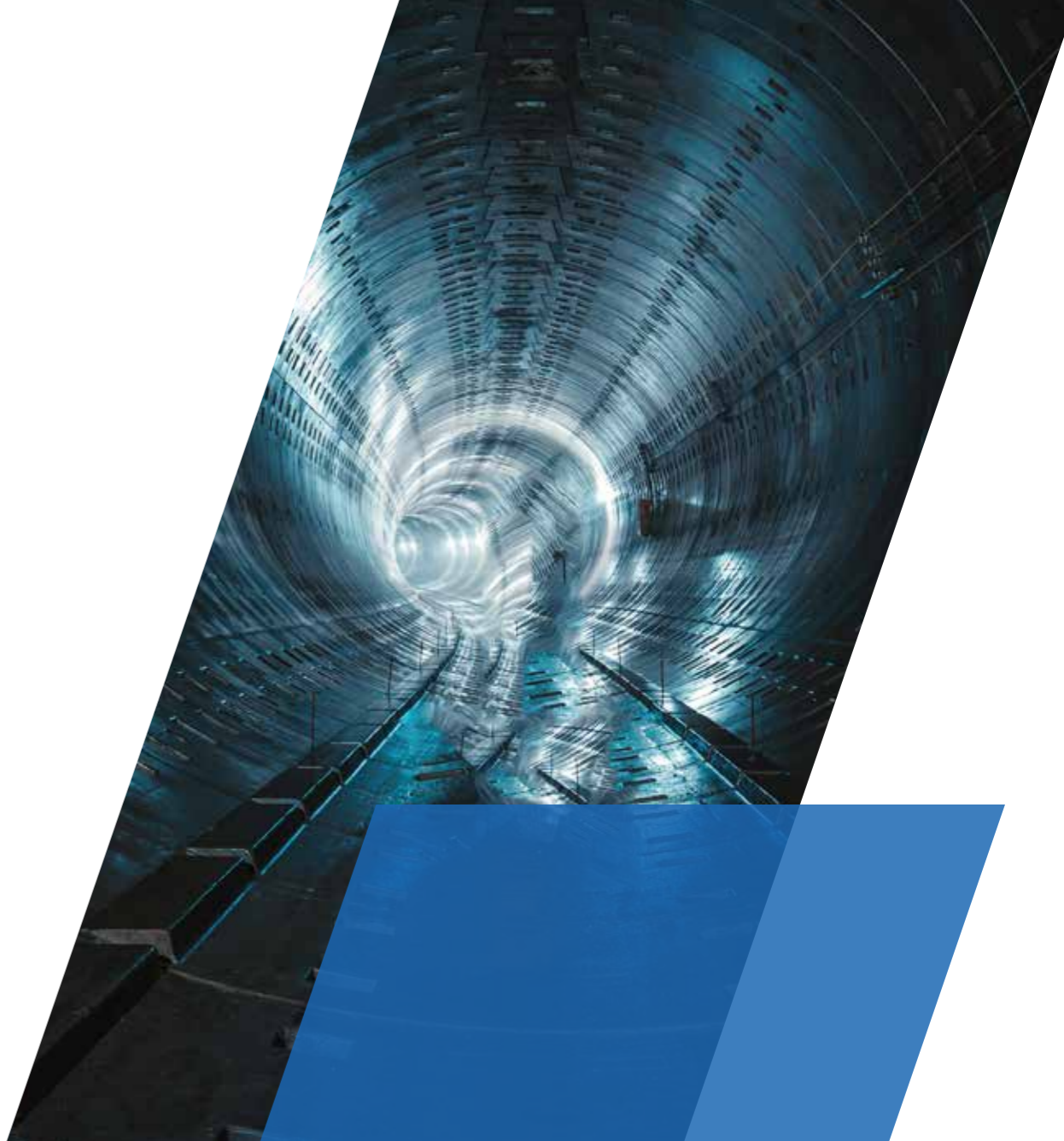
INTELLIGENT SOLUTION

长沙辉格智能科技有限公司
Changsha Vitrol Intelligence Technology Co., Ltd.

www.vitrol.com.cn



辉格智能
Vitrol Intelligence



目录 SOLUTION CATALOG

- 公司简介 /01
- 智能化隧道理念 /07
- 装备智能化解决方案 /09
- 施工智能化解决方案 /27
- 运维智能化解决方案 /41
- 扫描仪系列产品 /49



企业简介

COMPANY PROFILE

长沙辉格智能科技有限公司

公司成立于 2018 年，是国内最早从事隧道智能化的专业厂家之一。经过多年的不懈努力，目前已具备自主知识产权的集传感、传输、采集、分析、测试 / 测量 / 测绘、仿真模拟、运动控制、智能化决策为一体的自我闭环的技术生态链体系，实现光 - 机 - 电 - 液 - 物联网 - 互联网 + 岩土 / 地质数据 + BIM 等各项技术结合过程工艺技术进行深度融合的技术架构，可为客户提供以价值为导向、全产业链级的完整解决方案，具有一定能力水平承担高难度、高复杂度的测控一体的系统型智能化集成性项目。



在测试 / 测量 / 测绘领域，辉格智能为军工、船舶、汽车、土工等行业提供从数据采集与分析、运动模拟与虚拟仿真、工程再应用等完整的系统解决方案，具有集成 GNSS 定位技术、惯性导航技术、雷达 / 超声波测速技术、人体生理与工程技术、运动控制技术、三维激光扫描技术、高速图像测量技术等，结合人 - 机 - 环境的数据融合与分析，提供全方位的综合性的解决方案。

基于为客户创造价值的理念，辉格智能开创性地建立了施工技术研发团队，将用户的现场与辉格智能的技术优势进行深度结合。三维激光扫描的成套测绘技术和传感技术，深度结合 BIM 技术、岩土 / 地质勘探技术、工程施工工法，利用机器学习算法、大数据等，实现施工过程数据化、信息化、决策智能化、效益最大化，为最终无人化施工建立重要基础。

在控制领域，辉格智能立足长远发展，在现有成熟的自动化技术基础上，利用传感、扫描、勘探等环境感知技术结合施工工法实现自动路径规划，并通过指令控制机 - 电 - 液自动化系统，实现智能化控制。

目前，辉格智能已经建立了自有独立的智能化隧道的技术架构体系和产品体系。聚焦矿山法隧道、盾构法隧道和矿山开采构筑领域，研发从工程规划、设计、施工与运营维护等全寿命期相关的信息化、数字化、智能化技术。在传统隧道行业施工设备智能化升级、大型隧道和矿山的施工设备无人化技术、三维仿真技术、隧道数字化还原技术、灾害反演技术、风险预警与管理、新工法研究与工艺实践等方面具备国内领先水平。不仅提供非常具有竞争力的产品，同时结合不同领域的专业知识为客户提供全面、优质、专业和具有前瞻性的技术、产品和服务。



组织架构

ORGANIZATIONAL
STRUCTURE

基于辉格公司的技术生态链的长远规划，相继设立了测量测绘技术团队、施工工艺技术团队、电液控制和运动仿真控制技术团队，并与地质研发团队紧密配合和相互协调。采用 IPD+CMMI 研发管理体系，形成具有分工明确、各有所长、互相支撑、科学整合的技术队伍，实现机 - 电 - 液 - 光 - 物联网 - 互联网 + 岩土 / 地质数据 + BIM 等各项技术结合过程工艺技术进行深度融合的技术架构体系，以适应各种测量、测试、测绘、自动控制、智能控制、无人化工作等项目需求。



智能化核心技术

INTELLIGENT CORE TECHNOLOGY

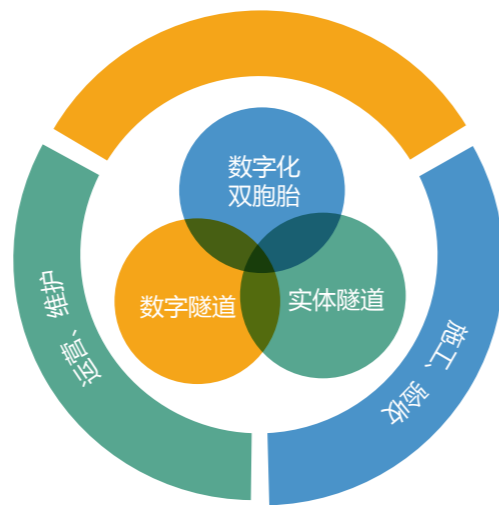
- 基于三维扫描和传感技术的自动工况判别云系统
- 结合施工工艺与岩土 / 地质数据的智能辅助决策
- 基于机器学习的施工过程自适应能力
- 结合现场实况与远程专家诊断的管控决策应急能力
- 多工序、多机种的数据共享与互支撑能力
- 车载式高效三维激光扫描成像系统
- 自动环境感知、自动路径规划和自动控制
- 深度结合施工工艺的运动控制与决策系统
- 高度融合光 - 机 - 电 - 液 + 岩土 / 地质 + 物联网等技术
- 基于施工过程数据的高效科学的危险源预警与判定
- 高效可靠的事事故对比反演
- 采用 3D 技术的高逼真度工程回放系统
- 基于智慧化 AIoT 全方位的三层立体监控系统
- 利用施工过程数据而科学搭建的在线监测云系统

智能化隧道理念

INTELLIGENT TUNNEL

智能化隧道是基于三维激光扫描技术，将在线传感监测、环境感知、路径识别与规划相结合，进一步将目标的定位测量及地质超前预报系统关联起来，利用云计算和大数据技术进行数据融合与处理分析，实现终端平台上的“数字隧道”，作出智能化响应和辅助决策的指令，实现智慧管控。

智能化隧道由装备智能化、施工智能化、运维智能化三个核心部分组成。充分利用信息采集、传播、分析、展示和工程运用方面的优势，将云计算技术、大数据技术和物联网、互联网技术有机结合，建立一个智能化管、控、养云平台，实现智慧感知、智慧管理、智慧决策和智慧服务，提供一种高效、安全、人性化、先进的新型隧道建设、运营模式。



智能化隧道平台核心技术

CORE TECHNOLOGY OF INTELLIGENT TUNNEL PLATFORM

装备智能化控制技术

以工程施工工法、效率和质量需求及实际的现场施工环境为前提，基于成熟的“机-电-液”控制技术，借助3D激光扫描和传感器等测量与测绘技术、机器学习技术、运动学与动力学、岩土与地质学等，通过复杂的多种高级数据处理技术，形成类人的全新的机器设备控制技术。

施工智能化技术

以减少施工过程的人为决策和施工环节的决策流程为目的，针对不同施工进度、安全和质量要求，通过装备智能化控制技术和施工工法以及围岩识别技术的紧密结合，构建基于在线实时隧道三维模型的在线和远程的展示、交互、决策和生产系统。

运维智能化技术

以建立科学运维决策为目的，基于施工阶段形成的隧道三维模型，根据施工工艺实际状况而部署的隧道在线自动化检测系统和移动测量系统所获得的数据，全部纳入到隧道三维模型中，结合隧道检测规范，在线实时显示隧道的病害和结构变形状况，达到风险预警、辅助运维决策、现场维护指引与效果反馈。





装备智能化

INTELLIGENT EQUIPMENT

基于当前成熟的电 - 液自动控制系统, 结合三维激光扫描仪、传感器和车载电脑、地质预报系统等, 根据预先导入的施工目标任务, 通过自动环境感知、自动定位、自动路径识别与规划、自动多关节联动控制, 实现装备的自我定位、自我行走、自主独立完成施工任务, 同时将扫描与检测数据、控制数据、施工过程数据、施工质量数据等发送到远程服务器或下道工序的施工机械设备, 达到现场与远程数据共享、上道工序与下道工序数据共享、控制与施工过程数据共享、施工过程数据与地质数据融合, 并为集群式多工法多机种大规模机械化施工提供了重要的基础。



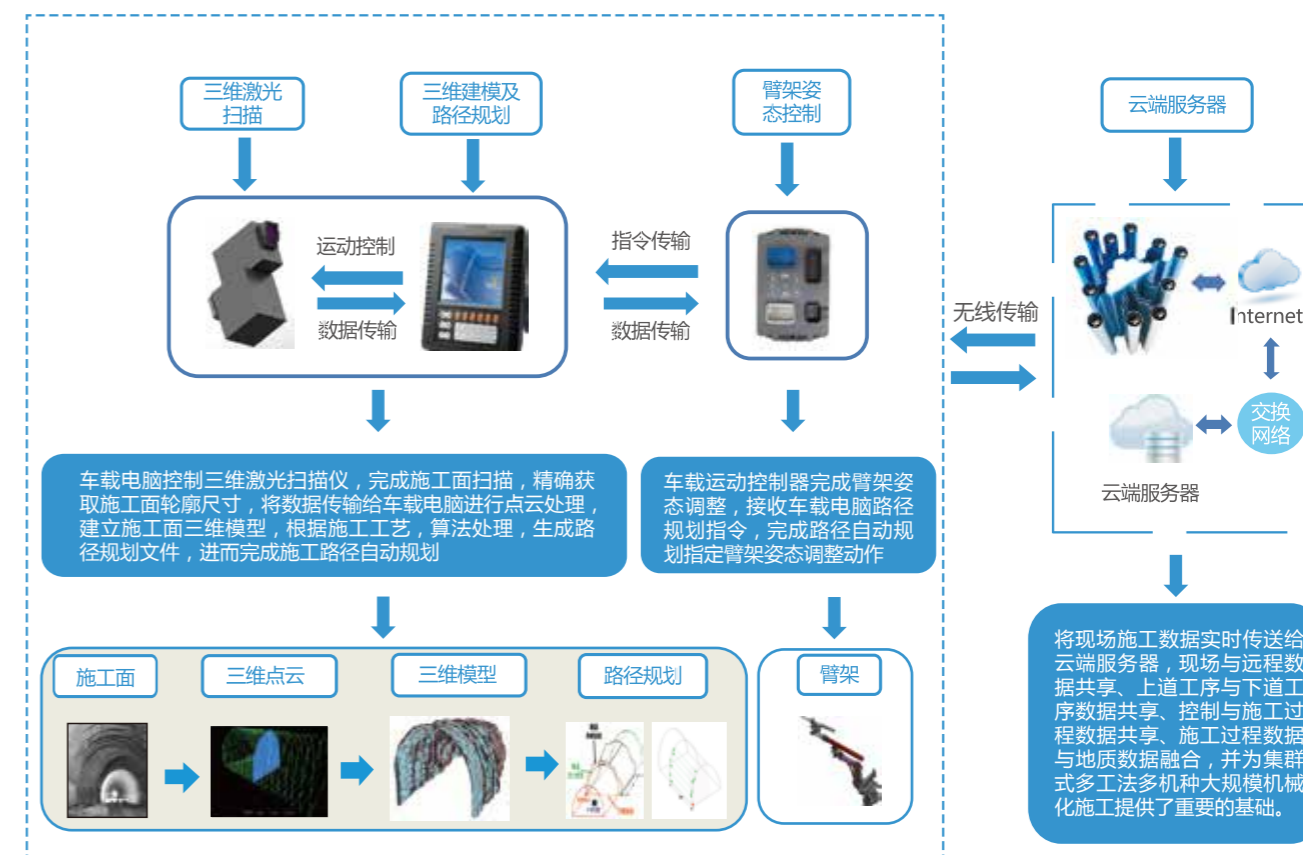
凿岩台车



湿喷台车



二衬台车



凿岩台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、超前地质预报系统、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据，通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件，实现远程在线监控。
MWD 预报系统	对钻孔作业时压力、速度、加速度等参数的监测分析结合地质雷达数据，通过软件系统分析复原地质情况，形成地质报告，对前方作业面进行地层情况进行判定。
掌子面建模系统	利用三维激光扫描仪的掌子面实际点云测量数据对上一环光面爆破的质量进行分析，同时通过对点云处理和计算将掌子面超欠挖情况和凹凸情况进行统计分析，为下一步自动布孔作业进行引导。
钻孔过程实时监控	在作业面的三维场景中展示设备的实时位置、姿态参数、钻孔角度、钻孔深度、臂架运动轨迹、作业循环施工信息等，达到施工过程监控的目的。
钻孔作业结果分析系统	通过车载三维激光扫描仪获取钻孔作业后掌子面的三维点云，分析确定钻孔施工后的放炮眼的数量以及眼间距，结合历史数据对作业结果质量进行分析。
自动布孔系统	根据地质预报文件结合设计图纸和规范要求，综合性地对钻孔作业面生成转爆方案，对钻爆孔的位置、斜度、深度进行指导性的软件生成和布置。
挠度测量系统	系统采用特种三维激光扫描系统对臂架末端位置进行实时跟踪测量，实时获取臂架末端的挠度数据，测量精度 $\leq 1\text{cm}$ 。
半电脑控制系统	专利的三维激光扫描系统，快速高效的定位、扫描和建模。 不依赖臂架结构的挠度测量系统，快速引导遥控对准操作。 能依据地质数据自动生成布孔图。 独有的避碰技术，实现人 - 机 - 隧的全方位保护。 先进的 3D 成像技术，真实呈现围岩的纹理、渗水等环境。 全数字化的隧道 - 台车的位置、作业过程、流程等在线显示技术。 快速升级现有台车。 手动遥控实现目标孔对准。 所有设备均适应隧道恶劣环境。
全电脑控制系统	专利的三维激光扫描系统，快速高效的定位、扫描和建模。 不依赖臂架结构的高精度实时挠度测量系统。 能依据地质数据自动生成布孔图。 独有的避碰技术，实现人 - 机 - 隧的全方位保护。 先进的 3D 成像技术，真实呈现围岩的纹理、渗水等环境。 全数字化的隧道 - 台车的位置、作业过程、流程等在线显示技术。 快速升级现有台车。 自动轨迹规划，自动实现目标孔对准，对准精度优于 5cm。 所有设备均适应隧道恶劣环境。
钻孔作业模拟系统	综合运用从历史作业 / 现场获取的岩土 / 地质数据和自动布孔数据、三维扫描数据和掌子面建模数据等建立的高逼真度的虚拟场景，配合台车臂架上安装的挠度测量系统和电 - 液控制系统，通过与台车实际操作的互动，手动 / 自动模拟目标孔对准过程，实现对台车的定位性能判定、施工工艺判定、人员培训等功能。

湿喷机应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统由传感器、相机、扫描仪、数据采集设备、有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件组成，实现远程监控。
施工调度系统	主要包括车载扫描仪、定位导航设备、有线 / 无线传输设备和数据处理软件与调度管理等组成。 通过对喷前的超欠挖分析，实现对位置、工程量、物料需求量、运输车辆调度、喷射工作量等的统一实时调度管理。
实时三维成像系统	系统由在线微波厚度测量仪和三维激光扫描仪组成。通过对喷射中的实时厚度测量并结合扫描仪对隧道的三维高清建模与超欠挖分析数据，实现喷中的远程隧道三维成像。
无人喷射操控系统	将实时三维成像系统与无线电 - 液遥控系统、超欠挖分析系统结合，实现基于超欠挖分析的远程喷射操作、在线质检，大幅度降低人员风险。
智能化控制系统	基于对隧道的三维激光扫描的高效数据处理与分析，自动建立超欠挖数据和施工工艺参数，对臂架进行轨迹规划，通过电液控制系统，实现自动连续喷射。
喷涂作业模拟系统	系统由湿喷机实车和隧道环境模拟子系统组成。将高逼真度的隧道实际工况的模拟仿真场景，利用施工工艺参数库，与实车上的喷射操作结合，实现工艺验证、人员培训等功能。
车载三维激光扫描仪	具有自定位功能的车载型隧道专用的三维激光扫描仪，能根据预设自动进行隧道内的快速定位、扫描、数据分析、三维建模，为隧道施工、运维过程中的信息化、数字化及智能化提供高质量数据基础。
在线微波厚度检测仪	车载在线厚度检测仪是在湿喷机作业条件下，利用微波原理对喷涂区域进行实时厚度检测，结合车载显示器，显示喷涂施工中的平整度。
点云模型分析系统	利用施工面实际点云测量数据对上一循环初期支护喷涂的质量进行分析，同时通过对点云文件的处理和计算将开挖面超欠挖情况进行统计分析，自动识别作业面有无钢拱架情况，针对不同的施工要求和作业环境对作业面进行空间坐标切割，形成喷涂作业轨迹规划，为下一步作业进行引导。
作业过程监控系统	在作业面的三维场景中展示设备的实时位置、姿态参数、喷射角度、喷射流量、喷射距离、喷射轨迹、作业循环施工信息等，达到湿喷机施工过程监控的目的。
作业质量分析系统	通过车载三维激光扫描仪，获取喷涂点云，将初喷和复喷以后的三维成像分别和实际开挖以后的三维成像在同一个三维场景中进行加载，用色阶的方式分别展示整体喷射厚度、初喷厚度和复喷厚度。

劈裂台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	加装各类传感器对台车状态进行监测，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
针对性岩层探测系统	采用矿井地质雷达对需要劈裂的危险区域进行探测，自动识别前方 30 米深 60 平方米内的纹理裂隙、障碍物及浮岩毛石、断层、岩溶及其它异常体，结合 3D 技术进行直观、形象的显示。
劈裂点自动设置系统	加装扫描仪和车载工控机，根据岩层探测信息通过数据分析模块自动对劈裂点进行合理规划，根据岩石的纹理和岩性，合理分布劈裂点并自动指引定位作业。
3D 成像系统	采用专利的三维扫描系统，对巷道进行全方位的 mm 级高速三维激光扫描并建模，通过高精度的纹理技术，识别 mm 级的表面裂纹并进行定位标注，同时提供劈裂台车与目标孔（人工设定或自动设定）的 mm 级相对定位数据。通过巷道内的数据传输和显示系统，将 3D 数据呈现给远程操作员进行遥控操作。 该系统可提供台车的导航定位信息，引导台车在巷道内行走。 该系统还可与岩层超前预报系统结合，实现围岩的表面和深部的裂缝识别、定位、显示。
劈裂作业模拟系统	综合运用从历史作业 / 现场获取的围岩数据、三维成像数据、巷道轨迹等建立的高逼真度的虚拟矿井巷道场景，配合电 - 液控制系统，通过与台车实际操作的互动，手动 / 自动进行模拟裂缝识别与定位、劈裂点的生成与定位、台车自动 / 遥控行走、目标劈裂排障点对准过程，实现对台车的定位性能判定、施工工艺判定、台车的巷道通过能力判断、人员培训等功能。
无人化劈裂台车操作系统	基于 3D 成像系统，结合无线 / 有线遥控系统和电 - 液控制系统，通过远程操作手柄实现劈裂台车在巷道内安全移动、清晰且实时地观察判断与定位危岩，并控制台车行走与臂架运动，完成手动遥控劈裂工作。
智能型劈裂台车控制系统	先进的 3D 成像系统，实现高效的台车定位、巷道三维扫描和建模、台车自动行走导航。依据地质雷达数据和 3D 成像系统，通过表面和深部裂缝的识别来确定危岩的位置与体积，进而确定目标劈裂点位置，通过工控机自动发送台车行走和臂架的运动轨迹规划参数到电 - 液控制系统，完成手动遥控 / 自动劈裂作业。 独有的避碰技术，实现人 - 机 - 巷道的全方位保护。 全数字化的巷道 - 台车的位置、作业过程、流程等在线 3D 显示技术。 快速升级现有台车。 通过环境和目标自动识别进行自动轨迹规划，自动控制台车行走和臂架运动，以快速实现目标孔对准，对准精度优于 3cm。 传感、扫描、计算、控制硬件设备均适应隧道恶劣环境。

撬毛台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	加装各类传感器对台车状态进行监测，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
岩层超前预判系统	采用矿井地质雷达对需要撬毛的危险区域进行探测，自动识别前方 30 米深 60 平方米内的纹理裂隙、障碍物及浮岩毛石、断层、岩溶及其它异常体，结合 3D 技术进行直观、形象的显示。
3D 成像系统	采用专利的三维扫描系统，对巷道进行全方位的 mm 级高速三维激光扫描并建模，通过高精度的纹理技术，识别 mm 级的表面裂纹并进行定位标注，同时提供撬毛台车与目标撬点（人工设定或自动设定）的 mm 级相对定位数据。通过巷道内的数据传输和显示系统，将 3D 数据呈现给远程操作员进行遥控操作。 该系统可提供台车的导航定位信息，引导台车在巷道内行走。 该系统还可与岩层超前预报系统结合，实现围岩的表面和深部的裂缝识别、定位、显示。
撬毛模拟系统	综合运用从历史作业 / 现场获取的围岩数据、三维成像数据、巷道轨迹等建立的高逼真度的虚拟矿井巷道场景，配合电 - 液控制系统，通过与台车实际操作的互动，手动 / 自动进行模拟裂缝识别与定位、撬点的生成与定位、台车自动 / 遥控行走、目标撬点对准过程，实现对台车的定位性能判定、施工工艺判定、台车的巷道通过能力判断、人员培训等功能。
无人化撬毛台车操作系统	基于 3D 成像系统，结合无线 / 有线遥控系统和电 - 液控制系统，通过远程操作手柄实现撬毛台车在巷道内安全移动、清晰且实时地观察判断与定位危岩，并控制台车行走与臂架运动，完成手动遥控撬毛工作。
智能型撬毛台车控制系统	先进的 3D 成像系统，实现高效的台车定位、巷道三维扫描和建模、台车自动行走导航。依据地质雷达数据和 3D 成像系统，通过表面和深部裂缝的识别来确定危岩的位置与体积，进而确定目标撬点位置，通过工控机自动发送台车行走和臂架的运动轨迹规划参数到电 - 液控制系统，完成手动遥控 / 自动撬毛作业。 独有的避碰技术，实现人 - 机 - 巷道的全方位保护。 全数字化的巷道 - 台车的位置、作业过程、流程等在线 3D 显示技术。 快速升级现有台车。 通过环境和目标自动识别进行自动轨迹规划，自动控制台车行走和臂架运动，以快速实现目标裂缝对准，对准精度优于 5cm。 传感、扫描、计算、控制硬件设备均适应隧道恶劣环境。

悬臂式掘进机应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	加装各类传感器对台车状态进行监测,结合台车的结构、运动和三维模拟技术,进行数据分析与故障诊断,进而判断发生故障点及解决方案,实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
岩层超前 预判系统	采用地质雷达对作业区域进行探测,识别前方 30 米深 60 平方米内的围岩级别,纹理裂隙、障碍物及浮岩毛石、断层、岩溶及其它异常体,结合 3D 技术进行直观、形象的显示。
掘进导向系统	由激光惯导系统和特种里程计及上位机软件等组成。 完全独立运行,适应高速(推进 > 30m/班)曲线掘进。 实时获取真北值和姿态角度值,一次开机能持续工作 30 天以上。 自动获取当前行走里程数和显示实时路径轨迹与偏移。 专利的防履带打滑、带轮空转等误差自动修正能力。 良好的环境适应能力(防爆、粉尘、水冲淋、强冲击等)



掘锚台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据,通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件,结合台车的结构、运动和三维模拟技术,进行数据分析与故障诊断,进而判断发生故障点及解决方案,实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
掘进导向系统	由激光惯导系统和特种里程计及上位机软件等组成。 完全独立运行,适应高速(推进 > 30m/班)曲线掘进。 实时获取真北值和姿态角度值,一次开机能持续工作 30 天以上。 自动获取当前行走里程数和显示实时路径轨迹与偏移。 专利的防履带打滑、带轮空转等误差自动修正能力。 良好的环境适应能力(防爆、粉尘、水冲淋、强冲击等)
3D 成像 + 定位系统	车载式三维激光扫描系统,实时全方位 mm 级高速隧道扫描并高清建模。 自动识别掘锚机在隧道设计中心线的当前坐标位置。 结合地质调查数据和隧道设计数据,确定支护参数,生成锚点布置图。 提供掘锚台车与目标锚点 mm 级相对定位数据,并发送到臂架控制系统。 依据隧道设计数据与实际扫描数据,生成超欠挖数据,引导掘进系统。 通过数据传输和显示系统,将 3D 数据呈现给远程操作员进行遥控操作。 该系统可同时提供台车的导航定位信息,引导台车的精确定位与行走。
半无人化掘锚 台车操作系统	基于 3D 成像系统生成的各项数据和高逼真度的虚拟隧道场景技术,结合无线 / 有线遥控系统和电 - 液控制系统,通过远程操作手柄实现台车在隧道内精准移动与定位、清晰且实时地观察判断与定位目标掘进路线与锚固点,并控制台车臂架运动与目标对准和作业,完成远程手动遥控掘锚作业。 半无人化操作系统由三维激光扫描系统、掘进导向系统(可选)、臂架的传感系统、电 - 液控制系统、远程遥控系统、远程 3D 显示系统、支护参数与锚点图生成系统、数据传输系统等组成。

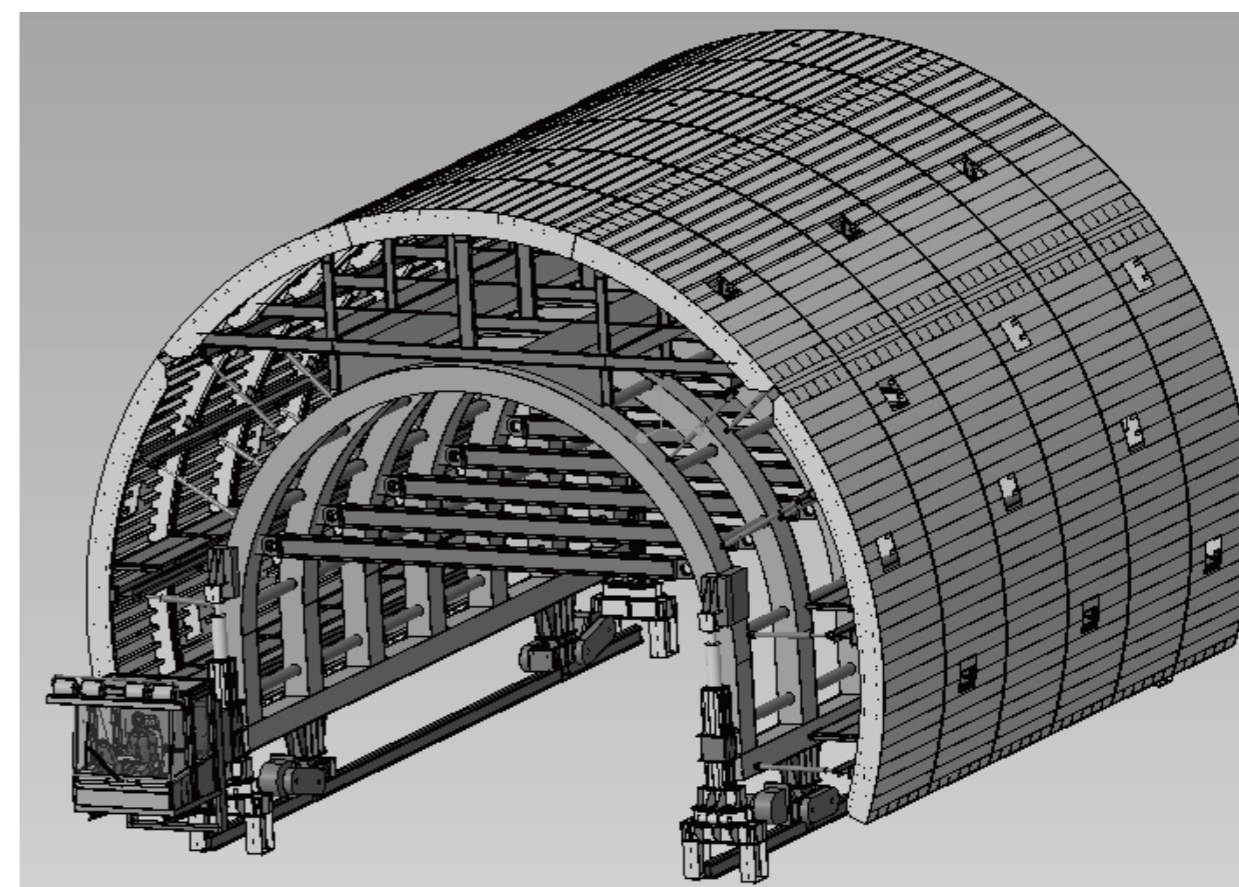


多臂拱架台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据，通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
3D 成像 + 定位系统	采用专利的三维扫描与相机组合系统，实时对隧道和拱架进行全方位的 mm 级高速三维激光扫描并建模，通过高精度的纹理技术，识别拱架的中心点和拱架的安装点并进行定位标注，同时提供拱架台车与目标点的 mm 级相对定位数据。通过隧道内的数据传输和显示系统，将 3D 数据呈现给远程操作员进行遥控操作。 该系统可同时提供台车的导航定位信息，引导台车的精确定位与行走。
拱架抓取与对准模拟操控系统	综合运用从历史作业 / 现场获取的隧道三维成像数据、拱架安装设计需求数据、各种拱架规格、安装工艺等建立的高逼真度的虚拟隧道场景，配合电 - 液控制系统，通过与台车实际操作的互动，手动 / 自动进行模拟拱架识别与定位及抓取、安装目标点生成与定位、台车自动行走、拱架之间对准过程等动作，实现对台车的定位性能、臂架控制能力、拱架拼接能力、施工工艺的合适性、台车通过能力等装备性能与工艺的测试与验证，以及人员培训等功能。
半无人化拱架台车操控系统	基于 3D 成像系统，结合无线 / 有线遥控系统和电 - 液控制系统，通过远程操作手柄实现拱架台车在隧道内精准移动与定位、清晰且实时地观察判断与定位拱架和目标安装点，并控制台车臂架运动与拱架对准，完成远程手动遥控抓取与拼接工作。

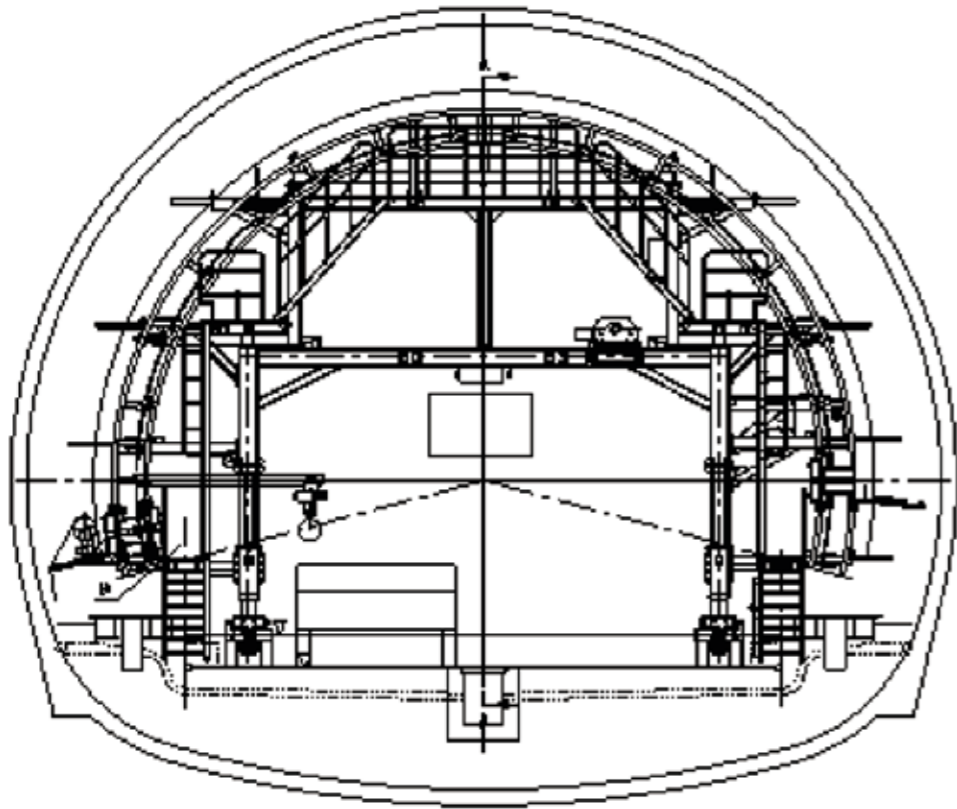
二衬台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据，通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
3D 成像与定位系统	采用专利的三维扫描系统，实时对隧道进行全方位的 mm 级高速三维激光扫描并建模，识别台车在隧道设计中心线上的实际位置并输出台车的和立模的目标定位数据以便控制系统自动调整。同时输出被扫描面的需灌注混凝土方量数据。通过隧道内的数据传输和显示系统，将 3D 数据直观形象地呈现给远程操作员进行遥控操作。



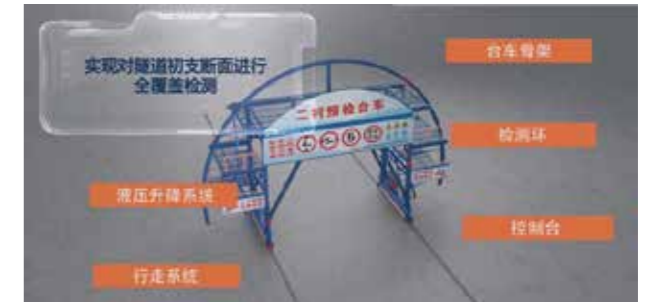
防水板挂设台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据，通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
3D成像与定位系统	采用专利的三维激光扫描系统，对隧道工作面进行全方位的 mm 级高速三维激光扫描并建模。识别台车在隧道设计中心线上的实际空间位置，并输出台车的目标定位数据以便控制系统自动调整。 输出防水板要挂设的目标位置，同时在防水板挂设过程中进行实时扫描，确保防水板的实际挂设位置，及相邻防水板在焊接前的精确对准，并将定位数据发送到控制系统以便控制卷扬系统。 通过激光扫描系统对成型的钢筋架进行高速的在线质检。 确定钢筋架的目标位置，以便快速顶升到位。 通过隧道内的数据传输和显示系统，将 3D 数据直观形象地呈现给远程操作员进行遥控操作，和电 - 液控制系统，实现台车的智能化。



自走式仰拱栈桥应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据，通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
智能化定位控制系统	采用三维激光扫描仪和工控机与前后工序相结合，自主确定施工状态对栈桥液压进行操作，具备前、后、左、右移动功能，控制行走用电控专用小车，整个栈桥就位无需人工铺轨，人为操控。
作业过程监控系统	通过加装三维激光扫描仪将仰拱作业面的三维场景进行展示，将钢筋绑扎的实时位置，浇筑混凝土施工的姿态参数、喷射角度、喷射流量、喷射距离、喷射轨迹、作业循环施工信息等，达到仰拱施工过程监控的目的。
作业质量分析系统	对钢筋绑扎作业时的主筋加装标识点，通过三维激光扫描仪，对仰拱钢筋数量、钢筋间距进行检查。在仰拱浇筑施工环节中根据获取喷涂点云，将喷涂施工完成以后的三维成像和设计的三维成像在同一个三维场景中进行加载，用色阶的方式分别展示整体喷射厚度和仰拱喷射质量。



二衬厚度预检台车应用产品系列

产品名称	功能描述
信息化系统	系统将车载传感器、相机、全站仪 / 扫描仪、人员定位设备等数据，通过现场采集设备和有线 / 无线传输设备、云服务器及相关软件，结合台车的结构、运动和三维模拟技术，进行数据分析与故障诊断，进而判断发生故障点及解决方案，实现远程、快速、高效的监测和维修服务。
三维激光扫描仰拱质量识别系统	通过加装三维激光扫描仪将，点云数据进行移动拼接，摆脱传统检测方法采用激光断面仪无法对初支断面全覆盖检测的情况，将通过连续轴向移动获取的点云数据将作业面可能存在初支侵入二衬的情况以激光标识和上位机中生成展开图的方式进行综合性的检查并形成报告。

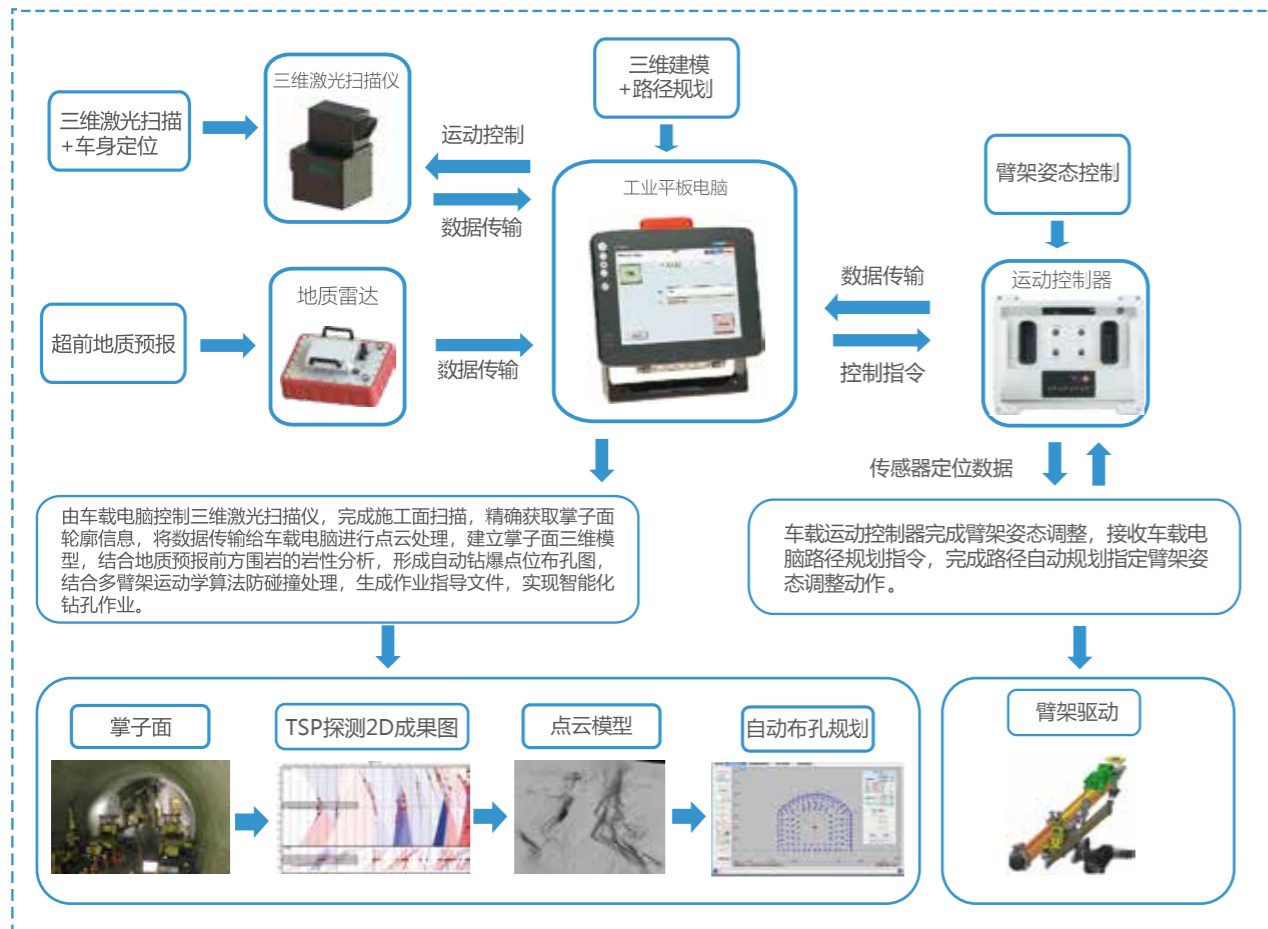
凿岩台车智能化控制系统



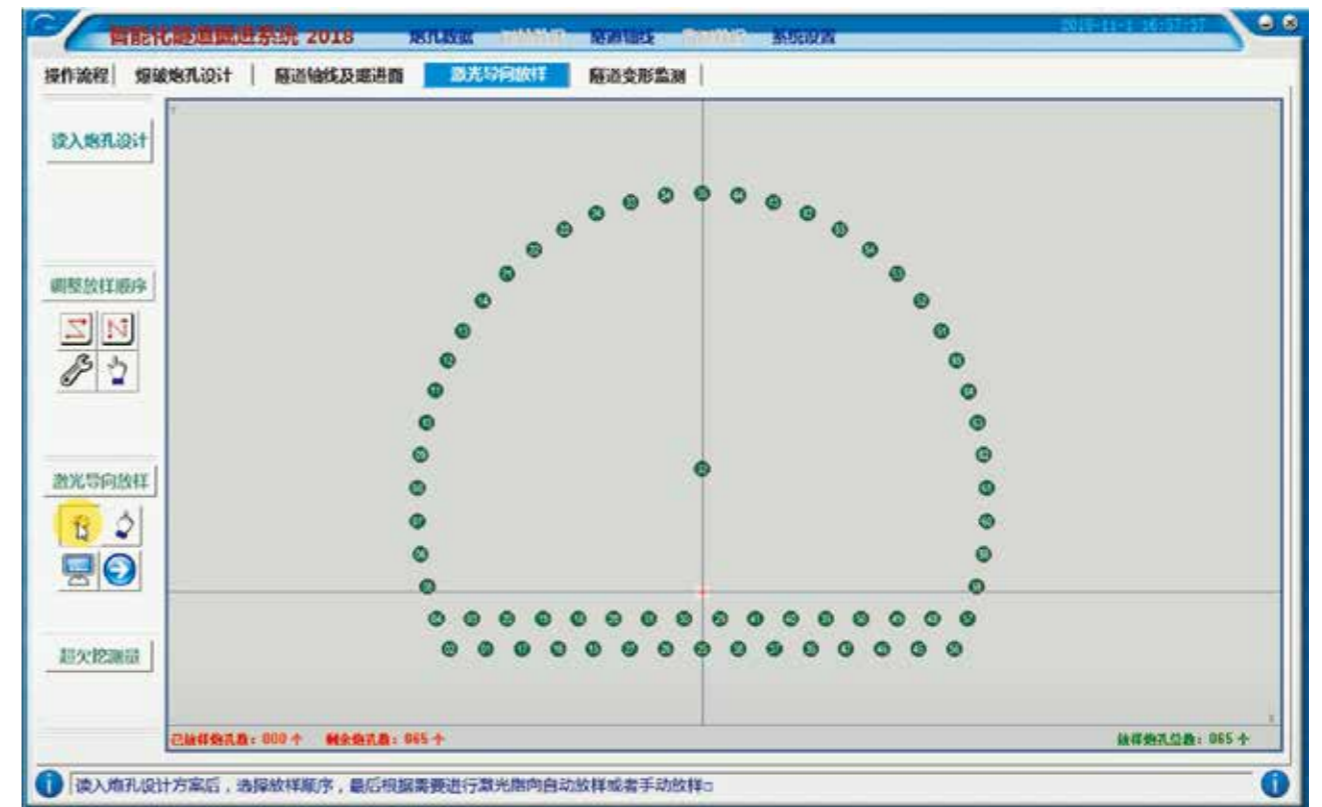
产品特点

- 结合超前地探数据自动生成钻孔布置图，可支持多钻孔同时定位，定位误差 $\pm 2\text{mm}$ ；
- 标准化钻孔作业，钻孔过程中无需人员干预；
- 隧道环境可视化，可自动识别隧道表面渗水分布情况；
- 可支持多臂架作业施工三维仿真数字化，可自动适应不同的隧道断面形状；
- 可导入隧道设计文件，快速呈现工作面分析情况；
- 基于轨迹规划的臂架自动控制，与隧道施工工艺和隧道环境紧密结合；
- 系统具有良好的隧道环境的适应性和稳定性；
- 现有凿岩台车可直接进行智能化升级改造；
- 采集施工过程中的数据，并且对数据进行整合与输出；
- 形成施工的循环报告，为后续数据分析提供数据支撑；
- 为后续的智能控制以及大数据分析提供前期基础。

系统框图



钻孔设计软件



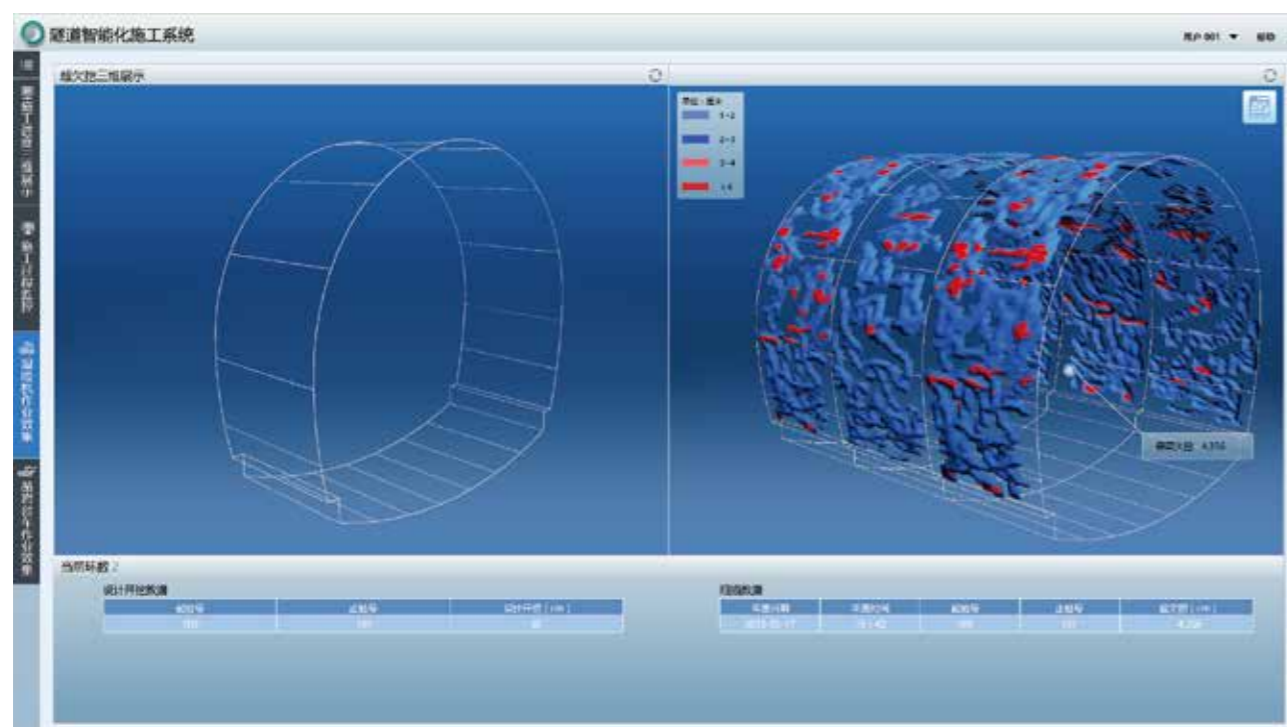
主要性能参数指标

序号	名称	性能指标
1	整机定位时间	$\leq 5\text{min}$
2	掌子面数字化时间	$\leq 3\text{min}$
3	自动布孔时间	$\leq 1\text{min}$
4	作业臂单点定位时间	$\leq 2\sim 3\text{min}$
5	成型炮孔定位精度	$\leq 5\text{cm}$

湿喷机智能化控制系统

产品特点

- 比传统湿喷台车效率提高 50% 以上，两侧边墙的回弹率控制在 6% 以内；
- 标准化喷涂作业，喷涂过程中无需人员干预；
- 隧道环境可视化，可自动识别隧道表面渗水分布情况；
- 喷前、喷中、喷后作业数字化，可自动适应不同的隧道形状；
- 基于轨迹规划的臂架自动控制，与隧道施工工艺和隧道环境紧密结合；
- 可导入隧道设计文件，快速呈现超欠挖等工作面分析情况；
- 自动识别钢拱架形状、位置、间距，便于自动生成针对性的喷涂轨迹；
- 系统具有良好的隧道环境的适应性和稳定性；
- 现有湿喷机可直接进行智能化升级改造；
- 自动方量计算和喷涂轮廓监测对比。



主要性能参数指标

序号	名称	性能指标
1	整机定位时间	≤5min
2	整机定位误差	≤5cm
3	扫描时间	≤5min
4	喷涂定位误差	≤10cm
5	隧道轮廓平整度误差	≤8cm
6	理论方量误差	≤10%
7	拱顶回弹率	12%
8	边墙回弹率	6%

撬毛台车智能化控制系统

产品特点

- 比传统撬毛台车效率提高 50% 以上，通过远程遥控杜绝现场人员的安全隐患；
- 自动行走至目标作业面，自动定位目标作业点；
- 通过高效扫描与数据分析（30s 内）和可视化辅助支持，在上位机系统中对作业面进行工况判别，为操作人员提供辅助决策；
- 撬毛过程现场无人化，实现自动及远程操作；
- 洞室环境可视化配合地质雷达，可自动识别前方 30 米深 60 平米内的纹理裂隙、障碍物及浮岩毛石；
- 可支持臂架作业施工三维仿真数字化；
- 基于轨迹规划的臂架自动控制；
- 系统具有良好的地下环境的适应性和稳定性；
- 现有撬毛台车可直接进行智能化升级改造。



主要性能参数指标

序号	名称	性能指标
1	扫描时间	≤30s
2	防护等级	IP67
3	工作环境温度	-20~65℃
4	抗振指数	2g (三个方向)
5	裂缝识别宽度	≥3mm
6	探底雷达	≤2min (30 米深 60 平米内)
7	行走导航定位精度	≤50mm
8	臂架作业定位精度	≤50mm

多臂拱架台车智能化控制系统

产品特点

- 钢拱架台车作业自动化，一个作业循环≤15min；
- 通过高速扫描自动获取钢拱架在隧道内的目标安装位置；
- 自动识别钢拱架的尺寸、形状和质心点，进行精确抓取；
- 通过轨迹规划驱动臂架电液控制系统，自动将钢拱架推送到目标安装位置；
- 通过实时扫描反馈两拱架对接点位置数据，实现自动快速精确对准；
- 单作业环节完成后，通过扫描对拱架安装质量进行检查；
- 具有单臂架与隧道，臂架与臂架之间的自动防碰撞功能。



主要性能参数指标

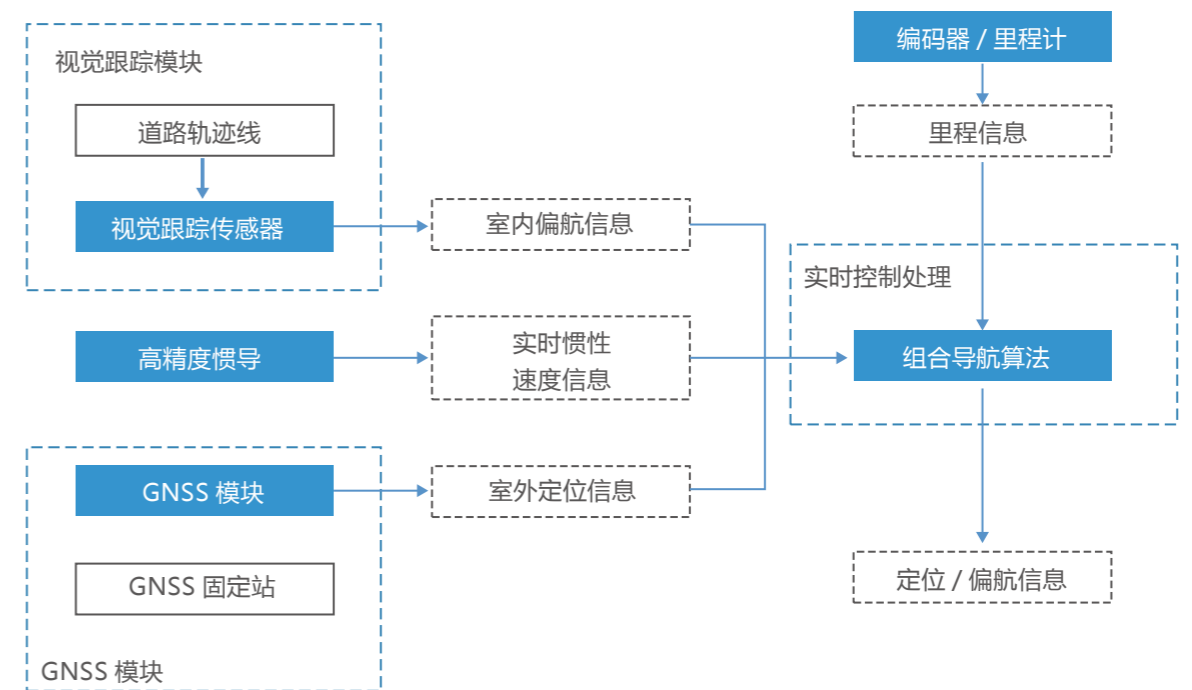
序号	名称	性能指标
1	扫描与处理时间	≤20s/次
2	抓取定位精度	≤30mm
3	拱架对接精度	≤2~3mm
4	单次作业循环周期	≤15min
5	拱架拼装倾斜度	≤2°
6	横向安装偏差	≤50mm

运输车自动导航系统

在智能化施工应用中，有大量的施工材料运输与废料土渣运出的需要，这些运输需求往往简单重复，而又环境恶劣，如果采用特定的自动化流程，可以大量减少人力风险，提高作业效率。

产品特点

- 多种定位导航方法联合应用；
- 根据实际应用环境定制；
- 模块化设计，根据实际选用；
- 高达 1cm 实时定位精度；
- 适应空旷、隧道、厂房等多种及混合环境；
- 适应水泥、渣土、硬质土等多种地面条件。



主要性能参数指标

序号	名称	性能指标
1	平面定位精度	可达到 0.01m
2	数据刷新频率	可达到 200Hz
3	方位角定向精度	可达到 0.1°
4	工作速度范围	0.1~80km/h
5	防护等级	IP66

施工智能化

INTELLIGENT CONSTRUCTION

目标

根据隧道施工设计详图，利用 Revit、3Dmax 等建模软件，采用参数化建模方法进行隧道三维建模，结合可视化隧道和物联网技术，实现湿喷机施工过程管理、凿岩台车施工过程管理、掘锚机施工过程过程管理。结合信息采集系统快速采集超前地质数据、围岩收敛数据、隧道位移应力数据，实现信息的共享和预警，对隧道施工实现超前动态控制，针对突发情况及时采取应对措施。构建集勘察、设计、施工、运维于一体的全生命周期隧道智能建造控制中心，对隧道全生命周期内的活动提供全方位、智能化服务。

提高企业对项目管理精度

构建企业级权限控制下的数据共享平台，保证施工数据集中高效处理，确保各施工项目数据在权限控制下的共享。

增加施工作业安全

实现施工装备自动化，有效减少现场作业面投入的人员，尤其针对隧道施工作业环境采用远程操控增加了人员施工安全，也排除了人为产生不确定因素风险。

实时化工艺环节质量管理

实现隧道施工过程的实时、有效的监控和管理，并对关键施工质量指标实现分级预警，并提供相应的预案，为现场施工管理人员提供决策支持。

解决施工工艺精度问题

采用智能化施工设备，能有效的改善施工工艺环节中存在的精度不足，施工技术水平不够等问题。

概述

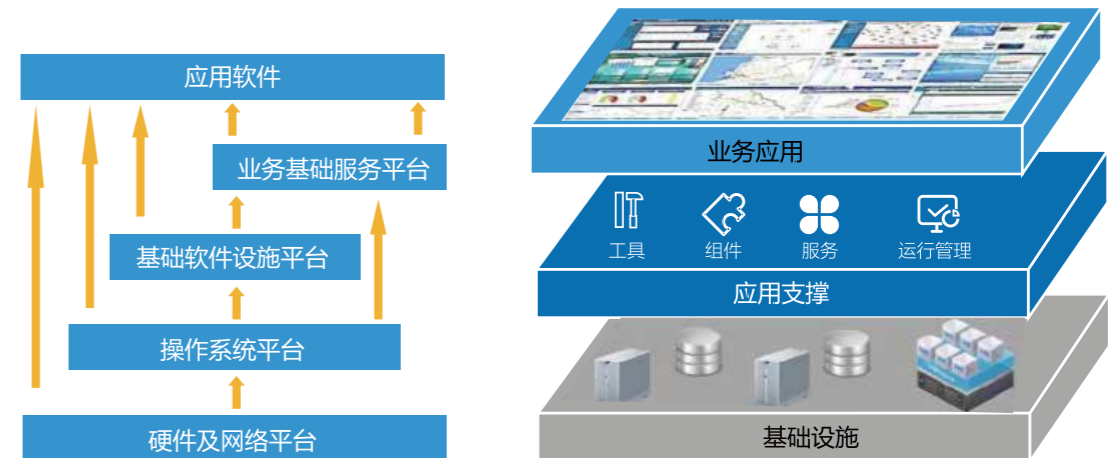
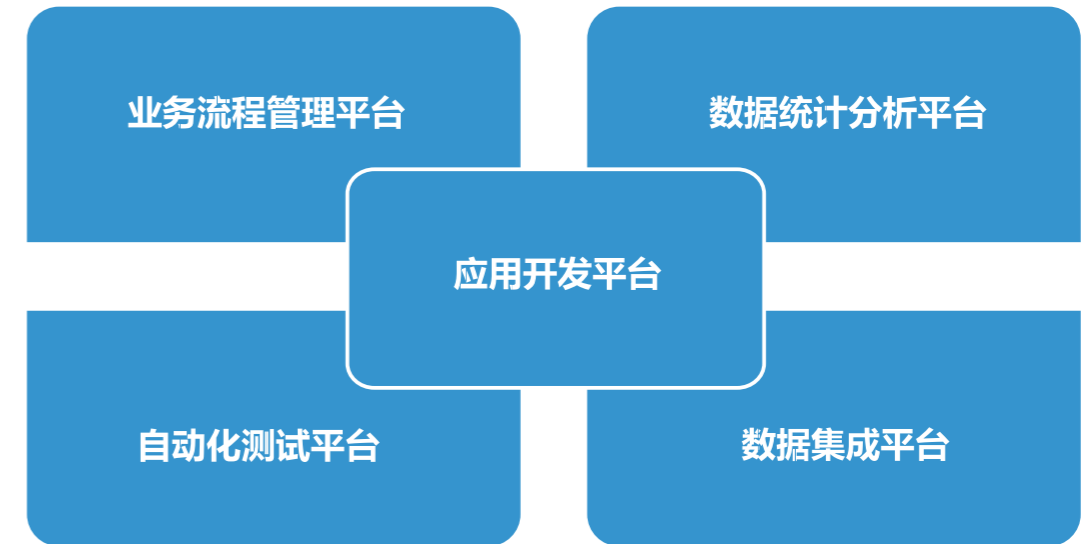
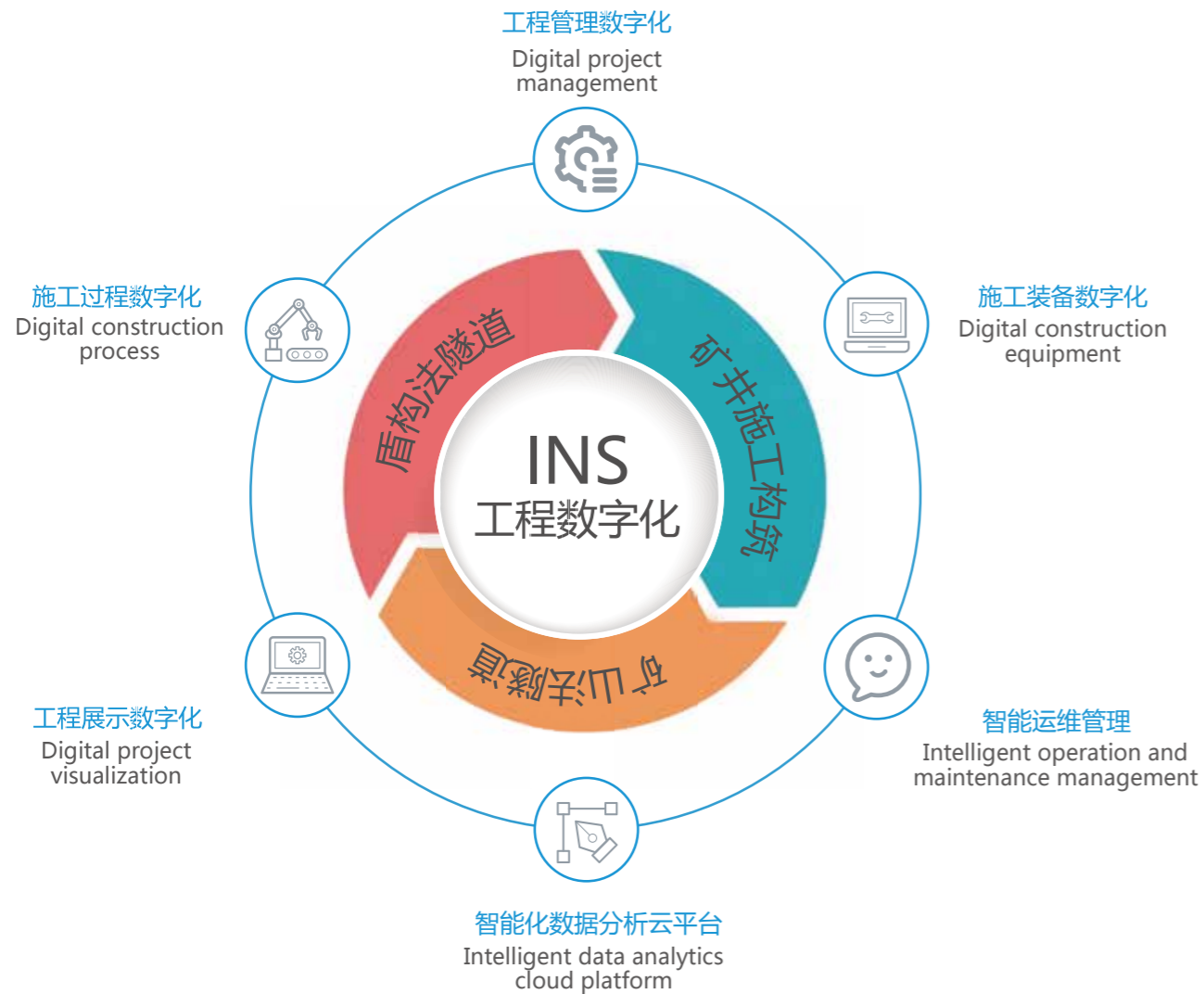
对传统隧道施工设备和工艺进行了革新，为传统施工设备机具装配定位系统、三维扫描系统、轨迹规划系统、臂架运动控制系统、泵送调节控制系统、数据存储及传输系统等形成智能化、自动化隧道施工。

将施工传感技术和信息系统连接起来，形成物联网；利用大数据技术、云计算技术对感知信息进行数据融合和处理分析，打造隧道智能建造领域的“数字化双胞胎”，实现“数字化隧道”与实体隧道的融合，构建集勘察、设计、施工、运维于一体的全生命周期隧道智能建造控制中心，对隧道全生命周期内的活动提供全方位、智能化服务。

施工智能化管理平台

行业背景

随着信息技术的发展,信息化、数字化已逐步贯穿于工程建设运行之中,近年来,物联网技术与移动技术的迅猛发展,又再次推动了高精度测量、定位技术、智能化技术在施工过程控制和施工作业管理上的崭新应用。这些创新性产品为革新施工工艺,提升施工质量,提高工作效率、保障施工安全提供了科学有效的手段。





系统平台特点

关键指标采集与监测

持续、动态、高精度的追踪测读机械设备的运行轨迹、速度、振动状态、自身定位和作业信息等数据信息，分析机械的运行状态。

施工质量分析

通过车载三维激光扫描仪，获取喷涂点云，将施工作业前和施工作业后的三维成像分别和实际开挖以后的三维成像在同一三维场景中加载，通过色阶的方式分别展示整体喷射厚度、初喷厚度和复喷厚度。

作业面点云模型分析

系统通过获取实测开挖轮廓线的三维扫描数据，并与设计轮廓进行对比，通过色阶的方式在三维场景中直观展示隧道的“超挖”和“欠挖”区块，区块的颜色代表超挖和欠挖量。

施工分步分项成果分析报告

根据不同的施工类型，设定需要分析的指标和参数，对上述指标进行分项分析，依据技术标准，得出分项合格结论，自定义报告模板，生成分析报告。

设备状态预警

当运行速度、振动频率、传感数据等出现超出正常值报警时，系统将自动向现场人员和数控中心发送报警信息，形成故障分析，显示异常情况发生位置。

设备导向与指引

通过车载工控机，实时显示设备工作状态；图形化地展示预先设定的最佳行走轨迹和作业轨迹，实时对比运动轨迹与作业覆盖区域，引导设备依照导航路线进行施工，并用扫描仪获取的点云数据在工序环节完成后进行质量检测，确保施工质量。

施工过程回放

基于装备智能化成型的情况下所有采集的数据都归档存储在后台数据库中，系统支持对已完成的施工过程进行回放，作业施工效果的评价与分析评价的依据，系统支持虚拟现实场景下的过程三维显示。

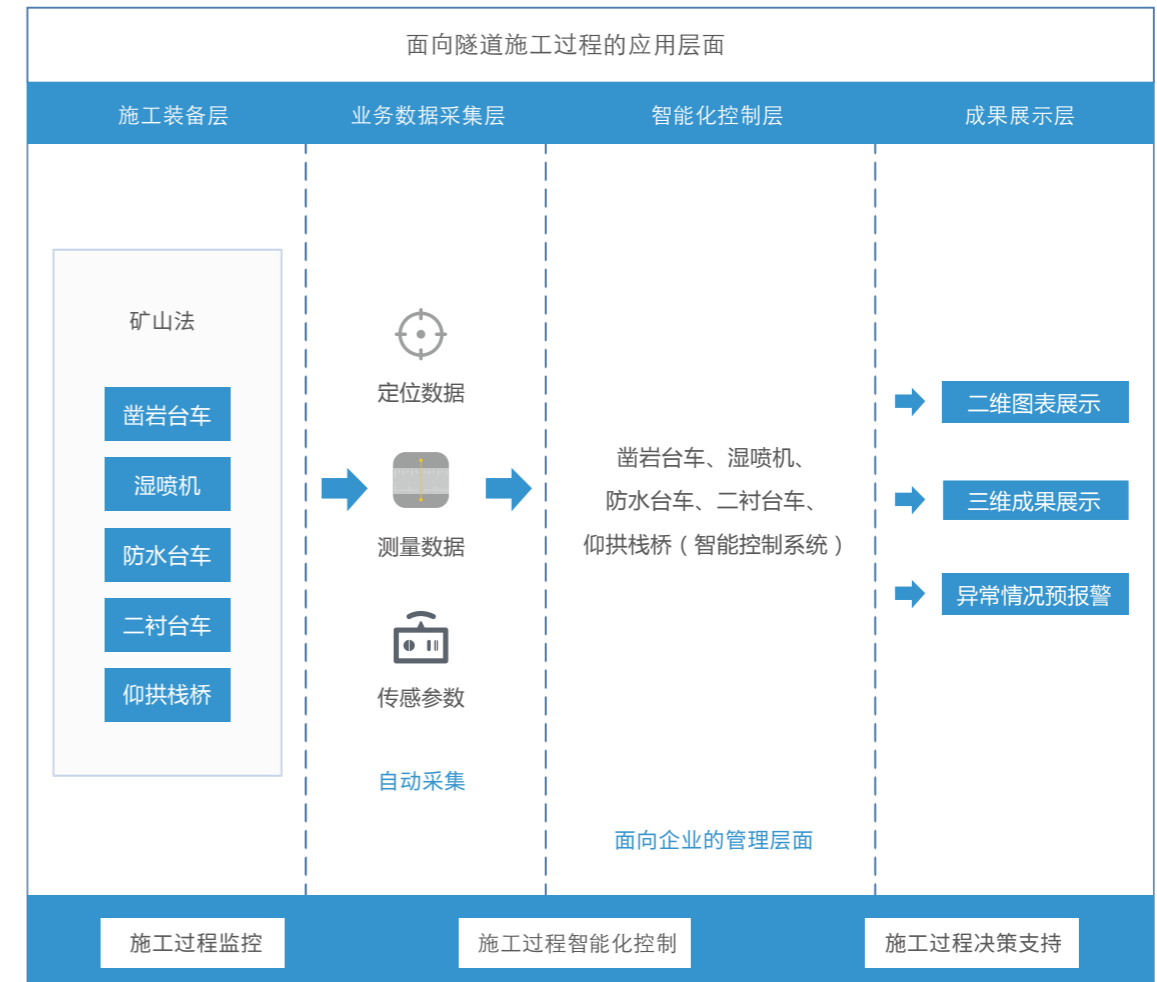
综合查询与历史比对

可根据关键词和特征点查询搜索任意施工作业段的信息，显示前后三环的动态形象展示。汇总显示各部分质量完成情况和不达标情况、原因统计分析表。

平台构架

建立隧道基础数据库，对隧道的静态基本信息、动态技术状况信息及质量情况进行信息化监督。结合各个管理监管平台的软硬件环境，建立针对各地方特点的隧道施工管理系统。

通过系统的建立，有效的提高隧道管理信息化与规范化水平，加强管理力度，最终实现隧道施工管理的智能化、信息化。



智能化施工管理系统

系统概述

施工数据三维数字化还原，通过智能化在线施工设备构筑隧道的每一步环节，做到每一步工序有据可查，单工序施工大数据分析，以 Unity 3D 标准构筑的系统将 3D 画面容易结合到网络浏览器、手机浏览器等其它应用程序中，做到施工现场实时化还原。使企业成员能进行跨区域、全天候、无缝隙的项目管理和层级沟通，文件方案、制度标准直线传达作业单元，文档资料大数据储存、审核、分析，通过标准化的流程管理和软件系统提醒机制高效提升企业成员沟通，提高企业整体工作效率，增加技术管理的实时性、穿透性。



系统特点

易用性技术

实现从登陆、实时、使用、维护、升级、扩展全方位运用。

保密性技术

信息不会泄露给非授权用户、实体或过程。或供其利用。数据未经授权不得进行更改。

数据权限技术

在对象权限、角色权限的基础上，增加了数据范围，从而实现集团化、多级别、多角色、职务权限、级别权限、一人多岗等不同的应用，可以有效应对集团化管理、矩阵管理、事业部管理、直线职能管理、项目管理等各种管理模式。

四维整合技术

通过门户引擎技术、 workflow 技术、消息引擎技术和数据交换技术解决应用孤岛、数据孤岛和信息孤岛。

门户 3.0 技术

通过角色、对象、数据等权限技术的引入，关联技术的引入，多维门花技术的引入，形成 3.0 技术特色，实现对应信息给对应的人、涉密的信息给对应权限的人、重要信息重点展现的管理需求。

分层扩展技术

实现系统从部署、平台、应用、功能到各模块的分层扩展性。

多核多进程部署技术

通过多核技术解决系统性能问题，通过多进程解决应用效率问题，通过多部署模式解决系统应变问题。

无限融合技术

支持多系统的融合升级，通过资源整合避免整个隧道施工管理的分割。最终让隧道形成真正统一的数据空间和交互环境，无论是 PC、PAD 还是手机，也不论是在隧道、地面还是办公室，实现实时的互联互通。

全兼容技术

支持系统自身迭代升级，并跨各种操作系统、数据库、中间件，兼容各种常用软件，解决资源复用和使用习惯问题。

智能交互技术

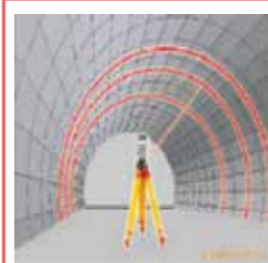
通过 PC、PAD、手机或者车载电脑实现施工人员、管理人员、监督人员、审查人员以及智能设备之间的互联互通，实现多级共享、实时交互。

01. 开挖设计模型



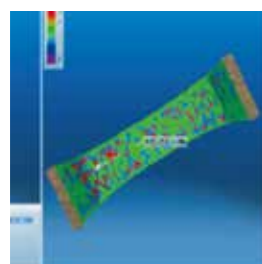
通过开挖结构设计文件，制作开挖面的设计三维模型

02. 三维扫描



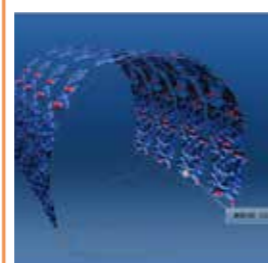
通使用三维激光扫描仪进行开挖结构的三维扫描

03. 点云分析



分析三维扫描仪获取的点云数据，生成对应的三维立体图形

04. 超欠挖分析



对比开挖设计模型和点云分析模型，分析开挖面的超欠挖情况，生成色谱分析模型



安装监控传感器和设备



定期巡检数据接入



智能分析分级预警

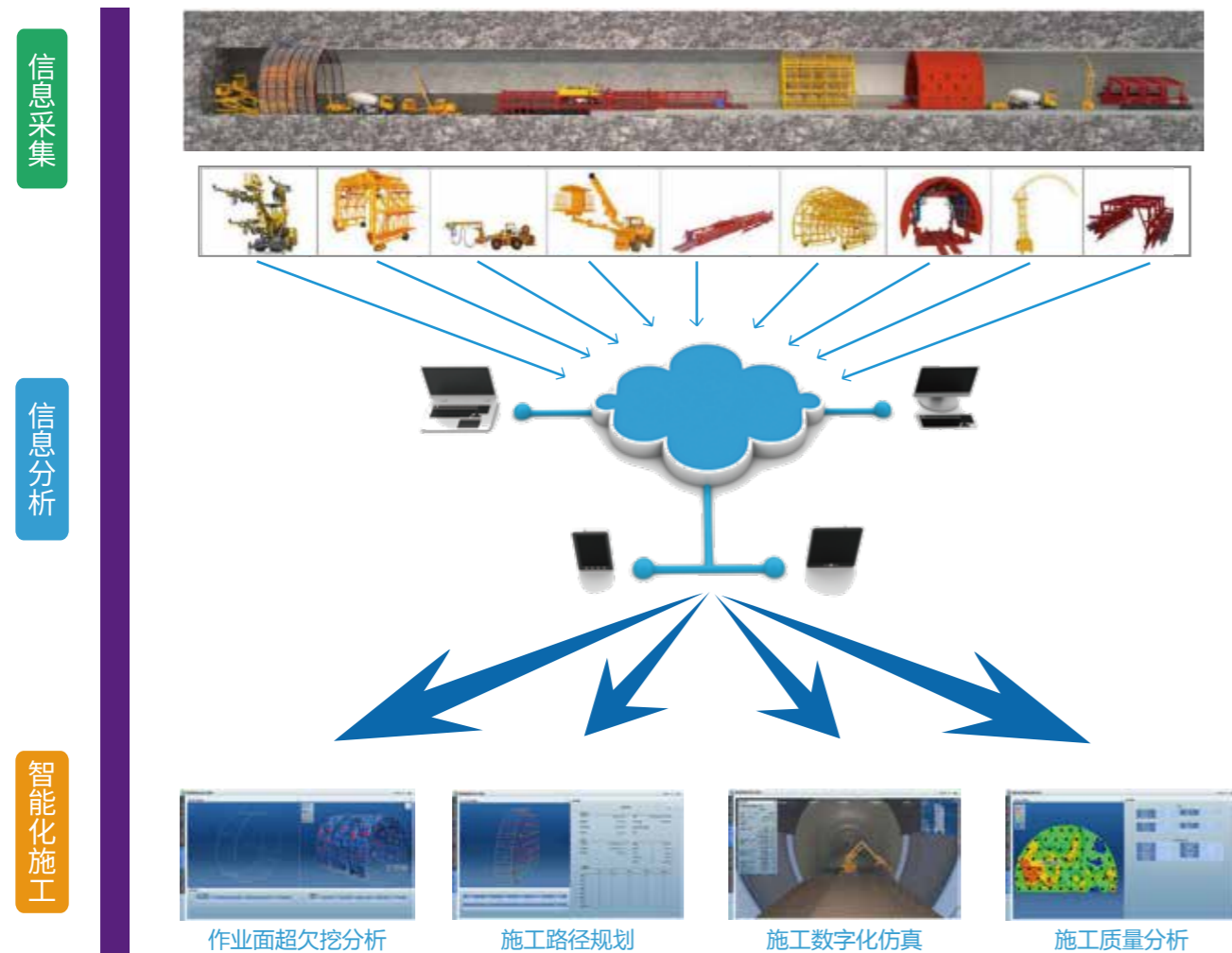


专家诊断应急处

系统目标

建立以标准化、集成化、信息化、知识化的“四位一体”为基础的施工项目实施进度、安全、信息管理协同体系。

形成以制度约束、系统统筹及组织管理的建设项目保障体系，做到安全、高效、有力、一杆见底的集约式管理，有效利用信息化、智能化技术打造现代化的管理模式，为项目管理统筹远程指导和透明化管控，为公司、企业战略决策提供依据和支持。



功能模块介绍

序号	模块	功能	说明
1	单元设计	单元定义	单元模块定义分区
		作业设计	支持钻孔、喷涂、自定位、超前地探功能，支持自动生成规划图到 AutoCAD
		施工组织设计	可选支持设计审核、审批流程
2	开发计划	中长期计划	隧道内全机种智能化联协作业
		短期计划	针对开挖和湿喷阶段智能化装配
3	施工管理	过程数据采集	定位、运动、制浆、钻孔、压水、冲洗、灌浆等施工设备作业过程数据采集
		环境数据采集	依托于传感器监控体系和超前地探设备形成作业环境感知分析
		成果数据整理	完成施工后的历史数据报告
4	质量管理	超前地质探测	岩芯取样、声波检测、地质雷达
		工序过程质量	智能化机械控制，作业轨迹合理规划，作业流程全自动控制
		施工检查成果	点云数据与设计图套合对比分析
		工序质量评定	实机验证
5	综合查询与成果输出	施工统计表	作业统计、分工序统计、分部分项统计表
		隧道纵剖面图	自动生成、可视化查询、成果支持 AutoCAD 导出，符合行业标准
		施工质量分析	对照行业标准和施工规范对点云数据进行分析比对
		施工进度分析	完成总量、分段施工进度动态分析，三维数字化展示

数据采集体系架构



- 隧道内传感监测
- 地表传感监测
- 隧道定期巡检



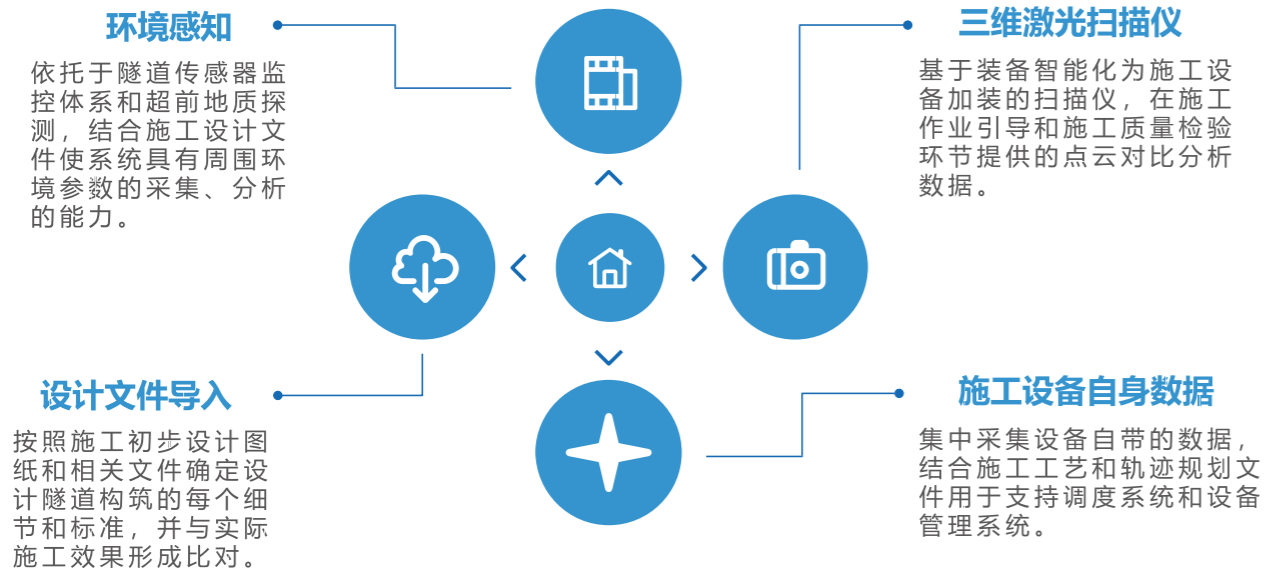
支护结构应力数据、隧底水压力数据、围岩变形数据
 地表建筑倾斜监测
 实现隧道衬砌厚度、空洞的自动检测自动识别衬砌裂缝、掉块、渗漏水等病害

智能数据采集

序号	模块	功能	说明
1	三维仿真建模	隧道设计模型	根据施工设计导入 AutoCAD 文件生成真实比例尺的隧道模型
		设备三维模型	工程设备施工动画同步设备施工运动轨迹同步设备状态同步反馈
		地质三维模型	三维可视化实时分析超前地质预报数据
2	结构断面建模	开挖断面	起止桩号、设计轮廓、作业起止时间、实际开挖方量
		支护结构	起止桩号、设计轮廓、作业起止时间、实际喷涂方量
		衬砌结构	起止桩号、设计轮廓、作业起止时间、实际浇筑方量
3	施工管理	过程数据采集	施工设备作业轨迹、施工用料情况、设备运转情况等过程数据采集
		环境数据采集	传感器监控体系和超前地质预报监测的隧道构筑过程中变形情况
		成果数据整理	单工序施工完成后上传至平台数据库形成历史数据记录
4	质量管理	工序过程质量	单工序施工作业完成后由三维激光扫描仪进行作业面点云数据采集，与上个循环施工效果进行对比，分析优化施工步骤
		施工检查成果	分项施工作业完成后由三维激光扫描仪进行作业面点云数据采集，采集到的点云数据与设计图纸对比，检查工序完成质量
		工序质量评定	采集整个开挖 - 初支 - 防水 - 二衬施工数据在数字化隧道中对比设计图纸和规范要求进行质量分析

智能数据采集

智能隧道施工管理系统依托于“装备智能化理念、三层立体运维理念和大数据复杂算法模块”支撑。



功能模块

施工过程监控

通过本系统，管理者可以及时有效的对整个施工进度和现状进行查看。同时，还可以对施工过程中的各种过程数据进行实时监控。当过程数据超出设定数据范围是，系统会进行预警提醒，从而有效实现对施工过程管理和监控。



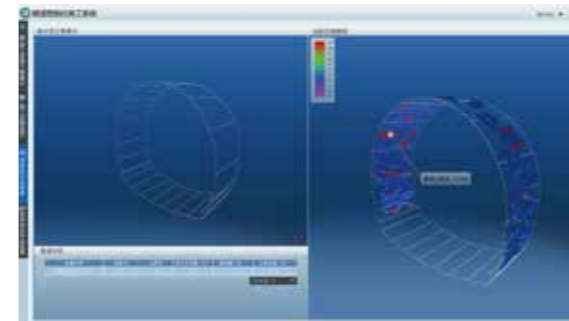
自动布孔生成钻爆方案

系统通过分析实测开挖轮廓线的三维扫描数据、工程地质断面情况、隧道所处地层岩性，并与初步设计钻爆方案进行对比，对钻孔位置、钻孔类别、钻孔角度参数、臂架钻孔顺序进行分析和预设。



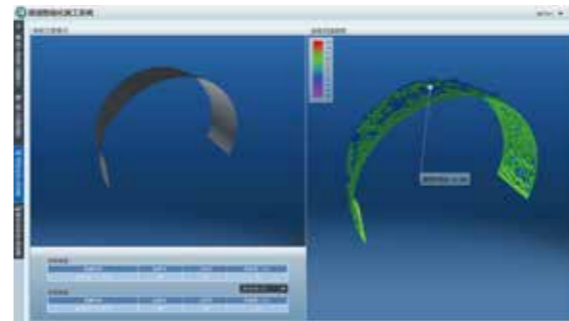
超欠挖分析

系统通过获取实测开挖轮廓线的三维扫描数据，并与设计轮廓进行对比，通过色阶的方式在三维场景中直观展示隧道的“超挖”和“欠挖”区块，区块的颜色代表超挖和欠挖量。



施工效果分析

通过车载三维激光扫描仪，获取喷涂点云，将初喷和复喷以后的三维成像分别和实际开挖以后的三维成像在同一三维场景中进行加载，通过色阶的方式分别展示整体喷射厚度、初喷厚度和复喷厚度。



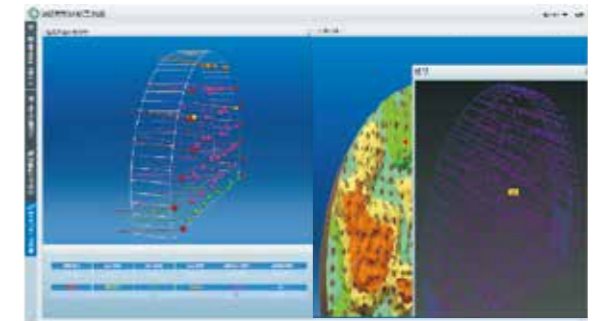
灾害反演分析

系统通过环境参数与施工工序对比、历史灾害分类处理数据库、灾害事件时序表和监测参数分析，从灾害预警到处理全流程辅助决策指引处理。



钻孔作业分析

通过车载三维激光扫描仪获取钻孔作业后掌子面的三维点云，分析确定钻孔施工后的放炮眼的数量以及眼间距。



三层立体运维

由地表监控、地层监控和隧道结构监控组成隧道影响范围内全生命周期的施工监控管理体系。



物料渣土运输调度系统

通过车辆的行驶线路跟踪、趟程统计和卸料记录，可以精确的获取用料情况，和供料时间，实现精准调度。



运维智能化

INTELLIGENT
OPERATION & MAINTENANCE

概述

运维智能化系统是一套可跨平台整合和分析多种业务运维数据的通用性大数据平台。通过对运维过程中每分每秒产生的亿万条海量数据挖掘，从而帮助企业、施工单位用户找到问题根源和优化改进的关键点。运行维护智能化系统实现多平台、多业务的监控、数据整合和统一管理。提供对于其他业务平台的数据展现、数据统计、告警分析和业务分析功能。



运维智能化能够将割裂的系统进行整合，并提供标准接口。运维整合，体现在数据的采集、分析、汇总、处理、总结、预案等几个层面。

运维智能化能够将前端采集信息进行数据化存储分析，汇总施工数据将隧道、道路、桥梁、建筑等工程以数字化的形式在终端管理平台中形成三维仿真工程回放，利用施工数据和三维仿真系统实时还原施工的每一个环节，用数据化的视角拆分、处理、总结施工过程中的每一个步骤。为今后的施工与维保形成参考依据，针对特殊环节结合大数据施工经验做出预案。



系统特点

基于历史信息设计

基于设计、施工过程中历史数据在传感系统设计阶段进行优化。对设计、施工过程中体现出的隐患、风险针对性加密监控，针对特别区域布设特定传感器进行专项监控，并在分析和预测模块做进行针对性设置。

设备状态预警

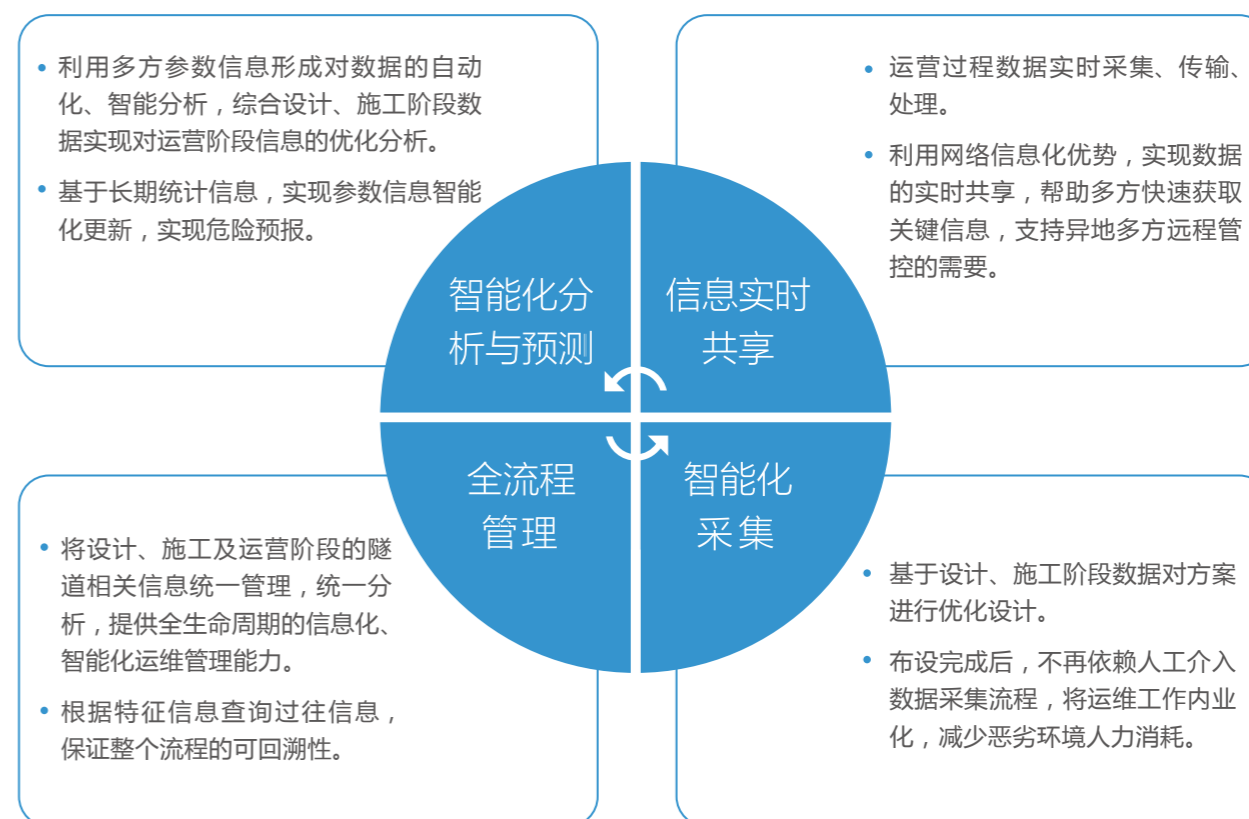
当运行速度、振动频率、传感参数等出现超出正常值报警时，系统将自动向现场人员和数控中心发送报警信息，形成故障分析，显示异常情况发生位置。

模型与实际分析

通过构建隧道区域的地下、地面二维、三维模型，建立可视化运维管理基础，提供运维监控的数据可视化基础。并实现实测数据与理想数据统一空间坐标，实现高同步比对分析。

综合查询与历史比对

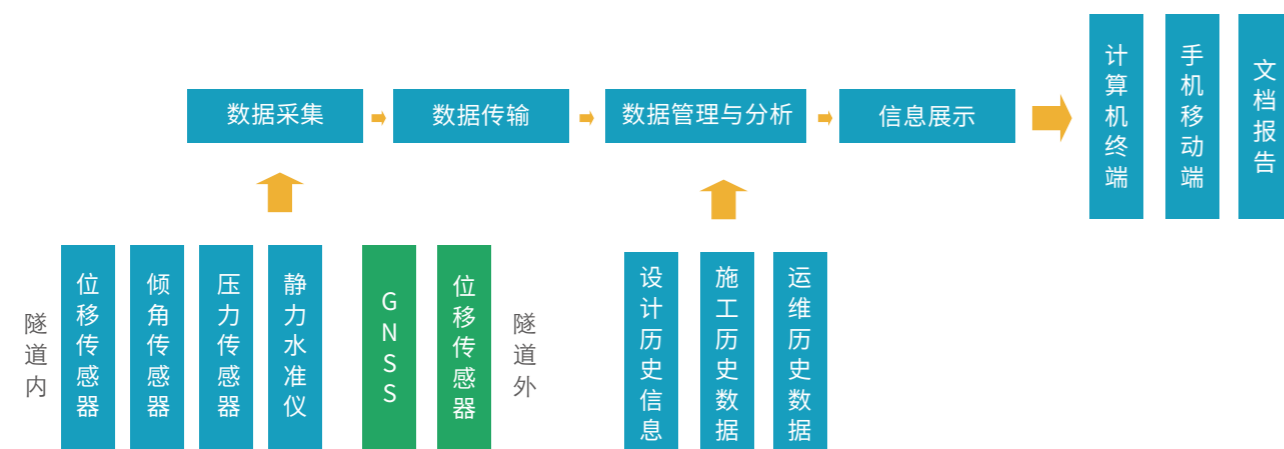
可根据关键词和特征点查询收缩任意隧道段的信息，显示查询区域附件的实时形象展示。汇总显示各部分当前监测数据、历史数据、设计信息及施工过程数据，实现全生命周期数据统一分析处理。





系统构架

“辉格智能隧道运维智能化系统”将运维传感技术、通讯技术和信息系统连接起来，利用大数据、云计算实现对往期、实时信息进行数据融合和处理分析，打造隧道智能运维领域的“数字化双胞胎”，实现“数字化隧道”与实体隧道的融合，构建集勘察、设计、施工、运维于一体的全生命周期隧道智能建造控制中心，对隧道全生命周期内的活动提供全方位、智能化服务。



- 用户终端
- 基于施工后三维模型的实时显示控制
 - 移动端实时显示
 - 报表及分析报告...



- 数据传输与管理
- 通讯链路、通讯网关
 - 数据库系统
 - 数据分析系统...

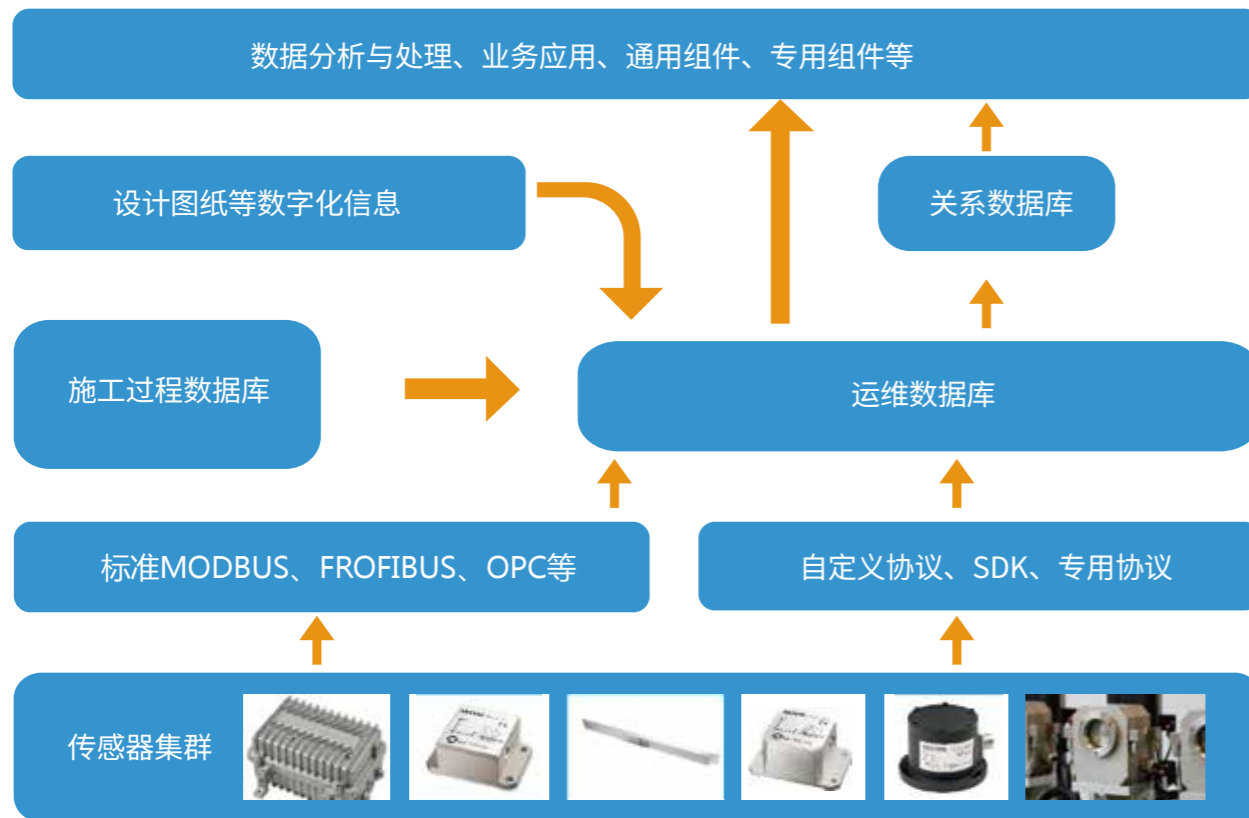
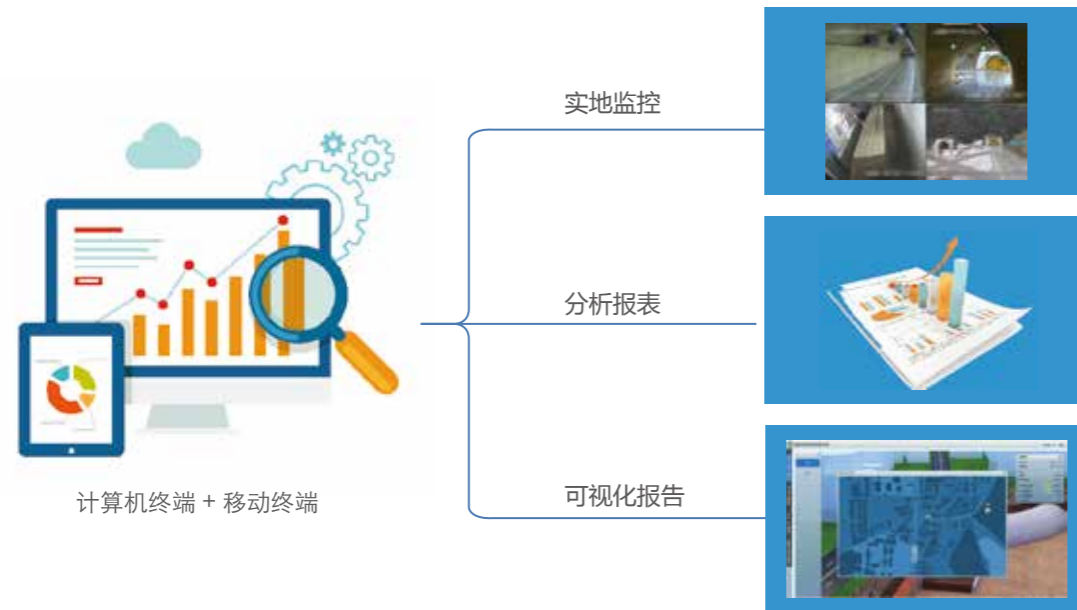


- 数据采集终端
- 倾角传感器
 - 静力水准仪
 - 位移传感器...

基于施工过程的数据有针对性地确定传感器的部署位置和类型，实现风险环节重点监测，稳定环节常规监测。所形成的在线传感器网络配合对应的分析处理算法所形成的处理结果纳入到施工后的实际隧道三维模型中进行决策与维护。

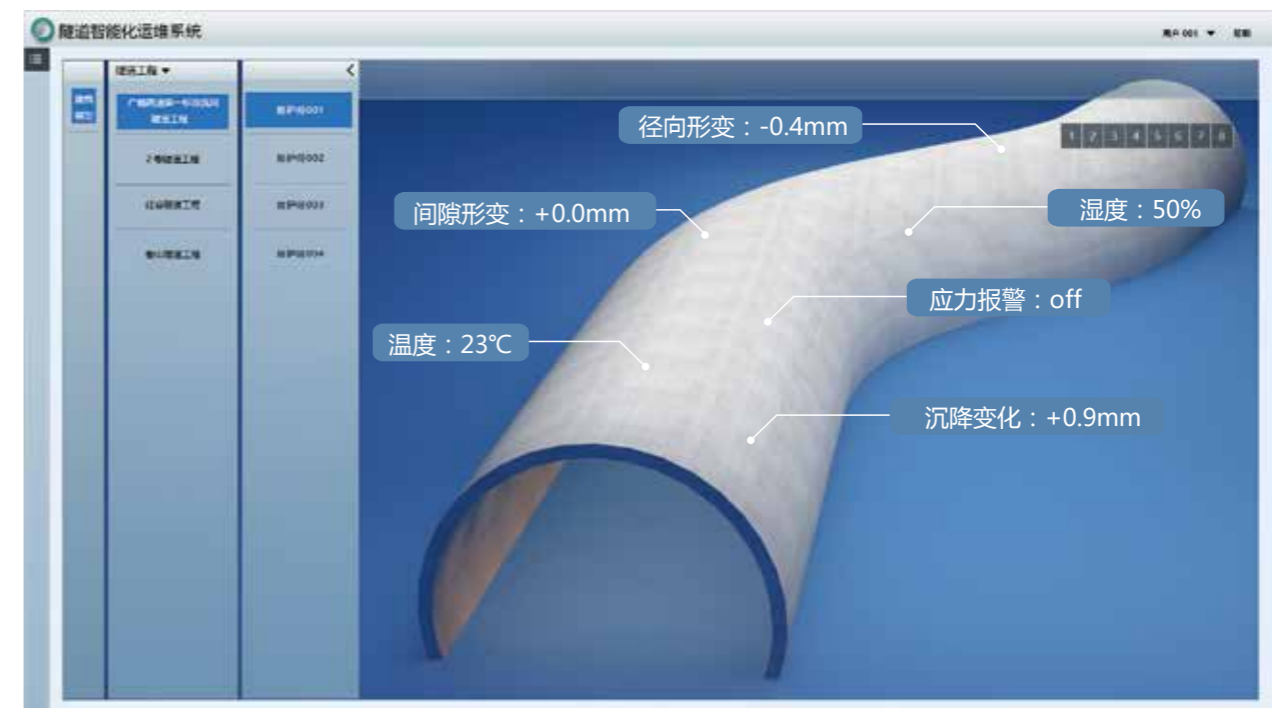
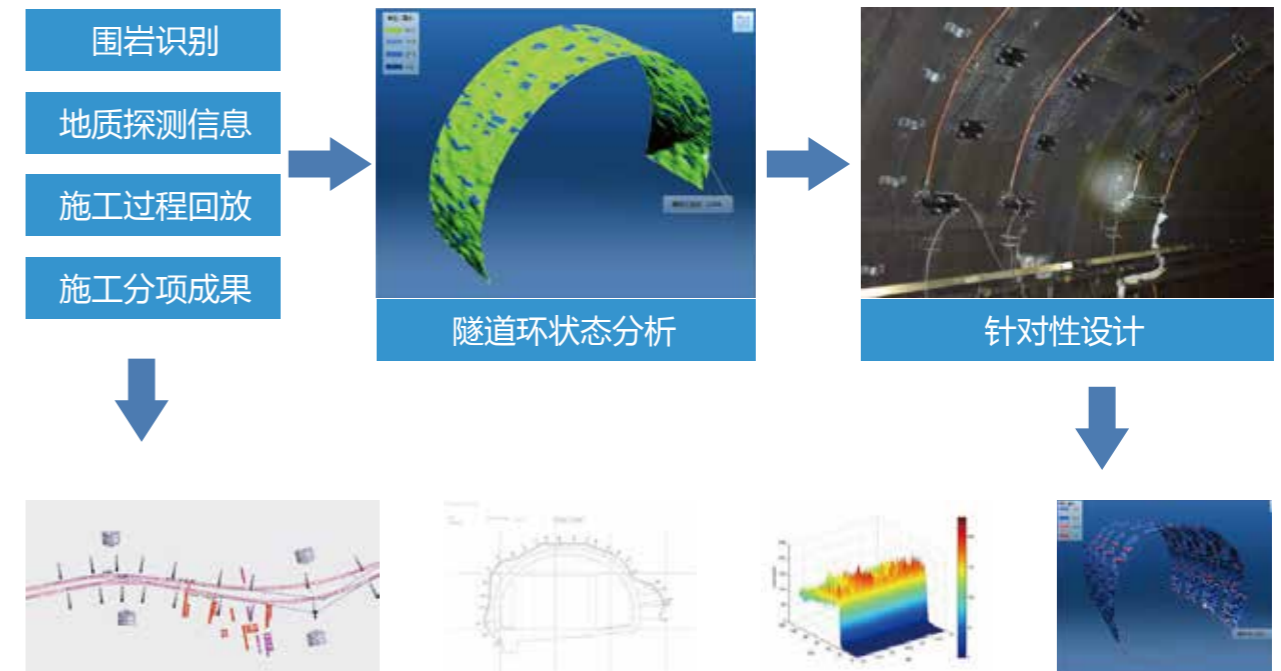
系统组成

完整的运维智能化平台主要由实时数据采集分系统、数据传输通讯分系统、数据管理与分析分系统、信息展示平台分系统组成，在各分系统间存在从数据源到数据管理分析的数据流程。



系统解决方案

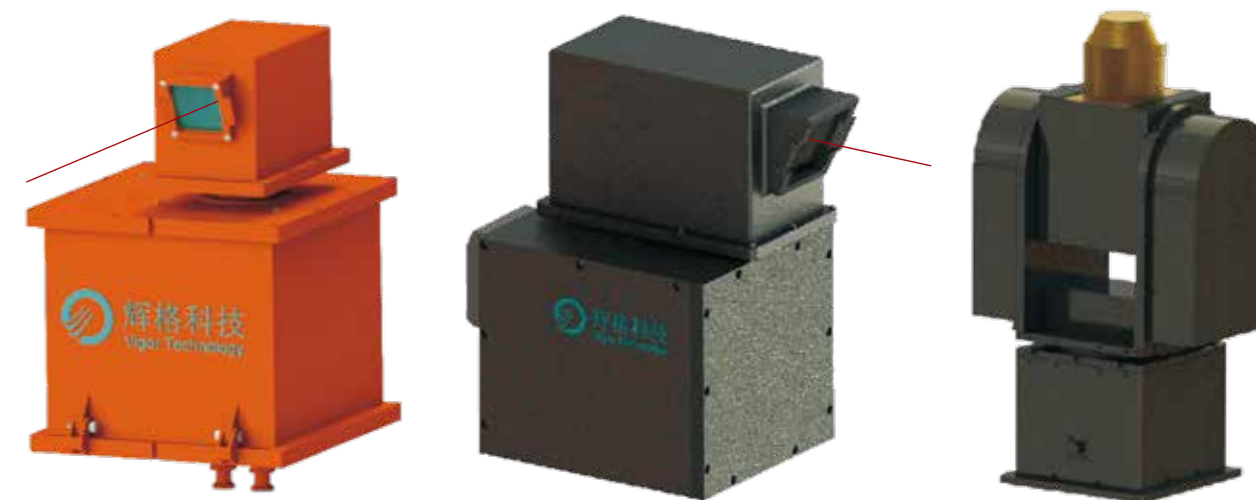
隧道全生命周期运营维护管理方案是以全生命周期为考量范围，以隧道设计、施工阶段过程数据为参考依据，以隧道内外传感器网络为基础，在数据通讯网络的支持下搭建隧道运维数据库，建立数据分析和基于业务的专用应用模块来对数据进行分析处理，以实现隧道运维管理的一整套技术路线。





三维激光扫描仪

THREE DIMENSIONAL LASER SCANNER



产品特点

辉格智能三维激光扫描仪具备自标定、隧道内自定位、隧道轮廓扫描测量、激光定位指示等隧道工程施工、运维所需功能，并在获取的激光点云及模型数据基础上配合算法模块解决隧道应用中的超欠挖数据计算、凿岩车全自动布孔、隧道渗水识别等实际问题，为隧道信息化、数字化及智能化提供明锐的双眼。

- 车载一体** 良好的车载适应能力，抗震性能适配隧道全装备种类。
- 实时高效** 双轴架构，自动连续线性快速扫描，全量程内无死角，数据实时解析处理，即时提供有效信息。
- 空间分析** 无外部依赖自定位，基于点云实现空间划分和分析，数据与智能控制器直连。
- 高度兼容性** 防水、防尘、抗震动、防冲击设计，适应隧道施工环境。

产品概述

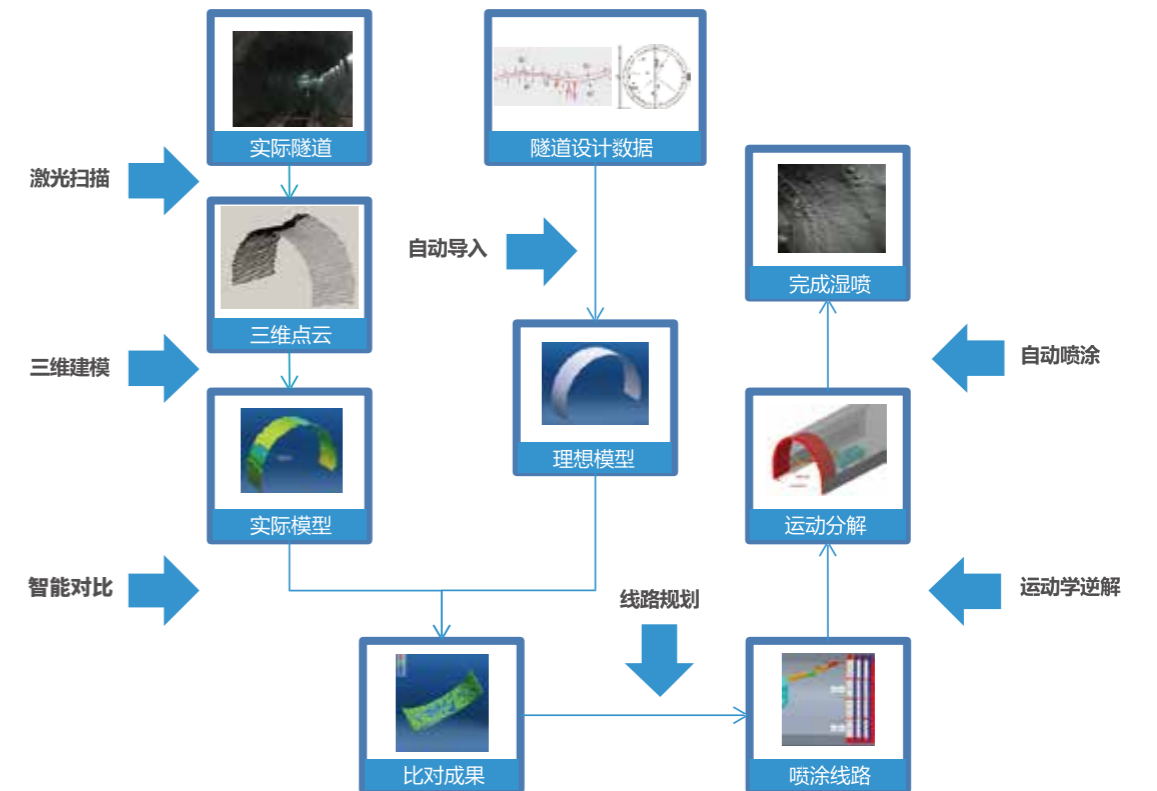
激光三维扫描测量技术是一种通过对待测目标的非接触扫描测量，获取并储存待测物体表面的三维点云数据的新型测量技术。针对智能化隧道环境应用特征，辉格智能自主研发的三维激光扫描仪利用对隧道全断面及掌子面扫描获得的隧道三维点云数据，通过点云滤波、分析、构网等基础处理得到隧道空间的三维实体模型，为隧道施工、运维过程中的信息化、数字化以及智能化提供高质量数据基础。

扫描仪的主要应用

轮廓面测量	施工内容分析	隧道工程监测
轮廓面放样 开挖方量计算 超欠挖分析 凿岩孔位自动布设 ...	喷浆平整度分析 断面分析 喷浆厚度分析 二衬厚度分析 ...	变形监测 渗漏水检测 裂缝检测 施工量计算 ...

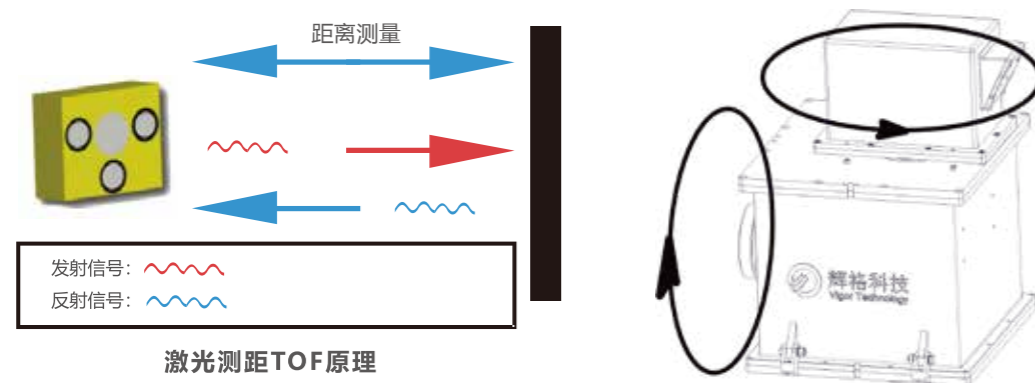
除单独模块化应用外，三维激光扫描仪可嵌入辉格智能隧道智能化作业工作流程中，根据不同施工工艺阶段对隧道轮廓进行多次快速精确扫描，并建立同一区域的多次三维点云及表面模型，与设计 / 目标值进行比对分析，为智能化作业提供原始输入并配合算法模块基于真实数据进行分析 and 规划。

以智能化湿喷作业为例

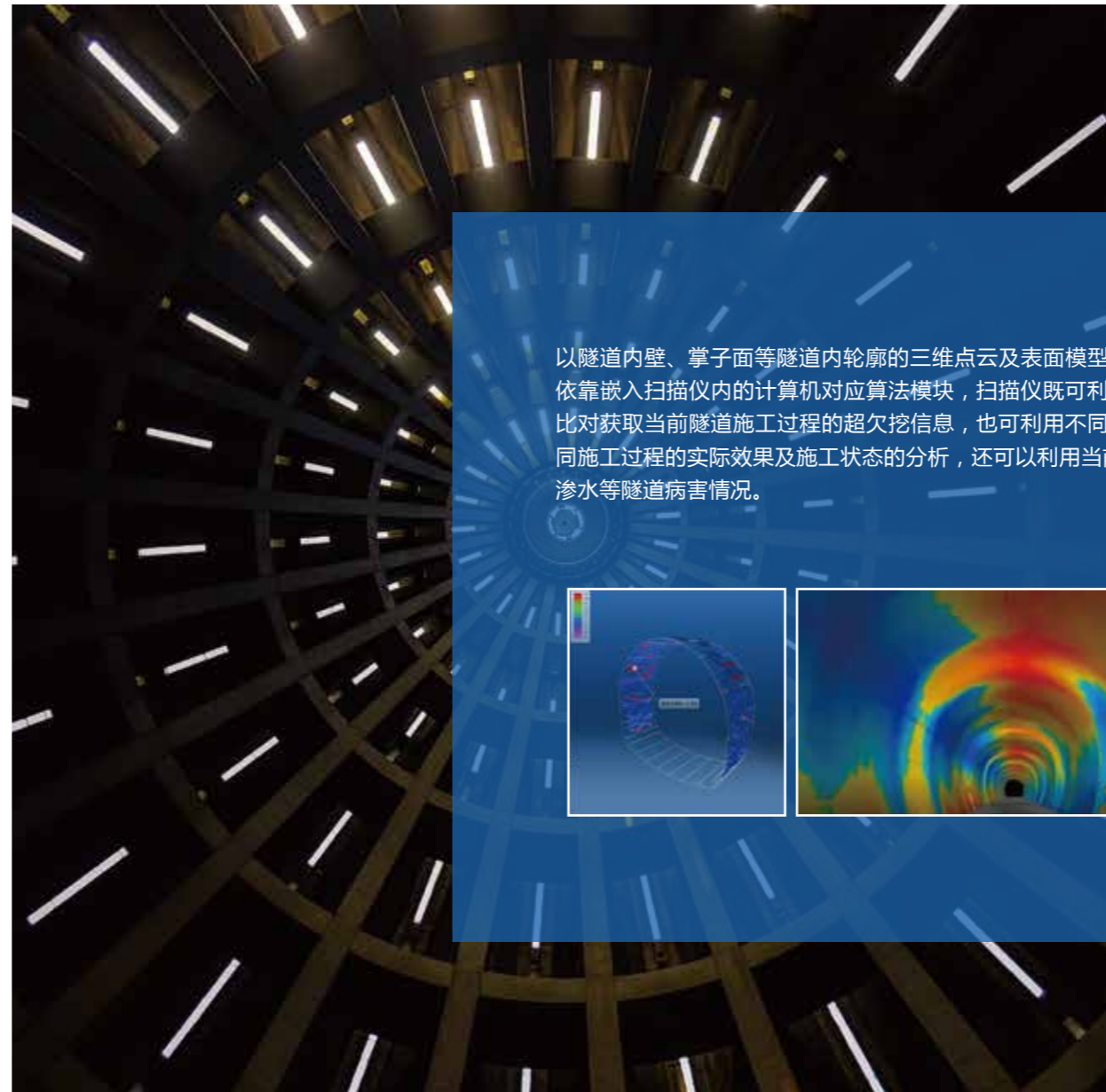
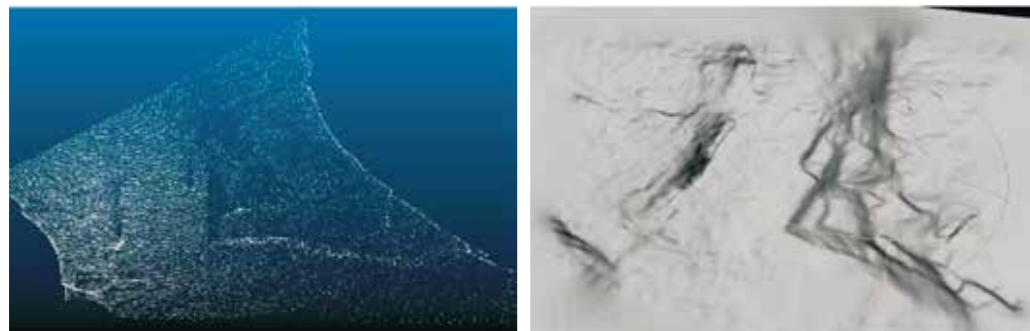


原理及模块

激光测量基于 TOF 原理，通过激光发射器发射一束集束激光，系统记录它从接触到一个表面到返回的时间，利用空气中光速的常量及改正方程解算出机体与待测点之间的距离。在此基础上，配合扫描仪机体的双轴旋转，通过高精度编码器获取两个轴旋角，经过内置的坐标转换计算，即可获得每个被测点在参考坐标系中的位置。

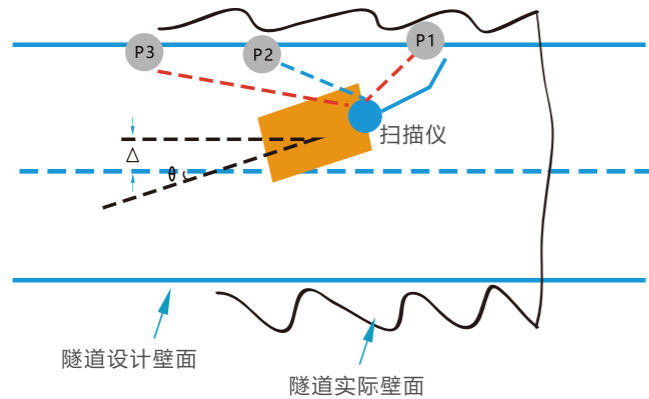


在机体旋转过程的扫描测量中，获得待测物体表面的每个被测点在统一的参考坐标系空间中的集合，即是三维点云数据。而在此基础上，利用辉格智能扫描仪嵌入的算法模块，实现对点云的实时处理，构网形成物体表面模型。



以隧道内壁、掌子面等隧道内轮廓的三维点云及表面模型数据为基础，依据不同的工程应用情况并依靠嵌入扫描仪内的计算机对应算法模块，扫描仪既可利用隧道当前实际信息与导入的设计图纸的比对获取当前隧道施工过程的超欠挖信息，也可利用不同施工过程的隧道实际信息的相互比实现不同施工过程的实际效果及施工状态的分析，还可以利用当前隧道实际信息获取当前隧道实际的裂缝、渗水等隧道病害情况。

自定位是辉格智能三维激光扫描仪的特有功能，这一特点为扫描仪与隧道工程平台系统智能化提供了基础。在自定位能力的基础上，扫描仪为三维点云、模型数据提供了可与外部系统统一的空间坐标系，并可同时为扫描仪刚性连接的工程车辆平台实现空间高精度定位、定向能力。



三维激光扫描仪的自定位能力是在空间交会原理的基础上，由辉格智能自主研发并实用化的。

基本操作方式为：扫描仪通过红光指示实现对隧道内两个已知点 P1、P2 的对准和测量，配合传感器数据，基于空间交会原理解算自身空间坐标和姿态，并通过已知点 P3 的对准和测量进行校核。

实际使用的扫描仪定位校核精度在 30m 的距离上验证精度不低于 3cm。

为方便进行自定位等人工操作，三维激光扫描仪标配有线工业摇杆手操器。

以 CAN 总线形式与激光扫描仪通讯，通过摇杆实现扫描仪双轴的人工运动控制。手操器为隧道多粉尘、高湿度、强震动环境设计，为在隧道环境下使用扫描仪的照准、定位、点测量等人工操作提供除上位机软件控制外的另一种更加可靠直接的方式。

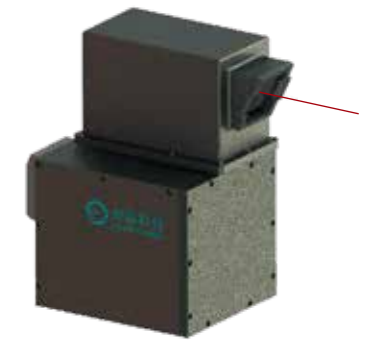


选装模块	特点和作用	示意图
镜头清理模块	安装在激光测量镜头处，以固定压力向镜头吹气。用于在特别恶劣环境下，清理镜头附近的积累的灰尘和水珠，避免干扰测量。	
密封升级模块	扫描仪全系以 IP66 为防护基础标准，在更高防护需求下，升级轴系、缝隙的密封细节，增加迷宫槽及轴杆密封结构，动力和控制模块均有相应的升级。	
软件开发包	可提供控制软件 SDK 开发包，支持扫描仪操作与控制，包括自标定、自定位、点云数据处理等算法模块。	
一体式计算机	触摸屏一体机，嵌入扫描仪软件模块，通过有线/无线远程网络方式与扫描仪通讯，实现远程操控。	
视频监控模块	工业摄像机，与激光测距模块同轴安装，提供测量面直观表面信息。	



- SSH0801 系列矿用三维激光扫描仪
 - 管状工程环境设计
 - 专用矿用防爆设计
 - 模块化设计，抗震动设计适合车载并与系统平台集成
 - 自标定、自定位能力
 - 自动扫描，无需人为介入
 - 实时数据输出，分析
 - 标准以太网通讯接口

- SSH0802 系列隧道三维激光扫描仪
 - 管状隧道施工环境设计
 - 模块化设计，抗震动设计适合车载并与系统平台集成
 - 自标定、自定位能力
 - 自动扫描，无需人为介入
 - 实时数据输出，可选配分析模块
 - 配套手柄操作器
 - 标准以太网通讯接口



- SSH0803W 型三维激光扫描仪
 - 通用工程环境设计
 - 低成本、低速度、高精度
 - 独立模块，抗震动设计适合车载并与多种系统集成
 - 高精度自标定、自定位能力
 - 自动扫描，无需人为介入
 - 实时数据输出，可选配分析、照准模块
 - 配套手柄操作器
 - 标准以太网通讯接口

- SSH0804W 型高速三维激光扫描仪
 - 通用工程环境设计
 - 高速线阵扫描与导航双模式
 - 独立模块，抗震动设计适合车载并与多种系统集成
 - 自动扫描，无需人为介入
 - 实时数据输出，可选配分析、照准模块
 - 可选配自标定、自定位能力
 - 可选配手柄操作器
 - 标准以太网通讯接口



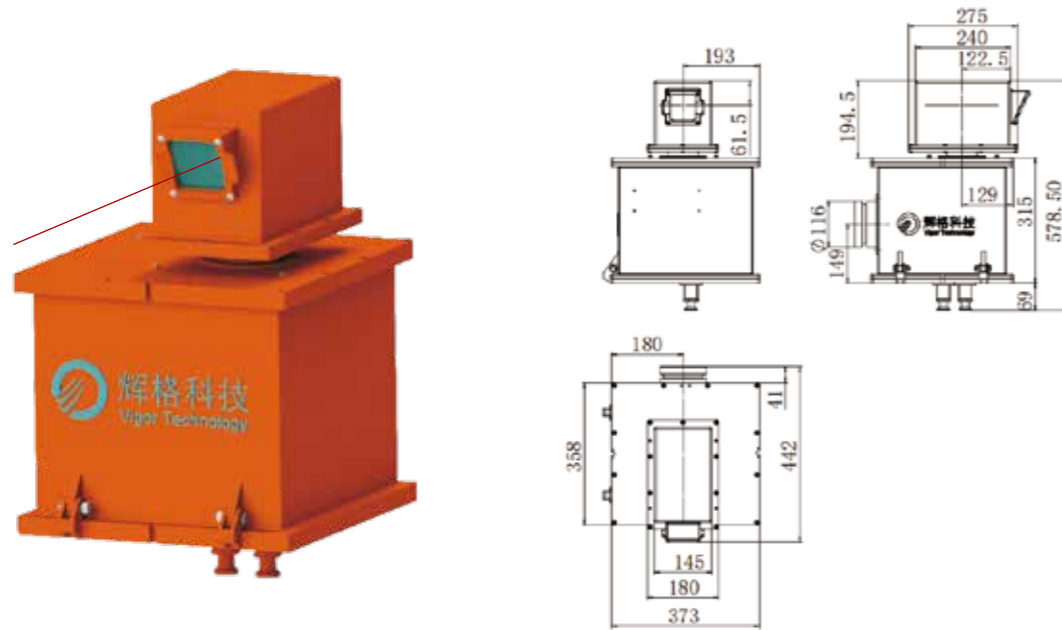
SSH0801 系列矿用三维激光扫描仪

功能描述

- 双轴架构，自动连续扫描；
- 采用 21 位高精度编码器，伺服控制精度达到 0.01°，30m 处可实现最小 5mm 的扫描分辨率；
- 红外测距，最大测距距离达到 100m，常用测量范围达到 6~40m；
- 垂直安装，便捷稳固，具有良好的抗震能力，适用于矿用设备工作环境；
- 测量开始后无需人为介入；
- 标准以太网通讯协议，配 8 米电源矿用防爆电缆和 8 米通信矿用防爆电缆。

产品描述

- 本产品按照 I 类矿用隔爆 d 型设备国家标准设计，适用于煤矿井下作业环境；
- 能够实现隧道高精度扫描测量以及三维点云建模；
- 产品独立模块化，具有通用性，适合系统的集成需求；
- 满足长时间的连续使用需求。



结构外形

采用防爆箱外包设计，整体体积和重量在依据 I 类矿用隔爆 d 型设备国家标准的基础上进行优化，在满足矿用使用标准的前提下，便于安装、维护。

典型应用场景

- 矿用湿喷机智能化
- 矿用撬毛台车智能化
- 矿用凿岩台车

SSH0801 系列矿用三维激光扫描仪

SSH0801 系列采用双线缆进行数据、供电的交互，双线缆均符合矿用防爆国家标准。

动力线缆；煤矿用移动轻型双芯软电缆：

序号	线色	定义
1	棕色	+24VDC
2	蓝色	电源地

信号电缆为煤矿用聚乙烯绝缘编织屏蔽聚氯乙烯护套通讯软电缆，采用网络通讯协议进行数据交互。

	参数	具体指标
设备总体	三维扫描	扫描方式：垂直方向等间距步进， 水平方向：连续扫描 红外测距：分辨率0.1mm，重复性 $\leq \pm 1\text{mm}$ ， 测量误差： $\pm 2\text{mm}$ 测距测量时间：0.5ms 测角测量时间：0.5ms 光斑：直径23cm@30m 数据接口：以太网 输出数据：三维点云（标准） 三维模型（选配）
	角度调节	水平轴： $\pm 150^\circ$ 垂直轴： $-220^\circ \sim +150^\circ$
	防护等级	IP66
	工作温度	$-20 \sim 60^\circ\text{C}$
	供电情况	24VDC，总功率200W
	允许冲击	50g@11ms,三轴半正弦
	允许振动	4g,20~2000Hz
	最大外形尺寸	一级箱体：320×385×400mm； 二级箱体：188×180×280mm；
	防护	具有反极性电源保护、过流自恢复保护， 断电后自动锁定保护，位置记忆
双轴特性	水平轴旋转角度范围	$\pm 150^\circ$
	垂直轴旋转角度范围	$-220^\circ \sim +150^\circ$
	水平旋转速度	$\leq 30^\circ/\text{s}$
	垂直旋转速度	$\leq 5^\circ/\text{s}$
	角加速度	$\leq 10^\circ/\text{s}^2$
	正交误差	$\leq 0.1^\circ$
	伺服控制精度	0.01°
	绝对值编码器	21位单圈绝对值
测距激光	激光级别	class 1
	光斑直径	30m处的光斑直径230mm
指示激光	激光波长	660nm，可见红光
	激光级别	class 2
	光斑直径	30m处的光斑直径40mm

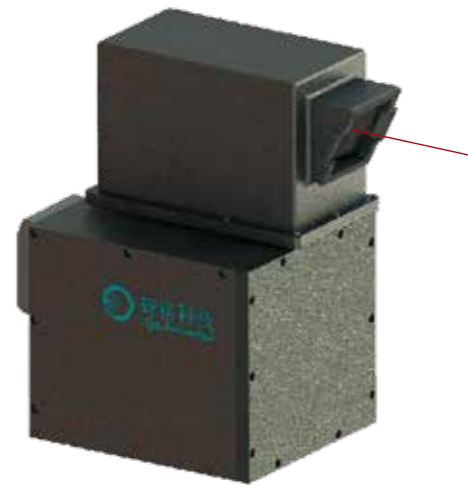
SSH0802 系列隧道三维激光扫描仪

功能描述

- 为隧道扫描测量模式特殊设计的结构，更适于隧道侧壁扫描测量；
- 工程机械级抗震及防水防尘设计，可直接安装在工程车辆平台上，保证工程环境下的工作能力；
- 大光斑红外测距与同轴红光指向相结合，同时满足施工环境高粉尘、高湿度测量要求与高精度定位需要；
- 产品独立模块化，具有通用性，适合系统的集成需求；
- 自定位功能，配合控制点实现设备自身定位定向，保证数据一致性；
- 自标定功能，简单易行的设备现场标定功能，保证测量精度；
- 可选用手操器或上位机多种操作模式，为工程环境提供足够的操作便利；
- 实时数据采集、处理能力，为实时数据应用提供可行性；
- 通用便利的数据接口，便于嵌入到任意工作流中，与上层级车载控制系统、监控平台系统进行实时数据交互；
- 能够满足长时间的使用需要。

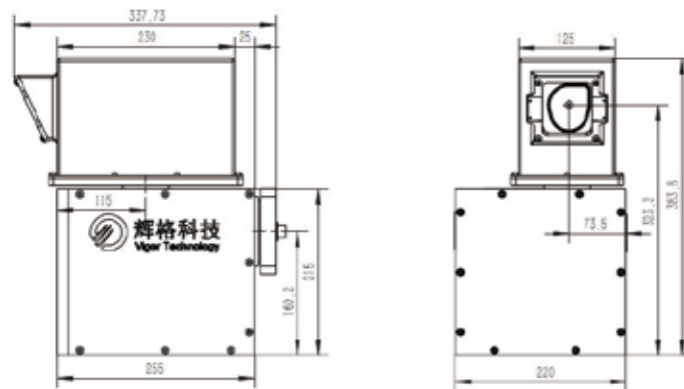
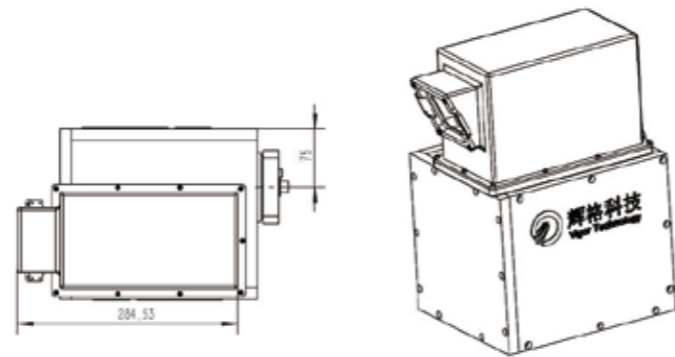
产品描述

- 非接触式测量；
- 测量距离可达 60m；
- 相对测量精度不低于 2mm；
- 绝对定位精度不低于 3cm；
- 两轴旋转角度范围 $\pm 170^\circ$ ；
- 工业以太网口；
- 便捷、易于安装；
- 易用的操作界面；
- 即插即用式设计；
- 采用高强度铝合金材料，整机加固设计；
- 良好密封设计，防护等级可升级到 IP67。



典型应用场景

- 隧道湿喷机智能化应用
- 隧道凿岩台车智能化应用
- 隧道施工车辆定位及数字化应用



SSH0802 系列隧道三维激光扫描仪

	参数	具体指标
设备总体	三维扫描	测量距离：60m； 红外测距：分辨率0.1mm，重复性 $\leq \pm 3\text{mm}$ ， 测量误差：2mm； 扫描方式：垂直方向等间距步进； 测距时间：0.5ms； 测角时间：0.5ms； 光斑直径：23cm@30m； 数据接口：以太网； 输出数据：三维点云及表面模型（标准） 应用数据分析成果（选配）
	定位精度	绝对精度3cm
	防护等级	IP66
	工作温度	-20~70℃
	电源与功率	24VDC，最大功率125W
	冲击	100g@0.5ms，三轴向（半正弦波）
	震动	4grms，20~2000Hz
	最大外形尺寸	220*346*384 mm
	防护	具有反极性电源保护、过流自恢复保护， 断电后自动锁定保护，位置记忆
	双轴特性	主轴旋转角度范围
小轴旋转角度范围		$\pm 170^\circ$
主轴旋转速度		$\geq 10^\circ/\text{s}$
小轴旋转速度		$\leq 60^\circ/\text{s}$
角加速度		$\geq 30^\circ/\text{s}^2$
绝对值编码器		22位单圈绝对值
测距激光	激光级别	class 1
	光斑直径	30m处的光斑直径230mm
指示激光	激光波长	660nm，可见红光
	光斑直径	30m处的光斑直径40mm
抗震性能	按照国标GB/T 2423.56进行的随机振动试验，在GB/T 28046.1工作模式，经过第三方专业验证机构随机振动试验验证合格	

SSH0803W 型三维激光扫描仪

功能描述

- 通用架构设计，满足多种工程环境应用；
- 工程机械级抗震及防水防尘设计，可直接安装在工程车辆平台上，保证工程环境下的工作能力；
- 通过两轴联动能够实现隧道高精度扫描测量以及三维点云建模；
- 低速高精度可见光测量，高定位精度、高指向性精度；
- 自定位功能，配合控制点实现设备自身定位定向，保证数据一致性；
- 自标定功能，简单易行的设备现场标定功能，保证测量精度；
- 可选用手操器或上位机多种操作模式，为工程环境提供足够的操作便利；
- 实时数据采集、处理能力，为实时数据应用提供可行性；
- 能够满足长时间的使用需求。

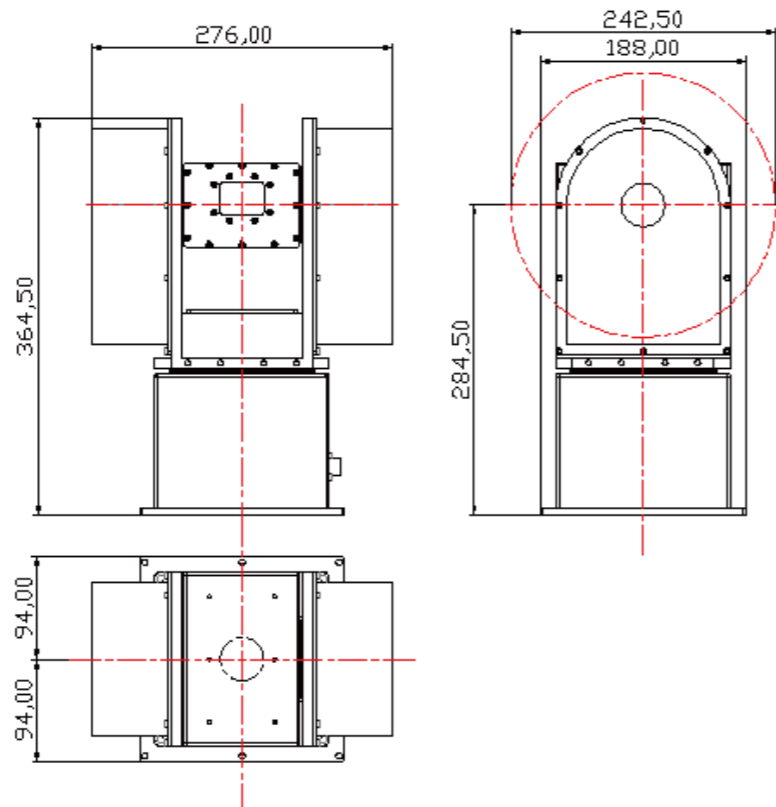
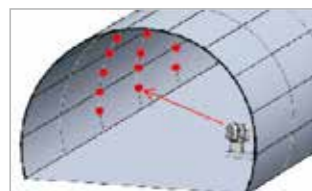
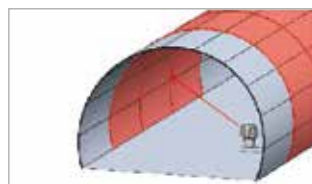


产品描述

- 稳定双轴结构，自动连续扫描，扫描量程内无死角；
- 16位编码器伺服控制精度达到 0.01°，高精度低速测量；
- 红光测距，最大距离 40m；
- 指向性测量优化，定向及单点高精度定位；
- 高性价比；
- 水平底座安装，便捷稳固，具有良好的抗震能力；
- 测量开始后无需人为介入；
- 选配手柄操作器；
- 标准以太网通讯协议。

典型应用场景

- 工程台车臂架定位
- 台车智能化应用
- 湿喷机智能化应用
- 隧道断面监测



SSH0803W 型三维激光扫描仪

	参数	具体指标
设备总体	三维扫描	测量距离：40m； 红光测距：分辨率 0.1mm，重复性 $\leq \pm 1\text{mm}$ 相对测量误差 $\pm 1\text{mm}$ ； 扫描方式：垂直、水平两轴等间距步进； 采样频率：不低于 75Hz； 光斑直径：30mm@30m； 数据接口：以太网接口； 输出数据：三维点云及表面模型（标准） 应用数据分析成果（选配）
	定位精度	绝对精度 1cm
	防护等级	IP66
	工作温度	-20~65°C
	电源与功率	24VDC，最大功率 100W
	冲击	100g@0.5ms，三轴向（半正弦波）
	震动	4grms，20 ~ 2000Hz
	最大外形尺寸	276*243*365 mm
	防护	具有反极性电源保护、过流自恢复保护，断电后自动锁定保护
双轴特性	水平轴旋转角度范围	$\pm 180^\circ$
	竖直轴旋转角度范围	$\pm 170^\circ$
	水平轴旋转速度	$\geq 30^\circ/\text{s}$
	竖直轴旋转速度	$\leq 60^\circ/\text{s}$
	角加速度	$\geq 30^\circ/\text{s}^2$
	绝对值编码器	16位单圈绝对值
测距激光	激光波长	660nm，可见红光
	激光级别	class 1
	光斑直径	30m 处的光斑直径 30mm

SSH0804W 型高速三维激光扫描仪

功能描述

- 通用架构设计，满足多种工程环境应用；
- 工程机械级抗震及防水防尘设计，可直接安装在工程车辆平台上，保证工程环境下的工作能力；
- 线阵扫描形式，高速高精度扫描；
- 双轴、单轴双测量模式，满足多种实际应用情况；
- 自动扫描，无需人为介入；
- 实时数据采集、处理能力，为实时数据应用提供可行性；
- 标准以太网通讯接口；
- 满足长时间连续使用的要求；
- 选配自定位模块，配合控制点数据实现采集数据的空间坐标统一；
- 选配导航定位模块，实现车辆无辅助自动导航测量。

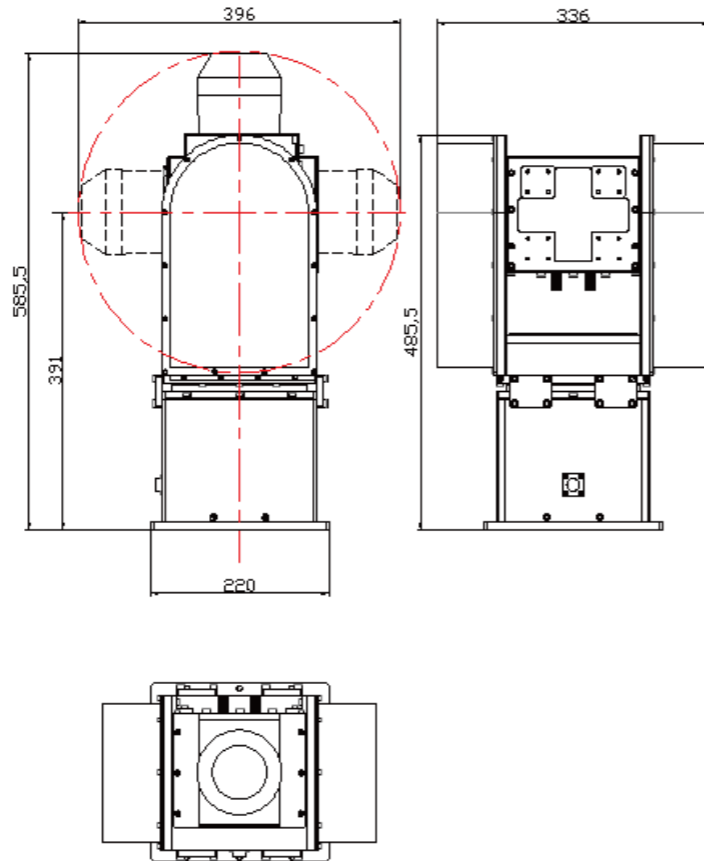


产品描述

- 双轴架构，自动连续线性快速扫描，扫描量程内无死角；
- 18位编码器伺服控制精度达到0.01°，单轴模式下12m典型距离采样密度小于5mm，双轴模式可以达到1mm；
- 红外测距，最大距离70m；
- 水平安装，便捷稳固，具有良好的抗震能力；
- 测量开始后无需人为介入；
- 选配手柄操作器；
- 标准以太网通讯协议。

典型应用场景

- 湿喷机智能化应用
- 矿山自动化应用
- 工矿码头堆料盘查



SSH0804W 型高速三维激光扫描仪

	参数	具体指标
设备总体	三维扫描	测量距离：2~70m； 红外测距：分辨率 0.01mm，重复性 $\leq\pm 3\text{mm}$ 相对测量误差 $\pm 2\text{mm}$ ； 采样频率：不低于 30kHz； 扫描方式：垂直、水平两轴等间距步进； 数据接口：以太网； 输出数据：三维点云及表面模型（标准） 应用数据分析成果（选配）
	定位精度	自定位：绝对精度 3cm；导航定位：相对精度 1cm；
	防护等级	IP66
	工作温度	-20~65°C
	电源与功率	24VDC，最大功率 150W
	冲击	100g@0.5ms，三轴向（半正弦波）
	震动	4grms，20 ~ 2000Hz
	最大外形尺寸	336*396*585.5 mm
	防护	具有反极性电源保护、过流自恢复保护， 断电后自动锁定保护
	双轴特性	水平轴旋转角度范围
竖直轴旋转角度范围		-135°~90°
水平轴旋转速度		$\geq 30^\circ/\text{s}$
竖直轴旋转速度		$\leq 30^\circ/\text{s}$
角加速度		$\geq 30^\circ/\text{s}^2$
绝对值编码器		18位单圈绝对值
测距激光	激光波长	905nm，红外
	激光级别	class 1

激光扫描仪软件模块

辉格智能三维激光扫描仪系统的操作依靠激光扫描仪软件模块实现。

激光扫描仪软件模块部署在上位机计算机系统中，与激光扫描仪通过以太网接口实现数据交互。

常用功能



业务应用



扫描

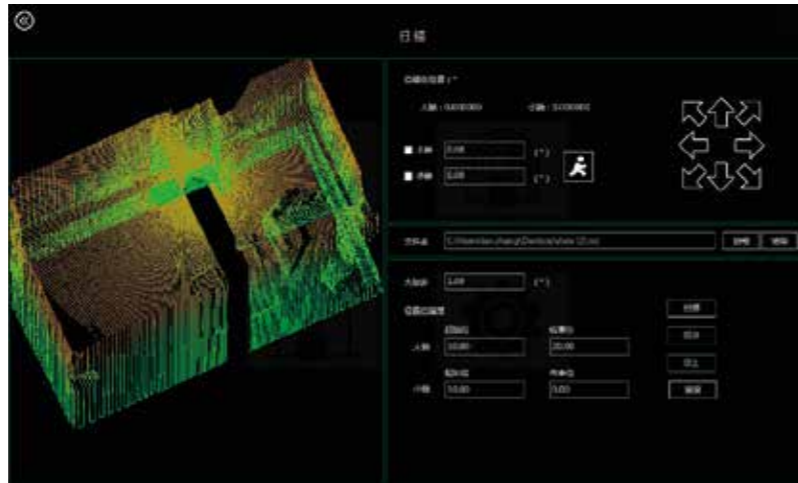


定位与标定

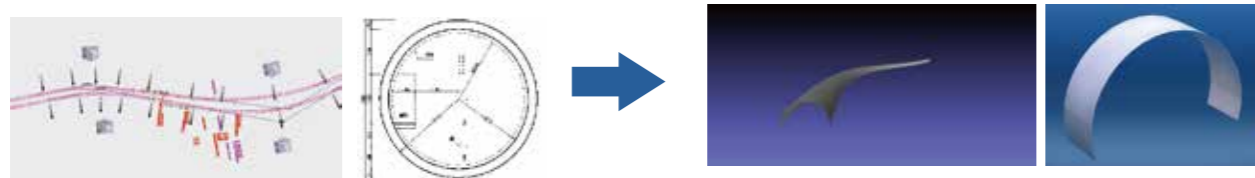


设置

软件模块以简洁的导航界面实现扫描仪本体的操作与控制、实时数据的显示，并在此基础上嵌入默认的自定位、自标定等基础算法模块，实现扫描仪自身的标定计算、扫描仪自身的定位定向、安装车体平台的定位定向、点云数据处理及建模等基础功能。



依据产品的应用方向不同，扫描仪软件系统根据实际情况可选择嵌入隧道设计数据导入系统、湿喷机智能化数据分析系统、凿岩台车智能化数据分析系统等多种算法模块包，以实现点云、模型数据的进一步分析和应用。



激光扫描仪软件模块

软件参数

数据格式	扫描仪	扫描仪软件模块可以直接对接辉格 SSH08 系列激光扫描仪的数据；
	导入数据	文本格式 (TXT、XYZ) 及标准点云格式 (LAS/LAZ)
	输出点云	文本格式 (TXT、XYZ) 及标准点云格式 (LAS/LAZ)
	输出模型	多边形模型 (PLY) 及表面模型 (OBJ)
	分析成果	文本格式信息，以数据接口为准
操作系统	Windows 7/8, Windows 10 的 64 位系统	
操作方式	采用键盘、鼠标或触摸屏进行操作	
硬件需求	CPU	5 代 I3 以上或同等水平 (基础控制、定位及点云处理) 5 代 I5 以上或同等水平 (基于应用的数据分析)
	内存	1Gb (基础控制、定位及点云处理) 4Gb (基于应用的数据分析)
	显卡	支持 OpenGL

SSH0840 矿用本安型激光指示仪

概述

SSH0840 矿用激光指示仪用于矿用装备机械臂架的标定及矿山巷道掘进时的指向定位、掘进机推进方向的制导控制、综采工作面的定位，还可广泛地应用在公路、铁路、隧道、涵洞、桥梁、高层建筑、管道安装的定位、准直。

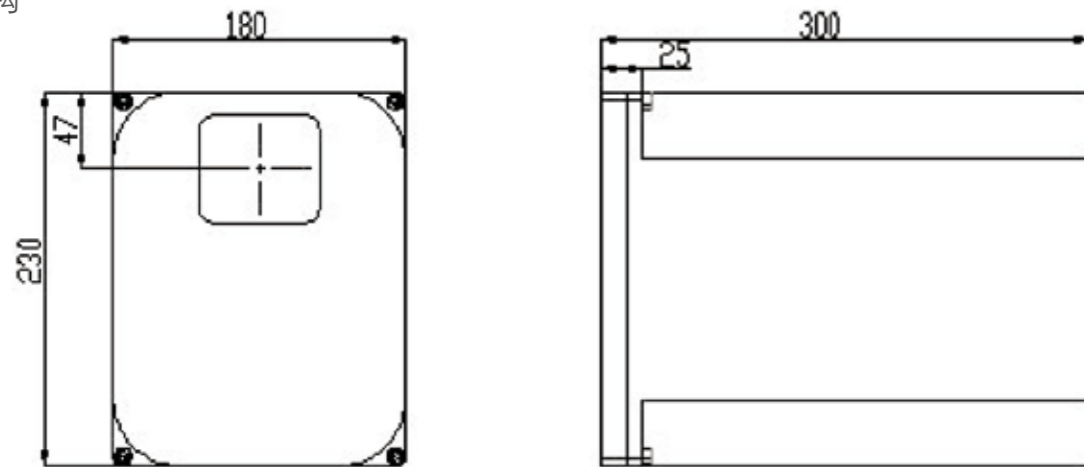
SSH0840 采用半导体激光器作为光源，具有光束质量好、光斑直径小，准直精确度高，光斑漂移小，可靠性高，激光器寿命长等特点。

本产品内置带有高精度微分头调节平台，可精密调整安装位置和角度，包括水平和垂直位移，以及横摆、俯仰角度。尾部的安装基座，采用 4-M8 内六角沉头螺钉，中心孔位尺寸 190*140mm，且不限定横纵方向。

激光指示仪基于可充电电池供电，无需外部线缆连接，充电后可连续运行时间不低于 45 小时。



结构



技术参数

项目	指标
激光射程	600m
激光类型	可见红光
光斑直径	≤50mm@600m
光斑漂移	≤10mm@600m
激光功率	≤15mW
供电电源	可充电电池组 4000mAh/3.6V
连续运行时间	≥45h
光束调节角度	±1.5°，俯仰角度 ±1.5°
光束调节位移	水平位移 ±12.5mm，竖直位移 ±12.5mm
防护等级	IP66
防爆类型	矿用本安型
防爆标志	ExibI
外形尺寸	300 (L) * 160 (W) * 210 (H) mm
重量	约 8kg



其他产品



沉降传感器

- ★ 精度：0.02~0.05%
- ★ 量程：0.1~10m
- ★ 原理：压差式、位移式
- ★ 隧道专用抗振设计



倾角传感器

- ★ 精度：0.1°~0.0001°
- ★ 正交误差：0.1~0.005%
- ★ 量程：±0.5~±180°
- ★ 原理：伺服、MEMS、电水泡



振动传感器

- ★ 分辨率：1.6×10⁻⁶m/s
- ★ 灵敏度：0.8 V/m/s
- ★ 频响：0.05~200Hz
- ★ 微振测量专用



激光/光纤惯导系统

- ★ 自寻北精度：0.01°~0.06°
- ★ 保持时间：20天
- ★ 姿态精度：0.01~0.1°
- ★ 可外接：GNSS、里程计、DVL



电水平梁

- ★ 1~3m梁长
- ★ 分辨率：0.05mm/m
- ★ 年稳定性：0.4mm/m
- ★ 总线式连接，单根线缆
- ★ IP68防护等级



数据采集器

- ★ 采样速率可调，48通道，同步采样
- ★ 各种模拟、数字、振弦输入接口
- ★ 分布式结构，基于GPS/北斗的时钟同步
- ★ GPRS、WiFi、LoRa、NB-IoT无线接口
- ★ 以太网、RS485等有线接口



测斜仪

- ★ 土体分层位移测量
- ★ 固定式，重载型
- ★ 精度：0.01~0.002°
- ★ 总线式连接，单根线缆
- ★ -100m泥沙下长期工作



移动扫描测量系统

- ★ 高速测量隧道病害和限界，mm级分辨率
- ★ 高速测量隧道变形，亚mm级测量精度
- ★ 基于三维激光扫描仪、激光惯导系统、里程计、GNSS、相机