

三维成像隧道地质超前预报仪

陈中华 张攀攀 张伟 徐昌文 靳辉

国家隧道应急救援中铁十一局四川队

一、研发创意

在隧道施工及应急救援中，地质条件复杂多变，传统超前预报技术（如 TSP、TRT）存在精度低、操作繁琐、依赖有线传输等问题。尤其在塌方、涌水等事故救援中，传统设备难以快速获取前方地质信息，导致救援效率低下、风险骤增。

案例痛点：某隧道塌方救援中，传统设备无法精准定位破碎带边界，救援人员因地质信息不明多次遭遇二次塌方威胁；

行业需求：亟需一种高精度、无线化、三维可视化的超前预报装备，为应急救援提供实时地质数据支撑，保障救援安全与效率。

二、成果简介

1. 核心功能

超前探测：有效预报掌子面前方 100-200m 地质情况，识别断层、溶洞等灾害体；

三维可视化：通过绕射偏移算法生成三维地质剖面图，直观展示灾害体空间分布；

智能分析：软件自动生成报表及风险等级评估，支持救援决策。

2. 技术突破

指标	传统设备	AGI-T3
探测精度	5-10m	$\leq 0.5m$
数据传输	有线，易受干扰	无线分布式，抗干扰
操作效率	布设耗时 2 小时以上	无线部署，10 分钟完成
适用场景	静态施工环境	复杂应急救援现场

3. 性能改进对比

指标	传统设备	AGI-T3	提升幅度
探测深度	$\leq 50m$	$\geq 150m$	300%
信号分辨率	10cm	5cm	200%
操作时间	≥ 30 分钟	≤ 5 分钟	83%

三、技术特点

1. 创新思路：以弹性波法为基础，结合 TSP 和 TRT 技术优势，提出“无线分布式+三维成像”技术路线，突破传统设备依赖布线的局限，实现地质体空间精准定位。

2. 技术难点与突破

无线信号稳定性：早期无线传输易受隧道内各种障碍物的干扰，通过优化 Wi-Fi 基站设计，引入滤波电路和自适应功率调节技术，传输距离提升至 50m 以上；

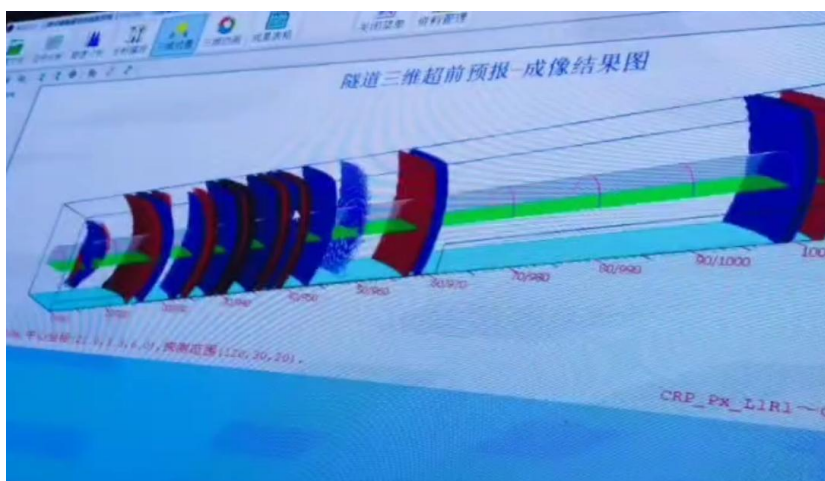
三维成像算法：针对回波信号混杂噪声问题，首创“F-K 二维滤波+绕射偏移叠加”算法，结合速度扫描分析，将成像精度提升至 0.5m 级；

硬件集成挑战：研发“传感器+采集器+无线传输”一体化设备，攻克三分量检波器防水防震难题，实现恶劣环境下稳定工作。

四、实践应用成效

应急救援队利用 AGI-T3 对在建高原项目隧道进行扫描，连续预报 3 处断层破碎带，为安全掘进提供关键数据支持。

五、代表性图片



六、成果联系人

姓名：靳辉 联系方式：13545339666

地址：四川省雅安市名山区名兴草大道南段 85 号四川省区域应急救援雅安基地

