

# TRT7000 型地震波反射三维扫描成像 隧道地质超前预报系统

DogainTECH  
道勤科技



TRT7000 型超前预报系统采用扫描成像技术获得隧道前方的全息图，代表国际上隧道超前预报领域最领先的水平。

- 采用隧道反射扫描成像技术，生成隧道前方地层结构的全息三维图
- 勘测结果准确、全面、直观，检测成果易于解译、断层、破碎、富水带、岩溶及采空区特征明显
- 没有耗材，勘测费用低
- 系统采用无线连接，操作简单、安全，携带方便
- 勘测时间短，不影响隧道施工
- 适用范围广：铁路、公路、水利、矿山等领域均可应用，探测距离远（100-300米）

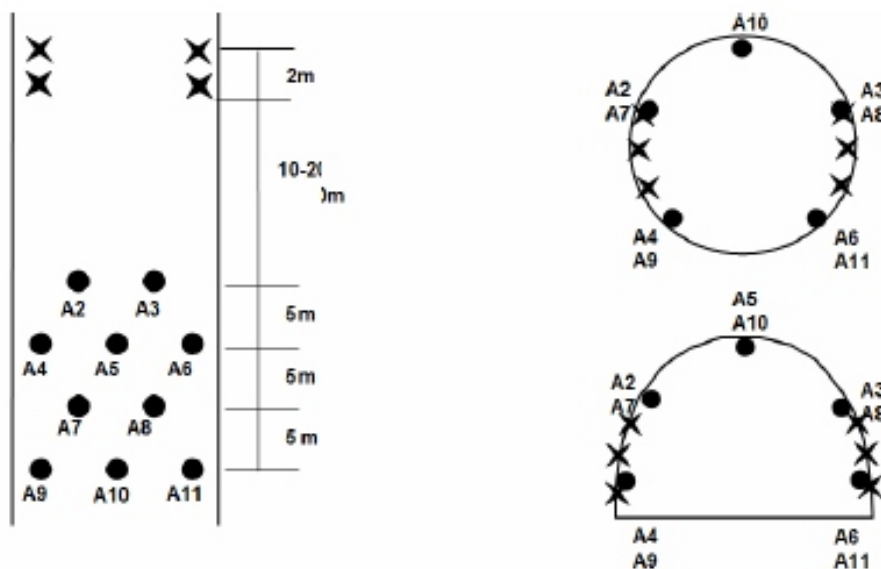
## TRT7000 型隧道超前预报系统介绍

TRT7000 型隧道超前预报系统采用隧道地震波反射三维成像技术，该技术的基本原理在于当地震波遇到声学阻抗差异（密度和波速的乘积）界面时，一部分信号被反射回来，一部分信号透射进入前方介质。声学阻抗的变化通常发生在地质岩层界面或岩体内不连续界面。反射的地震信号被高灵敏地震信号传感器接收，通过分析，被用来了解隧道工作面前方地质体的性质（软弱带、破碎带、断层、含水等），位置及规模。正常入射到边界的反射系数计算公式如下：

$$R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$$

假设R为反射系数， $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 为岩层的密度，V等于地震波在岩层中的传播速度。地震波从一种低阻抗物质传播到一个高阻抗物质时，反射系数是正的；反之，反射系数是负的。因此，当地震波从软岩传播到硬的围岩时，回波的偏转极性和波源是一致的。当岩体内部有破裂带时，回波的极性会反转。反射体的尺寸越大，声学阻抗差别越大，回波就越明显，越容易探测到。通过分析，被用来了解隧道工作面前方地质体的性质（软弱带、破碎带、断层、含水等），位置、形状、大小TRT7000 勘测成本低，操作简单，结果准确、全面、直观，代表隧道超前预报领域最新领先的技术，是隧道超前预报系统发展的方向，表现在如下几个方面。

1. TRT7000 超前预报使用锤击作为震源，可重复利用，不需要耗材，而使用炸药爆炸作为震源每次需要相当费用。
2. 使用锤击作为震源，可在同一点做多次锤击，通过信号叠加，使异常体反射信号更加明显。
3. 用锤击作为震源克服了爆炸产生的高能量对周围岩体产生挤压、破坏现象，从而保证接收到真实的地震波信号。
4. 由人控制锤击产生地震波，重复性好，操作简单，而爆炸产生地震波时高频信号迅速衰减，对操作人员的要求比较高。
5. TRT7000 采用高精度的加速计作为传感器，灵敏度高（1V/g），最大程度地保留了高频信号，提高了精度及探测距离（硬质岩中为300米，软质岩中为150米，黄土地层100米）。
6. 传感器和地震波采集、处理器之间采用无线连接，大大简化了装备（只有两个箱子，尺寸见设备配置）。两个箱子的重量仅为16Kg，携带方便。
7. TRT7000 的传感器布点（图1）采用立体布点方式，在隧道两边分别布置4个传感器，然后在隧道顶上布置两个传感器，从而获得真实的三维立体图，直观的再现了异常体的位置、形态及大小。而其他仪器一般在左右边墙各布置一个地震波信息接收器接收地震波，这样的布置方式只能获得异常体的位置信息，而不能获得形状、大小等信息，同时对于大角度斜交隧道的裂隙可能没有反映。



TRT震源和检波器布置示意图-星型符号代表震源、圆形符号代表检波器

8. TRT7000 还采用了扫描图像处理方式，绘制三维视图，并可以从多个角度观察缺陷，使得图像更加清晰，易于理解，从而轻松地进行缺陷诊断。

9. TRT7000 能描绘到隧道水平和垂直方向的所有异物。而其他仪器只能描绘几乎垂直于隧道的充满空气或水的裂隙及近距的垂直裂隙，不能描绘稍远距离的第二或第三裂隙（尤其是充气裂隙）。对于斜交隧道（由其是大角度斜交隧道）的裂隙没有反映。对于所描绘的倾斜裂隙，会低估它们的距离。

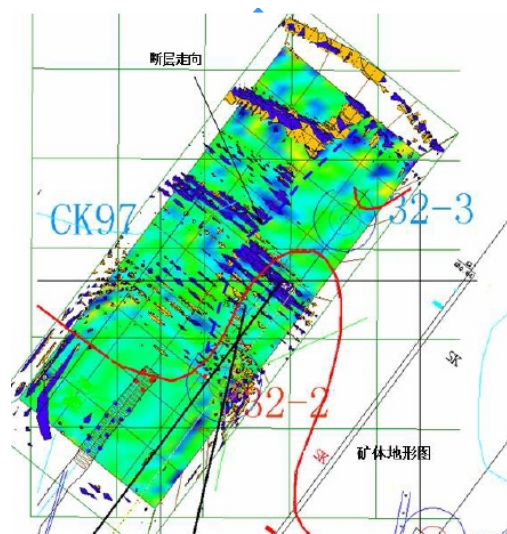


## TRT 技术在国内的应用

TRT 采用了业内众多先进技术，成为地下工程地质界的一颗璀璨的明珠，获得了广泛的认同，在铁路、公路、水利、铁矿、煤矿等领域得到应用，取得了丰硕的成果。下面是 TRT 在国内的一些应用实例。

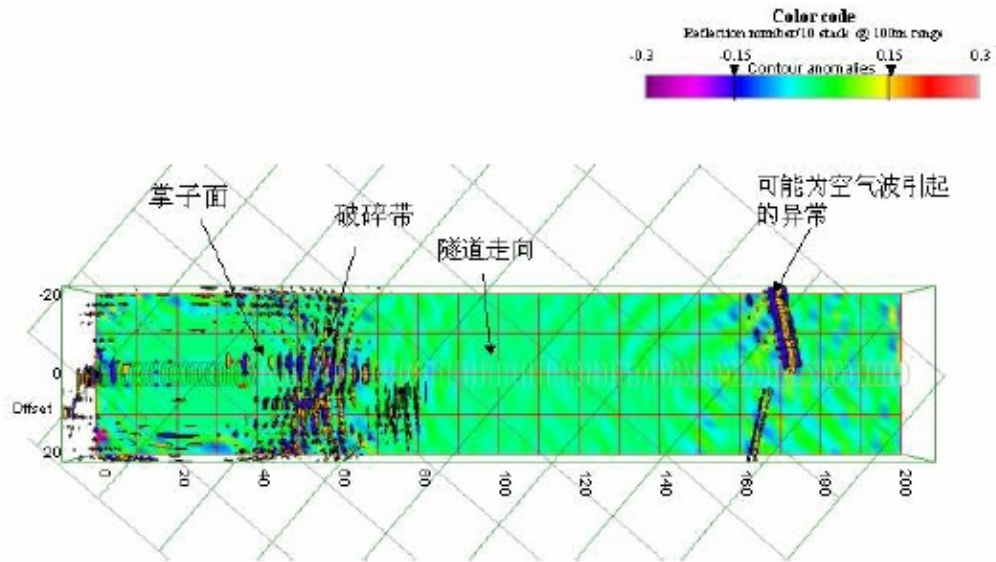
### 1、断层破碎带检测

莱芜谷家台铁矿 32-2 线处涌水量较大，为弄清前方地质构造，2008 年 10 月 11 日莱芜铁矿使用 TRT 进行检测，获得如下的成果图，从图中的异常上看，前方存在断层构造。



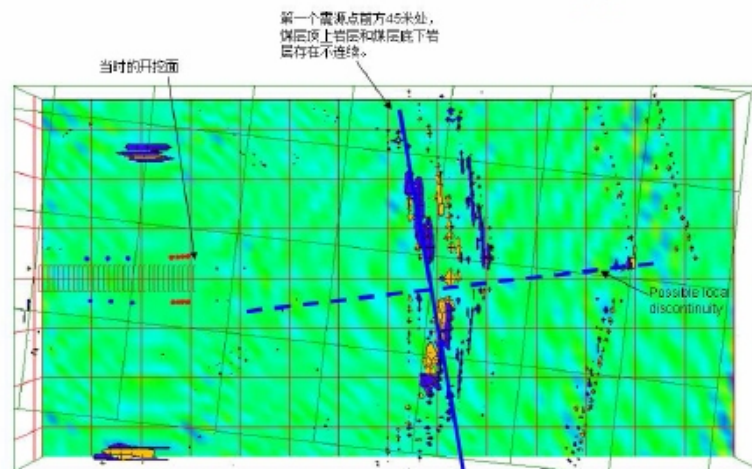
2007 年 11 月在贵州沾益线上进行了检测，探测结果显示，掌子面前方存在 30 米左右的破碎带。





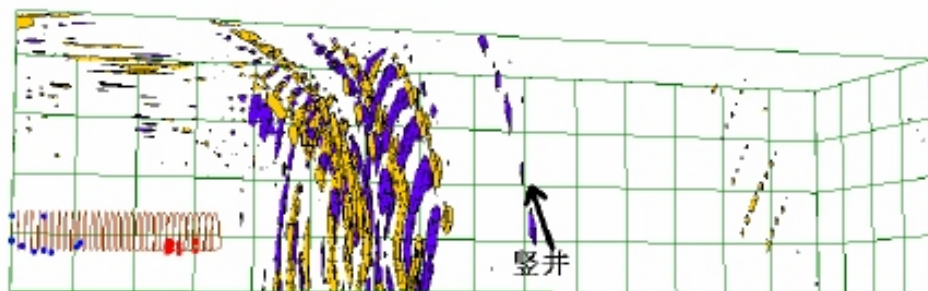
## 2、煤层顶、底岩体地质情况的检测

为了安全掘进，2009年11月8、9日山西潞安煤矿使用TRT对掘进面前方的煤层顶、底板岩体地质情况进行了检测。检测结果显示，在挖掘面前方45米处煤层顶板的岩性发生变化。



## 3、采空区检测

2011年4月8日在南充-大竹-梁平公路铜锣山隧道检测，成果中显示掌子面前方45米处有一空区，经验证是先前采煤留下的竖井。



## TRT7000 配置及参数

### A. 配置:

- a. 主机一台
- b. 地震波数据采集软件
- c. RV3D 处理, 显示软件
- d. 10 个加速度传感器
- e. 11 个无线触发模块
- f. 1 个触发器
- g. 基站 1 个, 用来连接主机, 控制远程模块收集数据;
- h. 基站模块, 向无线模块发送采集指令, 接收无线模块采集的数据, 将数据传输到主机

### B. 参数:

#### 1. 数据采集

采用无线数据传输和通信, 立体布置震源和传感器, 采集立体空间的波场信息;

#### 2. 震源及触发方式

锤击震源, 使用触发开关回路触发;

#### 3. 传感器

灵敏度1V/g; 单分量传感器, 灵敏度1V/g; 频率范围10-10000Hz;

#### 4. 无线模块

记录地震波, 向基站无线发送记录到的地震波, 频率范围: 0.7 to 3900 Hz, 采集记录长度: 64-8192ms, 采样频率: 250-32000 道/秒, 模数转换: 24 位;

#### 5. 主机

专用工业级笔记本电脑, 松下CF-53, CF-53, 屏幕: 14 英寸, 分辨率: 1366x768, CPU 主频: 2GHz  
核心数: 双核心/四线程, Win7 中文系统

#### 6. 主机分析软件

分析软件基于地震波反射的原理, 通过时间滤波器, 频率滤波器, 速度滤波器反演预报区域三维空间中的地震波波阻信息, 可以2D 和3D 图形和图表形式输出结果, 能生成地质不连续界面、倾角和走向以及与隧道轴交点的三维成像图, 可对结果进行任意切片。

#### 7. 预报范围

隧道中心线左右、上下50 米, 掌子面前方100-300 米

#### 8. 温度:

- a. 适用温度范围: 0 °C 到 60 °C;

#### 9. 运输箱尺寸

两个运输箱尺寸: 55cm\*43cm\*22cm

