

三维成像隧道地质超前预报仪 AGI-T3 (V)

云南航天工程物探检测股份有限公司



- **重要意义与发展概况**
- **产品简介与关键技术**
- **对比分析及应用实例**
- **技术规程与学术交流**

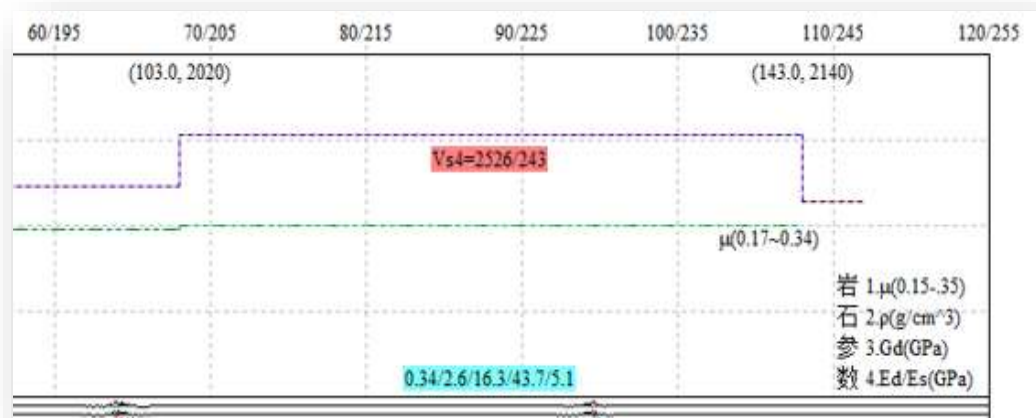
隧道常见地质灾害（塌方、突泥、突水）



主要探测方法：
地质雷达法、地震波法

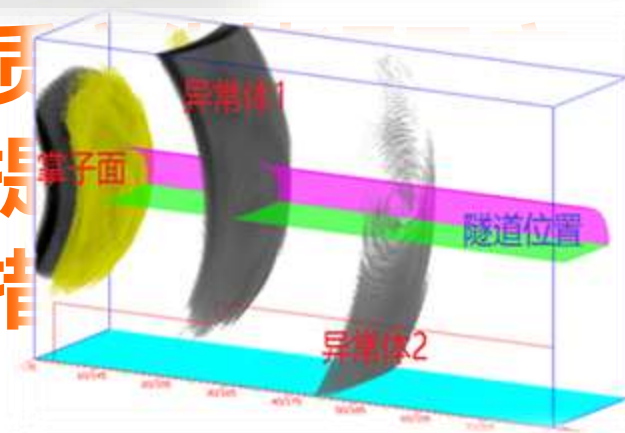


重要意义.地震波法超前预报



支护形式的变更提供依据，

- 探测掌子面前方地质害体的分布性质，提前预警，以便及时采取措安全。



- **AGI-T3**基于地震波仿真分析、三点定位理论；应用二维滤波去噪、波速扫描分析与无线通信等技术，实现地震波信号快速采集和纵横波直接三维成像。
- **AGI-T3 (V)**在AGI-T3的基础上做了如下升级：高精度采集器：独立4通道采集器A/D由目前普遍使用的24bit升级到32bit，精度更高。高灵敏度三分量传感器：由目前的600mv/g升级到1000mv/g，更有效探测前方微弱信号。研发孔中无线数字传感器，即传感器和无线采集器合二为一，信号采集收发一体化，可直接在孔中安装采集，提高了现场工作效率，并有效克服隧道中噪声的影响。

AGI-T3(V)第五代超前地质预报仪--新特征

- 1、高精度：A/D转换32位；
- 2、高灵敏度：三分量检波器1000mV/g；
- 3、高集成度：传感器+采集器+无线传输于一体；
- 4、智能分析：软件增加三维动画和报表自动生成功能；
- 5、使用方便：采集器在孔中通过弹簧片自动固定耦合。



AGI-MCS(V)路由器



AGI-WDAQ(V)主机

无线触发和数据传输天线

多功能无线触发器



AGI-WTF(V)触发器

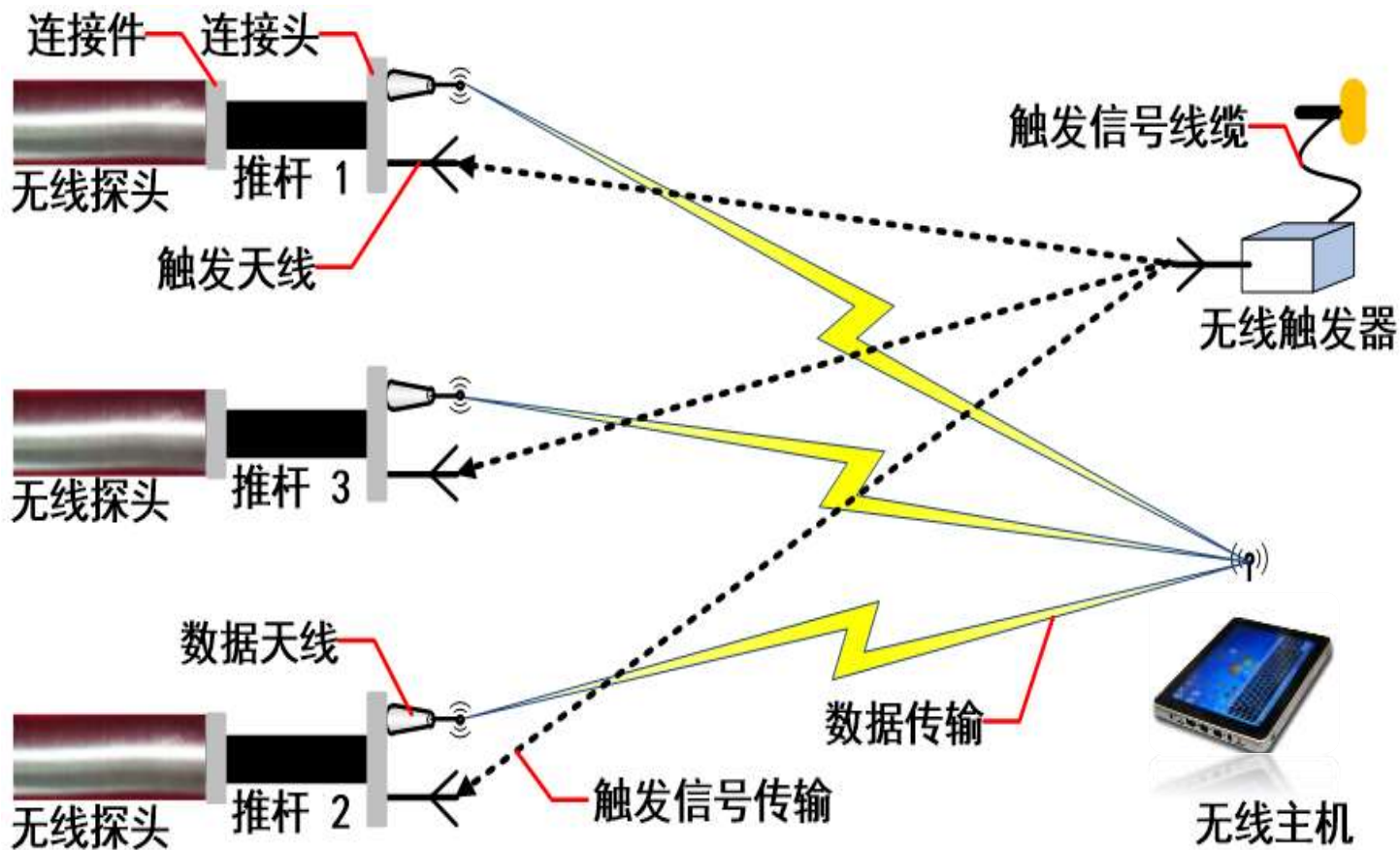
探杆长度可调

信号采集器

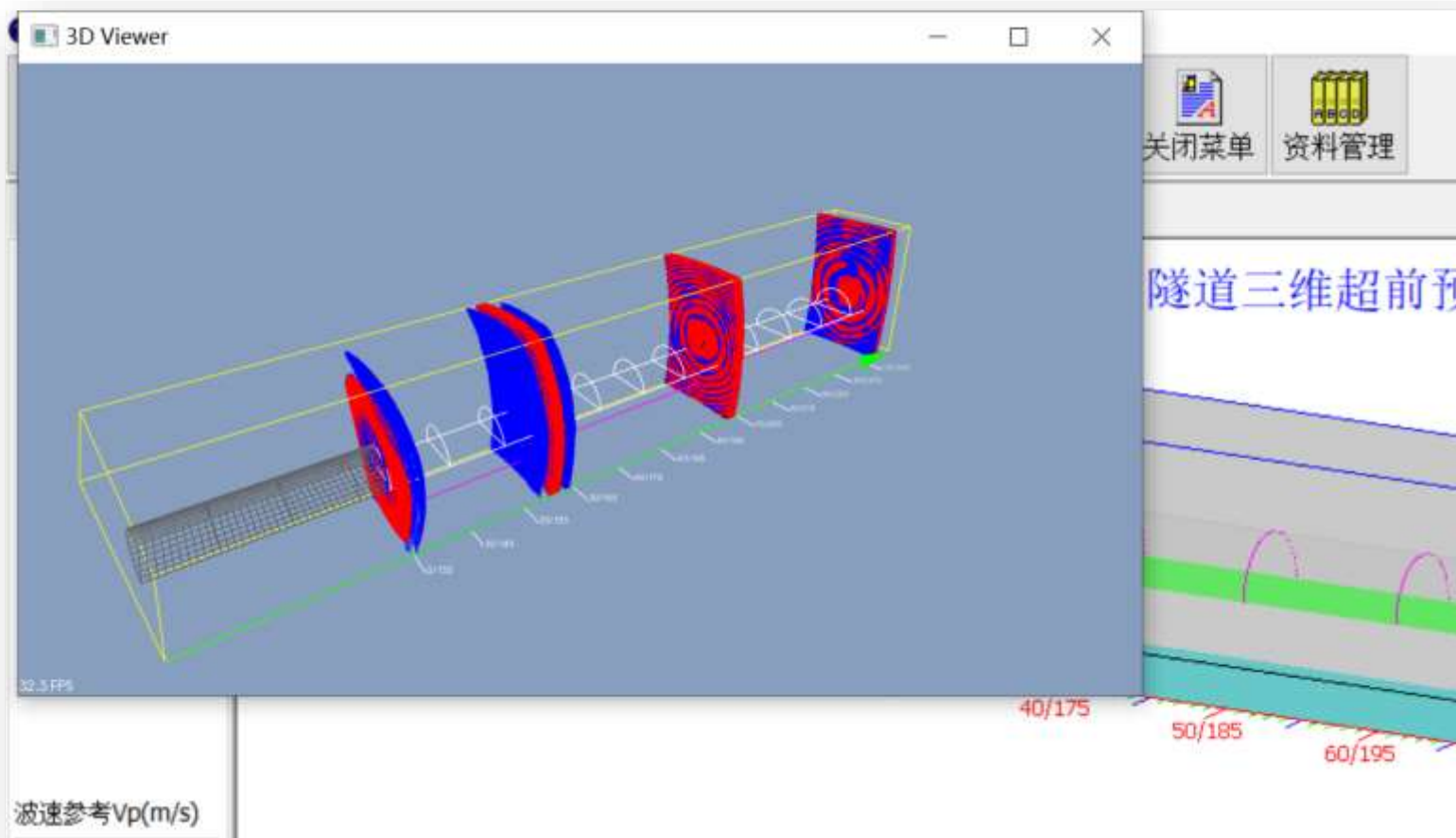
三分量传感器



AGI-WDAQ(V)采集器



T3 超前地质预报结果表 (模板--自动生成)				
预报等级: <input checked="" type="checkbox"/> 预报 <input type="checkbox"/> 警报 <input type="checkbox"/> 紧急警报				
隧道名称			预报方法	AGI-T3
预报范围	K+135.0~K+255.0		掌子面里程	K+135.0
预报单位			预报时间	2022-03-23
预报里程	物性参数描	主要物探异常	预报推断结果及施工建议	
K+135.0~K+137.0 L=2.0m	平均速度 $V_p=3020\text{m/s}$	在 K+133.8~K+137.0 范围内,有明显反射面	该段岩性为——,波速3020m/s(波速偏低),岩体较破碎,裂隙发育,围岩完整性和稳定性较差;界面位置在 K+133.8~K+137.0 范围内,有明显反射面。推断该段围岩受掌子面及地质构造影响,可能会有岩体破碎区域或含水区域存在。推断该段围岩等级为V级。施工中应加强防护措施,确保安全。	
K+137.0~K+164.0	平均速度	在 K+161.2~K+164.0 范围内,有明显反射面。	该段岩性为——,波速3402m/s(波速偏低),岩体较破碎,裂隙发育,围岩完整性和稳定性较差;界面位置在 K+161.2~K+164.0 范围内,有明显反射面。推断该段	



AGS(T3) - 三维成像隧道地质超前预报【V22.02】—注册有效,欢迎使用!

读取文件 信号分析 频谱分析 坐标编排 三维成像 三维动画 成果表格 显示菜单 资料管理

资料分析与管理 (β1)

图片预览 资料清单 登录注册

手机登录

请输入手机号

输入验证码 获取验证码

登录

扫码交流QQ

No.	本机图片库
1	模型仿真-实测信号
2	波场分离-纵波信号
3	速度扫描-自动
4	三维成像-结果图
5	实测信号-波速扫描
6	实测信号-三维成像

上传资料,云备份 + 成果数据

成果图片 实测信号 选择文件

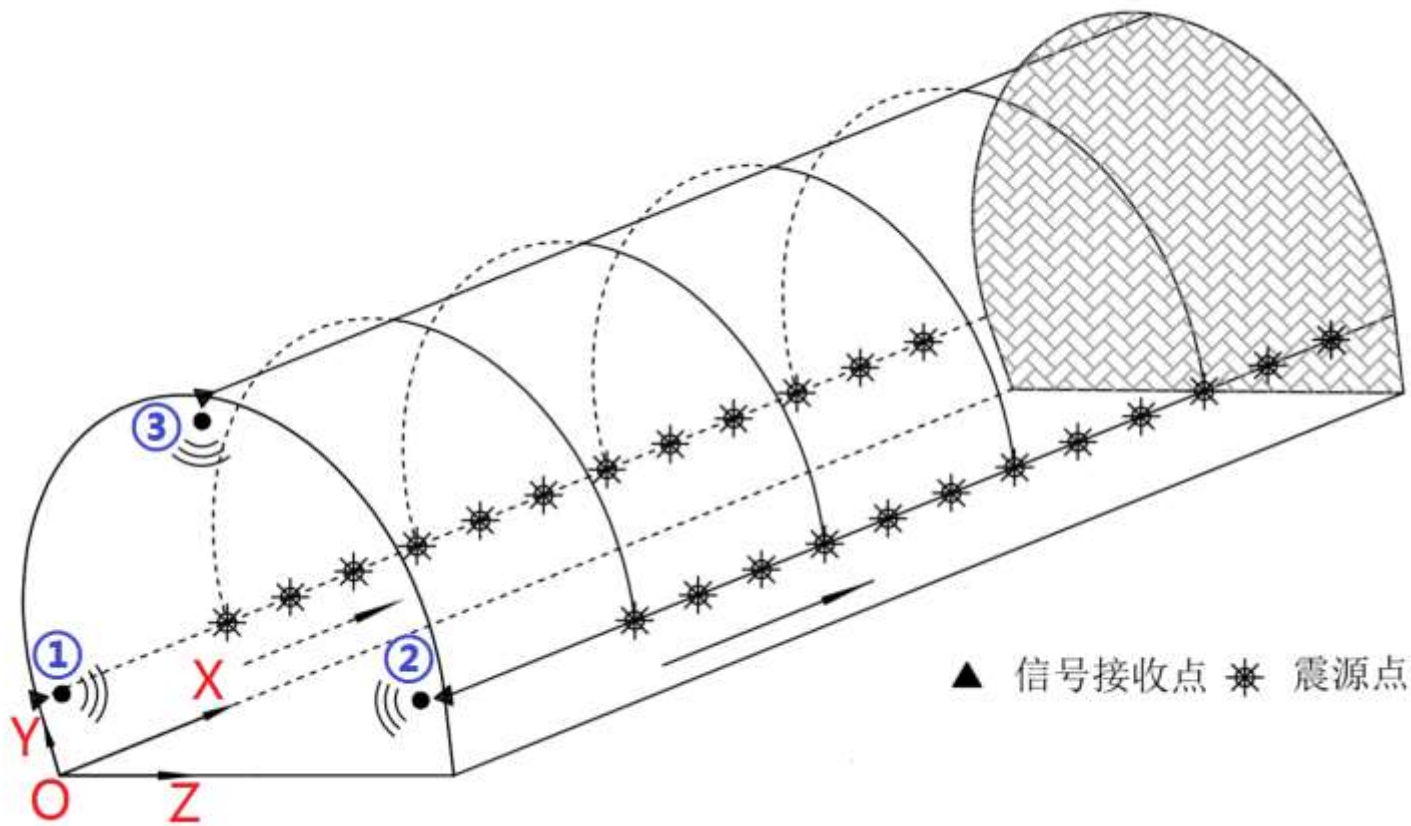
保存图片 放大分析 返回继续

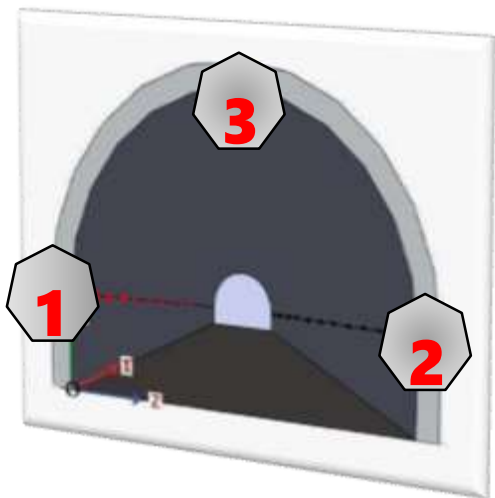
03241844L1(100.0...124.0)

N#=24, Sx=6.00m, t=-18.624ms Size(3112×1400) File:03241844L1(100.0...124.0).dat

- **仪器全部无线连接**：实现信号触发和数据传输全部无线；可选用锤击或炸药震源，现场工作方便快捷。
- **信号直接三维成像**：基于空间3点定位原理，实现地震波信号快速采集和纵横波直接三维成像，可从多角度直观准确地反映地质情况。
- **二维滤波信号均衡**：应用“F-K”二维滤波和信号同步均衡技术，可有效提取来自掌子面前方回波信号，提高三维成像精度和准确度。
- **波速扫描自动分层**：研发波速扫描分析和自动分层方法，可准确求取围岩波速及其岩性参数（为施工设计提供依据），进一步提高成像精度。

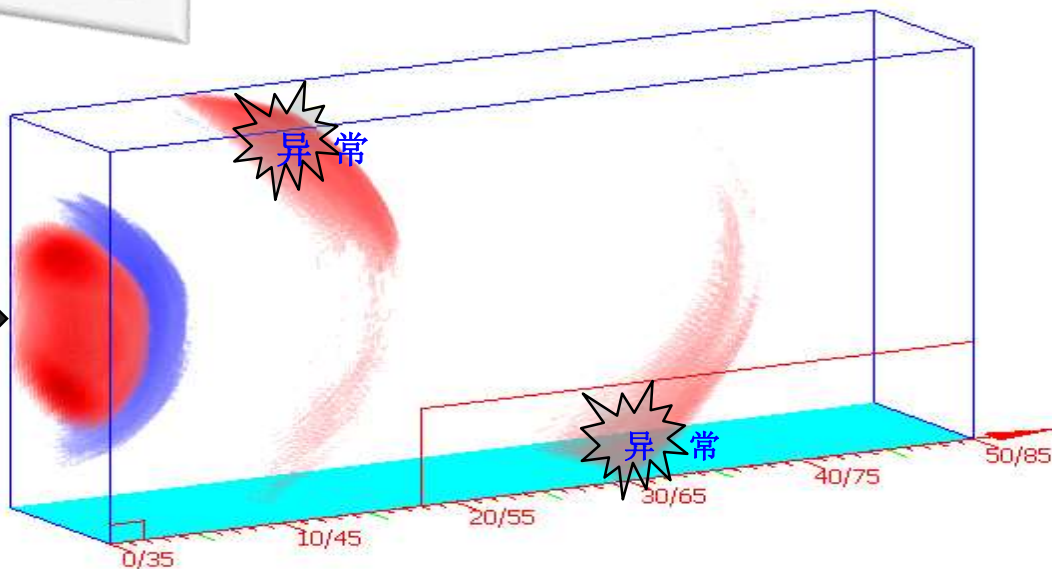
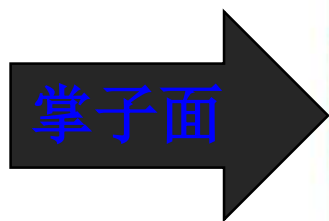
1、观测系统设计 三点定位





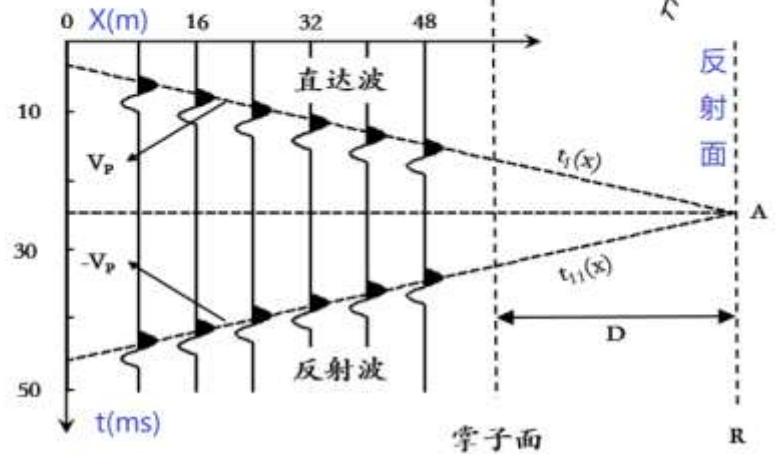
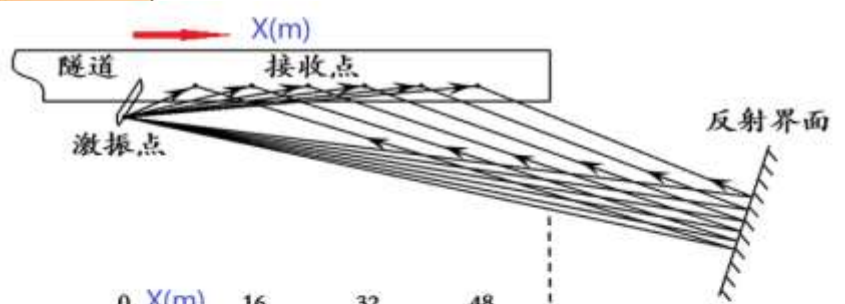
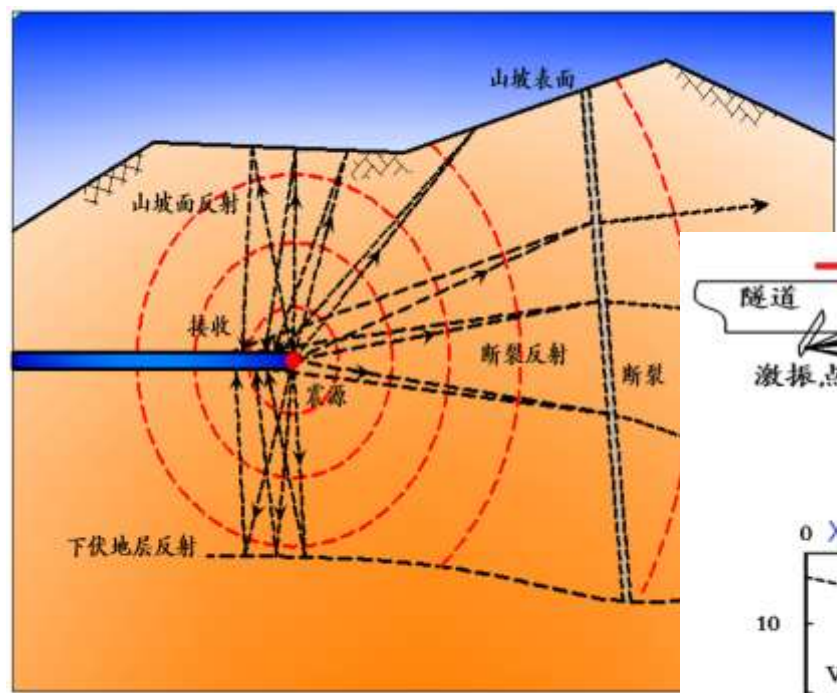
三维隧道预报成像结果图

3点接收
成像结果

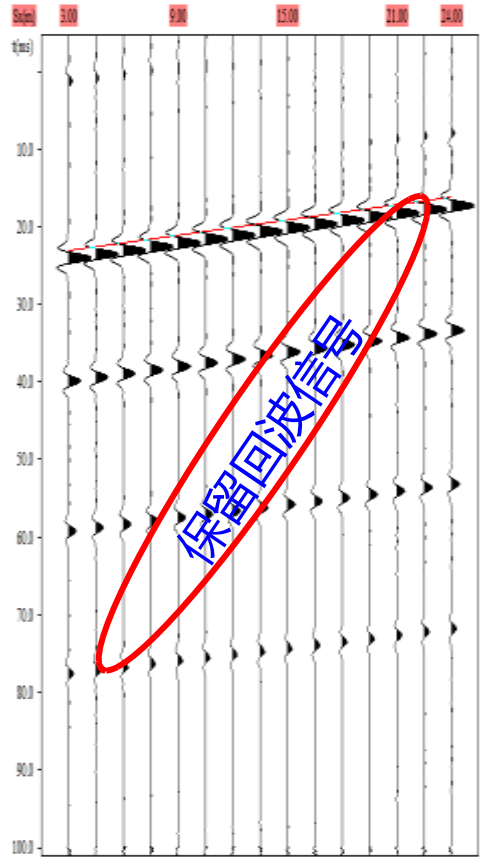
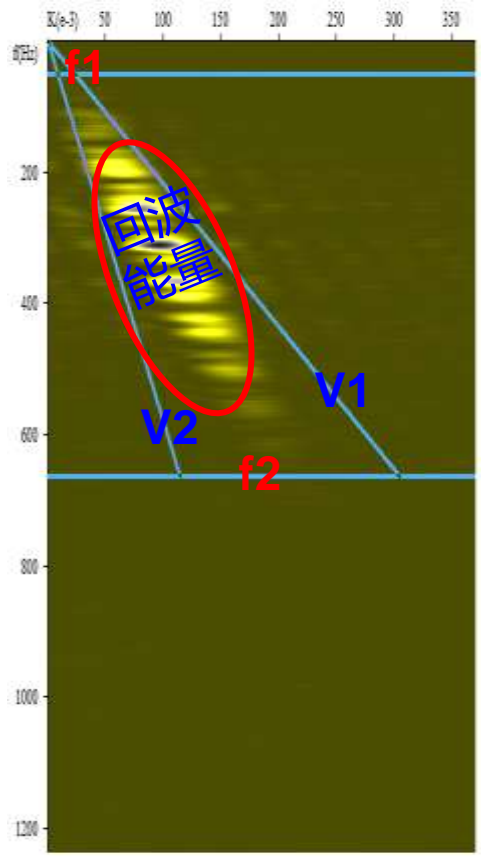
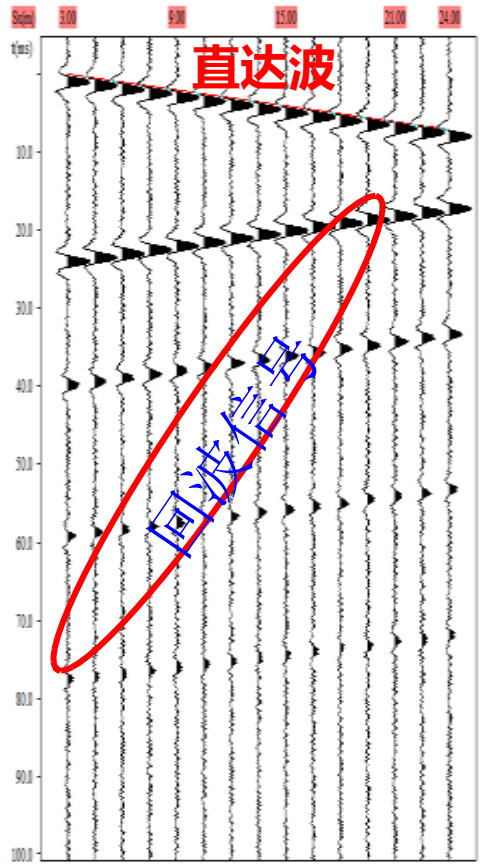


剖面「+」(35, 1, 5), 探测范围(50, 50, 20)~CRP_Px_L2R3(6) 欢迎试用!

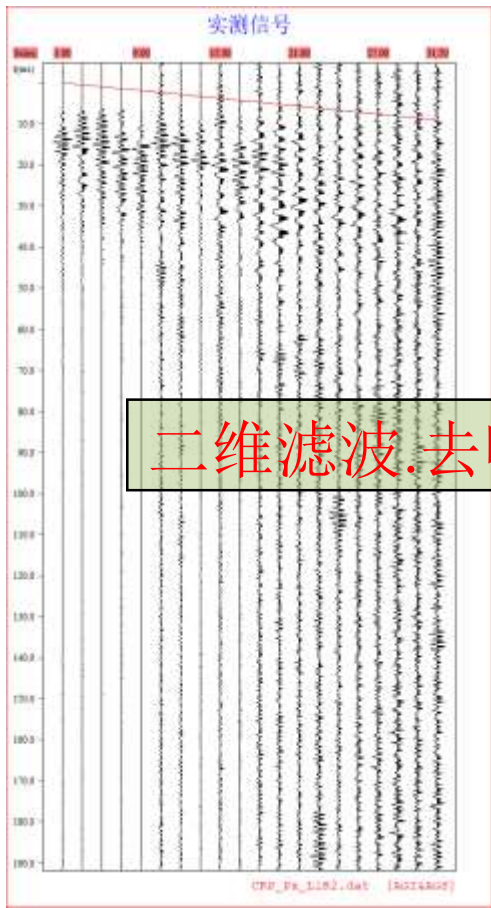
2、二维滤波基本原理



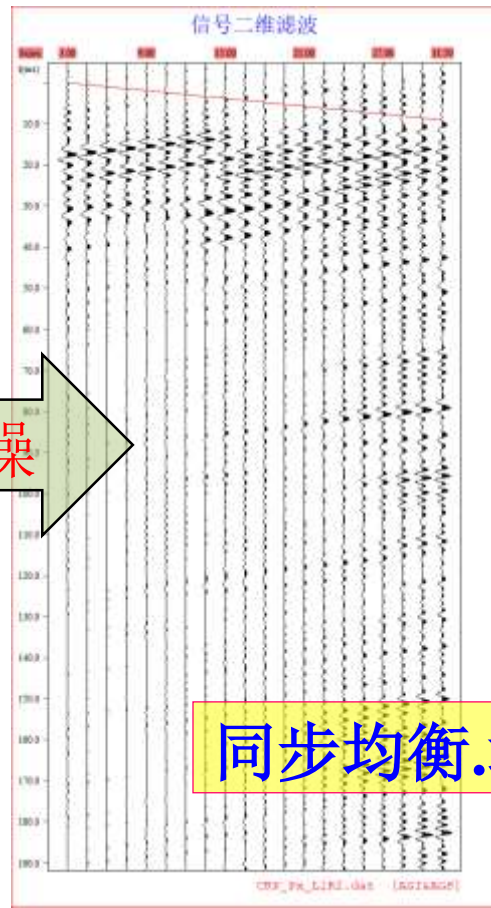
2、二维滤波效果分析



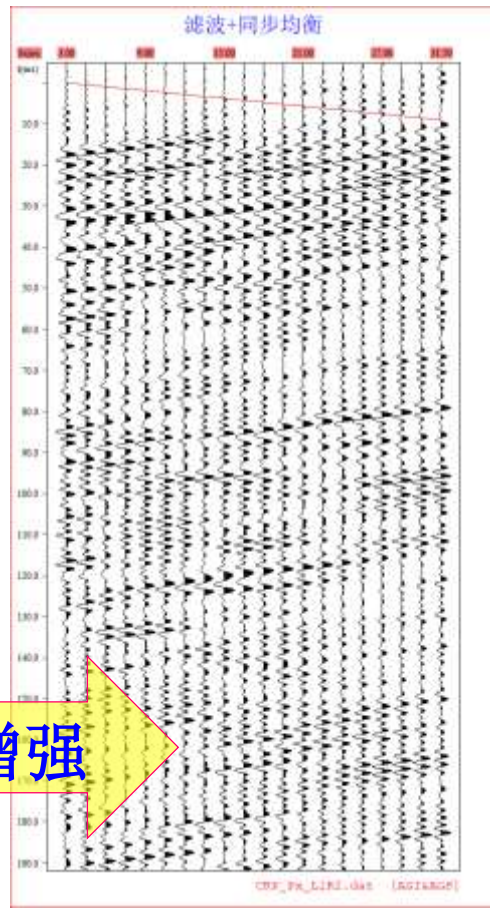
2、二维滤波同步均衡



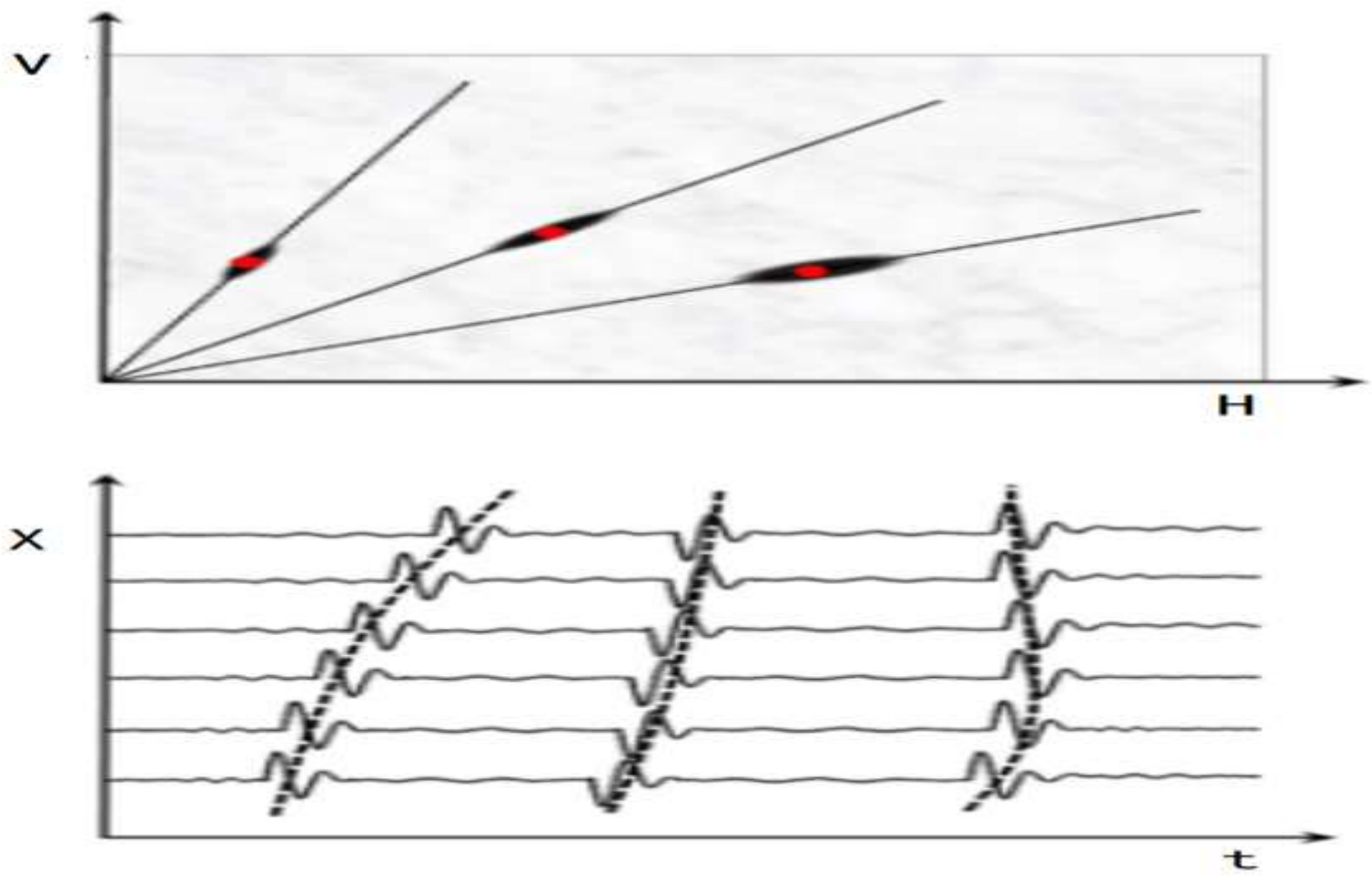
二维滤波.去噪



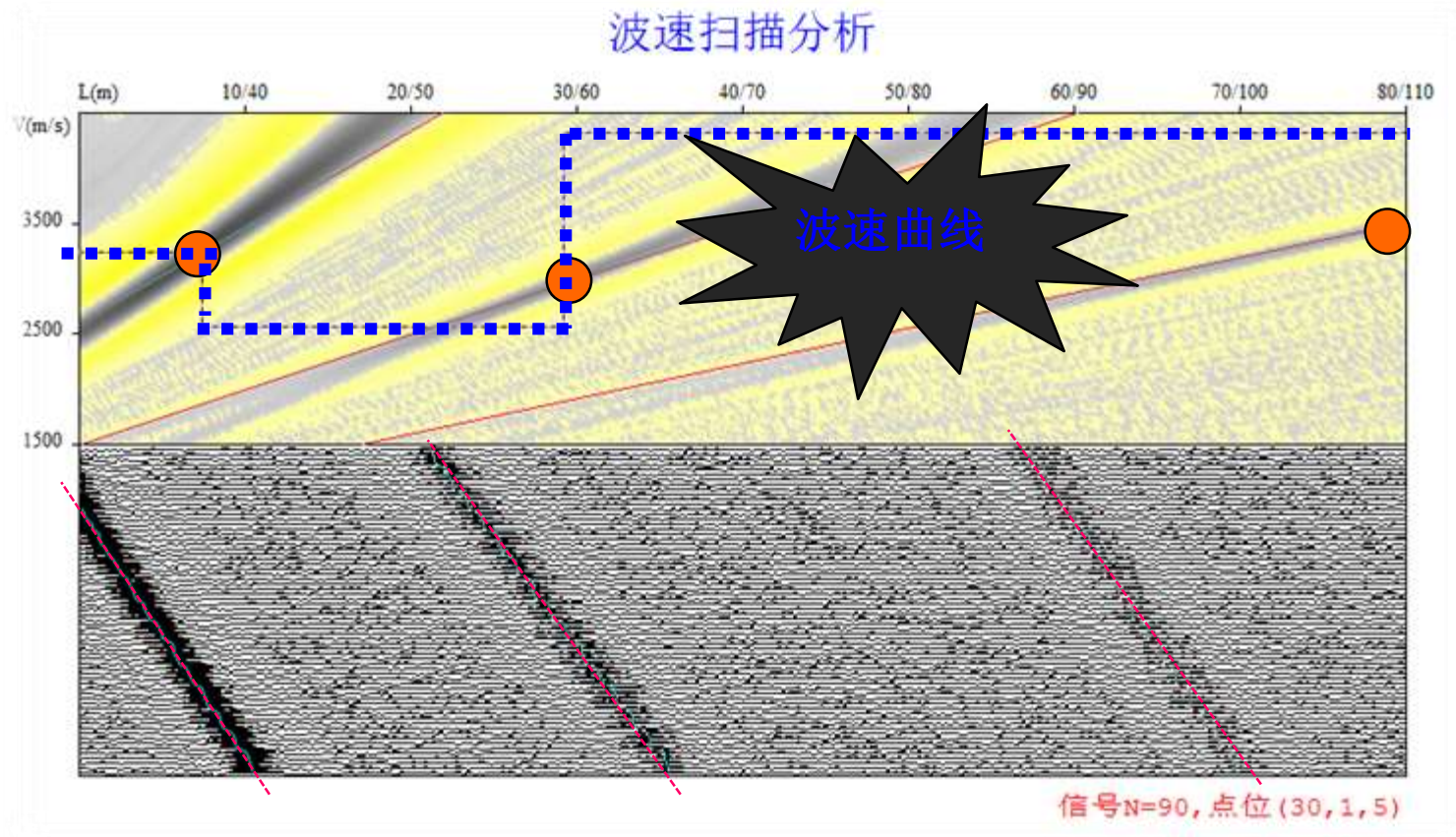
同步均衡.增强



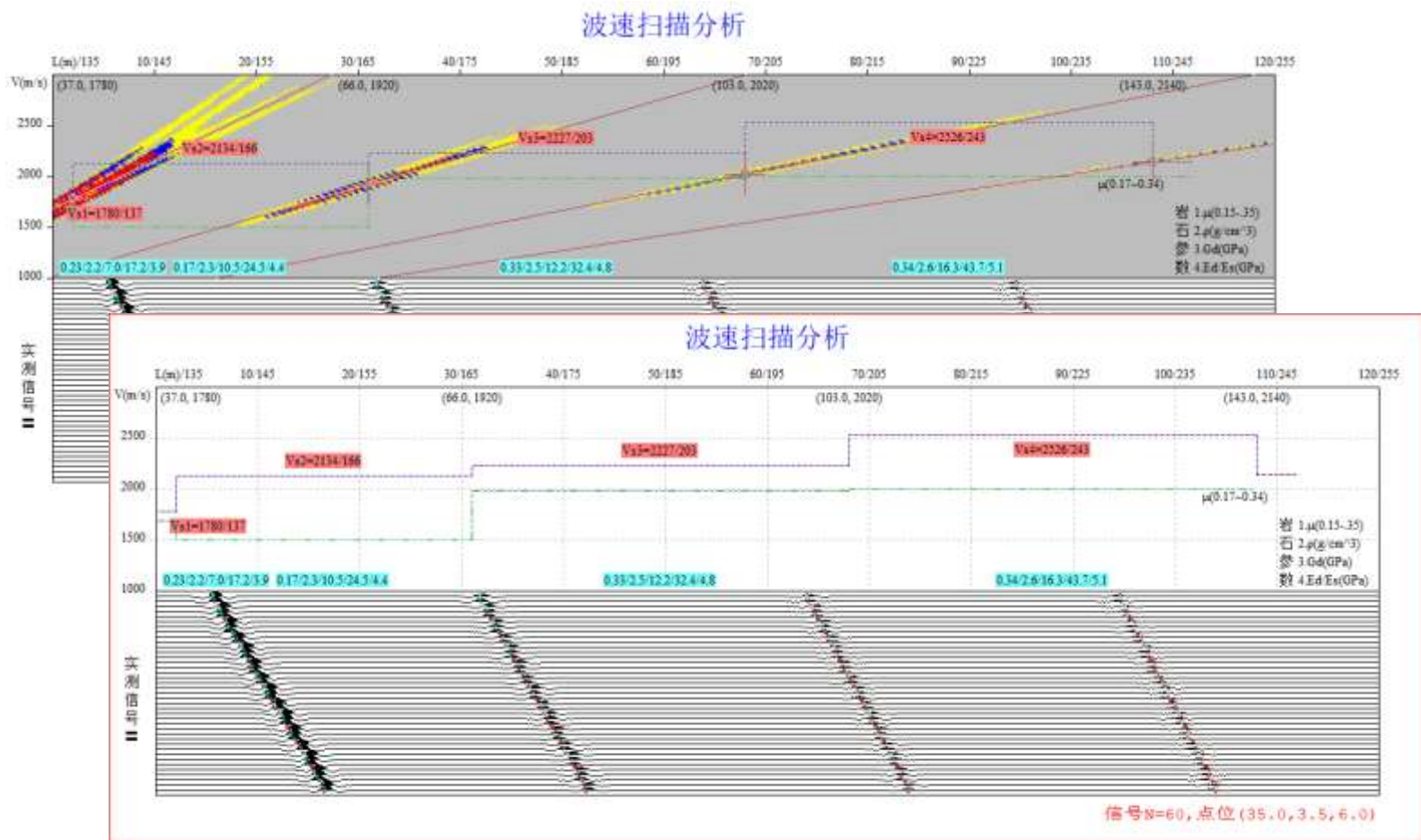
3、波速扫描分层原理

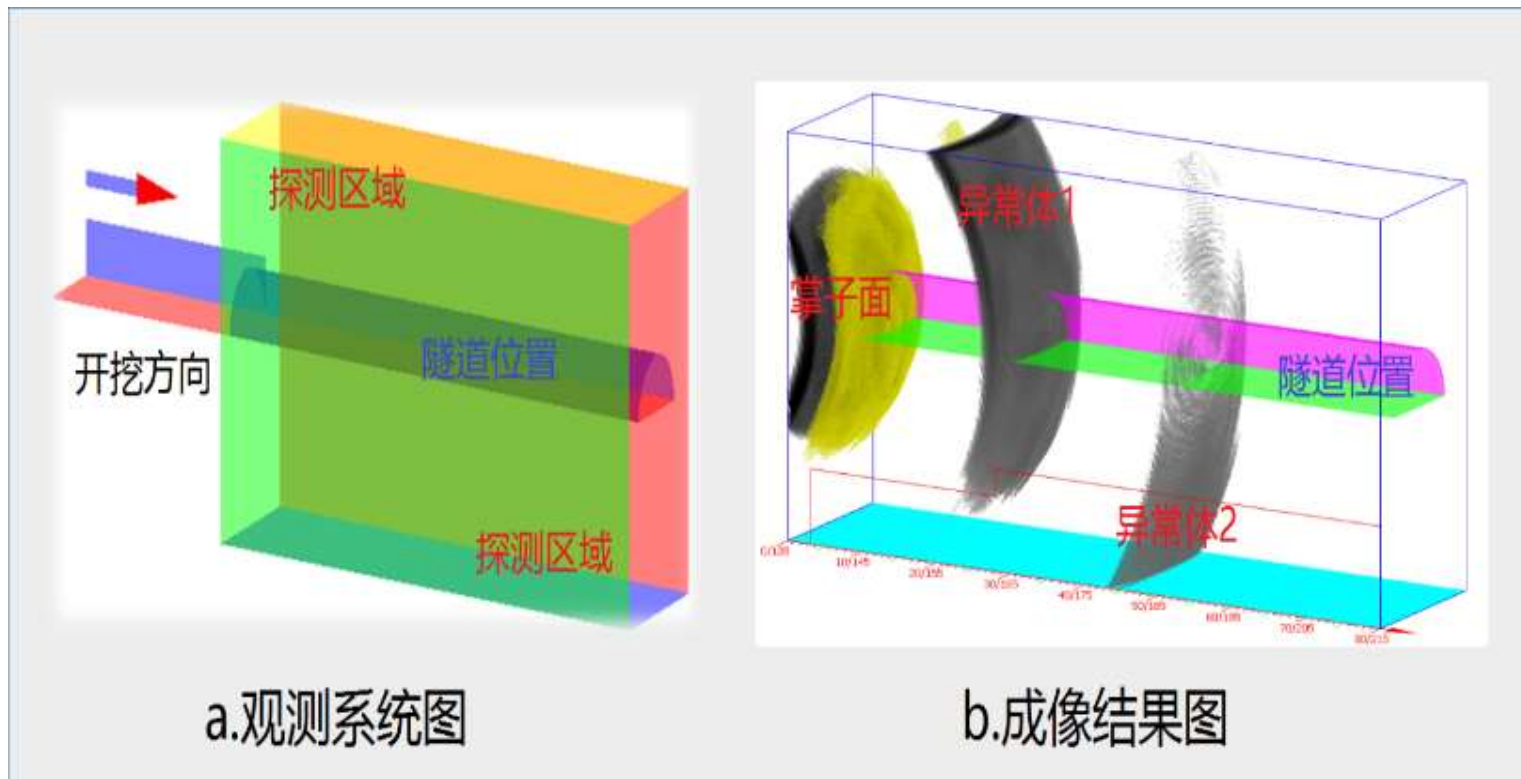


3、波速扫描 自动分层



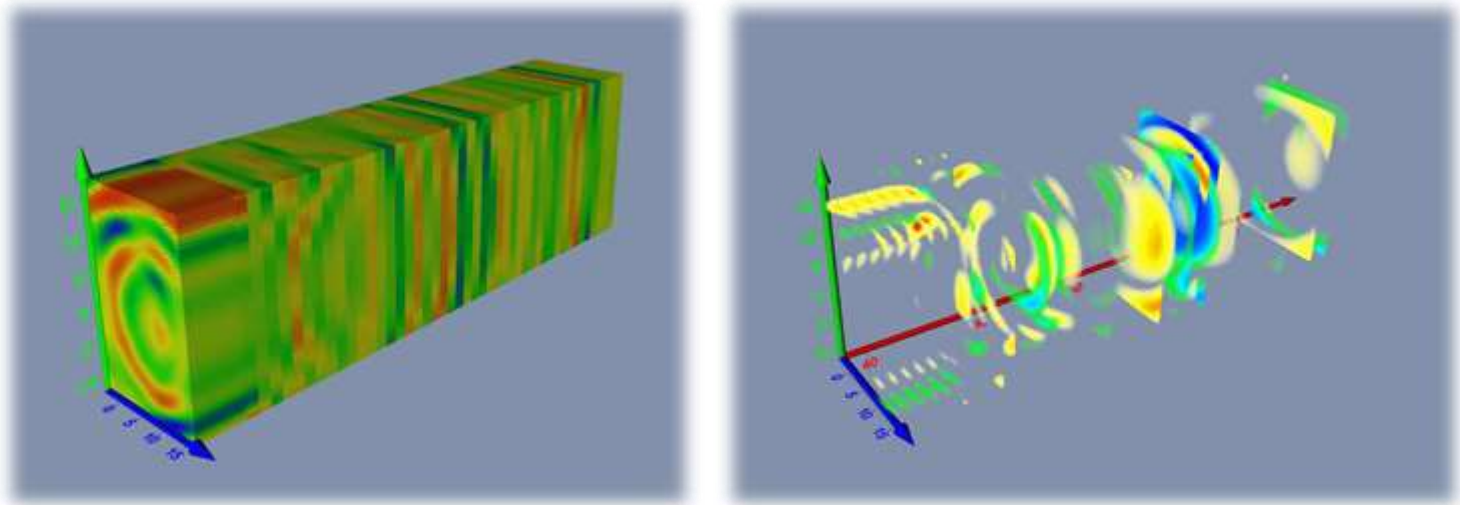
3、波速扫描岩性参数





绕射偏移迭加+共反射面元 \Rightarrow 三维层析成像

4、三维层析成像

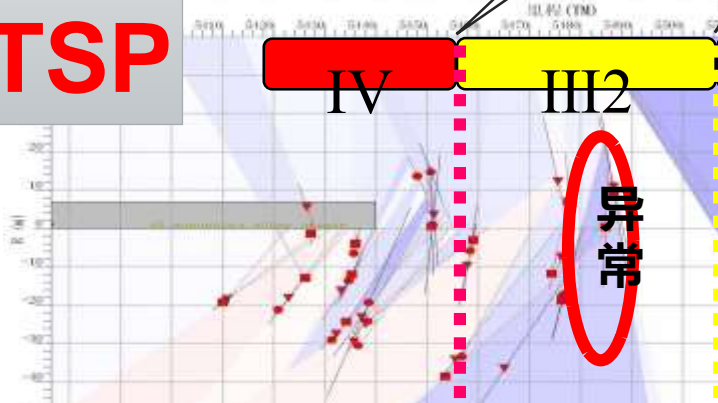


绕射偏移迭加+共反射面元 \Rightarrow 三维层析成像



对比分析

TSP

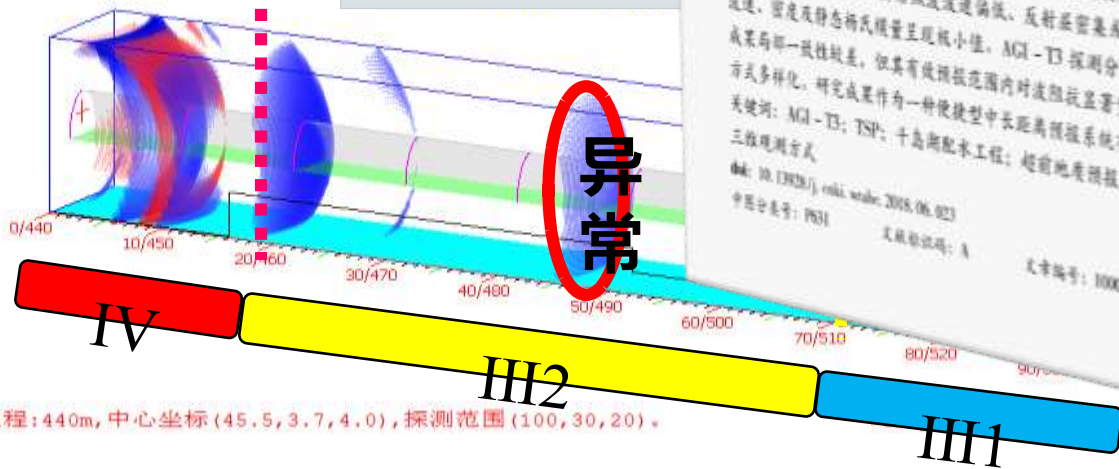


开挖界面

异常

杭州市第二水源干渠

开挖验证



异常

起点里程: 440m, 中心坐标 (45.5, 3.7, 4.0), 探测范围 (100, 30, 20)。

水利水运工程学报 2018年第4期

赵国军, 李俊杰, 江宗高, 等. AGI-T3 在输水隧洞超前地质预报中的应用 [J]. 水利水运工程学报, 2018, 49(6): 164-170.
 ZHAO Guojun, LI Junjie, JIANG Zongao, et al. Application of AGI-T3 to advance geological prediction for construction of water conveyance tunnel [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2018, 49(6): 164-170.

AGI-T3 在输水隧洞超前地质预报中的应用

赵国军¹, 李俊杰¹, 江宗高², 夏志强¹

(1. 浙江省水利水电勘测设计院, 浙江 杭州 310002;
 2. 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

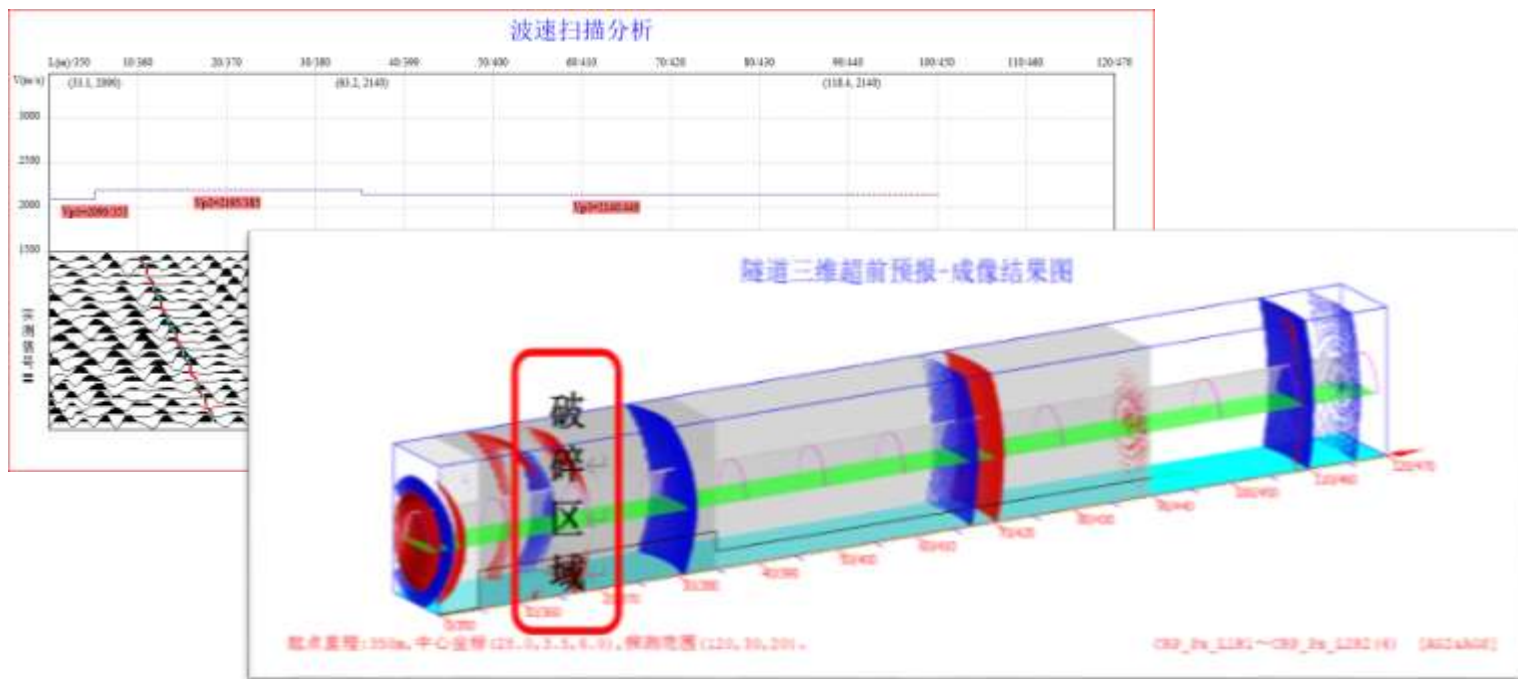
摘要: 针对传统超前地质预报设备造价昂贵, 占用施工时间长, 数据处理复杂等问题, 研究一种高效经济的新型地质预报成像系统 AGI-T3, 将 AGI-T3 与 TSP203plus 用于千岛湖配水工程石毛畈主洞岩体完整性探测, 阐述了 AGI-T3 探测系统布设方式, 数据处理流程及与 TSP203plus 的差异, 分析了 AGI-T3 原始数据特性及岩体破碎区对应的 AGI-T3 异常特征。结果表明: AGI-T3 采用绕射扫描叠加与共反射而无叠加(CRS)相结合的偏移技术进行三维成像, 从而避免了动静校正带来的误差, AGI-T3 采用 F-K 滤波与自适应对比扫描相结合的方法提取反射层, 一定程度上提高了三维成像的精度。隧洞实际开挖表明, 两种地震反射技术均能较好的反映掌子面前方岩体完整性变化特征, 破碎岩体对应 AGI-T3 异常以低速带偏低, 反射层密集或存在强负反射层面, 在 TSP 成果中表现为成果与岩体一致性较差, 但其有效预报范围内对波阻抗显著变化的界面探测灵敏度较高, 且地震波激发方式多样化。研究成果作为一种便捷型中远距离预报系统有一定的推广价值。

关键词: AGI-T3; TSP; 千岛湖配水工程; 超前地质预报; 二维滤波; 反射波提取; 偏移成像算法;

doi: 10.13802/j.cnki.sclb.2018.06.023
 中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000-0860(2018)06-0164-07

文章编号: 1000-0860(2018)06-0164-07

III1



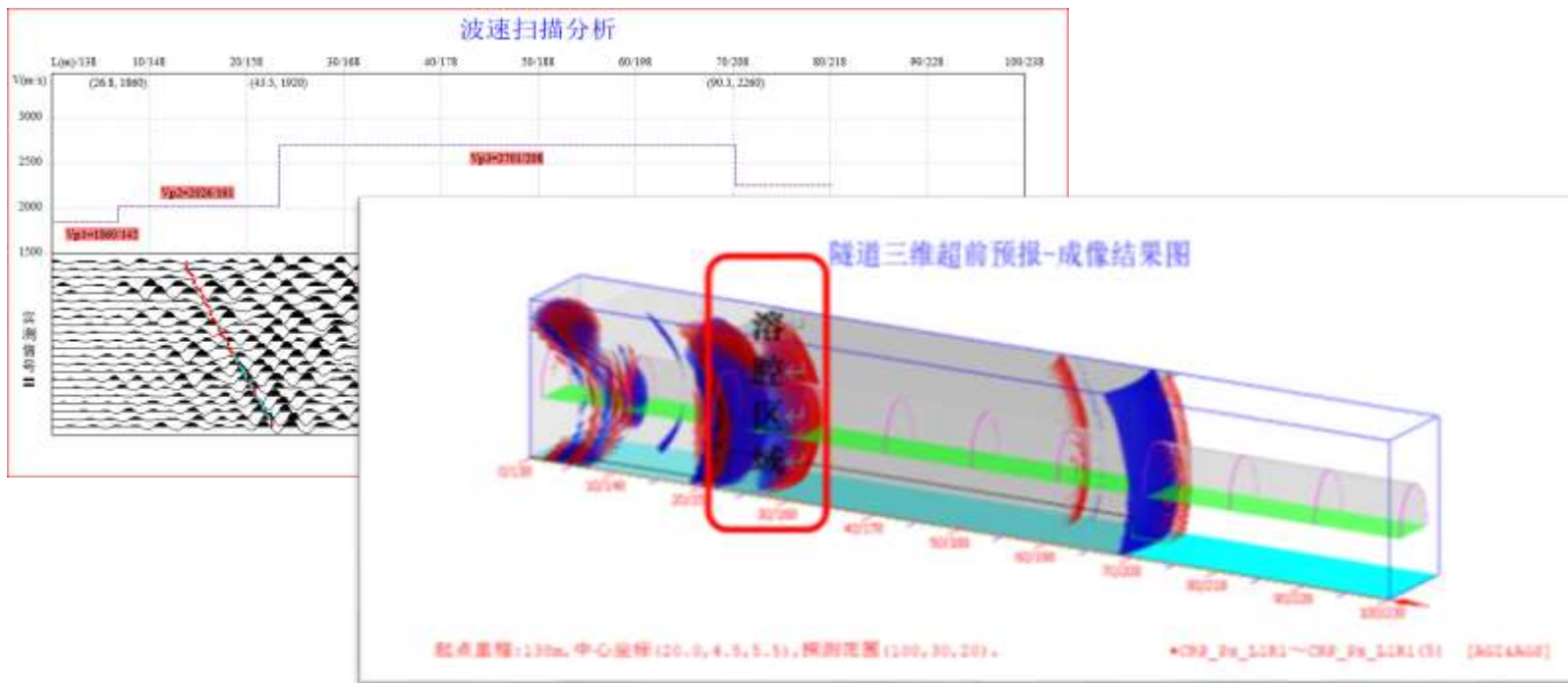
干海子隧道位于大理州云龙县，属山区地形，从西到东依次呈南北向排列，地貌复杂多样。本次隧道超前地质预报三维探测工作区为：ZK137+350~ZK137+470。掌子面ZK137+350地质情况：掌子面潮湿，围岩以中风化砂岩夹泥岩为主，岩体破碎，节理裂隙较发育，层间结合力较差，围岩完整性和稳定性较差。AGI-T3三维观测系统和探测结果如上图所示。



综合掌子面地质情况和AGI-T3探测结果，得到如下结论：

在ZK137+360 ~ +370、ZK137+380、ZK137+417 ~ +420附近有较强反射界面，推测上述几处附近岩体破碎，局部存在发育裂隙水及软弱夹层，隧道掘进受扰动后，易发生掉块或小规模塌方。

经开挖验证，在ZK137+360 ~ +370掌子面潮湿，围岩破碎，上台阶掌子面左侧出现大规模塌方，后进行回填维稳，如上图所示。



虎跳峡隧道位于迪庆州香格里拉市，起点为香格里拉市虎跳峡镇冲江河与金沙江交汇处的G214线。本次隧道超前地质预报三维探测工作区为：YK24+138 ~ YK24+238。掌子面YK24+138地质情况：围岩以中风化浅灰白色中厚层~厚层状大理岩为主，岩石较坚硬，节理裂隙较发育，溶蚀较发育围岩完整性和稳定性一般。 AGI-T3三维观测系统和探测结果如上图所示。



综合掌子面地质情况和AGI-T3探测结果，得到如下结论：
在YK24+145、YK24+161 ~ +170、YK24+200 ~ +208附近有较强反射界面，推测上述几处附近岩体较破碎，局部溶蚀较发育。
后经开挖验证，在YK24+145、YK24+200 ~ +208岩体破碎，在YK24+161 ~ +170含有溶腔，如上图所示。

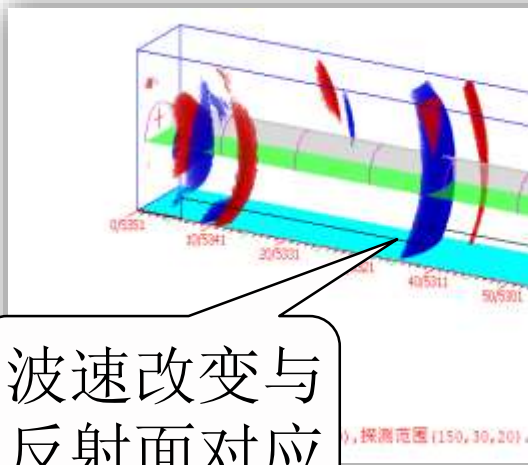
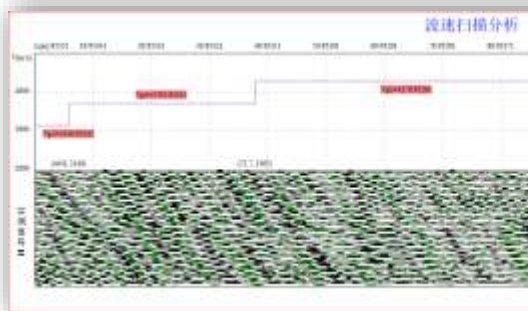
应用实例3



预报等级: ■ 预报 □ 警报 □ 紧急警报

表 6-1 航天检测

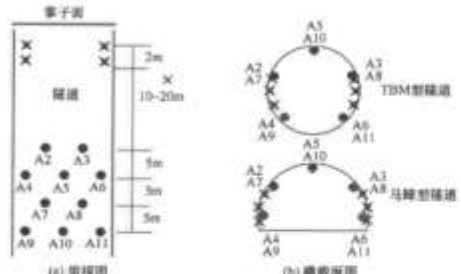
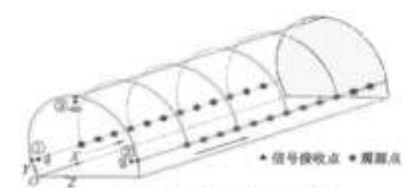
隧道名称	笔架山隧道右洞出口		预报方法	T3
预报范围	K95+350~K95+200		掌子面里程	K95+350
预报单位	云南航天工程物探检测股份有限公司		预报时间	2018年4月25日
预报里程	物性参数描述	主要物探异常	预报推断结果及施工建议	
K95+350~K95+345 L=5m	平均速度 Vp 3140m/s	受掌子面影响, 有较明显反射异常。	该段岩性为厚层状、块状角砾岩夹薄层砂岩, 围岩的完整性和稳定性较差。 受掌子面及其松动层影响, 有较明显不规则的反射异常。 推断该段围岩等级为V级。施工中应加强防护措施, 确保安全。	
K95+345~K95+313 L=32m	平均速度 Vp 3705m/s	在 K95+340、+315 两处, 有明显反射界面。	该段围岩波速略有提高, 围岩的完整性和稳定性会随之有所改善。 在 K95+340、K95+315 两处, 有明显反射界面。推测该段围岩受地质构造影响, 构造裂隙发育, 可能会有岩体破碎区域或含水区域存在。 推断该段围岩等级为V级。施工中应加强防护措施, 确保安全。	
K95+313~K95+261 L=52m	平均速度 Vp 4278m/s	在 K95+283 处, 和在 95+268~K95+262 之间, 有明显反射界面。	该段围岩波速较大, 围岩的完整性和稳定性会有所提高。 在 K95+283 处, 有明显反射界面。推测该段围岩受地质构造影响, 构造裂隙发育。 开挖: 有含水界面 (284.2 有水--281 无水) 在 95+268~K95+262 之间, 有两个明显反射界面。推测该段岩性发生性变化, 与砂岩夹层位置一致。 开挖: 凝灰岩夹层 (267---254) 推断该段围岩等级为V级。施工中应加强防护措施, 确保安全。	
K95+261~K95+200 L=61m	平均速度 Vp	无明显物探异常	受锤击能量限制, 无明显物探异常、围岩的完整性较好。	



波速改变与反射面对应

F.0.2 地震三维层析成像预报观测系统布置应符合表 F.0.2 的规定。

表 F.0.2 地震三维层析成像预报观测系统布置

TRT 观测系统	<p>12 个激发点对称布置在邻近掌子面的左右边墙上，10 个检波器布置在距掌子面一定距离的左右边墙及顶壁上，极性指向隧道掘进方向</p>  <p>(a) 俯视图 (b) 顶视图</p> <p>TRT 观测系统布置示意图</p>
	<p>3 个三分量检波器，分别布置在隧道左右边墙和拱顶，极性分别为开挖方向、垂直、水平，检波器的 X 方向指掌子面。沿左、右边墙分别布置 20 个激发点，间距宜为 1.5m，两侧边墙上的接收点与激发点应在同一平面上，偏移距根据震源类型确定，使用锤击震源时偏移距宜为 3m，当使用炸药震源时偏移距宜为 15m</p>
AGI-T3 观测系统	 <p>AGI-T3 观测系统布置示意图</p>

中国工程建设标准化协会标准

隧道施工超前地质预报技术规程

T/CECS 616 - 2019

条文说明

5.3 地震波法

5.3.1 当前国内地震波预报法都是地震反射法，依预报仪器设备系统的名称被称为 TSP、TST、TGP、TRT、AGI-T3 等。TSP、TST、TGP 三种方法较类似，观测系统均沿着隧洞边墙等距离布置发射孔和接收孔，沿隧道方向不同爆炸孔激发地震波，由排列最外侧的 2 个三分量传感器接收反射波，进行反射处理，得到隧道前方的地震反射图像。TRT、AGI-T3 是采用距隧洞掌子面一定距离布置具有三维空间分布的接收传感器，在两边墙或掌子面多点激发，进行空间地震波三维层析成像的一种方法。AGI-T3 集成了传统预报方法的特点，实现了空间信号快速高效率采集和纵横波三分量综合分析成像，在仪器的精简化及信号的无线传输方面作了较大改进，其激发方式可采用锤击、可控震源或炸药。

5.3.2 TSP、TST、TGP 三种仪器相似，主要由记录单元、接收单元、附件及起爆设备。记录单元是一个多通道地震仪，其技术指标和功能与一般工程勘探地震仪性能相当。接收单元采用探头设计模式，均为高灵敏度的三轴地震加速度或速度检波器构

云南省交通运输厅

云交建设便〔2019〕158号

云南省交通运输厅关于进一步加强公路隧道超前地质预报强制性措施的通知

各州、市交通运输局，云南交投集团、云南建投集团、中交云南公司、中铁开投公司、中铁建云南公司、中建云南公司，省交发公司，厅质监局：

我省公路隧道普遍存在水文、地质条件复杂、地质灾害风险高等问题，为有效遏制和防范由水文、地质灾害引发的生产

七、进行超前地质预报时，采用的物探方法应优先采用三维预报方法，预报掌子面前方及其周边一定范围内的地质情况。

八、超前地质预报物探方法包括电磁波法（地质雷达）和地震波法。地质雷达法应采用屏蔽天线预报掌子面前方30米范围内的地质情况，包含预报段后拉30米范围内的围岩富水情况；地震波法应具备三维成像功能，能预报掌子面前方100米范围内，包含不少于1倍洞径范围内的断层破碎带、软弱围岩段、岩溶段等不良地质。

九、在富水软弱断层破碎带、富水岩溶发育区、煤系瓦斯发育区、重大物探异常区等地质条件复杂地段必须采用超前水平钻探。其中：断层、节理密集带或其他破碎富水地层每循环不得少于1个钻孔；富水岩溶发育区每循环不得少于3个钻

地震波法应具备三维成像功能，能预报掌子面前方100米范围内，包含不少于1倍洞径范围内的断层破碎带、软弱围岩段、岩溶段等不良地质。

及解释、不良地质体的位置、规模，以及可能会产生的影响。





中国交通运输协会



第11卷 第2期
2014年3月

文章编号:1672-7808

交通

水利

水利水电技术 第49卷 2018年第6期

赵国军, 李俊杰, 江宇高, 等. AGI-T3 在输水隧洞超前地质预报中的应用 [J]. 水利水电技术, 2018, 49 (6): 164-170.

ZHAO Guojun, LI Junjie, JIANG Zouggao, et al. Application of AGI-T3 to advance geological prediction for construction of water conveyance tunnel [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2018, 49 (6): 164-170.

水利

AGI-T3

第10卷 增刊1
2014年5月

地下空间与工程学报
Chinese Journal of Underground Space and Engineering

Vol.10
May, 2014

国防

三维成像

42

创新交流

中国科技成果\2018年\第24期\编辑\宁军\E-mail:ningjun@wanfangdata.com.cn
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY ACHIEVEMENTS

科技

三维成像隧道地质超前预报 关键技术与应用

王运生¹ 刘 鑫² 高 正³

(1 郑州大学水利与环境学院, 河南 郑州 450001;

2 云南航天工程物探检测股份有限公司, 云南 昆明 650217)

摘 要: 本文首先简述了弹性波法隧道地质超前预报的重要性和其基本原理, 然后对三维成像隧道地质超前预报关键技术(观测系统设计、波速扫描分析、三维成像方法)进行了较为详细论述, 并且通过应用实例和对比分析, 进一步验证了其方法技术和仪器系统具有先进性和实用性。

关键词: 超前预报; 弹性波法; 三维成像; 无线分布式; 仪器系统

别提供重要依据。

三维成像隧道地质超前预报技术(AGI-T3)能够更为准确的预报出掌子面前方地质情况, 对不良地质体的空间定位更准确、精度更高、成果也更加直观。该技术作为当前一种先进的探测技术将在我国铁路、公路、水利、水电、煤炭等系统的各类隧洞或地下洞室工程中得到应用, 同时对我国国防地下工程的安全高效建设也能够起到积极的指导作用^[1-4]。

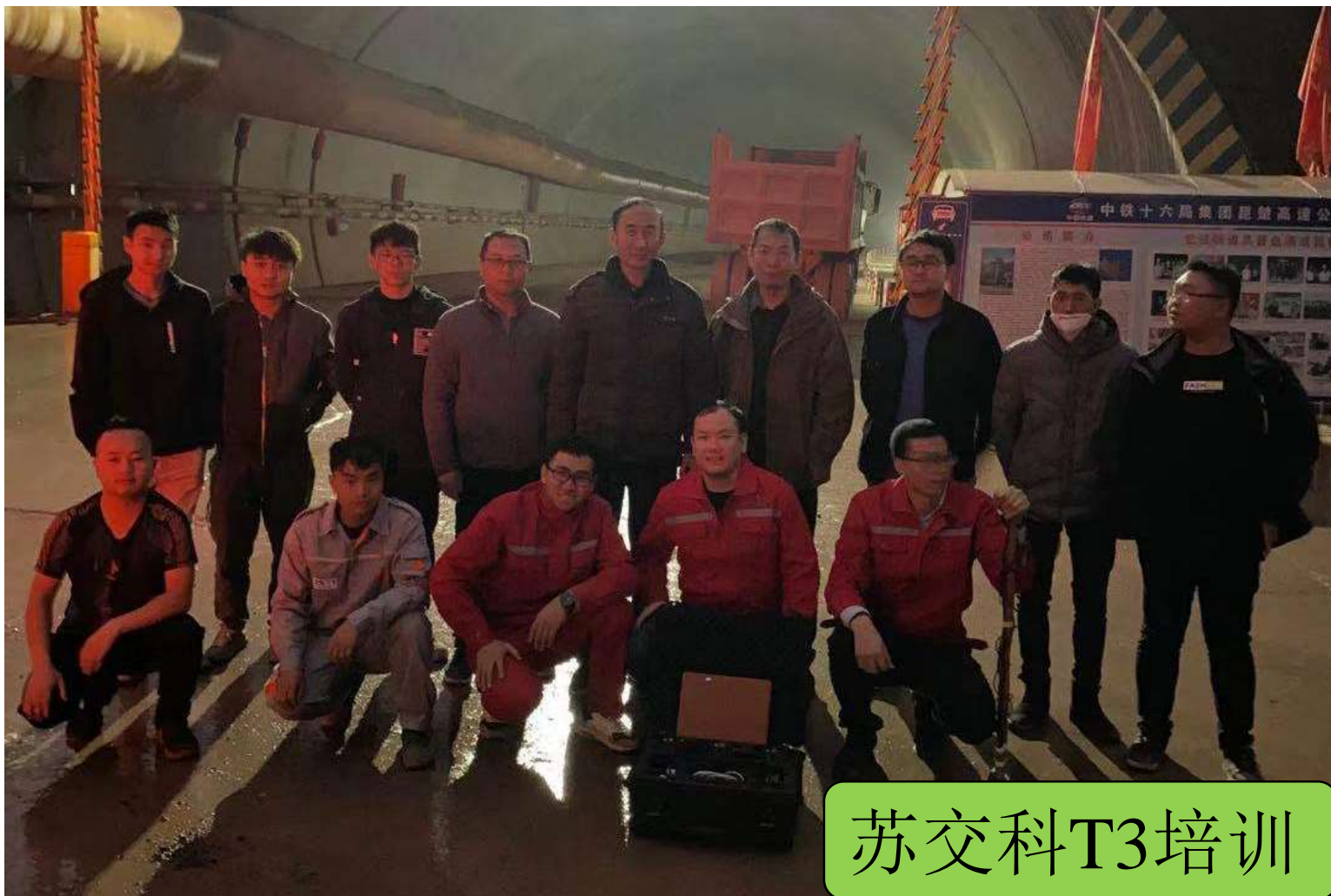
摘 要: 针对经济效益的新型岩体完整性析了 AGI-T3 扫描叠加与共差, AGI-T3 像的精度。随破碎岩体对应波速、密度及成果局部一致方式多样化。
关键词: AGI-T3 三维观测方式
doi: 10.13928/j.issn.1672-7808.2018.06.042
中图分类号: P632.1

(1. 成都

摘 要: 针对地建模和分析, 共反射面元与三维成像, 维空间化与
关键词: 中图分类号

摘 要: 目前, 超前预报发展概况, 道地质超前预报波方法提高信噪比值模型和工程实例开辟了一条全新。
关键词: 隧道地
中图分类号: P632.1







苏交科T3培训

汇报完毕，
请各位专家指正，谢谢！

