

Study on the application and management measures of advanced geological forecast in the detection of bad geological bodies in tunnels

Bo Zhao

Guiyang International Port Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550000, China

Abstract

Tunnel construction is fraught with numerous safety hazards. In this context, the strategic application of advanced geological forecasting becomes crucial. This method enables precise identification of unfavorable geological formations in specific areas, providing actionable insights for construction planning. By implementing site-specific adjustments based on geological characteristics, it ensures both construction safety and quality, a critical issue requiring urgent attention. This paper focuses on two key aspects: the implementation of advanced geological forecasting in detecting unfavorable tunnel formations and essential management principles. Through systematic analysis, this study aims to offer practical references for construction teams, maximizing the effectiveness of geological forecasting systems to ensure smooth progress and orderly execution of construction projects.

Keywords

advanced geological prediction; tunnel bad geological body detection; construction safety; management path

超前地质预报在隧道不良地质体探测中的应用与管理措施研究

赵波

贵阳国际陆港有限公司，中国·贵州 贵阳 550000

摘 要

在隧道施工中存在的安全隐患是十分相对较多的，在这样的背景下超前地质预报的合理应用则显得十分必要，这可以更好地明确该地区不良地质体的实际情况，为施工建设工作的开展提供更多的信息参考，结合地质特点具体问题具体分析调节施工方案，保障施工安全，提高施工质量，必须引起关注和重视。本篇文章也将目光集中于此，主要从超前地质预报在隧道不良地质体探测中的应用及管理要点两个方面展开论述。希望通过本篇文章的探讨和分析可以为相关施工单位提供更多的参考与借鉴，更好地发挥超前地质预报的功能和作用，确保施工建设工作能够顺利推进、有序开展。

关键词

超前地质预报；隧道不良地质体探测；施工安全；管理路径

1 引言

地下工程建设受地质条件、作业环境等多重因素的影响存在的风险问题是相对较多的，在这样的背景下合理应用超前地质预报则显得十分必要。而就现阶段来看可供借鉴和选择的超前地质预报技术相对较多，可根据地方实际情况及不同技术的技术特点来合理应用技术，提高技术应用效果。

2 超前地质预报在隧道不良地质体探测中的应用

就现阶段来看在隧道不良地质体探测中较为常见的技术主要包含 TSP、TRT、TGS360 和瞬变电磁法等等。其中 TSP、TRT、TGS360 属于弹性波类预报技术，如图 1 所示。

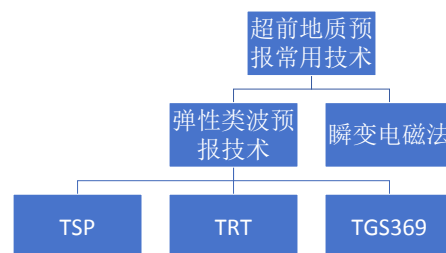


图 1：超前地质预报中的常用技术

【作者简介】赵波（1970-），男，中国贵州贵阳人，工程师，从事技术策略、施工技术管理、施工质量管理、施工安全管控等研究。

2.1 TSP

TSP 技术大多应用于深埋长大隧道的初期预报当中,其探测距离可以达到 100~120m。该项技术在实践应用的过程中可将检波器布置于隧道边墙接收前方岩体反射的地震波信号,通过纵波速度、横波速度等相应物性参数的分析来更好地明确该地区断层破碎带的具体位置及岩性变化情况,通过波速差异计算来获得准确的数据。在识别断层破碎带、岩性变化界面、岩体完整性差异等方面得到了广泛的应用。该项技术的优势体现在探测距离长、设备轻便灵活,可以更好地满足不同环境下的应用需求,但是在实践应用的过程中应当严格控制爆破激发能量,避免对围岩造成较大的干扰和影响,同时需要注意检波器和边墙岩体紧密贴合,在数据解析时则需排除干扰波^[1]。

2.2 TRT

TRT 是通过三维空间分布的震源和检波器组成观测系统,收集更多角度、更多方向的地震波场数据,配合层析成像技术来对数据进行偏移处理,最终生成图像。该项技术更适用于中长距离的探测,其探测距离在 80~100m 左右,可以有效识别断层分支褶皱、小型溶洞。在应用的过程中 TRT 技术的三维成像精度相对较高,能够有效识别不良地质体的空间形态和延伸方向。但是在应用的过程中需要注意控制检波器的安装位置,在震源选择的过程中可通过气动捶击等可控能量激发形式最大化的降低施工噪声所带来的干扰和影响,而在数据处理的过程中则可借助三维建模技术保证成像精度和成像效果。

2.3 TGS360 系统

TGS360 系统是通过分析地震波瞬时振幅、相位频率的变化来构建动态流体模型,明确岩体相对压力梯度和流体渗透系数,进而有效识别应力集中区和富水区,该项技术的探测距离也是相对较长的,在 100~150m 的阈值范围,更适用于探测岩溶裂隙水、断层渗水带的分析,TGS360 系统的识别能力相对较强,且可以生成含水概率图、应力梯度图等相应的数据图形,为突水、岩爆等相应风险的预控和分析提供了更多的参考和借鉴,但是需要注意的是在实践应用的过程中应当选择相对而言较为平整的地区进行测量,最大化的降低地形所带来的干扰而在。数据采集的过程中则应当尽可能远离施工段,避免信号信噪比受到较大的冲击,在解译的过程中则需要分析岩体渗透系数等相应的数据信息,避免出现误判的情况^[2]。

2.4 瞬变电磁法的应用

瞬变电磁法可以借助电磁场激励与感应信号测量来获得准确的数据信息,借助电磁感应定律完成超前地质预报分析。在实践应用的过程中可通过发射线圈向掌子面前方发送电磁场,并利用接收线圈来测量电磁场的衰减曲线,结合不同介质的涡流衰减差异来绘制断面图,检测不良地质体的具体位置和含水层位置。其探测距离在 50~100m 的区间范围

内,可用于岩溶腔体、断层独水带、地下暗河等相应区域的检测。在实践应用的过程中该项技术对于水体的敏感性是相对较好的,可以有效区分干燥与含水破碎带,其探测深度可根据探测需求来调节发射脉冲宽度,保障技术应用的适切性与灵活性。同时在实际应用的过程中受地形因素的影响相对较小,布置难度较低,满足了狭窄隧道空间作业的实际需求。需注意在技术应用中应尽可能远离金属结构,降低对电磁的干扰,在发射与接收线圈布置的过程中应当确保两者之间的距离恰当,在数据处理的过程中还需要通过全空间校正等多种方式来保障数据处理效果^[3]。

2.5 组合技术

可以发现不同技术在超前地质预报中的适用范围、应用优势存在着鲜明差异,在技术应用的过程中仅凭单一技术往往无法满足超前地质预报的实际需求,这时则需要通过技术组合的方式来提高技术应用效果,如图 2 所示。

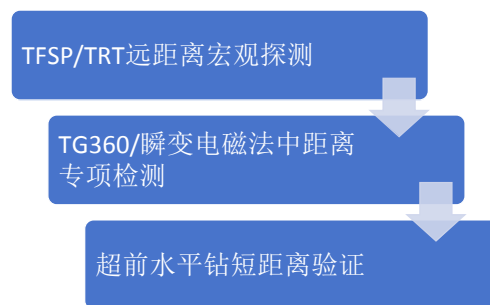


图 2：技术组合要点

首先,可通过 TSP 技术和 TRT 技术来完成长距离宏观探测,这两项技术的探测距离是相对较远的,工作人员可借助这两项技术来完成大型断层、岩性界面大致位置的分析和确定,明确风险区段^[4]。

其次,可引入 TGS360 技术和瞬变电磁法技术来进行中距离的专项检测,对风险区进行深入分析,明确应力异常现象及是否存在富水区,细化探测数据,确定风险细节。最后,可通过超前水平钻获取岩芯和水样,进行短距离验证,分析探测结果的真实性和可靠性。通过不同技术交叉验证的方式来保障预报的准确性、真实性和可靠性,避免单一技术在实践应用的过程中出现数据失真的情况。

3 超前地质预报的管理措施分析

为了更好地保障超前地质预报的落实质量和预报结果的准确性、真实性与可靠性,为后续施工工作的正常开展提供更多的助力和保障,对管理做出优化、提高管理效能十分必要的,可从如下几点着手做出完善。

3.1 构建全流程责任体系

完善责任机制是管理工作落实过程中的常用手段,也是较为有效的一种手段,而从超前地质预报的应用需求和 workflows 来看,可以紧抓勘察、设计、施工、监理等关键单位

来优化责任机制,明确责任边界和工作内容。首先勘察单位需在施工建设之前通过地表勘查钻探来明确不良地质的分布范围,提供初始地质模型,并重点标注高风险区域。在此基础上,设计单位需根据勘察结果制定专项预报方案,明确在不同地区的预报方法适用技术、预报频次和预报结果的精度要求。施工单位则需要将超前预报纳入到施工管理当中,严格执行先预报后开挖的制度,安排专业探测人员严格按照设计要求来落实超前预报工作,并递交预报报告。监理单位需进行全过程监督,核查设备校准记录,并通过现场管理保障数据采集规范性及成果编译的合理性。通过监理单位工作的落实来更好的监督施工单位超前预报工作行为,保障超前预报工作落实的规范性、科学性和结果的准确性,若出现异常数据要及时提出复核要求。在监理工作落实及施工单位展开超前预报的过程中若出现高风险段或者是存在争议性结果,可以委托独立的第三方机构采用不同的技术来进行超前预报,以此来对预报结果进行核查对比分析,及时的发现预报结果中存在的问题并对施工方案作出调整^[5]。

3.2 明确技术标准, 加强质量控制

首先,在超前预报的过程中应当结合行业标准和行业要求确定不同技术的适用条件及技术应用过程中需要注意的问题,为超前预报中各项技术的科学应用提供参考和借鉴,保证各项工作落实的规范性与科学性。

其次,需加强设备管理。设施设备是超前预报的重要物质基础,设施设备运行是否稳定将会直接影响超前预报结果,为此必须每月落实一次设备检验,分析设备灵敏度是否达标,确保设施设备处于最佳运行状态,并且通过建立设备台账、记录维修信息和使用情况,提高设施设备的管理成效。

再次,需通过数据质量控制的方式做好数据收集整合,除了需要收集超前预报数据以外,在超前预报的过程中温度、湿度、施工干扰情况等相应的环境参数也需要记录在册,同时若涉及到关键数据还需通过重复测量的方式保障数据结果的准确性。在数据处理的过程中也需要建立标准化流程,配合区块链技术确保数据可追溯^[6]。

最后,可完善成果验证机制,在开挖结束以后对比实际地质情况与预报结果,分析预报的准确性,明确预报偏差的主要原因,分析相应的解决对策,通过不断优化的方式提高超前预报质量和预报效果。

3.3 建立智能监测网络和分级应急响应机制

在超前预报及施工建设的过程中可通过布置传感器有效监测围岩变形、涌水量、降雨量、地表沉降等相应的信息,配合人工智能技术对信息进行处理整合,明确数据关联性,进而建立地质灾害预警模型,提高风险的预见能力和响应能力。在此之后根据不同的风险影响来对风险进行分级处理,明确不同风险出现时应当如何应对,例如黄色预警为低风险,这时则可通过加密探测频次、增加巡查次数的方式来记录细微变化,获得更加完整的数据信息。而橙色预警则为中风险,这时则应停止开挖作业、启用备用探测方案并准备防水加固设备。红色预警为高风险,这时则需要及时撤离工作人员并且做好掌子面的封闭工作,启动应急排水系统,在风险排除以后才可以继续展开施工作业^[7]。

4 结语

在隧道不良地质体探测中合理应用超前地质预报技术可更好地获得地质信息,了解该地区的实际情况,为后续的隧道施工提供完整的数据信息作为参考,必须引起关注和重视,相关单位可引入 TSP 技术、TRT 技术、TGS360 技术、瞬变电磁法等相应的技术方法来提高超前预报的质量和预报结果的准确性,在此之后通过全流程责任体系构建、技术标准与质量控制体系建设、智能监测与应急响应机制完善等多种方式保障施工安全。

参考文献

- [1] 杨滨如. 基于多源超前地质预报数据的隧道不良地质体动态建模方法[D]. 西南交通大学, 2023.
- [2] 李建林,项海玲,黄正东,等. 基于超前地质预报的丁寨防洪排涝隧洞爆破施工方案研究[J]. 爆破, 2021, 38 (04): 61-67.
- [3] 李阳. 基于超前地质预报技术的隧道不良地质探测方法分析[J]. 交通节能与环保, 2021, 17 (05): 119-122.
- [4] 邵珠山,张鹏举,张喆,等. 隧道施工超前地质预报研究进展[J]. 长江科学院院报, 2022, 39 (01): 70-77+85.
- [5] 刘金龙,袁小军,浦琛琛,等. 地质雷达在隧道施工超前地质预报中的应用研究[J]. 江苏建筑, 2019, (01): 86-87.
- [6] 李金. TRT技术在高铁山岭隧道超前地质预报中的应用[J]. 铁道勘察, 2018, 44 (01): 71-75.
- [7] 肖立拓. 基于模糊评判法的隧道超前地质预报综合分析研究[D]. 华中科技大学, 2017.