

The Application of Comprehensive Geophysical Exploration Method in Advanced Geological Prediction of Tunnels

Peifeng Liang Chengjiang Hu

Guizhou Provincial Communications Planning, Surveying and Design Institute Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract

Tunnel engineering is a concealed project, and tunnel construction is complex and unpredictable. Tunnels will pass through various adverse geological conditions, such as faults and their fracture zones, karst development areas, water-rich areas, high ground stress, weak surrounding rock areas, and dangerous sections with high gas concentration. If the geological conditions of the surrounding rock within a certain range in front of the working face are not understood before the construction and excavation, it is very easy to encounter geological disasters such as sudden mud and water gushing, gas explosion, and rockburst in the adverse surrounding rock geological sections. When conducting advanced geological prediction for tunnels under complex geological conditions, the prediction results of a single prediction method cannot comprehensively and accurately reflect the changes in the surrounding rock and groundwater of the tunnel. To ensure the safety of tunnel construction, it is necessary to adopt a comprehensive geophysical exploration method for advanced geological prediction, that is, combining long and short distances, with long distances guiding medium and short distances, and medium and short distances verifying long distances.

Keywords

Advanced geological prediction for tunnels Comprehensive geophysical exploration method Application Examples

综合物探法在隧道超前地质预报中的应用

梁培峰 胡成江

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司, 中国·贵州 贵阳 550081

摘 要

隧道工程是一项隐蔽工程,隧道建设具有复杂性和不可预见性。隧道会穿越不同的不良地质体,如断层及其破碎带、岩溶发育区、富水区、高地应力、软弱围岩区以及瓦斯浓度高的危险地段,施工掘进前若不了解掌子面前方一定范围的围岩地质状况,在不良围岩地质段极易遭遇突泥涌水、瓦斯爆炸、岩爆等地质灾害。在复杂地质条件下对隧道进行超前地质预报时,单一的预报方法预测结果并不能全面、准确地反映隧道围岩和地下水的变化情况,为了保证隧道的施工安全,有必要采取综合物探法进行超前地质预报,即长短结合,长距离指导下短距离,中短距离验证长距离。

关键词

隧道超前地质预报; 综合物探法; 应用实例

1 引言

由于隧道深埋于地下,工程地质条件和水文地质条件复杂多变而目前地质勘察工作又受技术、地形和工期所限,期望在施工前查明隧道围岩的状态、特性,特别是要准确地预测隧道施工中可能发生的地质灾害的位置规模和性质是十分困难的。由于地质灾害体的存在,仅依靠施工揭露再行处理的办法,带有很大的盲目性,常常发生各种突发事故造成投资增加、人员和施工设备伤害、工期延误等诸多问题。掘进前若开展隧道超前地质预报,既可及时探明掌子面前方

的不良地质体赋存位置、类型及可能诱发的地质风险,又可及时预防地质灾害的发生,并能充分了解掌子面前方一定距离范围内的围岩地质条件,为现场施工选择开挖断面、施工方法、支护参数类型等提供决策依据。因此,采用科学的、先进的隧道超前地质预报方法来准确地预报隧道所通过范围内的不良地质体的性质、规模和状态是非常必要的。这不仅提高了施工效率,减少了因地质不明造成的工期延后,还能有效降低施工安全事故的几率,有助于安全施工,降本增效。

2 超前地质预报现状与不足

施工地质工作重视度不够:不少工程均在盲目施工、“靠侥幸”施工和“地质科盲”施工状态。超前地质预报技术

【作者简介】梁培峰(1984-),男,中国广西河池人,本科,工程师,从事公路工程研究。

有待改进：现今由于地质预报理论和技术的深入研究相对滞后，特别是预报队伍水平不高，使得很多隧道预报效果不够理想，不能满足施工单位要求。



图 1 隧道揭露溶洞突泥、塌方



图 2 隧道揭露暗河涌水

3 超前地质预报主要方法

隧道超前地质预报是一个复杂的系统性工作主要包括钻探法和物探法。目前常用的物探法有地质雷达法、瞬变电磁法、TSP 法等。

地质雷达法主要用于岩溶探测，亦可用于断层破碎带、软弱夹层等不均匀体的探测，每 25m 一次，一次范围为 30m，前后两次搭接长度 5m 以上。地质雷达法是短距离探测，对小构造预报能力较强，施工间隙即可完成，预报距离较短，预报精度高。

瞬变电磁法主要用于地质富水情况，包含裂隙水，岩溶水，断层构造和破碎带集中富水区以及富水溶洞，是目前隧道超前预报方法中对含水构造反应最为灵敏直观且适宜现场探测的物探方法，一次范围为 60 ~ 80m，前后两次搭接长度 5m 以上。瞬变电磁法是中长距离探测，对预报低阻地质体效果较好，在含水地层的超前预报中有着很好的适用性和有效性。但预报精度不够。

TSP 法适用于划分地层界线、查找地质构造、探测不良地质体的厚度和范围、岩体破碎或岩溶发育区，每次预报距离 100 ~ 120m，前后两次搭接长度 10m 以上；岩体完整的硬质岩地层，每次预报距离采用 120 ~ 150m，前后两次搭接长度不小于 10m。TSP 法是长距离探测，适用于岩性差异较大且具有一定规模的断层、破碎带、软弱层等地质构造，探测距离较远，但预报精度不够。

隧道掘进过程中围岩地质条件复杂多变，单一的地质预

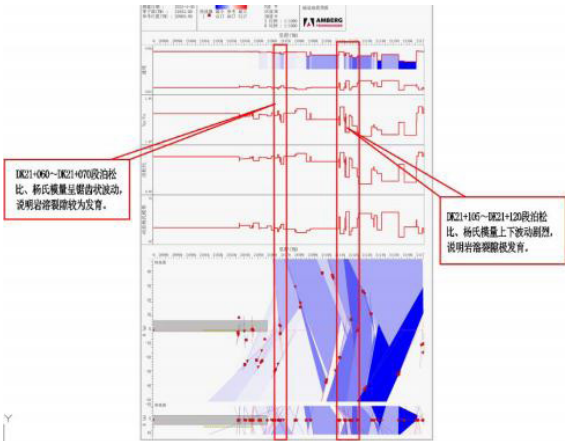
报方法存在多解性，准确率较低。基于分析不同超前地质预报方法的适用范围，采用综合物探法进行超前地质预报是有必要的。

4 综合物探法工程应用实例

某铁路隧道，隧址区主要出露有第四系（Q）、三迭系（T）、二迭系（P）及石炭系（C）地层，出露岩性为灰岩、燧石结核灰岩、硅质岩、页岩及煤层等。

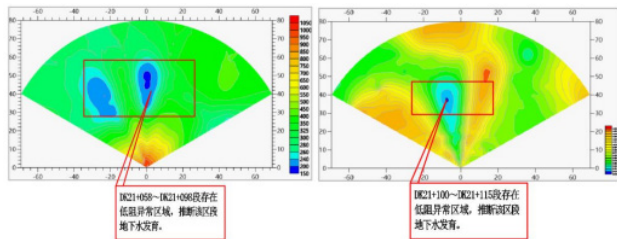
本次对其 DK21+051 ~ DK21+171 段进行超前地质预报，采用地质雷达法，瞬变电磁法及 TSP 法进行探测。

方法一 TSP 法探测图像



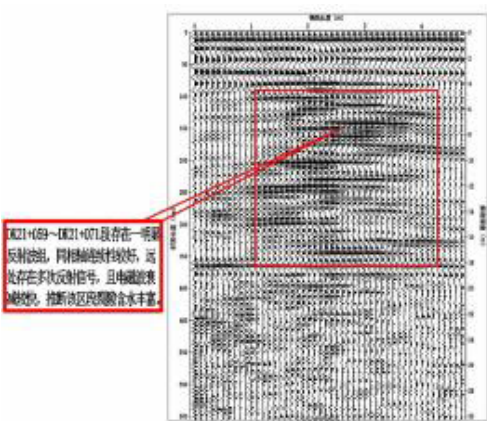
DK21+051 ~ DK21+171 段

方法二 瞬变电磁法探测图像

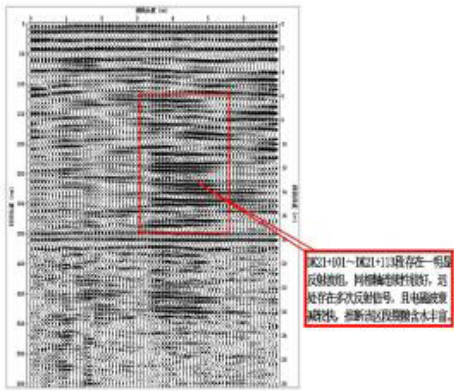


DK21+038 ~ DK21+118 段 DK21+070 ~ DK21+150 段

方法三 地质雷达法探测图像



DK21+053 ~ DK21+083 段



DK21+095 ~ DK21+125 段

通过三种方法探测图像, 发现在 DK21+058 ~ DK21+098 段、DK21+101~

DK21+120 段, 围岩节理裂隙发育, 岩体破碎, 岩溶裂隙发育, 可能存在结构面破碎夹泥或相对富水。

现场开挖验证情况:

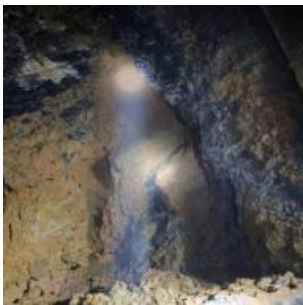
DK21+058 ~ DK21+090 区段隧道开挖过程中围岩岩体破碎, 存在溶蚀现象, 夹泥。而在 DK21+066 掌子面隧道开挖揭露一溶洞, 泥质填充。实际情况与我方预报情况相吻合。

DK21+095 ~ DK21+120 区段隧道开挖过程中围岩岩体破碎, 存在溶蚀现象, 裂隙水发育。而在 DK21+098 掌子面隧道开挖揭露一溶洞, 泥质填充。实际情况与我方预报情况相吻合。

5 结论

通过上述工程实例, 三种物探方法探测结果的分析判定结果和实际施工揭露

情况基本吻合, 探测成果达到预警作用, 对施工起到指导作用, 从而降低了地质灾害对施工的危害程度。



DK21+066 掌子面溶洞



DK21+098 掌子面溶洞

6 结语

综合物探法可有效的对隧道前方可能遇到的不良地质体及由此可能引发的地质灾害的性质、分布位置、规模的进行预测。

因此, 在隧道超前地质预报工作中, 使用综合物探法可及时探明掌子面前方的不良地质体赋存位置、类型及可能诱发的地质风险, 又可及时预防地质灾害的发生, 并能充分了解掌子面前方一定距离范围内的围岩地质条件, 为现场施工选择开挖断面、施工方法、支护参数类型等提供决策依据。这不仅提高了施工效率, 减少了因地质不明造成的工期延后, 还能有效降低施工安全事故的几率, 有助于安全施工, 降本增效。

7 展望

隧道超前地质预报技术是隧道施工过程中必不可少的重要环节, 对于防治隧道施工过程中的地质灾害、实现生产安全、提高施工的综合效益具有重要的意义和作用。

对于该领域的研究者和应用者来说, 应立足当前, 放眼未来, 充分厘清具体隧道工程的结构特点, 探讨采用合理的探测技术, 力求不断提高探测结果的准确性, 使超前地质预报能够为隧道工程施工提供良好的服务, 以此不断推动我国隧道工程更好的发展。

参考文献

[1] 于晨旭.超前地质预报在峨石红高速公路隧道施工中的应用[J].云南水力发电,2025,41(07):121-124.
[2] 刘唐利.综合超前地质预报法在岩溶隧道中的应用[J].四川水泥,2025,(07):282-284.DOI:10.20198/j.cnki.scn.2025.07.020.
[3] 敬晓晏,梅恩生,欧任泽,等.超前地质预报在矿山隧道中的应用[J].采矿技术,2025,25(03):83-88.DOI:10.13828/j.cnki.ckjs.2025.03.009.