

超前地质预报与监控量测技术在隧道中应用

薛华锋 刘纪唯 聂毓斌 索彦妮

中电建路桥集团有限公司 北京 100160

【摘要】隧道工程属于公路工程体系中非常重要的组成部分。隧道工程在施工过程中面临着来自地质和环境等多个方面的挑战，这些挑战会对施工人员的安全和财产造成潜在威胁。随着时间的推移，隧道工程在复杂地质条件下得到了持续的发展和应用，如今这样的项目不断增多。这一趋势不仅是由于科学技术的进步，也与对地下空间的利用需求不断增长相关。因此，在隧道施工过程中，安全问题也变得更加突出。为了确保隧道施工的安全性，超前地质预报与监控量测技术变得至关重要。这些技术可以提前发现和监测可能出现的各种安全隐患，从而提高隧道施工的质量，并减少潜在的质量问题。

【关键词】超前地质预报；监控量测；隧道施工

近来，中国的经济和技术飞速发展，同时积极参与“一带一路”倡议。重大工程已取得重要进展。此外，国内对公路隧道等基础设施建设的投入不断增大，建设规模逐渐扩大。隧道工程和地下空间技术水平也取得了显著提高。在隧道工程领域，随着交通、水利以及矿山等领域的发展，隧道工程面临着一系列的挑战。这些挑战包括距离、埋深以及地质条件的复杂性。这些困难也带来了隧道施工安全方面的问题。在工程建设过程中，岩爆、塌方和突泥等地质灾害事故频繁发生，这些事故导致了严重的后果，包括人员伤亡和工期延误。为了解决这些问题，必须采取一系列有效的措施来提升隧道施工的安全性。

1 超前地质预报方法基本原理

随着时间的推移，人们意识到在隧道施工期间提前了解地质情况对于减少或消除地质灾害，保障生产安全至关重要。如今，隧道超前地质预报工作主要采用地质分析方法和地球物理探测方法。这些方法手段的运用，为有效掌握隧道施工期间的地质情况提供了重要支持。

1.1 掌子面地质编录

掌子面地质编录是地质分析的一种重要方法。通过采用宏观地质分析法，依据所收集的工程地质和水文地质数据，进行地质踏勘和地下水水文示踪试验，以全面评估该区域的地质特征。在研究隧道掌子面及其附近开挖边墙的地质情况时，需要仔细观察多个方面的信息，包括岩体结构、节理裂隙发育情况、地质构造情况、地下水发育情况以及不良地质体类型与赋存位置等。为了更全面地了解地质情况，我们还对所有结构面的产状进行测量，并对岩体的强度进行回弹值测试，同时描述岩体围岩的变形破坏特征。最终，根据现场观察和测试结果，制作详细的地质素描图，以便更好地理解研究区域的地质情况。基于地质学原理和相关规范，通过综合分析其他勘探成果和地质编录结果的基础上对掌子面围岩等级进行判定。此外，还对掌子面前方特定范围内围岩的特性、开挖后的破坏形式以及可能存在的不良地质体进行推断和预测^[2]。

1.2 地震波反射法

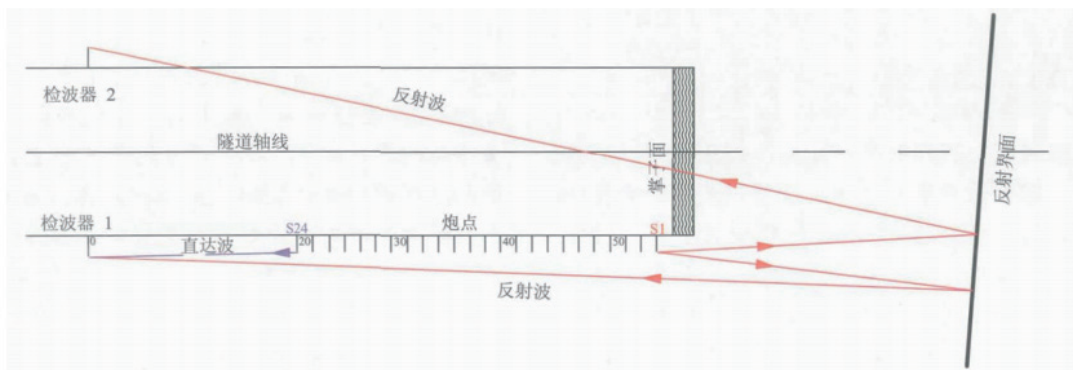


图1 TSP现场布置和工作原理

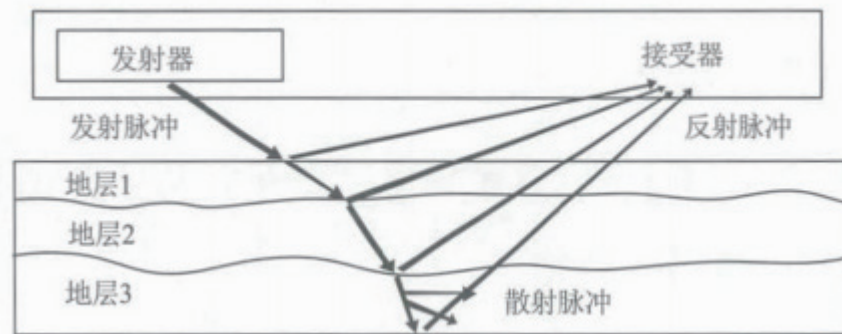


图2 地质雷达在隧道环境中的探测原理

地震波反射法根据地震波反射法原理，我们可以准确预测掌子面前方约100~150m范围内的围岩情况。此外，该方法还具备识别一系列不良地质体的能力。在该方法中，广泛采用了TSP系列仪器，该仪器的工作原理如图1所示。

在开始阶段，首先在隧道掌子面附近的可操作区域进行一系列钻孔操作。采用了风钻以等间距方式在边墙上进行钻孔，严格控制每个钻孔的钻深。接着在每个钻孔的底部填充适量的炸药，并进行水封处理。然后使用电雷管引爆炸药，使其产生类似全空间地震波的效果。地震波在传播过程中呈球面波传播，并在遇到波阻抗差异界面时发生反射。通过对收集到的信号进行全面处理和分析，可以得到丰富的可视化数据。通过分析这些数据，我们可以准确地评估位于隧道掌子面前方的地质条件，以确定地质是否具备优良的特性。

1.3 电磁波反射法

图2显示地质雷达仪的工作原理。

地质雷达，又称为探地雷达，是一项基于电磁波的地下勘测技术。该技术通过发射天线向地下发送电磁波，并利用接收天线接收反射回来的电磁波，以实现地下介质岩性的探测。在实际操作中，我们将雷达天线贴于地表岩层，并通过雷达主机控制发射天线发射电磁波。通过这种方法，我们能够非常准确地探测出地下的相关特征。地下岩层中的电磁波在遇到电磁特性发生变化的界面时发生反射和折射。部分反射波会被接收天线捕捉到。随后，当电磁波到达下一个界面时，继续经历反射和折射，再次产生反射波被接收天线所接收。通过对接收到的反射波信号进行数字记录并进行数据处理，我们可以获得地质雷达波的影像图。通过对于图像中电磁波的能量强度、反射频率以及波形同相轴等关键信息的综合分析，结合实地环境的考量，可以准确判断掌握前方存在的不良地质体的种类和分

布情况。

1.4 超前钻探法

冲击钻探是一种通过旋转钻头产生冲击能量的方法，以破碎岩石并实现钻进的目的。通过钻头的高速旋转产生剪切力，将钻头周围的岩石切割成碎片。这种方法的优点在于能够迅速、高效地完成岩石钻进，适用于地质勘探、矿产开采等领域。是通过综合运用自动记录的钻进数据和实地观察，我们可以精确了解钻孔洞身周围岩体的特征以及地下水形成的情况。^[3]。在进行隧道工程地质分析时，首要步骤是进行宏观地质分析，并结合前期地质勘查资料，对可能出现的各类地质灾害进行全面综合分析。为了进一步提高探测精度，根据TSP预测结果，借助地质雷达电磁波法对可能存在异常的地段进行详细探测。与此同时，在隧道掘进过程中，应该密切观察掌子面围岩的变化情况，并采用超前钻探技术进行异常区域的钻探，以准确定位不良地质体的类型。

2 监控量测技术的应用

2.1 监控量测技术的目的

为了确保施工过程的安全，并实现信息化设计和动态施工，建立监控与测量系统至关重要。监控和测量工作为现场施工的安全提供了基础，并为了解岩体变形和位移变化规律提供了数据支持。通过综合分析现场监控和测量数据，并对监测数据进行仔细解读，可以获得位移和变形的规律性。同时，这些数据还可以用于调整隧道设计和施工，以确保施工的安全性和合理的进度，并确保结构的长期稳定性。

(1) 确保安全。隧道开挖和施工过程中，监测隧道支护结构和围岩参数的重要性不言而喻。为了确保施工的顺利进行和隧道的安全性，必须进行全面准确的监测工作。因此，在隧道建设过程中，动态监测隧道支护结构和围岩

参数是非常重要的一项任务。通过对监测结果的分析 and 评估,可以预测可能发生的事故,如塌方等,并提前采取必要的事故预防措施来保障施工的安全性。

(2) 修正设计。在进行隧道的设计和施工过程中,围岩的力学特性参数呈现多样性。挖掘隧道对围岩的承载力具有至关重要的影响。为了提高施工效率和保障隧道的安全运行,我们需要深入理解和研究围岩的力学特性。因此,在进行隧道设计和施工时,需要做出一系列基于各种假设的决策,并通过监测结果中反映的围岩参数对设计和施工进行相应的调整。

(3) 积累资料。通过运用工程类比法,借鉴相似围岩岩性与围岩级别的隧道工程实践,以此为参考,可以为未来的隧道施工提供有益的借鉴经验。

2.2 监控量测技术的应用价值

隧道工程是在一种复杂的环境中进行的,具有施工的复杂性和无法预测的性质等多种特点。在施工过程中,常常会面临各种无法预见的问题,如突发的水灾、塌方等事故,在隧道工程中引入监控量测技术具有重要意义。它不仅增加了施工操作的复杂性和安全风险,同时也对整个社会产生了巨大的影响。因此,为了降低事故的发生概率,我们必须引入监控量测技术,并采取相应的控制措施。这样一来,我们可以预测存在的问题,并确保工作人员对实际情况有所了解。通过运用针对性的措施,我们能够及早发现问题并加以解决,从而在施工过程中降低事故的发生概率。这种预防性的措施将为隧道工程的顺利进行提供有力的保障。

2.3 监控量测内容

制定隧道量测计划需要考虑施工方法和地质地形条件。为了监测隧道支护和围岩稳定情况,必须有周期性的量测项目安排,而量测项目的间隔则取决于监测隧道围岩质量的需求。当隧道工程进展或监测情况发生变化时,需要进行适当的调整。隧道施工监控量测项目可分为两个主要类别:必测项目和选测项目。必测项目的监测内容包括洞内外的观察和拱顶下沉等参数。而选测项目则需要更高的成本和更为复杂的测量方法,通常只针对局部危险地区进行。

2.4 监控量测技术

(1) 拱顶下沉。隧道内轮廓拱顶相对于参考基准的绝对下降值称为拱顶下降值,拱顶下降速度则表示其变化速

率。在特定条件下,拱顶下降值能更准确地反映围岩和支护结构的稳定性。

(2) 地表下沉。在浅埋隧道的情况下,若开挖过程中存在问题,极易引发冒顶塌方或地表危害性沉降。若隧道埋深不超过开挖跨度的2倍,则需要对地表位移进行监测。为了确保监测的精度,我们可以使用全新的方法来测量隧道两侧地表的下沉情况。测量人员可以利用全站仪对地表进行测量,并以隧道的中心轴线为对称轴,合理设置地表下沉的测点位置。这样做可以提高测量的准确性,并确保所得到的测量结果具有较低的误差。

(3) 洞内外观察。通过观察洞内外的情况,我们能够更全面地了解开挖位置的地质情况。此外,通过观测隧道洞内外的情况,还能够客观地评估喷射锚杆的状况以及支架结构的可靠性,从而为工作人员提供更加科学、稳定的周围围岩数据。

(4) 周边位移量测。通过对周边位移情况的测量,我们可以直观地了解隧道围岩力状态的变化,为施工提供科学指导。周边位移测量的重要作用体现在以下两个方面:一方面,可以客观评估隧道空间的稳定性;另一方面,通过对周边位移情况的测量,可以合理安排次级衬砌施工时间,从而准确评估围岩的稳定状况。

3 结语

超前地质预报与监控量测技术在隧道工程施工中的应用正逐渐展现其重要价值。本文旨在深入介绍该技术在隧道工程中的应用。针对施工过程中地质情况的准确预测,是我们研究的重点。我们致力于探索超前地质预测方法,以确保在施工阶段能够对地质情况进行精准预测。希望超前地质预报与监控量测技术能在隧道设计与施工中发挥更加有效的作用。

参考文献:

- [1] 钱七虎. 地下工程建设安全面临的挑战与对策[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(10): 1945-1956.
- [2] 荣耀, 孙斌, 孙洋. 超前地质预报在隧道围岩动态分级预测中的应用[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2017, 36(6): 18-23.
- [3] 田昊, 李术才, 薛翊国, 等. 基于钻进能量理论的隧道凝灰岩地层界面识别及围岩分级方法[J]. 岩土力学, 2012, 33(8): 2457-2464.