

# Discussion on Construction Technology of Weak Surrounding Rock Tunnel

Bohuai Yuan

CCCC First Highway Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710075, China

## Abstract

With the continuous development of modern transportation, energy, mineral and other infrastructure construction, tunnel engineering, as an important form of underground space construction, is widely used in highway, railway, urban rail transit, subway and other fields, bringing great contribution to China's social economy. However, with the gradual scale of the tunnel engineering, the collapse problem caused by the weak surrounding rock is becoming more and more obvious. If not handled in time, it will not only affect the later use of the tunnel, but also cause geological disasters, which will run counter to the social security. Based on this, this paper mainly discusses the technical control points and application of soft surrounding rock tunnel engineering, in order to improve the safety of tunnel construction by optimizing the construction technology and introducing advanced equipment.

## Keywords

soft surrounding rock; tunnel construction; technology application; discussion

## 软弱围岩隧道施工技术的探讨

袁博怀

中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 中国·陕西 西安 710075

## 摘 要

随着现代交通、能源、矿产等基础设施建设的不断发展,隧道工程作为重要的地下空间建设形式,广泛应用于高速公路、铁路、城市轨道交通、地铁等领域,为中国社会经济带来巨大贡献。然而,伴随隧道工程逐渐规模化,软弱围岩引发的塌陷问题愈发明显。若不及时处理,不仅会影响隧道后期使用,还会引发地质灾害,与社会保障背道而驰。基于此,论文主要对软弱围岩隧道工程的技术控制要点及应用进行探讨,以期通过优化施工工艺、引入先进设备等手段提升隧道施工安全性。

## 关键词

软弱围岩问题;隧道施工;技术应用;探讨

## 1 引言

软弱围岩隧道施工技术是隧道工程领域的关键研究方向之一,其技术水平直接影响隧道工程的质量、安全性和经济效益。在软弱围岩条件下,岩体的力学性能较差,易发生变形、塌方等不良地质现象,给施工过程带来了极大的挑战。同时,软弱围岩区域往往伴随复杂的地质条件,如地下水丰富、岩层破碎等,这进一步增加了施工难度。如何有效应对软弱围岩的特殊力学特性,优化施工技术,降低安全风险,是当前工程技术人员亟待解决的问题。

## 2 软弱围岩隧道工程施工技术的控制要点

### 2.1 隧道塌方的控制措施

塌方事故在隧道施工中屡见不鲜。针对这个问题,做

好预防方案是关键。以下进行详细说明:

第一,全面分析、勘查现场软弱围岩地质情况,可以引入数字化手段获取多维度地质数据。例如,采用钻探取样技术结合实验分析,能够推算出岩体的物理力学参数,包括内摩擦角、变形模量、抗压强度等。与此同时,对于隧道的地下水分布、裂隙发育情况以及附近地层连续性,可以利用地质雷达扫描技术构建三维模型,为后续提取结构特征奠定基础。融合数值模拟技术,能够进一步分析隧道围岩可靠性,进而识别开挖过程中潜在失稳因素。为了提升施工方案可操作性,采用新的施工技术势在必行<sup>[1]</sup>。具体而言,开挖前,安装拱形超前支护系统,并且采用焊接或栓接方式提升支护结构稳定性和连续性。同时选择适宜尺寸、高强度钢筋网片,确保喷射混凝土厚度与设计相符,使加固效果最大化。值得注意的是,施工监测是一个重要环节,有助于实时采集围岩变形数据,为动态调节支护参数提供理论支撑。常见监测设备涵盖位移计、布置测斜仪等。

第二,制定塌方事故抢险方案时,应遵循多层次策略

【作者简介】袁博怀(1991-),男,中国浙江杭州人,本科,工程师,从事土木工程隧道工程研究。

原则,旨在从多维度、全方位深化支护体系和清理工作。为了避免二次塌方,调度运输车辆与挖掘机对松散岩土、堆积碎石进行清理,遇到机械盲点还需要结合人工操作进行,包括不稳定岩土体、边角部位等。当然,为了确保施工人员安全,可以增加临时锚杆对暴露的岩面进行加固。操作过程中,应根据塌方规模、岩体强度设计锚杆长度与间距,确保提供足够的抗滑动能力。另外,为了避免进一步坍塌或风化,可采用喷射快干混凝土封闭表面。面向塌方“重灾区”,支撑结构应选择永久性建设,并通过螺栓连接或焊接等方式提升结构刚度,呈密排钢架。与此同时,将钢筋网片铺设至钢架外侧,并覆盖高强度混凝土,采用分层分段喷射方式,使其形成稳定支撑结构。

## 2.2 衬砌防排水措施

排水在软弱围岩隧道施工中是一个不可忽视的因素。为了有效控制水源,可采用综合性措施,以下进行详细说明:第一,以水文条件、围岩渗透特性为导向设置弹簧透水管。具体而言,详细勘察岩土工程,明确排水需求与渗水点。建议选择耐用性、防腐性以及高强度材质盲管,并且选择合理孔隙密度、直径,从根本上确保引水性能。进行布设时,倾斜角度应与排水设计相符,为了避免杂物或泥沙进入盲目,可使用密封材料封闭管口<sup>[2]</sup>。第二,设置引水沟槽。通常设置在隧道底部,进行设计时,应采用科学计算精确其深度、宽度和坡度,使沟槽的排水能力、导水流速最大化。为了降低积水带来的滑动风险,可将沟槽内壁设计成防滑纹理,并利用混凝土衬砌。这不仅增加了滑动阻力,还可以防止渗漏。第三,安装防水板。铺设过程中,应采用专用铺装设备分段进行,确保每一块防水板张力均匀、展开平稳。为了提升混凝土表面与防水板的贴合度,应当使用钢制滚筒进行滚压操作。固定防水板边缘时,选择耐久性、粘接材料和金属锚固件至关重要,同时确保边缘间隙标准且无翘起现象。

## 2.3 爆破控制措施

众所周知,爆破作业对软弱围岩造成的扰动程度,与隧道施工质量息息相关。基于此,应采用精准控制和详细布设手段降低影响程度。以下进行详细说明:首先,合理布设炮眼。在实践中,炮眼的数量和位置应结合设计参数、地质条件进行二维模拟。在此过程中,施工队伍应引入地质雷达扫描技术精准探测隧道围岩情况,通过遥感数据反馈逐步优化布孔方案。与此同时,震感是一个不可忽视的因素,为了控制爆破波的叠加效应,引爆装置建议选择导爆管,且采用分段延时或增加起爆段数方式,确保震动幅度在围岩安全范围<sup>[3]</sup>。其次,引入振动监测系统必不可少,有助于在爆破过程中实时监测震动频率与波幅。这一步骤涉及分布式传感器应用,以此形成网络采集、监控振动数据,为爆破参数调整奠定基础。另外,在爆破区域,应设置警戒线,一方面为了减少不必要的人员伤亡,另一方面一旦发现潜在滑坡风险,有助于立即实施锚固技术、边坡支护技术加固,从根本

上降低外部因素干扰。最后,在炮眼钻孔过程中,避免局部应力集中是关键,可以采用小钻头实现围岩应力均匀分散。更进一步,实时校正炮眼间距和深度是重要一环,施工队伍可以引入全站仪、激光铅直仪等高精度测量仪器,旨在确保每一个炮眼孔洞均满足设计要求。

第二,做好测量放线工作。在软弱围岩条件下,严谨布置线桩与水准点是重要一环。施工团队应整合激光铅直仪和全站仪标定主线,并在施工隧道起点设置固定水准基点。通常永久性水准点间隔控制在100m,为了提升定位可靠性,增设线桩必不可少,间隔控制在50m为宜,这样一来,有助于挖掘过程高精度标定钻孔位置、炮眼位置,实现精确投影。基于后续钻孔和测量放线工作协同性较强,需动态复核线桩标高,在这一过程中,使用电子水准仪可以提高测量精度,确保线桩的设计值和标高误差趋于可控。此外,验证钻孔轴线位置是否存在偏差还可以通过构建空间坐标和二维断面模型分析。对水准点和线桩进行维护时,应成立专门检查班级,定期复核其精度,防止施工扰动或外力因素移动标记点。

## 3 软弱围岩隧道施工技术的应用

### 3.1 超前加固

在软弱围岩隧道施工中,超前加固技术是一项增强围岩支撑力的有效手段。以下对具体操作步骤进行详细说明:首先,面向富水区、断层破碎带,首要任务是地质勘查。此过程涵盖水文地质分析、岩体测试和钻探取样等环节,以期后期选择加固材料、锚杆布置方式提供理论依据。使用超前锚杆加固时,钻孔定位是第一步,明确定位后,安装锚杆并灌浆固定。在此过程中,需要依靠高精度测量仪器明确钻孔定位,并严格按照设计要求实施钻孔深度、角度及间距,最大程度确保破碎区被锚杆有效穿透且直接锚固到岩体层。其次,选择高强度钢筋材质的锚杆,通过详细计算岩体厚度、围岩破碎程度来明确锚杆的长度和直径,进而通过现场试验结合数值模拟的方法,进一步优化设计参数<sup>[4]</sup>。最后,对锚杆进行加固。基于软弱围岩稳定性不足,故采用灌浆操作增加围岩与锚杆的强度和黏接性。常见灌浆材料包括树脂类浆液、水泥等,要求灌浆材料必须满足耐水性、良好流动性和快速凝固等功能。为了确保锚杆与围岩最终形成坚实支护结构,必须使用高压输送灌浆设备,旨在确保浆液均匀填充、全面覆盖岩体裂隙。

### 3.2 注浆

在软弱围岩隧道施工中,浅孔注浆得到广泛应用,尤其在浅层岩体获得显著效果。具体而言,将注浆孔合理布设在围岩表面,继而浆液通过这些孔道注入岩体裂隙。以此形成高密度水封层,这是因为裂隙中的浆液会产生物理化学反应,对阻隔地表水渗透产生积极影响。在实践中,注浆孔的深度、位置需要大量岩体裂隙数据作支撑,因此施工团队应

制定详细勘察计划,以便后期控制注浆设备压力、注入速度奠定基础。当然,岩层结构不同意味着注浆配比与浆液类型亦存在差异化。只有依托完整数据链并科学配置设备,才能确保注浆的黏结性与渗透性符合设计标准。

相较于浅孔注浆,水平旋喷注浆更适用于深层岩体。具体而言,将注浆孔设在岩体层内,呈水平方向,然后利用旋喷装置的高压功能将浆液喷入围岩当中。该技术的显著特点是能够加强水封效果和岩体密实性,对阻隔地表水渗漏有重要帮助。以下进行详细说明:以岩体强度、围岩裂隙分布为导向,科学规划注浆孔点位。同时结合岩层特性优化孔径、孔深设计。接下来,在旋喷装置的压力条件下,浆液通过高压泵进入孔道,进而岩体的各个裂隙被均匀填充,在物理反应中快速凝固成水封层<sup>[5]</sup>。

注浆技术不仅可以防水,在提升围岩稳定性、加固岩体方面也展现出卓越性,这对隧道施工产生积极影响。举个例子,面向岩体较松散部位,除了考量注浆过程水封层成效,还要选择适应性注浆方式与材料,以期从根本上保障岩体结构强度,为隧道工程的承载能力、稳定性打下坚实基础。在加固措施中,高分子聚合物、化学浆以及水泥浆为常见注浆液种类,如何选择除了结合岩体物理化学性质以外,还要将岩体与浆液结合后的反应纳入考量范畴,如硬化后的强度、相容性等。只有这样才能确保注浆效果最大化。除此之外,控制注浆压力十分关键。例如,压力过高容易引起浆液过度扩展或破坏岩体;而压力过低则会造成注浆效果不理想。在此背景下,施工团队应设置压力监测计实时跟踪压力变化并调整。

### 3.3 防排水施工

基于地质条件存在差异,因此制定个性化防水方案至关重要。一方面,设计定制方案必须依托在隧道施工目标区域的水文条件与地质环境上进行,以此突出防水策略针对性。例如,浅埋区面临较高地下水渗透风险,这时,提升地表水防渗透能力是施工技术要点。而想要实现这一目标,优化施工工艺、引入高性能防水材料是关键。打个比方,在隧道结构表面涂覆一层防水涂料,有助于增强结构防水性能、减少地下水渗漏。如橡胶基防水涂料、聚氨酯防水涂料等。

另一方面,为了进一步加强防水效果,可以在连接隧道的预埋管位置、接口和接缝处实施密封处理,常用手段包括水泥基密封剂、膨胀型橡胶密封材料等,最大程度降低隧道在长期使用中面临的渗水困扰。

此外,配置防排水设施时,应围绕围岩特性进行展开。例如,进行软弱围岩施工时,因基础结构稳定性较弱,因此传统的环形打孔波纹管系统根本无法满足排水需求。在此背景下,引入或研发新型防排水板是关键。就目前实践情况来看,要求防排水板具有较强的耐久性与水密性,对隔离水源有实际性帮助。安装防排水板过程中,机械化铺设应注重密封性与精确性。确保在软弱围岩中排水板能够形成可靠的防水屏障,为防水措施贡献一份力量。

## 4 结语

综上所述,通过对软弱围岩隧道施工技术的探讨,我们可以看出,软弱围岩的地质特性对隧道施工的安全性和稳定性带来了较大的挑战。伴随施工技术和设备的不断进步,结合先进的勘察手段、加固技术和防排水措施,能够有效应对软弱围岩隧道施工中的种种困难。例如,超前加固、注浆施工、防排水措施等技术在实践中不断优化,逐步提升了施工的安全性、可靠性与经济性。未来,隧道建设应不断加强对地质勘察的精准性,并结合实际工程条件灵活选择施工方案,持续推进施工技术的创新与完善,以确保隧道建设能够在高效、安全的前提下顺利进行。

### 参考文献

- [1] 程光威,路颜,张媛.基于对铁路软弱围岩大变形隧道综合施工技术的探讨[J].2024(7):67-69.
- [2] 王凡.浅埋软弱围岩隧道施工技术的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(3).
- [3] 芦科运,李星.浅埋软弱围岩大跨公路隧道的施工技术探讨[J].门窗,2023(4):70-72.
- [4] 李孟.浅埋软弱围岩公路隧道施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(12).
- [5] 朱传龙.山区软弱围岩地质下的公路隧道施工技术研究[J].运输经理世界,2023(35).