

# 铁道工程隧道施工技术研究

贺 辉

中铁华铁工程设计集团有限公司 北京 100000

**摘要:** 本文围绕隧道施工技术展开全面探讨。引言部分指出隧道施工的复杂性与重要性。前期准备与勘察技术通过精准勘察明确地质条件,为施工提供依据。主流施工方法涵盖新奥法、盾构法、明挖法,各有技术要点。关键控制技术包括围岩变形、防水、混凝土施工质量控制,保障隧道结构安全与耐久。安全保障技术涉及爆破作业、施工通风与防尘、机械设备安全控制,确保施工环境与人员安全。通过综合运用这些技术,可提升隧道施工质量、保障施工安全、延长隧道使用寿命,为隧道工程建设提供全面的技术指导与支持。

**关键词:** 铁道工程; 隧道施工; 技术

引言: 隧道工程作为现代交通与基础设施建设的关键组成部分,在促进区域经济发展、改善交通状况等方面发挥着不可替代的作用。然而,隧道施工面临着地质条件复杂、施工环境恶劣、技术要求高等诸多挑战,任何一个环节的失误都可能导致严重的安全事故或质量问题。因此,深入研究隧道施工技术,掌握科学合理的施工方法与关键控制技术,对于确保隧道施工的顺利进行、保障工程质量与安全具有重要意义。

## 1 隧道施工前期准备与勘察技术

隧道施工前期准备工作是保障施工顺利开展的基础,核心在于通过精准勘察明确施工区域的地质条件,为施工方案制定、技术选型及风险预判提供依据。前期准备工作需兼顾勘察精度与施工规划的合理性,涵盖地质勘察、场地布置及技术准备三个核心环节。(1) 地质勘察是隧道施工前期的核心任务,其核心目标是全面掌握施工区域的围岩类型、地质构造、地下水分布及不良地质体情况。勘察过程中需采用多种技术手段相结合的方式,确保勘察数据的准确性与完整性。常用的勘察技术包括地质钻探、物探技术及原位测试等,地质钻探可直接获取地下岩土体的样本,明确岩土体的物理力学性质,如抗压强度、孔隙率、含水率等;物探技术通过电磁波、地震波等信号的传播特性,探测地下地质构造的分布情况,识别断层、破碎带等不良地质区域;原位测试则在现场模拟施工条件,测试岩土体的实际承载力、抗剪强度等关键参数,为支护设计、施工方法选型提供数据支撑。(2) 场地布置需结合隧道进出口地形条件,合理规划施工便道、材料堆放区、机械设备停放区及临时设施位置,确保施工物料运输通畅、机械设备调度高效,同时减少对周边环境的干扰。技术准备则包括施工方案的编制、技术交底、机械设备调试及人员培训,施工方案

需结合勘察结果明确施工流程、技术标准、安全保障措施,技术交底需确保施工人员掌握各环节技术要点,机械设备调试需保障设备性能满足施工要求,人员培训则聚焦专业技能与安全操作规范,提升施工团队的整体技术水平<sup>[1]</sup>。

## 2 铁道隧道主流施工方法及技术要点

### 2.1 新奥法施工技术

新奥法依托围岩自身承载能力,利用其自稳性并结合及时支护,保障隧道施工安全高效,适用于围岩条件佳、地质构造简单的隧道工程。其技术要点涵盖开挖、支护、衬砌和监控量测,此处重点阐述前三个环节。(1) 开挖环节秉持“少扰动、快支护”原则,常用光面爆破或预裂爆破技术。光面爆破合理布置炮眼、控制装药量与起爆顺序,使断面轮廓符合设计,减少围岩裂缝;预裂爆破先在轮廓线处爆破形成预裂面,阻隔主体爆破冲击。开挖后及时清理掌子面并排查围岩稳定性。(2) 支护作业分初期与二次支护。初期支护尽快实施,常用喷射混凝土、锚杆、钢拱架等。喷射混凝土用早强、高强度材料,高压均匀覆盖围岩表面;锚杆钻孔植入围岩,连接表层与深层稳定围岩;钢拱架依隧道断面加工,与前两者协同形成稳固体系。二次支护在围岩变形基本稳定后进行,采用模筑或钢筋混凝土,增强隧道结构承载力与耐久性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 盾构法施工技术

盾构法是机械化程度高、施工速度快的隧道施工法,能在地下完成开挖、支护、衬砌等作业,适用于软弱围岩及对施工扰动要求高的城市轨道交通隧道等场景。其核心技术要点如下:(1) 盾构机选型:要依据地质条件、隧道断面尺寸和施工要求确定,常用土压平衡盾构、泥水平衡盾构等。土压平衡盾构靠控制土仓土压力与开挖

面水土压力平衡防坍塌,适用于粘性土等土层;泥水平衡盾构通过注入泥浆形成压力平衡,排出混合渣土,适用于砂层等透水性强的围岩。选型要确保刀盘等部件适配地质特性,保障掘进稳定。(2)掘进控制:是核心环节,需精准控制掘进速度、推进压力、刀盘转速等参数。掘进速度要结合围岩特性与出土效率调整;推进压力要与开挖面水土压力匹配;刀盘转速依围岩硬度调整。同时要实时监测盾构机姿态,及时调整推进方向。(3)衬砌拼装:采用预制管片,其需有足够强度、刚度和防水性能。拼装时用专用设备精准定位,调整平整度与密封性,完成后紧固螺栓,填充间隙,保障隧道结构稳定与防水效果。

### 2.3 明挖法施工技术

明挖法先开挖地面形成基坑,在基坑内完成隧道主体结构施工,再进行土方回填与地面恢复,适用于埋深浅、地面条件允许开挖的区域,如城市近郊等隧道工程。其核心技术要点如下:(1)基坑开挖:开挖前需精准确定范围、深度和坡度,依据围岩条件选定开挖方式,常用分层、分段开挖。分层开挖要严格控制每层厚度,每层完成后及时进行支护;分段开挖适用于长基坑,可有效减少暴露时间、降低风险。开挖时务必做好排水工作,采用集水井排水、井点降水等方式排除积水,防止地下水影响基坑稳定。(2)基坑支护:根据基坑深度、围岩特性及周边环境确定支护形式,常用钢板桩、灌注桩、地下连续墙等。钢板桩支护结构简单、施工便捷,适用于浅基坑和软土地层;灌注桩支护承载力强,适用于深基坑和围岩较差区域;地下连续墙兼具支护与防水功能,适用于对支护要求高的深基坑。施工时要确保精度,严格控制支护构件间距、深度和强度。(3)主体结构及防水施工:在基坑稳定后进行主体结构施工,常用模筑混凝土施工,按设计绑扎钢筋、安装模板、浇筑混凝土。施工要控制钢筋规格等,保证模板刚度和稳定性,混凝土浇筑分层振捣密实,做好养护。同时按照设计要求做好防水结构及保护层施工,回填土分层夯实恢复地面。

## 3 隧道施工关键控制技术

### 3.1 围岩变形控制技术

在隧道施工过程中,围岩变形是极为关键的监测与控制指标。若围岩变形超出合理范围,极易引发围岩失稳、坍塌等严重问题,进而对隧道结构安全构成重大威胁。因此,必须结合精准的监控量测数据,动态调整施工参数与支护措施,以实现围岩变形量的有效管控。监控量测工作应在隧道开挖后立即持续开展。监测内容涵盖多个方面,其中围岩收敛监测是通过在隧道断面上

科学布设监测点,精确测量不同时间点监测点之间的距离变化,以此准确反映围岩的横向变形情况;拱顶下沉监测则是在拱顶位置合理布设监测点,测量拱顶的下沉量,从而清晰呈现围岩的竖向变形特征;围岩内部位移监测是借助在围岩内部植入专业的监测仪器,实时监测深层围岩的变形动态。对于所获取的监测数据,需及时进行系统整理与深入分析,绘制出直观的变形曲线,进而准确预判围岩变形趋势。一旦变形量接近或超过预先设定的预警值,必须迅速采取加强支护、放缓掘进速度等有效措施,防止变形进一步发展<sup>[3]</sup>。

### 3.2 防水施工控制技术

隧道防水性能关乎其使用寿命与运营安全,一旦出现渗漏,不仅会腐蚀隧道结构,影响内部设备正常运行,还可能威胁行车安全。因此,防水施工控制必须贯穿隧道施工全过程,达成“防、排、堵、截”综合防水目标。防水施工控制涵盖初期支护防水、衬砌防水及接缝防水三个关键环节。初期支护防水方面,要严格控制喷射混凝土密实度,避免混凝土内部出现孔隙,减少围岩裂隙水渗透;同时,对锚杆孔进行封堵,选用优质防水材料,确保封堵严密,防止水历经锚杆孔进入隧道内部。衬砌防水环节,通常采用防水卷材或防水涂料。铺设防水卷材时,要保证其平整、无破损,严格按照技术要求控制卷材搭接宽度,并将搭接处压实密封;涂刷防水涂料时,需均匀操作,形成连续、完整的防水膜,且涂刷厚度要达到设计标准。接缝防水是重点和难点,管片接缝、衬砌施工缝等部位,要采用止水条、止水带等专用防水材料,确保接缝处密封良好,有效阻止水流渗入。

### 3.3 混凝土施工质量控制技术

混凝土是隧道结构的核心材料,其施工质量直接决定隧道结构的承载力与耐久性,混凝土施工质量控制需涵盖原材料、搅拌、浇筑、养护等全流程。原材料控制需严格把控水泥、砂石、外加剂等原材料的质量,水泥需具备合格的强度等级与稳定性,砂石需控制含泥量、颗粒级配等指标,外加剂需根据混凝土性能要求合理选用,确保原材料符合设计标准。搅拌过程需控制配合比、搅拌时间及搅拌温度,配合比需根据原材料性能及混凝土设计强度调整,搅拌时间需满足混凝土均匀性要求,搅拌温度需避免过高或过低,防止影响混凝土凝结硬化。浇筑过程需控制浇筑速度、振捣密实度,避免出现离析、漏振等问题,浇筑顺序需合理规划,确保混凝土填充均匀。养护过程需控制养护温度与湿度,采用洒水养护、覆盖养护等方式,确保混凝土在规定时间内达到设计强度,减少混凝土裂缝的产生<sup>[4]</sup>。

## 4 隧道施工安全保障技术

### 4.1 爆破作业安全控制技术

在采用爆破开挖方式的隧道工程中，爆破作业安全控制是保障施工安全的核心要点。精准控制爆破参数是关键，需依据围岩的物理力学特性，如岩石的硬度、完整性等，以及隧道断面的具体尺寸，科学合理地确定炮眼布置方式、装药量大小和起爆顺序。若装药量过大，会对围岩造成过度扰动，破坏其稳定性；装药量过小，则无法达到预期的开挖效率。采用分段起爆方式能有效减少爆破震动强度，降低对支护结构的冲击力。爆破作业前，要彻底清理作业区域内的易燃、易爆物品，设置明显的警戒区域，严禁无关人员进入。爆破作业结束后，不能立即进入作业面，需等待足够时间，待炮烟完全散尽后，安排专业人员对掌子面围岩的稳定性进行细致排查，检查是否存在瞎炮等安全隐患，只有确认安全无误后，方可开展后续的施工作业。

### 4.2 施工通风与防尘技术

隧道内部空间相对封闭，在施工进程中，诸如开挖、爆破、出渣等作业环节会产生大量粉尘，同时，机械设备运行也会排放出一氧化碳、氮氧化物等有害气体。加之通风条件欠佳，这些污染物极易在隧道内积聚，严重威胁施工人员的身体健康。因此，施工通风与防尘技术至关重要，其核心目标是确保隧道内空气顺畅流通，有效降低粉尘与有害气体的浓度，营造安全的作业环境；施工通风通常采用机械通风方式，需依据隧道的长度、断面尺寸以及施工进度，科学合理地布置通风设备，保证通风量达到设计标准，实现隧道内空气的有效循环。通风设备要定期进行检修维护，确保其稳定运行，通风管道铺设应平整且密封良好，防止漏风影响通风成效；防尘技术则要紧密结合施工工序，综合运用湿式作业、喷雾降尘以及施工人员佩戴防尘用品等措施，从源头上减少粉尘的产生与扩散。像开挖、爆破等工序务必采用湿式作业，抑制粉尘飞扬；在作业区域设置喷雾装置，实时进行降尘处理；施工人员要佩戴防尘口罩、防尘安全帽等防护用品，降低粉尘吸入风险<sup>[5]</sup>。

### 4.3 机械设备安全控制技术

隧道施工依赖大量机械设备，机械设备安全控制需确保设备性能稳定、操作规范，避免因设备故障或操作不当引发安全事故。机械设备使用前需进行全面检查与调试，排查设备的机械部件、电气系统、制动系统等，确保设备无故障运行；对于盾构机、掘进机等大型机械设备，需定期进行维护保养，更换磨损部件，保障设备性能达标。操作人员需具备专业资质，熟悉设备的操作流程与安全规范，严格按照操作规程作业，避免违规操作；设备作业过程中需安排专人监护，实时观察设备运行状态，发现异常及时停机处理。同时，需合理规划机械设备的作业空间，避免多台设备交叉作业时发生碰撞，确保设备作业安全。

### 结束语

隧道施工技术是一个涉及多学科、多领域的综合性技术体系，涵盖了前期准备、施工方法、关键控制以及安全保障等多个方面。从前期精准的地质勘察到主流施工方法的合理运用，从关键控制技术对施工质量的严格把控到安全保障技术为施工人员的生命安全保驾护航，每一个环节都紧密相连、缺一不可。在实际隧道工程建设中，我们应根据具体的工程条件、地质环境等因素，科学合理地选择施工方法与技术措施，不断优化施工流程，加强施工管理，以确保隧道工程能够高质量、高效率、安全地完成，为我国交通事业和基础设施建设的发展做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1]李宽.隧道工程的复合型衬砌施工技术的应用探讨[J].交通科技与管理,2024,5(16):70-72.
- [2]李强.高速公路隧道开挖与支护加固技术应用研究[J].交通科技与管理,2024,5(16):73-75.
- [3]李顺兵.高速公路隧道施工技术与管理控制分析[J].交通科技与管理,2024,5(16):76-78.
- [4]王培玉.路桥隧道工程施工技术管理与质量控制研究[J].工程建设与设计,2022(15):228-230.
- [5]崔鹏.略论隧道工程的施工技术应用[J].甘肃科技,2021,37(15):115-119.