

大跨径隧道双侧壁导坑法施工技术要点与应用分析

邱晓雷

(广西路桥工程集团有限公司, 广西 南宁 530200)

摘要 在大跨径隧道施工中, 双侧壁导坑法得到了广泛的应用, 对整个隧道施工产生重要影响, 不仅能够提高隧道施工的安全与效率, 同时也在一定程度上降低了隧道施工的成本, 保持良好的经济效益。基于此, 本文结合具体的工程案例, 对大跨径隧道双侧壁导坑法施工技术要点应用进行分析研究, 以期为相关人员提供参考。

关键词 大跨径隧道; 双侧壁导坑法; 导体开挖; 隧道主体开挖; 超前支护

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)03-0013-03

我国现代交通网络高速发展, 大跨径隧道施工数量逐渐增多, 作为连接山区和城市、实现区域快速交通的重要构件, 其难度也在不断增加, 大跨径隧道通常所处的地质条件比较复杂, 施工难度较高, 因此对施工技术提出了更高的要求, 传统的隧道施工方法不仅施工周期长, 成本高, 而且安全风险也相对较大, 而双侧壁导坑法作为一种创新性的隧道施工技术, 逐渐显示出在大跨径隧道施工中的巨大优势, 具有较高的应用价值。

1 工程概况

以某隧道工程为例, 该隧道全长 8.5km, 最大开挖跨度达到 22m, 拟设计为双向六车道高速公路隧道, 由于当地地质结构复杂, 地质结构主要以砂岩、粉砂岩和泥岩交替组成, 局部区域存在断层带, 隧道施工期间累计处理不良地质段落 11 处, 其中包括 2 处大规模滑坡和 3 处泥水流突发事件, 因此为提高施工的安全性, 本次工程项目采用了创新的双侧壁导坑法进行施工, 先是在隧道预定轮廓内依次开挖两侧的壁导坑, 宽度约为 5m, 深度从地表至设计底标高, 导坑支护采用厚度为 30cm 的喷射混凝土与锚杆相结合的方式, 并设置钢拱架进行加固, 通过对比传统方法, 双侧壁导坑法使得隧道的开挖进度提升了约 15%, 而且减少了约 20% 的支护成本, 在提高经济效益的基础上也进一步增强了施工的安全性以及效率性。

2 双侧壁导坑法施工技术在大跨径隧道中的应用过程分析

2.1 工程准备阶段

在施工之前要进行详尽的工程勘察, 进行地质勘探和现场环境评估, 通常采用钻孔、地震反射与折射

等方法, 详细分析当地的地质情况, 总结当地土层结构、岩石类型、地下水情况等地质特性, 通过勘察得到的数据为后续工程规划设计打下良好的基础, 随后根据获得的地质数据编制详细的施工方案与时间表, 施工方案应当明确双侧壁导坑法施工过程中的每一个步骤, 制定相应的质量控制和风险管理计划, 同时施工现场的布置也需提前规划, 对施工设备和物料的存储区域、工作人员的办公和生活区域, 以及施工作业区域进行合理划分, 依据现行标准搭建必要的安全防护设施, 制定应急预案, 在完成工程准备工作后进行详尽的预施工检查, 确保一切准备就绪, 为后续施工环节奠定坚实的基础^[1]。

2.2 导体开挖与支护

导坑开挖是大跨径隧道双侧壁导坑法施工中的关键步骤, 根据设计要求和地质情况, 通常利用地质探测设备进行前方地质预报, 确保导坑线路的安全, 在进行开挖作业时一般采用机械手段, 如挖掘机和爆破方法相结合进行, 确保能够适应不同硬度的岩土层, 对于软土层一般可采用挖掘机直接进行开挖, 而对于岩石层一般采用爆破手段。支护工作是在开挖之后进行, 主要保证开挖面的稳定性, 防止地表塌陷和周边环境的影响, 如果是在特殊地质条件下进行施工, 还需要加装钢拱架或 I 型钢等, 以此提供额外的支撑力, 在完成初级支护后需要进行系统的监测和评估, 确保安全后才进一步进行二次衬砌的施工。

2.3 隧道主体开挖

隧道主体开挖是双侧壁导坑施工法中的核心阶段, 在进行开挖的过程基于地质预报结果来完成, 根据导

坑支护稳定性的判断进行,然后制定出合理的开挖序列和方法,大跨径隧道通常采用分步法或者分层法来逐渐拓展至设计的断面尺寸,开挖时必须严格遵循先导坑后主体,先顶部后底部的原则,从而保持结构平衡并减小地表沉降。在具体实施的过程中,开挖通常采用机械化设备,如挖掘机、装载机等提升施工进度,同时需要及时进行初期支护,包括喷锚支护、钢筋网带喷混凝土、锚杆等,增强断面稳定性,之后密切监测地下水水位变化和压力分布,及时调整支护结构,确保人员与设备的安全。此外,为了减少对周边环境的影响,特别是在靠近生活区或者人员居住密集内施工时防止出现大量的震动和噪声,应使用低震动和低噪声的设备,必要时进行隔音和减震处理^[2]。

2.4 安全保障措施

安全措施要求制定相关应急预案,遇紧急情况能够立即启动,同时设置专门的救援队伍随时待命,提高救援效率,在施工过程中要求所有进入施工现场的人员都必须佩戴个人防护装备,包括安全帽、防尘口罩、防护眼镜和耳塞等。对于施工设备需定期检查与维护,确保机械设备的正常运行,减少由设备故障导致的风险,同时在施工区域设置明显的安全警示标志,确保所有作业人员能清楚地了解到当前的安全注意事项,最后需要持续进行安全培训,提高工作人员的安全意识和自我保护能力,使施工人员能正确应对各种突发状况。

3 大跨径隧道双侧壁导坑法施工技术要点

3.1 超前支护

在双侧壁导坑法中超前支护能够稳定导坑开挖时的围岩,为后续主洞的开挖提供一个安全的作业环境,目前在超前支护中常用支护方法为超前小导管注浆方法,该支护方法是通过在围岩中预先布置并注入水泥基或化学浆料,来提前加固即将开挖区域的岩土体,减少后续施工对于围岩造成的扰动,确保施工安全。首先依据地质勘察报告和岩石力学参数设计合理的小导管布置方案,包括孔位的位置、角度、深度及间距,

孔位设计要考虑覆盖整个施工影响范围,留有足够的重叠部分以防止出现未加固区域,之后利用岩心钻进设备,在预定位置进行钻孔。对于不同硬度的岩土层,选择适宜的钻头,同时控制合适的进尺速度和旋转速率,尽量减少对围岩的损伤。在钻孔完成后需要立即安装小导管,导管通常采用钢制或塑料材质,以确保注浆过程中的耐压性和密封性,导管外表涂有防腐层,以防止与化学浆液发生反应。在进行注浆的过程中,根据地质条件的不同,选用不同类型的浆液,比如水泥浆因其良好的流动性和较高的强度而被广泛使用,对于特殊地质条件,如裂隙发育区域,可采用丙烯酰胺等高渗透性材料,此外,注浆时需精确控制压力和时间,以免过高的注浆压力导致围岩破坏,注浆过程中需要实时监测注浆压力、流量及浆液消耗量等参数,并根据围岩吸浆情况调整注浆参数。

以本次工程项目为例,根据不同的浆液类型以及钻孔型号,具体的参数有着不同的要求,详细内容如表1所示。

3.2 土方开挖与初期支护

在复杂地质条件下土方开挖采用分段开挖的方式,减小对周边环境的影响,降低地表沉降,根据地质情况预留适当的冒顶量,避免在开挖过程中引起不必要的压力集中和顶板垮塌,开挖后应立即进行初期支护工作,使用钢筋混凝土拱架或者喷射混凝土等形式,增强局部的自承能力,提前构建稳固的初级支护结构,然后配合使用锚杆来提升支护结构的稳定性,锚杆长度、布置密度及材料需要根据具体地质条件和开挖尺寸来确定,确定后采用先导管棚可以有效地控制地层变形,保证施工安全,此外,在初期支护的过程中,需要同时考虑防水与排水设计,合理配置排水孔和排水沟,避免积水对施工造成影响^[3]。

3.3 临时支护拆除

在执行拆除工作之前必须进行全面的结构稳定性评估和风险分析,确保不会因临时支护的拆除而导致周围地质结构的不稳定,同时拆除前应检查并确认其

表1 不同浆液类型参数要求表

编号	类型	压力 (Mpa)	最大允许压力 (Mpa)	注浆量 (L/min)	预计注浆量 (m ³)	注浆时间 (min)
Zk-01	水泥基浆液	0.5	2.0	8	2	30
Zk-02	化学膨胀浆液	0.3	1.5	6	1.5	20
Zk-03	微细水泥浆液	0.4	1.8	7	1.8	25
Zk-04	高强度水泥浆液	0.6	2.5	9	2.2	35

他支撑系统已稳固到位并能够承担拆除后的载荷。拆除工作通常按照从顶部到底部、从一侧到另一侧的顺序进行,减少任何不均匀载荷的产生,为减轻对结构的整体影响,通常采用分段拆除法将临时支护系统分成小段逐一拆除,每一段的长度应根据地质条件和支护结构的稳定性来确定,如果是采用预应力支护的方式应逐渐释放预应力,避免突然卸载造成的冲击。此外在整个拆除过程中,需要对隧道围岩位移和支护结构变形进行持续监测,一旦监测到超过预定范围的变化,要立即暂停拆除工作,重新调整或增强支撑系统,同时每完成一阶段的拆除后,都应对拆除区域进行详细检查,确认没有遗留的潜在风险。最后,在材料回收与处置方面,拆除的支护材料应根据材料的状态分类,可循环利用的材料要妥善回收,无法再用的则按照工程要求处置^[4]。

3.4 导坑与主隧道连接

导坑与主隧道连接是大跨径隧道双侧壁导坑法施工中的一个关键步骤,直接关系到隧道整体结构安全和施工效率,连接前必须对导坑和主隧道进行详细的测量,确保两者在几何上的精确对接,预先在导坑和主隧道两端设立准确的测量基准点,使用专业测量设备进行多次测量,以确定导坑与隧道的相对位置,然后基于测量结果调整导坑开挖方向和位置,在导坑末端逐渐过渡到主隧道断面形状,并逐步调整开挖方法和支护方式。

为了保证连接过程中的结构稳定性,需进行详尽的力学分析和风险评估,并在此基础上进行加固措施,比如实施足够强度的临时支撑系统,以避免在连接过程中发生变形或坍塌,或者加强预支护系统,如在导坑和主隧道连接区域施工钢筋网格和喷射混凝土,对于软弱地层或大跨径隧道,可考虑使用锚杆、锚索等加固手段。

3.5 监控量测

该步骤主要采用现代化测量仪器或工具对支护结构受力状态进行连续监测,如水准仪、倾斜计和地表形变监测器来记录隧道开挖过程中的变形情况,采用多点位移监测方式,在隧道围岩及支护结构上安装多点位移监测器,精确追踪关键点位的位移变化,尤其是在导坑开挖后,及时监测两侧壁的稳定性和周边地层的位移情况,根据监测数据设置预警阈值,一旦监测到的位移或压力超过安全阈值,需要立即启动预警系统,同时有序执行应急预案,例如增强支护、调整施工方法或临时停工等,之后将收集到的监测数据进

行专业分析,应用相关的数学模型和计算软件,如利用有限元分析对隧道施工的各个阶段进行模拟,以优化施工设计,并且预测潜在风险指导后续施工^[5]。

3.6 二次衬砌

二次衬砌是在初级衬砌之后进行的结构强化过程,首先对初级衬砌表面进行清理,去除松散物和不平整部分,确保衬砌与初级衬砌之间的粘接质量,必要时使用喷射水或气流进行表面准备,以提供良好的基底,之后通过精确测量确定二次衬砌的准确位置,以保证其结构尺寸和形状符合设计要求。其次根据设计图纸和测量结果,安装钢模板或其他类似模具,确保模板的稳定性和密封性,防止混凝土漏浆,并且按照设计要求,布置好钢筋网或钢筋笼,连接固定牢靠,满足二次衬砌的力学性能需求。最后选用合适的混凝土配比,进行混凝土的现场搅拌或者使用预拌混凝土,采用泵送、振捣等方式确保混凝土密实无空洞,根据从下而上、分层浇筑的原则进行,混凝土浇筑完成后应立即进行覆盖保养,使混凝土保持湿润状态,养护时间应根据环境条件和混凝土强度发展情况而定,通常不少于 28 天。

4 结语

在大跨径隧道施工中,要想进一步提高施工效率,保证施工安全,就需要提高对双侧壁导坑法施工技术的应用程度,掌握好具体的施工步骤,根据不同地质类型进行合理规划设置,充分发挥出技术优势,在增强施工安全的同时,不断提高工程质量,控制好施工成本,最终促进其行业的可持续性发展。

参考文献:

- [1] 冯展,郑国平,庄一舟,等.基于模型试验的双侧壁导坑法施工过程模拟研究[J].北方交通,2023(10):63-67,72.
- [2] 陈丰泽,陈岩,刘小军.张家口某新建分离式隧道双侧壁导坑法工法可行性分析[J].河北建筑工程学院学报,2023,41(03):44-49.
- [3] 刘新.复杂环境下超大断面隧道开挖类 CD 法施工技术研究[J].价值工程,2023,42(22):63-65.
- [4] 刘正,章希伦,吴学谦,等.改进双侧壁导坑法的施工稳定性分析[J].河北建筑工程学院学报,2023,41(02):59-65.
- [5] 张少硕,姚传勤,马海彬,等.超大断面隧道穿越断层破碎带施工关键技术研究[J].建筑技术,2023,54(08):904-907.