

高速公路隧道项目中的洞口浅埋段施工技术

林火金 张飞宇

北京建工土木工程有限公司, 北京 100015

[摘要]为解决隧道洞口浅埋段施工环境特殊、施工难度大的问题, 论文结合某高速公路隧道项目, 分析了洞口浅埋段的加固、开挖施工技术, 明确了浅埋段施工时的技术要点, 借此通过双侧壁导坑法、台阶法、预注浆等技术的应用, 优化隧道洞口浅埋段施工条件, 确保该区域施工建设的整体质量, 促进隧道项目中洞口浅埋段施工技术方案的完善, 以此满足新时期高速公路隧道建设的实际要求, 推动我国高速公路建设事业的可持续发展。

[关键词]高速公路; 隧道; 洞口浅埋段; 施工技术

DOI: 10.33142/ect.v1i4.9313

中图分类号: U45

文献标识码: A

Construction Technology of Shallow Buried Section at the Entrance of Expressway Tunnel Project

LIN Huojin, ZHANG Feiyu

Beijing Construction Engineering Civil Engineering Co., Ltd., Beijing, 100015, China

Abstract: In order to solve the problems of special construction environment and high construction difficulty in the shallow buried section of the tunnel entrance, this article analyzes the reinforcement and excavation construction technology of the shallow buried section of the entrance based on a certain highway tunnel project, and clarifies the technical points during the construction of the shallow buried section. Through the application of technologies such as double-sided wall heading method, step method, and pre grouting, the construction conditions of the shallow buried section at the tunnel entrance are optimized to ensure the overall quality of construction in the area, promote the improvement of the construction technology scheme for the shallow buried section at the tunnel entrance in tunnel projects, and meet the practical requirements of highway tunnel construction in the new era, promoting the sustainable development of Chinese highway construction industry.

Keywords: expressway; tunnel; shallow buried section at the entrance of the tunnel; construction technology

引言

高速公路是城市道路体系中的重要项目,但在公路建设过程中,隧道洞口浅埋段施工风险较大,区域环境相对特殊,需要提前加固处理,预防塌陷问题。因此,文章详细分析了高速公路隧道洞口浅埋段的施工技术,旨在结合浅埋段特点应用隧道加固、开挖工艺,确保隧道洞口施工的安全性,提升高速公路隧道项目的建设质量。

1 项目概况

某高速公路隧道项目,隧道结构设计为“双洞分离式”,总间距为 19m,左线长 5522m,右线长 5758m。洞口浅埋段埋深为 2~20m,开挖断面大。通过地质监测可知洞口土层为黏性土层,岩体为强风化岩体。由于隧道洞口均为全风化、强风化表层,围岩具有风化性,隧道开挖时存在破碎、塌陷等问题,所以需要结合洞口区域的地质特征,采取适宜的加固、开挖技术,严格把控洞口浅埋段施工活动,确保隧道项目有序开展。

2 隧道项目中的洞口浅埋段加固技术

2.1 预注浆加固技术

为解决项目中隧道洞口稳固性不足的问题,可采用预注浆加固技术,维护洞口围岩的稳定性,满足洞口浅埋段

施工要求,具体思路如下:(1)开挖隧道洞口顶部,形成隧道拱壳后分析浅埋段施工结构是否完整。然后进行地表注浆,即通过全孔注浆的方式注入混凝土浆液,混凝土凝固后可加固洞口表层,避免地表塌陷。(2)为确保注浆加固质量,可采用分段式注浆工艺,或是在浅埋段开挖 2~2.5m 后实施帷幕注浆法,利用浆墙浇筑隧道洞口。浇筑结束后密封注浆孔,等待混凝土凝固^[1]。(3)地表注浆结束后开始布孔,以梅花形式在洞口浅埋段设置孔位,钻孔深度不超过 2.5m,作业期间注意维护浅埋段开挖面的稳定,同时确保岩土深度、注浆面高度一致。

2.2 土方刷坡及锚网加固技术

隧道浅埋段加固施工技术中,土方刷坡、锚网加固的关键在于“隧道洞口刷坡”和“锚网喷密闭”。(1)对隧道洞口边坡、仰坡处进行放线测量,然后在洞口边坡上布设截水沟,避免雨水、地表水冲刷洞口坡面,预防洞口失稳、坍塌。为确保施工安全,需提前明确浅埋段开挖坡度,做好开挖前加固作业,同时配合机械化施工设备进行钻孔、打眼操作。洞口区域的暴露围岩影响到施工作业后,可用锚网喷加固体系封闭处理该区域。(2)锚网喷密闭施工时,可用风钻机实施标准化作业。钻孔施工结束后,施工人员

可将 PVC 管插入钻孔内, PVC 管直径约为 6cm, 将其作为锚管插入后需要在无缝钢管上钻溢浆孔, 孔间距为 2.5×2.5m。钻孔注浆作业与锚喷钢筋网施工作业同时进行, 网格大小约为 30cm×30cm。

2.3 预支护加固技术

预支护加固是在隧道洞口边坡、仰坡施工结束后, 在洞面安装钢拱架, 用钢拱架结构作为洞口浅埋段的支护结构。技术应用时, 应确保钢拱架贴近洞面, 周围设置的小导管需穿过钢拱架腹部, 并采用焊接工艺加固, 以此保障支护体系的稳定性。随后均匀、缓慢地在小导管内注液, 直至管壁上有浆液溢出^[2]。应用大管棚连接钢拱架时, 则需提前进行施工测量, 分别对钢拱架的横向、纵向结构进行测量后, 确定护拱开挖的轮廓线, 然后注浆加固大管棚, 同时使大管棚和洞口浅埋段地面紧贴, 构建“三榀型钢拱架”, 钢拱架间距保持在 55~60cm 左右。

2.4 隧道项目中的洞口浅埋段开挖技术

结合项目中隧道洞口地质条件, 隧道施工是在浅埋段加固处理后选择恰当的开挖工艺, 开挖施工的关键在于减少对洞口围岩的扰动, 所以不得采用全断面爆破工艺。常用技术为预留核心土台阶法、双侧壁导坑法, 其应用优势和适用情况如表 1 所示。

表 1 高速公路隧道洞口浅埋段开挖技术分析

开挖技术	技术优势	适用情况
预留核心土台阶法	施工空间大、机械作业和初期支护便捷, 可维持作业面的稳定性。	四、五级软弱围岩
双侧壁导坑法	可减少对围岩的扰动, 随时掌握施工环境的变化, 维护施工安全。	洞口段围岩稳定性较差

2.4.1 预留核心土台阶法

基于该技术, 隧道开挖时, 应从隧道洞口的上部弧形导坑进行开挖作业。施工人员在隧道拱部超前支护结束后, 可在该区域环向开挖弧形导坑, 开挖过程中预留核心土, 土层长度应控制在 4m 左右, 宽度为开挖宽度的三分之一。应用钢拱架支护时, 钢拱架最大间距应小于 1m。

初期开挖结束后立即喷射调配好的混凝土浆液, 喷射厚度约为 3~5cm。开挖隧道浅埋段的左右侧时, 应按照钢架间距, 确认进尺深度, 最大深度不超过 1m, 开挖高度保持在 3~3.5m。开挖结束后喷射 4.5cm 的混凝土, 并焊接锚喷网支护体系, 复喷混凝土, 直至该区域的混凝土厚度符合设计值^[3]。开挖左右侧下台阶时, 开挖进尺小于 1m, 且两侧台阶需错开, 错开距离约为 3m。开挖后喷射混凝土、进行支护, 支护钢架两侧可布设锁脚锚杆, 增强左右侧下结构的稳定性。最后开挖隧道底部, 开挖方法为循环开挖法, 进尺长度不超过 3m, 开挖后支护, 隧底开挖、支护作业应循环进行, 开挖结束后进行仰拱作业。

2.4.2 双侧壁导坑法

双侧壁导坑法是隧道浅埋段开挖时的常用技术, 可有

效预防围岩变形、扰动较大问题, 甚至能够利用围岩本身的承载力保障施工安全。具体的技术流程如下:

(1) 导坑超前支护。通过超前钻孔采集洞口前端围岩的地质信息, 并结合实际情况对浅埋段实施超前支护。超前支护方法是应用无缝小导管, 导管外插角不超过 10°, 插入导管后注入水泥浆, 泥浆配比 1:1。

(2) 开挖壁导坑。应用微台阶法开挖隧道洞口侧壁, 开挖时利用小型挖掘机装碴, 台阶高度不超过 2m。台阶开挖结束后钻眼, 钻眼后进行弱爆破。爆破前利用钢架支护, 支护间距以隧道每循环进尺深度为准, 开挖后行侧壁导坑时, 需要注意应力叠加问题, 导坑中心区域的厚度不得超过 20m, 现行导坑超前距离符合设计值后同步开挖两侧导坑^[4]。

(3) 开挖隧道中心区域。隧道中心区域的开挖作业是在超前支护结束后开挖上台阶, 注入 1:1 水泥浆后预留核心土, 并根据浅埋段地质钻眼, 钻眼后弱爆破。上台阶开挖完成后初喷混凝土, 焊接加固脚板、两侧钢架, 复喷混凝土使其形成闭环。随后采用同种工艺开挖下台阶, 开挖作业结束后安装仰拱钢支撑体系、钢筋网片, 并焊接钢支撑中的纵向钢筋, 使其稳固连接。

(4) 拆除壁墙。按照施工要求拆除临时支撑体系, 为确保隧道洞口结构的安全, 应在临时支护封闭处理结束后拆除支护体系, 拆除顺序一般为: 破除导坑壁墙混凝土→割除工字钢→破除后行壁墙混凝土→割除后行导坑壁墙工字钢。

4 高速公路隧道洞口浅埋段施工技术要点

4.1 施工设计

结合项目信息, 明确隧道洞口浅埋段的加固、开挖工艺流程。首先, 按照实际情况应用暗挖、明挖工艺, 在隧道洞口支护结束后分别开挖洞口拱部、墙部, 同时进行两侧排水、边坡、仰坡作业。洞口段、浅埋段采用钢支撑、超前大管棚或小导管, 大管棚和导管需注浆。入洞后, 导管替换为超前小导管并注浆^[5]。洞身开挖时应重视支护结构的封闭处理, 明确支撑架体的间距。边墙区域应设置锚杆, 钢筋喷射混凝土。在此过程中, 洞口浅埋段的工艺要点为施工监测、地表层排水、开挖加固处理、超前支护、混凝土喷射等内容。

4.2 技术要点

该高速公路隧道项目浅埋段属于风化性地层, 开挖时选用“双侧壁导坑法”。为发挥双侧壁导坑开挖施工的技术优势, 还应掌握以下技术要点:

4.2.1 加强施工监测

洞口浅埋段施工前, 按照施工现场情况实施施工监测, 多角度采集场地分布、区域特点、区域内地质条件等关键信息。在此基础上判断隧道洞口浅埋段的支护需求, 评估支护设计方案的科学性。随后分析隧道洞口浅埋段排水情

况,并根据地质测量数据设置两侧排水沟,排水沟抹灰面应满足相关标准。正式施工前,监测分析两侧排水沟,无误后开始进行隧道洞口浅埋段加固、开挖作业。

比如在基于双侧壁到坑法对浅埋段进行开挖时,需要重点监测地表,计算浅埋段开挖时的地表沉降值,评估隧道内导洞的具体沉降情况。从而根据实时监控、测量数据,分析开挖施工设计方案,控制开挖沉降量。在该项目实施中,双侧壁导坑法施工时隧道断面拱顶的最大日沉降量为2mm,导洞全通后,拱顶沉降趋于稳定,累计沉降量约为13mm,最大累计沉降量为16mm,表示应用双侧壁导坑法开挖隧道洞口浅埋段时,总体沉降量控制良好,满足浅埋段隧道开挖的安全、质量要求。

4.2.2 重视一次支护施工

浅埋段开挖时,一次支护的施工目标是改善洞身开挖条件。因此,在开挖前还应用超前锚杆进行支护。开挖后,联合运用钢拱架、喷锚网增强支护效果。支护过程中的技术要点包括:

(1)先开挖隧道,进尺符合要求后立即喷射混凝土,借助混凝土浆液封闭岩面。然后结合“双侧壁导坑法”分别设置锚杆、架设钢拱架、挂钢筋网片,并复喷混凝土。设置锚杆时,锚杆是从顶拱的 135° 角插入,外插角 3° ,锚杆外露长度50cm。插入锚杆前应按照锚杆直径钻孔,打设锚杆后插入注浆管注浆,孔口溢出浆液后缓慢抽出注浆管。

(2)支护结构布设结束后初喷混凝土,将开挖后形成的岩面及时封闭起来。在此过程中,施工人员还应在开挖后快速清理受喷面上的杂物,清洁、凿平处理受喷面后初喷混凝土,喷射厚度不低于40mm。通过初喷可提升开挖面结构的稳固性,避免洞身围岩变形。

(3)项目中的锚杆选用长2m、直径20mm的超前支护锚杆,锚杆之间的距离为1m,布设位置在洞身拱部 133° 左右,和岩面相互垂直。配套锚垫板紧贴于岩面,可增强锚固有效性。设置钢拱架时,是在初喷混凝土后,每1m设I18钢拱架,用锚杆固定后复喷混凝土,加固支护结构。钢筋网片设计为 $2\text{m}\times 2\text{m}$,是用直径为8mm钢筋点焊连接而成。支护时可结合岩面变化灵活地调整网片,使其岩面紧贴,间隙小于20mm。最后分层复喷混凝土,每层厚度大于40mm,总厚度不小于120mm。复喷结束后及时检测混凝土结构的回弹率,使隧道洞口边墙的混凝土回弹率不超过15%,拱部不超过25%。

4.2.3 重视二次衬砌作业

隧道浅埋段开挖时,还应进行二次衬砌。二次衬砌是在

隧道仰拱部位施工结束后进行。通常情况下,隧道水平收敛速度处于 $0.1\sim 0.2\text{mm/d}$ 、下沉位移速度不超过 0.1mm/d 时,意味着隧道内的围岩结构较为稳定,无须进行二次衬砌。但是在上述隧道项目中,浅埋段地质为风化岩石,所以需要根据围岩的承压能力,对部分围岩进行二次衬砌。

相关人员可按照浅埋段岩层的实际勘测结果确定衬砌时间。衬砌方法是用液压衬砌台车浇筑混凝土,衬砌加固隧道正洞、拱墙结构。输送混凝土材料到台车的混凝土仓内时,还应用附着式、插入式振捣器充分地振捣、搅拌混凝土。混凝土浇筑结束后,还应养护48小时,强度检测符合要求后浇筑后拆卸外模,静置14天。经实践可知,该项目的围岩通过二次衬砌后,径向位移速度小于 0.2mm/d ,围岩结构区域稳定。

需要注意的是,混凝土质量会直接影响二次衬砌质量,所以还应加强混凝土运输、浇筑、振捣、静置状态的质量控制,重视混凝土材料配比。投入使用前提前测试混凝土配比的合理性,明确混凝土拌合时的具体参数,从而避免混凝土衬砌后出现开裂现象,确保隧道洞口浅埋段施工开挖衬砌加固的整体效果。

5 结语

综上所述,隧道工程项目建设中,隧道洞口浅埋段存在结构稳固性差的问题,整体施工风险非常突出、技术难度大。因此,在拟定隧道洞口浅埋段施工方案时,还应结合高速公路隧道区域的实际情况,采集浅埋段的地质信息,随后应用浅埋段加固、开挖技术,维持隧道洞口结构稳定性。施工过程中明确技术要点,加强监测,动态化地控制洞口浅埋段施工质量,完善隧道洞口浅埋段施工技术方案,夯实高速公路隧道洞口施工基础。

[参考文献]

- [1]陈浩.隧道洞口浅埋段开挖双侧壁导坑法施工技术[J].江西建材,2023(1):215-217.
 - [2]高云龙.高原铁路隧道洞口浅埋段施工技术研究[J].价值工程,2022,41(35):80-82.
 - [3]黄宜伟.近郊区四洞并行大断面小净距隧道洞口浅埋段施工技术分析[J].工程技术研究,2022,7(22):82-84.
 - [4]王鑫.隧道洞口浅埋段施工技术分析[J].山西水利,2020(12):31-32.
 - [5]邹永艳,胡达.道吾山三车道特长公路隧道洞口浅埋段施工方法[J].科学技术与工程,2020,20(6):2464-2469.
- 作者简介:林火金(1990.6—)男,汉族,中国矿业大学(北京),机械工程及自动化专业毕业,工学学士学位。现就职于北京建工土木工程有限公司,工程技术部部长。