

城市轨道交通暗挖隧道下穿建筑物安全施工技术分析

肖振伟

北京住总集团有限责任公司贵阳分公司 贵州贵阳 550081

摘要: 随着我国交通事业的不断发展,城市轨道交通工程的建设力度逐渐加大,并且逐渐应用了先进的施工技术。经过机械法挖掘隧道,采用超前支护措施,保证了施工安全。本文结合某具体城市轨道交通工程,分析了暗挖隧道下穿建筑物安全施工技术。

关键词: 城市轨道交通;暗挖隧道;建筑物;安全施工技术

Analysis on safety construction technology of underground tunnel under building of urban rail transit

Zhenwei Xiao

Guiyang Branch of Beijing Zhuzong Group Co., LTD. Guiyang 550081

Abstract: With the continuous development of China's transportation industry, the construction of urban rail transit engineering has gradually increased, and advanced construction technology has been gradually applied. The tunnel is excavated by mechanical method and advanced support measures are adopted to ensure the construction safety. Combined with a specific urban rail transit project, this paper analyzes the safe construction technology of underground tunnel under buildings.

Keywords: Urban Rail Transit; Subsurface tunnel; Buildings; Safe construction technology

对于城市建筑物来说,在爆破震动的影响下,往往导致诸多安全隐患,尤其是老旧建筑,其抗震性能比较差。在修建地铁隧道时,若要穿过这类建筑物,使用传统的爆破法往往会造成结构开裂、倾斜、沉降,也会影响居民的生活等,同时,地表荷载较大时,无法保证隧道施工安全。为了保护地表建筑物,实现安全施工目标,需要合理应用超前支护,以此提升围岩的自稳性,并且,利用机械开挖,防止地表建筑物遭到破坏。

一、工程概况

在某城市轨道交通工程中,下穿已建某建筑物,该挡墙建于2006年,全长330米,高23.5~25米,采用浆砌片石砌筑而成。挡墙坡顶为小区居民楼,钢混结构,独立桩基础,居民楼距挡墙水平距离为6~10米,高边坡片石挡墙存在多处脱落、松动、开裂、沉降、位移,存在较大的安全隐患。此段隧道洞身范围内的围岩地质情况复杂,存在溶洞、溶槽及断层的可能性。隧道开挖时如遇到上述地质情况,可能会造成隧道冒顶及坍塌。在穿越建筑物之前,施工单位、监理单位、建设单位相

互配合,对建筑物相关情况进行调查发现一旦高挡墙出现滑坡、垮塌等安全事故,将会阻断交通,损毁车辆、伤及行人、毁坏商业建筑,社会影响巨大。

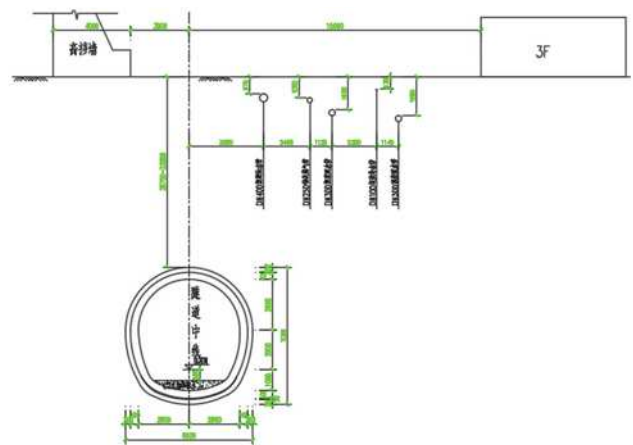


图1-1 隧道结构及地面建筑图

主要不良地质情况有:

(1) 岩溶

岩溶及岩溶水:测区大部分为灰岩,岩溶发育程度

为强烈, 溶洞、溶槽、溶沟、溶隙普遍发育, 岩溶管道连通性好, 地下水位埋深较浅, 岩溶水丰富。

(2) 膨胀岩土及红粘土

拟建区间隧道场地上覆土层为红粘土, 无膨胀土分布。红粘土, 褐黄色, 在本勘察范围以硬塑状态和可塑状态为主, 收缩后浸水膨胀, 不能恢复到原位, 压缩性较低, 土体力学参数尤其是抗剪强度指标差异较大。

二、地铁隧道下穿建筑物相关的措施

1. 施工前准备

施工前应全面熟悉设计文件, 核实线路资料、设计标高、各部结构尺寸。按照相关规范要求进行现场核对, 编制详细的施工组织设计、施工方案。施工方案应安全可靠, 对施工中可能发生的安全隐患予以充分估计, 并制定相应的处理预案, 配足通风设备及应急物资, 保证施工需要。施工前应对地表房屋等既有建筑物、地下管线及高挡墙进行详细调查, 特别是在隧道破裂面范围内的房屋, 应对房屋基础情况、房屋结构和隧道之间的相互关系等调查清楚; 施工单位应对提供的相关资料进行复查, 如与设计不符, 应及时提出, 并做好记录、摄像等工作。

2. 施工监测

对于地下工程而言, 不确定因素比较多, 在隧道开挖的推进下, 岩层应力也会发生相关的变化。在具体施工之前, 一定要对所穿建筑进行全面分析, 每道裂缝都要准确的记录, 还要拍照、编号等等, 由于高挡墙高23.5-25米, 人工监测困难较大, 因此采用倾斜仪和静力水准仪对高挡墙沉降、倾斜进行自动化高频监测, 根据施工监测方案对, 合理布置沉降、倾斜观测点, 采集初始值, 做到信息化施工。在施工的过程中, 针对隧道拱顶沉降、裂缝发展、变形需要重点观测, 全面收集相关数据, 将其反馈给有关技术人员, 根据数据分析结果进行指导, 进而对开挖进尺、支护参数进行调整。

3. 建筑物地基深孔注浆加固

为确保区间暗挖隧道可以安全顺利下穿建筑物群, 防止由于开挖造成建筑物地基沉降等事故, 隧道开挖前, 在开挖段建筑物地面对建筑下方持力层进行地表深孔注浆。注浆孔沿建筑物轮廓外2m外布置双排注浆孔, 成2m×2m梅花状布置位置, 按照45°斜角下插近建筑物下方持力层, 注浆浆液为1:1水泥浆。

4. 地质超前预报

4.1 地质雷达超前探测: 与探空雷达技术相似, 也是利用高频电磁脉冲波的反射来探测目标体, 是通过对电

磁波在地下介质中传播规律的研究与波场特点的分析, 查明介质结构、属性、几何形态及其空间分布特征。

探测沿掌子面布置两条横向测线, 如图2-1所示。探测的范围为掌子面至掌子面前方30米。探测采用线测法和点测法进行, 沿掌子面从左至右共采集两道数据。

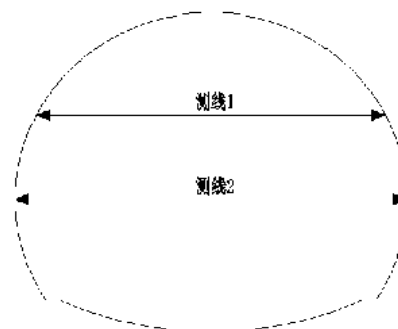


图2-1 掌子面地质雷达探测测线布置图

4.2 采用红外探水预报: 采用HY-304型红外探水仪在隧道掘进现场, 当掌子面前方存在含水构造时, 含水构造产生的异常红外辐射场会迭加到围岩的正常辐射场之上, 仪器显示屏上的曲线出现数据突变。而当掌子面前方没有含水构造时, 所测定的红外辐射场为正常场值, 数据曲线近似为一条直线。以此为原理探测前方30m地下含水情况, 防止开挖涌水。

4.3 超前地质钻探: 共完成不取芯钻探30m, 通过对钻孔过程中返浆颜色、返水情况及钻进速度分析, 结合掌子面地质情况, 基本获得隧道掌子面前方30m的围岩情况和富水情况等, 为安全施工奠定基础。

5. 超前加固

该段围岩等级为Ⅲ级, 原支护类型为Ⅲ型, 采用全断面冷开工法。初支喷混凝土: 全环70mm厚C25早强混凝土; 系统锚杆: 拱部采用 $\varnothing 25$ 中空锚杆, 长度 $L=2.0\text{m}$, 锚杆间距 $1.2 \times 1.5\text{m}$ (环×纵), 梅花型布置; 钢筋网: $\phi 6$ 钢筋, 构成 $250 \times 250\text{mm}$ 网格, 拱部单层设置, 钢筋网应与锚杆尾端连接牢固; 二次衬砌: 全环300mm厚C35防水钢筋混凝土, 抗渗等级P12; 仰拱填充: C20混凝土。无超前及拱架支护, 一旦隧洞内出现较大贯通性溶洞、溶蚀发育, 现的支护形式无法提供有效的支撑, 直接影响高挡墙的安全^[1]。鉴于上述情况, 为确保隧道掘进的顺利进行, 保证高挡墙及周围建筑物的安全, 采取增加超前支护措施, 增加 $\phi 42$ 注浆小导管, 长度为3.2m, 壁厚4mm, 环向间距0.4m, 纵向间距2.0m, 外插角 $7 \sim 12^\circ$ 。小导管打设完毕后, 及时进行注水泥浆填充, 注浆压力控制在 $0.3 \sim 0.5\text{MPa}$ 。

6. 机械开挖

为了减少对围岩以及建筑物的负面影响,可以使用非爆破开挖方法,为保证施工安全、质量及进度要求,随着机械设计制造水平的提高和劳动力成本的加大,机械化施工成为趋势,悬臂掘进机施工具备非爆破作业,对围岩扰动小、超挖小、断面形状适应能力强的多种优势。悬臂掘进机施工功效与围岩岩性、节理裂隙发育、围岩强度等密切相关;围岩强度越低,悬臂掘进机掘进效率越快,对4个掌子面岩石强度进行统计,强度在30Mpa以下,效率较高消耗低施工速度快;强度在80Mpa以上悬臂掘进机施工速度慢,而且故障率高。根据岩石强度合理选择掘进机型号及截齿型号。

根据掌子面围岩的具有发育情况合理凿除,当掌子面达到开挖目标后,测量人员要进行复测,如果有局部欠挖情况,则使用小型挖掘^[2]进行修边。若掌子面围岩十分完整时,在掌子面上可以使用潜孔钻打洞,这样既可以保证施工进度,也可以提升施工效率。通过全面统计隧道的施工进度,每日能够实现一个施工循环目标,合理加快施工速度,在根本上满足了施工现场的总体要求,预期的目标也能够顺利实现。

围岩开挖采用冷挖施工;严格控制超欠挖,保证开挖质量。当存在局部软弱带、节理、顺层等不利于隧道围岩稳定的情况时,可能发生掉块或坍塌,施工时支护体系和工法进行酌情调整。隧道开挖应控制每次循环进尺,初期支护紧跟掌子面并严格按设计要求及时施作,以减少围岩的暴露时间,控制围岩变形和防止围岩松弛。隧道开挖后应对隧道周边岩体及地表进行地质雷达扫描,若存在空隙、空洞,根据现场情况拟采取洞内或地表注浆等方式进行处理,并确保其密实度。针对两处下穿建筑物风险工程,应对该房屋现状进行拍照取证,必要时对房屋暂停营业,人员进行清空处理。加强施工安全管理和监控量测,严格控制开挖进尺,初期支护应迅速封闭成环并尽早施作二衬;采用非爆破施工。注浆浆液配合比设计建议值应由施工单位根据现场情况,通过试验,调整后方可使用。注浆过程中应根据实际情况控制注浆压力,注浆结束后应检查其效果,不合格者应补浆。注浆浆液达到设计强度后方可进行开挖。初期支护和二次衬砌背后要及时进行回填注浆,以填充结构物之间的空隙,保证结构受力均匀。

台阶法开挖,施工台阶高度可根据施工机具、人员安排等情况进行适当调整。浅埋地段、软弱围岩地段、下穿重要构筑物及建筑物段上台阶每循环开挖支护进尺不应大于1榀钢架间距;边墙每循环开挖支护进尺不得

大于2榀钢架间距;仰拱开挖前必须完成钢架锁脚锚杆(管),每循环开挖进尺不得大于3m;设置横向临时支撑或临时仰拱。工序变化处之钢架应设锁脚锚杆(管),以确保钢架基础稳定及下台阶安全,防止塌方。

7. 初期支护

在初期支护阶段,对围岩进行开挖时,自稳能力的保持时间比较短,当洞身被开挖后,需要及时支护,支护体系要与掌子面处于封闭状态,初期支护和围岩共同形成支护体系。主要支护内容:(1)系统锚杆安装。为了达到锚杆角度的设计要求,需要将锚杆与隧道周边轮廓保持90°,拱部钻孔使用小型锚杆机,锚杆长度需要超过设计长度的95%,锚杆垫板要紧贴围岩,完成锚杆安装后进行注浆,然后安装堵头。若砂浆强度没有达到设计要求的70%情况下,不可以悬挂重物,也不能随意碰撞、敲击。(2)安装钢筋网。在初期支护中,使用单层钢筋网,其规格0.2m×0.2m,圆钢规格HPB300d8,钢筋网片之间的搭接长度要大于20cm,钢筋网片与锚杆的连接要尽量牢固,利用焊接方式进行搭接,提升支护体系的刚度。(3)钢架安装。在钢架的初期支护阶段使用工字钢,钢架进行分节集中制作,利用连接钢板、M20螺栓进行连接,将钢架底脚落在围岩上,隧底超挖过程中禁止钢架悬空,在钢架和围岩之间,要使用混凝土垫块填充间隙。安装钢架之后要采取有效保护措施,防止已支护的钢架遭到损坏^[3]。(4)喷射混凝土。使用C25混凝土进行喷射,将厚度控制在260mm,当安装钢架之后,需要分段、分层进行混凝土喷射,否则,围岩长时间暴露将会加重风化,强度也会下降,同时,还要及时清理洞内水分,减少围岩的侵蚀。在隧道周边围岩和钢架之间,需要采用混凝土喷射方式填补间隙,以此提升围岩应力的传递效果。

8. 二次衬砌施工

二次衬砌钢筋施工时须采取有效措施确保防水板不被刺破,应在防水板铺设后设置临时挡板防止机械损伤或衬砌钢筋焊接时产生的电火花灼伤防水板,保证防水板施工质量。按仰拱超前二次衬砌1~3个衬砌循环的原则分段整体灌注,严禁半幅施工,以确保仰拱及底部施工质量;拱墙二次衬砌采用一次立模灌注成形。

9. 其他注意事项

(1)隧道施工应坚持“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”的原则。

(2)施工过程中,应进一步取水化验,核实地下水化学成分,确定侵蚀类型及环境作用等级,必要时应研

究衬砌混凝土防腐处理措施。

(3) 施工时应及时做好洞内排水系统; 软质岩地段施工排水沟不得沿边墙脚设置, 应距边墙脚适当距离, 以防止水沟渗水软化边墙基底围岩而降低其承载力。

(4) 隧道应实行文明施工, 提高机械化水平, 改善作业环境, 并减少对周边居民正常生产生活秩序的影响。施工机具、器械的堆放及工程的开挖对道路交通的影响比较大, 应提前做好疏导、分流工作; 施工单位应注意防火安全和文明施工, 并根据可能对环境造成不利影响, 采取具体的措施, 合理进行施工安排, 尽量减少对环境的破坏。

(5) 根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住建部37号令) 和关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知(建办质【2018】31号) 相关要求, 施工单位在施工前应编制安全施工方案、组织专家论证, 并按专家意见补充完善后实施。

(6) 根据地勘资料, 本区间地下水较为发育, 施工过程中应注意加强地下水赋存情况的超前预报, 并配足量排水机具, 对于局部出水点应首先考虑采用深孔注浆

进行封堵, 注浆封堵时应注意保证地下水水路畅通, 防止因地下水水路受阻引起工程风险。

(7) 右线隧道侧穿高挡墙时, 应加强对高挡墙及周边地表的变形监测, 确保高挡墙安全, 隧道下穿高挡墙时严禁采用爆破施工。

三、结语

综上所述, 在城市轨道交通中, 对暗挖隧道进行施工时, 隧道洞身机械开挖与超前加固措施的联合应用可以在隧道下穿建筑物方面取得较满意的效果, 不需要进行爆破, 也不需要建筑物拆迁, 既可以保护地表建筑物, 也可以使得施工过程中顺利推进, 降低了安全事故的发生概率。不仅如此, 暗挖隧道也能节约工期成本, 在规定时间内穿过建筑物, 实现建设目标。

参考文献:

- [1]姜志远.城市轨道交通暗挖隧道下穿建筑物安全施工技术[J].砖瓦, 2020, No.388(04): 118-119.
- [2]李建光.城市轨道交通施工技术发展与展望[J].城市轨道交通研究, 2018, v.21; No.188(05): 83-86.
- [3]侯艳娟.城市暗挖隧道穿越既有结构物的安全性控制[J].土木工程学报, 2016(S2): 75-78.