

浅埋湿陷性黄土隧道施工技术研究

马孟军

(湖南湖大建设监理有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要:近年来,随着社会发展的不断加快,高铁客运专线建设取得快速发展,高铁时速达到300 km。在隧道施工过程中,由于自然环境等多种因素的影响,隧道施工过程中出现一定问题,影响施工的最终质量,增加施工过程的难度。因此,本研究结合兰渝铁路某隧道工程,探讨浅埋湿陷性黄土隧道施工的施工技术,为同类隧道施工研究提供参考。

关键词:湿陷性黄土;隧道;浅埋
中图分类号: U455.4 **文献标识码:** A



湿陷性具有多裂缝、易坍塌等工程特征。施工过程中容易发生大变形甚至坍塌、顶板坍塌等事故,特别是隧道外地面下移,浮顶在困难隧道内下移操纵。传统的浅埋黄土隧道有两种施工方法:第一种是三步施工法,其特点是在施工过程中对围岩有一定的应力释放过程,施工速度更快。该方法用于正常施工。在沉降过程中,较大的表层可达50 cm,平均约20 cm。第二种是CRD(交叉中隔墙法)施工法,其特点是选择超强度支撑点,并提前关闭每个施工阶段。

在修建穿过房屋的隧道时,对地面沉降量的规定相对严格。沉降过大,容易导致建筑地基失稳,致使建筑墙体出现开裂甚至倒塌。因此,不能应用上述两种方法。在最终施工中,选择双侧导孔法,这是一种适用于大跨度结构软岩围岩的施工和处理技术。每个工作台可及时闭合成环形支撑,可有效管理大跨度结构隧道的折射率降低和周边收敛,以及地面沉降^[1]。

本文介绍基坑开挖方法、基坑支护方法、结构加固措施、精确测量等,为类似工程提供支持和参考。

1 工程概况

兰渝铁路是中长期铁路网规划中新建的西北至西南区域安全通道,是铁路路线图中不可或缺的一部分。某隧道设计为客货两用双层集装箱,开通速度200 km/h。隧道全长15757 m,设计为双层轨道隧道。V类围岩137 m², IV类围岩130 m²。隧道进出口为273 m的可塌陷浅埋段,覆盖范围仅8 m,路面相对平坦。在浅埋段的顶部是大片居民楼,这是通往乡村的必经

之路。

该隧道进出口端经DK100 375~DK100 595段居民区,底土覆盖8~10 m。以下部分的总长度为220 m。底部受隧道施工影响的房屋有15栋,其中顶部有15栋房屋、10栋砖结构房屋和5栋闲置建筑^[2]。

该隧道线路区属大陆性季风气候,冬季漫长,春秋季节连续,雨热同期,太阳辐射强,日照时间长,昼夜温差大,霜期短,干燥多风。不同季节的降水量差异很大。每年5月和8月的天气潮湿多雨,其他月则干燥。年平均降雨量为409.1 mm,年平均气温为7.2℃,最高极端温度为37.9℃,最低极端温度为-32℃。从11月到次年5月,有一场大风。年平均风速为2.4 m/s,较大(瞬时)风速为23 m/s。强降雪的厚度为18 cm。土壤的大冻结深度为125 cm,冻结和清理日期为11月初至次年4月初。受地形影响,垂直温度带清晰可见。随着海拔的升高,气温降低,地形陡峭。主要灾害天气为寒流、冰冻、冰雹、大风和雷电。根据隧道工程气候部门的说法,这是一个寒冷的区域^[3]。

独特的土工试验黄土层主要分布在隧道出入口黄土梁和山体以及隧道表面。颜色为浅黄色至土黄色,土层对称,孔隙度大,存在纵向正断层,跳蚤和植物根孔的发展趋势会受地下河的影响。

2 施工重难点分析及方案确立

2.1 施工重难点分析

大型塌陷浅埋段施工难度主要表现在两个方面:一是地表沉降量大,随着隧道开挖的推进,地表会出现竖向裂缝和纵向裂缝,侧拱线位置有3处裂缝,这些裂缝位于掌子面前方5 m处。二是洞内沉降变形大,难

以控制。来自穹顶的岩石大变形,甚至发生倒塌、顶板坍塌等事故。如果在下降到住宅的过程中隧道发生事故,将带来更大的连锁反应,危及住户的生命财产安全。如何有效控制地表沉降变形,提高施工安全性是相关工作人员需主要考虑的问题。浅埋湿陷性黄土段落路基填料如图1所示。



图1 路基填料

2.2 施工方案确立

2.2.1 评估现场实际情况以确定沉降变形量的可控范围

首先委托有条件的单位对住宅和农村道路的稳定性进行评价,提交评价报告。然后委托原设计单位提交咨询报告,安排专家对评价报告和咨询结果进行审核,确定控制完成值指数。最后得出结论,如果地面的最大沉降可以控制在15 cm内,虽然住宅楼的墙壁会开裂,但可以充分保证部分住宅楼的安全^[4]。

2.2.2 施工总体方案

经研究决定,为将最大沉降控制在15 cm内,主要方案是加强隧道内的支护参数,减小施工扰动,分为前期措施和改造措施。初步步骤如下:中间管棚用于继续支撑,在中间管棚的两根钢管之间增加小前槽加强支撑。为有效控制地表下沉,开挖方法为双面导孔法,加密钢拱架加强支撑。该层跟随开挖面;为使初始支座尽快形成闭环,防止初始支座下沉,层前采用反拱支座。

在前期措施实施过程中,在施工期间进行地面高频率、高密度沉降观测,同时尝试在前3~5 d收集15个以上的观测数据,并进行回归分析计算最终结果。如果发现趋势超过15 cm,则立即进行加固。加固措施的主要内容为初支加吊索拱、开挖时加临时支拱、更换模板初支(挂模)喷浆。以C45级混凝土为例,采取增加弧形锚管锁固等措施,并根据情况采取支护措施。

3 施工方法

3.1 施工准备

培训操作人员,对相关人员进行安全交底,准确掌握本方法的施工原理和施工工艺。为确保可以在整个施工过程中立即关闭横截面,应在进入底部前组装反拱和二次建筑涂层,适用于岩石巷道。为有效管理

施工过程中可能发生的损害,应做好完善的准备工作和准备好充足的材料。

3.2 中心管棚超前支护及小导管超前支护施工

中心管棚的超前支护,既能达到预加固围岩的目的,又能与钢拱结合起到脚手架作用,避免出现拱塌,有效抑制苔藓沉降。89 mm中心管棚安装在在建隧道的弯曲段,管棚内的孔由钻机钻孔。为保证施工安全,中心管棚的两根钢管之间应先加42根小管加固支护,同时进行灌浆加固接缝。钢管制成的小槽钢,长4 m,环长1.6 m,周长3根/m,外插角 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

3.3 开挖支护及仰拱施工

3.3.1 施工步骤

施工步骤如下:左导坑延续支护施工→左导坑开挖→初期支护和左主孔导坑支护→右导坑高级坑支护施工→右导坑开挖→右舷主隧道的初期养殖保护和引航坑支护→拱顶的高级支持(根据设计要求建造)→第一次进行拱和核心开挖→拱初支→中部两芯土开挖→反拱混凝土填筑和隧道底部填筑。

3.3.2 双侧壁导坑临时支护的拆除转化

双面导孔法施工面临的主要问题是临时支撑和扩展的拆除,在本次作业的施工管理中,最重要的问题是确定拆除侧壁的时间和拆除侧壁后的安全性。根据有关规范或规定,以拆边墙前的穹顶沉降(一般1 d内土体沉降量小于2 mm)、净空收敛值、拆边墙前后拱顶两层前8 m。

3.3.3 双侧壁导坑法施工注意事项

侧壁开挖后,中心实际上是悬空的。该段围岩在开挖后曾两次被扰动。中间开挖方式不当容易造成临时墙体被损坏,考虑两侧先导坑的施工,保护围岩,需要人工开挖和配合方式,左右两侧先导坑隧道交错开挖。同时,严禁同时挖掘。过大时,应注意及时添加水平木或钢支撑。喷射混凝土必须紧贴隧道表面,不得在虚拟砖上放置拱门或钢架腿。隧道底部和侧壁的两个角是相连的,开挖必须平整,以免造成应力集中。两个角必须事先采取交错杆或其他措施加固^[5]。

3.4 超前地质预报

在子层施工中,随着砂层表面的大规模沉降,原始承载弯曲刚度与地质结构弯曲刚度之间的相互作用将变强。为有效控制围岩变形,必须在湿陷性隧道施工过程中提前敷设第二层,使主基坑支护和主层共同承受围岩的地应力。

根据隧道设计方案数据和隧道长度,采用先进的综合地质预测、分析方法,以及不同阶段和方法相互验证。为及时纠正施工预防方案提供的数据,可创建专门的预测系统软件,系统设计主要预测模式、数据收集、数据处理方法、结论认证、意见反馈调整等。

在该隧道的进一步地质预测和分析中,综合预测分析通常采用TSP203、超前钻探、地质雷达探测、长钻孔等方法,将预测分析纳入日常施工过程管理。在执行过程中,TSP203遥控器的可视距离为100~150 m,旋转长度不小于10 m。探地雷达探测的可见范围为20~50 m,旋转长度为5 m。

同时,建立先进的地质预报信息管理系统,以多种形式收集地质信息内容,进行综合分析总结,同时将解决方案信息反馈给基础建设。根据地质信息系统的及时、准确预测,为施工提供重要依据,有效避免隧道地质条件恶劣带来的安全隐患。

3.5 监控量测

该隧道的监测和准确测量应符合开挖和基坑支护工程的布置和检测。入口处可折叠黄土层分为5 m段分布。圆顶下降、围岩收敛变形值和隧道底部浮动隆起、完工和收敛检测标记用反光贴纸标记,RTK(Real Time Kinematic,实时动态)以0.1 mm的高度精确观测,并利用液位变送器精确测量隧道下的水泵头。隧道外测控技术中的中心点设置在与隧道内相同的里程位置,准确的测量频率和时间与隧道内一致。设置和分析观测数据,绘制偏移时间曲线,根据管理方法检测和准确测量围岩变形的三级动态管理,立即改变和优化基坑支护的主要参数,并控制地面沉降、拱顶、沉降和围岩,目的是使岩层收敛变形。对实测值的统计分析表明,浮顶总减薄量较大,达20~30 cm,围岩收敛变形值较小,在1 cm内。

3.6 安全风险评估

利用风险评估,识别所有潜在风险因素,确定风险等级,提出风险管理措施,将各种风险减小到可接受的水平,达到确保安全、保护环境、保障施工的目标,同时提高经济效益。

基本风险评估程序:及早识别风险并建立风险登记册→评估初始风险,评估每个风险因素产生后果的概率和水平,最终确定初始风险水平→根据风险评估结果和风险接受准则,制定适当的计划和行动→重新评估风险并提出剩余风险水平。

4 通过量测数据确定辅助措施

4.1 测点埋设及数据采集

沉降观测断面方位测量点之间的距离为2 m。一个测量横截面应具有11个特定测量点,横截面之间的间隔为5 m。为观测隧道内拱顶下沉和收敛,每隔5 m设置一段,每段敷设两条水平收敛试验线和1条浮顶下沉试验线。每天根据监测和观测数据进行实时分析,掌握施工对结构和周围环境产生的危害。针对洞穴顶部和洞穴外部的地面沉降,应密切关注隧道外苔藓裂缝的发育与岩石巷道开挖的机会和记录之间的关系,发

现隐患时应立即采取有效措施。强夯施工如图2所示。



图2 强夯施工

4.2 进行回归分析判定极限沉降量

早期在监测和检测阶段,应提高数据收集的密度,并在观测的前5 d评估边界偏差值。实践表明,前5 d观测到的15个数据信息可以准确评估移动极限。

4.3 调整支护参数及施工方法

多元回归分析表明,最终起伏为8 cm,可以根据当前基坑支护的主要参数正常施工。多元回归分析显示,最终波动为18 cm,这远远超出之前设计的范围。因此必须提前提高承载力,利用原有喷射混凝土进行优化,进行C45浆体混凝土和拱组的施工(挂模)。变形数量级的发展没有回归趋势,变形率有扩大趋势,表明中等连续性已经消除,这可能导致出现滑坡和现浇板灾害。因此必须增加超前支护,并增加锁腿管和锁拱的敷设。

5 结束语

兰渝铁路某隧道出口段施工以上述施工原则为指导,历时240 d,顺利通过220 m下居民段。根据观测,贯入过程中最大沉降为17 cm,平均沉降为8.3 cm。

该施工验证,在湿陷性黄土下部,采用双面墙导孔法是最可行、最合理的方法,能有效控制地表沉降。难点在于双面墙导孔法自下而上施工,容易因白色厚重黄土塌陷而造成应力积聚,稍有不慎就会出现危险。施工时要特别注意双面墙的导孔,在临时支架的拆除和改造中,要特别注意对监测测量数据准确性和精确性以及数据科学性的分析。

参考文献

- [1] 冯国辉,徐长节,郑茗旺,等.新建隧道下穿既有隧道引起的隧-土相互作用研究[J].工程力学,2022(5):1-10.
- [2] 王满谷.浅埋湿陷性黄土隧道施工技术研究[J].大众标准化,2022(15):21-23.
- [3] 黄鹏波.浅埋湿陷性黄土隧道初支变形控制施工技术[J].中华建设,2022(2):148-149.
- [4] 任凯琦.浅埋偏压连拱隧道施工技术与变形控制措施研究[D].重庆:重庆交通大学,2020.
- [5] 黄彦波.基于新意法的高地应力软岩隧道施工技术研究[D].西安:西安科技大学,2019.