

临界覆土厚度下大直径泥水平衡顶管下穿河道施工方法研究

卢本昂

中建三局第三建设工程有限责任公司 湖北武汉 430070

摘要: 以武汉市友谊大道（三环线—宏茂巷）快速化改造工程施工第二标段电缆隧道顶管段为背景，介绍了顶管在穿越罗家港渠时，管顶覆土最小距离为规范要求最小值的情况下，通过控制泥水仓压力、出浆量、推进速度及同步注浆，建立完善的监控量测体系，顺利完成顶管施工，避免顶管施工对电缆隧道整体使用功能造成影响。特总结本项目处理经验，以供参考。

关键词: 临界覆土；下穿河道；大直径顶管；泥水平衡

Construction Method of large diameter mud-water balanced pipe jacking through river channel under critical soil cover thickness

Ben'ang Lu

The Third Construction Co., Ltd. of China Construction Third Engineering Bureau, Wuhan, Hubei 430074, China

Abstract: Taking the pipe jacking section of the cable tunnel in the second bid section of the rapid reconstruction project of Youyi Avenue (Third Ring Road - Hongmao Lane) as the background, this paper introduces that when the pipe jacking passes through the Luojiagang Canal, the minimum distance of the pipe top covering soil is the minimum value required by the specification, and the pipe jacking construction is successfully completed by controlling the pressure of the mud sump, the slurry output, the advancing speed and the synchronous grouting, establishing a complete monitoring and measuring system, Avoid the impact of pipe jacking construction on the overall use function of the cable tunnel. We hereby summarize the treatment experience of this project for reference.

Keywords: Critical overburden; Undercrossing the river channel; Large diameter pipe jacking; Mud-water balance; Construction technique

引言

随着我国经济持续稳定地增长，城市化进程的进一步加快，我国的地下管线的需求量也在逐年增加，顶管技术在我国地下管线施工中起着越来越重要的作用，确保顶管在不同条件下，特别是临界覆土深度下穿河道情况下的安全、质量、高效的施工方法非常重要。本文结合友谊大道（三环线—宏茂巷）快速化改造工程施工第二标段电缆隧道顶管段相关情况，研究制定了临界覆土厚度下的大直径泥水平衡顶管施工方法。

一、工程概况

友谊大道二标段电缆隧道顶管段位于武汉市友谊大道南侧，横向跨越现状罗家港渠。



图1 顶管下穿河道平面位置

桩号 K0+072.56 及 K0+227 穿罗家港电缆隧道采用顶管，顶管内径为 2.7m，壁厚为 0.27m。顶管总长 145m。顶管采用 C50 工厂预制钢筋砼圆形管，抗渗等级为 P10，顶管允许承受顶力 12000kN。

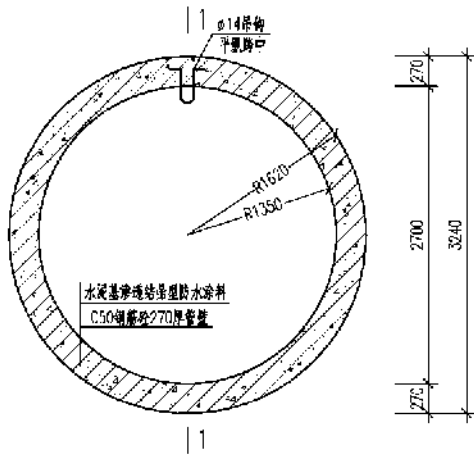


图2 顶管管节标准断面

根据地勘报告及设计图纸, 顶管基本位于细砂层, 因此电缆隧道顶管段采用泥水平衡方式实施。

顶管在穿越罗家港渠时, 管顶覆土最小距离为 2.5m。

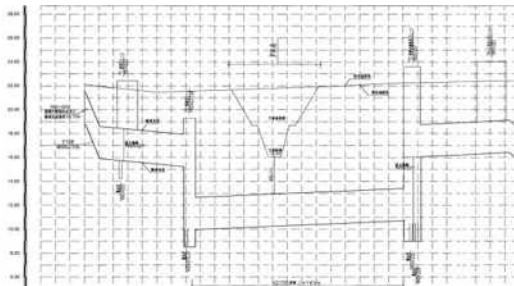


图3 顶管管节标准断面

二、施工方法

根据本工程的顶管直径采用 DN2700 顶管设备施工。千斤顶动力由油泵提供。千斤顶后端用道木和分压环将反力均匀作用于工作井, 前端顶进分压环, 顶铁将顶力传至管节。分压环制作具有足够的刚性, 与管端面接触相对平整, 无变形。

顶管工作井内设备主要包括导轨、后靠墙、千斤顶支架、千斤顶、顶铁, 如下图所示:

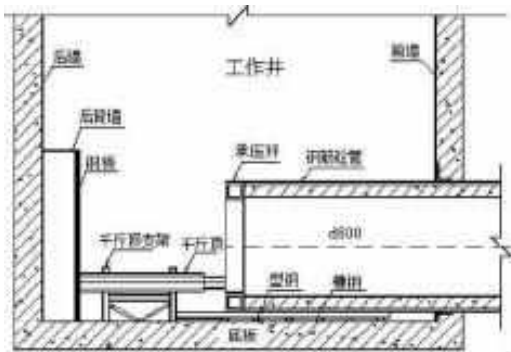


图4 顶管工作井主要设备布置

管内照明采用 24 伏低压照明灯或照明灯带。工作井内照明采用高压水银灯。施工期间在工作井内及管道内应配置足量的排水设备, 以保证雨季汛期的管道安全。

1. 施工工艺流程

顶管施工工艺流程如下:



图5 顶管施工工艺流程图

2. 顶力计算

根据设计图纸, D2700 顶管允许的最大顶力为 12000KN。

管道总顶力的估算参照《给水排水工程顶管技术规程》(CECS 246-2008) 第 12.4.1 条公式:

$$F_0 = \pi D_1 L f_k + N_F = 11060.4 \text{KN}$$

结论: 本工程工作井总顶力 11060.4KN, 小于管道允许顶力 12000KN, 故不需要增设中继间。

主顶工作井的千斤顶顶推能力:

$$T_z = \eta \text{ hnzPz} = 11200 \text{KN} \geq F_0$$

该主顶系统满足顶进要求。



图6 顶管顶进

3. 风险分析

根据设计图纸, D2700 顶管允许的最大顶力为 12000KN。

(1) 顶管顶进过程中上浮风险: 由于覆土层较薄,

泥水平衡顶管掘进过程中,当土体及管材自重不足以抵抗浮力时,顶管管节可能会上浮现象,导致顶进施工发生危险。

解决措施:在充分考虑罗家港地址情况及水位等条件,重新进行验算。验算结果如下:

管件抗浮力(土+混凝土浮容重)=118KN,管件浮力=82 KN,安全系数 $118/82=1.43>1.05$,满足抗浮要求。

(2)顶进过程中罗家港河水涌入风险:顶管施工主要掘进土层为第②-2淤泥质粉质黏土、③-1粉细砂夹粉土、粉质黏土,由于地下水位较高,覆土层较薄,最小厚度为2.5米,因此可能出现罗家港河床穿透形成漏斗造成机头或者管节渗水甚至工作井涌水涌砂现象,导致顶进施工发生危险。解决措施:根据泥水平衡顶管掘进过程中,控制土压力、推进速度、注浆量等参数。

4.严格控制顶管泥水仓压力

泥水仓压力值根据埋深及土层情况分段计算设定,保持压力波动控制在 $\pm 0.02\text{Mpa}$,在施工过程中根据地表监测结果,确定顶管穿越罗家港渠底的最佳压力值。根据地面监测信息的反馈及时更改、设定泥水仓压力,施工中泥水仓压力与出土量紧密联系,及时总结并设定最合理的土压力及出浆量,减小对土体的扰动,使土体位移量最小。

考虑目前罗家港渠道覆土层最薄处上方约2米的水头压力,抗浮力=183.6KN;压力: $183.6/3.24=56.65\text{ KN/m}^2=0.056\text{Mpa}$,即穿越罗家港覆土层最薄处,泥水仓压力控制不大于0.056 Mpa。

5.推进速度控制

顶管推进通过对土压传感器的数据来控制千斤顶的推进速度,推进速度控制在1cm/min,并保持推进速度、刀盘转速、出土速度和注浆速度相匹配。



图8 顶进施工测量示意图

6.出浆量控制

出浆量与土压力值一样,也是影响地面沉降的重要因素。正常情况下出浆量控制在理论出土量的98%~100%。实际顶进过程中再根据现场情况控制顶进速度和前方土压力,从而减少土体扰动和地面变形等情况。施工过程中严格测量监控地面沉降,一旦发生沉降,立即采取补浆、注浆等措施修正,顶进结束后进行二次补泥。

7.同步注浆控制

在顶进过程中,通过注浆环管向管外壁压注一定数量的减摩泥浆,采用多点对称压注,使泥浆均匀的填充在管节外壁和周围土体间的空隙内,来减少管节与土体间的摩阻力,起到降低顶进阻力的效果。顶管注浆系统布置在工作井内,主要包括注浆泵、搅拌桶以及注浆管,设备安装时注意固定到位,不可乱堆、搬动,电动部分设置网罩,电箱电线应悬挂,搅拌桶及注浆管道不得暴露于阳光下,防止浆液凝固。注浆孔的形状及布置:在每节管的前端布置一道触变泥浆注浆孔,数量为4个,孔的环向成90度布置,在机头尾部的4节管节均需设置注浆孔,以保证注浆后在管外壁形成一个完整的泥浆套,以后的管节每3节管带1节注浆管,用来对浆套进行补浆。

8.严格控制顶管纠偏量

顶管机前方有纠偏节,纠偏节中安装有纠偏千斤顶,顶进过程中,根据测量反馈的结果,调整纠偏千斤顶,使机头改变方向,从而实现顶进方向的控制。如果顶管机的方向偏差超过10mm,即应采用纠偏千斤顶进行纠偏。

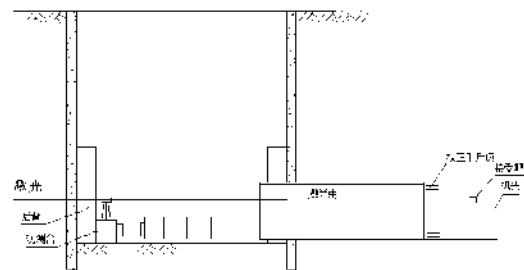


图7 顶进施工测量示意图

9.管节拼装控制

在顶管处于拼装状态下时,千斤顶的收缩会引起顶管机的微量后退,因此在顶管推进结束之后不要立即拼装,等待几分钟之后,待周围土体与顶管固结在一起后再进行千斤顶的回缩,回缩的千斤顶数量尽可能少,满足管节拼装要求即可。在管片拼装过程中,安排最熟练的拼装工进行拼装,减少拼装的时间,缩短顶管停顿的时间;拼装过程中发现前方土压力下降,可以采用刀盘反转的手段,将刀盘内的土体反填到顶管前方,起到维持土压力的作用。

拼装结束后,尽可能快地恢复推进。

参考文献:

[1]李小龙,赵睿.浅覆土曲线段大直径泥水平衡顶管施工沉降的控制[J].四川水泥,2022(12).

[2]卢纯青.浅覆土曲线段大直径泥水平衡顶管施工沉降的控制[J].能源与环境,2022(03).

[3]魏兰.泥水平衡顶管掘进机施工技术[J].建筑技术开发,2022,49(24).

[4]胡诗龙,吴晓杰,王晓东.浅埋深富水土质下大管径泥水平衡顶管施工工法研究[J].工程技术研究,2021,6(19).

作者简介:卢本昂,男,1989.10,本科,工程师。