

泥水平衡式掘进顶管施工技术在市政公路施工中的应用

张友坤，何 静

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:介绍了顶管施工技术的特点,重点分析了顶管施工技术在市政工程建设中的应用,讨论了顶管施工的工艺问题,对于进一步提高顶管施工的质量水平具有一定的借鉴意义。

关键词:顶管技术;市政工程;应用;施工工序

中图分类号:[TU745.3];TU731 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)05-0074-04

Application of Slurry Pipe Jacking Construction Technology in Municipal Road Construction

ZHANG Youkun, HE Jing

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: The characteristics of pipe jacking construction technology are introduced, the application of pipe jacking construction technology in municipal engineering construction is analyzed, and the technical problems of pipe jacking construction are discussed. It has certain reference significance for further improving the quality level of pipe jacking construction.

Key words: pipe jacking technology; municipal engineering; application; construction technology

1 概 述

乐山市青江新区基础设施建设 BT 项目中的乐山市新一中片区道路、黑桥至王河园竹公溪道路工程——竹公溪污水干管工程是乐山市重点城区市政建设项目之一,该项目位于乐山市王河村与盘龙村之间城市的主要径流——竹公溪的西侧,全长 1 662.442 m。该污水干线全线采用管径为 DN1000 的二级钢筋混凝土管,管道埋深 5.5~10 m,坡度为 0.08%,自北向南顺坡排入柏杨西路污水主干管。

鉴于该工程周边环境复杂,经综合考虑工期、成本、安全文明施工等因素,竹公溪污水干管工程(WS1~WS9 段)及(WS35~WS38 段)采用泥水平衡式掘进顶管施工以尽可能地减少对周边居民、商铺、浅埋管线的影响。已有的地勘报告显示,顶管施工段 WS1~WS9 段地层以中等风化的泥质粉砂岩为主,(WS35~WS38 段地层以细沙层为主,满足顶管施工的适用条件。

2 泥水平衡式掘进顶管与常规施工方法的对比

收稿日期:2019-09-06

分析

泥水平衡式掘进顶管避免了常规明挖施工的场地具有开挖量大、影响范围广、沟槽开挖深等缺陷,克服了传统明挖依赖天气状况、拆除挂线、构筑物较多等不足,其施工具有快速低耗、高效节能、低碳环保和安全优质的效果,应用了一系列创新施工技术,具有如表 1 所示的特点。

2.1 泥水平衡式掘进顶管具有的功能特点

- (1)顶管机顶进、破碎处理一体化,无需任何辅助工艺。
- (2)机内旁通装置标准化,大大缩短了安装时间并能防止泥水管道的阻塞。
- (3)激光反射型方向诱导装置能使操作简单而精确。
- (4)适用土层范围广,顶管距离长。

2.2 泥水平衡式掘进顶管具有的施工特点

- (1)地质方面:适用于各种黏土和 N 值描述的土质范围;一般适用于土质较均匀的地质情况。
- (2)水文方面:适用于管道附近存在江河、湖泊及地下水位较高、波动大的地层。

(3)覆土方面:一般情况下,顶管覆小于 50 的砂土;适用于砾径小于 20 mm、砾石含量不大于 30%的覆土;具有破碎功能的顶管机土的深度不小于 3 m 或 1.5 倍管材外径,否则应采取相应的技术措施。

表 1 泥水平衡式掘进顶管与人工顶管施工的优、缺点表

顶管工艺	优	点	缺	点
人工顶管	(1)设备投入少,施工成本低		(1)适用于短距离施工	
	(2)场地占用少,对交通影响小		(2)安全隐患大	
	(3)容易发现地下管线		(3)施工质量较差,靠经验控制	
	(4)施工过程简单		(4)管径受限制	
	(5)可同时开展多个工作面		(5)效率低	
机械顶管			(6)易造成地面沉降	
			(7)需要采取降水措施	
	(1)工效高,约为人工顶管的 2~5 倍		(1)设备多,成本高	
	(2)质量好,精度高		(2)占地广,对交通影响大	
	(3)不需降水,节约工期及成本		(3)施工工艺相对复杂	
	(4)施工安全;		(4)容易破坏地下管线	
	(5)应用范围更广			
	(6)地面沉降小			
	(7)单次顶进距离长			

(4)管材方面:足以抵抗管道的内、外侵蚀;能够承受一定的静、动荷载;能够承受管道的内外部压力;具有良好的过流能力;具有较高的轴向承载、传递能力且在发生一定角度偏转的情况下仍能保证较好的防水能力;具有紧密的配合尺寸;端部平整、垂直;在管道长度方向能保证平直度;防水接头应设置在管材内壁,不能设置在管材外壁。

根据以上对比分析后最终决定该工程采用泥水平衡式掘进顶管的方式进行施工。

3 工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程

施工工艺流程见图 1。

3.2 工作井的施工

(1)准备工作。将工作井及接收井现场场地进行平整、测量、放线,确定井区范围的障碍物。

(2)基坑的开挖。开挖方法为:测量、定位后,根据顶部圈梁的标高、井身的分层开挖、分层进行钢筋混凝土护壁施工,待上部井身强度达到 70% 后进行下节井身的开挖。如果土质较差,需每 3

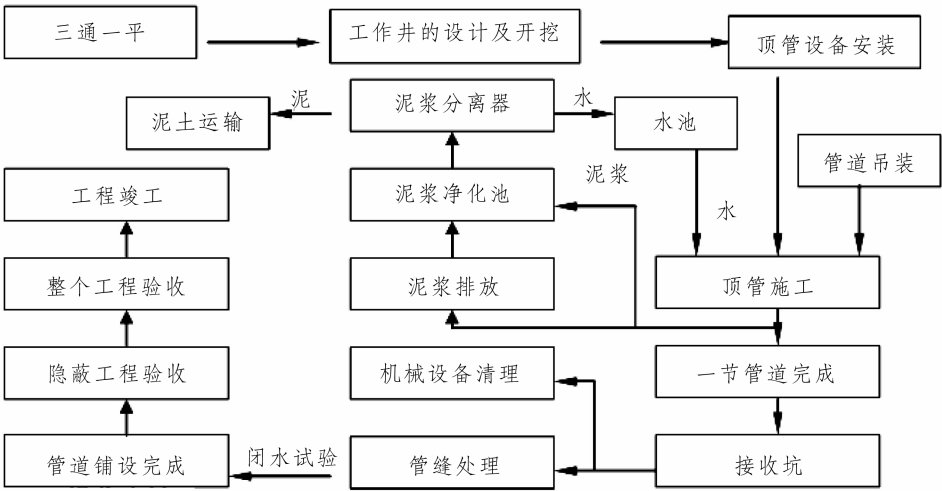


图 1 施工工艺流程图

m 设置一道钢筋混凝土圈梁。倒挂井施工至井底深度后,铺设 10 cm 厚 C35、防渗等级为 W6 级的素混凝土垫层,垫层施工结束后,再浇筑 50 cm 厚 C35、防渗等级为 W6 级的钢筋混凝土。井壁浇筑 50 cm 厚的 C35、防渗等级为 W6 级的钢筋混凝土。将单层开挖深度控制在 2 m 范围内。

(3)工作井施工。该工程受场地限制,工作井施工采用沉井工艺。

沉井制作顺序:场地平整——放线——挖土 2~3 m——夯实基底、抄平放线验线——铺混凝土垫层——绑扎钢筋——支刃脚、井身模板——混凝土浇筑——养护、拆模。

①施工坑的开挖。沉井在基坑中制作以减少下沉深度,降低施工作业面。考虑到拆除模板和支模的需要,将基坑设计的比沉井宽 1~2 m,采用周围降水,配合人工修坡和平整坑底,挖出的土

方用自卸车运至弃土场堆放。

②刃脚的支设。对于高度较高、重量较大、地基强度较低的沉井,可以采用垫架法支撑。将刃脚铺设在混凝土垫层,采用钢模或木模进行刃脚模板的安装。

③模板的支设和钢筋的绑扎。沉井模板的支设、钢筋绑扎同其他结构施工相比,一定要充分考虑到地基的承载力,因此,一定要均匀对称施工,以防止产生不均匀沉降。

沉井壁应留有预留管道连接孔洞,应提前采用 M5.0 砖砌封闭洞口,待沉井到位后,拆除砖砌封堵。

④混凝土浇筑。混凝土一般采用商品混凝土,泵送入仓。采用分层平铺法沿井壁均匀浇筑,每次的浇筑厚度为 30 cm,将沉井沿周边分为若干段进行浇筑,保持两侧均匀下料,2 h 内完成一层的浇筑。

⑤沉井下沉及速度的控制。根据土质情况,采用台阶开挖、自重下沉的方式,从中间向四周开挖,均匀对称进行,将每层的开挖深度控制在 40~50 cm,刃脚处留 1.2~1.5 m 宽的土垅,之后采用人工逐层全面、均匀、对称地对土层进行削薄,直至土垅因井壁自重而挤压破坏,从而实现沉井下沉。

⑥沉井封底。当沉井到达设计标高后,经 2~3 d 观测不再发生沉降后,即可进行沉井封底。封底时一般先铺设 50 cm 左右的碎石或卵石层,之后浇筑混凝土进行封底。为保证工作井内无渗漏、积水等情况,需要对井底采取抽排水措施。在井内设置排水沟及集水坑,时刻观测井内的渗、排水情况以保证顶管施工正常进行。

3.3 进洞措施

进洞前,先在洞口处安装止水带,其作用是防止顶管机进洞时正面的水土涌入工作井内,另一个作用则是防止顶进施工时压入的减阻泥浆从此处流失,以保证能够形成完整有效的泥浆套。

在预留洞内接长顶进导轨并做好限位块。将顶管机顶入止水带内,在测量监控下顶管机继续顶进至主顶行程伸足。在顶管机尾部烧焊限位块,防止主顶千斤顶缩回时顶管机在正面土体作用下退回。缩回主顶千斤顶,吊放管节,千斤顶就位后割除限位块后继续顶进。进洞后,顶管机和其后的过渡管节用钢板连在一起,形成一个整体。

(1)进洞后的顶进施工。顶管机进入原状土后,为防止机头“磕头”,宜适当提高顶进速度,使正面的土压力稍大于理论计算值,以减少对正面土体的扰动及出现地面沉降^[1]。

顶管机彻底进入洞门后,需检查洞口止水装置是否损坏,如有损坏,应立即整修,以确保泥水、浆液不外漏^[2]。

(2)进洞段的各类施工参数。顶管机从工作井进洞后,应尽量减少水土流失,控制好地面沉降。应不断根据地面沉降数据的反馈进行参数调整,及时摸索出正面土压力、出土量、顶进速度、注浆量和压力等各种施工参数最佳值,为正常段施工提供服务。

3.4 管道顶进

掘进开始、微型掘进机被主顶油缸向前推进,掘进机头进入工作井预留洞口的止水圈,严格按照设计图纸上的线路轴线和标高并符合设计规范要求穿过土层到达接收井。在穿过土层时,电动机提供能量转动切削刀盘,通过切削刀盘进入土层。挖掘出的土质、石块等在转动的切削刀盘内被粉碎,然后进入泥水舱与泥浆混合,最后通过泥浆系统的排泥管由排泥泵输送至地面。在挖掘过程中,利用平衡原理,采用复杂的土压平衡装置维持水土平衡,以至于其始终处于主动与被动土压之间以达到消除地面沉降和隆起的效果。掘进机完全进入土层后,其电缆、泥浆管应被拆除。吊下第一节顶进管并将其推到掘进机的尾套处,将电缆、泥浆管连接到液压系统重新开始工作,管道顶进以后,挖掘终止、液压慢慢收回,另一节管道又被吊入井内,套在第一节管道后方,与其连接在一起,重新顶进,不断重复该过程,直到所有管道被顶入土层完毕,最终完成一条永久性的地下管道^[3]。

3.5 掘进导向

掘进过程中,采用先进的激光导向控制系统控制管道的轴线和管内底标高。位于工作井后方的激光经纬仪发出激光束,在调整好所需的标高及方向位置后,对准掘进机内的定位光靶。激光靶的影像被捕捉到机内摄像机的影像内并被输送到控制系统的电脑显示屏内。操作者可以根据需要开启位于掘进机内置式油缸进行伸缩,调整切削部分头部的上下左右高度以达到纠偏的目的。在整个掘进过程中,甚至可以获得控制整个管道

水平、垂直向 3 cm 内的偏离精度。

泥水平衡式顶管的管材采用钢筋混凝土钢插口管,其一端由一个凹形接口、钢环套、木质垫圈组成,另一端为一个凸接口、密封圈。当两者连接在一起时,形成一个密封永久的管接口。整个管材外表面光滑(使用前,在钢插口管的外壁涂上一层润滑油或打蜡),在穿越土层时以减少摩阻力,通过夹木垫圈缓冲两管端之间的负荷,以降低局部挤压所形成的压力差^[4]。

3.6 液压系统

主顶液压系统提供所需的推进力用以移动顶管,顶管所需的推进力均由该系统提供。主顶液压系统位于工作井的后方,当一段顶管被安装到导向轨上以后,油缸开始工作,缓缓推进,由位于地面的液压动力站提供动力,加压到油缸,使推进速度与微型顶管机同步,推进管与油缸的分压环确保了油缸的顶力传递到顶管,同时,顶管的反作用力通过受压板将顶管的反力作用于后背墙上。施工过程中,尽可能地减小推力。为了达到目的,我们在管材外壁涂抹了润滑油;顶管过程中,在管道内向管道外侧灌注触变泥浆,使整个管道的外表面与土层之间形成一层起滑润作用的浆套。触变泥浆通过预设在管壁上规定间距(一般情况下,每 4 m 预留 2 个注浆孔)的注浆孔注入至管材表面,通过这种方法,可以大大减少摩阻力,提高顶管的顶进长度。

顶管宜连续顶进,应将暂停时间控制在 12 h 之内。如果停顶时间超过 12 h,必须每隔 4 h 至少注浆一次(注浆量为:每 m^2 管材表面积注入 $0.05 \sim 0.01 \text{ m}^3$ 的浆液)。在重新开顶前大量的注浆(每 m^2 不小于 0.2 m^3 的浆液)才能取得较明显的减阻效果,确保顶力在正常范围之内,否则可能会因顶力过大而造成后座墙被顶裂、管材顶爆、完全顶不动等后果^[5]。

顶进过程中的注意事项:

(1)连续顶进,不能长期停顿。顶进间隔过长时土拱易坍塌,会使顶力增加。

(2)检查首节顶管的高程、中线和坡度,顶进时连续测量高程与中线。

(3)顶进时若偏差过大,应立即停止顶进,及时纠偏。

4 操作要点

(1)实例中所用管节为“F”管,“F”管受力性能好,接头稳定性高,接口处止水密封性能好。

(2)接管前应再次检查管子接头的承插口尺寸以及橡胶圈和衬垫板的外观。确认合格后可在接口处均匀涂抹薄层硅油等对橡胶无侵蚀性的润滑材料以减少摩阻力。

(3)承插接管时要保证与上节管的钢套环同轴度,并且加力要均匀,应保证橡胶圈不移位、不反转、不露出管外。

(4)顶管结束后,应按设计要求在管内间隙处填充弹性密封膏,与管口抹成一个光滑的渐变面。密封圈的胶结应在使用前两天完成并检查其牢固性。

(5)在顶进过程中,管材的供应非常重要,如果供应不及时将会造成顶进停止,后果非常严重。由于机头重量一般较大,长时间的滞留会造成机头沉降而使轴线发生偏差;或已顶好的管子和周围土体已固结,使摩阻力增大。因此,在开始顶进前,需制定详细而周全的供应计划,现场应备有足够的管材余量。

5 结语

在乐山市青江新区基础设施建设 BT 项目中黑桥至王河园竹公溪工程采用泥水平衡式掘进顶管施工取得的实践经验,亦在嘉瑞大道交叉口改造项目污水管工程中得到了很好地利用,解决了道路横穿部分出现的问题,鉴于道路上车流量大、路面以下管线极多,常规的明挖不仅施工困难,车辆、人员的疏导更是难题,泥水平衡式掘进顶管技术的应用有效地避免了因地形限制的不利因素,在不利环境下能够有效、安全地施工。

参考文献:

- [1] 侯明.对长距离顶管施工控制的探讨[J].科技资讯,2007,16(18):39-41.
- [2] 朱嵘.长距离顶管施工过程中的关键控制技术研究[J].科技创新导报,2011,15(18):35-37.
- [3] 李斌.市政工程顶管施工技术的应用分析[J].中国城市经济,2010,25(6):18-19.
- [4] 朱招生.市政工程顶管施工技术探析[J].商品与质量,2009,10(6):42-43.
- [5] 曾洁红.城市建设污水管道顶管施工技术分析[J].中国城市经济,2010,21(10):29-31.

作者简介:

张友坤(1984-),男,江西瑞昌人,高级工程师,从事道路桥梁工程施工技术与管理工

何静(1984-),女,湖北荆州人,高级工程师,从事道路桥梁工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)