

振动式槽钢止水在复杂环境逆作法顶管工作井及接收井施工中的应用

裴茂才, 李强, 吴耀宗

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610037)

摘要:结合工程实例,分析了顶管工作井、接收井采用逆作法施工通常采取的几种止水措施。阐述了在复杂施工环境下选用振动式槽钢咬合止水具有对道路交通、周边环境影响小,止水止砂效果好,土层损失小,不影响周围建筑物安全,施工噪音低、震动小,节能和环保效益显著,社会效益非常高的特点,具有良好的推广前景。

关键词:逆作法;振动式槽钢;咬合止水;供水管网

中图分类号: TU6; TU7; TU5; TU99

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2022)05-0044-05

The Application of vibrating Channel Steel Water Seal in the Construction of Pipe Jacking Operation Shafts and Receiving Shafts Using Reverse Building Method in Complex Environment

PEI Maocai, LI Qiang, WU Yaozong

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu, Sichuan, 610037)

Abstract: Combined with engineering examples, this paper analyzes several water sealing measures generally adopted in the construction of pipe jacking operation shafts and receiving shafts by using reverse building method. It is demonstrated that the vibrating channel steel occlusal water stop under complicated construction environment has the advantages of little impact on traffic and environment, great effects on sealing water and sand, no influence on the safety of surrounding buildings, low vibration and construction noise, significant effects on energy conservation and environmental protection, and it also has great social benefits. Therefore, it has a good prospect of popularization.

Key words: Reverse building method; Vibrating channel steel; Occlusal water stop; Water supply pipeline

1 概述

广州市白云区凤和村、横沥村、岗尾村供水管网工程涉及到白云区人和镇 3 个城中村,行政村辖区面积约 8.92 km²,建成区面积 4.60 km²。辖区范围内总人口数约为 35 333 人,房屋 7 498 栋。工程新建 DN25~DN50 供水管长约 129.6 km, DN100~DN600 供水管长约 55.2 km。其中 DN600 供水管横穿 106 国道,采用顶管法施工,顶管长度为 113 m,包括 1 口 $\Phi 7\ 000$ mm 的工作井和 1 口 $\Phi 4\ 000$ mm 的接收井。施工区地表水及周边河涌发育,地表水对工程建设具有一定影响。施工区内及周边地下水分为第四系孔隙水和基岩裂隙水两大类,地下水动态变化复杂。施工

区地层岩性主要为第四系全新统人工填土层(Q4ml)、第四系全新统冲积层(Q4al)、第四系上更新统冲积层(Q3al)、第四系上更新统残积层(Q3el)、石炭系泥质粉砂岩风化层(C)等,覆盖层厚度为 10~30 m,场地揭露人工填土层性质不均,强度较低,承载力较低,工程性质较差;场地揭露淤泥质土层呈流塑~软塑状,含水量高,孔隙比大。鉴于该段顶管工作井、接收井紧邻 106 国道及花莞高速高架桥,其旁边商铺林立,城市地下综合管线密集,施工难度极高,故选择适用的施工方案非常重要。

2 施工方案比选

随着城市建设的发展,市政主管网施工的问题日益突出,且因大多数市政主管网均布置在繁

收稿日期: 2022-07-10

华城市中的交通要道下,施工现场周围建筑物多、综合管线复杂,无法进行大开挖沉井施工,从而使逆作法施工顶管工作井和接收井得到了广泛应用。逆作法施工是一种新型工法,适用于地下管线较为复杂、无法进行大开挖沉井施工的地段。逆作法施工系在地下结构施工时不架设临时支撑,而以结构本身既作为挡土墙,又作为支撑,从上而下依次开挖、构筑结构体的施工方法,其施工顺序与顺作法施工相反^[1]。采用逆作法施工顶管工作井和接收井通常需要采取止水措施创造干地施工条件,比较常用的方法为深井管井点降水、高压旋喷止水帷幕、拉森钢板桩止水帷幕等施工降水、止水技术。对几种止水措施进行分析于后。

2.1 深井管井点降水施工技术

随着我国科技水平的快速发展,深井管井点降水技术得到了更多的完善和拓展。但在深井管井点降水工程中还存在诸多弊端,例如,因深挖井点发生的一系列坑壁坍塌、坑底失稳、管涌、流砂等工程问题。在进行深井管井点降水施工过程中,由于深井土壤中的地下水位低于基坑周围的地下水位,导致附近的地下水会向内渗透,致使四周基坑的稳定性大大减少^[2],对周围地层的扰动大,会对周边临近建筑物、地上市政道路造成不均匀沉降的现象,进而影响到周围建筑和道路交通安全。

2.2 高压旋喷桩止水帷幕施工技术

该方法适用于在地下水量丰富,降水周期长,土质为黏土、砂土、粉土等易于与水泥浆凝固的工程中应用。当遇到井位正处在鱼塘旁时或井位正处于高压线、燃气管线、军用光缆等无法迁改的复杂管线时,高压旋喷桩不易成桩,且高压旋喷桩在施工过程中遇到比较大的漂石等地质情况时会影响到止水帷幕的效果^[3]。采用该技术施工时很容易将钻杆打在综合管线上而造成安全隐患进而遭受经济损失。在施工过程中,往往为避让综合管线,高压旋喷桩无法形成闭合;同时,在不具备高压旋喷桩施工空间或强流砂地层中高压旋喷桩成桩效果较差等因素导致高压旋喷桩无法施工或止水失败。

2.3 拉森钢板桩止水帷幕施工技术

适用于没有综合管线的施工场地。如有综合管线,则需要将其改迁且改迁费用高、周期长、协

调难度大。由于板桩墙的设计长度有时不是钢板桩标准宽度的整数倍,或板桩墙的轴线较复杂,或钢板桩打入时的倾斜且锁口部位存在空隙,这些都会给板桩墙的最终封闭合拢带来困难,往往需要采用异形板桩、轴线修整等方法予以解决。拉森钢板桩施工在杂填土地段挤进过程中受石块等侧向挤压作用力的大小不同容易发生偏斜,需要不断采取有效措施进行纠正,在来回施打的过程中振动大、易造成周围建筑物开裂;施工过程中,施工人员还需注意对地下水的控制,防止泥砂随渗水排出而影响到工程质量,从而无法达到止水止砂的效果^[4]。

鉴于该工程顶管段工作井、接收井处于上有高架桥、下有综合管线、旁边有繁华商铺等复杂的施工环境,上述施工方法均不适用。后经研究决定:最终采用振动式槽钢咬合止水技术进行施工。

3 振动式槽钢咬合止水施工工艺原理

振动式槽钢咬合止水逆作法顶管工作井及接收井施工是利用槽钢正反咬合打入土层使其形成一个闭合的槽钢板墙,通过增加地下水渗径而达到止水效果、阻止地下水直接渗流至基坑工作面,为逆作法顶管工作井及接收井施工创造干地施工条件,从而确保顺利封底。其施工原理在于振动冲击植入槽钢,正反咬合形成槽钢板墙。

振动式槽钢咬合止水逆作法顶管工作井及接收井具有的施工特征:将槽钢端部切割成锐角成V型以方便咬合槽钢的打入,打入的槽钢用TSH5000型冲击锤振动冲击槽钢,并对TSH5000型冲击锤配套扁凿进行加工将其改造成带U型卡槽的端头,以方便冲击时有效受力于槽钢。打入时采用一正一反相互咬合的方式,打入顺序分为初打定位、复打闭合、终打成槽钢板墙。初打打入的深度为0.5~1 m,初打结束后复打入2~2.5 m处形成闭合后进行终打,终打应将槽钢与最后一层钢筋混凝土护壁重叠20 cm。重叠部分上口用稻草进行封闭,人工用钢钎往护壁下方渗水口处塞稻草进行封堵,防止砂随水外流,同时每隔2 m在重叠处开设泄水孔,必要时进行泄水减压。在逆作井中心处设置临时集水坑并进行抽水。槽钢闭合成环后每次下挖的深度为0.5~1 m,绑扎钢筋安装模板后进行护壁浇筑直至最后一节护壁浇筑完成及逆作法顶管工作井

与接收井封底,从而为下一步作业人员下井作业创造安全的施工环境。

4 施工工艺流程及操作要点

4.1 工艺流程

项管工作井、接收井位置选定后,逆作法顶管工作井及接收井工艺流程可参照图 1 进行。施工工艺流程见图 1。

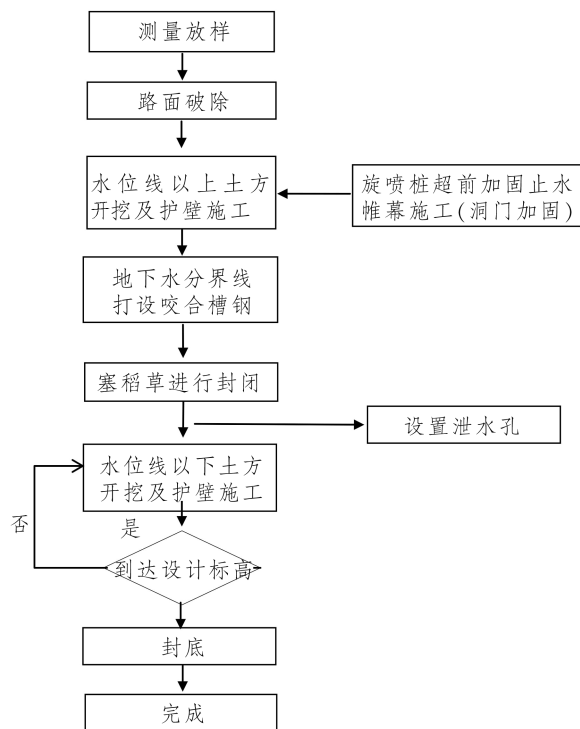


图 1 施工工艺流程图

4.2 操作要点

4.2.1 测量放样及路面破除

(1)测量放样。根据测量控制点的坐标和高程布置现场的测量控制点并设永久性测量控制桩进行测量放样以确定施工井位置和井面高程并画出标线,同时进行综合管线的测量放样并画出标线,施工开挖时加以规避。

(2)路面的破除。路面采用液压破碎锤破除,在距综合管线较近时考虑采用人工电镐破除。路面破除前,先用切割机进行路面切割。

4.2.2 水位线以上的土方开挖及护壁施工

(1)挖井芯土。

①路面破除完成后,即可进行土方开挖。由于逆作井的开挖比较深且土方量很大,施工开挖采用反铲式挖掘机挖土,挖土时严禁超挖,开挖时的边缘控制以距结构边线 50 cm 为宜,剩余部分

采用人工辅助修边,自卸汽车装运^[5]。采用分节开挖方式,每节的挖土深度定为 1 m;当遇到淤泥、地下水或流砂时,暂停开挖完成已成型段的护壁施工。

②采用挖掘机开挖土方时,必须先开挖基坑中心范围,然后再对称挖掘周边泥土,最后采用人工进行护壁范围的挖除及修整,人工下井开挖前应修筑安全可靠的爬梯。

③机械开挖土方前,应参照地质报告并制定好开挖方案,施工现场必须由专人负责观察地质情况,当施工有帷幕桩时应观察帷幕桩的稳定性、止水效果及护壁的变化以及地下水的渗漏情况,发现异常应立即组织疏散作业人员并及时分析问题、处理问题。

④当开挖深度超过 4 m 时,采用伸缩臂挖掘机取土,人工辅助修边,其开挖过程基本与挖掘机的开挖方式相同。

(2)护壁钢筋。土方开挖、人工修整完毕,立即进行护壁钢筋的绑扎。采用预先下料、井下绑扎的施工方法,按设计方案中的配筋进行井壁竖向钢筋的绑扎及搭接。绑扎时,先将竖向钢筋打入土中,钢筋间距按设计要求布置,然后绑扎上水平横向钢筋,将两种钢筋绑扎牢固,最后将长度为 1.4 m 的长钢筋打入井壁土中,间距为 1 200 mm,双排钢筋,起到支撑护壁重量的作用,防止在开挖下一级护壁时上一级护壁下沉。钢筋绑扎好并经监理工程师验收合格后,方可进行下一道工序——支模。

(3)井壁模板的安装。打入咬合槽钢后的模板拼装,井壁模板由钢模拼装而成,板间采用 U 形卡固定,沿模板底部打短钢筋桩进行加固,拼装时留一道接缝夹一根 $\varphi 48$ mm 钢管以便拆模;必要时采用 $\varphi 60$ mm 钢管对顶支撑进行加固。

4.2.3 地下水分界线以下打设咬合槽钢

地下水位线以上土方开挖和护壁施工完成后立即打设咬合槽钢,打入槽钢时应搭设可移动支架平台,以方便施工人员操作。

4.2.4 填塞稻草进行封闭

在槽钢与最后一层钢筋混凝土护壁重叠部分上口用稻草进行封闭,人工用钢钎往护壁下方渗水口处填塞稻草进行封堵以防止砂随水外流;同时,每隔 2 m 在重叠处开设泄水孔,泄水孔要求用土工布包裹,以防止流砂外流进入井内,适当泄水压以缓解护壁水压力。

4.2.5 地下水水位线以下的土方开挖及护壁施工

在槽钢闭合成环、达到止水止砂效果、能够保证施工作业人员安全后,开始进行水位线以下的土方开挖及护壁施工,每次下挖深度为0.5~1 m,并在井中心处设置临时集水坑进行抽排。开挖时,应先挖井中心部分,然后再对称挖掘周边泥土,最后由人工进行护壁范围的挖除及修整,挖土方法同地下水水位线以上的土方开挖,每挖完一节进行高程复测,挖完一节后立即实施绑扎钢筋关模、进行护壁浇筑直至最后一节护壁浇筑完成并达到设计底标高。

4.2.6 封底

逆作法顶管工作井及接收井封底混凝土按设计厚度进行浇筑,混凝土强度等级为C30、P6。混凝土入仓采用溜槽方式,防止混凝土离析。混凝土浇筑应连续进行,不留任何施工冷缝。混凝土浇筑时采用插入式振捣器振捣密实,最后用刮尺修平,由人工压抹表面。

4.3 主要设备

主要机具设备见表1。

表1 主要机具设备表

序号	设备名称	单位	数量	备注
1	移动支架平台	台	1	包括操纵台
2	TSH5000型冲击锤	套	1	包括油缸、油泵
3	起重机械	台	1	吊车
4	污水泵	台	1	相应配套设施
5	氩弧焊机	套	1	
6	切割机	套	2	包括搅拌筒、 压浆泵管路
7	旋喷钻机(XP-30)	台	1	基础及 洞门加固
8	高压泵机(XPB-90C)	台	1	
9	空压机(2V-6/8)	台	1	
10	灰浆泵(XPB-10)	台	1	
11	灰浆搅拌机	台	1	

4.4 逆作法顶管工作井及接收井施工质量控制要点

(1) 逆作法顶管工作井及接收井土体应分节开挖,开挖一节,施工一节护壁,依此类推。逆作法施工过程中应加强监测,如发现旋喷桩外鼓等异常情况,应停止浇筑混凝土,尽快实施维护措施,防止土体坍塌而造成人员伤亡;井体混凝土采用设计强度混凝土;第一次挖土可按设计图尺寸下挖到一定深度后绑扎钢筋、支模、浇筑混凝土,待混凝土强度大于80%设计强度后方可进行下一节的开挖。第二节及以后的向下挖土均只能先

开挖一侧,待该侧混凝土强度达到80%设计强度后再开挖另一侧土,循序渐进以防止井壁向下突然沉降^[5]。

(2) 槽钢的质量标准需符合《热轧槽钢尺寸外形、重量及允许偏差》GB707-88相关标准及《热轧型钢》GB/T706-2008相关标准。

① 弯曲度要求:槽钢的每m弯曲度不大于3 mm,总弯曲度不大于总长度的0.3%。

② 槽钢不得有明显扭转。

③ 槽钢的尺寸、截面面积、理论重量及截面特性参数均应符合《热轧槽钢尺寸、外形、重量及允许偏差》GB707-88相关标准。

(3) 打入槽钢的垂直度及其它要求。

① 槽钢打入垂直度的允许偏差不宜大于1.5%。槽钢正反咬合应牢固,咬合部位不应存在间隙。

② 槽钢打设位置应在钢筋混凝土护壁结构尺寸外5 cm处,不得侵占钢筋混凝土护壁结构尺寸。

(4) 集水坑要求。集水坑应设置在逆作井中心处,集水坑的深度应低于外侧且不小于0.5 m。

(5) 逆作法顶管工作井及接收井混凝土施工应符合以下规定:

① 混凝土应严格执行配合比要求,试块按规定进行养护并按期送试验室检验;

② 施工过程由主管施工员对主要轴线、位置、标高、尺寸等进行复核校对,经复核校对无误后方可进行下一工序的施工;

③ 钢筋必须严格按施工图纸和相关规范抽料并进行复核,安装时其保护层厚度必须符合设计要求,接头位置以及同一截面的接头数量应符合相关规范要求;

④ 逆作法顶管工作井及接收井的容许偏差:横向和高程为±50 mm,垂直度为±20 mm;

⑤ 井壁混凝土浇筑时必须严格控制混凝土坍落度。

5 适用范围

振动式槽钢咬合止水法施工技术适用于各类大中型地下管道顶管工作井、接收井及提升泵站泵井逆作法的施工,所适用的地质情况通常包括细砂、粉砂、粉质黏土、亚砂及淤泥等软弱土层,适用于开挖深度为5~10 m间的逆作法顶管工作井及接收井止水。用于临近建筑物、老旧房屋周边、旋喷桩止水施工空间不足(尤其对地下水水位很

高、地下水压力变化较大的地层无法打设井点降水及振动钢板桩止水)时更具优越性。当逆作法顶管工作井及接收井采用传统的旋喷桩止水帷幕、水泥水玻璃双液注浆止水效果不佳时,可以考虑采用振动式槽钢咬合止水进行补救。

6 结 语

通过广州市白云区凤和村、横沥村、岗尾村供水管网工程穿 106 国道顶管段工作井、接收井采用振动式槽钢咬合止水逆作法施工实例,证明振动式槽钢咬合止水逆作法顶管工作井及接收井施工对道路、地下综合管线、周边环境影响小,避免了其对周围地下水的污染和对周围地层的扰动,土层损失小,不影响周围建筑物安全,也避免了大面积拆迁工作,保证了周围商业的正常营业,进而维护了生活秩序,施工噪音低、振动小,节能和环保效益显著,社会效益非常高,其在类似工程中具有一定的推广价值。

(上接第 20 页)

65.1%~70%,平均值为 68.8%,碎石含量最小值为 30%,满足相关技术规范要求(最少碎石含量 $\geq 30\%$,合格率为 100%)。

3.2.3 现场渗透试验

拌合土料现场渗透试验共进行了 40 组,所得到的最大渗透系数为 4.35×10^{-6} (cm/s),小于 1×10^{-5} (cm/s),满足相关技术规范要求,合格率为 100%。人工碎石拌合土料现场渗透试验统计情况见表 4。

表 4 人工碎石拌合土料现场渗透试验统计表

项 目	组数	最大	最小	平均 值
渗透系数 K /cm·s ⁻¹	40	4.35×10^{-6}	1.03×10^{-6}	2.367×10^{-6}

3.2.4 液、塑限试验

拌合土料液、塑限试验共进行了 64 组,液限为 79.9%~59.4%,平均值为 71.62%,塑性指数为 37.7%~24.6%,平均值为 32.54%。塑性指数最小值为 24.6%,液限指数最大值为 79.9%,满足相关规范塑性指数 $\geq 20\%$,液限 $< 90\%$ 的要求,合格率为 100%。

4 结 语

碎石土心墙堆石坝填筑工艺复杂,受降雨的不利影响极大,而碎石土心墙料中黏土与砾石的掺拌比例又最难准确控制。因此,在心墙料制备

参考文献:

- [1] 郭辉. 顶管工作井逆作法施工技术在市政工程施工中的应用[J]. 城市建筑, 2016, 76(21): 81-82.
- [2] 罗继红. 深井管井点降水施工技术研究[J]. 冶金与材料, 2020, 40(5): 88-89.
- [3] 李佑彬. 高压旋喷止水帷幕在深基坑支护工程中的应用[J]. 科技资讯, 2008, 10(29): 55-56.
- [4] 黄泽华. 实例分析拉森钢板桩止水施工[J]. 建材发展导向, 2016, 10(19): 73-74.
- [5] 吴祥红. 逆作法顶管工作井施工技术[J]. 商品与质量, 2018, 25(32): 274-275.

作者简介:

裴茂才(1983-),男,河南商丘人,高级工程师,注册一级建造师,从事城市市政基础设施建设、管理及技术工作;

李 强(1980-),男,重庆铜梁人,正高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工

作;吴耀宗(1988-),男,湖北麻城人,工程师,注册二级建造师,从事城市市政基础设施建设、管理及技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

的整个过程中,必须提前制定规范合理的操作程序,以实际土料的不同特性需要选用合理高效的拌合设备,或对原有设备进行适当的改造,选用最适用的掺拌工艺,即可确保拌合成品料的产量和质量。印尼 Jatigede 大坝碎石土心墙料拌制设备的改进及工艺创新取得了成功,所取得的经验值得类似工程借鉴。

参考文献:

- [1] 水利电力部水利水电建设总局. 水利水电施工组织设计手册(第二卷)施工技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1996.
- [2] 全国水利水电施工技术信息网. 水利水电工程施工手册(第二卷)土石方工程[M]. 北京:中国电力出版社, 2002.
- [3] 水利电力部水利水电建设总局. 水利水电施工组织设计手册(第四卷)辅助企业[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1996.
- [4] 张晋炮. WB230 型轮胎式稳定土拌和机[J]. 筑路机械与施工机械化, 1991, 8(3): 14-16.
- [5] 肖焕雄. 水利工程施工分册[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1996.

作者简介:

付 伟(1972-),男,重庆丰都人,副总经理兼项目经理,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工

作;丁显庚(1980-),男,河南新野人,项目副经理,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工

作;任明海(1963-),男,四川汉源人,区域部总工程师,正高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)