

人工顶管施工技术

何 雄 王天经 王 诚

中建三局第三建设工程有限责任公司 湖北武汉 430070

摘 要: 本文以市政管网工程为背景,围绕人工掘进顶管技术在其中的应用展开探讨。首先介绍人工顶管技术在机场河生态补水工程中的应用情况,之后提出符合相应工程的人工顶管施工工艺及方法,以此提高工程项目人工顶管施工水平。

关键词: 工程项目; 人工顶管; 施工工艺; 方法

Artificial pipe jacking construction technology

Xiong He Tianjing Wang Cheng Wang

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

Abstract: Based on the municipal pipe network project, this paper discusses the application of artificial pipe jacking technology in it. This paper first introduces the application of artificial pipe jacking technology in the ecological water supplement project of JiChang River, and then puts forward the construction technology and method of artificial pipe jacking in line with the corresponding project, so as to improve the construction level of artificial pipe-jacking project.

Keywords: Engineering project ; Manual pipe jacking ; Construction process ; Method

前言

随着国家相关法律法规的发布,城市水环境整治已经成为各地人民政府改善城市人居环境工作的重要内容。顶管施工是整个城市管网中尤为关键的环节,其中人工掘进顶管法得到广泛应用,基于人工作业的方式更具灵活性,可有效纠正偏差,无需投入大量工程设备,因此成本也得到了有效的控制,是当前城区管系工程中极为重要的技术形式。其优点主要体现在施工成本低、占用场地小、施工简单且高效等方面^[1]。

一、工程概况

1. 工程简介

武汉市机场河水环境综合治理生态补水工程隧道内 DN800 补水管道接补水井 JS11、JS27、JS18 采用人工顶管施工,总长约 38 米,JS11、JS18 位于机场河西渠东侧绿地内,JS27 位于机场河东渠西侧边坡上。

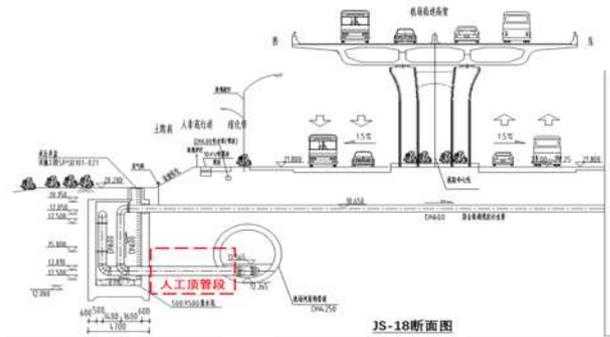
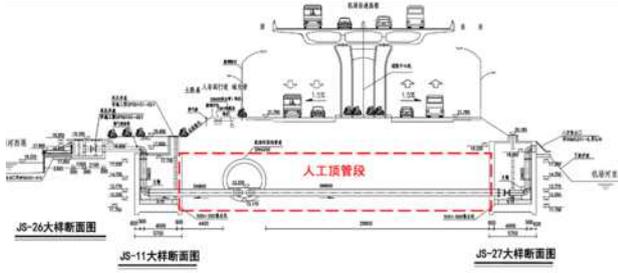


图 1 生态补水人工顶管位置平面图

2. 工程地质及水文状况

场地表层为碎石、砖块等建筑垃圾和一般性粘土混合组成的杂填土,其下层为随深度增加强度逐渐提高的粉质粘土,工程分级由松土渐变为普通土;最底层为强风化砂砾岩,裂隙发育,胶结较差,工程分级为硬土。

拟建场地位于长江冲洪积 I 级阶地,根据埋藏条件,场地地下水分为上层滞水、孔隙承压水及基岩裂隙水。上层滞水赋存于杂填土之中,主要接受大气降水和地表散水垂直入渗的补给,无统一自由水面,水位及水量随季节性大气降水及周边生活用水排放的影响而波动;孔隙承压水主要赋存于粉砂层和中粗砂中,两层水系相通,水量较大,与长江水有密切的水力联系;基岩裂隙水主要赋存于底部岩层之中,水量贫乏。基岩裂隙水与孔隙承压水之间无隔水层,具有水力联系,构成了统一含水体系。

3. 工程重难点分析

由于案例中工程项目所处环境较为复杂, 人工顶管段临近机场河明渠地质条件较为复杂, 开展人工顶管施工可能会受到周边复杂环境影响。导致工程项目人工顶管施工时出现地下管线损坏和生态环境稳定性变弱等问题, 无形中加大工程项目人工顶管施工在具体开展过程中出现问题的可能。

二、人工顶管主要施工工艺及方法

顶管施工采用人工掘进顶管。即先开挖工作坑, 再按照设计管线的位置和坡度, 在工作坑底修筑基础、设置导轨, 把管子安放在导轨上顶进。顶进前先在管前端人工开挖坑道然后用千斤顶将管顶入。一节管顶完, 再连接一节管继续顶进。本工程顶管终点处为 DN4250mm 盾构箱涵, 箱涵为钢筋混凝土管, 预留洞口处为钢管片, 若采用顶管机施工, 顶管机长度约 4.5m, 在顶到钢管片处, 不易出洞, 机器在盾构箱涵内运出较困难, 且该处顶管长度较短, 安全风险可控, 采用顶管机施工经济性较差, 故考虑使用人工顶管。

1. 工艺流程

测量放样→井下设备安装加固→管节吊装就位→入洞止水圈安装→人工顶进→测量控制→顶进接收。

2. 测量放线

(1) 测量放线

为保证工程放线定位准确, 结合本工程的工程特点和现场实际情况, 我们通过采用科学的测控技术, 先进的测量仪器, 以及严格的复核校正手段, 达到本工程测量精度目标要求。

(2) 高程控制

以建设单位提供的高程控制点作为整个施工现场竖向控制的依据; 根据施工总平面图和现场勘查结果, 制定将高程引测到施工现场的路线和方法。

根据建筑物的场地情况, 为方便施工, 决定采用 DSZ2 精密水准仪, 进行三等水准测量, 以高程控制点作闭合水准路线, 在全场设四个水准基点, 并埋桩。待埋桩稳定后将桩点高程测出, 经平差改正, 作为施工时标高引测的依据, 并且在施工过程中随时校验, 确保工程质量。

(3) 平面控制

通过引测到现场周边的控制点, 用仪器将各轴线交点的桩位放出, 并引测到不受桩基施工影响的区域, 用木桩定位, 建立施工测量控制网, 反复闭合校核后定出这些控制桩, 加以标识和保护, 作为桩基施工平面尺寸细部放样依据。然后, 根据定位点放出所有细部桩位点。在桩位上插上短钢筋并撒上白灰进行标记。

每次标高施测后, 必须用另一个基准点检查, 发现异常情况时采取 4 点连测, 并视高程值变化的大小情况, 定期从甲方提供的基点对工地控制点进行监测并随时改

正, 以确保高程点基准点的正确。

(4) 施工测量注意事项

为保证施工测量精确度, 必须对所有测量标志进行标定和保护, 包括轴线桩、水准基点等不能被碰动、误用或毁坏。定期对桩位轴线进行复测, 以便及时纠正桩位。放线后应采取闭合、联测等方式检验且必须经有关人员复测, 相对精度符合规范要求后方可施工, 控制网的建立必须精心施测, 相互检验, 确保施测角度控制在 2mm 以内, 量距相对误差控制在 1/5000 以内。

所需测量放样器具必须经检验合格, 精度与数量满足工程需要, 应配备专职人员。

3. 工作井开挖

前期准备工作是确保工作井开挖质量的关键, 确定开挖范围, 明确该处是否存在地下设施, 若现场施工环境复杂, 需调整工作井的位置。施工中液压顶进设备尤为关键, 因此需确定合适的工作井范围。关于实际开挖深度的控制, 需略大于污水管道埋深, 且要满足液压设备的下放要求, 结束开挖作业后处理基底, 针对该处采取整平措施, 经浇筑施工后形成垫层, 在其上方铺设轨道。在上述基础上, 即可施作后背墙, 主要作用在于为液压顶进设备提供支撑, 该结构在强度、刚度等指标上都要足够良好, 在管顶进作业时可以有效承受水平顶力。

三、顶进前的准备

1. 地面准备工作

(1) 在顶管顶进施工前, 按要求进行施工用电, 用水, 通信, 排水及照明等设备的安装。

(2) 施工材料, 设备及机具必须备齐, 以满足本工程的施工要求。管节等准备要有足够的的余量。

(3) 井上、井下建立测量控制网, 并经复核, 认可。

(4) 技术交底, 岗位培训。

在顶管施工前, 对参加施工的全体人员分阶段进行详细的技术交底, 对各技术工种进行岗位培训, 经考核合格后, 才能上岗。

(5) 出土方案:

人工顶管出土采用渣土斗及推车运出管道至工作井, 用吊车吊至地面堆土处, 沉淀的余土外运需按文明施工要求和渣土处理办法, 运到永久堆土点, 不得污染沿途道路环境。

2. 顶力计算

本次工程施工时, 根据顶力计算, 每个工作坑内采用 2 台 120T 千斤顶, 计算结果如下:

但由于地质条件的复杂、多变等不确定因素, 给出一个统一的顶力计算公式很困难, 一般采用施工经验公式:

$$F = F_1 + F_2 \text{ false}$$

其中: F—总推力

F1—迎面阻力

F2—顶进阻力

$$F_1 = \delta / 4 \times D^2 \times P \text{ false}$$

$$P = K_0 \times R \times H_0 \text{ false}$$

式中: K_0 —静止土压力系数, 一般取 0.55
 H_0 —地面至顶管中心的厚度, 取最大值 12m;
 R —土的湿重量, 取 1.9T/m³
 D —管外径 1m
 P —控制土压力

$$F_2 = \delta D \times f \times L \text{ false}$$

式中: f —管外表面综合摩阻力, 取 0.8T/m²
 L —顶距, 取最大值 45m;

根据以上经验公式计算(覆土最大为 15m), 得出 $\phi 800$ 顶管最大顶进阻力为 122.88 吨左右, 远小于设备配置的一级顶动力 240 吨, 且富裕动力约 49%, 因此该顶进系统满足顶进要求。

3. 井下准备

(1) 井内布置

顶管主顶系统装置由: 后座垫铁、导轨、千斤顶及千斤顶支架、后座泵站组成, 顶管前进行安装, 其作用是完成管道的向前推进。

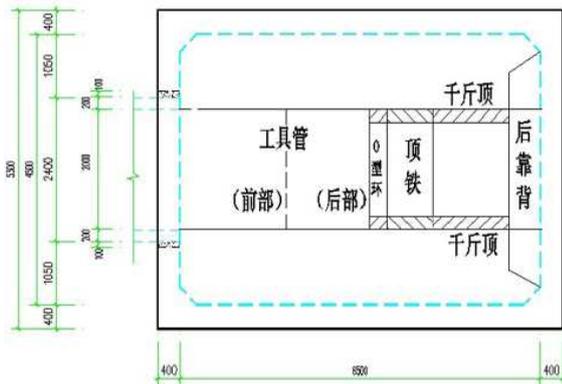


图 2 主顶设备安装图

(2) 工作井内爬梯安装

顶管设备安装前需先进行井内爬梯安装, 上下通道爬梯布置在井位一侧, 不能与顶进方向垂直, 不能影响龙门吊吊装管材、出土等正常工作。

(3) 导轨安装

顶管轨道为钢结构预制构件, 顶管轨道位置按管道设计轴线准确进行放样, 安装时按照测量放样的基线, 吊入井下就位安装固定。轨道按照顶管设计轴线并按设计高程实测洞门中心居中放置, 并设置支撑加固, 保证轨道稳定不变形。

(4) 千斤顶设备安装

主顶油缸选用 240KN 的千斤顶 (2 个), 固定在稳固的支架上, 用 12-16 # 槽钢加工而成, 支架焊在井底的预留板上, 千斤顶着力点应在管轴圆心高度外壁上,

对称布置, 其合力的作用点在管道的中心上。每个千斤顶的安装纵向坡度应与管道设计坡度一致。使用前应进行调试, 要对缸体内进行多次排气, 使到缸体伸缩自如, 不出现爬行现象。设定工作压力为 25Mpa (最高压力不能超过 32.5Mpa), 防止超压损坏千斤顶。

为使井壁受力均匀, 不受破坏, 顶管施工前需安装制作后靠背, 后靠背使用铁板 (高 3m* 宽 3m* 厚 0.02m)。

(5) 洞口止水装置安装

安装在工作井预留洞口止水环, 具有防止地下水、泥砂和触变泥浆从管节与止水环之间的间隙流到工作井。

止水环结构采用钢法兰加压板, 中间夹装 25mm 厚的橡胶止水环, 该橡胶环具有较高的拉伸率 (大于 300) 和耐磨性, 硬度为 45 ~ 55, 永久性变形不大于 10%。借助管道顶进带动安装好的橡胶板形成逆向止水装置。安装固定好后, 预埋钢环板与混凝土墙接触面处采用水泥砂浆堵缝止水。(止水胶圈本工程采用单层密封止水)。

四、顶进施工

工作坑内设备安装完毕, 经检查各部分处于良好状态。即可进行试顶。首先校测设备的水平及垂直标高是否符合设计要求, 合格后即可顶进工具头, 然后安放管节, 再次测量标高, 核定无误后进行试顶, 待调整各项参数后即可正常顶进施工。在施工过程中, 做到勤挖勤顶勘测, 加强监控。顶进施工时, 主要利用风镐在前取土, 千斤顶将管节向前顶进。

1. 管前挖土

开挖管节迎面的土层时, 不论是砂类土或粘性土, 都应自上而下分层开挖。

采用人工挖土时, 超挖可减小顶力, 如土质良好, 可超挖管端 300~ 500mm, 在管周上面允许超挖 15mm, 下面 135 度范围内, 不得超挖。为了纠偏, 也常需要超挖。但管侧及管顶超挖过多, 则可能引起土体坍塌范围扩大, 增大地面沉降及增大顶力。对管节前方的允许超挖量, 应视具体情况确定:

在软土地层中和其他有特殊要求的条件下不得超挖。在道路和重要构筑物下, 不得超挖管端以外 100mm, 管周不得超挖, 并随挖随顶。

2. 测量

测量次数: 在顶第一节管时及校正顶进偏差过程中, 应每顶进 20~30cm, 对中心和高程测量一次; 在正常顶进中, 应每顶进 50 ~ 100cm 时, 测量一次。

中心测量: 根据工作井内测设的中心桩、挂中心线, 利用中心尺, 测量头一节管前端的轴线中心偏差。

高程测量: 使用水准仪和高程尺, 测首节管前端内底高程, 以控制顶进高程; 同时, 测首节管后端内底高程, 以控制坡度。工作井内应设置两个水准点, 以便闭合之

用,经常校核水准点,提高精度。

一个管段顶完后,应对中心和高程再作一次竣工测量,一个接口测一点,有错口的测两点。

3. 纠偏

管道在顶进的过程中,由于工具管迎面阻力分布不均,管壁周围摩擦力不均和千斤顶顶力的微小偏心等,都可能导致工具管前进的方向偏移或旋转。为了保证管道的施工质量,必须及时纠正,才能避免施工偏差超过允许值。值得注意的是顶进管道不只在顶管的两端需符合允许偏差标准,在全段都应掌握这个标准,避免在两端之间出现较大的偏差。顶管作业中偏差的校正是保证顶进质量的有力措施,偏差是逐渐积累的,通过不断校正才行。当偏差过大时,会使校正困难,因而在顶进中发现偏差应当及时纠偏。

纠正工具管偏差的方法,有挖土校正法、顶木校正法、小千斤顶法、加垫钢板校正法和激光导向法。这些不同的方法,可按具体情况个别采用或联合使用。

(1) 挖土校正法

当测量发现偏差在10~20mm时,采用超挖纠偏法,即在偏向的反侧适当超挖,在偏向侧不超挖,甚至留坎,形成阻力,施加顶力后,使偏差回归。

(2) 千斤顶纠偏法

当偏差大于20mm时,采用千斤顶纠偏法,当超挖纠偏不起作用时,用小型千斤顶顶在管端偏向的反侧内管壁上,另一端斜撑在有垫板的管前土壁上,支顶牢固后,即可施加顶力。同时配合超挖纠偏法,边顶边支,直至使偏差回归。

4. 管材接口处理

钢管采用焊接接头。

1.1 顶管进洞

(1) 当顶管推进接近接收井时,减慢速度,并观察井壁变形情况。

(2) 精确测量,定出顶管进洞洞口位置。

(3) 在确保安全的前提下,将预留孔处的临时封堵墙凿除。

(4) 继续推进,直至推进至设计要求为止。

2. 顶进控制措施

2.1 测量控制措施

关于测量,具体有以下几点内容:

(1) 测量频率:在展开首节管的顶进施工作业时,每完成20~30cm要安排专员检测中心与高程情况;在后续顶进作业时,每完成50~100cm要测量一次。

(2) 中心测量:重点做好头一节管前端的检测工作。

(3) 高程测量:此环节使用到水准仪与高程尺,必须精确测量首节管前端内底高程,在此基础上以合理的方式控制顶进高程。

(4) 为满足检测要求,有必要设置两个水准点,将其置于工作井内,后续施工中定期校核水准点,以便

提升监测结果的精确性。

(5) 每完成一个管的顶进作业,都要精确测量中心与高程。

2.2 管前挖土要求

管周不可出现超挖现象^[2],并做到随挖随顶。若开挖现场土质良好,允许适当超挖,即管周上方超挖量可达到15mm。做好接口处理工作,本工程中所用的管材采取F型接口形式,因此在完成顶管作业后,各管之间通常会存在缝隙,此时需以膨胀水泥砂浆为原材料,通过压实填抹的方式处理。材料配制时,以硅酸盐膨胀水泥为宜,经试验后确定合适配比,具体为膨胀水泥:砂:水=1:1:0.3,经拌制后得到的材料必须在0.5h内使用完毕^[3]。要做好填抹前的准备工作,安排专员对接口处理,使其处于湿润状态,在此基础上分层填入。

2.3 污水管线安装支护

经上述施工后设置污水管线,在此之前需要做好工具管的检测工作,以3m为间隔分别得到高程值,分析所得结果与设计高程的误差,在此基础上合理加工污水管支架,以便给污水管线安装提供优良条件,使其具有足够的稳定性。此外,污水管上方需要使用顶杆与支架,两结构有效对顶。

2.4 闭水试验

此项工作需覆盖至污水管以及各类支管,具体流程如下:

(1) 红砖封两端头子,砂浆抹面;

(2) 抽水并将其灌入井内,经此操作后使水体高度超过顶管2m处;

(3) 做好停水处的标记工作;

(4) 将观测信息记录完整;

(5) 经0.5h后再次检测,明确落水高度;

(6) 经计算后确定实际渗水量,综合考虑设计要求,针对施工效果做出合理判断。

五、结论

人工顶管施工是市政管网中应用较广泛的形式,在市政管网建设规模持续扩大之下,人工掘进顶管技术的优势逐步彰显,但在实际施工中依然要注重各项工艺的合理应用,为施工质量提供保障。针对案例中工程项目展开研究,明确在对其开展顶管施工时还存在一些不合理地方,这就应强化工程项目中人工顶管研究力度,并在考虑工程项目施工重难点和各项基础因素条件下确定主要施工工艺和方法,避免工程项目中人工顶管施工在实际开展过程中出现问题。此外,发挥各项工艺和方法在相应工程人工顶管处理中作用效果,确保人工顶管可以满足相应工程项目实际建设要求。

参考文献:

[1] 张应盛,任海峰,王伟,等.特殊地质条件下人工顶管施工[J].云南水利发电,2017,33(6):139-

142

[2] 汪科平, 张喜林, 鲁斌. 人工顶管在城市地下管网复杂路段中的应用 [J]. 水利水电施工, 2019 (02): 93-96.

[3] 武宝平, 谈顶管施工工艺在市政工程中的应用 [J].

山西建筑, 2017 (18): 85-86.

作者简介:

何雄, 男, 1989.10, 大学本科, 工程师,

王天经, 男, 1988.07, 大学专科, 工程师,

王 诚, 男, 1996.08, 大学本科, 初级工程师