

手掘式顶管在市政排水工程中的应用

刘 会

(四川建筑职业技术学院,四川 德阳 618000)

摘 要:从混凝土管材的选定、工作坑的设计及施工、顶管顶进中若干关键问题入手,介绍了手掘式顶管施工技术,在成都市中心城水环境综合整治工程 G 标段管道排水工程中的应用。

关键词:手掘式顶管;后背墙;顶推力

中图分类号:TU455 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)10-0052-03

Application of Pushing Pipe Construction with Manual Digging Style in Municipal Drainage Projects/LIU Hui (Sichuan College of Architecture Tech., Sichuan Deyang 618000, China)

Abstract: Based on a number of key issues on construction technology, such as concrete pipe selected, the design and construction of work well, application of pushing pipe construction in manual digging style was introduced with a case of G drainage pipeline project of the comprehensive renovation works for water environment in Chengdu City.

Key words: pushing pipe construction in manual digging style; backwall of work well; jacking force

1 工程概况

成都市中心城水环境综合整治工程 A 线道路宽 6 m,长 91.64 m,污水管直径 400 mm,主管长 91 m,雨水管直径 600 mm,主管长 91 m,污、雨水管道轴线距中心均为 1 m,污、雨水管道中的水均排入西体路的干管中,雨水管需要穿越西体路才能接至雨水干管中。业主提供的地质资料不全,施工之前通过坑探得知:本工程所在区域路面以下 1 m 左右为回填土,以下 3 m 左右为连砂石。秋季地下水位在路面以下 5 m 左右。顶管深度在 2.8 m 以上。该区域内有污水、电力浅沟、通信管道,其深度对此次雨水管道的顶进无太大影响。根据《城市道路管理条例》^[4]规定,此道路不准开挖,另外西体路的车流量较大。经多方综合现场实际情况,决定雨水管道穿越西体路采用顶管施工。

2 管材的选定

施工过程要确保西体路的绝对安全,不影响穿越地段的地质结构和交通安全。根据混凝土管预制工艺、起重运输设备能力、工作井尺寸和顶管设备(主要是主顶油缸的尺寸),顶管用混凝土管管壁的厚度一般为管内径的 10%,本工程混凝土管管壁厚度采用 100 mm,管道内径为 D600 钢筋混凝土管,每根长 2 m,每顶进 50 cm 后,管节钢筋配置可参照已

施工的同类型、同直径的管节配筋,再由设计院根据本工程的施工和使用条件进行校核、调整。管节采用环向筋和纵向筋 2 种钢筋,此外为使内外层钢筋连成整体,其间可设撑筋。管节的钢筋笼可直接用钢筋笼成型机制作,此种工艺制作的钢筋笼无接口,环向钢筋是螺旋状的。也可先加工成钢筋网片,再卷制成笼,此种工艺制作的钢筋笼有搭接接口,接口绑扎时搭接长度按规范为 30 倍的钢筋直径^[1]。管节接口在顶进前先在导轨上用沥青麻绳嵌放于接口处,加钢内胀圈固接,利用顶进之力将沥青麻绳压实,再用水泥砂浆勾缝,保证接口的密实性。

3 顶管施工工艺

施工工艺采用手掘式液压顶管法,管道接口处作防腐处理。工作流程为:现场勘察与探测→测量放线→工作坑设置→设备进场安装→顶管→基坑回填→场地清理→竣工验收。

3.1 测量放线

根据规划施工,先用经纬仪在现场地面上准确放出管道铺设的中线控制桩,控制桩必须用混凝土保护好,待工作坑挖好后,再用经纬仪将管道中线控制桩引至工作坑并保护好,确保施工使用时管道中线的准确度。

3.2 工作坑设置

收稿日期:2008-04-22;改回日期:2008-09-15

基金项目:重庆市科技计划项目(编号:7195)

作者简介:刘会(1977-),女(汉族),湖北荆州人,四川建筑职业技术学院讲师,桥梁与隧道工程专业,博士,从事隧道及地下工程施工技术研究工作,四川省德阳市嘉陵江西路 325 号,lyzliuhui@126.com。

根据施工场地与顶管设备操作条件,开挖一个 4 m × 5 m (底部长 × 宽) 的工作坑,由于施工场地狭窄,适当放坡,深度以设计管道底面标高为依据,结合管道壁厚、导轨承台枕木厚度及导轨高度等因素决定,作业坑挖掘支护完成后,立即进行彩钢板围挡,并设置醒目安全警示标识。

根据《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50283-97)的相关规定^[2],顶管的顶力可按下式求得:

$$P = f\gamma D_1 [2H + (2H + D_1) \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) + \frac{\omega}{\gamma D_1}] L + P_F \quad (1)$$

式中: P ——计算的总顶力, kN; γ ——管道所处土层的容重, 取 18.5 kN/m³; D_1 ——管道外径, 取 0.8 m; H ——管道顶部覆土层厚度, 取 2.8 m; φ ——管道所处土层内摩擦角, 取 20°; ω ——管道单位长度自重, 取 5.5 kN/m; L ——管道的计算顶进长度, 取 92 m; f ——顶进时管道与周围土体的摩擦系数, 取 0.35; P_F ——顶管工具管迎面阻力, $P_F = \pi D_w t R$; D_w ——工具管刃脚直径, 取 0.84 m; t ——工具管刃脚厚度, 取 0.05 m; R ——工具管迎面平均阻力值, 取 500 kN/m²。

计算得: $P = 4421$ kN。

利用坑壁土体作后背, 加 20 cm × 20 cm 方木作两层满铺后加垫 20 cm 厚钢板组成装配式后背墙。组成的后背墙要有足够的刚度, 后背土体壁面应与后背墙贴紧, 如有孔隙时采用砂石料填塞密实。

工作井后背墙承载力验算。后座宽 5 m、高 4 m, 假定土反力呈线性分布、2 层方木和钢板做成的背墙是完全刚性的, 工作井侧壁与土体无摩擦力, 根据朗肯被动土压力理论可得^[3]:

$$P_p = (1/2) \gamma H^2 \tan^2[45^\circ + (\varphi/2)] \quad (2)$$

$$= 0.5 \times 18.5 \times 4.0^2 \times \tan^2 55^\circ = 301.8 \text{ kN/m}$$

后座宽 5 m, 作为后背的坑壁所能承受的最大被动土压力为 $5 \times 301.8 = 1509$ kN, 不能满足顶管的最大顶力, 需要处理坑壁后一定范围土体。措施主要是改良其工程性质或在后背墙后堆砌重物。先对后背墙土体宽 6.0 m、长 $H \tan[45^\circ + (\varphi/2)] = 5.71$ m、深 5 m 范围进行高压注入水泥浆加固 (为保险起见, 验算时不计改良后的土体 c 、 φ 值的增量), 然后在此范围上放置一个大小 6 m × 6 m × 7 m 充满水的水箱。加固后被动土压力为:

$$P_p = (1/2) \gamma H^2 \tan^2[45^\circ + (\varphi/2)] \quad (3)$$

$$= (0.5 \times 18.5 \times 4.0^2 + 70 \times 4) \tan^2 55^\circ$$

$$= 872.6 \text{ kN/m}$$

后座宽 5 m, 作为后背的坑壁所能承受的最大被动土压力为 $5 \times 872.6 = 4363$ kN, 大于顶管施工最大顶力 4421 kN, 工作井后背墙后土体提供的被动土压力满足最大顶推力需要。

顶管选用 2500 kN、最大行程 50 cm 的液压千斤顶 2 台。

3.3 导轨安装

基坑导轨是安装在工作坑内并为管子出洞提供一个基准的设备, 是顶管工程关键, 要求设置牢固可靠, 轨距高程正确, 须在轨底下浇注 C20 垫层, 厚 20 mm 并预埋螺栓, 以便通过扣件扣紧导轨, 并保证水平, 导轨高程偏差 ± 3 mm, 中线位移 ± 3 mm。

基坑导轨铺设应注意管线轴线、导轨标高和导轨支排稳定性几个方面的问题。

(1) 管线轴线: 根据管线轴线设计位置进行放样测量, 铺设轨道将轨道中线与管线轴线重合。

(2) 管线标高: 由于采用的是复合型轨道, 因此铺设轨道时必须了解轨道的基本结构。

(3) 与导轨焊牢, 轨倾斜面是与管子接触的, 设计时, 导轨上水平面与钢筋混凝土管内底标高在一个水平面, 因此在铺设导轨时, 根据设计侧得的管内底标高以调整导轨标高即可。

(4) 导轨与井底的间隙应用钢板垫牢或用混凝土浇注, 导轨标高和轴线确定好后, 即可进行导轨的支撑, 由于导轨在顶管顶进时不允许有位移, 因此支撑必须嵌固在井底混凝土中, 一般在导轨与工作井井壁间用多根型支排, 同时把型钢与导轨焊牢。

4 掘进与顶进

顶管施工如图 1 所示。人工掘进, 用小回轮车拖出, 集中后提升外弃, 每次挖掘长度 ≥ 50 cm, 采用顶一节挖一节的手掘式液压顶管法。顶铁与管口之间采用缓冲材料衬垫, 当顶力接近管节材料的允许抗压强度时, 管端应增加环形顶铁。顶进中必须做好高程、中线控制, 作好顶进压力、方位、高程记录。在允许超挖的稳定土层中正常顶进时, 管下部 135° 范围内不得超挖, 管顶以上超挖量 ≥ 1.5 cm, 超前超挖视具体土质情况确定。

4.1 进洞技术

穿墙进洞是顶管施工中的一道重要工序, 因为穿墙后掘进机方向的准确与否将会给以后管道的方向控制和井内管节的拼装工作带来影响。穿墙时, 首先要防止井外的泥土塌入井内; 其次要使管道不偏离轴线, 顶进方向要准确。防止井外泥土塌入井

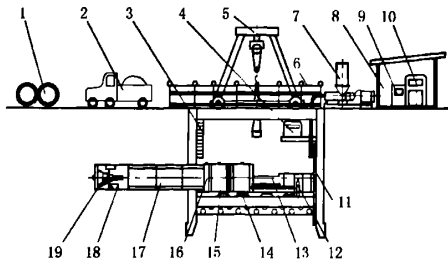


图1 顶管施工设备简图

- 1—混凝土管;2—运输车;3—扶梯;4—主顶油泵;5—行车;
6—安全护栏;7—润滑注浆系统;8—操纵房;9—配电系统;
10—操纵系统;11—后座;12—测量系统;13—主顶油缸;
14—导轨;15—弧形顶铁;16—环形顶铁;17—混凝土管;
18—运土车;19—机头

内可在施作工作井时先在洞口处砖砌挡土墙。若土质较软或有流沙,则必须在管子顶进方向距离工作井边一定范围,对整个主体进行改良或加固,视情况一般采用注浆、旋喷桩、深层搅拌幕墙等措施,以提高这部分土体的强度,防止工具管出洞时塌方。当工具管准备出洞时,应先破除砖封门并将杂物清理干净,将工具管切入工作井井壁中,当止水橡胶法兰与工具管充分结合后,观察穿墙进口处地面变形情况,若无明显隆起或塌陷,方可继续顶进。

4.2 顶管顶进施工

从理论上讲,掘进机在顶进过程中,其中的土仓压力如果小于掘进机所处土层的主动土压力,地面就会下沉;反之,如果土仓压力大于被动土压力,地面就会产生隆起。只有把土压力控制在主动土压力与被动土压力之间,才能达到土压平衡。正常顶进过程中,迎面压力控制在 $0.02 \sim 0.2 \text{ MPa}$ 之间,即当土压力随主顶油缸的推进,逐步升高到 0.2 MPa 时开始出土,当土压力下降到 0.02 MPa 时停止出土。管道顶进过程中遇到特殊情况应暂缓顶进,及时处理。当机头顶入土中后,留其尾部约 30 cm 长搁在导轨上,收回顶进油缸,卸走顶铁,安装连接第一节混凝土管,开始管道的正常顶进。顶进中必须控制好机头出土量,出土过多会造成地面沉降,出土量过少会使地面隆起。出土量的多少应根据地质土层情况及地面监测资料进行试验分析确定。机头出土要从管道内运送至工作井,再提升至地面堆放。

4.3 轴线及高程控制

此工作事关工程质量,要求在工作坑内安置好S3水平仪、J2级经纬仪,每次顶进观测后作好记录,计算其方位、高程,如发生偏离,应及时纠正,不允许超出设计要求(中线允许偏差 30 mm ,管内高程 $\pm 30 \text{ mm}$)。根据设计坡度在导轨上作好调整,通过测量

无误后才能固定导轨,并在坑内部设2个可供相互检校的临时水准点,以随时控制管道顶进坡度。在测量中如发现管位偏差达 1 cm ,应校正。

4.4 注浆

顶管施工中注浆作用机理为:一是起润滑作用,将顶进管道与土体之间的干摩擦变为湿摩擦,减小顶进时的摩擦阻力;二是起填补和支撑作用,浆液填补施工时管道与土体之间产生的空隙,同时在注浆压力下,减小土体变形,使洞体稳定^[4]。注浆使顶进管道与土壁四周填充密实,并使铺设管道与周围地层形成整体,增加铺设管道的稳固性,确保外接口衔接完善。在每次顶进之前和顶进中压注具有支撑和润滑作用的触变泥浆,顶完后通过预埋在管道顶部外侧的钻有蜂窝状小孔的压浆管压入水泥浆。压浆分次进行,每次稳压 $5 \sim 10 \text{ min}$ 再进行二次压浆。

4.5 出洞技术

工具管就位后,打开接收井穿墙挡板,然后凿除穿墙挡板砖砌体,安装控制工具管进洞方向的导轨,安装密封圈和密封装置。在密封圈内两道钢丝刷中间涂抹盾尾密封油脂,根据测量结果调整基座和扇形压板位置,然后将机头缓慢、均匀地推入穿墙挡板,为防止止水橡胶圈外翻,确保工具管刃脚距接收井墙壁有一定的距离,对工具管刃脚考虑一定的保护措施。

针对天气正遇雨季的情况,为确保顶管安全及顶进质量,要求坑内干燥无水,须在坑四周挖一条宽 0.3 m 、深 0.4 m 的排水沟,将水排入集水坑($0.8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$),再用 $\varnothing 50 \text{ mm}$ 潜水泵抽水。

5 结语

根据国务院令的要求以及西体路的车流量较大的实际情况,成都市中心城区水环境综合整治工程G标段道路、排水工程采用手掘式混凝土顶管施工,在污、雨水管道穿越既有城市道路施工中达到了准确、迅速的预期效果,且西体路道路变形控制在规范允许范围内,未对交通造成任何明显影响,取得了良好的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 王静,杨转运,尹洪明.大直径混凝土顶管管节优越性探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,(11):36-38.
- [2] GB 50283-97,给水排水管道工程施工及验收规范[S].
- [3] 钱家欢.土力学(第二版)[M].南京:河海大学出版社,1995.
- [4] 魏纲,徐日庆,邵剑明,等.顶管施工中注浆减摩作用机理的研究[J].岩土力学,2004,25(6):930-934.