

# 大口径钢管顶管施工技术研究

张强

上海大学

DOI:10.18686/bd.v2i5.1359

**[摘要]** 钢管顶管由于其具有良好的整体性、强度高、耐久性好等诸多优势,因此经常应用于大口径的管道工程中。本文依托黄浦江上游水源地连通管工程,总结关键的施工技术经验,为今后大口径钢管顶管施工提供参考依据。

**[关键词]** 钢管管;管节焊接;中继间设置;注浆系统

## 1 概况介绍

黄浦江上游水源地作为上海市四大集中式饮用水水源地之一,在全市供水水源格局中占有重要地位,连通管工程是国内首次将直径4m的超大口径钢管设计用于长距离高压原水输送领域,工程采用单根DN4000钢管、壁厚38mm/40mm,全线顶管施工,最大钢管口径为DN4200,施工难度极大。

### 1.1 导轨布设

基坑导轨采用型钢和钢板焊接而成,保证其具有一定的强度和刚度。在导轨布设前应按照“一放两复”原则,把顶进轴线方向精确确定下来,布设导轨时轴线、坡度必须符合顶管设计要求,偏差控制在允许范围内。导轨布设分为大道轨、小道轨及延伸导轨的布设,三个导轨的走向、坡度必须一致。大、小道轨之间必须预留不小于50cm的焊接坑,其作用为人员焊接操作及外防腐施工作业空间。

大导轨布置时一定要与后靠连接固定,否则会在钢管顶进过程滑移,影响焊接坑的操作空间。在布轨施工完成,底部浇注混凝土以防在顶管过程中因重压产生沉降,混凝土浇注高度不超过布轨施工范围底部为宜。

### 1.2 管节的对管

钢管进场后为防止外防腐涂层划破,底部采用滚轮或垫片放置,同时对管节自身重量产生的变形有一定的缓解作用。钢管入土后由于各方的土压力不同,使其产生的形变量不同,在施工过程中采用“O”“U”型顶铁使其保圆。

1.2.1 工艺流程:管身、坡口清理→钢管管口质量及尺寸检查→修口→导轨变形及尺寸检查→人工调正→上一节钢管的管口检查→顶进中心线检查→对口→用千斤顶调正→点焊。

1.2.2 修口:钢管对口之前必须首先修口,使钢管端面的坡口、钝边、圆度符合质量标准要求。施工现场焊件的切割和坡口加工采用氧乙炔焰切割,用磨光机将凹凸不平打磨平整。

1.2.3 对口:对口之前应先调好导轨,对口时使钢管内壁齐平,使用液压专用设备进行组对,严禁使用火烤或用大锤锤砸进行对口。在钢管对管中,在两对口焊缝处采用马铁导向,后顶系统辅助推进对接。在对接时要求前后管道轴线重

合一致,钢管接口处错缝最大在2mm左右,严格控制不能使两管节产生夹角,影响顶进轴线控制。管子对口应垫牢固,不得强力对口。

1.2.4 纵向焊缝:对口时管子纵向焊缝错开距离大于30cm。

1.2.5 点焊:钢管对口检查合格后进行点焊。

### 1.3 管节焊接

#### 1.3.1 管道接头剖口形式

在钢管顶管施工中,现场钢管剖口一般采用X形、V形、U形、K形等。本工程现场钢管坡口型式采用单边40°“V”型坡口型式,上半圆180°为外开口“V”,下部180°为内开口“V”,端部衬托陶瓷垫片。

#### 1.3.2 钢管管节焊接

采用CO<sub>2</sub>气体保护焊,单面焊接双面成型。焊丝采用KFX-710C,CO<sub>2</sub>气体纯度≥99.5%。焊前将焊接接头表面的油、锈等杂质清除干净,清除范围以坡口边缘计,不得小于20mm。

定位焊:焊接定位焊缝时,采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺,由合格焊工施焊。定位焊缝的长度为50-100mm,间距为300-350mm,原则能保证焊缝在正式焊接过程中不致开裂为准。

焊道正式焊接前,应将定位焊缝进行检查,当发现缺陷时,应处理后方可施焊。焊接过程中引弧、熄弧都要求在坡口内和焊道上,不准在母材上随意打火,防止电弧擦伤母材。与母材焊接的工卡具材质应与母材相同或同一类别号,焊接工艺、焊材与正式焊接相同,拆除工卡具时不要损坏母材,拆除后应将残留焊疤打磨修整至于母材表面齐平。如低于母材处应补焊,并做表面检查合格。管道焊接时,管内应防止穿堂风,影响焊接质量。焊缝检查有不合格处要进行返修,同一部位返修次数不宜超过两次,并应有返修措施。

### 1.4 中继间的使用

在长距离顶管施工中,由于顶进摩擦阻力和工作井自身承受最大顶力的影响,需要使用中继间,将长距离分成几段短距离顶管。

本标段中继间采用二段一铰可伸缩的套筒承插式钢结构件,由前体、后体、千斤顶、动力油泵站、止水密封圈五个

部分组成,采用计算机联动控制。在铰接处内侧设置二道顶管密封圈,在铰接处壳体之间设置鸟形顶管密封圈,确保顶进时不漏浆,并设置直通油杯压注油脂,以减少顶进时密封圈的磨损。

根据顶力、地质情况,结合长距离钢管顶进出现的位置,合理布设中继间。需用数量可采用下式确定:

$$n=[\pi \times D1 \times f_k \times (L+50)/(0.7 \times F \text{ 中})]-1$$

式中:F中- 中继间允许顶力

D1—管道外径

$f_k$ —管道外壁与土的平均摩阻力

L—管道设计顶进长度

n—中继间的个数

管道贯通,在中继间的拆卸前,前、后壳体间留出40~60mm,通过后壳体上预留的注浆孔向外压住惰性浆液,改良闭合处的土体,防止拆卸过程中渗漏水。完全合拢后依次拆除零部件,拆除完成后,需要对中继间前后壳体进行闭合焊接。焊接工艺、施焊方法、焊缝的施焊要求与钢管母材施焊要求相同。

### 1.5 顶管注浆施工及置换

顶力控制的关键是最大限度地降低顶进阻力,而降低顶进阻力最有效方法是注浆。本工程每个注浆断面布置6个注浆孔,呈60°布置环向布置,管底不布置注浆孔,每个中继间处均布置注浆孔。注浆孔与钢管呈90°夹角,外覆梯形体。注浆孔在厂家开设。

注浆减摩是顶管施工中非常重要的一个环节,尤其在长距离顶管中,它是顶管成功与否的一个极其重要性的环节。顶进时通过管节上的压浆孔,向管道外壁注入一定量的减阻泥浆,在管道外围形成一个泥浆环套,减小管节外壁和土层间的摩擦力,从而减小顶进时的顶力,大大加强了顶管的顶进长度。另外,泥浆套填补了掘进机在顶进过程中形成的空隙,其对地面沉降有一定的防护效果。

每个注浆孔中均安装单向阀,防止注浆孔堵塞和浆液回流。工具管尾部的压浆孔要及时有效地跟踪压浆,确保能形成完整有效的泥浆环套。混凝土管节上的压浆孔供补浆用,补浆的次数及压浆量根据地质和施工时的具体情况确定。

减阻泥浆的拌浆制度要严格按操作规程进行,催化剂、化学添加剂等要搅拌均匀,使之均匀化开,膨润土加入后要充分搅拌,使其充分水化。泥浆拌好后,放置一定的时间才能使用。

顶管完成后,在管道周围的环形空隙中触变泥浆不再注入,压力会慢慢消散,四周的土体会慢慢填充空隙,引起地面沉降,应及时采用水泥浆置换触变泥浆,填充空隙,将大大减少地面的沉降。

### 1.6 管道内通风措施

由于管道顶进距离长,埋置深度深,管道内的空气不新鲜,加上土体中会产生有害气体;另外,顶管对接施工时,频繁的切割和焊接工作产生大量的烟雾和有害气体,对施工人员的人身安全带来隐患。因此,必须设置供气系统。

供气系统采用大功率风机和 $\phi 400\text{mm}$ 通风风带。顶进施工时空气由风带传输至管道最前端,并将管道最前端的空气排出,以此进行空气循环;对接施工时,将风机置于隧道内对接施工区,将烟雾和有害气体由风带向外排出。

### 1.7 长距离顶管纠偏措施

施工前,必要的注浆加固是保护地下管线和地面建筑的一种最为有效的措施。正确地选用各种地基加固方法,就能使地基产生蠕动趋势减少,颗粒土被粘结,孔隙被充填,土体稳定程度增强,从而达到减小地面沉降的目的。施工过程中,对于进出洞口加固主要可以选用深层搅拌桩、高压旋喷加固,并考虑打设深井并点降低出洞初期的地下水位,防止水土流失。在黄浦江上游水源区连通管施工中,DN4000洞口出洞主要采用高压旋喷桩、深井并点降水工艺,并在出洞口钢套环内,依靠打土泵压住流塑状粘性土填充,增大了超大洞口出洞初期的管道摩阻力,起到一定的止退作用,对于穿越沉降敏感性较高的构筑物,可以考虑采用在基础底部埋设跟踪注浆管措施,一旦出现沉降报警,可以及时压住水泥浆填充土体。

在顶管中,由于周围穿越土层的变化,顶力的不均匀,管道联接的误差等因素,均可能造成顶管中线偏离设计中线位置,当管道偏差超过10mm时,需采取纠偏措施。

对某一纠偏动作,机头前后壳体即在这方向上产生一定量的折角,在顶进时,机头即沿此方向纠偏。纠偏时指导思想是“减缓发展,稳慢回归,平行找顺,纠偏一半,反曲靠线,主动微调”。纠偏时要坚持勤测、勤调、微动的原则,每次纠偏一般情况不大于0.5,切忌猛纠、硬调。

## 2 结束语

目前,大口径钢管顶管施工尚未有完全成熟的施工经验,探索和挑战并存,解决大口径钢管顶管的曲线问题、加快顶进速度、改进接头方式等各个方面都是我们急需解决的问题。本文对大口径钢管顶管的关键工序进行了总结,对今后长距离大口径顶管的施工有重要的指导作用。

### 参考文献:

- [1]王家勇.长距离大口径钢管斜顶管施工的难点问题[J].江西建材,2017,(13):111+113.
- [2]许龙.大口径钢管长距离曲线顶管原理与设计[J].市政技术,2011,(02):65-67.
- [3]张立新.大直径超长距离顶管触变泥浆减阻技术的应用[J].特种结构,2013,30(02):100-102.