

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.10.022

新建管道穿行高程冲突的高水位污水管的施工要点

陈 军

(上海交通建设总承包有限公司, 上海 200120)

摘 要: 地下管道高程冲突问题是城市雨污分流管网施工常见的难题。以深圳市某顶管工程为例,分析了管道冲突的解决办法,介绍了逆作法施工冲突段采用护壁井、液压绳锯带水切割技术进行高水位污水管与新建管道接驳和管道封堵废除施工的要点,实现了污水水路迁改,完成了新建管道穿行高水位污水管施工,既缩短了工期,保证了安全,又大幅降低了工程费用。

关键词: 管道高程冲突; 逆作法施工; 绳锯切割; 管道接驳; 管道封堵

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)10-0133-06

Construction Essentials of New Pipelines Crossing High-level Sewer with Elevation Conflict

CHEN Jun

(Shanghai Communications Construction Contracting Co. Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: The elevation conflict of underground pipelines is a common problem in the construction of urban stormwater and sewage diversion network. Taking a pipe jacking project in Shenzhen as an example, the paper analyzes the solution to pipeline conflicts and introduces the key points of top-down construction in the conflict section by wall protection wells, hydraulic rope saw and water cutting technology to connect high-level sewage pipes with new pipelines, and abolish pipeline plugging, thus realizing the relocation of sewage waterways and completing the construction of new pipelines crossing high-level sewer, which not only shortens the construction period while ensuring the safety, but also greatly reduces the project cost.

Key words: pipe elevation conflict; top-down construction; rope saw cutting; pipe connection; pipe plugging

城市地下管线复杂,管线高程冲突和高水位接驳是雨污分流施工中很常见的问题。认真做好勘察和设计是避免管线冲突的首选,但是少数情况下,勘察设计存在缺陷或者不可避免遇到管线冲突时,往往采取5种特殊方式来消除^[1-2]:①正常都可以通过管线改迁消除冲突现象;②在冲突位置使用跌水井,降低新建管线高程,绕开冲突;③在冲突处新建检查井,通过小管径管道从检查井中架空穿过;④使用倒虹吸管穿过;⑤在冲突位置前后建两个检查井,采用改变新建管道水流断面方式穿过。

根据上游水流的处理方式,新旧污水管线接驳可以通过3种方式来完成^[3-4]:①临时封堵上游老管,保证接驳点低水位后破除老管系统接驳。该方法最常用,优点是只需进行封堵操作、费用低,封堵成功后可直接破老管、工期短。缺点是新旧管接驳处接缝容易因处理不当而造成漏水。不适用于上游管道流量大、流速急等无法实现封堵或无法停止运行的管道且封堵后上游水流无其他出路的情况。若上游管道流量小且水流无其他出路时,可以在封堵后增加龙吸水设备进行抽排。②接驳管内外等水位

水钻破壁接驳。在接驳位置新建接驳井,施作井中井,旧管接驳洞口使用水钻先开洞,减小管壁厚度,然后在新管道注水至与旧管等水位,创造等水位静水环境,潜水员再下水破除剩余管壁,实现接驳。优点是接缝质量容易保证;缺点是潜水员水下作业存在安全风险,同时增加了工作井,费用增加,注水需要消耗时间,工期较长。该方法适用于大管径、流量大、流速急、无法停止运行的管道。③带水切割接驳。在接驳位置新建接驳井,施做井中井,将旧管包在井中井内,然后使用绳锯设备割断旧管,实现接驳。优点是接缝质量易保证,无需下人作业,安全性高;缺点是增加了工作井,费用增加。横向切割竖向结构物(如井壁或封堵墙)时绳锯方向不易控制,切口质量较差。该方法适用于管径大、流量大、流速急、无法停止运行的管道。以上消除冲突方式和接驳方式都有其各自的优缺点,施工过程中需要根据不同的情况择优或多方式结合使用,以达到经济、安全及高效率的效果。依托深圳市某雨污分流顶管施工工程案例,对相关问题进行研究并提出解决措施,以期为其他类似工程提供参考。

1 工程概况

为解决新圳河沿河截污管和新圳西路地下旧污水管汇集后管径不足且淤堵的问题,该顶管工程上游需分别接入新圳河沿河截污管(DN1 350)和新圳西路地下旧污水管(DN1 350),然后下穿广深公路接入甲岸路现状井,共有5座护壁井(W1~W5),其中W1、W2和W5为接收井,W3和W4为工作井,采用DN1 500钢筋混凝土管(见图1)。

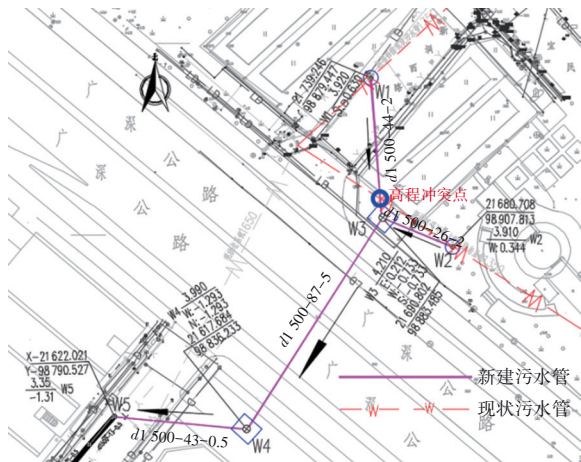


图1 原方案管道施工平面图

Fig.1 Pipeline construction plan of original scheme

广深公路平均路面标高+3.20 m,公路为双向八车道,最高限速60 km/h,每日车流量大,不允许占道施工,无法使用明挖施工,只能采取顶管施工。原设计方案管顶覆土深度最小只有2.5 m,为了安全考虑,必须增加管道埋深,随之带来W4井内管道进水管标高低于出水管标高问题,需要采用倒虹吸井解决水流逆差问题。

新圳河沿河截污管和新圳西路地下旧污水管常年满管运行,新圳西路下存在DN1 200供水管,管底标高为-2.81 m。

2 方案制定

2.1 施工难点

在W1~W3之间新建管道与现状新圳河沿河截污管存在高程冲突,新管需要穿过旧管,在保证上游旧沿河截污管正常运行情况下穿行是施工难点之一。

现状污水管是满水位管道,打通现状管壁后水流会逐渐流入新管,且随着破口增大,水压和流速逐步增大,最终淹没新管,保证破壁时施工人员安全是施工难点之二。

破除现状污水管管壁接口,做到接口平整,同时满足接口密封良好,保证接驳质量控制是施工难点之三。

2.2 冲突点解决技术方案比选

针对管线冲突点解决措施,提出3种方案:①降低W1~W3段管道标高;②封堵上游沿河截污管,然后从破除冲突的沿河截污管穿过;③让沿河截污管与新建管接驳通水,实现水路迁改,再从破除冲突的沿河截污管穿过。

2.2.1 方案一

降低W1~W3之间管道标高时,W1井做成跌水井,废除W1现状污水管下游管线,管道在W1和W4之间形成一个完整的倒虹吸模式。但是原新圳西路道路下供水管与变更后新管位置同样存在冲突,需提前改迁供水管消除冲突后再施做新管,供水管在道路正下方,改迁占道审批困难,且改迁费用大。同时W1~W3~W4段因倒虹吸结构,管道防淤堵处理措施要求较高。

2.2.2 方案二

封堵上游沿河截污管,然后破除冲突的沿河截污管。常见的封堵办法是使用气囊临时封堵,然后砌筑封堵墙,此时沿河截污管满水位,气囊很容易

因水压大被冲走,潜水员下井安装气囊和砌筑封堵墙也存在较大风险,封堵难度大。其次,沿河截污管被封堵,污水无出路,就会顺着河道未完全实现雨污水剥离的排口排至河道,引起环境污染。

2.2.3 方案三

在 W2 新建管与沿河截污管接驳前,先将 W2~W3 及 W3 下游的管道全部施工完成,紧接着完成 W5 接驳,此时 W5 上游等同于封堵状态,W5 同时属于原管道的起始端,水位低,使用接驳方案直接破除旧管井壁,即可完成接驳。W2 下游管施工并接驳完成后,再进行 W2 处的接驳施工,实现沿河截污管与新建管接驳通水,最后施工 W3~W1 之间的管道。为解决 W2 处接驳完成后, W3 充满污水时,无法再从 W3 向 W1 进行顶管施工的问题,决定在冲突点位置增加一个护壁井 W3-1。W3-1 在 W2 接驳前完成,并提前接通 W3-1~W3 段的管道,砌封堵墙,挡住 W3 接驳完成后的污水。方案三管道施工平面图见图 2。

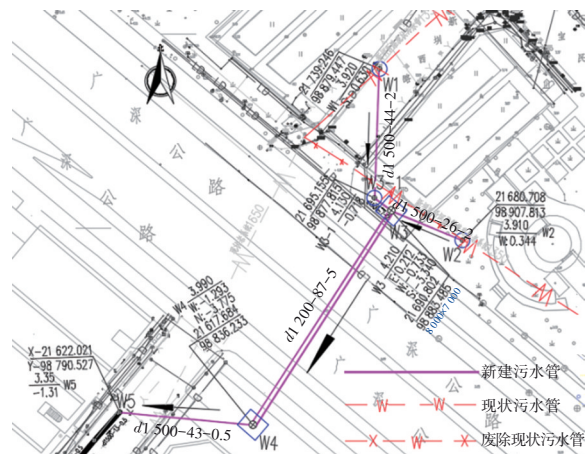


图2 方案三管道施工平面图

Fig.2 Pipeline construction plan of scheme 3

结合交通占道时长和施工条件确定整段顶管的施工顺序: W3 和 W4 施工→W3~W4 段机械顶管施工→W2 和 W5 施工→W3~W2 段和 W4~W5 段人工顶管施工→W3-1 施工→W3-1~W3 段管施工→W3-1~W3 段管道砌封堵墙→W3 和 W4 井内倒虹吸结构施工→W5 接驳→W2 接驳→封堵 W2 下游沿河旧截污管→W1 施工→W3-1~W1 段人工顶管→拆除 W3-1~W3 段封堵墙→W1 接驳通水。

根据上述 3 种方案,从施工难易、安全环保和工程费用方面进行对比分析,结果见表 1。

表 1 管道冲突点施工方案对比分析

Tab.1 Comparative analysis of pipeline conflict point construction schemes

比较项目	方案一	方案二	方案三
施工方法	降低 W1~W3 段管道标高,从冲突点下方穿过	封堵上游沿河截污管,然后从破除冲突的沿河截污管穿过	沿河截污管与新建管接驳通水,实现水路迁改,再从破除冲突的沿河截污管穿过
难易程度	需要迁改供水管 90 m, 占道时间长, 倒虹吸管的长度增加, 施工难度大	需潜水员在高水位状态下将气囊拖至封堵位置, 施工难度很大; 封堵成功后顶管过程中破除废管混凝土管壁, 难度较大	沿河截污管污水在 W2 分流, 井中并未提升, 可借助挖机抓斗将气囊压至需封堵的管口内充气封堵, 无需潜水员, 封堵难度大幅降低; 增加 W3-1 后可直接切割去掉冲突管, 施工难度较小
安全环保	增加了倒虹吸管 44 m, 且中间有 W3, 更容易淤积, 加大了运营期清淤安全风险	封堵时潜水员安全不易控制; 污水容易入河, 环保不能保障	安全和环保容易控制
费用	增加迁改供水管和 W1~W3 段因倒虹吸由单管变为双管的费用, 造价估计增加 135 万元, 费用高	增加封堵及拆除封堵费用, 估计增加 5 万元, 费用低	增加 W3-1, 造价估计增加 45 万元, 费用中等

结合现场实际状况,从安全环保、施工难度、经济影响及后期维护等方面考虑,采取方案三作为最终技术方案,即沿河截污管与新建管接驳通水,实现水路迁改,再破除冲突的沿河截污管,穿过冲突点。

3 冲突点护壁井施工

W3-1 井位地下存在沿河旧截污管和一些电力及通信管,无法采用沉井法制作工作井,此时采取逆作法工作井(逆作井)解决^[5]。逆作井是逐层向下开挖土方和浇筑各层井壁,直至底板封底。适用于地下管线或障碍物多的情况,井壁结构可以根据障

碍物的形状进行调整,施工方便快捷,是一种经济便捷且安全的施工方法。

根据土质情况与工作效率,通常每次开挖深度为0.5~1.5 m。W3-1使用人工开挖,为避免下层土体挖空时间长而造成上层结构产生不均匀沉降,初始每层开挖深度确定在1 m左右,且随着深度达到3 m后,每层开挖深度逐渐降至0.5 m左右。井壁采用C30混凝土圆形工作井,井壁厚度需分别进行井壁四周土压力验算、后期顶管后靠背作用于井壁冲切承载力验算和抗浮验算,确定井壁厚度为550~650 mm,封底C20垫层1 m,底板结构厚0.5 m。施做第一层时,加大面层井壁宽度,形成一个挂壁结构,可有效防止后续开挖过程中井壁不均匀下沉。逆作法护壁井示意及止水桩布置见图3。

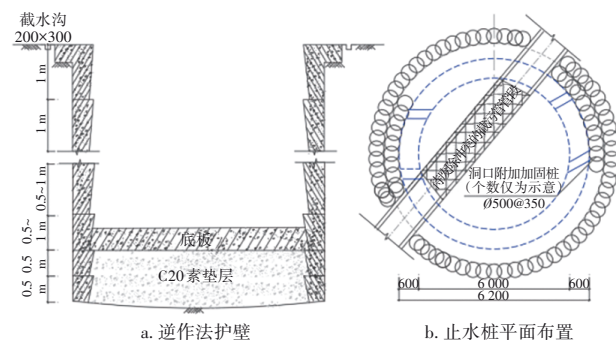


图3 逆作法护壁井示意及止水桩布置

Fig.3 Schematic diagram of top-down retaining wall well and layout of water-head pile

当地下水位较高时,应提前在井壁四周进行高压旋喷桩注浆止水,管线位置要把握好注浆深度,不能钻破管线或者因压力过大挤破管线。挖开至地下管线位置附近,若管线四周或下方因注浆不足而存在渗水现象时,可以采用水平注浆方式进行补浆,封堵管线四周和管线下方地下水。逆作井的井壁钢筋根据每层开挖深度来截取,采用双层钢筋,每段钢筋要至少超出每层结构200 mm左右,下层钢筋应当与上层钢筋进行焊接连接,双层钢筋的焊接点应当错位,避免应力集中,确保上下层结构稳定,防止上下层结构脱层。

开挖至沿河截污管四周时,要在现状管四周进行钢筋补强。现状管完全挖出后,必须对管道进行悬吊保护。先开挖现状管上方及两侧土方,开挖至管底时,在管底垂直于管线方向根据悬吊间隔掏洞悬吊,在进行悬吊施工时,平行于管线方向放置工

字钢,用力均等。存在管节时,吊点不得位于管节处,管节处需要用槽钢等刚性材料顺管道方向托底,再从槽钢两端进行悬吊,防止继续下挖后现状管断裂。管线保护示意图见图4。

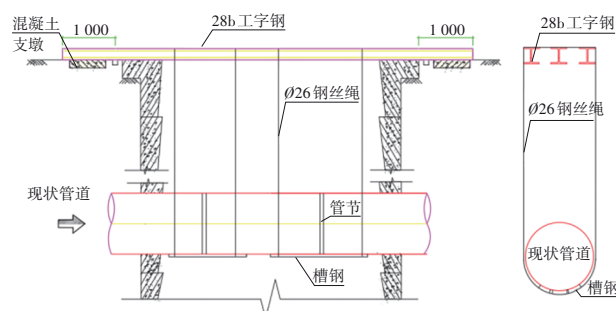


图4 现状管保护示意

Fig.4 Schematic diagram of current pipe protection

逆作井挖到底标高后,需及时封底,封底前可使用旋喷桩对井底地基加固止水,防止封底后引起井底上浮。封底完成后进行W3-1~W3井间管施工,W3-1与W3紧连,使用水磨钻破除井壁,装入管材并砌筑封堵墙。待W2完成接驳、封堵后进行W3-1沿河截污管切管和顶管施工。

4 新旧管道接驳施工

4.1 接驳井中井施工

W2护壁井按逆作井方式施工,W3~W2顶管施工完成后,施做W2的井中井结构。井中井需呈矩形结构,便于绳锯紧贴井中井内壁切割。内井结构高度要高于1.5 m且在切割后水位线200 mm以上,便于后期管道人工维护。井中井结构见图5。



图5 井中井结构

Fig.5 Well in well structure

新管和沿河截污管均要被井中井结构完全包封,管与井壁接缝四周使用环梁加强梁和内外各3根加强筋补强。接缝处在管外施做止水胶条并预埋注浆管,井壁达到设计强度后,注入环氧树脂进

行密封处理。填缝在管道接驳前完成,避免接驳完成后水下处理接缝,确保接缝质量。接缝处钢筋补强见图 6。

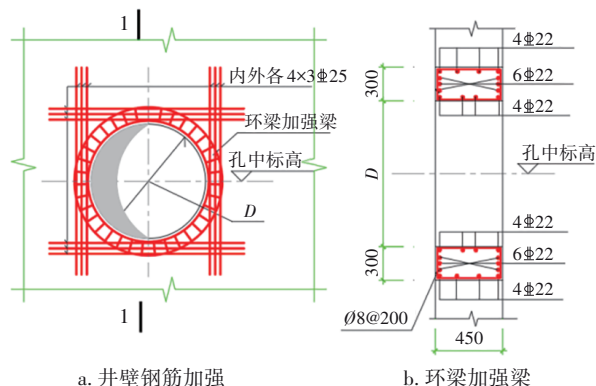


图 6 接缝钢筋补强

Fig.6 Reinforcement diagram at joint

4.2 绳锯切割接驳

带水切割接驳技术是使用液压绳锯高速旋转切割混凝土管,将井内旧管切断后进行的接驳^[6]。现场管道绳锯切割及切口断面见图 7。



图 7 管道绳锯切割及切口断面

Fig.7 Picture of cutting and incision section of pipe rope saw

绳锯设备上有多个滑轮,可以调整滑轮距离和方向,用来调整绳锯的松紧度,保证切割过程绳锯始终处于绷紧状态。绳锯的动力滑轮通过液压带动。切割过程中要不断通过洒水孔给绳锯洒水降温。切割应当配备两根绳锯,在切割前分别穿过被切旧管两端。吊切除管节的钢丝绳应在切割前穿过被吊的管节就位好,避免切割后水位升高使穿绳难度增大。绳锯切割装置首先固定在矩形一侧结构井壁上,并使用螺母固定牢固,待切割好一侧管后,再更换至另一侧结构井壁,更换已安装好的绳

锯进行切割。井上操作人员需不断调整液压机压力阀,确保压力处于 10~20 MPa 之间,动力轮转速约 3 000 r/min,此时切割速度较快且安全性高。

5 冲突段管道封堵及废除

使用绳锯带水切割 W2 沿河截污管后,上游沿河截污管水流将有一部分流入 W3,此时流入沿河截污管下游的沿河截污管压力将大幅下降,以利于下游沿河截污管道封堵。W2 封堵前不进行提升施工,敞口的施工井便于挖机设备辅助安装气囊。首先用挖机抓斗将气囊压至需要封堵管口位置,气囊随着水流进入管口内,管外使用绳索拉住将气囊固定,确保不会被水流冲走,再逐渐给气囊充气加压直至封堵整个管道。使用气囊封堵需要注意以下几点:气囊直径要大于封堵管道直径,不能以小代大;气囊不能设置在管道接头处或者管道内;管道内不能有尖锐物,以防刺破管道;气囊充气接口与供气软管连接要使用专用钢丝箍扎紧,确保连接可靠。

气囊封堵成功后,沿河截污管下游将无水进入,再使用绳锯切割技术切除冲突段 W3-1 内的沿河截污管,排除沿河截污管内余水,在被切割的沿河截污管两端砌筑封堵墙,完成两端封堵。封堵墙砌筑完成后,排空封堵气囊内气体,取出气囊,完成冲突段管道封堵与废除。沿河截污管废除后,使用顶管工艺完成 W3-1~W1 段管道施工并施工井中井。

在 W1 接驳之前,拆除 W3~W3-1 直接封堵墙。在 W3-1 井中井内注水,水位与 W3 齐平,满足两侧等水位静水环境,然后潜水员使用空压钻破除封堵墙,打通 W3~W3-1 管段。W1 最后使用液压绳锯切割后完成所有管道通水。

6 实施效果评价

通过实施方案三,顺利消除了新建管道与高水位现状沿河截污管冲突问题,并解决了与两条运行中高水管接驳难题,实现了管道通水。新、旧管口断面与接驳检查井井壁贴合平整,且管口与检查井接缝无渗漏,闭水试验效果好。施工过程未造成污水外溢,减少了危险作业次数,未对周边居民造成影响,安全环保效果显著。在实际施工中,W3-1 与 W3 紧连,W3-1 护壁井施工时可充分利用 W3 井壁结构,减少了护壁井施工成本。

7 结语

有效处理管道冲突问题可为城市雨污管网建设提供很大的便捷,并节省大量投资。在设计施工前进行方案比选,选择技术可行、安全、环保、经济的施工方案尤为重要。逆作井和绳锯带水切割技术为高水位管道的破除和封堵提供了很大的安全和质量保障,对类似管道冲突解决和高水位接驳施工具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 张雨飞,卢志旋. 市政管道交叉冲突的处理方法[J]. 给水排水, 2003, 29(10): 87-89.
ZHANG Yufei, LU Zhixuan. Proper arrangement in layout of municipal pipelines at cross intersection [J]. Water & Wastewater Engineering, 2003, 29(10): 87-89(in Chinese).
- [2] 严程. 老城区控源截污工程管网接驳难点及对策[J]. 中国给水排水, 2020, 36(22): 110-115.
YAN Cheng. Difficulties and countermeasures about sewer connection of source control and pollutant interception construction in old town [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(22): 110-115 (in Chinese).
- [3] 龙华东. 邻近既有污水管道新建接驳井与原管封堵技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2020(2): 115-119.
LONG Huadong. Study on plugging technology for newly-built connection wells and original pipe adjacent to existing sewage pipelines [J]. Railway Construction Technology, 2020(2): 115-119 (in Chinese).
- [4] 肖磊. 深埋大直径污水管带水迁改施工技术[J]. 河南科技, 2020(8): 82-85.
XIAO Lei. Construction technology of water relocation and reconstruction in deep buried large diameter sewage pipe [J]. Henan Science and Technology, 2020(8): 82-85(in Chinese).
- [5] 刘刚, 华伟, 惠伟. 污水管道骑马井施工方式探讨[J]. 中国给水排水, 2013, 29(16): 105-108.
LIU Gang, HUA Wei, HUI Wei. Discussion on construction method of riding well in sewer [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(16): 105-108 (in Chinese).
- [6] 文杰, 张彤炜, 周书东, 等. 基于偏心逆作井的新建污水管与既有管接驳技术[J]. 施工技术, 2019, 48(S): 815-817.
WEN Jie, ZHANG Tongwei, ZHOU Shudong, et al. Connection of newly built sewer pipe and existing pipe based on eccentric reverse well [J]. Construction Technology, 2019, 48(S): 815-817(in Chinese).

作者简介:陈军(1988-),男,安徽巢湖人,大学本科,工程师,主要从事市政雨污管网施工与研究
工作。

E-mail:519662146@qq.com

收稿日期:2022-01-13

修回日期:2022-02-16

(编辑:衣春敏)

落实绿色发展理念,全面推行河长制