

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.041

退管法在原水工程钢顶管施工中的应用

吴永华

(上海城建水务工程有限公司,上海市 200080)

摘要:以上海某原水工程钢顶管区间施工为例,针对此段顶管区间穿越河道中途发生顶管机减速器损坏,主轴失去动力,无法继续顶进的特殊工况,结合退管法创新提出同步顶退工艺,详细介绍了原水工程钢顶管退管法的技术难度、施工可行性和具体实施过程,并提出了一系列钢顶管退管法施工过程中的关键技术措施,解决了因顶管设备故障区间无法顺利贯通的难题,供类似工程借鉴。

关键词:原水工程;钢管;顶管法;退管法

中图分类号: TU99

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0168-04

0 引言

随着我国城镇化进程加快推进,城镇供水安全问题逐步显现,被称作“生命水源工程”的原水工程,在全国各地加紧建设。原水工程管道敷设主要采用开槽埋管和非开挖埋管两种施工工艺,目前在我国城市化进程的城市基础设施建设中,更多的是采用非开挖埋管这一技术。顶管作为非开挖施工中最常用的工艺之一,是原水工程管道敷设的主要施工工艺。

顶管施工中,不可避免的会出现设备故障、遇到障碍物等特殊情况,导致顶管机无法继续顶进敷设管道,原水管道无法顺利贯通。以上海某原水工程钢顶管区间穿越河道中途发生顶管机减速器损坏,主轴失去动力,无法继续顶进的工况为例,采取退管法实现了管道贯通,并详细阐述退管法在原水工程钢顶管施工中的应用。

1 工程概况

上海某原水工程钢顶管区间为该工程 2# 至 1# 段顶管区间,下穿大治河,管道采用 DN1400 钢管敷设,区间长度 363 m,其中穿越大治河段长度约 102 m,顶管平面图如图 1 所示。顶管管道覆土 9~16 m,穿越大治河时最浅覆土深度为 9 m。1# 井、2# 井均采用地下连续墙作为基坑围护,基坑深度分别为 19.5 m、20.0 m。

收稿日期:2023-04-11

作者简介:吴永华(1991—),男,学士,工程师,从事非开挖施工工作。

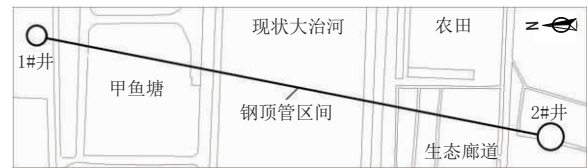


图 1 顶管平面示意图

2 顶管施工中设备故障及问题分析

本段顶管区间穿越土层为淤泥质黏土,在累计顶进 180 m 时,碰撞不明障碍物,顶管机电机瞬时超载后暂停施工,此时顶管机正处于大治河下方,如图 2 所示。



图 2 顶管机位置示意图

施工人员尝试转动刀盘时,减速器内发出“咯哒咯哒”声响,初步判定减速器内齿轮间咬合不良,刀盘无法正常运转。施工人员拆卸减速器检查问题,发现齿轮前端的轴保持架,均发生不同程度的断裂破坏,导致齿轮间无法正常咬合,主轴无法转动,顶管机主轴箱体结构如图 3 所示,顶管机主轴总装图如图 4 所示,轴承位置如图 4 中标注⑨所示。该轴承安装在顶管机胸板上,需从前侧拆除维修,现顶管机位于大治河底部,现场不具备更换轴承的施工条件。因此,如何继续实现管道贯通是本段顶管区间急需解决的难题。经考虑实际工况,决定采用退管法,将已顶 180 m 管道全部拔出。

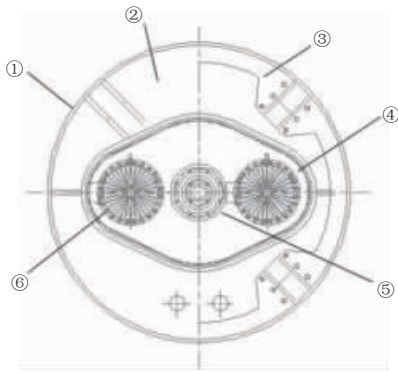
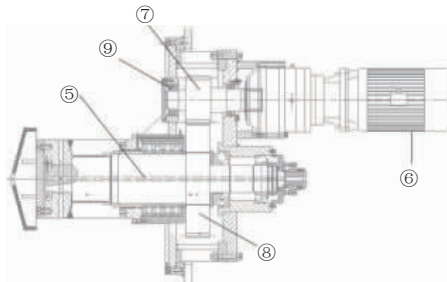


图3 顶管机主轴箱体结构



注:①—外壳体;②—胸板;③—法兰;④—主轴箱体;⑤—主轴;⑥—15kw 电机;⑦—小齿轮;⑧—大齿轮;⑨—轴承。

图4 顶管机主轴总装图

3 方案论证和比选

顶管施工过程中发生设备故障,当顶管机内部不具备维修条件时,通常在故障发生点,新建一座临时井,从接收井反顶一条新管线,在临时井内与故障管线对接,实现管道贯通,亦可从接收井新进一台顶管机,反顶至故障顶管机位置,采取地下对接工艺,实现管道贯通。而该顶管区间实际工况是顶管机已顶进 180 m,位于大治河底部,无法施做临时井,亦无法确保安全地下对接。综上所述,拟采用顶管退管法实现管道贯通。为此,共提出三种退管方案:方案一,在 2# 井实施故障管线退管后,更换新的顶管机原位重新顶进;方案二,在 1# 井内新进一台顶管机顶进至故障管线位置后,同步顶退,1# 井退出一节管道、2# 井顶进一节管道,直至贯通;方案三,在 1# 井内新进一台顶管机顶进至故障管线位置后,同步顶退,2# 井退出一节管道、1# 井顶进一节管道,直至贯通。三种退管方案比选见表 1。

表 1 三种退管方案比选

方案	优点	缺点
方案一	在 2# 井内先后实施退管和重新顶进工作,只需一个顶管班组,降低组织难度	1.退管长,产生空洞需注土量大,技术难度高,工期长,经济成本高 2.退出故障顶管机、顶入新顶管机过程中,2# 井洞门存在大量渗水风险
方案二	1.1# 井由接收井变更为工作井后,需重新制作洞门,可采取一系列洞门渗水预防措施 2.退管过程中,根据故障顶管机内泥水压力表适时向前端补浆,避免大量注土,降低施工难度 3.新顶管机面板增设 12 把楔形刀,遇到不明障碍物时,具备清障功能	1.新顶管机顶进精度要求较高,在两个顶管机对接处错边量 ≤ 10 cm 2.同步顶退时,顶管机轴线、姿态控制要求较高 3.故障顶管机刀盘无法正常运转,继续顶进存在磕碰 1# 井洞口加固区的风险
方案三	同方案二中优点 1、2、3;当新顶管机与故障顶管机发生错位或磕碰加固区时,新顶管机刀盘尚具备切削土体功能,可保证顺利贯通	同方案二中缺点 1、2

经过以上三种方案的比选,综合考虑技术难度、施工可行性后,确定退管方案三更符合现场实际情况,可作为本段顶管区间实现贯通的实施方案。

4 退管法实施及效果

4.1 施工流程

退管方案总体流程主要包含顶进、同步顶退两个阶段,阶段一在 1# 井内布井,新顶管机顶进至故障顶管机,阶段二在 2# 井内布置退管装置,当两个顶管机对接后同步顶退,最终实现管道贯通,如图 5 所示。

4.2 施工准备

4.2.1 新顶管机选型及保养

顶管口径小、穿越淤泥质黏土层,故选用与故障

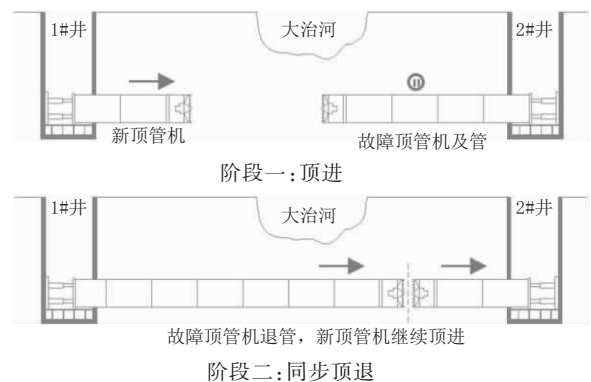


图5 退管方案示意图

顶管机同型号的 DN1200 泥水平衡顶管机,外径 1 440 mm,配备 2 台 15 kW 电机,刀盘扭矩系数为 31.3 kN·m,满足顶进动力需要。新顶管机刀盘面板环向增设 12 把钨钢切混凝土刀,保证全断面具备清

障功能,应对不明障碍物。

为避免新顶管机再次发生设备故障,造成更为严重的工期、成本影响,新顶管机进场前,在厂内由专业机修工进行全面的检查、维修、保养,重点关注施工中不可维修部分,如刀盘刀具磨损、主轴转动异常、减速器故障、密封圈裂纹变形、润滑油脂渗漏污染等情况。

4.2.2 测量控制系统

不同于常规的工作井顶向接收井,故障顶管机位置与原设计轴线已发生偏离现象,新顶管机需精准对接故障顶管机后,再根据接收洞门同步顶退。顶进轴线和顶管机净距控制非常困难,因此建立测量控制系统特别重要,出洞、碰接、顶退、进洞各个环节测量的精准度直接关系到顶管区间能否顺利贯通。绘制故障管线实际线形,拟合出新顶管机顶进轴线,因钢顶管管节间刚性连接,纠偏较为困难,应勤测勤纠指导顶进参数修正,使偏离值不断趋于0。同步顶退时,顶管机间净距控制 $\leq 20\text{ cm}$,一方面,净距偏大会造成水土流失严重,另一方面,净距偏小时两个顶管机会发生磕碰、错位风险。

4.2.3 洞门止水系统

接收井需改造洞门止水,以满足顶管出洞要求。U形法兰连接的双道袜套止水,是目前广泛应用在埋深较深的顶管洞门的止水处理方式。

工作井需改造洞门止水满足退管要求,故障管线长时间停机、触变泥浆套失效导致背土效应,退管中会造成橡胶板外翻止水失效、水土流失。故障管线停留在洞门内,无法拆卸原单道止水板后进行改装。为避免隐患发生,在现有洞门外安装DN1600钢管作为内模,重新浇筑洞门,形成双道钢丝刷配合两道橡胶板止水形式,如图6所示,同时洞门处设3口降水井,减少水土压力。钢丝刷普遍应用于盾构施工止水中,止水效果好,安全系数高,在钢顶管退管过程中可避免外翻现象。

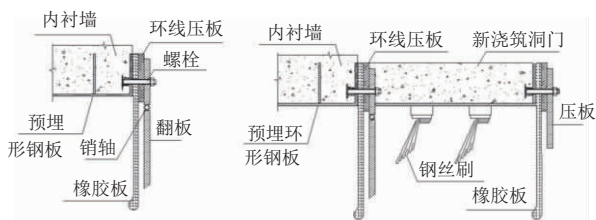


图6 工作井洞门改造示意图

4.2.4 故障顶管机改造

故障顶管机前后壳体采用4根50 t纠偏油缸铰接,顶进过程中通过调整4根油缸行程,达到纠偏目

的。铰接的连接形式,在顶管正常顶进过程中,受正面水土压力作用,前后壳体不会发生脱落。采用退管工艺时,顶管机前方变为主动土压力,前后壳体会发生脱落,造成大量水土进入管道。为保证前后壳体的有效连接,在顶管机环向设置8块20 mm厚筋板进行加固,使之由铰接连接变为刚性连接,并在退管过程中实时监控筋板连接情况,避免发生脱落事故。

4.3 同步顶退关键技术

4.3.1 退管装置

大量钢筋混凝土管退管案例中,因管节大都是采用承插口形式的柔性接头,退管多采用的是钢绞线连接故障顶管机进行退管的方式,而本工程钢顶管管节采用焊接形式的刚性连接,不会发生类似脱落事故,因此在退管井内洞门位置布置退管装置,如图7所示,在钢管上设置牛角,借助2根200 t油缸提供推力,将故障管线所有管节逐节退出到井内,最终完成退管施工任务。

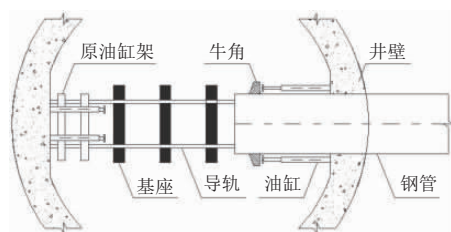


图7 退管装置示意图

4.3.2 退管前摇管

故障顶管机长时间停机产生背土效应,开始退管前利用退管油缸和原顶进油缸来回摇管,并同步向管壁外注膨润土泥浆,当摩阻力系数 $f \leq 3.5\text{ kN/m}^2$ 后,停止摇管,开始退管施工,根据上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》(DG/TJ08-2049-2016)中顶管总顶力公式,计算出此时退管力 $F=2\ 850\text{ kN}$,即退管力逐步减少到2 850 kN时停止摇管施工。

4.3.3 故障顶管机姿态控制

退管是利用退管油缸将管节退至井内,过程中故障顶管机处于停机状态,无法依靠纠偏系统进行轴线控制,会发生水平、竖向偏移。当发生水平偏移后,通过调整2个退管油缸的行程差,缓慢纠偏。当发生竖向偏移后,在故障顶管机正上、下方各开设1个2寸孔并安装球阀,顶管机上漂时,从上方孔压入厚浆,辅以下方孔放土进行纠偏;顶管机磕头时,从下方孔压入厚浆,辅以上方孔放土进行纠偏。应增加顶管机姿态监测频率,勤纠缓纠,严禁急纠,造成轴线失控、摩阻力剧增等事故。

4.3.4 同步顶退控制

同步顶退时,新顶管机与故障顶管机间净距控制 ≤ 20 cm,顶进和退管两套控制系统应同步联动,同时顶退,协调一致。安排两组专业技术人员,实时沟通顶进参数,保证联动机制,重点监测开顶时间、终顶时间、顶进速度、顶进距离和退管距离等,避免顶管机净距过小引起的磕碰事故或顶管机净距过大引起的坍塌事故。如此反复逐节退出所有管节、同步顶进新的管节。

4.3.5 填充泥浆施工

退管填充泥浆,可避免退管过程中引起的水土流失、地面坍塌事故,借助原泥浆循环系统的进泥管,根据泥水压力表数值,适时向顶管机前方补充泥浆,达到水土压力平衡的目的。根据土层特性,选用黏度大、失水量小的优质泥浆,确保退管过程中泥水平衡面稳定,泥浆坍塌度控制在180~220 mm,黏度控制在22~26 s,由注浆泵注入到进泥管中。

4.3.6 贯通应急预案

当退管完成退出故障顶管机后,新顶管机与洞门仍有近20 cm的距离,此时洞门处于敞开状态,洞门止水失效,受地下水侵扰,易发生渗水、管涌、流土的现象,抢护不及时将引起大量水土流失,造成漏洞险情。险情发生后,应立即启动贯通应急预案:水下进洞法,向井内回灌水平衡基坑内外水头。新顶管机进入洞门后,潜水员水下探摸涌水涌砂情况,用高压水枪将洞口冲刷干净,并预制月牙形钢板,采用水下焊接工艺,将钢管和井壁套筒间隙焊接封闭。封闭完成后从地面打设注浆管,在管道外侧注双液浆,浆液固化3 d后,抽水拆除顶管机。

4.4 实施效果

顶进阶段同常规顶管施工,在同步顶退阶段,两顶管机净距控制与地表沉降关系密切,发现当两顶管机净距30~50 cm时,地表发生1~2 cm不均匀沉降,当两顶管机净距10~20 cm时,地表沉降保持在1 cm以内,佐证前述顶管机净距20 cm的合理性。顶进耗时6 d,同步顶退耗时8 d,顺利解决管道无法贯通的难题。

5 结语

区别于钢筋混凝土管顶管,原水工程钢顶管管节刚性连接,更便于退管法的实施,结合某原水工程钢顶管设备故障无法贯通的工况为例,优化退管方案,创新提出同步顶退工艺,通过适时填充泥浆减少水土流失、故障顶管机开孔注厚浆辅助纠偏、合理控制顶管机净距20 cm、利用原油缸主动止退、洞门止水改装及制定针对性的贯通应急预案等一系列措施,成功完成管道贯通任务,具有工期短、成本低、影响小的特点,为今后类似原水工程钢顶管施工提供一些可参考的措施。

参考文献:

- [1] 葛春辉.顶管工程设计与施工[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] 杨鸿炜.顶管施工技术在市政工程中的应用[J].山西建筑,2014,40(36):104-106.
- [3] 李才波.拔管技术在顶管施工故障处理中的应用[J].广东土木与建筑,2005(4):49-50.
- [4] 顾春峰.顶推与反拔技术在顶管越江工程中的应用[J].建筑施工,2022,44(7):1657-1661.
- [5] 甄亮.顶管工程中的退管法施工对环境影响的研究[J].建筑施工,2018,40(6):989-991.
- [6] 马敬豹,苏现月.混凝土排水管道退管施工工艺[J].施工技术,2016,45(S1):530-532.

(上接第167页)

参考文献:

- [1] 尤德纯.对穿堤泵站跨汛期施工度汛安全的探讨[J].吉林水利,2021(3):59-62.
- [2] 陈亮.沿江深基坑度汛风险分析与应对措施研究[J].水利技术监督,2022(11):247-249.
- [3] 黄锦添.探讨城市排涝泵站施工关键点进度控制的技术管理措施

[J].珠江水运,2022(1):52-54.

- [4] 张辉.大沙河水库入库泵站跨汛期施工常见问题及对策[J].科技风,2020(33):116-117.
- [5] 黄庆全,杨允大.黄猿电排站汛期施工应急度汛方案[J].技术与市场,2016,23(5):197-199.
- [6] 熊国平.丰城市郭家口水闸工程除险加固与度汛措施分析[J].黑龙江水利科技,2019,47(1):150-152.