

南淝河中游重点排口初雨污染控制工程新技术总结与分析

夏伦学

(合肥市排水管理办公室, 安徽 合肥 230001)

摘要 南淝河中游重点排口初雨污染控制工程为老城区雨污水截流改造治理项目, 主要由截流、调蓄两大单体工程组成。调蓄池基坑支护在施工过程中首次采用预应力鱼腹梁技术; 进水泵房最大埋深 23m, 泵房基坑施工过程中采用逆作法拆换撑技术, 保证基坑稳定; 调蓄工程土方工程量约 22 万 m^3 , 施工过程中充分运用紧邻南淝河地理优势, 采用船运方式, 有效节约土方工期 3 个月, 实现绿色环保目标; 调蓄工程混凝土方量 3.2 万 m^3 , 为大体积混凝土, 施工过程中采用自动温控技术, 保证混凝土浇筑质量。

关键词 预应力鱼腹梁 逆作法拆撑 截流工程 调蓄工程

中图分类号: X52

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)07-0158-03

1 工程概况

本工程截流工程起点为和平路矿机南泵站, 终点为巢湖南路西李郢泵站, 沿线截流矿机南泵站、二里河、池郢泵站、西李郢箱涵初期雨水; 管线全长约 2.4km, 管道埋深现状地面以下 18m, 最大管径 3m, 施工过程中在安徽省首次采用大管径、长距离曲线顶管技术, 实现管线两次穿越南淝河目标。调蓄工程由调蓄池、进水泵房、除臭间组成, 均为地埋式, 建成后地上空间利用为滨河公园。调蓄池位于铜陵路桥与巢湖南路交口东北侧, 紧邻南淝河 5m, 最大埋深 14.8m, 容量 5 万 m^3 , 为安徽省目前首座最大单体容量调蓄池。

2 本工程施工难点分析

2.1 截流工程难点

1. 截流管线穿越老城区, 两次穿越南淝河。南淝河历经多次改道、自然冲刷、人工拓宽形成目前河道现状, 历次治理河道中保留的木桩、砌石挡墙、混凝土灌注桩挡墙因为年代久远, 无法勘察具体位置, 截流管顶进施工充满未知性; 截流管线穿越交通繁忙、建筑物密集的老城区, 绿化、杆管线迁移量大, 且施工场地受限; 由于接驳点位于南淝河两岸, 截流管的贯通需要两次横穿南淝河, 因南淝河流域地质情况复杂、土质较差, 暂无顶管施工横穿南淝河成功案例。

2. 顶管穿越混凝土排桩。5#-28# 管道顶管施工穿越南淝河北岸防洪墙桩基, 桩基为三排 $\phi 400\text{mm}$ 的钢筋混凝土灌注桩, 管道与桩基交叉, 管道需穿越破除桩基 6 根。

3. 19#-20# 井顶管穿越直径 2m 污水管道。直径 3m 截流主管穿越铜陵路, 与现状铜陵路 2m 污水主管交叉, 垂直净距 2.38m, 原设计方案为顶管前注浆加固, 但经现场三次试验, 由于加固层土体密实度高, 浆液无法注入。该老管道为南淝河左岸服务范围内唯一进水主管, 收水面积 35.4 km^2 , 满负荷情况下污水量约 24 万 m^3/d , 该管道的运行状况对片区的污水收集起到关键性作用, 如何保证在顶进过程中管道不受破坏是本工程难点之一。

4. 顶管穿越河床沉积岩层。南淝河河道范围内, 地质条件复杂, 地质报告中虽显示管线所在土层为⑤粉土层, 但在 5#~10# 井顶进至 18m 时, 顶管机头正前方遇到大量石块, 导致该段顶管无法正常施工。

2.2 调蓄工程难点

1. 相邻基坑影响。调蓄池基坑 115.5m*59.5m, 基坑深度 14m; 进水泵房工程基坑为长方形, 沿南北向布局, 基坑长约 40m, 宽约 30m, 基坑深度 23m。两基坑相邻最短距离仅为 17.6m, 在各自基坑影响范围内。

2. 调蓄池与进水泵房深基坑止水。本工程跨汛期施工, 调蓄池和进水泵房基坑紧邻南淝河, 最短距离仅为 5 米, 南淝河汛期水位为 10.1m, 调蓄池池底高程 -1.73m, 水位差 11.83m; 进水泵房池底高程 -8.9 高程, 水位差 19m。施工区域内土层分布为透水性大的杂填土、淤泥和粉土 (含细砂), 透水率极高。

3. 调蓄池深基坑支护。调蓄池基坑 115.5m*59.5m, 设计采用三道鱼腹梁钢支撑技术, 该施工区域地质复

泵且毗邻南淝河,合肥暂无该技术使用的案例。

4. 进水泵房基坑支撑换撑与换撑。进水泵房基坑平面尺寸 31.8m*44.6m,深度 23m,基坑支护设计 5 道钢支撑,基坑开挖至底层,内部钢支撑纵横交错,支撑拆除与换撑制约主体结构施工。

5.23# 截流井狭小空间导流。23# 截流井井周边原始杆管线较多,且处于巢湖南路上,附近居民比较集中,施工场地狭小,交通受限。每年 6 月至 9 月份西李郢泵站运行正常排水流量在 $5\text{m}^3/\text{s}$; 10 月份至次年 5 月份,泵站在有临时暴雨或间接性雨水期间需要正常运行。

6. 土方运输。本项目调蓄站与截流管顶管工程土方工程量约 22 万 m^3 ,因项目周边用地紧张,施工现场不具备堆土条件。土方工程施工跨越中高考期间,土方运输问题制约本工程施工进度^[1]。

3 针对本工程施工难点的解决措施与新技术应用

3.1 截流工程

3.1.1 大管径、长距离曲线顶管,解决导行难题

(1) 为实现减少征拆面积、减轻对周边居民交通出行影响、绿色施工目标,通过前期现场勘查,建设单位会同设计、施工单位,进行管线线路优化、深化设计,通过曲线设计和增设中继间将工作井数量由 27 座减少至 15 座;项目部通过改进传统泥水平衡顶管工艺,成功完成曲线顶管 1154m。该技术为安徽省首次采用泥水平衡式曲线顶管工艺进行大管径顶管施工,达到国内领先水平。

(2) 针对 5# 井至 28# 井穿越南淝河顶管,结合现场实际情况,在沿管道顶进方向上方铺设防雨布,进行黏土覆盖,解决了因管顶覆土较浅和浮力较大导致河水倒灌的难题。

3.1.2 增设贝壳头,解决穿越混凝土排桩难题

针对 5 号井至 28 井穿越南淝河混凝土排桩难点,结合现场实际,借鉴 TBM 工作原理,在泥水平衡顶管机头前方设置贝壳头研磨钢筋混凝土排桩,同时在管道顶进完成后对挡墙下部进行注浆加固,防止了管道下方土体不均匀沉降。

3.1.3 采用 MJS 工法桩加固技术,保护现有直径 2m 污水管道

由于老管道下方为粉土层(混粉细砂),为了保证王小郢污水整体系统运行的安全可靠,并结合南淝河中游调蓄管 d3000 管道的施工,拟采用 MJS 工法桩对老管道正下方顶管土层进行加固。

3.1.4 旋挖钻机钻孔取石,解决穿越沉积岩层难题

针对穿越沉积岩层问题,施工过程中进行补勘,

精准定位岩层分布位置。顶管施工前,采用旋挖钻机在机头前方钻孔,将石块取出后回填黏土,解决了穿越沉积岩层的难题。

3.2 调蓄工程

3.2.1 科学计算+智慧监测,解决相邻基坑影响难题

为解决相邻深基坑施工的影响,基坑施工前,我公司与设计单位采用 GTS 软件进行了三维整体协同计算,对调蓄池及泵站基坑同时开挖工况进行模拟。且采用预应力鱼腹梁钢支撑技术,增强了水平支撑作用,减小了基坑变形,减少了相邻基坑影响问题,提高了基坑整体稳定性。采用多功能监测警报系统,根据监测数据调节支撑系统预应力,保障了支撑体系的有效性和安全性,显著降低了支撑体系对基坑施工空间的影响,提高了基坑施工效率。同时调蓄池基坑在开挖之前已将调蓄池抗拔桩施工完毕,避免开挖后由于支护内部钢支撑的存在,在基坑底无法施工抗拔桩。项目部根据模拟工况,调整基坑支护与开挖方案,确定了“调蓄池分区开挖,进水泵房慢开挖、快支撑”开挖与支护原则,同时在支撑构件上安装实时监测设备,实现自动预警与报警。2019 年 9 月 22 日完成调蓄池 15m 深基坑土方开挖工作、2019 年 10 月 4 日完成进水泵房 23m 深基坑土方开挖工作,为主体结构施工争取了宝贵时间^[2]。

3.2.2 高压旋喷+新三轴搅拌桩,解决止水难题

我公司根据前期施工灌注桩绘制的详细土层分布图,对桩间高压旋喷及外侧三轴搅拌桩施工参数随土层分布情况进行调整;同时对三轴搅拌桩机搅拌头进行二次改进,解决了三轴搅拌桩机在硬质土层中无法成桩的难题。基坑开挖完成后,基坑内壁无渗透点,有效止水,实现基坑安全。

3.2.3 预应力鱼腹梁钢支撑技术,钢材重复利用,实现快速出土

基坑开挖过程中,应用预应力鱼腹梁钢支撑技术,鱼腹梁每层支撑安装与挖土顺序相同,必须等每块区域支撑安装结束后,且施加预应力达到 100% 后,则该区域内土体可开挖至下一层,边坡需预留;如工期较长,建议每层所有支撑体系全部完成时,再挖下层土体,沿拱形杆件抛物线方向布设钢绞线,通过在下层基坑土体开挖前施加预应力,增强钢桁架的刚度,实现大幅限制围护结构位移,为主体结构施工创造较大广阔空间;拆撑过程中,通过设置素混凝土换撑带及支撑,限制支撑变形,解决了传统转换支撑带来的结构防水难题。同时有效地控制深基坑的变形,保证施工安全,在施工过程中对调蓄池基坑支护采用的水平可调节拱

形装配式钢支撑施工方法,可以明显减小深层土体的水平位移累积量,在基坑继续开挖的过程中,深层土体的水平位移的变化速率明显减缓,达到有效控制深基坑变形的效果。各类钢构件可重复使用,施工成本较传统混凝土支撑降低了 23.5%,也有效保证了施工质量。

3.2.4 逆作法拆换撑施工技术,解决基坑稳定难题

进水泵房基坑深度为 23m,设置 5 道钢支撑,为解决传统进水泵房内部钢支撑纵横交错不利于主体结构施工,我公司会同设计院进行深化设计,利用泵房隔墙作为传力构件,在纵向侧墙隔墙位置增加混凝土传力带。

1. 换撑顺序。主体结构底板施工→浇筑素混凝土换撑带→拆除底层拱形梁装配式支撑→安装斜抛撑→主体结构板墙施工→浇筑中间层传力带→拆除上层支撑。

2. 浇筑素混凝土换撑带。在主体结构底板施工过程中,根据设计图纸,在底板与围护结构之间浇筑素混凝土传力带,素混凝土换撑带达到设计强度后,拆除底层拱形梁装配式支撑。

3. 安装斜抛撑、浇筑中间层传力带。(1)主体结构底板施工完毕后,利用底板上设置的混凝土牛腿安装斜支撑,斜支撑顶部位于结构外墙内侧;考虑斜支撑与建筑物支撑架交叉,板墙进行钢筋安装时,在板墙钢筋中预埋支撑钢板,用临时排架支撑斜撑,保证板墙钢筋不受斜支撑自重影响整体偏移;板墙模板安设后,斜支撑与板墙一起成型,待板墙混凝土强度达到设计要求后,拆除斜支撑临时支撑。(2)板墙混凝土强度满足拆模要求后,拆除中间层传力带处外模板,在外墙和围护结构之间浇筑传力带钢筋混凝土^[1]。实现换撑体系转换同时不影响主体结构施工的目标。

3.2.5 研发导流式基坑支护新体系,解决狭小空间导流难题

23# 截流井基坑开挖前,通过在待开挖基坑外围施工内外两圈高压旋喷桩并分别内插 H 型钢,内外圈桩体均设置混凝土冠梁,且内外圈桩体间隔采用梁支撑连接,在桩间开挖形成导流槽,原箱涵侧壁开孔,与导流槽之间相连形成导流。

双层支护体系形成满足连续自流能力的导流槽,维持原有箱涵的过流能力,为 23# 截流井主体结构施工提供了安全稳定的作业环境。

3.2.6 船运土方,实现绿色施工

调蓄工程土方工程量约 22 万 m³,施工过程中充分运用紧邻南淝河地理优势,采用船运方式,有效节约土方工期 3 个月,实现绿色环保目的。

4 总结

此工程为解决二里河、史家河、池郢泵站及西里郢泵站排口对南淝河干流中游段的污染,同时在滨水公园内新建调蓄站一座,其中调蓄池容量为 5 万方,另有进水泵房及除臭间等设施,调蓄站主体结构为地埋式设计,建成后恢复原有公园;且在滨河路、巢湖路新建截流管一道,管道长度 2400 米,管径 d1200~3000mm。

其中调蓄池为钢筋砼结构,平面尺寸 112.1*63.7m,开挖深度约 15m,基坑围护采用“钻孔灌注桩+三轴水泥土搅拌桩止水帷幕+三道装配式预应力鱼腹梁钢支撑”;进水泵房为钢筋砼结构,平面尺寸 51.2*25.2m,开挖深度约 23m,基坑围护采用“钻孔灌注桩+三轴水泥土搅拌桩止水帷幕+五道装配式预应力鱼腹梁钢支撑”,除臭间为钢筋砼结构,平面尺寸 34.7*11.7m,开挖深度约 7m,管理用房为两层钢筋砼结构,建筑面积 789.61m²,计量井平面尺寸 3.5*2.5m,开挖深度 3.6m;另有调蓄站运行所需要的给水管、雨、污水管线等配套设施。

截流顶管工程在保证设计使用功能的前提下,采用长距离曲线顶管施工工艺,将原设计 28 座管井优化为 15 座,大大的减轻了城市交通压力,降低了对周边居民生活出行及环境影响,同时减少了大量珍贵苗木的迁移。其中 d3000mm 管道总长度为 1700m,单次顶进最长长度约 400m,曲线率半径为 920m,是安徽省首例大口径长距离曲线顶管成功的先例。实施过程中,项目部克服种种困难,控制顶进速度、泥仓压力、注浆量等方法,两次顺利地穿越南淝河河道以及铜陵路原有污水主管道。

通过新型止水体系、预应力鱼腹梁钢支撑、狭小空间导流式支护新体系等技术应用,调蓄工程提前 3 个月主体结构完成、23# 截流井提前 4 个月改造完成发挥工程效益,为实现 5 月底通水目标打下了坚实基础。大管径、长距离曲线顶管技术的应用,不仅节约了工程成本,同时大幅度减少绿化、杆管线迁移,减轻了老城区交通导行压力,具有较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 张衡. 装配式预应力鱼腹梁钢结构支撑对深基坑变形的控制技术与方法研究 [D]. 淮南: 安徽理工大学, 2014.
- [2] 徐冬宝. 大直径混凝土顶管出洞的关键施工技术 [J]. 建筑施工, 2013(04):318-320.
- [3] 吴荣荣. 泥水平衡式曲线顶管施工技术在水力改造工程中的应用 [D]. 厦门: 华侨大学, 2013.