

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.02.028

某超深雨水泵站结构方案比选

贾玉宾,黎超,高捷

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司,湖北武汉430023)

摘要:杏花路下穿通道雨水泵站项目位于武汉市新洲区,泵站深度较深,为选取合适的建造方案,在设计前期针对雨水泵站常见的两种施工工艺——明挖现浇法和沉井法,做了详细的方案设计,并在施工难度、施工工期、对周边环境的影响和工程造价等方面进行了对比分析。结果显示:沉井法比明挖现浇法的优势在于综合造价低、风险小,但工期较长,在工期不是控制因素的前提下可以优先采用;在软土地区施工沉井时,需要在设计阶段充分考虑沉井下沉过程中可能出现的各种问题,采取充分的措施降低风险,确保沉井顺利实施。

关键词:超深雨水泵站;明挖现浇法;深基坑支护;沉井法

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)02-0125-03

0 引言

武汉市杏花路与现状铁路平交,在综合考虑技术可行性、铁路管理部门要求和造价等多方因素后,经过方案比选,排除了平面交叉和高架桥上跨两种方案,最终采用下穿通道方案,下穿通道两侧采用敞口段与道路顺接。下穿通道范围内雨水由边沟汇集到最低点处的结合井内,结合井底部设两根直径0.8 m的钢管将雨水排至雨水泵站,经过雨水泵站抽排后排出,确保通道不发生淹水的情况。雨水泵站深度较深,约为15 m。泵站主体结构一般有明挖现浇法和沉井法两种方案^[1]。针对这两种方案,在设计项目前期做了详细的方案设计,并在施工难度、施工工期、对周边环境的影响和工程造价等方面进行了对比分析。

1 工程概况

杏花路位于武汉市新洲区阳逻国际港核心区,与现状铁路平交,采用地下通道方案下穿铁路。杏花路为城市次干路,双向四车道,主路设计速度40 km/h,辅路设计速度30 km/h。下穿铁路通道设计净高:机动车道不小于5.2 m,人行道和非机动车道不小于2.5 m。为减小引道长度,两侧引道设计纵坡分别为-4.9%、4.91%,通道最低点位于敞口段,如图1所示。

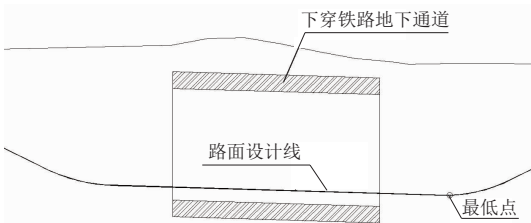


图1 下穿铁路通道处道路纵向示意图

下穿通道范围内,雨水经边沟和横截沟汇入最低点处的结合井内。结合井底部设两根进水管将雨水排至雨水泵站,再经泵站抽排至市政管网。泵站为双舱型,平面净尺寸为6.6 m×5.9 m+6.6 m×4.1 m,净深14.2 m。雨水泵站距铁路边线约43 m,距道路红线约3.6 m,距敞口段U型槽边线约15 m。雨水泵站平面布置如图2所示。

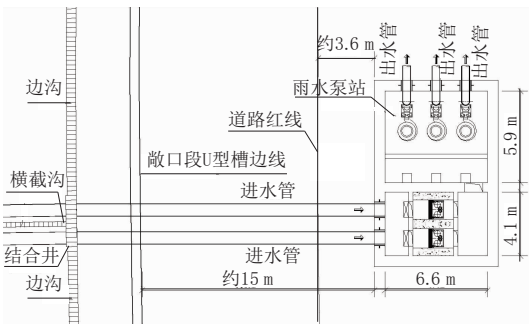


图2 雨水泵站平面布置

进水管埋深约11 m,进水管为内径0.8 m的钢管,壁厚0.01 m,两根进水管中心距1.8 m,满足双管顶进管道中心距在 $2D\sim 3D$ (D 为管道外径)的要求,可采用顶管法施工,顶管工作井设在通道敞口段基坑内。无论雨水泵站池体采用明挖现浇法或沉井法,均将雨水泵站池体作为顶管接收井。出水管埋深约

收稿日期:2023-02-22

作者简介:贾玉宾(1989—),男,本科,工程师,一级注册结构工程师,主要从事市政结构和房建结构设计工作。

1.6 m,可采用放坡开挖敷设。在方案比选时,只考虑雨水泵站地下部分的相关因素。泵站上部为单层钢筋混凝土排架厂站,如图3所示。

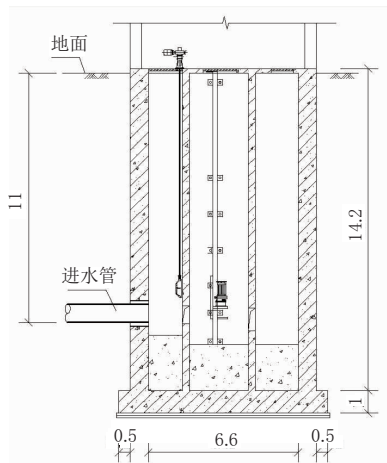


图3 雨水泵站示意图(单位:m)

本工程结构设计基准期为50 a,结构安全等级为二级,设计地震分组为第一组,场地类别为Ⅱ类。根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)规定,武汉市新洲区阳逻街道Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为0.05g,反应谱特征周期为0.35 s。泵站抗震设防类别为丙类。泵站地面处活荷载按10 kN/m²考虑。

2 周围环境及水文地质条件

2.1 周围环境

雨水泵站现状场地地势起伏不大,主要为空地。现状道路距离较远,场地上空有一条10 kV居民电力线路。该电力线已纳入迁改范围,场地地下无电缆、燃气、水等管网,周边环境相对较为宽松。

2.2 水文地质条件

本工程场地属河湖堆积平原区,属于长江一级阶地。现场场地地势起伏不大,主要为现状道路、空地、厂区、建筑工地等,地势平坦。武汉地区长江两岸一级阶地第四系砂(卵石)土层孔隙承压水储量丰富,含水层顶板为上部黏性土,底板为基岩,含水层厚度14~45 m,一般为30 m左右,承压水最高测压水头标高一般为20.0 m左右(黄海高程),年变幅3~5 m。越靠近河流岸边地段,地下水年变幅明显增大,最高承压水位标高超过20.0 m。场地地基土主要为人工填土、全新统冲湖积相淤泥质土、淤泥、第四系全新统黏性土夹粉土粉砂、粗砂夹卵石,下部基岩为白垩~古近系泥质砂岩。场地范围内软土层总厚度大于8 m,属于地面沉降重点防控区。软土具有低强度、高压缩性、高孔隙比、高灵敏度、易扰动和易触

变等特点,工程性能差,易形成滑动面,是影响沟槽边坡稳定的不良土层。

雨水泵站处的工程地质条件及基坑围护设计参数见表1(分为7个土层:1—素填土,2—粉质黏土,3—黏土,4—粉质黏土夹粉土粉砂,5—淤泥质粉质黏土夹粉土粉砂,6—粉质黏土,7—粗砂夹卵石)。

表1 土层设计参数

编号	厚度/m	$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	F_{ak}/kPa	摩阻力/kPa
1	1.5	18.6	10	8	—	12
2	4.2	18.1	12	6	60	11
3	3	18.6	15	7	85	16
4	4	18.6	10	13	100	17
5	4.3	17.7	8	10	70	11
6	7.8	18.8	16	9	100	17
7	1.6	20.5	0	33	245	25

3 方案比选

3.1 明挖现浇法

明挖现浇法泵站主体结构简单,施工工艺成熟,主体结构质量可靠,主要的难点在于泵站深度较深。基坑开挖深度约15 m,场地土为深厚软土且承压水埋藏浅,需进行深基坑支护设计。根据水文地质条件、基坑开挖深度、周围环境条件等因素,综合考虑之后,本项目采用钻孔咬合桩支护,深基坑支护结构取单位长度按弹性地基梁进行计算分析,土压力采用朗肯土压力理论分层计算。计算时考虑开挖阶段结构的先期位移和支撑的变形,按“先变形,后支撑”的原则进行计算分析^[2],计算采用理正深基坑7.0PB5软件。经过计算分析,深基坑支护采用桩径1.2 m桩间距0.9 m的钻孔咬合桩,咬合0.3 m。其中钢筋混凝土桩长30 m,素混凝土桩长25 m,钢筋混凝土桩采用C30水下混凝土,素混凝土桩采用C20超缓凝水下混凝土。沿基坑深度方向共设四道钢筋混凝土支撑,第一道支撑设在桩顶以下0.5 m处,支撑竖向间距均为3.7 m。基坑底部采用满堂三轴水泥土搅拌桩加固被动区土体,桩径0.85 m,桩间距0.7 m,桩间咬合0.15 m,土体加固深度为6 m,桩顶高程为基坑底高程,桩顶向下6 m深度范围内喷浆,桩顶至地面范围内水泥土搅拌桩为空桩。桩身最大弯矩设计值为1 641 kN·m,桩身最大水平位移为13.3 mm,小于30 mm,满足一级基坑变形要求。明挖现浇法结构方案如图4所示。

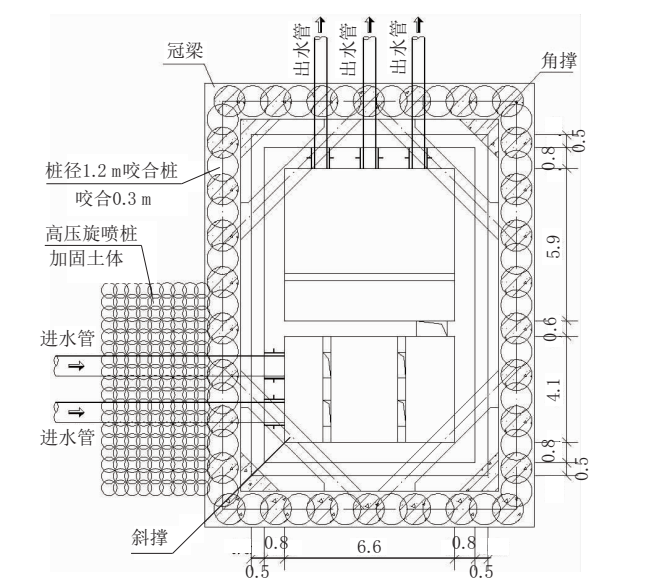


图 4 明挖现浇法结构平面示意图(单位:m)

3.2 沉井法

沉井法即先在地面制作泵站主体结构，在混凝土强度等级达到要求后，在井内取土并依靠自身重量克服井壁与土的摩擦力下沉至设计高程。沉井的施工顺序一般为：地基处理→制作第一节沉井→抽垫木、挖土下沉→沉井接高下沉→封底。本工程地下水丰富，承压水位较高，且沉井下沉深度范围内存在透水性强、稳定性差的土层，适宜采用不排水法下沉^[3]，即在井内取土时采用水利机械带水作业，待沉井下沉到位后进行水下混凝土封底，待水下混凝土强度达到 100%后抽干井内水，然后进行下一步施工。采用不排水法下沉的沉井需加高刃脚，刃脚高度与水下混凝土封底厚度相匹配，以使沉井主体和水下混凝土封底结合为整体共同抵抗水浮力。

本工程雨水泵站平面为矩形，长边方向有中隔墙，可采用双孔矩形沉井，考虑中隔墙的作用，以减小井壁的计算跨度，增加沉井下沉时的整体刚度。在中隔墙下设刃脚，还具有阻沉的作用。下沉时增加下沉阻力，可有效防止沉井突然下沉和下沉速度过快。另外，考虑到中隔墙位置不居中，且两侧宽度相差较大，为使沉井重心和形心重合，减小偏沉的可能，经将中隔墙两侧池体宽度统一为 5.9 m。沉井法结构方案如图 5 所示。

3.3 方案对比分析

对明挖现浇法和沉井法的特点进行对比分析(见表 2)可知，沉井法具有造价低、风险小的优点，还可以避免深基坑支护的风险。缺点是工期较长，但本工程雨水泵站属于下穿通道附属工程，工期不是制约因素，因此推荐采用沉井法。

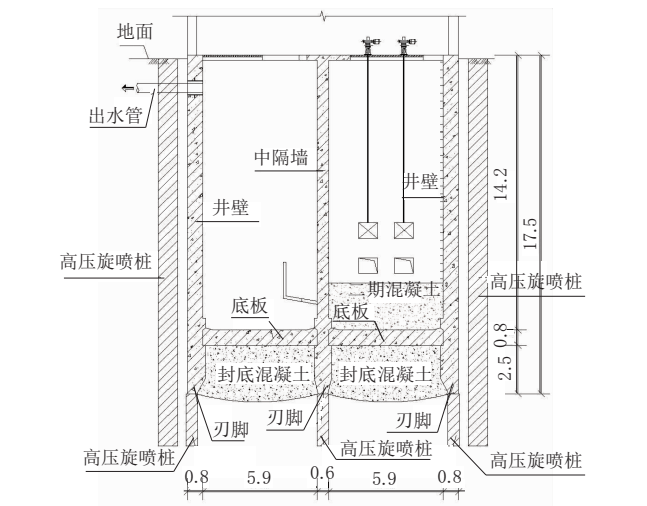


图 5 沉井法结构示意图(单位:m)

表 2 方案比选

比较因素	明挖现浇法	沉井法
施工难度	深基坑支护工艺复杂，工序多，风险大	沉井施工技术简单，自身可兼作支护结构，但沉井施工过程中如发生偏斜、突沉、移位等情况，处理过程较繁琐
施工工期	总工期约 100 d	沉井分节制作，分节下沉，总工期约 150 d
对周边环境的影响	深基坑施工过程中需持续降水，可能会引起深基坑周边地面沉降，对周边环境的影响较大	采用不排水法施工，可避免由降水引起的地面沉降，对周边环境有一定影响
工程造价	约 950 万元	约 650 万元

4 在软土区施工沉井的措施

在软土区施工沉井时，为防止沉井下沉过程中出现突沉、偏沉、下沉过快等问题，还采取了以下措施：(1)在沉井井壁外侧 0.5 m 处设两排高压旋喷桩，桩径 0.6 m，桩间搭接 0.15 m，桩长 20 m；(2)在刃脚底部预先打入高压旋喷桩，桩径 0.6 m，桩间距 1.2 m，桩长 20 m；(3)采用分节制作、分节下沉的方式，沉井总高 17.5 m，一共分四次制作、四次下沉。第一节沉井高 5.5 m，第二～四节沉井均高 4 m。第一节沉井下沉完毕后，停止井内取土，沉井停止下沉后进行第二节沉井制作。重复上述步骤，直到沉井完全下沉到位。通过以上措施，能够准确地控制沉井下沉速度、深度和稳定性。

5 结 语

雨水泵站工程通常具有占地面积小、埋置深度较深的特点。经过对雨水泵站常见的两种施工工艺——明挖现浇法和沉井法在施工难度、施工工期、对周边环境的影响和工程造价等方面进行了综合比较分析，得出以下结论。

(下转第 131 页)

降低了 1.46 mg/L,去除了大部分的 TP。但也表明改良 Bardenpho 工艺出水 TP 尚无法满足出水排放标准,高效沉淀池投加混凝剂后出水 TP 为 0.08 mg/L,达到设计出水水质要求。改良 Bardenpho 工艺对 TP 去除率为 79.68%,沿程 TP 变化如图 7 所示。

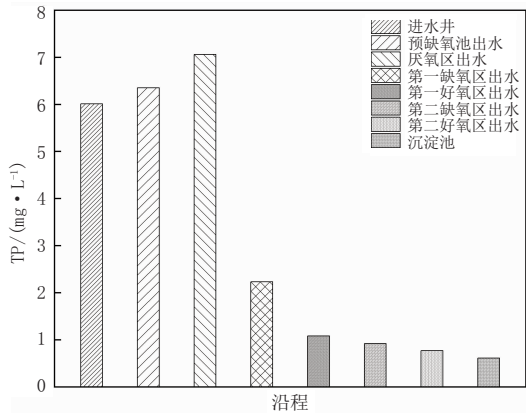


图 7 沿程 TP 变化规律

6 结 语

在进水 COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 分别为 233.0、41.3、50.1、3.79 mg/L 情况下,改良 Bardenpho 工艺对 COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 等污染物去除率分别达到了 94.98%、98.35%、93.95%、79.68%,出水 COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 分别为 11.70、0.68、3.03、0.77 mg/L,除

TP 尚需通过深度处理强化去除外,其余指标均优于设计出水水质。

参考文献:

[1] Barnard. A review of biological phosphorous removal in the activated sludge process[J].Water S.A.1976,2(3): 136-144.
[2] 王胤,吴嘉利,翔姚,等.五段 Bardenpho/生物滤池在氧化沟提标改造中的应用[J].中国给水排水,2022,38(10): 74-78.
[3] 王焕荣,牛新光,殷配福.改良 Bardenpho 工艺用于处理垃圾渗滤液[J].中国给水排水,2014,30(12): 16-19.
[4] 郭远凯,黎松强,吴馥萍.改良 Bardenpho 工艺同步脱氮除磷处理小区生活污水[J].水处理技术,2008(10): 57-59.
[5] 姚伟涛,肖社明,张永祥.改良 Bardenpho 工艺处理低 BOD₅/TN 混合污水工程设计[J].中国给水排水,2018,34(14): 67-70.
[6] 白华清,贺阳,袁绍春,等.改进型 Bardenpho+反硝化滤池用于污水厂提标改造[J].工业水处理,2021,41(12): 132-135.
[7] 刘浩,杨俊杰,于宁. Bardenpho 五段法/MBBR 用于青岛李村河污水厂三期扩建[J].中国给水排水,2016,32(24): 62-66.
[8] 宋田翼. Bardenpho+生物滤池(DN+CN)用于污水厂准Ⅳ类出水提标[J].中国给水排水,2020,36(22): 106-109.
[9] 孙欣,崔洪升. Bardenpho+深床滤池工艺用于半地下污水处理厂工程[J].中国给水排水,2017,33(16): 82-85.
[10] 刘娟,项绪文,沈军,等. Bardenpho MBBR+磁絮凝沉淀用于污水厂升级改造[J].中国给水排水,2023,39(4): 70-74.
[11] 朱泽龙. 改良型 Bardenpho 与 MBBR 组合工艺在城市污水处理厂中的应用研究[D].保定:河北大学,2017.

(上接第 127 页)

(1)沉井法相比明挖现浇法的优势在于综合造价低、风险小,但工期较长,在工期不是控制因素的前提下可以优先采用。

(2)在软土地区施工沉井时,需要在设计阶段充分考虑沉井下沉过程中可能出现的各种问题,采取充分的措施降低风险,确保沉井顺利实施。

参考文献:

[1] 马超.泵站地下池体结构形式及施工方案对比分析[J].城市道桥与防洪,2021(12):106-108.
[2] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].2 版.北京:中国建筑工业出版社,2009.
[3] 给水排水工程结构设计手册编委会.给水排水工程结构设计手册[M].2 版.北京:中国建筑工业出版社,2007.