

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyf.2020.10.032

大型排水泵房基坑优化设计研究

李英琦

(上海市政交通设计研究院有限公司, 上海市 200030)

摘 要: 目前大量排水工程的地下泵房采用基坑支护的方式施工。大型排水泵房的结构具有地下各层的层高比较高、内隔墙布置复杂等特点。因此, 基坑支护工程的设计和施工存在内支撑布置和换撑困难的问题。以某大型排水泵房的基坑优化设计为例探讨了一种利用给排水地下构筑物的结构特征布置换撑的方法, 减小基坑支护工程中的换撑难度, 加快施工进度。

关键词: 大型排水泵房; 基坑支护优化; 结合主体结构换撑

中图分类号: TU991.36 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2020)10-0111-04

0 引 言

大型排水泵房经常采用基坑支护开挖现浇的施工方法。由于泵房埋深较深, 且内部结构复杂, 纵横向的隔墙较密集, 因此在基坑设计时, 内支撑布置较为困难。同时, 泵房地下各层的层高较高, 使得在主体结构回筑时较难利用楼板进行换撑。

本文结合某排水泵房基坑支护工程支撑布置和换撑方案的研究探讨了大型排水泵房基坑的优化设计。

1 项目概况

1.1 泵站结构设计方案

项目新建的排水泵房为一座现浇钢筋混凝土结构的全地下式合流泵房, 平面尺寸约为 31.10 m × 20.60 m, 进水闸门井平面尺寸约为 12.40 m × 5.80 m; 进水闸门井和泵房之间由两座进水箱涵连接。现状地面标高 4.80 m, 设计地面标高 7.50 m。

泵房结构分标高 -10.30 底板层、标高 2.80 中板层和标高 7.80 顶板层三层, 横向设置三道隔墙或框架(分别为②、③、④轴线); 纵向设置五道隔墙(分别为B、C、D、E、F轴线)(泵房平面和剖面布置见图 1 和图 2)。

1.2 工程地质概况

基坑范围内场地浅部土层分布及围护设计参数见表 1。

1.3 工程周边环境

泵站周边场地上的建筑物都已拆除, 地下管线也已搬迁, 距离基坑挖深两倍范围内无重要保

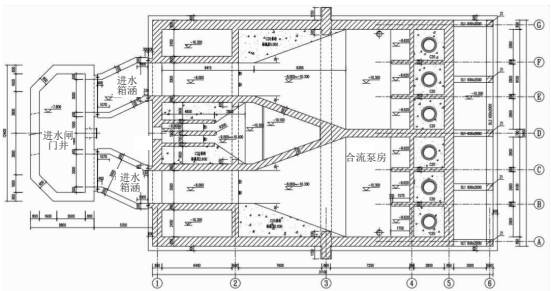


图 1 泵房平面图(单位:mm)

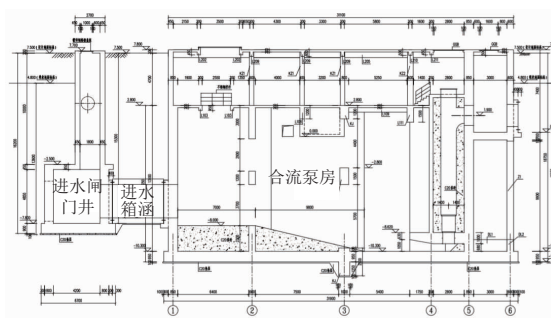


图 2 泵房剖面图(单位:mm)

表 1 基坑围护设计参数

层号	土层名称	重度 γ / ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	直剪固块(峰值)		渗透系数 建议值 K / ($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)
			黏聚力 C/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\circ)$	
① ₁	填土	18.0	8.0	8.0	2.0E-04
① ₃	灰色黏质粉土夹 淤泥质粉质黏土	18.1	4.3	28.9	5.0E-07
② ₁	灰黄色黏土	18.8	19.8	14.2	4.0E-04
② ₃	灰色黏质粉土	18.4	4.0	29.1	3.0E-07
④	灰色淤泥质黏土	16.8	10.5	10.9	3.0E-06
⑤ ₁	灰色粉质黏土	18.1	15.2	16.9	5.0E-06
⑤ ₂	灰色砂质粉土夹 粉质黏土	18.4	4	29.7	3.7E-05
⑥	暗绿~黄色 粉质黏土	19.8	47.2	18.3	2.0E-06
⑦ ₁	灰黄色黏质粉土	18.9	4.6	28.7	7.0E-04
⑦ ₂	灰色粉砂	19.6	2.5	31.3	1.0E-03

收稿日期: 2020-05-07
作者简介: 李英琦(1973—), 男, 学士, 高级工程师, 从事
市政工程结构设计工作。

护建(构)筑物或管线。

2 基坑支护原设计方案

2.1 基坑工程概况

基坑基本呈规则多边形,周长约 143 m,开挖面积约 1 115 m²。场地平整后基坑开挖起始标高为 4.80 m。基坑开挖深度:合流泵房大面积开挖深度为 16.15 m,北侧进水闸门井区域挖深 13.60 m。基坑安全等级一级,基坑环境保护等级为二级。

2.2 支护方案

(1) 围护体系

基坑围护桩采用 $\phi 1050@1250$ 钻孔灌注桩,进水闸门井挖深 13.60 m 区域与合流泵房 16.15 m 挖深区域高差交界处采用 $\phi 800@1000$ 钻孔灌注桩。围护桩外侧设置 $\phi 850@600$ 三轴水泥土搅拌桩止水帷幕。

(2) 支撑体系

基坑水平支撑系统采用一道混凝土水平支撑 + 三道钢支撑,支撑体系的布置采用“对撑 + 角撑”的形式,见表 2 及图 3、图 4。

表 2 基坑水平支撑

支撑系统	中心标高 / m	围檩 / mm	主撑 / mm
第一道混凝土支撑	+3.300	1200 × 800	800 × 800
第二道钢支撑	-0.750	双拼 H800 × 300	双拼 H700 × 300
第三道钢支撑	-4.500	双拼 H800 × 300	双拼 H700 × 300
第四道钢支撑	-8.250	双拼 H800 × 300	双拼 H700 × 300

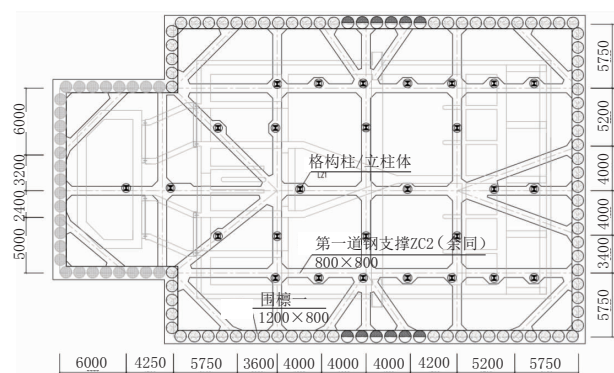


图 3 第一道支撑平面图(单位:mm)

(3) 拆换撑工况

基坑开挖施工至坑底后,浇筑垫层、底板及换撑板,→拆除第四道钢支撑,利用底板换撑,→主体结构向上施工至第三道支撑下部,第三道支撑穿墙不进行拆换撑,继续施工主体结构至第二道支撑,→第二道支撑穿墙不进行拆换撑,→结构向上施工完成中板层(标高 2.80 m),至第一道混

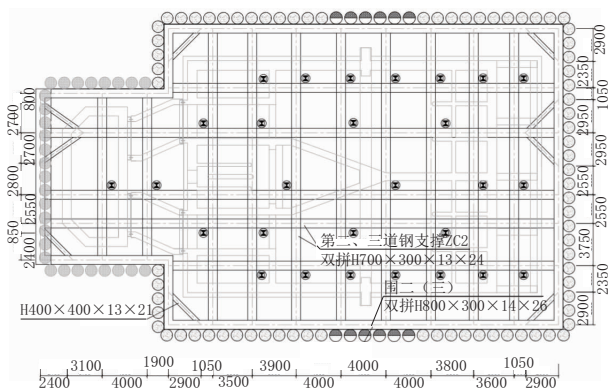


图 4 第二、三道支撑平面图(单位:mm)

凝土支撑底,拆除第一道支撑→继续施工泵房结构至顶板,→待整体结构施工完成后,进行回填,割除第三、第四道钢支撑。

3 优化设计方案

由于项目建设计划调整,缩短了工期,为了加快施工进度,建设方要求对基坑工程方案进行设计优化。

经分析研究,原基坑支护方案中,支撑竖向多达四道,且纵横向水平间距均较小,使得土方开挖较困难,施工周期较长;在泵房结构回筑过程中,大量钢支撑贯穿结构墙体,不进行拆换撑,使得泵房运行阶段渗漏水的概率大大增加。

因此,通过对支撑布置和换撑方法进行研究调整,既要降低施工难度、加快施工周期,又要解决主体结构的防渗漏问题、确保工程质量是本次基坑工程方案优化的主要目的。

3.1 基坑换撑方式分析

在基坑支护工程中,通常通过换撑来解决结构回筑过程中围护墙体的受力和变型稳定等问题。换撑一般利用结构本身的各层水平向楼板替换相应的竖向各道内支撑。

但在很多大型全地下泵房中,各层的层高比较高,楼板竖向间距较大,使得竖向有若干道支撑无对应的楼板可用于换撑。因此,大型泵房的基坑支护设计时,一般只能采取两种方案。一是不拆换撑方案,即保留原有支撑,使其贯穿主体结构墙体;二是临时换撑方案,即在待拆除的支撑下方已施工的主体结构墙体内侧设置临时支撑,随后拆除上方原有支撑,并继续向上浇筑主体结构至顶板并回填基坑后,再拆除临时支撑。

采用第一种不拆换撑方法,需要在泵房主体结构外墙中设置复杂的止水构造。由于地下排水泵房(特别是污水泵房或合流泵房)对结构渗漏控制的要求很高,而支撑一般截面尺寸较大,止水

构造施工繁琐,且质量较难控制,防水效果往往不好,容易对泵房今后的运行阶段造成不利影响。

若采用第二种临时换撑方法,需要在结构外壁内侧架设临时钢支撑进行换撑,但由于泵房内部隔墙较多,支撑被隔墙分割成多段,分段支撑实施复杂。由于大型排水泵房内部结构复杂架设临时钢支撑系统费时费力,施工难度大,还显著增加了基坑工程的施工周期。

3.2 优化设计方案

(1)采用钢筋混凝土内支撑,增加支撑刚度,减少支撑数量,方便基坑土方开挖,节省支撑和开挖施工时间。

首先,保持原设计方案的排桩围护体系不变,将支撑体系由原来的“一道混凝土水平支撑+三道钢支撑”调整为“三道混凝土支撑”。由于混凝土支撑刚度比钢支撑大,因此支撑平面布置时,可以加大支撑间距,减少支撑数量的同时,更便于开挖施工。(支撑平面布置见图5、图6)。

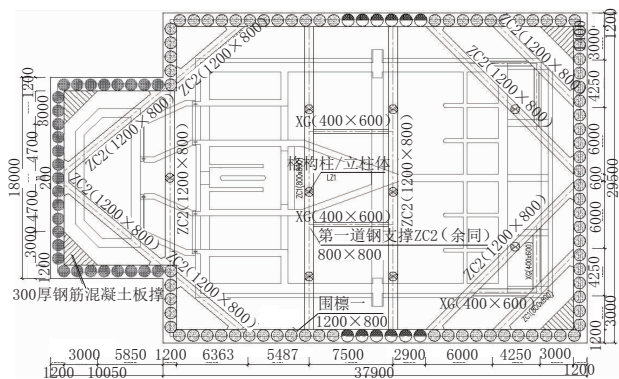


图5 优化方案第一道支撑平面图(单位:mm)

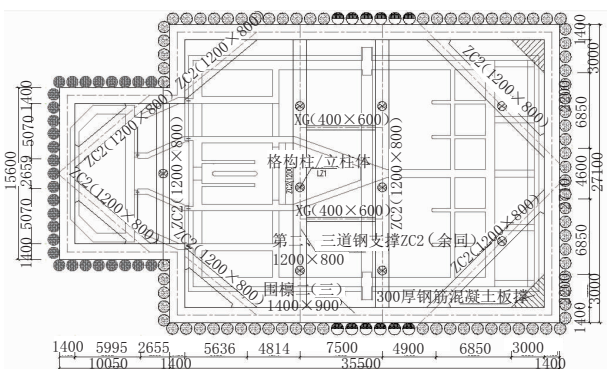


图6 优化方案第二、三道支撑平面图(单位:mm)

(2)在围护桩与泵房结构外墙之间设置钢筋混凝土换撑板梁,将其在平面上布置于正对与外墙垂直相交的外墙和内隔墙(或竖向框架)处,利用外墙和内隔墙(或竖向框架)抵抗基坑外侧的土压力。

泵房结构回筑施工至第二道支撑下部时,将换撑板梁设置在泵房结构外墙的外侧,一端与第

二道围檩连接,另一端顶在外墙上,并且在平面上使其正对与外墙垂直相交的另一道外墙及内隔墙(或泵房竖向框架)处(换撑板梁平面布置见图7)。

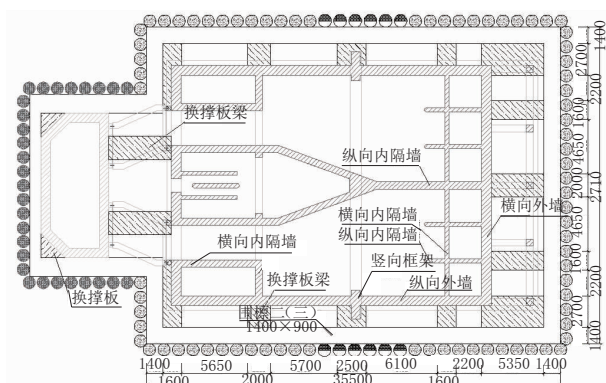


图7 优化方案换撑板梁平面布置图(单位:mm)

当主体结构和换撑板梁达到设计强度后,拆除上部的第二道内支撑,将基坑外侧土压力经由换撑板梁传递到其正对的泵房外墙、纵横向内隔墙(或竖向框架)上,完成换撑步骤。具体实施时,将支撑设置高于围檩;回筑换撑时,将换撑板梁一端与原有围檩侧面预留的钢筋接驳器连接,另一端与泵房外墙连接,与主体结构同时浇筑,节省换撑时间,加快了施工进度(横向内隔墙及竖向框架处的换撑剖面图见图8、图9)。

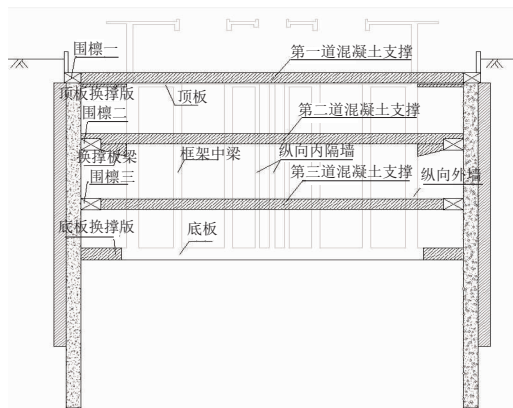


图8 内隔墙处换撑剖面图

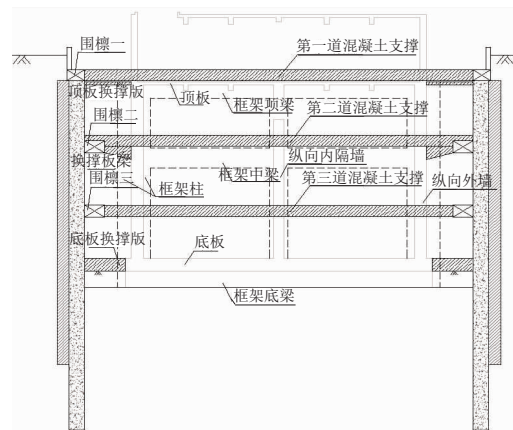


图9 竖向框架处换撑剖面图

通过合理布置换撑板梁,巧妙地利用内外墙体和框架这些具有抗侧能力的泵房主体结构的竖向构件,起到抵抗基坑外的侧向土压力,支撑基坑侧向稳定的作用。

4 方案计算对比分析

采用同济启明星基坑支护结构专用软件FRWS对两个方案分别进行计算,优化方案的围护桩桩身最大位移发生在深度13 m,最大值为23.5 mm,最大弯矩为1 499.9 kN·m,第2道支撑反力最大值为1 070.7 kN/m;原设计方案位移最大值为48.4 mm(深度12.5 m),最大弯矩为23 373 kN·m,第2道支撑反力最大值为774.8 kN/m(围护结构弯矩和水平位移值对比见图10)。结果对比分析显示,尽管竖向少一道支撑,但由于采用了钢筋混凝土支撑代替原方案的钢支撑,支撑刚度大大提高,承受了更大的支撑反力,使得优化方案围护结构的水平位移和桩身最大弯矩均小于原方案。

5 计算与监测结果对比分析

基坑从2017年7月开始围护桩基施工,至12月完成顶板施工,之后回填至设计地面标高。基坑实施期间进行了全过程第三方监测。选取回填后3个月时,CX8测点的深层水平位移监测数据,桩身最大水平位移为33.61 mm,比计算值稍大,最大位移发生在深度14 m处,比计算最大位移位置略低。通过对比分析可知,围护结构的实测水平位移曲线与优化设计方案接近(原方案、优化方案水平位移计算值与监测值对比见图11)。

6 方案工期及造价分析

基坑自2017年9月16日首道围檩支撑养护期结束后进行土方开挖,随后依次进行第2、3道支撑施工和土方开挖,10月29日开挖至坑底并浇筑底板,随后施工泵站主体的同时依次实施第2、3

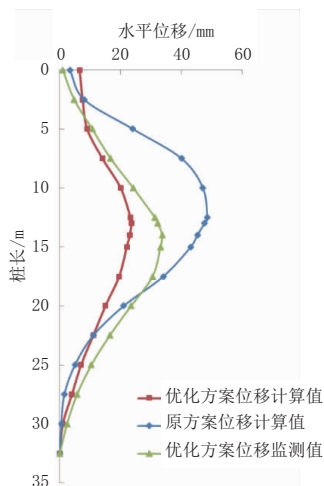


图 11 围护结构水平位移计算值与监测值对比图

道支撑的换撑,于12月15日回筑施工至泵房顶板,浇筑养护完成。按优化方案实施,减少了一道支撑的架设、支撑间距加大便于土方开挖;回筑过程中换撑与主体结构同时施工;避免钢支撑穿墙构造制作复杂耗时,也避免保留内部支撑对主体结构施工的干扰,因此最终工期比原方案2018年1月底的计划工期提前了约1个半月。此外,优化设计采用钢筋混凝土支撑代替钢支撑,竖向减少一道支撑的同时,加大了水平间距,总的支撑工程量少于原方案,土方开挖等综合费用均得以降低,基坑支护工程最终造价节省近10%。

7 结论

大型排水泵房的基坑支护可以充分利用泵房内外墙体、框架等竖向构件的结构性能,弥补楼层间距较大的缺点,将传统基坑方案采用水平向构件(主体结构本身楼板或临时水平支撑)换撑的方式转变为由竖向构件(主体结构墙体和竖向框架)进行换撑,便于施工、节约工期的同时避免泵房因换撑穿墙引起的渗漏风险,实现主体结构与基坑支护结构的有机结合,完美体现了基坑工程的经济性和安全性。

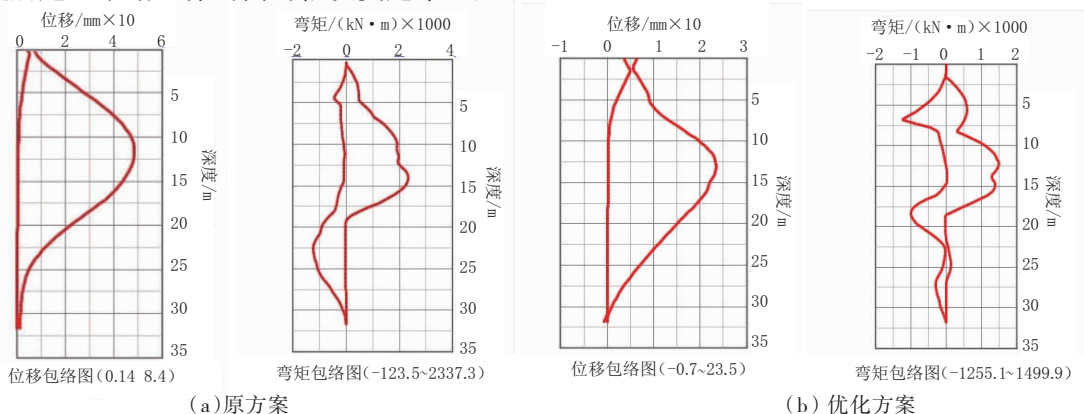


图 10 围护结构弯矩和水平位移值对比图