

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.09.035

离岸式水库泵站结构设计要点

徐海宁

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 离岸式泵站是水库取水工程中的一种新颖的特殊形式,受水库的复杂地形、环境保护以及施工条件的限制,结构设计中有诸多难点。结合某离岸式水库取水泵站项目,针对泵站场地设计、水上泵房、水上围堰设计以及进场道路等设计要点,从安全性、经济性和可靠性三方面进行多方案比较研究。提出了环保土工格栅式挡土墙、圆形全方位吊车梁、水上PC工法桩结合贝雷架的围堰、填方区预制挡土墙等创新工法,为类似的工程提高参考。

关键词: 离岸式水库泵站;场地处理;泵房结构;泵房围堰;进场道路;环境保护

中图分类号: TV675

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)09-0150-04

0 引言

目前国内取水泵房大多数为建于岸边的独立单体,相关结构技术研究主要集中于陆上泵房基坑和水上管线的施工方案研究,已经形成了较为成熟的做法。

离岸式水库泵站将取水泵房设置在远离岸边的水体中,通过桥梁与陆地联通,将取水头部、泵房和配电间集成于一个构筑物,占用面积小,运营管理方便,但同时其结构设计中也会出现较多难点:

(1) 泵站背靠山体,临近水库,地形复杂,形成泵站场地需要结合现场环境;

(2) 水库一般在水源和森林保护区,设计要严格控制对环境的影响^[1];

(3) 泵房位于水中,结构方案要考虑水上施工条件;

(4) 泵站选址一般位于人迹罕至的区域,需要在陡峭的山体上设置进场道路、桥梁并敷设引水管线。

关于以上问题的研究,目前工程界讨论的较少,本文结合一个具体项目对涉及几个关键技术进行探讨,提出一些创新做法。

1 工程概况

某取水泵站设置在森林保护区的水库,泵站厂

区背靠山体建于水库岸边,直径30 m的圆形泵房在离岸20 m的水中,水下一层,地上两层,设有联络桥与陆上厂区相连。陆上建设加药间和机修仓库,进场道路沿着水边半山坡绵延2.7 km后连接已建快速路,道路下方为泵站的原水管线,直径为1 600 mm。图1、图2所示为泵站建成前后对比图。



图1 泵站原始地形

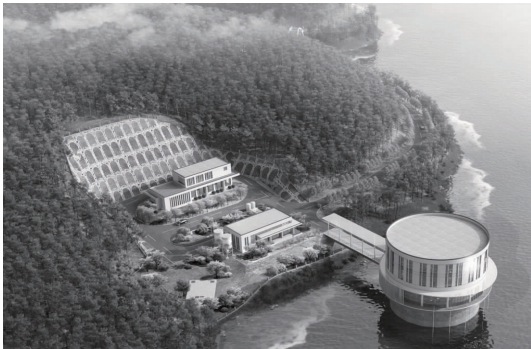


图2 取水泵站效果图

2 场地处理

泵站场地西北侧山体开挖高度约15 m,山体为

收稿日期: 2023-08-05

作者简介: 徐海宁(1982—),男,硕士,高级工程师,主要从事给水结构、给水管廊、综合管廊、基坑及隧道工程设计工作。

碎石混黏土,按照均质土压力考虑,采用深层预应力锚索结合坡面格构梁支护体系,充分利用土体自身的稳定性。为让开挖表面与周围环境协调,采用生态种植草覆盖。

如图 3 所示,临近水库岸边为场地填方区域,需设置高差约 8 m 的临水挡土墙,根据水库环保以及枯水期的要求,挡土墙要选用施工速度较快的方案,同时要与环境相协调,钢筋混凝土悬臂挡土墙或重力式挡土墙都不能满足要求,土工格栅加筋挡土墙施工速度快,对场地平整度要求低,对环境影响小,能够满足项目要求。同时为了增加挡土墙抗滑移效果,挡土墙基础底部以及其他填方区域设置 600 mm × 300 mm 台阶状^[2]。

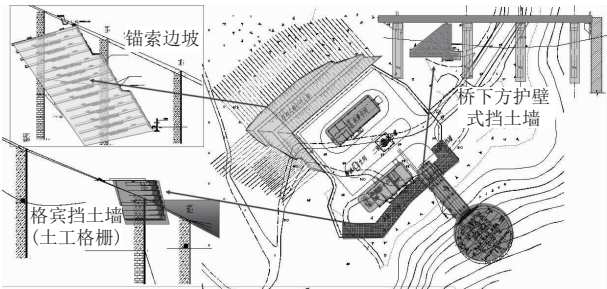


图 3 场地处理示意图

陆上泵站与水上泵房连接栈桥下方,由于要给桥墩预留空间,采用占地更小的扶壁式挡土墙替代。

3 泵房结构方案

水中泵房为满足水体中流线型要求设计成圆形,由于泵房基础位于有斜坡的库岸上,泵房前后有土压力差,且泵房近水库一侧为吸水池,荷载较重,泵房近岸一侧放置了水泵的操作间,荷载较小。上述两个条件对泵房抗倾覆和抗滑移稳定性极为不利,因此要在泵房下方设置桩基,保证其稳定性要求,如图 4 所示。

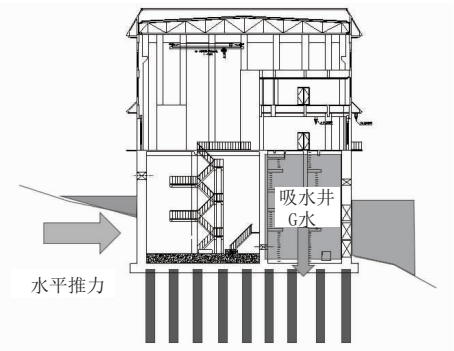


图 4 泵房桩基方案图

圆形泵房内部布置有水下一层泵房,地上两层设置有卸货平台、配电间和设备间,空间上需要多方位多层的设备起吊,因此为圆形泵房设计了圆形轨道吊车,如图 5 所示。

参考钢筋混凝土吊车梁图集选择对应跨度的 T 型轨道梁,同时对柱上相应位置施加竖向力、水平力和切向力以考虑吊车工作荷载对泵房结构的作用。



图 5 圆形混凝土吊车梁

4 围堰方案

4.1 围堰形式

泵房位于水库水体中,需要设计围堰挡水行程施工空间,由于水深大于 5 m,且水库是水源保护地,采用传统的土围堰工程量很大且环境污染严重。考虑到水库下方地质亦是碎石夹黏土,采用钢板桩围堰方案,如图 6 所示。由于土中含有碎石,准备好预引孔措施,且水深较大,拉森钢板桩自身刚度较小,为减小钢板桩变形,减小水上施工难度,在钢板桩之间增加钢管形成刚度较大的 PC 工法桩^[3]。

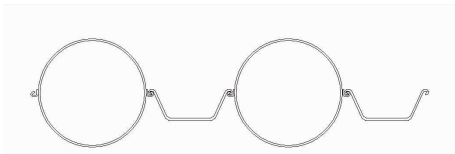


图 6 钢板桩围堰

4.2 钢板桩围堰布置

围堰布置形式,如图 7 所示,钢板桩围堰有两种布置形式,双排桩无内支撑形式和单排桩设内支撑形式。双排桩方案施工泵房时较为方便,但是其中需要填充大量土体,对水体环境有影响,且合算后总的工程量较大。单排桩虽然有内支撑干扰施工但是环保且造价经济性较为明显,因此采用单排桩方案。

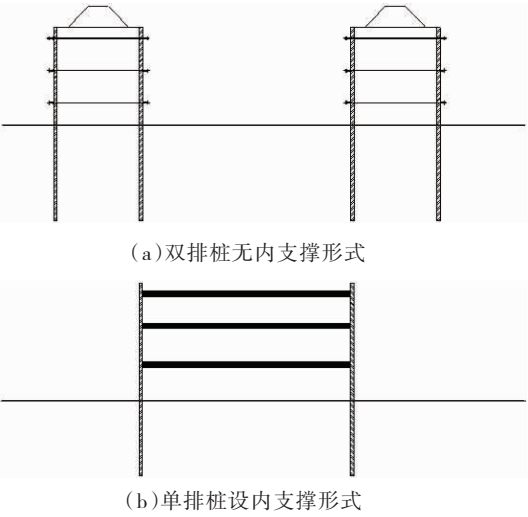
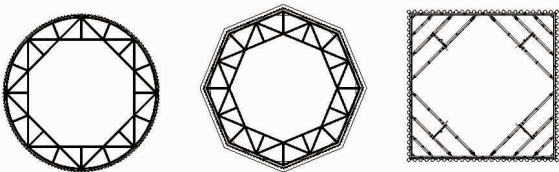


图 7 两种钢板桩围堰布置形式

4.3 围堰形状

泵房平面形状为圆形(直径 33 m),围堰形状比较圆形、八边形和正方形三种方案,如图 8 所示。圆形和八边形对钢板桩施工精度要求非常高,且内部支撑节点构造多,水上施工难度很大,且这两种形状不便于制作水上施工栈桥;正方形对钢板桩拼接精度要求相对低,且内部支撑布置简洁,同时容易结合水上栈桥布置,综合考虑采用正方形围堰方案^[4]。

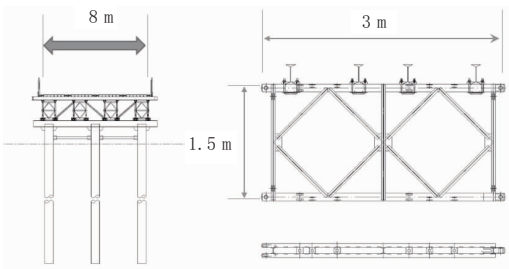


4.4 水上栈桥

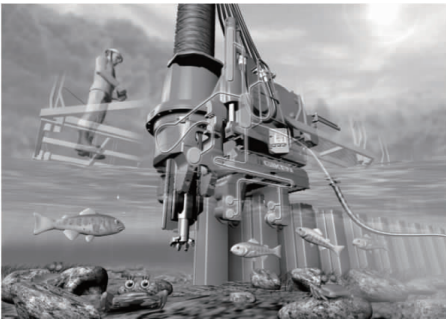
为方便水上施工需要布置栈桥,栈桥采用方便快捷的贝雷架方案,如图 9 所示。所有构件均为可以快速拼装的模数化钢构件成品,栈桥宽度为 8 m,栈桥下方采用钢管桩基础^[5]。

4.5 水上施工及环境保护

由于工程涉及水上施工及环境保护要求,因此方案实施中要考虑更多辅助措施。水库区域为非通航区域,大型船只无法进入,采用模块化的浮箱进行拼接作为水上施工平台,如图 10 所示。为防止水上



施工中土方及油污污染水质,在水上设置防污屏进行隔离。施工机械采用生态液压油和生态润滑剂均可在水中分解且没有污染性,如图 11 所示。



5 泵站配套道路及桥梁设计

5.1 进场道路

本项目泵房建设在森林深处,进入厂区只有一条在半山腰上 2 m 不到的小道,如图 12 所示,一侧为山体,另一侧为临近水体的陡坡,本项目对这条道路建设的设计需要满足以下要求。



- (1)道路满足两个阶段(施工和运营)使用要求;
- (2)处于自然保护区,最小程度的减少挖填方,减少对植被的破坏;
- (3)考虑道路下方埋设原水管道的空间;
- (4)施工方便迅速。

图 13 所示为道路设计方案,施工阶段主要是满足泵房施工时大型设备的进出,需要的道路宽度约为 5 m;考虑尽可能减少挖填方量并结合管道敷设,道路标高结合原山体小道标高采用半挖半填方案;同时减少管道埋深,对管道采用混凝土包封;由于临近水体一侧坡度较陡,道路填方的挡土高度约 2 m,方便现场施工采用预制悬臂式挡土墙^[6]。

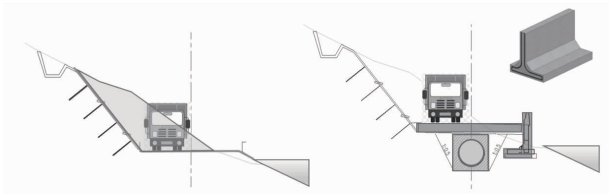


图 13 道路设计方案

结合以上方案的施工顺序为:

- (1)削坡护坡形成一阶段(施工阶段)临时道路,铺设简易水泥路面;
- (2)泵房施工完成后开挖临时道路铺设原水管道;
- (3)放置预制挡土墙并覆土铺设沥青路面。

5.2 桥梁设计

项目道路路由上有两处桥梁工程,连接水上泵房和陆上泵站的 30 m 联络桥,以及跨越一处 70 m 河道的桥梁,由于现场施工条件较为紧张且对进度要求高,采用预制空心板梁桥,选用最小标准跨度 10 m 构件,桩基采用水上施工的钻孔灌注桩,由于水上施工承台难度较大,采用墩接柱方案,如图 14 所示。

6 结 论

离岸式水库泵站受制于场地条件和环保要求,对结构设计提出了较高要求,本文以某取水项目为

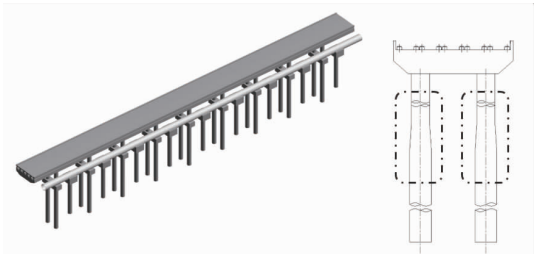


图 14 桥梁计方案

例,总结出以下要点:

- (1)泵房场地应根据场地不同的挖填方区域设计成高边坡和挡土墙形式,均质土体山坡可采用预应力锚索结合格构梁形式,土工格栅加筋式挡土墙可满足水库填方区域挡土要求。
- (2)水库泵房根据地形和自身荷载分布可采用桩基措施提高其抗倾覆和抗滑移稳定性。
- (3)水库泵房围堰在地质允许的条件下尽量采用钢板桩结合内支撑的形式,同时考虑预挖引孔措施,水上施工栈桥采用成品贝雷架,安装方便且经济性好。
- (4)泵站进场道路应同时考虑施工与运行阶段、管道敷设和地形条件三方面因素设计,桥梁应采用小跨度预制板梁结构。
- (5)水库泵站设计要特别考虑水上施工和环境保护的相应措施。

参考文献:

[1] 徐海宁,马龙飞.水库取水泵站结构设计和施工关键技术[J]. 特种结构,2022,39(5):63-68.
[2] 刘美,苏君博,师永健,巨志剑,周国强,齐桂满.板桥水库大型取水工程设计实例分析[J].给水排水,2022,58(1):69-75.
[3] 刘海奇.公路桥梁工程承台引孔钢板桩围堰施工技术要点分析[J].交通世界,2022,618(24):62-64.
[4] 凌汉清.桥梁水中深大基坑钢板桩围堰施工技术及应用[J].中国高新科技,2022,123(15):86-88.
[5] 蔡桂标.贝雷架钢便桥设计及关键施工技术[J].广东土木与建筑,2022,29(5):89-92.
[6] 陈建华.高陡边坡大口径塑料管道埋地施工方法介绍[J].给水排水,2010,46(6):98-99.

(上接第 144 页)

115079.1-115079.22.
[7] 张雷克,侯笑鹏,刘小莲,等.基于改进哈里斯鹰算法的梯级泵站优化调度[J].浙江大学学报(工学版),2023,57(12):2501-2512.
[8] 何彬浩,傅志敏,吴巍,等.基于改进遗传算法与动态规划的输水泵站日优化调度[J].水电能源科学,2023,41(2):128-132.
[9] 冯晓莉,王永兴,仇宝云.基于混合狼群算法参数优选的泵站群运行优化[J].农业工程学报,2020,36(3):30-36.

[10] 卫尤澜.城市雨水管道风险评估与雨水泵站优化运行研究[D].合肥:合肥工业大学,2019.
[11] 时针宝,谭琼.基于水力模型的排水系统防涝应急调度预案制定[J].中国给水排水,2020,36(15):93-99.
[12] 王昊,张永祥,唐颖,等.雨水泵站水泵机组启停优化[J].哈尔滨工业大学学报,2017,49(8):98-103.
[13] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].