

大水深高变幅水库岸坡的抽水蓄能电站进出水口施工方法

耿昌明 赵兵倩 张洪涛

江苏省水利建设工程有限公司, 中国·江苏 扬州 225002

摘要: 一种大水深高变幅水库岸坡的抽水蓄能电站进出水口施工方法, 包括: S1、开挖下水库的天然边坡形成平台, 在平台上向下开挖基坑, 并保留部分天然边坡形成岩墩围堰, 岩墩围堰位于基坑靠近下水库一侧; S2、在基坑中施工抽水蓄能电站进出水口; S3、拆除岩墩围堰。通过保留部分天然边坡岩体形成岩墩围堰, 与开挖后的边坡围合形成基坑, 无需新建体积巨大的土石围堰或混凝土围堰, 解决了在水库水深大、水位变幅大的已建大型水库建设抽水蓄能电站进出水口的技术难题具有减少施工工序、加快施工进度和降低工程造价的优点。

关键词: 水库岸坡; 抽水蓄能电站; 施工方法

Construction methods for the inlet and outlet of pumped storage power stations on the bank slopes of large water depth and high amplitude reservoirs

Geng Changming, Zhao Bingqian, Zhang Hongtao

Jiangsu Water Conservancy Construction Engineering Co., LTD, China Jiangsu Yangzhou 225002

Abstract: A construction method for the inlet and outlet of a pumped storage power station with a large water depth and high amplitude reservoir bank slope, including: S1. Excavate the natural slope of the lower reservoir to form a platform, dig a foundation pit downward on the platform, and retain part of the natural slope to form a rock pier cofferdam. The rock pier cofferdam is located on the side of the foundation pit close to the lower reservoir. S2. Construction of the inlet and outlet of the pumped storage power station in the foundation pit; S3. Remove the rock pier cofferdam. By retaining part of the natural slope rock mass to form a rock pier cofferdam and enclosing it with the excavated slope to form a foundation pit, there is no need to build a huge earth-rock cofferdam or concrete cofferdam. This solves the technical problem of building the inlet and outlet of a pumped storage power station in a large existing reservoir with large water depth and large water level fluctuation. It has the advantages of reducing construction procedures, accelerating construction progress and lowering project costs.

Keywords: Reservoir bank slope; Pumped storage power station; Construction method

0 引言

为了降低风电、太阳能等新型可再生能源的波动性、间歇性与随机性对电网稳定性的影响, 抽水蓄能电站是当前广泛使用的储能技术, 由上水库、下水库、输水发电系统等部分组成, 其原理是利用电力负荷低谷时的电能抽水至上水库, 在电力负荷高峰期再放水至下水库发电。

抽水蓄能电站选址布置时, 常采用已建水库作为上、下水库, 尤其是利用已建水库作为下水库的工程比较常见, 常规的下水库进出口型式采用侧式或塔式、并布置施工期土石围堰挡水。由于抽水蓄能电站的吸水高度比较低, 下水库进/出水口高程较低, 而已建大型水库通常水深较大, 导致下水库的进/出水口处的水位高、水压力大, 同时受

大型水库自身调度的要求, 下水库的水位消落深度可能达数十米, 下水库进/出水口的建设面临极大挑战。按常规做法为形成干地的施工条件, 需要修建下水库进/出水口的围堰, 以阻挡水流, 待围堰基坑内的进/出水口永久建筑物施工完工后, 再拆除围堰, 围堰顶高程必须高于施工期可能出现的最高水库水位, 方能保证施工基坑不被淹没。然而, 在水库水深大、水位变幅大的已建水库布置抽水蓄能电站进/出水口时, 因水深大、水位变幅大, 若要满足进/出水口施工期围堰的功能要求, 施工期围堰的规模堪比修建一座中型大坝, 并且, 在受水库岸坡地形地质条件、水库河道宽度等限制时, 施工期围堰存在施工难度大、安全隐患大、布置困难等问题, 后期围堰的爆破拆除和水下

清淤工作亦是工程量大、施工难度高，常规的下水库进出水口型式将大幅增加抽水蓄能电站的工程投资和安全风险。

1 技术方案

针对现有技术的缺陷，提供一种大水深高变幅水库岸坡的抽水蓄能电站进出水口施工方法。

提供一种大水深高变幅水库岸坡的抽水蓄能电站进出水口施工方法，包括：

S1、开挖下水库的天然边坡形成平台，在平台上向下开挖基坑，并保留部分天然边坡形成岩墩围堰，岩墩围堰位于基坑靠近下水库一侧；

S2、在基坑中施工抽水蓄能电站进出水口；

S3、拆除岩墩围堰。

进一步地，步骤 S1 包括：逐级开挖下水库的天然边坡，并同时开挖后的边坡进行支护，在平台上向下开挖基坑，并同时开挖对基坑内壁进行支护。

进一步地，步骤 S1 包括：在岩墩围堰的内部施工防渗帷幕。

进一步地，步骤 S1 包括：在岩墩围堰的顶部修建挡水墙。

进一步地，步骤 S1 中，岩墩围堰的顶部高程等于下水库的正常蓄水位。

进一步地，步骤 S2 中，抽水蓄能电站进出水口采用侧式的岸塔式结构，包括闸门井段、扩散段和拦污栅段。

进一步地，步骤 S3 包括：采用常规爆破拆除法，开挖具有干地施工条件的、汛限水位以上的岩墩围堰的部分岩体，采用水下爆破开挖方法开挖汛限水位以下的岩墩围堰。

进一步地，步骤 S3 中，采用水下爆破开挖方法开挖汛限水位以下的岩墩围堰时，预留岩墩围堰靠近下水库一侧的部分岩体形成拦沙坎^[1]。

2 附图说明

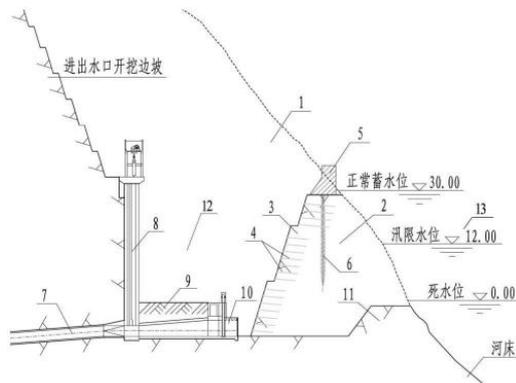


图1 抽水蓄能电站的进出水口纵剖面图

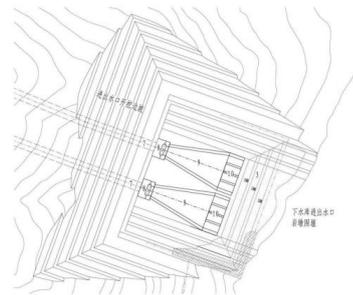


图2 抽水蓄能电站的进出水口平面布置图

附图标记：天然边坡 1；岩墩围堰 2；人工边坡 3；支护结构 4；挡水墙 5；防渗帷幕 6；输水隧洞 7；闸门井段 8；扩散段 9；拦污栅段 10；拦沙坎 11；基坑 12；下水库 13。

3 具体实施方式

如图 1 所示，本实施例的下水库 13 水深大且水位变幅大，死水位和正常蓄水位高差达 30m，若采用修建围堰的方式，则围堰的规模极大，施工难度大、成本高，且后期拆除工程量大。

本实施例提供一种大水深高变幅水库岸坡的抽水蓄能电站进出水口施工方法，包括：

S1、如图 1 所示，逐级开挖下水库 13 的天然边坡 1 至下水库 13 正常蓄水位高度形成平台，逐级开挖过程中对进出水口开挖边坡施工支护结构 4，在平台上向下开挖基坑 12，并保留正常蓄水位以下的部分天然边坡 1 形成岩墩围堰 2，岩墩围堰 2 位于基坑 12 靠近下水库 13 一侧，开挖基坑 12 的同时对基坑 12 内壁进行支护，即对岩墩围堰 2 的背水侧以及基坑 12 远离下水库 13 一侧施工支护结构 4，如图 2 所示，利用岩墩围堰 2 与进出水口开挖边坡形成了围堰，无需利用土石或混凝土新建体积巨大的围堰体。

岩墩围堰 2 的顶部宽度需要根据岩墩围堰 2 的稳定性以及施工交通要求等确定；岩墩围堰 2 靠近下水库 13 一侧为天然边坡 1，一般不进行处理，靠近基坑 12 一侧为人工边坡 3，根据天然边坡 1 岩体的性状、开挖稳定要求，确定边坡开挖坡度、坡高和支护参数。

上述的支护结构 4 均为锚喷支护。

为了提高岩墩围堰 2 的抗渗能力以及最大挡水高度，在岩墩围堰 2 的内部施工防渗帷幕 6，在岩墩围堰 2 的顶部修建挡水墙 5，能提供进出水口干地施工条件，并满足下水库 13 水深大、水位变幅大条件下的防渗和稳定。

S2、在基坑 12 中施工抽水蓄能电站进出水口，抽水蓄能电站进出水口采用侧式的岸塔式结构，包括闸门井段 8、扩散段 9 和拦污栅段 10 以及输水隧洞 7，在满足进出

水口运行、水流、结构等要求下, 尽量优化闸门井段 8、扩散段 9 和拦污栅段 10 的结构尺寸, 以减小进出水口基坑 12 平面尺寸, 从而减小岩墩围堰 2 规模。闸门井段 8 和拦污栅段 10 的尺寸由闸门、拦污栅的布置要求确定; 扩散段 9 的尺寸由平面扩散角 (25° 左右) 和顶板扩散角 (3° 左右) 确定, 并最终由模式试验成果或数值分析成果复核确定。

S3、抽水蓄能电站进出水口施工完成后, 需对岩墩围堰 2 进行拆除, 满足运行期的水流条件。根据下水库 13 的调度规程, 岩墩围堰 2 在汛限水位以上部分具有干地施工条件, 采用常规的爆破拆除, 汛限水位以下的岩墩围堰 2 部分无干地施工条件, 采用水下爆破开挖, 采用水下爆破开挖方法开挖汛限水位以下的岩墩围堰 2 时, 可预留岩墩围堰 2 靠近下水库 13 一侧的部分岩体形成拦沙坎 11, 拦沙坎 11 用于阻挡下水库 13 中的泥沙等倒灌入进出水口。

该抽水蓄能电站进出水口施工方法实现了天然边坡 1 → 岩墩围堰 2 → 拦沙坎 11 的逐步一次开挖成型, 成功解决了在水深大、水位变幅大的已建水库岸坡中建设抽水蓄能电站进出水口的技术难题, 能够适应下水库 13 运行调度过程中数十米高的水位消落变化, 同时可降低进出水口的干地施工基坑 12 面积、施工期抽排水量与水下作业量, 以及常规土石或混凝土围堰的反复修建与拆除工作量, 具有结构简单、施工方便、占地面积小、运行安全可靠、投资成本低等优点^[2]。

4 有益效果

(1) 通过保留部分天然边坡岩体形成岩墩围堰, 与开挖后的边坡围合形成基坑, 无需新建体积巨大的土石围堰或混凝土围堰, 解决了在水库水深大、水位变幅大的已建大型水库建设抽水蓄能电站进出水口的技术难题具有减少

施工工序、加快施工进度和降低工程造价的优点。

(2) 本方法的抽水蓄能电站进出水口采用侧式的岸塔式结构, 降低了抽水蓄能电站下水库进出水口的干地施工基坑面积, 有利于减小天然边坡的开挖量和支护量。

(3) 本方法的岩墩围堰的顶部高程等于下水库的正常蓄水位, 使得天然边坡开挖过程中不会受到下水库的水的影响, 减少水下作业量, 并且岩墩围堰能够适应施工期下水库运行调度过程中数十米高的水位消落变化, 防止下水库中的水通过岩墩围堰顶部进入基坑。

(4) 通过在岩墩围堰的顶部设置挡水墙, 能够提高岩墩围堰的最大挡水高度。

(5) 本方法通过在岩墩围堰内设置防渗帷幕, 以满足岩墩围堰的防渗要求, 减少通过岩墩围堰渗入基坑内的水, 减少了抽水蓄能电站进出水口施工期基坑的抽排水量与水下作业量。

(6) 通过预留岩墩围堰靠近下水库一侧的部分岩体形成拦沙坎, 不仅减少了开挖工程量, 而且还形成了拦沙坎。

(7) 本方法的施工按照天然边坡 → 基坑开挖 → 岩墩围堰 → 进出水口施工 → 岩墩围堰拆除的顺序, 逐步开展进出水口各个建筑物施工, 结构简单、施工方便、占地面积小^[3]。

参考文献:

[1] 孔凡辉, 韩前龙, 孙海清等. 大水深高变幅水库岸坡的抽水蓄能电站进出水口施工方法: 202311113279[P][2025-07-21].

[2] 邱珍锋, 马爱娟, 陈人瑗等. 抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构及其施工方法: CN202210487354.8[P]. CN114775531A[2025-07-21].

[3] 王樱峻, 赵琳, 雷显阳. 某抽水蓄能电站高面板堆石坝坝体分区优化[J]. 水利水电科技进展, 2021(005):041.