

装配式防浪墙在利民水库工程中的设计及运用

董仲祥¹, 李亚凯²

(1. 山东大禹水务建设集团有限公司, 山东 济南 250102; 2. 山东省水利工程建设监理有限公司, 山东 济南 250014)

【摘要】在水库坝顶防浪墙设计中, 目前普遍采用现浇混凝土结构, 现浇混凝土结构易产生裂缝, 外观质量较为单一, 防浪墙顺直度难以保证, 为克服以上难点, 采用装配式防浪墙结构能很好地解决这些难点。装配式防浪墙经过设计改进防浪效果加强、增加功能, 工厂化生产保证了墙体质量、提高整体外观质量, 现场安装缩短了施工工期、降低了工程造价, 既符合国家产业政策, 又达到了节能减排的目标。

【关键词】装配式防浪墙; 利民水库; 混凝土结构

【中图分类号】 TV697

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2025)-02-0039-04

Design of Prefabricated Wave Wall and Application in Limin Reservoir Project

DONG Zhongxiang¹, LI Yakai²

(1. Shandong Dayu Water Affairs Construction Group Co., LTD., Jinan, Shandong 250102, China;

2. Hydraulic Engineering Construction Supervision Co., LTD., of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: In the design of the wave wall at the top of the reservoir dam, cast-in-place concrete structure is generally used at present, which is easy to crack, and the appearance is relatively simple, even the straightness of the wave wall is difficult to guarantee. In order to tackle the above difficulties, the prefabricated wave wall structure is used to solve these difficulties. The prefabricated wave wall has been designed and improved to strengthen the anti-wave effect and increase the function. As well, the factory production ensures the quality of the wall, improves the overall appearance, and the on-site installation shorten the construction period and reduces the project cost, which is in line with the national industrial policy and achieves the goal of energy saving and emission reduction.

Key words: Prefabricated type Wave wall; Limin Reservoir; Concrete structure

山东省惠民县利民水库位于李庄水库北侧, 工程规模为小(1)型, 水库设计总库容 856 万 m³, 设计蓄水位 18.0 m, 库底高程 11.5 m, 设计死水位 12.5 m, 设计死库容 117.35 万 m³。项目完成后, 通过李庄水库灌溉放水闸与利民水库贯通, 两库联调作为惠民县李庄等 12 个镇的水源地, 全面提升惠民县供水保障能力。

1 大坝坝顶结构

利民水库大坝为碾压式均质土坝, 坝高 9.00 m, 断面为梯形, 前坡 1:2.5, 后坡 1:2, 坝顶宽度 6 m, 原设计前坝肩设素混凝土防浪墙, 坝顶兼做道路, 设有沥青混凝土路面, 下游坝肩设有排水沟及管道沟。

为了提高防浪墙工程质量、外观, 提高防浪效果, 降低工程整体造价, 加快施工工期, 提出了新型的预制装配式防浪墙结构, 经认真研究并通过专家咨询, 可用于水库大坝防浪墙结构。防浪墙断面结构图如图 1 所示。

2 预制混凝土防浪墙盖板及墙体设计

防浪墙整体为混凝土结构, 分为两部分, 上部是盖板, 如图 2 所示; 下部为墙体, 如图 3 所示。上盖可以在墙体部分施工完后安装, 形成完整的防浪墙结构。因构造及吊装要求, 配有少量钢筋, 形成少筋混凝土。上游侧设一倾向上游斜

收稿日期: 2024-11-02

作者简介: 董仲祥(1984—), 男, 高级工程师

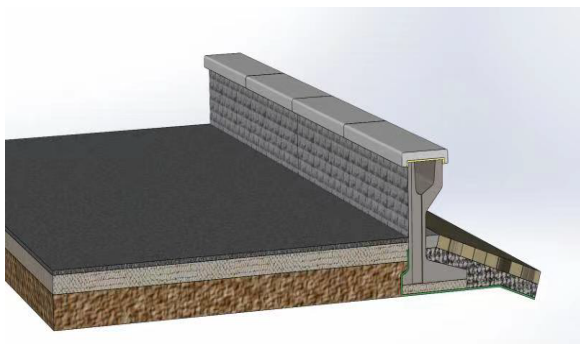


图1 防浪墙断面结构图

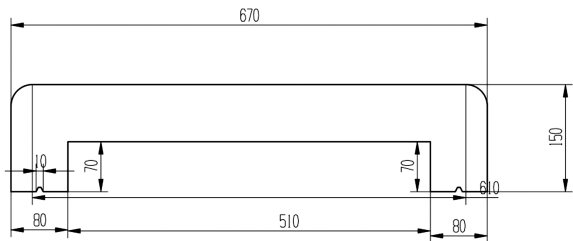


图2 盖板断面尺寸图

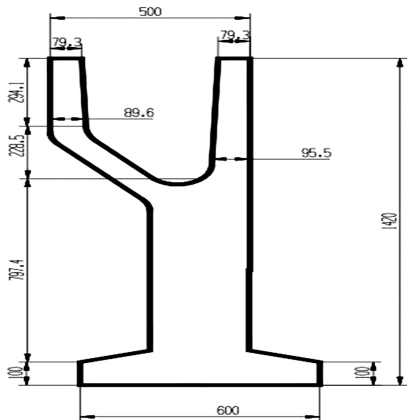


图3 防浪墙墙体断面图

坡,水浪碰撞到防浪墙后,会被该斜坡反射回水库,防止翻越防浪墙。在墙的上部形成空腔,该空腔沿坝轴线方向连续,可作为各种管、线通道。顶部有盖板,形成封闭结构。

为了提升景观效果,在面向道路一侧设有仿石面。大坝照明灯柱之灯座墙和防浪墙结合在一起,和两侧墙体结合在一起,形成稳定结构。

3 模具设计及制作

3.1 模具设计准则

结合目前装配式建筑构件生产车间生产情况及国内其他成熟的模具设计行业的设计标准,总结出在装配式建筑构件的模具设计应遵循以下原则,保证设计出的模具能够保证预制装配式防浪墙的质量及加工速率。

1)保证模具几何尺寸精度。模具的尺寸精度直接决定所生产的构件精度。通过三维模拟仿真计算保证了模具的尺寸精度及构件的尺寸精度。

2)便于构件脱模。PC 构件为混凝土构件,质量大,体积大,所以是否脱模方便是模具设计过程中要考虑的问题。在设计过程中不易于脱模的地方需要采取增加拔模斜度等措施,保证混凝土顺利脱模。

3)模具强度。为了保证混凝土防浪墙模具的强度及变形量,设计过程中通过计算,在模板适当位置增加加强肋的数量,增加限制变形的杆件、型材做为支撑等。

4)预留孔洞及吊装预埋件。由于防浪墙有预留孔作为线缆的通道,因此需要在设计位置预留,在模具设计中固定的作为内模的构件,进行特殊设计,以保证其强度。

5)安全性及实用性。由于防浪墙墙体构件的模具为大型模具,模具尺寸较大,重量亦较大,所以在设计过程中应充分考虑实用性及可操作性,便于工人操作,留有足够的操作空间及操作平台,便于模具的组装、拆卸及生产过程中的操作。

3.2 防浪墙及盖板模具设计

1)设计尺寸。根据防浪墙的结构,模具分为两部分,一是上盖板模具;二是墙体模具,分别根据其形状确定模具尺寸,严格按照混凝土构件的尺寸,满足《水工混凝土结构设计规范》(SL191-2008)的要求,达到设计精度 ± 3 mm。

2)模具结构。根据防浪墙和上盖板的结构形式,分别进行设计。具体包括结构形式、内面模板、支撑方式、开模方式等。由于在混凝土浇筑及振捣过程中会产生较大的压力,结构形式及支撑方式的设计必须满足受力及变形要求。

3)模具内表面加工。模具内表面要求满足混凝土防浪墙的表面质量要求,包括光滑度、平整度等指标。

3.3 模具材料及制造

模具的板材及支撑材料均采用结构钢 Q235A(A3 钢)。

根据防浪墙模具设计的要求进行加工制造,在制造过程中保证要求的精度。

3.4 模具使用及监测

模具加工完毕后,要进行质量检查,包括外

观尺寸检查和强度检查,并进行试验。在使用时采用高效脱模剂以保证混凝土表面的完整性。使用一段时间后应进行监测变形情况,以保证混凝土预制防浪墙尺寸的统一性。

4 工厂预制

4.1 钢筋加工及安装

1)原材料。由于本防浪墙内钢筋属于构造钢筋,因此钢筋的加工及安装比较简单,但是保证钢筋原材料的质量符合国家有关标准要求。

2)钢筋加工。加工时严格按照设计要求的形状进行加工,形状误差控制在 $\pm 10\text{ mm}$ 以内。

3)钢筋安装。在安装时,要按照设计要求将加工好的钢筋安装在预定位置,保证其位置准确,绑扎或焊接牢固;保护层的设置应准确。钢筋的焊接或链接满足相应的要求。

4.2 预制构件的工厂预制

预制场分为钢筋加工区、混凝土料存储及拌和区、生产区、蒸养区,存储区,各种生产设备设施齐全,满足连续施工条件。

1)模具。应满足模具设计及制作要求。

2)材料。材料进场后必须按照批次进行取样检验,水泥、钢筋等材料应有合格证等质量证明文件。每个工作班开始之前应现场测定骨料的含水量作为调整施工配合比的依据。

3)拌合。混凝土拌合采用装载机上料,带电子计量设备的搅拌机拌制,拌制时应采取多种措施控制混凝土拌合物的拌合质量。

4)湿制品加工。湿制品的加工采用人工入模,插入式振动器振动密实。湿制品加工过程中应同时制作试块。

5)压光及养生。湿制品应进行表面压光,压光应轻搓轻压,避免损伤混凝土内部的结构和密实状态。压光之后尽快对湿制品进行养生,养生洒水以水雾为最佳,可以同时达到养生、加快混凝土水化的作用,还能避免混凝土表面因养生洒水损坏。

6)脱模。脱模采用特制的脱模架嵌套在制品的模具外侧,通过人工轻轻振动使制品脱离模具。

7)成品。脱模后应先将成品进行编号,所有的构件均应对号入座、分区堆放。成品移运至成

品区之后,在28 d以内仍需要进行适当的养护。

5 安装施工

5.1 开挖

坝顶施工到设计高程后,按照设计的防浪墙轴线进行开挖,开挖宽度大于防浪墙底宽0.2 m(以方便施工为准),开挖的最后10~20 cm需要人工开挖,以保证原状土的密实度。开挖后即进行垫层施工。

5.2 垫层施工

因防浪墙有一定的重量,垫层采用M10水泥砂浆,严格找平,误差不大于 $\pm 1\text{ mm}$ 。

5.3 安装防浪墙

将预制件运送至坝顶,在垫层上安装防浪墙的位置浇筑一层水泥净浆,将预制的混凝土防浪墙体用起重机,吊装放置在要求的位置。

上盖板的安装采用真空吸盘吊装安装,也可以用特殊设计剪刀夹具吊钩安装,吊装时注意与混凝土的接触处需要缓冲垫,以免破坏混凝土表面。

5.4 安装照明灯座

在设计要求的位置吊装安装预制好的灯座,要求同上;安装结束后,在灯座和混凝土防浪墙之间预留的孔中,灌注高标号(大于C50)细石混凝土,将防浪墙和灯座连结起来,形成抗剪体,保证防浪墙和灯座的整体性。

5.5 回填

1)前坡回填:按照前坡护砌要求进行正常护砌。

2)坝顶回填:按照设计的坝顶道路要求进行回填,分层人工夯实(或者打夯机)至设计要求。

5.6 构件之间的连接及止水

构件之间在安装时,会产生一定的缝隙,采用双组份聚硫密封胶进行嵌缝,变形缝密封界面用手提砂轮或钢刷进行表面处理,必要时用切割机处理,确保黏结界面干燥、清洁、无油污和粉尘,并暴露出坚硬的结构层。密封胶混合完全充分,表面平整光滑,涂胶饱满且无脱胶和漏胶现象,达到止水效果。

5.7 劳动安全与工业卫生

工程的主要危险源在于吊装过程。施工现场人员持证上岗,熟悉本行业相关安全技术规程,

必须按规定穿戴好防护用品和必要的安全防护用具;作业时设专人指挥,禁止斜吊,禁止任何人站在吊运物品上或者在下面停留和行走。物件悬空时,驾驶人员不能离开操作岗位。

6 效益分析

6.1 防浪作用增强

墙体顶部上游侧,增加倾向上游的斜坡段,使得水浪在风的作用下沿坝坡爬升,遇到墙体时,大部分水体反射回去,沿坝坡回到水库中。

6.2 增加容纳功能

防浪墙墙体内部增设内部空间,使得防浪墙内部形成具有一定断面形状、沿坝轴线方向通行的廊道,成为电缆线、信号线等电器线路的布置、容纳空间,全长顶部设有活动盖板,方便打开,因此线缆更换、维修、检查更加方便。

6.3 保证墙体质量

防浪墙为预制装配式,在工厂内制造,不受环境变化的影响,混凝土质量精确可控,蒸汽养护,保证了防浪墙预制质量。

6.4 加快现场施工进度

由于采用预制装配工艺,大部分预制时间提早在预制厂内进行,现场只进行安装,节约了大量的现场施工时间,节省现场工期约 2/3 以上。

6.5 外观美观

防浪墙的下游侧采用仿石毛鼓面,整体预

制,和周围环境融合在一起,装饰效果好,提高了观赏性。

6.6 降低造价

预制装配式可以实现工厂化、标准化流水线制造,混凝土浇筑模具化,大大加快制造进度,节约现场浇筑时间,因而比传统现浇钢筋混凝土节约工期及人工费,使得造价降低;同时,省去坝肩下游的电缆沟等造价。

7 结 语

综上所述,装配式防浪墙在山东省惠民县利民水库建设设计及运用中,具有施工效率高、经济合理、环保节能、外观美观等优点,对平原水库类似工程建设具有借鉴意义。

参考文献

- [1] 王虹坤.装配式混凝土结构关键技术的优化分析[J].四川水泥,2024,(5):94-96.
- [2] 邓席军.基于预制装配式混凝土结构的施工工艺[J].中国建筑金属结构,2024,23(4):91-93.
- [3] 严凯.装配式混凝土结构建筑施工技术研究[J].建筑与预算,2024,(4):43-45.
- [4] 范轴.可拆卸装配式防浪墙研发与应用[J].水利技术监督,2022(7):256-260.
- [5] 马亮亮.装配式混凝土防浪墙的应用[J].珠江水运,2022(2):78-81.

(责任编辑 崔春梅)

(上接第 34 页)和经验。

参考文献

- [1] 唐任远.现代永磁电机理论与设计[M].北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 师蔚,贡俊,黄苏融.永磁电动机永磁体防退磁技术研究综述[J].微特电机,2012(4):23-27.
- [3] 周寿增,董清飞.超强永磁体-稀土铁系永磁材料[M].北京:冶金工业出版社,2004.
- [4] 师蔚.高密度永磁电机永磁体防退磁技术的研究[D].上海大学,2013.
- [5] 周鹏,徐衍亮,陈国伟等.一种基于波形等效原则的永磁电机空载反电动势在线测量方法研究[J].微电机,2022(8):

42-47.

- [6] Jung J W, Lee S H, Hong J P, et al. Optimum design for eddy current reduction in permanent magnet to prevent irreversible demagnetization[J]. Proceeding of International Conference on Electrical Machines and Systems, ICEMS 2007, 2007: 949-954.
- [7] Kim K C, Kim K, Kim H J, et al. Demagnetization Analysis of Permanent Magnets According to Rotor Types of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2009, 45(6): 2799-2802.

(责任编辑 赵其芬)