

小型水工建筑物设计模数 及拆分装配初步研究

金忠良¹, 姜海涛², 姚怀柱³, 于子晏¹

(1. 建华建材(中国)有限公司, 江苏 镇江 212000; 2. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223021;
3. 江苏省农村水利科技发展中心, 江苏 南京 210029)

摘要:基于小型水工建筑物设计与作业条件复杂等特点,指出传统建造方式存在的局限性,采用装配式设计和施工具有重要价值。由于常规装配拆分方式的模数并不统一,给预制化生产带来了较大困难,对不同类型的小型水工预制构件的设计模数进行了探讨,并从结构受力的合理性、设计标准典型性、生产及施工的经济便捷性等方面分析了实现标准化设计而必须考虑的拆分要素,并强调了结构功能是拆分的基本依据。

关键词:小型水工建筑物; 设计模数; 拆分装配

中图分类号: TU375.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2023)01-0024-0004

Preliminary study on design modulus and disassembly assembly of small hydraulic buildings

JIN Zhongliang¹, JIANG Haitao², YAO Huaizhu³, YU Ziyang¹

(1. Jianhua Construction Materials (China) Co., Ltd., Zhenjiang 212000, China; 2. Huai'an Water Conservancy Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Huai'an 223021, China; 3. Jiangsu Rural Water Conservancy Science and Technology Development Center, Nanjing 210029, China)

Abstract: Based on the characteristics of complex design and operating conditions of small hydraulic structures, this paper points out the limitations of traditional construction methods, and it's of great value to adopt prefabricated design and construction. Since the modules of the conventional assembly methods are not uniform, it brings great difficulties to prefabricated production. This paper discusses the design modules of different types of small hydraulic prefabricated components and analyzes the split elements that must be considered to achieve standardized design through the rationality, the standard typicality of design, the economical convenience of production and construction. Simultaneously, it's emphasized that structural function is the basis for splitting.

Key words: small hydraulic building; design modulus; disassembly assembly

小型水工建筑物主要是指工程规模相对较小的水电、水利工程建筑^[1],是农田水利设施的主体,水工构件由于受到水、土以及建筑物等多种因素的相互作用,设计与作业条件十分复杂,而表现出点

多、线长、面广、构件单体小、构件数量多、施工速度慢及施工质量难以控制等特征。传统的小型水工建筑物建设方式已无法满足现代农业发展和管理的需要,对其进行以标准化设计、工厂化生产、装配

收稿日期: 2022-04-06

基金项目: 江苏省水利科技项目(2019037)

作者简介: 金忠良(1985—),男,高级工程师。E-mail: 371803673@qq.com

化施工和科学化管理为主要导向的农田水利设施体系化建设具有重要价值。

从20世纪60年代至今,我国装配式水工工程建设发展大约可分为4个阶段。第一阶段为萌芽阶段,主要在60年代中后期,预制装配式的内容主要为圆涵管、圆弧拱和梯形梁板;第二阶段为试点阶段,主要在70年代至80年代初,预制装配式技术的主要应用为田间洞首、排水盲沟和人便桥等(四首、三桥);第三阶段为规模示范区阶段,预制装配式技术的主要内容有斗渠首、田间进排首、隔水渠首和生产桥等(六首、两桥);第四阶段为推广发展阶段,预制装配式技术的主要内容有自流灌排区、提水灌排区、交通类和量水类(三区、四类)等^[2]。尽管我国的装配式水工建筑体系建设取得了一定成果,但主要集中于田间工程和部分管、梁、拱、板等结构,水工装配化体系仍有待突破。

目前,我国小型水工建筑物也在持续推广装配化建设,尽管单个项目体量不大,但由于涉及水利水文、岩土结构、工程地质、建筑材料、水利工程施工等诸多领域,水工结构的拆分装配设计具有一定特殊性。传统的装配化拆分设计普遍存在以下不足:①模数不统一,无系列化预制构件;②以现场预制为主,没有实现预制构件加工工厂化,构件质量难以控制。因此,有必要对小型水工建筑物的模数设计及拆分装配进行研究和探讨。

1 小型水工建筑物构件模数设计

小型水工建筑物装配化的核心是构件设计和工业化生产,需建立一套具有适应性的构件模数以及模数协调原则,模数化是建筑设计标准化的必由之路。设计标准化要求对建筑物进行构件深化设计,优化各功能模块的尺寸和种类,使部品构件实现通用性和互换性,以保证建设过程中,在功能、质量、技术和经济等方面获得最优的方案,促进建造方式从粗放型向集约型转变。

建筑模数指在建筑设计中选定的标准尺寸单位,它是建筑设计、建筑施工、建筑材料与制品、建筑设备、建筑组合件等各个部门进行尺度协调的基础。我国采用的基本模数为100 mm,同时由于建筑设计中建筑部位、构件尺寸、构造节点以及断面、缝隙等尺寸的不同要求,还分别采用分模数和扩大模数。

小型水工建筑物主要包含泵站、涵洞、涵闸、渡槽、挡墙、水渠等(图1),其主要功能是满足农业灌

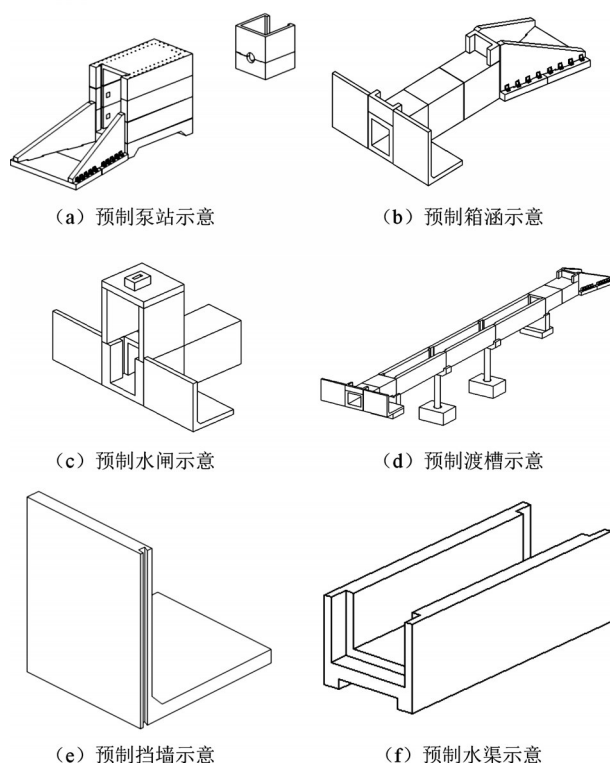


图1 小型水工建筑物典型样式

溉排水需求,故小型水工建筑物构件模数化设计的基本原则应在传统建筑基本模数的基础上结合流量、挡土高度等因素,特别是要针对不同功能的建筑物进行拟定,如表1所示。

2 小型水工建筑物拆分装配

实现小型水工建筑物设计标准化的具体表现形式为预制构件,因此,如何对组成水工建筑物的预制构件进行科学拆分为装配化技术的关键,它能对建筑物使用功能、平立面形状、结构受力状况、预制构件承载能力、工程造价等均产生影响,拆分方式要力求科学、合理、经济、可行。

预制构件的拆分优化基于多方面因素:建筑功能性和艺术性、结构合理性、制作运输安装环节的可行性和便利性等^[3]。拆分不仅是技术工作,也包含对约束条件的调查和经济分析。拆分应当由建筑、结构、预算、工厂、运输和安装各个环节技术人员协作完成。

构件拆分装配的基本依据是构件结构功能。根据功能与受力的不同,构件主要分为竖向构件、水平构件及非受力构件。竖向构件主要是预制墙体,水平构件主要包括预制板。预制构件根据外形可以分为线型构件、板式构件、L型构件、箱型构件

表1 小型水工建筑物设计模数建议

| 序号 | 建筑类型 | 构件种类 | 尺寸范围 | 标准模数 | 备注 |
|---------------------------|------|---------|--|---|-----------------------------|
| 1 | 泵站 | 翼墙、底板 | 长度 4.0~8.0 m 宽度 2.0~3.5 m 厚度 0.2~0.5 m | 长度、宽度模数 500 mm 厚度模数 50 mm | 竖 直 向 整 体 式， 水 平 向 拼 装 式 |
| | | 进水池、出水池 | 长度 2.0~3.5 m 宽度 2.0~3.5 m 高度 1.0~3.0 m 壁厚 0.2~0.5 m | 长度、宽度、高度模数 500 mm 壁厚模数 50 mm | |
| 2 | 箱涵 | 翼墙、底板 | 长度 4.0~8.0 m 宽度 3.0~4.5 m 厚度 0.2~0.5 m | 长度、高度模数 500 mm 厚度模数 50 mm | 竖 直 向 整 体 式， 水 平 向 拼 装 式 |
| | | 洞身 | 方孔口尺寸 1.0 m×1.0 m~2.5 m×2.5 m | 方孔口尺寸 500 mm | 水 平 向 拼 装 式 |
| | | | 圆孔口直径 0.6~1.2 m 节长 1.0~2.0 m 壁厚 0.2~0.5 m | 圆孔口尺寸 200 mm 节长模数 1 000 mm 壁厚模数 50 mm | |
| 翼墙、底板、洞身的设计尺寸及模数同箱涵 | | | | | |
| 3 | 水闸 | 闸室 | 节长 1.0~2.0 m 宽度 1.5~3.5 m 高度 1.5~3.5 m 壁厚 0.2~0.5 m | 节长模数 1 000 mm 宽度、高度模数 500 mm 壁厚模数 50 mm | 竖 直 向 整 体 式 |
| 翼墙、底板的设计尺寸及模数同箱涵,槽身参考箱涵洞身 | | | | | |
| 4 | 渡槽 | 边、中墩 | 宽度 1.0~2.0 m 高度 0.5~2.0 m 厚度 0.2~0.5 m | 宽度、高度模数 500 mm 厚度模数 50 mm | 竖 直 向 整 体 式， 水 平 向 拼 装 式 |
| 5 | 挡墙 | 挡墙节段 | 节长 1.0~4.0 m 宽度 1.5~3.5 m 高度 1.5~3.5 m 厚度 0.2~0.5 m | 节长模数 1 000 mm 宽度、高度模数 500 mm 厚度模数 50 mm | 水 平 向 拼 装 式 |
| 6 | 水渠 | 水渠节段 | 设计尺寸及模数参考箱涵洞身 | | 水 平 向 拼 装 式 |

及异形构件等。线形构件主要以预制柱和预制梁为主,板式构件多为平板式水平构件,L型构件以L型挡土墙为主,箱型构件则主要以方涵为主。

小型水工建筑物进行拆分装配时,主要考虑以下7个因素:

(1)受力合理。保证结构传力路径的完整性是进行拆分设计的前提,拆分的部位要能够等效传递设计内力,同时连接节点需有不低于构件本身的可靠性,做到“强节点弱构件”。要保证预制构件自身受力的合理性和连接成结构整体的受力合理性。

(2)拆分要注意避开应力集中部位和结构受力较大的部位。以预制L形挡土墙为例,其受力最大位置一般在侧墙底部,若拆分节点位于侧墙底部而不采取其他的加强措施,则该部位受力容易出现隐患。可考虑在墙背和底板部位加腋角,将节点位置

适当上移,从而保证节点强度。

(3)要满足制作、运输和吊装的要求。合理的拆分需使得构件的外形尺寸、表观质量、脱模及养护等各方面均能达到要求,构件的生产制作需要有足够的可控度。另外,拆分后的预制构件也要能够满足当地道路的限宽、限高、限重等运输要求。同时,也要考虑施工现场的环境、吊装机械设备的能力、施工现场作业空间等问题,这在小型水工建筑物中尤为明显。项目的运输路线一般较为偏僻和狭窄,大型运输车辆及吊装机械无法进入现场时,需严格限制单体构件的质量,一般控制小型单体构件质量不宜超过5 t。

(4)预制构件配筋构造的要求。为实现结构功能需求,以及保证生产和运输等环节的顺利进行,预制构件内常会埋设结部分管线、构造钢筋、埋配

件等,拆分设计时必须考虑这类材料的合理安装。

(5)连接和安装施工的要求。连接和安装施工是实现预制构件组装成结构整体并协同工作的必要环节,合理的拆分方案,应在能满足结构功能的同时,也能方便施工,简化现场的施工难度是提高结构安全可靠性的重要举措。此外,与地上构筑物不同,小型水工建筑物除了满足一般结构受力需求之外,对防渗止水有更高的要求,拆分设计应能有效处理构件与构件之间的防渗。

(6)具有分类化和典型化。小型水工建筑物的拆分不能脱离当地的地形条件和生产需求,比如丘陵、平原、圩洼等不同地形的拆分重点有所差异,应分门别类并做好典型化设计。

(7)预制构件标准化设计的要求。预制构件的标准化设计应通过多方面的考虑,最终达到“少规格、多组合”^[4]的目的。“少规格”指的是,减少预制构件的模具种类,降低模具成本也就是降低工程项目的成本,减小或降低预制构件的尺寸及规格,同时能简化现场安装的复杂程度,加快安装施工进度。“多组合”指的是,根据项目、结构、安装运输等方面的综合考虑,化整为零,以多个标准化构件,通过不同组合形式达到预制构件拼装成整体结构的目的。

拆分工作主要包括:①确定现浇与预制的范

围、边界;②确定结构构件在哪个部位拆分;③确定后浇区与预制构件之间的关系,包括相关预制构件的关系;④确定构件之间的拆分位置,尤其是分缝部位。

3 结 论

本文针对小型水工建筑物的结构及功能特点,提出了适用于不同类型水工构件的模数建议方案,并从结构功能、受力、生产、运输、施工、连接处理和地形特点等方面,分析了此类预制构件实现标准化设计而必须考虑的要素,指出“少规格、多组合”是拆分设计的最终目的,对国内小型水工建筑物的装配化生产具有一定的借鉴和指导意义。

参考文献:

- [1] 李唐友. 小型水工建筑设计问题探究[J]. 中国水运, 2014, 14(3): 240-241.
- [2] 洪晓林, 武世翔, 刘复新. 农田水利装配式建筑物技术研究与推广[J]. 水利水电工程学报, 2001, 1(3): 62-67.
- [3] 郭学明. 装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [4] GB/T 51231 装配式混凝土建筑技术标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [5] 李唐友. 小型水工建筑设计问题探究[J]. 中国水运, 2014, 14(3): 240-241.
- [6] 洪晓林, 武世翔, 刘复新. 农田水利装配式建筑物技术研究与推广[J]. 水利水电工程学报, 2001, 1(3): 62-67.
- [7] 郭学明. 装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [8] GB/T 51231 装配式混凝土建筑技术标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [9] QIAN Z D, WANG Y, HUAI W X, et al. Numerical simulation of water flow in an axial flow pump with adjustable guide vanes[J]. Journal of Mechanical Sciences and Technology, 2010, 24(4): 971-976.
- [10] 王凡, 钱忠东, 郭志伟, 等. 可调导叶式轴流泵压力脉动数值分析[J]. 农业机械学报, 2017, 48(3): 119-123.
- [11] 杨帆, 刘超, 汤方平, 等. 带可调进口导叶轴流泵装置水力性能数值分析[J]. 农业机械学报, 2014, 45(5): 51-58.
- [12] Kim Youn Sung, Shim Hyeon Seok, Kim Kwang Yong. Effect of inlet guide vane and blade pitch angles on the performance of a submersible axial-flow pump [J]. Proceedings of the institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 2021, 235(4): 718-732.
- [13] 周强, 李宏坤, 仲作文, 等. 离心泵导叶流道进口处压力脉动研究[J]. 工程热物理学报, 2020, 41(7): 1679-1684.
- [14] 水泵模型及装置模型验收试验规程 SL140—2006[S].

(上接第17页)

device under bidirectional operation [J]. AIP Advances, 2022, 12(2): 1-15.

- [4] 杨帆, 金燕, 刘超, 等. 双向潜水贯流泵装置性能试验与数值分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(16): 60-67.
- [5] 肖宇, 叶晓琰, 周岭, 等. 基于叶轮子午面田口试验的潜水泵水力优化设计[J]. 水电能源科学, 2020, 38(11): 164-168.
- [6] 程效锐, 张雪莲. 基于正交设计法的潜水泵空间导叶水力优化[J]. 兰州理工大学学报, 2020, 46(5): 61-67.
- [7] 陈斌, 李贞彬, 张华, 等. 基于轮毂比的潜水轴流泵优化设计研究[J]. 中国给水排水, 2019, 35(23): 91-95.
- [8] 钱忠东, 王凡, 王志远, 等. 可调导叶式轴流泵马鞍区水力特性试验研究[J]. 排灌机械工程学, 2013, 31(6): 461-465.
- [9] QIAN Z D, WANG Y, HUAI W X, et al. Numerical simu-