

基于BIM的 榫卯自耦合装配式泵站技术研究

徐鹏飞¹, 谢亚军², 郭 瑞¹

(1. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223005; 2. 淮安市水利局, 江苏 淮安 223005)

摘要:以江苏地区常见的小型湿室型泵站为典型,基于榫卯原理对典型泵站的进、出水池进行标准化拆分及组装,设计了一种采用干连接方式的自耦合装配式泵站结构,并利用BIM技术进行泵站装配构件的标准化和参数化设计。采用榫卯接头的干连接方式装配泵站避免了传统装配式泵站的现场大量二次浇注及连接的工作量,可实现现场吊装一次成型,结构及整体防渗稳定可靠,并可简化施工工艺、缩短工期,综合效益显著。

关键词:装配式; 泵站; 装配式泵站; 榫卯; BIM; 干连接

中图分类号:TV675

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)10-0023-0004

Research on technology of mortise and tenon self-coupling assembled pump station based on BIM

XU Pengfei¹, XIE Yajun², GUO Rui¹

(1. Huai'an Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Huai'an 223005, China;

2. Huai'an Water Conservancy Bureau, Huai'an 223005, China;)

Abstract: Taking the common small wet chamber pump station in Jiangsu Province as a typical example, based on the mortise and tenon principle, the inlet and outlet pools of a typical pump station are standardized and assembled, a self-coupling assembled pump station structure using dry connection is designed, and the BIM technology is used for the standardized and parametric design of the assembly components of the pump station. The dry connection mode of mortise and tenon joint is adopted to assemble the pump station, which avoids a large number of on-site secondary pouring and connection of the traditional assembled pump station, realizes one-time molding of on-site hoisting, stable and reliable structure and overall anti-seepage, simplifies the construction process, shortens the construction period, and has remarkable comprehensive benefits.

Key words: assembly; pump station; assembled pump station; mortise and tenon; BIM; dry connection

我国装配式水工建筑物应用受限,究其原因主要是装配式建筑规模标准不统一、节点连接方式及结构防渗不可靠。

本次介绍了基于榫卯连接的装配式泵站,各构

件之间通过榫卯接头连接,使泵站整体结构形成自耦合式静力平衡,避免了传统装配式结构中构件连接需要二次浇注或者焊接、栓接的问题,进一步简化了施工工艺,提升了建设效率。

收稿日期: 2022-05-30

基金项目: 江苏省水利科技项目(2020019)

作者简介: 徐鹏飞(1986—),男,高级工程师,主要研究方向为水利工程规划设计。E-mail: 1085484494@qq.com

1 榫卯结构概述

榫卯连接结构是中国古建筑、家具及其他器械的主要结构方式,是在两个或多个构件上采用凹凸部位相结合的一种连接方式,凸出部分叫榫(或叫榫头),凹进部分叫卯(或叫榫眼、榫槽),见图1。

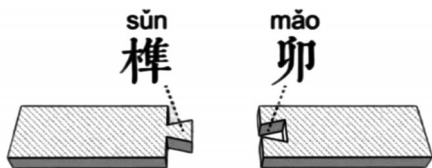


图1 榫卯示意

榫卯结构是一项精湛的木工技艺,早在石器时代榫卯结构就诞生了,它也是中国古代建筑的主要结构方式。不同样式、不同高低、不同长短的木件之间,通过不同的拼接方式,榫卯结构会有不同的变化,从而也就有了不同的作用。

榫卯结构大致可分为三大类型^[1]:

(1)是面与面的接合,也可以是两条边的拼合,还可以是面与边的交接构合。如“槽口榫”“企口榫”“燕尾榫”“穿带榫”“扎榫”等。

(2)是作为“点”的结构方法。主要用于作横竖材丁字结合、成角结合、交叉结合,以及直材和弧形材的伸延接合。如“格肩榫”“双榫”“双夹榫”“勾挂榫”“楔钉榫”“半榫”“通榫”等等。

(3)是将3个构件组合一起并相互连结的构造方法。这种方法除运用以上的一些榫卯联合结构外,都是一些更为复杂和特殊的做法,如常见的有“托角榫”“长短榫”“抱肩榫”“粽角榫”等。

多个方向的榫卯组合使得构件成为特殊柔性结构体,木和木之间的张紧和松脱的作用力就会相互扶持,相互中和,不但可以承受较大的荷载,而且允许产生一定的变形。

2 水工建筑物装配式概述

装配式结构是指构件在加工厂或施工现场预制^[2],通过机械吊装等方式把各单个预制构件连接成为一个整体的结构。与传统现浇结构相比,其优势在于施工进度快、生产效率高、节省劳动力、经济效益高、减少施工中对环境的破坏与污染、有利于实现节能减排的目标等。

装配式结构从施工角度分为干连接和湿连接两种类型^[3]。湿连接是两构件之间通过浇筑混凝土

连接在一起,在浇筑混凝土前预制构件预留钢筋或螺栓,通过焊接或机械连接在一起,最后浇筑混凝土,湿连接整体性接近现浇混凝土结构。干连接是构件在工厂生产时预埋钢板或其他钢部件,现场装配通过焊接或螺栓连接。相较于湿连接,干连接构件之间连接较松散,整体性差,但工业化程度高,施工速度快。

3 榫卯装配式泵站研究

3.1 榫卯装配式泵站力学原理

古代榫卯连接应用的载体是木制结构,需要通过多个方向的组合来保证构件接头处形成自锁状态,以保持家具或建筑物的整体稳定。榫卯装配式泵站构件为钢筋混凝土结构,自重较大。因此,可以通过自重限制其竖直方向自由度,同时通过构件与构件之间的榫卯接头限制其水平方向的自由度。混凝土构件在自身重力与榫卯接头的共同作用下,使装配完成后的钢筋混凝土构件之间实现自耦合,达到整体结构的静力平衡。

基于榫卯结构的装配式泵站构件接头连接方式区别于传统的干连接装配式建筑物的连接方式,是采用一种类似于搭积木的方式进行建筑物装配设计。这种方式能够实现现场快速装配,无需进行二次浇筑或者其他连接,进一步简化装配工艺,缩短工期,提高效益。

3.2 装配构件榫卯接头设计

榫卯接头以往主要用于木制家具及建筑物,接头类型众多。受限于钢筋混凝土结构施工工艺的要求,将榫卯接头应用于泵站工程,既要考虑接头的可靠性,又要满足钢筋混凝土结构立模、绑扎钢筋及浇筑混凝土的相关制作要求。经过多方案比选,泵站装配构件接头采用企口榫能够满足连接可靠、制作工艺简单的要求,见图2。

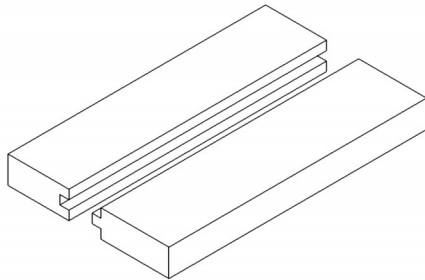


图2 企口榫示意

3.3 榫卯装配式泵站拆分原则

榫卯装配式泵站采用在工厂内制作构件,再运

输至施工现场进行吊装的方式进行装配。装配式泵站的单个构件尺寸在满足农村道路运输吊装的条件下尽可能地做大尺寸,以减少止水措施的数量。

泵站构件拆分按照以下几个原则进行:

- (1)采用标准化构件以减少模具种类;
- (2)模块化设计以适应各种地形变化;
- (3)满足低等级乡村道路的运输要求。
- (4)满足小吨位起吊设备的吊装要求。

3.3 典型榫卯装配式泵站结构设计

典型泵站选350QZ型潜水单向泵站,泵站采用湿室型进水池,水泵出水管连接矩形出水池,进水连接段采用U型槽结构。进水池净宽2 000 mm,总宽2 500 mm,总长6 100 mm,总高5 200 mm。进水U型槽结构净宽2 000 mm,总宽2 500 mm,总长6 000 mm。出水池净尺寸为2 400 mm×1 800 mm×3 400 mm,出水池净总尺寸为2 900 mm×2 300 mm×3 700 mm,见图3。

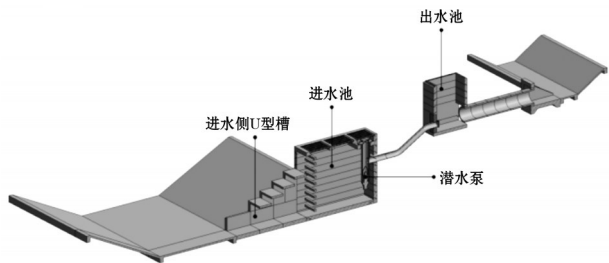


图3 榫卯装配式泵站装配完成

进水池拆分为7种类型,11个构件,由下而上分别为:①站身底板构件(1块);②站身通用构件(5块);③含管洞站身构件A(1块);④含管洞站身构件B(1块);⑤站身通用构件(1块);⑥含水泵梁站身构件(1块);⑦站身顶部构件(1块)。站身通用构件为模块化标准构件(外形尺寸完全相同),可通过增减模块化构件的数量调整站身总高度以适应不同场地地形。

出水池拆分为3种类型、6个构件。由下而上分别为:①出水池底板构件(1块);②含管洞出水池构件(1块);③出水池上部通用构件(4块)。出水池上部通用构件为模块化标准构件(外形尺寸完全相同),可通过增减模块化构件的数量调整出水池总高度来适应不同场地地形。

进水U型槽结构拆分为5种类型、7个构件。其中:①U型槽底部构件为通用模块化标准构件(3块);②U型槽顶部构件为模数化构件(4块)。进水U型槽结构为常用的适应引水河道地形的连接

段,坡比一般为1:1.5~1:3.0。典型泵站进水连接段河道坡比为1:1.5,U型槽顶部构件采用模数化设计,U型槽的高度设为变量,按照0.5 m(1:1.5坡比)的高差递增。不同的引水河段可通过增减U型槽底部构件为通用模块化标准构件的数量来调整U型槽的总长度,通过改变模数化构件的模数调整U型槽的侧墙顶部整体坡比来适应不同场地地形。

榫卯装配式泵站装配分解,见图4。

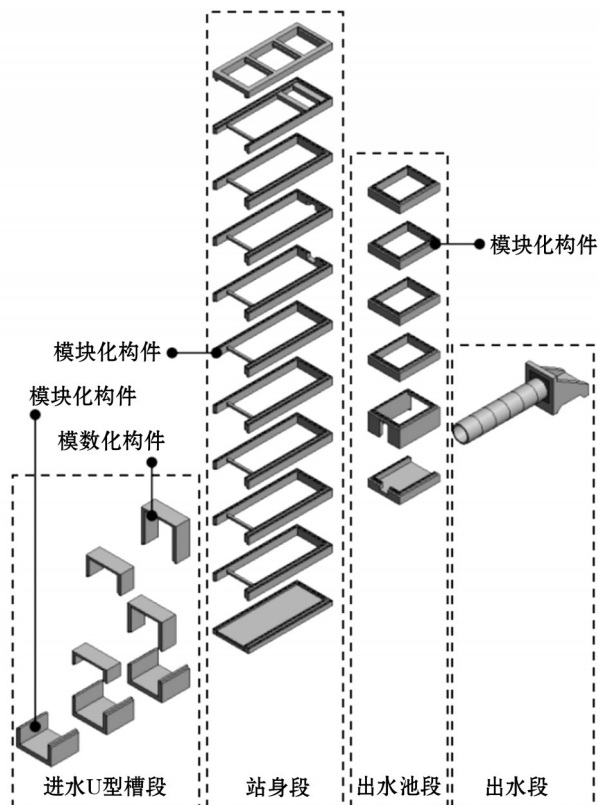


图4 榫卯装配式泵站装配分解

3.4 榫卯装配式泵站防渗止水设计

预制装配式泵站构件为了满足低等级乡村道路的运输及小吨位起吊设备的吊装要求,装配构件分解的数量较多。因此,构件间接缝较多,易发生渗漏,从而影响施工质量,不利于泵站后期的运行和使用,所以,必须重视接缝处的止水处理,以保障装配式泵站工程质量。

榫卯装配式泵站各构件采用由下而上的方式搭接而成,针对泵站的结构及受力特性,采用在构件榫卯接头处预留半圆形凹槽,在凿槽内嵌入圆柱形遇水膨胀橡胶条,上下构件间形成闭环防水橡胶圈,通过上下构件自重挤压密实,达到构件间防渗止水的效果。在泵装配完成后,回填土回填之前,在泵站进水池、出水池及进水U型槽外侧包裹

一层土工布用于加强防渗,防止发生渗透破坏,见图5~7。



图5 榫卯装配式泵站止水示意

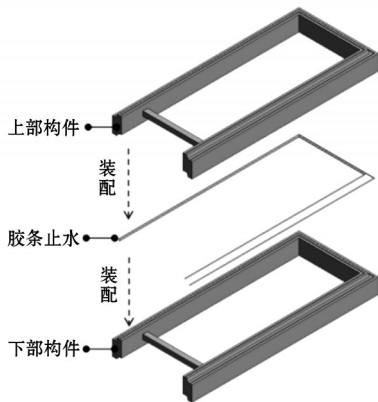


图6 泵站进水池装配(止水)示意

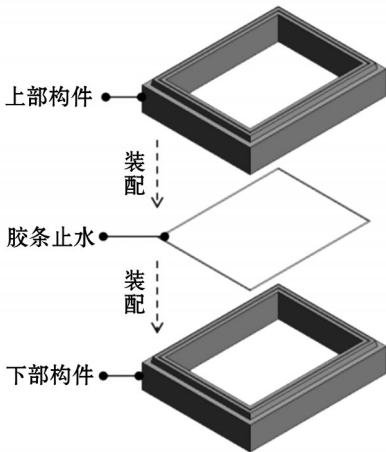


图7 泵站出水池装配(止水)示意

3.5 基于BIM技术的参数化设计

榫卯装配式泵站的构件均为标准化构件,同一种类型不同规模泵站的主体结构型式基本相同,尺寸略有差异,这样的性质为参数化设计创造了运用条件。在设计阶段采用BIM软件Inventor的参数化工具ilogic进行参数化设计^[4],能够通过改变预制的参数数值,快速获得不同规格的泵站的预制构件。以典型榫卯装配式泵站的进水池为例,将进水池长度、宽度、构件高度、构件壁厚、榫卯接头等尺寸设

定为可调节参数值。通过调整以上参数值,可以快速获得其他任意同类型不同规格泵站的进水池构件。采用BIM技术进行装配式泵站构件设计极大的提升了装配构件的设计效率,效益显著,见图8。

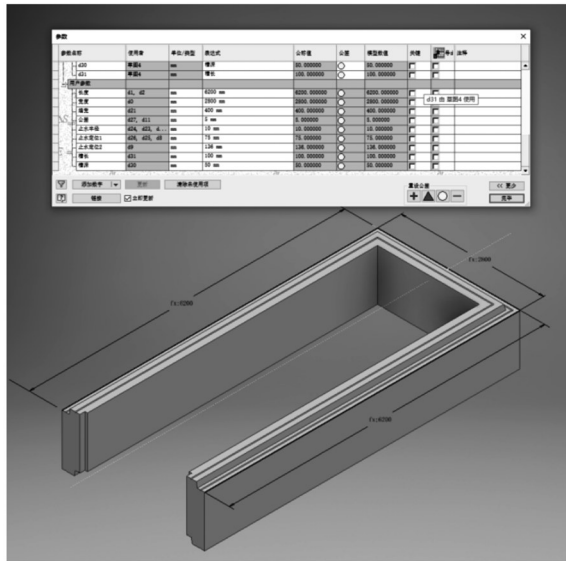


图8 装配构件参数化设计界面

4 结 论

(1)基于榫卯原理的干连接式装配泵站适用于采用井筒式潜水泵的湿室型泵房,泵房可实现现场吊装一次成型,构件之间能够自耦合,无需二次浇筑或二次连接,泵站结构稳定可靠。

(2)在装配构件企口榫结合面设置止水凹槽,在凹槽内嵌止水橡胶条,并在整体构件外侧包裹土工布的止水结构适用于湿室型泵房结构及低水头出水池,整体防渗稳定可靠。

(3)基于榫卯原理的干连接式装配泵站避免了传统装配式泵站的现场大量二次浇注及连接的工作量,可实现现场吊装一次成型,结构及整体防渗稳定可靠,并可简化施工工艺、缩短工期,综合效益显著,为水工建筑物的装配化发展提供了一个新的探索方向。

参考文献:

- [1] 张瑶. 榫卯的魅力[M]. 北京:化学工业出版社,2020:81.
- [2] 喻振贤,李汇,喻杰,等. 预制装配式结构节点连接方式的研究现状[J]. 甘肃科技,2017,33(1):79-81.
- [3] 陈嘉俊,金仁东,徐炳水,等. 预制装配式结构节点抗震性能研究综述[J]. 建设科技,2017(21):68-70.
- [4] 杨显刚,何玉林,杜静,等. 参数化零部件库建库技术研究与实践[J]. 图学学报,2013,34(2):153-158.