

# 小型水工建筑物吊运装配 与连接设计研究

金忠良<sup>1</sup>, 姜海涛<sup>2</sup>, 王 洁<sup>3</sup>, 李永波<sup>1</sup>

(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:**根据小型水工建筑物带水运行的工作特点,在装配式拆分设计的基础上,指出节点防渗设计的必要性。给出了适用于水工建筑的多种节点连接方式及各自的适用范围,并总结了不同类型小型水工建筑物的节点连接要求及通用做法。另外,基于吊运和安装装配的便捷性等方面对预制构件提出新的要求,包括尺寸限制、重量限制、吊点选取等。通过具体的深化设计实例,强化了节点防渗做法和吊装技术的重要性,为相关设计人员提供参考。

**关键词:**小型水工建筑物; 连接设计; 吊运; 装配

中图分类号: TU375.1

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)10-0049-0005

## Study on hoisting assembly and connection design of small hydraulic structures

JIN Zhongliang<sup>1</sup>, JIANG Haitao<sup>2</sup>, WANG Jie<sup>3</sup>, LI Yongbo<sup>1</sup>

(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:** According to the working characteristics of small hydraulic structures running with water, on the basis of assembly split design, the necessity of anti-seepage design of nodes is pointed out. This paper gives a variety of node connection methods suitable for hydraulic buildings and their respective scope of application, and summarizes the node connection requirements and general practices of different types of small hydraulic structures. Furthermore, this paper puts forward new requirements for prefabricated components based on the convenience of hoisting and installation, including size restrictions, weight restrictions, and selection of hoisting points. Finally, this paper strengthens the importance of the joint anti-seepage practice and hoisting technology through specific detailed design examples, and provides a reference for the relevant designers.

**Key words:** small hydraulic structures; connection design; hoisting; assembly

收稿日期: 2022-03-25

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,主要从事工程建筑工作。E-mail: 371803673@qq.com

装配式混凝土结构由于构件质量可控、施工便捷、节能环保等优点,自20世纪50年代以来,在全世界范围内都得到了广泛的应用,涉及领域包括房屋建筑工程、交通工程、水利水运工程等。近年来,环保、节能要求的提高以及劳动力价格上涨等因素进一步推动了装配式混凝土结构技术的发展。装配式混凝土技术的进步主要体现在两大方面:一是各种新型连接形式的出现,如套筒灌浆技术、浆锚搭接技术等使得现代装配混凝土结构可以具有与现浇混凝土结构等同的整体性能和耐久性能;二是随着吊装设备及机具、施工支撑系统、运输用车等施工设备和技术的进步,使得现代装配式混凝土结构能够满足工业化生产和施工的要求。

近年来,小型装配式水工建筑物的发展初显规模,但也存在较多亟需解决的难题。由于其带水运行的使用环境及渗漏出险时往往具有隐蔽性强的特点<sup>[1]</sup>,小型水工建筑物的连接技术除满足一般建筑物的受力及耐久性要求以外,还需密切关注构件拼装缝处的防渗止水问题。此外,由于小型水工建筑物地处田间,道路狭窄、施工场地受限,会对预制构件的吊运及安装产生一定影响,故对构件的尺寸、重量和吊装方式也提出了新的要求。

## 1 小型水工建筑物连接关键技术

对装配式结构而言,“可靠的连接方式”第一重要,是结构安全的最基本保障<sup>[2]</sup>。装配式小型水工建筑物中,预制构件的连接技术主要包括以下几类:套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、螺栓连接、焊接连接、承插连接及后浇混凝土连接等。

(1)套筒灌浆连接:是装配式混凝土结构中目前竖向构件连接应用最广泛,也是最安全最可靠的连接方式。套筒按照结构形式分为全灌浆套筒和半灌浆套筒。

套筒灌浆连接的工作原理是将需要连接的带肋钢筋插入金属套筒内“对接”,在套筒内注入高强、早强且有微膨胀特性的灌浆料<sup>[3]</sup>,灌浆料在套筒筒壁与钢筋之间形成较大的正向应力,在钢筋带肋的粗糙表面产生较大的摩擦力,由此得以传递钢筋的轴向力。在小型水工建筑物中,套筒灌浆连接技术可以应用在对于传递弯矩较大或有等强连接要求的竖向连接构件中,如挡土墙的侧墙与底板的连接,通过预制底板预留钢筋锚入预制侧墙预埋套筒内,通过灌浆实现锚固连接和传力。在底板与侧墙拼缝处应预留键槽,并采用防水砂浆等材料座浆,

保证构件之间的防渗性能,如图1所示。

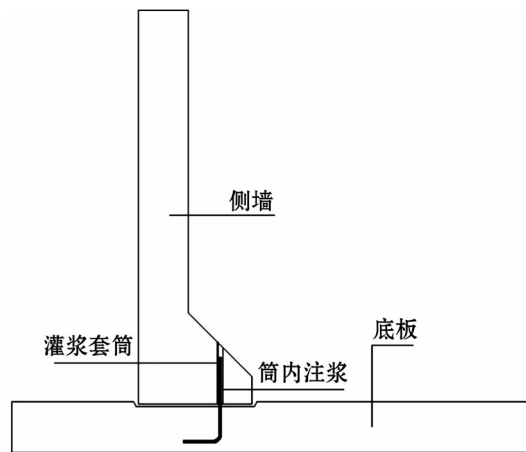


图1 挡土墙与底板连接

(2)浆锚搭接连接:其工作原理是将需要连接的带肋钢筋插入预制构件的预留孔道内,预留孔道内壁为螺旋形,钢筋插入孔道后,在孔道内注入高强、早强且有微膨胀特性的灌浆料,从而为插入钢筋提供锚固。也可在孔道侧边预埋预制构件的受力钢筋,与插入孔道的钢筋进行有一定距离的搭接。

浆锚搭接有两种方式,一是浆锚孔用金属波纹管,二是两根搭接的钢筋外圈有螺旋钢筋,螺旋箍筋约束预制构件内受力钢筋和后插入钢筋。浆锚搭接连接技术原理与套筒灌浆技术类似,但浆锚搭接的锚固长度相对更大,其应用范围与套筒灌浆类似,但不适用于水平连接。

(3)螺栓连接:指在预制构件上预埋钢板和螺栓组合件,通过螺栓将钢板压紧,钢板之间通过摩擦力实现预制构件与预制构件、预制构件与结构主体进行连接。螺栓连接是全装配混凝土结构中梁、柱的主要连接方式,属于干式连接,具有装配速度快,无需养护的优点。螺栓连接在小型水工建筑物中主要用于受力要求不高的部位或构造连接,但需特别注意在浸水环境或临水环境中的防腐处理,常涂抹防锈涂层或采用砂浆进行现场封闭。

(4)焊接连接:是指在预制混凝土构件中预埋钢板,构件之间通过预埋钢板进行焊接连接来传递构件之间作用力的连接方式。但由于焊接连接存在水下可靠度和耐久性不足的局限性,大多只应用于非结构构件和非潮湿环境的连接处。

(5)承插连接:一般是指预制混凝土构件之间通过承口和插口相互连接,多用于非受力构件之间的连接,如箱涵或沟渠等节段构件的连接,这类连

接可进一步采用预应力张紧,承口与插口之间一般采用遇水膨胀胶条进行止水,如图2所示。

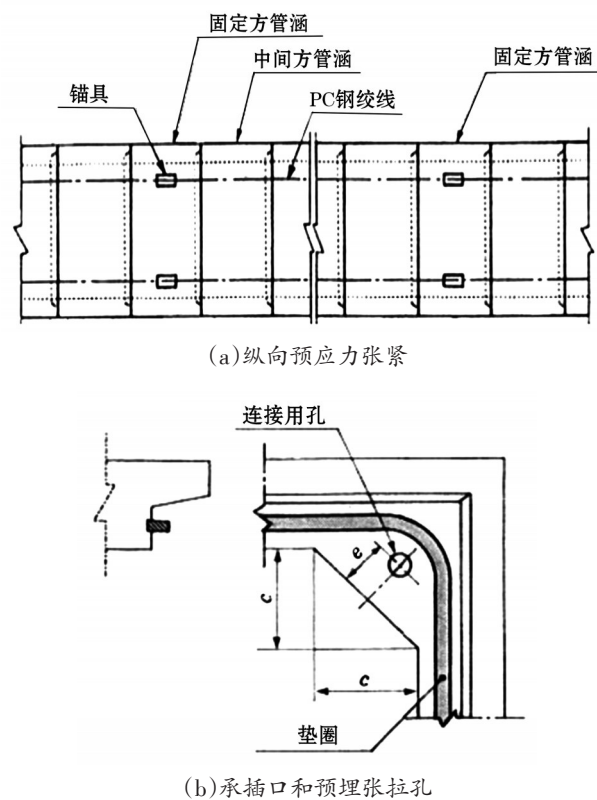


图2 承插口结合预应力连接

(6)后浇混凝土连接:一般用于构件之间传力要求较高的部位,节点强度可视为等同现浇。若连接部位防渗要求较高,应采取增加止水钢板等防水措施;若连接部位相对变形较大,则可采用柔性材料进行止水。

根据不同类型小型水工建筑物的受力、功能特点和使用条件,对相应的构件连接技术要求进行总

结,如表1所示。

2 小型水工建筑物吊运装配关键技术

小型水工预制构件的设计需考虑吊装运输的相关要求。其主要体现在,出厂的预制构件要能够满足当地道路的限宽、限高、限重等运输要求,一般来说,运输超宽限制为2.2~2.45 m,扣除车体高度后的运输超高限制为2.8 m,运输车辆限重一般为20~30 t;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突出。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重量,一般控制小型单体构件重量不宜超过10 t。

此外,预制构件还需满足装配安装的相关要求,在设计环节里主要体现在为实现结构正常功能及安装要求所需的各类埋配件的布置。同时,施工的可行性也不容忽视,在现场施工前务必做好水文、地质等环境条件的核查,并出具完善的考虑季节性施工的构件安装以及施工偏差控制的方案,且需会同设计方、施工方等共同交底,以免后期出现返工现象。

水工预制构件脱模、吊运与翻转的吊点必须由结构设计师经过设计计算确定,需给出位置和结构构造设计。在施工现场进行吊装时,应优先考虑构件直接从运输车上吊装,采用“来一车吊装一车”的方式,如此不用二次运转,不需要过多的存放场地,既减少了汽车装吊的工作量,也节省了场地空间。

常见的吊点形式主要有吊环、内螺纹套筒以及吊钉3类。吊环设置最为方便,但外露于构件表面,切除后仍会对美观性有一定影响,且构件重量较大时需求的吊环直径较大,锚固长度较难满足要求;

表1 小型水工建筑物中构件连接技术要求

序号	建筑类型	构件连接要求
1	泵站	泵站主体建筑部位竖向构件宜采用套筒灌浆连接或浆锚搭接;主体水平构件连接宜采用现浇;进出水池翼墙节段宜采用螺栓或焊接连接,并应做好钢结构封闭防腐
2	涵洞	涵洞节段之间一般宜采用承插式连接,采用预应力张拉锁紧,承插口部位设置胶条;翼墙与涵洞进出口部位宜采用现浇连接
3	水闸	闸室主体建筑部位竖向构件宜采用套筒灌浆连接或浆锚搭接;主体水平构件连接宜采用现浇;翼墙节段宜采用螺栓或焊接连接,并应做好钢结构封闭防腐
4	渡槽	渡槽节段直接宜采用现浇或承插连接,当采用承插式连接时应加强连接部位的变形适应能力,防止渗水
5	挡墙	挡墙节段之间一般宜采用螺栓或焊接连接,并应做好钢结构封闭防腐。当需对单节挡墙进行拆分时,构件之间宜采用现浇连接
6	水渠	水渠节段之间宜采用承插连接,配合砂浆密封或胶条密封



内螺纹套筒设置较为简单,且埋在构件内部对整体外观无影响,但需要匹配相应的吊装螺栓;吊钉设置最为繁琐,且在构件表面形成较大凹洞,也需要匹配相应的鸭嘴扣吊具,但起吊重量最大,对于预制箱体构件一般宜采用吊钉。设计人员可根据不同构件的特点合理选择吊点设置方式。

考虑到场地空间受限,小型水工建筑物的起吊设备大多采用汽车,运输设备大多采用汽车平板运输车,宜根据构件大小选择运输车长度及载重。运输时要充分考虑现场道路的宽度、转弯半径和雨后通行能力,车上要配置枕木、橡胶垫等<sup>[4]</sup>。

### 3 小型水工建筑物深化实例

以某现浇箱涵为例,现需调整为预制装配式结构,对其进行装配式深化设计,如图3所示,主要深化设计步骤如下:

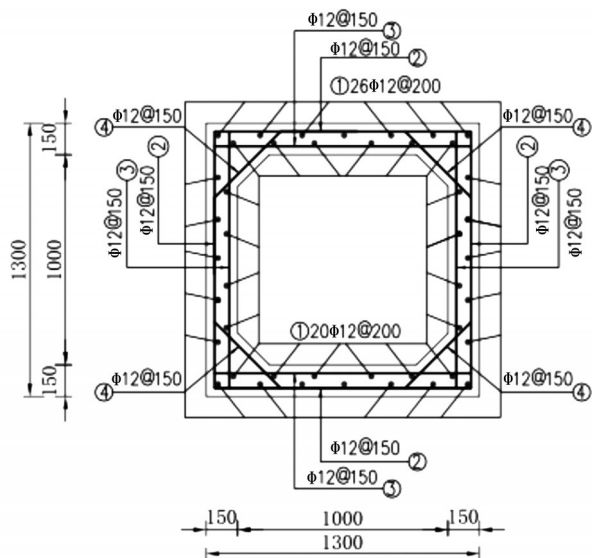


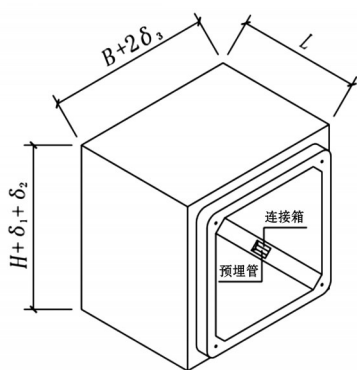
图3 预制箱涵结构断面及配筋(单位:mm)

(1)对结构进行复核计算,将混凝土强度等级由C30提升至C50,箱涵壁厚由200 mm减少至150 mm,减轻构件重量。

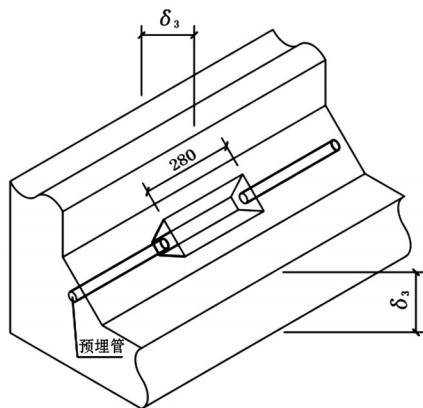
(2)优化后构件每延米重量约为1.88 t,故将预制构件每个节段长度控制在5 m,单个构件总重9.4 t,不超过10 t。

(3)由于箱涵主要功能为过水,故节段之间的连接形式应主要满足防渗要求,拟采用承插式结构,并结合预应力张拉和双胶圈接头来保证构件之间的防渗性能。箱涵和其余构件之间如翼墙等存在变形缝,在预留变形缝位置采用现浇接头,见图4。

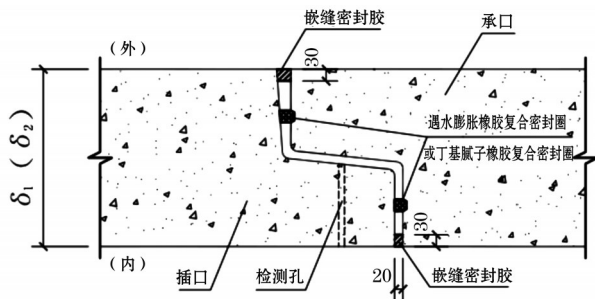
(4)为使箱涵吊装便捷可靠,拟采用构件侧边



(a)标准节段



(b)张拉手孔



(c)承插口

图4 预制箱涵接缝形式(单位:mm)

预留内螺纹套筒起吊的形式,在构件制作时对吊装孔进行预埋并进行洞口加强,同时设计专用的“一字形”吊具起吊,如图5所示。

### 4 结 论

本文从小型水工建筑物的结构和受力特点出发,指出其在结构装配和连接上与一般装配式建筑的区别,即需重点考虑防渗止水效果,并给出了不同连接类型水工建筑物的节点连接要求。

小型水工建筑物目前正走向大规模推广阶段,而涉水性是它工作时的最主要特征,如何处理好节

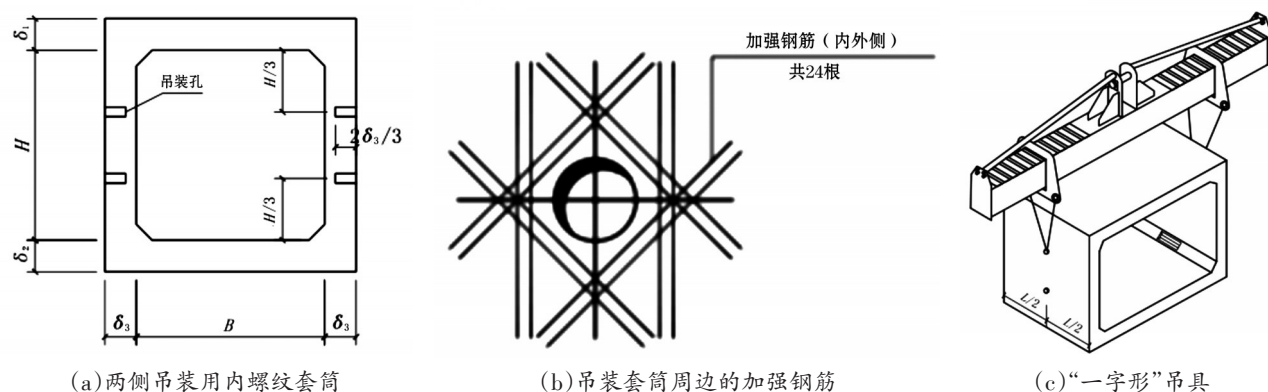


图5 预留吊装孔及专用吊具

点的防渗效果尤为重要。在进行小型水工建筑的设计过程中,本文提出的相关防水构造可为设计人员提供相应参考。

#### 参考文献:

[1] 陈友国,余代广,郦行. 小型水工建筑物常见渗漏问题

分析[J]. 江苏水利,2012(10):19-21.

[2] 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.

[3] JGJ 355 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.

[4] 郭学明,杜常岭,王书奎,等. 装配式混凝土建筑——施工安装200问[M]. 北京:机械工业出版社,2018.

(上接第35页)

相结合,能够更好地进行降水预测,促进水文行业监测技术的发展。

## 5 结 语

高频微波链路测水新技术具有优先利用基站资源、可快速搭建网络、系统稳定性强、无需日常维护等显著特点,节省了大量人力、物力及维护成本,能实现网络化的实时动态降水监测,为水灾害防御、气象水文、水资源管理、农业种植、交通管理、应急调度、军事保障、无人驾驶、市民出行、快递企业等提供“快、精、准”的降水数据服务,是对现有降水监测技术的有效补充或革新,具有良好的社会和经

济效益。

#### 参考文献:

[1] 刘志雨,刘玉环,孔祥意. 中小河流洪水预报预警问题与对策及关键技术应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2021,49(1):1-6.

[2] 吕玉凤,胡文. 基于高分三号雷达卫星的洪涝灾害遥感监测[C]//第七届中国(国际)商业航天高峰论坛论文集,2021:198-208.

[3] 唐国强. 卫星遥感降水在全球及典型区域的检验、应用和改进[D]. 北京:清华大学,2019.

[4] 印敏,高太长,刘西川,等. 微波链路测量降水研究综述[J]. 气象,2015,41(12):1545-1553.