

# 关于沙井河口水闸大跨度闸门制造安装的探讨

朱文超

深圳市水务工程建设管理中心 广东深圳 518000

**摘要:** 大跨度水闸闸门在水利工程中应用广泛,但设计、制造、运输及安装有一定的难度,通过沙井河口水闸的设计、模型试验、制造、运输及安装工程的介绍,针对相关的环节进行探讨。

**关键词:** 水闸; 闸门; 模型试验; 制造安装

## Discussion on manufacture and installation of large-span sluice gate of Shajing estuary sluice

Wenchao Zhu

Shenzhen Water Engineering Construction Management Center Shenzhen 518000, Guangdong Province

**Abstract:** The large span sluice gate is widely used in hydraulic engineering, but it is difficult to design, manufacture, transport, and install. This paper introduces the design, model test, manufacture, transportation, and installation of the Shajing estuary sluice and discusses the related links.

**Keywords:** sluice; sluice gate; model test, manufacturing and installation

### 引言:

沙井河口水闸位于深圳市宝安区茅洲河流域沙井河口,是一座防洪(潮)、排涝、通航的大型水闸,闸门双向挡水,中孔闸门采用直升式平面钢闸门,闸门开启后悬挂在河道的上方,中孔水闸净宽32米,闸门尺寸(宽×高×厚)为35.6米×7.7米×3.5米,闸门为焊接双横梁主梁结构,主梁为实腹式变截面形式,垂直向设置12块实腹式隔板和两道边梁,水平向除顶底次梁外,还设置了三条水平次梁,闸门主材采用Q235B,闸门重189吨。该闸门主要特点是门体宽高比很大(34/6.5=5.231),双向挡水:正面设计挡水水头3.05米,相应的水压力为4416.4KN;反向设计挡水水头2.79米,挡水压力2057.9KN。正反向支承均采用台式弧面滑块支承,滑块材料选用复合材料MGA,闸门为双吊点,吊耳座布置在边梁上部,启闭机采用固定卷扬式启闭机,启闭机型号

为QP-2X3200KN-35,动水启闭。

### 一、模型实验

在闸门设计计算的基础上,设计单位委托国内知名高校根据结构动力学相似原理对闸门进行了水弹性模型静、动力试验,重点测试对象是工作闸门和闸墩。模型几何比尺为1:22,按相似律得出其他主要物理量的相似常数比尺,据此可以将模型试验结果换算得到原型相应的物理量。

#### 1.1 试验研究内容与方法

试验闸门采用水弹性材料(主材是钨粉)、模型混凝土闸墩采用加重橡胶材料制作。闸门结构比较复杂,均为薄壁钢结构,模型设计与制作按照原型设计图纸和几何比尺放样。主要构件主横梁、边梁、纵隔板等严格按相似律要求制作,次要部位适当简化。为了满足重力相似和弹性力相似,在制作模型时适当调整板材厚度,达到满足质量相似的前提下并达到刚度分布相似,以满足闸门静、动力特性试验和静、动力响应试验的技术要求。模型闸门外围尺寸(宽×高×厚)为1545.0mm×295.5mm×159.1mm。在闸门及闸墩模型上布设了静应力、动应力、位移、加速度等测点95个。结构静应力及动应力检测采用电测法。试验模拟了13种工

**通讯作者简介:** 朱文超,出生年月:1966年07月,民族:汉,性别:男,籍贯:河南省温县,单位:深圳市水务工程建设管理中心,职位:部长,职称:高级工程师,学历:硕士,邮编:518000,研究方向:工程建设管理。

况, 每种工况下有不同的荷载组合, 每个工况完成三次试验测试。

### 1.2 试验成果分析

通过对试验数据分析, 发现试验测的闸门各主要构件试验应力总体上小于设计计算相应工况的应力结果, 如应力最大的工况3上主梁下翼缘跨中测点试验应力最大值为82.9MPa、电算最大值为101.2MPa, 试验值比电算值小18.1%左右, 而变形量试验测值较大, 如工况3闸门上主梁跨中向内江方向静位移最大值-26.0mm, 电算值为-24.5mm, 试验值比电算值大6%左右; 启门瞬时工况9顶主梁跨中最大竖向位移-12.5mm, 电算值为-10.5mm, 试验值比电算值小16%左右。这些差别与试验测点和电算所选取的应力、位移输出点不可能完全一致有关, 也与两种研究方法的边界条件模拟不完全一致有关。但两种研究方法中闸门主梁应力、挠度值规律相同、大小处于同一水平, 电算还能同时算出各主要构件和局部区域的受力变形情况, 可以作为全面分析结构受力、对比检验试验成果的重要资料之一。

试验证明, 主梁挠度(水平方向)最大值1/1230, 小于规范容许值1/600, 启门瞬间最大竖向挠度值1/2560, 小于规范容许值1/600, 但富余量较大, 闸门刚度满足规范要求; 闸门各测点在各工况下最大应力值均小于Q235B材料的许用应力, 证明闸门强度满足规范要求; 闸门在考虑地震力作用时主要构件应力分别小于闸门材料Q235B的容许应力, 结构设计合理, 结构强度满足规范要求; 实测顺河向闸门加速度最大值为0.22g、均

方根值为0.08g, 横河向闸门最大值及均方根值一般均比顺河向小, 结果满足规范要求。

## 二、闸门制造安装

### 2.1 闸门制造

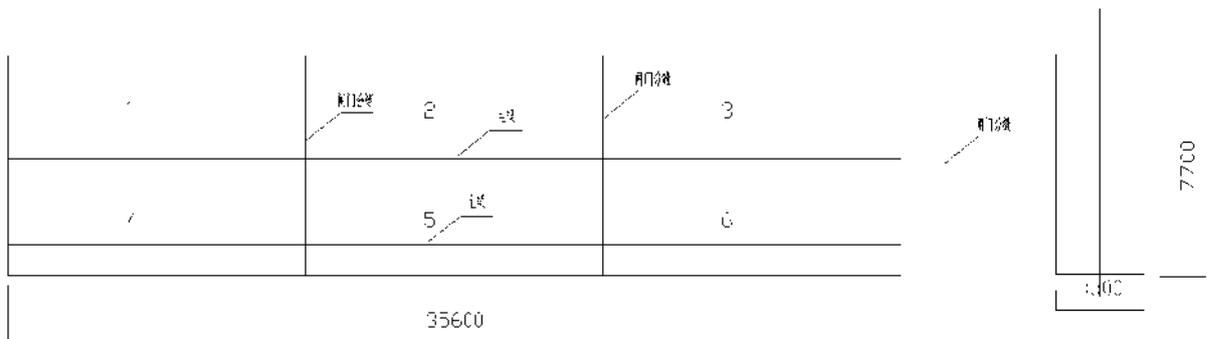
大跨度闸门受运输条件的制约, 一般分为现场制造和工厂制造分块运输两种方法, 沙井河口水闸中孔闸门只有一扇, 现场为了一扇闸门搭建满足吊运、拼装、焊接及加工装配条件的生产车间成本太高, 再由于现场场地条件限制, 决定选择有丰富生产经验的、生产厂房吊装条件较好、运输距离较近的厂家进行厂内制造。

工厂技术人员认真研究设计图纸, 编制闸门制造工艺文件, 提出材料需求计划清单, 下达生产任务计划, 技术人员向生产班组进行工艺技术交底, 重点交底根据吊装、运输要求的分块、分缝及拼装方案内容。

#### 2.1.1 闸门分块方案

门叶制造考虑运输限制、减少工地的安装缝及闸门的结构牢固性, 分六节进行运输, 平均每块重约38吨, 考虑到分块的不均匀性最重件约42吨。

闸门面板横向分缝从上主梁腹板中心一分为二; 上主梁搭配在上节; 边梁腹板往上错开面板分缝处200mm, 边梁、纵梁后翼板按图纸结构下料; 闸门在宽度方向纵向分成三块, 面板在第五(两边数起)隔板(或称纵梁)的腹板中心断开; 主梁腹板同块之间相背错位, 上下之间相反错位, 同时错开面板纵向分缝200mm。主梁后翼错开主梁腹板分缝处100mm。分块尺寸见示意图<sup>[1]</sup>。



#### 2.1.2 闸门制造工序过程

闸门制造工序包括从原材料采购运输、材料质量检测、入厂管理、钢板发放、划线、切割、单个构件组对、焊接、变形处理、整体组对、焊接、变形处理、机加工、验收、防腐等近15道工序。全部板材型材零件根据工艺设计, 考虑工艺余量, 相邻的平行拼接焊缝错开间距 $\geq 300\text{mm}$ , 钢板拼接对接焊缝与加筋板焊缝的间距 $\geq 150\text{mm}$ , 技术部门将图纸细化, 统一发放下料详细图,

集中下料。下料前经平板机校正, 型钢经型钢校正机校正。钢板进行切割下料, 坡口按焊接工艺设计进行加工。下料后清除氧化铁、毛刺、飞边, 经平板机、型钢校正机校正, 钢板局部平面度 $\leq 1\text{mm/m}$ ; 型钢直线度为长度的1/1000, 但不大于5mm)。尺寸检验符合规范要求, 对接焊缝按规范进行无损探伤, 经检查合格后方可转入部件组装。门叶结构的全部组合板边缘、焊接坡口均经加工, 同规格的零件(如隔板、筋板等)叠在一起铣边,

以保证门叶装配精度及焊接质量,利于门叶整体焊接变形的控制。主梁及边梁组合、焊接、矫正、检查后的允许偏差按规范DL/T5018-2004中的规定进行控制<sup>[2]</sup>。

门叶拼装按以下顺序进行:铺设面板并划线定位→拼底主横梁→拼上主横梁→拼次梁→拼纵梁→拼装边梁→门叶拼装检查。

闸门的焊接均由合格焊工施焊,原则上构件和面板拼接采用埋弧自动焊焊接,不宜采用自动焊的采用CO<sub>2</sub>气体保护焊和手工电弧焊,焊接尽量采取对称位置同时施焊、一道焊缝分段跳焊等焊接顺序和工艺,减小焊接变形和焊接应力。焊接完成后清理焊渣飞溅,进行外观检查 and 无损探伤检查,留取质量检查记录和档案,然后根据安装方案在分块间成对加装定位块和吊装临时吊耳。

门体拼装完成修边、水封压板与座板配钻孔、滑块座钻孔、吊耳孔镗孔等工序后进行门体拼装检测,全面满足工艺及规范要求后提请建设单位、监理单位及设计单位等代表到现场进行出厂见证验收,通过验收后分拆进行防腐施工,闸门的防腐质量关系到闸门的使用寿命和大修周期,是闸门制造的一个重要环节。在专用封闭的防腐车间进行喷砂除锈,喷砂后的表面应无油、无锈斑、无腐蚀物、无氧化物、无油漆及其它污染物,达到规定的除锈等级Sa2.5级,经喷砂预处理后的基材表面应尽快进行电弧喷涂,其间隔时间应尽可能缩短,在喷涂过程中,工件表面应保持清洁、必须达到打砂标准及保证其粗糙度,涂层表面必须是均匀的,不许有起皮、鼓泡、大熔滴、裂纹、掉块及其它影响涂层使用缺陷,涂层厚度不得小于设计规定值,并应进行涂层结合性能检查。喷锌层厚度为160μm,喷锌必须分多次进行,每次的喷涂厚度以30~60μm为宜,两层之间的喷涂方向应互相垂直,交叉覆盖。喷涂层的表面温度降到70℃以下时,再进行下一层喷涂。喷涂用的设备应保持良好的工作状态,喷涂前根据镀层的质量要求,应在试板喷涂合格后,方可进行正式的喷涂。工地焊缝两侧无需预留喷涂面,现场拼装后,按相同的技术要求对拼装区域重新进行表面处理及补喷和涂料封闭;封闭涂料底漆为无机磷酸盐富锌底漆,中间漆为环氧云铁中间漆,面漆为氯化橡胶锌粉面漆,厚度为225μm。

### 2.1.3 闸门运输

闸门门叶利用大型载重汽车公路运输,将门叶用手

拉葫芦固定,并对需加固的部位进行加固,以保护的外形及尺寸免遭损坏。并对闸门的边缘和坡口加以防护措施。

### 2.2 闸门安装

通过现场踏勘,制造安装方案确定采用300吨汽车吊在水闸中孔门槽附近闸室进行闸门及启闭机的吊装。吊装是整个安装工作的最重要环节,也是安全风险的重要防控点。门体吊入门槽前,清除门槽构件和门叶上的所有杂物,特别清除不锈钢水封座板面上的水泥浆。整个吊装工作由专业起重人员指挥和操作,严格执行相关安全规程。

闸门直接按顺序吊入门槽进行拼装焊接,完成焊接后按工艺要求进行安装缝的防腐处理,在安装水封等附件。吊装顺序为:首先将编号4的分块门叶部件吊入安装位置并找正定位,用20#工字钢进行加固支撑,前后各两点;其次将编号6的分块门叶吊放入门槽内,然后再将编号5的分块门叶安装位置与编号4的门叶进行组装,并在合适的位置进行稳固支撑,检查合格后进行门叶编号6的调整。下部三节调整到位点焊固定后开始上部三节的吊装,吊装第1分块门叶落在第4分块门叶上,利用限位挡块进行上下分节门叶的定位,检查门叶两主横梁的平行度、间距,连接处的尺寸,面板平面度等,各项尺寸检查合格进行门叶分缝焊接定位。其它顶上两块吊装方法与编号1分块门叶相同。门叶吊装后,进行门体吊装质量检查,检查合格,门叶吊装完成。吊装的重点是防变形及安放位置准确。

### 三、结束语

沙井河口水闸建成投入运行10年来,运行情况良好。通过中孔大跨度闸门的设计、制造、运输、安装的经验总结,可以给其他类似结构闸门制造是分块及分缝位置时作为参考;另外建议设计再进一步优化,提高闸门构件的计算应力,缩小富余量,充分发挥材料的利用率,降低闸门总质量,或选用高一级强度等级主材,来降低闸门总质量,以利于大跨度闸门的运输、安装和运行。

### 参考文献:

- [1]深圳市宝安区沙井片区排涝工程沙井河口水闸设计图纸
- [2]沙井河口水闸中孔闸门及闸墩结构模型试验,2010年1月