

# 大藤峡浮箱式检修闸门制造技术分析

李艳利<sup>1</sup> 刘桂芳<sup>2</sup> 游敏<sup>2</sup>

(1 中国葛洲坝集团股份有限公司 湖北 武汉 430000; 2 中国葛洲坝集团机械船舶有限公司 湖北 宜昌 443007)

**摘要:** 浮箱式闸门一般在静水中或流速较小的水域中操作运行,除在船坞上作为工作闸门外,还可以用在船闸、溢洪道和水闸上作为检修闸门。基于此,本文通过分析大藤峡水电站浮箱式检修闸门制作的难点,主要针对该产品整体组装焊接、试验等特点,通过编制实用工艺、质量控制措施,保证产品质量。

**关键词:** 浮箱式检修闸门; 整体组装; 试验

## 0 引言

大藤峡水电站在左岸泄水低孔弧形工作闸门下游侧设20孔2扇浮箱式检修闸门。该浮箱式检修闸门门体结构为单层底、横骨架式及桁架结构,沿高度方向从上到下布置有顶甲板、第一水平桁架、第二水平桁架、中甲板、下甲板和底板,共五层。主材质为Q345B,在制造厂整体制作。浮箱式检修闸门整体运输到大藤峡水利枢纽工地。侧止水与底止水采用Ω型普通止水橡皮组成U形整体。浮门内左右对称设两个边水舱和调节水舱,在底中部设一个中央水舱。机舱布置在中下甲板之间,两边水舱中间。底舱设有压载铁,保持浮门的横向初始稳定性。在浮门门体上安装了护舷材及系泊平台,系泊平台上布置有系泊设备,供拖曳。门体外形尺寸:14.1m×8.5m×5.5m。

## 1 制作难点分析与应对

浮箱式检修闸门迎水面和背水面都是外凸结构,内部为梁系结构,要求闸门试验完毕后,整体运输至工程现场,所以对制作场地和拼装方式的要求较高。因此浮箱式检修闸门的整体拼装方式及厂内试验是该闸门的难点。

(1) 浮箱式检修闸门因其特殊的结构形式,在整体制造时需搭设专用的拼装平台。根据闸门的结构特点,拼装平台采用工字钢对底横梁和底部面板进行支撑,并在门体的中部和上部有横梁的部位采用拉链与地面进行锚固。为了减少闸门的整体焊接变形,其内部的部件都在拼装前尽可能地拼焊成较大的拼装单元,以减少门体总拼时的焊缝。

(2) 浮箱式检修闸门其内部是一个密封的大容器,制作工艺较复杂,闸门整体焊接时,焊缝集中,内部施工环境差,难以实现自动化焊接。为控制闸门变形,保证整体的结构尺寸,采用整体施焊技术,偶数名焊工分区对称施焊,分班分时段施焊;注意内部通风换气,并

做好防触电措施。

(3) 充排水装置及管路制作是闸门制作的一个重要部分,是闸门实现其功能的关键部件,充排水装置由闸阀控制,同法兰、扣件与管路组成一个循环回路,制作时必须保证闸阀、法兰和扣件满足设计的规格和强度,管路间连接部位的焊接要保证水密并具有一定的强度。因此管路制作时,采购的钢管必须全部按要求进行气密试验,并保压不小于2h;闸阀、法兰与管路在出厂前一定进行整组装并进行密性试验,达到要求后,才能与门体进行组装。

## 2 闸门制造工艺流程

闸门制造工艺流程如图所示。

## 3 闸门制造主要工艺及措施

### 3.1 技术准备

由技术部门对施工图样进行审核,编制工艺总则,零件加工工艺流程卡、部件组装工艺、技术标准,防腐涂装工艺、包装运输方案、工艺装备设计等,严格按施工图纸和有关规定执行。

### 3.2 零部件加工准备

板材、型材经校平或校直后,板材达到每米范围内不平度不大于1mm,型材直线度每米偏差为长度的1/1000,且不大于5.0mm,然后进行除锈预处理。

铸件的毛坯件的检验严格按GB/T 14173-2008及施工图样之规定执行,并进行消除应力退火处理。

### 3.3 下料加工

零件均放样确定尺寸,保证放样的正确性。并绘制拼板图,合理拼板,减少焊接工作量,减少焊接应力和变形,拼板缝避开应力集中断面,避免出现十字焊缝,相邻平行焊缝间距不小于300mm,垂直焊缝间距100mm。

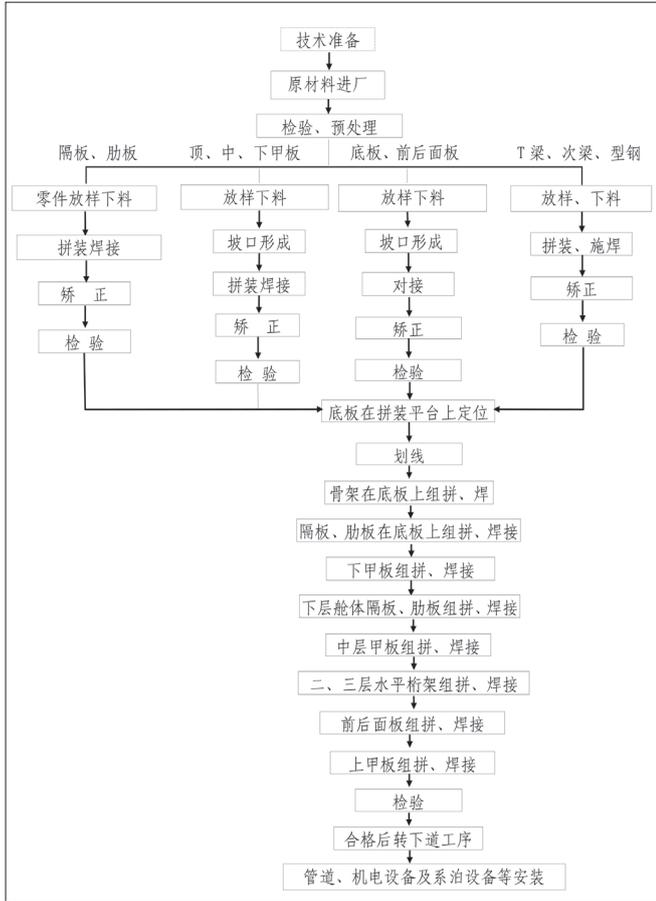


图 闸门制造工艺流程图

### 3.4 拼板

拼板组焊均在平台上进行，拼板焊接采用埋弧自动焊，在焊缝端口处采取增加约束等措施，以控制焊接角变形，拼板总体不平度达到在每米范围不大于 2mm。若过量局部变形采用机械压力辅之火焰校正法消除，用探伤等方法检验合格后方可转入下道工序。

### 3.5 零件制造

为保证零件尺寸的准确性和一致性，零件采取无余量制造。零件制造尺寸的确定，考虑焊接收缩量，机加工余量、公差值等工艺因素，结合以往制造经验和数据，辅之一定的试验确定下料的工艺尺寸，零件加工精度及质量措施如下：

(1) 所有零件的下料切割均采用数控切割或半自动精密切割或型材切割机切割，保证切割零件形状、尺寸的准确性及切割质量；

(2) 钢板或型钢切断面为待焊边缘时，切断面对焊缝质量有不利影响的缺陷；钢板或型钢切断面为非焊接边缘时，切断面光滑、整齐、无毛刺；

(3) 焊缝坡口采用刨边或坡口半自动切割成形，坡口形式与尺寸，加工精度、表面粗糙度达到图纸规定和 GB/T 985.2-2008、GB/T 986-1988 要求，焊缝切割面质量达到 JB 3092-82 要求。

## 4 关键零部件制造工艺及措施

### 4.1 门叶结构下料工艺设计

#### 4.1.1 下料

(1) 将门叶结构全部板、型材零件根据工艺要求分解成零件图（下料图），考虑工艺余量，对接焊缝错开 200mm 以上。输入计算机，数控下料。

(2) 下料前，板材经大七辊平板机校平，型材经型钢校正机校直，符合 GB/T 14173-2008 规范规定。

(3) 钢板采用数控切割下料，型钢锯床锯切。

(4) 下料后清除飞边毛刺、氧化铁，并经平板机型钢校正机校正，符合 GB/T 14173-2008 规范规定。

(5) 每个零件上标出产品代号、件号，避免施工中与其他产品混淆。

(6) 尺寸检测，符合下料图样要求。对接焊缝按 GB/T 14173-2008 规范进行无损检测。

#### 4.1.2 加工坡口

门叶结构全部组合边缘，焊接坡口均经刨边机加工，同规格零件（如隔板、肋板等）叠一起铣边，以保证门叶装配精度及焊接质量，也有利于门叶整体焊接变形的控制。

### 4.2 门叶组装机

(1) 面板、主梁、边梁、隔板、吊耳框架等先组合成单个构件。

(2) 按焊接工艺规定，采用埋弧自动焊进行对接和 T 型接头的船形位置焊接。

(3) 单个构件角焊缝，拼接焊缝按 GB/T 14173-2008 规范的规定的焊缝分类质量等级进行无损检测。

(4) 修整焊后变形，对主梁、隔板翼缘焊后产生的角变形，在专用角变形校正机上校正，使构件翼缘平面度符合 GB/T 14173-2008 规范中单个构件制造允差的规定。以保证门叶组合时翼板与面板贴紧。

(5) 单个构件检测合格后方可进行门叶组装。

### 4.3 充排水装置及管路制作工艺

充排水装置及管路制作是闸门制作的一个重要部分，是闸门实现其功能的关键部件，充排水装置由闸阀控制，同法兰、扣件与管路组成一个循环回路，制作时必须保证闸阀、法兰和扣件满足设计的规格和强度，管路间连接部位的焊接要保证水密并具有一定的强度。因此管路制作时，采购的钢管必须全部按要求进行气密试验，并保压不小于 2h；闸阀、法兰与管路在出厂前一定进行整组装并进行密性试验，达到要求后，才能与门体进行组装。

### 4.4 制作关键技术

#### 4.4.1 门体收缩余量的预留

门叶竖、横向留出焊接收缩量，以保证焊后门叶尺

寸正确。门叶节间结合面和门叶底缘留出一定的加工量。面板两侧留出余量，待门叶焊后（分节制造的闸门）整体组装时，将面板两侧缘用半自动切割机修切，以保证各节门叶外形宽度一致。

#### 4.4.2 装配焊接要求

(1) 在面板上依次将次梁、隔板等组合就位。各部件的拼接焊缝避开同一断面。

(2) 门叶的竖、横向弯曲凸出迎水面。

(3) 门叶组合尺寸允差满足《水电工程钢闸门制造安装及验收规范》NB/T 35045-2014 设计图样技术条件要求。

(4) 按焊接工艺规程配置焊工数量；严格按焊接参数，焊接顺序，质量控制点，质量监测等措施进行焊接；焊前及焊接过程中做出测量记录，并进行对比和数据分析，必要时调整焊接参数、程序；以控制焊接变形。仰焊位置焊缝先加固焊，待门叶翻身后，平焊位置施焊，以保证焊接质量。

(5) 焊接完后将各节门叶拆开，校正焊后变形；将校正后的门叶整体平卧组装在工作平台上（面板向上）；各门叶中心线、边梁中心线对位，调整门叶水平；门叶节间拉紧，使门叶尺寸、扭曲、竖向直线度、对角线差、相邻构件错位等符合要求。

(6) 以门叶中心线为基准划出门叶面板宽度尺寸线，用半自动切割机切割面板侧缘，使门叶外形宽度一致。以门叶中心线为基准划出顶、侧水封座板中心线，并将水封座板组焊在门叶上，座板与门叶贴紧，座板预留3~5mm加工余量。待全面检测门叶各项尺寸符合NB/T 35045-2014《水电工程钢闸门制造安装及验收规范》和设计图样要求后，方可进行门叶加工。

(7) 浮箱式检修闸门其内部是一个密封的大容器，制作工艺较复杂，闸门整体焊接时，焊缝集中，内部施工环境差，难以实现自动化焊接。为控制闸门变形，保证整体的结构尺寸，采用整体施焊技术，偶数名焊工分区对称施焊，分班分时段施焊；注意内部通风换气，并做好防触电措施。

(8) 门叶焊接完后，为了保证门叶整体形状和几何尺寸的稳定，宜进行消除应力处理。

(9) 闸门最终检验工作集中在外部面板和边梁的腹板上，在施工过程中，要注意标识的移植，便于检查控制。

## 5 闸门整体组拼焊接

### 5.1 整体组拼

浮箱式检修闸门因整体尺寸较大，且需整体在厂内做倾斜、充水试验、交货，考虑到运输的便利性，拟在广西西江重工租赁场地，在整体制造时搭设专用的拼装平台，进行浮箱式检修闸门的制作拼装。

根据本项目中浮箱式检修闸门的特点，将采用立拼（即底横梁在下）的方式进行组拼，根据闸门的结构特点，拼装平台采用工字钢对底横梁和底部面板进行支撑，并在门体的中部和上部有横梁的部位采用拉链与地面进行锚固。

### 5.2 整体焊接

为了减少闸门的整体焊接变形，其内部的部件都在拼装前尽可能地拼焊成较大的拼装单元，以减少门体总拼时的焊缝。

焊接原则：先立缝，再横缝和仰焊，由中间向两端分区对称焊接。为减小焊接变形，尽量采用CO<sub>2</sub>气体保护焊。

## 6 闸门试验

闸门制作出厂前应该完成的试验项目有：水密性试验、倾斜及沉浮试验。

### 6.1 水密性试验

浮箱式检修闸门必须进行水压试验。当对中央水舱、连通管、边水舱，特别是调节水舱作水压试验时，应充分考虑试验状态下的安全措施。试验要求按《钢质内河船舶建造规范》（2015）执行；机舱外板焊缝应做涂煤油试验，并保证水密性。

### 6.2 倾斜及沉浮试验

(1) 倾斜试验前应编写倾斜试验大纲，并严格按试验大纲进行，并于倾斜试验后提交倾斜试验报告；

(2) 沉浮试验前应编写沉浮试验大纲，沉浮试验应在水深7~8m的无障碍水域进行。试验前应检查和确认各种阀门处于正确状态、调节水舱和边水舱间的水密舱口盖已经关闭、电源正常、系泊无误，在中央水舱进水并试泵正常后，才能指挥作沉、浮试验，并提交报告。在做完沉、浮试验后，应使各种阀门处于正确状态，还应复查浮门吃水情况。

## 7 结语

在整个项目制作过程中，通过采取严格的科学质量管理办法和工艺技术管理措施，使该浮箱式检修闸门的制造质量得到有效控制，闸门制作完成后经检查，其主要尺寸均符合设计图纸及有关规范规定要求，产品质量获得监理和业主的一致认可。

### 参考文献：

[1] 高超. 浮箱式叠梁闸门研究及应用[J]. 广东水利水电, 2017(12):30-33.

作者简介：李艳利（1983.01-），男，满族，辽宁盘锦人，本科，工程师，研究方向：钢结构产品制作与质量控制。