

丹江口升船机承船厢制作工艺技术

李 谦

(中国水电建设集团 夹江水工机械有限公司, 四川 夹江 614100)

摘 要:介绍了南水北调中线水源工程丹江口大坝加高升船机承船厢制作的主要工艺技术措施。承船厢为升船机的主要组成部分,船厢结构为大型钢质槽型薄壁结构,其外形尺寸大、结构复杂,焊接工作量大,焊缝质量要求高,设备接口关系多,涉及构件制造、机械加工、机械及液压设备安装、电气安装调试及机电液联调等多方面的工艺技术问题。

关键词:丹江口;升船机;承船厢;拼焊;预拼装;组装与试验;工艺技术

中图分类号:TV512;TV523;TV547

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)01-0090-04

1 概 述

丹江口大坝加高是南水北调中线水源工程的重要组成部分之一,位于湖北省丹江口市。丹江口水利枢纽由两岸土石坝、混凝土坝、升船机、电站等建筑物组成。通航建筑物采用一级垂直升船机加一级斜面升船机方案,两者之间通过中间渠道衔接。升船机布置在枢纽右岸,由上游导航浮堤、垂直升船机、中间渠道、斜面升船机和下游引航道等组成。升船机过船规模为300 t级,垂直升船机的提升高度为62 m。

垂直升船机采用钢丝绳卷扬提升、水平移动方案,用于克服上游的水位变幅以及上游水库与中间渠道之间的水位落差并使船只翻越大坝。垂直升船机由移动式提升机、承船厢、电力拖动与控制设备、钢结构轨道梁等设备组成。移动式提升机布置在钢结构轨道梁上,通过吊具与承船厢连接,用于驱动承船厢升降运行并悬吊着承船厢沿水流方向移动,以翻越坝顶。

斜面升船机用于克服下游的水位变幅以及下游航道与中间渠道之间的水位落差。斜面升船机采用钢丝绳卷扬提升、摩擦驱动翻越驼峰方案,由提升绞车、斜架车、电力拖动与控制设备、斜坡道设备以及检修桥机等组成。提升绞车与斜架车之间通过钢丝绳连接,在驼峰处布置有滑轮组,用于牵引钢丝绳转向。在驼峰顶部设置了摩擦驱动装置,用于驱动斜架车连续平稳地翻越驼峰。

垂直升船机的承船厢为干运和湿运两用的载船设备,主要由承重结构、盛水结构、船厢门及其

启闭机等附属结构与设备组成。

斜面升船机的载船设备为斜架车,其结构包括承船结构、牵引结构和支承结构几部分。承船结构为干湿两用船厢。斜架车的设计标准与垂直升船机的承船厢相同,不同的是斜架车采用高低轮和高低轨混合式支承方式,以保证在上、下游斜坡道运行时承船厢保持水平。

由于斜架车承船厢结构与垂直升船机承船厢的结构基本相似,因此笔者以下主要以垂直升船机承船厢为例进行介绍。

2 技术特点

承船厢为升船机的主要组成部分,其结构复杂,设备较多且制造加工技术要求高。承船厢为大型钢质槽型薄壁结构,两端分别设一扇卧倒式闸门,闸门处于关闭状态时,船厢内形成封闭水域,为通航船舶提供湿运过坝条件;当闸门处于开启状态时,可实现干运过坝。承船厢外形尺寸(长×宽×高):34 m×21 m×4.85 m,主要由厢体结构和船厢设备组成。厢体结构由两根主横梁、两根主纵梁、多根次横梁、小横梁、次纵梁、小纵梁及底板等焊接而成。主纵梁与主横梁平连拼接。主纵梁两端为空腹式,中间为单腹板梁结构;两根主横梁间距21 m,采用变断面箱形结构。主横梁端部设吊耳,通过吊杆与卷扬提升系统的吊梁联结。船厢设备主要由船厢工作门及其锁定装置、船厢门启闭机、液压系统等组成。承船厢总体结构见图1,其主要特点为:

(1) 船厢结构尺寸大,结构复杂、制造技术要求高,如承船厢长度偏差 $\leq \pm 5$ mm,承船厢外宽

收稿日期:2013-12-10

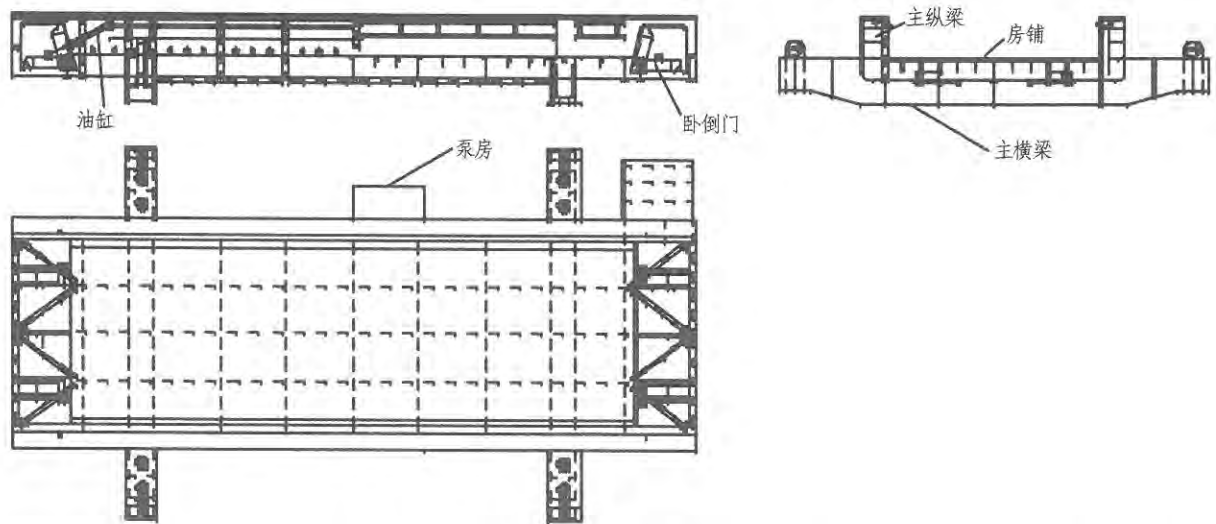


图 1 承船厢结构图

偏差 $\leq \pm 5$ mm, 对角线长度偏差 $\leq \pm 5$ mm 等。

(2) 船厢结构为大型钢质槽型薄壁结构, 薄板焊接容易引起构件的局部变形和整体变形, 所以, 必须将焊接变形控制在可校正的范围内, 操作需要有详尽的工艺措施和丰富的实践经验来保证。

(3) 船厢结构分节多, 焊接工作量大, 焊缝质量要求高, 一类焊缝均要求焊透。

(4) 承船厢的主纵梁、底铺等均分成多节制造, 所有分节均采用焊接连接, 工地焊接连接的焊缝长, 数量多, 连接关系复杂, 必须在总体工艺规划阶段预测并计算工地连接焊接的变形趋势和焊接变形量。

(5) 承船厢设备多, 组装部件多, 设备接口关系多, 涉及构件制造、机械加工、机械及液压设备安装、电气安装调试及机电液联调等多方面的工艺技术问题。

3 所采用的工艺技术措施

承船厢厂内制造需经过备料、部件组焊、机加工、厂内整体预拼装和船厢设备组装与试验等阶段, 制造工序多、过程长, 所以, 在制造前须进行总体技术工艺方案规划, 明确各制造阶段的控制重点和技术工艺措施, 确保承船厢最终交货满足合同技术条款和规范要求。通过对承船厢技术特点和难点进行仔细分析和研究, 并综合考虑各种因素制定出合理的工艺方案, 采取有效的工艺技术措施并在整个生产制造过程中进行全过程的质量控制。

(1) 首先, 根据招标文件、施工图样技术及相关标准的要求, 从备料、放样下料、各分部单元构件的拼焊、船厢结构整体预组装、船厢设备的试组装与试验等一系列工序, 均事先编制工艺技术文件, 在工艺技术文件中对所有技术要求和工艺措施、工艺方法要有详尽、明确的规定, 同时要对图样的工艺性及尺寸的精确性进行审核。

(2) 下料时, 要充分合理考虑加放工艺余量, 主要有气割余量、刨边余量、焊接收缩量(含工地焊接收缩量)、加工余量等。对重要和大型零件事先要仔细进行排料分析, 既要使钢板的拼接接头避开构件应力集中断面, 同时又要使焊缝布置满足规定的要求。板材在下料前应先经平板机校平, 型钢经校正机或压力机矫直。对有尺寸公差控制要求的钢板及焊接接头处, 其边缘宜采用机械刨边加工, 以保证尺寸要求及焊接质量, 焊缝坡口的型式与尺寸应符合施工图样或工艺的规定。对未有公差尺寸要求的板料, 如不用机械刨边加工, 其切割表面应用砂轮打磨平整, 未注公差尺寸的极限偏差按《水电水利工程钢闸门制造安装及验收规范》DL/T 5018-2004 中 7.1.2 的规定执行。

(3) 合理划分组焊单元, 将可拼焊的部件先拼装焊接, 小部件拼装焊接、校正合格后, 再划线转入机加工工序和总拼装工序, 这样实施既保证了结构的制造质量, 同时也对生产组织以及施工过程的顺利进行提供了保障。如: 将次横梁、小横梁、次纵梁、小纵梁、箱形梁等小构件拼焊成单元

构件,经焊接校正、检验合格后,参与分段单元的拼装。特别是在进行主纵梁的拼装焊接时,由于梁体为薄壁箱型梁且尺寸较大,故在拼装方法和拼装程序上要采取专门的工艺措施和办法,焊接过程中设置监控点检测焊接变形情况并随时进行调整。

①主纵梁的拼焊。每件主纵梁长度分为三段制作,其主要技术措施为:

a. 主纵梁拼装相应刚度的平台上进行,每件主纵梁采取三段整体放样拼焊,焊接收缩量应计入放样尺寸,注意控制拼装间隙,不得强制组装。对组装成型的主纵梁进行检测,待其符合规定要求且各尺寸偏差应严于技术要求方可进行后续焊接工序。

b. 主纵梁焊前应对定位焊质量和支承固定情况进行检查、加固,将焊缝附近区域清理干净。焊接采用小的焊接线能量,以降低焊接应力并防止焊接变形。平焊时均采用 CO_2 气体保护焊。隔板焊缝采用分段、立向上、对称焊接,从上端依次向下分段进行。焊接顺序从跨中向两端方向依次焊接。其余焊缝的焊接顺序亦应采取从跨中向两端分段、间跳、对称焊的方法。

c. 主纵梁焊后检测焊接变形情况并对变形处进行校正。

②主横梁的拼焊。主横梁为箱型结构,共2件,每件单独拼焊成型。主横梁的拼装和焊接工艺措施可参照主纵梁执行。

③承船厢底板各分段单元构件的拼焊。底板结构分为10节制作,其主要技术措施为:

a. 以底板为基准平面,校平、临时连接固定,在底板上放大样,放出中心线及小纵梁、次纵梁、次横梁等组装定线,焊接收缩量应计入放样尺寸。

b. 沿中心分别向两端组装各梁系单元构件,控制铺板与梁组合面的拼装间隙,定位焊顺序由中间向两边进行。

c. 组装检测合格后方可焊接。焊前对定位焊质量和支承固定情况进行检查、加固,将焊缝附近区域清理干净。

d. 主要焊接顺序:采用偶数焊工由中心向外围分段焊接,其焊接规范应保持基本一致,焊接方位也应保持基本对称。坡口焊缝均按多层多道施焊。平焊选用 CO_2 气体保护焊。焊缝长度超过1

m时均采取分段跳焊。焊接过程随时注意对焊接变形的监控,必要时可采取相应措施进行调整。

e. 焊接后对焊接变形进行矫正。

f. 底板结构复拼检测合格后,以底板结构中心线为依据,在控制底板宽度尺寸并考虑工地组焊后收缩量的情况下划出底板结构横向两端头的加工线,之后,采用机加工的方法加工底铺的铺板及各(小)横梁与主纵梁连接的端面和坡口,这样实施可精确控制各段底铺结构的宽度误差,保证船厢结构在宽度方向的一致性。

④承船厢工作门的拼焊。

船厢工作门采用卧倒式闸门,共2扇,布置在船厢两端。卧倒门采用露顶式双主梁平面钢闸门,由门叶结构、止水橡皮、支铰座等组成。外形尺寸(宽×高×门厚): $12\text{ m}\times 1.98\text{ m}\times 0.7\text{ m}$;止水间距: 10.6 m ;支铰间距: 7.2 m ,吊点间距: 11.36 m 。闸门支铰采用自润滑关节轴承。

门叶结构采用分部件小拼焊和总体拼焊方式,总体拼焊在专制平台上进行。拼前制定合理的拼装和焊接顺序,以降低焊接应力并控制焊接变形。

船厢工作门的重点控制项目是左右支铰轴孔的同轴度和两支铰间距的误差。为此,闸门在采用一次装夹的情况下,利用数控镗床加工左右两端支铰轴孔,从而很好地保证了左右支铰轴孔同轴度 $\leq 1\text{ mm}$ 误差的要求。

(4)承船厢结构工厂预拼装方案。

为了确保承船厢结构和设备组装后能满足设计和运行要求,承船厢需在厂内进行结构预拼装和设备组装,检查各部件的形状、位置、性能是否满足设计要求,各部件的连接是否正确可靠并进行相应的检验、试验。

船厢结构的预拼装项目为所有分块结构以及船厢工作门、启闭机、闸门锁定装置。船厢结构预拼装后,对结构的制造精度进行检测,待其满足技术条款的要求后,需进行船厢工作门开、关动作试验。试验过程要求闸门及其启闭机应运转平稳,无任何卡阻或异常振动;止水间隙符合设计要求;船厢工作门锁定机构应动作可靠;液压系统无异常冲击、震动、噪声、温升。

承船厢结构预拼装在专设的刚性平台上进行。该平台应具有足够的刚度,刚性支承面符合

工艺规定的平面度要求。预拼装的主要程序和步骤:

①首先将两横梁吊装到位并调整主横梁的支撑平面高程误差 ≤ 2 mm,加固牢固。

②组装底板,将底板结构分段单元的中间段正确就位找正,并沿承船厢体纵向分别向厢体两端将分段单元依次就位拼装,在此过程中,应测量其水平度和对应的几何尺寸,经检验后临时固定。

③组装主纵梁,将主梁从侧面与底板结构拼

装,形成船厢体整体结构。经整体测量其水平度和各部尺寸后,加固牢固。

④船厢体结构预拼后长、宽方向的尺寸,均为工地拼装留有焊接收缩余量。

⑤组装相应的其它附属结构。

(5) 船厢设备的试组装与试验。

承船厢组装与试验状态见图2。组装与试验的主要内容如下:

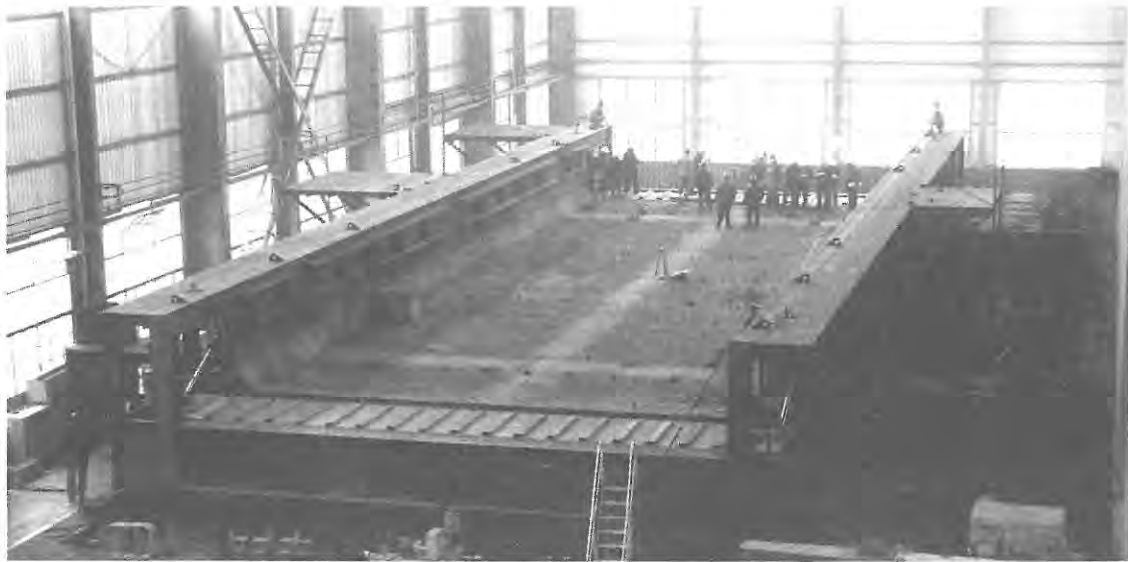


图2 承船厢厂内组装与试验示意图

①组装船厢门、船厢门启闭机以及闸门锁定装置,正确就位并联接。船厢门组装完成后的形状、位置尺寸应满足:支铰间距误差 ≤ 1 mm、支铰的同轴度误差 ≤ 1 mm。各部件检验合格后分别进行启闭试验。

②按试验大纲和试验方案进行船厢门开、关动作试验。船厢门由液压启闭机操作进行开关门试验,在开关门过程中,闸门及其启闭机应运转平稳,无任何卡阻或异常振动;止水间隙符合设计要求;船厢门锁定机构应动作可靠;每扇门的2台启闭油缸应同步运行,在全行程内任一位置的不同步误差不得大于5 mm。液压系统无异常冲击、震动、噪声、温升。

③锁定装置试验。

通过手动方式对船厢门锁定装置进行动作试验,在动作试验过程中锁定装置应运行灵活、顺畅,无歪斜卡阻现象。当锁定装置处于工作状态

即卧倒门处于全关位置时,卧倒门止水座面与船厢止水面的间隙为56 mm(因止水橡皮未参与组装),误差应 $\leq \pm 2$ mm。

④对液压系统进行耐压、泄漏及动作性能等项试验。

⑤组装与试验检验合格后,将各分段单元和机械设备分别作好编号、定位标记及可靠的拼装定位设施,然后解体,按照投标要求进行防腐,经合理加固后发运。

4 结 语

对于升船机的生产制造技术,我公司已处于国内领先水平。通过对丹江口大坝加高300 t级升船机的开发与制造,使我公司的技术水平和影响力得到了更进一步地提升。

作者简介:

李 谦(1962-),男,天津市人,副总工程师,工程师,从事水电工程设备制造技术及管理工作。(责任编辑:李燕辉)