

成都海洋馆焊接关键技术

浙江工业职业技术学院 (诸暨 312000) 冯关明
浙江精工钢结构有限公司 (绍兴 312030) 孙 锋 陈雅能

【摘要】 本文以某海洋馆游艺区大跨度钢结构屋盖为例，分析在大跨度钢结构屋盖施工过程中的焊接技术。针对其中的重难点和特殊性进行分析，对现场采取的解决方法进行详细描述，从而总结出类似焊接工程的焊接技术手段。

一、工程概述

1. 工程概况

成都海洋馆总用地为46万m²，总建筑面积为138万m²，主体高98m。海洋馆建筑主体平面呈长方形，南北向长538.4m，东西向长423.92m，海洋馆整体效果如图1所示。

中央游艺区钢结构壳体沿长度方向分为三个结构单元，单元长度分别为154.4m、143.3m、141.4m，共由18榀倒三角形钢管主桁架组成，跨度155~194m，中间桁架最大间距为41.5m，两边分别为19.5m、21m，两侧最大悬挑分别为26m和39m。18榀主桁架支撑于混凝土底板，中间布置纵向钢拉杆。主桁架之间采用倒三角形次桁架连接，间距约13m，次桁架之间再设置次梁，间距约3m。

屋盖中部分段累积提升，第一次提升的提升架高度为22.8m左右，将巨拱中部91m分段提升至22.8m高，然后并与19.8m范围内拱桁架对接；第二次提升将巨拱桁架中部约132.8m范围内构件提升至71.2m左右，微调至设计标高，并与落地端分段处对接。每次提升中主拱桁架分段分别拉设钢拉索。提升前各区域内的次桁架、网壳、马道等所有安装的构件均全部安装完毕后再进行提升。屋盖提升立面分段示意如图2所示。

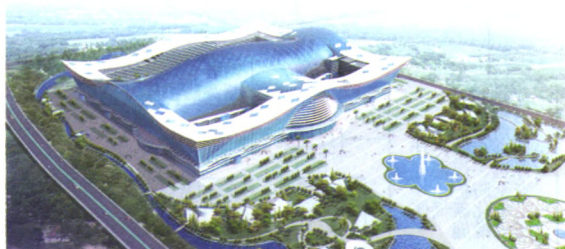


图1 海洋馆整体效果

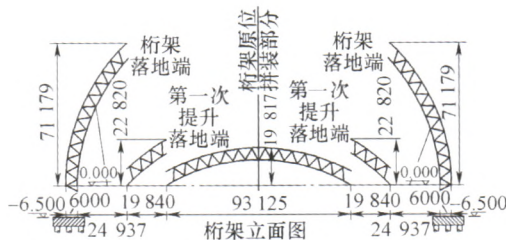


图2 屋盖提升立面分段示意

2. 工程特点

(1) 焊接施工特点 ①节点形式复杂，焊接质量要求高。②由于现场首先进行散件安装，然后整体焊接，所以焊接位置较差，焊接质量控制难度大。③屋盖整体提升后进行弦杆对接焊接，焊接量大，焊接位置差，焊接质量要求高。④焊接变形控制尤为重要，影响结构整体安装质量。⑤高空焊接多。

注：成都海洋馆钢结构焊接工程荣获2013年度全国优秀焊接工程一等奖。

(2) 焊接施工难点 ①钢结构焊接变形及残余应力的控制难度大。②圆管均为全位置焊接，焊接技术水平要求高，焊接质量控制难度大。③工程所在地属亚热带湿润季风气候区，雨水充沛、日照较少，焊接环境湿度比较高，导致焊缝金属中氢的聚集，容易形成冷裂纹。

(3) 焊接方法 综合考虑工程现场焊接效率和操作难度，桁架、网壳地面拼装焊接采用CO₂气体保护焊；高空桁架弦杆对接焊接、主桁架腹杆相贯口焊接采用CO₂气体保护焊；高空次桁架腹杆补杆、网壳补杆焊接采用焊条电弧焊。

二、关键焊接技术

1. 焊接操作工艺

(1) 焊接作业流程 焊接作业流程如图3所示。

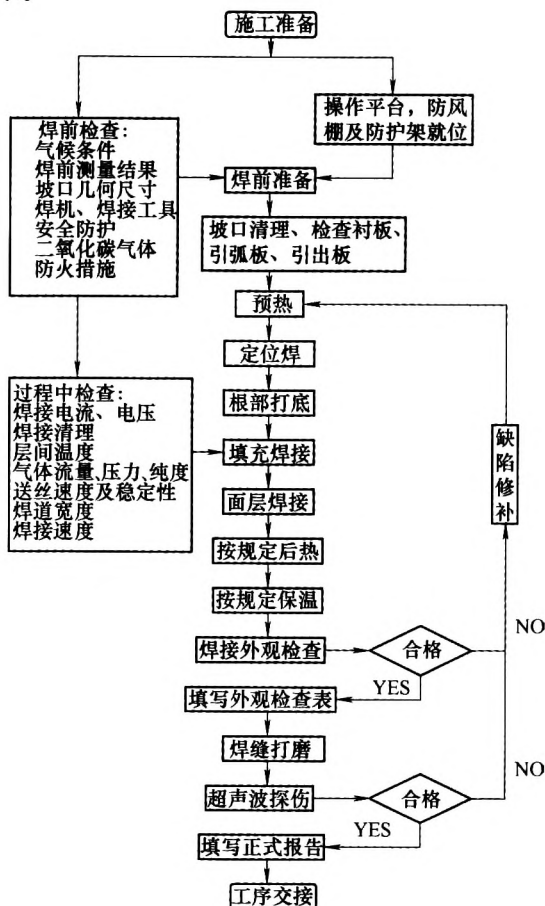


图 3

(2) 焊接顺序 ①以控制应力、应变为准则，详细制定焊接顺序，严禁将合拢坡口布置在杆件应

力集中的地方。②应先从整个结构的中间构件上施焊，先形成体系后向左、右扩展焊接。③对于垂直构件的对接施焊，应由两名焊工同时从两侧不同方向焊接，垂直构件焊接采用两人对称焊接，两人先焊接A、B（C、D）焊缝高度的40%，再进行C、D（A、B）焊缝40%的焊接，之后再行A、B（C、D）焊缝剩余60%的焊接，最后结束C、D（A、B）焊缝的焊接（见图4）。在焊接过程中需要注意层间温度，防止层间温度过高。当焊缝过长时，采用分段跳焊法，但要保证两焊工同步，减少变形。在焊接最后一层时需一次焊完，不得分段焊接。

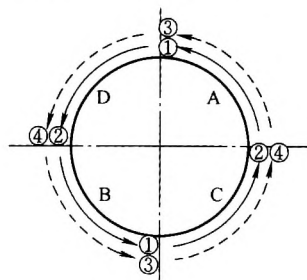


图 4

注：A~D为焊缝，①~④为对称焊接顺序。

(3) 预热及后热处理 对于较厚的板件(厚度>25mm)，在T形接头、角接接头和十字形接头中应采取防止层状撕裂的措施。措施包括：焊前预热；焊后缓慢冷却或后热；仔细清除焊丝及坡口的油锈、毛刺及水分；焊条严格烘干等。预热的加热区域应在焊接坡口两侧，宽度应各为焊件施焊处厚度的15倍以上，且≥100mm；预热温度宜在焊件反面测量，测温点应在离电弧经过前的焊接点各方向≥75mm处。

当用火焰加热器预热时正面测温应在加热停止后进行，预热温度确定方法如下：①根据焊接接头的坡口形式和实际尺寸、板厚及构件拘束条件确定预热温度。焊接坡口角度及间隙增大时，相应提高预热温度。②根据熔敷金属的扩散氢含量确定预热温度。扩散氢含量高时应适当提高预热温度。当其他条件不变时，使用超低氢型焊条打底预热温度可降低25~50℃。③根据焊接时热输入的大小确定预热温度。当其他条件不变时，热输入增大5kJ/cm，预热温度可降低25~50℃。④根据接头热传导条件选择预热温度。在其他条件不变时，T形接头应比对接接头的预热温度高25~50℃。

(4) 进行焊后消氢处理 消氢处理的加热温度应为200~250℃,保温时间应依据工件板厚,按每25mm 板厚 $\geq 0.5h$ 且总保温时间 $\geq 1h$ 确定。达到保温时间后应缓慢冷却至常温。

2. 焊接新技术

(1) 链式对口器的应用 为保证桁架弦杆拼装对接焊接的精度,在焊接前使用链式对口器将桁架弦杆进行位置调整,从而提高桁架拼装质量,链式对口器组成如图5所示。

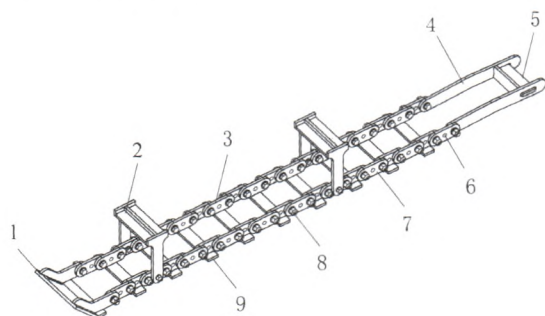


图 5

1.调整块 2.校正器 3.链片 4.调整块 5.压块 6.螺栓孔
7.链片 8.高强螺栓 9.限位块

链式对口器使用步骤如下:①准备好各组装部件。包括:调整块、校正器、限位块、链片、M20 高强螺栓、压块、螺旋千斤顶。②将需要对接的钢管先初步就位,将链式钢管对口器绕在对接位置,将调整块2从调整块1的条形孔中穿过,再安装上压块。③在调整块1和调整块2之间放入螺旋千斤顶,使千斤顶顶住调整块1和压块,张拉千斤顶,使链式对口器收紧,限位块自然压迫两对接管口,使得两对接管口形成同心圆,管口保持一致。④由于钢管加工过程中存在偏差,钢管对接口局部可能存在偏差较大,局部错边量超过标准,故采用校正器进行局部校正。具体校正的方法如下:把错边将达的部分用火焰进行加热,再在校正器上放入螺旋千斤顶,用千斤顶顶住错边向内压,这样就可以把错边严重的部位修正。由于每个链片中间均预留校正器安装螺栓孔,所以在钢管对接口任意位置均可安装校正器来校正此位置的错边。

链式钢管对口器使用十分方便,将原来繁杂的对口修正工作化繁为简,提高了工作效率,降低了工作难度。经过实际应用,该对口器可应用到 $\phi 300 \sim \phi 1700\text{mm}$ 、厚度在35mm以下的钢管上,效

果十分明显。以 $\phi 1000\text{mm}$ 、厚度25mm的钢管对接为例,约1h内就能将对接口对接好,精度控制在规范要求范围内。

链式对口器实际应用情况如图6、图7所示。



图6 地面拼装应用



图7 高空对接应用

(2) 自动切割技术的应用 为提高焊接构件坡口精度,提高工作效率,对于现场临时制作的焊接构件,使用自动切割设备进行坡口切割(见图8~图10),设备采用日豪的火焰切割机CG1—30。



图 8



图 9



图 10

三、焊接设备、焊接材料应用情况

1. 焊接设备

焊机及辅助机具管理按照以下要求：

(1) 焊机 焊机选用松下的YD—500GM，焊机管理要求：①设备应符合相应的现行国家标准，安全防护装置齐全。②电源必须有独立而容量足够的保护装置，如自动断路装置等。保护装置应能可靠地切断设备最大额定电流，以保证安全。③设备的各接触点和连接件必须连接牢固，在运行中不松动和脱落。④设备应有保护接地或保护接零线，保护接地或保护接零线中间不得有接头。⑤应放置在干燥、通风良好的地方，并避免剧烈的振动和碰撞。焊机应保护良好的绝缘，经常清扫、保持干净。

(2) 辅助机具 ①焊钳、焊枪应有良好的绝缘性能和隔热性能。②焊钳、焊枪与电缆连接处必须简便牢固、接触良好，且连接处不得外露，以防触电。③焊接电缆应有良好和足够的导电截面和绝缘层。④焊接电缆线应为多股细线组成的软线，且应具有较好的抗机械性损伤能力及耐油、耐热和耐腐蚀等性能。⑤焊机与配电盘连接的电源线长度不超过3m。严禁将电源线拖在工作现场地面上。⑥焊接电缆中间不应有接头。如需短线连接，则接头不宜超过两个，接头应用纯铜导体制成，并且连接要牢靠，绝缘要良好。⑦严禁利用现场的金属结构、管道、轨道、爬梯及其他金属物搭接起来作为导线。⑧电缆不可置于电弧或炽热焊件附近，以防烫坏绝缘层。横穿现场通道或道路时要加遮盖，以防

碾压磨损。⑨通过焊接电缆的电流不得超过电缆线的安全载流量。⑩电加热器等预热设备布设应由电工负责，不得有裸露的电阻丝或导线。

2. 焊接材料

焊接材料选用原则：①选择微合金化程度较高的焊材，特别是对Nb、Ni、Ti等的焊材，尽量使焊缝产生针状铁素体而提高焊缝的强韧性。②焊接材料包括焊条、焊丝、焊剂；所有被采用的焊接材料的生产厂，均必须具有有效的质量保证体系，焊接材料生产厂名、焊接材料出厂质量证明书以及产品使用说明书等。③所选焊接材料，必须按设计要求、相关标准进行复检，并进行严格的工艺评定，合格后方可用于本工程。焊接材料选用标准如附表所示。药芯焊丝选用大西洋 $\phi 1.6\text{mm}$ 的CHT711。

焊接材料选用标准

编号	焊接材料	选用标准
1	焊条	《碳钢焊条》(GB/T 5117) 《低合金钢焊条》(GB/P 5118)
2	焊丝	《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957) 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》(GB/T8110) 《碳钢药芯焊丝》(GB/T 10045) 《低合金钢药芯焊丝》(GB/T 17493)
3	焊剂	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》(GB/T12470—2003)

四、结语

在海洋馆中央游艺区钢结构工程中，业主、总包、监理对焊接给予了高度重视，对焊接专项方案作出明确的要求，焊接专项方案编写完成后，又多次召开专家会议，对专项焊接方案进行了严格的审查。该工程质量均符合国家标准，焊缝一次合格率为96%>95%，质量控制资料完整，有关安全和功能的检测资料齐全，观感质量经建设、勘察、设计、监理、施工单位及质量监督单位验收，一致认为达到设计、规范要求，评定为合格。焊接质量得到保障，使得海洋馆游艺区钢结构屋盖提升施工得以顺利进行，最终圆满完成海洋馆钢结构安装任务。**MW** (20140105)