三峡1300/160t桥式起重机主梁焊接质量控制

申本超　许三宜

【摘要】焊接质量对钢结构件整体稳定性及实现各项预定功能起着关键作用，本文通过对1300/160t桥式起重机设计图样结构及选用材料类型分析，选用合适焊接方法、焊接参数、合理的板材坡口形式，采取一定的焊接质量控制措施，完成结构件的生产，保证了产品质量要求，为国内类似大型钢结构件的制作积累了实际操作经验。

关键词：桥式起重机；主梁；焊接；质量控制

1. 概述

由我公司设计、生产制造的用于三峡集团金沙江乌东德水电站左、右岸电站主厂房内的1300/160t桥式起重机，主要担负该地下电站单机功率为850MW混流式水轮发电机组及其辅助系统设备安装、运行维护和检修的吊装任务。单钩最大起重量1300t，超过了前期三峡水电站1200t桥式起重机的单钩起重量，是当今国际上单钩起重量最大的桥式起重机，是乌东德水电站中极其重要且影响极大的关键设备之一。其质量好坏直接影响乌东德水电站能否按计划投产、发电，对整机设备的安全性起着关键重要的作用。

2. 结构分析

1300/160t桥式起重机的主要结构件桥架采用三主梁双小车的总体结构形式，它主要由主梁、副主梁、端梁、主副小车轨道装置及端梁铰等组成，如图1所示。主梁为偏轨箱型梁，副主梁为中规箱型梁，桥架整机尺寸为30 560mm×15 661.5mm×3 887mm，重量258.7t。小车架分为主小车架和副小车架，主小车在两根主梁内侧腹板上方铺设的轨道上运行，副小车在中间主梁外侧腹板上方铺设的一根轨道和副主梁上铺设的一根轨道上运行，主、副小车在各自轨道上独立运行，互不干涉。

3. 材料选择

（1）主体材料　桥式起重机中主梁、小车架、2300t平衡梁、吊具横梁等主要结构件的关键受力零件，采用力学性能、焊接性能良好的优质低合金结构钢Q345－B，其力学性能及化学成分如表1所示。

依据国际焊接学会（IIW）碳当量的计算公式计算，Q345－B的碳当量为0.32%~0.46%。依据焊接工程手册中相关说明，材料Q345－B　碳当量CE<0.4%

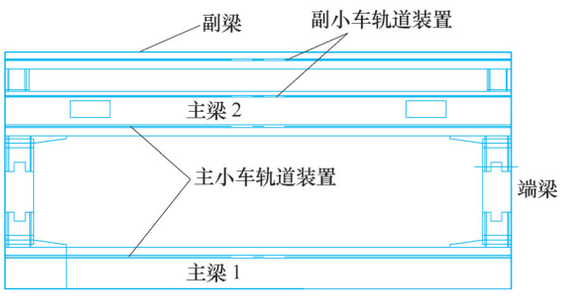


图1　桥架示意

表1 Q345－B化学成分及力学性能

化学成分（质量分数，%）				
C	Mn	Si	P	S
0.12~0.20	1.20~1.60	0.20~0.55	≤0.045	≤0.045
力学性能				
σ_s/MPa	σ_b/MPa	δ_5(%)	*KV*/J纵向	弯曲性能
345	470~630	≥21	≥34	α=180° *D*=3*a*

时，淬硬倾向不大，焊接性良好；CE=0.4%~0.6%时，焊接性变差，钢材易变脆，因此随着板厚增加焊接前要做相应预热。

（2）焊接材料 根据1300t桥式起重机的结构件所选主体材料特点，在选择焊材时需保证焊缝金属的强度、塑性和韧性等力学性能与母材相匹配。结合材料Q345－B的力学性能及我公司多年采用富氩混合气体保护焊与埋弧焊方法的实际，选用H08MnA埋弧焊焊丝、焊剂为HJ431，选用气体保护焊焊丝为实芯焊丝ER50－6，焊丝的化学成分如表2所示，熔敷金属的力学性能如表3所示。

4. 主梁焊接质量控制

由于对1300/160t桥式起重机质量安全要求的绝对性，决定了1300/160t桥式起重机钢结构件的制造难度，也对起关键连接作用的焊缝质量提出了更高要求。由于主梁横截面较大（3 714mm×2 500mm），主体板材厚（盖板32mm，主腹板18mm、副腹板12mm），主、副梁横截面如图2所示。由于图2中的主、副梁跨度大（29 300mm），为顺利高质量完成整机钢结构件的焊接工作，我公司结合多年生产大型钢结构件的经验与技术，采取如下措施控制焊接质量。

（1）盖腹板及筋板落料 盖板落料时按工艺要求长度尺寸预留100mm收缩余量，腹板按工艺制作的上拱曲线落料时预留100mm的上拱切割余量及100mm的长度收缩余量，盖腹板均须采购定尺板，宽度方向不允许对接；数控切割的零件尺寸必须满足产品要求的精度。

（2）盖腹板组装与焊接 严格按工艺制作的对接位置（见图3）进行盖腹板的对接，对接前检查图样的材料厚度、接头形式、焊脚尺寸及检测要求，按相应的装配点焊要求进行点焊，点焊所用焊材及参数与正式焊接时所用的焊材一样，以保证点焊质量。施焊时根据母材及板厚情况选择相应焊接方法，对接板材两端加同材质、同板厚的引弧板。

（3）主梁装焊 第一，装配基准的选择：从主梁结构形式、盖腹板尺寸以及零件定位夹紧的难易程度等综合因素考虑，选择尺寸以18mm×3325mm×30 560mm的内侧带T型钢的腹板为基准划大筋板组件、水平角钢等相关零件的位置线，同时在上盖板上划出内外侧腹板的位置

表2 焊丝化学成分（质量分数） （%）

ER50－6	C	Mn	Si	P	S
	0.06~0.15	1.40~1.85	0.80~1.15	≤0.025	≤0.025
H08MnA	C	Mn	Si	P	S
	≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.030	≤0.030

表3 熔敷金属的力学性能

材料	σ_b/MPa	$\sigma_{0.2}$/MPa	δ_5(%)	*KV*/J
ER50－6	500	≥420	≥22	≥27
H08MnA	415~550	≥330	≥22	≥27

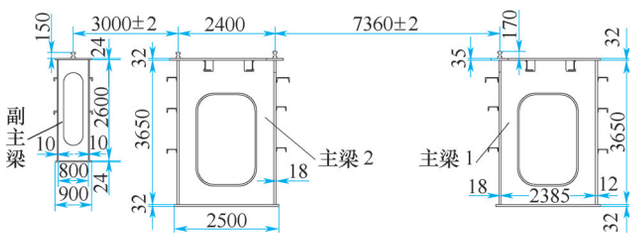
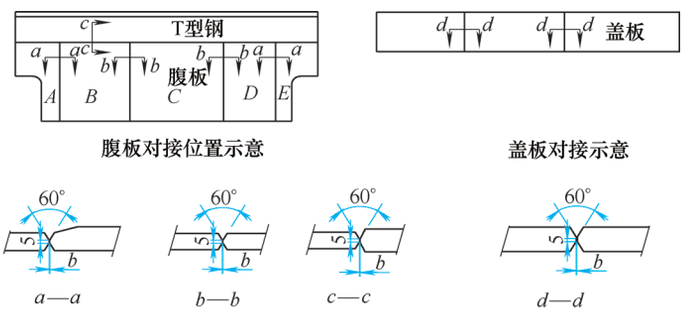


图2 主、副梁横截面示意



腹板对接位置示意 盖板对接示意

图3 盖、腹板对接位置及坡口形式

线。

第二，划好位置线后，装筋板组件及水平角钢，立上盖板，点焊后装外侧腹板，Π型梁装配交检合格后，梁内按图样要求，施焊筋板与盖、腹板及盖腹板组合焊缝，焊接方法为富氩气体保护焊，参数如表4所示。为保证焊缝质量，应使所有焊缝在施焊时均处于平焊或平角焊的位置，由中间向两边对称施焊；为防止在翻转Π型梁时起吊点处钢丝绳损伤母材或造成腹板局部变形，采取在两腹板与翻转钢丝绳接触开档处加工艺拉撑的方式解决。

第三，下盖板的装配：由于下盖板扣装前相关参数调节的理想与否直接关联到主梁焊后上拱、旁弯及垂直度的交检数据，所以Π型梁各项数据只有在满足公差范围要求后才能扣下盖板。主梁外侧主角焊缝为取得较好质量及外观，采用将主梁整体倾斜45°的船型施焊法，采用富氩气体保护焊及埋弧焊等方法进行焊接。

第四，数据检测：主梁外部焊缝施焊完成，经过无损检测合格后，再次检测主梁的上拱、旁弯、垂直度等参数，如果数据超差应采用火焰矫正加机械矫正的方法修复，符合国标、合同技术协议及厂标要求后，转入桥架总装工序。

（4）焊接参数　由于富氩气体保护焊可以改善熔滴过渡和电弧燃烧的稳定性，减少焊渣飞溅，焊缝成形好；埋弧焊焊缝质量容易保证，外观成形美观，能有效改善劳动条件，所以针对具体母材材质、厚度及坡口形式的不同，1300/160t起重机主梁焊接时，盖板、腹板的横向对接缝采用埋弧焊，主腹板与T型钢对接缝采用埋弧焊，T型钢与上盖板对接缝采用外侧埋弧焊，主梁盖、腹板组合外侧主角焊缝采用埋弧焊，其余焊缝采用富氩混合气体保护焊。焊前应加装引弧板，并清理对接坡口及近焊缝区50mm范围内的铁锈、油污、氧化皮等杂质，根据材质及板厚情况选择适当的预热温度（混合气种类及比例：80%Ar+20%CO_2），各主要对接焊缝及组合角焊缝的焊接方法如表4所示。具体焊接参数按厂内具体焊接工艺规程执行。

（5）无损检测　1300/160t起重机的安全性决定了焊缝质量的高要求性，为保证结构件焊缝质量的可靠性，我们在焊后对焊缝进行了严格的无损检测。在起重机的生产中，我们对盖板、腹板的对接焊缝等进行超声波探伤（UT）、射线探伤（RT），对角焊缝进行磁粉探伤（MT）。探伤合格等级为：UT为JB/T 10559 I级；RT为GB/T 3323 II级；MT为JB/T 6061 I级，如表5所示。生产过程中如果焊缝探伤检测不合格，就按焊缝返修工艺对焊缝进行返修。

5. 结语

通过对长江三峡集团公司1300/160t桥式起重机在制作过程中各相关要素的协调与控制，焊缝质量良好，超声波检测一次合格率达96%，射线探伤一次合格率达99%，焊缝外观质量满足设

表　4

对接板材及厚度	坡口形式	焊接方法	焊丝与焊剂	焊材规格/mm
盖板 δ=32mm	盖板	MAG	ER50－6	ϕ1.2
		SAW	H08MnA HJ431	ϕ4.0
主腹板 δ=18mm	主腹板	MAG	ER50－6	ϕ1.2
		SAW	H08MnA HJ431	ϕ4
副腹板 δ=12mm	副腹板	SAW	H08MnA HJ431	ϕ4.0
T型钢对接	T型钢	MAG	ER50－6	ϕ1.2

表5　主梁关键焊缝探伤方法及比例

主梁无损检测	盖板对接缝	上盖板与T型钢对接缝	腹板对接缝	主腹板与T型钢对接缝	盖板与腹板组合角焊缝	T型钢对接缝	执行标准
检测方法	UT/MT/RT	UT/MT	UT/MT/RT	UT/MT/RT	UT/MT	UT	UT执行JB/T10559 I级合格，MT执行JB/T6061 I级合格
检测比例（%）	100/100/10	100/100	100/100/10	100/100/10	100/100	100	

ABB火焰坡口机器人坡口加工工艺改进

陈飞　吕帅　陈文斌

【摘要】本文主要介绍了在加工Y形、V形坡口时，机械加工、手工气割和ABB火焰坡口机的优缺点，并针对公司目前ABB火焰坡口机加工Y形、V形坡口的工艺缺陷，提出工艺技术改进措施。通过切割工艺改进，提高了ABB火焰坡口机器人的工作效率，降低了生产成本和工作强度。

关键词：ABB火焰坡口机器人 ；Y形、V形坡口

1. 概述

我公司原先坡口加工主要由机械加工和手工气割完成，现采购了ABB火焰坡口机器人应用于加工Y形和V形坡口，很大程度上降低了生产成本，提高了工作效率。

（1）机械加工坡口的优缺点　我公司原先主要用龙门刨和铣边机进行加工坡口。优点：坡口成形好、加工面质量高，坡口尺寸容易保证，保证焊接工序的质量。缺点：加工成本高、坡口加工工时长，而且机械加工只适合于直线形坡口，对于形状不规则的坡口，加工难度比较大。

（2）手工气割坡口的优缺点　优点：切割设备简单，对于形状不规则的曲线坡口，易于操作，生产成本低。缺点：气割表面质量低，容易出现熔渣、锯齿、不易于打磨和清理，容易出现氧化皮，影响后续焊接质量。

（3）ABB火焰坡口机器人　公司采用的是ABB IRB26000火焰坡口机器人（见图1），切割气体采用的是丙烷和氧气。ABB火焰坡口机具有以下优点：

图　1

参考文献：

[1] 陈祝年.焊接工程师手册[M].北京：机械工业出版社，2002：934-975.

作者简介：申本超等，太原重工股份有限公司。

MW 20170724