

# 大型起重机主梁焊接变形的控制探讨

窦玮

(太原重工股份有限公司 山西 太原 030024)

**摘要:** 主梁是大型起重机最重要的部件,其生产制造中最复杂的问题是焊接变形。控制焊接变形是机械工业中最重要的内容之一。本文通过对大型起重机主梁焊接变形控制技术的分析,论述了控制焊接变形的办法,降低了起重机出现故障的概率,为提高我国工业生产效率提供重要保障。

**关键词:** 起重机;主梁;焊接变形;控制

## 1 主梁结构技术要求

桥架是大型起重机的主要承载结构,一般由主梁、端梁等组成,主梁与端梁的连接方式有刚性连接和铰接,主梁上装有小车运行轨道。主梁是桥架的主要承载部件,承受垂直和水平荷载(见图1)。本文论述的主梁是焊接组梁,从结构技术来看,主梁沿长度方向跨中处预制向上拱起被称为上拱度,不同起重机所选择的上拱度是不同的,主梁制造是从腹板下料开始就要制造出上拱度,不允许强制起拱。如果主梁上拱度是因为主梁下部焊缝应力集中所形成的,则主梁在长期使用中容易出现局部纤维收缩力伸长而内应力消失的现象,造成主梁下挠。在主梁焊接过程中,焊缝的接头形式与尺寸应符合图纸及相关标准的要求,所有焊缝都需要做相关探伤检查,不允许有气孔、夹渣、未焊透、未融合、裂纹等焊接缺陷。

## 2 主梁结构与焊接工艺

### 2.1 主梁结构

大型起重机主梁是由上、下盖板,主、副腹板,头部弯板,筋板, T型钢, 槽钢等装焊成的宽翼缘偏轨箱形梁。轨道铺设在主腹板正上方,主梁采用轧制的T型钢,使承轨处T型钢与上盖板、主腹板成为对接焊缝,带T型钢宽翼缘偏

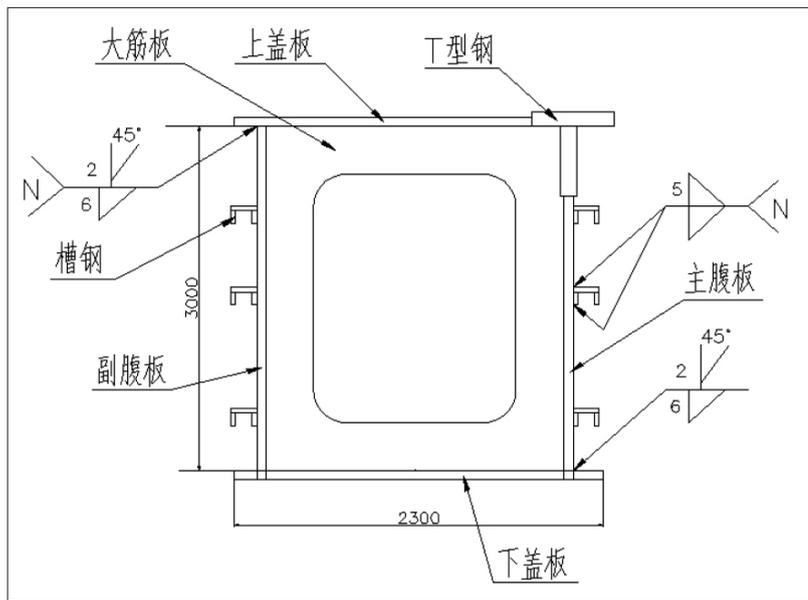


图2 带T型钢宽翼缘偏轨箱形梁截面

轨箱形梁截面如图2所示。主梁结构的焊接是起重机制造过程中最主要的环节。

### 2.2 主梁焊接工艺

由于主梁内部结构复杂,施焊空间狭小,筋板较为集中,可能造成装焊时变形,导致变形矫正困难,难以保证主梁

的装配尺寸精度。带T型钢宽翼缘偏轨箱形主梁对焊缝质量、尺寸精度有较高的要求,在操作过程中受到实际情况影响很难翻转梁,只能选择合理的装配顺序,施焊后如果发生焊接变形就很难矫正,因此,如何有效控制焊接变形很关键。起重机主梁要求有一定的上拱度,制造过程中使用预制变形的办法来保证主梁的上拱度。常

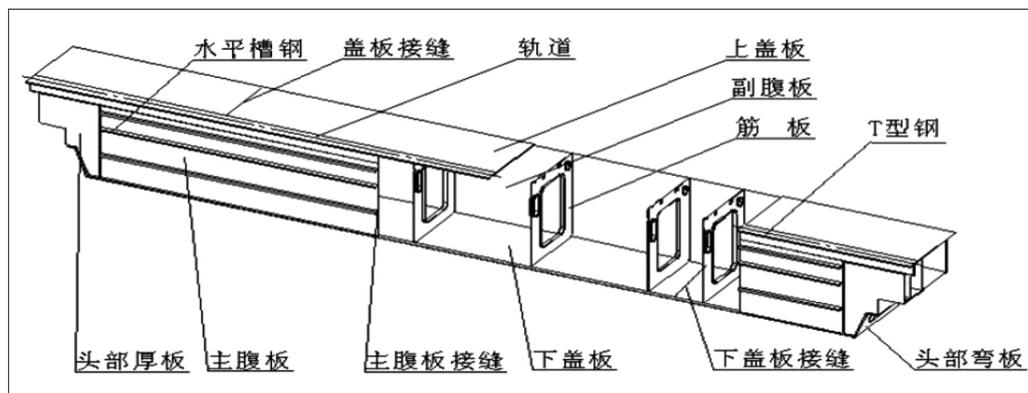


图1 大型起重机主梁

用的焊接方法有埋弧焊、富氩混合气体保护焊，埋弧焊具有生产率高、焊缝质量好、节省焊接材料和电能、焊件变形小、改善劳动条件等优点。富氩混合气体保护焊即保护气体为80%Ar+20%CO<sub>2</sub>，具有生产率高、成本低、焊接变形和内应力小、焊接质量高、操作简单、使用范围广等优点。上述焊接方法的焊缝含氢量少，抗裂性能好，焊缝内不易产生气孔，因此，焊接接头的力学性能良好，在起重机主梁焊接中

表 焊接方法

焊接过程	焊接材料	规格	焊接电流 /A	电弧电压 /V	层间温度 /°C	焊接方法
打底	ER50-6	φ 1.2mm	140 ~ 190	16 ~ 21	< 240	MAG
填充	H08MnA	φ 4mm	530 ~ 590	29 ~ 34	< 240	SAW
盖面	H08MnA	φ 4mm	600 ~ 660	30 ~ 35	< 240	SAW

应当选择上述方法。

(1) 工艺参数：盖板、腹板对接处为X型坡口，角度为55°~60°，钝边和间隙均为2mm。选择富氩混合气体保护焊打底，埋弧焊填充、盖面，具体焊接方法如下表所示。

(2) 工艺措施：焊工使用上述富氩混合气体保护焊、埋弧焊对盖板、腹板对接处对称施焊，让其产生的应力与变形相互抵消。对接焊缝两端施焊前装点引弧板和收弧板，使用合理的组装与焊接顺序，先施焊宽度方向的对接焊缝，经探伤检查合格后，再施焊长度方向的对接焊缝。主梁长度方向左、右各预留出50mm的余量，高度方向共留出100mm的上拱余量，防止主梁焊接后下挠变形。此时必须要保证没有间隙，强调紧密组装及装配质量。

### 3 焊接技术要求及变形控制

#### 3.1 焊接技术要求

主梁上拱度要求跨中处应为(0.9~1.4)L/1000，其中L为跨距，且最大上拱度应控制在跨中处1/10的范围内。主梁的水平方向弯曲 $\leq S/2000$ ，其中S为主梁两端始于第一个大筋板的长度。上盖板的水平偏斜值(C) $\leq B/200$ ，其中B为上盖板宽度，测量位置选择在大筋板处。主梁腹板的局部平面度，采用1米平尺检测，距离上盖板H/3以内区域 $\leq 0.7t$ ，其余区域 $\leq 1.2t$ ，其中t为腹板厚度，H为腹板高度。主梁腹板的垂直偏斜值(h) $\leq H/200$ ，测量位置选择在大筋板处。

#### 3.2 装焊变形控制

主梁装配焊接前，已分别对上、下盖板，主、副腹板，T型钢等零件进行了对接，并无损伤探伤检测合格。装配是以主腹板或主腹板与T型钢的焊接组件为装配基准，即主腹板置于装配平台上，与起重机主梁工作时的状态相比呈侧卧形式。根据焊接工艺计算出上拱值及上拱曲线，焊工在腹板上画出上拱曲线，并用洋冲打出标记。预制上拱曲线必须经检测人员检查，确认最大上拱值在跨中1/10范围内，合格

后方可进行切割。使用半自动气割机，按画出的预制上拱曲线切割，并割出两端头部形状，切割后边缘要求打磨光滑。切割面质量及坡口精度应符合相关标准要求。同一主梁的腹板，切割上拱顺序和方向应一致，尽可能一次连续割完。

装焊前检查T型钢尺寸和形状、腹板预制上拱值，符合要求后进行拼装，使用专用平台及夹具，以主腹板上拱曲线为装配基准，主腹板与T型钢长度方向中心线找正对中，装配、定位T型钢，从中间分别向两边点固焊缝，装点后检查。对接焊缝使用埋弧焊，当主腹板厚度大于12mm时，采用X型坡口进行对接，焊后进行超声波探伤(UT)或者射线探伤(RT)，焊后复检上拱值。

将主腹板与T型钢的焊接组件水平放置在装配平台上，并以此平面为装配基准，划线定位大筋板，装点腹板上水平槽钢等，检测大筋板与装配基准的垂直度及大筋板之间的尺寸公差。先将上盖板的孔割出后，再进入主梁装配。在上盖板内侧划出中心线，以T型钢和大筋板为基准，垂直吊装上盖板，保证上盖板中心线与T型钢焊接组件中心线对正，由中心线位置向两端进行定位焊。

在副腹板内侧划出中心线及大筋板位置线，吊装副腹板，并检测副腹板上拱曲线及其与上盖板、大筋板的间隙，

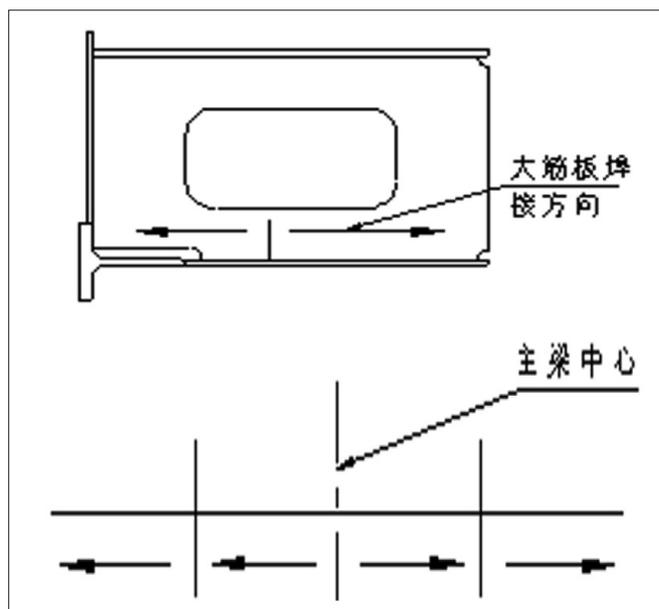


图3 大筋板施焊顺序

由中心线位置向两端进行定位焊。此时，主梁形成三面封闭的π形梁，进行主梁内部焊缝的焊接，先将π型主梁放置在焊接平台上，让主腹板朝下，焊接主腹板与大筋板的连接焊缝，再将π型主梁翻转，让副腹板朝下，焊接副腹板与大筋板的连接焊缝。在主梁的长度方向上，四人对称分布，由主梁中间向两端施焊，焊接大筋板的连接焊缝，具体施焊顺序见图3。再将π型主梁翻转，让上盖板朝下，焊接上盖板与大筋板的连接焊缝。

焊接采用富氩混合气体保护焊， $\pi$ 型主梁焊接后，装配划线割出副腹板上的门孔，并装入门孔的镶圈。翻转 $\pi$ 型主梁，让上盖板朝下放置于装配平台上，吊装下盖板，将下盖板中心线与两个腹板中心线对正，由中心线位置向两端进行定位焊，装下盖板前要进行主梁主要控制指标的检测，同时，对 $\pi$ 形主梁内相关焊缝进行检测，符合焊接工艺要求后方能装下盖板。焊接位置应尽量使用平焊或平角焊，减少仰焊、立焊的操作，尽可能使用多人对称焊接，焊缝的层数、焊接参数及焊接线能量等应尽量保持一致。

#### 4 焊缝工艺控制

主梁两端的头部弯板常采用整体式结构，施焊过程中应尽量避免大风潮湿的环境，尽可能减少焊接应力与变形。这种结构的焊接很容易造成下挠，头部弯板在备料成型与装配时也比较困难，装配时经常出现与头部腹板曲率不一致的情况，如果强行焊接会增加结构的内应力。为避免此问题的出现，在生产过程中需要严格按照图纸要求压弯头部弯板，并将坡口修磨到合理的尺寸，保证与头部腹板均匀衔接，先使用富氩混合气体保护焊施焊内部角焊缝，后用碳弧气刨清根，并用角磨机打磨光滑，再用富氩混合气体保护焊施焊外部角焊缝，并对焊缝进行超声波探伤(UT)和磁粉探伤(MT)，检查是否达到图纸及标准要求。

主梁焊接过程中施焊、清根都会对主梁上拱产生影响，尤其是上盖板翼缘倾斜变形较大，轨道压板和上盖板间隙的

焊接质量难以控制，因此，实际生产过程中需要根据经验来判断，如何合理施焊才能达到图纸及标准要求。对接式弯板因为焊缝集中，坡口在施焊时需要清根，有可能影响上拱值。受到结构限制导致清根与返修困难，因此，两次焊缝需要尽可能一次性完成、合格，在具体施焊过程中，需要对多重因素进行全面分析，提出解决焊接变形的方案。

#### 5 结语

综上所述，影响大型起重机主梁焊接变形的因素众多，只有了解主梁的结构，优化焊接工艺，合理选择焊接方法与装焊顺序，才能避免后期的矫正修复，达到有效控制焊接变形的目的。

#### 参考文献：

- [1] 周文军,张能武.焊接工艺实用手册[M].北京:化学工业出版社,2020,65-67.
- [2] 王洪光,吴忠萍,许莹.实用焊接工艺手册[M].北京:化学工业出版社,2013,117-119.
- [3] 申本超,许三宜.三峡1300/160t桥式起重机主梁焊接质量控制[J].金属加工,2017(16):65-68.
- [4] 陈文涛,柴俊义,吴建萍.450t桥式起重机主梁焊接[J].焊接,2002(9):23-25.

作者简介: 窦玮(1986.10-),男,汉族,山西长治人,硕士,工程师,研究方向:焊接工艺。

