

起重机主端梁互换性加工工艺

■ 河南蒲瑞精密机械有限公司 （新乡 453400） 郭莹峰

■ 河南卫华重型机械股份有限公司 （新乡 453400） 聂福全

摘要：通过改进生产工艺和焊后加工方法，实现起重机主、端梁部件的模块化加工和互换性装配，做到同一型号的起重机可任意选用装配，提高了整机质量和生产效率。

1. 问题的提出

目前，国内起重机主、端梁的联接装配加工均采用焊接汇装后加工的方式，以保证起重机相关尺寸参数和联接尺寸准确，满足起重机使用精度要求。这种工艺方法的特点是需要先将主梁、端梁进行汇装，然后主梁、端梁配对整体加工。该工艺方法导致的主要问题一是装配周期长；二是主、端梁不能实现互换性装配的要求，不利于提高产品质量和降低制造成本，更无法实现主梁、端梁模块化互换性装配。

要解决上述问题，需要探索将起重机主、端梁的制造方法改为模块化生产工艺方式，考虑通过采用焊后加工工艺方法消除结构变形，保证联接尺寸精度和形位精度，满足主、端梁在单独生产的工艺条件下，同一型号起重机可任意选用装配，并且装配精度能够得到有效保证，实现主、端梁模块化互换性生产。

2. 技术研究的意义

起重机主、端梁模块化加工工艺研究旨在解决起重机的主、

端梁互换性制造问题，改变起重机主梁、端梁必须采用“汇装加工”工艺的传统生产模式，实现模块化制造，确保主梁、端梁互换性技术要求。此种工艺方法制造的起重机具有高精度、产品质量稳定、生产效率高和主、端梁可批量化生产备货的特点，有利于降低生产制造成本和设备维护保养费用，提高企业的市场竞争力。

3. 主端梁模块化加工工艺的整体思路

起重机主、端梁要想实现互换性工艺方案，就需要分别对影响主梁、端梁装配尺寸的联接部位按照统一基准的原则进行焊后加工，以避免焊接变形对起重机桥架装配精度的影响，并实现互换性要求。由于采取焊后加工的工艺方法，主、端梁的精度可以由适宜的加工机床及专用工装来保证，并通过辅以先进的测量方法和技术，从根本上保证主梁及端梁的尺寸和位置精度，从而满足主梁及端梁的互换性装配要求，实现批量化生产的目的。

通过对起重机主、端梁生产制造全过程进行分析，认为要实现主梁、端梁单独加工互换性工艺，必须解决以下问题：一是主梁、端梁如何确定统一的加工基准，即划线、加工和装配时基准的一致性；二是关键工序加工设备及工艺装备的选用；三是加工工艺和检测方法的应用。

4. 加工基准一致性分析

主、端梁结构简图如图1、图2所示，主梁为典型的焊接箱型梁结构，其尺寸规格较大。主梁、端梁通过图示联接板1面和联接孔2进行装配，因此，若要保证装配尺寸精度和形位精度，其联接板面1及系列联接孔2（改系列孔中其中两个孔采用销定位），即可形成一面两销定位方式，因此在主梁和端梁的分别加工过程中只要保证联接板面1和联接孔2的尺寸和形位精度，兼顾大车轨距S和小车轨距J，尽可能通过采取一次装夹，加工所有加工部位的工艺方法，起重机的装配尺寸精度和形位精度就可以保证，互换性也就自然可以实现。

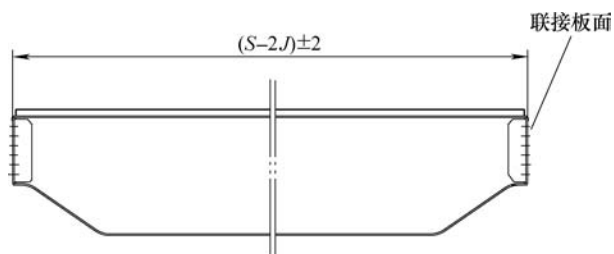


图1 主梁结构示意图

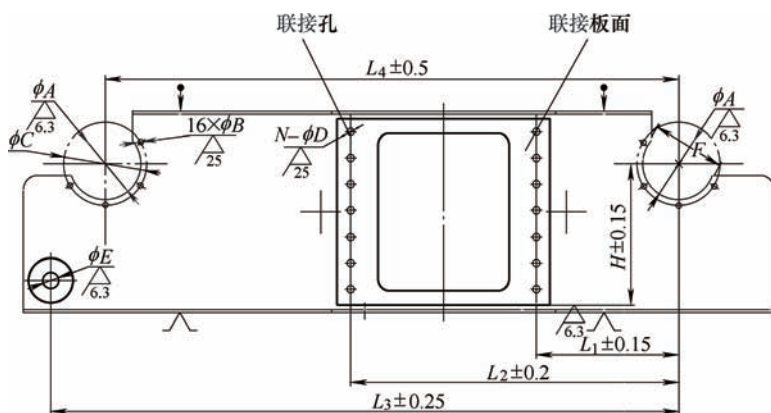


图2 端梁结构示意图

5. 主梁加工方案制定

为保证主、端梁模块化加工的高质量、高精度，需要对主、端梁体制作精度，主、端梁的挂板和联接板安装精度进行精确控制，并严格保证主、端梁的划线、加工基准一致，采用专用机床和刀具进行结合面加工，采用高精度测量仪器对加工精度进行检测。

(1) 主、端梁上挂板和联接板的安装。主、端梁挂板的安装精度是保证整体加工质量的前提，我们利用独创的光学测距方法，保证挂板之间的安装距离。具体工艺方法如下：①摆放主梁。主梁制作完成后，将两根主梁按照图3所示方法摆放（桥式起重机一般为双主梁）。并调整两主梁，使小车轨道上任一点处，在与之垂直的方向上，相对应两

轨道测点之间的高低差符合GB/T 14405—2011中5.7.9的要求，对角线差 $|D_1 - D_2| \leq 2\text{mm}$ 等技术参数符合后，用工艺拉撑固定两主梁。固定完成后，按桥架汇装检验各参数并记录。②装配焊接联接挂板。如图3所示，划出各主梁的纵横中心线并分别记作 L_1 、 L_2 。挂板最外端距离用 M 表示。以 L_1 为中心线，使用钢卷尺测量 $(M-400)\text{mm}$ ，并在主梁两端划线，分别记作 L_3 、 L_4 。 L_2 与 L_3 、 L_4 的交点分别记作 A_1 、 A_2 ，即 $A_1A_2 = (M-400)\text{mm}$ 。使用激光测距仪对 A_1A_2 进行长度校核，保证两主梁上的 A_1A_2 的长度一致，然后按图样尺寸划出上下盖的切头线，按切头线切掉上、下盖板上的多余部分，再将主、端梁联接中的挂板安装到主梁两端，分别以 L_3 、 L_4 为基准测量挂板最外

端面的距离，保证端部到 L_3 、 L_4 的距离为 200mm 。使用线垂对主梁挂板进行测量，保证两挂板的垂直度不大于 0.5mm ，且挂板只允许下端向内侧倾斜。在同侧两块挂板的端面最外端拉线，保证线与挂板间隙不大于 0.5mm ；在同侧两块挂板的顶面最外端拉线，线与挂板间隙不大于 0.5mm ，以此保证挂板不发生水平偏斜。测量完成后，将挂板焊接点固到主梁上，再次测量两挂板外端面之间的距离，距离为 $M_{\pm 2}\text{mm}$ 。将主、端梁联接中联接板点固到主梁腹板上并检验。焊接挂板和联接板与主梁的焊缝并检验。③划线。按图样要求轨距，在轨道上划出轨距线，并在轨道上打样冲标记，作为后续机加工的基准线。在各挂板和主梁腹板靠近挂板处使用划针划出水平腰线，在各挂板上划出铅垂线。

(2) 主梁的模块化加工。加工过程中采用专用工装及光学测量技术，以保证主梁模块化加工的质量，达到互换性工艺的要求，实现主、端梁的模块化、互换性生产。具体工艺方案如下：①划线。本工艺要求保证主梁两端挂板平行，且与主梁上轨道垂直，由于起重机主梁的跨度最大可达 31.5m ，如此大的距离，要保证两主梁相关精确难度很大，需要使用高精度光学经纬仪、内径千分尺等精密测量工具，并采用立体测量技术和基准偏移理念，结合物理、几何原理完成主梁找正校平，最终保证起重机械制造精度及互换性要求，具体方法是将两根主梁分别固定在自制专

用工作台上，配合专用工装，将两根梁的端头对齐，按主梁上轨道中心线校平行，用光学水准仪对轨道两端头四点进行找平，误差不大于2mm，按挂板上的铅垂线调主梁歪斜度，然后用固定压板压紧。现场配置轨道垂直挂线架，如图4所示，采用长度不小于5 000mm的工字钢，横担于主梁上并采用机械夹紧方式固定，并用光学经纬仪按轨道中心线校准，旋转90°确定挂线位置，挫出V形槽，挂线。反复测量，修挫，直至挂线准确无误，并经检验复查确认。

②机床的选用和安装调整。由于工件尺寸较大，加工设备采用移动镗床，用于加工主梁两端挂板平面及联接孔，如图5所示，首先将机床安装平台吊运到合适位置，并将移动镗床吊放到该平台上，调整平台，使机床主轴方向按前高后低校正，斜度保证在0.5mm/1 000mm以内，轨道水平校平精度保证在0.2mm/1 000mm以内。机床沿机床轨道方向来回开动，采用电流微探测微技术，精确测出机床主轴端面到挂线的距离，调整机床，直到机床开到任何位置，主轴端面到挂线的位置的距离差不大于0.1mm为止。机床调整后，用压板将机床固定在平台上。

③工装的设计及工件安装检测。主梁工装如图6所示，该工装采用可调支撑平台结构，平台侧边均设计有可调支腿，方便平台的调节。机床安放平台上还设计有能够对机床进行水平方向微量移动的装置，能够方便快速地调节机床，使机床主轴与主梁挂板平面垂直，实现主梁及移动镗床

的精确安装调整。如果想要保证两主梁安装精度，难度很大，我们利用全站仪立体测量找正技术和基准偏移理念，结合物理、几何原理完成主梁找正校平，有效保证主梁两挂板的平行度要求，进而保证大车跨度、车轮偏斜的精确度。此外，还使用激光测距仪对两挂板之间的距离进行长度

校核，保证两主梁上挂板间的长度一致。

④主梁联接挂板加工。按主梁长度尺寸要求，采用铣削的方法加工挂板平面，以轨道顶部为基准加工挂板平面，使表面粗糙度值 $R_a=6.3\mu\text{m}$ ，如图7所示，平面加工完成后，以挂板平面与轨道中心线铅垂面交点为基准确定机床坐标，采用机床上数

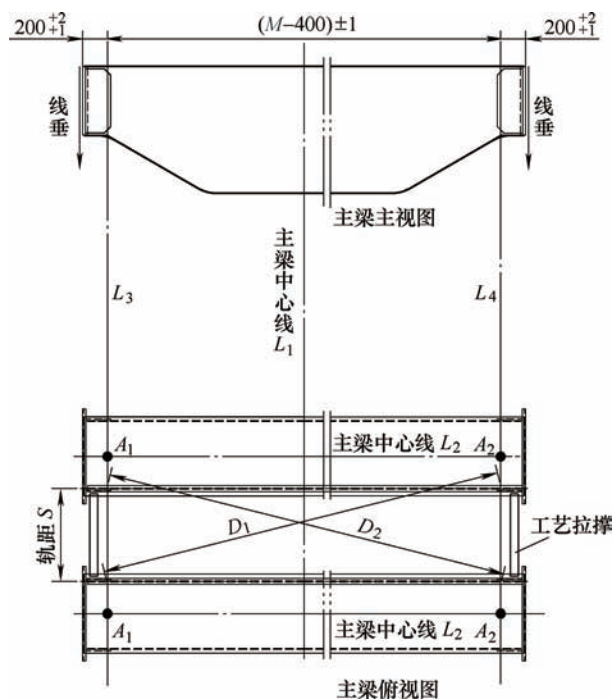


图3 主梁挂板安装示意图

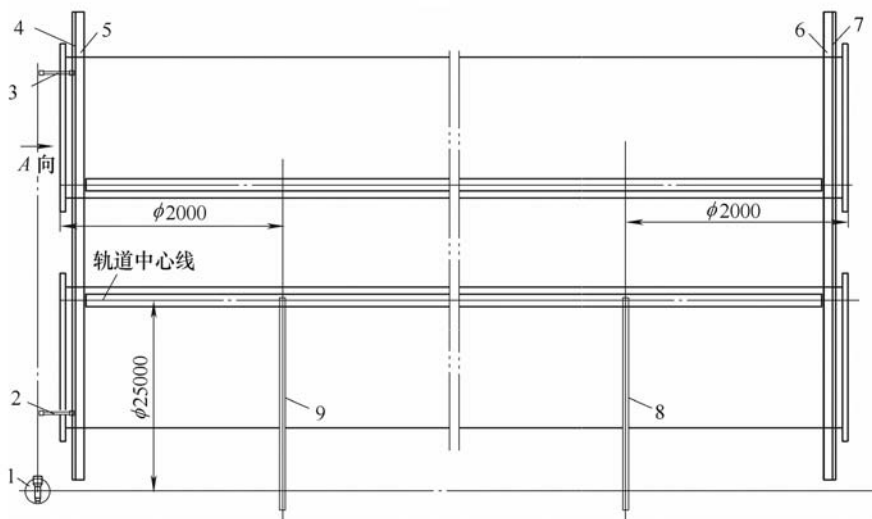


图4 主梁划线示意图

1.经纬仪 2、3.内径千分尺 4、7.钢丝 5、6.工字钢 8、9.木尺

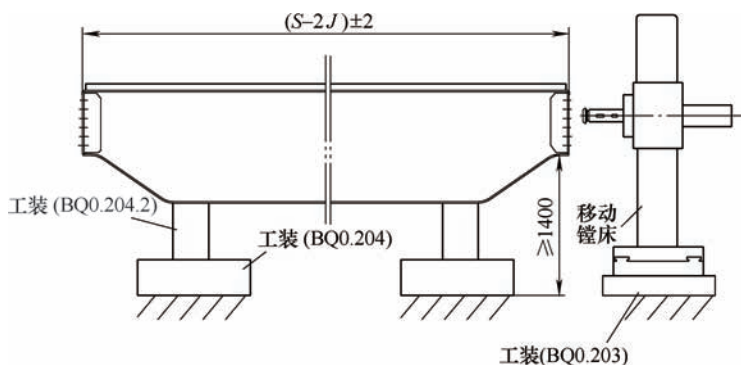


图5 机床及主梁安装示意图

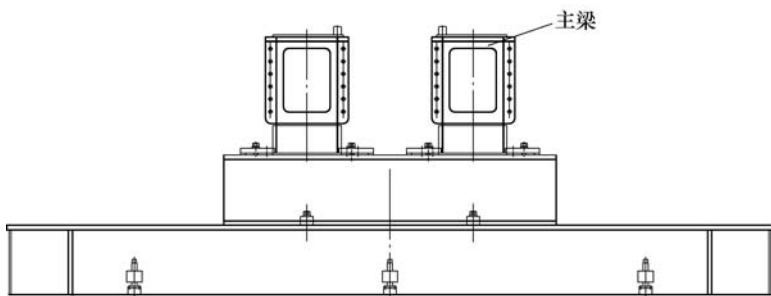


图6 主梁加工工装示意图

显装置以走坐标的形式钻出各联接孔，其中对角线上两个钻孔采用钻铰方式加工，以便用于销定位，如图8所示，保证孔距误差不大于0.1mm。对于双主梁起重机，为确保两个主梁尺寸和行位精度一致，采用两个主梁配对加工的工艺方式实现主梁的加工。考虑到主梁的结构尺寸（一般长度为10.5~28.5m），加工现场应充分考虑机加工的要求，根据待

加工主梁总长，两端整理出不小于3 000mm的空地，以方便移动镗床工作。主、端梁加工面底边距地面不小于1 400mm，否则应垫高至要求。

6. 端梁的加工工艺方案

由于结构与主梁类似，端梁的划线及挂板安装焊接与主梁类似，在此不再赘述。端梁加工工艺方案如图9所示，在镗床上一次装夹，完成端梁的车轮孔、与主

梁挂板配合的联接面以及联接孔等所有部位的加工，以保证端梁的尺寸和形位精度要求。满足同一规格型号的端梁均能够与相应型号的主梁进行装配，从而实现主、端梁互换性装配。



图9 端梁加工示意图

7. 结语

采用上述加工工艺方案，按照不同主、端梁零件互换组合装配后，对起重机的各项参数进行了测量，主梁跨度尺寸精度误差不大于1mm（焊接汇装为±5mm），车轮水平及垂直偏斜等参数的精度也都远高于国家标准要求的精度，说明该工艺方案完全可以保证加工精度，实现主、端梁的模块化加工和互换性装配，大幅度提高了生产效率。

MW（收稿日期：20151113）



图7 主梁加工示意图



图8 加工后的主梁挂板及联接孔

专家点评

模块化加工和互换性装配可以实现装备类产品主要零部件的批量化生产，缩短生产周期，应用在起重机主、端梁加工中，是一次跨越式的进步。作者通过改进生产工艺和焊后加工方法，实现同一型号起重机可任意选用装配，提高了整机质量和生产效率。