超大型起重机桥架整体加工工艺及装备

■ 河南林业职业学院 （洛阳 471000） 安存胜

■ 河南卫华重型机械股份有限公司 （新乡 453400） 聂福全

摘要：针对超大型起重机桥架台车支座焊后整体加工的难题，根据台车支座的结构特点，制定整体加工方案，详述桥架划线工艺、加工设备的选择及调整以及台车架支座孔整体镗削工艺。对加工后的产品检测数据分析表明，整体加工的桥架和小车架精度满足国家标准要求。

1. 问题提出

随着冶金、矿山及重型机械行业的高速发展，对超大吨位起重机的需求量也越来越多，这类起重机一般用于吊运质量较重且较为危险的物料，所以起重机的稳定性、安全性及运行可靠性就显得尤为重要。由于设计的可行性往往受到工艺的制约，对于超大型起重机制造而言，桥架台车支座焊后整体加工（见图1）工艺一直是此类起重机的制造难题。为解决上述问题，通过对起重机桥架结构的分析，有针对性地开发了超大型起重机桥架整体加工工艺和工装，使得桥架整体加工后，车轮装配的水平、垂直方向的偏差及同位差精度可得到有效保证，避免起重机“啃轨”现象的发生，且由于制造精度较高，使得起重机在运行时非常平稳。

图1 桥架整体汇装示意图

2. 桥架焊后整体加工工艺

为确保加工精度及效果，桥架在采用整体加工工艺之前必须完成所有的焊接作业工序，避免焊接变形对已加工的桥架精度造成影响，从而使桥架的加工精度得以保持和延续。根据台车支座的结构特点，制定了整体加工方案，如图2所示，具体工艺流程为加工时将桥架按起重机在运行时的状态进行调平校正，然后按照特定工艺进行加工前的划线作业，以便为加工过程中工件的安装、校正提供基准，把事先粗加工好、留有精加工余量的台车支座按划线位置焊装到图样要求的位置，设计专用镗孔工装和机床调整工装，进行桥架台车支座的精加工。

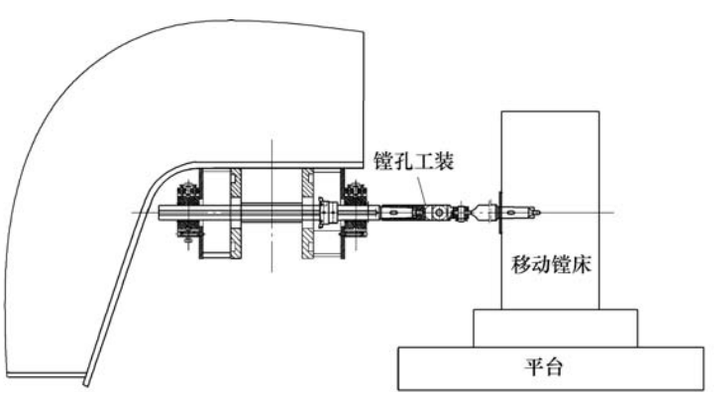

图2 桥架整体加工方案

3. 桥架划线工艺

由于大车运行机构装配后，两端车轮的平行度主要靠桥架台车支座整体加工时划线来保证，因此桥架划线精度的控制尤为重要，桥架的划线方法（见图3）如下：

（1）选一根小车运行轨道，轨道两端在宽度方向取中心点，拉线划出轨道中心线，此线做测量基准线，用等距测量法在另一根小车轨道上划出轨距5 000mm

中心线，且只在轨道两端各划出约1 000mm长线段即可。

（2）分别按两端梁的实际宽度取中点，测量出两中点的实际距离，并与桥架跨距比较，对称修正两点至跨距尺寸，并平移至工步1所划出的基准线上，复查两点尺寸应为跨距尺寸，打样冲，此点作为轨道1基准点1。

（3）划另一轨道上跨距点，用测量对角线的方法，以轨道1上基准点分别测出轨道2中心线上相等对角线的两点。其几何意义为在两平行线上作出等腰梯形，两对角线相等，测量轨道2上两点的距离与跨距比较，分别修正两点至跨距尺寸，并复查两对角线尺寸，相差绝对值不能大于2mm，打样冲，以此点作为轨道2上基准点2。

（4）架设经纬仪，分别在桥架两端按轨道1和轨道2基准点校准视轴，用等距法在主梁外侧划出两测量点作为辅助基准，划跨距中心线于主、端梁下盖板上，同时检查加工孔的端面加工余量，做记录，焊基准块，并测量辅助基准块的跨距，应符合工艺要求，否则重新修正。

（5）使用水准仪作为测量工具，分别在桥架两端以轨道1轨顶平面为基准，分别划出支撑孔水平中心线，保证各孔高度尺寸达图样要求。

（6）划各台车支座孔的垂直中心线，在主、端梁上平面，以轨道1中心线为基准，划出基距方向各孔的孔距尺寸线，用吊线法分别引划出各孔垂直中心线，保证各孔水平距离达图样要求。

划线时利用平行线判定定理、等腰梯形的特性等基本几何原理，保证桥架或小车架的两条轨距线相互平行，轨距线与基距线相互垂直，使用高精度的经纬仪，对所划的线进行检验和校正，所采用的光学经纬仪的角度误差为0.6″，能够精确保证划线的精度。

4. 加工设备的选择及调整

由于大吨位起重机的桥架较重，一根主梁就重达80t，吊运时相当困难。选择便于吊运的小型移动镗床（TPX6211）来对桥架及小车架进行整体镗孔，采用此种方法加工时，将桥架和小车架位置固定，通过变动移动镗床的位置来完成桥架和小车架的镗孔工作，以减轻劳动强度，降低工作难度。

加工工件前移动镗床要进行调平，常规情况下采用下垫调整楔铁方式进行调整，此种方式调整效果较差，所需调节时间较长，为提高机床调整效率，设计了机床专用调整平台，如图4所示，该平台质量达8t，并设计有防滑可调支腿，保证机床在固定到该平台上后稳定，加工工件过程中不会因受切削力的影响发生位移。利用平台上的6个可调支腿，能够快速方便地对平台及机床进行校平。为方便对机床进行水平方向的微量调节，在平台上设计了4组微调装置，能够快速对机床进行水平方向的微调，保证机床能够快速精确地按线找正。这种平台大大节约了机床的调整时间，大大降低了机床调整难

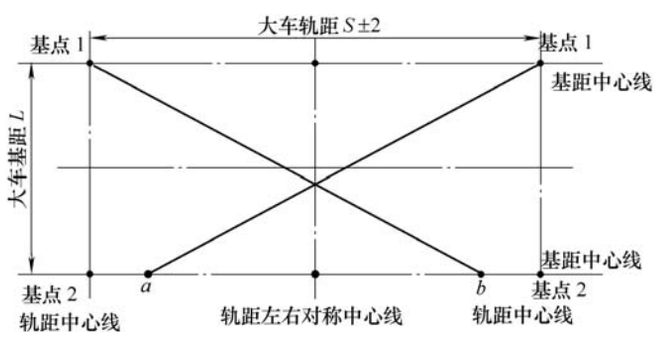

图3　桥架划线示意图

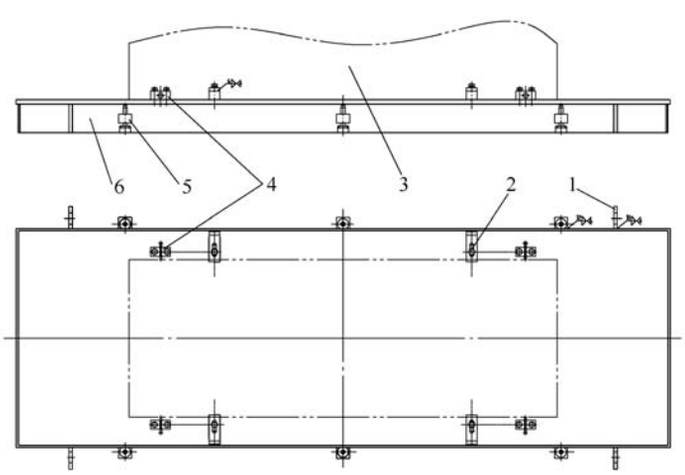

图4　机床安装平台

1.吊耳 2.压板 3.移动镗床 4.机床水平方向调节器 5.可调支腿 6.平台

度。有了该平台后直接用水平仪对平台进行校平，之后吊装镗床到平台上，机床不需要再进行调平，快速方便。在平台上还设计有水平微调装置，方便对机床水平方向进行微调，易于实现机床的快速找正，大大节省了机床调整时间。

采用电流接触千分尺测量技术对机床进行水平方向上的精确找正。校正机床时，按桥架上划出的基距线位置挂直径0.5mm的钢丝，在机床上安装自制的电流接触千分尺测量装置，该装置主要由内径千分尺、报警装置、支架及电源等组成，使用时电源连接到内径千分尺、钢丝和报警装置上，当内径千分尺接触到钢丝时，报警装置发出声响。运用此装置可以精确测量出机床与钢丝之间的相对距离，可精确到0.001mm。通过平台上的微调装置，并配合电流接触千分尺测量装置，对机床进行校正，使机床运行到任意位置时到钢丝的距离都相等，即完成机床的校正。机床主轴调整到与镗杆中心对齐的位置后，联接主轴与镗杆，试转应灵活，无别劲儿和卡、碰现象。桥架镗孔采用浮动镗孔工装后，对机床的校正精度要求较低，镗杆与机床之间设计有万向节，机床的功能主要是将回转动力传递给镗杆，对镗孔精度基本没有影响，因此机床的调整非常简单快捷。图5所示为采用找正摇杆对镗杆进行校正。

图5　采用找正摇杆对镗杆进行校正

5. 台车架支座孔整体镗削

（1）桥架镗孔工装设计。由于桥架上台车支座两侧的支撑孔间距较大，设计了一套适用于间距较大且对同轴度有较高要求的桥架整体浮动镗孔工装，如图6所示，避免因镗杆刚性不足对孔的加工精度造成影响。该工装由对称双球铰装置1、三支撑调整装置2、刀具3和万向节镗杆4组成，加工孔时，将保持架支腿固定到工件上，需要调整镗杆中心与孔中心同心时，拧动可调保持架上等分圆周布置的3个调节螺钉，能够方便快速地进行调整，大大降低了调节难度及调整时间。该镗孔工装解决了两孔轴向距离较大，直接用机床主轴装刀进行加工容易振刀的问题，同时使用该工装后，对机床的调整找正精度要求较低，减少了机床调整的时间，加工精度和表面粗超度也不受机床振动的影响。

具体使用方法是：镗孔时将两可调保持架分别焊在台车支座支撑孔两侧，然后装上其余部分。可调保持架上设计有方便调节镗杆水平及竖直方向移动的螺钉（见图7），镗孔前，在镗杆上安装找正摇杆，通过调节可使保持架按照挂的钢丝精确找正加工划线部位，使镗杆的中心与划线所确定的台车支座支撑孔的中心精确重合，实现划线基准及工件安装校正基准的一致。用框式水平仪对镗杆按外低内高1mm/1 000mm进行校平，调整结束后便可进行后续的工作。

（2）桥架台车座镗削。工件找正、装夹和机床调整结束后安装合适刀具，如图8所示，按照图样要求的尺寸进行镗孔、刮平面等工作，加工结束后拆去专用工装，进行已加工部位尺寸的检验，检验合格后进行桥架其余孔的加工。

6. 加工后产品检测数据分析

采用上述工艺方法和装备加

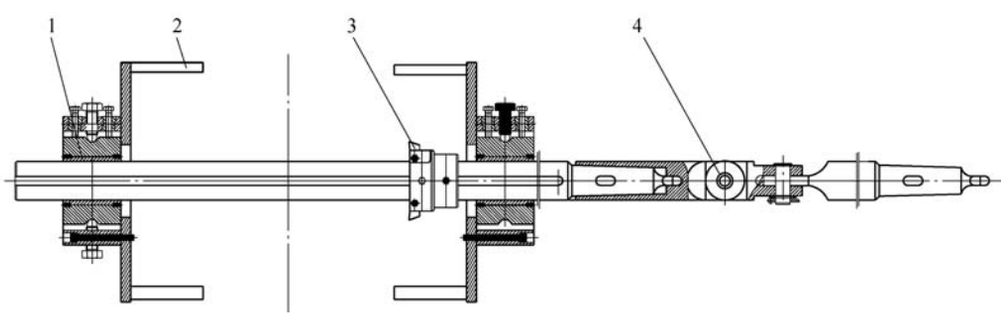

图6　镗孔工装整体结构图

1.球铰装置 2.内孔三支撑调整装置 3.刀具 4.万向节镗杆

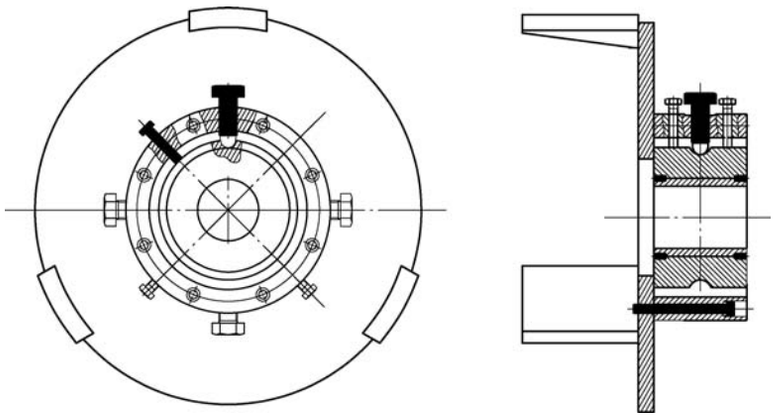

图7　镗孔工装可调保持架及可调式球铰结构示意图

图8　桥架整体加工示意图

工的桥架台车支撑孔的相关尺寸和形位公差数据如附表所示。

国家相关标准中对起重机运行机构上车轮的相关参数作如下要求：车轮的垂直偏差$-0.000\ 5 \leqslant \tan\alpha \leqslant 0.002\ 5$；车轮的水平偏差$0 < \tan\beta \leqslant 0.000\ 3$；车轮同位差按基准钢丝测量，不大于2mm，支撑孔高低差不大于1mm。通过上述数据对比，可知整体加工的桥架和小车架精度满足国家标准要求，说明上述工艺方法和装备对于桥架的整体加工效果良好。

通过整体加工的桥架台车支撑孔参数表

编号	1	2	3	4	5	6	7	8
垂直偏差tanα	0.001	0.001 2	0.002	0.001	0.000 8	0.000 6	0.001	0.001 5
水平偏差tanβ	0.000 2	0.000 25	0.000 15	0.000 3	0.000 2	0.000 25	0	-0.000 15
同位差/mm	0	0.8	−0.5	0.4	0	0.4	0.3	0.5
高低差/mm	0	0.3	0.2	−0.5	0.4	0.1	−0.2	0

7. 结语

超大吨位起重机桥架加工工艺研发成功后，对多台大吨位起重机严格按照研发的工艺进行生产制造，均达到了预期的效果，且使大吨位起重机的制作工期大大缩短，装配后的起重机精度较高，通过用户现场使用后反馈得知，起重机运行平稳，无“啃轨”等质量问题的出现，说明上述工艺方法实用、有效，完全可以保证桥架的整体加工质量，取得了令人满意的效果。MW

（收稿日期：20160112）

专家点评

作者根据桥架的结构特点，制定了焊后整体加工工艺方案，文章的技术面很广，桥架划线方法和加工设备的选择都写得很详细。围绕主题，攻克难点，选择便于吊运的小型移动镗床来对桥架及小车架进行整体镗孔，降低工作难度。给人一种得心应手、如临其境的感觉。文中所述的镗孔工装也很实用，为大型装备类产品的整体加工提供了参考。

工业增加值增速略好于全国工业平均水平

从国家统计局公布的数据看，2016年1～2 月全国工业增加值累计增长5.4%，低于2015年同期（6.8%）1.4个百分点，其中制造业同比增长6.0%，高于2015年同期（7.5%）1.5个百分点。机械工业大类中，汽车制造业同比增长8.1%，电气机械及器材制造业同比增长8.2%， 均高于全国工业平均水平2.7、2.8个百分点，专用设备制造业同比增长3.5%，高于2015年同期（3.1%）0.4个百分点，通用设备制造业同比增长3.9%，略低于2015年同期水平，预计机械工业1～2月工业增加值将高于全国工业平均水平。