

用特殊方法在普通镗床上精确加工 结晶器足辊架

■ 四川鸿舰重机制造公司（攀枝花 617063） 李忠生 周 翔

摘要：结晶器足辊架形状复杂，尺寸和形位精度要求高，装夹、找正和测量非常困难。采用基准转换方法，设计工艺基准，通过控制间接尺寸精度来保证产品满足质量要求。



攀钢三方连铸结晶器足辊装置位于结晶器出口端，由足辊架、内外弧辊子和侧辊组成。足辊装置主要有两方面作用：①引导引锭杆进入结晶器，同时对结晶器铜管内壁起保护作用，防止穿引锭杆时划伤和碰伤。②对拉出结晶器的铸坯起支承、导向作用，减少铸坯变形或漏钢。足辊架是足辊支承零件，四根足辊形成方形与结晶器铜管形状和弧度相适应。足辊架工作在高温和淋水等恶劣环境，容易损坏，更换频繁，消耗量大。足辊架辊轴孔相对位置为空间尺寸，精度高，

找正、测量困难，按常规加工方法很难达到图样要求，一般外协制作，但外协成本高、工期长，不能满足生产需求。为此，我们对足辊架进行技术研究，立足公司实际自行制作。

1. 结构分析

足辊架为焊接结构，由圆形法兰盘与四个支架焊接。圆形法兰圆周有螺孔与下法兰联接，平面与下法兰接触起密封作用；中间有一个偏心圆孔与结晶器铜管配合，对足辊架起定位作用；四个支架有两对辊轴孔，构成矩形，与法兰平面呈夹角，与结晶器弧度方向一致；每根辊轴孔前小后大，大孔为直孔，小孔为锥孔，对辊轴起定位和锁紧作用；四个支架内侧加工，对辊子轴向定位。

2. 技术要求

零件如图1所示。要求：①法兰平面表面粗糙度值 $R_a=3.2\mu\text{m}$ ，外圆表面粗糙度值 $R_a=25\mu\text{m}$ ，圆周8个 $\phi 18\text{mm}$ 螺孔等分，与长孔

夹角 20° 和 25° 。②中间大圆孔 $\phi 321^{+0.2}_{-0.1}\text{mm}$ ，与法兰偏心距 $(22.7\pm 0.1)\text{mm}$ ，偏心在长孔水平连心线方向。③外弧辊轴孔坐标 $(198.3, 145.7)$ 、内弧辊轴孔坐标 $(168.1, 125.2)$ ，在中性面中心距 $367^{+0.1}_{-0}\text{mm}$ 。④侧弧辊轴孔在内外弧辊轴孔连心线上，在中性面中心距 $367^{+0.1}_{-0}\text{mm}$ 。⑤四轴孔所在平面与法兰平面夹角 3.2° ，与偏心孔十字中心线两两平行、对称。⑥四辊轴孔前孔为 $\phi 23\text{mm}$ ，锥孔表面粗糙度值 $R_a=3.2\mu\text{m}$ ，锥度 $1:10$ ，后孔为 $\phi 38\text{H}7$ 直孔，表面粗糙度值 $R_a=3.2\mu\text{m}$ ，沿逆时针方向排列。⑦在中性面上支架内端面表面粗糙度值 $R_a=6.3\mu\text{m}$ ，相对距离 $242^{+0.2}_{-0.1}\text{mm}$ ，与四辊轴垂直、对称。

3. 工艺性分析

(1) 法兰外圆为非加工面，圆周各螺孔和长孔为粗精度，中间大孔与法兰中心偏心量和偏心方向不能精确确定。

(2) 四个辊轴孔为空间尺寸，其坐标位置、共面、与法兰

平面夹角、垂直中心线与偏心孔中心重合等无法测量和控制。

(3) 四个支架刚性差，容易加工变形。

(4) 四个轴孔小，前后距离长，钻杆细长，前后孔同时钻容易偏。

(5) 同一轴线上孔大小不一，同侧孔无法一次装夹从一头钻通。

(6) 小孔侧为锥孔，内大外小，锥孔大小头尺寸难以准确测量。

(7) 内侧面与四辊轴对称与平行难以保证。

从足辊架工作情况分析，法

兰平面和偏心圆孔是安装基准，对足辊架组件起定位作用。而四根辊轴相对法兰平面和偏心圆孔位置和围成矩形形状是加工重点和难点。

加工足辊架方法有按划线加工、制作专用工装或加工中心机床加工。划线加工方法由于划线、找正和测量误差大，难以保证达到图样尺寸公差和形位公差。制作专用加工工装安装、定位和夹紧困难。使用加工中心需要配置专门的机床，成本较高，现场条件不具备。只有采用特殊工艺措施和加工方法才比较可行。

4. 解决措施

解决问题的出发点是创造工艺基准，利用一面两销、基准统一原理，精确控制便于直接测量尺寸来间接保证不容易测量尺寸，关键是保证偏心孔和内外弧辊轴孔位置精度准确。解决措施如下：

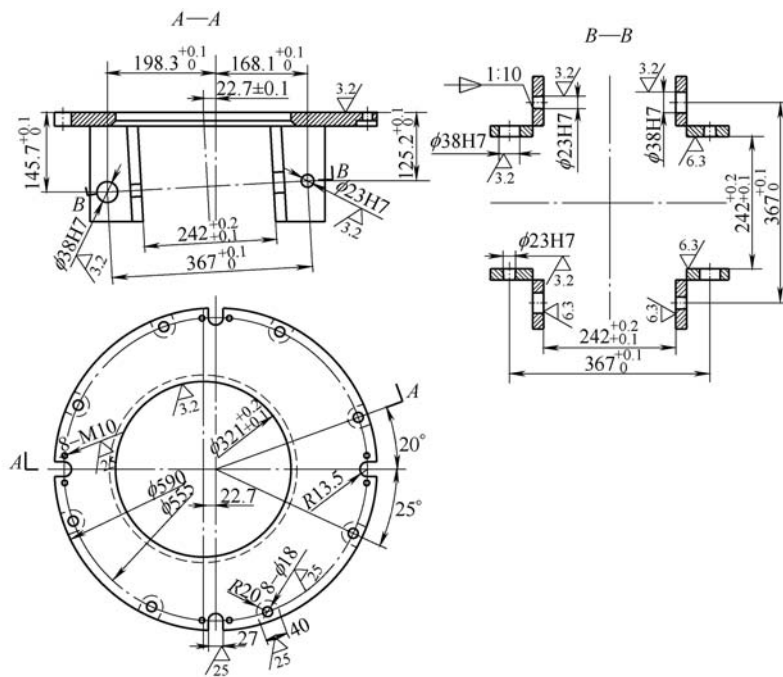
(1) 由于足辊架法兰原4个宽27mm长槽与8个 $\phi 18$ mm螺孔处于同心圆上且为阵列关系，旋转 90° 后把合孔能完全重合。先按 $\phi 27H7$ 加工为4个工艺销孔，作为加工偏心孔和辊轴孔的定位和测量基准，全部加工完后再把4个 $\phi 27H7$ 按图样铣成长槽，不需要另外增加加工面。

(2) 利用镗床通用 90° 角铁作装夹活件简易工装，在角铁上按跑坐标钻M16把合孔和十字中心线方向4个 $\phi 27H7$ 工艺销孔，尺寸与足辊架零件图法兰孔镜像位置一致，用一面两销定位，保证基准统一，减少加工误差。

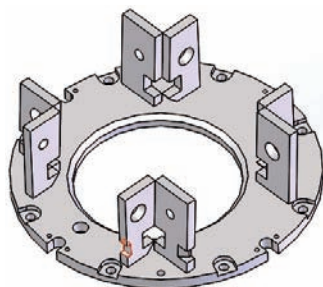
(3) 法兰中间大孔 $\phi 321^{+0.2}_{-0.1}$ mm与4个 $\phi 27H7$ 及各圆周孔按计算坐标一次装夹加工，保证各孔相对位置精确。

(4) 如图2所示，工件把在角铁上，偏心朝上下方向。先按法兰平面和2个 $\phi 27H7$ 工艺销孔为基准，按图样坐标尺寸钻外弧辊孔（198.3，145.7）和内弧辊孔（168.1，125.2），该两轴孔坐标位置精确控制，间接保证两侧辊连心线共面，且与法兰平面夹角 3.2° 。

(5) 旋转工作台 180° ，用百分表找正，同一轴线上大小孔都按足辊架法兰面、工艺销为同一基准，按相同坐标尺寸从两侧



(a) 尺寸图



(b) 三维图

图1 足辊架

面加工，可以保证前后孔同心，避免用细长钻杆从一头钻跑偏。

(6) 用锥度圆器检验锥度和控制直径大小。

(7) 先按线粗加工 $242^{+0.2}_{-0.1}$ mm 内端面，减少切削力和加工应力，减少精加工变形。把各辊轴孔加工出来，再以辊轴孔精加工 $242^{+0.2}_{-0.1}$ mm 内端面，保证与辊子对称和垂直。

5. 工艺安排

(1) 划线，划各面加工线。

(2) 立车，按线找正，加工法兰平面。

(3) 划线，划法兰偏心孔、各圆周孔和其他加工部位。

(4) 镗床加工。具体步骤为：①工件立放，用百分表找法兰平面，一次装夹用坐标加工偏心孔 $\phi 321^{+0.2}_{-0.1}$ mm 及背面倒角、4个 $\phi 27$ H7 及各圆周孔。②使用镗床角铁，将立面刀具找平，保证垂直度和平面度。③在立面用计算坐标钻8个 M16 和4个 $\phi 27$ H7，水平方向两端铣 20 H7 槽，与4个 $\phi 27$ H7 同心。④工件把在角铁上，偏心朝水平方向，工作台旋转 3.2° ，按划线粗加工内端面 $242^{+0.2}_{-0.1}$ mm。⑤工作台旋转至角铁平面与主轴平行，用百分表找正，工件把在角铁上，偏心朝上

下方向，以角铁立面和 20 H7 槽为基准，按图样坐标尺寸粗钻该侧 $\phi 38$ H7 和 $\phi 23$ mm。⑥工作台旋转 180° ，用百分表找正角铁，按步骤⑤粗钻另一侧 $\phi 38$ H7 和 $\phi 23$ mm。然后换铰刀，铰 $\phi 38$ H7 和 $\phi 23$ mm 锥孔。⑦工作台回旋转 180° ，按步骤⑥方法铰另一侧 $\phi 38$ H7 和 $\phi 23$ mm 锥孔。⑧重装夹工件，工件偏心朝水平方向，内外弧轴孔穿心轴，按两心轴侧面找平与主轴平行，并以心轴和 20 H7 槽分中心按步骤⑥、⑦加工侧辊轴孔。⑨旋转工作台，按内外弧两心轴侧面找平与主轴垂直，以心轴分中心精加工与之平行 $242^{+0.2}_{-0.1}$ mm 内侧面。⑩取下内外弧心轴，安装侧辊轴孔心轴，以心轴分中心精加工与之平行 $242^{+0.2}_{-0.1}$ mm 内侧面。⑪铣沉孔，4个 $\phi 27$ H7 按图铣长孔，钻其余孔。

6. 效果验证

采用基准转换和间接测量控制方法取得了较好效果，产品经单件检测达到图样技术要求，经装配调整量小，满足使用要求，较好地解决了高精度复杂空间尺寸加工技术难题。该工艺方法不需要专用机床和工装，加工质量好，可以推广到其他类似足辊架和产品加工。

参考文献：

- [1] 陈宏均. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，1997.
- [2] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2001.
- [3] 陈大先. 机械设计手册[M]. 北京：化学工业出版社，2010.
- [4] 王光斗，王春福. 机床夹具设计手册[M]. 上海：上海科学技术出版社，2000.
- [5] 李新勇，赵志平. 机械制造检测技术手册[M]. 北京：机械工业出版社，2012.

MW (收稿日期：20170823)

专家点评

本例中的足辊架辊轴孔相对位置为空间尺寸，找正和测量都比较困难，使用常规的加工方法很难达到图样要求。解决问题的出发点是创造工艺基准，利用基准统一原理，精确控制便于直接测量的尺寸来间接保证不容易测量的尺寸，最终保证偏心孔和内外弧辊轴孔位置精度。这也是文章的重点和精髓。

作者的思路很广，就地取材、双管齐下，首先利用镗床角铁作为简易工装，用一面两销定位，保证工件加工部位的基准统一，同时采用特殊的工艺措施，通过基准转换和间接测量的控制方法，解决了辊轴孔之间的空间尺寸和位置精度难题。该工艺方法不需要专用的机床和工装，可以推广到其他类似产品的加工中。

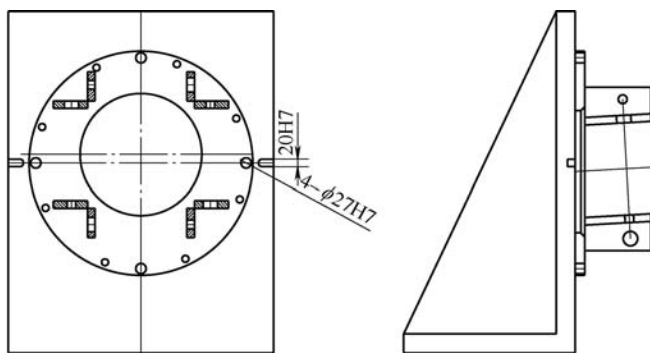


图2 足辊架轴孔加工示意图