

卸料端端盖上孔的加工与编程方法研究

撰文 / 黑龙江广播电视大学富拉尔基分校 王占平

在大型的核电产品零部件上,经常会出现斜孔、斜面和斜槽等加工特征,机床需要配备角度铣头实现角度变化才能加工,在编程、对刀和测量等方面都要有所考虑,工艺方法和编程方法确定的是否合理,根据实际情况给予解决和改善,提高了工作的准确性和效率。

一、引言

大型数控铣镗床一般都配备数控镗铣头,有直角角度铣头、可调角度铣头、万能角度铣头和伸长铣头等,可方便调整加工的角度和位置,如果能编程控制铣头的角度,就更为方便省力,也能保证加工的精度要求,提高工作效率。大型工件上的斜槽、斜孔等较多,除了将工件按角度装夹外,需要更多考虑工件体积过大的情况,而选用调整角度铣头的方法完成斜面、斜槽和斜孔的加工。在加工的直径达11m,大型卸料端端盖上总共加工540个孔的情况下,如果不考虑刀具、编程和机床的结构问题,加工效率会大大降低。

二、工作准备

1. 任务描述

卸料端端盖(图1)为铸钢材料,净重26,356kg,最大直径达10,922mm。其上共有252个斜孔,直径均为52mm的通孔。第一排孔的初始角度为 6.429° ,两排孔间隔 12.857° ,圆锥面上各孔分布圆直径为 $\varnothing 4,019\text{mm}$ 、 $\varnothing 5,255\text{mm}$ 、 $\varnothing 5,746\text{mm}$ 、 $\varnothing 6,445\text{mm}$ 、 $\varnothing 7,525\text{mm}$ 、 $\varnothing 8,016\text{mm}$ 、 $\varnothing 8,850\text{mm}$ 、 $\varnothing 9,341\text{mm}$ 、 $\varnothing 9,735\text{mm}$ 。其中 $\varnothing 4,019\text{mm}$ 分布圆上孔的最大钻通深度195mm,其余各

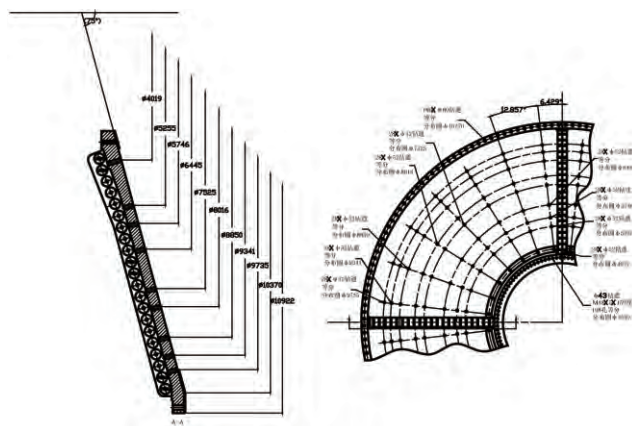


图1 卸料端端盖

孔的钻通深度140mm。

加工该零件选用横梁移动式数控龙门镗铣床,工作台最大承载200t,立柱间距6m,主轴锥孔ISO60,横梁升降行程3.2m,工作台纵向(X)向行程18m。特别适用于零件本身重量大,工件长度较长的黑色金属和有色金属的各种平面、曲面、空间曲面和孔的数控加工。滑枕铣头在配置各种附件铣头的情况下,可以在工件一次装夹中按给定的程序自动连续的完成5个面上的铣、镗、钻、扩孔、铰孔和攻丝

等多工序多工位的加工。卸料端端盖由 4 部分组成，合为一个整体，考虑到直径太大，超过机床立柱间距，拆开两部分，分别加工其上各孔。同时由于工件太大，不能倾斜装夹加工斜孔，所以机床要配备数控万能角铣头。

2. 制定加工工艺

该零件大致经过如下工序过程：划线→粗加工 90° 结合面→四件把合到一起把牢→划全线→粗加工各端面、外圆和锥面→MT 探伤→划线→精修 90° 结合面符合图及其上各孔→四件把合→精车各部符合图→MT 探伤→划线→钻锥面上各孔→去掉工艺焊块→清整、去毛刺→交检。

本文要研究钻锥面上各孔的方法，完成加工的最后一道工序，零件（两件把合在一起）内锥面向上顺工作台平放（图 2）按结合面及法兰上端面（A—A 剖右端面）找正，按内孔定心，精度 0.1mm，按程序完成各孔的加工。

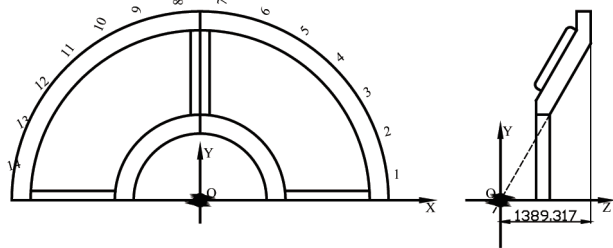


图 2 工艺简图

3. 刀具的正确选用

该零件上孔的数量太多，工件材料为铸钢材质，有很高的硬度，如果选用普通麻花钻，钻削速度会受到限制，同时对钻头的刃磨质量提出很高的要求，钻削效率会大大降低。所以选用目前较为先进的内冷式机夹刀片浅孔钻（图 3），也称为 U 钻，刀杆可重复使用，刀片选用立方氮化硼材料，钻削若干孔后，可更换刀片改善钻削情况。钻头尾部装有减振夹柄，可将钻削的噪音降至 60 分贝以下。同时装有内冷装置，钻孔时，U 钻切削液从刀具内部喷出，在冷却刀具的同时，还有助于排出切屑。

4. 工件装夹与安装

受机床宽度的影响，需要将工件拆开成两部分，平放在工作台上，边缘处放垫铁，并拉表找正。工件坐标系设在工件的边缘处，Z 向零点设在距离工件上表面 1,389.317mm 处，符合图样的设计基准，如图 2 所示。



图 3 U 钻

5. 调整铣头

机床上装 N0.5 万能角铣头，角铣头有两个旋转轴 B 和 C，为了准确编程完成钻孔任务，让 B 和 C 轴中心交点与工件坐标系原点重合，才能准确控制铣头的角度和位置，首先按图 3 所示找到铣头中心位置，具体过程为装万能角铣头，并安装靠棒，将铣头调整到图 4 (a) 所示水平位置，找一参照物，上表面加工精度较高（平面度和粗糙度），把量块放在靠棒与参照物上表面间，感到拖滞则为对刀成功，铣头中心距离参照物上表面为 $50+40/2=70$ 。取出量块，侧移铣头，Z 轴负向移动 70mm，并将相对坐标系中 Z 置零。

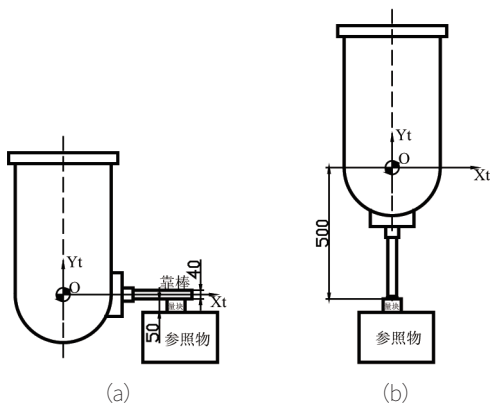


图 4 万能铣头确定回转中心

卸下靠棒，安装刀具，并调整铣头到图 4 (b) 所示位置，同样用量块对刀操作，对刀成功后，查看相对坐标的 Z 值为 550mm，计算 $550-50=500$ mm 值为刀尖到铣头回转中心的距离，即为刀长值。按刀尖对刀后，自然就得到铣头中心到被测面间的准确位置。钻孔前，将刀具刀轴角度调整为绕 B 轴

15°，注意旋转角度与被加工孔的方向要一致，防止将孔钻错。

三、编程

1. 编程指令

(1) 可编程的零点偏移指令 TRANS、ATRANS。TRANS 为绝对编程零位偏置，参考基准是当前设定的有效工件零位，即使用 G54 ~ G599 中设定的工件坐标系。而 ATRANS 附加可编程零位偏置，参考基准为当前设定的或最后编程的有效工件零位，该零位也可以是通过指令 TRANS 偏置的零位。加工大型零件时，常用该指令实现坐标系的平移，后面直接跟 X、Y、Z 方向的平移量。

(2) 可编程旋转 ROT、AROT。对于某些围绕中心旋转得到的特殊轮廓形状，如果根据旋转后的实际加工轨迹进行编程，就会使坐标值计算的工作量大大增加，而通过坐标系旋转功能，可以大大减少编程计算的工作量。ROT 绝对可编程零位旋转，参考基准为 G54 ~ G599 指令建立的工件坐标系零位。而 AROT 附加可编程零位旋转，参考基准为当前有效的设置或编程的零点。指令后跟旋转平面内的旋转角度，大型机床上，加工斜面、斜槽和斜孔时常用该指令完成。

2. 编写程序

程序名必须以 2 个英文字母开头，该程序名为 CX2a。 R_1 为每一排孔的起始角度值； R_2 为加工第二块时角度的附加量，在 R_1 的基础上附加 90°； R_0 为水平尺寸转换为锥面尺寸的转换量；首先调整铣头角度，B 轴转过 15 度，与孔的角度一致，再绕 C 轴转过要加工某排孔的角度；其次调整坐标平面的角度，先绕 Z 轴水平旋转 R_1 所赋的角度，再绕 Y 轴旋转 15 度，坐标平面与刀具轴线垂直，最后坐标系平面向上平移刀长距离，以使钻孔深度不受刀具长度影响，如果有刀具长度的变化，可以在刀具长度补长表中输入刀具长度补偿值，最后编程如下。

```
CX2a
R1=6.429
R2=90+R1
R0=2*COS (15)
N05 G54G90G00X0Y0Z1500F S M03
N10 B=15
C=R2
```

```
ROT Z=R1
AROT Y= -15
ATRANS Z=R10
N15 X1500 Y0 Z300
N20 MCALL CYCLE81 (10, 0, 5, -200, )
N30 X=9735/R0
N35 X=9341/R0
N40 X=8850/R0
N45 X=8016/R0
N50 X=7525/R0
N55 X=6445/R0
N60 X=5746/R0
N65 X=5255/R0
N70 X=4019/R0
MCALL
N75 G00 Z100
ROT
N90 G00 G40 Z2000
M30
```

四、结语

加工数量较多的斜孔时，除了选用合适的机床，注重编程方法外，选用高效的刀具也是必要的手段之一，所以选用目前较为先进的内冷式机夹刀片浅孔钻，钻削时切屑会被切削液反向冲出，飞出很远，近距离工作人员不能接近。鉴于边缘处的孔较容易加工，选用普通麻花钻钻削，最终加工结果如图 5 所示。



图 5 加工结果