

加工大型工件时的装夹及定位方案设计

来源:数控机床网 作者:数控车床 栏目:行业动态

1 引言 为了对一批用于重点工程的大型工件进行精密加工, 需要设计工件的装夹及定位方案。该工件重约200(t 主要结构尺寸如图1所示), 工件被加工部位材质为ZG55, 要求两个待加工面相互平行且与顶面垂直(单面最大加工余量仅有5mm)。加工设备为两台五轴卧式数控铣床, 刀具为Os lash; 300mm

端面铣刀。通过仔细分析工况, 首先要解决以下两个问题: ①对如此重的工件是否还需要夹紧装置来保证工件在加工过程中的稳定性? 是否需要特殊的支撑装置? ②为了保证加工要求, 使工件两个待加工面均有加工余量且与顶面垂直, 需对工件进行准确定位。由于工件很重, 难于按常规方法通过位置调整找正工件, 因此需寻求一种简单快捷的定位方法, 即只需将工件可靠而稳定地放置在机床的加工范围内, 不管工件位置状态如何, 都能通过测量和计算等手段达到工件准确定位的目的。本文通过分析和计算工件加工及使用时的受力状态, 提出了判断大型工件的支撑与夹紧方式的具体方法; 应用三维测量及坐标变换来确定工件与机床间的位置关系, 达到不用调整工件位置而实现准确定位的目的。 2 装夹方案设计

为了使工件加工时与使用时的受力状态保持一致, 按设计要求对工件进行4 点支撑(如图2所示)。图中 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 为工件所受支撑力, F_Z 、 F_X 为工件加工时所受切削力, 工件重量为G。根据机床主轴功率、切削参数及铣削方式估算出 $F_Z \leq 5428.4N$, $F_X \leq 2285.6N$ 。为了防止工件与支撑点因虚接触而影响稳定性, 要求 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 均为G/4。在上述条件下, 由于切削力 F_Z 、 F_X 的作用, 工件主要会产生两种影响其稳定性的运动趋势, 即绕ad轴的翻转及在abcd平面内的窜动。若对工件只支撑不夹紧, 则工件加工时的稳定性取决于工件依靠自重G 及摩擦力f

抵抗翻转和窜动的能力。由于对工件进行单侧加工时工件的受力状况比双侧同时加工时的受力状况恶劣, 所以本文仅对工件单侧加工时的稳定性进行分析和计算。 工件抗翻转能力: 由切削力 F_Z 产生的绕ad 轴的翻转力矩为

$M_{翻} = F_Z \times 1.875 = 5428.4 \times 1.875 = 10178.25Nm$ 由工件自重产生的抗翻转力矩为 $M_{抗} = G \times 3.98/2 = 2000000 \times 1.99 = 3980000Nm$ 可知

$$M_{抗} > M_{翻}$$

工件抗窜动力: 由图2 可知, 由切削力引起的最大窜动力为 $F = F_Z + F_X = (5428.42 + 2285.62) \frac{1}{2} = 5889.9N$

取工件与支撑装置间的摩擦系数为0.3, 则工件与支撑装置间的摩擦力为 $f = G \times 0.3 = 2000000 \times 0.3 = 600000N$ 可知

$$f > F$$

由以上分析结果可以看出: 在铣削该大型工件时, 即使不夹紧, 仅靠工件自重和摩擦力也能可靠保证工件在加工过程中的稳定性, 所以在工装设计时可以不考虑夹紧机构。为了保证工件4 个支撑点的支撑力相等, 我们采用了美国ENERPAC 公司生产的CNC 同步顶升系统, 系统由液压顶升部件、液压泵站、控制系统及连接各单元的液压管路、信号电缆、电源线等组成, 系统既可用液压顶升部件所受的负载作为反馈信号进行力同步控制, 也可用顶升部件的位移作为反馈信号进行顶升或下降同步控制。液压系统的使用步骤如下: 预顶。启动顶升系统, 使液压顶升部件与工件底面接触, 同时用各项受力作为反馈信号, 当各项受力达到20t 时均停止顶升, 但系统保持工作状态。

同步顶升。用支撑顶顶升位移作为反馈信号控制各项同步顶升(保持顶升过程中工件所受的4点支撑力相等), 将工件顶离支撑台、到达适当位置后, 用机械自锁装置锁定支撑顶位置并将系统关闭, 以保证加工过程中工件位置状态的稳定性。

同步回落。加工结束后, 启动系统并松开系统自锁装置, 控制支撑顶同步回落, 将工件轻轻放在支撑台上。 3 定位方案设计 采用五轴数控机床加工时, 由于工件自重及结构尺寸均比较大, 难以用传统的调整工件位置的方法来定位。为了达到不用调整工件位置而实现准确定位的目的, 通过三维测量及坐标变换来确定工件与机床间的位置关系。具体程序如下: 设定测量点 建立如图3所示工件坐标系, 在工件上设定a、b、c、d 共4 个定位测量点, 要求各点距顶面距离相等; e 点和f 点分别为ab 连线及cd 连线的中点, 工件坐标系原点与e 点重合, 工件坐标系x' 轴与ef 连线重合, y' 轴与平面cde

垂直, 以保证工件坐标系位置的正确性。图3 测量 用三坐标测量头对a、b、c、d 各点进行测量, 可得到各点的机床坐标值, e、f 点的机床坐标值可通过a、b、c、d 各点的机床坐标值计算求得。设a、b、c、d 各点在机床坐标系中的测量值分别为

$A = (x_a, y_a, z_a)$, $B = (x_b, y_b, z_b)$, $C = (x_c, y_c, z_c)$, $D = (x_d, y_d, z_d)$ 则e、f 点的机床坐标值分别为

$E = (A+B)/2 = ((x_a+x_b)/2, (y_a+y_b)/2, (z_a+z_b)/2)$ $F = (C+D)/2 = ((x_c+x_d)/2, (y_c+y_d)/2, (z_c+z_d)/2)$ 相关矢量为 $ec = C - E$ $ed = D - A$

$H = F - E = (H_x, H_y, H_z)$ $V = ec \times ed = (V_x, V_y, V_z)$ $K = V \times H = (K_x, K_y, K_z)$ 坐标系的转换

根据空间几何的相关理论, 机床坐标系 $W_{机}$ 与工件坐标系 $W_{工}$ 存在如下变换关系:

$$W_{机} = W_{工} T_t T_z T_x T_y$$

其中 T_t 、 T_z 、 T_x 及 T_y 为坐标变换矩阵, 其几何意义及求解方法如下:

T_t : 平移工件坐标系 $W_{工}$ 使其原点与机床坐标系 $W_{机}$ 原点重合, 且

式中 (e_x, e_y, e_z) 为e 点在机床坐标系中的坐标值E。 T_z : 将经过 T_t 平移后的 $W_{工}$ 绕机床坐标系的z轴旋转g 角, 使y' 与yz 平面重合, 则

式中 $g = \arccos[|V_y| / (\sqrt{V_x^2 + V_y^2})]$, g的正负号与 V_x 的正负号相同。 T_y : 将经过 T_t 、 T_z 转换后的 $W_{工}$ 绕机床坐标系x轴旋转b角, 使y' 与y 重合, 则

式中 $b = \arccos[|V_y| / (\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2})]$, b

的正负号与 V_z 的正负号相反。 T_x : 将经过 T_t 、 T_z 、 T_y 转换后的 $W_{工}$ 绕机床坐标系y轴旋转a角, 使x' 与x 重合, 即

由于矢量H经过 T_z 、 T_x 转换后已与xz平面重合, 所以可将转换后的矢量记为 $M = (M_x, 0, M_z)$, 则

$$(M_x, 0, M_z, 1) = (H_x, H_y, H_z, 1) T_z T_x$$

$a = \arccos[|M_x| / (\sqrt{M_x^2 + M_z^2})]$, a的正负号与 M_z 的正负号相同。

用工件上编程所需特征点构造一 $n \times 4$ 矩阵Z工, Z工的前3列为各点在工件坐标系 $W_{工}$ 中的坐标值, 第4列全为1; 用类似方法再构造一n

×4 矩阵 $Z_{机}$ ，其前3列为各对应点在机床坐标系 W 机中的坐标值。

则： $Z_{机}=Z_{工}T_zT_yT_x$ 计算机床主轴摆角 从图3

可以看出，加工工件时机床主轴必须与矢量 K 的方向一致，我们假定加工时先将主轴绕 x 轴旋转 A 角，再绕 y

轴旋转 B 角就可使主轴与矢量 K 的方向一致，则 $A=\arccos[(K_y^2+K_z^2)^{\frac{1}{2}}/(\sqrt{K_x^2+K_y^2+K_z^2})^{\frac{1}{2}}]$ ， A 的正负号与 K_y 相同。

$B=\arccos[|K_z|/(\sqrt{K_x^2+K_z^2})^{\frac{1}{2}}]$ ， B 的正负号与 K_x 相同。

至此，我们完成了工件从工件坐标系到机床坐标系的转换计算以及机床主轴摆角的计算。这实际上是用一种新的思路解决了任意放置工件在机床坐标系中的加工定位问题，接下来的数控编程加工即可按常规方法进行。 4 实施效果

我们根据上述装夹和定位方案加工了900

个大型工件，不仅全部达到设计要求，而且在缩短施工准备周期、降低工装成本及提高生产效率等方面的成效也非常显著。通过此加工实例对大型工件的装夹、定位和加工方案的设计进行了有益的探索，希望对同行有所裨益。

网页查看：[加工大型工件时的装夹及定位方案设计](#) 发表评论

相关资讯：

加工

- 1 微型机械加工技术发展现状和趋势及其关键技术
- 2 数控机床加工工艺分析
- 3 可转位车刀几何角度的设计、加工及检测
- 4 高速切削加工技术及其在汽车工业中的应用
- 5 误差补偿系统：提高滚齿机加工精度的方法

大型

- 1 沈阳重大型数控机床制造基地奠基
- 2 大型金刚石压机结构型式选择及参数的研究
- 3 我国第一台大型立式车铣加工机床研发成功
- 4 大型客车车身结构及焊装工艺分析
- 5 CAXA网络DNC在某大型军工企业的成功实施

工件

- 1 镍基高温合金工件异形孔加工工艺的研究
- 2 车削轴类工件时的精度分析
- 3 线切割加工的工件的装夹与调整
- 4 车削物理仿真工件表面质量模型的研究
- 5 确定刀具与工件的相对位置

定位

- 1 加工精密主轴时顶尖定位精度的精化方法
- 2 经济型数控冲床定位误差补偿技术
- 3 数控机床体积定位精度的测量与补偿
- 4 定位误差的微分计算法
- 5 加工精密主轴时顶尖定位精度的精化方法

方案

- 1 不锈钢材料车削质量控制方案探讨
- 2 机械方案创新设计过程模型的研究
- 3 中达自动化方案在外圆磨床上的高效应用
- 4 数控铣加工大围带弧段工艺方案探讨
- 5 多级齿轮传动系统传动方案的参数化表达

设计

- 1 可转位车刀几何角度的设计、加工及检测
- 2 CIMS总体集成分析与设计环境的研究
- 3 回转刀具新型刃口设计及虚拟制造的主干通用模型
- 4 自动控制系统中的图形用户界面设计分析
- 5 前瞻性设计和优化

数控机床网提供机床产品列表：[数控机床](#) | [苏州宝玛](#) | [数控车床](#) | [线切割机床](#) | [数控切割机](#) | [电火花数控快走丝线切割机床](#) | [电火花数控慢走丝线切割机床](#) | [电火花机](#) | [电火花成型机](#) | [电火花高速小孔加工机](#) | [数控铣床](#) | [加工中心](#)，欢迎咨询订购!