

45° 型万能角度铣头角度精确校正方法

桑御封, 赵鑫宇, 侯瑞, 冯涛

天津航天机电设备研究所 天津 300301

摘要: 针对使用45° 型万能角度铣头加工时, 由于加工角度由两旋转轴组合而成, 所以存在角度误差较大的问题, 提出一种针对大型机械45° 型万能角度铣头角度的精确校正方法。

关键词: 45° 型万能角度铣头; 误差分析; 校正方法

1 序言

随着我国航天技术的不断发展, 航天发射任务不断增多, 所需产品结构变得复杂, 采用常规的三轴机床通常难以保证加工需求, 采用五轴机床会产生额外的加工成本。为了在满足加工精度的要求下, 实现资源利用最大化, 通常采用机械万能角度铣头, 使三轴机床具备五轴加工能力。

万能角度铣头是指铣削输出轴可在水平和垂直两个平面内回转的铣头。从机床坐标系来看, 就是机床铣削输出轴能够围绕机床Z轴和X轴(或Y轴)旋转的铣头, 其中围绕机床Z轴的轴叫C轴, 围绕机床X轴的轴叫A轴, 从而使机床具备五个坐标轴, 联动自动万能角度铣头具备五轴加工能力。一般机械万能角度铣头可以大大扩张机床的加工能力, 可以完成任意角度铣头斜面的铣削、钻孔和镗孔等加工^[1, 2]。实际操作中, 仍存在难题。第一, 机械万能角度铣头旋转轴的角度标尺制作粗糙, 在旋转操作时存在很大误差; 第二, 45° 型万能角度铣头更难以到准确的加工角度, 从而使得组合后加工角度误差增大。这些问题导致45° 型万能角度铣头使用率极低甚至闲置。为了更好地利用万能角度铣头, 现以某任务空间螺纹孔加工为例, 介绍一种针对大型机械45° 型万能角度铣头角度的精确校正方法。

2 误差分析与研究

2.1 误差分析

1) 自重影响: 万能角度铣头(见图1)的加

工角度是由互成45° 的水平轴 α 和斜轴 y 两个旋转轴组合而成, 两个旋转轴由4颗螺母固定锁紧, 当4颗固定螺母松开后, 万能角度铣头就会受到重力的影响, 回转面的法兰和万能角度铣头的壳体会在重力方向形成夹角。每当通过固定螺母锁紧后所调整的角度会存在误差。为减小万能角度铣头自身重力对角度校正造成的误差, 采取螺母预紧法, 提前对螺母进行紧固, 此时需要紧固力的大小既能减小自身重力形成的误差, 又能满足对万能角度铣头的微调。

2) 标尺误差: 万能角度铣头角度标尺制作粗糙, 以标尺为旋转基准, 角度误差较大。

2.2 试验与数据分析

(1) 预紧力的试验与分析 分别对 α 、 y 旋转

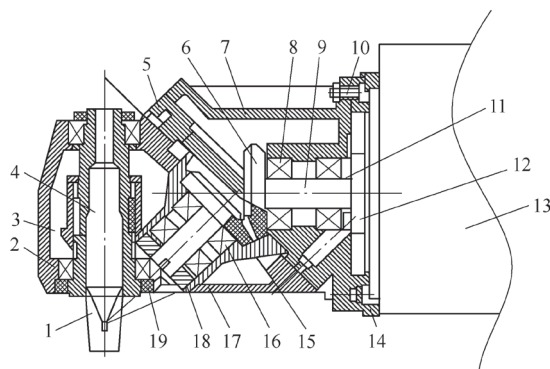


图1 万能角度铣头结构

- 1、4—主轴 2、8、16—滚珠轴承 3—前壳体
5、10—T型螺柱 6、15、18、19—锥齿轮 7—后壳体
9、17—锥齿轮轴 11—传动接头 12—连接盘
13—机床主轴 14—法兰

轴进行试验，首先将 α 旋转轴的4个紧固螺母松开，在高精度主轴心棒的X、Z方向通过压千分表的方式测量跳动量。给4颗螺母施加不同的预紧力，然后锁死。通过千分表的数值来分析重力对于角度校正的影响误差。试验过程如图2所示。 α 、 y 旋转轴试验数据分别见表1、表2。



a) 松开紧固螺母 b) 测跳动量

图2 试验过程

表1 α 旋转轴试验数据

预紧力/ (N·m)	15	16	18	19	20
Z方向千分表跳动/ μm	60	45	15	5	4
X方向千分表跳动/ μm	22	19	1z	3	3
微调时施加力的难易程度	轻松	轻松	合适	合适	吃力

表2 y 旋转轴试验数据

预紧力/ (N·m)	15	16	18	19	20
Z方向千分表跳动/ μm	45	26	5	4	3
X方向千分表跳动/ μm	17	10	3	2	2
微调时施加力的难易程度	轻松	轻松	合适	吃力	吃力

(2) 试验数据分析 通过对比 α 旋转轴试验数据，在给 α 旋转轴4颗螺母施加18N·m和19N·m的预紧力时，微调旋杆所施加力时是相对合适的；再对比千分表跳动数据，20N·m是误差最小的，但是在

微调时旋杆调正比较吃力。因此 α 旋转轴在微调时锁紧螺母施加19N·m的预紧力。

通过对比 y 旋转轴试验数据，在给 y 旋转轴4颗螺母施加18N·m、19N·m和20N·m的预紧力时，千分表跳动的数据误差相对较小。但是在给微调旋杆施加力时，18N·m是相对合适的。因此 y 旋转轴在微调时锁紧螺母施加18N·m的预紧力。

3 调整方法

3.1 “归零”操作

将45° 万能角度铣头安装到机床主轴上（见图3），安装时首先要将机床主轴和万能角度铣头的对接面用棉纱清洁干净，保证对接面洁净且无任何多余物。固定螺钉一定要紧固可靠，防止在加工过程中松动。



a) 万能角度铣头 b) 机床主轴面

图3 万能角度铣头和机床主轴面

调整角度铣头：将角度铣头置于“归零”状态，使角度铣头的主轴轴线与机床Y轴平行且垂直于X轴和Z轴所在的平面。

操作方法（见图4）：首先将高精度主轴心棒安装到万能角度铣头主轴上，取两块千分表，将两块千分表分别在机床Z轴方向和X轴方向上靠近高精度主轴心棒端部，将两块千分表表针调到刻度0。操作机床使主轴在Y方向移动，观察Z、X方向上的千分表。

1) 如Z方向未发生变化或变化量 $<0.005\text{mm}$

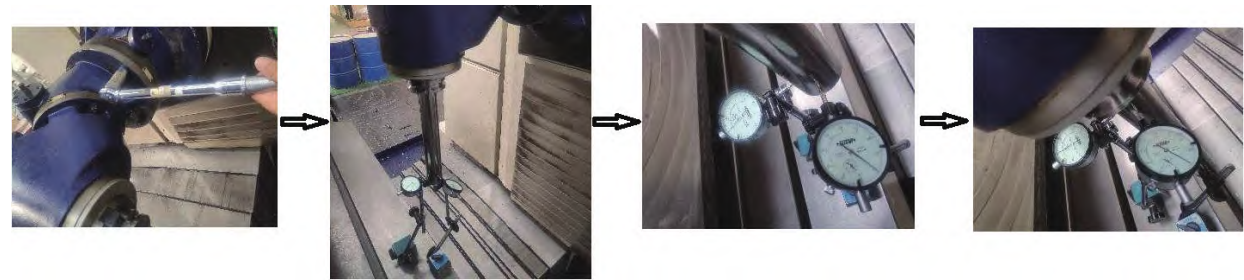


图4 “归零”操作过程

时, Y方向千分表变化只需要调整 α 旋转轴, 用扳手松开角度铣头 α 旋转轴的固定螺母, 然后用力矩扳手在每颗螺母上加19N·m的力。调整微调旋杆将高精度主轴心棒端部上X方向千分表调整到数值和根部数值一样后, 锁紧固定螺母。操作机床使主轴向Y轴负方向转动, 万能角度铣头会向下移动。此时千分表还会有变化量, 重复上一步操作继续调整。当千分表变化量满足0.005mm时, 证明万能角度铣头已处于“归零”状态。

2) 如X、Z方向都发生变化时, 通过两个千分表的变化量来分析微调角度铣头两旋转轴 α 、 γ 的转动。首先调整 α 旋转轴, 通过上述方法调整到此状态最小误差。锁紧 α 旋转轴固定螺母后, 调整 γ 旋转轴, 给 γ 旋转轴固定螺母施加18N·m的力, 同上方法调整到最小误差。锁紧 γ 旋转轴固定螺母后, 调整 α 旋转轴。经过反复多次调整, 将高精度心棒X、Z方向千分表跳动控制在0.005mm之内, 证明此刻万能角度铣头处于“归零”状态。

3.2 组合角度的调整

调整方法, 以加工某型号零件45°空间螺纹孔为例。

经过计算旋转轴 α 需要调整到65.53°, 旋转轴 γ 需要调整到114.47°^[3]。

(1) 调整旋转轴 α 到65.53° 如图5所示, 松开旋转轴 α 的4个固定螺母, 使 α 旋转轴可以轻松转动, 由于角度标尺制作粗糙, 手动调整存在较大误

差, 因此只能做粗调整。根据旋转轴刻度条将刻度粗调到65.5°后, 采取螺母预紧法, 给 α 旋转轴的固定螺母施加19N·m的力。然后将两块千分表在高精度主轴心棒上Z轴和Y轴方向压上数值。在机床MDA中输入旋转程序段ROT Z24.47°。运行该程序段, 手轮模式, 摇动手轮X轴, 机床主轴就会实现沿65.53°方向X、Y两轴联动运动。千分表从高精度心棒的端部移动到根部时, 表针会有变化量。根据Y轴方向千分表的数值变化来调整 α 旋转轴的旋转, 由于粗调到65.5°第一次Y轴百分表会有较大的变化量, 故经过多次调整, 将数值变化调整到0.005mm之内。锁紧固定螺母, 打表验证。

(2) 调整旋转轴 γ 到114.47° 如图6所示, 松开旋转轴 γ 的固定螺母, 根据旋转轴刻度条将刻度粗调到114.5°。给 γ 旋转轴固定螺母施加18N·m的力。同 α 轴操作方法类似, 需要将两块千分表在高精度心棒上X轴和Y轴方向压上数值。在机床MDA中输入旋转程序段ROT X-45°, 运行该程序段, 手轮模式, 机床主轴就会实现沿与Z方向成45°方向Y、Z两轴联动运动。此时通过观察千分表的数值变化, 调整 γ 旋转轴的旋杆, 调整 γ 旋转轴角度。

(3) 调整结果 经过多次调整, 将数值变化调整到0.005mm之内。锁紧固定螺母, 打表复检。复检完成后, 此时万能角度铣头已调整到加工角度45°方向且误差在0.005mm以内。在加工完毕后, 将万能角度铣头再次调整到归零状态, 为再次使用



图5 旋转轴 α 调整过程



图6 旋转轴 γ 调整过程

弹性卡套的应用分析

张明

贵州航天林泉电机有限公司 贵州贵阳 550081

摘要：对公司车、铣加工常用的一种弹性卡套的结构、定位夹紧原理、关键尺寸设计、卡套的优缺点和禁限用情况进行了分析。

关键词：弹性卡套；单锥度；锥度角；定位；夹紧

1 序言

公司产品以多品种、小批量为主。零件形状各异，几何公差精度高，薄壁件多。很多零件采用通用型夹具不能保证质量，定制化专用夹具的生产周期又无法满足要求，且成本太高。因此在车、铣加工过程中，广泛采用一种自制弹性卡套进行装夹。

该类弹性卡套在实际生产中大多能满足定位精度和夹紧要求，但也经常出现几何公差超差和夹持力不够的情况。针对以上问题，长期以来都是通过现场人员的经验，反复调整来解决问题，而没有进行过系统的总结分析。本文对该类弹性卡套的结构、定位夹紧原理、关键尺寸设计、卡套的优缺点和禁限用情况进行了分析。

2 弹性卡套的结构及定位夹紧原理分析

2.1 弹性卡套的结构

如图1所示，弹性卡套是由单锥度弹性卡套、锁

紧螺母两部分组成。

其中，单锥度弹性卡套（见图2）具有以下结构特点：①外圆为螺纹结构，下端设计有圆弧凹槽以增加径向夹紧力。②外圆周面设计4条均布2mm宽开口槽。③端面棱边为60°锥面。④中间孔为工件定位孔，尺寸依据工件装夹外圆尺寸确定。

锁紧螺母（见图3）具有以下结构特点：①与卡套外螺纹相匹配的内螺纹。②与卡套锥面相匹配的锥面。③外圆设计有扳手孔。

2.2 弹性卡套的定位夹紧原理分析

配加工单锥度弹性卡套（以下简称卡套）内孔与工件外圆，形成较小间隙配合；锁紧螺母（以下简称螺母）锁紧过程中施加轴向的锁紧压力，通过配合锥面分解为轴向分力和径向分力传递给卡套，径向分力使卡套收缩，实现自动定心并夹紧工件；工件的下端面与卡套内孔底面贴合，实现轴向定位^[1, 2]。

减少调整“归零”状态的时间，提高加工效率。

4 结束语

通过运用该操作方法，首先可以快捷地进行万能角度铣头的校正，在保证万能角度铣头角度精度准确性的同时，提高工作效率；其次降低加工成本，利用普通三轴机床完成需要五轴机床加工的复杂工件的任务型号。通过分享此方法，可为如何快速调整万能角度铣头的角度提供宝贵的经验，对于实际生产中万能角度铣头提高角度调整精度具有一

定的指导意义。

参考文献：

- [1] 姚瑶，苗维新. 龙门镗铣床角度铣头的设计[J]. 制造技术与机床，2014（7）：84-86.
- [2] 张政波，吕勇，覃学东，等. 45°型万能铣头精度特性及其调整计算和研究[J]. 制造技术与机床，2017（10）：50-54.
- [3] 朱明阳. 万能铣头工作角度的计算[J]. 华侨大学学报（自然科学版），1999(1): 4.

MW 20240905