

万能回转铣头精度调整与分析

■ 山东威达重工股份公司（滕州 277500） 张道东 王 伟 陈 莉

摘要：通过对万能回转铣头精度、12种现象分析，总结出4种情况及装配尺寸链计算，解决了万能铣头回转精度的问题。

公司与韩国南北株式会社合作生产NMB-03万能回转头铣床，其中万能铣头精度的调整十分困难，经过较长时间的摸索，总结出以下的方法，并且在理论上分析相关的精度尺寸链，这样零件的加工及装配中的调整与刮修有了工艺的理论基础。

图1所示的万能回转头铣床除了万能铣头之外，其余精度在本刊2014年第7期发表的文章《床身式铣床几何精度的检验与调整》中已经分析，在此不作累赘重复，现在分析万能铣头的精度及调整。

图2所示的万能铣头主轴处于立式位置，需要保证的精度是机床的主轴轴线与工作台平面的垂直度 Δ_1 ，现规定：当 $\alpha > 90^\circ$ 时，我们称“后加表”；当 $\alpha < 90^\circ$ 时，我们称“前加表”。当万能回转铣头

在图3所示的位置时，前半段转动 180° 后得到主轴处于卧式位置，需要保证的精度是主轴的回转轴线与工作台平面的平行度 Δ_2 ，现规定：当 $\beta > 90^\circ$ 时，我们称“下加表”；当 $\beta < 90^\circ$ 时，我们称“上加表”。

(1) 首先了解图2中主轴对工作台垂直度 Δ_1 的影响因素 α_1 、 α_2 的12种情况，我们对其进行了列表分析，如表1所示。

表 1

序号	α_1	α_2	比较	Δ_1
1	$=45^\circ$	$>45^\circ$	—	后加表
2	$=45^\circ$	$<45^\circ$	—	前加表
3	$>45^\circ$	$=45^\circ$	—	前加表
4	$<45^\circ$	$=45^\circ$	—	后加表
5	$>45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ > 0^\circ$	前加表
6	$>45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ < 0^\circ$	前加表
7	$<45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ > 0^\circ$	后加表
8	$<45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ < 0^\circ$	后加表
9	$>45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ > 0^\circ$	前加表
10	$>45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ < 0^\circ$	后加表
11	$<45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ > 0^\circ$	后加表
12	$<45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ < 0^\circ$	前加表

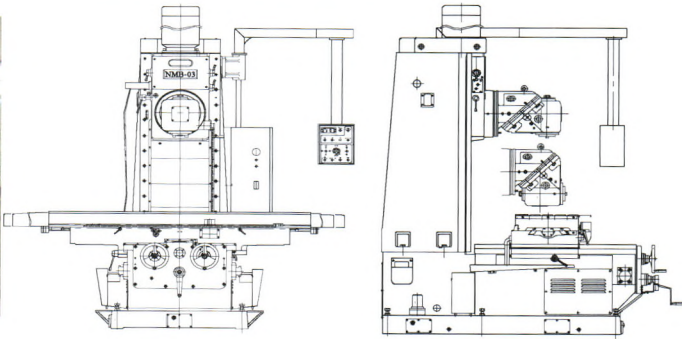


图 1

图2中主轴对工作台垂直度 Δ_2 的影响因素 α_1 、 α_2 的12种情况，我们对其进行了列表分析，如表2所示。

表 2

序号	α_1	α_2	比较	Δ_2
13	$=45^\circ$	$>45^\circ$	—	下加表
14	$=45^\circ$	$<45^\circ$	—	上加表
15	$>45^\circ$	$=45^\circ$	—	下加表
16	$<45^\circ$	$=45^\circ$	—	上加表
17	$>45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ >0^\circ$	下加表
18	$>45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ <0^\circ$	上加表
19	$<45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ >0^\circ$	上加表
20	$<45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ <0^\circ$	下加表
21	$>45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ >0^\circ$	下加表
22	$>45^\circ$	$>45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ <0^\circ$	下加表
23	$<45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ >0^\circ$	上加表
24	$<45^\circ$	$<45^\circ$	$ \alpha_1-45^\circ - \alpha_2-45^\circ <0^\circ$	上加表

(2) 对以上8个表格进行分析，总结结果如表3所列。

表 3

序号	Δ_1	Δ_2	表2和表3中对应的序号
1	后加表	下加表	1、13、8、20、10、22
2	前加表	上加表	2、14、6、18、12、24
3	前加表	下加表	3、15、5、17、9、21
4	后加表	上加表	4、16、7、19、11、23

(3) 表3中的4种情况超差时，分别用下面的方法进行刮修端面处理：

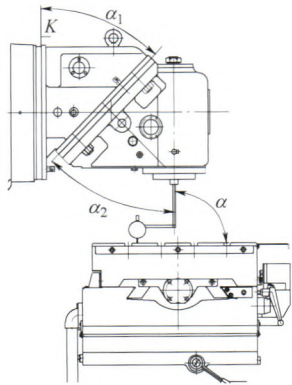


图 2

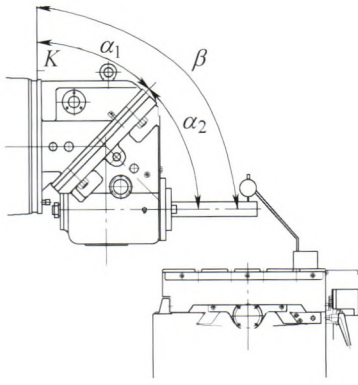


图 3

①首先将后段与其固定面K的位置修正，方法是左右方向移动工作台来找正，上下位置移动主轴箱找正。② Δ_1 后加表， Δ_2 下加表。调修方法：先刮修 α_2 端面，注意此时的 $\alpha_2>45^\circ$ 不要刮错了位置，若经过刮修 Δ_1 、 Δ_2 均到达公差要求，证明： $\alpha_1=45^\circ$ 合格。若刮修 α_2 端面的过程中， $\Delta_2=0$ ，而 Δ_1 仍然超差，此时应 α_1 与 α_2 同时刮修，此时 $\alpha_1<45^\circ$ ， $\alpha_2>45^\circ$ ，注意刮修的方向。若刮修 α_2 端面的过程中， $\Delta_1=0$ ，而 Δ_2 仍然超差，此时应 α_1 与 α_2 同时刮修，此时 $\alpha_1>45^\circ$ ， $\alpha_2>45^\circ$ ，注意刮修的方向。③ Δ_1 前加表， Δ_2 上加表。调修方法：先刮修 α_2 端面，注意此时的 $\alpha_2<45^\circ$ 不要刮错了位置，若经过刮修 Δ_1 、 Δ_2 均到达公差要求，证明： $\alpha_1=45^\circ$ 合格。若刮修 α_2 端面的过程中， $\Delta_2=0$ ，而 Δ_1 仍然超差，此时应 α_1 与 α_2 同时刮修，此时 $\alpha_1>45^\circ$ ， $\alpha_2<45^\circ$ ，注意刮修的方向。若刮修 α_2 端面的过程中， $\Delta_1=0$ ，而 Δ_2 仍然超差，此时应 α_1 与 α_2 同时刮修，此时 $\alpha_1<45^\circ$ ， $\alpha_2<45^\circ$ ，注意刮修的方向。④ Δ_1 前加表， Δ_2 下加表。调修方法：先刮修 α_1 端面，注意此时的 $\alpha_1>45^\circ$ 不能刮错位置，若经过刮修 Δ_1 、 Δ_2 均到达公差要求，证明 $\alpha_2=45^\circ$ 合格。若刮修 α_1 端面的过程中， $\Delta_2=0$ ，而 Δ_1 仍然超差，此时应 α_1 与 α_2 同时刮修，此时 $\alpha_1>45^\circ$ ， $\alpha_2<45^\circ$ ，注意刮修的方向。若刮修 α_1 端面的过程中， $\Delta_1=0$ ，而 Δ_2 仍然超差，此时应 α_1 与 α_2 同时刮修，此时 $\alpha_1>45^\circ$ ， $\alpha_2>45^\circ$ ，注意刮修的方向。⑤ Δ_1 后加表， Δ_2 上加表。调修方法：先刮修 α_1 端面，注意此时

的 $\alpha_1 < 45^\circ$ 不能刮错位置,若经过刮修 Δ_1 、 Δ_2 均到达公差要求,证明 $\alpha_2 = 45^\circ$ 合格。若刮修 α_1 端面的过程中, $\Delta_2 = 0$,而 Δ_1 仍然超差,此时应 α_1 与 α_2 同时刮修,此时 $\alpha_1 < 45^\circ$, $\alpha_2 > 45^\circ$,注意刮修的方向。若刮修 α_1 端面的过程中, $\Delta_1 = 0$,而 Δ_2 仍然超差,此时应 α_1 与 α_2 同时刮修,此时 $\alpha_1 < 45^\circ$, $\alpha_2 < 45^\circ$,注意刮修的方向。

(4) 为了在加工时就注意角度的方向和大小,并且证明以上的实践得出的结果理论上是正确的,我们对 Δ_1 与 Δ_2 进行精度尺寸链分析。

精度要求: 主轴轴线对工作台面的平行度 Δ_2 , 要求 $0.025 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, $\alpha \leq 90^\circ$; 主轴轴线对工作台面的垂直度 Δ_1 , 要求 $0.02 \text{ mm}/300 \text{ mm}$ 。

影响因素: 固定连接面 K 与工作台面的垂直度 Δ_3 , 夹角为 α ; 后铣头的两个旋转面的夹角 α_1 的误差 Δ_4 ; 前铣头的固定面与主轴轴线的夹角 α_2 的误差 Δ_5 。

精度尺寸链分析: Δ_1 项的精度要求 $0.02 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 没有方向要求, 其精度尺寸链的组成如图4a所

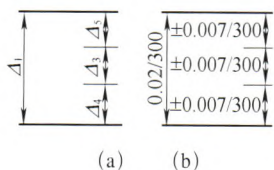


图 4

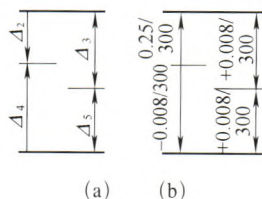


图 5

示。

用概率法计算

$$\Delta_{\text{平均}} = \Delta_1 (n-1)^{-1/2} / (n-1) = \pm 0.007 \text{ mm}/300 \text{ mm}。$$

规定: 夹角 $\alpha > 90^\circ$ 时, Δ_3 为负; $\Delta_4 \geq 45^\circ$ 时, α_1 的误差为正; $\Delta_5 \geq 45^\circ$ 时, α_2 的误差为正。

精度尺寸链的组成图如图4b所示; Δ_2 项的精度要求 $0.025 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 其精度尺寸链的组成如图5a所示。

用概率法计算

$$\Delta_{\text{平均}} = \Delta_2 (n-1)^{-1/2} / (n-1) = \pm 0.008 \text{ mm}/300 \text{ mm}。$$

规定: 夹角 $\alpha > 90^\circ$ 时, Δ_3 为负; $\Delta_4 \geq 45^\circ$ 时, α_1 的误差为正; $\Delta_5 \geq 45^\circ$ 时, α_2 的误差为正。

精度尺寸链的组成如图5b所示。

分析以上的两个精度尺寸链, 显然同一个零件不能有不同允差的, 将 Δ_1 精度尺寸链的解带入 Δ_2 精度尺寸链中: $\Delta_{2\text{max}} = +0.021 \text{ mm}/300 \text{ mm} < +0.025 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 合格; $\Delta_{2\text{min}} = -0.021 \text{ mm}/300 \text{ mm} < 0/300 \text{ mm}$, 不合格; Δ_1 精度尺寸链的解不能满足 Δ_2 精度尺寸链的解, 不能成立。

将 Δ_2 精度尺寸链的解带入 Δ_1 精度尺寸链中: $\Delta_{1\text{max}} = +0.016 \text{ mm}/300 \text{ mm} < +0.020 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 合格; $\Delta_{1\text{min}} = -0.008 \text{ mm}/300 \text{ mm} > -0.02 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 合格; Δ_2 精度尺寸链的解能满足 Δ_1 精度尺寸链的解, 能成立。

即: 前铣头体 45° 允差 $\Delta_2 = -0.008 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 只能 $\leq 45^\circ$; 后铣头体 45° 允差 $\Delta_1 = +0.008 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 只能

$\geq 45^\circ$; K 面的夹角允差 $\Delta_3 = +0.008 \text{ mm}/300 \text{ mm}$, 与工作台面的夹角只能 $\leq 90^\circ$ 。

我们利用以上的方法和分析, 解决了万能铣头回转精度的问题, 但是由于铣头的质量会造成一定的变形, 此精度需要根据万能铣头前后体的质量和尺寸具体的分析, 希望对生产需要的厂家有所帮助。

参考文献

- [1] 赵志修. 机械制造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [2] 王晓慧, 徐中行, 胡瑞林, 等. 万能回转头铣床 精度检验JB/T 8331—2011[S]. 北京: 信息产业部, 2011: 10-25.

MW (收稿日期: 20140712)

专家点评



任何一种铣头在普通和数控机床上的应用, 都决定加工产品的精度, 特别是万能铣头在 360° 都有精度的要求, 作为制造厂家更应该注重出厂的制造精度。本文采用理论数据指导铣头的修正是有着实践意义, 但是在实际操作中不可能每一次都采用计算的方法, 具体操作人员会加一下自己的经验, 理论数据可以提供参考。