

# 数控车床加工变速器轴的 $C_{MK}$ 报告分析与调整

□ 沈阳机床股份有限公司/潘艺友

$C_{MK}$ 设备能力指数运用于新设备或设备大修之后评估设备能力的重要项目，尤其在汽车领域要求特别严格。本文从实际生产出发，介绍通过加工变速器齿轮轴来评估数控车床的设备能力指数的分析过程和调整方法。

$C_{MK}$ 是德国汽车行业常采用的参数，称为临界机器能力指数，它仅考虑设备本身的影响，同时考虑分布的平均值与规范中心值的偏移；由于仅考虑设备本身的影响，因此在采样时对其他因素要严加控制，尽量避免其他因素的干扰。

我公司与德国某变速器企业进行数控车床验收，应客户要求连续加工60件，除进行系统自动补刀具偿外，不得做任何调整， $C_{MK} \geq 1.67$ 。

毛坯状态分析：材料20CrMnS5 150~190HB，属于合金钢，切削断屑稍差，需采用高速切削断屑方式加工。

由于篇幅有限仅列出要求最严的尺寸作为论述。图1中外径公差都在 $\pm 0.15\text{mm}$ 内，要想使 $C_{MK}$ 通过，稳定值（散差）大多集中在 $\pm 0.005\text{mm}$ 以内（以正态分布统计粗略折算）。

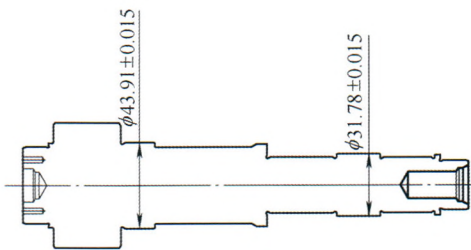


图1 输出轴简图

## 前期分析

针对这一严格要求，要考虑以下几个方面：机床精度、毛坯夹持定位精度、毛坯材料余量一致性、夹具精度、刀具使用寿命、温度及零件测量等问题。

影响因素分析：

(1) 我公司对机床产品从加工到装配所有精度提高30%，出厂标准相对国标机床检验标准压缩近2/3。

(2) 毛坯定位精度和毛坯材料一致性厂家保证质量提供，影响

较小。

(3) 采用德国某厂家夹具，端面定位精度在0.002mm以内，径向跳动装配在0.001mm左右，影响较小。

(4) 刀具使用寿命方面，由于切削速度较高，且全程切削进行干式切削，刀具耐磨性较差，影响不容忽视。

(5) 温度和测量方式：零件加工时温度始终恒温20℃，测量仪器客户全部使用进口检测设备，精度可以保证。

第一次车削结果

报告趋势中发现前23件相对稳定，但总体处于下降趋势，到达第24件开始突然下降，直至第27件达到次低点。然后进行反弹，到达34件以后总体平稳但略有波动。显然机床稳定状态出现异常。

(1) 分析。由于机床处于冷机状态，温度上升导致丝杠自由端伸长，故而加工前23件零件出现下降趋势。到达27件时丝杠由于热平衡原因变化不大，趋势有所平稳。

(2) 调整方式。将传感器贴在轴承座上，利用温度分析软件与机床系统进行相连使得产生一种反馈。通过试验分析，温度在一定区间内变化与丝杠伸长成正比。温度上升到某点时机床达到热平衡。利用这一特点，对机床进行实时热平衡补偿，保证丝杠精度稳定值( $C_{MK}$ 报告见图2)。

第二次车削结果

图3报告趋势中发现，由于机床温度误差产生的V型线干扰已不存在，说明上述判断及解决问题是正确的，但整体趋势相对有所上升。 $C_{MK}$ 取值在1.63，接近要求值。

(1) 分析。更换新刀片后开始进行加工，实际中值相对发生偏移。前11件相对平稳，到20件区间有所波动。21件后整体平稳，但趋势有所上升，符合刀具磨损规律。

(2) 调整方式。因趋势结果已成拟合线性，故可分析刀具磨损

规律，采用宏程序进行系统自动补偿，并将平均中值向零线处调整。

第三次车削结果

报告中数值相对稳定，且平均值与零件基本重合。 $C_{MK}$ 达到1.76符合要求(报告见图3~图6)。

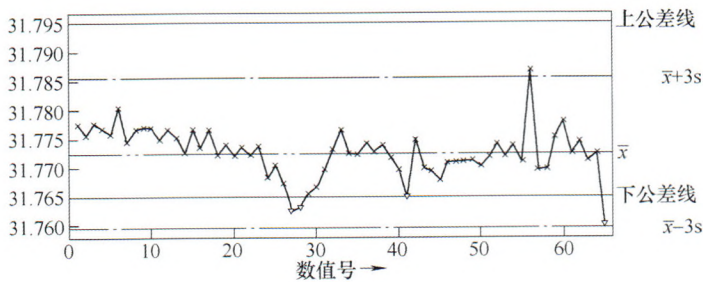


图2 第一次加工 $C_{MK}$ 报告

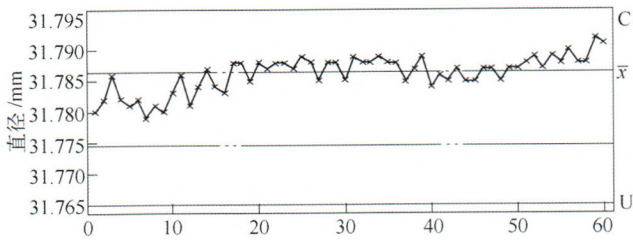


图3 第二次加工 $C_{MK}$ 报告

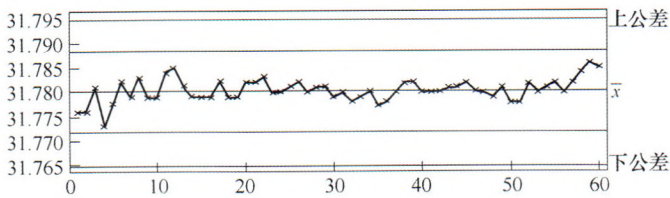


图4 第三次加工 $C_{MK}$ 报告

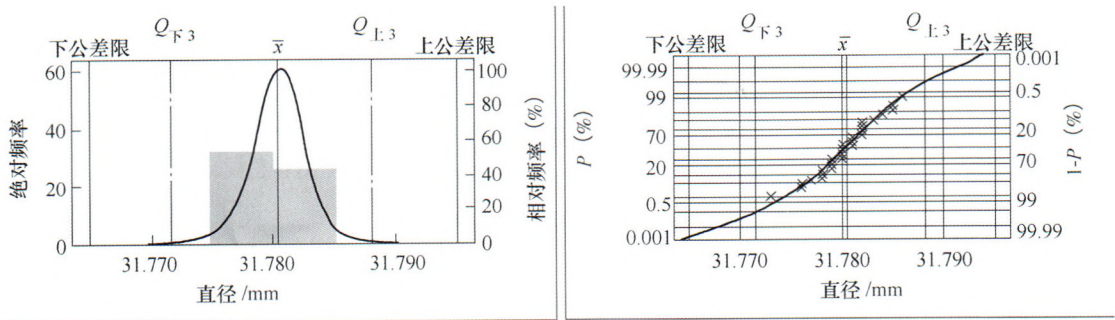


图5 第三次加工的分布曲线与数据汇总

(下转第54页)

工装检具构成

驱动桥法兰盘综合跳动检测工装包括驱动法兰、弹性接头、内六角螺栓。通过螺栓与螺母直接与驱动桥法兰盘固定。

驱动法兰：通过四个安装点与驱动桥进行连接，可以保证与法兰盘固定牢靠；用于百分表检测综合跳动量，测量圆柱面特殊处理，保证测量精度；测量跳动时，用于驱动法兰转动。如图5、图6所示。

弹性接头：用于与驱动桥法兰盘止口小过盈量配合，保证跳动量的精度。

内六角螺栓：用于固定驱动法兰与弹性夹具，保证连接牢靠。

结语

该检测装置采用驱动法兰与弹性接头分体式设计，通用性强、一旦弹性夹具磨损，更换方便，具有低成本、高精度、互换性好等特点，大大提高检测效率。

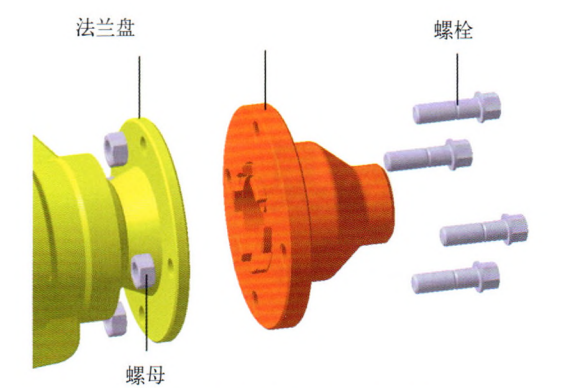


图5 综合检具与驱动桥装配示意图

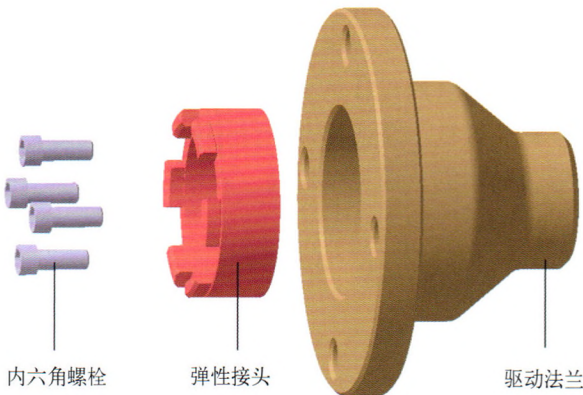


图6 工装检具爆炸图

AUTO1950

（上接第52页）

| 图纸值/mm         |         | 测量值/mm     |         | 统计值/mm                      |           |
|----------------|---------|------------|---------|-----------------------------|-----------|
| T <sub>m</sub> | 31.7800 |            |         | $\bar{x}$                   | 31.780367 |
| 下公差限           | 31.7650 | $x_{\min}$ | 31.7730 | $\hat{Q}_{F3}$              | 31.771643 |
| 上公差限           | 31.7950 | $x_{\max}$ | 31.7860 | $\hat{Q}_{F3}$              | 31.788030 |
| T              | 0.0300  | R          | 0.0130  | $\hat{Q}_{F3}-\hat{Q}_{F3}$ | 0.016387  |
|                |         | $n<T>$     | 60      | $p<T>$                      | 99.99818% |
|                |         | $n>$ 上公差限  | 0       | $p>$ 上公差限                   | 0.00000%  |
|                |         | $n<$ 下公差限  | 0       | $p<$ 下公差限                   | 0.00182%  |
|                |         | $n$ 有效数    | 60      |                             |           |
|                |         | $n$ 总数     | 60      |                             |           |

| 计算方式             | $M_{1.6}$ 百分数 (0.135%~99.865%) |
|------------------|--------------------------------|
| 潜在的能力指数 $C_m$    | $1.50 \leq 1.83 \leq 2.16$     |
| 关键的能力指数 $C_{mk}$ | $1.43 \leq 1.76 \leq 2.09$     |

图6 第三次加工的 $C_m$ 及 $C_{mk}$ 结果

结语

通过以上分析可知，在连续加工60件不进行手动调整，在相对公差带严格的情况下，即使在机床

及夹具等方面精度较高的前提下，温度和刀具磨损的影响在此明显显现。本文中的分析与调整是经过长期多次加工与调整才得到验收的结

果。温度因素影响的加工精度及刀具磨损规律依实际工况摸索而定，机床的稳定性才能发挥出来。

AUTO1950