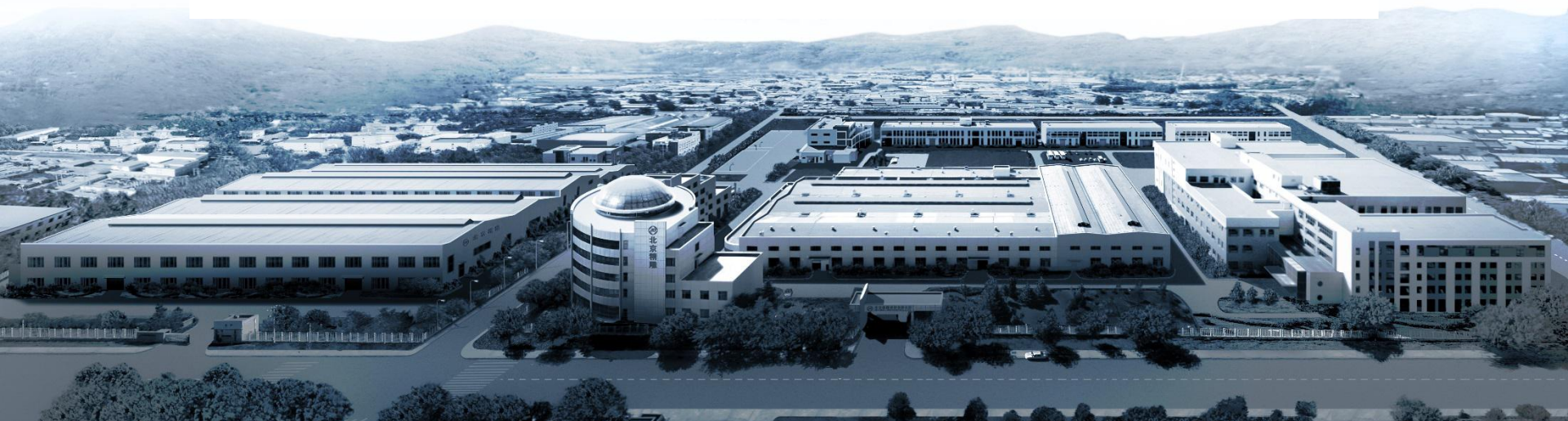




北京精雕集团

机床各精度对加工的影响

北京精雕 培训中心



目录

CONTENTS

- 01 机床几何精度介绍
- 02 机床几何精度检测方法
- 03 影响机床几何精度的因素及对加工产品效果的影响
- 04 案例分析



PART 01

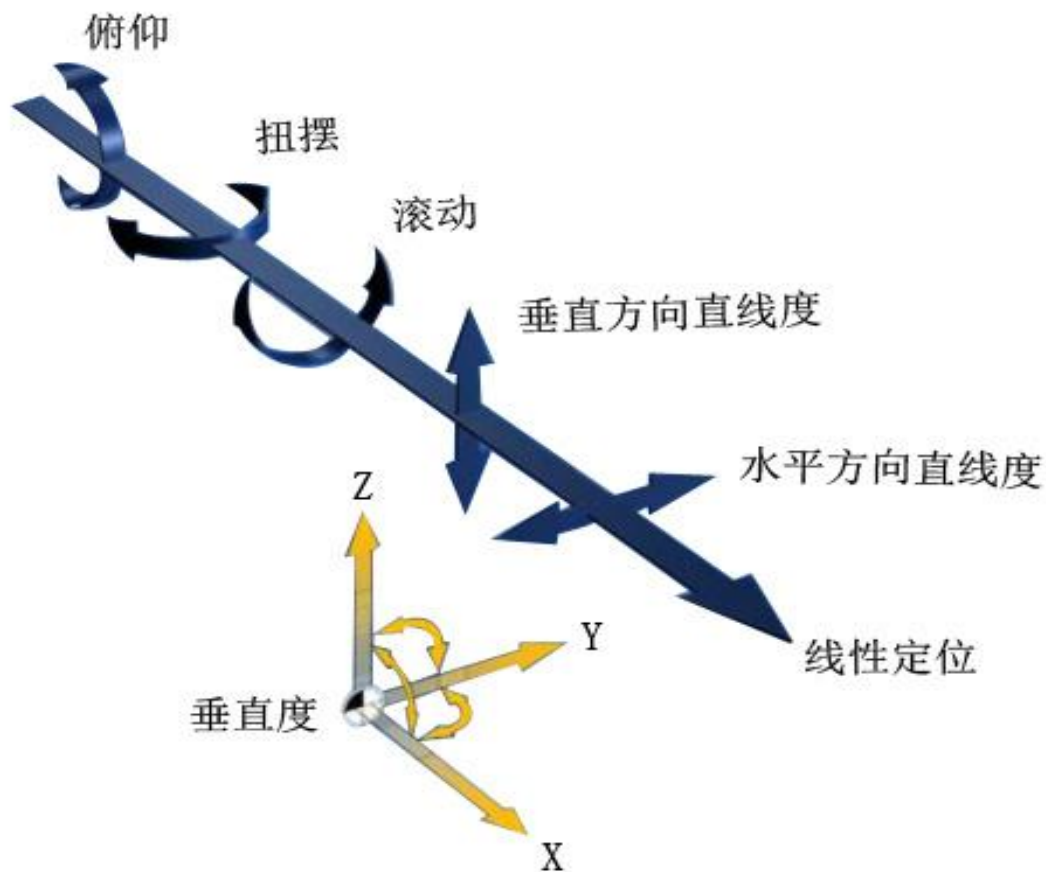
机床精度介绍

机床的几何精度

指影响机床加工精度的组成零部件的精度，包括本身的尺寸、形状精度及部件装配后的位置及相互间的运动精度，如平面度、等距度和重圆度、相交度、平行度、直线度、垂直度。

机床三轴的21项误差：三轴机床每个直线轴都有6个自由度，且在每个自由度的方向上都会产生误差。6种误差包括线性定位精度、水平方向直线度、垂直方向直线度、俯仰角度误差、扭摆角度误差、滚动角度误差。除此之外还有三轴之间的垂直度三个，共计21个。

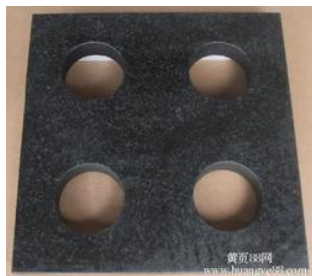
每个轴几何误差示意图：





PART 02

常见精度检测方法



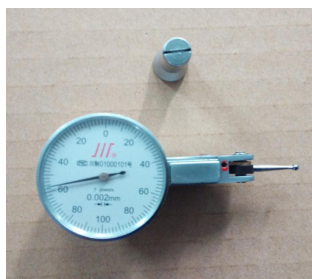
大理石方尺



大理石平尺



主轴验棒



杠杆千分表



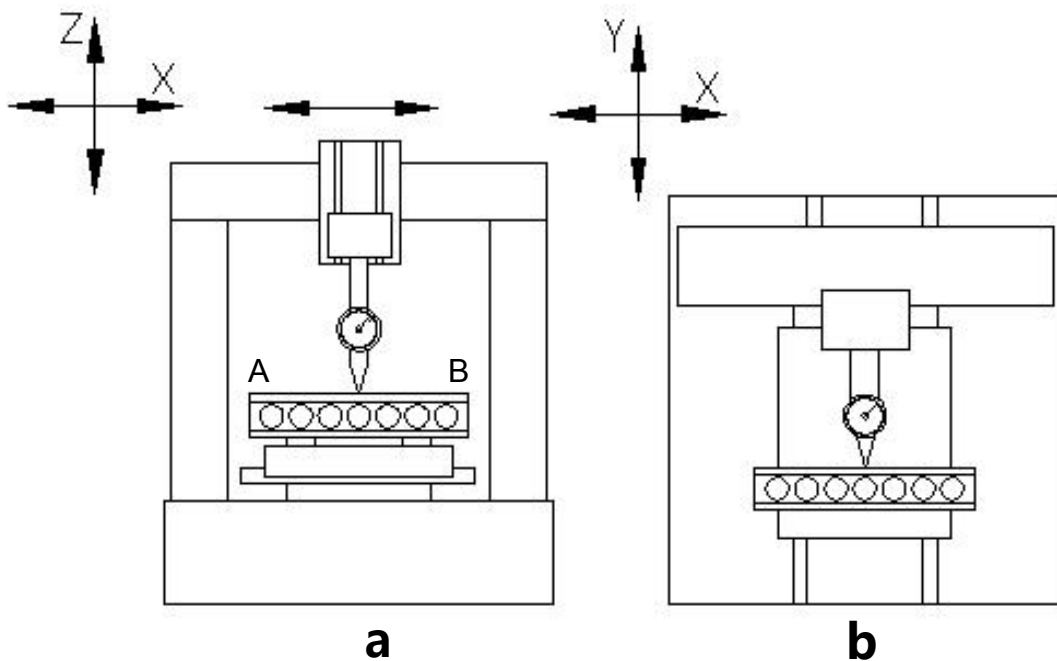
锡箔纸



表架

直线度

(以X轴为例)



X轴轴线运动的直线度

a.在Z-X平面内

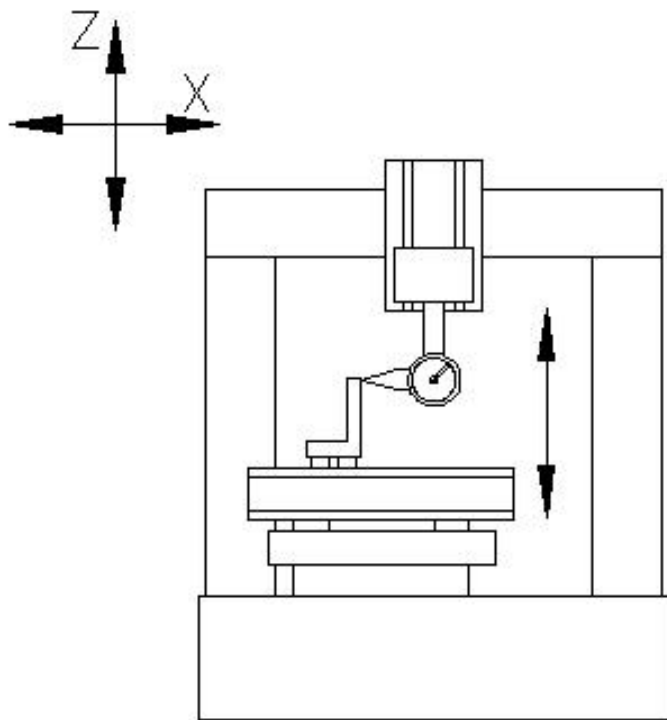
b.在X-Y平面内

检测方法：

将磁力表架吸在机头上，装卡千分表，平尺放置在工作台面中央，用千分表测量A、B两点值，使A、B两点的测量值相等。然后在A点使表针压缩 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ ，将千分表从A点运动到B点。此过程中，千分表读数的最大值与最小值之间的差值即为X轴轴线运动的直线度。

垂直度

(以X轴为例)

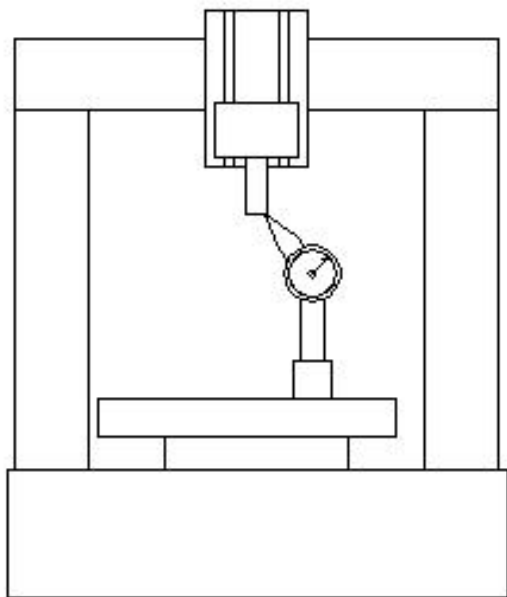


Z轴轴线运动与X轴轴线运动间的垂直度

检测方法：

将方尺放置在工作台面上，方尺边框尽量与X坐标轴保持平行，将千分表的表头接触到方尺一端的测量表面，然后使表针压缩 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ 。根据方尺的边框尺寸，将千分表从A点运动到B点，此过程中，千分表读数的最大值与最小值之间的差值即为Z轴轴线运动与X轴轴线运动间的垂直度。

主轴径向跳动

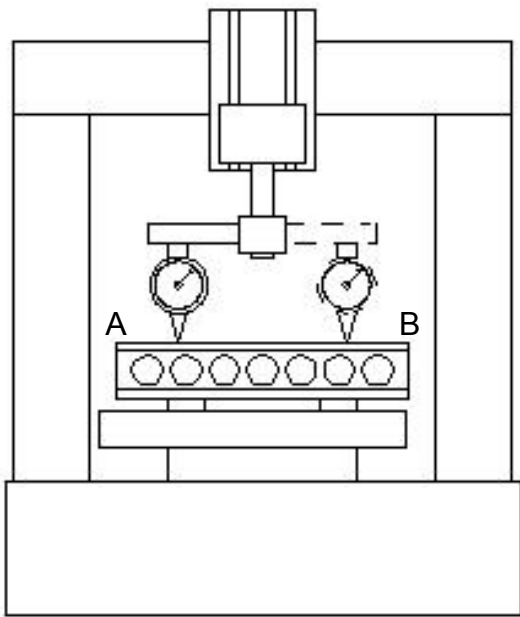


主轴径向跳动

检测方法：

把千分表吸在工作台面上，装上主轴验棒，将表针压在主轴检棒的最远端，压表 0.05mm 左右，用手轻轻转动主轴转子，至少旋转两整圈进行检验。记录指针最大与最小值，最大值减去最小值即为主轴径向跳动误差。

主轴轴线与X轴轴线运动间的垂直度 (以X轴为例)

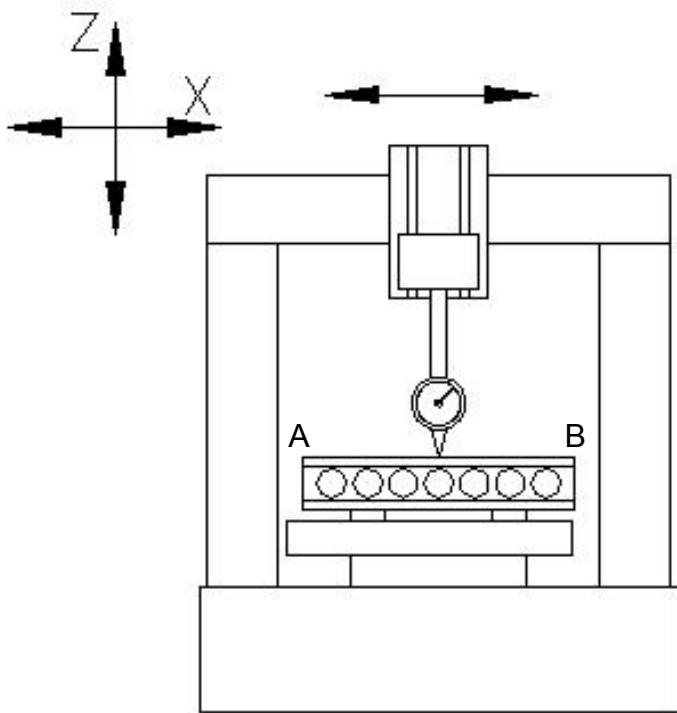


主轴轴线与X轴轴线运动间的垂直度

检测方法：

将千分表沿X轴锁在主轴上，平尺沿X轴放置在工作台面中央。然后在A点使表针压缩0.05~0.1mm，用手轻轻旋转主轴转子，使其转动180度到达B点，A、B两点的差值即为主轴轴线与X轴轴线运动间的垂直度。

工作台面和X轴轴线间的平行度 (以X轴为例)



工作台面和X轴轴线间的平行度

检测方法：

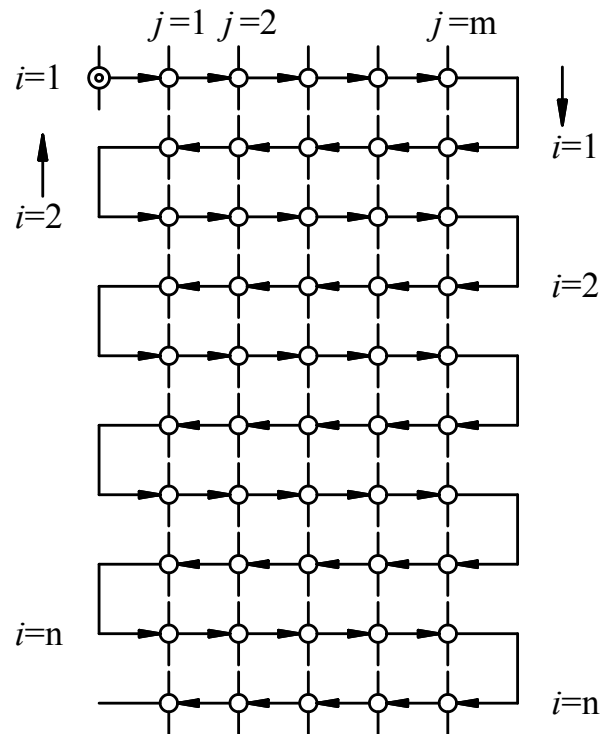
将磁力表架吸在机头上，装卡千分表，平尺放置在工作台面中央。然后在A点使表针压缩 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ ，将千分表从A点运动到B点。此过程中，千分表读数的最大值与最小值之间的差值即为工作台面和X轴轴线间的平行度。

定位精度

机床运动到那个指令点与实际点之间的误差。

重复定位精度

机床在一个位置为点，移动后再回到这个点的误差。



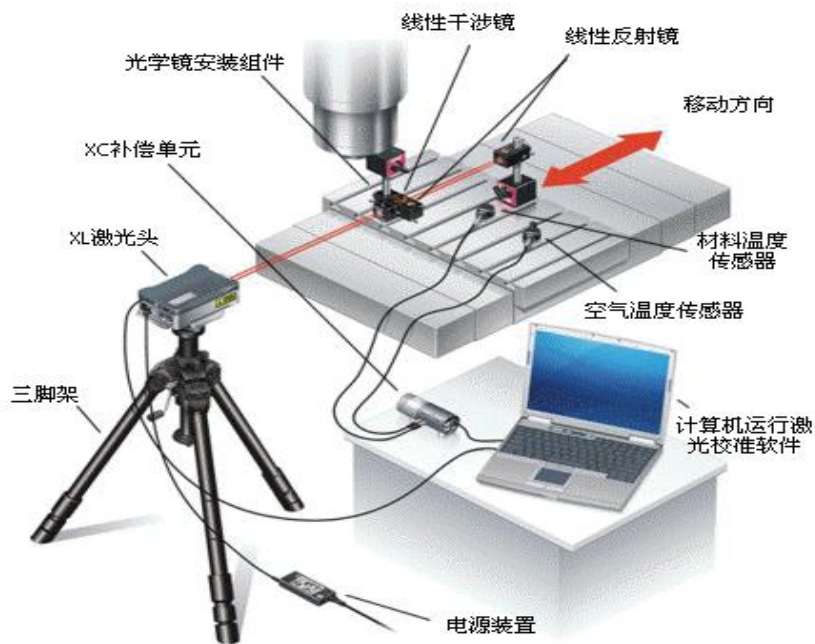
定位精度和重复定位精度可采用双频激光干涉仪进行检测,通过检测将直线轴分为N个点进行检测,得到每个点的实际位置与理论位置的误差,最后根据计算得出定位精度与重复定位精度误差值。

根据测量点定位误差,可通过数控系统进行检测。

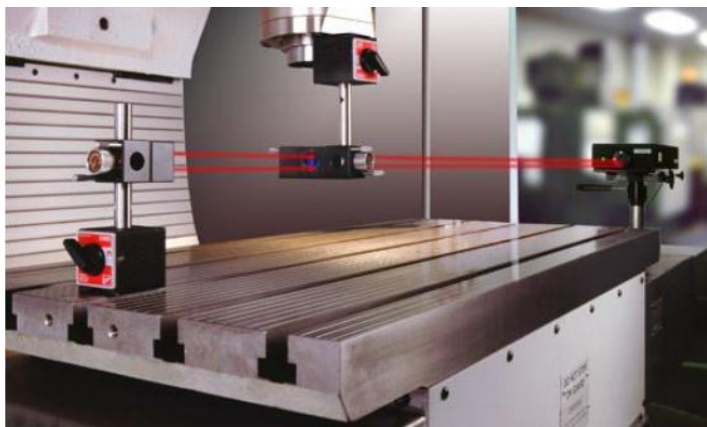
目前，我们主要是靠激光干涉仪中的线性测量来检测机床的定位精度、重复定位精度以及反向间隙。激光系统是通过将轴读数器上显示的位置与激光系统测量的真实位置相比较来确定机床的位置精度。

激光干涉仪具有以下几种功能：

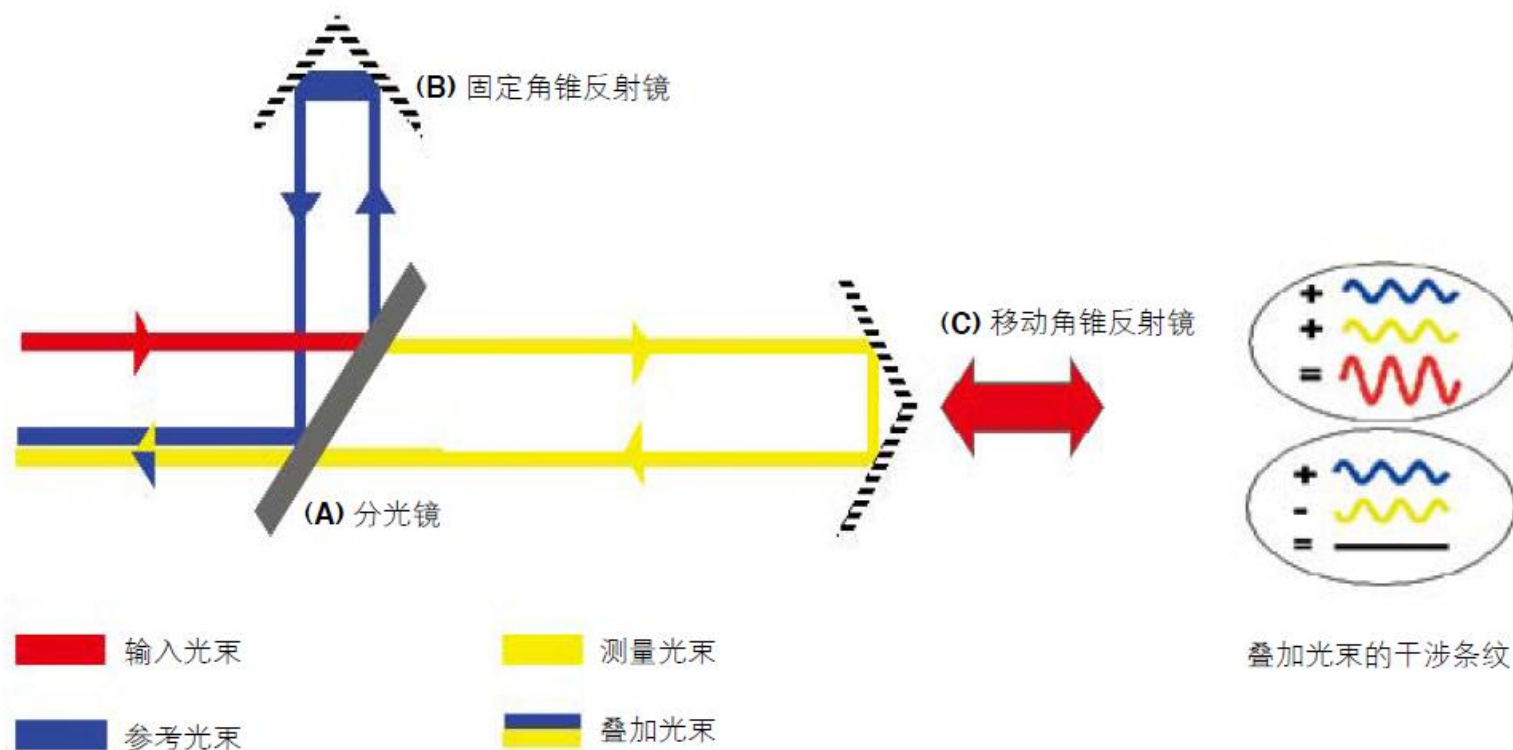
1. 线性测量
2. 平面度测量
3. 角度测量
4. 回转轴测量
5. 直线度测量
6. 垂直度测量



测量原理：激光干涉仪一般采用的是氦氖激光器，其名义波长为 $0.633\ \mu\text{m}$ ，其长期波长稳定性高于 0.1ppm 。干涉技术是一种测量距离精度等于甚至高于 1ppm 的测量方法。其机理是：把两束相干光波形合并相干（或引起相互干涉），其合成结果为两个波形的相位差，用该相位差来确定两个光波的光路差值的变化。当两个相干光波在相同相位时，即两个相干光束波峰重叠，其合成结果为相长干涉，其输出波的幅值等于两个输入波幅值之和；当两个相干光波在相反相位时，即一个输入波波峰与另一个输入波波谷重叠时，其合成结果为相消干涉，其幅值为两个输入波幅值之差，因此，若两个相干波形的相位差随着其光程长度之差逐渐变化而相应变化时，那么合成干涉波形的强度会相应周期性的变化，即产生一系列明暗相间的条纹，激光器内的检波器，根据记录的条纹数来测量长度，其长度为条纹数乘以半波长。



测量原理示意图

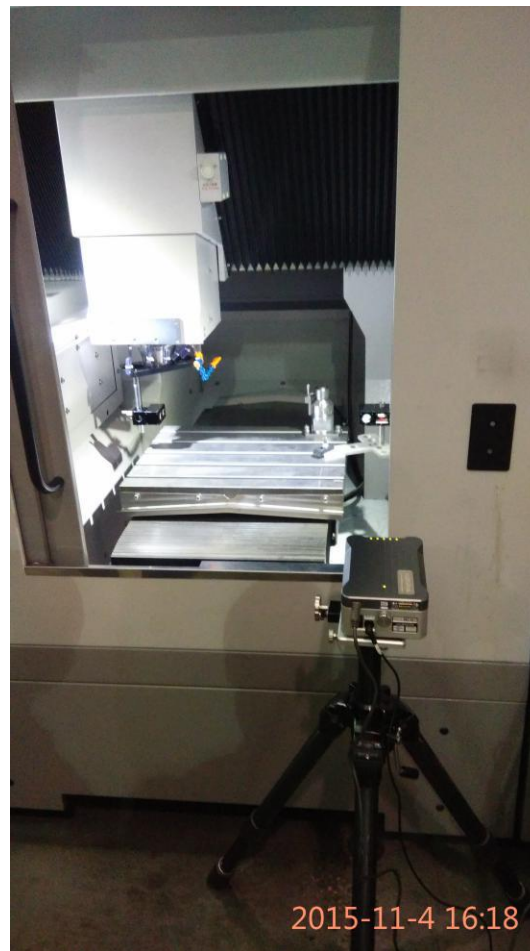
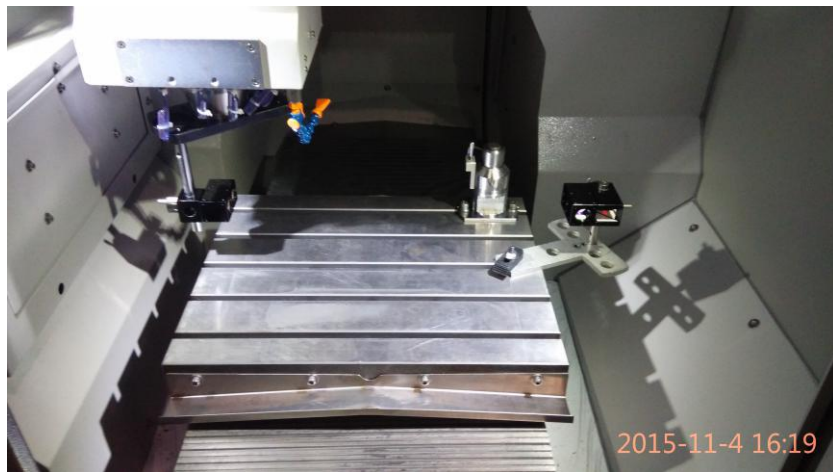


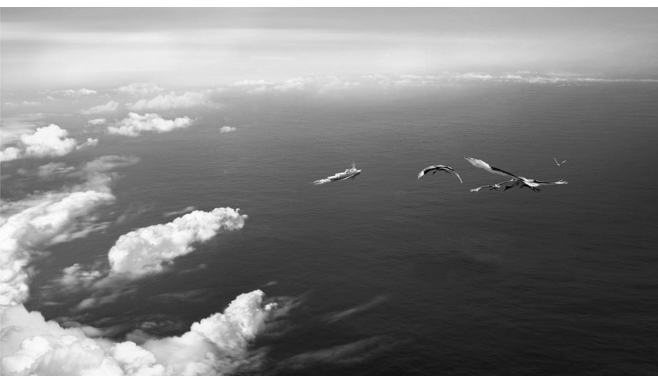
叠加光束的干涉条纹

激光干涉仪测量结果---统计数表

ISO 230-2 1997 统计数表		- 线性		- 页 1										
机器名称: JDHGT400-A8		日期: 09:46 Oct 27 2016		标题:										
系列号 : 028		轴: Y		文件名: JDHGT400_A8-028YBC-2016-10-27.rtl										
统计计算值和误差值的单位: 毫米														
目标点数 i 位置 (毫米) 机床行驶方向	1 0.000000	2 5.000000	3 10.000000	4 15.000000	5 20.000000	6 25.000000	7 30.000000							
选定位置 偏差值 Xi j	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑							
j=1	-0.000300	0	-0.000600	-0.000300	-0.000500	-0.000100	-0.000600	-0.000400	-0.000600	-0.000300	-0.000400	-0.000400	0	
2	-0.000500	0	-0.000600	-0.000300	-0.000700	-0.000200	-0.000800	-0.000300	-0.000700	-0.000300	-0.000600	-0.000100	-0.000500	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
单向均值偏差	-0.000400	0	-0.000600	-0.000300	-0.000600	-0.000150	-0.000700	-0.000350	-0.000650	-0.000300	-0.000500	-0.000250	-0.000450	-0.000100
标准不确定度 Si	0.000141	0	0	0	0.000141	0.000071	0.000141	0.000071	0.000071	0	0.000141	0.000212	0.000071	0.000141
2Si	0.000283	0	0	0	0.000283	0.000141	0.000283	0.000141	0.000141	0	0.000283	0.000424	0.000141	0.000283
平均 ↓2Si	-0.000683	0	-0.000600	-0.000300	-0.000883	-0.000291	-0.000983	-0.000491	-0.000791	-0.000300	-0.000783	-0.000674	-0.000591	-0.000383
平均 ↑2Si	-0.000117	0	-0.000600	-0.000300	-0.000317	-0.000009	-0.000417	-0.000209	-0.000509	-0.000300	-0.000217	0.000174	-0.000309	0.000183
4Si	0.000566	0	0	0	0.000566	0.000283	0.000566	0.000283	0.000283	0	0.000566	0.000849	0.000283	0.000566
反向差值 Bi	0.000400	0.000300	0.000300	0.000450	0.000350	0.000350	0.000350	0.000350	0.000350	0.000250	0.000250	0.000350	0.000350	
双向重复精度 Ri	0.000683	0.000300	0.000300	0.000874	0.000774	0.000774	0.000491	0.000491	0.000491	0.000957	0.000957	0.000774	0.000774	
双向均值偏差	-0.000200	-0.000450	-0.000450	-0.000375	-0.000525	-0.000525	-0.000475	-0.000475	-0.000475	-0.000375	-0.000375	-0.000275	-0.000275	
—统计—														
轴线偏差 (毫米)	单向定位 (↓)		单向定位 (↑)		双向定位									
反向差值 B	不适用于此例		不适用于此例		0.000450 (at i=3)									
平均反向差值 B̄	不适用于此例		不适用于此例		0.000193									
平均位置偏差 M	不适用于此例		不适用于此例		0.000525									
定位系统偏差 E	0.000600		0.000550		0.000850									
重复精度 R	0.000849 (at i=8)		0.000849 (at i=6)		0.001057 (at i=48)									
定位精度 A	0.001449		0.001149		0.001549									

ISO 230-2 1997 分析曲线
<input checked="" type="checkbox"/> ISO 230-2 1997 统计数表
ISO 230-2 1997 三合曲线
GB/T 17421.2_2000 分析曲线
GB/T 17421.2_2000 统计数表
GB/T 17421.2_2000 三合曲线
ISO 230-2 Analysis Plot
ISO 230-2 Statistical Table
BS 3800 Reversal triplet
BS 3800 Accuracy
BS 3800 Statistical Table
BS 4656 Reversal triplet
BS 4656 Accuracy 英国
BS 4656 Statistical Table
NMTBA (Offset) 美国
NMTBA Statistical Table
NMTBA (Standard) 美国
ASME B89.1.12M 美国
ASME B89.1.12M Stats Table
ASME B5.54 数据图
ASME B5.54 统计表
VDI 2617
VDI 2617 Template
VDI 2617 Statistical Table
VDI 3441 德国
VDI 3441 Statistical Table
JIS-B6330 Plot
GB 10931-89 Analysis Plot
GB 10931-89 Stats Table
E60-099 法国
E60-099 Statistical Print
Renishaw Analysis
Renishaw Statistical Table
Trend Analysis Plot
绘所有数据曲线
打印原始数据
挑选几次数据绘图
打印或观查误差表





PART 03

影响机床几何精度的因素及
对加工产品效果的影响

出厂前

零件精度、零件材料、机床结构、装配精度、出厂检测管控、机床运输。

机床在出厂前，根据各型号机床精度要求，已经达到合格范围内。

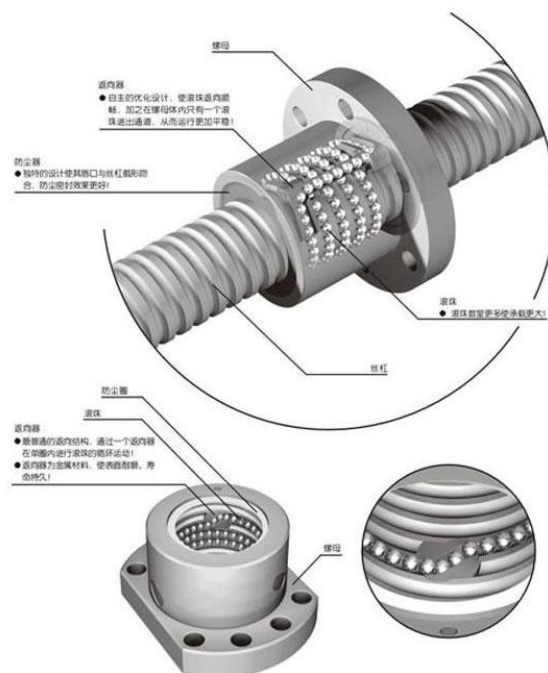
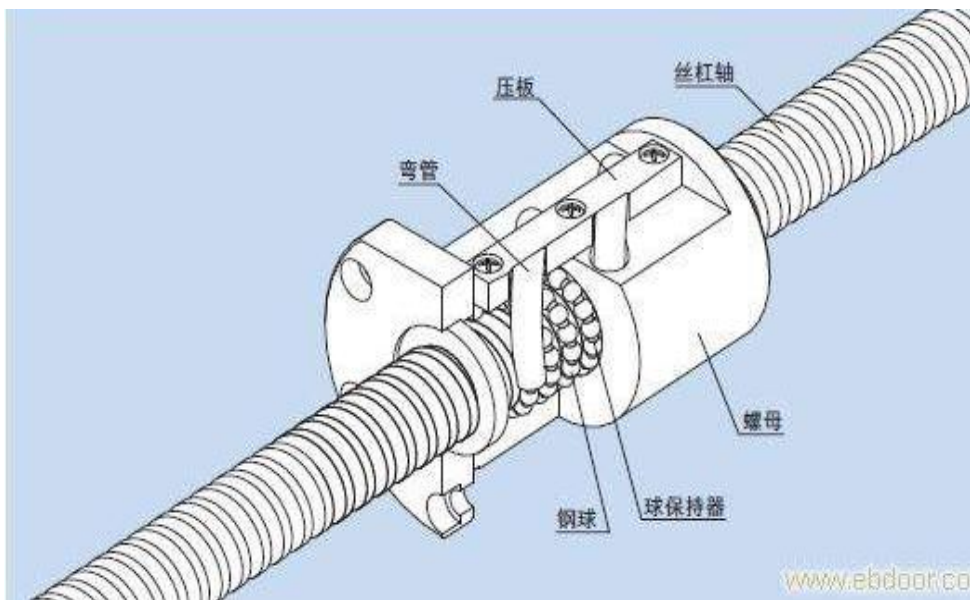
出厂后使用过程中

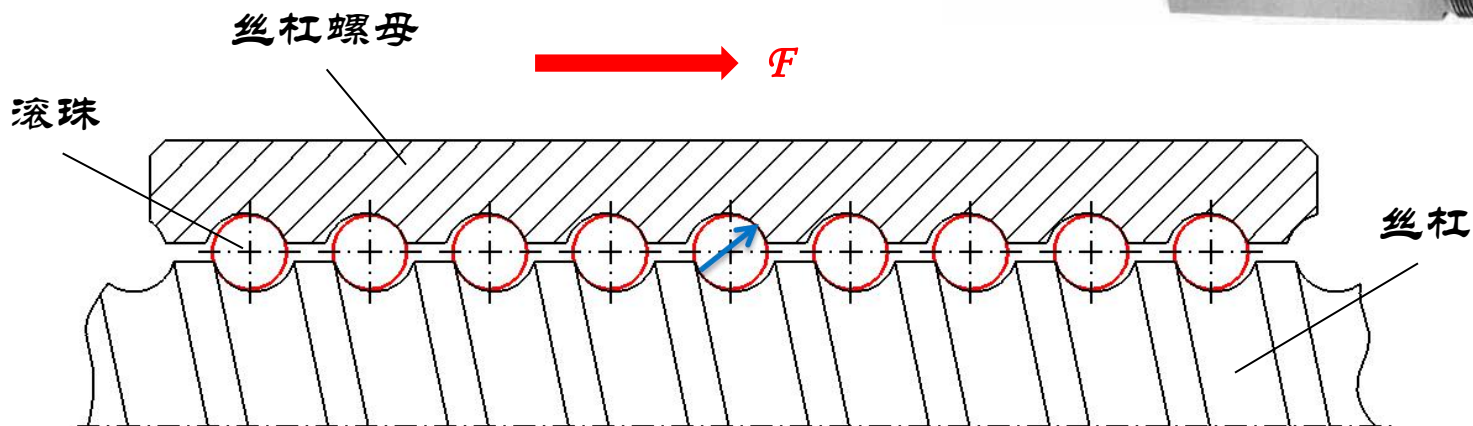
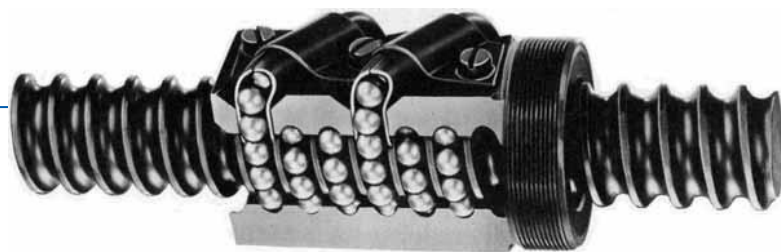
丝杠磨损、导轨磨损、轴承磨损、机床水平精度等。

丝杠：是将回转运动转化为直线运动，通过丝杆上的丝母座带动滑动底板运动。



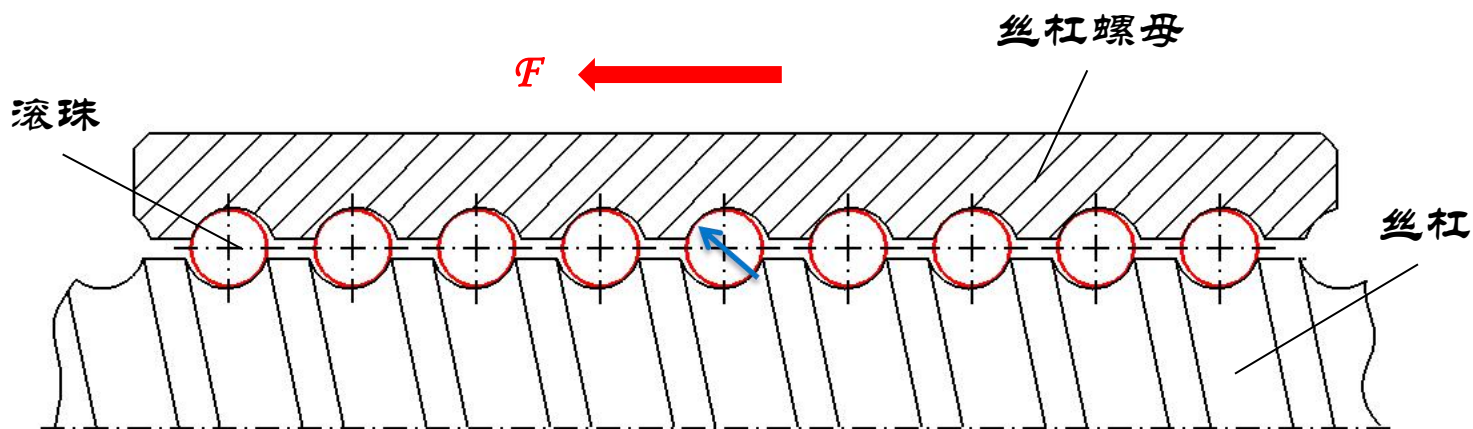
滚珠丝杠由：丝杠轴、螺母、钢球、弯管、压板、球保持器组成。





(1)

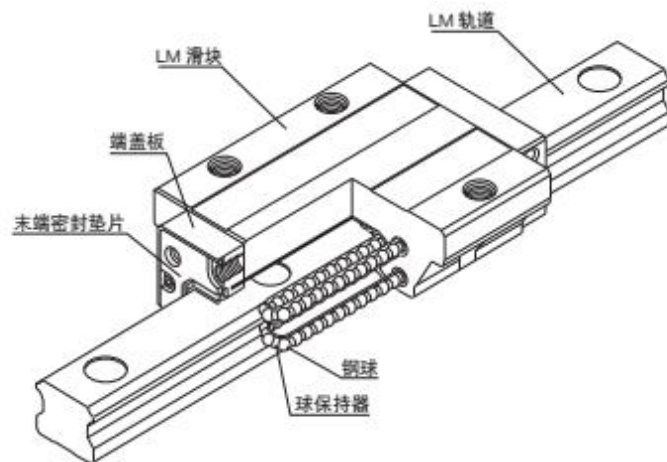
丝杠反向
间隙对加
工精度的
影响。



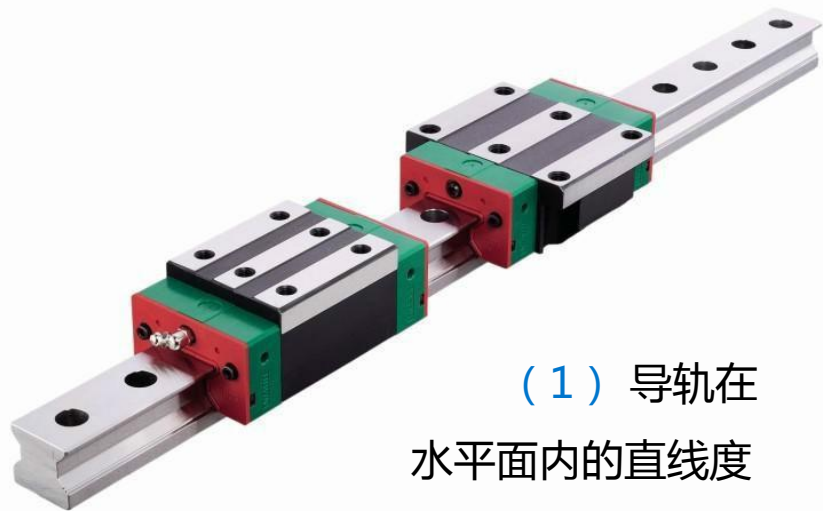
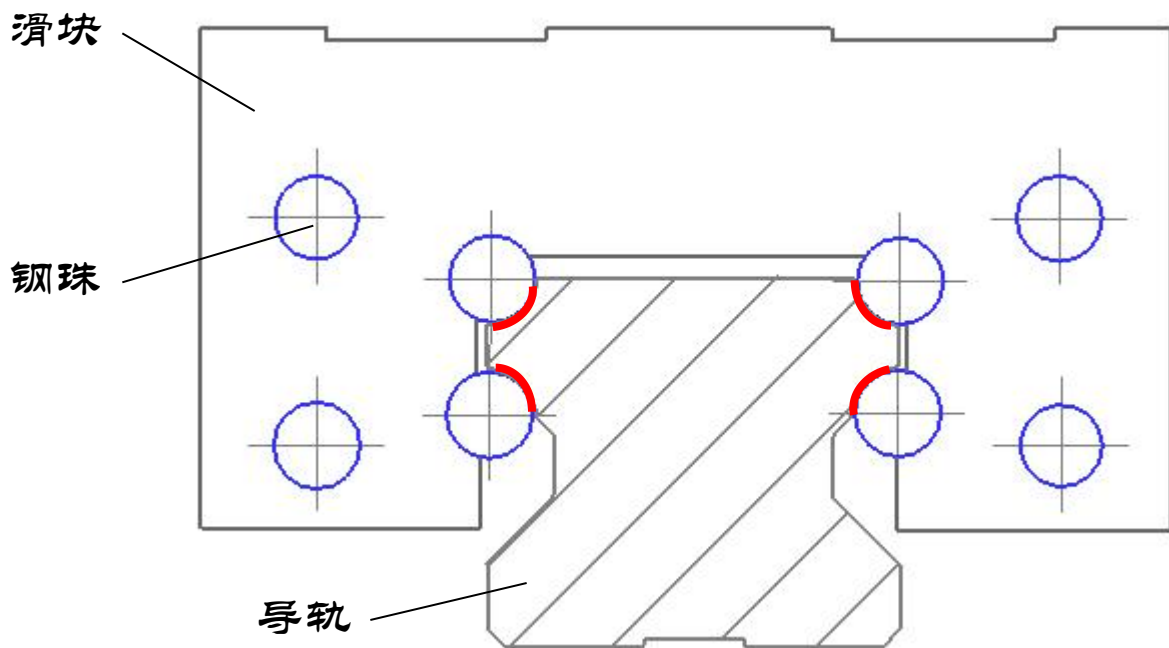
(2)

丝杠定位
精度对加
工精度的
影响。

导轨：是可承受、固定、引导滑动底板运动的一种装置，每个导轨副上都有两到三个滑块，滑块内有滚珠，可以减少运动中产生的摩擦。



导轨是机床中确定各主要部件相对位置关系的基准。



(1) 导轨在水平面内的直线度误差对加工精度的影响。

(2) 导轨在垂直平面内的直线度误差对加工精度的影响。

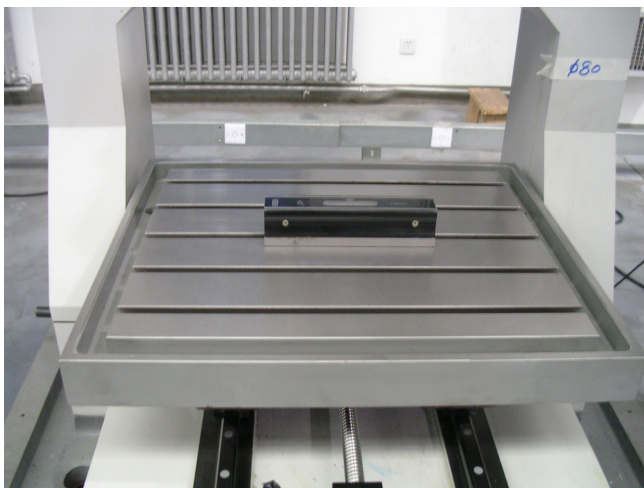
(3) 导轨间的平行误差对加工精度的影响。



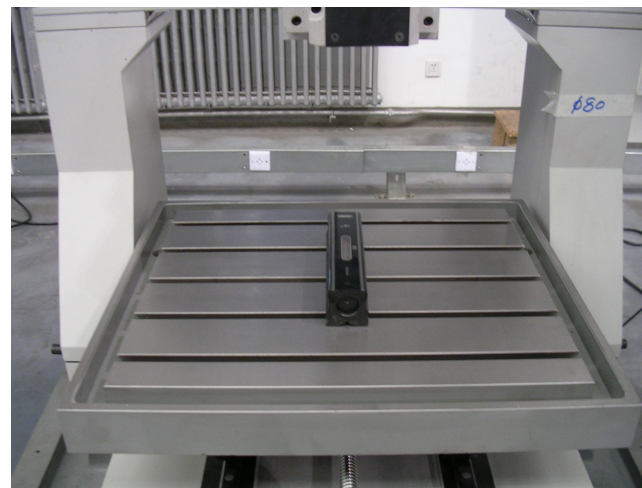
轴承（Bearing）：的主要功能是支撑机械旋转体，降低其运动过程中的摩擦系数，并保证其回转精度。



机床水平精度是保证机床几何精度的关键，因此机床水平精度尤为重要。



X方向检测



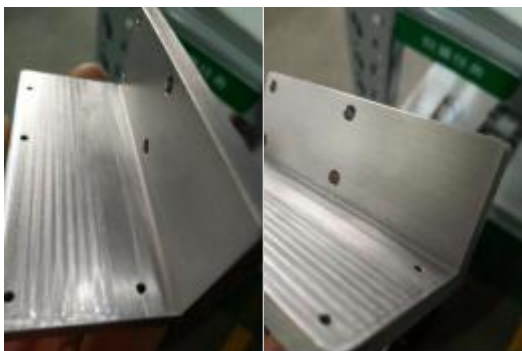
Y方向检测



PART 04

案例分析

培训部某台JDCT600_A12S机床，长期以来都是单件小批量组使用，多位使用者反应这台机床加工出产品**表面光洁度较差**，首先怀疑主轴震动是导致加工效果差的主要原因，因此对主轴进行了检测，检测结果显示这台主轴比正常主轴的震动还要小一些，因此排除主轴问题，除主轴以外影响加工产品效果的还有机床的三轴（X/Y/Z），因此对三轴也进行了简单的测试，最后发现X轴在运动到某一段位置时机床震动明显增大。最终决定更换X轴轴承，更换完成后对设备进行了测试加工，效果对比如下图2所示：

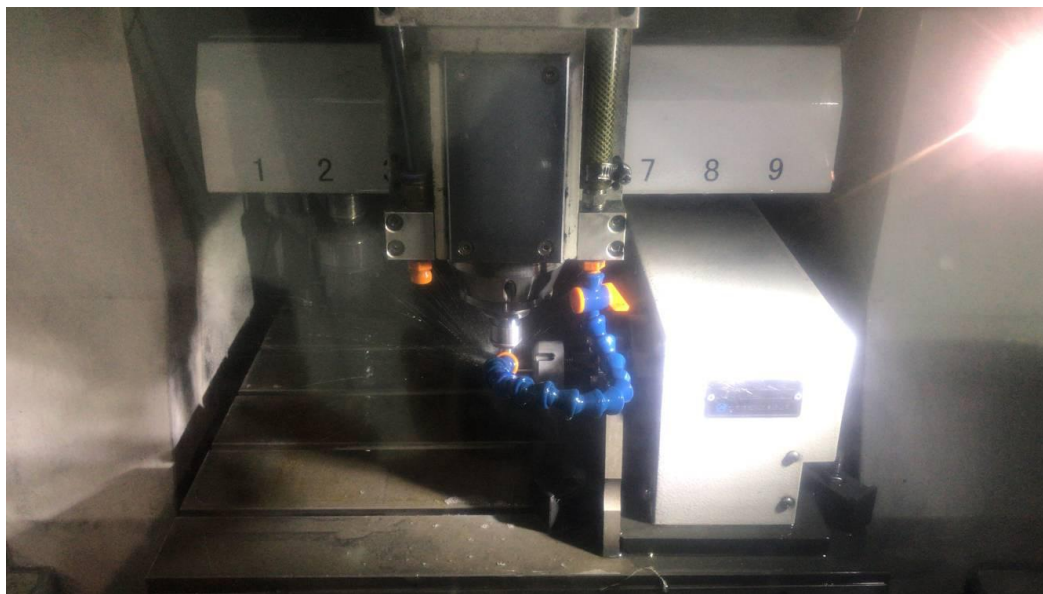


维修前加工出的产品



维修后加工的效果

刀具部某台CarverPMS16_ATC机床，为磨刀需要将其改造为四轴使用，使用一段时间后发现机床加工的刀具尺寸极不稳定，成品率很低，经过检查发现，四轴并没有发现问题。最后操作员将转台沿X轴方向移动一定距离后加工正常。





北京精雕集团

谢谢！

