



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 17421.4—2016/ISO 230-4:2005  
代替 GB/T 17421.4—2003

---

## 机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验

Test code for machine tools—  
Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools

(ISO 230-4:2005, IDT)

2016-04-25 发布

2016-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

GB/T 17421《机床检验通则》分为 11 个部分：

- 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度；
- 第 2 部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定；
- 第 3 部分：热效应的确定；
- 第 4 部分：数控机床的圆检验；
- 第 5 部分：噪声发射的确定；
- 第 6 部分：体和面对角线位置精度的确定(对角线位移检验)；
- 第 7 部分：回转轴线的几何精度检验；
- 第 8 部分：振动(技术报告)；
- 第 9 部分：GB/T 17421 机床检验系列标准的不确定度估算的基本方程式(技术报告)；
- 第 10 部分：数控机床测量性能的确定；
- 第 11 部分：机床几何精度检验用测量仪器(技术报告)。

本部分为 GB/T 17421 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致对应关系的我国文件如下：

- GB/T 17421.1—1998 机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度 (eqv ISO 230-1:1996)

本部分代替 GB/T 17421.4—2003，与 GB/T 17421.4—2003 相比，内容上有如下修改：

- 3.3 中用双向圆偏差  $G(b)$  代替圆滞后  $H$ ，因为用一般的计量工具很难评估圆滞后  $H$ ，而双向圆偏差  $G(b)$  包含了与其相似的信息；
- 第 3 章中增加了平均双向半径偏差  $D$  的术语和定义；
- 4.6 中补充了测量和检验的不确定性；
- 在附录 A 中增加了参数  $G(b)$  和  $D$ ；
- 增加了附录 D“使用反馈信号的圆检验”。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 230-4:2005《机床检验通则 第 4 部分：数控机床的圆检验》。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国金属切削机床标准化技术委员会(SAC/TC 22)归口。

本部分起草单位：北京北一机床股份有限公司、国家机床质量监督检验中心、四川长征机床集团有限公司。

本部分主要起草人：胡瑞琳、王禹、张维、李祥文、李书林、陈妍言、王晓慧。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 17421.4—2003。

# 机床检验通则

## 第 4 部分：数控机床的圆检验

### 1 范围

GB/T 17421 的本部分规定了两线性轴线联动所产生的圆形轨迹的双向圆偏差、平均双向半径偏差、圆偏差和半径偏差及的检验和评定方法。有关的检验工具见 ISO 230-1:1996 中 6.6.3 的说明。

本部分的目的是提供一种检验数控机床轮廓特性的方法。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 230-1:1996 机床检验通则 第 1 部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 名义轨迹 **nominal path**

数控编程的圆形轨迹，它由直径（或半径）、圆心的位置及在机床工作区的方向来定义，既可以是一个整圆，也可以是一个不小于 90° 的部分圆。

#### 3.2

##### 实际轨迹 **actual path**

按编程的名义轨迹运动时，机床产生的轨迹。

#### 3.3

##### 双向圆偏差 **bi-directional circular deviation**

##### **$G(b)$**

包容两条实际轨迹的两个同心圆（最小区域圆）的最小半径差，一条轨迹为顺时针轮廓运动，另一条为逆时针轮廓运动，见图 1。

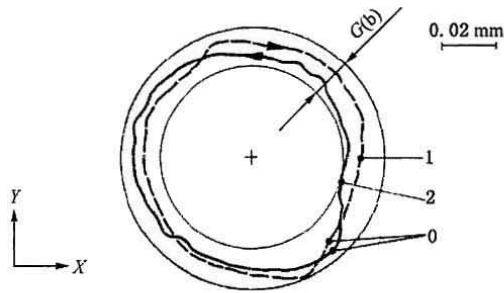
注 1：双向圆偏差  $G(b)$  还可用以最小二乘方圆为基准的最大半径偏差范围来评定。最小二乘方圆的计算根据 2 个轨迹，即顺时针和逆时针轨迹。

注 2：双向圆偏差  $G(b)$  不包括安装误差，即检验工具的定心误差。

注 3：双向圆偏差  $G(b)$  的测量，仅要求对检验设备进行位移校准（不需要为确定轨迹直径对检验设备进行长度的校准）。半径偏差  $F$  和平均双向半径偏差  $D$  的测量，要求使用带有标定长度和标定位移的检验工具（见附录 A）。

注 4：当一个平面内的一条线上的所有点都包含在半径偏差不超过给定值的两个同心圆之间时，则认为这条线是圆的（见图 2 和 ISO 230-1:1996 中的 6.6.1）。

注 5： $G(b)$  是通过外部测量装置来测量的，即 ISO 230-1:1996 中 6.6.3 所描述的。使用反馈信号的圆检验的测量结果称为“使用反馈信号的双向圆偏差  $G(b)_f$ ”，见附录 D。



说明:

+——两条实际轨迹的最小二乘方圆的圆心;

0 ——起始点;

1 ——实际轨迹,顺时针方向;

2 ——实际轨迹,逆时针方向。

双向圆偏差  $G(b)_{XY}=0.015$  mm。

图 1 双向圆偏差  $G(b)$  的评定

### 3.4

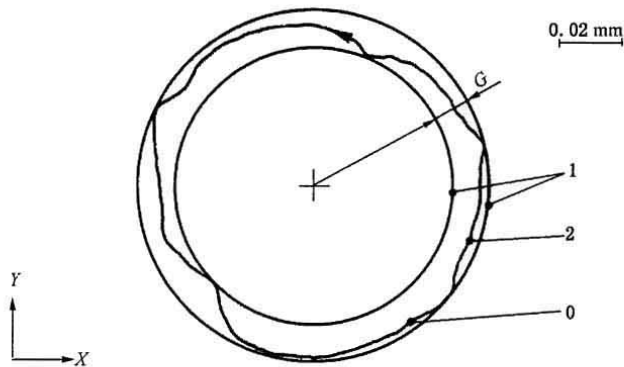
#### 圆偏差 circular deviation

#### $G$

包容一条顺时针或逆时针轮廓轨迹的实际轨迹的两个同心圆(最小区域圆)的最小半径差,还可以用最小二乘方圆的最大半径差来评定,见图 2。

注 1: 双向圆偏差  $G(b)$  的注也适用于圆偏差  $G$ 。圆偏差  $G$  和半径偏差  $F$  之间的区别见附录 A。

注 2:  $G$  是通过外部测量装置来测量的,即 ISO 230-1:1996 中 6.6.3 所描述的。使用反馈信号的圆检验的测量结果称为“使用反馈信号的双向圆偏差  $G_f$ ”,见附录 D。



说明:

+——两条实际轨迹的最小二乘圆的圆心;

0 ——起始点;

1 ——最小区域圆;

2 ——实际轨迹。

圆偏差  $G_{XY}=0.012$  mm。

图 2 圆偏差  $G$  的评定

## 3.5

**半径偏差 radial deviation** **$F$** 

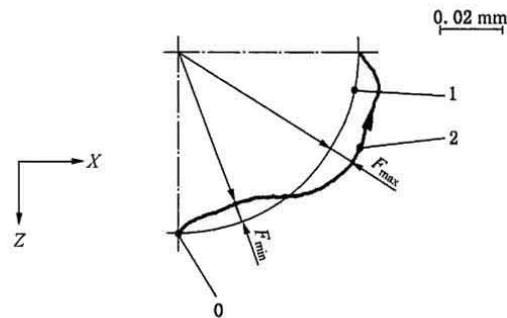
实际轨迹与名义轨迹间的偏差,名义轨迹的圆心有下列两种:

- a) 机床上检验工具的圆心;
- b) 最小二乘方圆的圆心。

注 1: 从圆心向外测量为正偏差,反之为负偏差(见图 3)。半径偏差用最大差值  $F_{\max}$  和最小差值  $F_{\min}$  表示。

注 2: 当仅适用于上述 a) 的情况时,半径偏差  $F$  包括了安装误差。

注 3: 半径偏差  $F$  和圆偏差  $G$  两者之间的区别见附录 A。



说明:

+——名义圆的圆心;

0 ——起始点;

1 ——名义轨迹;

2 ——实际轨迹。

半径偏差  $F_{ZX,\max} = +0.008$  mm;

$F_{ZX,\min} = -0.006$  mm。

图 3 半径偏差  $F$  的评定

## 3.6

**平均双向半径偏差 mean bi-directional radial deviation** **$D$** 

名义轨迹和两个整圆实际轨迹的最小二乘方圆的半径差,一条轨迹为顺时针轮廓运动,另一条为逆时针轮廓运动。

注: 平均双向半径偏差  $D$  和双向圆偏差  $G(b)$  的区别见附录 A。

## 3.7

**轴线标志 identification of axes**

产生实际轨迹的运动轴线的符号表示。

## 3.8

**轮廓方向 sense of contouring**

表示轮廓线顺时针或逆时针的方向。

注: 轮廓线标示的顺序与圆轨迹经过每个轴线正向的顺序相一致。例如,  $G_{XY}$  表示逆时针圆偏差,即表示在  $XY$  平面的一条逆时针圆轨迹是从  $+X$  轴线移向  $+Y$  轴线。对于测量结果为双向的,轮廓线标示为第一条圆轨迹的方向。

## 4 检验条件

### 4.1 检验环境

在环境温度可以控制的场所,温度应设定为 20 ℃。对其他温度下测定的检验工具和机床标称读数应进行修正,以获得在 20 ℃时检测结果(仅适用于半径偏差的测量)。

机床和有关的检验工具应在检测环境中放置足够长的时间,以确保在检验前达到热稳定状态。应避免气流以及阳光、上置热源等外部辐射的影响。

### 4.2 被检机床

被检验机床应完成装配并经充分运转。在开始检验之前,应完成所有必要的调平和功能检验。全部圆检验均应在机床无负载,即不带工件的条件下进行。

### 4.3 机床温升

检验前,应按供方/制造厂的规定或供方/制造厂与用户的协议进行适当的升温。如未规定其他条件,则检验前的准备工作仅限于必要的检验工具的安装。

### 4.4 检验参数

检验参数包括:

- a) 名义轨迹的直径(或半径);
- b) 轮廓进给率;
- c) 按 3.8 表示的轮廓方向(顺时针或逆时针);
- d) 产生实际轨迹的机床运动轴线;
- e) 检验工具在机床工作区的位置;
- f) 温度(环境温度、检验工具的温度、机床的温度)和膨胀系数(机床的膨胀系数和检验工具的膨胀系数)的补偿,仅用于平均双向半径偏差  $D$  和半径偏差  $F$  的测量;
- g) 数据获得方法(当不等于 360°时的数据采集范围,实际轨迹的起始点和停止点、用于数字数据获取的测量点数,是否采用了数据平滑处理);
- h) 在检验循环中,机床使用的任何补偿程序;
- i) 非检验轴上的滑动部件或运动部件所处的位置。

### 4.5 检验工具的标定

为了测量平均双向半径偏差  $D$  和半径偏差  $F$ ,应标定检验工具的基准尺寸。

注:利用反馈信号的圆检验,见附录 D。

### 4.6 测量的不确定性

双向圆偏差  $G(b)$  和圆偏差  $G$  的测量不确定性主要是由以下原因造成的:

——检验装置的测量不确定性;

- 被检机床的重复性,例如:重复的圆检验;
  - 被检机床和/或检验装置的温度漂移,例如:根据 ISO/TR 16015 所做的漂移检验。
- 平均双向半径偏差  $D$  和半径偏差  $F$  的测量不确定性主要是由以下原因造成的:
- 双向圆偏差  $G(b)$  和圆偏差  $G$  的测量不确定性(原因见上面);
  - 机床和检验装置的温度测量的不确定性[由温度传感器的不确定性和由于温度传感器位置的不确定性引起的];
  - 机床和检验装置的热膨胀系数的不确定性(使用到 20 °C 的补偿)。

## 5 检验方法

为了检验双向圆偏差  $G(b)$  和平均双向半径偏差  $D$ ,应连续测量两条实际轨迹:一条按顺时针轮廓方向,一条按逆时针轮廓方向。

在评定时,所有与实际轨迹相对应的测量数据(包括反向点的峰值)都应采用。

对于部分圆的半径偏差  $F$ ,应使安装误差最小。

## 6 结果的表达

以下用数字数据表示的检验结果优先于采用图解法表示:

- a) 双向圆偏差  $G(b)$ ;
- b) 平均双向半径偏差  $D$ ,修正到 20 °C 时的值;
- c) 圆偏差  $G$ ,用于顺时针和/或逆时针轮廓;
- d) 半径偏差  $F_{\max}$  和  $F_{\min}$ ,用于顺时针和逆时针轮廓,修正到 20 °C 时的值。

检验结果表达的典型示例见图 4、图 5 和图 6。

注:为了更加的清楚,在本部分中呈现出了上述 3 个图解示例。在检验报告中,这 3 个图解示例可以合并成一个图示使用。

检验报告应包含以下项目:

- 检验日期;
- 机床名称;
- 测量装置;
- 检验参数(见 4.4)。

应标出图解图形的放大比例。

应标出测量的不确定性。

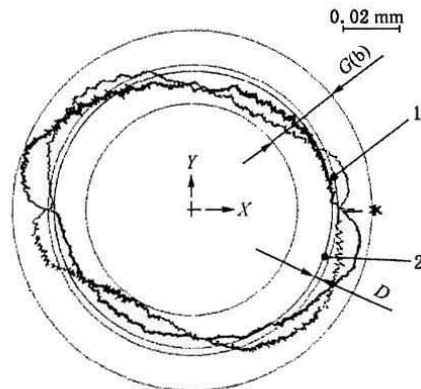
## 7 供方/制造厂和用户之间的协商要点

供方/制造厂和用户之间的协商要点如下:

- a) 机床检验前的预热方法(见 4.3);
- b) 检验参数(见 4.4);
- c) 需要提供的双向圆偏差  $G(b)$ 、平均双向半径偏差  $D$ 、圆偏差  $G$  和/或半径偏差  $F$ [自第 6 章中 a)~d)]的检验结果数据。

示例 1:

检验日期	年 月 日	机床名称:xyz
检验工具:abc		
检验参数		
名义轨迹的直径:	40 mm	
轮廓进给率:	500 mm/min	
轮廓方向:	—	
被检机床的轴线(X、Y、Z):	XY	
检验工具的位置		
—圆心(X/Y/Z):	250/250/100 mm	
—对刀具基准的偏置(X/Y/Z):	0/0/−80 mm	
—对工件基准的偏置(X/Y/Z):	0/0/30 mm	
获取数据的方法		
—起始点:	第四象限	
—终点:	第四象限	
—测量点数(仅用于数字数据):	1 500	
—数据平滑处理:	无	
使用的补偿:	无	
非检验轴线位置:	Z=150 mm	



说明:

+ —两个实际轨迹的最小二乘方圆的圆心;

\* —起始点;

粗线——实际轨迹,从+Y到+X;

细线——实际轨迹,从+X到+Y。

双向圆偏差  $G(b)_{XY} = 0.028 \text{ mm}$ 。

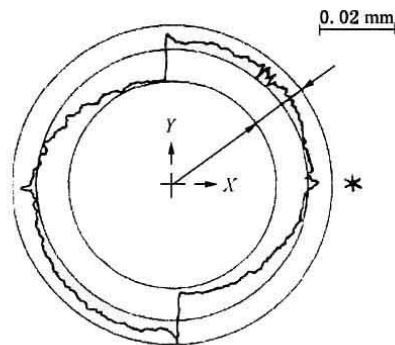
平均双向半径偏差  $D_{XY} = 0.001 \text{ mm}$ 。

图 4 双向圆偏差  $G(b)$ 和平均双向半径偏差  $D$  的数据表达示例



示例 2:

检验日期:	年 月 日	机床名称:xyz
检验工具:	abc	
<b>检验参数</b>		
名义轨迹的直径:	250 mm	
轮廓进给率:	1 000 mm/min	
轮廓方向:	+X 到+Y	
被检机床的轴线(X、Y、Z):	XY	
<b>检验工具的位置</b>		
——圆心(X/Y/Z):	250/250/300 mm	
——对刀具基准的偏置(X/Y/Z):	0/0/-80 mm	
——对工件基准的偏置(X/Y/Z):	0/0/230 mm	
<b>获取数据的方法</b>		
——起始点:	第四象限	
——终点:	第四象限	
——测量点数(仅用于数字数据):	1 800	
——数据平滑处理:	无	
使用的补偿:	无	
非检验轴线位置:	Z=350 mm	



说明:

+——最小区域圆的圆心;

\*——起始点。

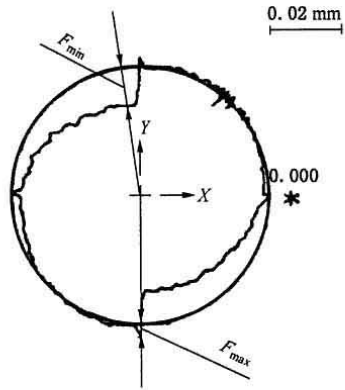
圆偏差  $G_{XY}=0.018$  mm。

图 5 圆偏差 G 数据表达示例

示例 3:

检验日期:	年 月 日	机床名称:xyz
检验工具:	abc	
<b>检验参数</b>		
名义轨迹的直径:	150 mm	
轮廓进给率:	300 mm/min	
轮廓方向:	+Y 到 +X	
被检机床的轴线(X、Y、Z):	XY	
<b>检验工具的位置</b>		
——圆心(X/Y/Z):	250/250/100 mm	
——对刀具基准的偏置(X/Y/Z):	0/0/-80 mm	
——对工件基准的偏置(X/Y/Z):	0/0/30 mm	
<b>温度</b>		
——环境温度:	22 ℃	
——检验工具的温度:	22 ℃	
——机床的温度:	22 ℃	
<b>获取数据的方法</b>		
——起始点:	第四象限	
——终点:	第四象限	
——测量点数(仅用于数字数据):	1 800	
——数据平滑处理:	无	
使用的补偿:	温度补偿	
非检验轴线位置:	Z=150 mm	

图 6 半径偏差  $F$  的数据表达示例



说明：

+ ——最小圆的圆心；

\* ——起始点；

0.000——名义轨迹。

半径偏差： $F_{YXmax} = +0.005 \text{ mm}$ ；

$F_{YXmin} = -0.013 \text{ mm}$ 。

图 6 (续)

## 附录 A

(资料性附录)

圆偏差  $G(b)$  和  $G$  以及半径偏差  $F$  和  $D$  之间的区别

表 A.1 指出了圆偏差  $G(b)$  和  $G$  以及半径偏差  $F$  和  $D$  之间的区别。

表 A.1

影 响	圆偏差 $G(b)$ 和 $G$	半径偏差 $F$ 和 $D$
形状偏差 <sup>a</sup>	包括	包括
直径偏差 <sup>b</sup>	不包括, 因为不评定最小区域圆的直径	包括
位置偏差 <sup>c</sup>	不包括, 因为最小区域圆的位置只由实际轨迹确定	检验部分圆时包括 $F$ , 用于一个整圆时不包括 $F$ 和 $D$
<sup>a</sup> 一个圆和其实际轨迹形状之间的偏差(例如椭圆形状偏差)。 <sup>b</sup> 名义轨迹直径和实际轨迹直径之间的偏差。 <sup>c</sup> 名义轨迹和实际轨迹的中心位置之间的偏差(例如在 $X$ 轴和 $Y$ 轴上的偏差)。		

## 附录 B

(资料性附录)

## 典型的机床偏差对圆轨迹的影响

## B.1 概述

本附录指出了典型的机床偏差对圆形运动的主要影响。一般地,这些独立的偏差表示了对实际被检圆轨迹的综合影响,所以仅用本附录中的资料不足以对圆测量进行详细的分析。

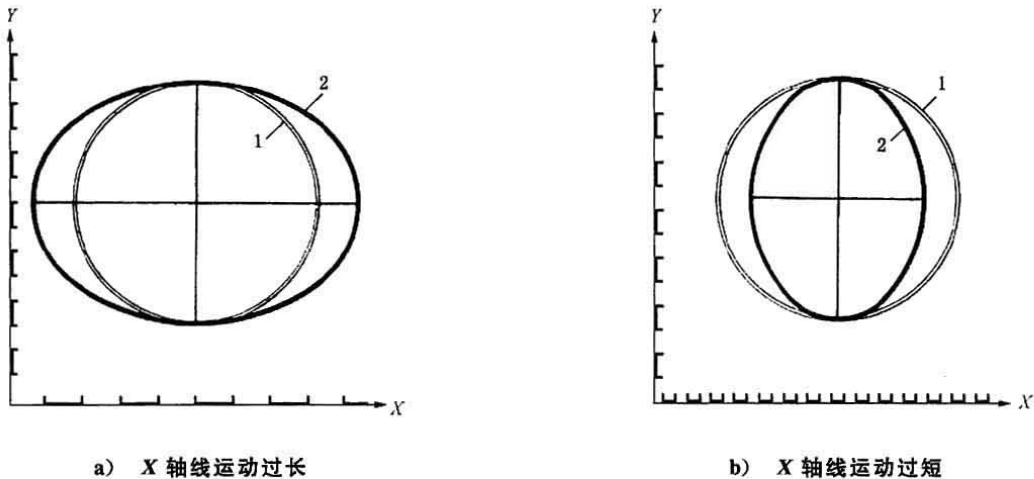
数控机床的两线性轴线联动产生的圆形轨迹,受两轴线的几何偏差和数控及其驱动装置产生的偏差的影响。

## B.2 几何偏差的影响

## B.2.1 累计直线定位偏差的影响

当 X 轴线运动过长时,如由于比例的偏差,圆形轨迹变成了椭圆,其长轴平行于 X 轴线。假定 Y 轴线没有偏差,平行于 Y 轴线的轨迹直径不变,即该直径等于名义直径[见图 B.1a)]。

当 X 轴线运动过短时,并假定 Y 轴线没有偏差,圆形轨迹变成了椭圆,其长轴平行于 Y 轴线的直径等于名义直径[见图 B.1b)]。



说明:

1——名义轨迹;

2——实际轨迹。

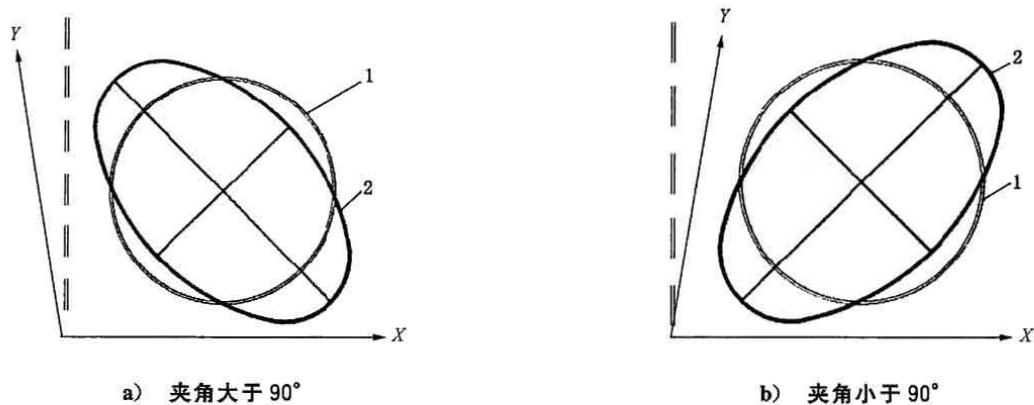
图 B.1 轴线运动过短和过长时对圆形轨迹的影响

## B.2.2 轴线不垂直的影响

假定在 XY 平面上仅有垂直度偏差时,X 轴线和 Y 轴线互不垂直且两轴线间的夹角大于  $90^\circ$ ,圆轨

迹变成了一个椭圆,且椭圆的长短轴方向分别为 $\pm 45^\circ$ ,椭圆长轴的方向为 $-45^\circ$ [见图 B.2a)]。

当两轴线间的夹角小于 $90^\circ$ ,圆轨迹同样变成了一个椭圆,且椭圆的长短轴方向分别为 $\pm 45^\circ$ ,椭圆长轴方向为 $+45^\circ$ [见图 B.2b)]。



说明:

1——名义轨迹;

2——实际轨迹。

图 B.2 轴线不垂直对圆形轨迹的影响

### B.2.3 周期偏差的影响

周期偏差也影响圆形轨迹。圆形轨迹的偏差是非椭圆形的。假定 Z 轴线存在周期定位偏差,图 B.3 显示出了轨迹的变化。

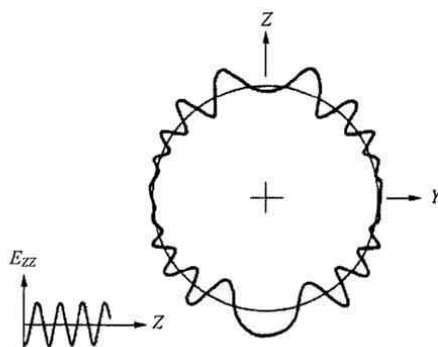


图 B.3 Z 轴线周期偏差的影响

## B.3 数控及其驱动装置的影响

### B.3.1 概述

由两个线性数控轴线联动产生的圆形轨迹给出了数控及其驱动装置的动作信息。每个轴线的运动

都很复杂,当圆轨迹的进给率保持不变时,轴线的行程、速度及加速度呈正弦或余弦变化。

### B.3.2 反向误差的影响

当出现轴向反向误差时,在多个反向点上会出现“阶梯”。图 B.4 表示出(2 个轴线上的)在 4 个象限点上的典型的间隙反向误差,4 个象限圆轨迹的中心不同。对于法向间隙而言,该图表示的形状由逆时针轮廓形成。

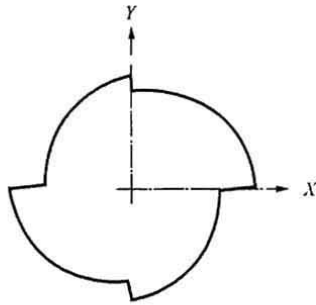


图 B.4 象限反向阶梯

当反向误差获得补偿时(不论使用比例反馈或在数控中使用反向补偿),在多个反向点上将会由于延时效应而出现峰值或“尖峰”值(见图 B.5),这些“尖峰”值的大小取决于机械间隙和延时。

注意在反向点处的“阶梯”和“尖峰”实际上会变为“扁平”状,并且会在机加工圆中出现,但却没有体现在线性轴线定位精度和重复定位精度的检验标准中(例如 GB/T 17421.2),因为按照这些标准的规定,检验仅在机床停止运动后进行。

实际上“尖峰”和“阶梯”可以不同的数值方式同时出现。另外,如果使用的反向误差补偿和/或摩擦补偿不能与现有误差完全相一致(匹配),那么象限上将会呈现十分复杂的形状,其中包括“负向尖峰”和“负向阶梯”。

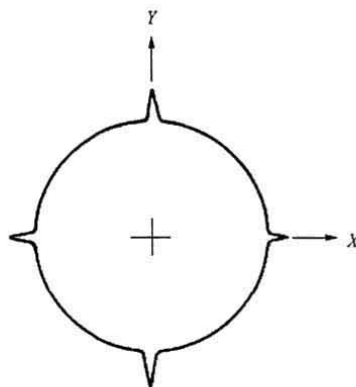
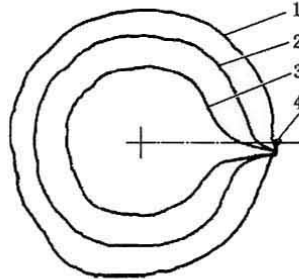


图 B.5 象限反向尖峰

### B.3.3 轴线加速度的影响

如果圆轨迹的进给率增大,则轴线的加速度相应地增大。轴线以下列方式运转:当进给率较高、频率较快时,运动的幅度减小。由此导致实际轨迹的直径比名义轨迹的直径小(见图 B.6)。



说明:

在下列情况下的圆运动的实际轨迹:

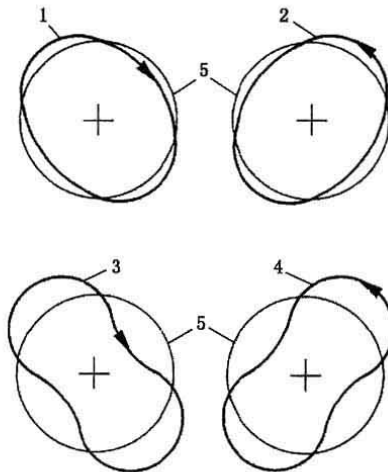
- 1——低速轮廓进给率;
- 2——中速轮廓进给率;
- 3——高速轮廓进给率;
- 4——起始点和终点。

图 B.6 轴线加速度的影响

在机床的数字控制中有专门的控制方法(例如:比例-积分控制环)当进给率较高时,可使产生的圆轨迹比名义圆轨迹大,从而补偿相应轴线加速度的影响。

### B.3.4 不同跟踪误差的影响(位置环增益误差)

如果两轴线跟踪误差不同,圆轨迹就变成一个椭圆。椭圆的长短轴方向分别为 $\pm 45^\circ$ 。随轮廓方向(顺时针或逆时针)的不同,长轴的方向分别是 $+45^\circ$ 或 $-45^\circ$ (见图 B.7)。进给率增大时,圆的椭圆偏差也相应地增大。



说明:

在下列情况下的圆形运动的实际轨迹:

- 1——顺时针低速轮廓进给率;
- 2——逆时针低速轮廓进给率;
- 3——顺时针高速轮廓进给率;
- 4——逆时针高速轮廓进给率;
- 5——名义轨迹。

图 B.7 不同跟踪误差的影响



## 附录 C

(资料性附录)

## 直径和轮廓进给率的修正

根据供方与用户间的协议或根据有关的机床标准,确定名义轨迹的直径和轮廓进给率。  
当选择的直径或轮廓进给率与给定值不同时,为了保持轴线的加速度恒定,应按下式进行修正:

$$V_1 = V_2 \sqrt{D_1/D_2}$$

式中:

$V_1$  ——轮廓进给率的计算值;

$V_2$  ——轮廓进给率的给定值;

$D_1$  ——名义轨迹的检验直径;

$D_2$  ——名义轨迹的给定直径。

因为下列影响,直径变化应尽量小:

- 机床几何偏差随名义轨迹直径的增加而增加;
- 不同跟踪误差随轮廓进给率的增加而增加。

示例:

给定直径:	$D_2 = 100 \text{ mm};$
给定轮廓进给率:	$V_2 = 500 \text{ mm/min};$
检验直径:	$D_1 = 125 \text{ mm};$
计算出的轮廓进给率:	$V_1 = 500 \sqrt{125/100} = 559 \text{ mm/min}$

**附录 D**  
**(资料性附录)**  
**使用反馈信号的圆检验**

不使用诸如 ISO 230-1:1996 中 6.63 所描述的外部测量工具进行圆检验,而是利用机床轴线驱动的内部反馈信号进行圆检验时,被称为“使用反馈信号的圆检验”。

使用反馈信号的圆检验的双向圆偏差值和圆偏差值表示为:

——使用反馈信号的双向圆偏差  $G(b)_f$ ;

——使用反馈信号的圆偏差  $G_f$ 。

使用反馈信号的圆检验不用于表示半径偏差值或平均双向半径偏差值。

在带有线性刻度尺的机床上,使用反馈信号的圆检验可以被用来辨识影响因素,例如周期偏差的影响(见 B.2.3),反向误差的影响(见 B.3.2),轴线加速度的影响(见 B.3.3),不同跟踪误差的影响(见 B.3.4)。

## 参 考 文 献

- [1] ISO/TR 16015:2003 *Geometrical product specification (GPS)—Systematic errors and contributions to measurement uncertainty of length measurement due to thermal influences*
- [2] ISO 230-2:1997 *Test code for machine tools—Part 2: Determination of accuracy and repeatability of positioning of numerically controlled machine tools*
- [3] ANSI/ASME B5.54-1992, *Methods for Performance, Evaluation of Computer Numerically Controlled Machining Centers*
- [4] BRYAN, J.B. A simple method for testing measuring machines and machine tools; Part 1: *Precision Engineering* April 4 2 (1982), p.61; Part 2: *Precision Engineering* July 4 3 (1982), p.125
- [5] BURDEKIN, M. and PARK, J. CONTISURE. *A Computer Aided System for assessing the contouring accuracy of NC machine tools*, MATADOR Conference, April 1988, p.197
- [6] KAKINO, Y., IHARA, Y. and SHINOHARA, A. *Accuracy Inspection of NC Machine Tools by Double Ball*
- [7] Bar Method, Carl-Hanser Verlag, 1993; in German: Carl-Hanser Verlag, 1993; in Japanese: Realize, Inc., 1989
- [8] KNAPP, W. and HROVAT, S. *The Circular Test for Testing NC Machine Tools*, S. HROVAT, Trottenstr. 79, CH-8037 Zürich, 1987, ISBN 3-906391-03-5  
 in French: S. HROVAT, Trottenstr. 79, CH-8037. Zürich, 1986, ISBN 3-906391-02-7  
 in Russian: NPO ENIMS, 5th Donskoi pr. 21-b, 117926 Moscow, Russia, 1992  
 in German: S. HROVAT, Trottenstr. 79, CH-8037 Zürich, 1986. ISBN 3-906391-01-9  
 in Japanese: Nachi-Fujikoshi, World Trade Centre Building, 2-4-1, Hamamatsu-cho, Minato-ku, Tokyo 105
- [9] NAKAZAWA, H. and ITO, K. *Measurement System of Contouring Accuracy on NC Machine Tools*, Bull. Japan Soc. Prec. Eng., 12 4 (Dec. 1978), p.189
-

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
机 床 检 验 通 则

第 4 部分：数控机床的圆检验

GB/T 17421.4—2016/ISO 230-4:2005

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室：(010)68533533 发行中心：(010)51780238

读者服务部：(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

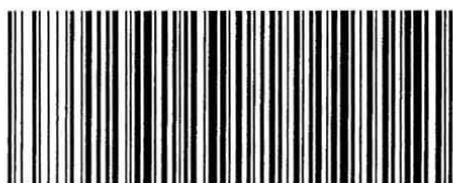
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 36 千字  
2016 年 6 月第一版 2016 年 6 月第一次印刷

\*

书号：155066·1-54490 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话：(010)68510107



GB/T 17421.4-2016