

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

# T/CAMS

中国机械工业标准化协会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

## 高效高精度钛合金五轴加工中心 精度检验

Efficient and high-precision titanium alloy five axis machining center  
Testing of the accuracy

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国机械工业标准化技术协会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般要求 .....	1
4.1 测量单位 .....	1
4.2 执行标准 .....	2
4.3 检验顺序 .....	2
4.4 检验项目 .....	2
4.5 检验工具 .....	2
4.6 最小公差 .....	2
4.7 工作精度检验 .....	2
4.8 定位精度检验 .....	2
4.9 托盘 .....	2
4.10 软件补偿 .....	2
4.11 机床结构 .....	2
5 几何精度检验 .....	4
5.1 工作台 .....	4
5.2 运动轴线 .....	5
5.3 主轴 .....	15
5.4 主轴头 .....	18
6 运动精度检验 .....	28
6.1 线性轴线 .....	28
6.2 回转轴线 .....	29
7 工作精度检验 .....	30
7.1 精加工试件的检验 .....	30
7.2 五轴联动加工斜置圆锥的检验 .....	31

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业标准化技术协会提出。

本文件由中国机械工业标准化技术协会机床专业委员会归口。

本文件起草单位：通用技术集团机床工程研究院有限公司、沈阳中捷航空航天机床有限公司、通用技术集团沈阳机床有限责任公司等

本文件主要起草人：陈洪军、张弛、崔瑶、谭智、戴漫一等

本文件为首次发布。

# 高效高精度钛合金五轴加工中心 精度检验

## 1 范围

本文件根据GB/T 19362.1—2003和JB/T 13589.1—2019规定了高效高精度钛合金五轴加工中心的几何精度、定位精度和重复定位精度、工作精度的要求、检验方法以及相应的公差。

本文件适用于工作台面宽度为1000 mm~5000 mm、工作台移动且双立柱固定的高效高精度五轴加工中心（以下简称机床）。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 10791-2:2001 加工中心检验条件 第2部分：带垂直主轴（垂直Z轴）的基础的几何试验（英文版）

ISO 8636-1:2000 龙门铣床检验条件 精度检验 第1部分：固定式龙门铣床（英文版）

GB/T 19362.1—2003 龙门铣床检验条件 精度检验 第1部分：固定式龙门铣床

JB/T 13589.1—2019 龙门加工中心 第1部分：龙门固定式机床精度检验

GB/T 17421.1—2023 机床检验通则 第1部分：在无负荷或准静态条件下机床的几何精度

GB/T 17421.2—2023 机床检验通则 第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定

GB/T 19660—2005 工业自动化系统与集成机床数值控制 坐标系和运动命名

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 高效

采用龙门框架结构，并配置高刚性大扭矩45°斜摆头，提升了整机刚性和斜摆头及主轴的扭矩特性，能够实现主轴立卧状态快速切换。

### 3.2

#### 高精度

定位精度满足以下条件：

$$(3 + 2 \times L/m) \mu < \text{定位精度} \leq (5 + 2 \times L/m) \mu$$

式中：L 为行程，取整数，单位：“/m”表示每米。

## 4 一般要求

### 4.1 测量单位

本文件中的所有线性尺寸、偏差及相应公差均用毫米（mm）表示，角度尺寸用度（°）表示，角度偏差及相应公差一般用比值表示，但在某些情况下为了清晰，可用微弧度（ $\mu\text{rad}$ ）或角秒（"）表示。其换算关系见下式：

$$0.010/1000=10\ \mu\text{rad}\approx 2''$$

#### 4.2 执行标准

使用本文件时应按GB/T 19362.1-2003和JB/T 13589.1-2019的规定执行，尤其是机床检验前的安装，主轴和其他运动部件的温升、检验方法和检验工具的推荐精度及检验结果的评定和表示。

#### 4.3 检验顺序

本文件所给出的检验项目的顺序并不表示实际检验顺序。为了使装拆检验工具和检验方便，可按任意次序进行检验。

#### 4.4 检验项目

检验机床时，根据机床的结构特点，并不是必须检验本部分中的所有项目。为了验收目的而要求检验时，经供货方（或制造商）的同意，用户可以选择一些感兴趣的项目进行检验，但这些检验项目必须在机床订货时明确提出。

#### 4.5 检验工具

本文件所规定的检验工具仅为例子，可以使用相同指示量和具有至少相同精度的其它检验工具。指示器应具有 0.001 mm 或更高的分辨率。

#### 4.6 最小公差

当实测长度与本部分规定的长度不同时，公差应根据GB/T17421.1-2023中4.1.2中的规定，按能够测量的长度折算。折算结果小于0.005mm时，仍按0.005mm计。

#### 4.7 工作精度检验

工作精度检验应在精切加工时进行，而不在粗加工时进行，因为粗加工易产生较大的切削力。

#### 4.8 定位精度检验

数控机床的定位精度检验应参照 GB/T 17421.2-2023。本文件仅给出一些公差数值，检验结果的表达应符合 GB/T 17421.2-2023 的规定。

公差指工作台尺寸最大为3000mm×10000mm机床的公差。当机床的工作台面宽度或长度超过上述尺寸时，公差应由供应商（或制造商）和用户协商规定。

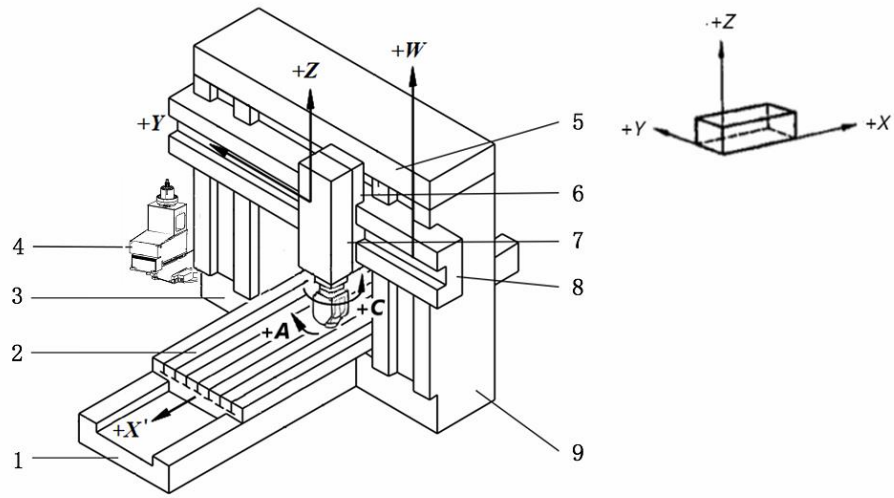
#### 4.9 托盘

对于使用多个多盘的机床，有关内部几何特征或其与机床的轴相关的行为的测试只能在夹紧的一个作为示例的托盘上进行，供货方（或制造商）与用户之间另有书面协议的除外。

#### 4.10 软件补偿

如果根据用户和供货方（制造商）之间的协议，可以使用软件来补偿某些几何偏差，则可以在有或没有这些补偿的情况下进行相关测试。使用软件补偿时，应在测试结果中说明。

#### 4.11 机床结构

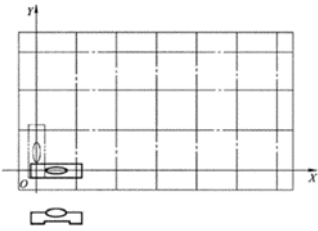


标引序号说明:

- 1——床身;
- 2——工作台 ( $X'$  轴);
- 3——左立柱;
- 4——自动头库;
- 5——连接梁;
- 6——滑板 ( $Y$  轴);
- 7——滑枕 ( $Z$  轴);
- 8——横梁 ( $W$  轴);
- 9——右立柱。

## 5 几何精度检验

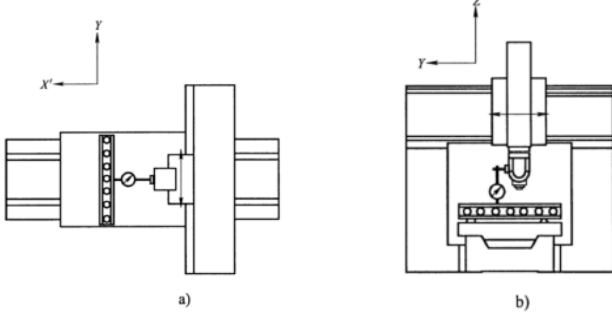
## 5.1 工作台

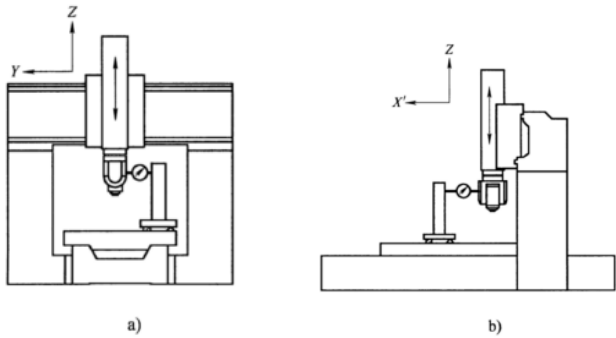
<p>检验项目</p> <p>工作台面的平面度。</p>	G1
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>0.05</p> <p>在任意1000测量长度上为0.02</p>	
<p>检验工具</p> <p>精密水平仪、平尺（或桥板）或光学方法或其他装置。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 12.2.1~12.2.4 的规定)</p> <p>工作台位于行程的中间位置。</p> <p>将精密水平仪和桥板放置在工作台上，沿 <math>O-X</math> 和 <math>O-Y</math> 方向，在间距为 500mm 的不同位置处进行测量，并测取读数。</p>	

## 5.2 运动轴线

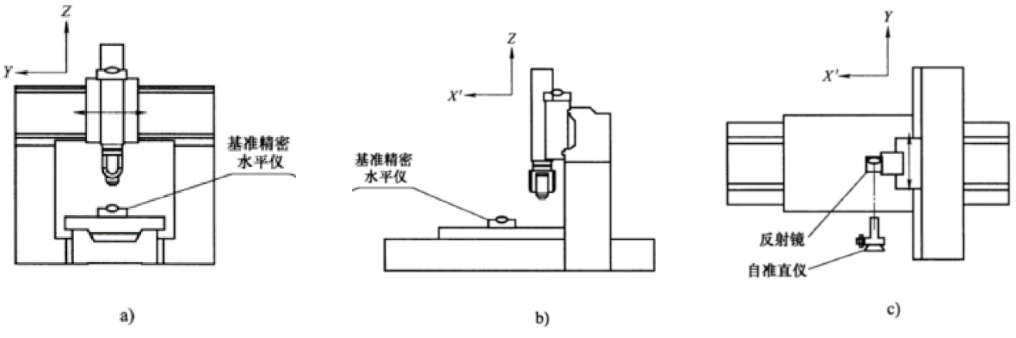
<p>检验项目</p> <p>工作台移动 (<math>X'</math>轴线) 的直线度:</p> <p>a) 在 <math>XZ</math> 垂直平面内;</p> <p>b) 在 <math>XY</math> 水平平面内。</p>	G2
<p>简图</p>	
<p>公差</p> <p>a) 和 b):</p> <p>最大公差为 0.04</p> <p>局部公差: 在任意 1000 测量长度上为 0.01</p>	
<p>检验工具</p> <p>自准直仪或其他光学仪器。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 8.2.2.1~8.2.2.5 的规定)</p> <p>自准直仪固定放置, 反射镜放置在机床工作台的中间位置。</p> <p>确保反射镜与自准直仪的中心均处在基准线上。</p> <p>反射镜放置在测量起点, 记录初始测量值。</p> <p>在测量长度范围内沿 <math>X'</math> 轴线方向移动反射镜。至少在 5 个等距离的位置测取读数。</p> <p>误差以读数的最大差值计。</p> <p>测量基准由十字线中心所确定的望远镜的光学轴线构成。</p>	

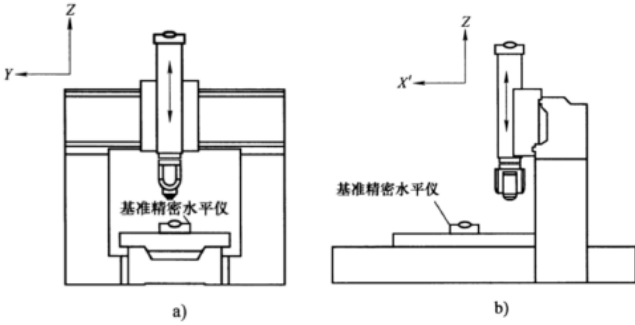


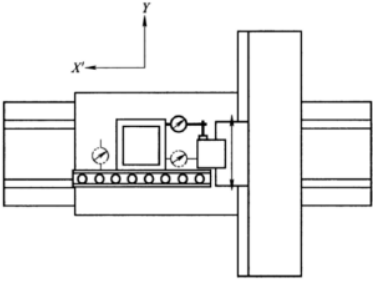
<p>检验项目</p> <p>滑板水平移动（<math>I</math>轴线）的直线度：</p> <p>a) 在<math>XY</math>水平平面内；</p> <p>b) 在<math>YZ</math>垂直平面内。</p>	G3
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>a)和b)：</p> <p>0.035</p> <p>在任意500测量长度上为0.01</p>	
<p>检验工具</p> <p>平尺、指示器/支架和可调量块或光学方法或显微镜和钢丝（仅用于在水平平面测量）。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 8.2.2.1~8.2.2.5 的规定)</p> <p>横梁在其行程的中间位置固定，工作台位于<math>X</math>轴线行程的中间位置。</p> <p>平尺平行<sup>a</sup>于<math>I</math>轴线移动方向放置在工作台面上：a)在<math>XY</math>水平平面内；b)在<math>YZ</math>垂直平面内。</p> <p>指示器固定在主轴头上，使其测头触及平尺检验面，且垂直于平尺的基准面。</p> <p>在<math>I</math>轴线方向沿测量长度<sup>b</sup>移动主轴头，测取读数。</p> <p>a)、b)误差分别计算，误差以指示器读数的最大差值计。</p> <p>局部误差以任意局部测量长度上指示器读数的最大差值计。</p>	
<p><sup>a</sup> 平行是指指示器在平尺的两端读数相等。在此情况下检测，指示器读数的最大差值即为直线度偏差。</p> <p><sup>b</sup> 测量长度通常指两立柱之间的长度（并不是整个横梁的长度）。在某些情况下，可由供货方（制造商）和用户协商规定。</p>	

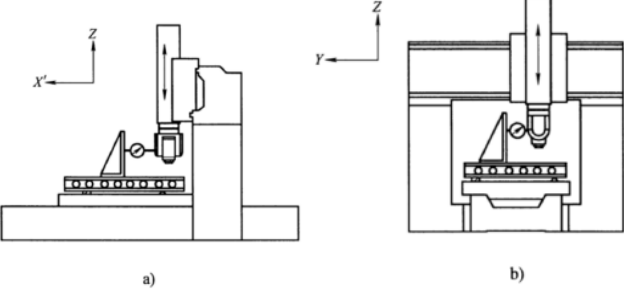
<p><b>检验项目</b></p> <p>滑枕垂直移动（Z轴线）的直线度：</p> <p>a) 在YZ垂直平面内；</p> <p>b) 在XZ垂直平面内。</p>	G4
<p><b>简图</b></p> 	
<p><b>公差</b></p> <p>a)和b)：</p> <p>0.016</p> <p>任意300测量长度上为0.005</p>	
<p><b>检验工具</b></p> <p>平尺、指示器/支架和可调量块或光学方法或显微镜和钢丝（仅用于在水平平面测量）。</p>	
<p><b>检验方法(按 GB/T17421. 1—2023 中 8. 2. 2. 1~8. 2. 2. 5 的规定)</b></p> <p>横梁在其行程的中间位置固定。</p> <p>平尺平行于Z轴线移动方向放置在工作台面上：a) 在YZ垂直面内；b) 在XZ垂直面内。</p> <p>如果主轴能锁紧，则指示器固定在主轴头上，使其测头触及平尺检验面，并使指示器在平尺两端的读数相等。</p> <p>指示器测头应垂直于平尺的基准面。</p> <p>沿Z轴线方向移动主轴头，测取读数。</p> <p>a)、b)误差分别计算，误差以指示器读数的最大差值计。</p> <p>局部误差以任意局部测量长度上指示器读数的最大差值计。</p>	

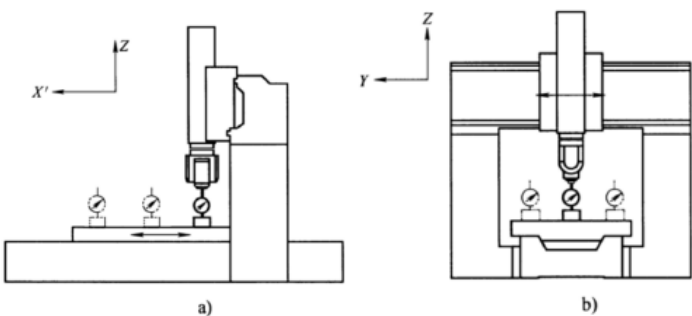
<p>检验项目</p> <p>工作台移动（<math>X</math>轴线）的角度偏差：</p> <p>a) 在<math>ZX</math>垂直平面内（俯仰）；</p> <p>b) 在<math>YZ</math>垂直平面内（倾斜）；</p> <p>c) 在<math>XY</math>水平平面内（偏摆）。</p>	G5
<p>简图</p>	
<p>公差</p> <p>a) 和 b) :</p> <p>0.06/1000</p> <p>b) :</p> <p>0.02/1000</p> <p>任意1000测量长度上为0.02/1000</p>	
<p>检验工具</p> <p>精密水平仪、自准直仪或其他光学角度偏差测量装置。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 8.4.1、8.4.2.1~8.4.2.4 的规定)</p> <p>精密水平仪或光学测量装置应放置在工作台中间位置。</p> <p>a)（俯仰）将精密水平仪沿<math>X</math>轴方向垂直放置；</p> <p>b)（倾斜）将精密水平仪沿<math>Z</math>轴方向垂直放置；</p> <p>c)（偏摆）将反射镜装在主轴上，沿<math>Z</math>轴线方向，自准直仪水平放置。</p> <p>沿<math>X</math>轴线至少在其行程的5个等距离的位置上进行测量，在每个位置的两个运动方向测取读数。最大、最小读数的差值应不超过允许公差。</p> <p>当<math>X</math>轴线运动引起主轴箱和工作台同时产生角度偏差时，这两种角度偏差应分别测量并标明。</p>	

<p>检验项目</p> <p>滑板水平移动 (<math>Y</math> 轴线) 的角度偏差:</p> <p>a) 在 <math>YZ</math> 垂直平面内 (俯仰);</p> <p>b) 在 <math>ZX</math> 垂直平面内 (倾斜);</p> <p>c) 在 <math>XY</math> 水平平面内 (偏摆)。</p>	G6
<p>简图</p>  <p>Diagram (a) shows a precision level (基准精密水平仪) placed along the Y-axis. Diagram (b) shows a precision level (基准精密水平仪) placed along the X-axis. Diagram (c) shows a reflecting level (自准直仪) placed along the Y-axis with a mirror (反射镜) on the main shaft.</p>	
<p>公差</p> <p>a)、b)和c)</p> <p>0.04/1000</p> <p>任意 300 测量长度上为 0.02/1000</p>	
<p>检验工具</p> <p>精密水平仪、自准直仪或其他光学角度偏差测量装置。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 8.4.1、8.4.2.1~8.4.2.4 的规定)</p> <p>精密水平仪或光学测量装置应放置在运动部件上。</p> <p>a) (俯仰) 将精密水平仪沿 <math>Y</math> 轴方向放置;</p> <p>b) (倾斜) 将精密水平仪沿 <math>X</math> 轴方向放置;</p> <p>c) (偏摆) 将反射镜装在主轴上, 沿 <math>Y</math> 轴线方向, 自准直仪水平放置。</p> <p>当分别测量时, 基准水平仪应放置在工作台上, 且工作台应位于行程的中间位置。</p> <p>沿 <math>Y</math> 轴线至少在其行程的 5 个等距离的位置上进行测量, 在每个位置的两个运动方向测取读数。</p> <p>最大、最小读数的差值应不超过允许公差。</p> <p>当 <math>Y</math> 轴线运动引起主轴箱和工作台同时产生角度偏差时, 这两种角度偏差应分别测量并标明。</p>	

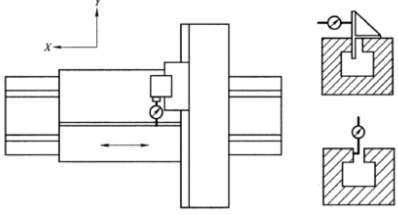
<p>检验项目</p> <p>滑枕垂直移动（Z轴线）的角度偏差：</p> <p>a) 在YZ垂直平面内；</p> <p>b) 在XZ垂直平面内。</p>	G7
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>a) 和b)</p> <p>0.040/1000</p> <p>（或40微弧度或8弧秒）</p>	
<p>检验工具</p> <p>精密水平仪、自准直仪或其他光学角度偏差测量装置。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 8.4.1、8.4.2.1~8.4.2.4 的规定)</p> <p>工作台位于X轴向行程的中间位置，滑枕位于Y轴向行程的中间位置。</p> <p>基准精密水平仪应放置在工作台上，测量精密水平仪应放置在运动部件上。</p> <p>a) 将测量水平仪沿Y轴方向放置在滑枕上；</p> <p>b) 将测量水平仪沿X轴方向放置在滑枕上。</p> <p>沿Z轴线移动主轴滑枕，至少在其行程的5个等距离的位置上进行测量，在每个位置的两个运动方向测取读数。误差以测量水平仪读数的最大差值计。</p> <p>最大、最小读数的差值应不超过允许公差。</p> <p>当Z轴线运动引起主轴滑枕和工作台同时产生角度偏差时，这两种角度偏差应分别测量并标明。</p>	

<p>检验项目</p> <p>滑板水平移动（Y轴线）对工作台移动（X轴线）的垂直度。</p>	G8
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>1000测量长度内为0.03</p>	
<p>检验工具</p> <p>平尺、指示器和方规；或光学测量仪器。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421. 1—2023 中 10. 3. 2. 1~10. 3. 2. 4 的规定)</p> <p>主轴滑枕在Z轴线行程的中间位置锁紧。</p> <p>指示器固定在主轴头上。平尺平行<sup>a</sup>于X轴线放置在工作台上。</p> <p>将方规的一边紧贴平尺放置，并使指示器测头触及方规的另一边。沿测量长度<sup>b</sup>（Y轴线）移动滑板。</p> <p>至少在5个等距离的位置测取读数，并记录读数的最大差值。</p> <p>为使测量更精确，回转180°，重复上述检验。</p> <p>计算每个测点读数的平均值，误差以最大差值计。</p> <p>如果工作台面宽度超过2000mm，应沿工作台面宽度在不同位置处重复检验。</p>	
<p><sup>a</sup> 平行是指指示器在平尺的两端读数相等。在此情况下检测，指示器读数的最大差值即为直线度偏差。</p> <p><sup>b</sup> 测量长度通常指两立柱之间的长度（并不是整个横梁的长度）。在某些情况下，可由供货方（制造商）和用户协商规定。</p>	

<p>检验项目</p> <p>滑枕垂直移动（Z轴线）对</p> <p>a) 工作台移动（X轴线）的垂直度；</p> <p>b) 滑板水平移动（Y轴线）的垂直度。</p>	G9
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>a) 和b)</p> <p>300测量长度上为0.02</p>	
<p>检验工具</p> <p>直角尺、平尺、可调量块和指示器；或光学测量仪器。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421. 1—2023 中 10. 3. 2. 1~10. 3. 2. 4 的规定)</p> <p>指示器固定在主轴头上。滑板（Y轴线）锁紧在横梁上。</p> <p>将平尺放置在工作台上：</p> <p>a) 平行于X轴线方向；</p> <p>b) 平行于Y轴线方向。</p> <p>将直角尺放置在平尺上。</p> <p>使指示器测头沿X轴方向触及平尺检验面。调整平尺，使指示器在平尺两端的读数相等。沿Z轴线方向移动滑枕，在至少5个等距离的位置测取指示器读数。</p> <p>为使测量更精确，将直角尺翻转180°，重复上述检验。</p> <p>误差以每个测点两次测量读数差之半的最大值与测量距离之比计。</p> <p>a)、b)误差分别计算。</p> <p>如果工作台面宽度超过2000mm，主轴头可在横梁的中间位置和两极限位置进行检验。</p>	

<p>检验项目</p> <p>工作台面对：</p> <p>a) 工作台移动（<math>X</math>轴线）的平行度；</p> <p>b) 滑板水平移动（<math>Z</math>轴线）的平行度。</p>	G10
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>a) 和 b)</p> <p>2000 测量长度内为0.02；</p> <p>测量长度每增加1000，公差增加0.005；</p> <p>最大公差0.05</p>	
<p>检验工具</p> <p>指示器、量块。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421.1—2023 中 12.3.2.4、12.3.2.5 和 12.3.2.5.1 的规定)</p> <p>在主轴上或在主轴头上靠近主轴处固定指示器，使其测头垂直触及工作台面或量块表面。</p> <p>a) 滑板在行程的中间位置锁紧，主轴头位于 <math>Z</math> 轴线行程的中间位置。沿 <math>X</math> 轴线方向移动工作台，测取读数。记录指示器读数的最大差值。</p> <p>将滑板置于与中间位置对称的其他两个位置（即靠近工作台两侧边缘处）重复上述检验。</p> <p>平行度误差以三个最大差值中的最大值计。</p> <p>b) 滑板在行程的中间位置锁紧，工作台位于 <math>X</math> 轴线行程的中间位置。沿 <math>Z</math> 轴线方向移动主轴头，测取读数。记录指示器读数的最大差值。</p> <p>将工作台置于与中间位置对称的其他两个位置重复上述检验。</p> <p>平行度误差以三个最大差值中的最大值计。</p> <p>注：上述规定的公差适用于装配后精加工的工作台。否则，公差应由供货方（制造商）和用户协商规定。</p>	



<p>检验项目</p> <p>中央或基准T形槽对工作台移动（<math>X</math>轴线）的平行度。</p>	G11
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>2000 测量长度内为0.03；          测量长度每增加1000, 公差 增加0.01；          最大公差0.10；          局部公差：在任意1000测量 长度上为0.02</p>	
<p>检验工具</p> <p>指示器、T形角尺。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T17421. 1—2023 中 12. 3. 2. 5. 1 的规定)</p> <p>将指示器放置在机床的固定部件上，使其测头触及基准T形槽测量面或T形角尺检验面。</p> <p>沿<math>X</math>轴线方向移动工作台在全行程上进行检验，并记录指示器读数。</p> <p>误差以指示器读数的最大差值计。</p> <p>局部误差以任意局部测量长度上指示器读数的最大差值计。</p> <p>基准T形槽的两个侧面均应检验。</p>	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/595112040201012003>