

T/SDMTGM

山东机床通用机械工业协会团体标准

T/SDMTGM 0017—2024

卧式双主轴车铣复合加工中心 精度检验

Turning-milling machining centers with dual horizontal work holding spindle
—Testing of accuracy

2024 – 12 – 11 发布

2024 – 12 – 11 实施

山东机床通用机械工业协会 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 2

5 几何精度检验 3

6 定位精度检验 21

7 圆偏差精度检验 23

8 工作精度检验 24

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。本文本的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东机床通用机械工业协会提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：清岱福兴工业科技集团有限公司、滕州市山东大汉智能科技有限公司、山东金精智能制造有限公司。

本文件主要起草人：黄传清、黄家坤、刘立全、刘近国、周兴胜、孙文玉、杨彬、张扩堂、张强、花文青、李红波、李杨、王云鹏。

卧式双主轴车铣复合加工中心 精度检验

1 范围

本文件规定了卧式双主轴车铣复合加工中心的一般要求以及几何精度、定位精度、圆偏差精度和工作精度的检验方法及其允差。

本文件适用于床身上最大回转直径小于等于1000 mm的卧式双主轴车铣复合加工中心（以下简称“机床”）的精度检验，线性轴线行程大于2000 mm的卧式双主轴车铣复合加工中心参照使用。

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。

- GB/T 1958—2017 产品几何技术规范（GPS） 几何公差 检测与验证
- 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 17421.4—2016 机床检验通则 第4部分：数控机床的圆检验

3 术语和定义

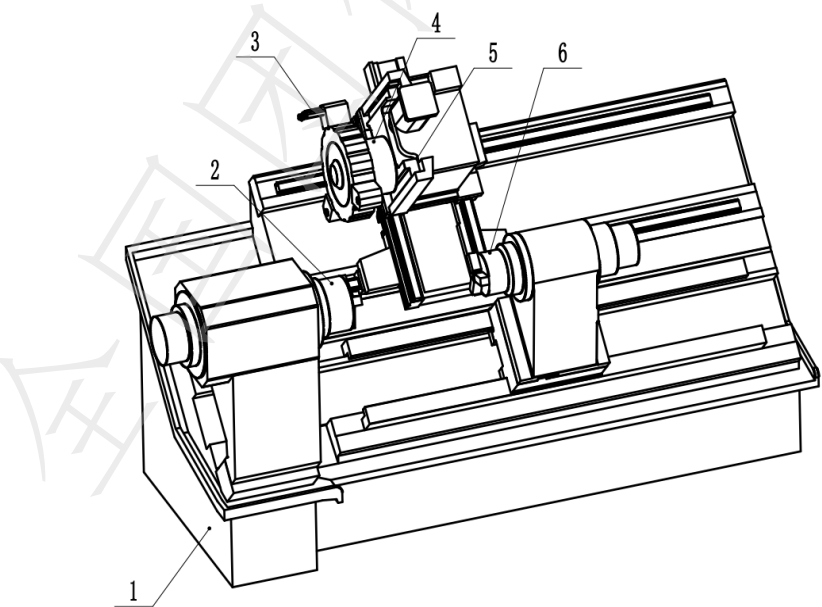
下列术语和定义适用于本文件。

3.1

卧式双主轴车铣复合加工中心 turning-milling machining centers with dual horizontal work holding spindle

具有双主轴（工件主轴、工件副主轴）和刀具主轴，并带有自动换刀装置的，工件一次装夹能完成车、铣、钻、镗、攻螺纹等，并能同时车、铣的复合加工卧式数控机床。

注：卧式双主轴车铣复合加工中心见图1。



- 标引序号说明：
- 1——床身；
 - 2——工件主轴（C轴）；
 - 3——刀具主轴；
 - 4——动力刀塔；
 - 5——Y轴；
 - 6——工件副主轴（C' 轴）。

图1 卧式双主轴车铣复合加工中心结构示意图

4 一般要求

4.1 测量单位

本文件中所有的线性尺寸、偏差和相应的允差以毫米(mm)为单位；角度尺寸以度(°)为单位；角度偏差及相应的允差用比值表示，微弧度(μrad)或角秒(")按公式(1)换算：

$$0.010/1000=10\ \mu\text{rad}\approx 2'' \dots\dots\dots (1)$$

4.2 参考标准

使用本文件时参照GB/T 17421.1—2023和GB/T 17421.2—2023，尤其是机床检验前的安装、主轴和其他运动部件的温升、检验方法的说明和结果的评定及表示。

4.3 机床调平

在机床进行检验之前，宜按GB/T 17421.1—2023中6.1.1和6.1.2的规定对机床进行调平。

4.4 检验工具

本文件所列出的检验工具仅为示例。也可使用测量等级相同和至少具有相同精度的其他检验工具。指示器应具有0.001 mm或更高的分辨率。

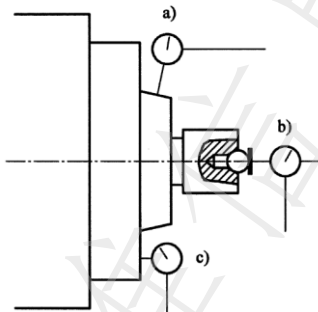
4.5 最小允差

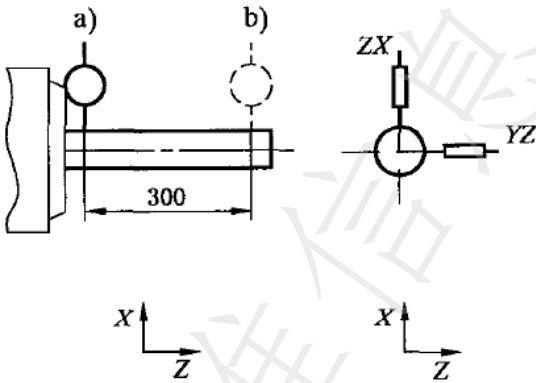
当实测长度与本文件规定的长度不同时，允差应根据GB/T 17421.1—2023中的规定按能够测量的长度折算，折算结果若小于0.005 mm时，仍按0.005 mm计。

4.6 非检验轴线

在一个运动轴线上进行几何精度检验时，其他非检验状态的轴线位置可能影响检验结果，因此这些轴线的位置与刀具、工件的偏移均应在检验结果中予以说明。

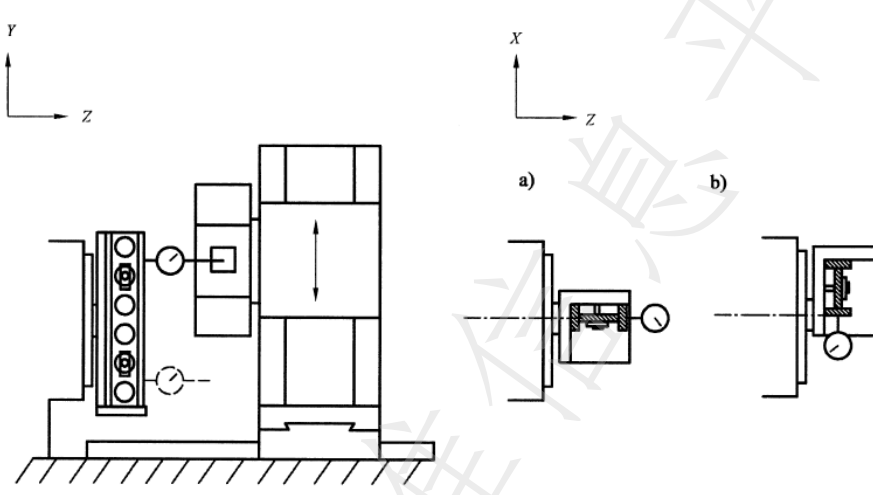
5 几何精度检验

检验项目	G1												
工件主轴端部： a) 定心轴颈的径向跳动； b) 主轴轴向误差运动； c) 主轴端面的跳动。													
简图													
													
允差													
<table><tr><td>$D \leq 250$</td><td>$250 < D \leq 500$</td><td>$500 < D \leq 1000$</td></tr><tr><td>a) 0.005</td><td>0.008</td><td>0.012</td></tr><tr><td>b) 0.005</td><td>0.005</td><td>0.005</td></tr><tr><td>c) 0.008</td><td>0.010</td><td>0.015</td></tr></table> D为床身上最大回转直径		$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$	a) 0.005	0.008	0.012	b) 0.005	0.005	0.005	c) 0.008	0.010	0.015
$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$											
a) 0.005	0.008	0.012											
b) 0.005	0.005	0.005											
c) 0.008	0.010	0.015											
检验工具													
指示器和钢球													
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)													
轴向力F的大小由供货商规定，如果使用预加载荷轴承，则不必对主轴施加力。													
a) 3.9.7。当表面为圆锥面时，指示器的测头应垂直于圆锥表面。													
b) 3.5.5。													
c) 12.5.2。应在最大直径上检测。													
每个工件主轴均应检验。													
主轴旋转采用数控装置控制。													
误差以指示器读数的最大差值计。													

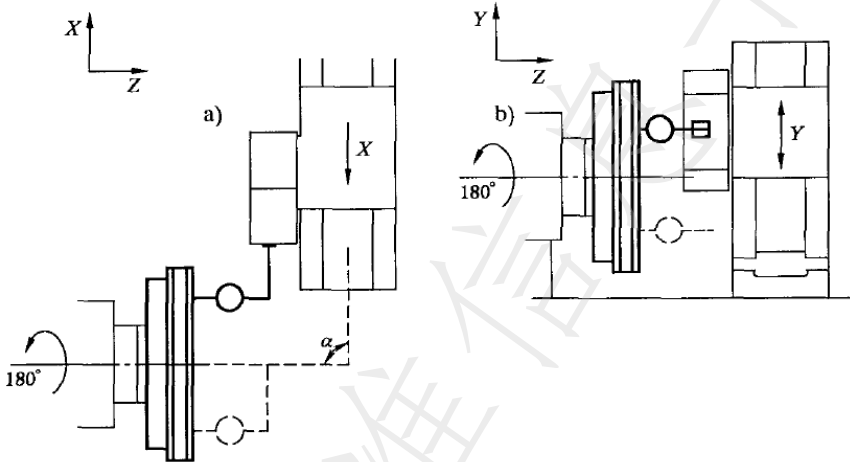
检验项目		G2
工件主轴锥孔的径向跳动： a) 靠近主轴端面； b) 距主轴端面300 mm处。		
简图		
		
允差		
在300测量长度上或全行程上（全行程≤300）		
D≤250	250<D≤500	500<D≤1000
a) 0.006	0.008	0.012
b) 0.012	0.016	0.022
检验工具		
指示器和检验棒		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)		
检验应在ZX平面和YZ平面内进行。		
检验时将主轴缓慢旋转，在每个检验位置应至少转动两整圈进行检验。		
拔出检验棒，使其相对主轴旋转90° 重新插入，至少重复检验四次，误差以四次测量结果的平均值计。		
每个工件主轴均应检测。		
主轴旋转采用数控装置控制。		

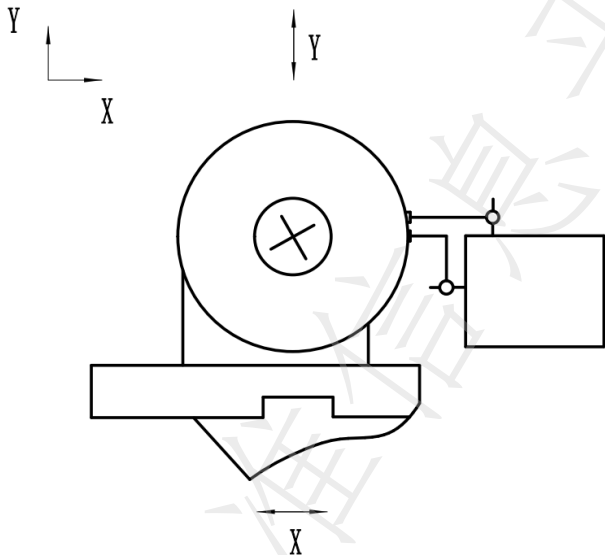
检验项目		G3
Z轴运动(床鞍运动)的角度偏差： a) 在YZ平面内(俯仰)； b) 在XY平面内(倾斜)。		
简图		
允差		a) 和 b) 0.040/1000
检验工具		指示器、检验棒和专用桥板
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		倾斜床身被检面和水平面有一个角度，应用一个专用桥板和精密水平仪进行b)项检验。 应在往复两个运动方向上沿行程至少五个等距位置上进行检验。最大和最小读数之差即为角度偏差。 当使用精密水平仪检验时，精密水平仪每移动一个位置时，其读数都应基准水平仪的读数进行比较，并记录差值。角度偏差以水平仪在五个位置读数(每个位置的读数是指精密水平仪与基准水平仪之间的差值)的最大与最小之差计。

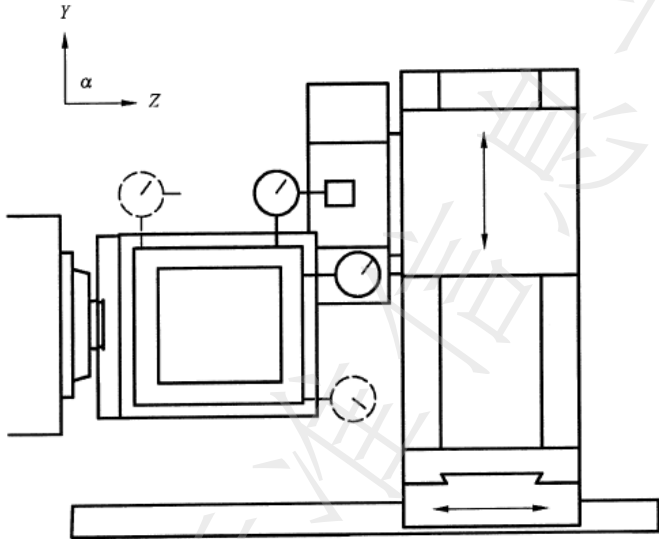
检验项目		G4
X轴运动(滑板运动)的角度偏差: a) 在YZ平面内(俯仰); b) 在XY平面内(倾斜)。		
简图		
允差		a) 和 b) 0.040/1000
检验工具		指示器和检验棒
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		倾斜床身被检面和水平面有一个角度, 使用一个专用桥板和精密水平仪进行b)项检验。 应在往复两个运动方向上沿行程至少五个等距位置上进行检验。最大和最小读数之差即为角度偏差。 当使用精密水平仪检验时, 精密水平仪每移动一个位置时, 其读数都应与基准水平仪的读数进行比较, 并记录差值。角度偏差以水平仪在五个位置读数(每个位置的读数是指精密水平仪与基准水平仪之间的差值)的最大与最小之差计。

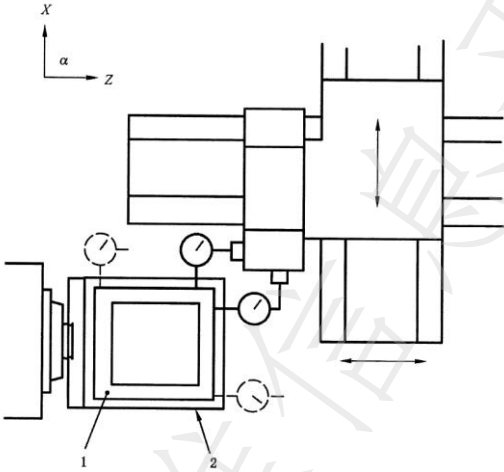
检验项目 Y轴运动的直线度（含插补Y轴） a) 在YZ平面内； b) 在XY平面内。		G5
简图 		
允差 a) 和 b) 0.010		
检验工具 指示器和平尺		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定) 如果主轴用于安装平尺时，主轴应锁紧。 调整平尺端面与Y轴运动平行。 平尺的测量平面应在主轴中心线高度处。		

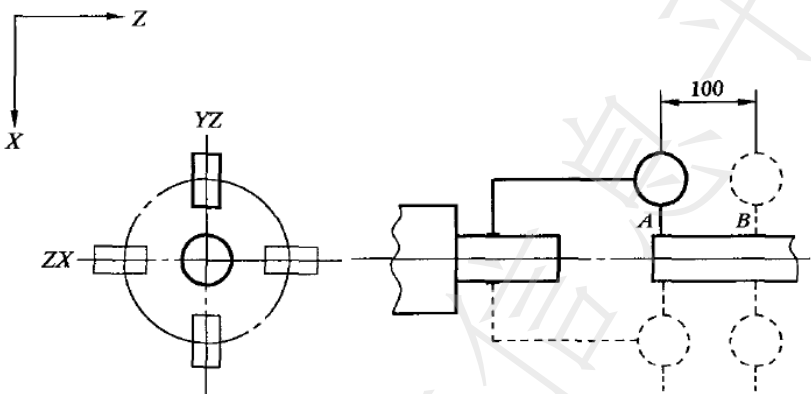
检验项目		G6
Z轴运动对工件主轴轴线的平行度		
a) 在ZX平面内；		
b) 在YZ平面内。		
简图		
允差		
在300测量长度上或全行程上（全行程≤300）		
a) 0.012		
b) 0.010		
检验工具		
指示器和检验棒		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		
旋转主轴至径向跳动的平均位置，然后在Z轴方向上移动床鞍检验，误差以指示器读数的最大差计。		
每个工件主轴均应检验。		

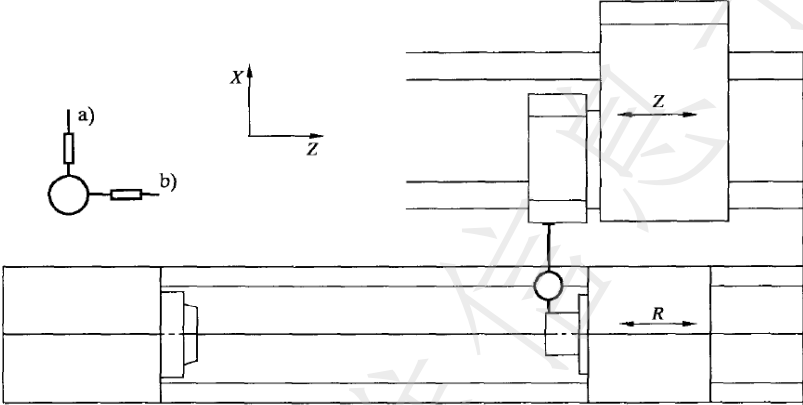
检验项目	G7						
主轴轴线对： a) X轴轴线在ZX平面内运动的垂直度； b) Y轴轴线在YZ平面内运动的垂直度。							
简图							
							
允差 在300测量长度上或全行程上（全行程≤300）（ $\alpha \geq 90^\circ$ ） <table><tr><td>$D \leq 500$</td><td>$500 < D \leq 1000$</td></tr><tr><td>a) 0.012</td><td>0.015</td></tr><tr><td>b) 0.018</td><td>0.018</td></tr></table>		$D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$	a) 0.012	0.015	b) 0.018	0.018
$D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$						
a) 0.012	0.015						
b) 0.018	0.018						
检验工具 指示器、花盘和平尺							
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定) 将指示器固定在靠近刀具的位置。 将平尺固定在花盘上，花盘安装在主轴上。 旋转主轴，使平尺的端面与主轴(C轴)旋转平面平行并近似与X(Y)轴线平行。 应在X(Y)轴线运动的若干位置上进行测量，然后将主轴回转180° 进行第二次测量。误差以两次测量读数最大差的平均值计。除非用户与供货方(或制造厂)之间有特殊协议，否则a)项检验产生的平面只允许凹。 每个工件主轴均应检验。							

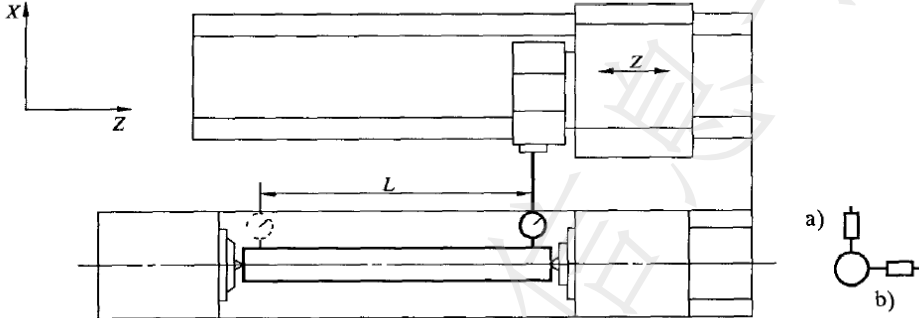
检验项目 Y轴运动对X轴运动的垂直度		G8
简图 		
允差 0.015/300		
检验工具 指示器、直角尺和专用夹具		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定) 放置直角尺或方箱，使其基准面与X轴线运动平行。 移动指示器，使其测头触及方箱或直角尺的垂直面。 移动Y轴在水平面内进行检验。 误差以测量范围内最大读数差值计。		

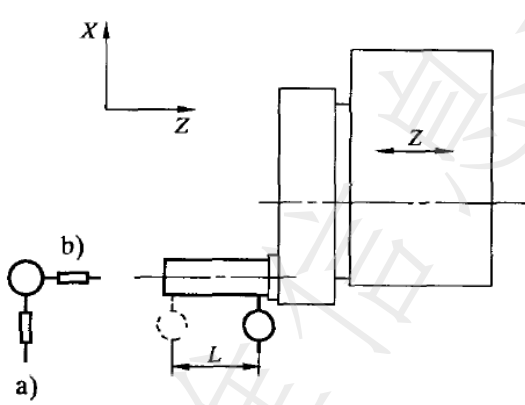
检验项目	
Y轴运动对Z轴运动的垂直度	
G9	
简图	
	
允差	
0.015/300	
检验工具	
指示器、直角尺和专用夹具	
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)	
指示器固定在刀架上靠近刀具位置。 将直角尺放置在工件主轴上,并使其基准面与Z轴运动平行。 移动指示器,使其测头触及直角尺的测量面,测量面平行于XY平面。 通过Y轴运动在垂直面内进行检验。 垂直度误差以测量长度上读数的最大差值计, α 角的实际值(小于、等于或大于90°)应予以说明。	

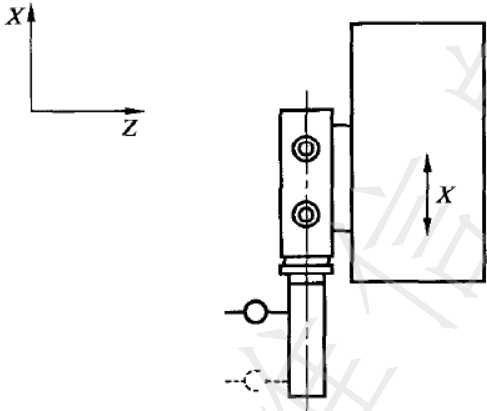
检验项目 X轴运动对Z轴运动的垂直度		G10
简图  标引序号说明： 1——直角尺； 2——专用夹具。		
允差 0.015/300		
检验工具 指示器、直角尺和专用夹具		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定) 指示器固定在刀架上靠近刀具位置，将直角尺放置在工件主轴上，并使其基准面与Z轴运动平行。 移动指示器，使其测头触及直角尺的测量面，测量面平行于XY平面通过X轴运动在垂直面内进行检验。 垂直度误差以测量长度上读数的最大差值计，α角的实际值(小于、等于或大于90°)应予以说明。		

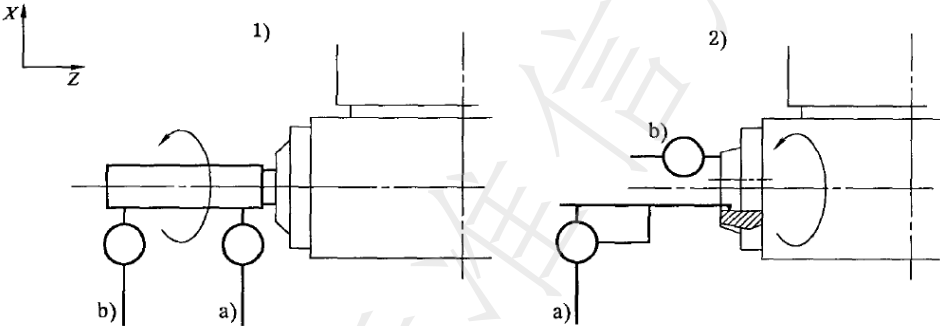
检验项目		G11				
工件主轴与工件副主轴之间的偏移量： a) 在ZX平面内； b) 在YZ平面内。						
简图						
						
允差						
在100测量范围内： <table><tr><td>$D \leq 250$</td><td>$D > 250$</td></tr><tr><td>a) 和b) 0.010</td><td>0.015</td></tr></table>			$D \leq 250$	$D > 250$	a) 和b) 0.010	0.015
$D \leq 250$	$D > 250$					
a) 和b) 0.010	0.015					
检验工具						
指示器和检验棒						
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)						
将指示器装在一支架上并固定在工件主轴上，检验棒插入工件副主轴内。						
旋转工件主轴，使指示器位于ZX（YZ）平面内，并使指示器测头在距离工件副主轴端部100 mm处(A点位置)触及检验棒。旋转工件副主轴找出径向跳动的平均位置测取读数。然后将工件主轴旋转180° 得到第二个读数，在B点位置重复上述测量。						
在ZX和YZ两个平面内的A和B位置，两轴偏移量误差以0° 和180° 所测取读数差值的1/2计。						

检验项目		G12
工件副主轴运动对床鞍Z轴运动的距离的一致性：		
a) 在ZX平面内；		
b) 在YZ平面内。		
简图		
		
允差		
	$Z \leq 1000$	$1000 < Z \leq 2000$
a)	0.020	0.030
b)	0.030	0.050
检验工具		
指示器		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)		
将指示器固定在刀架上，使其测头触及副主轴，同时移动床鞍Z轴和副主轴，并记录指示器的读数。		
应在往复两个运动方向上沿行程至少五个等距位置上进行检验。误差为最大与最小读数差值。		

检验项目		G13									
Z轴运动对车削轴线的平行度											
a) 在ZX平面内；											
b) 在YZ平面内。											
注：车削轴线即为两顶尖之间轴线。											
简图											
											
允差											
<table><thead><tr><th></th><th>检验棒长度≤500</th><th>500<检验棒长度≤1000</th></tr></thead><tbody><tr><td>a)</td><td>0.010</td><td>0.015</td></tr><tr><td>b)</td><td>0.020</td><td>0.030</td></tr></tbody></table>				检验棒长度≤500	500<检验棒长度≤1000	a)	0.010	0.015	b)	0.020	0.030
	检验棒长度≤500	500<检验棒长度≤1000									
a)	0.010	0.015									
b)	0.020	0.030									
检验工具											
指示器和检验棒											
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)											
将指示器固定在刀架上，使其测头分别在ZX和YZ平面内触及检验棒，											
沿着切削轴线在检验棒的若干个位置上测量，所有测量点的最大与最小读数差即为平行度误差。											
当两顶尖之间的距离大于1000 mm时，在1000 mm以内检验。											

检验项目		G14
刀架工具安装孔轴线（或动力刀架刀具主轴轴线）对Z轴线运动的平行度		
a) 在ZX平面内；		
b) 在YZ平面内。		
注：此项适用于刀架工具安装孔轴线（或动力刀架刀具主轴轴线）与Z轴运动轴线平行的刀架		
简图		
		
允差		
L=100		
a) 和 b) 0.020		
检验工具		
指示器和检验棒		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		
将检验棒固定在刀架(或刀夹)工具安装孔内上，固定指示器使其测头分别在ZX、YZ平面内触及检验棒。		
每个工位均需检验。		
刀架应处在前部位置或尽可能地接近主轴。		

检验项目 刀架工具安装孔轴线（或动力刀架刀具主轴轴线）对X轴线运动的平行度 a) 在ZX平面内； b) 在XY平面内。 注：此项适用于工具安装孔轴线（或动力刀架刀具主轴轴线）与主轴轴线垂直的刀架		G15
简图 		
允差 L=100 a) 和 b) 0.020		
检验工具 指示器和检验棒		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定) 将检验棒固定在刀架(或刀夹)工具安装孔内上，固定指示器使其测头分别在ZX、XY平面内触及检验棒。 每个工位均需检验。 刀架应处在前部位置或尽可能地接近主轴。		

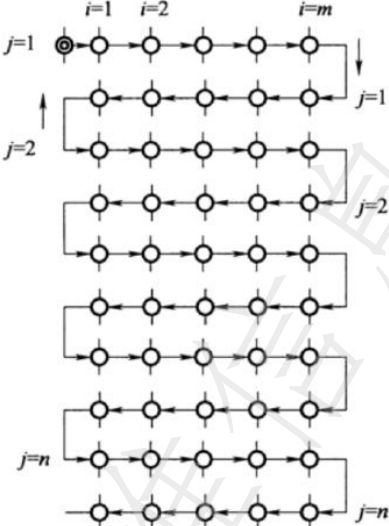
检验项目		G16
刀具主轴的径向跳动和端面跳动： 1) 内锥孔的径向跳动： a) 靠近主轴端部； b) 距主轴端部100处。 2) 圆柱孔： a) 主轴端部的径向跳动； b) 主轴端部的端面跳动。		
简图 		
允差 1) a) 0.010 b) 0.015 2) a) 和 b) 0.010		
检验工具 指示器和检验棒		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定) 在ZX和YZ面内检测。 应至少重复四次检验，每次都将检验棒相对主轴旋转90° 重新插入，取读数的平均值为测量结果 所有的主轴均应进行检验，并且在最大直径上测取读数。 2) 中的b) 项检验应尽可能在最大半径上进行检验。		

检验项目		G17
刀架转位的重复定位精度		
简图		
The diagram illustrates the test setup for tool rest repeatability positioning accuracy. It consists of two parts, 1) and 2). Part 1) is a top view showing the tool rest (a) and the tool (b) with a distance L between them. The Z-axis is indicated. Part 2) is a side view showing the tool rest (a) and the tool (b) with the X-axis indicated. A coordinate system with X and Z axes is also shown.		
允差		
L=100		
a) 和 b) 0.005		
检验工具		
指示器和检验棒		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)		
刀架位于行程的中间位置。在距刀架端面或刀具安装面处, 固定指示器使其测头在0和90° 触及检验棒, 记录刀架轴线位置和指示器的读数。 沿与检验棒轴线平行方向移开刀架指示器读数清零, 将刀架转位360°, 在自动循环状下, 将刀架移动到所记录的位置, 重新记录指示器的读数。 重复3次检验, 每次开始检验时都应将指示器读数复零。 应至少在刀架三个不同工位上进行检验。 偏差以3次测量结果中的最大差值计。		

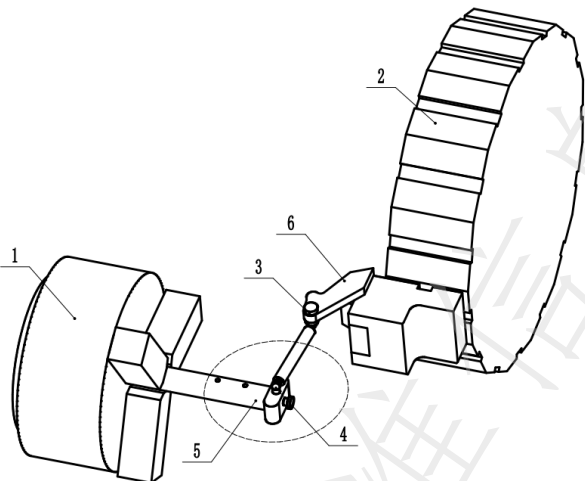
检验项目		G18
刀架转位的定位精度		
简图		
允差		0.030
检验工具		指示器
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)		
将指示器测头分别触及刀架或刀具主轴槽(a、b、c位置)或工具孔上，记录刀架轴线位置，并记录指示器的读数。移开刀架，指示器读数复零，将刀架转到下一工位，刀架轴线重新复位，记录指示器读数。 如果使用刀架工具安装基面，那么指示器测头还应触及f面进行检验。 每个工位重复三次检验，所有指示器读数的最大差值即为刀架转位的定位精度。		

6 定位精度检验

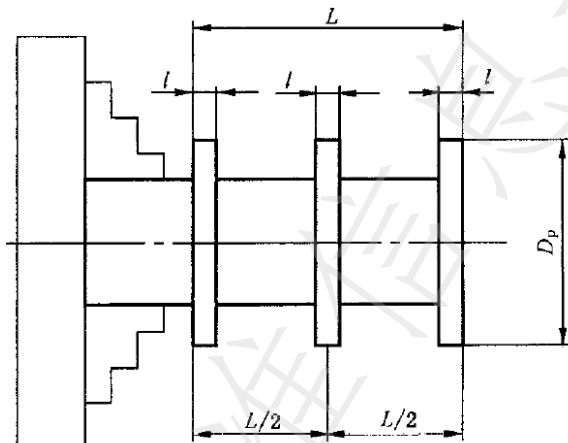
检验项目		G19			
线性轴线的定位精度					
简图					
允差					
轴线行程至2000 mm					
测量长度		≤500	>500~800	>800~1200	>1200~2000
定位精度 A		0.015	0.020	0.025	0.030
单向重复定位精度 R↑和 R↓		0.006	0.008	0.010	0.013
反向差值 B		0.010	0.010	0.012	0.012
单向定位系统偏差 E↑和 E↓		0.010	0.012	0.015	0.018
轴线行程超过2000 mm					
反向差值 B		0.012+ (轴线行程超过2000 mm, 测量长度每增加1000, 允差增加0.003)			
单向定位系统偏差 E↑和 E↓		0.018+ (轴线行程超过2000 mm, 测量长度每增加1000, 允差增加0.004)			
检验工具		激光干涉仪			
检验方法(按GB/T 17421.2—2023的规定)		非检测轴线上的运动部件置于其行程的中间位置。 每个线性轴线均应检验。			

检验项目		G20
回转轴线的定位精度		
简图		
		
允差		
定位精度 A		45″
单向重复定位精度 R↑和 R↓		20″
反向差值 B		20″
单向定位系统偏差 E↑和 E↓		22″
检验工具		
激光干涉仪		
检验方法(按GB/T 17421.2—2023的规定)		
测量行程小于360° 时，主要位置0° 、90° 、180° 和270° 应包括在内。每个目标位置在每个方向上应测量5次。		

7 圆偏差精度检验

检验项目	
圆偏差	
G21	
简图	
 标引序号说明： 1引序卡盘； 2盘序刀塔； 3塔序球碗螺钉和磁性球碗； 4碗螺中心球连接件； 5主轴芯棒组件； 6轴芯车床刀臂组件。	
允差	
球杆仪半径50 mm，进给速度1000 mm/min 圆偏差≤0.025	
检验工具	
球杆仪	
检验方法(按GB/T 17421.4—2016的规定)	
在行程允许的情况下，在XY、YZ、ZX三个平面360° 范围内检验顺时针和逆时针轮廓运动的圆偏差。	

8 工作精度检验

检验项目		G22	
车削圆柱试件：			
a) 圆度；			
b) 加工直径的一致性。			
简图			
			
允差			
	$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$
a)	0.005	0.005	0.005
b)	0.010	0.015	0.020
检验工具			
三坐标测量机			
检验方法(按GB/T 1958—2017的规定)			
材料：45#钢，外圆车刀			
$L=0.8 \times d$ （公称卡盘直径），或 $0.66 \times$ 最大车削长度（Z轴行程）中的较小值； $D_{\text{min}}=0.3 \times L$ 。			
对于b)项检验仅对在同一平面的环带上读数，相邻环带间的读数不应超过允差的75%。机床轴坐标应予以记录。			

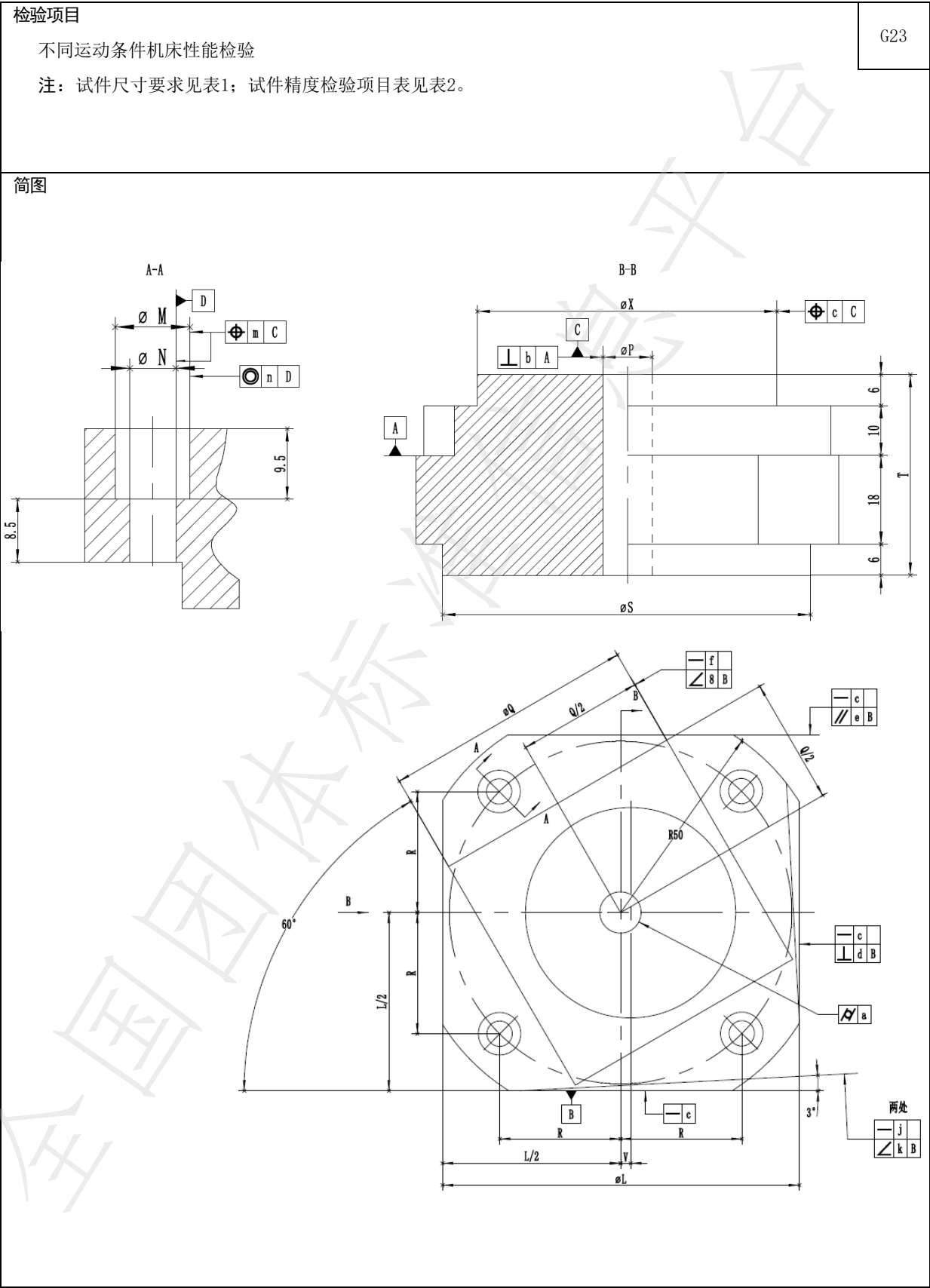


表1 试件尺寸要求

单位为毫米

尺寸代号	小试件	中试件	大试件
L	85	160	320
M	10	28	45
N	6	26	43
P	10	30	50
Q	60	110	220
R	29	52	100
S	74	110	240
T	40	50	80
V	2.5	5	9
X	60	96	202

加工要求:

材料: 铝棒

试件的最终形状应由下列加工形成。

试件可使用 C 轴和 X 轴或 X 轴和 Y 轴来加工。如试件用主轴插补和一线性轴(例 X 轴和 C 轴)来加工, 则其他任何线性轴(如 Y 轴)不应参与动作, 如果试件用两个有足够行程的线性轴(如 X 和 Y 轴)来加工, 则夹持试件的主轴不得参与动作。

上述两种加工选择都需要坐标轴同步动作, 类似加工 3° 斜面的机床动作, 加工时使用的坐标轴在检验报告中予以注明。

a) 加工边长为 L 的外正方形。

b) 镗四个 ϕN 孔 L 和 M 沉孔, ϕN 孔应从定位轴的正方向进行加工, ϕM 孔应由负方向进行加工, 这些镗孔的定位尺寸为 R(R 是以中心为基准的尺寸)。

c) 镗位于试件中心的通孔 ϕP 。

d) 用 X 轴和 Y 轴两轴插补加工边长为 Q 的菱形(相对于正方形倾斜 60°)。

e) 在菱形上面的圆高为 6 mm, 其中心在 X 轴方向上与中心镗孔 ϕP 偏心尺寸为 V。

该圆可通过 C 轴回转, 用端面外圆铣刀的方式加工, 此时 X 轴对试件做进给, C 轴回转 180° , 然后, X 轴以相同的进给率反向运动, C 轴完成 360° 回转, X 轴的运动完成了对 C 轴回转中心偏心为 V 的圆加工。

f) 通过两轴插补完成在正方形两边上角度为 3° 且深度为 6 mm 的斜面加工。

表2 试件精度检验项目表

单位为毫米

允差代号	项目	参考允差			检验工具
		L=85	L=160	L=320	
	中心孔				
a	中心孔圆柱度	0.01	0.01	0.015	三坐标测量机
b	孔轴线对基准 A 的垂直度	0.01	0.01	0.015	三坐标测量机
	正方形 LxL				
c	各边的直线度	0.03	0.03	0.04	三坐标测量机或平尺和指示器
d	临边对基准 B 的垂直度	0.03	0.03	0.06	三坐标测量机或平尺和指示器
e	对边对基准 B 的平行的度	0.03	0.03	0.06	三坐标测量机或平尺和指示器
	菱形				
f	各边的直线度	0.03	0.03	0.04	三坐标测量机或平尺和指示器
g	60° 角对基准 B 的倾斜度	0.03	0.03	0.06	三坐标测量机
	圆				
h	圆度	0.03	0.03	0.04	三坐标测量机或指示器
i	外圆对基准 C 的位置度	0.04	0.04	0.05	三坐标测量机
	斜面				
j	斜面的直线度	0.03	0.03	0.04	三坐标测量机或平尺和指示器
k	斜面对基准 B 的倾斜度	0.03	0.03	0.06	三坐标测量机
	镗孔				
m	孔对基准 C 的位置度	0.045	0.045	0.045	三坐标测量机
n	外孔对内孔的同轴度	0.02	0.02	0.02	三坐标测量机
检验方法 (按GB/T 1958—2017的规定) 注1: 如果可能, 将试件放在三坐标测量机上进行测量。 注2: 对于直边(或正正方形、菱形和斜面)的检验, 为得到直线度、垂直度和平行度的偏差, 测头至少在10个点处触及被测表面。 对于圆度(或圆柱度)检验, 当测量为非连续性时, 则至少检查15个点(圆柱度在每个测量平面内)。建议圆度检验最好采用连续测量。					