

T/SDMTGM

山东机床通用机械工业协会团体标准

T/SDMTGM XXXX—XXXX

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

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 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 机床结构 1

5 一般要求 2

6 几何精度检验 3

7 定位精度检验 21

8 圆弧插补精度检验 23

9 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、周兴胜、刘成、孙文玉、杨彬、张扩堂、张强、赵衡。

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几何精度、定位精度、圆弧插补精度、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至600 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。线性轴线行程超过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。

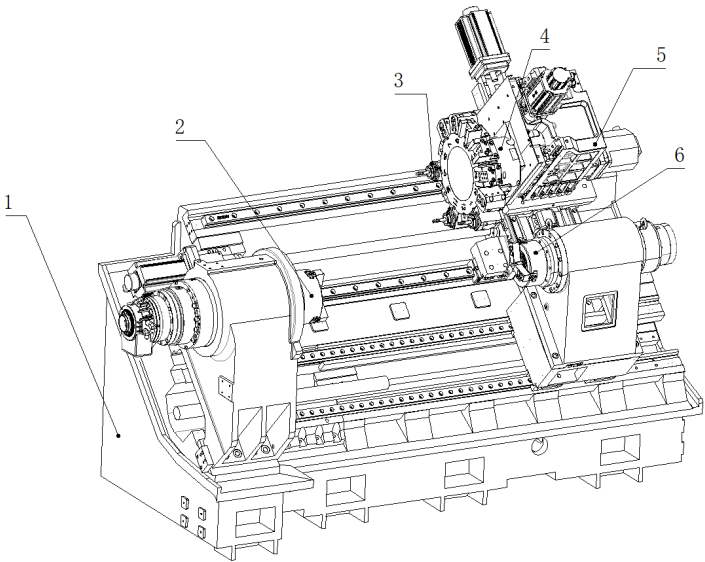
- GB/T 17421.1—2023 机床检验通则 第1部分：在无负荷或准静态条件下机床的几何精度
- GB/T 17421.2—2023 机床检验通则 第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定
- GB/T 17421.4—2016 机床检验通则 第4部分：数控机床的圆检验

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 机床结构

机床结构示意图见图1。



- 标引序号说明：
- 1——床身
 - 2——主轴（C轴）
 - 3——刀具主轴
 - 4——动力刀塔
 - 5——Y轴
 - 6——副主轴（B轴）

图1 结构示意图

5 一般要求

5.1 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，但在某些情况下为明确起见，使用微弧度(μrad)或角秒(")表示，按公式(1)换算：

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

5.2 参考标准

使用本文件时应参照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升温、检验方法的说明和结果的评定及表示。

5.3 机床调平

在对机床进行检验之前，宜对机床进行调平(按GB/T 17421.1—2023中6.1.1和6.1.2的规定)。

5.4 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。

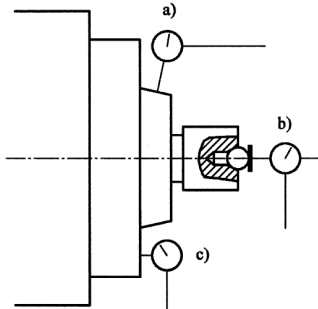
5.5 最小允差

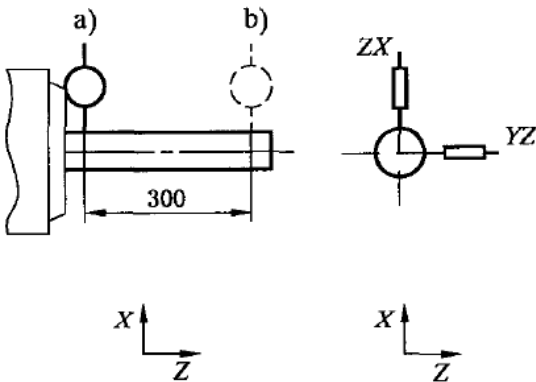
当实测长度与本文件规定的长度不同时，允差应根据GB/T 17421.1—2023中的规定按能够测量的长度折算，折算结果若小于0.005 mm时，仍按0.005 mm计。

5.6 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的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。

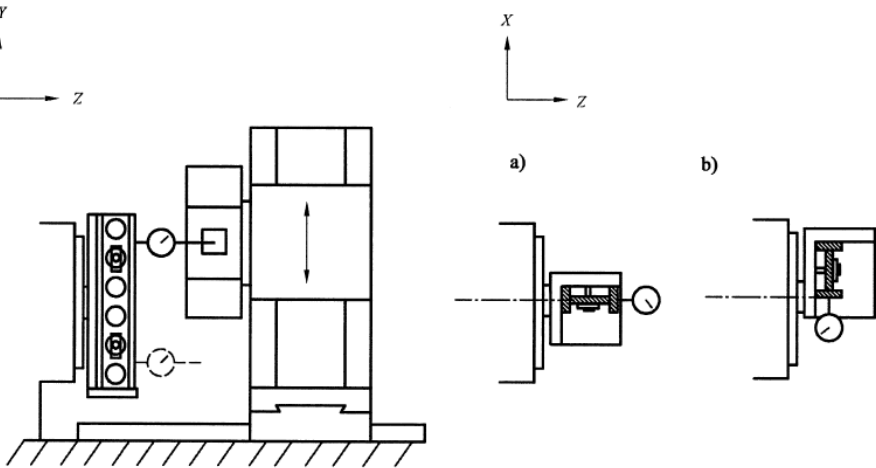
6 几何精度检验

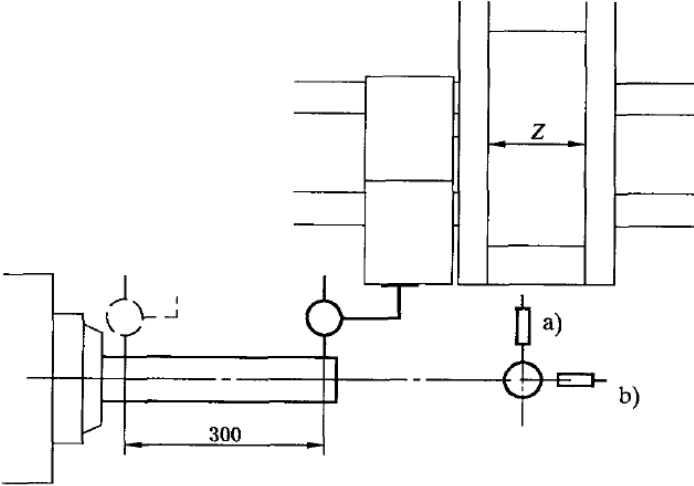
检验项目		G1
车主轴端部： a) 定心轴颈的径向跳动； b) 主轴轴向的误差运动； c) 主轴端面跳动。		
简 图		
		
允差		
D≤250	250<D≤500	500<D≤1000
a) 0.005	0.008	0.012
b) 0.005	0.005	0.005
c) 0.008	0.010	0.015
D为床身上最大回转直径		
检验工具		
指示器、钢球		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)		
轴向力F的大小由供货商规定，如果使用预加载荷轴承，则不必对主轴施加力。		
a) 3.9.7。当表面为圆锥面时，指示器的测头应垂直于圆锥表面。		
b) 3.5.5。		
c) 12.5.2。应在最大直径上检测。		
每个车主轴均应检验。		
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。		

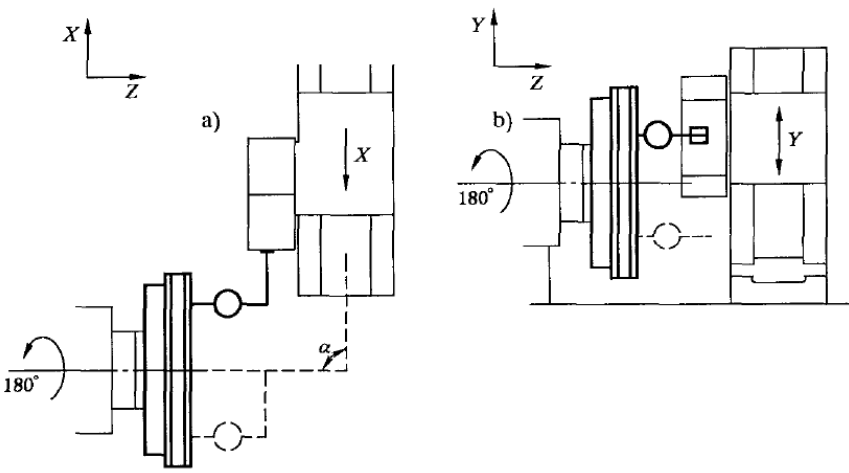
检验项目		G2									
主轴锥孔的径向跳动： a) 靠近主轴端面； b) 距主轴端面300 mm处。											
简图											
											
允差 在300测量长度上或全行程上（全行程≤300） <table><tr><th>D≤250</th><th>250<D≤500</th><th>500<D≤1000</th></tr><tr><td>a) 0.006</td><td>0.008</td><td>0.012</td></tr><tr><td>b) 0.015</td><td>0.020</td><td>0.025</td></tr></table> D为床身上最大回转直径			D≤250	250<D≤500	500<D≤1000	a) 0.006	0.008	0.012	b) 0.015	0.020	0.025
D≤250	250<D≤500	500<D≤1000									
a) 0.006	0.008	0.012									
b) 0.015	0.020	0.025									
检验工具 指示器、检验棒											
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定) 检验应在ZX主平面和YZ次平面内进行。 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。 每个主轴箱主轴均应检测。											

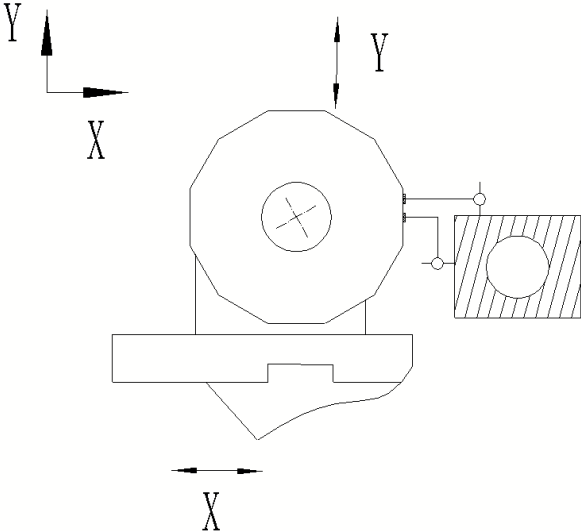
检验项目		G3	
Z轴运动(床鞍运动)的角度偏差:			
a)在YZ平面内(俯仰);			
b)在XY平面内(倾斜)。			
简图			
允差			
	$Z \leq 500$	$500 < Z \leq 1000$	$1000 < Z \leq 2000$
a)和b)	0.040/1000	0.060/1000	0.080/1000
检验工具			
指示器和检验棒			
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)			
对于倾斜床身,被检面和水平面有一个角度,当有可能水平放置水平仪时,可以使用一个专用桥板和精密水平仪进行b)项检验。 应在往复两个运动方向上沿行程至少五个等距位置上进行检验。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。			

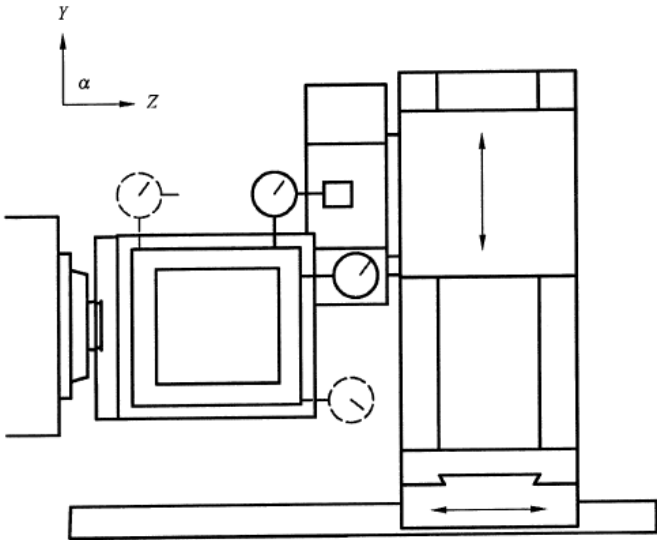
检验项目		G4	
X轴运动(滑板运动)的角度偏差:			
a)在YZ平面内(俯仰);			
b)在XY平面内(倾斜)。			
简图			
允差			
	$Z \leq 500$	$500 < Z \leq 1000$	$1000 < Z \leq 2000$
a)和b)	0.040/1000	0.060/1000	0.080/1000
检验工具			
指示器和检验棒			
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)			
对于倾斜床身,被检面和水平面有一个角度,当有可能水平放置水平仪时,可以使用一个专用桥板和精密水平仪进行b)项检验。 应在往复两个运动方向上沿行程至少五个等距位置上进行检验。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。			

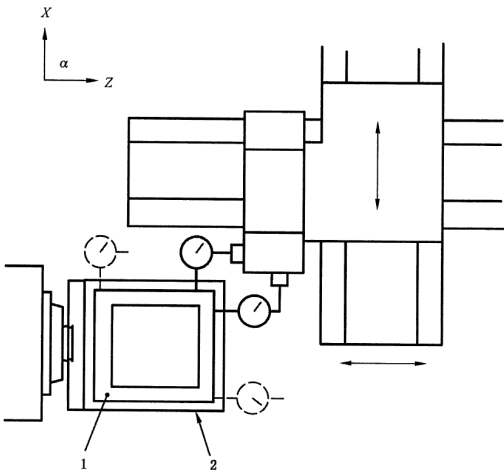
检验项目		G5	
Y轴运动得直线度（含插补Y轴）			
a) 在YZ平面内；			
b) 在XY平面内。			
简 图			
			
允差			
	$Y \leq 100$	$100 < Y \leq 200$	$200 < Y \leq 300$
a) 和b)	0.010	0.015	0.020
检验工具			
指示器和平尺			
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)			
如果主轴用于安装平尺时，主轴应锁紧。			
调整平尺端面与Y轴运动平行。			
平尺的测量平面应在主轴中心线高度处。			
检验应在Y轴运动的若干位置上进行。			

检验项目 Z轴运动对主轴轴线的平行度 a) 在ZX平面内; b) 在YZ平面内。		G6									
简图 											
允差 在300测量长度上或全行程上（全行程≤300） <table><tr><th>D≤250</th><th>250<D≤500</th><th>500<D≤1000</th></tr><tr><td>a) 0.010</td><td>0.015</td><td>0.020</td></tr><tr><td>b) 0.012</td><td>0.020</td><td>0.025</td></tr></table> D为床身上最大回转直径			D≤250	250<D≤500	500<D≤1000	a) 0.010	0.015	0.020	b) 0.012	0.020	0.025
D≤250	250<D≤500	500<D≤1000									
a) 0.010	0.015	0.020									
b) 0.012	0.020	0.025									
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。 每个主轴均应检验。											

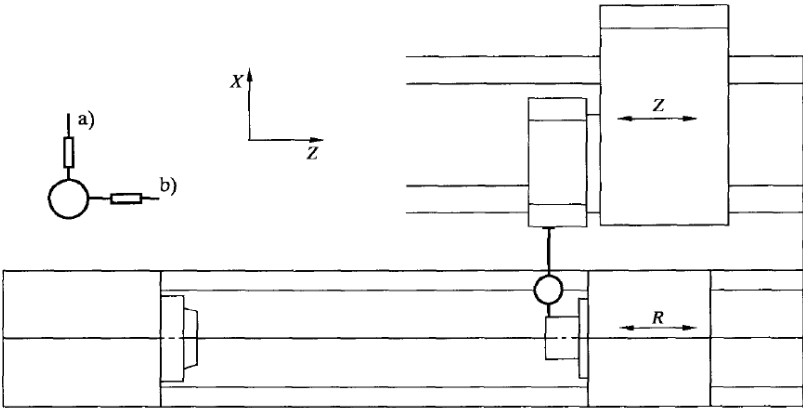
检验项目		G7
主轴(C轴)轴线对： a) X轴轴线在ZX平面内运动的垂直度； b) Y轴轴线在YZ平面内运动的垂直度。		
简图		
		
允差		
在300测量长度上或全行程上（全行程≤300）		
D≤250	250<D≤500	500<D≤1000
a) 0.012	0.015	0.020
b) 0.018	0.018	0.018
(α ≥ 90°)		
D为床身上最大回转直径		
检验工具		
指示器、花盘及平尺		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		
将指示器固定在靠近刀具的位置。		
将平尺固定在花盘上，花盘安装在主轴上。		
旋转主轴，使平尺的端面与主轴(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许凹。		
每个主轴箱主轴均应检验。对副主轴(B轴)轴线，不考核 α ≥ 90° 。		

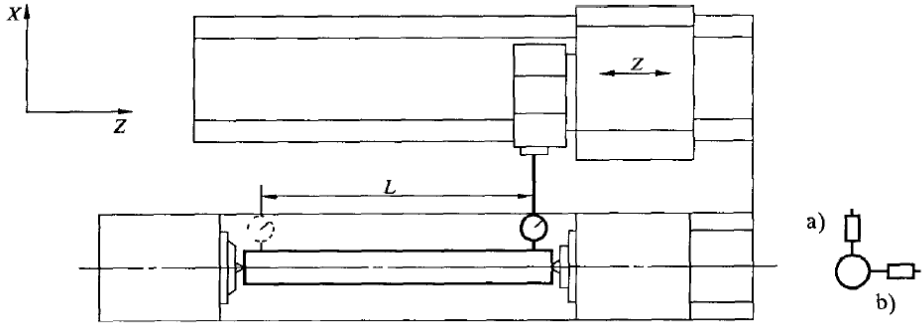
检验项目 Y轴运动对X轴运动的垂直度		G8
简 图 		
允差 0.015/300		
检验工具 指示器、直角尺和专用夹具		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定) 放置直角尺或方箱，使其基准面与X轴线运动平行。 移动指示器，使其测头触及方箱或直角尺的垂直面。 移动Y轴在水平面内进行检验。 误差以测量范围内最大读数差值计。		

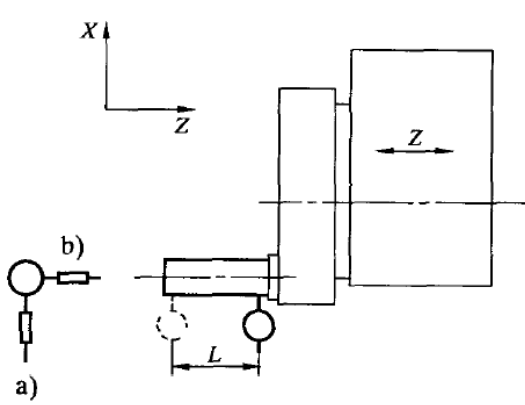
检验项目	
Y轴运动对Z轴运动的垂直度	
G9	
简图	
	
允差	
0.015/300	
检验工具	
指示器、直角尺和专用夹具	
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)	
指示器固定在刀架上靠近刀具位置。	
将直角尺放置在工件主轴上,并使其基准面与Z轴运动平行。	
移动指示器,使其测头触及直角尺的测量面,测量面平行于XY平面。	
通过Y轴运动在垂直面内进行检验。	
垂直度误差以测量长度上读数的最大差值计a角的实际值(小于、等于或大于90°)应予以说明。	
检验结果可以通过G6和G11的组合检验获得。	

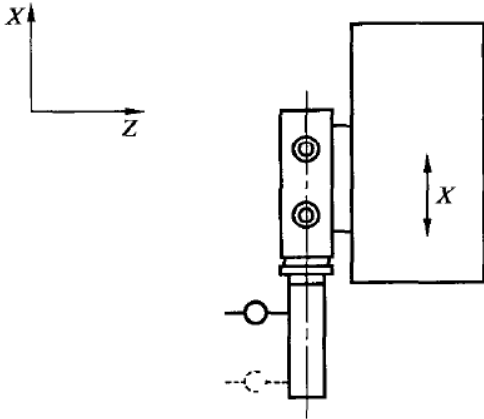
检验项目 X轴运动对Z轴运动的垂直度		G10
简图  标引序号说明： 1——直角尺 2——专用夹具		
允差 0.015/300		
检验工具 指示器、直角尺和专用夹具		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定) 指示器固定在刀架上靠近刀具位置，将直角尺放置在工件主轴上，并使其基准面与Z轴运动平行。 移动指示器，使其测头触及直角尺的测量面，测量面平行于XY平面通过X轴运动在垂直面内进行检验。 垂直度误差以测量长度上读数的最大差值计α角的实际值(小于、等于或大于90°)应予以说明。 检验结果可以通过G6和G10的组合检验获得。		

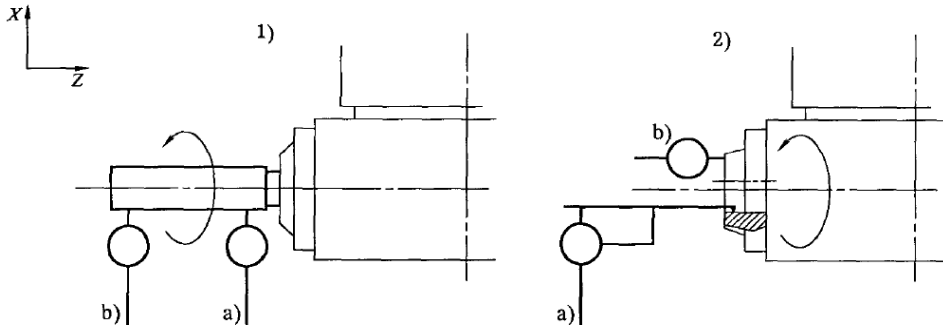
检验项目		G11
两主轴箱主轴的同轴度		
a) 在ZX平面内；		
b) 在YZ平面内。		
简 图		
允差		
在100测量范围内：		
$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$
a) 和b) 0.010	0.015	0.015
D为床身上最大回转直径		
检验工具		
指示器和检验棒		
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		
将指示器装在一支架上并固定在第一个主轴箱主轴上，检验棒插入第二个主轴箱主轴内。		
a) 旋转第一个主轴，使指示器位于ZX平面内，并使指示器测头在距离第二主轴端部100 mm处(A点位置)触及检验棒。旋转第二根主轴找出径向跳动的平均位置测取读数。然后将第一根主轴旋转180° 得到第二个读数，在B点位置重复上述测量。		
b) 在YZ平面内重复进行上述检验过程。		
在ZX和YZ两个平面内的A和B位置，同轴度误差以0° 和180° 所测取读数差值的1/2计。		

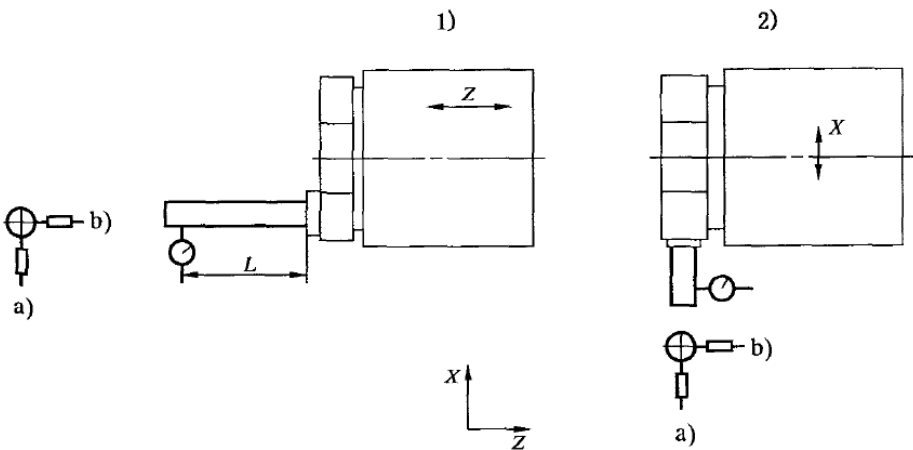
检验项目		G12
副主轴运动对床鞍Z轴运动的平行度： a) 在ZX平面内； b) 在YZ平面内。		
简图		
允差		$Z \leq 1000$, a) 0.020 b) 0.030 $1000 < Z \leq 2000$ a) 0.030 b) 0.050
检验工具		指示器
检验方法 (按GB/T 17421.1—2023的规定)		将指示器固定在刀架上，使其测头触及副主轴，同时移动床鞍Z轴和副主轴，并记录指示器的读数。 应在往复两个运动方向上沿行程至少五个等距位置上进行检验。最大与最小读数差即为平行度误差。

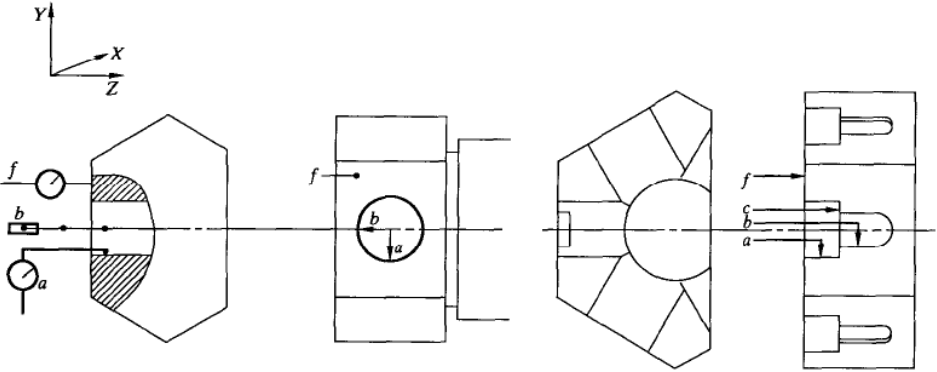
检验项目		G13
Z轴运动对车削轴线的平行度		
a) 在ZX平面内；		
b) 在YZ平面内。		
注：车削轴线即为两顶尖之间轴线。		
简图		
 L=75%DC，DC为两顶尖之间的距离		
允差		
DC≤500，	a) 0.010	b) 0.020
500<DC≤1000	a) 0.015	b) 0.030
检验工具		
指示器和检验棒		
检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)		
将指示器固定在刀架上，使其测头分别在ZX和YZ平面内触及检验棒，		
沿着切削轴线在检验棒的若干个位置上测量，所有测量点的最大与最小读数差即为平行度误差。		
当DC大于1000 mm时，在1000 mm以内检验。		

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	G14
简图 	
允差 a) 和 b) L=100, 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。 如果工具定位方式需要法兰连接的，检验棒应重新设计。	

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 a) 和 b) L=100, 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。 如果工具定位方式需要法兰连接的，检验棒应重新设计。	

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			
	D≤250	250<D≤500	500<D≤1000
1) a)	0.010	0.015	0.015
b)	0.015	0.020	0.025
2) a) 和 b)	0.010	0.015	0.020
D为床身上最大回转直径			
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 刀架转位的重复定位精度		G17									
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>$L = 50$</td><td>$L = 100$</td><td>$L = 150$</td></tr><tr><td>a) 和 b) 0.005</td><td>0.010</td><td>0.015</td></tr></table> D为床身上最大回转直径			$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$	$L = 50$	$L = 100$	$L = 150$	a) 和 b) 0.005	0.010	0.015
$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$									
$L = 50$	$L = 100$	$L = 150$									
a) 和 b) 0.005	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) 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。偏差以3次测量结果中的最大差值计。 应至少在刀架三个不同工位上进行检验,每次检验指示器读数都应复零。											

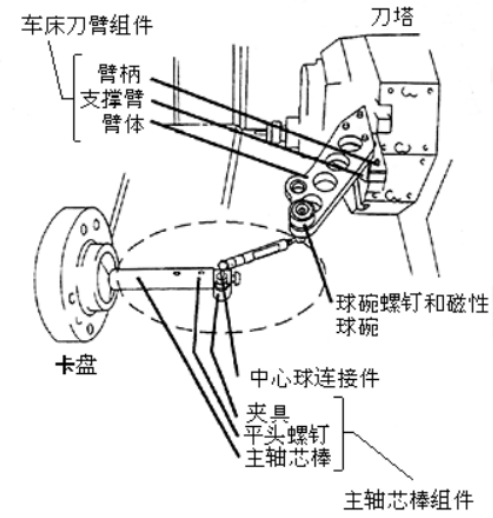
检验项目 刀架转位的定位精度		G18						
简图 								
允差 <table><tr><td>$D \leq 250$</td><td>$250 < D \leq 500$</td><td>$500 < D \leq 1000$</td></tr><tr><td>0.030</td><td>0.040</td><td>0.040</td></tr></table> D为床身上最大回转直径			$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$	0.030	0.040	0.040
$D \leq 250$	$250 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$						
0.030	0.040	0.040						
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。 刀架转位的重复定位精度可能影响测量读数。								

7 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	>800~1250	>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+(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+(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。		

8 圆弧插补精度检验

检验项目	
圆偏差G	G21
简图	
	
允差	
球杆仪半径50 mm，进给速度1000 mm/min 圆偏差G≤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G。	

9 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

The diagram shows a cylindrical workpiece with a central horizontal axis. Three vertical inspection rings are positioned along the length of the cylinder. The total length of these three rings is labeled as L. Each individual ring has a length labeled as l. The distance between the center of the first ring and the center of the second ring is labeled as L/2, and the distance between the center of the second ring and the center of the third ring is also labeled as L/2. The diameter of the rings is labeled as Dp. The workpiece has a stepped profile on the left end, and the rings are positioned on the main cylindrical section.

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

D为床身上最大回转直径

检验工具

a) 圆度仪

b) 千分尺

检验方法(按GB/T 17421.1—2023的规定)

L=0.8×d（公称卡盘直径），或0.66×最大车削长度（Z轴行程）中的较小值； $D_{\min}$ =0.3×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。

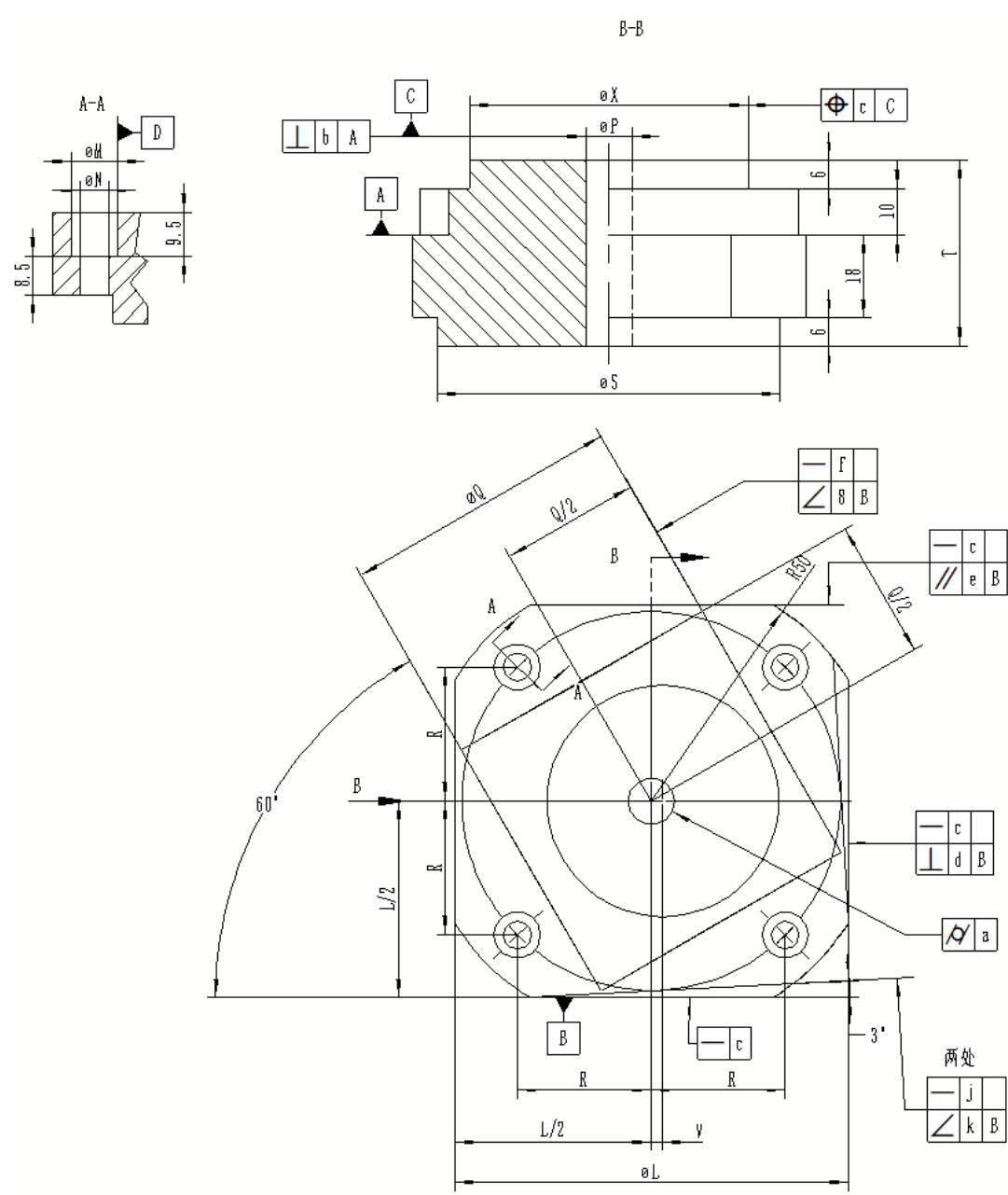
检验项目 不同运动条件机床性能检验 （试件尺寸要求见表1；试件精度检验项目表见表2）。	G23
简图  The drawing illustrates a mechanical component with the following features and tolerances: Section A-A: Shows a cross-section with diameters ϕM and ϕN, and a width of 8.5. A feature control frame for perpendicularity is applied to the ϕM feature. Section B-B: Shows a longitudinal section with diameters ϕX, ϕP, and ϕS. It includes concentricity and circular runout tolerances for features ϕX and ϕP. Top View: Shows a circular part with diameter ϕQ and radius R. It includes a 60° angle, a 3° angle, and various feature control frames for parallelism, perpendicularity, circular runout, and circular form.	

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：

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) 用两轴插补(如 X 轴和 Y 轴)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	
a	中心孔				
	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
c	正方形 LxL				
	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
	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
f	斜度				
	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
8	60° 角对基准 B 的倾斜度	0.03	0.03	0.06	三坐标测量机
h	圆				
	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
j	斜面				
	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
n	镗孔				
	孔对基准 C 的位置度	0.05	0.05	0.05	三坐标测量机
m	外孔对内孔的同轴度	0.02	0.02	0.02	三坐标测量机或圆度仪
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。					