

T/SDMTGM

山东机床通用机械工业协会团体标准

T/SDMTGM 0018—2025

带动力刀塔的立式车铣复合加工中心 精度检验

Vertical turning milling composite machining center with power turret

—Accuracy test

2025-01-16 发布

2025-01-16 实施

目 次

前 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
标引序号说明:	5
4 一般要求	5
4.1 计量单位	5
4.2 检验方法	5
4.3 检验条件	5
4.4 检验顺序	5
4.5 检验工具	5
5 几何精度检验	6
5.1 机床调平	6
5.2 主轴端部	7
5.3 主轴锥孔径向跳动	8
5.4 刀架横向移动对主轴轴线的垂直度	9
5.5 刀架前后移动对主轴轴线的垂直度	10
5.6 刀架垂直移动对主轴轴线的平行度	11
5.7 刀架上下运动 (Z 轴) 相对 X、Y 轴线的垂直度	12
5.8 刀塔工具安装孔与主轴轴线的同轴度	13
5.9 刀塔工具安装面与主轴轴线的平行度	14
5.10 刀塔转位重复定位精度	15
5.11 X 轴定位精度和重复定位精度	16
5.12 Y 轴定位精度和重复定位精度	17
5.13 Z 轴定位精度和重复定位精度	18
5.14 C 轴定位精度和重复定位精度	19
5.15 X 轴反向偏差	20
5.16 Y 轴反向偏差	21
5.17 Z 轴反向偏差	22
5.18 C 轴反向偏差	23
5.19 附录 A (规范性) 综合试件	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：山东普鲁特机床有限公司。

本文件主要起草人：翁直威、潘延明、韩玉勇、郭祥迁、李斌、李国平、孙文玉、司瀚文、盖延东、张宗岩。

带动力刀塔的立式车铣复合加工中心 精度检验

1 范围

本文件规定了带动力刀塔的立式车铣复合加工中心的几何精度检验要求及方法。
本文件适用于带动力刀塔的立式车铣复合加工中心（以下简称“机床”）的精度检验。

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 (ISO 230-1:2012, IDT)

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 (ISO 230-2:2014, IDT)

GB/T 17421.7—2016 机床检验通则 第7部分：回转轴线的几何精度 (ISO 230-7:2006, IDT)

JB/T 13581.1—2019 高速立式加工中心 第1部分：精度检验

JB/T 10889.1—2008 卧式车铣复合加工中心 第1部分：精度检验

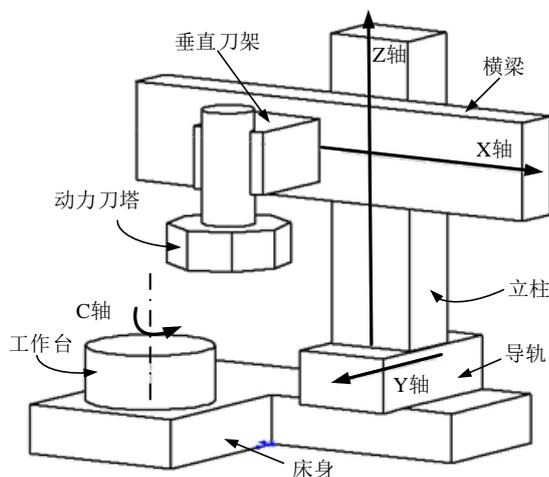
3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

带动力刀塔的立式车铣复合加工中心 vertical turning milling composite machining center with power turret

采用立式布局，具有车削和铣削功能，能够在同一工作平台上进行多工序加工，配备动力刀塔，允许安装多个刀具并支持自动换刀，支持多种加工方式，如车削、铣削、钻孔、攻丝等，适用于复杂零件加工的自动化机床。

注：如图1所示。



标引序号说明：

X轴——垂直刀架沿横梁水平横向移动；

Y轴——立柱沿导轨水平纵向移动；

Z轴——横梁沿立柱竖直移动；

C轴——回转体在水平面内绕Z轴旋转。

图 1 带动力刀塔的车铣复合加工中心示意图

4 一般要求

4.1 计量单位

本文件中所有长度尺寸均用毫米（mm）为单位表示，角度尺寸均用度（°）为单位表示，角度偏差及相应的公差主要用比值表示。为了清晰，在有些情况下可用微弧度（ μrad ）或角秒（"）表示，其换算关系： $0.010/1000=10\mu\text{rad}\approx 2''$ 。

4.2 检验方法

使用本文件时参照GB/T 17421.1—2023、GB/T 17421.2—2023等执行，尤其是机床检验前的安装、运动部件的空运转温升和检验方法。

4.3 检验条件

4.3.1 测试区域不应有太阳直射或其它热源，无强烈的空气流动。

4.3.2 在检验时环境温度值应处于18℃~22℃之间，同一点8 h内的温度波动值不应超出2℃，相邻各点在同一时刻的温差不应超出0.5℃/min。

4.3.3 环境湿度不应大于70%。

4.3.4 环境最大振动为0.2 g。

4.4 检验顺序

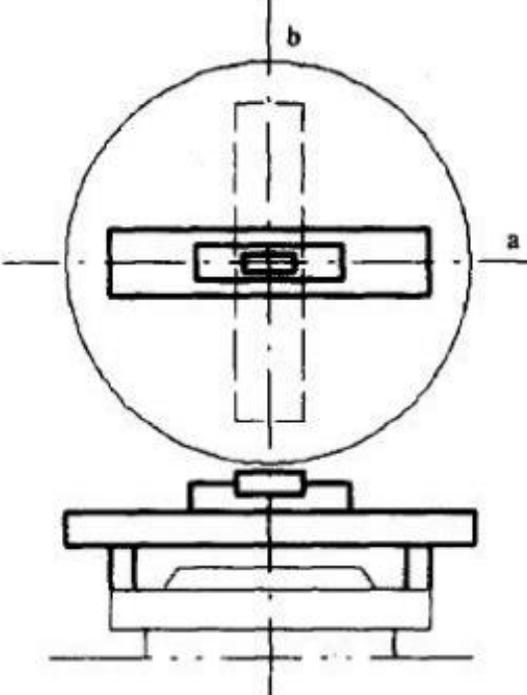
本文件所列出的检验顺序并不表示实际的检验顺序。为了装拆检验工具和检验方便，可按任意顺序进行检验。

4.5 检验工具

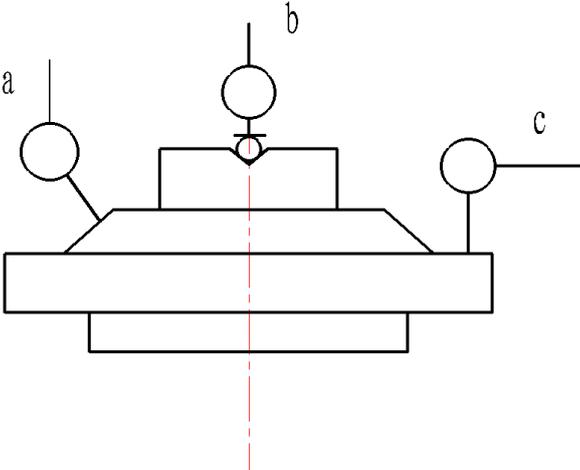
本文件所给出的检验工具仅为示例，可以使用具有相同或更小测量不确定度的其它检验工具。

5 几何精度检验

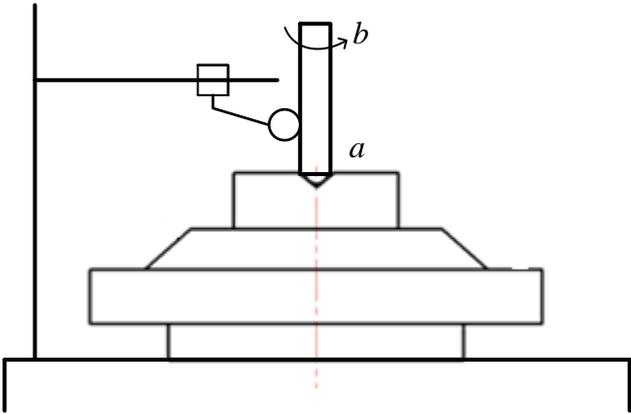
5.1 机床调平

检验项目 机床调平： a) 纵向； b) 横向。	G0
简图 	
公差 0.030/1000	
检验工具 水平仪、量块、平尺	
检验方法 (按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1.2 的规定。) 1) 在主轴端面放置量块及平尺； 2) 将两个互相垂直的水平仪放置于平尺上，并位于主轴中间位置； 3) 调整地脚螺栓，使水平仪气泡位于中心点； 4) 在 a)纵向和 b)横向进行检验。 误差以水平仪读数计。	

5.2 主轴端部

检验项目 主轴端部： a) 定心轴径的径向跳动； b) 周期性轴向窜动； c) 主轴端面跳动。	G1
简图 	
公差 a: 0.008 b: 0.008 c: 0.010	
检验工具 检验棒、指示器	
检验方法 (按 GB/T 17421.1—2023 中 12.5 的规定。) a) 检验方法： 1) 将指示器的测头垂直于锥面母线放置； 2) 缓慢转动主轴； 3) 观测指示器读数。 b) 检验方法： 1) 沿轴线方向加力； 2) 在主轴中心孔放入钢球，用平测头与其触及，并安装指示器； 3) 在主轴低速连续旋转和规定方向上保持压力的情况下测取读数。 c) 检验方法： 1) 在主轴轴线上加力； 2) 将指示器测头触及主轴轴肩支撑面； 3) 旋转主轴，读取指示器读数。 每个主轴均应检验并应在最大直径上检测，误差以指示器读数的最大差值计。	

5.3 主轴锥孔径向跳动

检验项目 主轴锥孔径向跳动。	G2
简图 	
公差 a: 0.008 b: 0.02	
检验工具 检验棒、指示器	
检验方法 (按 GB/T 17421.1—2023 中 12.5.3 的规定。) 1) 将检验棒紧密地插入主轴锥孔中, 确保检验棒与锥孔紧密配合; 2) 将指示器固定在机床上, 使其测头触及检验棒的表面。具体位置可以选择靠近主轴端面或距主轴端面 300mm 处; 3) 旋转主轴, 分别在靠近轴端部的 <i>a</i> 处和距轴端 300mm 的 <i>b</i> 处进行检验。每次旋转 90 度, 重复插入和检验 3 次; 4) 记录每次旋转时指示器的读数, 计算 <i>a</i> 、 <i>b</i> 两处的误差。测量结果的算术平均值即为径向跳动误差。	

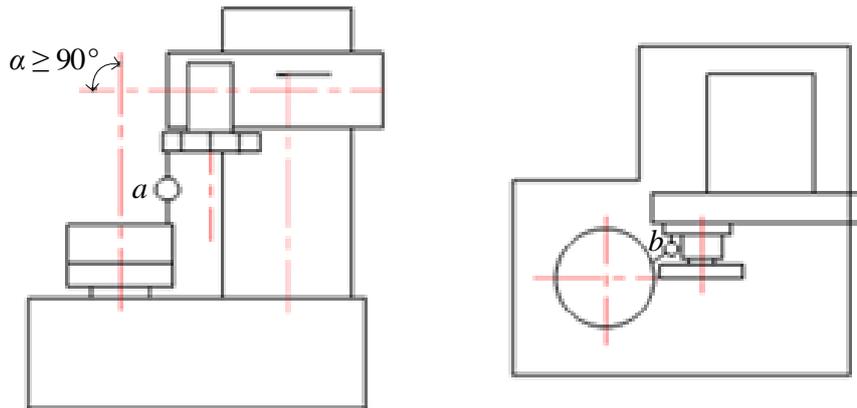
5.4 刀架横向移动对主轴轴线的垂直度

检验项目

刀架横向移动（X 轴轴线上）对主轴轴线的垂直度。

G3

简图



公差

a: 0.015/300 b: 0.015/300

检验工具

平尺、指示器

检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3 的规定。)

a) 检验方法:

- 1) 将平尺装在主轴上, 并与回转轴线垂直;
- 2) 指示器固定在横滑板上;
- 3) 指示器测头触及平尺上平面;
- 4) 横向移动刀架在全工作行程进行检验;
- 5) 旋转主轴 180° 再检验 1 次。

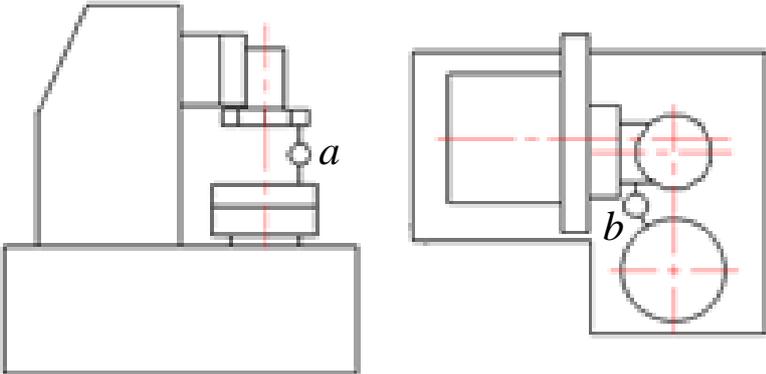
误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。

b) 检验方法:

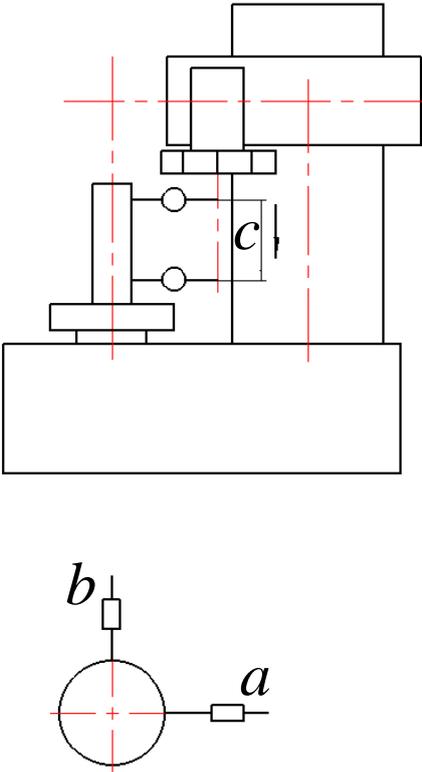
- 1) 将平尺装在主轴上, 并与回转轴线垂直;
- 2) 指示器固定在横滑板上;
- 3) 指示器测头触及平尺侧面;
- 4) 横向移动刀架在全工作行程进行检验;
- 5) 旋转主轴 180° 再检验 1 次。

误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。

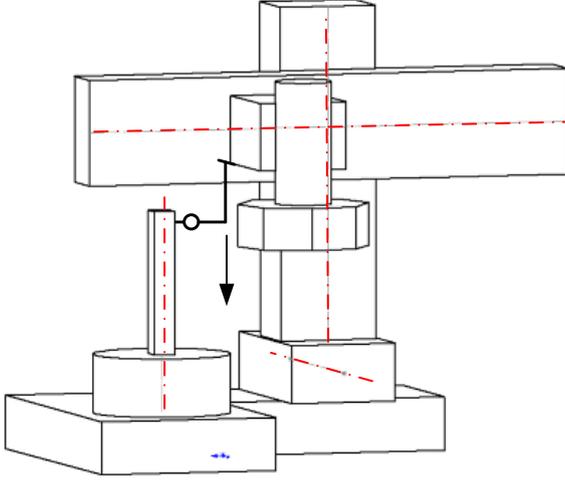
5.5 刀架前后移动对主轴轴线的垂直度

检验项目 刀架前后移动（Y 轴轴线上）对主轴轴线的垂直度。	G4
简图 	
公差 a: 0.015/300 b: 0.015/300	
检验工具 平尺、指示器	
检验方法 （按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3 的规定。） <ol style="list-style-type: none"> a) 检验方法： <ol style="list-style-type: none"> 1) 将平尺装在主轴上，并与回转轴线垂直； 2) 指示器固定在横滑板上； 3) 指示器测头触及平尺上平面； 4) 前后移动刀架在全工作行程进行检验； 5) 旋转主轴 180° 再检验 1 次。 误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。 b) 检验方法： <ol style="list-style-type: none"> 1) 将方尺装在主轴上，并与回转轴线垂直； 2) 指示器固定在横滑板上，调整刀架横向移动（X 轴线）对主轴轴线侧面的垂直度符合； 3) 指示器测头触及平尺侧面； 4) 前后移动刀架在全工作行程进行检验； 5) 旋转主轴 180° 再检验 1 次。 误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。 	

5.6 刀架垂直移动对主轴轴线的平行度

检验项目 a) 在主平面内; b) 在次平面内。	G5
简图 	
公差 a: 0.02/500 b: 0.02/500	
检验工具 检验棒、指示器	
检验方法 (按 GB/T 17421.1—2023 中 10.1 的规定。) 1) 在主轴上安装检验棒, 将指示器固定在刀架上; 2) 使指示器测头触及检验棒表面; 3) 指示器随刀架垂直移动; 4) 在 a) 主平面内检验, 在 b) 次平面内检验; 5) 将主轴旋转 180° 再检验一次。 a、b 的误差分别计算, 误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。	

5.7 刀架上下运动（Z轴）相对X、Y轴线的垂直度

检验项目 a) 刀架上下运动对 X 轴线的垂直度； b) 刀架上下运动对 Y 轴线的垂直度。	G6
简图 	
公差 a: 0.02/500 b: 0.02/500	
检验工具 方尺、指示器	
检验方法 （按 GB/T 17421.1—2023 中第 10 章的规定。） a) 检验方法： 1) 将方尺装在主轴上，横向移动刀架与主轴回转轴线垂直； 2) 指示器固定在横滑板上， 3) 指示器测头触及方尺； 4) 上下移动刀架在全工作行程进行检验； 5) 旋转主轴 180° 再检验 1 次。 误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。 b) 检验方法： 1) 将方尺装在主轴上，纵向移动刀架与主轴回转轴线垂直； 2) 指示器固定在横滑板上， 3) 指示器测头触及方尺； 4) 上下移动刀架在全工作行程进行检验； 5) 旋转主轴 180° 再检验 1 次。 误差以指示器两次测量结果的代数和之半计。 此项测量要求保持与 5.6 方向一致。	

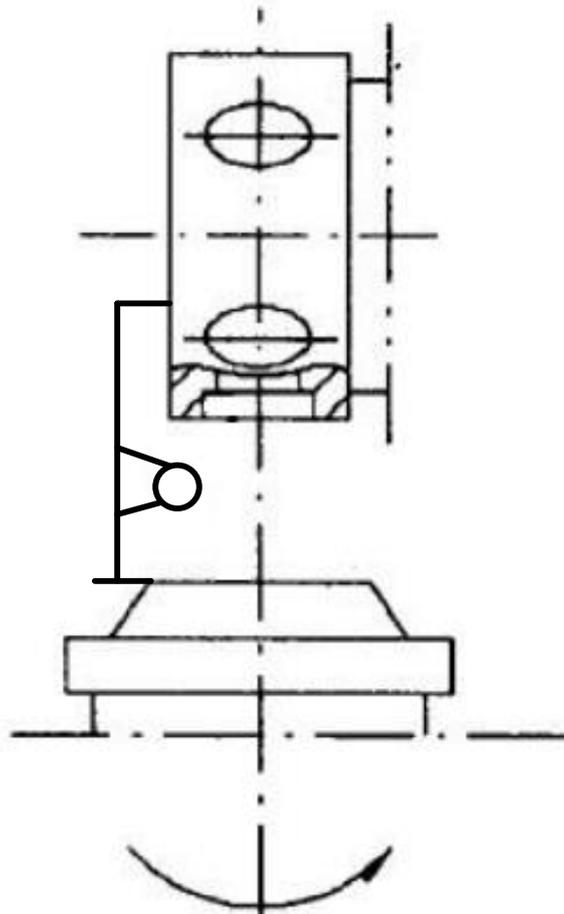
5.8 刀塔工具安装孔与主轴轴线的同轴度

检验项目

刀塔工具安装孔与主轴轴线的同轴度。

G7

简图



公差

0.01

检验工具

专用检具、指示器

检验方法??

- 1) 将专用检具固定在主轴端部；
 - 2) 指示器固定在专用检具上；
 - 3) 使测头触及刀塔工具孔轴的表面；
 - 4) 旋转主轴检验工具孔轴线与主轴轴线重合度。
- 误差以指示器读数最大差值之半计，每个孔均需检验。

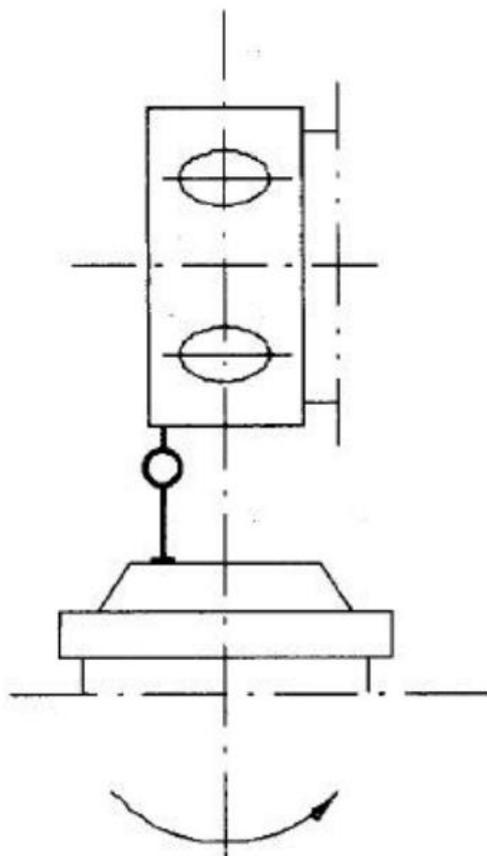
5.9 刀塔工具安装面与主轴轴线的平行度

检验项目

刀塔工具安装面与主轴轴线的平行度。

G8

简图



公差

0.01

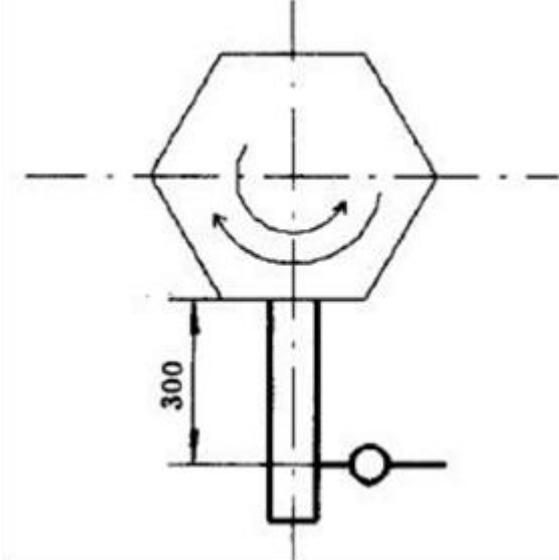
检验工具

专用检具、指示器

检验方法???

- 1) 将专用检具固定在主轴端部；
 - 2) 指示器固定在专用检具上；
 - 3) 使测头触及刀塔工具安装面；
 - 4) 上下移动刀架测量；
 - 5) 每个方向均需测量；
- 误差以指示器读数最大差值计。

5.10 刀塔转位重复定位精度

检验项目 刀塔转位重复定位精度。	G9
简图 	
公差 0.012	
检验工具 检验棒、指示器	
检验方法??? <ol style="list-style-type: none"> 1) 检验棒安装在刀塔工具孔； 2) 将指示器置于距离刀塔工具安装面 300mm 处； 3) 指示器测头沿刀塔回转切线方向触及检验棒表面； 4) 转动检验棒至径向跳动平均位置，并将指示器的读数调零； 5) 往复回转刀塔，锁紧转塔头测取读数，至少测 7 次。 <p>测得位置偏差 $X_1, X_2 \dots X_7$, 重复定位精度 $R = 2.2(X_{\max} - X_{\min})$ 至少在刀架 3 个不同工位上检验；每次检验指示器读数都应复零。</p>	

5.11 X 轴定位精度和重复定位精度

检验项目 X 轴定位精度和重复定位精度。	G10
公差 定位精度：0.012 重复定位精度：0.008	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3 的规定。） 1) 将 X 轴、Y 轴和 Z 轴旋转至零点，移动机床创建坐标系； 2) 将激光干涉仪的反射镜安放到回转体上； 3) 在 X 轴工作行程中执行 1 次完整的双向行程，每相同距离进行 1 次测量，用测量点创建 1 个参考系统； 4) 更改激光干涉仪上的计量单位来获得点的位置作为球面坐标。 在整个行程上进行 5 次完整的双向运动，每相同距离测量 1 次。	

5.12 Y 轴定位精度和重复定位精度

检验项目 Y 轴定位精度和重复定位精度。	G11
公差 定位精度：0.012 重复定位精度：0.008	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3 的规定。） 1) 将 X 轴、Y 轴和 Z 轴旋转至零点，移动机床创建坐标系； 2) 将激光干涉仪的反射镜安放到回转体上； 3) 在 Y 轴工作行程中执行 1 次完整的双向行程，每相同距离进行 1 次测量，用测量点创建 1 个参考系统； 4) 更改激光干涉仪上的计量单位来获得点的位置作为球面坐标。 在整个行程上进行 5 次完整的双向运动，每相同距离测量 1 次。	

5.13 Z 轴定位精度和重复定位精度

检验项目 Z 轴定位精度和重复定位精度。	G12
公差 定位精度：0.012 重复定位精度：0.008	
检验工具 激光干涉仪，激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3 的规定。） 1) 将 X 轴、Y 轴和 Z 轴旋转至零点，移动机床创建坐标系； 2) 将激光干涉仪的反射镜安放到回转体上； 3) 在 Z 轴工作行程中执行 1 次完整的双向行程，每相同距离进行 1 次测量，用测量点创建 1 个参考系统； 4) 更改激光干涉仪上的计量单位来获得点的位置作为球面坐标。 在整个行程上进行 5 次完整的双向运动，每相同距离测量 1 次。	

5.14 C 轴定位精度和重复定位精度

检验项目 C 轴定位精度和重复定位精度。	G13
公差 定位精度：25" 重复定位精度：13"	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3 的规定。） 1) 将 X 轴、Y 轴和 Z 轴旋转至零点，移动机床创建坐标系； 2) 将激光干涉仪的反射镜安放到回转体上； 3) 在 C 轴工作行程中执行 1 次完整的双向行程，每 360° 进行 1 次测量，用测量点创建 1 个参考系统； 4) 更改激光干涉仪上的计量单位来获得点的位置作为球面坐标。 在整个行程上进行 5 次完整的双向运动，每相同角度测量 1 次。	

5.15 X轴反向偏差

检验项目 X轴反向偏差。	G14
公差 0.01	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3.1 的规定。） <ol style="list-style-type: none"> 1) 所测 X 轴行程内，预先向正向移动一定距离并以此停止位置为基准； 2) 再在同一方向给予一定移动指令值，使之移动一段距离； 3) 然后再沿 X 轴反向移动相同的距离，测量停止位置与基准位置之差； 4) 在靠近 X 轴行程的中点及两端的 3 个位置分别进行多次测定（一般为 7 次），求出各个位置上的平均值，以所得平均值中的最大值为反向误差值。 	

5.16 Y轴反向偏差

检验项目 Y轴反向偏差。	G15
公差 0.01	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3.1 的规定。） 1) 所测 Y 轴行程内，预先向正向移动一定距离并以此停止位置为基准； 2) 再在同一方向给予一定移动指令值，使之移动一段距离； 3) 然后再沿 Y 轴反向移动相同的距离，测量停止位置与基准位置之差； 4) 在靠近 Y 轴行程的中点及两端的 3 个位置分别进行多次测定（一般为 7 次），求出各个位置上的平均值，以所得平均值中的最大值为反向误差值。	

5.17 Z 轴反向偏差

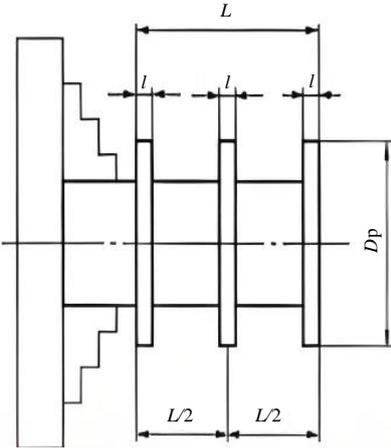
检验项目 Z 轴反向偏差。	G16
公差 0.01	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3.1 的规定。） 1) 所测 Z 轴行程内，预先向正向移动一定距离并以此停止位置为基准； 2) 再在同一方向给予一定移动指令值，使之移动一段距离； 3) 然后再沿 Z 轴反向移动相同的距离，测量停止位置与基准位置之差； 4) 在靠近 Z 轴行程的中点及两端的 3 个位置分别进行多次测定（一般为 7 次），求出各个位置上的平均值，以所得平均值中的最大值为反向误差值。	

5.18 C 轴反向偏差

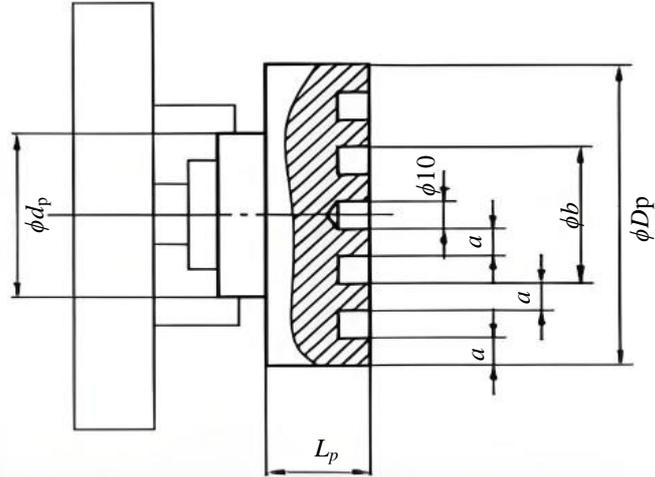
检验项目 C 轴反向偏差。	G17
公差 0.015	
检验工具 激光干涉仪、激光跟踪仪	
检验方法 （按 GB/T 17421.2—2023 中 5.3.1 的规定。） <ol style="list-style-type: none"> 1) 所测 C 轴行程内，预先向正向移动一定距离并以此停止位置为基准； 2) 再在同一方向给予一定移动指令值，使之移动一段距离； 3) 然后再沿 C 轴反向移动相同的距离，测量停止位置与基准位置之差； 4) 在靠近 C 轴行程的中点及两端的 3 个位置分别进行多次测定（一般为 7 次），求出各个位置上的平均值，以所得平均值中的最大值为反向误差值。 	

5.19 附录 A（规范性）综合试件

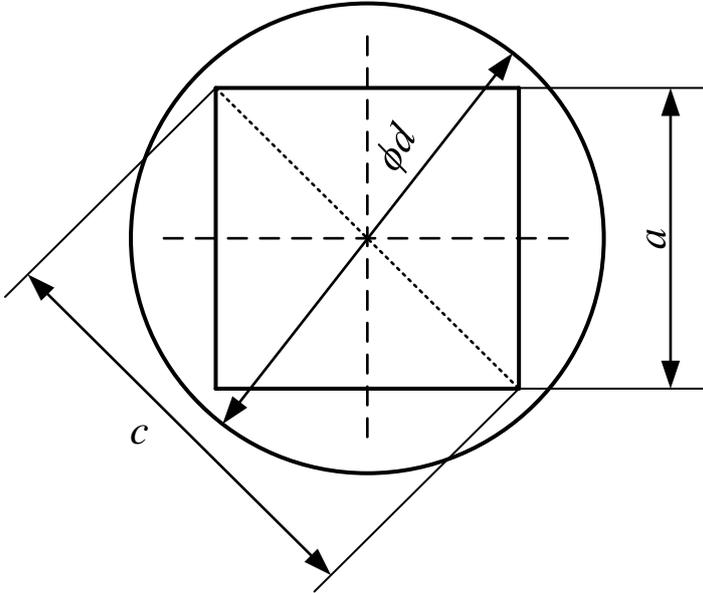
5.19.1 车圆柱试件

检验项目 a) 圆度; b) 加工直径的一致性。	P1
简图  <p>The diagram shows a stepped shaft with a central cylindrical section of length L. This section is divided into three equal segments of length l. The diameter of this section is D_p. The distance from the center of the shaft to the ends of the L section is $L/2$.</p>	
公差 a: $D_p \leq 1000$ 0.004; $1000 < D_p \leq 3000$ 0.008; $3000 < D_p$ 0.013 b: 在 300 测量长度上为 0.018	
检验工具 圆度测量仪、千分尺	
检验方法 a) 检验方法: 1) 将圆柱试件放在测量平台上, 并将圆度仪的指针置于工件表面上; 2) 通过电子移动装置将圆度仪的指针沿工件表面移动, 并记录每个接触点的坐标; 3) 根据记录的坐标计算工件的圆度误差, 并得出测量结果。 b) 检验方法: 1) 将千分尺双支撑于圆柱试件上进行测量; 2) 转动千分尺滑动头, 使其与与圆柱试件表面接触均匀; 3) 按住千分尺外框, 将滑动头缓慢滑动, 直到滑动头在测量对象上停止运动为止; 4) 读取千分尺的刻度值, 记录符合精度要求的有效数字。 L 值的选取应便于检验工具检验; 卡盘端面到第一个台阶距离应小于 L。 卡盘机床: $L=0.8 \times d$ (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, $D_{pmin}=0.3 \times L$ 。	

5.19.2 垂直主轴轴线的端面的平面度

检验项目 垂直主轴轴线的端面的平面度	P2
简图 	
公差 300 直径上为 0.020，只许凹	
检验工具 千分表	
检验方法 <ol style="list-style-type: none"> 1) 将工件固定在平稳的工作台或检验平台上，确保工件端面与平台平行； 2) 将千分表的测头接触工件的端面，并转动工件； 3) 观察千分表的指示针变化，根据指示的变化幅度判断端面平面度误差； 4) 以圆周扫描的方式进行检测，确定工件端面的整体平面度误差。 <p> $D_p=0.8 \times$ 公称卡盘直径，或 $1 \times$ 公称棒料直径，$D_{pmax}=300$。 $60 < D_p \leq 160$ 时，中间环槽可以忽略；$D_p \leq 60$ 时，所有环槽可以忽略；$L_p=0.25 \times$ 公称卡盘直径，$L_{pmax}=60$。 $d_p=0.25 \times D$，或公称棒料直径，$d_{pmin}=75$（卡盘机床）；$b=D_p/2-a$。 </p>	

5.19.3 对侧平面的平行度

检验项目 a) 对侧平面的平行度； b) 对角线长度一致性。	P3
简图 	
公差 a: 0.02 c: 0.025	
检验工具 千分尺、三坐标测量仪	
检验方法 a) 检验方法： 1) 首先，将待测平面放置在千分尺的测量平台上，调整千分尺使其与平面紧密接触； 2) 然后，读取千分尺上的数值，分别记录平面的最高点和最低点的读数； 3) 这两个读数之差即为两个平面的平行度误差。 c) 检验方法： 1) 将零件放在三坐标测量仪上进行扫描或测量； 2) 计算出对角线长度和平均长度； 3) 对比两个对角线的长度。 $d=0.3 \times \text{公称卡盘直径}$ ， $d_{\max}=250$ 。	