

中华人民共和国国家标准

GB/T 14660.1—2023

代替 GB/T 14660—1993

数控立式坐标镗床 第1部分：精度检验

NC jig vertical boring machine—Part 1: Testing of the accuracy

2023-08-06 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

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 计量单位 1

 4.2 执行标准 1

 4.3 检验顺序 1

 4.4 检验项目 2

 4.5 检验工具 2

 4.6 检验位置 2

 4.7 工作精度 2

 4.8 软件补偿 2

 4.9 热补偿 2

 4.10 最小公差 2

 4.11 机床运动轴线、坐标命名及简图 2

5 几何精度检验 4

 5.1 工作台面的平面度 4

 5.2 轴线运动的角度偏差 5

 5.3 轴线运动间的垂直度 9

 5.4 运动轴线与工作台的平行度 12

 5.5 主轴 15

6 数控轴线定位精度和重复定位精度检验 18

7 工作精度检验 22

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。

本文件是 GB/T 14660《数控立式坐标镗床》的第 1 部分。GB/T 14660 已经发布了以下部分：
——第 1 部分：精度检验。

本文件代替 GB/T 14660—1993《数控坐标镗床 精度》，与 GB/T 14660—1993 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了 G1 公差的表述(见第 5 章的表 1,1993 年版第 4 章的 G1)；
- b) 更改了 G2、G3、G4 为轴线移动角度偏差(见第 5 章的表 2、表 3、表 4,1993 年版第 4 章的 G2、G3、G4)；
- c) 增加了 G5,以与机床结构相一致,并符合行业实际使用情况(见第 5 章的表 5)；
- d) 更改了 G6、G7、G8 的要求,并删除了行程分挡,与现行标准相一致(见第 5 章的表 6、表 7、表 8,1993 年版第 4 章的 G7、G8、G9)；
- e) 增加了 G9,以与机床结构及行业实际使用情况相一致(见第 5 章的表 9)；
- f) 更改 G10 为 G14,与现行标准相一致(见第 5 章的表 14,1993 年版的 G10)；
- g) 更改了 G12、G13 主轴端部的划分(见第 5 章的表 12、表 13,1993 年版的 G11、G12)；
- h) 更改了机床定位精度及重复定位精度检验的检验项目及公差值(见第 6 章的表 15、表 16、表 17、表 18,1993 年版的 G13、G14、G15)；
- i) 更改了工作台面宽度的划分(见第 7 章的表 19、表 21,1993 年版的 P1、P3、P4、P5、P6)。

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联合会提出。

本文件由全国金属切削机床标准化技术委员会(SAC/TC 22)归口。

本文件起草单位：通用技术集团昆明机床股份有限公司、通用技术集团机床工程研究院有限公司沈阳分公司、通用技术集团沈阳机床有限责任公司、武汉重型机床集团有限公司。

本文件主要起草人：何春树、崔岗卫、字立敏、罗永华、化春雷、李成勇、聂艳、谭智、周兴星、王世斌、徐皓莉、郭鑫。

本文件于 1993 年首次发布，本次为第一次修订。

引 言

制定本文件的目的为进一步标准化数控立式坐标镗床的精度检验方法,并使其符合机床实际结构,与现行相关国家标准相一致。该类机床作为高精度机床具有精密镗孔、精密铣削、精密刻线、钻孔、铰孔等功能,配置相应的检测元件还可作为坐标测量机使用。GB/T 14660 旨在为实现机床的主要功能,对几何精度、定位精度和重复定位精度、工作精度的要求、检验方法及相应的公差进行规定。拟由两部分构成。

- 第 1 部分:精度检验。目的在于确立该类机床产品出厂检验时需要遵守的检验项目和检验指标。
- 第 2 部分:技术规范。目的在于确立该类机床产品制造过程中需要遵守的确保机床性能和质量而进行的各项试验及检验。

本文件的制定、实施,使得该类机床的制造企业在产品出厂检验和用户验收时有据可依,对保证产品质量、促进贸易和技术交流起到重要的作用。将促进数控立式坐标镗床的快速发展和产品质量水平的不断提高,对推动行业的技术进步、提高该类机床产品的市场占有率提供有力的技术支撑。

数控立式坐标镗床 第 1 部分：精度检验

1 范围

本文件规定了数控立式坐标镗床的几何精度、定位精度、重复定位精度、工作精度的检验要求、检验方法以及相应的公差要求。

本文件适用于工作台面宽度不大于 2 000 mm 的普通级(代号为 P)和精密级(代号为 M)单柱数控立式坐标镗床和双柱数控立式坐标镗床的精度检验。

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

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般要求

4.1 计量单位

本文件中所有的线性尺寸、偏差和相应的公差的单位为毫米(mm);角度尺寸的单位为度(°)。角度偏差和相应的公差一般用比值表示,但在有些情况下为清晰起见,可用微弧度(μrad)或角秒(")表示。应按下列的等效关系进行表达:

$$0.010/1\,000=10\times10^{-6}=10\,\mu\text{rad}\approx2''$$

4.2 执行标准

使用本文件时,应按 GB/T 17421.1—2023 的规定,特别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。机床的定位精度和重复定位精度按 GB/T 17421.2—2023 的规定。机床的安装水平和环境温度符合下列要求:

- 按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1 的规定调整机床安装水平,将工作台置于行程的中间位置,在工作台中间位置放置水平仪,水平仪在纵向和横向的读数均不应超过 0.02/1 000;
- 检验时,环境温度应保持在 $20\,^{\circ}\text{C}\pm1\,^{\circ}\text{C}$ 内,机床和检具在测量环境中放置时间不宜少于 12 h,以确保检验前达到稳定状态。

4.3 检验顺序

本文件所列出的检验项目顺序,并不表示实际检验顺序。为了装拆检验工具和检验的方便,可按任

意次序进行检验。

4.4 检验项目

检验机床时,按照本文件中列出的所有项目无需都进行检验。为了验收目的而进行检验时,可由用户与制造厂协商后选择与零部件和/或机床特性有关的检验项目,这些检验项目应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举例。可以使用相同指示量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 的分辨力。

4.6 检验位置

检验时,凡未对非检测移动部件作出规定的检验项目,非检测移动部件应置于行程的中间位置并锁紧。主轴应缩回。

4.7 工作精度

工作精度检验应在精加工后进行。

4.8 软件补偿

在检验过程中使用软件补偿时,应在用户和制造方达成协议后使用,可在使用或不使用这些补偿的情况下都能进行的相关项目检验,应在检验项目中标明。当使用补偿软件时,不应使轴线锁紧。

4.9 热补偿

有热补偿装置的机床,凡与温度有关的检验项目,应在热补偿条件下进行检验。

4.10 最小公差

当实测长度与本文件规定的长度不同时,公差应根据 GB/T 17421.1—2023 中 4.1、4.1.2 的规定按能够测量的长度折算,最小折算值为 0.001 mm。

4.11 机床运动轴线、坐标命名及简图

机床运动轴线、坐标命名、简图见图 1 和图 2 以及第 5 章中的图。简化起见,第 5 章的简图仅附双柱机床一种结构形式。

通过主轴轴线和 X 轴线的平面称为 XZ 平面,通过主轴轴线并垂直于 XZ 平面的直立平面称为 YZ 平面。

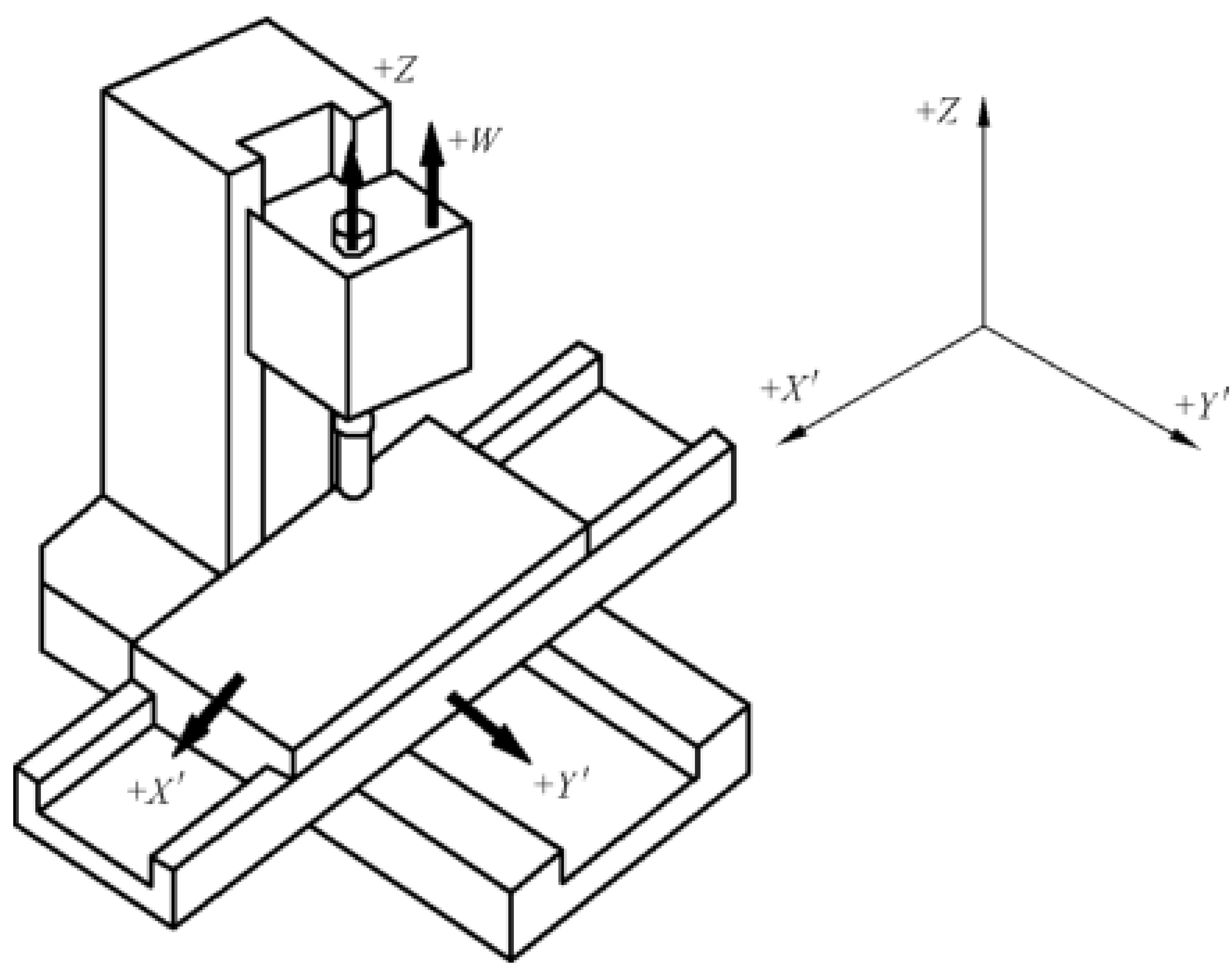
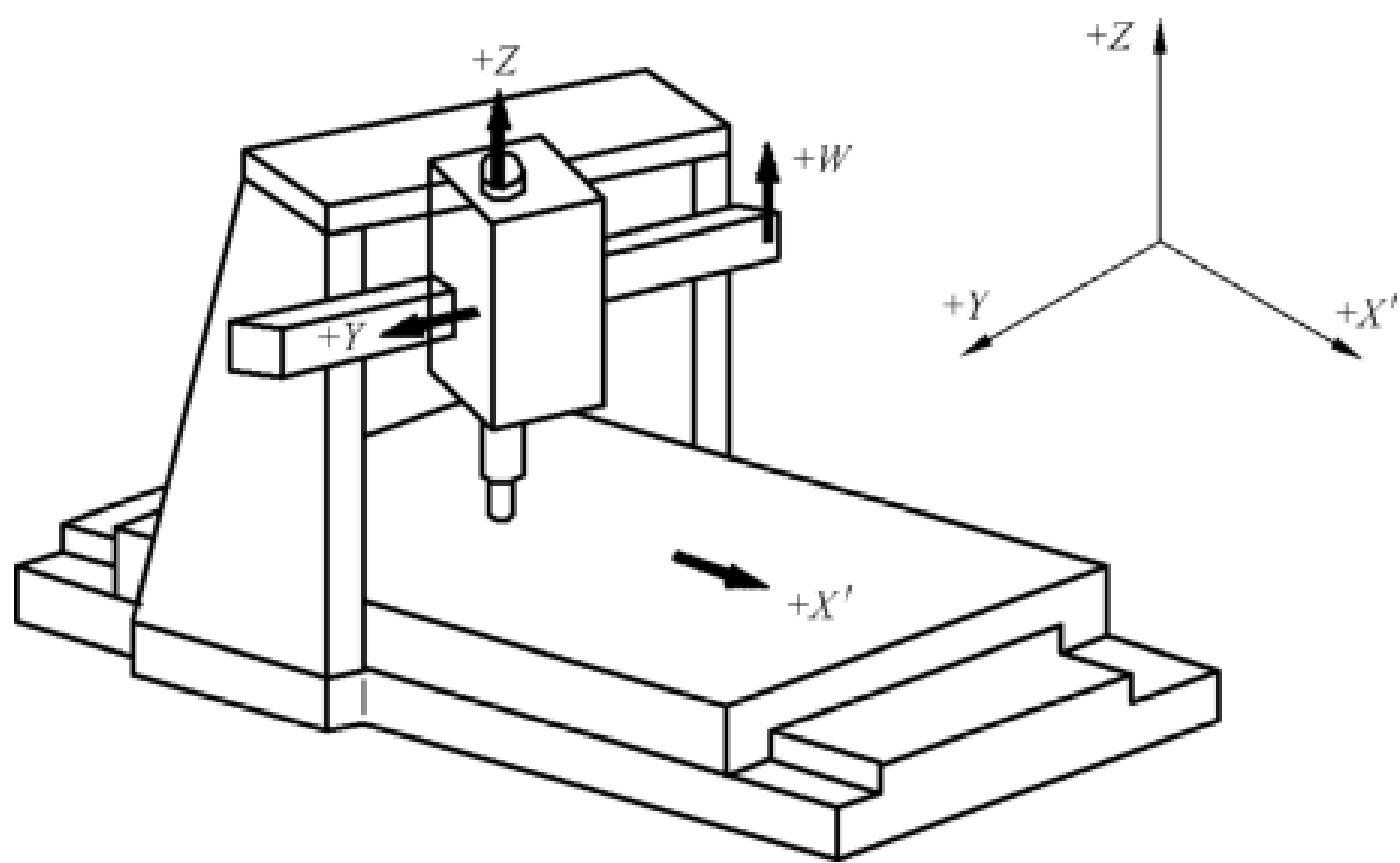


图 1 单柱机床示意图



标引符号说明：
X'——工作台移动；
Y ——主轴箱横向移动；
Y' ——工作台滑座移动；
Z ——主轴套筒移动；
W ——横梁移动。

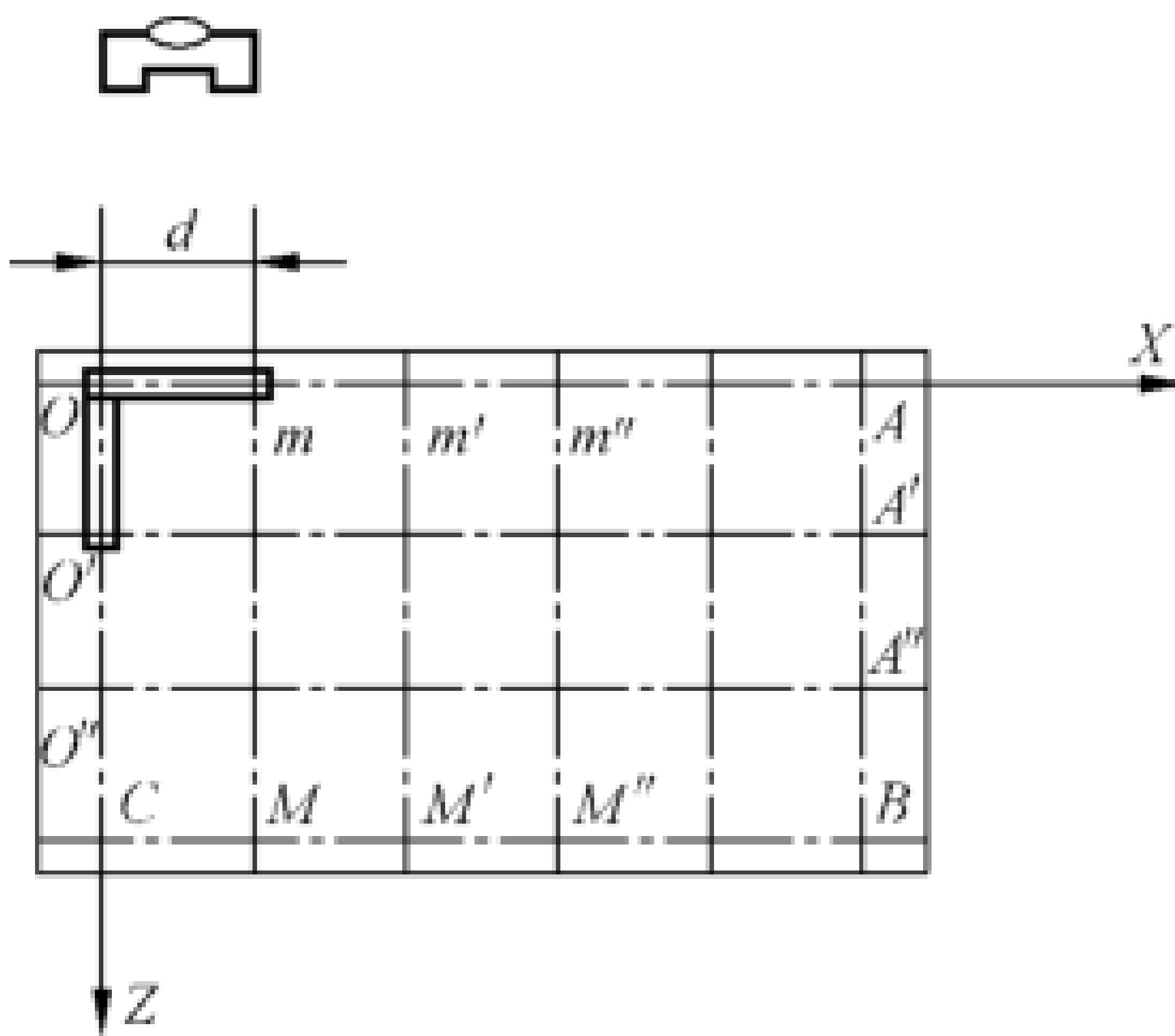
图 2 双柱机床示意图

5 几何精度检验

5.1 工作台面的平面度

工作台面的平面度检验见表 1。

表 1 工作台面的平面度检验

检验项目： 工作台面的平面度。		G1												
<div>简图</div> <div></div> <div>标引符号说明： d——桥板长度。</div>														
<div>公差</div> <table><thead><tr><th></th><th>P 级</th><th>M 级</th></tr></thead><tbody><tr><td>工作台长度在 1 000 内为：</td><td>0.012</td><td>0.010</td></tr><tr><td>长度每增加 1 000，公差值增加 0.008</td><td></td><td></td></tr><tr><td>局部公差：在任意 250 测量长度上为</td><td>0.006</td><td>0.004</td></tr></tbody></table>				P 级	M 级	工作台长度在 1 000 内为：	0.012	0.010	长度每增加 1 000，公差值增加 0.008			局部公差：在任意 250 测量长度上为	0.006	0.004
	P 级	M 级												
工作台长度在 1 000 内为：	0.012	0.010												
长度每增加 1 000，公差值增加 0.008														
局部公差：在任意 250 测量长度上为	0.006	0.004												
<div>检验工具</div> <p>精密水平仪或平尺和指示器或光学方法。</p>														
<div>检验方法</div> <p>按 GB/T 17421.1—2023 中 12.2.3~12.2.5 的规定和下列要求进行检验。</p> <ul style="list-style-type: none">——工作台置于行程的中间位置，并锁紧。——双柱机床，工作台可置于方便检验的位置，并锁紧。——在工作台面上放一桥板，其上放水平仪。分别沿图示方向等距离（每隔桥板长度）移动桥板检验。通过工作台面上的 OAC 建立基准平面，根据水平仪读数求得各测点到基准平面的坐标值。——误差以坐标值的最大代数差值计。——检验时，检验工具应位于距工作台长度和宽度方向两侧边缘不大于 0.1 倍的位置上。														
注：OAC 为测量时建立的虚拟平面。														

5.2 轴线运动的角度偏差

轴线运动的角度偏差检验见表 2～表 5。

表 2 X 轴线运动的角度偏差检验

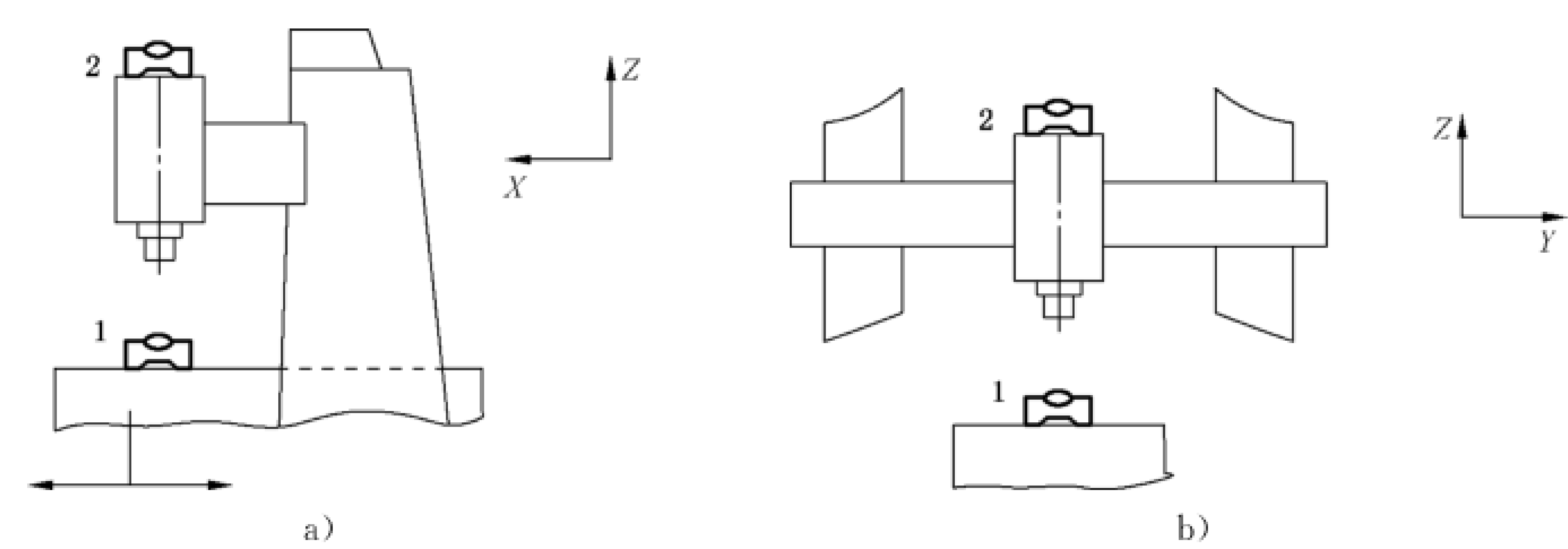
检验项目：		G2
X 轴线运动的角度偏差： a) 在 ZX 垂直平面内(俯仰)； b) 在 YZ 垂直平面内(倾斜)。		
简图		
		
标引序号说明： 1——测量水平仪； 2——基准水平仪。		
公差		
X 轴线行程	P 级	M 级
	a) 及 b)	a) 及 b)
≤800	4"	3"
>800 ~1 250	5"	4"
>1 250~2 000	6"	5"
>2 000~3 000	8"	5"
检验工具		
精密水平仪或光学角度偏差测量工具。		
检验方法		
按 GB/T 17421.1—2023 中 3.4.16、8.4.4 的规定和下列要求进行检验。 ——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置,并锁紧。在工作台面的中间位置放置精密水平仪 1:a)在平行于 移动方向的垂直平面内(俯仰);b)在垂直于移动方向的垂直平面内(倾斜)。在主轴箱上放置精密水平仪 2,使其与 a)、b)方向相同作为基准水平仪。沿 X 轴线等距离移动工作台,在全行程上不少于 5 个位置检验,每次移动距离不大于 200。计算出每个位置水平仪 1 与水平仪 2 读数的代数差值。 ——a)、b)误差分别计算。误差以计算结果的最大代数差值计。		

表 3 Y 轴线运动的角度偏差检验

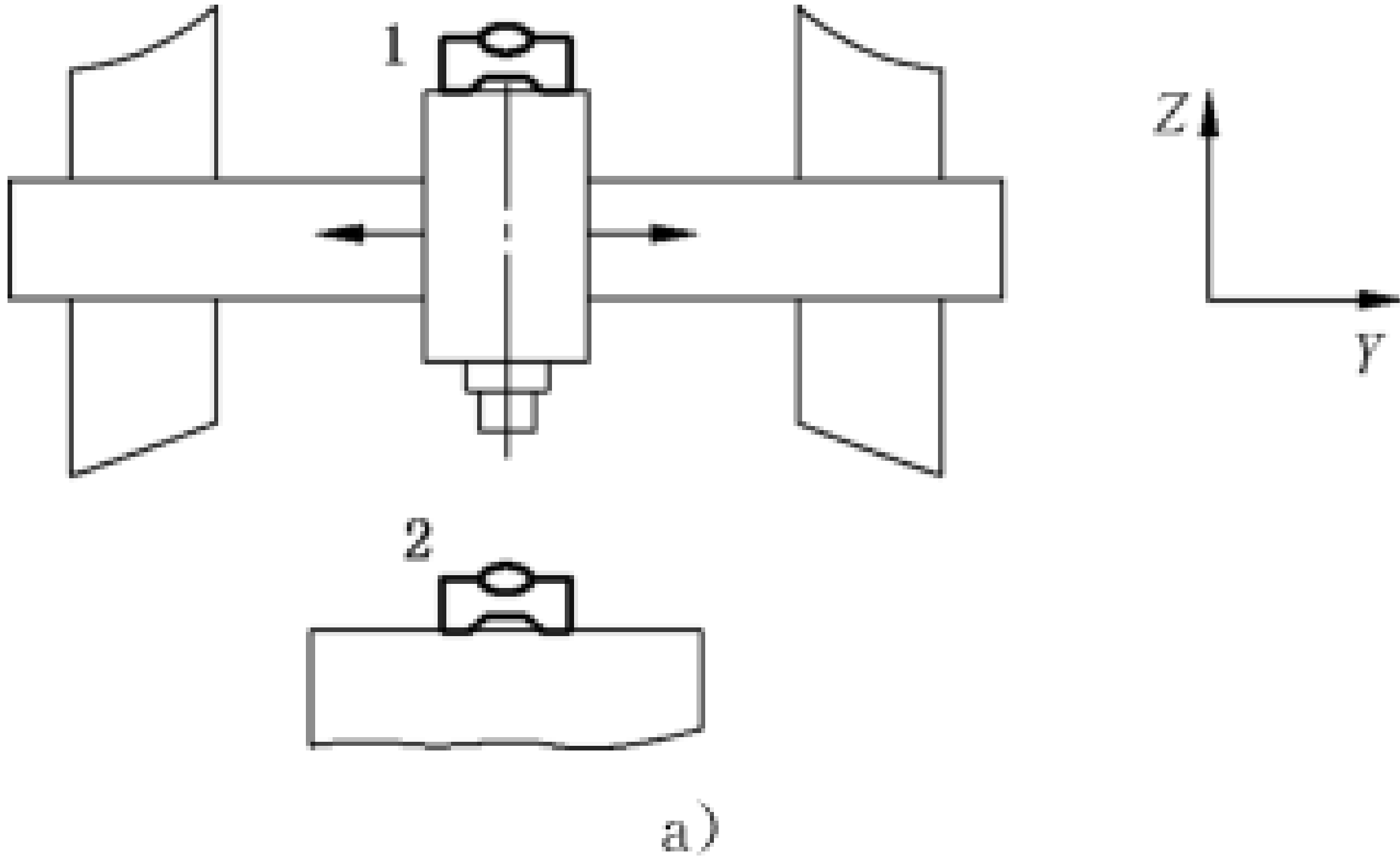
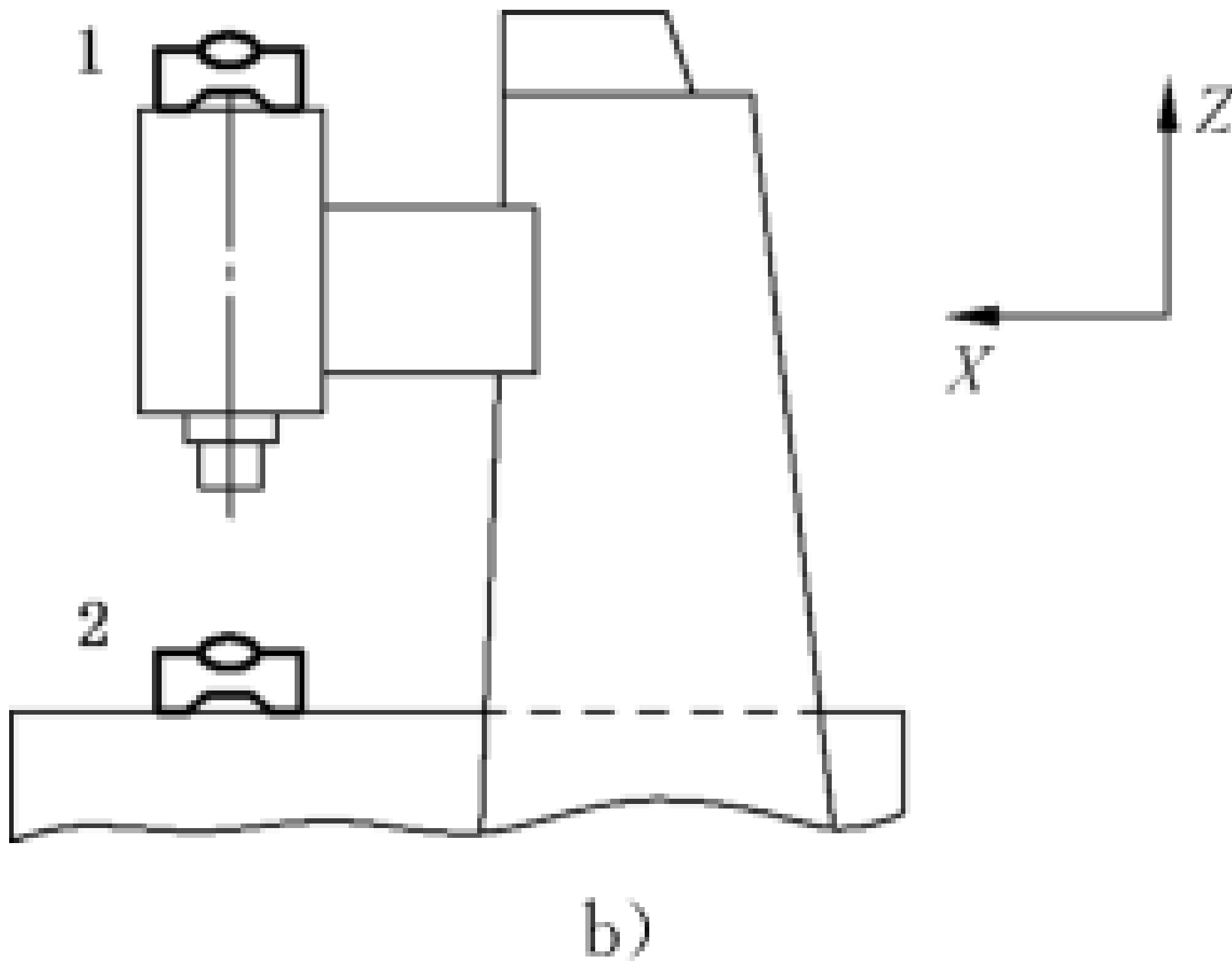
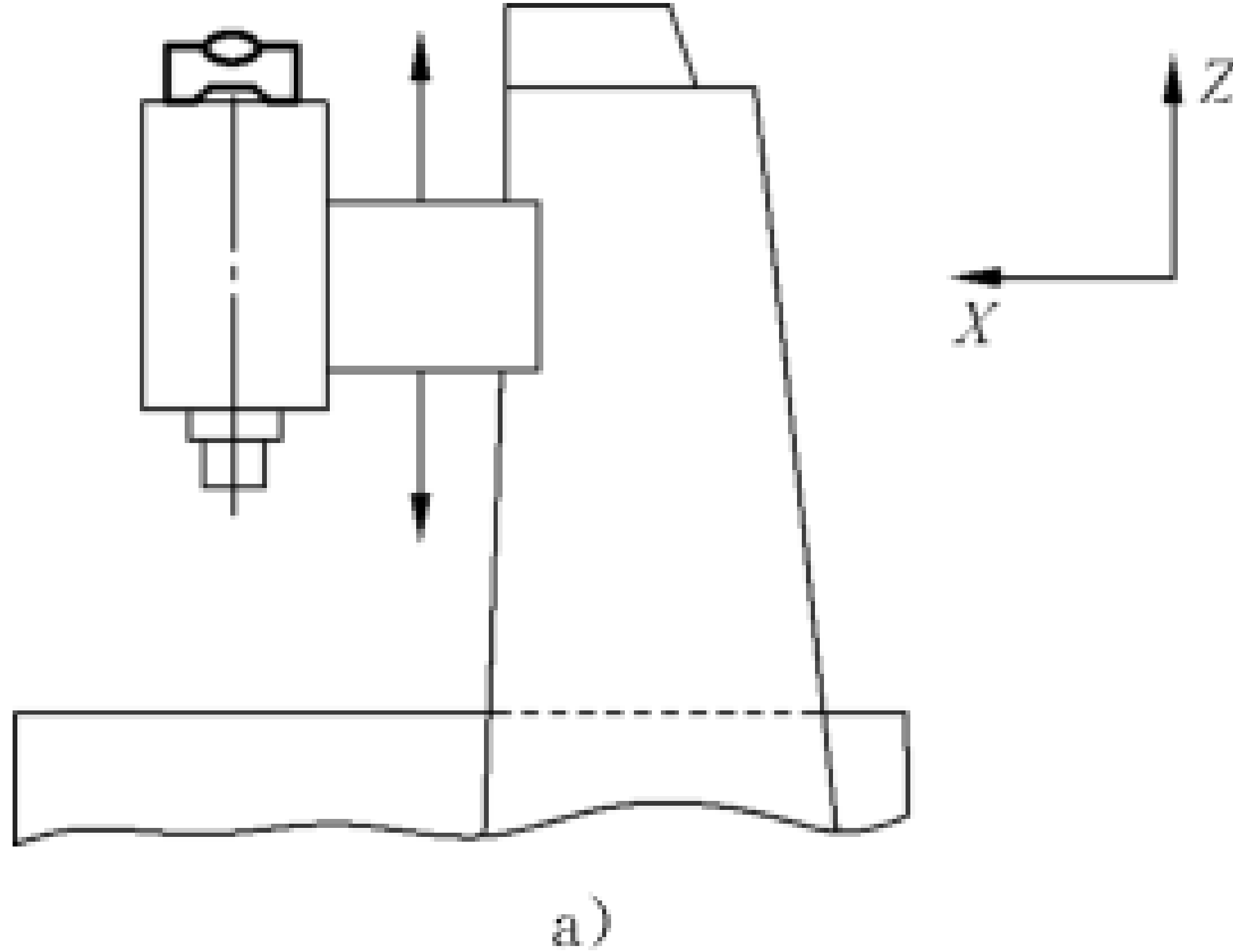
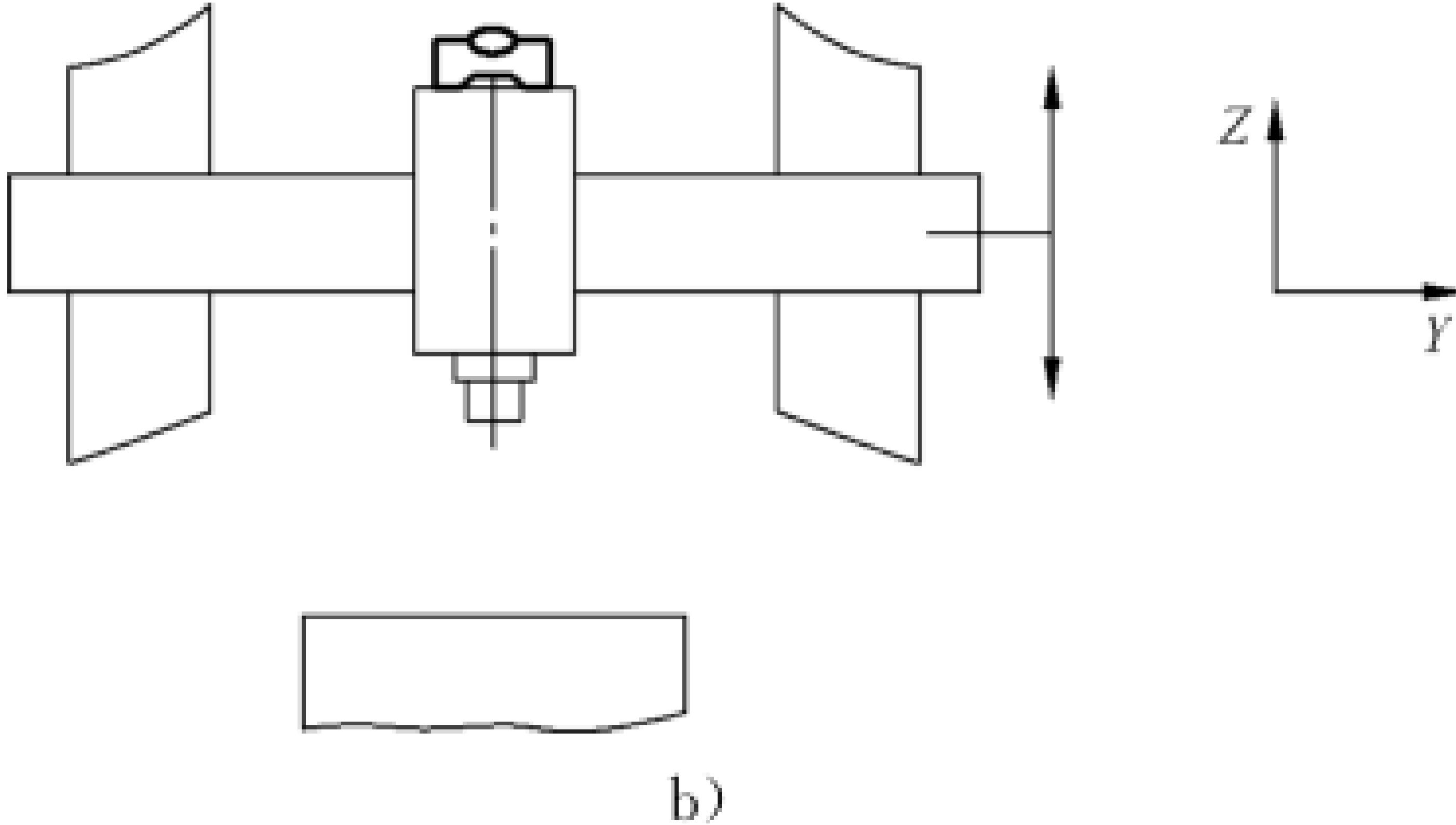
检验项目：		G3
Y 轴线运动的角度偏差： a) 在 YZ 垂直平面内(俯仰)； b) 在 ZX 垂直平面内(倾斜)。		
简图		
<div></div> <div></div>		
标引序号说明： 1——测量水平仪； 2——基准水平仪。		
公差		
Y 轴线行程	P 级	M 级
	a) 及 b)	a) 及 b)
≤800	4″	3″
>800 ~1 250	5″	4″
>1 250~2 000	6″	5″
> 2 000~3 000	8″	5″
检验工具		
精密水平仪或光学角度偏差测量工具。		
检验方法		
按 GB/T 17421.1—2023 中 3.4.16、8.4、第 4 章的规定和下列要求进行检验。 ——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置,并锁紧。 ——在主轴箱上(双柱)或工作台面的中间位置(单柱)放置精密水平仪 1;a)在平行于运动方向的垂直平面内(俯仰);b)在垂直于运动方向的垂直平面内(倾斜)。在工作台中间位置(双柱)或主轴箱上(单柱)放置精密水平仪 2,使其与 a)、b)方向相同作为基准水平仪。沿 Y 轴线等距离移动主轴箱(双柱)或工作台(单柱),在全行程上不少于 5 个位置检验,每次移动距离不大于 200。计算出每个位置水平仪 1 与水平仪 2 读数的代数差值。 ——a)、b)误差分别计算。误差以计算结果的最大代数差值计。		

表 4 X 轴线运动或 Y 轴线运动在水平面内的角度偏差检验(偏摆)

检验项目：		G4
X 轴线运动或 Y 轴线运动在水平面内的角度偏差(偏摆)。		
简图		
公差		
X、Y 轴线行程	P 级	M 级
≤800	3″	2.5″
>800~1 250	4″	3″
>1 250~2 000	5″	3.5″
>2 000~3 000	6″	4″
检验工具		
自准直仪、专用检具。		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 12.1.3.3 的规定和下列要求进行检验。</p> <p>——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置,并锁紧。</p> <p>——在主轴箱上(双柱)或工作台面上(单柱)分别固定自准直仪反射镜。在机床外固定自准直仪测微计,使其光束与反射镜平行。分别等距离沿 X 轴线移动工作台或沿 Y 轴线移动主轴箱(双柱)或工作台(单柱),在全行程上不少于 5 个位置检验,每次移动距离不大于 200。X 轴线、Y 轴线的误差分别计算。</p> <p>——误差以自准直仪读数的最大代数差值计。</p>		

表 5 W 轴线运动的角度偏差检验

检验项目：		G5
W 轴线运动的角度偏差： a) 在 XZ 垂直平面内； b) 在 YZ 垂直平面内。		
简图		
<div><div></div><div></div></div>		
公差		
W 轴线行程	P 级	M 级
	a) 及 b)	a) 及 b)
≤500	5″	3″
>500~1 250	6″	4″
>1 250~2 000	8″	5″
检验工具		
精密水平仪或光学方法。		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 12.1.3.2 的规定和下列要求进行检验。</p> <p>——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置,并锁紧。</p> <p>——在主轴箱上放置精密水平仪:a)在平行于 X 轴线的垂直平面内;b)在垂直于 X 轴线的垂直平面内。沿 W 轴线等距离移动横梁(双柱)或主轴箱(单柱),在全行程上不少于 5 个位置检验,每次移动距离不大于 200。</p> <p>——a)、b)误差分别计算。误差以计算结果的最大代数差值计。</p>		

5.3 轴线运动间的垂直度

轴线运动间的垂直度检验见表 6～表 8。

表 6 Y 轴线运动对 X 轴线运动在 XY 平面内的垂直度检验

检验项目： Y 轴线运动对 X 轴线运动在 XY 平面内的垂直度。		G6
简图		
公差		
P 级		M 级
0.006/400		0.004/400
检验工具 角尺、指示器		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.2 的规定和下列要求进行检验。</p> <ul style="list-style-type: none">——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置,并锁紧。——双柱机床的横梁(W 轴线)自下而上移动至行程的 1/3 处,并锁紧。——在工作台面的中间位置上放置角尺,调整角尺一检验面使其与 Y 轴线主轴箱(双柱)或工作台(单柱)运动方向平行^a。在主轴箱上固定指示器,使其测头触及角尺另一检验面。沿 X 轴线移动工作台在有效行程上不少于 3 个位置检验。——误差以指示器读数的最大差值计。——可在指示器测头和角尺之间用量块检验。		
^a 平行系指指示器在角尺两端读数相等。		

表 7 W 轴线运动对 X 轴线或 Y 轴线运动的垂直度检验

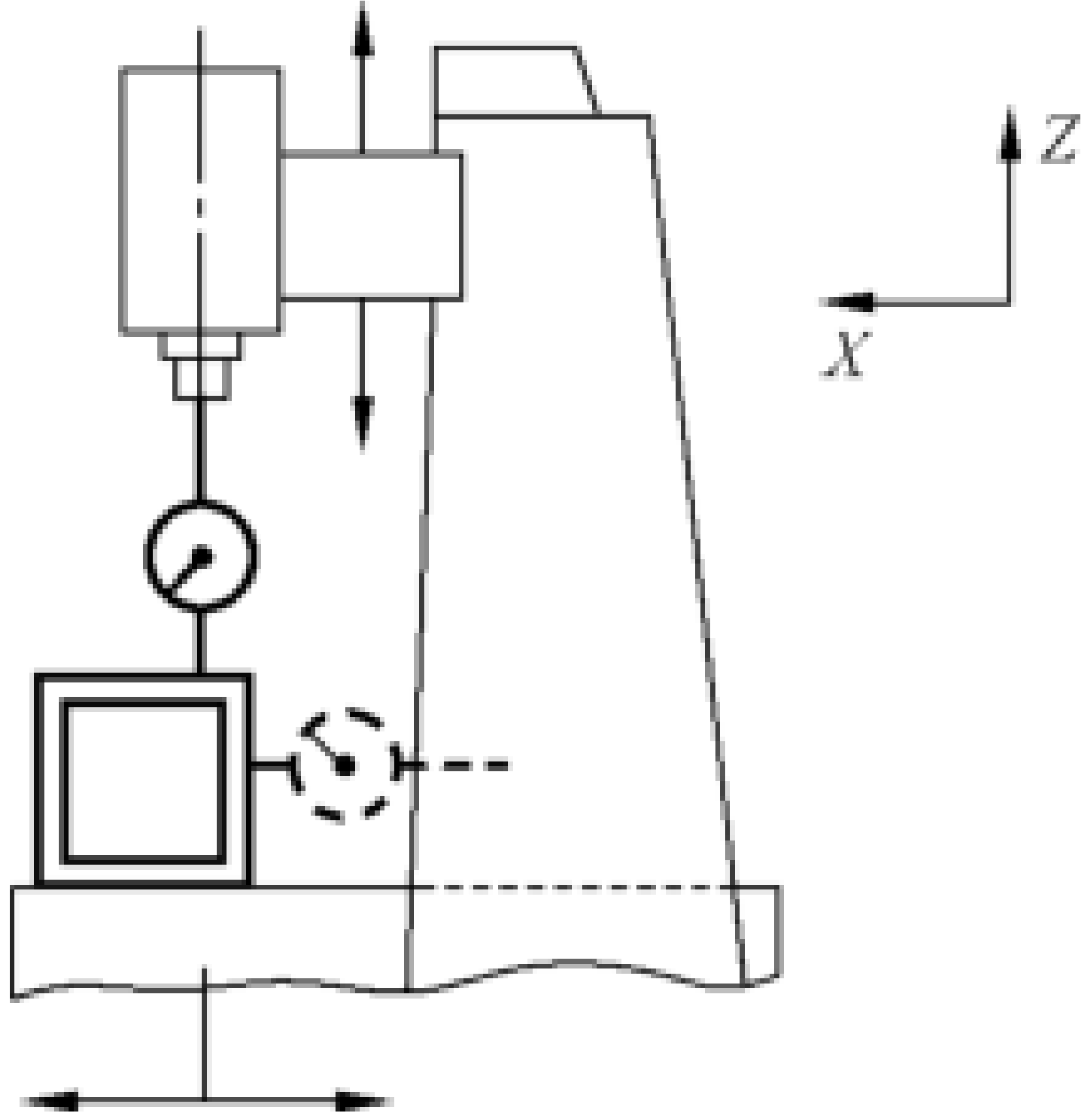
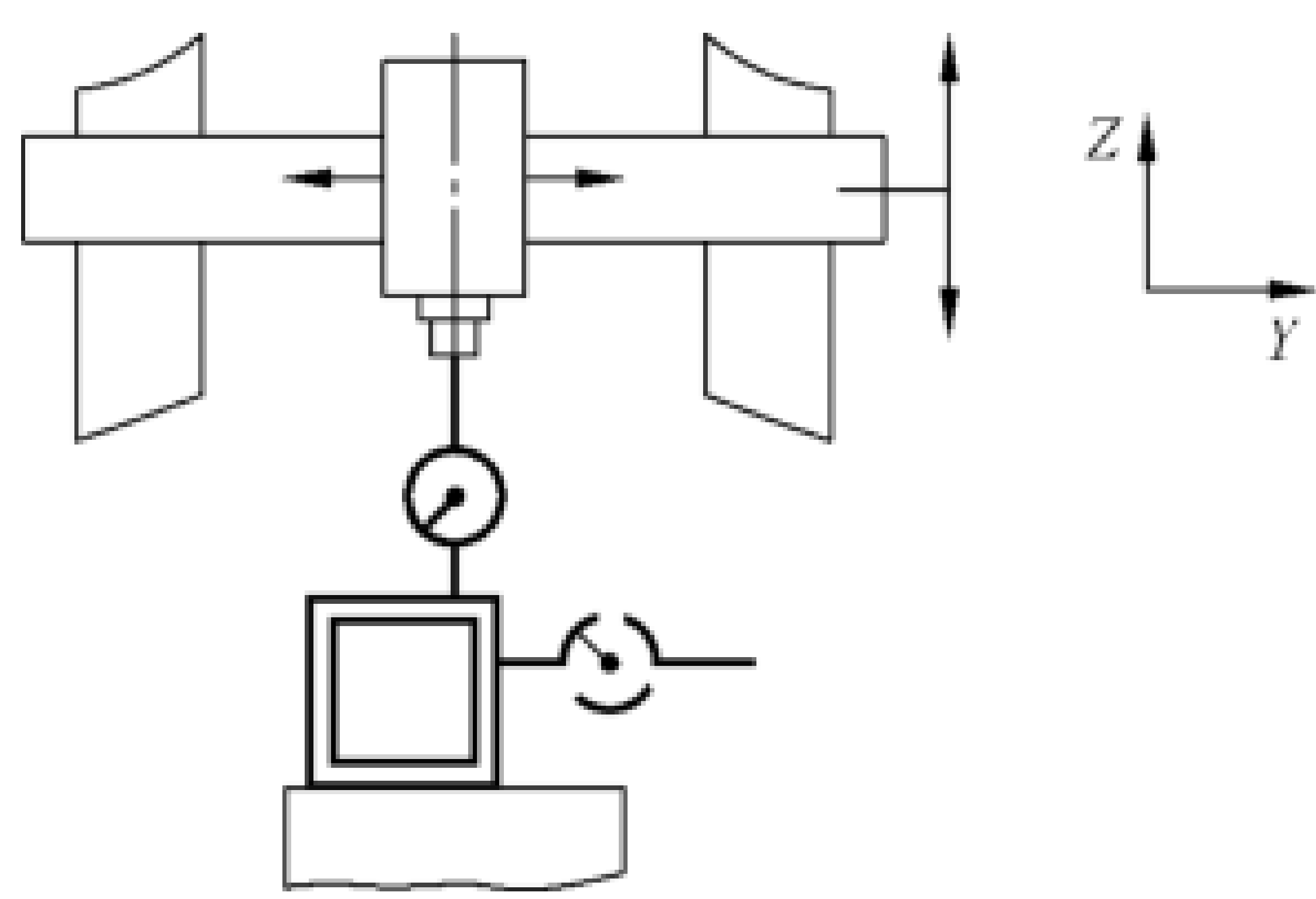
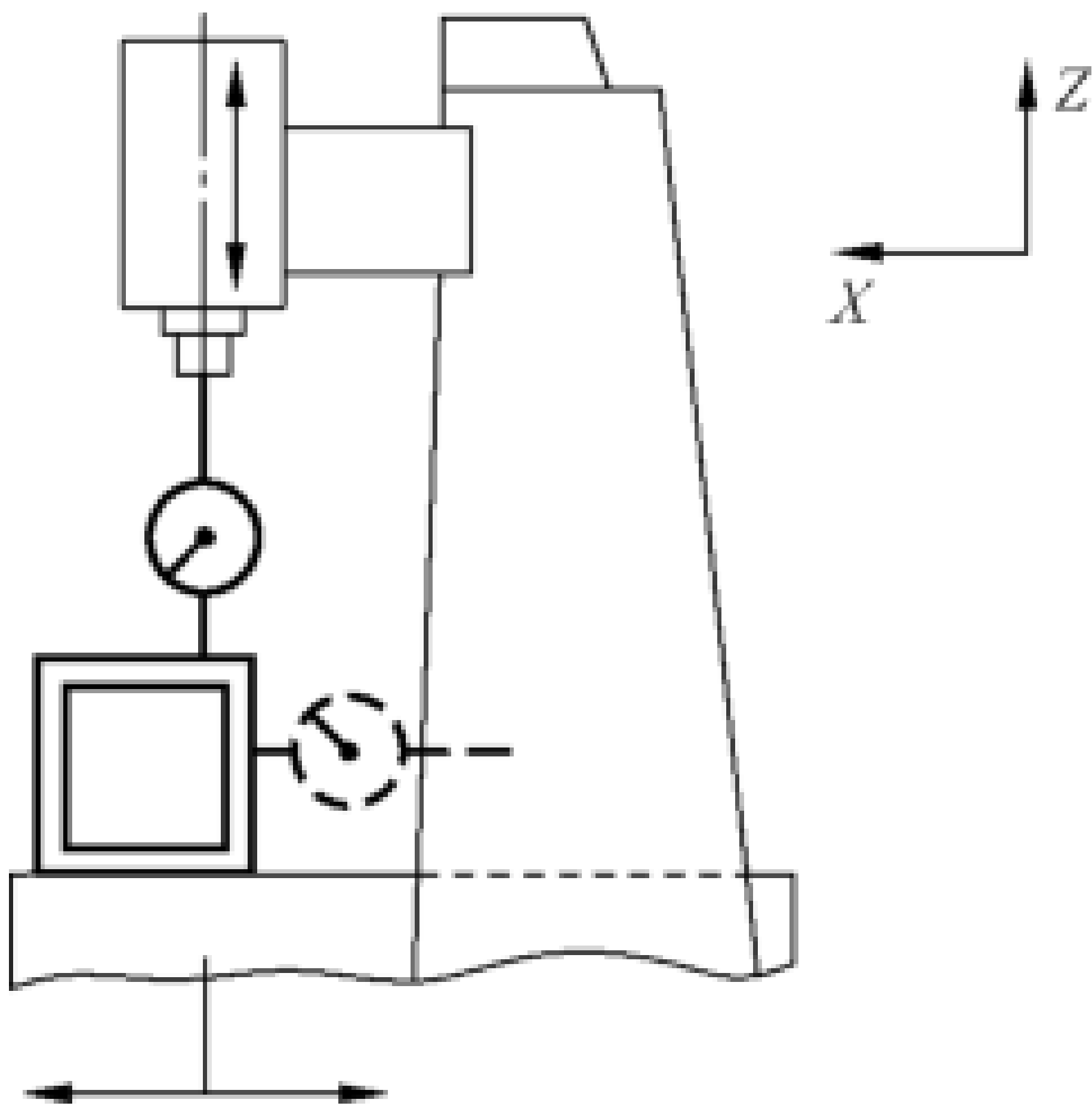
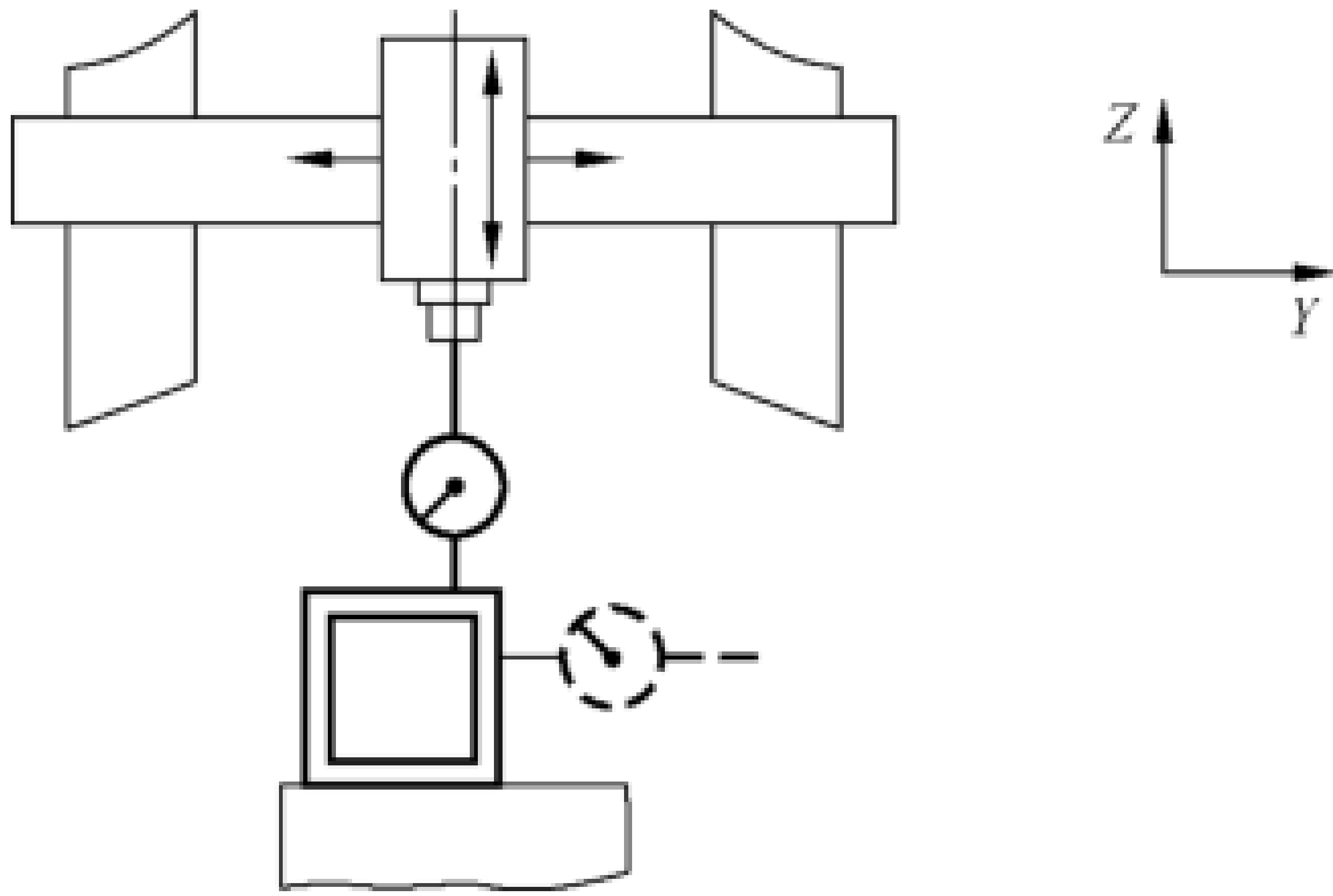
检验项目：		G7
W 轴线运动对 X 轴线或 Y 轴线运动的垂直度： a) W 轴线运动对 X 轴线运动； b) W 轴线运动对 Y 轴线运动。		
简图		
		
a)		b)
公差		
P 级		M 级
0,008/400		0,005/400
检验工具： 角尺、指示器。		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.2 的规定和下列要求进行检验。</p> <ul style="list-style-type: none">——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置,并锁紧。——在工作台面上放置一角尺。固定指示器使其测头触及角尺检验面:a)在 ZX 平面内;b)在 YZ 平面内。调整角尺,使角尺平行^a于部件移动方向。变换指示器位置,使其测头触及角尺另一检验面。移动横梁(双柱)或主轴箱(单柱)在不少于 3 个测点位置检验,每次移动距离不大于 100。计算出指示器读数的最大差值。——将角尺转动 180°。变换指示器位置,使其测头触及角尺原检验面,重复检验一次。——a)、b)误差分别计算,误差以两次测量结果的代数差值之半计。——可在指示器测头和角尺之间用量块检验。		
^a 平行系指指示器读数在平尺两端相等。		

表 8 Z 轴线运动对 X 轴线或 Y 轴线运动的垂直度检验

检验项目： Z 轴线运动对 X 轴线或 Y 轴线运动的垂直度： a) Z 轴线运动对 X 轴运动； b) Z 轴线运动对 Y 轴运动。		G8
简图		
<div><div></div><div>a)</div><div></div><div>b)</div></div>		
公差		
P 级		M 级
0.008/300		0.005/300
检验工具 角尺、指示器。		
检验方法 按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.2 的规定和下列要求进行检验。 ——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置或便于检验的位置,并锁紧。 ——在工作台面上放置一角尺。固定指示器使其测头触及角尺检验面:a)在 ZX 平面内;b)在 YZ 平面内。调整角尺,使角尺平行 ^a 于部件移动方向。变换指示器位置,使其测头触及角尺另一检验面。移动主轴在全行程上不少于 3 个位置检验(主轴行程大于 300 时,按 300 检验)。计算出指示器读数的最大差值。 ——将角尺转动 180°。不转动主轴,变换指示器位置,使指示器测头触及角尺原检验面,重复检验一次。 ——a)、b)误差分别计算,误差以两次测量结果的代数差值之半计。 ——可在指示器测头和角尺之间用量块检验。		
^a 平行系指指示器读数在平尺两端相等。		

5.4 运动轴线与工作台的平行度

运动轴线与工作台的平行度检验见表 9～表 11。

表 9 X 轴线运动对工作台面的平行度检验

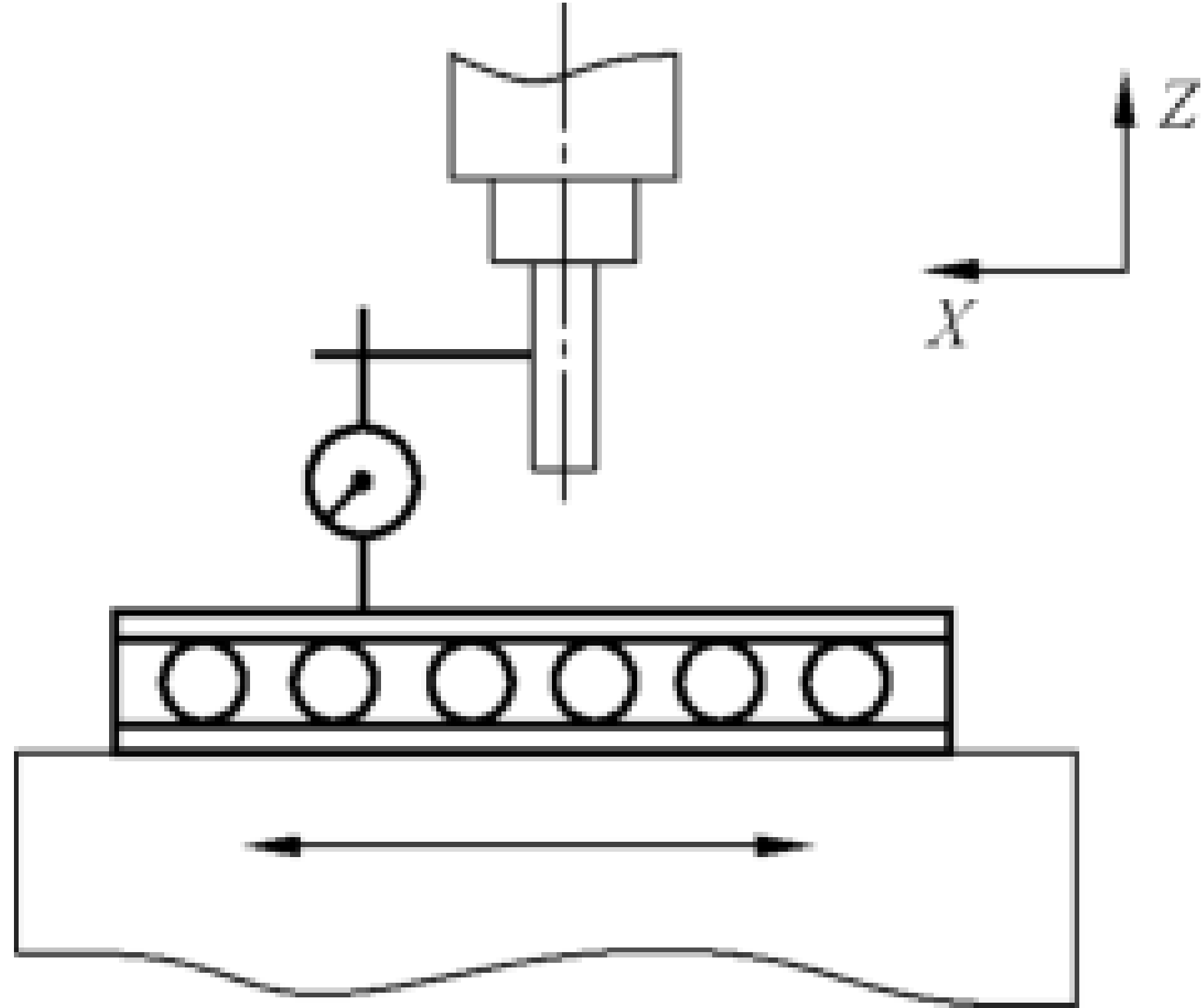
检验项目：		G9
X 轴线运动对工作台面的平行度。		
简图		
		
公差		
X 轴线行程	P 级	M 级
≤800	0.008	0.005
>800～1 250	0.010	0.006
>1 250～2 000	0.012	0.008
>2 000～3 000	0.016	0.010
检验工具		
指示器、平尺或等高量块。		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 12.3.2.5.1 或 12.3.2.5.2 的规定和下列要求进行检验。</p> <p>——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置或便于检验的位置，并锁紧。</p> <p>——在工作台面上沿 X 轴线运动方向放置一平尺。指示器固定在主轴箱上，当主轴能锁紧时，指示器可固定在主轴上，使其测头触及平尺检验面。沿 X 轴线等距离移动工作台，在全行程上不少于 5 个位置检验，每次移动距离不大于 200。</p> <p>——误差以指示器读数的最大代数差值计。</p> <p>——检验时，对于双柱机床应在前、中、后 3 个位置分别进行检验，对于单柱机床应在左、中、右 3 个位置。前、后及左、右的检验起止位置均不应大于工作台面宽度的 0.1 倍。</p> <p>——可在指示器测头和平尺之间用量块检验。</p> <p>——检验时，可用等高量块按上述方法进行检验。</p>		

表 10 Y 轴线运动对工作台面的平行度检验

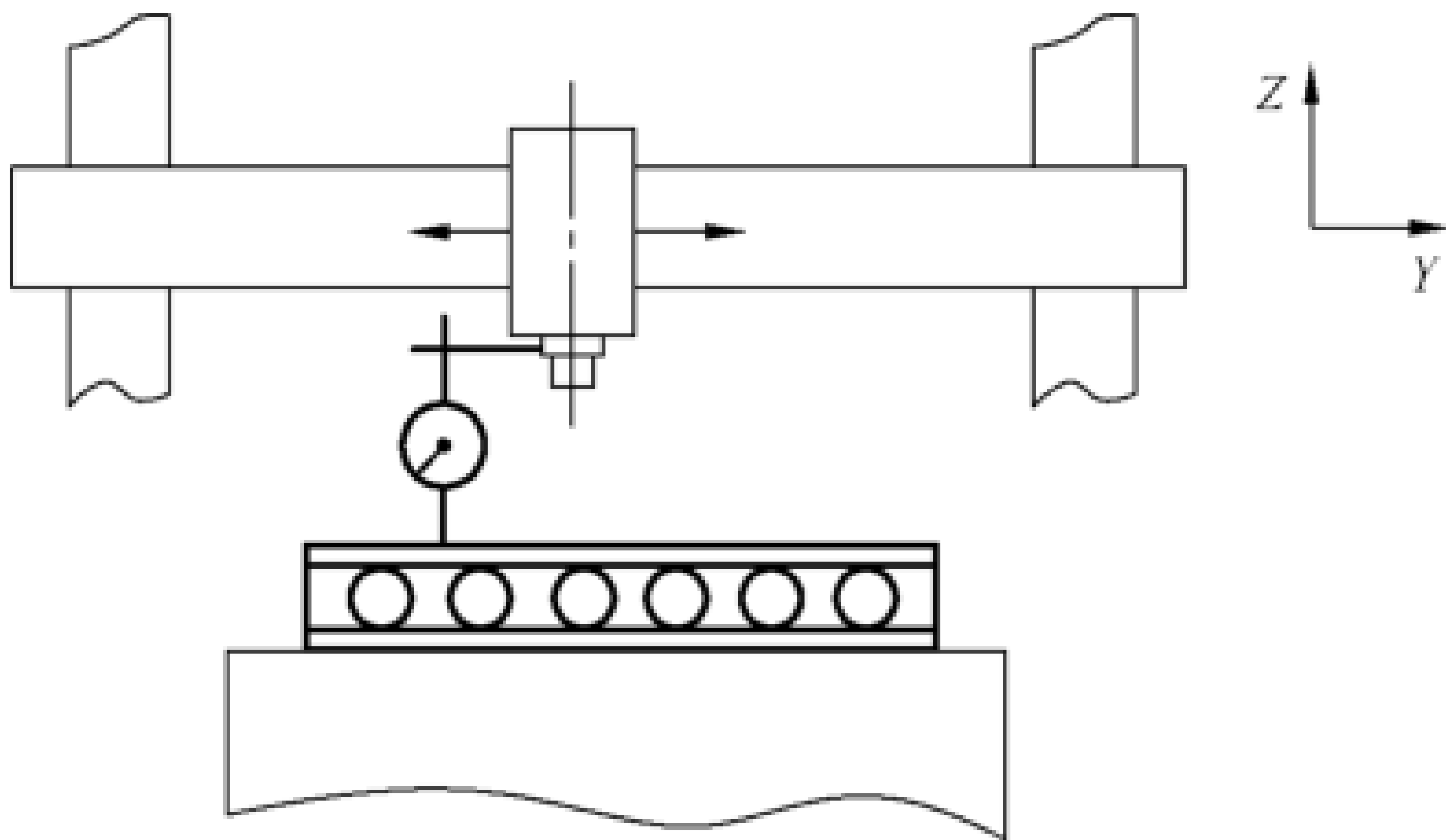
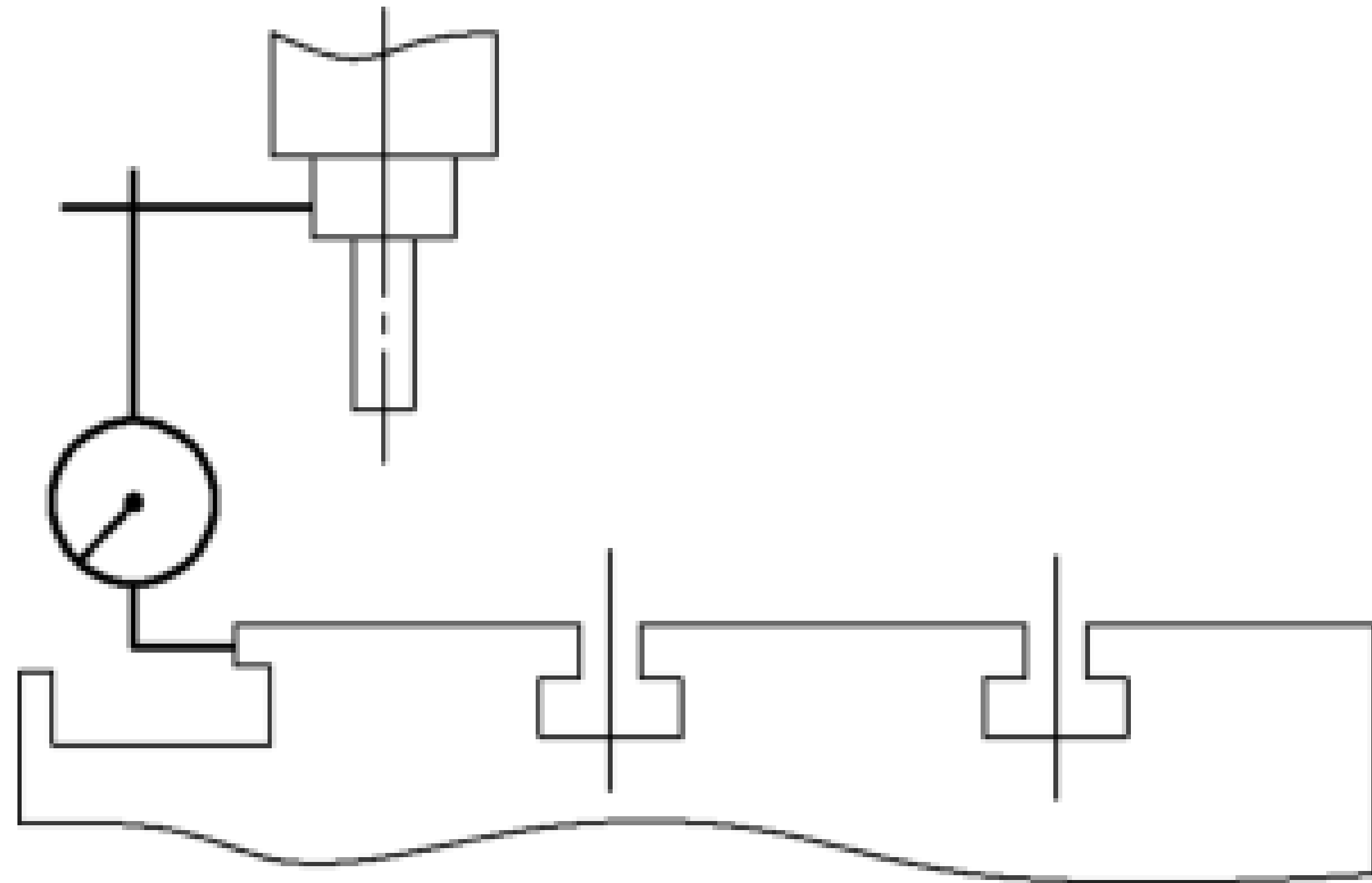
检验项目：		G10
Y 轴线运动对工作台面的平行度。		
简图		
		
公差		
Y 轴线行程	P 级	M 级
≤800	0.008	0.005
>800~1 250	0.010	0.006
>1 250~2 000	0.012	0.008
>2 000~3 000	0.016	0.010
检验工具		
平尺、指示器或等高量块。		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 12.3.2.5.1 或 12.3.2.5.2 的规定和下列要求进行检验。</p> <p>——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置或便于检验的位置,并锁紧。</p> <p>——在工作台面上沿 Y 轴线运动方向放置一平尺。指示器固定在主轴箱上,当主轴能锁紧时,指示器可固定在工作台上,使其测头触及平尺检验面。沿 Y 轴线等距离移动主轴箱(双柱)或工作台(单柱),在全行程上不少于 5 个位置检验,每次移动距离不大于 200。</p> <p>——误差以指示器读数的最大代数差值计。</p> <p>——检验时,对于双柱机床应在左、中、右 3 个位置,对于单柱机床应在前、中、后 3 个位置分别进行检验。左、右及前、后的检验起止位置均不应大于工作台面长度的 0.1 倍。</p> <p>——可在指示器测头和平尺之间用量块检验。</p> <p>——检验时,可用等高量块按上述方法进行检验。</p>		

表 11 X 轴线运动对工作台基准 T 形槽或侧基准的平行度检验

检验项目： X 轴线运动对工作台基准 T 形槽或侧基准的平行度。		G11
简图		
		
公差		
X 轴线行程	P 级	M 级
≤800	0,008	0,005
>800~1 250	0,010	0,006
>1 250~2 000	0,012	0,008
>2 000~3 000	0,016	0,010
检验工具 指示器。		
检验方法 按 GB/T 17421.1—2023 中 12.3.2.5.1 的规定和下列要求进行检验。 ——固定指示器,使其测头触及工作台基准 T 形槽基准面或工作台侧基准面上。沿 X 轴线移动工作台,在全行程且长度不大于基准 T 形槽或工作台侧基准面上检验。 ——误差以指示器读数的最大差值计。 ——检验时,两端的起、止位置不大于被测长度的 0,05 倍。 ——基准 T 形槽的两侧面均应进行检验。 ——检验时,可在指示器测头和被检验面之间用量块测量。		

5.5 主轴

主轴的检验见表 12～表 14。

表 12 主轴锥孔轴线的径向跳动检验

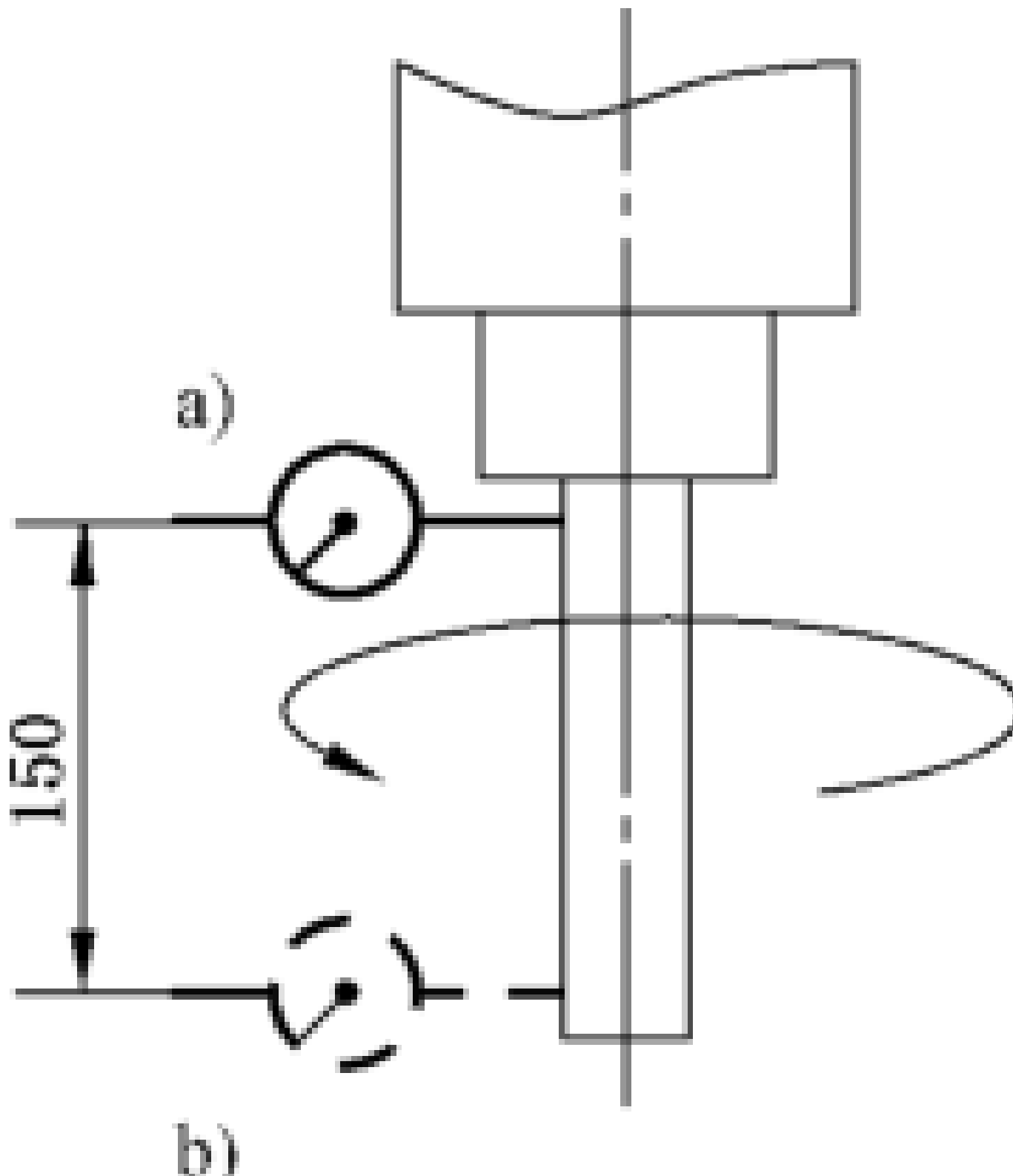
检验项目：		G12	
主轴锥孔轴线的径向跳动： a) 靠近主轴端部； b) 距主轴端部 150 处。			
简图			
			
公差			
主轴端部		P 级	M 级
7 : 24 锥度	莫式锥度		
30	0、1、2	a) 0.002 5 b) 0.005	a) 0.001 6 b) 0.003
40、45、50	3	a) 0.003 b) 0.006	a) 0.002 b) 0.004
检验工具			
指示器、检验棒。			
检验方法			
按 GB/T 17421.1—2023 中 12.5.3 的规定和下列要求进行检验。 ——在主轴锥孔内插入一检验棒，固定指示器，使其测头触及检验棒表面；a) 靠近主轴端部；b) 距主轴端部 150 处。旋转主轴至少两圈检验。拔出检验棒旋转 90°重新插入，再依次检验 3 次。 ——a)、b) 误差分别计算，误差以 4 次测量结果的平均值计。 ——因结构原因，可将检验棒旋转 180°，重复检验 1 次。 ——a)、b) 误差分别计算，误差以 2 次测量结果的平均值计。			

表 13 主轴的轴向窜动检验

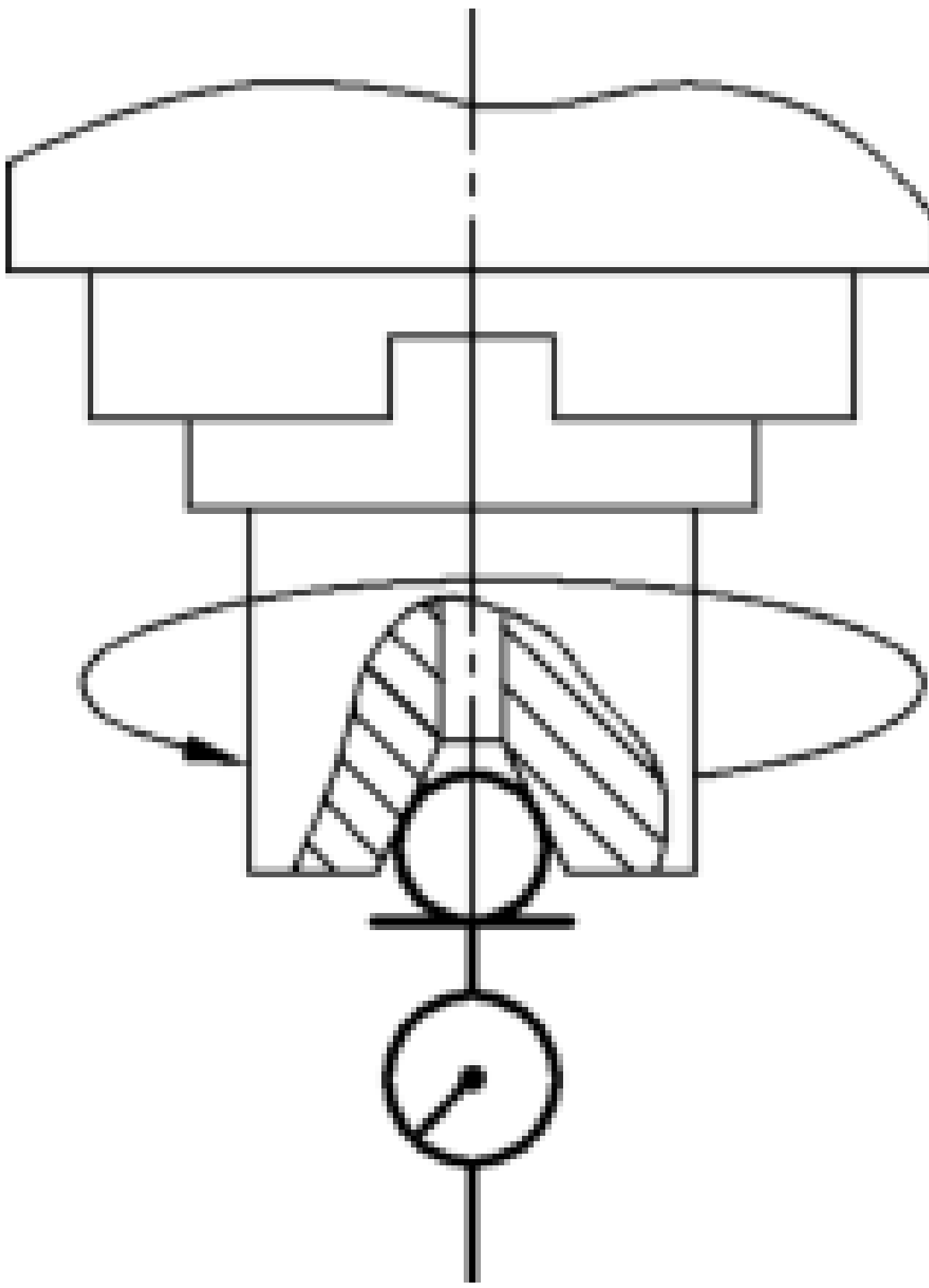
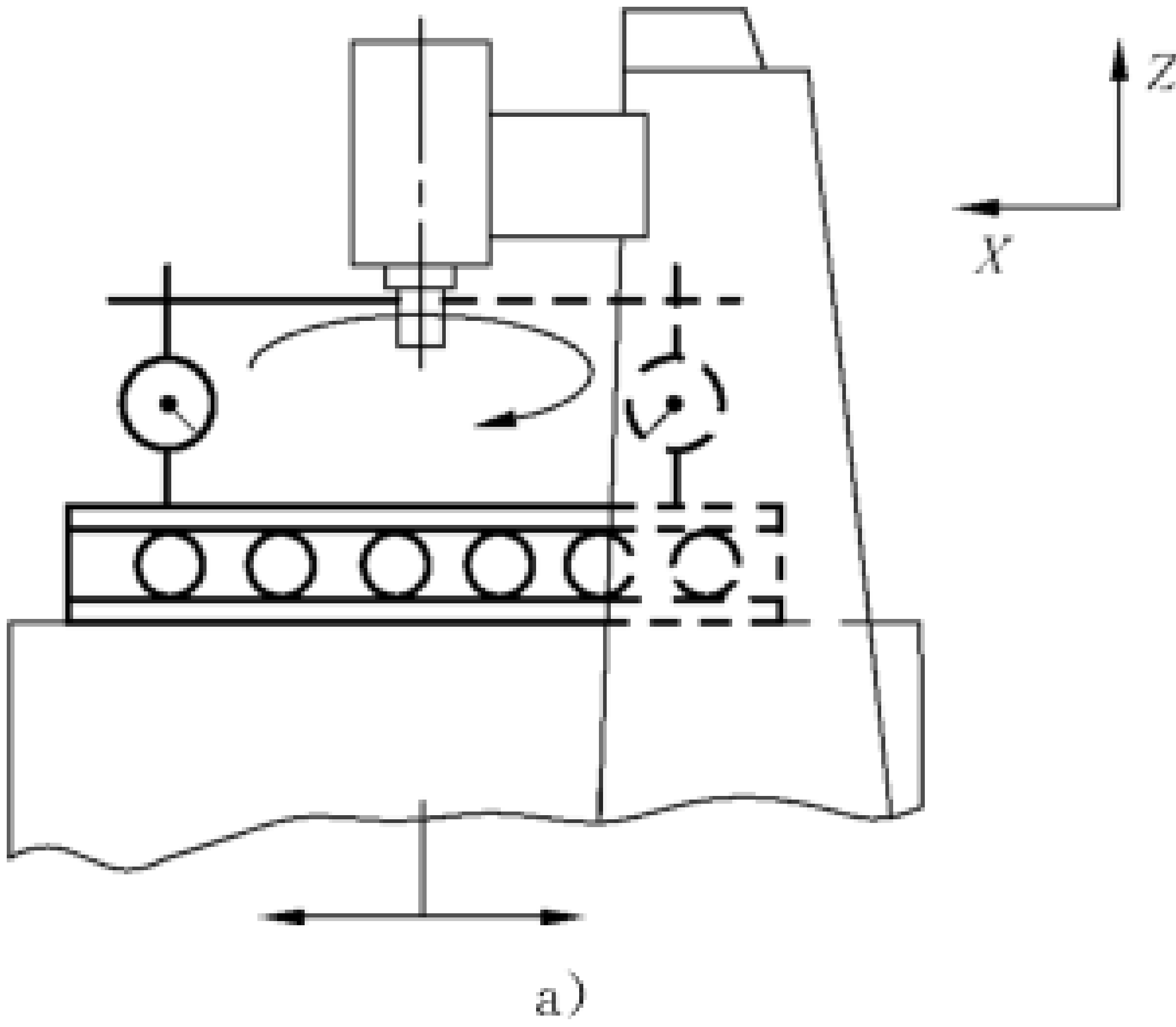
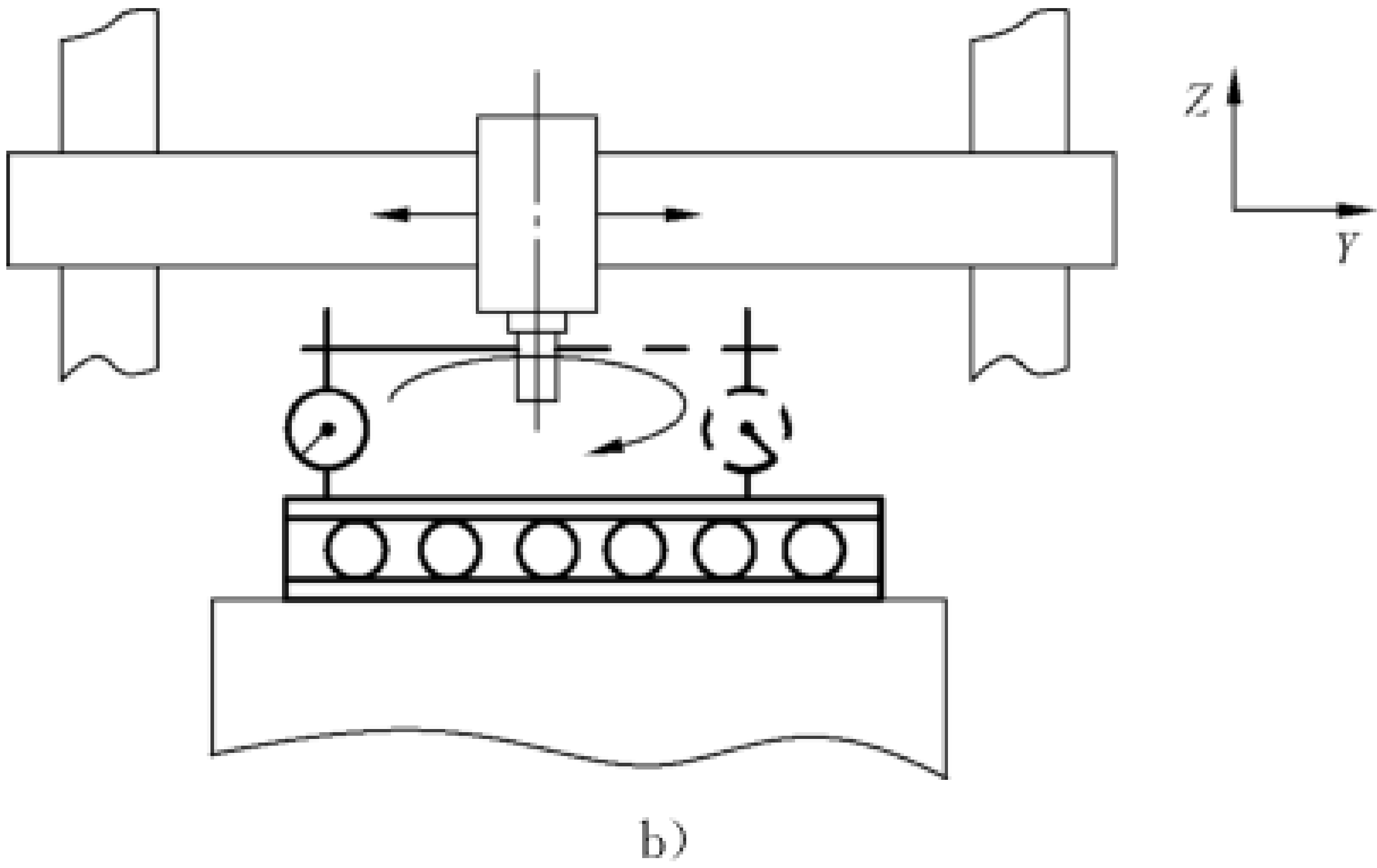
检验项目： 主轴的轴向窜动。			G13
简图			
			
公差			
主轴端部		P 级	M 级
7 : 24 锥度	莫式锥度		
30	0、1、2	0.002 5	0.001 6
40、45、50	3	0.004 0	0.002 5
检验工具 指示器、检验棒。			
检验方法 按 GB/T 17421.1—2023 中 9.1 的规定和下列要求进行检验。 ——在主轴锥孔内插入一检验棒，固定指示器，使其测头触及检验棒中心孔内的钢球表面，旋转主轴至少两圈检验。 ——误差以指示器读数的最大差值计。			

表 14 主轴轴线对 X 轴线或 Y 轴线运动间的垂直度检验

检验项目：		G14
主轴轴线对 X 轴线或 Y 轴线运动间的垂直度。		
a) 主轴轴线对 X 轴线运动；		
b) 主轴轴线对 Y 轴线运动。		
简图		
<div></div> <div></div>		
公差		
P 级		M 级
0.013/400 ^a		0.008/400 ^a
检验工具		
指示器、平尺、专用检具。		
检验方法		
<p>按 GB/T 17421.1—2023 中 12.3.2.5.1 的规定和下列要求进行检验。</p> <ul style="list-style-type: none">——非检测轴线上的运动部件置于行程的中间位置，并锁紧。——在工作台面的中间位置放置一平尺。在插入主轴锥孔中的专用检具上固定指示器，使其测头触及平尺检验面： a)在 ZX 平面内；b)在 YZ 平面内。分别调整平尺，使其与工作台 X 轴线移动方向或主轴箱 Y 轴线(双柱)移动方向平行^b，旋转主轴检验。——拔出专用检具，相对主轴旋转 180°，再检验一次。——a)、b)误差分别计算。误差以两次测量结果的代数和之半计。——检验时，可在指示器测头和平尺之间用量块检验。		
<p>^a 为指示器两个测点之间的距离。</p> <p>^b 平行系指指示器读数在平尺两端读数相等。</p>		

6 数控轴线定位精度和重复定位精度检验

数控轴线定位精度和重复定位精度检验见表 15～表 18。

表 15 X 轴线运动的定位精度和重复定位精度检验

检验项目：								M1	
X 轴线运动的定位精度和重复定位精度。									
简图									
公差									
轴线测量行程		≤800		>800~1 250		>1250~2 000		>2 000~3 000	
		P 级	M 级	P 级	M 级	P 级	M 级	P 级	M 级
单向定位精度 A ↑ 和 A ↓		0.010	0.006	0.013	0.008	0.016	0.010	0.020	0.013
双向定位精度 A		0.013	0.008	0.016	0.010	0.020	0.013	0.025	0.016
单向重复定位精度 R ↑ 和 R ↓		0.006	0.004	0.008	0.005	0.010	0.006	0.013	0.008
双向重复定位精度 R		0.008	0.005	0.010	0.006	0.015	0.009	0.016	0.010
反向差值 B		0.006	0.004	0.008	0.005	0.010	0.006	0.013	0.008
检验工具									
激光干涉仪或具有相同精度的其他测量系统。									
检验方法									
按 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章、第 8 章的规定和下列要求进行检验。									
——在检验过程中,非检测轴线的运动部件应置于其行程的中间位置(或置于对测量结果影响最小的位置)。宜以不少于移动部件最大进给速度的 1/2 进行检测。									
——检验程序和结果的表达应符合 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章和第 8 章的规定。									

表 16 Y 轴线运动的定位精度和重复定位精度检验

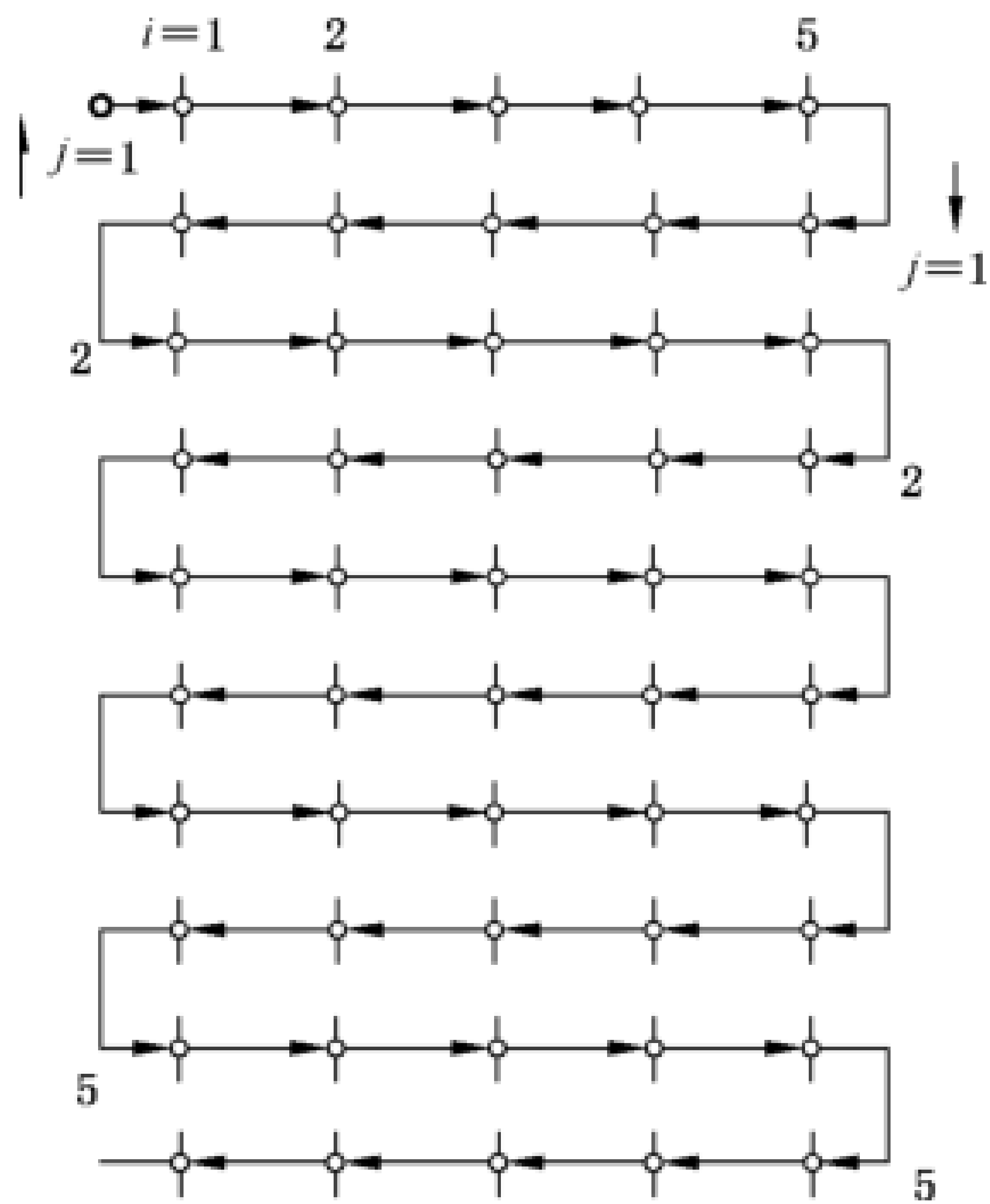
检验项目：							M2	
Y 轴线运动的定位精度和重复定位精度。								
<div>简图</div> <div></div>								
公差								
轴线测量行程	≤800		>800~1 250		>1250~2 000		>2 000~3 000	
	P 级	M 级	P 级	M 级	P 级	M 级	P 级	M 级
单向定位精度 $A \uparrow$ 和 $A \downarrow$	0.010	0.006	0.013	0.008	0.016	0.010	0.020	0.013
双向定位精度 A	0.013	0.008	0.016	0.010	0.020	0.013	0.025	0.016
单向重复定位精度 $R \uparrow$ 和 $R \downarrow$	0.006	0.004	0.008	0.005	0.010	0.006	0.013	0.008
双向重复定位精度 R	0.008	0.005	0.010	0.006	0.015	0.009	0.016	0.010
反向差值 B	0.006	0.004	0.008	0.005	0.010	0.006	0.013	0.008
<div>检验工具</div> <div>激光干涉仪或具有相同精度的其他测量系统。</div>								
<div>检验方法</div> <div>按 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章、第 8 章的规定和下列要求进行检验。 ——在检验过程中,非检测轴线的运动部件应置于其行程的中间位置(或置于对测量结果影响最小的位置)。宜以不少于移动部件最大进给速度的 1/2 进行检测。 ——检验程序和结果的表达应符合 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章和第 8 章的规定。</div>								

表 17 W 轴线运动的定位精度和重复定位精度检验

检验项目：							M3	
W 轴线运动的定位精度和重复定位精度。								
简图								
公差								
轴线测量行程	≤500		>500~800		>800~1 250		>1 250~2 000	
	P 级	M 级	P 级	M 级	P 级	M 级	P 级	M 级
单向定位精度 A ↑ 和 A ↓	0.013	0.008	0.016	0.010	0.020	0.013	0.025	0.016
双向定位精度 A	0.016	0.010	0.020	0.013	0.025	0.016	0.032	0.020
单向重复定位精度 R ↑ 和 R ↓	0.008	0.005	0.010	0.006	0.013	0.008	0.016	0.010
双向重复定位精度 R	0.010	0.006	0.013	0.008	0.016	0.010	0.020	0.012
反向差值 B	0.008	0.005	0.010	0.006	0.013	0.008	0.016	0.010
注：双柱机床横梁 W 轴线移动为数控轴线时,其允差由制造厂和用户协商确定。								
检验工具								
激光干涉仪或具有相同精度的其他测量系统。								
检验方法								
按 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章、第 8 章的规定和下列要求进行检验。								
——在检验过程中,非检测轴线的运动部件应置于其行程的中间位置(或置于对测量结果影响最小的位置)。宜以不少于移动部件最大进给速度的 1/2 进行检测。								
——检验程序和结果的表达应符合 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章和第 8 章的规定。								

表 18 Z 轴线运动的定位精度和重复定位精度检验

检验项目：			M4	
Z 轴线运动的定位精度和重复定位精度(仅适用于 Z 轴线为数控轴线的机床)。				
简图				
公差				
轴线测量行程	≤320		＞320～500	
	P 级	M 级	P 级	M 级
单向定位精度 A ↑ 和 A ↓	0.016	0.010	0.020	0.013
双向定位精度 A	0.020	0.013	0.025	0.016
单向重复定位精度 R ↑ 和 R ↓	0.008	0.005	0.010	0.006
双向重复定位精度 R	0.011	0.007	0.013	0.008
反向差值 B	0.008	0.005	0.010	0.006
检验工具				
激光干涉仪或具有相同精度的其他测量系统。				
检验方法				
按 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章、第 8 章的规定和下列要求进行检验。				
——在检验过程中,非检测轴线的运动部件应置于其行程的中间位置(或置于对测量结果影响最小的位置)。宜以不少于移动部件最大进给速度的 1/2 进行检测。				
——检验程序和结果的表达应符合 GB/T 17421.2—2023 中第 5 章、第 6 章和第 8 章的规定。				

7 工作精度检验

工作精度检验见表 19～表 21。

表 19 镗孔的孔距精度检验

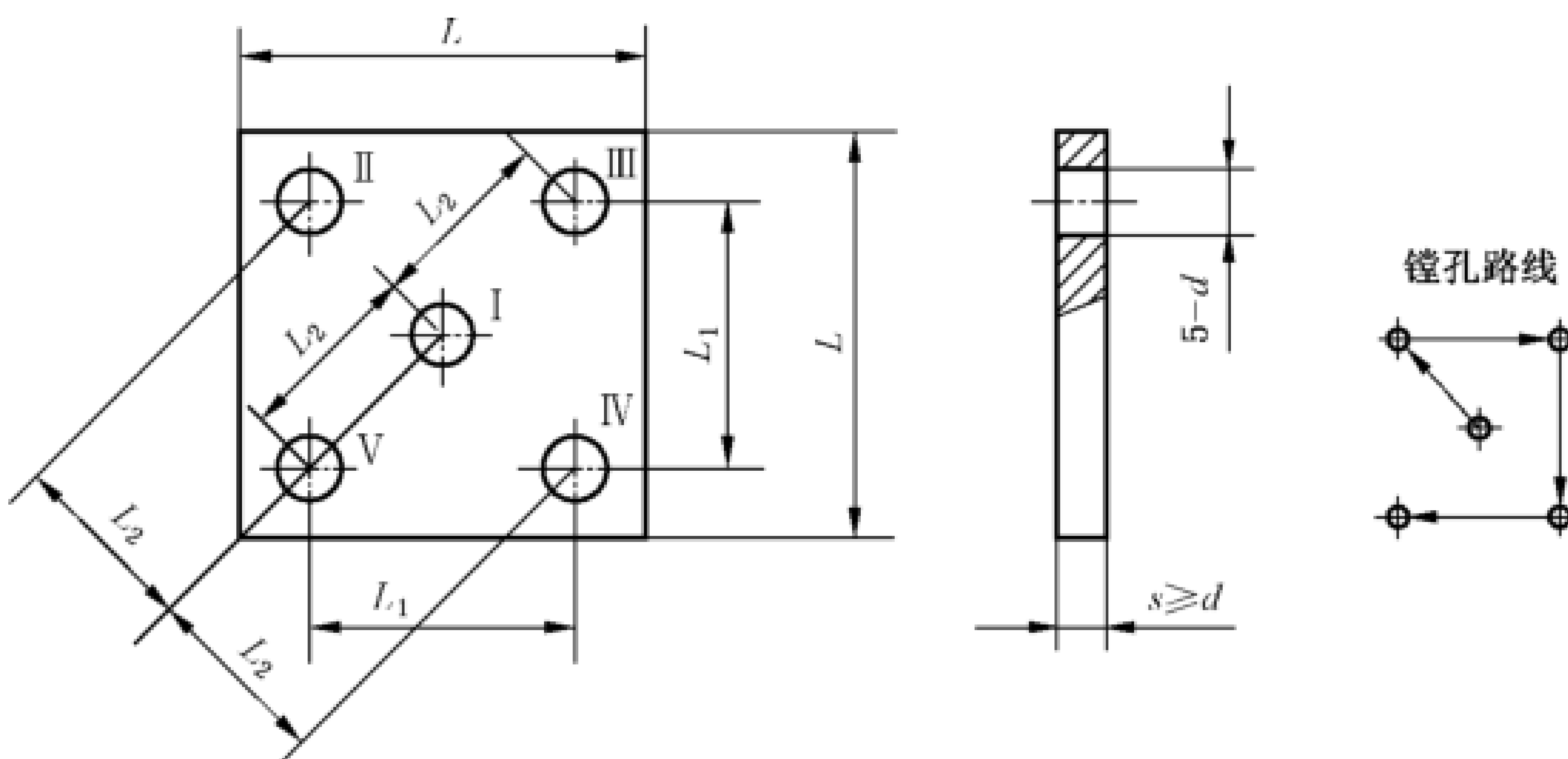
检验性质：					P1	
镗孔的孔距精度(沿 X、Y 坐标方向定位,按镗孔路线依次对 5 个孔进行精镗孔)。						
简图和试件尺寸						
						
试件尺寸						
工作台面宽度	L	L ₁	L ₂	d	s	
≤500	≥125	80	56.569	12~20	≥d	
>500~1 250	≥160	100	70.711	20~30		
>1 250~2 000	≥200	125	88.388	30~40		
切削条件						
试件安装在工作台面上,其加工面高度(距离)为工作台面至主轴端面最大距离的 1/3。						
试件材料:HT200 或 2A14。						
切削刀具:硬质合金镗刀或高速钢镗刀。						
切削参数:按制造厂或制造厂与用户协议的规定。						
当工作台最大移动距离大于或等于 800 时,宜采用两个试件,沿 X 轴线对称安装在工作台上,两试件中心线的距离等于 X 轴线最大行程的 0.5 倍。						
检验项目	公 差			检验工具	检验方法	
镗 孔 的 孔 距 精 度	工作台面宽度	P 级	M 级	坐标测量机 或专用设备	按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1、6.2.2、B.1.1、B.1.2 的规定和下列要求进行检验。 ——将精镗孔后的试件,放在坐标测量机上,测出 L ₁ 、L ₂ 的孔距。误差以各孔距实测值与规定值的最大差值计。 ——当采用专用设备进行测量时,试件可不从机床上卸下,用专用设备测量孔距。两试件的误差分别计算。误差以实测值与规定值的最大差值计。	
	≤500	0.006	0.004			
	>500~1 250	0.008	0.005			
	>1 250~2 000	0.010	0.006			

表 20 精镗孔检验

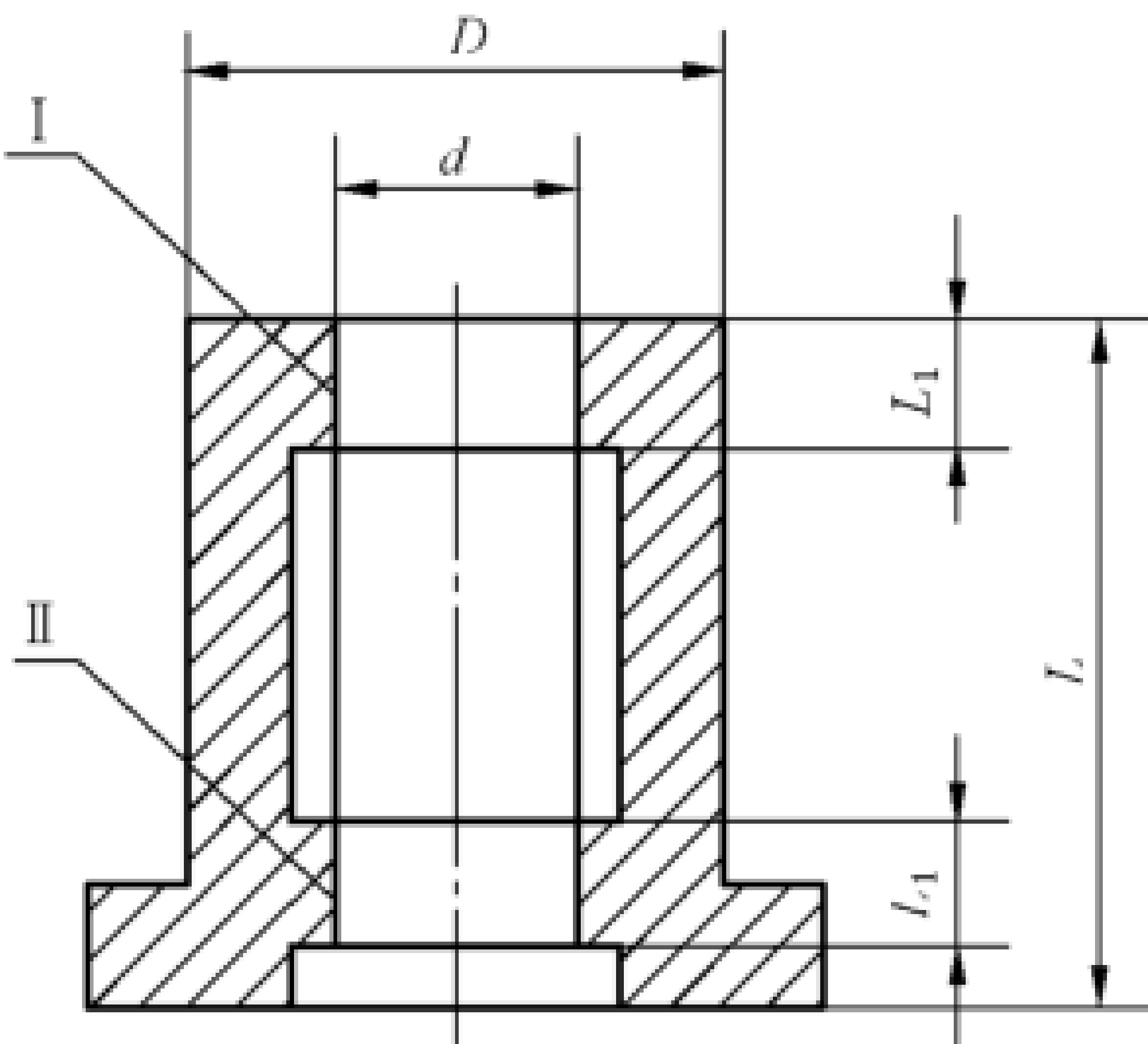
检验性质：					P2		
精镗孔。							
简图和试件尺寸							
							
试件尺寸							
主轴端部		d	L ₁	D	L	≥1.6d	
7 : 24 锥度	莫式锥度						
30	0、1、2	20~40	5~10				
40、45、50	3	40~120	10~30				
切削条件							
试件安装在工作台中间位置。							
试件材料:HT200 或 2A14。							
切削刀具:硬质合金镗刀。							
切削参数:按制造厂或制造厂与用户协议的规定。							
检验项目	公 差			检验工具	检验方法		
a) 圆度 b) 直径一致性	主轴端部		P 级		M 级		
	7 : 24 锥度	莫式锥度	a)	b)	a)	b)	
	30	0、1、2	0.004	0.006	0.002	0.004	
	40、45、50	3	0.006	0.008	0.003	0.005	
坐标测量机 或指示器或 圆度仪							
按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1、6.2.2、B.1.1、B.1.2 的规定和下列要求进行检验。							
——分别在 I、II 两孔同一深度的横截面上,测出相互夹角约为 45°的 4 个直径的最大差值之半。							
——圆度误差以各最大差值之半中的最大值计。							
——分别在相互夹角约为 45°的同一截面上,测出 I、II 两孔直径的最大差值。							
——直径一致性误差以各最大差值中的最大值计。							

表 21 轮廓加工检验

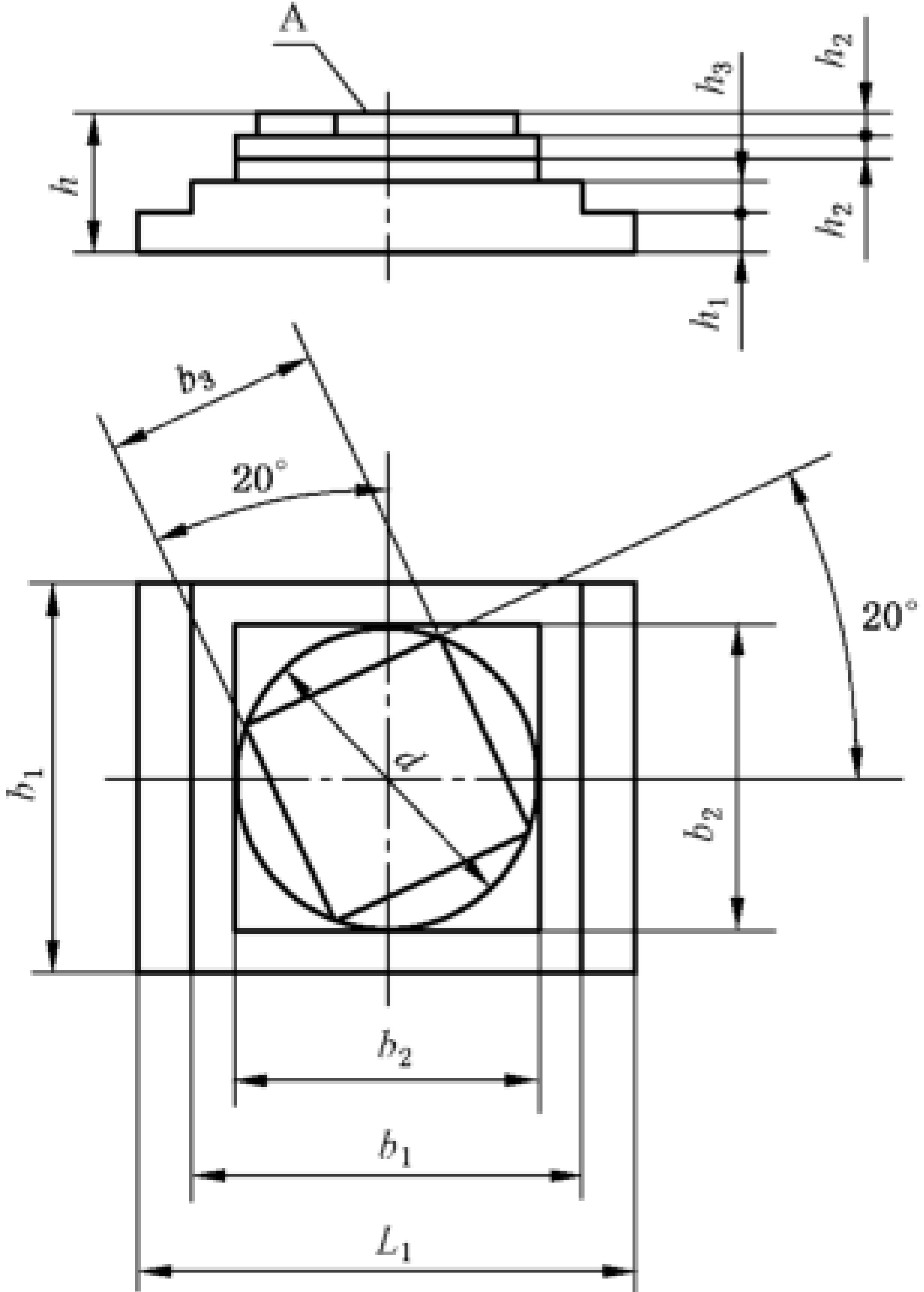
检验性质：							P3
<div>轮廓加工。</div> <div>a) 精铣端面 A；</div> <div>b) 精铣 b_2 及 b_3 四周侧面；</div> <div>c) 精铣 b_2 及 b_3 四周侧面，四周相邻两面；</div> <div>d) 两坐标联动精铣 d 圆柱面。</div>							
<div>简图和试件尺寸</div> <div></div>							
试件尺寸							
工作台面宽度	b_1	$b_2 = d$	b_3	L_1	h	$h_1 = h_3$	h_2
≤ 500	200	160	77.782	250	100	25	15
$> 500 \sim 1\,250$	260	220	155.562	320	120	30	20
$> 1\,250 \sim 2\,000$	320	280	197.990	400	120	30	20
<div>切削条件</div> <div>试件安装基面应平直，试件安装在工作台的中间位置。</div> <div>试件材料：HT200 或 2A14(老牌号 LY12)。</div> <div>切削刀具：硬质合金端铣刀、硬质合金立铣刀。</div> <div>切削参数：按制造厂或制造厂与用户协议的规定。</div>							

表 21 轮廓加工检验（续）

检验项目	公差			检验工具	检验方法
a) 端面 A 的平面度	工作台面宽度	P 级	M 级	坐标测量机	按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1、6.2.2、B.1.1、B.1.2 的规定和下列要求进行检验。 ——将试件放在坐标测量机上进行测量。 ——平面度的检验测量点数均布,不少于 9 点。
	≤500	0.006	0.004		
	>500~1250	0.008	0.005		
	>1250~2000	0.009	0.006		
b) b_2 及 b_3 四周侧面的直线度	工作台面宽度	P 级	M 级	坐标测量机	按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1、6.2.2、B.1.1、B.1.2 的规定和下列要求进行检验。 ——将试件放在坐标测量机上进行测量。 ——直线度和垂直度的检验测量点数均布,测头至少在 10 个点处触及被测表面。 ——对于圆度检验,当测量为非连续性时,则至少检查 15 个点。
	≤500	0.006	0.004		
	>500~1 250	0.008	0.005		
	>1 250~2 000	0.009	0.006		
c) 相邻两面的垂直度	工作台面宽度	P 级	M 级		
	≤500	0.012	0.008		
	>500~1 250	0.014	0.009		
	>1 250~2 000	0.016	0.010		
d) d 圆柱面的圆度	工作台面宽度	P 级	M 级		
	≤500	0.013	0.008		
	>500~1 250	0.015	0.010		
	>1 250~2 000	0.016	0.011		
