

中华人民共和国国家标准

GB/T 16462.2—2023

代替 GB/T 16462.2—2017

数控车床和车削中心检验条件 第2部分：立式机床几何精度检验

Test conditions for numerically controlled turning machines and turning centres—
Part 2: Geometric tests for machines with a vertical workholding spindle

(ISO 13041-2:2020, MOD)

2023-12-28 发布

2024-07-01 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 I

引言 III

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

 4.1 测量单位 2

 4.2 执行 GB/T 17421.1—2023 和 GB/T 17421.7—2016 2

 4.3 机床的调平 2

 4.4 检验顺序 2

 4.5 检验项目 2

 4.6 检验工具 2

 4.7 简图 3

 4.8 软件补偿 3

 4.9 重力对两个滑鞍机构的影响 3

 4.10 公差 3

 4.11 线性运动 3

 4.12 刀架或刀夹部件 3

 4.13 机床布局和轴线的命名 3

 4.14 机床的分类 3

5 几何精度检验 7

 5.1 工件主轴或工作台 7

 5.2 X 和 Z 线性轴线 9

 5.3 横梁移动 15

 5.4 Y 轴相关检验 18

 5.5 刀夹和刀架 22

 5.6 动力驱动刀具主轴 24

附录 A (资料性) 回转轴线的精度检验 28

 A.1 工件主轴的回转精度 28

 A.2 刀具主轴的回转精度 30

参考文献 32

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 16462《数控车床和车削中心检验条件》的第 2 部分。GB/T 16462 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：卧式机床几何精度检验；
- 第 2 部分：立式机床几何精度检验；
- 第 3 部分：倒置立式机床几何精度检验；
- 第 4 部分：线性和回转轴线的定位精度及重复定位精度检验；
- 第 5 部分：进给率、速度和插补精度检验；
- 第 6 部分：精加工试件精度检验；
- 第 7 部分：在坐标平面内轮廓特性的评定；
- 第 8 部分：热变形的评定。

本文件代替 GB/T 16462.2—2017《数控车床和车削中心检验条件 第 2 部分：立式机床几何精度检验》，与 GB/T 16462.2—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了文件适用范围(见第 1 章,2017 年版的第 1 章)；
- b) 删除了“手动控制”“手动控制车床”“数控立式车床”的术语和定义(见 2017 年版的 3.2、3.4、3.6),增加了“刀架”的术语和定义(见 3.5)；
- c) 增加了对检验工具的要求和说明(见 4.6)；
- d) 增加了重力对两个滑鞍机构的影响(见 4.9)；
- e) 增加了机床布局和轴线的命名(见 4.13)；
- f) 删除了机床的尺寸范围(见 2017 年版的 4.13)；
- g) 删除了工件主轴端面(工作台)的平面度检验(见 2017 年版 5.1 的 G1)；
- h) 更改了工件主轴或工作台端面跳动、径向跳动要求(见 5.1 的 G1、G2,2017 年版 5.1 的 G2、G3)；
- i) 更改了 X 轴运动的直线度、角度误差要求(见 5.2 的 G3、G4,2017 年版 5.4 的 G14、5.5 的 G21)；
- j) 增加了 Z 轴运动的直线度项目,更改了 Z 轴运动的角度误差(见 5.2 的 G5、G6,2017 年版 5.3 的 G13)；
- k) 删除了侧刀架运动、侧刀架滑枕运动分别对工件主轴旋转轴线的平行度、垂直度检验(见 2017 年版 5.2 的 G6、G7)；
- l) 更改了 X 轴对 C 轴的垂直度要求、Z 轴对 C 轴的平行度要求(见 5.2 的 G7、G8,2017 年版 5.2 的 G5、G4)；
- m) 更改了横梁相关检验的要求(见 5.3 的 G9~G11,2017 年版 5.4 的 G16、5.3 的 G10、5.2 的 G9)；
- n) 更改了 Y 轴相关检验的要求(见 5.4 的 G12~G15,2017 年版 5.4 的 G15、5.3 的 G11)；
- o) 更改了刀夹和刀架相关检验的要求(见 5.5 的 G16、G17,2017 年版 5.5 的 G18、G21)；
- p) 更改了动力驱动刀具主轴相关检验的要求(见 5.6 的 G18~G21,2017 年版 5.5 的 G19、5.2 的 G8、5.5 的 G17)；

q) 删除了刀架转位的重复定位精度检验项目(见 2017 年版 5.5 的 G20)。

本文件修改采用 ISO 13041-2:2020《数控车床和车削中心检验条件 第 2 部分:立式机床几何精度检验》。

本文件与 ISO 13041-2:2020 的技术性差异及其原因如下:

- 用 GB/T 17421.1—2023 代替了 ISO 230-1(见第 1 章、4.2),增加可操作性,便于本文件的应用;
- 用规范性引用的 GB/T 17421.7—2016 替换了 ISO 230-7:2015 和 ISO 230-7(见第 1 章、4.2),增加可操作性,便于本文件的应用;
- 将“参照 ISO 230-1 和 ISO 230-7”更改为“执行 GB/T 17421.1—2023 和 GB/T 17421.7—2016”(见 4.2),增加可操作性,便于本文件的应用;
- 删除了“机床布局和轴线的命名”中关于表 1 运动机构的说明(见 4.13),适合我国国情;
- 删除了表 1 方括号里关于运动结构的描述,适合我国国情;
- 将检验方法中“参照标准的相应条款”更改为“按标准中相应条款的规定”(见第 5 章的 G1~G21),适合我国国情,与国内其他机床精度检验标准一致。

本文件做了下列编辑性改动:

- 删除了图 1、图 2 中“注”的内容;
- 删除了精度检验表格中的“实测偏差”一栏(见第 5 章的 G1~G21);
- 删除了附录 B(资料性)“其他语言术语”;
- 更改了参考文献。

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:通用技术集团沈阳机床有限责任公司、通用技术集团机床工程研究院有限公司、沈阳机床股份有限公司、通用技术集团大连机床有限责任公司、宝鸡机床集团有限公司、浙江凯达机床股份有限公司、中国机械总院集团云南分院有限公司。

本文件主要起草人:谭智、郭静、王兴海、吴俊勇、化春雷、张维、陈妍言、刘洪强、董建军、王军宁、王焕平、韩玉稳、乔保中、陈经纬、马俊杰。

本文件于 2017 年首次发布,本次为第一次修订。

引 言

GB/T 16462《数控车床和车削中心检验条件》属于数控车床和车削中心检验通用标准,确立了机床精度和性能检验的原则和要求。

GB/T 16462《数控车床和车削中心检验条件》由八个部分构成。

- 第 1 部分:卧式机床几何精度检验。目的在于规范数控卧式车床和车削中心的几何精度检验方法及相应的要求。
- 第 2 部分:立式机床几何精度检验。目的在于规范数控立式车床和车削中心的几何精度检验方法及相应的要求。
- 第 3 部分:倒置立式机床几何精度检验。目的在于规范倒置数控立式车床和倒置立式车削中心的几何精度检验方法及相应的要求。
- 第 4 部分:线性和回转轴线的定位精度及重复定位精度检验。目的在于规范数控车床和车削中心的线性和回转轴线的位置精度检验方法及相应的要求。
- 第 5 部分:进给率、速度和插补精度检验。目的在于规范数控车床和车削中心主轴转速、线性轴线的进给率及轴线同时运动所产生轨迹的运动精度检验方法及相应的要求。
- 第 6 部分:精加工试件精度检验。目的在于规范精加工条件下标准试件的一系列切削检验方法及相应的要求。
- 第 7 部分:在坐标平面内轮廓特性的评定。目的在于规范数控车床和车削中心的轮廓特性检查方法。
- 第 8 部分:热变形的评定。目的在于规范数控车床和车削中心的机床结构和定位系统热变形的评定方法。

本文件是 GB/T 16462 的第 2 部分,主要规范了普通精度的数控立式车床和车削中心的几何精度检验的方法,可为数控立式车床和车削中心的精度检验提供依据和指导。

基于实际机床检验需求,本文件修改了部分数控立式车床和车削中心的几何精度检验项目,删除了工件主轴端面(工作台)的平面度检验,侧刀架、测刀架滑枕运动分别对工件主轴旋转轴线的平行度、垂直度检验,刀架转位的重复定位精度检验;增加了刀夹滑板运动的直线度、Y 轴运动分别对 C 轴、X 轴运动的垂直度、刀夹滑板运动对垂直刀架运动的垂直度检验。

数控车床和车削中心检验条件
第 2 部分：立式机床几何精度检验

1 范围

本文件根据 GB/T 17421.1—2023 和 GB/T 17421.7—2016 规定了普通精度的数控立式车床和车削中心的几何精度检验要求和方法及相应的公差。

本文件解释了数控立式车床和车削中心的不同概念、不同配置及通用特点，并提供了控制轴的术语和名称(见图 1、图 2 和表 1)。

本文件仅适用于机床的精度检验，它不适用于机床的运转检验(如机床的振动、异常的噪声、部件的爬行等检验)及机床的特性检验(如速度、进给量)，未涉及到的机床几何精度检验在 GB/T 16462 的其他部分。

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 17421.7—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)

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(ISO 841:2001, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车床 turning machine

主运动为工件相对于固定的刀具旋转的机床。

3.2

数值控制 numerical control

数控 NC

用数值数据的控制装置，在运行过程中，不断地引入数值数据，从而对某一生产过程实现自动控制。

〔来源：GB/T 8129—2015, 3.1.1〕

3.3

数值控制车床 numerically controlled turning machine

数控车床 NC turning machine

在数值控制(3.2)或计算机数值控制下运行的车床(3.1)。

3.4

车削中心 turning centre

配有动力驱动刀具装置,并且其夹持工件主轴具有围绕其轴线定位能力的数控车床。

注:这类机床可以包括附加特性,如可以由刀库进行自动换刀。

3.5

刀架 tool turret

能够定位切削刀具完成加工操作的多刀夹持装置。

4 一般要求

4.1 测量单位

在本文件中,所有的线性尺寸、偏差和相应的公差单位为毫米(mm),角度尺寸的单位为度(°),而角度偏差及相应的公差用比值表示,但是在有些场合,也可使用微弧度(μrad)或角秒(")为单位来表示,其换算关系见公式(1)。

$$0.010/1\,000 = 10\,\mu\text{rad} \approx 2'' \qquad \dots\dots\dots (1)$$

4.2 执行 GB/T 17421.1—2023 和 GB/T 17421.7—2016

使用本文件时应按照 GB/T 17421.1—2023 和 GB/T 17421.7—2016,尤其是机床检验前的安装、主轴和其他运动部件的温升、检验方法和推荐的检验工具的不确定度。

在“检验方法”一栏中,表述了该项检验所按照的 GB/T 17421.1—2023 和 GB/T 17421.7—2016 的有关条款,以及所涉及的有关规定。每项几何精度检验给定的公差见 G1~G21,AR1 和 AR2。

4.3 机床的调平

在对机床进行检验之前,宜根据供应商/制造商的推荐值对机床进行调平(按 GB/T 17421.1—2023 中 6.1.1 和 6.1.2 的规定)。

4.4 检验顺序

本文件中所列出的检验项目顺序,并不表示实际检验顺序,为了拆装检验工具和检验方便,可按任意顺序进行检验。

4.5 检验项目

检验机床时,根据其结构特点不需要或不可能对本文件中的所有项目进行检验。为了验收目的而要求检验时,经供应商/制造商的同意,用户可以选择一些与部件和/或特性相关的项目进行检验。但这些检验项目应在机床订货时明确提出。如果没有规定检验项目和相关费用的协议,依据本文件进行验收试验,不能被视为对任何缔约方具有约束力。

4.6 检验工具

在所描述的检验中给定的检验工具仅为示例。其他具有相同程度的测量能力和具有相同或更小测量不确定度的检验工具同样可以使用。检验工具不确定度和公差的关系的说明见 GB/T 17421.1—2023 中第 5 章。

当用于相关检验中时,所提及的指示器不仅可以指度盘式指示器,还可以指任何种类的线性位移传感器,如指针式或数字式测量仪器、线性可变差动变压器(位移传感器)、线性刻度位移计或非接触传感器。

同样地,所提及的平尺可以指任何类型的直线度基准计量标准,如激光束、专用光学元件、花岗石或陶瓷或钢制或铸铁直尺、直角尺侧面、圆柱角尺母线、任何立方体的直线轨迹或安装在 T 型槽或其他基准上的专用检具。

所提及的直角尺可以是任何类型的方形检具,如花岗石或陶瓷或钢制或铸铁方尺、圆柱角尺、基准立方体或专用检具。

检验工具的有价值信息可在 ISO/TR230-11 中获得。

4.7 简图

为简便起见,本文件中与几何精度检验有关的简图只用一种类型的机床为例。

4.8 软件补偿

如果利用内置的软件手段能有效地补偿几何偏差,为了验收检验而使用软件补偿时,可根据用户和供应商/制造商之间的协议来使用,并适当考虑机床的预期用途。当使用软件补偿时,应在检验报告中予以说明。为了检验目的而使用软件补偿时,轴线不可被锁定。

4.9 重力对两个滑鞍机构的影响

对于在横梁上配置两个滑板的机床[表 1 中的 B 型,a)和 b)],未检状态的滑鞍应停置于制造商规定的位置。如果两个滑鞍都被使用,偏差会因重力原因而发生变化。

4.10 公差

本文件中,所有的公差值为推荐值。作为验收用途使用本文件时,其他公差值可以按制造商/供应商和用户之间的协议确定。所需协议公差应在订购机床时明确提出。

当实测长度与本文件规定的长度不同时,公差按实测长度折算,公差最小折算值应为 0.005 mm。

原则上,角度公差是以 1 000 以上的测量距离给出的。一个典型的测量长度转化的角度在括号中给出;例如:0.060/1 000(0.015/250)。

4.11 线性运动

为简便起见,图 1 和图 2 中所列举的机床轴线都是按 GB/T 19660—2005 中 6.1 的规定使用字母和数字命名的(如:X、X1、X2……)。在所有示例中字母可以用 U、V 或 W 替换。

4.12 刀架或刀夹部件

根据不同的机床型式,切削刀具(固定或动力驱动)可以在刀夹或刀架上夹紧,刀夹或刀架安装在刀夹滑板(垂直刀架滑枕)和/或侧刀架滑枕上。可以使用自动换刀装置,但本文件没有提供自动换刀装置的检验方法。

4.13 机床布局和轴线的命名

给出了特定机床的运动机构的名称并配以相应的简图(见图 1、图 2 和表 1)。

4.14 机床的分类

本文件中涉及的机床可分为下列基本配置(见图 1、图 2 和表 1):

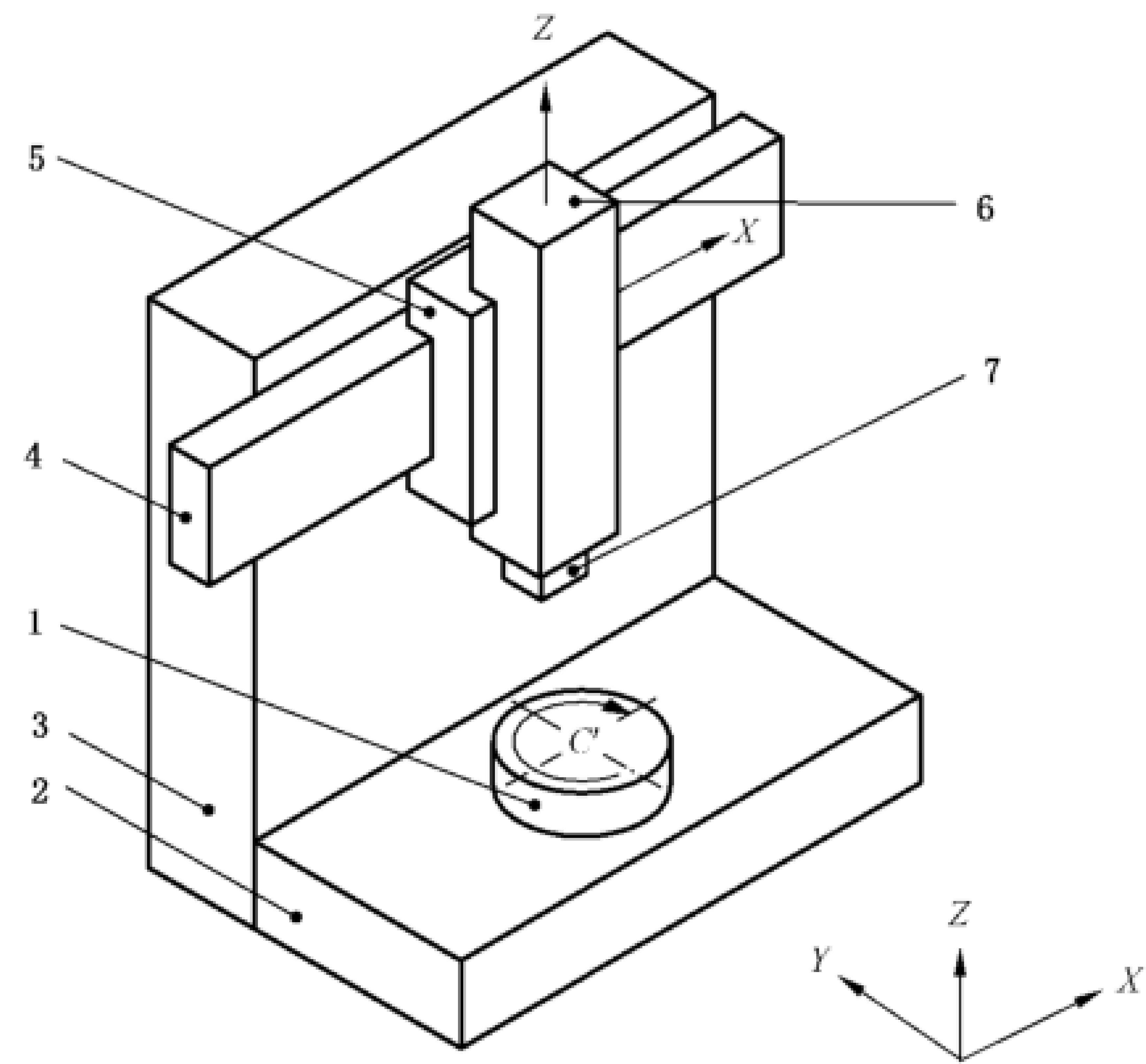
——A 型:单立柱机床;

——B 型:双立柱机床。

B 型机床通常可进一步分为型式:

- 固定立柱:固定龙门型;

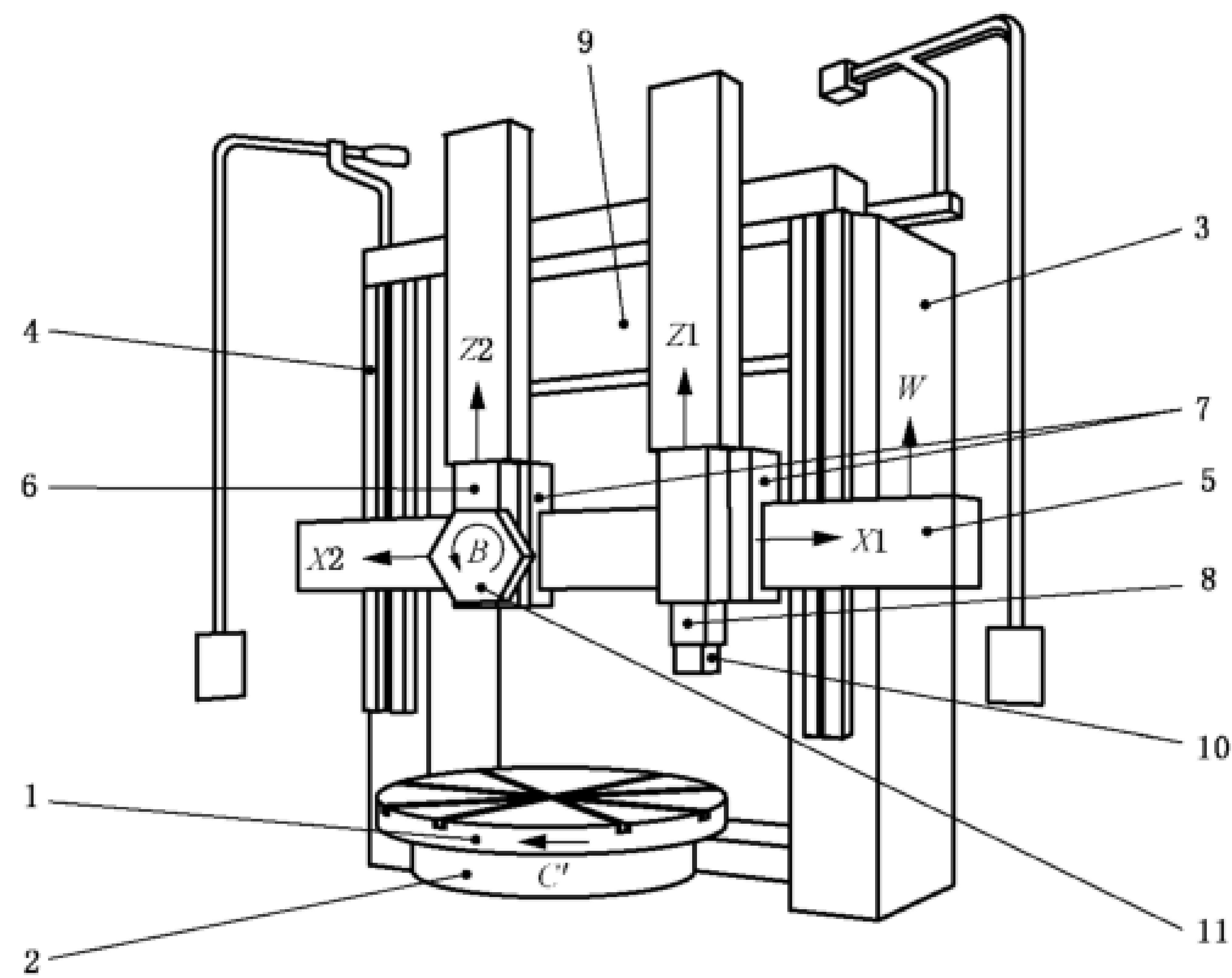
- 移动立柱：龙门移动型。



标引序号说明：

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1——工件主轴(工作台), C' ; | 5——垂直刀架(滑鞍), X ; |
| 2——底座; | 6——刀夹滑板(垂直刀架滑枕), Z ; |
| 3——立柱; | 7——刀夹。 |
| 4——横梁; | |

图 1 单立柱机床示例(A 型)



标引序号说明：

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1——工件主轴(工作台), C' ; | 7——垂直刀架(滑鞍), $X1, X2$; |
| 2——底座; | 8——刀夹滑板(垂直刀架滑枕), $Z1$; |
| 3——右立柱; | 9——顶梁; |
| 4——左立柱; | 10——刀夹; |
| 5——横梁, W ; | 11——刀架, B 。 |
| 6——刀夹滑板(垂直刀架滑枕), $Z2$; | |

图 2 双立柱机床示例(B 型)

表 1 机床配置示例

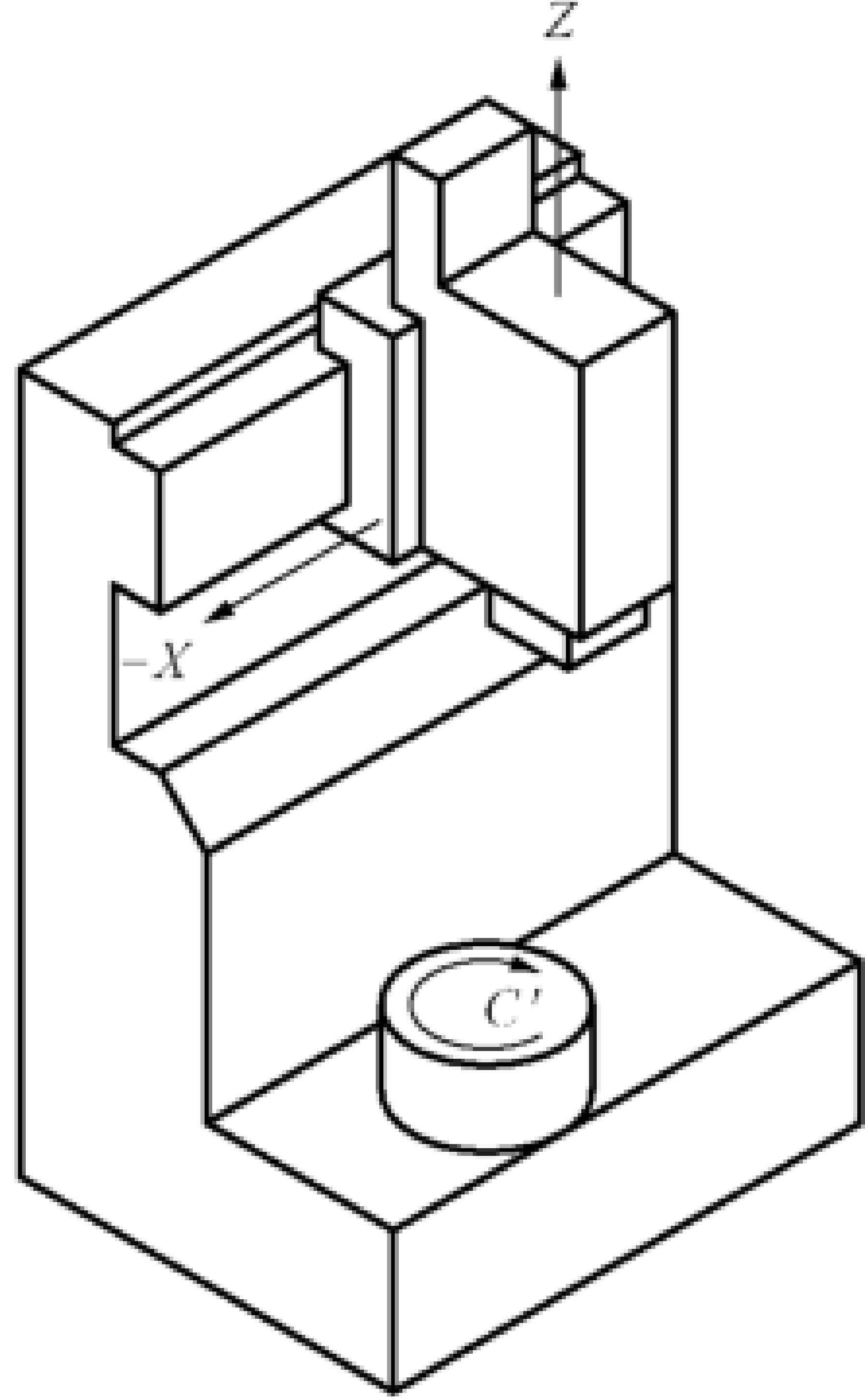
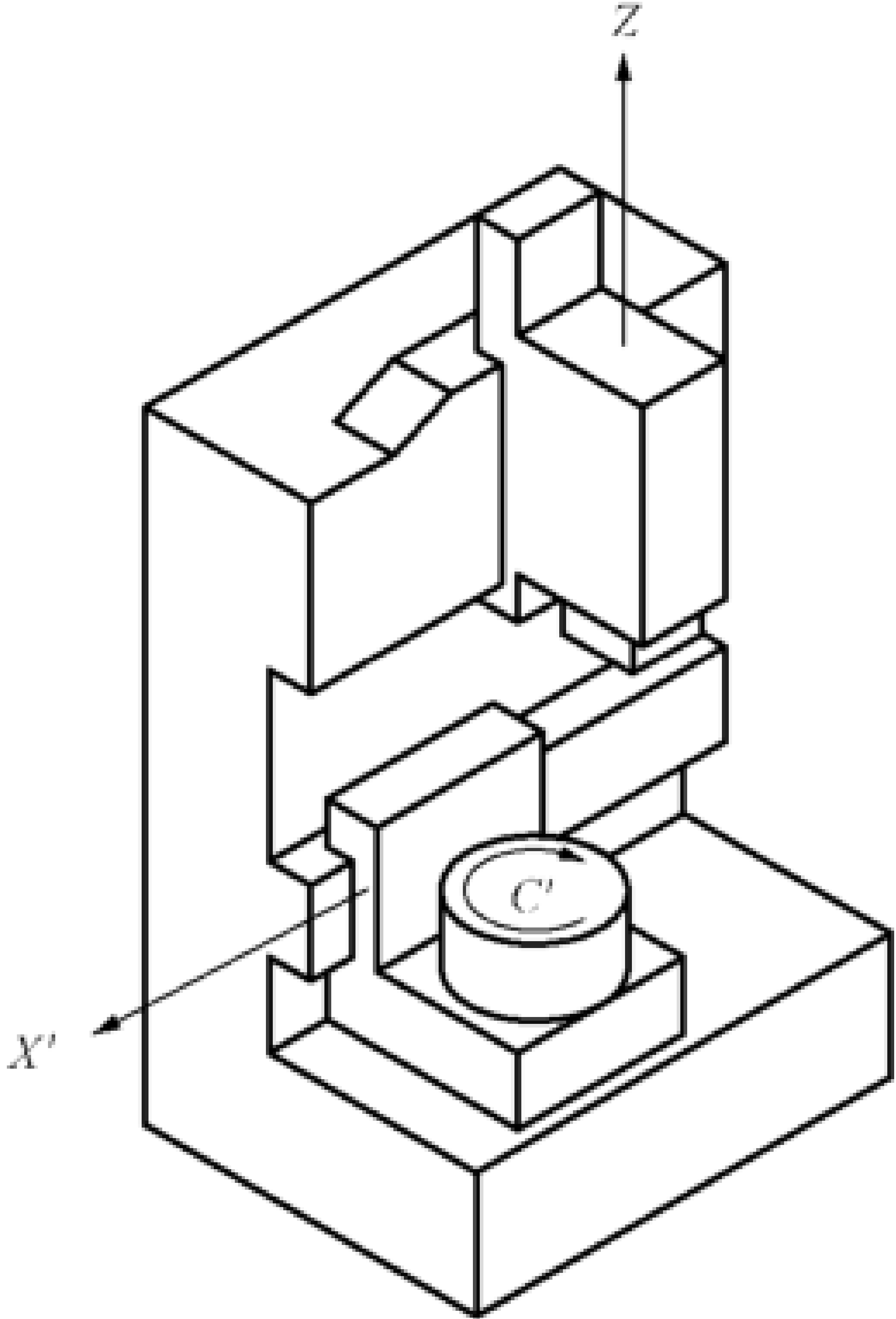
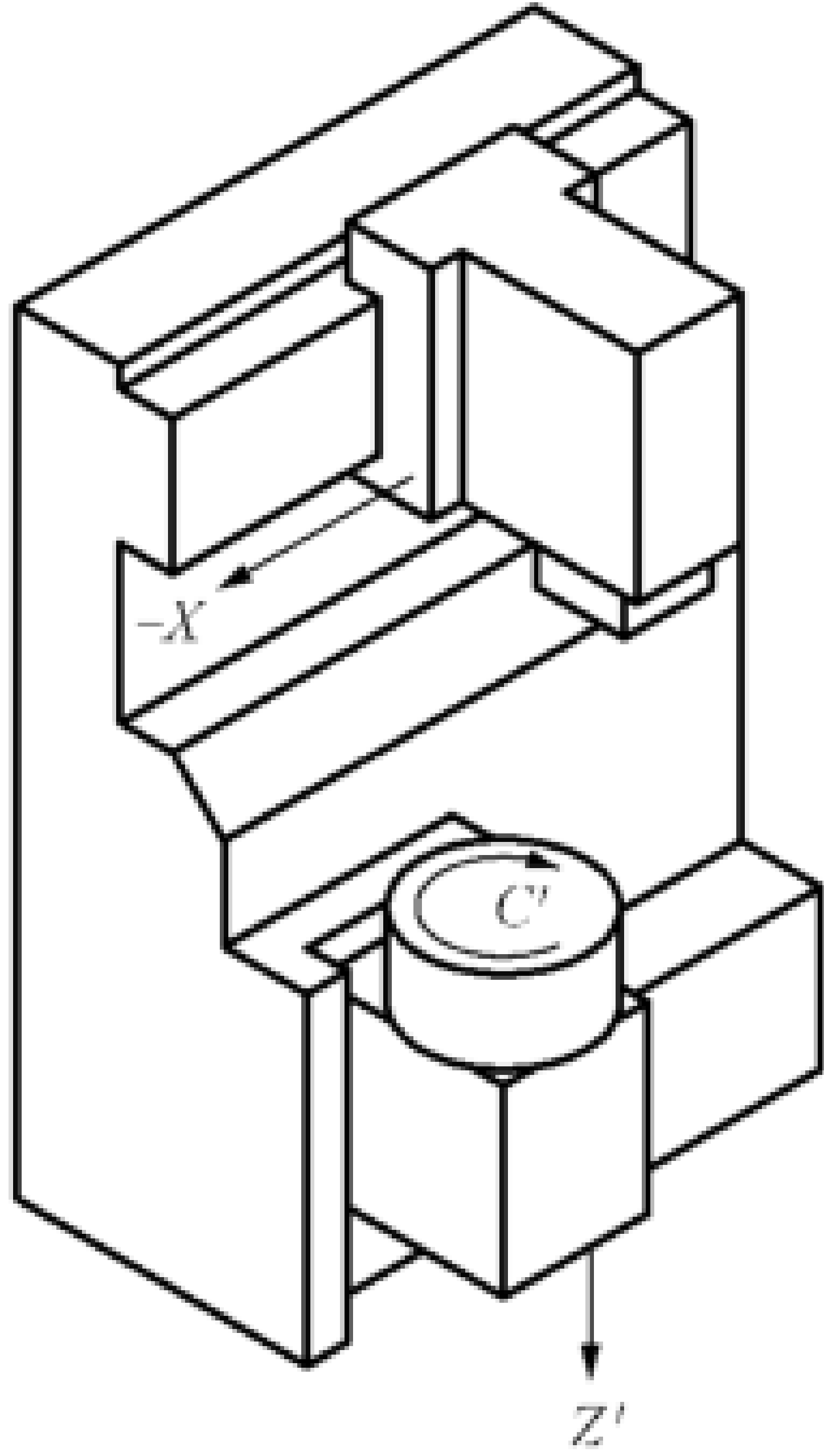
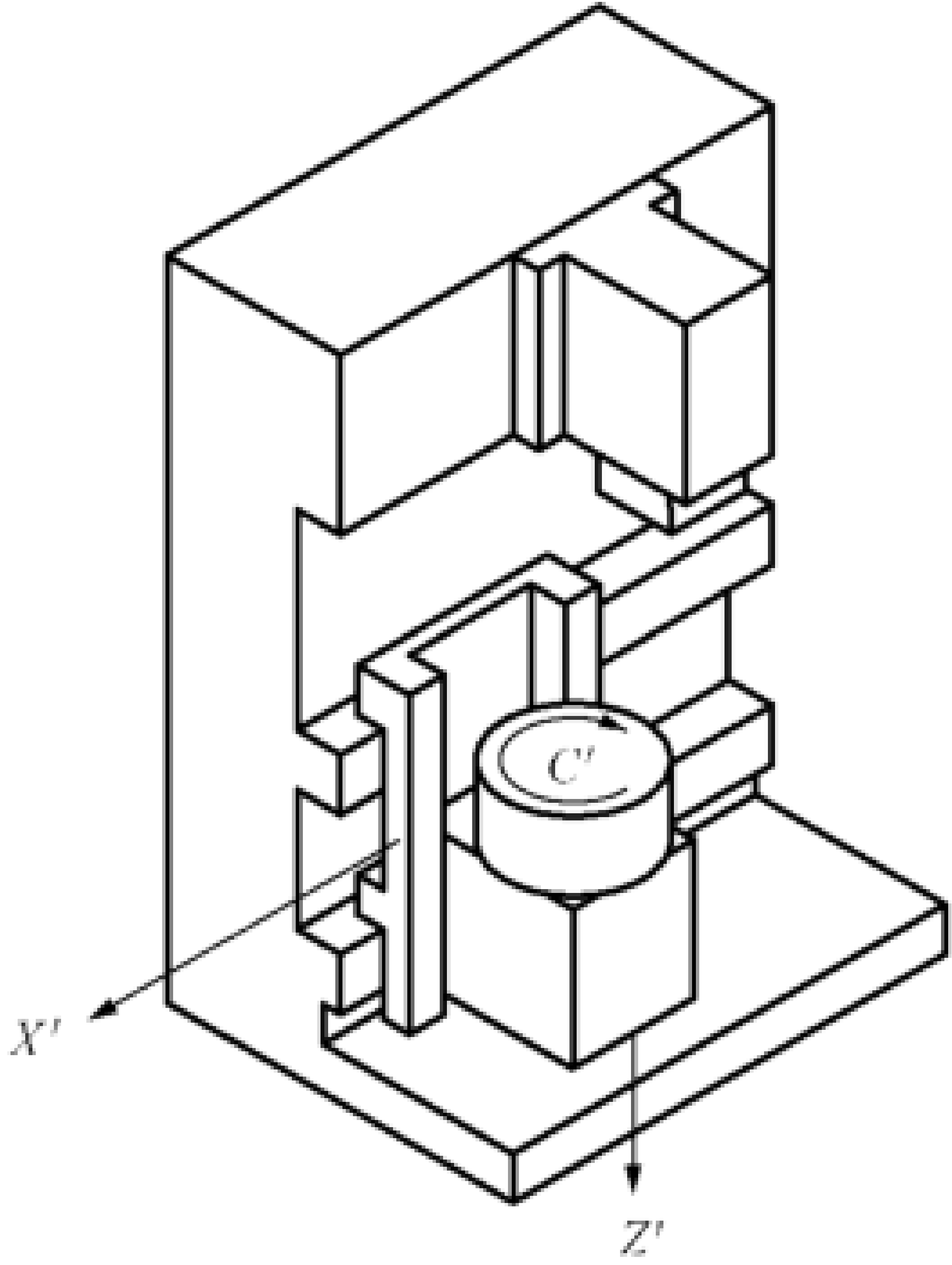
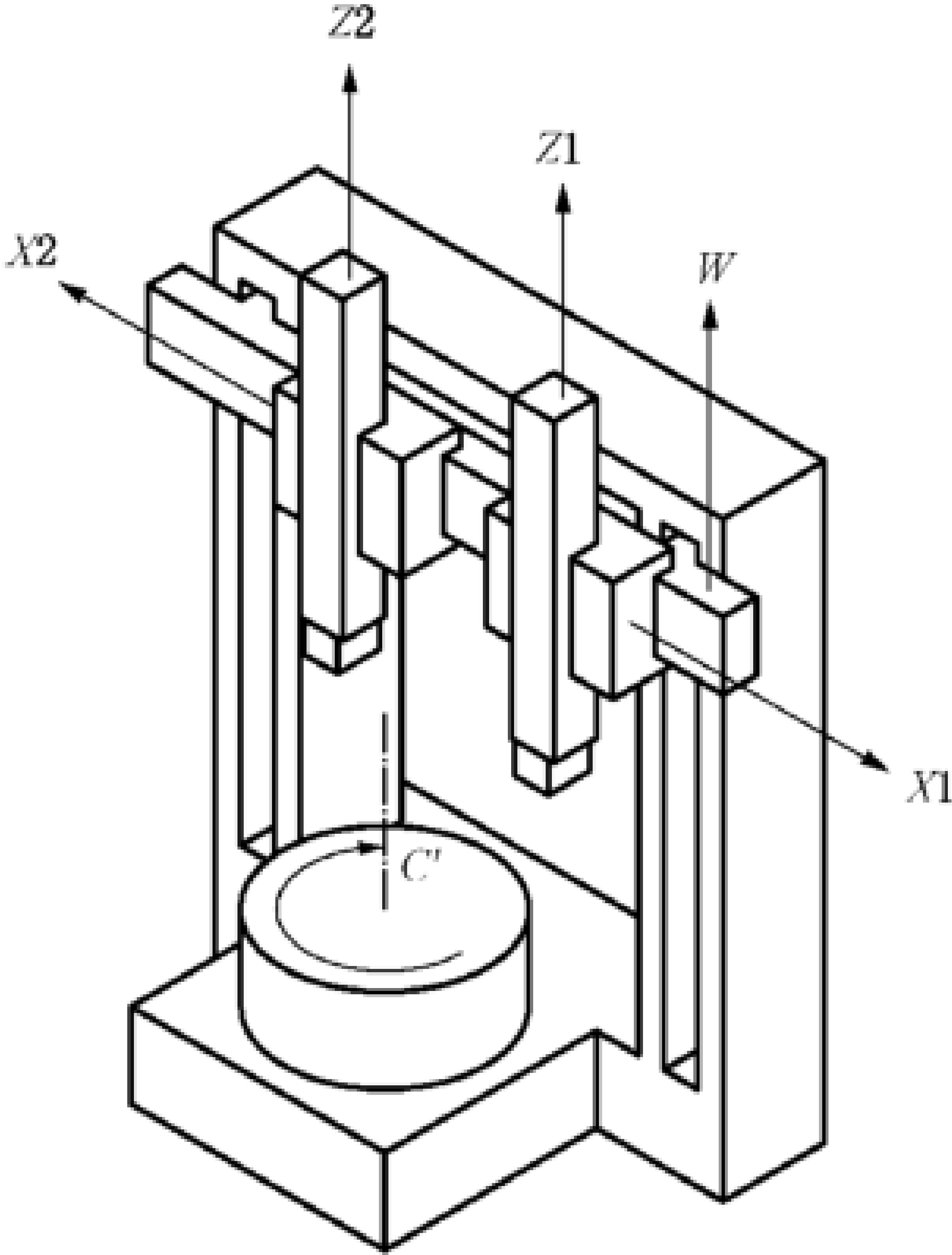
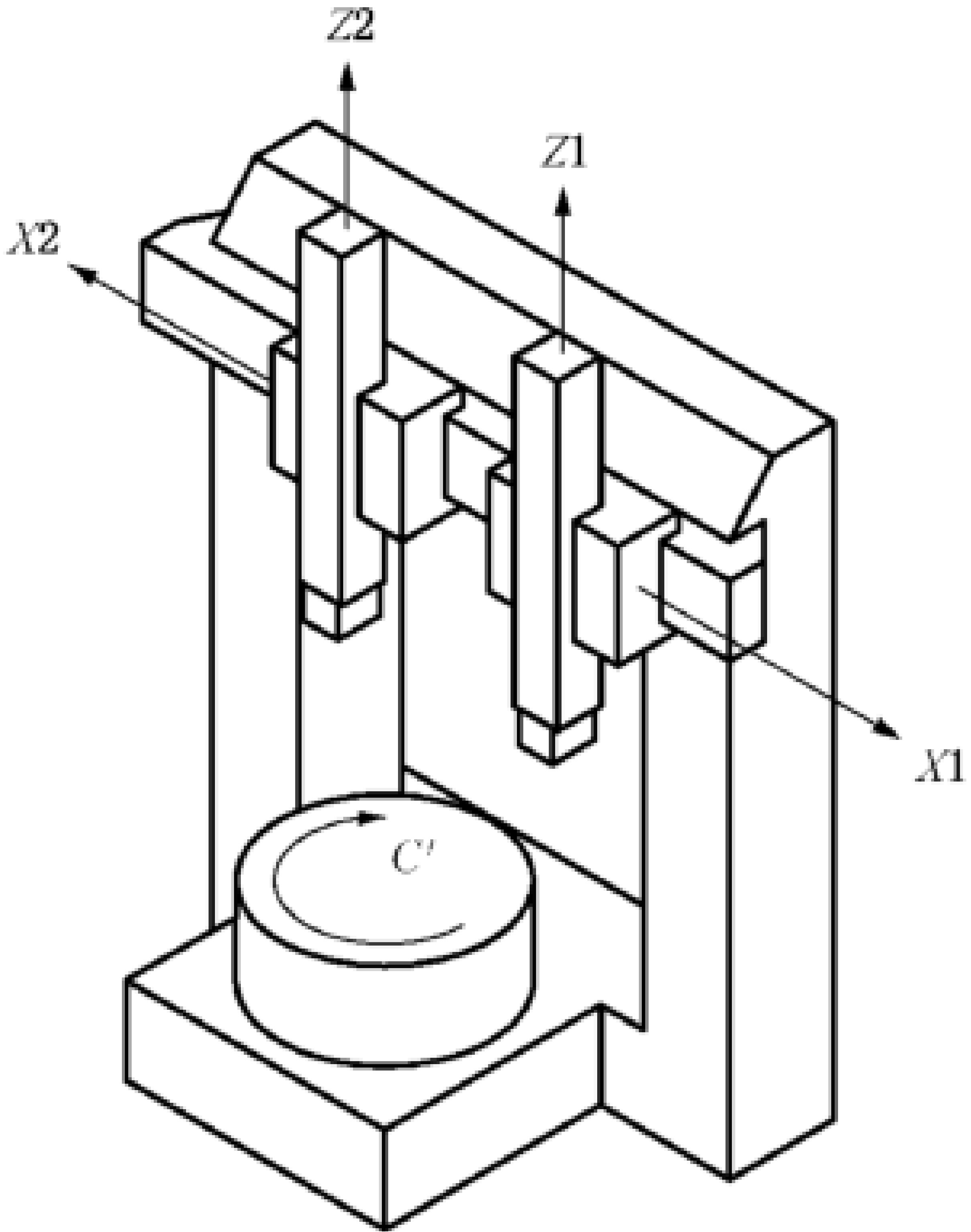
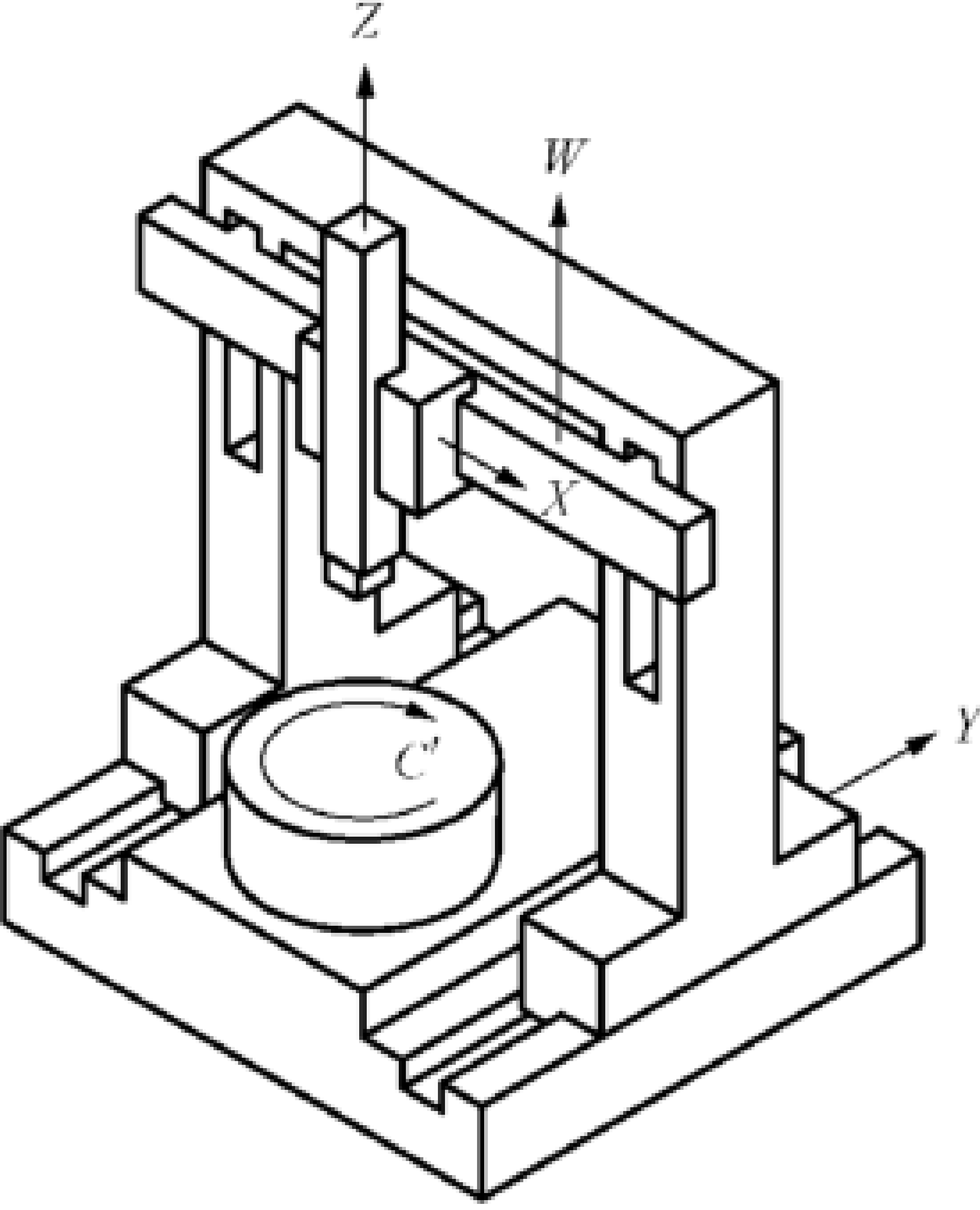
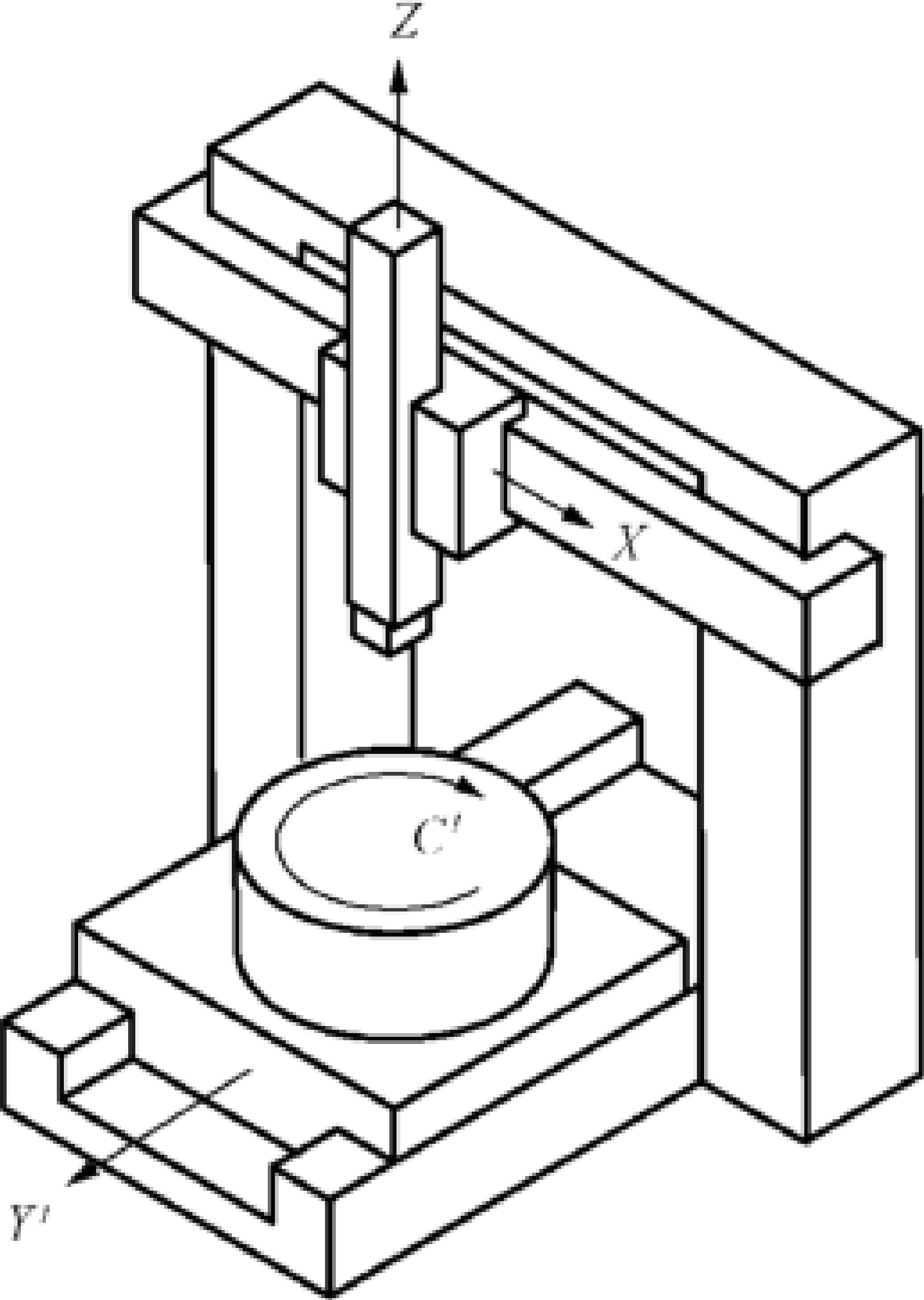
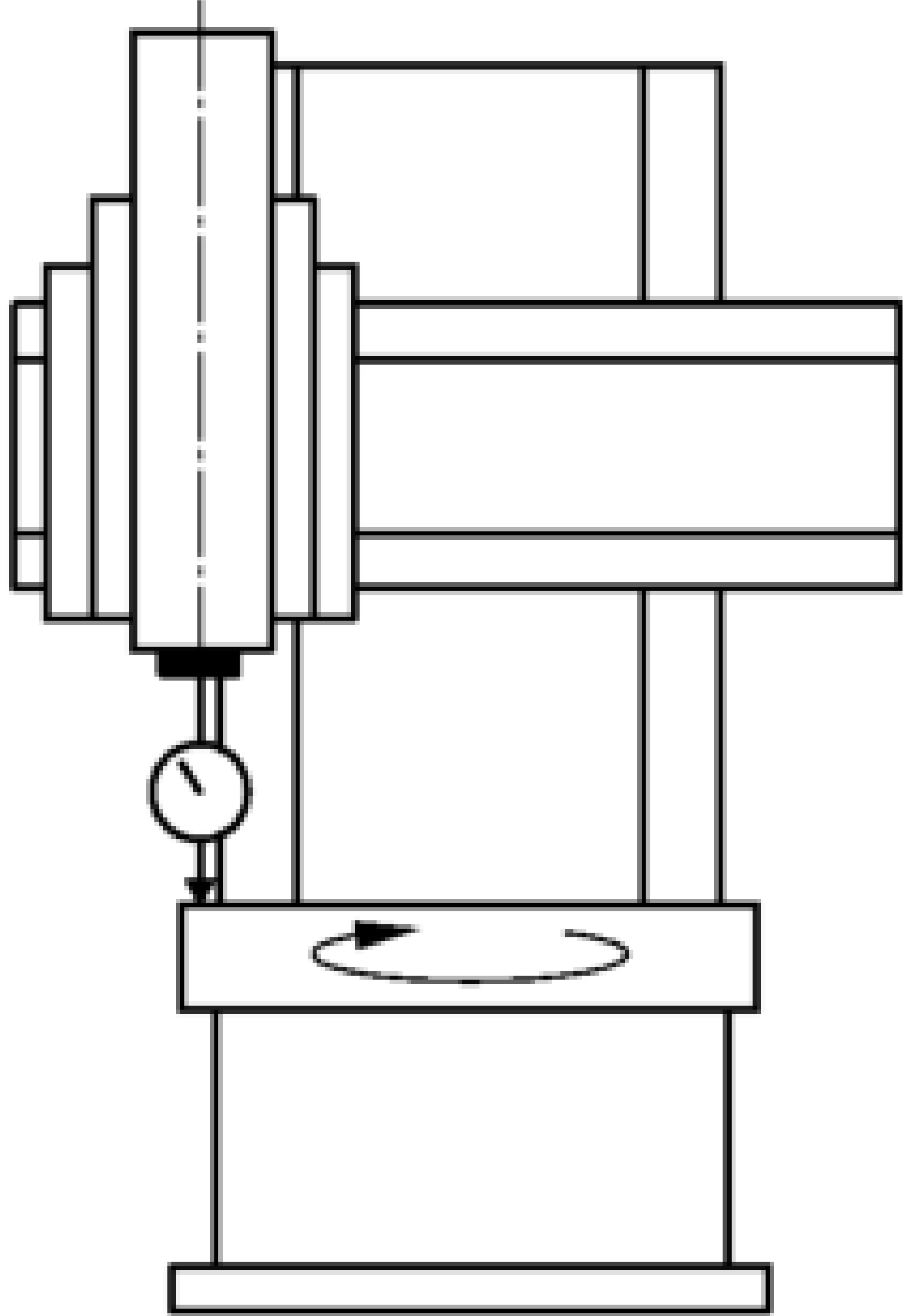
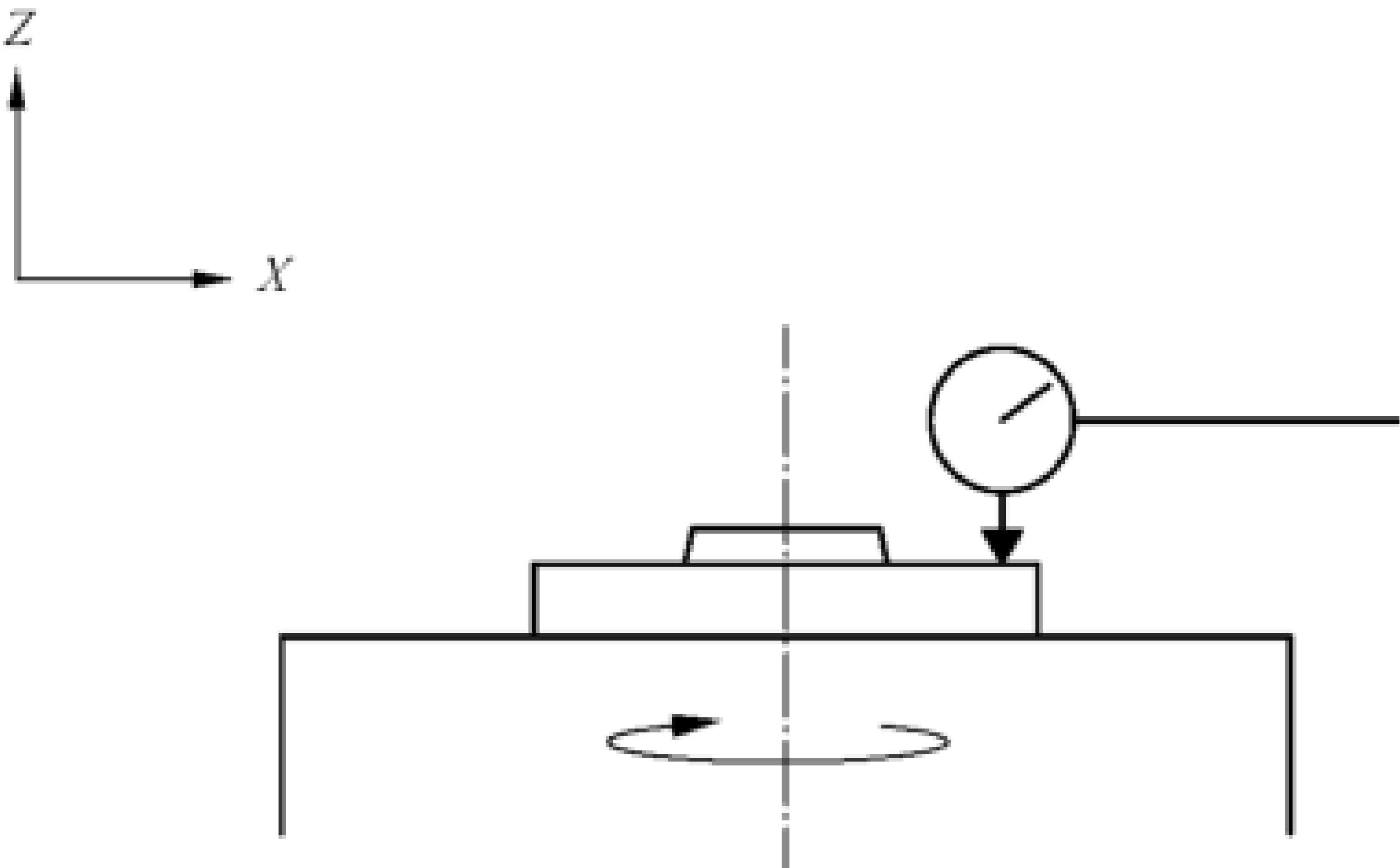
A 型——单立柱机床	
	a) 刀架复合移动型
	b) 刀架(Z 轴)、主轴箱(X 轴)独立移动型
	c) 刀架/滑鞍(X 轴)、主轴箱(Z 轴)独立移动型
	d) 主轴箱复合移动型

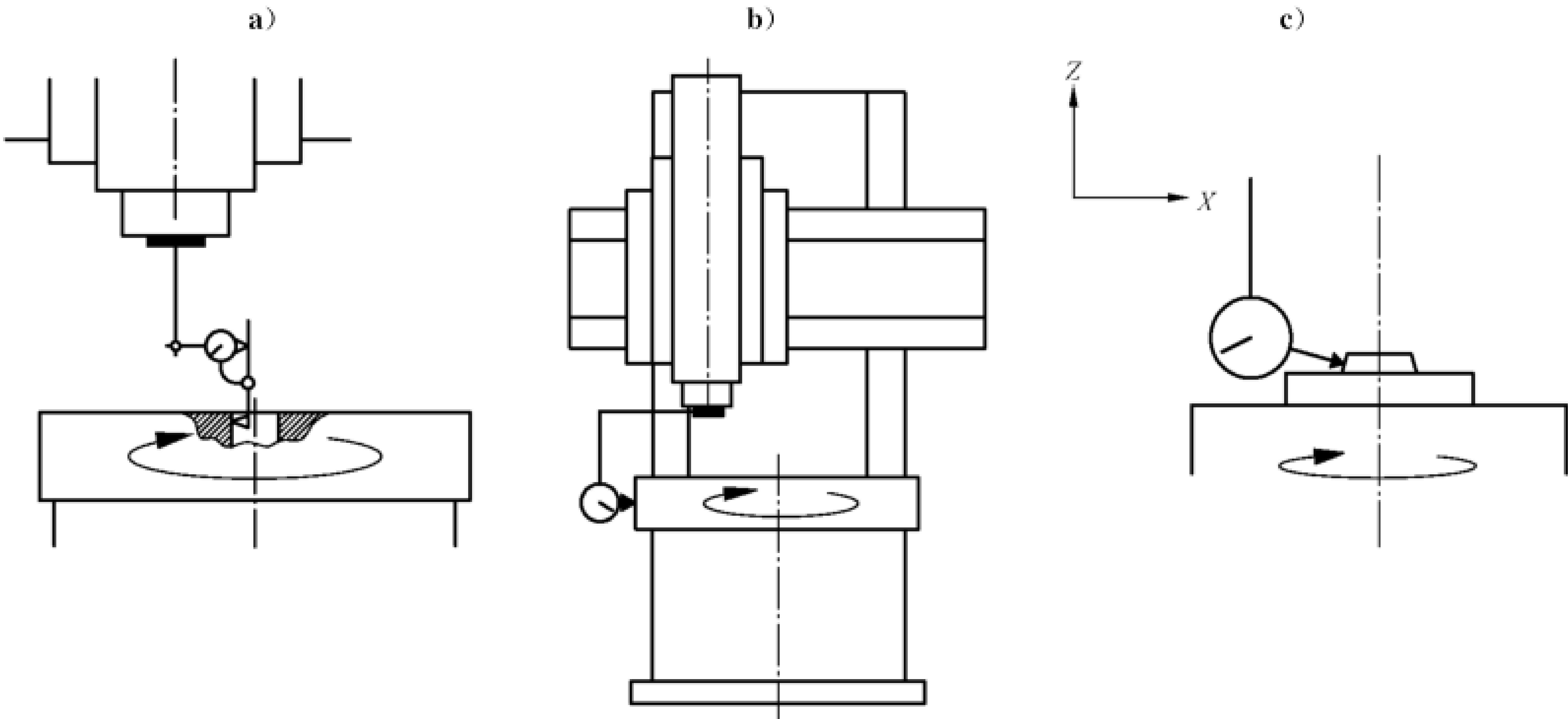
表 1 机床配置示例（续）

B 型——双立柱机床	
 <p>a) 立柱固定(固定龙门)、横梁移动型</p>	 <p>b) 立柱固定(固定龙门)、横梁固定型</p>
 <p>c) 立柱移动(龙门移动)、横梁移动型</p>	 <p>d) 立柱固定(固定龙门)、主轴箱(Y 轴)移动型</p>

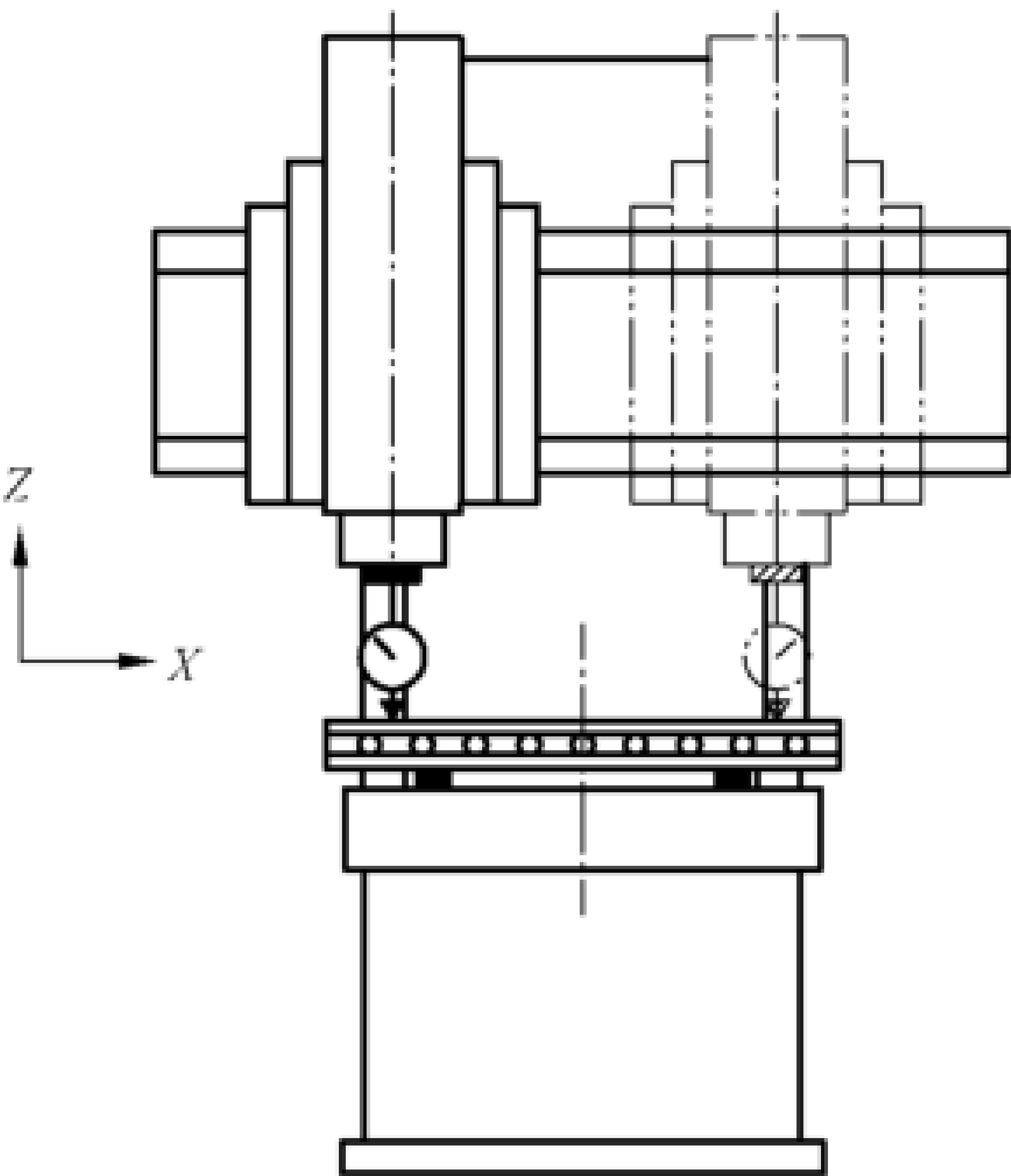
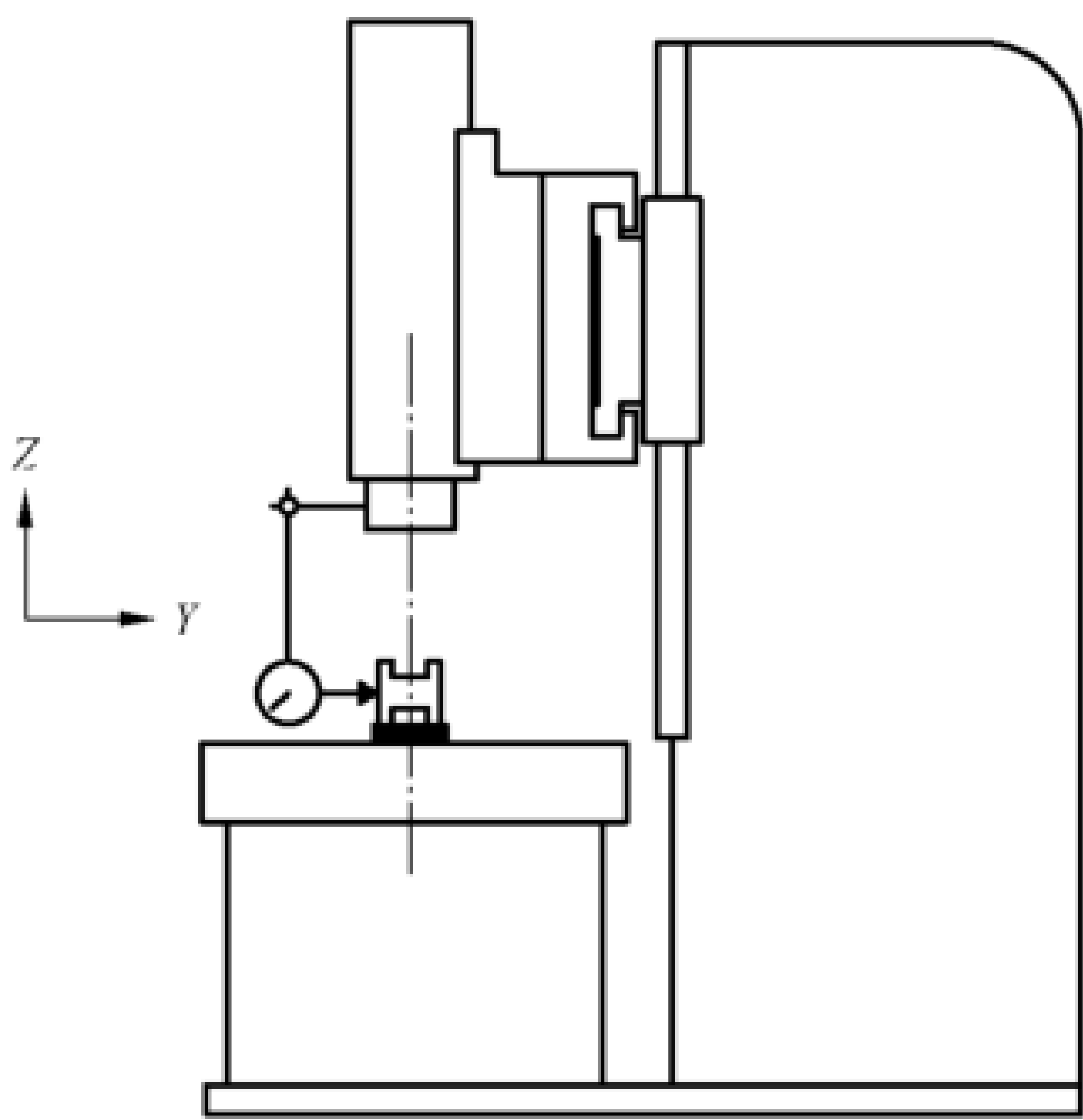
5 几何精度检验

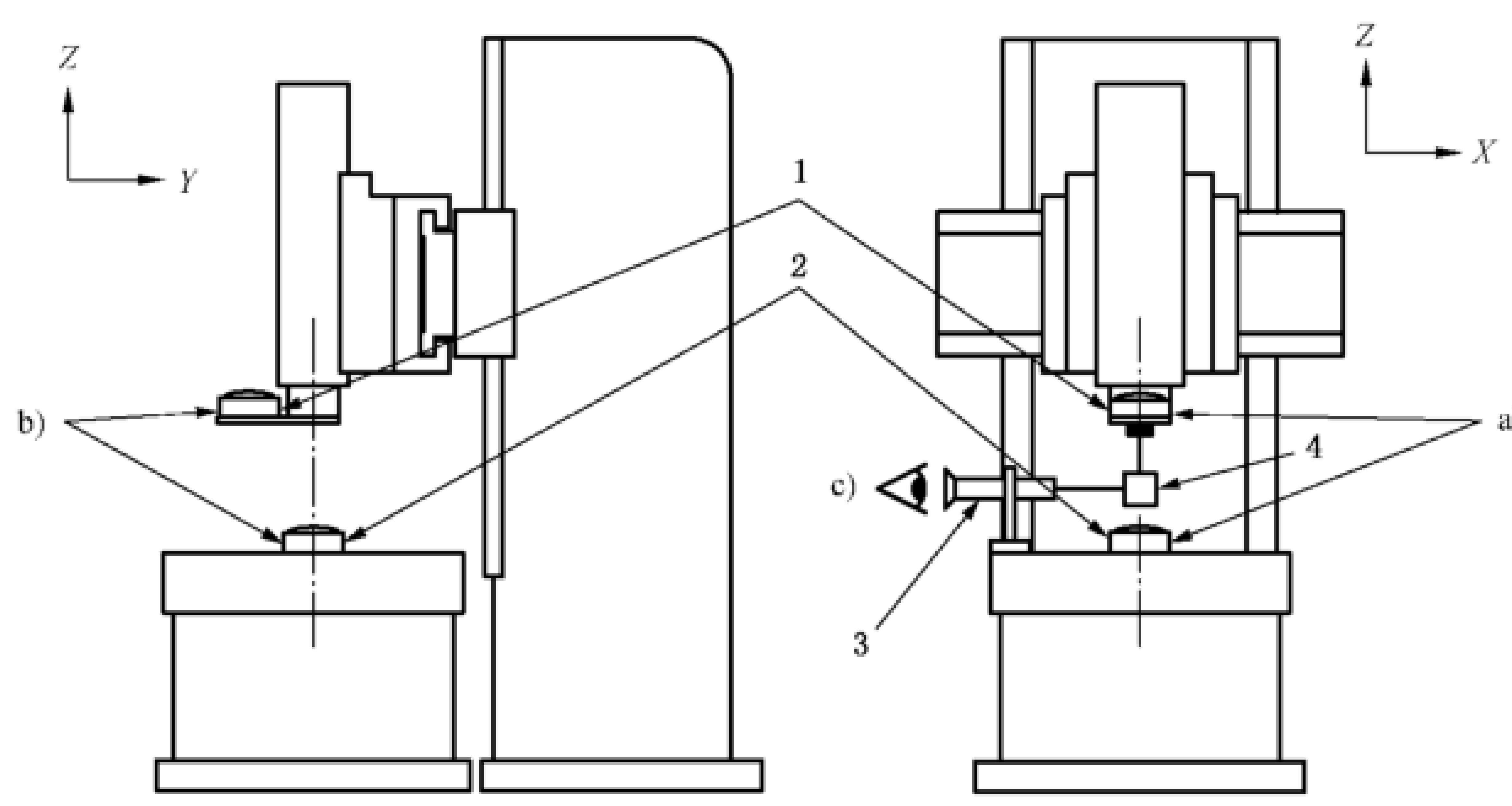
5.1 工件主轴或工作台

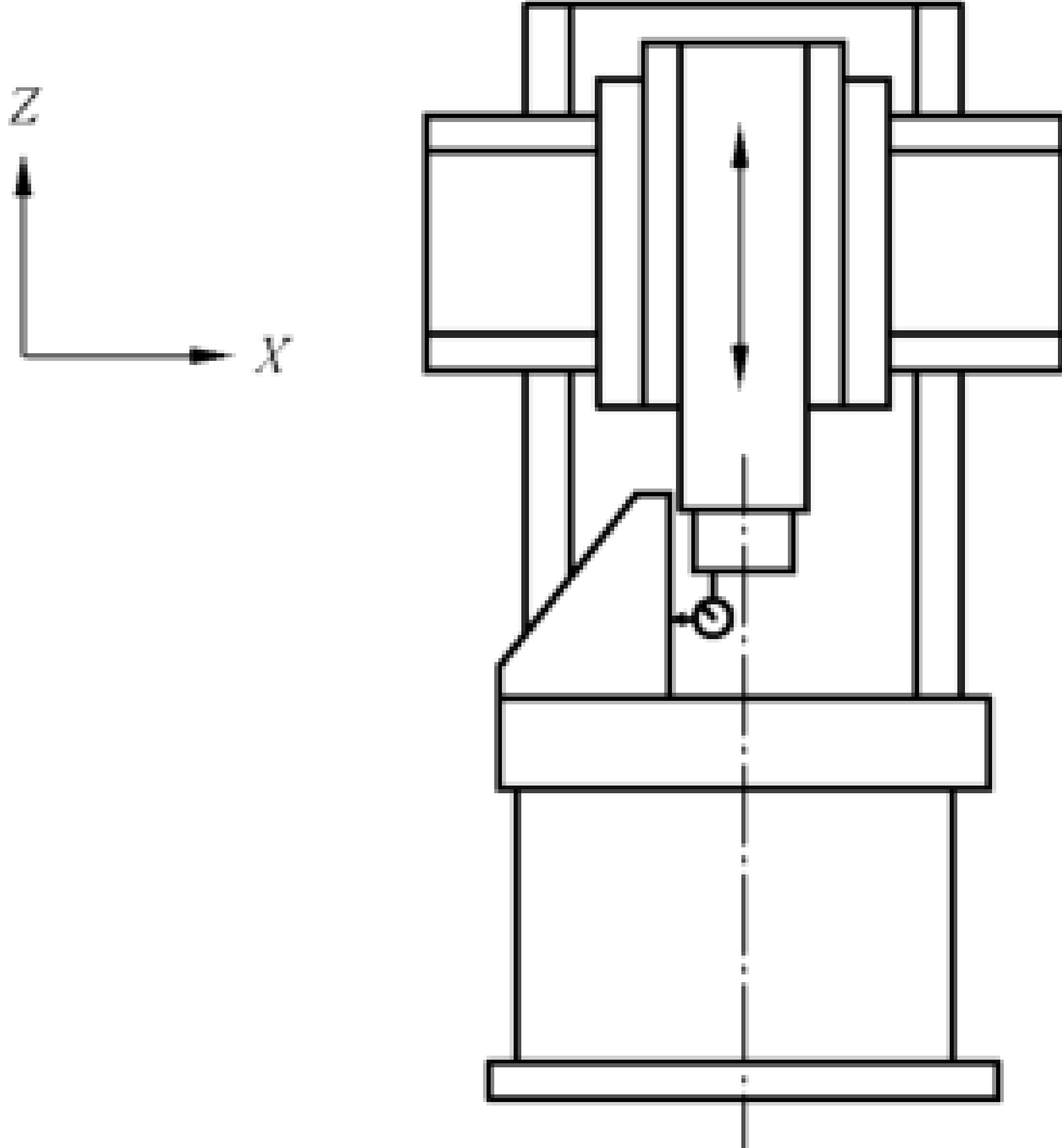
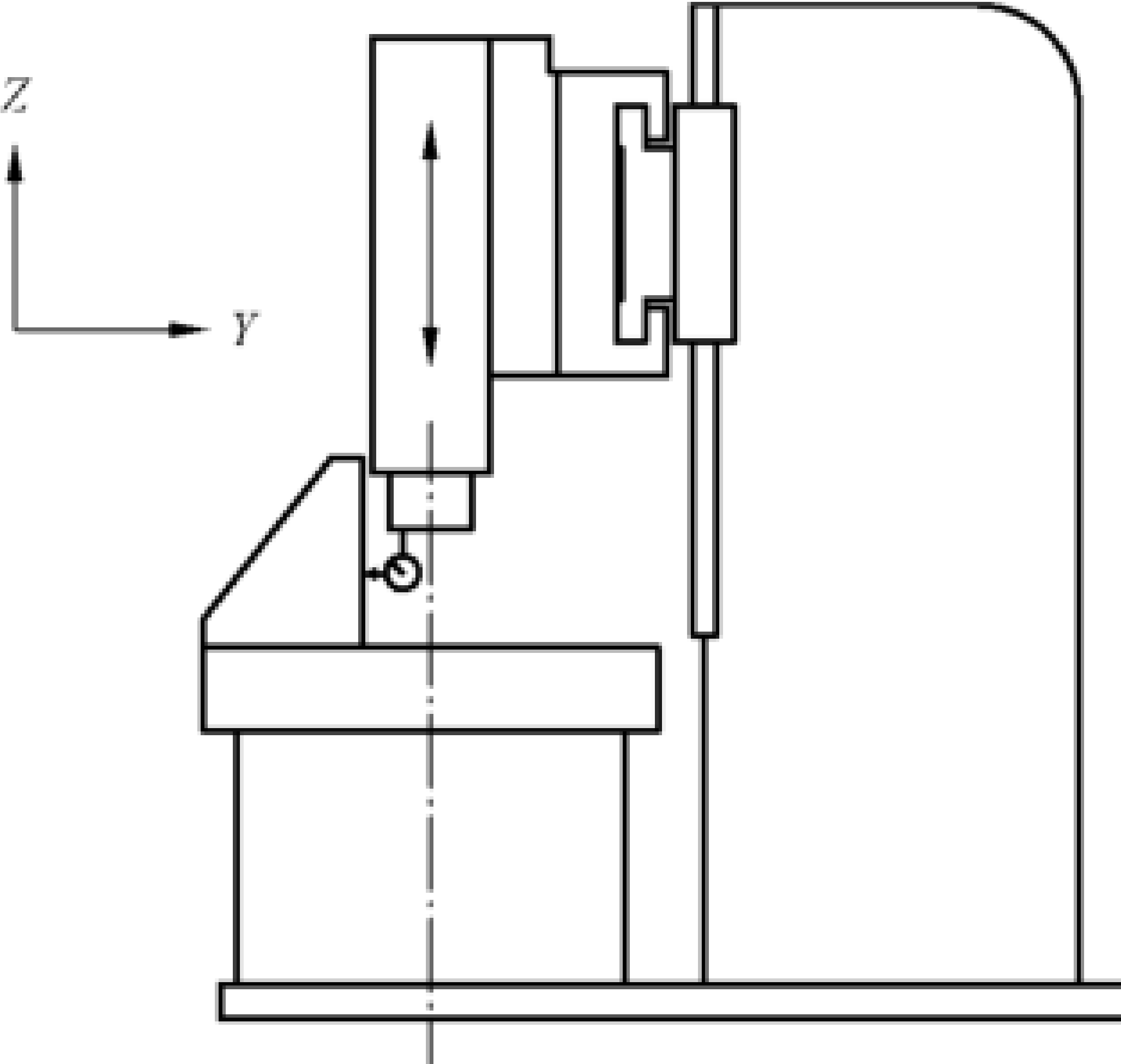
检验项目		G1
工作台或工件主轴的端面跳动： a) 工作台表面的端面跳动； b) 主轴端面的跳动。		
简图		
<div><div>a)</div><div></div></div> <div><div>b)</div><div></div></div>		
公差		
a) 直径≤1 000：0.010 直径每增加 1 000：公差增加 0.010； b) 所有直径规格：0.010。		
检验工具		
a)和 b) 指示器。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 12.5.2 的规定)		
a) 指示器应放在安装刀具的部件上,使其测头尽可能靠近工作台面边缘;如果工作台在原位加工,指示器应与加工时刀具位置接近 180°(见 AR1 检验)。 在可能情况下,横梁和垂直刀架应在其位置上锁紧。 b) 应在最大直径上采用指示器测量。		

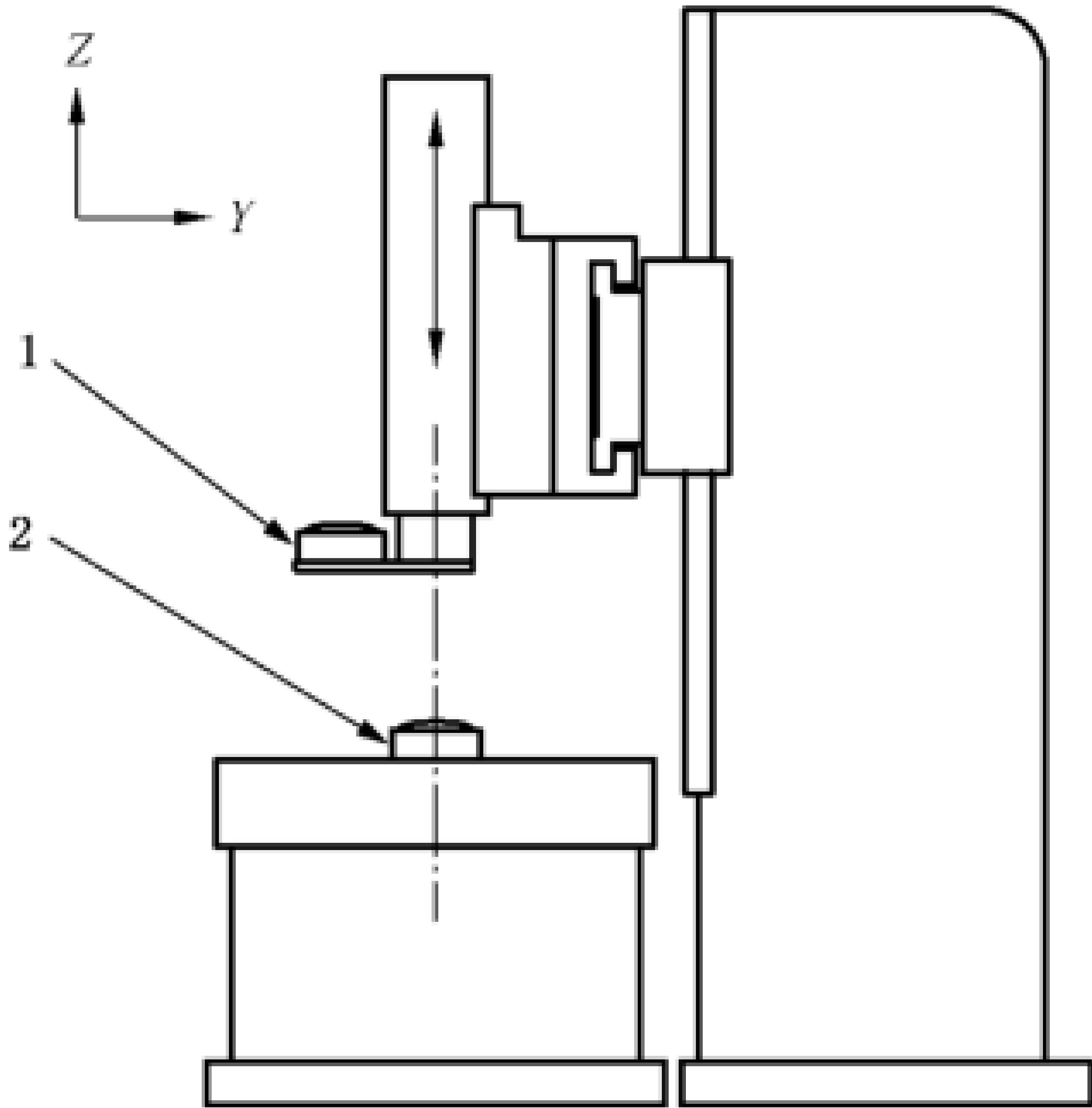
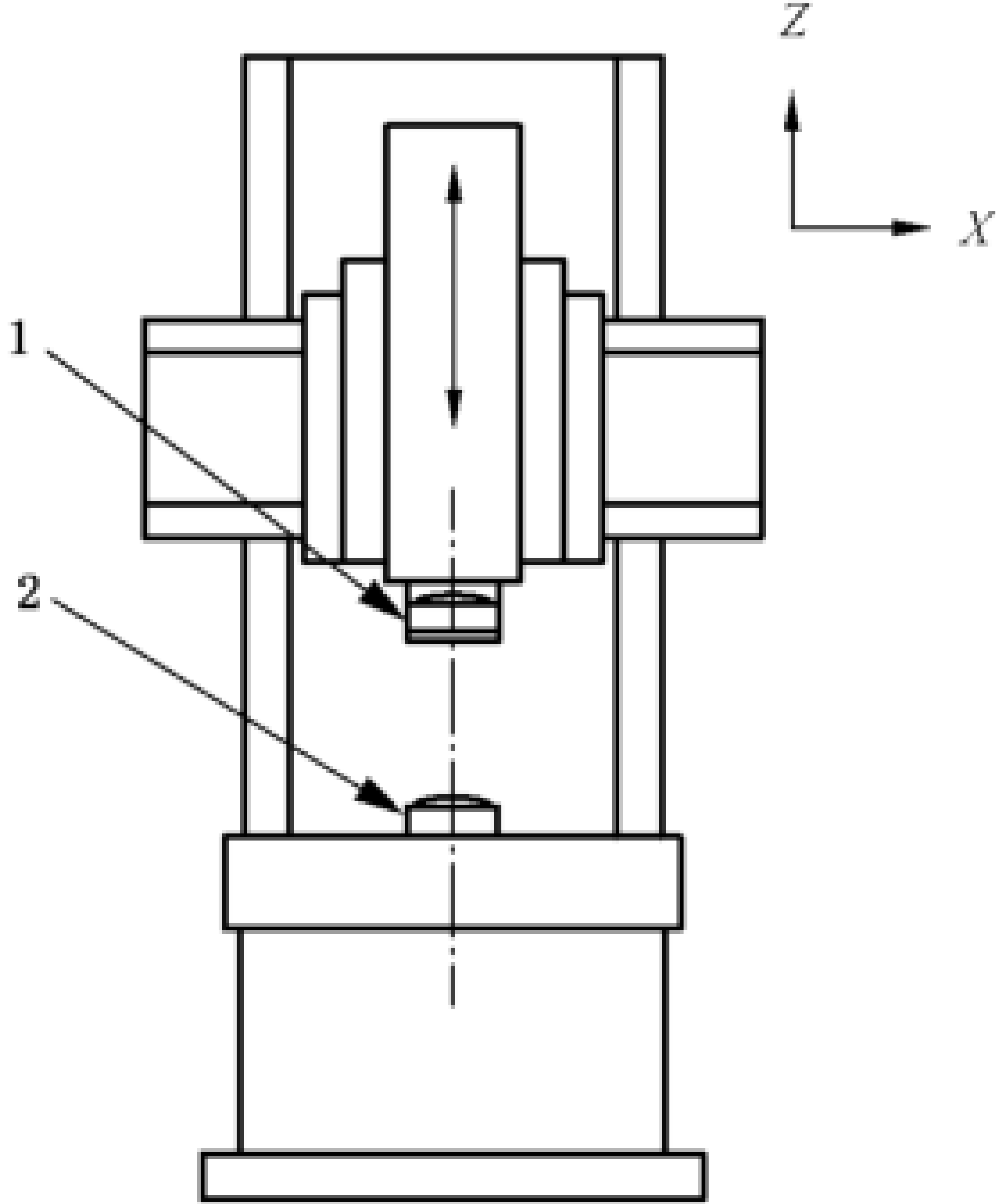
检验项目		G2
径向跳动： a) 工件台定心孔； b) 工作台外圆柱表面(工作台无定心孔时检验)； c) 工件主轴的定心轴径。		
简图		
		
公差		
a) 工作台直径 $\leq 1\,000$ ： 0.010 工作台直径 $> 1\,000$ ： 0.020；		
b) 直径 $\leq 1\,000$ ： 0.010 直径每增加 1 000： 公差增加 0.010；		
c) 所有定心轴径规格： 0.010。		
检验工具		
a)、b) 和 c) 指示器。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 12.5 和 12.5.2 的规定)		
a)和 b) 如果工作台在原位加工,指示器应放在与刀具位置成约 180° 位置处。 横梁、垂直刀架和滑板尽可能在其位置上锁紧。 指示器宜放在刀夹靠近刀具位置。		
c)当表面是圆锥形时,指示器的测头应垂直触及接触表面,见 GB/T 17421.1—2023 中 12.5.2。		

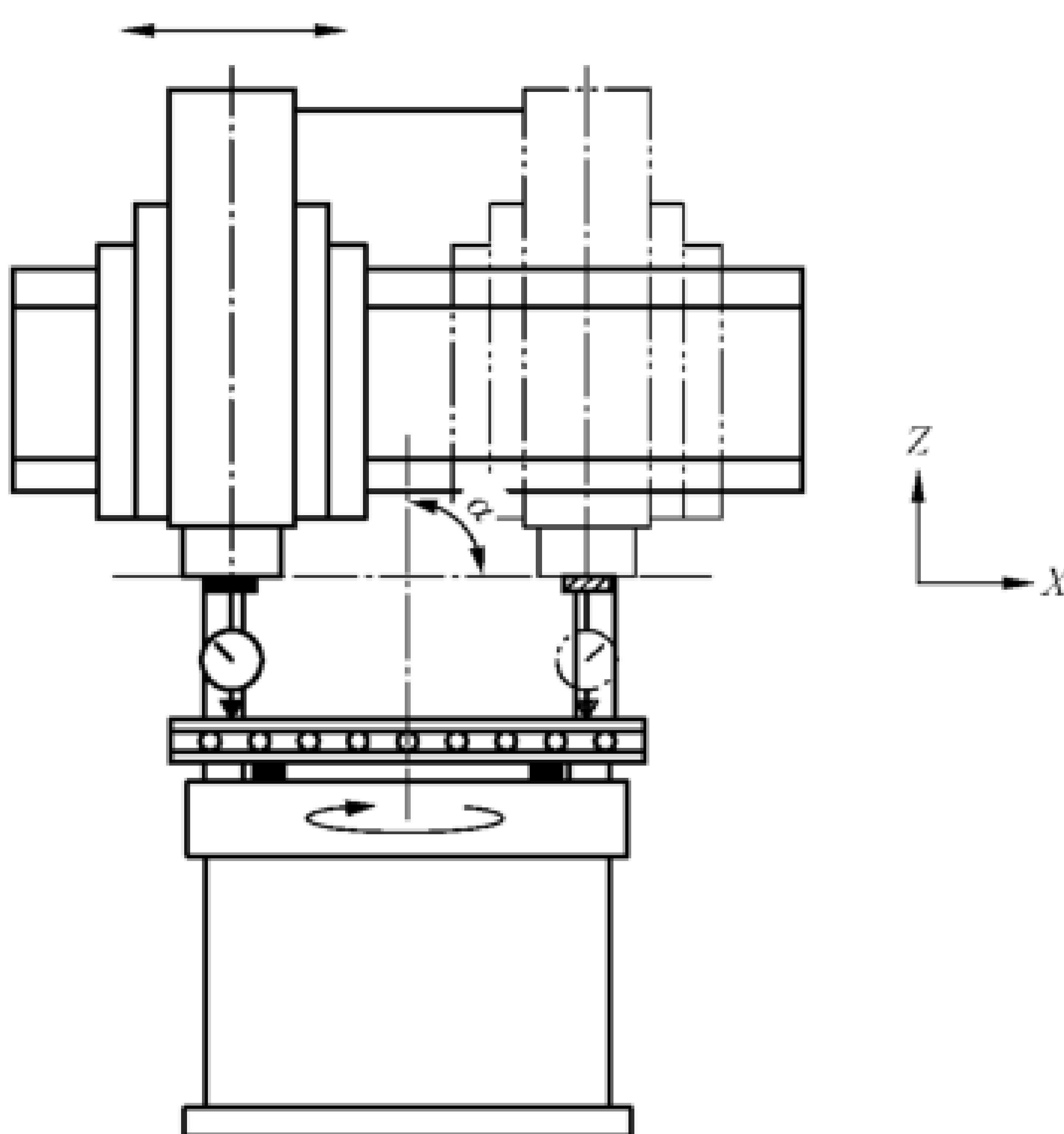
5.2 X 和 Z 线性轴线

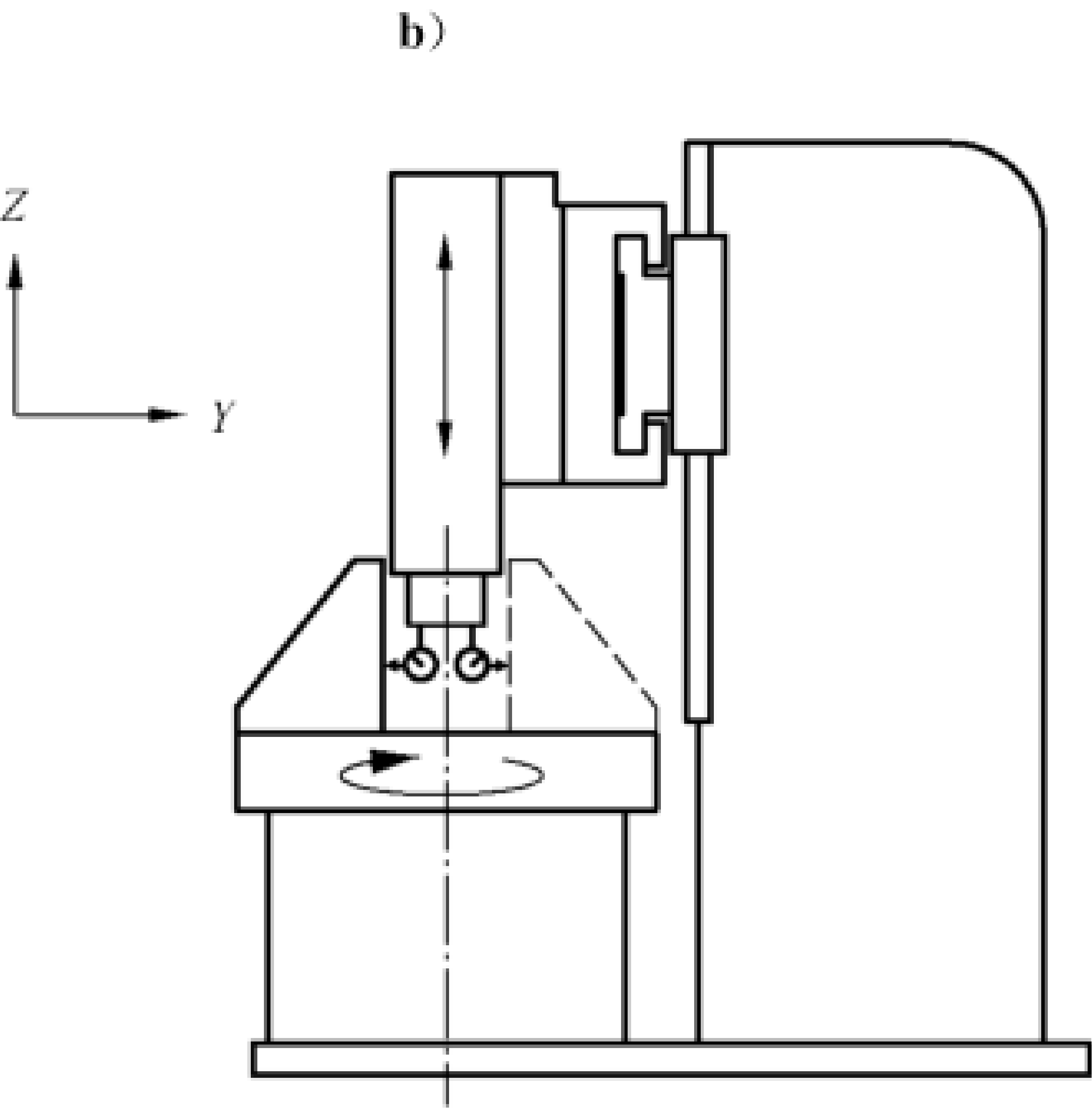
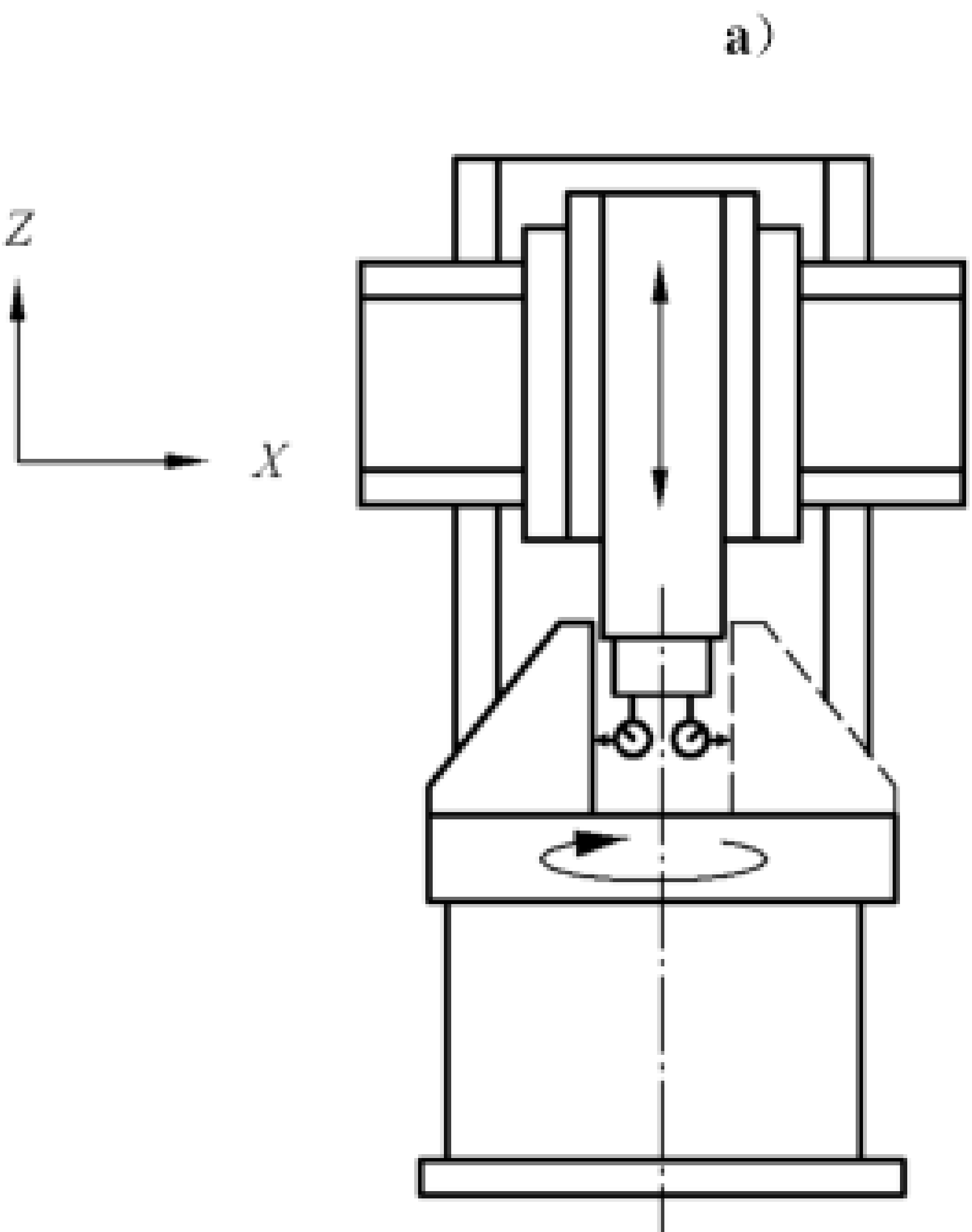
G3	
<p>检验项目</p> <p>横梁上垂直刀架运动(X 轴)的直线度:</p> <p>a) 在 ZX 垂直平面内(E_{ZX});</p> <p>b) 在 XY 水平平面内(E_{YX})。</p> <p>注: b)中显示的装置仅适用于车削中心。</p>	
<p>简图</p> <div><div><p>a)</p></div><div><p>b)</p></div></div>	
<p>公差</p> <p>a)和 b)</p> <p>在 1 000 测量长度上:0.020;</p> <p>长度每增加 500:公差增加 0.010;</p> <p>局部公差:在任意 500 测量长度上为 0.010。</p>	
<p>检验工具</p> <p>a) 平尺、可调量块和指示器或光学仪器;</p> <p>b) 平尺、可调量块和指示器或光学仪器或拉紧钢丝和显微镜。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 8.2 的规定)</p> <p>如果龙门或工件主轴(工作台)在 Y 轴方向可以移动,其所处位置宜使测量线靠近主轴回转轴线。</p> <p>固定刀夹滑板在其行程的中间位置处,平尺应放在工件主轴或工作台上近似与 C 轴轴线垂直。</p> <p>指示器、干涉仪、标靶或显微镜应安装在垂直刀架靠近刀具的位置。</p> <p>如果平尺没有机械校准,则检验结果可根据 GB/T 17421.1—2023 中 3.4.8 进行估算。</p>	

<div>检验项目</div> <div>横梁上垂直刀架运动(X 轴)的角度误差:<ul style="list-style-type: none">a) 在 ZX 平面内(E_{BX}:俯仰);b) 在 YZ 平面内(E_{AX}:倾斜);c) 在 XY 平面内(E_{CX}:偏摆)。</div>	G4
<div>简图</div> <div></div> <div>标引序号说明:<ul style="list-style-type: none">1——测量水平仪;2——基准水平仪;3——自准直仪;4——反光镜。</div>	
<div>公差</div> <div>a)、b)和 c) 测量长度$\leq 1\,600:0.040/1\,000$; 测量长度$> 1\,600:0.060/1\,000$。</div>	
<div>检验工具</div> <div>a) 精密水平仪或光学角度测量仪; b) 精密水平仪; c) 光学角度测量仪,如自准直仪。</div>	
<div>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 3.4.16 和 8.4 的规定)</div> <div>测量水平仪或仪器应放在刀夹上:<ul style="list-style-type: none">a) (E_{BX}:俯仰)水平仪或光学仪器在 ZX 平面(垂直平面)内定向;b) (E_{AX}:倾斜)水平仪在 YZ 平面内定向;c) (E_{CX}:偏摆)光学仪器(如自准直仪)在 XY 平面(水平平面)内定向。当垂直刀架运动引起刀夹和工件主轴或工作台的角度误差时,应进行两个角度误差的差值测量并在检验结果中给予表述。 基准水平仪应放置在工件主轴或工作台上。 应在往复两个运动方向上沿行程至少 5 个等距位置上进行检验。</div>	

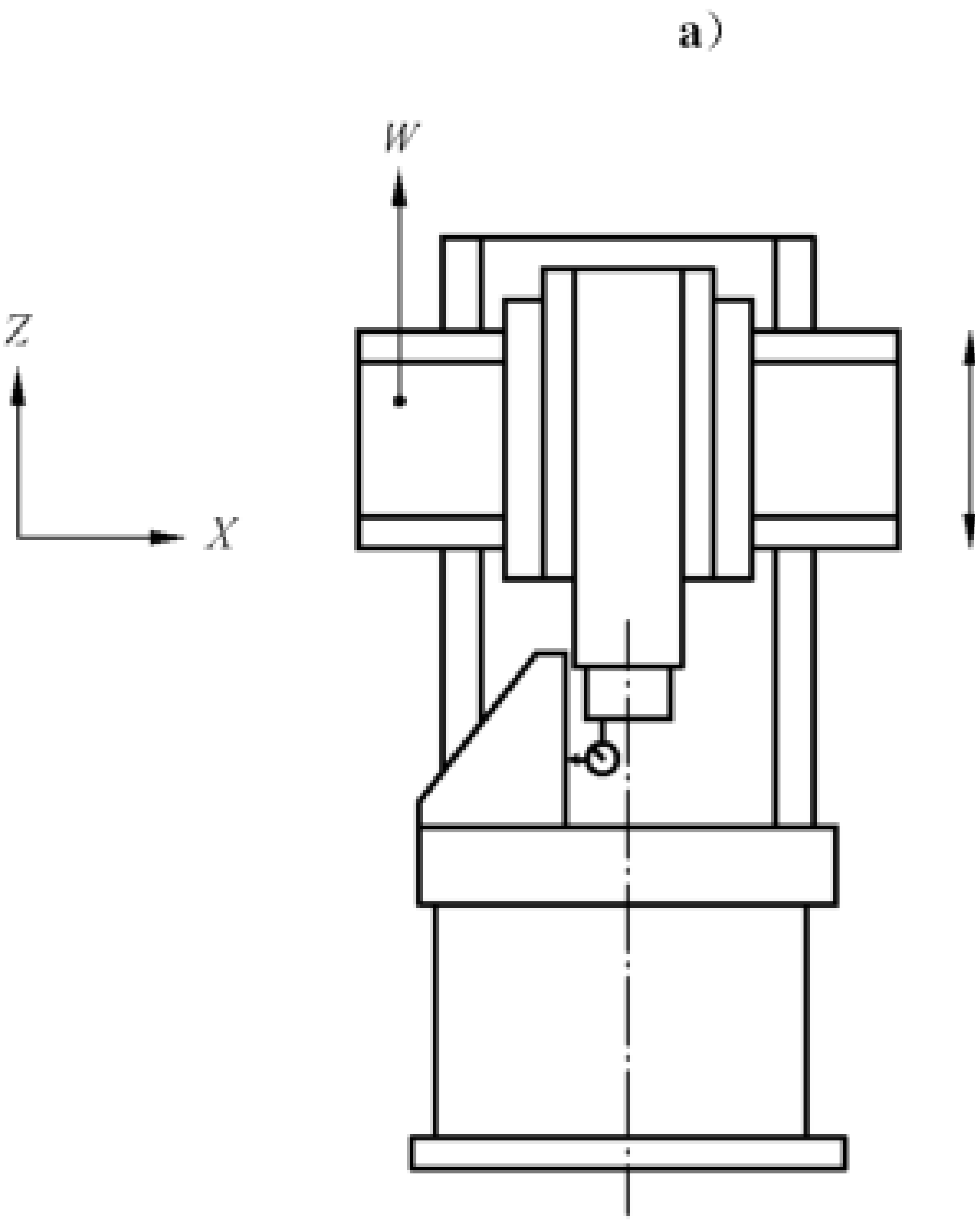
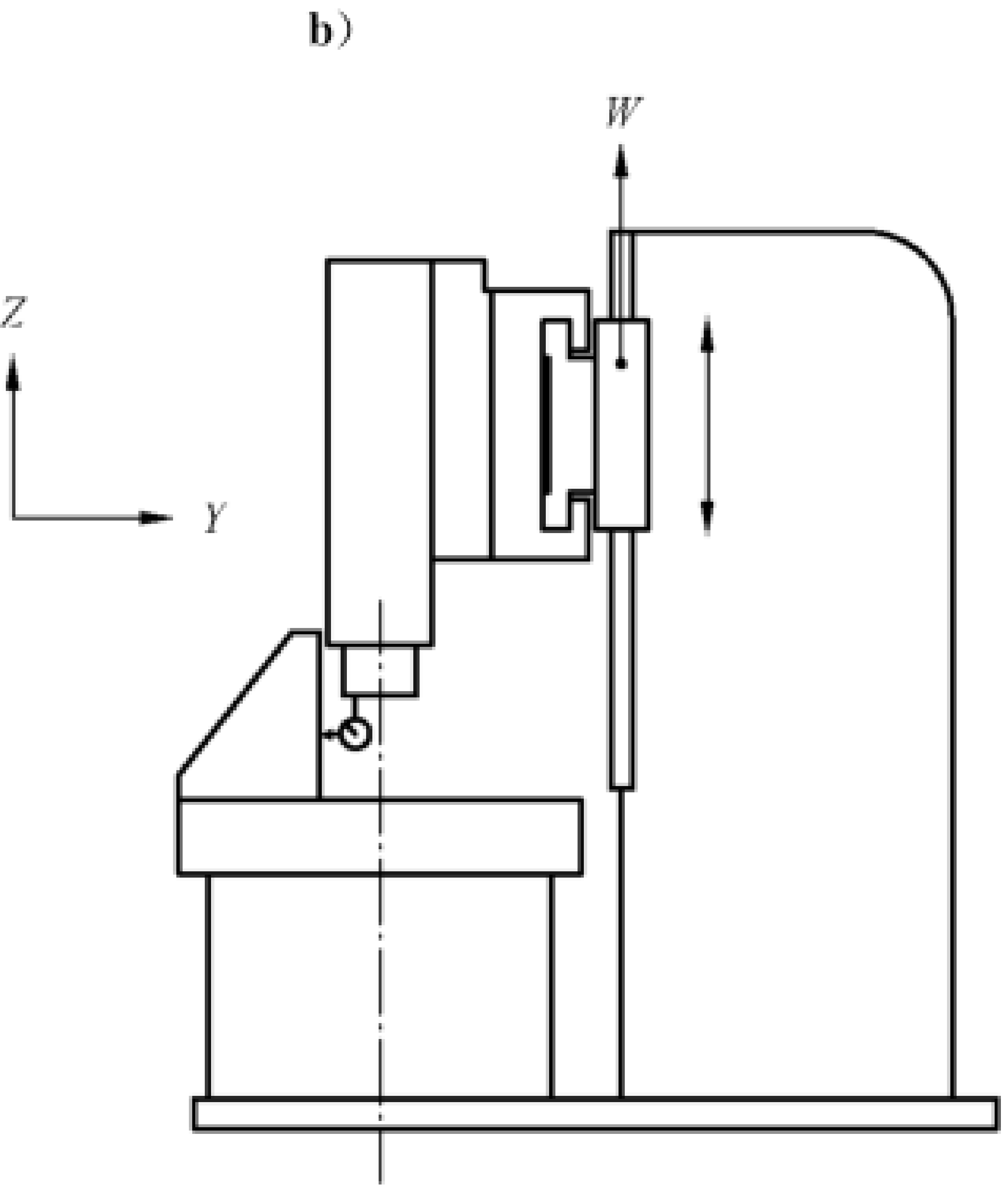
检验项目		G5
刀夹滑板(滑枕)运动(Z 轴)的直线度: a) 在 ZX 平面内(E_{xz}); b) 在 YZ 平面内(E_{yz})。		
简图		
<div><div><div>a)</div><div></div></div><div><div>b)</div><div></div></div></div>		
公差		
a)和 b) 在 1 000 测量长度上:0.050; 局部公差:在 300 测量长度上为 0.020。		
检验工具		
a)和 b)直角尺和指示器; 替代工具:光学仪器,如扫频激光仪。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 8.2 的规定)		
移动刀夹滑板到工作台中心上方,在工作台半径方向上安装直角尺(非圆柱直尺),直角尺的水平基面与 X 轴平行,指示器固定在刀夹滑板一侧,这样工作台可带动直角尺旋转 90° 从 ZX 平面转到 YZ 平面,而不与刀夹滑板干涉。直角尺不需要与 C 轴校准。沿 Z 轴若干位置测取读数。 如果本检验与 G8 组合进行,那么放置直角尺时应允许工作台相隔 90° 进行旋转。 检验装置可以用于 G8、G9 和 G11。		

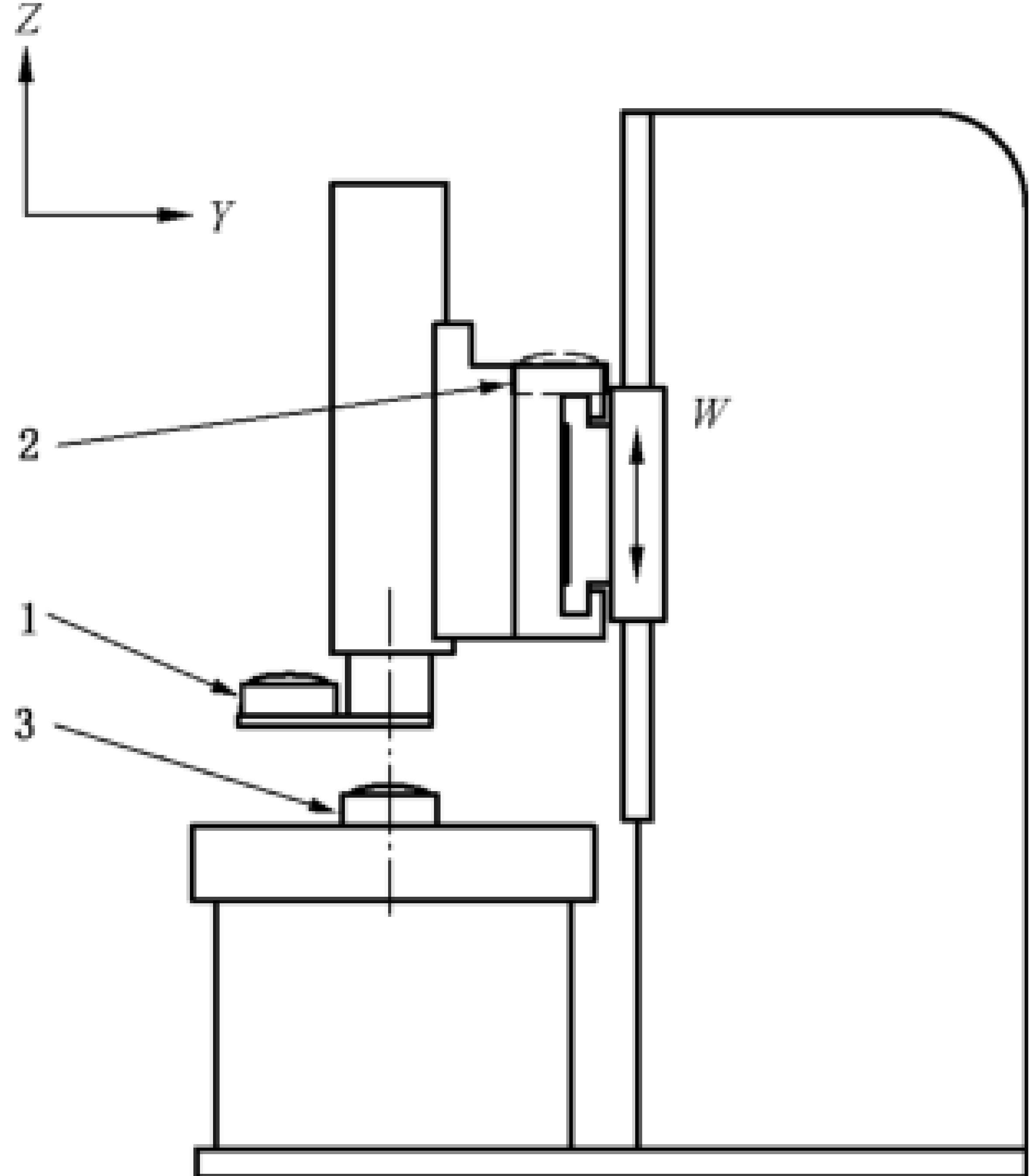
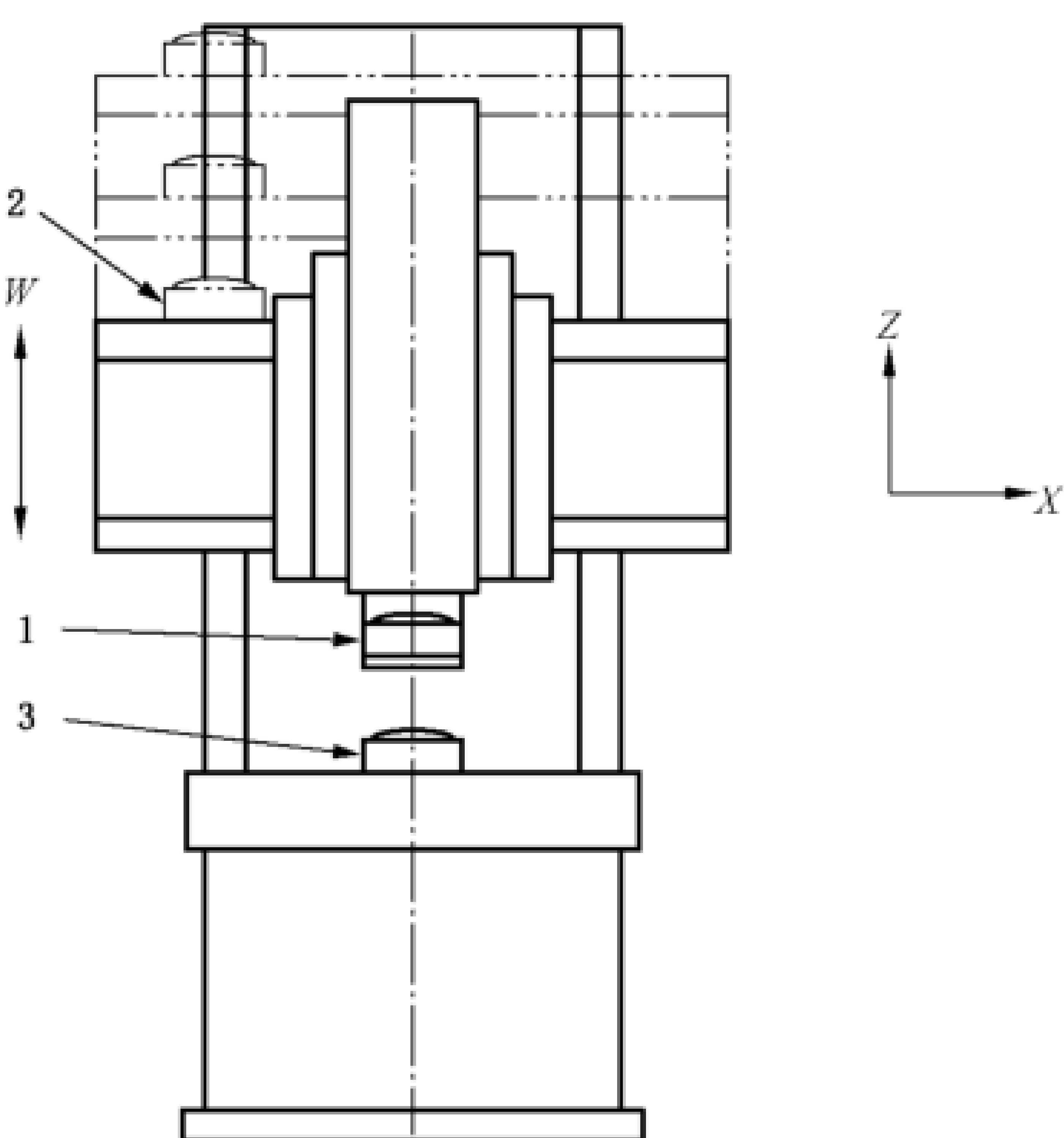
检验项目		G6
刀夹滑板(滑枕)运动(Z 轴)的角度误差: a) 在 YZ 平面内 E_{AZ} (绕 X 轴倾斜); b) 在 ZX 平面内 E_{BZ} (绕 Y 轴倾斜); c) 可选检验:滑枕绕 Z 轴回转 E_{CZ} (倾斜)。		
简图		
<div><div><div>a)</div></div><div><div>b)</div></div></div> <div>标引序号说明: 1——测量水平仪; 2——基准水平仪。</div>		
公差		
测量长度 $\leq 1\,600$: 0.030/1 000; 测量长度 $> 1\,600$: 0.060/1 000; 可选检验: 0.040/1 000。		
检验工具		
a) 和 b) 精密水平仪、自准直仪或激光角度干涉仪。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 3.4.16 和 8.4 的规定) 应在往复两个运动方向上沿行程至少 5 个等距位置上进行检验。 基准水平仪应放置在工件主轴或工作台上。 Z 轴的倾斜检验,见 GB/T 17421.1—2023 中 8.4.2.4。		

检验项目		G7
垂直刀架运动(X 轴)对工件主轴回转轴线(C 轴)的垂直度 $\{E_{B[O(C)X]}\}$ 。		
注：也适用立柱上第二刀架。		
简图		
		
公差		
0.070/1 000($\approx 0.020/300$)；		
测量长度每增加 300：公差增加 0.010；		
偏差方向： $\alpha \leq 90^\circ$ ；		
除非用户和供应商/制造商另有协议，否则 X 轴的轨迹应成凹形。		
检验工具		
平尺、可调量块和指示器。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.3 的规定)		
指示器固定在刀架或刀夹上靠近刀具位置。		
平尺放置在工件主轴上或工作台上并与 C 轴垂直，或在测量中考虑垂直度的偏置；		
如果平尺与 C 轴不完全垂直，测量宜在沿 X 轴运动的若干位置上进行，然后将主轴旋转 180°，在 X 轴上相同位置上进行第二次测量。垂直度误差以每个测量位置两次测量读数平均值的最大差值计。		
每个垂直刀架均应检验。		
X 轴的方向宜通过最小二乘直线法或通过两外端测量点(如果对称)确定。有时 X 轴方向上移动不能越过工作台回转中心很多，这种情况下，不管选择哪种方式，X 轴方向行程应能接近一个半径。		
注：对于铣削，X 轴对 Z 轴的垂直度可重点考虑，在这种情况下，能通过 G21 检验或 G7 和 G8 检验结果获得。		

G8	
<p>检验项目</p> <p>刀夹滑板运动(Z 轴)对工件主轴回转轴线的平行度:</p> <p>a) 在 ZX 平面内 $[E_{B[O(C)]Z}]$;</p> <p>b) 在 YZ 平面内 $[E_{A[O(C)]Z}]$。</p> <p>注: 本检验也适用于立柱上第二刀夹滑板。</p>	
<p>简图</p> <div></div>	
<p>公差</p> <p>a) 0.030/1 000(0.010/300);</p> <p>b) 0.050/1 000(0.015/300)。</p>	
<p>检验工具</p> <p>a)和 b) 直角尺和指示器。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.1.4 和 10.1.4.3 的规定)</p> <p>移动刀夹滑板到工作台中心上方,在工作台半径方向上安装直角尺(非圆柱直尺),直角尺的水平基面与 X 轴平行,指示器固定在刀夹滑板一侧,这样工作台可带动直角尺旋转 180°到刀夹滑板的另一侧,而不与刀夹滑板干涉。直角尺不需要与 C 轴校准。</p> <p>沿 Z 轴若干位置测取读数。如果 G5 检验已在 G8 检验前完成,使用 G5 测取的读数。对于 a)和 b)不需移动 X 轴,旋转工作台 180°带动直角尺旋转到刀夹滑板的另一侧,在直角尺的相同高度测取读数。</p> <p>Z 轴与 C 轴的平行度误差以(0°和 180°)两组读数最小二乘直线的斜率差之半计。</p> <p>检验装置也可以用于 G5、G9 和 G11。</p> <p>注 1: 对于具有两个垂直刀架滑枕的机床,本检验可用一个圆柱角尺放在工作台中心线上进行检验。</p> <p>注 2: 对于具有两个刀夹滑板的机床,两刀夹滑板 G8 检验的差值给出了刀夹滑板的平行度信息。该平行度公差根据供应商/制造商和用户之间的协议进行。</p>	

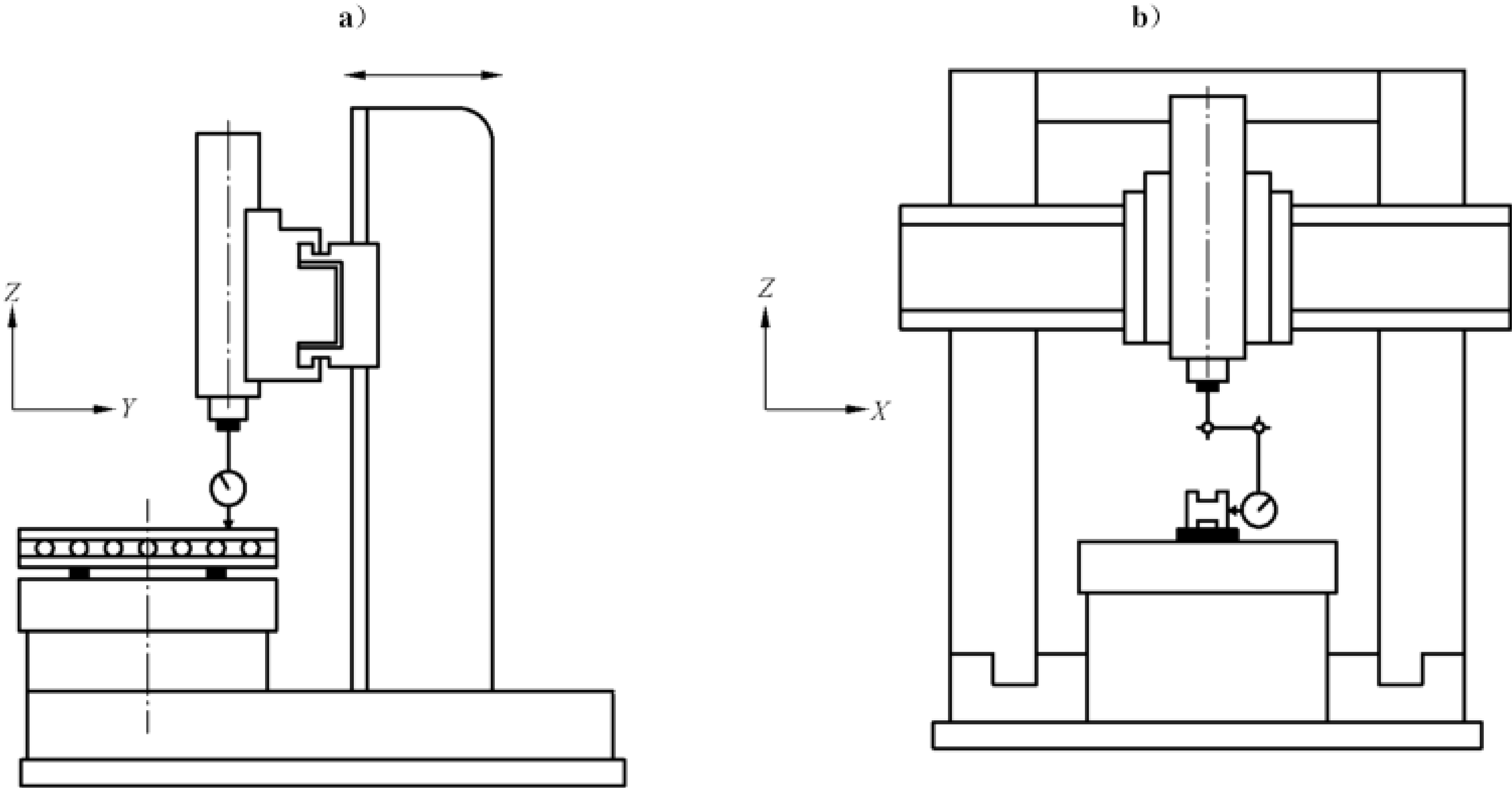
5.3 横梁移动

G9	
<p>检验项目</p> <p>横梁 W 轴运动的直线度：</p> <p>a) 在 ZX 平面内(E_{xw})；</p> <p>b) 在 YZ 平面内(E_{yw})。</p>	
<p>简图</p> <div><div><p>a)</p></div><div><p>b)</p></div></div>	
<p>公差</p> <p>a) 在 1 000 测量长度上为 0.050；</p> <p>b) 在 1 000 测量长度上为 0.080。</p>	
<p>检验工具</p> <p>a)和 b)直角尺和指示器；</p> <p>替换方法：光学仪器，如扫频激光仪。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 8.2 的规定)</p> <p>垂直刀架应放在合适的位置并应给出说明。如果只有一个垂直刀架,垂直滑板在工作台中心上方。指示器放在刀夹上。</p> <p>在工作台半径方向上安装直角尺(非圆柱直尺),直角尺的水平基面与 X 轴平行,指示器固定在刀夹滑板一侧。角尺不需要与 C 轴校准。沿 W 轴若干位置测取读数,横梁锁紧在立柱上,不移动 X 轴。</p> <p>如果本检验与 G11 组合进行,那么放置直角尺时应允许工作台相隔 90° 进行旋转。</p> <p>检验装置也可以用于 G5、G8 和 G11。</p>	

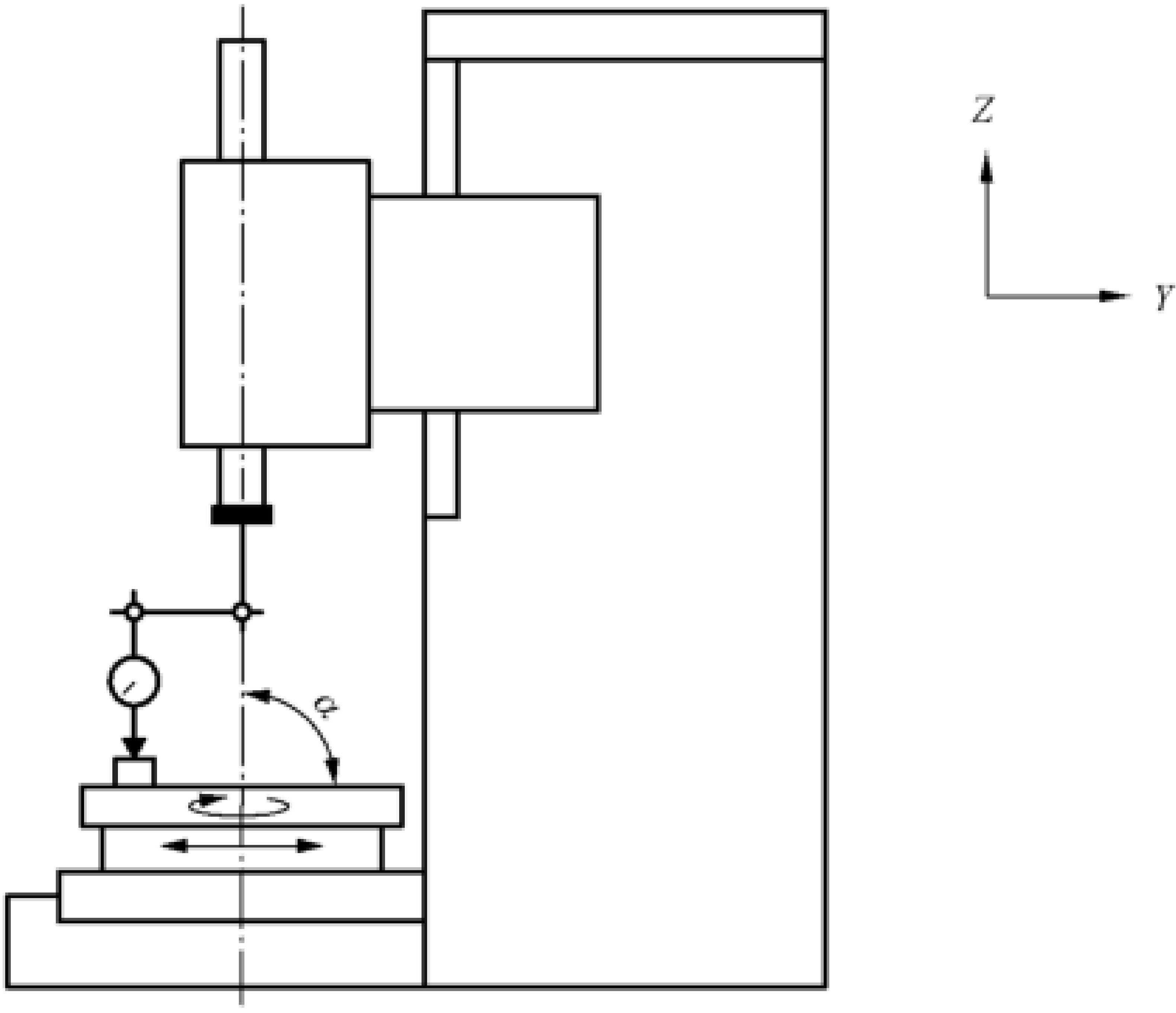
检验项目		G10
横梁 W 轴运动的角度误差。		
a) 在 YZ 垂直平面内(E_{AW})；		
b) 在 ZX 垂直平面内(E_{BW})；		
c) 可选检验：在 XY 平面内横梁绕 W 轴回转 E_{CW} (倾斜)。		
简图		
<div><div><div>a)</div></div><div><div>b)</div></div></div>		
标引序号说明：		
1——测量水平仪(推荐位置)；		
2——测量水平仪(替代位置)；		
3——基准水平仪。		
公差		
a)和 b)		
在任意测量长度上：		0.030/1 000；
c)可选检验：		0.040/1 000。
检验工具		
a)和 b)精密水平仪；		
c)自准直仪或激光角度干涉仪。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 8.4 的规定)		
测量水平仪尽可能放在横梁(刀夹)中间位置的一个合适的表面上并且测取在标出位置的读数。		
垂直刀架宜放在合适的位置并给出说明。		
当 W 轴运动引起刀夹和工件主轴或工作台的角度误差时,应进行两个角度误差的差值测量并在检验结果中给予表述。		
当使用差值测量时,基准水平仪宜放置在工作台上。		
在可能的情况下,在每个位置上锁紧横梁。		
W 轴的倾斜检验,见 GB/T 17421.1—2023 中 8.4.2.4。		

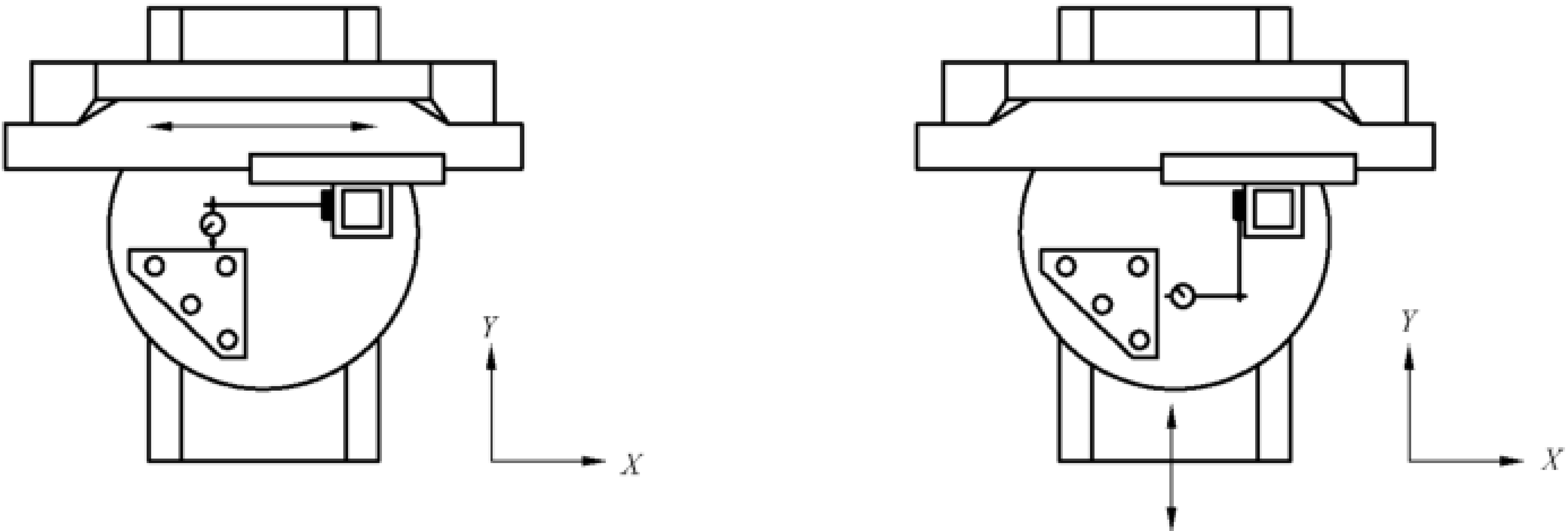
检验项目		G11
横梁 W 轴运动对工件主轴或工作台回转轴线的平行度： a) 在 ZX 平面内 $[E_{B(OC)W}]$ ； b) 在 YZ 平面内 $[E_{A(OC)W}]$ 。		
简图		
公差		
a) 0.050/1 000(0.015/300)； b) 0.067/1 000(0.020/300)。		
检验工具		
a)和 b)指示器和直角尺或光学仪器,如扫频激光器。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.1.4 和 10.1.4.3 的规定)		
垂直刀架应放在合适的位置并应给出说明。 如果可能,垂直滑板在工作台中心上方。指示器放在刀夹上。 在工作台半径方向上安装直角尺(非圆柱直尺),直角尺的水平基面与 X 轴平行,指示器固定在刀夹滑板一侧,这样工作台可带动直角尺旋转 180°到刀夹滑板的另一侧,而不与刀夹滑板干涉。直角尺不需要与 C 轴校准。 沿 W 轴若干位置测取读数,每次测取读数前,横梁锁紧在立柱上。 如果 G9 检验已在 G11 检验前完成,使用 G9 测取的读数。对于 a)和 b)不需移动 X 轴,旋转工作台 180°带动直角尺旋转到刀夹的另一侧。 在直角尺的相同高度测取读数。W 轴的直线度误差(G9 已检验)以在相同高度的所有组读数的代数差之半计。 W 轴与 C 轴的平行度误差以行程两端点检验结果差值之半与行程长度之比(或最好采用图表中最小二乘直线斜率)计。 检验装置也可以用于 G5、G8 和 G9。		

5.4 Y 轴相关检验

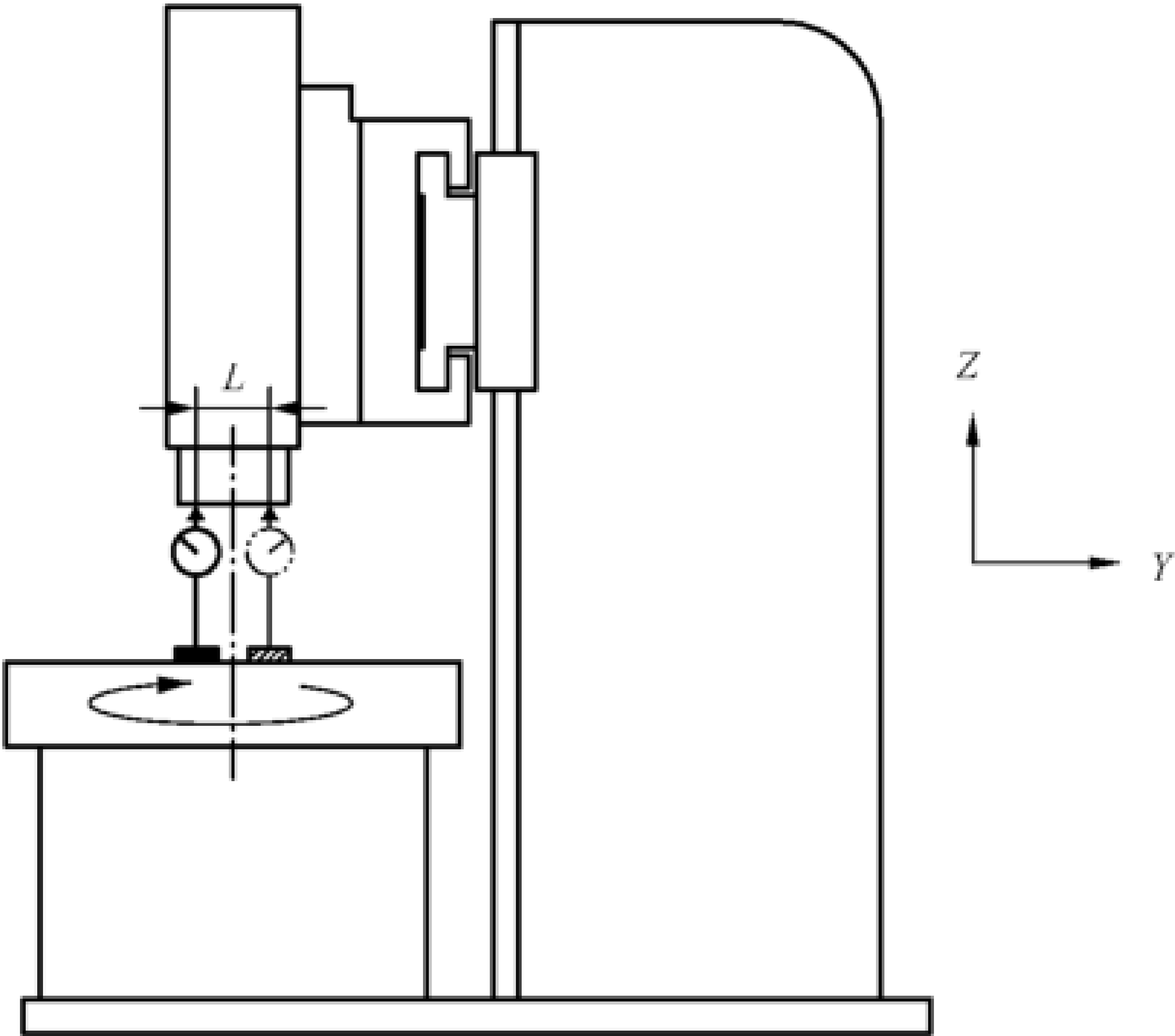
检验项目		G12
龙门(龙门移动型)运动或移动工作台(固定龙门型)运动在 Y 轴方向的直线度： a) 在 YZ 垂直平面内(E_{ZY})； b) 在 YZ 水平平面内(E_{XY})。		
简图		
		
公差		
a) 在 1 000 测量长度上:0.030； b) 在 1 000 测量长度上:0.040。		
检验工具		
a) 平尺、可调量块和指示器或光学仪器； b) 平尺、可调量块和指示器或光学仪器或显微镜和拉紧钢丝。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 8.2 和 12.1.2.2 的规定)		
对于龙门移动机床,横梁锁紧在中间位置,刀夹滑板在测量位置。 平尺宜放在工作台上平行于 Y 轴。 指示器、干涉仪、标靶或显微镜(钢丝检测)宜安装在垂直刀架上靠近刀具位置,测量线宜靠近工作台旋转轴线。 替代方法:如果平尺没有机械校准,则检验结果可以根据 GB/T 17421.1—2023 中 3.4.8 进行估算。		

<div>检验项目</div> <div>龙门移动(龙门移动型)或工作台移动(固定龙门型)在 Y 轴方向上的角度误差： a) 在 YZ 平面内，E_{AY}(俯仰)； b) 在 ZX 平面内，E_{BY}(倾斜)； c) 在 XY 平面内，E_{CY}(偏摆)。</div>		G13
<div>简图</div> <div><div><div>a)和 c)</div></div><div><div>b)</div></div></div> <div><div>标引序号说明：</div><div><div>1——测量水平仪(俯仰检验)； 2——基准水平仪(俯仰检验)； 3——自准直仪(偏摆/俯仰检验)；</div><div>4——反射镜(偏摆/俯仰检验)； 5——测量水平仪(倾斜检验)； 6——基准水平仪(倾斜检验)。</div></div></div>		
<div>公差</div> <div>对于 a)、b)和 c) 对于任意测量长度上：0.050/1 000。</div>		
<div>检验工具</div> <div>a) 精密水平仪或角光学测量仪； b) 精密水平仪； c) 角光学测量仪。</div>		
<div>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.3 的规定)</div> <div>测量水平仪或仪器应放置在垂直刀架上,垂直刀架在其位置上固定： a) (E_{AY}:俯仰)水平仪或光学仪器在 YZ 平面内定向； b) (E_{BY}:倾斜)水平仪在 ZX 平面内定向； c) (E_{CY}:偏摆)光学仪器在 XY 平面内定向。 当移动部件(龙门或工作台)运动引起工作台和刀夹角度误差时,应进行两个角度误差的差值测量并在检验结果中给予表述。 基准水平仪应放置在非移动部件上(工作台或刀夹)。 应在往复两个运动方向上沿行程至少 5 个等距位置上进行检验。</div>		

<div>检验项目</div> <div>Y 轴运动(龙门或工作台)对 C 轴的垂直度$[E_{A(OC)Y}]$。</div> <div>注：本检验适用表 1 中 B 型 c)和 B 型 d)的机床。</div>	G14
<div>简图</div> <div></div>	
<div>公差</div> <div>0.040/1 000</div>	
<div>检验工具</div> <div>量块和指示器。</div>	
<div>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.3 的规定)</div> <div>在离开回转轴线的 Y 方向上,将量块放在工作台一侧边缘处,指示器固定在刀夹上,使指示器测头触及量块表面并将指示器读数调零。将工作台旋转 180°,移动 Y 轴使指示器测头再次触及量块表面。误差以测量读数之半与 Y 轴位移量之比计。</div> <div>α 角的实际值(小于、等于或大于 90°)应予以记录。</div>	

<div>检验项目</div> <div>Y 轴运动(龙门或工作台)对 X 轴运动(垂直刀架)的垂直度。</div> <div>注：本检验适用于表 1 中 B 型 c)和 B 型 d)的机床。</div>		G15
<div>简图</div> <div></div>		
<div>公差</div> <div>0.040/1 000</div>		
<div>检验工具</div> <div>直角尺和指示器或激光干涉仪(可进行垂直度和直线度光学检验)。</div>		
<div>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3.2 的规定)</div> <div>指示器安装在刀夹上,将直角尺放置在工作台(工件主轴)上,并使用指示器调整直角尺与垂直刀架运动平行。</div> <div>调整指示器测头与直角尺的另一面垂直。</div> <div>对于龙门移动型机床： 移动龙门使位移传感器沿直角尺运动,并记录起始终止位置读数(2 点)。</div> <div>对于工作台移动的机床： 移动工作台使直角尺沿固定位移传感器运动,并记录起始终止位置读数(2 点)。</div> <div>两点记录的差值与两测量点间的距离之比即为垂直度误差。</div>		

5.5 刀夹和刀架

G16	
<p>检验项目</p> <p>刀夹刀具安装面与工件主轴回转轴线的垂直度。</p> <p>注：本检验适用于刀夹上刀具安装面与工件主轴回转轴线垂直的机床。</p>	
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>L 测量长度上为 0.020；</p> <p>L 为测量直径。</p>	
<p>检验工具</p> <p>指示器。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 12.4.1 的规定)</p> <p>指示器应固定在工件主轴上,并使其测头触及刀夹底面。</p> <p>旋转工件主轴,使指示器测头尽可能触及在刀夹最大端面上进行检验。</p> <p>如果机床配有刀架,那么刀架上每个刀具安装面均应检验。</p>	

<div data-bbox="241 365 388 409" data-label="Section-Header"><p>检验项目</p></div> <div data-bbox="317 424 844 522" data-label="Text"><p>刀架转位的定位精度。</p><p>注：本检验仅适用于配有刀架的机床。</p></div>	<div data-bbox="1728 329 1793 368" data-label="Text"><p>G17</p></div>
<div data-bbox="241 834 315 872" data-label="Section-Header"><p>简图</p></div> <div data-bbox="487 976 1617 1688" data-label="Image"><p>The image contains three schematic diagrams of a tool post assembly, each showing different inspection points. The top row shows side views of the tool post with points 'a' and 'b'. The bottom row shows top-down views of the tool post with points 'a', 'b', 'c', and 'd'. A coordinate system with X, Y, and Z axes is shown to the right of the diagrams.</p></div>	<div data-bbox="241 1765 315 1804" data-label="Section-Header"><p>公差</p></div> <div data-bbox="317 1822 403 1860" data-label="Text"><p>0.030</p></div>
<div data-bbox="241 1896 388 1935" data-label="Section-Header"><p>检验工具</p></div> <div data-bbox="317 1949 598 1988" data-label="Text"><p>指示器和检验棒。</p></div>	<div data-bbox="241 2027 942 2065" data-label="Section-Header"><p>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 的规定)</p></div> <div data-bbox="241 2080 1854 2404" data-label="Text"><p>将指示器测头分别触及刀架基准孔或槽(a、b 和 c)上。记录刀架轴线位置并记录指示器的读数。移开刀架,指示器读数清零,将刀架转到下一工位,刀架轴线重新复位,记录指示器读数。</p><p>如果使用刀架安装基面,那么指示器测头宜触及 d)面进行检验。</p><p>每个工位重复检验三次,将各工位三次读数进行平均以减少刀架转位重复性的影响,刀架转位的定位精度误差以指示器平均读数的最大差值计。</p><p>刀架转位的重复性和安装检验棒的重复性可能影响测量读数。</p></div>

5.6 动力驱动刀具主轴

检验项目		G18
刀具主轴锥孔的径向跳动： a) 在刀具主轴端部； b) 距刀具主轴端部 250 处。		
简图		
公差		a) 0.010； b) 0.020。
检验工具		a)和 b) 指示器和检验棒。
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 12.5.3 的规定)		指示器固定在工作台(工件主轴)上,将检验棒插入动力刀具主轴孔内。 指示器测头尽可能靠近位置 a),旋转刀具主轴并记录读数。 在位置 b)处重复进行检验。 如果机床配有多个刀具主轴,每个刀具主轴均应检验(也见 AR2)。

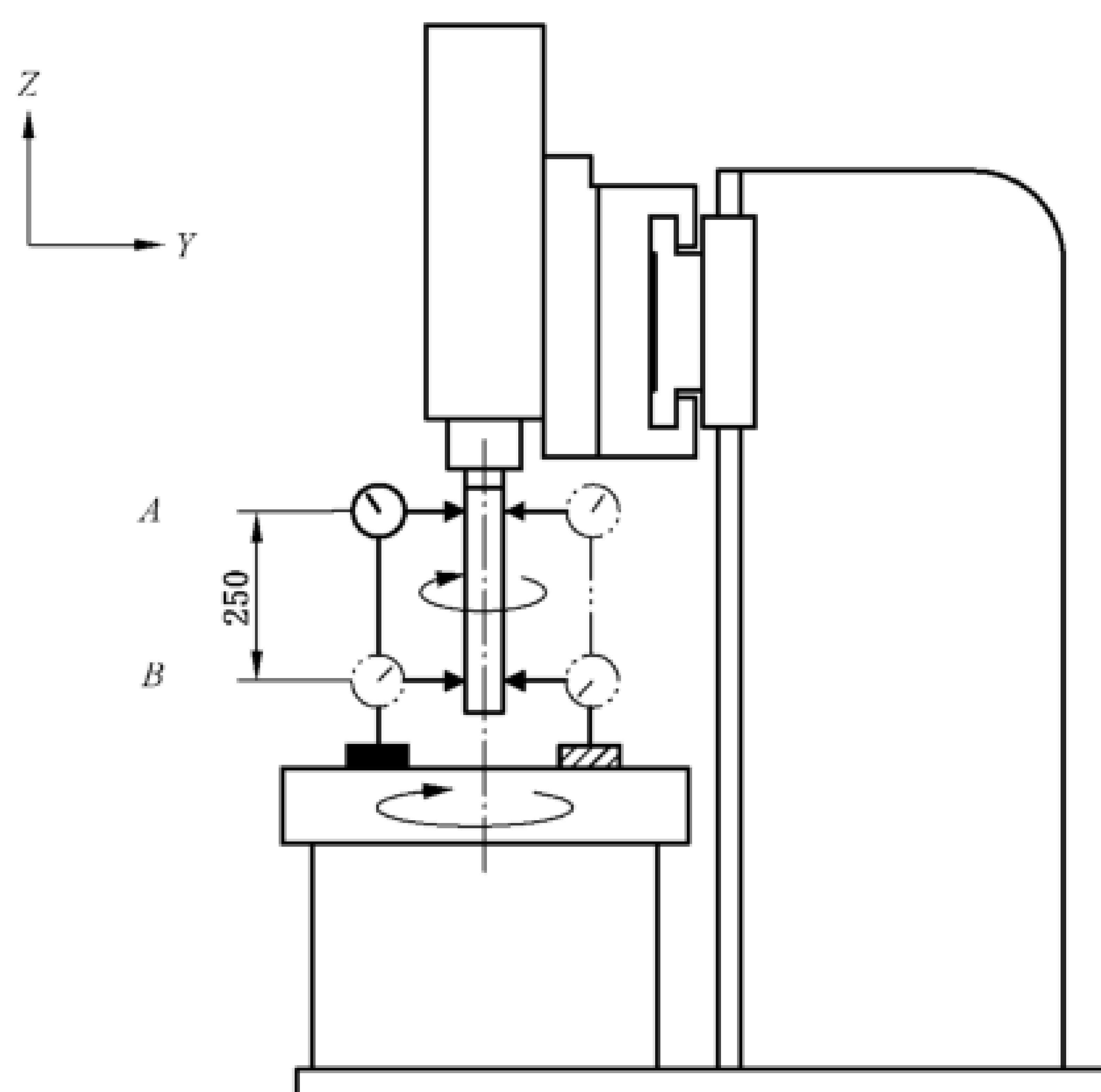
检验项目		G19
刀具主轴回转轴线 C1 对刀夹滑板运动(Z 轴)的平行度: a) 在 YZ 平面内 $[E_{A(OZ)(C1)}]$; b) 在 ZX 平面内 $[E_{B(OZ)(C1)}]$ 。		
简图		
<div><div><div>a)</div><div></div></div><div><div>b)</div><div></div></div></div>		
公差		
a)和 b) 0.080/1 000(0.020/250)。		
检验工具		
a)和 b)指示器和检验棒。		
检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.1.4 的规定)		
检验棒安装在刀具主轴上。 如果可能,工件主轴宜夹紧。		
a) 指示器固定在工件主轴上,测头在 Y 方向上触及检验棒,检验棒的平均轴线位置通过回转刀具主轴在指示器两极限读数之间确定。指示器在此平均位置处读数调零,然后移动刀夹滑板到测量行程的另一端并记录指示器的读数。		
b) 指示器固定在工件主轴上,测头在 X 方向上触及检验棒,检验棒的平均轴线方位通过回转刀具主轴在指示器两极限读数之间确定。指示器在此平均位置处读数调零,然后移动刀夹滑板到测量行程的另一端并记录指示器的读数。		
平行度误差以 0°和 180°两测量读数的平均值之差与行程距离之比计。		
替代方法:应用两次测量读数(0°和 180°)平均基准直线的斜率。		
注:回转轴线精度进一步检验在附录 A 中给予概述。		

检验项目

刀具主轴轴线与工件主轴回转轴线的同轴度:

- 在 YZ 平面内 $[E_{Y(OC)(Cl)}$ 和 $E_{A(OC)(Cl)}]$;
- 在 ZX 平面内 $[E_{X(OC)(Cl)}$ 和 $E_{B(OC)(Cl)}]$ 。

简图



公差

偏移:

- a) 0.025 b) 0.025;
平行:
a) 0.080/1000(0.020/250) b) 0.080/1000(0.020/250)。

检验工具

检验棒、指示器和校准激光器。

检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.2 的规定)

将指示器/支架固定在工件主轴上,检验棒安装在刀具主轴孔内。

旋转工件主轴,使指示器测头在 ZX 平面内位置 A 处触及检验棒并测取第一次读数。旋转两主轴,每 90° 位置再分别测取读数。在 B 处重复检验。在 A、B 两处 0° 和 180° 之间的读数差值之半分别为 A、B 两处在 ZX 平面内两旋转轴线之间的偏移。

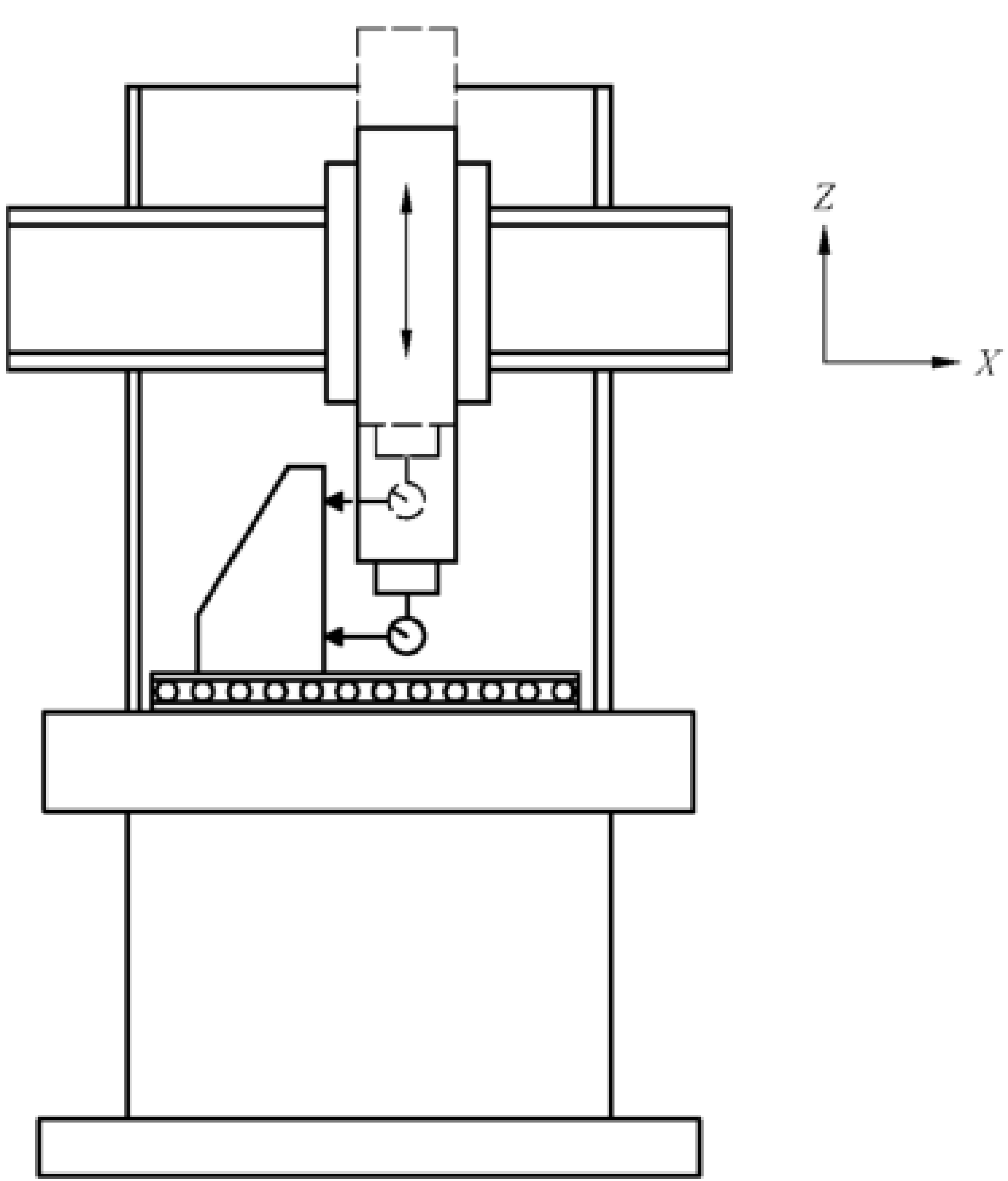
在 A、B 两处 90° 和 270° 之间的读数差值之半分别为 A、B 两处在 YZ 平面内两旋转轴线之间的偏移。

当使用激光校准时,按激光校准的需要,旋转两主轴并在旋转角度(例如:0°、90°、180°和 270°)位置上记录读数。

同轴度误差包括偏移和平行度误差。偏移误差以在 B 处的偏移量计。

平行度误差以在 A、B 两处偏移的差值与 A、B 两处距离(250)之比计。

注：回转轴线精度进一步检验在附录 A 中给予概述。

<p>检验项目</p> <p>刀夹滑板运动(Z 轴)对垂直刀架运动(X 轴)的垂直度$[E_{B(OX)Z}]$。</p>	<p>G21</p>
<p>简图</p> 	
<p>公差</p> <p>0.050/1 000(0.015/300)</p>	
<p>检验工具</p> <p>指示器、平尺和直角尺。</p>	
<p>检验方法(按 GB/T 17421.1—2023 中 10.3 和 10.3.2 的规定)</p> <p>指示器应固定在刀夹上靠近刀具位置。</p> <p>平尺放置在工作台上与垂直刀架运动(X 轴)平行。</p> <p>在平尺上放置一直角尺。</p> <p>然后移动指示器到检验位置,使其测头触及直角尺垂直平面。</p> <p>在直角尺垂直平面上沿 Z 轴测取读数。</p> <p>注:刀夹滑板运动(Z 轴)对垂直刀架运动(X 轴)的垂直度可从 G7 和 G8 检验获得。</p>	

附录 A
(资料性)
回转轴线的精度检验

A.1 工件主轴的回转精度

检验项目

AR1

工件主轴(C 轴)回转轴线的误差运动：

- a) 在 X 方向的径向误差运动(E_{XC})；
- b) 在 Y 方向的径向误差运动(E_{YC})(只适用于车削中心)；
- c) 轴向误差运动(E_{ZC})；
- d) 绕 X 轴倾斜误差运动(E_{AC})(只适用于车削中心)；
- e) 绕 Y 轴倾斜误差运动(E_{BC})。

简图

标引序号说明：

1~5——传感器。

注：传感器 2 和传感器 5 仅适用车削中心。

公差

	主轴最高转速的百分比				
	10%	50%	100%		
a) 总径向误差运动值(E_{XC})		0.005(全部速度)；			
b) 总径向误差运动值(E_{YC})		0.005(全部速度)；			
c) 总轴向误差运动值(E_{ZC})		0.003(全部速度)；			
d) 总倾斜误差运动值(E_{AC})		由供应商/制造商和用户确定；			
e) 总倾斜误差运动值(E_{BC})		由供应商/制造商和用户确定。			
如果主轴最低转速大于最高转速的 10%，那么主轴宜在最低转速下运行。					
如果经供应商/制造商双方同意决定将此项检验加入合同产品的验收程序，那么双方也宜共同确定相应的公差值。					
注：当主轴性能在工业环境中测量数据可获得时，公差宜提供。					

检验工具

检验棒、非接触传感器和角度测量装置或与主轴平均线稍微偏心安装的两个精密检验球和非接触传感器。

检验方法(按 GB/T 17421.7—2016 中有关规定)

本检验是带有固定敏感方向的主轴检验(见 GB/T 17421.7—2016 中 5.5)

安装测量仪器后,主轴宜以 50%最大转速下预热 10 min,用户和制造商/供应商之间有协议要求除外。

总误差运动和总误差运动值在 GB/T 17421.7—2016 的 3.2.4 和 3.5.1 中分别给予了定义。

a)、b) 总径向误差运动值 E_{xc} 和 E_{yc} (使用传感器 4 和传感器 5)。

径向误差运动测量在 GB/T 17421.7—2016 的 5.5.3 中给予了描述。径向误差运动宜尽可能靠近主轴端部测量(见本项检验简图中传感器 4 和传感器 5)。

对于每个径向误差运动 E_{xc} 和 E_{yc} ,宜提供一个带有一个最小二乘方圆圆心(LSC)(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.4.3)的总误差运动极坐标曲线图(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.3.1)。

c) 总轴向误差运动值 E_{zc} (使用传感器 3)。

轴向误差运动测量在 GB/T 17421.7—2016 的 5.5.4 中给予了描述。

对于轴向误差运动 E_{zc} ,宜提供一个带有极坐标图卡中心(PC)(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.4.1)的总误差运动极坐标曲线图(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.3.1)。

d)、e)总倾斜误差运动值 E_{ac} 和 E_{bc} (使用传感器 2 和传感器 5,传感器 1 和传感器 4)。

倾斜误差运动测量在 GB/T 17421.7—2016 的 5.5.5 中给予了描述。任意一个倾斜误差运动也可仅用一个非接触传感器检查(见 GB/T 17421.7—2016 中 5.5.5.2 和 5.5.5.3)。

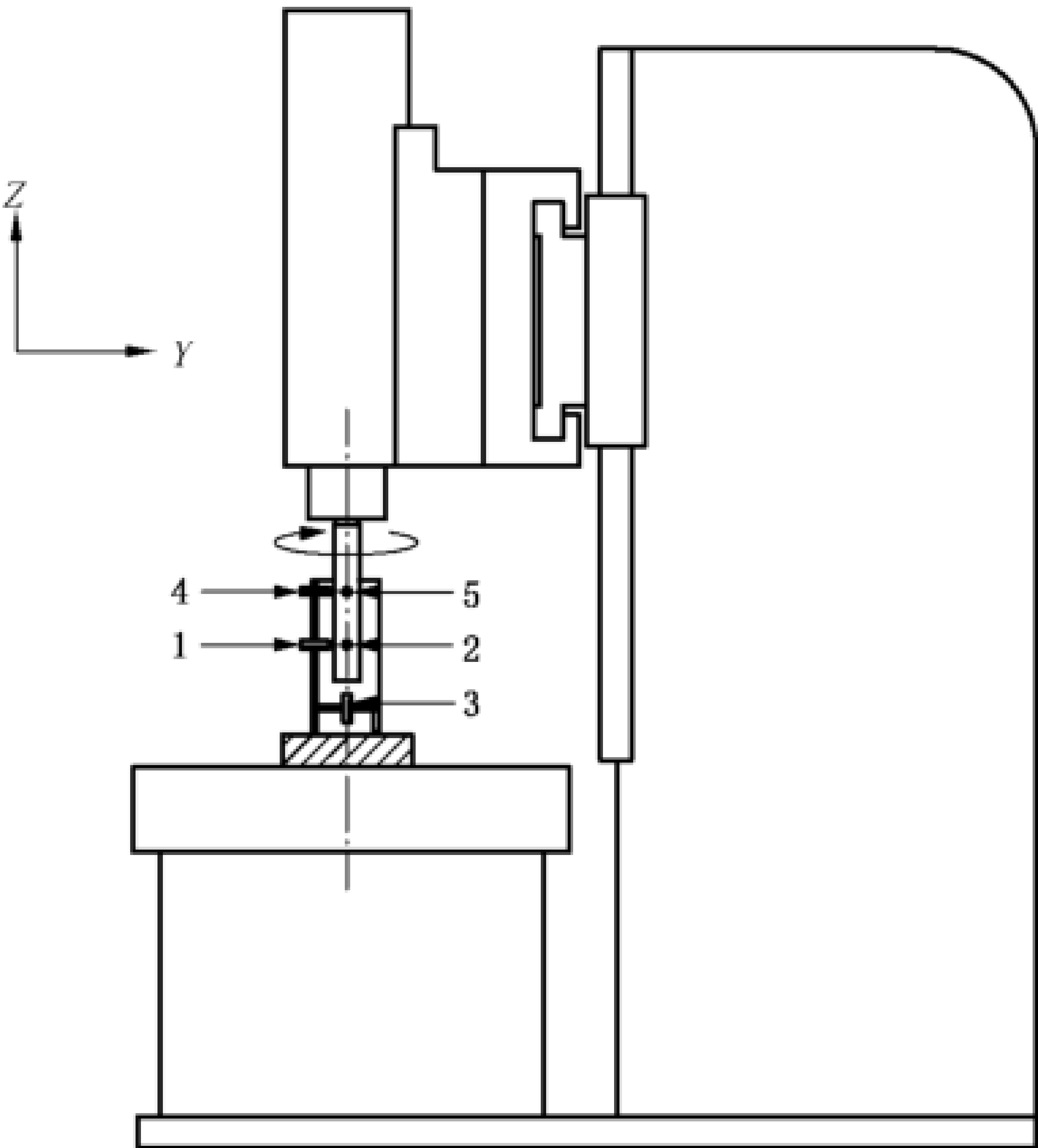
对于每个倾斜误差运动 E_{ac} 和 E_{bc} ,宜提供一个带有极坐标图卡中心(PC)(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.4.1)的总误差运动极坐标曲线图(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.3.1)。

对于这些检验,下列参数宜予以描述:

- 1) 测量时径向、轴向或端面的位置;
- 2) 使用的所有仪器、标靶和夹具的标识;
- 3) 检验装置的位置;
- 4) 与检验装置相连的任何线性或回转定位平台的位置;
- 5) 敏感方向的角度,例如轴向、径向或合适的中间角度;
- 6) 检验结果的表示,如误差运动值、极坐标曲线图、时基图、频谱图;
- 7) 主轴的旋转频率(对于静态误差运动为零);
- 8) 以秒或主轴转动次数为单位的时间周期;
- 9) 合适的温升或试运转程序;
- 10) 按赫兹或周波给出的仪器频率响应,包括任何电子滤波器的滚降特性。在数字显示仪器情况下,位移分辨率和取样率;
- 11) 结构环路,包括测取误差运动的各个传感器相对于主轴箱的位置和方位,还包括与主轴轴线和参考坐标轴的定位有关的特定物体以及与这些物体相关联的元件;
- 12) 检验的时间和日期;
- 13) 所有检验仪器的型号和校准状态;
- 14) 可能影响检验结果的其他操作条件,如环境温度。

如果不需要检验倾斜误差运动(按供应商和用户协议),那么只需要使用三个传感器(传感器 4、传感器 5 和传感器 3)且可用精密检验球代替检验棒。

A.2 刀具主轴的回转精度

检验项目		AR2
刀具主轴回转轴线(动力刀具)的误差运动： a) 径向误差运动(E_{RC1})； b) 轴向误差运动(E_{ZC1})； c) 倾斜误差运动(E_{TC1})。		
简图		
		
标引序号说明： 1~5——传感器。		
公差		
		主轴最高转速的百分比
		10% 50% 100%
a) 总径向误差运动值(E_{RC1})		0.005(全部速度)；
b) 总轴向误差运动值(E_{ZC1})		0.003(全部速度)；
c) 总倾斜误差运动值(E_{TC1})		由供应商/制造商和用户确定。
如果主轴最低转速大于最高转速的 10%，那么主轴宜在最低转速下运行。		
如果经供应商/制造商双方同意决定将此项检验加入合同产品的验收程序,那么双方也宜共同确定相应的公差值。		
检验工具		
检验棒、非接触传感器和角度测量装置或与主轴平均线稍微偏心安装的两个精密检验球和非接触传感器。		

检验方法(按 GB/T 17421.7—2016 中有关规定)

本检验是带有旋转敏感方向的主轴检验(见 GB/T 17421.7—2016 中 5.4)

安装测量仪器后,主轴宜以 50%最大转速下预热 10 min,用户和制造商/供应商之间有协议要求除外。

总误差运动在 GB/T 17421.7—2016 的 3.2.4 中给予了定义,总误差运动值在 GB/T 17421.7—2016 的 3.5.1 中分别给予了定义。

a) 总径向误差运动值 E_{RCI} (使用传感器 4 和传感器 5)。

径向误差运动测量在 GB/T 17421.7—2016 的 5.4.2 中给予了描述。径向误差运动宜尽可能靠近主轴端部测量(见本项检验简图中传感器 4 和传感器 5)。

对于径向误差运动 E_{RCI} ,宜提供一个带有一个最小二乘方圆圆心(LSC)(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.4.3)的总误差运动极坐标曲线图(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.3.1)。

b) 总轴向误差运动值 E_{ZCI} (使用传感器 3)。

轴向误差运动测量在 GB/T 17421.7—2016 的 5.4.4 中给予了描述。

对于轴向误差运动 E_{ZCI} ,宜提供一个带有极坐标图卡中心(PC)(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.4.1)的总误差运动极坐标曲线图(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.3.1)。

c) 总倾斜误差运动值 E_{TCI} (使用传感器 1、传感器 2、传感器 4、传感器 5)。

倾斜误差运动测量在 GB/T 17421.7—2016 的 5.4.3 中给予了描述。倾斜误差运动也可仅用两个非接触传感器检查(见 GB/T 17421.7—2016 中 5.4.3.2 的规定)。

对于倾斜误差运动 E_{TCI} ,宜提供一个带有极坐标图卡中心(PC)(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.4.1)的总误差运动极坐标曲线图(见 GB/T 17421.7—2016 中 3.3.1)。

对于这些检验,下列参数宜予以描述:

- 1) 测量时径向、轴向或端面的位置;
- 2) 使用的所有仪器、标靶和夹具的标识;
- 3) 检验装置的位置;
- 4) 与检验装置相连的任何线性或回转定位平台的位置;
- 5) 敏感方向的角度,例如轴向、径向或合适的中间角度;
- 6) 检验结果的表示,如误差运动值、极坐标曲线图、时基图、频谱图;
- 7) 主轴的旋转频率(对于静态误差运动为零);
- 8) 以秒或主轴转动次数为单位的时间周期;
- 9) 合适的温升或试运转程序;
- 10) 按赫兹或周波给出的仪器频率响应,包括任何电子滤波器的滚降特性。在数字显示仪器情况下,位移分辨率和取样率;
- 11) 结构环路,包括测取误差运动的各个传感器相对于主轴箱的位置及定向,还包括与主轴轴线和参考坐标轴的定位有关的特定物体以及与这些物体相关联的元件;
- 12) 检验的时间和日期;
- 13) 所有检验仪器的型号和校准状态;
- 14) 可能影响检验结果的其他操作条件,如环境温度。

如果不需要检验倾斜误差运动(按供应商和用户协议),那么只需要使用三个传感器(传感器 4、传感器 5 和传感器 3)且可用精密检验球代替检验棒。

参 考 文 献

[1] GB/T 4020—1997 卧式车床 精度检验

[2] GB/T 8129—2015 工业自动化系统 机床数值控制 词汇

[3] GB/T 16462.1—2023 数控车床和车削中心检验条件 第1部分:卧式机床几何精度检验

[4] GB/T 16462.3—2017 数控车床和车削中心检验条件 第3部分:倒置立式机床几何精度检验

[5] GB/T 31396.1—2015 机床 分离爪自定心卡盘尺寸和几何精度检验 第1部分:键、槽配合型手动卡盘

[6] GB/T 31396.2—2015 机床 分离爪自定心卡盘尺寸和几何精度检验 第2部分:键、槽配合型动力卡盘

[7] GB/T 31396.3—2020 机床 分离爪自定心卡盘尺寸和几何精度检验 第3部分:梳齿配合型动力卡盘

[8] ISO/TR 230-11:2018 Test code for machine tools—Part 11: Measuring instruments suitable for machine tool geometry tests

[9] ISO/TR 16907 Machine tools—Numerical compensation of geometric errors
