

团 体 标 准

T/ZSA 223-2024

超精密单点金刚石车床

Ultra-precision single point diamond lathe

2024 - 03 - 25 发布

2024 - 03 - 26 实施

中关村标准化协会 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 概述.....	1
5 基本要求.....	2
5.1 环境条件.....	2
5.2 主电源要求.....	2
5.3 供气要求.....	2
5.4 电气要求.....	2
5.5 安全防护要求.....	2
5.6 加工工件规格要求.....	2
6 技术要求.....	3
6.1 组件要求.....	3
6.2 加工精度.....	5
7 试验方法.....	5
7.1 组件试验.....	5
7.2 加工精度试验.....	6
7.3 整机空运转试验.....	6
8 检验规则.....	6
8.1 检验分类.....	6
8.2 出厂检验.....	6
8.3 型式检验.....	6
8.4 样件检验.....	7
9 标志、包装、运输和贮存.....	7
9.1 标志.....	7
9.2 包装.....	7
9.3 运输.....	7
9.4 贮存.....	7

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。

本文件由中关村标准化协会技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：北京海普瑞森超精密技术有限公司、北京汉锐金马数控科技有限公司、北京众衡智能科技有限公司、中国机械制造工艺协会、济南华腾精密机械有限公司、北京易威智能科技有限公司、中国机械科学研究总院海西（福建）分院有限公司。

本文件主要起草人：张国光、武艳霞、李金明、焦尚才、王雪松、邱俊厂、刘鹏飞、张泽峰、沈振兴、刘志志。

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到本文件[第6章]与[一种单点金刚石车床的动平衡分析方法和装置]（CN201710134542.1）等相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：北京海普瑞森超精密技术有限公司

地址：北京市密云区十里堡双井工业园内

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

超精密单点金刚石车床

1 范围

本文件规定了超精密单点金刚石车床的结构型式、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于超精密单点金刚石车床的生产和质量控制。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求

GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求

GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法

GB/T 13277.1—2023 压缩空气 第1部分：污染物净化等级

GB/T 13306 标牌

GB 15760 金属切削机床 安全防护通用技术条件

GB/T 16462.4 数控车床和车削中心检验条件 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

GB/T 17421.1 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 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 23572 金属切削机床 液压系统通用技术条件

GB/T 39128 机床数控系统 人机界面

JB/T 4368.1—2013 数控卧式车床和车削中心 第1部分：技术条件

JB/T 8356 机床包装 技术条件

JB/T 11576.3—2013 数控多面切削车床 第3部分：技术条件

JB/T 12384 机床电气设备及系统 电气控制柜技术条件

JB/T 14347.1 工业机械电气设备及系统 数控系统功能测试规范 第1部分：总则

JB/T 14347.2 工业机械电气设备及系统 数控系统功能测试规范 第2部分：基本功能

JB/T 14347.3 工业机械电气设备及系统 数控系统功能测试规范 第3部分：扩展功能

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超精密单点金刚石车床 ultra-precision single point diamond lathe

一种加工元件表面粗糙度可达纳米级，面形精度可达 $\lambda/10$ 量级，用于物理学领域的工艺试验仪器。

4 概述

超精密单点金刚石车床由床身、X、Z轴部件、数控系统、刀架部件、主轴部件、喷雾冷却系统、液压系统和气动系统组成，各工件应无锐边、毛刺，各接合面、滑动面无肉眼可见划痕，其结构型式见图1。

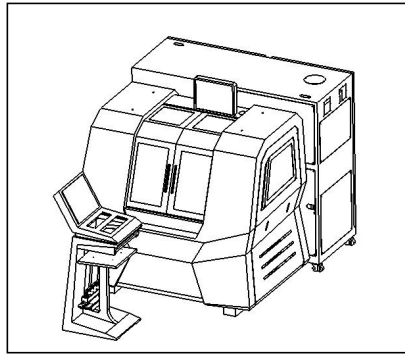


图 1 超精密单点金刚石车床结构型式图

5 基本要求

5.1 环境条件

5.1.1 超精密单点金刚石车床安装应安装含有减震地基的精密加工室，且避免阳光直射或振动，无酸、无腐蚀气体、无烟雾、无降尘。

5.1.2 超精密单点金刚石车床应能在以下环境条件下正常使用：

- a) 温度控制： $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 温度梯度：小于或等于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ；
- c) 环境湿度：10%~50%，无结露。

5.2 主电源要求

超精密单点金刚石车床主电源应满足以下要求：

- a) 电压：AC380 V，三相五线制；
- b) 电源频率：50 Hz~60 Hz；
- c) 电压波动： $\pm 10\%\text{max}$ ；
- d) 容量：15 kW。

5.3 供气要求

超精密单点金刚石车床供气管路各个环节应连接牢固且满足以下要求：

- a) 空气压力：0.6 MPa，稳定供给；
- b) 流量：大于 300 L/min；
- c) 供气洁净度：灰尘粒度小于 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ ，除油、除水。

5.4 电气要求

超精密单点金刚石车床电气柜应满足 JB/T 12384 的要求。

5.5 安全防护要求

5.5.1 超精密单点金刚石车床安全防护要求应满足 GB 15760 的要求。

5.5.2 超精密单点金刚石车床应配备全封闭的整体护罩，护罩门上安装光电感应开关，与系统连接，当执行自动加工程序时应关闭护罩门。

5.6 加工工件规格要求

超精密单点金刚石车床加工工件规格应满足以下要求：

- a) 最大直径： $\Phi 800\text{ mm}$ ；
- b) 最大长度：400 mm；
- c) 最大重量：50 kg。

6 技术要求

6.1 组件要求

6.1.1 床身支架

超精密单点金刚石车床床身支架应具备气浮垫铁，使其支撑床身基座，气浮垫铁充气压力应为0.45 MPa~0.60 MPa。

6.1.2 床身

超精密单点金刚石车床床身应采用天然大理石制成，且应在加工工件质量小于或等于50 kg、温度环境为 (22 ± 1) °C时保持高精度。

6.1.3 X、Z轴部件

6.1.3.1 超精密单点金刚石车床Z轴部件应为液体静压导轨且满足以下要求：

- a) 最大行程：450 mm；
- b) 直线度：0.1 $\mu\text{m}/100$ mm；
- c) 分辨率：0.1 nm；
- d) 最大进给速度：20 mm/s；
- e) 刚度：200N/ μm 。

6.1.3.2 超精密单点金刚石车床X轴部件应为液体静压导轨且满足以下要求：

- a) 最大行程：450 mm；
- b) 直线度：0.1 $\mu\text{m}/100$ mm；
- c) 分辨率：0.1 nm；
- d) 最大进给速度：20 mm/s；
- e) 刚度：200 N/ μm 。

6.1.4 数控系统

超精密单点金刚石车床数控系统应具备以下功能：

- a) 软件运动控制特性，包括但不限于：
 - 点到点快速运动；
 - 运动前瞻控制；
 - 三次隐式样条插补spline；
 - 自动硬件捕捉/触发功能；
 - 交互式手动运动；
 - 支持S曲线加减速的直线插补；
 - 支持S曲线加减速的圆弧插补；
 - 三次隐士样条插补Hermite-spline。
- b) 伺服特性，包括但不限于：
 - 运动控制周期达到微秒级；
 - 纳米级控制及插补能力；
 - 伺服控制；
 - PID控制器，阻尼滤波器；
 - 支持C语言的用户自定义控制算法。
- c) 补偿特性，包括但不限于：
 - 速度、加速度、摩擦前馈补偿；
 - 力矩补偿；
 - 反向间隙补偿；
 - 刀具半径补偿；
 - 位置补偿（1D&2D）。
- d) 安全特性，包括但不限于：

- 跟随误差报警;
 - 负载极限报警;
 - 看门狗计时器;
 - 程序和通信校验;
 - 硬件和软件限位;
 - 驱动器使能/报警;
 - 编码器计数缺失报警。
- e) 计算特性, 包括但不限于:
- 实时多任务系统;
 - 32~64位浮点数编程;
 - 三角函数和其他自定义函数。
- f) CNC 显示, 包括但不限于:
- 机械位置的显示;
 - 零件程序的显示;
 - 参数显示;
 - 坐标系的显示;
 - 刀具位置的显示;
 - 机床状态的显示;
 - I/O状态及报警显示。

6.1.5 刀架部件

超精密单点金刚石车床刀架部件应满足以下要求:

- a) 刀架粗调行程为 25 mm, 精调行程为 5 mm;
- b) 精调整每圈调整量为 0.25 mm;
- c) 刀支架与刀架立柱运动垂直度为 5 μm ;
- d) 刀支架与刀架立柱运动平行度为 5 μm 。

6.1.6 主轴部件

超精密单点金刚石车床主轴部件应满足以下要求:

- a) 回转精度: 小于 0.05 μm ;
- b) 转速: 0 r/min~8 000 r/min。

6.1.7 喷雾冷却系统

超精密单点金刚石车床应采用雾化切削液冷却及润滑切削刀具, 且油雾箱压力应小于0.3 MPa。

6.1.8 液压系统

- 6.1.8.1 液压系统应独立设置且采用伺服液压站。
- 6.1.8.2 液压站应由油箱、液压泵、电机、调压阀、蓄能器、恒温控制机等组成。
- 6.1.8.3 液压站为液体静压导轨提供液压润滑油, 应使用一般矿物系液压油(46#)。
- 6.1.8.4 液压站指标参数应满足表1的要求。

表1 液压系统指标参数

序号	项目	要求
1	使用介质	一般矿物系液压油(46#)
2	供电电压	AC220V, 50Hz, 三相
3	输出压力范围	2.0 MPa~4.0 MPa
4	流量	无负荷时, 4 L/min
5	油温	(25 \pm 5) $^{\circ}\text{C}$

6.1.9 气动系统

空气压缩机产生的高压空气应经过初步过滤干燥后接入机床粗过滤器进气口,再经过机床配备的冷凝干燥箱和精过滤器,成为干燥洁净的高压空气,各指标参数应满足表2的要求。

表2 气动系统指标参数

序号	项目	要求
1	机床供气压力	大于或等于0.5 MPa, 除油、除水
2	空气洁净度	GB/T 13277.1-2023中3级精度要求
3	粗过滤精度	0.5 μm
4	精过滤精度	0.01 μm
5	过滤器最大使用压力	1.0 MPa

6.2 加工精度

超精密单点金刚石车床加工工件表面粗糙度 (Ra) 应小于2 nm, 面形精度PV应小于0.2 μm 。

7 试验方法

7.1 组件试验

7.1.1 床身支架测试

超精密单点金刚石车床床身支架应按照图纸要求进行检测,判断气浮垫铁安装面共面、平面度及其水平调节阀的浮起高度和床身基座浮起水平度。

7.1.2 床身测试

超精密单点金刚石车床床身外观、镶嵌件应采用目测检查法进行观察试验,并在加工工件质量小于或等于50 kg、温度环境为(22 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 时根据GB/T 17421.1的规定对精度要求进行检测。

7.1.3 X、Z轴部件测试

超精密单点金刚石车床X、Z轴部件应按照GB/T 17421.2的规定进行试验。

7.1.4 数控系统测试

超精密单点金刚石车床数控系统测试应按照JB/T 14347.1、JB/T 14347.2、JB/T 14347.3以及GB/T 39128中的规定进行检测。

7.1.5 刀架部件测试

超精密单点金刚石车床刀架测试应进行抽样检测,并满足以下要求:

- 使用激光测量仪测量刀架的总行程,调节刀架至粗调行程25 mm、精调行程5 mm,调整时刀架顺畅、无卡顿、无晃动现象;
- 使用千分表检测刀支架与刀架立柱运动垂直度和运动平行度。

7.1.6 主轴部件测试

超精密单点金刚石车床主轴部件试验应满足以下要求:

- 回转精度:
 - 连接测量仪器、测头及主轴光栅信号线;
 - 使用千分表初步校正高精度标准球,当高精度标准球和轴线同心时,使用测头对高精度标准球进行精度精调,并使跳动小于0.1 μm ;
 - 利用动平衡软件调整主轴动平衡为3 000 rpm,振幅值小于10 nm后进行精度测量;
- 转速:按照GB/T 17421.2的规定进行试验。

7.1.7 喷雾冷却系统测试

超精密单点金刚石车床冷却系统测试应按照GB 15760中的规定进行检测。

7.1.8 液压系统测试

超精密单点金刚石车床液压系统测试应按照GB/T 23572和GB/T 3766中的规定进行检测。

7.1.9 气动系统测试

超精密单点金刚石车床气动系统测试应按照GB/T 7932中的规定进行检测。

7.2 加工精度试验

超精密单点金刚石车床表面粗糙度按照GB/T 10610的规定进行检测，面形精度按应按照GB/T 16462.4的规定进行检测。

7.3 整机空运转试验

7.3.1 按 JB/T 4368.1—2013 中 7.5 的规定，整机连续空运转时间为 48 h，每次循环时间不大于 15 min，各次循环之间的休止时间不超过 1 min。连续空运转过程中，车床运转应正常、平稳、可靠，不应发生故障。否则在故障排除后应重新进行连续空运转。

7.3.2 连续空运转程序的内容应符合 JB/T 11576.3—2013 中 4.6.9.3 的规定。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品的检验分为出厂检验与型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 每台产品均应进行出厂检验，经过检验合格后方可出厂，并具有证明合格的产品出厂证明书。

8.2.2 出厂检验项目见表 3。

表 3 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	测试方法 (以本文件章节条号为准)
1	床身支架	—	√	7.1.1
2	床身	—	√	7.1.2
3	X、Z轴部件	√	√	7.1.3
4	数控系统	—	√	7.1.4
5	刀架部件	—	√	7.1.5
6	主轴部件	√	√	7.1.6
7	喷雾冷却系统	—	√	7.1.7
8	液压系统	—	√	7.1.8
9	气动系统	—	√	7.1.9
10	加工精度	√	√	7.2
11	整机空运转	√	—	7.3

注：“√”表示需要检验项目，“—”表示无需检验项目

8.3 型式检验

8.3.1 在下列情况下，产品应进行型式检验：

- 新设计的产品（包括转厂生产），在定型鉴定前应进行型式检验；
- 连续生产的产品，每三年应进行一次型式检验；
- 正式投产后，当设计、制造工艺或主要元器件有较大改变可能影响产品性能时，应进行型式检验；
- 停产一年以上又重新生产时，应进行型式检验。

8.3.2 型式检验见表 3。

8.3.3 型式检验应在出厂检验合格的产品中任意抽取一台作为检验样品。

8.3.4 产品型式检验中任何一项不符合要求，则为型式检验不合格。型式检验不合格允许采取纠正措

施，排除不符合要求的因素后进行复检，直至全部项目符合要求为止。

8.4 样件检验

产品交付应进行样件检验，检验要求如下：

- a) 试制材料：铝材；
- b) 试制样品条件：口径为 75 mm，R254 球面；
- c) 要求：面型精度 p_v 小于或等于 $0.2 \mu\text{m}$ ，粗糙度 R_a 小于或等于 2nm ；
- d) 检测方法：轮廓度仪，白光干涉仪检测。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 产品应在明显的位置固定产品铭牌。铭牌应符合 GB/T 13306 的要求，一般应标明下列内容：

- a) 制造单位名称；
- b) 产品商标；
- c) 产品的名称和型号；
- d) 制造年月或出厂编号。

9.1.2 产品的各种管线、接插件接口均应标识清楚、规范。

9.1.3 产品的各种警示标牌齐全、规范。

9.1.4 包装箱外表面应刷标志，标志内容应符合 JB/T 8356 的要求。

9.2 包装

9.2.1 产品包装应符合 JB/T 8356 中的要求。

9.2.2 包装前应将产品清理干净，涂防锈油脂。

9.2.3 包装前应将产品可动零部件移到产品平衡位置后固定。

9.2.4 每台产品应附使用说明书、合格证明书、装箱单。

9.2.5 包装储运图示标志应按 GB/T 191 的要求。

9.2.6 产品包装发运时，应附有以下文件：

- a) 产品出厂合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱单；
- d) 随机备件、附件清单；
- e) 安装图样。

9.3 运输

9.3.1 产品在运输过程中，不应剧烈振动、碰撞、雨淋，应远离化学腐蚀性物质及有害气体。

9.3.2 搬运应轻拿轻放、堆码整齐，严禁翻滚和抛掷。

9.4 贮存

产品应贮存在干燥、通风、无火源、无腐蚀性气（物）体处，如露天存放应有防雨措施。