ICS XXX
CCS XXX

T/ZJAA
团 体 标 准

T/ZJAA 001—2025

航空发动机叶片复杂曲面精密磨削中心

Precision Grinding Center for Complex Curved Surface of Aero-Engine Blade

（征求意见稿）

2025 - XX - XX 发布　　2025 - XX - XX 实施

浙江省自动化学会　　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 2
4 基本参数 2
5 技术要求 2
6 试验方法 4
7 检验规则 6
8 标志、包装、运输和贮存 6

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。

本文件由浙江省自动化学会提出并归口。

本标准负责起草单位： 。

本标准参与起草单位： 。

本标准主要起草人： 。

航空发动机叶片复杂曲面精密磨削中心

1 范围

本标准规定了航空发动机叶片磨削中心的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于航空发动机叶片磨削中心的设计、制造、检验与验收。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 17421.1-1998	机床检验通则 第1部分：在无负载或精度加工条件下机床的几何精度
GB/T 17421.2-2016	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
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
JB/T 10790.2-2007	数控强力成型磨床 第2部分：精度检测
JB/T 10790.3-2007	数控强力成型磨床 第3部分：技术条件
GB/T 3168-1993	数字控制机床 操作指示形象化符号
GB 5226.1	机械安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件(GB 5226.1-2002. IEC 60204-1 :2000，IDT)
GB/T 9061-2006	金属切削机床 通用技术条件
GB/T 15760	金属切削机床 安全防护通用技术条件
GB/T 25376	金属切削机床 机械加工件通用技术条件
GB/T 16462.5	数控机床检验条件 第5部分：进给率、速度和插补精度检验
GB/T 17421.1-2017	机床检验通则 第1部分：几何精度检验
GB/T 17421.2-2017	机床检验通则 第2部分：数控机床的定位精度和重复定位精度检验
GB/T 16823.1-2018	螺纹紧固件应力截面积和承载面积
JB/T 4029	磨床砂轮防护罩 安全防护技术要求
JB/T 9871-1999	高速精密数控回转工作台 第1部分：精度检验
JB/T 9872-1999	金属切削机床 机械加工件通用技术条件
JB/T 9874-1999	金属切削机床 装配通用技术条件
JB/T 10051-1999	金属切削机床 滚压系统通用技术条件
JB/T 1170.1-2014	高速精密数控回转工作台 第1部分：精度检验
JB/T 1308.1-2011	机床冷却系统 第1部分：通用技术条件

3 术语和定义

3.1 叶片磨削中心

用于航空发动机叶片复杂曲面精密磨削的数控机床，具备多轴联动、高精度定位功能。

3.2 五轴联动

机床的五个运动轴（X、Y、Z及两个旋转轴）在加工过程中实现同步控制，完成复杂轨迹加工。

4 基本参数

4.1 尺寸参数

4.1.1 工作台具体尺寸参数由制造商协作客户定制。

4.2 机床工作参数

机床工作参数见表2。

表2 机床工作参数

平移运动	行程	速度	最小设定单位
工作台横向移动	1250 mm	0-20000 mm/min	0.0001 mm
磨头垂直进给	650 mm	0-1700 mm/min	0.0001 mm
立柱纵向移动	650 mm	0-5000 mm/min	0.0001 mm
旋转运动	旋转角度	偏摆速度	最小分辨率
A轴分度旋转轴	-120°~40°	20 RMP	0.0001°
C轴工件旋转轴	0°~360°	40 RMP	0.0001°

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 机床坐标和运动方向应符合相关要求，见图1。

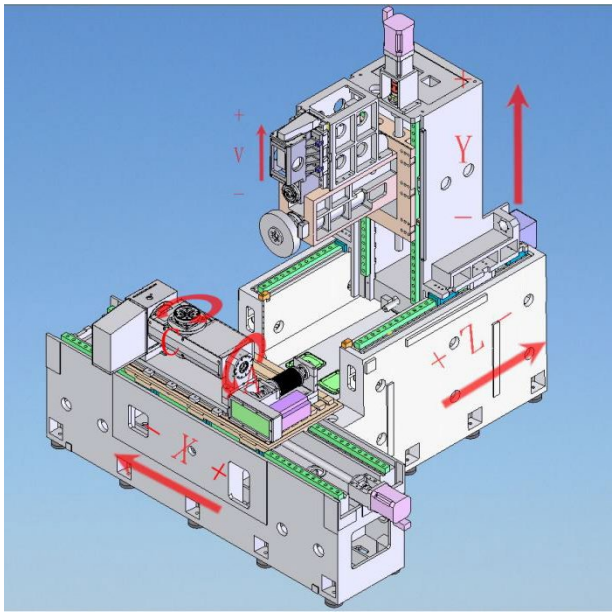


图1 机床坐标和运动方向

5.1.2 设备应具备五轴联动功能，实现复杂曲面一次装夹加工。

5.2 结构要求

5.2.1 设备各部件应具备足够的刚度和稳定性，以保证加工零件时的精度和稳定性；

5.2.2 机床内部应设置合理的冷却系统，以确保机床在加工零件过程中的散热效果；

5.2.3 设备各部件之间的连接方式应牢固可靠，以防止振动和松动；

5.3 机床几何精度要求

5.3.1 工作台纵向移动（X轴线）在XY垂直平面内的直线度

（1）允差：1000mm测量长度内为0.015mm；

（2）局部公差：任意300mm测量长度上为0.005mm。

5.3.2 工作台纵向移动（X轴线）在ZX水平面内的直线度

（1）允差：1000mm测量长度内为0.015mm；

（2）局部公差：任意300mm测量长度上为0.005mm。

5.3.3 工作台纵向移动（X轴线）在ZX水平面内的直线度

（1）允差：1000mm测量长度内为0.015mm；

（2）局部公差：任意300mm测量长度上为0.005mm。

5.3.4 工作台面对工作台纵向移动（X轴线）的平行度

（1）允差：1000mm测量长度内为0.015mm；

（2）局部公差：任意300mm测量长度上为0.005mm。

5.3.5 工作台面对对立柱横向移动（Z轴线）的平行度

（1）允差：1000mm测量长度内为0.010mm；

5.3.6 立柱横向运动（Z轴线）在YZ垂直平面内的直线度

（1）允差：0.010mm；

（2）局部公差：任意300mm测量长度上为0.005mm。

5.3.7 立柱对工作台纵向移动（X轴线）的垂直度

（1）允差：任意300mm测量长度上为0.005mm。

5.3.8 磨头垂直移动（Y轴线）对立柱横向移动（Z轴线）的垂直度

（1）允差：任意300mm测量长度上为0.015mm。

5.3.9 中央T形槽对工作台纵向移动（X轴线）的平行度

（1）允差：1000mm测量长度内为0.015mm；

（2）局部公差：任意300mm测量长度上为0.008mm。

5.3.10 砂轮主轴轴线对立柱横向移动（Z轴线）的平行度

（1）允差：0.025mm/300mm，两个测量点间的距离。

5.3.11 砂轮主轴轴线对立柱横向移动（X轴线）垂直度

（1）允差：0.025mm/300mm，两个测量点间的距离。

5.3.12 数控X轴(纵向)运动

（1）双向定位精度A：≤0.005mm；

（2）双向重复定位精度R：≤0.003mm。

5.3.13 数控Y轴(纵向)运动

（1）双向定位精度A：≤0.004mm；

（2）双向重复定位精度R：≤0.002mm。

5.3.14 数控Z轴(纵向)运动

（1）双向定位精度A：≤0.004mm；

（2）双向重复定位精度R：≤0.002mm。

5.4 机床定位精度要求

5.4.1 数控A轴旋转运动

（1）双向定位精度A：±5弧秒；

（2）双向重复定位精度R：±2弧秒。

5.4.2 数控B轴旋转运动

（1）双向定位精度A：±5弧秒；

（2）双向重复定位精度R：±2弧秒。

5.4.3 数控C轴旋转运动

（1）双向定位精度A：±5弧秒；

（2）双向重复定位精度R：±2弧秒。

6 试验方法

6.1 一般要求检验

6.1.1 通过手动或程序控制各坐标轴运动，观察其运动方向是否与标准一致，检查机床各坐标轴的定义和运动方向是否符合GB/T 19660-2005的规定；

6.1.2 检查加工过程中各轴的运动是否协调，是否存在异常振动或误差。同时使用标准测试工件（如S形试件或锥形试件）进行加工，测量加工后的几何精度和表面质量；

6.1.3 使用复杂曲面工件进行加工，验证机床是否能够在不重新装夹的情况下完成所有加工工序。

6.2 结构要求检验

6.2.1 对机床关键部件（床身、立柱、主轴等）进行静态刚度测试，施加额定载荷并测量变形量；

6.2.2 在机床空载和负载条件下，测量关键部件的振动频率和振幅，确保其在允许范围内，参照GB/T 17421.1-2017；

6.2.3 在机床连续加工过程中，监测关键部件（主轴、导轨、电机等）的温度变化，确保温度不超过设计允许值，参照JB/T 1308.1-2011；

6.2.4 对机床各部件之间的连接部位（如螺栓、销钉等）进行扭矩测试，确保其紧固力符合设计要求，参照GB/T 16823.1-2018。

6.3 几何精度检验

6.3.1 工作台纵向移动（X轴线）在ZX水平面内（或在XY垂直平面内）的直线度检验：调整平尺，使其在测量长度上的两端读数相同，测量长度应与有效磨削长度一致，指示器支座装在磨头的固定部位上，测头触及平尺表面，两项误差分别计算，误差以指示器读数的最大差值计，参照GB/T 17421.1-1998；

6.3.2 立柱横向移动（Z轴线）对工作台纵向移动（X轴线）的垂直度检验：指示器装在磨头的固定部位上，平尺平行于工作台纵向移动方向放置，将工作台置于中间位置，使角尺紧贴平尺，检查拖板（或立柱或磨头）的横向移动，检查拖板（或立柱或磨头）的横向移动，参照GB/T 17421.1-1998；

6.3.3 中央T形槽对工作台纵向移动（X轴线）的平行度检验：中央T形槽对工作台纵向移动（X轴线）的平行度，移动工作台，在工作台全部行程上检验，检验时允许T形槽两端出口处在25mm范围内不作考核，误差以指示器读数的最大差值计，参照GB/T 17421.1-1998；

6.3.4 砂轮主轴轴线对工作台纵向移动（X或Z轴线）的垂直度检验：平尺水平放在工作台中央，并平行于工作台X轴线方向，在横向和纵向移动的中间位置检验，指示器固定在夹紧于主轴的检具上，指示器测头触及平尺表面，旋转主轴检验，误差以指示器读数的差值计，参照GB/T 17421.1-1998；

6.3.5 数控X轴(Y、Z同理) (纵向)运动的定位精度和重复定位精度检验：使用激光测量仪装置，非检测的Y、Z轴线（X、Z或X、Y同理）运动部件位于行程的中间位置，使长度基准尺或激光测量仪的光束轴线与被检轴平行，当轴线测量长度≤2000时，每1000长度内至少选择5个测点；当轴线测量长度＞2000时，每隔250左右选取1个测点，参照GB/T 17421.1-1998；

6.4 定位精度检验

6.4.1 数控A轴（B轴、C轴同理）分度轴旋转运动的定位精度和重复定位精度检验：

6.4.2 回转轴校准组件固定再转台中心，激光干涉仪固定在转台外，调整激光干涉仪，对准回转轴校准组件，在转台回转运动的圆弧（周）（不少于270°）上选取不少于8各目标位置（均匀分布）进行测量，回转运动从一基准点快速旋转趋近各目标位贾，而后又快速旋转返回

6.4.3 经各目标位置回到基准点.如此重复5次，测量任意目标位置Pi处的位置偏差，参照GB/T 17421.2-2000。

6.5 性能评价指标

机床的性能评价指标参照5.3和5.4部分，所有未标注的线性尺寸、偏差及允差等单位均用毫米（mm）表示。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 检验分为出厂检验和型式检验；

7.1.2 出厂检验是对每台机床在出厂前进行的检验，确保其符合本标准的要求；

7.1.3 型式检验是在新产品定型、结构或工艺有重大改变时进行的检验。

7.2 检验项目

7.2.1 出厂检验项目包括：一般要求检验（见第6.1节），结构要求检验（见第6.2节），几何精度检验（见第6.3节），定位精度检验（见第6.4节）；

7.2.2 型式检验项目包括出厂检验的所有项目，并根据客户要求增加性能评价指标。

7.3 检验方法

7.3.1 检验方法应按照本标准第6节的规定执行；

7.3.2 几何、定位精度检验应使用规定工具和方法。

7.4 检验报告

7.4.1 检验完成后，应出具检验报告，报告内容包括：检验项目及结果、检验工具和方法和检验结论；

7.4.2 检验报告应由检验人员签字并归档保存。

7.5 复检规则

7.5.1 若对检验结果有异议，可申请复检；

7.5.2 复检应由第三方检测机构进行，复检结果为最终判定依据。

7.6 检验周期

7.6.1 出厂检验应在每台机床出厂前进行；

7.6.2 型式检验应在产品定型或重大变更时进行，或根据客户要求进行；

7.6.3 定期检验可根据使用情况或客户需求进行，确保机床长期保持精度和性能。

8 标志、包装、运输和贮存

标志：铭牌需包含型号、制造商、出厂日期及执行标准。

包装：采用防锈、防潮包装，符合 GB/T 13384 要求。

运输：设备需固定于木箱内，避免剧烈震动

贮存：存放于干燥通风环境，定期检查防锈措施。