ICS XXX
CCS XXX

T/ZJAA
团 体 标 准

T/ZJAA 002—2025

复杂曲面高精度多轴缓进磨削中心

High Precision Multi-axis Creep Feed Grinding Center for Complex Surface

（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 1
4 分类命名 2
5 技术要求 2
6 试验方法 8
7 检验规则 9
8 标志、包装、运输和贮存 10

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： 。

复杂曲面高精度多轴缓进磨削中心

1 范围

本标准规定了多轴缓进磨削中心的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于联动轴数≥5，具备复杂曲面高精度磨削功能的数控磨削中心的设计、制造、检验与验收。

2 规范性引用文件

以下标准引用的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，引用标准的版本均为有效。

GB50017-2003	钢结构设计规范
GB 15760-2004	金属切削机床 安全防护通用技术条件
GB4208-2008	外壳防护等级
GB 5226.1-2008	机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
GB50258-1996	电气安装标准
GB19517-2009	电气设备安全标准
GB/T 13306-91	标牌
GB4892-2008	包装储运标志
GB/T 13487-2002	一般传动用同步带
GB/T 4829	防锈包装
GB/T 275-1993	轴承配合
GB/T 6388	运输包装收发货标志
GB/T 13487-2002	同步带传动
GB/T17421.1-1998	机床检验通则 第1部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度
GB/T17421.2-2016	机床检验通则 第2部分：线性和回转轴线的定位精度和重复定位精度检验
GB/T 275-1993	轴承配合
GB/T 15760-2004	金属切削机床安全防护通用技术条件
GB 4208-2008	外壳防护等级
Q/LYZB001-2020	台式修整器企业标准

3 术语和定义

3.1 多轴联动数控缓进给磨削中心

用于复杂曲面高精度磨削的数控机床，具备X、Y、Z轴及两个旋转轴（A、C轴）或三个旋转轴（A、B、C轴）的同步联动控制功能，支持缓进给磨削工艺。

3.2 台式修整器

一种独立安装在工作台面上的砂轮修整装置，采用伺服电机驱动，同步带传动，具备金刚轮和钢挤轮修整功能，可根据加工工艺需求选择修整方式。

3.3 顶置式修整器

一种安装在机床顶部的砂轮修整装置，其滚轮的升降（V轴）及旋转（SP2）由数控系统控制，可实现连续修整，适用于复杂曲面加工中的砂轮修整需求。

4 分类命名

数控机床的命名由“系列或型号标识、关键参数、控制类型”等部分组成。以“KGFM-6012CNC”为例，型号说明见下图。

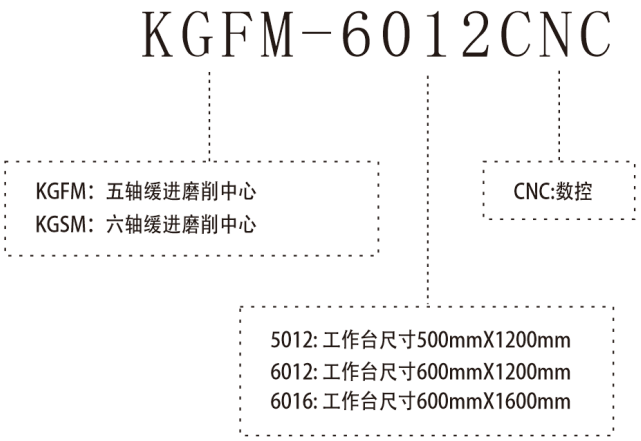


图1 型号分类图

5 技术要求

5.1 基本参数

以KGFM-6012CNC型磨削中心为例，规格及参数见表1。

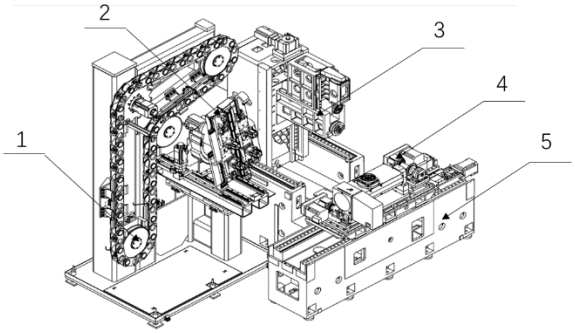
表1 KGFM-6012CNC型磨削中心的规格及参数

名称	规格参数
工作台尺寸	1200×600mm
有效磨削长度	1200mm
有效磨削宽度	600mm
X轴行程	1250mm
轴进给速度	0~20000mm/min
轴分辨率	0.0001mm

X轴定位精度	0.004mm
X轴重复精度	0.002mm
Y 轴行程	650mm
砂轮主轴中心线距工作台面的距离	200~850mm
轴进给速度	0~1700mm/min
轴分辨率	0.0001mm
定位精度	0.004mm
重复定位精度	0.002mm
Z 轴行程	650mm
轴进给速度	0~5000mm/min
轴分辨率	0.0001mm
定位精度	0.004mm
重复精度	0.002mm
主轴电机	37~61KW
主轴转速	0~4000r/min
主轴径向跳动	0.002mm
主轴端面跳动	0.002mm
安装最大砂轮	Φ300×60×Φ76.2mm
A轴旋转角度	-40° ~+120°
A轴旋转速度	0-20RPM
C轴旋转角度	360°
C轴旋转速度	0-40RPM
A、C 轴的分辨率	0.0001°
A、C 轴的定位精度	7.2弧秒
A、C 轴的重复精度	3.6弧秒
修整轴电机转速	0~3000r/min
金刚轮孔径	φ52mm
磨削冷却泵流量	300L/min（单泵）
磨削冷却泵压力	8-10bar
冲刷泵压力	不小于2bar
冲刷泵流量	50L/min
油冷机制冷量	12KW
油冷机恒定水温	25±5℃
冷却水箱容积	3000L
滤纸过滤精度	25μm

5.2 一般要求

5.2.1 机床床身为整体铸造结构，X轴和Z轴导轨安装在其两个垂直面上，其结构形式应符合图2规定；



1-砂轮修整系统,2-滚轮更换装置,3-主轴箱,4-伺服电机,5-工作台导轨

图2 磨削中心的结构型式

5.2.2 防护罩主体面漆采用整体喷塑技术，面漆附着力强，不易脱落，主色调为白色，防护罩主体颜色上白下黑，同类防护系统见图3，具体色号可按用户要求定制；



图3 防护罩外观

5.2.3 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；

5.2.4 机床工作台固定在X轴的导轨上，其运动是由伺服电机与滚珠丝杠通过柔性联轴器直联带动其左右移动的，该传动结构可靠且平稳无间隙，采用绝对式直线光栅尺实现其闭环控制；

5.2.5 机床立柱安装在Z轴导轨上，其运动由伺服电机通过柔性联轴器与滚珠丝杠直联实现其前后运动，并由绝对式直线光栅尺实现其闭环控制，且机床立柱采用蜂窝式结构设计，具有较强的刚性；

5.2.6 Y轴导轨安装在立柱的表面，砂轮主轴箱安装在Y轴导轨上，沿导轨上下运动。

5.3 主轴系统

5.3.1 主轴系统由主轴箱和主轴总成组成；

5.3.2 主轴箱主要功能是安装、防护主轴总成，动平衡仪安装在主轴总成上；

5.3.3 主轴总成主要给砂轮提供所需的回转转速、切削力等；

5.3.4 主轴采用大扭矩伺服电机并通过柔性联轴器直联驱动，主轴轴承采用超精密主轴轴承。主轴设计有多重机械迷宫密封和加压空气环式密封保护结构，可有效阻止冷却液及沙粒进入主轴轴承，防水效果可靠有效，提高轴承使用寿命，保证主轴加工精度；

5.3.5 主轴配备外置恒温冷却系统。主轴外壳有螺旋式沟道，通过外部油温控制器向其沟道供油，从而保持主轴外壳及与外壳相接合的轴承温度恒定，延长轴承的使用寿命；

5.3.6 主轴轴承为超精密角接触球轴承，采用前四后二结构，前端四个轴承承载砂轮磨削负荷，后端两个轴承起到定位与辅助支撑的功能。

5.4 台式修整器

5.4.1 台式修整器分为顺修和逆修；

5.4.2 修整器为独立部件，采用伺服电机驱动，同步带传动，砂轮修整线速度比由数控系统根据砂轮转速与修整器主轴转速自动匹配，保证砂轮修整的稳定性，提高修整效率；

5.4.3 设备同时具有金刚轮修整砂轮和钢挤轮修整的功能，在工作台面上可同时安装金刚轮修整器和钢挤轮修整器，根据加工工艺的需求，可任意调用相应的修整程序选择砂轮修整方式；

5.4.4 金刚石滚轮修整器带有独立的伺服电机，采用恒线速修整原理实现金刚石滚轮对砂轮的修整，金刚轮修整器的最大转速 5000r/min（无极调速）；

5.4.5 滚轮芯轴配备高精密主轴轴承，修整器主轴轴承安装在机械迷宫密封结构中，与加压空气形成双重密封，保证修整器使用寿命；

5.4.6 金刚石滚轮与砂轮以一定的线速比对砂轮进行修整，整个修整与加工全过程均由计算机控制，实现加工过程的自动循环。

5.5 顶置式修整器

5.5.1 顶置式修整器的滚轮的升降(V轴）及旋转（SP2）由数控系统控制，实现连续修整，其最大移动距离（V轴行程）110mm；

5.5.2 修整器的导轨采用滚柱直线导轨，其运动由伺服电机通过同步带、同步轮与滚珠丝杠联结实现其上下运动，轴运行速度为10～1200mm/分，输入/输出轴分辨率为0.0001mm；

5.5.3 修整器主轴采用伺服电机驱动，同步带传动，砂轮修整速度将根据砂轮转速由系统按设定值自动匹配，以保证砂轮修整的稳定性，提高修整效率；

5.5.4 修整器可安装成型金刚石滚轮，金刚石滚轮与砂轮以一定的线速比对砂轮进行修整，整个修整与加工全过程均由计算机控制，实现自动化加工。

5.6 转台

5.6.1 为了更好地满足加工工艺的需求，转台选用两轴数控转台（A、C轴），选配B轴；

5.6.2 数控转台是由转台主体、伺服电机、电机防护罩，各传输信号线缆等组成。

5.7 冷却系统

5.7.1 设备采用纸质过滤结构装置，冷却喷嘴采用右侧单喷的结构方式安装在砂轮防护罩的右侧，具有冷却及冲刷功能，配有大功率独立恒温制冷装置，保证冷却液温度恒定在 25±5℃范围内；

5.7.2 冷却喷嘴配有独立的冷却泵和独立的喷嘴伺服系统（喷嘴有自动跟随功能），通过程序设置可单独控制其启停，冷却喷嘴的压力及流量还设有手动调节阀，以满足各种加工要求，冷却泵电机在满足冷却压力及流量的情况下，稳定有效；

5.7.3 电气控制柜配备空调降温装置，制冷量2.5KW，排风风向朝外；

5.7.4 磨削冷却泵压力8-10bar，磨削冷却泵流量300L/min。

5.8 清洁系统

5.8.1 设备配备工作腔自动冲刷排削功能，冲刷喷嘴实现有效冲刷工作腔，避免磨削砂屑堆积；

5.8.2 压力不小于2bar，流量不小于50L/min，采用独立的水泵。

5.9 喷嘴随动系统

5.9.1 冷却喷嘴采用上下随动，右面喷的冷却方式，安装在砂轮防护罩的右侧；

5.9.2 喷嘴配有独立的随动机构，通过独立的冷却冲刷泵及独立的伺服电机单独驱动，喷嘴可通过程序设置自动跟随砂轮直径的变化而升降，实现喷嘴的自动跟随功能，喷嘴行程满足在砂轮最大至最小半径（150～90）mm 范围内有效冷却；

5.9.2 在砂轮修整过程中喷嘴在 Y 方向上由数控系统控制实现自动跟随，补偿位置准确可靠，适于厚度(10～60)mm，直径(180～300)mm 的砂轮冷却；

5.9.3 喷嘴形式可根据用户加工零件的形状特制，以保证磨削过程中各个磨削部位冷却充分。

5.10 自动润滑系统

5.10.1 设备装有独立的自动润滑系统，针对导轨及滚珠丝杠采用自动润滑系统供油，定时定量，保证机床在长期连续运行条件下的稳定可靠；

5.10.2 供油时间和间隙时间可由数控系统控制，具有液位检测、压力检测和报警功能，并能在系统显示器上显示；

5.10.3 自动润滑系统结构紧凑，安装空间小；

5.10.4 选用0号极压锂基润滑脂，针入度为 355～385，适用温度范围－20～120℃。

5.11 刀库

5.11.1 圆盘式刀库刀具容量32个,可安装最大直径为300mm的砂轮8个,换刀方式手动及程序自动；

5.11.2 链式刀库刀具容量60个，可同时安装最大直径为300mm的砂轮15个，最大直径为160mm的滚轮15个，换刀方式手动及程序自动。

5.12 数控系统

5.12.1 设备数控系统采用彩色液晶屏，中文操作界面；

5.12.2 配备电子手轮调节器,数控系统定制有专用的人机交互界面,可实现对参数的设置和展示、对设备状态的展示、伺服报警、极限位置报警、故障报警及故障诊断；

5.12.3 具备切入式磨削、平磨磨削、平磨连续磨削、平磨间歇式磨削、圆弧磨削、修整的循环或程序，具备各轴联动及补偿功能编程方式。

5.13 气动系统

5.13.1 气动系统由气源处理元件、开关阀、快速定位装夹系统、压力表、节流阀，PU管等组成；

5.13.2 快速定位装夹系统采用气动控制，通过24V电压控制三位五通电磁阀控制经过两级调压过滤器过滤后的压缩空气来实现快速定位夹具的夹紧和松开，通过专用代码编程控制其通断电，操作面板上有对应按钮，操作方便；

5.13.3 修整器主轴轴承部分也采用压缩空气密封保护，压缩空气通过两级调压过滤器过滤后通到修整器主轴密封腔中形成气封腔，阻止冷却液及沙粒进入主轴轴承，提高轴承使用寿命；

5.13.4 密封压力的大小由压力表指示，压力大小可通过减压阀调整，压缩空气压力 0.4-0.6Mpa，且要求其干燥、不含杂质；

5.13.5 设备配有一个手动气枪，用于机床及零件的清洁。

5.14 密封要求

5.14.1 主轴箱四周采用聚四氟乙烯加弹簧片的密封方式，保证其防水可靠，运行顺畅；

5.14.2 在工作台两端采用高强度柔性风琴罩加左右挡板的防护方式保证工作台运行正常，防水可靠；

5.14.3 设备配置油雾收集器，将高压喷射和水流撞击产生的雾气吸入油雾收集器，将干净的气体排出，且自动实现油雾的回流与回收利用，保证开门时机床工作腔内无油雾及烟雾；

5.14.4 油雾收集器独立安装在机床防护罩的后部，其开停由数控系统控制。

5.15 安全防护要求

5.15.1 设备配备自动控制防护门，通过数控系统编程，可以实现防护门的开、合控制，且数控系统具备防护门的开、合状态检测功能，以实现门机连锁；

5.15.2 防护门还配备有光电感应安全防护装置，实现在门动作过程中的防夹、防撞保护；

5.15.3 设备配有ESR断电急停回退系统，断电急停回退路径可编程控制，保证在遇到突然停电或其它事故时有自我保护措施及数据不丢失功能；

5.15.4 机床主轴和各驱动轴具备掉电自锁功能和防撞保护功能；

5.15.5 电路系统具备过载保护功能，控制系统电源可实现滤波和稳压；

5.15.6 设备为了安全和减少噪音（符合中国国家标准，噪音≤85dB），工作区为全封闭结构设计，符合 GB15760－2004《金属切削机床安全防护通用技术条件》的要求及中国国家标准；

5.15.7 全封闭金属机床防护罩采用螺钉内装式联接，使机床外型整洁美观；

5.15.8 PE线连接可靠，没有松动、脱落、断裂的现象；多股 PE 线连接时有接线端子；PE线连接时，没有一钉多线；电器箱与设备本体是采用螺钉固定的，在电器箱与设备间有PE跨接线等电位连接；

在电器箱内连接的 PE线，与电器箱外壳连接；电器箱柜内有“动力原理接线图”，标识电器装置的型号、规格、保护电器装置额定电流，所控对象的名称、编号等，与实际相符合；设备安全符合《中国航发安全生产标准化系列考评标准》规定。

6 试验方法

6.1 一般要求检验

6.1.1 目测检查机床床身是否为整体铸造结构，并查验X轴和Z轴导轨是否安装在其两个垂直面上。使用量具测量导轨安装面的垂直度，确保符合设计图纸要求，参照GB/T 17421.1-1998。

6.1.2 启动机床，观察工作台在X轴上的运动是否平稳无间隙。检查伺服电机、滚珠丝杠及柔性联轴器的安装情况，确认绝对式直线光栅尺的闭环控制功能正常，参照GB/T 17421.1-1998。

6.2 主轴系统检验

6.2.1 检查主轴箱固定螺栓防松标记无位移，防护罩无变形、干涉，确认动平衡仪安装位置正确且功能正常；

6.2.2 使用振动测试仪检测主轴箱的振动值，确保其在允许范围内，参考标准JB/T 9874-1999、GB/T 29531-2013；

6.2.3 检查主轴是否采用大扭矩伺服电机并通过柔性联轴器直联驱动，确认主轴轴承为超精密主轴轴承；

6.2.4 使用密封性测试仪检测主轴的多重机械迷宫密封结构，确保其防水效果可靠，冷却液及沙粒无法进入主轴轴承，参照GB/T 275-1993、GB 4208-2008。

6.3 冷却系统检验

6.3.1 检查冷却喷嘴是否采用右侧单喷结构，确认其冷却及冲刷功能；

6.3.2 验证冷却泵和喷嘴伺服系统的独立运行情况，检查其自动跟随功能；

6.3.3 检查冷却液温度是否恒定在25±5℃范围内。

6.4 清洁系统检验

6.4.1 检查设备是否配备工作腔自动冲刷排削功能，验证冲刷喷嘴的有效冲刷能力，确保其能避免磨削砂屑堆积；

6.4.2 使用压力表和流量计检查冲洗压力是否不小于2 bar，流量是否达到50 L/min。

6.5 自动润滑系统检验

6.5.1 验证润滑方式是否为自动集中式，并通过定时定量的控制方式对所有导轨及滚珠丝杠进行润滑。

6.6 密封检验

6.6.1 确认设备配置油雾收集器，并排出干净的气体；

6.6.2 验证油雾收集器是否独立安装在机床防护罩的后部，并由数控系统控制其开停；

6.7 安全防护检验

6.7.1 验证设备是否配有ESR断电急停回退系统，确保在遇到突然停电或其他事故时有自我保护措施及数据不丢失功能；

6.7.2 检查设备是否配备自动控制防护门，并通过数控系统编程实现开、合控制。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验项目见表 2。

表 2 检验项目

序号	项目	技术要求	试验方法	规则检验
1	一般要求	5.2	6.1	√
2	主轴系统	5.3	6.2	√
3	台式修整器	5.4	-	-
4	顶置式修整器	5.5	-	-
5	转台功能要求	5.6	-	-
6	冷却系统	5.7	6.3	√
7	清洁系统	5.8	6.4	√
8	喷嘴随动系统	5.9	-	-
9	自动润滑系统	5.10	6.5	√
10	刀库功能	5.11	-	-
11	数控系统	5.12	-	-
12	气动系统	5.13	-	-
13	密封功能	5.14	6.6	√
14	安全防护	5.15	6.7	√
注：“√”为检验项目，“-”为不检验项目。				

7.2 检验方法

7.2.1 检验方法应按照本标准第6节的规定执行；

7.3 检验报告

7.3.1 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；

7.3.2 检验报告应由检验人员签字并归档保存。

7.4 复检规则

7.4.1 若对检验结果有异议，可申请复检；

7.4.2 复检应由第三方检测机构进行，复检结果为最终判定依据。

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。