



Research and
Development Center

电主轴专题——电主轴应用现状与发展前景概述

机械设备

2022年5月14日

证券研究报告

行业研究

行业周报

机械设备

投资评级

上次评级

刘卓 机械设备行业分析师

执业编号: S1500519090002

联系电话: 010-83326753

邮箱: liuzhuoa@cindasc.com

刘俊奇 研究助理

邮箱: liujunqi@cindasc.com

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES CO., LTD

北京市西城区闹市口大街9号院1号楼

邮编: 100031

电主轴专题——电主轴应用现状与发展前景概述

2022年5月14日

本期内容提要:

- **本周专题:** 机床主轴可分为机械主轴和电主轴两大类, 电主轴的高速电机置于主轴部件内部, 是一种将机床主轴功能与电机功能从结构上融为一体的新型主轴部件。**(1) 电主轴是一种具有优良性能的新型主轴部件。**电主轴由内装式电动机直接驱动, 通过控制系统, 使主轴获得所需的工作速度和扭矩, 因而也被称为内装式电主轴。电主轴省去了皮带、齿轮或联轴器的传动环节, 将机床主传动链的长度缩短为零, 实现了机床的“零传动”, 有效改善了主轴高速情况下的整体性能。电主轴具有**结构紧凑、重量轻、噪声低、振动小和转动惯量小等特点, 并且便于机床实现模块化设计和制造。**滚动轴承电主轴、气浮轴承电主轴和液体滑动轴承电主轴是目前电主轴应用广泛的轴承类型。**2021年全球PCB行业电主轴市场规模为32亿美元, 2021~2030年复合增速可达到6.4%。**我国机床电主轴渗透率远低于欧美等国家, 随着数控机床的渗透以及机械加工要求的提高, 我国电主轴市场有望持续增长。**(2) 电主轴核心结构与部件介绍。**电主轴的主要结构包括**无外壳电机、主轴、轴承、主轴单元壳体、驱动模块和冷却装置**等。从组件上来区分, 则包括轴芯组件、高速电机、支撑部件、冷却系统、气缸组件、拉刀组件和气封组件。电主轴的电动机均采用交流异步感应电动机, 启动电流要超出普通电机额定电流5~7倍。电主轴轴承主要包括滚珠轴承、滑动轴承、空气轴承和磁悬浮轴承。目前市场上应用最广泛的为滚动体是陶瓷材料的滚珠轴承, 这主要是因为陶瓷具有密度小, 刚度好, 热膨胀系数小等优点。冷却装置是电主轴的核心装置之一, 由于电主轴将电机集成于主轴单元中, 在运转时会产生大量热量而引起温升, 使电主轴的热态特性和动态特性变差, 必须使电主轴的温度恒定在一定值内。机床目前一般采取强制循环油冷却的方式对电主轴的定子及主轴轴承进行冷却
- **风险因素:** 全球疫情加速扩散; 海外复工复产之后需求提振低于预期; 国内经济增长乏力

目 录

电主轴专题——电主轴应用现状与发展前景概述	4
1、电主轴是一种具有优良性能的新型主轴部件	4
2、电主轴核心结构与部件介绍	8

表 目 录

表 1: 电主轴和机械主轴的特点	5
表 2: 不同轴承类型电主轴的优缺点、技术难点和应用领域	6
表 3: 不同电主轴的优缺点	7
表 4: 在按用途分类下不同电主轴的应用及主要特征	7
表 5: 电主轴主要部件的零配件构成和主要功能	8
表 6: 电主轴故障类型及其特点和原因	10

图 目 录

图 1: 广州安大 100APS10Z30 加工中心机械主轴	4
图 2: 机械主轴外接电动机示意图	4
图 3: 速锋科技 SFG0406-08 电主轴	4
图 4: 电主轴内置电动机示意图	4
图 5: 电主轴分类	5
图 6: 滚动轴承电主轴	6
图 7: 气浮轴承电主轴	6
图 8: 异步型电主轴	6
图 9: 永磁同步型电主轴	6
图 10: 按用途分类的不同电主轴实物图	7
图 11: 2009-2014 年全球电主轴产量走势统计	8
图 12: 2009-2014 年全球电主轴需求量走势统计	8
图 13: 电主轴结构的基本构成	8
图 14: 电主轴的内部结构图	8
图 15: 宇海机电 Z04ZJY 交流异步主轴伺服电机	9
图 16: 交流异步感应电动机结构图	9
图 17: 电主轴冷却装置运行示意图	9
图 18: 轴承类型	10
图 19: 电主轴在数控机床中的位置及其工作状态	11

电主轴专题——电主轴应用现状与发展前景概述

1、电主轴是一种具有优良性能的新型主轴部件

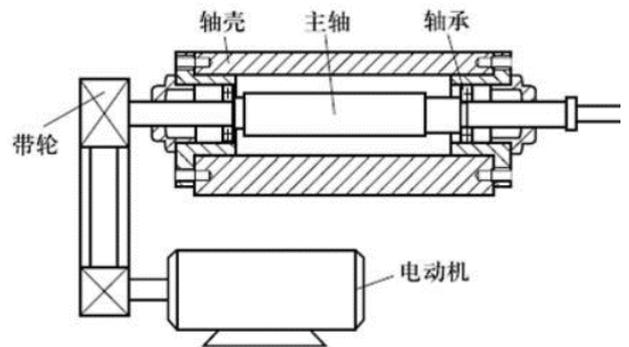
机床主轴是在机床上带动刀具或工件进行旋转从而产生切削运动的运动轴。按照主轴驱动方式的不同，机床主轴可分为机械主轴和电主轴两大类。机械主轴的部件通常由主轴、轴承和传动装置（包括变速齿轮、皮带或联轴器）等组成，在机器中通过主轴电机与中间的传动装置带动主轴旋转进行工作，其输出扭矩和功率大，但转速、精度和平稳性相对较差。

图 1：广州安大 100APS10Z30 加工中心机械主轴



资料来源：广州安大电主轴官网，信达证券研发中心

图 2：机械主轴外接电动机示意图



资料来源：数控工作室，信达证券研发中心

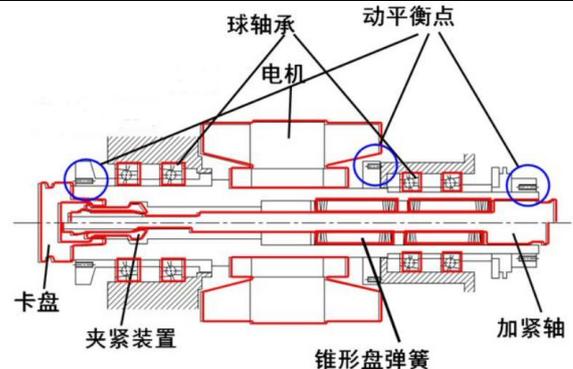
电主轴的高速电机置于主轴部件内部，是一种将机床主轴功能与电机功能从结构上融为一体的新型主轴部件。电主轴由内装式电动机直接驱动，通过控制系统，使主轴获得所需的工作速度和扭矩，因而也被称为内装式电主轴。电主轴省去了皮带、齿轮或联轴器的传动环节，将机床主传动链的长度缩短为零，实现了机床的“零传动”，有效改善了主轴高速情况下的整体性能。

图 3：速锋科技 SFG0406-08 电主轴



资料来源：速锋科技官网，信达证券研发中心

图 4：电主轴内置电动机示意图



资料来源：数控工作室，信达证券研发中心

电主轴相比于机械主轴，具有以下优势：

- 电主轴由内装式电机直接驱动，因此具有**结构紧凑、重量轻、噪声低、振动小和转动惯量小**等特点，能够以很高的速度、加速度及定角度进行快速启停，且动态精度和稳定性更好，可满足数控机床进行高速切削和精密加工的需要；由于省去了中间的变速和传动装置，没有中间传动环节的外力作用，电主轴轴承所承受的动负荷较小，其精度寿命延长；电主轴采用交流变频和矢量控制技术，因此可在额定转速范围内实现无极变速，以适应机床工作时各种工况和负载变化的需要。
- 电主轴具有一个功能相对完整的“**主轴单元**”，其独立于机床的**传动系统和整体结构**，这促进了机床结构的**模块化**。电主轴厂商根据机床的用途、结构、性能参数等特征形成标准化、系列化的产品以供机床制造商选用，改变了传统机床厂商“大而全”的生产模式，缩短了机床的研发和生产周期。此外，标准化、系列化的电主轴产品易于形成专业化、规模化的生产能力，从而促进制造成本的降低。

➤ 对于并联运动机床、五面体加工中心、小孔和微孔加工机床等高档数控机床，由于其加工工艺和加工对象较为特殊，因此对主轴的转速、精度以及机床的结构都有特殊要求。电主轴凭借一体化的结构设计和高转速、高精度的优异性能，有效地实现了某些高档数控机床的特殊要求。

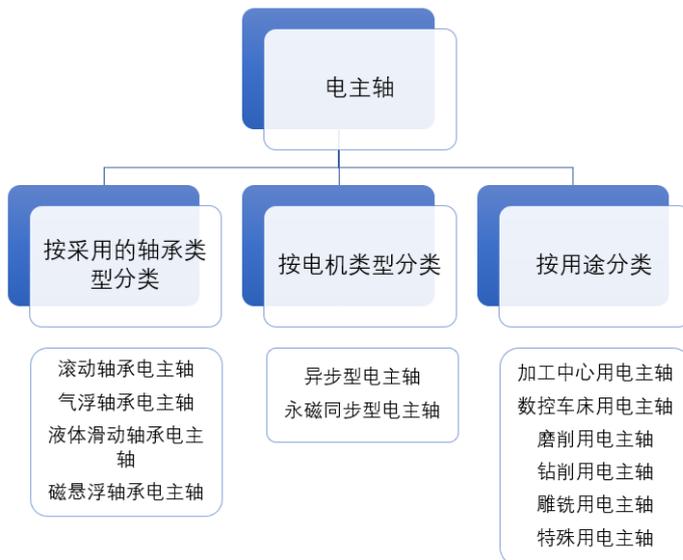
表 1: 电主轴和机械主轴的特点

	电主轴	机械主轴
驱动方式	由内装式电动机直接驱动	带动传动和齿轮驱动
旋转精度	高	低
刚度	高	低
速度	无级变速，速度快	速度慢
散热	要求高	要求低
成本	高	低
震动	小	大

资料来源：测控网，信达证券研发中心

根据电主轴采用轴承类型的不同可以分为滚动轴承电主轴、气浮轴承电主轴、液体滑动轴承电主轴和磁悬浮轴承电主轴；根据电机的类型不同可以分为异步型电主轴和永磁同步型电主轴，市场上大部分电主轴采用的是交流异步感应电动机；根据用途的不同进行分类，主要分为加工中心用电主轴、数控车床用电主轴、磨削用电主轴、钻削用电主轴、雕铣用电主轴和特殊用电主轴。

图 5: 电主轴分类



资料来源：信达证券研发中心整理

滚动轴承电主轴、气浮轴承电主轴和液体滑动轴承电主轴是目前电主轴应用广泛的轴承类型。滚动轴承电主轴应用最广泛，在数控雕铣机、PCB 成型机、加工中心、数控铣床、车床、内圆磨床等领域应用普遍；气浮轴承电主轴主要应用于高精度、高转速、轻载荷加工领域，如超精密数控机床、PCB 钻孔机、小孔磨削、高光加工等；液体滑动电主轴主要应用于重载大功率加工及精密、超精密机床；磁悬浮轴承电主轴主要应用于超高速加工领域。

图 6: 滚动轴承电主轴


资料来源: 昊志机电官网, 信达证券研发中心

图 7: 气浮轴承电主轴


资料来源: 昊志机电官网, 信达证券研发中心

表 2: 不同轴承类型电主轴的优缺点、技术难点和应用领域

类型	优点	缺点	技术难点	应用领域
滚动轴承电主轴	摩擦阻力小、功耗小、精度高、刚度高, 成本相对较低, 便于系列化和标准化; 承载能力强, 可适用较大载荷。	转速相对较低, 噪音大; 对轴承转速和寿命要求较高。	主要技术难点在于提高精度寿命和可靠性。	应用最广泛, 在数控雕铣机、PCB 成型机、加工中心、数控铣床、车床、内圆磨床等领域应用普遍。
气浮轴承电主轴	以“气膜”作为支撑, 结构紧凑、体积较小; 回转精度和极限转速高于滚动轴承电主轴和液体滑动轴承电主轴; 摩擦损耗较小, 噪音低, 热稳定性好; 污染小、寿命长。	承载能力较低; 工艺要求高, 维护和使用费用较高。	技术难点在于如何解决气锤振动及高速时涡动的问题。	主要应用于高精度、高转速、轻载荷加工领域, 如超精密数控机床、PCB 钻孔机、小孔磨削、高光加工等。
液体滑动电主轴	以液态“油膜”作为支撑, 具有显著的“误差均化效应”和阻尼减振性; 回转精度高、刚度高、磨损小、寿命长。	由于存在液体摩擦, 驱动功率损失比滚动轴承大。	主要技术难点在于控制高速时主轴的温升和热变形。	主要应用于重载大功率加工及精密、超精密机床。
磁悬浮轴承电主轴	极限转速高、无接触、无摩擦、无损耗、寿命长; 转动时能够自动平衡, 没有振动; 不需润滑和密封; 能实现实时诊断和在线监控。	机械结构复杂, 成本极高; 热源多, 对冷却系统要求高; 要求工作环境较为苛刻, 使用和推广难度大。	技术难点在于如何提高动刚度和阻尼减振性能, 在实现高速的同时保证加工精度。	主要应用于超高速加工领域。

资料来源: 昊志机电招股说明书, 信达证券研发中心

异步型电主轴为市场上的主流, 几乎所有电主轴都是内置异步交流感应电动机, 其结构较简单, 制造工艺相对成熟, 安装方便; 可实现恒转矩和恒功率调节, 但效率偏低且输出功率偏小。永磁同步型电主轴转矩密度高, 转动惯量小, 动态响应特性更好; 噪音低且体积小, 使用寿命长; 启动时电流无冲击, 负载变化时电流变化小; 功率密度和效率较高, 但主轴电机功率要求较高, 用永磁同步电机的稀土材料成本过高。

图 8: 异步型电主轴


资料来源: 朗豪官网, 信达证券研发中心

图 9: 永磁同步型电主轴


资料来源: 艾诺特官网, 信达证券研发中心

表 3: 不同电主轴的优缺点

类型	优点	缺点
异步型电主轴	当前的高速电主轴，几乎都是内置异步交流感应电动机；结构较简单，制造工艺相对成熟，安装方便；可实现恒转矩和恒功率调节。	效率偏低，输出功率偏小。
永磁同步型电主轴	转矩密度高，转动惯量小，动态响应特性更好；噪音低，体积小，使用寿命长；启动时电流无冲击，负载变化时电流变化小；功率密度和效率较高。	主轴电机功率要求较高，用永磁同步电机的稀土材料成本过高。

资料来源：昊志机电招股说明书，信达证券研发中心

制造加工技术不断发展，电主轴下游应用逐渐拓展。国外电主轴最早用于内圆磨床，到 20 世纪 80 年代，随着数控机床和高速切削技术的发展，电主轴开始逐渐应用于数控铣床、加工中心等高档数控机床。国内对电主轴技术的开发和生产已经有 50 多年，在最初的 20 世纪 60 年代，电主轴的功率小且刚度低，主要用于零件内表面磨削；我国 80 年代研制出系列高刚度、高速电主轴，广泛应用于内圆磨床和机械零件制造等领域；90 年代以后由磨削电主轴转向铣削电主轴，不仅能加工各种形体复杂的模具，而且开发了用于木工机械用的风冷式高速铣用电主轴，推动了高速电主轴在铣削加工中的应用。

图 10: 按用途分类的不同电主轴实物图


资料来源：昊志机电官网，信达证券研发中心

表 4: 在按用途分类下不同电主轴的应用及主要特征

类型	应用	主要特征
加工中心用电主轴	数控铣床和加工中心机床	具备高速、高精度、低速大扭矩特性；具备自动松拉刀功能；具备准速、准停、零速锁定功能。
数控机床用电主轴	数控机床	具备高速、高精度、低速大扭矩特性；前后主轴端能安装相应的动力卡盘或旋转油缸，并实现自动松开与拉紧工件功能；具备定速性能以适应螺纹车削。
磨削用电主轴	表面磨削加工机床	以恒转矩电主轴为主；具备高速、高精度特性；具备高密封性。
钻削用电主轴	钻孔专用机床，包括印刷电路板钻孔机	轴向刚性高；具备高速、高精度特性；印刷电路板钻孔用电主轴常用空气静压轴承（即气浮轴承）。
雕铣用电主轴	用于复杂曲面加工的数控雕铣机床，包括木工机械	具备高速、高精度特性；换刀便捷；木工机械用电主轴一般使用空气冷却，具备高密封性。
特殊用电主轴	特殊用电主轴主要包括拉辗用电主轴、切割用电主轴、离心机用电主轴、试验机用电主轴及其它用途电主轴。	

资料来源：昊志机电招股说明书，信达证券研发中心

全球电主轴市场将持续增长。根据 Dataintelo 统计，2021 年全球 PCB 行业电主轴市场规模为 32 亿美元，2021 年~2030 年年均复合增长率为 6.4%。电主轴的生产集中在欧洲、北美和亚太地区。亚太地区是全球最大的销售

收入区域，2017年占比约为45.45%。随着数控机床普及率的提高，电主轴凭借优异性能，逐渐成为市场主流。机床工具行业日益增长的需求规模和持续加快的产业升级也为电主轴行业提供了良好的发展契机和广阔的发展空间。

全球电主轴产量及需求量逐年提升，增长速度保持稳定。2013年全球电主轴产量为88.1万支，2014年全球电主轴产量增长至95.5万支，产量较上年同期增长8.4%。2014年电主轴需求量为91万支，较2013年同期增长8.2%。2009-2014年全球电主轴需求年均复合增长率为8.80%。总体来看，全球电主轴的产量以及需求量均保持稳定增长。

图 11: 2009-2014 年全球电主轴产量走势统计



资料来源: 智研咨询, 信达证券研发中心

图 12: 2009-2014 年全球电主轴需求量走势统计

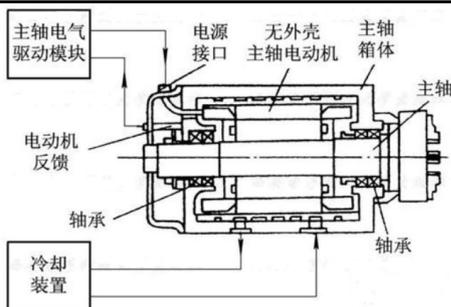


资料来源: 智研咨询, 信达证券研发中心

2、电主轴核心结构与部件介绍

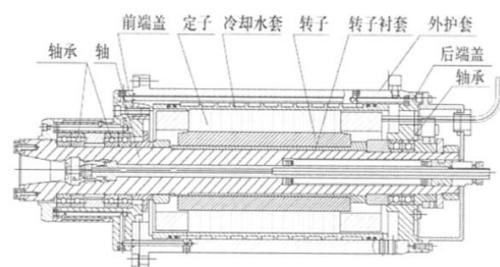
电主轴的主要结构包括无外壳电机、主轴、轴承、主轴单元壳体、驱动模块和冷却装置等，从组件上来区分，则包括轴芯组件、高速电机、支撑部件、冷却系统、气缸组件、拉刀组件和气缸组件，其具体结构和构成因不同应用领域对性能要求的差异有所不同。其中，高速电机包括定子、转子两部分，是电主轴驱动系统核心部件之一，其作用主要为驱动轴芯实现高速旋转。电机的转子与主轴通过采用压配方法形成一体，主轴则由前后轴承支撑。电机的定子通过冷却套安装于主轴单元的壳体中。冷却系统包括由机体、冷却通路、铝水套等零配件组成的冷却循环通道，是电主轴冷却散热部分的核心部件之一，负责限制主轴单元内的温度升高。

图 13: 电主轴结构的基本构成



资料来源: 数控机床网, 信达证券研发中心

图 14: 电主轴的内部结构图



资料来源: 《高速电主轴的结构设计与性能研究》，信达证券研发中心

表 5: 电主轴主要部件的零配件构成和主要功能

名称	结构与主要功能
轴芯组件	包括轴芯、转子等零配件，为高速旋转件，是电主轴结构部分的核心部件之一，关系到电主轴偏摆、振动、电机性能等重要性能指标；工艺上对形状、尺寸精度、位置公差精度要求极高。
高速电机	包括定子、转子两部分，是电主轴驱动系统核心部件之一，其作用主要为驱动轴芯（转子）实现高速旋转，关系到电主轴的最高转速、功率、扭矩、电流等性能指标。
支撑部件	包括精密轴承、轴承座、内/外环压盖、预紧碟形弹簧等零配件，是电主轴旋转支撑系统核心部件之一，其作用主要为支撑轴芯（转子）实现高速旋转；轴承极限转速关系电主轴最高转速，轴承精

度等级关系到电主轴静刚度和轴芯回转精度。

冷却系统	包括由机体、冷却通路、铝水套等零配件组成的冷却循环通道，是电主轴冷却散热部分的核心部件之一。电主轴大部分热量由循环冷却通道带走，保证电主轴各项性能指标稳定；针对各种不同类型高速电机，冷却通道设计需要大量测试和实验数据作为依据。
气缸组件	由活塞、缸体、推杆、气缸顶盖、复位弹簧等零配件组成，是电主轴拉刀系统核心部件之一，其结构多为单作用或双作用形式，其工作寿命和可靠性关系到电主轴拉刀系统的稳定性。
拉刀组件	由夹头、拉杆、夹头碟簧、调节垫片等零配件组成，是电主轴拉刀系统核心部件之一，其工作寿命和可靠性关系到电主轴拉刀力大小、偏摆、振动等性能指标。
气封组件	包括中心出气密封和主轴前端防护气密封两个部分，由防护盖、轴套、轴承座、机体、铝水套、拉杆、气缸等相关零件组成，是电主轴防尘密封核心部件之一；其中，中心出气密封的作用是防止更换刀具时刀具冷却液、金属粉颗粒进入轴芯内部，从而影响主轴偏摆、振动、夹持力等性能；主轴前端防护气密封采用环形气密封和机械密封组合形式，防止刀具冷却液、金属粉颗粒进入主轴内部，影响主轴前端轴承旋转精度和使用寿命。

资料来源：昊志机电招股说明书，信达证券研发中心

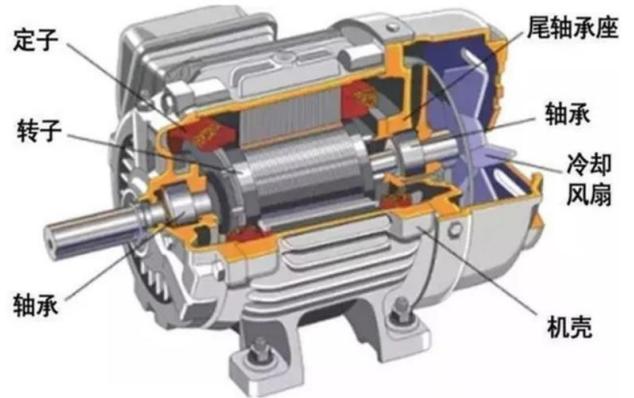
电主轴的电动机均采用交流异步感应电动机。由于电主轴用于高速加工机床，启动时需在短时间内从静止升速至每分钟数万转乃至数十万转，启动转矩大，因而启动电流要超出普通电机额定电流 5~7 倍。其驱动方式包括变频器驱动和矢量控制驱动器驱动。变频器的驱动控制特性为恒转矩驱动，输出功率与转矩成正比。机床最新的变频器采用先进的晶体管技术，可实现主轴的无级变速。而矢量控制驱动器的驱动控制为：在低速端为恒转矩驱动，在中、高速端为恒功率驱动。

图 15: 宇海机电 Z04ZJY 交流异步主轴伺服电机



资料来源：宇海机电官网，信达证券研发中心

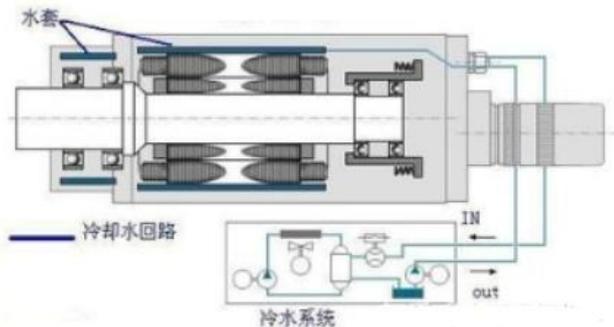
图 16: 交流异步感应电动机结构图



资料来源：汽车动力总成，信达证券研发中心

由内部热量堆积而产生的热变形是影响电主轴加工质量的主要因素之一，冷却装置是防止热变形的重要结构。由于电主轴将电机集成于主轴单元中，在运转时会产生大量热量而引起温升，使电主轴的热态特性和动态特性变差，因此必须使电主轴的温度恒定在一定值内。机床目前一般采取强制循环油冷却的方式对电主轴的定子及主轴轴承进行冷却，即将经过油冷却装置的冷却油强制性地、在主轴定子外和主轴轴承外循环，带走主轴高速旋转产生的热量。此外，为了减少电主轴轴承的发热，还必须对主轴轴承进行合理的润滑。

图 17: 电主轴冷却装置运行示意图



资料来源：电工之家，信达证券研发中心

滚珠轴承是市场上电主轴应用最广泛的轴承。因为电主轴的最高转速取决于轴承的功能、大小、布置和润滑方法，

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 9

所以所用轴承必须具有高速性能好、动负荷承载能力高、润滑性能好、发热量小等优点。电主轴轴承主要包括滚珠轴承、滑动轴承、空气轴承和磁悬浮轴承。目前市场上应用最广泛的为滚动体是陶瓷材料的滚珠轴承，这主要是因为陶瓷具有密度小，刚度好，热膨胀系数小等优点。而滑动轴承发热量大，空气轴承不适用于大功率场合，因此使用率不及滚珠轴承。磁悬浮轴承由于电磁测控系统复杂，所以价格十分昂贵，未能得到广泛应用。但其高速性能好、精度高、容易实现诊断和在线监控，因此未来随着技术的发展，磁悬浮轴承有望得到发展。

图 18: 轴承类型



资料来源：亿昇科技，信达证券研发中心

电主轴由数十种精密零部件组装而成，技术含量高、结构复杂，且故障频率较高。电主轴对于各零配件的材料选用、结构设计、制造精度和装配工艺有很高的要求，需要多种技术的综合运用，使得转速、动态性能、加工精度和使用寿命处于最佳状态。电主轴的故障频率较高，据昊志机电统计，PCB 钻孔机和成型机电主轴过质保期后（一般为一年）的年下机率一般为 30%-70%左右，正常条件下其维护、保养或检修周期为 15 个月左右。电主轴的故障大致可分为机械故障和电气故障两大类，主要故障包括温升过高、刚性差、振动大、精度差、启动困难和掉速。

表 6: 电主轴故障类型及其特点和原因

故障类型	故障特点及其原因
温升过高	油雾型电主轴外壳最热点温升超过 25℃，油脂型电主轴外壳最热点温升超过 30℃应视作异常。造成主轴温升过高的原因很多，主要归类为装配原因、润滑原因、制造质量原因、电气原因和使用原因。
刚性差	主轴配装予负荷量值偏小；轴承与主轴轴壳前座孔配合间隔过大；主轴前后锁紧螺母松动；配用砂轮杆过于细长，与转轴配装部位间隙过大造成接长杆接触刚性差；主轴轴承调整垫研配失误；主轴后端滚动导套或滑套与座孔、轴承座间出现较大间隙。
振动大	主轴选装轴承低劣，振动值大，或轴承精度保持性差、耐用度差；主轴长期使用后转轴发生变形，原有平衡精度被破坏；主轴上所安装的旋转零件同心度差、配合间隔过大；装配不当，造成主轴轴承糖度受损；主轴予负荷过小，内装弹簧断裂变形；主轴砂轮杆过于细长主轴电机定子内外径不同心、造成定转子间气障严重不均匀；转子笼条松动、接触不良成出现断条现象。
精度差	主轴配装的轴承质量太差；转轴严重弯曲，丧失原有制造精度；主轴零件精度差，无法保证组装精度；装配时轴承被压偏；砂轮杆质量差，无配合精度；主轴的端轴承座孔尺寸大，配合间隙过松；予负荷量值太小或由于某件零件卡死，予负荷加不上；主轴前后螺母松动，造成轴向窜动严重。
启动困难	电气原因有配套电源容量大小(不匹配)；工频电网电压严重不足；静止变频器启动保护未调整到最佳值；电主轴电机气隙过小；电主轴定子接线错误；电主轴转子严重断条；电主轴电机定子断线。机械原因有电主轴予负荷量值过大；油脂润滑型的电主轴使用的油脂过稠，注油量过满；电主轴各旋转零件与固定零件间发生碰擦。
掉速	在正常工作时，增加主轴的阻力矩会使电主轴转速略微下降，一般这种转差应控制在 2-5%之内。若主轴承载时，转速明显下降，甚至发生堵转现象，应视为掉速现象。造成上述掉速现象的主要原因有主轴转子笼条断裂或接触不良；电主轴与中频电源电压不匹配（中频电源供电电压过低）。

资料来源：鼎奇主轴官网，信达证券研发中心

电主轴技术水平的高低和质量的优劣直接决定和影响着机床的品质、性能、工作效率及运行稳定性。数控机床主要由控制系统、伺服系统、传动系统、检测系统、机床本体及其他辅助系统组成。其中传动系统是实现机床主运动的系统，功能是将电动机的原动力转换成可供主轴上刀具切削加工的切削力矩和切削速度。传动系统应具有较大的调速范围、较高的精度及刚度，并尽可能降低噪声，从而获得最佳的加工效率和加工精度。而电主轴作为将电动机与主轴从结构上融为一体的新型传动方式，省去了传动环节，是数控机床传动系统的重大变革。

图 19: 电主轴在数控机床中的位置及其工作状态



资料来源: 昊志机电招股说明书, 信达证券研发中心

研究团队简介

刘卓，对外经济贸易大学金融学硕士，2017年加入信达证券研发中心，曾任农林牧渔行业研究员，现从事机械设备行业研究。

刘俊奇，上海交通大学动力工程硕士，2021年加入信达证券研发中心，现从事机械设备行业研究

机构销售联系人

区域	姓名	手机	邮箱
全国销售总监	韩秋月	13911026534	hanqiyue@cindasc.com
华北区销售总监	陈明真	15601850398	chenmingzhen@cindasc.com
华北区销售副总监	阙嘉程	18506960410	quejiacheng@cindasc.com
华北区销售	祁丽媛	13051504933	qiliyuan@cindasc.com
华北区销售	陆禹舟	17687659919	luyuzhou@cindasc.com
华北区销售	魏冲	18340820155	weichong@cindasc.com
华北区销售	樊荣	15501091225	fanrong@cindasc.com
华东区销售总监	杨兴	13718803208	yangxing@cindasc.com
华东区销售副总监	吴国	15800476582	wuguo@cindasc.com
华东区销售	国鹏程	15618358383	guopengcheng@cindasc.com
华东区销售	李若琳	13122616887	liruolin@cindasc.com
华东区销售	朱尧	18702173656	zhuyao@cindasc.com
华东区销售	戴剑箫	13524484975	daijianxiao@cindasc.com
华东区销售	方威	18721118359	fangwei@cindasc.com
华东区销售	俞晓	18717938223	yuxiao@cindasc.com
华东区销售	李贤哲	15026867872	lixianzhe@cindasc.com
华东区销售	孙僮	18610826885	suntong@cindasc.com
华东区销售	贾力	15957705777	jjiali@cindasc.com
华南区销售总监	王留阳	13530830620	wangliuyang@cindasc.com
华南区销售副总监	陈晨	15986679987	chenchen3@cindasc.com
华南区销售副总监	王雨霏	17727821880	wangyufei@cindasc.com
华南区销售	刘韵	13620005606	liuyun@cindasc.com
华南区销售	许锦川	13699765009	xujinchuan@cindasc.com

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司（以下简称“信达证券”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入 ：股价相对强于基准 20% 以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准 5%~20%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5% 之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：股价相对弱于基准 5% 以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。