

产品知识培训

电 主 轴 | 主轴的修复





Contents

目录

1

电主轴



2

电主轴的基本结构



3

电主轴的应用

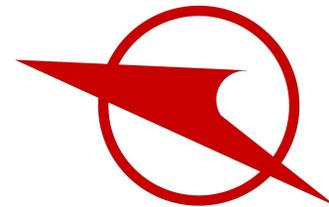


4

主轴的维修



电主轴



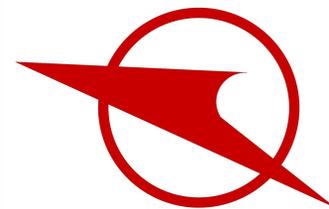
电主轴，是在数控机床领域出现的将机床主轴与主轴电机融为一体的新技术。主轴是一套组件，它包括电主轴本身及其附件：电主轴、高频变频装置、油雾润滑器、冷却装置、内置编码器、换刀装置等。这种主轴电动机与机床主轴“合二为一”的传动结构形式，使主轴部件从机床的传动系统和整体结构中相对独立出来，因此可做成“主轴单元”，俗称“电主轴”，特性为高转速、高精度、低噪音、内圈带锁口的结构更适合喷雾润滑。



对于传统电机，由于其转速只有几千转速，当需要高转速的时候，就需要采用皮带、齿轮等加速装置而这些结构存在着传动效率低、结构复杂、体积大、振动、噪音等情况。而电主轴可以直接输出超高转速，节省了相关的中间传动机构，避免了上述的弊端。

电主轴之所以本成为“主轴”，是因为这个产品最大地应用领域是加工机床，替代传统的“普通电机+传动结构+机械主轴”的结构，属于机床的主轴系统。针对机床加工的要求，电主轴可以配置各种功能。例如：自动换刀、编码器、中心喷水、在线动平衡检测、松拉刀传感器等等。

电主轴的特点



结构紧凑、重量轻、惯性小



噪声低、响应快

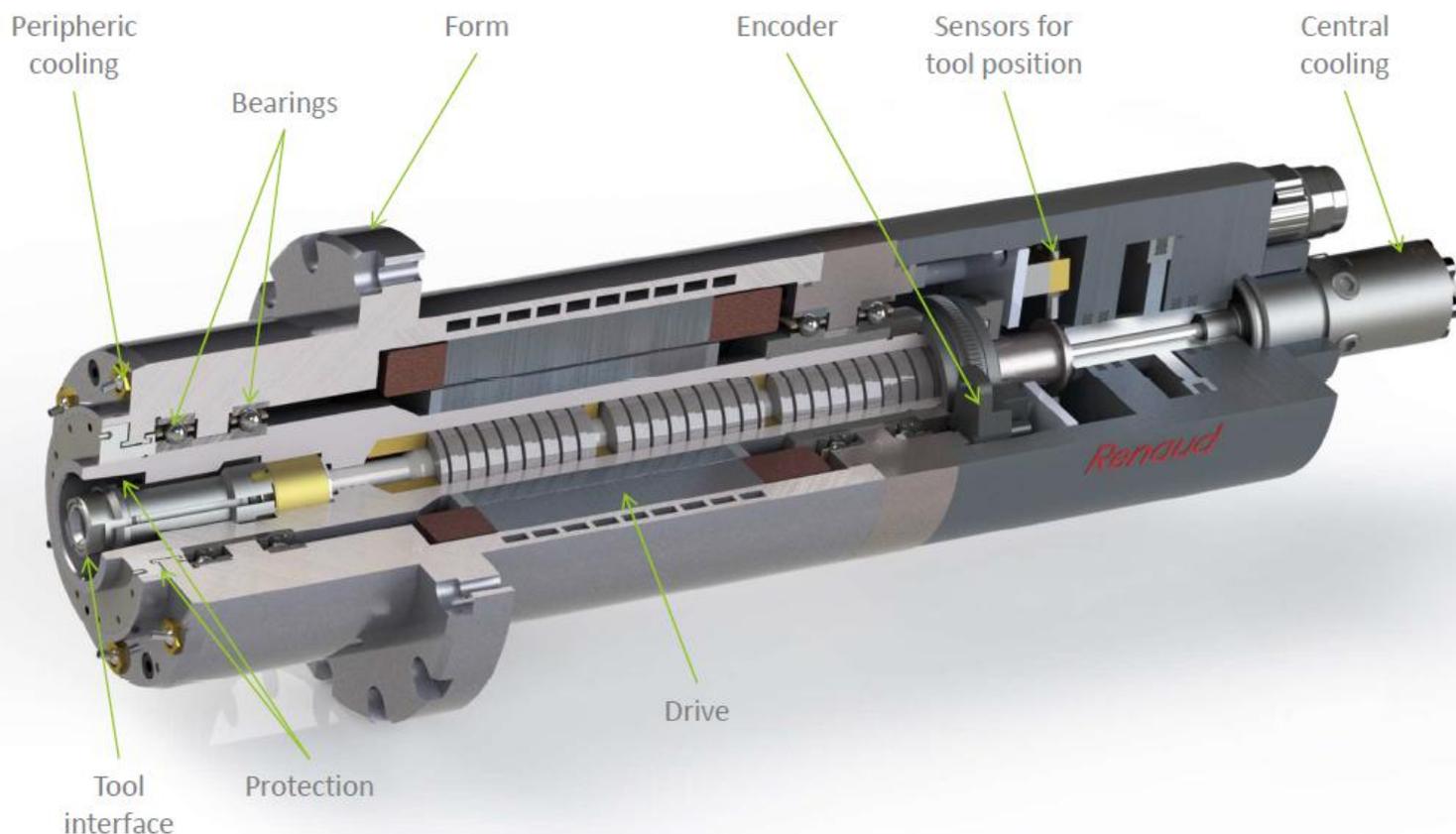


转速高、功率大



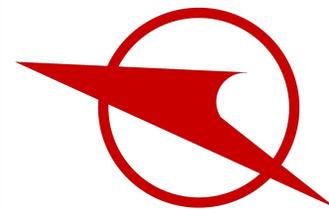
性能稳定、寿命长

电主轴的基本结构



电主轴由定转子、旋转轴、轴承、主轴壳体、冷却水套，拉刀机构、旋转接头、编码器等各种传感器组成，另外配套驱动模块和冷却装置。电机的转子采用压配方法与主轴做成一体，主轴则由前后轴承支承。电机的定子通过冷却套安装于主轴单壳体中。主轴的变速由主轴驱动模块控制，而主轴单元内的温升由冷却装置限制。在主轴的后端装有测速、测角位移传感器，前端的内锥孔和端面用于安装刀具。

定转子与驱动



电主轴的电动机均采用异步感应电动机或永磁同步电机,启动时从静止迅速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电机额定电流5~7倍。其驱动方式有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低速恒扭矩,高速恒功率或者恒扭矩。



E + A定转子



E+A是全球公认的定转子第一品牌，其总部位于瑞士工业重镇——巴塞尔。E+A致力于线圈转子的研发、生产已经近40年。

E+A生产的定子结构有普通结构、ENCA结构、ALKA结构等，针对不同的客户和应用。转子有永磁同步转子、异步感应转子。异步转子又分铝转子、铜转子、高速合金转子等；异步电机转速可以到达18万转，同步电机定转子转速可以达到30万转，最大扭矩可以6000Nm。除了规格种类非常齐全的定转子外，E+A生产同步转子测试仪。另外，E+A可以为客户提供产品设计、机械加工、电机装配等技术支持服务。

我们的产品具有功率体积比大、热损耗低、通用性好、寿命长、品牌好等优点。



电主轴

包括瑞士renaud、fischer，德国GMN、意大利OMLAT在内的几乎所有中高端电主轴厂家都在使用E+A定转子。



环保行业

包括水处理行业的悬磁鼓风机、烟雾处理领域的脱硫雾化器，以及其他需要高转速的环保设备。



新能源汽车

新能源汽车上需要高转速的设备，比如氢燃料电池汽车上的涡轮增压器，需要10-20万电机。E+A在该领域占有率极高



其他行业

其他需要高转速的领域，例如高速发电机、高速测试设备、高转速真空泵等

E + A定转子



ENCA定子结构

ENCA是针对小电机而设计的极富效率的线圈保护结构。ENCA结构具有很高的绝缘等级，能够在漏电时很好地保护线圈。ENCA既可用于异步电机、也可用于同步电机。主要针对外径90mm以下的定子！外径90mm-240mm的电机定子生产时（绕线圈前）亦可采用该结构！

ENCA结构的主要作用如下：

- a、很好地防止水气和粉尘。
- b、改善电机抗机械损坏的能力。
- c、改善热损耗。
- d、精确的导向作用。



标准定子结构

标准定子由真空压入线圈组成。具有如下优点：

- 1、超高的绝缘性。
- 2、很长的使用寿命。
- 3、优惠的价格。

一般情况下，我们电机出厂时，定子外表面留有少量的加工余量，客户根据需要自行进行最后的磨削，然后同水套进行配合。我们可以提供相关的公差要求和装配要求。

ALKA定子结构

除了具有ENCA的优点外，ALKA还能很好地确保线圈的冷却效果。ALKA结构可以用于异步电机和同步电机。主要针对外径106mm以下定子！外径106-300mm的定子生产时（绕线圈前）亦可采用该结构。

ALKA结构的主要作用如下：

- a、很好地防止水气和粉尘。
- b、改善电机抗机械损坏的能力。
- c、改善热损耗。提高电机的冷却效果。
- d、精确的导向作用



E + A 转子



异步电机转子

异步电机转子主要有铝转子、铜转子、合金转子等材质。其中铝质转子价格优惠、质量轻便、寿命长，最大线速度达130m/s。和铝质转子相比，铜质转子在其他性能不变的情况下，内孔直径可以做得更大，即主轴的刚性可以更好。铜质转子线速度100m/s，经我们特殊处理可达170m/s。

一般情况，我们的电机出厂时，转子的内孔为预留孔，客户可以根据自己要求加工到需要的尺寸。另外，转子外表面也留有少量的余量，客户将转子装到心轴上后一起做外圆研磨和动平衡校正。我们可以提供配合公差，包括转子和心轴的配合公差，转子和定子的配合间隙等。同时，我们也可以提供加工和装配技术指导。





永磁同步电机

带有永磁转子的同步电机能够为主轴提供大功率驱动。同步电机具超强的扭矩和极高的转速(250000rpm)。这类电机的内孔大、转子温度低、启动时间短！转子能够在不对转子或轴心进行预热的情况下被快速安装。

E+A同步电机适应于任何标准的用于同步驱动的系统。E+A能够为客户提供各种建议，使电机的性能达到最佳。E+A同步电机有2、4、6、8极；可以使用ENCA和ALKA定子结构！

永磁同步电机在和驱动器进行匹配的时候，相比异步电机的要求严格，匹配也相对复杂。对于市场上常见的驱动器，例如西门子、发那科、KEB等我们均能提供完善的电机参数和相关的技术指导。

ACOMEL超高频变频器

Acomel变频器具有如下优点：

1、自带选择性谐波抑制功能，可以在不需要电抗器滤波器等附件的情况下，驱动高频率、或者大功率电机。并且其输出性能比起其他品牌的变频器带电抗器的状态下性能还要稳定。具体体现在输出电压稳定发热、振动、噪音等性能更优。这可以最大限度地保护变频器和电机的状态和寿命。

2、自定义接线端子：ACO5000系列变频器的部分输入、输出接线端子，客户可以根据具体的要求定义其功能。这大幅节省了端子的数量、空间和成本。

3、ACOMEL变频器可以同时储存32套电机参数。当客户需要更换电机，或者同一电机更换工作状态时，可以大幅节省客户的参数调试时间。

4、变频器的输出、输入电压范围广泛。输出电压200-480V，1-3相。输出电压在0—输入电压间无极可调。能适应不同的电压场合。

5、同等功率情况下，ACO5000的变频器体积比其他品牌的小很多，安装、调试更方便，为用户节省了空间和时间。



变频器各品牌



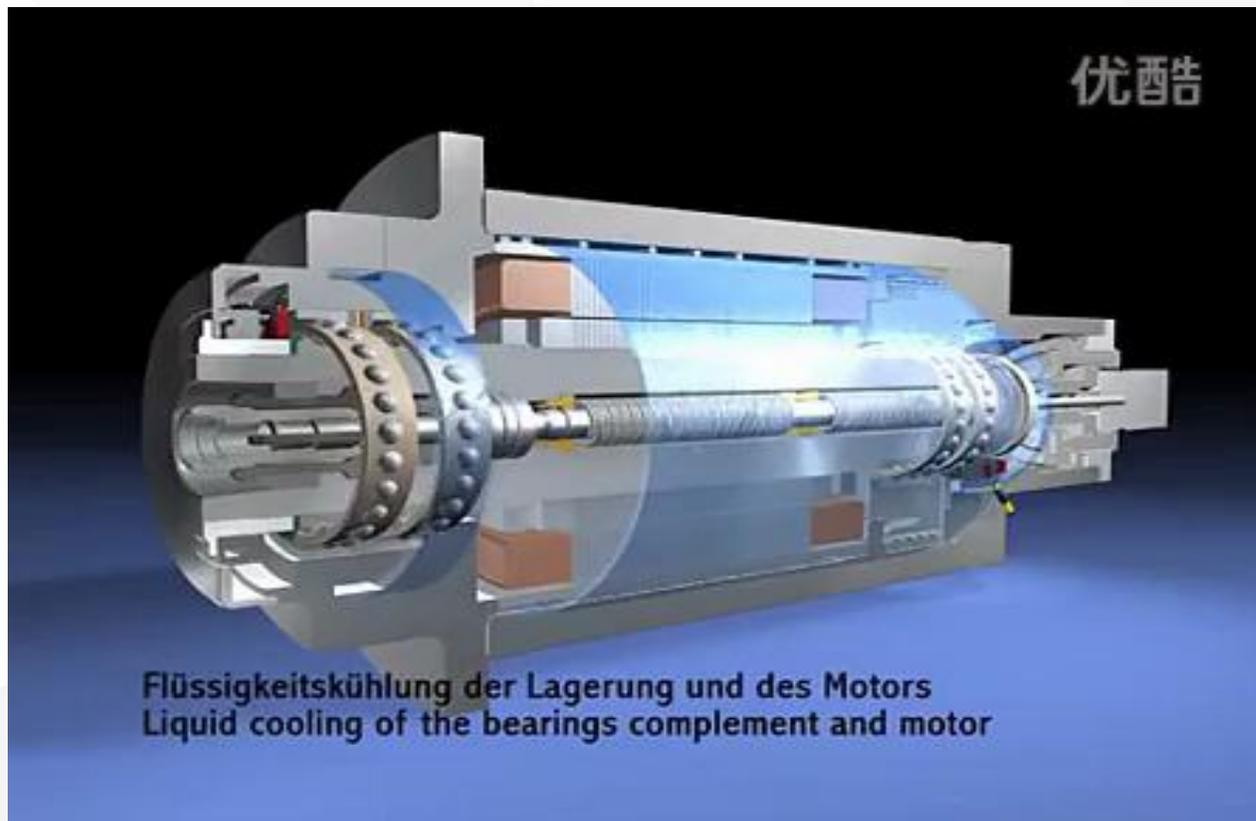
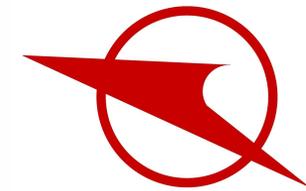
西伯麦亚



ABB

YASKAWA 安川

主体（轴承及电机冷却）



由于电主轴将电机集成于主轴单元中，且转速很高，运转时会产生大量热量，引起电主轴温升，使电主轴的热态特性和动态特性变差，从而影响电主轴的正常工作。因此，必须采取一定措施控制电主轴的温度，使其恒定在一定值内。机床一般采用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。

中心冷却与端面冷却

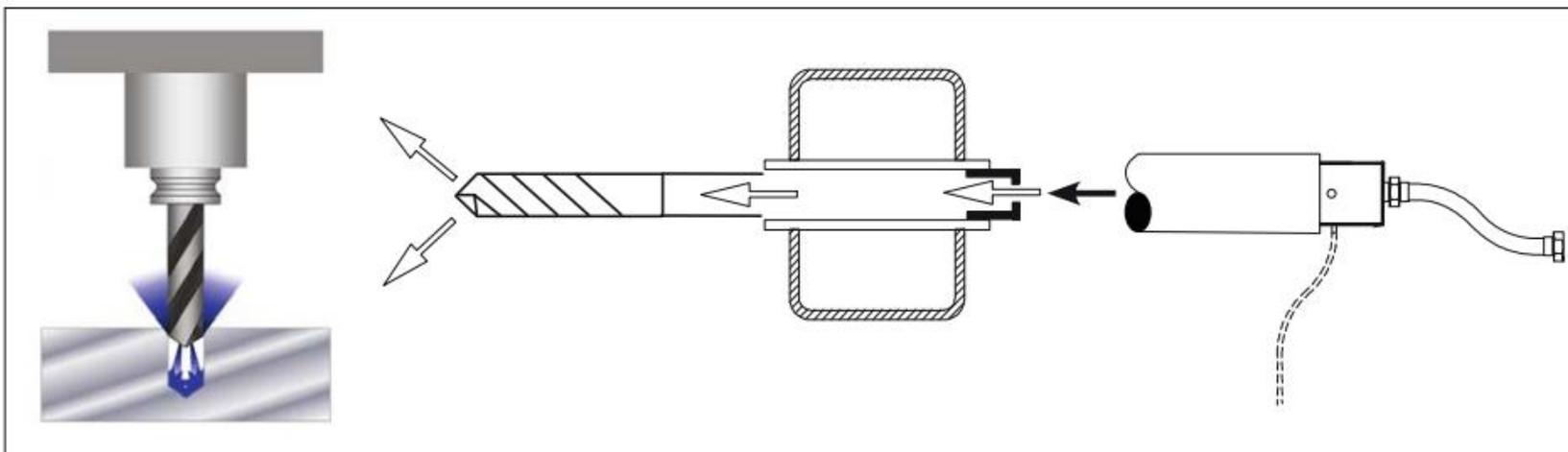


使用加工中心主轴中心出水后的优势

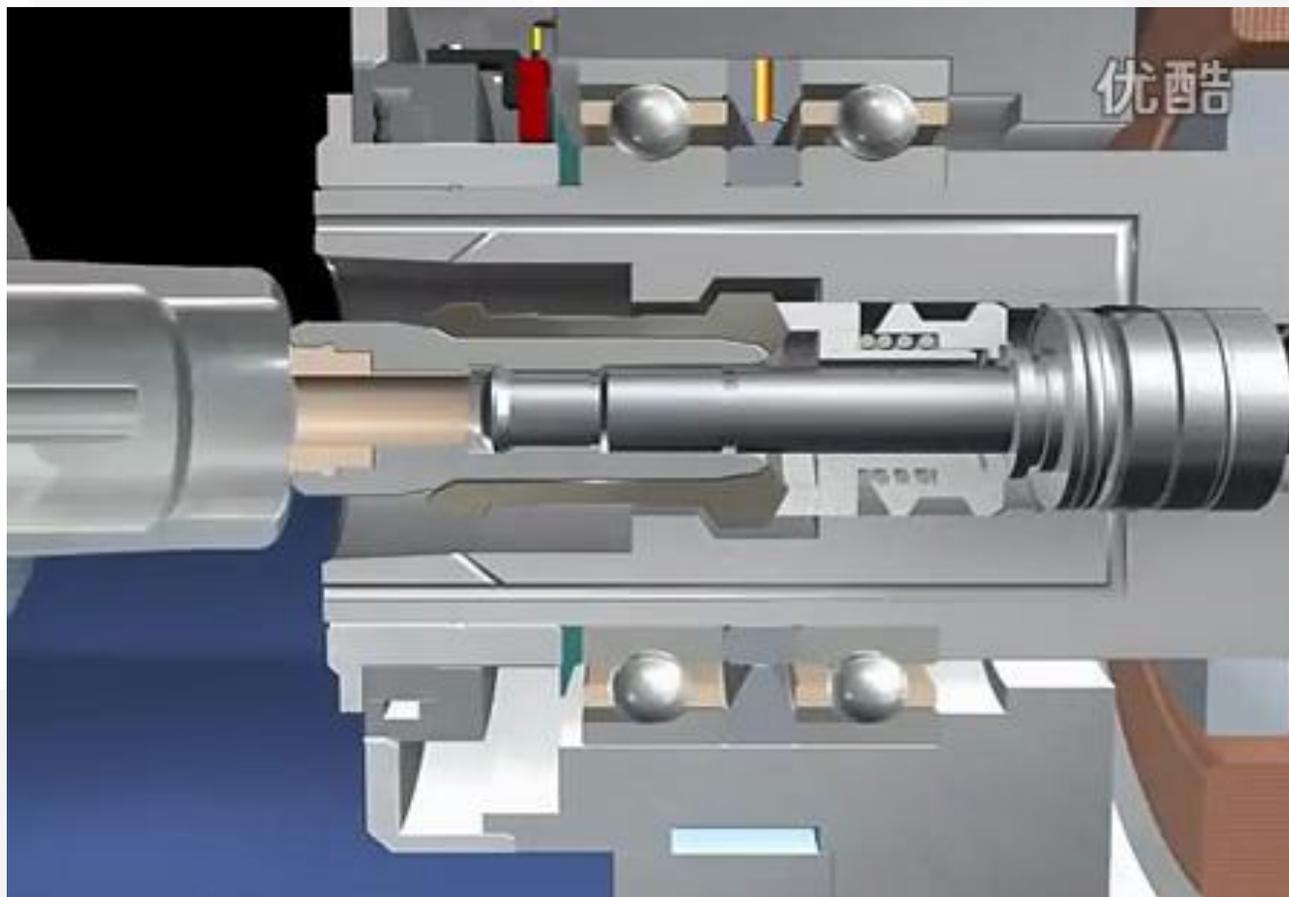
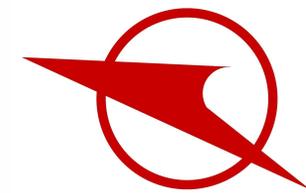
排除金属加工中缠屑的烦恼，避免铁屑缠绕在零件与刀具上，让生产更顺畅；提高切削速度，挖掘生产中更多的生产力；刀具磨损降低。降低加工时高温产生的局部温度，延长刀具寿命；降低刀具更换频率，减低刀具用量；品质精稳定性提高，降低降废零件的产生；提高零件表面光洁度，提升零件品质，提高产品市场竞争力；

旋转接头

旋转接头的作用：是将液体从管道的这边输入到旋转或往复运动的设备中，再从其中排出的连接用的密封装置



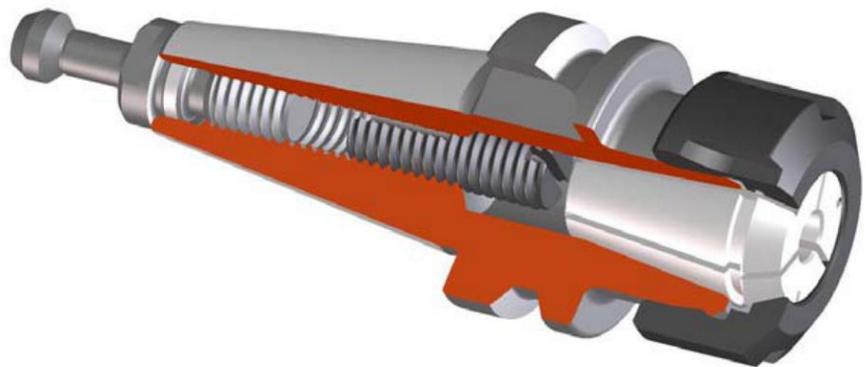
松拉刀机构



为方便刀具在主轴上的自动装卸
数控机床上的刀具松拉刀机构在数控机床主轴中是非常重要的，其设计是否合理直接影响到主轴的使用可靠性、精度和寿命，从而影响到机床的加工效率和加工工件表面的质量和粗糙度



刀柄

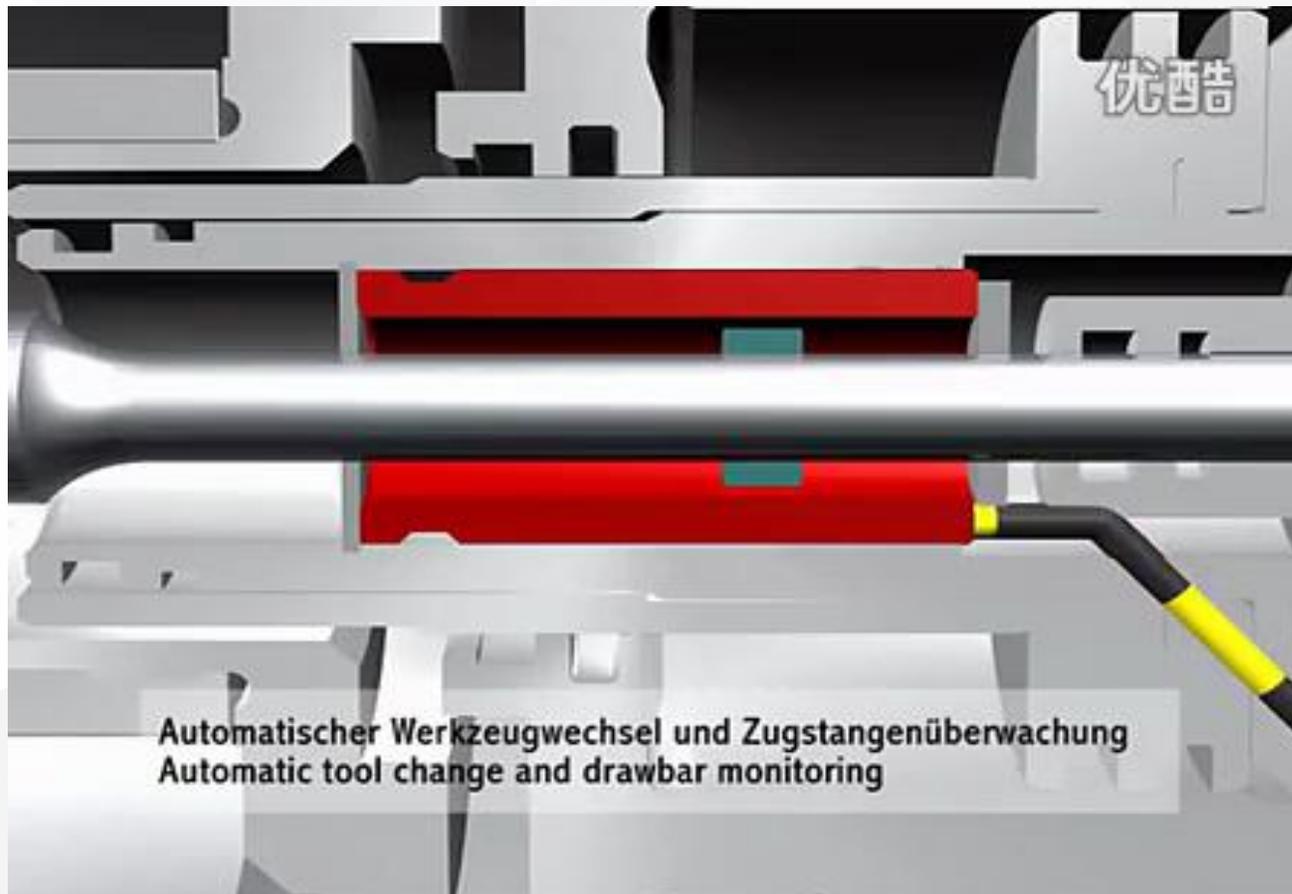


BT、SK\ISO刀柄的锥度为7:24，转速在10,000r/min左右时，刀柄 - 主轴系统还不会出现明显的变形，但当主轴从10,000 r/min升高到40,000 r/min时，由于离心力的作用，主轴系统的端部将出现较大变形，其径跳增加。刀柄与主轴锥孔间将出现明显的间隙，严重影响刀具的切削特性，因此BT刀柄一般不能用于高速切削

HSK刀柄锥采用锥面与端面双重定位的方式，在足够大的拉紧力作用下，HSK锥柄和主轴1:10锥孔之间在整个锥面和支承平面上产生摩擦，提供封闭结构的径向定位。HSK真空刀柄有六种标准和规格，即HSK-A、HSK-B、HSK-C、HSK-D、HSK-E和HSK-F，常用的有三种：HSK-A、HSK-C和HSK-E



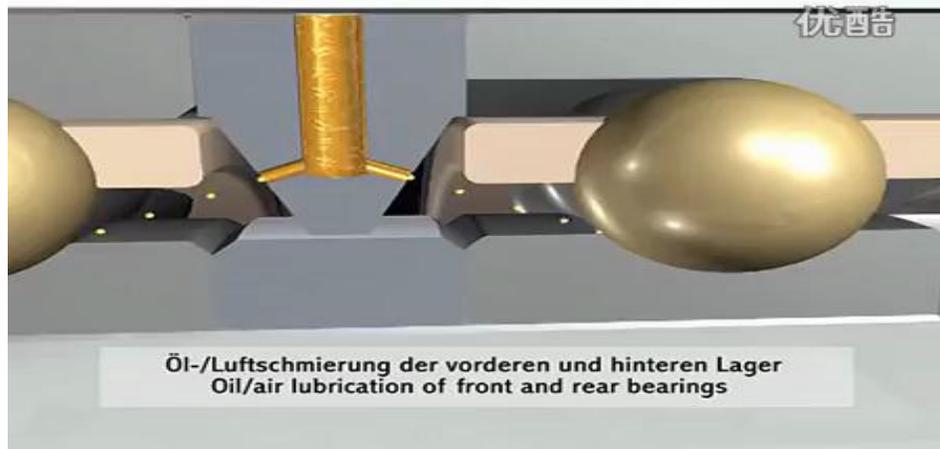
锥孔清洁吹气



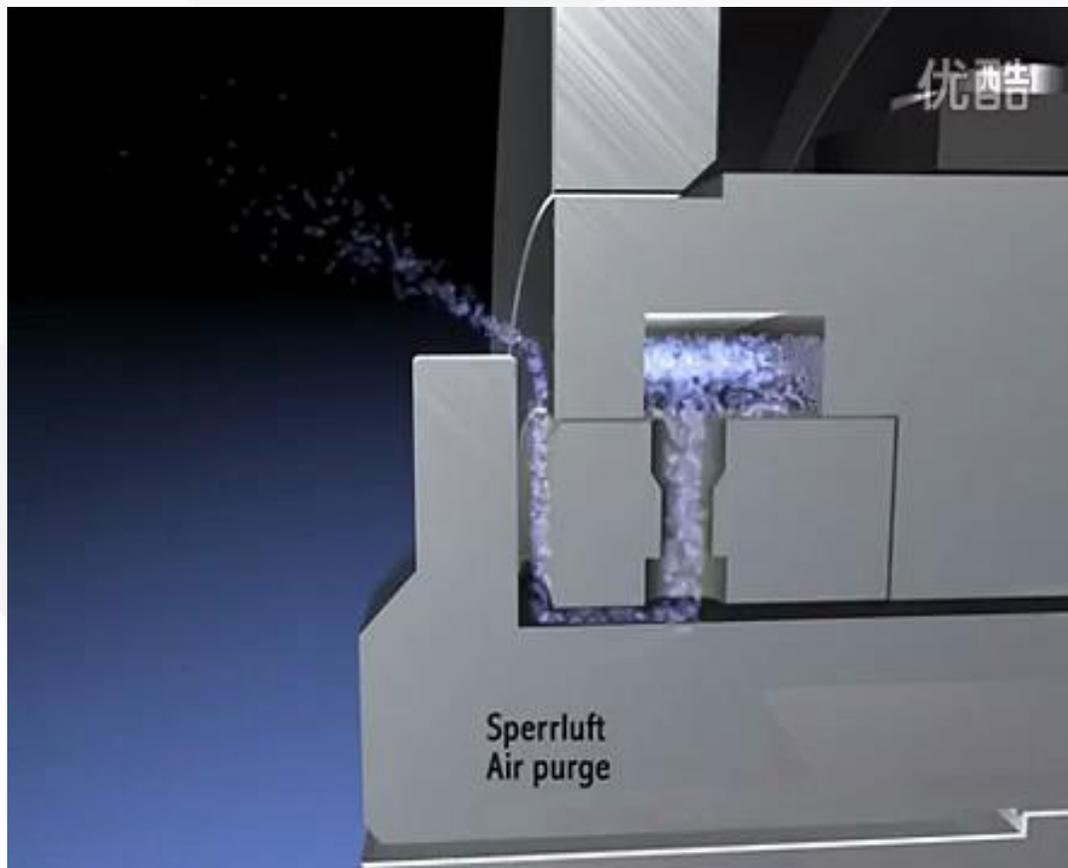
是从主轴锥孔向外吹气，目的是吹掉铁屑、杂物、切削液等，确保主轴锥孔干净。

很多加工中心的主轴孔内的空气一直有压力的，目的是防止在加工过程中杂物进入主轴锥孔。

轴承及气密封

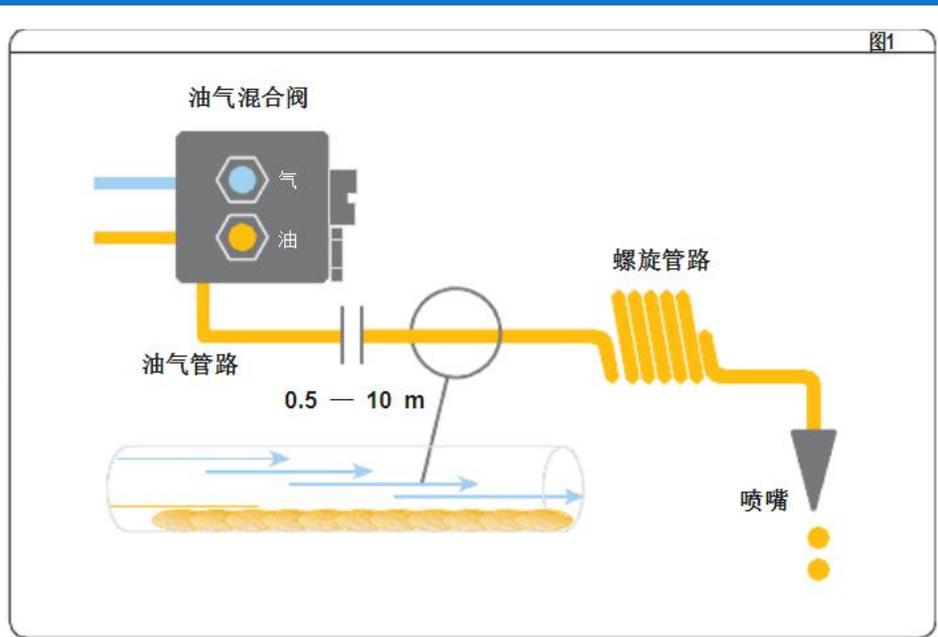


主轴轴承是数主轴内一个重要的零部件，在主轴传动过程中，可以起到支撑机械体旋转和减小摩擦的作用



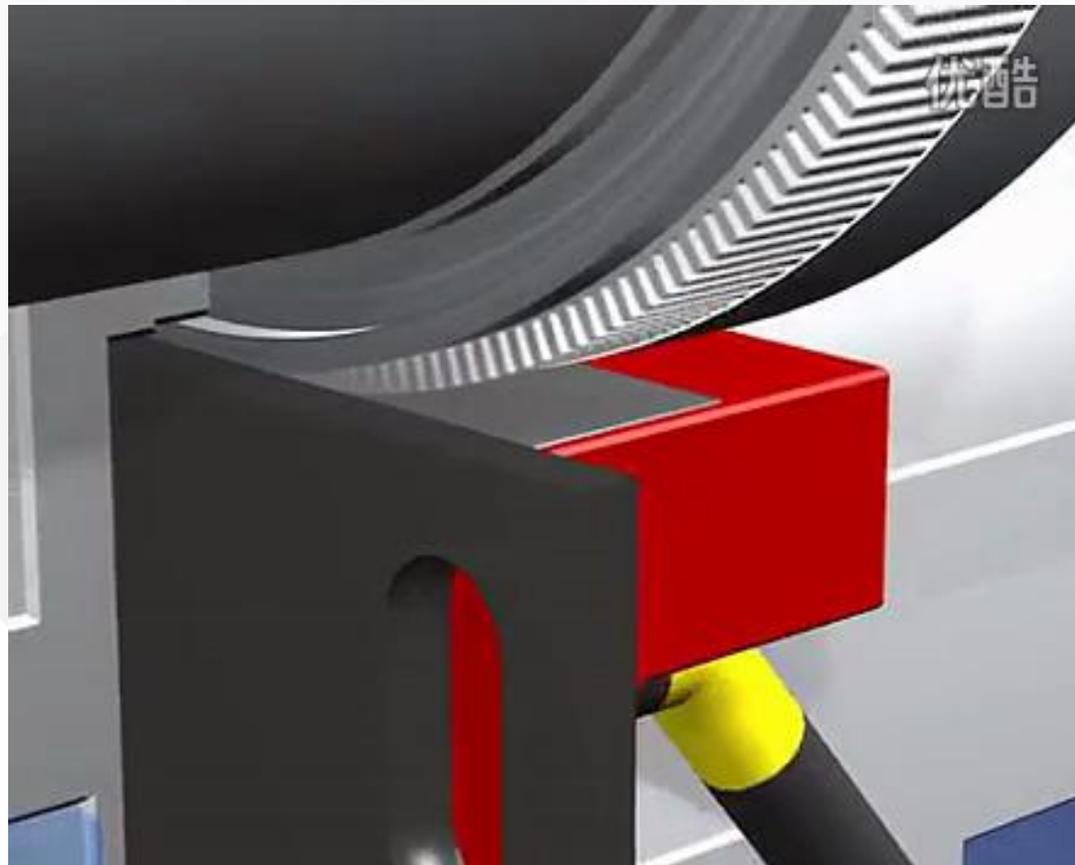
在主轴运转和停机半小时内要一直吹压缩空气，以防止切削液进入主轴内部，保护主轴轴承；吹走转子定子部位的水雾，以保持主轴内部的干燥。

油气润滑系统



电主轴油气润滑装置通俗的解释就是，油跟随气体的流动而往前运动。气体在运动过程中，会带动附着在管壁上面的少量油滴进入到两边的传动轴承，喷洒到摩擦面上的是带有油滴的油气混合物。这种润滑装置不仅经济、环保、快速、高效，更重要的是油滴适中，不会造成因油量过多轴承无法散热，也不会造成因油量过多，轴承在高速旋转过程中产生背压，避免了电主轴负载增加，更不会产生窜动现象。

编码器与其它传感器



编码器是用来反馈电机旋转的角度（位置）给驱动器，驱动器收到反馈信号后再来控制电机旋转。形成闭环控制以达到精确控制伺服电机旋转的位置，速度。

Renaud电主轴主要应用领域



磨床、铣床、雕刻机、钻孔机、镗床、多工位加工机床等各种高端切屑机床。

部分客户：

Rollomatic: 全球最顶端的高速刀具磨床生产商

Bystronic: 全球顶尖的玻璃磨边机生产商

Fives: 著名的航空领域加工中心生产商

Ewag: 著名的磨床生产商

Hardinge: 全球知名磨床生产商

Rolex: 著名手表及钟表设备制造商

上海机床厂: 国内磨床的领导者

上海拓璞: 国内著名的五轴加工机床生产商

沈阳机床厂: 国内大型机床厂

Renaud电主轴主要应用领域



- 机器人加工设备：机器人铣削、钻孔、去毛刺等
- 部分客户：
- Axiome：全球著名的机器人加工设备供应商
- Faurecia：知名的汽车饰件生产商
- 延锋集团：全球著名汽车饰件生产商
- 长城汽车：国内知名自主品牌
- 比亚迪：国内知名自主品牌
- 成都飞机集团：国内大型飞机部件生产基地
- 南京航空航天大学：国内知名学府

Renaud电主轴主要应用领域



- 轴承测试、风洞测试、离心测试等各种测试设备及其他需要高转速、高精度的场合
- 部分客户：
- Airbus: 著名的飞机制造商
- SKF: 全球知名轴承生产商
- 洛阳轴承研究所: 全国顶尖轴承生产基地
- 沈阳606研究所: 国内航空设备研发基地
- 西安庆安集团: 国内航空设备研发基地
- 云南有色金属研究院: 国内离心造粉基地
- 清华大学: 国内知名学府

电主轴的应用



适于大型及中型加工中心。其高性能驱动电机完全集成到机械部分。另外，该主轴专为高速铣削及车削而设计。该系列主轴提供多种型号的手动或自动换刀机构。其模块化设计确保适于所有机型，可以水平或垂直安装。主轴有各种可选项，比如转速的测量，角度定位，拉刀检测，温度或振动的监测等。



适于所有大小的磨削机床。其高性能驱动电机完全集成到机械部分。另外，该系列主轴以高速磨削为目的而设计。我们提供多种型号的手动或自动夹紧系统。其模块化设计确保适用于各种磨床。主轴配有各种可选项，比如转速测量、温度或振动的监测。

电主轴的应用

用于铣削、钻孔、雕刻的高频率主轴由优质而精密的机械配件组成，和高性能、高功率密度的变频器匹配。另外，该系列主轴专为高速铣削、车削、磨削和钻孔等应用设计，提供多种形式的手动或自动换刀系统。其模块化设计确保适于所有机型，可以水平或垂直安装。该主轴配有多个可选项，比如转速测量，角度控制，工具夹紧的检测，温度或振动的监测等。



电主轴有一个普遍的圆柱形设计，所以使他们适于所要求修整操作的机械。其高性能驱动电机完全集成到机械部分。另外，该主轴以高速修整为目的而设计。我公司提供多种型号的手动夹紧系统。其模块化设计确保适于所有机型。该主轴有各种可选项，比如转速测量，角度控制，温度或振动的监测。

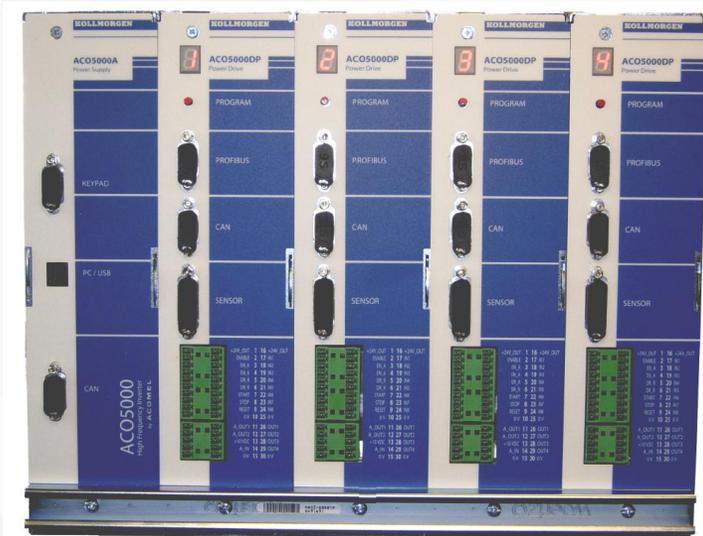
电主轴的应用



用于铣削、车削或钻孔的高频率主轴系列有一个普遍的圆柱形设计，所以使他们适于小型及中型加工中心。其高性能驱动电机完全集成到机械部分。另外，该主轴以高速铣削、车削、或钻孔等为目的应用而设计。主轴有多种形式的手动或自动拉刀系统。其模块化设计确保适于所有机型，可以水平或垂直位置安装。该系列主轴有各种可选项，比如转速测量，角度定位，拉刀系统检测，温度或振动的监测。



变频器选择



电机种类：

同步电机、异步电机



编码器

相对应的品牌和型号



电机参数

功率、电流、输出电压、频率

主轴与定转子选型



电主轴选型表



主轴选型.pdf

S1: 连续工作制: 在恒定负载下的运行时间足以达到热稳定。

S2: 短时工作制: 在恒定负载下按给定的时间运行, 该时间不足以达到热稳定, 随之即断能停转足够时间。

S3: 断续周期工作制: 按一系列相同的工作周期运行, 每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段断能停转时间。



E + A 定转子选型表



(E+A选型).pdf

各知名品牌电主轴



意大利著名电主轴
供应商。特别在高
转速，大扭矩等较
高要求电主轴方面
显优势。



瑞士著名电主轴，
尤其擅长大型铣削
主轴。



瑞士电主轴，产品
主要应用于加工中
心及雕铣设备。



德国电主轴供应商，
在高速磨削主轴方
面优势明显。



进入中国较早，知
名度较高。

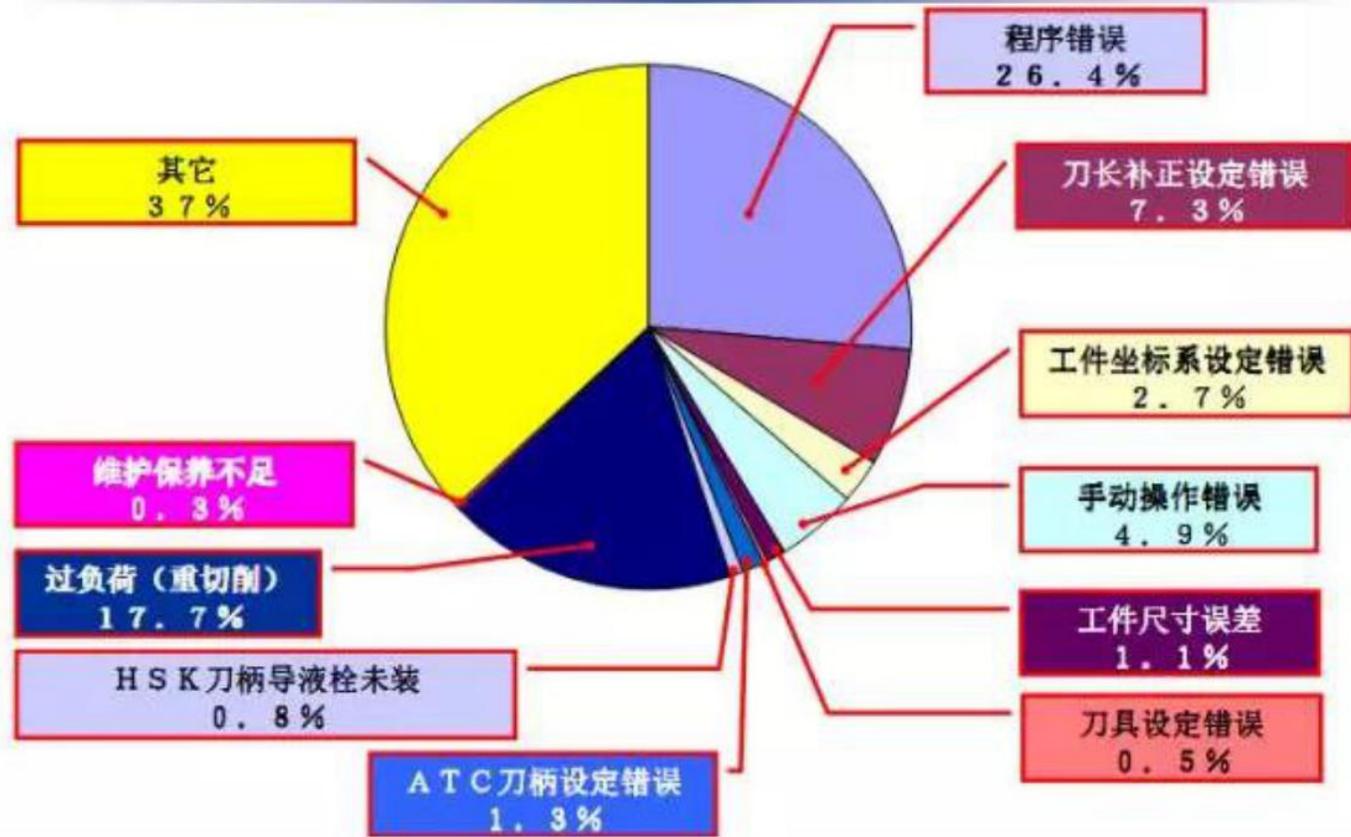


德国著名电主轴供
应商，质量稳定。

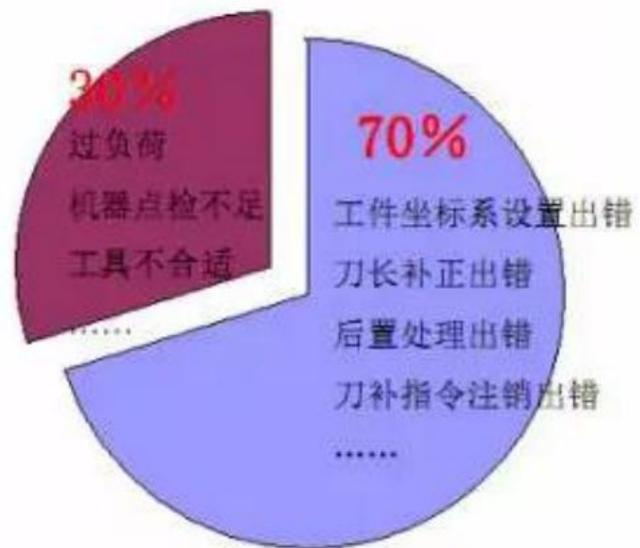


主轴事故原因

配有数据



预防人为错误是非常有必要的



HSK-C (带内冷手动换刀) 和 HSK-E (带内冷自动换刀, 高速型)

常见主轴故障与维修 一



主轴线圈 电流过大、 发热

1

驱动器性能有问题。 ---更换或者修复驱动器。

2

电主轴线圈问题（缺相、对地绝缘不好、三相不平衡或其他问题） ---维修线圈。

3

冷却系统不好。 ---改善冷却系统性能，温度设定正确或疏通冷却水套

4

转子外表面变形，影响电机磁场，进而线圈发热。 ---更换转子。

常见主轴故障与维修 二



主轴轴承发热工作时噪声、振动过大、卡死、精度差

1

主轴轴承研伤或损坏，也会造成主轴回转时摩擦过大，引起主轴温度急剧升高。---更换轴承

2

主轴轴心变形。---更换芯轴

3

轴承座磨损，导致轴承外圈跟转，进而导致轴承发热。-修复轴承座

4

主轴振动大导致轴承发热。---做动平衡。

5

主轴精度差。---更换轴承以及镀磨锥孔

主轴维修出厂标准



项目名称	检验内容	合格标准
锥孔通路	锥孔清洁气路	畅通无堵塞泄漏
换刀状态	重复进行松拉到动作	正常
无刀传感器	无刀状态下的信号	发信
电机绝缘		$\geq 500\text{m}\Omega$
气(油)缸零位信号	油缸在零位状态的信号	发信
气(液)压缸	油(气)缸通路	畅通、无堵塞、 泄漏, 动作顺畅
抓刀传感器	抓刀状态下的信号	发信
气密封通路	气密封通路0.2Mpa左右气压	畅通无堵塞泄漏
电机耐压		$\geq 1300\text{V}$
松刀传感器	松刀状态下的信号	发信
编码器	编码器波形	正常
油、液通路	液体电机(轴承)冷却通路	畅通无堵塞泄漏
电机三相平衡		三相电阻平衡
中心冷却	中心冷却出水	出水无泄漏
线圈传感器	热敏电阻测量	阻值正常
接头	气液接头、电源线缆与接头、信号线缆与接头	正确完好
油、气通路	油气润滑气路	畅通无堵塞泄漏
外观	外圆及法兰外观、两端端面外观、锥孔外观	干净完好
校验棒精度L=250	校验棒L=250mm处径向跳动	$\leq 0.016\text{mm}$
校验棒精度L=300	校验棒L=300mm处径向跳动	$\leq 0.020\text{mm}$
校验棒精度L=100	校验棒L=100mm处径向跳动	$\leq 0.005\text{mm}$
校验棒精度L=200	校验棒L=200mm处径向跳动	$\leq 0.012\text{mm}$
校验棒精度L=150	校验棒L=150mm处径向跳动	$\leq 0.008\text{mm}$

端面精度	主轴端面的轴向跳动	$\leq 0.002\text{mm}$
凸轴外圆精度	主轴锥面或外圆径向跳动	$\leq 0.002\text{mm}$
卡盘精度	卡盘安装后外圆径向跳动	$\leq 0.02\text{mm}$
HSK-100拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	30.0KN-60.0KN
HSK-80拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	20.0KN-40.0KN
HSK-40拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	7.5KN-15.0KN
HSK-125拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	60.0KN-90.0KN
SK-50/BT-50拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	20.0KN-26.0KN
SK-30/BT-30/ISO-30拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	4.0KN-8.0KN
HSK-32拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	3.0KN-6.0KN
SK-40/BT-40/ISO-40拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	8.0KN-14.0KN
HSK-25拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	2.5KN-5.0KN
HSK-160拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	100.0KN-160.0KN
HSK-50拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	10.0KN-20.0KN
SK-50/BT-50/ISO-50拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	20.0KN-26.0KN
HSK-63拉力	拉力计检测拉杆与弹簧产生的拉刀力	15.0KN-30.0KN
温升H	运转时后轴承处的温升	温升 $\leq 30^{\circ}\text{C}$
温度H	运转时后轴承处的温度	温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$
温度I	运转时前轴承处的温度	温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$
温升I	运转时前轴承处的温升	温升 $\leq 30^{\circ}\text{C}$
震动J	前轴承处的震动量	$\leq 2.0\text{mm/s}$
温度K	运转时电机处的温度	温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$
温升K	运转时电机处的温升	温升 $\leq 30^{\circ}\text{C}$
震动N	后轴承处的震动量	$\leq 2.0\text{mm/s}$
内圆精度	主轴内圆2点以上的径向跳动	$\leq 0.002\text{mm}$

THANKS

