

MK5312龙门平面磨床主轴单元改造

■ 南京工艺装备制造有限公司 (江苏 211178) 刘 冬

摘要: 本文针对动静压混合主轴单元在长期使用中发生抱轴等事故, 导致主轴单元报废或修理价格高且周期长的问题, 将动静压混合主轴单元改为滚动轴承主轴单元, 达到了运转精度高, 维修简单、快捷、方便的效果。

我公司MK5312六米龙门平面磨床, 用于磨削直线导轨基准底面和上平面, 使用砂轮周边进行磨削, 产品的磨削精度、效率和表面质量要求都很高。此机床长时间使用后, 其关键部位经常发生故障, 特别是主轴单元部分 (见图1)。该设备的主轴单元采用的是液体动静压混合轴承, 变频电动机驱动, 1:2半径比的平皮带实现传动。由于设备的频繁使用, 几乎每年都要发生一两次比较严重的“抱轴”现象, 导致只能委托制造厂家进行修理, 修理费用高、维修时间长, 严重影响了生产效率。为解决该问题, 根据多年从事设备维修积累的经验 and 近几年滚动轴承精度的大幅提升, 将动静压混合主轴单元改为滚动轴承主轴单元。

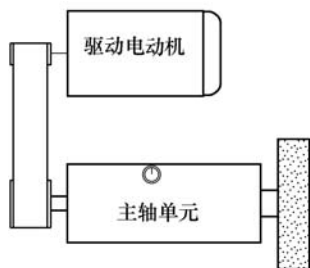


图1 传动示意图

1. 动静压混合主轴单元原理

动静压混合轴承是既能在流体静力润滑状态下、又能在流体动力润滑状态下工作的滑动轴承, 主轴与支撑法兰之间有一层恒定的压力油, 为非接触式滑动摩擦。如图2所示, 先启动供油泵, 油经滤油器后经节流器进入油腔, 此时在主轴颈表面产生一层油膜, 支承、润滑并冷却主轴, 由于节流器的作用, 液压油产生了压力并托起主轴, 后经过回油孔, 通过回油泵的吸力回至油箱, 液压油在油泵的作用下不停地进行循环。然后, 起动磨

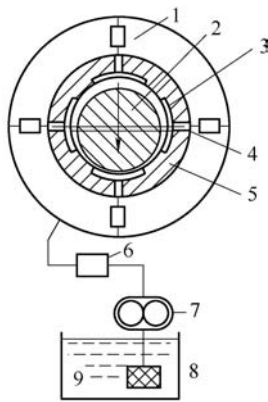


图2 动静压混合主轴单元原理

1. 节流器 2. 轴 3. 油腔 4. 进油孔 5. 轴瓦
6. 压力控制阀 7. 泵 8. 过滤器 9. 油箱

头电动机, 主轴旋转, 利用极易产生动压效应的楔形油腔结构, 主轴进入高速稳态转动后, 形成强刚度的动压油膜, 用以平衡在高速运行下的工作负载进行磨削加工。从结构和功能来看, 对主轴液压油的品质和供油系统稳定性的要求都很高, 否则容易发生“抱轴”现象, 损坏主轴。

2. 改造方案

改造后的主轴单元装配图如图3所示, 主要由主轴壳体、主轴轴承、主轴、密封圈、支撑法兰及带轮组成。改造过程中的主要注意事项及总成检验简介如下。

(1) 主轴壳体。重新设计主轴壳体, 保持原有的安装孔位置, 以至于在安装时垂直进给拖板上使用原有的螺孔, 壳体采用的铸件材料是HT300, 经过时效处理, 根据机床设计制造规范,

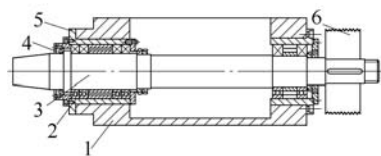


图3 主轴装配

1. 主轴壳体 2. 主轴轴承 3. 主轴
4. 密封圈 5. 支撑法兰 6. 带轮

确定铸件壁厚以及布置适当合理的加强筋，满足强度要求。

(2) 主轴滚动轴承及安装。
滚动轴承是滚动主轴单元的核心部件，是主轴运转精度的保证，是将运转的轴与支撑法兰之间的滑动摩擦变为滚动摩擦，从而减少摩擦损失的一种精密的关键零部件。

本次改造选用的滚动轴承是精密磨床上常用的角接触球承，可同时受径向和轴向负荷，负荷大小由接触角决定，接触角越大，承受轴向负荷能力就越高，目前接触角度有15°、25°、40°三种，主轴的精度要求很高，特别在高精度主轴上一般选用15°，因该角度的轴承在精度和转速上较其他两种高，故选用角接触万能配对轴承。

本次改造采用的是前四后二的机构，即主轴前段装配4个轴承，两组一串，整体“背靠背”安装形式，如图4所示。这种装配方式主轴径向精度高、承载能力强，且主轴的轴向预紧及位移能够控制，使得主轴在磨削时具备一定的刚性。在装配时，将前支撑法兰与主轴装配后，一起装入壳体，最后装后法兰及其轴承。值得一提的是，因为该主轴单元的磨削力基本都作用在前端部分，为了得到更好的磨削效果，在装配完成后前法兰的端面与主

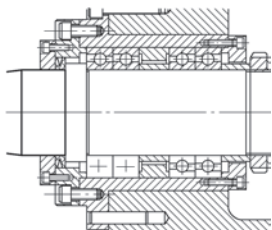


图4 前端轴承装配方式

轴壳体须钻两只固定锥销，以提高磨削效果，防止法兰长时间受力产生松动现象。

轴承径向承载能力校核：原有主轴单元电动机功率是15kW，现保留原有的驱动电机。主轴磨削功率P和砂轮的切向磨削力F_z为

$$P=F_z \cdot V_2 / 1\,000 \tag{1}$$

$$F_z=9.81\left(\frac{C_F \cdot V_1 \cdot F_r \cdot F_a}{V_2}+\mu \cdot F_y\right) \tag{2}$$

式中，P是主轴磨削功率（P=15kW）；F_z是砂轮的切向磨削力（N）；F_y是砂轮的轴向磨削力（N）；V₁是工件移动速度（V₁=18m/min）；V₂是砂轮磨削线速度（V₂=30m/s）；F_r是径向进给量（F_r=0.02mm/r）；F_a是轴向进给量（F_a=100mm/r）；C_F是切除单位体积的切屑所需的能（C_F=10kJ/mm³）；μ是砂轮与工件的摩擦系数（见附表）。

代入公式（1）和公式（2），得出F_z=500kN，F_y=133kN。

两支串联成组配对（主轴前端轴承安装轴颈直径100mm，与原有主轴轴颈相当）的额定动负荷在129kN以上，故此改造装配方式的径向承载能力应该在258kN以上，完全大于砂轮的径向磨削力，说明承载能力是足够的。

(3) 主轴与密封。主轴是核心部件之一，重新制作主轴，采用38CrMoAl作为主轴材料，

通过调质、氮化处理达到内部组织结构要求。主轴的自身精度和性能是影响磨削的主要因素，在主轴制作时，要求主轴的轴承支撑部分与前端锥面部分跳动不超过0.003mm。主轴前端为1：5锥度，在磨削时须与砂轮法兰盘进行配磨，并涂色检查，与砂轮法兰盘的接触率80%以上，大锥面部分接触。密封方式采用骨架油封，起到防水和防尘的效果，安装方式如图5所示。

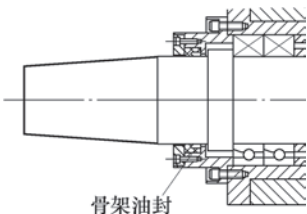


图 5

(4) 带轮。原有传动机构带轮用的是平皮带，起到保护主轴的作用，一旦磨削力过大，平皮带会出现“打滑”现象，以免发生主轴受力过大出现“抱轴”现象。滚动主轴单元不存在“抱轴”现象，属于刚性负载，如继续使用平皮带已经没有必要，容易打滑且传动效率低。改造过程中将其改成为多楔带，两个带轮的直径比与之前相同，保证了磨削线速度。

(5) 总成检验。用千分表对主轴的径向跳动和径向间隙、轴向窜动进行检查（见图6），分别是0.002mm、0mm和0.001mm，满足了设计要求。

工件和砂轮间摩擦系数表

工件材料	磨削液	豆油	轻油	乳化液	水	干磨
	砂轮					
退火碳素钢	GZ46Z2A	0.21	0.61	0.25	0.82	0.73
淬火高速钢	GZ46R1A	0.10	0.15	0.16	0.38	0.32

3. 改造效果

(1) 磨削效率：改造前粗磨0.02 mm，半精磨0.01mm；改造后粗磨0.02mm，半精磨时为0.01mm，即磨削效率保持不变。

(2) 磨削质量：在磨削表面质量方面，能够达到 $R_a=0.4\sim0.8\mu m$ ，如图7所示，能够满足生产工艺需要，与原有动静压主轴磨削效果基本相同。

(3) 磨削精度：磨削精度能够保持与改造前相当，6m平面磨削平行度为0.02mm。

(4) 能量消耗：从能量损耗上看，原有动静压轴承需要一套全封闭的液压系统，从油料、油泵电动机到回油泵电动机，都要消耗能量；而改造后的滚动轴承

主轴单元没有上述部件，日常使用环节中省了不少能源。

(5) 主轴使用寿命：在正常使用设备的情况下，两种主轴单元的使用寿命相当，且动静压主轴对操作人员以及环境的要求更高些。

(6) 维修成本：动静压轴承每次维修长达1个月时间，浪费了设备产能，且维修价格为2万~3万元；改造后的滚动主轴单元维修时间为8h，费用约4 000元，无论在时间上还是在费用上都节省了很多。

4. 结语

综上所述，改造后的效果利大于弊，特别体现在维修周期和维修成本上，而如今，在磨削精度稳定的条件下，维修周期和维修成本是影响生产的重要因素。

机床主轴单元改造后，性能稳定，无需担心“抱轴”现象，维修简单、快捷，很大程度上提高了车间的生产效率、降低了维修成本和使用成本。

[基金项目：国家科技重大专项课题《高速、重载、精密滚动功能部件产业化关键技术开发与应用研究》（2012ZX04002-012）]

参考文献：

- [1] 顿涌泉. 滚动轴承制造装配[M]. 北京：机械工业出版社，2006.
- [2] 张勤，徐钢涛. 液压与气压传动技术[M]. 北京：高等教育出版社，2009.
- [3] 叶伟昌. 机械工程及自动化简明设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2001.

MW (收稿日期：20160224)

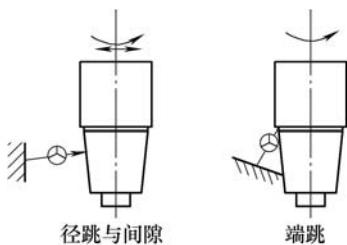


图 6

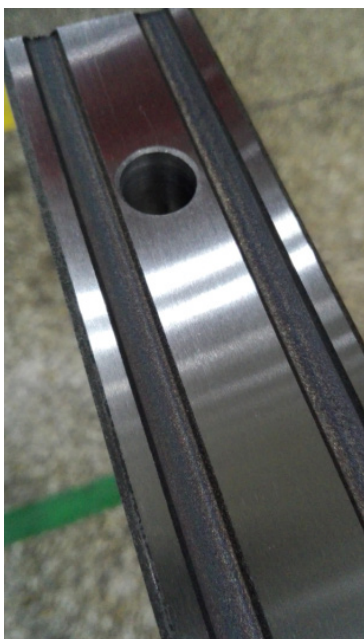


图 7

郑钻全新推出天然金刚石单晶刀具品牌：万嘉 (VAJRA)

天然金刚石、人造单晶金刚石具有硬度高、耐磨性好、强度高、导热性好、与有色金属摩擦系数低、抗黏结性好以及优良的抗腐蚀性和化学稳定性，被认为是最理想的超精密切削刀具材料。广泛应用于航空航天、电子精密零件、光学仪器、镜头镜片等精密和超精密加工领域，适用于有色金属材料的精密加工，钟表和贵金属首饰的镜面加工，以及隐形眼镜内外曲面、砂轮修整的精密加工。

郑钻经过近20年的积累和发展，凭借行业尖端的技术研发团队，秉承“提供超越客户预期的产品和技术服务”的服务理念，产品在国内市场上逐渐扭转了精密刀具依靠进口的局面，一路成为中国超硬刀具行业的领跑者，赢得客户的一致好评。骄人的业绩并没有让郑钻人停下脚步，日前，郑钻全新推出的天然金刚石单晶刀具品牌——VAJRA（万嘉）华彩上市，产品包括天然金刚石和人造单晶金刚石刀具。

VAJRA（万嘉）为金刚杵梵名，意为“坚固”或“力大无比”。金刚杵质地坚固，能击破各种物质，象征着所向无敌、无坚不摧，在佛教中象征着不会毁灭、不可撼动、不可改变，特采此寓意。（本刊讯）