

专用机床主传动优化设计

Optimized Design for Main Transmission of Special Machine

北京航空制造工程研究所

王增新

[摘要] 针对一台机床中主传动存在的传动链长、效率低、发热大、噪声高以及故障多等弊端,进行了优化设计,彻底解决了以上各问题,提高了设备的整体性能。

关键词: 主传动 设计优化 传动效率

[ABSTRACT] Aimed at the abuses of main transmission, such as long transmission chain, low efficiency, much heat generation, high noise and so on, the optimized design is carried out, which solves the problems completely and improves the general performance of the machine tool.

Keywords: Main transmission Optimized design Transmission efficiency

传动设计是机床设计的重要内容,决定着机床的工作性能、可靠性、经济性和维修方便性等性能。实现机床主运动的传动称为主传动。主传动设计是机床传动设计中最关键的环节,对机床的整体性能起决定作用。

本机床的主传动系统(改进前的主传动方案见图1)由安装于横梁顶部的双速电机驱动,经由横梁顶部的同步带传递至滑板顶部,通过端部为花键轴的蜗杆减速器旋转 90° 与滑板垂直,然后经过呈三角形排列的同步带传递至左右主轴箱,通过主轴箱内部的蜗杆副减速,驱

动主轴旋转。其中,蜗杆减速器的花键轴在传递转矩的同时随滑板作垂直运动,完成主轴沿Z向的进给运动。

1 改进前的主传动方案在实际应用中的问题

通过分析研究机床改进前的主传动方案中各机构的性能、运动、工作特点和设备的各种工况条件及要求等,发现其主传动存在以下主要问题。

① 传动链长、传动效率低。双速交流异步电机(上海大速电机 YD280S-6/4)产生的动能,经过“同步带—花键轴—蜗杆副—同步带—蜗杆副—主轴”冗长的传递过程,功率大幅度降低,功率损耗浪费严重。

② 花键轴传递大功率同时轴向移动,容易发热变形导致结构破坏,故障率高。在机床改进前的主传动方案中,扭矩的传递是靠花键轴实现的(如图2所示)。花键轴和花键套分别固定在滑板和横梁2个部件上,而滑板在油缸驱动下相对于横梁作垂直移动。这样,花键轴在高速重载传动时,其轴向移动即为高负载情况下的滑动摩擦传动,摩擦运动产生的瞬时高温(在机床空运转时测得滑移部位横梁外表面的温度高达 120°C)会破坏接触表面的油膜,造成刚性摩擦后局部温度立即提升(类似摩擦焊接),造成花键部分粘连,并损坏其支撑轴承。

而且,花键轴和花键套的加工精度、配合表面硬度、装配同轴度等都直接影响花键轴的使用工况,增加了制造、装配、调试及使用维护的难度。

③ 双速交流异步电机启动电流和转矩对电网和机械传动件造成很大冲击。双速交流异步电机启动电流较大,启动瞬间对电网具有很大的冲击,对同一电网的其他电器设备和机床等具有很大影响,严重时还会烧坏电器保险装置等;同时,其瞬间启动转矩容易损坏机械传动件(如变速箱和传动皮带),降低机床的可靠性。

④ 双速交流异步电机及长距离皮带传动带来很大噪声。60 马力(44.1kW)的

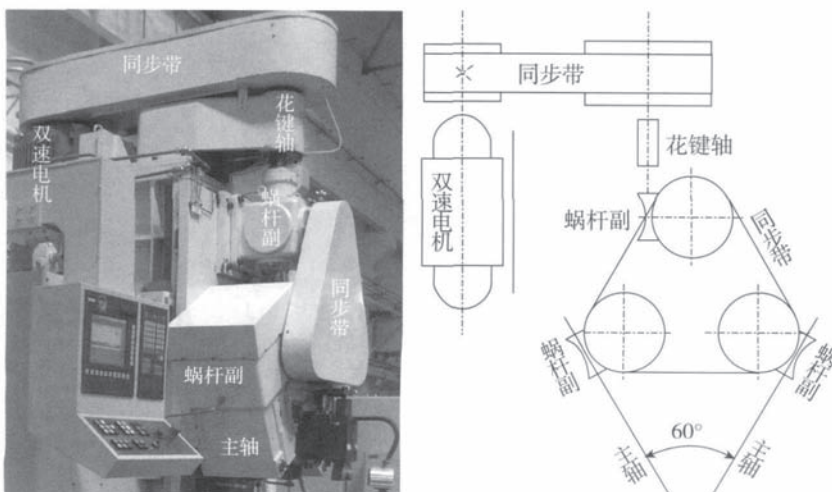


图1 改进前的主传动方案

Fig.1 Main transmission solution before improvement

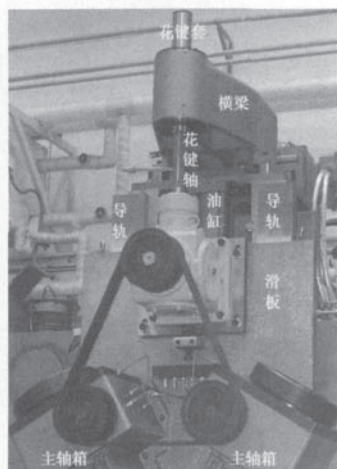


图2 花键传动结构

Fig.2 Spline transmission structure

双速交流异步电机满负荷运转的噪声就高达 70dB; 顶部传动同步带跨越横梁前后, 中心距较大, 又处在传动链的高速端, 运转时皮带振动产生很大噪声; 主轴箱端的同步带也会带来很大噪声。设备空运转时, 在横梁顶部测得噪声高达 102dB, 主轴高速运转时主轴下部噪声为 103dB, 远超出国家标准规定的噪声指标 (88dB), 严重影响操作人员的身体健康及工作环境。

2 解决方案

为了使机床具有合理的主传动结构、足够的动力、良好的精度稳定性、高传动效率、便于操作维修、符合国家相关技术和环境标准, 其主传动设计必须符合以下设计原则:

- 具有一定的转速范围, 能够实现运动的控制, 满足机床运动要求;
- 具有足够的功率、强度、刚度, 满足机床的动力要求;
- 具有较好的抗振性, 温升和噪声小, 满足机床的精度保持性要求;
- 采用尽可能短的运动链, 降低成本, 提高传动效率;
- 结构简单紧凑, 工艺性好, 维修调整方便;
- 运转平稳, 噪声小。

基于以上设计原则, 针对原机床的主传动方案存在的问题进行了设计优化, 如图 3 所示。

① 从加工对象入手, 根据零件所需的最大切削力, 减去传动链的功率损耗, 得出主传动电机的最大功率为 35.6kW, 加上一定的计算误差, 采用额定功率 37kW 的 SIEMENS 伺服电机替代双速交流异步电机。这样, 不仅满足了机床的运动要求, 对运动的控制也更为精确, 而且由于伺服电机的启动平稳性较好, 也有效地避免了双速交流异步电机启动瞬间电流对电网的冲击和瞬间启动扭矩过大对机床的影响。

② 结构上采用“同步带—蜗杆副—主轴”传动形式, 省去了一级同步带(横梁顶部)、花键轴、蜗杆副, 缩短了传动链, 提高了传动效率 (0.92), 避免了花键轴在高速重载传动时产生的瞬时高温破坏花键及支撑结构的问题, 而且结构更加简单紧凑, 降低了加工、制造成本, 缩短了装配、调试周期, 使维修调整更加方便, 机床具有很好的

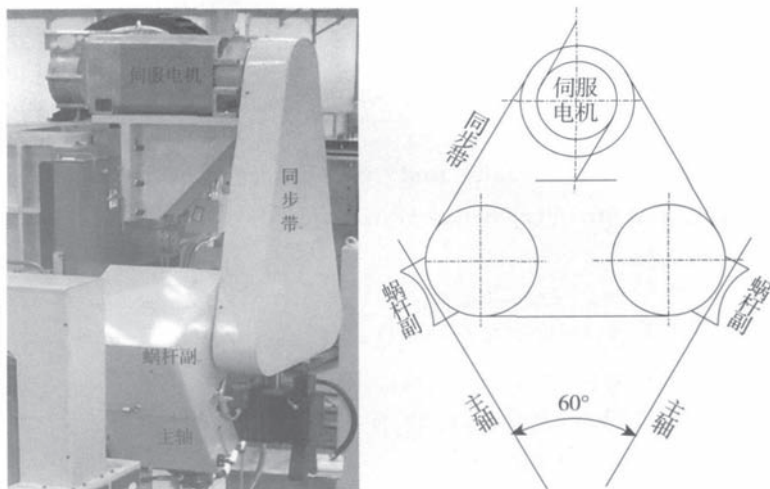


图3 改进后的主传动方案

Fig.3 Improved main transmission scheme

精度保持性和可靠性。

③ 由于结构上去掉了横梁顶部同步带、用伺服电机替代双速交流异步电机, 而且三角同步带用内衬吸振降噪材料的防护罩密封, 大大降低了机床噪声, 使得最终机床的噪声 (70dB) 明显低于国家标准规定的指标 (88dB)。

3 优化结果

优化后的主传动系统, 采用伺服电机直接驱动皮带轮, 减少了中间传动环节的数量, 降低了制造、装配、调试和使用维护的难度, 提高了机床的可靠性。

(下转第 95 页)

测量循环是普通的用于解决特定测量任务的子程序,可以在具体的问题上通过参数匹配测量任务。匹配通过供给参数实现。

本文以配置西门子 840D 数控系统和 611D 伺服驱动系统的数控机床为例。在标准 HMI 人机界面的基础上通过西门子 Protool 软件进行自定义界面的设计。

2.1 参数化程序控制

首先在标准 HMI 上定义刀具测量程序,例如以下程序:

```

DEF REAL AAA
DEF REAL BBB
G71
T1D1
AAA=R02 BBB=R18
TOOL CYCLE RESET; (参数初始化子程序)
R02=AAA R18=BBB
TOOL MEASURE; (刀具测量子程序)
M30
    
```

在上述刀具测量子程序中定义接口 *R* 参数,并在测量循环中进行初始化,利用自定义的全局变量 *AAA*、*BBB* 作为中间变量进行参数数值初始化前的寄存,在测量子程序中再次使用该参数时利用中间变量对其进行赋值。

2.2 刀具测量接口界面

其次是刀具测量接口界面的设置,如图 2 所示,与测量循环相对应,将需要修改的数据进行参数赋值。

在图 2 中的“参数输入区”中输入与测量循环对应的 *R* 参数数值,再通过界面上的功能按钮“Tool radius”来直接调用测量循环,通过西门子操作面板改变机床控制模式进行循环启动就可以进行刀具测量动作了。这样保证了程序的准确性和非参数区的只读性,实现了测量循环的保护。

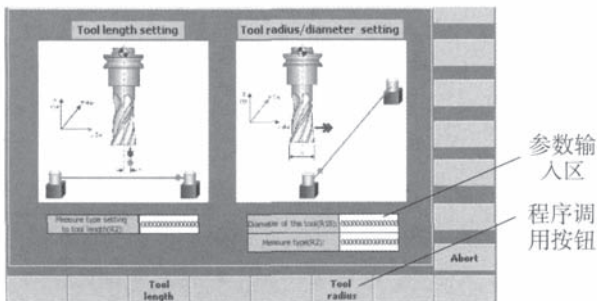


图 2 刀具测量界面
Fig.2 Tool measuring interface

3 测量结果的自动保存

在刀具测量结束后,测量结果自动保存到被测刀具的刀具表中,如图 3 所示。刀具的长度及半径自动被修改,这些数值在刀补中自动生效,实现了测量结果的直观和有效性。

4 结束语

图 3 刀具参数表

Fig.3 List of tool parameters

本文利用数控机床的坐标轴移动功能,将刀具自动测量系统附加在数控机床中,使其具有自动测刀及补偿的功能,这是对数控机床功能的扩展,有助于加快高档数控机床的发展进程。试验表明,本测量系统的测量精度 $\leq 0.02\text{mm}$ 。这一功能的实现提高了机床的使用效率,减小了出错率,可以有效提升产品的性能,促进装备制造业的进一步发展。(责编 金卯)

(上接第 93 页)

主轴采用伺服驱动,使得主轴的控制精度大幅度提高,并且良好的故障诊断系统使维修与维护变得更加容易。而且,伺服电机的启动非常平稳,消除了以往双速交流异步电机启动时对电网和传动环节的冲击。

传动链中去掉了一级皮带、一副花键和一级蜗杆副,避免了花键轴在高速重载传动时产生的瞬时高温破坏花键及支撑结构的问题,不仅提高了制造、维修的方便性,降低了制造和装配成本,还提高了传动精度、传动效率,减少了振动和噪声。

优化后主传动各参数对比见表 1。

表 1 主传动优化前后参数对比

参数	传动链级数	传动效率	最大噪声 /dB	最大温升 /°C
优化前	5	0.81	103	>100
优化后	2	0.92	70	20

经过主传动优化后的机床,在交付使用 3 年多以来,工作稳定可靠,为用户带来了可观的经济效益,受到了用户的好评。(责编 依然)