C1563立式车床进给传动系统改造设计

王立春，李佳，刘明阳
哈尔滨电动机厂有限责任公司　黑龙江哈尔滨　150040

摘要： C1563立式车床已使用60余年，主体结构件稳定，传动系统老化，对机床*X*轴、*Z*轴传动系统进行改造设计，确定合理的改造方案，对机床再制造系统设计具有一定的参考价值和现实意义。

关键词： 立式车床；传动系统；改造；设计

1　序言

C1563立式车床于1959年引进，已使用60余年，机床在使用过程中只进行过常规大修，机床主体结构件性能稳定，但*X*轴（滑座横向移动）和*Z*轴（滑枕纵向移动）传动系统老化，齿轮磨损严重，精度差，噪声大，备件无法采购。为恢复机床的正常使用性能，决定对其传动系统进行改造，重新设计*X*轴及*Z*轴传动系统。

2　原传动系统简述

C1563立式车床原传动系统较为复杂，如图1所示。

从图1中可以看出，在原传动系统中刀架滑座横向运动（*X*轴）和刀架滑枕纵向运动（*Z*轴）由于都

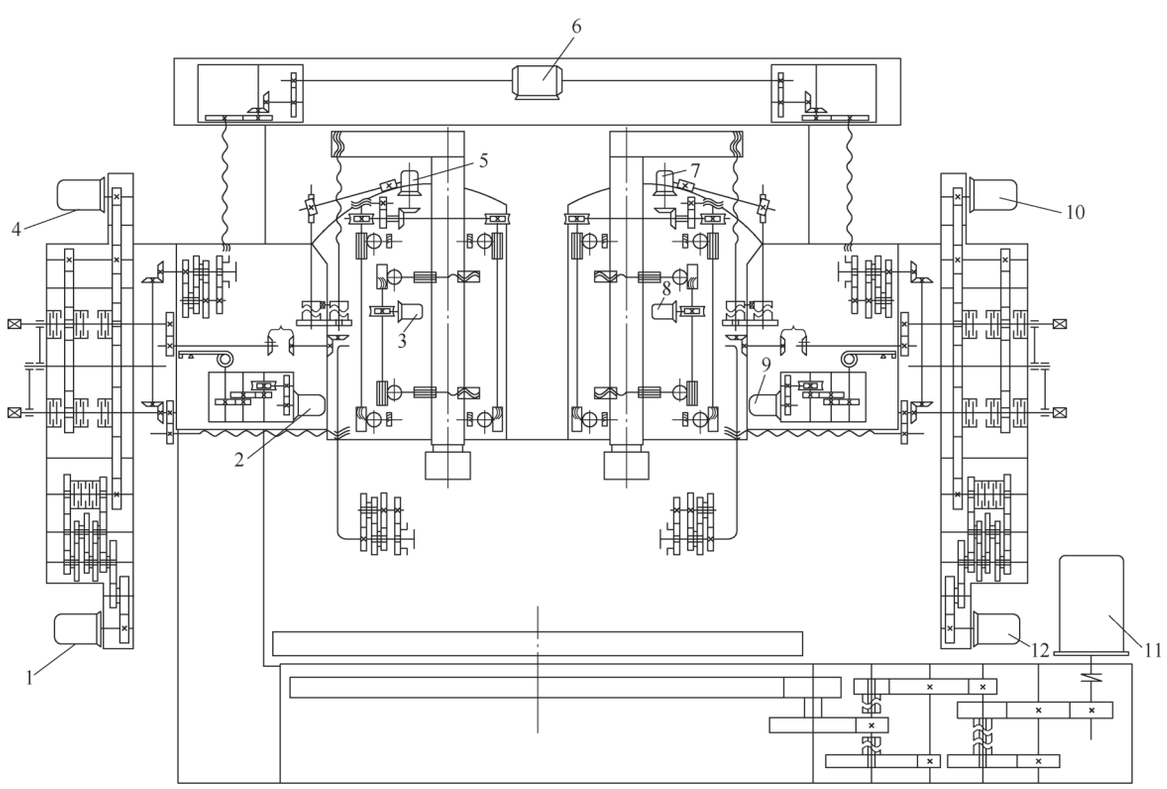

图1　C1563立式车床传动系统示意

1、12—进给电动机　2、9—横梁夹紧电动机　3、8—滑枕夹紧电动机　4、10—快速电动机
5、7—滑座夹紧电动机　6—横梁升降电动机　11—主传动电动机

是通过共同的快速电动机（7kW，1335r/min）和进给电动机（6.6kW，27～2700r/min）经由共同的齿轮箱，实现直线进给运动，所以*X*轴和*Z*轴直线运动的进给速度范围和最大速度参数相同。具体如下：*X*/*Z*轴进给传动速度为0.0282～275mm/min，*X*/*Z*轴快速传动最大速度为2400mm/min。

根据机床说明书描述和实际测绘，现*X*轴传动系统参数如下：右刀架质量m_1=6100kg，右滑板质量m_2=3700kg，*X*轴丝杠长度L_B=4982mm，*X*轴丝杠直径D_B=100mm，*X*轴丝杠导程P_B=10mm，*X*轴丝杠质量M_B=168kg，丝杠材质密度$\rho=7.9\times10^3$ kg/m^3。

现*Z*轴传动系统相关参数如下：滑枕质量$m_3\approx$2000kg，*Z*轴丝杠长度L_{B1}=3720mm，*Z*轴丝杠直径D_B=100mm，*Z*轴丝杠导程P_B=10mm，*Z*轴丝杠质量M_{B1}=126kg，丝杠材质密度$\rho=7.9\times10^3$ kg/m^3。

3　*X*轴传动系统改造设计

*X*轴传动系统拟改造为伺服电动机通过减速箱直接驱动传动丝杠，通过电动机转速变化实现进给运动和快速运动。

*X*轴丝杠拟选用原参数，则相关设计参数如下：*X*轴快速进给速度*V*=2400mm/min，切削力F_A=50000N，*X*轴丝杠倾斜角$\theta=0°$，梯形丝杠效率η=0.3，加减速时间*t*=0.2s，螺母摩擦因数μ=0.3。则减速箱输出轴速度$N=V/P_B$=2400/10=240r/min。

*X*轴改造拟选用电动机转速*n*为2000r/min，则转速比为

$$i=2000/N=2000/240=8.33 \quad (1)$$

根据计算结果，考虑到适当放大转矩，故选择减速比*i*=10，将*X*轴快速进给速度*V*由2400mm/min修正为2000mm/min。

*X*轴运行负载力为

$$F=F_A+(m_1+m_2)g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$$
$$=50000+(6100+3700)\times9.8\times(\sin0°+0.3\cos0°) \quad (2)$$
$$=78812\ (\mathrm{N})$$

丝杠预负载为

$$F_0=F/3=26271\ (\mathrm{N}) \quad (3)$$

负载转矩为

$$T_L=(FP_B)/(2\pi\eta)+(\mu F_0P_B)/(2\pi)$$
$$=(78812\times0.01)/(2\times3.14\times0.3)+(0.3\times26271\times0.01)/(2\times3.14)$$
$$=430.87\ (\mathrm{N\cdot m}) \quad (4)$$

丝杠转动惯量为

$$J_B=\pi\rho L_BD_B^4/32$$
$$=3.14\times7.9\times10^3\times4.98\times0.1^4/32 \quad (5)$$
$$=3.88\times10^{-1}\ (\mathrm{kg\cdot m^2})$$

负载转动惯量为

$$J_m=(m_1+m_2)\ (P_B/2\pi)^2$$
$$=9800\times[0.01/(2\times3.14))]^2 \quad (6)$$
$$=2.49\times10^{-2}\ (\mathrm{kg\cdot m^2})$$

加速转矩为

$$T_a=(J_B+J_m+J_0)N_M/9.55t$$
$$=(3.88\times10^{-1}+2.49\times10^{-2})\times200/(9.55\times0.2) \quad (7)$$
$$=43.24\ (\mathrm{N\cdot m})$$

式中，N_M是输出轴转速，$N_M=n/i$；J_0为选定电动机转子转动惯量，计算中忽略。

可知必要转矩为

$$T=(T_a+T_L)S_f$$
$$=(43.24+430.87)\times2 \quad (8)$$
$$=948.22\ (\mathrm{N\cdot m})$$

式中，S_f是安全系数，取值为2。

则电动机需要转矩为

$$T_M=T/(i\eta_G)$$
$$=948.22/(10\times0.94) \quad (9)$$
$$=100.87\ (\mathrm{N\cdot m})$$

式中，η_G是损耗系数。

4　*X*轴改造方案确定

根据计算，电动机额定转矩已超过100N·m，电动机选型过大，减速箱传动比为10不能满足设计要求。原设计传动比为25，按照此数值重新计算，所需电动机转矩为45N·m，选用转矩50N·m电动机即可实现。

若将原丝杠更换为导程为20mm的滚珠丝杠，与传动比为25的行星减速器配合使用，可以满足转矩要求。丝杠导程增加虽然增大了转矩，但是滚珠丝杠工作效率η=0.9，比原梯形丝杠高出3倍，实际上电动机通过减速箱后所需转矩会大大降低，满足使用要求。既然*X*轴传动系统选用滚珠丝杠，那么决定对机床进行数控改造，虽然增加改造成本，但

会极大地提高机床的精度和效率。

根据以上分析和计算，确定了*X*轴传动系统改造方式，即通过伺服电动机驱动行星减速器带动丝杠旋转，实现刀架滑座横向直线运动，通过参照图样及实际空间测绘，最后确定的主要部件选型见表1。

表1　C1563立式车床*X*轴传动系统改造主要部件选型

序号	部件	型号	品牌
1	伺服电动机	1FT6 108-8AC71-1DG0	西门子
2	行星减速器	PX240 25-LB	湖北汉星
3	滚珠丝杠	FFZD10020-5-4480/5106	南京工艺

5　*Z*轴传动系统改造设计及方案确定

*Z*轴（滑枕纵向移动）传动系统与*X*轴是通过共同的快速电动机和进给电动机，并经由共同的齿轮箱实现直线传动的，由于*Z*轴丝杠与*X*轴丝杠直径和导程参数完全一致，所以*Z*轴传动系统设计可以参考*X*轴，将此传动系统拟改造为伺服电动机通过减速箱（电动机与减速箱放置在刀架上部）直接驱动滚珠丝杠，通过电动机的转速变化实现进给运动和快速运动。

*Z*轴丝杠选用参数同样参照*X*轴，根据*X*轴计算结果，将*Z*轴丝杠选用滚珠丝杠进行计算，轴拟选用参数如下：*Z*轴快速进给速度V=2000mm/min，外力（切削力）F_A=50000N，*Z*轴丝杠导程P_B=20mm，*Z*轴丝杠直径D_B=100mm，*Z*轴丝杠倾斜角θ=90°，滚珠丝杠效率η=0.9，减速箱减速比i=25，加减速时间t=0.2s，螺母摩擦因数μ=0.01。

通过计算，*Z*轴电动机需要转矩为T_M=55.99N·m。

根据计算结果，*Z*轴（滑枕纵向移动）传动系统数控化改造后主要部件主要参数基本可以确定，即伺服电动机额定转矩需大于55N·m；减速箱减速比为25；滚珠丝杠直径100mm，导程为20mm。通过参照图样及实际空间位置测绘，最后确定具体选型见表2。

表2　C1563立式车床*Z*轴传动系统改造主要部件选型

序号	部件	型号	品牌
1	伺服电动机	1FT6 108-8AC71-1DH0	西门子
2	行星减速器	PX240 25-LB	湖北汉星
3	滚珠丝杠	FFZD10020-5-2709/3194	南京工艺

6　结束语

实践证明，C1563立式车床采用此方案改造后，*X*轴和*Z*轴传动系统恢复正常使用功能，运行平稳可靠，加工精度和加工效率都得到大幅提升，60年的老旧机床通过再制造变成了全新的设备，此次改造获得了成功。

参考文献：

[1] 凌智勇. 机床液压系统及故障维修[M]. 北京：化学工业出版社，2007.

[2] 刘会英，于春生. 机械设计基础[M]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，1997.

[3] 张万奎. 机床电气控制技术[M]. 北京：中国林业出版社，2006.

[4] 吴孜越. 机床数控化改造技术及实例[M]. 北京：化学工业出版社，2018.

[5] 沙欣·费利扎德. 电机及其传动系统-原理、控制、建模和仿真[M]. 杨立永，译. 北京：机械工业出版社，2016.

[6] 姜洪源，秦大同，闫辉. 现代机械设计手册[M]. 2版. 北京：化学工业出版社，2020.

MW 20210815

（上接第85页）

表4　产品异常原因的查找时间对比

改进之前的操作及耗时		改进之后的操作及耗时	
操作内容	耗时/h	操作内容	耗时/h
操作不当查车床履历	4	MDA编程测试程序验故障	2
车刀装夹异常确认	4	查看EX1015报警信息	1
再次车削产品重演故障	8	调整监视锁紧装置	2
液压油路机理分析	2	关盖整理现场	1
反馈环节动作确认	2	无需确认反馈环节动作	0
合 计	20	合 计	6

加效益894.4万元。机床制造商也可借鉴该策略，对机械行业广大车床用户大有裨益。

参考文献：

[1] 刘胜勇. 齿轮清洗机计数定保机能的设计及应用[J]. 汽车工艺与材料，2018，354（6）：64-68.

[2] 刘胜勇. 基于TRIZ理论的水基切削液定时加注系统设计[J]. 金属加工（冷加工），2018（2）：75-76.

[3] 刘胜勇. 图解数控机床维修必备技能与实战速成[M]. 北京：机械工业出版社，2018.

MW 20210801