



# 德国海科特龙门导轨磨床数控化改造设计

江 洁

(武汉职业技术学院 机电工程学院, 武汉 430073)

**摘 要:**针对已达大修年限的龙门导轨磨床,分析了待修前的机床结构,提出了在大修同时进行数控化改造的思路,并以磨头进给轴为例对其数控化改造进行了设计说明,为推进加工设备数控化的实现提供了借鉴与参考。

**关键词:**龙门导轨磨床;数控化改造;磨头进给控制

中图分类号: TG580.2

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2013) 05-0072-04

## 引言

某机床厂 1984 年购进的一台东德海科特 (Heckert) 龙门导轨磨床设备, 使用了 20 多年, 已到达大修的年限。基于对机床加工技术及质量越来越高的要求, 且随着数控应用技术的发展渐趋成熟, 厂家希望在大修的同时进行设备的数控化改造。对这些重型机床而言, 由于机床本体成本较高, 但只要适当调整并添置一些数控装置即可进行一定程度的数控化改造, 以恢复或部分提高机床精度, 并拓宽其加工工艺范围, 对厂家而言, 其具有投资少、见效快、成效显著等优势, 也是当前我国推进加工设备数控化的实现途径之一。

## 一、海科特龙门导轨磨床的结构特征及改造思路

### (一) 龙门导轨磨床的结构及待修前的问题

该龙门导轨磨床的总体结构如图 1 所示, 主要部件有龙门架、床身、工作台、砂轮驱动装置、横梁及横梁驱动装置、周边磨头和万能磨头及其驱动装置、带砂轮修整器、液压和冷却及润滑装置、控制柜及悬

挂式控制站等。改造前该机床的工作台纵向往复运动由直流电机驱动蜗轮蜗杆副传动实现, 可无级调速; 横梁位于机床龙门架前面, 横梁升降由电机驱动 (电器有横梁平衡校准功能) 带动 2 套蜗轮蜗杆副传动, 启停时伴随着液压松开和蝶簧夹紧的动作控制, 横梁的升降调整是为适应不同高度加工对象而进行的; 磨头部分架装在横梁上, 其在横梁上的水平移动进给是由安装在横梁侧边箱体中的直流电机 (高速) 和交流电机 (低速) 驱动各自的丝杠螺母副, 高低速通过电磁离合器切换; 磨头的垂直进给由 2 个变级交流电机驱动 (慢速、快速), 通过电磁离合器切换; 周边磨头主轴采用多瓦式滑动轴承结构; 万能磨头主轴直接由直流电机驱动。

由于该机床长期连续负荷运行, 已导致出现: 周边磨头多瓦式滑动轴承磨损, 旋转精度下降; 横梁夹紧力偏低; 周边磨头和万能磨头滑座的垂直进给稳定性较差、水平进给系统驱动故障较多; 且机床液压站年久失修等多方面的问题。为此, 需要对该机床进行大修, 同时对磨头进给部分进行数控化改造升级。

### (二) 机床大修及数控化改造的整体思路

根据机床改造前出现的上述问题, 其改造应该

收稿日期: 2013-09-06

作者简介: 江洁 (1964-), 女, 湖北武汉人, 硕士, 武汉职业技术学院机电工程学院高级工程师, 研究方向: 数控机床设计。

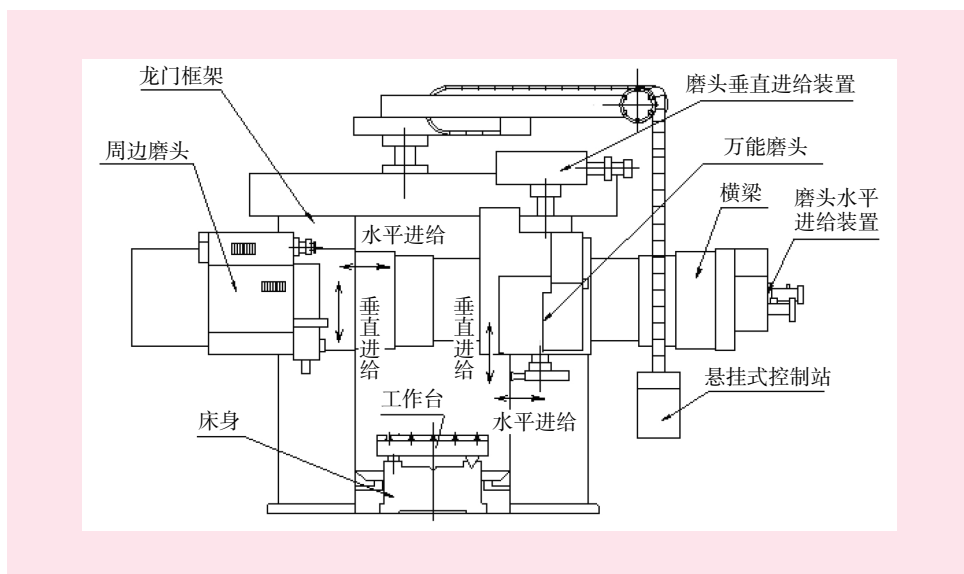


图1 海科特龙门导轨磨床的结构组成

包括修复和数控化改造两部分内容。修复部分包括更换蝶簧以及对基础大件、相互配合的接触面、导轨面进行机械加工或修刮，修复因磨损或研伤造成的基础件形状及位置误差，保证恢复机床几何精度。其液压润滑系统、轴承等的处置将配合改造而重新设计。

数控化改造包括机械和电气两方面。机械方面包括对磨头原进给的机械传动链部分，从电机到普通丝杠螺母副及支座全部拆除，重新设计。采用伺服进给电机驱动、无键传动联接、滚珠丝杠螺母副、消除及预紧装置等，保证机械传动满足数控进给高效、高精度、高刚性的要求。

电气方面，需要将原普通导轨磨床改造升级为数控控制。为此，机床的数控系统采用西门子新推出的 SINUMERIK 828D，配置 SINAMICS S120 驱动和 1FK7 伺服电机，采用 DriveCLiQ 接口通信，PLC 编程接口采用以太网。拆除原控制柜中关于磨头水平移动、垂直移动的驱动与控制器件，安装新的西门子 S120 电源模块、驱动模块、控制模块等，并重新设计有关部分的控制，更改其相关布线与逻辑 PLC 程序。重新设计、制作新的操作箱，并增加电子手轮，以便于机床操作。

## 二、龙门导轨磨床的数控化改造设计

根据该龙门导轨磨床的结构特点及数控机床坐标系统设定规则，数控化改造时各进给轴分配为：以周边磨头为主运动控制对象，其水平进给为 Y 轴、垂直进给为 Z 轴；以万能磨头为次运动控制对象，其水平进给为 V 轴、垂直进给为 W 轴。工作台纵向往复运动为 X 轴方向，但仍保持原始控制方式，并不进行数控化改造设计，横梁升降调整系统亦保持不变。鉴于各进给轴的数控化改造方法的相似性，在此主要

就周边磨头进给轴的数控化改造为例进行设计说明。

### （一）周边磨头水平进给 Y 轴的数控化改造设计

要将一普通电机控制的进给轴升级改造为数控伺服控制轴，应先选择伺服控制方式，然后进行机械传动系统的设计和进给伺服系统的设计，确认可行后方可根据设计要求选用并装调。

#### 1. 确定伺服系统控制方式

根据磨床 Y 轴定位精度要求高（定位误差  $\leq \pm 0.01\text{mm}$ ）的特点，其进给伺服控制系统需采取半闭环或全闭环控制系统。闭环控制可以补偿机械传动装置中各种误差、间隙及干扰的影响，定位精度高，但由于进给丝杠的拉压、扭转精度以及摩擦阻尼特性和间隙等非线性因素都包含在位置控制环内，若参数匹配不当，将引起系统振荡。半闭环控制可以部分补偿机械传动装置的误差、间隙及干扰的影响，定位精度较闭环低。针对该机床基于 Y 轴行程及位置精度要求，综合考虑到系统控制稳定性、位置精度及改造成本等因素，确定采取半闭环控制方式，在滚珠丝杠轴端安装位置编码器。

#### 2. 机械传动系统设计

由于原始磨头水平进给系统从电机到普通丝杠螺母副及支座需全部拆除，更换为伺服进给的数控控制，其传动系统必须重新设计。为保证伺服进给系统的定位精度和工作稳定性，在传动结构设计上始终要满足无间隙、低摩擦、低惯量、高刚度的要求。传动系统的主要设计思路如下：

（1）根据磨头部件重量和切削力以及滚动导轨副摩擦系数等，估算 Y 轴所需驱动力大小。

（2）根据磨头使用条件、负载、速度、加速度、最大行程、位置精度、寿命等数据进行滚珠丝杠的参数

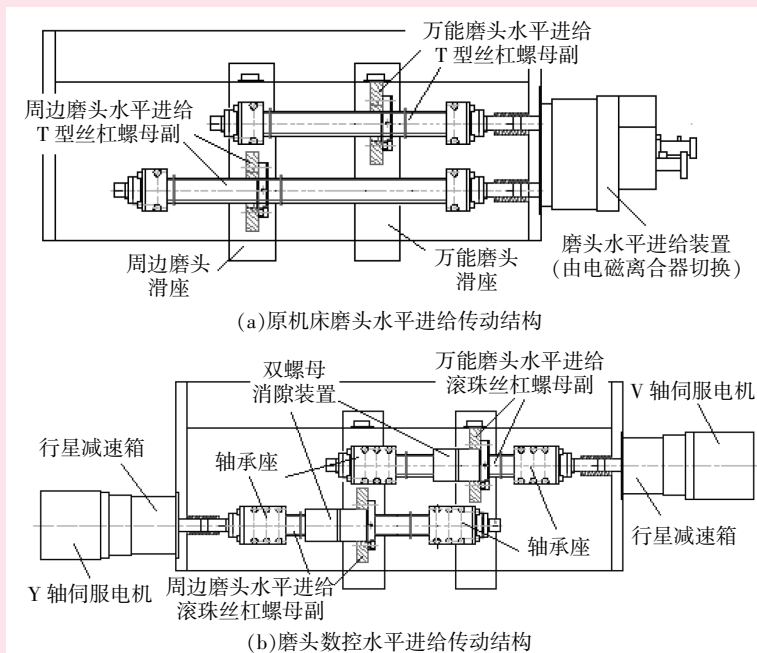


图2 改造前后磨头水平进给传动变化

计算与选用。

其主要设计内容包括：确定滚珠丝杠导程、预期额定动载荷、最小螺纹底径、螺母形式及规格代号；确定预紧力并计算行程补偿值和预拉升力；确定丝杠支承形式及轴承型号；设计滚珠丝杠工作图。由于是在原有机床上进行改造，因此还需要根据现有空间位置进行相关设计。如磨头行程及丝杠支承位置、双螺母消除结构、螺母座空间位置等均要受到限制，需要特别注意。

### 3. 进给伺服系统设计

进给伺服系统设计主要包括：伺服电机的选择、死区误差计算、定位精度验算等内容。由于确定Y轴为半闭环进给控制系统，其机械传动装置的输入和输出之间存在着误差。这个误差的产生，部分是由于丝杠螺距误差引起（主要是死区误差），还有一部分是由于传动系统的动力参数（如传动刚度、移动部件惯量、导轨摩擦力、间隙、速度阻力等）产生的。这部分误差在设计计算时必须予以考虑，否则将会使传动链产生低速爬行或高速振荡的现象。

### (二) 周边磨头垂直进给Z轴的数控化改造设计

磨头垂直进给Z轴设计和Y轴设计有很多相同之处，但由于工作性质不同，设计时又有如下不同之处。

1. 因滚珠丝杠副传动不能自锁，所以Z轴进给伺服电机必须选择带抱闸功能，以防止静止时磨头因自重而自行下落。

2. 由于垂直进给精度比较难控制，故增加光栅

尺实现全闭环控制，确保垂直进给精度。而且Z轴行程不长(630mm)，稳定性也比较容易保证。

3. 由于滚珠丝杠副要求保证精度需采用双螺母消除结构，而双螺母安装尺寸较大，在磨头现有的垂直驱动空间尺寸内无法加装。为此，经反复设计确定，保留原有减速箱体，简化箱体内传动结构，不再增加磨头高度，利用箱体空间解决垂直进给用双螺母滚珠丝杠安装问题。

### (三) 双磨头水平进给传动结构的改造设计

如图2(a)所示，原机床的周边磨头和万能磨头在横梁上的水平移动是由安装在横梁侧边箱体中的直流电机（高速）和交流电机（低速）经减速箱减速后驱动各自的T型丝杠螺母副，由电磁离合器切换运动的。数控化改造后，周边磨头（Y轴）和万能磨头（V轴）的运动分别由各自的伺服电动机单独驱动。由于要满足原磨头较低的进给速度，而所选进给伺服电机转速较高，进给系统传动比较大，因此需要重新设计行星减速箱（减速比1:20），与交流伺服电机及滚珠丝杠直连，由螺母带动磨头滑座实现水平进给，改造后的传动结构如图2(b)所示。其磨头滑座导轨副精度需研刮恢复，并更换精密导轨滑块（德国INA），以确保其进给精度。

## 三、数控化改造前后设备性能的比较

该机床经此大修改造后，不仅解决了使用中存在的问题，恢复了机床的精度和功能，而且由普通机床升级为数控机床，其设备性能得到了较大的提升。

表 1 两磨头改造前后进给结构及性能

部件	周边水平进给(Y轴) 万能磨头水平进给(V轴)		周边磨头垂直进给(Z轴) 万能磨头垂直进给(W轴)	
	改造前	改造后	改造前	改造后
主要传动装置	普通变速箱	行星减速箱	普通变速箱	改造原减速箱
	T型丝杠	滚珠丝杠副	T型丝杠	滚珠丝杠副
	镶钢导轨	镶钢导轨	镶钢导轨	镶钢导轨
	滚动导轨块	精密滚动导轨块	滚动导轨块	精密滚动导轨块
驱动及控制	1个普通高速直流电机和一个低速交流电机(电磁离合器切换)	1.交流伺服电机 1FK7-2AC71-1QG0 2.西门子 828D 数控系统 3.SINAMICS S120 全数字交流伺服驱动装置 4.半闭环位置反馈系统(增量式光电脉冲编码器)	慢速和快速 2个普通交流电机(电磁离合器切换)	1.交流伺服电机 1FK7100-2AC71-1QH0 2.西门子 828D 数控系统 3.SINAMICS S120 全数字交流伺服驱动装置 4.全闭环位置反馈系统(光栅尺)
	1.进给系统驱动故障较多	1.数控进给轴,无级调速,进给运动自动控制 2.精度提高	1.稳定性较差	1.数控进给轴,无级调速,进给运动自动控制 2.精度提高
	2.精度下降	3.效率提高	2.精度下降	3.效率提高
	3.手动和半自动控制	4.可联动加工曲面,加工工艺范围扩大 5.增量式手脉,操作方便 6.系统故障报警显示,便于诊断维修	3.手动和半自动控制	4.可联动加工曲面,加工工艺范围扩大 5.增量式手脉,操作方便 6.系统故障报警显示,便于诊断维修

两磨头改造前后的结构和性能比较见表 1 所示。

四、结束语

可以看出,经过上述机械和电气方面的改造后,即可将普通磨床变成数控磨床,也因此具有了数控磨床的功能优势和性能优势。当然要完成整台机床数控改造,机械和电气设计内容很多也很细致,还需要根据现场实际情况制定合理的技术方案。本文主要就机床的机械改造设计方案进行了介绍,希望能给有需求的读者提供一些参考。

参考文献:

[1] 张桂欣.长规格数控龙门导轨磨床的研制[J].制造技术与机床,2011,(6).  
[2] 阙彦,王凯华.东德导轨磨床的数控化电气改造[J].机床电器,2009,(6).  
[3] 罗永顺.机床数控化改造实例[M].北京:机械工业出版社,2010.

[责任编辑:詹华西]

The Numerical Control Design of Germany Heckert Gantry Type Rail Grinder

JIANG Jie

(School of Mechanical and Electrical,Wuhan Polytechnic, Wuhan430074, China)

**Abstract:** In view of the gantry type rail grinder which has reached the overhaul life, the paper analyzes the pre-views machine tool structure, puts forward the ideas of NC transformation in the overhaul of the way with the grinding head feed axis as an example of the design of the NC transformation and provides reference for promote the realization of NC processing equipment.

**Key words:** gantry type rail grinder; NC transformation; grinding head feed control

江洁：德国海科特龙门导轨磨床数控化改造设计