

Structural Modification and Parameter Design of Machining Machine Tool Based on Y3150E Hobbing Machine

Yu Wang Xue Li

College of Mechanical and Electrical Engineering, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang, 161001, China

Abstract

Due to the inherent error of the hobbing machine and the difficulty of hobbing processing, it is an important reason for the machining accuracy. In order to overcome this inherent error, the electrical control system of the hobbing machine can be modified. In this paper, through the motor selection and load calculation, the improvement strategy of the limit structure is finally determined and the control system workflow is given, practically streamlined the transmission structure, reducing the transmission error of the hobbing machine processing process and improving the machining accuracy.

Keywords

Y3150E hobbing machine; motor selection; load calculation

基于 Y3150E 型滚齿机加工机床结构改造及参数设计

王钰 李雪

齐齐哈尔大学机电工程学院, 中国·黑龙江 齐齐哈尔 161001

摘要

由于滚齿机机床自身固有的误差和滚齿加工的难度对加工精度的影响是重要的原因, 为了克服这个固有误差可以对滚齿机的电气控制系统进行改造。本文通过电机选型和荷载计算, 最终确定极限结构的改进策略并给出控制系统工作流程。实践性精简了传动结构, 降低滚齿机加工过程传动误差, 提高加工精度。

关键词

Y3150E 型滚齿机; 电机选型; 荷载计算

1 改造价值分析

使用滚齿机对齿轮进行加工的过程中, 对加工精度影响较大的因素很多, 本文是对 Y3150E 滚齿机进行电气化改造和参数校核, 利用 PLC 进行控制, 可以使 Y3150E 滚齿机各方面的性能得到更好的改善。Y3150E 型齿轮机是普遍应用的加工机床, 主要用于直齿和斜齿轮^[1-3]。机床的外形图如图 1。

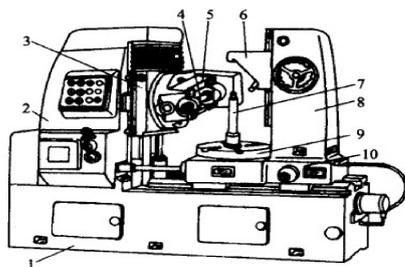


图 6.29 Y3150E 型滚齿机外形图

1—床身 2—立柱 3—刀架溜板 4—刀杆 5—滚刀架
6—支架 7—心轴 8—后立柱 9—工作台 10—床鞍

图 1 Y3150E 型滚齿机外观图

滚齿机 PLC 系统设计, 能够扩大生产范围, 进步生产精度, 促进机器自动化和工作效率, 减少生产的时间, 给施工者减轻任务, 改善工作环境。

2 具体改造方案论证

根据 Y3150E 型滚齿机的结构和主要技术参数, 主电机选择由主驱动系统分析确定。对旧滚齿机的传动系统逐步进行了分析, 指出了 YM350E 型滚齿机存在的缺陷, 并初步确定了改造方案。如进给运动时, 丝杠螺母链和轴向进给运动之间的磨损极大, 使用时间短, 功效低, 无法满足速度快, 效率高, 高精度的要求, 因此, 选用能够调节的滚珠丝杠工作。在作径向进给运动的同时, 删去传统的手动进给的工作流程, 利用伺服电机, 用联轴器带动蜗轮蜗杆来工作运转^[4-7]。

2.1 具体修改方法如下

本改造设计是基于 Y3150E 型齿轮机的电气系统, 最后,

建立齿轮传动系统的传动方案。

(1) 由伺服电机驱动齿轮机的主运动和进给运动, 精简机床的构造, 对机床做进给运动中磨损较大, 误差较大的零件进行替换, 减少机床在进行齿轮加工时的自身传动误差, 提高运动精度。

(2) 精简传动链, 缩短工作时间, 加快齿轮生产速度。滚刀轴和齿轮滚刀的倾斜角度之比等于滚刀的螺线角度, 可以让齿轮的方向与齿轮齿同步。它需具有以下三条传动链:

主传动链: 电机 -1-2-iv-3-4- 滚刀, 它是驱动滚刀旋转运动的外部连接, iv—换挡机构。

展成运动传动链: 滚刀 -4-5-ix-6-7- 工作台, 为内接触运动链, 构成渐开线外形的复式驱动运动。

轴向进给运动传动链: 工件 -7-8-if-9-10- 滚珠丝杠, 是外部驱动链, 运动线性齿形的齿宽。

(3) 通过机械设备的硬件改造, 用多台伺服电机对各运动部件进行直接控制, 利用传感器对运动部件的位置进行跟踪和检测, 将检测到的数据传递给 PLC, 通过 PLC 的可编程自动控制系统向各运动部件发送指令, 实现多台伺服电机协同工作。

2.2 滚齿数控改造部分的电机选型

此次改造要求是将机械滚齿机改造为数控滚齿机, 通过 PLC 做控制芯片, 系统控制多个电动机协同工作, 选择电动机的类型: 主电机使用 1PH7 交替型主轴电机。利用的 1FK7 同步伺服电机, 编码器与电机接通工作时, 不受编码器控制^[8-10]。

| | | | |
|---------|--------------------|----------|--------------|
| 主电机 | 1PH7101-2NF02-OBJO | 功率 3.7KW | |
| 垂直进给电机 | 1FK7083-5AF71-1SH0 | 扭矩 16N·m | 转速 3000r/min |
| 工作台旋转电机 | 1FK7083-5AF71-1SH0 | 扭矩 16N·m | 转速 3000r/min |
| 辅助进给电机 | 1FK7083-5AF71-1SH0 | 扭矩 16N·m | 转速 3000r/min |

2.3 滚珠丝杠选型计算

动载荷的计算与直径估算, 根据本设计的滚齿机改造, 旧式 Y 轴进给运动的机床链滑动螺钉和螺母之间的产生的误差大, 工作时间按短, 使用率低, 无法达到高速度、高效率、高精度的控制要求, 同时为满足齿轮加工精度的要求, 滚筒

丝杠驱动可调。

齿轮箱的纵轴是加工要求极高的滚珠丝杠副, 尽可能加以具体计算挑选。滚珠丝杠承载轴向载荷, 因此其选择的标准极高。需要对系统灵活, 并且对小位移 (螺丝角的小角度) 敏感, 因此摩擦转矩应尽可能小^[11]。

滚珠丝杠工作效率低, 时间短, 其关键不在于散热。故选择精度高、刚度硬和摩擦力矩低的滚子轴承。

滚齿机床螺杆传动滑动轴承的最佳选择是接触角为 60° 的滚珠丝杠推力角接触球轴承。

具体选择过程及主要计算如下:

(1) 取电机最高转速为 $n_{\max}=1500\text{r}/\text{min}$, 由于

$$T_0 = \frac{V_{\max}}{\dot{n}_{\max}} \quad (1)$$

其中: V_{\max} ——移动部件最高移动速度 (mm/min)

i ——电机到滚珠丝杠的传动比, 取 $i=30$

n_{\max} ——电机最高转速

$$T_0 = \frac{V_{\max}}{in_{\max}} = \frac{2000}{30 \times 1500} = 0.04\text{mm} \quad (2)$$

L_0 为丝杠导程, 取值为 12mm。

(2) 平均转速与平均载荷计算

镶条紧固力取 800N, 且 $f=0.2$, 则刀架所受的摩擦力:

$$F_f = 800 \times \mu = 800 \times 0.2 = 160\text{N}$$

所以滚齿机在加工时滚珠丝杠所受的最大轴向力

$$F_{\max} = F_z + F_f = 7818 + 160 = 7978\text{N}$$

滚齿机在加工时滚珠丝杠所受的最小轴向力

$$F_{\min} = F_z - F_f = 7818 - 160 = 7658\text{N}$$

L_h ——机床的大概工作时间, 取 $L_h=15000\text{h}$,

F_m ——滚珠丝杠的平均载荷, 取 $F_m=F_{\max}=7978\text{N}$,

$$n_{\text{快}} = \frac{V_{\text{快}}}{L_0} = \frac{20000 \times 10^{-3}}{12 \times 10^{-3}} = 1666.67\text{r}/\text{min}$$

即 $n_{\text{上}} = 66.67\text{r}/\text{min}$

所以平均转速为:

$$n_m = 0.1n_{快} + 0.9n_{工} = 16666.7 \times 0.1 + 667 \times 0.9 = 2266.7 \text{ r/min}$$

(3) 动载荷 C_m 的确定:

$$C_m = \frac{F_m \sqrt[3]{L} f_w f_H}{f_a f_c} \quad (3)$$

其中: f_w ——载荷性质系数, 取 $f_w = 1.4$ 。

f_a ——精度系数, 选择精度等级为 2, 取 $f_a = 1$ 。

f_c ——可靠性系数, 取 $f_c = 1$ 。

$$L = \frac{60nT}{10^6} = \frac{60 \times 226.67 \times 15000}{10^6} = 204 \quad (4)$$

$$\text{所以: } C_m = \frac{F_m \sqrt[3]{L} f_w f_H}{f_a f_c} = \frac{7978 \times \sqrt[3]{204} \times 1.4 \times 1}{1 \times 1} = 65751.1 \text{ N}$$

预加载荷类型为中预载。预加载荷系数 $f_c = 4.5$ 。根据最

大轴向载荷计算:

$$C_m = f_e F_{\max} = 4.5 \times 7978 = 35901 \text{ N}$$

取最大值, 即 $C_m = 65751.1 \text{ N}$

(4) 估算螺母副螺纹底径:

①估算最大轴向变形量 δ_{\max} 。

在生产齿轮时要达到个别的加工标准, 应分步切割。查

询手册可知:

$$\delta_{\max 1} = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) \times 20 = 6.67 \sim 10 \mu\text{m}$$

$$\delta_{\max 2} = \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{4}\right) \times 40 = 8 \sim 10 \mu\text{m}$$

取最小值, 即 $\delta_{\max} = 6.67 \mu\text{m}$ 。

②估算最小螺纹底径 d_{2m} 。

$L = \text{行程} + \text{安全行程} + 2 \times \text{余程} + \text{螺母长度} + \text{支撑长度} \approx$

$(1.2 \sim 1.4) \text{行程} + (25 \sim 30) T_0 = 1.4 \times 480 + 30 \times 12 = 1032 \text{ mm}$ 。

$$d_{2m} \geq 0.078 \sqrt{\frac{F_f L}{\delta_{\max}}} \quad (5)$$

$$d_{2m} \geq 0.078 \sqrt{\frac{F_f L}{\delta_{\max}}} = 0.078 \times \sqrt{\frac{160 \times 1032}{6.67}} = 12.27 \text{ mm}$$

(5) 确定运算得到的螺母付规格型号

综上: $L_0 = 12 \text{ mm}$, $C_m = 65751.1 \text{ N}$, $d_{2m} = 12.27$, 采用滚珠

丝杠型号为 8012-3, 当 $d_0 = 80 \text{ mm}$, 且 $L_0 = 12 \text{ mm}$, $C_a = 67864 \text{ N}$

$> 65751 \text{ N}$, 则 $d_2 = 20 \text{ mm} > d_{2m} = 12.27 \text{ mm}$ 。

2.4 锥齿轮的设计

主电机由皮带轮向减速器运动, 减速器通过锥齿轮传送运动, 再由花键轴上的滑动齿轮上的锥齿轮输送到刀架, 终点是滚刀^[9]。

$\eta_{带}$ ——带轮的传动效率, 取 $\eta_{带} = 0.95$;

$\eta_{齿}$ ——齿轮的传动效率, 取 $\eta_{齿} = 0.99$;

采用两级减速器的功率为:

$$P = 3.7 \times 0.95 \times 0.99 \times 0.99 = 3.445 \text{ kW}$$

因此, 锥齿轮承受的最大扭矩为:

$$T_{\max} = \frac{P}{v} = \frac{3.445 \times 10^3}{160 \times 2 \times \frac{\pi}{60}} = 205.713 \quad (6)$$

齿面粗糙度为 $R_{Z1} = R_{Z2} = 3.2 \mu\text{m}$, 从动轮均选用 20Cr 经渗碳、淬火, 58~63HRC。

大端分度圆直径设计:

$$d_{e1} \geq 1951 \times \sqrt[3]{\frac{KT_1}{\mu\sigma'_{HP}{}^2}} \quad (7)$$

其中: d_{e1} ——大端分度圆直径;

K ——载荷系数, 取 $K = 1.5$;

μ ——齿数比, 取 $\mu = i = \frac{n_1}{n_2} = 1.5$ 。
齿轮的许用接触应力为:

$$\sigma'_{HP} = \frac{\sigma_{H\lim}}{S_H} \quad (8)$$

$$\sigma'_{HP} = \frac{\sigma_{H\lim}}{S_H} = \frac{1500}{1.1} = 1363.64 \text{ N/mm}^2$$

估算结果:

$$d_{e1} \geq 1951 \times \sqrt[3]{\frac{KT_1}{\mu\sigma'_{HP}{}^2}} = 1951 \times \sqrt[3]{\frac{1.5 \times 205.713}{1.5 \times 1182^2}} = 103.023 \text{ mm}$$

大端分度圆直径:

$$d_{e1} = Z_1 m_c$$

$$d_{e1} = Z_1 m_c = 22 \times 5 = 110 \text{ mm}$$

$$d_{e1} = Z_1 m_c = 44 \times 5 = 220 \text{ mm} \quad (9)$$

ϕ_R ——齿宽系数, $\phi_R = 0.3$

平均分度圆直径:

$$d_{m1} = d_{e1} (1 - 0.5 \phi_R) \quad (10)$$

$$d_{m1} = d_{e1} (1 - 0.5 \phi_R) = 110 \times (1 - 0.5 \times 0.3) = 93.5 \text{mm}$$

平均模数:

$$m_n = m_e (1 - 0.5 \phi_R) \quad (11)$$

$$m_n = m_e (1 - 0.5 \phi_R) = 5 \times (1 - 0.5 \times 0.3) = 4.25 \text{mm}$$

如图2所示,锥齿轮的CAD图。

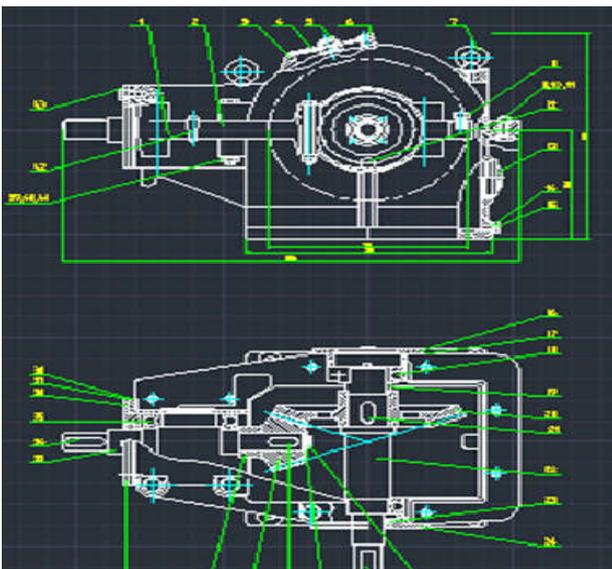


图2 锥齿轮结构图

3 电气控制系统改进参考分析

传统滚齿机的传动示意图如图3所示。为了克服传统滚齿机中因机械传动复杂而导致的缺点,对滚齿机的硬件进行了联动结构改进,并利用基于plc的自动控制软件进行控制,以期达到提高加工精度、降低劳动强度的目的,同时增加基于PLC的自动控制能力,增加机床自动加工功能^[12]。

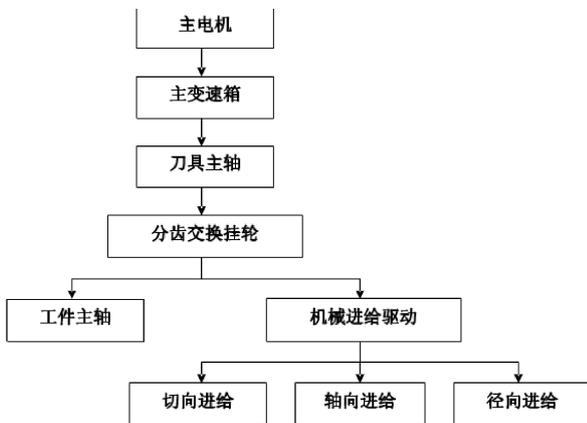


图3 滚齿机传统传动流程

根据传统传动流程改进滚齿机的结构设计,依据如图4所示的机床系统,在伺服系统的控制过程与检测、反馈环节,添加PLC的控制,添加传感器检测,将检测得到的数据反馈给PLC,由系统软件按照反馈信息给出指令,控制伺服系统进行滚齿加工。

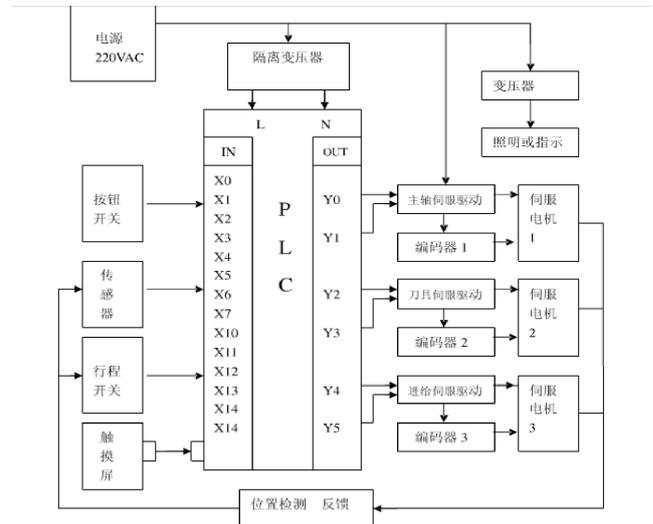


图4 基于plc的机床系统

改进后的系统工作流程如图5,在控制电动机运转和工作台移动的过程中,实现了台面运动与滚珠丝杠联动,在轴向电动机运动过程中,控制刀架运动,实现滚齿加工。

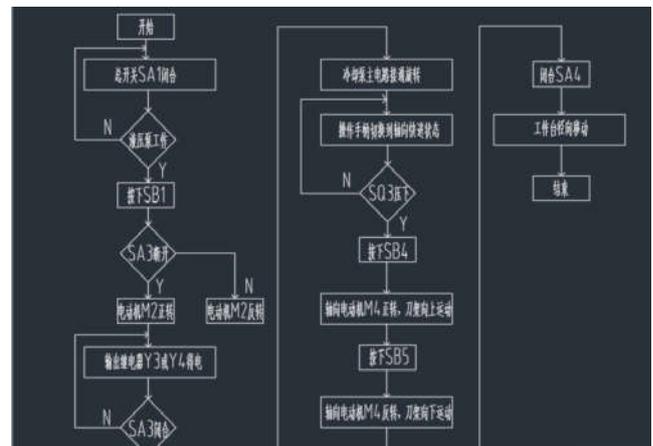


图5 系统工作流程图

4 综述

本文是对滚齿机的三轴联动PLC控制设计改造的一个探索,通过硬件结构改进和通过参数计算和校核,并给出改进系统的工作流程,增加了该滚齿机加工系统数控程度的应用效率,提高滚齿机加工精度。

参考文献

- [1] 彭奕程. 关于我国工业电气自动化发展的分析 [J]. 科技与企业, 2015, (06).
- [2] 罗魁元. Y3150E 滚齿机的数控改造及应用 [J]. 机床与液压, 2004, (10).
- [3] 刘润爱, 张根保. 滚齿机及滚齿加工技术 [M]. 北京: 现代制造工程, 2015.
- [4] 巩丽, 刘润爱. 数控滚齿机的精度分析 [J]. 机床与液压, 2015, (08).
- [5] 李立强. 数控滚齿机滚刀架传动结构设计 [J]. 制造技术与机床, 2012.
- [6] 云介平, 张建梅. 滚齿机调整的内容和捷径 [J]. 新技术新工艺, 2011, (05).
- [7] 朱朝宽. 典型机床电气控制解析与 PLC 改造实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [8] 赵德奇. 基于 PLC 的滚齿机数控系统改造设计 [J]. 农机使用与维修, 2013, (09).
- [9] 范国伟. 电气控制与 PLC 应用技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [10] 张永飞, 姜秀玲. PLC 程序设计与调试 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2016.
- [11] 刘翅鹏. 提高 PLC 控制系统可靠性的分析 [J]. 电子技术与软件工程, 2014, (08).
- [12] 修慧, 李进波. 数控滚齿加工自动编程技术的研究 [J]. 机械传动, 2017, (01).