

高精度数控分度头的仿人智能控制方法

向 欣 宾鸿赞

(华中理工大学机械学院现代制造技术研究所 武汉 430074)

摘要 针对我们所研制的2高精度数控分度头提出了一种用于点位控制的仿人智能控制方法。给出了以该方法实现的2高精度数控分度头的分度实验结果。

关键词 高精度数控分度头 点位控制系统 分度时间 仿人智能控制

1 引 言

在机械加工过程中,控制机床移动部件从一个位置到另一个位置的精确定位,而不考虑点与点之间的运动轨迹,这样的系统称之为点位控制系统。我们研制的高精度数控分度头是一个典型的点位控制系统。它的特点是:能根据操作者的指令进行各种等分分度和任意分度,能在若干秒时间内使旋转轴从一个角度位置运转到另一个角度位置并准确锁定在预定的角度位置上,其定位精度达 $2''$ 。就一般点位控制系统而言,定位精度和定位时间是两项主要技术指标,因此,在硬件系统设计完成以后,如何使分度头在最短时间内准确锁定在预定位置上是该装置的软件设计所要考虑的主要问题。本文针对这个问题探讨了一种仿人智能控制方法以求系统达到准确快速的分度定位。

2 数控分度头的基本构成

2 高精度数控分度头控制系统组成如图1所示:

这是一个位置全闭环控制系统。位置反馈回路采用圆感应同步器和与之配套的高精度圆感应同步器数显表,数显表随时跟踪实际位移值并以数字形式实时输出的显示。可以给微机系统提供1分辨率的角度信号。伺服放大器和伺服电机构成伺服驱动部分,采用数字式交流伺服配套产品,具备高精度、恒转矩、良好的低速运转特性和低噪声等品质。适于高精度定位、快

速响应、宽调速范围的场合。传动机构采用谐波齿轮传动机构,这是一种利用柔性工作构件的弹性变形进行运动或动力传递的一种新型传动方式,有利于提高精度和效率。微机系统采用 intel MCS-96 系列单片机作为主控制器,扩充以存储器、键盘、显示器以及其它接口电路,它的高集成度、高性能价格比和高抗干扰能力使其能有效地完成系统控制任务。锁紧装置采用单片电磁制动器进行轴向锁紧,具有简单可靠、动作迅速等优点^[1]。

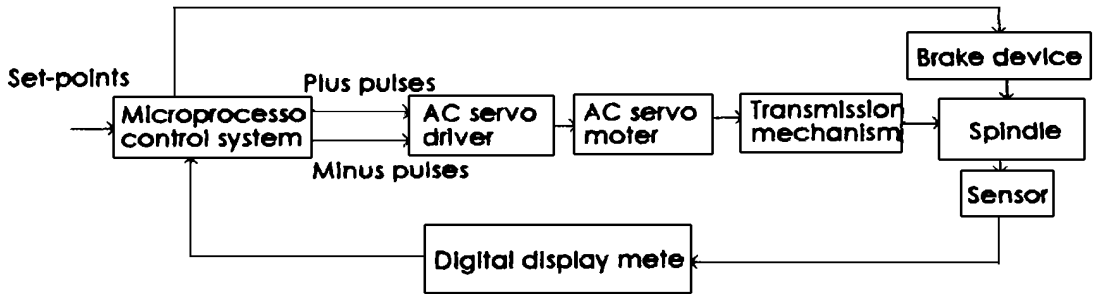


Fig. 1 Block diagram of the whole system

从本系统的结构来看,旋转轴的运转方向由正转脉冲和反转脉冲来决定,而旋转轴的运转速度则由脉冲频率决定,频率越高运转越快。因此,其控制归结到如何依据给定参数和检测参数决定正转脉冲或反转脉冲的频率控制策略以及启停策略,使旋转轴锁定在预定值的 ± 1 范围内。

3 仿人智能控制策略

分析系统结构可知影响系统准确定位和快速定位的因素有两方面:一是机械方面因素。如运动部件的磨损,机械系统中的间隙、扭曲、爬行、共振、惯性、磨擦,驱动机构滑动等。二是电气方面的因素。如电动机的性能、传感器的分辨率,温度的漂移,外部噪音干扰,电磁锁紧装置锁紧时的漂移等。由于上述诸多因素的影响,系统的准确性和快速性控制要求难以兼顾。此外,由于本系统具有 2 精度要求,即控制锁定点的位与预定点位置仅允许 ± 1 的偏离,采用常规控制往往需要花费较长的时间才能锁定在该范围之内。在本控制方案中,按时间次佳控制原则,将控制分为两个阶段,第一个阶段属快速定位阶段,以某种加减速控制策略,尽快使旋转轴转到精确值的粗略范围之内。第二个阶段属准确定位阶段,以仿人智能控制方法,补偿各种非线性因素造成的偏离,准确锁定在精确值范围之内。

第一阶段(快速定位)的控制:采取变级加减速方法实现其快速性要求。如图 2 所示,这是分度控制的位移速度曲线。把从分度起点到离分度终点差 ΔS 角秒的点定义为第一阶段,根据第一阶段位移量的大小采用若干种加减速策略。如位移量 S_1 时,其加减速规则为一级加速五级减速。上述参数 $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, \Delta S$ 均由实验整定。参数 $V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{15}, V_6$ 等参数的整定要考虑系统的给定参数,如同服装装置的最大加减速,伺服电机的额定转速等。

对于位移量 $< \Delta S$ 角秒的点的分度,不经第一阶段,直接进入第二阶段。

第二阶段(精确定位)的控制:

此阶段指进入 ΔS 范围内的定位控制。由于定位过程的影响因素十分复杂,对于不同的分度点有不同的动态特征,很难用一个固定的模型来描述,因此不能采取一个固定的控制方案来完成变化多端的各种分度控制。在这种系统中,我们采取仿人智能控制的方法很好地实现了该系统的控制。仿人智能控制的特点是在控制过程中,根据经验知识以

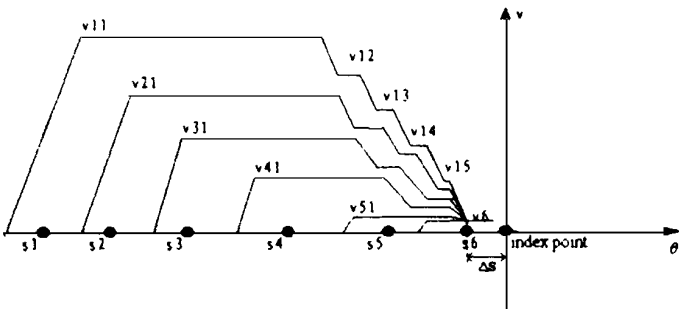


Fig. 2 Various velocity control scheme

及对系统动态特征参数的识别进行直觉推理,在线确定或变换控制策略,从而实现有效的控制。不同的分度位移采取不同的加减速规则达到 S_6 后,在 S_6 点处采取同一控制速度 V_6 朝分度终点逼近,在到达分度终点以后,立即停车,尽管 V_6 较小,但由于系统的惯性旋转轴仍然会前冲一段距离,若在停车的同时开始发若干反向脉冲,使反向位移抵消惯性超调量,即可使旋转轴停在准确位置。因此,实际停转位置由反转脉冲数决定。如反转量过大时,旋转轴停止在分度终点的左侧(称偏离分度终点的偏差为负偏差);若反转量太小,不足以抵消其惯性超调,则旋转轴最终停止在分度终点的右侧(称偏离分度终点的偏差为正偏差);旋转轴停转后,还要经过锁定才是最终的静态位置,锁紧装置的锁紧动作将使旋转轴有若干角秒的位置偏离,因此,反向脉冲的大小除了考虑惯性超调以外,还需考虑锁紧偏离的影响。若锁定后的位置不在精度允许范围之内,则需释放锁紧力,使旋转轴运转到定位阶段的起始点 S_6 ,再一次进行定位控制。这里采用了单向逼近的方法进行反复多次的定位控制。由实验测定可知:在速度相同的情况下,某一位置附近的每一次惯性超调量大小相差不大会太大;此外,在某一位置附近锁定时产生的偏差基本相同。由于这两个条件的存在,使每一轮控制都在参考上一轮控制结果和控制参量的基础上进行。经若干次定位控制后,旋转轴可锁定于分度终点的误差范围内。根据本系统的特点,设计了如图3所示的控制器结构:

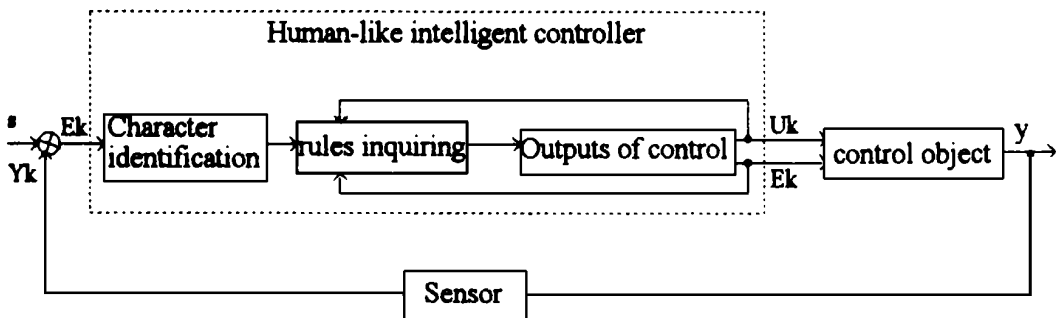


Fig. 3 Construction of the controller

给定值 S 是操作者输入的分度点角度位置, 实际角度位置为 Y_k , k 代表第 k 个控制周期。 $E_k = Y_k - S$ 表征了定位控制后检测到的误差量。控制量的选择有两个, 其一是停车点位置 ΔL_k 的选取 (ΔL_k 是相对于分度点角度位置 S 的增量); 其二是反转脉冲量 U_k 的大小控制。 E_k 、 U_k 、 ΔL_k 等构成系统的主要特征变量, 单片机对上述变量进行采集、存储、辨识等处理, 并以此为依据查询对应规则, 综合调节 U_k 、 ΔL_k 两种控制量, 最终使 $-1 < E_k < 1$ 本系统采取了以下控制策略:

当 $|E_{k-1}| > M$ 时, M 为偶然因素所至极限值, 此种情况应滤除, 故控制量保持原值。

当 $1 < E_{k-1} < M$, 为正偏差, 说明反转脉冲量太小, 应加大反转脉冲量。

当 $-M < E_{k-1} < -1$, 为负偏差, 说明反转脉冲量太大, 应减小反转脉冲量。此时有两种情况: 若 $U_{k-1} > 0$, 则减小反转脉冲。若 $U_{k-1} = 0$, 则不能再减小反转脉冲, 此时通过改变停车点位置来得到下一轮的控制。

当 $1 < E_{k-1} < M$, 且 $E_{k-1} \cdot E_{k-2} < 0$, 出现此种情况, 则使反转脉冲量保持为负偏差时的 U_{k-1} , 同样通过改变停车点位置来得到下一轮的控制。

根据上述控制策略建立一系列规则, 其规则形如: IF A AND B THEN C AND D。

1. IF $|E_{k-1}| > 15$ THEN $U_k = U_{k-1}$ AND $\Delta L_k = \Delta L_{k-1}$
2. IF $1 < E_{k-1} < 3$ THEN $U_k = U_{k-1} + 1$ AND $\Delta L_k = \Delta L_{k-1}$
3. IF $3 < E_{k-1} < 15$ THEN $U_k = U_{k-1} + 2|E_{k-1}|$ AND $\Delta L_k = \Delta L_{k-1}$
4. IF $-15 < E_{k-1} < -1$ AND $U_{k-1} > 2|E_{k-1}|$ THEN $U_k = U_{k-1} - 2|E_{k-1}|$ AND $\Delta L_k = \Delta L_{k-1}$
5. IF $-15 < E_{k-1} < -1$ AND $U_{k-1} < 2|E_{k-1}|$ THEN $U_k = U_{k-1} / 2$ AND $\Delta L_k = \Delta L_{k-1}$
6. IF $-15 < E_{k-1} < -1$ AND $U_{k-1} = 1$ THEN $U_k = 0$ AND $\Delta L_k = |E_{k-1}|$
7. IF $1 < E_{k-1} < 15$ AND $E_{k-1} \cdot E_{k-2} < 0$ THEN $U_k = U_{k-1}$ AND $\Delta L_k = |E_{k-1}|$

上述规则存储于单片机扩展外存储器中, 单片机主控器通过查询推理实现其仿人智能控制。

4 实验结果

进行 6 等分分度时, 第三个分度点是从 120 到 180 的定位, 实时检测控制量 U_k 、 ΔL_k , 偏移量的绝对值 E_k , 偏离方向 $E_k \text{ _ dir}$ 的数据(表 1)和曲线图(图 4)如下:

Table 1

U_k	ΔL_k	E_k	$E_k \text{ _ dir}$
18	0	3508	+
18	0	3	-
12	0	1	-

第一次定位时, 反转量 U_1 取经验值 18, 实施控制锁定后, 测得 $E_1 = 3508$, 偏离方向 E_{k_dir} 为正, 即与 180 偏离 + 3508 角秒。

第二次定位时, 根据规则 1, $U_2 = U_1 = 18$, 实施控制锁定后, 测得 $E_2 = 3$, 偏离方向 E_{k_dir} 为负, 即与 180 偏离 - 3 角秒。

第三次定位时, 根据规则 4, $U_3 = 18 - 2^* 3 = 12$, 实施控制锁定后, 测得 $E_3 = 1$, 偏离方向 E_{k_dir} 为负, 即与 180 偏离 - 1 角秒, 已达精度要求, 此点的定位完成。

进行 23 等分分度时, 第十二个分度点的定位实时检测控制量 U_k 、 ΔL_k , 偏移量的绝对值 E_k , 偏离方向 E_{k_dir} 的数据(表 2)和曲线图(图 5)如下:

Table 2

U_k	ΔL_k	E_k	E_{k_dir}
18	0	7	-
4	0	4	-
2	0	4	-
1	0	4	-
0	4	1	-

在此点的定位过程中, 第一、二、三、四次定位都是调节反转量的控制, 第五次定位过程则是通过调节停车点位置进行的控制, 从上表的数据可知, 第五次定位时, 根据规则 6, $U_5 = 0$, $\Delta L_5 = 4$, 采用此控制后, 定位成功。

5 结 束 语

从大量等分分度和任意分度的定位实验得出如下结论: 分度点的定位次数 1- 8 次, 点到点的定位时间平均 6.8 秒。从国内数控分度的现状来看, 一般是精度高则分度速度很低, 速度高则精度很低, 因此, 本分度头的控制方案较好地兼顾二者之间的矛盾。

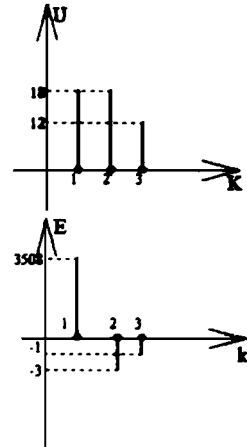


Fig. 4 Experimental results for 6 index

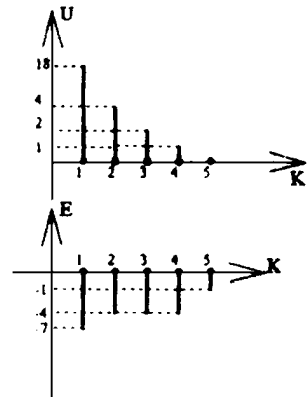


Fig. 5 Experimental results for 23 index

参 考 文 献

- 1 杨明. 面向精密加工的 CNC 分度头及其关键技术的研究. 华中理工大学博士学位论文, 1996
- 2 叶济忠, 余胜生. 电子机械运动控制技术. 武汉: 华中理工大学出版社, 1989
- 3 李士勇等. 模糊控制和智能控制理论与应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990
- 4 王顺晔, 舒迪前. 智能控制系统及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1995

Human-like Intelligent Control of High Precision CNC Dividing Head

XIANG Xin, BIN Hong-Zan

(*Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074*)

Abstract

In this paper, based on the 2 high precision CNC dividing head, a human-like intelligent control scheme is proposed for point-to-point control system. And the experiment results obtained from the 2 high precision CNC dividing head are shown.

Key words: High precision CNC dividing head, Point-to-point control system, Dividing time, Human-like intelligent control

向欣女, 1964年8月生, 1985年华中理工大学自控自动化专业毕业, 工程师, 主要从事计算机应用与控制方面的科研工作。