

寻孔模糊控制器研究与开发

高新陵 周 锐 朱碧田

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘 要 基于水电工程施工中填炸药和插锚杆作业自动化过程的关键技术是寻孔 ,采用模糊控制理论 ,研制了模糊控制器 .用数字单片机作为硬件支撑完成模糊控制 ,并对以该控制器为核心的控制系统进行实时动态仿真 ,充分证实了模糊控制器设计的正确性和可行性 .

关键词 单片机 模糊控制 动态模拟

中图号 TP399 ;TV52

水利水电工程施工中的填炸药和插锚杆作业危险性大 ,劳动强度高 ,生产效率低 ,是综合机械化施工的薄弱环节 ,急需配套的自动化装备 .为此 ,笔者就自动化作业的关键技术问题——寻孔过程作了研究 ,从理论上探讨了采用模糊控制实现动态自动寻孔的可能性 ,并利用 CAD 工具模拟寻孔的动态过程^[1] .在此基础上 ,开发研制了有使用价值的控制 .本文介绍以单片机作为硬件 ,以软件实现模糊逻辑控制而构成的单片机模糊控制器 .

1 模糊控制器的设计

随着单片机性能的不断提高 ,它在工业控制以及各个领域中的应用越来越广泛 .但是 ,由于在寻孔过程中传感器设计的限制 ,难以取得孔与传感器的精确相对位置 ,所以对象的数学模型难以建立 ,这样就很难用传统的定量分析方法设计控制算法 .为此 ,设计以模糊理论为基础的单片机模糊控制器就成为解决问题的另一个重要途径 .在实际应用中 ,模糊控制器有两种组成方式 :一种是由模糊控制芯片组成的专用模糊控制器 ,它用硬件芯片来直接实现模糊控制算法 ,推理速度快 ,控制精度高 ,但价格较昂贵 ,输入输出及模糊规则有限 ,灵活性差 ,在实践中较少使用 ;另一种组成方式是采用数字单片机组成硬件系统 ,而在软件上使用模糊控制算法 ,它用软件实现模糊化、模糊推理决策和解模糊化过程 ,这种模糊控制器资源开支少 ,灵活性高 ,通用性强 ,是目前在过程控制中应用模糊控制的主流^[2] .本研究课题的寻孔过程就是采用后一种方法来实现的 ,其自动化作业流程如图 1 .由图可见 ,用数字单片机构成的模糊控制器与用单片机构成的 PID 算法控制器大致相同 ,所不同的是这里的数字单片机是采用模糊控制方式进行控制的 .它把用自然语言描述的控制经验改造成模糊控制规则 ,再把这些规则经过模糊推理和模糊决策转化为单片机的输出控制量 ,而且这一系列的工作是由以数字单片机支持的程序来实现的 .

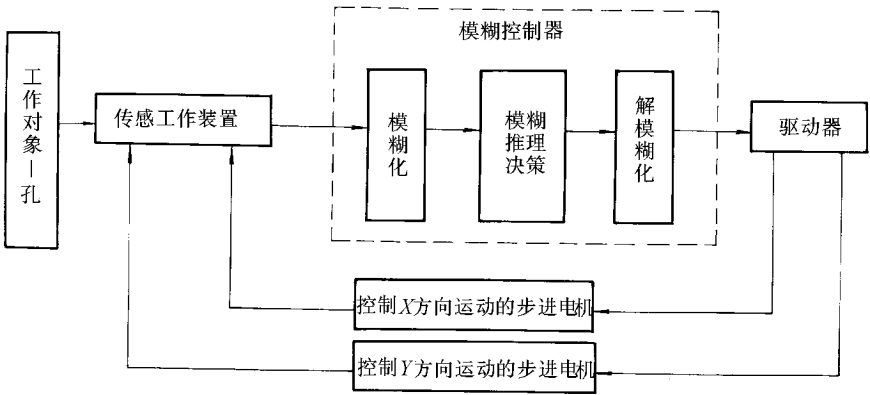


图 1 自动化作业流程

Fig.1 Flow chart of automatic operation

算法控制器大致相同 ,所不同的是这里的数字单片机是采用模糊控制方式进行控制的 .它把用自然语言描述的控制经验改造成模糊控制规则 ,再把这些规则经过模糊推理和模糊决策转化为单片机的输出控制量 ,而且这一系列的工作是由以数字单片机支持的程序来实现的 .

2 寻孔模糊控制器的硬件设计

本系统 CPU 开始选用 MSC—51 型单片机,但由于它只有 4 kB 的 ROM,只够存储模糊控制表,所以改用 MSC—52 型单片机。MSC—52 与 MSC—51 同属 MSC—51 系列单片机,但它增加了 4 kB 的 ROM,128 B 的 RAM 和两个定时器,能支持更大的扩展空间,并且其他性能与 MSC—51 相同,足够满足寻孔过程的动态要求^[3]。该模糊控制器的硬件电路结构如图 2 所示。它是一个由 MCS—51 系列单片机与多路模拟开关、可编程接口芯片等构成的系统。图 2 所示的电路可大致划分为三个部分。

a. 输入结构。输入由两只 16 通道模拟开关及几只施密特触发器构成,CPU 的 P1 口与输入电路连接,其中 P1.0~P1.3 四根线作通道开关的地址选通线,P1.4~P1.7 则读入经逐一选通的传感器状态信号与其他状态信号,再由软件将逐次逐位读得的传感器状态信号拼装成当前传感器状态字。在信号传输中,由施密特触发器 74HC14 完成对输入信号的整形与鉴别。

b. 控制结构。由单片机 AT89C52(MSC52)为核心,其 P0 口用作写显示器操作及输出扩展,P2 口主要用于键盘读入,P3 口用作读写控制与串口通讯等。AT89C52 与键盘、显示器构成了控制结构,可实现对初始参数、初始状态的人工设定以及控制过程中的人工干预等。显示器可对状态、结果等作出相应提示。

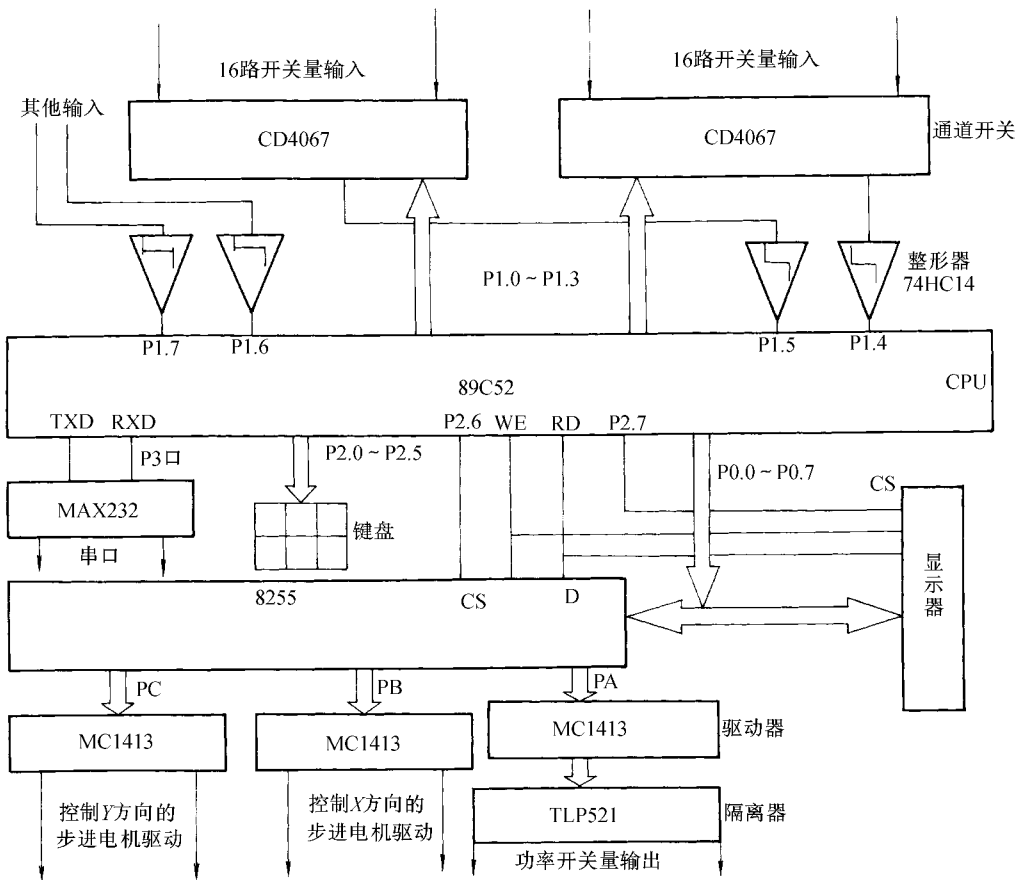


图 2 模糊控制器的硬件电路结构

Fig.2 The circuit structure of hardware for fuzzy controller

c. 输出结构。输出控制主要由可编程并行 I/O 接口芯片 8255 加上驱动器、光电隔离器等来完成。8255 将 CPU 分解输出的 X、Y 方向的偏差量变为控制 X、Y 方向运动的两个步进电机的驱动脉冲,由步进电机的角位移经齿轮及螺杆转换为 X、Y 方向的水平位移,带动机构实现定位。

3 数字单片机模糊化的软件设计

模糊控制器的软件设计是采用 MCS—51 汇编语言实现的,它采用了模块化设计思想,可以实现如下功能：

- a. 初始化模块. 初始化模块即 `main()` 模块, 它对控制器中的各个部件赋予初始状态.
- b. 通过 RS-232 接口, 利用查询方式实现与外部设备的通讯, 从而实现数据的传送.
(a) 设置波特率为 2400 Hz 以及异步串行通讯数据格式(7 位数据位、1 位停止位、选择偶校验奇偶类型)(b) 设置端口初始状态, 显示“—AAA—”(c) 程序查询通讯编程(等待输入“!”), 收到后显示“—BBB—”, 送出字符串“READY”, 继续等待输入)(d) 读入五个 16 进制数, 并将其存入内存(e) 根据输入, 查模糊控制表得到输出, 通过串行口输出数据, 并等待输入.
- c. 实现屏幕显示功能. 键盘上的每个键都有各自的位置信息, 这种位置信息可被处理成相应的编码信息, 如 ASCII 码, 从而使 CPU 可以识别键盘信息. 实现键盘操作的代码框架见图 3.
- d. 实现显示器的显示. 实现显示器显示的代码框图如图 4 所示.

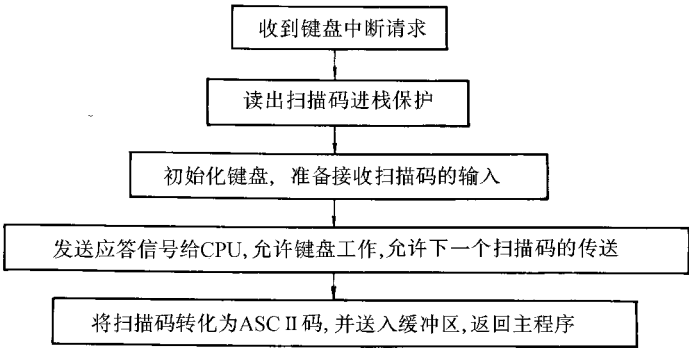


图3 键盘实现模块

Fig.3 The implementing module of keyboard

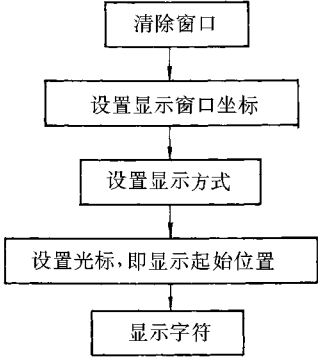


图4 显示器实现模块

Fig.4 The implementing module of display

- e. 查模糊控制表模块. 寻孔模糊控制器查表法的实现框图如图 5.

4 寻孔过程模糊控制的实现

寻孔过程中数字单片机的模糊控制采用直接查表方式, 其系统结构如图 6 (图中 R 为输入量, K_1 和 K_2 为比例因子, K_3 为量化因子). 查表法可归纳为以下四步工作:

- a. 确定偏差、偏差变化率和控制输出量的论域.
- b. 根据各论域所分的级数 n , 将输入量与输出量的变化范围分为 n 档, 使每一档与其论域的某个元素相对应. 这样, 对于系统某时刻实测的输入量值, 都可被量化为相应论域中的元素.
- c. 查模糊控制表, 可得输出控制量 u .
- d. 将控制量 u 乘上适当的比例因子后, 应用于被控对象.

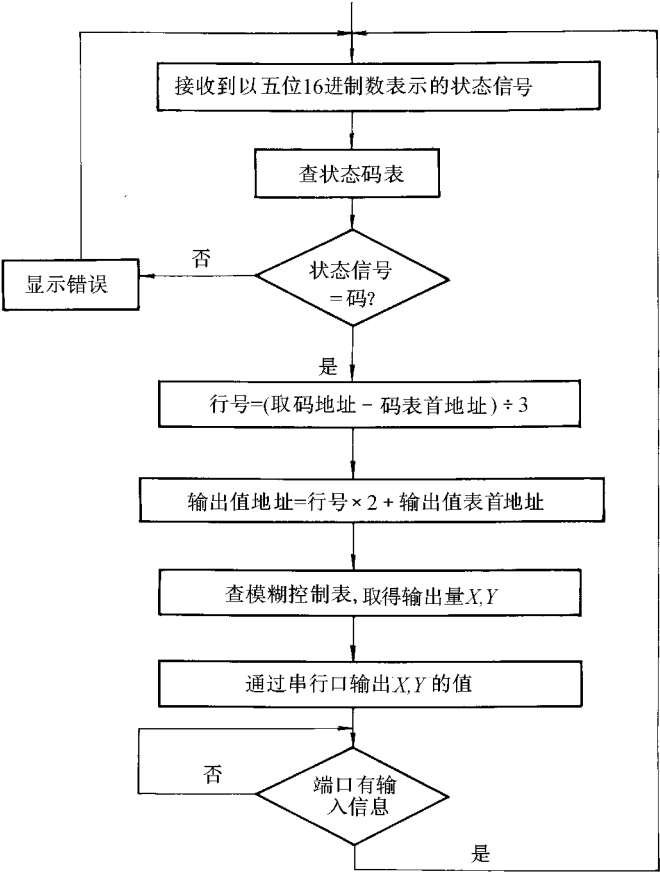


图5 直接查表方法程序框图

Fig.5 The program block diagram of direct table look-up technique

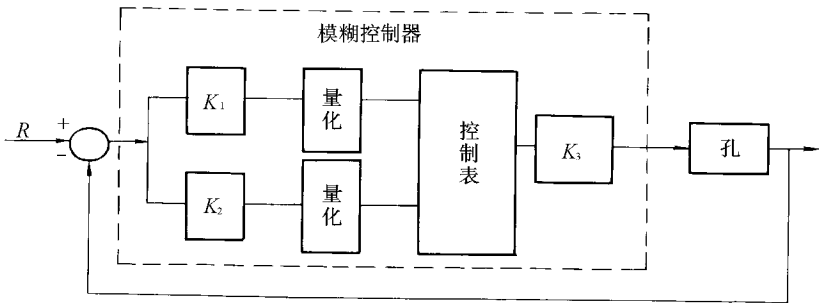


图 6 控制表方式的模糊控制系统结构

Fig.6 The fuzzy control system structure of control table

在本系统中,传感器上均布20个圆柱形触头,检测时触头插入孔中发信号“1”,压在墙壁上发信号“0”。每个状态都是由20个“0”或“1”信号组成的代码,整个寻孔过程的输入信号是由400个这样的代码组成输入状态码,而每个代码对应一个输出值,以控制 X,Y 方向的输出。表1给出了20个触头中有1个触头插入孔中时的输入码和输出值的对应关系,其他状态与表1类似,故不再一一列举。这里的输出值取自通过模糊算法算出的模糊控制表^[4],它是事先在微型计算机上生成的。表格生成后,在单片机的ROM中留出4k空间来存放它。将400个输入状态码(5个ASCⅡ码数字)转变成3个压缩BCD码分别逐行依次存入码表(从ROM地址1000H开始,每个状态码占三个字节),将400个输出值分别逐行依次存入输出值表(即模糊控制表,该表从ROM地址1500H开始存储,每个输出值占两个字节)。这样输入模糊化、模糊规则的推理合成运算以及模糊输出量的精确化过程就可简化为由CPU直接查这个模糊控制表来实现,因此这种模糊控制器结构简单,工作时只需进行简单的查表运算,速度快,资源开支少。

表 1 20 个触头中有 1 个触头插入孔中时的输入码和输出值的对应关系

Table 1 The correspondent relationship of input code and output value for one of twenty feelers in the hole

二进制输入	十六进制输入	X 方向输出	Y 方向输出
100000000000000000	8000H	- 35	0
010000000000000000	4000H	- 30	- 10
001000000000000000	2000H	- 25	- 20
000100000000000000	1000H	- 20	- 25
000010000000000000	0800H	- 10	- 30
000001000000000000	0400H	0	- 35
000000100000000000	0200H	10	- 30
000000010000000000	0100H	20	- 25
000000001000000000	0080H	25	- 20
000000000100000000	0040H	30	- 10
000000000010000000	0020H	35	0
000000000001000000	0010H	30	10
000000000000100000	0008H	25	20
000000000000010000	0004H	20	25
000000000000001000	0002H	10	30
0000000000000001000	0001H	0	35
00000000000000001000	0000H	- 10	30
00000000000000000100	0000H	- 20	25
00000000000000000010	0000H	- 25	20
00000000000000000001	0000H	- 30	10

5 寻孔过程的仿真

模糊控制器做好后,在PC机上用作图法作出孔与寻孔机构的相对位置,然后通过串行口与其相连,进行动态仿真。仿真的连线情况如图7。

模糊控制器的外观照片如图8所示。

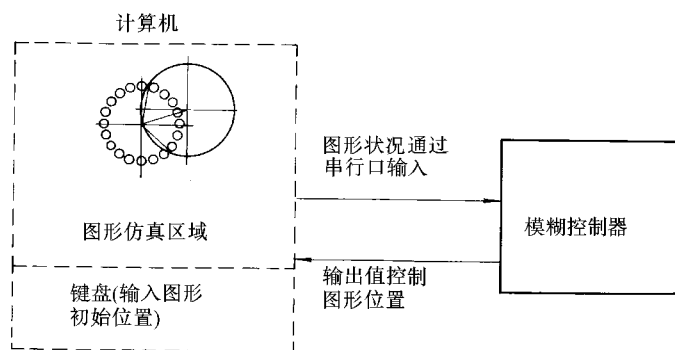


图7 模糊控制动态仿真实际连线情况

Fig.7 The practical connection graph of dynamic simulation for fuzzy control

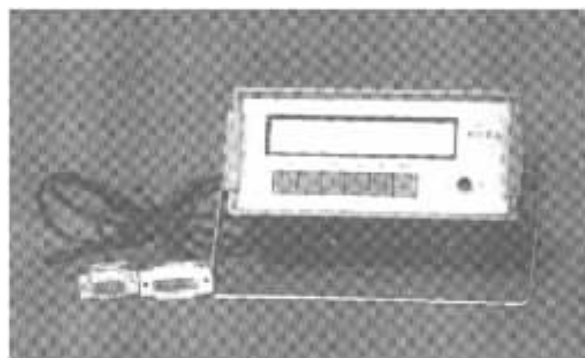


图8 模糊控制器的产品外观照片

Fig.8 Photo of appearance of the fuzzy controller

6 结 论

a. 传统的控制方法要求我们了解被控对象的精确数学模型,从而设计出相应的控制算法.当对象的数学模型很难建立时,用传统的定量分析方法设计出的控制算法应用于控制对象便很难取得良好的效果.因此,设计以模糊理论为基础的单片机模糊控制器就成为解决问题的另一条途径.

b. 本研究对模糊控制实现自动寻孔进行了实用控制技术研究,研制了以数字单片机作为硬件支撑、以软件实现模糊逻辑控制的具有使用价值的模糊控制器,并对以该控制器为核心的控制系统进行实时动态仿真,充分证明了寻孔模糊控制器设计的正确性,并为新产品的进一步开发研制建立了基本试验环境,从理论和实际两方面证明了模糊控制在寻孔过程中的可行性,为该控制手段最终运用于大型施工机械设备向前迈进了一步.

参 考 文 献

- 1 高新陵,许世刚.水电工程施工中模糊控制自动化寻孔的研究.河海大学学报,1998,26(6):16~20
- 2 余永权,曾碧.单片机模糊逻辑控制.北京:北京航空航天大学出版社,1995.202~204
- 3 孙涵芳,徐爱卿.MCS-51/96系列单片机原理与应用.北京:北京航空学院出版社,1988.4~5
- 4 Akifumi Otsubo, Kenichiro Hayashi, Shuta Murakami et al. Improvement of control performance for low-dimensional number of fuzzy labelings using simplified inference method. Fuzzy Sets and Systems, 1997, 90: 37~44

Study and Development of Fuzzy Controller

Gao Xinling Zhou Rui Zhu Bitian

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098)

Abstract The key problem in filling explosive and anchoring rod in hydro-power engineering is searching holes, and it can be solved by use of fuzzy control method. On this basis, the fuzzy controller is studied and developed, and the fuzzy control method is realized with a micro controller as the hardware. Furthermore, simulation of the control system is performed in which the controller is the kernel, thus the correction and the feasibility of the controller is confirmed.

Key words micro controller; fuzzy control; dynamic simulation