

# 关于建立通用模糊控制表的研究

李晋宏 田成方

(北方工业大学模糊控制研究所, 100041, 北京石景山, 第一作者 28 岁, 男, 讲师)

**摘要** 讨论了模糊控制算法中经典控制表的不足, 给出了控制表的生成原理和生成公式, 最后推出模糊控制算法的通用控制表.

**关键词** 模糊控制, 通用模糊控制表, 公式化

**分类号** O159

自 1965 年美国自动控制理论专家 L. A. Zadeh 提出用“模糊集合”描述模糊事物以来, 模糊数学和模糊控制得到了长足的发展. 模糊理论现已广泛应用于现代科技的各个领域, 尤其是在工业窑炉控制以及家电产品中(模糊电器)<sup>[1]</sup>.

模糊的思想来源于现实生活, 它是从精确世界转换到模糊世界. 模糊控制算法既是熟练工人, 又是专家系统, 是仿人脑对大自然的处理. 超则拉(下), 低则提(上), 是以实用为主导思想. 但模糊控制表却是专用的: 是在现场总结熟练工人的控制经验(规则), 定义隶属度, 求关系  $R$ , 最后经过大量计算求取控制表. 以下几点说明:

- (1) 工人提供的经验可能不全、不准.
- (2) 有些经验只能意会, 不能言传.
- (3) 此控制表仅适合这一类工业对象.

但人对自然的模糊处理却非常简单, 且永久不变——超则拉(下), 低则提(上). 这仅是对具体对象, 不断实践、总结、学习, 而变得熟能生巧罢了.

如果说模糊控制表体现了人的最简捷的思想, 那么我们一定能找到一个最原始的通用模糊控制表.

## 1 通用模糊控制表

### 1.1 控制曲线区域的研究

如图 1,  $t$  为时间轴,  $y$  为实测值,  $s$  为给定值.

将曲线区域分为 4 部分:

A: 偏差  $e = y - s > 0$ , 偏差变化率  $c = e_i - e_{i-1} > 0$ , 远离给定值.

收稿日期: 1993-04-19

- B:  $e > 0, c < 0$ , 朝向给定值.
- C:  $e < 0, c < 0$ , 远离给定值(同 A)
- D:  $e < 0, c > 0$ , 朝向给定值(同 B)

### 1.2 控制表区域的研究

设控制表为二维数组  $ec[13][13]$ , 其中  $e$  的下标为  $[-6, 6]$  的整数,  $c$  的下标为  $[-6, 6]$  的整数,  $u = ec[e_i][c_i]$  为控制量, 其取值范围是  $-6$  到  $+6$  之间的整数.

图 2 是模糊控制表的 4 个区域.

- ①区:  $e < 0, c < 0$ , 同曲线 C 区, 其值是对 C 区的控制量.
- ②区:  $e < 0, c > 0$ , 同曲线 D 区, 其值是对 D 区的控制量.
- ③区:  $e > 0, c < 0$ , 同曲线 B 区, 其值是对 B 区的控制量.
- ④区:  $e > 0, c > 0$ , 同曲线 A 区, 其值是对 A 区的控制量.

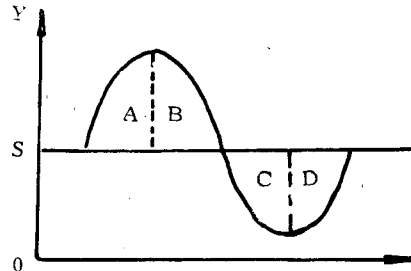


图 1 控制曲线分区

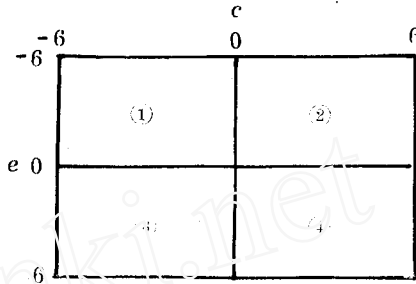


图 2 模糊控制表分区

### 1.3 模糊控制表控制机理的研究及通用模糊

模糊控制表的控制机理:

- (1) 在①区(C区), 控制趋势远离给定点, 应加入正控制量, 使其回归,  $|e|$  越大, 加入的正控制量越大.
- (2) 在②区(D区), 控制趋势朝向给定点, 应加小量正控制量, 或不加控制量, 考虑到有滞后, 可提前加小量负控制量, 使其免于正超.
- (3) 在③区(B区), 机理同②区(D区).
- (4) 在④区(A区), 机理同①区(C区).

其于这一机理, 我们创造一通用模糊控制表.

首先, 在一空白控制表中定几个特殊点:

- (1)  $ec[-6, -6] = 6$  最大正控制量(左上角)
- (2)  $ec[6, 6] = -6$  最大负控制量(右下角)
- (3)  $ec[-6, 6] = 0$  不加控制量(右上角)
- (4)  $ec[6, -6] = 0$  不加控制量(左下角)
- (5) 当  $e = 0$  时,  $c$  从  $-6 \sim 6$ , 控制量为:  
3 3 2 2 1 1 0 -1 -1 -2 -2 -3 -3
- (6) 当  $c = 0$  时,  $e$  从  $-6 \sim 6$ , 控制量为:  
6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3 -4 -5 -6
- (7)  $ec[-1, -1] = a$   $a > 0$
- (8)  $ec[1, -1] = b$   $b > 0$

(9)  $ec[1,1] = -a$

(10)  $ec[-1,1] = -b$

上述结果见图 3

$e \backslash c$	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-6	6						6						0
-5		↘					5					↘	
-4			↘				4				↘		
-3				↘			3			↘			
-2					↘		2		↘				
-1						a	1	-b					
0	3	3	2	2	1	1	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3
1	↓	↓	↓	↓	↓	b	-1	-a					
2	↓	↓	↓	↓	↘	↔	-2		↘				
3	↓	↓	↓	↘	↔	↔	-3			↘			
4	↓	↓	↘	↔	↔	↔	-4				↘		
5	↓	↘	↔	↔	↔	↔	-5					↘	
6	0	↔	↔	↔	↔	↔	-6						-6

图 3 通用模糊控制表框架

通用模糊控制表中  $a, b$  的取值是个关键,且具有一定的物理意义,具体的解释如下:

(1)  $0 \leq a \leq 3$

(2)  $0 \leq b \leq 2$

(3)  $a \geq b$

(4) 认为①区与④区是对称的,故①区取  $a$ ,④区取  $-a$ .同理,②区和③区是对称的.

(5)  $a, b$  的取值代表了一个对象的滞后情况,  $b$  可从对控制表控制机理的研究中看出(提前加反控制量).

填充控制表剩余空间的几条规则:

(1) 先确定对角线的值.

在  $a \sim 6, -a \sim -6, 0 \sim b, 0 \sim -b$  之间各有 4 个位置,按四舍五入法将其间值均匀填入.见图 3 中斜线所示.

例  $a \sim 6$  之间,均匀分为 5 块,每块为  $(6-a)/5$ ,这 4 个值从 6 到  $a$  依次为  $6, 6 - (6-a)/5, 6 - [(6-a)/5] \times 2, 6 - [(6-a)/5] \times 3, 6 - [(6-a)/5] \times 4, a$

(2) 确定对角线上、下的值

可将 4 个对角线做为 8 个等腰直角三角形的斜边,然后按照投影原理,方法同(1)中对角线的确定原则,分成若干块,依次求出填入空表格中,各投影方向、区位如图 3 双箭头所示.

附表为  $a=3, b=2$  的控制表

### 1.4 通用控制表中 $a, b$ 值的确定及修正因子 $k_u$ 的确定

前文提到  $a, b$ , 尤其是  $b$ , 其值的大小代表了一种滞后量, 这与具体的工业现场有关. 故可用离线的方法或上位机仿真的方法, 寻找出  $a, b$  的最佳值. (因其组合数并不大, 比较容易确定)

对于量化因子  $k_u$  (控制量量化值), 在 4 个区域中也是不同的.

(1) 在①, ④区,  $k_u = k_{u14}$

(2) 在②, ③区,  $k_u = k_{u23}$

(3) 且  $k_{u14} \gg k_{u23}$

(4) 在  $e = 0$ , 或  $c = 0$  时,  $k_{u00} = (k_{u14} + k_{u23})/2$ , 进一步细化, 我们认为: ①区与④区是对称的, ②区与③区是对称的. 在具体工业现场, 可能略有不同, 可对各区的  $k_u$  值进行微调.

如:  $k_{u1} = k_{u14} + \Delta k_1$  以适应具体的工业现场.

附表  $a = 3, b = 2$  的控制表

$e \backslash c$	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-6	6	6	6	5	5	5	6	5	4	3	2	1	0
-5	6	5	5	5	5	5	5	4	3	2	1	0	0
-4	5	5	5	5	5	4	4	3	2	0	-1	-1	-1
-3	5	4	4	4	4	3	3	2	0	-1	-1	-1	-1
-2	4	4	4	4	4	3	2	0	-2	-2	-2	-2	-2
-1	4	3	3	3	3	3	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
0	3	3	2	2	1	1	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3
1	3	2	2	2	2	2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3
2	2	2	2	2	2	0	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4
3	2	1	1	1	0	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4
4	1	1	1	0	-1	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5
5	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
6	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6

## 2 结束语

通用控制表的研制, 既基于工业现场, 又脱离具体对象, 具有一定的通用性, 且适用范围广, 缩短了控制器的研制时间, 有一定的优越性.

通用控制表的完善与自修正, 须引入专家系统的思想, 建立规则, 进行不断更新, 以适于具体对象.

以上思想, 我们已运用于实际的工业盐浴炉控温系统, 取得了精度在 2~5% 以下的满意效果.

## 参 考 文 献

- 1 王学慧等. 微机模糊控制理论及其应用. 北京: 电子工业出版社, 1987

## Researching on the Building of General Fuzzy Control Table

Li Jinhong Tian Chengfang

(Research Institute for Fuzzy Control, North China University of  
Technology, 100041, Beijing, China)

**Abstract** This paper discusses the defect of conventional fuzzy control table in fuzzy control algorithm, and gives the building principle and formula of fuzzy control table. Finally, a general fuzzy control table is compiled.

**Key Words** fuzzy control, general fuzzy control table, formalization