

全国执行器学术交流会 论文集

中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会
《自动化仪表》编辑部
一九八五年

目 录

前 言	(1)
第一届全国执行器学术交流会论文(一九八二年)	(2)
一种适于低压差使用的流量特性	汪克成 (2)
实现调节阀的低S值运行	张玉润 祝和云 (4)
从工艺系统分析看调节阀的节能——对调节阀低S值设计的探讨	汪述达 (4)
调节阀工程计算中的一些辅助公式及其应用	瞿润南 (26)
数字式电动执行器	梁 忠 邵珏仙 刘文虎 韩巧娣 (30)
气动调节阀选型计算及程序化	贾永乐 胡志君 程琼珍 (39)
第二届全国执行器学术交流会论文(一九八四年)	(45)
X—Y截锥型传动在过程检测执行器中的设计分析与计算	祁 勇 刘学厚 刘龙江 (45)
如何提高我国电动执行机构测试技术水平的几点看法	屠光辉 (52)
大力矩电动执行器中的三相伺服放大器	蔡祖光 (57)
智能伺服放大器	钱 明 (62)
试论零齿差式减速器在ZKJ型角行程电动执行器上的应用	王 品 翟永寰 (68)
单元组合式电动执行器浅谈	梁 忠 余文盛 (74)
SD电机制动器寿命及可靠性探讨	师耀哲 (78)
用现场数据收集法评定电动执行器的可靠性	宋桂云 (82)
电动执行器的精度分析与可靠性探讨	管正华 (87)
从新技术革命展望电磁阀的远景	蒋庆华 (94)
采用磁锁原理的自保持型电磁阀	周金福 (99)
ZQDF—25电磁阀电磁特性的测试分析与改进措施	上海自力电磁阀厂 (106)
调节阀流量特性斜率偏差的解析	汪克成 (110)
积极贯彻流量特性斜率偏差法	杨树玉 (118)
调节阀技术考察综述	伍耀祥 (127)
气液阀门定位器的理论分析	谢柏樵 (135)
气动调节阀的传递函数	余善富 (143)
气动位置伺服机构的数学模型与稳定性分析	王福枝 (151)
防空化高压差调节阀的发展与趋势	晏泽荣 王 炯 (155)
ZSL(F)型三断自锁气动执行机构的设计	李 野 (162)
调节阀压力恢复特性分析	奚文群 胡志君 (168)
阀盖填料函孔熨压工艺的探讨	杨鹤年 (174)
调节阀密封泄漏量试验装置的分析和改进	黄苏平 (179)

0.1秒紧急动作快速切断阀的设计	左 兵 明赐东 (183)
调速控制与调节阀控制的比较及决策	张玉润 (188)
三通阀总流量波动和最佳阀权度的计算——兼论非对称型三通阀的节能效果	施俊良 (194)
综析调节阀可压缩流体流量系数计算公式	胡志君 奚文群 (201)
调节阀的防静电保护	徐炳华 (207)
用简单结构和非特殊材料来防气蚀的探讨	徐洪涛 (210)
论调节阀分程控制的流量特性	胡志君 (214)
均热炉高温蝶阀的改进和经济效果	徐祖铸 侯锡九 (219)
关于工艺放空阀降低泄漏量的改进	张荣仁 (223)
未编入本集的两届全国执行器学术交流会论文题录	(227)

前 言

经中国仪器仪表学会批准，过程检测控制仪表学会于一九八二年十一月组织成立了执行器专业委员会。三年来，执行器专业委员会先后于一九八二年、一九八四年举行了两届全国执行器学术交流会，共交流了七十七篇论文，内容涉及基础理论、性能分析、结构改进、现场应用、节能技术、标准贯彻、工艺革新、可靠性试验、测试方法及设备等各个方面，充分反映了近几年来我国执行器专业技术成就和发展动向。

为了汇总科研成果，扩大交流范围，进一步促进我国执行器专业科研成果的推广应用，推进我国仪器仪表事业的发展，经中国仪器仪表学会批准，我们以第二届全国执行器学术交流会的论文为主，选择了三十八篇学术论文汇编成这本论文集出版。此外，还有学术论文四十二篇，限于篇幅仅列出它们的标题和作者单位、姓名，以便读者查找。这本论文集对广大科技、生产和教学人员都有一定参考价值。

由于我们水平有限，加之时间仓促，这本论文集肯定会有许多不当和错误的地方，敬请广大读者批评指正。最后，向积极支持这本论文集出版的各位作者、审稿人和其他有关同志表示感谢。

**中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会
《 自 动 化 仪 表 》 编 辑 部**

第一届全国执行器学术交流会论文

(一九八二年)

一种适于低压差使用的流量特性

上海工业自动化仪表研究所 汪 克 成

[提要] 调节阀在调节介质流量时, 必然形成一定的压降损失, 这就带来了能量损耗问题。随着生产过程的强化, 这种能耗也越益严重, 为此如何在保证调节阀性能的同时, 减少这种压降损失造成的能耗已成为人们关注的问题。本文从减小阀上压差可以节约能耗的观点出发, 对压差与流量特性的关系作了全面分析, 并在此基础上提出一种新型流量特性的模式, 它在低压差条件下, 即低串联管道阻力 (S) 条件下具有令人满意的直线工作流量特性, 可以比直线、等百分比流量特性更好的满足现场使用要求, 并能实现减少调节阀能耗的目的。

一、概 述

调节阀是以节流原理工作的, 所以在调节流量的同时必将产生一定的压力损失, 成为系统动力消耗的重要部分。如图 1 所示, 这种压力损失可以用阀上的压差来表示。对一已知系统, 若流量 Q 和输出压力 P_2 不变条件下, 阀上压差越少所需的扬程或功率就越低。如表 1 所示, 当 $\Delta P / \Sigma \Delta P_L$ 由 1 下降为 0.43 时, 节约动力 25%; 降为 0.25 时, 可节约动力 31%, 可见降低阀上压差, 合理确定 $\Delta P / \Sigma \Delta P_L$ 的比值, 可显著降低泵的功率、减少系统的动力损失, 实现节能的目的。

表 1

S	$\Delta P / \Sigma P_L$	$P_2 (\text{kgf/cm}^2)$	$\Sigma P_L (\text{kgf/cm}^2)$	$\Delta P_V (\text{kgf/cm}^2)$	泵扬程 (m)	节约动力
0.5	1.0	4	10	10	240	—
0.3	0.43	4	10	4	180	25%
0.2	0.25	4	10	2.5	165	31%
0.1	0.11	4	10	1.2	152	36.6%

二、降低阀上压差对调节阀性能影响的分析

按照线性调节理论, 为使系统的广义对象具有线性特性, 还要求调节阀以一定的规律来调节流量, 即要求一定的流量特性来补偿对象的非线性。一般说来典型的调节阀流量特性有直

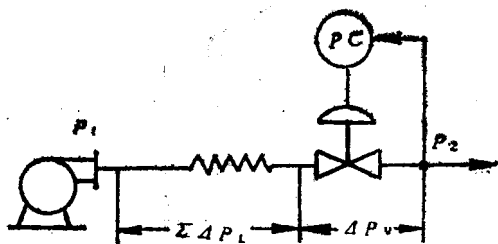


图 1

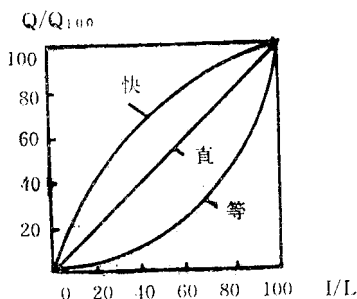


图 2 固有流量特性曲线

线、等百分比和快开三种,如图 2 所示。其中尤以等百分比和直线特性得到广泛的使用。

1. 调节阀的流量特性

调节阀流量特性是指流体通过阀门的相对流量与相对开度间的关系,即:

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = f\left(\frac{1}{L}\right) \quad (1)$$

式中, $Q/Q_{\max}$ ——相对流量,即调节阀某一开度的流量与全开流量之比;

$1/L$ ——相对开度,即调节阀某一开度下的行程与全开行程之比。

调节阀的流量特性分固有流量特性和工作流量特性两种。固有流量特性,即在阀前后压差恒定的情况下得到的流量特性,它取决于阀芯的设计,如柱塞形阀芯的曲面形状、套筒的窗口形状等。在这种情况下,流量只是流通能力 C 的函数,因此也可以写成如下关系式:

$$\frac{C}{C_{\max}} = f\left(\frac{1}{L}\right) \quad (2)$$

工作流量特性是在阀前后压差变化情况下得到的流量特性,因此这时流量是额定流量系数和压差的函数。

固有直线流量特性的数学表达式为

$$\frac{C}{C_{\max}} = \frac{1}{R} \left[1 + (R-1) \frac{1}{L} \right] \quad (3)$$

固有等百分比流量特性的数学表达式为

$$\frac{C}{C_{\max}} = R^{(1/L-1)} \quad (4)$$

式中 R —可调比,一般为30。

2. 压差对流量特性的影响

实际使用中调节阀总是与其它局部阻力串联使用的,因此阀上的压差并不是恒定的,这种压差的变化将改变阀的固有流量特性,形成一种工作流量特性,它对使用者更具有实际意义。它的变化规律可从图3和4的分析可知。

对于一个两端压差的系统,若管道、装置、设备等局部阻力损失流量的平方成正比,那么调节阀上的压差就会随着流量的增加而减小,这个压差的变化就使流量特性发生变化,形成

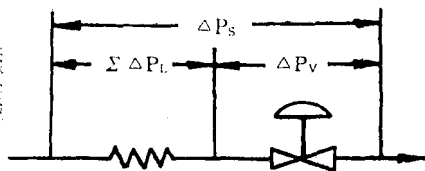


图3 串联管道场合

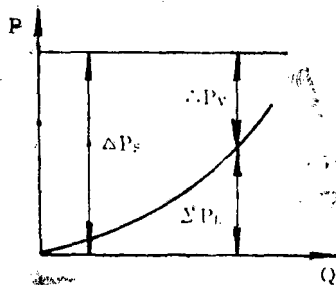


图4 串联管道时调节阀压差变化情况

一个新的规律，即工作流量特性。

在流量完全紊流状态并亚临界流动条件下，即各局部阻力损失与流量的平方成正比时，求得阀上压差变化规律后即可方便地推得工作流量特性的计算公式：

$$\frac{Q}{Q_{100}} = f\left(\frac{1}{L}\right) \sqrt{\frac{1}{(1-S)f^2\left(\frac{1}{L}\right) + S}} \quad (5)$$

式中 Q_{100} ——有管道阻力时调节阀的全开流量；

S ——调节阀全开时的压差与系统总压差之比， $S = \Delta P_v / \Delta P_s$ 。

将相应的固有流量特性关系式和不同的 S 值代入式(5)即可计算得到具体的工作流量特性，如图5、6所示。

从图可知，当 $S=1$ 时，系统的总压差全部降落在调节阀上，工作流量特性与固有流量特性一致，但随着 S 的减小，不仅调节阀全开时放大倍数减小，同时调节阀的流量特性曲线也发生很大畸变，直线特性趋向于快开特性，等百分比特性趋向于直线特性(有拐点)，也就是说，随着管道阻力的增加，对固有流量特性的偏离越来越大，总的趋势是小开度放大倍数增加，大开度放大倍数减小。

从表2和图7可知直线特性当 $S<0.5$ 后已趋向快开，放大倍数变化达3~30倍；等百分比特性在 $S<0.3$ 后，一般认为趋向直线性，实际上从放大倍数的变化(5~7.7倍)来看，它

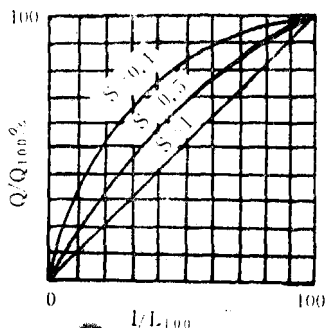


图5 直线工作流量特性

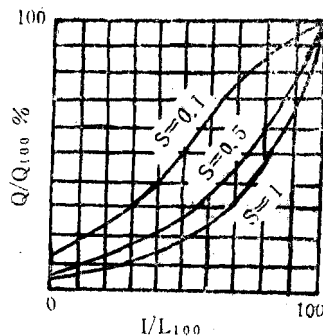


图6 等百分比工作流量特性

表2 调节阀工作特性的放大倍数 dQ/dI

1/L		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
直 线 特 性												
	S=0.1	3.012	2.472	10726	1.132	0.734	0.486	0.333	0.235	0.171	0.127	0.097
	S=0.2	2.147	10910	1.632	10281	0.970	0.726	0.546	0.413	0.317	0.245	0.193
	S=0.3	1.758	1.665	1.489	1.273	1.052	00853	00686	0.550	0.442	0.356	0.290
等 百 分 比 特 性												
	S=0.1	0.350	0.491	0.670	0.894	1.130	1.325	1.373	1.210	0.902	0.584	0.340
	S=0.2	0.249	0.353	0.489	0.672	0.896	1.152	1.373	1.463	1.333	1.027	0.680
	S=0.3	0.204	0.290	0.404	0.560	0.761	1.015	1.284	1.506	1.555	1.370	1.020

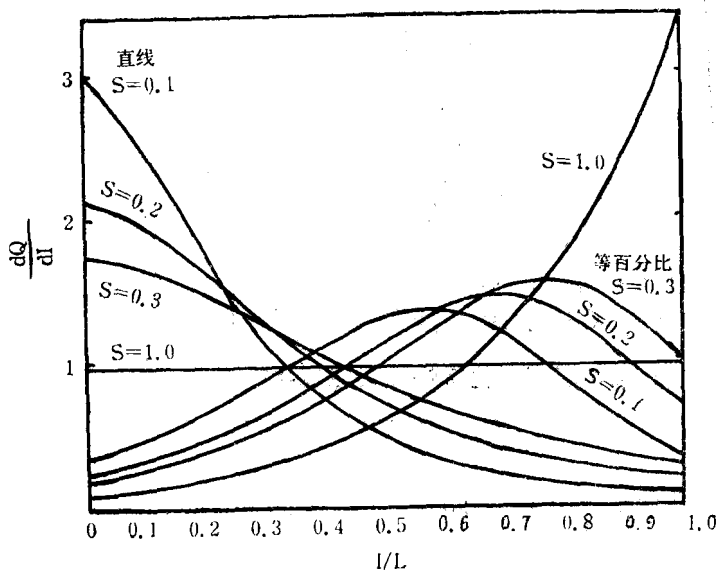


图7 直线和等百分比放大倍数变化曲线

也不是真正的直线特性。可见，为节约能量，减小阀上压差使用阀在低 S 值条件下运行时，直线和等百分比的工作流量特性都不是令人满意的直线特性，不能很好地适应常数增益控制系统的要求，这就限制了减小阀上压差节约能量的可能。为解决这个矛盾，实现节能目的，应该设法获得一种新型的流量特性，使其在低 S 值条件下具有令人满意的直线工作特性，以适应控制系统的要求。

三、新型流量特性模式的分析与设计

从流量特性选择原理可知,直线工作流量特性对线性测量的流量控制,压力控制和液位控制是最合适的,然而 $S < 0.5$ 时,直线特性已偏离线性,把等百分比的工作特性当作直线来使用同样也不能令人满意。能否根据直线工作流量特性的要求来设计一种固有流量特性呢?修正等百分比特性就是这样一种新型特性。

它的数学表达式可由式(5)简单变换得到

$$f\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{Q}{Q_{100}} \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{S} - \left(\frac{1}{S} - 1\right)\left(\frac{Q}{Q_{100}}\right)^2}} \quad (6)$$

把 Q/Q_{100} 作为已知量代入式(6)就能求取已知工作特性的固有流量特性。现分别假设为0.1, 0.2, 0.33的工作特性为线性时,则固有流量特性的表达式分别为

$$S=0.1$$

$$f_{0.1} = \frac{Q/Q_{100}}{\sqrt{10-9\left(\frac{Q}{Q_{100}}\right)^2}} \quad (7)$$

$$S=0.2$$

$$f_{0.2} = \frac{Q/Q_{100}}{\sqrt{5-4\left(\frac{Q}{Q_{100}}\right)^2}} \quad (8)$$

$$S=0.33$$

$$f_{0.33} = \frac{Q/Q_{100}}{\sqrt{3-2\left(\frac{Q}{Q_{100}}\right)^2}} \quad (9)$$

将 $Q/Q_{100}=K(1/L)$ 的值代入式(7)、(8)、(9)计算得到它们的特性曲线如表3和图8所示。特性 $f_{0.1}$ 表示当 $S=0.1$ 时工作特性为线性的固有流量特性,其放大倍数的变化率

表3 修正等百分比特性相对流量与相对开度间的关系

$\frac{1}{L} \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{Q}{Q_{100}}$											
$f_{0.1}$	0	3.2	6.4	9.9	13.7	18.0	23.1	29.6	38.9	54.7	100
$f_{0.2}$	0	4.5	9.1	13.9	19.2	25.0	31.8	40.1	51.2	67.8	100
$f_{0.33}$	0	5.8	11.7	17.6	24.4	31.6	39.7	49.0	60.9	76.6	100

比等百分的还要大,特别是70%开度以后,从现有的设计经验可知,无论是柱塞形阀芯,还是窗口形阀芯,当节流面积的变化率大于现有等百分比特性以后,在设计阀芯时会出现“根切”现象,使阀芯设计无法实现,因此实际上不能采用。特性 $f_{0.33}$ 表示 $S=0.33$ 时工作特性为线性,这种固有流量特性界于直线和等百分比特性之间,因此阀芯的设计是不存在困难的。特性 $f_{0.2}$ 表示当 $S=0.2$ 时,工作特性为线性,这种固有特性,在80%开度以内界于直线

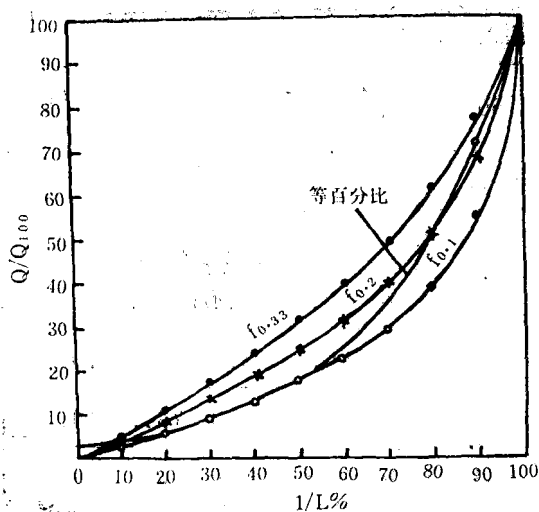


图8 流量特性曲线

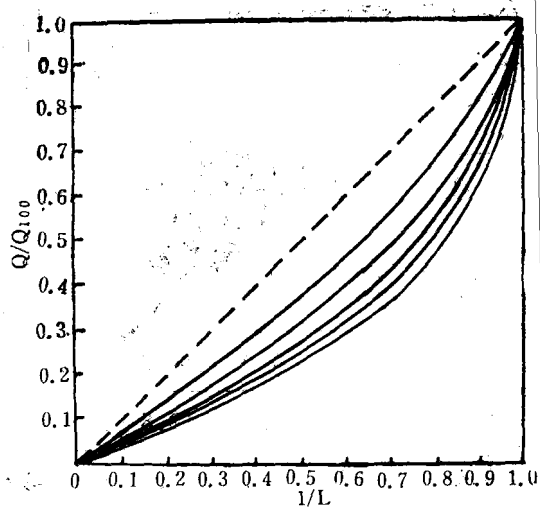


图9 $f_{0.1}$ 的工作流量特性曲线

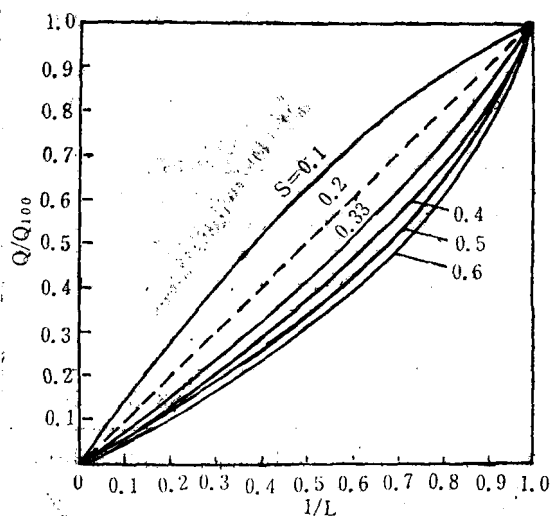


图10 $f_{0.2}$ 的工作特性曲线

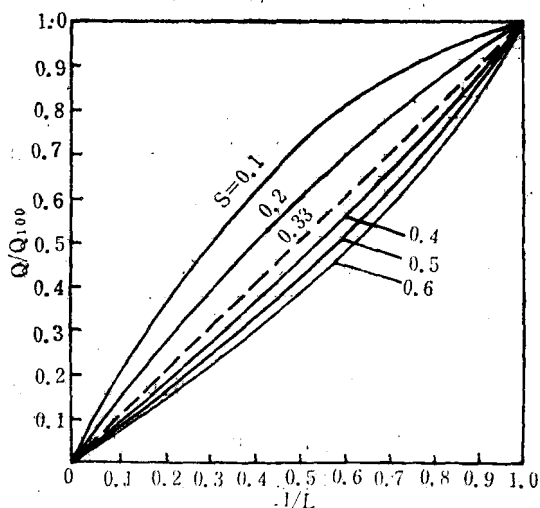


图11 $f_{0.3}$ 的工作特性曲线

表4 $f_{0.1}$ 的工作流量特性

$1/L\%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
S	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.2	0	7.0	14.1	21.7	30.0	37.8	46.7	57.5	68.7	82.7	100
0.3	0	5.8	11.6	17.8	24.9	31.6	39.6	49.7	61.1	76.8	100
0.4	0	5.0	10.0	15.5	21.8	27.7	35.0	44.5	55.6	72.1	100
0.5	0	4.4	9.0	13.9	19.6	25.0	31.6	40.6	51.3	68.1	100
0.6	0	4.0	8.2	12.7	17.9	22.9	29.1	37.6	47.9	64.0	100

表5 $f_{0.2}$ 的工作流量特性

$\frac{1}{L}\%$ S	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	0	14.1	27.7	40.8	52.2	63.2	72.9	80.9	88.2	94.6	100
0.2	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.3	0	8.2	16.4	24.9	33.3	42.6	52.4	62.0	73.4	86.1	100
0.4	0	7.1	14.2	21.8	29.2	37.7	47.1	56.7	68.3	82.6	100
0.5	0	6.3	12.8	19.6	26.3	34.2	43.1	52.5	64.2	79.5	100
0.6	0	5.4	11.7	17.9	24.2	31.6	39.9	49.0	60.7	76.7	100

表6 $f_{0.33}$ 的工作流量特性

$\frac{1}{L}\%$ S	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	0	18.0	34.9	49.2	62.2	72.5	80.7	87.1	92.4	96.6	100
0.2	0	12.8	25.4	37.1	49.0	59.7	69.5	78.2	86.0	93.6	100
0.3	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.4	0	9.1	18.3	27.2	35.9	46.5	56.4	66.4	77.1	88.0	100
0.5											
0.6	0	7.5	15.0	22.4	30.8	39.5	48.7	58.7	70.3	83.8	100

和等百分比特性之间，开度大于80%以后，流量变化率稍大于等百分比特性，如90%开度处相对流量为67.8%比等百分比特性小3.2%，但从阀芯的设计经验可知，由于小开度时的流量变化率显著小于等百分比特性，因此可以避免“根切”现象，实现阀芯的设计。

以 $f_{0.1}$ 、 $f_{0.2}$ 、 $f_{0.33}$ 各为固有特性，按公式(5)求得 $S=0.1\sim 0.6$ 的工作特性，如表4、5、6和图9、10、11所示。从图中可见特性 $f_{0.1}$ 的工作特性，在 $S=0.1$ 时线性，但在 $S=0.1\sim 0.6$ 范围内线性特性为单方向偏离，放大倍数的变化达10余倍，而 $f_{0.33}$ 和 $f_{0.2}$ 均为双方向偏离线性，因此放大倍数的变化均小于 $f_{0.1}$ 的值，而 $f_{0.2}$ 的又比 $f_{0.33}$ 的为小。

四、结 论

修正等百分比流量特性由于其本身的特点可以令人满意地使用于低S值条件下，为减少调节阀的压差和节约能源创造了条件，也将改变调节阀不宜使用于低S值的传统概念。

根据本文叙述的方法，当已知S值时可以设计得到满意的特性，但很多场合要确切已知S值就目前的条件下还不大实现，同时要求生产很多种修正等百分比特性，也是不现实的，因此不能只追求某一S值的线性化，而应该更多注意在低S值范围内的适应性，综合分析的结果可知 $f_{0.2}$ 是一种适宜的修正等百分比特性，在 $S=0.1\sim 0.3$ 范围内具有很近似的直线特

性，放大倍数的变化不大于1.5倍，而直线流量特性，当 $S=0.1$ 时放大倍数变化为30余倍；等百分比特性只有在40%~70%开度范围内近似线性，两端却有较严重的非线性，而且放大倍数变化规律相反，其放大倍数变化达4倍，因此以 $f_{0.2}$ 定义的修正等百分比特性在性能上更优于等百分比特性，它不仅可以用于低 S 值获得线性的工作物性，而且在离 S 值下具有强的适应负荷变化能力。

考虑到实际固有流量特性不能从零点开始，按我国的工艺水平，若取可调比 $R=30$ 时，标准的修正等百分比特性的数据应如表7所示。

表7 标准的修正等百分比流量特性 R=30

1/L %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Q/Q ₁₀₀ %	3.3	5.8	10.3	15.0	20.2	26.0	32.7	41.1	52.0	68.14	100

修正等百分比特性的实现可以采用两种方法：

1. 设计阀内组件——阀芯或套筒等使其具有所需的特性。
2. 采用定位器的非线性反馈原理用反馈齿轮来校正等百分比流量特性成为修正等百分比特性。

比较两种方法尤以第一种方法更为经济和简单，因为它不必增加任何附件，仅需改变阀芯或套筒的设计。当然这应该由调节阀制造厂来实现，对于使用单位，为解决一些特定的问题，采用定位器反馈齿轮的校正方法也是行之有效的。

实现调节阀的低S值运行

浙江大学 张玉润 祝和云

〔提要〕本文根据线性控制理论, 介绍并讨论了调节阀的低值运行原理、实施方法以及采用新型调节阀实施低S值运行所取得的效果。

一、调节阀低S值运行原理

1. 调节系统对阀特性的要求

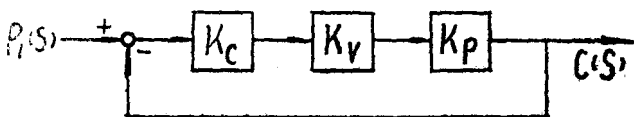


图 1

图 1 为线性控制系统。按控制理论要求, 其环路增益为

$$K_L = K_C K_V K_P \quad (1)$$

应是常数。

式中, K_C 调节器比例增益; K_V 为阀静态增益; K_P 为对象静态增益。

在多数化工、热工对象中, 静态增益是线性与指数特性^[1]。对非自整定式的调节器, K_C 是定值。为满足 K_L 恒定, $K_V K_P$ 之积应是常数。按补偿原理, 显然 K_V 应是线性与等百比特性 (K_V 值是指阀在工作时的静态特性)。

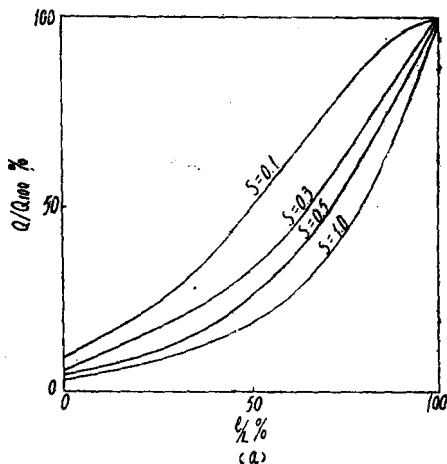
2. 调节阀安装特性与S值关系

调节阀的工作特性亦即安装特性。按阀的固有特性 $f(\frac{1}{L})$ 、安装特性 $F(\frac{1}{L})$ 、S 值关系有^[2]:

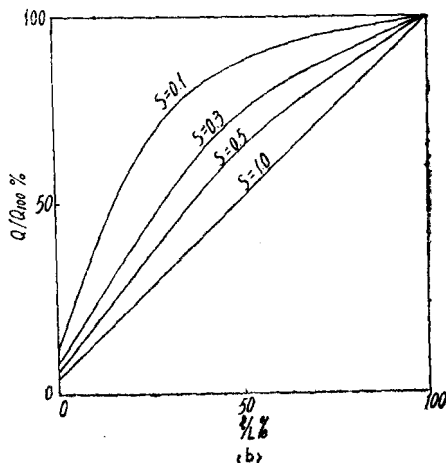
$$F(\frac{1}{L}) = f(\frac{1}{L}) \sqrt{1 / [(1 - S f^2(\frac{1}{L})) + S]} \quad (2)$$

式中, $1/L$ 为阀的相对行程。

图 2 (a)、(b) 分别表示等百分比阀、线



(a)



(b)

图 2

性阀的 $F(1/L) \sim S$ 关系。由图所见, 阀的安装特性随着 S 值的减小而越偏离固有特性。为了获得较好的阀安装特性(对于现有的调节阀), S 值采用较高(如 $S=0.5 \sim 0.6$)。

3. 调节阀阀前后压降损耗与 S 值关系

对于图3系统, 按 S 值定义有:

$$S = \Delta P_{Vmin} / (\Delta P_{Vmin} + \Delta P_Z) \quad (3)$$

式中 ΔP_{Vmin} 调节阀全开时阀前后压差;
 ΔP_Z 为系统全流量时, 管路阻力压降。

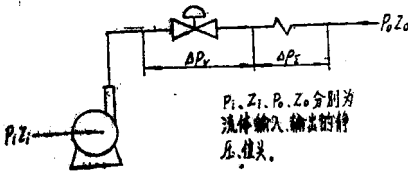


图3 调节阀控制的流体输送图

这样, 对于一个确定的系统, 在全流量时, 由式(3)推得阀上压降损耗与 S 值关系有:

$$\Delta P_{Vmin} = \frac{S}{1-S} \Delta P_Z \quad (4)$$

$\Delta P_{Vmin} \sim S$ 关系如图4所示。

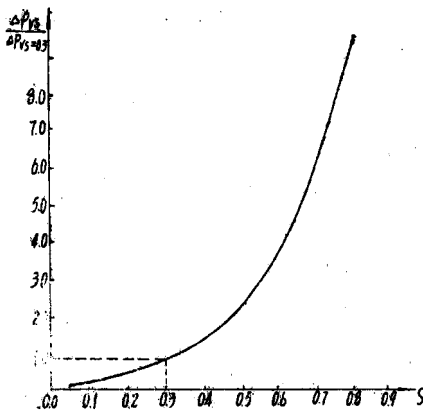


图4 $\Delta P_{Vmin} \sim S$ 关系曲线

在实际运动中, 阀上压降对系统压降之比为 S' 。可见, S' 是阀运行中实际的相对压降损耗比。根据流量 Q 、流量系数 C 、 S 、 S' 关系, 在一个系统压降恒定的流体输送过程中, 可推得:

$$S' = (Q/Q_{max}^2)(C_{max}^2/C^2)S \quad (5)$$

式(5)说明 S' 的大小与 S 对应。在运行中, S' 大, 表明阀上压降大, 机泵损耗功率大; 随之阀上产生的噪音大, 使用寿命短。

4. 调节阀低 S 值运行及实施方法

这里所指的低 S 值是指 S 小于0.3而言, 如 $S=0.1$ 。由第(3)小点可见, S 值是决定机泵功率大小的因素之一, 也是唯一可调整的因素。 S 值的大小归根结底是体现在运行中的阀上压降大小。如年处理量350万吨原油的某常减压车间, 调节阀上压降降低一公斤, 全年可节约机泵耗电144万度^[8], 而仅泵类耗电占全国发电量的21%^[9], 可见, 实现调节阀的低 S 值运行是十分必要。

综合上述, 可以得到: 采用现有调节阀的低 S 值运行来达到节能与调节阀有优良的安装特性而必须采用高 S 值运行是矛盾的, 经分析研究, 解决这一矛盾, 实施低 S 值运行的方法有:

1. 采用阀门定位器的特殊凸轮片, 使调节阀在低 S 值运行时, 其 K_v 、 K_p 之积仍常数;
2. 采用非线性补偿, 如图5, 使 $g(x)$ $K_v K_p$ 为常数。

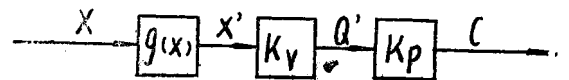


图5

$g(x)$ 的实现: ①对于参计算机控制, 可由计算机软件实施。②对于常规仪表控制由特殊乘除规律的乘除器实施。详见[1]。

3. 研制适用于低压差运行的调节阀—LS阀, 使 K_v 、 K_p 之积为常数。

1、2两种实施方法, 这里不作进一步讨论, 本文主要论述采用LS阀实施阀的低S值运行。

二、应用LS阀, 实施阀的低S值运行

1. LS阀的特性

按阀的静特性补偿对象静特性的原则, LS阀的安装特性应是线性与等百分比, 即:

线性安装特性

$$F_1\left(\frac{1}{L}\right) = \left(1 - \frac{1}{R'}\right) \frac{1}{L} + \frac{1}{R'} \quad (6)$$

等百分比安装特性

$$F_2\left(\frac{1}{L}\right) = R'[(1/L) - 1] \quad (7)$$

为实现LS阀的线性、等百分比安装特性, 由式(2)推得, LS阀的固有特性是:

$$f_1\left(\frac{1}{L}\right) = F_1\left(\frac{1}{L}\right) \times \sqrt{S/[1 - (1-S)F_1^2(\frac{1}{L})]} \quad (8)$$

$$f_2\left(\frac{1}{L}\right) = F_2\left(\frac{1}{L}\right) \times \sqrt{S/[1 - (1-S)F_2^2(\frac{1}{L})]} \quad (9)$$

在式(6)、(9)中, $f(1/L)$ 、 $F(1/L)$ 为调节阀的固有特性与安装特性; R' 为调节阀的工作可调比。

式(8)、(9)表明: 在S值、 $F(1/L)$ 函数式确定下, $f_{1,2}(1/L)$ 可求得。同样, 由式

(6)、(7)表明: R' 值、 $1/L$ 值一定, $F_{1,2}(1/L)$ 变确定。

2. S、 R' 值的确定

由式(4)可知, S值是表徵阀的压力损耗大小。从节能考虑, S值应小; 而由式(4)对S的微分看:

$$\begin{aligned} \frac{d(\Delta P_{Vmin})}{ds} &= \frac{d\left(\frac{S}{1-S} \Delta P_z\right)}{ds} \\ &= \frac{1}{(1-S)^2} \Delta P_z \quad (10) \end{aligned}$$

S值越小, 斜率变化也越小。如S值由0.6降为0.5, 斜率由6.2降为4; 而S值由0.1降为0.05, 斜率由1.2变成1.1。可见, S值不必取得过小。同时还应考虑: 实际生产装置可实现的较低S值, 以及在该S值下阀芯加工的可能性(因S值越小, 阀芯加工时的“根切”越严重, 阀的预定特性越难以实现)。综合这些因素, 取S值为0.1。按工程要求, 取 R' 为10。

3. LS阀的实现

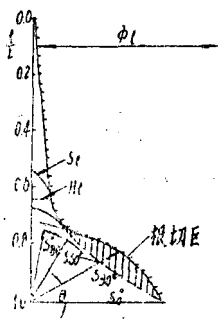
现有LS阀是柱塞形阀。实现式(8)、(9)的特性, 在于设计特殊阀芯, 配以现有柱塞形调节阀的其余部件, 实现LS阀的特性。

特殊阀芯的轮廓尺寸可按文献(4)计算。设计计算过程发现: 按式(8)、(9), 在 $S=0.1$, $R'=10$ 的条件下设计LS阀阀芯, 其阀芯是存在“根切”的。存在“根切”的阀芯轮廓曲面与阀的固有特性如图6(a、b)所示。这样, 实际的LS阀特性偏离了所要求的特性。LS阀的“根切”现象必须改善。

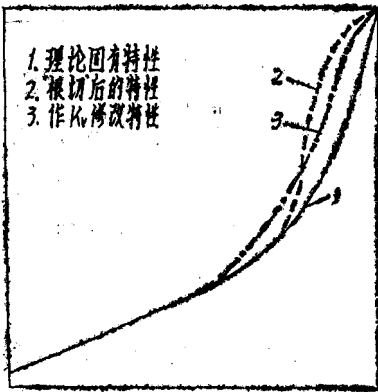
分析产生阀芯“根切”现象的实质是: 在阀一相邻行程中, 实际可得的最大流量通截面积变化率, 不能满足按特性要求的流量系数变化所对应的流通截面积变化率的要求。故改善“根切”的方法有: 提高方程(8)、

(9)中的S值;增大阀的有效行程L;降低阀的固有可调比 $R(R=R'/\sqrt{S})$;提高阀体的流通系数 C_b ;修改“根切”段的 K_v 值等。针对现状,采用切实可行的“根切”措施是:

(1)修改“根切”段的 K_v 值,即改变按理论计算的固有特性在“根切”段的 K_v 值,使实际得到的性能较好地靠近修改后的计算特性,如图6(b)所示。实际表明,在“根切”特性曲线最大 K_v 处,把该 K_v 值降低1.3~1.6倍,作出修改后的固有特性,能得到满意结果。



(a)低压降调节阀阀芯轮廓曲线



(b)低压降调节阀有、无“根切”的特性
图6

(2)提高 C_b 值 提高 C_b 值改善“根切”的理论依据是:对于图7所示的阀,它的流通系数 C_v 、导流口流通系数 C_P 、阀体流通系

数 C_b 有如下关系:

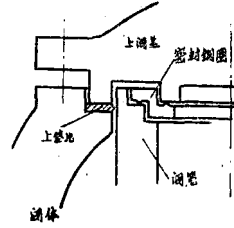


图7 调节阀阻力

$$\frac{1}{C_v^2} = \frac{1}{C_P^2} + \frac{1}{C_b^2} \quad (11)$$

则

$$C_P = \sqrt{C_v^2 C_b / (C_b^2 - C_v^2)} \quad (12)$$

对变量 C_v 求导,得

$$\partial C_P / \partial C_v = C_P^3 / C_v^3 \quad (13)$$

由式(12)可得到

$$C_P^3 = C_v^3 C_b^3 / (C_b^2 - C_v^2)^{3/2} \quad (14)$$

将式(14)代入式(13)中

$$\partial C_P / \partial C_v = 1 / (C_v^2 / C_b^2)^{3/2} \quad (15)$$

由阀的结构可知, $C_b > C_v$ 。这样,当 C_b 增大, $(1 - C_v^2 / C_b^2)$ 值也增大,使 $\partial C_P / \partial C_v$ 值下降。 C_v 值是阀行程的函数, $\partial C_P / \partial C_v$ 的下降,正表明在某一行程内阀流通截面积随着阀特性要求的流量系数改变的变化率是下降了,从而改善了“根切”。

实际采取提高 C_b 值后,使得线性安装特性的LS阀基本无“根切”;等百分比安装特性的LS阀“根切”发生在 $\{1/L > 0.9, (Q/Q_{100})工作 > 0.9\}$ 。所得到改善“根切”后的LS阀特性是:

①固有特性

线性LS阀

$$f_1\left(\frac{1}{L}\right) = \left[\left(1 - \frac{1}{R\sqrt{0.1}}\right) \frac{1}{L} + \frac{1}{R\sqrt{0.1}} \right] \times \sqrt{\frac{0.1}{1 - 0.9 \left[\left(1 - \frac{1}{R\sqrt{0.1}}\right) \frac{1}{L} + \frac{1}{R\sqrt{0.1}} \right]^2}} \quad (16)$$

等百分比LS阀

$$f_2\left(\frac{1}{L}\right) \begin{cases} = (R\sqrt{0.1}) \left(\frac{1}{L}\right) \sqrt{\frac{0.1}{1-0.9\left[(R\sqrt{0.1})\left(\frac{1}{L}-1\right)\right]^2}} & 1/L \leq 0.9 \\ = 6.2\left(\frac{1}{L}-0.9\right)+0.38 & 1/L > 0.9 \end{cases} \quad (17)$$

$$f_2\left(\frac{1}{L}\right) \begin{cases} = (R\sqrt{0.1}) \left(\frac{1}{L}\right) & 1/L \leq 0.9 \\ = 6.2\left(\frac{1}{L}-0.9\right)+0.38 & 1/L > 0.9 \end{cases} \quad (18)$$

②安装特性(指LS阀运行在 $S=0.1$ 时)

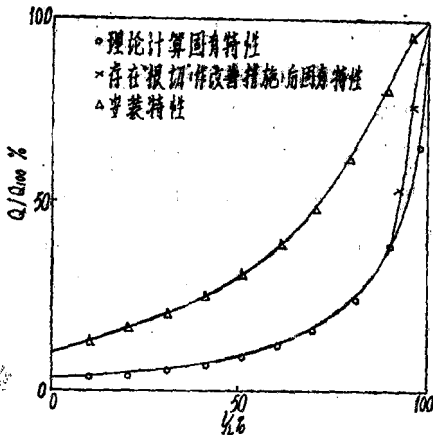
线性LS阀 $F_1(1/L) = \left(1 - \frac{1}{R\sqrt{0.1}}\right) \frac{1}{L} + \frac{1}{R\sqrt{0.1}}$ (19)

等百分比LS阀

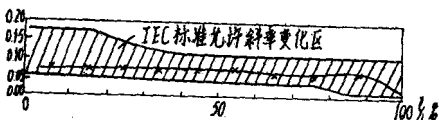
$$F_2(1/L) \begin{cases} = (R\sqrt{0.1})^{(1/L-1)} & 1/L \leq 0.9 \\ = [6.2(1/L)-0.9]+0.38 \sqrt{\frac{1}{0.9[6.2(1/L)-0.9]+0.38}^2+0.1}} & 1/L > 0.9 \end{cases} \quad (20)$$

$$F_2(1/L) \begin{cases} = (R\sqrt{0.1})^{(1/L-1)} & 1/L \leq 0.9 \\ = [6.2(1/L)-0.9]+0.38 \sqrt{\frac{1}{0.9[6.2(1/L)-0.9]+0.38}^2+0.1}} & 1/L > 0.9 \end{cases} \quad (21)$$

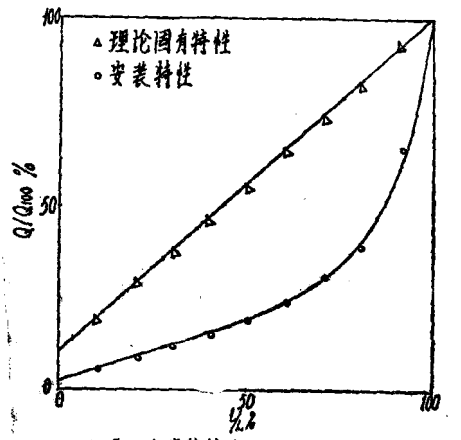
上述各式中 $R=31.6$ 。图8(a)、9(a)为LS阀的实际特性曲线,图8(b)、9(b)为LS阀安装特性按IEC标准的斜率偏差考核^[12],其结果都在允许范围内(图8中 C_n 、 C_{n-1} 分别为第 n 、 $n-1$ 点流量系数)。



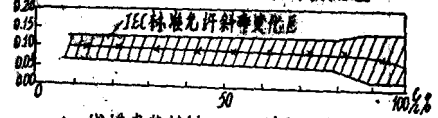
(a) $S=0.1$, 安装特性为等百分比LS阀特性



(b) 等百分比安装特性LS阀斜率曲线



(a) $S=0.1$, 安装特性为线性LS阀特性图



(b) 线性安装特性LS阀斜率曲线

图 9

4. 采用LS阀, 实现 $S=0.1$ 的运行

LS阀在特性上确保了阀上压降对系统总压降之比为0.1时阀的安装特性为线性与等百分比, 从而满足了线性控制理论对阀特性的要求; 保证了调节品质。然而, 实现 $S=0.1$ 的运行必须要与流体输送工况结合起来, 才能达到既低压降比运行, 节约动力

图 8