

洋 为 中 用

毛泽东

资料 2

流量测量技术与仪表译文集

一机部热工仪表科学研究所

一九五五年十一月

73.86/42

最 高 指 示

……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

外国一切好经验，好的科学技术，我们都要吸收过来，为我们所用。拒绝向外国学习是不对的。当然，迷信外国认为外国的东西都是好的，也是不对的。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。



目 录

靶式流量变送器(18型、618型).....	1
测流装置.....	27
热式流量计.....	33
每小时200厘米 ³ 至几升的气体小流量计.....	38
带霍尔乘法器的电磁流量计.....	41
大口径超声流量计实际流量的试验.....	58
小孔板流量系数的测定.....	73
质量流量计(德文).....	85
确定管道中流动的传感装置.....	86
涡轮气体流量检测器.....	92
质量流量计.....	101
用于直接测量单位时间内流体质量的仪器.....	112
差压流量计方程式.....	121
质量流量计(日文).....	131
管道条件对流量测量的影响.....	144

靶式流量变送器 (18型, 618型)
 (ターゲット式流量变送器18型, 618型) 川上裕史
 横河技报 Vol.9(1965) No.4, PP.18-32

靶式流量变送器是为测量特殊流体的流量用的变送器。本文将变送器的特点与动作性能概述如下。

1 前言

靶式流量变送器能测量一般差压式流量计和电磁流量计等所不能测定的流体(高粘度的流体, 高温熔融的浆液流体和非导电性流体), 气体、蒸汽的流量也可以测量。以测量流量为目的所设计成的流量变送器, 本变送器是一种负荷表, 利用了力平衡式变送器的优点和环状孔板的特性, 在主管中装设有靶, 在靶面上所受的流体的力(流量自乘成比例)变为电流和气压而作为它的输出讯号传送到记录 和 调节仪表。

18型是气动流量变送器, 如图1。618型是电动流量变送器, 如图2。

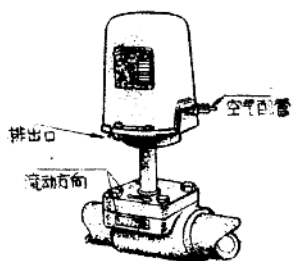


图1 靶式流量变送器 (18型)

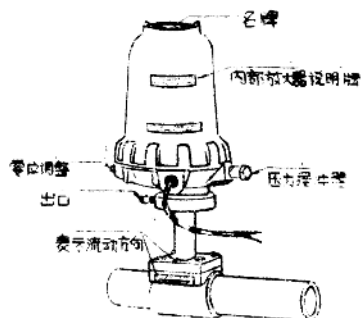


图2 618型靶式流量变送器

2 特点

用一般流量计要测量高粘度、低雷诺数的流体，测量精度是不好的，而本表有传统性的可靠性高，而且因为利用了简单的力平衡机构的差压部分，从后面所说情况选择 β （靶的直径与变送器内径之比），在同一条件下测量精度比一般流量计的精度好。

特点是不需要孔板和导管，在主管上安装时对检查、清洗和调整等，维护容易、经济。从结构上看，在管内的流体不动时虽有流体的凝结和沉淀也不会引起故障。在温度和压力条件许可下，也可用水冲洗或周期放气。在高粘性浆液的液体流量测量时，不需要加隔膜或用吹气方式就可测量，这也可说是一个特点。

3. 种类、用途和一般规格

本变送器首先按其输出讯号是气动或是电动来分成18型或618型。它们的规格如表1。

表1 18型和618型的一般规格

18型	618型
输出讯号0.2~1.0 Kg/cm ² 气压	输出讯号10~50 mA DC
给气压1.4 ± 0.07 Kg/cm ²	负 荷600 Ω ± 1/8 %
空气消耗量14 l/min	输出误差0.25~0.1%以下*
最大空气供给量49.5 l/min	供给电压65 V ± 5%
最大空气排出量49.5 l/min	消耗电力5W(6VA)

*注：受使用的电源箱的影响

618型满足IGD组一分组NEMA 4型的NEC防爆规程。本表的环境温度超过82℃时，放大器要移离本体，按使用场所的情况来选用一般型式防爆用的，如图3（图略）。

管子尺寸各有4种规格：3/4、2、3、4B（公称尺寸直径80钢管）4种。各种尺寸和接触介质部分的材料和测量流量的关系

如表 2 所示。

表 2 尺寸与流量

名称	主管口径	接液部材料	测定流量* (m ³ /h)
18·618-3/4S	3/4B	SUS 32	0-2.61~0-6.13
18·618-2C	2B	S25C-Cd	0-6.36~0-28.39
18·618-2S		SUS 32	
18·618-3C	3B	S25C-Cd	0-13.6~0-56.79
18·618-3S		SUS 32	
18·618-4C	4B	S25C-Cd	0-34.07~0-113.58
18·618-4S		SUS 32	

* 注：水换算流量值

最大流量范围以某一管子的最大流速在设计上以水来换算 0-3.7 ~ 0-4.3 米/秒。测量范围可变倍率是 10/1，在靶上所加力的变化范围是 0.907 ~ 9.07 公斤。

表 3 中所示 9 种靶的形状如图 4 (略) 所示。

表 3 靶的种类

主管口径	$\beta = d/D^*$			
	—	—	—	—
3/4B	—	—	—	0.80
2B	—	—	0.70	0.80
3B	—	0.60	0.70	0.80
4B	0.50	0.60	0.70	—

* 注：d——靶的直径 D——管子内径

在表 4 用靶式变送器管子的连接方式表示最大使用压力和最高使用温度。出口机构 (参照图 1 和图 2) 用作流体凝固时清洗或喷洗。

表4 靶的安装方式，最大使用压力和最高使用温度

主管口径	管连接方式	使用最大压力，最高温度
3/4B	150 ASARF 法兰	19 Kg/cm ² -38℃ ~ 7 Kg/cm ² -400℃
2B	公称尺寸 80 钢管，	105 Kg/cm ² -400℃
3B	直接用电焊或	105 Kg/cm ² -260℃
4B	JIS 法兰	

靶式流量计用途如表5 各种流体介质的流量测量。

表5 用靶式流量计现在所能测量的流体介质名称一览表

硝酸阿么尼亚	果汁液	维尼龙
煤焦油(芳香族)	甘油	醋 酸
瀝 青	油 膏	洋火油
啤 酒	绿 液	树 脂
黑 液	燃料重油	海 水
碳水混合浆液	碳水化合物	硫酸钠饱和溶液
碱溶液	绿化钾基	蒸 汽
透明状油脂	石灰浆液	肥皂液
煤焦油	樟 脑	苯乙烯橡胶
原 油	有机酸	糖溶液
Cyclohexan	磷酸清洗水	兽 脂
磷酸阿么尼亚	瀝青(浓)	脂肪酸
氧化树脂	聚乙烯与水混合浆液	尿 素

4. 动作原理

4.1 18型靶式流量变送器

象第7图那样，由于流量变化，靶上产生的力也变化。传力棒移

动挡板。在此变化一点点，空气压力 $0.2 - 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ 压力输出讯号放大。一方面输出讯号，另一方面反馈到反馈波纹管，反馈波纹管上产生的力与靶上所受的力平衡前产生输出讯号。因此输出讯号与靶上所受力的的大小成比例，与流量的平方成比例。这在 4.3 节中还要叙述。

4.2 618型靶式流量变送器

由于流量变化，靶上的力变化，经过力棒传送而移动铁心。在此处变化一点电流经放大器放大成为 $10 \sim 50$ 毫安直流输出讯号。另一方面输出讯号要反馈到力矩马达，力矩马达产生的力和靶上所产生的力到平衡为止产生输出变化，因此输出讯号大小与靶上所受力的的大小成比例，和流量平方成比例。

4.3 靶上所受的力和流量的关系

流量是以靶上所加的力和靶周围的间隙的面积大小计算出来的。在靶上所受力的的大小以下列公式表示：

$$F = K \left(\frac{\gamma_f V^2}{2g_n} \right) \cdot A_t \quad \dots\dots\dots (1)$$

此处 F —靶上所受的力(公斤)

K —比例常数

g_n —标准自由落体加速度(9.80665 米/秒^2)

γ_f —使用流体介质的比重度(Kg/m^3)

A_t —靶面积(m^2)

V —流体速度(m/s)

容积流量和重量流量按下式表示：

$$Q_f = A_a V \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$W = A_a V \gamma_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

此处 Q_f —使用状态下介质容积流量($\text{米}^3/\text{秒}$)

A_a —环状间隙面积(米^2)

W —流体重量流量(公斤/秒)

今欲将变送器管内径 D (米)、靶直径 d 从以上(1)、(2)、(3)式求出容积流量和重量流量按下式计算：

$$Q_f = K'_a \left(\frac{D^2 - d^2}{d} \right) \sqrt{\frac{F}{\gamma_f}} \dots\dots\dots (4)$$

$$W = K'_a \left(\frac{D^2 - d^2}{d} \right) \sqrt{F \gamma_f} \dots\dots\dots (5)$$

此处 $K'_a = \sqrt{\frac{1}{K}} \cdot \sqrt{\frac{\pi \epsilon_n}{2}}$

5. 静态特性

本表静态特性如下：

关于18型变送器

灵敏度：满刻度的0.1%

重现性：满刻度的0.1%

气源气压影响：对压力变化0.1 Kg/cm²，是满刻度的0.3%

安装形式误差：对5°倾斜是满刻度的0.1%以下

对90°倾斜是满刻度的2.5%以下

温度误差：满刻度的±1.0%/每56度（F100度变化）

按照流体在靶上所产生的力用砝码来换算，由于环境温度的影响，静态特性和实际流量校正特性按表6、7和图5、6所示。

表6 砝码换算校正特性

型号 满刻度 特性 (公斤)	18型			618型		
	1.0	5.0	9.0	1.0	5.0	9.0
直线性%	±0.25	±0.25	±0.20	±0.25	±0.20	±0.10
再现性%	0.15	<0.1	<0.1	<0.15	<0.1	<0.1
滞后%	0.1	0.12	<0.1	0.1	<0.1	<0.1

表7 环境温度影响(以室内温度为基准)

温度 误差%	18型			618型		
	1.0	5.0	9.0	1.0	5.0	9.0
-5℃	-0.1	-0.05	+0.05	-0.3	-0.15	-0.1
50℃	+0.1	+0.05	-0.05	+0.5	+0.2	+0.1
80℃	+0.45	+0.2	+0.15	+0.8	+0.5	+0.4
120℃	+0.55	+0.25	+0.15			

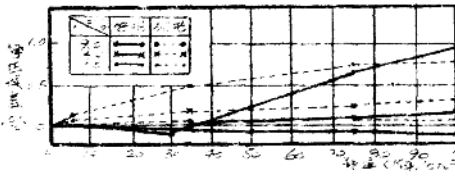


图5 18型变送器的静态特性

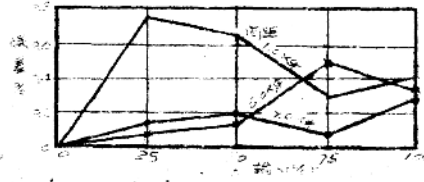


图6 18型变送器的实际流量校正特性

关于618型变送器

灵敏度：满刻度的0.05%

重现性：满刻度的0.1%

电源电压影响：满刻度的 $\pm 0.25\%$ / 10伏

负荷变动影响：满刻度的 $\pm 0.25\%$ / 60 Ω (负荷电阻约600 Ω)

安放形式：对5°倾斜为0.3%以下

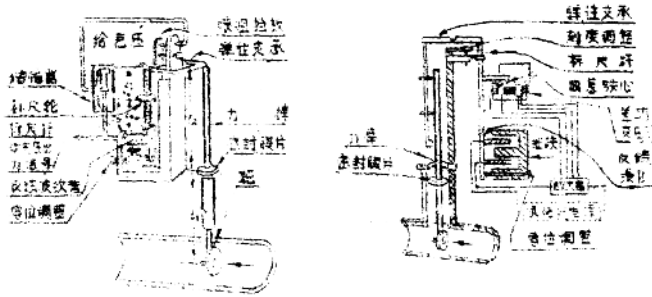
对90°倾斜为4.0%以下

温度误差：满刻度的 $\pm 2.0\%$ / 56°

按砵码换算校正特性、环境温度影响、静态特性和实际流量校正特性各按表6、7和图5、6所示。

6. 动态特性

原理图如图7所示。



(a) 18型靶式流量变送器 (b) 618型靶式流量变送器

图7 原理图

关于18型和618型变送器的分析如下：

6.1 18型变送器

6.1.1 方块图及其常数

第8图是本变送器的方块图。图中各记号的意义和靶上所受的力0.907~9.07公斤，对于它们的各个数值如下。

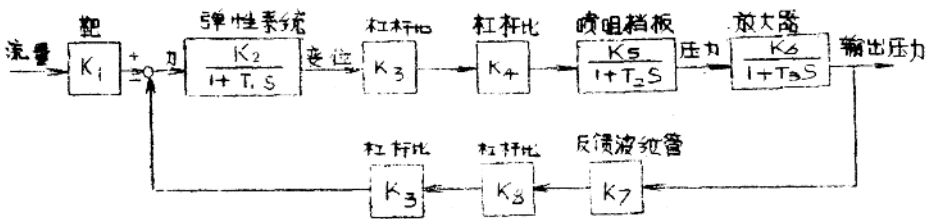


图8 18型靶式流量变送器方块图

K_1 ——流量—力的转换系数

K_2 ——力的傳遞系統的全部彈性系統在靶上的力集中換算的系數

$$(1/3.5 \geq K_2 \geq 1/48.0 \text{ cm/Kg})$$

K_2 按下式計算

$$K_2 = \frac{1}{k_e + (k_f + k_d)K_3^2 + k_z K_3^2 K_l} \dots\dots\dots (6)$$

此處 k_e ——力棒密封薄膜彈性系數 (1.0 Kg/cm)

k_f ——簧片支承彈性常數 (2.0 Kg/cm)

k_d ——緩沖彈簧彈性系數 (0.3 Kg/cm)

k_z ——零點調整彈簧彈性系數 (2.4 Kg/cm)

k_l ——零點調整螺絲槓杆比 (在圖 7 上是 l_6/l_3)

$$\text{取 } 0.88 \leq K_l \leq 5.7$$

K_3 ——力棒的槓杆比 ($l_2/l_1 = 0.773$)

K_4 ——上支點和擋板的槓杆比 ($(l_6 + l_7)/l_7 = 1.4$)

K_5 ——噴嘴擋板的增益 (在圖 9 上噴嘴直徑 0.78, 縮孔直徑 0.22, 這時噴嘴背壓和噴嘴擋板的位移特性示於圖 9。
 $70 \leq K_5 \leq 135 \text{ Kg/cm}^2$)

K_6 ——放大器的增益 ($8.4 \leq K_6 \leq 13$)

K_7 ——反饋波紋管的有效面積 (2.7 cm^2)

K_8 ——標尺棒槓杆比 ($l_4/l_3, 0.55 \leq K_8 \leq 5.2$)

T_1 ——靶的在反饋點上移動的時間常數

$$(T_1 = 0.8 K_2 K_3^2 \leq 0.01 \text{ s})$$

T_2 ——噴嘴擋板的时间常數 (0.5 s)

T_3 ——放大器的時間常數 (0.05 s)

6.1.2 環路增益

從方塊圖本變送器的環路增益 K 用下式表示

$$K = K_2 K_3^2 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 \dots\dots\dots (7)$$

用上列數值計算時 ($350 \geq K \geq 240$)

6.1.3 傳遞函數

本變送器的傳遞函數近似於下式：

$$G = \frac{1}{1 + 2\zeta T_s + (T_s)^2} \dots\dots\dots (8)$$

上式 T 的 ζ 反馈环路的等价时间常数和制动系数于下式求得

$$T = \sqrt{\frac{T_2 T_3}{K}} \dots\dots\dots (9)$$

$$\zeta = \frac{T_2 + T_3}{2\sqrt{KT_2 T_3}} \dots\dots\dots (10)$$

对于靶上所受的力 0.907 ~ 9.07 公斤, T ζ 的值如下
 ($8.5 \times 10^{-3} \leq T \leq 1.0 \times 10^{-2}$ s)
 ($0.093 \leq \zeta \leq 0.112$)

由传递函数的等价时间常数 T 算出频率 $f_c = 1/2 \pi T$ 在靶上所加的力是 0.907 ~ 9.07 公斤算得的 ($18.8 \geq f_c \geq 16.0$ c/s)

6.2 816 型变速器

6.2.1 方块图及其常数

图 10 上的方块图各记号的意义和对于靶上所加的力 0.907 ~ 9.07, 它们的数值如下:

K_1 — 流量—力的转换系数

K_2 — 力的传递系统的全部弹性系统, 在靶上力的传达点集中换算的综合系数

$$(1/22.4 \geq K_2 \geq 1/187 \text{ cm/Kg})$$

$$K_2 = \frac{1}{k_e + k_f K_3^2 + (k_c + k_d) K_3^2 K_4^2 + k_z K_3^2 K_5^2} \dots\dots\dots (11)$$

此处

k_e — 力棒 (密封) 膜片弹性常数 (1.0 Kg/cm)

k_f — 簧片支承弹性系数 (2.0 Kg/cm)

k_c — C 形弹簧的弹性常数 (6.7 Kg/cm)

k_d — 缓冲弹簧的弹性常数 (0.3 Kg/cm)

k_z — 零位调整弹簧弹性常数 (0.357 Kg/cm)

k_l — 零点调整螺丝的横杆比 ($4 \leq k_l \leq 14$)

K_3 — 力棒槓杆比 (1.03)

K_4 — 差动变压器铁芯槓杆比 ($1.4 \leq K_4 \leq 14$)

K_5 — 包括差动变压器放大器的总的增益

$$((110 \sim 80) \times 10^3 \text{ mA/cm})$$

K_6 — 反饋马达增益 ($4.75 \times 10^{-3} \text{ Kg/mA}$)

K_7 — 反饋槓杆比 ($2.9 \leq K_7 \leq 27$)

T_1 — 对于靶上反饋点的移动的时间常数

$$(T_1 = 0.8 K_2 K_3^2 \leq 0.01 \text{ s})$$

T_2 — 放大器的时间常数 (0.5 s)

6.2.2 环路增益

从方块图环路增益 K 表示于下式

$$K = K_2 K_3^2 K_4 K_5 K_6 K_7 \dots \dots \dots (12)$$

K 的值 ($87 \leq K \leq 97$)

6.2.3 传递函数

传递函数 G 是负反饋环路的等价时间常数 T 和制动系数 ζ 用下式表示

$$G = \frac{1}{1 + 2 \zeta T_S + (T_S)^2} \dots \dots \dots (13)$$

$$T = \sqrt{\frac{T_1 T_2}{K}} \dots \dots \dots (14)$$

$$\zeta = \frac{T_1 + T_2}{2 \sqrt{K T_1 T_2}} \dots \dots \dots (15)$$

对于靶上所加的力 0.97 ~ 9.07 公斤时 T 和 ζ 的值如下

$$(7.6 \times 10^{-3} \leq T \leq 7.2 \times 10^{-3} \text{ s})$$

$$(0.36 > \zeta > 0.368)$$

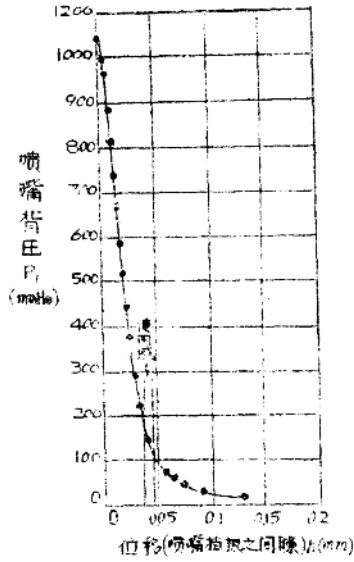


图9 喷嘴背压变位曲线

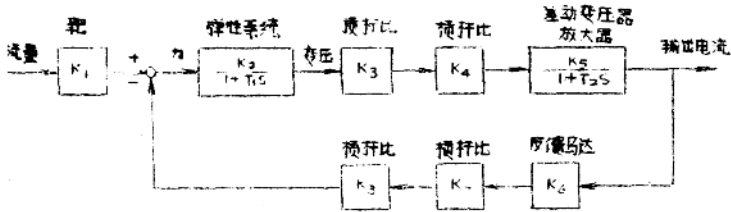


图10 618型靶式流量变送器的方块图

6.2.4 频率输出响应

在图11示出频率响应的实测实例。由传递函数的等价时间函数 T 算出折点频率数 $f_c = 1/2\pi T$ 是对于在靶上所加的力在 0.907 ~ 9.07 公斤以下得出的 ($2.1 \leq f_c \leq 2.2$ c/s)。

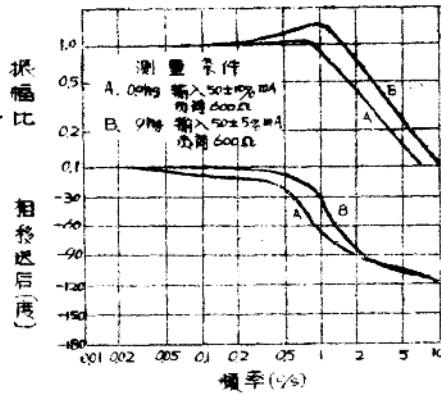


图 11 618型靶式变送器的频率特性

7. 尺寸大小

在选择靶的部分时象表 2 那样，流量主管口径有两个时，这时要按照图 1 2 考虑允许压力损失来选择主管口径，但是为了将来流量可能有增加时，宁肯牺牲一点设备费来选择较大的口径较好。在图 1 2 上表示流体流量压力损失的曲线。

将主管流通的最大流量作为仪表刻度上的最

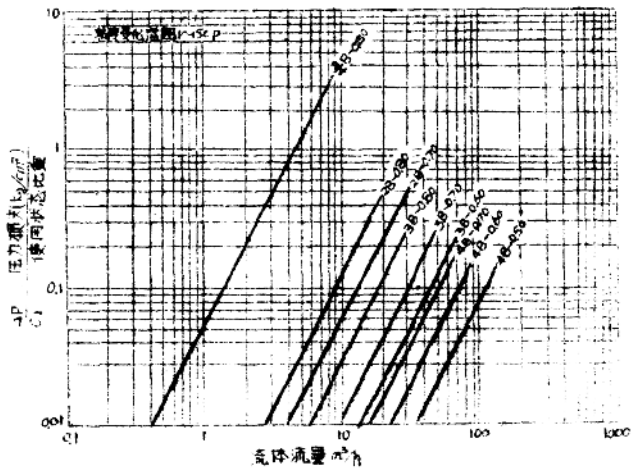


图 12 液体流量——压力损失曲线

大流量和最大流量时本仪表的输出讯号的最大值要相一致(18型变送器 $1 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, 618型 50 mA)。必须将这些条件来满足加到靶上的力($0.907 \sim 9.07 \text{ Kg}$)来正确计算出来。

本变送器尺寸的实际大小的说明。

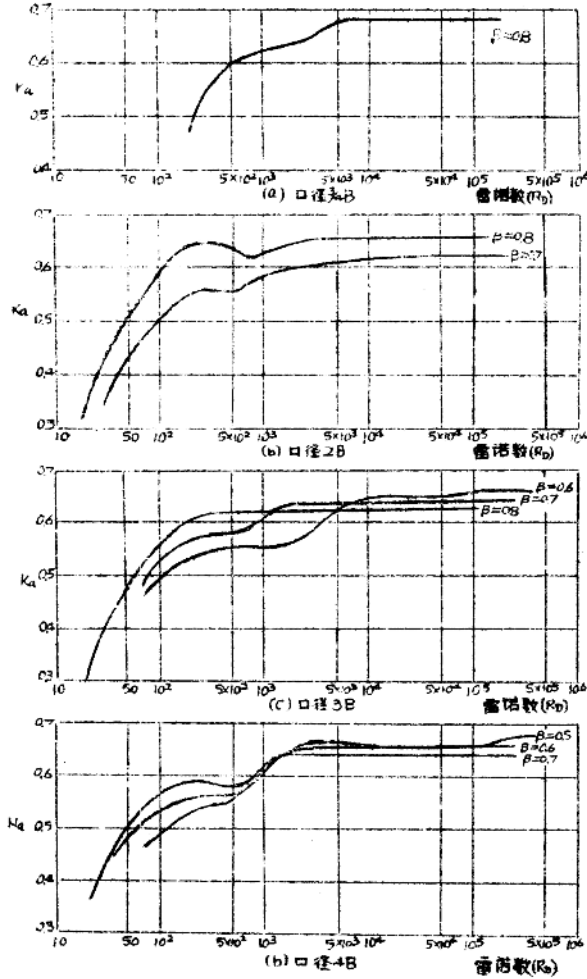


图 13