

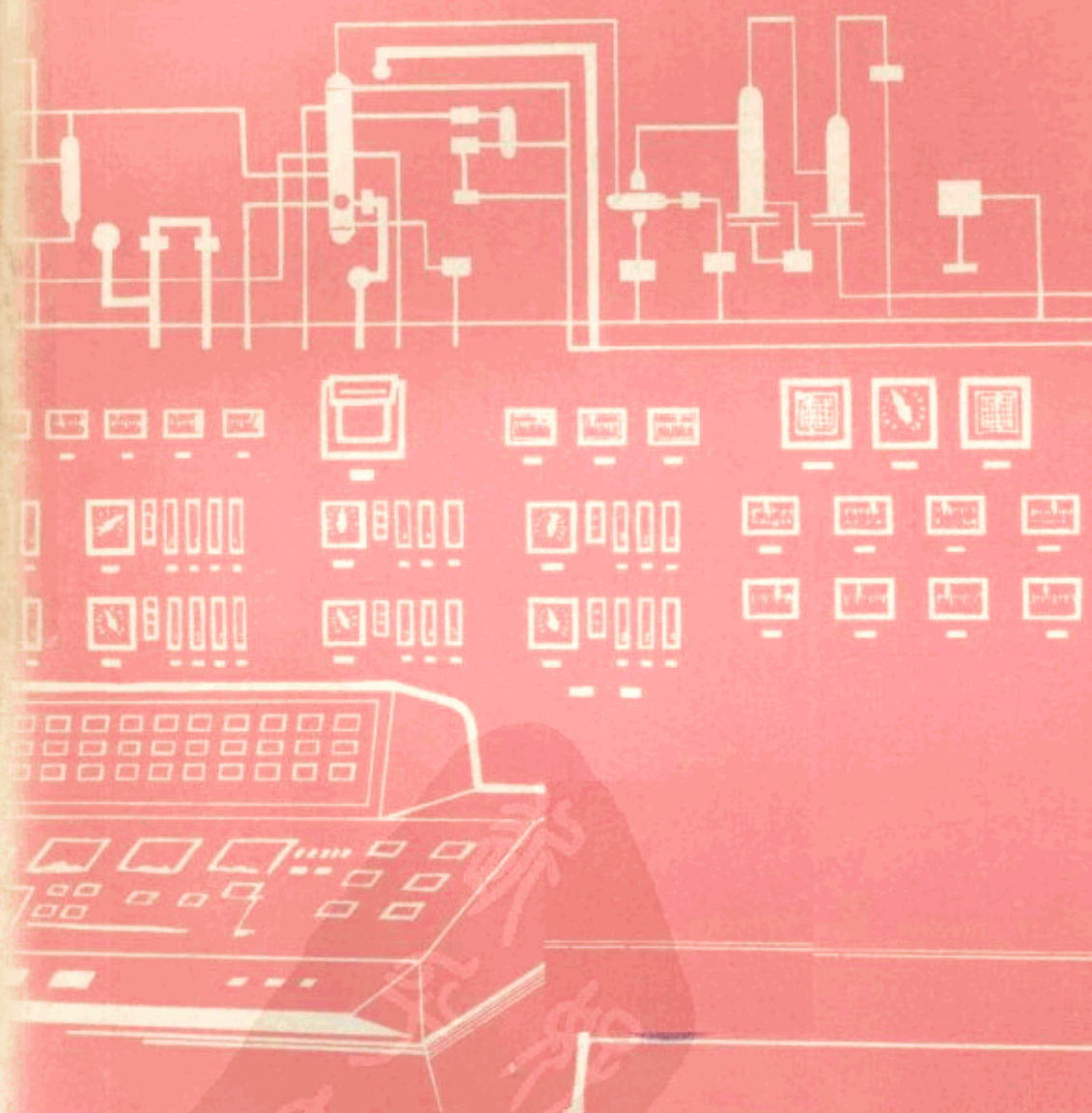
73.8
SGZ
6:3



73.8
SGZ
6:3

射流元件与应用

第三集



上海工业自动化仪表研究所

一九七二年十月

PDG

毛主席语录

我们能够学会我们原来不懂的东西。

我们不但善于破坏一个旧世界，我们还将善于建设一个新世界。

目 录

一、双稳元件	1
二、等价元件	1 2
三、“或非”元件	1 8
四、“与门”元件	2 2
五、旋渦低压元件	2 7
六、光敏微晶玻璃蝕刻射流元件工艺	3 0
七、射流时间程控装置在石油裂介中应用	3 6
八、閘门控制檢查装置	4 6
九、射流元件参考資料数例	5 7

双 稳 元 件

一、双稳元件简介：

1. 原理：由于靠近壁的一束射流，在两边产生压力差，使射流能附壁流动。利用这一附壁效应可以设计成射流输出具有双“稳定”状态的元件。

2 特点：

(1) 几何形状对称，喷嘴两边位差相等。

(2) 射流两边都可以附壁输出有二个稳定状态。

(3) 射流可进行正压或负压切换。

3. 逻辑动作

控制 a	控制 b	输出 c	输出 d
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0

0 — 表示无气，1 — 表示有气

说明：由于喷嘴两边位差相等，当气源输入后，射流可附于元件的任一壁面上，如先附于左壁，则射流从C输出，当a输入信号，射流便从左壁切换到右壁，则d输出，当信号消失，仍然d输出，只有在控制b加入信号后，射流才回到C输出，所以双稳元件具有“记忆”作用和对控制信号放大的作用。

一、无件的主要参数：

示上图中：W —— 主喷道

S —— 位 差

α —— 附壁面角度

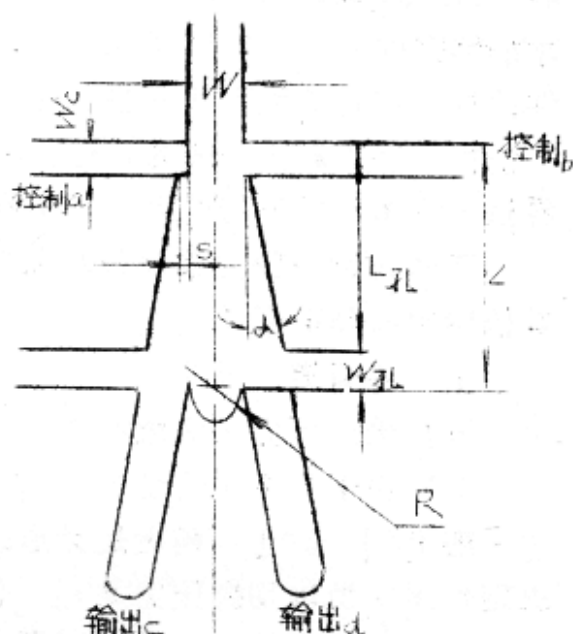
W孔 —— 排气孔宽

Wc —— 控制道

L —— 凹(尖)劈距

R —— 凹劈圆弧半径

L孔 —— 排气孔位置



双稳元件，有尖劈和凹劈两种，据分析，尖劈元件灵敏、频率高、凹劈元件稳定性好，我們现在用的线路中，对频率要求不高，最主要的是稳定性，所以我們单位就选择做凹劈元件，以后介绍的，都是凹劈元件。

二、元件主要参数及其对元件性能的影响：

毛主席教导我們：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”我們做了几年的双稳元件，经过反复实践使用，对元件性能的变化，发现了一些规律，但是，由于条件和工作水平的关系，不能把一些现象上升成为理论，没有找到本质的东西。所以，我們的看法，很多可能不符合其本质，有待大家讨论、摸索，以后改正。

下面讨论一些主要参数对元件性能的影响，是当一个参数变化时，其他参数保持不变：

1. 主噴道 $W \uparrow$

a) 输出压力，流量增加。

b) 由于 $W \uparrow$ ，使切换 $P_c \uparrow$ $Q_c \uparrow$ 也由于 $W \uparrow$ 使位差 $S \downarrow$ 稳定性 $\downarrow$ ，即 $P_c \downarrow$ $Q_c \downarrow$ 两者是矛盾的，要看具体情况，一般都是 $S \downarrow$ 起决定作用，所以切换压力 $P_c \downarrow$

c) $\frac{L}{W} \downarrow$ ，使附壓性能减弱。

总之， $W \uparrow$ 使元件灵敏，输出增加。

2. 控制道 $W_c \uparrow$

a) $W_c \uparrow$ 使切换压力 $P_c \downarrow$ 切换流量 $Q_c \uparrow$

b) 如果元件控制道排正抽负严重的元件 $W_c \uparrow$ 使元件输出压力、流量大大下降。

总之 $W_c \uparrow$ 使元件灵敏，输入阻抗减小，损耗的流量大。

3. 位差 $S \uparrow$

a) 一般 $S \uparrow$ 元件稳定性好，但 $\frac{S}{W}$ 不能 > 2 ，超过时元件稳定性反而差。

b) $S \uparrow$ 对控制道排正压严重的元件，输出下降。

4. 劈短长 $L \uparrow$

- a) 稳定性好, 切换压力 $P_c \uparrow$, 切换流量 $Q_c \uparrow$ 。
- b) 输出压力 $P \downarrow$ 输出流量 $Q \uparrow$ 。
- c) 对元件控制道抽负, 排正情况改善有利。
- d) 劈状态好。

5. 凹劈圆弧 $R \uparrow$

- a) 稳定性好 $P_c \uparrow Q_c \uparrow$
- b) $R \uparrow$ 使输出道口缩小, 造成输出压力增加, 输出流量下降。
- c) $R \uparrow$ 控制道排正抽负现象严重。

6. 半张角 α

- a) 在一定的范围内 (约 $\alpha < 15^\circ$) α 越大, 稳定性越好 $P_c \uparrow Q_c \uparrow$ 。

元件参数的变化, 对性能的影响是一个复杂的问题, 很多性能要求都是相互矛盾的, 所以要设计一个十全十美的元件是不可能的。例如要求元件耗气量小, 输出压力高, 输出流量大, 切换灵敏, 切换流量低, 稳定性又好, 控制道不串气等等一个理想的元件, 到目前为止, 我们认为是不可能达到的, 只能相互兼顾, 所以必须根据元件用途不同, 设计不同的元件, 对逻辑线路的元件要求, 在实践过程中, 认识逐步深入, 共分以下四个阶段:

第一阶段: 刚开始, 我们要求元件的耗气量小, 输出压力高, 定出使用 0.4 喷嘴, 300mmH₂O 气源的元件, 要求元件压力恢复 40% 以上, 对漏气压力只要带负载后不明显影响则可。在线路的使用过程中, 发现这元件存在下列问题:

- a) 元件不稳定, 堵住控制道会切换。
- b) 元件带不起负载, 虽输出压力很高, 但带负载后, 压力下降许多, 主要是元件输出流量太小, 控制道阻抗小, 流量损失太大, 这

种元件凹劈大, $\frac{L}{W} = 6 \sim 7$, 根据这种现象及存在问题, 需进行改正, 进入第二阶段

第二阶段:

我们从实践使用中认识到, 片面追求元件输出压力高, 没有实用

意义，根据使用要求，我們帶 2 只负载，能切换下一级就可以了，元件的稳定性必须增加。根据分析，找了造成元件不理想 主要是下列原因。

1. 气源压力太低：因为我們元件是根据附壁效应的原理设计的。流体理论中闡明，要流体有附壁效应，必须有一定的雷诺数 Re ：

$Re < 2300$ 流体作层流流动。

$2300 < Re < 4000$ 或 10000 过渡阶段。

$Re > 4000$ 或 10000 流体作紊流流动。

当雷诺数在过渡阶段时，流体作层流还是紊流流动，取决于其他一些流动条件。如管道粗糙一点，曲折一点，容易出现紊流。我們对元件进行了 Re 的计算：

气源 500mmHg O $W = 0.4$ 时 $Re = 2340$

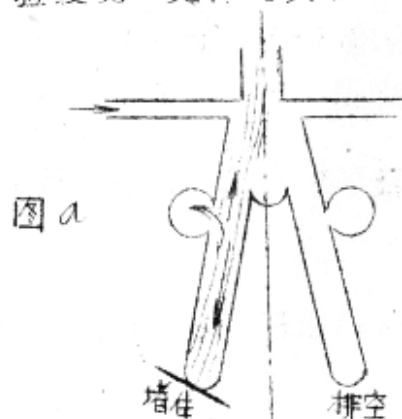
$W = 0.5$ 时 $Re = 3710$

从这看出，我們过去用 0.4 主通道， 300mmHg O 气源 或 500mmHg O 气源，都是不够合理的，附壁元件是紊流流体， Re 必须 > 4000 流体才作紊流流动，所以以后气源就改用 1000mmHg O

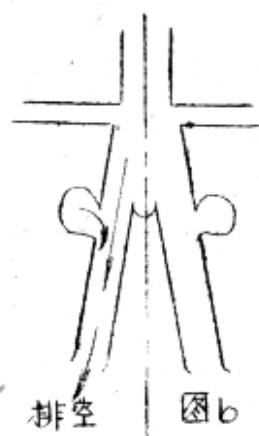
2. 元件尺寸方面有所改正。 $\frac{W}{D} = 8 \sim 9$

第三阶段

在线路使用过程中，我們的元件，还是不够稳定，发现元件的切换压力对负载太敏感，单个元件的性能比较好，但用上不去不行，主要是元件用到线路中，各元件带负载不一样，一个元件，二个输出道，带负载个数不同，元件负载状态对切换影响太大，严重的影响了元件的稳定性，所以我們认为切换对负载不敏感应该作为双稳元件的一个重要指标。根据这要求，对元件参数进行分析做了一系列的修改。试验发现，元件的负载情况对切换压力影响主要是排气不舒畅引起的。



从左图 a 看出，当元件左输出端堵住时，流体反流如不能从排气孔顺利排出，就向上冲击附壁点，使附壁点上移，如元件主射流不是附得最牢，就给反流切换，使输出改变方向，如元件主射流附壁附得较牢，也会使切换压力下降。



从左图 b 看出，当元件输出流从排空一边输出，元件反流下降，低压旋涡区增大。切换时，导致附壁点逐渐下移，流量要充满整个低压区。最后切换，所以切换压力增高，按上分析，可知元件输出端带不同负载，二边切换压力就不同，根据这情况，我们改正排气孔的形状和位置。

a) 涡流排气孔

从图排气孔的形状来看，应该认为元件的排气能比较舒畅，我们曾做到过，切换对负载敏感小的元件。但分析不出其原因，经多次试验，发现凹劈侧面的形状对元件性能大有关系。由于我们缺乏理论根据，曲线是任意画的，所以做不到理想的元件，经过不断修正，负载影响有所改进，切换压力控制在 $50 \sim 200$ 范围内。

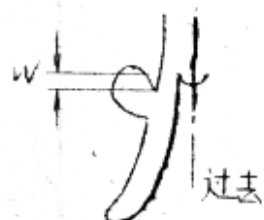
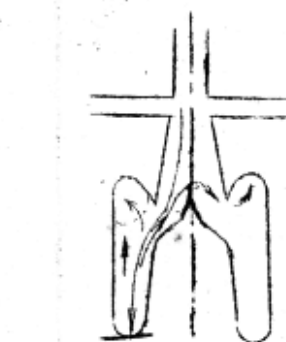
b) 从左图尖劈元件得到启发，尖劈元件负载对切换的影响比较小，我们认为尖劈不产生旋涡，反流大部分从输出道的排气孔排出，还有一小部分可从另一排气孔排出，从这一道理出发，我们作了以下修改：

(1) 排气孔的位置向上移。图示：从过去凹劈侧面与附劈面重叠一个 W 改成两者不重叠，而且有一段距离，即使附劈面缩短了，附劈面缩短有 2 个好处。① 切换干脆

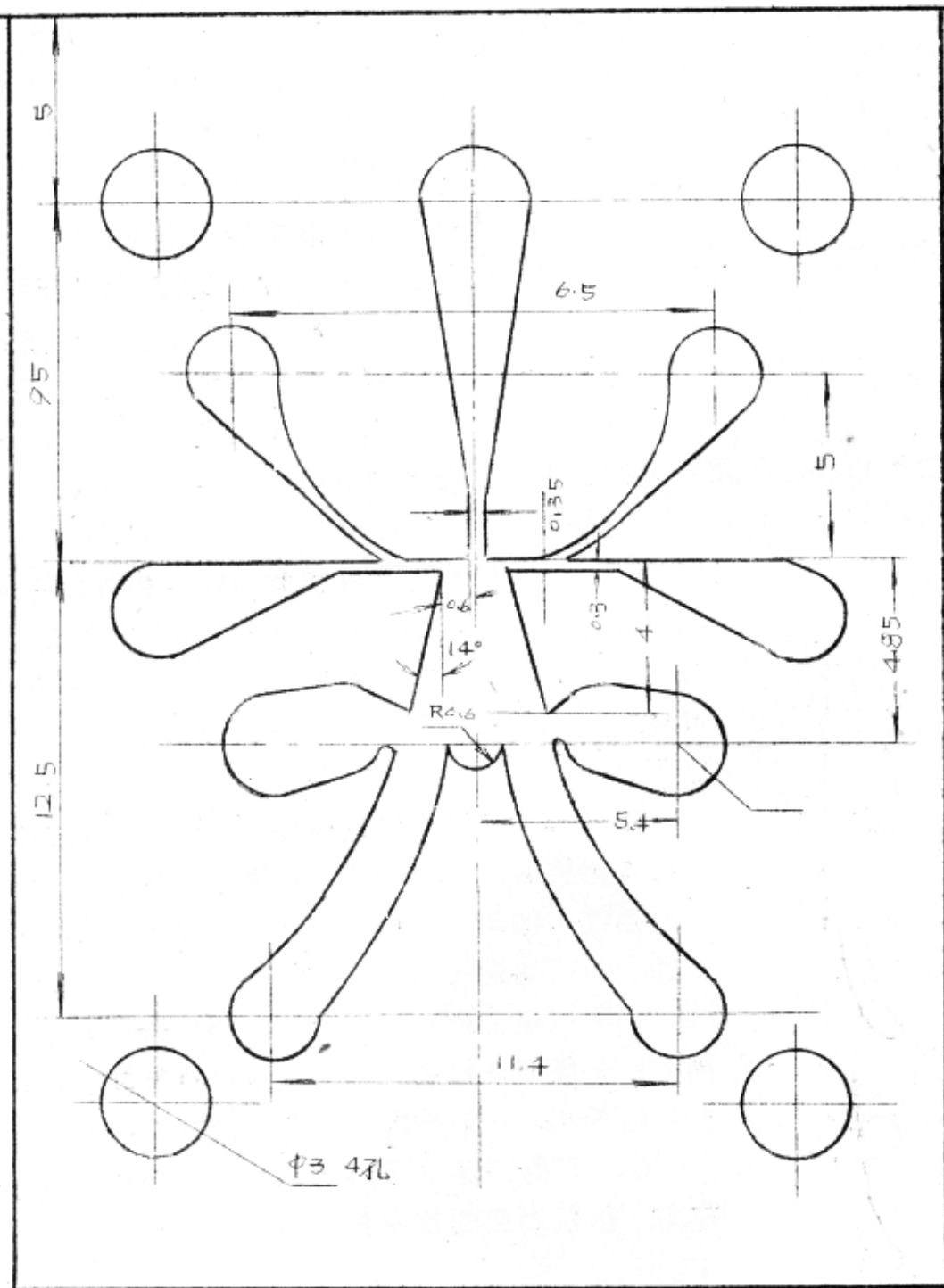
② 输出道口宽度增加，输出流量增加。

同时由于排气孔位置升高，流体经排气孔时流速大，损耗流量小。好的情况，还会从排气孔抽气。

(2) 凹劈缩小 $3W > R > 2W$ 。现在 R 是 $2W$ 左右。这样产生的旋涡比较小。



从上述一系列的试验中，做得RG4B_a 元件，这元件的主要尺寸是：
 $W_s = 0.5$ $L = 4.85$ 其余尺寸图示
 $W_c = 0.3$ 位差 $S = 0.6$



元件性能：气源压力 $P_s = 1000$ 输出压力 $P = 350$ 以上
 切换压力 $P_c = 50 \sim 200$ 漏气 $P_c = \pm 5$
 能带2只负载。

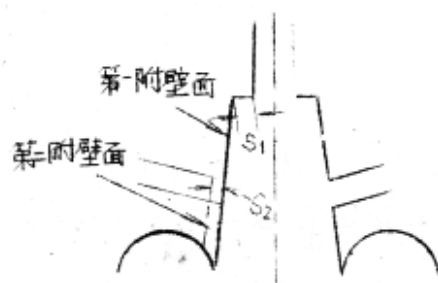
元件多数是负敏感，敏感不大，当切换压力逐渐 $\uparrow$ ，输出压力不是比例下降，而是上升，这性能对应用没有影响。

第四阶段：上述元件，还有2个缺点：

- (1) 输出流量太低，只有60~70%，最大90%。与国外比较，距离太大，国外元件输出流量至少100%
- (2) 控制道静压太大，抽负排正都有10%左右
- (3) 控制道串气太大

这些问题影响元件应用，造成线路不稳定，所以这些问题作为我们今年攻克的难关。一季度来，我们吸取了兄弟单位经验，作了一些修改，性能有所提高，我们从下面2个方面进行改进：

- a) 把控制道下移，到一定位置，则会使控制口静压力负止压出现与原来相反的状况，即压力输出边控制口静压力为正压，反之为负压，为使排正抽负改善，可使主射流出现二次附壁，设计第二附壁面的位差 S_2 的大小，可得到不同的排正抽负值，同时二次附壁面的出现使输出道增大，输出流量增加。目前元件排正值30~40左右。



由于控制口下移，使低压增大，即稳定性增加。控制口接近附壁点，控制出口压力大，串气影响减少，输入阻抗增加。目前元件的尺寸：

$$W_s = 0.5 \quad L = 2.8 \quad S_1 = 0.25 \quad R = 0.3$$

$$W_c = 0.3 \quad \alpha = 12^\circ \quad S_2 = 0.17$$

元件性能：气源压力 $P = 1000$ 流量 $Q_s = 170$ 左右

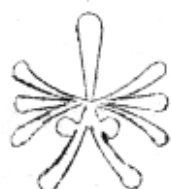


输出压力 350 以上
 输出流量 180 左右 流量恢复 100% 左右
 切换压力 10% 左右
 切换流量 25~30

不漏气，控制道静压力 正压 30~40 负压→。串气现象不严重。

b) 把四劈圆弧缩小，凹劈距离 $L \uparrow$ 。因为 $R \downarrow$ ，使元件稳定性下降，但是， L 增加，增加了稳定性。 R 缩小，使旋涡小 L 增加。使旋涡离开控制道远了，这样能使控制道抽负，排正情况改善。位差缩小，低压区缩小，对抽负排正也有好处，但使稳定性下降，为了使稳定性增加，可增加附壁角度，这样同时使输出道增加，输出流量增加。

目前元件尺寸如下：



$$W = 0.3 \quad S = 0.35$$

$$W_c = 0.2 \quad L = 3 + 0.3 \quad \text{凹劈圆弧 } R = 0.3$$

$$\text{附壁面角度 } \alpha = 15^\circ$$

$$\text{排气孔位置 } L_{\text{孔}} = 2.5$$

$$\text{排气孔宽 } W_{\text{孔}} = 0.75$$

元件性能：气源压力 $P_s = 1000$ 气源流量 $Q_s = 100 \sim 140$

输出压力 $P = 350$ 以上 35% 以上

输出流量 $Q = 100$ 以上 100% 左右

切换压力 $P_c = 50 \sim 200$ 切换流量 $Q_c = 20 \sim 50$

元件不漏气 控制道静压力负大，正小。负100左右止→0。控制道串气，影响还是有，但比过去小。

双稳元件，经一系列试验，使用中性能指标不断改正，元件性能不断提高，到目前为止，元件还是不够理想，有待以后线路使用中，不断改正。

双稳元件对工艺要求苛刻，特别是对对称性的要求，稍为偏差，就出现两面附壁性能不一样，稳定性就差。

计 数 触 发 器

一、计数触发器简介：

1. 原理：利用二只双稳元件连接起来，成一计数元件。

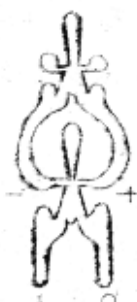
2. 特点：

(1) 几何形状对称，喷嘴两边位差相等

(2) 输出有二个稳定状态，也有“记忆”性。

(3) 每输入一个脉冲信号，射流输出方向，可变换一次。

3. 逻辑动作：



脉冲信号	输出 1	输出 2
0	1	0
1	0	1
0	0	1
1	1	0

当气源接通后，下级双稳，从左输出道输出，这时，左控制道是负压，右控制道是正压，形成环流，当脉冲信号加入后，主射流偏向左边使下双稳反转，流体从右输出，触发信号消失，下双稳仍稳在右边，只有加下一个脉冲，下双稳才从右反转到左，达到计数触发的目的。

二、计数触发器参数、性能：

上级双稳元件： $W_s = 0.52$ $S = 0.5$

$W_c = 0.3$ $L = 3.25$ $\alpha = 14^\circ$

下级双稳元件： $W_s = 0.5$ $S = 0.5$

$W_c = 0.3$ $L = 4.5$ $\alpha = 12^\circ$

从上看，两级双稳，设计参数有所不同，上一级双稳，要求其稳定，恢复压力高，下一级双稳要求其稳定，切换压力低，控制道要有一定静压，形成环流，这样2级双稳元件组成的计数触发器稳定，脉冲信号小。

元件性能：气源压力： $P_s = 1000$

输出压力： $P = 300$ 以上。

漏气压力： $P_o < 5$

触发压力： $P_c = 50 \sim 200$

因计数器由双稳组成，双稳存在问题，影响这元件进展。

三、剖视触发器作用基理，可以发现如下问题

1. 为了使触发压力控制在能源压力的 $15 \sim 20\%$ 的范围内，经过第一级元件的降压，使压力损失 70% 以上，因此要求第二级控制压力为 $4\% \sim 5\%$ 左右。

2. 从环流方向可知，这个方向使元件处于准触发状态，并有使第二级元件翻转的趋势，由于第二级切换压力较低，被环流翻转的可能性就增加。

3. 要使射流稳定附壁，则对射流的流动状态提出一定要求，即希望 Re 在 4000 以上，由于第一级元件主射流（触发流）压力很低，因此它的附壁性能很差，更由于触发流的加入，使环流方向随之改变，这个改变了的方向有使触发流换向的趋势，增加了这个状态的不稳定性。

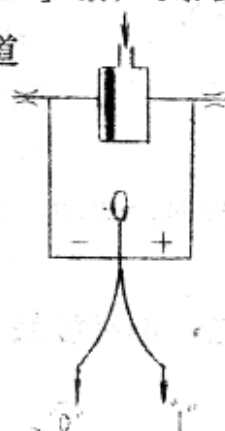
4. 由于触发通道较宽，输入阻抗小，抗干扰能力差。

5. 从使用中发现这种触发器不能承受较高的频率。

但由于这种触发器结构较简单，在一定条件下使用还是可行的，故在前一段时间中用的较为广泛，对特殊要求的触发器国内外均作了许多改进工作，但万变不离其宗，并且使触发器越改越复杂，如二个触发器并联使用并加上气阻气容进行匹配以增加稳定性，亦有增加所谓第三环流改善频率特性，或者用几个元件组成触发器等，但这样都使触发器更复杂，对此情况我们认为射流触发器必须在原理上完全革新。以达到简单稳定、可靠的目的，并且不应强求同一个元件在高频及低频情况下工作都同样可靠，而是按需要加以分别设计。

现据国外一资料介绍，现在已出现一种新的带可动件的射流触发器，从原理上来说是可靠的，当流体从右输出道输出时右边控制孔的压力为正，左边为负，这两个控制孔分别连在一个可动圆片的二边，使元件按输出端输出状态而动作，若输出状态如图所示，则使圆片压向左边，有信号来时能加到右边控制孔，使输出翻转，反之亦然。

这样触发器有如下优点：只有使圆片动作



的差压而没有环流产生，元件由于没有第一级的压力损失而可以提高其切换压力。使元件稳定性增加，输入阻抗比较大，级间连接无须经过放大器，成品率较高。

据上分析，我们按此原理设计成 C 7202 型触发器，性能基本良好，还有待进一步提高。

它也存在一些缺陷，这种触发器由于有可动件的存在，抗振性能较差，但一般用于非冲击性工业系统是完全可以胜任的，另外频率响应特性也不够好，据称能达到 100 赫芝。再高的频率要求可设计另外类型的触发器来补足。

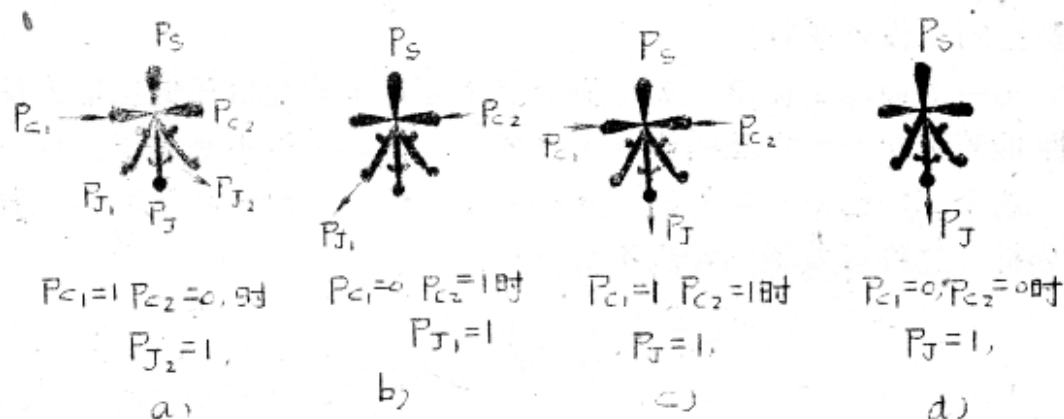
另一方面就是使第一级用涡流反馈元件，避免由于低压触发流附壁性能差引起稳定性差的影响，因为涡流反馈元件不是基于附壁原理的。这个工作已在今年开始，获得一定的性能，现还处于改进过程中，按分析：这种触发器频率也不可能很高。

等 价 元 件

一、作用原理及表示符号

等价元件是一种断续作用式射流元件，它的特点在于有三个输出端，四种可能的工作状态。

四种状态如图(1)所示：



图(1)等价元件四种可能的工作状态

由上图示可知，等价元件可以实现多种逻辑运算，如等价运算，等价非运动、禁止运算等等。它们的逻辑关系式及状态表列举如下：

1. 等价运算：只有当输入信号 P_{C1}, P_{C2} 具有相等的状态——同时“有”或同时“没有”——时，等价元件的中间输出道才“有”输出。（如图一中 c, d 的情况）。

其关系式是：

$$P_J = P_{C1} \cdot P_{C2} + \overline{P_{C1}} \cdot \overline{P_{C2}}$$

状态表为：

P_{C1}	0	1	0	1
P_{C2}	0	0	1	1
P_J	1	0	0	1

2 等价非运算 (又称: 不可兼或, 独或)

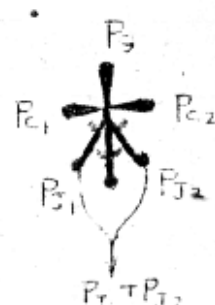
当输入信号 P_{C1} 不等于 P_{C2} 时, P_{J1} 和 P_{J2} 的联合输出即实现等价非运算。

其关系式是:

$$P_{J1} + P_{J2} = P_{C1} \cdot \overline{P_{C2}} + \overline{P_{C1}} \cdot P_{C2}$$

状态表为:

P_{C1}	0	1	0	1
P_{C2}	0	0	1	1
$P_{J1} + P_{J2}$	0	1	1	0



图(2)等价非运算原理图

3 禁止运算:

两个输入信号, 其中之一一起禁止输出的作用。

输入信号 P_{C1} 和 P_{C2} 可互取为禁止信号

它们的关系式是:

$$P_{J1} = P_{C2} \leftarrow P_{C1} \quad (P_{C1} \text{ 禁止 } P_{C2})$$

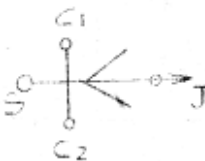
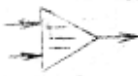
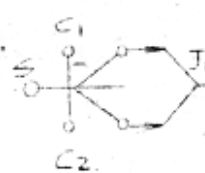
$$P_{J2} = P_{C1} \leftarrow P_{C2} \quad (P_{C2} \text{ 禁止 } P_{C1})$$

状态表为:

P_{C1}	0	1	0	1
P_{C2}	0	0	1	1
$P_{J1} = P_{C2} \leftarrow P_{C1}$	0	0	1	0
$P_{J2} = P_{C1} \leftarrow P_{C2}$	0	1	0	0



等价元件的表示符号如下表：

名 称	文字代号	元件符号	简便符号	框图符号
等 价 (通用)	D			
等 价	d			
独 或 (等价非)	$\overline{D}$			

注：(1)通用型等价元件定为基本型，可同时实现等价、独或作用。

(2)等价元件亦可设计制成有多控制道的品种。