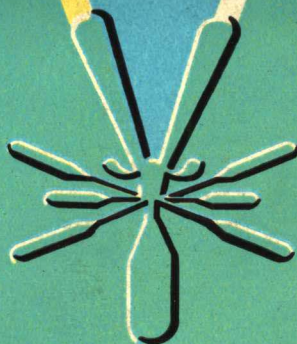


液压射流技术及其应用

(内部资料 仅供参考)



上海机床厂磨床研究所

一九七一年十二月



前 言

波澜壮阔的无产阶级文化大革命，以极其雄伟的力量，推动着我厂经济领域斗、批、改的深入发展，从而促进了液压射流技术在生产上的应用。

我厂革命职工牢记伟大领袖毛主席的“中国应当对于人类有较大的贡献”的教导，高举毛泽东思想伟大红旗，在厂党委、厂革会的领导下，组织起一支以工人为主体的三结合射流技术研究小组，他们以大批判开路，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇的“洋奴哲学”、“爬行主义”，树立了“自力更生，奋发图强”的雄心壮志，根据我厂磨床生产的特点，吸取了兄弟单位的宝贵经验，在实践中，以毛主席的《实践论》为思想武器，反复实践，反复认识，克服了许多技术难关，使液压射流技术在生产上初步获得应用。这是在工人阶级领导下取得的又一丰硕成果，这是毛泽东思想的伟大胜利。

几年来，我们在实践中初步取得了一些成果和体会。为了交流液压射流技术的实际应用经验。现将我厂和兄弟厂的液压射流实际应用的部分资料，汇编成册，供交流和参考，如有不妥之处，希望同志们提出宝贵意见，帮助我们加深对这项新技术的认识和研究，更好地为社会主义建设服务。

我们在液压射流技术研究和生产应用中，得到了上海工学院、上海长虹机械配件厂和上海机械制造工艺研究所等单位的很大支持和帮助，在此表示感谢。

上海机床厂磨床研究所

一九七一年十二月

目 录

第一章 射流的基本原理

(一)射流的基本原理	1
1. 射流的基本概念	1
2. 射流技术的优缺点	1
3. 射流元件的分类方法	1
4. 附壁作用和切换作用	2
(二)常用的射流元件	4
1. 单稳元件	4
2. 双稳元件	4
3. “或非”元件	5
4. “或”门元件	5
5. 计数触发器	5
6. “与”门元件	6
7. 比例元件	6
8. 紊流式元件	7

第二章 液压射流

(一)液压射流的特点和发展概况	8
(二)液压射流元件参数对其性能的影响	9
1. 对附壁式液压射流元件的要求	9
2. 附壁式液压射流元件参数对其性能的影响	11
(三)我厂液压射流元件参数	15
1. 控制元件	15
2. 执行元件	16
(四)射流元件的制造方法和工艺	16
1. 射流元件的制造方法	16
2. 射流元件加工装配工艺	17

第三章 辅件

(一)发讯机构	19
1. 气触头	19
2. 气动按钮(位置发讯装置)	19
3. 气动行程开关	20

4. 液压行程开关	20
5. 棘轮式转阀	20
(二)转换机构	21
1. 气-电转换器	21
2. 电-气转换器	21
3. 气-液转换器	21
4. 功率放大器	22
5. 液压升压器	23
(三)执行机构	24
1. 步进油缸	24
2. 定位油缸	24
3. 自动定位伺服阀	26
4. 棘轮式步进器	27
5. 棘轮分度机构	27
6. 阻尼缸	28

第四章 射流技术的应用

(一)液压射流元件的应用	29
1. 作执行元件用	29
(1)上海机床厂 MQ1420 液压射流控制外圆磨床	29
(2)天津市机床厂 M7125 液压射流控制平面磨床	31
(3)沈阳市量具刃具厂无心磨床液压射流送料机构	31
(4)上海机床厂冷却液自动控制换向射流阀	32
2. 作控制元件用	33
(5)上海机床厂 M8612A 液压射流控制花键磨床	34
(6)上海机床厂 SB725 液压射流控制丝锥磨床	36
(7)上海机床厂液压射流控制半自动锯片磨床	37
(8)上海机床厂液压射流控制四轴双端面铣打中心孔专用机床	39
(9)上海机床厂液压射流控制半自动双头键槽铣床	40
(10)天津工学院 S9220 型液压射流控制半自动组合车床	41
(11)武汉市3604厂液压射流控制锥孔磨床	44
(12)武汉机床厂 M6110D 液压射流控制拉刀刃磨床	45
(二)气动射流元件的应用	46
(13)上海微型轴承厂射流控制微型轴承磨床	46
(14)上海机床厂射流点位程序控制钻床	47
(15)中国纺织机械厂射流控制六工位组合机床	48
(16)上海机床厂射流控制油泵齿轮气动测量仪	51
附录 I 元件符号表	54
II 配件符号表	56

毛主席语录

任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾，就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。

第一章 射流的基本原理

(一)射流的基本原理

1. 射流的基本概念

伟大领袖毛主席教导我们：“感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。”射流其实并不神秘，在我们日常生活中也是常见的。如火车拉汽笛时冲出一股气流，救火龙头喷射出来的水流等都是射流，也就是说，从喷嘴中喷射出来的、而具有一定的压力和速度，因而使之能形成一束状态的流体，叫射流。但是小河流水和管道中的流体流动，就不能叫射流，因为射流的特点是在自由状态下本身形成一束，而小河流水本身不能形成一束，也就是其压力、速度不够大。而管道中的流体虽然能形成一束，这一束的形成，是由管壁所造成的。因此，它们都不能称为射流。

利用射流在流动中的某些物理现象，做成各种不同性能的元件，然后把这些射流元件与一些附件组成控制线路，应用于生产中，实现自动控制，这就是射流技术。

2. 射流技术的优缺点：

射流技术具有不少优点，主要是：

- (1)结构简单，比较直观，容易理解，成本低，见效快，便于发动群众搞，上马快。
- (2)工作稳定可靠，操作安全，可降低劳动强度。
- (3)制作材料来源广泛，制造方法多样。
- (4)不受各种辐射、电磁波和温度的影响，并能抗腐蚀、抗震、抗爆，因此可在各种环境下正常工作。

但任何事物都是“一分为二”的，射流技术也存在一些缺点：

- (1)与电子元件相比，反应动作较迟缓，不能用在要求高速动作的地方。
- (2)不能实现遥控。
- (3)射流装置附件的性能与配套问题还没有很好解决，对射流控制系统的正常稳定的工作有一定影响。
- (4)对过滤装置和周围气体有一定的要求。目前由于气源净化和周围空气的净化，和滤油问题未得到满意解决，影响了射流元件向小型化、微型化发展。

上述一些缺点，各单位目前正在研究解决之中。

3. 射流元件的分类方法：

射流元件可以按各种方式分类：

(1)按能源介质分,可分两大类。即气动射流元件和液压射流元件。前者是用压缩空气做为能源的,而后者是用水、油、化工液体等为工作能源。

(2)按作用原理分,可分附壁式元件和动量交换式元件。前者如双稳元件,单稳元件,“或非”元件等;后者如紊流式元件,动量互作用式元件,涡流式元件,比例式元件等。

(3)按控制情况分,可分数字式和模拟式。所谓数字式(也称开关式),它的控制方式是:或者有,或者无;或者开,或者关,没有中间状态,而模拟式则不同,它不仅能控制有或无,还可以控制大小,实现连续控制。附壁式元件和紊流式元件大多是数字式的,而动量交换式元件(如比例放大器)多是模拟式的。

4. 附壁作用和切换作用:

附壁式射流元件是根据流体的附壁作用来完成动作的元件。什么叫附壁作用?当具有一定压力的流体从细小的喷管中喷出时,流束两侧的静止气体被高速流动的射流所带动(称为卷吸作用),一部分气体随射流流动,从而使射流两侧造成局部低压区。同时,远处的气体不断流向低压区,补充被卷吸带走的气体,使两侧的压力恢复。这样不断地卷吸走,又不断地补进来,形成运动的全过程(图1—1)。

如果从喷嘴喷出的射流,在两块挡板之间流动,两块挡板到喷嘴的距离不等(图1—2中的 $S_1 \neq S_2$),这时由于射流的卷吸作用,两侧的空气被带走,造成两侧的压力降低,而外界大气压比射流两侧的压力大,所以就有气流补充进来,形成附加流动。

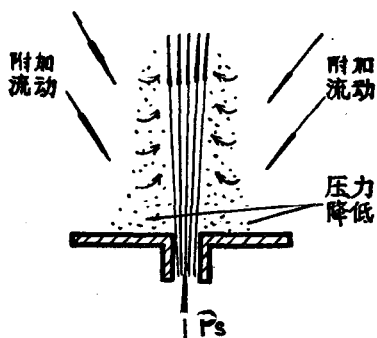


图1—1 流体的卷吸作用原理图

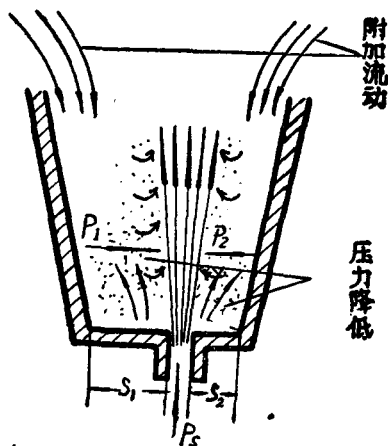


图1—2 流体的附加流动原理图

在射流流动的同时时间里,其两侧被卷吸走的空气量是相等的,也就是说,在同一时间里,射流两侧从外界补充进来的空气量也应该相等。但由于喷嘴到两边挡板的距离不等($S_1 > S_2$),显然,在同一时间里,距离较大的一侧(图中的左侧)得到的空气补充量,要比距离较小一侧(右侧)大得多,换句话说,左侧的附加流动的流速较慢,而右侧附加流动的流速要快一些,这样才能保证在同一时间里,两侧各得到相同的空气补充量。再根据物理现象可知,流体流速大的,其压力较小;而流速小的,其压力较大。因此,射流左侧附加流动造成的压力要比右侧的大,于是,在这种压力差 $P_1 - P_2 (> 0)$ 的作用下,射流被压向右壁,并沿壁喷射出去,这种物理现象就叫做附壁作用(也叫附壁效应)。射流开始与壁面接触的那个点叫做附壁点。弯曲的附壁射流与附壁点之间的小空间形成一个低压旋涡区(图1—3a)。

如果在右壁的下面开一控制孔,通进气流,逐渐加大右侧低压旋涡区的外界气体补充量,

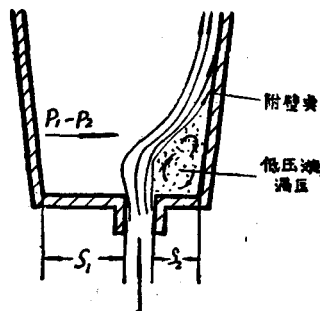


图1—3(a) 射流的附壁作用原理图

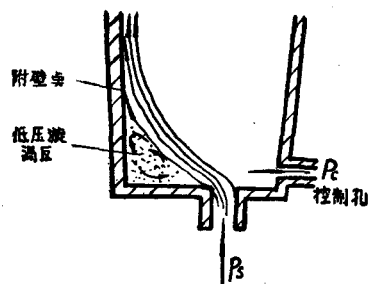


图1—3(b) 射流的切换作用原理图

其压力也逐渐增大，射流在控制气流 P_0 的作用下，附壁点逐渐上移，当数量的变化达到了某一个最高点时从量变到质变，射流终于被推开右壁而附到另一壁去（图 1—3b）。这个“飞跃”过程叫做射流的“切换”。使射流完成切换时的压力 P_0 称为切换压力（又称控制压力）。这时，如果把控制孔中的气流撤去，射流在原来的压力差 $P_1 - P_2$ 的作用下，又从左壁返回并贴于右壁流动。〔射流或附于右壁或附于左壁，构成矛盾的统一体，是有一定条件的，“即是说在一定条件之下，矛盾的东西能够统一起来，又能够互相转化；无此一定条件，就不能成为矛盾，不能共居，也不能转化。”〕上面讲到的这种现象，就是后面还要介绍的“单稳”（“非”门）射流元件的形成原理（图 1—4，图 1—7）。

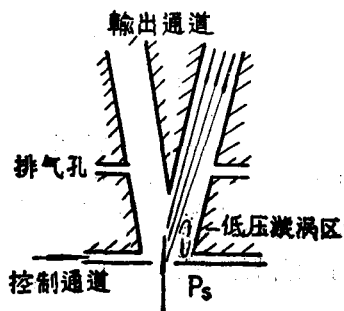


图1—4 单稳元件形成原理图

如果喷嘴到两侧挡板的位置对称（即 $S_1 = S_2$ ），由于射流的附壁作用，主射流假设先附于右壁，如图 1—5a 所示（中间流动的情况实际是不存在的，因为中间流动是不稳定状态，而附于一壁才是相对稳

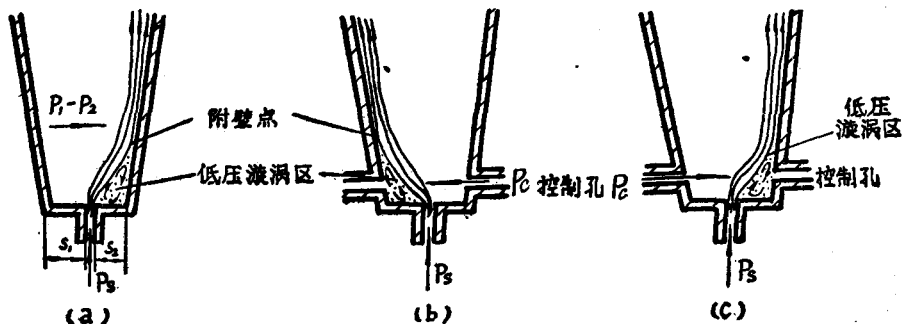


图1—5 射流的“记忆”性原理图

定状态），如果在两侧下面各开一个控制孔，并于右控制孔通进压力为 P_0 的气流，当 P_0 大于其附壁力时，主射流便切换到左壁，并附于左壁流动如图 1—5b 所示。这时，撤去 P_0 ，则射流在压力差 $P_2 - P_1$ 的作用下将稳定地附在左壁上不再返回右壁，也就是说，撤去控制信号后，它仍有“记忆”性。反过来，只有当左控制孔通进压力为 P_0 的气流（大于其附壁力）时，射流这时才能被切换到右壁来，同样，撤去 P_0 ，射流又稳定在右壁不再回到左壁去，如图 1—5c 所示，也就是说，在右壁它也有“记忆”性。这就是下面要讲到的形成双稳元

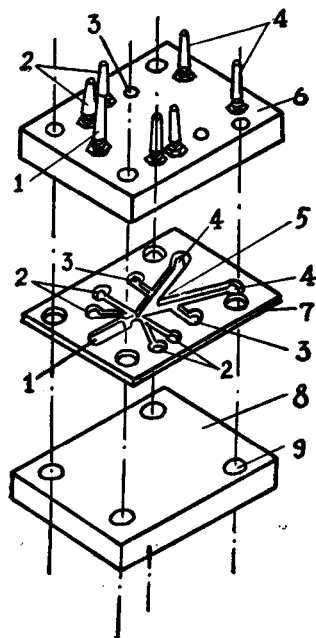


图1—6 射流元件外形图

- 1—喷嘴；2—控制通道；3—排气孔；
4—输出通道；5—分流劈；6—盖板；
7—射流片；8.底板；9—固定孔

件的基本原理。

图1—6是射流元件的外形，它是由盖板(上面装有喷嘴、排气孔等)、射流片和底板三部分组装而成。选用的射流片不同，射流元件的性能也不同，因此，下面所说的射流元件就是指射流片而言的。

(二)常用的射流元件

上面简单介绍射流的基本原理，现在来介绍一下常用射流元件，主要有单稳元件、双稳元件、“或非”元件、“或”门元件、计数触发器，“与”门元件、比例元件、紊流式元件等。

1. 单稳元件：

单稳元件又称“非”门元件，其主要特点是几何形式不对称。在控制通道撤去信号后，输出仍旧回到原来的输出道上。

单稳元件的切换方法分为正压切换和负压切换二种。所谓正压或负压是指元件的压力腔内是呈正压状态或呈负压状态而言，如图1—7a所示，即为正压状态，因为从控制口向外冒流体，说明压力高于大气压力，所以才向外冒。反之，如图1—7b所示，即为负压状态，不是向外冒，而是向里抽气，说明低于

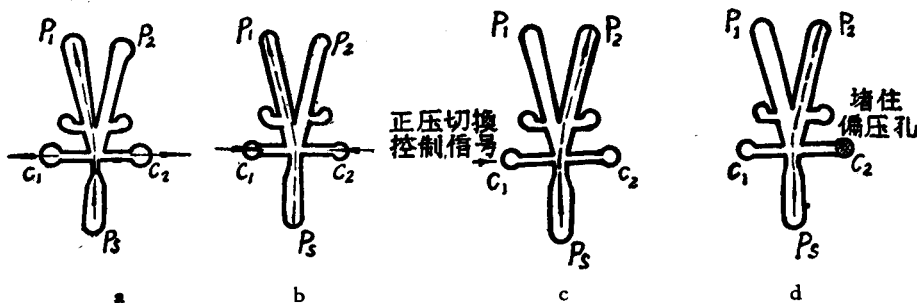


图1-7 正压切换负压切换原理图

大气压力，因而抽气。对于正压元件不论是引入压力流体，或堵牢方法进行切换的，都叫正压切换。而对负压切换元件来讲，引入压力流进行切换的叫正压切换，但用堵牢方法切换的就叫负压切换，而堵牢方向与引入压力流方向相反，如图1—7c所示，引入压力流 C_1 ，射流由 P^2 输出，而用负压切换时，只有堵牢 C_2 ，射流才从 P_2 输出(如图1—7d)。因此不能从表面现象看问题，不能以引入压力流或堵牢来分正压切换或负压切换，而应看其呈现什么状态。毛主席教导我们：“我们看事情必须要看它的实质”。上述讲的正压状态还是负压状态，就是它的实质，只有负压元件用堵牢的办法进行切换的，才叫负压切换，其余都叫正压切换。

2. 双稳元件：

双稳元件的主要特点是几何形状对称(图1—8)，左右两侧位差要求几乎相等(但实际上很难做到绝对的对称)。在控制通道撤去信号后，输出能稳定在一侧上。若输出通道 P_1 先

有输出(图 1—8a), 当控制通道 C_1 有信号时, 射流便切换到右侧, P_2 有输出(图 1—8b)。这时即使撤去控制通道 C_1 的信号, 射流仍稳定在右侧, 若让射流再切换回来, 就必须在右控制通道 C_2 上加信号(图 1—8c)。因为这种元件有两个稳定状态, 所以叫双稳元件。由于双稳元件的输出压力大于信号压力, 在信号撤去后, 输出仍能保持原状, 因此双稳元件不仅具有放大作用, 而且还有记忆作用。同样, 双稳元件也可以采用负压切换(如果其呈负压状态时)。

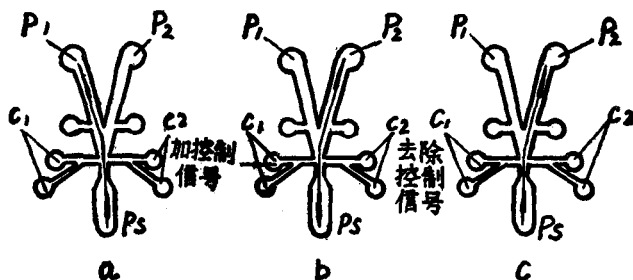


图1—8 双稳元件原理图

3. “或非”元件:

“或非”元件实际上是有两个或更多个控制通道的单稳元件(图1—9)。作用原理与上面介绍的单稳元件相同。

4. “或”门元件:

“或”门元件是无源元件。当控制通道 C_1 、 C_2 都没有信号时, P_1 无输出。当 C_1 或 C_2 其中之一有信号时, P_1 即有输出, 这种元件称为“或”门元件(见图 1—10)。

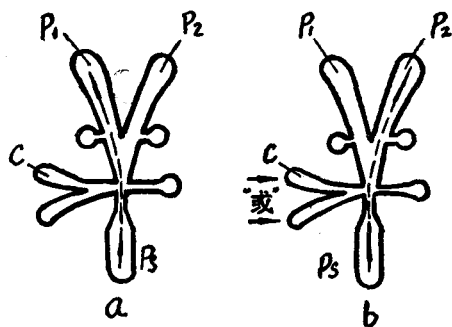


图1—9 “或非”元件原理图

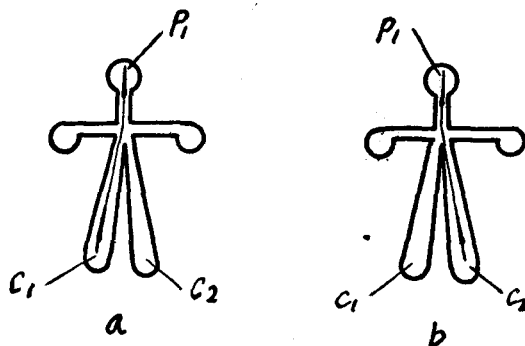


图1—10 “或”门元件原理图

5. 计数触发器:

如图 1—11 所示, 计数触发器实际上是由两个双稳元件连接而成。上面的双稳元件要求记忆性好, 下面的双稳元件要求切换灵敏, 上面的双稳元件的两条输出通道和下面的双稳元件的两控制通道相连, 形成环道。假设主射流 P_3 开始先附于下面双稳元件的左壁(见图 1—11a), 由附壁作用可知附壁一侧的压力一定低于对侧的压力, 也就是左控制通道的压力低于右控制道的压力。在这种压力差的作用下, 环道中就会自己产生一股逆时针方向的环流(见图 1—11a), 由于这股环流压力较小, 不足以切换主射流 P_3 , 但当脉冲信号 C_1 从上面双稳元件的主喷嘴中输入时, 便在环流的卷吸作用带动下, 跟着环流流动, 进入下面双稳元件的左控制道, 共同作用主射流, 使主射流 P_3 切换至右壁, P_2 有输出(见图 1—11b)。同样道理, 又会出现顺时针方向的另一股环流(图 1—11c), 当第二个脉冲信号输入时, 射流又切换方向,

P_1 有输出(图 1—11d)。这样, 每输入一个脉冲信号, 元件输出方向就改变一次, 信号消失后, 由于双稳元件有“记忆”性, 主射流仍稳定在一侧, 直到第二个脉冲信号发出为止。

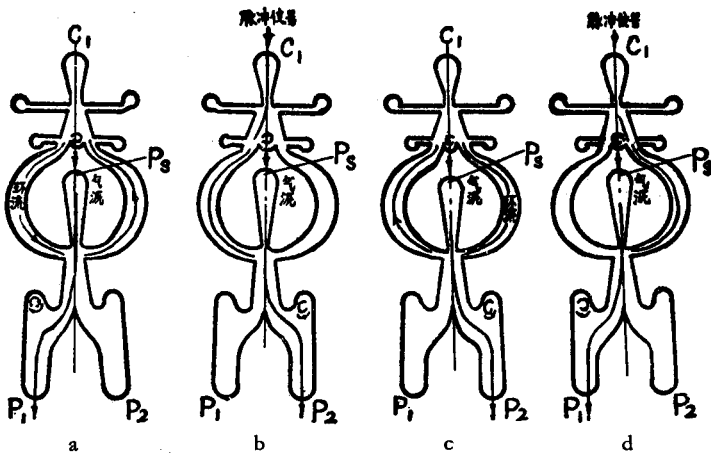


图1—11 计数触发器原理图

由此可见, 计算触发器能对脉冲进行计算, 所以它是一个重要的逻辑元件。把单个的计数触发器按一定方式连接起来, 可组成二进制和十进制计算器。

6. “与”门元件:

当两股相互垂直的射流同时从喷嘴中喷出汇合以后, 射流不按原来任何一股射流的喷射方向流动, 而是偏转一个角度。角度的大小与两股射流的动量有关, 也就是与流体的质量和速度的乘积有关。根据上面原理制作的射流元件, 也有称动量交换式射流元件。“与”门元件与下述的比例元件都是属于这种元件。

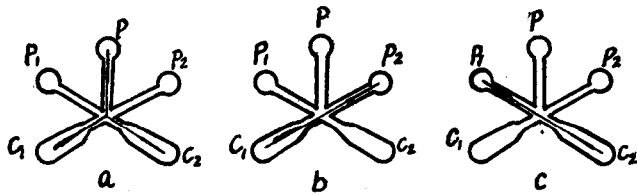


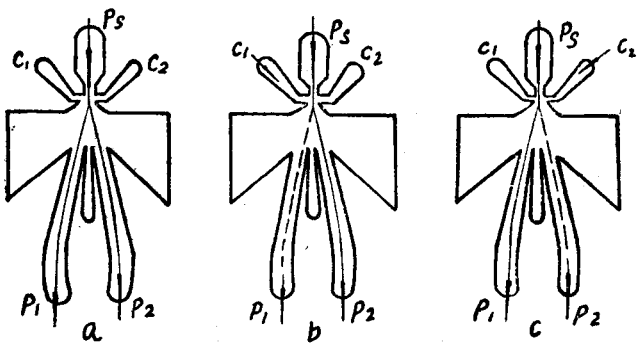
图1—12 “与”门元件原理图

时, 工作通道 P 才有输出(见图 1—12a)。有时, 也把 P_1 和 P_2 作为工作通道, P 作为排气孔。

7. 比例元件:

比例元件(也叫比例放大器)也是一只动量交换式元件(图 1—13)。它本身具有很大的排气孔, 形成了一个特殊的“空腔”——相互作用区, 使流体在此空腔内尽量离开边壁, 所以没有附壁作用。

当控制通道 C_1 和 C_2 没有信号输入, 由于射流不受附壁作用的影响, 所以输出 P_1 和 P_2 相等。当控制通道 C_1 与 C_2 输入信号不相等时, 输出 P_1



等量输出 输出减少·输出增加 输出增加·输出减少

图1—13 比例元件原理图

和 P_2 不相等。而且 P_1 和 P_2 的变化在一定范围内与输入信号 C_1 和 C_2 的大小成比例关系。例如，当左边输入控制信号 C_1 逐渐增加，右边输出 P_2 也成比例地逐渐增加，而左边输出 P_1 则成比例地减小(图 1—13b)。反之，当右边输入控制信号逐渐增加，左边输出 P_1 成比例地逐渐增加，而右边输出 P_2 成比例地逐渐减小。

比例元件的输出 P_1 (或 P_2) 的压力和流量一般比控制信号 C_1 (或 C_2) 都要大得多，因此控制信号 C_1 (或 C_2) 的微小变化会引起 P_1 (或 P_2) 较大地成比例地变化，所以也叫做比例放大器。正因为它的放大作用是成比例的连续的，因此它来控制温度、流量、压力等物理量的连续变化，要比附壁式元件更具有它的优越性。(因为附壁式元件一般是开关式元件，输出或者有，或者没有，而无中间量的变化，这对连续物理量的变化的控制很不方便。然而，自然界中，连续的变化状态是大量的、绝对的) 而极限(静止)状态(有或无是相对的)。所以，在化工、仪表等行业，比例元件得到广泛应用。

8. 紊流式元件：

我们先解释一下，什么叫紊流。一束流体从喷嘴喷出，若喷射速度不太快，流体离开喷嘴后，在一段距离内，流体各单元流层平行移动，不相混合，不迅速扩散，这种流动状态称为层流。如果喷射速度很快，或者受到其它流体的冲击，那么这股流体不再能继续保持层流状态，而是迅速扩散，以紊乱的形式流动，这种流动状态称为紊流。停止冲击，流体又可以恢复为层流。这就是紊流式射流元件的动作原理(图 1—14)。

紊流式射流元件分管式和板式两种(图 1—15)。当控制孔没有信号输入时，射流从发射管喷出后保持层流流动，到达接收管输出。若任一控制管有信号输入，则射流便由层流变为紊流，接收管就没有信号输出。可见，这种元件相当于多控制孔的“或非”元件。

其他还有涡流式，对冲式、混合式等射流元件，由于用得较少，这里就不介绍了。

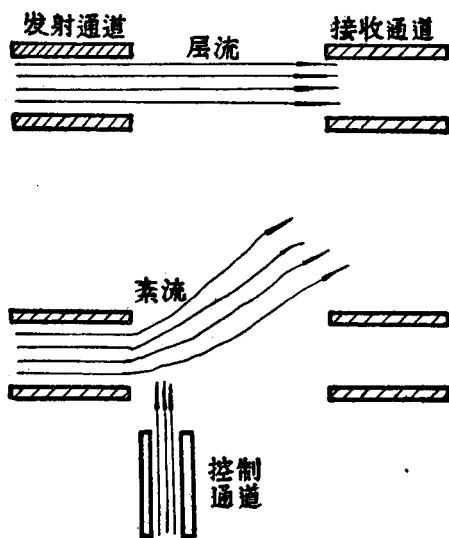


图1—14 紊流原理图

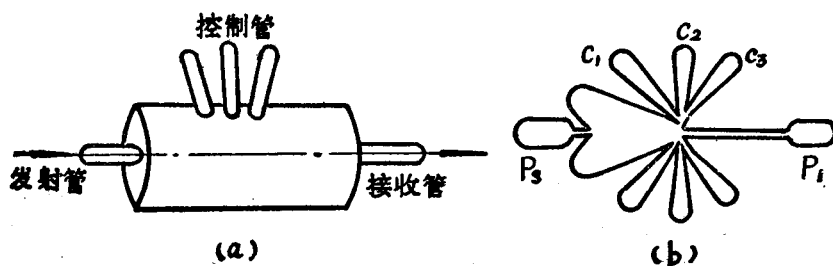


图1—15 紊流式射流元件

毛 主 席 语 录

人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

第二章 液 压 射 流

(一) 液压射流的特点和发展概况

液压射流技术的工作原理和气动射流技术相同，都是利用一定压力的流体通过各种不同几何形状的“元件”而产生的一些物理效应，然后根据不同的要求组成各种线路，从而实现各种不同的逻辑动作和模拟动作，以此达到自动控制及自动化目的。所不同的只是液压射流技术所应用的流体是液压油、水等液体，而不是气体，液压射流技术同样利用液压油、水等液体在喷射时产生的附壁现象、动量交换、层流、紊流、旋涡等特性，做成各种类型的元件，如附壁式、比例式、紊流式等等，和气动射流技术一样，也可以做成双稳、单稳、“或非”、“与”门、计数触发器、二极管等逻辑元件。

液压射流是在气动射流的基础上发展起来的，气动射流虽然具有不少优点，但也存在着一些问题。主要是：

(1) 输出压力低，一般只能作为控制元件。一般工厂使用的气源压力是4~6公斤/厘米²，用它来作为执行元件，推动一般机械的动力缸，就会使缸径过大，如果把压力放大，必然使机构肿胀，特别对中、大型机械更为突出。

(2) 过滤装置复杂。在现有的气动射流控制装置中，特别是较为复杂的装置中，常常出现工作不稳定。其原因很多是属于气流过滤不干净引起的元件、附件污染造成的。空气过滤要去掉三种东西：一是空气中所带的灰尘，二是空气中的水分，三是空气中的油蒸汽。要滤掉这三种东西，目前所用的过滤装置都比较复杂和庞大。

(3) 气动射流以空气作为介质，但有的工厂没有气源，很多机床设备目前以液压作为传动，要使用气动射流，必须增添空气压缩装置，造成使用不经济。

正因为气动射流存在着上述问题，而更重要的是由于我厂产品特点大都是以液压传动，所以探讨、研究发展了液压射流。液压射流与气动射流相比其主要优点是：

(1) 液压射流以油液作为介质，由于油液在一般情况下具有不可压缩性，粘度比空气大，油源压力一般要比气源压力高，因此液压射流元件不仅可以作控制元件，而且在能源许可条件下也可以作为执行元件，这时，它本身就是一个功率输出元件，不需要放大，辅件相对较少，线路简单。

(2) 液压传动结构紧凑，工作平稳、均匀，过滤装置比气动射流简单，要求较低。

(3) 液压射流不仅是自动控制一个重要补充手段，而且也是液压系统领域中的一个新的补充手段。

(4)很多机床、设备采用液压传动,自成系统,一般可以不需要增加新的部件、设备,或增加少量部件,同时射流控制系统与传动系统可以是一个完整的体系,可用一种介质来工作,这样可以取消转换装置。

但是,伟大领袖毛主席教导我们:“我们必须学会全面地看问题,不但要看到事物的正面,也要看到它的反面。”虽然液压射流技术与气动相比有上述一系列优点,但还得看到它本身的一些弱点。主要是:

(1)由于液压射流以油液作为介质,油粘度大,对油源压力要求上较高,一般气动射流压力只有 $0.1\sim 1$ 公斤/厘米²,而液压射流油源压力要比其高几十倍。

(2)气动射流可以以大气作为回气池,但油液必须回入油池,发讯手段也比气动麻烦。

(3)反应速度比气动射流慢,容易产生漏油,频率相对较低,由于这些缺点,限制了液压射流的应用范围,尽管如此,在自动控制方面,液压射流技术也是对电子技术的一个重要补充,是射流技术的一个重要发展,它的特点将在生产实践中逐步地显示出来。目前特别是近几年来,射流技术在国内外得到了迅速的发展,特别是气动射流。我国在气动射流传动方面也进行了不少实践与研究,并且取得了很大成绩。但是液压射流技术的研究和应用,还远远没有气动射流技术那样广泛,在国外有关液压射流技术的资料报导极少,只是日本、美国等国家报导过一些不完整的射流控制线路图及吹嘘其科学技术的宣传文章。

我国工人阶级和革命群众遵循伟大领袖毛主席“打破洋框框,走自己工业发展道路”的教导,狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇所推行的“爬行主义”、“洋奴哲学”等反革命修正主义路线,组成以工人为主体的、有革命干部和革命技术人员参加的三结合科研队伍,对液压射流技术进行不断的探索 and 实验,取得了很大的成绩,已经将液压射流技术逐步地应用到生产实践中去。目前在机床行业中,已在车床、铣床、磨床、钻床等机床上日益增多地采用液压射流技术,应用各种液压射流的逻辑元件,排列出各种动作,完成各种不同要求的控制线路,代替部分电气控制元件和滑阀类液压元件,在这方面已取得很好的效果。这种新颖的控制技术,对提高机床自动化程度和劳动生产率,将发挥它独特的优越性。但新事物出现总是“一分为二”的,目前液压射流仍存在不少问题,如元件的设计仍凭经验、尚未确定最佳的参数,理论研究工作还远远落后于实践,元件品种不如气动射流元件多,有的尚在试制阶段,尚未经受生产考验,液压射流元件目前国内尚无专门工厂生产,大多数为自己设计制造,所以形式各别、各有特点,需要定型系列化标准化,否则阻碍这门新技术的普及和应用,元件的制造工艺、制造方法也有待于进一步提高与改进。

(二)液压射流元件参数对性能的影响

1. 对附壁式液压射流元件的要求:

现在我们以双稳元件为例来说明元件参数对性能的影响,双稳元件的形状和主要部位名称,可见图2—1。

由于液压射流元件担负的任务不同,因此对某一元件的具体要求也不同,但和气动射流元件一样,衡量性能指标不外有以下几个方面:

(1)附壁稳定性:也就是射流附壁的牢固程度,如果射流已附了某一侧壁时,当控制道无切换信号时,仍应牢固地附着在这一侧壁上输出,而不受负载变化和其他干扰的影响。

(2)切换灵敏度:是指射流切换时,需要的控制流压力大小及从一侧壁切换到另一侧壁

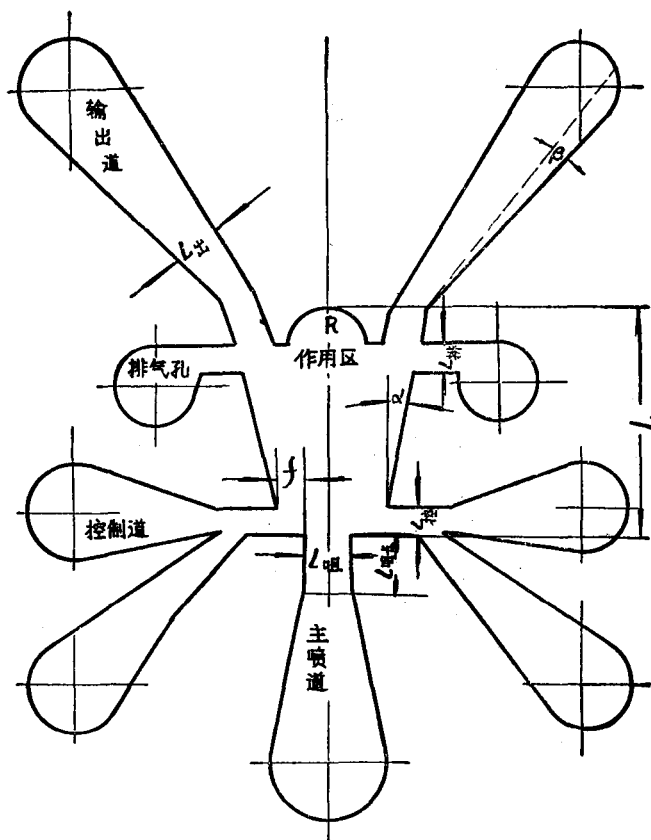


图2-1 双稳元件名称图

$L_{\text{咀}}$: 喷咀宽度	α : 张角	$L_{\text{出}}$: 输出道宽度
$L_{\text{咀长}}$: 喷咀长度	R : 凹腔圆弧半径	β : 扩散角
$L_{\text{控}}$: 控制道宽度	f : 位差	
$L_{\text{排}}$: 排油道宽度	L : 劈距	

的快慢程度。

(3) 压力恢复和压力的增益：前者是指从喷咀输入油的压力与输出道输出油压力之比，

即： 压力恢复 = $\frac{\text{输出压力}}{\text{输入压力}} \times 100\%$ ， 后者是指元件输出压力与使元件输出进行切换所必须的最小控制压力之比，也称压力放大倍数。

(4) 流量恢复和流量增益：与压力方面的性能指标相类似，前者是指输出流量与输入流量之比，即： 流量恢复 = $\frac{\text{输出流量}}{\text{输入流量}} \times 100\%$ ， 后者是指输出流量与使元件输出进行切换所必须的最小控制流量之比，也称流量放大倍数。

(5) 功率恢复：在流体中衡量功率的大小是用压力和流量的乘积来表示的，所以功率恢复也就等于压力恢复与流量恢复的乘积。

(6) 零点压力：是指当工作输出道有输出时，非工作输出道（非附壁边输出道）的剩余压力。

2. 附壁式液压射流元件参数对性能的影响:

为了能制作出高质量的、在不同使用条件下有不同性能要求的液压射流元件,我们必须对元件的各个部分即元件各个参数,进行深入的分析研究,找出它们的规律性来。

(1) 主喷咀(L_咀):

主喷咀是射流喷射而出的门户,是十分重要的部位,对它的要求有两个,一是主喷咀要能传送具有一定压力和流量的射流,二是主射流通过它时能量的损失要小,且具有一定的导向性。喷咀宽度是整个元件几何参数的关键,因为当油源一定时,这一参数决定了元件的雷诺数,从而也就决定了元件内的流动状态。

当将元件作为执行元件使用时,我们可以根据工作油缸的运行速度和负载的要求选择油泵参数,求出压力和流量都比较理想的喷咀大小,在元件厚度确定以后,喷咀宽度是决定流量和压力的主要参数,在一定油源的情况下,如喷咀小,压力高,但流量小,工作油缸运行速度慢。如喷咀大,流量大,压力低,有可能推不动油缸活塞或产生爬行现象。

图2-2是对 $Q=6$ 公升/分的油泵进行喷咀试验的曲线,从中可看出:油泵压力调整在10~15公斤/厘米²范围内,喷咀宽度以0.9~1.3毫米为合适,对不同的油泵流量情况,可用同样的方法确定喷咀的尺寸。

假若将元件作为控制元件用,喷咀的尺寸相应地可以小得多,元件的输出压力和流量,只要能够推动放大装置(液动滑阀)或带动其他的射流元件就可以了。

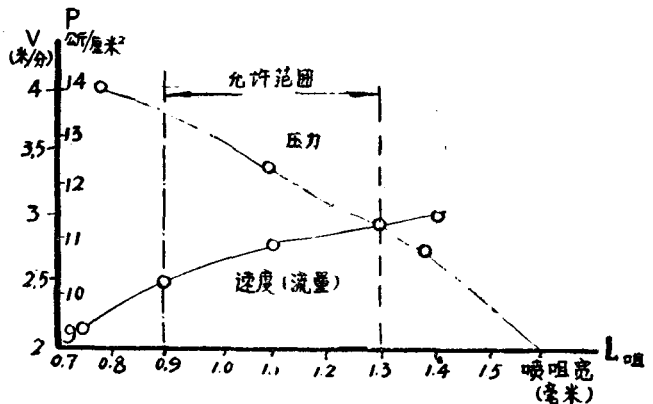


图2-2 喷咀试验曲线图

一般喷咀做成长方形截面,因为射流从长方形喷咀口喷出时,成为一束狭薄的片状,主射流和侧壁的相互作用面,增强了射流附壁的稳定性的,因此深宽比 $\left(\frac{\text{深度}}{\text{宽度}}\right)$ 大,这种作用就越大,但是深宽比也不能太大,否则相对地增加射流的自由表面;增加卷吸损失,使元件的压力恢复下降。

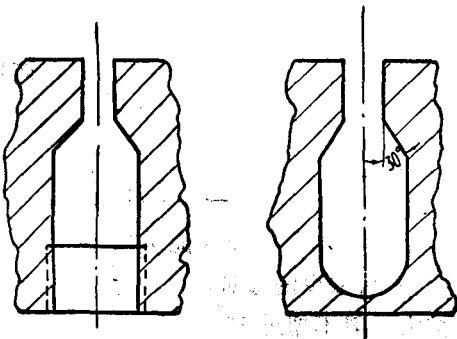


图2-3 主喷咀形式图

一般采用的尺寸范围大致是:

作为控制元件:喷咀宽度0.30~1毫米。

作为执行元件:喷咀宽度1~2以上毫米。

深宽比以1.5~4为好,而在这范围内变动时,对其他参数几乎影响不大。

在确定了喷咀截面形状后,还应使喷咀有一保证射流导向喷出,减少射流颈缩现象的导流段,导流段长,则导向作用好,但过长能量损失增加,一般取2~4个 $L_{\text{咀}}$ 长,同时在油室和喷咀之间,再应有一30°倾角的后缩段。

为了减少能量耗损,应尽可能采用沿喷嘴中心线方向输送主射流,即所谓管式(图2—3a)。如果结构限制,也可在垂直方向接入,输入的主射流在进入后缩段前要转 90° 弯,有能量损耗,这种元件称为板式(图2—3b)。

通过上面的讨论,我们可以看到喷嘴宽度和深宽比对元件性能的影响。

增加喷嘴宽度:①元件其他参数相应变化;②流量增加,压力降低;③切换压力降低,即切换灵敏度提高。

增加深宽比:①在1.5~4之间变化对其他参数基本无影响;②流量增加;③能源压力降低。

(2)工作区域:

伟大领袖毛主席教导我们:“应当把自己注意的重心,放在那些对于他所指挥的全局说来最重要最有决定意义的问题或动作上”,主射流通过喷嘴这个“门户”喷射出来后,直接进入元件的工作室,在工作室内发生作用,因此工作室的问题就是液压射流元件“最重要最有决定意义的问题。”工作室这个总体和位差、张角、劈距、劈尖形式这些基本参数有关。为了了解工作室这个总体,我们分别对这些参数进行分析。

①位差(f):

在油源压力一定情况下位差和张角这二个参数决定主射流附壁后的位置和形状。如前所述,射流在附壁后,弯曲着的附壁射流与侧壁间形成一低压旋涡区十分明显,存在一理想位差 f_0 ,在 f_0 情况下,附壁点最近,低压旋涡区最小,射流内侧边缘损耗小,射流附壁最稳定,反映在最后压力恢复和流量恢复增加,当位差 $f < \text{理想位差 } f_0$ 情况下, f 由小增大,附壁点越来越远,低压旋涡越来越少,内侧边缘损耗也越来越小,附壁越处于稳定,压力恢复和流量恢复也逐渐增大。当 $f > f_0$ 时,情况则和上述相反,一般位差取 $0.3 \sim 0.75 L_{\text{咀长}}$ (凹劈元件)。

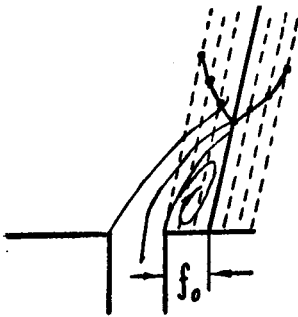


图2—4 位差原理图

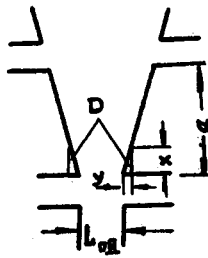


图2—5 位差修正原理图

量恢复也逐渐增大。当 $f > f_0$ 时,情况则和上述相反,一般位差取 $0.3 \sim 0.75 L_{\text{咀长}}$ (凹劈元件)。

我厂磨研所工人师傅与复旦大学教改同志们在实践中,摸索出按图2—5修整位差的方法,可以使元件中途切换灵敏,

即将D部分修掉;其值为: $X = \frac{1}{3}a$,

$y = (0.1 \sim 0.2)L_{\text{咀}}$, D不能过大,否则会使元件振荡或自动换向。

这是利用液压射流元件控制道向外溢油的特点,增加低压旋涡区一侧积累能量增加,而另一侧易于排油,切换就变得灵敏,这种方法对附壁点影响不大,也不改变输出道宽度;所以对压力恢复的影响较小。

②张角(α):

从流体力学的角度来看,自由射流的扩散角为 $24^\circ \sim 26^\circ$ (图2—6)。一般元件的单边张角也采取 $12^\circ \sim 13^\circ$ 为宜。这样就可充分利用工作室,避免减少不必要的卷吸能量损失,可以提高压力恢复和流量恢复。张角虽然形成射流元件几何形状不可缺少的参数,在我们实践过程中发现,当一个元件主要参数互相匹配时,其张角缩小或扩大一般不超过 $10^\circ \sim 18^\circ$ 范围,因此对整个元件参数而言,张角的影响较小,故把它作为整个元件的次要参数,也就是当其他参数确定后,位差与输出是拉成自由张角(把它作为最后待定参数),这样对设计绘制射流元件

带来很大方便。

③劈尖的位置(劈距 L):

劈尖的作用主要有二个,一是起分流作用,另一个是帮助射流附壁更加稳定。

我们先讨论劈尖应当安放在什么位置上。射流由喷咀出来后,由于附壁效应,逐渐弯向一侧壁,并沿着其侧壁输出。由图2—7可以看出,劈尖应放在主射流外缘和喷咀中心线的相交处,因为如果劈尖向上游移动,进入主射流内,这样就会将一部分射流分流到非工作输出道,造成能量损失。

但是如果将劈尖向下游移动,这样虽不会使部分射流由非工作输出道溢

出,但增加了射流的自由表面,卷吸损失增加,使压力恢复降低,而且还会产生抽气现象。

这里应指出,劈尖距位置随着介质粘度增大而增大。

对于凹劈元件,一般采用的劈距范围为:

执行元件: $(6 \sim 10) L_{\text{咀}}$,

控制元件: $(8 \sim 12) L_{\text{咀}}$,

必须指出,劈距的大小还与油源的压力有关,如果油源压力降低,射流附壁点向上游移动,劈距应相应地缩短,我们在作控制元件试验时,油源压力较低,所采用的劈距为 $(5.5 \sim 8) L_{\text{咀}}$,元件压力恢复较高,同时又不会振荡。

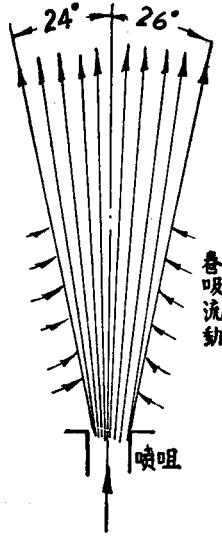


图2—6 射流的紊流扩张状态图

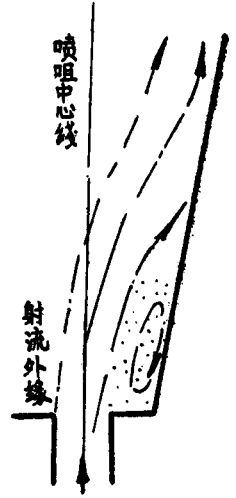


图2—7 劈尖安放的合理位置

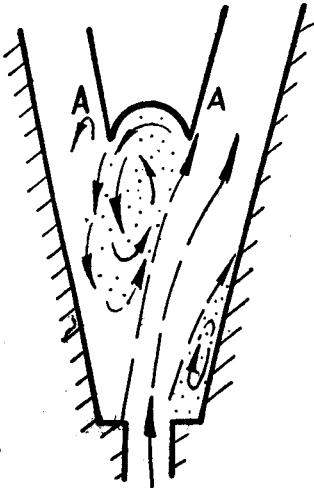


图2—8 凹劈的锁涡作用

④劈尖的形式:

在液压射流元件中,劈尖一般采用凹劈的形式。由于采用凹劈,在劈尖处形成一个旋涡(通常称为锁涡)(图2—8),它力图将主射流压向附壁侧,由规定的工作输出道输出。同时,因为油液有粘性,主射流必然要沿上、下盖板流散一部分,有的有可能会从非工作输出道流出,有了锁涡,就可以将流散的油液全部拦截回来送入工作输出道,这样减少了能量消耗,提高压力恢复。

由图2—8也可以看出,凹劈半径大,元件附壁性能好,压力恢复提高。但也不能过大,如果凹槽的角点A进入射流无扩散的理想边界,则射流的一部分流量不断输入锁涡,势必使控制口或非工作输出道不断向外排洩,增加能量损失。

在液压射流元件中,很少用尖劈的形式,尖劈虽然具有简单、切换灵敏等优点,但因没有凹劈那样能产生锁涡,非工作通道易流散能量,劈距大时,卷吸能量损耗大,而且易振荡,易在控制口造成抽气,所以很少使用这种型式。