

射流技术译文集



科学出版社

射流技术譯文集

河北电力学院射流小組 译
北京工业大学射流小組

科 学 出 版 社

1972

射流技术译文集

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1972 年 11 月第一版 1972 年 11 月第一次印刷

定 价： 0.60 元

译 者 的 话

射流技术是六十年代发展起来的自动控制新技术。射流控制装置具有结构简单、易于制造、适应性较强和比较稳定可靠等特点,目前国内外正在进行广泛的研究和应用。

为了提供这方面的参考材料,我们遵照毛主席关于“**洋为中用**”的教导,翻译了十八篇文章,汇编成本译文集。

这部译文集分三大部分。第一部分五篇,介绍射流放大器的切换方式、射流调制器设计参数、附壁式交叉“与”门等有关射流技术的原理和射流元件。第二部分七篇,介绍位置、温度、压力和声波等传感装置以及步进马达等执行机构。第三部分六篇,是应用部分,介绍射流技术在冷却装置、柴油机和燃气轮机的控制和调速、火箭的推力系统以及人工心脏等方面的应用。

书后还附有“译名对照表”,列入了专有名词 140 多个,可供查阅和参考。

这部译文集涉及面较广,内容也比较具体,可供从事这方面研究、设计和产品生产的广大工人、技术人员参考。

在本译文集翻译过程中,我们对原文中所散布的资产阶级观点,作了删除。但由于我们水平所限,译文中还难免有缺点和错误,希望广大读者批评指正。

毛主席语录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

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。

目 录

译者的话	i
双稳射流放大器的切换方式	1
数字式射流放大器的切换	14
附壁式交叉“与”门.....	29
直接冲击式射流调制器设计中的参数问题	34
液压射流技术	48
射流自动化技术中位置敏感器的选择	68
射流温度敏感器的光学研究	90
声波射流敏感器	100
用于射流研究的压力信号发生器	108
射流步进马达	122
一种用于新式气动步进马达的高速射流逻辑回路	131
气动步进马达	146
射流放大器在简单射流冷却装置中的应用	161
柴油发电机组用的射流控制系统	171
燃气轮机的射流控制装置	191
柴油机的射流调速器	200
一个适用于探测火箭的射流比例推力系统	215
用射流元件控制的人工心脏	230
译名对照表	247

双稳射流放大器的切换方式

内容提要：双稳射流放大器的切换方式可分为四类：(1)壁面终端切换，或称泄流孔切换；(2)接触两侧壁切换；(3)分流劈切换；(4)临界附壁角切换。动量切换不单列一项，而包括在上述各方式之中。在缓慢的切换情况下，所有四种切换方式都可用理论模型进行分析。通过对双稳射流振荡器的试验，可得出液压切换和气压切换之间的某些基本差别。本文对应用流容和泄流孔进行的讨论有助于说明切换过程。

引 言

双稳射流放大器的切换与许多参数有关。首先是放大器的几何参数，例如：位差、壁面张角、控制喷嘴的位置、分流劈的位置以及输出通道的特性等等。有关流体的参数则有：流体的可压缩性，主射流和控制射流在控制线中瞬态流动的动量等。在以空气为工质的振荡器中，气体的可压缩性极为重要；当用液体时，除非在系统中人为地造成可压缩性，否则就不能产生振荡。这就是目前研究液压振荡器时所遇到的困难。

有关切换机理的论文很多。有人深入地研究了采用特定几何图形时的切换问题，并提出了一个说明切换方式的半经验模型。有人把切换方式归纳成三类：(1)壁面终端切换，或

称泄流孔切换；(2)接触两侧壁切换和(3)分流劈切换。在上述三种方式之外，还叙述了临界附壁角切换。本文将讨论所有四种切换方式；并通过附壁射流模型，进一步观察切换机理；然后叙述快速切换，兼及输出通道阻抗对切换的影响。此外，还提供各有关参数间的相互关系，使本文能对设计者在改进双稳放大器的切换性能时有所帮助。

代 号

- b —— 主喷嘴宽度,吋;
- b_c —— 控制喷嘴宽度,吋;
- C —— 劈距,吋;
- D —— 位差,吋;
- J —— 射流动量,磅/秒² ($J = \int \rho u^2 dy$);
- J_1 —— 附壁点下游射流动量;
- J_2 —— 返回到附壁泡的射流动量;
- ΔP —— 横跨附壁射流的压力差,磅力/吋²;
- R —— 射流曲率半径,吋;
- s —— 沿射流中心线的距离,吋;
- s_0 —— 由喷嘴出口处到假定点的距离,吋;
- t —— $\tanh \theta y' / s + s_0$ (无因次量);
- u —— 本地射流速度,吋/秒;
- V —— 放大器单位深度的附壁泡容积,吋³;
- w —— 主射流的质量流量,磅(质)/秒/吋;
- w_c —— 控制流的质量流量,磅(质)/秒/吋;
- w_e —— 射流附壁侧卷吸的质量流量,磅(质)/秒/吋;
- w_r —— 从附壁点返回到附壁泡的质量流量,磅(质)/秒/吋;
- $w'_c = w_c/w$ —— 无因次的控制流量;
- $w'_e = w_e/w$ —— 无因次的卷吸流量;
- $w'_r = w_r/w$ —— 无因次的返回流量;

- x ——从喷嘴出口面量起,沿附壁面的距离,吋;
 y ——垂直于射流中心线的距离,吋;
 α ——张角*, 弧度;
 β ——射流被反馈流偏转的角度,弧度;
 θ ——附壁角(附壁点处射流与附壁面构成的夹角),弧度;
 ρ ——流体密度,磅/呎³;
 σ ——由试验测定的射流扩散系数;
 τ ——时间,秒。

切 换 方 式

参考资料 11 的作者们首次观察到射流壁面张角超过临界附壁角时所导致的切换。他们发现,当附壁角接近于 67° 时,附壁泡开始自行扩大,直到射流不再附壁为止。扩大的原因是由于这种方式的切换发生时,返回到附壁点分离泡的流量超过卷吸进射流中的流量,因而使附壁泡扩大,直到射流离开壁面。如果在 A 点处(图 1)附壁角大于临界附壁角,就可以推断这种方式的切换是在控制流量为 0.4 时发生。看来临界附壁角是可以变的,它可能随射流的弧长而变化。在切断短暂的控制流后所发生的即是这种方式的切换。

根据附录的分析结果,绘制了一系列的射流平衡位置,如图 1。从图中可看出分流劈位置的影响和控制流动量与位差的综合效应。这里,射流在控制流量约为 0.45 时冲撞分流劈,这就说明,在此点处将出现分流劈切换。如果位差较小或控制流量较大,射流便将附在对面的壁上,而在冲撞分流劈之前形成第二个附壁泡。于是切换方式变为分流劈切换和接触两侧壁切换的组合;这就是图 1 中控制流量为 0.5 的射流开

* 原文误为附壁角——译者

$$b/b_c = 2; D/b = 1; \alpha = 11^\circ$$

轮廓上数字表示 (从式 6 计算) $w' = \frac{w_c}{w}$

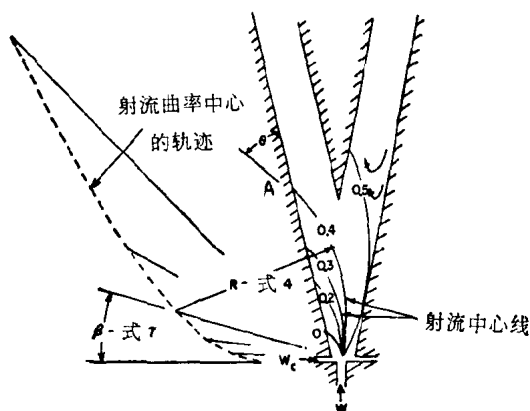


图 1 根据附录中模型计算所得的射流轮廓与控制流的关系

始接触对侧壁面时的情况。由此推论,如果分流劈再移向下游,则在上述的控制流量下,将得到接触两侧壁的切换。此外,取消分流劈也能完成接触两侧壁的切换。在这种情况下,由于存在着壁面,造成了第二个附壁泡的形成以及附壁点下游卷吸作用的消失,将导致横跨附壁射流的压力差下降,而控制流则继续使初始附壁泡膨胀,直到射流变为不稳定而发生切换。

至于壁面终端或泄流孔切换,附壁点移到了壁面的末端,在这里,周围的流体被卷吸进附壁泡中,使射流进行切换;例如如图 1 中 A 点处若有一泄流孔使壁面中断,则控制流量约为 0.4 时即将发生切换。

对于曲率半径大的射流,在切换方面还须考虑到它的稳定性。曲率半径增大,则横切附壁射流的压力差减小;当这压力差接近于本地压力波动的幅度时,射流就失却稳定性。

射流附壁模型和缓慢切换

位差、分流劈位置等对切换有影响的参数,可用静态射流附壁模型来说明。图 1 是根据附录中模型的分析结果而绘成。这模型应用了移动的射流曲率中心,从而提供了比以前各论文更为真实的射流轨迹;但在小控制流量时,射流偏转的实验数据有限,则不比其它理论有任何实质上的提高(参考资料 9)。在大控制流量时,则模型与实验的切换数据很相符合;这将在下文叙述。用射流模型来探讨切换问题时,要求切换过程进行得相当缓慢,以便在整个过程中出现接近于平衡的状态。

上节所提到的附壁角,是射流切换中最重要参数之一;但由于难以得到有意义的实验数据,因而最

容易被忽略。附壁角控制着返回到附壁泡的流量,它间接地指出射流切换所需的控制流量。因此,任何足以使附壁角增大的参数发生变化,就会相应地使切换所需的控制流量减少。根据附壁模型计算所得的附壁角如图 2 所示。图中主射流和控制流的动量相互作用,以它们的喷嘴宽度之比,即 b/b_c 来表

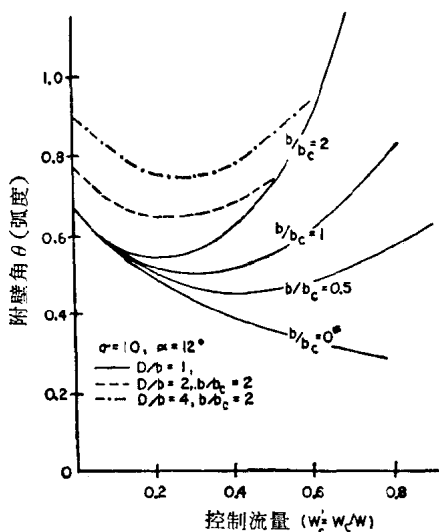


图 2 附壁角与控制流量的关系
* 相应于主射流和控制流之间无动量相互作用

示;而 $b/b_c = 0$ 相应为两股射流间无动量相互作用。从图 2 可见,位差和控制流的动量都使附壁角增大;而没有动量作

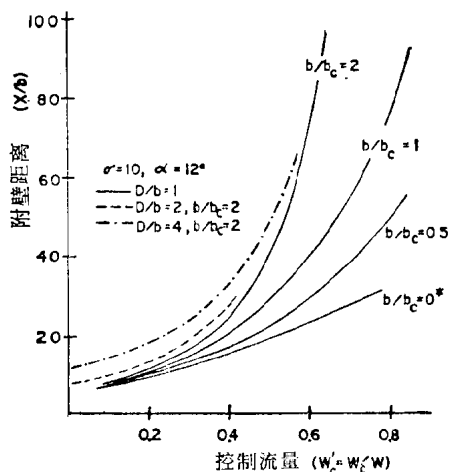


图 3 计算所得附壁距离与控制流量的关系

* 相应于主射流和控制流之间无动量相互作用

用的控制流具有相反的效果。图 3 是通过计算所得的附壁距离。图 4 是计算结果与参考资料 8 所作壁面终端切换实验数据的比较。随着位差的增大,切换所需的控制流量减少,尽

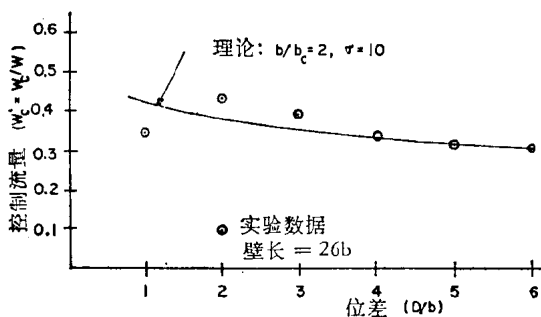


图 4 不同位差时切换所需的控制流量

管附壁泡较大，这就说明了附壁角的重要性及其对返回到附壁泡的流量的影响。射流振荡器的实验数据证实了上述结果，即振荡频率随位差的增加而增加。

上述表明射流稳定性的由计算所得的射流曲率半径，随控制流量的增加而增加。除了在大的控制流量外，控制流的动量对射流曲率半径没有什么影响。附壁泡的体积则随控制流量、控制流的动量和位差的增加而增加。

快 速 切 换

如图 5a 所示，快速切换在射流附壁模型没有控制流和附壁泡的初始体积为 V_0 时开始出现。控制流的输入使主射流偏转，如图 5b 所示，从而引起射流曲率半径的减小，同时附壁点向上游移动。在这开始阶段，附壁泡的体积几乎保持不变，但附壁角则增大，其结果使更多的流体从附壁点返回到附壁泡中。这样，在切换的初始阶段，返回流和控制流都使

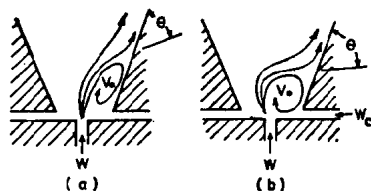


图 5 快速切换

附壁泡增大。以后，附壁泡继续增大，直到切换终了或射流达到另一平衡位置时为止，在这个平衡位置，卷吸流量等于返回流量和控制流量之和。在附壁泡的增大过程中，当射流沿着壁面移动时，附壁角逐渐减小；因此，在切换的开始阶段，附壁角必须达临界值才能出现临界角切换。如果初始控制脉冲能使射流转向对侧壁面，同时附壁角也达临界值，则就成为接触两侧壁和临界附壁角这两种切换的组合。在这种方式的切换中，只需一个短暂的控制流就能使射流与对侧壁面接触，以后

即使没有控制流,切换仍继续进行。在分流劈切换中,则当射流中心部分包围了分流劈的前缘以后,控制流也可撤消。这就要求控制泡的体积达某一临界值;这临界值决定于放大器的几何形状。控制通道阻抗大的和(或)位差大的双稳放大器,利于分流劈切换;相反,控制通道阻抗小的和(或)位差小的双稳放大器,则利于接触两侧壁切换和临界附壁角切换。参考资料3和参考资料2的作者都作了有关上述讨论的实验。前者指出使射流切换则必须使(控制)泡达某一临界值;后者指出了使射流切换的最小脉冲数据。所有和动量切换有关的现象,都已包括在以上所讨论的各种方式之内。

输出通道中流体惯性的影响如图6所示。图中a表示附壁射流,其下图表示每一输出通道中的理想压力分布和分流劈前缘距离的关系曲线。在这静态条件下,附壁泡对侧射流的卷吸作用,使流体从不附壁的输出通道2抽入附壁的输出通道1之中。这两个输出通道间的工质流动必须在切换过程終了之前完全掉转流向。图6b表示在通入控制流的瞬间,由

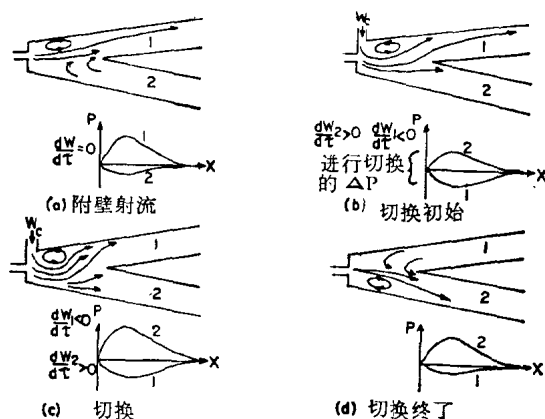


图6 输出通道的惯性和切换过程

于射流冲撞分流劈,使原来不附壁的输出通道中的流向完全倒换过来。在这输出通道中,流体的加速引起了压力分布图形的颠倒,如图 6 所示,因而动量方程中惯性一项取正值。同时附壁的输出通道中的流体减速,也使这输出通道中的压力分布图形和图 6a 所示的相颠倒,而动量方程中惯性一项变成负值。在附壁的输出通道中流体的减速,以及随之而来的压力降低,使流体从附壁射流抽往输出通道,从而阻挠切换的进行。不附壁输出通道中流体的加速和压力的相应升高,同样也阻挠切换。因此,合成的总压力差(如图 6b)阻止射流切换。图 6c 是切换过程的后一阶段,图 6d 是切换终了时的情况。泄流孔使两个输出通道中的流体部分地隔离,即把不附壁的输出通道中的流体排入放大器周围的大气,而从附壁一侧吸入空气,从而减小气动放大器的惯性。气体的可压缩性也能减小气动放大器的惯性;对于液压放大器,则可在切换的开始阶段,用流容把不附壁输出通道中的流体抽出而射入附壁输出通道中,以获得同样的效应。这流容可采用折壁箱或具有橡胶薄膜的空气室。只要在输出通道中加上这样的流容,气压射流振荡器便可改用液压。

液压和气压装置在动态性能方面的主要差别,归根到底,在于输出通道中的惯性和流容的综合影响。两者都包括在阻抗 $Z = \sqrt{I/C}$ 之中。在处理二元或三元流动时,例如处理切换时在输出通道中发生的流动,必须注意这一项;至于用普通的一元流动来表达这一项则是不适合的。在快速切换中,必须加大流容 C 或减小惯性 I ,以减小阻抗 Z 。由于密度大和可压缩性差两种原因,使液体的 Z 远较气体的为大;因此,液压放大器的响应时间远比气压的长(参考资料 12)。加入流容可以降低采用液压时的阻抗。关于阻抗影响的进一步讨论可参阅参考资料 1。

結 語

1. 双稳射流放大器的切换牵涉到许多参数,借助射流附壁模型可以发现切换过程的许多真相。参考资料中提到的大多数切换现象,都可以在这样的模型中得到解释。

2. 切换可分为四种基本方式:(1)壁面终端或泄流孔切换;(2)接触两侧壁切换;(3)分流劈切换;(4)临界附壁角切换。

3. 液压和气压装置中快速切换的主要差别是由于阻抗的影响。

4. 对于液压双稳射流放大器,可在输出通道中加装流容以改进切换。

5. 所有四种基本切换方式都可用附录所述关于缓慢切换的理论模型加以分析。

附 录

附壁模型

附壁模型的几何形状如图 7 所示。对模型的数学表达式作了下列的假定:

1. 附壁射流按半径为 $R = J/\Delta P$ 的圆弧流动。
2. 射流是紊流。
3. 射流的宽度小于它的曲率半径。
4. 分离泡内部压力和外部压力都均匀一致,并都保持不变。

5. 附壁点处射流的相互作用区(图 7 中 ABCD)比附壁点与主喷嘴出口间的区域为小。

6. 控制流与主射流的动量相互作用发生在主喷嘴出口的

