

# 射流技术及其数学基础

(试用教材)



华中师院数学大队编

一九七一年四月

522. 732

906

4131

※



2/6/14  
0.40

# 前 言

射流技术是六十年代发展起来的一门新技术，是电子技术在自动化领域中的重要补充，也是气动、液动控制技术的新飞跃。射流具有稳定可靠、不受电磁场干扰、不怕高温、不怕腐蚀、不怕振动、不怕辐射等特性，并且控制装置较简单、经济、易于制造。目前已广泛地应用到化工、机械、仪表、纺织、轻工、电力、造船、医药和军工等行业上，自动控制机床、液面、时间、流量、压力、温度。大大提高了工业生产过程的自动化水平，增长了生产效率，提高了产品质量，促进了社会主义建设飞速发展。

在我国射流技术发展的道路上，充满着两个阶级、两条路线的激烈斗争。文化大革命前，叛徒、内奸、工贼刘少奇推行一条反革命修正主义科研路线，大搞“爬行主义”、“洋奴哲学”，射流技术被少数资产阶级“权威”占为私有。他们把持射流技术资料，对广大工农兵进行封锁，使这门具有强大生命力的新技术不能有效地为社会主义建设服务。

**“革命就是解放生产力，革命就是促进生产力的发展。”**无产阶级文化大革命，摧毁了刘少奇的反革命修正主义路线。我国工人阶级，满怀着“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的豪情壮志，冲破了资产阶级“权威”的射流技术“禁区”，把射流技术夺回到无产阶级手中。一个为加速社会主义建设而发展射流技术的群众运动，正在蓬勃兴起。

在伟大领袖毛主席“**工人阶级必须领导一切**”的号令下，工人阶级豪迈地登上了上层建筑斗、批、改的政治舞台，结束了资产阶级知识分子对学校的统治，掌握了教育大权。驻华中师范学院工人、解放军毛泽东思想宣传队，高举毛泽东思想伟大红旗，坚决贯彻执行毛主席“**教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合**”的教育方针，用毛泽东思想改造大学，深入开展教育革命，狠批了刘少奇的反革命修正主义教育路线，彻底改变过去关门办学，理论脱离实际的现象，率领革命师生员工走光辉的“五·七”道路。

我们在毛主席“**自力更生**”、“**抓革命、促生产、促工作、促战备**”的伟大战略方针指引下，在工人、解放军毛泽东思想宣传队的领导下，一无资料，二无设备，凭着对毛主席的一颗红心，靠着战无不胜的毛泽东思想，破除迷信，解放思想，修旧利废，土法上马，大搞群众运动。经过近一年的努力，建立起三结合基地——射流厂，成功地制造出光敏微晶玻璃射流元件。同时组成教育革命实践队到湖北拖拉机厂等工厂进行教育革命实践。在接受工人阶级再教育过程中，与工人师傅一起组成三结合射流技术小组。在驻厂军宣队、革委会的领导下，大搞群众运动，将射流技术广泛应用在车床、抛光机、织布机、自动加油、换油、程序送料等方面，效果良好，深受工人欢迎。教育革命使数学直接为生产服务，也初步探索出数学为生产服务的新途径。这是毛泽东思想的伟大胜利，也是教育革命的丰硕成果。

毛主席教导我们：“**要认真总结经验**”。通过教育革命实践，我们初步掌握了一些射流技术。为了向兄弟厂、校学习，相互交流经验，进一步推广射流技术，为社会主义建设服务，我们编写出这份《射流技术及其数学基础》的试用教材。由于

我们毛泽东思想水平不高，射流技术的理论和实践经验很有限，难免有缺点和错误，請同志们批评指正。

編 者

一九七一年四月

# 目 录

## 前言

## 第一章 射流元件及其应用

- 一、什么是射流..... ( 1 )
- 二、卷吸作用和附壁效应..... ( 2 )
- 三、射流的切换..... ( 3 )
- 四、射流元件..... ( 4 )
- 五、射流元件的测试..... ( 8 )
- 六、射流元件应用举例..... ( 10 )
- 七、射流元件 ( 续 ) ..... ( 19 )
- 八、射流元件应用举例 ( 续 ) ..... ( 28 )
- 九、液压射流元件..... ( 36 )

## 第二章 射流附件

- 一、信号发讯器..... ( 41 )
- 二、信号转换器..... ( 43 )
- 三、信号放大器..... ( 44 )
- 四、信号延时器..... ( 46 )
- 五、执行机构..... ( 48 )
- 六、气源系统..... ( 51 )

### 第三章 射流技术的数学基础

- 一、逻辑代数..... ( 55 )
- 二、逻辑代数在射流线路设计中的应用..... ( 67 )
- 三、二进制计数法..... ( 72 )
- 四、射流典型线路..... ( 77 )

### 第四章 射流元件的制造

- 一、手工加工..... ( 93 )
- 二、光刻——腐蚀法..... ( 96 )

## 毛主席語錄

認識从实践始，經過实践得到了理論的認識，还須再回到实践去。

# 第一章 射流元件及其应用

## 一、什么是射流

在我们的日常生产和生活中，常常可以遇到这样一些流体流动的现象：水从龙头中射出、农药水从喷筒中喷出、空气从“皮老虎”的咀里喷出、高速气流从喷气式飞机的喷管中喷出，等等。这些形式的流体流动就是射流。射流与空气的自然流动、江河中水的流动不同的地方是它具有喷射成一束流动的特点。

当我们将水龙头开小时，可以看到一条细而圆滑的水柱，流动是有规则的。如果将水龙头开大到一定程度，水便杂乱地喷射出来，是紊乱而无规则的。前者叫做“层流”流动，后者叫做“紊流”流动。

我们明确了流体流动有层流和紊流后，就能知道射流也有层流射流和紊流射流两种。

## 二、卷吸作用和附壁效应

当具有一定压力的一束流体从喷嘴喷出时，我们发现这股射流就要扩大，而且带动了喷嘴中心线两侧静止的流体一起向前运动，如图 1—1。这种现象就是射流的卷吸（或抽吸）作用。实验还证明：紊流射流的卷吸作用比层流射流的卷吸作用要大些。

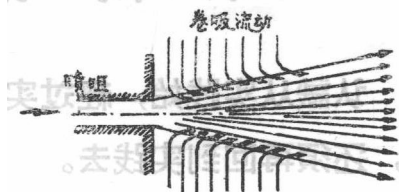


图 1—1 射流的流动状态

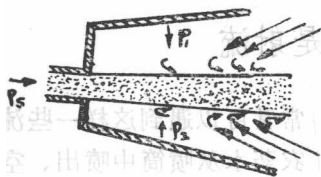


图 1—2 射流的附加流动

从喷嘴喷出一股射流，如果在两块档板之间流动，两块档板到喷嘴的距离不等，同样也会产生卷吸作用。卷吸作用的结果，使射流两侧的压力低于外界大气压力。于是，外界气流就向射流两侧补充，形成如图 1—2 所示的附加流动。射流两侧在同一时间内所卷吸走的流体量应是相等的，也就是说射流两侧的附加流动在同一时间内应该补充相同的流体量。由于喷嘴到两侧壁的距离不等，使得距离大的一侧补充速度较小，而距离小的一侧补充速度较大。例如图 1—2 中上侧补充速度较小。实验告诉我们：流体流动速度大的，其压力\*较小，而速度小的，其压力

\*压力——用  $P$  表示，即单位面积上所受到流体的力，用“公斤/厘米<sup>2</sup>”或“公斤/米<sup>2</sup>”表示。这里所指的压力是对管壁的压力。

较大。因此，射流中心线上侧的压力  $P_1$  大于下侧的压力  $P_2$ 。在压力差  $P_1 - P_2$  的作用下，射流偏下。这样，下侧的压力就变得更小，即加大了压力差  $P_1 - P_2$ ，使射流越来越偏下。

这个过程会一直进行下去，直至这股射流完全贴到下侧壁上去，如图 1—3 所示。这种现象叫做附壁效应。射流开始贴附在壁上的那个点叫做附壁点。

值得注意的是，弯曲的附壁射流与附壁点之间有一块旋涡区。

从上面的分析可以知道， $S_1$ 、 $S_2$ （如图所示）的大小是射流附壁的一个重要因素。 $S_1$ 、 $S_2$  叫做位差。

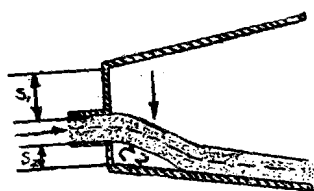


图 1—3 射流的附壁效应

### 三、射流的切换

要使射流能成为自动控制系统中的指挥机构，就必须使射流的流动方向能听从人们的指挥。例如，根据需要能使射流由贴附在下侧壁流动变换为贴附在上侧壁流动。毛主席教导我们：“一切矛盾着的東西，……在一定条件之下互相转化”。

我们知道，实现附壁效应主要是依靠压力差。如要改变射流附着的情况，只要改变压力差就可以了。为了改变压力差，在压力小的一侧切开一控制道，输入一定压力  $P_3$  ( $P_3 > P_1 - P_2$ ) 的流体，则射流就从附在一侧上变换到另一侧上去，如图 1—4 所示。这种使射流贴附在一侧壁上

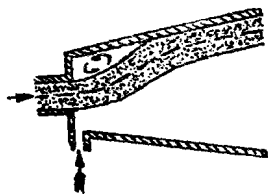


图 1—4 射流的切换

流动改变为贴附在另一侧壁上流动的过程，叫做射流“切换”。

切换有两种形式：一种是在控制道中输入一定的压力后使射流切换，叫做“正压”切换；另一种是堵死控制道，使贴附在对面壁上的射流切换到这一边来，叫做“负压”切换。

这里要指出的是射流贴附在某一侧壁上流动时，由于和周围流体分子的碰撞，射流必然也要扩散，有一部份流体可能扩散到另一侧壁上去。为了防止射流产生扩散，引导射流从通道输出，便于运用。可在两侧壁面之间放一块“分流劈”，构成两条输出通道，使射流从输出通道输出，如图 1—5 所示。

但是，当输出通道被堵死，或因排气不及而有多余流体倒流时，射流可能就会“自动”切换，不听指挥。我们可以在两个侧壁的适当位置上各开一个排气孔来解决，使上述现象发生时，两个小孔分别起排气作用。

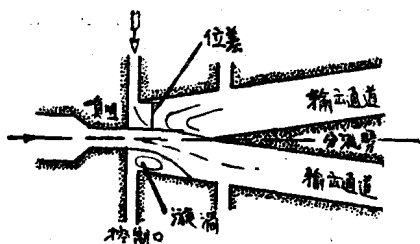


图 1—5 附壁式射流元件

如图 1—5，有喷嘴、位差、控制道、输出通道、分流劈和排气孔，就构成了一只附壁式射流元件的基片，再加上盖板和气咀，就成了一只完整的射流元件（参看图 4—4）。利用射流的附壁效应就可以制成各种各样的附壁式射流元件。

## 四、射流元件

射流元件按工作能源可分为气动射流元件和液压射流元

件。根据目前研究和应用的情况，这里重点介绍气动射流元件。液压射流元件，我们仅做些简单介绍。

### 1、“或非”元件

为了对“或非”元件有较清楚的认识，先介绍一下“或”门元件和“非”门元件。

#### (1) “或”门元件

如果在同一个平面上有两股射流以一定的角度相交，这时两股射流各把自己的部分动量交给对方而合并成一股新的射流，这种现象叫做射流的“动量交换”。所谓流体的动量就是流体的质量( $m$ )和它的流速( $v$ )的乘积( $m \cdot v$ )。

“或”门元件的工作过程

是：当其中一个控制道有气输入时（或者两输入通道同时输入——进行动量交换），输出通道就有气输出。

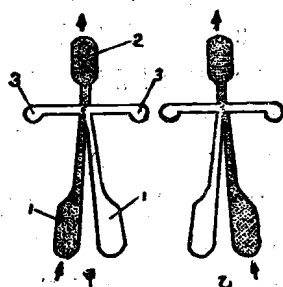


图 1—6 “或”门的工作原理

1—输入通道；2—输出通道；  
3—排气孔。

#### (2) “非”门元件

“非”门元件是附壁式射流元件，它的主要特点是几何形状不对称，右位差大于左位差，如图 1—7。

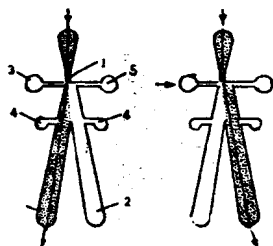


图 1—7 “非”门的工作原理

1—喷嘴；2—输出通道；3—控制孔；  
4—排气孔；5—偏压孔。

根据附壁效应可知，从喷嘴喷出的射流附于左壁，射流从左输出通道输出；当左控制道输入适当压力时，射流进行正压切换，右边有输出，左边就

沒有輸出，即“非”了。在控制信號(輸入壓力)撤去后，射流又立即回到左邊輸出。若右控制道(又叫偏壓孔)被堵住，射流從左邊切換到右邊即進行負壓切換；打開偏壓孔，輸出又回到左邊。

“非”門元件的輸出總是穩定在一側，所以“非”門元件又叫做“單穩”元件。

(3.) “或非”元件的工作原理與“非”門相同。但幾何形狀與“非”門稍有不同，“非”門只有一個控制道，而“或非”有兩個或兩個以上的控制道，如圖 1—8 所示。當左邊兩個控制道都沒有信號輸入時，從噴咀噴出的射流穩在左邊輸出；當兩個控制道中任一個或兩個同時有信號輸入時，左邊就“非”了，撤去控制信號，左邊立即又有輸出。“或非”元件也可以進行負壓切換。由此可知“或非”元件實際上是兩個以上控制道的“非”門元件。如果以右邊

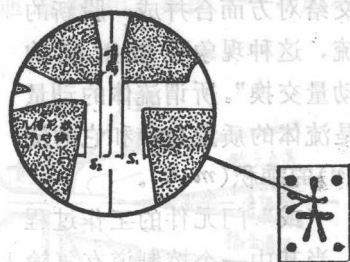


圖 1—8 (a) “或非”元件

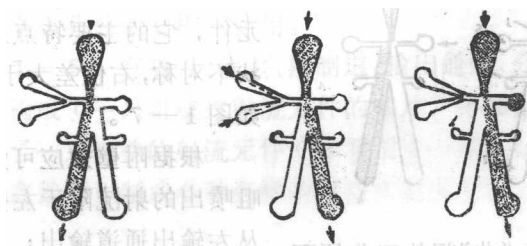


圖 1—8 (b) “或非”的工作原理

左——“或非”端； 右——“或”端。

为工作通道，控制信号便能实现“或”，即“或非”元件可作“或”门元件用。所以，“或非”元件相当于“或”门元件和“非”门元件的组合。

## 2、“与”门元件

“与”门元件属于动量交换式元件。它的几何形状对称，本身没有工作能源。

如图1—9所示，根据动量交换原理，只有当两个输入通道同时有信号输入时，中间的输出通道才有输出。当左边有信号输入时，右边有输出；当右边有信号输入时，左边有输出。

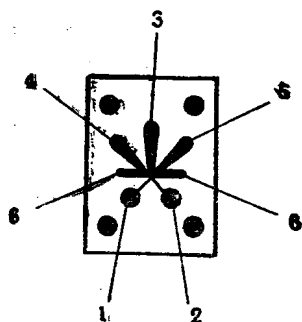


图1—9 (a) “与”门元件

- 1、2—输入通道；  
3、4、5—输出通道；  
6—排气孔。

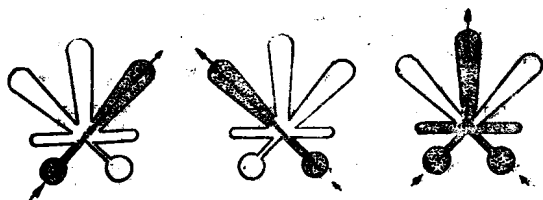


图1—9 (b) “与”门的工作原理

## 3、“双稳”元件

“双稳”元件是附壁式元件，它的主要特点是几何形状对称，如图1—10。当气源接通时，由于位差相等，射流可附在任一側壁流动，没有固定的初始状态。假定射流先从左边输出。当左边输入适当信号时，射流就切换到右边输出；撤去控制信号后，射流仍稳在右边输出；在右边输入适当控制信号后，射流

才重新切换到左边输出。

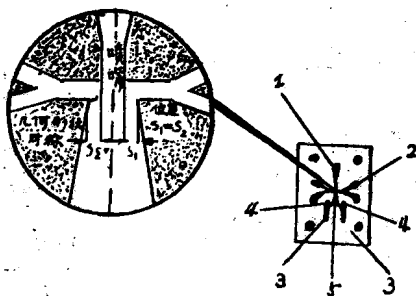


图 1—10 (a) “双稳”元件

1—气源；2—控制孔；3—输出通道；  
4—排气孔；5—分流劈(尖劈)。

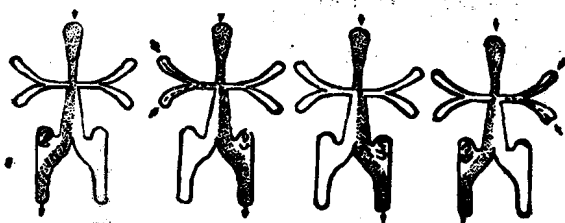


图 1—10 (b) “双稳”的工作原理

“双稳”元件具有两边稳定状态，可以把信号“记忆”下来，所以我们把它作为一种“记忆”元件。

## 五、射流元件的测试

每个元件都必须经过测试之后，才能确定它能否在生产实际中使用。气动射流元件的测试方法通常有动态测试和静态测试两种。

静态测试主要的是测量压力、流量（单位时间内流过管子

某一截面的流体体积。用  $Q$  表示流量， $A$  表示截面面积， $V$  表示流体的流速，则  $Q = A \cdot v$ ，单位：厘米<sup>3</sup>/秒或米<sup>3</sup>/秒。测试的线路如图 1—11 所示。如果测试的线路是专门作测量压力，则不必接流量计。

### 1、压力测试

在一定气源压力下，从相应压力计可测得元件的气源压力，输入压力（也叫切换压力）和输出压力。

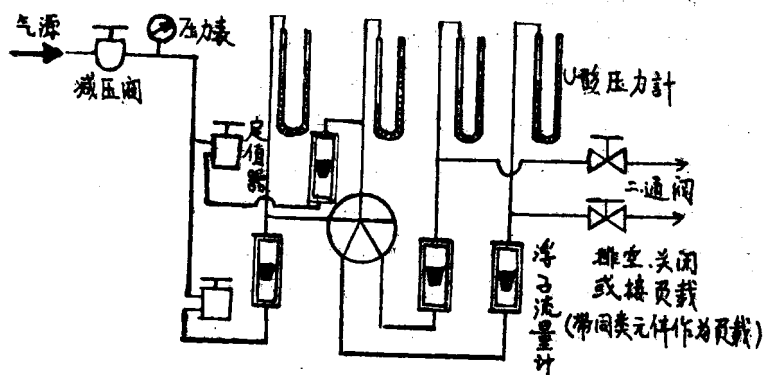


图 1—11 射流元件的测试方法

在一定气源压力下，元件的输出压力和气源压力之比，就叫做压力恢复，即

$$\text{压力恢复} = \frac{\text{输出压力}}{\text{气源压力}} (\%)$$

$$\text{压力放大倍数} = \frac{\text{输出压力}}{\text{切换压力}} (\%)$$

压力恢复是元件的一个重要指标。目前附壁式气动射流元件的压力恢复一般都小于50%。

如果待测元件输出端不接负载，而只将输出直接接到压力

计进行读数，则得在一定气源压力下的最大压力恢复。

在测试时，还要注意测量元件漏气或抽气的情况。

## 2、流量测试

在一定气源压力下，从相应流量计可以测得元件的气源流量，输入流量（也叫切换流量）和输出流量。

在一定气源压力下，输出流量和气源流量之比叫做流量恢复，输出流量和切换流量之比叫做流量放大倍数。

## 3、功率测试

功率就是压力和流量之积，所以只要把各个对应的压力和流量相乘，所得之积就是表示该元件的气源、输入和输出功率。由此还可以测得功率恢复和功率放大。

元件的功率恢复与负载有关。较好的元件能带动2~5个同类型的元件。一般情况下，在元件输出带有两只同类型的元件作为负载时，元件的压力（流量及功率）恢复要求大于16~22%。

上面介绍的是测试射流元件的一般方法。但是不同的元件有不同的性能要求，如“双稳”元件首先应考察其稳定性能；又如“与”门元件没有工作能源，只需测量输入压力（流量）和输出压力（流量）即可；“或非”元件还需测量“返回压力”，即输入压力逐渐降低到某一数值时，射流才从“或”端返回到“或非”端输出，此时的输入压力叫做“返回压力”。

动态测试，目前一般的做法是把流体的压力、流量转换成电量，用电测仪器加以测量。

# 六、射流元件应用举例

毛主席教导我们：“无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。”我们学习射流技术的目的，正是为了应用射流技术，为我国的社会主义建设服务。我们遵照