

射流技术在造船工业中的应用



“射流技术应用”编写组

射流技术 在造船工业中的应用

77
387

人民交通出版社

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

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。

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。

前 言

射流技术是六十年代发展起来的一門自动控制的新技术，在我国已开始广泛地应用于各个工业部門中。几年来，我国造船工业在应用射流技术方面，也取得了一定的成績。为了总结交流群众的創造，在造船工业中进一步普及和推广射流技术，六机部和交通部组织了江南造船厂、求新造船厂、东海船厂、上海船舶运输科学研究所、上海交通大学等单位，成立了一个有领导干部、工人、技术人員参加的三結合編写組，編写了《射流技术在造船工业中的应用》一书。

在編写过程中，我們遵照毛主席“调查研究”的教导，先后到北京、上海、天津、广州、武汉、重庆、青島、大連、江浙等地区的船厂、科研、設計、学校等有关单位进行了学习和調查。在調查研究和編写过程中，各級党组织和广大工人群众、技术人員对我們的編写工作給予了热情的帮助和支持，提供了大量来自实践的经验 and 資料，使我們能順利地开展編写工作，在此我們向有关单位的领导和工人、技术人員表示衷心的感谢。

本书共分六章。第一章緒言，簡要的介紹了射流技术的发展 and 应用的概况；第二章介紹了射流技术中几項简单原理及相应的射流元件；第三章介紹射流附件；第四章是本书的重点，突出介紹了射流技术目前在船舶自动化和造船工艺自动化上应用的实例；第五章介紹射流控制线路的設計方法和射流技术在实际应用中的問題及解决措施；第六章为結束語。

在第四章中，为工程造船工业应用射流技术提供更多的参

考資料，我們選擇了一部分可能适用于造船工业的其它行业中已应用成熟的实例，供同志們参考、选用。

毛主席教导我們：“我们的文学艺术都是为人民大众的，首先是为工农兵的，为工农兵而创作，为工农兵所利用的。”本书的編写力求切合广大工农兵的需要，特别是造船工人和广大船員的需要，以促进射流技术在造船工业中普及和推广。但是由于我們水平有限，缺点錯誤一定很多，希望广大读者提出批評指正。

《射流技术应用》编写组

一九七一年十一月于上海

目 录

第一章 绪 言	3
第二章 射流及射流元件	6
第一节 射流及其特性	6
第二节 附壁式射流元件	9
第三节 动量相互作用式射流元件	17
第四节 其它类型的射流元件	23
第五节 射流元件的性能与测试方法	26
第六节 元件的设计和制造	36
第三章 射流附件	53
第一节 气源系统	53
第二节 延时系统	66
第三节 转换系统	73
第四节 执行机构	96
第五节 发讯系统	110
第四章 射流技术在造船工业中的应用	133
第一节 射流技术在船舶自动化方面的应用	133
一、船用柴油机日用燃油箱油位射流自动控制	133
二、船用辅锅炉射流自动控制	136
三、船用空气压缩机射流自动控制	145
四、射流控制舵机	151
五、船用柴油机射流自动控制与远距离操纵	152
六、锅炉水处理射流自动控制	169
第二节 射流技术在造船工艺方面的应用	173
一、射流铰孔机	173
二、可移动式剪刀车射流自动控制	174

三、射流控制高压喷枪	176
四、射流控制气动弯板机	178
五、射流控制半自动弯管机	180
六、射流控制高速锤	182
七、船体光学放样汞氙灯点弧冷却射流自动控制	186
八、点焊机射流自动控制	188
九、对焊机射流自动控制	202
十、台钻射流自动控制	205
十一、射流控制曲轴法兰四孔组合钻床	207
十二、可变自动分度的射流控制钻床	211
十三、射流自动控制珩磨机	217
十四、齿轮高频淬火装置的射流自动控制	219
十五、射流控制半自动曲轴校直油压机	222
十六、射流控制半自动磁力探伤机	223
十七、射流控制自动车床	226
十八、液压射流元件在磨床上的应用	229
十九、液压射流控制全自动专用机床	230
二十、柴油机油耗率自动测量装置	232
二十一、射流控制龙门刨床	237
第五章 射流系统设计方法与应用中的几个有关问题	245
第一节 设计线路方法	245
第二节 典型线路	261
第三节 射流技术应用中的几个问题	277
第四节 控制系统的连接	296
第五节 控制系统的维修	298
第六章 结束语	301
附录 (一) 射流元件符号图例	303
附录 (二) 附件符号图例	304

目 录

第一章 绪 言	3
第二章 射流及射流元件	6
第一节 射流及其特性	6
第二节 附壁式射流元件	9
第三节 动量相互作用式射流元件	17
第四节 其它类型的射流元件	23
第五节 射流元件的性能与测试方法	26
第六节 元件的设计和制造	36
第三章 射流附件	53
第一节 气源系统	53
第二节 延时系统	66
第三节 转换系统	73
第四节 执行机构	96
第五节 发讯系统	110
第四章 射流技术在造船工业中的应用	133
第一节 射流技术在船舶自动化方面的应用	133
一、船用柴油机日用燃油箱油位射流自动控制	133
二、船用辅锅炉射流自动控制	136
三、船用空气压缩机射流自动控制	145
四、射流控制舵机	151
五、船用柴油机射流自动控制与远距离操纵	152
六、锅炉水处理射流自动控制	169
第二节 射流技术在造船工艺方面的应用	173
一、射流铰孔机	173
二、可移动式剪刀车射流自动控制	174

三、射流控制高压喷枪	176
四、射流控制气动弯板机	178
五、射流控制半自动弯管机	180
六、射流控制高速锤	182
七、船体光学放样汞氙灯点弧冷却射流自动控制	186
八、点焊机射流自动控制	188
九、对焊机射流自动控制	202
十、台钻射流自动控制	205
十一、射流控制曲轴法兰四孔组合钻床	207
十二、可变自动分度的射流控制钻床	211
十三、射流自动控制珩磨机	217
十四、齿轮高频淬火装置的射流自动控制	219
十五、射流控制半自动曲轴校直油压机	222
十六、射流控制半自动磁力探伤机	223
十七、射流控制自动车床	226
十八、液压射流元件在磨床上的应用	229
十九、液压射流控制全自动专用机床	230
二十、柴油机油耗率自动测量装置	232
二十一、射流控制龙门刨床	237
第五章 射流系统设计方法与应用中的几个有关问题	245
第一节 设计线路方法	245
第二节 典型线路	261
第三节 射流技术应用中的几个问题	277
第四节 控制系统的连接	296
第五节 控制系统的维修	298
第六章 结束语	301
附录 (一) 射流元件符号图例	303
附录 (二) 附件符号图例	304

毛主席语录

人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。

第一章 绪 言

射流技术是六十年代在自动控制领域中出現的一項新技术。几年来，射流技术发展得很快，成为电子技术在自动控制领域中的重要补充。

射流技术应用范围很广泛，首先应用在軍事工程和宇宙空間部門。这些部門要求自动控制装置能够在极端恶劣的条件下（如强振动、强輻射、高温等等）可靠地进行工作。射流技术能够滿足这些要求，所以在火箭、导弹、宇宙飞船、人造卫星等空間技术自动控制方面得到了广泛的应用。

在舰船上及其动力工程方面射流技术也已广泛应用，如陆用汽轮机、燃气轮机的射流自动調速；船用柴油机的起动、停車、換向，加、减速的自动控制与遙控；船用主、輔鍋炉及陆用鍋炉的射流自动調节；船用空气压缩机的射流自动控制；气垫船的气垫自动控制；水翼船的射流自动控制；船舶稳性和操纵的射流自动控制；油轮油仓的油位控制；核潛艇及原子能工程的射流自动控制等。

在机械加工工艺方面射流技术的应用是最普遍的。許多行程程序控制和时间程序控制，均可由射流装置来担任，如加工

工艺中的送料、退料、夹紧、松脱、纵横向的进刀、退刀、开车、停车等动作。而对于大量生产同一品种工件的专用机床，采用射流装置进行控制更有成效。

射流技术在化工、石油、印染和其它轻工业部门中的应用，也有其独特的优点。由于射流元件具有耐腐蚀、防火、防爆等特点，所以在出现易燃、易爆、剧毒的化学液体和气体的场合，采用射流技术来自自动控制生产过程，既安全可靠，又经济耐用。

正如上面所介绍的，射流技术的应用范围十分广泛，并且还在不断地扩大它的应用范围。射流技术为什么一出现就得到这样广泛的应用呢？实践经验告诉我们，射流技术在应用过程中有很多优点。即制造射流元件可以根据不同的应用场合，采用相应的材料，使元件具有耐腐蚀、防火、防爆等特点。特别是在强冲击，强振动，强辐射的恶劣环境中，射流元件仍然能正常的工作。再者，射流元件中既无触点，又无可动部分，结构简单、制造容易、成本低廉、而且使用寿命长。射流技术又比较直观，容易为广大工农兵所掌握，便于大搞群众运动，上马快，容易收到效果。

射流技术虽然有很多优点，但也有它的缺点：①射流装置的工作介质是流体，它传递信号的速度比较慢，限于声速范围。而在电子技术中信号的传递速度是光速，因此对于信号传递速度要求十分高的复杂逻辑线路来说，射流技术是不能胜任的；②射流元件的效率比较低。某些附壁型元件的功率恢复甚至只有15%~20%，元件又缺乏关断能力，这对间歇操作或是周转时间长的控制过程来说，消耗的能量是很可观的；③单独采用射流技术难于实现遥控；④射流附件的性能与配套问题还没有很好解决，这对射流控制系统的正常工作有一定的影响；

⑤对气源的淨化要求較高。

我国自开展射流技术的研究以来，至今不过短短的几年時間，但其中也充滿了两个階級，两条道路，两条路线的剧烈斗争。在文化大革命之前，射流技术被少数几个资产阶级反动技术权威所垄断，大搞神秘化，把射流技术吹得神乎其神，高不可攀。无产阶级文化大革命摧毁了以叛徒、内奸、工贼刘少奇一类騙子为头子的资产阶级司令部，夺回了被他們篡夺的部分权力。射流技术也和許多革命新事物一样从资产阶级反动技术权威的桎梏下解放出来，广大工农兵和革命技术人员不仅掌握了射流技术，并在社会主义建設事业中通过不断的实践有了許多革新和发明創造。同时，开辟了射流技术应用于造船工业的广闊天地。例如在短期內使用射流控制技术实现了船舶輔助鍋炉的自动控制。它可以自动控制鍋炉給水、停火、鼓风、噴油、点火、燃烧和調节鍋炉的蒸气压力，实现了鍋炉工作的完全自动化。船用空气压缩机的射流自动控制，船用柴油机的远距离自动控制的研制也取得了一定的成績。无数的事实又一次証明“人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。”

射流技术在造船工业中的应用，目前仅仅是个开始，随着广大工人，技术人员的革命实践和造船工业的发展，定将取得更大的发展。

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。

第二章 射流及射流元件

射流技术是利用射流中的某些物理现象，做成各种不同功能的射流元件，把这些元件和其它一些附件组成控制线路，对生产过程进行控制。

在这一章里，我们将着重介绍“射流的附壁效应”以及利用附壁效应制成的几种射流元件。此外，动量互作用式元件和紊流式元件也将扼要的介绍一下。

第一节 射流及其特性

一、什么叫“射流”

在日常生产和生活中，我们可以看到一些流动现象。如：水从龙头中喷出；药液从注射器的针头中喷出；空气从皮老虎中喷出等等，这些流动就叫做射流。射流的特点是，它在流动中能自成一束。当然，要形成一束流动，必须先让流体通过一段管道，才能把它约束成为一束，这段管道可以叫喷嘴。

图 2-1 中画出一个喷嘴，流体自其中喷射出来，为了排除

对射流的影响，在喷嘴附近不安排任何物件。这时，射流的流动方向就是喷嘴中心线的方向。

射流在它的流动过程中将带动周围的静止流体一同前进，随着射流向前推进，流动范围不断扩大，总的流量在增加，而射流本身的速度则相应地减弱。

在射流技术中绝大多数情况是让空气喷射到空气中去，或是让油喷射到油中去，就是说，射流和它周围的流体是同一类的。对于这种射流过程我们还掌握了一些简单规律。正如图 2-1 中所画出的那样，射流将扩张成为一锥形，而且这个锥形的顶角约为 26° 。

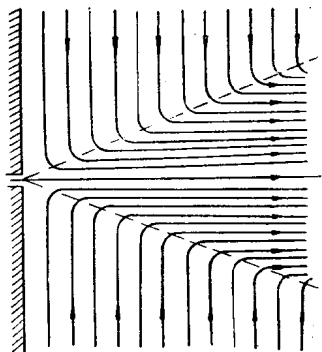


图2-1 射流的流线图

二、射流的“附壁效应”

上面我们简单地说了射流的扩张过程，知道了射流能带动它周围的流体一同前进，这种现象叫作射流的“卷吸作用”。

因为射流要卷吸走一部分流体，那么这部分流体所遗留下来的空间就得由其它部分的流体补充进去。这样，在静止流体中就会出现一个补充流动。这个补充流动我们也把它表明在图 2-1 中。

补充流动，在没有任何障碍的情况下，它通畅无阻，可以说不需要消耗什么压力。就是说，在没有任何障碍的情况下，射流周围的压力始终保持为原状，从而射流也就沿着直线轨道继续前进。若在喷嘴附近出现某个障碍，如图 2-2 所示，我们在喷嘴的一侧摆上一个壁面，则补充流动受到了限制，那么射流周

围的压力情况将发生变化，射流的行程也将发生变化，此时情况就和上面所介绍的大不相同了。因为没有壁面一侧的补充流动一如既往，在它的补充过程中并不出现任何压力变化；而有壁面一侧的补充流动，则受到壁面的限制，它只能在降低局部压力的情况下，才能把补充流体引进来。这样，就在喷嘴的两侧形成了压力差。

喷嘴两侧的压差将推动射流向低压一边偏转，即是向壁面一边偏转，其后果显然是更增强了壁面对射流的影响。于是已形成的低压将再度降低，喷嘴两侧的压差进一步扩大，最后导致射流向壁面上射去。

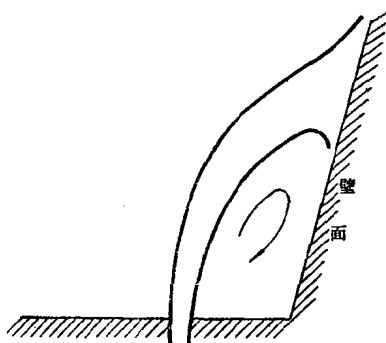


图2-2 射流的附壁效应

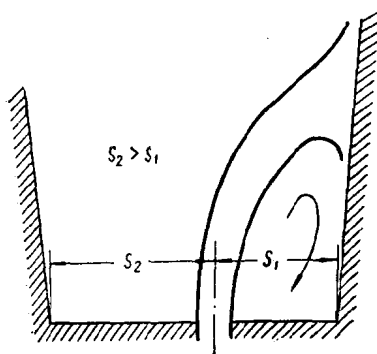


图 2-3

射流射向壁面之后，它会同壁面构成一个封闭的低压区。如果不采取任何人为的方法来提高低压区中的压力，那么射流在压差的控制下将始终附着在壁面上，不会自行脱离，这一现象就叫做“射流的附壁效应”。

射流的附壁现象不只是出现在喷嘴的一侧有一个壁面的时候，即使在喷嘴的两

側各摆上一个壁面，只要这两个壁面的距离不相等，那么射流最終將附到距离小的一个壁面上去（图2-3）。

第二节 附壁式射流元件

射流元件可以按各种方法进行分类。按工作能源来分，就有气动元件和液压元件两类，前者是用压缩空气作为能源的，而液压元件则是用水、油或是其它液体作为能源的；如按控制情况来分，射流元件有数字式和模拟式两大类。所谓数字式元件是说，元件能控制的是两个相差悬殊的状态。比如：“有”和“无”两个状态、“高”和“低”两个状态、“开”和“关”两个状态等等，所以数字式元件又叫做开关式元件。模拟式元件则不然，它可以在两个状态之间实现连续控制，以后要介绍的比例放大器就是一个例子；如按作用原理来划分，射流元件又有附壁式元件、动量作用式元件、紊流式元件、涡流式元件等等。在这一节里，我们先来介绍几个常用的附壁式元件。

一、双稳元件

图 2-4 是射流元件的外形，它由盖板，射流片和底板三部分组装而成，其中射流片是元件的主体。

双稳元件射流片的特征是几何形状对称（见图2-5）。由于形状对称，所以射流在喷嘴两侧的附壁性能也是同等的。

下面我们对射流片的结构作一些说明。

射流自喷嘴发出，因为某些原因（或许是射流的方向有偏差，或许是射流片的几何形状有偏差），它将附着在某一个壁面上。若全附着在壁面上后，射流的卷吸作用也就不需要了，为此在喷嘴的下游设有一个分流劈，它的作用既限制了射

流的继续扩张，同时也就把两个输出道相互隔开。

分流劈有尖劈（见图2-4）和凹劈（见图2-5）两种形式。凹劈能增加附壁的稳定性的，在双稳元件中常采用。

在第一节中我們知道，附壁效应起因于压差，那么要改变射流的附壁情况，就要设法先改变压差的情况。通过控制孔，我們可以有两种办法来改变其中的压差：一是通过控制孔输入一定的压力和流量，使低压区中的压力超出另一侧的压力，于是射流脱离这一壁面而附着到另一个壁面上去，这种办法称为正压切换，如图2-5

(b)。另一种办法是，堵塞对面的控制孔也能把射流切换过去，这是因为控制孔也是补充流动的一个通道，堵塞了控制孔也即是堵塞了一部分补充流动，于是压力随之降低，以致射流发生切换，这种办法称为负压切换，如图2-5(c)。

射流元件在使用中，它的输出孔有可能遭到堵塞。此时，气流就得从设计在输出通道上的排气孔排出。如果没有这样的排气孔，气流势必停顿下来，附壁效应随之也就消失了。

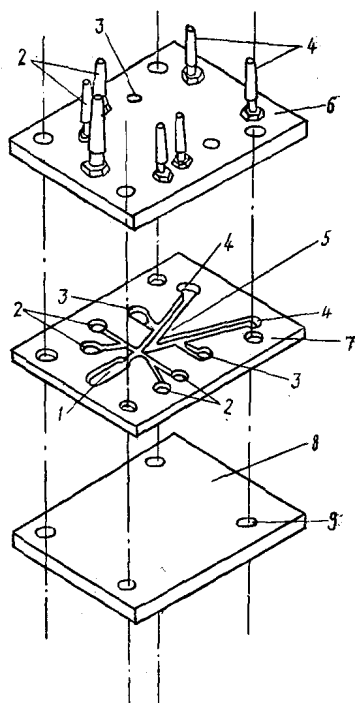


图2-4 射流元件外形图

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

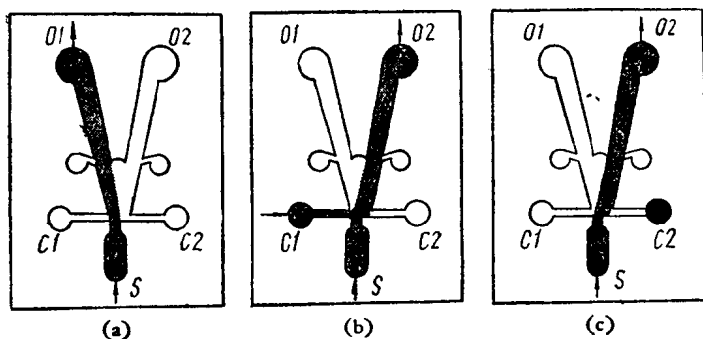


图2-5 双稳元件

现在再来介绍双稳元件的功能。如图 2-5 所示，输出孔 O_1 先有输出，之后向控制孔 C_1 输送一个信号（信号是一个短暂的压力和流量输入），射流便正压切换到 O_2 输出。若要射流再切换回来，必须向控制孔 C_2 输送另一个信号。可见，双稳元件有两个稳定状态（指两个稳定的输出），任何一个状态，在信号消失后，仍能保持原状。为此，我们说双稳元件具有“记忆”的特性。

双稳元件的记忆性能可用来实现两位式的控制。就是说，用来控制某一量使它只在上下限位内变动。例如，把压力控制在最大压力和最小压力之间，又如把液位控制在最高液位和最低液位之间。

两位式控制有个共同点是：当某一量达到其上限（或下限）时，就发出一个信号，这个信号由双稳元件记忆下来，同时驱动执行机构使该量向下限（或上限）方向转移，在沒有到达下限（或上限）前，双稳元件的输出状态不变。

下面介绍一个应用实例——射流控制半自动攻丝机，其中用到一只双稳元件。

如图 2-6，双稳元件的两个控制孔用塑料管分别接到攻丝