



流控技术在舰船中的应用

(第一集)

人民交通出版社

内 容 简 介

第一集共有四篇译文，主要内容为流控技术简介、船舶机械控制用的流控系统、用于液态货物输送的流控系统和流控推进器、流控控制潜水器以及潜艇在潜弋状态发射导弹时实现“稳悬”的纯流控控制系统。

本书可供从事流控技术生产、研究方面的广大工人、科技人员参考。

流控技术在舰船中的应用

(第一集)

国外造船技术编译组

人民交通出版社出版（北京安定门外和平里）
北京市书刊出版业营业许可证出字第〇〇六号
新华书店北京发行所发行 全国新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印刷

1971年2月北京第一版 1971年2月北京第一次印刷
开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：1 $\frac{1}{8}$ 张 全书：34,000字 印数：1-19,400册

统一书号：15044·6279
定价(科二)：0.18元



毛主席语录

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。

外国有的，我们要有，外国没有的，我们也要有。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

前 言

伟大領袖毛主席教导我們：“我們必須打破常規，盡量採用先進技術，在一個不太長的历史時期內，把我國建設成為一個社會主義的現代化的強國。”為了幫助我國造船工人、科技人員及從事流控（即射流）技術生產研究方面的廣大工人、技術人員了解國外有關流控技術在軍艦和船舶上的應用情況，我們遵照毛主席“洋為中用”的教導，編譯出版了這本《流控技術在艦船中的應用》，將陸續分集出版，供廣大工人、幹部和科技人員參考。

流控技術是六十年代發展起來的新型自動控制技術。由於流控裝置具有穩定可靠、使用壽命長、經濟簡單、易于製造和適應性強（如耐高溫、抗輻射、防腐、防爆）等優點，所以目前不僅在各個部門，而且在造船工業中也得到了廣泛地應用，具有廣闊的發展前途。

我們對於原文中宣揚資本主義國家科學技術，為資本家廠商做廣告、吹捧、追求利潤和貶低勞動人民群眾的創造力等部分作了刪改。但由於我們活學活用毛主席著作很不夠，水平所限，書中還會有不少錯誤和不妥之處，請廣大讀者批判地參考，並對我們提出寶貴意見。

編 譯 者

1971. 3 .

目 录

流控技术简介.....	1
船舶机械控制用的流控系统.....	12
强流控装置.....	21
潜艇在潜弋状态发射导弹时实现 “稳悬”的纯流控控制系统.....	29
附录：有关流控技术英文译名参考.....	41

流控技术简介

流控技术是一门利用流体的流动来实现传感、计算或控制的新技术。

迄今为止，这门新技术在控制系统方面的最大进展，是在相对尺寸较小的数字元件上，已经用空气作为工质。但是，利用大尺寸的元件，也可以实现工作流体的自身控制；有关这方面的流控技术被称为“强流控”技术。

一、流控元件类型

流控元件，根据它们是数字的还是模拟的，以及是否带有运动件，来划分成四种主要类型。

无运动件的元件称为“纯流控元件”，它利用流体的喷射流来产生所需要的作用。所谓带运动件的流控元件是一种利用变形（一般用膜片或泄漏弹簧）的复杂元件，其性能与纯流控元件差不多。但利用滑动接触的普通装置，例如管阀是不属于这范畴的。

1. 数字元件 无运动件的元件最满意的分类方法，都以这些元件的工作原理为基础。这些元件就是紊流型放大元件、涡流型元件、附壁型元件和动量交换型元件。

目前，主要应用的两种纯流控元件是紊流型放大器和附壁型放大器。

图1和图2所示的紊流型放大器的动作是借助于一个垂直的控制气流的作用，使层流变成紊流，它仅有一个“或非”逻辑

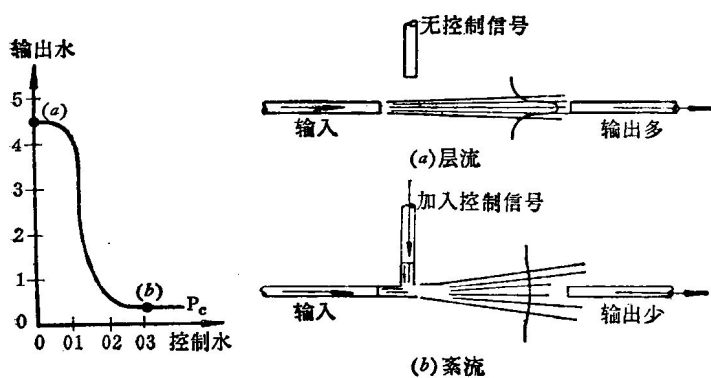


图1 紊流型放大器

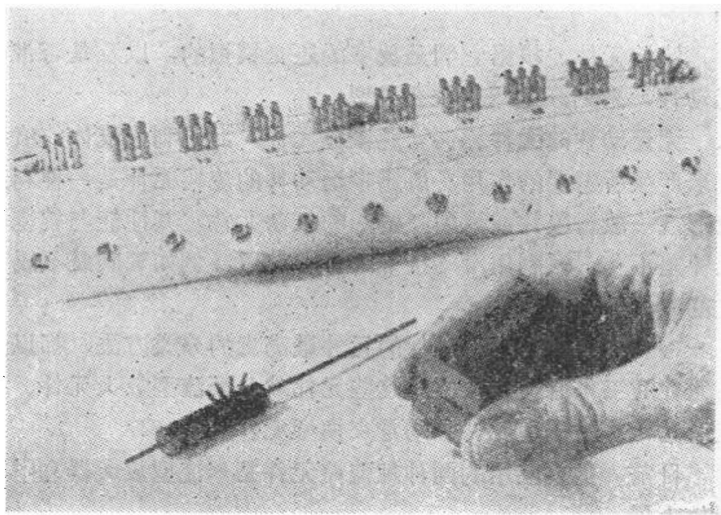


图2 紊流放大器的单个元件和组合件

輯作用。

附壁型元件的动作原理如图 3 所示，离开喷嘴的喷射流附着在一个输出管侧壁上，这个现象称为附壁效应。当来自一个控制咀的流体，在输出管侧壁和喷射流之间产生一个分离气流区时，则附着现象被破坏。然后，就出现了主射流（或称功率流）从一个输出管跑到另一个输出管的切换。附壁型元件可用于多种逻辑动作，如触发器、“或”/“或非”门以及“与”门* 等。

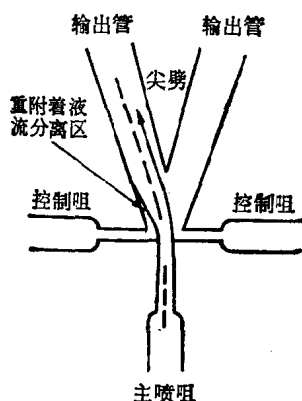


图 3 附壁型元件

现有的最重要的带运动件元件是膜片型的。图 4 所示的这些元件，依赖于作用在一系列膜片上的不同的压力所产生的力的平衡。含有若干个这类元件的组合块可以用来完成复杂的逻辑动作。

2. 模拟元件 少数的模拟（或比例）逻辑元件在市场上可以买到。但是，涡流速率传感器和涡流放大器是两种为特殊应用而研制的装置。

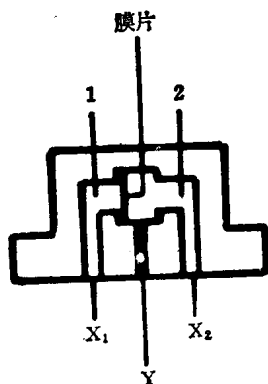
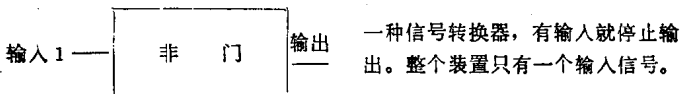
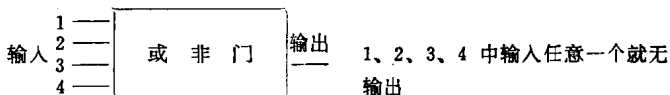
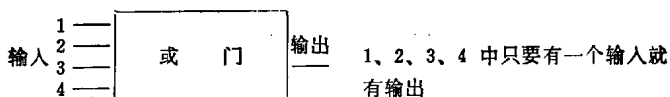
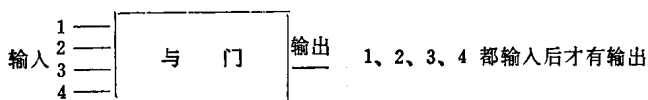


图 4 膜片型元件

目前，为了使元件具有线性特性和可重复性，对大量生产的小型模拟元件，要求的精度是很高的。

* 编译者注：所谓“与”门等，见下图解。



二、各种数字元件的比较

紊流型放大器，由于它的邏輯简单、匹配問題少，所以在目前，用它組成回路比用附壁型元件来得容易。它的正常工作压力大約是 0.018 公斤/厘米²，而附壁型元件則为 0.21 公斤/厘米²，应用紊流放大器的系統，空气消耗量比較低。但是，由于工作压力太低，需要比較昂貴的升压器，这是一个缺点。然而，当有一种便宜而又比較可靠的升压器时，这一点就不那么重要了。一般在应用紊流型放大器或附壁型元件的許多系統里，都需要用升压器。

紊流型放大器是单作用的元件，通常在一个系統里需要較多的紊流放大器。但对于一个指定的邏輯动作，尽管附壁型元件是最便宜的单作用元件，两者的成本还是差不多的。

附壁型元件的一个主要优点，是对恶劣环境适应性（即所謂抗环境特性）好，所以，通常它們比較适合于应用在舰船上。紊流型放大器对噪音、外界振动和冲击都是很敏感的；但是，从另一方面說，可以充分地利用它对噪音的敏感的特点而把它作成声学开关。

复杂的膜片型元件系統，在技术上有很多方面可以和純流控裝置相比較，并且有某些特殊的优点。如

1. 当切换時間相同时，寿命可达 10^9 次；
2. 能关闭；

3. 如果动作速度不高則能量消耗少。又由于它的正常工作压力是 1.05 公斤/厘米²，所以在同一压力下，既能完成邏輯又能执行动作。

三、系统的设计

流控邏輯系統可以由一些“試驗板”式的单体元件，也可以用一些帶有半集成线路的模块，或者用一个全集成线路來組成。

通常，在用单体元件研究和設計新线路时，是用軟管將这些单体元件連接在一起。一旦設計定型以后，就产生了一个完整集成块的，或者是使用几个插入式模块的新設計方案。“試驗板”式线路的主要缺点是各元件之間常常需要匹配。

利用模块設計线路的一个优点，是每一个模块里的諸元件可由制造厂匹配。如图 5 所示的模块，通常可包含有 12 个元件，能实现諸如振荡器、計数器以及从模拟信息变数字信息的转换器等邏輯作用。一般用模块构成的线路，比用单体元件組成的线路要便宜一些。

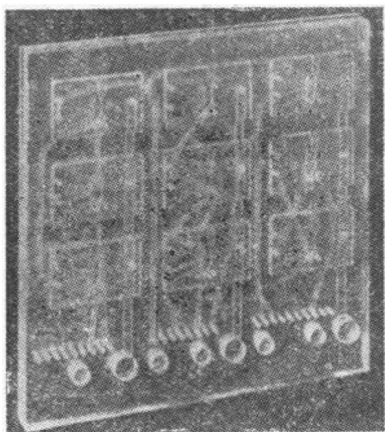


图 5 附壁型元件模块

此外，模块还有下列优点：

1. 在制造时加入检验模块，然后在使用时通过测量压力等办法，就能迅速地发现故障；

2. 减少外部連接管的数量，因这些工作管子的漏泄或破裂，往往是造成故障的一个根源；

3. 在一个公用总管上使用一些插入式的模块，則系統不仅外形美观，而且紧凑。

全集成线路是一个很坚固的结构，外部连接件最少，并且不存在匹配问题。但是，由于初始设计费用很高，除非是需要大量生产这些相同的线路外，一般不会采用。

全集成线路的另一个缺点是难以发现集成块里的故障，通常需要整个地更换。

应用大型流控装置的系统，它的技术设计一般是比较简单的。这是因为在一个指定的系统中，所需的元件数量一般较少，而且元件的尺寸公差要求不那么严格。

四、元件的设计与制造

流控逻辑元件可以用多种材料来制造。如果工作流体不发生状态变化，而且设计得当的话，那末流控元件对环境的适应能力只取决于材料本身。

材料，在尺寸上应该稳定，具有一定的机械强度，并且耐腐蚀。最常用的材料是塑料、环氧树脂、玻璃陶瓷以及金属。

对选择制造方法有影响的两个主要因素是：

1. 要能达到必要的尺寸精度。这种精度保证元件具有互换性和不超出容许范围的废品率；

2. 生产的经济性。通常，生产量决定制造方法。

为了获得互换性和低的废品率，附壁型和紊流型放大器，都必须用一种稳定的材料来制造，并达到较高的制造精度。附壁型元件，由于形状比较复杂，在某些部位，对尺寸变化很敏感，所以制造比较困难。

带运动件元件，通常用普通的精密机械加工方法来制造，虽然尺寸精度要求很高，但它的制造比纯流控元件来得简单。

目前，采用的制造方法很多，但主要的有以下几种：

1. 塑料的注塑成形；
2. 用环氧树脂浇铸；
3. 陶瓷的光蚀成形；
4. 金属薄片的化学蚀刻和层迭。

大多数流控技术使用的环境温度不超过 50°C ，所以允许用塑料。对于大量生产的元件模块和集成系统，塑料注塑成形法看来是最经济的方法。

一些制造者认为，在生产单个元件时，废品率是可以忽略的。但是，在生产模块时，除非很精确地控制制造过程，否则，废品率会很高。

用环氧树脂浇铸元件是一种很简单的方法，但对大量生产却不是一种很经济的方法。在设计要频繁改动的场合，它是一种很好的方法，而且它可以以合理的成本，生产一些中等数量的特殊线路。这种材料的工作温度可达 1000°C 。

陶瓷光蚀工艺，这是一种批量生产方法，特别适宜于中等批量的生产。但这种方法的初始投资高，制造成本也不象注塑成形法那样便宜，但它生产的元件具有很高的尺寸稳定性，能经受 600°C 的高温。这种方法的主要缺点是照射时间长，制造速度比较慢。

光蚀化学加工法，已发展成一种大量生产的工艺方法，它就是从两面喷射蚀雾来蚀刻金属片（通常是铜或镍），然后再层迭起来。这是一种批量生产方法，初始设备投资相当高，现在已有用一些厚度为0.13毫米的薄片，层迭起来构成的集成线路。

五、优缺点

为什么要使用流控技术？这是因为流控技术具有许多

优点。

流控对环境的适应性是它的一个最主要的优点。一般說来，环境越恶劣，流控技术同其它技术相比就越发引人注目。在极端恶劣的环境里，采用流控技术往往是唯一有效的解决办法。如果系統設計得很好，并用适宜的材料制造，則在使用中，系統实际上是不会损坏的（在有些击中目标爆炸后的导弹残骸中，其流控系統仍可再复使用——編譯者）。

由于純流控系統沒有运动件，不存在磨損問題，所以往往把可靠性作为純流控系統的一个重要优点来引証。然而这是过于简单化了，缺少运动件，只能意味着寿命长，但未必意味着可靠。應該記住：流控元件只是实际控制系統的一部分，其他部分还可能出故障。如果系統設計得很好，工作流体沒有污染，系統得到正常的維護，那末长期的可靠性才能达到的。

流控系統的維護是比較简单的，不太熟练的人員也可以完成，而且他們在发现故障时，未必会损坏流控元件或設備，維護人員并不需要有机械和电子学方面的专业知識。

流控传感器比其他等效的传感器（如光电管）是更简单、更便宜。在流控传感方面，比較常用的是空气断续噴射和背压传感。另外，对于零件和位置的检测来讲，空气测量头可以很精确地测量和控制被检验物的尺寸，并且与材料的性能无关。

对各类工业部門大量应用流控技术的分析表明，百分之六十以上是利用流体传感。

在有些应用中，流控技术可以提供一個完整的系統。該系統自始至終用一种介质来工作，因此，可以取消转换裝置。有些类型的转换裝置是以不可靠而著名的，并且多数是昂貴的。所以，为了减少转换裝置或完全取消它，一些系統設計者作了

认真的尝试。

由于液压和气动系统的广泛采用，流控系统值得认真考虑。特别是在有大量的逻辑输出和输入的情况下，换一种控制方法，就需要很多的转换装置，这一点更应加以注意。

流控装置三个主要缺点是：

1. 反应和传递信号速度慢；
2. 工作介质不能切断（膜片型元件例外）；
3. 至今还处在初期研制阶段（对整个工业说来是如此，而对个别部门说来不全是一一編譯者）。

由于声速的限制，在长距离中，流控信号的传递相对来说是慢的，也存在信号递减和相位改变的问题。所以，流控系统的反应速度比电子系统慢得多。对于复杂的逻辑运算来说，运算速度很重要，所以在这一方面，流控技术不能与固体电子学相比。在工作是断续的而且循环时间长的系统中，纯流控有着连续能量消耗的缺点。但目前使用的许多装置，在控制流体能量方面也同样是无能为力的。由于流控技术还处在发展的初期阶段，象元件匹配之类的许多缺点，随着研制工作的进展，正在被克服。这些缺点包括有：

1. 缺乏元件特性的设计资料；
2. 缺乏仪表及试验设备；
3. 研制费用高；
4. 由于流体被污染，引起元件阻塞。

工作流体的污染是大多数使用者常见的问题。在空气驱动系统中，稀薄的油雾是最坏的东西；而通过元件的小孔从周围自然侵入的灰尘，也能导致这些元件的小通道阻塞。

一般采用的补救办法，是用一个带有网格为5微米滤器的无油压气机，或者是一个密封容器里带有一个过滤孔的封闭

系統。

但是，優質的獨立氣源的成本要比一個小的流控系統還要高。如果需要在最少的維護下，達到可靠性高，這樣做還是有理由的，而且一個氣源可以用來操縱幾個小的系統。

對於大多數使用者，寧願使用現有的帶優質濾器的空氣源，然而還沒有迹象表明這些工業用的濾器能足以消除污染，從而保證長時期無故障地使用。

所有的各種類型的流控裝置，都要受到污染的影響，而有些裝置受影響特別厲害。以往的经验表明，在這一方面，附壁型元件比紊流型放大器，以及膜片型元件來得敏感。對於大型的元件來講，由於污染造成元件幾何形狀改變的百分率很小，所以這個問題無關緊要。

六、流控技術的應用

流控技術在技術上的優越性，在受環境限制的航空工業和原子能工業上，已得到證明。在航空工業上，流控技術在改善性能、提高可靠性、減輕重量以及力求緊湊等方面已顯出了它的優越性。在研制中的一個利用大型流控元件的核反應堆輻射取樣系統，在技術上被認為比其他技術都好。一種流控氣體混合裝置也被認為比現有的其他設備簡單、可靠和準確。

把流控技術應用到造船工業上，在一個長時期內，可能是大量的。

其中包括：

1. 船舶發動機的遙控；
2. 汽輪機轉速的控制与調節；
3. 船舶鍋爐控制系統；
4. 船的穩性和操縱的控制。

除了主推进装置自动化和船的机动性控制外，貨物装卸的控制是流控技术具有优越性的另一个领域。在油船上，利用流控分流阀和液面传感器，来注滿和抽尽易燃性液体，不仅效率比较高，而且能消除火灾的危险。

一般地讲，流控系统在含盐环境里，具有很好的耐腐蚀性；对具有振动和冲击负荷的场合，如机舱等，将是一个可采用的比较便宜而又可靠的系统。

船舶机械控制用的流控系统

流控技术目前正以数字计算机形式用于程序控制，而在伺服控制中，则作为比例或模拟装置的形式出现。在所有的应用中，其所以采用流控技术，一个重要因素是希望达到高度的可靠性，这也是对船舶设备必不可少的一个要求。

一、程序控制系统

大型船用柴油机主軸转速气动指示器线路如图 6 所示。一个扁平的打孔圆盘由发动机主軸驱动，该盘的一侧遮住发射器的空气喷嘴，另一侧则遮住集气器。来自集气器的一系列脉冲进入“或”/“或非”门 1；接着，它们的输出进入“或”/“或非”门 2 的控制输入端，即一个连接 O_1 和 C_1 的延时线路。

从“或”/“或非”门 2 输出的矩形波脉冲信号的幅度，由延时线路的长度来决定。这些脉冲信号经“或”/“或非”门 3 放大后，输入到从数字变模拟的转换器，该转换器就是二个流容器连接一个延时线路。