

# 射流系统设计手册



国防工业出版社

# 射流系统设计手册

射流技术编译组 译



本书系根据美国 AD659 415 报告译出

\*

## 射流系统设计手册

射流技术编译组译

\*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092 1/32 印张 4 15/16 99 千字

1971 年 6 月第一版 1971 年 6 月第一次印刷

统一书号：15034·1233 定价：0.42 元

73/26  
512  
51

## 毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。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。



## 序

我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译出版了这本《射流系统设计手册》。

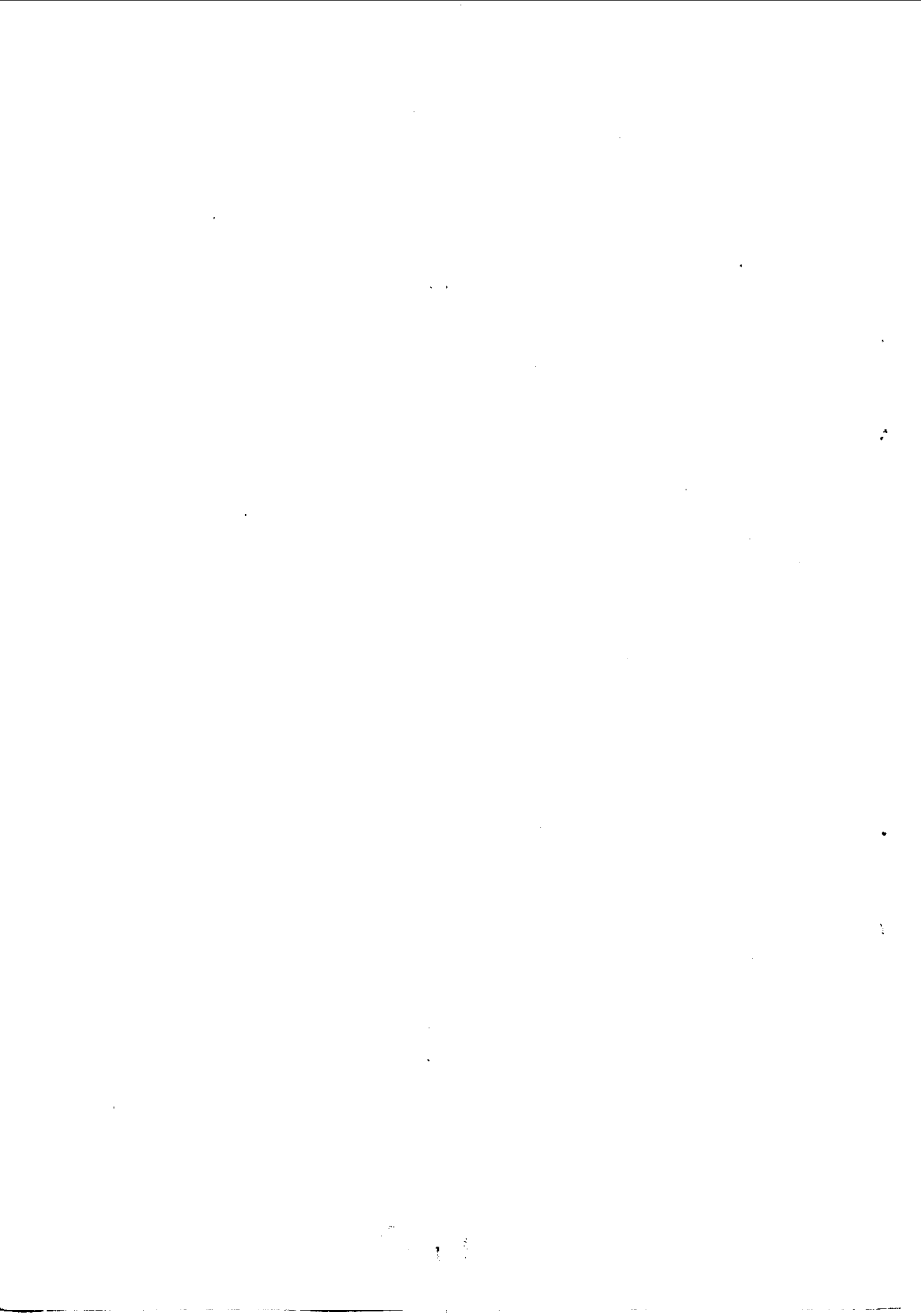
本手册比较系统地介绍了模拟式射流系统的设计方法，并以垂直和短距起落飞机的射流偏航阻尼器为例，介绍了设计步骤。其不足之处是没有涉及常用的数字式射流系统的设计。此外，在射流部件部分，只着重地介绍了涡流速率传感器和偏向型射流放大器，有很大的局限性。

手册中所使用的单位均为英制，未换算成公制，请同志们注意。

本手册在翻译过程中，我们对原书中所散布的资产阶级毒素和反动观点，尽量作了删改。但由于我们活学活用毛主席著作不够，业务水平低，所以，译文中难免还有缺点和错误，希望同志们在阅读本手册时，给我们提出宝贵意见，以便再版时修改。

射流技术编译组

一九七一年三月



# 目 录

## 序

### 符号表

1. 应用标准 (见参考资料 1) .....	9
1-1 术语 .....	9
1-2 符号和单位 .....	13
1-3 示意图 .....	14
1-4 特性图解 .....	17
1-5 等效电路 .....	22
1-6 重要物理量 .....	22
1-7 性能参数 .....	24
2. 测试方法和测量仪器 .....	29
2-1 静态特性测试 .....	29
2-2 动态特性测试 .....	34
2-3 专用测试设备 .....	42
3. 典型射流器件的图解特性 .....	45
3-1 紊流 (非线性) 流阻 .....	45
3-2 层流 (线性) 流阻 .....	46
3-3 射流放大器 .....	47
3-4 传感器 .....	50
3-5 作动器 .....	51
4. 大信号性能分析 .....	54
4-1 负载线 .....	54



4-2 传递(增益)曲线的计算(3-3-3节).....	57
4-3 级联射流部件的静态匹配 .....	59
5. 小信号性能分析 .....	66
5-1 射流部件等效线路的推导 .....	66
5-2 级联等效线路 .....	75
5-3 级联射流部件传递函数的推导 .....	77
5-4 等效线路参数的计算 .....	80
5-5 频率响应的计算 .....	84
6. 系统详细设计步骤 .....	89
6-1 所需的原始资料 .....	89
6-2 设计步骤 .....	89
7. 垂直和短距起落飞机控制系统设计示例 .....	92
7-1 UH-1B 偏航阻尼系统的说明.....	92
7-2 所需的原始资料 .....	92
7-3 设计步骤 .....	100
参考资料 .....	151
译名对照表 .....	152

## 符 号 表

$a$	加速度, 吋/秒 <sup>2</sup>
$A$	面积, 吋 <sup>2</sup>
$C$	流容, 吋 <sup>6</sup> /磅
$db$	分贝
$e$	自然对数的底数
$f$	频率, 周/秒
$F$	力, 磅
$G_f$	增量的流量增益, 无量纲
$G_p$	增量的压力增益, 无量纲
$G_w$	增量的功率增益, 无量纲
$j$	虚数单位 ( $\sqrt{-1}$ )
$K$	比例系数
$K_p$	压力放大系数, 无量纲
$l$	长度, 吋
$L$	流感, 磅·秒 <sup>2</sup> /吋 <sup>5</sup>
$m$	质量, 磅·秒 <sup>2</sup> /吋
$M$	幅度, 分贝
$P$	表压或压降, 磅/吋 <sup>2</sup>
$P_{abs}$	绝对压力, 磅/吋 <sup>2</sup>
$Q$	流量, 吋 <sup>3</sup> /秒
$R$	流阻, 磅·秒/吋 <sup>5</sup>

$s$	拉普拉斯算子, $1/\text{秒}$
$S/N$	信-噪比, 无量纲
$t$	时间, 秒
$T$	静温, 兰金温度 ( $^{\circ}\text{R}$ , 刻度利用华氏, 但其零度为绝对零度)
$v$	速度, 吋/秒
$V$	容积, 吋 <sup>3</sup>
$Z$	流体阻抗, 磅·秒/吋 <sup>5</sup>
$\alpha$	角加速度, 度/秒
$\theta$	角度, 度
$\rho$	质量密度, 斯勒格/吋 <sup>3</sup>
$\omega$	角速度, 度/秒

### 脚注符号

$c$	控制
$cd$	差动控制
$co$	控制偏压
$d$	延迟
$o$	输出
$od$	差动输出
$s$	流源

# 1. 应用标准(见参考资料1)

## 1-1 术 语

### 1-1-1一般术语

**射流技术:**指主要采用无活动零件的器件(纯射流器件)来实现敏感、逻辑、放大及控制功能的流体器件或系统。

**纯射流:**是一个形容词,在某些场合用于无机活动零件来实现敏感、逻辑、放大以及控制功能的射流器件和系统。

**元件:**是构成射流部件和线路的最简形式的器件,如流阻和流容。它们是射流技术中最通用的元件。

**部件:**指与元件互连构成工作线路的射流器件,如比例放大器或者“或”-“或非”逻辑门。

**模拟装置:**指它的输出作为其输入的连续函数的器件或线路,如比例放大器。

**数字装置:**指它的输出作为其输入的非连续函数的器件或线路,如双稳放大器。

**有源器件:**指由独立流源来控制功率的器件。

**无源器件:**指仅靠信号功率来工作的器件。

**偏压(静止)点:**指线路中无信号时,元件或部件的静态压力-流量特性曲线上处于平衡的那一点。

**工作范围:**指在线路中工作的元件和部件的最大信号范围。对放大器,通常是指增益为线性的范围。

**阻抗:**流体在流路中受到的一种障碍,称为阻抗。

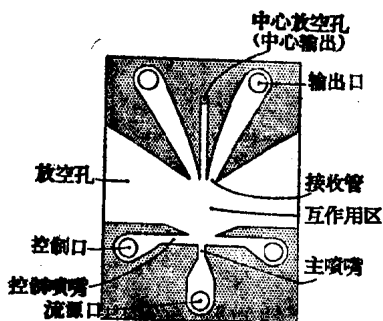


图1 放空式偏向型放大器

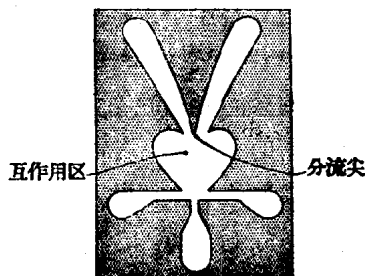


图2 封闭式偏向型放大器

负载状态：部件的负载状态与线路所需的输出流量有关。例如放大器，当其输出口连接至一个无限大阻抗（堵塞）时，就是空载状态。

### 1-1-2放大器

放大器：指输出信号大于其输入信号的有源射流部件。

压力放大器：专为放大压力信号而设计的部件。

流量放大器：专为放大流量信号而设计的部件。

功率放大器：专为放大功率信号而设计的部件。

放空式与封闭式放大器：放空式放大器在其几何

结构的特殊区域内有参考压力的附加孔；封闭式放大器则与独立的参考压力无关。其几何结构上的术语见图1和图2。

偏向型放大器：它是利用控制射流使主射流偏向并调制输出的一种放大器，通常用作模拟放大器。其几何结构上的术语见图1。

附壁型放大器：它是通过控制自由射流的附壁（柯安达效应）来调制输出的一种放大器，通常用作数字放大器。其几何结构上的术语见图3。

涡流型放大器：它是利用被控涡流产生的压力降来调制

其输出的一种放大器。  
其几何结构上的术语见图4。

**双弯流型放大器：**  
它是控制主射流在曲面或平面上的分离点来调制其输出的一种放大器。其几何结构上的术语见图5。

**紊流型放大器：**它是通过控制主射流由层流变为紊流来调制其输出的一种放大器。其几何结构上的术语见图6。

**聚流型放大器：**它是控制环形射流附于聚流分离器（即控制射流的会聚）上来调制其输出的一种放大器，通常用作数字放大器。其几何结构上的术语见图7。

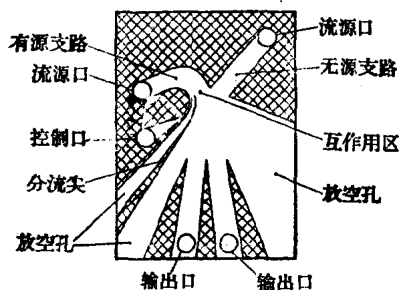


图5 双弯流型放大器 (任意放空)

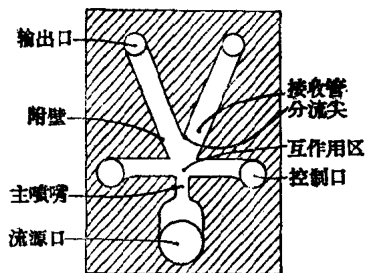


图3 附壁型放大器

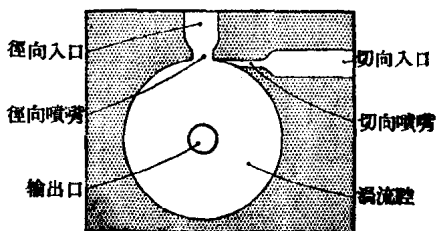


图4 涡流型放大器

**对冲型放大器：**它是通过控制两相对冲击主射流的强度，因而控制其冲击平面的位置来调制输出的一种放大器。其几何结构上的术语见图8。

1-1-3 传感器

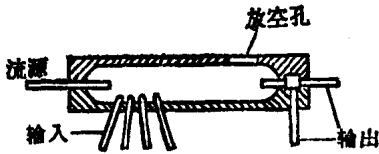


图6 紊流型放大器

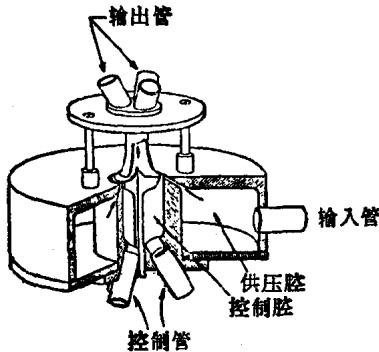


图7 聚流型放大器



图8 对冲型放大器

指在与射流器件相适应的介质中感受变量并产生信号的部件，如温度和角速率传感器。

#### 1-1-4 变换器

指将一种介质形式的信号转换成相应的第二种介质形式信号的一种部件，其中一种介质是与射流器件相适应的。

#### 1-1-5 作动器

指将射流信号转换成相应机械输出的部件。

#### 1-1-6 显示器

指将射流信号转换成相应可见输出的部件。

#### 1-1-7 逻辑装置

**逻辑器件：**是执行逻辑功能的数字射流部件，如“与”门，“或”门，“或非”及“与非”门等。它们能根据输入信号的接入、去除或其他组合，让信号选通或禁止选通。

**触发器：**是一种具有双稳态和很大迟滞的数字部件或线路，因而具有“记忆”作用。它的状态随输入脉冲而变化；它不需要连续输入信号，就可保持在给定状态。

### 1-1-8 线路元件

**阻抗：**是一种无源射流元件，要保证一定的流量通过它就要有一定的压力降。其传递函数可分实数部分和虚数部分。

**流阻：**是一种无源射流元件，由于流体有粘滞损失，它产生的压力降是流量的函数。在有关频率范围内，其传递函数基本上为实数部分（即可忽略相移）。

**流容：**是一种无源射流元件，由于流体的可压缩性，使压力滞后于流量  $90^\circ$ 。

**流感：**是一种无源射流元件，由于流体本身的惯性，使压力降超前流量  $90^\circ$ 。

## 1-2 符号和单位

### 1-2-1 基本物理量

下面列出的是一般物理量；特定物理量加脚注表明（如  $P_{02}$  指 02 口处的压力）。

物 理 量	符 号	单 位	
		(英 制)	(公 制)
长 度	$l$	吋	(米)
力	$F$	磅	(牛顿)
质 量	$m$	磅·秒 <sup>2</sup> /吋	(公斤)
时 间	$t$	秒	(秒)
角 度	$\theta$	度	(弧度)
频 率	$f$	周/秒	(赫)
面 积	$A$	吋 <sup>2</sup>	(米 <sup>2</sup> )
加 速 度	$a$	吋/秒 <sup>2</sup>	(米/秒 <sup>2</sup> )
静 温 度	$T$	兰金温度 <sup>o</sup> R	绝对温度 <sup>o</sup> K
角 速 度	$\omega$	度/秒	(弧度/秒)
角 加 速 度	$\alpha$	度/秒 <sup>2</sup>	(弧度/秒 <sup>2</sup> )
容 积	$V$	吋 <sup>3</sup>	(米 <sup>3</sup> )



(续)

物 理 量	符 号	单 位	
		(英 制)	(公 制)
流 量	$Q$	时 <sup>3</sup> /秒(标准状态) 或呎 <sup>3</sup> /分(标准状态)	(米 <sup>3</sup> /秒, 标准状态)
速 度	$v$	吋/秒	米/秒
压 力	$P$	磅/吋 <sup>2</sup>	(牛顿/米 <sup>2</sup> )
绝 对 压 力	$P_{abs}$	磅/吋 <sup>2</sup>	(牛顿/米 <sup>2</sup> )
表压, 压力降	$P_g$	磅/吋 <sup>2</sup>	(牛顿/米 <sup>2</sup> )
流 体 阻 抗	$Z$	磅·秒/吋 <sup>5</sup>	(牛顿·秒/米 <sup>5</sup> )
流 阻	$R$	磅·秒/吋 <sup>5</sup>	(牛顿·秒/米 <sup>5</sup> )
流 容	$C$	吋 <sup>5</sup> /磅	(米 <sup>5</sup> /牛顿)
流 感	$L$	磅·秒 <sup>2</sup> /吋 <sup>5</sup>	(牛顿·秒 <sup>2</sup> /米 <sup>5</sup> )
拉普拉斯算子	$s$	1/秒	(1/秒)
增量的压力增益	$G_p$		无量纲
增量的流量增益	$G_f$		无量纲
增量的功率增益	$G_w$		无量纲
信-噪比	$S/N$		无量纲

## 1-2-2 一般脚注

控 制	$c$
输 出	$o$
流 源	$s$
控制偏压	$co$
差动控制	$cd$
差动输出	$od$

## 1-3 示 意 图

示意图的作用, 是使线路设计者能在制图过程中选用有一定意义的特定符号, 这样可清楚地辨别所用器件的类型。

## 1-3-1 一般符号