

工人读物

化工仪表维护检修

流量测量仪表

衢州化工厂编

化学工业出版社

81.18
875.2
C.2

工人读物

化工仪表维护检修

流量测量仪表

衢州化工厂 编

31201

化学工业出版社

内 容 简 介

“化工仪表维护检修”一书共包括压力测量仪表、流量测量仪表及温度测量仪表三部分，分三册陆续出版。

本书为“流量测量仪表”部分，主要叙述节流式流量计、浮子差压计、波纹管差压计、膜片差压计、转子流量计和差压变送器的原理、构造、调校、维护、检修和故障排除。书中列出了流量表使用和维修工作中所需的技术数据和线路图，并介绍了电磁流量计、涡轮流量计的原理和使用，以及浮子水银差压计的改装以消除水银中毒的具体方法。

本书供从事化工厂仪表工作的工人同志参考，也可供从事这方面工作的技术人员和大专院校有关专业的工农兵学员与教师参考。

工 人 读 物
化工仪表维护检修
流量测量仪表
衢州化工厂 编

*

化学工业出版社出版
(北京和平里七区十六号楼)
化学工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

开本850×1168^{1/32}印张12字数316千字印数1—18,020
1979年9月北京新1版1979年9月北京第1次印刷
书号15063·3155定价0.99元

限 国 内 发 行

(根据原石油化学工业出版社纸型重印)

目 录

前言

第一章 概述	1
一、流量计的用途	1
二、流量的定义和单位	2
三、流量计的分类	2
第二章 节流式流量计	4
第一节 节流装置	4
一、节流装置的测量原理	4
二、节流装置的形式和结构	5
三、节流装置的选用	8
四、节流装置的维修	9
五、节流装置的制造	10
第二节 浮子差压计	15
一、浮子差压计的工作原理	15
二、浮子差压计的结构	18
三、浮子差压计的主要技术特性	27
四、浮子差压计的校验和调整	30
五、浮子差压计的使用和维护	51
六、浮子差压计的检修	54
七、浮子差压计的常见故障及可能原因	62
第三节 双波纹管差压计	66
一、双波纹管差压计的工作原理	66
二、双波纹管差压计的结构	68
三、双波纹管差压计的主要技术特性	74
四、双波纹管差压计的调校	77
五、双波纹管差压计的使用和维护	79
六、双波纹管差压计的故障及排除方法	81
第四节 膜片差压计	84

一、膜片差压计的工作原理和结构	84
二、膜片差压计的使用和维护	100
三、膜片差压计的调校	106
四、膜片差压计的检修	109
五、膜片差压计的故障及排除方法	117
第五节 节流式流量计的安装	119
一、节流装置安装地点的选择要求	119
二、节流装置的安装	122
三、导压管线的安装	125
四、CF型差压计及显示仪表的安装	131
五、差压计及导压管线的防腐和防冻	132
第六节 节流式流量计的误差来源及其改正方法	136
一、节流式流量计的误差来源	136
二、节流装置的孔径和管径与设计不符时的改正	138
三、被测流体的压力和温度与设计时采用的数值不符时的改正	138
第七节 流量的积算	152
一、流量的积算方法	152
二、均方求积仪的制作	157
三、均方求积仪的使用和维护	162
第三章 定差压式流量计	163
第一节 玻璃转子流量计	163
一、玻璃转子流量计的测量原理	163
二、玻璃转子流量计的结构	164
三、玻璃转子流量计的使用与安装	168
四、玻璃转子流量计的维修	174
五、玻璃转子流量计的校验	180
第二节 电远传转子流量计	181
一、电远传转子流量计的工作原理	181
二、电远传转子流量计的结构	183
三、电远传转子流量计的安装与使用	197
四、电远传转子流量计的调校	201
五、电远传转子流量计的维护	203
六、常见故障及消除方法	215

第三节	气远传转子流量计	217
一、	气远传转子流量计的工作原理	217
二、	气远传转子流量计的结构	221
三、	气远传转子流量计的调校	222
四、	气远传转子流量计的使用和维修	225
五、	气远传转子流量计的故障及可能的原因	229
第四章	差压变送器	236
第一节	气动差压变送器	236
一、	气动差压变送器的工作原理	236
二、	气动差压变送器的结构	238
三、	气动差压变送器的校验和调整	246
四、	气动差压变送器的使用和维护	251
五、	气动差压变送器的检修与故障处理	254
第二节	电动差压变送器	261
一、	电动差压变送器的工作原理	261
二、	电动差压变送器的结构和线路说明	261
三、	电动差压变送器的校验与调整	272
四、	电动差压变送器的使用和维护	277
五、	电动差压变送器的检修与故障处理	279
第五章	其它流量计	290
第一节	电磁流量计	290
一、	电磁流量计的工作原理	290
二、	电磁流量计的结构	292
三、	电磁流量计的技术特性	302
四、	电磁流量计的安装和使用	303
五、	电磁流量计的调校	307
六、	电磁流量计的维修	310
第二节	涡轮流量计	318
一、	涡轮流量变送器的原理和构造	319
二、	涡轮流量变送器的使用和维护	323
三、	涡轮流量计显示仪表的线路说明	330
四、	涡轮流量计显示仪表的使用和调试	346
五、	涡轮流量计显示仪表的维修	351

第六章 浮子差压计的改革	361
第一节 概述	361
一、浮子差压计改革的目的是意义	361
二、浮子差压计改革前后的主要区别	361
三、浮子差压计改革的部件	362
第二节 浮子差压计的改革	363
一、改革中各部件的制作和选用	363
二、波纹管测量元件的组装	367
三、改革后的浮子差压计的总装和调校	371
第三节 改革后的浮子差压计的几点说明	373
一、排气	373
二、指示值的改正	374
三、单向受压	376
四、平衡弹簧	376
五、原浮子差压计的清洗	376

第一章 概 述

一、流量计的用途

测量流体流量的仪表称流量计或流量表。

流量计在化工生产中应用极广，所起的作用也很大，现以化肥生产为例说明它的用途：

1. 流量计是控制化学反应和确保安全生产的眼睛 以煤气作为合成氨原料气的生产中，一般都设有一氧化碳的变换工段，在这里，煤气中的一氧化碳和水蒸汽在有触媒存在的情况下，变换成氢气和二氧化碳。要使这个变换反应提高效率，操作人员必须根据煤气和水蒸汽流量计的指示值操作相应的阀门，使两者控制在一定的比例范围内，从而有利于变换反应的进行。

用重油燃烧制造合成氨原料气的生产中，氧与重油的流量比必须严格控制在 0.8 左右。如果氧气流量过低，使重油燃烧不完全，产生大量的炭黑不利生产的进行；氧气流量过高会使煤气中含氧量高，从而引起爆炸的危险，同时含氧量高的煤气送到变换工段，有可能烧坏变换的触媒。因此操作人员必须根据流量计的指示，操作相应的阀门，始终保持两者的流量比在规定的范围内，以确保安全生产。

2. 流量计是车间、工厂实行经济核算的基本依据 一个化肥厂要根据水、蒸汽、煤等用量的计量才能进行经济核算。

硫酸铵（肥田粉）是硫酸和氨起反应生产出来的，要想知道肥田粉的生产成本，就必须知道生产一定量的肥田粉用掉了多少硫酸和氨，根据硫酸和氨流量计的记录就能进行成本的计算。

总之，生产中有了流量计就便于对某机组、某车间、某产品进行经济核算，便于安全生产；便于操作人员、管理人员不断的

分析生产情况，控制化学反应，进行技术革新，改革操作方法。从而不断地提高生产率，降低成本，为社会主义祖国创造更多的财富。

二、流量的定义和单位

液体和气体都没有一定的形状，它们的各部分都很容易流动，所以液体和气体总称为流体。

单位时间内（如秒、分、小时），流体流过管道或设备某处横截面的数量称为流量。流过的数量按体积计算的称为体积流量，常用符号 Q 表示；按重量计算的称为重量流量，常用符号 G 表示。

如设备或管道某处的横截面积为 F ，该处流体的平均流速为 ω ，流体重度为 γ ，则有

$$Q = \omega \cdot F \quad (\text{升/秒、升/分、米}^3/\text{小时})$$

$$G = Q \cdot \gamma \quad (\text{公斤/秒、公斤/分、公斤/小时、吨/小时})$$

常用流量单位之间的换算关系如下：

$$\begin{aligned} \text{米}^3/\text{小时} &= 1000 \text{升/小时} \\ &= 1000,000 \text{毫升/小时} \\ &= 1000,000 \text{厘米}^3/\text{小时}; \\ \text{吨/小时} &= 1000 \text{公斤/小时} \\ &= 2000 \text{斤/小时}。 \end{aligned}$$

总流量是累计某一段时间内流过管道或设备某处横截面的总体积或总重量。

三、流量计的分类

流量计的种类很多，分类的方法也很多，按流量计的结构原理不同可分为：

1. 容积式流量计 被测流体不断充满一定容积的测量室，并使活塞、转鼓或齿轮等转动，再由积算机构累计流体充满测量室的次数，即可得出流体体积的总流量。化验室常用的湿式气体流

量计就是属于这种类型，它常用来测量低压气体的小流量。

2. 速度式流量计 利用被测流体流过管道时的速度，使流量计的翼形叶轮或螺旋叶轮转动，流过的速度大，叶轮转数高；速度小，转数低，叶轮的转数和流量有恒定的关系，只要测得叶轮的转数就能测得流量。常用的水表、涡轮流量计就是属于这种类型。

3. 差压式流量计 在流体流动的管道内装有一个特制的设备（节流装置），流体流过时，在它的前后产生差压，差压的大小和流量有一定关系，测量出差压即可测出流量。差压式流量计又可分为：定差压式和节流式（或变差压式）流量计。生产上常用的转子流量计是属于定差压式流量计；节流装置与差压计或差压变送器组成的流量计是属于节流式流量计。

4. 电磁流量计 在流体流动的管道内装有一对电极，管道置于磁场中，能导电的液体在管道内流过时，切割磁场的磁力线产生感应电势，这个电势通过电极引出。流量大电势高，流量小电势低，测量出电势就能测量出这导电液体的流量。

此外还有利用超声波、激光、同位素等方法制成的流量计。

在化工生产中差压式流量计应用最多，本书将作重点的介绍；电磁流量计、涡轮流量计也有一定的使用，本书也将作一定的说明。

第二章 节流式流量计

节流式流量计在化工生产中应用极广，它由节流装置和差压计两部分组成，两者按一定的差压值配套使用，节流装置和差压计的形式有多种，本章首先介绍常用的节流装置，然后介绍常用的浮子差压计、双波纹管差压计和膜片式差压计。

第一节 节流装置

一、节流装置的测量原理

在流体通过的管道内安装一个节流装置（图 2-1），它的中间有一个圆孔，孔径比管道直径小，箭头方向为流体流向，细线表示流线。从图 2-1 看出，它象流体从横截面大的管道流过横截面小的管道，又从横截面小的管道流到横截面大的管道，不过这里横截面小的管道很短。

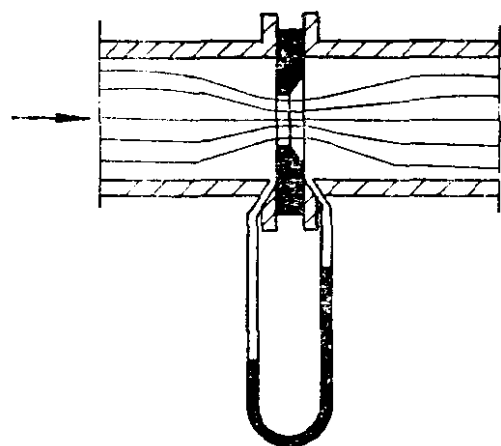


图 2-1 节流装置测量原理

流体在横截面不等的管道内流过时，横截面大的地方压力大，横截面小的地方压力小。所以在节流装置前取出的压力高，称为高压（正压）；在节流装置后靠近节流装置的地方取出的压力低，称为低压（负压），流体流过节流装置产生差压的原理称为节流原理。

根据理论推导和实践证明，流体流过节流装置所产生的差压和流量有密切的关系，可用式 2-1 表示：

$$Q = 0.01252 \alpha \epsilon d^2 \sqrt{\Delta p / \gamma} \quad (2-1)$$

$$G = 0.01252 \alpha \epsilon d^2 \sqrt{\Delta p \gamma} \quad (2-2)$$

式中 Q ——流体的体积流量，米³/小时；
 G ——流体的重量流量，公斤/小时；
 d ——工作状态下节流装置的孔径，毫米；
 Δp ——差压，公斤/米²；
 γ ——工作状态下流体的重度，公斤/米³；
 α ——流量系数；
 ϵ ——流体的膨胀校正系数。

从式中看出，当 α 和 ϵ 不变时，流量和差压的平方根成正比例，根据这个差压就可以测出相应的流量值。

流量系数与节流装置形式、流体流动状况、管道的内径及粗糙度等有关。实践证明对于某一种节流装置，当流体沿着光滑管道流动时，其流量系数只与雷诺数 (Re) 有关。雷诺数对流量的影响，随着它的数值的增大而减少，对于标准节流装置来说，当雷诺数足够大时，流量系数就不再随着雷诺数变化而变化了，但对于某些特殊的节流装置如 1/4 圆喷嘴，只有当流体的雷诺数处于某一范围内时，其流量系数才与雷诺数无关。流量系数恒定时的最小或最大雷诺数称为界限雷诺数，用 Re_K 表示。各种不同的节流装置对应于不同的管径和节流装置的孔径有着不同的 Re_K ，可以从有关的资料中找到。

流体的膨胀系数对于液体来说，因为液体是不可压缩的，所以 $\epsilon = 1$ ；对于气体来说，它与各种因素有关，可根据差压与工作压力的比值和被测气体的性质，从有关资料中查得到。

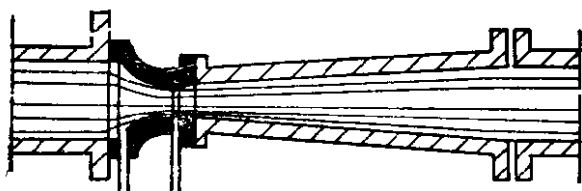
二、节流装置的形式和结构

节流装置根据结构不同可分为文丘利（文氏管）、喷嘴、孔板三种。喷嘴和孔板的尺寸为便于制造目前已标准化，凡是符合标准的孔板和喷嘴就称标准孔板和标准喷嘴。

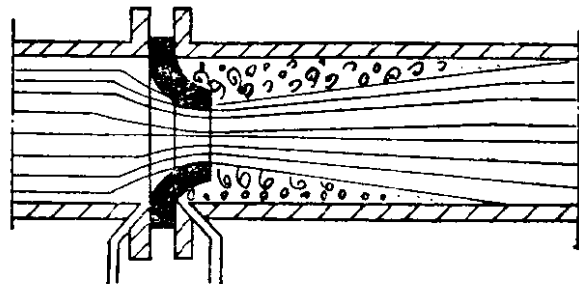
文丘利如图 2-2(a) 所示。它象一个长喇叭管，其内表面的形

状和流体的流线非常接近，流体通过时速度是逐渐变化的，不会在文丘利的前后产生涡流，所以流体流过文丘利后的压力基本上能恢复到文丘利以前的压力。

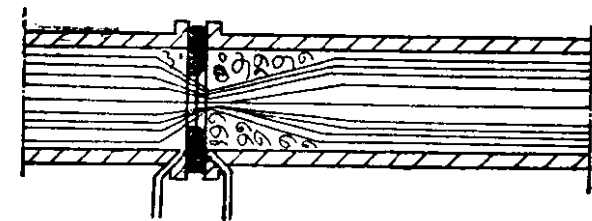
喷嘴如图2-2(b)所示。它象一块带短喇叭的圆板，喷嘴的流入面截面是逐渐变化的，所以流速也是逐渐变化的，这样涡流形成少。喷嘴的流出面截面是突然变大，所以流体经过时突然冲出形成涡流，它阻碍了流体向前的流动，使流体经过喷嘴后的压力不可能恢复到喷嘴前的压力值，这个不可恢复的压力值称为压力损失。喷嘴的压力损失比文丘利大。



(a)



(b)



(c)

图 2-2 节流装置的结构

(a) 文丘利; (b) 喷嘴; (c) 孔板

标准喷嘴的结构见图2-5(b)，它由进口曲面部分和圆柱形的出口部分所组成。进口曲面部分的弧线半径是 $r_2=1/3d$ 。 r_2 所构成的弧线和喷嘴的出口圆柱形部分相合。

孔板如图2-2(c)所示。它象一块中间带圆孔的圆板，圆孔比管道直径小，流体流过时因为截面突然变化，在孔板的前后流速发生突然地变化，从而产生很多涡流，它阻碍着流体向前流动，消耗了流体的能量，使得孔板的压力损失比喷嘴、文丘利都大。

标准孔板的结构见图2-5(a)。它由圆柱形的流入面和圆锥形的流出面组成，流出面的圆锥角一般为 45° 。

三种形式的节流装置，从流体流过的状况看，文丘利最好，压力损失最小，但是文丘利相当长，内部表面又是一个特殊的曲

面，所以制造很复杂，而孔板制造较简单，只要按照规定的尺寸把它加工得很光滑就行了，喷嘴居于两者之间。

在生产中由于文丘利的制造成本高，一般很少采用，大都使用标准孔板和喷嘴。在化工生产中常用的还有孔板和喷嘴的变形，即高压孔板和1/4圆喷嘴。

高压孔板结构如图 2-7 所示。它有组装式和整体式两种，其特点是两端呈球面状，球面的半径和安装的高压管道标准法兰的球面半径相同；并采用单独钻孔取压法。

1/4圆喷嘴结构如图 2-5(c) 所示。它是非标准的喷嘴，进口曲面弧线的半径是根据流体的性质，流体流动的状态计算而得。

孔板和喷嘴的取压方法常见的有下面三种：

1. 角接取压法 取压管位于孔板（或喷嘴）前后的端面处。它又有三种形式：环室取压〔图2-3(b)〕、单独钻孔取压〔图 2-3(c)〕、带均压环的钻孔取压（图2-4）。

2. 理论取压法 高压端位于孔板（或喷嘴）前端面距离为 D （ D 为管道直径）的管道上，低压端位于流束收缩到最小截面处。

3. 法兰取压法 不管管道大小，高低压均取于距孔板（或喷嘴）两侧相应端面 1 吋（25.4毫米）处〔图2-3(a)〕。

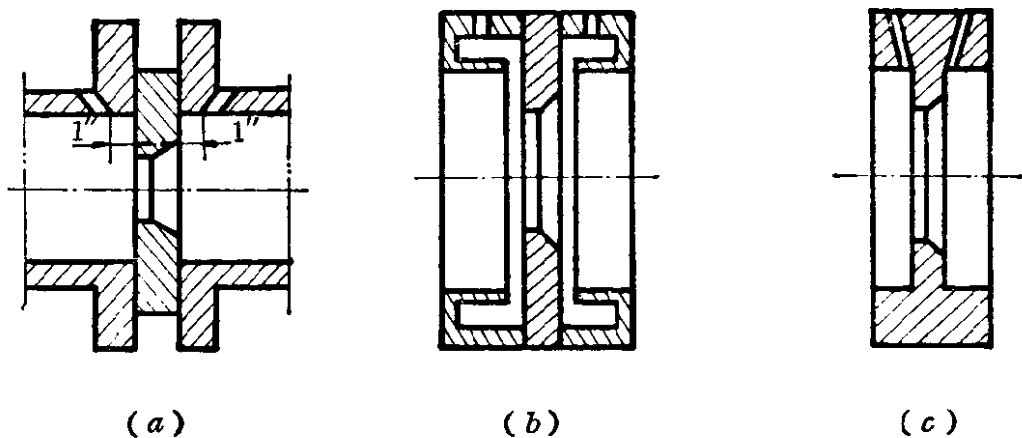
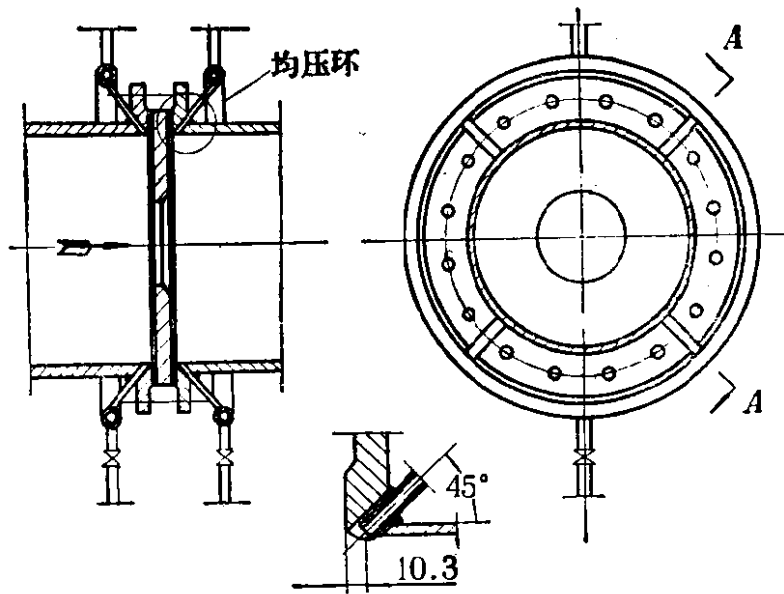
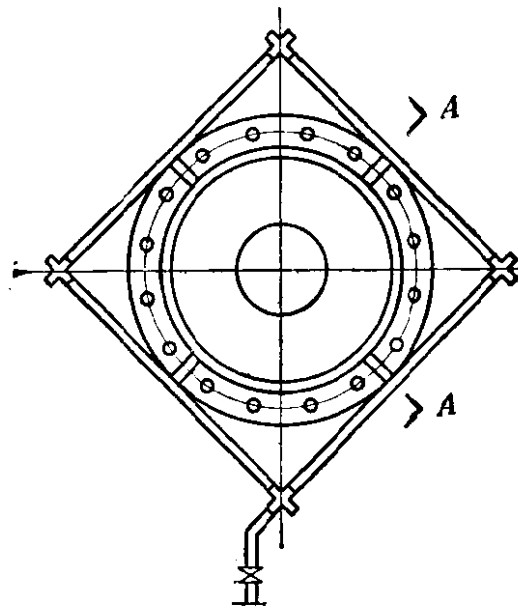


图 2-3 节流装置取压方式

(a) 法兰取压； (b) 环室取压； (c) 单独钻孔取压



(a)



(b)

图 2-4 带均压环的钻孔取压
(a) 圆形均压环；(b) 方形均压环

三、节流装置的选用

节流装置选用时必须注意下述几个方面：

1. 测量的准确度；
2. 压力损失的大小；

3. 直管段的必要长度；
4. 对腐蚀、磨损和脏污的敏感性；
5. 结构的复杂程度和价格；
6. 安装是否方便。

根据上述几个方面节流装置的选用原则归纳如下：

1. 要求节流装置产生的压力损失较小时，可采用文丘利、喷嘴。当压差值相等，被测流量也相等时，孔板的压力损失最大，文丘利最小，喷嘴居中。

2. 测量某些容易使节流装置弄脏、磨损和变形的脏污或腐蚀性介质时，选用喷嘴要比孔板优越得多。

3. 流量值和压差值都相等时，喷嘴的截面比 m^* 比孔板小，喷嘴有较高的测量准确度，而且需要的直管段长度也较短。

4. 在加工制造和安装方面，以孔板为最简单，喷嘴次之，文丘利最复杂，其成本也与此相同。管径愈大时，这种差别就愈显著。

四、节流装置的维修

生产上进行大、中修或定期检修时，应对某些有明显误差或用于测量腐蚀性和比较脏污流体的节流装置，进行检查和修理。

节流装置拆下后，首先检查孔径、管径是否符合设计要求，检查孔板边沿的状况，然后根据不同的情况进行修理，常遇到的节流装置缺陷和解决方法有以下几种：

1. 孔板进口面圆柱形部分的边沿因磨损或腐蚀，尖锐部分变圆了，这样有可能使指示值偏低4~5%，此时应重新制作或扩大锐孔。重新制作时，应选择合适的材料以延长孔板的使用期限；扩大锐孔时，应进行必要的计算，更换差压计的差压值和重画刻度板。

* m 为节流装置的孔径 d 和管道直径 D 之比的平方值即 $m = \left(\frac{d}{D} \right)^2$ 。

2. 因磨损、腐蚀或制造时的毛病，节流装置的孔径增大了，这时必须重新加工。

3. 孔板产生弯曲变形，其原因是安装不正确或材料强度不够所造成。由于弯曲变形，仪表的指示将产生明显的误差。这时应将变形的节流装置换掉，并查出原因，采取相应措施，防止变形再次发生。

4. 孔板或喷嘴的边沿从入口端向出口端扩展，其原因主要是孔板或喷嘴使用的材料太软，应选择较硬的材料制作。

5. 节流装置入口端表面上有脏物或胶状物，应用汽油清洗，并保持节流装置平面的平整、孔径的内表面光滑。

6. 孔板锐孔和喷嘴内表面有个别伤痕、毛刺等应用细油石逐个磨平，使锐孔边沿尖锐，孔板圆柱形和喷嘴的内表面光滑。

7. 节流装置取压口或环室被脏物或胶状物堵塞。可用铁丝疏通取压口，取出环室内脏物，再用汽油或合适的溶剂进行清洗。

五、节流装置的制造

节流装置的维修工作绝大部分是按设计或实物进行制造的工作，节流装置的设计计算因牵涉因素多，可参见专门的计算资料，这里仅介绍制造的技术要求。

孔板的圆柱部分按7级精度加工，其余为5~6级精度加工。在加工时应特别注意进口边沿必须十分尖锐，不应有毛刺、滑痕、凹坑、圆角和倒角等。圆柱部分直径的制造偏差：当 $m > 0.45$ 时，不得超过 $\pm 0.0005d$ ；当 $m \leq 0.45$ 时，不得超过 $\pm 0.001d$ 。

喷嘴进口曲面弧线半径的制造偏差：当 $m \leq 0.3$ 时，不得超过10%，而在 $m > 0.3$ 时不得超过3%，进、出口部分的内表面按7级精度加工。喷嘴出口圆柱部分直径的制造偏差与孔板同。

为了制造方便起见，将孔板、喷嘴、1/4圆喷嘴、环室取压装置、高压孔板的制造图列于图2-5、2-6、2-7。