

工人读物

化工仪表维护检修

# 流量测量仪表

衢州化工厂编

石油化学工业出版社

工人读物

化工仪表维护检修

# 流量测量仪表

衢州化工厂编

石油化学工业出版社

## 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

石油化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油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 <sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 12

字数 316 千字 印数 1—27,400

1976年7月第1版 1976年7月第1次印刷

书号 15063·化48 定价 0.99 元

限国内发行

## 前 言

石油化学工业战线上的广大职工在党和毛主席的英明领导下，在鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的指引下，坚持“独立自主、自力更生”“打破洋框框，走自己工业发展道路”的伟大方针，使石油化学工业生产建设突飞猛进。石油化学工业生产的仪表装备和自动化水平亦日益提高。特别是通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，从事仪表自动化工作的广大工人和技术人员，深入批判刘少奇林彪推行的修正主义路线和反动的孔孟之道，进一步激发了社会主义革命和社会主义建设的积极性，他们奋发图强，大搞仪表自动化的群众运动，各种新型仪表层出不穷，生产自动化水平不断提高，在仪表维护检修方面也创造出很好的经验。为了总结推广这方面的经验，特别是为了满足近年来大量增加的新工人的需要，我们请浙江省衢州化工厂编写了“化工仪表维护检修”这套工人读物。在厂党委领导下，编写组同志在编写过程中，注意了总结工人的实践经验，并多次征求工人、技术人员和有关同志的意见，进行了反复的修改补充，因此内容比较具体实用。我们希望本套书的出版，对于从事仪表工作的新工人在掌握一般的仪表知识、提高仪表维护检修技术上能有所帮助，对老工人亦有一定的参考价值。

由于时间仓促，调查研究、征求意见、总结经验还不够广泛，书中难免存在一些缺点和错误，热忱地希望广大读者提出宝贵意见。

石油化学工业出版社

# 毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

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。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

# 目 录

## 前言

<b>第一章 概述</b> .....	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
<b>第二章 节流式流量计</b> .....	4
<b>第一节 节流装置</b> .....	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
<b>第二节 浮子差压计</b> .....	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
<b>第三节 双波纹管差压计</b> .....	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
<b>第四节 膜片差压计</b> .....	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
<b>第三章 定差压式流量计 .....</b>	<b>163</b>
<b>第一节 玻璃转子流量计 .....</b>	<b>163</b>
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
<b>第二节 电远传转子流量计 .....</b>	<b>181</b>
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

<b>第三节 气远传转子流量计</b> .....	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
<b>第四章 差压变送器</b> .....	236
<b>第一节 气动差压变送器</b> .....	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
<b>第二节 电动差压变送器</b> .....	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
<b>第五章 其它流量计</b> .....	290
<b>第一节 电磁流量计</b> .....	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
<b>第二节 涡轮流量计</b> .....	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



<b>第六章 浮子差压计的改革</b> .....	361
<b>第一节 概述</b> .....	361
一、浮子差压计改革的目的是和意义 .....	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
<b>第二节 浮子差压计的改革</b> .....	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
<b>第三节 改革后的浮子差压计的几点说明</b> .....	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  $\omega$ ，流体重度为  $\gamma$ ，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。流体在横截面不等的管道内流

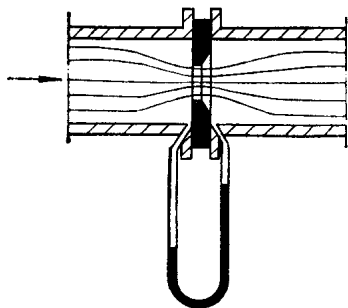


图 2-1 节流装置测量原理

过，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<sup>3</sup>/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；  
 $\Delta p$ ——差压，公斤/米<sup>2</sup>；  
 $\gamma$ ——工作状态下流体的重度，公斤/米<sup>3</sup>；  
 $\alpha$ ——流量系数；  
 $\epsilon$ ——流体的膨胀校正系数。

从式中看出，当  $\alpha$  和  $\epsilon$  不变时，流量和差压的平方根成正比，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。

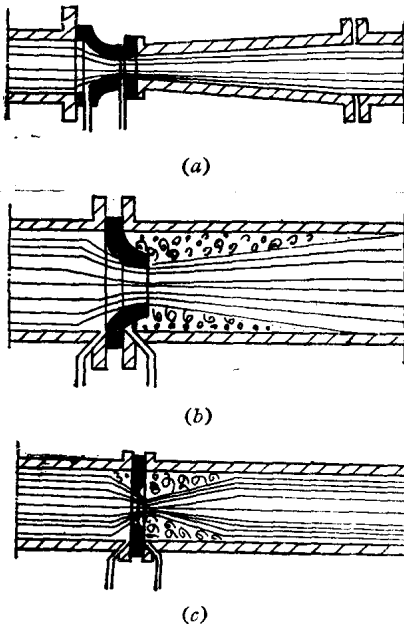


图 2-2 节流装置的结构

(a) 文丘利；(b) 喷嘴；(c) 孔板

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 $45^\circ$ 。

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

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。

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)〕。

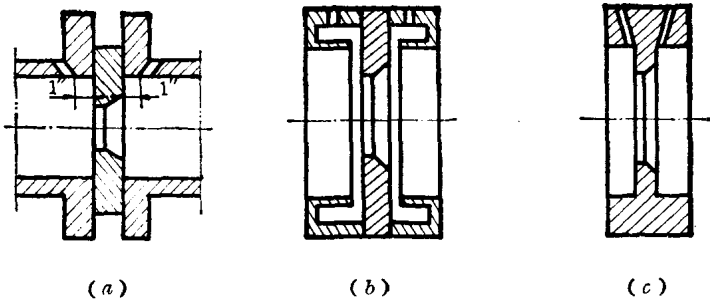
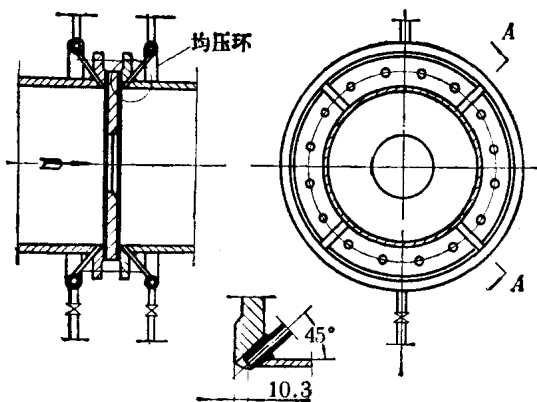
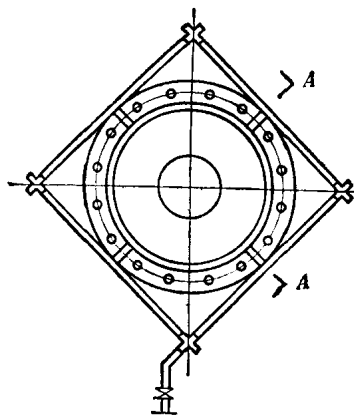


图 2-3 节流装置取压方式  
(a) 法兰取压；(b) 环室取压；(c) 单独钻孔取压





(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;