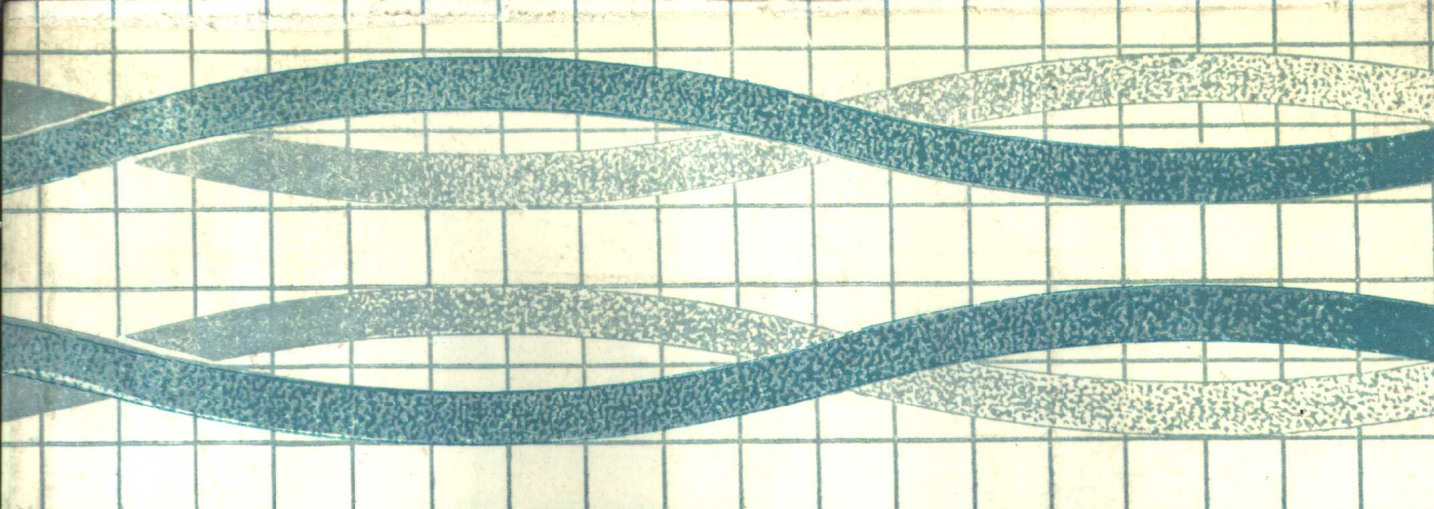




流量仪表原理和应用

主 编 朱德祥 副主编 张廷柱 朱福茂



华东化工学院出版社

流量仪表原理和应用

主 编 朱德祥
副主编 张廷柱 朱福茂

华东化工学院出版社

内 容 提 要

本书主要阐述目前国内常用流量仪表的工作原理、结构性能、技术参数以及产品的安装调试和维修保养。本书在选材上注意吸收有显著成效的科研成果和先进经验,并重点介绍了漩涡流量计和哥氏力质量流量计等新型仪表,有较高的实用价值。

本书内容深入浅出,叙述简明易懂,能使读者对流量仪表从理论到实践有较系统的了解,在工作中有所帮助。

本书可供工程设计人员在仪表选型时阅读参考,也可作为工程技术人员和从事流量仪表管理人员的培训教材及高等院校的有关专业的教学参考书。

(沪)新登字 208 号

流量仪表原理和应用

Louliang Yibiao Yuanli he Yingyong

主 编 朱德祥

副主编 张廷柱 朱福茂

华东化工学院出版社出版

(上海市梅陇路 130 号)

新华书店上海发行所发行

商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20.75 字数 500 千字

1992 年 3 月第 1 版 1992 年 5 月第 2 次印刷

印数 5001—8500 册

ISBN 7-5628-0175-4/TP·15 定价: 11.50 元

《流量仪表原理和应用》编委会

主 编	朱德祥			
副 主 编	张廷柱	朱福茂		
责任编辑	李勤敏			
编 委	张相贤	郑鑫生	袁家忱	王贺铭
	赵培方	戴发元	胡长莹	张进明
	范维樑	曾文昌	林扬颖	苏民杰
	李 俊	谈文金	顾祖基	李其仁
	林良发	方发群	李勤敏	蔡维海
	谈福根	奚华梁		

前 言

流体流量的测量和调节是工业生产的重要环节。随着工业生产的发展和节约能源的需要,流量测量愈益引起人们的重视,流量仪表得到广泛的应用,流量测量技术获得较快的发展,这对于实现生产工艺过程自动化、保证安全生产、提高经济效益都将起到重要作用。

流量测量的关键在于仪表的正确选型和使用。流量仪表品种较多,使用范围较广。由于测量介质,诸如液体、气体和蒸汽等以及工况条件的不同,对仪表有不同的要求。因此,必须了解流量计的工作原理、结构性能以及被测介质的特性、流动状态、管路情况以及生产工艺过程对仪表的要求,正确选用合适的仪表。其次,对仪表还必须使用得当和加强日常维护管理,才能取得满意的效果。安装不良、使用不当、维护管理不善往往导致仪表丧失精度或早期损坏,给生产造成损失,这在实际工作中屡见不鲜。

本书理论和实践并重,着眼于为实际应用服务。重点介绍目前国内常用的流量仪表,同时还注意到了国外最新技术的发展。在各大类品种中选择一至二种有代表性的产品进行介绍,系统地阐述了仪表的工作原理、结构性能和技术参数,还比较详细地叙述了产品的安装使用和维修保养。

本书在选材上注意吸收有显著成效的科研成果和先进经验,有较好的实用价值,有利于从事理论教学的人员增加实用方面的知识,有助于工程设计人员做到在仪表选型上的科学性、合理性、适用性,同时还能对仪表管理和操作人员在安装调试、使用维护等方面给予指导。

本书第一章讲述流量测量的基础知识。从第二章开始分类介绍各种常用的流量仪表以及新型仪表。如漩涡流量计是国内近期推出的新产品,性能优良,使用日趋广泛,本书作了比较详细的叙述;质量流量计是世界各国长期研究的课题。哥氏力质量流量计的试制成功,在这个领域中取得了突破性的进展,该产品有十分显著的优越性,在我国已开始使用,颇引人注目,在本书中占有一定篇幅;各种流量显示仪表已实现微机化、智能化,具有自动补偿、多路测量、数据处理、打印输出、图像显示等多种功能,本书根据液体、气体和蒸汽不同的测量要求,分别作了介绍;气体的精确计量是人们着力研究的难题,对此,书中作了专门论述。此外与流量仪表配套使用的各种流量测量器件(如计数器、精度修正器、电脉冲转换器)、各种附件和仪表(如消气器、过滤器和密度计以及流量仪表的标定装置)等,本书均作了介绍。

本书内容深入浅出,叙述简明易懂,可使读者对流量仪表从理论到实践有较系统的了解,在工作中有所裨益。本书可供工程设计人员在仪表选型时阅读参考,可作为工程技术人员和仪表管理人员的培训教材,也可供作高等院校自动化仪表专业的教学参考书。

李勤敏同志参加了本书编写的全过程,并担任了校订工作。

本书编写过程中,得到了有关高等院校、研究所、设计院等单位的有关同志的支持和帮助,华东化工学院陈彦蓀副教授对全书进行了审阅,提出了不少宝贵的意见,对此谨表衷心的感谢!

由于我们的水平有限,书中难免有不妥之处,希望读者批评指正。

编者

目 录

1 绪论	1
1.1 流体及流量概述	1
1.2 流体的物理参数	4
1.3 流量计的类型	8
1.4 流量计的选用	10
2 容积式流量计	15
2.1 腰轮流量计	15
2.2 气体腰轮流量计	28
2.3 刮板流量计	30
2.4 弹性刮板流量计	35
2.5 旋转活塞流量计	38
2.6 椭圆齿轮流量计	41
3 涡轮流量计	44
3.1 涡轮流量传感器	44
3.2 气体涡轮流量传感器	60
3.3 双向涡轮流量传感器	61
3.4 自校正涡轮流量传感器	61
4 漩涡流量计	65
4.1 漩涡流量计	65
4.2 气体精确计量的补偿计算	101
5 质量流量计	154
5.1 推导式质量流量计	155
5.2 温度、压力补偿式质量流量计	156
5.3 一般直接式质量流量计	160
5.4 哥氏力质量流量计	166
6 其他流量计	195
6.1 气运传转子流量计	195
6.2 差压流量计	200

6.3	电磁流量计	203
6.4	超声波流量计	213
7	流量显示仪表	216
7.1	XSJ-39 型系列流量数字积算仪	216
7.2	XSJ-82 型气体流量数字积算仪	238
7.3	XSJ-80A 型饱和蒸汽流量积算仪	251
8	流量测量器件和附件	263
8.1	计数器	263
8.2	精度修正器	268
8.3	电脉冲转换器	270
8.4	消气器	275
8.5	过滤器	279
9	双振动管密度计	283
9.1	技术性能	283
9.2	工作原理	284
9.3	结构	288
9.4	安装	289
9.5	使用和维护	291
9.6	常见故障和排除方法	293
9.7	标定及精度	293
10	流量计的标定和标定装置	296
10.1	流量计的标定	296
10.2	流量计标定装置	297
11	流量计的安装、使用和维护	312
11.1	安装	312
11.2	使用、维护和管理	313
12	流量仪表的成套应用	315
12.1	流量计使用数量的确定	315
12.2	流量仪表成套应用系统	315
	参考文献	321

1 绪 论

1.1 流体及流量概述

在工业生产过程自动化中, 流量是需经常测量和控制的参数之一。随着科学技术的发展, 人们对于流量检测精度的要求也越来越高, 需要检测的流体品种也越来越多, 检测的对象从单相流到双相、多相流, 工况条件有高温、低温、高压、低压等等。因此, 人们根据不同测量对象的物理性能, 运用不同的物理原理和规律, 设计制造出了各种类型的流量仪表, 应用在工艺流程中配比参数的控制及油、气、水等能源的计量, 实现了工业生产过程的自动检测和控制。因此, 流量仪表已经成为过程控制检测仪表中的重要部分。

1.1.1 流量和流量计

1.1.1.1 流量

流体在单位时间内流过管道或设备某横截面处的数量称为流量。该数量可以用体积、重量和质量来表示, 流过的数量用体积计算的称为体积流量用 q_v 表示, 用质量计算的称为质量流量用 q_m 表示, 体积流量的单位为 m^3/s (也用 m^3/h , cm^3/s , L/min 表示), 质量流量的单位为 kg/s (也用 kg/h 表示)。

设流体流经管道或设备某处横截面中的某一微小面积为 dA , 其流速为 v , 则流体通过该截面积的体积流量 dq_v 为

$$dq_v = v dA。 \quad (1-1)$$

根据式(1-1)可求出流过横截面的体积流量为

$$q_v = \int_A v dA。 \quad (1-2)$$

若截面上各点流速相同, 则体积流量为

$$q_v = vA。 \quad (1-3)$$

在工业生产流程中, 流体在管道流动时, 截面上各点速度并不相等, 而绝大部分流体的流量变化极其缓慢或者是流速稳定的稳定流, 据此引入了平均流速的概念, 即 $v = \frac{q_v}{A}$, 此时 q_v 为平均体积流量。

质量流量为体积流量和流体密度之积

$$q_m = q_v \rho。 \quad (1-4)$$

根据定义 q_v 及 q_m 为单位时间内的体积流量、质量流量, 因此称为瞬时流量, 而在某一时间内流经管道的流体体积 V 及质量 m 则称为体积流量及质量流量的累积流量, 可用下式表示

$$V = \int_t q_v dt, \quad (1-5)$$

$$m = \int_t q_m dt. \quad (1-6)$$

当流体的流速稳定且密度 ρ 不变, 则

$$V = q_v t, \quad (1-7)$$

$$m = q_m t = \rho q_v t = \rho V. \quad (1-8)$$

1.1.1.2 流量计

流量计是测量流量的仪表, 它能指示和记录某瞬时流体的流量值, 累积某段时间间隔内流体的总量值, 可以测量体积流量和质量流量。

流量测量的方法很多, 较常用的测量方法大体上可分为容积式和速度式, 除此之外尚有利用电磁、超声、热流等测量流量的方法等。

1.1.2 流量仪表的主要技术参数

1.1.2.1 公称通径

公称通径是指进入管道的公称通径, 仪表的公称通径值应自下列数值中选取。

1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, (32), 40, 50, (65), 80, 100, (125), 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000(mm)

注: 括号内数值不优先选取; 特殊规格允许小于 1mm 或大于 2000mm。

1.1.2.2 测量范围

测量范围是指流量仪表在一定的基本误差内, 最小流量至最大流量的范围。

流量测量范围上限(最大)值 A 为

$$A = a \times 10^n.$$

式中, a ——1, (1.2), 1.25, 1.6, 2.0, 2.5, (3.0), 3.2, 4.0, 5.0, (6.0), 6.3, 8.0 中任一数值;

n ——任一整数或零。

差压测量范围上限值 B 为:

$$B = b \times 10^n.$$

式中, b ——1.0, 1.6, 2.5, 4.0, 6.0 中任一数值;

n ——任一整数或零。

范围度是指仪表在一定的基本误差内, 最大流量与最小流量的比值。

1.1.2.3 公称工作压力

公称工作压力是指仪表在运行条件下, 长期正常工作所能承受的最大压力。

流量仪表的公称工作压力值应符合表 1-1 规定:

1.1.2.4 基本误差

仪表在限定的流量范围内, 规定的工作条件下确定的误差为基本误差。流量仪表的基本误差有两种表示式:

(1) 用示值误差和测量值之比值的百分数表示的基本误差。

表 1-1 公称工作压力值

MPa

基 本 系 列							延 伸 系 列
0.010	0.016	0.025	0.040	(0.050)	0.060		基本系列项值 $\times 10^{-2}$
0.10	0.16	0.25	0.40		0.60		
1.0	1.6	2.5	4.0		6.3 (6.4)		基本系列项值 $\times 10^0$
1.0	16	(20)25	32 40	(50)	63 (64)	80	

注: (1) 括号内数值不优先选取。

(2) n 为自然数。

表 1-2 仪表的基本误差限与精确度等级

精确度等级	0.1	0.2	(0.25)	(0.3)	0.5	1.0	1.5	(2.0)	2.5	4.0	5
基本误差限 %	± 0.1	± 0.2	(± 0.25)	(± 0.3)	± 0.5	± 1.0	± 1.5	(± 2.0)	± 2.5	± 4.0	± 5.0

注: (1) 括号内数值不优先选取。

(2) 低于 5.0 级的仪表, 其精确度等级可由各类仪表的标准予以规定。

(2) 用示值误差和满量程示值之比值的百分数表示的基本误差。

仪表的基本误差限与精确度等级的关系见表 1-2。

1.1.2.5 重复性

仪表在相同的工作条件下, 对同一流量输入值按同一方向连续多次测量, 其输出值之间的一致性, 即为重复性。

1.1.2.6 压力损失

仪表在最大流量的工作条件下, 流体流经仪表之后压力能源的损耗即为压力损失, 压力损失大, 则压力能源损耗越大, 压力损失值在仪表两端所规定的距离处测量。

1.1.2.7 回差

仪表在测量范围工作条件下, 上升时的输出和下降时的输出之间在同一点上的最大差值, 即为回差。回差以最大差值对满量程值的百分比的绝对值来表示。

1.1.2.8 标准状态下的气体体积流量

标准状态下的气体体积流量是指温度为 0°C , 压力为 $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ (760 mmHg) 状态时的气体体积流量 q_{V0} , 或者是指温度为 20°C , 压力为 $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ (760 mmHg) 状态时的气体体积流量 q_{V20} 。采用的单位为 Nm^3/h 。

1.1.2.9 时间常数

时间常数反映了流量仪表的动态特性, 其值等于仪表受瞬时流量变化后输出达到稳态值 63.2% 时所需的时间。时间常数愈小, 仪表反应愈快。

1.1.3 管流的类型及管道常用流速

1.1.3.1 管流的类型

流体充满管道截面的流动称做管流, 其特点是流体的每一断面整个周界都与固体表面接触。管流的类型如下:

(1) 单相流 管道中只有一种均匀状态的流体流动。

(2) 双相流 两种不同相的流体同时在管道中流动。

(3) 多相流 两种以上不同相的流体同时在管道中流动。

(4) 可压缩流体流动和不可压缩流体流动 可压缩流体的流动称为可压缩流体流动,不可压缩流体的流动称为不可压缩流体流动。

(5) 稳定流和不稳定流 流体在不同的时间里,流经某位置点的各流体质点所具有的速度和压力都相同,不随时间而变化的流动称为稳定流;如果流体在不同的时间里,流经某位置点的各流体质点所具有的速度和压力随时间而变化的流动称为不稳定流。

(6) 层流和紊流 在流速较高时,流体的质点受惯性力作用较大,质点间相互混杂呈杂乱无章不规则的流动称紊流;在流速较低时,流体的粘性所造成的摩擦力作用较大,流体流动的状态是平滑的层状流动,各流层的质点互不混杂且层次分明,有比较规则的流线存在,这种流动称为层流。雷诺数是判别层流、紊流的一个无因次数值。

雷诺数的计算公式为:

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{\rho vd}{\eta} \quad (1-9)$$

式中, ρ ——流体密度(kg/m^3);

v ——流流平均流速(m/s);

d ——管道内径(m);

η ——流体动力粘度(kg/ms);

ν ——流体运动粘度(m^2/s)。

雷诺数 Re 较小时(小于 2300),管流一般为层流,雷诺数较大时(大于 2300)管流一般为紊流, $Re_k = 2300$ 称为临界雷诺数。

1.1.3.2 管道常用流速

工艺流程管道的常用流速,根据不同的使用介质而异,见表 1-3。

表 1-3 常用流速表

介 质 名 称	流速 m/s	介 质 名 称	流速 m/s
低压水	1.3~1.5	低压蒸汽(小于 10 大气压)	15~20
高压水	2.5~3	中压蒸汽(10~40 大气压)	20~40
低压气体和空气	10~15	高压蒸汽(40~125 大气压)	40~60
高压气体和空气	20~25	低粘度液体	3~4
压缩空气(1~2 大气压)	8~15	高粘度液体	0.5~2
压缩空气(200~300 大气压)	5~7		

1.2 流体的物理参数

在运用流量仪表测量流量之前,必须了解被测对象的各种物理性能,通常需要了解的物理参数有密度、粘度、压缩系数、比热比等,这些参数可以从手册、常数表等资料中查出或者根据要求进行测量或计算。

1.2.1 密度

单位体积流体所具有的质量为流体的密度, 由下式表示

$$\rho = \frac{m}{V}。 \quad (1-10)$$

式中, V ——体积流量(m^3);

m ——流体质量(kg);

ρ ——密度(kg/m^3)。

1.2.1.1 液体的密度

一般情况下使用的液体密度, 可从资料中查得。工作状态下液体的密度计算见下式:

$$\rho = \rho_{20}[1 - \mu(t - 20)]。 \quad (1-11)$$

式中, ρ ——工作状态下的密度(kg/m^3);

ρ_{20} —— 20°C 、 $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ 状态下的密度, (kg/m^3);

μ ——液体在 $20 - t^\circ\text{C}$ 范围内的平均膨胀系数($1/^\circ\text{C}$);

t ——工作状态下的温度($^\circ\text{C}$)。

在高温高压条件下, 液体的密度有所影响, 可以用液体膨胀系数进行修正。

若已知液体在一定的压力和温度($p_1 \cdot t_1$) 条件下的密度 ρ_1 , 则其他状态($p \cdot t$) 下的密度 ρ , 可用下式求得:

$$\rho = \frac{\omega}{\omega_1} \rho_1。 \quad (1-12)$$

式中, ω ——液体在对比态($p_r = \frac{p}{p_c}, T_r = \frac{T}{T_c}$) 下的膨胀系数;

ω_1 ——液体在对比态($p_{r1} = \frac{p_1}{p_c}, T_{r1} = \frac{T_1}{T_c}$) 下的膨胀系数。

ω, ω_1 可在液体的物理性质图表中查得。

其中, p_c, t_c 为液体的临界绝对压力和临界绝对温度。

1.2.1.2 气体的密度

A 工作状态下干气体的密度计算

$$\rho = \rho_n \cdot \frac{p}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T} \cdot \frac{Z_n}{Z}。 \quad (1-13)$$

式中, ρ ——工作状态下气体密度(kg/m^3);

ρ_n ——标准状态下气体密度(kg/m^3);

p ——工作状态下绝对压力(Pa);

p_n ——标准大气压($1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$);

T ——工作状态下气体绝对温度(K);

T_n ——标准状态下绝对温度(273.15 K);

Z ——工作状态下气体的压缩系数, 可查阅气体物理性质表;

Z_n ——标准状态下的压缩系数, 可查阅气体物理性质表。

B 工作状态, 湿气体的密度计算

含有水分的气体称为湿气体, 气体的相对湿度为某状态下($p \cdot t$) 单位体积湿气体中含有

水蒸气质量与同一条件下的湿气体可能含有水蒸气最大质量的比值, 用 φ 表示, 当 φ 已知时:

$$\rho = \rho_n \frac{p - \varphi p_{s \max}}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T} \cdot \frac{Z_n}{Z} + \varphi \rho_{s \max} \quad (1-14)$$

设 t_b 为工作压力下湿气体的饱和温度, t_1 为工作温度。当 $t_1 < t_b$ 时, $\rho_{s \max} = \rho_b$, $p_{s \max} = p_b$; 当 $t_1 > t_b$ 时, $\rho_{s \max}$ 为 $p_1 \cdot T_1$ 时过热水蒸气的密度, 而 $p_{s \max} = p_1$ 。

0 混合气体的密度

混合气体的密度用 ρ_m 表示,

$$\rho_m = \rho_1 x_1 + \rho_2 x_2 + \rho_3 x_3 + \cdots + \rho_n x_n = \sum_{i=1}^n x_i \rho_i \quad (1-15)$$

式中, ρ_i ——混合气体各组分的密度;

x_i ——混合气体各组分的体积百分数。

1.2.2 粘度

当流体在管道中流动时, 由于流体分子间的相对运动和流体对管壁的附着力对流体流动方向产生的影响以及流体层之间的摩擦力等存在, 而对流体的运动产生阻力, 这就是流体的粘滞性, 通常用符号 η (动力粘度) 表示各种流体对流体内部摩擦力影响的一个系数, 常遇到动力粘度 η 与密度 ρ 的比值, 称为流体的运动粘度, 因此

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (1-16)$$

式中, ν ——运动粘度 ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$);

η ——动力粘度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)。

液体粘度的变化主要与温度有关, 而与压力的变化几乎无关, 液体粘度和温度的关系为

$$\eta = A e^{B/(T-C)} \quad (1-17)$$

式中, A 、 B 、 C 为视流体而定的常数。

测量油时, 运动粘度与温度的关系为

$$\log[\log(\nu + 0.8)] = A - B \log T \quad (1-18)$$

式中, A 、 B 为常数。

液体的运动粘度通常用恩氏粘度计测定, 用恩氏度 $^\circ E$ 表示, 如果用 A 表示恩氏度值, B 为换算得厘斯值, 它们之关系为

$$7.31 A^\circ E - \frac{6.31}{A^\circ E} = B \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s} \quad (1-19)$$

几种常用油品粘度和温度关系及一般液体常压下的粘度数值可查有关图表。

两种互溶液体混合物粘度的计算如下:

$$\eta_m^{1/3} = x_1 \eta_1^{1/3} + x_2 \eta_2^{1/3} \quad (1-20)$$

式中, η_m 、 η_1 、 η_2 ——混合物、组分 1、组分 2 的动力粘度;

x_1 、 x_2 ——组分 1、组分 2 的体积分数。

两种不相溶液体混合物粘度的计算如下:

$$\frac{\eta_m}{\eta_F} = 1 + 2.5 \varphi_a \frac{\eta_a + 0.4 \eta_F}{\eta_a + \eta_F} \quad (1-21)$$

式中, η_m 、 η_F 、 η_a ——混合物、连续相和分散相的动力粘度;

φ_a ——分散相的体积分数, $\varphi_a < 0.03$ 。

混合物为乳浊液时,

$$\eta_m = \frac{\eta_F}{\varphi_F} \left(1 + \frac{1.5\eta_a\varphi_a}{\eta_F + \eta_a} \right) \quad (1-22)$$

式中, φ_F 为连续相的体积分数。

1.2.3 压缩系数

在测量可压缩流体时, 由于压力和温度的变化, 按照理想气体状态方程式计算而得的气体密度和实际气体的密度存在着一定的偏差, 以气体压缩系数来作表征, 表示为

$$Z = \frac{\rho_n p T_n}{\rho p_n T} \quad (1-23)$$

对于一般气体的压缩系数, 通过大量的实验, 已有图表可查到, 而在图表中查不到的气体压缩系数, 可按照相应状态定律求得近似值:

对比压力

$$p_r = \frac{p}{p_c} \quad (1-24)$$

对比温度

$$T_r = \frac{T}{T_c} \quad (1-25)$$

式中, p 、 T ——分别为气体在工作状态下的绝对压力和绝对温度;

p_c 、 T_c ——分别为气体的临界绝对压力和临界绝对温度(查表而得)。

如果两种气体的对比压力和对比温度分别相等, 可认为它们处于相应状态, 因此在计算得到对比压力 p_r 和对比温度 T_r 后即可从气体的物理性质图表中查得压缩系数 Z 。

混合气体压缩系数也可根据相应状态定律, 计算对比压力和对比温度, 再查图表而得。

混合气体的临界绝对压力和临界绝对温度由下式确定:

$$p_c = \sum_i p_{ci} w_i \quad (1-26)$$

$$T_c = \sum_i T_{ci} w_i \quad (1-27)$$

式中, p_{ci} 、 T_{ci} ——分别为混合气体各组分的临界绝对压力和临界绝对温度;

w_i ——混合气体各组分的体积百分数。

1.2.4 比热比

在热力学中所述气体在压缩和膨胀过程中, 其温度不改变的过程称为等温过程。过程中压力和密度的关系由下式表示:

$$p/\rho = \text{常数} \quad (1-28)$$

如果气体在压缩和膨胀过程中, 热量未发生变化, 没有损失能量, 此过程称为可逆的绝热过程, 过程中压力和密度的关系由下式表示

$$p/\rho^\gamma = \text{常数} \quad (1-29)$$

式中， γ ——比热比。

比热比 γ 为定压比热与定容比热之比，

$$\gamma = c_p / c_v \quad (1-30)$$

由气体的物理性质图表中可查得气体在常温、常压下的 γ 值及常用气体的 γ 与温度、压力变化的关系。

1.3 流量计的类型

流量仪表广泛应用在国民经济各个领域，由于流量测量的对象是液体、气体、特种介

表 1-4 各类流量

类 别		差 压 流 量 计						转 子 流 量 计			
		孔 板		喷 嘴		文丘利管		玻 璃 管		金 属 管	
技 术 性 能	口径 mm	50~1000		50~500		100~1200		1.5~100		15~150	
	被测介质	液	气	液	气	液	气	液	气	液	气
	测量范围 m³/h	1.5 } 9000	55 } 10 ⁵	5 } 2500	50 } 26000	30 } 1800	240 } 18000	4×10 ⁻⁴ } 40	0.016 } 1000	0.012 } 100	0.4 } 3000
	量 程 比	3:1						10:1			
	最低雷诺数 或粘度界限 m²/s	大于 5×10 ⁻³ } 8×10 ⁻³		大于 2×10 ⁻²		大于 8×10 ⁻²		大于 10 ⁻²		大于 10 ⁻⁴	
	工作压力 MPa	20		20		2.5		1.6		6.4	
	工作温度 ℃	500						120		150	
	压力损失 Pa	小于 1.97×10 ⁴		小于 1.97×10 ⁴		小于 0.49×10 ⁴		(0.01~0.69)×10 ⁴		(0.295~0.59)×10	
	精 度 %	±1~2						±1~2.5		±2	
	安装要求	需 要 直 管 段						必须垂直安装			
	体积重量	小		中		重		轻		中	
	成 本	低		较低		中		低		中	
寿 命	中		长		长		中		长		
输出与显示	模 拟 量						现场指示		模 拟 量		

注：(1) 液体流量是以 20°C 时的水作为标定介质，气体是用 20°C 1.01325×10⁵Pa 下的空气标定后分度的。

质、非牛顿流体及多相状态的流体,因此流量测量方法的基础理论都建立在不同的物理原理上,例如:

涡轮流量计: 以动量矩守恒原理为基础应用流体能转换为机械能再转换成电能。

差压流量计, 应用流体力学的原理。

漩涡流量计: 应用流体力学的原理。

转子流量计: 应用流体力学的原理。

超声波流量计: 应用超声原理。

电磁流量计: 应用电磁定律。

质量流量计: 应用动量原理。

仪表性能比较表

容积式计量表			速度式计量表			靶 式 流量计	电 磁 流量计	漩涡流量计	
椭圆齿轮	腰 轮	旋转活塞	水 表	涡 轮				旋 进 漩涡型	卡 门 漩涡型
10~250	15~300	15~100	15~600	4~500	10~100	15~200	6~1200	50~150	25~300
液	液	液	液	液	气	液	导电液	气	气
0.05 ∩ 1080	~1000	~900	0.045 ∩ 3000	0.04 ∩ 6000	2~	0.8 ∩ 400	10 ∩ 12500	10 ∩ 5000	1~30 m/s
10:1			大于 10:1	6:1~10:1		3:1	10:1	30:1~100:1	
5×10 ⁻⁴				2×10 ⁻⁵		大于 2×10 ⁻³	无限制		
6.4~10	6.4	6.4	1	6.4		6.4	1.6	1.6	6.4
80	80	120	40~100	120		200	100	60	300
小于 1.97×10 ⁴			1.97×10 ⁴	2.46×10 ⁴		2.46×10 ⁴	极微	11 $\frac{v^2\rho}{2g}$	2.4 $\frac{v^2\rho}{2g}$
±0.2~0.5		±0.5~1	±2	±0.5~1		±1~4	±1	±1	
需装过滤器			必须水平安装需直管段,过滤器			需直管段	对直管段 要求不高	需直管段	需直管段 不准倾斜
重	重	小	小			中	大	中	轻
中	高	低	较低	中		较低	高	中	中
中			中	较低		长	长	长	
现场指示,定值发讯,模拟量数字量			现场积算	模拟量数字量		模拟量	模拟量	模拟量数字量	

(2) 差压流量计的测量范围及压力损失以液体压差为 $2.46 \times 10^4 \text{ Pa}$ 气体压差为 $1.57 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时计算而得。

热式流量计：应用热学原理。

凡此等等，由于流量测量的方法不同，因此流量计的品种繁多，至今国内外还没有一个关于流量计分类的统一方法，但一般可以按它的测量方法，测量要求及用途进行分类。

按测量方法分类有速度式流量计、容积式流量计、漩涡流量计、质量流量计、转子流量计、差压流量计、靶式流量计、电磁流量计、超声波流量计、量热式流量计等。

按测量要求分类有微流量测量、小流量测量、大流量测量、脉动流测量、多相流测量、双相流测量、高温高压介质流量测量、强腐蚀性介质流量测量、浆液含纤维介质流量测量、高粘度介质流量测量、低温及超低温介质流量测量等仪表。

按用途分类有指示、记录、积算、远传、计量调节、控制等仪器。

1.4 流量计的选用

1.4.1 流量计的性能特点

由于流量测量方法的基础理论都建立在不同的物理原理上，因此各类流量计就相应具有各不相同的特点以及不同的使用场合，为了适应各种工艺条件及要求的过程控制，选用好流量检测仪表就显得非常重要，本书将主要的流量仪表的性能特点汇总于表 1-4 以便比较和正确选用。

1.4.2 流量计的选用原则

各类流量计具有各不相同的物理特性以及适用场合，因此，选用流量计时就必须考虑工艺条件，包括被测流量的种类、测量范围、工作压力、工作温度、精度等级要求、经济性、现场安装及使用条件、具体用途(指示、记录、累积、计量、调节、控制等)等，选择合适的流量仪表。

表 1-5 按被测介质适应性选用流量计

适用性 流量仪表		清洁液体	脏污液体	蒸汽或气体	高粘性液体	腐蚀性液体	腐蚀浆液	含纤维浆液	高温介质	低温介质	低流速流动	部分充满管道	非牛顿液体
节流流量计	孔板	○	+	○	+	✓	×	×	○	+	×	×	+
	文丘利管	○	+	○	+	+	×	×	+	+	+	×	×
	喷嘴	○	+	○	+	+	×	×	○	+	+	×	×
电磁流量计		○	○	×	×	○	○	○	+	×	✓	+	✓
漩涡流量计		○	+	✓	+	✓	×	×	✓	✓	×	×	×
容积式流量计		○	×	○	○	+	×	×	✓	✓	✓	×	×
靶式流量计		○	✓	✓	✓	✓	+	×	✓	+	×	×	+
涡轮流量计		○	+	✓	✓	✓	×	×	+	✓	+	×	×
超声波流量计		○	+	×	+	+	×	×	×	+	+	×	×
转子流量计		○	+	○	✓	✓	×	×	✓	×	✓	×	×

注：标记 ✓ 为适用；○ 为可用；+ 为在一定条件下可用；× 不适用。