

流量測量 节流裝置設計手冊

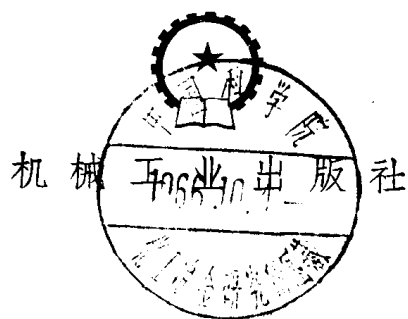
第一機械工業部上海熱工儀表研究所編著

機械工業出版社

77.54
565
C.2

流 量 測 量 节 流 装 置 設 計 手 册

第一机械工业部热工仪表科学研究所編



本手册共分三大部分。

第Ⅰ部分：原理和基础。阐述了设计计算节流装置的基本知识、各有关参数及其确定方法，提出了标准节流装置的合理的计算程序，介绍了计算结果的误差分析，以及标准节流装置的结构形式和安装使用规则，也给出了具有典型意义的计算示例。最后阐述了几种特殊场合下的流量测量方法和特殊节流装置形式。

第Ⅱ部分：各种介质的物理性质图表和仅适用于角接取压法的标准节流装置及特殊节流装置的全部计算用曲线图和表格。

第Ⅲ部分：制造安装图。各种节流装置均可根据计算结果，按相应图纸的要求进行加工、制造和安装。

本手册供从事流量测量工作的工程技术人员使用；也可供高等院校师生参考。

流量测量节流装置设计手册

第一机械工业部热工仪表科学研究所编

*

机械工业出版社出版（北京苏州胡同141号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 29·插页 2·字数 671 千字

1966 年 2 月北京第一版·1966 年 2 月北京第一次印刷

印数 0,001—6,000·定价（科七）5.40 元

*

统一书号：15033·3714

序

随着我国社会主义建设事业的高速发展和工业生产过程自动化水平的迅速提高,各工业部门越来越迫切地要求精确掌握生产过程中的流量参数,以便提高产品质量,降低原材料的消耗和进行经济核算。

目前,在化工、冶金、石油、电力、机械、建筑、食品等民用工业和部分国防工业中以节流装置和差压计配套使用的流量测量方式应用得最广泛。可是,设计节流装置时所遵循的设计原则、所采用的设计计算方法以至于所依据的实验数据和图表,各国之间既不统一,国内各工业部门之间亦颇不一致。这种现象的存在,不仅给节流装置的设计、制造、使用和维护带来许多不便,而且,有时甚至造成许多不必要的损失。为了适应我国工业高速发展的迫切需要,有必要尽快加以统一。但是,由于在短期内制订一项国家规程,条件还不够成熟。因此,可以在总结国内多年实践经验及国外已颁布的规程、手册、文献的基础上先编写一本比较实用的工程设计手册。这样,不仅能满足当前各工业部门的迫切需要,并为今后制订和推行国家规程创造条件。“流量测量节流装置设计手册”(以下简称“手册”)的编写就是基于这种目的。

下面略谈一下手册的编写经过。

早在1958年的热工仪表标准化系列化会议上,许多单位提出了编写手册的要求。经过大约两年的酝酿,1960年我所在上海交通大学、大连工专和大连仪表厂的协助下,写出了手册初稿,这就是手册的雏形。1961年分发到全国各有关单位征求意见。

1962年,我所派专人去各地调查访问,并于同年7、8月份,分别由上海计量技术与仪器制造学会(筹委会)和旅大计量标准学会在上海和大连召开了华东地区和东北地区的节流装置学术讨论会,对编写手册中的若干实质性问题提出了肯定性意见。

此后,我们在分析总结了两次会议以及日常工作联系中搜集到的意见、建议和要求后,在全国各有关单位的大力支援下,1962年底开始了手册的重新编写工作。直到1963年底,手册正式脱稿,再次分发到全国有关单位。1964年春,中国计量技术与仪器制造学会筹委会在北京召开了全国“节流装置学术会议”,对手册进行了全面讨论和审查工作。会议除对手册内容提出若干补充修改意见外,对手册还作了较高的评价。认为手册所提出的确定压差上限时所遵循的原则、计算方法以及节流装置的设计程序是合理的、严密的,也是实用的,较之国内外现行的方法和程序更为完善;并认为手册提出的有关标准节流装置的设计资料、数据和图表,既采用了国际上比较成熟的数据,又照顾了我国多数工业部门的习惯,可以做为统一国内节流装置计算资料的基础;手册对标准节流装置的使用条件和结构形式也作了合理规定。为了保证测量结果正确可靠,在设计、制造、安装和使用节流装置时,应该严格遵守这些规定。

应该指出,由于这部手册只是在国内外现有的经验和资料的基础上编写的,某些技术问题,尚不能提出令人满意的结论。如:节流装置前后直管段长度不符合要求时,究竟能产生多大测量误差;取压孔的位置有偏差时,对测量结果能产生多大影响……等。这些问

题有待今后继续深入研究和补充。又如：手册第Ⅱ部分中的 $1/4$ 圆喷嘴计算用曲线图是我们根据国际上比较成熟的实验数据经过数据处理后绘制的，这些曲线图是否实用亦有待今后实际验证。

这部手册的出版，实际上是全国各有关单位集体劳动的成果，在整个编写过程中，经常得到全国各有关单位和专家们的关心及大力支援。

化工部第一设计院、冶金部黑色冶金设计总院、石油部北京设计院、华北电力设计院、鞍山钢铁公司设计院、鞍山焦化耐火材料设计研究院、上海化工医药设计院、上海轻工业设计院、华东电力设计院、化工部第七设计院、北京水泥玻璃工业设计院、上海化工研究院、黑龙江省电业管理局中心试验所、上海和平热工仪表厂、鞍山钢铁公司计器厂、大连仪表厂、清华大学、南京工学院、哈尔滨工业大学、大连工专等单位，为手册的编写提供了许多有价值的参考资料，并根据他们多年来在设计、研究、教学、生产、使用等方面所积累的丰富经验，提出了许多宝贵建议。

应该特别提出，龚家彪同志、姚文华同志、钱崇游同志、张福安同志、周忠铭同志、刘德骏同志和杨根生同志等始终关心并指导手册的编写工作，认真阅读手册初稿，协助我们解决了不少重要的技术问题，为此深表感谢。

可以断言，由于编者的水平和经验所限，谬误之处是难免的，殷切地期待着读者提出宝贵意见。

本手册编写和审校参加人员：

编写：孙淮清、张宝鑫。

审校：

第Ⅰ部分：龚家彪、汪时雍。

第Ⅱ部分：万学达、苏彦勋。

第Ⅲ部分：邹肇村、姚文华。

图表绘制（主要参加者）：

林秋鸿、孙仁金、汪志宥、牛衍武、凌存仁、鞠庆长、涂象初、丘国志、乔鸿杰、惠荣琴、张传家、吴发智、赵银娣等。

编 者

1964年8月于上海

量值名称計量单位及符号

序号	量 值 名 称	符 号	計 量 单 位	单 位 代 号
1	時間	T	小时 秒	h s
2	长度	L	米 厘米 毫米	m cm mm
3	重量		吨 公斤 ^①	t $kgf(kG)$
4	节流装置前被测介质的绝对压力	p_1	公斤力/厘米 ² 公斤力/米 ²	kgf/cm^2 kgf/m^2
5	节流装置后被测介质的绝对压力	p_2	公斤力/厘米 ² 公斤力/米 ²	kgf/cm^2 kgf/m^2
6	标准大气压	p_n	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ² 毫米水銀柱	kgf/m^2 kgf/cm^2 $mmHg$
7	大气压力	p_a	毫米水銀柱	$mmHg$
8	表压力	p_g	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ²	kgf/m^2 kgf/cm^2
9	绝对压力	p	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ²	kgf/m^2 kgf/cm^2
10	饱和水蒸汽压	p_b	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ²	kgf/m^2 kgf/cm^2
11	温度 T 时, 湿气体中水蒸汽的最大可能压力	$p_{s\max}$	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ²	kgf/m^2 kgf/cm^2
12	临界压力	p_K	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ²	kgf/m^2 kgf/cm^2
13	准临界压力	p_K'	公斤力/米 ² 公斤力/厘米 ²	kgf/m^2 kgf/cm^2
14	换算压力	p_R		
15	准换算压力	p_K'		
16	在节流装置上的压差	Δp	公斤力/厘米 ² 公斤力/米 ²	kgf/cm^2 kgf/m^2
17	在节流装置中的压力损失	δp	公斤力/厘米 ² 公斤力/米 ² 毫米水銀柱 毫米水柱	kgf/cm^2 kgf/m^2 $mmHg$ mmH_2O
18	容許的压力损失	δp_{lim}	公斤力/厘米 ² 公斤力/米 ² 毫米水銀柱 毫米水柱	kgf/cm^2 kgf/m^2 $mmHg$ mmH_2O

① 重量的計量单位应为“公斤力”,但习惯称“公斤”。以下重量流量单位与此同。

(續)

序号	量 值 名 称	符 号	計 量 单 位	单 位 代 号
19	差压流量计上的液柱示值 (20℃时)	h_{20}	毫米水銀柱 毫米水柱	mmHg mmH ₂ O
20	差压流量计上的液柱示值上限 (20℃时)	$h_{20\max}$	毫米水銀柱 毫米水柱	mmHg mmH ₂ O
21	节流装置上的常用压差 ^①	Δp_{ch}	公斤力/厘米 ² , 毫米水銀柱 毫米水柱	kgf/cm ² , mmHg mmH ₂ O
22	节流装置上的正常压差	Δp_{zh}	公斤力/厘米 ² , 毫米水銀柱 毫米水柱	kgf/cm ² , mmHg mmH ₂ O
23	体积流量	Q	米 ³ /小时	m ³ /h
24	标准状态下, 气体的体积流量 (0℃, 760毫米水銀柱, 或20℃, 760毫米水銀柱)	Q_n	标准米 ³ /小时	Nm ³ /h
25	最大体积流量	$Q_{\max}$	米 ³ /小时	m ³ /h
26	最小体积流量	$Q_{\min}$	米 ³ /小时	m ³ /h
27	标准状态下, 气体的最大体积 流量(状态同24)	$Q_{n\max}$	标准米 ³ /小时	Nm ³ /h
28	标准状态下, 气体的最小体积 流量(状态同24)	$Q_{n\min}$	标准米 ³ /小时	Nm ³ /h
29	常用体积流量	Q_{ch}	米 ³ /小时	m ³ /h
30	正常体积流量	Q_{zh}	米 ³ /小时	m ³ /h
31	重量流量	G	公斤/小时 吨/小时	kG/h t/h
32	最大重量流量	$G_{\max}$	公斤/小时 吨/小时	kG/h t/h
33	常用重量流量	G_{ch}	公斤/小时 吨/小时	kG/h t/h
34	正常重量流量	G_{zh}	公斤/小时 吨/小时	kG/h t/h
35	最小重量流量	$G_{\min}$	公斤/小时 吨/小时	kG/h t/h
36	差压流量计流量示值上限	$N_{\max}$	米 ³ /小时 公斤/小时 吨/小时	m ³ /h kG/h t/h
37	差压流量计标尺(记录纸)示值 上限	Q, G Q_n	米 ³ /小时 公斤/小时 吨/小时 标准米 ³ /小时	m ³ /h kG/h t/h Nm ³ /h
38	工作状态下被测介质的重度	γ	公斤力/米 ³	kgf/m ³

① 最大流量之70%称为正常流量, 而經常出現的流量称为常用流量, 与此相应的压差, 分别称为正常压差和常用压差。

(續)

序号	量 值 名 称	符 号	計 量 单 位	单 位 代 号
39	20°C, 760 毫米 水銀柱时, 干燥气体(或湿气体干部分)的重度	γ_{20}	公斤力/米 ³	kgf/m ³
40	湿气体干部分在其分压及工作温度下的重度	γ_g	公斤力/米 ³	kgf/m ³
41	20°C时, 液柱示值高度表示为 h_{20} 的液体重度(水或水銀)	γ_{h20}	公斤力/米 ³	kgf/m ³
42	温度为 t 时, 差压計平衡液体的重度	γ'_{ht}	公斤力/米 ³	kgf/m ³
43	差压計温度为 t , 被测介质的压力为 p 时, 平衡液面上的介质重度	γ'_t	公斤力/米 ³	kgf/m ³
44	飽和水蒸汽的重度	γ_b	公斤力/米 ³	kgf/m ³
45	工作状态下, 湿气体中水蒸汽的最大可能的重度	γ_{smax}	公斤力/米 ³	kgf/m ³
46	标准状态下, 干燥气体的重度	γ_n	公斤力/米 ³	kgf/m ³
47	密度	ρ	公斤/米 ³ 公斤力·秒 ² /米 ⁴	kg/m ³ kgf·s ² /m ⁴
48	被测介质的平均流速	v	米/秒	m/s
49	节流装置前被测介质的温度			
	摄氏温标	t	度	°C
	绝对温标	T	度	°K
50	临界温度	T_K	度	°K
51	准临界温度	T'_K	度	°K
52	换算温度	T_R		
53	准换算温度	T'_R		
54	重力加速度	g	米/秒 ²	m/s ²
55	工作状态下, 气体的相对湿度	φ	百分数	%
56	0°C, 760毫米水銀柱状态下气体的绝对湿度	f	公斤力/米 ³	kgf/m ³
57	工作温度下的管道内徑	D	毫米	mm
58	温度为20°C时的管道内徑	D_{20}	毫米	mm
59	工作温度下, 节流装置的开孔直徑	d	毫米	mm
60	温度为20°C时, 节流装置的开孔直徑	d_{20}	毫米	mm
61	截面比: 即工作温度下, 节流装置的开孔截面面积和管道截面面积之比	$m = \left(\frac{d}{D}\right)^2$		
62	对管道内徑而言的雷诺数	Re_D		
63	界限雷诺数	Re_K		

(續)

序号	量 值 名 称	符 号	計 量 单 位	单 位 代 号
64	流量系数	α		
65	原始流量系数	α_0		
66	被测介质的膨胀校正系数	ϵ		
67	节流装置和管道材料的膨胀校正系数	k_{t_d} k_{t_D}		
68	被测介质的粘度校正系数	k_1		
69	管道粗糙度的校正系数	k_2		
70	孔板入口边缘不尖锐的校正系数	k_3		
71	收缩系数, 即流束通过节流装置时其收缩到最小处的横截面积与节流装置开孔面积之比	μ		
72	动力粘度	η	公斤力·秒/米 ² 微泊	kgf·s/m ² μp
73	运动粘度	ν	厘洞 米 ² /秒	cs m ² /s
74	绝热指数	κ		
75	气体的压缩系数	K		
76	均方相对误差	σ		
77	最大相对误差	$\delta_{\max}$		
78	最大绝对误差	$\Delta_{\max}$		

目 录

序

量值名称计量单位及符号

第 I 部分 原理和基础

1 基本知识	2	3 标准节流装置的设计计算	32
一、用变压降法测量流体流量的基本知识	2	一、标准节流装置的計算命题	32
1. 基本原理	2	二、测量液体流量 ($\epsilon = 1$) 时的設計計算程序	32
2. 节流装置型式	2	三、测量蒸汽和气体流量 ($\epsilon \neq 1$) 时的設計計算程序	33
3. 理論方程式	2	四、标准节流装置的計算实例	35
二、流量方程式中的有关参数及其确定方法	4	1. 計算实例的簡單說明	35
1. 流量系数 α	4	2. 計算实例	35
2. 雷诺数 Re_D	5	例 1 被测介质为水	35
3. 被测介质粘度 $\eta(\nu)$	6	例 2 被测介质为过热水蒸汽	37
4. 被测介质重度 γ	7	例 3 被测介质为高炉煤气	40
5. 气体的压缩系数 K	8	例 4 被测介质为氮氢混合物	43
6. 材料的膨胀校正系数 k_t	10	例 5 被测介质为空气	46
7. 被测介质的膨胀校正系数 ϵ	10	4 差压流量计的安装	50
8. 流束通过节流装置时的压力损失 δp	11	一、标准节流装置的安装	50
9. 压差上限 $\Delta p_{\max}$ 的确定	11	1. 安装要求	50
三、节流装置的取压方式	13	2. 局部阻力的影响及其对安装的要求	50
1. 理論取压法	14	二、压差訊号管路的安装	51
2. 徑距取压法	14	1. 测量液体流量时的安装方法	51
3. 法兰取压法	14	2. 测量气体流量时的安装方法	51
4. 管接取压法	15	3. 测量水蒸汽流量时的安装方法	51
5. 角接取压法	15	三、压差訊号管路上的連接件和輔助設備	52
四、流量实用公式	16	1. 連接管	52
五、流量測量誤差	19	2. 平衡器	52
1. 基本誤差	19	3. 隔离器	52
2. 附加誤差	22	四、差压計的安装	52
2 标准节流装置的使用	24	5 特殊情况下的流量测量和特殊节流装置	54
一、标准节流装置的使用条件	24	一、特殊节流装置的使用特点	54
二、标准节流装置的特点和尺寸要求	24	二、低雷诺数的流量測量	54
1. 标准孔板	26	1. 双重孔板	54
2. 标准喷嘴	27	2. $\frac{1}{4}$ 圆喷嘴	55
3. 标准文丘利喷嘴	27	三、髒污介质的流量測量——圓缺孔板	55
4. 标准文丘利管	30	四、管道入口和出口处的流量測量——端头孔板和端头喷嘴	56
三、制造节流装置的材料	30		
四、孔板的强度計算	31		
五、标准节流装置的选择原則	31		

五、脉动流的流量测量	57
六、超临界压力比情况下的流量测量	59
七、特殊节流装置的计算示例	59

例 1 双重孔板的计算	59
例 2 圆缺孔板的计算	61
例 3 1/4 圆喷嘴的计算	63

第 II 部分 计算用图表

1 通用表	66	表 II (2-6) 气体的性质表	133
表 II (1-1) 諮詢书	66	3 液体的物理性质图表	135
表 II (1-2) 地区气象表	66	图 II (3-1) 甘油的动力粘度	135
表 II (1-3) $m = \left(\frac{d}{D}\right)^2$ 的数值表	68	图 II (3-2) 液体的动力粘度	136
表 II (1-4) 重量单位换算表	71	图 II (3-3) 油的粘度和密度	141
表 II (1-5) 压力单位换算表	72	表 II (3-1) 液体动力粘度的压力相对变化率	142
表 II (1-6) 体积单位换算表	73	表 II (3-2) 油的粘度和密度	142
表 II (1-7) 重量 (质量) 流量单位换算表	74	表 II (3-3) 液体的性质表	143
表 II (1-8) 体积流量单位换算表	74	表 II (3-4) 水银的密度 $\rho g/cm^3$	145
表 II (1-9) 运动粘度单位换算表	75	4 水和水蒸汽的物理性质图表	146
表 II (1-10) 动力粘度单位换算表	75	图 II (4-1) 水蒸汽的动力粘度	146
表 II (1-11) 运动粘度与恩氏粘度 (条件度) 换算表	76	图 II (4-2) 水的动力粘度	147
表 II (1-12) 气体的相对湿度对照表 (压力 = 760mmHg)	78	图 II (4-3) 水的重度	149
表 II (1-13) 流量实用公式	80	表 II (4-1) 水和水蒸汽的动力粘度 $\eta \mu p$	150
表 II (1-14) 充水银、充水或充水银和水的仪表相应的 α 值表	86	表 II (4-2) 水和水蒸汽的动力粘度 $\eta \cdot 10^6 kgf \cdot s/m^2$	151
表 II (1-15) 差压流量计示值的校正公式	86	表 II (4-3) 在饱和线上的水和水蒸汽的粘度	152
2 气体的物理性质图表	87	表 II (4-4) 水在靠近临界点和水蒸汽在超临界区域中的动力粘度 $\eta \times 10^6 kgf \cdot s/m^2$	153
图 II (2-1) 各种压力下气体的动力粘度	87	表 II (4-5) 水蒸汽的重度 $\gamma kgf/m^3$	154
图 II (2-2) 在 760 毫米水银柱压力下的气体动力粘度	99	表 II (4-6) 水的重度 $\gamma kgf/m^3$	166
图 II (2-3) 在 760 毫米水银柱压力下的气体运动粘度	104	表 II (4-7) 饱和水蒸汽的重度和压力	167
图 II (2-4) 高炉、发生炉、炼焦炉煤气和水煤气的动力粘度	108	5 压差上限计算用图表	169
图 II (2-5) 温度 20°C 压力 760 毫米水银柱时的混合气体的运动粘度	109	图 II (5-1) 雷诺数 Re_D 计算图	169
图 II (2-6) 混合气体运动粘度的温度校正系数	110	图 II (5-2) 各种节流装置的界限雷诺数	172
图 II (2-7) 气体的压缩系数	111	图 II (5-3) 压力损失	173
图 II (2-8) 气体的压缩系数与换算温度、换算压力的关系	123	图 II (5-4) 环室取压时节流装置前最小直管段长度	175
表 II (2-1) 气体的粘度 (压力为 760mmHg 时)	126	图 II (5-5) 完全开启的阀门和节流装置之间的最小直管段长度	177
表 II (2-2) 气体的绝热指数 κ (压力为 760 mmHg 时)	129	图 II (5-6) 辅助参数 C 的计算图	178
表 II (2-3) 气体的重度 (压力为 760mmHg 时) $\gamma kgf/m^3$	130	图 II (5-7) 选择压差值用图	181
表 II (2-4) 干燥空气的重度 $\gamma kgf/m^3$	131	图 II (5-8) m 与 $m\alpha_0$ 的关系图	188
表 II (2-5) 饱和气体的水分含量	132	图 II (5-9) 确定被测介质的膨胀校正系数 ϵ 的曲线图	189
		图 II (5-10) 确定过热水蒸汽膨胀校正系数 ϵ 的曲线图	191
		图 II (5-11) 节流装置和管道材料的热膨胀校正系数	192
		图 II (5-12) 确定孔板圆盘厚度用的曲线	193

表 II (5-1) 雷诺数的计算公式表	194	表 II (8-2) 文丘利管的粘度校正系数 k_1	251
表 II (5-2) 各种节流装置的界限雷诺数	195	9 误差图表	252
表 II (5-3) 差压计的基本特性表	196	一、标准孔板	252
表 II (5-4) 节流装置前面有不完全开启的 阀门时所需的最小直管段长度	199	图 II (9-1) 孔板原始流量系数的均方相对 误差	252
6 标准孔板的流量系数图表	200	图 II (9-2) 孔板粘度校正系数的均方相对 误差	252
图 II (6-1) 孔板的原始流量系数与雷诺数 的关系	200	图 II (9-3) 孔板管道粗糙度校正系数的均 方相对误差	252
图 II (6-2) 孔板的原始流量系数	201	图 II (9-4) 孔板入口边缘不尖锐校正系数 的均方相对误差	252
图 II (6-3) 孔板的粘度校正系数 k_1	205	表 II (9-1) 孔板原始流量系数的均方相对 误差 $\sigma_{a0}\%$	253
图 II (6-4) 孔板的管道粗糙度校正系数 k_2	206	表 II (9-2) 孔板粘度校正系数的均方相对 误差 $\sigma_{k1}\%$	253
图 II (6-5) 孔板入口边缘不尖锐的 校正系数 k_3	207	表 II (9-3) 孔板管道粗糙度校正系数的均 方相对误差 $\sigma_{k2}\%$	253
图 II (6-6) 孔板流量系数 α 与 m 和 D 的关 系图	208	表 II (9-4) 孔板入口边缘不尖锐校正系数 的均方相对误差 $\sigma_{k3}\%$	253
图 II (6-7) 孔板的 m 与 D 和 $m\alpha$ 的关系图	212	表 II (9-5) 孔板流量系数的最小均方相对 误差 $\sigma_{a\min}\%$	253
表 II (6-1) 孔板的原始流量系数和雷诺数 的关系	221	表 II (9-6) 用孔板测量流量时的可能最小 均方相对误差 $\sigma\%$	253
表 II (6-2) 孔板的粘度校正系数 k_1	221	二、标准喷嘴、文丘利喷嘴及标准文 丘利管	254
表 II (6-3) 孔板的流量系数和校正系数	222	图 II (9-5) 喷嘴和文丘利喷嘴原始流量系 数的均方相对误差	254
7 标准喷嘴和文丘利喷嘴的流量 系数图表	223	图 II (9-6) 喷嘴和文丘利喷嘴管道粗糙度 校正系数的均方相对误差	254
图 II (7-1) 喷嘴和文丘利喷嘴的原始流量 系数与雷诺数的关系	223	图 II (9-7) 喷嘴和文丘利喷嘴粘度校正系 数的均方相对误差	254
图 II (7-2) 喷嘴和文丘利喷嘴的原始流量 系数	224	图 II (9-8) 文丘利管流量系数的均方相对误 差	254
图 II (7-3) 喷嘴和文丘利喷嘴的 粘度校正系数 k_1	228	表 II (9-7) 喷嘴和文丘利喷嘴原始流量系 数的均方相对误差 $\sigma_{a0}\%$	255
图 II (7-4) 喷嘴和文丘利喷嘴的 管道粗糙度校正系数 k_2	228	表 II (9-8) 喷嘴和文丘利喷嘴粘度校正系 数的均方相对误差 $\sigma_{k1}\%$	255
图 II (7-5) 喷嘴和文丘利喷嘴的流量系数 α 与 m 和 D 的关系图	229	表 II (9-9) 喷嘴和文丘利喷嘴管道粗糙度校 正系数的均方相对误差 $\sigma_{k2}\%$	255
图 II (7-6) 喷嘴和文丘利喷嘴的 m 与 D 和 $m\alpha$ 的关系图	233	表 II (9-10) 喷嘴和文丘利喷嘴流量系数的 最小均方相对误差 $\sigma_{a\min}\%$	255
表 II (7-1) 喷嘴和文丘利喷嘴的原始流量 系数和雷诺数的关系	244	表 II (9-11) 用喷嘴和文丘利喷嘴测量流量时 的可能最小均方相对误差 $\sigma\%$	256
表 II (7-2) 喷嘴和文丘利喷嘴的 粘度校正系数 k_1	244	表 II (9-12) 文丘利管流量系数的均方相对 误差 $\sigma_a\%$	256
表 II (7-3) 喷嘴和文丘利喷嘴的流量系数 和校正系数	245	三、其他	256
8 标准文丘利管的流量系数图表	246	表 II (9-13) 被测介质膨胀校正系数 e_{ch} 的 均方相对误差 $\sigma_{e_{ch}}\%$	256
图 II (8-1) 文丘利管的粘度校正系数	246		
图 II (8-2) 文丘利管的流量系数 α 与 m 和 D 的关系图	247		
图 II (8-3) 文丘利管的 m 与 D 和 $m\alpha$ 的关 系图	249		
表 II (8-1) 文丘利管的流量系数	251		

图 II (9-9) 当不遵守图 II (5-4 a) 所要求的 直管段长度时流量系数附加均 方相对误差的大概数值	257	图 II (10-6) 1/4圆喷嘴的 m 与 $m\alpha_0$ 的关系图	287
图 II (9-10) 当不遵守图 II (5-4 b) 所要求的 直管段长度时流量系数附加均 方相对误差的大概数值	258	图 II (10-7) 1/4圆喷嘴的 m 与 r/d 的关系图	292
10 特殊节流装置流量系数图表	259	表 II (10-2) 1/4圆喷嘴的流量系数	295
一、双重孔板	259	三、圆缺孔板	296
图 II (10-1) 双重孔板流量系数 α 和 m 的关 系图	259	图 II (10-8) 圆缺孔板的流量系数 α 与 a/D 的关系图	296
图 II (10-2) 双重孔板的 m 与 $m\alpha$ 的关系图	261	图 II (10-9) 圆缺孔板的 a/D 与 $m\alpha$ 的关系 图	300
图 II (10-3) 双重孔板的 m' 与 $m\alpha$ 的关系图	268	图 II (10-10) 圆缺孔板的 a/D 与 m 的关系 图	306
图 II (10-4) 双重孔板的 m' 与 m 的关系图	276	表 II (10-3) 圆缺孔板的流量系数	312
表 II (10-1) 双重孔板的流量系数	283	四、入口孔板	313
二、1/4圆喷嘴	284	图 II (10-11) 入口孔板的流量系数	313
图 II (10-5) 1/4圆喷嘴的原始流量系数 α_0 图	284	图 II (10-12) 入口孔板的 m 与 D 和 $m\alpha$ 的关 系图	314

第 III 部分 制造安装图

1 制造和安装守则	328	图 III (2-12) 文丘利喷嘴安装总图 ($p_g \leq 10$ kgf/cm ² , $D_g \geq 300$ mm)	341
2 安装总图	330	图 III (2-13) 文丘利管安装总图 ($p_g \leq 10$ kgf/cm ²)	342
一、标准节流装置安装总图	330	二、特殊节流装置安装总图	343
图 III (2-1) 环室取压的节流装置安装总图 ($p_g = 10, 16, 25$ kgf/cm ²)	330	图 III (2-14) 环室取压的双重孔板安装总图 ($p_g = 10, 16, 25$ kgf/cm ²)	343
图 III (2-2) 环室取压的节流装置安装总图 ($p_g = 40, 64, 100$ kgf/cm ²)	331	图 III (2-15) 钻孔取压的双重孔板安装总图 ($p_g = 10, 16, 25$ kgf/cm ²)	344
图 III (2-3) 环室取压的节流装置安装总图 ($p_g = 100, 200$ kgf/cm ² , D_g $= 50 \sim 100$ mm)	332	图 III (2-16) 环室取压端头孔板安装总图	345
图 III (2-4) 环室取压的节流装置安装总图 ($p_g = 100, 200$ kgf/cm ² , D_g $= 125 \sim 250$ mm)	333	图 III (2-17) 钻孔取压端头孔板安装总图	345
图 III (2-5) 高压节流装置安装总图 ($p_g = 320$ kgf/cm ²)	334	3 环室和钻孔夹板制造图	346
图 III (2-6) 组合式高压节流装置安装总图 ($p_g = 320$ kgf/cm ²)	335	一、标准环室制造图 ($p_g = 10, 16, 25,$ $40, 64, 100$ kgf/cm ²)	346
图 III (2-7) 圆形环管取压的节流装置安装 总图 ($p_g = 2.5$ kgf/cm ²)	336	图 III (3-1) 环室总装图	346
图 III (2-8) 钻孔取压的节流装置安装总图 ($p_g = 10, 16, 25$ kgf/cm ² , $D_g \leq 400$ mm)	337	图 III (3-2) 前环室	348
图 III (2-9) 钻孔取压的圆盘孔板安装总图 ($p_g = 2.5, 6, 10, 16$ kgf/cm ²)	338	图 III (3-3) 后环室	349
图 III (2-10) 无法兰焊接式节流装置安装总 图	339	二、环室法兰制造图 ($p_g = 100, 200$ kgf/cm ²)	351
图 III (2-11) 文丘利喷嘴安装总图 ($p_g \leq 10$ kgf/cm ² , $D_g < 300$ mm)	340	图 III (3-4) 环室法兰 A ($D_g = 50 \sim 100$ mm)	351
		图 III (3-5) 环室法兰 B ($D_g = 50 \sim 100$ mm)	352
		图 III (3-6) 环室法兰 A ($D_g = 125 \sim 250$ mm)	353
		图 III (3-7) 环室法兰 B ($D_g = 125 \sim 250$ mm)	354

三、高压节流装置制造图

($p_g = 320 \text{ kgf/cm}^2$) 355

图 III (3-8) 高压孔板 ($D_g = 15 \sim 150 \text{ mm}$) 355

图 III (3-9) 高压喷嘴 ($D_g = 15 \sim 150 \text{ mm}$) 356

图 III (3-10) 组合式高压节流装置用取压透
镜垫 ($D_g = 15 \sim 150 \text{ mm}$) 357

图 III (3-11) 组合式高压节流装置用孔板 358

图 III (3-12) 组合式高压节流装置用喷嘴 359

图 III (3-13) 组合式高压节流装置用压圈 360

四、钻孔夹板和特殊节流装置用环室

制造图 361

图 III (3-14) 钻孔取压标准孔板用钻孔夹板 361

图 III (3-15) 钻孔取压双重孔板用中间隔环 362

图 III (3-16) 钻孔取压孔板用压圈 363

图 III (3-17) 环室取压双重孔板用中间隔环 364

图 III (3-18) 钻孔取压端头孔板用安装环 365

图 III (3-19) 环室取压端头孔板用环室 366

4 节流装置及其辅助连接件的制造

图 367

一、孔板制造图 367

图 III (4-1) 环室取压用标准孔板
($p_g = 10, 16, 25, 40,$
 $64, 100 \text{ kgf/cm}^2$) 367

图 III (4-2) 钻孔取压用标准孔板 ($p_g = 10,$
 $16, 25 \text{ kgf/cm}^2$) 368

图 III (4-3) 圆盘孔板 369

图 III (4-4) 镶嵌式圆盘孔板总图 370

图 III (4-5) 圆缺孔板 372

图 III (4-6) 圆盘式圆缺孔板 373

图 III (4-7) 镶嵌式圆缺孔板总图 373

图 III (4-8) 环室取压用标准孔板 ($p_g = 100,$
 200 kgf/cm^2) 375

图 III (4-9) 端头孔板 377

二、喷嘴制造图 378

图 III (4-10) 标准喷嘴 ($m \leq 0.45$) 378

图 III (4-11) 标准喷嘴 ($m > 0.45$) 378

图 III (4-12) 标准喷嘴 ($p_g = 100, 200 \text{ kgf/cm}^2$) 379

图 III (4-13) 1/4圆喷嘴 ($r < n$) 381

图 III (4-14) 1/4圆喷嘴 ($r = n$) 382

图 III (4-15) 1/4圆喷嘴 ($r > n$) 382

图 III (4-16) 1/4圆喷嘴 [$r > 1/2(D_{20}$
 $- d_{20})$] 382

三、文丘利喷嘴制造图 383

图 III (4-17) 文丘利喷嘴用前接管 ($D_g \geq 300$
 mm) 383

图 III (4-18) 文丘利喷嘴用后扩管 ($D_g \geq 300$
 mm) 384

图 III (4-19) 文丘利喷嘴用喷嘴 ($D_g \geq 300$
 mm) 386

图 III (4-20) 文丘利喷嘴用环室 ($D_g < 300$
 mm) 387

图 III (4-21) 文丘利喷嘴用中间隔环 ($D_g < 300$
 mm) 388

图 III (4-22) 文丘利喷嘴用喷嘴 ($D_g < 300$
 mm) 389

图 III (4-23) 文丘利喷嘴用后扩管 ($D_g < 300$
 mm) 390

四、文丘利管制造图 391

图 III (4-24) 文丘利管用前缩管 391

图 III (4-25) 文丘利管用后扩管 394

图 III (4-26) 文丘利管用铜套 395

五、节流装置用辅助连接件的制造图 395

图 III (4-27) 节流装置用垫片 395

图 III (4-28) 孔板用安装垫圈 ($p_g = 100,$
 200 kgf/cm^2) 396

图 III (4-29) 喷嘴用安装垫圈 ($p_g = 100,$
 200 kgf/cm^2) 397

图 III (4-30) 节流装置用钢制齿形垫片 (p_g
 $= 100 \text{ kgf/cm}^2$) 398

图 III (4-31) 节流装置用钢制齿形垫片 (p_g
 $= 200 \text{ kgf/cm}^2$) 398

图 III (4-32) 节流装置用精制双头螺栓
($p_g = 100, 200 \text{ kgf/cm}^2$) 399

图 III (4-33) 节流装置用半精制六角螺母
($p_g = 100, 200 \text{ kgf/cm}^2$) 399

图 III (4-34) 节流装置用精制垫圈
($p_g = 100, 200 \text{ kgf/cm}^2$) 400

图 III (4-35) 平焊法兰的辅助加工图 400

图 III (4-36) 文丘利喷嘴用双头螺栓
($D_g \geq 300 \text{ mm}$) 401

图 III (4-37) 文丘利喷嘴和文丘利管用螺塞 401

图 III (4-38) 文丘利喷嘴和文丘利管用螺纹
接头 402

图 III (4-39) 文丘利喷嘴和文丘利管用垫圈 402

图 III (4-40) 圆形环管取压用环管 403

图 III (4-41) 圆形环管取压用法兰辅助加工
图 403

表 III (4-32) 高压零件材料表
($p_g \leq 250 \text{ kgf/cm}^2$) 404

图 III (4-42) 高压节流装置用法兰
($p_g = 320 \text{ kgf/cm}^2$) 405

图 III (4-43) 高压节流装置用双头螺栓
($p_g = 320 \text{ kgf/cm}^2$) 406

图Ⅲ(4-44) 高压节流装置用螺母 ($p_g = 320 \text{ kgf/cm}^2$)	407	图Ⅲ(5-15) 测量腐蚀性液体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置下方 ($\gamma > \gamma_g$)	416
图Ⅲ(4-45) 高压节流装置用管端加工图 ($p_g = 320 \text{ kgf/cm}^2$)	408	三、测量无腐蚀性气体流量的安装示意图	417
图Ⅲ(4-46) 高压节流装置用螺纹加工图 ($p_g = 320 \text{ kgf/cm}^2$)	409	图Ⅲ(5-16) 测量无腐蚀性气体, 差压计装 在节流装置上方	417
5 差压讯号管路的安装示意图	412	图Ⅲ(5-17) 测量无腐蚀性气体, 差压计装 在节流装置下方	417
一、测量无腐蚀性液体流量的安装示意图	412	四、测量腐蚀性气体, 节流装置和差 压计之间装有隔离器或其他隔离 保护装置的安装示意图	417
图Ⅲ(5-1) 测量无腐蚀性液体, 差压计装 在节流装置下方	412	图Ⅲ(5-18) 测量腐蚀性气体, 差压计装在 节流装置上方	417
图Ⅲ(5-2) 测量无腐蚀性液体, 差压计装 在节流装置上方	412	图Ⅲ(5-19) 测量腐蚀性气体, 差压计装在 节流装置下方	417
图Ⅲ(5-3) 测量无腐蚀性液体, 连接管不 能向一方倾斜, 差压计装在节 流装置上方	412	图Ⅲ(5-20) 测量腐蚀性气体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置下方 ($\gamma < \gamma_g$)	418
二、测量腐蚀性液体, 节流装置和差 压计之间装有隔离器或其他隔离 保护装置的安装示意图	413	图Ⅲ(5-21) 测量腐蚀性气体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置上方 ($\gamma < \gamma_g$)	418
图Ⅲ(5-4) 测量腐蚀性液体, 差压计装在 节流装置下方 ($\gamma < \gamma_g$)	413	图Ⅲ(5-22) 测量腐蚀性气体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置下方 ($\gamma > \gamma_g$)	418
图Ⅲ(5-5) 测量腐蚀性液体, 差压计装在 节流装置上方 ($\gamma < \gamma_g$)	414	图Ⅲ(5-23) 测量腐蚀性气体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置上方 ($\gamma > \gamma_g$)	418
图Ⅲ(5-6) 测量腐蚀性液体, 差压计装在 节流装置下方 ($\gamma > \gamma_g$)	414	五、测量蒸汽流量, 差压计和节流装置 之间装有平衡器的安装示意图	419
图Ⅲ(5-7) 测量腐蚀性液体, 差压计装在 节流装置上方 ($\gamma > \gamma_g$)	414	图Ⅲ(5-24) 测量蒸汽流量, 差压计装在节 流装置下方	419
图Ⅲ(5-8) 测量腐蚀性液体, 利用双隔离, 差压计装在节流装置下方 ($\gamma > \gamma'_g$; $\gamma_g > \gamma'_g$)	414	图Ⅲ(5-25) 测量蒸汽流量, 差压计装在节 流装置上方	419
图Ⅲ(5-9) 测量腐蚀性液体, 利用双隔离, 差压计装在节流装置上方 ($\gamma > \gamma'_g$; $\gamma_g > \gamma'_g$)	415	6 辅助设备的制造图	420
图Ⅲ(5-10) 测量腐蚀性液体, 利用双隔离, 差压计装在节流装置下方 ($\gamma < \gamma'_g$; $\gamma_g < \gamma'_g$)	415	一、平衡器制造图($p_g = 25 \text{ kgf/cm}^2$)	420
图Ⅲ(5-11) 测量腐蚀性液体, 利用双隔离, 差压计装在节流装置上方 ($\gamma < \gamma'_g$; $\gamma_g < \gamma'_g$)	415	图Ⅲ(6-1) 用于环室取压的平衡器总装图	420
图Ⅲ(5-12) 测量腐蚀性液体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置下方 ($\gamma < \gamma_g$)	415	图Ⅲ(6-2) 平衡器的容器部装图	422
图Ⅲ(5-13) 测量腐蚀性液体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置上方 ($\gamma < \gamma_g$)	416	图Ⅲ(6-3) 筒体	423
图Ⅲ(5-14) 测量腐蚀性液体, 利用喷吹管, 差压计装在节流装置上方 ($\gamma > \gamma_g$)	416	图Ⅲ(6-4) 端盖	424
		图Ⅲ(6-5) 螺纹接头	424
		图Ⅲ(6-6) 弯管	425
		图Ⅲ(6-7) 螺塞	426
		图Ⅲ(6-8) 垫圈	426
		二、平衡器制造图 ($p_g = 100, 200$ kgf/cm^2)	427
		图Ⅲ(6-9) 用于环室法兰取压的 平衡器总装图	427

图Ⅲ(6-10) 平衡器的容器部装图	429	图Ⅲ(6-20) 液用沉降器总装图 ($p_g=10、64\text{ kgf/cm}^2$)	439
图Ⅲ(6-11) 筒体	431	图Ⅲ(6-21) 筒体	440
图Ⅲ(6-12) 端盖	431	图Ⅲ(6-22) 端盖	441
图Ⅲ(6-13) 弯管	432	五、辅助设备通用件制造图	442
三、隔离器制造图 ($p_g=10、64\text{ kgf/cm}^2$)	433	图Ⅲ(6-23) 外螺纹四通	442
图Ⅲ(6-14) 一次隔离的隔离器总装图	433	图Ⅲ(6-24) 外螺纹三通	442
图Ⅲ(6-15) 二次隔离的隔离器总装图	434	图Ⅲ(6-25) 螺塞	443
图Ⅲ(6-16) 端盖	435	图Ⅲ(6-26) 螺塞座	443
图Ⅲ(6-17) 筒体	436	图Ⅲ(6-27) 连接螺母	444
四、集气器和沉降器制造图 ($p_g=10、64\text{ kgf/cm}^2$)	437	图Ⅲ(6-28) 管帽	444
图Ⅲ(6-18) 集气器总装图 ($p_g=10、64\text{ kgf/cm}^2$)	437	图Ⅲ(6-29) 外套螺母	444
图Ⅲ(6-19) 气用沉降器总装图 ($p_g=10、64\text{ kgf/cm}^2$)	438	图Ⅲ(6-30) 接管	444
		图Ⅲ(6-31) 閥杆	445
		图Ⅲ(6-32) 閥座	445
		图Ⅲ(6-33) 单向螺纹接头	445
		参考文献	446

第I部分 原理和基础