

美国炼油厂仪表及调节系统 安装手册

蔣照忠 廖明遠 譯

中国工业出版社

美国炼油厂仪表及調節系統 安 裝 手 冊

蔣照忠 廖明遠 譯

本书是美国石油学会在1960年出版的一本炼油厂仪表安装手册。书中的内容是美国石油企业工程技术人员的工作经验总结。本书介绍了流量、液位、压力和温度仪表的安装方法以及各种自动调节器、变送系统和仪表板的安装方法。这些安装方法对各种化学工厂也同样适用。

本书充分反映了近代美国仪表安装技术，可供我国炼油厂和化工厂的仪表技术人员在实际工作中参考，也可供高等学校作教学参考。

American Petroleum Institute
**MANUAL ON INSTALLATION OF REFINERY
INSTRUMENTS AND CONTROL SYSTEMS**

American Petroleum Institute 1960

美国炼油厂仪表及调节系统安装手册

蒋照忠 廖明道 译

石油工业部石油科学技术情报研究所图书编辑室编辑（北京北郊人福欣）

中国工业出版社出版（北京德胜门内大街10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $7\frac{1}{8}$ ·插页3·字数148,000

1966年2月北京第一版·1966年2月北京第一次印刷

印数0001—2,250·定价（科四）1.00元

统一书号：15165·4243（石油-385）

目 录

緒論	1	1. 所包括的类型	42
第一章 流量	2	2. 接近的可能	43
一、内容	2	3. 可見性	43
二、概述	2	4. 容器上的接头	43
1. 差压仪表	2	5. 多个仪表的安装	43
2. 面积式流量计	3	6. 切断阀	44
三、差压一次元件	3	7. 消除应变	44
1. 薄板孔板	3	九、就地安装的液位指示計	44
2. 流量喷嘴	8	1. 玻璃管液位計	45
3. 文丘利管和流量管	9	2. 透光式(透明)和反射式玻 璃板液位計	46
4. 比托管和比托式文丘利管	11	3. 浮子和鋼繩式(自动)油罐 液位計	48
5. 仪表管段	12	4. 液压头式压力計	50
四、差压式測量仪表	26	5. 差压式液位指示計	50
1. 差压計	27	6. 各种各样的液位計	50
2. 机械式水銀流量計	27	十、液位变送器	51
3. 波纹管式流量計	28	1. 浮筒式变送器	52
4. 膜式变送器	28	2. 外浮球变送器	57
5. 动力式流量計	31	3. 內浮球变送器	57
五、連接管	35	4. 差压变送器	57
1. 仪表位置	35	5. 液压头式变送器	59
2. 仪表引线	35	6. 电气式液位指示变送器	62
3. 仪表閥組	36	7. 电子式液位变送器	62
4. 隔離器、平衡器及分液器	37	十一、就地安装的調节器	62
5. 吹洗	37	1. 浮筒式調节器	62
六、面积式流量計	37	2. 外浮球和內浮球調节器	62
1. 概述	37	3. 直接膨脹式調节器	63
2. 安装	38	4. 液柱高度閥(静力压头式) 調节器	63
参考文献	41	十二、远传或盘上安装的受 訊器	64
第二章 液位	42		
七、内容	42		
八、概述	42		

IV

1. 安装	64
2. 范围	65
十三、液位报警器	65
1. 浮球报警器的安装	65
2. 其他报警器的安装	66
3. 信号传送	66
十四、附件	66
1. 隔离和吹洗	66
2. 玻璃板液位计的照明装置	66
3. 气候保护	66
第三章 温度	68
十五、内容	68
十六、测温保护套	68
1. 概述	68
2. 测温保护套的浸入深度	68
3. 测温保护套的材质	71
4. 测温保护套的结构	72
十七、就地测量温度的温 度计	73
1. 概述	73
2. 工业用玻璃水银温度计	73
3. 圆表盘式温度计	73
十八、充灌式温度仪表	73
1. 概述	73
2. 直接作用式温度调节器	74
3. 温度变送器	74
4. 注意点	75
十九、热电偶式温度仪表	75
1. 应用	75
2. 概述	75
3. 管壁温度测量	78
4. 补偿导线	78
5. 温度仪表	78
6. 参比接点	79

二十、电阻管温度仪表	79
1. 应用	79
2. 信号传送	80
3. 连接	80
参考文献	80
第四章 压力	81
二十一、内容	81
二十二、概述	81
1. 注意点	81
2. 震动	81
二十三、接管	81
1. 尺寸	81
2. 清扫	82
3. 短连接管	82
4. 长连接管	82
5. 挠性	83
6. 吹洗和隔离	83
二十四、指示压力表	83
1. 接头的位置和尺寸	83
2. 支承	83
3. 安全措施	84
4. 脉动	84
5. 虹吸弯管	84
6. 波纹管材质	85
二十五、压力表以外的仪表	85
1. 支承	85
2. 就地指示	85
3. 电子仪表	86
4. 受讯器	86
5. 简单的压力调节器	86
6. 差压	86
7. 抽力计	88
第五章 自动调节器	89
二十六、内容	89

二十七、调节型式	89	4. 调节器的保护	101
1. 二位式调节	89	第六章 调节阀和定位器	103
2. 比例式调节	90	三十三、内容	103
3. 比例加重定调节	90	三十四、概述	103
4. 比例加超越调节	90	1. 接近的可能性	103
5. 比例加重加超越调节	90	2. 安装地点	103
6. 比例加重加反超越调节	91	3. 间隙	103
二十八、各种调节方式的		4. 注意点	104
应用	91	三十五、调节阀的型式	104
1. 要求的调整范围	91	1. 二通阀	104
2. 流量	92	2. 三通阀	105
3. 压力	92	3. 蝶形阀	105
4. 温度	92	4. 各种阀体型式	105
5. 液位	93	三十六、调节阀驱动机构	105
二十九、串级和比率调节	93	1. 薄膜式	105
1. 串级调节	93	2. 直接作用式调节阀	106
2. 比率调节	94	3. 活塞式驱动机构	106
三十、调节器的安装位置	95	4. 马达式驱动机构	106
1. 概述	95	三十七、调节阀的阀组	106
2. 影响调节器安装地点的		1. 切断阀和旁路阀	106
因素	95	2. 调节阀的大小头	109
3. 时延	96	3. 不用切断阀或旁路阀的	
4. 推荐的几种减少气动时延		接管	109
的方法	96	4. 阀组接管安装法	110
5. 控制台的集中	97	三十八、至调节阀驱动机构	
6. 就地安装的气动调节器	97	的接管和接线	119
三十一、安装	98	1. 动力源	120
1. 概述	98	2. 薄膜式驱动机构	120
2. 就地调节器的安装	98	3. 活塞式或缸式驱动机构	122
3. 架上或墙上安装	100	4. 马达式驱动机构	122
三十二、各种调节的要求	100	第七章 变送系统	126
1. 副线板	100	三十九、内容	126
2. 变送器的调节要求	101	四十、概述	126
3. 供手动调节用的就地指示		1. 基础	126
测量仪表	101		

VI

2. 設計和建設中的注意点	126	3. 液体隔离	152
3. 信号型式	127	4. 隔离器	153
4. 线路和管路的安装位置 and 鋪設路线	127	5. 隔离液	153
四十一、气动系統	128	四十七、吹洗	153
1. 标准气动变送范围	128	1. 概述	153
2. 接管	128	2. 吹洗流体	153
3. 管件	129	3. 流率	157
4. 接管的支撑和保护	129	4. 缓冲器	159
5. 与仪表设备的连接	139	四十八、防冻	159
四十二、电气系統	139	1. 概述	159
1. 在大气中可能包含可燃蒸 汽的裝置区	139	2. 蒸汽伴热及加热	159
2. 实质的安全	140	3. 电加热	163
3. 电线管系统的支撑和布置	141	4. 热水加热	163
4. 电线管材料	141	5. 用生产过程的流体来加热	164
5. 电线絕緣	142	6. 仪表箱	164
6. 信号传送回路的布线	143	7. 空气供給系統	166
四十三、調节用的液压传送 系統	147	第九章 空气供給系統	167
1. 类型	148	四十九、內容	167
2. 管线材料	148	五十、概述	167
四十四、检查和校驗	149	1. 压缩机	167
1. 气动变送系統	149	2. 净化处理设备	167
2. 电气变送系統	149	3. 备用設備	167
3. 液压变送系統	149	4. 流程布置	168
4. 警報裝置及联鎖作用	149	5. 安全閥	169
参考文献	150	6. 高压空气	169
第八章 隔离、吹洗及 防凍	151	五十一、容量	169
四十五、內容	151	五十二、干燥及净化	169
四十六、隔离	151	1. 压缩机后冷却器	169
1. 概述	151	2. 分水器	169
2. 膜片隔离	151	3. 油汽吸收器	170
		4. 空气干燥器	170
		5. 允許压力降	170
		五十三、分配系統	170
		1. 系統的类型	170

2. 管线大小.....	170	六十五、压力调节器	182
3. 仪表空气供给管线.....	171	1. 压力罐的压力调节器.....	182
五十四、备用系统的控制	171	2. 蒸汽泵的压力调节器.....	182
1. 图108中的符号	171	六十六、过滤器	182
2. 图109中的符号	175	1. 位置.....	182
3. 图110中的符号	175	2. 型式.....	182
4. 警报.....	175	六十七、管线.....	182
5. 起动准备.....	175	1. 尺寸.....	182
6. 调节阀.....	175	2. 总管的连接管.....	183
五十五、空气干燥器	176	六十八、液体.....	183
参考文献	176	1. 温和的气候.....	183
第十章 液压系统	177	2. 寒冷的气候.....	183
五十六、内容.....	177	第十一章 供电	185
五十七、设计的基础	177	六十九、内容.....	185
五十八、泵.....	177	七十、概述	185
五十九、罐	177	1. 生产装置的类型及大小.....	186
1. 压力罐.....	177	2. 工厂电源注意事项.....	186
2. 储罐.....	179	3. 仪表系统的型式和大小.....	187
六十、压力.....	179	七十一、供电回路的方案	189
1. 最小压力.....	179	1. 仪表回路的隔离.....	190
2. 正常操作压力.....	180	2. 接地的规定.....	191
3. 惰性气体.....	180	3. 单电源.....	191
六十一、安全阀及泄放阀	180	4. 警报回路及联锁装置.....	192
1. 泵的泄放阀.....	180	5. 断路器.....	193
2. 安全阀.....	180	七十二、至负荷的电源.....	193
六十二、液位警报器	181	1. 需要调压.....	193
1. 储罐的低液位警报器.....	181	2. 不需要调压.....	194
2. 压力罐的低液位警报器.....	181	3. 饱和的电抗器及电容器式 (共振式)稳压器的特性.....	194
3. 压力罐的高液位警报器.....	181	4. 其他稳压器的特性.....	195
六十三、压力警报器	181	七十三、由两个电源供给负 荷	195
1. 压力罐的低压力警报器.....	181	1. 两个正常回路.....	195
2. 压力罐的高压力警报器.....	181	2. 备用线路.....	195
六十四、压力表及玻璃液位 计	181	七十四、电力不足时的供电.....	196

VI

- 七十五、仪表及其他有关负荷的事故电源196
1. 事故发电机的特性196
 2. 蒸汽透平驱动197
 3. 燃气透平驱动197
 4. 汽油(及柴油)发动机198
- 七十六、发电力不足和中断时用的组合式原动机198
1. 电动机-发电机-发动机的组合198
 2. 电动机-发电机-蓄电池的组合199
 3. 事故电源的试验200
- 第十二章 仪表盘201
- 七十七、内容201
- 七十八、概述201
1. 仪表盘的问题201
 2. 仪表的布置201
- 七十九、普通仪表盘202
- 八十、流程图式仪表盘203
1. 流程图式仪表盘的类型203
 2. 仪表盘的布置和设计205
3. 铭牌209
- 八十一、结构210
1. 仪表盘材料210
 2. 仪表盘的框架211
 3. 局部組裝件211
 4. 仪表盘基础211
 5. 仪表盘的树立211
 6. 仪表盘的公差215
- 八十二、油漆215
1. 仪表盘表面215
 2. 仪表盘背面215
- 八十三、电气安装215
1. 供电216
 2. 配线216
 3. 线路试验216
 4. 断路开关216
 5. 端子板217
- 八十四、配管217
1. 供给总管217
 2. 内部连接管218
 3. 气动管线接线板的接头218
 4. 试验219
- 英文简写字索引220

緒 論

要搞好仪表工程，必須有一套能滿足各种特殊要求的最簡單的系統和方法。建設者要掌握足量的表格、圖紙、草圖和其他數據才能按照一定要求來安裝仪表。有關調節對象的各种工業規範和標準以及定律和規則也必須遵守。

為了確保人身安全，推荐使用傳送系統，避免將碳氫化合物、酸及其他危險或有害物質用管線引到控制室內。

在安裝一套仪表時，各个組成部分必須接近，以便進行維護工作，其中某些元件必須易于觀看，以便很好地操作。孔板、調節閥、變送器、熱電偶、液位計和就地安裝的調節器必須裝在地面、永久性平台或固定梯子易于接近的地方。在本手冊內特別注意到仪表的安裝位置、如何裝得可以接近以及如何裝得易于觀看。

為了發揮仪表系統的全部效果，並且實現投資最大回收率，正確的安裝是十分重要的。許多例子都說明，不正確的安裝會導致仪表使用的困難。

第一章 流 量

一、內 容

本章介紹各种指示、記錄、變送及控制流体流量的差压仪表和面积式流量計的实际安装方法。用途不广而未在本章內介紹的其他类型流量仪表是：

1. 容积式流量計；
2. 速度式或圓靶式流量計；
3. 渦輪式或透平式仪表；
4. 观察式流量指示器；
5. 堰式或落差面积式●流量計（炼油厂很少用，仅用于廢水处理、下水等）；
6. 电磁式流量計；
7. 声波式或超声波式流量計；
8. 热力式流量計；
9. 面体流量测量元件；
10. 直接作用式流量調节器（見第六章）。

上述这些仪表只在碰到特殊流量問題时才用，安装时要按照制造厂的說明书或按照专门為特殊要求而編的工程規定。

二、概 述

1. 差 压 仪 表

差压仪表是根据流体通过一次元件时产生的差压来测量流量

● 即量水槽式。

的。这些一次元件有下列类型。

1) 孔板：通常用的薄板同心孔板，但也可可是偏心、缺圆或者其它满足不同需要的特殊形式。

2) 流量喷嘴：用于容量较大处以及需要能比孔板更好地恢复压力处。

3) 文丘利管：用于高容量以及需要很好地恢复压力处，或者被测流束内含固体。

4) 流量管：用于主要考虑低压力损失，或者配管位置有限制处。

5) 比托管：通常用于流量很大而不容许有显著压力降时，如冷却水。

6) 弯头取压：用于流速足够大以及要求精确度不高处[1]。

有些试验数据选自伊利诺大学的资料[2]。

通过一次元件所产生的差压通常用下列仪表之一来测量：

- 1) 差压计；
- 2) 机械式水银流量计；
- 3) 波纹管式流量计；
- 4) 膜式变送器；
- 5) 动力式流量计。

2. 面积式流量计

炼油厂最常用的面积式流量计是转子流量计。

三、差压一次元件

1. 薄板孔板

1) 同心孔板：带尖锐边缘的同心孔板用得最多，因为它价格较低、适应性大，并可得到准确的系数。

多数情况下，孔板用抗腐材料制造，通常用304、316或430

型不銹鋼。特殊情況下有時也用其他材料。

孔板的上游表面必須做得愈平愈好。任何孔板只要沿直徑的平度誤差對每吋堰高 $\frac{D-d}{2}$ ①而言不超過 0.010 吋時便算平了。

孔板的上游表面必須光滑，至少要加工得象冷加工的薄鋼板一樣。

孔板銳邊的厚度不得超過（各種情況下的最小要求）：

$$\frac{D}{30} \text{ 或者最好是 } \frac{D}{50} \text{（管徑的五十分之一）；}$$

$$\frac{d}{8} \text{（銳孔直徑的八分之一）；}$$

$$\frac{D-d}{8} \text{（堰高的四分之一）。}$$

不論如何，配 4 吋或更小管徑的孔板厚度應該至少 $\frac{1}{16}$ 吋，但不大於 $\frac{1}{8}$ 吋。配公稱直徑 6 吋管子的孔板厚度應該至少 $\frac{1}{8}$ 吋，但不大於 $\frac{1}{4}$ 吋。管子大於 6 吋時，孔板厚度應該至少 $\frac{1}{8}$ 吋，並不得大於管子內徑的 $\frac{1}{30}$ ，不論如何，厚度應不超過 $\frac{1}{2}$ 吋。

有時，孔板厚度超過銳邊厚度的限制範圍，在這種情況下，下游邊緣要在反面鉗孔或者在孔板銳邊所需厚度處切成傾斜 45° 或更小角度的斜面。“上游”或“入口”字樣要打印在孔板方邊一側的板柄上。

孔必須鉗成圓的和同心的。銳孔直徑的實際允許誤差，採用 AGA 第三號報告的數據 [3]，列於表 1。

① D = 管子內徑， d = 銳孔直徑。

表 1 銳孔直径的实际允許誤差

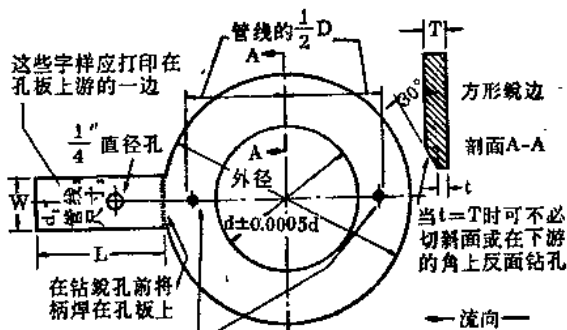
銳孔尺寸(吋)	允許誤差±或- (吋)	銳孔尺寸(吋)	允許誤差±或- (吋)
0.2500	0.0003	1.0000	0.0012
0.3750	0.0005	1.2500	0.0014
0.5000	0.0006	1.5000	0.0017
0.6250	0.0008	1.7500	0.0020
0.7500	0.0009	2.0000至5.0000	0.0025
0.8750	0.0010	大于5.0000	0.0005

每一銳孔的上游邊緣應該是方形的和尖銳的，以使此邊緣在不放大觀察時也不會反射出一束光線來。在任何時候都要保持這種狀態。對二面流通的銳孔，二面的邊緣都應是方的。孔板的詳圖和厚度表見圖 1。詳細的允許誤差在 AGA[3]和 ASME[4] 文獻中都有記載。

用於濕氣或濕蒸汽，冷凝液的量很小時，在銳孔底部有一排液孔以防止水平管線中積聚冷凝液。排液孔用作放空以防止在停工時凍結。管子頂部上的排氣孔也可使少量氣體隨液流通過孔板。 $\frac{1}{8}$ 吋的排液(氣)孔在銳孔直徑 1.5 吋的孔板上會產生大約 1% 的誤差。

由於薄板孔板的試驗報告比其他一次元件易得到，有可能使銳孔板的安裝達到很高的精確度。然而，現場安裝不能總是得到最好的精確度。安裝用於調節系統的孔板比安裝用於核算、物料平衡、購買和銷售的孔板可允許精確度差一些。經常誤差的產生是由於取壓嘴位置不正確、圓形邊緣和粘度校正以及引線的壓頭差。孔板必須保持潔淨，不得積聚外來物質。

2) $d:D(\beta)$ 比例：選擇孔徑時必須使孔徑與真正管子內徑之比 ($d:D$) 對液體而言不超過 0.75，對氣體或蒸汽不超過 0.70，但最好也不小於 0.20。由於可能會給管垢和其他外來物質堵住，除了最干淨的介質之外，在所有情況下最小銳孔直徑不得小於 0.5 吋。



装在水平管线上的锐孔板上任意选定的
 $\frac{1}{8}$ 孔；管线底部的孔是用于气体或含
 少量水的碳氢化合物液体，管线顶部的
 孔是用于少量蒸汽或不冷凝物的液体

图 1 同心孔板

材料：316型不锈钢或其他合适材料(所有单位都是吋)

公称管径	T	t	外径			长	宽
			300psi ASA	600psi ASA	900psi ASA		
1①	1/8	1/32	2 ⁷ / ₈	2 ⁷ / ₈	3 ¹ / ₈ ②	4	3/4
1 ¹ / ₂ ①	1/8	3/64	3 ³ / ₄	3 ³ / ₄	3 ⁷ / ₈ ②	4	3/4
2	1/8	1/16	4 ³ / ₈	4 ³ / ₈	5 ¹ / ₈ ②	4	3/4
2 ¹ / ₂	1/8	1/16	5 ¹ / ₈	5 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂	4	3/4
3	1/8	1/16	5 ⁷ / ₈	5 ⁷ / ₈	6 ⁵ / ₈	4	3/4
4	1/8	1/16	7 ¹ / ₈	7 ⁵ / ₈	8 ¹ / ₈	6	1
6	1/8	1/8	9 ⁷ / ₈	10 ¹ / ₂	11 ³ / ₈	6	1
8	1/8	1/8	12 ¹ / ₈	12 ⁵ / ₈	14 ¹ / ₈	6	1
10	1/8	1/8	14 ¹ / ₄	15 ³ / ₄	17 ¹ / ₈	6	1
12	1/8	1/8	16 ⁵ / ₈	18	19 ⁷ / ₈	6	1
14	1/4	3/16	19 ¹ / ₈	19 ³ / ₈	20 ¹ / ₂	6	1
16	1/4	3/16	21 ¹ / ₄	22 ¹ / ₄	22 ⁵ / ₈	6	1
18	5/16	3/16	23 ³ / ₂	24	25	6	1
20	5/16	3/16	25 ³ / ₄	26 ³ / ₄	27 ³ / ₈	6	1
24	3/8	3/16	30 ¹ / ₂	31	32 ⁷ / ₈	6	1

① 取消1/8吋钻孔。

② 与ASA1,500psi相同。

注：1. 孔板的外径(OD)要能配上标准ASA法兰的螺栓，外径等于螺栓圆直径减去螺栓公称直径+0吋~1/32吋；

2. 1吋、1¹/₂吋和2¹/₂吋不采用。

3) 其他孔板：在水平管线上，測量象浆状流体和气液混相等特殊介质，不能使用同心孔板，而又不需要流量喷嘴或文丘利管这样的精确度时，可使用偏心或缺圆孔板。

通常这种偏心孔板的边缘与一个圆圈相切，这个圆圈的直径是管子直径的0.98。对含有一些蒸汽的液体，切点在顶部垂直中心线上；对含有一些液体的蒸汽或含有一些固体的液体，切点在底部垂直中心线上。缺圆孔板的圆周直径 (D) 制成在管线直径的0.97和0.98之间，并通常用于需要把锐孔放在管线底部的那种介质上。取压嘴位置必须在与缺圆孔板圆弧平分点 180° 相对的位置上。对偏心孔板而言，离开切点 90° 取压亦有流量系数。偏心 and 缺圆孔板见图2。

四分之一圆边孔板已发展为适用于粘性（小雷诺数）流体测量的一次元件。如所用的雷诺数少于20,000，尖锐边缘的孔板便不能满足，因为锐孔流量系数会随雷诺数而有显著变化，实验数据也不能互相一致。在一些炼油厂中，粘度高而且变化大。四分之一圆边孔板不会受粘度太多影响；所以，这个元件可用于雷诺数300和400,000之间（决定于孔板 $d:D$ 比例）而不需校正系数。采用四分之一锐孔时应在下列雷诺数范围内选用（摘自参考书[5]的图6）：

$d:D$ 比	近似雷诺数范围	
	最小	最大
(时)		
0.2	3,000	250,000
0.4	1,500	300,000
0.6	500	400,000
0.7	300	400,000

超过最大范围的雷诺数估计可能是错了。四分之一孔板的制造必须高质量，因为边缘形状和光滑度是最重要的。

其他特殊的孔板形式也已经设计过，详细内容可参考一般的文件。

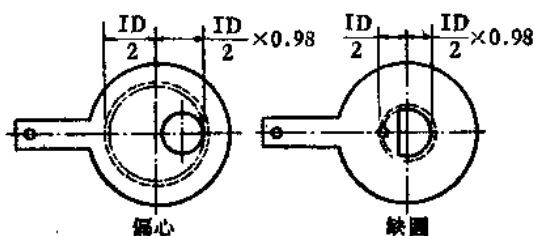


图 2 偏心和缺圆孔板

4) 孔板规格: 孔板尺寸通常按100吋水柱(干式刻度, 并用于液体的最大差压)来考虑。这样可允许在不同流率下不换孔板而增大或减小仪表的测量范围。对气体或蒸汽流量, 一个主要的规律是测量范围(吋水柱)不超过流体压力(磅/吋², 绝对)。

计算孔板尺寸和通过孔板的流量的过程在很多书刊中可找到。有专门的计算尺可作孔板计算。这些计算尺用来校验繁复的计算及初步确定锐孔板的尺寸。孔板计算也可请孔板或流量计的制造厂来做。有时, 在开始前只知道流体的近似物理性质; 在这种情况下可用流量计算尺来决定孔板尺寸。可在晚些时候用真实的流体操作条件再来计算, 或对用近似值做出的初步计算进行校正。

2. 流量喷嘴

流量喷嘴比孔板用得较少。流量喷嘴的主要优点是可得较好的压力回收, 并在与孔板同样情况下, 通过一定直径的流量可高出约65%。流量喷嘴可用于垂直流下的浆状流体。一般说来, 直管段、法兰压力等级和取压嘴要求是同孔板安装时一样的。但是, 由于同样流量下的 $d:D$ 比例及管径比较小, 凡直管段长度是按照真实 $d:D$ 比例来求出其最小值时, 流量喷嘴可以用较短的直管段。一个典型的流量喷嘴见图3。流量喷嘴有好几种, 其中最常用的一种是ASME长半径式[1、4、6]。安装得很正确的