



流量仪表

2000



LIULIANG YIBIAO
200WEN

甘大方
编著



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

流量仪表 200 问

甘大方 编著

中国计量出版社



www.tiankangybd.com

前 言

2003 年和 2007 年,中国计量出版社先后出版了笔者的《压力仪表 200 问》和《温度仪表 200 问》,受到业内人士的认可和欢迎。

压力、温度和流量同为工业生产中三大重要参数,压力和温度的 200 问已面世,何不一鼓作气,将流量的 200 问也写出来,以作为系列书籍。

本人曾阅读并十分喜爱二月河先生写的《康熙大帝》、《雍正皇帝》和《乾隆皇帝》三本书,感到二月河先生在写完康熙、雍正之后,必定要写乾隆。同感,在写完压力、温度之后,就应当写流量。

在中国计量出版社刘宝兰副总编辑的建议和激励下,开始动笔写《流量仪表 200 问》。由于本人在仪表生产厂工作,上班时时间忙于工作,基本上没有时间,完全是靠下班后的时间来完成写作,这样时间拖得较长。也正是由于长期在工厂工作,基于工作的关系,和各方面的人员接触较多,也知道为了搞好各自的本职工作,技术、生产、检验、销售、采购、使用等各类人员对产品知识方面有哪些需求。故本文力求将流量仪表方面的相关知识,全面、准确、简捷地介绍给读者。读者可以根据自己工作中的需要,不必阅读全书,而是有针对性,哪里不清楚就看哪一问,对自己的工作起到指导和帮助作用。

笔者的新著《流量仪表 200 问》作为前两个“200 问”的系列

书,再次奉献给读者,同样希望能给业内人士以启发和帮助。

本书的顺利出版得到中国计量出版社刘宝兰副总编的指导和帮助,在此表示诚挚的感谢。

由于本人相关专业的学识和经验有限,书中错误和不足在所难免,诚恳地希望读者及有关专家提出、指正。

编 者

2009.6

目 录

一 流体与流量基本常识	(1)
1. 什么是流体?	(1)
2. 流体的物理参数有哪些?	(1)
3. 什么是流体的密度?	(1)
4. 温度和压力对流体的密度有何影响?	(2)
5. 密度的单位有哪些?	(2)
6. 液体的密度是怎样计算的?	(3)
7. 气体的密度是怎样计算的?	(4)
8. 什么是流体的黏度?	(4)
9. 温度和压力对流体的黏度有何影响?	(5)
10. 流体的黏度有哪几种?	(5)
11. 什么是动力黏度?	(5)
12. 动力黏度的单位有哪些?	(6)
13. 什么是运动黏度?	(6)
14. 运动黏度的单位有哪些?	(7)
15. 什么是恩氏黏度?	(7)
16. 恩氏黏度与运动黏度的关系是什么?	(8)
17. 常温下蒸馏水的黏度是多少?	(8)
18. 常温常压下常用气体的黏度是多少?	(9)

19. 什么是流体的压缩性?	(9)
20. 什么是流体的膨胀性?	(10)
21. 什么是层流和紊流?	(11)
22. 什么是雷诺数?	(11)
23. 什么是管道的速度分布?	(12)
24. 什么是平均流速?	(12)
25. 什么是伯努利方程?	(12)
26. 什么是空化和空蚀?	(13)
27. 什么是流量?	(14)
28. 什么是体积流量?	(14)
29. 什么是质量流量?	(14)
30. 体积流量与质量流量如何进行换算?	(15)
31. 什么是定常流?	(15)
32. 什么是非定常流?	(15)
33. 什么是瞬时流量?	(15)
34. 什么是累积流量?	(15)
35. 流量单位有哪些?	(16)
36. 各种流量单位是怎样进行换算的?	(16)

二 流量计常识

37. 什么是流量计?	(17)
38. 什么是标准流量计?	(17)
39. 什么是流量计的一次装置?	(17)
40. 什么是流量计的二次装置?	(17)
41. 什么是流量计的测量管?	(17)
42. 什么是体积流量计?	(18)

43. 什么是质量流量计?	(18)
44. 什么是流量计的流量范围?	(18)
45. 什么是流量计的量程?	(18)
46. 什么是流量计的量程比?	(18)
47. 什么是流量计的特性曲线?	(18)
48. 什么是流量计的仪表系数?	(19)
49. 什么是流量计的流出系数?	(19)
50. 什么是流量系数?	(19)
51. 什么是流量计的压力损失?	(20)
52. 什么是流量计的线性度?	(20)
53. 什么是流量计的重复性?	(20)
54. 什么是流量计的准确度?	(21)
55. 什么是流量计的绝对误差?	(21)
56. 什么是流量计的相对误差?	(21)
57. 什么是流量计的引用误差?	(21)
58. 什么是流量计的基本误差?	(21)
59. 什么是流量计的附加误差?	(22)
60. 流量计是怎样进行分类的?	(22)
61. 什么是容积式流量计?	(23)
62. 什么是速度式流量计?	(23)
63. 什么是差压式流量计?	(23)
64. 什么是质量式流量计?	(24)
65. 流量计量与流量计所应用的领域有哪些?	(24)
66. 流量计量在应用领域的最大特点是什么?	(25)

三 浮子流量计 (26)

- 67. 什么是浮子流量计? (26)
- 68. 什么是转子流量计? (26)
- 69. 浮子流量计的工作原理是什么? (27)
- 70. 浮子流量计是如何进行分类的? (28)
- 71. 浮子流量计按锥管材料分为几种? (28)
- 72. 什么是玻璃浮子流量计? (29)
- 73. 什么是金属管浮子流量计? (29)
- 74. 浮子流量计按输出信号可分为哪两类? (32)
- 75. 浮子流量计按被测流体可分为哪两类? (32)
- 76. 什么是浮子流量计的刻度换算? (33)
- 77. 什么是浮子流量计的量程换算? (34)
- 78. 浮子流量计有哪些特点? (34)
- 79. 浮子流量计在选型中应注意什么? (35)
- 80. 浮子流量计在安装,使用中应注意什么? (36)
- 81. 浮子流量计在订货中应注意什么? (37)

四 涡轮流量计 (39)

- 82. 什么是涡轮流量计? (39)
- 83. 涡轮流量计的结构和工作原理是什么? (40)
- 84. 涡轮流量计的流量与信号脉冲频率的关系
是什么? (41)
- 85. 涡轮流量计主要部件的作用是什么? (41)
- 86. 涡轮流量计的分类有哪几种方式? (42)
- 87. 涡轮流量计有哪些特点? (43)

88. 涡轮流量计的安装应注意什么？	(44)
89. 涡轮流量计在使用中应注意什么？	(44)
90. 涡轮流量计在选型中应注意什么？	(45)
91. 涡轮流量计在订货中应注意什么？	(45)

五 涡街流量计

92. 什么是涡街流量计？	(47)
93. 什么是卡门涡街？	(48)
94. 涡街流量计的工作原理是什么？	(48)
95. 什么是斯特罗哈系数 S_r ？	(49)
96. 涡街流量计对测量流体有什么要求？	(50)
97. 涡街流量计主要部件的作用是什么？	(50)
98. 涡街流量计的分类有哪几种方法？	(52)
99. 涡街流量计的主要技术指标有哪些？	(53)
100. 涡街流量计的压力损失如何计算？	(54)
101. 涡街流量计在安装中应注意什么？	(54)
102. 涡街流量计在使用中应注意什么？	(57)
103. 涡街流量计在选型中应注意什么？	(57)
104. 涡街流量计在订货中应注意什么？	(59)

六 电磁流量计

105. 什么是电磁流量计？	(60)
106. 电磁流量计的主要用途是什么？	(60)
107. 电磁流量计的结构、组成及作用是什么？	(61)

108. 电磁流量计的主要特点有哪些？	(61)
109. 什么是法拉第电磁感应定律？	(63)
110. 电磁流量计的工作原理是什么？	(63)
111. 什么是电磁流量计的励磁方式？	(65)
112. 电磁流量传感器的组成和作用是什么？	(65)
113. 电磁流量转换器的主要性能是什么？	(66)
114. 电磁流量计的分类方法有哪些？	(67)
115. 电磁流量计在选型中应注意什么？	(68)
116. 电磁流量计在安装中应注意什么？	(70)
117. 电磁流量计在使用和维修中应注意什么？	(71)
118. 电磁流量计在订货中应注意什么？	(71)

七 超声波流量计

119. 什么是超声波流量计？	(73)
120. 超声波流量计的主要结构有哪些？	(73)
121. 超声波流量计的主要特点有哪些？	(74)
122. 超声波流量计的测量原理是什么？	(74)
123. 什么是时差法测量？	(75)
124. 什么是相位差测量法？	(76)
125. 什么是频率差测量法？	(76)
126. 什么是多普勒效应？	(77)
127. 什么是多普勒超声流量计？	(77)
128. 多普勒超声流量计的工作原理是什么？	(78)
129. 多普勒流量计的使用特点有哪些？	(78)
130. 超声波流量计在安装中应注意什么？	(79)

131. 超声波流量计在使用中应注意什么？	(80)
八 质量流量计	(81)
132. 质量流量计按测量方式分为哪两大类？	(81)
133. 什么是科里奥利质量流量计？	(82)
134. 科里奥利质量流量计的工作原理是什么？	(82)
135. 科里奥利质量流量计有哪几种型式？	(84)
136. 科里奥利质量流量计有哪些特点？	(85)
137. 科里奥利质量流量计在安装中应注意什么？	(85)
138. 科里奥利质量流量计在使用中应注意什么？	(86)
139. 什么是热式质量流量计？	(86)
140. 热式质量流量计有什么特点？	(86)
141. 热式质量流量计按结构原理可分为几种？	(87)
142. 什么是托马斯流量计？	(87)
143. 托马斯流量计的工作原理是什么？	(87)
144. 质量流量计在订货中应注意什么？	(89)
九 流量标准装置	(90)
145. 什么是流量量值传递？	(90)
146. 什么是液体流量计量器具检定系统表？	(90)
147. 什么是国家液体流量基准器具？	(90)
148. 什么是液体流量计量标准器具？	(91)
149. 什么是液体流量工作计量器具？	(92)
150. 什么是液体流量标准装置？	(92)

151. 什么是气体流量标准装置?	(93)
152. 什么是钟罩式气体流量标准装置?	(93)
153. 什么是皂膜式气体流量标准装置?	(94)
154. 什么是液体置换系统?	(95)
155. 什么是流体量值传递比较法?	(95)
156. 什么是流量量值传递间接测量法?	(95)
157. 什么是标准表法?	(95)
十 流量计的检定	(96)
158. 各种流量计的检定规程是什么?	(96)
159. 浮子流量计的检定项目有哪些?	(96)
160. 浮子流量计的允许误差和回差是怎样规定的? ...	(97)
161. 浮子流量计的检定点是怎样规定的?	(97)
162. 浮子流量计的检定环境条件有什么要求?	(97)
163. 浮子流量计检定用设备有哪些?	(97)
164. 浮子流量计的示值误差检定方法有哪些?	(98)
165. 浮子流量计检定中示值误差的计算方法 是怎样进行的?	(99)
166. 浮子流量计的外观检查有什么要求?	(99)
167. 浮子流量计的读数位置有什么规定?	(100)
168. 涡街流量计的检定项目有哪些?	(100)
169. 涡街流量计的允许误差是怎样规定的?	(100)
170. 涡街流量计的检定点及检定次数 是怎样规定的?	(101)
171. 涡街流量计的检定环境条件有什么要求?	(101)
172. 涡街流量计检定对检定用流量标准装置	

有什么要求?	(102)
173. 涡街流量计检定时对检定用流体有什么要求?	(102)
174. 涡街流量计检定时对外观检查	
有什么要求?	(102)
175. 涡街流量计检定时对流量计的安装	
有什么要求?	(103)
176. 涡街流量计示值检定程序有哪些?	(103)
177. 电磁流量计的检定项目有哪些?	(104)
178. 电磁流量计的允许误差是	
怎样规定的?	(104)
179. 电磁流量计的检定流量点及检定次数是	
怎样规定的?	(104)
180. 电磁流量计的检定环境条件有什么要求?	(105)
181. 电磁流量计检定对检定用流量标准装置	
有什么要求?	(105)
182. 电磁流量计检定时对检定用流体有什么要求?	(105)
183. 电磁流量计检定时对外观检查有什么要求?	(106)
184. 电磁流量计在检定中对流量计的安装	
有什么要求?	(106)
185. 电磁流量计示值检定程序有哪些?	(107)
186. 超声波流量计的检定项目有哪些?	(107)
187. 超声波流量计的最大允许误差是怎样规定的?	(108)
188. 超声波流量计的检定流量点及检定次数	
是怎样规定的?	(108)
189. 超声波流量计的检定环境条件有什么要求?	(108)
190. 超声波流量计检定对检定用流量标准装置	

有什么要求？	(109)
191. 超声波流量计检定时对检定用流体	
有什么要求？	(109)
192. 超声波流量计检定时对外观检查有什么要求？	(109)
193. 超声波流量计检定时对流量计的安装	
有什么要求？	(110)
194. 超声波流量计示值检定程序有哪些？	(110)
195. 质量流量计的基本误差是怎样规定的？	(111)
196. 质量流量计的检定流量点和检定次数	
是怎样规定的？	(111)
197. 质量流量计的检定设备有哪些？	(112)
198. 质量流量计检定用介质有什么要求？	(112)
199. 质量流量计的检定方法有哪些？	(112)
200. 各种流量计的检定周期是多少？	(113)
附录	(114)
附表 1 各种流量仪表的生产制造标准名称及代号 ...	(114)
附表 2 各种流量仪表的国家检定规程名称及代号 ...	(115)
附表 3 液体流量计量器具检定系统表框图	(116)
附表 4 不同公称通径下的流速与流量对照表	(117)
附表 5 体积流量单位换算表	(118)
附表 6 质量流量单位换算表	(119)
附表 7 部分流量仪表生产厂商及主要流量仪表	
产品一览表	(120)
参考文献	(122)

一 流体与流量基本常识

1. 什么是流体？

流体是气体和液体的总称。

流体是由大量的、不断地作热运动而且无固定平衡位置的分子构成的，它的基本特征是没有一定的形状和具有流动性。

在人们的生活和生产活动中，随时都可以遇到流体，其中大气和水是最常见的流体。如人类生存的地球被厚厚的大气层（气体）包围着，而地球表面的 70% 的面积是水面（液体）。

2. 流体的物理参数有哪些？

在流体测量中，在对流量进行计算，对节流装置进行设计，对体积流量和质量流量进行换算，对流量仪表进行选型中，均要用到反映流体属性的物理参数。这些参数均与温度、压力、流量有关。

流体的常用参数有以下几种：

- (1) 流体的密度；
- (2) 流体的黏度；
- (3) 流体的压缩性与膨胀性；
- (4) 液体的等熵指数；
- (5) 流体的比热容。

3. 什么是流体的密度？

流体的密度是指单位体积内所含流体的质量，一般用 ρ



表示。

流体的密度 ρ 可用式(1-1)表示:

$$\rho = m/V \tag{1-1}$$

式中 ρ ——流体密度, kg/m^3 ;

m ——流体质量, kg ;

V ——流体体积, m^3 。

4. 温度和压力对流体的密度有何影响?

各种流体的密度都随温度和压力的变化而变化,但是:

(1) 对于液体,压力对密度的影响很小,小到可以不考虑压力的变化,工程上往往将液体视为不可压缩的流体。

(2) 对于气体,温度和压力对其密度的影响很大,而在表明气体密度时,必须严格说明气体所处的温度和压力状态。

5. 密度的单位有哪些?

密度的国际单位制单位(SI 单位)是千克每立方米(kg/m^3),常用的单位(包括一些特定的和进口仪表中常用的非法定计量单位)还有:克每立方厘米(g/cm^3),克每毫升(g/ml),磅每立方英寸(lb/in^3),磅每立方英尺(lb/ft^3),磅每美加仑(lb/USgal)等。其中克每立方厘米(g/cm^3) = 克每毫升(g/ml)。

表 1-1 是常用密度单位换算表。

表 1-1 常用的密度单位换算表

名称	符号	kg/m^3	g/cm^3	lb/in^3	lb/ft^3	lb/USgal
千克每立方米	kg/m^3	1	0.001	3.613×10^{-5}	6.24×10^{-2}	8.345×10^{-6}
克每立方厘米	g/cm^3	1000	1	3.613×10^{-2}	62.4	8.345

续表

名称	符号	kg/m ³	g/cm ³	lb/in ³	lb/ft ³	lb/USgal
磅每立方英寸	lb/in ³	27 679.9	27.68	1	1 728	231
磅每立方英尺	lb/ft ³	16.018 5	0.016	5.787×10^{-4}	1	0.134
磅每美加仑	lb/USgal	119.826	0.119 8	4.33×10^{-3}	7.48	1

6. 液体的密度是怎样计算的？

液体的密度计算方法分两种情况：一种是压力不变时，液体的密度随温度变化而变化；另一种是温度不变时，液体的密度随压力变化而变化。

(1) 当压力不变，而温度变化时，液体的密度可用式(1-2)进行计算。

$$\rho_t = \rho_{20} [1 - \alpha(t - 20)] \quad (1-2)$$

式中 ρ_t ——温度为 t 时，液体的密度，kg/m³；

ρ_{20} ——温度为 20℃ 时，液体的密度，kg/m³；

α ——液体的温度膨胀系数，1/℃。

(2) 当温度不变，而压力变化时，液体的密度可用式(1-3)进行计算。

$$\rho_p = \rho_0 [1 - k(p_0 - p)] \quad (1-3)$$

式中 ρ_p ——压力为 p 时，液体的密度，kg/m³；

ρ_0 ——压力为 p_0 时，液体的密度，kg/m³；

k ——液体的体积压缩系数，1/MPa。

一般来说，压力的变化对液体密度的影响很小，在 5MPa 以下可以忽略不计。

7. 气体的密度是怎样计算的?

气体密度的计算也分为两种情况:一种是干气体的密度;另一种是湿气体的密度。

湿气体是指有些气体与水蒸气混合的气体,其中水蒸气的含量多少又引用了湿度的概念。

本问中只介绍干气体的密度计算方法。

干气体在常温常压下可用理想气体公式进行计算。

对于高压低温时的实际气体密度,则不能简单地用理想气体定律来计算,而须增加一个气体压缩系数予以修正,其密度计算公式为式(1-4)。

$$\rho = \rho_n \frac{p}{p_n} \frac{T_n}{T} \frac{Z_n}{Z} \quad (1-4)$$

式中 ρ ——工作状态下,干气体的密度, kg/m^3 ;

ρ_n ——标准状态下(293.15K, 10132kPa),干气体的密度, kg/m^3 ;

p ——工作状态下气体的绝对压力, kPa;

p_n ——标准状态下气体的绝对压力, 10132kPa;

T ——工作状态下气体的热力学温度, K;

T_n ——标准状态下气体的热力学温度, K;

Z ——工作状态下气体的压缩系数;

Z_n ——标准状态下气体的压缩系数。

8. 什么是流体的黏度?

流体在流动时,由于流体分子之间的内聚力作用,会造成分子相对运动,并形成内摩擦力。这种由于流体流动产生的内摩擦力的性能称之为黏度。

黏度就是用来度量流体内摩擦力大小的参数。

9. 温度和压力对流体的黏度有何影响?

流体的黏度是温度和压力的函数,即流体的黏度与温度和压力有关,当温度和压力发生变化时,流体的黏度也会发生变化。

(1) 对液体来说,其黏度随温度的上升而下降,而压力的变化对黏度的影响较小;

(2) 对气体来说,其黏度随温度的上升而上升,随压力的增大而增大。

10. 流体的黏度有哪几种?

流体的黏度有 3 种表示方式:

(1) 动力黏度(η);

(2) 运动黏度(γ);

(3) 恩氏黏度($^{\circ}E$)。

常用的是动力黏度和运动黏度两种。

11. 什么是动力黏度?

动力黏度又称为绝对黏度。

动力黏度可用牛顿内摩擦定律表示,即当流体流动时,流层之间发生相对滑移而产生内摩擦力与流体流层间的速度梯度,流层接触面积及流体本身的动力黏度有关。

动力黏度的数学表达式为:

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{du}{dh}} \quad (1-5)$$

式中 η ——动力黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

τ ——单位面积上的内摩擦力, Pa ;

u ——流体流动速度, m/s ;

h ——流体流层间距, m ;

$\frac{du}{dh}$ ——流层间速度梯度,1/s。

12. 动力黏度的单位有哪些？

我国动力黏度的法定单位是帕斯卡秒(Pa·s),也可用牛顿秒每平方米(N·s/m²)表示,其他常用的单位(包括常用的非法定计量单位)有:泊(P),厘泊(cP),千克力秒每平方米(kgf·s/m²),磅力秒每平方英尺(lbf·s/ft²)等。表1—2是常用的动力黏度单位换算表。

表 1—2 常用的动力黏度单位换算表

名称	符号	Pa·s	P	cP	kgf·s/m ²	lbf·s/ft ²
帕斯卡秒	Pa·s	1	10	1 000	0.102	20.9×10 ⁻³
泊	P	0.1	1	100	0.012	2.09×10 ⁻³
厘泊	cP	0.001	0.01	1	1.02×10 ⁻⁴	2.09×10 ⁻⁵
千克力秒每平方米	kgf·s/m ²	9.807	98.067	9 806.65	1	0.205
磅力秒每平方英尺	lbf·s/ft ²	47.88	478.8	47 880	4.88	1

13. 什么是运动黏度？

由于流体的黏度与流体的密度有关,而运动黏度就是将动力黏度与流体密度比值作为黏度的一种表示形式。

运动黏度的数学表达式为：

$$\gamma = \frac{\eta}{\rho} \tag{1-6}$$

式中 γ ——运动黏度,m²/s;
 η ——动力黏度,Pa·s;
 ρ ——流体的密度,kg/m³。



14. 运动黏度的单位有哪些？

运动黏度的 IS 单位为二次方米每秒(m^2/s)。其他常用的单位(包括常用的非法定计量单位)有:斯托克斯(St),厘斯托克斯(cSt)简称厘斯,二次方英寸每秒(in^2/s),二次方英尺每秒(ft^2/s)等。

表 1—3 为常用的运动黏度单位换算表。

表 1—3 常用运动黏度单位换算表

名称	符号	m^2/s	St	cSt	in^2/s	ft^2/s
二次方 米每秒	m^2/s	1	1×10^4	1×10^6	1.55×10^3	10.76
斯 托 克斯	St	1×10^{-4}	1	100	0.155	1.076×10^{-3}
厘斯托 克斯	cSt	1×10^{-6}	0.01	1	1.55×10^{-3}	1.076×10^{-5}
二次方 英寸每秒	in^2/s	6.45×10^{-4}	6.45	645	1	6.94×10^{-3}
二次方 英尺每秒	ft^2/s	9.29×10^{-2}	929	9.29×10^4	144	1

15. 什么是恩氏黏度？

由于动力黏度和运动黏度难以直接进行测量,通常仅用于理论分析和计算。

恩氏黏度是实验室用恩氏黏度计直接测量的流体黏度。

恩氏黏度的定义是:流过恩格勒黏度计所用的时间 t 和在温度为 20°C 时,同体积的蒸馏水流过恩氏流量计所用时间 t_0 的比值。

恩氏黏度可用式(1-7)表示:

$$^\circ E = t/t_0 \tag{1-7}$$



式中 $^{\circ}E$ ——恩氏黏度；
 t ——200ml 温度为 20°C 的流体流过恩氏黏度计所用的时间, s；
 t_0 ——200ml 温度为 20°C 的蒸馏水 流过恩氏黏度计所用的时间, s。

16. 恩氏黏度与运动黏度的关系是什么？

恩氏黏度与运动黏度的关系可用下列公式表示：

$$E_t = 135 \times 10^3 \gamma_t \tag{1-8}$$

$$\gamma_t = 7.41 \times 10^{-6} E_t \tag{1-9}$$

式中 E_t ——温度为 t 时的恩氏黏度；
 γ_t ——温度为 t 时的运动黏度, m^2/s 。

17. 常温下蒸馏水的黏度是多少？

为了对液体的黏度有一个量级的概念,表 1—4 中列出了常压下蒸馏水的动力黏度和运动黏度值。

表 1—4 常压下蒸馏水的黏度 ($p = 101.325\text{Pa}$)

温度($^{\circ}\text{C}$)	动力黏度		运动黏度	
	($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	(cP)	(m^2/s)	(cSt)
10	1.307×10^{-3}	1.307	1.307×10^{-6}	1.307
20	1.002×10^{-3}	1.002	1.004×10^{-6}	1.004
30	0.797×10^{-3}	0.797	0.801×10^{-6}	0.801
40	0.653×10^{-3}	0.653	0.658×10^{-6}	0.658
50	0.548×10^{-3}	0.548	0.554×10^{-6}	0.554
60	0.467×10^{-3}	0.467	0.475×10^{-6}	0.475
70	0.404×10^{-3}	0.404	0.413×10^{-6}	0.413
80	0.355×10^{-3}	0.355	0.365×10^{-6}	0.365

续表

温度(℃)	动力黏度		运动黏度	
	(Pa·s)	(cP)	(m ² /s)	(cSt)
90	0.315×10 ⁻³	0.315	0.326×10 ⁻⁶	0.326
100	0.282×10 ⁻³	0.282	0.295×10 ⁻⁶	0.295

18. 常温常压下常用气体的黏度是多少？

为了对气体的黏度有一个量级的概念,表 1—5 中列出了常温常压下常用气体的黏度值。

表 1—5 常温常压下常用气体的黏度值($t = 20^{\circ}\text{C}$, $p = 101.325\text{Pa}$)

气体名称	黏度/Pa·s	气体名称	黏度/Pa·s	气体名称	黏度/Pa·s
空气	18.1×10 ⁻⁶	Cl ₂	13.2×10 ⁻⁶	NO	18.8×10 ⁻⁶
N ₂	16.6×10 ⁻⁶	CO	17.7×10 ⁻⁶	HCl	14.3×10 ⁻⁶
O ₂	20.3×10 ⁻⁶	CO ₂	13.8×10 ⁻⁶	H ₂ S	12.4×10 ⁻⁶
H ₂	8.8×10 ⁻⁶	SO ₂	11.6×10 ⁻⁶	C ₂ H ₆	9.2×10 ⁻⁶
He	19.6×10 ⁻⁶	N ₂ O	14.6×10 ⁻⁶	CH ₄	10.8×10 ⁻⁶

19. 什么是流体的压缩性？

流体的压缩性是指当作用在流体上的压力增加时,流体的体积将会缩小这一特性。

流体的压缩性太小可用压缩系数来表示。压缩系数是指当温度不变时,流体的体积随压力的变化而发生的相对变化率,可用式(1-10)表示:

$$\beta = -\frac{1}{V} = \frac{\Delta V}{\Delta p} \tag{1-10}$$

式中 β ——流体的体积压缩系数,1/Pa;

V ——流体的原体积,m³;

ΔV ——流体的体积变化量, m^3 ;

Δp ——作用在流体上的压力变化量, Pa 。

式中的负号“-”,表示压力增大时,流体的体积在缩小。

这里要指出两点:

(1)对于液体:只要压力不是太高,液体的体积压缩系数是非常小的,以致可被认为是不可压缩的流体。表 1—6 所列出 0°C 时水的体积压缩系数。

表 1—6 水的体积压缩系数(0°C)

压力 p ($\times 10^{-5} \text{Pa}$)	4.90	9.81	19.61	39.23	78.45
压缩系数 β ($\times 10^{-9} / \text{Pa}$)	0.539	0.537	0.531	0.523	0.515

(2)对于气体:气体有很大的压缩性。

在低压下,其体积的压缩与压力的增加基本成比例;

在高压下,其体积变化率越来越小,可用气体压缩系数来表征。

20. 什么是流体的膨胀性?

流体的膨胀性是指当流体的温度升高时,流体的体积将会增大这一特性。

流体的膨胀性大小可用膨胀系数来表示。膨胀系数是指当压力不变时,流体的体积随温度的变化而发生的相对变化率,可用式(1-11)表示:

$$\alpha = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (1-11)$$

式中 α ——流体的体积膨胀系数, $1/\text{K}$;

V ——流体的原体积, m^3 ;

ΔV ——流体的体积变化量, m^3 ;

ΔT ——流体的温度变化量, K 。

液体的膨胀系数也不大,表 1—7 给出的是水膨胀系数随温度和压力变化的情况。

表 1—7 水的膨胀系数(0℃)

压力 (MPa)	温度(K)				
	247 ~ 283	283 ~ 293	313 ~ 323	333 ~ 343	363 ~ 373
0.1	0.14×10^{-4}	1.50×10^{-4}	4.22×10^{-4}	5.56×10^{-4}	7.19×10^{-4}
1.0	0.43×10^{-4}	1.65×10^{-4}	4.22×10^{-4}	5.48×10^{-4}	7.04×10^{-4}
2.0	0.72×10^{-4}	1.83×10^{-4}	4.76×10^{-4}	5.39×10^{-4}	

21. 什么是层流和紊流?

由于实际流体都是具有黏性的,故流体在管道内流动时,一般有两种流动状态:一种是层流流动;另一种是紊流流动。

(1) 层流

层流流动是指管内流体的质点是分层运动,在流层面之间不发生混杂的流动。在层流流动中,黏性力起主要作用的流动。

(2) 紊流

紊流流动是指流体各质点在时间和空间上不规则地流动。在紊流流动中,惯性力起主要作用的流动。

22. 什么是雷诺数?

雷诺数是表示惯性力与黏性力之比的无量纲参数,可用式(1-12)表示:

$$Re = \frac{ul}{\gamma} \quad (1-12)$$

式中 Re ——雷诺数,无量纲;

u ——流体的平均流速, m/s;

l ——流束的特征尺寸, m;

γ ——工作状态下流体的运动黏度, m^2/s 。

当规定雷诺数时,应指明一个作为依据的尺寸,如管道的直径,皮托管测量头的直径等。如对于圆形管道,特征尺寸一般取管道直径 D ,这样雷诺数的计算公式可表示为:

$$Re = \frac{uD}{\gamma} \quad (1-13)$$

一般来说,当管道雷诺数 $Re \leq 2320$ 时,流体呈层流状态;当管道雷诺数 $Re > 2320$ 时,流体呈紊流状态。

23. 什么是管道的速度分布?

速度分布是指在管道横截面上,流体速度轴向分量的分布模式。

由于流体实际都具有黏性,这样便造成以下一般规律:

(1)越靠近管壁,由于流体与管壁的黏滞作用,流速越小,管壁上的流速为零;

(2)越靠近管中心,由于流体与管壁的黏滞作用越小,流速就越大,而管道中心的流速为最大。

24. 什么是平均流速?

平均流速是指管道横截面上的平均流速,其含意是当管道内流体以某一流速 $\bar{u}$ 均匀分布时,通过管道某截面的流量正好等于管道内流体以某一速度分布 $\bar{u}_x$ 时,通过该管道截面的流量。

平均流速在流量测量中是一个很重要的概念,如计算雷诺数及计算流量等,凡是要用到流速的地方几乎都是用平均流速来进行计算。

25. 什么是伯努利方程?

现代工业中对流量的测量,可采用各种各样的测量方法,而这不同的测量方法又基于不同的测量原理,其中对流量的测量就

是依据伯努利方程的原理进行测量的。

伯努利方程实际就是能量守恒定律在动力流体中的具体运用,可以证明,当无黏性正压流体在有势外力作用下做定常运动时,其总能量(位置势能、压力能和流体动能之和)沿流线是守恒的。

(1) 对于不可压缩的流体(液体),伯努利方程可简化成:

$$\frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = \text{常数} \quad (1-14)$$

或

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{常数} \quad (1-15)$$

式中 p ——液柱底面压力, Pa ;

ρ ——管道截面的平均密度, kg/m³ ;

u ——管道截面的平均流速, m/s ;

γ ——流体重度, N/m³ ;

g ——重力加速度, m/s²。

从式(1-15)可以看出,不可压缩流体在流动过程中,流速增加必然导致压力减小,相反,流速减小也必然导致压力的增大。

(2) 对于可压缩流体(气体),伯努利方程可用式(1-16)表达:

$$\frac{K}{K-1} \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = \text{常数} \quad (1-16)$$

式中 K ——重量热容比;

p, ρ, u ——同上。

26. 什么是空化和空蚀?

空化是流量工程中很重要的一类现象。

空化是指流体(液体)内局部压力下降时,液体内部或液固交界面上发生蒸气或气体的空穴(气穴)的形成,发展和溃灭的过程。水泵、水轮机、螺旋桨等工作时常会遇到空穴问题。

空蚀是指当空穴现象发生之后,由于液体转变成气体的过程中体积增大,压力又重新上升,蒸气凝结填满气穴,然后使气穴溃灭并发出猛烈噪声。空蚀会使液体流动失常,影响到流量计的测量结果,严重时还会损坏流量计。

27. 什么是流量?

流量是指流经管道横截面的流体数量与该量通过该截面所用的时间之比。

流量分为体积流量和质量流量两种。

28. 什么是体积流量?

体积流量是指流体数量用体积来表示的流量。

体积流量可用式(1-17)表示:

$$q_v = V/t = uA \quad (1-17)$$

式中 q_v ——体积流量, m^3/s ;

V ——单位流体体积, m^3 ;

t ——单位时间, s ;

u ——管内平均流速, m/s ;

A ——管道横截面积, m^2 。

29. 什么是质量流量?

质量流量是指流体数量用质量来表示的流量。

质量流量可用式(1-18)表示:

$$q_m = m/t = \rho uA \quad (1-18)$$

式中 q_m ——质量流量, kg/s ;

m ——单位流体质量, kg ;

ρ ——流体密度, kg/m^3 ;

t, u, A ——同式(1-16)。

30. 体积流量与质量流量如何进行换算？

体积流量和质量流量是可以进行相互换算的。

(1) 若已知流体的质量流量, 需换算成体积流量, 可用式 (1-19) 进行 :

$$q_v = q_m / \rho \quad (1-19)$$

式中 q_v ——体积流量, m^3/s ;

q_m ——质量流量, kg/s ;

ρ ——被测流体的密度, kg/m^3 。

(2) 若已知流体的体积流量, 需换算成质量流量, 可用式 (1-20) 进行 :

$$q_m = q_v \cdot \rho \quad (1-20)$$

31. 什么是定常流？

如果管道内的流量是恒定的, 不随时间变化而发生显著的变化, 我们称之为定常流(量)。

32. 什么是非定常流？

如果管道内的流量是波动的, 它随时间变化而发生明显或很大的变化, 我们称之为非定常流量。

33. 什么是瞬时流量？

单位时间内通过封闭管道或明渠有效截面流体的量。

34. 什么是累积流量？

在某一段时间间隔内(可以是一天、一周、一月、一年)流体流过封闭管道或明渠有效截面的累积量称为“累积流量”, 又称为总量。



通过将瞬时流量对时间积分可求得累积流量。

35. 流量单位有哪些？

流量单位分为体积流量单位和质量流量单位两种。

(1) 体积流量单位：

SI 单位制中为：立方米/秒(m^3/s)。

工程中常用的单位(包括常用的非法定计量单位)有：立方米/小时(m^3/h)，升/秒(L/s)，升/小时(L/h)，立方英尺/秒(ft^3/s)，立方英尺/小时(ft^3/h)，英加仑/秒(UKgal/s)，英加仑/小时(UKgal/h)。

(2) 质量流量单位：

SI 单位制中为：千克/秒(kg/s)。

工程中常用的单位(包括常用的非法定计量单位)有：千克/小时(kg/h)，吨/小时(t/h)，磅/秒(lb/s)，磅/小时(lb/h)，英吨/小时(UKton/h)。

36. 各种流量单位是怎样进行换算的？

各种常用的流量单位换算包括体积流量单位和质量流量单位的换算两种。其中体积流量单位的换算见附表5《体积流量单位换算表》；质量流量单位的换算见附表6《质量流量单位换算表》。



二 流量计常识

37. 什么是流量计？

用以测量流体流量的器具统称为流量计。

流量计通常由一次装置和二次装置组成。

流量计按其测量量不同又分为体积流量计和质量流量计。

38. 什么是标准流量计？

标准流量计是指准确度高,稳定性好,可作为其他工作流量计比对标准使用的流量计。

39. 什么是流量计的一次装置？

流量计的一次装置是指产生流量信号的装置。根据所采用的流量测量原理,一次装置可安装在管道内部,也可安装在管道外部。如电磁流量计的一次装置包括测量管,电极和电磁体;超声波流量计的一次装置包括测量管和超声波换能器。

40. 什么是流量计的二次装置？

流量计的二次装置是指接收来自一次装置的信号并转换,显示和传送从该信号得到流量值的装置。

41. 什么是流量计的测量管？

测量管是指在各方面都符合标准中的技术要求,而且其中装有流量测量装置的经过特殊加工的一段管道。

42. 什么是体积流量计?

用来测量流体体积流量的仪器仪表称为体积流量计。

常用的体积流量计有浮子流量计、涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计等。

43. 什么是质量流量计?

用来测量流体质量流量的仪器仪表称为质量流量计。

常用的质量流量计有科里奥利流量计、热式质量流量计等。

44. 什么是流量计的流量范围?

流量计的流量范围是指流量计在正常工作情况下,流量计由最小流量和最大流量所限定的范围,在该范围内能满足计量性能的要求。

45. 什么是流量计的量程?

流量计的量程是指流量计的最大流量和最小流量的代数差。

46. 什么是流量计的量程比?

流量计的量程比是指流量计的最大流量与最小流量的比值。

47. 什么是流量计的特性曲线?

流量计的特性曲线是指反映流量计的性能变化随流量变化而变化的曲线,常用的特性曲线有两种:

(1) 流量计的某些特性如流量系数 K , 仪表系数 α 与流量 q 或雷诺数 Re 的关系曲线;

(2) 流量计的测量误差与流量 q 或雷诺数 Re 的关系曲线。

48. 什么是流量计的仪表系数?

流量计的仪表系数 K 是指单位流体流过流量计时, 流量计发出的信号脉冲数, 或单位体积流量流过流量计时, 流量计发出的信号脉冲频率。

仪表系数 K 的计算公式为:

$$K = N/V = f/q_v \quad (2-1)$$

式中 K ——流量计仪表系数, $1/\text{m}^3$ 或 $1/\text{L}$;

N ——流量计发出的脉冲数, 次;

V ——通过流量计的流体体积, m^3 ;

f ——流量计发出的脉冲频率, Hz ;

q_v ——通过流量计的体积流量, m^3/s 。

仪表系数 K 是频率脉冲型流量计的流量特性的主要参数。

49. 什么是流量计的流出系数?

流量计的流出系数 C 是指就不可压缩流体而言, 通过节流装置的实际流量与理论流量的比值。

流出系数 C 可用式(2-2)表示:

$$C = q_m/q_{m_t} \quad (2-2)$$

式中 C ——流出系数;

q_m ——实际质量流量, kg/s ;

q_{m_t} ——理论质量流量, kg/s 。

流量计的实际流量可通过流量标准器测得, 理论流量可通过相应的公式计算算出。

50. 什么是流量系数?

流量系数是指流出系数与渐进速度系数的乘积, 可用式(2-3)表示。

$$\alpha = CE \quad (2-3)$$

式中 α —— 流量系数;
 C —— 流出系数;
 E —— 渐进速度系数。

流量系数也可通过查表的方式得到。

51. 什么是流量计的压力损失?

流量计的压力损失是指由于管道中存在一次装置,而产生的不可恢复的压力降。

流量计的压力损失会造成能量的消耗,这是表征流量计性能的一重要参数,也是越来越受到人们重视而成为流量仪表选型的重要指标之一。

52. 什么是流量计的线性度?

流量计的线性度是指在流量范围内的流量特性曲线与规定直线的一致程度。

线性度可用式(2-4)表示:

$$\delta = \pm \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_{\max} + K_{\min}} \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 δ —— 线性度;

$K_{\max}$ —— 流量范围内各测量点中仪表系数的最大值;

$K_{\min}$ —— 流量范围内各测量点中仪表系数的最小值。

53. 什么是流量计的重复性?

流量计的重复性是指在相同的条件下(指相同的测量仪器,相同的测量方法和相同的测量人员),对同一台流量计进行多次测量结果的一致程度。

重复性表示多次测量值的分散程度。



54. 什么是流量计的准确度?

流量计的准确度表示流量计的测量结果与真值之间的一致程度。

仪表的准确度越高,表示测量结果越接近真值。

55. 什么是流量计的绝对误差?

流量计的绝对误差又称测量误差,或简称误差。

绝对误差为测量值与真值之差,它有正负号之分,可用式(2-5)表示:

$$\text{绝对误差} = \text{测量值} - \text{真值} \quad (2-5)$$

说明:一般将从流量标准装置上读取的数值作为真值。

56. 什么是流量计的相对误差?

相对误差是绝对误差与真值之比的百分数。

相对误差可用式(2-6)表示:

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\% \quad (2-6)$$

57. 什么是流量计的引用误差?

引用误差是绝对误差与测量上限之比的百分数。

引用误差可用式(2-7)表示:

$$\text{引用误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{测量上限}} \times 100\% \quad (2-7)$$

58. 什么是流量计的基本误差?

流量计的基本误差是指流量计在正常工作条件下所允许的误差,又称允许误差。

流量计的基本误差采用引用误差表示,可用式(2-8)进行

计算：

$$\text{基本误差} = \text{量程} \times (\pm \text{精度等级}\%) \quad (2-8)$$

59. 什么是流量计的附加误差？

流量计的附加误差是指流量仪表在非正常工作条件下使用时所增加的测量误差。

所谓非正常工作条件如流体分布畸变、多相流、非牛顿流体和非定常流等。

60. 流量计是怎样进行分类的？

随着工业生产的发展，对流量测量的准确度和范围的要求越来越高，流量测量技术日新月异。为了适应各种用途，各种类型的流量计相继问世。目前已投入使用的流量计已超过 100 种。

根据不同的原则，可有不同的分类方法，如可按测量原理进行分类，也可按测量目的和测量方法进行分类，还可按仪表结构和仪表用途进行分类等。

目前比较流行和广泛的分类法，即按流量计的测量原理将流量计分为以下四大类：

- (一) 容积式流量计；
- (二) 速度式流量计；
- (三) 差压式流量计；
- (四) 质量式流量计。

而在目前工业生产和测量控制中使用最多，最广泛的流量计有以下 6 种：

- (1) 浮子流量计(属类差压式流量计)；
- (2) 涡轮流量计(属类速度式流量计)；
- (3) 涡街流量计(属类速度式流量计)；
- (4) 电磁流量计(属类速度式流量计)；

(5) 超声波流量计(属类速度式流量计);

(6) 质量流量计(属类质量式流量计)。

本书中主要介绍的就是以上 6 种使用最广泛流量计。

61. 什么是容积式流量计?

容积式流量计是利用机械测量元件把流体连续不断地分割成已知体积,并重复不断地进行充满和排放该体积部分的流量,而累计计算出流量总量的流量仪表。

它类似于人们日常生活中“勺子舀水”的原理,即用一具有一定容量的小容器(或叫小计量器)来反复不断地计量流体的体积。

容积式流量计具有对上游流速分布不敏感,可用于高黏度流体测量并可直接得到流体累计流量。

容积式流量计可广泛用于石油类流体(如原油、气油、柴油等),饮料类流体(如饮料、酒类、食用油类等),气体(如天然气、煤气等)和水的流量测量。

常用的容积式流量计有腰轮流量计,活塞式流量计,刮板型流量计等。

62. 什么是速度式流量计?

速度式流量计是利用测量管道内介质的流动速度来达到对流量测量的仪表。这也是目前使用最多的流量仪表。

常用的速度式流量计有涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声流量计等。

63. 什么是差压式流量计?

差压式流量计(简称 DPF)是根据差压原理进行流量测量的流量计。差压式流量计一般由节流装置和差压计组成。

常用的差压式流量计有孔板流量计,文丘里管流量计,均速管流量计等。

64. 什么是质量式流量计?

质量式流量计是用于测量流过某一横截面的流体的质量流量的流量计。

质量式流量计一般分为直接式质量流量计和间接式质量流量计。

(1)直接式质量流量计:指能直接测量出流体质量流量的流量计,如科里奥利式质量流量计、热式质量流量计等。

(2)间接式质量流量计:指需先测出流体的流速(或体积流量)与密度,再通过计算得到质量流量的流量计。

65. 流量计量与流量计所应用的领域有哪些?

流量计量与流量计广泛应用于下列领域。

(1)过程控制

流量同压力、温度、物位统称为过程控制四大参数。人们通过对这些参数的测量来实现对生产过程的监视和控制。这对保证生产过程中的安全经济的运行,保证产品质量,降低物资消耗,提高经济效益及实现科学管理,起着十分重要的作用。

(2)能源计量

在能源工业如从石油和天然气的开采、储运、贸易销售等各环节都离不开流量计量。

(3)贸易结算

在对石油、天然气、成品油、液化石油气、氢气、氮气、蒸气、水的流量计量中,大部分是用于贸易结算,其准确性直接关系到交



易双方的经济利益。

(4) 环境保护领域

对污染大气的烟尘及温室气体的测量,对排放的污水、废液的测量,都是环保监测的重要手段,也是作为环保治理成效的重要依据。

除了以上领域的应用,流量计量在医疗卫生、现代农业、水利建设、管道输送、生物工程、航空航天及国防军事等领域都有广泛的应用。

66. 流量计量在应用领域的最大特点是什么?

流量同压力、温度和物位虽同为过程控制的四大参数,但流量计量同压力、温度、物位相比,在使用领域,其最大特点就是更多、更广泛地用于贸易结算方面。

三 浮子流量计

67. 什么是浮子流量计?

浮子流量计又名转子流量计。

浮子流量计在测量过程中,节流件(又称浮子)前后的压降始终保持不变,而流通面积是随着流量大小而改变,因此浮子流量计又叫恒压降流量计。在美国,日本常称为变面积流量计。

流量的大小(数值)是利用浮子的位置读数得到。

浮子流量计具有悠久的历史,早在20世纪初,世界上就出现了浮子流量计产品,我国20世纪50年代后期开始生产玻璃浮子流量计。

浮子流量计具有结构简单,刻度直观,使用维护方便,压损小而又恒定压降等优点,而被广泛应用于工业流量测量领域。

浮子流量计可用于气体和液体的流量测量。

68. 什么是转子流量计?

浮子流量计又名转子流量计。

根据浮子流量计的工作原理,早期采用的方法是在浮子上开几条斜的槽沟,流体流经浮子时,作用在斜槽上的力使浮子绕流束中心旋转,以保持浮子工作时,居中而稳定。这样,由于流量计工作时,浮子是转动的,故称为“转子流量计”。

另一种方法是在浮子中心加一导向杆或使用带棱筋的玻璃锥管起导向作用,使浮子只能在锥管中心上下运动,保持浮子的工作稳定。这种流量计在工作中,浮子并不转动,但习惯上还是

称为“转子流量计”。

69. 浮子流量计的工作原理是什么？

浮子流量计的结构主要是由一个扩口向上的锥形管和一个置于锥形管中的,可以上下移动的浮子组成,如图 3-1 所示。

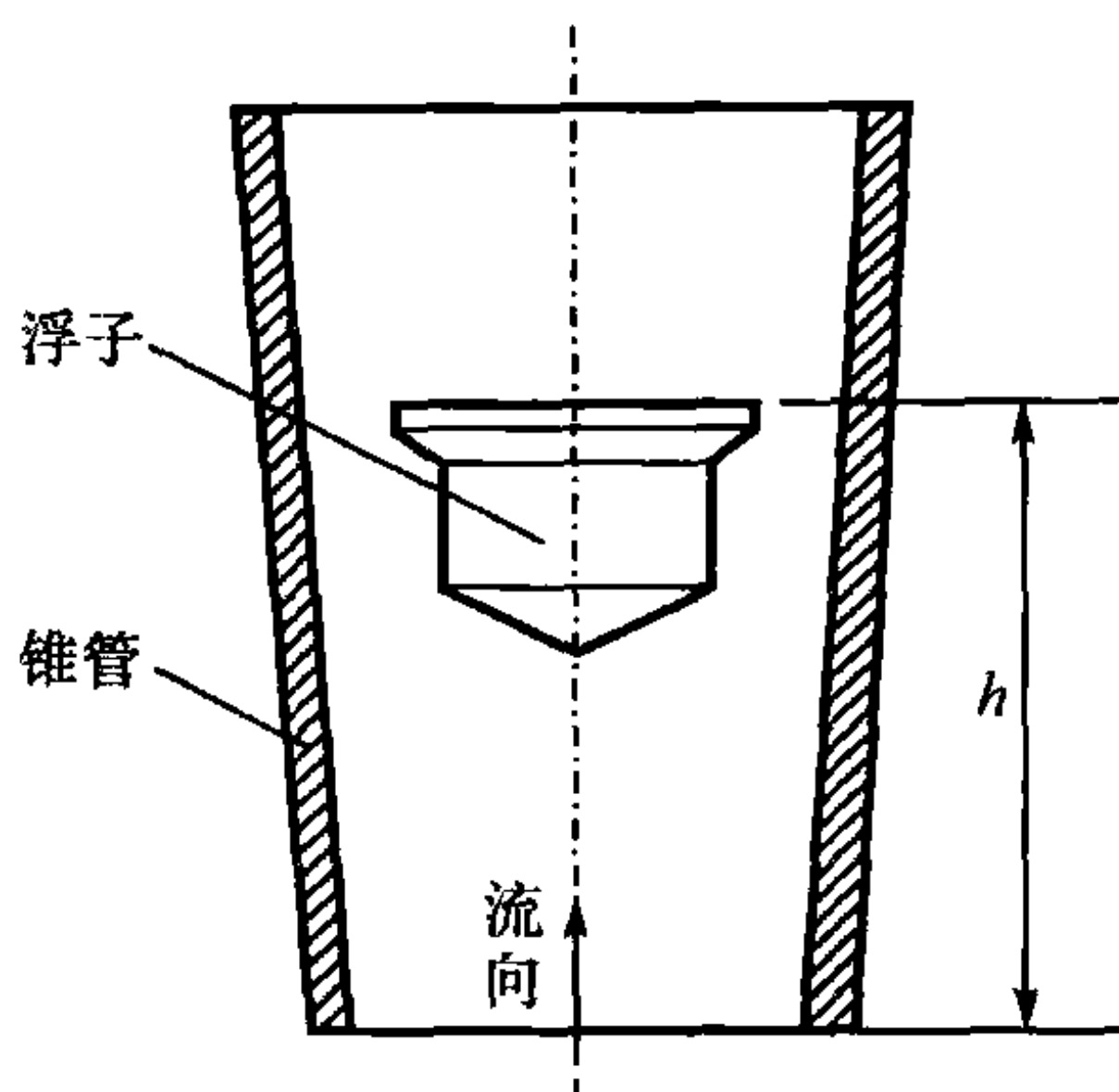


图 3-1

锥形管的两端为螺纹或法兰,将流量计垂直安装在测量管路中,在流体自下而上地流过流量计时,流体推动浮子上下运动。在工作稳定时,浮子悬浮的高度 h 与通过流量计的体积流量 Q_v 之间有一定的比例关系。这样,根据浮子在锥形管中的位置(见刻度),就可以直接读出通过流量计的流量值(Q_v)。

为了使浮子在锥形管中上下移动时,不至于碰到管壁,可采用以下两种方法:

(1) 在浮子上开几条斜槽沟,当流体流经浮子时,作用在斜槽沟上的力,能使浮子绕束流中心旋转,以保持浮子工作时居中和稳定。

(2) 在浮子中心加一导向杆,或使用带棱筋的玻璃锥管起导向作用,使浮子只能在锥形管中心线上下运动,保持浮子工作

稳定。

70. 浮子流量计是如何进行分类的？

浮子流量计可从不同的角度进行分类,如

- (1) 按锥管材料可分为:透明管浮子流量计(玻璃管浮子流量计)和金属管浮子流量计;
- (2) 按信号输出可分为:就地指示型和远传信号输出型,后者又分为电远传和气远传两种;
- (3) 按被测流体可分为:液体用浮子流量计、气体用浮子流量计和蒸气用浮子流量计;
- (4) 按被测流体通过浮子流量计的量可分为:全流型浮子流量计和分流型浮子流量计。

71. 浮子流量计按锥管材料分为几种？

浮子流量计按锥形管用的材料可以分为以下两种。

(1) 玻璃浮子流量计

由于流量计中锥形管最多用的是玻璃管,故称为玻璃浮子流量计,见图 3-2。

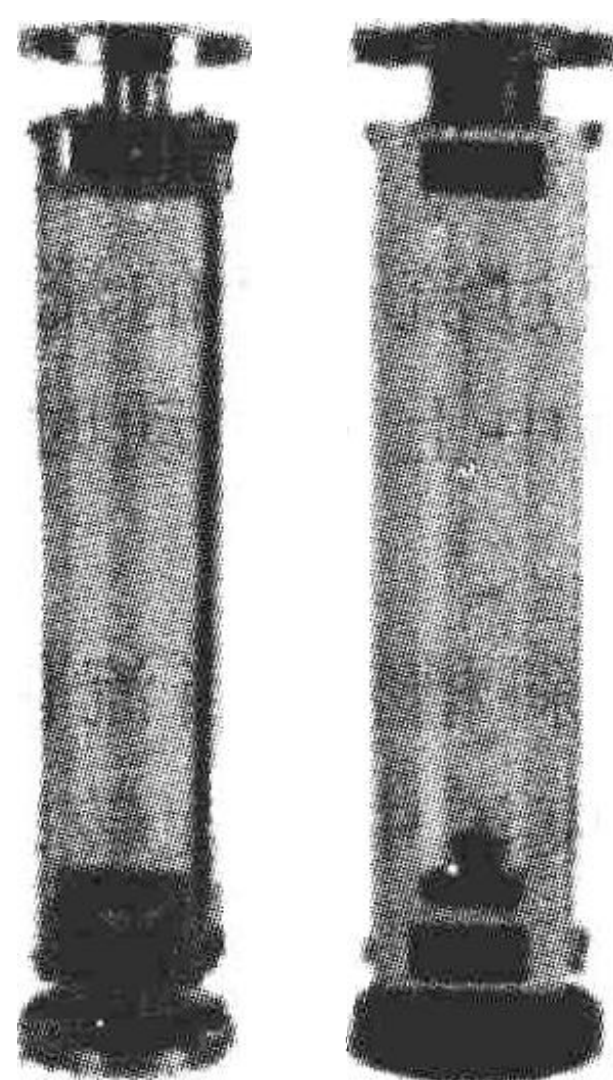


图 3-2 玻璃浮子流量计

(2) 金属浮子流量计

若流量计中的锥形管采用的是金属管,则称为金属浮子流量计,见图 3-3。

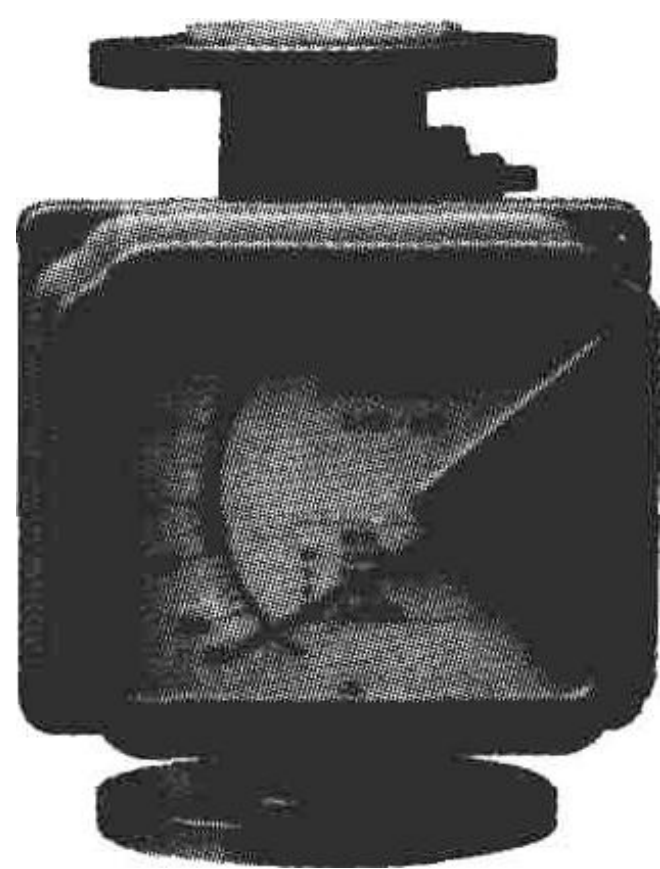


图 3-3 金属管浮子流量计

72. 什么是玻璃浮子流量计?

玻璃浮子流量计中的锥形管是用玻璃制成的,但由于玻璃管易损坏,为了适用各种用途,现在多采用透明工程塑料如聚苯乙烯、聚碳酸酯、有机玻璃等材料制成,对有特殊要求的,还可以做成石英锥管。

如图 3-4 所示,玻璃浮子流量计主要由基座、止挡、支板螺丝、密封圈、压盖、压盖螺丝、浮子、锥管、支撑板等部件组成。

玻璃浮子流量计由于结构简单,浮子的位置清晰可见,读数直观,成本低廉,一般只适用于常温常压下,透明介质的流量测量。

同金属浮子流量计相比,玻璃浮子流量计只能就地指示测量,而不能远传流量信号。

73. 什么是金属浮子流量计?

金属浮子流量计中的锥形管是用金属材料制做的,这样

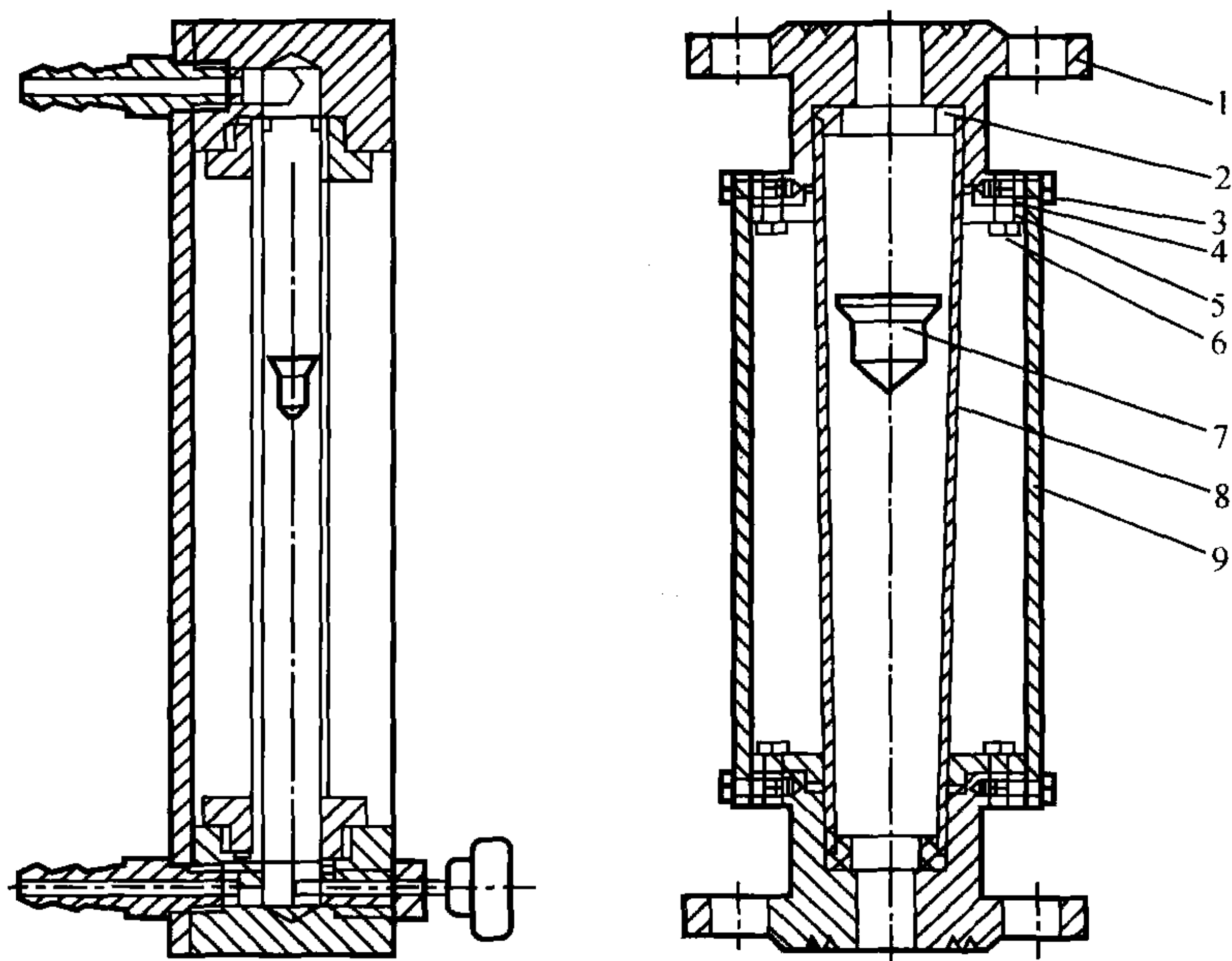


图 3-4 玻璃浮子流量计结构图

1—基座；2—止挡；3—支板螺丝；4—密封圈；5—压盖；
6—压盖螺丝；7—浮子；8—锥管；9—支撑板

则无法看到浮子的位置及工作情况。但可以在浮子内部嵌入一块高性能永久磁钢，这样就会在浮子周围产生磁场。当流体的流量趋于稳定，浮子处于动平衡状态，其周围的磁场也达到稳定。再通过与锥形管机械连接的流量指示器，将浮子的磁信号以非接触的形式传递出来，即流量指示器可以将流体的流量值以磁传递的方式进行处理，并将流量的大小通过指针的指示，显示在指示器的刻度盘上。同时还可以输出一个 $4 \sim 20\text{mA}$ 的标准电流信号，并转换成流量值，便于远程监测

或控制。

如图 3-5 所示,金属浮子流量计主要由壳体、导向环、浮子、导管座、本体法兰、密封垫、上法兰、导管和流量指示器等部件组成。

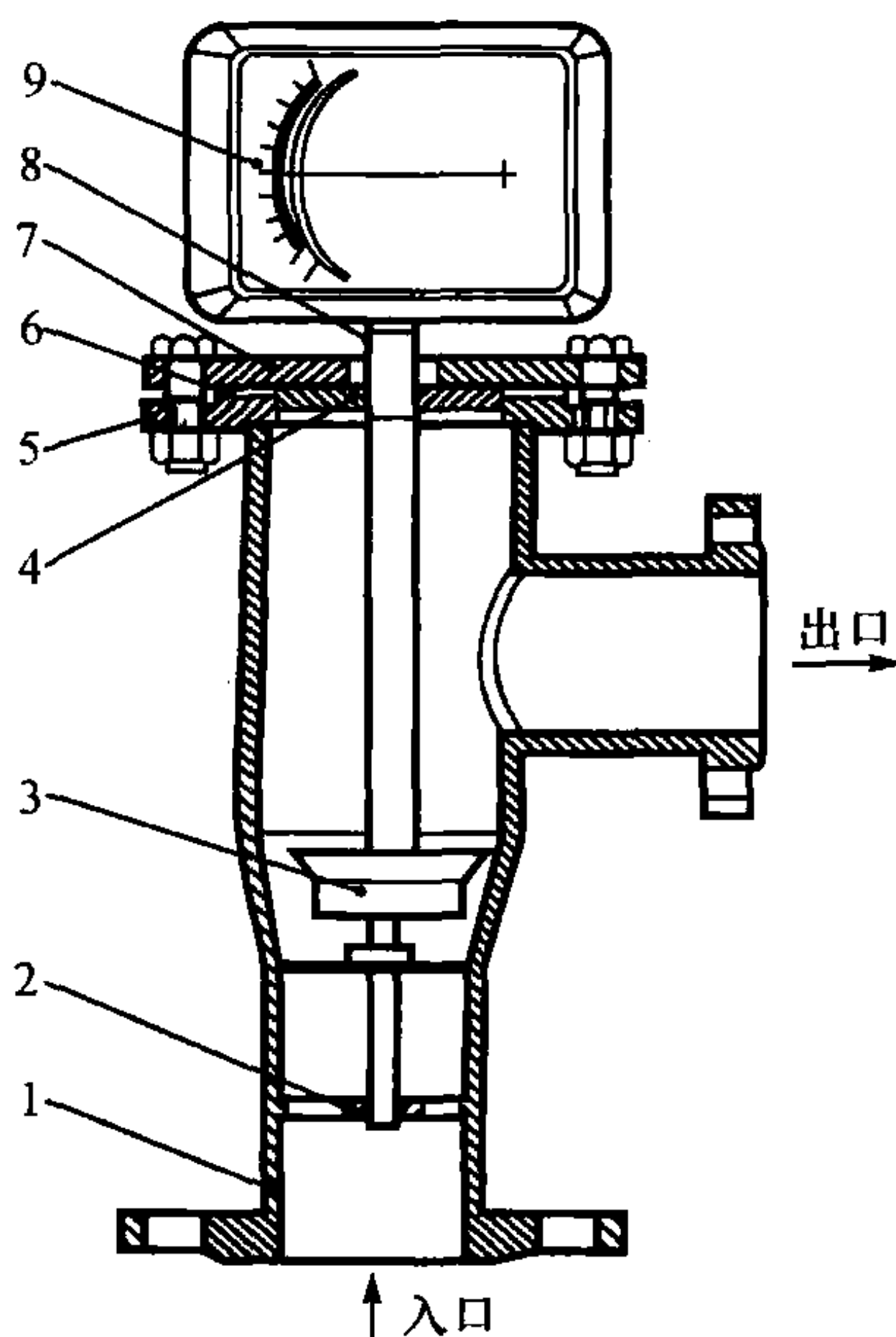


图 3-5 金属浮子流量计结构图

1—壳体;2—导向环;3—浮子;4—导管座;5—本体法兰;
6—密封垫;7—上法兰;8—导管;9—流量指示器

金属浮子流量计根据输出信号不同可分为电远传型和气远传型两种。

该种浮子流量计多用于高温高压及不透明或有腐蚀的工作介质的流量测量。

74. 浮子流量计按输出信号可分为哪两类?

浮子流量计按输出信号可分为以下两类。

(1) 就地指示型浮子流量计

就地指示型浮子流量计是指能直接在现场观察出流量值的流量计,如玻璃浮子流量计就属于该类流量计。

(2) 远传型浮子流量计

远传型浮子流量计是指将锥形管内的浮子的位移量转换成电流或气压模拟信号输出,实现流量的测量和远程控制,如金属浮子流量计就属于该类流量计。

75. 浮子流量计按被测流体可分为哪两类?

浮子流量计按被测流体可分为气体浮子流量计和液体浮子流量计两类。

实际上大部分浮子流量计作为同一仪表即可用于气体测量也可用于液体测量,结构上是通用的。只是我国浮子流量计行业标准(如 JB/T 6844)规定流量上限必须符合 $(1, 1.6, 2.5, 4, 6) \times 10^n \text{ L/h}$ 的要求(n 为正负整数或零)。这样,为液体(以水为代表)设计的流量计在用于气体流量计(以空气为代表)时,则不符合上述要求,只能为气体另行设计浮子和锥管,就分成液体和气体两种系列。国外有些制造厂为同一流量表并列液、气两种流体的流量范围,当然流量值就不可能都是圆整值;国内有些型号仪表也采用这种办法。

但是液体用和气体用流量计还是有区别的,例如气体流量计的浮子设计得较轻,液体流量计的浮子选择的材料较重,防浮子振荡跳动的阻尼件结构也各不一样等。

76. 什么是浮子流量计的刻度换算？

浮子流量计的刻度换算分为液体流量的刻度换算和气体流量的刻度换算两种。

(1) 对于液体浮子流量计, 制造厂一般用标准状态(温度 $t_0 = 20^\circ\text{C}$, 压力 $p = 101.325\text{kPa}$) 下的水对流量计进行标定刻度的。

若流量计直接用于测量水的流量, 则不用进行刻度换算。但若要对其他液体进行测量, 由于其密度值不同于水的密度值(见表 3-1), 则要进行刻度换算, 否则会出现测量失准的问题。

表 3-1 给出的是几种常用液体的密度值, 供液体流量刻度换算时查用。

表 3-1 常用液体密度值(20°C)

液体名称	水	水银	硫酸	硝酸	盐酸	甲醇	乙醇
$\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	998.2	13 545.7	1 834	1 512	1 149.3	791.3	789.2
液体名称	丙酮	甘油	甲酸	乙酸	丙酸	二氯甲烷	四氯化碳
$\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	791	1 261.3	1 220	1 049	993	1 325.3	1 594

(2) 对于气体浮子流量计, 制造厂一般用标准状态(温度 $t_0 = 20^\circ\text{C}$, 压力 $p = 101.325\text{kPa}$) 下的空气对流量计进行标定刻度的。

同样, 若流量计直接用于测量空气的流量, 则不用进行刻度换算。但若要对其他气体进行测量, 由于其密度值不同于空气的密度值(见表 3-2), 则要进行刻度换算, 否则也会出现测量失准的问题。

表 3-2 给出的是几种常用气体的密度值, 供气体流量刻度换算时查用。

表 3 - 2 常用气体密度值 (20℃ / 101.325kPa)

气体名称	分子式	$\rho(\text{kg/m}^3)$	气体名称	分子式	$\rho(\text{kg/m}^3)$
空气		1.205	甲烷	CH_4	0.668
氮气	N_2	1.165	乙烯	C_2H_4	1.166
氧气	O_2	1.331	乙烷	C_2H_6	1.250
氢气	H_2	0.084	硫化氢	H_2S	1.417
氩气	Ar	1.661	氯化氢	HCl	1.527
氦气	He	0.166	丙烷	C_3H_8	1.833
氨气	NH_3	0.708	氯甲烷	CH_3Cl	2.099
氯气	Cl_2	2.948	丁烷	C_4H_{10}	2.416
一氧化碳	CO	1.165	二氧化碳	CO_2	1.824

77. 什么是浮子流量计的量程换算？

如果流量计中浮子的几何形状(尺寸)完全一致,若改变浮子所用的材料,因所用浮子材料的密度不同(见表 3 - 3),则可改变流量计的量程。改变流量计的量程可用相应的公式进行计算。

这里要说明的是,浮子流量计的量程换算并不常用,因为浮子流量计的刻度值与浮子的形状有关,流量与浮子高度间的关系,多建立在实际标定的基础上,并不能完全由公式计算来确定。

表 3 - 3 部分浮子材料的密度值

材料名称	不锈钢	铁	铅	铜	玻璃	胶木
$\rho/(\text{kg/m}^3)$	7 920	7 810	11 350	8 900	2 440	1 450

78. 浮子流量计有哪些特点？

浮子流量计主要有以下特点：

(1) 适用于小管径和低流速：

a) 管径一般在 $40 \sim 50\text{mm}$ 以下, 最小管径可做到 $1.5 \sim 4\text{mm}$, 玻璃浮子流量计的最大管径为 100mm , 金属浮子流量计的最大管径为 150mm ;

b) 流速一般在 $0.2 \sim 0.6\text{m/s}$ 之间, 最低可达 0.1m/s , 最高为 1.5m/s 。

(2) 可用于低雷诺数

只要雷诺数为 $40 \sim 300$ 之间, 流量系数将不随雷诺数而变化, 也不受流体黏度变化的影响。

(3) 压力损失较低

a) 玻璃浮子流量计的压力损失较小: 小口径的为 $0.2 \sim 2\text{kPa}$, $10 \sim 100\text{mm}$ 的为 $2 \sim 8\text{kPa}$;

b) 金属浮子流量计的压力损失稍高: 一般在 $2 \sim 8\text{kPa}$, 最大为 20kPa 。

(4) 对上游直管段的要求较低。

(5) 有较宽的流量范围一般为 $10:1$, 最低为 $5:1$, 最高为 $25:1$ 。

(6) 如果使用的介质与厂家标定的介质不一致, 则要进行刻度换算, 会给使用带来不便。

(7) 玻璃浮子流量计结构简单, 价格低廉, 使用方便; 缺点是玻璃强度低, 易损坏破碎。

79. 浮子流量计在选型中应注意什么?

浮子流量计的种类很多, 故在选型时要从以下几个方面加以考虑。

(1) 类型的选择

a) 浮子流量计主要测量对象为单相液体或单相气体。若被测液体中含有固体微粒或气体中含有液滴时均不适选用浮子流量计;

b)若只要测量介质为透明的液体或气体,且被测介质为常温,低压的,优先考虑选用价廉的玻璃浮子流量计;

c)若被测介质为不透明的液体,且为较高温度或压力,或需进行远程测量、控制的,应选用金属浮子流量计。

(2) 流量范围的选择

a)玻璃浮子流量计的流量范围大部为 10:1 ;

b)金属浮子流量计的流量范围大部为 5:1 ~ 10:1 。

(3) 精度的选择

浮子流量计作为直观流量指示或测量精度要求不高的现场指示仪表,占浮子流量计应用的 90% 以上,尤其是作为监视现场流量不超过或不低于某一流量的场合更是如此。

a) 玻璃浮子流量计

管径小于 6mm 的,精度为 2.5 级、4 级;

管径为 10 ~ 15mm 的,精度为 2.5 级;

管径大于 25mm 的,精度为 1 级、1.5 级、2.5 级。

b) 金属管浮子流量计

就地指示型,精度为 1.5 级、2.5 级;

远传型,精度为 2.5 级、4 级。

(4) 应考虑到流体黏度的影响

选用浮子流量计时,应注意流体黏度的影响,选用稳定型浮子流量计,或选用有黏度修正资料的浮子流量计产品。

(5) 流量计的浮子形状不是使用者选择的范围,而是由生产厂家按仪表结构和流量范围进行设计而定的。

80. 浮子流量计在安装、使用中应注意什么?

(1) 浮子流量计在安装时应注意:

a)浮子流量计必须垂直安装在无振动的管道上,若有倾斜,

倾斜角一般不应超过 5° ;

b) 在流量计的上、下游均应安装阀门,一般上游安装全开阀门,下游安装调节阀;

c) 若被测量流体为脏污流体,应在流量计上游入口处安装过滤器,以防止锥管和浮子被污染而影响测量的准确性;

d) 在有可能产生流体倒流的管道上,为防止流体倒流而损坏流量计,应在流量计下游安装单向阀。

(2) 浮子流量计在使用中应注意:

a) 使用时应先缓慢地开启上游阀门至全开,然后缓慢开启下游的调节阀,以调节流量大小;

停止使用时,应先关闭上游的阀门,再关闭下游的调节阀;

b) 在对流量计进行读数时,应以浮子最大直径处进行读数;

c) 当流量计的锥形管或浮子受到污染时,应及时进行清洗;

d) 若被测流体的密度与出厂标定流体的密度不一致时,应对流量计进行刻度换算,换算方法和换算公式在流量计的使用说明书中都有详述;

e) 在用的浮子流量计应定期进行检定。

液体浮子流量计常用的检定方法有标准表法、容积法和称量法;

气体浮子流量计常用的检定方法有钟罩法,皂膜法。

81. 浮子流量计在订货中应注意什么?

浮子流量计在订货中要分为玻璃浮子流量计和金属浮子流量计两种。

玻璃浮子流量计在订货中应注意以下技术参数:

(1) 仪表型号:如 LZB-4/LZB-50 等;

(2) 公称口径:如 DN4/DN50mm;

(3) 测量范围:如水 $1 \sim 10\text{L/h}$;空气 $16 \sim 160\text{L/h}$ 或水 $1 \sim$

10m³/h;空气 10 ~ 100m³/h;

- (4) 锥管长度:如 160mm 或 450mm;
- (5) 精度等级:如 2.5 级、4 级;
- (6) 工作压力:如 ≤ 1.0 MPa 或 ≤ 0.6 MPa;
- (7) 连接方式:如软管连接、管螺纹连接、法兰连接等。

金属转子流量计在订货中应注意以下技术参数:

- (1) 仪表型号:如 LZZH □□□□;
- (2) 公称口径:如 DN15 ~ DN150mm;
- (3) 测量范围:如水 2.5 ~ 100 000L/h,空气 0.7 ~ 800m³/h;
- (4) 工作压力:如 1.6 ~ 4.0 MPa(按口径分);
- (5) 精度等级:如 2.5 级、4.0 级;
- (6) 介质温度:如 -40 ~ 100℃;
- (7) 环境温度:如 -40 ~ 65℃;
- (8) 连接方式:如法兰连接;
- (9) 电缆接口:如 M20 × 1.5;
- (10) 防护等级:如 IP65;
- (11) 防爆等级:如本安 Exb II CT4;
- (12) 供电方式:如 DC24V;
- (13) 测量管材质:如 304,316,内衬 PTFE,F46;
- (14) 浮子材质:如 304,316;
- (15) 指示器材质:如不锈钢、铸铝;
- (16) 显示:如指针指示、数字显示;
- (17) 输出信号:如 DC24V 二线制,4 ~ 20mA;
- (18) 产品执行标准:如 JB/T 6844—1993。

四 涡轮流量计

82. 什么是涡轮流量计?

涡轮流量计是利用置于流量计中叶轮的旋转角速度与流量流速成比例的关系,通过测量叶轮的转速换算出通过管道流体体积流量大小,而实现对流量测量的仪表。测量叶轮转速的装置有机械的、光学的、磁性的或其他原理的。

涡轮流量计是一种速度式流量仪表,由于具有测量精度高,反应速度快,测量范围广,价格低廉,安装方便等优点,被广泛应用于石油、化工、冶金、航空、科研等领域中各种气体和液体的测量。

图 4-1 中为 LW 型液体涡轮流量计。



图 4-1 LW 型液体涡轮流量计

83. 涡轮流量计的结构和工作原理是什么？

涡轮流量计的结构如图 4-2 所示,它主要由壳体组件、前导向架组件、叶轮组件、后导向架组件、压紧圈、磁电感应转换器等组成。

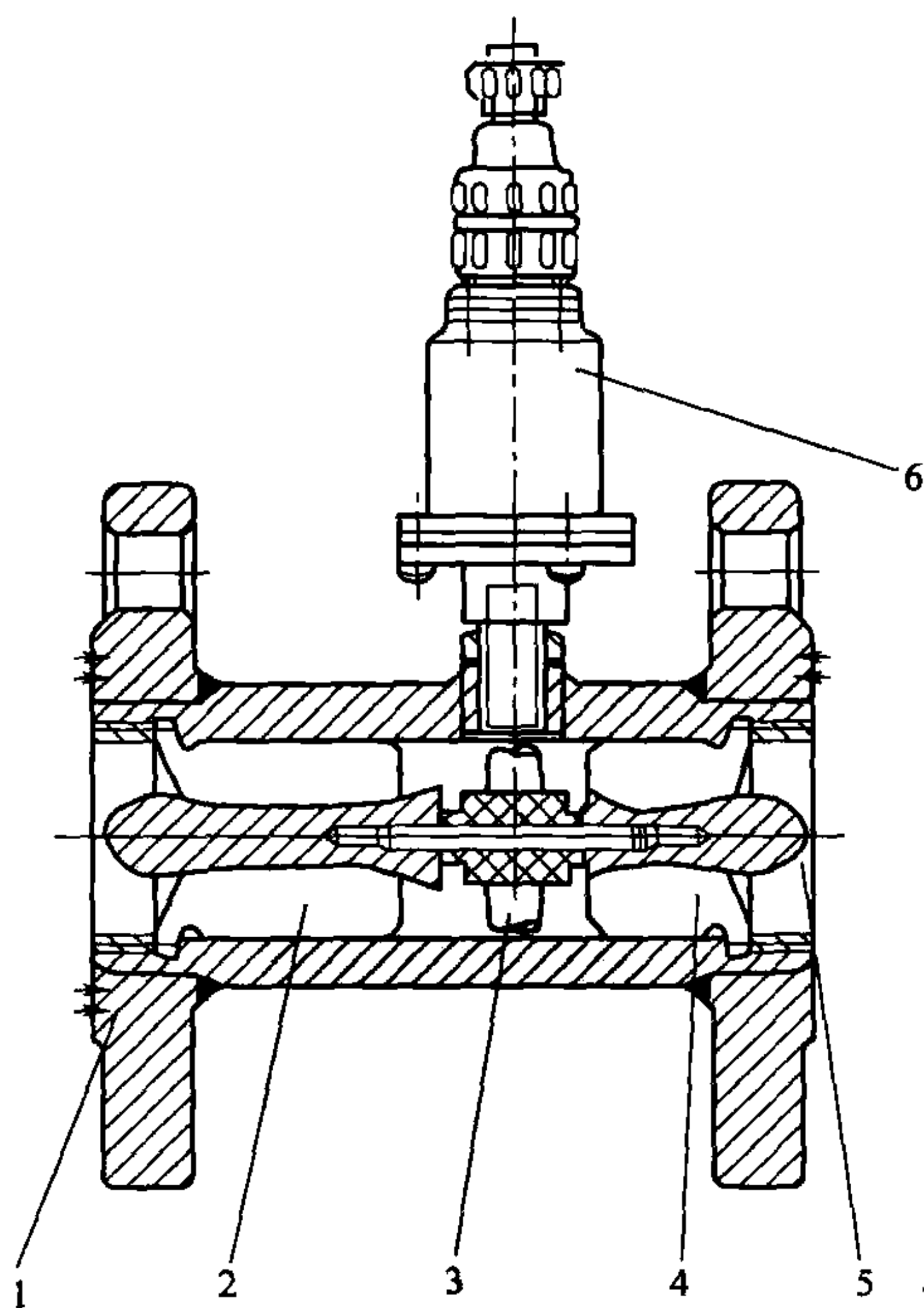


图 4-2 涡轮流量计结构图

1—壳体组件;2—前导向架组件;3—叶轮组件;
4—后导向架组件;5—压紧圈;6—磁电感应转换器

涡轮流量计的工作原理是:被测流体通过涡轮流量计时,当流体通过导流器冲击涡轮叶片,使涡轮旋转,涡轮的转速随流量

的变化而变化,即流量大,涡轮的转速也大。再经磁电转换装置把涡轮的转速转换为相应频率的电脉冲,经前置放大器放大后,送入显示仪表进行计数和显示,根据单位时间内的脉冲数和累计脉冲数即可求出瞬时流量和累积流量。

84. 涡轮流量计的流量与信号脉冲频率的关系是什么?

如前所述,涡轮流量计的流量与涡轮的旋转角速度成正比,而其角速度又以输出的脉冲信号显示出来,故涡轮流量计的体积流量与输出的脉冲信号频率 f 成正比,其关系式可用4-1表示:

$$q_v = \frac{f}{K} \quad (4-1)$$

式中 q_v ——体积流量, m^3/s ;

f ——脉冲信号频率;

K ——仪表系数, $1/\text{m}^3$ 。

其中,仪表系数 K 为一常数,其数值为实际测试得到。每一台涡轮流量计都标明该仪表的 K 值。

85. 涡轮流量计主要部件的作用是什么?

涡轮流量计的主要部件包括:仪表壳体、导流器、涡轮、轴承和信号检测放大器,它们的主要作用如下。

(1) 仪表壳体

仪表壳体一般是由不导磁的不锈钢(304 不锈钢)制成。

仪表壳体是流量计的主体部件,它起着固定安装、连接管道的作用。

(2) 导流器

导流器一般也是由不导磁的不锈钢制成,安装在流量计的进出口处。

导流器对流体起着导向作用,并起着支承叶轮的作用。

(3) 涡轮

涡轮由导磁不锈钢材料制成,装有螺旋状叶片。叶片数量根据直径变化而不同,2~24片不等。为了使涡轮对流速有很好的响应,要求质量尽可能小。

对涡轮叶片结构参数的一般要求为:叶片倾角 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ (气体), $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ (液体);叶片重叠度 P 为1~1.2;叶片与内壳间的间隙为0.5~1mm。

(4) 轴承

轴和轴承是一对运动副,它起着支承并保证涡轮自由旋转的作用。

轴和轴承应有足够的刚度、强度和硬度及一定的耐磨性、耐腐蚀性。

轴承一般有碳化钨,聚四氟乙烯,碳石墨三种材质:碳化钨的精度最高,它作为工业控制的标准件;聚四氟乙烯,碳石墨能防腐,一般在化工场所优先考虑。

(5) 信号检测放大器

信号检测放大器一般采用变磁阻式,它是由永久磁铁、铁芯、线圈组成。

信号检测放大器的作用是将涡轮旋转时的机械转动信号(角速度),转换成电脉冲信号输出。

86. 涡轮流量计的分类有哪几种方式?

涡轮流量计的分类可按安装方式、被测介质、检测信号方式等进行。

(1) 按安装方式可分为:

a) 轴向型 指叶轮轴中心与管道轴心重合,这是涡轮流量计的主导产品;

b) 径向型 指叶轮轴中心与管道轴心垂直, 流体流向与叶片冲角为 90° 。

(2) 按被测流体可分为:

a) 液体用涡轮流量计;

b) 气体用涡轮流量计。

(3) 按检测信号方式可分为:

a) 感应式 指涡轮是嵌有永磁材料, 当涡轮旋转时, 壳体上的检测线圈产生的感应电势发生周期性的变化并经放大输出;

b) 变磁组式 指叶片是由导磁材料制成的, 当涡轮旋转时, 磁通量发生周期性的变化, 经放大输出;

c) 光电式 当叶片旋转时, 周期性地遮断光束, 再将光脉冲信号转换成电脉冲信号。

87. 涡轮流量计有哪些特点?

涡轮流量计的特点包括优点和不足两个方面。

(1) 优点

a) 精度较高: 测量精度可达到 1.0 级、1.5 级;

b) 测量范围较宽: 最大和最小线性流量比可达 6:1 和 10:1;

c) 重复性好: 短期重复性可达 $0.05\% \sim 0.2\%$;

d) 压力损失小: 在最大流量下, 压力损失约为 $0.01 \sim 0.1 \text{ MPa}$;

e) 数字信号输出: 输出的是与流量成正比的脉冲频率信号 (即数字信号), 便于远距离传送和计算机数据处理;

f) 结构简单, 安装维修方便。

(2) 不足

a) 涡轮流量计受被测液体物性 (密度、黏度) 的影响较大, 如气体流量计易受密度的影响, 液体流量计易受黏度的影响, 均会影响到测量精度, 必要时采取相应的补偿或修正措施;

b) 涡轮流量计虽有高黏度型,但对于高黏度的液体或含有悬浮物的液体,易造成轴承磨损及卡住等问题,则限制了使用范围;

c) 流体的流速分布畸变和旋转流对流量计影响较大,为此,则需要加长上、下游直管的长度,则限制了流量计的安装空间;

d) 流量计对被测介质的清洁度有较高的要求,这样就限制了使用领域;

e) $\phi 50$ 以下的小管径流量计受流量特性影响较严重。

88. 涡轮流量计的安装应注意什么?

涡轮流量计在安装时应注意以下事项:

(1) 流量计一般应水平安装,流体的流向应与箭头指向一致,不得装反;

(2) 和流量计连接的上、下游管道的内径应与流量计的口径相同;

(3) 流量计上游的直管段长度应不小于 $10D$,下游管段长度不小于 $5D$ (D :管道直径);

(4) 流量计前端一般应安装过滤器,以消除流体中的杂质造成的不良影响;

(5) 流量计的下游应安装调节阀,以减少来自上游流场的干扰;

(6) 注意对磁感应部分不能碰撞。

89. 涡轮流量计在使用中应注意什么?

涡轮流量计在使用中应注意以下事项:

(1) 对于未安装旁路管道的流量计,应先中度开启上流阀,然后缓慢开启下游阀,以较小流量运行约 10min 后,再先后全开启上、下阀;

- (2) 对于安装旁路管道的流量计,应先开启旁路管道阀,然后按(1)中的操作要求进行;
- (3) 对于测量低温或高温流体,通流时应以很小流量运行约15min,再逐渐加大至正常流量;
- (4) 关闭阀门时,应尽可能缓慢;
- (5) 妥善保管和正确处理流量计的仪表系数 K 的数据;
- (6) 定期检查、清理流量计,以保证其处于良好的运行状况。

90. 涡轮流量计在选型中应注意什么?

涡轮流量计在选型中应注意以下事项:

- (1) 涡轮流量计适用于测量基本清洁的,低黏度的液体或气体;
- (2) 涡轮流量计不适用于测量混有固体颗粒的液体,以免损坏轴承;
- (3) 涡轮流量计不适用对气、液混合流和蒸气的测量;
- (4) 应注意口径的选用,因为每种口径的流量计都有一定的测量范围;
- (5) 轴承的选择,为了保证流量计的测量精度,力求将轴承的摩擦力减少为最小:
 - a) 润滑性较好的液体(如油类),可选用滚动轴承;
 - b) 非润滑性液体可选用具有自润性轴承,如塑料类轴承;
 - c) 具有腐蚀性液体可选用超硬合金轴承如碳化钨类轴承。

91. 涡轮流量计在订货中应注意什么?

涡轮流量计在订货中应注意以下技术参数:

- (1) 仪表型号:如 FLWQ25/FLWQ200;
- (2) 公称口径:如 DN25mm/DN200mm;
- (3) 流量范围:如 $2.5 \sim 25\text{m}^3/\text{h}$ 或 $65 \sim 1\,000\text{m}^3/\text{h}$;



流量仪表**200**问

- (4) 精度等级:如 1 级、1.5 级;
- (5) 连接方式:如螺纹连接、法兰连接等;
- (6) 介质温度:如 $-20 \sim 120^{\circ}\text{C}$;
- (7) 公称压力:如 1.6MPa 或 2.5 MPa;
- (8) 显示方式:如脉冲输出、4 ~ 20mA 标准信号;
- (9) 防爆标志:如 Exdm II BT₄;
- (10) 供电电源:如 DC24V。

五 涡街流量计

92. 什么是涡街流量计？

涡街流量计是旋涡流量计中使用的最多的一种，它是 20 世纪 70 年代后期发展起来的一种新型流量计。

涡街流量计是利用流体振动原理来进行流量的测量，即在特定流动条件下，流体的一部分能产生振动，而流体的振动频率与流体的流量（流速）有一定的对应关系，这样，通过测量出流体的振动频率，就能测量出流体的流量。

流体的振动又分为自然振动和强迫振动两种。

自然振动的卡门漩涡分离型流量计称为涡街流量计；

强迫振动的漩涡进动型流量计称为漩涡流量计。

涡街流量计适用于对气体，液体和蒸汽流量的测量。

图 5-1 和图 5-2 分别为 LUGB 系列涡街流量计和 4070 型涡街流量计外形图。

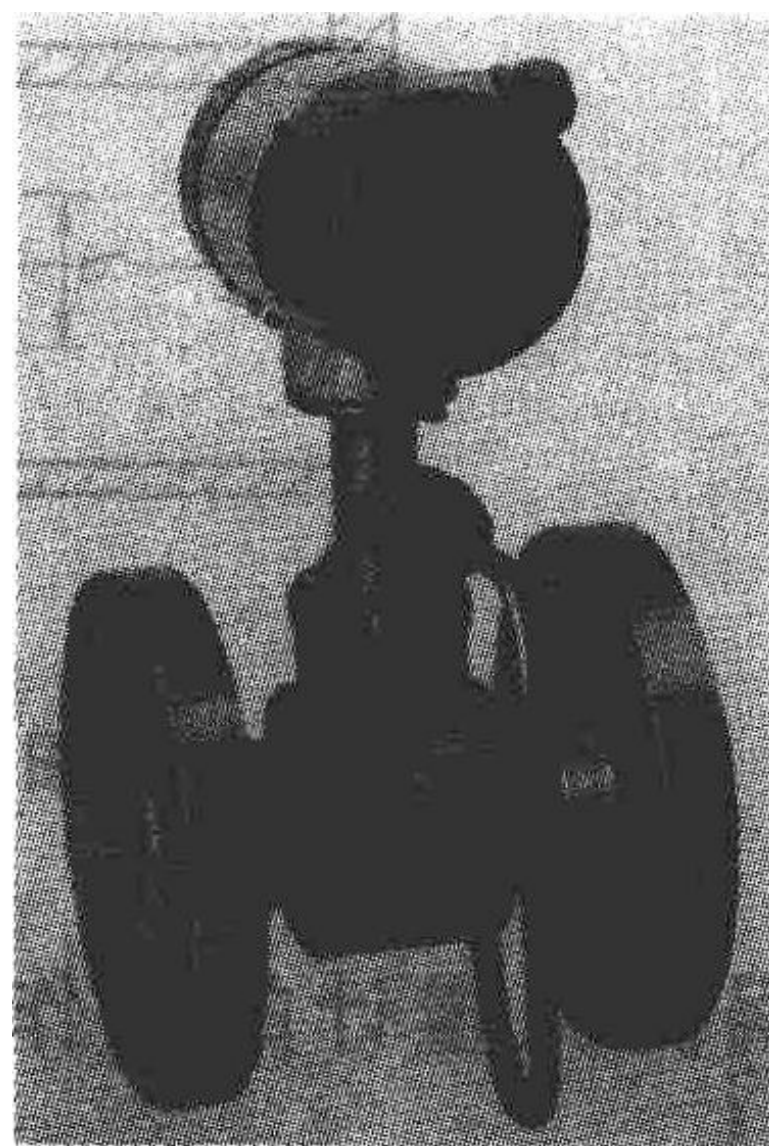
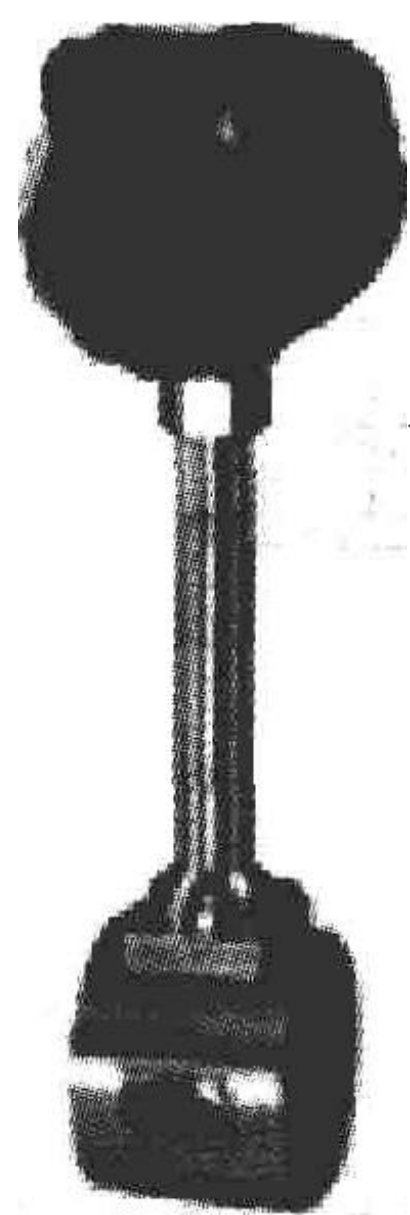


图 5-1 LUGB 系列涡街流量计 图 5-2 4070 型涡街流量计

93. 什么是卡门涡街?

将一个非流线型阻流体垂直插入管道中,当流体绕过阻流体流动后,会产生漩涡分离现象,形成有规则的漩涡列,左右两侧的漩涡旋转方向相反,见图 5-3,但是这些漩涡多数是不稳定的。根据德国科学家 T. von 卡门的研究,只有形成相互交替的内漩两排涡列,且涡列宽度 h 与同列相邻的两个漩涡的间距 L 之比满足 $h/L=0.281$ 时,这样的涡列才是稳定的,这种涡列称之为“卡门涡街”。

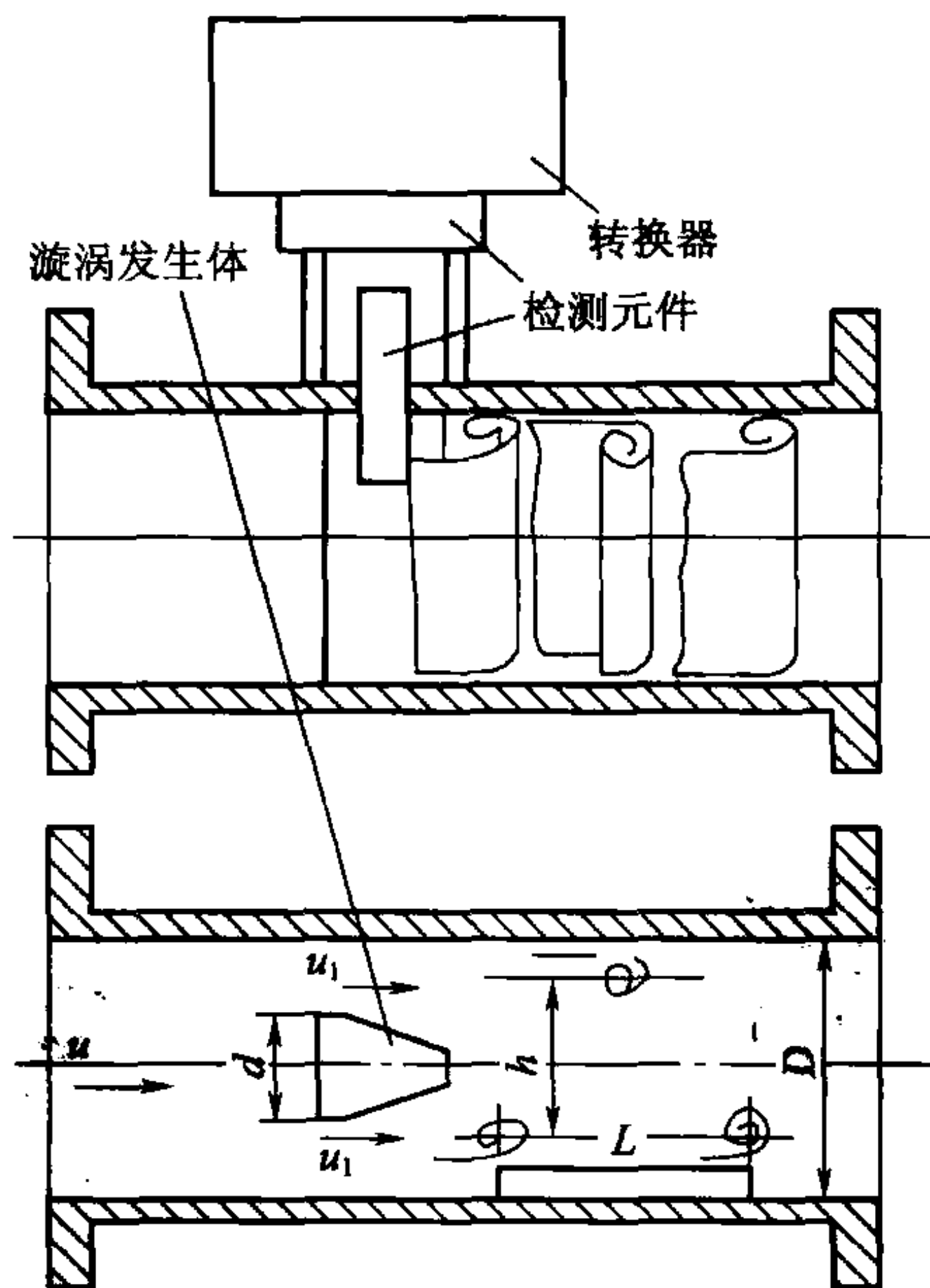


图 5-3 卡门涡街

94. 涡街流量计的工作原理是什么?

涡街流量计是根据卡门涡街原理,即漩涡的频率 f 与管内平均流速 U 之间的关系来进行流量的测量。

根据卡门涡街原理,漩涡频率 f 与流速 U ,可用式(5-1)表示:

$$f = S_r \frac{U}{md} \quad (5-1)$$

式中 f ——漩涡频率, Hz;

S_r ——斯特罗哈尔数, 无量纲, 它的数值范围为 0.14 ~ 0.27;

U ——流体的平均流速, m/s;

m ——漩涡发生体两侧弓形面积与管道内横截面积之比;

d ——漩涡发生体的特征宽度, m。

而通过流量计的体积流量可用式(5-2)表示:

$$q_v = \frac{\pi D}{4 S_v} m d f \quad (5-2)$$

式中 q_v ——通过流量计的体积流量, m³/s;

D ——管道内径, m。

从式(5-2)可以看出,在斯特罗哈尔数(S_r)为常数的基础上,通过涡街流量计的体积流量与漩涡频率成正比。

95. 什么是斯特罗哈系数 S_r ?

斯特罗哈系数 S_r 是指相互交替的内漩两涡列之间的宽度 h 与同列相邻的两漩涡的间距 L 之比,见图 5-3。

斯特罗哈系数与漩涡发生体的形状及雷诺数 Re 有关,图 5-4所示的为圆柱形漩涡发生体的 S_r 与 Re 之间的关系图。

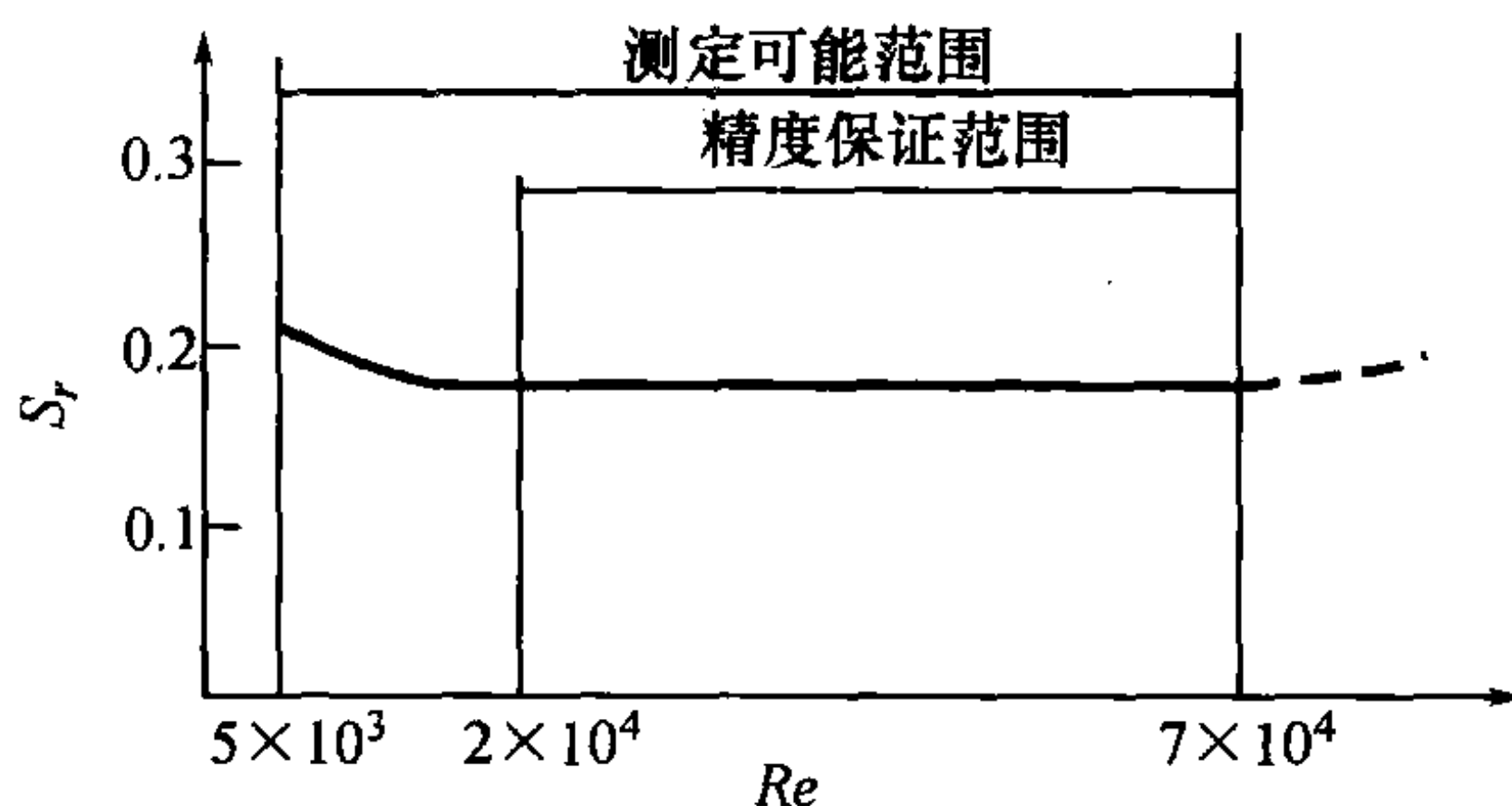


图 5-4 斯特劳哈尔数与雷诺数关系曲线



从图 5-4 可以看出：

- (1) 当 $S_r = 0.18$ 时, 涡列是稳定的, 属可测量范围;
- (2) 当 Re 在 $2 \times 10^4 \sim 7 \times 10^6$ 时, S_r 基本是一常数。

■ 96. 涡街流量计对测量流体有什么要求?

涡街流量计可以测量液体流量, 也可以测量气体流量, 而且不受流体的压力、温度、黏度、密度和成分的影响。

图 5-5 是涡街流量计的特性曲线, 它表示仪表系数 K 与雷诺数 Re 之间的关系。从图中可以看出, 水的特性与空气的特性基本是一致的, 也表示用水标定的涡街流量计可以用于对气体流量的测量, 仪表系数 K 相差不大于 0.5%, 不会引起明显误差。

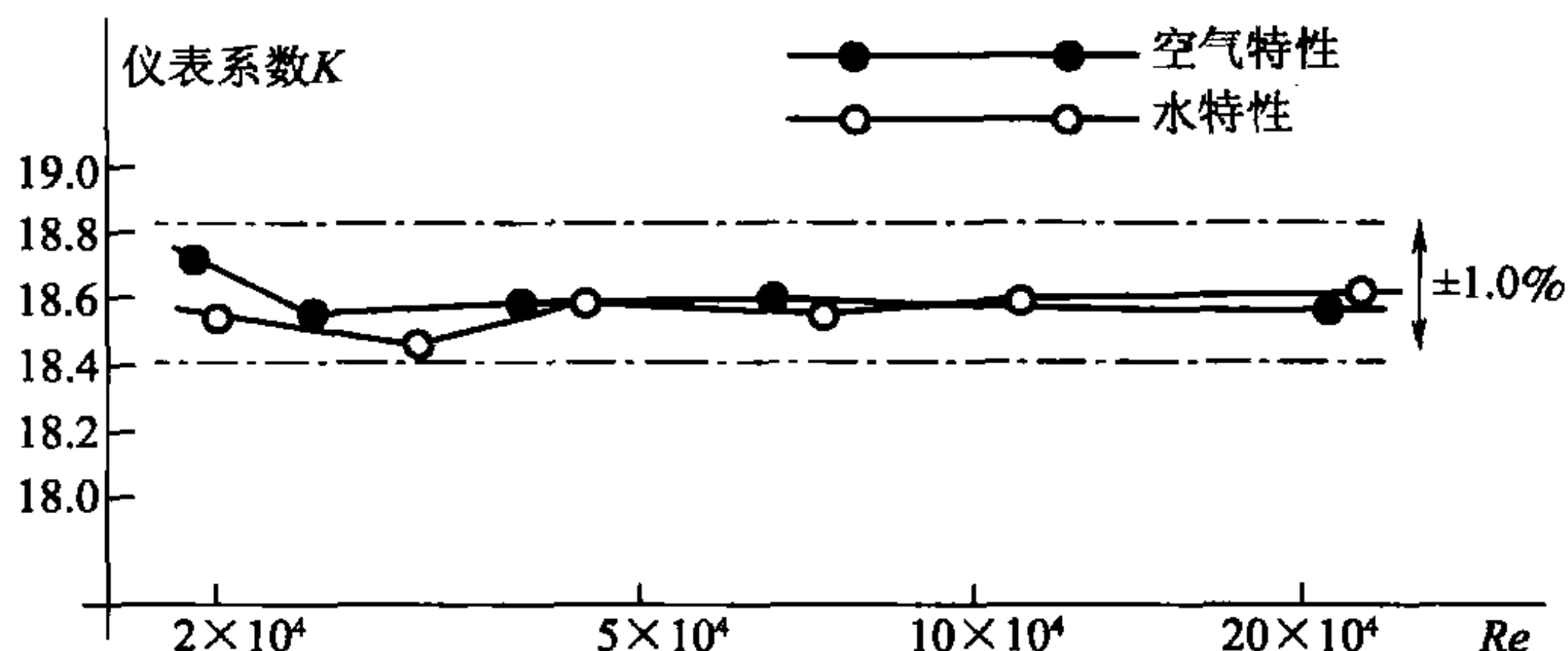


图 5-5 涡街流量计特性曲线

97. 涡街流量计主要部件的作用是什么?

涡街流量计主要有两部分组成: 传感器和转换器。

传感器包括: 表体、连接法兰、安装支架、漩涡发生器和检测元件;

转换器包括: 前置放大器、滤波整形电路、接线端子。

其中关键部件是: 漩涡发生器、检测元件、转换器, 它们的主要作用如下。

(1) 漩涡发生器

漩涡发生器是涡街流量计的关键部件,正因为有了它,才能使流体在管道中产生漩涡,再通过对漩涡频率的测量,达到对流量的测量。

流量计的流量特性如仪表系数、线性度、范围度及阻力特性等都与漩涡发生器的形状和排列有关。

漩涡发生器按几何形状分为圆柱形、三角柱形、梯柱形、T柱形、矩柱形等;按结构可分为单体和多体,图 5-6 为常用的单体和多体漩涡发生体的截面形状图。

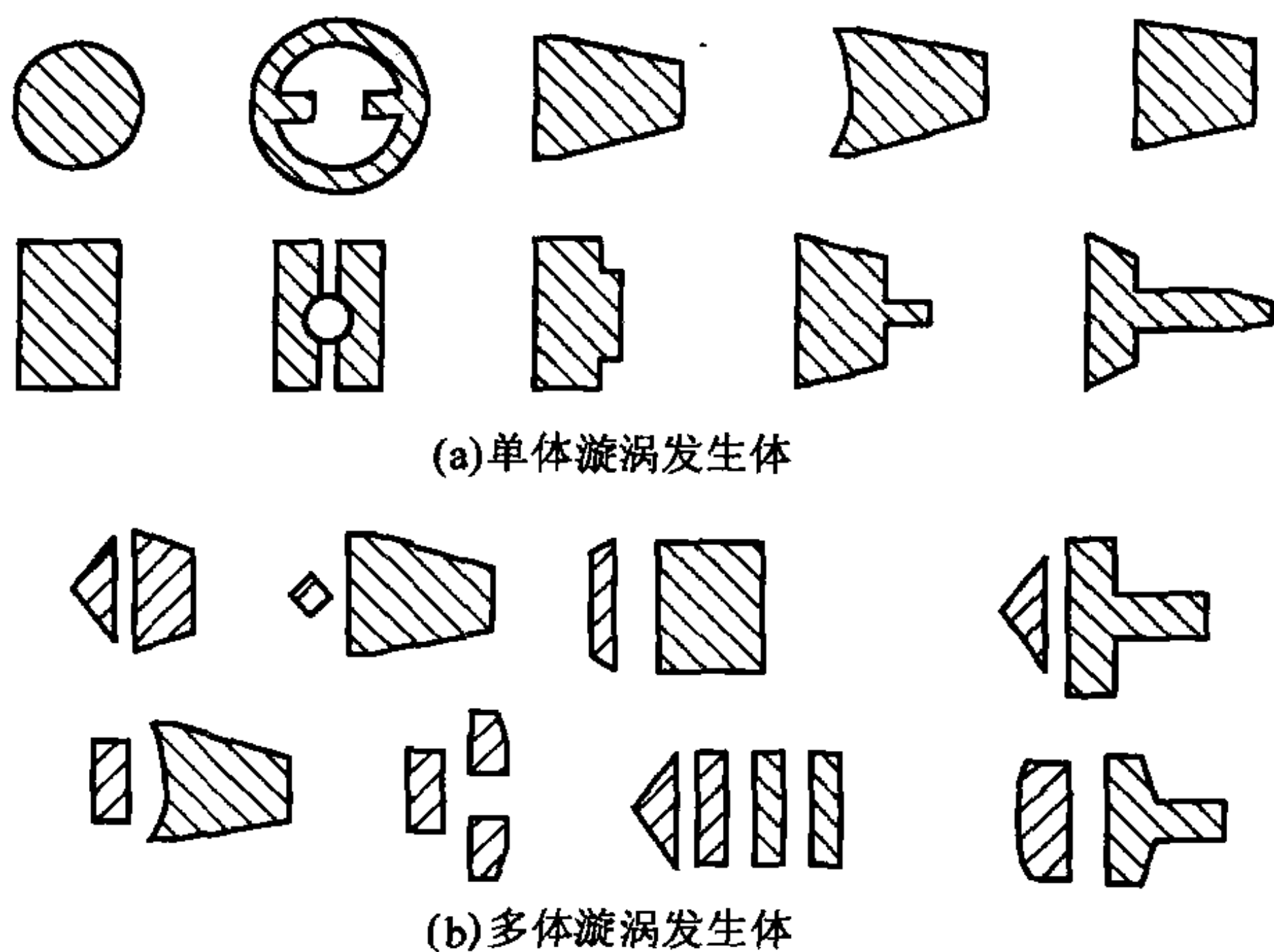


图 5-6 漩涡发生体基本形状

(2) 漩涡信号检测元件

漩涡信号检测元件可采用应力、电容、电磁等检测元件和检测技术对漩涡发生器后产生的漩涡频率进行检测,并传递给转换器进行数据处理。

检测元件检测漩涡频率信号有检测发生体两侧差压,发生体周围交变环流,发生背面交变差压,尾流中漩涡列等不同方式,而根据采用不同的检测方式,构成了不同类型的涡街流量计。

(3) 转换器

转换器是将检测元件检测到的反应漩涡频率的微弱信号进行放大、滤波、整形处理,输出与流量成比例的脉冲信号或转换成4~20mA的标准信号。

转换器的电路框图如图5-7所示。

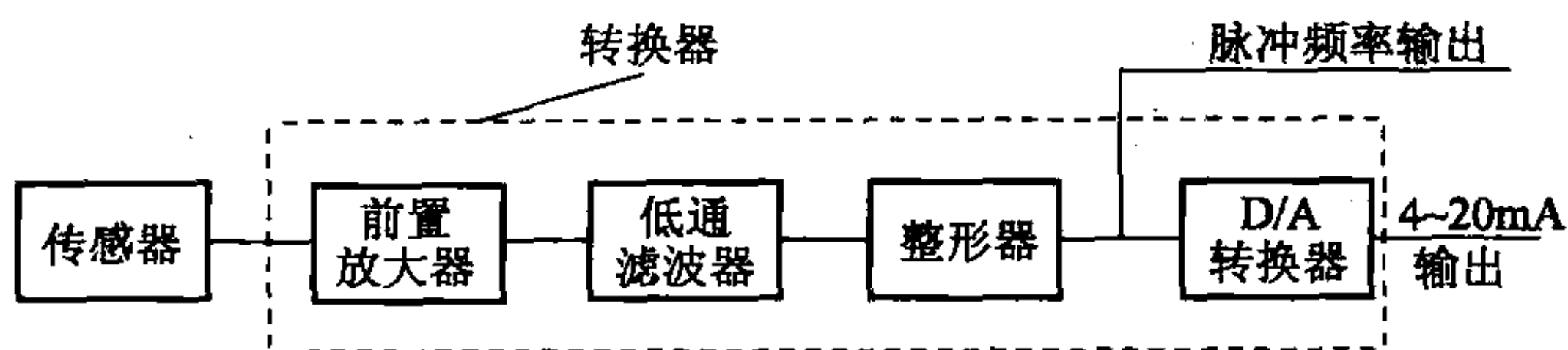


图 5-7 转换器的电路框图

98. 涡街流量计的分类有哪几种方法?

涡街流量计有以下几种分类方法。

(1) 按检测方法进行分类

漩涡的检测方法是涡街流量计的关键技术,根据漩涡的检测原理和方法可分为:

- a) 应力式涡街流量计;
- b) 应变式涡街流量计;
- c) 电容式涡街流量计;
- d) 光电式涡街流量计;
- e) 热敏式涡街流量计;
- f) 超声式涡街流量计;
- g) 磁电式涡街流量计。

(2) 按传感器的结构形式分类可分为:

- a) 管道式涡街流量计,一般用于中小口径管道流量的测量;
- b) 插入式涡街流量计,多用于大口径管道流量的测量。

(3) 按流量计的用途可分为:

- a) 防爆型涡街流量计,用于石油、化工对仪表有防爆要求的



场合；

b) 高温型涡街流量计,用于对高温介质的测量；

c) 超低温型涡街流量计,用于对液氮、液氧等超低温介质的测量；

d) 耐腐型涡街流量计,用于对酸、碱、盐等腐蚀介质的测量；

e) 质量型涡街流量计,用于对流体质量的测量。

(4) 按仪表的功能可分为：

a) 常规型涡街流量计；

b) 智能型涡街流量计,可将信号检测、处理、补偿运算、显示、输出集于一体。

99. 涡街流量计的主要技术指标有哪些？

涡街流量计的主要技术指标如下。

(1) 测量范围：

涡街流量计的测量范围与管径尺寸和流体相关,表 5 - 1 是 LW 系列涡街流量计的测量范围。

表 5 - 1 LW 系列涡街流量计流量测量范围

管径尺寸(mm)	液体(m^3/s)	气体(m^3/s)
25	0.8 ~ 15	7 ~ 130
50	3 ~ 63	27 ~ 520
100	12 ~ 250	105 ~ 2 100
150	27 ~ 570	240 ~ 4 700
200	48 ~ 1 000	420 ~ 8 400
250	75 ~ 1 590	660 ~ 13 000
300	110 ~ 2 200	950 ~ 19 000
400	180 ~ 4 000	1700 ~ 33 800
500	300 ~ 6 300	2650 ~ 53 000
600	430 ~ 9 100	3800 ~ 76 000



续表

管径尺寸(mm)	液体(m ³ /s)	气体(m ³ /s)
800	760 ~ 16 200	6 700 ~ 135 000
1 000	1 190 ~ 25 400	10 500 ~ 210 000

(2)测量精度:

- a) 测量液体流量:0.5 级、1.0 级;
- b) 测量气体流量:1.0 级、1.5 级;
- c) 插入式流量计:2.0 级。

(3)重复性:±0.2% , ±0.25% 。

(4)仪表系数:由仪表生产厂在常温状态下标定。

(5)其他指标:包括被测介质温度,最大工作压力,输出信号,防爆等级等在仪表使用说明书中给出。

100. 涡街流量计的压力损失如何计算?

涡街流量计的压力损失在已知流体流速时,一般可用式(5 - 3)计算:

$$\Delta p = 1.1 \times 10^{-3} \rho u^2 \tag{5 - 3}$$

式中 Δp ——压力损失,kPa;
 ρ ——被测介质密度,kg/m³;
 u ——流体流速,m/s。

涡街流量计的压力损失一般比较低,如测量介质为水时,当流速 $u = 10\text{m/s}$ 时,压力损失约为 110kPa。

测量介质为常压空气时,当流速 $u = 80\text{m/s}$ 时,压力损失约为 9kPa。

101. 涡街流量计在安装中应注意什么?

涡街流量计在安装中需了解所安装仪表的具体结构、特点及

流量信号的转换,了解信号传输中各环节的作用,一般来说应注意以下几点:

(1) 合理选择安装场所

涡街流量计尽量安装在远离振动源和电磁干扰较强的地方,在振动存在的地方必须采用减振装置,减少管道受振动的影响。

(2) 选择适当的安装方式

多数涡街流量计可水平、垂直或倾斜安装,但有些流量计只能水平安装,如热振动体式或光电式涡街流量计。

安装时要注意使流量计的流向标志与流体的流向一致,若是液体,要保证液体充满管道。

(3) 注意上下游配管的长度要求

涡街流量计的上下游应配备足够长的直管段,根据上游阻流件形式不同及是否带整流器,上、下游配装的直管段的长度应符合图 5-8 的要求,所配管道内径也必须和涡街流量计内径一致。

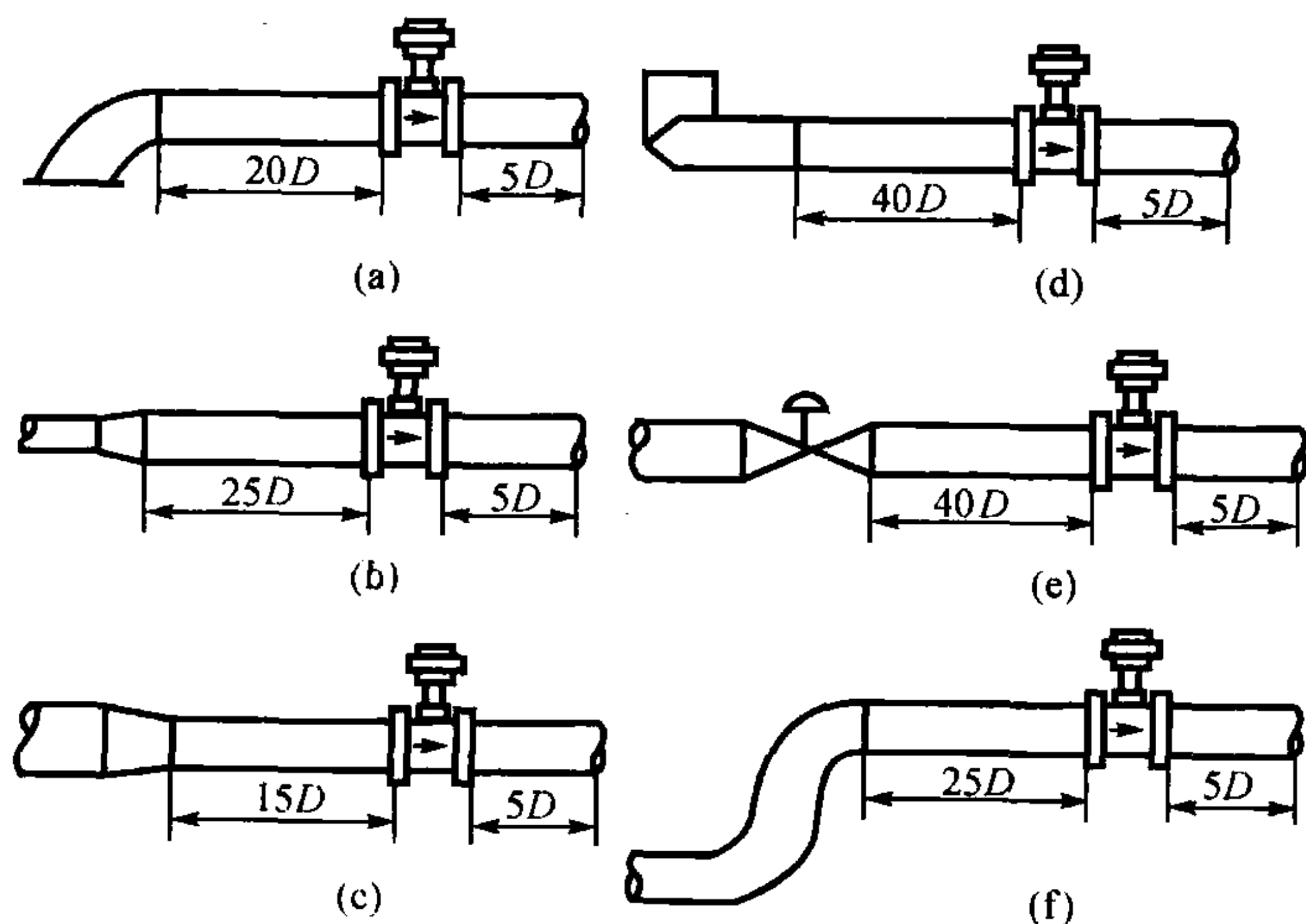


图 5-8 涡街流量计对上、下游直管段长度的要求

在图 5-8 中:

(a) 为一个 90° 弯头; (b) 为同心扩管; (c) 为同心收缩管; (d) 为不同平面两个 90° 弯头; (e) 为调节阀半开阀门; (f) 为同一平面两个 90° 弯头。

D : 涡街流量计的管道内径。

(4) 安装旁通管

为了便于流量计的清洗、维修,又要做到不断流,一般可与流量计并联安装一旁通管道。旁通管道的安装示意图如图 5-9 所示。

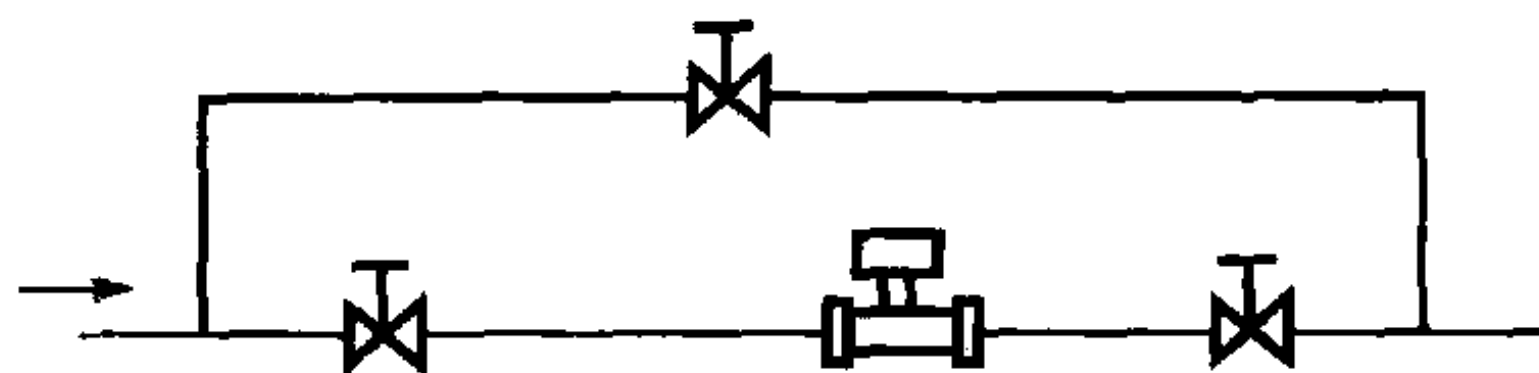


图 5-9 旁通管道示意图

(5) 测量少量异相气液两相流时,应注意流量计的安装位置。

所谓的“少量异相气液两相流”是指被测液体中含有少量的气体,或被测气体中含有少量的液体。

a) 当被测气体中含有少量的液体时,为了防止液体滞留在流量计内,应按图 5-10(a) 的方式正确进行安装。

b) 当被测液体中含有少量的气体时,为了防止气体滞留在流量计内,应按图 5-10(b) 的方式正确进行安装。

(6) 采取适当的减震措施

因为涡街流量计是以流体振动原理进行测量的,因此要求流量计安装时,尽可能避开强振动环境,特别是横向振动环境。若确避不开振动环境,则应采取适当的减震措施,如在流量计上下游 $2D$ 处,设置防震座并加防震垫。

(7) 注意流量计与转换器的接线要求

流量计与转换器之间的电气连接应采用屏蔽电缆或低噪声

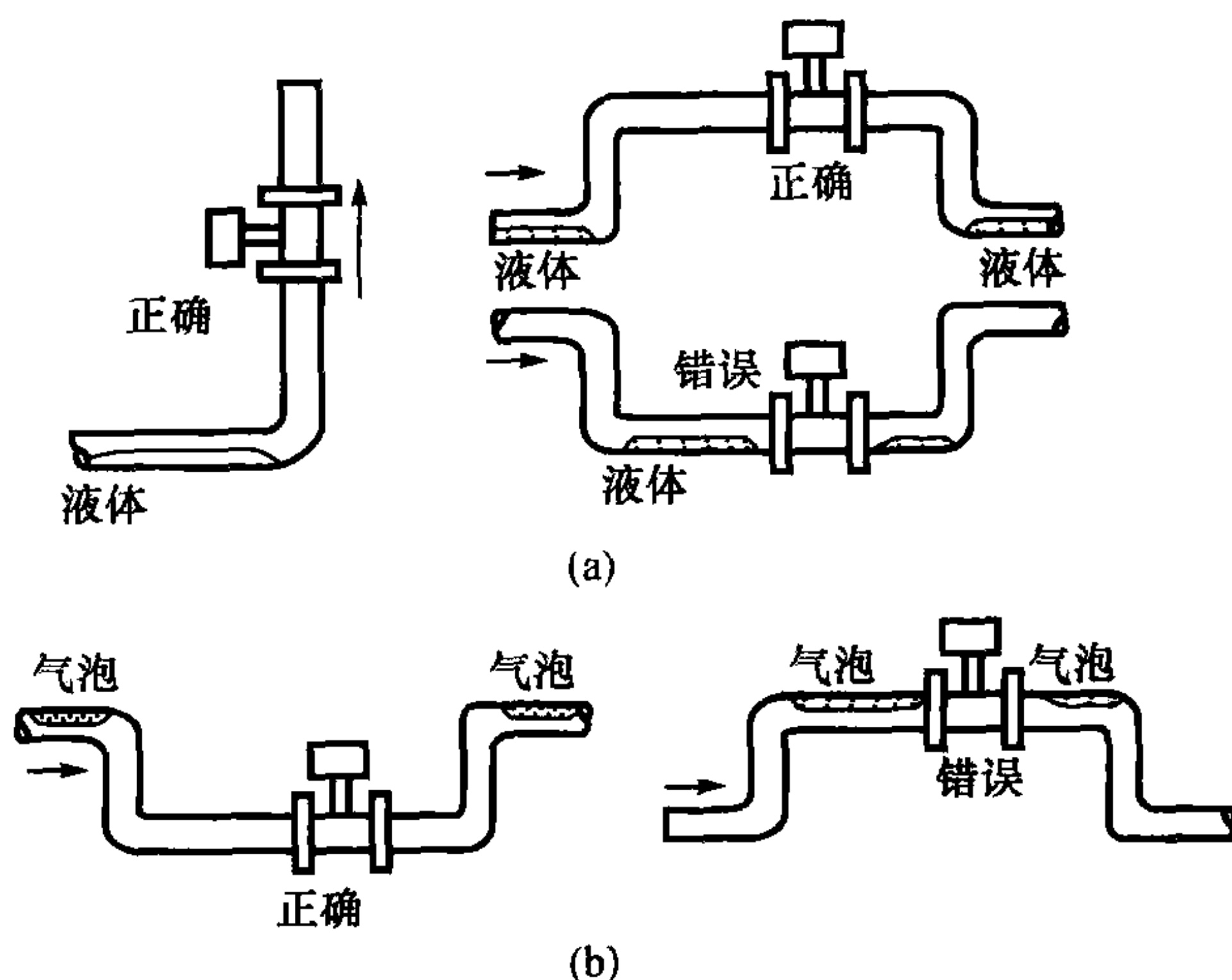


图 5 - 10 测量含液气体(a)和含气液体(b)的流量计的安装

电缆,接线距离要符合安装使用说明书的规定要求;布线时,应远离强功率电源线或单用金属套管进行保护。

102. 涡街流量计在使用中应注意什么?

涡街流量计在使用中应注意以下几方面。

(1) 当被测流体中含有固体微粒时,会造成漩涡发生体的磨损,改变仪表系数,影响测量精度。故应当在流量计的上游安装过滤器并定期对流量计进行检定。

(2) 当流体中含有脏物时,会使漩涡发生器表面产生污垢,进而使发生器的形状和尺寸发生变化,也会影响到测量精度,则应定期对漩涡发生器进行清洗和除垢。

103. 涡街流量计在选型中应注意什么?

涡街流量计在选型中应注意以下几方面。



(1) 流量计的精度选择

- a) 被测介质为液体时,流量计的精度为:0.5 级、1.0 级;
- b) 被测介质为气体时,流量计的精度为:1.0 级、1.5 级;
- c) 插入式流量计的精度为:2 级;

d) 若输出信号为模拟信号(非脉冲信号),测量精度在上述值上再加 0.1 级。

(2) 流速范围的选择

流速范围与被测流体(液体、气体)及管径有关,如当管径为 150 ~ 300mm 时:

- a) 对于液体,最大流速一般为 10m/s ;
- b) 对于气体,最大流速一般为 80m/s 。

(3) 流量范围的选择

流量计的测量范围与被测流体(液体、气体)及管径尺寸有关,具体见表 5-2。

表 5-2 涡街流量计的管径与流量范围

管径尺寸(mm)	流量范围(m³/h)	
	液 体	气 体
25	0.8 ~ 15	7 ~ 130
40	2 ~ 40	17 ~ 330
50	3 ~ 63	27 ~ 530
80	8 ~ 160	67 ~ 1 350
100	12 ~ 250	105 ~ 2 100
150	27 ~ 570	240 ~ 4 700
200	48 ~ 1 000	420 ~ 8 400
250	75 ~ 1 590	660 ~ 13 000
300	110 ~ 2 200	950 ~ 19 000
400	190 ~ 4 000	1 700 ~ 33 800
500	300 ~ 6 300	2 650 ~ 53 000
600	430 ~ 9 100	3 800 ~ 76 000
800	760 ~ 16 200	6 700 ~ 135 000
1 000	1 190 ~ 25 400	10 500 ~ 210 000
1 200	1 710 ~ 36 600	15 100 ~ 300 000



(4) 根据管径尺寸可选用

- a) 当管径尺寸为 15 ~ 300mm 时, 可选用满管式涡街流量计;
- b) 当管径尺寸大于 300mm 时, 可选用插入式涡街流量计。

104. 涡街流量计在订货中应注意什么?

涡街流量计在订货中应注意以下技术参数:

- (1) 公称口径: 如 DN20/DN300;
- (2) 精度等级: 如 0.5 级、1.0 级、1.5 级;
- (3) 连接方式: 如法兰连接等;
- (4) 介质温度: 如 -40 ~ 250℃;
- (5) 公称压力: 如 1.6MPa/4.0MPa;
- (6) 显示方式: 如脉冲输出、4 ~ 20mA 标准信号;
- (7) 防爆标志: 如 Exdm II CT₄;
- (8) 供电电源: 如 DC24V, 3.6V 锂电池;
- (9) 传输距离: 传感器至显示仪距离可达 1 000m。

六 电磁流量计

105. 什么是电磁流量计?

电磁流量计英文为 Electromagne Flowmeter ,简称 EMF。

电磁流量计是 20 世纪五、六十年代随着电子技术的迅速发展而出现的新型流量测量仪表。

电磁流量计是根据法拉第电磁感应定律的原理制成,即利用导电流体在磁场中流动所产生的磁感电动势,来推算并显示流量的流量仪表。图 6-1 和图 6-2 分别为 LD-II 型电磁流量计和 LD 智能型电磁流量计的外形图。



图 6-1 LD-II 型电磁流量计图



图 6-2 LD 智能型电磁流量计

106. 电磁流量计的主要用途是什么?

源于电磁流量计的工作原理,它主要用于测量工业生产过程中各种导电液体的流量,如对各种酸、碱、盐等腐蚀介质;化工、医药、食品工业中的各种浆液;城市及工业污水的测量。

107. 电磁流量计的结构、组成及作用是什么？

电磁流量计主要由 3 部分组成,它们是传感器、转换器、显示器,如图 6-3。

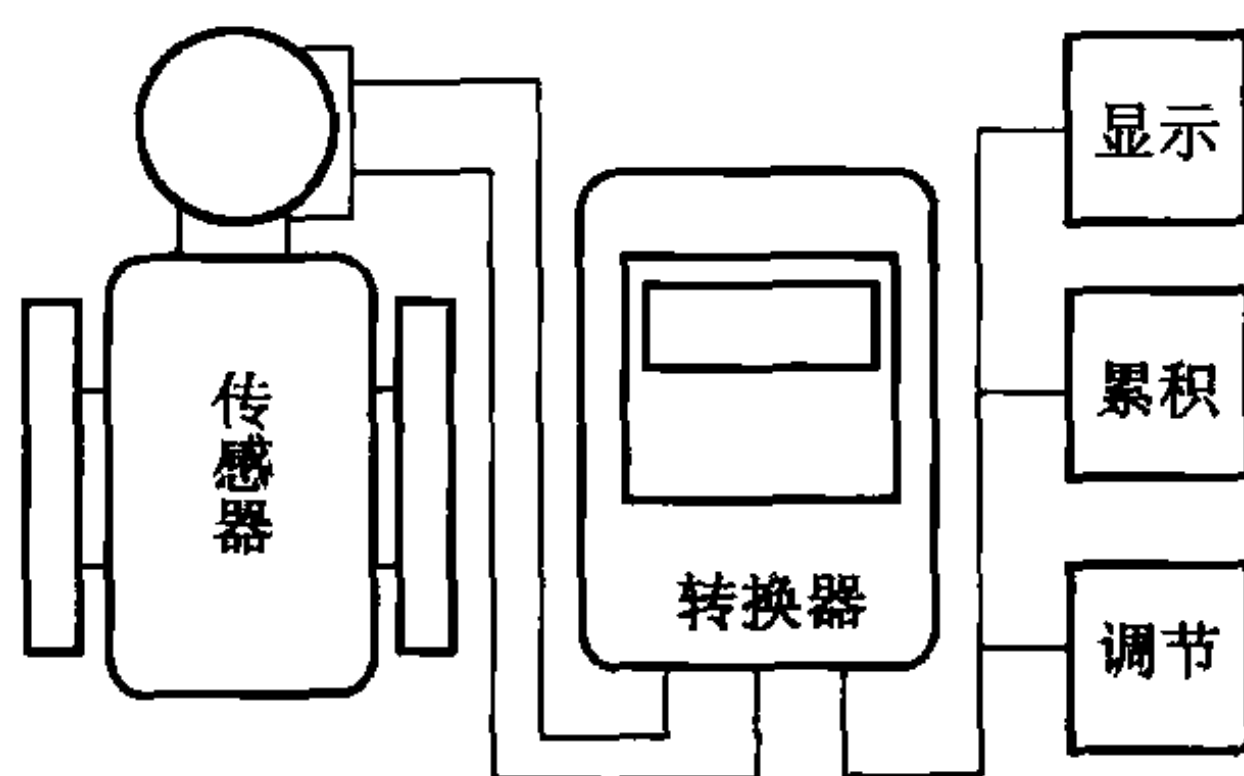


图 6-3 电磁流量计的结构组成

流量计的各部分的作用如下。

(1) 传感器

传感器安装在流体经过的管道上,它的主要作用是感受(接受)流过传感器的液体在磁场的作用下产生相应的感应电势信号,并通过传输线将此信号送至转换器。

(2) 转换器

将来自传感器的毫伏级的感应电动势信号放大,并转换成与被测介质流量成正比的标准电流、电压或频率信号输出至显示器。

(3) 显示器

将来自转换器的标准电信号,进行调整、累积并显示出流量值。

108. 电磁流量计的主要特点有哪些？

电磁流量计的主要有以下特点。

(1)电磁流量计的测量管内无旋转部件,也没有其他阻碍流体流动的部件,因此,在测量过程中不会带来压力损失。因此,这是诸多流量计中耗能最低的流量仪表之一。

(2)电磁流量计在测量过程中,不受被测介质的密度、黏度、温度的影响,因此,经过水介质标定后,就可以用来测量其他导电性液体的流量。

(3)电磁流量计的输出信号只与平均流速成正比,因此,它具有较宽的量程范围,可以从 20:1 到 50:1,最大可至 100:1。

(4)由于测量管内无阻碍液体流动的部件,流体只与测量管内的管内衬接触,这样可以根据不同的测量介质来选择不同材料的内衬,以达到防腐、耐磨等作用。如测量各种酸、碱、盐等腐蚀介质,可选用聚四氟乙烯作内衬;测量带有固体颗粒,磨损较大的矿浆、水泥等可选用耐磨橡胶作内衬。

(5)电磁流量计的管径范围广,可以从几毫米到大至 3m。

(6)电磁流量计有以下不足之处:

a)不能用来测量气体及含气量较多的液体。

b)不能用来测量电导率很低的液体,如石油制品和有机溶剂等。

目前,通常用的电磁流量计可测量液体的电导率应大于 $0.5 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$,表 6-1 列出的是部分介质在 20℃ 时的电导率。

c)电磁流量计易受外界电磁场的干扰的影响。

表 6-1 部分介质在 20℃ 时的电导率 (S/cm)

液体名称	电导率	液体名称	电导率	液体名称	电导率
石油	5×10^{-17}	硫酸(99.4%)	8.5×10^{-3}	氨水(30%)	2×10^{-4}
甘油	6×10^{-6}	硫酸(10%)	6×10^{-1}	氨水(4%)	1×10^{-3}
自来水	1×10^{-4}	盐酸(40%)	5×10^{-1}	氢氧化钠(50%)	8×10^{-2}
蒸馏水	1×10^{-5}	盐酸(10%)	6×10^{-1}	氢氧化钠(2%)	8.6×10^{-2}

续表

液体名称	电导率	液体名称	电导率	液体名称	电导率
海水	4×10^{-2}	硝酸(31%)	8×10^{-1}	食盐水(25%)	2×10^{-1}
血浆	7×10^{-3}	硝酸(6.2%)	3×10^{-1}	食盐水(3.6%)	4×10^{-2}
甲醇	7.2×10^{-7}	乙酸(99.7%)	4×10^{-3}		
丙酮	2×10^{-8}	乙酸(0.3%)	3×10^{-2}		

109. 什么是法拉第电磁感应定律？

由于电磁流量计是根据法拉第电磁感应定律的原理而制成的,在了解其工作原理前,应对法拉第电磁感应定律有一个初步了解。

法拉第电磁感应定律是指:当一导体在磁场中运动并切割磁力线时,在导体的两端会产生感应电动势 e ,其方向可由右手定则确定,其大小与磁场的磁感应强度 B ,导体在磁场内的有效长度 L ,及导体垂直于磁场的运动速度 u 成正比。当 B, L, u 三者互相垂直时,感应电动势 e 的大小可用式(6-1)表示:

$$e = B \cdot L \cdot u \quad (6-1)$$

式中 e ——感应电动势, V ;
 B ——磁感应强度, T ;
 L ——导体有效长度, m ;
 u ——导体运动速度, m/s 。

110. 电磁流量计的工作原理是什么？

在一个内径为 D 的不导磁的管道,建立一个与之垂直的,磁感应强度为 B 的均匀磁场,如图 6-4 所示,当导电液体以流速为 u 流动时,导电液体就切割磁力线,当在垂直于磁场的管道截面两侧安装一对电极。根据法拉第电磁感应定律,只要管内液体流

速为轴向对称分布,两极就会产生感应电动势,其大小可用式(6-2)表示。

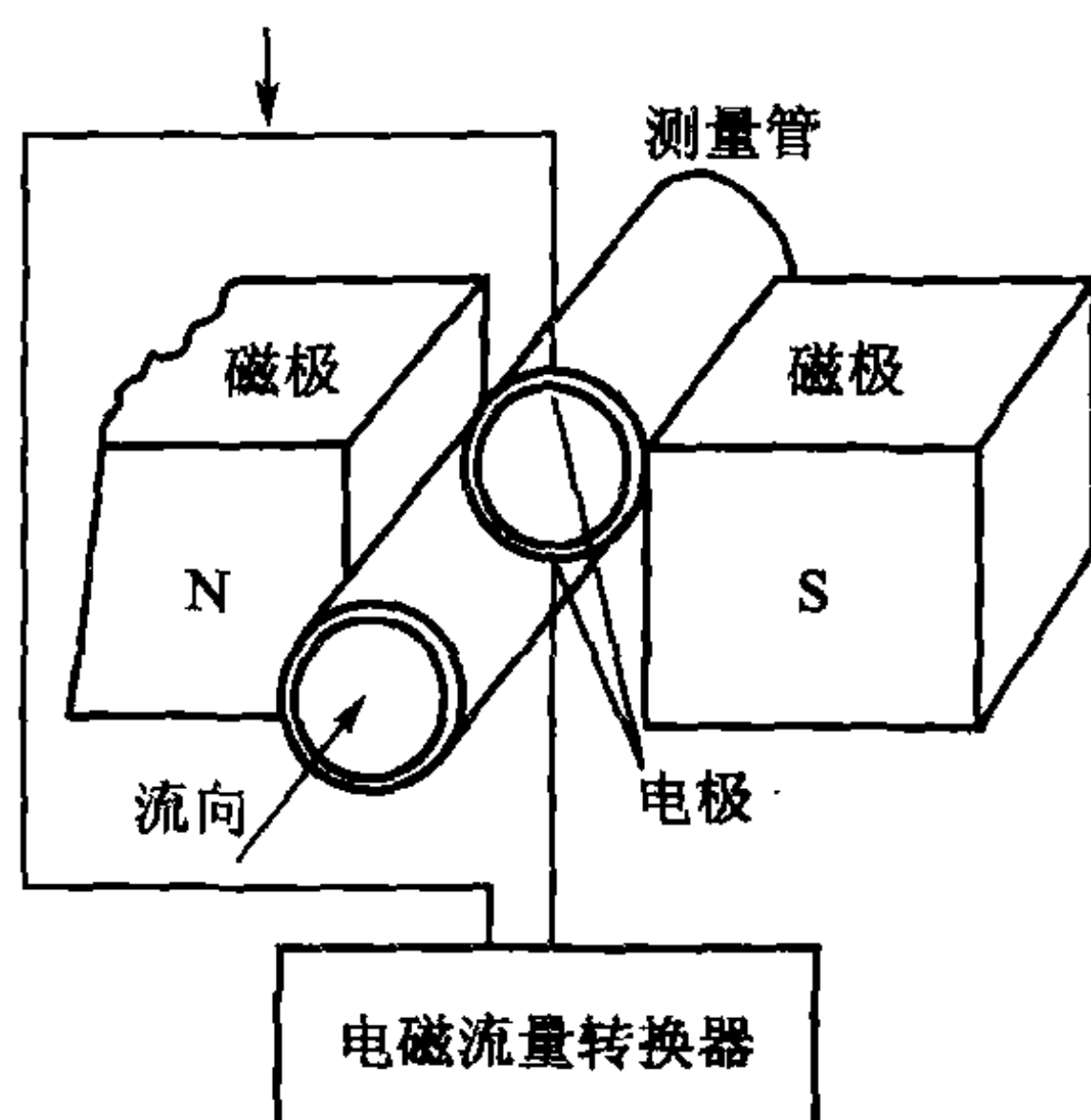


图 6-4 电磁流量计的工作原理图

$$e = K \cdot B \cdot D \cdot u \quad (6-2)$$

式中 e ——感应电动势, V ;

K ——常系数, 无量纲 ;

B ——磁感应强度, T ;

D ——测量管内径, m ;

u ——管道截面的平均流速, m/s 。

此时, 通过管道的体积流量可用式(6-3)表示:

$$q_v = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \bar{u} \quad (6-3)$$

将式(6-2)代入式(6-3)可得出式(6-4):

$$q_v = \frac{\pi D^2}{4K} \cdot \frac{e}{B} \quad (6-4)$$

从式(6-4)可以看出, 当测量管内径 D 和磁感应强度 B 为恒定值时, 体积流量 q_v 仅与感应电动势 e 成正比, 即若测到导电液体流经磁场产生的感应电动势的大小, 就能测出液体的流量。

以上就是电磁流量计的工作原理。

111. 什么是电磁流量计的励磁方式？

由电磁流量计的工作原理可知,要达到对流量测量的条件之一,就是要建立一个磁感应强度为 B 的磁场,这个磁场可以是直流磁场,也可以是交流磁场或其他类型的磁场。而磁场的建立是由励磁系统提供的。

励磁系统采用不同的励磁方式,可以给电磁流量传感器提供多种形式的磁场波形,而不同的磁场波形决定了工作磁场的特征,进而决定了电磁流量计信号处理方法。

电磁流量计的励磁方式主要有以下几种。

(1) 直流励磁技术

直流励磁技术是利用永磁体或直流电源给电磁流量传感器励磁绕组供电,以形成恒定直流磁场。

(2) 工频正弦波励磁技术

正弦波励磁技术是利用正弦波工频电源(50Hz),给电磁流量传感器励磁绕组供电,以形成一个正弦波交变磁场。

(3) 低频矩形波励磁技术

低频矩形波励磁技术是采用集成电路技术和同步采样技术,给电磁流量传感器励磁绕组供电,以形成一个低频矩形波磁场。

该励磁技术综合直流和交流励磁技术的优点,又克服了它们各自的不足。

112. 电磁流量传感器的组成和作用是什么？

电磁流量传感器主要由测量管、磁路系统、电极和干扰调整器等部件组成,它们的主要作用如下。

(1) 测量管

测量管位于传感器中心,两端用法兰或其他方式进行连接,

被测介质流过测量管时,切割磁力线而产生感应电动势。为此要求测量管:

a) 必须是由非导磁材料制成,如聚四氟乙烯(F4)、聚三氟乙烯、四氟乙烯和六氟丙烯、陶瓷、耐酸橡胶等;

b) 在满足强度和耐磨的前提下,管壁尽可能薄些;

c) 为防止电极上电流信号被短路,测量管内侧应有绝缘衬。

(2) 磁路系统

磁路系统主要是指电磁铁,它以励磁方式产生相应的磁场。

(3) 电极

电极安装在测量管两侧的管壁上,一般与被测介质直接接触,其作用是把被测介质切割磁力线时所产生的感应电动势信号引出,再输送至转换器。

电极所选用的材料必须是非磁性导电材料,根据被测介质的腐蚀性,可选择如 304、316 不锈钢,哈 B、哈 C 合金,钛,钽等金属。

(4) 干扰调整器

干扰调整器主要用于正弦波励磁的电磁流量计,可以抑制由于“变压器效应”而产生的正交干扰。

113. 电磁流量转换器的主要性能是什么?

电磁流量转换器的主要作用是将来自传感器输入的微小电压信号进行放大,并转换成与被测流量成正比的标准电压或电流信号输出至显示器。因此,要求转换器应具有以下性能。

(1) 具有线性放大能力

这样才能将毫伏级的电压信号放大到标准电压或电流信号输出。

(2) 具有分辨和抑制各种干扰信号的能力

根据不同的励磁方式,转换器应具有相应功能来抑制并消除



各种信号干扰。

(3) 具有足够高的输入阻抗

这样才能克服传感器内阻变化带来的影响,以提高测量准确度。

(4) 具有消除电源电压和频率波动影响的能力

这里主要是指采用交流励磁方式时,当电源电压或频率发生波动时,也会使电压信号发生波动,则应采取适当方式加以消除其带来的影响。

114. 电磁流量计的分类方法有哪些?

电磁流量计的种类很多,其分类方法主要有以下几种。

(1) 按励磁方式可分为:

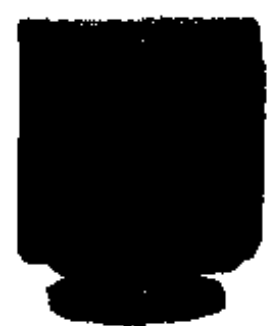
- a) 直流励磁型;
- b) 交流工频励磁型;
- c) 低频矩形励磁型;
- d) 双频励磁型。

(2) 按传感器和转换器的组成方式可分为:

- a) 分离型 指转换器的安装位置和传感器的安装位置有一定距离;
- b) 一体型 指转换器和传感器组装在一起,并安装在管道上。

(3) 按流量计的用途可分为:

- a) 通用型 广泛用于石化、造纸、供水、污水处理等行业;
- b) 卫生型 多用于食品、饮料、医药等有一定卫生要求的行业;
- c) 防爆型 用于有爆炸性气体的场所;
- d) 防浸水型 可承受短时间的水浸没场合;
- e) 插入型 用于大管径的流量测量。



(4) 按安装方式可分为:

法兰连接、螺纹连接或夹装连接。

115. 电磁流量计在选型中应注意什么?

电磁流量计在选型时应从仪表的型式、精度、被测介质的流速、测量管的衬里及电极的材料等诸方面加以考虑,具体如下。

(1) 仪表的型式和精度

a) 仪表型式的选择

用于一般的化工、冶金、供水及污水处理等行业多选用通用型 EMF(EMF:指电磁流量计),用于医疗卫生、食品饮料等行业应选用卫生型 EMF;用于明渠或非满管暗渠的流量可选用潜水型 EMF;用于有爆炸性气氛场合应选用防爆型 EMF。

b) 仪表精度的选择

电磁流量计的精度分为高精度如 0.5 级和 1 级,一般精度如 1.5 级和 2.5 级。在精度的选择时,应根据测量介质的要求合理选择仪表精度。

注意不要过分追求高精度仪表,以免造成不必要的浪费。

(2) 流速的选择

对于测量水或黏度不高的流体,一般设计经济流速为 $1.5 \sim 3\text{m/s}$ 。

对于易黏附、结垢、沉积的流体,其流速应不低于 3m/s ,以达到自清管道,防止流体黏附沉积的作用。

对于磨损性较大的流体如矿浆、石灰乳等,其流速应低于 2m/s ,以减少对衬里和电极的磨损。

(3) 衬里和电极材料的选择

电磁流量计的衬里和电极直接与被测介质接触,在选择所用材料时,应从介质的腐蚀性、磨损性及介质的温度等几个方面加以考虑。

表 6-2 列出的是常用衬里材料的性能,适用液体及工作温度,可供选用时参考。

表 6-2 常用绝缘内衬材料的性能及适用范围

名称	性 能	适用范围	工作温度 (℃)
聚 四 氟 乙 烯 (PTFE)	化学性能稳定;但粘结性差,与金属测量管很难粘结;耐磨性差	腐蚀性强的酸碱盐溶液	250
聚 三 氟 乙 烯	化学性能稳定,仅次于 PTFE,耐磨性差	水、酸溶液	100
四 氟 乙 烯和乙烯	化学耐腐性略次于 PTFE,但与金属测量管有较强的结合力,可用于负压	腐蚀性酸碱盐溶液	
聚 氨 脂 橡 胶	耐磨性能好,但耐酸碱腐蚀差	水泥浆、纸浆类液体	70
氯丁橡胶	弹性好,耐磨,耐腐蚀,抗冲击性能好,成本较低	水泥、矿浆、稀酸液体	70
耐酸橡胶	耐 60℃ 以下的盐酸、磷酸、50% 的硫酸及氯化钠、氯化钾等,但忌强氧化剂	一般的酸碱盐溶液	60
陶瓷	耐各种强酸碱盐的腐蚀,有极好的耐磨性,但易脆裂	具有腐蚀性的矿浆	180

表 6-3 常用电极材料的名称及适用范围

材料名称	适用范围
304/316 不锈钢	多用于生活、工业用水;含弱酸碱盐的废污水的测量
哈氏合金 B	适用于低浓度盐酸等氧化性酸,不适用于氧化性酸如硝酸

续表

材料名称	适用范围
哈氏合金 C	适用于常温下硝酸等氧化性酸,不适用于盐酸等还原性酸
钛	耐腐蚀性优于 304/316 不锈钢; 对海水、氯化物及常温硝酸等有良好的耐腐蚀性; 不适用于盐酸、硫酸等还原性酸
钽	具有和玻璃一样的优良耐腐蚀性,可耐大部分酸碱盐的腐蚀,但不耐氢氧化钠等碱的腐蚀
碳化钨合金	浆液专用电极材料,可降低浆液噪声; 但耐腐蚀性较差,不适用于腐蚀液体

116. 电磁流量计在安装中应注意什么?

电磁流量计的安装主要是指传感器和转换器的安装。

(1) 电磁流量传感器的安装应注意:

- a) 环境温度一般在 $-25 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的范围内,尽可能避开阳光直射;
- b) 相对环境湿度可在 $10\% \sim 90\%$ 范围,并避免雨水直淋;
- c) 安装场所应无振动或振动较小;
- d) 避免安装在变压器、电动机等强电设备附近,以避开电磁干扰;
- e) 避免安装在有强腐蚀性气氛的场所;
- f) 安装时应注意管内液体的流向;
- g) 必要时可安装旁路管,以方便流量计的检查和维修;
- h) 做好传感器的接地,以保证测量的准确性和减少电流腐蚀。

(2) 电磁流量转换器的安装应注意:

- a) 转换器和传感器的安装、传输距离应在规定的范围内,而

传输距离主要和被测介质导电率有关,而一般电磁流量计的“使用说明书”中会给出不同介质的导电率及相应的传输距离;

b) 为了避免干扰信号,信号电缆应单独穿在接地钢管内,而不要和其他电源、电缆同在一个钢管内。

117. 电磁流量计在使用和维修中应注意什么?

电磁流量计在使用和维修中应注意以下几方面。

(1) 流量计在投入使用前,应在测量管内充满液体并在流体处于静态情况下,通电并做零点检查及调整(调零)。

使用中也要定期停流检查并进行调零。

(2) 对于测量非清洁流体的流量计,应定期对管内壁的结垢层进行清除,以保证流量计的正常工作。

(3) 应定期对传感器的电极间电阻、电极绝缘电阻及励磁线圈的绝缘电阻进行检查,以保持规定指标。

(4) 流量计在使用中发生故障时,应能判定引起故障的原因,如是选型不当,环境条件不足,还是使用不当等,以便采取相应的对策加以解决。

118. 电磁流量计在订货中应注意什么?

电磁流量计在订货中应注意以下技术参数:

(1) 精度等级:如 $\pm 0.5\%$, $\pm 1\%$;

(2) 衬里材质:如聚氨脂、氯丁橡胶、聚四氟等;

(3) 电极材质:如 304/316 不锈钢、哈氏合金、钛、铂铱合金等;

(4) 连接方式:如法兰夹装、法兰连接等;

(5) 介质温度:如普通橡胶衬里: $-20 \sim +60^{\circ}\text{C}$;高温橡胶衬里: $-20 \sim +90^{\circ}\text{C}$;

聚四氟乙烯衬里: $-30 \sim +100^{\circ}\text{C}$;高温型乙烯衬里: $-30 \sim$



流量仪表**200**问

+180℃；

(6) 公称压力：如 $DN10 \sim DN65$ ： $\leq 2.5 \text{ MPa}$ ； $DN80 \sim DN150$ ： $\leq 1.6 \text{ MPa}$ ；

(7) 防护等级：如 IP65, IP7；

(8) 防爆标志：如 Exib II CT₄；

(9) 工作电压：如 AC220V, DC24V；

(10) 流量范围：如流速范围是 $1 \sim 3 \text{ m/s}$ ；

(11) 电导率范围：如被测流体电导率 $\geq 5 \mu\text{S/cm}$ ；

(12) 直管段长度：如上游 $\geq 5DN$ ，下游 $\geq 2DN$ 。

七 超声波流量计

119. 什么是超声波流量计?

超声波流量计是利用超声波在流体运行中,顺流传播时和逆流传播时所产生的传播速度差这一特性,通过向上、下游流体发送超声波和从下、上游流体中接收超声波,再经过对超声波传播的速度差的积算处理而实现对流体流量测量的仪表。

超声波流量计也称为超声流量计。

图 7-1 和图 7-2 分别为固定安装式超声波流量计和便携式超声波流量计。



图 7-1 固定安装式超声波流量计

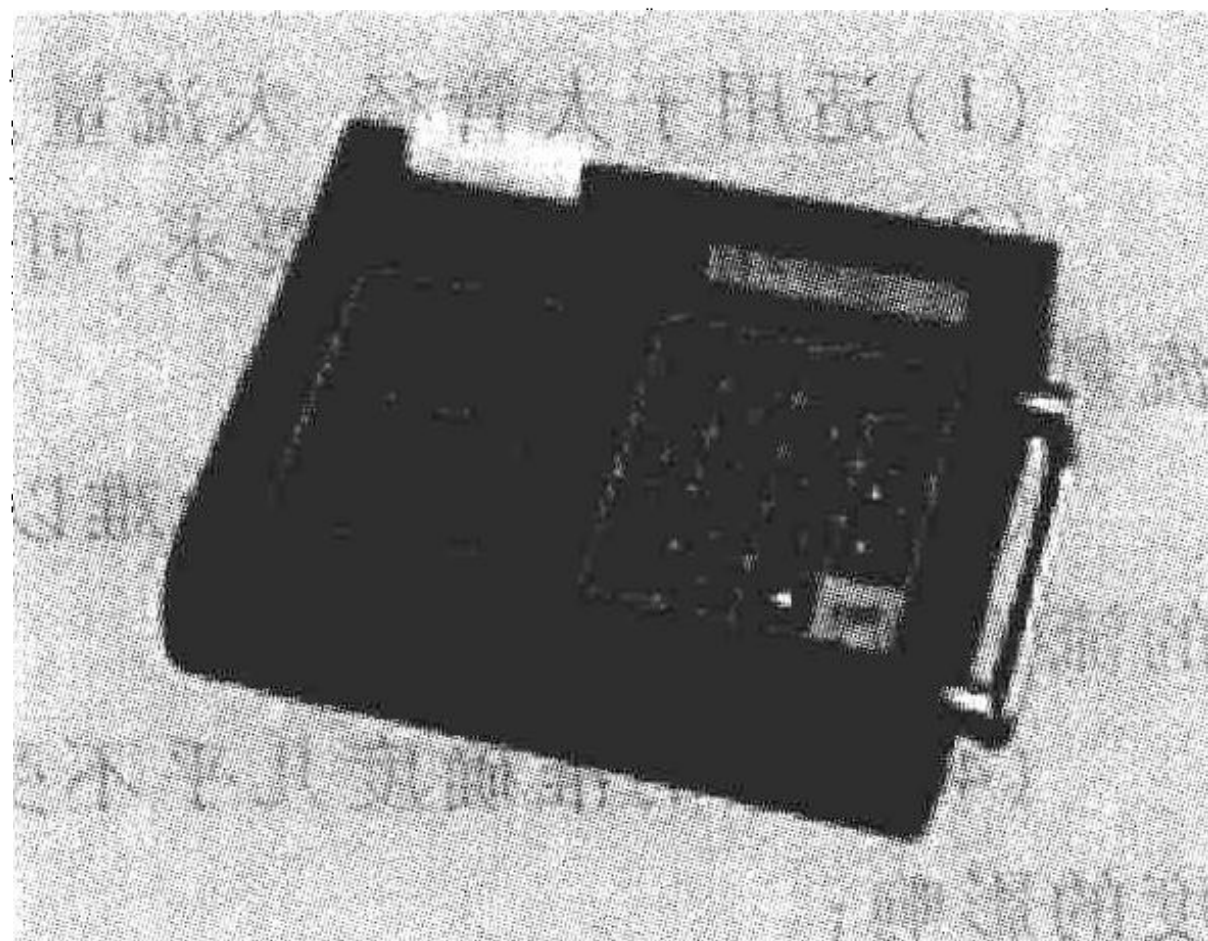


图 7-2 便携式超声波流量计

120. 超声波流量计的主要结构有哪些?

超声波流量计主要由超声波换能器、电子线路、积算系统和

显示仪表构成。

(1) 超声波换能器

超声波换能器包括超声波发生器和超声波接收器。发生器是将电能转换为超声波能量,并将其发射到上、下游的被测流体中,接收器将接收到下、上游被测流体中的超声波信号,转换为代表流量的电信号,供给积算系统和显示仪表进行积算和显示。

(2) 电子线路

超声波流量计的电子线路包括连接发生器、接收器、积算系统和显示仪表之间的电子线路。

(3) 积算系统和显示仪表

积算系统是将通过电子线路输入的电信号进行运算,再通过显示仪表是将测得的瞬时流量和累积流量值用数字量或模拟量显示出来,以实现了对流量的测量。

121. 超声波流量计的主要特点有哪些?

超声波流量计是一种非接触式流量仪表,因此它有以下特点:

- (1) 适用于大管径、大流量及各种明渠、暗渠的流量测量;
- (2) 对介质几乎无要求,可测量液体、气体以至双相介质的流量测量;
- (3) 可测量其他流量计难以测量的强腐蚀性、非导电性介质的流量测量;
- (4) 测量的准确度几乎不受被测介质压力、温度、密度和黏度的影响;
- (5) 测量范围度宽,一般可达 20:1。

122. 超声波流量计的测量原理是什么?

超声波流量计常用的测量方法为:传播速度差法和多普勒法等。

传播速度差法其基本原理是测量超声波脉冲顺水流和逆水流时速度之差来反映流体的流速,从而测出流量。根据被测物理量不同,传播速度差法可分为以下 3 种:

- (1) 时差法;
- (2) 相位差法;
- (3) 频率差法。

多普勒法的基本原理则是应用声波中的多普勒效应测得顺水流和逆水流的频率差来反映流体的流速从而得出流量。

123. 什么是时差法测量?

时差法测量流体流量的原理如图 7-3 所示。它是利用超声波在流体中传播时因流体流动方向不同而传播速度不同的特点,测量它的顺流传播时间 t_1 和逆流传播时间 t_2 的差值,从而计算流体流动的速度从而得出流量。

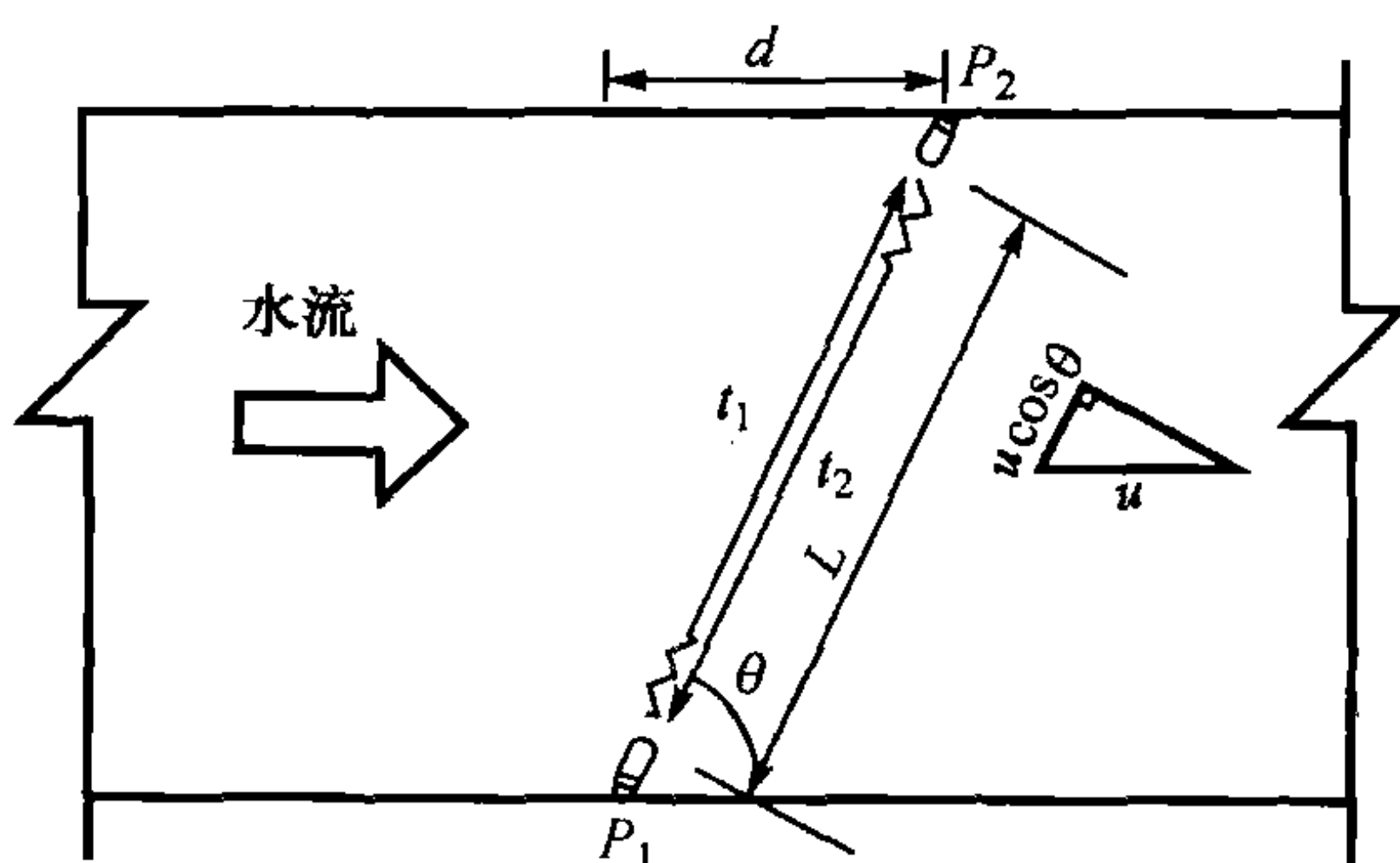


图 7-3 超声波流量计测流原理图

在被测量流体的顺时方向和逆时方向,相距距离为 L 两处分别安装超声波发射器和接收器,通过测量超声波在顺流和逆流传播的时间差来实现对流量的测量,可用式(7-1)表示:

$$u = \frac{C^2}{2L} \Delta t \quad (7-1)$$

式中 u ——被测流体的流速, m/s;
 C ——超声波在被测流体静止时的传播速度, m/s;
 L ——发射器和接收器的安装距离, m;
 Δt ——超声波在顺流和逆流传播的时间差, s。

由式(7-1)可以看出, 当 L 为一定数, C 为常数时, 流体的流速仅与时间差 Δt 成正比, 即测量到时间差, 就可以得到流速, 进而可以求得流量。

124. 什么是相位差测量法?

相位差测量法就是通过测量超声波在顺流和逆流传播的相位差来实现对流量的测量, 可用式(7-2)来表示:

$$u = \frac{C^2}{2L} \cdot \frac{\Delta \varphi}{\omega} \quad (7-2)$$

式中 u, C, L ——同式(7-1);
 $\Delta \varphi$ ——超声波在顺流和逆流传播的相位差;
 ω ——超声波发射的角频率。

由式 7-2 可以看出, 当 L 为一定数, C 和 ω 为常数时, 流体的流速仅与相位差 $\Delta \varphi$ 成正比, 即测量到相位差 $\Delta \varphi$, 就可以得到流速, 进而可以求得流量。

125. 什么是频率差测量法?

频率差测量法就是通过测量超声波在顺流和逆流传播的脉冲循环频率差来实现对流量的测量, 可用式(7-3)来表示:

$$u = \frac{D}{\sin 2\theta} \left(1 + \frac{\tau C}{D} \cos \theta \right)^2 \Delta f \quad (7-3)$$

式中 u, C ——同式(7-1);
 D ——管道直径, m;

θ ——超声波与管道法线的夹角, ($^{\circ}$);

τ ——超声波的循环延迟时间, s;

Δf ——超声波的循环频率差。

由式(7-3)可以看出,当 D 为一定数, C, θ, τ 为常数时,流体的流速仅与循环频率差 Δf 成正比,即测量到频率差 Δf ,就可以得到流速,进而可以求得流量。

126. 什么是多普勒效应?

多普勒效应是指当声源和观察者之间有相对运动时,观察者所感受到的声源频率将不同于声源所发出的频率。

多普勒效应发生的基本条件是声源和接受器发生相对运动。

多普勒效应是自然界普遍存在的一种效应,它是 1842 年由奥地利物理学家克里斯蒂安·多普勒(Christian Doppler)首先发现并经过研究而提出来的。一天,当多普勒正路过铁路交叉处,恰逢一列火车从他身旁驰过,他发现火车从远而近时汽笛声变响,音调变尖,而火车从近而远时汽笛声变弱,音调变低。他对这个物理现象感到极大兴趣,并进行了研究。发现这是由于声源与观察者之间存在着相对运动,使观察者听到的声音频率不同于声源频率的现象,这就是频移效应。因为这是多普勒首先发现、研究并提出来的,所以称为多普勒效应。

127. 什么是多普勒超声流量计?

多普勒超声流量计是依据物理学中声波的多普勒效应这一原理,来实现对流量测量的一种仪表。

多普勒超声流量计将流体内的微粒被超声波信号入射,其信号被接收器所检出,再通过 对反射信号与入射信号的频率进行比较,就能计算出流速,进而计算出流体的流量。

多普勒超声流量测量的一个必要的条件是:被测流体介质应

是含有一定数量能反射声波的固体粒子或气泡等的两相介质。这个工作条件实际上也是它的一大优点,即这种流量测量方法适宜于对两相流的测量,这是其他流量计难以解决的问题。因此,作为一种极有前途的两相流测量方法和流量计,多普勒超声流量测量方法目前正日益得到应用。

128. 多普勒超声流量计的工作原理是什么?

多普勒法测量原理,是依据声波中的多普勒效应,检测其多普勒频率差。超声波发生器为一固定声源,随流体以同速度运动的固体颗粒与声源有相对运动,该固体颗粒可把入射的超声波反射回接收器。入射声波与反射声波之间的频率差就是由于流体中固体颗粒运动而产生的声波多普勒频移。由于这个频率差正比于流体流速,所以通过测量频率差就可以求得流速,进而可以得到流体流量,如图 7-4。

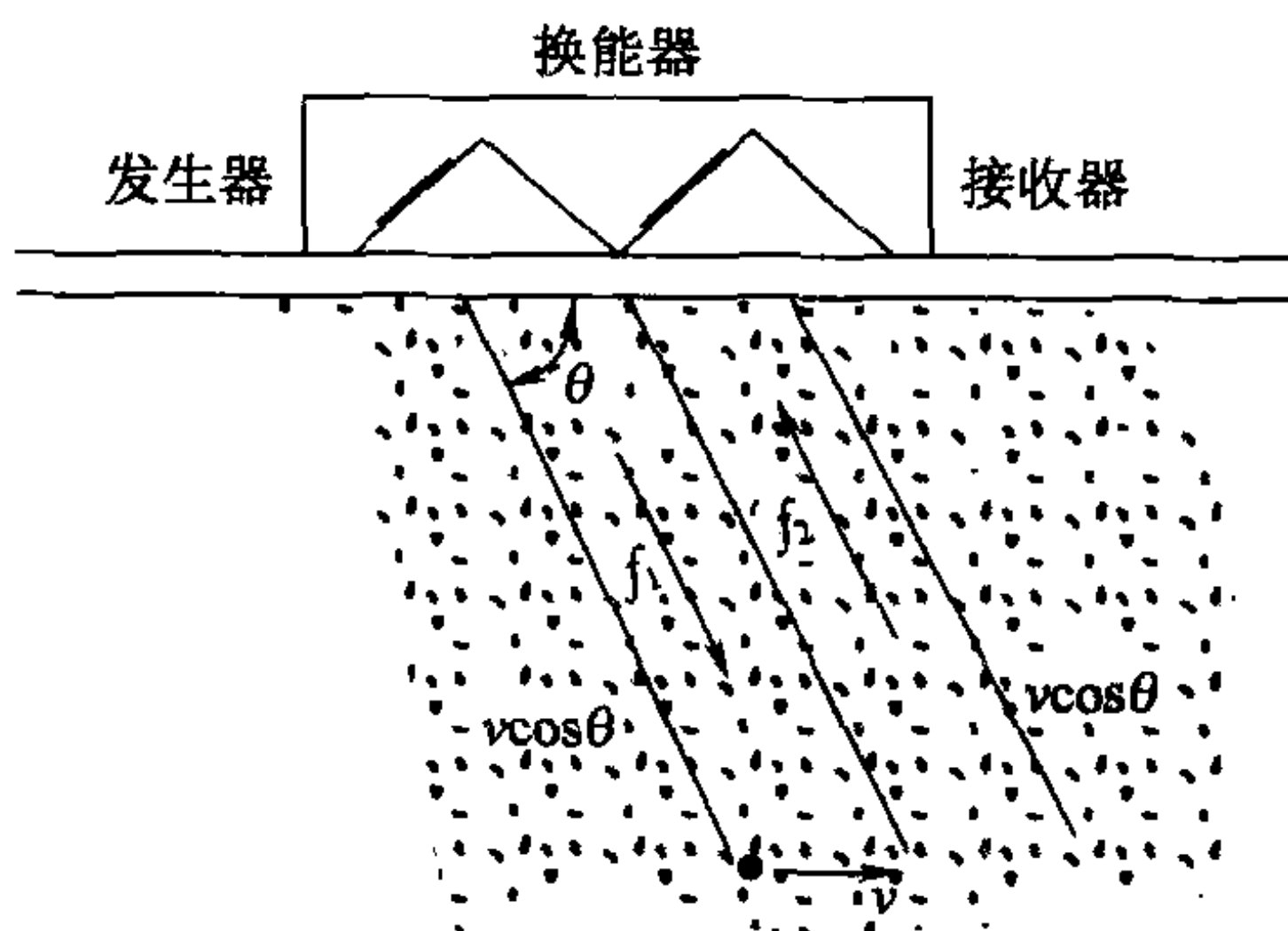


图 7-4 多普勒超声波流量计测流原理图

129. 多普勒流量计的使用特点有哪些?

多普勒流量计适用于以下两种情况:

一是适用于测量两相流的流体；

二是适用于被测流体中有足够的,具有反射波本领的颗粒场合。但由于流体中颗粒的反射性能不稳定,则限制了多普勒流量计的使用场合。

130. 超声波流量计在安装中应注意什么?

超声波流量计是一种工作性能与现场安装、使用有很大关系的流量仪表,因此,为了保证流量计的测量精度,使用的可靠性和稳定性,应对流量计进行正确的安装。仪表的安装主要包括换能器和显示仪表的安装。

(1) 换能器的安装

换能器的安装包括正确选择安装地点、安装方式及确定安装距离。

a) 安装地点的选择

为了保证换能器前流体是沿管道平行流动,必须保证换能器的前、后有一定长度的直管段,一般换能器上游的直管段长度应大于 $10D$ (D :管道内径),下游段应大于 $5D$ 。

b) 安装方式的选择

大多数流体流动方向平行于管轴线,通常应选用透过法进行安装,但当流体的流动方向与管轴不平行时,可选用反射法或交叉法进行安装。

c) 安装距离的确定

一般的产品使用说明书上都有安装距离的计算功能,只要提供出测量管道的相关参数如管径、壁厚、管道材料等,就能计算出换能器的安装距离,并用定位纸法确定其安装位置。

(2) 显示仪表的安装

显示仪表的安装位置距换能器一般不应超过 500m,安装地点应选择振动、冲击小且无电磁场干扰的位置。

(3) 流量计安装完毕后,应按使用说明书中的要求,对流量计进行调校,其中包括零点的调整,对阻尼时间的设定,对工作参数的设定等。

131. 超声波流量计在使用中应注意什么?

为了保证超声波流量计的测量精度,在流量计的使用中应注意以下两方面。

(1) 应在流量计上游的管道上设置排气阀

输水管道中存有空气的现象是普遍存在的,管道中存有的空气占据了管道的有效面积,这样会使测量结果产生误差,管道中含气量越大,测量误差则越大,最大时的误差会达到 10% 左右。

因此,因在仪表的上游安装排气阀,安装位置应在仪表上游的 $30D$ 处,在使用中应定时进行排气处理,以保证测量的准确性。

(2) 应定期对管壁上的结垢进行清理

管壁结垢对测量误差有两方面的影响:

一是流量与管径成正比,管壁上的结垢增厚,会使管径发生变化。经过计算,管径每存在 1% 的误差,就会产生 3% 的流量测量误差。

二是管壁结垢的存在,会使超声波发生散射,这样也会降低仪表的测量精度。

因此,在仪表的使用过程中,应定期对管壁的结垢进行清理,以保证仪表的测量精度。

八 质量流量计

132. 质量流量计按测量方式分为哪两大类？

质量流量计按测量方式可以分为两大类。

(1) 直接式质量流量计

直接式质量流量计输出的信号可以直接反映出流体的质量流量,而不用考虑流体的密度,黏度等物理参数及温度、压力等状态参数。直接式质量流量计的类型较多,如科里奥利式、热式、差压式、叶轮式、动量力矩式、惯性力式等,但目前用的较多的是:

a) 科里奥利质量流量计;

b) 热式质量流量计。

(2) 间接式质量流量计

间接式质量流量计又分为两类:

a) 组合式质量流量计,又称为推导式质量流量计

这种流量计是同时检测出流体的体积流量值 q_v 和介质的密度值 ρ ,然后通过运算器运算再输出流体的质量流量值。

b) 补偿式质量流量计

这种流量计不光是检测出流体的体积流量,还同时检测出介质的温度和压力,再根据不同温度、压力下的密度值,通过运算输出流体的质量流量值。

图 8 - 1 和图 8 - 2 分别为 KLB 科里奥利质量流量计和 115FT - RY 热式流量计的外形图。



图 8-1 KLB 科里奥利质量流量计 图 8-2 115FT-RY 热式流量计

133. 什么是科里奥利质量流量计？

科里奥利质量流量计，简称科氏流量计或 CMF。科氏流量计是利用流体在振动管中流动时产生的科里奥利力，而科里奥利力又与质量流量成正比这个原理来实现对质量流量测量的仪表。

科氏流量计以可直接测量管道内流体的质量流量，计量精确度高，工作性能稳定可靠，适用的流体介质面宽，而被广泛用于石油、化工、冶金、制药、造纸、食品和能源等行业工艺过程的检测控制以及贸易计量结算等场合。

134. 科里奥利质量流量计的工作原理是什么？

科里奥利 (Coriolis) 是法国物理学家。经过科里奥利的研究发现：当一个质点相对于惯性系做直线运动时，相对于旋转体系，其轨迹是一条曲线。立足于旋转体系，他认为有一个力驱使质点运动轨迹形成曲线，这个力就是科里奥利力。

科里奥利力广泛用于气象、水力、海洋研究、人类工程学、导弹军事等不同的领域，当然还包括质量流量的测量。

人们利用科里奥利力的原理设计了用于对质量流量进行测

量的仪表。

科氏质量流量计是利用当被测量的流体通过一个振动中的测量管,流体在管道中的流动相当于直线运动,测量管受振动时会产生一个角速度,由于振动是受到外加电磁场驱动的,有着固定的频率,因而流体在管道中产生的科里奥利力仅与其质量和运动速度有关,而质量和流速的乘积就是需要测量的质量流量,因而通过测量流体在管道中受到的科里奥利力,便可以测量其质量流量。

如图 8-3 所示,当一质量为 δ_m 的质点,在以匀速 u 围绕旋转轴 P ,以角速度 ω 旋转并沿轴向运动,这个质点将获得两个加速度。

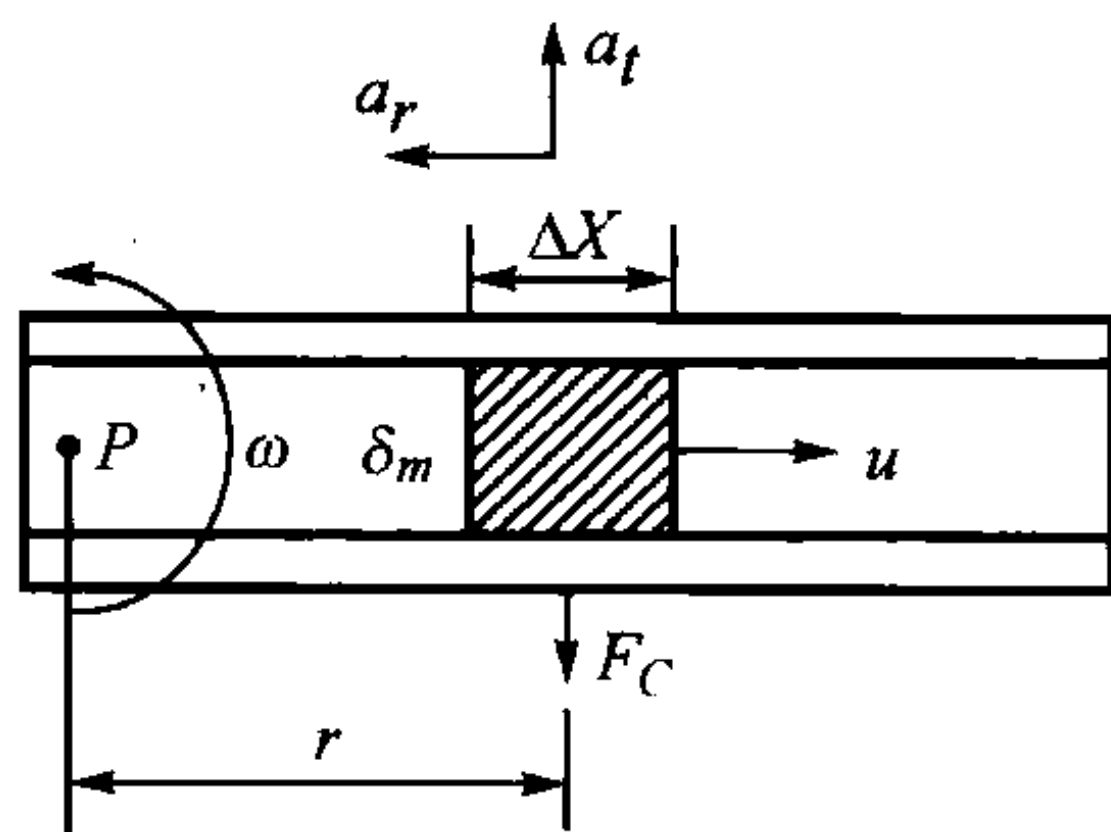


图 8-3 科里奥利力产生原理

图中: α_r ——法向加速度;

α_t ——切向加速度;又称科里奥利加速度。

为了使质点具有科里奥利加速度 α_t ,就需要在 α_t 方向施加一大小等于 $2\omega u\delta_m$,方向相反的力 F_c ,这个 F_c 称之为科里奥利力,其大小等于:

$$F_c = 2\omega u\delta_m \quad (8-1)$$

从图 8-3 可以看到,当密度为 ρ 的流体以恒定流速 u 旋转流动时,任一段长度 ΔX 的管道将受到一个大小为 ΔF_c 的切向科

里奥利力,其大小等于:

$$\Delta F_c = 2\omega u \delta A \Delta X \quad (8-2)$$

式中, A 为管道的横截面积。

由于质量流量 $q_m = \delta u A$, 将式(8-2)代入该式则可得:

$$q_m = \frac{\Delta F_c}{2\omega \Delta X} \quad (8-3)$$

式中 q_m ——质量流量;

ΔF_c ——科里奥利力;

ω ——流体旋转角速度;

ΔX ——单位长度。

从式(8-3)中可以知道,当 $\omega, \Delta X$ 为常数时,质量流量与单位长度上受到的科里奥利力 ΔF_c 成正比。只要能直接或间接地测量出 ΔF_c , 就能测得流经管道的质量流量。

但是,在实际测量中,要使流体流经管道时围绕以 P 轴以角速度 ω 旋转显然是不切实际,但经过几年的实践和探索,人们发现使管道以 P 轴为轴心产生一定频率的上下振动,也能使管道内壁产生相应的科里奥利力,这种管道又称为振动管。

135. 科里奥利质量流量计有哪几种型式?

科里奥利质量流量计根据测量管的形式大致分为以下4类。

(1) 直管型流量计

直管型流量计不易存积气体,流量传感器尺寸小,重量轻。但自振频率较高,而将管壁做的较薄,其不足之处是使管壁易受到磨损。

(2) 弯管型流量计

弯管型流量计由于自振频率较低,可以采用较厚的管壁,增强管壁的耐磨性。但由于存在弯管部,则易积存气体或残渣,易引起附加误差。

(3) 单管型流量计

单管型流量计由于不分流,有利于稳定零点,且便于清洗;不足之处是易受到外界振动干扰。

(4) 双管型流量计

双管型流量计由于实现两管相位差的测量,并可降低外界振动干扰。

136. 科里奥利质量流量计有哪些特点?

科里奥利质量流量计的特点如下。

(1) 优点

- a) 可直接测量管道内流体的质量流量;
- b) 测量精度高,测量精度可达 0.2 级 ~ 0.4 级;稳定性好,重复性高于 0.1% ;
- c) 测量范围广,流量范围可达 10:1 ~ 50:1 ;
- d) 对测量介质适应性较广,可以测量多种液体或浆液;
- e) 不受管内流动状态的影响如层流或紊流;
- f) 使用寿命长并便于维护和清洗。

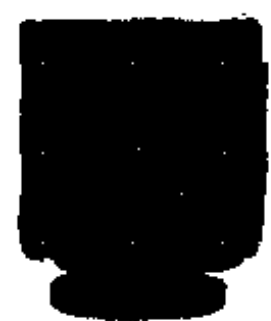
(2) 不足之处

- a) 具有一定的局限性,多用于对液体流量的测量;
- b) 只适用于小口径流量的测量,一般 DN 在 250mm 以下。
- c) 流量计的体积和重量较大,压力损失也较大;
- d) 对外界的振动干扰较敏感;
- e) 价格昂贵,约为同口径流量计的 3 倍以上。

137. 科里奥利质量流量计在安装中应注意什么?

为了保证科里奥利质量流量计(CMF)正常、安全、准确地工作,在仪表的安装中应注意以下几个问题:

- (1) CMF 应安装在坚固的基础上,以保证流量计在使用中无



外界振动的影响,确保测量的准确性;

(2)多台 CMF 同地点安装时,各 CMF 之间应有足够的距离,防止或减少 CMF 之间的影响;

(3)为了防止 CMF 在使用中不会存积气体,水平安装时,应避免安装在管路的最高点上。

138. 科里奥利质量流量计在使用中应注意什么?

(1)流量计的零点调整

为了保证测量的准确性,使用前应对流量计进行零点调整。调零中应注意两点:

一是被测流体应充满测量管;

二是应保证流量计下游阀门被彻底关闭,并无泄漏发生。

(2)正确设置流量和密度校准系数。

(3)在使用中应及时发现仪表工作中出现的故障,有的可以自己进行排除,必要时可以请仪表生产厂来进行维修。

139. 什么是热式质量流量计?

热式质量流量计简称 TMF,国内习惯称为热式流量计。

热式质量流量计是利用流体通过外热源加热的管道产生的温度场变化来实现对流体质量的测量,或利用加热流体时,流体温度上升某一值所需能量与流体质量之间的关系来实现对流体质量的测量的一种流量仪表。

热式质量流量计一般用来对气体质量流量的测量。

140. 热式质量流量计有什么特点?

热式质量流量计有以下特点:

(1)具有高精度,高可靠性;

(2)可测流量范围大;

(3) 压力损失低,可用于极低压力气体流量的测量。

141. 热式质量流量计按结构原理可分为几种?

热式质量流量计主要用于对气体质量流量的测量,按结构原理可分为以下 3 种。

(1) 浸入式 TMF

浸入式 TMF 的加热元件和测温元件均用不锈钢套管保护,而不跟流体接触。

浸入式 TMF 分为线型和插入型两种,线型 TMF 适用于中等尺寸管道,而插入型 TMF 适用于大口径管道。

(2) 热分布型 TMF

热分布型 TMF 为一种非接触式流量计,适用于对微小气体的质量流量测量。

(3) 边界层 TMF

边界层 TMF 是利用气体边界层的传热来实现对气体流量的测量,因不需要对全部介质加热,故反应速度快,适用于较大管径内气体的流量测量。

142. 什么是托马斯流量计?

托马斯流量计是美国科学家于 20 世纪初发明的一种接触式流量计。

托马斯流量计是气体吸热量与气体的质量成正比的原理来实现对气体质量测量的一种仪表。

因此,托马斯流量计也是一种热式质量流量计。

143. 托马斯流量计的工作原理是什么?

托马斯流量计的工作原理如图 8-4 所示,在气体管路中放入电加热器,在加热器上、下游的对称位置,安置两个电阻温度计

R_1 和 R_2 , 用 R_1 和 R_2 来测量加热器上下游的温度差 ΔT , 而温度差 ΔT 与气体质量流量 q_m 之间的关系可用图 8-5 来表示, 从图 8-5 可以看出, 当质量流量小于 q_{m1} 时, 质量流量 q_m 与温度差 ΔT 基本为线性关系, 这样只要测量出上、下游之间的温度差, 就可以测量出微小气体的质量流量, 并可用式(8-4)表示:

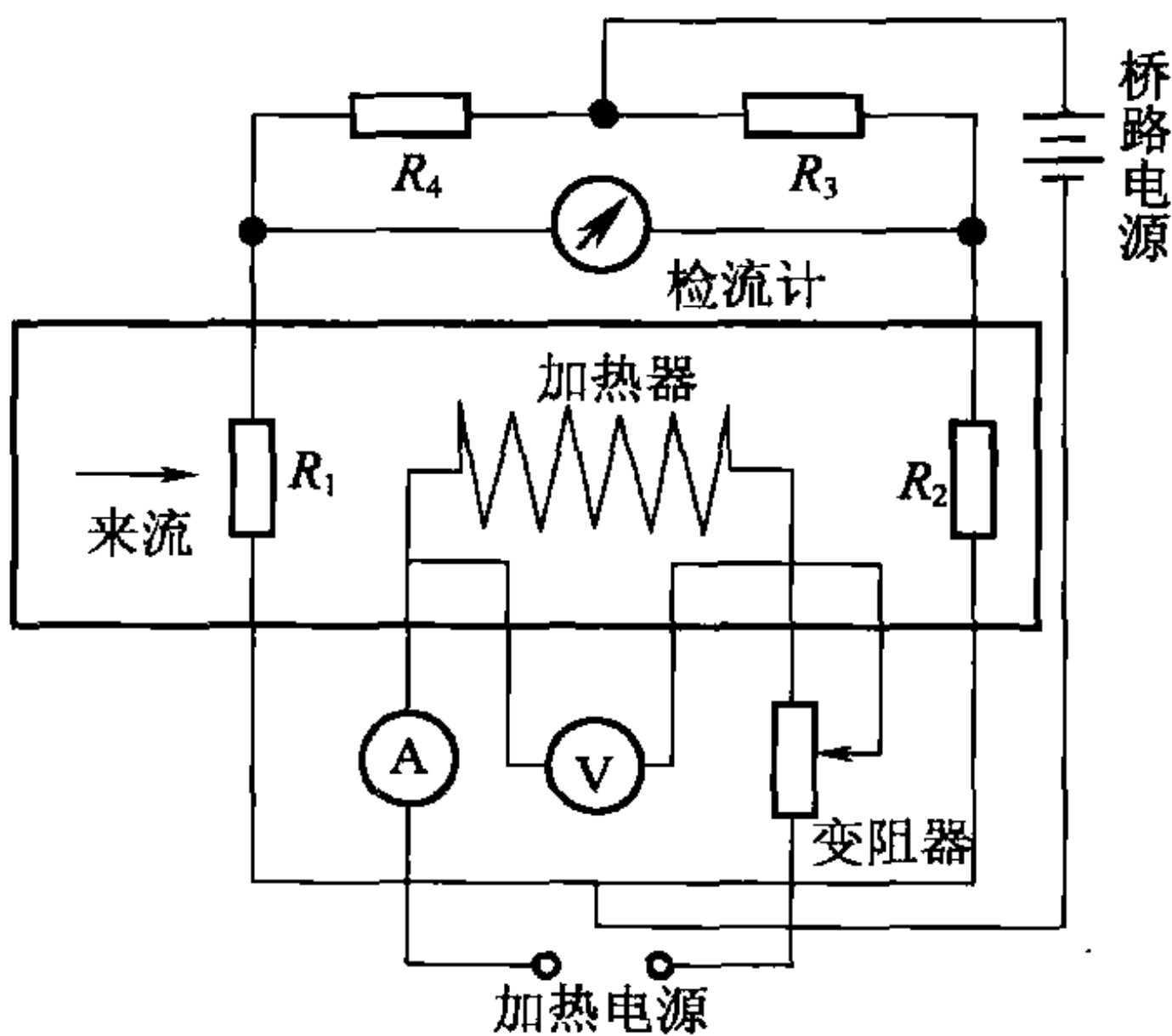


图 8-4 科里奥利力产生原理

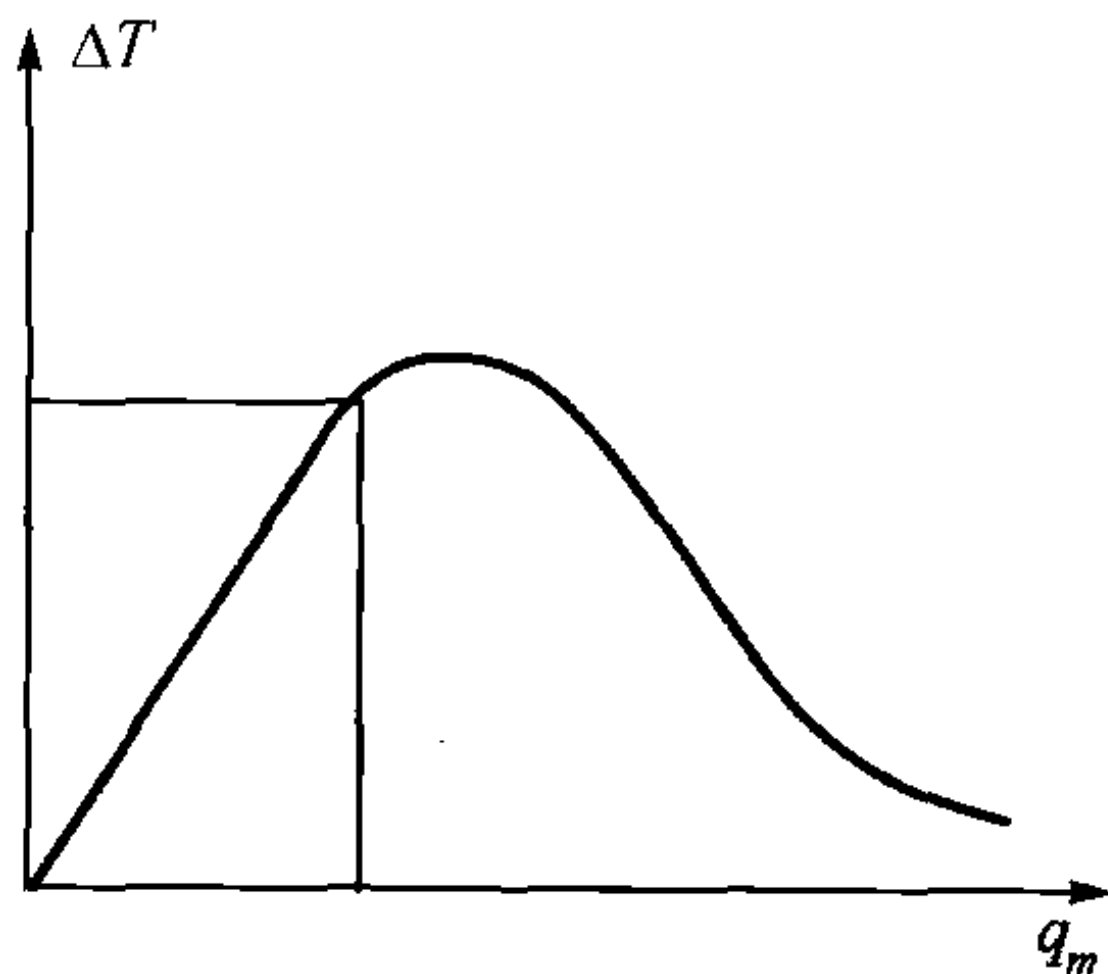


图 8-5 科里奥利力产生原理



$$q_m = E / (C_p \cdot \Delta T) \quad (8-4)$$

式中 q_m ——被测气体的质量流量；
 E ——输给加热器的电功率；
 C_p ——比定压热容；
 ΔT ——上、下游之间的温度差。

从式(8-4)可以看出,当 E, C_p 为定值时,在一定的 q_m 范围内,测出了温度差 ΔT ,就可以间接测量出气体的质量流量。

144. 质量流量计在订货中应注意什么?

质量流量计在订货中应注意以下技术参数:

- (1) 仪表型号:如 KLB - CMF;
- (2) 公称通径:如 10/25mm;
- (3) 流量范围:0 ~ 3.5/0 ~ 20t/h;
- (4) 精度等级:如 0.2 级、0.5 级;
- (5) 测量介质:如石油、酸碱等;
- (6) 工作环境温度:如 0 ~ +40 °C;
- (7) 介质温度:如 -60 ~ +200 °C;
- (8) 介质密度:如 0.5 ~ 3g/cm³;
- (9) 工作压力:如 ≤4.0MPa;
- (10) 测量管材质:如 316 不锈钢;
- (11) 连接方式:如法兰式或螺纹式;
- (12) 防爆标志:如本安 Exib II BT₄;
- (13) 输出信号:如 4 ~ 20 mA 或 RS - 485;
- (14) 工作电压:如 AC220V 或 DC24V。

九 流量标准装置

145. 什么是流量量值传递？

通过计量检定将国家流量基准所复现的流量计量单位值,通过流量标准计量器具逐级传递到流量工作计量器具,以保证对被测量对象所测量的流量量值的准确和一致,称为流量量值传递。

146. 什么是液体流量计量器具检定系统表？

液体流量计量器具检定系统表适用于充满封闭管道的液体流量计量器具的量值传递,它包括了从主要基本量和导出量,液体流量计量基准器具,液体流量标准器具直至液体流量工作计量器具之间的量值传递关系,量值传递方法和量值传递时的最佳测量能力。

该检定系统以方框图的形式给出,故又称为液体流量计量器具检定系统框图,见附表3。

从检定系统框图可以看出,检定系统分为三部分:计量基准、计量标准和工作计量器具。在检定系统框图中表示出了这三部分的关系。为了保证量值的准确一致,各级计量器具应按检定系统规定的技术等级进行周期检定。

147. 什么是国家液体流量基准器具？

国家液体流量基准器具是一套原始法水流量标准装置,其量值是由质量或体积、密度、时间而来。

国家液体流量基准器具又称为水流量国家基准装置,简称为基准装置。

基准装置的测量介质、测量范围、不确定度、装置组成如下。

(1)测量介质:水;

(2)测量范围:

累积流量为 $0.002 \sim 3.0\text{m}^3$ 或 $2 \sim 300\text{kg}$;瞬时流量为 $0.02 \sim 160\text{m}^3/\text{h}$ 或 $20 \sim 16\,000\text{kg/h}$;

(3)被测流量计标称直径: $6 \sim 100\text{mm}$;

(4)基准装置的不确定度应优于 0.05% , $k=2$;

(5)基准装置的组成:由水池、水泵、高位水槽、稳压容器、管路、阀门、试验段、换向器、工作量具、衡器、计时器、控制设备、数据采集处理器等组成。

148. 什么是液体流量计量标准器具?

液体流量计量标准器具由液体流量传递标准器、液体流量标准装置、体积管和标准表法液体流量标准装置组成。其中:

(1)液体流量传递标准器

液体流量传递标准器是用来将流量基准装置及各原始法液体流量标准装置的量值联系起来的计量标准器具,它由高准确度的液体流量计和前后直管段组成。

(2)液体流量标准装置

液体流量标准装置是由液体源、实验管路、计时器、换向器、工作量器或衡器等组成,还可配置控制及数据采集处理系统。

(3)体积管

体积管由计量段、位移器、测定位移器位置的检测开关和附属设备组成。

(4)标准表法液体流量标准装置

标准表法液体流量标准装置由液体源、试验管路、标准流量

计、计时器等组成。还可配置控制及数据采集处理系统。

149. 什么是液体流量工作计量器具？

液体流量工作计量器具是指各类液体流量计,主要有:差压式流量计、速度式流量计(含涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声波流量计等)、容积式流量计、质量流量计、浮子流量计、水表等。其量值是由液体流量计量基准器具或液体流量计量标准器传递而来。

150. 什么是液体流量标准装置？

液体流量标准装置是以液体(如水和油)为试验介质,提供确定准确度流量值的测量设备。

液体流量标准装置的构成、工作原理、取值方法和用途如下。

(1) 构成

装置主要由液体循环系统、试验管路、流量工作标准、试验启停设备和控制设备等5部分组成。

(2) 工作原理

按要求将被检流量计安装在装置上,启动液体循环系统,使液体流经被检流量计和流量工作标准,同步操作被检流量计和流量工作标准,比较两者输出的流量值,从而确定被检流量计的计量准确度和重复性。

(3) 其取值方法可分为

a) 静态质量法:在静止状态下,称量一段时间内容器中的液体质量,从而计算出流量;

b) 静态容积法:在静止状态下,测量一段时间内工作量器中的液体体积量,从而计算出流量;

c) 动态质量法:在液体流动过程中,称量一段时间内容器中的液体质量变量,从而计算出流量;

d) 动态容积法:在液体流动过程中,测量一段时间内工作量器中的液体体积量变量,从而计算出流量。

(4) 用途

液体流量标准装置是封闭管道液体流量的量值传递标准,可用于各类型液体流量计的检定、校准和液体流量计量、测试方法的研究。

151. 什么是气体流量标准装置?

气体流量标准装置是指以气体为试验介质,提供确定度流量值的测量设备。

气体流量标准装置一般分为:

- (1) 钟罩式气体流量标准装置;
- (2) 皂膜式气体流量标准装置;
- (3) pVT_t 法气体流量标准装置;
- (4) mt 法气体流量标准装置;
- (5) 液体转换系统。

152. 什么是钟罩式气体流量标准装置?

钟罩式气体流量标准装置又称动态法气体流量标准装置,它是以气体为介质,用来对气体流量计进行检定、校准和检验的流量标准设备。

该装置的构成、工作原理和准确度等级如下。

(1) 结构

如图 9-1 所示,装置一般由钟罩、光电发讯器、液槽、压力补偿机构、气源和试验管道等构成。

(2) 工作原理

如图 9-1 所示,装置是由可移动的钟罩和固定的液槽构成一个容积可变的密封空腔。钟罩下降过程中通过压力补偿机构,

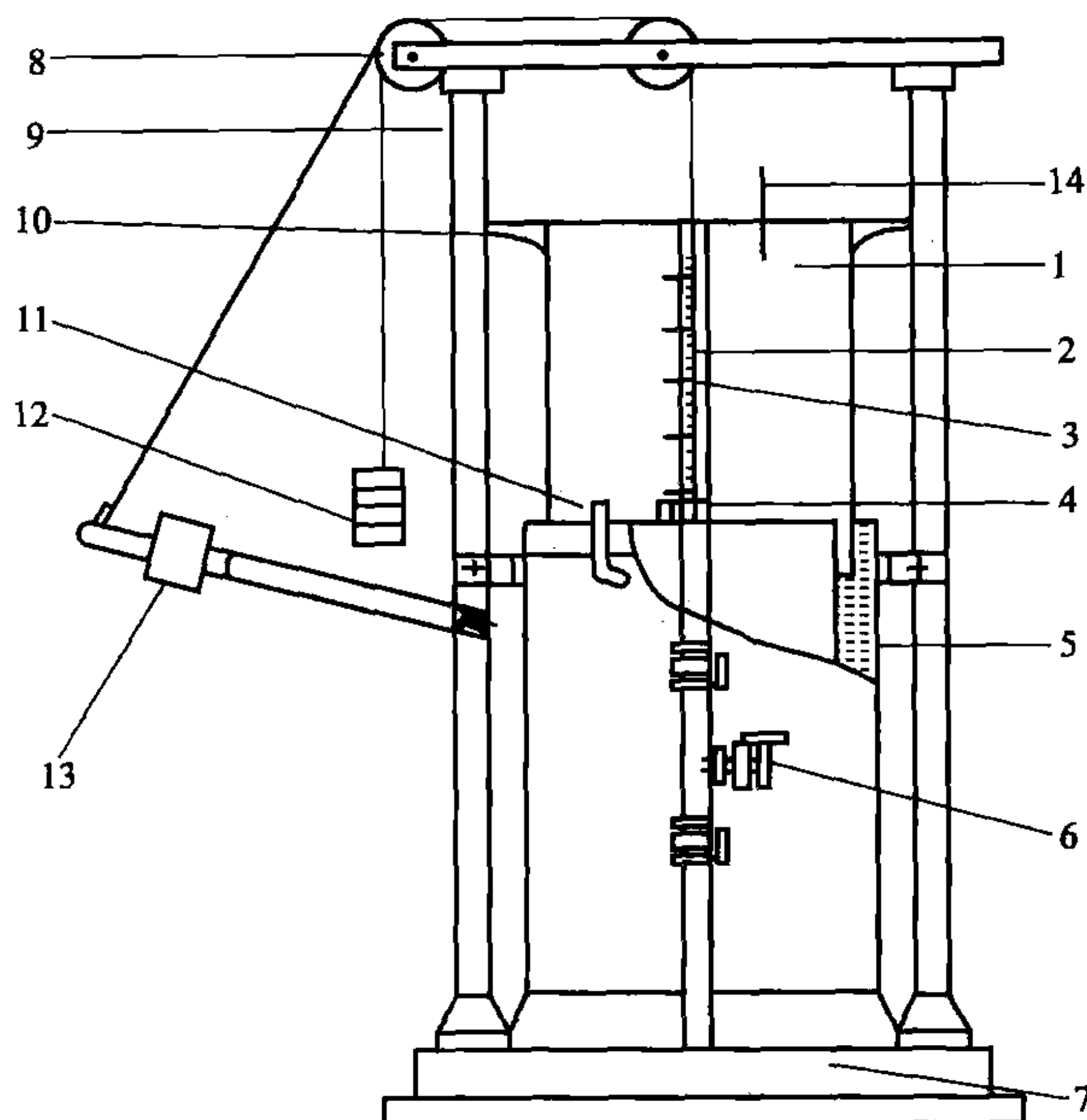


图 9-1 钟罩式气体流量标准装置

1—钟罩;2—标尺;3—挡板;4—光电发讯器;5—液槽;6—调节阀门;7—底座;8—滑轮;9—导柱;10—外导轮;11—水位计;12—平衡重锤;13—压力补偿机构;14—温度计

使其内部气体压力保持一定值,不随钟罩浸入密封液体中的深度而变化。钟罩两挡板之间的容积是固定的,测出两挡板先后通过光电发生器所经历的时间,可计算出瞬时流量。

(3) 准确度等级

装置的准确度等级有:0.2 级、0.5 级、1.0 级 3 种。

153. 什么是皂膜式气体流量标准装置?

皂膜式气体流量标准装置是用来测量微小气体流量的标准

装置。它是利用稳定气源流出的气体经过被检流量计进入皂膜管,推动皂膜沿着已知容器的量管移动,来进行流量的测量。

154. 什么是液体置换系统?

液体置换系统是指用于气体的流量计量装置,其中用一定体积的气体被校准过容器中相同体积的液体所置换。

155. 什么是流体量值传递比较法?

流体量值传递比较法是指通过直接比较来传递流体量值的一种方法。如用标准表法装置对流量计进行检定就是用该传递方法。

156. 什么是流量量值传递间接测量法?

流量量值传递间接测量法是指通过对其他量的测量来推算出流量量值的一种传递方法。如标准孔板的尺寸测量法。

157. 什么是标准表法?

标准表法是指流体在相同的时间间隔内连续通过标准流量计和被检流量计,用比较的方法来确定被检流量计准确度的一种方法。

使用该方法的装置由流体源、标准流量计、流量调节阀及辅助设备组成。

十 流量计的检定

158. 各种流量计的检定规程是什么？

本书中主要介绍了5种工作用流量计计量检定的相关要求，表10-1是这5种流量计检定时所执行国家计量检定规程的编号及名称。

表 10 - 1 5 种流量计的检定规程

序号	工作用流量计	检定规程代号	检定规程名称
1	浮子流量计	JJG 257—2007	浮子流量计
2	涡街流量计	JJG 1029—2007	涡街流量计
3	电磁流量计	JJG 1033—2007	电磁流量计
4	超声波流量计	JJG 1030—2007	超声流量计
5	质量流量计	JJG 897—1995	质量流量计

159. 浮子流量计的检定项目有哪些？

浮子流量计的检定分为首次检定，后续检定和使用中检定，其检定项目见表10-2。

表 10 - 2 浮子流量计的检定项目

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检定
1	随机文件	+	+	+
2	外观检查	+	+	+
3	示值误差/回差	+	+	-
注：“+”表示需检项目；“-”表示可不检项目。				



160. 浮子流量计的允许误差和回差是怎样规定的?

浮子流量计的示值误差采用引用误差,其最大允许误差和回差不应超过表 10-3 中的规定。

表 10-3 浮子流量计的准确度等级,最大允许误差和回差

准确度等级	1.0	1.5	2.5	4.0	5.0
最大允许误差(%)	±1.0	±1.5	±2.5	±4.0	±5.0
最大允许回差(%)	1.0	1.5	2.5	4.0	5.0

161. 浮子流量计的检定点是怎样规定的?

检定规程中规定浮子流量计的流量检定点在流量计的流量范围内,一般应选择流量上限和流量下限在内的 5 个均匀流量点进行检定。

162. 浮子流量计的检定环境条件有什么要求?

浮子流量计的检定检定环境条件应符合以下要求:

- (1) 环境温度:5 ~ 30℃;
- (2) 相对湿度:45% ~ 75%;
- (3) 大气压力:86 ~ 106kPa。

163. 浮子流量计检定用设备有哪些?

浮子流量计检定用仪器设备应符合表 10-4 中的要求。

表 10 - 4 浮子流量计检定用仪器设备

设备名称	技术指标
流量标准装置	装置的不确定度应小于被检流量计允许误差的 1/2
温度计	分度值为 0.2℃
压力计	1 级
气压计	0.5 级
密度计	± 1%
直流毫安表或数字显示仪表	0.5 级

164. 浮子流量计的示值误差检定方法有哪些？

浮子流量计进行示值检定时，应缓慢地打开流量计的调节阀，让液体通过流量计，待液体状态和浮子稳定后开始进行检定。检定液体流量计时，应当排除管道内和浮子周边的气泡后方可进行检定。检定时应尽可能使用流量计下游的调节阀来调节流量。特别是在检定气体流量计时，或用挥发性液体作检定介质时，更应在下游调节流量。

示值误差的检定方法可根据流体的不同采用不同的方法。

(1) 液体流量计的检定方法有：

- a) 容积法；
- b) 质量法；
- c) 标准表法。

(2) 气体流量计的检定方法有：

- a) 容积法；
- b) 标准表法。

说明：以上示值误差检定方法的具体操作，可见国家计量检

定规程 JJG 257—2007《浮子流量计》中的相关规定。

165. 浮子流量计检定中示值误差的计算方法是怎样进行的？

浮子流量计在对示值进行检定后,要对示值误差进行计算,以判定检定结果是否合格。

(1) 示值误差可用式(10-1)计算:

$$E_1 = \frac{|q_{VS} - q_N|}{q_{\max}} \times 100\% \quad (10-1)$$

式中 q_{VS} ——流量计的刻度流量;

q_N ——流量计的刻度状态下的实际流量;

$q_{\max}$ ——流量计的上限刻度流量。

(2) 回差可用式(10-2)计算:

$$E_n = \frac{|q_u - q_d|}{q_{\max}} \times 100\% \quad (10-2)$$

式中 q_u, q_d ——分别为流量计同一检定点的正、反行程检定的实际流量平均值。

所有流量检定点中最大回差值为流量计的回差,流量计的回差应符合表 10-3 中的要求。

166. 浮子流量计的外观检查有什么要求？

浮子流量计的外观检查有以下要求。

(1) 流量计的外表面、浮子和导杆等经过良好处理,色泽均匀,不得有毛刺、斑痕、起皮脱落、锈蚀或霉斑等缺陷,紧固件应无松动和脱落等现象。

(2) 玻璃管流量计的玻璃管应在其他明显部位标明使用介质的名称,刻度状态的温度、压力、密度及单位。

(3) 流量计的示值刻度应粗细均匀,文字、数字、符号应正确、清晰、规范。



(4)透明材料应无妨碍准确读数的缺陷。

167. 浮子流量计的读数位置有什么规定？

浮子流量计检定时,应按浮子规定的位置进行读数,一般情况下,应以浮子的最大工作面为基准进行读数,如图 10 - 1 所示。特殊情况应按流量计制造厂提供的“使用说明书”中的要求进行读数。

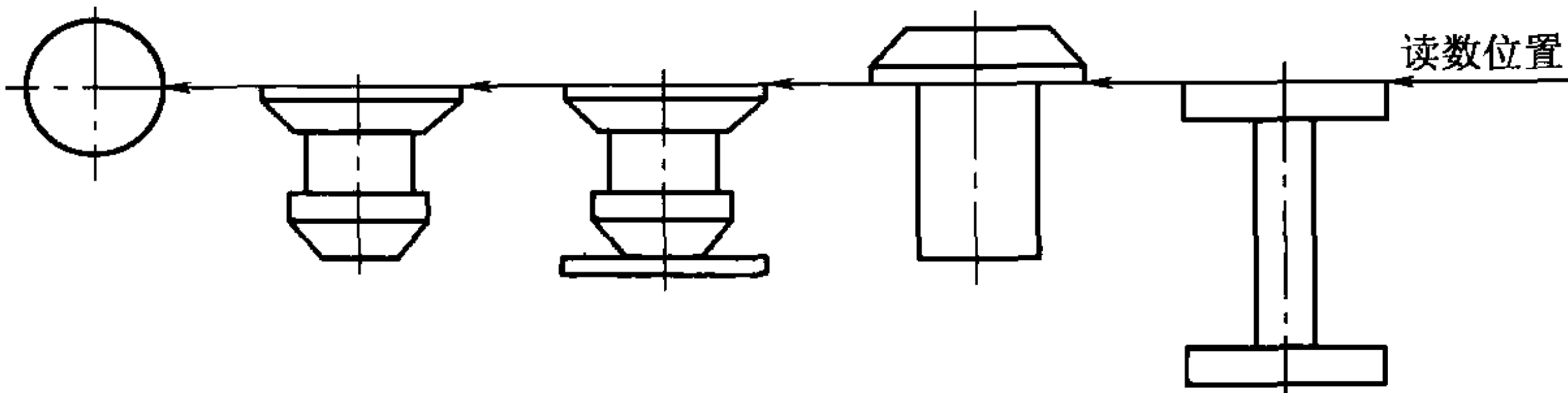


图 10 - 1 读数位置

168. 涡街流量计的检定项目有哪些？

涡街流量计的检定分为首次检定,后续检定和使用中检定,其检定项目见表 10 - 5。

表 10 - 5 涡街流量计的检定项目

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检定
1	随机文件和外观	+	+	+
2	示值检查	+	+	-
3	重复性检查	+	+	-
注：“+”表示需检项目；“-”表示可不检项目				

169. 涡街流量计的允许误差是怎样规定的？

涡街流量计的允许误差采用引用误差,其最大允许误差和重

复性误差不应超过表 10-6 中的规定。

表 10-6 涡街流量计的准确度等级、最大允许误差和重复性误差

准确度等级		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
最大 允许误差	$q_t \leq q \leq q_{\max}$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 2.5\%$
	$q_{\min} \leq q \leq q_t$	$\pm 1.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 5.0\%$
重复性误差	不得超过相应准确度规定最大允许误差绝对值的 1/3					
注:分界流量 q_t 对应的流量为 $0.2q_{\max}$						

170. 涡街流量计的检定点及检定次数是怎样规定的？

涡街流量计的检定点及检定次数与流量计的准确度有关,具体见表 10-7。

表 10-7 涡街流量计的检定点及检定次数

准确度等级	检定点	检定次数
0.5	$q_{min}, q_t, 0.25q_{max}, 0.4q_{max}, 0.7q_{max}, q_{max}$	6 次
1.0, 1.5, 2.0, 2.5	$q_{min}, q_t, 0.4q_{max}, q_{max}$	3 次

171. 涡街流量计的检定环境条件有什么要求？

涡街流量计的检定环境条件应符合以下要求：

- (1) 环境温度:5 ~ 45℃；
- (2) 相对湿度:35% ~ 95%；
- (3) 大气压力:86 ~ 106kPa；
- (4) 交流电源电压:(220 ± 22) V；
- (5) 电源频率:(50 ± 2.5) Hz；
- (6) 外界磁场:应小到对流量计的影响忽略不计；
- (7) 机械振动和噪声:应小到对流量计的影响忽略不计。

172. 涡街流量计检定对检定用流量标准装置有什么要求?

涡街流量计检定时对检定用流量标准装置有以下要求:

- (1) 流量标准装置应有有效的检定证书;
- (2) 装置的扩展不确定度($k=2$)应不大于被检流量计最大允许误差绝对值的 $1/2$;
- (3) 当检定用液体的蒸汽压高于环境大气压力时,装置应是密封式的。

173. 涡街流量计检定时对检定用流体有什么要求?

涡街流量计检定时对检定用流体有以下要求:

- (1) 检定用流体应是单相气体或液体,流体应充满试验管;
- (2) 检定用流体应是清洁的,无可见颗粒、纤维等物质、气体中应无游离水或油等杂质存在,其中粉尘等固体物的粒径应小于 $5\mu\text{m}$;
- (3) 检定用流体介质一般应与流量计实际使用介质的密度、黏度等物理参数相接近;
- (4) 在每个流量点的每次检定过程中,液体温度的变化应不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- (5) 在每个流量点的每次检定过程中,气体温度的变化应不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,检 1.0 级以上的流量计应不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- (6) 在每个流量点的每次检定过程中,液体的压力波动应不超过现压力的 $\pm 0.5\%$ 。

174. 涡街流量计检定时对外观检查有什么要求?

涡街流量计检定时对外观检查有以下要求:

- (1) 新制造的流量计的可见表面不得有毛刺、划痕、裂纹、霉

斑和涂层脱落等现象；

(2) 流量计的表体及旋涡发生器的焊接应平整、光洁，不得有脱焊现象；

(3) 流量计接插件必须牢固可靠，不得因振动而松动或脱落；

(4) 流量计显示的数字应醒目、整齐、清晰；

(5) 流量计显示数字的防护玻璃应有良好的透明度，不得有妨碍读数等缺陷。

175. 涡街流量计检定时对流量计的安装有什么要求？

涡街流量计检定时，在安装流量计时应注意以下几点：

(1) 流量计应水平进行安装，其他安装方式可按流量计生产厂家提供的“使用说明书”中的要求进行安装；

(2) 安装时应保证流体流动的方向与流量计标志的流动方向一致；

(3) 安装中应保证流量计测量管线与轴线方向一致；

(4) 安装后应保证流量计与管道的连接部分没有渗漏，连接处的密封垫不得突出到管道内。

176. 涡街流量计示值检定程序有哪些？

涡街流量计的示值检定程序如下：

(1) 将流量计调整到规定的流量值，运行至流体状态稳定；

(2) 记录流量标准装置和被检流量计初始示值，同时启动装置和被检流量计进行测量，按流量标准装置操作要求运行一段时间后，同时停止标准装置和被检流量计的测量，记录流量标准装置和被检流量计最终示值；

(3) 分别计算流量标准装置和被检流量计测量的累积流量值，或累积脉冲数，或瞬时流量值；

(4) 进行示值误差的计算

示值误差的计算方法和计算公式见国家计量检定规程 JJG 1029—2007《涡街流量计》中的相关条款。

177. 电磁流量计的检定项目有哪些？

电磁流量计的检定分为首次检定、后续检定和使用中检定，其检定项目见表 10-8。

表 10-8 电磁流量计的检定项目

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检定
1	随机文件、标识和外观	+	+	+
2	密封性	+	+	-
3	相对示值误差(或引用误差)	+	+	-
4	重复性检查	+	+	-
注：“+”表示需检项目；“-”表示可不检项目				

178. 电磁流量计的允许误差是怎样规定的？

电磁流量计的允许误差用相对误差表示(但对于用于瞬时流量指示的流量计表示也可使用引用误差)，其最大允许误差和重复性误差不应超过表 10-9 中的规定。

表 10-9 电磁流量计的准确度等级、最大允许误差和重复性误差

准确度等级	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5
最大允许误差	±0.2%	±0.5%	±1.0%	±1.5%	±2.5%
重复性误差	不得超过相应准确度等级规定最大允许误差绝对值的 1/3				

179. 电磁流量计的检定流量点及检定次数是怎样规定的？

电磁流量计检定时应包括以下流量点： $q_{\min}$ ， $0.1q_{\max}$ ，

$0.25q_{\max}, 0.5q_{\max}, 0.75q_{\max}, q_{\max}$ 。

每个流量点的检定次数应不少于3次,准确度为0.2级的流量计,每个检定点的检定次数应不少于6次。

180. 电磁流量计的检定环境条件有什么要求?

电磁流量计的检定环境条件应符合以下要求:

- (1) 环境温度: $5 \sim 35^{\circ}\text{C}$;
- (2) 相对湿度: $15\% \sim 85\%$;
- (3) 大气压力: $86 \sim 106\text{kPa}$;
- (4) 交流电源电压: $(220 \pm 22)\text{V}$;
- (5) 电源频率: $(50 \pm 2.5)\text{Hz}$;
- (6) 外界磁场: 应小到对流量计的影响忽略不计;
- (7) 机械振动和噪声: 应小到对流量计的影响忽略不计。

181. 电磁流量计检定对检定用流量标准装置有什么要求?

电磁流量计检定时对检定用流量标准装置有以下要求:

- (1) 流量标准装置应有有效的检定证书;
- (2) 装置的扩展不确定度应不大于被检流量计最大允许误差绝对值的 $1/3$;
- (3) 当检定用液体的蒸汽压力高于环境大气压力时,装置应是密封式的;
- (4) 用于检定的电气设备应接地线;
- (5) 装置流量稳定度应优于 0.5% 。

182. 电磁流量计检定时对检定用流体有什么要求?

电磁流量计检定时对检定用流体有以下要求:

- (1) 检定用流体一般可使用不夹杂空气,无纤维,无导磁性

颗粒及其他可见颗粒的清洁水；

(2) 检定中液体应始终充满试验管道,且为单相稳定无旋涡流动；

(3) 检定用流体的导电率应在 $5 \sim 50\text{mS/m}$ 的范围内；

(4) 在每个流量点的每次检定过程中,检定用液体温度的变化应不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

183. 电磁流量计检定时对外观检查有什么要求？

电磁流量计检定时对外观检查有以下要求：

(1) 新制造的流量计的可见表面不得有毛刺、划痕、裂纹、霉斑和涂层脱落等现象；

(2) 流量计表体的连接部分的焊接应平整、光洁,不得有脱焊现象；

(3) 流量计接插件必须牢固可靠,不得因振动而松动或脱落；

(4) 流量计显示的数字应醒目、整齐、清晰。

(5) 流量计显示数字的防护玻璃应有良好的透明度,不得有妨碍读数等缺陷。

184. 电磁流量计在检定中对流量计的安装有什么要求？

电磁流量计检定时,在安装流量计时应注意以下几点：

(1) 流量计上、下游侧的直管段长度应分别大于 $10DN$ 和 $5DN$ (DN :公称管径)；

若流量计的使用说明书中对直管段的长度有规定,则应按规定长度安装；

(2) 流量计上、下游直管段的内壁应清洁,无明显凹痕、积垢和起皮现象；

(3) 流量计上、下游直管段的内径与流量计测量管内径的偏

差应小于 3%；

(4) 安装时应使流量计标志的流向与液体流动方向一致；

(5) 安装后应保证流量计与管道的连接部分没有渗漏，连接处的密封垫不得突出到管道内。

185. 电磁流量计示值检定程序有哪些？

电磁流量计的示值检定程序如下：

(1) 将流量计调整到规定的流量值，运行至流体状态稳定；

(2) 记录流量标准装置和被检流量计初始示值，同时启动装置和被检流量计进行测量，按流量标准装置操作要求运行一段时间后，同时停止标准装置和被检流量计的测量，记录流量标准装置和被检流量计最终示值；

(3) 分别计算流量标准装置和被检流量计测量的累积流量值或瞬时流量值；

(4) 进行示值误差的计算

示值误差的计算方法和计算公式见国家计量检定规程 JJG 1033—2007《电磁流量计》中的相关规定。

186. 超声波流量计的检定项目有哪些？

超声波流量计的检定分为首次检定、后续检定和使用中检定，其检定项目见表 10-10。

表 10-10 超声波流量计的检定项目

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检定
1	随机文件及外观	+	+	+
2	密封性	+	+	+
3	流量计参数	+	+	+
4	示值误差	+	+	-



续表

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检定
5	重复性	+	+	-
6	流量计系数修正	+	+	-
注：“+”表示需检项目；“-”表示可不检项目				

187. 超声波流量计的最大允许误差是怎样规定的？

超声波流量计的最大允许误差不应超过表 10 - 11 中的规定。

表 10 - 11 超声波流量计的准确度等级、最大允许误差和重复性误差

准确度等级	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5
最大允许误差	±0.2%	±0.5%	±1.0%	±1.5%	±2.5%
重复性误差	不得超过相应准确度等级规定最大允许误差绝对值的 1/5				

188. 超声波流量计的检定流量点及检定次数是怎样规定的？

- (1) 超声波流量计检定时应包括以下流量点： q_{min} 、 q_l 、 $0.4q_{max}$ 、 q_{max} (q_l :分界流量)；
- (2) 每个流量点的检定次数应不少于 3 次。准确度不低于 0.5 级的流量计,每个检定点的检定次数应不少于 6 次。

189. 超声波流量计的检定环境条件有什么要求？

- 超声波流量计的检定检定环境条件应符合以下要求：
- (1) 环境温度:5 ~ 45℃；
 - (2) 相对湿度:35% ~ 95%；
 - (3) 大气压力:86 ~ 106kPa；

- (4) 交流电源电压: $(220 \pm 22) \text{ V}$;
- (5) 电源频率: $(50 \pm 2.5) \text{ Hz}$;
- (6) 外界磁场: 应小到对流量计的影响忽略不计;
- (7) 机械振动和噪声: 应小到对流量计的影响忽略不计。

190. 超声波流量计检定对检定用流量标准装置有什么要求?

超声波流量计检定时对检定用流量标准装置有以下要求:

- (1) 流量标准装置应有有效的检定证书;
- (2) 装置的扩展不确定度应不大于被检流量计最大允许误差绝对值的 $1/3$;
- (3) 当检定用液体的蒸汽压力高于环境大气压力时, 装置应是密封式的。

191. 超声波流量计检定时对检定用流体有什么要求?

超声波流量计检定时对检定用流体有以下要求:

- (1) 检定用流体应为单相气体或液体;
- (2) 检定中液体应始终充满试验管道, 且为稳定无旋涡流动;
- (3) 检定用流体应是清洁的, 无可见颗粒、纤维等物质;
- (4) 液体流量计应用液体作为检定介质, 气体流量计应用气体作为检定介质, 且检定用介质与实际使用介质的密度、黏度等物理参数相接近;
- (5) 在每个流量点的每次检定过程中, 检定用气体的温度的变化应不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

192. 超声波流量计检定时对外观检查有什么要求?

超声波流量计的检定时对外观检查有以下要求:



(1) 新制造的流量计的可见表面不得有毛刺、划痕、裂纹、霉斑和涂层脱落等现象;

(2) 流量计表体的连接部分焊接应平整、光洁,不得有脱焊现象;

(3) 流量计接插件必须牢固可靠,不得因振动而松动或脱落;

(4) 流量计显示的数字应醒目、整齐、清晰;

(5) 流量计显示数字的防护玻璃应有良好的透明度,不得有妨碍读数等缺陷。

193. 超声波流量计检定时对流量计的安装有什么要求?

超声波流量计检定时,对流量计的安装应注意以下几点:

(1) 流量计应水平进行安装,其他安装方式可按流量计生产厂家提供的“使用说明书”中的要求进行安装;

(2) 安装时应保证流体流动的方向与流量计标志的流动方向一致;

(3) 安装中应保证流量计测量管线与轴线方向一致,流量计测量管轴线与水平线的夹角不超过 3° ;

(4) 安装后应保证流量计与管道的连接部分没有渗漏,连接处的密封垫不得突出到管道内。

194. 超声波流量计示值检定程序有哪些?

超声波流量计的示值检定程序如下:

(1) 将流量计调整到规定的流量值,运行至流体状态稳定;

(2) 记录流量标准装置和被检流量计初始示值,同时启动装置和被检流量计进行测量,按流量标准装置操作要求运行一段时间后,同时停止标准装置和被检流量计的测量,记录流量标准装置和被检流量计最终示值;

- (3) 分别计算流量标准装置和被检流量计测量的累积流量值,或累积脉冲数,或瞬时流量值;
 - (4) 进行示值误差的计算
- 示值误差的计算方法和计算公式见国家计量检定规程 JJG 1030—2007《超声流量计》中的相关规定。

195. 质量流量计的基本误差是怎样规定的?

- 1. 质量流量计包括以下两种
 - a) 科里奥利力式质量流量计(CMF),以下简称科氏流量计;
 - b) 量热式流量计,以下简称热式流量计。
- 2. 两种流量计的基本误差
 - a) 科氏流量计的基本误差应不超过式(10-3)计算的误差限:

$$E_{0i} = \pm \left(|E_0| + \frac{|q_0|}{q_i} \times 100\% \right) \tag{10-3}$$

- 式中 E_{0i} ——第 i 点的误差限;
- E_0 ——表 10-12 中的基本误差限;
- q_i ——第 i 点的质量流量;
- q_0 ——流量计的零点稳定度。
- b) 热式流量计的基本误差限应不超过表 10-12 中的规定。

表 10-12 热式流量计的基本误差限

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5
基本误差限(%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5

196. 质量流量计的检定流量点和检定次数是怎样规定的?

质量流量计的检定流量点为: $0.2q_{\max}, 0.5q_{\max}, q_{\max}$ 。

每个检定流量点的检定次数不少于 3 次。

197. 质量流量计的检定设备有哪些？

质量流量计的检定设备包括标准设备和主要附属设备,具体见表 10 - 13。

表 10 - 13 质量流量计的检定设备

检定设备	科氏流量计	热式流量计
标准设备	(1) 质量法液体标准装置; (2) 容积法液体标准装置; (3) 体积管法液体标准装置; (4) 标准表法液体标准装置	(1) 皂膜气体标准装置; (2) 钟罩式气体标准装置; (3) pVT_t 法气体标准装置; (4) 标准表法气体标准装置
主要附属	(1) 二等标准密度计; (2) 测量范围 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 的温 度计; (3) 压力试验台; (4) 秒表	(1) 测量范围 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 的温 度计; (2) 压力试验台; (3) 秒表

198. 质量流量计检定用介质有什么要求？

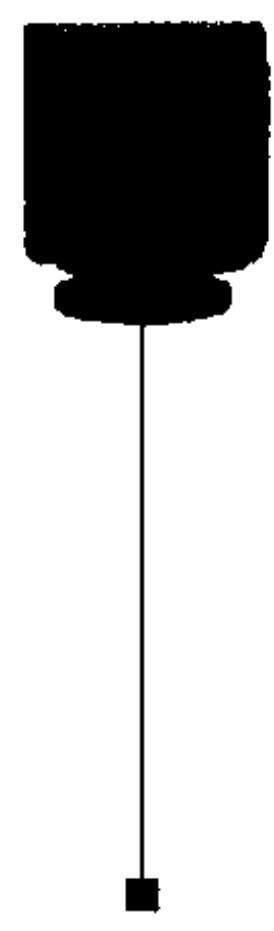
质量流量计检定用介质有以下要求：

- (1) 检定时,工作介质应充满试验管及流量计;
- (2) 介质应清洁,不得夹杂纤维或其他杂质等;

(3) 在完成一个流量点的每次检定过程中,介质的温度的变化应不超过 1°C ,在完成全部检定过程中,介质的温度变化应不超过 5°C 。

199. 质量流量计的检定方法有哪些？

质量流量计的检定方法分为科氏流量计和热式流量计两种,其所采用的检定方法如下。



(1)科氏流量计的检定方法

- a)质量法；
- b)容积法与密度计配套；
- c)体积法与密度计配套；
- d)标准表法。

(2)热式流量计的检定方法

- a)容积法与密度计配套；
- b)标准表法；
- c) pVT_t 法。

200. 各种流量计的检定周期是多少？

各种流量计的检定周期见表 10 - 14。

表 10 - 14 各种流量计的检定周期

流量计名称	说 明	检定周期
浮子流量计		一般不超过 2 年
涡街流量计		一般不超过 2 年
电磁流量计	准确度等级为 0.2 级的	1 年
	准确度等级低于 0.2 级的	2 年
超声波流量计		一般不超过 2 年
质量流量计	用于贸易结算的	一般不超过 1 年
	其他的质量流量计	一般不超过 2 年

附 录

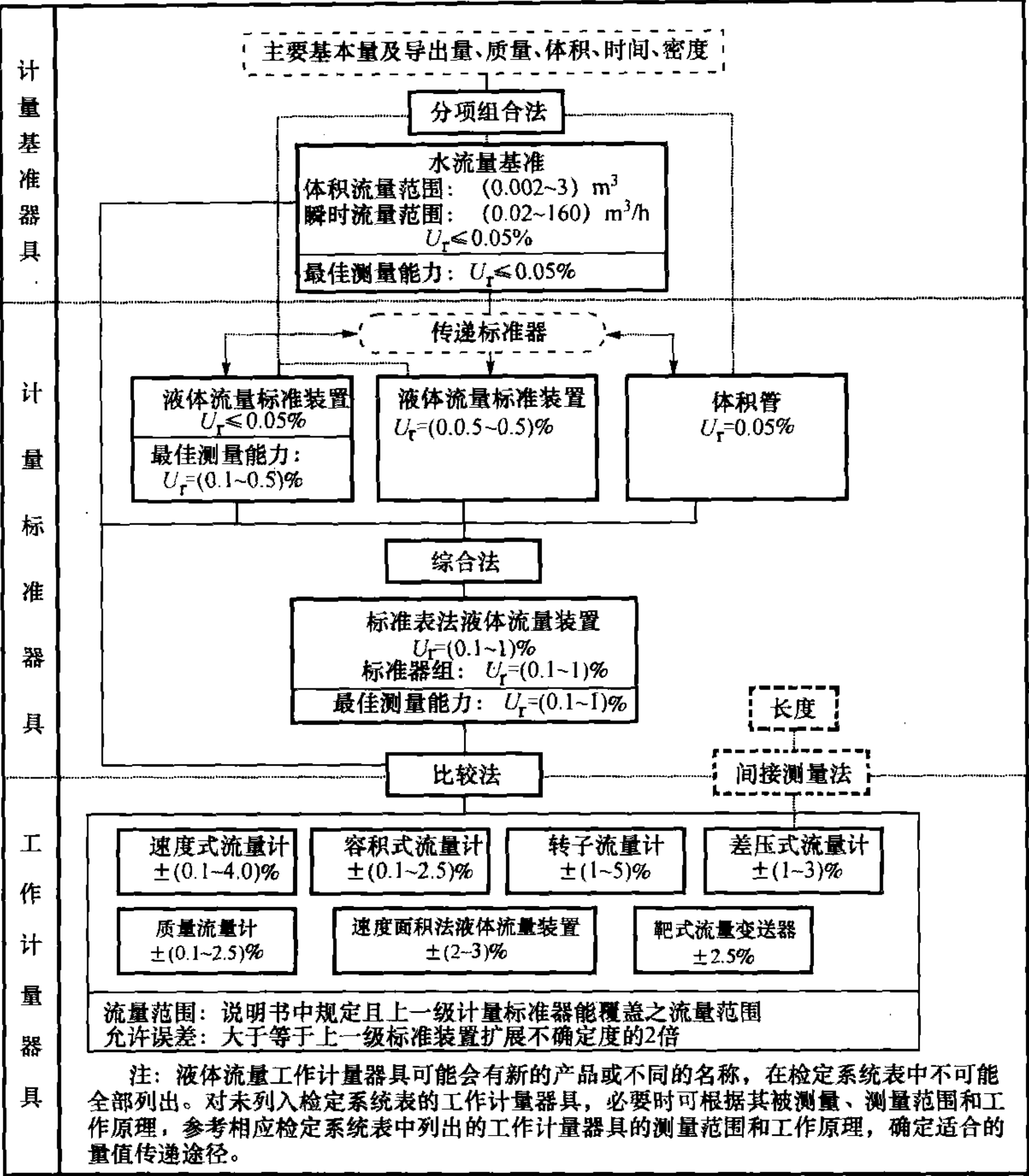
附表 1 各种流量仪表的生产制造标准名称及代号

序号	标 准 代 号	标 准 名 称
1	GB/T 17611—1998	封闭管道中流体流量的测量术语和符号
2	GB/T 18940—2003	封闭管道中流体流量的测量涡轮流量计
3	JB/T 2274—1991	流量显示仪表
4	JB/T 9255—1999	玻璃转子流体计
5	JB/T 6844—1993	金属管浮子流量计
6	JB/T 9248—1999	电磁流量计
7	JB/T 9246—1999	涡轮流量传感器
8	JB/T 9249—1999	涡街流量传感器

附表2 各种流量仪表的国家检定规程名称及代号

序号	检定规程代号	检定规程名称
1	JJF 1004—2004	流量计量名词术语及定义
2	JJG 2063—2007	液体流量计量器具检定系统表
3	JJG 164—2000	液体流量标准装置检定规程
4	JJG 165—2005	钟罩式气体流量标准装置检定规程
5	JJG 257—1007	浮子流量计检定规程
6	JJG 1029—2007	涡街流量计检定规程
7	JJG 1030—2007	超声流量计检定规程
8	JJG 1033—2007	电磁流量计检定规程
9	JJG 897—1995	质量流量计检定规程
10	JJG 198—1994	速度式流量计检定规程
11	JJG 640—1994	压差式流量计检定规程
12	JJG 633—2005	气体容积式流量计检定规程
13	JJG 667—1997	液体容积式流量计检定规程
14	JJG 461—1986	靶式流量变送器检定规程
15	JJG 577—1994	膜式煤气表检定规程
16	JJG 620—1994	临界流流量计检定规程
17	JJG 627—1989	印刷海流计检定规程
18	JJG 711—1990	明渠堰槽流量计试行检定规程
19	JJG 736—1991	气体层流流量传感器检定规程
20	JJG 835—1993	速度—面积法流量装置检定规程

附表 3 液体流量计量器具检定系统表框图



注: 框图中扩展不确定度的包含因子 $k=2$ 。

附表 4 不同公称通径下的流速与流量对照表

公称通径 (mm)	流 速 (m/s)									
	0.01	0.10	0.30	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	10.00
	流 量 (m³/h)									
10	0.003	0.028	0.085	0.141	0.283	0.565	0.848	1.131	1.414	2.827
15	0.006	0.064	0.191	0.318	0.636	1.272	1.908	2.545	3.181	6.362
20	0.011	0.113	0.340	0.565	1.131	2.262	3.393	4.524	5.655	11.31
25	0.018	0.177	0.530	0.883	1.767	3.534	5.301	7.069	8.836	17.67
30	0.029	0.289	0.868	1.447	2.895	5.790	8.686	11.58	14.48	28.95
40	0.045	0.452	1.357	2.262	4.524	9.047	13.57	18.09	22.62	45.24
50	0.070	0.707	2.120	3.534	7.068	14.14	21.20	28.27	35.34	70.68
65	0.119	1.194	3.584	5.973	11.94	23.89	35.83	47.73	59.73	119.4
80	0.181	1.809	5.429	9.048	18.09	36.19	54.28	72.38	90.48	190.9
100	0.283	2.827	8.480	14.14	28.27	56.55	84.80	113.1	141.4	282.7
125	0.442	4.418	13.25	22.09	44.18	88.36	132.5	176.7	220.9	441.8
150	0.636	6.362	19.08	31.81	63.62	127.2	190.8	254.4	318.1	636.2
200	1.131	11.31	33.93	56.55	113.1	226.2	339.3	452.4	565.5	1 131
250	1.767	17.67	53.01	88.36	176.7	353.4	530.1	706.6	883.6	1 767
300	2.545	25.45	76.34	127.2	254.5	508.9	763.4	1 017	1 272	2 545

附表 5 体积流量单位换算表

名称	符号	m ³ /s	m ³ /h	L ³ /s	L ³ /h	ft ³ /s	ft ³ /h	UKgal/s	USgal/s
立方米 每秒	m ³ /s	1	3 600	1 000	3.6 × 10 ⁶	35.3	127 × 10 ³	220	264.2
立方米 每小时	m ³ /h	278 × 10 ⁻⁶	1	278 × 10 ⁻³	1 000	9.8 × 10 ⁻³	35	61.1 × 10 ⁻³	73.5 × 10 ⁻³
升每秒	L ³ /s	0.001	3.6	1	3 600	35.3 × 10 ⁻³	127	0.22	0.262 4
升每小时	L ³ /h	278 × 10 ⁻⁹	0.001	278 × 10 ⁻⁶	1	9.8 × 10 ⁻⁶	35.28 × 10 ⁻³	61.1 × 10 ⁻⁶	73.5 × 10 ⁻⁶
立方英尺 每秒	ft ³ /s	28.32 × 10 ⁻³	101.9	28.32	101.9 × 10 ³	1	3 600	6.23	7.48
立方英尺 每小时	ft ³ /h	7.87 × 10 ⁻⁶	28.3 × 10 ⁻³	7.87 × 10 ⁻³	28.3	277.8 × 10 ⁻⁶	1	1.73 × 10 ⁻³	2.08 × 10 ⁻³
英加仑 每秒	UKgal/s	4.546 × 10 ⁻³	16.37	4.546	16.37 × 10 ³	0.160 5	577.8	1	1.201
美加仑 每秒	USgal/s	3.785 × 10 ⁻³	13.63	3.785	13.63 × 10 ³	0.134	482.4	0.833	1

注:表中有些为常用的非法定计量单位。

附表6 质量流量单位换算表

名称	符号	kg/s	kg/h	t/h	lb/s	lb/h	UKton/h
千克每秒	kg/s	1	3 600	3.6	2.205	7.94×10^3	3.54
千克每小时	kg/h	278×10^{-6}	1	0.001	612×10^{-6}	2.205	984×10^{-6}
吨每小时	t/h	278×10^{-3}	1 000	1	612×10^{-3}	2 205	984×10^{-3}
磅每秒	lb/s	0.454	1 633	1.633	1	3 600	1.607
磅每小时	lb/h	126×10^{-6}	0.454	0.454×10^{-3}	278×10^{-6}	1	446×10^{-6}
英吨每小时	UKton/h	282×10^{-3}	1 016.05	1.016	622×10^{-3}	2 240	1

注：表中有些为常用的非法定计量单位。

附表 7 部分流量仪表生产厂商及主要流量仪表产品一览表

序号	生产厂商	地址	电话	生产流量仪表产品					
				浮子	涡轮	涡街	电磁	超声	质量
1	富沃得(上海)仪表有限公司	上海奉贤区临海工业区驰华路 555 号	021-33618777	V		V	V		
2	北京空港北光仪表有限公司	北京天竺空港工业区 A 区天柱西路甲 7 号	010-80493720	V			V		
3	余姚市银环流量仪表有限公司	浙江省余姚市彩虹路 1 号	574-62689077	V		V	V		
4	科隆测量仪器(上海)有限公司	上海市徐汇区桂林路 396 号 1 号楼 9F	021-64705656	V		V	V	V	V
5	浙江富马仪表有限公司	浙江省温州市龙湾区永中普门南路	0577-86882360		V		V		
6	承德热河克罗尼仪表有限公司	河北省承德市高新技术开发区	0314-2120930	V		V	V	V	V
7	北京菲舍波特公司	北京市朝阳区北四环东路 108 号	010-84833671	V		V	V	V	V

续表

序号	生产厂商	地址	电话	生产流量仪表产品					
				浮子	涡轮	涡街	电磁	超声	质量
8	天津流量仪表公司 (原天津市自动化 仪表十四厂、天津 流量仪表厂)	天津市南开区长江 道 92 号	022 - 27691357	V	V	V	V		
9	常州双环热工仪表 公司	江苏省常州市飞龙 西路 58 号	0519 - 85314506	V		V	V		
10	开封仪表有限公司	河南省开封市汴京 路 38 号	0378 - 2950812	V	V		V		





参考文献

- [1] 苏彦勋. 流量计量与测试[M]. 北京: 中国计量出版社, 2007
- [2] 周庆 王雷. 实用流量仪表的原理及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003
- [3] 蔡武昌. 流量测量方法和仪表选用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001
- [4] 李启贸. 温度、压力、流量、液位常用仪表实用指南[M]. 北京: 中国计量出版社, 1988
- [5] 流量计量名词术语及定义(JJF 1004—2004). 北京: 中国计量出版社, 2004

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名= 流量仪表 2 0 0 问

作者= 甘大方编著

页数= 1 2 2

S S 号= 1 2 8 3 3 2 1 5

D X 号=

出版日期= 2 0 0 9 . 0 7

出版社= 中国计量出版社