

# 利用比阻测算管路流量

赵宝峰 金英子

卢玉邦

(东北农业大学工程学院 哈尔滨 150030)

(黑龙江省水利科学研究所)

**摘要** 在有压管路供水时,为了节约用水,合理分配,往往要进行水的量测。利用比阻测算管路流量是一种测量简单、计算方便的测量方法。

**关键词** 比阻, 管路, 流量

中图分类号 S27

## 0 前言

在管路流量测量中,有多种测量仪器,仪器有的造价较高,有的使用安装比较复杂。本文是利用压差计,两端分别连接在管路上。流体在流动过程中,由于管路的阻力原因,形成一个压差。通过量测压差读数,计算比阻,求出流量。此方法使用方便,计算简单,在生产中较为实用。

## 1 设备和比阻公式测算流量

### 1.1 设备

采用长管仪进行实验。两孔分别连接在两测压管上,两断面间距为 600 mm,测压管固定在测压板上,测压板上刻有以毫米为单位的精确刻度。由于两孔压差较大,在测压板上难以显示水头读数,所以中间连接一个 U 型管,管内注入水银,当实验进行时,直接读取水银压差,然后换算成水柱高表示,代入公式,计算流量。

### 1.2 用比阻公式测算流量

如图所示,当进水阀门打开时,管内水开始流动,两断面形成一个压差,按恒定流

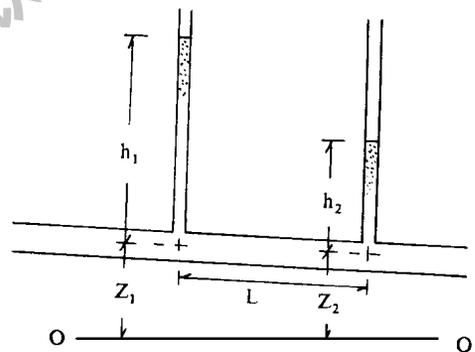


图 过水断面

Fig. Flow cross section

的均匀流规律,写两断面的伯努里方程得:

$$\begin{aligned} Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} &= \\ Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f1-2} & \quad (1) \end{aligned}$$

$Z_1, Z_2$ ——两断面位置水头;

$\frac{P_1}{\sqrt{V}} - \frac{P_2}{\sqrt{V}}$  两断面压强水头;

$\frac{T_1 V_1^2}{2g} - \frac{T_2 V_2^2}{2g}$  两断面流速水头。

$h_{f1-2}$ ——水从 1-1 断面流至 2-2 断面的沿程水头损失。

由于管路水平放置, 所以  $Z_1 = Z_2$ , 又

因管路直径沿程正变,  $\frac{T_1 V_1^2}{2g} = \frac{T_2 V_2^2}{2g}$ ,

$\frac{P_1}{\sqrt{V}} = h_1, \frac{P_2}{\sqrt{V}} = h_2, h_1 - h_2 = h_{f1-2}$ ,

令  $h_1 - h_2 = \Delta h$ ,  $L$  为两断面间的距离, 根据达西定律得出:

$$h_{f1-2} = \Delta h = \lambda \frac{L}{d} \cdot V^2 / 2g \quad (2)$$

因  $V = \frac{Q}{S}$ , 则有  $V = \frac{4Q}{\pi d^2}$  代入 (2) 式得

$$\Delta h = \frac{8\lambda}{g \pi^2 d^5} L \cdot Q^2 \quad (3)$$

式中  $\lambda$ —为沿程阻力系数,  $S$ —为过水断面面积,  $L$ —为两断面间距离,  $d$ —为管路直径,  $Q$ —为管路流量,  $g$ —重力加速度,  $\pi$ —为圆周率。

$A = \frac{8\lambda}{g \pi^2 d^5}$  ( $A$  为比阻) 代入 (3) 式得:

$$\Delta h = A \cdot L \cdot Q^2 \quad (4)$$

由式 (4) 得:

$$Q = \frac{\Delta h}{A \cdot L} \quad (5)$$

由文献 [1] 可得:

(a) 当  $V \geq 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 即在阻力平方区时,  $A = \frac{0.001736}{d^{5.3}}$  (6)

(b) 当  $V < 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 即在过渡区时,  $A = 0.852 (1 + \frac{0.867}{V})^{0.3} (\frac{0.001736}{d^{5.3}}) = KA$  (7)

式中:  $K$ —修正系数

$$K = 0.852 (1 + \frac{0.867}{V})^{0.3}$$

在过渡区可用阻力平方区的比阻乘上修

正系数  $K$  进行计算。在层流区时, 直接计算  $\lambda, \lambda = \frac{64}{Re}$ , 式中  $Re$  为雷诺数,  $Re = \frac{V \cdot d}{2\nu}$ , 根据水温, 管径, 水流速求出  $Re, \lambda$ , 把  $\lambda$  代入比阻公式然后计算流量。

## 2 算 例

某管路直径为 4 mm, 测孔间距  $L = 600 \text{ mm}$ , 两孔水银压差  $\Delta h = 168 \text{ mm Hg}$ , 换算成水柱高  $\Delta h = 2117 \text{ mm}$ , 试计算该管路通过的流量。

解: 利用比阻公式, (按阻力平方区, 以厘米为单位计算:

$$A = \frac{0.00001736}{0.4^{5.3}} = 0.00223 \quad \text{代入 (5)}$$

式

$$Q = \frac{\Delta h}{A \cdot L} = \frac{211.7}{0.00223 \times 60} = 39.8 (\text{mL} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{39.8}{\frac{\pi \cdot 0.4^2}{4}} = 316.7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} = 3.167 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} > 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

在阻力平方区, 此流量即为所求流量。

如果在过渡区, 可先按阻力平方区计算, 求出流量, 算出流速, 如果  $V < 1.2 \text{ 米} \cdot \text{秒}$ , 可按所求流速  $V$  代入 (7) 式计算  $K$ , 根据  $K$  值再算出流量, 用算出流量验证流速, 如果流速在过渡区, 此流量为所求流量。在层流情况下, 流速求解同上, 根据水温, 计算雷诺数  $Re$ , 由  $Re$  计算  $\lambda$ , 代入 (4) 式和 (5) 式计算比阻和流量。

## 3 实测资料分析

实测结果见表 1, 试验管路为铜管, 管径  $d = 4 \text{ mm}$ , 测孔间距  $L = 600 \text{ mm}$ , 水温为  $8.5^\circ\text{C}$ , 用比阻公式计算流量与实测流量很接

近,相对误差的平均值为 2.8%,计算流量大于实测流量。一般在工程中大多采用钢管或铁管,而比阻的前提条件是以钢管和铁管的沿程阻力系数( $\lambda$ )计算出来的,而它们的粗糙系数相对铜管要稍大一点,所以铜管的计

算流量要比实测流量大,也符合理论分析的。如果采用不同管径的钢管和铁管进行实验,实测流量会更接近理论计算值,但有待进一步探讨,研究和验证。

表 实测流量和计算流量的比较

Table Comparison of the measuring discharge and caculating discharge

$h_1$ (毫米)	$h_2$ (毫米)	V (体积) (毫升)	s (秒)	Q 测 (毫升/秒)	$\Delta h'$ (毫米)	$\Delta h$ (毫米)	Q 计算 (毫升/秒)	误差	流态
Head 1 (mm)	Head 1 (mm)	Volum (mL)	Time (secon)	Measuye- ment Dischavge (mL/s)	Hg Diffeyence (mm)	H <sub>2</sub> O Diffeyence (mm)	Calculation Discharge (mL/s)	Error (%)	State of flow
230	259	1060	72	14.7	24	302.4	15	2	
176	311	1225	36	34	135	1701	35.6	4.5	
158	328	1220	31.7	38.5	170	2142	40	3.8	
142	345	1320	31.5	41.9	203	2558	43.7	4.1	
121	364	1045	22.6	46.2	423	3062	47.8	3.3	
110	373	615	12.6	48.8	263	3314	49.8	2	粗糙区
112	374	900	18.7	48.1	262	3301	49.7	3.2	Reaignness
88	396	1190	22.5	52.9	308	3881	53.8	1.7	zone
70	415	1080	19.3	56	345	4347	57	1.8	
56	426	1690	28.4	56.8	370	4662	59	3.7	
46	436	1010	17.1	59.1	390	4914	60.6	2.5	
37	447	1240	20.3	61.1	410	5166	62.1	1.6	
27	455	1220	19.7	61.9	428	5393	63.5	2.5	
96	195	177	24	7.4		99	7.4	0	层流区
80	134	122	30	4.1		54	4.1	0	Laminar
94	194	180	24	7.5		100	7.5	0	Flow Zone

参 考 文 献

1 西南交通大学水力学教研室. 水力学. 高等教育出版社, 1987, 259~ 263  
 2 赵宝峰, 周天培. 利用水头压差测算管路流量. 黑龙江水专学报, 1990 (2): 47~ 50

## WITH THE SPECIFIC FRICTION LOSS CACULATE PIPE DISCHARGE

Zhao Baofeng, Jin Yingzi

(Northeast Agricultural University, Harbin 150030, PRC)

Lu Yubang

(Heilongjiang Province Institute of Water Resources Science, Harbin 150030 PRC)

### ABSTRACT

When the water are provided by the pressure force pipe, it is often measured for the economize on water put it to rational distribution. With the specific friction loss caculate pipe discharge that is a measuring way of simple and convenient.

**KEY WORDS** specific friction, pipe, discharge

第一作者简介: 赵宝峰, 男, 47岁, 东北农业大学工程学院, 高级工程师