

管摩擦損失/配件的摩擦損失/水錘作用 (SCH-40/SCH-80 管流量和摩擦損失表)

A. 管摩擦損失

PVC 管的好處之一就是它平滑的內面可以減少水垢與污塞。也就是說，一開始就可以減少液體流動時的摩擦力，而且不會隨著系統的老化而增加摩擦力，有效節省初期及長期能源耗用成本。

Hazen-Williams 是一般公認的計算管路系統摩擦壓損最佳公式。下列液體流量表的數值就是參考此公式計算出來的。(流體溫度需在 4°C-25°C)

UPVC 管的表面粗糙度常數 C=150

1.英制 $\Delta f = 0.2083(100/C)^{1.852} * (q^{1.852} / d^{4.8655})$

其中 Δf = 每一百英尺管的摩擦損失

(呎水柱 / 100 呎)

q = 流動率(加侖/分鐘)

d = 管內徑(吋)

C = 管表面粗糙度常數

2.公制 $\Delta f = 0.010666(1/C)^{1.085} * (q^{1.852} / d^{4.8655})$

其中 Δf = 每米(m)管的摩擦損失

(mm 水柱 / m)

q = 流動率(立方米/秒 , m³/s)

d = 管內徑(米 , m)

C = 管表面粗糙度常數

註:各種管材的 Hazen-Williams 的 C 值見下表

管材類型	Hazen-Williams 的 C 值
ABS 熱塑性塑膠管	160
使用 10 年的 ABS 熱塑性塑膠管	160
使用 20 年的 ABS 熱塑性塑膠管	160
使用 30 年的 ABS 熱塑性塑膠管	160
PVC/CPVC 熱塑性塑膠管	150
使用 10 年的 PVC/CPVC 熱塑性塑膠管	130
使用 20 年的 PVC/CPVC 熱塑性塑膠管	110
PE/PP 其它熱塑性塑膠管	140
鋼管、玻璃管	140
新的光滑直管(金屬類)	140
新的一般直管(金屬類)	130
新的鍍鋅鐵管(GIP)	120
新的鑄鐵管(GIP)	120
使用 10 年的鍍鋅鐵管(GIP)	110
使用 20 年的鍍鋅鐵管(GIP)	90
使用 30 年的鍍鋅鐵管(GIP)	70
使用 10 年的鑄鐵管(CIP)	107
使用 20 年的鑄鐵管(CIP)	95
使用 30 年的鑄鐵管(CIP)	80
使用 40 年的鑄鐵管(CIP)	65
新的水泥管	110
很老的鐵管、金屬管類	80
很粗糙的管材	60
造成嚴重的亂流現象	40

B. 配件(彎頭與三通)的摩擦損失

在管路上的接頭、彎頭、三通、大小頭、異徑接頭等處，因轉向或改變能量，阻力之計算是以「相當直管的長度」為基準來計算的。微量水頭損失(Minor head loss) 就是專門用以計算相當直管的長度之阻力損失。

相當直管的長度之阻力損失 = $K_L * V^2 / 2g$

V: 流體的流速(m/s)

g: 重力加速度 (9.8 m/s²)

K_L: 彎頭或接頭的損失係數

相當直管的長度 $\Delta L = 0.00024786 * K_L * q^{0.418} * C^{1.85} * d^{0.87}$

q: 流動率(立方米/秒 , m³/s)

d: 管內徑(米 , m)

C: 管表面粗糙度常數 (Hazen-Williams 的 C 值)

註: 彎頭或接頭與三通的損失係數 K_L 見下表

管配件或閥件	K _L	管配件或閥件	K _L
閥門		彎頭	
球閥, 全開	10	90° 法蘭口	0.3
角閥, 全開	2	90° 牙口	1.5
閘閥, 全開	0.15	大彎 90°, 法蘭口	0.2
閘閥, 1/4 全開	0.26	大彎 90°, 牙口	0.7
閘閥, 1/2 全開	2.1	大彎 45°, 牙口	0.2
閘閥, 3/4 全開	17	標準 45° 彎頭	0.4
橫式逆止閥, 單向流	2		
橫式逆止閥, 逆向流	∞		
180° 迴轉彎頭		等三通	
法蘭式	0.2	直通, 法蘭口	0.2
牙口式	1.5	直通, 牙口	0.9
		分歧口, 法蘭口	1.0
		分歧口, 牙口	2.9
直管的入口(桶槽流入管路)		直管的出口	
方形接頭	0.5	方形接頭	1.0
圓形接頭	0.2	圓形接頭	1.0
管路進入桶槽	1.0	管路進入桶槽	1.0

在管道阻力計算過程, 管長都是指「直管長度 L」與「相當直管的長度 ΔL 」之和。

C.水錘作用

水錘作用 (Water Hammer)，或稱水擊，意指水流於長管路中流動，此時若將管路下游之閥門快速關閉，水流之流動具有慣性之動量，因此水流之慣性動量持續往前推擠，造成管內壓力急速上升，造成管路受到破壞。在住家發生時，除了慢慢的破壞管線外，其噪音會造成很大的困擾，常會讓缺乏常識的人誤以為噪音是鄰居製造的。

水錘作用大小則視水路之流量與水頭落差 (指管路兩頭落差)，瞬間流量與水頭落差愈大，造成流速愈快，相對地水流的慣性動量愈大，產生水錘作用所造成之巨大壓力更是驚人，有可能造成設備之損害。

水錘壓力加系統操作壓力不應超過建議系統工壓力定率的 1.5 倍。為了將水錘所產生的液壓震動減至最小，通常應該將直線液體流速限制在 5ft/s，尤其是在 6 英寸或更大的管。系統啟動，注入液體時的速度應限制在 1ft/s，直到所有的空氣都排出系統外，而且壓力停止在操作狀態下。在操作時系統中不可存有任何空氣。泵不可在空氣中抽拉。必要時，應使用額外的保護設備，以防止水錘的傷害。因此通常會有洩壓裝備將管內壓力宣洩，減低管內水流造成衝衝擊波持續震盪。水錘作用之發生並不僅在水流，其它流體(包括：氣體、液體及氣液混合體)之管路流動，均有可能產生水錘作用。

水錘效應可以通過下面的偏微分方程組來模擬。

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{B_m} \frac{\partial P}{\partial t} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{f}{2D} V|V| &= 0 \end{aligned}$$

其中 V 是內管的流體的速度， ρ 是流體密度， B_m 是相等的體積模量， f 是摩擦係數。