
空調配管設計施工現場實務

陳憲雄編著

啓學出版社印行

編者序

在工業社會中人們往都市集中的結果，使高樓大廈的普遍化，在此高樓大廈中的人們為求生活上的舒適故需要空調的設備。另一方面由於各種產業在製造品質上的需求，沒有空氣調節設備不可。因上述之急速需求促成空氣調節技術的成長與普遍。

但在國內目前尚沒有關於「空調配管設計與施工」方面的中文書，因此與方天民兄合編此書，供有志於空調配管設計施工者參考。

本書包括水配管、蒸氣配管、冷媒配管、泵浦配管等之設計與施工方面均詳細之說明。如有疏漏之處，尚祈諸先進不吝指正。

中華民國六十四年八月六日

陳憲雄謹識於臺北

目 錄

第一章 給水配管設計	1
1-1 水的物理性質	1
1-2 配管方式	1
1-2-1 依通水方式分類	1
1-2-2 依循環方式分類	2
1-2-3 依回水方式分類	3
1-2-4 配管數分類	4
1-3 配管徑之決定	6
1-3-1 流量之計算	6
1-3-2 配管之流速	8
1-3-3 摩擦損失	10
1-4 膨脹水槽	16
1-4-1 溫度變化時水的體積變化	16
1-4-2 開放型膨脹水槽	17
1-4-3 密閉形膨脹水槽	18
1-5 配管系統作用壓力之分佈	19
1-5-1 配管系統之壓力與膨脹槽	19
1-5-2 管路作用壓力分佈線圖之解法	23
1-6 排水配管	25
1-7 蓄熱槽	26
1-7-1 蓄熱方式之優點	27
1-7-2 蓄熱方式之缺點	27
1-7-3 蓄熱槽容量的決定方法	28
1-7-4 蓄熱槽內水之流動	30
1-7-5 連通管大小之決定法	32
第二章 蒸氣配管設計	34

2-1 蒸氣的熱性質	34
2-2 配管方式	42
2-2-1 依配管方式分類	42
2-2-2 依使用蒸氣壓力分類	43
2-2-3 依凝縮水之回水方式分類	43
2-3 配管尺寸的決定	44
2-3-1 蒸氣量的決定	45
2-3-2 管內之蒸氣流速	46
2-3-3 蒸氣壓力與容許壓力下降值	47
2-3-4 配管之等效長度	47
2-3-5 高壓2管式蒸氣配管的管徑決定法	49
2-3-6 中壓2管式蒸氣配管之管徑決定法	50
2-3-7 低壓2管式蒸氣配管之管徑決定法	53
2-3-8 真空2管式蒸氣配管之管徑決定法	55
2-3-9 低壓1管式蒸氣配管之管徑決定法	56
2-4 蒸氣配管內之凝縮水	57
2-5 配管之熱膨脹	61
2-5-1 熱膨脹量	61
2-5-2 膨脹回路與伸縮接頭	63
2-6 蒸氣溜水器	68
2-6-1 溜水器之分類	68
2-6-2 Trap之動作壓力差	71
2-6-3 Trap之安全率	72
2-7 排水泵浦	72
2-7-1 凝縮水泵	72
2-7-2 真空給水泵	73
第三章 冷媒配管與設計	74
3-1 壓縮型冷凍機之動作	74
3-2 冷媒之物理性質	75

3-2-1	冷媒之必要條件	75
3-2-2	冷媒之物理與熱的性質	76
3-3	冷媒配管之特殊性	83
3-3-1	注意事項	83
3-3-2	冷媒與油間的混合性	84
3-4	配管尺寸之決定	85
3-4-1	配管之目的	85
3-4-2	鋼管之標準尺寸	85
3-4-3	配管之等效長度	87
3-4-4	管路之壓力下降	88
3-4-5	管徑之簡易決定法	89
3-4-6	管徑之詳細決定法	91
3-4-7	吸入立管之管徑決定法	99
3-4-8	凝縮器至接收器間的液管	103
3-5	自動膨脹閥	104
3-5-1	壓力式膨脹閥	104
3-5-2	溫度式膨脹閥	105
3-6	冷媒液與吸入氣體之熱交換器	106
3-7	背壓調整閥	108
3-8	油分離器	108
第四章	泵浦之設計	110
4-1	泵浦之種類	110
4-2	泵浦之理論	111
4-2-1	壓力	111
4-2-2	揚程	112
4-2-3	運轉動力	114
4-2-4	轉數與容量	115
4-2-5	口徑與標準吐出量	116
4-2-6	特性曲線	117

4-2-7	比較回轉度	117
4-2-8	有效吸入揚程	118
4-3	泵浦之運轉	123
4-3-1	配管之阻力曲線	123
4-3-2	泵浦之串聯運轉	127
4-3-4	泵浦之並聯運轉	127
4-3-5	虹吸作用	129
4-4	泵浦之選定	130
第五章	配管材料	131
5-1	配管材料之標準尺寸	131
5-2	使用目的適當配管材料	134
5-3	閥	134
5-3-1	閥之種類	134
5-3-2	閥之規格及耐壓	135
第六章	水配管與施工	143
6-1	注意事項	143
6-2	熱水鍋爐周圍的配管	146
6-3	冷熱水周圍之配管	147
6-3-1	附手動控制閥的熱水配管	147
6-3-2	附自動2路閥之冷熱水配管	148
6-3-3	設自動2通閥的冷熱水配管	148
6-3-4	冷熱水盤管2台的配管	149
6-4	冷却塔、冷縮器周圍的配管	149
6-4-1	冷却水要放流時之凝縮器周圍配管	149
6-4-2	冷却水使用冷却塔再循環時之凝縮器周圍配管	150
6-4-3	2台凝縮器並用時之配管	151
6-4-4	冷却塔周圍之配管圖	151
6-4-5	冷却塔與凝縮器在同一位面時之配管	153
6-4-6	冷却塔之位置比凝縮器高時的配管	153

6-4-7	冷却塔之位置比凝縮器低時之配管	154
6-4-8	冷却水之自動水溫控制	155
6-4-9	防止冷却塔的凍結	156
6-5	洗氣器 (Air Washer) 周圍之配管	157
6-5-1	Air Washer 之噴水再循環時的配管	157
6-5-2	需要冷却與除濕作用的Air Washer 周圍配管	158
6-6	泵油周圍配管	159
6-7	膨脹槽周圍的配管	160
6-7-1	開放形膨脹槽之配管	160
6-7-2	密閉形膨脹槽周圍之配管	161
第七章	蒸氣配管與施工	162
7-1	注意事項	162
7-2	蒸氣鍋爐周圍的配管	164
7-3	加熱盤管周圍之配管	164
7-3-1	加熱盤管之Trap 周圍回水配管	164
7-3-2	蒸氣自動控制閥周圍的配管	166
7-3-3	管末Trap 周圍之配管	166
7-3-4	高壓蒸氣盤管及中壓蒸氣盤管周圍之配管	167
7-3-5	重力回水方式之低壓蒸氣盤管周圍配管	167
7-3-6	真空回水方式之蒸氣盤管周圍配管	168
7-3-7	回水主管位置比盤管高時之盤管周圍配管	168
7-3-8	2 台高壓蒸氣盤管組合時之盤管配管	169
7-3-9	防止蒸氣盤管之凍結	169
7-4	FLASH TANK	170
第八章	冷媒配管與施工	172
8-1	注意事項	172
8-2	吸入管	172
8-2-1	由蒸發器至冷凍機間的吸入管標準配管方法	173
8-2-8	2 台以上之壓縮機並聯運用時吸入管與吐出管之配管方法	175

8-8 吐出管	175
8-8-1 壓縮機至凝縮器內之吐出管的標準配管方法	176
8-8-2 2台以上的凝結組件並接時的配管方法	176
8-4 液管	177
8-4-1 凝結組件或接收器與蒸發器同一位面時的配管	177
8-4-2 蒸發氣之位置比接收器低時的冷媒配管	178
8-4-3 蒸發氣之位置比接收器高時的冷媒配管	178
8-4-4 凝縮器至接收器間的配管方法	178
8-4-5 2台以上的接收器或凝縮器並接時配管方法	179
8-5 除霜	179
8-5-1 噴水除霜	179
8-5-2 電熱器除霜	179
8-5-3 利用壓縮機的熱氣除霜	180
第九章 配管施工圖	181
9-1 配管之圖記號	181
9-2 銅管之基準尺寸	181
9-3 法蘭之基準尺寸	181
9-4 管用錐形牙之基準尺寸	181
9-5 閥類之基準尺寸	181
9-6 自動控制閥有關尺寸	182
9-7 溶接式接頭基準尺寸	182
9-8 套牙式接頭的基準尺寸	182
9-9 配管之最小間隔	182
9-10 45°配管之有關尺寸	182
9-11 分配管之製作尺寸	183
9-12 附旁通自動控制閥裝置的組立尺寸	183

第一章 給水配管設計

1-1 水的物理性質

表 1-1 表示以水為溫度基準的物理性質：

表 1-1 水的物理性質

溫度 t (°C)	定壓比熱 c_p (kcal/kg deg)	比重 γ (kg/m ³)	熱傳導率 k (kcal/m h deg)	飽和蒸氣壓力		動粘性係數 $\nu = \mu/\rho$ (cm ² /s)	體積膨脹率 β (1/°C)
				(kg/cm ²)	(mm Hg)		
0	1.0093	999.8	0.480	0.00623	4.58	0.01794	
5	1.0047	1000.0	0.488	0.00889	6.54	0.01535	0.000015
10	1.0019	999.6	0.496	0.01251	9.20	0.01297	0.000090
15	1.0000	999.1	0.505	0.01738	12.8	0.01137	0.000154
20	0.9988	998.2	0.513	0.02383	17.5	0.00996	0.000208
25	0.9980	997.1	0.521	0.03229	23.8	0.00884	0.000256
30	0.9975	995.6	0.529	0.04326	31.8	0.00796	0.000302
35	0.9973	994.1	0.537	0.05734	42.2	0.00724	0.000344
40	0.9973	992.2	0.544	0.07522	55.3	0.00663	0.000386
45	0.9975	990.2	0.550	0.09733	71.9	0.00611	0.000422
50	0.9978	988.0	0.556	0.1258	92.5	0.00562	0.000487
55	0.9982	985.7	0.561	0.1605	118.1	0.00518	0.000490
60	0.9978	983.2	0.566	0.2032	149.4	0.00480	0.000522
65	0.9993	980.5	0.570	0.2551	187.6	0.00444	0.000584
70	1.0000	977.7	0.574	0.3178	233.8	0.00413	0.000584
75	1.0008	974.9	0.577	0.3931	289.2	0.00386	0.000614
80	1.0017	971.8	0.579	0.4830	355.3	0.00362	0.000642
85	1.0026	968.7	0.581	0.5895	433.6	0.00339	0.000670
90	1.0036	965.3	0.583	0.7149	525.9	0.00320	0.000697
95	1.0046	961.9	0.585	0.8619	634.0	0.00304	0.000723
100	1.0057	958.3	0.586	1.0332	760.0	0.00290	0.000749
120	1.0108	943.1	0.589	2.0245		0.00250	0.000850
140	1.0167	926.1	0.588	3.6848		0.00217	0.000966
160	1.0234	907.4	0.585	6.3021		0.00189	0.001098
180	1.030	886.9	0.579	10.224		0.00172	0.001256
200	1.0375	864.7	0.572	15.856		0.00161	0.001451
220	1.10	840.3	0.561	23.660		0.00149	
240	1.13	813.6	0.545	34.144		0.00141	
260	1.19	748.0	0.527	47.863		0.00140	
280	1.25	750.7	0.506	65.456		0.00135	
300	1.36	712.5		87.611		0.00138	

表 1-1 水的物理性質

1-2 配管方式

在水配管系統中，其循環的方法有利用水泵浦 (pump) 強制循環式及熱水溫度變化時所產生熱水之密度差的循環力方式即重力之作用。後者係使住宅等之小建築物，本書省略，僅就前者加以說明。

1-2-1 依通水方式分類

(1) 排放方式 (圖 1-1)

如凝結器利用井水冷卻形，用過之水即予以排放而不再循環使用的方式。

(2)再循環方式(圖 1-2)

在蒸發器與冷卻盤管 (coil) 結合的冷水配管情形

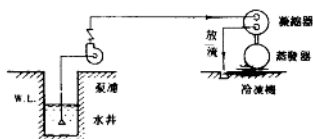


圖 1-1 排放方式

以同樣的水作數次的循環使用。

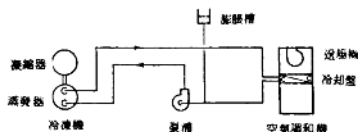


圖 1-2 再循環方式

1-2-2 依循環方式分類

(1)開放循環 (open circuit) 方式 (如圖 1-3 所示)

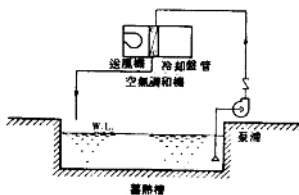


圖 1-3 開放循環

如使用冷却塔之冷却水配管或使用蓄熱槽之冷水配管的情形，在配管的途中設有與大氣接觸的水槽，使配管內之水與大氣接觸的方式。

(2) 密閉循環 (close circuit) 方式 (如圖 1-4 所示)

如熱交換器與熱水之間配管的情形，使管內之水不與大氣接觸的循環方式。在這種方式中常裝有一膨脹槽以容許溫度上昇時所造成之水之膨脹空間。在裝設膨脹槽時雖然有一部份之水與大氣接觸，但因接觸面積非常之小，故仍稱為密閉循環方式。

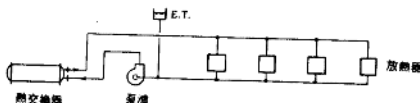


圖 1-4 密閉循環

開放循環方式與密閉循環方式之不同點如下：

- ① 為決定水泵浦之揚程，則對於前者之情形應加算水槽水面至配管最高點間之靜水頭及其配管所造成的摩擦損失。而後者僅需計算其摩擦損失即可，與靜水頭完全無關。
- ② 前者不需使用膨脹槽而後者則必需使用。
- ③ 在前者配管的情形，因為水與大氣接觸，所以空氣中的氧氣混入水中，容易使管路腐蝕。所以決定配管尺寸時應較後者稍為注意才行。

1-2-3 依回水方式之分類

(1) 直接回水方式 (Direct Return) (如圖 1-4 所示)

此方式最大的缺點為靠近水泵浦側之放熱器水流量較大而較遠之放熱器水流量則依次遞減，故各放熱器之流量不容易平衡。但配管費用較低，故小型配管的情形或放熱器本身之摩擦損失比配管之摩擦損失大時或各放熱器之摩擦損失不同時大都採用這種方式。

(2) 逆回水方式 (Reverse Return) (如圖 1-5 a、b 所示)

保持各放熱器之給水管與回水管的總長度一樣；可容易地使各放熱器流過的水量維持平衡。雖然回水管配管費用提高一倍，但多台同容量之放熱器以此方式配管時，其水量的分配甚為理想，此方式之使用非常普遍。但在平面開放管路配管的情況接有數個空氣調和機之冷熱水配管，各空氣調和機分別裝有流量控制

開時本方式之優點全部消失，在這種情況下，一般都是採用直接回水方式（Direct Return）。

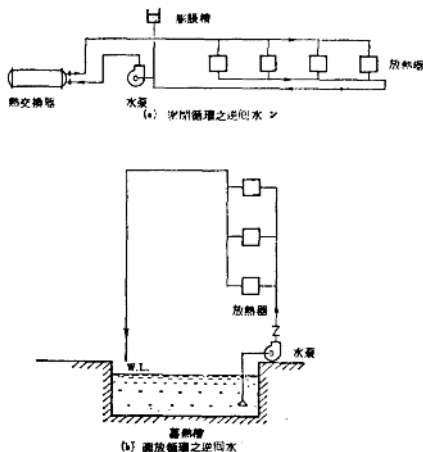


圖 1-5 逆回水方式 (Reverse Return)

(3) 直接回水與逆回水之併用方式 (如圖 1-6 a、b)

在受到配管費用或建築物場地的限制而無法完全採用逆回水時，可採用本方式施工。併用之方式可以將主管採用逆回水方式，分岐管採用直接回水方式予以組合，或相反組合亦可。如何選用可依水量調節之難易，經濟性及施工之難易予以考慮決定之。

1-2-4 配管數分類

(1) 單管式 (如圖 1-7 a、b)

如果小規模之熱水暖房使用單一管路兼用給水管與回水管。配管費用最為低廉，但各個室溫則不易控制，先用熱水之暖房溫度高，後用之暖房溫度低，因而造成各個室溫之不平衡為其主要缺點。

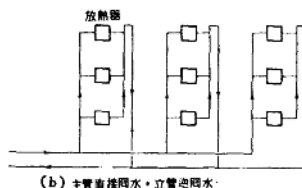
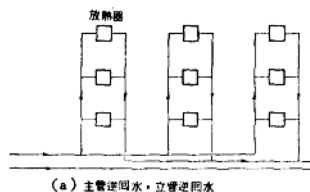


圖 1-6 直接回水與逆回水併用方式

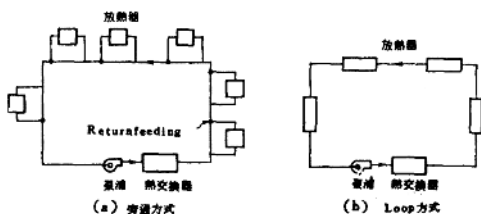


圖 1-7 單管式

(2) 雙管式 (圖 1-4, 圖 1-5, 圖 1-6)

目前之冷暖氣設備大都採用這種方式。

(3) 3 管式 (圖 1-8)

如送風機組 (Fan-coil unit) 或感應機組 (Induction unit), 其冷熱水分二管各別供給, 而回水管則由單管併通使用, 空調機組可依室內負荷之需要自由選用冷熱水以供給室內之冷氣與暖氣。配管費用比二管式高, 但對各個室溫之調節甚為完全, 室內負荷變化時可迅速予以調整為其主要優點, 此方式最近

才開始採用。本方式之缺點係採用單一回流管，其冷熱水混合時熱損失很大。

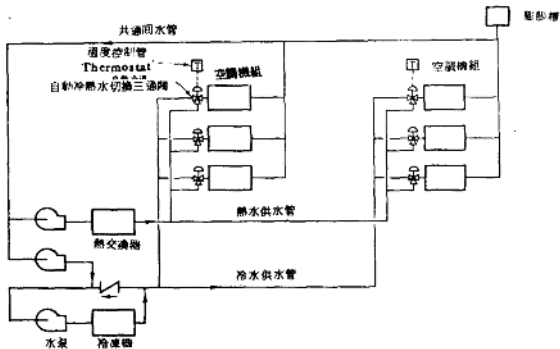


圖 1-8 三管式

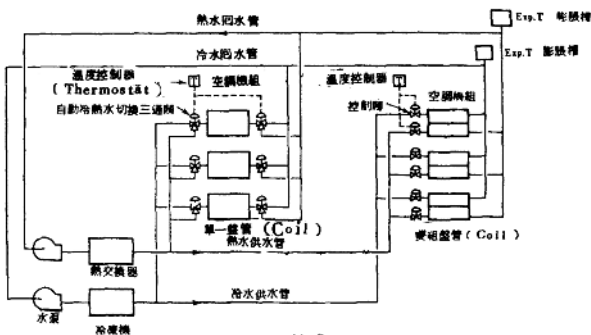


圖 1-9 四管式

(4) 4 管式 (圖 1-9)

為避免上述 3 管式熱損失之缺點，即各空調機組之冷熱水均分由二管供水，二管回水，但此方式配管費用最高，但具有 3 管式之優點又可免除 3 管式之缺點，為高級空氣調節所採用。

1-3 配管管徑之決定

1-3-1 流量之計算

在決定配管管徑之前，需先瞭解各種放熱器之規格，即必須先瞭解冷水與熱

水之循環量。下列所示為各種放熱器正常循環水量之計算方法。

(1) 冷凍機蒸發器 (Evaporator) 循環冷水量 (L_1 ℓ / min)

$$L_1 = \frac{He \cdot 3024}{60 \cdot \Delta t_1} \dots\dots\dots (1-1)$$

He : 冷凍機容量 (USRT)

Δt_1 : 蒸發器進出口溫度差 ($^{\circ}\text{C}$)

$\Delta t_1 = 5^{\circ}\text{C}$ 係常用值故 (1-1) 式可簡化如下

$$L_1 = 10 \cdot He \dots\dots\dots (1-2)$$

(2) 冷凍機之凝縮器 (Condenser) 冷却水量 (L_2 ℓ / min)

$$L_2 = \frac{He \cdot 3024 \cdot \alpha}{60 \cdot \Delta t_2} \dots\dots\dots (1-3)$$

He : 冷凍機容量 (USRT)

Δt_2 : 凝縮器進出口冷却水溫度差 ($^{\circ}\text{C}$)

α : 凝縮之放熱係數

離心式冷凍機及往復式冷凍機與冷却塔組合使用時 $\Delta t_2 = 5^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 1.3$

則 (1-3) 式可簡化如下式 :

$$L_2' = 13 \cdot He \dots\dots\dots (1-4)$$

離心式冷凍機及往復式冷凍機若採用井水冷却方式時 , $\Delta t_2 = 8^{\circ}\text{C}$, $\alpha =$

1.25 則 (1-3) 式可簡化如下

$$L_2'' = 7.9 He \dots\dots\dots (1-5)$$

吸收式冷凍機與冷却塔組合使用時 $\Delta t_2 = 9^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 2.6$ 則 (1-3)

式可簡化如下 :

$$L_2''' = 14.5 He \dots\dots\dots (1-6)$$

(3) 熱水鍋爐 (Boiler) 熱水量 (L_3 ℓ / min)

$$L_3 = \frac{H_b}{60 \cdot \Delta t_3} \dots\dots\dots (1-7)$$

H_b : 鍋爐容量 (Kcal / hr)

Δt_3 : 鍋爐進出口熱水溫度差 ($^{\circ}\text{C}$)

(4) 冷却盤管 (Coil) 所需冷水量 (L_4 ℓ / min)

$$L_4 = \frac{H_c}{60 \cdot \Delta t_4} \dots\dots\dots (1-8)$$

H_c : 冷却盤管之冷却能力 (Kcal / hr)

Δt_4 : 冷却盤管之冷水進出口溫度差 ($^{\circ}\text{C}$)

$\Delta t_s = 5^\circ\text{C}$ 係一般常用值，則 (1-8) 式可簡化如下：

$$L'_s = \frac{Hc}{300} \dots\dots\dots (1-9)$$

(5) 熱水放熱器之熱水量 ($L_s \ell/\text{min}$)

$$L_s = \frac{\text{EDR} \cdot 400}{60 \cdot \Delta t_s} \dots\dots\dots (1-10)$$

EDR：有效放熱面積 (m^2)

400：熱水溫度 77°C 時每 1m^2 有效放熱面積之放熱量 ($\text{Kcal/hr} - \text{m}^2$)

Δt_s ：放熱器進出口之熱水溫度差 ($^\circ\text{C}$)

$\Delta t_s = 11^\circ\text{C}$ 係一般常用值，故 (1-10) 式可簡化如下：

$$L'_s = 0.6 \cdot \text{EDR} \dots\dots\dots (1-11)$$

(6) 水對水熱交換器之循環水量

$$L'_s = \frac{L'_c \cdot \Delta t'_c}{\Delta t'_s} \dots\dots\dots (1-12)$$

L'_c ：1次側水量 (ℓ/min)

$\Delta t'_c$ ：1次側溫度差 ($^\circ\text{C}$)

L'_s ：2次側水量 (ℓ/min)

$\Delta t'_s$ ：2次側溫度差 ($^\circ\text{C}$)

【例題 1-1】

〔問〕求 180USRT 之離心式冷凍機與同容量之吸收式冷凍機其循環冷水量與冷卻水量各若干？

〔解〕依 (1-2) 式兩機之冷水量相同均為

$$L'_c = 10 \times 180 = 1800 \ell/\text{min}$$

離心式冷凍機所需之冷卻水量依 (1-4) 式得

$$L'_s = 13 \times 180 = 2340 \ell/\text{min}$$

吸收式冷凍機所需之冷卻水量依 (1-6) 式得

$$L'_s = 14.5 \times 180 = 2610 \ell/\text{min}$$

1-3-2 配管之流速

配管時選用適當的流速對管徑之決定是非常重要的，流速提高時，配管管徑可縮小，施工費用亦可節省，但流速提高時，管路之摩擦損失相對地隨着增加，泵浦之揚程也要提高，故運轉費用會增加。同時流速提高時容易發生噪音及增加管

內壁之侵蝕能力，總而言之流速太高是有害的。

表 1-2 為流速之推薦值。

表 1-2 為流速之上限值，係參照水流產生噪音的容許值來決定的。

配管中混入空氣時為水流造成噪音的主要原因，非確實予以除去不可，如果流速過慢時混入之空氣被押流的能力減弱，由此可知非保持某一定的流速不可。由實驗得知流速之最低限度為 0.6m/sec 左右。

表 1-2 流速之推薦值

使用場所	流 速 (m/sec)
泵浦出口管	2.4~3.6
泵浦進口管	1.2~2.1
排 水 管	1.2~2.1
立 上 管	0.9~3.0
一 般 配 管	1.5~3.0
自 來 水 管	0.9~2.1

流速造成管內面侵蝕的原因是因為水中含有空氣，砂及其他固形物與管壁發生摩擦衝突所造成，所以為防止配管之壽命低下應減低流速延長運轉時間。

表 1-3 配管侵蝕與許可最大流速間的關係。

表 1-3 配管之侵蝕與最大流速

一年內運轉時間 (hr)	流速 (m/sec)
1500	3.6
2000	3.5
3000	3.3
4000	3.0
6000	2.7
8000	2.4