

3. 蒸汽祛水器的選型

在確保蒸汽系統最大限度上的性能發揮及維持壽命的基礎之上，蒸汽祛水器的選型至關重要。在進行蒸汽祛水器選型時至少需要掌握以下各條件。

- 裝置等的冷凝水發生量
- 蒸汽祛水器的工作壓力
- 各不同類型的蒸汽祛水器工作特徵

在掌握上述使用條件的基礎之上，還需要考慮蒸汽祛水器的排出能力會因受工作壓力的變動，背壓增加等因素所影響。準確辨別蒸汽祛水器實際的工作壓力後並根據其用途參照各蒸汽祛水器的規格表選出特定的蒸汽祛水器。

3.1 掌握冷凝水發生量

3.1.1 暖管/暖機時的冷凝水發生量

在運轉初期裝置及管道處於常溫狀態，蒸汽所含有的熱量均被使其溫度上升所使用。此時使裝置及管道達到一定的溫度為止所發生的冷凝水量是決定蒸汽祛水器的冷凝排出能力及是否需要設置旁通閥的主要因素。

1) 蒸汽輸送管道

至正常工作（熱平衡狀態）為止，管道及其保溫材料因升溫所消費的蒸汽熱量會導致一定量的冷凝水發生。其冷凝水發生量的計算方式如下。

$$G = \frac{\Delta T \cdot (W_s \cdot C_{ps} + W_i \cdot C_{pi})}{r} \text{ kg/m}$$

- G : 冷凝水發生量 (kg/m)
 ΔT : 上升溫度 (暖管/暖機時的上升溫度) (°C)
W_s : 單位長度管材的品質 (kg/m)
W_i : 單位長度保溫材料的品質 (kg/m)
C_{ps} : 管材的比熱 (kJ/kg · °C)
C_{pi} : 保溫材料的比熱 (kJ/kg · °C)
r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

假設通氣前的管道溫度為0°C升溫至所定壓力的飽和溫度為止，所發生的冷凝水量如下表3.1 所示（不考慮保溫材料）。

表3.1 蒸汽輸送管道的初期冷凝水發生量

口径 (mm)	质量 (kg/m)	表压 (MPa)									
		0.06	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
25	2.57	0.064	0.069	0.078	0.091	0.101	0.109	0.113	0.122	0.128	0.134
32	3.47	0.087	0.093	0.105	0.123	0.136	0.147	0.153	0.165	0.173	0.181
40	4.10	0.103	0.110	0.124	0.145	0.161	0.174	0.181	0.195	0.205	0.214
50	5.44	0.136	0.146	0.165	0.192	0.213	0.230	0.240	0.259	0.272	0.283
65	9.12	0.228	0.244	0.276	0.322	0.357	0.386	0.403	0.434	0.456	0.475
80	11.3	0.283	0.303	0.342	0.399	0.443	0.479	0.499	0.538	0.564	0.589
90	13.5	0.338	0.362	0.409	0.477	0.529	0.572	0.596	0.643	0.674	0.704
100	16.0	0.401	0.429	0.485	0.565	0.627	0.678	0.706	0.762	0.799	0.834
125	21.7	0.544	0.582	0.657	0.767	0.850	0.919	0.958	1.03	1.08	1.13
150	27.7	0.694	0.742	0.839	0.978	1.09	1.17	1.22	1.32	1.38	1.44
200	42.1	1.05	1.13	1.28	1.49	1.65	1.78	1.86	2.01	2.10	2.19
250	59.2	1.48	1.59	1.79	2.09	2.32	2.51	2.61	2.82	2.96	3.09
300	78.3	1.96	2.10	2.37	2.77	3.07	3.32	3.46	3.73	3.91	4.08
350	94.3	2.36	2.53	2.86	3.33	3.69	3.99	4.16	4.49	4.71	4.91
400	123	3.08	3.30	3.73	4.34	4.82	5.21	5.43	5.86	6.14	6.41
饱和蒸汽温度(°C)		113.6	120.4	133.7	151.9	165.0	175.4	184.1	191.7	198.3	204.4
蒸发潜热(kJ/kg)		2,220	2,201	2,163	2,107	2,064	2,029	1,998	1,971	1,945	1,921

• 1m 的管道 (Sch40) 由 0°C 開始上升至蒸汽飽和溫度所需要的蒸汽量用 kg 來表示。鋼的比熱為 0.49kJ/kg·°C 來計算。

2) 換熱裝置

換熱裝置的情況下，裝置本身及其內部的被加熱物或反應物的升溫所需的熱量為總消費熱量，冷凝水發生量的計算方式如下。

$$G' = \frac{\Delta T \cdot (W_s' \cdot C_{ps} + W_i' \cdot C_{pi} + W_l \cdot C_{pl})}{r} \text{ kg}$$

G' : 冷凝水發生量 (kg)

ΔT : 上升溫度 (暖管/暖機時的上升溫度) (°C)

W_s' : 構成裝置所需要鋼材的總品質 (kg)

W_i' : 裝置以外的相關構成材料的總品質 (kg)

W_l : 被加熱物的總品質 (kg)

C_{ps} : 鋼材的比熱 (kJ/kg·°C)

C_{pi} : 裝置以外的相關構成材料的比熱 (kJ/kg · °C)

C_{pl} : 被加熱物的比熱 (kJ/kg · °C)

r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

3) 蒸汽伴熱管

蒸汽伴熱管是指在原油等物質在通過輸送管輸送時沿著管道所鋪設的蒸汽管道的稱呼，其目的在於保持一定溫度防止原油等物質發生凝固或黏度過大現象的發生。蒸汽伴熱管通過蒸汽使自己本身升溫外，原油等物質（被加熱物），輸送管道及保溫材料均為所加熱的物件。其冷凝水發生量的計算方式如下。

$$G = \frac{\Delta T1 \cdot Ws1 \cdot Cps1 + \Delta T2 (Ws2 \cdot Cps2 + W1' \cdot Cp1')}{r} \text{ kg/m}$$

G : 冷凝水發生量 (kg/m)

$\Delta T1$: 上升溫度 (穩定狀態溫度-初始溫度) (°C)
(伴熱管使用蒸汽的飽和溫度)

$Ws1$: 單位長度伴熱管材的品質 (kg/m)

$Ws2$: 單位長度被伴熱管材的品質 (kg/m)

$W1'$: 單位長度被加熱物的品質 (kg/m)

$Cps1$: 伴熱管材的比熱 (kJ/kg · °C)

$Cps2$: 被伴熱管材的比熱 (kJ/kg · °C)

$Cp1'$: 被加熱物的比熱 (kJ/kg · °C)

$\Delta T2$: 被伴熱管及其保溫材的上升溫度 (°C)
(被伴熱物的要求伴熱溫度)

r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

截止為止共記述了以上三種冷凝水發生量的計算方法，但是為正確進行蒸汽祛水器選型還需要明確單位時間內的冷凝水發生量 (kg/h)。接下來在「3.1.2 暖管/暖機的時間」介紹具體的單位時間內冷凝水的發生量的計算方法。

3.1.2 暖管/機所需的時間

構成裝置所需的金屬材料很厚的情況下，急速的加熱會使其對熱量的負擔（熱應力）加大，會有造成內部缺損或被破壞的可能。因此在相對壓力較高需要使用較厚金屬材料的情況下，一般會設置一段時間（如數小時）來進行逐漸加熱使其升溫。另一方面在使用壓力較小金屬材料相對較薄的情況下，則無須考慮設置升溫時間段可以迅速的進行暖管/機的工作。

雖然暖管/機的時間因裝置的構成及運轉狀況的不同而不同，停止使用次數的多少即暖管/機的頻度約為：

- 間歇運轉：15 分鐘前後
- 停止次數

1 次/天：1 小時以內

1 次/周：1 ~ 2 小時

1 次/年：數小時

需要注意的是在間歇運轉等狀況下暖管/暖機的時間雖然可以在短時間內完成，但是冷凝水會有殘存於管道或是裝置之中的可能，如再急速通入原生蒸汽會發生水擊現象。安全起見逐漸增加蒸汽（約1小時前後）為上策。

3. 1. 3 正常運轉時的冷凝水發生量

有關蒸汽輸送管道及具有代表性的各類換熱裝置，在正常運轉時冷凝水發生量的演算方式在此介紹。

1) 蒸汽輸送管道

管道材料及保溫材料向外界所釋放的熱量因其材質，厚度及外界條件的不同亦發生變化。因放熱導致管道內冷凝水的發生量可以通過以下計算方式來求得。

$$G = \frac{2\pi(ts - ta)}{\frac{2}{d_1 \cdot \alpha} + \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}} \times L_b \times \frac{1}{r}$$

G : 冷凝水發生量 (kg/h)

d1 : 保溫材料外徑 (m)

d2 : 保溫材料內徑 (m)

λ : 保溫材料的熱傳導率 (kJ/m · h · °C)

α : 表面熱傳達率 (kJ/m² · h · °C)

ts : 使用蒸汽的飽和溫度 (°C)

ta : 外界氣溫 (°C)

Lb : 管道長度 (m)

r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

2) 換熱裝置

● 乾燥機 (空氣預熱器)

一般使用於對空氣的預熱情況下，廣泛使用於各類工廠。

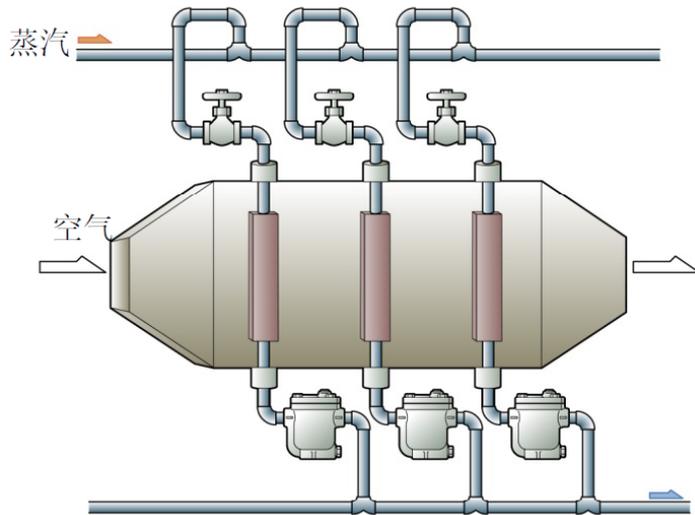
$$G = \frac{60 \cdot V \cdot C_p \cdot \gamma \cdot \Delta t}{r} \text{ kg/h}$$

G : 冷凝水發生量 (kg/h)

V : 空氣的流量 (m³/min)

Cp : 空氣的低壓比熱 (kJ/kg · °C) Cp=1

- γ : 空氣的比重 (kg/m³) $\gamma=1.226$
- Δt : 上升溫度 (穩定狀態溫度-初始溫度) (°C)
- r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)



在無法確定上述計算條件的情況下一般可用以下計算式來匯出大約的冷凝水發生量。

$$G \approx \frac{W \text{ 換熱能力 (kJ/h)}}{\text{蒸發潛熱 (kJ/kg)}}$$

圖3.1 空氣預熱器

● 換熱裝置

換熱裝置通常是指類似於再沸器或蒸發器等利用蒸汽所含的熱量，通過盤管等的傳熱面對低溫流體進行加熱的容器。冷凝水發生量的計算因溫度差計算的處理困難，並且複雜通常使用以下簡略計算式。

$$G = \frac{M \cdot \Delta t \cdot C \cdot S_g}{r} \times 60$$

- G : 冷凝水發生量 (kg/h)
- M : 被加熱物的流量 (ℓ/min)
- Δt : 上升溫度 (穩定狀態溫度-初始溫度) (°C)
- C : 被加熱物的比熱 (kJ/kg · °C)
- S_g : 被加熱物的比重 (kg/ℓ)
- r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

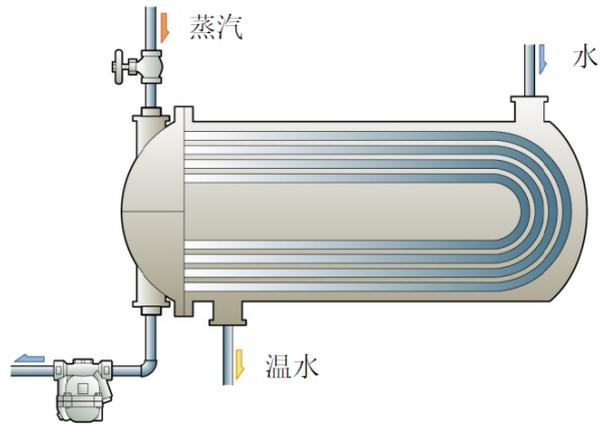


圖3.2 管殼式換熱器

- 夾套反應釜

廣泛使用於食品行業，主要分為固定式和傾斜式兩種。

$$G = \frac{M \cdot \Delta t \cdot C \cdot Sg}{r \cdot T}$$

G : 冷凝水發生量 (kg/h)

M : 被加熱物的流量 (ℓ)

Δt : 上升溫度 (穩定狀態溫度-初始溫度) (°C)

C : 被加熱物的比熱 (kJ/kg · °C)

Sg : 被加熱物的比重 (kg/ℓ)

T : 製成所需時間 (h)

r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

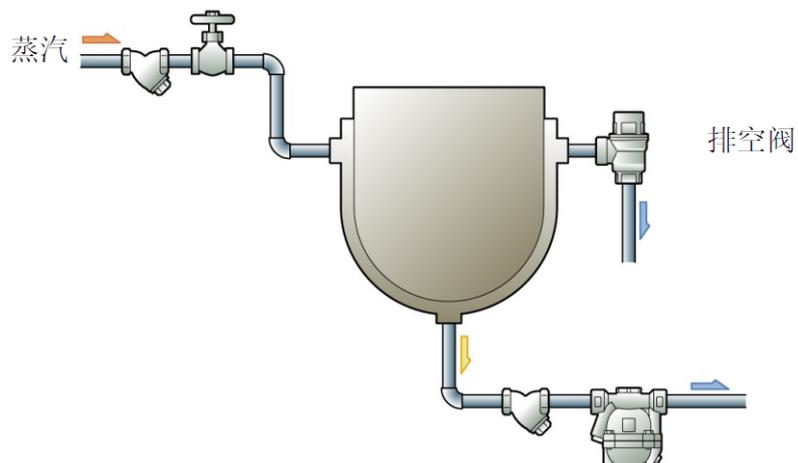


圖3.3 固定式夾套反應釜

- 蒸汽板式壓力機

蒸汽板式壓力機廣泛使用於橡膠・塑膠・合板・清洗產業等。

$$G = A \cdot R$$

G : 冷凝水發生量 (kg/h)

A : 與產品的接觸面積 (m²)

R : 凝縮係數 (kg/m²・h)

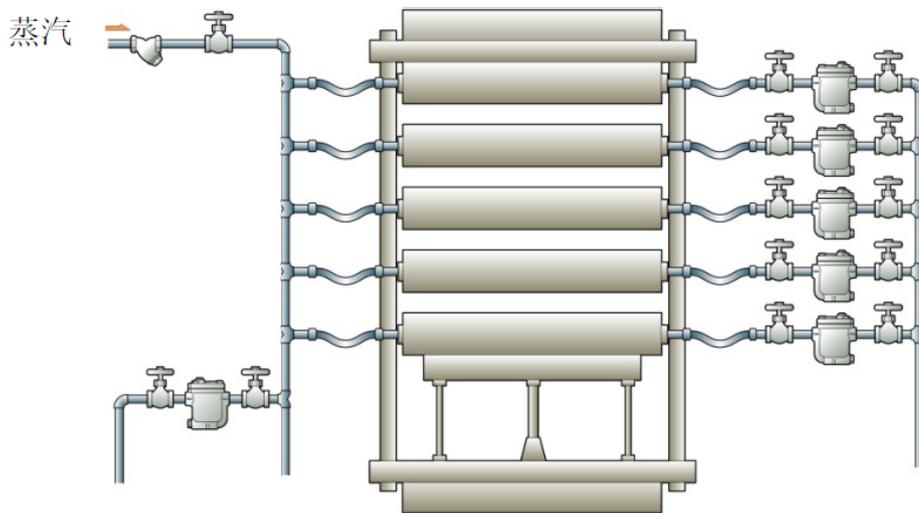


圖3.4 加硫板式壓力機

- 高壓釜

高壓釜是指在一定壓力下直接利用蒸汽進行滅菌・精製・乾燥的換熱裝置。廣泛使用於醫療，食堂等產業。

$$G = \frac{W \cdot C \cdot \Delta t}{r \cdot T}$$

G : 冷凝水發生量 (kg/h)

W : 換熱物的重量 (kg)

C : 換熱物的比熱 (kJ/kg・°C)

Δt : 換熱物的上升溫度 (穩定狀態溫度-初始溫度) (°C)

r : 蒸發潛熱量 (kJ/kg)

T : 所需時間 (h)

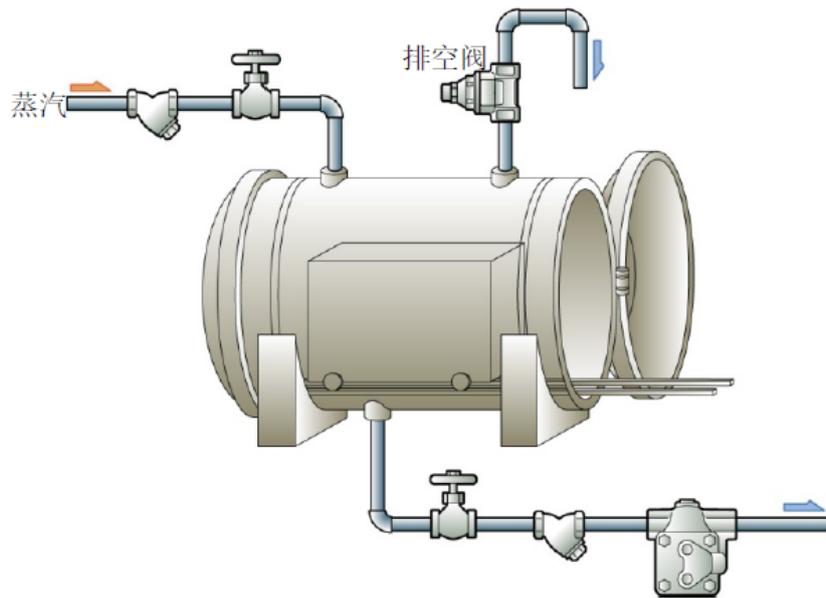


圖3.5 高壓釜

- 滾筒式乾燥機

該裝置是利用被乾燥物通過與內部充滿蒸汽的滾筒表面進行接觸實施換熱過程的裝置。一般使用於造紙，洗衣等行業。該類機器大部分採用虹吸式排凝方式。

$$G = \pi \cdot d \cdot L \cdot R$$

- G : 冷凝水發生量 (kg/h)
- d : 滾筒的直徑 (m)
- L : 滾筒的長度 (m)
- R : 凝縮係數 (kg/m² · h)

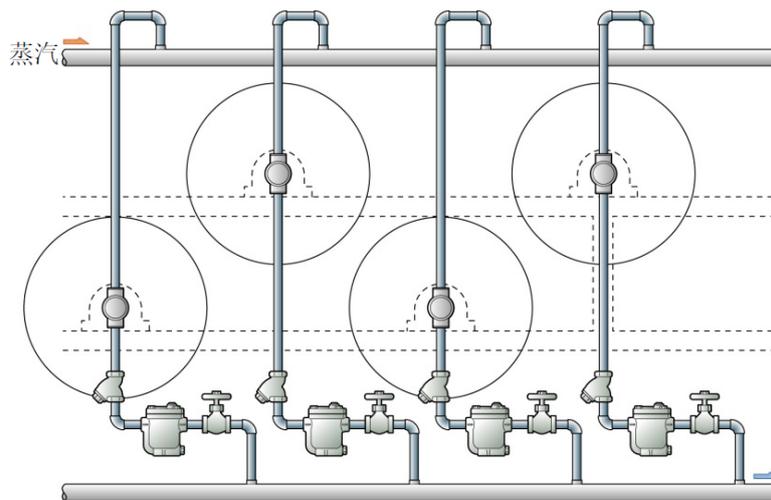


圖3.6 滾筒式乾燥機

3) 蒸汽伴熱管的冷凝水發生量

蒸汽伴熱管的蒸汽消費量即冷凝水發生量是因蒸汽伴熱管道的放熱量來決定。MIYAWAKI INC. 可以為您結合實際的伴熱方法提供計算方法，並與客戶共同實地研究提供建議。

3.1.4 蒸汽祛水器的冷凝水排出量

蒸汽祛水器的排出量選擇基本上是以在通氣初期的最大冷凝水發生量的基礎上，乘以其安全率（一般約為兩倍）來決定的。但是正常運轉時的冷凝水發生量通常比開車初期要減少很多。特別是大型換熱系統初期與穩定器存在很大的差別。

按照上述的情況在工作初期滿足工作條件，將所產生的冷凝水排出。但是一旦進入到穩定工作期就會出現選型過大的現象。針對此類情況建議按照工作穩定期的冷凝水發生量來進行蒸汽祛水器的選型。並設置蒸汽祛水器專用旁通閥來配合蒸汽祛水器完成通氣初期所產生的大量冷凝水；同時在工作初期工作壓力小，冷凝水排出量也隨之減小並不能夠按照實際排出量進行出冷凝水的問題也可以一併解消。

3.2 蒸汽祛水器的工作壓力

3.2.1 蒸汽祛水器的入口壓力

蒸汽祛水器不僅要滿足其上游使用裝置的壓力條件，同時還需要在工作壓力變動的情況下也能良好的維持工作。蒸汽祛水器的冷凝水排出能力取決於其入口壓力與出口壓力之間的壓力差。而入口壓力則會因其上游使用裝置的蒸汽供給壓力或是裝置的負荷變動而變化。特別是在上游裝置的供給壓力系統中安裝有溫度調節閥的情況下，溫度調節閥因裝置的負荷而調整蒸汽流量。在負荷降低時存在壓力大幅度下降的可能。因此在進行蒸汽祛水器選型時有必要掌握其變動幅度的同時，進行蒸汽祛水器使用壓力的把握。

3.2.2 蒸汽祛水器的背壓

另一方面對於蒸汽祛水器而言，還需要對其下游壓力即出口壓力（稱之為背壓）發生變化時也要良好的維持工作。蒸汽祛水器的出口處為排空方式的情況時雖然無需考慮其背壓，但是在冷凝水回收系統中回收管過長，回收管存在爬升處或是通過有壓回收的情況下，在蒸汽祛水器出口處會有管道抵抗壓力，水頭壓力或是有壓回收管內壓力的存在。該壓力會致使蒸汽祛水器出口處出現背壓。並且最重要的是在冷凝水被排出的瞬間會有閃蒸蒸氣的出現，該閃蒸蒸氣也是造成背壓出現的原因之一。

蒸汽祛水器的選型，必須掌握合適的「最小工作壓差」或是「最低使用壓力」才可以進行準確的選擇。

3.3 決定蒸汽祛水器冷凝水排出量的相關注意事項

蒸汽祛水器的冷凝水排出量一般來說根據其出入口壓力差來決定。該冷凝水排出量可以通過製造商提供的蒸汽祛水器流量表來確認。但是蒸汽換熱裝置的使用壓力大多數存在迴圈變動的可能。前述「3.2.1 蒸汽祛水器的入口壓力」中表明在進行蒸汽祛水器選型時有必要掌握其變動幅度的同時進行蒸汽祛水器使用壓力的把握。

因壓力變動所帶來的不良現象，在此通過有安裝溫度調節閥的換熱裝置的運轉情況來進行說明。如圖 3.7 中，溫度調節閥通過感應被加熱物出口處的溫度而自動調節開度來控制蒸汽供給量確保出口溫度保持在一定的範圍內。

當溫度調節閥的開度減小致使蒸汽供給量降低時換熱器內部的蒸汽壓力也隨之降低，同時蒸汽疏水閥的排出能力也降低，冷凝水因不能及時地被排出而滯留於換熱裝置內部造成冷凝水覆蓋換熱器的表面出現傳熱面積減少的現象，結果被加熱物的出口溫度降低。調節閥感知後增加開度提高蒸汽供給量，換熱裝置內部的壓力上升蒸汽祛水器的排出能力亦隨之增加，冷凝水被排出被加熱物的出口溫度也隨之上升。到達感應溫度點時調節閥再次將開度減小。如此不斷的迴圈因感溫裝置的敏感度或是調節閥本身的調節速度而造成不平衡的溫度調節狀態時，會出現「水擊現象」的發生。

為了防止該不良情況的發生，需要實際掌握蒸汽換熱裝置的最低使用壓力。特別是在被加熱物對溫度要求嚴格的情況下，需要選擇在其最小壓力下也能滿足冷凝水發生量排放要求的蒸汽祛水器。在此例中浮球式或是倒吊桶式的蒸汽祛水器是最適合的選擇。

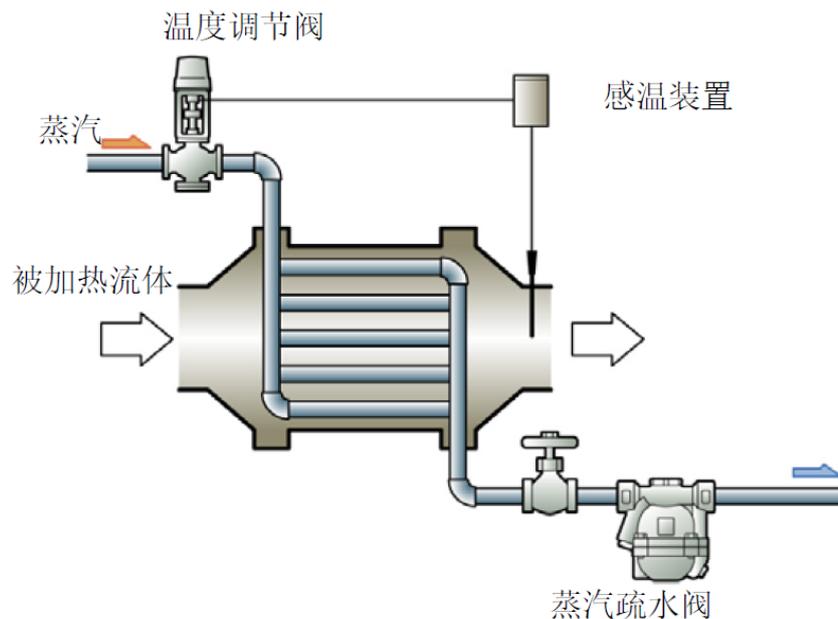


圖3.7 蒸汽加熱式換熱器

3.4 蒸汽祛水器類型的選擇

在確定了蒸汽祛水器需滿足的冷凝水排放要求後，接下來需進行蒸汽祛水器類型的選擇。蒸汽祛水器的類型各式各樣並各有不同的特點。在明確其特點是否適合使用條件的情況下可以事半功倍的進行有效選型。例如，針對需要迅速並及時地將發生的冷凝水全部排出的生產裝置，機械式蒸汽祛水器是最好的選擇；換而言之在伴熱管中即使出現一定的冷凝水堆積也不會造成工況不良並要求有較長的耐久性的情況下可以使用熱靜力式蒸汽祛水器；對安裝位置有限制的情況下則可以選擇熱動力圓盤式蒸汽祛水器。

在節能減排的實際工作中由蒸汽使用裝置開始到蒸汽祛水器的節能管理均被廣大相關用戶所關注。蒸汽祛水器的性能耐久性被重視的同時亦開始關注其節能性及其維修管理的方法。

3.5 蒸汽祛水器的選型決定

蒸汽祛水器的類型決定後，其設計的最高使用壓力，最高使用溫度及蒸汽祛水器的必備條件：使用口徑，本體材質，接續規格等決定後即可完成蒸汽祛水器的選型。有關蒸汽祛水器的規格表示內容如下圖3.2所示。

規格	含義
PMA (最高容許壓力)	蒸汽祛水器本體所能承受的最高壓力。
PMO (最高使用壓力)	蒸汽祛水器能夠正常工作的最高壓力。
PMOB (最高工作背壓)	蒸汽祛水器能夠正常工作的最高背壓。
TMA (最高容許溫度)	蒸汽祛水器本體所能承受的最高溫度。
TMO (最高使用溫度)	蒸汽祛水器能夠正常工作的最高溫度。
Δ PMN (最小工作壓差)	蒸汽祛水器能夠正常工作的最小壓差。
冷凝水排出量	蒸汽祛水器在正常工作的最高壓力下最大的冷凝水排出量。

表3.2 蒸汽祛水器的規格