

2. 蒸汽祛水器的功能及其工作原理

2.1 冷凝水及空氣的排除

在蒸汽系統中會產生因蒸汽凝縮而生成的凝縮水及因融入在蒸汽中而存在的空氣，此類物質的存在不僅會帶來如下所述的問題而且會造成裝置的腐化或是腐蝕等問題，因此必須迅速地從系統中進行排除。在此與蒸汽共同存在的二氧化碳等非凝縮氣體在此均以空氣代表進行表示。

1) 熱傳導效率的降低現象

冷凝水與空氣的存在會在換熱器傳熱表面形成覆蓋膜而致使換熱效率降低。

表2.1 物質的熱傳導率（例）

物質	物質 熱傳導率(W/m℃)
空氣	0.025
冷凝水	0.5
鋼	50
銅	400

如表2.1 所示為空氣，冷凝水，鋼及銅的熱傳導率。表示值越大其熱的傳導性越好，反之值越小其導熱性越差。由表中我們可以知道銅的熱傳導率是鋼的8 倍，因此換熱器的換熱板使用材質的不同會帶來不同的換熱效果。但是當空氣及冷凝水存在的情況下，所導致的不良效果則不可同喻而比。相對鋼的熱傳導率相比空氣的傳導率僅是其1/2000，冷凝水則是其1/100。假設有0.1mm 厚度的冷凝水膜形成于換熱表面時也就相當於鋼板的厚度增加了10.0mm（0.1mm ×100）；如果是空氣在換熱表面形成0.1mm 的空氣膜時則相當於鋼板的厚度增加了200mm（0.1mm ×2,000）。同時假設該鋼板的厚度為10.0mm，那麼因冷凝水膜的存在而導致其換熱效率會下降50%，因空氣膜的形成則使其換熱效率最高下降95%。換而言之當換熱板的材料為銅時，其因冷凝水和空氣膜的形成相當於各增加厚度分別為80mm和1600mm 這在現實中是不可想像的數值。因此因空氣與冷凝水的存在導致大幅度換熱效率的降低可以通過此例再次得到證實。

2) 加熱溫度的下降的現象

空氣的存在不僅致使傳熱效率下降同時也會使加熱溫度降低。此原因可以通過「道爾頓分壓定律」來理解。其內容是「兩種以上不同的氣體混合在一起時的其氣體的壓力等於所占一定體積的各氣體的壓力之和」。

舉例來說，在壓力為0.4MPa 的蒸汽中混有壓力為0.1MPa 的空氣，則此時實際蒸汽的壓力將降低為0.3MPa。本來需要0.4MPa 的飽和溫度144℃來進行加熱才能滿足生產要求而結果卻是以0.3MPa 的134℃飽

和溫度在進行加熱。壓力錶所顯示的壓力為0.4MPa 實際是蒸汽與空氣的壓力之和，在無法判明的情況下就會造成產品加工不良的結果。

3) 水擊（水錘）現象

冷凝水殘存於系統內的情況下，再次開車（或啟動）時會有可能出現具有破壞力的水擊現象也稱之為水錘現象的發生。水擊現象的其中一種的形成是因高速流動的蒸汽帶動滯留的冷凝水共同行進，終于冷凝水大量彙集成活塞狀在管道彎曲部或是閘閥等安裝的地方出現撞擊的現象。在發生撞擊時發出撞擊音並有可能損壞所安裝的閘類及管道。

2.2 蒸汽祛水器的作用

蒸汽祛水器是將發生於蒸汽系統中的冷凝水及空氣迅速排出的自動裝置。蒸汽祛水器無論其類型如何都具有排出蒸汽系統內冷凝水及空氣的功能。以下將其功能進行詳細描述。

① 通氣初期（運轉開始，暖機時）的冷凝水等的大量排出

蒸汽使用系統中在通氣初期必須要在短時間內將低溫冷凝水及空氣在低壓力條件下迅速排出。在此狀況下蒸汽祛水器內部雖成完全開啟狀態，但是希望其排出孔越大越好。

② 正常運轉時的冷凝水排出

將此時發生的冷凝水迅速排出並在完全排出冷凝水後能夠完全關閉，確保無原生蒸汽的洩漏。

③ 「氣鎖現象」的早期解除

「氣鎖現象」是指空氣等非凝縮性氣體存在于蒸汽祛水器排出孔的周圍使冷凝水無法抵達排出孔出現冷凝水滯留的現象。在「氣鎖現象」發生時需要迅速將此不良狀況解消即需要及時將空氣等非凝縮氣體排出於蒸汽系統。

蒸汽祛水器排出孔的大小通常以上記②的排出量為基準進行設計。但是上記①與③的情況下則需要排出孔的孔徑越大越好。因此一般情況下在蒸汽祛水器的周邊配備旁通閥及排空閥。排空閥是自動將低溫冷凝水及空氣排出的閥門在低溫情況下開閥並在高溫時關閉，通常使用感溫元件為雙金屬片或是將水或酒精類液體密封在中的膠囊裝置。在浮球式蒸汽祛水器中通常均會安裝此類的排空閥。

除以上蒸汽祛水器所具有的機能之外，為能夠避免蒸汽管道記憶體在的雜質對其造成影響，現在大多數的蒸汽祛水器都備有內置過濾網來達到預防目的。

2.3 蒸汽祛水器的分類

蒸汽祛水器因其內部元件的工作原理共分為機械式蒸汽祛水器，熱靜力式蒸汽祛水器及熱動力式蒸汽祛水器。並根據其工作原理將其細分化如表2.2 所示。

表2.2 蒸汽祛水器的分類

分類	工作原理	主要種類
機械式蒸汽祛水器	蒸汽與冷凝水的比重差	倒吊桶式 浮球式
熱靜力式蒸汽祛水器	蒸汽與冷凝水的溫度差	調溫式 雙金屬片式 膜盒式 蠟元件式
熱動力式蒸汽祛水器	蒸汽與冷凝水的流速差 熱力學・流體學特性差	碟片式 衝擊式 截流孔板式

1) 機械式蒸汽祛水器

機械式蒸汽祛水器是利用蒸汽與冷凝水的比重差，通過浮子的浮力進行工作的蒸汽祛水器，通常使用密封空心球體和開口式吊桶作為浮子來使用，前者稱之為浮球式蒸汽祛水器，後者稱之為吊桶式蒸汽祛水器。吊桶式蒸汽祛水器有向上開口式及向下開口式兩種，現在基本上都使用向下開口式也稱之為倒吊桶式。

浮球式蒸汽祛水器利用冷凝水的流入致使浮子上浮來進行開啟，而吊桶式蒸汽祛水器則利用冷凝水的流入致使浮子的下沉來進行開啟。同時浮球式蒸汽祛水器中有通過用杠杆與浮子連接控制開啟元件的也有以浮球本身作為開啟元件的（也稱之為非杠杆式）兩種類型。

2) 熱靜力蒸汽祛水器

熱靜力式蒸汽祛水器是利用蒸汽與冷凝水的溫度差，使感溫元件進行膨脹或是收縮來控制開啟的蒸汽祛水器。感溫元件通常使用將水或酒精性液體密封在中的膠囊或是雙金屬片，蠟元件等。冷凝水在發生時為飽和溫度，在此之後伴隨著放熱，冷凝水的溫度將開始下降。冷凝水的溫度較飽和溫度降低多少溫度時來開啟是各熱靜力式蒸汽祛水器在設計時所決定的，感溫元件所能應對的範圍受限因此很難在非常接近飽和溫度時進行開啟。

調溫式蒸汽祛水器可事先自由設定排出溫度，並且可設定的溫度範圍較其他熱靜力式蒸汽祛水器更大。

3) 熱動力式蒸汽祛水器

熱動力式蒸汽祛水器是利用蒸汽與冷凝水的流速差所產生的流體力學特性與熱力學特性來工作的蒸汽祛水器。最具代表性的是圓盤式蒸汽祛水器，在其內部有一枚圓盤式蝶片，碟片上方的空間稱之為變壓室，下方為流體壓力受壓部分。在冷凝水排出的過程中一部分的冷凝水及閃蒸蒸汽充滿變壓室內，因其所產生的壓力作用於碟片頂部，此壓力大於碟片下部所受的蒸汽壓力保持關閉狀態。伴隨著變壓室內的閃蒸蒸汽的散熱壓力逐漸降低，碟片下部所受壓力勝於上部作用壓力致使再次開啟。這樣的重複迴圈來確保圓盤式蒸汽祛水器的開啟與關閉。

此類圓盤式蒸汽祛水器內可動部位僅為1 枚碟片，結構簡單並且緊湊無安裝方式受限並且價格低廉，是蒸汽祛水器中最廣泛被使用的類型。

但是其開啟與關閉時，容易受到外界風雨等氣溫影響並且工作時噪音大。而且在關閉工作的瞬間或多或少的會有部分原生蒸汽被排出，在節能特性及對周圍環境的影響上存在負面評價。

除圓盤式以外還有一種衝擊式熱動力式蒸汽祛水器，其內部設有蒸汽流路利用冷凝水流動時的衝擊力來進行關閉工作。

孔板式雖可以稱之為蒸汽祛水器，但是實際上僅是碟片上開有固定孔徑的小孔和稱之為閃蒸倉的流路而已，無法對應冷凝水發生量的變化，在根本上不具有「阻汽排凝」的蒸汽祛水器基本結構。

2.4 蒸汽祛水器的工作原理

在這裡將各類型蒸汽祛水器的內部構造及工作原理進行逐一說明。

2.4.1 倒吊桶式蒸汽祛水器

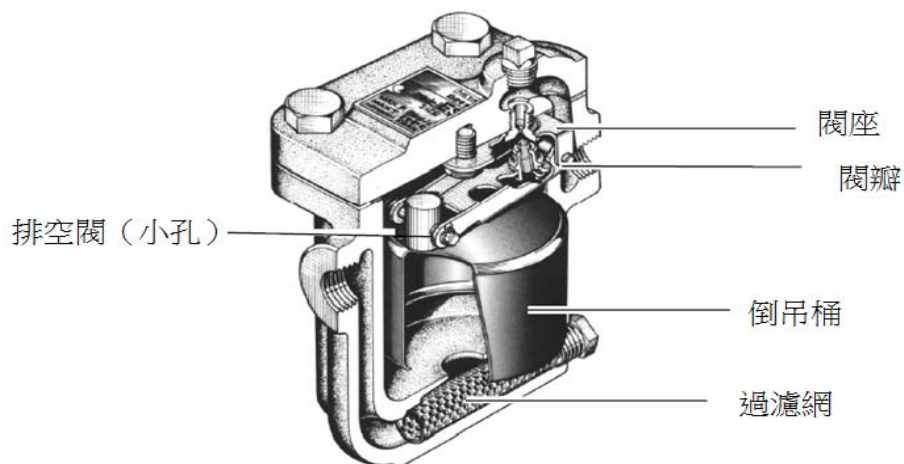


圖2.1 倒吊桶式蒸汽祛水器

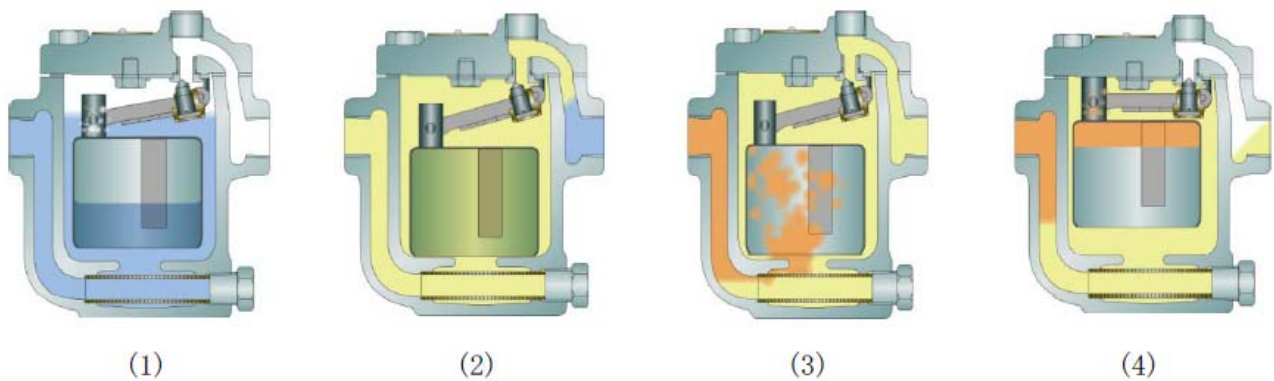


圖2.2 倒吊桶式蒸汽祛水器的工作原理

在通氣初期低溫冷凝水及空氣經由下部的過濾網流入蒸汽祛水器內部，此時位於蒸汽祛水器上部的閥瓣機構呈開啟狀態冷凝水由此被排出。空氣則由設置於吊桶頂部排空小孔迅速的被排出（1）。隨著管道的溫度逐漸上升冷凝水的溫度亦呈上升狀態（2）。在冷凝水之後蒸汽逐漸到達蒸汽祛水器內部並充滿倒吊桶內於上部停留致使吊桶產生浮力而上浮（3）。吊桶的上浮帶動杠杆機構使閥瓣與閥座結合進行關閉（4）。當冷凝水再次流入時一部分蒸汽由排空小孔向外流出一部分，蒸汽因散熱成為冷凝水。吊桶失去浮力下沉致使閥瓣與閥座分離再次呈開啟狀態排出冷凝水。並按照此迴圈過程連續工作。

2. 4. 2 浮球式蒸汽祛水器（杠杆連接型）

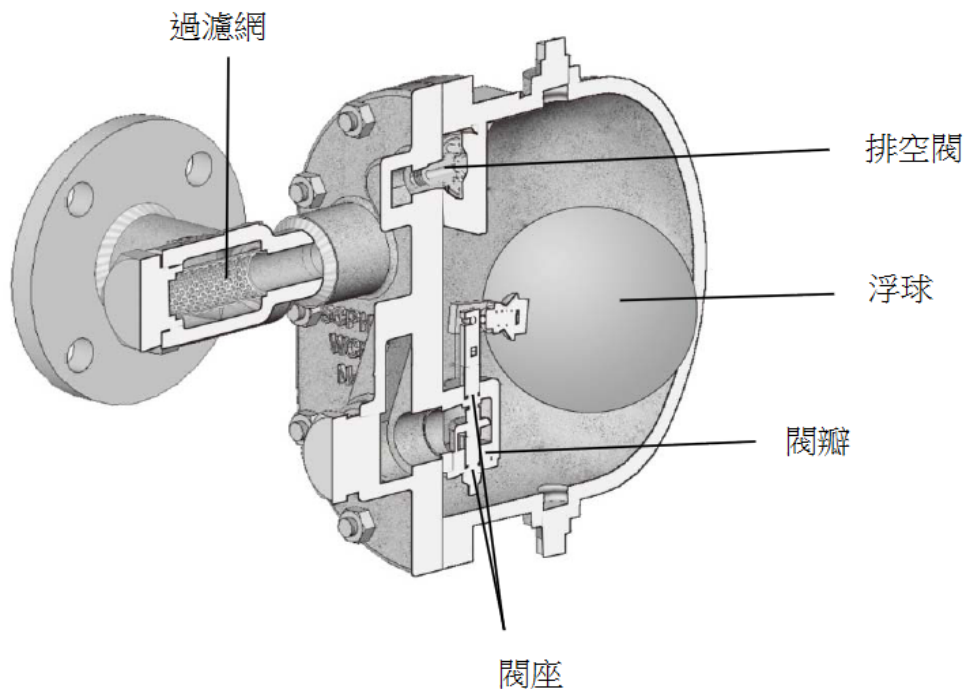


圖2.3 浮球式蒸汽祛水器（雙閥座平衡式閥瓣機構）

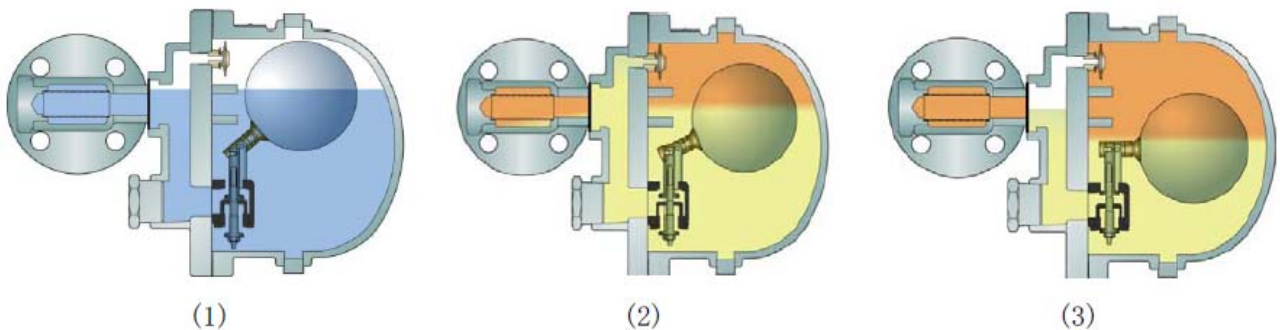


圖2.4 浮球式蒸汽祛水器的工作狀態

在通氣初期如圖所示位於閥體內上部的排空閥處於全開狀態，空氣可以由此迅速的被排出。同時低溫冷凝水流入並充滿閥體內時球型浮子上浮，浮球的上浮通過杠杆帶動閥瓣機構開啟將冷凝水排出（1）。隨著冷凝水溫度的上升將空氣全部排出後的排空閥受熱開始關閉。高溫冷凝水僅從閥瓣排出機構被排出。高溫冷凝水排出後蒸汽同時抵達蒸汽祛水器內部（2）。隨著冷凝水量的減少與增多球型浮子跟隨上浮與下沉調節閥瓣機構的開度連續將冷凝水排出（3）。

2. 4. 3 浮球式蒸汽祛水器（非杠杆式連接型）

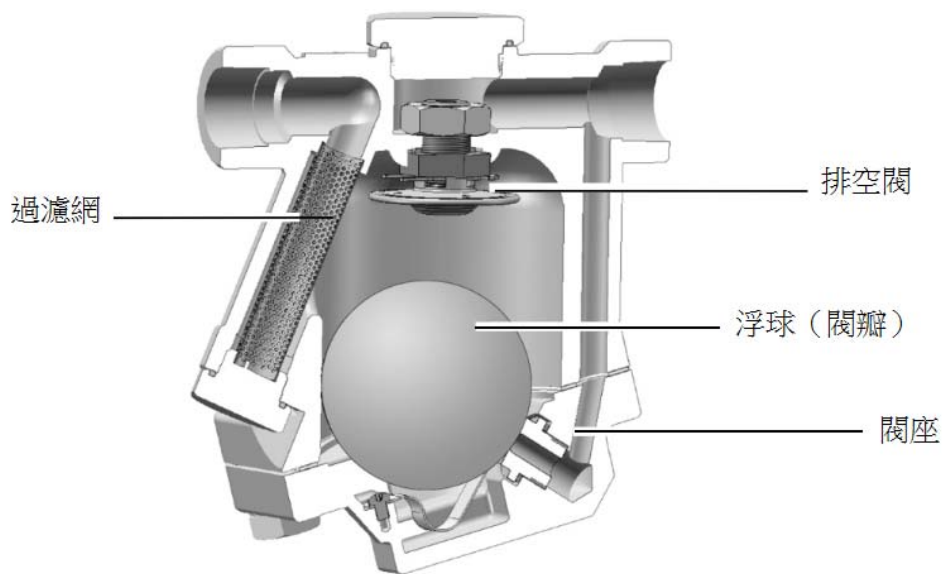


圖2.5 浮球式蒸汽祛水器（非杠杆式）

圖2.5 所示為非杠杆式蒸汽祛水器。與杠杆式不同之處為浮球本身為開啟和關閉的元件，工作原理與杠杆式浮球的工作原理近似，在此不在贅述。

2. 4. 4 熱靜力式蒸汽祛水器

1) 調溫式蒸汽祛水器

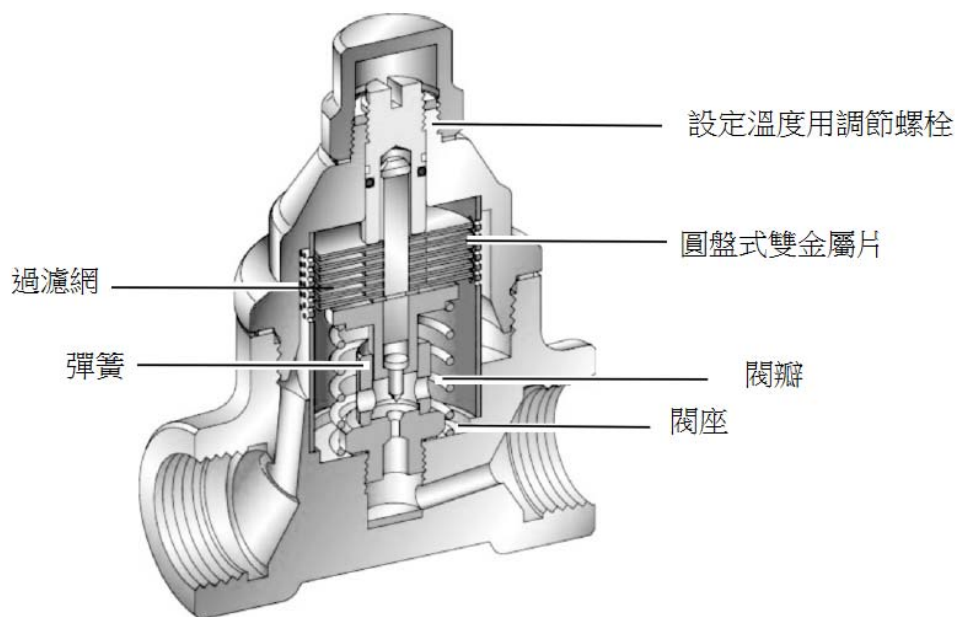


圖2.6 調溫式蒸汽祛水器

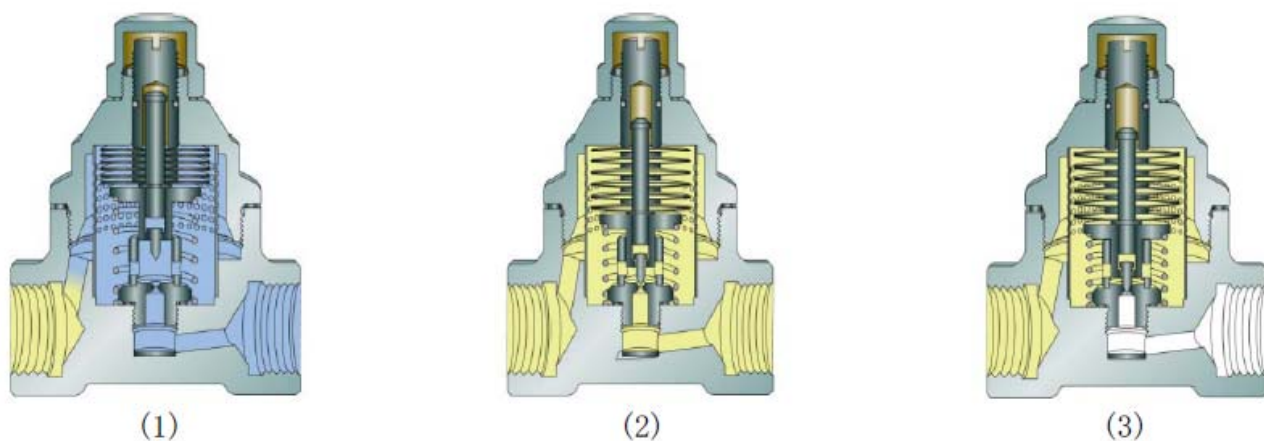


圖2.7 調溫式蒸汽祛水器的工作原理

在通氣初期雙金屬片呈扁平狀態，調節杠杆因下部彈簧的作用力保持提升狀態。此時閥瓣與閥座完全分離維持開啟狀態，低溫冷凝水及非凝縮空氣等迅速被排出（1）。伴隨著冷凝水的溫度上升，雙金屬片開始彎曲帶動調節杠杆向閥座靠近。冷凝水溫度逐漸接近排出設定溫度時雙金屬片更加彎曲使閥瓣與閥座之間呈微開啟狀態（2）。當達到設定溫度時則閥瓣與閥座完全密封結合保持關閉狀態（3）。以後維持（2）的狀態或是重複（2）與（3）的工作狀態。

2) 膜盒式蒸汽祛水器

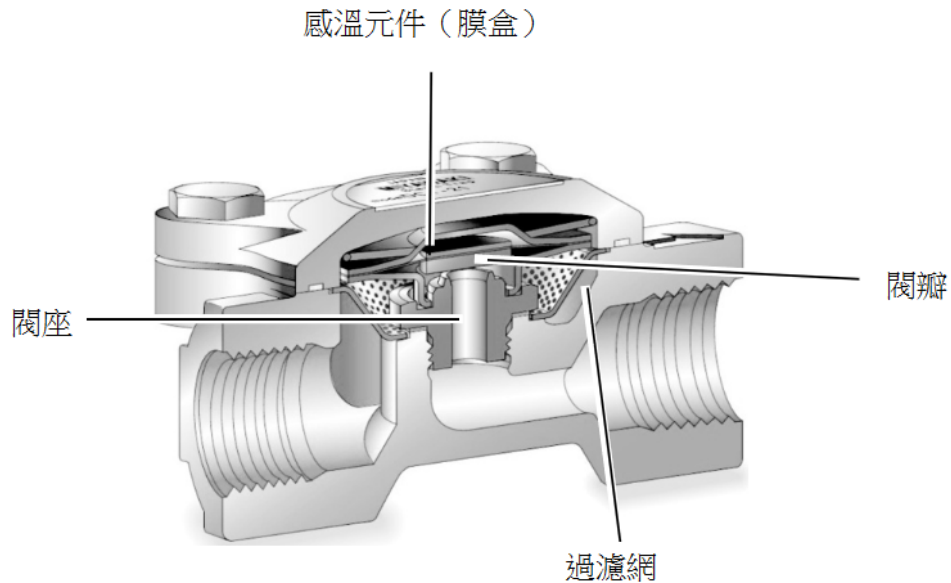


圖2.8 膜盒式蒸汽祛水器

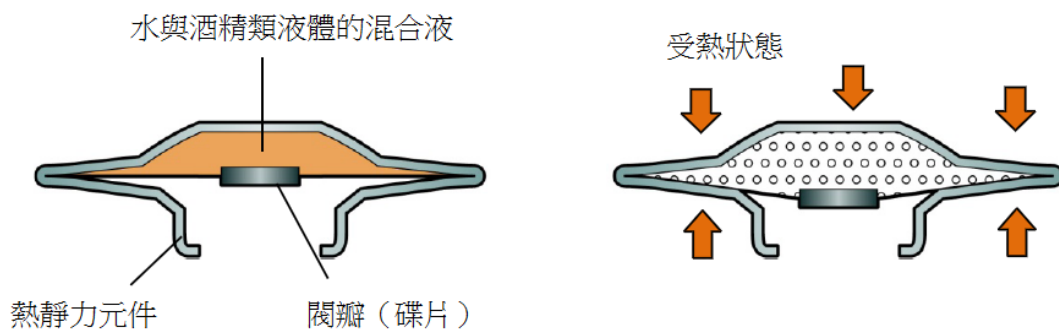


圖2.9 感溫元件的內部構造

感溫元件如圖2.9 所示為內部密封有水與酒精性液體的膠囊型元件，其飽和溫度點較水低。在低溫狀態時以液體狀態存在（a）在高溫狀態時內部液體受熱汽化開始膨脹帶動碟片式閥瓣向下方移動（b）。溫度降低時再恢復為液體狀態呈（a）狀態。通過此膨脹與收縮來進行開啟與關閉。

水與密封液體的飽和溫度差在壓力變化時也基本維持一定，因此壓力的變化不會影響到工作狀態。壓力允許範圍內無論任何壓力下均可確保其在較飽和蒸汽溫度低一定程度時開啟。

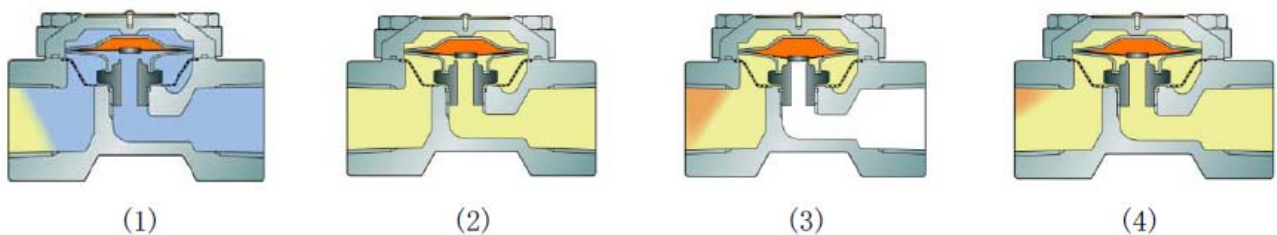


圖2.10 膜盒式蒸汽祛水器的工作原理

在通氣初期膜盒式蒸汽祛水器呈全開狀態，低溫冷凝水及非凝縮性空氣迅速被排出（1）。伴隨著冷凝水溫度的上升，感溫元件開始膨脹帶動碟片向閥座移動（2）。當冷凝水溫度更加上升感溫元件內部的壓力亦上升使其進行關閉（3）。因放熱而使冷凝水溫度下降感溫元件內部壓力亦下降，使閥瓣離開閥座呈開啟狀態（4）。以後重複此開啟關閉迴圈工作。

2. 4. 5 熱動力式蒸汽祛水器

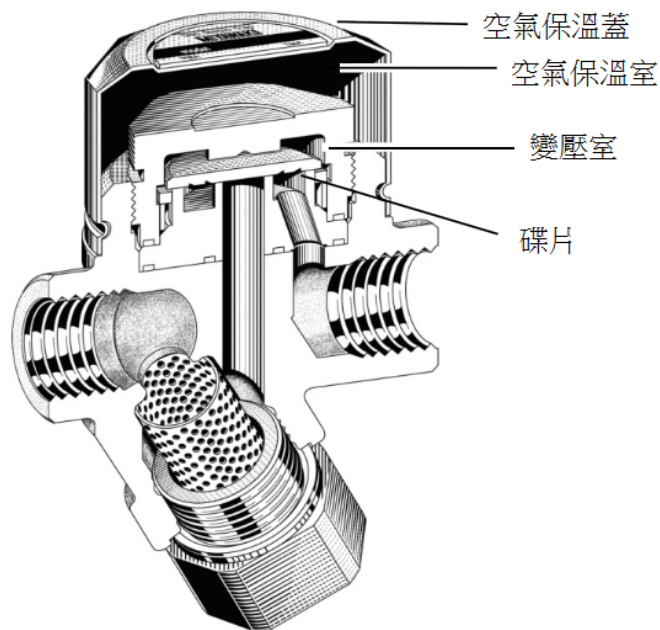


圖2. 11 碟片式蒸汽祛水器

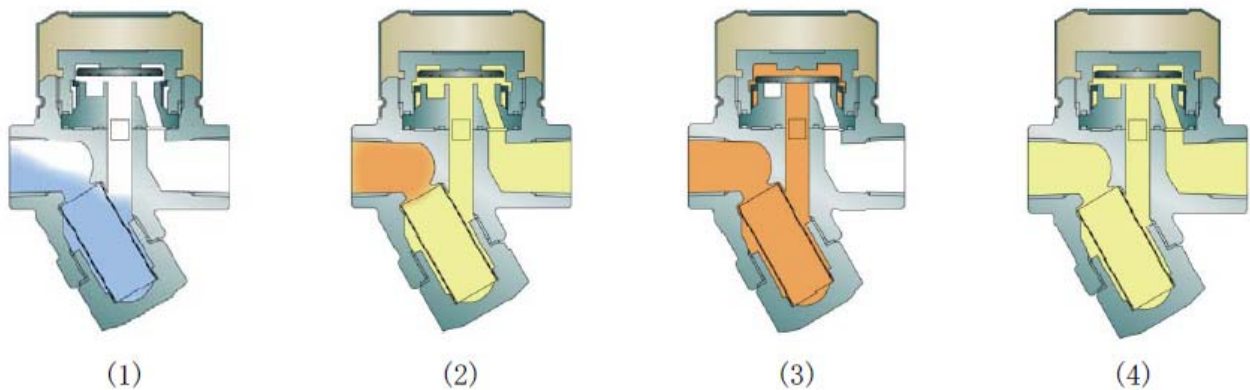


圖2. 12 圓盤式蒸汽祛水器的工作原理

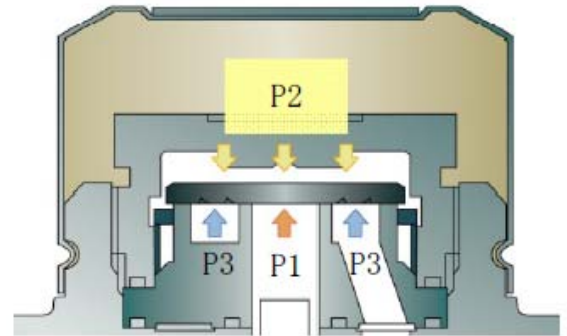
在通氣初期因蒸汽祛水器入口側的壓力作用將圓盤式碟片推起使低溫冷凝水及非凝縮空氣迅速被排出（1）。隨後高溫冷凝水流入，在此後原生蒸汽亦跟隨到來（2）。在高溫冷凝水通過圓盤式碟片與閥座之間時高溫冷凝水發生閃蒸現象，該閃蒸蒸汽與部分高溫冷凝水共同充滿圓盤式碟片上方的變壓室，並且

在原生蒸汽通過的一瞬間因其流速的原因造成圓盤式碟片與閥座之間的空間壓力降低使圓盤式碟片緊貼閥座關閉（3）。在變壓室內部的壓力未降低之前即使有高溫冷凝水到來也維持關閉狀態（4）。終於因變壓室內部原生蒸汽的放熱而使其壓力下降，圓盤式碟片下部所受壓力再次將圓盤式碟片推起排出冷凝水。以後重複迴圈開啟關閉的狀態。

此開啟關閉的工作中其壓力關係如下所述。

圓盤式蒸汽祛水器的入口壓力，變壓室內的壓力及出口側的壓力分別為 P_1 ， P_2 ， P_3 。各壓力作用於圓盤式碟片的面積分別為 A_1 ， A_2 ， A_3 。如圖2. 13 所示內部機構的開啟與關閉取決於作用在圓盤式碟片兩面的壓力關係變化，即作用於圓盤式碟片上部的作用力為 $P_2 \times A_2$ 與作用於圓盤式碟片下部的作用力 $P_1 \times A_1 + P_3 \times A_3$ 之間的變化。

壓力關係的變化及工作的內容如下所示



開啟原因： $P_1 \times A_1 + P_3 \times A_3 > P_2 \times A_2$

關閉原因： $P_1 \times A_1 + P_3 \times A_3 < P_2 \times A_2$

工作原理如前所述，當碟片上部的作用力因放熱凝縮而降低，致使作用於碟片下部的作用力大於作用於上面的作用力時，呈開啟狀態排出冷凝水及空氣；反之因高溫冷凝水所形成的閃蒸蒸汽及部分高溫冷凝水共同存在於變壓室的同時，原生蒸汽瞬間通過碟片與閥座之間造成兩者間的空間壓力降低，使圓盤式碟片緊貼閥座，致使上部作用力大於下部的作用力時呈關閉狀態。

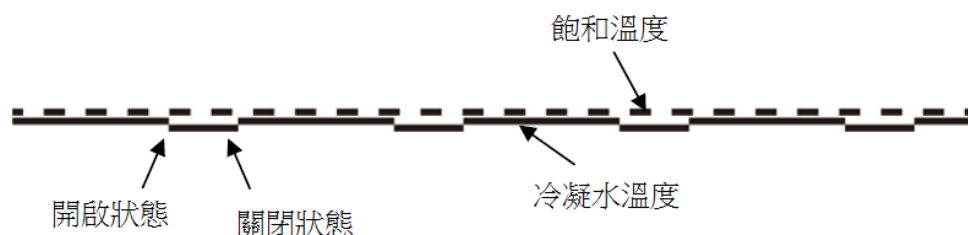
2.5 蒸汽祛水器的工作特性

蒸汽祛水器的工作特性主要分為間接性工作和連續性工作兩種方式。

1) 間接性工作方式

間接工作方式是指一次性將流入的冷凝水排出的工作方式。倒吊桶式蒸汽祛水器與圓盤式蒸汽祛水器屬於該類型。一般而言倒吊桶式蒸汽祛水器較圓盤式蒸汽祛水器的工作頻度快（即工作間隔時間短）同時排出溫度為飽和溫度，而圓盤式蒸汽祛水器則排出的冷凝水溫度相對較低。

● 倒吊桶式蒸汽祛水器



● 圓盤式蒸汽祛水器

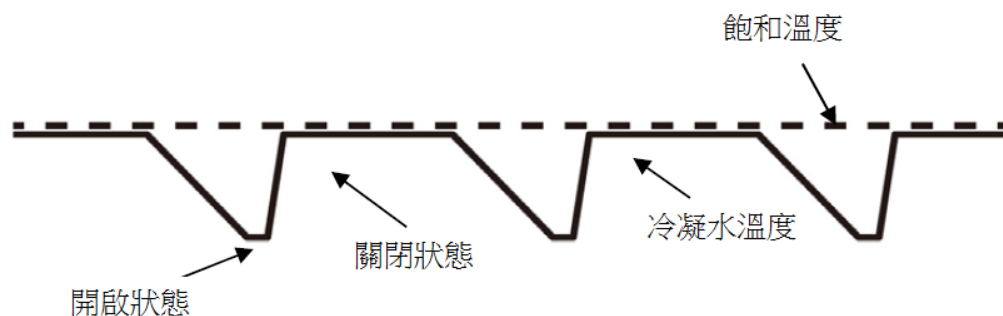
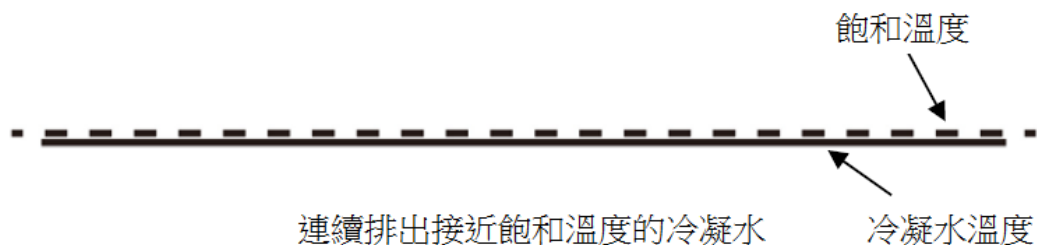


圖2.14 間接性工作方式

2) 連續性工作方式

連續性工作方式是指隨著冷凝水流入量的多少而進行開啟度的調節連續不斷的將冷凝水排出的工作方式。浮球式蒸汽祛水器及熱靜力式蒸汽祛水器屬於該類型。浮球式是將接近飽和溫度的冷凝水連續排出，而熱靜力式則可以通過事先設定排出較飽和溫度低的冷凝水。

● 浮球式蒸汽祛水器



● 調溫蒸汽祛水器與膜盒式蒸汽祛水器

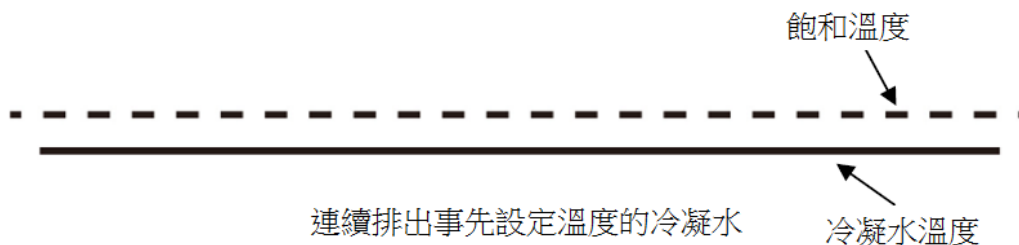


圖2.15 連續性工作方式