

# 調壓閥簡介及應用

## 序

閥對人類來說是一相當古老的知識，在今天的市場上即提供著相當多種類的閥，但最早卻是應用在埃及的灌溉水道上，閥是利用一個可變的孔來控制流量，如球塞閥、閉閥、球型閥、膜片閥、逆止閥，所有的閥的共同功能均為控制流量，不外為壓力、溫度、液位或流速，有那麼多的種類，要了解它們的能力及缺點變的非常重要，適當的規格在初期可節省大量的金錢投資以及維修和安裝上的困難度。調節閥包括減壓閥，背壓閥，自力式溫控閥，差壓閥，定水位閥，持壓閥…等均是

### 調節閥的選擇

通常選擇一個壓力或溫度的調節閥必須提供幾項資料：

- Ø 應用在什麼地方（何種設備或製程）。
- Ø 閥件的特性及優點（閥座型式 Lining, EO%, Quick Open, Droop）。
- Ø 價格邊際係數（如自作動式、嚮導式、氣動或電動控制閥等）。

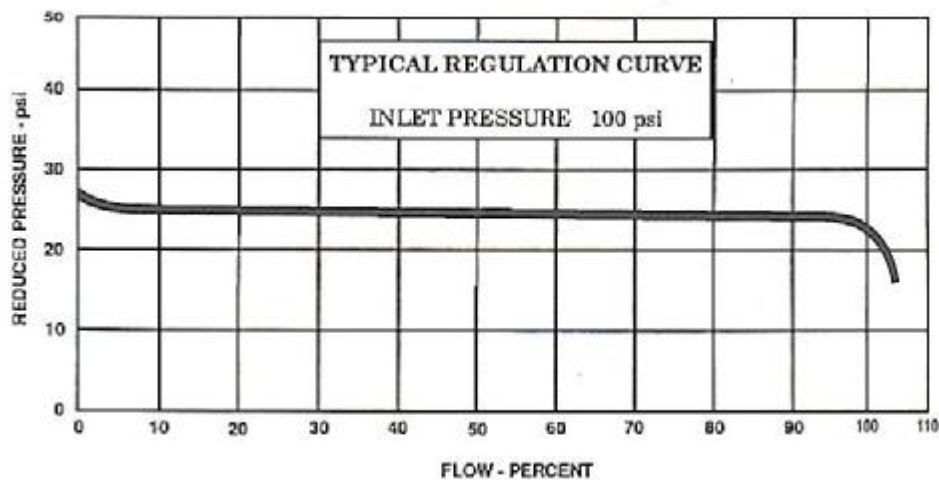
在嘗試說明壓力及溫度調節閥時，必須先說明幾點如下：

- Ø 閥：  
僅為控制流量大小的孔 orifice，其功能可能是控制壓力、溫度、液位或流速等。
- Ø 調節器（驅動器 Actuator）：  
一個簡單的自力作動（Self Operated）控制設備，其作動與否自成一套循環系統，為一基本力的平衡機構。
- Ø 比例帶（PROPORTIONAL BAND）（OFF SET）：  
對所有的控制閥都有其特有的比例帶及精確度曲線，其定義為閥從最小到最大開度之壓降與控制點壓力之差異變化，如附圖（0-1）。
- Ø 閥的過載操作（OVER LOAD），不是問題，  
但接近閥最大流量時，傾斜角很大，壓力降的太低，將造成控制不良，可從圖（0-1）Spence 之嚮導式減壓閥 ED 了解

可從圖（0-1）說明，當閥門開度微開時，壓力略高於設定點，到開度增加到 5% 以上時壓力較穩定。閥門開度持續增加達到 95% 以上時，壓力開始下降，開度越大，下降斜率也增加，每一種閥均有不同的比例帶。調節閥比例帶特性曲線圖通常在比較設定壓力之曲線幅度-最大及最小流量設定點之差異百分比。

閥的精確度 = 100% - 壓力降%

例如：一設定點在最小流量時為 100PSI 及最大流量為 75PSI，則壓力降為 25%，則此閥之精確度範圍為 75%。所以正確的選擇使用閥的尺寸及 CV 值，會提高精確度。



圖(0-1)比例帶(PROPORATIONAL BAND) (OFF SET)

調節閥之精度取決於三點：

- Ø 控制膜片(Diaphragm)面積越大，則越敏捷。軟質膜片較不銹鋼膜片有更佳之靈敏性及壽命。
- Ø 彈簧直徑細小-可調整範圍越窄，彈簧力量較小，相對越精準。
- Ø 閥桿移動的距離-行程越短，反應會越快，壓力降越小。

閥關閉時之緊密度(SHUTOFF CLASS TIGHT SHUTOFF)：

- Ø CLASS II : 0.5% OF RATED CAPACITY
- Ø CLASS III : 0.1% OF RATED CAPACITY
- Ø CLASS IV : 0.01% OF RATED CAPACITY
- Ø CLASS V : 0.00005 ML PER MINUTE OF WATER PER INCH OF ORIFICE DIAMETER
- Ø CLASS VI : BUBBLE-TIGHT

金屬對金屬的閥座，洩漏量為閥 CV 值之 0.01%，我們稱為 CLASS IV，金屬的閥座最好的洩漏等級可以達到 CLASS V。

CLASS VI 之標準為零洩漏率 BUBBLE-TIGHT，僅在軟性閥座方有可能，軟性閥座材料可以是 BUNA-N、EPDM、JORLON、VITON、KALREZ OR TFELON……等。

關閉緊密度對調節閥和控制閥來說是非常重要的一點，否則洩漏率太高，而無法控制而造成危險。

可確實控制最大及最小流量範圍之比值 (TURNDOWN RATE OR RANGEABILITY) 另一意義為此閥可正常穩定控制的範圍

不同形式的閥有不同的控制範圍：

- Ø 自作動式(SELF-OPERATED)-一般為 10~20:1
- Ø 嚮導式(PILOT-OPERATED)-一般為 20~50:1
- Ø 比例式控制閥可達到 200:1 或更高

例：一個熱交換器最大之需求為 100GPM 及最小之需求為 10GPM，則 TURNDOWN RATE 為 10:1，則選用自作動式之閥件即可，簡單、便宜、容易安裝及維修，然而若最大之需求為 300GPM，最小為 10GPM，則 TURNDOWN RATE 為 30:1，則使用嚮導式或空氣控制之調節閥較適當

所以選擇哪一種調節閥並不困難，只要知道使用需求之負載變化(TURNDOWN RATE)即可，可以用到最經濟又最好的服務。

#### 調節閥之優缺點：

##### 優點：

- Ø 便宜-購買成本較低，安裝及維修費較低。
- Ø 設計簡單，零件少，維修容易。
- Ø 不需外加動力或電源即可操作。
- Ø 反應速度非常快速，事實上，反應時間關聯到閥全開至全關之行程距離。

##### 缺點：

- Ø 固定的比例帶。
- Ø 不適用於有大範圍的負載變化，有最小及最大壓力降的限制。

#### 何時可以運用：

調節閥可以在任何地方來選擇使用，一般在設定點(OFFSET)10%~15%之全範圍皆可，假如可以容忍些許誤差，沒有太大的負載變化，使用調節閥是非常經濟且有效率的。

要記得，不同的設計有不同的誤差值、控制範圍，如 JORDAN VALVE 公司所製造的滑板閘閥式調節閥有相當小的誤差值(OFFSET)，所以其 TURNDOWN RATE 比值相當大。且嚮導式比直動式有更小之誤差值及更大之 Turndown Rate。

#### 什麼時候不可選用調節閥：

- Ø 用一個調節閥來滿足所有的壓力或溫度的設定點。
- Ø 精確度要求很高的製程。
- Ø 太小或太大的壓力降。
- Ø 需要外力來程序控制或定時開關。
- Ø “FIRE SAFE” 防火災安全需求等級。
- Ø 製程同時需求多種的壓力、溫度或流量變化，此需複雜之可程式控制閥來代替。
- Ø 監控之需求。

#### 如何選用調節閥：

- Ø 精確度(取決於型式及製造商)。
- Ø 關閉時之洩露等級。
- Ø 反應快速(取決於閥桿行程之長短、彈簧範圍及膜片大小)。
- Ø 可靠度高，容易安裝及少維修。
- Ø 低噪音(越低越好)。
- Ø 彈簧範圍(彈簧範圍高點與設定點較接近者靈敏度較高)

- Ø 膜片材質(軟質膜片有較長之使用壽命及靈敏性)
- Ø 最小壓降及最大壓降
- Ø 耐腐蝕

包含越多的條件，則是最好的調節閥。

調節閥並不是萬能的，從上可以了解選用及設計使用調節閥，有時候使用控制閥效果比較好，有時候使用調節閥較適合。

選用調節閥需要哪些資料：

- Ø 入口壓力。
- Ø 出口壓力。
- Ø 最小流量。
- Ø 最大流量。
- Ø 何種流體(氣體，液體，黏度、比重…等)。
- Ø 操作溫度。
- Ø 本體材質。

流量：

從機械的銘牌或製造商、流量計、計錄器或計算中獲得，閥之有效流量必須大於峰值 (PECK LOAD)

入口壓力：

觀察壓力表或設計值，假如有多個壓力顯示，取最小之壓力。

出口壓力：

觀察壓力表，也可從設備的銘牌或設計值得到，假如有多個壓力需求，則取最大值，在某些應用上，還需要更多的資料，如控制的流體溫度幾度、比重、黏度、壓縮比等。

精確的控制必須有一個正確的尺寸，閥的尺寸應用規範，並不是與管徑相同最佳，若調節閥的尺寸與管徑相同，通常是調節閥過大尺寸及不良的控制。因為設計篩選管徑時均依流體不同選用流速不同，如蒸汽選擇 25 ~ 50M/S，空氣選擇 5~9M/S，而通過閥口之流速可能數倍於設計值。

需求之資料齊全，建議使用電腦軟體篩選或查表來得到閥的真正需求尺寸，然而若不知流量有多少，也可利用查表方式來防止兩側進口及出口管徑過大，自然的，通過閥口之流量不可能超過管線合理流速下之總流量

總結：

1. 閥--共同的功能，以控制流量來控制
  - Ø 溫度
  - Ø 壓力
  - Ø 液位…等
2. 一個良好的調節閥需提供

- Ø 精確的調節設定
- Ø 良好的關閉性
- Ø 反應快
- Ø 少維修
- Ø 低噪音
- Ø 最大的可靠度

3. 調節閥選用的三個步驟

- Ø 閥座的設計-栓塞、球型、滑動閘閥、球塞、蝶閥
- Ø 控制功能-壓力、溫度、流量
- Ø 驅動方式-自作動式、嚮導式(子母型)，壓縮空氣或水力操作

4. 有很多的應用都可選用調節閥或控制閥來控制，這是一個好問題，這取決於我們需要花多少錢及要求精準度有多高。
5. 壓力及溫度調節閥，假如選擇尺寸正確及正確的應用，可確保精準度，是可以信賴的及少維修，這可以節省客戶相當多的金錢。

## 第一章 調節閥的種類

### 減壓閥(SELF OPERATED PRESSURE REGULATOR)

減壓閥的定義為維持二次側流體之壓力，不因一次側(上游側)壓力之變動而改變設定點，廣泛應用於各工業界。若二次側壓力隨著一次側壓力之變動而改變，則此閥可能太小或須維修了。

減壓閥的種類分為三種：

- A. 直接作動式 Direct Operated Pressure Regulator
- B. 嚮導式 Pilot-Operated Pressure regulator
- C. 氣體或液體控制式減壓閥 Air Load or Power Load Pressure Regulator

分別說明如下：

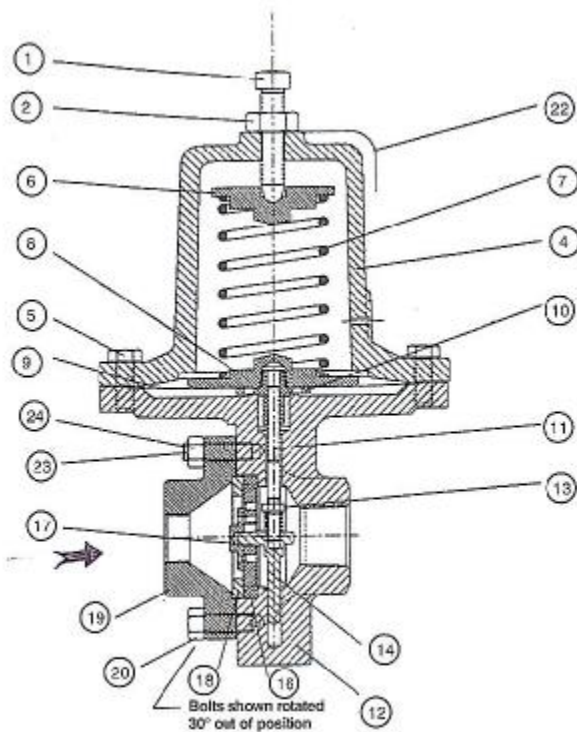
- A. 直接作動型減壓閥 (DIRECT OPERATED PRESSURE REGULATOR)：如圖(1-1) 由字義及可了解，為一結構簡單的自力彈簧式減壓閥  
原理為欲控制側壓力與彈簧壓力直接比較，當彈簧壓力大時，則將閥比例式打開

(1). 優點：

- (A). 體積小
- (B). 零件少
- (C). 價格便宜

(2). 缺點：

- (A) 流量小，一般選用與管徑大小相同.
- (B). 可調整壓力範圍 (SPRING RANGE) 較小
- (C). TURNDOWN RATE 較小，約 5-10: 1
- (D). 流量 (CV 值) 較小
- (E). 精確度較差
- (F). OFF SET 較大

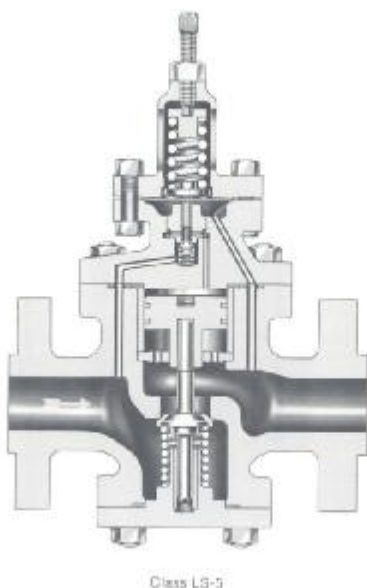


ITEM	DESCRIPTION
1	Adjusting Screw
2	Locknut (Adj. Screw)
4	Spring Housing
5	Bolt (Spring Housing)
6	Spring Seat
7	Spring
8	Upper Diaphragm Plate
9	Diaphragm
10	Lower Diaphragm Plate
11	Stem
12	Body
13	Stem Locknut
14	Disc Pin
16	Plate
17	Disc
18	Disc Guide
19	Cap
20	Bolt (Body)
21	Index Pin (not shown)
22	Name Plate
23	Stud (Body)
24	Nut (Body Stud)

<圖(1-1)直動式減壓閥>(Jordan MK 60)

B. 內嚮導式 (INTERNALLY PILOTED PRESSURE REGULATOR)：如圖(1-2)

無外接二次側之回授導管 (SENSING TUBE)，而直接在閥內做一回授導管 (鑽一 2 ~ 3MM 直徑小口徑之導引管)，連接到與彈簧比較壓力之小空間與彈簧壓力作比較大小，比例開或關引導一次側之高壓流體到閥之主膜片 (氣室)，開啟主閥讓流體通過



<圖(1-2)內嚮導式減壓閥>(Leslie LS-5)

## C. 外嚮導式減壓閥(PILOT-OPERATED PRESSURE REGULATOR)：如圖(1-3)

於西元 1925 年由美國 SPENCE 公司之專利發明，為利用一小的嚮導閥(又稱子閥，構造與直動式減壓閥相同)，去控制一大的主閥(母閥)，因此又稱為子母閥

作動原理為利用欲控制側一外部回授管(SENSING TUBE)，引導欲控制側之壓力與子閥之設定彈簧作壓力之比較，彈簧與回授之壓力由二片不銹鋼膜片隔開

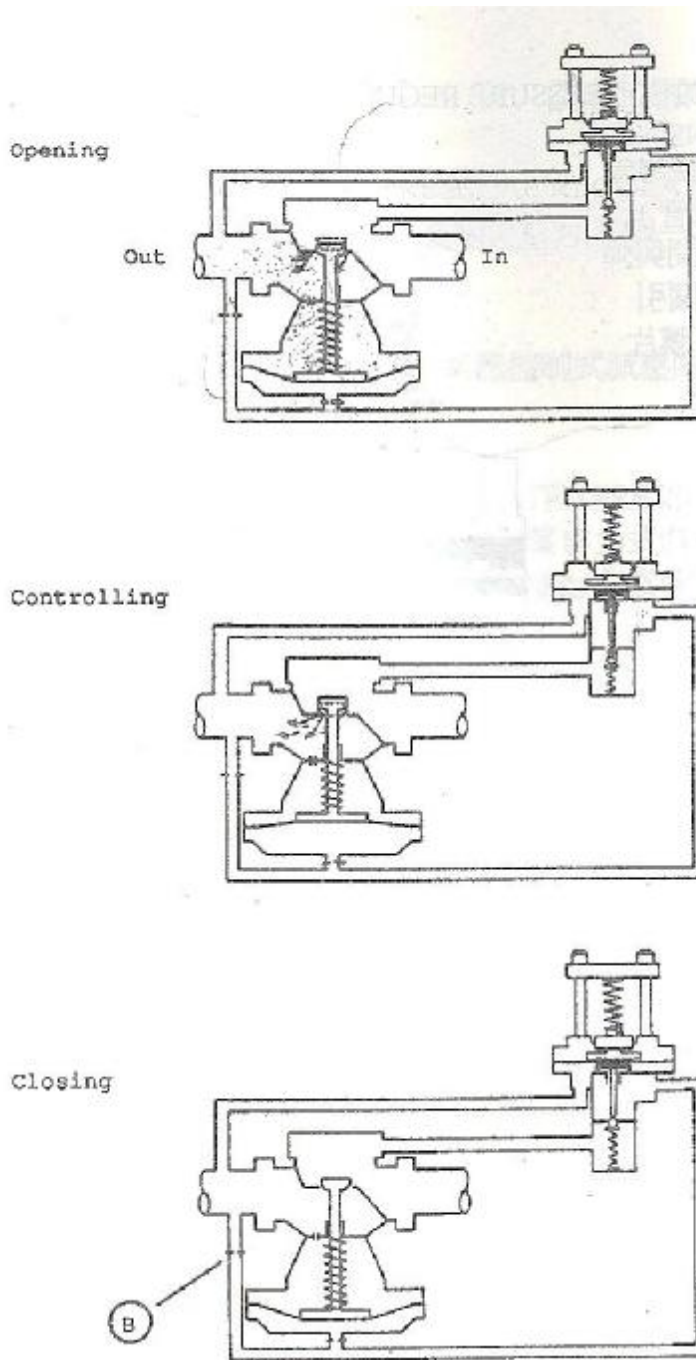
彈簧設定壓力大於回授之壓力，則將導引主閥側之高壓力通過子閥之閥口部後，再分二路，一往主閥膜片，經過一截流孔(BLEED HOLD)而達到主閥之控制膜片室壓力繼續快速增加而快速打開主閥，另一路，經過一截流孔(BLEED HOLD)直接流向二次側，此一段接管有兩個截流孔，其目的為：

1. 為當嚮導閥在開啟瞬間，減少通過之流體，降低瞬間對主閥膜片之作用力(衝擊力)
2. 為當子閥關閉時，慢慢釋放於主閥膜片之高壓流體至二次側，有讓閥穩定慢關的功能

一般而言，內嚮導之構造較外嚮導式複雜，相對維修較不易，流量(CV 值)較外嚮導式小，安裝較外嚮導式簡單

利用  $P1 * A1 = P2 * A2$  之巴斯卡原理，由於主閥膜片面積相當大於主閥口之面積，所以只需一小的壓力及可打開主閥，所以反應時間短，靈敏度較高，由流體來控制主閥開啟，可控制較大之壓差、流量及較大之彈簧範圍。





Opening

If system pressure on the bottom of the pilot diaphragm is less than the spring compression above, there will be a net force acting down from the pilot diaphragm, forcing the ball off the pilot valve seat, and allowing steam to flow to the main valve diaphragm.

Controlling

As pressure builds under the main valve diaphragm, the spring is compressed, and the valve opens. High pressure steam flows through the valve, raising the downstream pressure toward the set point. Pressure of the steam acting under the main diaphragm will be partway between the high pressure upstream and the low pressure downstream of the main valve.

Closing

As downstream pressure builds, the force imbalance across the pilot valve diaphragm is corrected, allowing the pilot to close. As steam pressure below the main valve diaphragm starts to fall, the main valve spring can expand, closing the main valve and pushing the remaining steam from below the diaphragm to the downstream side of the valve via a "bleed

External Pressure Pilot Operation

Figure 18

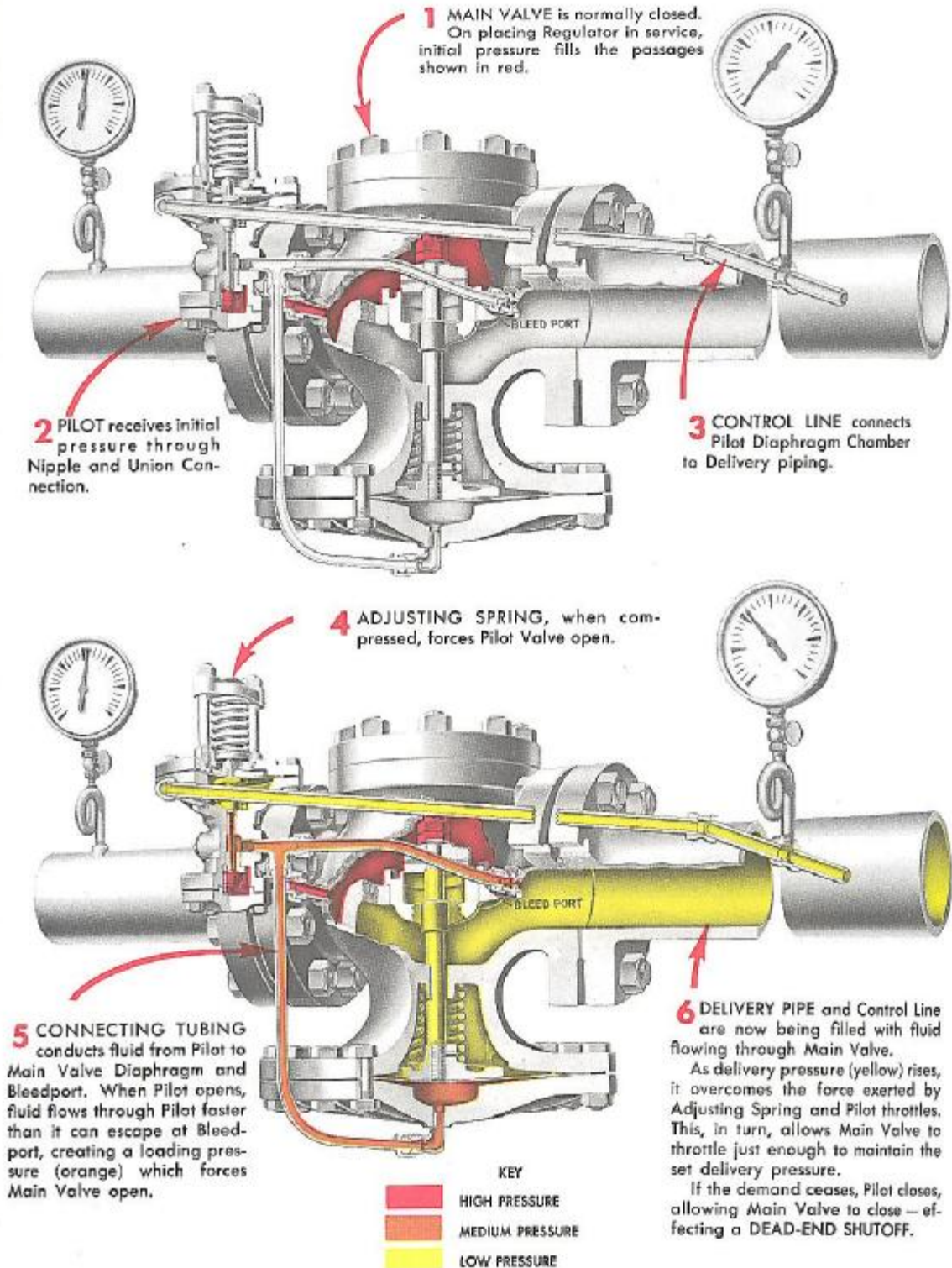
orifice", shown at "B".

圖 (1-3) 外響導式減壓閥 (ITT MODEL 2000)

## THE OPERATING CYCLE OF A SPENCE PRESSURE REGULATOR

The basic Type ED has been selected to illustrate the operation of a SPENCE Pilot Operated Pressure

Regulator. This presentation describes the successive steps in the mechanical cycle of the Regulator.



<圖(1-3)外嚮導式減壓閥( SPENCE MODEL ED )>

嚮導式減壓閥：

(1). 優點：

- (A). 反應速度靈敏
- (B). 控制精確度高
- (C). 流量(CV 值)較大
- (D). 同一主閥，可作多用途應用，利用嚮導閥之變化，可作多種應用組合，如減壓背壓、差壓、液位、溫度、ON-OFF、快開、慢開、遠距離控制，單或複合式多功能控制……等。
- (E). TURNDOWN RATE：約 25-50:1

(2). 缺點：

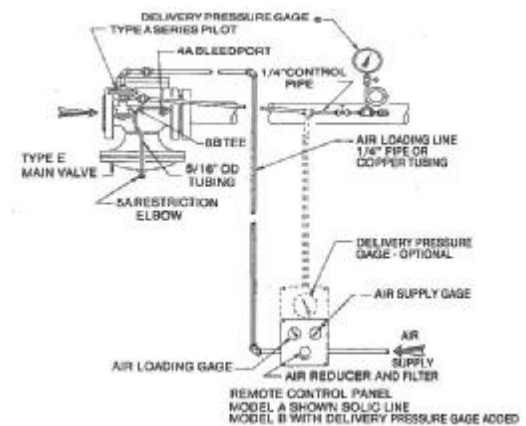
- (A). 體積大
- (B). 結構較複雜
- (C). 價格較高

D. 氣動控制式減壓閥(AIR ADJUSTED OPERATED REGULATOR)：如圖(1-4, 1-5)

利用外部之空氣或流體來作控制，相當類似嚮導式調節閥，但其結構較簡單，原理為將直作動式調節閥或嚮導式調節閥之彈簧用壓縮空氣或流體來代替，調整控制之流體壓力，即可達到調節之功能。

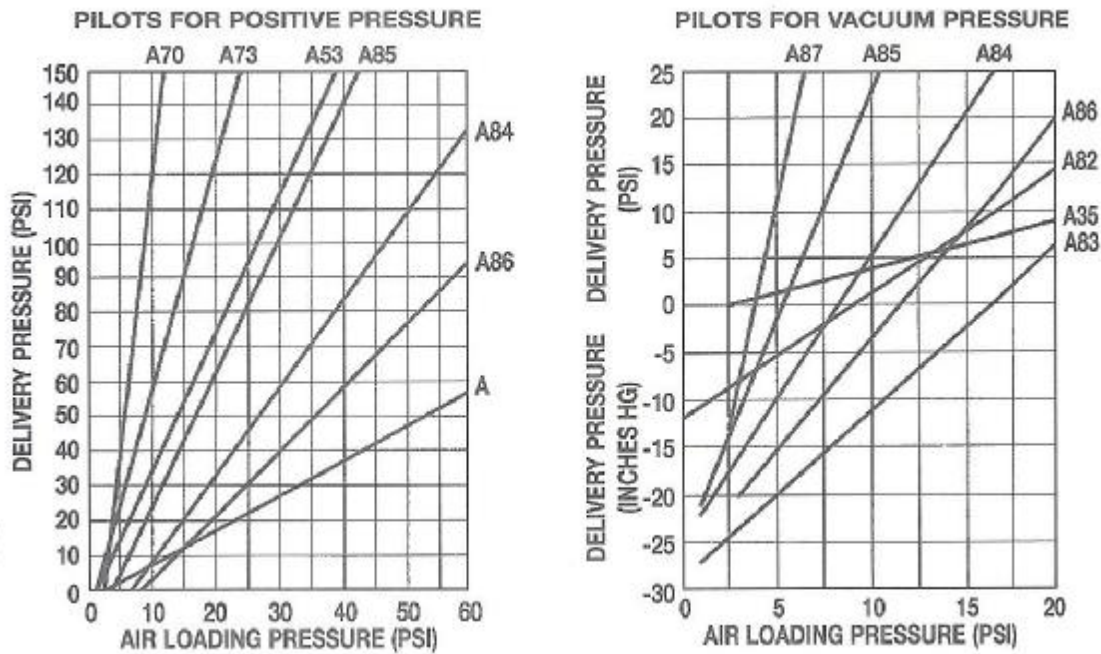


<圖(1-4)可遠端控制直動式 E/P 氣動式減壓閥>  
( JORDAN M686 G )



<圖(1-5)可遠端控制 P/P 外嚮導氣動式減壓閥>  
>( SPENCE Model EA )





<圖(1-5-1)氣動式嚮導閥之輸入/輸出壓力比較圖> ( SPENCE Model A )

(1). 優點：

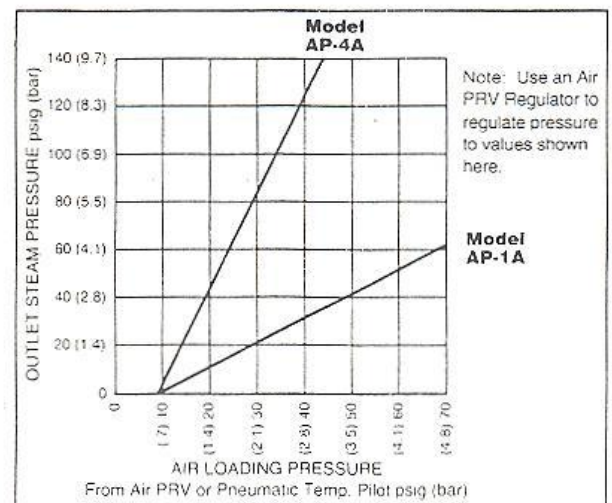
- (A). 可遠距離比例式控制
- (B). 體積較小，適用於常變更設定壓力之設備
- (C). 可並聯控制多個主閥，做順序控制
- (D). 可用較小的空氣壓力來做較高壓力之設定(等比例式氣動嚮導閥壓力調整如圖 1-5-1)

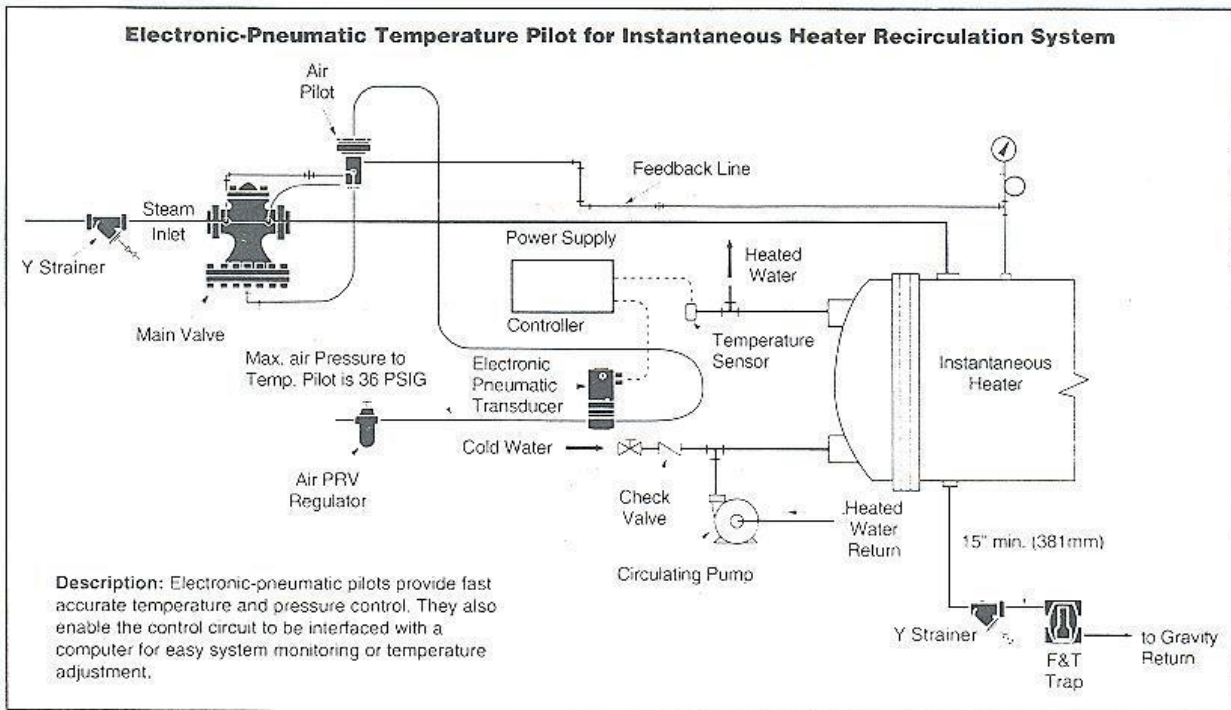
(2). 缺點：

- (A). 需外力來控制，所以安裝較複雜
- (B). 價格較高

如圖(1-6)等比例式氣動設定調壓閥之配置利用氣動式嚮導子閥比例式控制二次側壓力之輸出，如 ITT 空氣操作嚮導閥 AP-1A OR AP-4A

AP-1A 為控制空氣壓力減 9 PSIG 即為主閥二次側輸出壓力，9PSI 之壓力才讓主閥開啟，所以若使用 I/P 訊號轉換器輸入 4-20Ma 或 0-10 VDC，輸出 6-30PSI 則最高之二次側設定壓力為 30PSI 儉 9PSI 等於 21PSI，且可中央監控，若使用 AP-4A，則最高之設定壓力為 (30PSI - 9PSI) X 4 倍等於 84PSI；相當容易控制與應用。





<圖(1-6) E/P 等比例式外嚮導氣動式減壓閥，溫度調節閥> ( ITT Model 2000 + AP )

**背壓閥(BARK PRESSURE REGULATOR)：**

背壓閥(又稱一次側調壓閥，持壓閥)，其意思即是維持一次側壓力，當入口側壓力升高至設定點，即比例式的開關將壓力釋放，維持一次側之壓力設定值，功能類似於安全閥，但差別為安全閥為全開全關，有 ASME I, VIII, VI 用途不同；而背壓閥為比例式之控制，當一次側壓力超過設定點越大，則閥開越大，相對的，則開越小或關閉

**背壓閥的種類亦同減壓閥分為三種：**

- A. 直接作動式
  - B. 嚮導式
  - C. 氣體控制式
- 原理及優缺點均與減壓閥相同

**差壓閥(DIFFERENTIAL REFULATOR)**

差壓閥分為：一次側差壓閥，二次側差壓閥，增壓霧化差壓閥

一次側差壓閥，如 Jordan Mark 53 背壓差壓閥為常閉閥門；設定一次側壓力為彈簧壓力加控制壓力之總合，維持設定壓力與控制壓力間固定差壓

二次側差壓閥如 Jordan Mark63 減壓差壓閥為常開閥門，Spence N6 為常閉型，設定二次側壓力為彈簧壓力及控制壓力之總合，用於鍋爐補給水水壓與鍋爐壓力之壓差控制

理由一：鍋爐一般均為 ON-OFF 控制而補給水泵出口一般為使用多段式離心泵，

高壓泵出口側壓力若變化很大時容易偏離泵之操作條件而引起

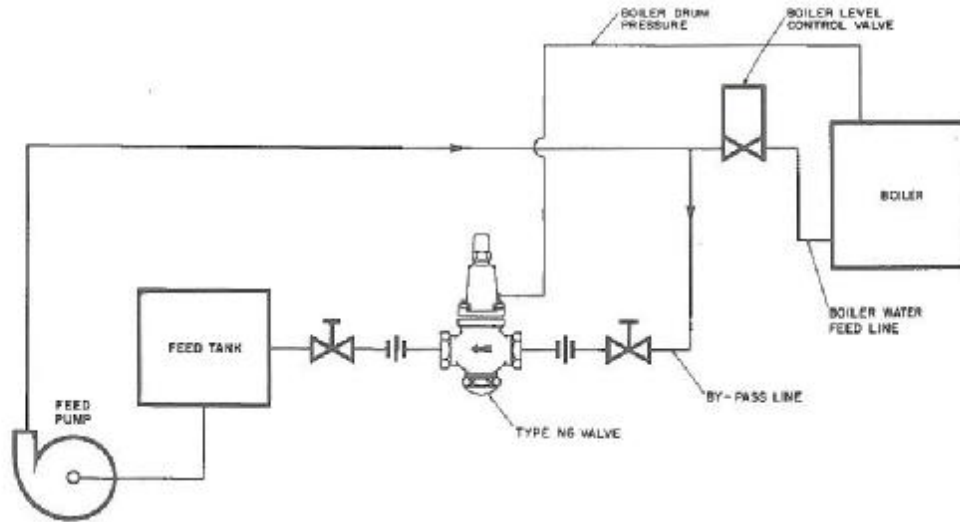
CAVITATION(穴蝕)或空轉之現象，造成泵之使用壽命降低。如圖(1-7)

理由二：進入鍋爐之水壓與鍋爐內之壓力相差很多時形成強力水柱對爐筒強力沖

刷，補給水溫與爐壁之溫度本來就相差很大，如此急速將較低溫的水往

高溫之爐壁沖，會使鋼板產生熱應力(thermo shock)變化而使鋼板淬化

所以一般建議鍋爐補給水水壓，與鍋爐內之鍋壓相差 10PSI (0.7ks/cm2)左右較適合

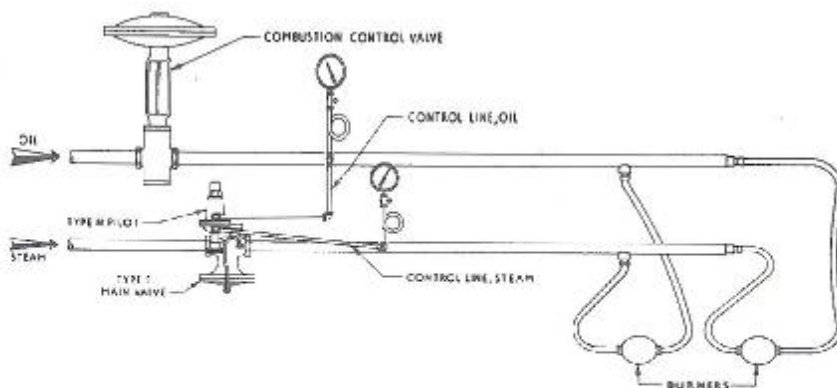


**ADVANTAGES:**

- Self contained.
- Easily adjustable.
- Stainless steel trim.

<圖(1-7) 鍋爐補給水差壓閥應用圖例> ( Spence Model N6 )

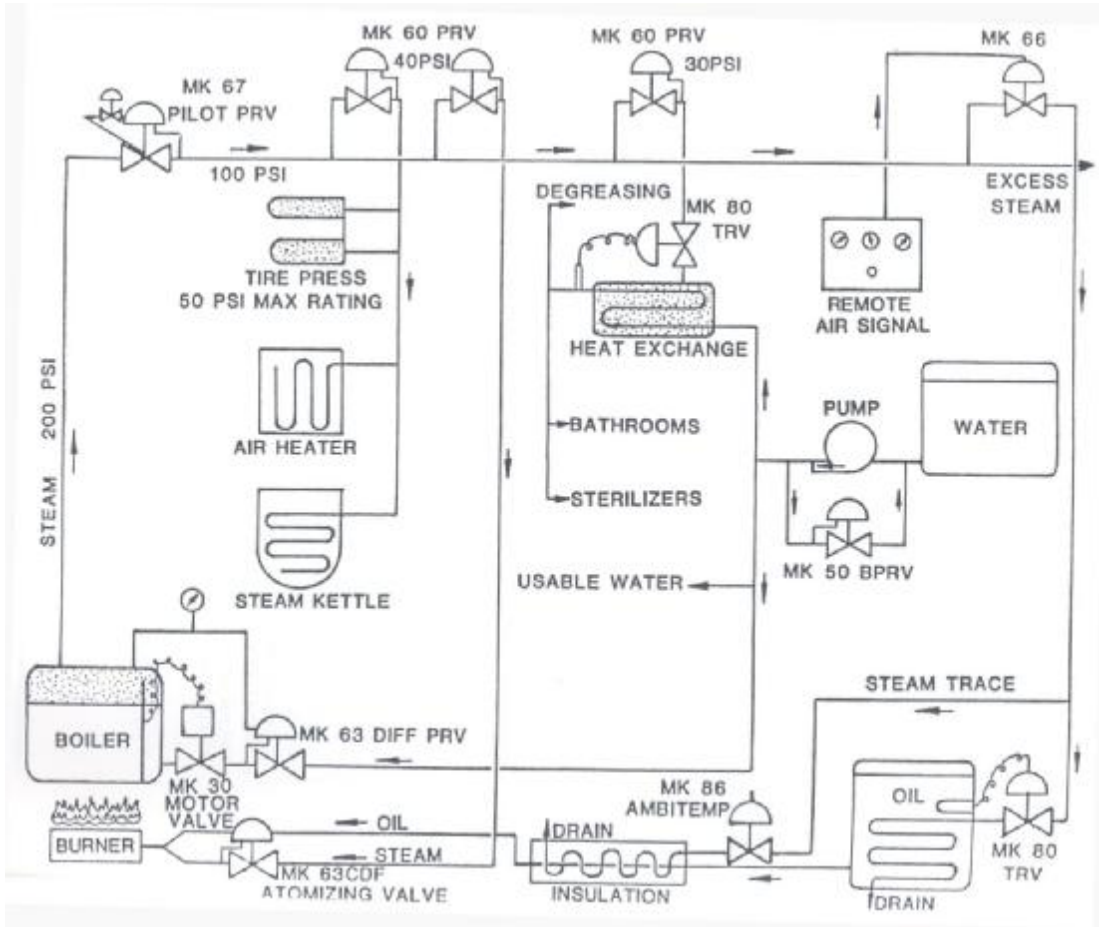
差壓霧化差壓閥(ATOMIZING STEAM OR AIR TO OIL BURNERS)，如 JORDAN Mark 63CDF 下用二層膜片間隔成三個空間，一個空間走燃油，一個空間走蒸汽或空氣，一個透氣空間做為二者之隔離室，防止膜片破裂時隔離二種液體有互相混合及檢視之功能，可用於噴槍式燃油燃燒機之燃油霧化簡單經濟用，由實務及實驗中得知二種流體相差約在 1 ~ 1.5 kg/cm<sup>2</sup>G(15-25PSI) 時其霧化效果最好，燃油燃燒最完全，如圖(1-8, 1-9)



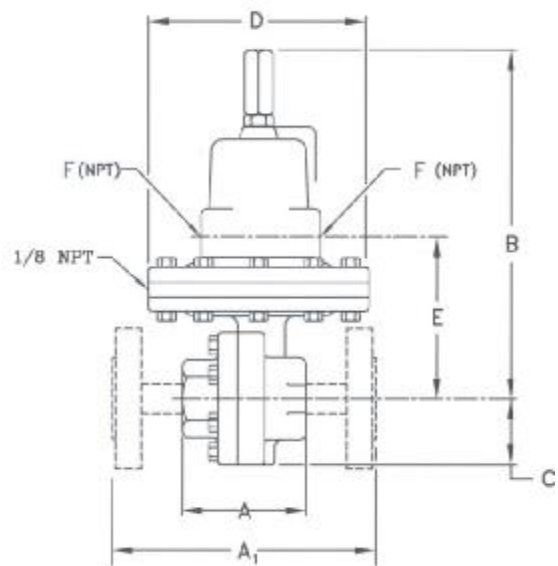
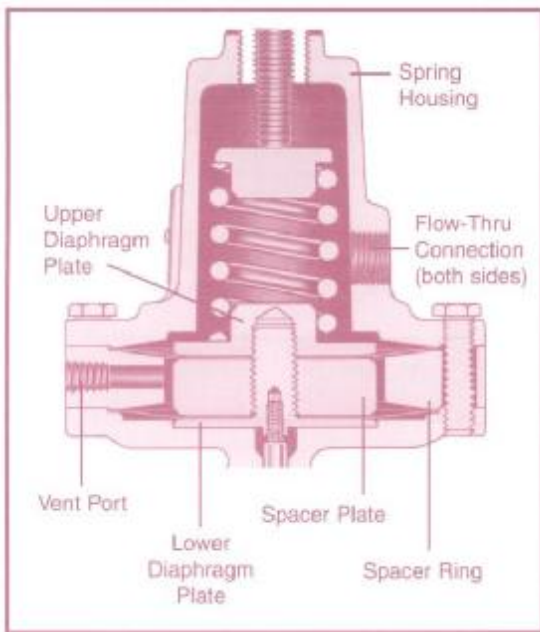
**ADVANTAGES:**

- Accurate pilot control.
- Valve can be balanced for greater rangeability.
- Self contained.

<圖(1-8) 鍋爐燃油霧化差壓閥應用圖例> ( Spence Model EN )



<圖(1-8) 鍋爐燃油霧化差壓閥應用圖例>

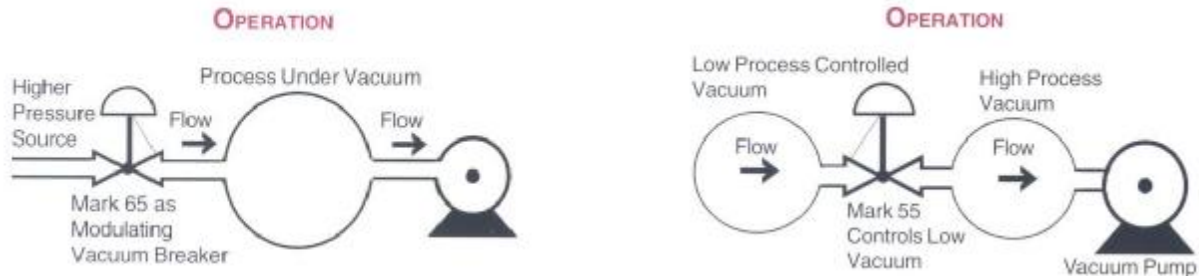


<圖(1-9) JORDAN MARK 63CDF 雙膜片隔離流通型燃油霧化差壓閥結構圖>



真空調節閥(VACUUM REGULATOR)：

真空調節閥亦分二種，如圖(1-10)如 Mark65 為常開型控制二次側之真空度，如同真空破除器之功能防止設備之真空度太高，而又能調整適當之真空度，如 Mark55 為維持入口側之真空壓力，出口側為有一強大之真空吸力，亦可於單一高真空泵而並聯控制變成多種真空度順序控制



<圖(1-10) 真空壓力調節閥應用圖例>Jordan Mark 65 ,Mark 55



## 第二章 蒸汽的應用

大多數的製程均有應用到蒸汽、水、和空氣，主要是這些物質取得容易，當然我們還有其他的物質也可提供良好的應用，如熱油、燃油、天然氣、氮氣和氧氣，但在此我們將集中在蒸汽、水及加熱系統上做一解說，當您看完此章節，將會清楚了解一些典型的製程應用。

### 蒸汽的產生：

將水加熱達到沸點後繼續加熱因而產生蒸汽，這個產生蒸汽的容器叫做鍋爐，通常有運用蒸汽的製造工廠，最好有一組蒸汽鍋爐存在。在“典型的工廠”，鍋爐通常是製程設備的基礎，鍋爐需要將油(或其他燃料)燃燒產生熱量將水加熱變成高壓高溫的飽和蒸汽。

### 燃料油：(OIL)

通常我們在鍋爐房會看到燃料槽，而這樣燃料將燃燒自己，產生火焰放出熱量去加熱水，使其沸騰，而變成蒸汽。而我們使用的燃料油，通常在常溫狀態下非常黏稠，不易流動，尤其是在寒冷的冬季，這時我們即需要使用油槽加熱器來保持燃油儲存於適宜的溫度，以使其具有良好的流動性。自作動式之溫度控制閥是經濟又最好的一種選擇，在後面將會做一詳細介紹。再利用管線將燃油輸送到燃燒機，這時為了保持其流動性，還需要利用保溫銅管來加熱並加以隔熱保溫，以防止熱能散失。當周圍環境溫度高時，流動性良好，但當周圍溫度較低時，即需要加熱以利增加其流動性的地方，即需要一種可感測室溫的自動控制閥一種節約能，增加效率的溫度控制閥是必須的，如 Jordan Mark86，感測室溫的自作動式溫度控制閥。

### 燃燒器(BURENR)：

鍋爐一般使用旋風式或噴槍式的燃燒器，在此僅就噴槍式需求說明之，為使燃燒效率提高，一定要使燃油充分燃燒，則需要充足的氧氣及越微小燃料粒子，必須使用空氣或蒸汽去霧化黏稠之燃油的噴槍式燃燒機，在實驗室及實務經驗上，空氣或蒸汽壓力必須比燃油高約 15~ 25 PSI，這時可用控制閥來完成此一複雜過程，也可利用簡單的 MK63CDF 如圖(1-9)，雙室分離霧化差壓閥來完成此複雜之霧化工作，將燃料油加熱及霧化成微霧以提高燃燒效率。

此閥專用於霧化燃油，在燃油室再加上一彈簧的力量，即為控制蒸汽或空氣的壓力，燃油室可為流通型(Flow Through)或偵測型，依不同靈敏度需求選擇。且二室之間尚有一通大氣中空小室隔開，防止二種流體交相污染之獨特設計。

### 鍋爐的給水：

現在我們有水了，我們需要將水沸騰以產生蒸汽，可以在鍋爐房發現一給水槽，工場到處都在使用水，但有效率的使用必須依賴一個泵加壓站來產生強大壓力。

水系統泵浦不可低負載或過高壓力使用，一個背壓調整閥或自動循環閥常被預置於循環系統的幫浦出口側，以防止太小之額定輸出，以保證泵浦安全操作，避免管路爆裂，馬達過載而且泵浦還必須有足夠的能力去保持整廠的使用壓力，因而可能在泵浦出口端產生 250~300PSI 或更高的水壓，如鍋爐之補給水，尤其是調節臨界鍋爐補給水控制。

一般鍋爐均為 ON-OFF 式，但可分大、中、小火，三段壓力來控制，即如高點 10 Bar 及低

點至 8 Bar 時，則大火開始燃燒以產生大量蒸汽使用，當壓力恢復到 9.5 BAR 時，改成小火燃燒，或繼續到 10BAR 時，再關閉大火。

由此可知，鍋爐之燃燒其基本上是利用壓力來控制燃燒之進行，所以在鍋爐內會有高低壓力的差別，但我們之補給水泵浦並不會因為鍋爐內之壓力改變而改變輸出壓力，所以在鍋爐之補給水側裝置一固定差壓閥是一不錯的選擇，以達成給水壓力固定高於鍋爐壓力 10PSI 之水壓力，以配合鍋爐設計之熱循環條件，及防止鍋爐熱衝擊(thermo-shock)。

## 第一節 蒸氣的產生

如圖表(2-1)水的三態變化

水是一種普遍存在於地球的物質，無色、無味、無毒，因溫度的不同而產生固態，液態、汽態等不同的三態變化

在理想的狀態下，0°C 時即結成冰變成固態，此時比重較小，當我們加熱冰塊時，溫度並沒有馬上上升而維持在 0°C 其需吸收 80Kcal /Kg 之溶化潛熱焓，以後才會慢慢變成水，在這之間即形成固、液二態共存的狀態，當完全變成 0°C 的飽合水時，只要提供一部分之熱焓即可馬上看到溫度慢慢升高一直可到 100°C 時，此時看得到溫度變化的過程稱為顯熱(顯明而可見的熱)而水的比熱為 1 Kcal /Kg 即將 1Kg 質量的水升高 1°C 需要 1Kcal 的熱量，而當水溫升到 100°C 時繼續提供熱量給水，但水溫並無升高的現象，此即為水的蒸發潛熱(吸收熱量但無法在溫度計上看到溫度變化的現象)，蒸發潛熱所需之熱量非常巨大，有 539Kcal /Kg 約為顯熱(100Kcal /Kg)部份的 5.4 倍，此時若提供之熱焓不足也會形成汽、液共存狀態，所以我們可以理解為何一般的鍋爐出口的蒸汽無法達到百分之百的乾蒸汽，而是帶有 3-10%飽和水之蒸汽，鍋爐效率的提高，體積越做越小，相對於水面到蒸汽出口的距離也就越短，容易發生汽水共騰現象，所以鍋爐壓力的控制及補水溫度要求也相對提高。因為在高壓下，沸騰產生之蒸汽汽泡較小，反之在低壓下，沸騰產生之蒸汽汽泡較大，也較易發生汽水共騰現象。

## 第二節 認識飽和蒸汽表

圖表(2-2)，(2-3)，(2-4)

觀察蒸汽表，我們可以輕易的發現幾個特點：

- (1). 蒸汽之全熱量等於顯熱量+潛熱量
- (2). 壓力越高，溫度亦越高，但全熱量的增幅卻變小
- (3). 負壓(真空)之下，蒸汽之溫度下降的幅度很大
- (4). 壓力越高，顯熱越多，但熱量的增幅卻變小
- (5). 壓力越高，潛熱越少，但熱量的降幅卻變小
- (6). 壓力越高，單位體積越小，比容積越小，蒸汽之可壓縮性

只要了解蒸汽之壓力、溫度、比容積、熱焓的相對應關係，即可輕鬆自在的應用了戰場上，知己知彼、百戰百勝，在充分了解蒸汽表及其特性之下，即能輕易的、安全的、有效率的、充分的應用蒸汽了。

如何應用蒸汽的特性，便是我們追求的重點題目：

- (1). 壓力越高，溫度越高，利用此特性，高壓力取得需要的高溫度。
- (2). 負壓 [(真空)小於 1 大氣壓力] 之下的飽合溫度點低很多，利用此點，可做低溫真空乾燥，即水較易蒸發，提高能源利用效率。
- (3). 在成本的著眼點，壓力越高，比容積越小，利用此特性，在相同的蒸氣流量下，可將輸送壓力提高輸送管徑縮小，可節省大量之管路設置成本(如：工資、管材、吊架、支撐架、保溫材料、熱損失……等)。
- (4). 低壓力可取得較高之潛熱量，所以使用低壓力來作間接加熱，可大量減少蒸汽之使用量，在節約能源的觀點上：
  1. 低壓力可取得較高之潛熱量使用可大量減少蒸汽消耗量，相對的冷凝水(顯熱量)較少，在無回收利用情況下，熱量及水的損失較少。
  2. 低操作壓力，溫度較低，在大氣壓力下，再生蒸汽量較少，易於冷凝水回收系統之設計、操作、維護。
- (5). 過熱蒸汽較類似熱空氣，不適合用於熱交換應用但極適合用於輸送及當動力源。

蒸氣上有以下幾個特點：

- (1). 無味、無臭、無色、無毒
- (2). 熱焓很高
- (3). 定壓力、定溫度，即在同一壓力/溫度下，釋放熱焓--吸熱及放熱
- (4). 可循環再利用 液態----->汽態----->液態，不改變其物理特性
- (5). 容易輸送、控制、回收、不需要泵浦，僅使用兩通控制閥來控制
- (6). 價格低、取得容易、蘊藏豐富

圖(2-1)水的三態變化

圖(2-2)飽和蒸汽度

圖(2-3)蒸汽表

圖(2-4)飽和蒸汽之全熱、溫度、潛熱、顯熱、比容積之關係

圖(2-5)蒸汽、高溫熱水及高溫熱媒油系統比較



顯熱：熱焓的增減可明顯看到溫度的變化  
 潛熱：熱焓的增減看不到溫度的變化稱之  
 有汽化潛熱及液化潛熱

$\Delta t$ ：溫度差

一大壓力下

水的液態比熱為  $1\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$

水的液化潛熱為  $80\text{KCAL/KG}^\circ\text{C}$

水的汽化潛熱為  $539\text{KCAL/KG}^\circ\text{C}$

圖 (2-1) 水的三態變化

圖 (2-2) 飽和蒸汽表

蒸汽錶壓力 (kg/cm <sup>2</sup> G)	絕對壓力 (kg/cm <sup>2</sup> A)	飽和溫度 (°C)	比容積 (m <sup>3</sup> /kg)	顯熱量 (Kcal/kg)	潛熱量 (Kcal/kg)	全熱 (Kcal/kg)
	<b>0.50</b>	<b>80.86</b>	<b>3.30001</b>	<b>80.855</b>	<b>550.94</b>	<b>631.76</b>
	<b>0.80</b>	<b>92.99</b>	<b>2.12544</b>	<b>93.034</b>	<b>543.48</b>	<b>636.51</b>
<b>0.0</b>	<b>1.03323</b>	<b>100.00</b>	<b>1.67300</b>	<b>100.092</b>	<b>539.06</b>	<b>639.15</b>
<b>1.0</b>	<b>2.033</b>	<b>120.13</b>	<b>0.898089</b>	<b>120.445</b>	<b>525.90</b>	<b>646.35</b>
<b>2.0</b>	<b>3.033</b>	<b>133.25</b>	<b>0.610505</b>	<b>133.796</b>	<b>516.88</b>	<b>650.68</b>
<b>3.0</b>	<b>4.033</b>	<b>143.22</b>	<b>0.467181</b>	<b>144.005</b>	<b>509.74</b>	<b>653.75</b>
<b>4.0</b>	<b>5.033</b>	<b>151.36</b>	<b>0.381516</b>	<b>152.386</b>	<b>503.71</b>	<b>656.10</b>
<b>5.0</b>	<b>6.033</b>	<b>158.29</b>	<b>0.319704</b>	<b>159.559</b>	<b>498.43</b>	<b>657.99</b>
<b>6.0</b>	<b>7.033</b>	<b>164.19</b>	<b>0.277617</b>	<b>165.696</b>	<b>493.80</b>	<b>659.50</b>
<b>7.0</b>	<b>8.033</b>	<b>169.78</b>	<b>0.243796</b>	<b>171.526</b>	<b>489.32</b>	<b>660.85</b>
<b>8.0</b>	<b>9.033</b>	<b>174.69</b>	<b>0.218080</b>	<b>176.671</b>	<b>485.29</b>	<b>661.95</b>
<b>9.0</b>	<b>10.033</b>	<b>179.18</b>	<b>0.197334</b>	<b>181.401</b>	<b>481.77</b>	<b>662.93</b>
<b>10.0</b>	<b>11.033</b>	<b>183.33</b>	<b>0.180218</b>	<b>185.793</b>	<b>477.98</b>	<b>663.77</b>
<b>11.0</b>	<b>12.033</b>	<b>187.20</b>	<b>0.165853</b>	<b>189.897</b>	<b>474.60</b>	<b>664.50</b>

STEAM TABLE

h = Total heat of steam , btu per pound  
v = Specific volume , cubic feet per pound

Pressure PSI(gage)	Temperature °F (sat.)		Saturated Liquid	Saturated Vapor	TOTAL TEMPERATURE . °F												
					220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460
0	212	h	180.1	1150.4	1154.4	1164.2	1173.8	1183.3	1192.8	1202.3	1211.7	1221.1	1230.5	1239.3	1249.3	1258.8	1268.2
		v	0.0167	26.80	27.15	28.00	28.85	29.70	30.53	31.37	32.20	33.03	33.85	34.68	35.50	36.32	37.14
5	228	h	196.2	1156.3		1162.3	1172.2	1182.0	1191.6	1201.2	1210.8	1220.3	1229.7	1239.2	1248.7	1258.2	1267.6
		v	0.0168	20.089		20.48	21.11	21.74	22.36	22.98	23.60	24.22	24.82	25.43	26.04	26.65	27.25
10	240	h	208.4	1160.6			1170.7	1180.6	1190.5	1200.2	1209.8	1219.4	1229.0	1238.5	1248.1	1257.6	1267.1
		v	0.0169	16.303			16.819	17.330	17.836	18.337	18.834	19.329	19.821	20.31	20.80	21.29	21.77
15	250	h	218.8	1164.1			1169.1	1179.3	1189.3	1199.1	1208.9	1218.6	1228.3	1237.9	1247.5	1257.0	1266.6
		v	0.0170	13.746			13.957	14.390	14.816	15.238	15.657	16.072	16.485	16.897	17.306	17.714	18.121
20	259	h	227.9	1167.1			1167.5	1177.9	1188.1	1198.1	1208.0	1217.8	1227.5	1237.2	1246.8	1256.4	1266.1
		v	0.0171	11.898			11.911	12.288	12.659	13.025	13.387	13.746	14.103	14.457	14.810	15.162	15.512
25	267	h	236.0	1169.7			1176.5	1186.8	1197.0	1207.0	1216.9	1226.7	1236.5	1246.2	1255.9	1265.5	
		v	0.0171	10.498			10.711	11.040	11.364	11.684	12.001	12.315	12.628	12.938	13.247	13.555	
30	274	h	243.4	1172.0			1175.0	1185.6	1195.9	1206.0	1216.0	1225.9	1235.8	1245.6	1255.3	1265.0	
		v	0.0172	9.401			9.484	9.781	10.072	10.359	10.643	10.925	11.204	11.482	11.758	12.033	
40	287	h	256.3	1175.9				1183.0	1193.6	1204.0	1214.3	1224.4	1234.3	1244.3	1254.1	1263.9	
		v	0.0173	7.787				7.947	8.192	8.432	8.668	8.902	9.134	9.364	9.592	9.819	
50	298	h	267.5	1179.1				1180.3	1191.3	1202.0	1212.5	1222.7	1232.9	1242.9	1252.9	1262.8	
		v	0.0174	6.655				6.676	6.889	7.096	7.300	7.501	7.700	7.896	8.091	8.285	
60	308	h	277.4	1181.9					1188.9	1199.9	1210.6	1221.1	1231.4	1241.6	1251.7	1261.7	
		v	0.0175	5.816					5.932	6.116	6.296	6.473	6.648	6.820	6.991	7.161	
70	316	h	286.4	1184.2					1186.4	1197.7	1208.7	1219.4	1229.9	1240.2	1250.4	1260.6	
		v	0.0176	5.168					5.200	5.366	5.528	5.687	5.843	5.997	6.150	6.301	
80	324	h	294.6	1186.2						1195.5	1206.7	1217.7	1228.3	1238.8	1249.2	1259.4	
		v	0.0177	4.652						4.773	4.921	5.065	5.207	5.347	5.485	5.621	
90	331	h	302.1	1188.1						1193.2	1204.7	1215.9	1226.7	1237.4	1247.9	1258.2	
		v	0.0178	4.232						4.292	4.429	4.562	4.693	4.821	4.947	5.071	
100	338	h	309.1	1189.7						1190.8	1202.7	1214.1	1225.2	1236.0	1246.6	1257.1	
		v	0.0178	3.882						3.895	4.022	4.146	4.267	4.385	4.502	4.617	
125	353	h	324.8	1193.0							1197.3	1209.4	1221.1	1232.3	1243.3	1254.1	
		v	0.0180	3.220							3.258	3.365	3.468	3.569	3.667	3.764	
150	366	h	338.5	1195.6								1204.5	1216.7	1228.4	1239.8	1251.0	
		v	0.0182	2.752								2.818	2.910	2.998	3.085	3.169	
175	378	h	350.8	1197.6								1199.3	1212.2	1224.5	1236.3	1247.8	
		v	0.0183	2.404								2.414	2.498	2.577	2.655	2.730	
200	388	h	361.9	1199.3									1207.4	1220.3	1232.6	1244.5	
		v	0.0185	2.134									2.180	2.253	2.324	2.393	
225	397	h	372.1	1200.6									1202.5	1216.0	1228.8	1241.1	
		v	0.0186	1.9183									1.9276	1.9964	2.062	2.126	
250	406	h	381.6	1201.7										1211.5	1224.9	1237.6	
		v	0.0187	1.7422											1.7870	1.8488	1.9081
275	414	h	390.5	1202.6										1206.8	1220.8	1234.0	
		v	0.0188	1.5954											1.6130	1.6717	1.7277
300	422	h	398.8	1203.2											1216.5	1230.3	
		v	0.0190	1.4711												1.5222	1.5755
350	436	h	414.1	1204.1											1207.5	1222.4	
		v	0.0192	1.2720												1.2831	1.3326
400	448	h	428.1	1204.6												1214.0	
		v	0.0194	1.1194													1.1468

\*Asapted by permission from "Thermodynamic Properties of Steam" by keenan and Keyes, published by John Wiley & Sons. Inc.

STEAM TABLE

h = Total heat of steam , btu per pound  
v = Specific volume , cubic feet per pound

Pressure PSI (gage)	Temperature °F (sat.)	TOTAL TEMPERATURE . °F															
		480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740	750	
0	212	h	1277.6	1287.1	1296.6	1306.2	1315.7	1325.3	1334.8	1344.5	1354.2	1363.8	1373.5	1383.2	1393.0	1402.8	1407.7
		v	37.96	38.78	39.60	40.41	41.23	42.04	42.86	43.68	44.49	45.31	46.12	46.94	47.75	48.56	48.97
5	228	h	1277.1	1286.6	1296.2	1305.7	1315.3	1324.8	1334.4	1344.1	1353.8	1363.5	1373.2	1382.9	1392.7	1402.6	1407.5
		v	27.86	28.46	29.06	29.67	30.27	30.87	31.47	32.07	32.67	33.27	33.87	34.47	35.07	35.67	35.96
10	240	h	1276.6	1286.2	1295.8	1305.3	1314.9	1324.5	1334.1	1343.8	1353.5	1363.2	1372.9	1382.6	1392.5	1402.3	1407.2
		v	22.26	22.74	23.22	23.71	24.19	24.68	25.16	25.64	26.12	26.60	27.08	27.56	28.04	28.52	28.76
15	250	h	1276.2	1285.7	1295.3	1304.9	1314.5	1324.2	1333.8	1343.5	1353.2	1362.9	1372.6	1382.4	1392.3	1402.1	1407.0
		v	18.528	18.933	19.337	19.741	20.144	20.547	20.95	21.35	21.75	22.15	22.56	22.96	23.36	23.76	23.96
20	259	h	1275.7	1285.3	1294.9	1304.5	1314.1	1323.8	1333.5	1343.2	1352.9	1362.6	1372.3	1382.1	1391.9	1401.8	1406.7
		v	15.862	16.210	16.558	16.905	17.251	17.597	17.943	18.288	18.633	18.977	19.322	19.666	20.01	20.35	20.52
25	267	h	1275.2	1284.8	1294.5	1304.1	1313.8	1323.4	1333.1	1342.8	1352.5	1362.3	1372.1	1381.9	1391.7	1401.6	1406.5
		v	13.862	14.168	14.473	14.778	15.082	15.385	15.688	15.990	16.293	16.595	16.896	17.198	17.499	17.800	17.951
30	274	h	1274.7	1284.4	1294.0	1303.7	1313.4	1323.1	1332.8	1342.5	1352.2	1362.0	1371.8	1381.6	1391.5	1401.4	1406.3
		v	12.307	12.580	12.852	13.123	13.394	13.665	13.935	14.204	14.473	14.742	15.011	15.279	15.547	15.815	15.949
40	287	h	1273.7	1283.4	1293.2	1302.9	1312.6	1322.4	1332.1	1341.9	1351.7	1361.5	1371.3	1381.1	1391.0	1400.9	1405.8
		v	10.044	10.269	10.493	10.717	10.940	11.162	11.384	11.605	11.826	12.047	12.268	12.488	12.708	12.927	13.037
50	298	h	1272.7	1282.5	1292.3	1302.1	1311.9	1321.7	1331.5	1341.3	1351.1	1360.9	1370.8	1380.6	1390.5	1400.4	1405.4
		v	8.478	8.670	8.861	9.051	9.240	9.429	9.618	9.806	9.993	10.181	10.368	10.555	10.741	10.928	11.021
60	308	h	1271.6	1281.5	1291.4	1301.3	1311.1	1321.0	1330.8	1340.6	1350.5	1360.3	1370.2	1380.1	1390.0	1399.9	1404.9
		v	7.329	7.496	7.663	7.829	7.994	8.159	8.323	8.486	8.649	8.812	8.975	9.138	9.300	9.462	9.543
70	316	h	1270.6	1280.6	1290.5	1300.5	1310.4	1320.2	1330.1	1340.0	1349.9	1359.8	1369.7	1379.6	1389.6	1399.5	1404.5
		v	6.450	6.599	6.747	6.894	7.041	7.187	7.332	7.477	7.622	7.766	7.910	8.054	8.198	8.341	8.413
80	324	h	1269.5	1279.6	1289.6	1299.6	1309.6	1319.5	1329.4	1339.4	1349.3	1359.3	1369.2	1379.1	1389.1	1399.0	1404.0
		v	5.756	5.891	6.024	6.156	6.288	6.419	6.550	6.680	6.810	6.940	7.069	7.199	7.327	7.456	7.520
90	331	h	1268.5	1278.6	1288.7	1298.8	1308.8	1318.8	1328.7	1338.7	1348.7	1358.6	1368.6	1378.5	1388.5	1398.5	1403.5
		v	5.195	5.317	5.439	5.559	5.679	5.799	5.918	6.036	6.154	6.272	6.389	6.506	6.623	6.740	6.798
100	338	h	1267.4	1277.7	1287.8	1297.9	1308.0	1318.0	1328.1	1338.1	1348.0	1358.0	1368.0	1378.0	1388.1	1398.1	1403.1
		v	4.730	4.843	4.955	5.066	5.176	5.285	5.394	5.503	5.611	5.719	5.827	5.934	6.041	6.148	6.201
125	353	h	1264.7	1275.2	1285.5	1295.8	1306.0	1316.2	1326.4	1336.5	1346.6	1356.6	1366.7	1376.8	1386.9	1397.0	1402.0
		v	3.860	3.954	4.047	4.140	4.232	4.323	4.413	4.503	4.593	4.683	4.772	4.861	4.949	5.038	5.082
150	366	h	1261.9	1272.6	1283.2	1293.6	1304.0	1314.3	1324.6	1334.8	1345.0	1355.2	1365.3	1375.4	1385.6	1395.8	1400.8
		v	3.252	3.334	3.414	3.494	3.573	3.652	3.730	3.807	3.884	3.960	4.037	4.113	4.188	4.264	4.301
175	378	h	1259.0	1270.0	1280.8	1291.4	1302.0	1312.4	1322.8	1333.2	1343.5	1353.7	1363.9	1374.2	1384.4	1394.6	1399.7
		v	2.804	2.877	2.948	3.019	3.089	3.157	3.226	3.294	3.361	3.429	3.495	3.562	3.628	3.694	3.727
200	388	h	1256.0	1267.3	1278.3	1289.2	1299.9	1310.5	1321.0	1331.4	1341.8	1352.2	1362.5	1372.8	1383.1	1393.3	1398.5
		v	2.460	2.525	2.590	2.653	2.716	2.777	2.839	2.900	2.960	3.019	3.079	3.139	3.198	3.256	3.286
225	397	h	1253.0	1264.5	1275.8	1286.9	1297.8	1308.5	1319.2	1329.8	1340.3	1350.7	1361.1	1371.5	1381.9	1392.2	1397.3
		v	2.187	2.247	2.306	2.364	2.421	2.477	2.533	2.587	2.642	2.696	2.750	2.804	2.857	2.910	2.936
250	406	h	1249.9	1261.7	1273.2	1284.5	1295.6	1306.5	1317.3	1328.0	1338.7	1349.2	1359.7	1370.2	1380.6	1391.0	1396.2
		v	1.9654	2.021	2.076	2.129	2.181	2.233	2.284	2.334	2.384	2.434	2.483	2.532	2.580	2.629	2.653
275	414	h	1246.6	1258.8	1270.6	1282.1	1293.4	1304.5	1315.5	1326.3	1337.0	1347.7	1358.3	1368.8	1379.3	1389.8	1395.0
		v	1.7816	1.8338	1.8846	1.9342	1.9829	2.031	2.078	2.125	2.171	2.217	2.262	2.307	2.352	2.396	2.418
300	422	h	1243.3	1255.8	1267.9	1279.7	1291.2	1302.5	1313.6	1324.5	1335.4	1346.1	1356.8	1367.4	1378.0	1388.6	1393.8
		v	1.6266	1.6759	1.7237	1.7703	1.8159	1.8607	1.9048	1.9483	1.9912	2.034	2.076	2.118	2.159	2.200	2.220
350	436	h	1236.4	1249.6	1262.4	1274.7	1286.6	1298.2	1309.7	1320.9	1332.0	1343.0	1353.9	1364.7	1375.4	1386.1	1391.4
		v	1.3795	1.4243	1.4675	1.5094	1.5501	1.5900	1.6291	1.6676	1.7056	1.7430	1.7801	1.8168	1.8531	1.8892	1.9071
400	448	h	1229.0	1243.2	1256.6	1269.4	1281.8	1293.9	1305.7	1317.2	1328.6	1339.8	1350.9	1361.9	1372.8	1383.6	1389.0
		v	1.1908	1.2325	1.2724	1.3108	1.3480	1.3842	1.4196	1.4544	1.4885	1.5222	1.5554	1.5883	1.6207	1.6529	1.6689
450	460	h	1221.2	1236.3	1250.5	1264.0	1276.9	1289.4	1301.6	1313.5	1325.1	1336.5	1347.8	1359.0	1370.1	1381.1	1386.5
		v	1.0416	1.0811	1.1186	1.1544	1.1889	1.2224	1.2550	1.2868	1.3180	1.3488	1.3789	1.4088	1.4382	1.4675	1.4819
500	470	h	1212.8	1229.0	1244.0	1258.3	1271.8	1284.8	1297.3	1309.6	1321.5	1333.2	1344.7	1356.1	1367.3	1378.4	1384.0
		v	0.9204	0.9584	0.9941	1.0280	1.0604	1.0917	1.1221	1.1516	1.1805	1.2088	1.2367	1.2641	1.2913	1.3180	1.3313
550	480	h		1221.4	1237.4	1252.4	1266.5	1280.0	1293.0	1305.6	1317.8	1329.8	1341.6	1353.2	1364.6	1375.8	1381.4
		v		0.8565	0.8909	0.9234	0.9542	0.9838	1.0124	1.0401	1.0671	1.0935	1.1195	1.1449	1.1700	1.1947	1.2070
600	489	h		1213.2	1230.3	1246.1	1261.0	1275.1	1288.5	1301.5	1314.1	1326.3	1338.3	1350.2	1361.8	1373.2	1378.9
		v		0.7703	0.8040	0.8353	0.8649	0.8931	0.9203	0.9465	0.9720	0.9968	1.0211	1.0450	1.0684	1.0916	1.1030

\*Asapted by permission from "Thermodynamic Properties of Steam" by Keenan and Keyes, published by John Wiley & Sons, Inc.

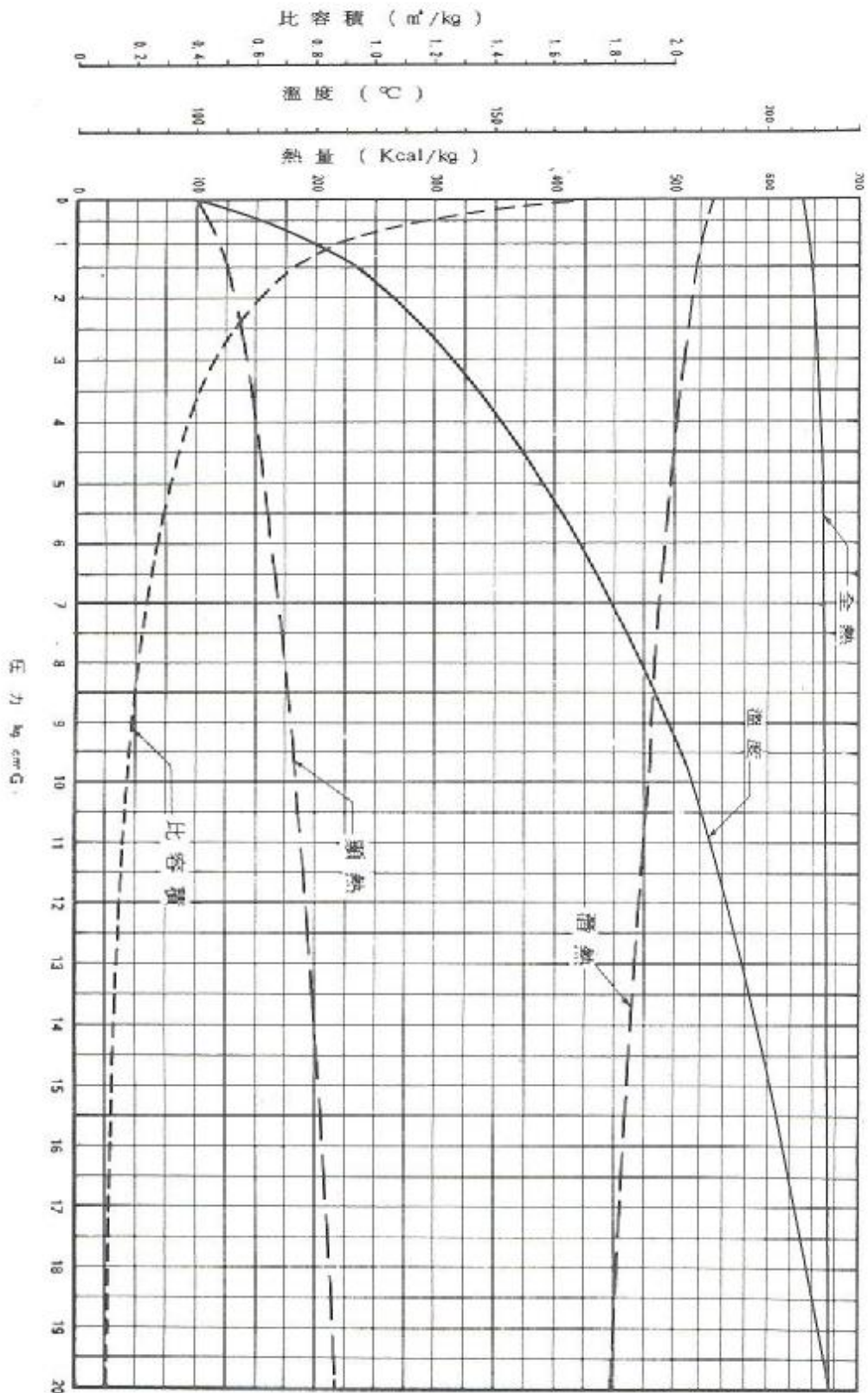


圖 (2-4) 飽和蒸汽之全熱，溫度，潛熱，顯熱，比容積之關係



以下即蒸汽、熱水、熱煤油之比較：

蒸汽、 高溫熱水、 及高溫熱煤油系統比較

蒸汽 STEAM	高溫熱水 HOT WATER	熱煤油 OIL
1.高熱焓 潛熱 539 kcal/kg	中熱焓 1 kcal/kg	低熱焓 0.4~0.7 kcal/kg
2.須軟水或純水處理費	只須簡單處理	價格高
3.熱傳效率高 790-3900. kcal/m <sup>2</sup> hr <sup>o</sup> c	熱傳效率普通 730-1460. kcal/m <sup>2</sup> hr <sup>o</sup> c	熱傳效率差 98-240 kcal/m <sup>2</sup> rh <sup>o</sup> c
4.高壓力可產生高溫度	高溫度須要高壓力	高壓力僅需低壓力
5.不需循環馬達	需循環馬達	同左
6.輸送管徑小	輸送管徑大	同左
7.容易控制， 僅需使用兩通控制閥	控制較複雜 需使用三通控制閥、差壓閥等	同左
8.溫度降低調整簡單 僅需降低壓力	不易隨便降低溫度	同左
9.需使用蒸汽卻水器	無	無
10.冷凝水必須回收 或加以處理	無	無
11.有再生蒸汽產生再 處理之需求	無	無
12.鍋爐底部排放熱損失	無	無
13.腐蝕問題	無	無
14.無火災問題	無	有
15.配管設計較重要	普通之配管要求，通常使用牙 口或法蘭	配管洩漏性測試嚴格 通常使用焊接或法蘭
16.系統很彈性	系統不夠彈性	系統多彈性化
17.可壓縮	不可壓縮	同左
18.主要應用潛熱來傳遞熱焓	利用溫度變化(顯熱)來傳遞熱 焓	同左

### 第三節 認識飽和蒸汽表

蒸氣系統一般的設計要點在高壓輸送，低壓使用。

在理論及實務上的考量，利用越高壓蒸汽，體積越小的特性，高壓力輸送，可使用較小管徑之輸送管輸送大量之蒸汽同時還可得到以下之利益：

1. 管徑小，相對較易施工
2. 保溫、吊架、固定……等，成本較低
3. 管徑小，相對面積小，所以熱能損失也少
4. 利用蒸汽低壓力時，潛熱熱焓較高，可放出之熱焓越多之特性因此選擇低壓使用

尚有其他延伸之利益：

1. 低壓力下，顯熱較少，在不回收之情況下，損失熱能較少。
2. 在回收的情況下，溫度較低，易於回收，回收設備成本較低，產生之再生蒸汽量較少  
人往高處爬，水往低處流，所以在配置蒸汽管時，最好順著蒸汽流向，向下傾流，斜率約在 200-300:1，以獲得較佳之流動效果並間隔 30-50 米裝置一排水點，若因地形之關係而必須向上傾斜而違反自然定律時，則必須將原有管徑放大，使流速降低，並間隔 15-30 米裝置一排水點，以減少水錘之發生。

### 第四節 管路的選擇

管路口徑必須大小適中，如果管路太大，則會增加很多設置成本，且因面積增大，散熱損失也相對增加；如果管路太小，則會產生不正常之壓降，管路流速過高，產生高頻之噪音，管路磨損及增加水錘危害之嚴重性。

一般運用蒸汽加熱之工廠，其管路設計蒸汽流速為 25-35 米/秒，在高壓的情況可使用較高之流速；在低壓時，則使用較低之流速。

管路口徑之選擇：

一般可分為流速法、壓力降法，來選擇管徑

(1). 流速法：

如下圖表(2-6)，直接查表可快速得知流量與管徑之關係

圖(2-6)利用流速來快速決定蒸汽管線之口徑(單位 KG/HR)

壓力 bar	流速 m/s	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
0.4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	1601	2590	3678
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1457	2806	4101	5936
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303	4318	6909	9500
0.7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006	1708	2791	3852
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145	1575	2816	4629	6204
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1108	1712	2417	4532	7251	10323
1.0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020	1864	2814	4045
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160	1660	3099	4869	6751
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500	4815	7333	10370
2.0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1580	2814	4545	6277
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755	2520	4815	7425	10575
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2925	4175	7678	11997	16796
3.0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505	2040	3983	6217	8743
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1580	2480	3440	6779	10269	14316
	40	41	87	157	250	375	595	1025	1460	2540	4050	5940	10476	16470	22950
4.0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1166	1685	2460	4618	7121	10358
	25	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925	4225	7866	12225	17304
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940	7050	12661	19663	27816
5.0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835	5548	8586	11947
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150	8865	14268	20051
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400	7870	13761	23205	32244
6.0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525	3400	6654	10297	14328
	25	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250	6175	10629	17108	24042
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475	9445	16515	27849	38697
7.0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1815	2765	3990	7390	12015	16096
	25	49	114	190	288	450	785	1205	1750	3025	4815	6900	12288	19377	27080
	40	76	177	303	455	690	1210	1865	2520	4585	7560	10880	19141	30978	43470
8.0	15	32	70	126	190	285	475	800	1125	1990	3025	4540	8042	12625	17728
	25	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220	7120	13140	21600	33210
	40	84	192	327	510	730	1370	2065	3120	5135	8395	12470	21247	33669	46858
10.0	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995	5860	9994	16172	22713
	25	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295	8995	15966	25860	35890
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880	14390	26621	41011	57560
14.0	15	50	121	205	310	465	810	1270	1870	3220	5215	7390	12921	20538	29016
	25	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500	12560	21720	34139	47218
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050	18630	35548	54883	76534

(2). 壓力降法：

利用已知兩端點間之壓降計算得到

公式：( P1-P2 ) / L = F

P1 = 高壓側之壓力係數

P2 = 低壓側之壓力係數

L = 兩端之距離

F = 壓降係數

公式：  $Y = \text{True Velocity} * 1 / \text{Actual Volume}$

例：7 bar 蒸汽將輸送至 150 公尺距離之設備，操作壓力為 6.6 bar 消耗量 600 kg/Hr，試求選用管徑及真實流速。

由表(2-7)得 P1 7 bar = 56.38 P2 6.6 bar = 51.05 L = 150 + 10%

$F = (P1 - P2) / L = (56.38 - 51.05) / (150 * 1.1) = 0.0323$

由表(2-8)查 F 接進 0.0323 之值介於 0.030 及 0.040 之間由 0.030 向右找出 X 值趨近於 600kg/hr 有 2" 管的 501.1 kg/hr 及 2 1/2" 管的 919.4 kg/hr 若選用 2" 管則再延垂直方向找出 X 趨近 600 kg/hr 之 Y 值，流速 Y 約為 84.98 M/S

由表(2-7)得 7 bar 之比容積為 0.24 m<sup>3</sup>/kg

$Y = \text{True Velocity} * 1 / \text{Actual Volume}$

$84.98 = \text{Ture Velocity} / 0.24$

$\text{True Velocity} = 84.98 * 0.24 = 20.4 (M/S)$

表(2-7)蒸汽壓力係數及比容積 (公制) (SI UNITS)

壓力 bar abs	比容積 m3/kg	壓力係數
0.05	28.192	0.0301
0.10	14.674	0.0115
0.15	10.022	0.0253
0.20	7.649	0.0442
0.25	6.204	0.0681
0.30	5.229	0.0970
0.35	4.53	0.1308
0.40	3.993	0.1694
0.45	3.58	0.2128
0.50	3.24	0.2610
0.55	2.96	0.3140
0.60	2.732	0.3716
0.65	2.535	0.4340
0.70	2.365	0.5010
0.75	2.217	0.5727
0.80	2.087	0.6489
0.85	1.972	0.7298
0.90	1.869	0.8153
0.95	1.777	0.9053
1.013	1.673	1.0250
bar gauge		
0.00	1.673	1.025
0.05	1.601	1.126
0.10	1.533	1.230
0.15	1.471	1.339
0.20	1.414	1.453
0.25	1.361	1.572
0.30	1.312	1.694
0.35	1.268	1.822
0.40	1.225	1.953
0.45	1.186	2.090
0.50	1.149	2.230
0.55	1.115	2.375
0.60	1.083	2.525
0.65	1.051	2.679
0.70	1.024	2.837
0.75	0.997	2.999
0.80	0.971	3.166
0.85	0.946	3.338
0.90	0.923	3.514
0.95	0.901	3.694
1.00	0.881	3.878
1.05	0.860	4.067
1.10	0.841	4.260
1.15	0.823	4.458
1.20	0.806	4.660
1.25	0.788	4.866
1.30	0.773	5.076

壓力 bar abs	比容積 m3/kg	壓力係數
1.35	0.757	5.291
1.40	0.743	5.51
1.45	0.728	5.734
1.50	0.714	5.961
1.55	0.701	6.193
1.60	0.689	6.429
1.65	0.677	6.67
1.70	0.665	6.915
1.75	0.654	7.164
1.80	0.643	7.417
1.85	0.632	7.675
1.90	0.622	7.937
1.95	0.612	8.203
2.00	0.603	8.473
2.05	0.594	8.748
2.10	0.585	9.026
2.15	0.576	9.309
2.20	0.568	9.597
2.25	0.56	9.888
2.30	0.552	10.18
2.35	0.544	10.48
2.40	0.536	10.79
2.45	0.529	11.10
2.50	0.522	11.41
2.55	0.515	11.72
2.60	0.509	12.05
2.65	0.502	12.37
2.70	0.496	12.70
2.75	0.489	13.03
2.80	0.483	13.37
2.85	0.477	13.71
2.90	0.471	14.06
2.95	0.466	14.41
3.00	0.461	14.76
3.10	0.451	15.48
3.20	0.44	16.22
3.30	0.431	16.98
3.40	0.422	17.75
3.50	0.413	18.54
3.60	0.405	19.34
3.70	0.396	20.16
3.80	0.389	21
3.90	0.381	21.85
4.00	0.374	22.72
4.10	0.367	23.61
4.20	0.361	24.51
4.30	0.355	25.43
4.40	0.348	26.36

壓力 bar abs	比容積 m3/kg	壓力係數
4.50	0.342	27.32
4.60	0.336	28.28
4.70	0.33	29.27
4.80	0.325	30.27
4.90	0.32	31.29
5.00	0.315	32.32
5.10	0.31	33.37
5.20	0.305	34.44
5.30	0.301	35.52
5.40	0.296	36.62
5.50	0.292	37.73
5.60	0.288	38.86
5.70	0.284	40.01
5.80	0.28	41.17
5.90	0.276	42.35
6.00	0.272	43.54
6.10	0.269	44.76
6.20	0.265	45.98
6.30	0.261	47.23
6.40	0.258	48.48
6.50	0.255	49.76
6.60	0.252	51.05
6.70	0.249	52.36
6.80	0.246	53.68
6.90	0.243	55.02
7.00	0.24	56.38
7.10	0.237	57.75
7.20	0.235	59.13
7.30	0.232	60.54
7.40	0.229	61.96
7.50	0.227	63.39
7.60	0.224	64.84
7.70	0.222	66.31
7.80	0.219	67.79
7.90	0.217	69.29
8.00	0.215	70.8
8.50	0.204	78.61
9.00	0.194	86.61
9.50	0.185	95.41
10.00	0.177	104.4
11.00	0.163	123.54
12.00	0.151	144.25
13.00	0.141	166.5
14.00	0.13	190.29
15.00	0.122	215.61
16.00	0.115	242.46
17.00	0.109	270.83
18.00	0.104	300.72



表(2-8) 蒸汽流量與壓力降係數 (公制) (SI UNITS)

TABLE 4 PIPELINE CAPACITY AND PRESSURE DROP FACTORS (SI Units)

P	Pipe Size																
	15 mm 1/2"	20 mm 3/4"	25 mm 1"	32 mm 1 1/4"	40 mm 1 1/2"	50 mm 2"	65 mm 2 1/2"	80 mm 3"	100 mm 4"	125 mm 5"	150 mm 6"	175 mm 7"	200 mm 8"	225 mm 9"	250 mm 10"	300 mm 12"	
0.00015	x					39.40	55.41	80.73	109.1	139.4	180.4	222.2	265.8	311.2	358.4	407.4	457.4
	y					4.50	6.39	8.89	11.92	15.42	19.42	23.92	28.92	34.42	39.42	44.92	50.42
0.00020	x				15.18	21.59	31.77	42.77	55.58	70.22	86.70	104.92	123.92	143.70	164.28	185.66	207.84
	y				3.96	5.48	7.89	10.51	13.42	16.72	20.42	24.52	29.02	33.92	39.22	44.92	50.92
0.00025	x			10.84	17.92	26.59	37.77	51.55	67.92	86.92	108.62	132.92	159.82	188.32	218.42	249.92	282.82
	y			3.76	5.28	7.49	10.01	12.92	16.22	19.92	24.02	28.52	33.42	38.72	44.42	50.42	
0.00030	x			11.95	19.31	28.59	39.77	53.55	70.92	90.92	113.62	138.92	166.82	197.32	229.42	263.02	298.02
	y			4.15	5.77	8.08	10.60	13.51	16.81	20.51	24.61	29.11	33.91	39.01	44.41	50.01	
0.00035	x		6.86	12.41	20.29	30.57	43.35	58.63	76.42	96.70	119.52	144.92	172.92	203.52	235.72	269.52	304.92
	y		3.88	5.30	7.41	9.93	12.84	16.14	19.84	23.94	28.44	33.34	38.64	44.34	50.34		
0.00045	x	3.60	7.94	14.28	23.39	35.75	50.75	68.92	90.70	115.92	144.52	176.52	211.72	249.92	290.12	332.32	376.52
	y	3.84	5.26	7.37	9.89	12.80	16.10	19.80	23.90	28.40	33.30	38.60	44.30	50.30			
0.00055	x	4.04	8.97	16.18	26.52	40.38	57.78	78.62	103.92	132.52	164.52	199.72	248.12	298.52	350.92	405.32	462.72
	y	3.96	5.38	7.49	9.91	12.82	16.12	19.82	23.92	28.42	33.32	38.62	44.32	50.32			
0.00065	x	4.26	9.55	17.76	28.14	42.38	59.78	80.62	105.92	134.52	166.52	200.92	249.32	300.72	353.12	407.52	463.92
	y	4.38	5.80	7.91	10.33	13.24	16.54	19.84	23.94	28.44	33.34	38.64	44.34	50.34			
0.00075	x	4.67	10.87	19.51	31.72	46.96	64.36	85.20	110.52	139.12	171.12	205.52	253.92	305.32	358.72	414.12	471.52
	y	4.77	6.19	8.30	10.72	13.63	16.93	19.83	23.93	28.43	33.33	38.63	44.33	50.33			
0.00085	x	5.52	11.98	21.08	33.98	50.22	69.62	92.42	117.72	146.32	178.32	212.72	260.12	310.52	362.92	417.32	473.72
	y	3.41	4.83	6.94	9.36	12.27	15.57	18.47	22.57	27.07	31.97	37.27	42.97				
0.00100	x	1.96	3.84	7.28	12.78	20.28	29.38	40.38	53.58	69.92	89.52	112.32	138.32	167.52	199.92	235.32	273.72
	y	4.16	5.58	7.69	10.11	13.02	16.32	19.22	23.32	27.82	32.72	37.92	43.42				
0.00125	x	2.10	4.26	8.37	14.97	24.97	36.97	50.77	67.12	86.72	109.52	135.52	164.72	197.12	232.52	270.92	311.32
	y	4.39	5.81	7.92	10.34	13.25	16.55	19.45	23.55	28.05	32.95	38.25	43.75				
0.00150	x	2.20	4.36	8.55	15.17	25.17	37.17	50.97	67.32	86.92	109.72	135.72	164.92	197.32	232.72	271.12	311.52
	y	5.00	6.42	8.53	10.95	13.86	17.16	19.86	23.96	28.46	33.36	38.66	44.36				
0.00175	x	2.48	4.91	9.30	16.30	26.30	38.30	52.10	68.42	88.02	110.82	136.82	166.02	198.42	233.82	272.22	312.62
	y	5.19	6.61	8.72	11.14	14.05	17.35	19.85	23.95	28.45	33.35	38.65	44.35				
0.00200	x	2.84	5.58	10.83	18.83	28.83	41.83	56.63	73.92	94.52	118.32	144.32	173.52	205.92	241.32	279.72	319.12
	y	5.94	7.36	9.47	11.89	14.80	18.10	20.60	24.70	29.20	34.10	39.40	45.10				
0.00225	x	3.16	6.48	12.78	21.78	32.78	45.78	60.58	77.82	98.42	122.22	148.22	177.42	209.82	245.22	283.62	324.02
	y	6.51	7.93	10.04	12.46	15.37	18.67	21.17	25.27	29.77	34.67	39.97	45.67				
0.00300	x	3.44	10.34	22.5	40.45	66.65	105.4	148.4	197.4	254.4	319.4	394.4	479.4	574.4	679.4	794.4	929.4
	y	7.20	10.11	12.72	15.72	19.22	23.12	27.42	32.12	37.22	42.72	48.62	54.92				
0.0040	x	4.17	12.50	26.97	48.88	80.91	123.1	173.1	233.9	304.9	386.9	480.9	586.9	704.9	834.9	976.9	1130.9
	y	8.73	12.23	15.26	18.77	22.87	27.57	32.87	38.77	45.27	52.47	60.27	68.77				
0.0050	x	4.71	14.11	30.40	54.92	90.29	136.6	194.6	264.6	346.6	440.6	546.6	664.6	794.6	936.6	1090.6	1256.6
	y	9.06	13.53	17.20	21.57	26.47	31.97	38.07	44.77	52.07	60.07	68.77	78.17				
0.0060	x	5.35	15.59	33.89	60.31	99.65	148.0	208.0	280.0	364.0	460.0	568.0	688.0	819.0	961.0	1115.0	1281.0
	y	10.99	15.87	20.25	25.05	30.25	35.85	41.85	48.25	55.05	62.25	70.05	78.45				
0.0080	x	6.58	18.34	39.38	70.12	115.3	171.3	239.3	319.3	413.3	521.3	643.3	779.3	929.3	1093.3	1271.3	1463.3
	y	12.72	17.97	22.28	27.42	32.92	38.82	45.12	51.82	58.92	66.42	74.32	82.62				
0.0100	x	6.68	20.64	44.18	79.44	120.4	173.9	240.9	314.9	404.9	508.9	626.9	758.9	904.9	1064.9	1238.9	1426.9
	y	14.55	20.22	24.97	30.44	36.94	43.44	50.14	57.04	64.24	71.74	79.54	87.64				
0.0125	x	7.83	22.20	47.29	91.80	140.1	202.1	273.1	359.1	459.1	573.1	699.1	837.1	987.1	1149.1	1323.1	1509.1
	y	15.53	21.75	26.75	32.59	38.31	44.24	50.34	56.64	63.14	69.84	76.74	83.84				
0.0150	x	8.27	25.60	53.53	95.62	157.2	234.8	320.8	416.8	522.8	639.8	767.8	906.8	1056.8	1218.8	1392.8	1578.8
	y	17.21	24.49	30.10	35.63	41.15	47.05	53.25	59.75	66.55	73.55	80.75	88.15				
0.0175	x	8.58	26.39	55.78	100.4	165.6	244.0	331.0	427.0	533.0	649.0	775.0	911.0	1057.0	1214.0	1382.0	1561.0
	y	17.95	25.85	31.56	37.40	43.11	49.01	55.11	61.41	67.91	74.61	81.51	88.61				
0.0200	x	9.80	30.16	63.75	114.7	189.3	278.7	383.7	494.7	611.7	734.7	863.7	1008.7	1169.7	1336.7	1509.7	1688.7
	y	20.51	28.45	34.97	41.59	48.39	55.39	62.59	69.99	77.59	85.39	93.39	101.59				
0.025	x	10.99	33.49	70.73	127.3	209.8	299.8	406.8	521.8	644.8	775.8	914.8	1061.8	1216.8	1379.8	1549.8	1726.8
	y	23.80	32.30	39.02	45.97	53.07	60.37	67.87	75.57	83.47	91.57	99.87	108.37				
0.030	x	12.60	36.78	77.25	137.9	229.9	328.1	443.1	565.1	694.1	829.1	970.1	1117.1	1270.1	1429.1	1594.1	1765.1
	y	25.11	33.63	40.70	47.83	55.01	62.31	69.81	77.51	85.41	93.51	101.81	110.31				
0.040	x	14.46	44.15	93.17	169.2	279.5	400.7	533.7	678.7	835.7	1004.7	1185.7	1378.7	1583.7	1790.7	2009.7	2241.7
	y	30.26	43.23	51.72	60.44	69.46	78.78	88.40	98.22	108.24	118.46	128.88	139.50				
0.050	x	16.43	49.58	104.4	191.2	313.8	447.8	593.8	751.8	921.8	1103.8	1297.8	1503.8	1721.8	1951.8	2193.8	2447.8
	y	34.38	48.52	59.08	69.04	79.26	89.74	100.48	111.46	122.68	134.14	145.84	157.76				
0.06	x	18.14	52.96	115.7	210.8	343.2	486.2	640.2	805.2	981.2	1168.2	1366.2	1575.2	1795.2	2026.2	2268.2	2521.2
	y	37.56	51.80	65.47	73.81	84.06	94.61	105.41	116.46	127.76	139.30	151.08	163.10				
0.08	x	21.08	63.28	134.3	245.2	402.1	573.8	759.8	960.8	1176.8	1407.8	1653.8	1914.8	2190.8	2481.8	2787.8	3108.8
	y	44.11	61.82	76.28	86.69	98.49	110.68	123.16	135.94	149.02	162.40	176.08	190.06				
0.10	x	24.03	70.12	152.0	277.0	456.0	647.0	851.0	1068.0	1298.0	1542.0	1800.0	2072.0	2358.0	2658.0	2972.0	3298.0
	y	50.29	69.70	85.01	95.67	107.17	118.57	130.76	14								

## 第五節 管路的排水

一般而言，蒸汽從鍋爐出口，並非 100%的飽和乾蒸汽，而是帶有 5-10%的溼蒸汽，尤其是貫流式鍋爐，含水率更為嚴重，所以要加裝汽水分離器或蒸汽分配槽，以提高蒸汽之輸送品質，再加上管路保溫非絕對保溫，在經濟上考慮，一般均為經濟保溫，所以在輸送中間會產生大量的熱能損失及冷凝水的產生，這些冷凝水若不加以排除即會產生水錘(Water Hammer)現象，相當危險，因此便必須在輸送管每間隔 30-50M 即需設置一個排水點，而排水點之設置亦有其特殊設計，不可隨便，否則花了大把鈔票而沒有得到預期之效果，豈不冤枉，大部分的工程人員均知道要裝置排水點及安裝卻水器，卻因無全盤了解而裝置錯誤，而無任何功能可言，以下我們即來深入討論。

例：10Kg/Cm<sup>2</sup> 壓力 4” 管徑，經濟保溫，查表(2-9)得其起機時冷凝水生成量約為 19.9Kg/30M-Hr，而正常時段冷凝水生成量為 18 Kg/50M-Hr，每隔 30-50M 也確實裝置一排水點，若裝置熱動力式或雙金屬式，則 1/2” 即可將這少量之冷凝水排除，一般工程人員為節約設置成本，即如圖(2-10)裝置，有卻水器、過濾器旁通閥…等保護設備，但常常會發現，卻水器常常故障，且蒸汽品質並未改善

原因如下：

- 一、管內之蒸汽設計流速為 35-40M/S，約 126-140Km/Hr，由牛頓第一運動定律(慣性定律)約莫可以解釋管內之冷凝水非常不易由 1/2” 或 3/4” 管徑之孔口排除
- 二、冷凝水之生成會延管壁生成及流動，雖然水較蒸汽來的得重，但水也不易全由小排水點流出。
- 三、主幹管均使用無縫之鋼管，所以在設置時會留下大量之焊渣、鐵銹…等雜質，由於雜質比重更大於水，所以往往會隨著氣流掉進排水點，造成過濾器堵塞，或卻水器堵塞不能正常工作。

為了解決此三個問題，最好的方法是如圖示(2-11)設置排水點：

- 一、有一同管徑之收集槽較大之收集孔，冷凝水即容易流入，即可順利將問題一、二解決
- 二、雜質、鐵銹、焊渣等也全部流到收集槽內，由於比重較大，積存在槽之底部，若將卻水器之入口裝置在槽之底部，則卻水器必定在短時間內故障、損壞，所以在底部將裝置一排污閥，而卻水器之入口提高離底部 3” 以上，以免雜質進入損壞卻水器，增加卻水器之正常壽命，減少維修次數

由上得知錯誤的安裝方式，不僅浪費大量投資金錢，也達不到所要求之效益，正確之設計安裝是非常重要的



圖(2-10)排水點的設製

保溫蒸汽主管每100公尺每小時的凝結水負載(公斤)  
環境溫度21°C—保溫效率80%

Steam Pressure (bar)	Main Size															-18°C Correction Factor
	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	400 mm	450 mm	500 mm	600 mm		
0.7	9	10	13	16	19	24	30	36	44	48	54	59	86	80	1.580	
2.0	11	13	16	20	24	29	37	46	55	60	69	73	82	128	1.500	
4.0	15	18	21	28	37	42	51	63	75	83	95	103	114	137	1.480	
7.0	18	22	26	32	41	48	60	75	89	98	113	122	136	163	1.410	
12.0	24	28	34	39	49	57	79	99	117	129	147	160	178	212	1.370	
16.0	29	35	43	54	67	80	99	123	147	162	186	202	224	269	1.355	
20.0	31	38	46	57	71	83	105	131	155	170	194	212	237	283	1.340	
28.0	34	41	50	63	78	92	117	145	173	191	217	237	264	317	1.320	
35.0	41	50	59	74	92	110	137	172	204	223	257	279	311	371	1.310	
42.0	45	59	66	83	103	124	155	193	229	252	288	314	350	418	1.300	

蒸汽主管由環境溫度升溫每100公尺所消耗(負載)的蒸汽量(公斤/100公尺)  
環境溫度21°C

Steam Pressure (bar)	Main Size															-18°C Correction Factor
	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	400 mm	450 mm	500 mm	600 mm		
0	9.2	14.4	19.0	27	37	47	71	101	134	159	208	262	308	309	1.50	
0.35	10.0	15.9	20.8	29	40	52	69	112	146	174	227	287	338	470	1.45	
0.70	11.3	17.8	23.4	33	45	58	88	125	165	196	255	322	379	529	1.41	
1.00	12.2	19.5	25.4	36	50	64	96	135	179	212	277	350	412	575	1.39	
2.50	13.4	21.3	27.8	39	53	70	105	148	195	232	303	383	450	627	1.33	
4.00	15.8	25.2	33.0	47	63	82	123	175	233	276	360	454	535	745	1.30	
5.50	17.8	28.0	37.0	52	71	92	138	196	260	308	402	507	598	832	1.28	
7.00	19.3	30.6	40.0	57	77	100	151	214	284	335	438	553	651	906	1.26	
8.50	20.1	31.8	42.0	59	80	104	157	223	293	349	455	574	676	942	1.25	
10.00	20.8	33.1	43.0	62	83	108	162	230	305	361	472	595	700	997	1.24	
12.00	22.6	35.8	47.0	67	90	117	176	250	331	392	513	646	760	1059	1.23	
14.00	24.2	38.2	50.0	71	96	125	189	267	353	418	546	689	811	1130	1.22	
16.00	28.1	45.0	58.0	83	113	146	219	312	412	489	638	805	947	1320	1.21	
20.00	36.0	55.0	74.0	108	150	205	312	463	637	764	981	1228	1503	1700	1.20	
25.00	39.0	59.0	80.0	117	162	222	338	502	692	828	1085	1362	1631	2315	1.19	
30.00	41.5	64.0	85.0	124	173	237	360	534	735	882	1134	1420	1735	2464	1.18	
40.00	44.3	68.0	91.0	132	184	253	385	570	784	940	1210	1514	1852	2627	1.17	

室外溫度-18°C，用所示修正系數乘以上表中各主管口徑的消耗量。

圖(2-9) 蒸汽凝結水的產生量

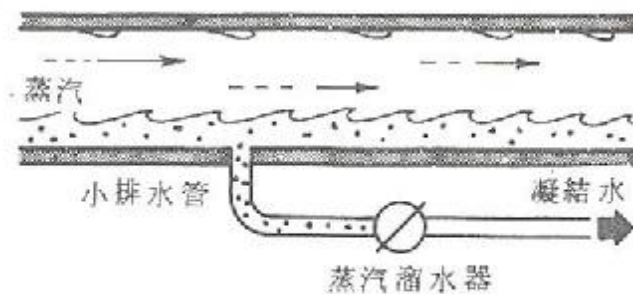


圖 A. 不正確的管路洩水裝置

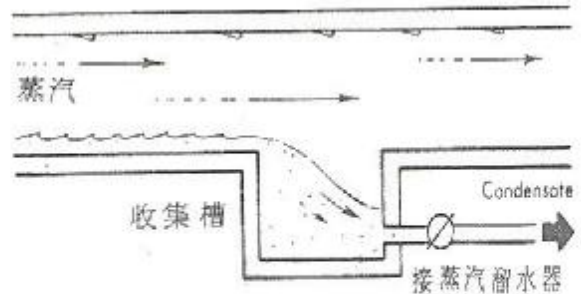


圖 B. 正確的管路洩水裝置



圖(2-11)水平及上昇管線排水點的裝置圖

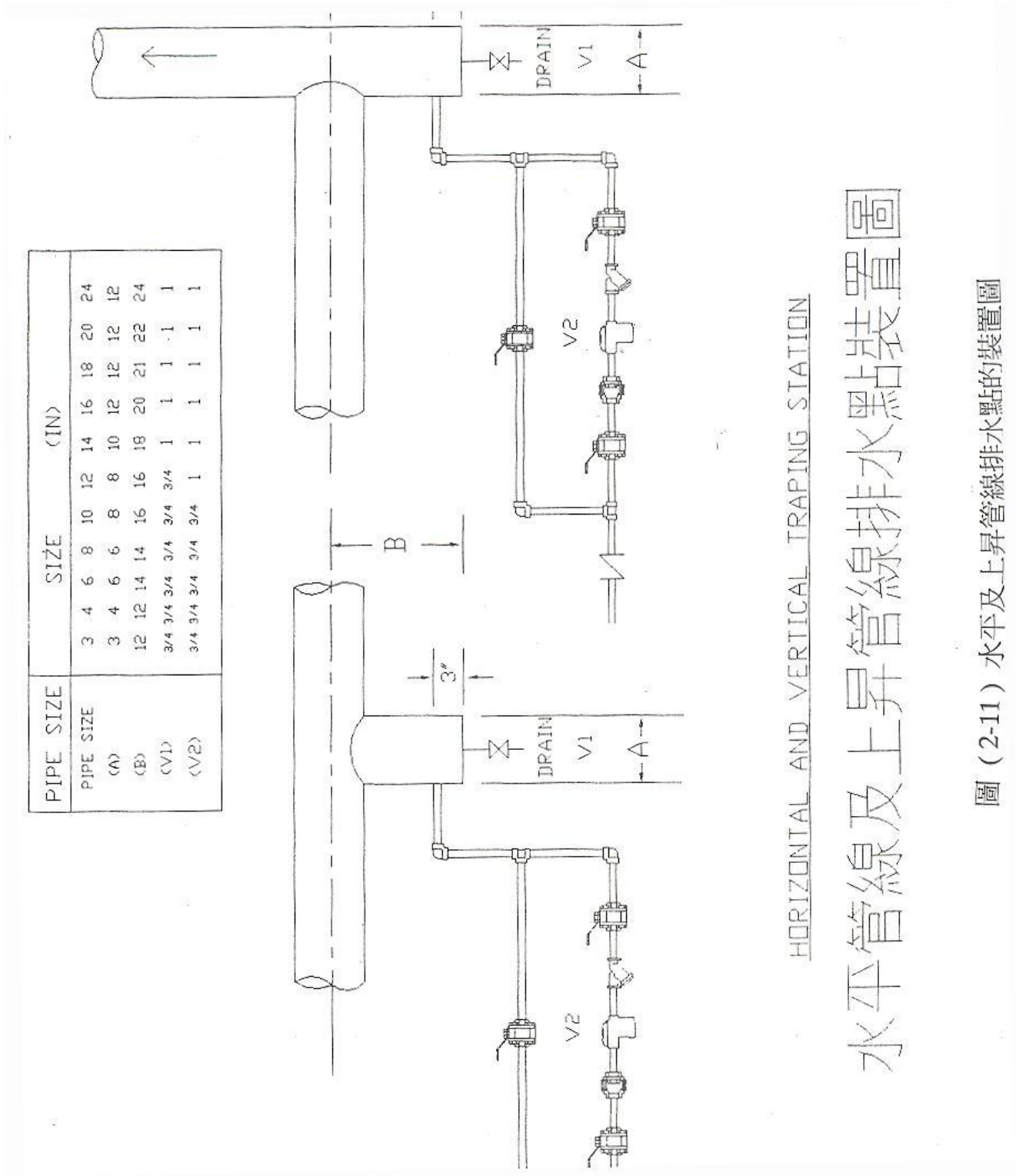


圖 (2-11) 水平及上昇管線排水點的裝置圖

## 第六節 減壓閥的應用與選擇

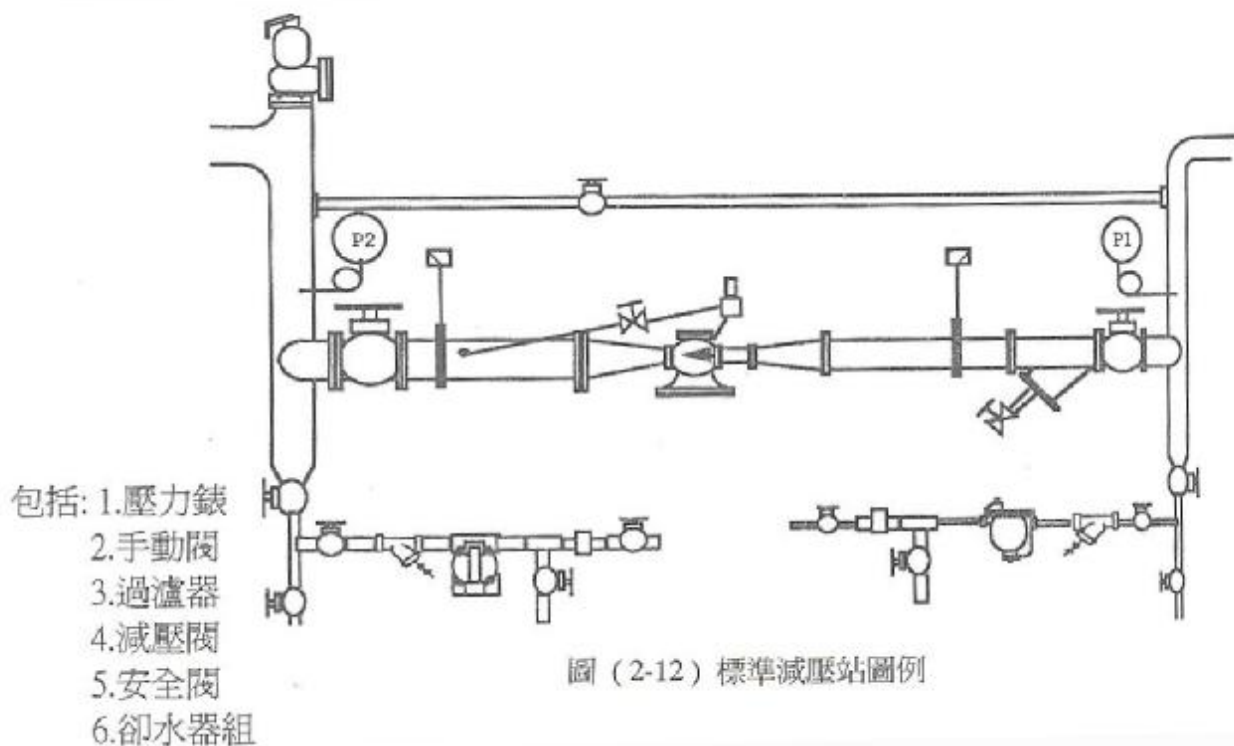
### 一、 為何要減壓

由蒸汽表之特性而來，高壓力輸送低壓力使用，由於設備所承受之設計壓力較低，所需要之溫度較低，漸少蒸汽消耗量…等，必須容易取的較低之蒸汽壓力來應用

### 二、 如何減壓

利用減壓閥、控制閥、截流孔等，減壓閥是一種簡易的機械平衡裝置，以取得穩定的二次測壓力裝置，一般而言減壓閥之 Turndown Rate(可穩定控制的最大與最小流量範圍比率)約在 10-15 比 1 標準減壓站之設置如圖(2-12)

圖(2-12)標準減壓站圖例



圖(2-12)標準減壓站圖例

#### Ø 過濾網(#3)

減壓閥前面必須裝置一只線上型過濾網(Y-Strainer)以保護減壓閥不受到焊渣，鐵鏽…雜質之損壞，利用低廉之過濾裝置，達到減少維修機率是相當值得投資的

#### Ø 安全閥(#5)

高於設定壓力 15PSI 安裝一只安全釋放閥是較佳之設計，但若使用設備之耐壓耐溫均高於減壓閥之一次側則可免安裝

流體若為可壓縮之氣體或蒸汽，則在選擇及配管上會特別注意：

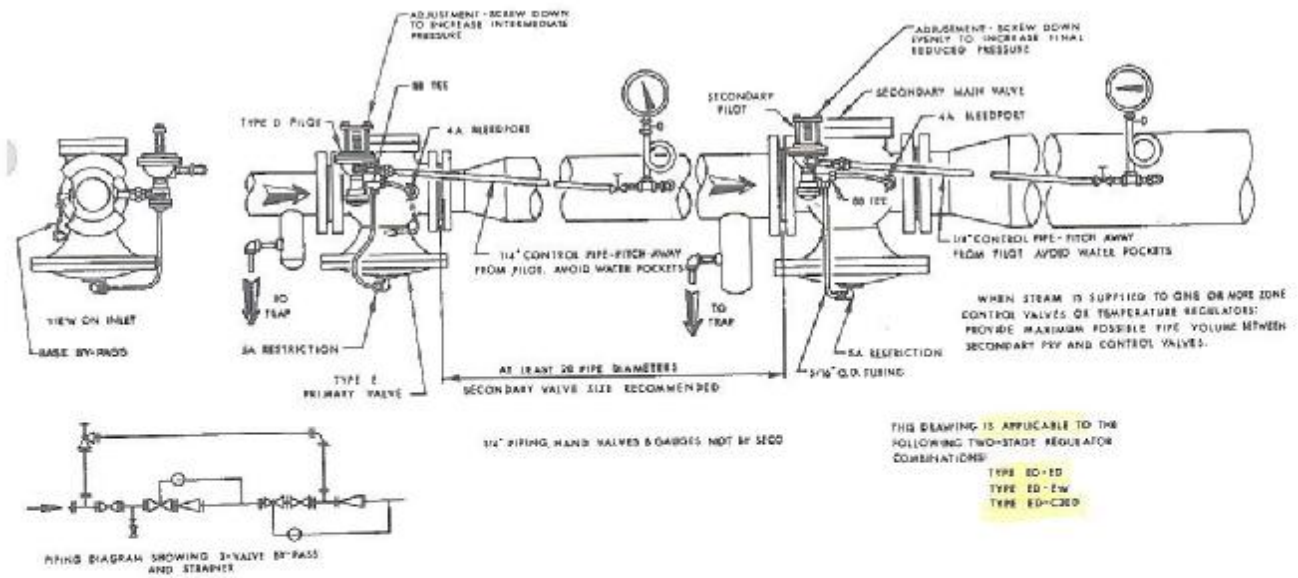
- A. 減壓閥是否要小 1 到 2 號管徑尺寸
- B. 減壓閥出口是否要大 1 到 2 號管徑以免造成管路瓶頸(CHOKE FLOW)

減壓閥之串聯設計(SERIES)圖(2-13)

串聯式減壓站的安裝可提供一個較好靈敏度的控制，及免除高壓降直接通過單一個閥所造成的危險，噪音所產生之共振，穴蝕(CAVITATION)切割...等現象

中間壓力的設定調整取決於通過此兩閥之最大流量，通常第二顆減壓閥會使用較大尺寸以滿足低壓力，體積大之流體特性

圖(2-12)串聯減壓站圖例



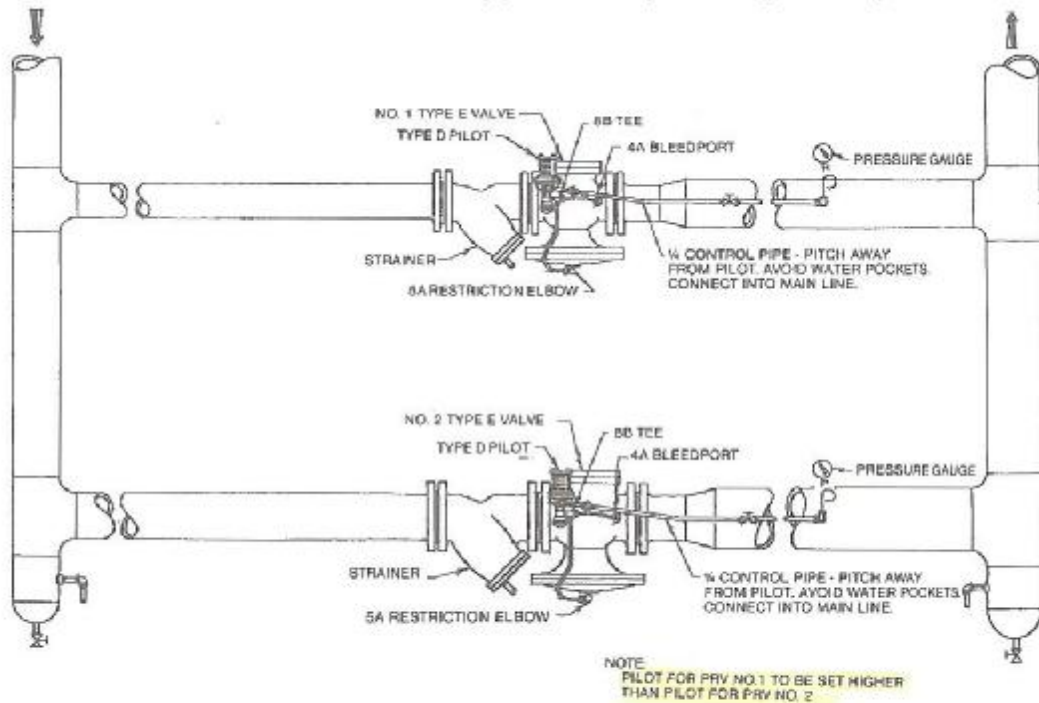
**ADVANTAGES:**

- Less velocity noise.
- Less maintenance costs.
- Safety is increased.

減壓閥之並聯設計(PARALLEL)圖(2-14)

並聯式減壓站的安裝可提供一個較大幅度負載變化的控制，避免低負載時主閥開關頻繁造成如馬達之追逐現象，機件快速損壞

圖(2-12)並聯減壓站圖例



**ADVANTAGES:**

- Better rangeability.
- Accurate control.

假設某飯店或醫院之熱水槽，需要 1000Kg/Hr 之消耗量，但其中一天中 1 點-5 點，9 點 11 點，15 點-17 點之使用量僅有 50Kg/Hr

明顯的我們將以 1000Kg/Hr 篩選一個減壓閥但在 50Kg/Hr 時將會非常非常困難的操作因為在此時對減壓閥閥體來說已經過大了(OVERSIZE)

此時安裝並聯兩個減壓閥是最好的應用，滿足最大及最小需求量，壓力的設定，較小的減壓閥高於大的減壓閥 2 ~ 3 psi，流量分配以大的減壓閥可通過 2/3 的流量，小的減壓閥可通過 1/3 的流量也可以由負載變化特性來決定

**減壓閥的選擇：**

- 一、 減壓閥的選擇與流體種類，溫度、壓力...等均有很大的關係，當流體為氣體或液體時的氣密性變得很重要，所以一般的設計會使用軟性閥座(Soft Seat)以輕易的達成 100%氣密，氣體對閥不會產生切割的現象，要注意再高差壓時的遲滯現象(Choke Flow)及噪音問題，防止管線高頻共振但是液體會有切割及穴蝕(Cavitation)現象必須特別注意(Aanti-Cavitation)防穴蝕設計，在高壓差及高溫時便須特別選擇不同結構之閥座設計，蒸汽系統不能使用軟性閥座因溫度太高，金屬對金屬閥座無法達到零洩漏，所以一般之洩漏標準為 Class IV 而最好可到 Class VI
- 二、 靈敏度：減壓閥精確度愈高愈好，但也需看需求及價格來選擇不同型式之減壓閥
- 三、 最小壓差也必須非常注意，每一品牌之減壓閥其一次側與二次側之最小壓差因其設計而不相同，一般而言嚮導式減壓閥最小壓差 10-20 Psi，但可達到 3 Psi，如附圖(2-15)。直動式減壓閥最小壓差 1 Psi



圖(2-15) SPENCE 嚮導式減壓閥最小壓差比較

SPENCE MAIN VALVE SPECIFICATION TABLE

TYPES	SIZES, BODY MATERIAL* AND FACINGS										OTHER MATERIALS <sup>1</sup>										
	CAST IRON			CAST BRONZE			CAST STEEL				SEATINGS			DISCS			Stem	Main Spring			
	Screwed Ends	Flanged ANSI 125	Flanged ANSI 250	Screwed Ends	Flanged ANSI 150	Flanged ANSI 300	Flanged ANSI 600	Flanged ANSI 800	Steam Service	Water Oil Air or Gas Service	Water Oil Air or Gas Service	Steam Service	Water Oil Air or Gas Service	Water Oil Air or Gas Service							
E	SIZES-INCHES													Stainless Steel	Hycar	316/420	316/420	Hycar	Stainless Steel or 17-4PH	Carbon or Inconel	
	Max. Initial Pressure-psi	250	250	250	300	300	600	600	316/420	316/420	304/420	304/420	304/420								304/420
	Max. Initial Temperature-°F	450	450	450	750	750	750	750	420*	420*	420	420	420								420
	Min. Differential <sup>2</sup> -psi	10/20	10/20	10/20	10/20	10/20	10/20	20	—	—	—	—	—								—
E2	SIZES-INCHES													Hycar	316	304/420	Stainless Steel	Carbon Steel			
	Max. Initial Pressure-psi	15	15	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Max. Initial Temperature-°F	250	250	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Min. Differential <sup>2</sup> -psi	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
E5	SIZES-INCHES													Hycar	316/420	304/420	Stainless Steel	Carbon Steel			
	Max. Initial Pressure-psi	250	125	250	300	150	300	—	—	—	—	—	—						—		
	Max. Initial Temperature-°F	450	450	450	600	600	600	—	—	—	—	—	—						—		
	Min. Differential <sup>2</sup> -psi	5	5	5	5	5	5	—	—	—	—	—	—						—		
E6	SIZES-INCHES													Hycar	316/420	—	Stainless Steel	Carbon Steel			
	Max. Initial Pressure-psi	250	125	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Max. Initial Temperature-°F	200	200	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Min. Differential <sup>2</sup> -psi	10	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
C20	SIZES-INCHES													Stainless Steel	303/304	303/304	Stainless Steel or 17-4PH	Carbon or Inconel			
	Max. Initial Pressure-psi	250	125	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Max. Initial Temperature-°F	450	450	450	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Min. Differential <sup>2</sup> -psi	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
C34	SIZES-INCHES													Hycar	303/304	—	Stainless Steel	Carbon Steel			
	Max. Initial Pressure-psi	200	165	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Max. Initial Temperature-°F	200	200	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		
	Min. Differential <sup>2</sup> -psi	10	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—						—		

\* Main Valves for corrosive fluids or costly gases require special materials.  
<sup>1</sup> Bronze body and blind flange only.  
<sup>2</sup> Inconel springs are furnished for service pressures exceeding 400 psi and/or temperatures exceeding 600°F.  
<sup>3</sup> Standard spring requires 20- minimum differential. Optional spring for 10# minimum differential.

圖(2-16) SPENCE 蒸汽減壓閥 E 全流量流量表

減壓閥尺寸的選擇，可利用查表或公式計算CV值  
查表法：(如附圖 2-16,2-17)

**RATED STEAM CAPACITY TABLE  
TYPE E MAIN VALVE—FULL PORT**

Pounds of Saturated Steam Per Hour

PRESSURE-psig		VALVE SIZE														
INLET	REDUCED	3/8" 1.5	1/2" 2.8	3/4" 5.4	1" 8.8	1 1/4" 14.1	1 1/2" 19.8	2" 31	2 1/2" 44	3" 74	4" 109	5" 169	6" 248	8" 444	10" 706	12" 1113
20	5-0	90	165	370	520	835	1175	1840	2610	4390	6470	10030	14715	25345	41890	66040
25	10 5-0	100 100	185 190	350 365	575 595	920 955	1290 1345	2025 2105	2870 2985	4830 5025	7115 7400	11030 11475	16185 16835	28980 30140	46080 47930	72645 78580
30	15 10-0	105 115	195 215	380 415	615 675	990 1080	1390 1515	2175 2370	3085 3365	5190 5655	7645 8330	11855 12925	17400 18955	31150 33940	49530 53965	78080 85075
40	25 20 15-0	120 135 140	220 250 260	425 480 505	695 780 825	1115 1250 1320	1565 1760 1850	2450 2755 2900	3475 3905 4115	5890 6570 6920	8615 9680 10195	13355 15005 15805	19600 22020 23195	35085 39425 41530	55790 62690 66035	87950 98830 104105
50	35 30 25 20-0	130 150 160 165	245 275 300 310	470 530 580 600	765 865 945 975	1225 1385 1515 1560	1720 1945 2125 2190	2695 3045 3325 3430	3830 4320 4720 4870	6435 7270 7940 8185	9480 10705 11695 12080	14700 16600 18130 18700	21575 24360 26605 27440	38625 43615 47835 49125	61415 69350 75745 78110	96820 109330 119410 123140
60	45 40 35 30-0	140 160 175 190	265 300 330 350	510 575 630 680	830 940 1030 1105	1330 1505 1650 1770	1865 2115 2320 2490	2925 3310 3630 3895	4150 4700 5155 5530	6975 7905 8665 9300	10280 11845 12765 13700	15935 18055 19790 21240	23385 26495 29045 31170	41885 47435 51995 55805	66570 75425 82680 88735	104945 118905 130345 139885
75	55 50 45 40-0	180 195 210 225	330 365 395 420	640 705 760 805	1045 1150 1235 1315	1670 1840 1980 2105	2350 2685 2785 2955	3675 4045 4360 4630	5215 5740 6185 6570	8775 9655 10405 11050	12925 14220 15325 16275	20040 22050 23760 25230	29405 32355 34865 37025	52645 57930 62420 66265	83710 92110 99255 105400	131970 146215 156475 166180
100	75 60 50-0	225 275 295	420 510 560	810 985 1060	1320 1610 1725	2115 2575 2765	2970 3620 3885	4655 5685 6080	6605 8045 8630	11110 13525 14515	16365 19925 21380	26370 30890 33145	37230 45330 48640	66650 81155 87065	105985 129045 138475	167080 203440 218300
125	100 75 65-0	250 335 360	470 630 670	905 1215 1290	1475 1980 2100	2360 3170 3370	3315 4455 4730	5190 6970 7405	7370 9895 10510	12395 16645 17680	18255 24515 26040	28305 38010 40370	41535 55775 59245	74360 99860 106065	118235 158785 168655	186400 250320 265880
150	125 100 80-0	275 370 425	515 695 790	990 1340 1520	1610 2185 2480	2585 3500 3970	3625 4915 5575	5680 7695 8730	8060 10920 12390	13555 18370 20840	19970 27055 30700	30960 41945 47595	45430 61555 68845	81340 110205 125045	129335 175235 198835	203895 276255 313460
175	150 125 100 95-0	296 405 475 485	555 785 890 910	1065 1455 1715 1750	1740 2370 2790 2855	2785 3800 4475 4575	3915 5335 6285 6425	6130 8355 9835 10555	8695 11860 13960 14275	14625 19945 23460 24005	21545 29375 34585 35360	33405 45545 53625 54820	49020 66835 78690 80450	87765 119660 140860 144030	139555 190270 224015 229015	220005 299960 353155 381045
200	150 125 110-0	435 515 550	810 960 1030	1560 1850 1980	2545 3015 3230	4080 4825 5175	6725 6780 7265	8965 10615 11380	12725 15065 16150	21405 25335 27160	31525 37320 40005	48880 57860 62025	71730 84910 91020	128420 152015 162960	204200 241715 259120	321920 381060 408500
225	175 150 125-0	460 550 615	860 1025 1145	1660 1975 2210	2710 3220 3600	4340 5155 5765	6095 7240 8100	8540 11335 12680	13540 16090 18000	22770 27065 30270	33840 39865 44585	52000 61810 69130	76310 90700 101440	136620 162380 181815	217240 258200 288785	342475 407065 455265
250	200 175 150 140-0	490 580 655 675	910 1085 1220 1265	1755 2095 2350 2435	2860 3410 3830 3970	4585 5495 6135 6360	6440 7675 8615 8930	10080 12020 13490 13985	14305 17060 19145 19845	24060 28690 32200 33380	35440 42255 47435 49165	54945 65515 73540 76230	80630 96145 107920 111660	144355 172130 193210 200270	229540 273700 307225 318445	361865 431485 484355 502205

Based on 10% (2 psi minimum) accuracy of regulation.  
\* 75% and 50% reduced trim (Parabolic) is available 1/2" to 12" size only.

圖(2-16) 蒸汽減壓閥 E 流量表



FORMULA KEY

D = DEGREE SUPERHEAT (°F) - TOTAL STEAM TEMPERATURE - SATURATED STEAM TEMPERATURE	C <sub>v</sub> = VALVE COEFFICIENT	W = FLOW, #/HR. (SATURATED STEAM)
v̄ = SPECIFIC VOLUME Ft <sup>3</sup> /#	S = SPECIFIC GRAVITY	ΔP = PRESSURE DROP, PSI
Q = SCFH	EDR = EQUIVALENT DIRECT RADIATION (SQ. FT.)	P <sub>1</sub> = INLET PRESSURE, PSIA (PSI + 14.7)
T = ABSOLUTE T(T + 460)°R		P <sub>2</sub> = REDUCED PRESSURE, PSIA (PSI + 14.7)
V = VELOCITY FPM. or FPS.		W <sub>s</sub> = FLOW, #/HR. SUPERHEATED STEAM
A = AREA OF PIPE IN (INCHES) <sup>2</sup>		

To avoid interpolation or solve problems beyond the scope of the table, valve sizes may be determined by calculation as follows:

STEAM: RET. P<sub>2</sub> ≥ 0.58P<sub>1</sub>  $C_v = \frac{W}{2.1 \sqrt{\Delta P} (P_1 + P_2)}$   
 CRIT. P<sub>2</sub> < 0.58P<sub>1</sub>  $C_v = \frac{W}{1.71 P_1}$

W = W<sub>s</sub>(1 + .0007D)

VFPM =  $2.4 \frac{W\bar{v}}{A}$

LIQUIDS:

$C_v = \frac{GPM}{\sqrt{\frac{\Delta P}{S}}}$

GAS:

$C_v = \frac{Q}{963} \sqrt{\frac{ST}{\Delta P(P_1 + P_2)}}$

LOADS:

WATER	W = $\frac{GPM}{2} \times \text{TEMP. RISE} - ^\circ F$
FUEL OIL	W = $\frac{GPM}{4} \times \text{TEMP. RISE} - ^\circ F$
AIR	W = $\frac{CFM}{900} \times \text{TEMP. RISE} - ^\circ F$
RADIATION	W = $\frac{F^2 \text{EDR}}{4}$
ABSORPTION	W = 16-20 #/HR. /TON-HR.
STM.ATOM.	W = 0.1 #/HR. /#OIL

ΔP Nominal	K Factor
3	0.635
4	0.785
5	0.855
6	0.895
7	0.915
8	0.928
9	0.935
10	0.937
11	0.938
12	0.940
15	0.940

TYPE E2 MAIN VALVE ONLY

Used at such low pressure drops, a 1 psi deviation of reduced pressure at rated capacity is a significant portion of the total drop. It must be accounted for in calculations dealing with a retarded flow condition.

Also, because E2 valve opening, for 1 psi accuracy of regulation, varies with the pressure drop, a regulation factor K is inserted in the formula

$$C_v = \frac{W}{2.1 K \sqrt{\Delta P' (P_1 + P_2)}}$$

Where K = Factor from accompanying table

C<sub>v</sub> = Valve coefficient

W = Flow, #/Hr. (saturated steam)

ΔP' = ΔP nominal plus 1 psi

P<sub>1</sub> = Inlet pressure, psia (psi + 14.7)

P<sub>2</sub> = Reduced pressure, psia (psi + 14.7)

P<sub>2</sub>' = P<sub>2</sub> nominal (set point value) minus 1 psi

ΔP = Pressure drop, psi

NOTE: When computing W for safety valve sizing, use K = 1.0

PIPE FLOW FORMULAS

W = Steam Flow, lb per hr

V = Pipe Velocity, FPM

F = Pipe Area Factor (see Table of Pipe Factors)

B = Specific Volume, cu ft per lb

G = Water Flow, GPM

Q = Air Flow, CFM free air

P = Absolute Pressure, psi (gage pressure plus 14.7)

T = Absolute Temperature (°F plus 460)

STEAM

AIR and GASES

W =  $\frac{.0433 \times V \times F}{B}$  lb per hour      Q =  $\frac{.0259 \times V \times F \times P}{T}$  CFM free air (or gas)

WATER and LIQUIDS

G = .0054 x V x F GPM

PIPE FACTORS FOR STANDARD (SCHEDULE 40) PIPE

SIZE	FACTOR	SIZE	FACTOR
1/8	.55	3-1/2	95
1/4	1.0	4	122
3/8	1.8	5	192
1/2	2.9	6	278
3/4	5.1	8	481
1	8.3	10	758
1-1/4	14	12	1076
1-1/2	20	14	1301
2	32	16	1699
2-1/2	46	18	2151
3	71	20	2673

圖(2-18)計算 CV 值公式參考圖

CV 值的定義：簡單而言即如液體之計算公式  $CV = GPM / \sqrt{\Delta P}$   
 即當一閘口在壓差 1 PSI 時每分鐘流過 1 加侖 (GPM) 的水，即稱 1CV

計算公式較查表法準確，但需要較多時間來計算，現在均利用電腦來幫忙完成此項工作(翰寧公司可提供計算軟體)  
 計算數據結果參考，蒸汽、水、空氣如圖(2-19, 2-20, 2-21)

參考如附計算書以蒸汽系統為例，流量 1000JG/HR 蒸汽壓力 7KG/CM2 降到 2KG/CM2 計算實際需求 CV 值為 11.22 則使用 E Valve 尺寸 1 1/2” 全流量型之 CV 值為 19.8 閘入口流速為 10061FPM(50.8M/S)閘出口流速為 25231 FPM (127.4M/S)二次側管徑為 2” 噪音為 89.7Db

安全閘之壓力設定值為 34.2PSI 為減壓閘設定值再加 20%而其噴出量以選擇減壓閘之 CV 值的流量為準以 19.8CV 值之流量 3883LB/HR 為選擇流量

```

=====
# APPLICATION [S] Steam Regulator Sizing ----- 04/13/98 09:44:16
#
# Project PCV-101 SPENCE
# Location 100 PSI (7 KG/CM2) TO 28.5 PSI (2 KG/CM2) REGULATORS
# Tag Numb FLOW RATE : 2200 LB/HR ( 1000 KG/HR ) CONTROLS
# 2.00
=====
# Required Steam Flow.....lbs/hr 2200
# Inlet Pressure.....psig 100
# Reduced Pressure.....psig 28.5
# Relief Valve Set Pressure...psig 34.2
# Degrees Superheat.....°F .0
# Steam Temperature.....°F 338.0
#
=====
# Title: USER DEFINED Required :Cv= 11.22 STANDARD VALVE
# 1-1/2" Spence E (FULL :Cv= 19.80) @ 57% capacity P2/P1=.377
#
# Valve Inlet = 10061 (FPM) Valve Outlet = 25231 (FPM) P2= 28.5 (PSIG)
# Delivery Line is 2" SCH 40 pipe with velocity = 15308 (FPM)
# Estimated Noise (dBA) = 89.2 Safety Valve Relief Pressure = 34.2 (PSIG)
# Safety Relief Valve for Steam Regulator only 3883 (LBS/HR) minimum
=====
    
```

圖(2-19) 蒸汽減壓閘之 CV 值篩選



B-12-1998

14:13:54

Jordan Valve, Member of the  
Valve Group of Richards Industries

----- JVCV.EXE version 3.01 -----

Serial/Tag Number	PCV-103
Valve Type	Globe Style
Calculation	Cv Sizing
Application	Gas
Is gas air @ 40-100 deg F?	Yes
Flow Rate (Std meters/hr)	1900
Valve Size (NPS inches)	2.00
Upstream Pipe Size	2.00
Downstream Pipe Size	2.00
Inlet Pressure (kg/sqr cm)	7.0
Outlet Pressure (kg/sqr cm)	3.0

Cv = 18

Serial/Tag Number	PCV-102
Valve Type	Globe Style
Calculation	Cv Sizing
Application	Liquid
Is liquid water @ 40-100 deg F?	Yes
Flow Rate (cubic meters/hr)	50
Valve Size (NPS inches)	2.00
Upstream Pipe Size	2.00
Downstream Pipe Size	2.00
Inlet Pressure (kg/sqr cm)	7.0
Outlet Pressure (kg/sqr cm)	4.0

Cv = 34

-----  
The Cv calculated is the actual Cv required. When sizing  
for the following valve types, the figure should be divided by:

PRV	(Pressure Regulator)	.7
BPRV	(Back Pressure Regulator)	.5
PPRV/PBPRV	(Piloted PRV/BPRV)	.9
TCV	(Temperature Regulator)	.9
DCV/MOV	(Diaphragm or Motor Operated Control Valve)	.9

-----

圖(2-20, 2-21) 氣體及液體減壓閥之 CV 值篩選

每一個減壓閥一定有一對應之 CV 值如圖(2-22)但我們每一製程有不同的流量，所以在選擇計算時均以最小之入口壓力，最高之出口壓力，最大之流量，最高溫之溫度做為計算基準，所

以往往計算出來之 CV 值已較實際正常之 CV 值大 2 倍以上，而製造減壓閥廠商會建議使用者計算出來之 CV 值再加 10-30% 之裕度以符合閥之應用篩選，因為製造商希望減壓閥的開度保持在 50-70% 之間，閥桿與閥座間距夠大，小尺寸雜質不易卡再閥座上，則閥座不易損壞，閥盤與閥座不會開關硬碰硬均可延長閥之壽命，再加上寬裕度 30% 時，真正選擇的閥又不可能剛好與加上 30% 之計算值相同，則此真正選擇的減壓閥的 CV 值可能已經大於最大需求量的 2-3 倍以上，為最小需求流量之 5-10 倍所以減壓閥之尺寸必須經嚴格的篩選不可隨便，一般而言氣體與蒸汽減壓閥小於管徑 1-2 號為正常，尤以蒸汽及氣體系統為最，液體系統，同管徑即可。

Valve Size	Cv Data									
	E						E5, E6		E2	C20
	50%N	75%N	N	50%F	75%F	F	N	F		
3/8			.65			1.5				
1/2			1.5	1.4	2.1	2.8				
3/4			4.8	2.7	4.0	5.4	5.7	7.6	7.6	
1			7.5	4.4	6.6	8.8	10	11.7	11.7	7.5
1 1/4			10.4	7.0	10.6	14.1	13.4	18.9	18.9	14
1 1/2			14.6	9.9	14.8	19.8	19.8	27.4	27.4	20
2			17.6	15.5	23.3	31	25	43	44	30
2 1/2	12	18	24	22	33	44	35	67	68	47
3	22	33	43	37	56	74	59	95	96	69
4	39	59	78	55	82	109	120	159	143	115
5	58	87	115	85	127	169	176	258	202	186
6	76	114	151	124	186	248	228	350	255	250
8	125	187	249	222	333	444	366	665	465	436
10	189	283	377	353	530	706	525	1018	748	700
12	316	474	631	557	835	1113	952	1611	1118	1083

**75% AND 50% REDUCED TRIM (Parabolic)**

The Parabolic Discs given in the above table are designed to:

- a) **Improve performance** at minimum flows by improving stability over wide flow ranges.
- b) **Provide easy field conversion** to obtain a substantial increase or decrease in regulator Cv to meet system load requirements.
- c) **Facilitate selection** of smaller size safety relief valves.
- d) **Size more precisely** to the required Cv, thereby eliminating one of the most frequent causes of poor performance.

(2-22)閥的 CV 值

## JORDAN 自力式壓力 / 溫度調節閥簡介

### 一、 JORDAN 閥特點：

採用獨特的閥芯設計---滑板式閥芯，通過全通道直線型流量調節具有以下特點：

1. 調節精確，反應時間短，使用大面積控制膜片，再加上採用滑板式閥蕊使得膜片行程短，反應快，彈簧彈性係數小
2. 流體直線型通過型，且全流量調節，使得流體擾動小，噪音小
3. 閥蕊可互換：閥蕊互換性強，同一口徑閥體，可互換改變 CV 值，達到不同的調節特性和流量
4. 氣密性能好，由於壓力垂直作用於閥面，使得動-靜片間始終處於磨合狀態而不是一般球型或針型的磨損狀態，因而閥壽命長
5. 閥桿壽命長，閥桿不受軸向的壓力，開關省力
6. 正反作用方式減壓背壓現場互換性強，部份尺寸，只需將閥蕊調頭即可

### 二、 自力式壓力調節閥工作原理：

自力式壓力調節閥是膜片上方小室內的彈簧對閥的出口/入口的壓力進行設定，當出口/入口的壓力高於設定時，壓差會迫使膜片帶動閥桿，動片上升，關閉或打開閥門，從而降低出口/入口壓力；當出口/入口的壓力小於設定壓力時，彈簧將壓下閥桿和動片，開大或閉合閥口，調整介質的流量，進而增大出口/入口壓力

### 三、 自力式溫度調節閥工作原理：

正作用型溫度調節閥由於彈簧力的作用而處於常開狀態，溫度的上升使溫度感測器內液體氣化，從而強迫剩餘的液體通過導管施壓於片上部，這個壓力使得彈簧被壓縮並壓下閥桿，進而將閥關閉

反作用型溫度調節閥正好與上述相反，而正作用型與反作用型只是閥蕊的安裝位置相反而已，在需要的時候，只需將閥蕊調頭即可

### 技術參數：

1. 尺寸：從 1/4" 到 6"
2. 接方式：NPT 或 BSP 螺紋連接，由任(UNION)連接，法蘭(FLANGE)連接
3. 材料：閥體——球狀石墨鑄鐵(DUCTILE IRON)  
砲金銅(BRONZE)  
碳鋼(CARBON STEEL)  
不鏽鋼(STAINLESS STEEL A351 CF8M)  
閥蕊——303SS、316SS、噴塗陶瓷材料(JORDANIC)，滲碳處理的鎳基合金(JORDANITE)，表襯鐵氟龍(TFE COATED)  
膜片——316SS、天然橡膠(NBR)、VITON、JORLON ( PTFE)
4. 流體介質：蒸汽、油、水、化學品、氣體
5. 密封等級：ANSI CLASS IV

6. 過熱保護：超過可控制溫度範圍 100°F
7. 熱敏系統：可達+ / - 1 °F
8. 可選項：DB—雙倍螺栓(入口壓力超 300PSI 以上使用)  
HP—高壓彈簧室(設定高壓力彈簧範圍)  
H —手輪  
GP—食品加工或粘稠介質應用  
EA—其它合金材料  
CR—深冷應用 (RYOGENIC) 超低溫用