

水路系統 測試、調整、平衡

周龍賓 機械技師

撰寫／報告

Taiwan  *Flux Technologies, Inc.*

臺灣熱流科技股份有限公司

提供

水路系統測試、調整、平衡的問答

Questions & Answers about TAB of Hydronic System

周龍賓 撰寫

1 Q：何謂 TAB？

A：TAB 是英文 Testing , Adjusting & Balancing 三個字的縮寫，是測試、調整、平衡的意思。各種系統都必須做好 TAB 工作，系統才能順利運轉。我們在這裡要聊的只是「水路系統的測試、調整、平衡」，也就是 TAB of Hydronic Systems。

2 Q：水路系統要做好 TAB 工作，有那些必要的條件？

A：嚴格而言，只需要在您想調整流量(率)的器具之出水管(或入水管)上裝設一只「可用以調節流量的閥」即可進行 TAB 工作。但若是要把 TAB 工作「做好」，就非要裝設「平衡閥」不可了，而且需要好的平衡閥。

3 Q：「平衡閥」有好/壞之別嗎？怎樣叫做「好」？

A：當然有。如圖(1)所示，好的平衡閥「應該」具備下述 6 大要素，即

- 1) 球形閥(Globe Valve)的基本型式—從全開至全關，手輪至少要旋轉好幾轉，例如 4 轉或 6 轉，愈多愈好。才可以精確調整流量。
- 2) 關斷止水功能—裝設在器具的出水管上，可取代出水關斷閥。
- 3) 最大開度可調整/設定—將平衡閥「流量正確的平衡狀態」之開度設定為最大開度，便於使用關斷功能後，開啟至原來平衡狀態的開度。
- 4) 閥開度顯示功能—可輕易讀取閥開度，用於量測流量。
- 5) 量測功能—可量測流量、溫度、壓力(差)，用於調整或診斷系統問題。
- 6) 上述各種物理量可有「專用」的量測儀器，便於「快速量測」。也可以使用「通用」的量測儀錶，量測這些物理量

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

4 Q：何謂「設計流量」？

A：某器具需求的流量(率)即是。例如：某空調箱回風狀態 24DB/60RH 時，製冷能力 10 RT，需求冰水流量 $Q = 24 \text{ GPM @ 溫度差 } \Delta T = 10^\circ \text{F}$ ，該空調箱之「設計流量」即為 24 GPM。

A

A

5 Q：何謂「實際流量」？

A：水路系統運轉時，實際測量流經某器具的水流量率即是。例如：流經前述空調箱之冰水流量率實測為 18 GPM，其「實際流量」即為 18 GPM。

B

B

6 Q：何謂「供水率」？

A：定義：供水率 $\phi = \frac{\text{實際流量}}{\text{設計流量}}$
 例如：前述空調箱之冰水供水率為 $\phi = \frac{18}{24} = 0.75$

C

C

7 Q：何謂「不平衡狀態」？

A：水路系統中，若每台器具的供水率不盡相同，即為不平衡狀態。
 例如圖(2)所示的系統狀態。

D

D

8 Q：何謂「平衡狀態」？

A：水路系統中，若每台器具的供水率都相同，即為「平衡狀態」。
 例如：圖(3)是「流量正確」的平衡狀態。因為每台器具供水率都相同，且等於 1.0；意謂「實際流量」恰等於「設計流量」。

E

E

圖(4)是「流量過大」的平衡狀態。因為每台器具供水率都相同，且大於 1.0；意謂「實際流量」大於「設計流量」。

F

F

圖(5)是「流量不足」的平衡狀態。因為每台器具供水率都相同，且小於 1.0；意謂「實際流量」小於「設計流量」。

9 Q：流量過大有啥好／壞處？

- A：1) 流經冰水機的冷卻水流量過大有助於冰水機效率之提高，參考表(1)。
- 2) 流經空調箱的冰水／溫水流量過大無助於增加空調箱製冷／製熱能力。參考圖(6)與圖(7)。
- 3) 空調箱冷卻／加熱低載時，其溫度控制閥必須關至更小開度，可能導致該控制閥噪音、振動、沖蝕，易致故障。低載時，溫度控制的變量(Variation)也較大。
- 4) 在低載時，控制閥承受高壓力差，其作動器(Actuator)之作動力需較大，價格較高。
- 5) 流量過大導致泵多耗電。

A

A

B

B

C

C

10 Q：流量不足有啥好／壞處？

- A：1) 二次泵運轉耗電少。
- 2) 一次冰水泵運轉耗電少。
- 假設冰水機溫度不變，降低冰水流量可減少一次泵耗電，冰水機之效率幾乎不變，或微升。
- 3) 在低載時，控制閥承受較低壓力差，作動器可較小，價格較低。
- 4) 空調箱冷卻／加熱低載時，其溫度控制的變量(Varitation)較小。
- 5) 一般空調箱之冰／溫水滿載流量若略為不足，其滿載製冷／熱能力僅稍降而已，沒啥壞處。參考圖(6)與圖(7)即可知若供水率從 1.0(100%) 降至 0.7(70%)，製冷能力只是從 100% 降至 90% 而已；製熱能力則僅降至 92% 而已。供水率低到 0.6 以下時，製冷／熱的能力才有顯著的不足。
- 6) 若冰水機之負載不變而且流入冰水機冷凝器之冷卻水溫度也不變，則冷卻水流量降低，冰水機之效率也降低。請參考表(1)。

D

D

E

E

F

F

A

A

11 Q：若水路系統不裝平衡閥，各器具的流量一定不會平衡嗎？為何？

A：沒裝設平衡閥的系統各器具的流量一定不會平衡的。原因如下述。

- 1)各器具內置的冷卻或加熱盤管(Pipe Coil)的壓降不盡相同。
- 2)輸送冰水或熱水的主幹管、支幹管、支管都有壓降，以致各器具的出／入水口的壓力差都不盡相同。

B

B

12 Q：水路系統裝設平衡閥後，各器具的流量就可以平衡了嗎？

A：如果每台器具的出水管上都裝了平衡閥，就一定可以調整，使流量平衡。

C

C

13 Q：流量平衡調整的方法有哪些？

A：有兩個基本方法，即「比例法」與「補償法」。但事實上國內工程界對於平衡閥裝設位置與數量經常有許多不同主張，以致於經常無法用單一方法完成全系統的流量平衡。常常要根據水路系統的流體力學理論，配合現場的狀況而「隨機應變」。事實上也沒有必要拘泥於單一方法。

D

D

14 Q：系統平衡調整工作很困難嗎？很費時費力嗎？

A：我們有非常豐富的平衡調整經驗，才有資格在此說句中肯的話——的確很費時費力。但是，所費之時間與精力絕大多數並非用於流量平衡調整工作，而是用於「排除各種問題」。很遺憾的是：這些問題多如牛毛。試列述如下，以滿足讀者的好奇心。

E

E

- 1)管內的水太髒。說髒到像墨汁，一點也不誇張。因為水髒，導致許多平衡閥的流道被堵住，量測口內堵塞了……。因為水髒，泵入水過濾器(Strainer)的網也堵了，導致系統流量嚴重不足……等，諸多問題。再說一遍：問題層出不窮，真是多如牛毛。

F

F

- 2)各器具的溫度控制閥無法配合作動。要調某一個 Branch 時，至少該 Branch 內每台器具之控制閥都必須「保持全開」，而且要「停止作動」。

有些業者竟然辦不到這件事。也有宣稱辦到了，我們才開始調整；但作業中卻發生一些奇奇怪怪的現象。我們查查查……，最後才發現問題出在控制閥還在正常作動，一會兒開大，一會兒關小。令人氣結，徒呼負負。也常遇到業者聲稱已令控制閥全開了，我們才開始量測調整。卻發現某幾台器具流量特別少，例如：供水率只有 0.5 或 0.4。我們只好又查查查……。終於查出那幾台的控制閥是關著的。開玩笑嗎？這問題又延伸出兩個問題。

第 1，既然已下令控制閥要全開，為何沒開？

第 2，既然是全關，為何還有那麼大的流量？

為了證明給業者看，我們只好再查查查……，才發現控制訊號線的確已配入該控制閥的接線盒，卻沒接上訊號端子。時間與精力用去幫助業者弄懂了該控制閥關斷時只能承受 0.8 bar(甚至更低)以下的壓力差，當然抵擋不住供／回水管內高達 2.3 bar(甚至更高)的壓力差，以致於閥盤被推開，大量漏流。凡此種種，真不勝枚舉。我們的時間與精力就這樣耗掉了。

3) 系統配管錯誤或疏失

量測調整作業中發現一些奇奇怪怪的現象，無法以常理——流體力學理論——論之，我們只好再查查查……。終於又幫業者找出配管錯誤或疏失的地方。只好回旅店休息一天或兩天，等業者改管完工後，選個吉日良辰再回工地繼續量測調整……。

4) 平衡閥安裝位置造成量測調整作業的困難，導致作業耗時費力。

總之，每完成一個大系統流量平衡調整工作，我們團隊的隊員幾乎人人虛脫了。但是，辛苦終究是有代價的。我們的技術也是這樣磨練出來的。原本是寫在書本上的各種理論，也因為這工作必須使用這些理論反覆分析、思考、推理而得到反覆的印證，終於落實、精進、完整了。

15 Q：何謂「比例法」？

A：「比例法」就是先把每只平衡閥都調整到相同的「供水率」，再把全體相同的供水率調整至 0.8~1.0 範圍。也就是先把每台器具的流量調到「平衡狀態」，再把全體器具的流量調到「流量正確」。

A

A

16 Q：請舉例詳細解說「比例法」流量平衡調整作業細節。

A：請看圖(2)之水路。假設未調整前各平衡閥都是全開的，流量狀態如表中所示。比例法之作業程序如下述。

B

B

1) 選出供水率最低的器具，將其平衡閥保持全開。將此平衡閥定為「參考閥」，並在此架設「微電腦多功能量測儀」，隨時可讀出該閥流量。例如圖(2)中之 BCV-C。

C

C

2) 其他平衡閥的供水率都大於「參考閥」，故都應再關小節流。可任選一只平衡閥開始調整作業，例如 BCV-A。將該閥關小些，測量其流量，換算成供水率，與「參考閥」供水率比較。此時參考閥的供水率應已略為上升，應該以此時的供水率做為比較的基準。如果該閥的供水率仍高於參考閥的供水率，還要再關一些。把該閥再關一些，其供水率又降一點，參考閥的供水率可能又升一些。總之，要把該閥的供水率調整到等於參考閥的供水率；才算是完成該閥的平衡調整。

D

D

3) 以相同步驟再調整其他平衡閥，例如 BCV-B。未調整前，BCV-B 的供水率也一定比原來的供水率高了許多，當然更是要節流。把 BCV-B 關小，使其供水率降低；此時參考閥的供水率也必定又上升了些。前步驟原已調妥的 BCV-A 的供水率當然也跟著上升，而且必定會與參考閥的供水率上升相同的比例——這就是「比例法」所根據的基礎理論。也就是說，BCV-A 調整過後的供水率隨時都等於參考閥的供水率。

E

E

4) 如果全部調整後，每台器具的供水率都相同了，這供水率可能大於 1.0，也可能小於 1.0。

F

F

5) 若供水率大於 1.0，建議業者千萬不要接受。這種平衡狀態一點好處也

A

A

沒有，壞處卻多多。最嚴重的是：泵耗電多。您可一定要把握這節能的大好機會，為大地減些污染，為子孫省些能源。有兩個方法可把供水率降到您的理想值，同時又很節能。

B

B

第 1 方法是將泵的轉速降低，使全體器具的供水率都一齊降低到您的理想值。這過程中各器具的供水率隨時都相等的。所以只需盯著「參考閥」的供水率即可，只要參考閥的供水率降到理想值，其他各器具也一定會一齊降到同一數值。

第 2 方法是削減泵葉輪的直徑，使全體供水率降到理想值。

這兩方法節能效果幾乎相同。

C

C

6)若供水率小於 1.0，但在 0.7~1.0 範圍內，建議業者接受。供水率稍低於 1.0 毋寧是更好的平衡狀態。

17Q：前述第 1 方法是降低泵的轉速，是不是要花錢再裝變頻器？值得嗎？

A：您不一定要採用這方法。注意：您還可以選擇第 2 方法。如果您想做最佳的選擇，請您弄清楚您的系統是下列中的哪一種，再決定選用哪一個方法。

D

D

1)定流量系統

特徵為各器具的控制閥都是三通控制閥(3-Way Control Valves)，或者根本不需要也沒裝控制閥。

2)變流量系統

特徵為各器具都配裝控制閥，而且都是二通控制閥(2-Way Control Valves)

E

E

如果您的系統是「定流量系統」，最經濟有效的方法是第 2 方法：削減泵葉輪直徑。費用很低，卻可節省鉅額電費。

F

F

如果您的系統是「變流量系統」，最好採用第 1 方法，而且是採用變頻器，順便建置「定壓力差自動變頻控制系統」，將供／回水管路最末端的壓力差控制穩定不變，等於設定值。而這設定值愈低愈省電，最好設定在「可接受」的「最低壓力差值」。用這方法省下的電費更多。

18 Q：前述「比例法」所根據的基礎理論，可否再詳細解釋？

A：基礎理論如下述

1) 流體流經任何直管、曲管、管件(Fittings)、盤管(Pipe Coils)的管件，以及流道形狀與尺寸不變的各種閥類等元件時，其壓降 ΔP 與流量 Q 的關係為

$$\Delta P = RQ^n$$

其中， R 是常數，物理意義為該元件的流阻(Flow Resistance)

n 在層流場(Laminar Flow Field)大約等於1

n 在亂流場(Turbulent Flow Field)大約等於2

工程界不必如學術界般計較，大可令

$n = 1$ for Laminar Flow Field

$n = 2$ for Turbulent Flow Field

2) 根據前述定律，若水路系統中任何一只閥的開度關小或開大，其他各元件的流量都會增減，但一定以相同比例增減。若改變泵流量，各元件之流量也都會以相同比例增減。

3) 前述「各元件之流量必定以相同比例增減」必須有個先決的「必要條件」——這些元件必須在相同流場中。也就是說，若因某閥關小或開大，或因泵流量改變，導致各元件流量有增減時，「在相同流場內的元件之流量將依相同比例增減」。

4) 進行流量平衡調整時，都是以各器具的滿載流量為調整目標。各器具滿載流量時，必也是各管段流量滿載(最大流量)的時候。全水路各處流場應都處於亂流的狀態。

19 Q：何謂「阻力最低」而且「流量正確」的「平衡狀態」？

A：例如前述圖(2)之案例，我們先選出供水率最低的平衡閥(即BCV-C)，並將該閥保持全開，再去完成其他平衡閥的調整。把供水率最低的平衡閥保持全開，也就是把該器具的支管保持在阻力最低的狀態。最後再以「調降

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

A

A

泵轉速」或「削減泵葉輪直徑」的方法使供水率降至理想值，完美地完成了TAB工作。所謂「完美」是指該系統已是「阻力最低」的「平衡狀態」，而且「流量正確」。當然這「流量正確」的定義是供水率依您的理想，我們只想再嘮叨一次——供水率 0.8 可能比 0.9 好，0.9 可能比 1.0 好。

B

B

20Q：為了找到供水率最低的器具(或平衡閥)，是否要先把每個平衡閥的流量都量過一遍？

C

C

A：理論上是不需要的。可以依前述流體力學理論判斷。例如：同一 Branch 內，規格相同的器具中，供水率最低的器具經常在最下游。不同規格的器具，高壓降(高流阻之意)者之供水率經常較低。如果同一 Branch 內有兩參種不同規格的器具，而且又是從上游到下游參差安裝，再加上器具之供／回水支管不一定等長…等等，情況雖較複雜，仍不難判斷。如果對自己的判斷沒有信心，頂多花點時間把那幾顆供水率最低的「嫌疑閥」的流量測過一遍，即可知何者供水率最低。

D

D

21Q：如果某 Branch 的調整作業已快完成，才發現另有供水率更低的平衡閥，怎麼辦？

E

E

A：如果真有這種情形，其供水率應該不至於比原來認定的「最低供水率」低太多。所謂：雖不中，亦不遠矣！就把那只平衡閥也保持全開就好了。此刻我又要宣傳供水率 0.8 到 1.0 都是好的；甚至 0.7~0.8 也還好的觀念。萬一這只閥的供水率比原來認定的「最低供水率」低太多了，一定是該支管堵塞了，要不就是管路施工或設計有問題。

F

F

22Q：如果真是施工或設計疏忽，如何提高其供水率？

A：如果不為難，就清除堵塞，或為堵塞部位加配旁通管，或改善管路。如果很為難，就加裝「In-Line 泵」，強渡關山，硬把流量升高至理想值吧！

23Q：前述「比例法」的平衡調整過程中，好像都沒有動到泵出水管上的平衡閥 BCV-P？有必要裝那只閥嗎？

A：的確沒動到那只閥。就這個 Branch 而言，如果全系統就只是這麼一個 Branch，而且如果您在最後步驟願意照我們的建議將泵降速或削減葉輪直徑，使全體器具的供水率——此時全體器具有相同供水率，而且大於 1.0——一齊降至理想值，則此平衡閥確實沒必要裝設。如果不願意削葉輪或降速，則可將此平衡閥關小，一樣可使全體器具的供水率一齊降至理想值。但這方法是增加管路阻力，使泵的流量降低下來，可節省的泵耗電功率不多。

24Q：聽您解說，系統流量平衡調整好像很簡單嘛！您前題的回答就已在暗示系統不可能像圖(2)那麼簡單到全系統就是那麼個 Branch 而已。如果系統很大，怎麼調整？

A：還是很簡單。不過我這時候講的「簡單」是指「知」的簡單。在你們還不知道系統平衡調整的方法與原理之前，你們認為流量平衡調整是很困難的。一旦「知道了」怎麼一回事，您就有「豁然開朗」的感覺，誤以為事情很簡單。其實，事情還是很難——難在我前述的那一堆爛事。有工程業者聽了很生氣，大聲質疑我，說他們施工的系統工程品質有那麼爛嗎？我很抱歉，我並非「語不驚人死不休」，講話煽情，譁眾取寵。我說的是實情。當然，在座有科學園區的工程師。您的系統絕對沒這麼爛。為何呢？主要的原因是您們有很多 Qualified Engineers，細膩的監工與工程管理，使您的工程品質還可接受。若是建築界或商業大樓，專業工程師人力不足，每每讓施工業者可以偷懶或投機取巧，才造成這些問題。

言歸正傳，我來回答「系統很大，怎麼調」的問題。

第一，有系統稍大些卻仍如圖(2)般，但 Terminal(終端器具)很多；全系統就只是一個 Branch。其平衡調整就是如前述。

第二，大部分的系統都不只有一個 Branch，而是有很多個 Branch。

我們舉個大系統的例子吧！例如：一個社區共用「中央冰水系統」，是 De-Coupled System。冰水從機房二次冰水泵輸送出來，先到第 1 棟樓，再到第 2、3 棟樓。每棟樓都有 4 層住戶，每戶內都有 4 間房間。每個房間都很大，內置一台空調箱(AHU，即 Air Handling Unit)。系統流程圖如圖(8)所示。為了說明方便，我們先為各單元命名。空調箱 AHU 就是前面曾用過的通用名詞「器具」之意。這裡還是稱之為「Terminal」較清楚。每一層的 4 個 Terminal，就組成一個 Branch。那麼每一棟樓內就有 4 個 Branch。

大系統的流量平衡調整技術理論不難——就是「由小而大，以小見大」八字真言而已。

我再配合圖(9)~圖(11)的示意，順序解釋如下。

1) 先在每一個 Branch 內，調整各 Terminal 之間的流量平衡。

依前述方法與順序。調整完成後，同一個 Branch 內各 Terminal 有相同的供水率；但不在同一個 Branch 內的 Terminal 供水率未必相同。

2) 再來是在每一棟樓內，調整各 Branch 之間的流量平衡。

參考圖(10)，調整時，是把每一個 Branch(雖然內部有 4 台 Terminal)當做一台「器具」看，仍可依前述之方法與順序。調整完成後，同一棟內各 Terminal 就有相同的供水率了；但不在同一棟的 Terminal 供水率未必相同。

3) 接著就是在「全系統」內，調整各「棟」之間的流量平衡。

參考圖(11)，仍依前述之方法與順序。調整完成後，全系統內的各 Terminal 就有相同的供水率了；但供水率未必恰等於 1.0。

4) 最後再把全體 Terminal 相同的供水率調降到理想值。

A

A

25 Q：何謂「補償法」？如何實做？

A：我仍用圖(2)為大家解說「補償法」。前曾說比例法平衡調整過程中沒有動過泵出水管上的平衡閥 BCV-P，現在就需要用到它了。這只閥就先命名為「補償閥」，假設原是全開狀態。補償法的平衡調整方法與程序如下述。

B

B

1) 選出供水率最低的平衡閥，如 BCV-C，定為「參考閥」。假設該參考閥的供水率大於 1.0。

2) 先把補償閥關小些，把參考閥的供水率調到理想值。假設理想值為 1.0

3) 開始調整其他平衡閥。

C

C

例如：先調 BCV-A。該閥供水率原是大於參考閥，故供水率必定大於 1.0，必須關小節流。

26 Q：您在開始時就假設參考閥的供水率大於 1.0。如果供水率低於 1.0，怎麼辦？

D

D

A：如果剛開始時參考閥的供水率低於 1.0，例如：只有 0.8。那就一直把它的供水率維持在 0.8，把其他平衡閥的供水率也調到都等於 0.8。最後各器具的供水率都相等，都等於 0.8 時。再將補償閥開大些，將全體的供水率調升至 1.0。

E

E

27 Q：您這做法，又好像「比例法」了？

A：對！本來就是根據相同原理的作為，怎麼能獨立無關呢？再大的系統也都是「由小而大，以小見大」。

F

F

28 Q：「一次搞定」是啥意思？

A：請大家注意到：每一只平衡閥確實只調整一次，就調整到正確的開度了！

就是「一次搞定」的意思！

A

A

29Q：前面解說的流量平衡調整，有做到「阻力最低」嗎？「阻力最低」有啥意義？

B

B

A：有！請注意，我每次都提到要把供水率最低的平衡閥找出來，而且把該平衡維持全開。這樣調整下來的平衡狀態自然就是「阻力最低」的「平衡狀態」。刻意要把系統管路維持在「阻力最低的狀態」是為了最後再將泵降速或削減葉輪直徑，使供水率降到理想值，可以大幅降低泵耗電功率。如果我把那只供水率最低的平衡閥也關小節流，雖然全體器具的供水率也都可以調到相等值(平衡了!)，但該供水率一定比前述「阻力最低的平衡狀態」下的供水率低了些，最後要靠泵降速或削葉輪使供水率降到理想值所能節省的耗電功率也就少了些。

C

C

30 Q：如果系統流量平衡調整工作已做到「阻力最低」的「平衡狀態」，但供水率低於理想值，怎麼辦？

D

D

A：只好升高泵轉速，或把泵葉輪直徑加大(也許還要換大馬達)，或乾脆換大一點的泵。

E

E

31 Q：前面您常說「裝設在器具出水管上的平衡閥」，業界也常說平衡閥或控制閥都應該「安裝在回水管上」，對嗎？有必要嗎？

F

F

A：善哉大問！我正期待有人問這個大問題！雖然回答起來很難，卻很高興為大家效勞。我常被問這問題。敝公司常為科學園區的業主服務，有時候為了現場空間配置的整齊、美觀、大方，我把控制閥安裝在熱交換器的冰水入水管上。業主的工程師百般質疑，甚至懷疑我「不夠專業」、「浪得虛名」。

我發誓：我對這問題瞭解得很透徹。乘此機會，我把這問題徹底解釋清楚。

1)為了「調節流量」的功能，安裝在出水與入水管的效果完全相同。

不要忘了：調節流量是「流量平衡閥」與「流量控制閥」的「最重要功能」。

2)為了「兼做關斷閥」的功能，應該安裝在器具的「出」水管上，但未必是「回」水管上。

請比較圖(12)與圖(13)，是同一台器具裝設在同一系統管路上，比較平衡閥裝在出水管與入水管的差別。

請注意：如果平衡閥的基本型式是球型閥(Globe Valve)，則其關斷止水能力有嚴重的方向性。如果只是為了「堵住水流，阻止流體流過器具」，平衡閥如圖(12)裝在出水管上與圖(13)裝在入水管上的功能毫無差別。

如果是為了「拆修器具，阻止流體流出管外」，平衡閥如圖(12)安裝在出水管上可輕易止水。因為器具拆除後，平衡閥原來的出水端仍承受系統管內高壓(例如 12 kg/cm^2)。而原來的入水端已洩壓至零壓(大氣壓)了。在這狀態下，閥盤背面(上面)承受的是回水幹管的高壓(12 kg/cm^2)；閥盤腹面(下面)是零壓。背面壓力(即系統管內壓力)愈高，閥盤愈貼緊於閥座上，愈是不漏。

反觀圖(13)的平衡閥。器具拆除後，原來的出水端洩壓至零壓，而原來的入水端仍承受系統管內的高壓，而且是供水管的高壓(例如 14 kg/cm^2)。在這狀態下，閥盤背面(上面)是零壓；閥盤腹面(下面)承受高壓(14 kg/cm^2)。閥盤腹面(下面)承受的高壓會把閥盤推離閥座而漏流。除非把手輪扭更緊，使閥桿(Stem)上的螺旋推力超過這流體推力，才能堵住流體不漏流出管外。對大口徑閥而言，這推力很大。例如直徑 300 mm 的閥盤，承受 14 kg/cm^2 的腹面水壓時，流體推力將近 10 噸(9900 kg 之力)，手輪要扭多緊呀？閥桿或閥桿上的螺紋強度夠嗎？

A

A

您會把平衡閥兼做關斷閥嗎？如果會，就應該把平衡閥安裝在為它關斷的器具的「出水管上」——記住，是「出」水管上。不要記「回」水管，有時候會混淆不清，有時候卻是錯的。

B

B

3)從 Cavitation 發生所帶來的振動、噪音、沖蝕等問題談起

若在平衡閥或控制閥開度大而且流量大的時候就已經發生 Cavitation 了，則安裝在器具出水管上比裝在入水管上更容易發生 Cavitation。

若在平衡閥或控制閥開度小而且流量小才發生 Cavitation，則安裝在出水管與入水管上毫無差異。

C

C

4)從「閥體實際承受流體壓力」的差異談起

在平衡閥或控制閥開度大而且流量大的時候，安裝在出水管所承受的壓力確實略低於安裝在入水管所承受的壓力。其差異就是流體流經器具的壓降。

D

D

在平衡閥或控制閥開度小而且流量小的時候，安裝在出水管所承受的壓力與安裝在入水管所承受的壓力毫無差異。

32 Q：可否請您解釋「自動平衡閥」的原理？聽到「自動」一詞，好像比較好，真的能把系統流量「自動平衡」嗎？

E

E

A：嚴格而言，若不惜成本，硬要做到「自動平衡」的平衡閥，並不難。市面上的「定流量閥」自命為「自動平衡閥」，太煽情了！我們臺灣熱流科技股份有限公司也代理這種「定流量閥」，而且還是全世界最好的「定流量閥」。何以見得呢？您只要看兩點特徵即可。

F

F

第1，閥殼內那個會隨供／回水管壓力差之大／小而縮／伸以改變開度的「閥籠」—— Valve Cage ——是細孔多孔狀，還是一個或二個較

A

A

大的 V-Port？如果是細孔多孔狀，形如過濾器，就容易堵塞了。一堵塞就產生噪音和振動，真麻煩！

第2，閥籠可否拆下來清洗？如果可拆下來清除堵塞，那還好。

B

B

第3，閥籠與閥籠環的材質是否為不銹鋼？不銹鋼才能久耐水流的沖蝕。

另外，如果您的器具裝配了二通控制閥(2-Way Control Valves)，不應該裝設這「定流量閥」。定流量閥只適合裝設在定流量的系統，也就是裝設在使用三通控制閥(3-Way Control Valves)的器具供水系統。

C

C

D

D

E

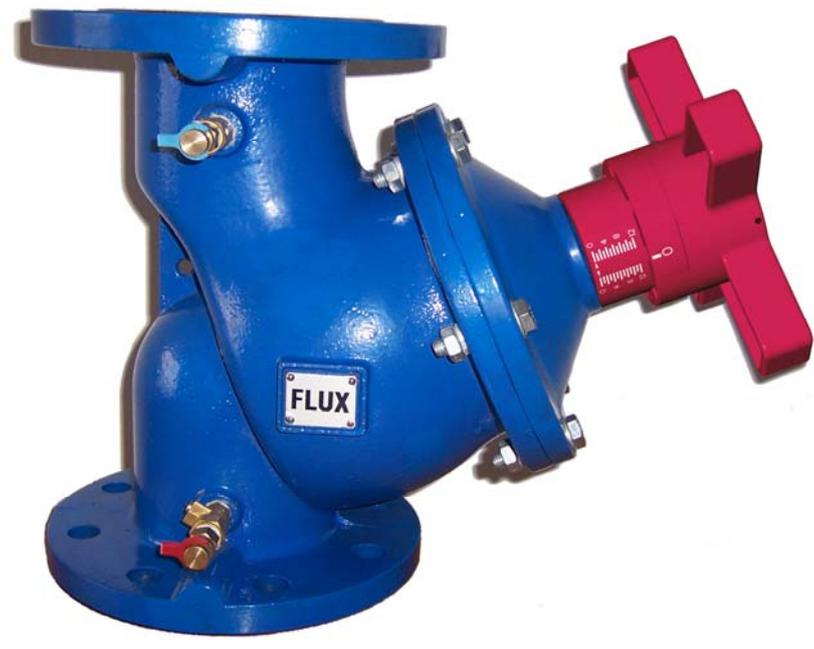
E

F

F

圖(1)

FLUX Balancing Valves



表(1) TABLE 6.8.1J Minimum Efficiencies for Centrifugal Chillers >300 tons

Centrifugal Chillers >300 Tons															COP _{std} = 6.10 ; IPLV _{std} = 6.40	
Leaving Chilled Water Temperature (°F)	Entering Condenser Water Temperature (°F)	LIFT ^a (°F)	Condenser Flow Rate													
			2 gpm/ton		2.5 gpm/ton		3 gpm/ton		4 gpm/ton		5 gpm/ton		6 gpm/ton			
			COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c		
40	75	35	6.23	6.55	6.50	6.83	6.68	7.01	6.91	7.26	7.06	7.42	7.17	7.54		
40	80	40	5.63	5.91	6.00	6.30	6.20	6.52	6.43	6.76	6.56	6.89	6.65	6.98		
40	85	45	4.68	4.91	5.26	5.53	5.58	5.86	5.90	6.20	6.07	6.37	6.17	6.48		
41	75	34	6.33	6.65	6.60	6.93	6.77	7.12	7.02	7.37	7.18	7.55	7.30	7.67		
41	80	39	5.77	6.06	6.11	6.42	6.30	6.62	6.52	6.85	6.65	6.99	6.74	7.08		
41	85	44	4.90	5.15	5.44	5.71	5.72	6.01	6.02	6.33	6.17	6.49	6.27	6.59		
42	75	33	6.43	6.75	6.69	7.03	6.87	7.22	7.13	7.49	7.31	7.68	7.44	7.82		
42	80	38	5.90	6.20	6.21	6.53	6.40	6.72	6.61	6.95	6.75	7.09	6.84	7.19		
42	85	43	5.11	5.37	5.60	5.88	5.86	6.16	6.13	6.44	6.28	6.59	6.37	6.69		
43	75	32	6.52	6.85	6.79	7.13	6.98	7.33	7.26	7.63	7.45	7.83	7.60	7.98		
43	80	37	6.02	6.32	6.31	6.63	6.49	6.82	6.71	7.05	6.85	7.19	6.94	7.30		
43	85	42	5.30	5.57	5.74	6.03	5.98	6.28	6.24	6.55	6.37	6.70	6.46	6.79		
44	75	31	6.61	6.95	6.89	7.23	7.09	7.45	7.40	7.77	7.61	8.00	7.77	8.16		
44	80	36	6.13	6.44	6.41	6.73	6.58	6.92	6.81	7.15	6.95	7.30	7.05	7.41		
44	85	41	5.47	5.75	5.87	6.17	6.10	6.40	6.33	6.66	6.47	6.79	6.55	6.89		
45	75	30	6.71	7.05	6.99	7.35	7.21	7.58	7.55	7.93	7.78	8.18	7.96	8.36		
45	80	35	6.23	6.55	6.50	6.83	6.68	7.01	6.91	7.26	7.06	7.42	7.17	7.54		
45	85	40	5.63	5.91	6.00	6.30	6.20	6.52	6.43	6.76	6.56	6.89	6.65	6.98		
46	75	29	6.80	7.15	7.11	7.47	7.35	7.72	7.71	8.10	7.97	8.37	8.16	8.58		
46	80	34	6.33	6.65	6.60	6.93	6.77	7.12	7.02	7.37	7.18	7.55	7.30	7.67		
46	85	39	5.77	6.06	6.11	6.42	6.30	6.62	6.52	6.85	6.65	6.99	6.74	7.08		
47	75	28	6.91	7.26	7.23	7.60	7.49	7.87	7.89	8.29	8.18	8.59	8.39	8.82		
47	80	33	6.43	6.75	6.69	7.03	6.87	7.22	7.13	7.49	7.31	7.68	7.44	7.82		
47	85	38	5.90	6.20	6.21	6.53	6.40	6.72	6.61	6.95	6.75	7.09	6.84	7.19		
48	75	27	7.01	7.37	7.36	7.74	7.65	8.04	8.09	8.50	8.41	8.83	8.64	9.08		
48	80	32	6.52	6.85	6.79	7.13	6.98	7.33	7.26	7.63	7.45	7.83	7.60	7.98		
48	85	37	6.02	6.32	6.31	6.63	6.49	6.82	6.71	7.05	6.85	7.19	6.94	7.30		
Condenser DT ^b			14.04		11.23		9.36		7.02		5.62		4.68			

^a LIFT = Entering Condenser Water Temperature – Leaving Chilled Water Temperature

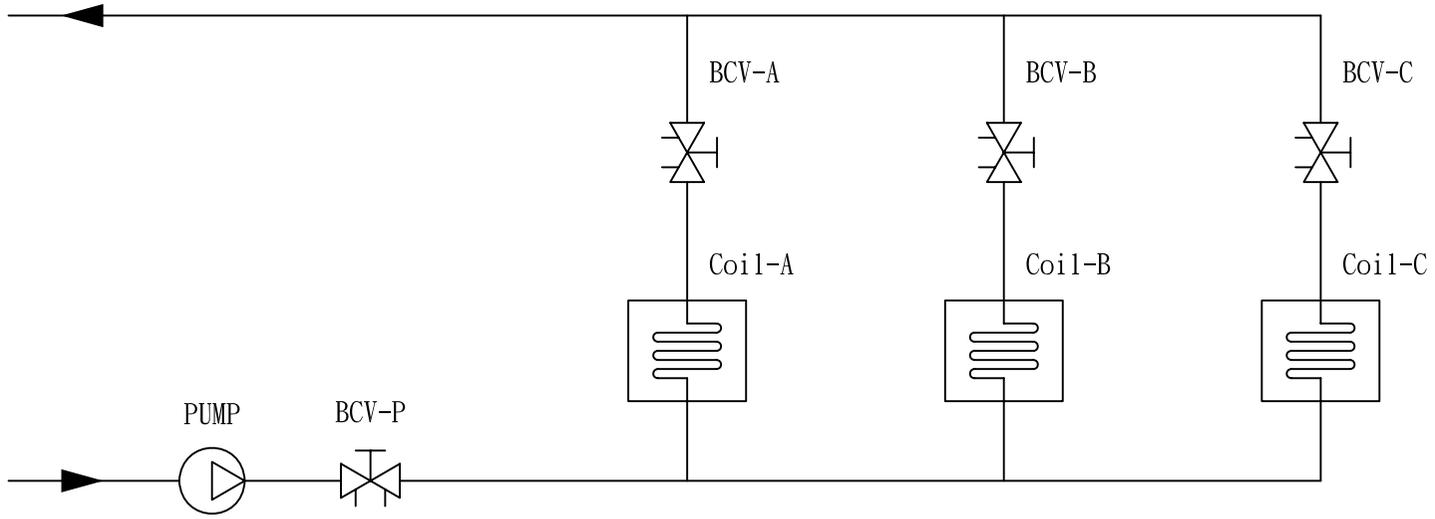
^b Condenser DT = Leaving Condenser Water Temperature (°F) – Entering Condenser Water Temperature (°F)

^c All NPLV values shown are NPLV except at conditions of 3 gpm/ton Condenser Flow Rate with 44°F Leaving Chilled Water Temperature and 85°F Entering Condenser Water Temperature which is IPLV

$$K_{adj} = 6.1507 - 0.30244(X) + 0.0062692(X)^2 - 0.000045595(X)^3, \text{ where } X = \text{Condenser DT} + \text{LIFT}$$

$$COP_{adj} = K_{adj} * COP_{std}$$

圖(2) 流量不平衡的狀態



設備名稱	PUMP	Coil-A	Coil-B	Coil-C
設計流量	40 GPM	10 GPM	10 GPM	20 GPM
實測流量	48 GPM	14 GPM	12 GPM	22 GPM
供水率	1.2	1.4	1.2	1.1
平衡閥開度	100 %	100 %	100 %	100 %

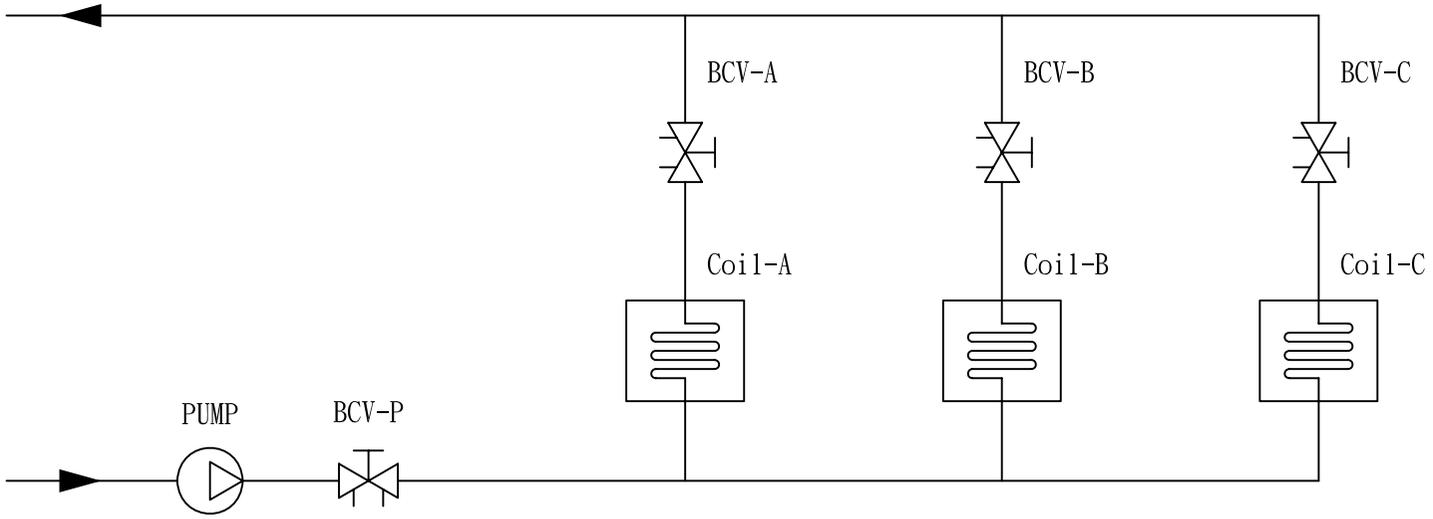
1

2

3

4

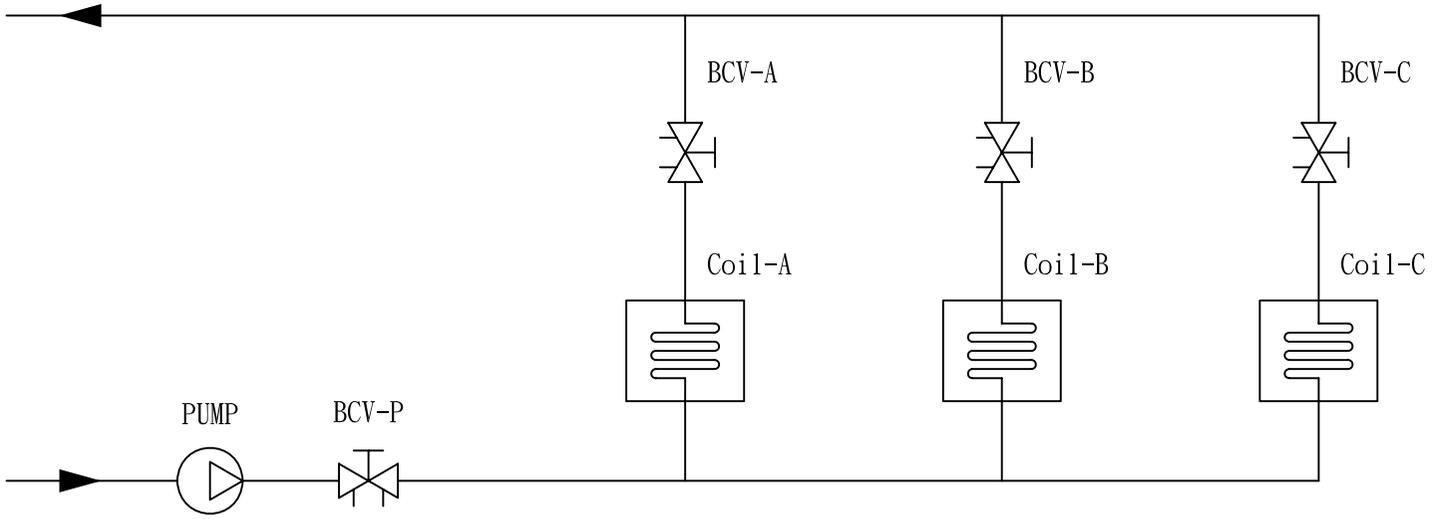
圖(3) 流量正確的平衡狀態



設備名稱	PUMP	Coil-A	Coil-B	Coil-C
設計流量	40 GPM	10 GPM	10 GPM	20 GPM
實測流量	40 GPM	10 GPM	10 GPM	20 GPM
供水率	1.0	1.0	1.0	1.0
平衡閥開度	70 %	80 %	90 %	100 %

1
2
3
4

圖(4) 流量過大的平衡狀態



設備名稱	PUMP	Coil-A	Coil-B	Coil-C
設計流量	40 GPM	10 GPM	10 GPM	20 GPM
實測流量	48 GPM	12 GPM	12 GPM	24 GPM
供水率	1.2	1.2	1.2	1.2
平衡閥開度	100 %	80 %	90 %	100 %

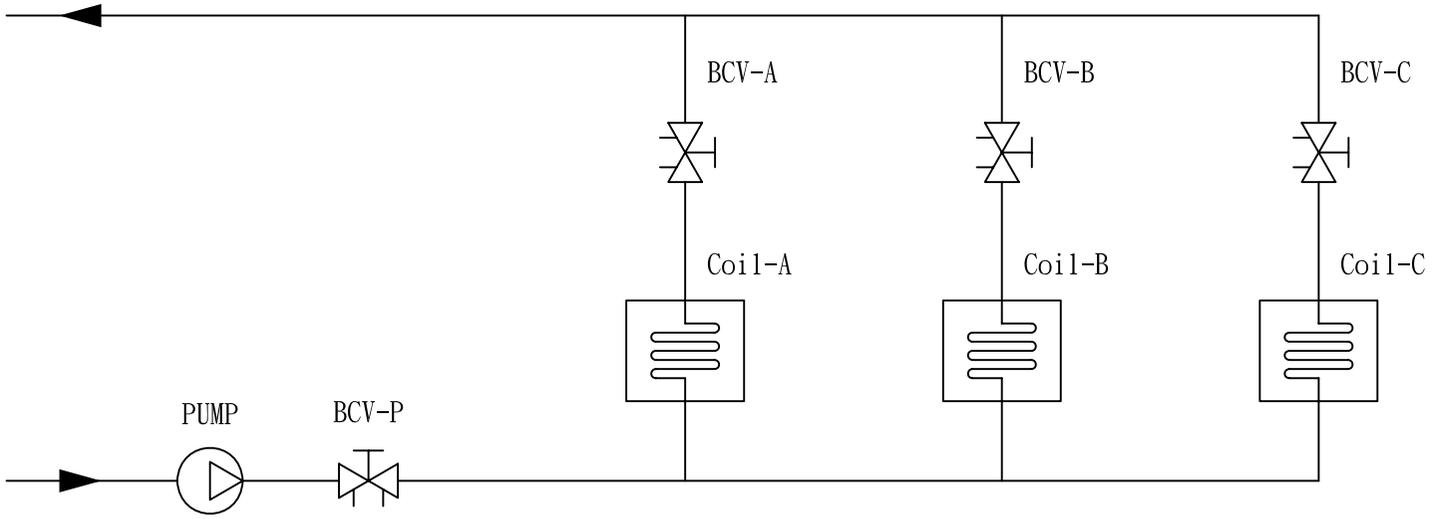
1

2

3

4

圖(5) 流量不足的平衡狀態



設備名稱	PUMP	Coil-A	Coil-B	Coil-C
設計流量	40 GPM	10 GPM	10 GPM	20 GPM
實測流量	32 GPM	8 GPM	8 GPM	16 GPM
供水率	0.8	0.8	0.8	0.8
平衡閥開度	100 %	80 %	90 %	100 %

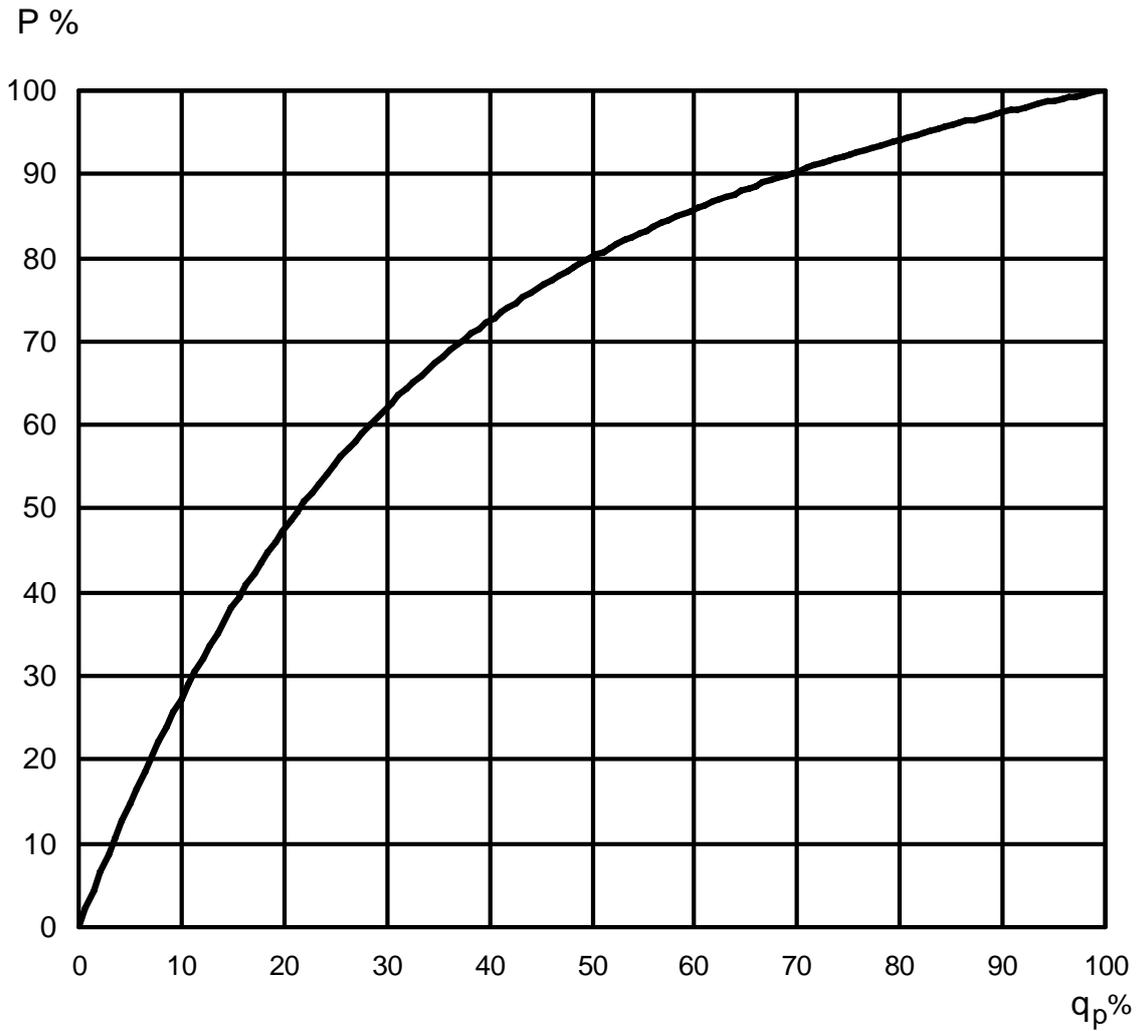
1

2

3

4

圖(6) 空調箱製冷性能曲線

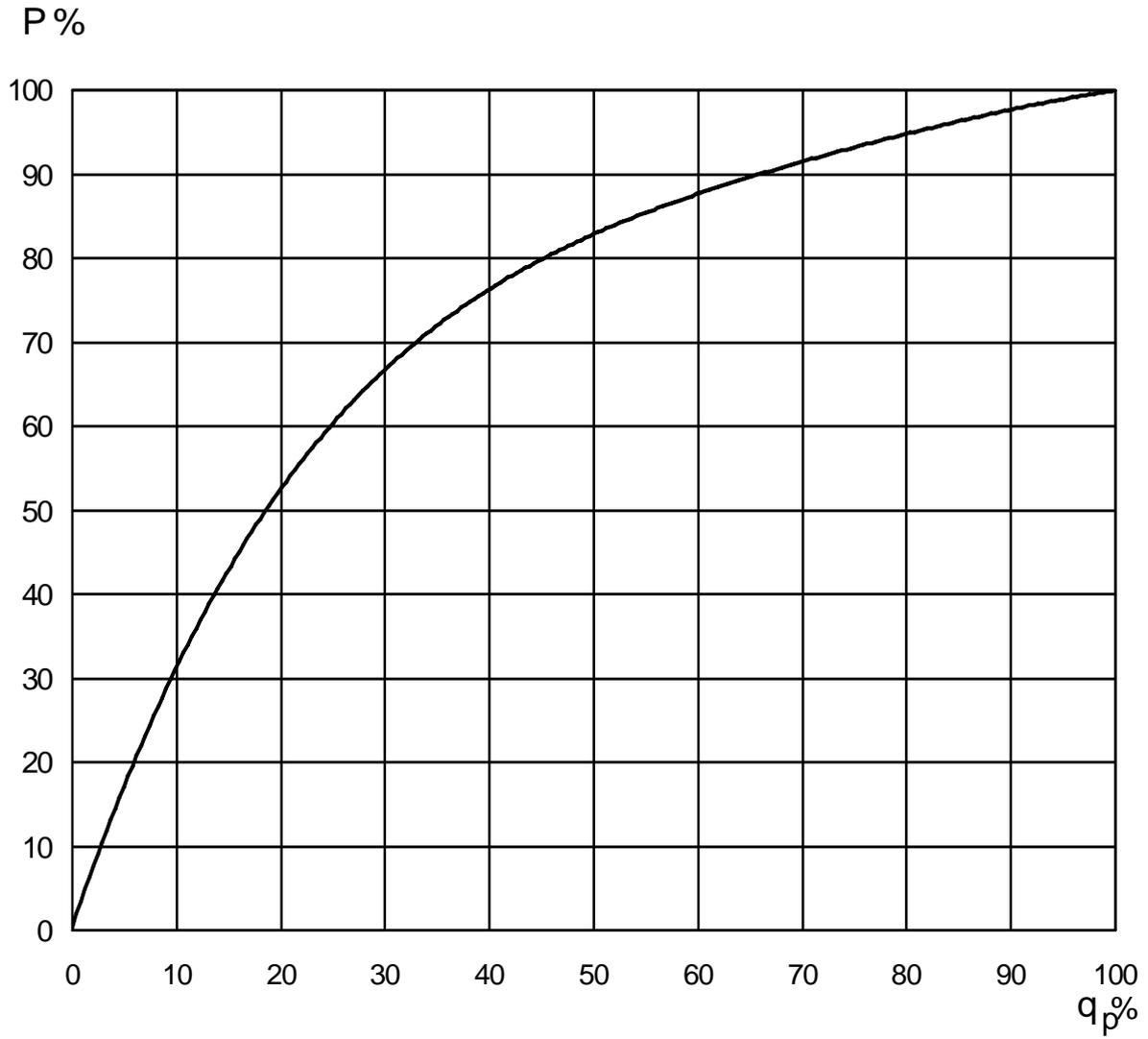


Cooling coil working under following condition :

Water : 6 °C inlet / 12 to 24 °C return

Air : 24 °C inlet / 16 to 24 °C outlet

圖(7) 空調箱製熱性能曲線

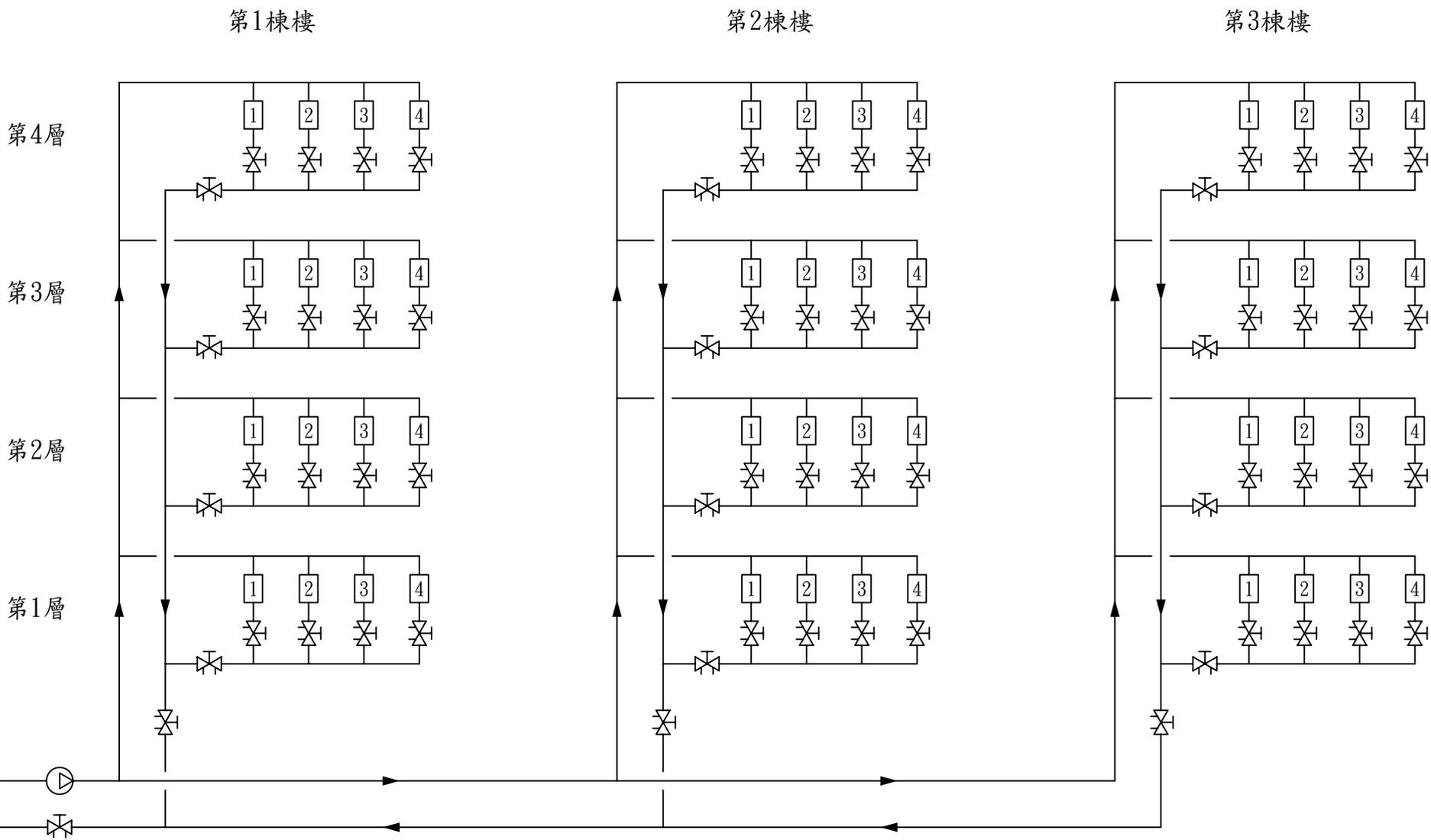


Heating coil working under following condition :

Water : 40 °C inlet / 34 to 24 °C return

Air : 24 °C inlet / 32 to 24 °C outlet

圖(8) 某大系統圖



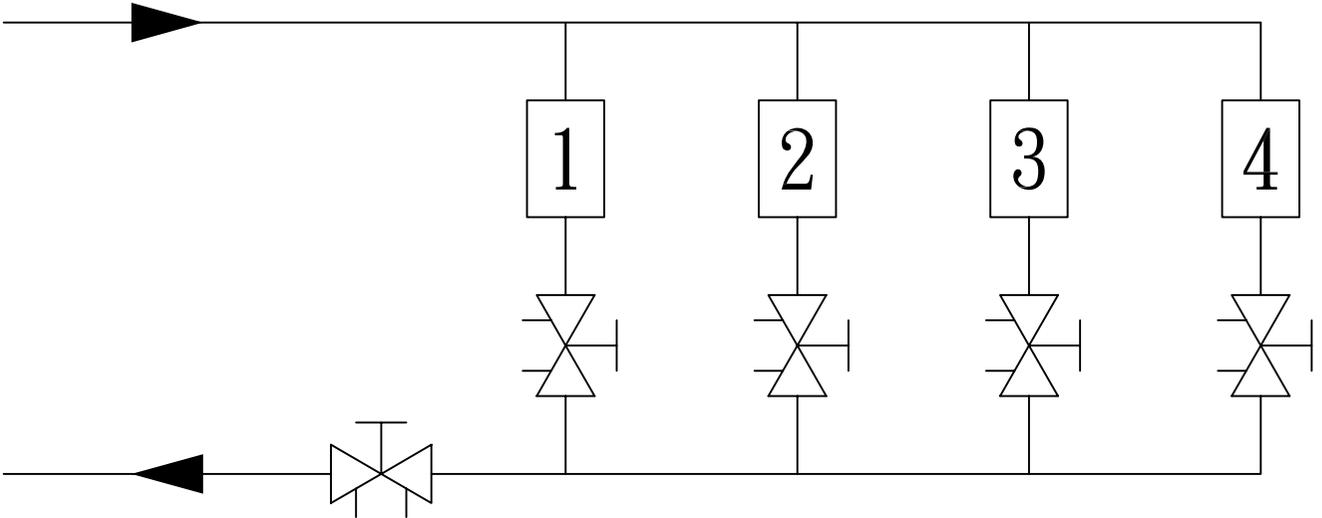
1

2

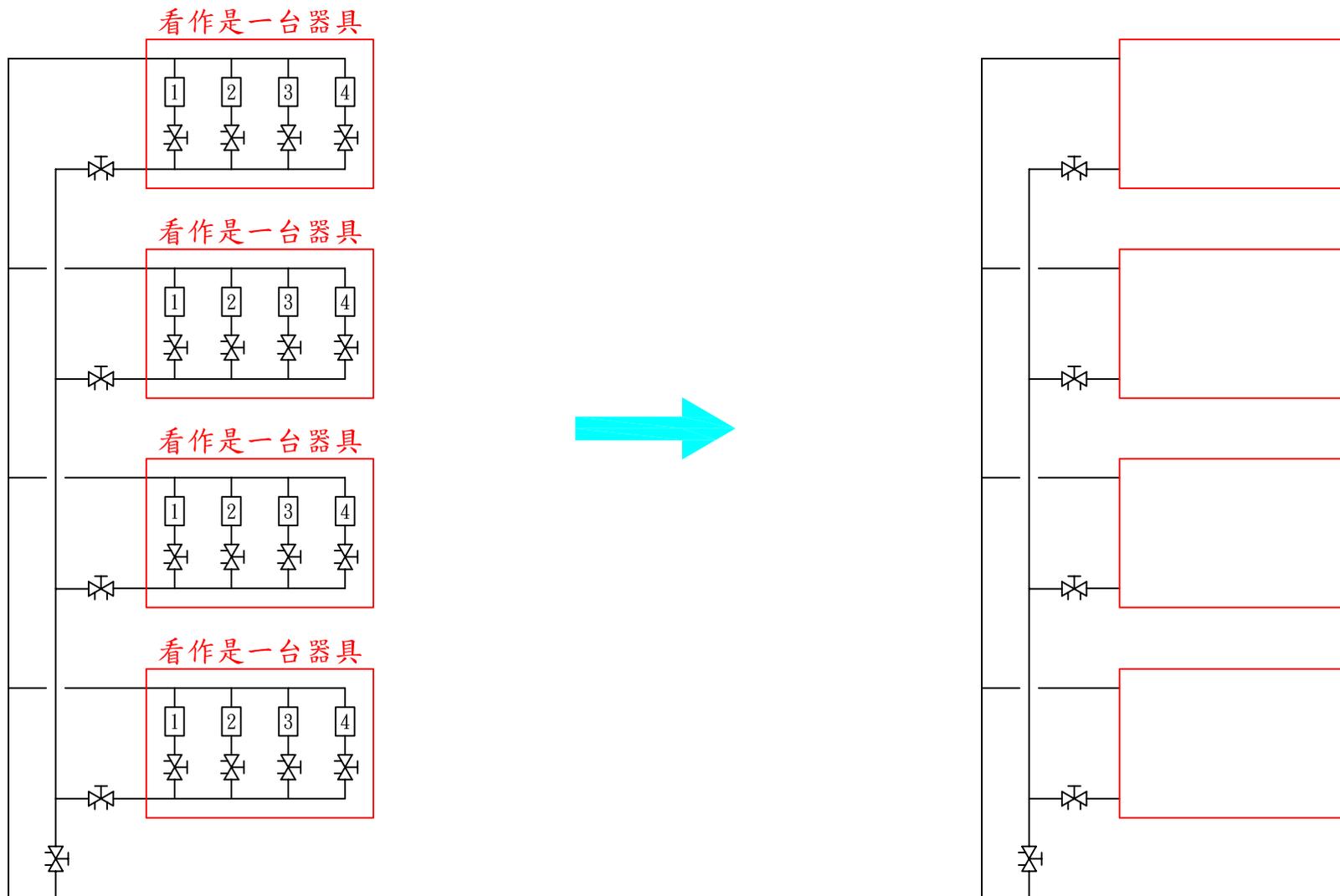
3

4

圖(9) 先在每一個Branch內，調整各 Terminal之間的流量平衡。



圖(10) 再來是在每一棟樓內，調整各Branch之間的流量平衡。



1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

D

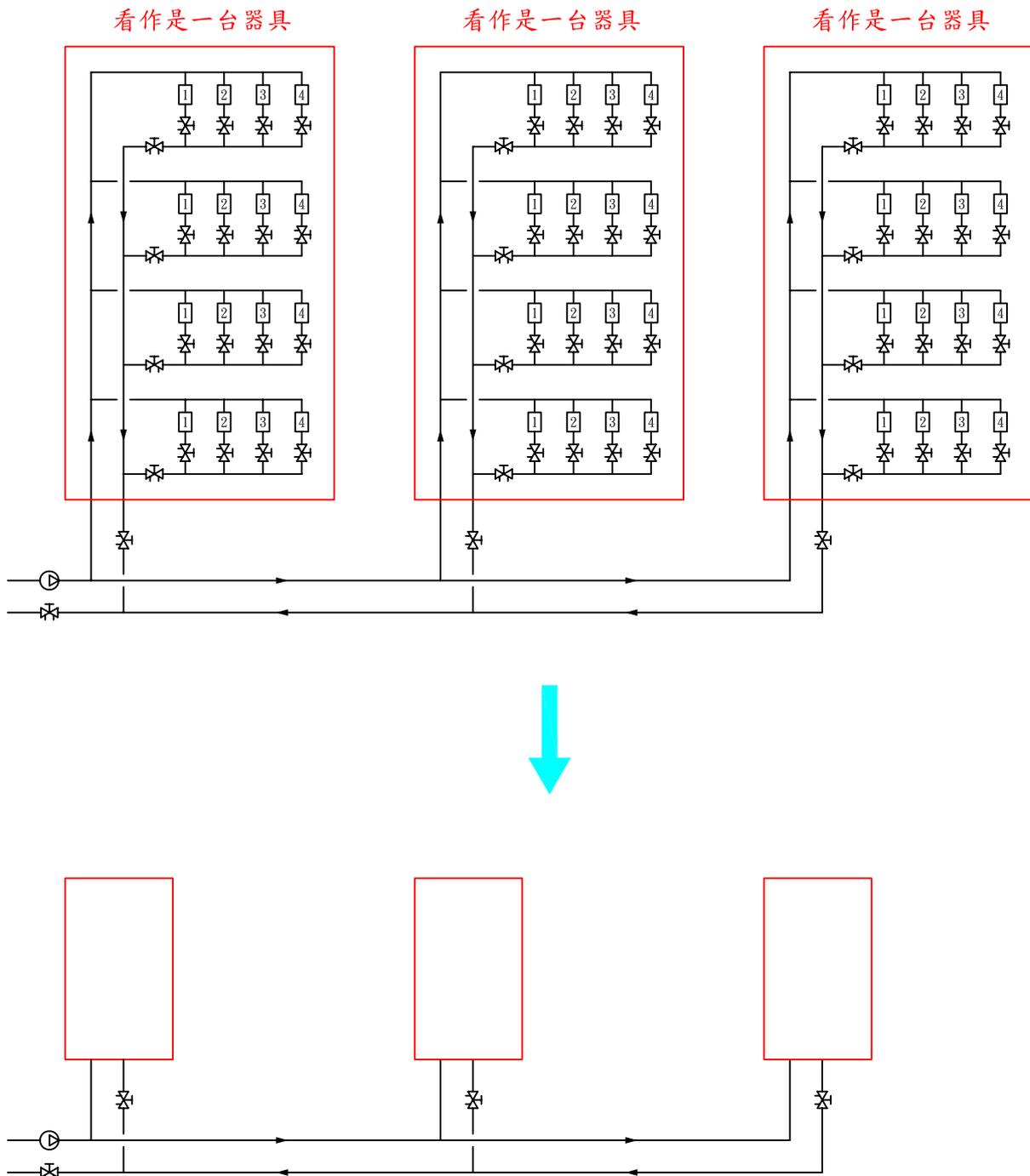
E

E

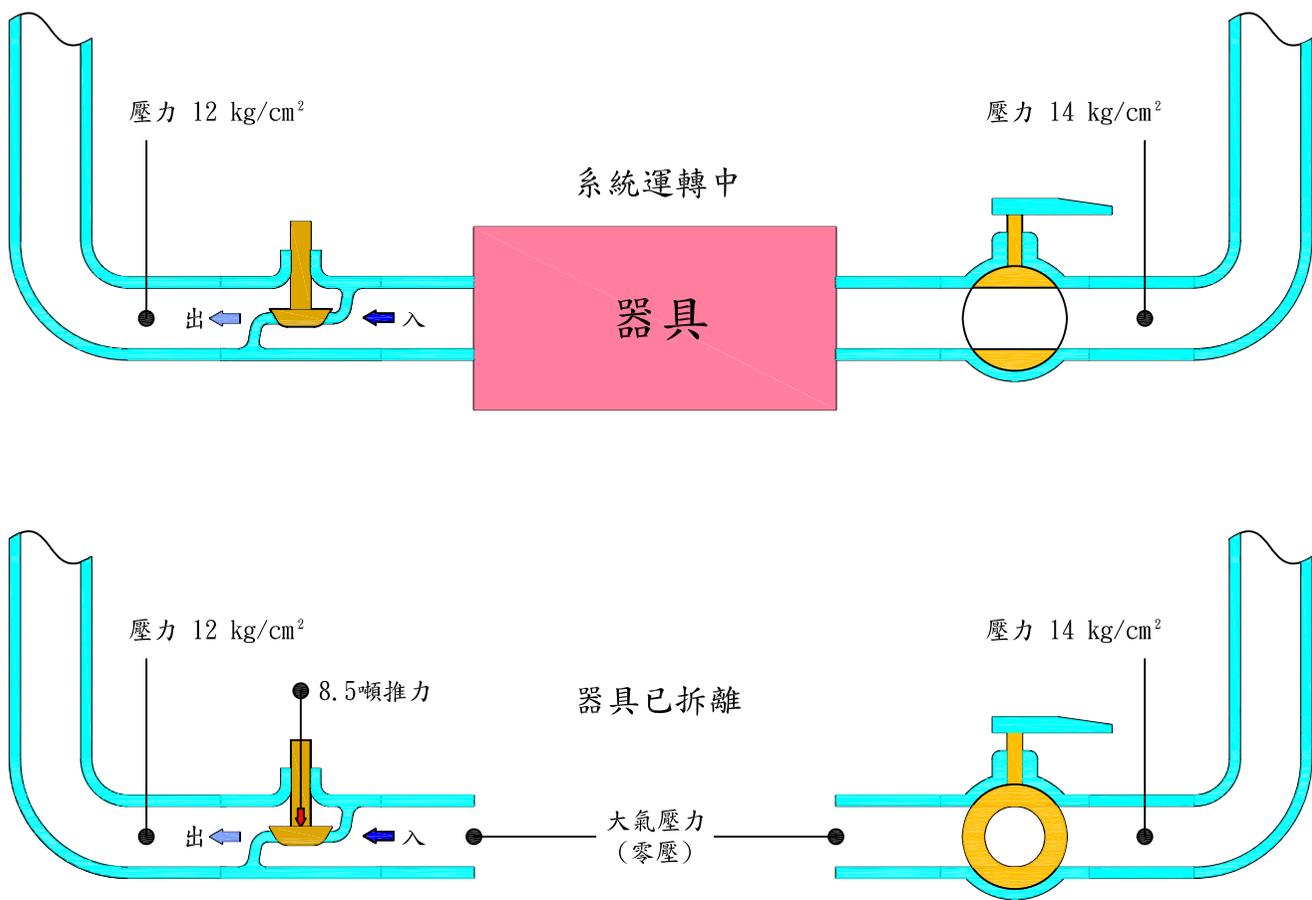
F

F

圖(11) 最後就是在全系統內，調整各棟之間的流量平衡。

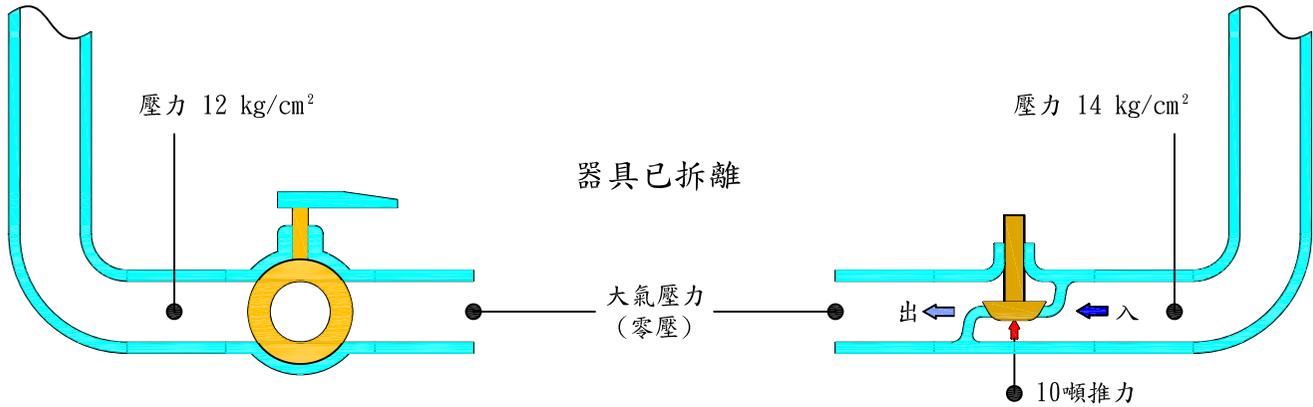
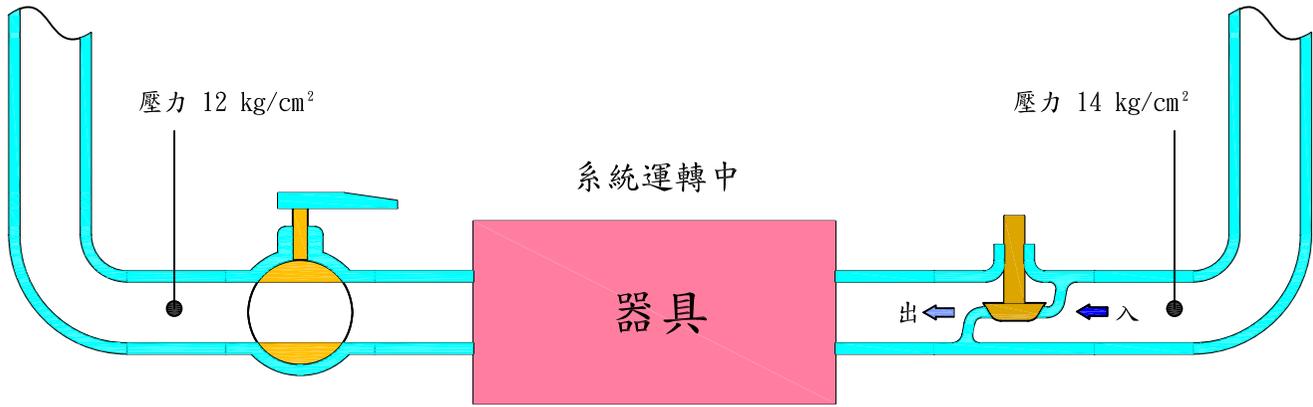


圖(12) 平衡閥或控制閥安裝在器具的出水管路上



1
2
3
4

圖(13) 平衡閥或控制閥安裝在器具的入水管路上



Taiwan  *Technologies, Inc.*

臺灣熱流科技股份有限公司

台北市內湖區內湖路2段179巷51號

電話：+ 886 2 2792 6898 電郵：fluxtek@ms21.hinet.net

傳真：+ 886 2 2792 6060 網址：www.fluxtek.com.tw

China  *Technologies, Ltd.*

崑山熱流設備系統有限公司

崑山市花園路國際藝術村228號106室

電話：+ 86 512 5782 7898 電郵：fluxsystem@vip.sina.com

傳真：+ 86 512 5782 7889 網址：www.fluxtek.cn