

科學圖書大庫

冷凍空調之自動控制

譯者 王洪鎧

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

冷凍空調之自動控制

譯者 王洪鎧

徐氏基金會出版

譯者小言

冷凍與空氣調節設備之裝置與研究，近年來由於能吸收最新的實驗結果，以及與最佳的科學、工藝和技術相配合，其進步與革新乃有長足之進展。影響所及，非但使人類及動植物生存環境日益臻於完善，且其應用場合亦愈加廣泛，舉凡小餐廳的一角，或高樓大廈，或廠庫建築，或畜欄禽舍，或花房菌室，或深海潛艇，或太空船艙等無處不有其踪影。再者，空氣調節能使一定建築空間內之建坪增加，並使工作人員之效率充份發揮，故建築之附設是項調節設備，誠為極合乎經濟原則之道矣！

本省由於經濟繁榮，高樓大廈及廠庫設施不斷興建，均多附設空調設備，因需是項人才孔急，所訓練出之學員供不應求，依本人多年來教學經驗，得知學員研習冷凍空調最不易了解之部份則為自動控制系統，然坊間有關此部份之中文書籍及資料尙有不足；今承徐氏基金會之囑託，儘速將 John E. Haines 氏所著之 AUTOMATIC CONTROL OF HEATING AND AIR CONDITIONING 一書譯為中文以饗讀者；原書內容扼要簡潔，條理分明，圖例甚多，雖該書編重於對暖氣控制之敘述，然冷暖氣控制實為一體之兩面，故本書誠為一般學生及技術工作者最佳之進修與參考書籍。惟譯文內容或有疏漏未週之處，尙祈讀者先進不吝指正幸！

王洪鎧敬識

中華民國五十九年八月

前 言

邇來坊間有關敘述冷凍與空氣調節之書籍，包括對初學者有所助益之教科書等，日有增加。此乃理所當然之事，因為近二三十年來，工商業之繁榮已導致冷凍空調方面無論就規模上，工藝技術上，以及大眾之接受性上，均有長足之進展矣！

惟所憾者，尙少見專門論及有關冷凍與空氣調節之自動控制部門的書籍，而其中尤缺乏適合初學之用者。若就自動控制之對冷凍或空氣調節系統之效能日趨重要而言，此誠為奇異之事。此或係部份不甚明瞭之系統設備製造業者及使用者，認為自動控制部門與系統設備原為一體或不過為其一部份而已。近來很多人士已認清，不但各種系統設備中必須有自動控制部份，而且在設計及企劃的初期階段，即須應考量到系統中自動控制的方式了，這種人士與日俱增。

當冷凍與空氣調節科學進步之同時，自動控制科學亦被特別重視。有關解說之文獻已日見增多，惟該等文獻多為系統之安裝者，修護者，工程師與建築師等而撰寫，偏向於專門。因之，對自動控制方面作有系統的初步介紹書籍仍有需要，本書即應此目的而產生。

書內雖包括有甚多在冷凍與空氣調節系統上實際應用的典型例子，但並非企圖其變成為一安裝與修護手冊。本書主旨只求在解釋並舉例說明冷凍與空氣調節領域內自動控制的基本問題以及解決之途。書中圖例多從各種控制設備製造廠商處蒐集而來。其解說亦偏重於一般應用而少敘述其個體之特殊性。

在此，本人衷心感謝各圖例提供廠商之熱心合作，他們包括巴伯考爾曼公司 (Barber-Colman Co.)；通用控制公司 (General Controls)；詹森修護公司 (Johnson service Co.)；墨爾可公司 (Mercoid Corporation)；明那波里—亨勒威調節器公司 (Minneapolis-Honeywell Regulator Co.)；彭氏控制公司 (Penn Control, Inc.)；動力調節器公司 (Powers Regulator Co.)；懷特拉吉公司 (White Rodgers Co.)

等。

爲求本書能作爲一基礎之教科書，故避免過深理論之探討與數學公式上之解析，而儘量作到敘述之簡潔易懂爲主。

最後，特別要感謝柏克蘭 Luther N. Becklung 先生與吉普森 John W. Gibson 二位先生之指導協助，使本書得以問世。

約翰·海利斯
(John E. Haines)

目 錄

第 一 章	控制作用的基礎.....	1
第 二 章	術語定義.....	16
第 三 章	測量作用的基礎.....	29
第 四 章	電動控制 電路.....	44
第 五 章	電動控制機件.....	86
第 六 章	電子控制 電路.....	134
第 七 章	電子控制機件.....	148
第 八 章	氣動控制 電路.....	157
第 九 章	氣動控制機件.....	174
第 十 章	住宅暖氣之控制.....	206
第十一章	機械冷凍控制.....	229
第十二章	住宅空氣調節之控制.....	247
第十三章	分區控制——商業用暖房.....	256
第十四章	個別加熱器與個別通風器之控制.....	269
第十五章	商業中央風扇暖氣系統之控制.....	284
第十六章	商業中央風扇冷氣系統之控制.....	308
第十七章	周緣空氣調節機件之控制.....	331
第十八章	熱輻射面板之控制	342

第一章 控制作用的基礎

應用在暖氣，通風，或空氣調節系統或其複合裝置中的自動控制裝置，其目的均在使上述的系統能發揮下述一種或數種作用。

1. 使冷暖房內空氣溫度，濕度，或壓力維持在期待或所需的狀況。
2. 使溫度，壓力，或濕度保持於預定限度內；或對機械裝備之操作將發生危險時，防止其操作；以護致安全之效能。
3. 匹配負載情況，提供操作週期，或系統性能之基準，以確保經濟有效。
4. 消除人為錯誤，一設計妥適而完美之自動控制器能使暖氣，通風，或空調系統之各不同功能及組合件相互連鎖及調和，至人工調整所不能達致之地步。

本書的目的是在對初學者灌輸自動控制的基本作用理論，並簡介出一些常見的自動控制系統之組合及應用；所以對於最普遍，最常用型式的自動控制儀器（ instrument ），器具（ device ），元件（ element ），機件（ unit ）以及其所組成的系統（ system ）也就敘述得最為詳細。

自動控制的理論

應用在暖氣，通風，與空氣調節上的自動控制始於兩百年以前，當時的控制裝置極為簡單而粗糙；但最近這學問隨時代之潮流，大有改進，特別是在最近幾年來，自動控制裝置與系統之發展，已能克服數年前尚認為是不可能的困難，而發揮其功能。

控制器具：現在各種常用的控制器具，種類可達千種以上，其中有些因為需要具有多種不同的功能（ function ），機構漸漸複雜。雖然，它們種類多而複雜，但其所依據的作用原理，以及所表現出的功能原理，反而是相當簡單。初學者在進入自動控制這門課程前，事先應對於作用的基本原理，以及觀念，須有一番詳細了解，然後才易於進入進一步了解。而得明瞭

現代控制系統的真正效能，作用及應用。

首先，我們應該把自動控制系統與其所控制的設備作一個區別，譬如在一住宅用的暖氣設備中，可分成兩大部份；其一是設備部份，包括一個附有分配暖氣風管的火爐（furnace），一個瓦斯燃燒器，及一個風扇以壓送暖氣產生循環流動者。另一是控制部份，包括一個恆溫器（thermostat），一個低電壓馬達制動（motorized）的瓦斯閥（gas valve）一個繼電器開關（relay），以及連接裝置（linkage）與電線等，在繼電器中，並有一低壓變壓器以供給恆溫器與操動瓦斯閥所需用的電力。

【註】：馬達（motor）一詞，係泛指一切能產生動力的器械，讀者不可誤認為在本書中所指馬達係僅指“電動機”而言（譯者註）

繼電器的功能在響應（response）恆溫器之要求而起動及停止風扇馬達。瓦斯閥可能包括一輔助節氣閥，以操縱節氣閥，使瓦斯燃燒器燃燒時，調整適當開度使有足夠的空氣進入爐內以達成完全燃燒的目的。在這種情形，節氣閥本身，邏輯上應屬於控制器具，但實際上它却是火爐設備的一部份。似這種在邏輯上的與實際使用之間的不一致，會常遇到，但這對本書的讀者並無意義。

器具之組合：我們最需要弄清楚，就是在控制系統與冷暖氣設備真正的區別。例如，多個器具共同來調節冷暖氣設備之操作，當其視為一個機件時，就稱為“控制系統”（control system）；數個機件之組合共同來產生及輸送冷暖氣者，就稱為“冷暖氣設備”（cooling and heating equipment）。

為了敘述上的簡化，對於以上兩種組合——即控制系統與冷暖氣設備，——統稱之為“調節設備”（conditioning equipment）。這個調節設備即泛指一套被控制下的暖氣系統，或通風系統，或冷氣系統，或完全的空氣調節系統。也就是一套能夠控制一間或數間冷暖房內合適的空氣溫度，濕度，以及空氣流動的設備。

自動控制系統：一個自動控制系統究竟要作些甚麼？簡言之，它必須能夠測量（measure）出在其控制下的溫度，濕度，或壓力上每一細微的變動，並能發出一適當的信號，此信號能激發調節設備產生一個改正的力量，以抵銷或補償這個變動。自動控制系統的安裝位置常與冷暖房有一段距離，但必須儘快表現出它的控制效果。它也必須是一個安全機構，以免除任何在操作上引起之危害。同時，在它工作的限度範圍內，應該是可以隨意調整。以置定所欲之最適宜狀況。是故工程師在設計及應用一自動控制系統以達成

上述各項要求時，他必需能夠解決下述四個主要問題。

將測量轉變為動力：首要的是能夠有一個感覺極靈敏的元件，迅速而精確地立刻把溫度、濕度、或壓力的變動程度測量出來。此種工具，由於其感度靈敏，通常沒有足夠的動力操作調節設備。例如，一住宅式的冷暖氣調節設備中，室內恆溫器必須要能感測出室內空氣溫度數分之一的變動，同時須能發出一正確的脈衝（pulse）到約距室內十呎，廿呎，或卅呎遠的地下室內的調節設備中，此一脈衝又須足夠的強度，操作設備上的節氣閘，以及起動與停止燃燒器馬達。像這樣既要高靈敏度又要強大動力的雙重需求，在一般控制元件上是不能兼顧的。

恆溫器中的感測元件——在感測空氣溫度的變動時，恆溫器內感測元件（sensitive element）本身溫度必須先要變動才行，為能達到本身溫度的變動，感測元件必須能儘快吸收周圍空氣中之熱量，或者將熱量釋放於空氣中。熱量僅能由高溫傳向低溫，熱傳導的速度不但取決於兩者的溫度差，且取決於兩者質料本身固有的傳熱係數。是以，如果要能使感測靈敏，則感測元件本身絕不可有很大的“貯熱量”，貯熱量又與其組成的質料，如黃銅，以及其質量有密切的關係。再者，空氣本身是一個良好的隔熱體，它的吸熱或放熱能力遠小於其同體積的其他金屬，如通常用於感測元件者。故空氣與感測元件之間的熱交換率愈快，就愈靈敏，因此感測元件本身必須要輕小，否則，它過大的貯熱量將不能儘速對空氣放熱或吸熱，其反應即行遲鈍而會超過了所要求的響應時限了。

顯然，輕小而靈敏的感測元件所發出的信號非常微弱，不足以操動節氣閘或閥，那就非要藉一個放大器把微弱信號增強到足夠的動力才行。通常所應用的控制動力形式有兩種，即是電力或氣壓力，此待以後詳細討論。再者如何將這兩種動力應用到控制器具上，以達成所需的操動作用，也是我們要研究的主題。

激勵控制機件——不論用何種方法激勵冷熱源的控制機件首先要能夠測量出在被控制之狀況中之微量變動，以產生一相應的信號，此信號經過放大轉變成所需的相應動力或能量，並予以適當的運用，使此種控制動力或能量恰能讓調節設備產生足夠的抵銷或補償力量，以求被控制的狀況仍回復到原來的標準。因此，典型的控制器內涵就包含兩個基本部份：第一，一個感測元件以執行測量作用，第二，一個調整元件以指揮操動器使發生控制力量，如為一引示閥（pilot valve），或為一輕負載電開關（Light-duty electric switch），以及適當的連接裝置與調準機件等。

變動量的感測——空氣溫度，濕度，或壓力變動量的感測作用與方法，通常與所應用控制的動力形式無關。所以一個氣動式恆溫器和一電動式恆溫器二者的感測作用與方法都是一樣的。在第三章，對通用型式的感測元件要加以詳細討論，包括電動與氣動的控制路管路與儀器等。

遲後 (lag)：第二個要解決的問題，是需要克服調節設備系統內的“遲後”現象。是一種時間上的延緩及滯留；當自動控制系統上的感測元件，感知所控制下的狀況一旦有變動時，即產生一改正信號並予以放大，而足能操動所需的元件，如閥或節氣閥等，這一段所需的時間就叫遲後。“總遲後”(over-all lag)是指從感測元件感測出狀況改變時起，一直等到調節設備發生作用，並使狀況改正後，到原感測元件再感知為止的所需總時間。自然我們希望遲後愈短愈好。

全系統的每一部份都會導致總遲後，其任何部份的遲後有大有小。如在一風管中的靜壓調整器能感測出風管中壓力的變動而令節氣閥重行定位，同時並能正確感測出改正後的壓力是否適合。這所有的連續動作只不過是幾秒鐘的事。但事實上，自動的暖氣系統中，遲後通常需要數分鐘的時間，在極度惡劣情況下，甚至可能遲後數小時之久。

恆溫器的感測元件當四週空氣溫度變動時必須先使本身溫度變動後才發生作用，這段時間也是在系統中影響總遲後因素之一。如果把一暖氣系統中所發生的總遲後分開來解釋，更易明瞭其意義。假定，室內恆溫器發生需要加熱的信號，熱量需靠着一個自動燃燒器和一熱水鍋爐供應，那麼就會產生如下的四個遲後效應：

1. 燃燒器必須將火室及在鍋爐中的水加熱。
2. 熱水必須送入各室輻射器中環流，並把它加熱。
3. 各輻射器必須把室內的空氣加熱。
4. 被加熱空氣，必須把所獲得的熱，傳到至室內恆溫器內的感測元件。方始得完成控制作用。

精確的控制：——如果需要獲得精確的控制，則對任何形式的冷暖氣系統必須先予考慮其遲後，並須選擇應用控制的設備，以適於克服遲後。尤其是當建築物的遲後時間甚小於調節設備的遲後時間時，更屬重要。譬如建築物玻璃面積甚大或傳熱率快的材料用得，房內冷暖負荷能隨外界狀況迅速變動，如調節系統的遲後又大，則房內會發生顯著狀況改變的感覺，可知敏感

[註]：在本書內鍋爐 (boiler) 指能產生熱水或蒸氣的器具，用以間接加熱空氣者

。火爐 (furnace) 指用火焰直接加熱空氣之器具。(譯者註)

程度，不但有內在因素，同時亦有外在因素，因此應合併列入考慮方可。

控制器的差量：第三個要解決者是控制器的差量（ differential ），嚴格言之，雖然精確控制是我們理想的目標，隨着控制科學的進步，其成就也愈能實現我們的理想；但是目前還沒有一個控制系統能維持穩定的狀況。任何型式的控制器，不論是控制溫度，濕度，壓力，液體水位，或其他的變動量，均工作於一最大點與最小點間之範圍內。這種最大點與最小點之間的差量，常稱之為控制器差量（ controller differential ）。視所用控制系統的型別可稱差量為控制器的節流範圍（ throttling range ），或調制範圍（ modulating range ）。

例如，一控制自動燃燒器的室內恆溫器可能調整到 70°F ；就是說，控制點是 70°F 。實際上，恆溫器並不能在確切的 70°F 下開閉燃燒器，由於它必須首先感測出溫度之下降才去開啓燃燒器；同樣，它也須首先感測到溫度之上升才能將燃燒器開關轉到關閉的位置。是故，它實際上，可能在 69°F 下開啓及 71°F 下關閉燃燒器。這種 69°F 到 71°F ，或 2°F 之差量，即稱為恆溫器的差量，也就是它的工作範圍。

雖然在理論上講希望將控制器的差量儘量減小，而且最近靠着精巧的技術我們也確能把控制器的差量調整到最小。但是，如果差量太小，會產生一種“短循環”的現象。那就是說整個調節系統的開停頻繁，不但機件負擔過重，效率和精確度也會減低，會造成不良的情況，如鍋爐煙囪煙道（ chimney flues ）上有凝結現象等。故最適宜的自動控制，應具有最合適的差量，並不是單着眼要求其調節差量小，要能達到差量調和的狀況才好。

控制的獵覓：最後一個問題是獵覓現象（ hunting ），或稱為追逐，如果控制設備選用失當，或運用失當，則冷暖房（或稱空調室）的狀況可能在一很不舒適的大範圍內來回變動不停，這種不穩定狀況稱之為控制獵覓（追逐）（ control hunt ）這種在溫度上或一些其他狀況上的大變動，依照其從控制點上下變更的方向，可稱為過度改正，（ overshooting ）及不足改正（ undershooting ）。控制獵覓並不與寬大的控制器差量同一意義；事實上，在某些情況下，獵覓現象最簡單的改進方法，却是稍提高控制器的差量範圍。而引起獵覓現象發生的主要原因一般言之就是落後效應，或在暖氣設施中，因貯熱能量過大而引起的飛輪效應（ flywheel effect ）所致。獵覓一詞實際上的含意，為控制系統不斷在找尋能適合或匹配室內之狀況之輸入率，但又難以找到所致。

控制系統的元件：在一個小規模的自動控制可能用一簡單的器械，例如控制一個房中之溫度等是。然而，整個暖氣或空氣調節系統的完全自動控制，需要能表現出三種不同功能的儀器。這些儀器與它們的功能如下：

1. 控制器 (controllers)——如恆溫器與濕度控制器，以感測控制下之狀況的改變，並發生一正確的改正信號。

2. 操動器 (actuators)——調整冷熱媒介體的流動或開停馬達驅動的燃燒器，壓縮機，及其他等，以響應控制器的要求。操動器有時稱為初次控制 (primary control)，因它們最直接管制加熱，冷卻，增濕，或減濕的來源。

3. 限制或安全控制器——當自動控制系統在操作調節設備內，萬一失靈足致造成危害，或狀況之巨大改變時，能將系統之一部或全部停止工作。

控制系統的类型

在研習個別的控制儀器，以及它們在空氣調節上的應用前，最好先了解控制系統的主要型式。本節主要目的即在簡述各型控制系統以及作用的方式，與常見的應用方法，使讀者對各種型式的控制系統有一概念，然後於各章節中分別詳細敘述。同時，我們也得先知道一些有關的術語以便更一步了解以後還要講解的自動控制全套應有知識。

各種控制系統的分類：對控制系統的分類通常可從它們的，(1) 動力來源；(2) 操動器動作，或稱最後控制元件的動作方式，和(3) 控制空間的劃分，等予以研討。

動力的來源：組成控制系統的機件可為電動的，氣動的，或電子的；除非有特殊的情況，通常是一種自納式控制 (self-contained controls)。

電動的——如果以電作為動力，則控制機件即以電路直接接到市電或是低電壓電流之線路。市電通常是 120 或 240 伏特，低電壓通常是 25 伏特。

低電壓控制能使裝置費用降低，及具有不必使用鎧裝電纜或導管等優點，故最常見，所需的低電壓用變壓器將市電降低而來。

圖 1.1 說明一市電電壓電動控制器的簡單應用。當需要加熱時市電電壓恆溫器操動控制閥馬達，開啓輻射器閥，當室內溫度上升到所需量關閉之。

圖 1.2 說明一低電壓電動控制的簡單應用。馬達由變壓器供給的低電壓

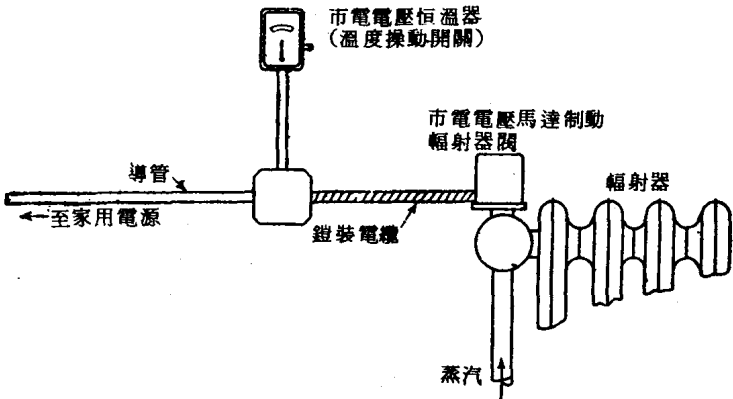


圖 1.1 用於輻射器的市電電壓電氣控制器

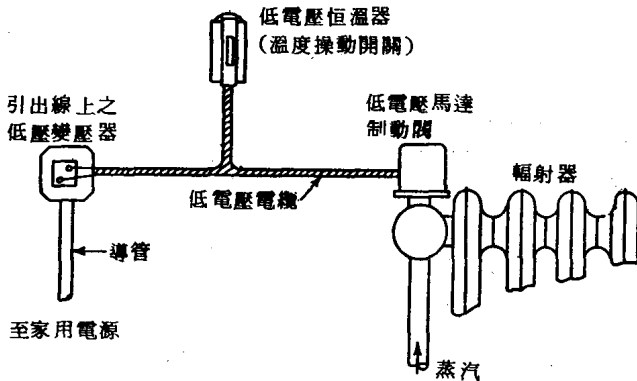


圖 1.2 用於輻射器的低電壓電氣控制器

操動；其他部份與圖 1.1 一樣。

電子的——一個電子控制系統也要利用電能，只不過增加了一個電子放大器，把感測元件的微弱信號增強到可操動控制元件的程度，感測元件常為電阻式（Resistance Type），或為熱偶（thermocouple），或為熱變電阻器（thermistors）等。當電子控制用在氣動系統上，放大的電信號由一電子氣壓繼動器（electronic-pneumatic relay）轉換成氣動信號，此常稱為換能器（transducer）。

圖 1.3 為電子控制使用於電動閥的情形。由恒溫器來的加熱信號先由放大器放大後再來開啓電動閥。

圖 1.4 與圖 1.3 相似，只不過把放大器改用了換能器，以轉換電子信號為一氣動信號，使支氣管支管中之氣壓減低，因而開啓氣動閥門。

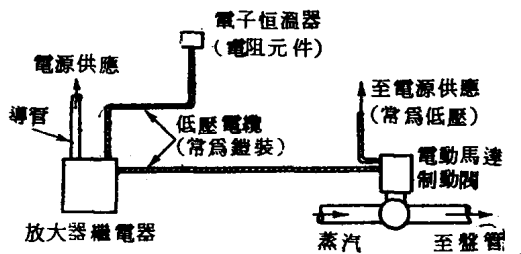


圖 1.3 電子控制系統——電動閥

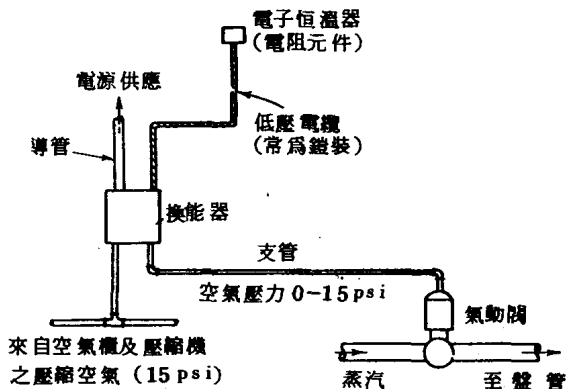


圖 1.4 電子控制系統——氣動閥

氣動的一如果是氣動式系統，控制機件將連接於空氣壓力管路上，由空氣壓縮機提供空氣，通常以約 60 (psig) (pound per square inch gauge)，貯存於空氣櫃內再經一壓力調整器降為 15 (psig) 後，饋入控制管路內。

氣管通常為銅管，其口徑由 $\frac{1}{8}$ 至 2 吋。

圖 1.5 說明一氣動控制的簡單應用，氣壓控制管保持如上述的 15 psig 壓力，恒溫器只是一個由溫度驅動的壓力調節器。它可提供氣壓管內操動輻射器閥馬達的壓力，並視房內熱量的需要而維持該支管壓力在 15 (psig) 或 15 (psig) 以下之壓力。如果輻射器閥為通常所用的“正常開啓式”（

Normally Open Type) 或稱“原開式”，則恆溫器在感測到房內溫度下降時，即可減小支管中壓力，以讓更多的蒸汽通過閥門進入輻射器。如果恆溫器感測到房內溫度太高，恆溫器即提高支管內之壓力，讓氣壓馬達關閉閥門，而切斷蒸汽進入輻射器之通路。

我們應注意控制閥馬達係包括一波形膨脹盒或稱摺箱 (bellow) 和一平衡彈簧，它並不浪費空氣。因除非馬達在改變位置時，空氣並不進入或流出馬達。馬達槓桿與閥門的位置即視支管中壓力，彈簧的張力，與蒸汽作用於閥門上的蒸汽壓力等三種情況而定。然而，彈簧張力隨槓桿的位置而變更。故恆溫器靠着調整空氣的壓力，能有效的決定馬達與閥門二者之位置。

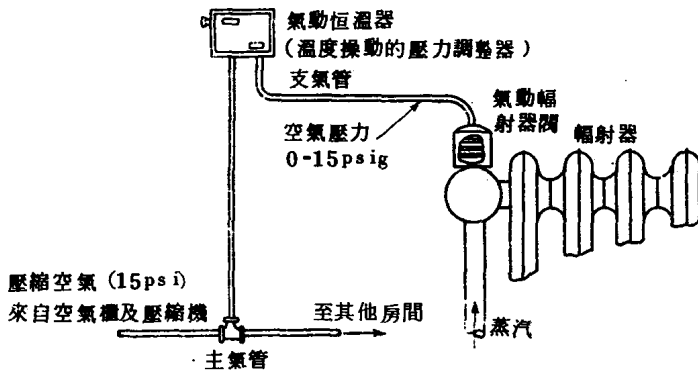


圖 1.5 輻射器之氣動控制

自納式——一個自納式控制 (self-contained control) 之名稱係指動力來源，感測元件，甚至最後的控制機械，如閥等，全部納入一小盒內。例如，一自納式輻射器閥常包括一摺箱及一個連結小細管之感溫球，球內填滿蒸汽，氣體，或液體。能隨房內溫度改變它本身的溫度與體積。因體積改變能伸長或收縮摺箱，而得以控制閥之開閉。

圖 1.6 說明一個自納式控制作用的例子，閥的開閉量隨摺箱內的壓力而變動，而箱內壓力又視感溫球所接觸到的溫度而定。這種操動作用像以前所述的氣壓控制，只是這個比較簡單，不求助於外界能力，僅用感溫球內所含氣體體積之變動即可激勵閥之動作，也就是說它代替氣動操動式的媒介體。

控制設備的動作：控制設備的動作可能為二位置 (two-position)，多位置 (multiposition)，浮動 (floating)，或比例 (proportional)，(又稱調制 modulating) 控制等等數種。分別詳

述如下：

二位置控制——這種控制又種為“開關”控制（ON-OFF control），或正動作控制（positive-acting control），它只能使控制裝置產生兩個位置，不是全開，即是全關，沒有中間位置，或其他活動度位。

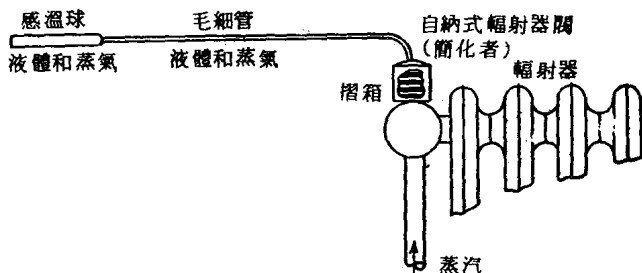


圖 1.6 用於輻射器之自納式控制閥

二位置控制在自動調節上是最簡單的一種型式。但在某些控制應用上，如使用這種控制是非常不利或有限制的，因此只限用於簡單的控制操作。

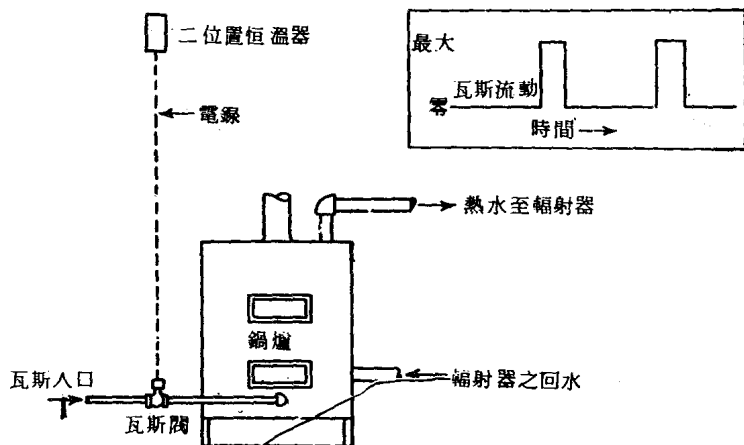


圖 1.7 二位置控制的簡單應用，圓內曲線表示控制閥在二位置作用的情形

圖 1.7 說明二位置控制的簡單應用。恒溫器感測房內的溫度，當需加熱時瓦斯閥開啓，將燃料供給鍋爐內。如房內不需加熱，閥即關閉。閥只能全開或在全關狀況，如曲線所示，但燃燒器上經常留備有一個引火（種火）俾瓦斯進入時即可引燃，不必另行點火。

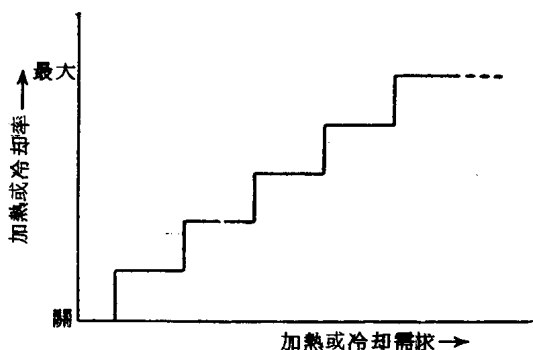


圖 1.8 多位置控制操作曲線

多位置控制—多位置控制實際上就可說是二個以上或數個二位置控制的聯合控制。它在全開及全關二位置之間，再有中間位置及分度位置，故較二位置控制為優。當然，位置越多，控制就愈平滑，然而多位置在一般控制裝置上，也不過只有三個到十個位置，而且在每一位置，流量大小都是固定的，由於位置數不能太多，控制曲線也就不能十分平滑而像階梯一樣。如圖 1.8 所示，譬如一恒溫器，能夠依據冷凍的負荷，去操作一，二，或數個壓縮機，或一壓縮機的多級氣缸。曲線顯示有六個“關”和五個“開”的多級操作。其範圍由最小到最大，在曲線階梯上，每升高一級，其冷凍能力即有一定的增加。

浮動控制—浮動控制與以上兩法之不同處在於換動器，如一節氣閘馬達或控制閥等，能夠在最大與最小兩點間取定任何位置。所謂浮動，是由於控制器在其高低兩工作點之間游移時，換動器能在任何位置停住。也就是，當所控制的狀況波動時，節氣閘馬達或閥馬達之動作能向抵消變化的方向移動。並繼續移動直到控制器指示其已獲致正確的狀況為止。故節氣閘或閥馬達，僅當控制下的溫度，濕度，或壓力在極窄的限制範圍內呈現穩定時才告停止。即是說馬達或閥要停時亦需接收控制器發來的停止信號，否則將繼續運