

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(二)

(譯自美國國家技術學校函授教材)

王 洪 鎧 編譯

(五十一至五十五課合訂本)

A51 中央系統空氣調節——冷卻設備及控制

A52 箱型冷氣機

A53 空氣之分配

A54 空調用風管

A55 風扇與鼓風機

徐氏基金會出版

A 53

空氣之分配

徐氏基金會出版

目 錄

前 言

定 義..... 53-1

空氣流動..... 53-2

所需之表現性..... 53-3

供風開口對換氣量..... 53-4

供風率..... 53-5

擴散溫度差..... 53-6

可變的因素..... 53-7

室內的顯熱獲得或熱損失

決定Q和TD..... 53-8

冷氣時TD之決定..... 53-10

暖氣時TD之決定..... 53-11

空氣的重力流動..... 53-11

冷空氣之供給..... 53-12

暖空氣之供給..... 53-13

回風開口的位置..... 53-14

冷氣的回風..... 53-15

回風口的數目..... 53-16

二次空氣循環..... 53-16

高速空氣噴射流..... 53-17

供風格柵..... 53-17

棒桿型格柵..... 53-18

空氣流動的模式..... 53-19

影響空氣流動的諸因素..... 53-20

空氣路徑模式的分析..... 53-20

不同吹出速度和溫度差的效

應..... 53-21

偏向置定的效應..... 53-21

在供風與回風口處的空氣速度

推薦的回風速度..... 53-24

推薦的出風速度..... 53-26

可變的因素..... 53-27

風管開口與房屋暴露的關係

處理暴露的問題..... 53-28

A.概說..... 53-29

B.冷氣應用..... 53-32

系統的噪音..... 53-33

複習第53課..... 53-35

前 言

在本課中，我們將進行討論空氣流動的基本原理，及有關於調節空氣分配至一指定空間內的格柵 (grille) 特性。即是，我們涵蓋了把送風射入，及把回風抽出空調空間的問題，其目的要使在空調空間中獲得均勻的空氣溫度與流動，及在該空間內不致感到有氣流在吹動的結果。

運送調節空氣由空調器至空調空間，再把回風抽返空調器之風管系統和其出回風口等事項，將在下一課中討論。

定 義

以下諸名詞的定義適用在本課中：

1. 換氣量 (Air changes) 在一室中每一小時內完全更換空氣之次數，由次數與室內空間的大小即可算出空氣之流動 cfm 量。

總換氣量 (Total air changes) 一室中每一小時內全部更換空氣之次數，由該室內諸供風開口所吹入之 cfm 數與室內之空間大小即可算出總換氣次數。

外氣換氣量 (Fresh air changes) 一室中每一小時內能由外氣引入量佔據全部室內空間之次數，相等於把室內空間大小去除空調系統中一小時所引入之外氣 cfm 量。

2. 吸氣柵格 (Aspirating grilles) (亦見格柵條)

一柵格係設計為促進調節空氣與室內空氣迅速之混合以誘導一大量之二次空氣循環者。

3. 空調空間 (Conditioned space) 一住宅或建築內之某一具有空調之空間，或曰冷暖房。

4. 擴散器 (Diffuser) 一柵格或調風柵 (register)，設計得能將供風朝不止一個方向吹出者。

5. 擴散溫度差 (Diffusion temperature difference)

剛離開出風口吹入室內的供風 (supply air) 溫度和室內設計溫度之差。

6. 風管 (Duct) 為一氣密的送風管道，常用鍍鋅鐵皮作成，可載運某一量之空氣送至所預定的地點。

7. 外牆 (Exposed wall) 室內之一部份暴露於室外狀況者。

8. 格柵 (Grille) 風管開口上的一塊能通氣的蓋板，無論出風或回風口上均應具有，並未附有閘或節氣閘 (風門) 者。

供風格柵 (Supply grille) 空氣經此而吹入室內者。

回風格柵 (Return grille) 空氣經此而離開室內者。

9. 內部顯熱獲得或熱損失 (Internal sensible heat gain or heat loss) 全部的顯熱獲得或熱損失，減去混入循環空氣中在進入空調器之前的通風用外氣所含的顯熱獲得或熱損失。

10. 駐留區 (Occupied zone) 為空調空間的一部份，自地板起，上達駐留人員能影響該空間之空氣狀況的部份為止。

11. 二次或誘導循環 (Secondary or induced circulation) 由供風格柵所吹出之供風由於速度太快，帶起一部份室內空氣與之俱行循環，又稱為一種拉曳效果。

12. 分離系統 (暖氣) (Split system) 一系統中使空調空間的一部份用調節空氣暖起，其餘部份用輻射器來暖起。

13. 供風之射程 (Throw of discharge air) 由出風口吹出之供風，水平走了一段距離，氣流速度已減低到既定最小值 (約 50 fpm) 時之間的距離，此時離地板約高 6.5 ft，該處已感覺不出有顯著的氣流流動。

空氣流動

當在討論這一節之前，最好你能記住空氣的流動特性就如水一樣，而空氣和水都對溫度的變動有同一的反應，記住了這一事

實，那麼在以下對空氣流動特性的討論中，會有助於你對它的了解。

所需之表現性

對一空氣分配系統，所要求它具有如下之表現性：

1. 能送入空調室一定量的空氣，其供風所含的溫度和濕度恰能維持住室內有設計且穩定的溫度和相對濕度。
2. 送入空調室空氣分配與流動的特性要能：
 - a. 分配平均，使全部駐留區內有均勻的溫濕度。
 - b. 由地板起至人站立時的呼吸線高度止，其所造成的溫度差要減至最小。
 - c. 室內空氣之流動循環不能過慢，但也不能過快，要能使駐留人員感覺不出有氣流在吹動。
3. 送入室內的空氣所產生的噪音要盡量減低，不得使駐留人員感到會可厭的噪音與震動。

再者，空氣之分配系統（主要為風管系統）設計還要與建築及室內裝潢相配合，外表務求美觀實用，安裝上要經濟，同時日後的維護費用也要經濟。

在本課中，我們要舉出幾個基本公式，在設計空氣調節設備及獲得最佳的空氣分配效果上，都是用得着的。

雖則我們並未論及實際的設計例子，但在公式上可以給你一個深切的印象，說明在空氣分配系統中有那些重要的因素，而這些因素又相互間有甚麼關係，適當運用這些因素那麼在控制空氣分配上必獲致良好的結果。

總空氣換氣量

總空氣換氣量的定義為在空調室中一小時內更換了多少次的空氣數，它與室內的空間大小，以及供風量有關係。總空氣換氣量不要與外氣換氣量相混淆，後者係與室內大小與引入之外氣 cfm 量有關。

要決定一空調室內每小時的換氣次數，可利用如下之公式：

$$N = \frac{60 \times Q}{V} \quad (1)$$

其中

N = 每小時總空氣換氣量

Q = 室內所獲得的供風量 cfm 數

V = 空調室的大小，ft³

由於 Q 是每分鐘吹進多少立方呎的空氣量，所以必須乘以 60 後化為每小時吹進的空氣量，才能被 V 所除而得出每小時的換氣次數。

如果決定了每小時所需的換氣量，也知道了空調室的大小，則供風量應是多少 cfm 就可以從下式算出來。

$$Q = \frac{NV}{60} \quad (2)$$

先將換氣次數 N 乘以室內的立方呎數 V ，即為每小時所需的供風量，除以 60 即化為每分鐘的供風量 cfm 數。

供風開口對換氣量

整個空調室內均勻的空氣流動和溫度分配，有賴於室內各出風口的位置，出風量，吹向，及出風口設計以及回風口等有良好的設計。這樣才能達到室內空氣最佳之環流。

如果出風口太少，而且換氣量又太低，這樣就會造成室內產生空氣循環死角，在死角內空氣流動不足，因而產生溫度不均勻等弊病。但反過來說，出風量太大，風速太高也不是好現象，因為駐留人員在室內會感到有風在吹襲他的身體，但又不知風從何處來，非常惹人討厭。

過多或過少的換氣次數在一既成的系統內，還是可以在有限度改進的，譬如可以改變風車皮帶輪直徑以改變送風量等，還可以稍許調整送風系統上的各節氣閘，分風板等以達到目的。但是，最有效的還是在設計時就把它設計得完善可靠，效果也可預期。

供風率

在此要說明的，調節後的空氣在風管中行進時，稱為送風，若剛自出風口出來吹入室內的風，稱為供風 (supply air)，因送風狀況不一定等於供風狀況，故特加以區別，而且送風因係還在風管內，對室內狀況是不產生直接影響力的。

表 1 可作為一種決定供風量的參考，或者可用以核對某一供風率對空調室的空氣配佈上是否適當之用。

現在說明表 1 的用法，譬如在住宅一欄內，如果出風口是位於牆上的高處，並且水平吹出時，則在暖氣時，需要每小時能作 5 到 9 次換氣次數的供風量，才能滿意，在冷氣時，也要每小時能作 6 次到 12 次換氣次數的供風量，才認為是適當。

應用的型式	出風口所在的場合	每小時概約總換氣量	
		暖氣用	冷氣用
住 宅	靠近地板的踢腳板上，水平吹出	3 - 6
	在地板上，垂直向上吹出	3 - 6	6 - 12
		5 - 9	6 - 12
辦公室 商店 餐廳	在牆上高處，水平吹出 一般在牆上的高處，水平吹出	5 - 8	6 - 12
戲 院 集會場所 舞廳等	一般在牆上的高處，水平吹出	5 - 10	6 - 12

在使用表 1 時，需要加上一些判斷性，因為它的適用範圍比較寬廣。以下提供一些使用上的應注意之點以供參考。

一般說來，取用的換氣次數約在表內上限和下限的中央，這是一種正常的空調情形，就是說，現場的空調狀況並沒有特殊的

現象。但若如果每單位體積內熱的損失或熱獲得較低時，我們可以採用表內所推薦的換氣次數較偏向於下限的數字，比較適當些。

如果在住宅中作冷氣應用，出風口在牆上高處，可以允許每小時換氣次數低到4次，但是需採用吸氣式格柵，使它能誘導一部份二次空氣循環。這也等於增加了一點換氣次數。

同樣在辦公室，商店中等作冷氣應用時，如果採用吸氣式格柵，換氣次數也可以低至4次。但注意即使換氣次數在4次到6次之間，最好也採用吸氣式格柵。

換氣次數需高過12次以上的場合，多半是室內每單位體積的熱獲得非常高所致。若在這種情形下，最好另作努力以求減少熱獲得量，譬如牆壁屋頂加鋪隔熱，窗戶上加涼蓬，窗後加用百葉，採取機械通風等，都不失為有效的辦法。如果不能作到上述的措施，那只有酌情增大供風和室內溫度差，以圖能減少換氣次數來補償之。

擴散溫度差

所謂擴散溫度差，是指剛離開出風口的供風溫度，和室內設計的溫度二者之間的溫度差。注意擴散溫度差是可以影響換氣次數，也就是供風量的，因為吹進愈冷的空氣，量當然可以少些，不然供風量則必須加多，以補償溫度差的不足。

擴散溫度差應在可能範圍內予以增大。它雖主要受冷卻管容量的影響，但將諸出風口重新定位，增加其數量，減少每出風口的尺寸等都能達到這個目的。

當換氣次數十分大時，出風應吹向無駐留人員的地方，且不要產生誘導的二次循環。在換氣量每小時12次或以上時，由於空氣循環程度太大，勢必會產生氣流現象，這時我們應設法減低氣流強度，甚至比引導供風吹向獲熱地點上更為重要。因為人在一間溫濕度良好的房間裏，是並不希望感覺到風在吹的，不然長時這樣下去，你一定會覺得受不了。

戲院或人員集中的場所，事實上和住宅所需的換氣量大約相

同。如果換氣量需要在 12 次以上，則應斟酌決定換氣量與擴散溫度差，看是否能夠增大溫度差而減少換氣量。

如果在一間天花板高度非常高的場合，那我們作空調時只需調節由地板到 6 呎高度的這一塊空間的空氣就行了。6 呎以上空間內的空氣，可以不去管它，風管雖在天花板上，但可以把出風口及回風口降到 6 呎附近的高度即可。不然若將全室內空間列入計算，那供風量未免太大了。而且在實際上除非換氣量特別高，不然上方空間內的空氣幾乎是死空氣，並不會受到空調的干擾的。

可變的因素

在所有的情形下，需要考量到空調室內駐留人員的活動情形，然後才能決定出換氣次數。

當室內駐留人員是在坐着狀態下，可以取用表 1 中所列換氣次數上限以下的合理數值，能夠產生誘導二次循環的方式必須留心採用。另一方面，如果人員活動劇烈，則需採用較安全的較高的換氣率。

同樣，駐留人員的衣着情形也須考量。譬如室內有婦女着晚禮服（如雞尾酒會或高級夜總會中）時，換氣次數應保持着上限以下甚低的數值。這種情況，最好有較多且分配空氣良好的出風口，而不要有較少出風口及較高的換氣次數，因為可能招致室內有過強的氣流。

最後，還要考量一下該處是否為全年性空調。因為夏季換氣量一般較高於冬季，如在夏季感覺空氣流動良好者，在冬季往往覺得有氣流產生，尤其是在供風溫度不夠高的情形為然。因之，在設計全年性空調時，換氣次數最好取用夏冬二季均能接受的數值，或差不太遠的數值，如表 1 所載者，以免冬夏二季要改變送風量之煩。

室內的顯熱獲得或熱損失

在另一課程內，我們學到了估算空調室內冷暖氣負荷的方法

，當我們估出了這種空調負荷，取其顯熱部份，配合着擴散溫度差，就可以求出所需送入空調室內的供風量。

空調室內有顯熱負荷及潛熱負荷，不管它們是夏用冷氣用的熱獲得也好，或是冬季暖氣用的熱損失也好，爲了計算上的方便，可以只取其顯熱部份來計算所需的供風量。

供風的目的，就是要藉助它移去室內的熱獲得（冷氣），或補充室內的熱損失（暖氣）。我們憑直覺就可體會到，如果供風的溫度與室內設計的溫度差（擴散溫度差）愈大，供風量即以愈少。是以我們認爲供風量，溫度差，和室內熱獲得或熱損失，三者是有關係的，而我們空調計算上既然已先算出了室內空調負荷，那麼送入空調室的空氣（供風）應當有多少量？應當是怎麼樣的一種溫度，就是我們所亟須了解的。得出來了供風量及其溫度，才能去選用空調器具。

上述室內之顯熱負荷 H_s ，供風量 Q ，及擴散溫度差 TD ，三者間的關係可以用下式表明之。

$$H_s = \frac{60 \times Q}{V} \times C \times TD \quad (3)$$

其中：

H_s = 室內之顯熱負荷（熱損失或熱獲得），Btu/hr.

Q = 供風量，cfm（在設計之室內狀況下）

V = 空氣的比容，即在設計室內狀況下，每磅空氣所佔的體積，通常採用 $13.35 \text{ ft}^3/\text{lb}$ ，可視爲一常數

C = 空氣的比熱，即每磅空氣每改變 1°F 所需增減的 Btu 數，通常採用 $0.240 \text{ Btu}/\text{lb}\cdot\text{F}$ ，可視爲一常數。

TD = 擴散溫度差， F 。即供風溫度和設計的室溫的溫度差由於 V ， C 都是常數，代入後上式可以簡化爲

$$H_s = 1.08 \times Q \times TD$$

決定 Q 和 TD

又由於冷氣時空氣之比容 V 稍有差別，我們再可以得出下列

四式

$$Q = \frac{H_s}{1.06 \times TD} \quad (4) \quad \text{用於冷氣}$$

$$TD = \frac{H_s}{1.06 \times Q} \quad (5) \quad \text{用於冷氣}$$

$$Q = \frac{H_s}{1.08 \times TD} \quad (6) \quad \text{用於暖氣}$$

$$TD = \frac{H_s}{1.08 \times Q} \quad (7) \quad \text{用於暖氣}$$

利用以上的四式，我們可以用公式(4)以求出冷氣時所需的供風量，利用公式(6)以求出暖氣時所需的供風量。公式(5)和(7)是由公式(4)和(6)得來，可利用之以求出擴散溫度差。

在公式(4)到(7)中，如果“ H_s ”是室內顯熱獲得或熱損失，“ TD ”為擴散溫度差，那麼“ Q ”就是由出風口所吹出到室內的總風量。

由於室內空調負荷有顯熱 H_s ，和潛熱 H_L ，以及全熱 H_r ($H_s + H_L = H_r$)，不論你用 H_s ， H_L ，或 H_r 去計算 Q ，都可獲得同一之結果，但利用 H_s 來算 Q ，我們認為是最方便的，所以其他的公式就不常用了。

室內的熱負荷也包括通風用引入外氣的負荷，但這部份的負荷只是自設計外氣狀況變到室內狀況（非為送風狀況）所發生的負荷。

公式(4)到(7)中，1.06 及 1.08 是一常數；基於空氣在設計室內狀況下的比容不同而有二個數值。因為夏季時，室內設計狀況常為 80 F，50% RH；而在冬季時，室內設計狀況常為 70 F，35% RH。

但在實用上，無論冷氣或暖氣計算，均用公式(6)和(7)的 1.08，而不再用 1.06。

冷氣時TD之決定

爲求使用冷氣的公式，參考表 2，可以獲得概約的最大擴散溫度差數值。該表基於出風口離地板各種不同高度下，少數大風量出風口或多數小風量出風口情形下所應具有的概約擴散溫度差。

表 2 冷氣應用下，出風口離地板各種高度下 可允許的概約最大擴散溫度差		
出風口離地板之高度呎	最大擴散溫度差 F	
	相當少數大風量出風口①	相當多數小風量出風口②
10	15	20
12	17	22
14	19	24
16	21	26
18	23	28
20	25	30

註：①當所有供風經由少數大的出風口吹出時用此欄溫度差
②當所有供風經由多數散佈的小出風口吹出時用此欄溫度差

由此表上可看出使用多數的小出風口較之用少數的大出風口允許有較大的擴散溫度差。再者，當出風口的高度增加，所允許的擴散溫度差也跟着上升。

我們舉出一個例子說明，例如在一相當小體積的空調室內，室內顯熱獲得很高。爲了保持室內的總換氣量降低到最少次數，那麼擴散溫度差就不得不盡量提高。此可設計得爲多數小出風口的系統，或把出風口的高度提高。但注意溫度差並不能隨意提高，因爲空調箱中的管排容量有限，不可能把送風狀況變得如你所欲，因之必須採取折衷方式。由表 2 可得知擴散出風格柵的配置能影響到擴散溫度差，這是它的長處之一。

如果室溫和供風溫度之差增加，那麼必是供風溫度要更冷些才行（冷氣狀況），空氣愈冷愈重，所以在同樣出風口及風速下，其射程即將減短。因之在任一特定高度的格柵，在特定格柵型式和特定出風速度之下，必定有一最小的高度。如果安裝得低於這高度，空氣將以不意欲之高風速吹入駐留區，同時吹出的風也太冷，直接射到人體上是非常不舒服的。

許多格柵製造廠商對他們自己的產品都有詳細的規範說明和技術資料，可用為設計空氣分配系統時之參考。

暖氣時TD之決定

在暖氣應用時，擴散溫度差應盡量保持小為宜。然而，如果供風溫度低於約90 F，特須小心不要讓供風直接吹襲到駐留人員身上。

通常，暖氣用之供風溫度最低是90 F (32.2 C)，如果比這溫度更低，而風速又高過了40到50 fpm時，對一般人來講這供風溫度是太低了些。

空氣分配的結論

總而言之，在設計空氣分配系統時，需要同時考量擴散溫度差及總換氣量與供風口的位置和型式等的關係。

總換氣量必須適當以提供良好的分配，同時，擴散溫度差必須小到足夠，使吹出的供風氣流在升起與室溫相近之前，或其風速降低到約50 fpm之前，不要進入駐留區。

以上的規則如果謹慎遵守，並加上合理量的判斷，以及接受各格柵製造廠商所提供的技術資料，將能得到成效良好的空氣分配系統。

空氣的重力流動

當空氣被加熱，它有上升的趨向，反之如被冷卻，它又有下降的趨向。水也有這種同樣的趨向。

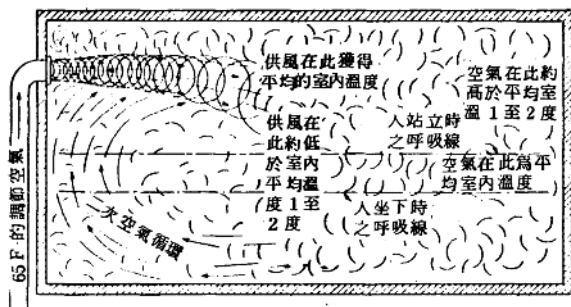


圖 1 供風進入空調室內後的狀況

供風與回風開孔的位置，應考量到暖 and 冷空氣自然重力流動的特性。在暖氣時，此將顯示暖空氣的供風開口應位於靠近地板，水平吹出，或靠近天花板，但稍斜下吹出。但重要的是暖氣一經吹出，就要與室內空氣混合，且使室內溫度均勻。不得有溫度層次現象，即暖空氣在上方靠近天花，冷空氣下降而靠近地板，使得室溫愈離地板往上愈高。

同樣在冷氣應用上，冷空氣應在牆上方處水平吹出，或靠近地板却垂直向上吹出，有助於室內溫度之趨向平均。

冷空氣之供給

空氣愈冷，它也有愈迅速下降的趨向。

如果一特定的冷氣負荷想用一相當小量的供風來調節，則供風的溫度必須要很低，即是擴散溫度差要很大（見公式(5)）。在這種情況下，必須小心設計射程，勿使供風很快就下降，造成能感覺有氣流的程度。

此意指冷空氣必須要與室內空氣混合，吸收室內空氣中之熱而使本身溫度升起；到回風時，已升起至室內設計溫度。混合的行為可藉如下的方式來增進。

1. 出風口的位置要選定得使供風在到達駐留區以前，有較長的時間與室內空氣接觸。此可把出風口位置放高，使出風速度提高，或導使供風向上方吹出。

2. 把一股吹出氣流分裂成許多較小量的噴流，使混合作用迅速。例如，可把出風口個數增多，供風量變小，並使其分配性能良好；另外，採用狹長，縫槽形的出風口，並使其吹出方向保持特定等，都有助於供風與室內空氣之快速混合而作熱交換。

3. 使用特殊型式的格柵，如吸氣格柵等；對吹出的氣流也要使其有導向性，並能促進室內空氣均勻的環流。

暖空氣之供給

若空氣愈暖，它愈有快速上升的趨向。

如果一特定負荷由一相當小量的空氣去承擔，供風溫度必定要高，也就是說擴散溫度差要大（見公式(5)）。

在這種情況下，需要小心將供風與室內空氣適當混合，以降低供風溫度，因而減少了靠近天花的溫度層次趨向。此在天花附近暖空氣的層疊（stratification）現象，以及在地板附近冷空氣的層疊現象，常謂之為“冷70”（cold 70）。

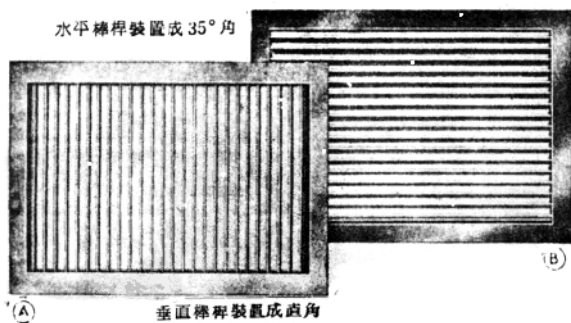


圖 2 柵桿型格柵

設計工程師的良好判斷以及施工人員之良好製作與安裝，再加上遵守剛才所述的原則，則在暖空氣的供給分配上，必有良好之成就。

回風開口的位置

在出風口中，因出風有一股力量，依靠出風速度，以及加以導引，可以把它射到某一意欲的地方。但這些對回風却不行，回風是依靠空調箱內送風車的吸力拉回的。你知道空氣由風車出口送出，經風管，出風口到達空調室內吸收了室內的熱獲得後，仍必須返回空調箱，經過濾網，冷卻管排把熱交給管排後，再回到風車吸入口準備再度循環，若自出風口出來的供風不能回到空調箱，那空調箱的效果便要大打折扣了。常見有些空調工作人員把送風管舖設得很長，他認為只要把從空調箱出來的冷氣送到所欲地方就行了，從不考慮到出來的風能不能回返的問題，如若供風不能回返，那麼風車送出來的風不是跟着減少了嗎？

再注意空調箱中的風車常是多翼式葉輪，這種風車雖然有足夠推力送風，但拉力却是很小，正如離心式泵一樣，吸引力很小，所以回風的路途上，決不可有過大之阻力。因為回風量一減小，送風會跟着減小，供風量即不夠了。

我們曾經作過試驗，縱然在出風口量得出風速度為 1000 fpm（此數值較高於一般實際使用者），但是在離出風口三呎以外的 24吋 × 24吋回風口上，所量得的回風風速尚不足 50 fpm。此說明了回風是不像送風那樣可以自由控制的。

由以上的敘述，可見回風開口必須位於空氣能靠本身重力自由流到的地點。尤其在暖氣應用上這原則特別重要。

暖氣的回風

暖氣回風口的安裝位置應能使空氣自出風口吹出後不須經一大段距離，或者要經過許多門口，或彎曲的路徑才到達回風口，否則必將影響效果。甚至會有一層冷空氣像地毯狀舖在地板上，