

# 大氣穩定度與天氣

林政宏

國立臺灣師範大學地球科學系

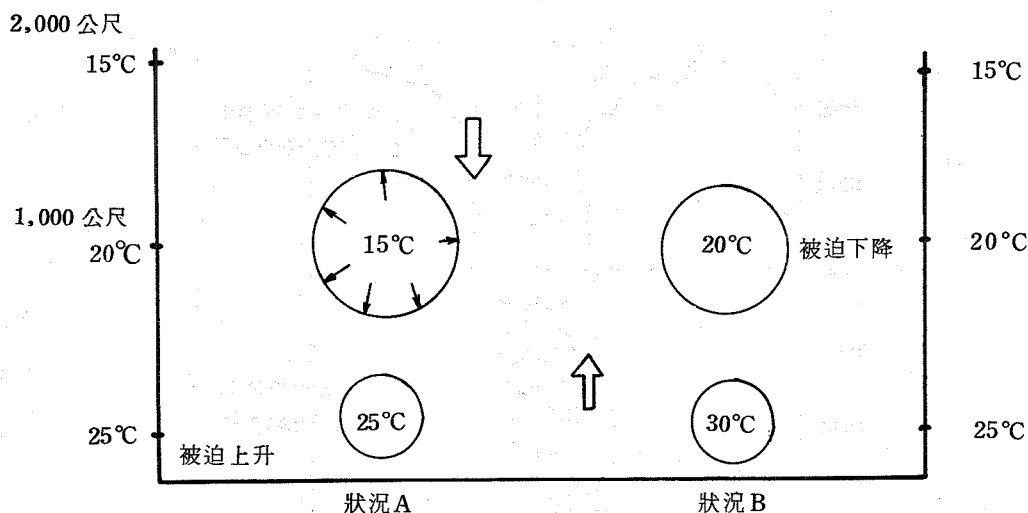
## 一、引言

當你逐日或逐時觀察天氣的現象時，會發覺雲的變化最爲捉摸不定；一下子山邊積雲隆起，一下子海上起著濃霧，有時候雷陣雨連連數日，有時候高高的天邊掛著絲絲的鈎雲，千變萬化，不一而是。而這些變化又大多與大氣穩定度有關。換句話說，當大氣穩定的時候，空氣是下沉的，下沉的空氣會變熱，水汽容易蒸發，天空也不會有什麼雲了。

## 二、穩定度

若空氣上升，則會冷卻，形成雲。爲什麼空氣有時上升，有時不上升？爲什麼空氣上升後凝結之量會有差異？此外，雲的大小爲何也有很大的差別？這些問題的解答，都與空氣的穩定度有關。先想像有一個氣泡，具有彈性的表皮，能任意擴張，但不會與外界空氣混合。若此氣泡上升，它的溫度會因擴張而下降。比較氣泡內和周圍空氣的溫度，我們可以決定氣泡的穩定度。若氣泡的溫度低於外界，氣泡將比較重，它將往未上升前的原始位置下沉。這種型的空氣稱爲「穩定空氣」，能夠抗拒垂直位移。相反地，若氣泡的溫度較高，氣泡將比較輕，它將繼續上升，一直達到具有相同溫度的高度爲止。正如熱氣球會一直上升，只要它比周圍的空氣輕。此類型的空氣稱爲「不穩定空氣」。

在實際情況下，空氣的穩定性，是藉由測量不同高度的大氣溫度而決定的，此種測量稱爲遞減率。很重要的，不要把「遞減率」和「絕熱的溫度變化」搞混了。前者是在氣球或飛機上測量大氣的溫度，而後者是一小部分的空氣（或稱空氣塊），在上升或下



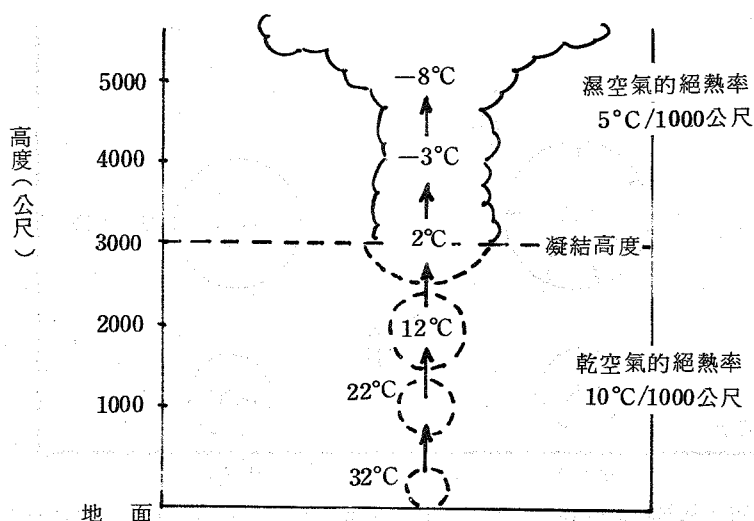
圖一 穩定大氣的概要描述。圖中左方的空氣塊因靠近地面的氣塊比高空氣塊之內部冷卻厲害，因此較不易上升。

降的過程中的溫度變化。

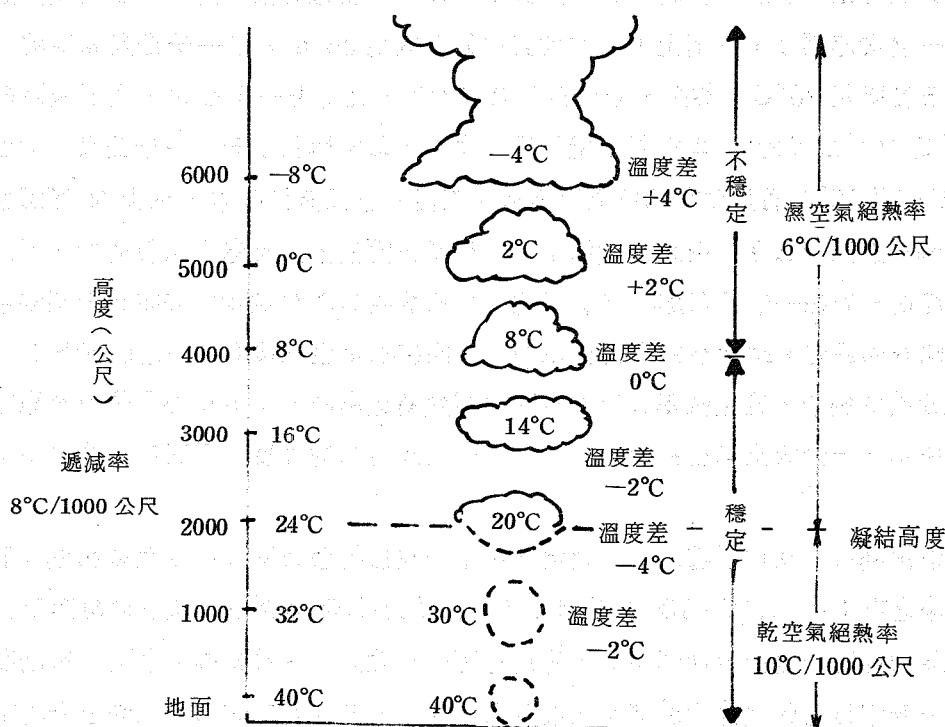
爲了能更加清楚的了解，我們觀察一個例子：大氣一般的遞減率爲一千公尺減少攝氏五度（圖一之縱座標），此情況下，當地表空氣溫度爲 $25^{\circ}\text{C}$ ，在一千公尺高空處，將降低攝氏五度成爲 $20^{\circ}\text{C}$ 。然而，若地表空氣未飽和，且上升一千公尺，空氣塊將擴張，且以 $1^{\circ}\text{C}/100$ 公尺的「乾空氣之絕熱變化率」冷卻。因爲上升了一千公尺，故溫度下降 $10^{\circ}\text{C}$ 成爲 $15^{\circ}\text{C}$ 而比周圍的空氣溫度低了五度，它又變得較重，因此又沉回原來的位置（圖一之狀況A），由此，我們稱地表空氣在潛能上比高處空氣溫度低，所以不上升。同樣地，若在一千公尺處的空氣下沉，絕熱增溫 $10^{\circ}\text{C}$ 到達地表時比周圍空氣溫度高，因此升回原處，此種空氣即爲穩定的，且能抗拒垂直位移（圖一之狀況B）。

另一個極端的例子，當遞減率大於乾空氣之絕熱變化率時，空氣稱爲「絕對不穩定」，如圖二所示。上升的空氣會持續一直上升，因爲此空氣的溫度一直高於周圍的空氣，所以較輕。

第三種情況稱爲「條件不穩定」，此情況發生於空氣的遞減率介於乾空氣和濕空氣的絕熱變化率之間（由 $0.5^{\circ}\text{C}/100$ 公尺到 $1^{\circ}\text{C}/100$ 公尺）參考圖三。注意最初四千公尺，上升空氣的溫度一直低於周圍空氣，故爲穩定的。然而，在凝結高度之上，有潛熱的加入，使上升空氣自此變得比周圍空氣溫度高；從它上升的觀點來看，此團上升的空氣沒有外力的影響，但仍持續不斷上升，故爲不穩定的。所謂條件性的不穩定空氣，即空氣一開始上升是穩定的，但到達凝結高度後某一點，則變爲不穩的了。所謂「條件性



圖二 大氣屬於絕對不穩定的情況，氣塊可以一直往上升而形成積狀雲類。



圖三 空氣在 4000 公尺以下為穩定的，此時氣塊溫度低於周圍大氣溫度；但 4000 公尺以上則為不穩定。

」，乃因為只有當空氣被迫開始持續上升時，才變為不穩定的。一般所指的不穩定性，皆為條件性不穩定。

### 三、穩定度和每天的天氣

從前面的討論，我們可以下一個結論，穩定的空氣不會有垂直位移。不穩定空氣，由於它自身的浮力，會持續不斷的上升，但這個現象和我們每天的天氣有什麼關係？既然穩定的空氣沒有垂直位移，我們認為空氣中穩定的空氣較多時，雲不會形成，雖然此推論似乎合理，但某些力量會促使它上升，我們將在下一節討論。有時候穩定空氣被迫上升後所形成的雲寬度很大，但垂直高度很小，且即使有小雨滴形成，也是又輕又細微。相反的，不穩定空氣形成的雲，既高聳而凝結的雨滴也較大。因此，我們可以知道，在一個下毛毛雨的陰鬱天氣裡的雲，是由於穩定的空氣被迫上升，相反地，在一個充滿菜花狀雲的天氣，是因為不穩定的空氣，如一個個熱氣泡上升所致。

簡言之，空氣的穩定性對於天氣而言，扮演著決定性的角色。它可以決定雲的類型，決定下一場毛毛雨或滂沱大雨。

### 四、力的舉升

我們已經討論過，穩定和條件性不穩的空氣自己不會上升，它們需某些機制引發垂直位移。例如：輻合、山嶽的舉升、鋒面的切入。

不論何時，只要空氣輻合，便會上升，因為空氣輻合到一個越來越小的地方，將使空氣柱的垂直高度增加，結果，在空氣柱中的空氣上升，造成它的不穩定度。最好的例子當夏季西南氣流盛行時，臺灣全島的西海岸地區因強烈的太陽輻射加熱，造成暖而濕的西南氣流在海岸附近輻合，形成午后多雷陣雨。

山嶽的舉升，發生在斜坡地帶，如山坡，阻擋住氣流，迫使空氣往上爬。因此，世界上最多雨的地方，就是在迎風的山坡。例如，在夏威夷 Waialeale 山的氣象台有著最高平均年雨量的世界記錄—1168 公分左右。此氣象台位於 Kauai 島的迎風坡上，標高 1523 公尺。

山地除了使空氣上升，促其不穩定外，更藉由減低水平移動氣流的速度，阻止了風雨的前進，也促使空氣輻合。同時，山在外形上的不規則，也造成了受熱不均及地表不

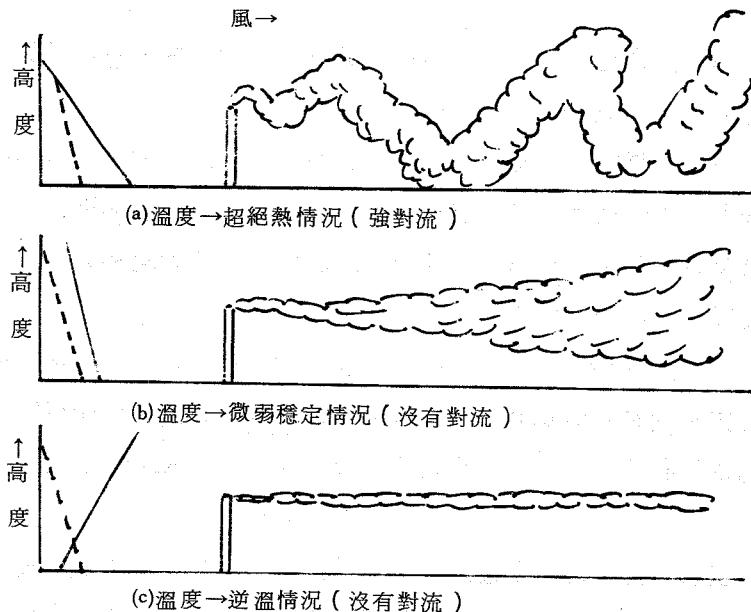
穩定性，這許多原因綜合起來，使得山地雨量比平地多得多。臺灣本島的阿里山迎風坡在夏天雷陣雨的日數也是冠於全島其他地區。

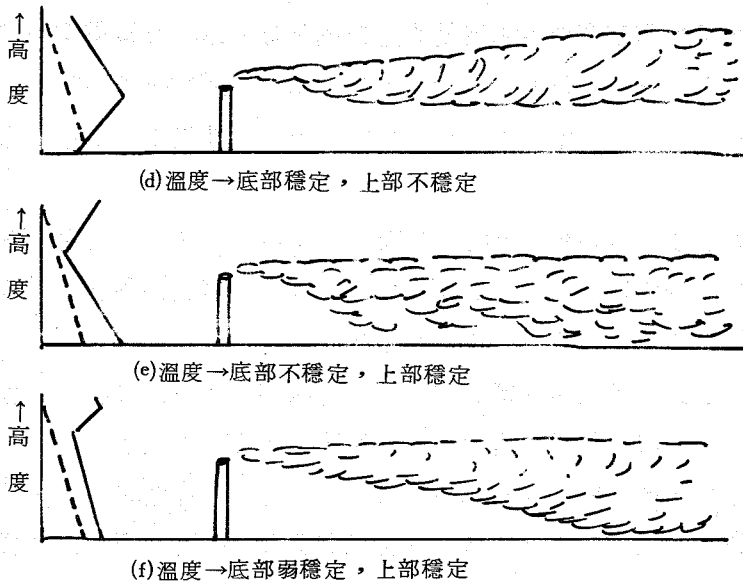
當空氣到達背風坡時，大部分的水蒸汽都已除去；若空氣下降，則溫度上升，故極少造成凝結和降水。中國的蒙古沙漠、阿根廷的巴塔哥尼亞沙漠都是因為背風坡而產生的沙漠。

## 五、大氣穩定度、逆溫與大氣污染

有一種情況空氣非常穩定，大氣溫度不但不隨高度遞減，反而有遞增的現象，稱為逆溫。逆溫現象如發生在多煙囪的工業區或有污染的大都市裡是很不好的；因為逆溫大氣阻止任何垂直的氣流運動，所以接近地面的污染物就這樣沉澱在近地面的大氣層裡。這種現象往往發生在天空無雲的夜晚，因為地面長波輻射到天空中毫無阻擋，因而使地表溫降低非常迅速而成。

研究環境污染的專家除了肯定逆溫對大氣污染所扮演的角色外，都市或郊區工廠煙囪的高度與位置，還有風向風速也都做了詳細的研究。圖四即說明煙囪在不同的氣狀況下，煙塵漂散的高度與距離。





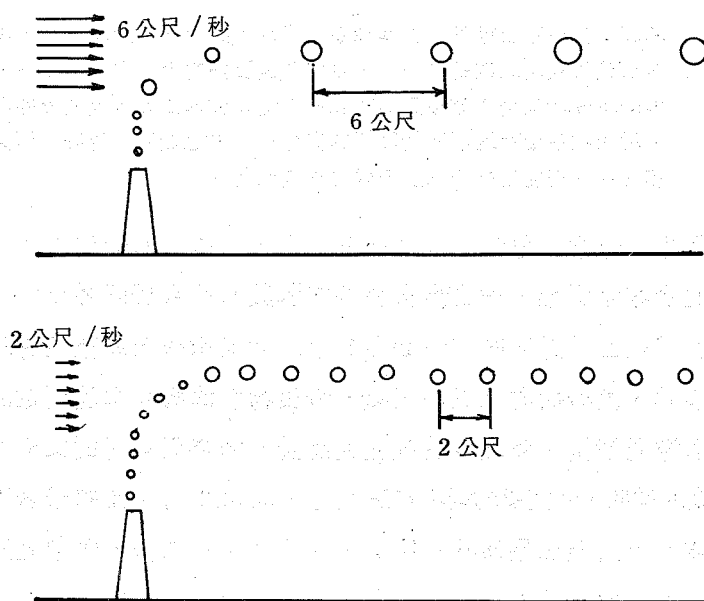
圖四 不同大氣穩定狀態下，工業煙囪可能發生的六種不同流動，圖中左圖虛線代表氣塊的乾絕熱狀態，實線代表實際的大氣垂直溫度分佈。圖中(a)與(b)污染物之傳播距離隨風速而定。(c)與(d)多發生於夜晚與清晨，污染物多接近地面。(e)與(f)的發生則不限定發生的時間，污染物影響地面的程度則視上部逆溫層的高度而定。

圖四中(a)多發生於非常不穩定的大氣情況，白天有微風的晴朗天氣，因為不穩定氣流所引起的對流混合非常明顯，污染物很快的被驅散而不致於傳播很遠，故最大的污染物集中區就在靠近工廠區附近。圖四中(b)多發生於大氣稍趨向於穩定的狀況，氣溫幾乎不隨高度改變，多雲、潮濕而有強風的天氣，污染物之傳播範圍隨距離而增大。圖四中(c)即是所謂的地面逆溫情況，多發生於夜晚或清晨，因為天空晴朗又風力微弱，所以很容易造成地面溫度的偏低，致空氣的對流無法產生，而水平的層流挾帶著工廠的污染物延續幾十公里的距離。但逆溫如果像(d)的情況，逆溫層較(c)為薄，而逆溫層之上有對流發生，則污染物之集中與傳播更靠近地面，而且向上與向下擴散很快。(e)與(f)則為逆溫層在上壓抑著下面空氣的流動，雖然近地面有顯著的對流（如(e)）或微弱的對流（如(f)），但污染物上下與空氣混合後，仍大部份向下傳回地面。

## 六、結 論

顯然的，大氣的穩定度決定氣流是否上升或下降，以及日益嚴重的空氣污染問題，也是與大氣穩定度有密切的關係。綜合以上的討論可以歸納下列結論：

1. 廣大的污染源區如有逆溫層存在，則污染程度將非集中而嚴重。（如圖四(c)至(f)及圖三）
2. 風速的大小多少會影響污染物飄散或集中的遠近及程度；風速每秒 6 公尺時，污染胞與污染胞之間的距離如設為一個單位距離，則當風速為每秒 2 公尺時，其間距也將更密集，即縮短為三分之一單位距離。（如圖五）
3. 因為風速越強，則空氣的擾動程度也就越厲害，所以污染物本身也就更容易與周圍未污染的空氣發生混合作用，而使污染濃度降低。（如圖五）
4. 強風加上較大的溫度遞減率，則污染物的混合和稀釋速率相當快，在這種情況下，高濃度之污染較不易發生；反之，風速微弱且有逆溫存在時，污染程度將更形惡化。



圖五 風速對於污染物濃度的影響。如上圖風速較強（每秒 6 公尺），則污染胞與污染胞之間隔距離約為 6 公尺；下圖風速較弱（每秒 2 公尺），則污染胞之間距縮為 2 公尺，即集中度或濃度增加 3 倍。