



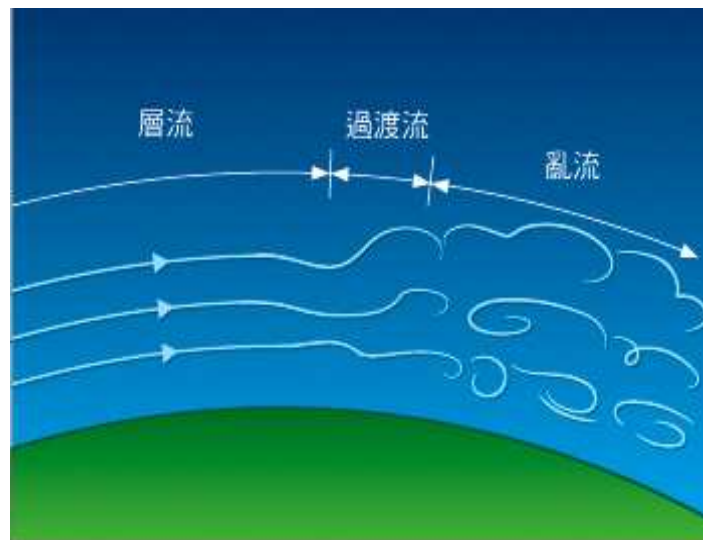
當飛機碰上亂流

飛機航行中難免遭遇亂流，而嚴重亂流導致飛航事故時有所聞。今年，國內航空公司也陸續有班機在國內外上空碰到嚴重亂流，造成多人受傷。亂流如何產生？能否藉由科學儀器的預測及早避開，讓飛行更安全？

搭乘飛機的時候，常會聽到空服員廣播「飛機即將經過一段不穩定氣流，請確實扣緊安全帶！」不穩定氣流指的就是亂流，它會使飛機搖晃，甚至嚴重傷害機體。高空上如何形成亂流？什麼樣的現象稱得上亂流？

生活中的亂流現象

想要了解亂流，可以從比較熟悉的「水」去觀察。站在河邊看著潺潺流水，便很容易發現，當流速非常緩慢時，水流會井然有序的前進，此時稱之為層流(laminar flow)；若流速較快，水面則會產生擾動，有些地方會形成漩渦，水流變得混亂而不一致，這就是亂流(turbulent flow)的最基本現象。從層流變成亂流的過程中，稱為過渡流(transitional flow) (見右圖)。



流體(氣體或液體)流動會有層次分明的「層流」與漩渦擾動遍佈的「亂流」，從層流到亂流的過程中則有「過渡流」的形態存在。(電腦繪圖：姚裕評)

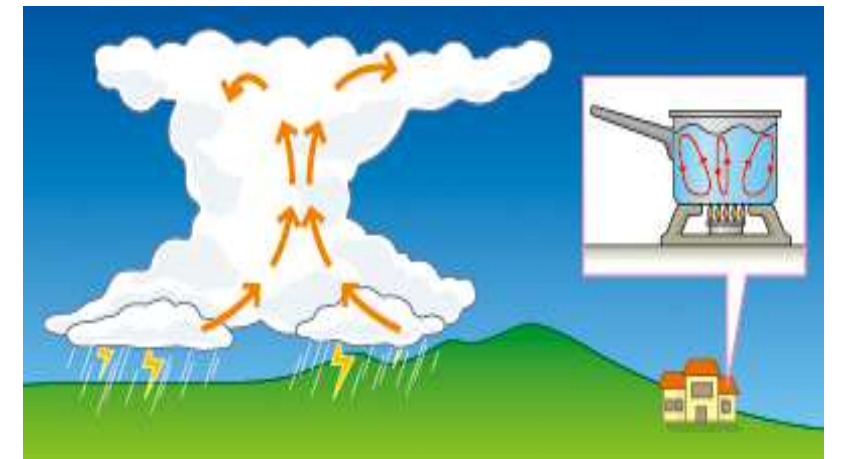
同樣的情況也會發生在氣體流動。觀察燃燒中的香菸，當白色煙霧裊裊上升時，線條非常均勻平滑，但是當煙霧上升到一定高度後，也會變得混亂而形成漩渦狀，這也是亂流。形成亂流的條件很多，流速快慢只是其中一個因素，也是最容易觀測到的，其他如流體的黏性、流動規模大小、接觸表面的粗糙度等，也都會導致亂流的形成。

飛機航行在大氣中所遭遇的亂流有很多類型，典型且常見的有「雲雨亂流」與「山岳波亂流」。

空氣熱對流造成亂流

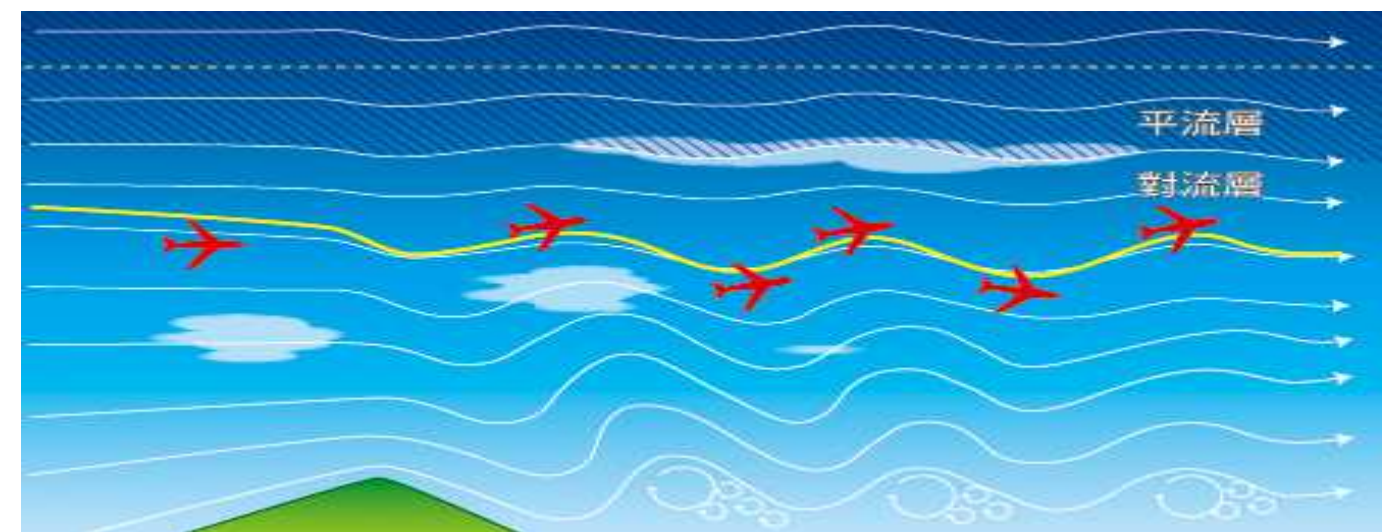
雲雨亂流的產生，多半是因為空氣的「熱對流」(heat convection)作用所致。受到強烈太陽照射、吸收許多熱量而升溫的地表，會加熱附近的空氣，地表附近空氣受熱後膨脹上升，擠壓上層冷空氣下降，形成熱對流；此時，由於空氣的密度發生變化，形成不均勻狀態，造成空氣與空氣之間彼此擠壓摩擦，無法維持井然有序的流動，這種對流的過程便會產生亂流。

熱對流跟用鍋子燒開水的對流現象很類似，之所以稱之為雲雨亂流，是因為在對流過程中，空氣中的水氣會形成積雲(cumulus cloud)(見右圖)，因此飛機駕駛員如果觀察到積雲，就可以判斷該處可能有亂流而選擇避開。



山坡地形造成亂流

山岳波亂流主要是山坡地形作用所導致。當空氣在山的迎風面沿山坡上升時，風速隨著山的坡度升高而增快，在氣流爬升至山頂時達到最大。當氣流通過山頂後，受到地形障礙物高度降低的影響會迅速下降，於是產生下降氣流；隨後再因為地面摩擦作用，使得位居前端的底層空氣流動較緩慢，並導致後端持續前進的空氣向上推擠，造成空氣產生漩渦一樣的擾動。因山坡地形所產生的亂流通常發生在通過山峰後數公里處、形成浪花狀的滾軸雲(roll cloud)，這就好像河水流過大石頭後，會在大石頭後方產生漩渦是一樣的(見下圖)。飛機駕駛通常也會避免進入此空域中。



平穩的氣流從圖左方流入，遭遇山坡地形後會隨山坡上升，並在通過山坡後產生漩渦狀的擾動，像波浪一樣。圖中上下起伏的線條即是飛機可能遭遇的亂流，高度越低線條起伏越顯著，意味亂流的規模越強烈。氣流通過山坡地形的流速，也會影響亂流的規模大小，有時強烈亂流的影響力甚至會持續向上直達對流層頂。(電腦繪圖：姚裕評)

撰文 / 盧衍良

審稿 / 張有恆 (成功大學交通管理科學系教授)

延伸閱讀

《風暴觀測站-高空亂流 DVD》，麗音影音發行

《揭開飛行的奧秘》，王懷柱著，全華科技出版

高一課本《基礎地球科學》