




# contents

第一部分



## 柏學精要……………1

### 第一章 大氣科學概論／3

- 第一節 大氣垂直結構 • 3
- 第二節 對流層特徵 • 5
- 第三節 溫度分布 • 7
- 第四節 氣壓 • 11
- 第五節 高度與氣壓 • 14
- 第六節 大氣風場 • 21
- 第七節 大氣環流與噴射氣流 • 24
- 第八節 氣旋與反氣旋 • 29
- 第九節 高低氣壓系統與槽脊線 • 30

### 第二章 中尺度氣象學／33



- 第一節 鋒面系統 • 33
- 第二節 大氣穩定度 • 37
- 第三節 雷雨 • 41
- 第四節 山岳波 (Lee Wave) • 56



# contents

- 第五節 局部環流 • 60
- 第六節 氣象雷達觀測 • 63
- 第七節 層狀降水與積狀降水（對流性降水） • 70
- 第八節 邊界層氣象 • 73
- 第九節 氣象衛星觀測 • 75
- 第十節 高空冷心低壓 • 78

## 第三章 熱帶氣象學 / 81

- 第一節 熱帶地區天氣特徵 • 81
- 第二節 間熱帶輻合帶（Inter-tropical Convergence Zone ; ITCZ） • 82
- 第三節 熱帶氣旋 • 84
- 第四節 聖嬰與反聖嬰現象 • 88

## 第四章 航空氣象專論 / 91

- 第一節 亂流 • 91
- 第二節 積冰（Icing） • 98
- 第三節 低能見度與低雲幕 • 107



## 第五章 數值天氣預報 / 113




# contents

- 第一節 何謂數值天氣預報 • 113
- 第二節 客觀分析與資料同化 • 114
- 第三節 系集預報 • 116
- 第四節 數值天氣預報的限制 • 118

## 第六章 氣候學 / 119

- 第一節 季風 • 119
- 第二節 北美洲 • 126

### 第二部分



## 志學之試 .....129

### 第一章 大氣科學概論 / 131

- 壹、歷屆試題 • 131
- 貳、精選試題 • 143

### 第二章 中尺度氣象學 / 151

- 壹、歷屆試題 • 151
- 貳、精選試題 • 171





# contents

## 第三章 熱帶氣象學／183

●、歷屆試題 • 183

## 第四章 航空氣象專論／195

壹、歷屆試題 • 195

貳、精選試題 • 210

## 第五章 數值天氣預報／215

壹、歷屆試題 • 215

貳、精選試題 • 217

## 第六章 氣候學／219

●、歷屆試題 • 219







## 第七章 其他類型／227

●、歷屆試題 • 227

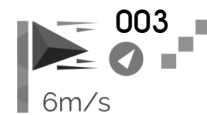


chapter

1 °C 

Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
 Downpour	 Lightning	 Sun	 Rain	 Cloudy	 Sun

# 大氣科學概論



## 第一節 大氣垂直結構

大氣的垂直結構基本上是依據「溫度」隨「高度」變化而定的。

### ●從地面到高空之劃分（分布如圖 1-1）

- (一)對流層（Troposphere）。
- (二)平流層（Stratosphere）。
- (三)中氣層（Mesosphere）。
- (四)熱氣層（Thermosphere）。

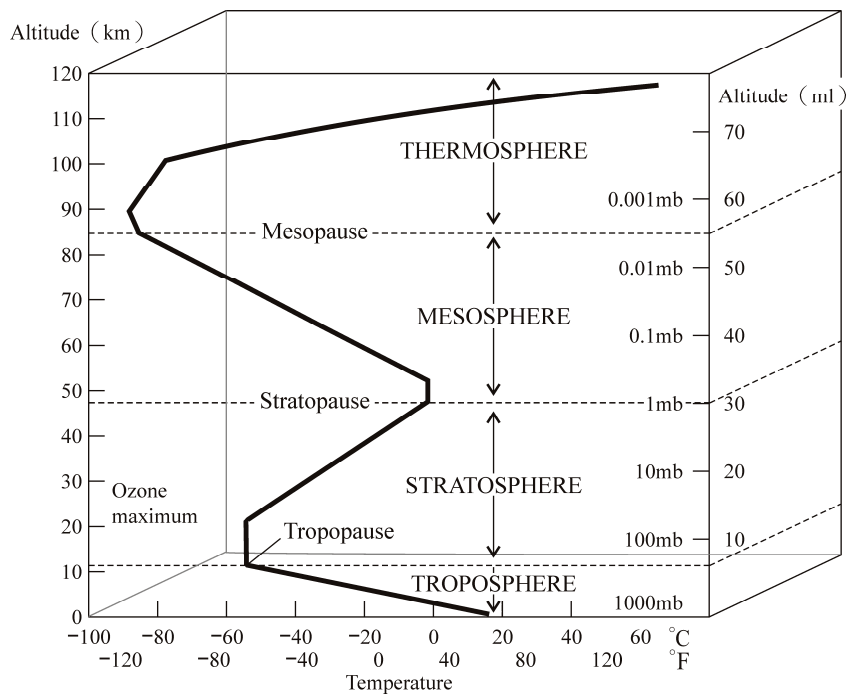


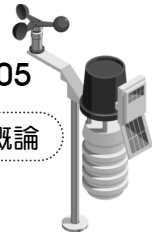
004

第一部分

航空氣象學 柏學精要

圖 1-1





## 第二節 對流層特徵

目前航空氣象學所關心的範圍僅限於對流層，平流層以上暫不討論。

### 一、對流層

(一)對流層為大氣之最低層，距地球表面厚約 10~20 公里。對流層乃由於地球表面接受太陽輻射量之收支差異，發生垂直方向之平均環流，使空氣混合而形成對流現象，故稱對流層。

(二)主要特徵：

1. 氣溫隨高度而降低。
2. 形成雲、雨、霜、雪之各種天氣系統，如高低氣壓、鋒面、颱風與龍捲風等，皆發生在此氣層內。

### 二、對流層頂 (Tropopause, 圖 1-2)

對流層與平流層交接處存在一過渡層，稱為對流層頂，為目前航機飛行最高之高度，厚度約幾百公尺到 2,000 公尺。

(一)對流層頂附近氣溫隨高度升高，變化的幅度發生突變：

隨高度增加，溫度降低的幅度開始變小，甚至隨高度增加，溫度保持不變，或略有增高。對垂直運動有很強的阻擋作用。

(二)對流層頂的溫度及高度都隨緯度不同而異：

1. 熱帶低緯度地區（赤道）地區高約 16 公里，氣溫在  $-70^{\circ}\text{C}$  左右。
2. 極區（高緯度地區）則僅高 8、9 公里，溫度稍低於  $-40^{\circ}\text{C}$ 。
3. 在中緯度地區氣溫會由海平面的大約  $17^{\circ}\text{C}$  下降至對流層頂



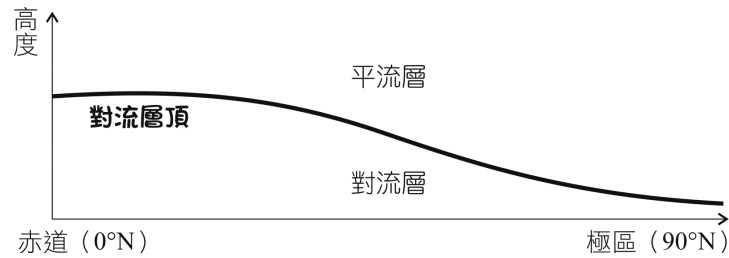
006

第一部分

航空氣象學 精要

的大約  $-52^{\circ}\text{C}$ 。

●圖 1-2 ●



(三)對流層頂附近高度之特性：

1. 垂直方向大氣的溫度隨著高度增高而些微的增加。
2. 水氣量相當少（空氣濕度小）。

## 目、大氣邊界層與自由大氣

對流層內從地面到 1,000~2,000 公尺的一層，受地面起伏、乾濕、冷暖的影響很大，稱為「大氣邊界層」（或摩擦層）；邊界層以上受地面狀況影響較小，稱為「自由大氣」。





### 第三節 溫度分布

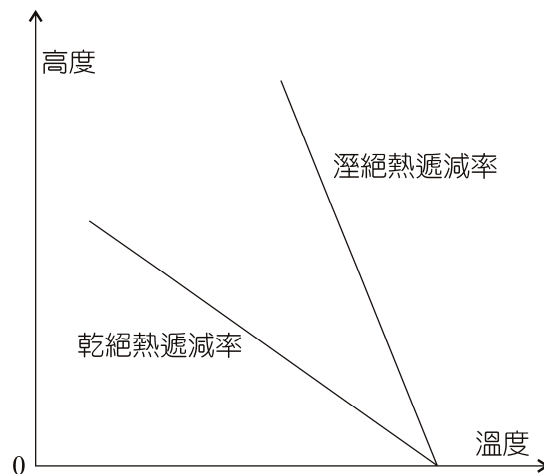
#### 一、對流層溫度變化

對流層中，氣溫隨高度升高而降低。由於受地表影響較大，平均每上升 100 公尺，氣溫約降低  $0.65^{\circ}\text{C}$ 。溫度隨高度的變化率，稱之為溫度遞減率（Lapse Rate）。對流層內平均溫度遞減率為  $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。

#### 二、溫度遞減率

溫度遞減率可分為以下兩種（如圖 1-3）：

圖 1-3









##### (一) 乾絕熱遞減率：

一般亦稱為「乾絕熱直減率」（Dry-Adiabatic Lapse Rate），其定義為：一塊乾空氣在絕熱過程上升，通過一層無垂直加速

# chapter

# 1 °C

Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
 Downpour	 Lightning	 Sun	 Rain	 Cloudy	 Sun

## 大氣科學概論



### 壹、歷屆試題

■、列出三種類型的雲及其高度。另外，如何以不同雲類型判斷下雨的可能性？帶砧座最強雨雲的名字是什麼？【108 薦升】



擬答——點出重點·寫出高分

(一)三種類型的雲及其高度：

1. 層雲：分布高度從近地面至約 2,000 公尺高度。
2. 高雲：分布高度從 2,000 公尺高度始—於熱帶地區可達 8,000 公尺高度，中緯度達 7,000 公尺高度，極區則到 4,000 公尺高度。
3. 卷雲：分布高度—熱帶地區為 6,000~18,000 公尺高度，中緯度為 5,000~13,000 公尺高度，極區則為 3,000~8,000 公尺高度。

(二)如何以不同雲類型判斷下雨的可能性：

1. 雨層雲：屬於低雲，多出現在暖鋒雲系中，由整層雨層雲潮濕空氣系統滑升冷卻而成。雨層雲的雲層相當厚，可達 8,000~9,000 公尺，且雲滴濃度很大，能完全遮蔽太陽和月亮的光線。
2. 卷積雲：它多產生在低氣壓的前緣，一般表示未來 24 小時後有低氣壓接近，天空不太穩定，天氣將轉壞。



3. 卷層雲：卷雲又逐漸變厚，在西方地平線上形成卷層雲，天氣即將降雨。通常低壓或鋒面接近前由卷雲慢慢增厚形成。
4. 高層雲：是在低氣壓接近時，或者是在暖鋒時，最容易出現，因此天氣變壞的機率較卷層雲為大。
5. 濃積雲：由中度積雲發展而成，亦會由塔狀積雲發展所成，是一種迅速發展之積雲類，輪廓顯明且具顯著的垂直發展與巨大花椰菜狀或塔狀之特徵，常轉變為積雨雲。

**☞**、(一)在機場天空狀況報告或雲狀態報告中列出所需的項目為何？飛機越過鋒面時，那些氣象因素會發生變化？  
(二)定義乾絕熱遞減率、濕絕熱遞減率和環境遞減率。為什麼乾絕熱遞減率高於濕絕熱遞減率？ **【108 薦升】**



**擬答**——點出重點·寫出高分

- (一) 1. 雲量：應以縮寫“FEW”（1/8 至 2/8 之雲量）、“SCT”（3/8 至 4/8 之雲量）、“BKN”（5/8 至 7/8 之雲量）或“OVC”（8/8 之雲量）編報。積雨雲及塔狀積雲應分別以 CB 及 TCU 標示。
2. 當天空出現模糊不清時，應觀測及編報垂直能見度，以代替雲量、雲狀及雲底高度。垂直能見度報告應分階段性從 30 公尺（100 呎）至 600 公尺（2000 呎）。
3. 當無顯著影響飛航作業之雲及積雨雲，且垂直能見度良好，又縮寫“CAVOK”不適用時，應使用縮寫“NSC”。
4. 飛機越過鋒面時，盛行風場將出現明顯的變化，因此，穿過鋒面時，常遇到風向的突變，使偏流與地速發生較大的變化。此外，由於鋒後風速較大，擾動較強，在鋒後接近鋒面飛行時，如果飛行高度較低，常出現飛機顛簸。另外，氣壓也



有明顯的變化，以冷鋒為例，風面後氣壓梯度密集，氣壓為上升之趨勢。而鋒面本身即為溫度不連續帶，溫度變化相當劇烈。在暖鋒露點值常有上升的現象。

(二) 1. 定義：

- (1) 乾絕熱遞減率：在大氣中，假想一個能像氣球一樣移動的氣塊，並假設氣塊在移動的過程中不與外界環境產生能量的交換，也就是所謂絕熱的過程，當氣塊內的水氣未達飽和狀態並且受外力上升時，由於環境的壓力隨高度降低，因此使氣塊膨脹、溫度降低，此氣塊溫度隨著高度上升而降低的程度稱為「乾絕熱遞減率」，每上升 1,000 公尺，溫度下降 10 度。
  - (2) 濕絕熱遞減率：當氣塊上升溫度降低時，相對濕度開始增加，若水氣開始凝結成液態，將釋放潛熱，此時溫度氣塊溫度隨著高度上升而降低的程度稱為「濕絕熱遞減率」，一般以平均值每上升 1,000 公尺，溫度下降約 6.5 度。
  - (3) 環境溫度遞減率：在實際且穩定的大氣層中，其垂直方向的氣溫隨高度遞減情形，稱為「環境溫度遞減率」。
2. 由於氣塊上升溫度降低時，相對濕度開始增加，若水氣開始凝結成液態，將釋放潛熱，則氣塊隨高度上升而降低溫度的程度將比乾絕熱的情況來的小，致使濕絕熱的遞減率比乾絕熱來的減緩。

**目、氣壓分布是分析判斷飛行時氣流特性之重要資訊，分析說明西伯利亞高氣壓、颱風與龍捲風這三種天氣系統的時空特徵，並說明氣壓的分布與其風場的關係。 【107. 民航三等】**



**擬答** 一點出重點，寫出高分

**(一)西伯利亞高氣壓：**

1. 屬於極地大陸冷高壓，其範圍大小隨高壓強度不同而異，一般高壓範圍大小係由封閉等壓線所包圍的面積大小來決定，有的強烈冷高壓範圍很大，例如 1020hPa 等壓線的封閉的面積可以南北橫跨 45 個緯度（由北緯 65~20 度），主軸呈東西向者，可跨 50~60 個經度。
2. 由於冬季時，日照時數減短，再加上透過地面長波輻射冷卻降低溫度，造成寒冷且沉重的空氣不斷堆積，並在高空系統的良好配合下發展成強烈高壓；每年的 12 月下旬到 2 月上旬時為旺盛期，之後勢力才逐漸減弱，氣候上將其屬性稱為「半永久性高壓」。
3. 西伯利亞高壓屬於冷心高壓，因此風速受溫度和氣壓分布影響，風速大小與氣壓梯度（單位距離內之氣壓差）力成正比，因此在天氣圖中，等壓線的疏密會決定風速大小—等壓線較密則風速較大、等壓線較疏則風速較小。當強烈的冷高壓南下，臺灣及四周海域的等壓線比較密，東北風風速明顯增強；相反的，當高壓在華南或東海時，臺灣地區等壓線比較稀疏，風速就會減小。此外，當冬季當冷鋒通過臺灣後，高壓南下鋒後等壓線比鋒面未通過前的等壓線來得密，所以風速亦會增強。

**(二)颱風：**

1. 颱風的形成與水汽凝結釋放潛熱有關，因此颱風屬於暖心低壓。颱風剛形成時，雲系並非呈現明顯的對稱結構，眼牆與颱風眼不特別完整，並且可能會有低壓中心、雲層中心和最大風速中心三者不一致的情況出現。當颱風持續增強時，颱風雲系的結構特徵逐漸明顯，包含颱風螺旋雨帶、眼牆和颱風眼。



風眼三部分，此時颱風雨帶與風場結構逐漸出現對稱的特徵，因著眼牆的完整，颱風眼也逐漸明顯，在衛星雲圖上清晰可見。當颱風強度增強到強烈程度時，部分颱風的內核區會出現明顯的「雙眼牆」現象，也就是在一個颱風眼當中，出現兩個眼牆雨帶。雙眼牆出現之後，也意味著颱風的發展已經到達極限，隨後強度就會逐漸降低。

2. 颱風是一種具有強烈氣壓梯度伴隨強烈風速的熱帶氣旋，因此颱風強度是從風速和氣壓關係來。當颱風發展旺盛時，透過大量富含水汽的空氣上升絕熱膨脹冷卻，降低溫度達到飽和凝結，釋放潛熱，更加强颱風的暖中心，因此加深環繞颱風內核區的氣壓梯度，造成眼牆伴隨颱風最大風速區。

### (三)龍捲風：

1. 龍捲風是大氣中最強烈的一種旋轉氣流，其中心為低氣壓，據估計，其中心氣壓可以比周圍環境低 100 百帕 (hPa) 以上。強大的氣壓差使附近的氣流向中心輻合，由於龍捲風的水平尺度很小，通常只有數十公尺到數百公尺不等，氣流在這很小的範圍進行輻合過程，不斷加速旋轉，在旋轉過程中又迅速上升。
2. 和颱風相比，雖然颱風也是低壓系統，但颱風的暴風半徑在 100 公里以上，而龍捲風的半徑卻只有數十公尺到數百公尺。因此，龍捲風中心的氣壓梯度要比颱風下降數千至數萬倍，因此龍捲風內部的風速遠比颱風強烈，而且有少數的龍捲風還會以順時鐘方向旋轉。