



6-1 氣象觀測

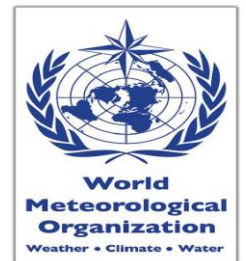
氣象觀測方式包含地面氣象觀測、高空氣象觀測以及遙測

一、地面觀測

(一) 觀測坪：

1. 觀測坪設置地點有何條件？

- (1) 四周空曠、遠離高大建築物
- (2) 地表植淺草、平坦不積水的地方
- (3) 遠離人工熱源。
- (4) 四周圍稀疏之矮木柵或竹籬，以免閒人或牲畜闖入毀損儀器
- (5) 其內設有百葉箱...



2. 觀測時間：

地面觀測需多久紀錄一次？ 每天四次

世界氣象組織 WMO (World Meteorological Organization)

各國共享全球各地氣象觀測站的觀測結果

世界標準時 (UTC)：00 時、06 時、12 時、18 時利用儀器同時進行地面觀測

臺灣觀測時間：08 時、11 時、14 時、17 時、20 時、23 時、02 時、05 時。

3. 觀測坪內的儀器

4. 觀測坪中的百葉箱

(百葉箱設置條件為何？)

- (1) 全為白色
- (2) 四周全為百葉，通風良好
- (3) 百葉箱的箱底離地約1.5 m~ 2 m
(避免受地表輻射影響)
- (4) 北半球百葉箱門開在朝北方向
避免日光直接射入箱內
- (5) 百葉箱通常設在觀測坪的北側角落
以免影子遮住其他儀器。



(二) 地面觀測 (主要) 的項目

1. 風向、風速計

- (1) 觀測儀器：風杯風速計、螺旋槳風向風速儀
- (2) 安裝於高出周圍障礙物約10 公尺的風力塔。
- (3) 測風向：利用一不對稱的物體，其對空氣阻力較大的一端會移動到下風處，因此由另一端指出風向。
- (4) 測風速：是利用水平旋轉的風杯或旋轉扇葉量測，
風愈大時，風杯或扇葉就轉得愈快，單位為公尺/秒。



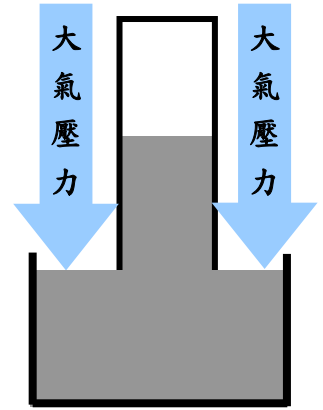
- (5) 風向、風速的觀測，是代表觀測時間之前 10 分鐘內 最多 風向及平均風速。
 (6) 觀測間隔的 3 小時內出現瞬間風速比平均風速大過每秒 5 公尺時，表示有 陣 風。

2. 氣壓的觀測

- (1) 觀測儀器：a. 福丁式水銀氣壓計
 b. 空盒氣壓計

- (2) 福丁式水銀氣壓計觀測原理：

以水銀柱 高度 受大氣壓力的變化來量測，單位：cm-Hg
 利用 托里切利 實驗設計
 無法放入百葉箱中。



- (3) 空盒氣壓計觀測原理：

利用：半真空狀態的金屬盒
 氣壓 上升 時，金屬盒會被 壓縮
 氣壓 降低 時，金屬盒會則 膨脹
 單位：百帕 (hPa)
 可以置於百葉箱中。



3. 氣溫的觀測

- (1) 觀測儀器：a. 自記式 溫度計
 b. 最高、最低 溫度計

在通風良好不受任何輻射影響
 (如陽光、地表) 之環境下量測
 置於百葉箱中。

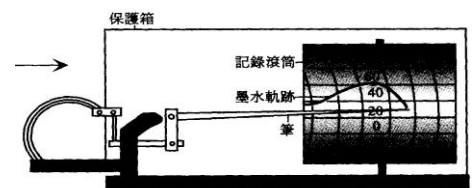


- (2) 自記式溫度計原理：

利用儀器上的雙金屬片，這兩面不同金屬隨溫度改變的 脹縮 程度不同而變形
 再以 槓桿 原理加以放大指針偏轉，直接將氣溫變化的曲線繪在記錄紙上。

- (3) 最高溫度計原理：

最高溫度計是 水銀 溫度計有毛細管構造
 當溫度 升高 時，球部水銀可通過毛細管至玻璃管
 當溫度 降低 時，毛細管裡的水銀斷開
 管裡的水銀 無法 通過毛細管回至球部，因而保留高溫記錄。



- (4) 最低溫度計原理：

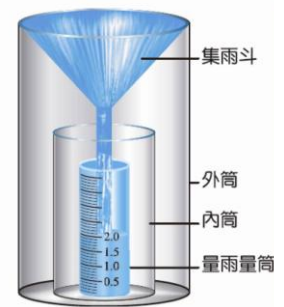
在最低溫度計 酒精 柱內，置一藍色 (或黑色) 指標，為一長約 2cm 之兩端呈球狀之玻璃棒。
 當溫度 上升 時，酒精繞過指標而上升，指標 不會 被帶動仍停留在原處。
 當溫度 下降 時，酒精柱收縮，酒精柱頂的表面張力及附著力將指標拖曳而行，使 指標移動下降。

4. 溼度計的觀測

- (1) 觀測儀器：乾溼球 溫度計（置於百葉箱中）
- (2) 原理：濕球因水分蒸發帶走熱量，故溫度讀數較乾球 低
利用乾球、溼球兩溫度計的 溫差，查表 可得相對溼度
- (3) 乾溼球溫差越 大，相對溼度越 小。
- (4) 溼度是指大氣中水氣含量的多寡
氣象測報常用 水氣壓、相對溼度、露點 來表示溼度大小。
- (5) 乾溼球溫度計的種類
固定式乾濕球溫度計、阿斯曼通風式乾濕球溫度計、手搖式乾濕球溫度計

5. 降水的觀測

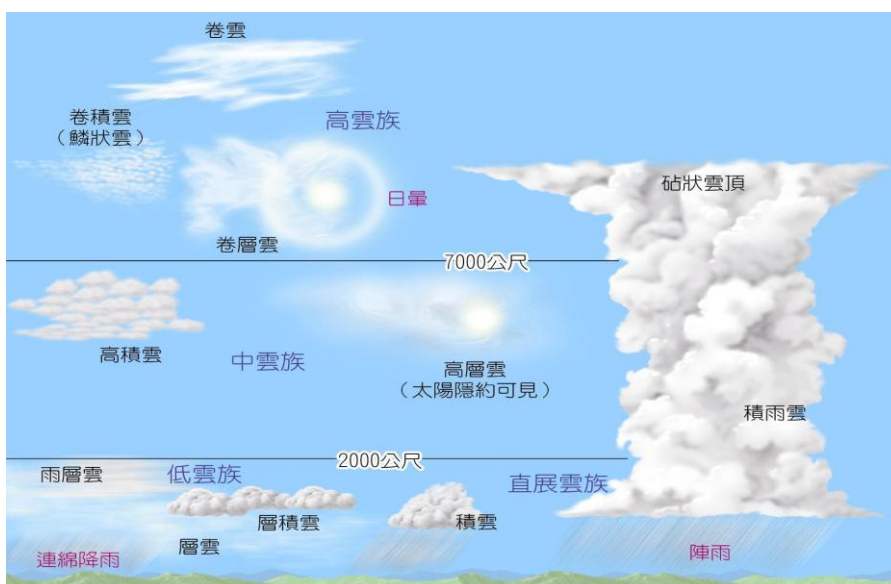
- (1) 觀測儀器：a. 非自計型的雨量桶
b. 自計型的雨量儀（如 傾斗 式雨量儀）
- (2) 雨量桶要放在 空曠 且沒有障礙物的地方。
- (3) 要高出地面 30 公分，以防止附近雨水濺射入內
- (4) 雨量計口徑大小 不 影響觀測



- (5) 在無蒸發、流失或滲透等情況下，一定時間內降水儲積在一平面上降水儲積量的 深度 即為降水量，常以 毫米 為單位來表示。

6. 雲的觀測：以「目視」觀測雲高、雲形、雲量

- (1) 雲高：（依高度分為 四 族）
指自測站地平面至雲底的垂直距離，通常以公尺為單位。
分為 a. 高 雲族（7000 公尺以上） b. 中 雲族（2000~7000 公尺）
c. 低 雲族（2000 公尺以下） d. 直展 雲族（由下向上發展）



(2) 雲形：(依形狀分為三類 → 十 屬)

- a. 卷狀雲 (白色細絲、纖維狀，是由 冰晶 組成)
- b. 積狀雲 (垂直發展，像是花椰菜或塔狀，代表對流較為 旺盛)
- c. 層狀雲 (底部平坦，層狀，較 弱 的對流所造成)。

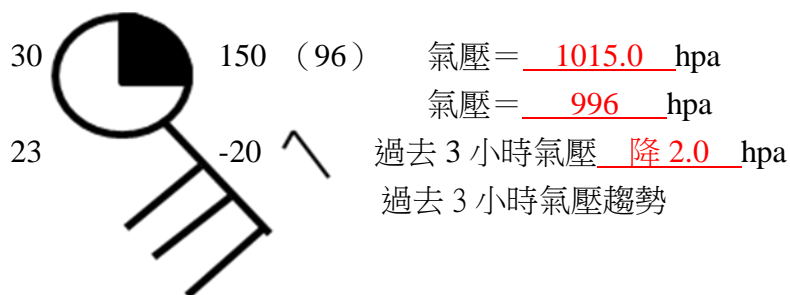
高雲族	卷層雲	卷雲	卷積雲
	Cs	Ci	Cc
中雲族	高層雲		高積雲
	As		Ac
低雲族	雨層雲	層雲	層積雲
	Ns	St	Sc
直展雲族	積雲		積雨雲
	Cu		Cb

(3) 雲量：

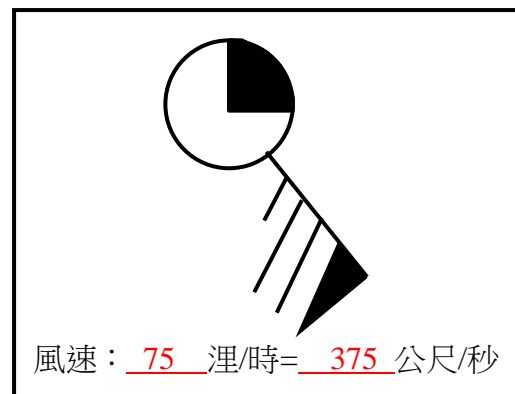
國際上常以 八分量 表示，八分量即以視野的天空分為八等分，觀測雲層所遮蔽的部分占天空多少比例？



※ 地面天氣符號的表示：



雲量：2/8
 風向：東南 風
 風速：30 浬/時 = 15 公尺/秒



L

990

一般天氣圖中低氣壓參考值

※ 熱帶氣旋的低壓值遠小於溫帶氣旋的低壓值

熱帶氣旋歷史上最低的紀錄為 870hpa

H

1030

一般天氣圖中高氣壓參考值

7.其他觀測：

- (1) 日照：係指某地實際所受日光照射之時間，是為該地之日照時數。
- (2) 日射：係則指太陽輻射波譜中，近紫外線至近紅外線（300-4000nm）間所有直射、散射及反射等所有輻射之總和。
- (3) 蒸發量：土壤表面或自由水面因蒸發而失去之水量，稱為蒸發量，以水深 毫米（mm）為單位。
蒸發皿使農夫能夠掌握其穀物所需的水量 為何
中央氣象局使用：20 公分、120 公分口徑之蒸發皿
世界氣象組織使用：20 公分口徑蒸發皿
- (4) 地溫：地表土壤各深度之溫度，主要係供農業 氣象使用。
一般分為地表、5、10、20、30、50、100、200、300、500 公分等各層深度。
30 公分以上之深度，都用曲 管地溫計量測
50 公分以下深度者，則用鐵 管地溫計量測

二、高空觀測

（一）無線電探空儀

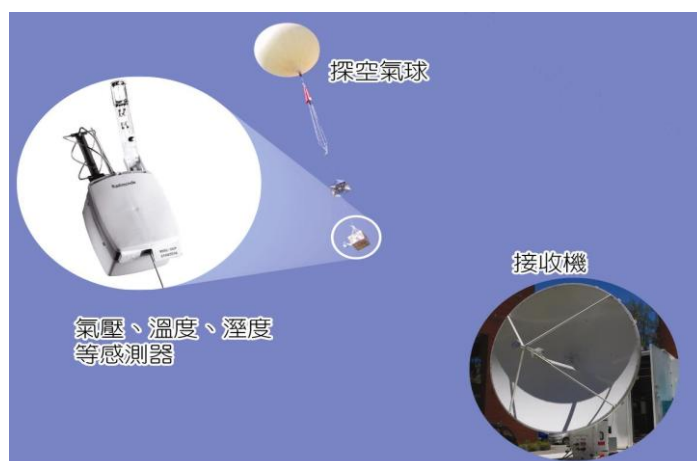
1.探空儀包含二部分（又稱：雷文送 rawin sonde）

（1）雷送 radio sonde

（裝有氣壓、溫度、溼度 等感應器和無線電發射器及 GPS）繫在填充氫氣或氦氣的高空氣球之下。）

（2）雷文（rawin）

以每分鐘 300 至 350 公尺之速度上升，並將上升過程中所記錄的資料，以無線電發射送回 地面接收系統。利用探空氣球上 GPS 定位資料可以測風向、風速。



2.觀測時間：

高空觀測需多久紀錄一次？ 每天二 次

世界氣象組織WMO（World Meteorological Organization）

各國共享全球各地氣象觀測站的觀測結果

世界標準時 (UTC)：00 時、12 時，釋放高空氣球進行高空觀測。

台灣觀測時間：08 時、20 時。

3.觀測範圍：測量從地面到 30 公里高，對流層到平流層的大氣狀況。

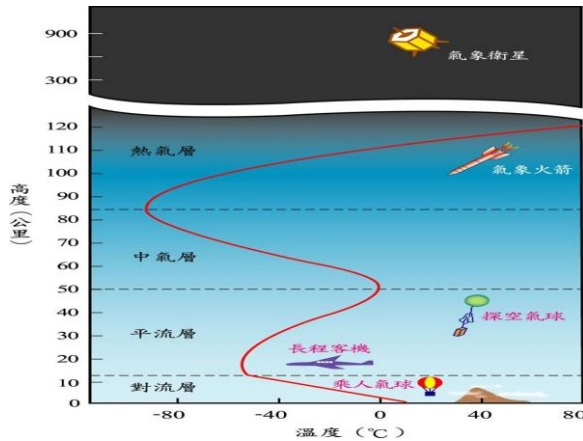
4.功能：監測大氣的垂直 穩定度 和天氣系統的內部結構

提供天氣預報上有關研判天氣系統移動與發展的參考，對 氣象預報 非常重要。

※臺灣的探空站：共有 8 個探空站。

只有 臺北板橋 與 花蓮 兩高空觀測站

在臺灣時間 8 點、20 時（國際標準時 0 時、12 時）各施放探空氣球一次。



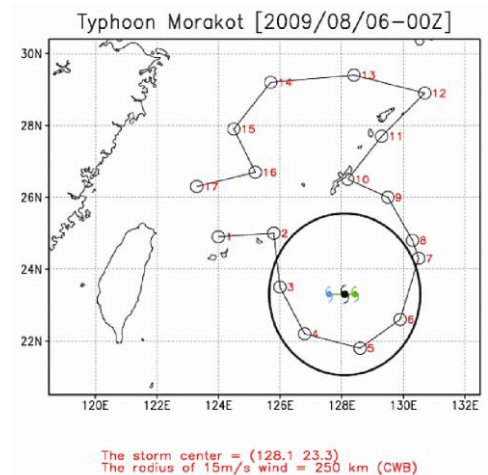
(二) 追風計畫與投落送

1.為提高颱風路徑的預報準確度，臺灣地區於 2002 年 8 月開始進行「追風」計畫」。

2.在颱風接近臺灣時，使用飛機直接飛到颱風周圍並從約 13 公里的高度，投擲「全球衛星定位式 投落送」取得颱風周圍關鍵區域的 大氣氣壓、氣溫、溼度、風向與 風速 等資料。

※ 『 DOTSTAR 』：Dropwindsonde Observations for Typhoon Surveillance near the Taiwan Region

※ 主持人：台灣大學教授吳俊傑



(三) 測風氣球+經緯儀

利用經緯儀觀測氣球經緯度，再換算成 風向、風速。

(四) 繫留氣球+探空儀

將繫留氣球上升至五百公尺，以定時器自動打開採樣幫浦，每隔 六 小時進行一次空氣採樣，可連續四十八小時。

三、遙測

可改善地面與高空觀測站之設立 有限，以及在海上的資料缺乏等缺憾。

(一) 氣象雷達 (主動遙測)

1. 主要在觀測 降雨 情形，針對局部地區的雲雨分布做密集的監測，

(例如可有效追蹤颱風、豪 雨等劇烈降雨中心) 是 即時 天氣預報不可或缺的觀測工具。

2. 原理：(1) 氣象雷達發射某一特定頻率無線電波，大氣中雲滴 反射 回此一特定頻率的信號
再由雷達站接收此信號。

(2) 由接收到反射信號的 時間 可推知雲雨所在的位置。

(3) 由反射信號 強度 分布可推知雲雨區的結構與水分子的 多寡 與 分布。

3. 台灣的都卜勒氣象雷達站 (Doppler radar)

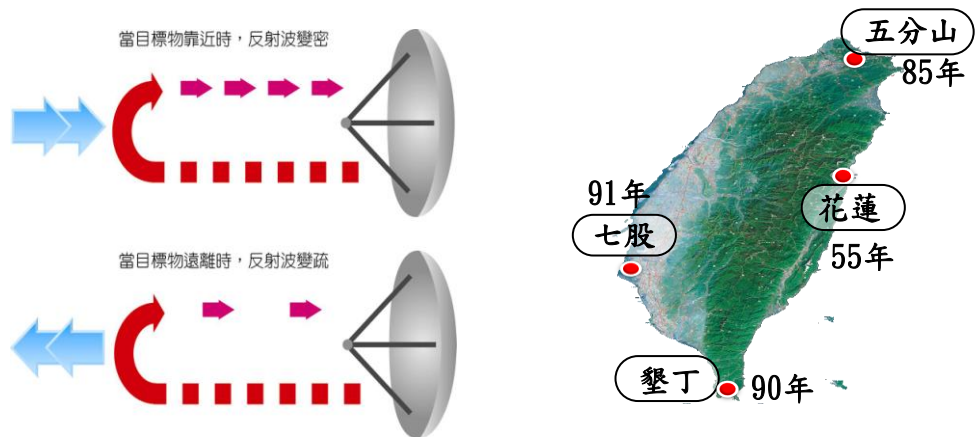
都卜勒效應：運動中的波源頻率會隨著與觀測者的相對運動狀態而改變

※ 反射回來的電磁波波長漸 短 (頻率漸 快、反射波漸 密)

→ 目標物靠近 (朝向觀測者而來)

※ 反射回來的電磁波波長漸 長 (頻率漸 慢、反射波漸 疏)

→ 目標物遠離 (背向觀測者而去)。

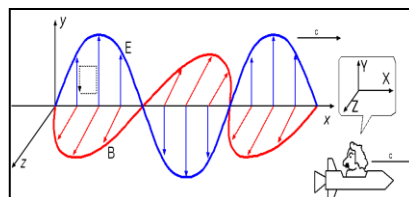
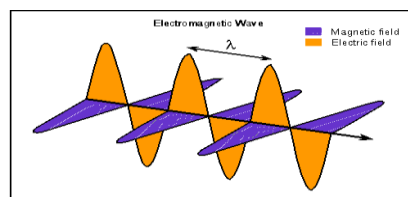


4. 臺灣實驗性大氣移動雷達 (TEAM-R) (Taiwan Experimental atmospheric Mobile—Radar)

(1) 固定式雷達因受地形阻隔，都有觀測 死角，移動式雷達的機動性可以彌補這個限制
移動雷達可深入山區、溪谷等地形，監測風暴的形成演化、衰老，以及與地形之間複雜
的交互作用，對臺灣氣象研究將有莫大的幫助。

(2) 此座「移動」式氣象雷達配備有「都卜勒」、「雙偏極化」兩種功能的儀器。

(3) 雙偏極化：發射水平、垂直偏極化方向的電波來做觀測



※ 小水滴受的阻力小，形狀比較 圓，電波接觸水平和垂直方向的面積會差不多。

※ 大的水滴，阻力大，形狀是 扁 的，電波和水平方向接觸的面積比沿垂直方向的面積大
比較電波反射的狀況，電腦就能計算什麼形狀的雨滴有多少顆，精確掌握雨勢大小，
並估計 每小時的降雨量。

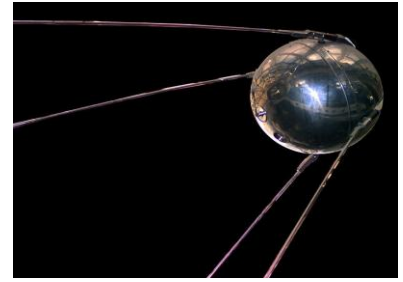
(二) 氣象衛星 (被動遙測)

人類第一顆人造衛星是前蘇聯的「史波尼克一號」(Sputnik 1) 1957 年 10 月 4 日發射升空

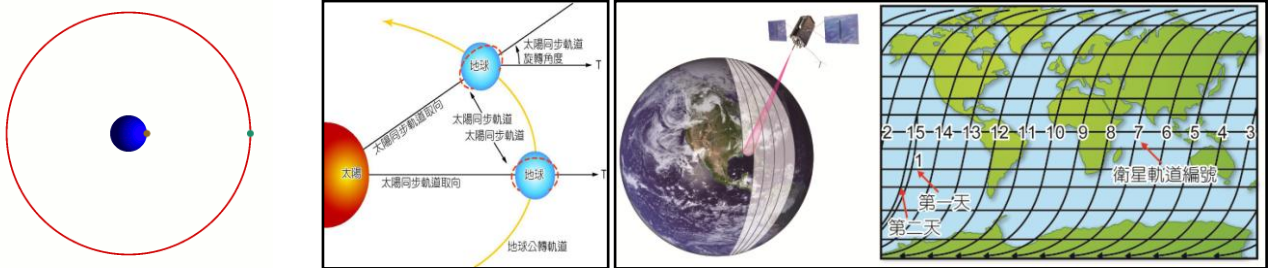
任務類型：研究大氣層。

任務時長：3 個月

1958 年初，史波尼克一號失去動力，脫離其工作軌道並墜入大氣層，共圍繞地球運轉了六千萬公里。



1. 從太空遙測地球，可清楚觀測 雲層 的變化，亦可偵測 鋒面、颱風、雷雨等。
2. 氣象衛星以其運行情形可分為二類：
 - (1) 同步衛星 (Geostationary satellites)
 - (2) 繞極衛星 (Polar Orbit)



(3) 繞極衛星 (太陽同步) 與同步衛星比較

種類	繞極衛星	同步衛星
軌道高度	低 (約 <u>720</u> 至 <u>800</u> 公里)	高 (約 <u>36,000</u> 公里)
繞行週期	約 102 分鐘繞 1 圈 每日可繞全球 14.25 圈 (24×60) \div 101 \approx 14.25 (圈/天)	24 小時
解析度	<u>較高</u>	<u>較低</u>
視野範圍	<u>較小</u>	<u>較大</u>
特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 軌道通過 <u>南北</u> 極 ● 可特定時間觀測 ● 向西偏離約 25 個經度 衛星涵蓋範圍約 2000km 	<ul style="list-style-type: none"> ● 固定於 <u>赤道</u> 上空 ● 可持續觀測 ● 環繞地球速度相同 於地球自轉速度
缺點	每天飛越同一地點 <u>2</u> 次 白天與晚上各觀測 <u>1</u> 次 無法掌握天氣連續變化	觀測南北緯 <u>60</u> 度 同一個角度觀測 同一個地點觀測

※全球氣象衛星觀測網：由 5 個同步衛星和 1 個繞極 (太陽同步) 衛星組成。

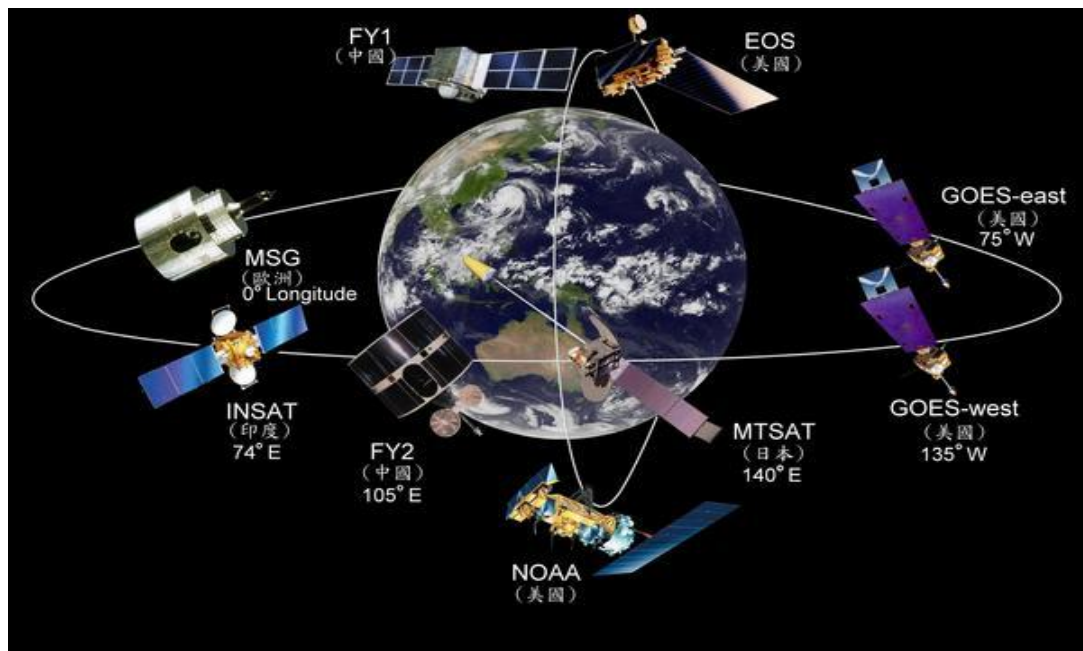
(1) 台灣目前作業中的繞極 (太陽同步) 氣象衛星是哪個些？

美國的 NOAA series 衛星

(2) 台灣目前作業中的地球同步氣象衛星是哪個？

日本氣象廳的 MTSAT 衛星－東經 140° (早期為 GMS 系列衛星)

MTSAT - Multi-functional Transport Satellite (多用途輸送衛星)



- (3) Nasa 的熱帶觀測降雨衛星 TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)
 TRMM 實驗衛星裝載了第一部的降水雷達
 自 1997 年 11 月升空後獲得大量熱帶海洋的降水資料 (瞭解颱風降雨結構及強度)

※屬於台灣的人造衛星

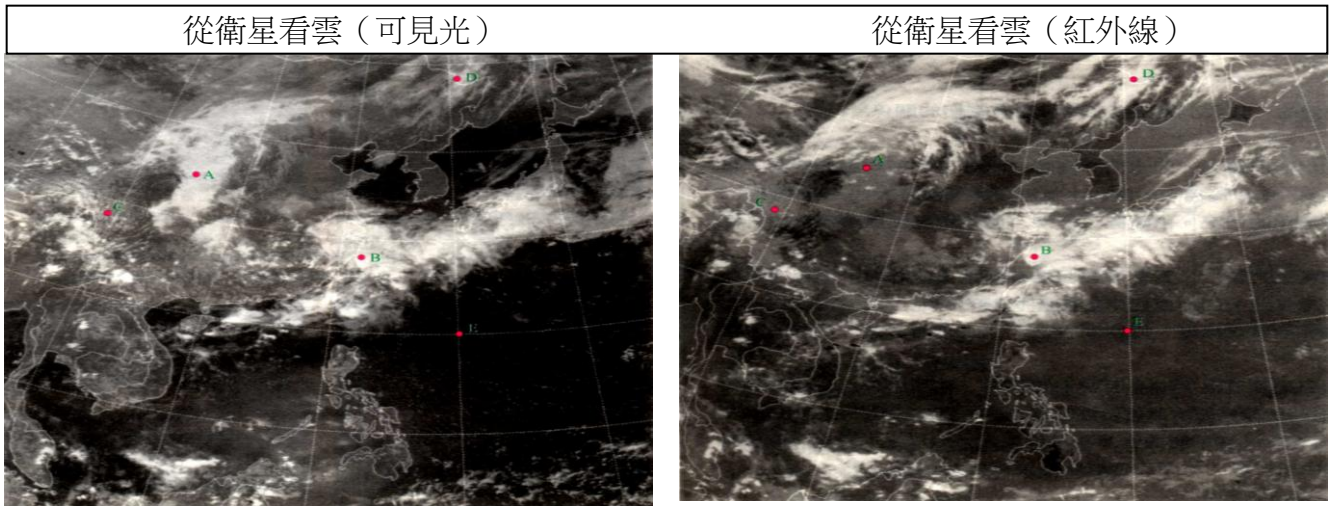
- (1) 福爾摩沙衛星一號，民國 88 年 1 月 27 日發射昇空，通訊與科學實驗衛星
 主要的任務：a.電離層特性研究
 b.海洋水色照相
 c.Ka 頻段通訊實驗等三項科學實驗
- (2) 福爾摩沙衛星二號，民國 93 年 5 月 21 日發射昇空，實用性遙測衛星
 這顆衛星具有地面景貌兩公尺的高解析度遙測能力，讓臺灣擁有了一隻看清世界的眼睛。
 主要的任務：遙測照相
 UrMap
- (3) 福爾摩沙衛星三號，民國 95 年 4 月 15 日發射昇空，由 六 顆微衛星組成
 「氣象、電離層及氣候之星系觀測系統」衛星
 主要的任務：透過接收美國 24 顆 GPS 衛星的訊號，蒐集大氣的垂直分布資料
 如：大氣溫度、氣壓、水氣、電離層電子密度等

3.衛星影像圖

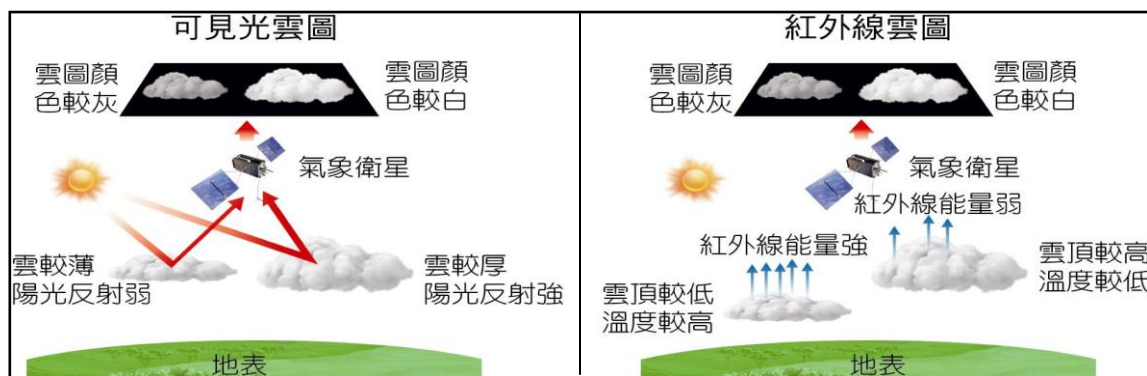
- (1) 天氣預報最常用到的分別為可見光雲圖與紅外線雲圖

	可見光雲圖	紅外線雲圖
原理	雲滴反射陽光拍攝而成只有 <u>白天</u> 才有資料	量測雲頂本身向外輻射的紅外線強度 24 小時都有資料
顏色	較 <u>厚</u> 的雲反射較強 在可見光雲圖上愈亮 (愈 <u>白</u>)	雲頂愈 <u>高</u> ，溫度愈 <u>低</u> 輻射出的紅外線愈弱 在紅外線雲圖上愈亮 (愈 <u>白</u>)

(2) 兩種雲圖所代表雲的形式



位置	可見光雲圖	紅外線雲圖	雲的形式	降雨可能
E	黑	黑	無雲	無
A	白	灰	濃密而雲低	有
D	灰	白	稀薄而雲高	無
B	白	白	濃厚 (積雨雲)	有



(3) 由於衛星不發出探測能量，而是被動地接收雲層輻射的紅外線或反射的可見光，故分類為被動遙測。

範例練習

- (B) 1. 觀測坪中的百葉箱，箱門開口應朝哪個方向比較合適？ (A)北半球朝南，南半球朝北 (B)北半球朝北，南半球朝南 (C)不論南北半球均朝北 (D)不論南北半球均朝南。

解題要訣：在北半球每日太陽升起時，其移動軌跡偏南，為避免陽光直接照射到百葉箱內，所以開口朝北；同樣地，南半球每日太陽升起時，其移動軌跡偏北，為避免陽光直接照射到百葉箱內，所以開口朝南。

- (D) 2. 你認為測量氣溫時，溫度計應如何放置？ (A)直接置於戶外光線充足、太陽可直射處 (B)放在室內，門窗緊閉，以免太陽光照射 (C)置於在水泥地上方的百葉箱中 (D)置於草坪上方的百葉箱內。

解題要訣：溫度計應放置於通風又沒有陽光及地面輻射影響的百葉箱內。

- (A) 3. 用口徑 20 公分的雨量計量出的雨量為 10mm，若同時同地將口徑改為 10 公分，則雨量為 (A)10mm (B)20mm (C)40mm (D)不一定，是雨量計的高度而定。

解題要訣：口徑大小不同，影響收集到的雨水體積不同，但雨量量測是觀察雨量計內雨水的深度，所以同時同地雨量不因口徑而改變，且傳統雷達無法測得風速，必須使用都卜勒雷達才有辦法。

- (D) 4. 有關雲的觀測包括雲高、雲狀以及雲量，通常以目視來觀測。而下列有關雲量觀測的描述，何者正確？ (A)雲量是指面向北方所見天空部分，雲所遮蓋占此面天空面積的比例 (B)通常是以 10 分量來表示 (C)全天布滿雲，記為 1 (D)無雲記為 0/8。

解題要訣：全天布滿雲記為 8/8。

- (C) 5. 傳統氣象雷達能觀測何項性質以進行氣象預報？ (A)溫度 (B)相對溼度 (C)水滴分布 (D)風速。

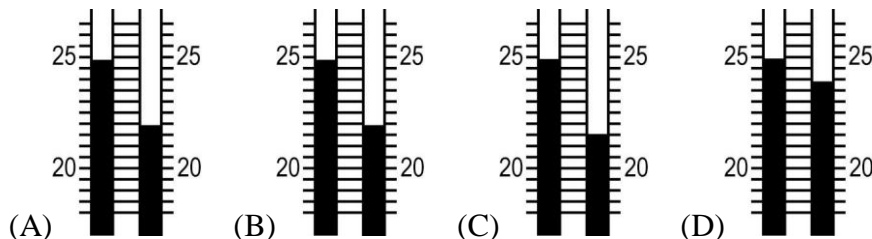
解題要訣：此觀測方式是利用雷達回波得到水滴分布的狀況。

【單元練習】

- (B) 1. 某天甲和乙各分別取一個口徑 30 公分和口徑 20 公分的雨量計，置於屋外空曠處收集雨水，兩個小時之後，甲測得雨量計中積水 5 公分，則乙的雨量計積水應該是 (A)7.5 公分 (B)5 公分 (C)2.5 公分 (D)無法確定。

【解析】「雨量」不因口徑大小而變。

- (D) 2. 下列各選項是用乾溼球溫度計測量得到的結果，哪一個結果代表量測到的相對溼度最大？



【解析】乾溼球溫差越小，相對溼度越大。

- (D) 3. 高空觀測利用探空氣球進行，主要是觀測哪些氣象要素？ (A)雲量、風向風速、溫度 (B)溫度、雲量、溼度 (C)降水量、氣壓、風向風速 (D)溫度、氣壓、溼度、風向風速。

【解析】高空觀測無法測量雲量及降雨量。

- (B) 4. 下列三種大氣觀測方式：甲、氣象衛星；乙、百葉箱；丙、探空氣球。其所能觀測的大氣層高度由低至高依序為何？ (A)丙乙甲 (B)乙丙甲 (C)乙甲丙 (D)甲乙丙。

【解析】氣象衛星至少在離地數百公里，可觀測整個大氣層；百葉箱放置於地面氣象站；探空氣球可上升至離地 30 公里高，測對流層到平流層的大氣狀況。

- (C) 5. 積雨雲在紅外線及可見光雲圖中所顯現的顏色分別為 (A)灰，白 (B)白，灰 (C)白，白 (D)黑，黑。

【解析】積雨雲雲層厚，雲頂高，內部雲滴很多，所以紅外線雲圖、可見光雲圖都呈現白色。

- (D) 6. 下列關於氣象衛星的說明，何者是正確的？ (A)繞極衛星可隨時對一地點進行長時間的天氣監測工作 (B)繞極衛星的軌道較同步衛星高了許多 (C)地球同步衛星可以在不同的時間觀測到不同地區的天氣狀況 (D)地球同步衛星位於赤道上方，可進行較大區域的天氣監測。

【解析】(A)繞極衛星對於同一地區，每天只能在白天與晚上各觀測一次。(B)同步衛星離地約三萬多公里，繞極衛星離地約 800 多公里。(C)同步衛星運行時永遠在赤道某定點上方。

6-2 氣象預報

天氣預報是依據現在的天氣狀況來預測未來的天氣。

因為氣象觀測儀器的發展與觀測網密度的增加

使天氣預報早期經驗為主→→改成→→客觀的「數值天氣預報」。

一、氣象預報的流程

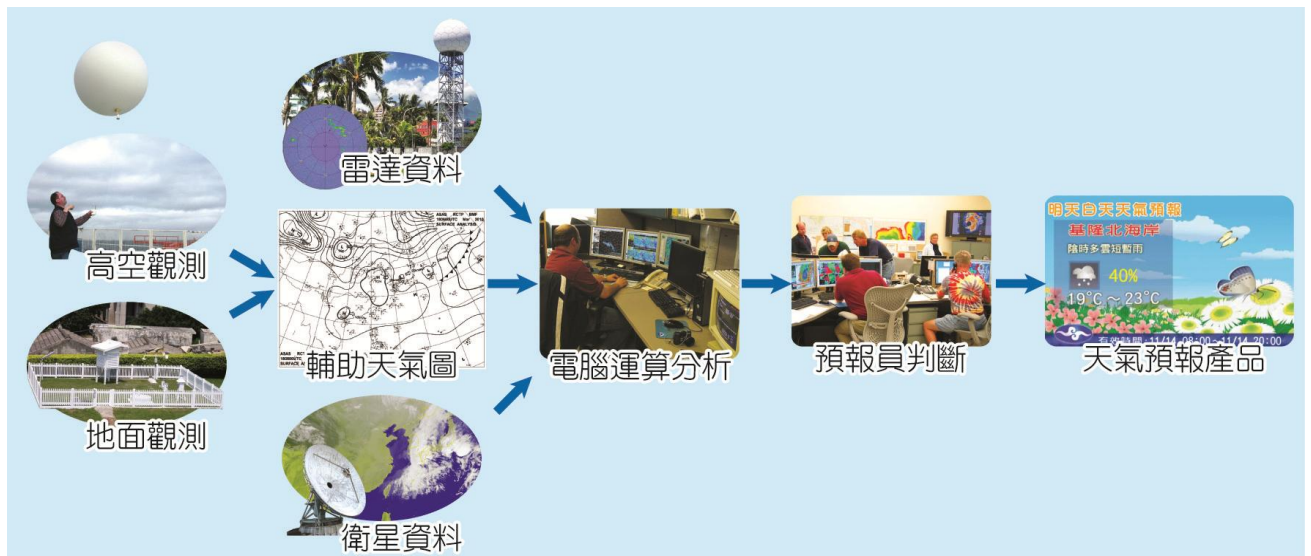
(一) 將各項資料輸入電腦，運算分析出未來數日的天氣預報產品，稱之為「數值天氣預報」。

※數值天氣預報的先驅：1922年，理查遜（L. F. Richardson, 1881~1953）

他在英國劍橋大學曾異想天開地建議，

組成一個由六萬四千人的團隊來做氣象預測的計算，

這個想法如今可以藉由電腦的快速運算能力來實踐。



(二) 一般預報種類分為

1. 即時天氣預報（未來0-12小時）
2. 短期天氣預報（未來12-36小時）
3. 中期天氣預報（未來一週）
4. 農漁業氣象預報、氣象特報、颱風警報等。

二、氣象預報的限制

(一) 氣象觀測資料不完整

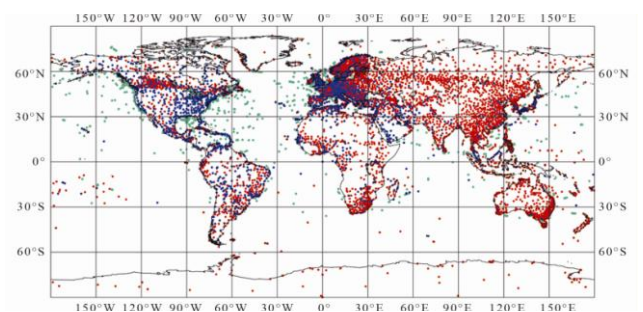
1. 各國探空站的密度約相隔400~500公里設有一站，如此無法觀測到小於400公里的中小型天氣系統。如：龍捲風、熱對流形成的雷雨胞等。
2. 地面氣象測站分布不均
(海洋、極地等偏僻地區測站少)

(二) 氣象理論發展不完全：

受限於氣象理論的複雜性，
測量的誤差在計算過程中會累積。
隨著模擬時間愈長，其誤差也愈大。

(三) 電腦運算能力不足：

由於天氣資料數量龐大且是一天24小時不斷湧入的，
因此需要依賴不斷提升的電腦計算速度與容量，來提高天氣預報的品質。



三、即時預報的必要性

(一) 雷雨、龍捲風等類型天氣系統

空間尺度 小、形成 快、生命期 短，難掌握。

(二) 此類 短暫區域 性的劇烈天氣常造成嚴重災害。

(三) 可努力方向：

增加測站，提高觀測空間 解析度，當各氣象數據越詳細，對預報助益越大，並可發展適合該區域的預報模式。

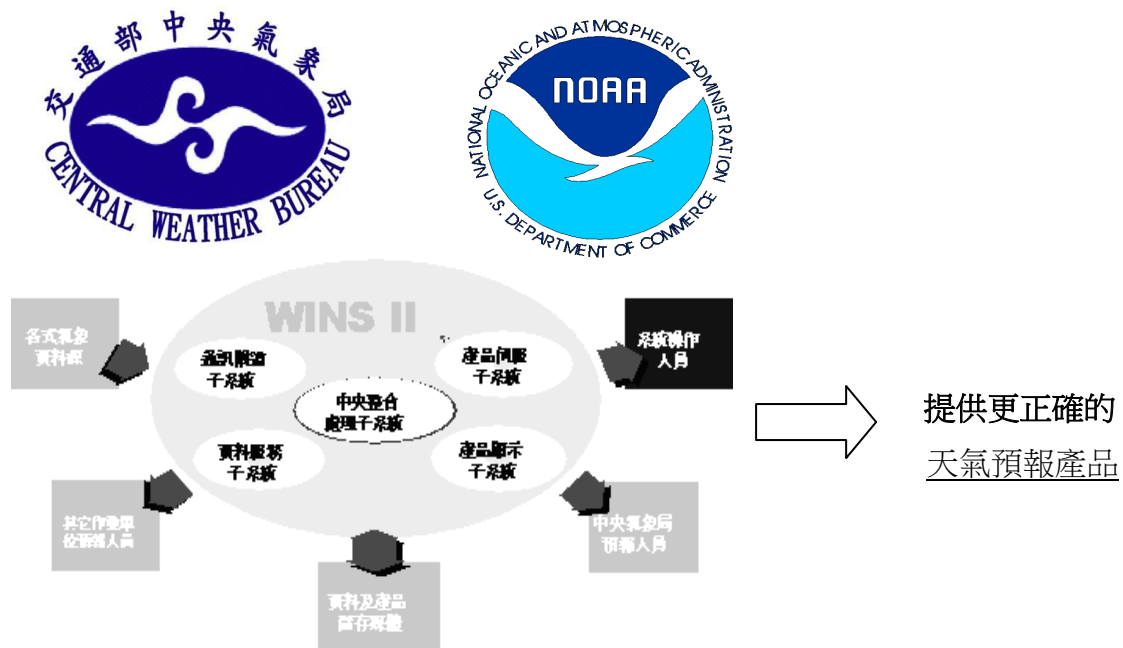
※中央氣象局和美國大氣海洋總署合作，成立預報系統實驗室

天氣資料 整合 與 即時預報 系統 (WINS 系統) (Weather Integration and Nowcasting System-)

幫助預報人員 迅速研判 天氣現象，加強對 中小 尺度劇烈天氣現象的察覺與預報能力

民國 80 年至 83 年開始第一代 WINS 系統

民國 84 年起，開始發展第二代 WINS 系統



範例練習

- (B) 1. 目前最主要的天氣預報方法為何？ (A)理論天氣預報 (B)數值天氣預報 (C)經驗法則 (D)綜觀天氣預報。

解題要訣：目前最主要的天氣預報方法為數值天氣預報。

- (A) 2. 下列關於「即時預報」的敘述，錯誤的是 (A)當災變天氣發生時，可建立即時的通報系統 (B)匯集地面、高空、雷達、衛星等觀測資料 (C)對象針對中、小尺度的災變天氣 (D)針對 0~12 小時內的天氣預報。

解題要訣：氣象局可能會發布豪大雨警報，但不會監測土石流等災害是否發生。此類通報即與即時天氣預報無關。

- (C) 3. 一般而言，在北半球陸地上比在海洋上天氣預報的準確性高，主要是因為 (A)海洋面積較大、溫度變化大 (B)海面科氏力大、風向多變 (C)海上測站較少、觀測資料不足 (D)海流對天氣的影響難以估計。

解題要訣：海洋洋面上不易設置氣象觀測站，因而洋面測站間距離遙遠，無法掌握天氣系統內的變化。

【單元練習】

- (B) 1. 以下哪一項是使數值天氣預報方法得以實現的關鍵？ (A)觀測儀器的發明 (B)利用電腦處理天氣觀測資料 (C)極鋒理論的提出 (D)發現科氏力。

【解析】數值天氣預報會匯集許多資料，利用電腦才能快速準確計算。

- (B) 2. 目前氣象局的天氣預報作業係以「數值天氣預報」為主，其中須經歷下列各個過程：
(甲)繪製各種天氣圖 (乙)發布天氣預報 (丙)蒐集觀測資料 (丁)進行預報討論會議
(戊)將資料輸入電腦進行運算。

(1)天氣預報作業的先後程序應為下列何者？

- (A)(甲)→(丙)→(丁)→(戊)→(乙) (B)(丙)→(戊)→(甲)→(丁)→(乙)
(C)(丁)→(丙)→(戊)→(甲)→(乙) (D)(戊)→(丙)→(丁)→(甲)→(乙)
(E)(戊)→(丁)→(丙)→(甲)→(乙)。

【解析】天氣預報流程為：蒐集觀測資料→將資料輸入電腦進行運算→繪製各種天氣圖→進行預報討論會議→發布天氣預報

- (D) 3. 與傳統的「主觀天氣預報」相較之下，數值天氣預報多了哪一個歷程？
(A)(甲) (B)(乙) (C)(丙) (D)(丁) (E)(戊)

【解析】數值天氣預報將資料輸入電腦進行運算

- (D) 4. 近年來人們對天氣預報的需求大幅提升，預報的精確性更是受到重視。在上述的預報作業歷程中，哪兩個過程最容易造成預報的偏差？
(A)(甲)(丙) (B)(甲)(戊) (C)(丙)(丁) (D)(丙)(戊) (E)(丁)(戊)。

【解析】首先是觀測資料的不完整，尤其是廣大的海洋地區；再者，模式中許多的物理變化過程，理論尚未完整，仍無法適切處理，難免會引起誤差。

- (D) 5. 目前的天氣預報，對下列哪一種天氣系統的預報準確性較差？ (A)颱風梅雨 (B)梅雨 (C)寒潮 (D)龍捲風。

【解析】空間及時間尺度越小的天氣系統，預報準確性越差。

- (B) 6. 下列關於天氣預報準確性之敘述，何者不正確？ (A)準確性會隨預報時間增長而降低 (B)預報有效時間約為 1 天 (C)越大尺度之天氣系統，其預報準確性較佳 (D)可以以即時預報之方式來彌補預報準確性之不足。

【解析】(B)預報有效時間約為 1 週。(C)空間及時間尺度越大之天氣系統，其預報準確性較佳。

【綜合評量】

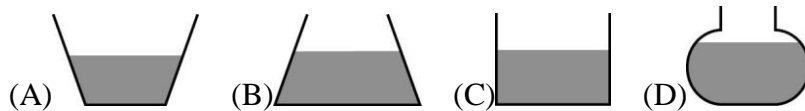
- (A) 1. 有關百葉箱的敘述，以下何者不正確？ (A)百葉箱應放置在平坦的草地地面上 (B)百葉箱應漆成白色以防吸熱 (C)百葉箱開口應避開陽光照射 (D)百葉箱內有最高最低溫度計與乾溼球溫度計。

【解析】百葉箱應離地 150 公分，避免地面輻射。

- (C) 2. 世界氣象組織每天定時進行幾次的氣象測站定時觀測？ (A)一次 (B)兩次 (C)四次 (D)六次。

【解析】標準時 00、06、12、18 時各一次。

(C) 3. 下列何種形狀的透明容器，用來測量雨量較方便且正確？



【解析】上下口徑一致，雨水的深度測量才準確。

(D) 4. 午後雷陣雨經常會由下列何種雲型降下？(A)卷積雲 (B)高積雲 (C)雨層雲 (D)積雨雲。

【解析】雷陣雨是一種極不穩定的天氣系統，內部水滴很多，積雨雲就是又厚又密的雲。

(A) 5. 有兩支溫度計分別標示著甲、乙，今將甲溫度計置於陰影處，乙溫度計置於日光下，三分鐘後，甲溫度計讀數為 21°C ，乙溫度計讀數為 25°C ，則當時的氣溫應紀錄為 (A) 21°C (B) 25°C (C) 46°C (D) 23°C 。

【解析】氣溫計量測的是空氣溫度，不能受太陽輻射直接加熱，故氣溫計需置於百葉箱內。

(D) 6. 氣象局的探空氣球無法探測高層大氣的 (A)溫度 (B)溼度 (C)氣壓 (D)雲量。

【解析】雲量仍須以人工目視方式記錄。

(B) 7. 下列有關高空氣象觀測的描述，何者錯誤？ (A)高空氣象觀測主要以施放攜帶無線電探空儀的探空氣球來進行觀測 (B)獲取地面至約 10 公里高空的氣象要素垂直分布 (C)一般探空觀測站每日觀測 2 次 (D)探空氣球內部主要是填充氦氣。

【解析】氣象探空儀約上升至平流層處，10 公里高僅反對流層。

(D) 8. 儀器設在七股、花蓮、五分山等地，每小時播報颱風動向一次，並利用回波強度來表示雨量大小，此應為何種觀測？ (A)地面觀測 (B)高空觀測 (C)氣象衛星觀測 (D)雷達觀測 (E)飛機觀測。

【解析】氣象雷達利用回波強度來觀測水滴的多寡。

(C) 9. 下列何者不是同步氣象衛星的特色？ (A)在地球赤道上空運行 (B)繞地球公轉週期和地球自轉週期相同 (C)可在不同時間對全球大氣進行觀測 (D)可以用來觀測雲的分布。

【解析】同步氣象衛星是在定點上方，不能對全球大氣進行觀測。

(A) 10. 現代觀測技術—遙測，可依發出電磁波的主導性分有主動遙測與被動遙測。下列何種項目的觀測屬於主動遙測？ (A)雷達回波圖 (B)紅外線雲圖 (C)可見光雲圖 (D)福衛三號對電離層密度分析圖。

【解析】主動遙測是由儀器自行發出電磁波，氣象雷達即屬於由雷達站發出電波得到反射回波圖，故選(A)。

(B) 11. 若要偵測雲頂溫度變化，利用哪種觀測方式較為合適？ (A)氣象雷達 (B)氣象衛星 (C)無線電探空儀 (D)飛機觀測。

【解析】利用紅外線強弱測得雲頂溫度，此為氣象衛星之紅外線的觀測。

(C) 12. 在紅外線雲圖中，顏色越白者，代表其溫度及雲頂高度分別為何？

選項	溫度	雲頂高度
(A)	越低	越低
(B)	越高	越高
(C)	越低	越高
(D)	越高	越低

【解析】雲頂越高，溫度越低，輻射的紅外線較弱，在紅外線雲圖中顏色越白。

(D) 13. 現代氣象衛星觀測所得到衛星雲圖的敘述，何者正確？ (A)氣象衛星均為地球同步衛星 (B)紅外線衛星雲圖中，較亮的部分代表雲內水滴較多 (C)可見光衛星雲圖中，較亮的部分代表雲頂較高 (D)繞極軌道氣象衛星雲圖的解析度比地球同步氣象衛星好。

【解析】(A)氣象衛星具有兩種形式。(B)紅外線衛星雲圖較亮代表溫度較低，雲頂較高。(C)可見光雲圖較亮代表雲滴較多，雲層較厚。

(B) 14. 氣象衛星是目前觀測氣象的利器，想要長時間觀測某區域之氣象變化應該使用 (A)太陽同步衛星 (B)地球同步衛星 (C)繞極軌道衛星 (D)中緯度觀測衛星。

【解析】長時間連續觀測是同步衛星的特色。

(B) 15. 氣象數值預報是利用電腦進行長期天氣預報，目前為止氣象局的數值預報天數極限是 (A)三天 (B)一星期 (C)兩星期 (D)一個月。

【解析】目前中央氣象局的數值預報極限為一星期。

(B) 16. 下列哪一種天氣現象適合即時預報？ (A)冷鋒過境 (B)大豪雨 (C)太平洋高壓籠罩 (D)晴空亂流。

【解析】小尺度、時間較短暫的天氣現象適合即時預報；但晴空亂流發生之時空尺度過小，目前仍無法掌握。

(B) 17. 若乙地與甲地氣溫相同，但相對溼度甲地比乙地高，則甲、乙兩地的雲底高度關係為何？ (A)甲地較高 (B)乙地較高 (C)兩地均等高 (D)不一定。

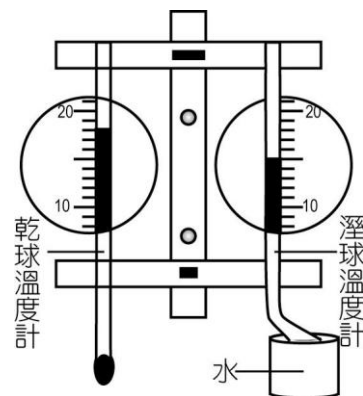
【解析】地面氣溫相同，但甲之相對溼度較大，所以空氣中水氣量甲地較多，當甲處空氣上升膨脹冷卻後，比較容易出現飽和，水氣於是凝結成雲，故雲底較低。

(C) 18. 雲底高度應與何種因素有關？ (A)空氣塊水氣含量 (B)空氣塊初始溫度 (C)與兩者皆有關。

【解析】雲底高度與起始地面溫度及空氣水氣量的多少都有關。

※甲地使用乾溼球溫度計測得數據如下圖所示，利用下圖中的乾溼球溫度計，參考下表回答 19.~20.題：

		乾球溫度計與溼球溫度計示度的差 (°C)						
		0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
乾球溫度計的示度 (°C)	20	100	91	81	73	64	56	48
	19	100	90	81	72	63	54	46
	18	100	90	80	71	62	53	44
	17	100	90	80	70	61	51	43
	16	100	89	79	69	59	50	41
	15	100	89	78	68	58	48	39



(C) 19. 甲地的相對溼度為 (A)89% (B)80% (C)71% (D)62% (E)53%。

【解析】查表：乾球 18°C，溫差 3°C 得相對溼度 71%。

(C) 20. 甲地此時空氣的溫度需下降至約若干°C，水蒸氣將開始成為水滴？（參考下表） (A)6°C (B)10°C (C)12°C (D)16°C (E)18°C。

溫度 (°C)	6	8	10	12	14	16	18	20
飽和水蒸氣量 (g/cm ³)	7.3	8.3	9.4	10.8	12.1	13.6	15.2	17.1

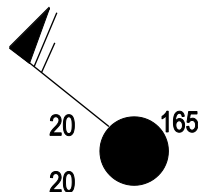
【解析】18°C 飽和水氣壓 15.2 g/cm³，甲地當時實際水氣壓為 15.2×71%=10.8，10.8 g/cm³ 是 12°C 時之飽和水氣壓，故降溫至 12°C 即是飽和，水氣開始凝結。

第六章 觀風雲

牛刀小試

★ 6-1

- (A) 1. 目前常用的大氣觀測方法有以下三種：碁投落送；碁觀測坪；碁氣象衛星。若將其量測儀器所在的高度，由高至低排序應為以下何者？ (A)丙甲乙 (B)乙丙甲 (C)乙甲丙 (D)甲乙丙。【解析】氣象衛星在太空軌道，投落送由飛機帶至高空施放，觀測坪在地面。
- (B) 2. 中央氣象局報告降雨量時，通常以下列哪一種單位來表示？ (A)cm (B)mm (C)cm³ (D)mm³。【解析】雨量通常以毫米 (mm) 為單位。
- (B) 3. 泰宇想要在學校放置氣象儀器，老師說氣象儀器最好放置在觀測坪內；有關氣象觀測坪，下列何者錯誤？ (A)應設於地勢平坦空曠處 (B)鋪設水泥，以便清潔打掃 (C)要保持通風良好 (D)外圍用欄杆圍起來避免閒雜人或動物入侵。【解析】觀測坪地面應改為種植淺草便於散熱。
- (B) 4. 某日的氣象預報內容提到：「今天下午臺南地區的降雨機率为 20%。」指的是臺南地區今天下午會有哪一種天氣狀況？ (A)降水量約為臺南年平均降水量的 20% (B)約有20%的機會在臺南某些地方出現降水 (C)降水時間將持續4.8小時 (D)臺南的相對溼度為 20%的，故不太會出現降水。【解析】降雨机率20%指的是預報地區在預報時段內，降雨量達 0.1 毫米以上的機率，與降雨面積、降雨時間長短、降雨量無關。
- (B) 5. 如右圖所示的某一種裝置，可以將氣象儀器放置於其內，下列關於此裝置敘述何者錯誤？ (A)此裝置稱為百葉箱 (B)為了吸收太陽光，外表通常漆成黑色 (C)底部離地約1.5公尺 (D)在臺灣此裝置箱門開口要朝北。【解析】應漆成白色，較不會吸收輻射熱。
- (A) 6. 中央氣象局為了增進氣象預報的能力，在臺灣設置了數座氣象雷達，有關氣象雷達觀測的敘述，下列何者錯誤？ (A)利用都卜勒效應來得知雨滴大小 (B)雙偏極化功能可以掌握雨勢的大小 (C)配備都卜勒功能可得知風速 (D)雷達回波訊號越強，代表大氣中含水量愈高。【解析】都卜勒效應可知雨滴移動速度，從而得知風速。
- (A) 7. 右圖是天氣圖上常見的氣象符號，根據此氣象符號解讀當地的天氣狀況，以下哪一點是正確的？ (A)此時的風向是西北風 (B)此地為豔陽高照，晴朗無雲 (C)氣温為 16.5°C (D)當地風速約 65 公尺/秒。【解析】(B)圓圈塗黑，應是天空布滿烏雲。(C)氣温 20°C。(D)風速 65 哩/時，相當於 32.5 公尺/秒。
- (D) 8. 泰宇某天到郊外踏青，抬頭看到天空出現如右圖的雲，對於此種雲，以下判斷何者不合理？ (A)此種雲稱為積雨雲 (B)若此種雲持續發展，可能出現雷陣雨 (C)此種雲是在空氣對流旺盛時較容易出現 (D)此種雲高度皆在低空，屬於低雲族。【解析】積雨雲屬於直展雲，往往從低空垂直發展至高空。



G 6-2

- (C) 9. 繪製地面天氣圖； 電腦運算分析； 匯集各種氣象觀測資料； 召開預報討論會議並發布預報資訊； 預報員綜合各種資料進行預報。上述各項天氣預報步驟的正確順序應為以下何者？ (A)甲乙丙丁戊 (B)丙乙甲丁戊 (C)丙甲乙戊丁 (D)丙甲丁戊乙。

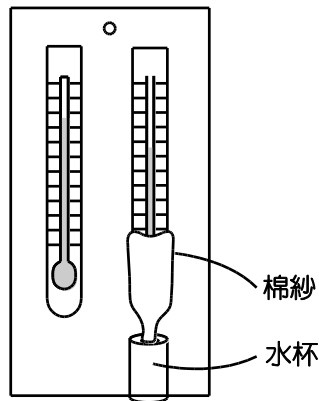
【解析】天氣預報的步驟，應先匯集各種氣象資料，繪製出各種地面與高空天氣圖，再由運算功能強大的電腦分析出未來數日的天氣預報產品，經預報員的研判、修正、討論後就能成為不同種類的氣象預報。

- (D) 10. 目前的天氣預報已較數十年前進步許多，但是天氣預報卻仍有一些不準確的情況，下列何者不是造成天氣預報結果的誤差來源？ (A)電腦設備不夠好 (B)觀測資料不足 (C)氣象理論不健全 (D)數值預報的方法不可行。

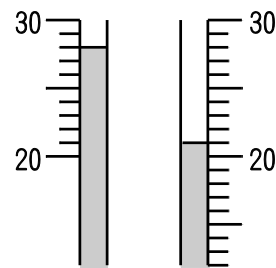
【解析】氣象預報受到氣象觀測資料不完整、氣象理論不健全、電腦運算能力不足三種因素的限制，仍無法完全準確，並不是數值預報方法不可行。

活學活用

※泰宇上地球科學實習課時，和班上同學一起使用乾溼球溫度計，如下圖一。測量結果如下圖二(°C)，利用下表一可以查出相對溼度。根據圖回答 1.~3.題：



圖一 乾溼球溫度計



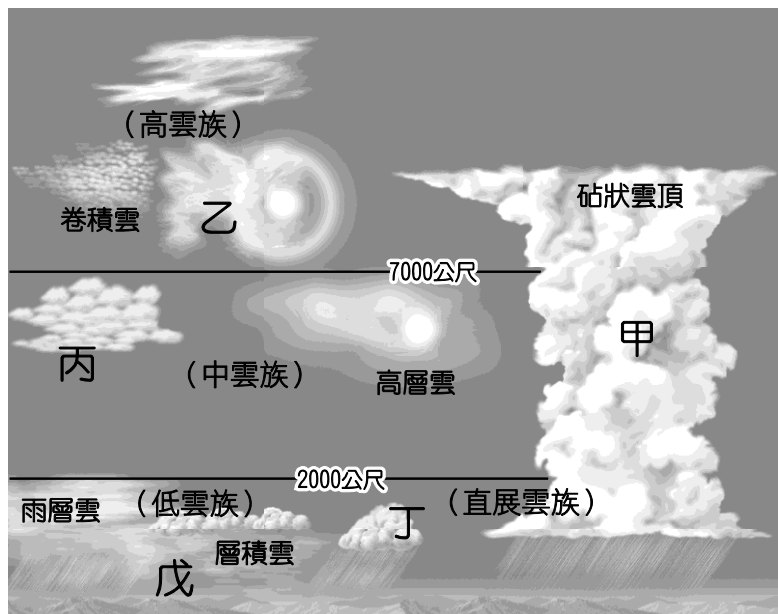
圖二 測量結果(單位°C)

表一 乾溼球溫度差(°C)、乾球溫度(°C)及相對溼度(%)的關係

乾球溫度 °C	乾溼球溫度差(°C)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	100	83	68	54	42	32	22	14	7	1					
2	100	84	70	58	47	37	28	21	14	8	2				
4	100	85	73	61	51	42	33	26	20	14	9	4			
6	100	87	75	64	54	45	39	31	25	19	14	10	6	3	
8	100	88	76	66	57	49	42	35	29	24	19	15	11	8	5
10	100	88	78	68	60	52	45	39	33	28	24	19	16	12	9
12	100	89	79	70	62	55	48	42	37	32	27	23	20	16	13
14	100	90	80	72	64	57	51	45	40	35	31	27	23	20	17
16	100	90	81	73	66	59	53	48	43	38	34	30	26	23	20
18	100	91	82	75	68	61	55	50	45	41	37	33	29	26	23
20	100	91	83	76	69	63	57	52	47	43	39	35	32	29	26
22	100	92	84	77	70	65	59	54	49	45	41	38	34	31	28
24	100	92	85	78	72	66	61	56	51	47	43	40	36	33	30
26	100	92	85	79	73	67	62	57	53	49	45	41	38	35	32
28	100	93	86	80	74	68	63	59	54	50	47	43	40	37	34
30	100	93	86	80	75	69	64	60	56	52	48	45	42	39	36
32	100	93	87	81	75	70	65	61	57	53	50	46	43	40	
34	100	93	87	81	76	71	66	62	58	54	51	48	44		

- (A) 1. 以下對於乾溼球溫度計測量溼度的原理和使用方式哪一項有誤？ (A)溼球溫度計應泡在水中，以使溫度降低 (B)溼球的水蒸發時帶走水銀球或酒精球的熱量 (C)空氣越乾燥，乾溼球測量到的溫差越大 (D)溼球量到的溫度通常低於乾球溫度。**【解析】**溼球的棉紗吸水，蒸發使溼球溫度降低，溼球本身不可泡在水中。
- (D) 2. 圖二所看到的乾溼球溫度計的記錄，利用表一查出相對溼度是多少？ (A)92% (B)85% (C)66% (D)59%。
【解析】圖中可見乾球為 28℃，溼球為 21℃，乾溼球溫差為 7℃，查表可知相對溼度為 59%。
- (B) 3. 假如泰宇過幾天後量到的乾球溫度是 22℃，溼球溫度是 16℃，請問這幾天的水氣含量有何變化？ (A)增加 (B)降低 (C)不變 (D)無法判斷。**【解析】**乾球溫度是 22℃，溼球溫度是 16℃，查表得知相對溼度為 59%，雖然相對溼度相同，但因氣溫下降，飽和水氣壓下降，故實際水氣壓也降低，水氣含量也是降低。

※下圖是四大雲族分類圖，根據此圖回答 4.~6.題：

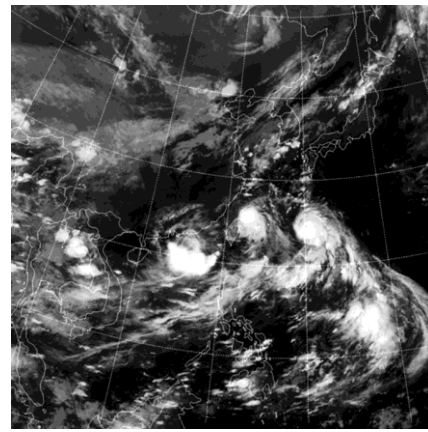


- (A) 4. 常成夏季午後雷陣雨的雲，最可能是 (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。**【解析】**午後雷陣雨為熱對流旺盛的環境下出現，此時容易形成積雨雲而下陣雨。
- (A) 5. 圖中何種雲型容易造成日月暈？ (A)乙 (B)丙 (C)丁 (D)戊。**【解析】**日暈為高空有薄雲出現遮蔽太陽或月亮，此種雲為卷層雲。
- (D) 6. 在山上看到的雲海，主要是由下列哪種雲類所形成？ (A)甲 (B)丙 (C)丁 (D)戊。**【解析】**山上看到的雲海，是由低雲族的層雲所造成。

※ 氣象局 30 日晚間，發布今年第一起海上陸上颱風警報，第八號颱風南修，目前位在臺北北北東方 90 公里海面上，以每小時 18 公里朝西方移動；氣象局說，由於臺灣西南方還有個颱風萊羅克，目前正往東方行進，二個颱風逐漸靠近，北部、東北部還有南部地區，都要嚴加戒備豪大雨；至於臺灣東北方另一個颱風康伯斯，目前對臺影響較小，不過三颱夾擊防颱不能鬆懈，提醒民眾注意。

大雨下個不停，原本在臺灣上空的熱帶低壓，30 日晚間 8 點，增強為今年第八號颱風南修，由於南修位置就在臺北上空，氣象局一口氣同時發布海上、陸上警報。

目前南修颱風所在位置，在臺北北北東方 90 公里海面上，以每小時 18 公里速度，朝西方移動，尷尬的是，臺灣附近本來就有二個颱風，第六號颱風萊羅克向東轉東北東移動，第七號颱風康伯斯朝西北方向前進，以及最新的南修，三個颱風夾擊，影響層面擴大到北部與東北部與南部地區。(以上內容摘自 TVBS 報導)



圖一 三颱路徑圖 (來源：聯合報)

圖二 31日02:00衛星雲圖 (來源：中央氣象局)

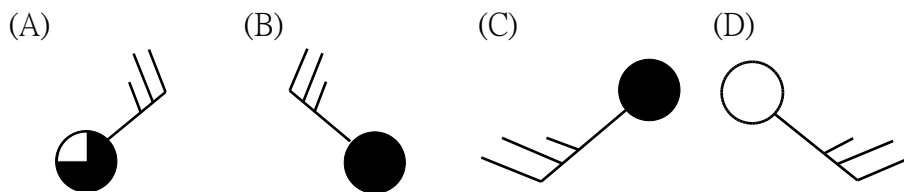
根據以上報導及附圖，回答 7.~12.題：

- (B) 7. 由文中判斷，颱風形成的先後順序分別是？某南修；礁萊羅克；礁康伯斯 (A)甲乙丙 (B)乙丙甲 (C)丙乙甲 (D)丙甲乙。【解析】根據颱風編號，可知出現順序為萊羅克、康伯斯、南修。
- (B) 8. 31日0時至31日23時這段時間，所發布的氣象預報，是屬於哪一種形式？ (A)傳統氣象預報 (B)即時氣象預報 (C)長期氣象預報。【解析】此時為短時間內的預報，故為即時預報。
- (B) 9. 圖二中的雲圖資料，應該是以下哪一種氣象觀測設備取得？ (A)繞極軌道衛星 (B)地球同步衛星 (C)哈柏太空望遠鏡 (D)氣象雷達。【解析】圖中範圍廣大，且要連續觀測，應是地球同步衛星。
- (B) 10.圖二的雲圖，應是下列哪一種類？ (A)可見光雲圖 (B)紅外線雲圖 (C)紫外線雲圖。【解析】根據時間為深夜 02:00 判斷，應為紅外線衛星雲圖。
- (D) 11.颱風中心附近的雲層在可見光雲圖及紅外線雲圖中，應該呈現怎樣的特徵？

選項	可見光雲圖	紅外線雲圖
(A)	灰暗	灰暗
(B)	灰暗	明亮
(C)	明亮	灰暗
(D)	明亮	明亮

【解析】颱風中心附近的雲層為極高極厚的積雨雲，故可見光應為明亮色調，紅外線圖也為明亮色調。

- (C) 12.31日晚上10時，臺北地區的天氣圖符號應以下列哪一選項較合理？



【解析】31日晚上10時，南修颱風已移到臺北西北方，此時受颱風外圍逆時鐘方向環流影響，臺北應吹西南風，天空陰雨。