



Scout Association of HONG KONG

**Meteorology Team**

# 氣象課程 - 教導組

(童軍支部)

附加參考筆記

1.0 版

(2007 年 10 月更新)

附加於氣象課程 (童軍支部) (2.1 版) 筆記

此參考筆記欠缺「教學法」講義

氣象章課程 – 教導組（童軍支部）

附加參考筆記

目錄

1. 目錄	1
2. 氣象章（教導組）綱要	2
3. 氣象儀器	3 - 4
➤ 雲窺儀	
➤ 透射表	
➤ 毛髮濕度計	
4. 天氣雷達	5 - 6
➤ 天氣雷達的工作原理	
➤ 香港天氣雷達	
➤ 天氣雷達圖像	
5. 氣象衛星	7 - 10
➤ 同步氣象衛星	
➤ 極地軌道氣象衛星	
➤ 衛星圖像類型	-- 可見光衛星圖像，紅外光衛星圖像，水汽通道衛星圖像
6. 天氣預測	11 - 12
➤ 外推法	
➤ 數值模式	
7. 附錄文章	13 - 20
➤ 大帽山最先進天氣雷達	
➤ 雷達英雄傳	
➤ 氣象衛星四十年	
➤ 氣象衛星看雲圖	
➤ 監察颱風的天眼	
8. 參考資料	21



## 氣象章（教導組）

1. 在考獲氣象章(技能組)的三個月後，始可申請報考氣象章（教導組）。
2. 對氣象章（教導組）之要求及施訓方法有足夠認識，俾能教授童軍。
3. 對氣象章(技能組)之內容有更深入認識，鞏固考生於教導學員時尤更充份的準備。
4. 指導一名或多名童軍，使其能在適當時間內考獲氣象章（技能組），被指導之童軍可由主考指定或由報考氣象章（技能組）之童軍推薦並經主考同意。

## 氣象儀器

< 資料由香港天文台提供 >

### 一) 照雲儀

它是利用光發射器，發射一束雷射光，射向天頂雲底，光源碰到雲底即被反射回來，被地面接收機所接受。我們已經知道光波在空中傳播的速度是每秒三十萬公里，根據雷射光從發射到接收的時間就能知道雲的高度。

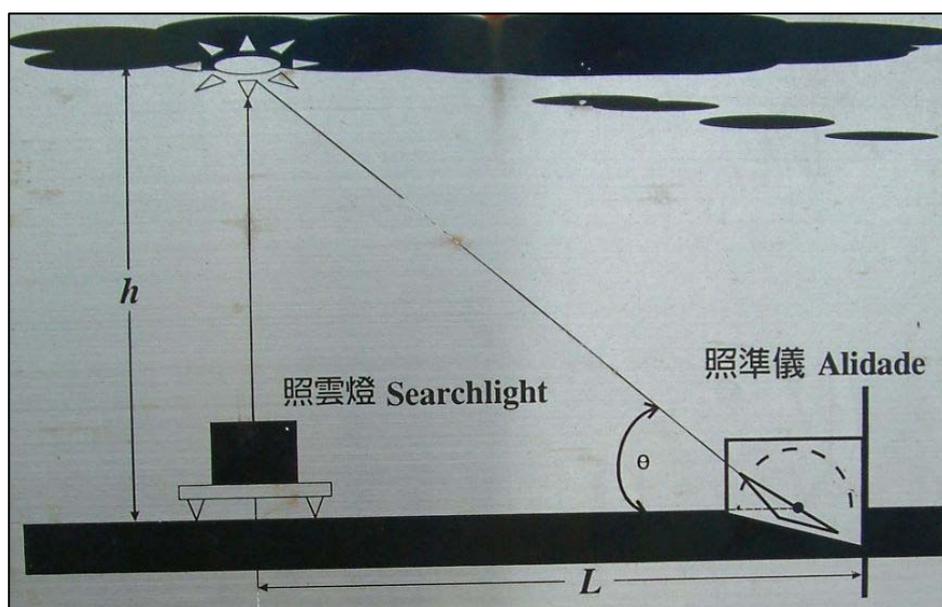
$$v = \frac{d}{t}$$



### 二) 雲寬儀

雲幕燈發射一束光柱，垂直照到雲底一點，通過觀測點測出視線到雲底一點與地平線的夾角，根據三角方法可以算出雲底的高度。

$$\tan \theta = \frac{h}{L}$$



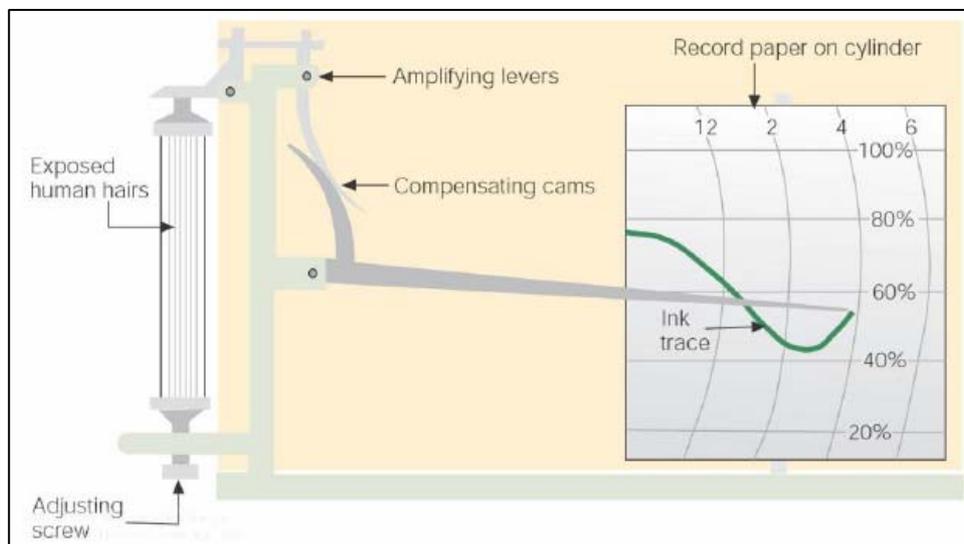
### 三) 透射表

透射表多用於機場跑道，稱為「跑道視程透射表」。跑道視程透射表從以下數據測定跑道視程：光束經過固定距離後強度的改變、跑道指示燈的強度、及背景光度。



### 四) 毛髮濕度計

由於毛髮（人類或馬匹）會因應不同的相對濕度（0%至 100%）而其長度會有 2.5% 變化，經放大其長度變化，藉以量度當時相對濕度。



## 天氣雷達

### 一) 天氣雷達的工作原理

雷達不停發出微波脈沖 (Microwave Pulse)，經大氣中的雨點反射，通過量度這些反射回來的訊號，就能探測到大氣中的降水 (Precipitation) --- 雨、雹、霧、雪。一般來說，反射回來的訊號越強，降水就越大。至於雨區與雷達之間的距離，則可利用微波「往返雨區」的時間而計算出來。

$$\text{雨區與雷達距離} = \frac{\text{光速} \times \text{往返時間}}{2}$$

近年來「多普勒天氣雷達」(Doppler Weather Radar) 越趨普及，因為它能夠量度雨點移近 (或遠離) 雷達的速度。「多普勒原理」(Doppler Principle) 可利用救護車響號的聲調 (頻率) 轉變來簡單解釋：當救護車走近時，聲調 (頻率) 會升高；遠離時，聲調 (頻率) 會降低。換句話說，救護車移近得越快，聲調 (頻率) 越高。「多普勒天氣雷達」利用「多普勒原理」：雨點移近雷達的速度越快，反射回來的微波頻率 (Frequency) 就越高。透過這個頻率轉變，可導出雨點移近雷達的速度，從而替乘載這些雨點的風力提供了很好的測量。

$$\text{接收頻率} = \text{發出頻率} \left( \frac{\text{光速}}{\text{光速} \pm \text{雨點速度}} \right)$$

- 接收頻率 > 發出頻率      : 雨點向雷達移動
- 接收頻率 < 發出頻率      : 雨點離開雷達

### 二) 香港天氣雷達

#### a) 大老山多普勒天氣雷達

- ✧ 1959 年安裝了首台天氣雷達，雷達為 Decca 41 型，雨區是透過單色陰極射線管顯示出來。
- ✧ 1966 年，在首台雷達毗鄰添置了一台 Plessey 43S 型雷達。這台雷達除了可對大氣作垂直和水平的掃描外，還配備有電子儀器為回波的強度作不同特定灰度的遞減，使預報員能估計降雨的強度及垂直範圍。
- ✧ 1983 年，天文台安裝了第一台配備電腦的雷達來替換 Decca 雷達。這雷達能將降雨的強弱，以不同的顏色顯示在雷達圖像上，讓預報員能更易於使用。
- ✧ 1994 年設置第一台多普勒天氣雷達以替換 Plessey 雷達。這台多普勒雷達不單能夠量度降雨的大小，也提供了雨區移動速度的有用資料。

b) 大欖多普勒天氣雷達

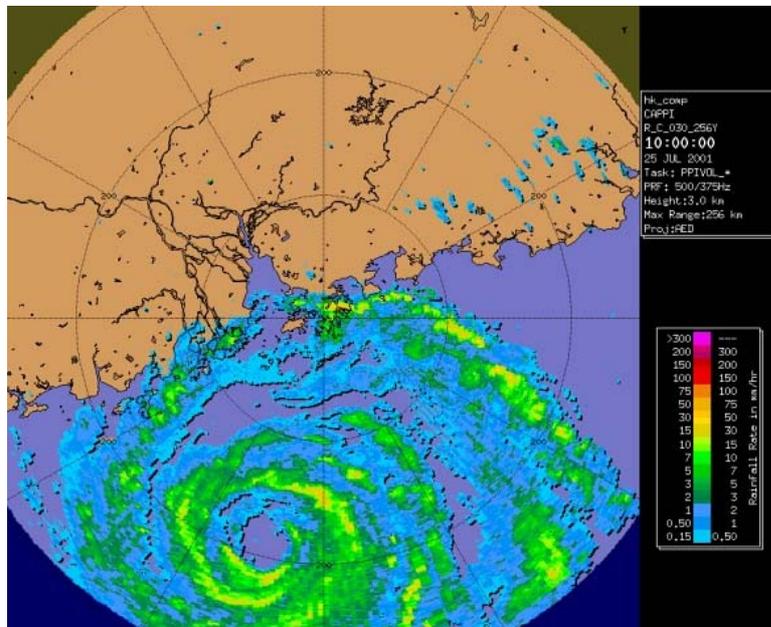
- ◇ 1998 年，添置了一台機場多普勒天氣雷達。這台雷達專門探測機場附近出現的惡劣天氣，並就對流性風暴引起的微下擊暴流（Microburst）和風切變（Wind-shear）作出預警，以確保在這種天氣情況下航機升降的安全。

c) 大帽山多普勒天氣雷達

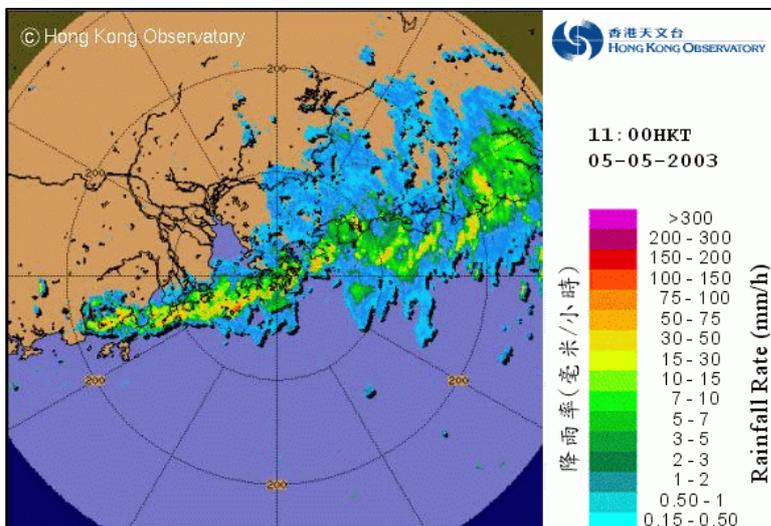
- ◇ 1999 年，天文台在大帽山添置了一台多普勒天氣雷達。這台雷達配備了大型天線（直徑約 8.5 米）及高穩定度的發射器，矗立於全港最高的山上掃描大氣。雷達搜集到的高分辨率數據，令預報員更清楚地掌握風暴結構，有助及時發出惡劣天氣的預警。

三) 天氣雷達圖像

熱帶氣旋  
天氣雷達圖像



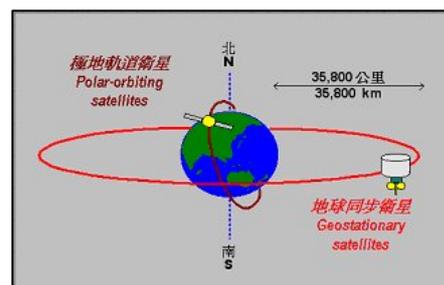
雨區  
天氣雷達圖像



< 資料由香港天文台提供 >

## 氣象衛星

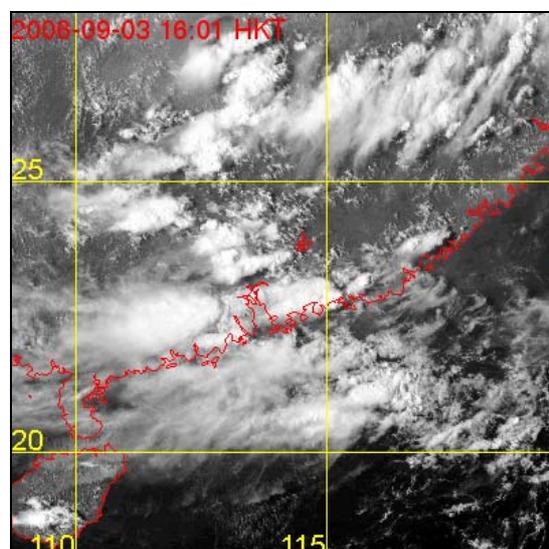
氣象衛星 (Meteorological Satellite) 在地球上空遠處運行。它所攜帶的感應器指向地球，從而拍攝地球的鳥瞰圖。氣象衛星根據其軌跡可分為兩類：地球同步氣象衛星和極地軌道氣象衛星。



### a) 地球同步氣象衛星 (Geo-stationary Meteorological Satellite)

地球同步氣象衛星相對地球是靜止不動的。它環繞地球的速度與地球自轉的速度相同，固它在任何時刻均逗留在地球上同一地點的上空。這使它能 24 小時不間斷地捕捉同一範圍的雲圖。它離地面約 35,800 公里，可拍攝到半個地球的影像。

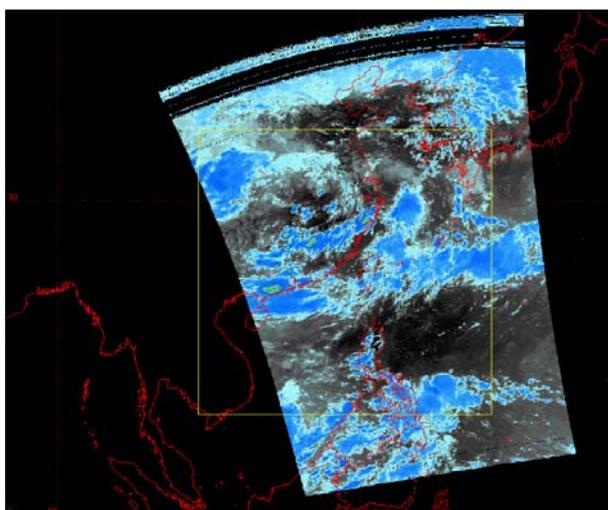
衛星名稱	位置	覆蓋範圍	操作衛星的國家/組織
GOES-9 (二零零三年中替代 GMS-5)	<b>115°E</b>	西太平洋、東亞、澳洲	美國、日本
風雲-2B(FY-2B)	<b>105°E</b>	亞洲、印度洋、西太平洋、澳洲	中國
GOMS	<b>76°E</b>	亞洲、印度洋、東非、東歐	俄羅斯
INSAT	<b>74°E</b>	亞洲、印度洋、東非、東歐	印度
INDOEX	<b>63°E</b>	亞洲、印度洋、非洲、歐洲	歐洲氣象衛星中心
METEOSAT	<b>0°E</b>	東大西洋、歐洲、非洲	歐洲氣象衛星中心
GOES-E	<b>75°W</b>	北美、南美、大西洋	美國
GOES-W	<b>135°W</b>	東太平洋、北美	美國



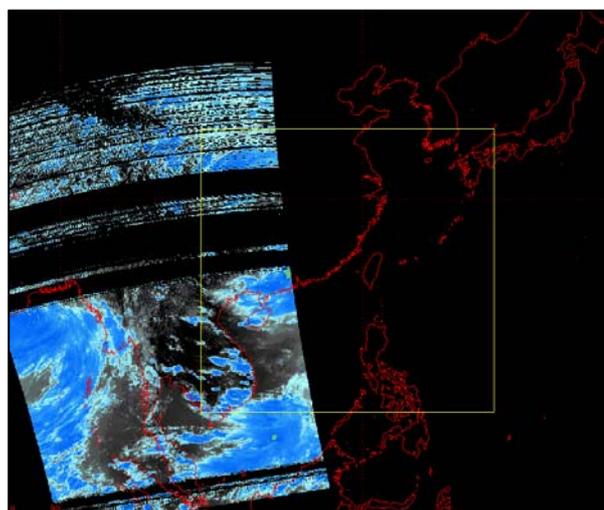
b) 極地軌道氣象衛星 (Polar-orbiting Meteorological Satellite)

極地軌道氣象衛星以大致南北方向環繞地球運行。它的軌跡離地面約數百公里。它們大部份一天內經過同一地點一兩次。由於較接近地球，它們每次只能拍攝到有限區域的雲圖。相對地球同步氣象衛星，極地軌道氣象衛星圖像的數目較少，範圍亦較小。但此類衛星所拍攝之雲圖有一優點，就是雲圖的分辨率較高。

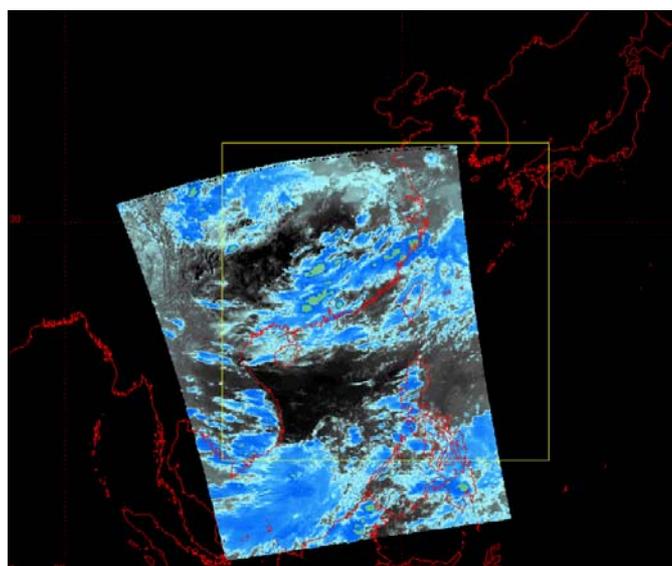
衛星名稱	軌跡高度	操作衛星的國家	應用範疇
NOAA 系列	830-870 公里	美國	雲觀測
FY- 1 系列	870 公里	中國	雲觀測
TRMM	403 公里	美國、日本	熱帶雨量觀測
QuikSCAT	803 公里	美國	海面風向風速觀測



西方掠過

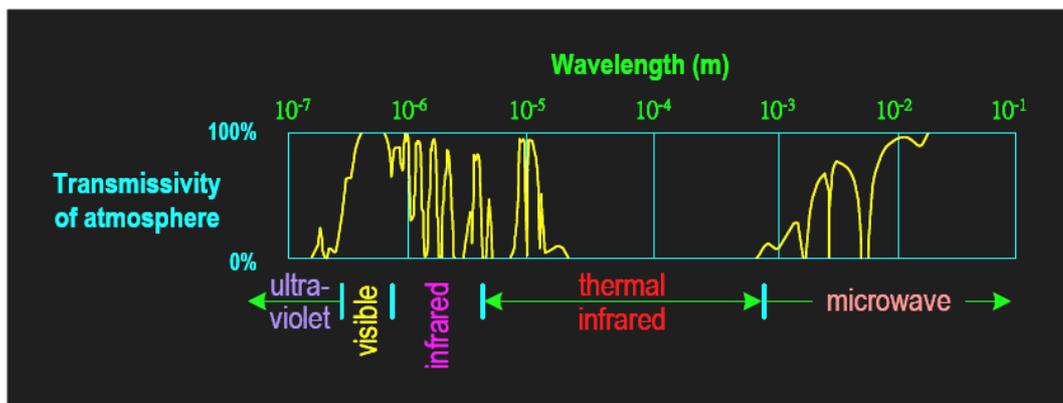


東方掠過



正中橫過

c) 衛星圖像類型



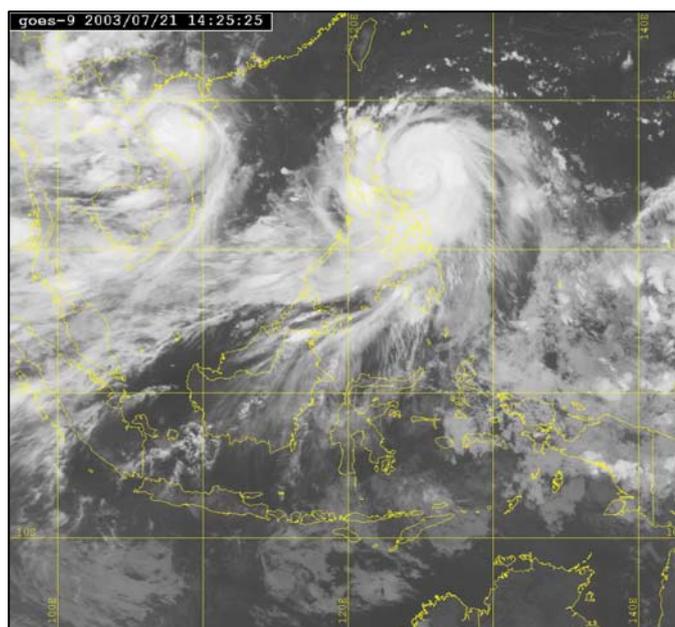
由於大氣層是由氣體組成，氣體會吸收從太空傳來的不同電磁波 (Electro-Magnetic Wave)，其吸收率也因應不同電磁波及不同高度而有所不同。有三個通道不被地球大氣層完成吸收 --- 紅外光 (Infra-red)、可見光 (Visible Light) 及微波 (Microwave)。

衛星的感應器可接上不同探頭，通常氣象會接上普通目視鏡頭、紅外光感應器及微波感應器。因此，衛星圖像可分為可見光衛星圖像、紅外光衛星圖像及水汽通道衛星圖像。

i) 可見光衛星圖像

- ✓ 記錄自雲和地球表面反射回來的可見光

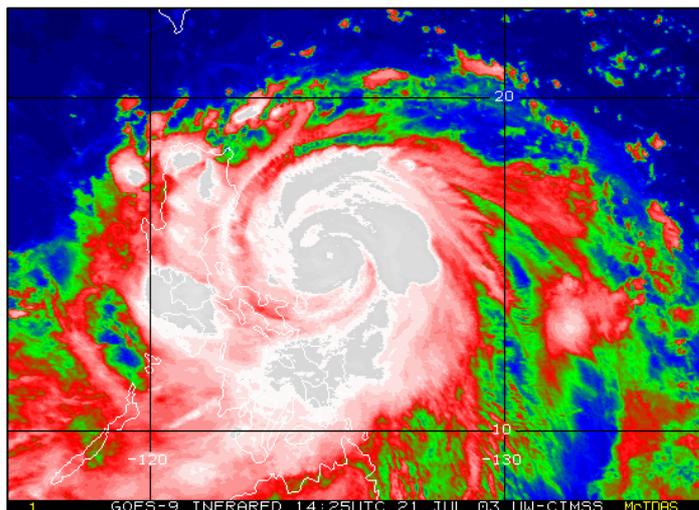
限制： 可見光源自太陽 - 晚間並沒有可見光衛星圖像  
單靠可見光衛星圖像是難以區分高雲和低雲



### ii) 紅外光衛星圖像

- ✓ 錄得的紅外光是量度溫度的一種方式
- ✓ 大氣的溫度隨高度增加而減少，高雲溫度較低，其發放的紅外光較少
- ✓ 可用來分辨高雲和低雲，亦可用來估計熱帶氣旋的強度

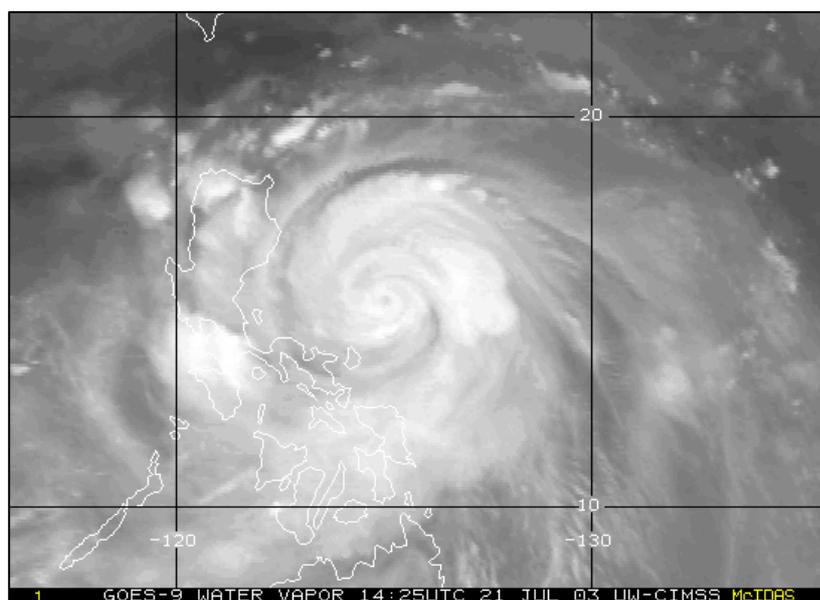
限制：紅外光衛星圖像的分辨率較可見光衛星圖像低



### iii) 水汽通道衛星圖像

- ✓ 若果大氣高層較潮濕，那裏的水汽所發射的電磁波被感應器所接收，在衛星圖像上顯得較光亮
- ✓ 若果大氣高層較乾燥，自大氣中層的水汽所發射的電磁波便可傳至感應器，在衛星圖像上其顏色成暗灰色

限制：水汽通道衛星圖像未能顯示大氣低層的水汽含量



< 資料由香港天文台提供 >

## 天氣預測

天氣預測是得到天氣資料的最終目的。預測天氣前，預測員需要知道 1. 天氣現況，2. 為什麼天氣會這樣。當然，如果預測員對天氣系統的生命史有了解，天氣預測較為準確。話雖如此，預測天氣並不是由天氣有明顯轉變才預測，而是從轉變前已有理由地預測之後的天氣。除可以觀察雲態變化來預測短期天氣外，亦可使用以下兩種方法預測天氣。

### 一) 外推法

- 即假定未來天氣系統的移動和變化與起始時刻的情況相同，這種方法也稱作持續性法。使用該天氣系統之前的趨勢及速度來決定該系統未來動向。

好處： 簡單方便、容易掌握

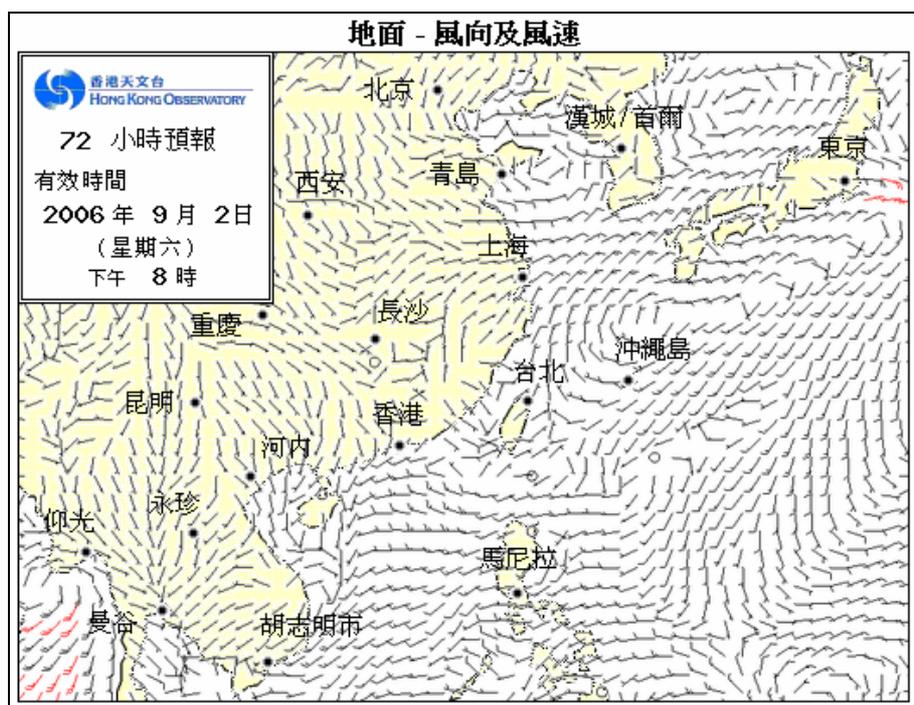
壞處： 誤差較大、容易忽略一些因素（地形、高空天氣狀況、週圍天氣狀況）

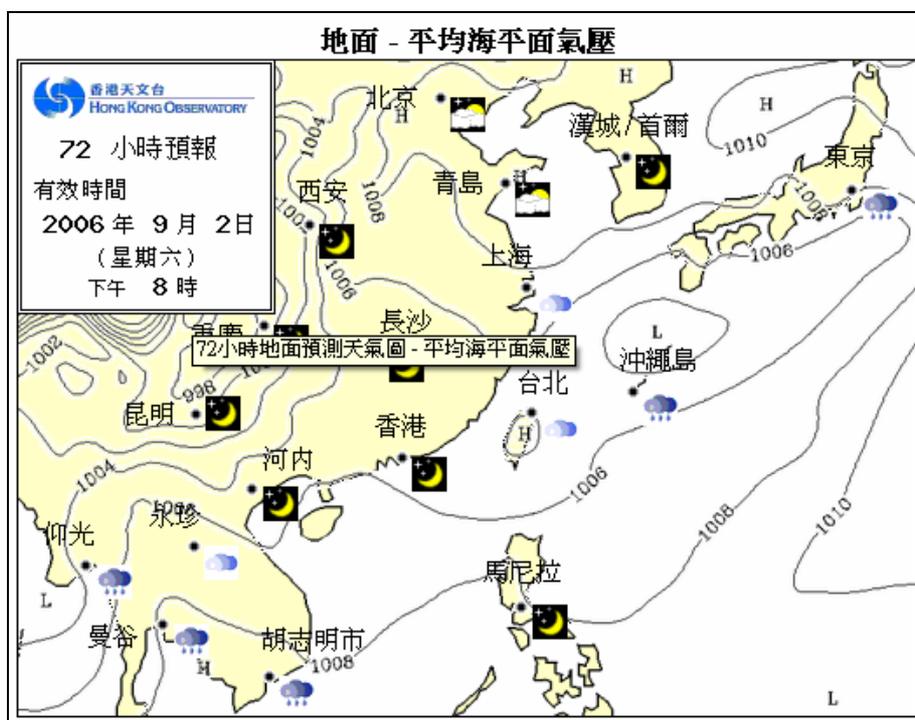
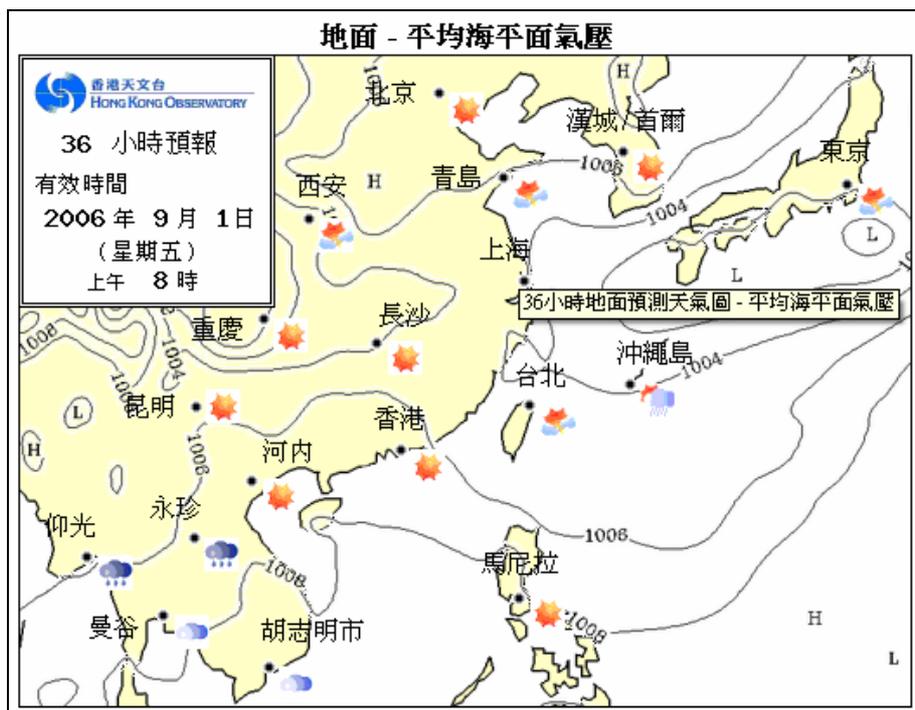
### 二) 數值模式 (Numerical Weather Prediction)

- 數值模式利用物理大氣方程及數值分析方程透過高速電腦計算及模擬大氣狀態的各項氣象要素之演變。但是，如果初始的天氣資料輕微錯誤或計算過程中存在細少的誤差，結果可能與實際天氣完全相反。這些氣象變素包括溫度、風力、氣壓及水汽等資料。

好處： 準確、簡單方便

壞處： 需要高速電腦、準確而大量天氣資料、複雜氣象方程式、計算時需要較長時間（視乎準確度及使用氣象方程式）





### 大帽山最先進天氣雷達 --- 甄榮磊

每次駕車駛過大帽山，心中都不其然地泛著一絲絲的喜悅。聳立在大帽山頂上的天氣雷達，是我和天文台一班好同事三年多來一同奮鬥的成果。大帽山天氣雷達可以說是現今全世界最先進的天氣雷達之一，能親身經歷它在荒蕪一片的山頭，一步一步地建立起來，到現在完全成長，為全港市民肩負起監測颱風和暴雨的服務，實在是我在天文台二十年的工作的最佳賞賜。

回想四十二年前，即 1959 年，天文台在大老山上安裝了香港第一台的天氣雷達，揭開了天氣預報新的一頁。雷達最優美的功能就是它能看到周圍下雨的地方，這樣預報員便像多了一雙神奇的眼鏡，從雷達得出的圖像，監察影響香港周遭的風風雨雨。六十年代聞名喪膽的颱風，如 1962 年的溫黛、1964 年的黛蒂等都逃不過這第一台天氣雷達的監視。

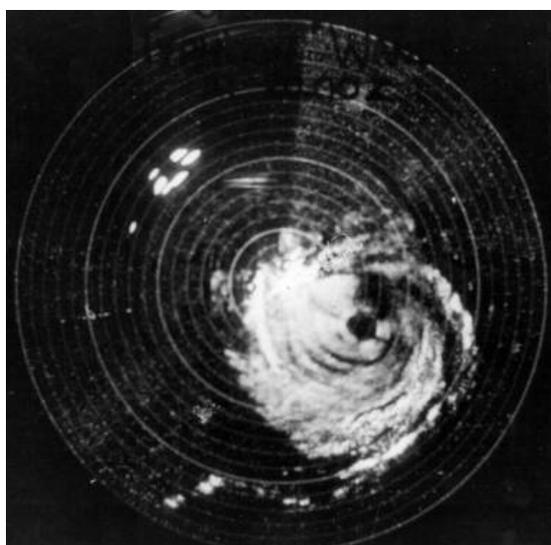
可是這台最早期的雷達卻有它先天的不足，就是它的「視程」較短，而且天生柔弱，不能在大風中正常運作。在颱風迫近時，即是最需要它的時候，它便要鳴金收兵，使預報員為之氣結。這難題終在 1966 年被第二台天氣雷達所解決。由於這台雷達擁有較大的天線和高能量的發射器，它能準確地監測香港五百公里內的風暴。七十年代著名的颱風，如 1971 年的露絲、1975 年的愛茜及 1979 年的荷貝，都一一受到嚴密監視，使到人命及財物的損失都能減到較低，這第二台雷達，實在功不可沒。

進入八十年代，雷達亦開始現代化，由單色的圖像轉為彩色圖像。雷達數據也可數字化，用電腦來處理及儲存。天文台緊隨時代進展，於 1983 年在大老山第一台雷達的舊址，安裝了首台數碼雷達。它的運作，剛好趕及監測當年 9 月颱風愛倫襲港時的重要任務。愛倫的一舉一動，都被這台數碼雷達捕捉，並用彩色動畫來顯示在預報員眼前，大大幫助預報員推算颱風的路徑和雨量。這台雷達亦開始了天文台在「臨近預報」的發展。所謂「臨近預報」，就是利用雷達、雨量及其他氣象數據來估計未來數小時暴雨的移動和發展。

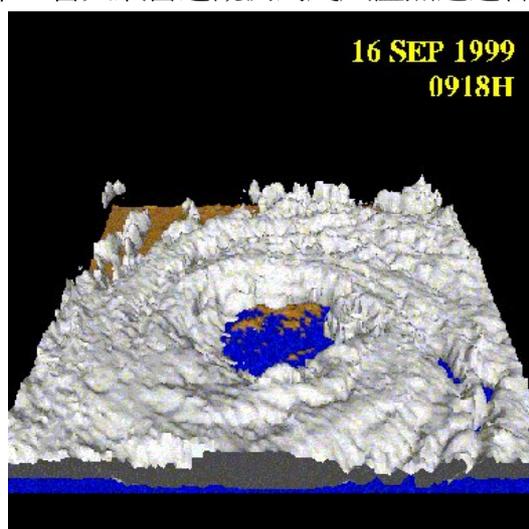
當預報員被那些色彩繽紛的雷達圖像吸引時，他們亦很快便發覺了這台數碼雷達的不足。這主要是由於當年電腦的功能有限，雖然體型龐大，它的運算速度及記憶體均比不上今天的個人電腦。有些雷達圖像的精細部份，經過數字化後便失去了。這不足要等到下一個年代，當電腦及信息處理技術迅速進展後才得到解決。1994 年，一台新的多普勒雷達投入服務。這台多普勒雷達除了有先進的電腦及多功能的軟件外，它還能測量到雨的移動速度，為預報員提供更多寶貴資料，如可以從雷達圖像估算出颱風的強度等。

今年是天文台的另一個里程碑，大帽山天氣雷達的建成，標誌著天文台擁有全球最先進雷達系統之一。這雷達系統無論在儀器及電腦軟件方面，均達到世界最高水平。它不但能準確地探測雨量的大小、颱風的強度及位置，更能用立體圖像顯示風暴四周及內裏的結構。大帽山及大老山上兩台雷達的數據更可互相結合，組成一套可以說是全球首套業務運作的雙多普勒天氣雷達系統，計算出香港上空不同高度的風速及風向。雖然香港今年受到多個風暴正面吹襲，但預報員都能從雷達的數據，準確地把握風暴的路徑和強度，為市民提供及時的警報。

每次小女兒和同學們到大帽山郊遊，她都會高興地指著山頂上的一個小白塔，向同學們說：「是爸爸有份做的天氣雷達呀！」



1962 年香港第一台天氣雷達觀測到颱風溫黛迫近香港時的情況。



1999 年颱風約克橫過香港，大帽山天氣雷達觀測到當時的立體圖像，清楚顯示風眼中心的位置。

〔文匯報 1999 年 12 月 10 日〕

## 雷達英雄傳 --- 戴世材

光陰似箭，轉眼踏入新千禧年。身為「天氣人」，回顧過去百年，人類在天氣預測方面確有長足進步，而其中天氣雷達的發展和應用實在功不可沒。若論二十世紀氣象科技的主要成就，天氣雷達應佔一席位。

據說，最早提出雷達這個概念的是俄國科學家特斯拉（Tesla）。他在一百年前，即一九零零年已在 Century Magazine 上寫道：「當我們大叫而聽到回聲，便知道聲音必定受到牆壁或其他物件反射...電波亦應該如此...我們可以因此決定物件（如船隻）的位置、速度...」

正如很多科技發展一樣，雷達的發展很大程度上是由戰爭引發的。第一次世界大戰期間，利用聲波探測潛艇的技術急速發展。三十年代是雷達發展的高峰期。英、美、法、德、日等國爭相研製可偵察敵機的儀器。一九三五年，英國沃森瓦特（Watson-Watt）爵士和他的同事製成了一台利用無線電波探測飛機位置的雷達系統。其他國家亦幾乎同時有類似的發展。這些早期的雷達系統在二次大戰中發揮了決定性的作用。沃森瓦特爵士後來更被稱為「雷達之父」。

然而，這些第一代雷達使用低頻率的無線電波，「視程」短，分辨率低，不能有效偵察遠距離的飛機。四十年代初，英國伯明罕大學的藍德爾（Randall）和布特（Boot）發明了高能量的微波發射器—磁控管（magnetron），雷達科技跨出了一大步。雖然磁控管的發明是為戰爭服務，但恰好微波亦正是探測雨水的最佳波段，為後來的天氣雷達的發展打下了良好的基礎。有趣的是，磁控管後來亦被應用在微波爐，直到現在。今天的家庭主婦及「帶飯一族」還得感謝這兩位雷達英雄哩！

二次大戰後，大量軍事雷達儀器轉為民用。隨後幾十年，天氣雷達不斷發展。初期的天氣雷達只能探測雨的位置和強度。一九五三年，劍橋大學的巴拉特（Barratt）和布朗（Browne）首先使用多普勒原理（Doppler effect）量度雨的移動速度。多普勒原理其實和我們的日常生活息息相關。例如，當一輛救護車迎面而來時，它的警號的音調會稍高於離開你的時候。同樣，當雨點接近和離開雷達的時候，雷達回波的頻率亦會出現類似的變化。「多普勒天氣雷達」就是利用這個原理來估計雨點接近和離開雷達的速度。

時至今日，天氣雷達已成為監測颱風、暴雨、雷暴和風切變等災害性天氣不可缺少的工具。今天的成就有賴前人的努力。回顧過去，我們實在應該感謝歷史上的有名及無名英雄。其實，天文台亦有一隊無名英雄。你可曾想到，每一次颱風襲港，當我們安坐家中靜觀風球變化時，天文台的雷達維修人員正一連幾天在偏遠的雷達站上，冒著狂風暴雨，為確保雷達能正常運作、預報中心能在這關鍵時刻得到寶貴的雷達數據而努力。向英雄們致敬！

〔文匯報 2000 年 2 月 11 日〕

## 氣象衛星四十年 --- 黃永德

1960年愚人節，人類歷史上第一顆氣象衛星—電視及紅外光觀測衛星一號（TIROS-1）升空，開啓了氣象科學的新一頁，爲天氣預測帶來了新契機。TIROS-1在進入軌道數小時送回的電視影像顯示加拿大聖羅倫斯海道的冰開始溶化，氣象學家隨即知道航運季節可以開始了。時至今日，氣象衛星圖像已成爲天氣預報不可或缺的資訊。

雖然早期不少人對於發展氣象衛星是否物有所值提出疑問，但1961年TIROS系列的其中一顆衛星偵察到颶風卡拉（Carla）的移近使他們改變了想法。在卡拉登陸前，美國德州及時疏散了三十萬人，從而避開了風暴的吹襲。在1969年，衛星偵察到美國史上風力最強之一的颶風嘉美（Camille）逼近，相信有數千名美國人因而逃過災難。

當美國在1963年發射了TIROS-8後不久，香港天文台即利用一套自製系統接收該極軌衛星的自動圖像傳送信號。初期使用的是一副改裝過的電視機來顯示衛星圖像。這套自製系統一直用來接收環境勘測衛星（ESSA）及美國海洋大氣局（NOAA）氣象衛星兩個系列的極地軌道衛星的自動圖像傳送信號，直至1968年天文台添置了一部照片傳真機爲止。

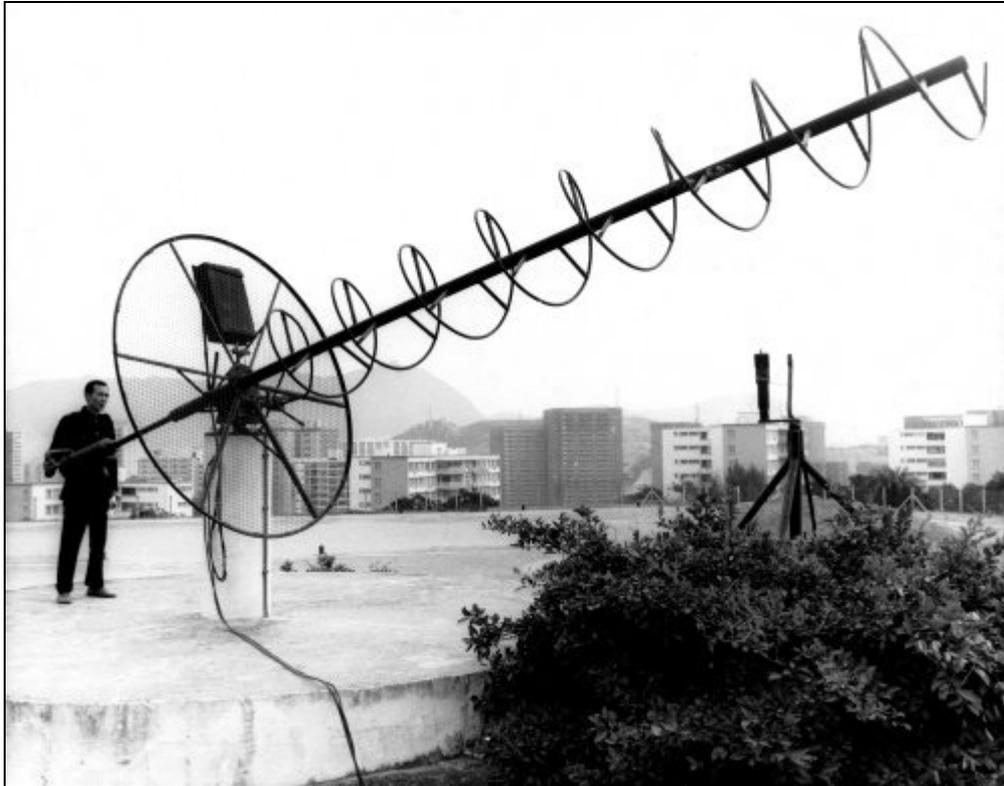
隨了監測風暴外，氣象學家亦利用衛星探測到的輻射量來推算大氣層的溫度和水汽量。這些數據可填補海洋上缺乏的氣象觀察資料，供大氣模擬計算使用。近年來，有些氣象中心發展了在模擬計算中直接利用衛星探測到的輻射量進行計算，相信對提高模擬計算的準確度有所幫助。

在1978至1993年運作的NIMBUS-VII衛星攜帶了探測臭氧的儀器，追蹤南極上空的臭氧洞。美國與法國合作在1992年發射的TOPEX衛星於1997年11月探測到太平洋上變暖的海面湧起，對厄爾尼諾現象的研究很有幫助。1997年升空的美日合作熱帶雨量探測計劃（TRMM）衛星安裝了微波影像儀及雷達，而1999年發射的美國QuikSCAT衛星則安裝了雷達散射儀，這兩顆衛星可以從太空分別量度地球雨量分佈和海面風，在熱帶氣旋分析和提供數據給大氣模擬計算方面踏前了一步。此外，在1999年12月進入軌道並屬於地球觀測系統（EOS）系列的TERRA衛星，裝設了特別儀器，可以測量多種與氣候變化有關的數據，如海面、地面及空中溫度、地面用途、植物、懸浮粒子、溫室氣體、冰川、大火等資料，對氣候預測及環境監察作出貢獻。

日常天氣預報方面最需要的是地球同步氣象衛星，因爲這類衛星全日監視著同一區域。日本在1977年發射了亞洲首顆地球同步氣象衛星（GMS），在東經140度赤道上空35800公里的軌跡上運行。香港天文台利用GMS系列衛星獲得的圖像，大幅度提升了天氣預測的能力。現時爲亞太區服務的是這系列的第五顆衛星GMS-5，該衛星在1995年升空，爲該地區提供可見光、紅外線及水汽頻道雲圖。

中國在發展氣象衛星方面起步稍遲，在1988年發射了首顆太陽同步軌道氣象衛星「風雲一號」。今年6月在西昌發射的「風雲二號」FY-2B，是繼1997

年後發射的第二顆「風雲二號」地球同步衛星，在東經 105 度赤道上空的軌跡上運行，為亞太地區提供和 GMS-5 相類似的衛星圖像資料。



早在 60 年代，天文台職員已在京士柏追蹤極軌衛星

〔文匯報 2000 年 8 月 11 日〕

## 氣象衛星看雲圖 --- 鄭楚明

早上起床，扭開電視，傳來一項報告：「由於颱風逼近的關係，天文台已經改掛八號東北烈風或暴風信號。」細看之下，負責講解天氣的同事，正利用衛星雲圖，指著不斷旋轉的雲團，即那個颱風，解釋颱風的走向。可能很多市民聽到這報告後便心中暗喜，今天不用上班及上課！

事實上，氣象衛星跟我們的生活有很密切的關係。差不多從每天的電視天氣節目都可看到氣象衛星傳來的雲圖，讓我們即時知道香港附近的天气情況。原來，早於四十年前已經有氣象衛星。第一顆氣象衛星，是一九六零年美國發射的「第一號電視及紅外光觀測衛星」。早期的氣象衛星只能在日間拍攝雲圖，圖像質素並不太好，每天雲圖數量亦不多。時至今日，氣象衛星已用上掃描輻射技術，可以不分晝夜拍攝高質素的雲圖。

大家可能會問：晚上漆黑一片，怎可以拍攝到雲圖呢？原來衛星載有特別的儀器，不單能像人眼一般看見「可見光」，甚至人眼看不見的紅外線輻射，亦能盡入「眼簾」。紅外線的衛星雲圖，主要是顯示地球不同地區的溫度。要是地面被高高的雲所覆蓋，由於高空較冷的關係，紅外線所顯示的溫度便較低。反之，若果地面上沒有雲或為低雲所遮蓋，紅外線所顯示的溫度便較高。利用電腦技術，便可將這些紅外線的衛星雲圖轉化為不同顏色及不同光度的雲圖。因此不論白晝與黑夜皆可拍攝得到雲圖。

衛星雲圖最主要是應用於天氣預報上，尤其是用它來尋找天氣系統。不同的天氣系統有不同的特徵。比如，颱風一般呈現螺旋狀，當中還可能包含一個風眼(見附圖)，在颱風中心附近的雲亦會不停旋轉。高氣壓區中心一般沒有濃密的雲，雲量較少。而冷鋒常呈現成一條窄而長的雲帶。天氣預報員便是利用這些特徵，分辨出不同的天氣系統。

香港位於廣東沿岸，南面向南中國海。由於海上沒有像陸地般的固定天氣觀測站，一般只能靠船隻的氣象觀測，因此氣象資料相常有限。衛星雲圖正好填補這方面的不足，提供相當豐富的資料。另外，由於熱帶氣旋是在海上形成的，只有利用衛星雲圖，才可監測到遠處熱帶氣旋的走向及發展。因此可以這樣說，氣象衛星是現今一件不可或缺的天氣監測工具。

〔文匯報 2000 年 7 月 19 日〕

## 監察颱風的天眼 --- 徐傑志

你可曾夢想擁有「千里眼」，能看透千里以外的事物呢？這些已非孩提時的白日夢或武俠小說裏的情節，人類已實實在在擁有遠觀千里之能力，而且發展迅速，這就是「人造衛星」！

「人造衛星」其實並不是一個初生嬰兒，它可以說是一個中年漢了。自從 1957 年前蘇聯發射了第一個人造衛星上太空，至今全世界已總共發射了數千個，而其中有二千多個仍在軌道上運行呢。「人之初，性本善」對「人造衛星」來說，可能用不，因為它的催生可以說是美蘇冷戰時期的軍事產品。但它的善良本質亦不斷地在成長時被科學家們發掘出來，它現時已在多個領域上為人類提供不可替代的服務，包括氣象、通信、海洋及陸地資源的觀測等。

「人造衛星」可用它的軌道分為兩大類，分別是「極地軌道衛星」和「地球同步衛星」。「極地軌道衛星」是指衛星環繞兩極而運行，它們通常在地球表面數百公里上。「地球同步衛星」亦稱為「靜止衛星」。故名思義，它們的軌道與地球自 同步，因此從地面上看，它們在空中的位置都是靜止不動的。物理學的原理令這些「地球同步衛星」都只能乖乖地安放在赤道三萬六千公里的上空。

這兩衛星兄弟各有優點，互相補足。「極地軌道衛星」距離地球較近，因此觀測較為細緻，但即時觀測的範圍亦較小。由於它們相對於地面不停移動，所以不能連續觀測同一地區，有些「極地軌道衛星」需要兩三天，甚至更長的時間才能回到同一地區。因此這類衛星在一些需要分辨率高，但變化不快的觀測，如地質資源探索及應用方面極為有用。另一方面，「地球同步衛星」的觀測大多較為粗糙，但它能連續觀測大範圍同一地區，所以用於觀測尺度大、變化快的系統，如天氣系統是極為適合的。

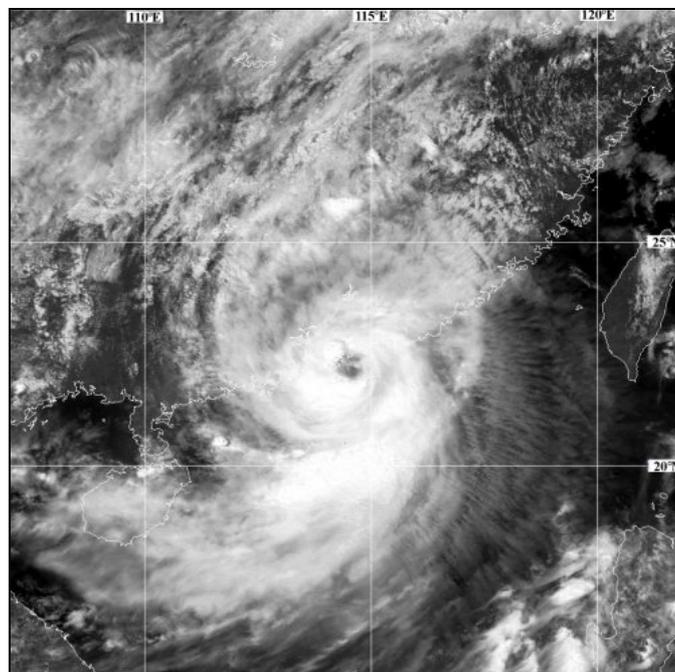
天文台現時擁有一雙「天眼」，一隻是日本的「地球同步氣象衛星五號」，另一隻是中國的「風雲二號衛星」。它們兩顆都是「地球同步衛星」，默默地在天空上，為我們監察著周遭的天氣。沒有「天眼」之前，對於颱風的生成、發展和移動，主要是靠海面遠洋船及地面天氣站的觀測。由於這些觀測相對於颱風的尺度來說是不多的，尤其在颱風的家鄉-海洋更是稀少，所以過往天氣預報員監察颱風的能力是極為有限的。

例如一九零六年，一個颱風從菲律賓方向吹來，船隻都觀察不到，結果香港毫無防備，颱風襲港時風雲驟變，所有人都措手不及，一日之間造成過萬的人命損失。有了「天眼」之後，我們已可早在颱風遠在天邊醞釀時，掌握於股掌之中。颱風的生老病死和它的一舉一動都逃不過這雙「天眼」，有時甚至需要追蹤十數天才完成這生命的歷程。

「人造衛星」不僅對颱風的監察特別有用外，對暴雨、甚至冷鋒的預報亦很有幫助。春天時份，當我們頭頂上還是晴空一片、星星閃爍時，預報員可能已憂心忡忡，因為他「看見」遠在廣西的雷雨區正在不斷發展及移近，我們的天氣快將要轉壞呢。此外，「人造衛星」雖然看不到地面的氣溫變化，但因為冷鋒通常會伴隨著一片廣闊雲帶，預報員可利用觀測這雲帶的動向，追蹤冷鋒橫過中國大陸的情況。



天文台預報員利用人造衛星雲圖監察天氣變化



颱風森姆襲港時，「天眼」觀測到當時(1999年8月22日下午2時)森姆來勢洶洶的情況。  
(此衛星雲圖接收自日本氣象廳地球同步氣象衛星)

〔文匯報 1999年12月3日〕

氣象課程 – 教導組（童軍支部）  
參考資料

1. 天氣圖解讀及天氣預報基礎課程講義，香港天文台
2. 天氣雷達及衛星圖像基礎課程講義，香港天文台
3. 數值天氣預報基礎課程講義，香港天文台
4. C. Donald Ahrens, **Meteorology Today (Seventh Edition)**, Thomson Learning, 2003
5. Frederick Lutgens and Edward Tarbuck, **The Atmosphere (Tenth Edition)**, Prentice Hall, New Jersey, 2007
6. Greg O’Hare, John Sweeney and Rob Wilby, **Weather, Climate and Climate Change Human Perspectives**, Prentice Hall, London, 2005
7. 香港天文台 ----- 教育資源  
<http://www.hko.gov.hk/education/educ.htm>
8. 香港天文台 ----- 天文台於報章刊登的文章  
[http://www.hko.gov.hk/education/edu04other/edu04\\_newsarticle\\_ce.htm](http://www.hko.gov.hk/education/edu04other/edu04_newsarticle_ce.htm)
9. 香港天氣資訊中心  
<http://www.weather.com.hk>
10. 香港熱帶氣旋追擊站  
<http://www.hkcoc.com/>
11. 香港地下天文台  
<http://www.weather.org.hk/>
12. 中國科普博覽 大氣科學館  
<http://www.kepu.com.cn/gb/earth/weather/index.html>