

氣象衛星未來的發展

顏 泰 崇

中央氣象局

一、前言

人類在歷經幾千年的文明演進後，終於在二十世紀踏入太空時代。美國在一九六〇年四月一日成功得發射了第一枚氣象衛星TIROS 一號，將氣象觀測帶入了新的紀元。在過去三十年的發展中，氣象衛星由實驗而進入作業，提供了許多寶貴的資料，使我們對大氣有了更深入的瞭解，改進了天氣預報能力，尤其是對於劇烈天氣提供了更好的預警能力。隨著氣象科技的進展，我們對氣象衛星的依賴也會增加，因此有必要多瞭解氣象衛星未來的發展情形，以早作規劃因應之道。以下將依繞極軌道氣象衛星及地球同步氣象衛星兩大類，分別說明其現有的衛星，以及將來可能的發展。

二、繞極軌道氣象衛星

繞極軌道衛星是指軌道繞經南北極附近，利用地球本身自轉，通過全球各地的衛星；由於此一軌道距離地面的高度較低，一般約在八百至一千五百公里高，又稱為低地球軌道衛星；而此一軌道的傾角在適當的控制下，可使軌道面與太陽維持固定角度，因此也稱為太陽同步軌道。

目前運轉作業的繞極軌道氣象衛星有美國的TIROS-N/NOAA系列、DMSP系列，蘇聯的METEOR系列，以及中共近兩年發射但壽命不長的風雲一號系列。在未來十年，上述衛星或將繼續維持，或將改進部分儀器，而國際間為了配合全球氣候變遷研究計畫，也正在發展地球觀測系統(EOS)繞極月台，將在1997年起陸續發射，在2000年以前這些衛星的預定

計畫均已排定，以下將就上述衛星的特性作一簡單的描述。

(-)TIROS-N/NOAA系列：

這是美國國家海洋大氣總署NOAA所管轄的作業用衛星，軌道平均高度850公里，週期為102分鐘，軌道傾角98角，在作業上維持兩枚衛星同時運轉作業，因此每天至少可以有四次通過的機會，即平均六小時一次。

NOAA衛星上所裝置的儀器有以下幾項：

(1)改良式極高解像輻射儀 AVHRR：具有五個觀測頻道，分別為0.58~0.68、0.725~1.1、3.55~3.93、10.3~11.3及11.5~12.5微米，可同時觀測地表大氣的紅外線輻射及反射太陽光，分辨雲層、地表、積雪、海冰、海面溫度等。它的空間解像度為1.1公里，掃瞄幅寬約為2900公里。

(2)泰羅斯作業垂直探測器TOVS：這是用來探測大氣濕度垂直剖面的一組儀器，包括下列三項儀器：

①高解像紅外線輻射探測器HIRS/2：這個探測器由一個可見光頻道及十九個紅外線頻道的掃瞄輻射儀所組成，利用大氣中的二氧化碳吸收頻道、水汽吸收頻道、臭氧吸收頻道以及大氣窗頻道的特性，探測自地表到10毫巴高的溫度及濕度的垂直分布，並可探測大氣臭氧總含量。它的空間解像度為17公里，掃瞄幅寬約為2200公里。

②平流層探測器 SSU：包含三個15微米的二氧化碳吸收頻道，以調整氣泡氣壓的方式觀測平流層的溫度垂直分布。它的空間解像度為

147公里，掃瞄幅寬為1500公里。

- ③微波探測器 MSU：此一探測器有四個微波頻道，以被動方式探測 5.5公分的吸收帶的大氣輻射，可以穿透雲層探測大氣溫度的垂直分布。它的空間解像度為 110公里，掃瞄幅寬約為2300公里。
- (3)資料蒐集系統 DCS：這是一套用來遙探自動蒐集地球上的高山、離島、漂浮台等自動觀測系統所觀測的氣象資料的通信系統，每日可蒐集約二千個觀測台資料。
- (4)太空環境偵測器 SEM：這個偵測器用來偵測衛星軌道高度的近地太空環境的太陽質子、電子通量密度及總能量移位等，以瞭解太陽活動及太空環境。
- (5)返散射太陽紫外線輻射儀SBUV：這是原先裝在 NIMBUS-7衛星上實驗的一套光譜儀，自NOAA九號開始裝置此光譜儀作業，用來觀測地球大氣所返散射的太陽紫外線光譜帶的輻射強度，測量地球大氣中的臭氧含量分布情形。
- (6)地球輻射能量收支實驗裝置ERBE：這也是在 NIMBUS衛星上實驗的設備，自NOAA九號開始裝置作業，觀測自紫外線、可見光到近紅外線波段的入射太陽輻射能量，以及由地球所放射出去的紅外線輻射能量，以瞭解地球的輻射能量收支是否平衡。
- (7)搜救系統 SAR：這是由美國、加拿大、法國及蘇聯合作發展，自NOAA八號開始裝置運轉的一套通信系統，利用衛星提供出事飛機及船隻等的地點，以便加速救援行動。

NOAA衛星所蒐集到的各種資料，除了儲存在衛星上的儲存裝置，在經過地面的指揮暨資料集蒐站CDAS時以高速傳送到CDAS外，並以下列三種方式即時廣播提供給全球各地的地面接收站使用，這三種方式為：

- ①高解像圖片傳送HRPT：這是將各種資料整合處理編碼後，以相位調變方式，經由1698或1707 MHz作數位資料廣播，資料傳送速率為665.4 KBPS，每秒鐘可有六條掃瞄線資料。

- ②自動圖片傳送APT：這是將AVHRR所觀測到的可見光與紅外線頻道影像資料各取一個頻道，經過非線性平均化處理作幾何校正，使空間解像度降為四公里，再作調幅及調頻之調變，經由 137.5或137.62 MHz作類比資料廣播，每分鐘有120條掃瞄線。
- ③直接探空廣播DSB：這是只整合TOVS、SEM、SBUV、ERBE、DCS等低資料速率的資料，經處理編碼後，經由137.77或136.77 MHz作數位資料廣播。

由於 TIROS-N系列衛星已運轉十餘年，美國正進行規劃發展NOAA-K, L, M為下一代NOAA衛星，以部份新發展的儀器取代原有的儀器，其中主要的改變有三項：第一項是採用新版的 AVHRR，仍維持五個頻道，但作了些調整，尤其是第三頻道日夜使用不同的頻道；第二項是取消效果不彰的 SSU；第三項是以改良式微波探測器AMSU取代原有的 MSU。

計畫中的AMSU將包含兩個部分：AMSU-A有15個頻道，範圍在23-90GHZ，空間解像度為47公里，可觀測地表到一毫巴高的大氣濕度垂直分布，不受雲層影響。AMSU-B有5個頻道，範圍在 90-183GHZ，空間解像度為15公里，可觀測地表到五百毫巴高的大氣濕度垂直分布。預期將來AMSU正式作業後，將可突破目前TOVS遙測大氣濕度垂直剖面的一些限制，並改進反演大氣濕度垂直剖面的精確度。

(二)國防氣象衛星DMSP系列：

DMSP衛星是美國國防部為了軍事上的需要，自行發展的一套繞極軌道氣象衛星系統，於1976年開始作業，目前已發展到第二代。它的衛星本體與NOAA衛星相同，軌道高度也相似，但所裝置的儀器則完全不同。DMSP衛星上所裝置的儀器主要有以下幾項：

- (1)作業性線狀掃瞄系統LS：這是DMSP衛星上最主要的影像觀測儀器，有兩個頻道，分別為 0.4~1.1 微米的可見光頻道及10.2~12.8微米的

紅外線頻道，空間解像度為0.6 公里，採用經返正弦式掃瞄觀測，在3200公里的掃瞄幅寬內均維持相同的解像度，不會像一般輻射儀在邊緣的解像度會變形而差了好幾倍。

- (2)微波影像感應器 SSM/1：這是觀測地表及大氣所放射及反射的19、22、37及 85GHZ等四個頻道的雙極化微波輻射強度，它的空間解像度為25公里，掃瞄幅寬為1400公里，可以用來求取海面風速、土壤濕度、降雨率、雲中含水量、總水汽含量、表面溫度、海冰、積雪深度等。
- (3)微波溫度探測器SSM/T：這是觀測 50.5~59.4 GHZ 間的七個微波頻道的輻射儀，用來探測地表到30公里高的大氣溫度垂直剖面，它的空間解像度為 180公里，掃瞄幅寬約1600公里，每天約可提供15000個探空資料。
- (4)微波水汽探測器SSM/T-2：這是觀測91.5、150、183 GHZ 時頻道的微波輻射儀，用來探測地表、850mb、700mb、500mb、……10mb 等各層間的水汽剖面，它的空間解像度為40公里，掃瞄幅寬約為1500公里。
- (5)紅外線溫度與水汽探測器 SSH-2：這是由六個二氧化碳吸收頻道、八個水汽吸收頻道及二個大氣窗頻道所組成的紅外線輻射儀，用來探測地表到30公里高的大氣溫度及濕度垂直剖面，它的空間解像度為60公里，掃瞄幅寬約為1100公里。

DMSP衛星上另外還有多種探測高層大氣及太空的儀器，包括降落帶電粒子光譜儀 SSJ/4、頂端電離層電漿偵測器 SSI/E、電離層電漿漂移與閃爍偵測器SSI/ES、通量閘磁力計 SSM、真空紫外線光譜儀SSUV、太空輻射放射量測定儀SSJ*、伽瑪線與X光光譜儀 SSB/A、伽瑪線與X光偵測器SSB/S及SSB/X等，分別觀測各種電子、離子、紫外線、X光等。

就整體而言，DMSP衛星在觀測上的功能比NOAA衛星強，但在資料廣播方面，DMSP衛星受到美國軍方的限制，不能對外公開廣播，因此不如NOAA衛星那麼普遍得被使用。

(三)氣象衛星METEOR系列

METEOR系列衛星是蘇聯的作業性繞極軌道氣象衛星，自1969年發射第一枚後開始作業，平均軌道高度約 900公里，軌道傾角為81度，週期約102 分鐘，通常維持二至三枚同時運轉。自1975年起，發射第二代的METEOR-2系列。

由METEOR系統到METEOR-2系列，衛星上所裝載的觀測儀器曾作了多次的變更，主要的觀測儀器可分為三類：第一類是電視影像掃瞄輻射儀包括兩個頻道，可見光頻道為0.5~0.7微米，空間解像度為1公里，紅外線頻道為8-12微米，空間解像度為20公里，二者的掃瞄幅度則分別為1400公里及1600公里。第二類是探空掃瞄輻射儀，以八個二氧化碳吸收頻道探測大氣溫度垂直剖面。第三類是輻射感應器，專門觀測近地太空的輻射強度。

METEOR系列衛星的資料廣播方式只有APT一種，它的廣播頻率為137.3MHZ及137.15MHZ，規格類似美國的APT廣播，但一般接收的效果均不是很理想。

(四)風雲一號FY-1系列

風雲一號系列衛星是中共所發展的繞極軌道氣象衛星，第一枚在1988年九月七日發射，運轉一個月即故障，第二枚在1990年九月五日發射，也運轉不到五個月就故障。

風雲一號基本上是仿造美國的NOAA衛星，它的軌道高度為 900公里，軌道傾角為99度，軌道週期為 102分鐘。風雲一號上所裝載的觀測儀器則只有AVHRR一種，它與NOAA衛星上的AVHRR一樣有五個頻道，但波長不同，分別為0.58~0.68、0.725~1.1、0.48~0.53、0.53~0.58及10.5~12.5微米，除了用來觀測雲層、地表、海面、冰雪等，主要的差異為作海色的觀測。它的空間解像度也是1.1公里。

風雲一號的資料廣播方式也與NOAA衛星相似，也有三種方式：第一種 HRPT，資料速率也是665.4kbps，廣播頻率為1695.5MHZ或 1704.5MHZ，調變方式則是PCM/PSK方式調變。第二種是APT

，廣播頻率為 137.035或137.795MHZ，資料格式與NOAA衛星的 APT一樣。第三種則是延時圖片傳送 APT，這是將全球經過選擇的區域雲圖傳送給中國境內的氣象衛星資料接收站使用。

由於先後兩枚風雲一號衛星運轉時間均不長，性能又不如NOAA衛星，因此在功能上並不顯著。

(五)地球觀測系統EOS：

地球觀測系統是爲了全球變遷研究計畫，由許多先進國家技術合作，發展一整套用來觀測研究地球改變狀況的太空系統，它包括了有人的太空站及無人的觀測衛星，而其中衛星部分即考慮將過去十餘年所發展的各種氣象作業與實驗衛星、資源衛星、海洋衛星等使用的觀測儀器擇優合併使用，再加上新設計發展的儀器，構成繞極平台(Polar Platform)。目前參與計畫的國家與組織包括美國、歐洲太空總署、日本、加拿大等，計畫中的繞極平台則將包括以下幾種：

(1)美國航空太空總署的EOS-A：

EOS-A 的科學目標爲全球水文循環定量化、連續偵測輻射能的收支平衡與地表溫度、深入的研究雲層、瞭解生物活動及生態系統的特性、改進大氣環流的研究、決定全球表面的礦物學等。EOS-A 衛星預定在1997年發射，軌道高度爲705 公里，爲太陽同步軌道，預定維持五年的工作期，將可負載3500公斤重，資料傳輸速率平均可達50Mbps，尖峰速率爲 300Mbps，衛星上的資料儲存空間可達500GB。

目前可能被選來安裝 EOS-A衛星上的儀器包括：觀測可見光與紅外線影像的中解像度影像光譜儀MODIS-N/T、高解像度影像光譜儀HIRIS、中間熱紅外線輻射儀ITIR、多重角度影像光譜輻射儀MISR、地球觀測掃描極化儀EOSP，觀測輻射能收支平衡的雲與地球輻射能量系統CERES，觀測大氣垂直剖面的大氣紅外線探測器AIRS、改良式微波探測器AMSU，被動式微波觀測的高解像微波光譜探測器 HIMSS、多頻道影像微波輻射儀MIMR、改良式微波掃描輻射儀AMSR，觀測對流層化學物質的對流層污染觀

測MOPITT、對流層大氣化學輻射儀TRACER，觀測平流層化學物質的高解像動力邊緣探測器HIRDLS等。

(2)美國航空太空總署的EOS-B：

EOS-B 的科學目標爲：擴充對平流層臭氧的研究、首次對全球對流層化學物質做偵測、海洋環流及氣海交互作用的觀測、地震及冰架生長與質量平衡的研究等。EOS-B 衛星預定在2000年發射，它的軌道特性與EOS-A 相同，載重能力、資料傳輸速率、資料儲存能力等也相同。

目前可能安裝在EOS-B 衛星上的儀器有：觀測可見光與紅外線影像的閃電影像感應器LIS，觀測對流層化學物質的對流層放射線光譜儀 TES，觀測平流層化學物質的遠紅外線放射線大氣光譜儀SAFIRE、微波邊緣探測器MLS、平流層風場紅外線邊緣探測器SWIRLS、平流層懸浮物及物體實驗 SAGE III，觀測對流層風場的微波散射儀 STIKSCAT/SCANSCAT，觀測海面高度的高度儀 ALT、雷達高度儀RA，用雷射測距及測海面高度的地球科學雷射測距系統GLRS等。

(3)美國國家海洋大氣總署的NOAA O, P, Q：

預定在1999年發射的NOAA O, P, Q系列衛星，主要目的爲提供非常可靠的每日全球觀測資料供預報作業及警報用。所規劃的儀器包括改良式中解像度輻射儀 AMPIR、改良式微波探測器AMSU、全球臭氧偵測輻射儀GOMR、太空環境偵測器 SEM、搜救系統 SAR、資料蒐集系統ARGOS 等，另外也可能考慮其他機構的研究用儀器。

(4)歐洲太空總署的歐洲繞極平台EPOP-MI：

預定在1997年發射的EPOP-MI 衛星是以原來法國的資源衛星SPOT-4 爲基礎再加強而成，它的軌道高度爲800 公里，可載重1700公斤，預計可維持四年的工作期。

EPOP-MI 衛星的主要目標爲偵測環境污染、觀測氣候、氣象作業、觀測海洋與積冰等，

次要目標爲偵測與管理地球資源以及固態地球之研究。目前考慮中的儀器有：觀測可見光與紅外線影像的中解像度影像光譜儀 MERIS、改良式中解像度影像輻射儀 AMRIR、反射量之偏極化與方向性偵測器POLDER，觀測輻射能量收支平衡的雲與地球輻射能量系統CERES、POLDER、改良式沿軌跡掃描輻射儀 AATSR，觀測大氣垂直剖面的大氣裝圖掃描影像吸收光譜儀SCIAMACHY、改良式微波探測器 AMSU，主動式微波觀測的改良式微波儀 AMI，觀測海面高度的雷達高度儀等。

(5)歐洲太空總署的歐洲繞極平台EPOP-NI：

預定在2000年發射的EPOP-NI 衛星，目標包括資源偵測、環境與大氣的觀測以及氣象作業用，它的載重情形將參考其他繞極平台以及經費再作決定。

考慮裝在EPOP-NI 衛星上的儀器有中解像及高解像影像光譜儀、中解像及高解像光學影像儀、影像雷達及被動式微波影像輻射儀。

(6)日本的繞極平台JPOP：

預定在1989年發射的JPOP衛星，目前尚未決定其載重，但已確定將裝載NASA的雷射大氣風場探測器LAWS，其他考慮的儀器則包括：合成口徑雷達 SAR、被動式微波感應器、可見光與紅外線的光譜儀反輻射儀等。

三、地球同步氣象衛星

地球同步軌道是指在赤道上空 35800公里高，繞著地球赤道以24小時週期運轉的軌道，在此軌道上的衛星可以配合地球自轉速度而與地表維持同步運轉。在世界氣象組織規劃推動的世界天氣守視計畫中，全球需要五枚地球同步氣象衛星配合兩枚繞極軌道氣象衛星，以進行全球的觀測。計畫中負擔此一工作的衛星包括美國的兩枚GOES衛星，日本的GMS衛星，歐洲的METEOSAT衛星及蘇聯的 GOMS衛星，但GOMS衛星始終未能發射，目前由印度的多用途衛星INSAT取代其部分角色。以下謹就現有的地球

同步氣象衛星及其將來可能發展情形作一說明：

(一)日本的地球同步氣象衛星GMS系列：

GMS系列衛星是由日本的宇宙開發事業團NASDA負責，發射由日本氣象廳管理。第一枚於1977年7月14日發射，目前作業的 GMS-4衛星則是在1989年9月5日發射。它的位置是在140° E赤道上空，觀測範圍自70° E至150° W，70° S至70° N之間，涵蓋了亞洲東部至太平洋中部，也是我國目前所能接收的唯一的地球同步氣象衛星。

GMS衛星上所裝設的儀器如下：

- (1)可見光與紅外線自轉掃描輻射儀 VISSR：這是個利用衛星自轉與反射鏡轉動來觀測地球全景的輻射儀，有兩個頻道，分別是 0.5~0.75微米的可見光頻道及10.5~12.5微米的紅外線頻道，前者的解像度爲1.25公里，後者則爲 5 公里。VISSR 每次觀測地球全景約需25分鐘，掃描2500條紅外線影像及10000條可見光影像。
- (2)太空環境偵測器 SEM：這是由三個獨立的偵測器組合而成，觀測太陽質子、阿爾發粒子及電子通量，以瞭解太陽活動及太空環境之狀況。
- (3)資料蒐集系統DCS：這是與NOAA衛星上的DCS相似的通信設備，用來蒐集在GMS 衛星涵蓋範圍內的高山、離島、船舶、飛機、漂浮平台等遙控觀測站的觀測資料，所蒐集的資料由衛星傳送回日本氣象廳，再轉發給世界各氣象機構使用。

GMS衛星的資料廣播方式目前有下列二種：

- (1)伸展式 VISSR數位資料廣播：這是將觀測的可見光與紅外線影像資料加上軌道、姿勢、定位等輔助資訊後，將資料速率降低爲 660kbps，經由 1687.1MHZ頻率以BPSK相位調變方式作即時數位資料廣播。
- (2)天氣傳真 WEFAX廣播：這是將觀測的影像資料先送到日本氣象衛星中心處理，取不同區域的影像，轉換極投影座標，並降低解像度爲 7 公里，再以類比信號送上衛星，經由 1691MHZ頻率以AM/FM調變方式廣播。

爲了增加衛星觀測資料，日本已計畫自1994

年發射的GMS-5衛星開始，擴增VISSR為四個頻道，除維持原有可見光頻道，將原有紅外線頻道分成10.5~11.5及11.5~12.5微米兩個頻道，並將增加6.0~7.0微米的水汽頻道，以觀測大氣中水汽的分布情形。

(二)美國的地球同步環境作業衛星GOES系列：這是美國正式作業的地球同步氣象衛星，第一枚於1975年11月16日發射，現在正發射至GOES-7。在正常狀況下，GOES衛星維持兩枚同時觀測，一枚位於75°W赤道上空，稱為GOES-EAST，負責美洲至大西洋的觀測，另一枚位於135°W赤道上空，稱為GOES-WEST，負責美洲至東太平洋的觀測。由於GOES衛星已先後有多枚升空作業，其中部分雖已因觀測儀器故障，無法使用，但仍具有通信功能，因此在105°W赤道安置一枚，稱為GOES-CENTRAL，協助廣播衛星雲圖及天氣圖。當負責觀測的衛星故障而僅有一枚能正常作業時，則將它移到105°W赤道上空，兼顧美洲東西兩岸的觀測，而GOES-EAST及GOES-WEST則負責廣播。

在早期的GOES衛星所裝置的儀器與日本的GMS衛星相似，包括兩個頻道的VISSR及太空環境偵測器、資料蒐集系統。1980年的GOES-4衛星開始，將VISSR改成VISSR大氣探測器(VAS)，除了具有可見光與紅外線的影像觀測外，還可以探測大氣溫濕度垂直剖面，VAS的影像觀測有五個頻道，分別是0.55~0.75、9.7~12.8、12.3~13.0、3.8~4.0、6.5~7.0微米，第一個頻道解像度為1公里，其餘四個頻道解像度為7公里。大氣垂直剖面觀測則有十二個紅外線頻道，解像度為14公里。在現階段的GOES衛星無法同時作影像與大氣垂直剖面觀測，VAS在作影像觀測時，需20分鐘才能完成地球全景觀測；遇到特殊天氣系統時，可以作30分鐘的局部區域快速掃描觀測。

GOES衛星資料的廣播方式同樣包括伸展式VISSR/VAS及天氣傳真兩種廣播方式。伸展式VISSR/VAS也是經由1687.1MHz頻率作數位資料廣播，資料速率高達2.1Mbps。天氣傳真經由169/MHz頻率作類比資料廣播，廣播的資料除了解像度為8

公里的GOES影像外，還包括了其他的衛星影像以及各種天氣圖。

NOAA計畫自今年起發射的GOES-1~M為F一代地球同步氣象衛星(GOES-NEXT)，在此一系列的衛星上，主要的改進有三：第一是在影像部分，將二個紅外線頻道調整為10.2~11.2及11.5~12.5微米，且將前三個紅外線頻道的解像度提高為4公里；第二是在探空部分，將頻道數增加為19個，解像度提高到8公里；三是將影像部分與探空部分獨立，可同時作觀測。

(三)五歐洲太空總署的METEOSAT系列：

METEOSA系列衛星是由歐洲各國所組成的歐洲太空總署ESA所發展，位於格林威治0度赤道上空的地球同步氣象衛星，第一枚於1977年11月23日發射。自1983年5月起，METEOSAT衛星交由新成立的歐洲氣象衛星組織EUMETSAT負責管理，自1988年底以前發射的屬先期作業用，以後發射的為正式作業用，稱為METEOSAT作業計畫(MOP)系列。

METEOSA衛星上所裝載的儀器與日本GMS衛星相似，也包括VISSR、DCS、SEM等。但是在METEOSAT衛星上的VISSR有三個頻道，分別是可見光的0.4~1.1微米、紅外線的10.5~12.5微米大氣窗頻道及5.7~7.1微米水汽吸收頻道，可見光的解像度為2.5公里，紅外線則為5公里。

METEOSA衛星的廣播方式也有兩種：第一是伸展式高解像數位資料廣播，經由1694.5MHz頻率廣播，資料速率在先期作業期間為166Kbps，在MOP作業期間為333Kbps。第二是天氣傳真廣播，經由1691MHz頻率作類比資料廣播。

(四)印度的INSAT系列：

INSAT衛星是印度的多用途衛星，它除了作氣象觀測，蒐集資料外，也負責電視廣播及無線電通信。它的位置在74°E赤道上空，第一枚於1982年4月10日發射，先後發射三枚，計畫在今年發射第二代的INSAT-2系列衛星。

INSAT-1系列衛星上的主要觀測儀器為極高解像輻射儀VHRR，有兩個頻道，分別為可見光頻

道的0.55~0.75微米及紅外線頻道的10.5~12.5微米，解像度前者為2.75公里，後者為11公里。INSAT-2系列衛星上仍將使用VHRR，維持原有的頻道，但解像度則將改進為可見光2公里，紅外線8公里。

除了VHRR之外，INSAT系列衛星也有一套資料蒐集系統，可蒐集百餘個陸地與海上的資料自動蒐集平台。

(五)蘇聯的地球同步氣象衛星GOMS：

原預定在世界天氣守視計畫中負責觀測印度洋地區的蘇聯GOMS衛星，經過十餘年，始終未見發射，據說仍在規劃中。

(六)中共的風雲二號FY-2：

中共自從成功得發射了繞極軌道的風雲一號後，又積極計畫發射地球同步氣象衛星風雲二號，其位置可能在100°E左右的赤道上空，也就是在GMS衛星與INSAT衛星之間，也正好位於中國的中間。致於風雲二號上計畫裝置的儀器目前雖仍無法知道，但應該與目前的GMS衛星差不多。

四、氣象衛星之產品與收益

氣象衛星在歷經三十年的快速發展，不斷更新，針對不同國家與地區，發展出許多不同的產品。美國是氣象衛星最發達的國家，以下即以美國國家環境衛星資訊局NESDIS的例行作業產品為例，說明目前氣象衛星最主要的產品。

在繞極軌道氣象衛星方面，主要的產品有：由地面到平流層的大氣垂直溫濕度剖面、全球與局部地區的海面溫度及冰塊的分析、極區與大湖區的積冰分析、度量地表綠化程度的植物指數、偵測與監視北半球積雪覆蓋範圍、偵測熱帶氣旋及其分類的熱帶氣旋公報等。

在地球同步氣象衛星方面，主要的產品有：利用衛星影像估計降水、颶風的分類、追蹤雲塊移動計算衛星風場、衛星雲圖分析研判的訊息、熱帶風暴公報、紅外線影像估計雲頂高度等。

隨著未來氣象衛星的發展，氣象衛星所能得到

的產品將會大幅增加，展望二十一世紀，預期可獲得的效益至少如下：

(一)氣象方面：

可提供更多的資料予數值天氣預報模式使用，包括由微波遙測大氣溫濕度剖面、海面溫度、地表風場等。並可由以下幾項改進對候烈天氣作更準確的預報：由高時間解析度雲圖瞭解雲動力學、由更好的影像及微波觀測改進密集的對流系統觀測、由直接觀測降水及雲動力學作暴洪的預報、由衛星遙測的垂直剖面估計對流潛能的穩定指數。

(二)氣候方面：

由AMSU估計海洋地區的降水量，度量其所傳送的潛熱與可感熱的熱力機制。由ERBE及其他輻射儀所觀測的資料，瞭解太陽來的輻射能量及地球向外的輻射能量。由各項衛星觀測記錄的增加，可改進有關海面溫度、雲量、土壤溫度、冰雪覆蓋、反照率以及氣候模式所需的其他參數的全球觀測。

(三)海洋方面：

由微波觀測可以改進全球海面溫度分布的分析，由微波輻射儀及合成口徑雷達可計算海上積冰延伸情形，由高度儀、散射儀及合成口徑雷達可計算顯著浪高，計算湧浪的結構等。

(四)水文方面：

由微波觀測可計算地上的降水量，估計部分的土壤濕度資料，由紅外線與微波觀測可瞭解冰雪覆蓋延伸情形及溶化或結冰狀況，由下一代的影像儀器可改進對洪水泛濫地區的範圍作災害評估。

(五)農業方面：

有關各種民生必需品生產的預報模式可用下列最新發展出來的衛星資料來改進：度量農作物發展與生長的植物指數、不同生長階段的降水量、農作物遮蓬每天的最高及最低溫溫度、地面日照量、積雪覆蓋、由多頻譜及多時間資料計算農作物種類與耕地大小、由頻譜反射推算農作物健康情形、估計農作物產量等。

(六) 漁業方面：

有關海面溫度、海面風場與海色的觀測可改進對於漁業資源的補充、分配、豐裕、收穫等具有影響的環境過程的瞭解。

(七) 生物學方面：

衛星可偵測並監視湖水的藻類繁殖效應，可觀測海岸植物及潮地特性以評估濕地的生物量及生產力，可遙測出雨後之新生綠地以識別非洲沙漠蝗蟲可能繁殖的地區，可偵測森林範圍的改變，尤其是熱帶雨林的變化。

(八) 地質學方面：

可遙測土壤與沈積物以識別具有農業潛力的地區，由頻譜特性可找出礦床，由表面特徵找出地震活躍地區，由地下結構特徵的表面證據偵測適合探勘石油之地區，由表面特性之觀測可偵測沙漠化或冰河退縮等區域變遷的開始與變率等。

(九) 近太空環境：

由低軌道及同步軌道進行監視輻射環境，觀測電子、質子、阿爾法粒子及伽瑪輻射線等，也觀測同步軌道上的X光及磁場，作為預測對通信、能量輸送系統、健康等的影響的基礎。

五、結語

隨著科技進步，氣象衛星將可提供更多的資訊，為充分發揮氣象衛星資料的功能，我國必須在衛星氣象上投入更多人力，培育更多優秀人才，以因應氣象衛星未來的發展。

參考文獻

參 考 文 獻

- Heacock, E. Larry, 1985: Comparison of the Defence Meteorological Satellite Program (DMSP) and the NOAA Polar-orbiting Operational Environmental Satellite (POES) Program. MSC. 1989: The GMS User's Guide. 2nd edition. Meteorological Satellite Center published. pp222.
- NASA, 1990: 1990 Earth Observing System (EOS) Reference Handbook. Goddard Space Flight Center/NASA published, pp153.
- NESDIS, 1985: NESDIS Programs/NOAA Satellite Operations. NESDIS published, pp264.
- NESDIS, 1989: Office of Research and Applications Research Programs NESDIS published. pp137.
- Rao, P. Krishna, S.J. Holmes, R.K. Anderson, J.S. Winston, P.E. Lehr, 1990: Weather Satellites: Systems, Data, and Environmental Applications. American Meteorological Society published, pp503.

(註：本文原刊登“中華民國氣象學會會刊”第三十二期第二號，經商得原作者同意轉載，特此致謝。)