

第二章 气象卫星与水色卫星

(Meteorological Satellite & Ocean Color Satellite)

§ 2.1 遥感和遥感技术 (Remote Sensing & Remote Sensing Technology)

- 在一定距离以外感测目标的“信息”，通过对信息的分析研究，确定目标物的属性以及目标物之间的相互关系，这个过程被称为**遥感** (remote sensing)。
- 由于基本目标不同，我们将遥感卫星分为气象卫星、海洋卫星和陆地卫星。实际上，每一个卫星都能够探测海洋和陆地，它们的遥感资料都可能被海洋学研究利用。

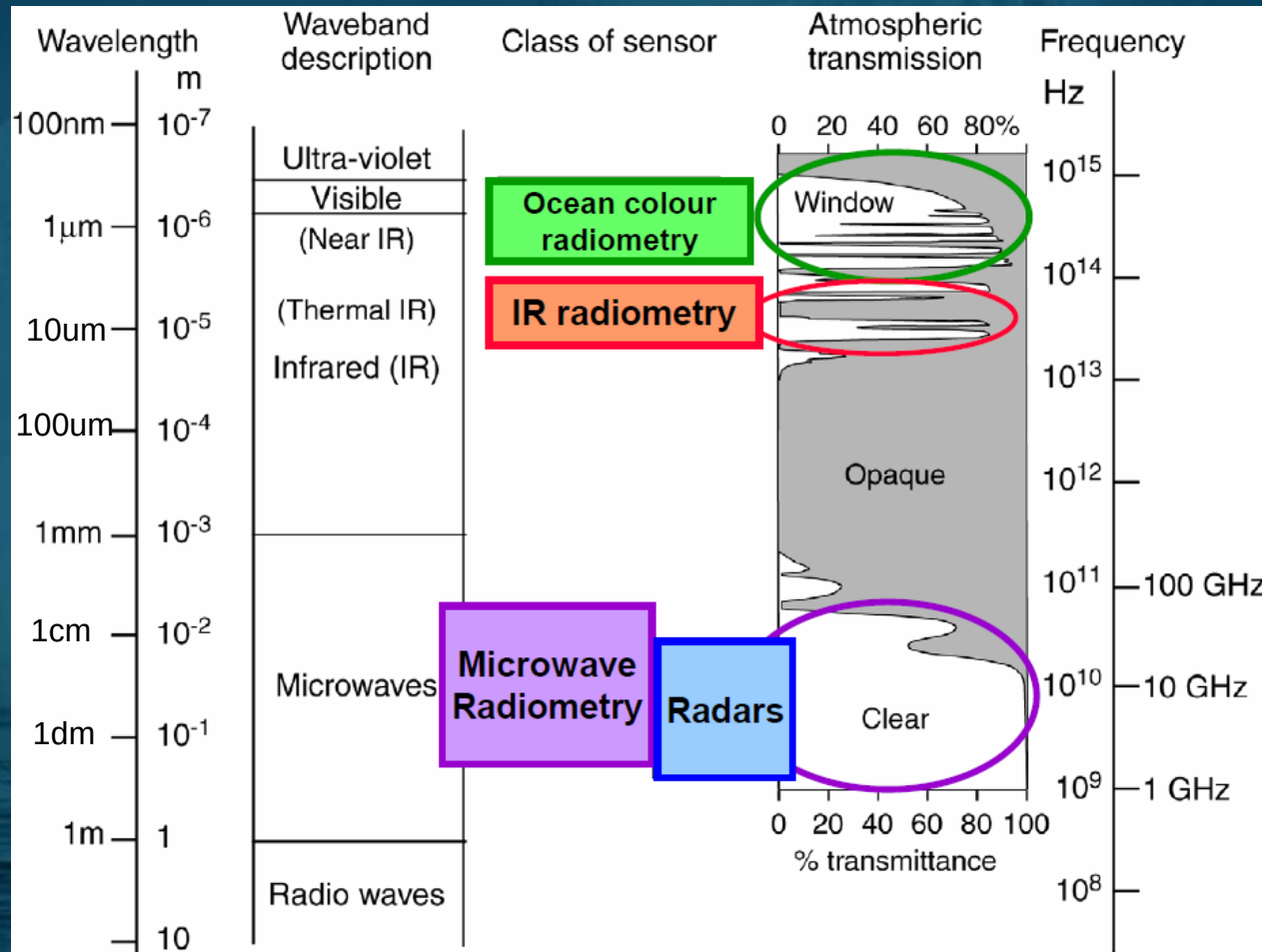
遥感的分类

- **光谱:** 可见光与红外反射遥感、热红外遥感和微波遥感;
- **能量来源:** 主动式遥感和被动式遥感;
- **平台:** 航天或卫星遥感、航空遥感、地面遥感; 按照空间尺度可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感;
- **应用领域:** 资源遥感与环境遥感;
- **研究对象:** 气象遥感、海洋遥感和陆地遥感;
- **应用目的:** 陆地水资源遥感、土地资源遥感、植被资源遥感、海洋环境遥感、海洋资源遥感.....

遥感技术所使用的电磁波段

- 主要为紫外、可见光、红外和微波等波段。
- 紫外波段 (ultraviolet) 的波长是 0.2-0.4 μm , 位于可见光波段的紫光以外。
- 0.2-0.3 μm 被臭氧吸收
- 0.3-0.4 μm 散射严重, 很少采用

电磁波谱

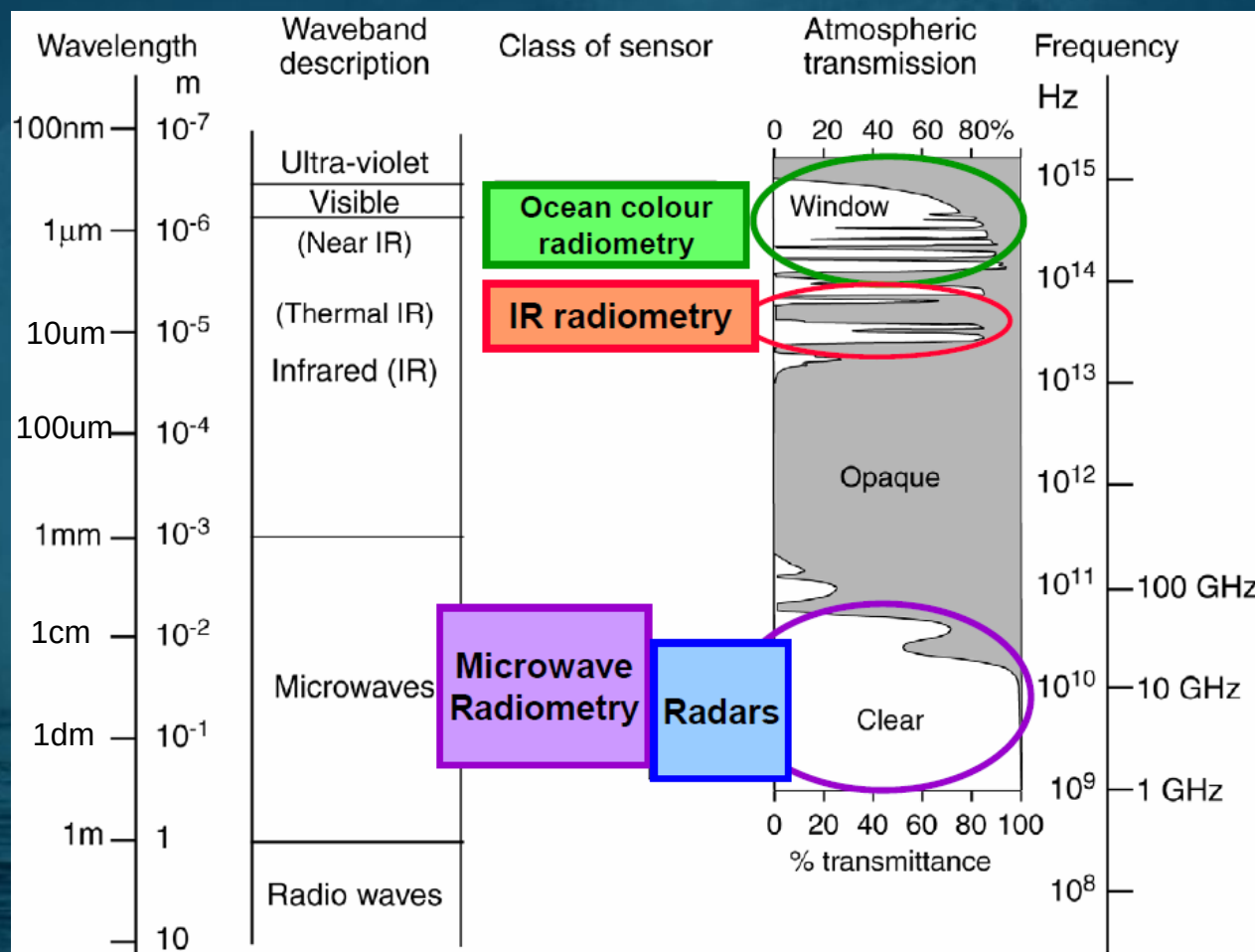


Type/Window	Visible	Infrared	Microwave
Passive	X	X	X
Active			X

按波长可细分为可见光波段的波长为 (0.4~0.7 μ m)、近红外 (0.7~1.3 μ m)、中红外 (1.3~3 μ m)、热红外 (3~15 μ m) 和远红外 (15~1000 μ m)。

可见光波段 (visible light) 是电磁波谱中人眼唯一能见到的波段, 可见光可进一步分为红、橙、黄、绿、青、兰、紫等七种颜色的光, 可见光波段是进行自然资源与环境调查的主要波段, 地面反射的可见光信息可采用胶片和光电探测器收集和记录。

电磁波谱

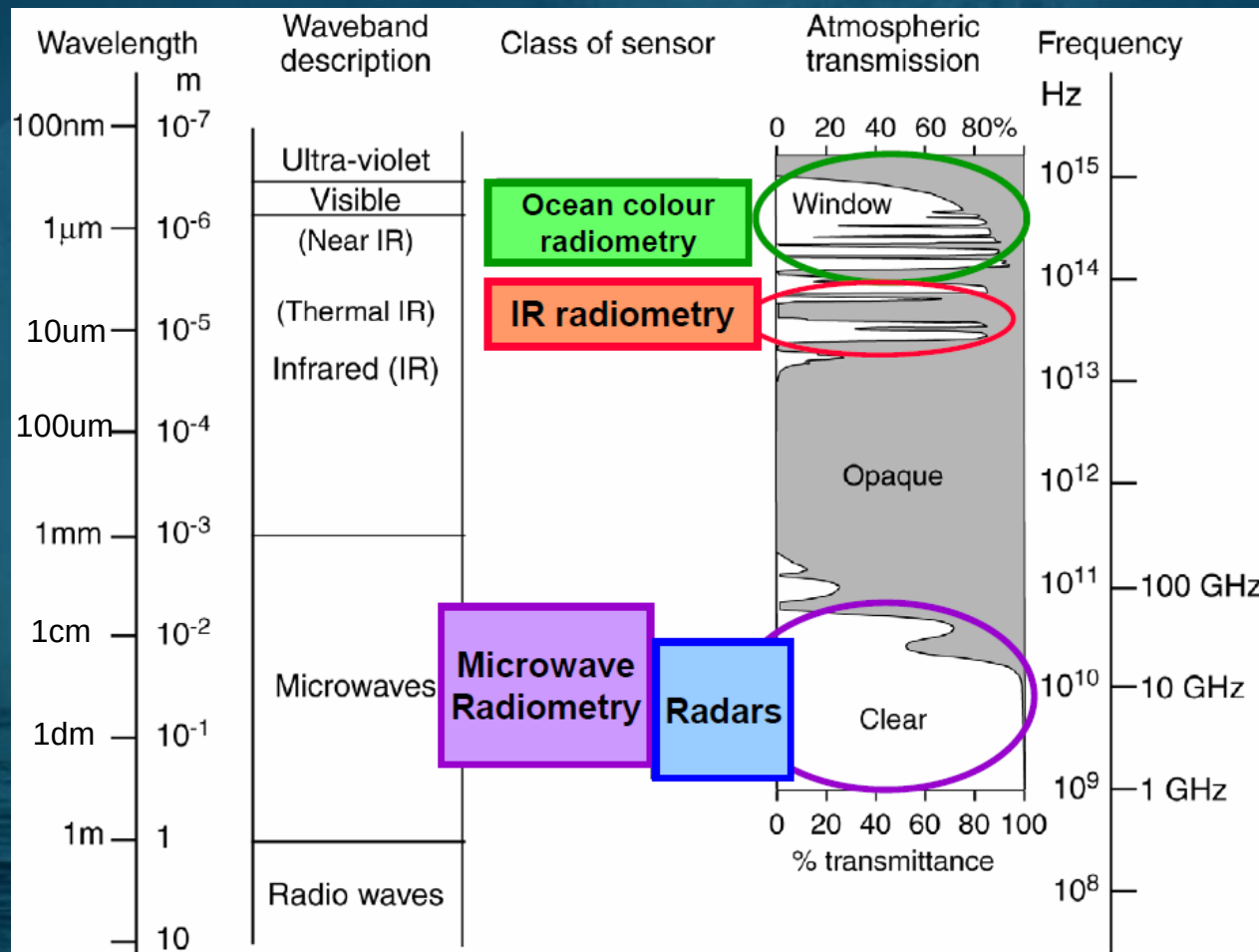


Type/Window	Visible	Infrared	Microwave
Passive	X	X	X
Active			X

按波长可细分为可见光波段的波长为(0.4~0.7 μ m)、近红外(0.7~1.3 μ m)、中红外(1.3~3 μ m)、热红外(3~15 μ m)和远红外(15~1000 μ m)。

近红外光和中红外光来自地球反射的太阳辐射，所以该波段也被称为“反射红外”。其中波长为0.7~0.9 μ m的近红外辐射信息可以用摄影(胶片)方式获取，故该波段也被称为“摄影红外”)摄影红外传感器对探测植被和水体有特殊效果。

电磁波谱



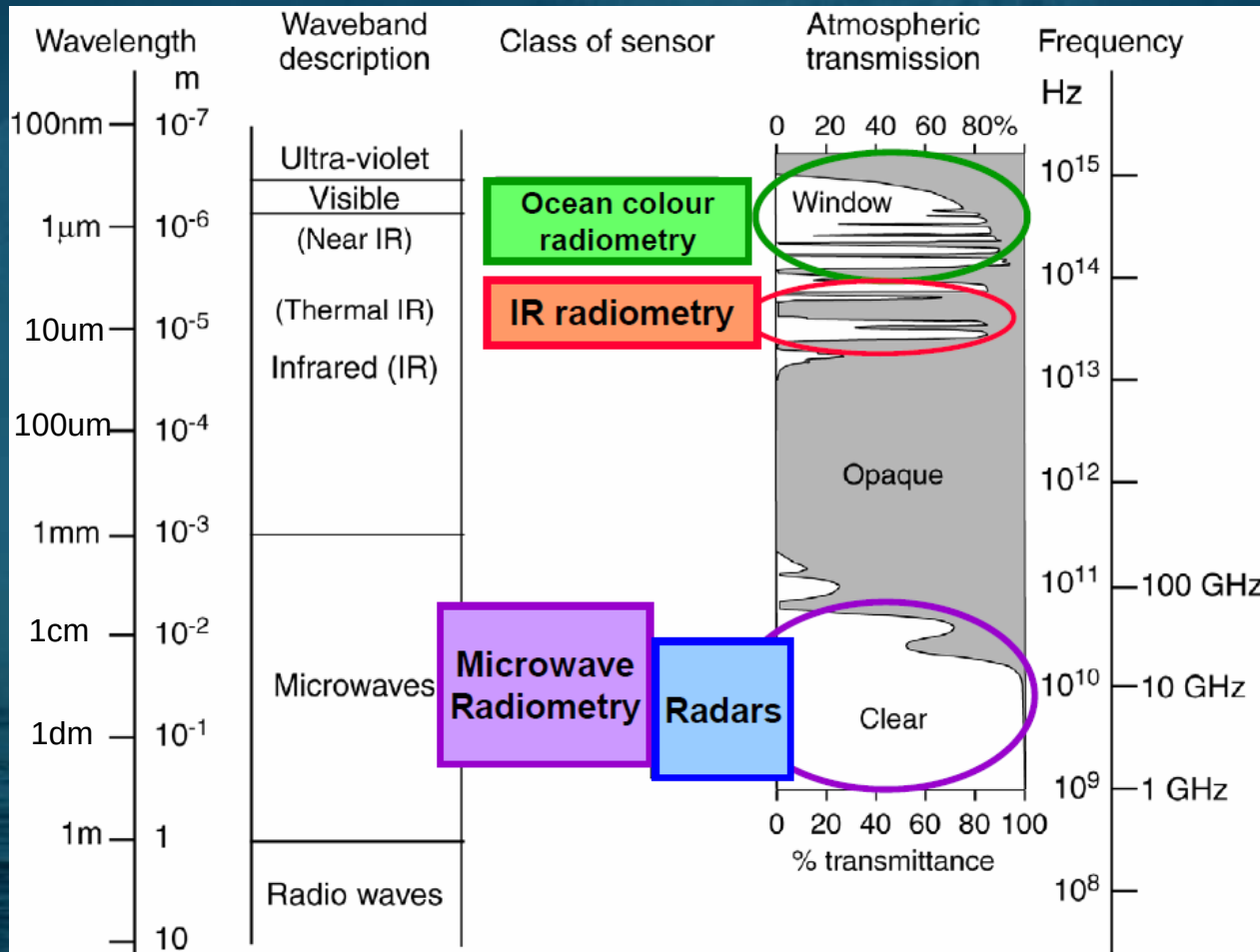
Type/Window	Visible	Infrared	Microwave
Passive	X	X	X
Active			X

按波长可细分为近红外 ($0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$)、中红外 ($1.3 \sim 3 \mu\text{m}$)、热红外 ($3 \sim 15 \mu\text{m}$) 和远红外 ($15 \sim 1000 \mu\text{m}$)。

热红外辐射计目前主要应用 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $10 \sim 14 \mu\text{m}$ 两个波段。热红外辐射计可以夜间成像，除用于军事侦察外，还可以用于调查海面温度、浅层地下水、城市热岛、水污染、森林探火和区分岩石类型等，有广泛的应用价值。

波长大于 $15 \mu\text{m}$ 的远红外辐射，绝大部分被大气层吸收。

电磁波谱



Type/Window	Visible	Infrared	Microwave
Passive	X	X	X
Active			X

按波长可细分为近红外 ($0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$)、中红外 ($1.3 \sim 3 \mu\text{m}$)、热红外 ($3 \sim 15 \mu\text{m}$) 和远红外 ($15 \sim 1000 \mu\text{m}$)。

微波 (microwave) 的波长为 $0.1 \sim 100\text{cm}$ ，微波又可细分为毫米波、厘米波和分米波等。微波的特点是能穿透云雾，具有全天候工作特点。

微波雷达波段的名称

Band name	Frequency range	Wavelength range
P	0.3 – 1 GHz	30 cm - 1m
L	1 - 2 GHz	15 – 30 cm
S	2 – 4 GHz	7.5 – 15 cm
C	4 - 8 GHz	3.75 - 7.5 cm
X	8 - 12 GHz	2.50- 3.75 cm
Ku	12 - 18 GHz	1.67 - 2.50 cm
K	18 - 26.5 GHz	1.13 - 1.67 cm
Ka	26.5 - 40 GHz	0.75 – 1.13 cm
极高频(EHF)	30 - 300 GHz-	1mm - 0.75 cm

C波段、X波段和Ku波段常常被用于海洋遥感：

主要原因是厘米量级波长的微波能够与海面上风生毛细重力波发生布拉格共振，并通过共振带回海面信息。

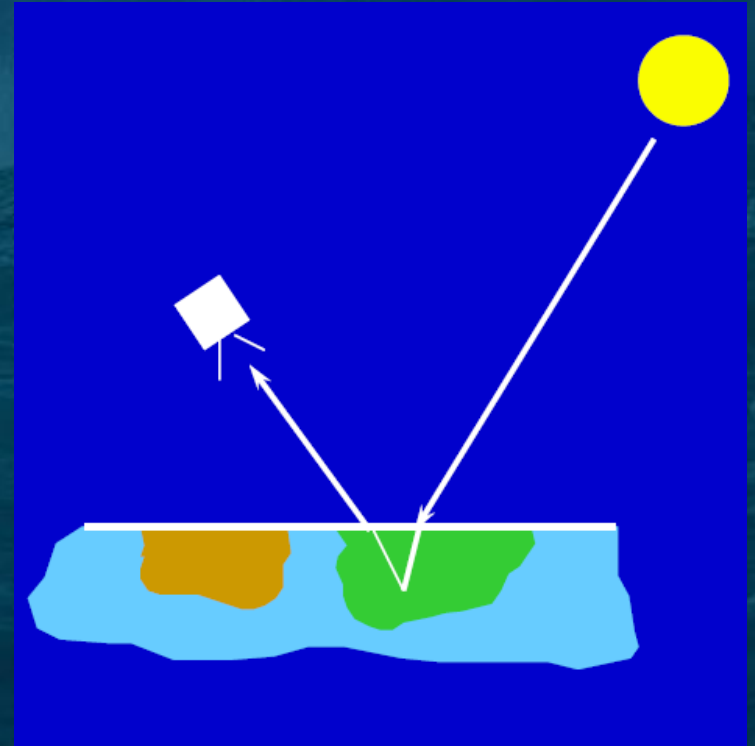
遥感分类

- 电磁波的光谱 可见光与红外反射遥感、热红外遥感、微波遥感
- 目标的能量来源 主动式遥感和被动式遥感
- 遥感器使用的平台 航天或卫星遥感、航空遥感、地面遥感
- 空间尺度 全球遥感、区域遥感和城市遥感；
- 应用领域 资源遥感与环境遥感；
- 研究对象 气象遥感、海洋遥感和陆地遥感；
- 应用目的 陆地水资源遥感、土地资源遥感、植被资源遥感、海洋环境遥感、海洋资源遥感、地质调查遥感、城市规划和管理遥感、测绘制图遥感、考古调查遥感、综合环境监测遥感和规划管理遥感等。

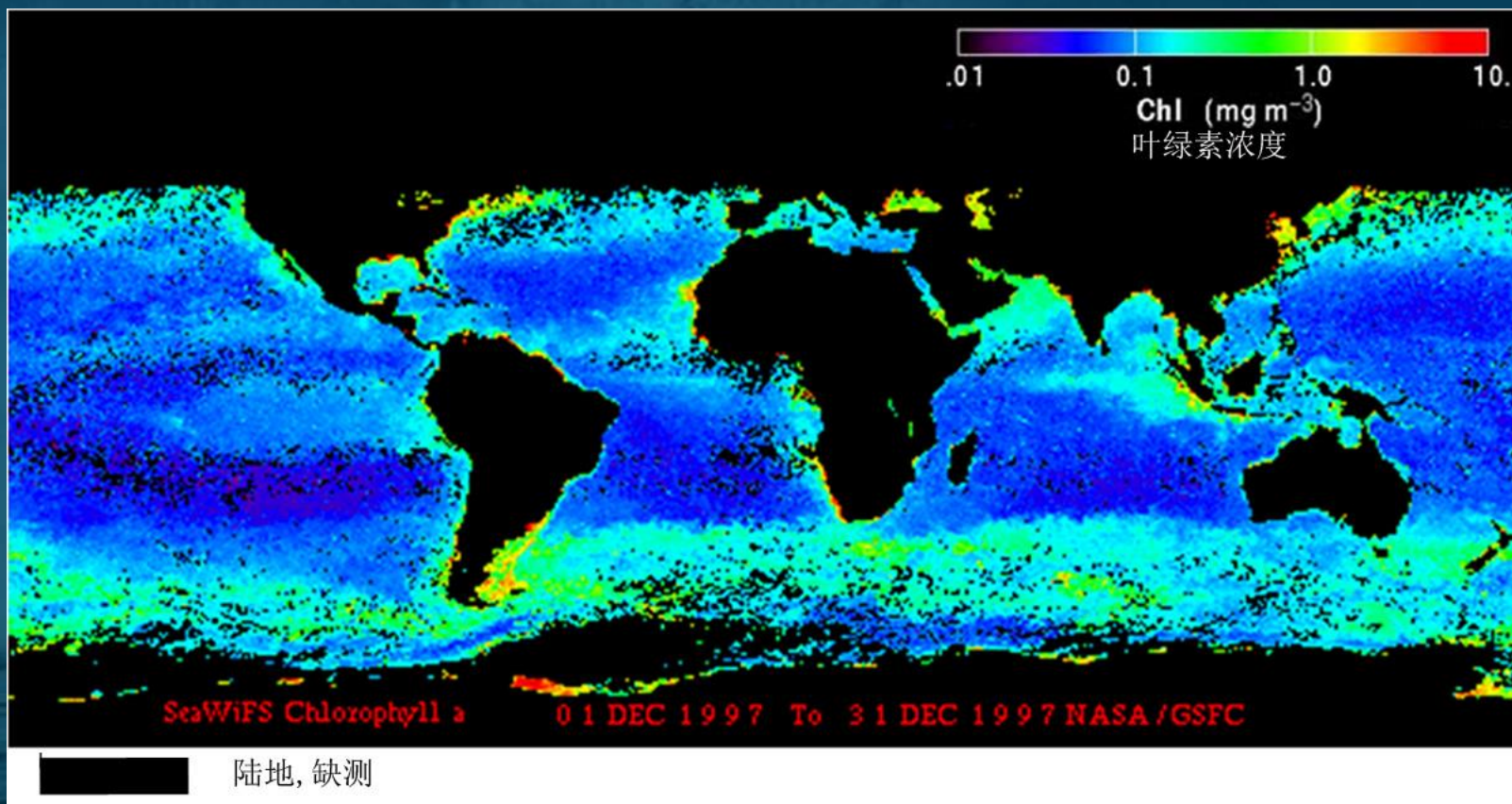
遥感类型1

被动遥感：可见光

- 可见光和近红外波段
- 多波段 (detects color)
- 扫描方式 (generates images)
- 不能透过云层
- 受大气影响严重
- Measure water properties which color the sea
- Also measure light reflected at the surface



数据类型1：水色数据

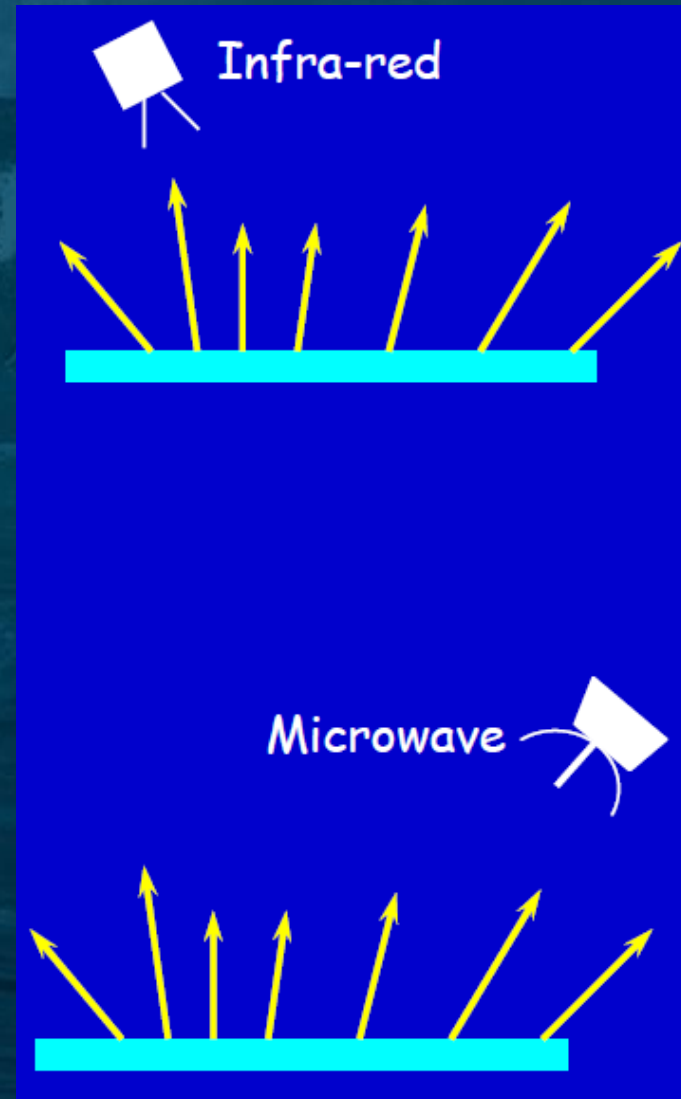


全球海表面叶绿素浓度分布 (SeaWiFS: 1997.12.1-31)

遥感类型2

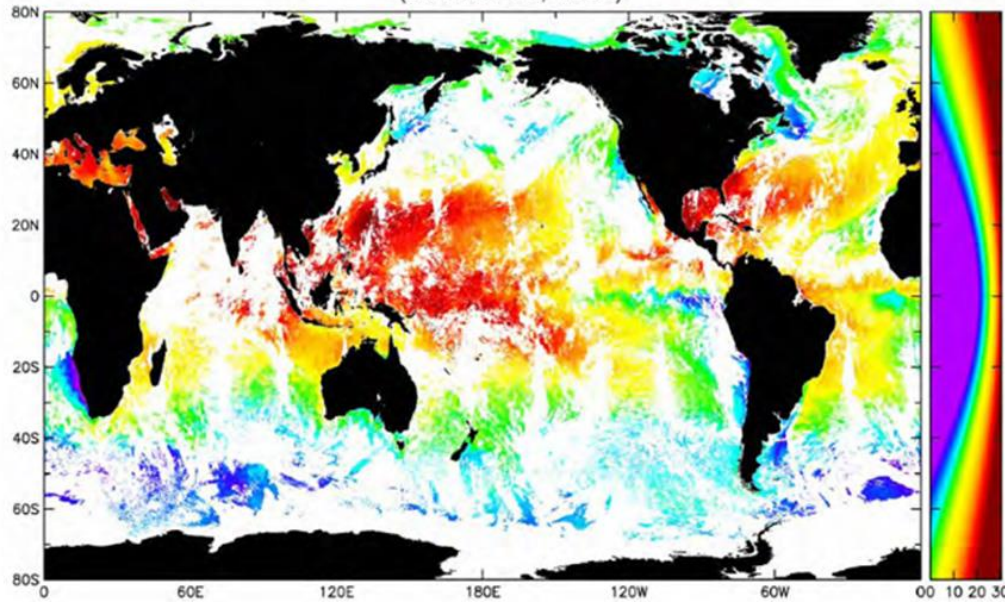
被动遥感：自发辐射

- 热红外辐射
 - 多波段
 - 受云影响
 - 需要大气校正
 - 反演海表面温度
-
- 微波辐射计
 - 多频段
 - 可穿透云层
 - 几乎不受大气影响
 - 反演SST
 - 反演海面粗糙度
 - 反演盐度



2-Day Average Infrared Measurements of SST from the AVHRR
(June 24-25, 2003)

海表面温度



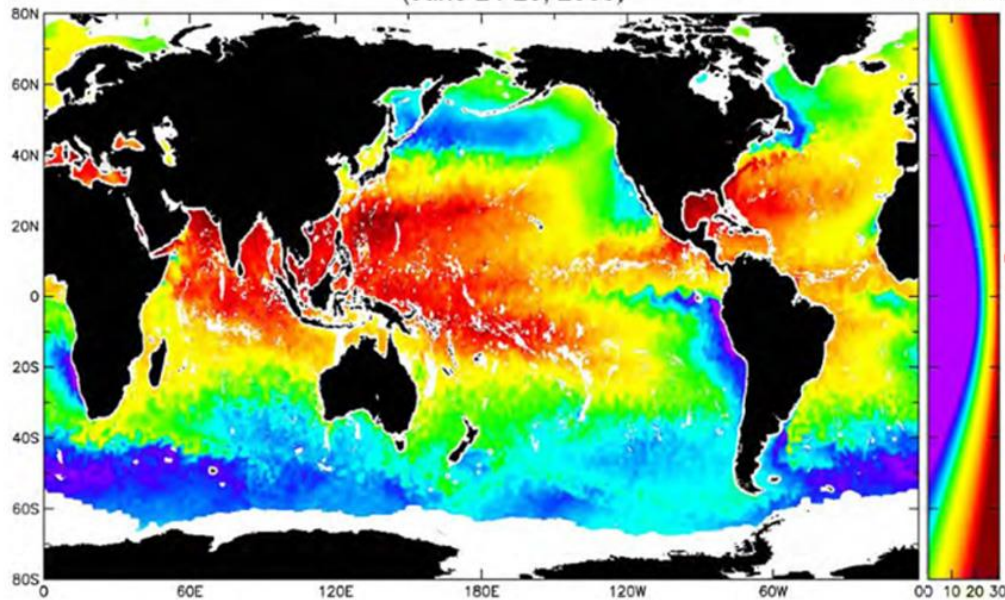
Why Use Microwave?

Clouds!

Two-days of Infrared

2-Day Average Microwave Measurements of SST from the AMSR
(June 24-25, 2003)

海表面温度

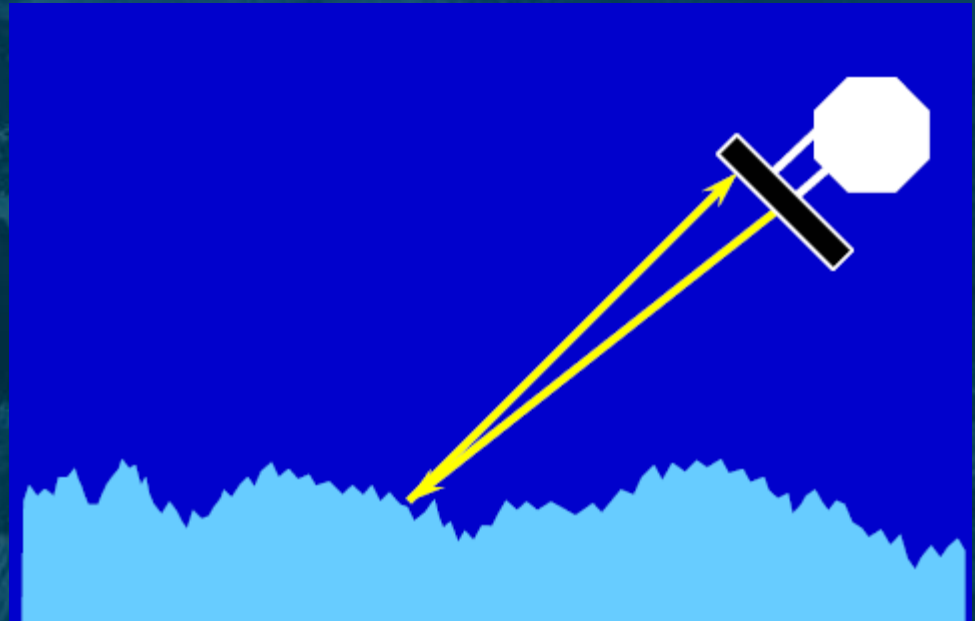


Two-days of Microwave

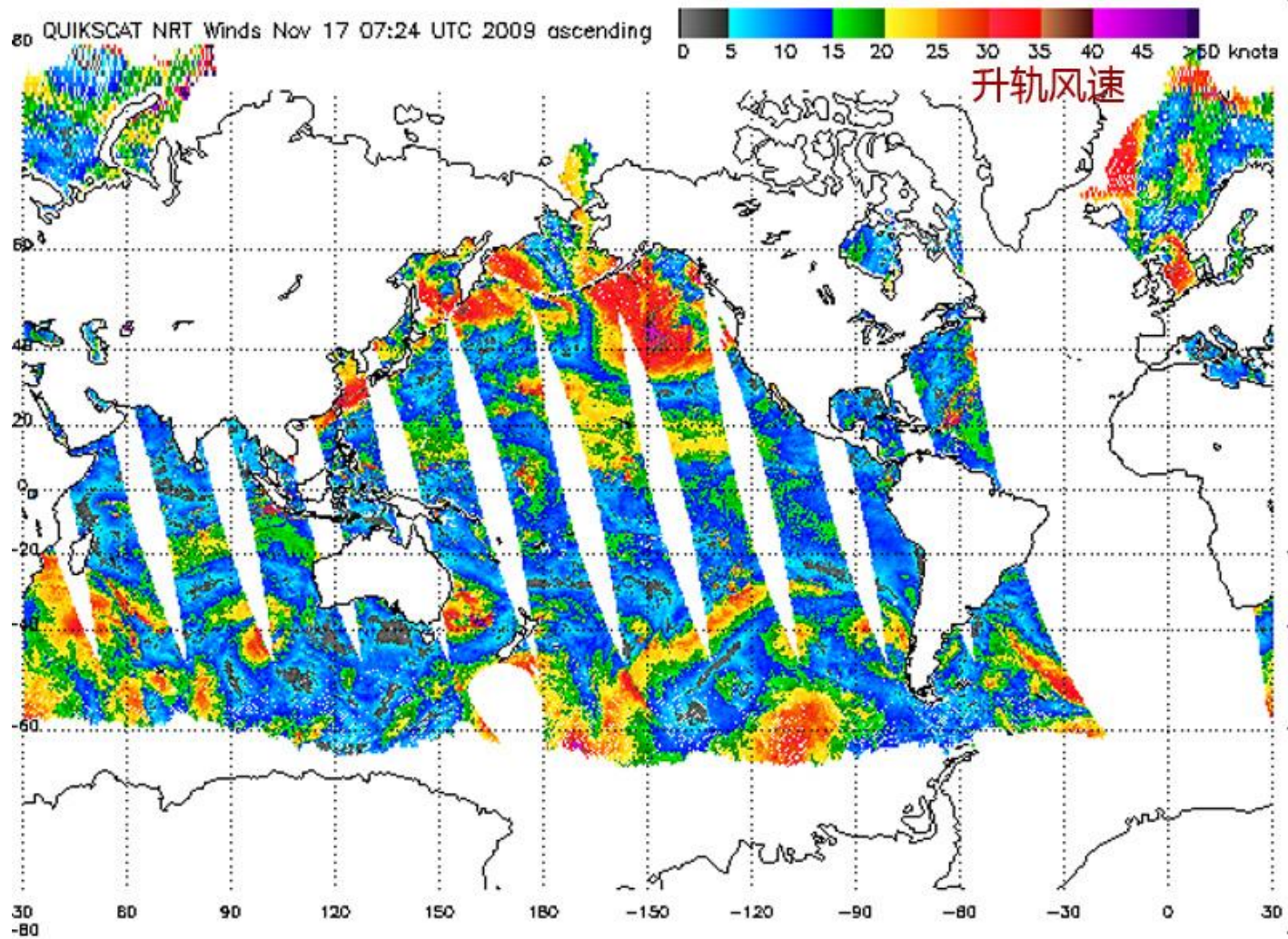
遥感类型3

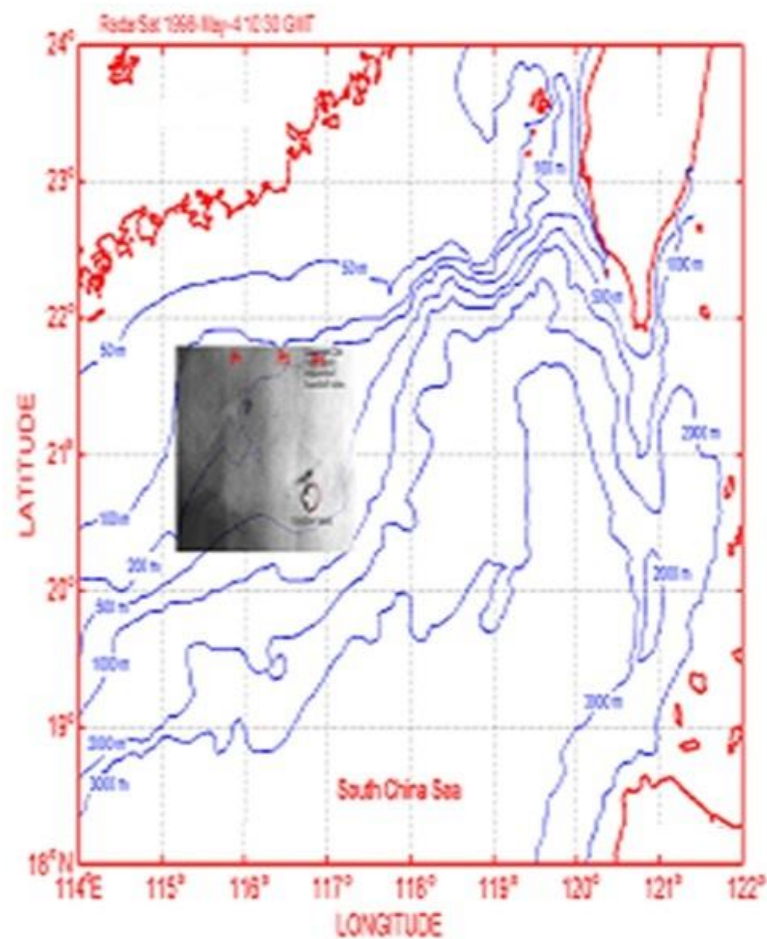
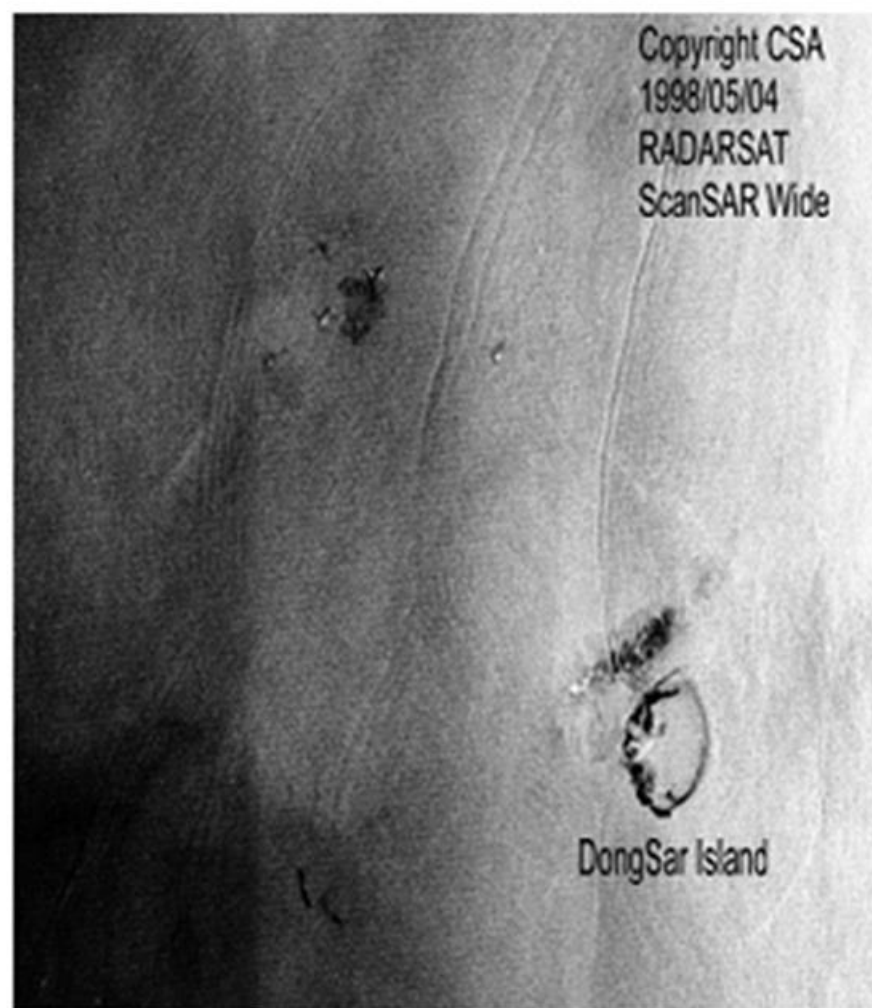
主动遥感

- 雷达脉冲
- 散射计 (course resolution)
- 反演风速和风向
- 成像雷达-SAR (fine resolution)
- 反演海面粗糙度



Ocean Surface Wind Speed



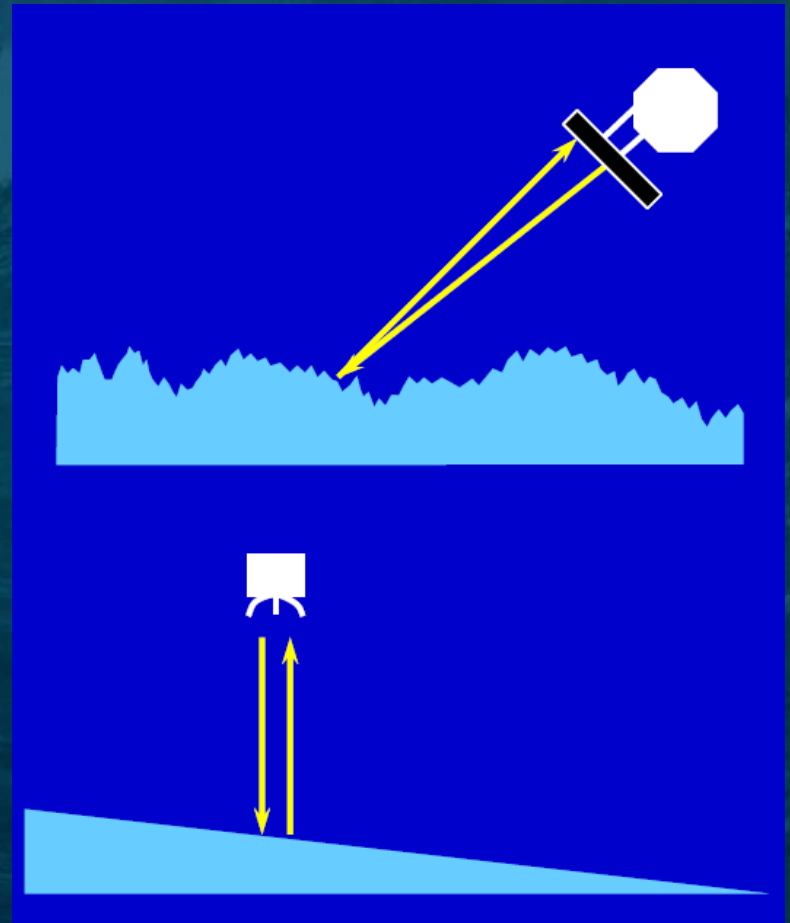


遥感类型3

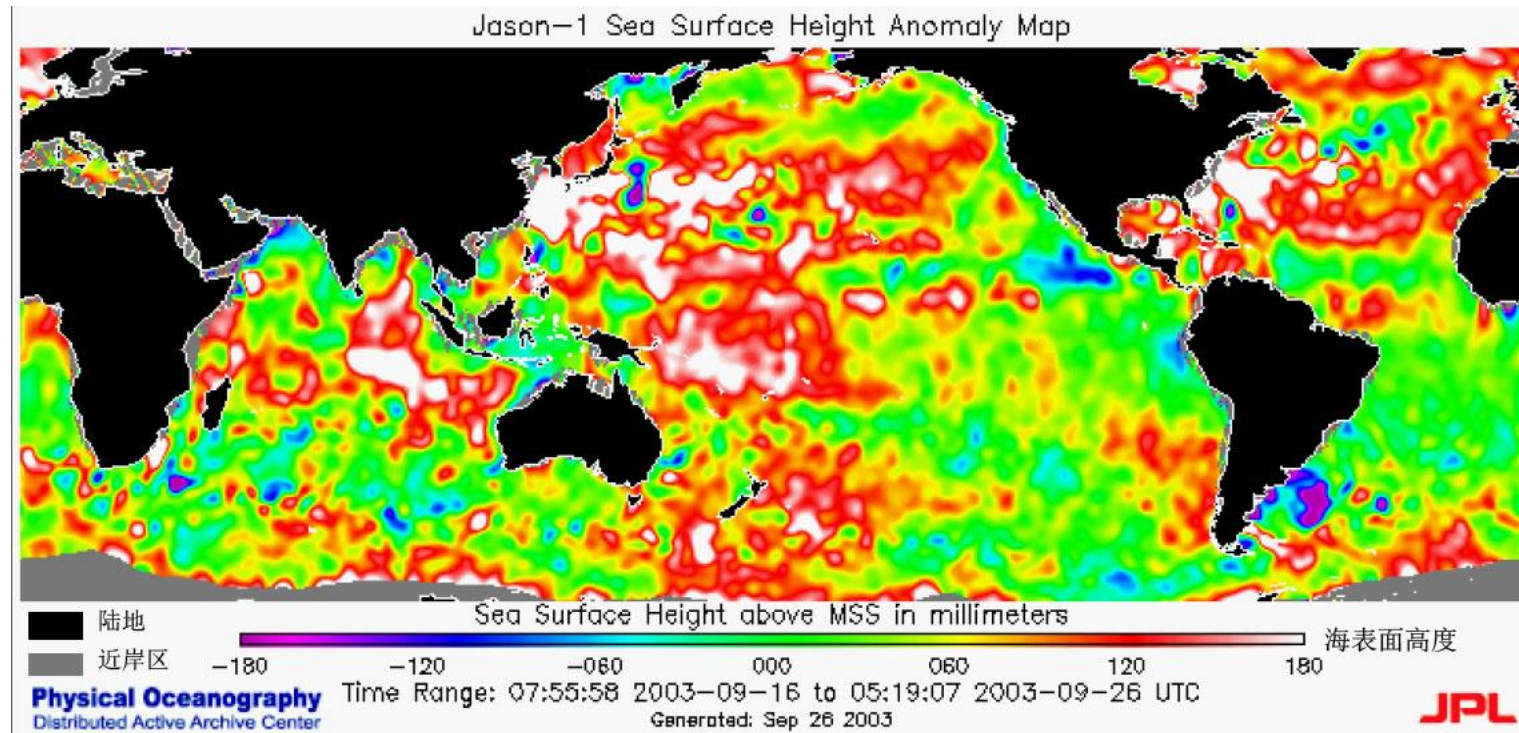
主动遥感

- 雷达脉冲
- 散射计 (course resolution)
- 反演风速和风向
- 成像雷达-SAR (fine resolution)
- 反演海面粗糙度

- 垂直发射
- 高度计
- 测量返回时间
- 反演距海面距离
- 测量回波形状和强度
- 反演波高和风场



Satellite ocean datasets, 4: from altimetry



SSH Anomaly (from Altimeter)
Height 16-26 Sep, 2003- mean height over several years

§ 2.2 气象卫星和主要传感器 (Meteorological Satellite & Major Sensors)



✓ 美国、欧洲空间局、中国、俄罗斯、日本和印度等已经发射了100多颗气象卫星。

✓ 气象卫星按照轨道类型可分为两种：

- 太阳同步轨道卫星 (Sun-synchronous satellite)
- 地球同步或地球静止轨道卫星 (geo-synchronous or geostationary satellite)。

- **太阳同步**近圆形极轨气象卫星 (meteorological satellite with Sun-synchronous, polar and near-circular orbit) 可以在大约**八百公里**的高空巡视全球表面，缺点是对某一地区每天只能**观测两次**。

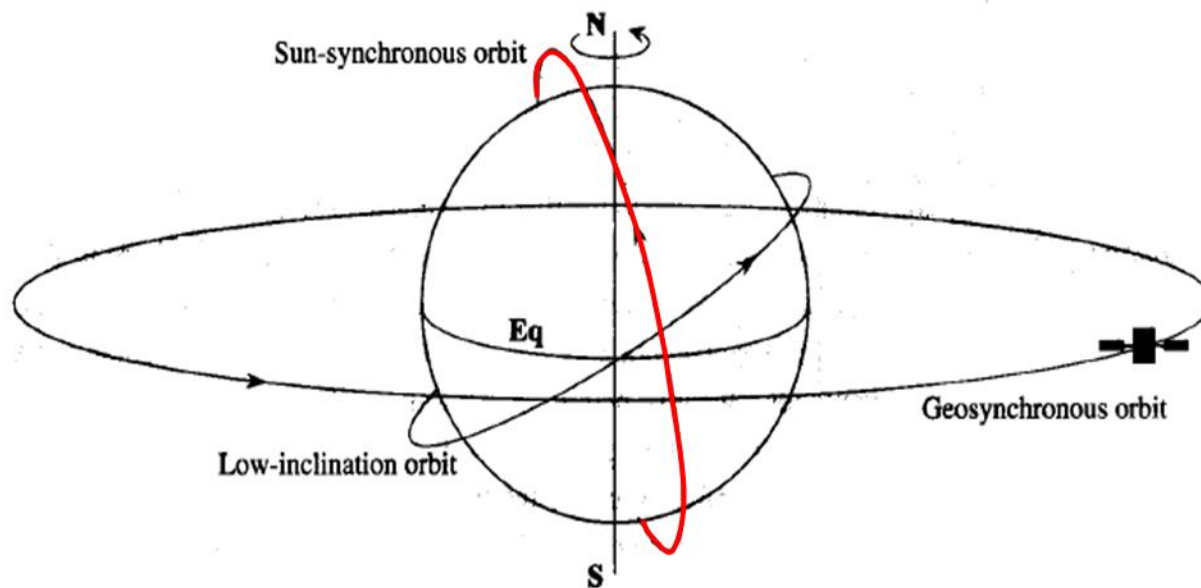


Figure 1.3. Examples of the sun-synchronous, geosynchronous and low-inclination orbits, where 'Eq' is the equator (Adapted from Asrar and Dozier, 1994, Figure 3).

- **地球静止**气象卫星 (geostationary meteorological satellite) 可以在大约 **三万五千公里** 的高空对地球表面近五分之一的地区连续地进行气象观测，实时将资料送回地面；用四颗卫星均匀地布置在赤道上空，就能对全球的中、低纬度地区天气系统的形成和发展进行 **连续监测**。缺点是不能观测纬度大于 55° 的地区。

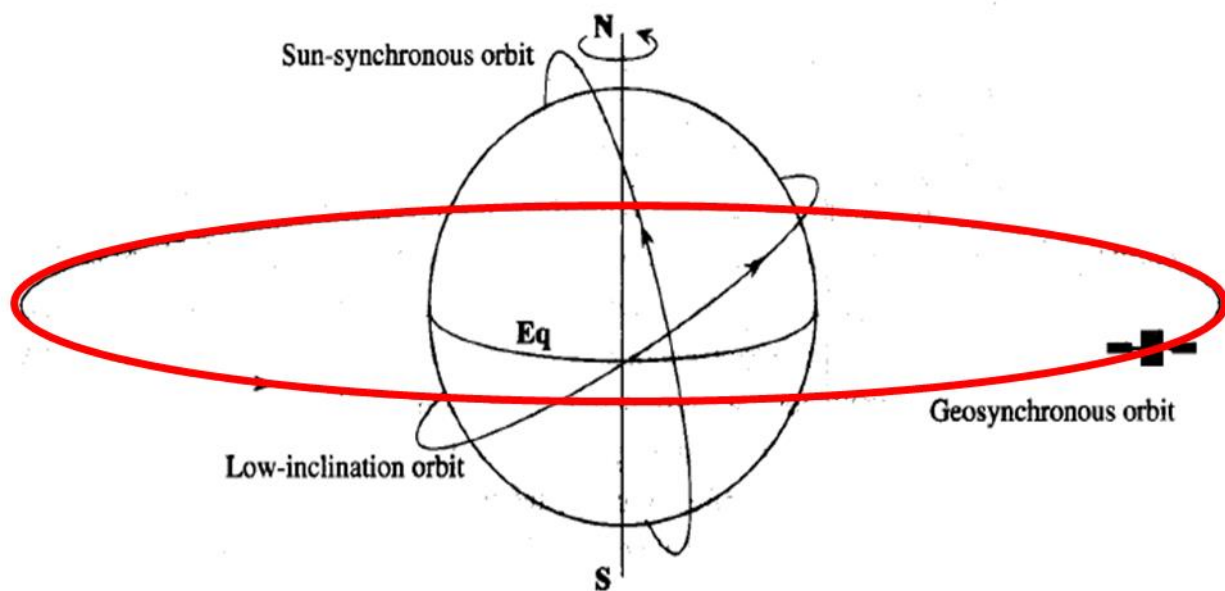


Figure 1.3. Examples of the sun-synchronous, geosynchronous and low-inclination orbits, where 'Eq' is the equator (Adapted from Asrar and Dozier, 1994, Figure 3).

表2-1:
气象卫星和
传感器

TOVS: (“诺阿/泰
罗斯” 卫星上装载的)
泰罗斯垂直探测装置
(Tiros Operational
Vertical Sounder)

SSM/I: 专用传感器微波
成像仪 (Special Sensor
Microwave/Imager)

MVISR: 多通道可见
光和红外扫描辐射计
(Multi-channel
Visible and Infrared
Scan Radiometer)

名称/时间	资助者	传感器	运行轨道信息
60 年代后期开始 NOAA/TIROS 系列 卫星(别名: NOAA/POES) NOAA-15: 1998 NOAA-16: 2000 NOAA-17: 2002 NOAA-18: 2005	美国国家 海洋大气 局	AVHRR TOVS	轨道类型: 太阳同步近圆形极轨 倾角: 98°~99° 再访问时间: 1 天 高度: 约 830 km (上午轨道) 约 870 km (下午轨道) 节点穿过赤道的当地时间: 7:30 am (上午轨道) 1:40 pm (下午轨道) 例如 NOAA-15 轨道信息是 高度 833 km 倾角 98.7° 轨道周期 101.2 分 例如 FY-1C/D 轨道信息是 高度 870 km 倾角 98.85° 轨道周期 102.3 分
1962 年开始 DMSP 系列卫星 DMSP-F14: 1997	美国国防部/ 商业部/宇航 局	SSM/I	
1988 年开始 风云一号 FY-1D: 2002(三轴 稳定) FY-1C: 1999(三轴 稳定)	中国 国家气象 局	MVISR	
1975 年开始 GOES 系列卫星: GOES-East, GOES-West GOES 1~7(自旋) GOES 8~12(三轴 稳定)	美国国家 海洋大气 局	VAS GVAR	轨道类型: 地球同步/地球静止轨 道高度: 约 35 800 km 例如 GOES-EAST 的 位 置 在 75°W, 0°N, GOES-WEST 的位 置在 135°W, 0°N
1997 年开始 风云二号(自旋) FY-2D: 2006 FY-2C: 2004	中国 国家气象 局	VISSR	例如 FY-2C 和 FY-2D 业务星---位于 105°E, 0°N 备份星---位于 86.5°E, 0°N

NPOESS

主要传感器

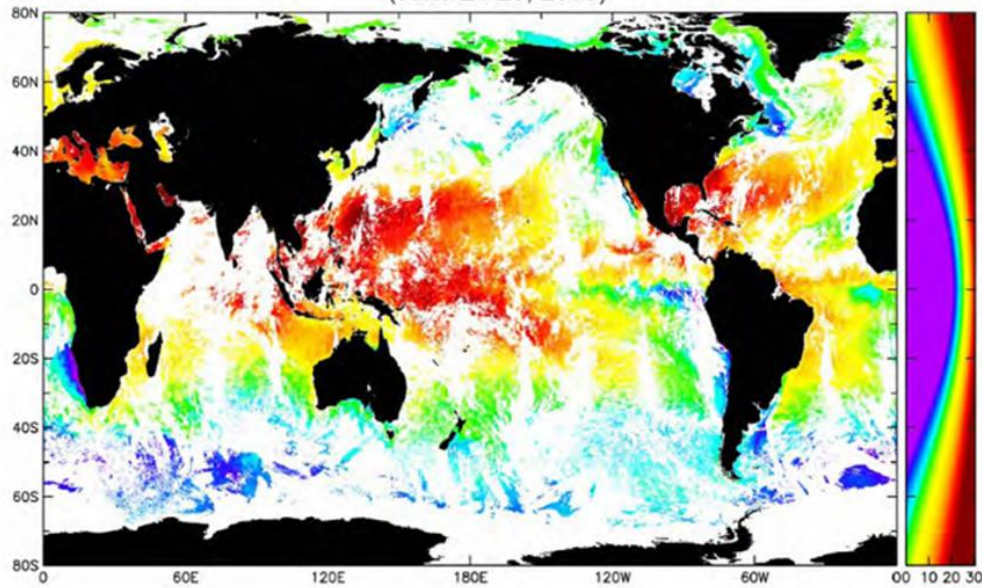
AVHRR/3的波段特征

（Advanced Very High Resolution Radiometer）是NOAA/ TIROS卫星载有的可用于海洋研究的传感器。AVHRR属于可见光和红外波段辐射计；它可以用来遥感云量和表面温度，这里“表面”可以是地球表面、云层上表面或水体包括海洋表面。

波段序号	星下点的分辨率	波长(μm)	主要用途
1	1.09km	0.58~0.68	白天云及地表绘图
2		0.725~1.00	陆水分界线、云、植被
3A		1.58~1.64	探测雪和冰
3B		3.55~3.93	夜间云况绘图，夜间海温
4		10.30~11.30	海、陆、云顶温度
5		11.50~12.50	海、陆、云顶温度

2-Day Average Infrared Measurements of SST from the AVHRR
(June 24-25, 2003)

海表面温度



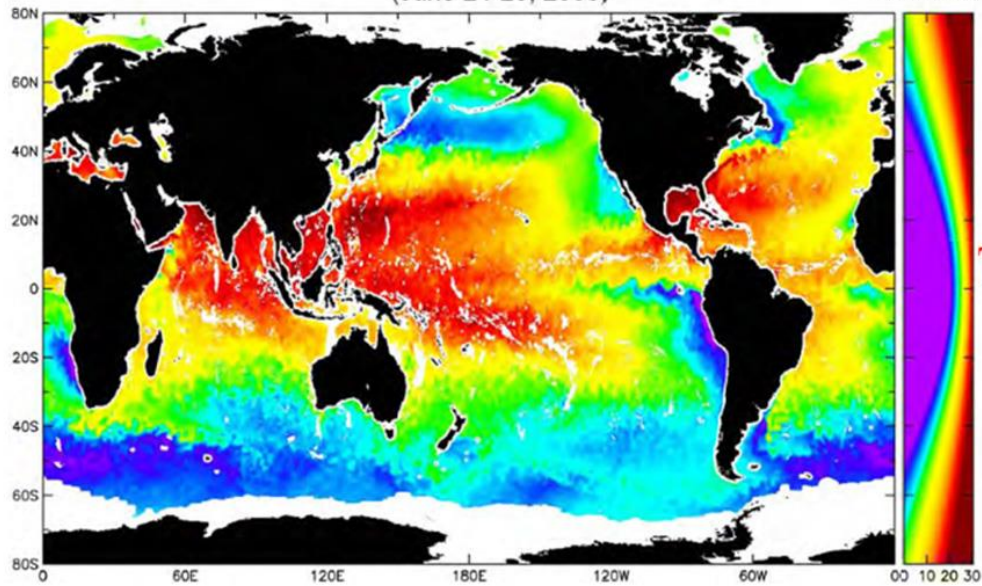
Why Use Microwave?

Clouds!

Two-days of Infrared

2-Day Average Microwave Measurements of SST from the AMSR
(June 24-25, 2003)

海表面温度

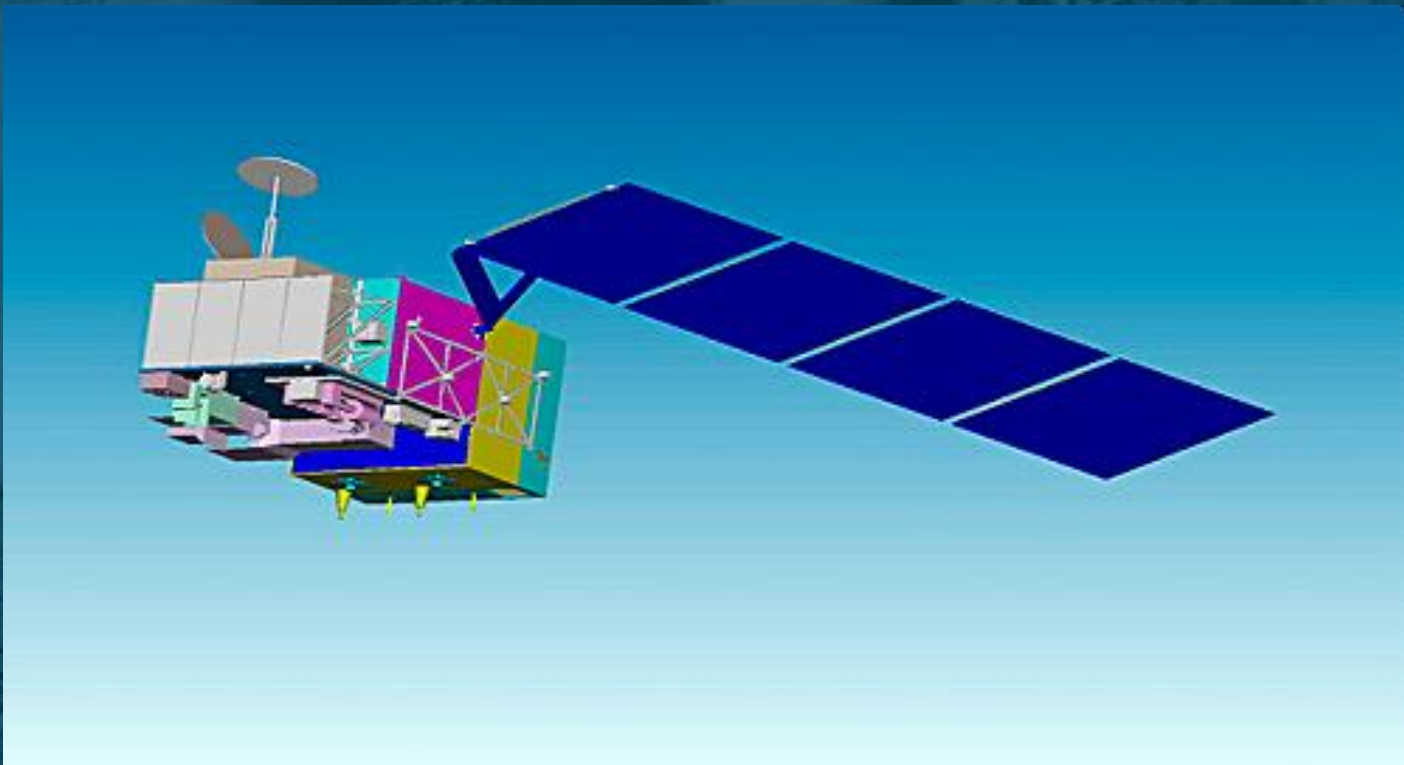


Two-days of Microwave

数据传输方式

- 传输给用户的资料有高分辨率图像传输 (HRPT: High Resolution Picture Transmission) 和自动图像传输 (APT: Automatic Picture Transmission) 两种数据传送方式。
- 第一种是将卫星上传感器的所有数据通过广播传送到地面, 叫做高分辨率图像传输 (HRPT); 第二种只传输AVHRR两个频道的图像数据, 称为自动图片传输(APT)。

§ 2.3 中国风云卫星和传感器 (Chinese FY Satellite & Sensors)

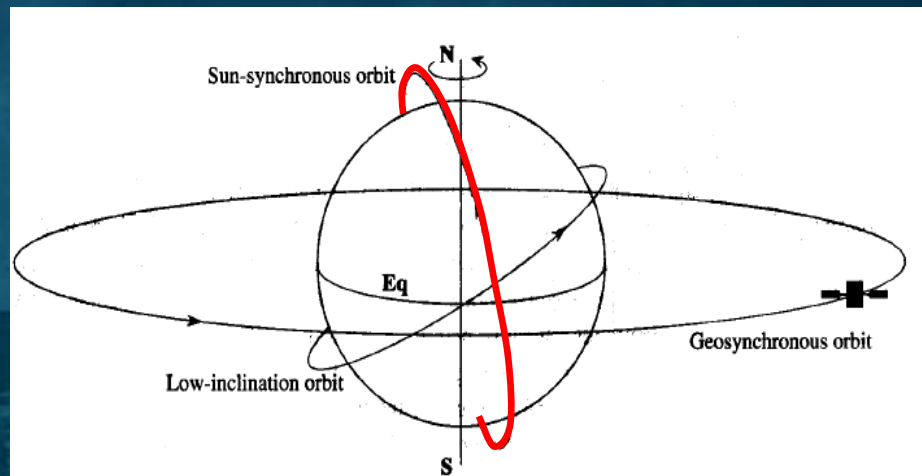


FY-3

➤ 风云 1 号卫星系列

- ❑ 1988年,第一颗气象卫星,即“风云一号” A (FY-1A)
- ❑ 太阳同步极轨气象卫星,其海洋探测性能类似于美国的NOAA/TIROS卫星,卫星云图的清晰度可以与美国诺阿卫星云图媲美。由于星上元器件发生故障, FY-1A只工作了39天。
- ❑ FY-1A, 1B 1C, 1D, 世界气象组织列入全球气象卫星业务应用行列。
- ❑ FY-1C, 第一颗三轴稳定太阳同步极地轨道气象卫星。天气预报、气候研究及环境监测; CHRPT数据传输模式。

FY-1C和FY-1D主要技术指标



轨道高度	870 km
倾角	98.85°
偏心率	< 0.005
轨道周期	102.3 min
传感器	多通道可见光和红外扫描辐射计(MVISR)
扫幅(刈幅)	3100 km

- FY-1系列的主要传感器是多通道**可见光和红外扫描辐射计** (MVISR: Multichannel Visible and Infrared Scan Radiometer)
- MVISR的视场范围为 $1.2\ \mu\text{Rad}$ (微弧), 星下点分辨率为 $1.1\ \text{km}$, 扫描幅或刈幅 (swath) 为**3100 km**。
- MVISR的通道数由FY-1A的5个通道增加到FY-1C的10个通道, 包括4个可见光通道、2个近红外通道、1个中红外通道和3个热红外通道。

FY-1C卫星的多通道可见光和红外扫描辐射计（MVISR）各通道波长和用途

通道号	波长 (μm)	主要用途
1	0.58~0.68	白天云层、冰雪、植被
2	0.84~0.89	白天云层、植被、水
3	3.55~3.93	热源、夜间云层
4	10.3~11.3	海表面温度、白天/夜间云层
5	11.5~12.5	海表面温度、白天/夜间云层
6	1.58~1.64	土壤湿度、冰雪识别
7	0.43~0.48	海洋水色
8	0.48~0.53	海洋水色
9	0.53~0.58	海洋水色
10	0.90~0.965	水汽

➤ 风云3号卫星系列

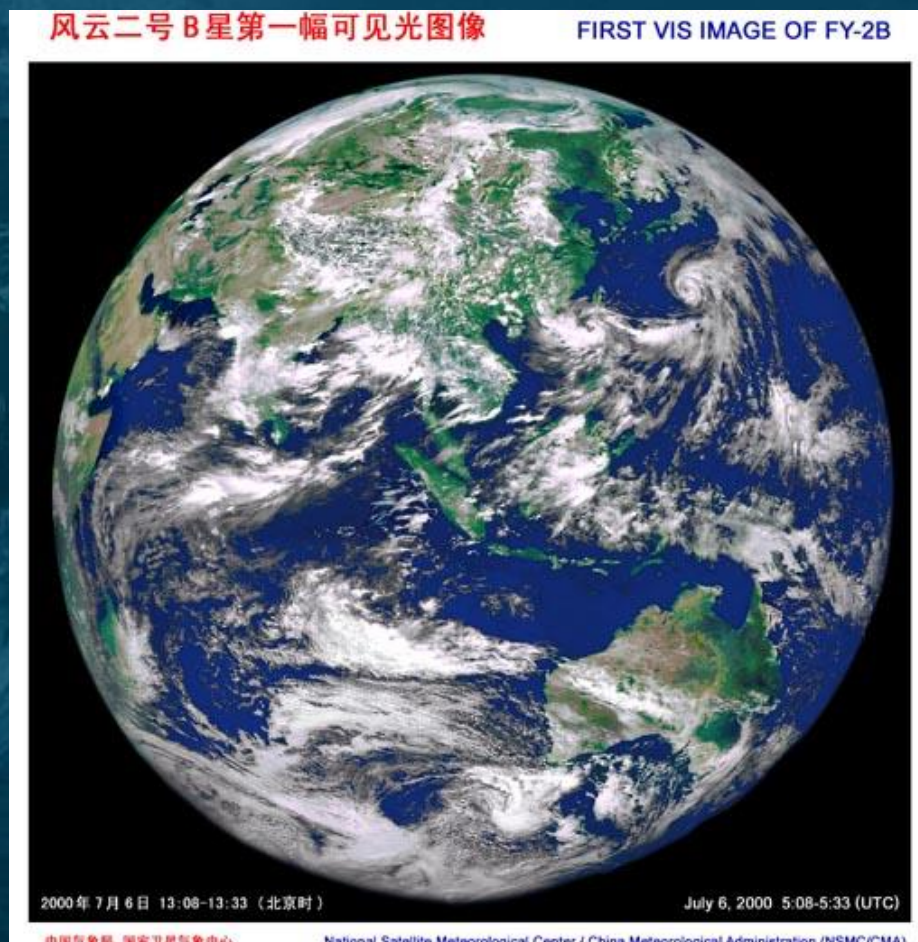
- 2008年5月，FY-3A **第二代**太阳同步轨道气象卫星；
- 2010年11月，FY-3B
- 11种探测仪；除了**可见光和红外扫描辐射计**外，“风云三号”卫星还增加携带**红外分光计、微波温度计、微波湿度计、中分辨率光谱成像仪、紫外臭氧垂直探测仪、紫外臭氧总量探测仪、微波成像仪、太阳辐射监测仪、地球辐射探测仪和空间环境监测仪**。
- 由于增加了微波传感器，可实现全球三维、全天候、多光谱、定量气象探测。

风云极轨气象卫星

卫星系列	卫星名称	发射时间	停用时间	轨道高度	运行状态	过赤道时间	仪器
风云一号	FY-1A	1988年09月	1988年10月	900km	停止运行	15:30 升交点	MVISR
	FY-1B	1990年09月	1991年08月	900km	停止运行	07:50降交点	MVISR
	FY-1C	1999年05月	2004年04月	862km	停止运行	07:00降交点	MVISR
	FY-1D	2002年05月	2012年04月	866km	停止运行	09:00降交点	MVISR
风云三号	FY-3A	2008年05月	2018年02月	836km	停止运行	09:05降交点	SIM-I, TOU, VIRR, ERM-I, IRAS, MERSI-I, MWHS-I, MWRI-I, MWTS-I, SBUS
	FY-3B	2010年11月	2020年06月	836km	停止运行	13:40升交点	SIM-I, TOU, VIRR, ERM-I, IRAS, MERSI-I, MWHS-I, MWRI-I, MWTS-I, SBUS
	FY-3C	2013年09月	2023年01月	836km	运行于性能退化的状态下	10:15 降交点	SIM-II, TOU, VASS, VIRR, ERM-I, GNOS-I, IRAS, MERSI-I, MWHS-II, MWRI-I, MWTS-II, SBUS
	FY-3D	2017年11月	2023年01月	836km	正常运行	14:00 升交点	SEM, WAI, GAS, GNOS-I, HIRAS-I, IPM, MERSI-II, MWHS-II, MWRI-I, MWTS-II
	FY-3E	2021年07月	≥2027年	831km	正常运行	05:30 降交点	SEM, SIM-II, SSIM, Tri-IPM, WindRAD, X-EUVI, GNOS-II, HIRAS-II, MERSI-LL, MWHS-II, MWTS-III
	FY-3G			TBD	正常运行	TBD	GNOS-II, MERSI-RM, MWRI-RM, PMR
	FY-3F	计划2022年	≥2027年	TBD	计划中	TBD	MERSI-III, MWTS-III, MWHS-II, MWRI-II, HIRAS-II, OMS-N, OMS-L, ERM-II, SIM-II, GNOS-II
	FY-3G	计划2022年	≥2027年	TBD	计划中	407km	MERSI-RM, PMR, MWRI-RM, GNOS-II
	FY-3H	计划2023年	≥2028年	TBD	计划中	TBD	MERSI-III, MWTS-III, MWHS-II, MWRI-II, HIRAS-II, IPM, GAS, WAI-II, GNOS-II
碳卫星	TANSAT	2016年12月	2020年01月	712km	停止运行	13:30升交点	ACGS, CAPI

➤ 风云2号卫星系列

- 地球静止气象卫星, FY-2A (1997) 和FY-2B(2000)。
- FY-2B 定点于 105° E赤道上空, FY-2A定点于 86° E
- FY-2气象卫星的主要载荷是可见光和红外自旋扫描辐射计 (VISSR: Visible and Infrared Spin-Scan Radiometer)



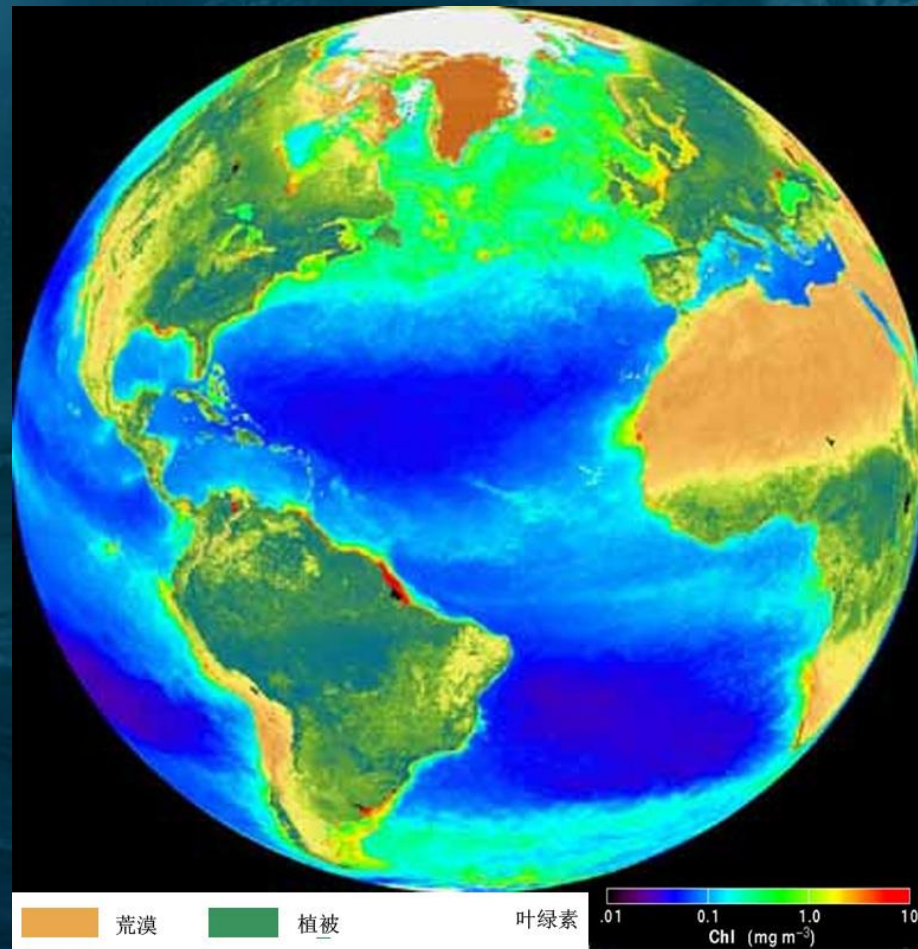
➤ FY-2C/D/E较FY-2A/B的改进:

- 1) 可见光和红外自旋扫描辐射计的通道数目从三个增加到五个，较大地增强了卫星的观测能力，卫星数据格式也有相应改变。
- 2) 增加星上电源能力，在卫星地影星蚀期间仪器不间断工作，加强了卫星安全保护措施；
- 3) 将FY-2A/B卫星的WEFAX云图模拟广播改为数字广播。

风云静止气象卫星

卫星系列	卫星名称	发射时间	停用时间	运行状态	定点经度	仪器
风云二号	FY-2A	1997年06月	1998年04月	停止运行	105°E	VISSR-I
	FY-2B	2000年06月	2004年09月	停止运行	105°E	VISSR-I
	FY-2C	2004年10月	2009年11月	停止运行	123.5°E	VISSR-II
	FY-2D	2006年12月	2015年06月	停止运行	86.5°E	VISSR-II
	FY-2E	2008年12月	2019年01月	停止运行	105°E（2015年6月3日之前）、 86.5°E（2015年7月1日之后） 105°E（2015年6月3日之前）、 86.5°E（2015年7月1日之后）	
	FY-2F	2012年01月	2022年04月	停止运行	112.5°E	VISSR-II
	FY-2G	2014年12月	2023年01月	正常运行	99.5°E（2015年6月1日之前）、 105°E（2015年6月1日至2018年 4月9日）、99.2°E（2018年4月 16日之后）	VISSR-II
	FY-2H	2018年06月	≥2027年	正常运行	79°E	VISSR-II
风云四号	FY-4A	2016年12月	≥2024年	正常运行	104.7°E	SEP, AGRI, GIIRS, LMI
	FY-4B	2021年06月	≥2029年	正常运行	133°E	SEP, AGRI, GHI, GIIRS
	FY-4C	计划2024年	≥2031年	计划中	TBD	AGRI, GIIRS, LMI, SEP, SXEUV

§ 2.4 水色卫星和主要传感器 (Ocean Color Satellite & Major Sensors)



§ 2.4 水色卫星和主要传感器 (Ocean Color Satellite & Major Sensors)

- 水色遥感在全球碳循环、初级生产力以及海洋与海岸带环境变化等方面有着不可替代的重要作用。海洋水色卫星遥感是全球观测系统中的一个重要组成部分。
- 为配合国际地圈生物圈计划 (IGBP) 的核心计划、全球海洋通量联合研究计划 (JGOFS)、全球海洋生态系统动力学 (GLOBEC) 和海岸带陆海相互作用 (LOICZ) 等国际研究计划, 人们使用海洋水色卫星分别针对大洋I类水体及近岸II类水体的水色进行定量监测。
- 当前利用海洋水色卫星遥感开展的主要工作包括海洋碳通量研究、海洋生态系统与上层海洋过程的关系研究以及海岸带生态系统监测。

- 水色卫星载有海洋水色传感器，属于可见光和近红外波段的传感器，可用于测量海洋反射和散射的**辐亮度**。由测量数据可以反演叶绿素色素浓度、悬浮泥沙浓度、海水光学漫衰减系数以及其它生物光学物理量。

- 水色传感器与陆地资源或气象传感器的主要不同点是：
- 1) 信噪比 (SNR) 极高
- 2) 波段带宽较窄，水色传感器的可见光通道带宽大约10nm，近红外通道带宽大约20nm，光谱范围一般在400~900nm。
- 3) 时间窗口一般要求在当地时间10:30~14:30之间过境，最好是中午12:00左右。
- 4) 要求卫星平台具有倾斜功能，以避免太阳直射光在海面的反射进入视场。
- 5) 再访问时间1~3天，空间几何分辨率500~1100m。
- 6) 要求有绝对的精度指标。

卫星	资助者	传感器	运行轨道资料
NIMBUS-7 (1978/10-86/06) 雨云卫星7号	美国 宇航局 (NASA)	传感器 CZCS : 5个可见近红外波段(443~750nm) 1个热红外波段(11.5μm)	轨道: 太阳同步近圆形轨道 高度: 约 955km
SeaStar (1997/09-02/09)	美国 宇航局	传感器 SeaWiFS : 8个波段(402~885nm)	轨道: 太阳同步近圆形轨道 高度: 约 705km
EOS-AM (1999/12)	美国 宇航局	传感器 MODIS : 36个波段 (620~14385nm)	轨道类型: 太阳同步近圆形轨道 高度: 约 705km
EOS-PM (2002/05-)			
ADEOS-II (2002/12-03/10) ADEOS-I (1996/08-97/06)	日本国家航天发展局 (NASDA)	传感器: SeaWinds , GLI (Global Imager), AMSR (Advanced Microwave Scanning Radiometer), ILAS-II (Improved Limb Atmospheric Spectrometer), POLDER (Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances)	轨道类型: 太阳同步近圆形轨道 倾角: 98.6° 高度: 约 804.6km 节点: 10:41am
IRS-P3 (1996/03-01/03)	印度 DLR/德国	传感器 MOS : 星下点分辨率 0.5km , 刈幅 200km 。	轨道类型: 太阳同步近圆形轨道, 高度: 约 817km
HY-1A (2002/05)	中国/国家海洋局	传感器 COCTS : 星下点分辨率 1.1km 。 传感器 CCD : 星下点分辨率 250m 。	轨道类型: 太阳同步近圆形轨道 高度: 798km

主要水色传感器

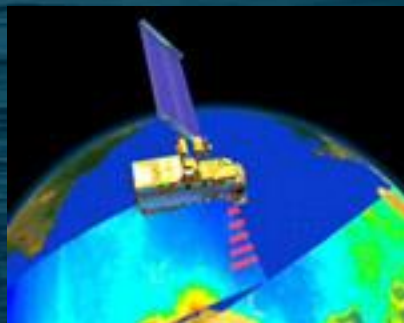
- 第一代：CZCS—美国1978年发射 NIMBUS-7) 海岸带水色扫描仪CZCS (Coastal Zone Color Scanner) 5个可见近红外波段(443~750nm) 1个热红外波段(11.5 μm)
- 第二代：宽视场海洋观测传感器SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) 。美国1997的水色卫星SeaStar, 8个波段(402~885nm)。
- 第三代：中等分辨率成像光谱仪MODIS 36个波段。美国1999年 2002年地球观测系统卫星EOS-AM (TERRA) EOS-PM (AQUA) MODIS (Moderate resolution Imaging Spectra-radiometer)

三种最重要的海洋水色传感器



CZCS = Coastal Zone Color Scanner
(1978 - 1986)—沿岸带水色扫描仪

SeaWiFS = Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor
(since 1997)--宽视场海洋观测传感器



MODIS = Moderate Resolution Imaging
Spectroradiometer --中等分辨率成像光谱仪

Terra Satellite launched December 18th, 1999
Aqua satellite launched May 4th, 2002.

Coastal Zone Color Scanner (CZCS)

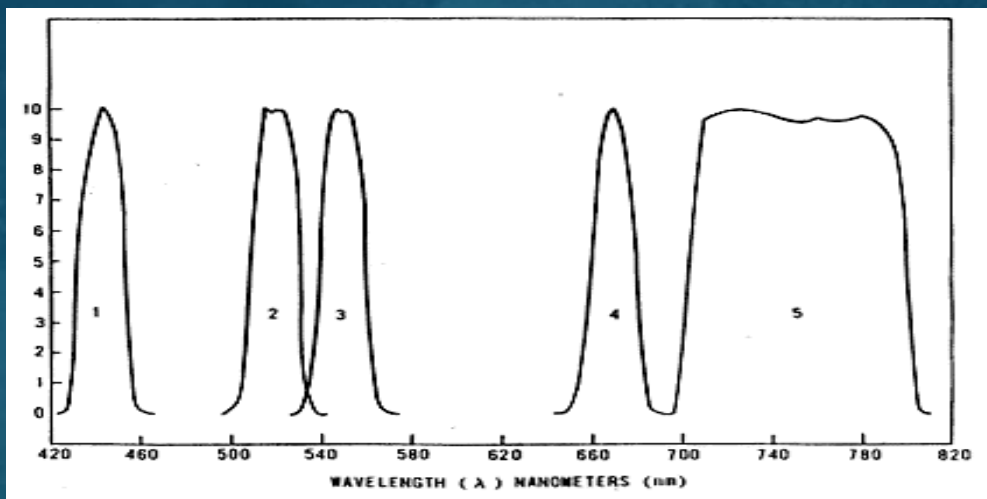


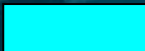
CZCS was launched aboard **Nimbus-7** satellite platform in October 1978.

Nimbus-7的技术特性:

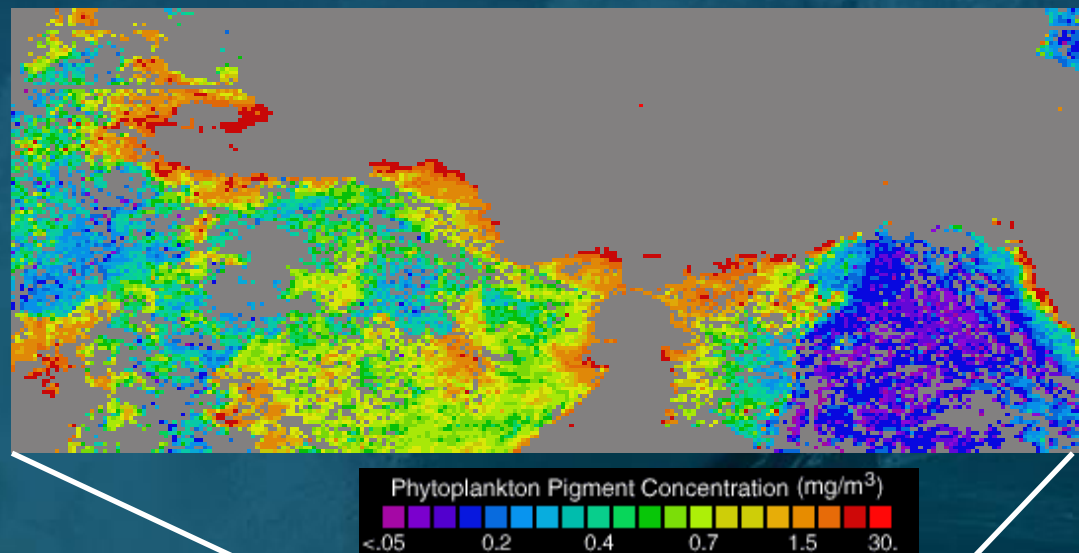
发射日期	10/24/1978
轨道类型	Sun-synchronous, near polar
轨道高度 (km)	955
倾角 (deg)	104.9
节点周期 (min.)	104
穿越赤道时间	1200 noon (ascending)

Coastal Zone Color Scanner (CZCS)



- | | | | |
|---|-------------------------------|---|----------------------|
| 1 | 433-453 nm (blue) |  | 叶绿素吸收系数 |
| 2 | 510-530 nm (green) |  | 叶绿素浓度 |
| 3 | 540-560 nm (yellow) |  | <i>Gelbstoffe</i> 浓度 |
| 4 | 660-680 nm (red) |  | 气溶胶吸收系数 |
| 5 | 700-800 nm (far red) |  | 陆地和云层 |
| 6 | 10.5-12.5 microns (infra-red) | | 海表面温度 |

Coastal Zone Color Scanner (CZCS)

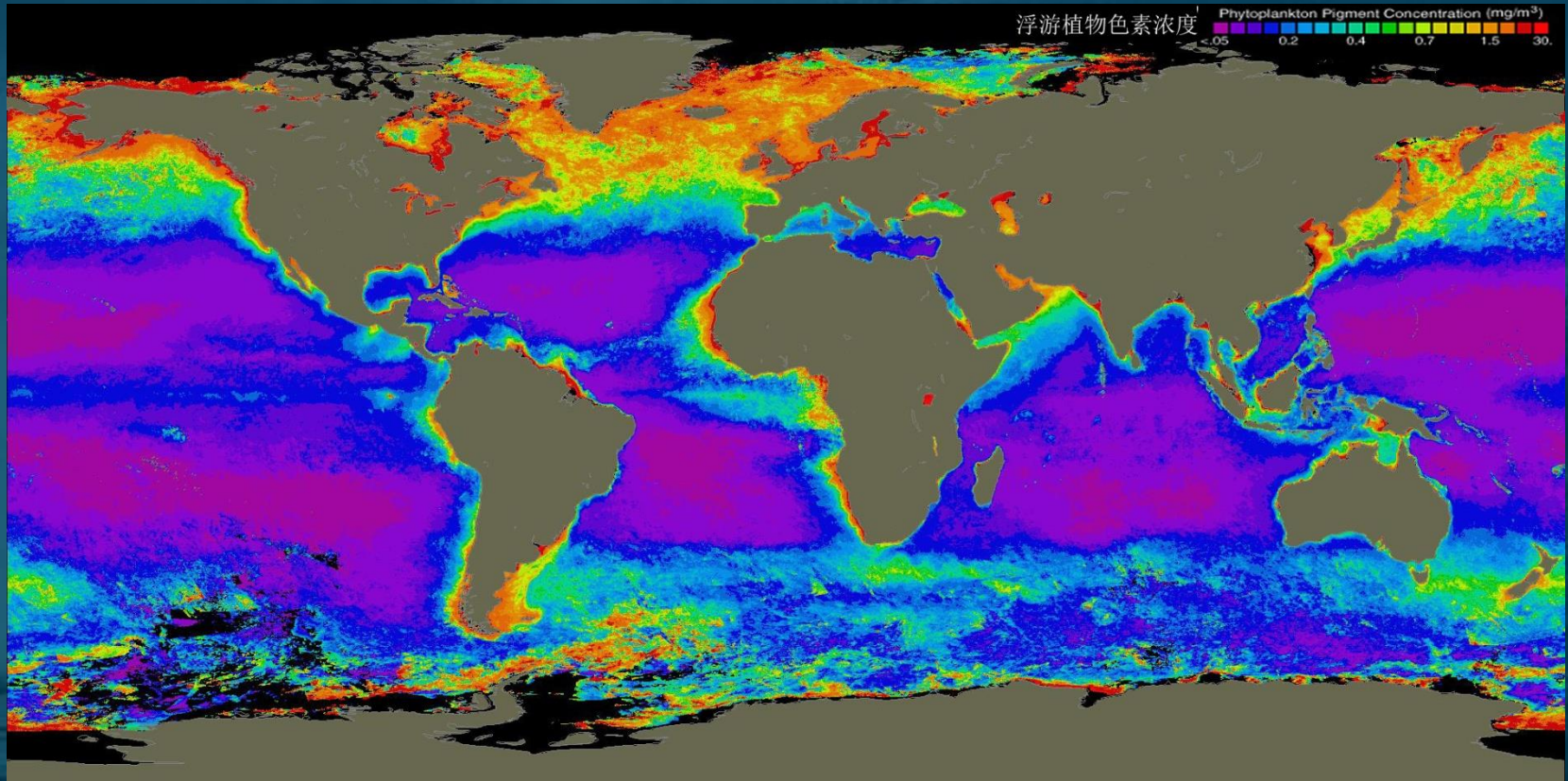


采样时间: 27.5microseconds.
2000 samples.
采样频率: 8 per second.



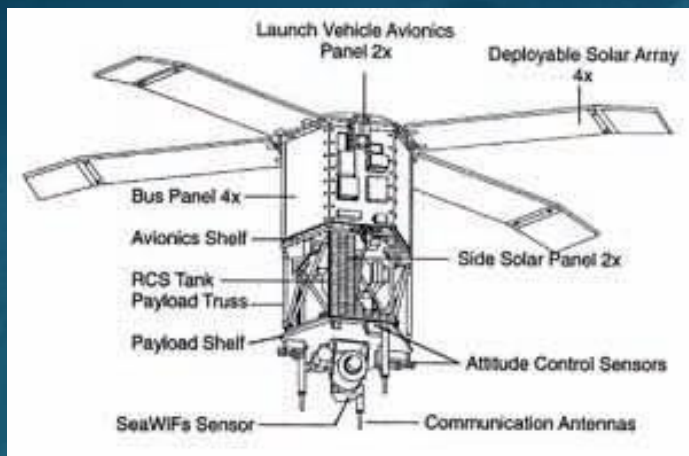
CZCS数据长度: Nov. 2, 1978-
Jun. 22, 1986.
400 images/ month.

Coastal Zone Color Scanner (CZCS)



This image shows total surface plant pigment concentration in the World Ocean averaged over the entire period of observations (November 1978 – June 1986).

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



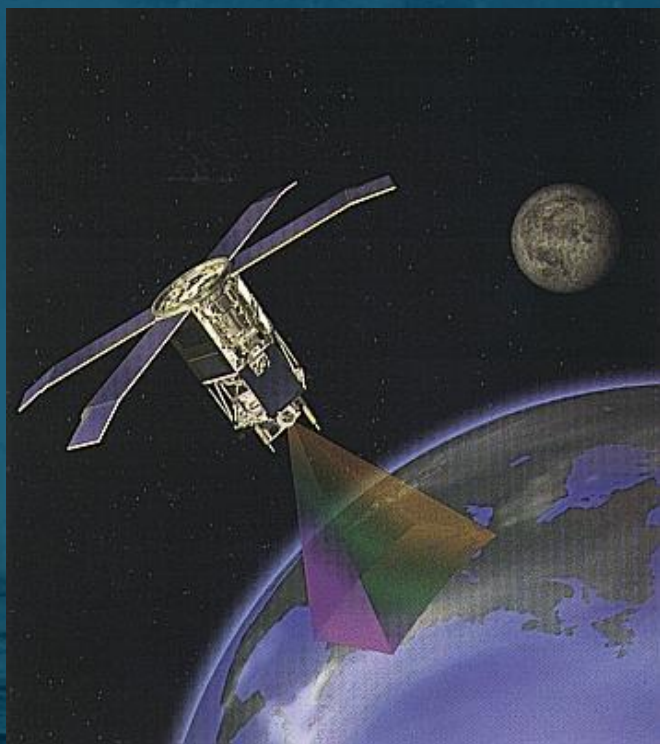
SeaWiFS计划开始于1980s,CZCS之后



NASA于1997年发射--SeaStar

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)

卫星特征



轨道类型

Sun Synchronous

高度

705 km

越赤道时间

Noon +20 min
descending

轨道周期

99 minutes

刈幅

2,801 km
LAC/HRPT
(区域覆盖)

1,502 km GAC
(全球覆盖)

空间分辨率

1.1 km LAC,
4.5 km GAC

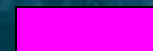
Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



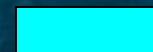
仪器波段

波段 波长

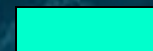
1 402-422 nm



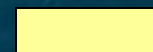
2 433-453 nm



3 480-500 nm



4 500-520 nm



5 545-565 nm



6 660-680 nm



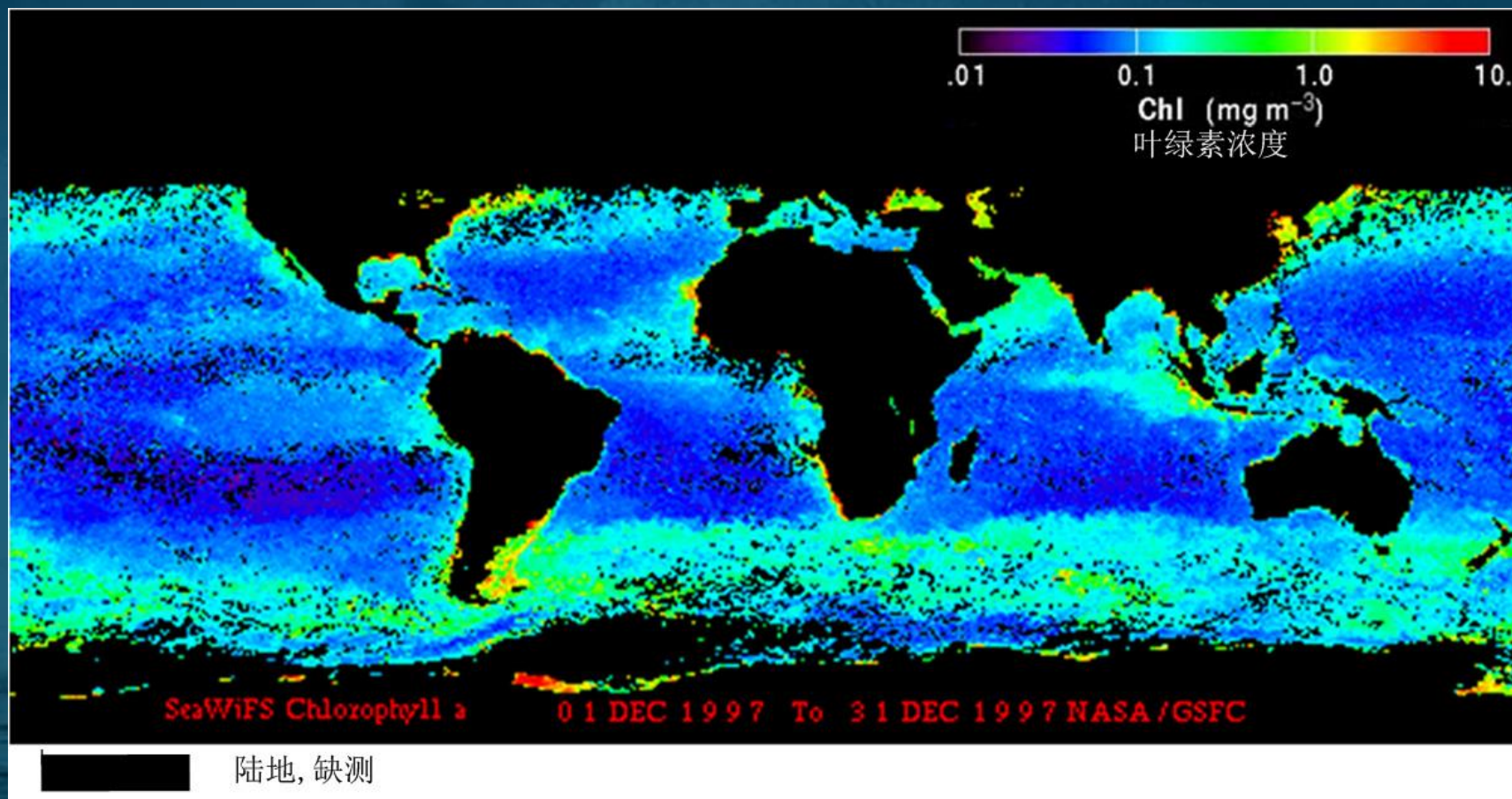
7 745-785 nm



8 845-885 nm

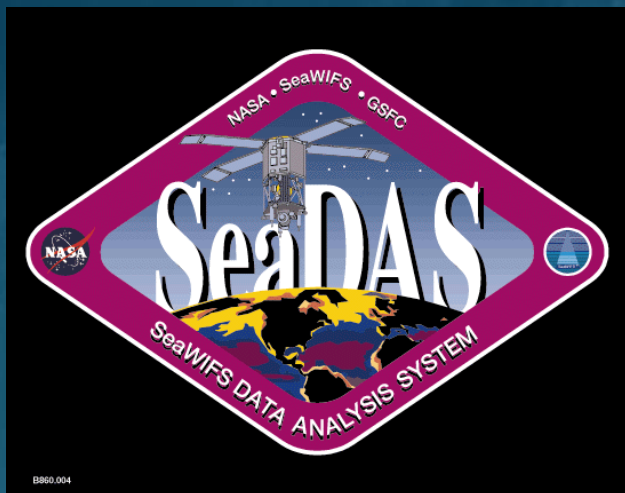


Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



刈幅在高纬度地区重合，在低纬度地区分离；
因此传感器每2天全球覆盖一次（重复周期）；
SeaStar卫星的循环周期是16天。

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)

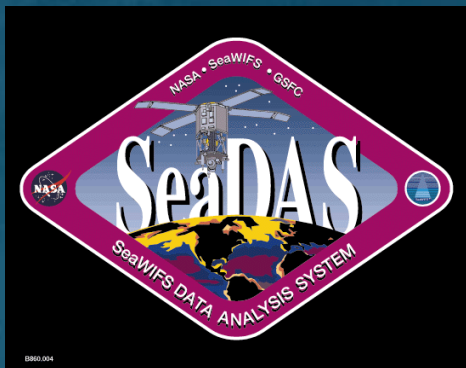


SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System)
基于Linux/Unix系统的SeaWiFS数据处理软件

完成从Level-1数据到Level-2数据的转化；

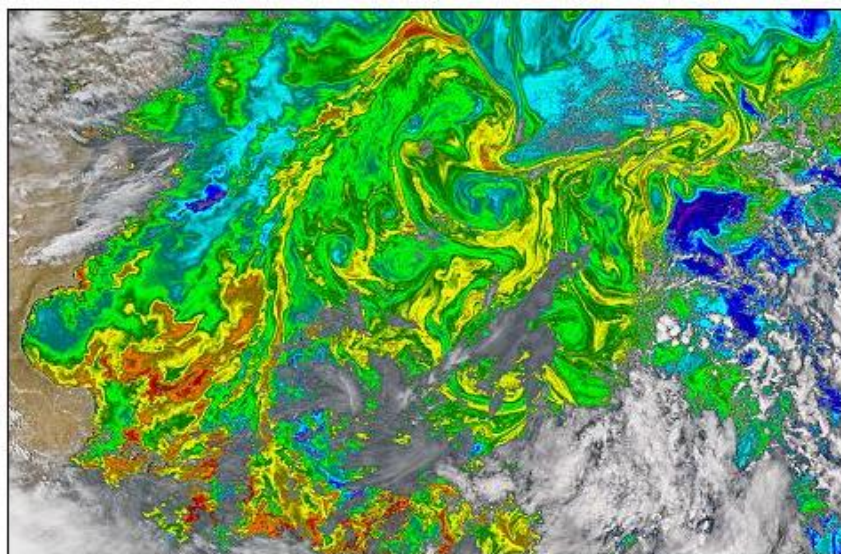
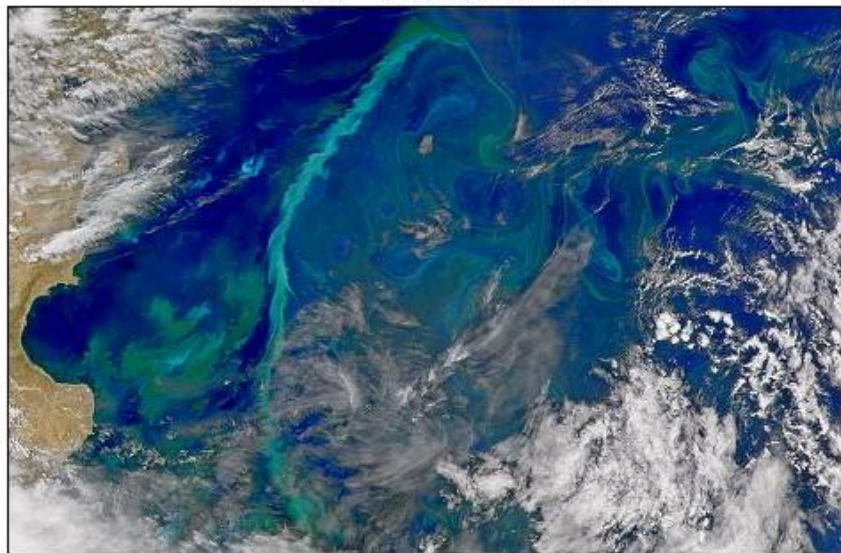
- ❑ Level-1数据以**HDF**格式存储.
- ❑ 数据可由**GSFC Distributed Active Archive Center (DAAC)**获得
- ❑ Level 2数据(物理学变量)可利用**SeaDAS**从Level-1数据得到

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



利用SeaDAS将Level 1数据 (辐亮度)转换成Level 2 (叶绿素浓度等).

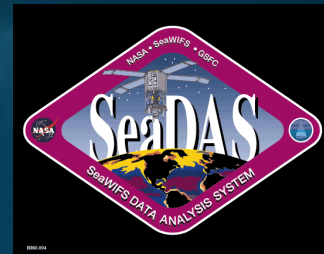
SeaWiFS 6 December 2004



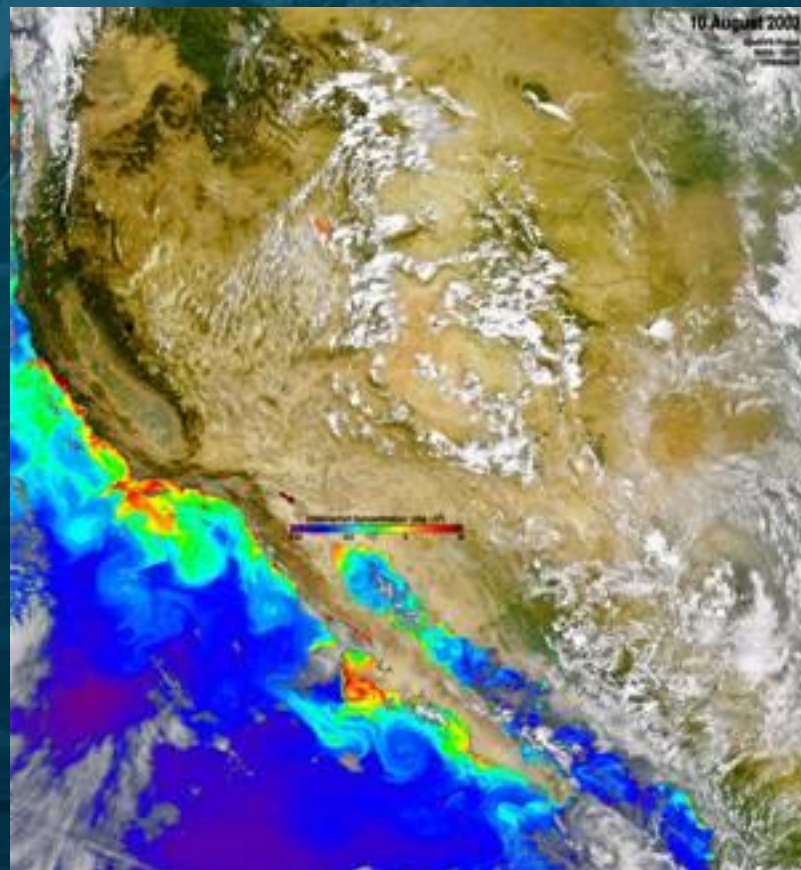
Chlorophyll Concentration (mg / m³)



Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



利用SeaDAS将Level 1数据 (辐亮度) 转换成Level 2 (叶绿素浓度等).



MODIS

MODIS: MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer.
中等分辨率成像光谱仪

NASA两个卫星上装载有MODIS传感器



Terra (EOS AM-1): Dec. 18 1999

Aqua (EOS PM-1): May 4 2002



MODIS

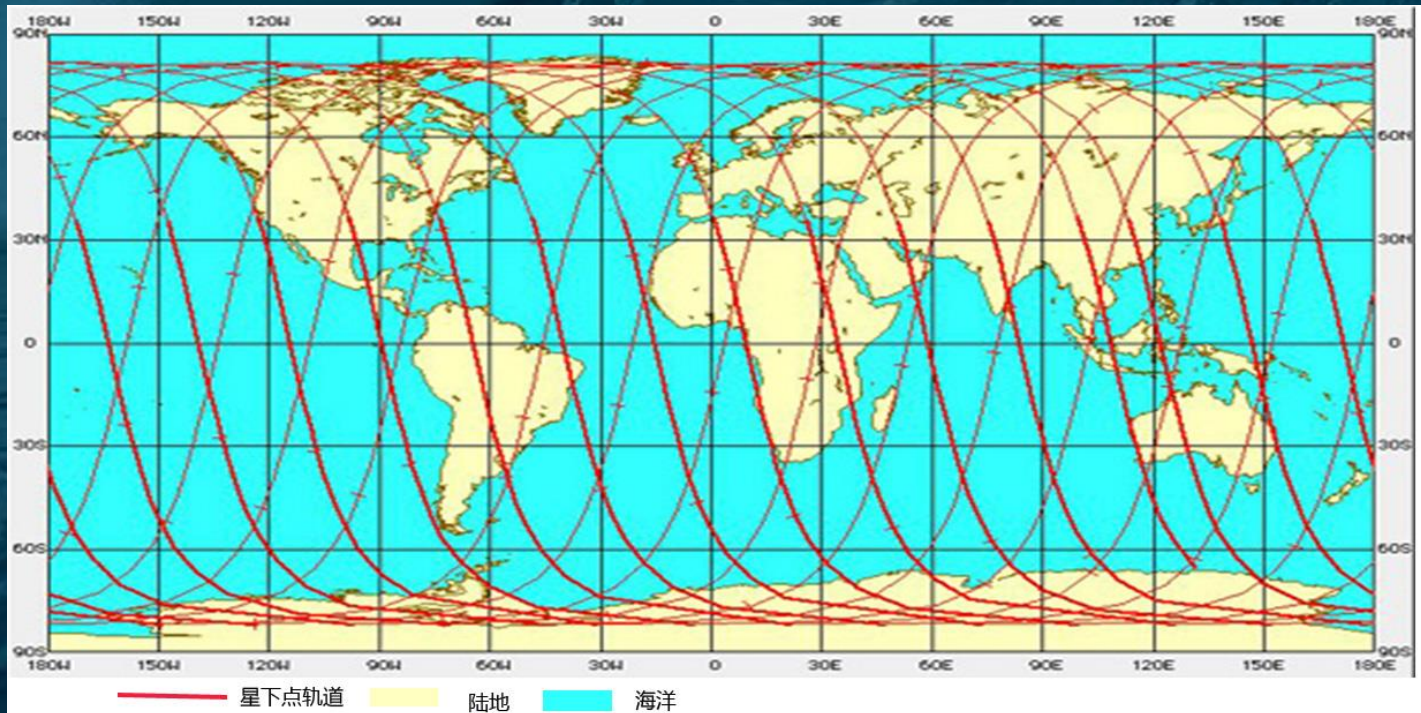
Terra 和 **Aqua** 太阳同步近极地圆轨道.

穿越赤道时刻:

Terra (10:30 a.m., 降轨)

Aqua (1:30 p.m., 升轨)

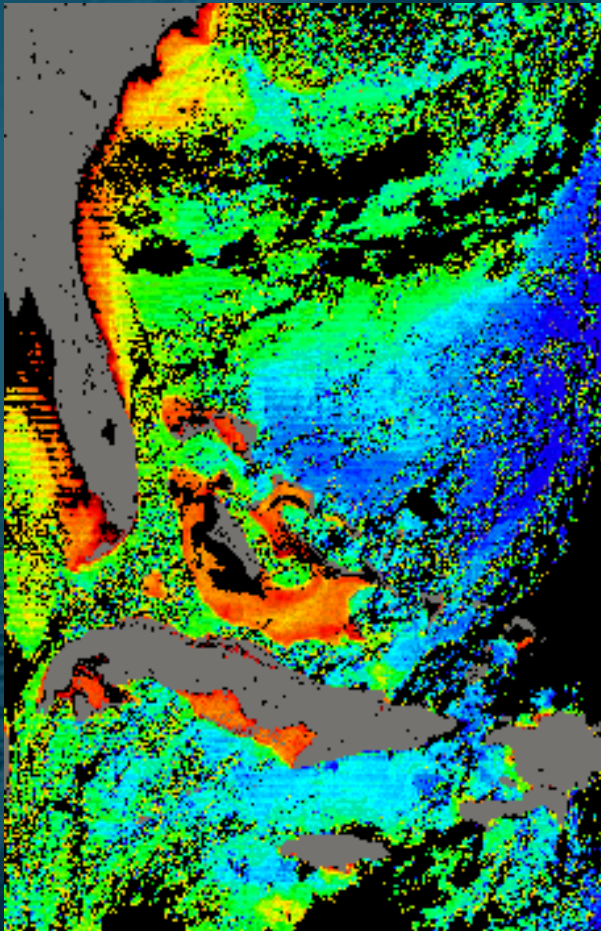
36个波段: $0.4\ \mu\text{m}$ to $14.4\ \mu\text{m}$.



MODIS

MODIS的三类基本产品：海洋水色，海表面温度和海洋初级生产力

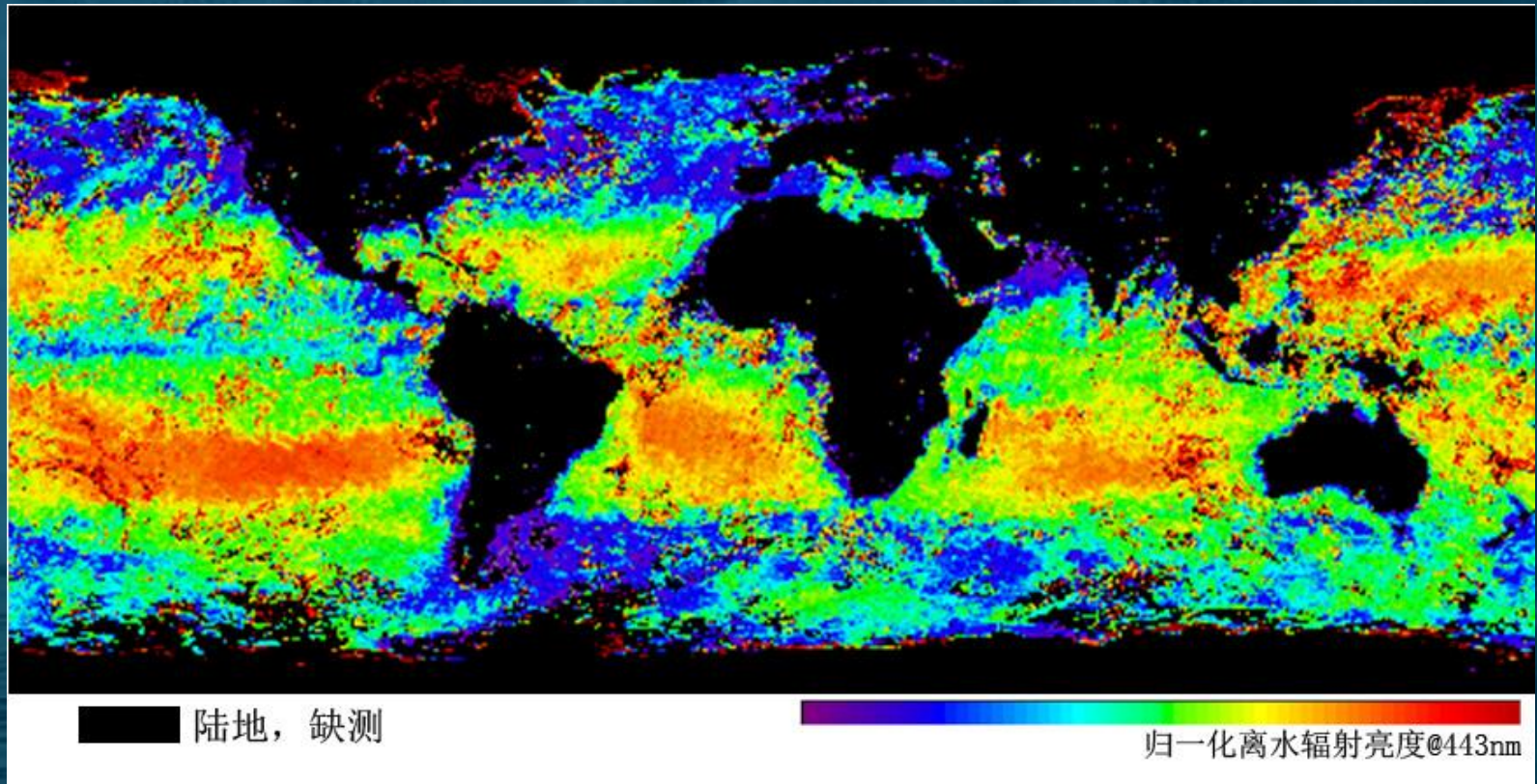
与**SeaWiFS**不同，所有的**MODIS**产品都有**Level-2**产品



Level 2 叶绿素浓度（分辨率：1km）
Florida, Bahamas, Cuba
October 29, 2000

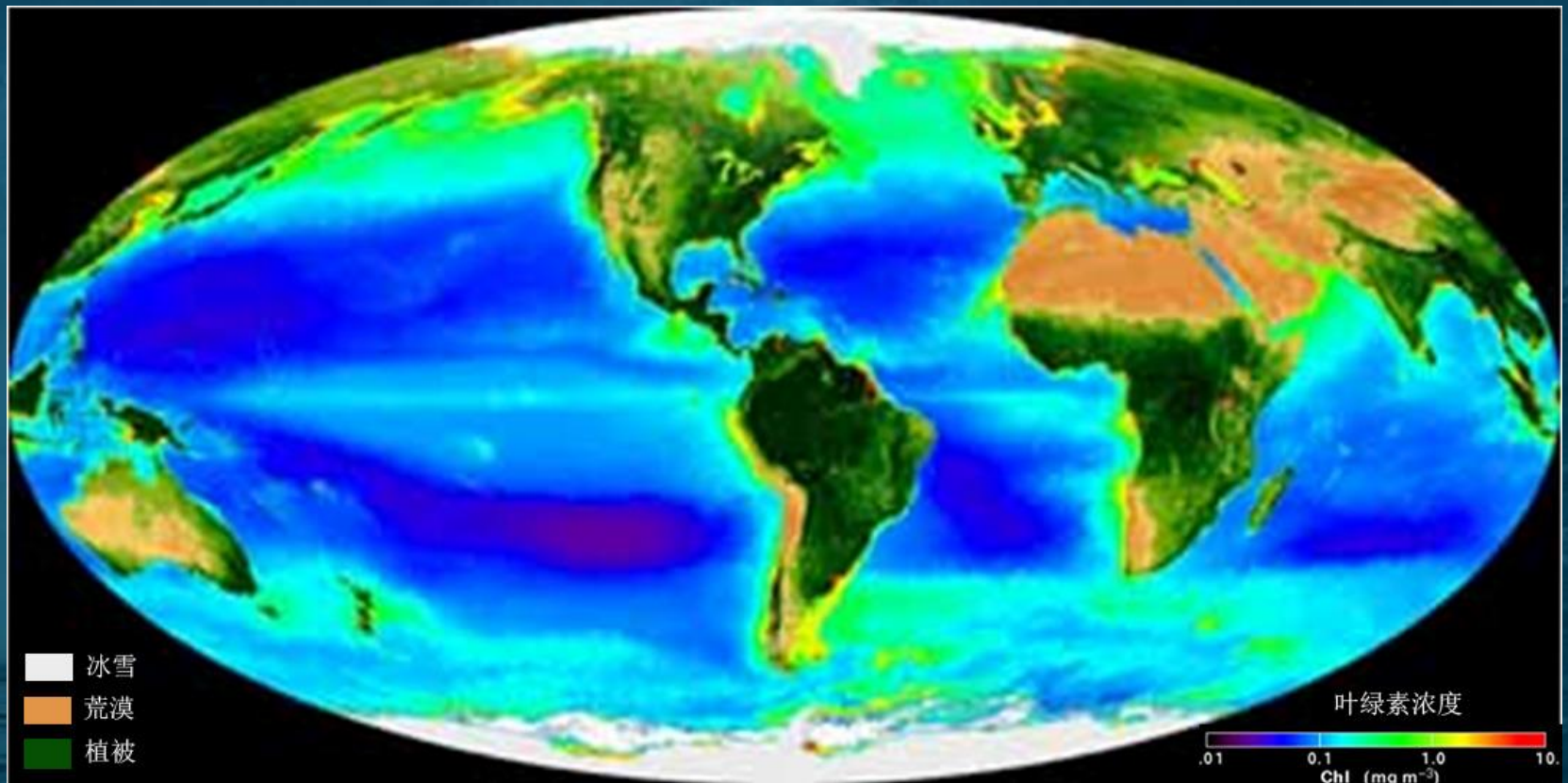
MODIS

MODIS数据还有Level 3 and Level 4产品
全球网格4096x8192大小, 对应于4.5 km分辨率.



归一化离水辐亮度 at 443 nm - March 6-13, 2001

由水色数据得到的全球浮游植物量分布



CZCS, SeaWiFS和MODIS可以显示全球的浮游植物量分布情况.



§ 2.5 中国“海洋一号”卫星及数据产品 (Chinese HY-1 Satellite & Data Products)

- “海洋一号” A (HY-1A) 是我国第一颗用于海洋水色探测的试验型业务卫星，发射与2002年5月；
- 十波段中国海洋水色和温度扫描仪COCTS (Chinese Ocean Color & Temperature Scanner俗称水色扫描仪)
四波段电荷耦合装置相机 (CCD: Charge Coupled Device, 俗称CCD相机)。
- HY-1A观测区域为渤海、黄海、东海、南海、日本海及海岸带等区域；主要观测要素是海水光学特征、叶绿素浓度、悬浮泥沙含量、可溶有机物、污染物及海表面温度等；兼顾观测要素包括海洋冰情、浅海地形、海流特征及海面上空对流层气溶胶。

HY-1A卫星总体技术特性

轨道类型	太阳准同步近圆形极地轨道	姿态控制	3轴稳定
轨道高度	798km	测控	统一S频段
倾角	98.8°	数传系统	X频段下行
降交点地方时	8:53~10:10am	数码传输速率	5.3232Mbps
轨道周期	100.8min	星上存储量	80MB
再访问时间 (中纬度地区)	水色扫描仪3天 CCD 相机7天	设计寿命	2年

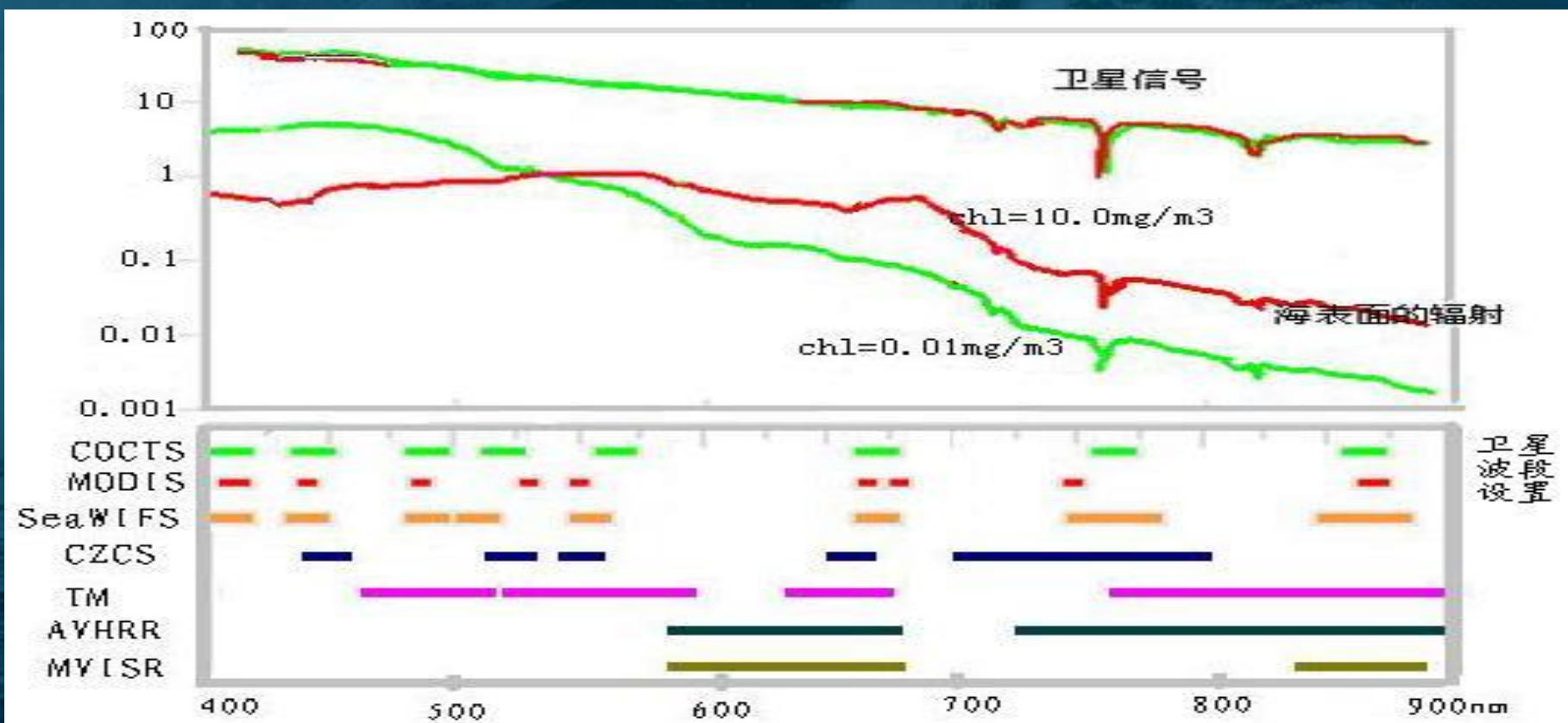
中国海洋水色和温度扫描仪COCTS（Chinese Ocean Color & Temperature Scanner）的八个可见光与近红外通道的技术指标

波段[nm]	412	443	490	520	565	670	750	865
波段宽度	±10	±10	±10	±10	±10	±10	±20	±20
饱和辐亮度 [mW. cm ⁻² . μm ⁻¹ . sr ⁻¹]	12.1	11.0	9.4	8.2	6.9	4.9	2.9	2.3
典型输入 [mW. cm ⁻² . μm ⁻¹ . sr ⁻¹]	9.10	8.41	6.56	5.46	4.57	2.46	1.61	1.09
典型信噪比（SNR）	349	472	467	448	417	309	319	327

HY-1A卫星地面应用系统数据产品种类

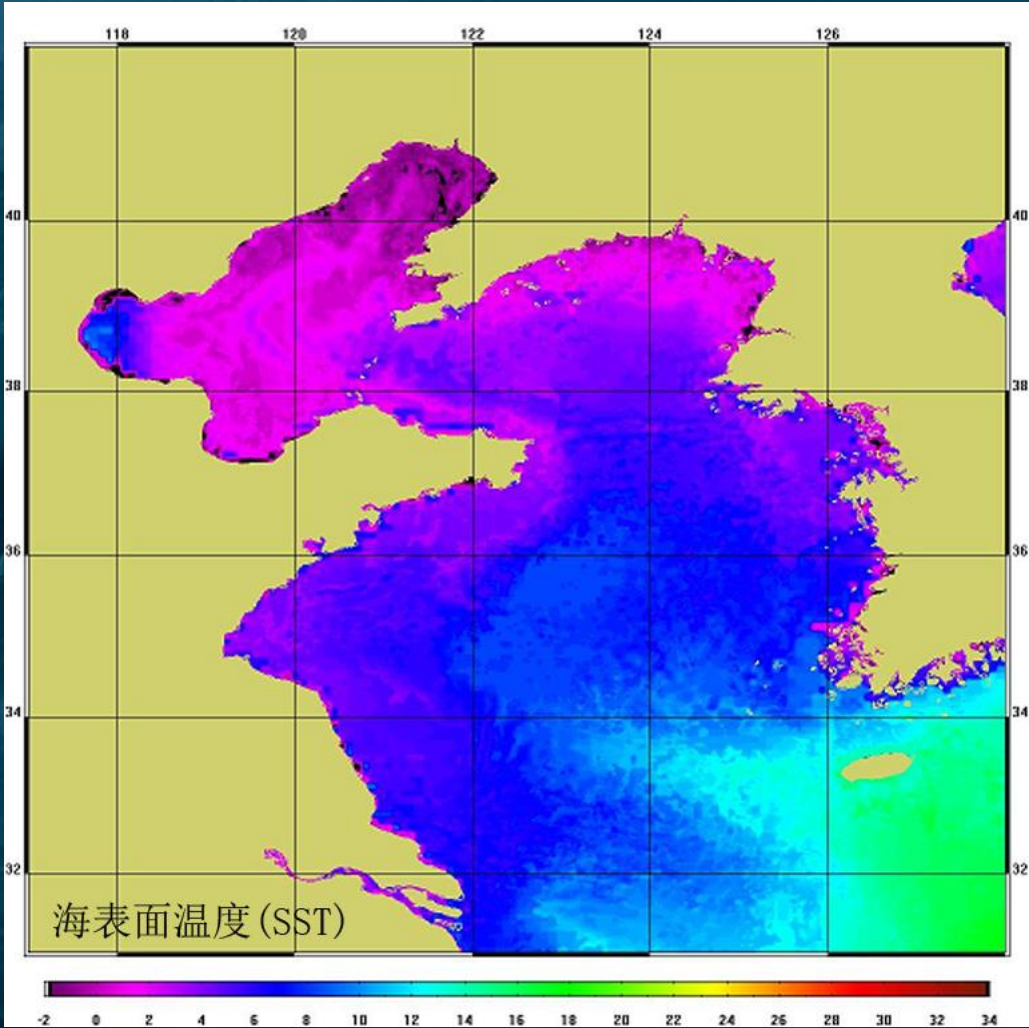
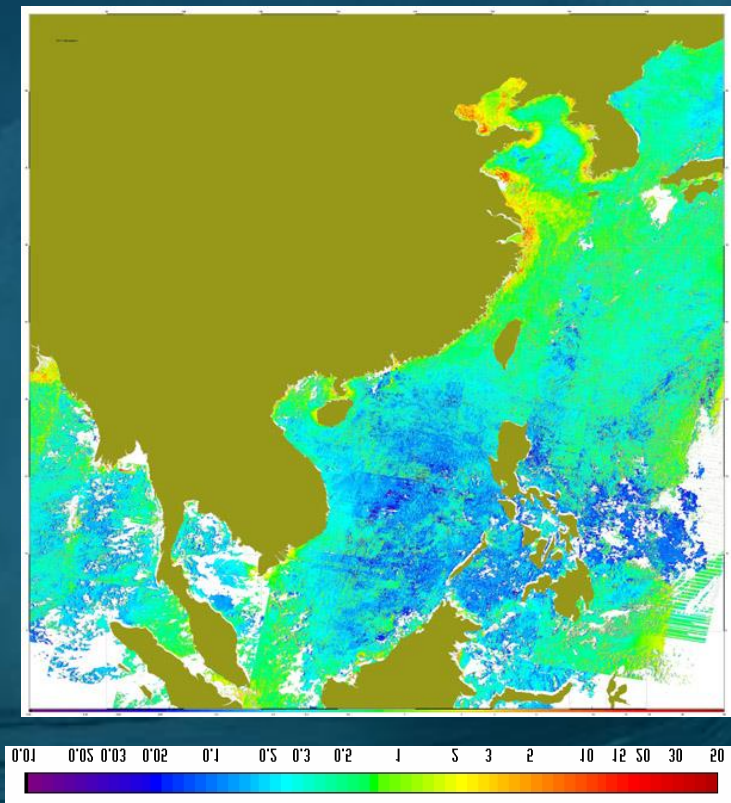
级 别	传感器	产 品 种 类
0级	COCTS	解包后的原始数据cocts.L0
	CCD	解包后的原始数据ccd.L0
1级	COCTS	经云检测、地理定位和辐射校正后的L1A、L1B
	CCD	经云检测、地理定位和辐射校正后的L1A、L1B
2级	COCTS	6种离水辐亮度 (412、443、490、510、555和670波段) 3种气溶胶辐射 (670、750和865波段) 第7和8波段气溶胶辐射比，气溶胶光学厚度 (865波段) 叶绿素-a浓度分布，海表面温度分布，悬浮泥沙含量分布 漫衰减系数
	CCD	植被指数NDVI和泥沙含量等2种
3级	COCTS	16种2级产品要素的周和月统计结果

中国海洋水色和温度扫描仪COCTS (Chinese Ocean Color & Temperature Scanner)



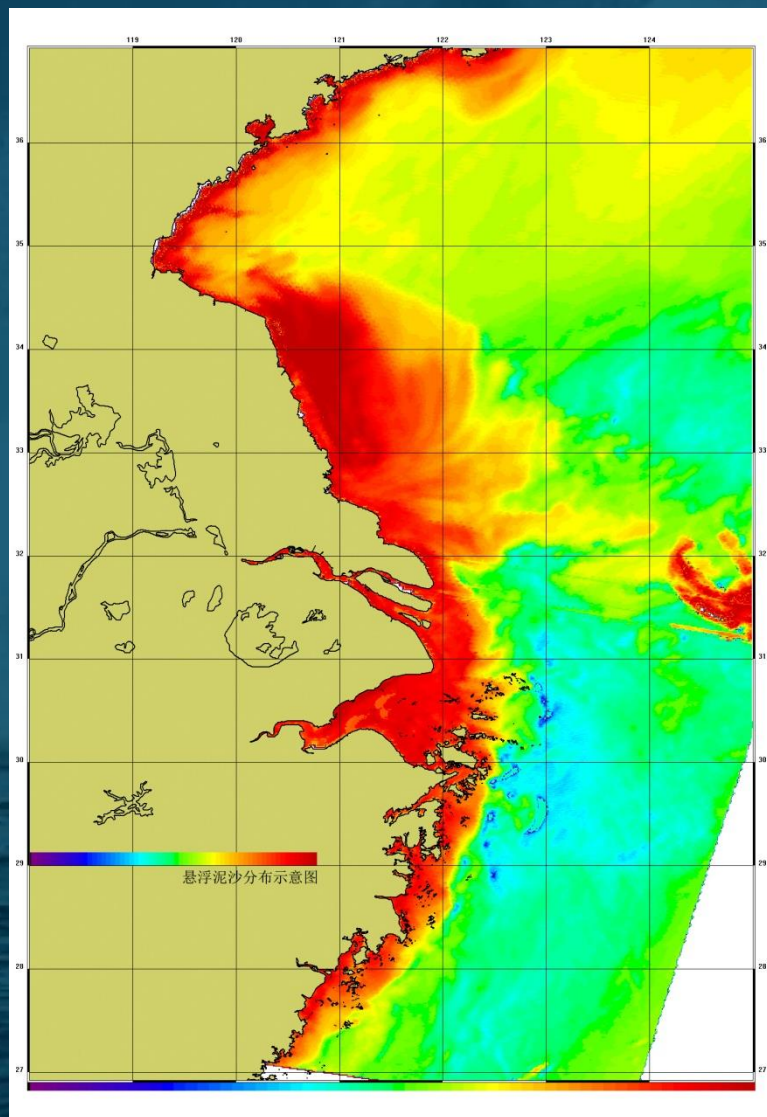
- 在HY-1A及地面应用系统正常运行一年当中，国家卫星海洋应用中心累计接收、处理了HY-1A卫星的1021次观测数据，观测范围覆盖中国海域以及大西洋、南太平洋、印度洋、墨西哥湾和南极大陆等海域和地区。通过开发信息提取模式，获得了海洋离水辐射率、叶绿素-a浓度分布、海表面温度分布、气溶胶光学厚度和悬浮泥沙含量分布等海洋水色相关信息，制作了多种卫星资料产品。

HY-1A/COCTS资料反演的2002年6月叶绿素浓度



HY-1A/COCTS探测的2003年第一季度渤海SST

HY-1卫星遥感资料反演的长江口悬浮泥沙分布



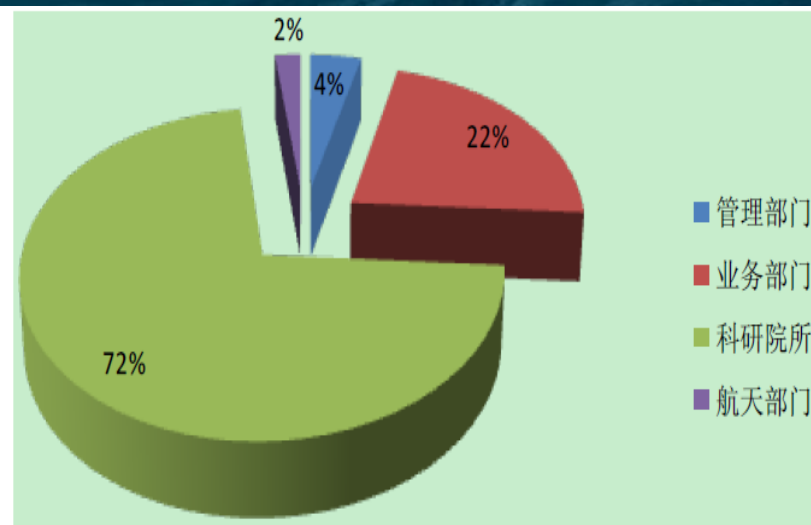
2003年2月5日HY-1卫星COCTS探测的渤海辽东湾和渤海湾海冰

■海洋1B是海洋1A的接替星，同属**海洋水色系列卫星**，携带有海洋水色扫描仪（COCTS）和海岸带成像仪（CZI）

■基本延续了海洋1A的主要设计，但其各项指标和功能都有了较大提高，取得多项技术突破，星上的海洋水色扫描仪和海岸带成像仪性能都大幅提高，遥感视场幅宽由约1300公里增至3000公里左右。工作模式由每天成像2~3次增加到7~8次：水色扫描仪对全球观察的重复观测周期由原来的3天缩短为1天，使对海洋的每天预测成为可能。

境外探测次数统计表

探测区域	探测次数	探测区域	探测次数
亚洲	14	太平洋	382
欧洲	72	印度洋	10
非洲	103	大西洋	66
北美洲	13	北冰洋	6
南美洲	15	南极	27
大洋洲	39	地中海/里海/红海	100

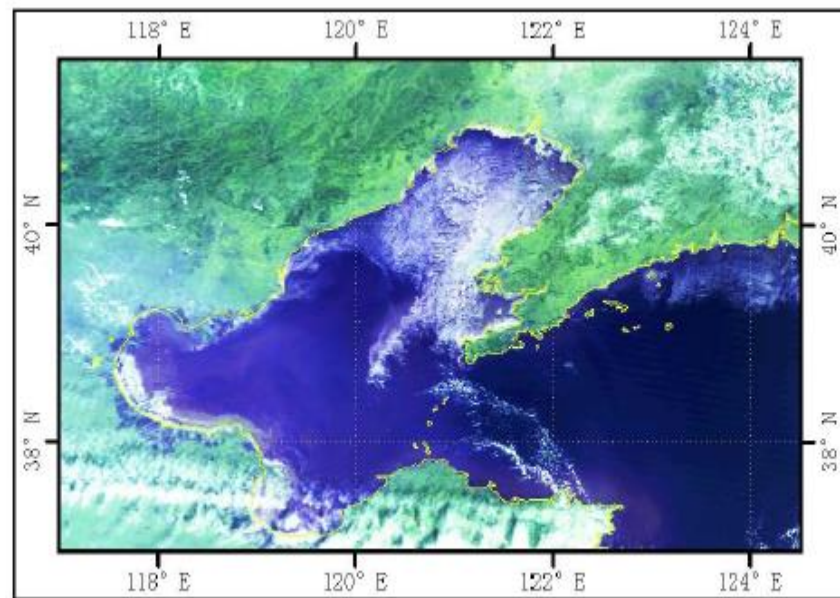


HY-1B 卫星分发数据量比例图

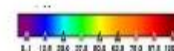
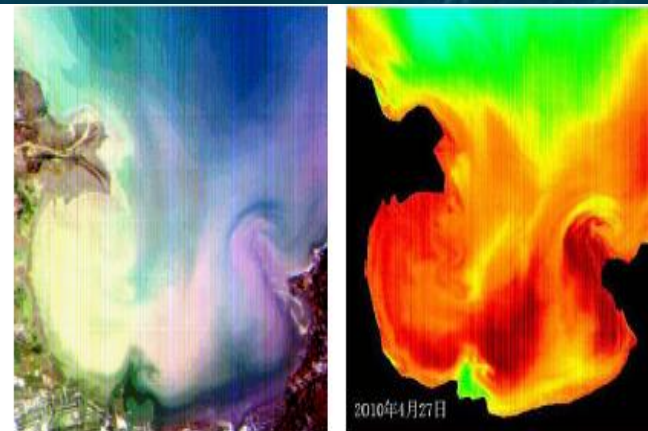
2010年HY-1B卫星数据分发典型实例

使用单位	数据产品类型	数据用途
国家海洋局北海分局	L1B、L2	海洋环境监测预报
国家海洋局南海分局	L1B、L2	海洋环境监测预报
国家海洋环境预报中心	L1B、L3D	海温、海冰预报
国家海洋环境监测中心	L1B、L2	海洋环境监测预报
国家海洋信息中心	L1B	海洋遥感信息提取
国家海洋局第一海洋研究所	L1B	海洋科学研究
国家海洋局第二海洋研究所	L1B	海洋科学研究
国家海洋局第三海洋研究所	L1B	海洋科学研究
山东省海洋环境监测中心	L1B、L2	海洋环境监测预报
河北省海洋预报台	L1B、L2	海温、海冰预报
天津海洋环境监测中心站	L1B、L2	海洋环境监测
辽宁海洋环境监测总站	L1B、L2	海洋环境监测
福建省海洋环境监测中心	L1B、L2	海洋环境监测
海南省海洋监测预报中心	L1B、L2	海洋环境监测预报
航天东方红卫星有限公司	L1B	海洋卫星研制
中科院上海技物所	L1B	海洋卫星载荷研制
中科院遥感所	L1B	三峡工程生态环境评估
中科院东海水产所	L1B	大洋渔业研究
中国海洋大学	L1B、L2	海洋水色与生态研究
上海海洋大学	L1B	海洋科学研究
海军潜艇学院	L1B	海洋科学研究
河北省遥感中心	L1B、L2、L3D	海温、赤潮、海冰研究
华东师范大学河口海岸科学研究所	L2	长江口海岸线科学研究
华东师范大学河口海岸学国家重点实验室	延时 L1B、L2	海岸科学研究
南京信息工程大学遥感学院	L1B、L2	太湖科学研究
上海市海洋局	L1A、L1B	上海市近海的科学研究
上海物理所	L0	海洋科学研究
国家海洋信息中心	L2、L3D	海洋科学研究

注：L0为HY-1B卫星原始数据；L1A为L0级数据经地理定位、波段配准等处理后的二级数据产品；L1B为L1A产品经辐射校正后生成的一级数据产品；L2为二级产品。数据2A（基础产品）、2B（标准产品）和2C（实验产品）；L3D为应用产品。



2010年2月13日HY-1B COCTS 海冰遥感影像图



2010年4月27日莱州湾HY-1B CZI 悬浮泥沙浓度监测结果

(国家海洋局第一海洋研究所提供)



■ 谢谢！