



风云四号云和气溶胶产品介绍



云-气溶胶产品开发科学小组

报告人：徐娜

组 员：王曦，李博，王富，闵敏，
陈林，高玲，高文华，胡亮

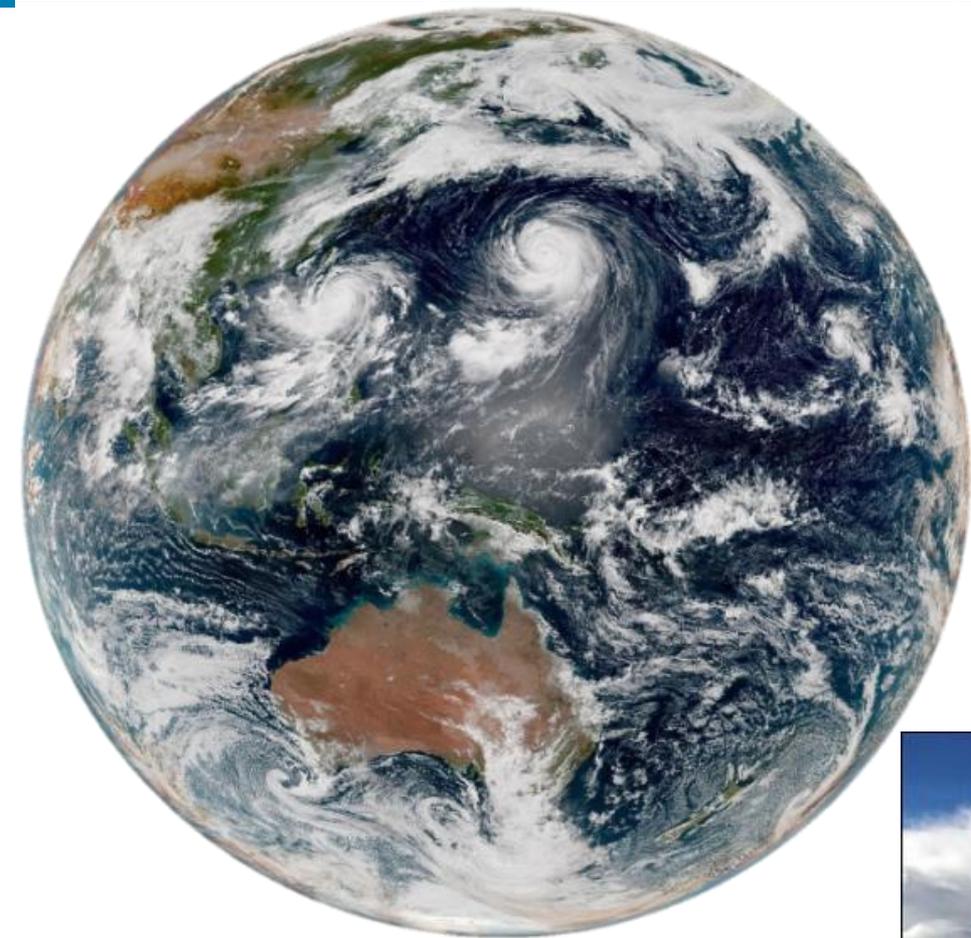
2016-11-06

xuna@cma.gov.cn 68406704

提 纲

- 一. 研究背景
- 二. 产品介绍
- 三. 算法概述
- 四. 精度检验
- 五. 应用领域展望及示例

研究背景——云



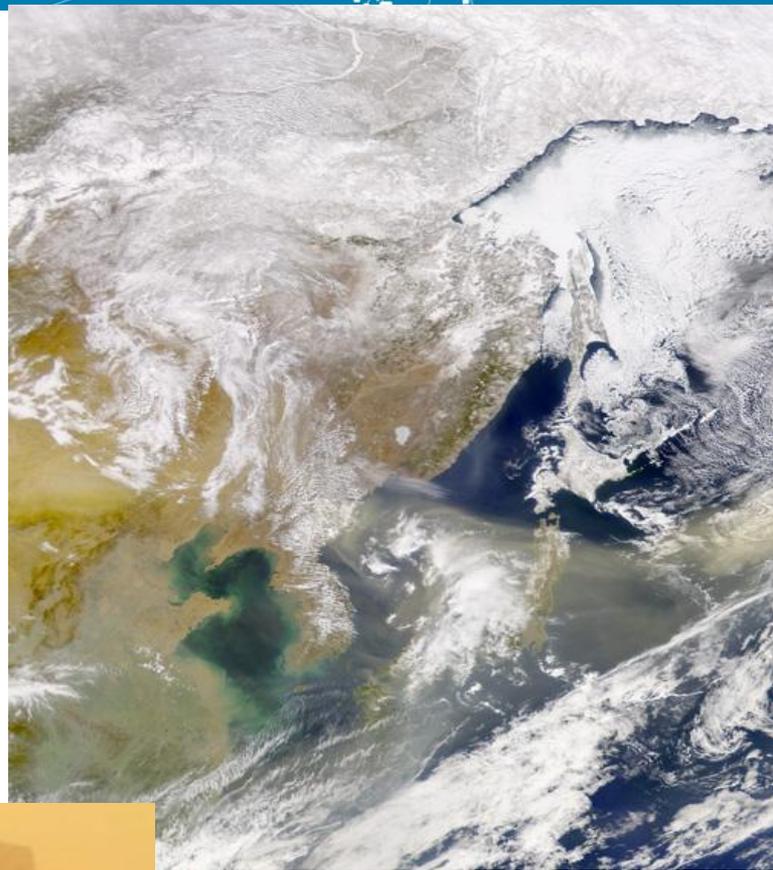
全球平均总云量约为60%
云能调节地气系统的辐射能量和水分循环的平衡，云特性的任何变化都可能对全球气候造成很大影响，同时分析卫星云图中云系的移动和变化，有助于我们提高预报天气的能力；



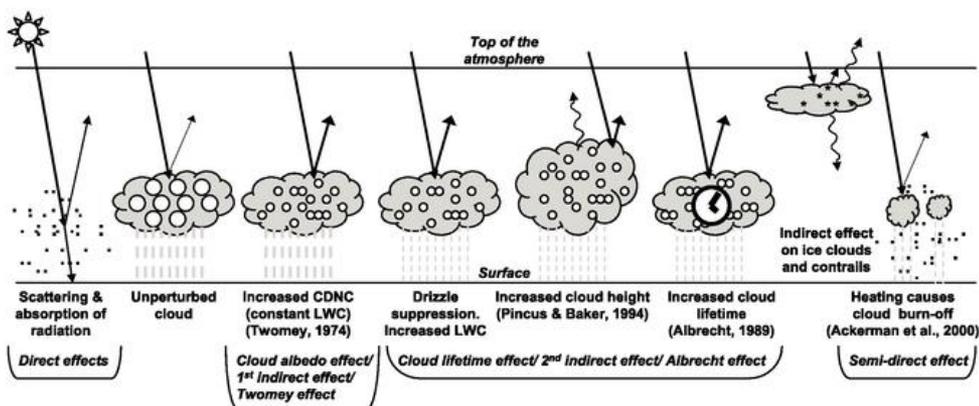
研究背景——气溶胶

气溶胶是大气中普遍存在的异质混合物。

气溶胶对空气质量、能见度、酸沉降、云和降水、大气的辐射平衡和平流层和对流层的化学反应都有影响



研究背景——云-气溶胶相互作用



大气中颗粒物浓度增加，能够显著影响云的形成和发展及伴随的降水过程。地面气溶胶浓度对云高和云厚有显著影响，进而影响降水频次和降水强度的变化。

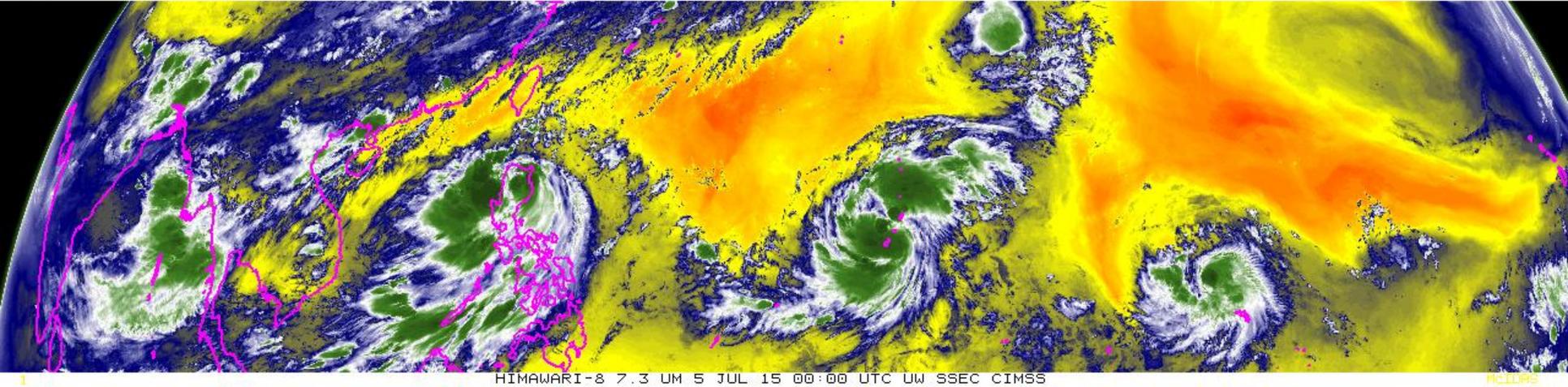
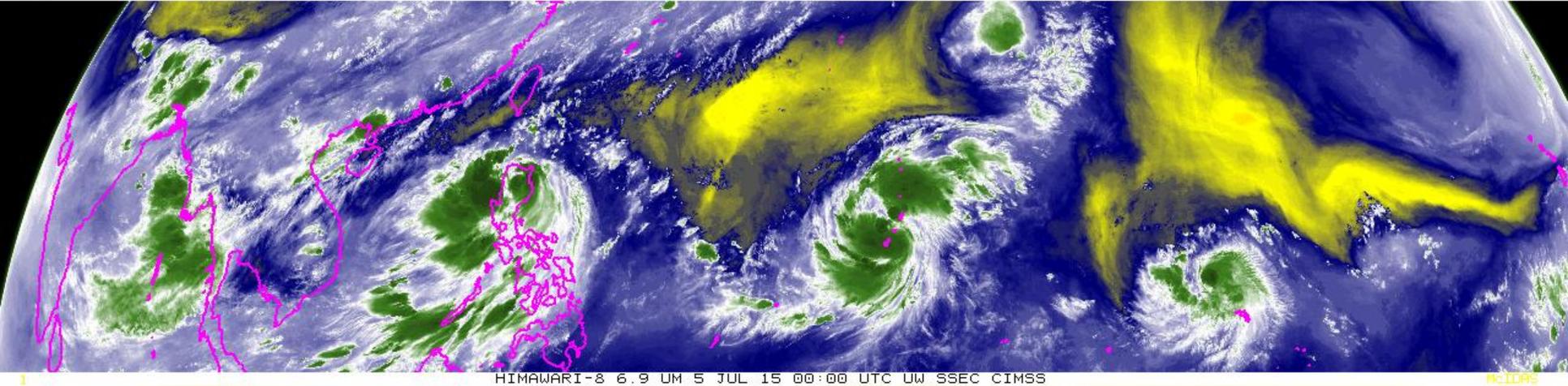
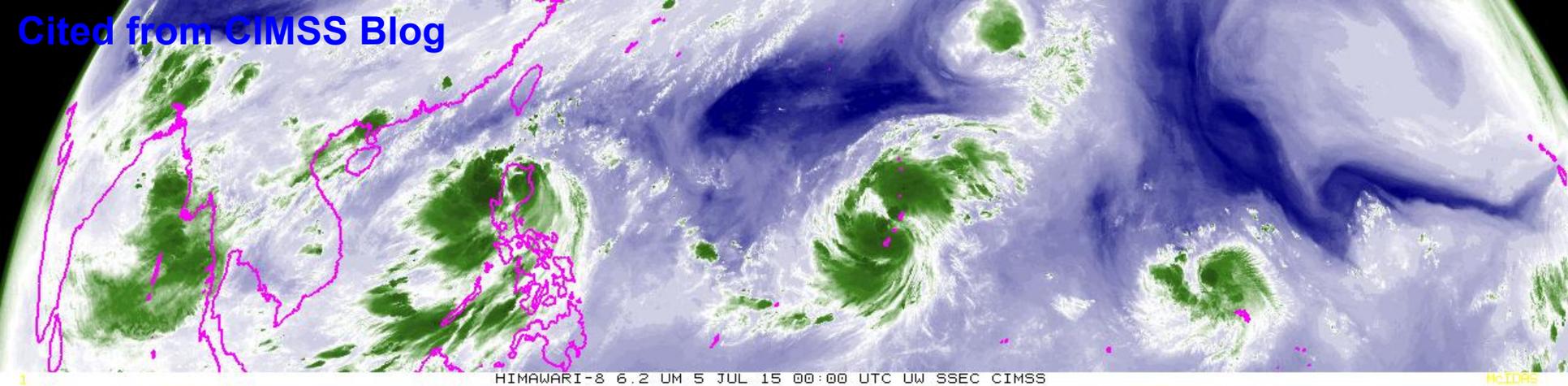
在干燥地区或季节，颗粒物增加会抑制降水；在湿润地区或季节，颗粒物增加会增加降水和暴雨强度。导致小雨、毛毛雨在减少，但暴雨却呈现增多趋势。



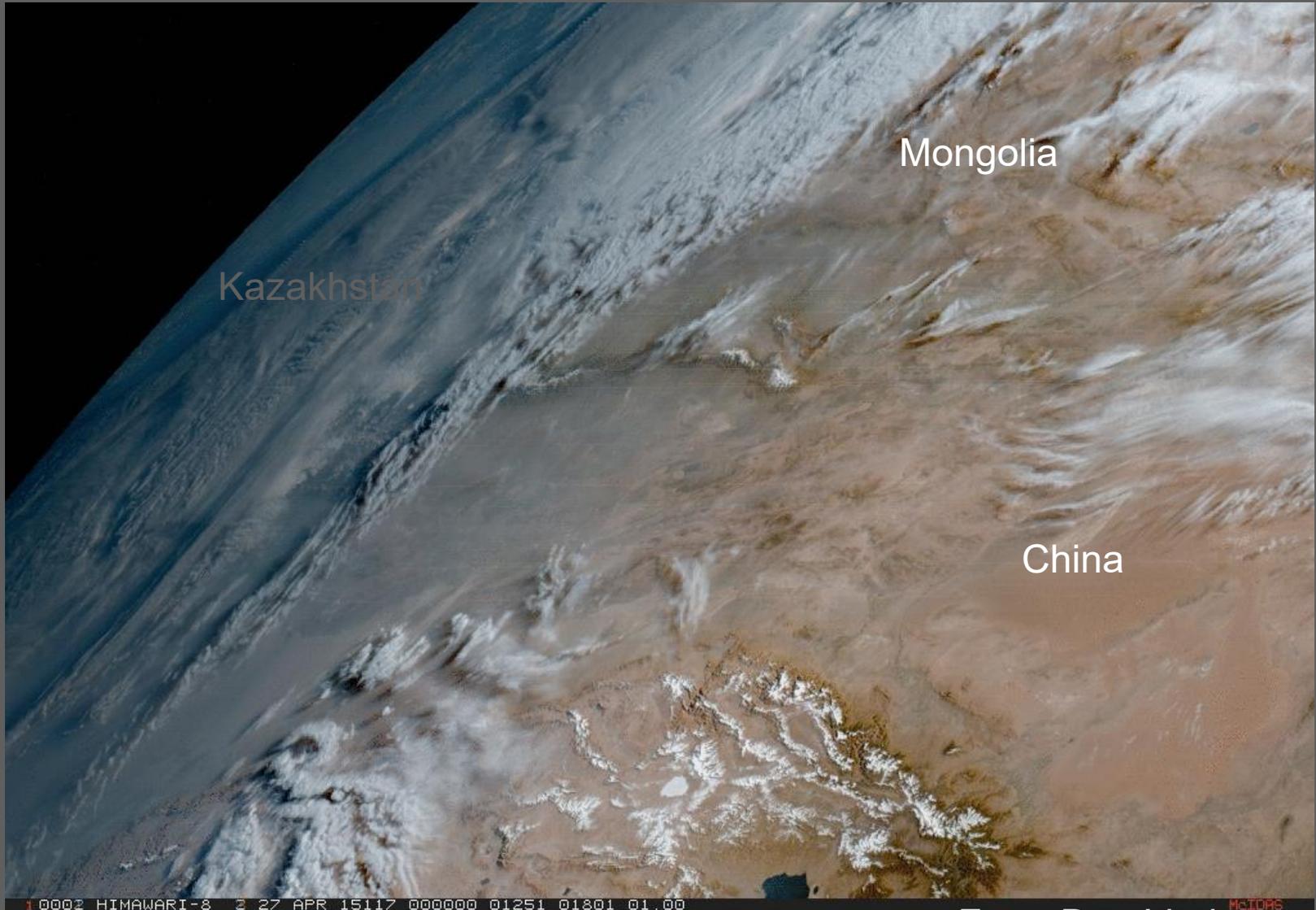
Full Disk Animation
Himawari-8 AHI
6 July 2015



From Dan Lindsay and Mille



Large Chinese Dust Storm 27 April 2015



1 0002 HIMAWARI-8 2 27 APR 15117 000000 01251 01801 01.00

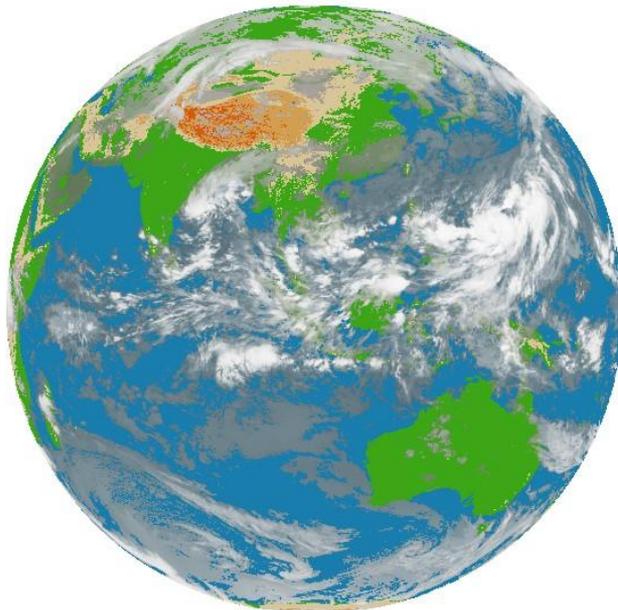
NOIDS

From Dan Lindsay and Mille

定量应用能力提升——成像仪性能提升、光谱通道增加

Himawari-8/AHI			FY-4A/AGRI			FY-2/VISSR		
Band	Wavelength (μm)	Spatial Resolution (Km)	Band	Wavelength (μm)	Spatial Resolution (Km)	Band	Wavelength (μm)	Spatial Resolution (Km)
1	0.46	1	1	0.46	1			
2	0.51	1	2	0.64	0.5~1	1	0.64	1
3	0.64	0.5	3	0.86	1			
4	0.86	1	4	1.38	2			
5	1.60	2	5	1.61	2			
6	2.30	2	6	2.25	2~4			
7	3.90	2	7	3.80 (high)	2	4	3.8	4
8	6.20	2	8	3.80 (low)	4			
9	7.0	2	9	6.5	4	3	6.5	4
10	7.3	2	10	7.2	4			
11	8.6	2	11	8.5	4			
12	9.6	2						
13	10.4	2						
14	11.2	2	12	11.0	4	2	10.8	4
15	12.3	2	13	12.0	4	3	12.0	4
16	13.3	2	14	13.3	4			
OM	1 Full Disk/10 min.		OM	1 Full Disk/15 min		OM	1 Full Disk/ 60 min	

假彩图

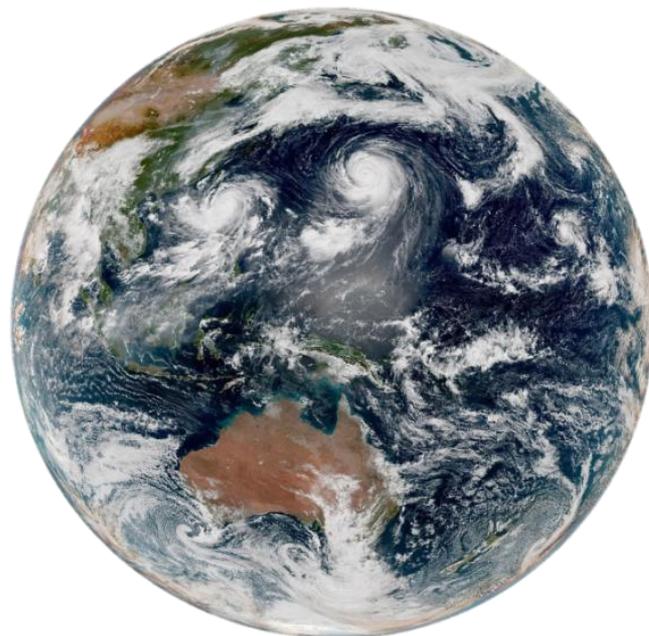


Increased Observation Spectral Bands

VIS: 1 --> 3

NIR/IR : 4 --> 13

真彩图 (RGB)



with Higher Resolution

Spatial:

1km --> 0.5km for a VIS channel

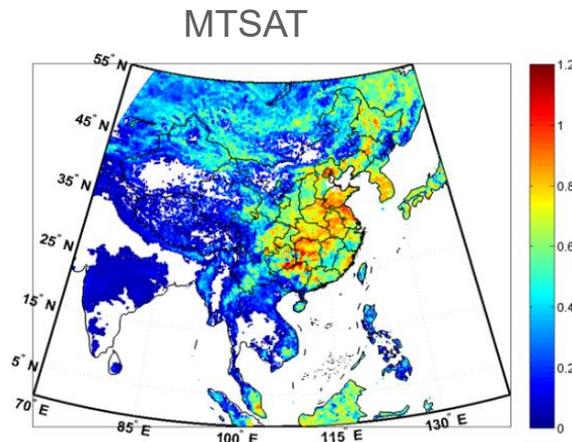
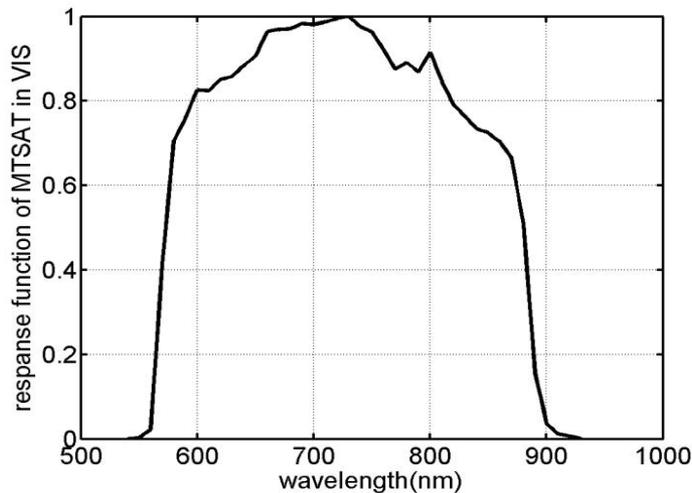
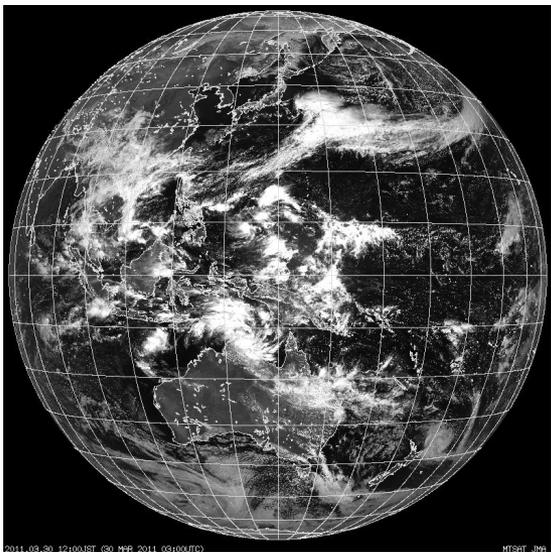
4km --> 2 km for IR channels

Temporal:

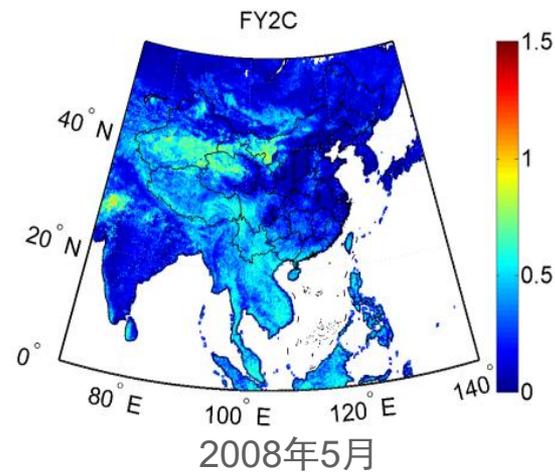
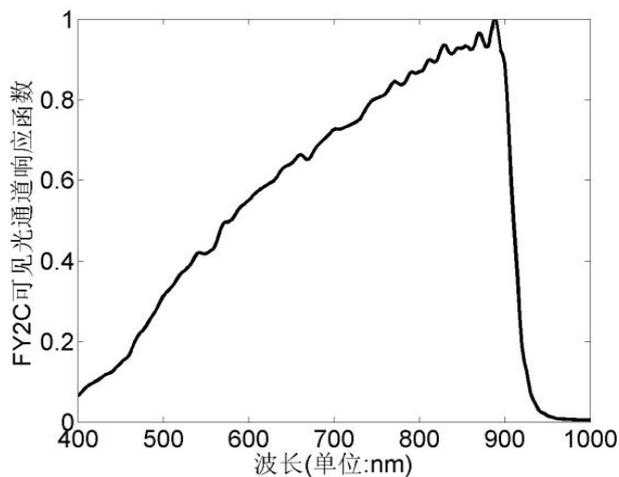
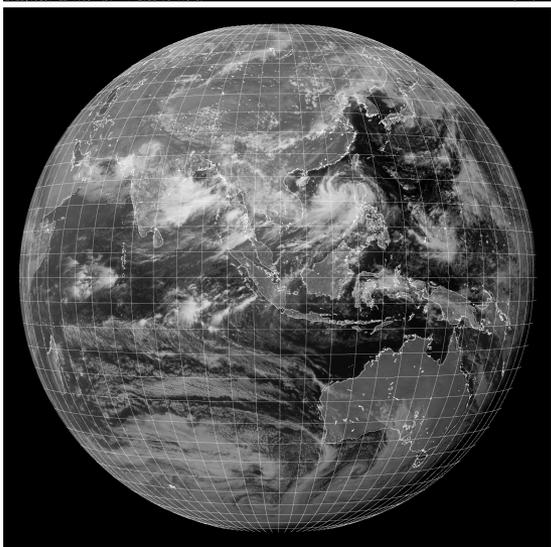
1 hr --> 10 min for a full disk scan

2.5min for limited areas

量化等级提高、光谱通道数增加，大大提升定量应用产品精度



可见光只有一个通道，因此地表反射率的估计有较大误差，导致AOD产品质量受到很大的限制！



二、产品介绍

- 基于成像仪观测资料，逐像元(4km)，圆盘时效(15min)

产品名称		产品责任人	联系方式
云检测		王 曦、胡亮	wangxi@cma.gov.cn
云分类和相态		李 博	boli@cma.gov.cn
云顶高度温度和气压		王 富、高文华	wangfu@cma.gov.cn
云光学和微物理特性	白天	闵 敏	minmin@cma.gov.cn
	夜间	徐 娜	xuna@cma.gov.cn
气溶胶	海洋气溶胶	陈 林	chenlin@cma.gov.cn
	陆地气溶胶	高 玲	gaoling@cma.gov.cn
沙尘检测		陈 林	chenlin@cma.gov.cn

产品介绍——云检测

- 风云四号云检测产品是以云和晴空在辐射特征上存在明显差异为依据，提供成像仪全圆盘像素级晴空或云的检测结果

云检测结果及其描述

Result	Value	Description
Clear	3	Pixels that passed no test for cloud and failed a test for spatial heterogeneity
Probably clear	2	Pixels that passed no test for cloud but passed tests for spatial heterogeneity
Probably cloudy	1	Pixels that passed a test for cloud and passed a test for cloud edges
Cloudy	0	Pixels that passed a test for cloud and failed a test for cloud edges

产品介绍——云类型和云相态

- FY-4云类型和云相态分别包含6类和4类产品输出。云类型产品为：暖（液态）水云、过冷水云、混合云、不透明冰云、卷云（即半透明冰云）和多层云（上层为半透明，下层为不透明）。云相态产品为：液态（暖）水相态、过冷水相态、混合相态和冰相态。云相态产品直接由云类型产品推导得出。

- ◆ 产品适用范围：卫星天顶角在 80° 以内
- ◆ 假设：云层为单一层次且各向均匀

云类型输出产品描述

分类	描述	数值
晴空	云检测产品标示为晴空像元	0
少量云	云量很少	1
暖水云	液态水云，不透明云顶温度高于273K	2
过冷却水云	液态水云，不透明云顶温度低于273K	3
混合云	云顶由液态水和冰相粒子同时组成	4
(光学厚度) 厚冰云	云顶发射率较高的冰云，红外光学厚度大于2.0	5
(光学厚度) 薄冰云	云顶的红外光学厚度为2.0或者更小	6
多层云	半透明的冰云叠加在较低的不透明云上	7
无法确定的类型	由于输入数据的质量问题，无法有效确定云的类型	8

云相态输出产品描述

分类	描述	数值
晴空	云检测产品标示为晴空像元	0
液态水	液态水云，不透明云顶温度高于273K	1
过冷却液态水	液态水云，不透明云顶温度低于273K	2
混合相态	云顶由液态水和冰相粒子同时组成	3
冰相	所有云顶为冰相粒子的云的相态	4
无法确定的相态	由于输入数据的质量问题，无法有效确定云的相态	5

产品介绍——云顶高度和温度

- FY4/AGRI云顶高度产品提供主要云顶高度（Cloud Top Height, CTH），云顶气压(Cloud Top Pressure, CTP)和云顶温度(Cloud Top Temperature, CTT)四个参量的反演产品。

- 产品适用范围：云区
- 产品使用通道：两个红外窗区和一个CO₂吸收通道

产品	单位	有效范围
CTH	km	0-18
CTP	hPa	50-1100
CTT	K	150-330

产品介绍——云光学和微物理

- FY4 云光学厚度及微物理特性产品分别提供白天和夜间云光学厚度（COD, Cloud optical depth）、云粒子有效半径CER（Cloud effective radius）、液水路径LWP（Liquid water path）和冰水路径IWP（Ice water path）四个参量的反演产品。

产品指标（Right: DCOMP(SZA<65°) ; Left: NCOMP(SZA>90°)）

- 假设：单层、均匀云像元。
- 白天产品适用范围：
 - 太阳天顶角<65°
 - 光学厚云
- 夜间产品适用范围：
 - 太阳天顶角>90°
 - 光学薄云（薄卷云）

产品	单位	测量范围（白天）	测量范围（夜间）	精度
COD	none	1 < COD < 50	1 < COD < 5	30%
CER	μm	water: 2 < CER < 32 ice: 2 < CER < 50	water: 2 < CER < 32 ice: 2 < CER < 50	water: 4 μm ice: 10 μm
LWP	g/m^2	25 < LWP < 1000	25 < LWP < 100	25 g/m^2
IWP	g/m^2	25 < IWP < 2000	25 < IWP < 175	25 g/m^2

产品介绍——气溶胶光学特性

- FY4/AGRI气溶胶产品分别提供海洋和陆地的气溶胶光学厚度(AOD)、Angstrom 指数(ASI)、悬浮颗粒物的柱质量浓度(SMC)、细粒子比(FMR)四个参量产品。
- 产品适用范围：晴空、暗地（海）表、
太阳天顶角小于 72°

- 假设：地表为朗伯体

产品	单位	有效范围
AOD	无	0~5.0
ASI	无	0~3.0
SMC	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	需要评估
FMR	无	0~ 1.0

产品介绍——沙尘检测

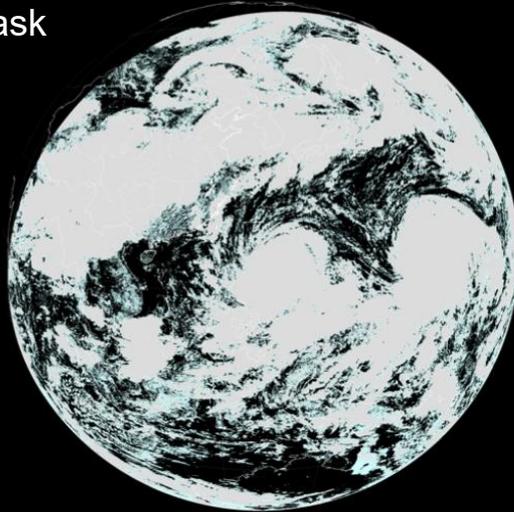
沙尘监测产品（DSD, Dust detection）提供沙尘检测分数结果（DST）和红外差分沙尘指数(IDDI)

产品名称	覆盖范围	单位	范围	产品说明
DST	全圆盘太阳 天顶角<60 度	无	0-24	沙尘的可能性检测；推荐数值在12以上，正在发生沙尘的可能性较大
IDDI	全圆盘太阳 天顶角<60 度	K	0-35	沙尘强度的半定量指数；越大代表沙尘越强。

Cloud Product Sample (1)

AHI08_Cloud_Mask
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

Cloud Mask

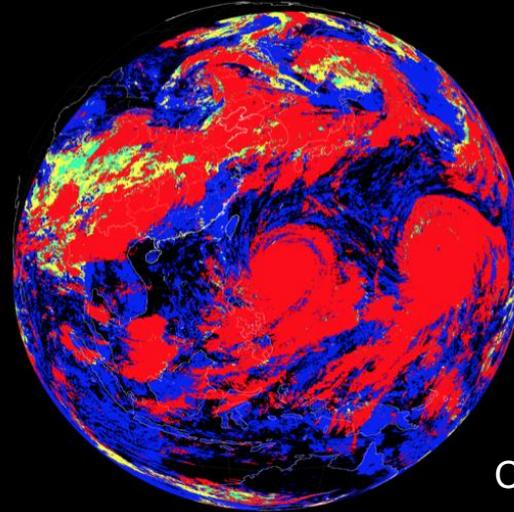


Cloudy
Pro-Cloudy

AHI08_Cloud_Phase
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

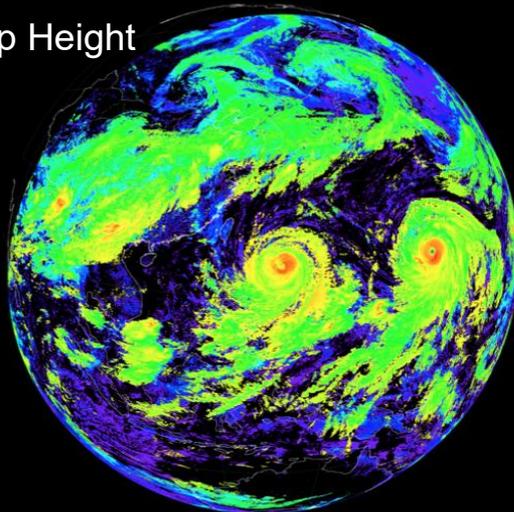
Water
SupCooled
Mixed
Ice

Cloud Phase



AHI08_Cloud_Top_Height [km]
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

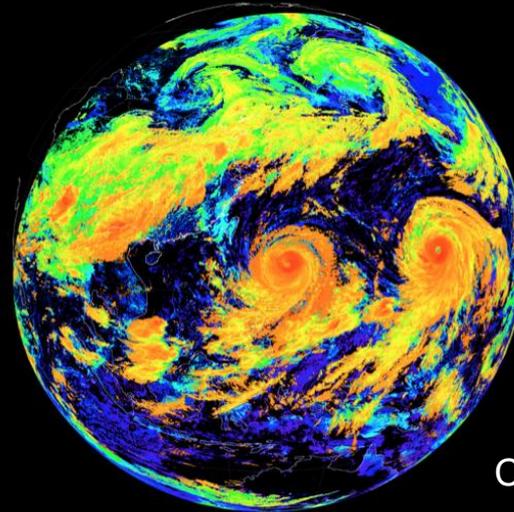
Cloud Top Height



18.0
15.0
12.0
9.0
6.0
3.0
0.0

AHI08_Cloud_Top_Pressure [hPa]
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

Cloud Top Pressure

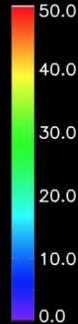
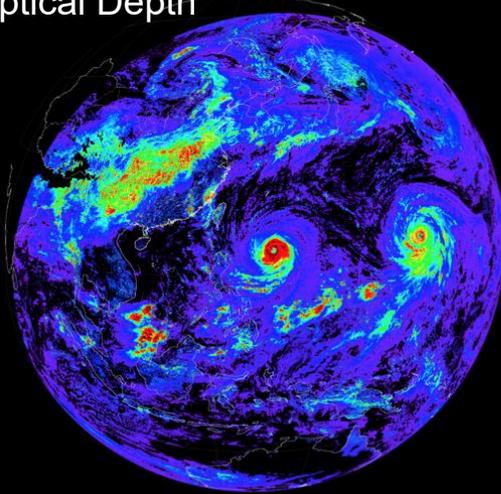


1050.0
850.0
650.0
450.0
250.0
50.0

Cloud Product Sample (2)

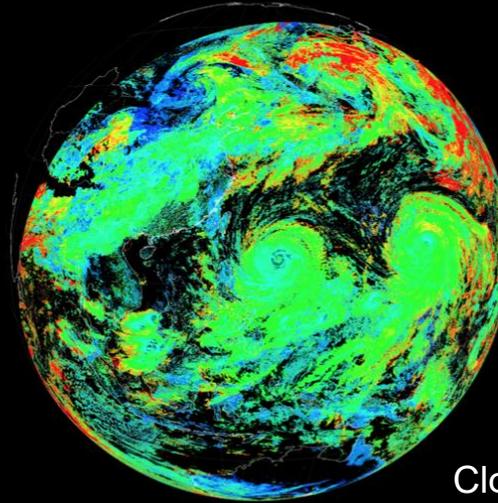
AHI08_Cloud_Optical_Depth (Daytime)
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

Cloud Optical Depth



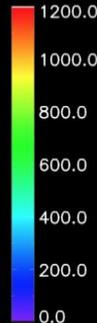
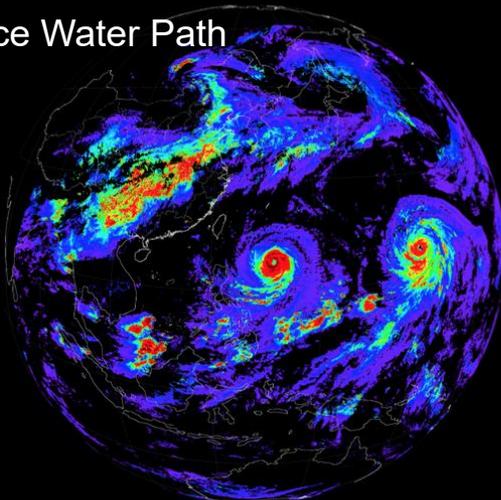
AHI08_Cloud_Effective_Radius (Daytime) [μm]
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

Cloud Effective Radius



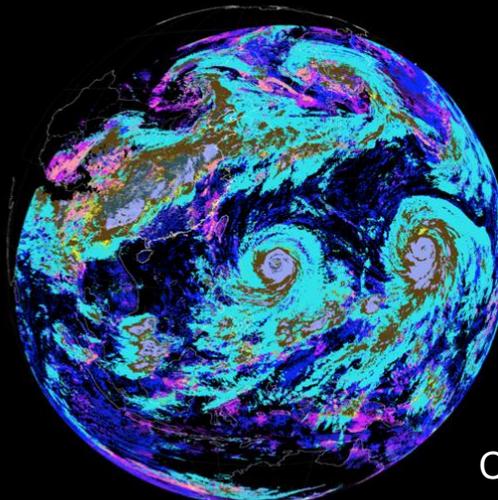
AHI08_Cloud_Ice_Water_Path (Daytime) [g/m^2]
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

Cloud Ice Water Path



AHI08_Cloud_Type_II
UTC_20150819_0400 [BJT_20150819_1200]

Cloud Type II

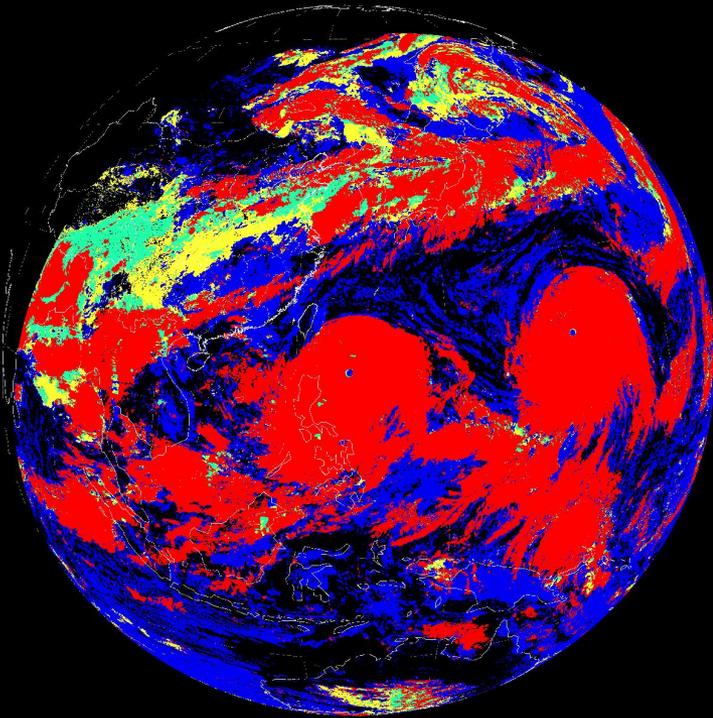


Animation Sample

Cloud Phase

AHI08_Cloud_Phase
UTC_20150820_0010 [BJT_20150820_0810]

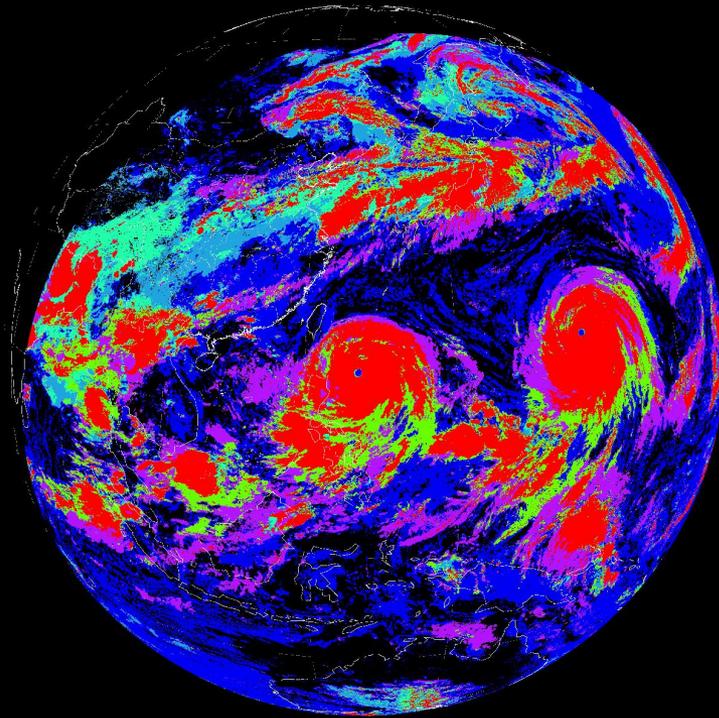
- Water
- SupCooled
- Mixed
- Ice



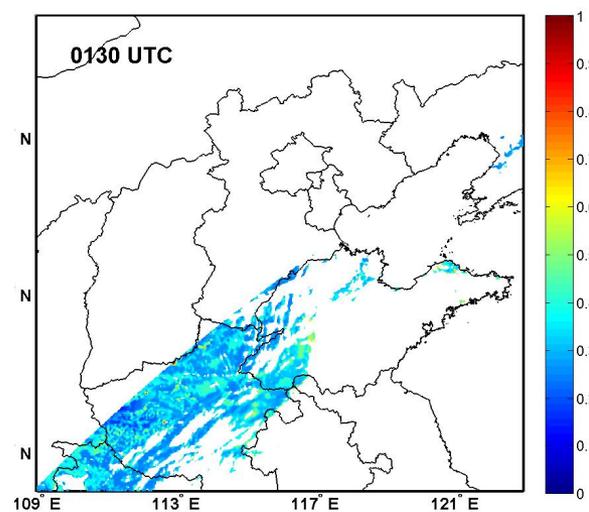
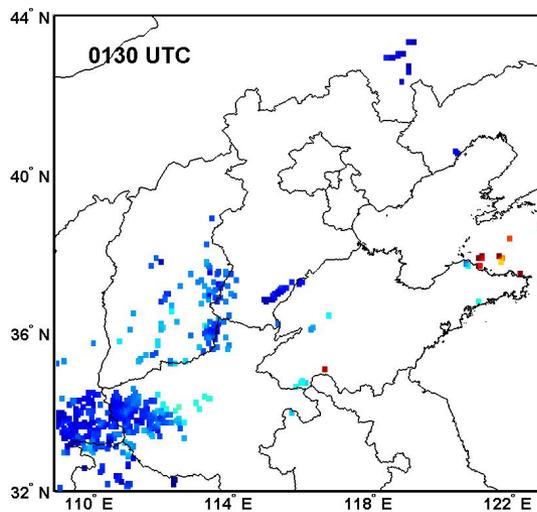
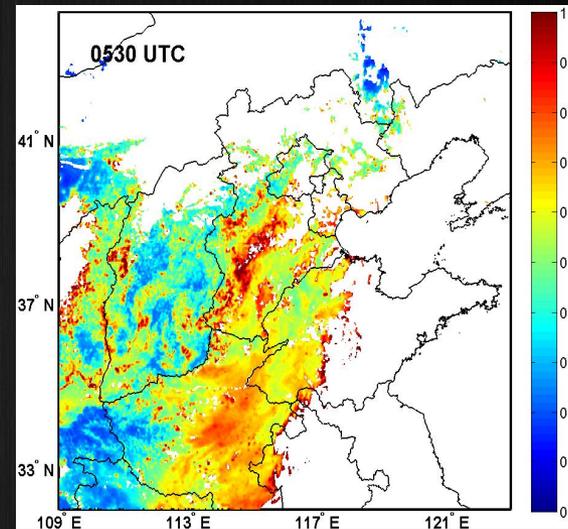
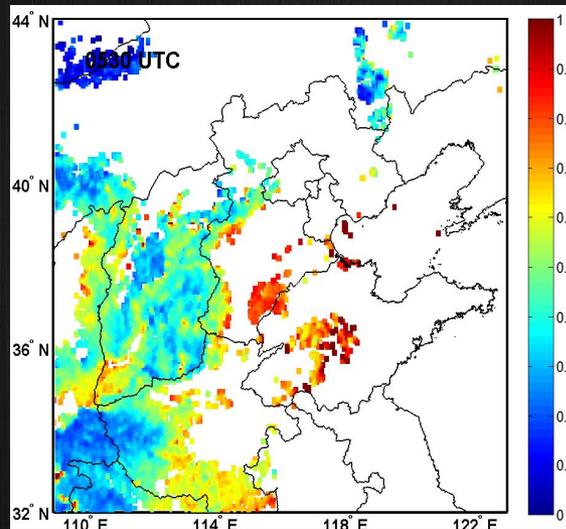
Cloud Type

AHI08_Cloud_Type
UTC_20150820_0010 [BJT_20150820_0810]

- Fog
- Water
- SupCooled
- Mixed
- Tice
- Cirrus
- Overlap
- Overshoot

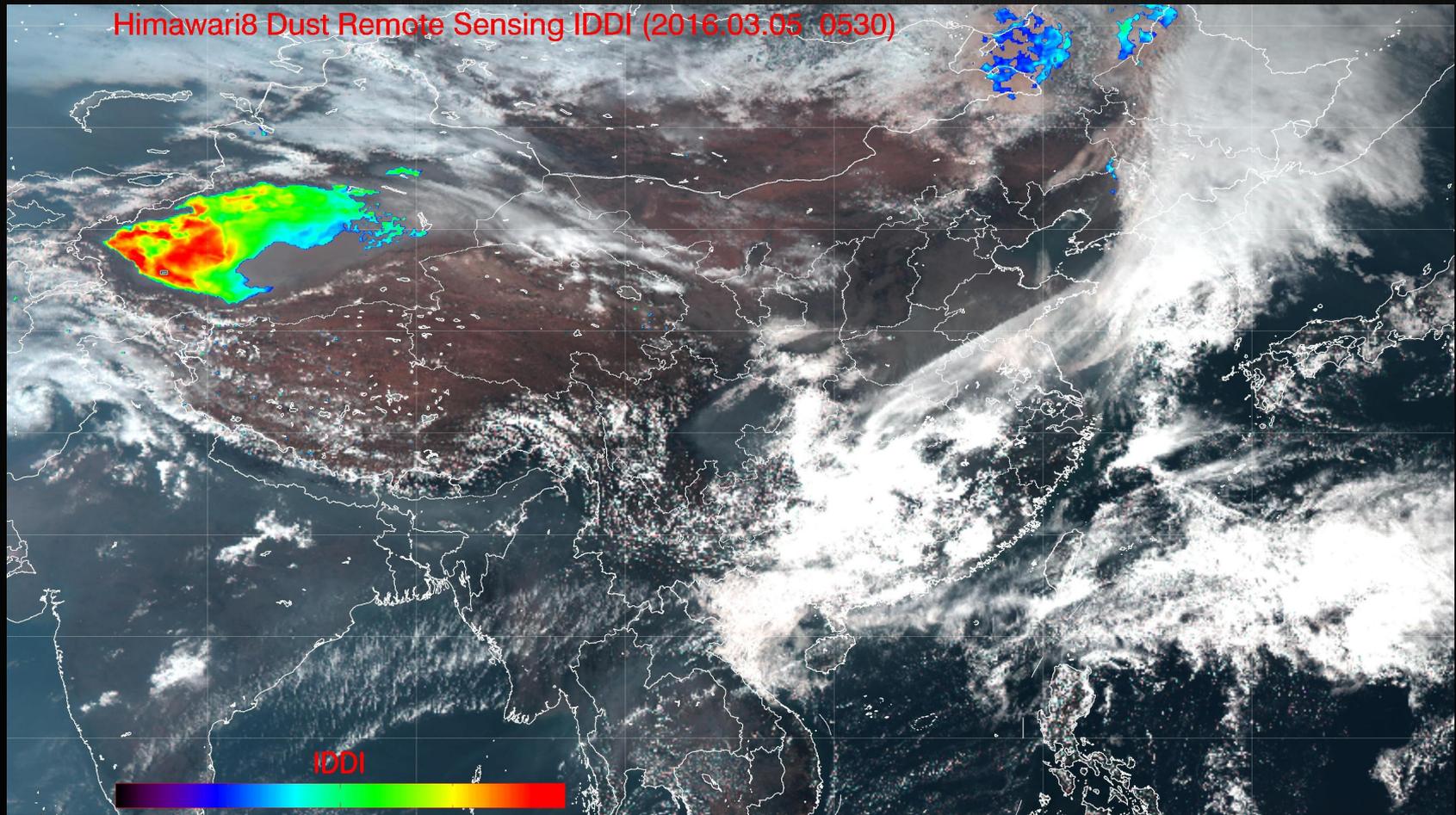


Aerosol Product Sample (1)



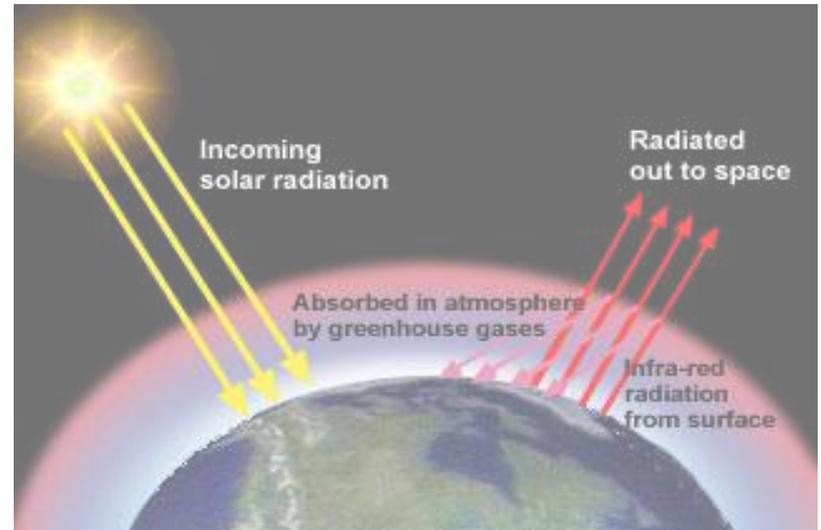
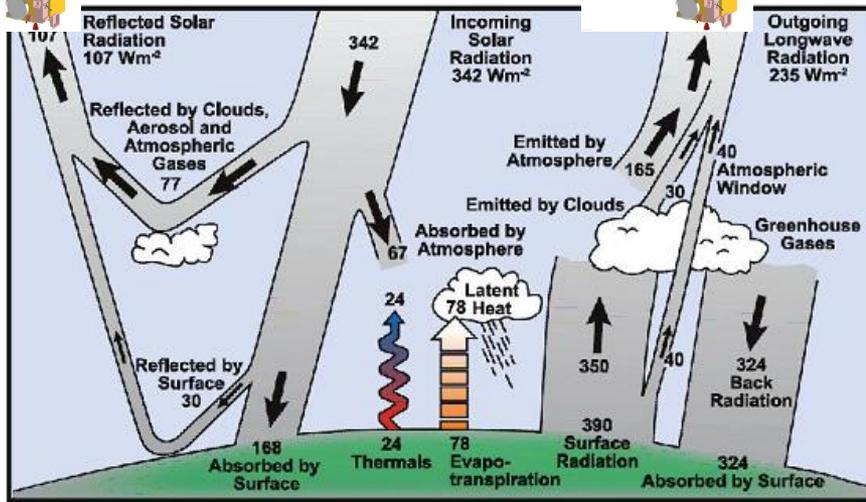
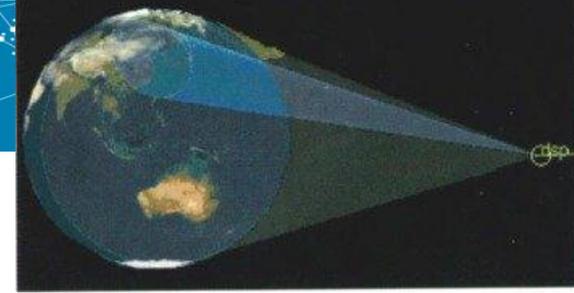
Aerosol Product Sample (2)

Dust Aerosol IDDI

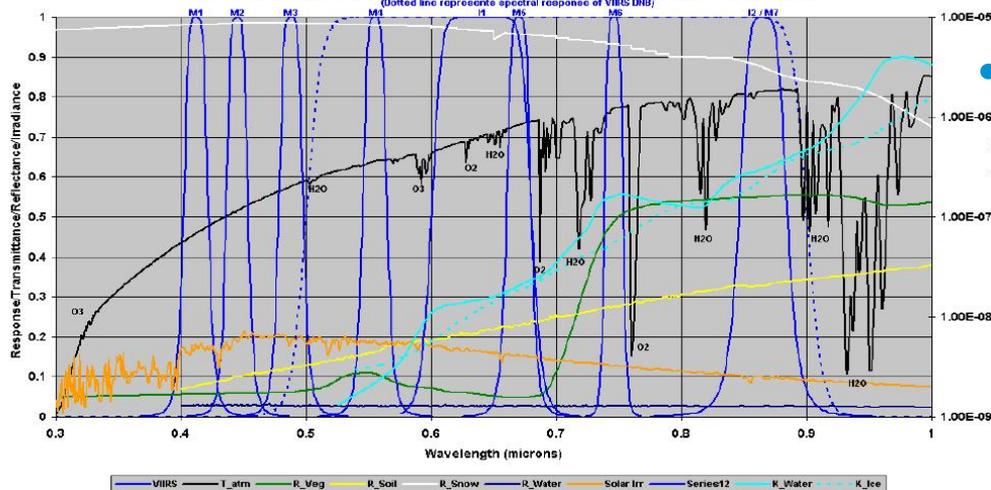


三、算法概述

- 数据基础：L1资料，辐射、光谱信息
- 理论基础：辐射传输和目标光谱特性

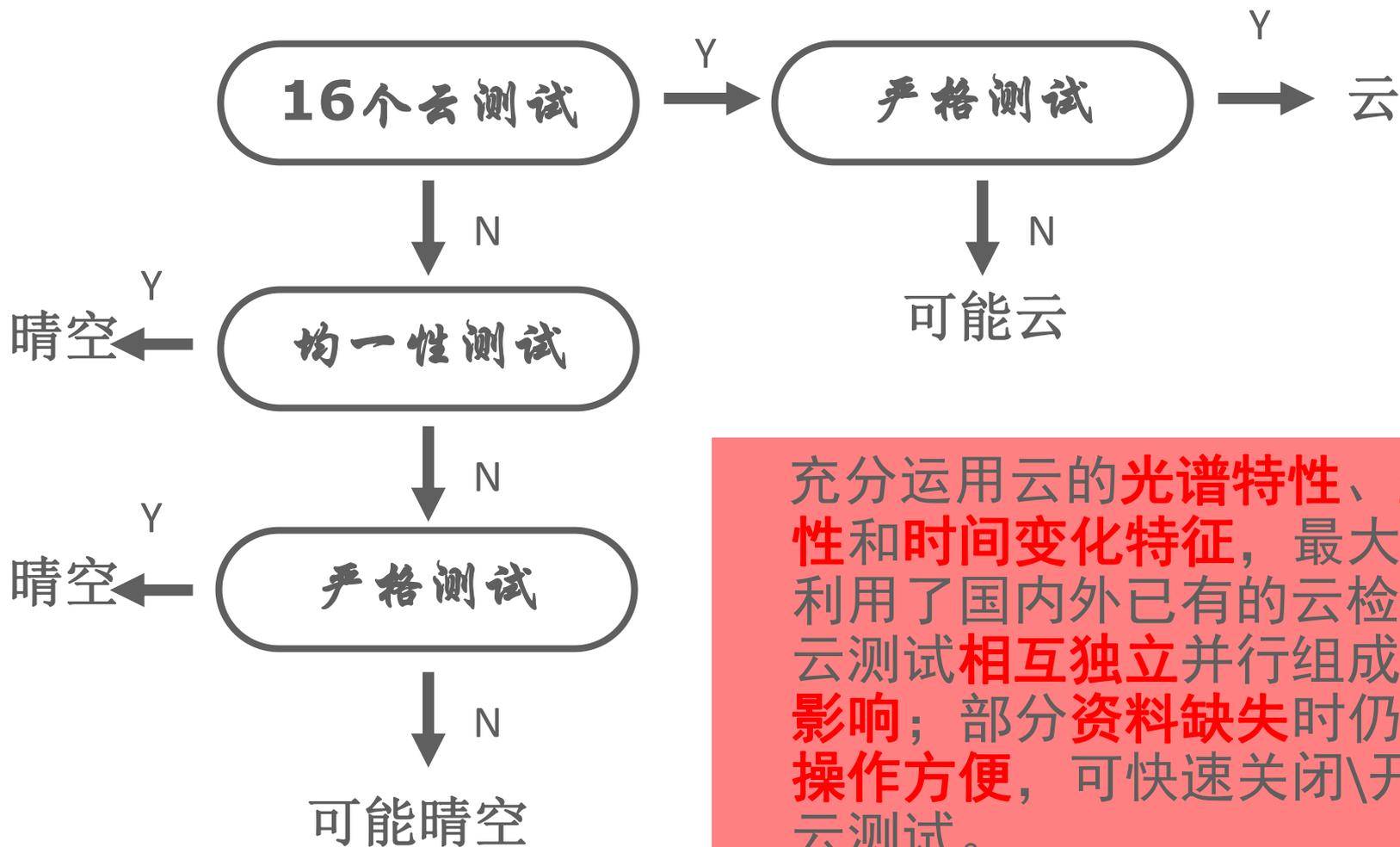


Spectral Band Response, Atmospheric Transmittance, Surface Reflectance, Solar Irradiance, and Imaginary Part of Refractive Index for Water and Ice, Visible (VIS) and Near Infrared (NIR)



- 反演方法：
 - 检测类产品：阈值法
 - 定量产品：求解辐射传输方程

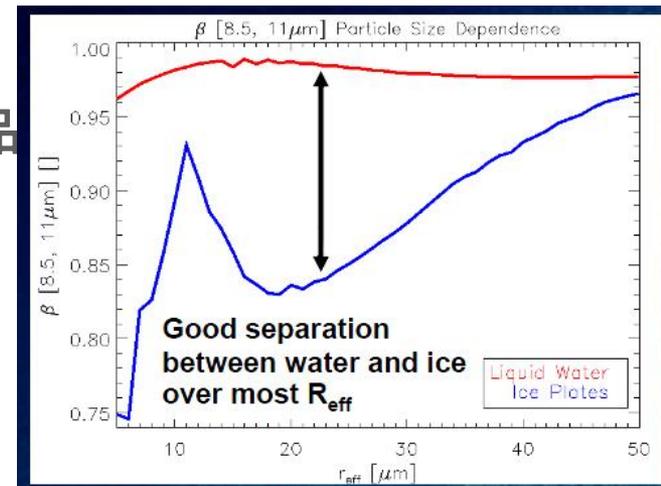
算法概述——云检测



充分运用云的**光谱特性**、**空间特性**和**时间变化特征**，最大程度地利用了国内外已有的云检测方法；云测试**相互独立**并行组成，**互不影响**；部分**资料缺失**时仍可进行；**操作方便**，可快速关闭\开启特定云测试。

算法概述——云类型和云相态产品

- 对所有有云的像素进行计算：需要云检验前期产品
- 白天和夜晚均可以获取，便于下游产品使用
- 使用通道: 7.4um, 8.5um, 11.2um, 12.3um
- 云类型：使用有效吸收光学厚度比(β -ratios)确定



□ β -ratios主要反映云的组成等微物理信息。

β (8.5/11 μm) 液态水云和冰云在多数有效粒子半径范围内都是可以区分的

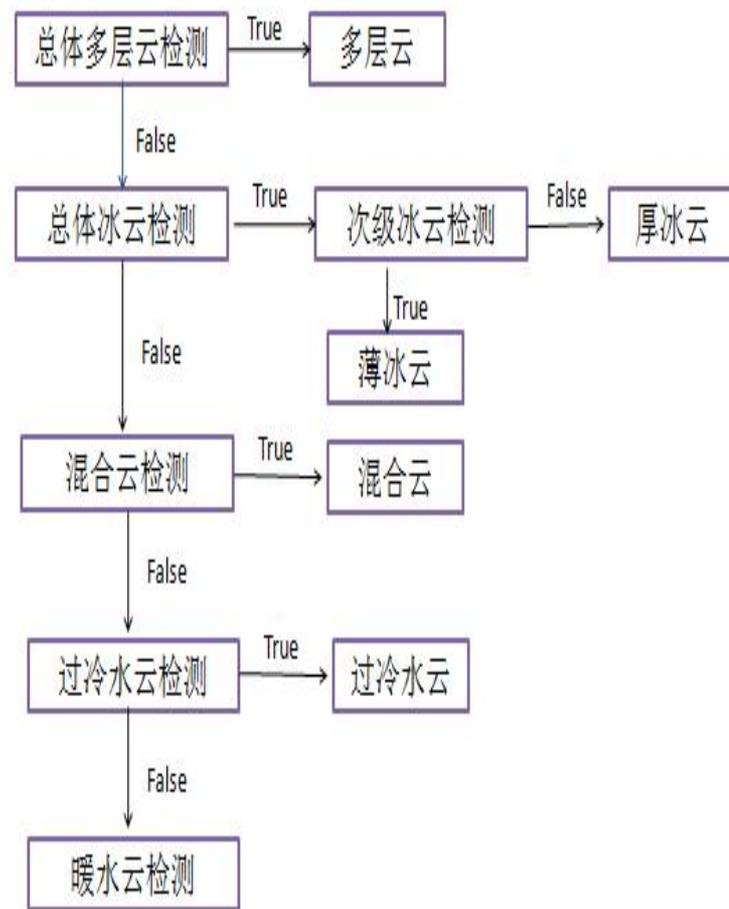
□ 利用8.5、11和12 μm 三个红外通道的亮温构造不同通道对的有效吸收光学厚度比，即 $\beta[8.5,11]$ 和 $\beta[12,11]$ ，然后利用水云和冰云的在两组 β 比上的不同表现来推断云的组成。利用7.3和11um的温度差异辅助确定不透明云。与使用亮温差不同， β 之间的关系只是云微物理特性的函数。

□ 该方法对沙漠和海洋上空的云都有较好的反演能力，对反演光学厚度较厚（云的反射率大于0.9）的云也有较好的表现

- 云相态：直接使用云类型产品输出进行定义

算法概述——云类型和云相态产品

类型	相态	描述
少云		少云
液态水云	液态水云	水云，不透明，云顶温度高于 273K
过冷水云	过冷水云	云顶为水云，不透明，云顶温度低于 273K
混合云	混合云	云顶附近为液态水和冰的混合相态
厚冰云	冰云	云顶为高辐射率的冰相，红外光学厚度大于 2.0
薄冰云		冰云，红外光学厚度约为 2.0 或更小
多层冰云		顶部为半透明冰云，下部为不透明的冰云
无法判识	无法判识	输出数据不合格，无法判识



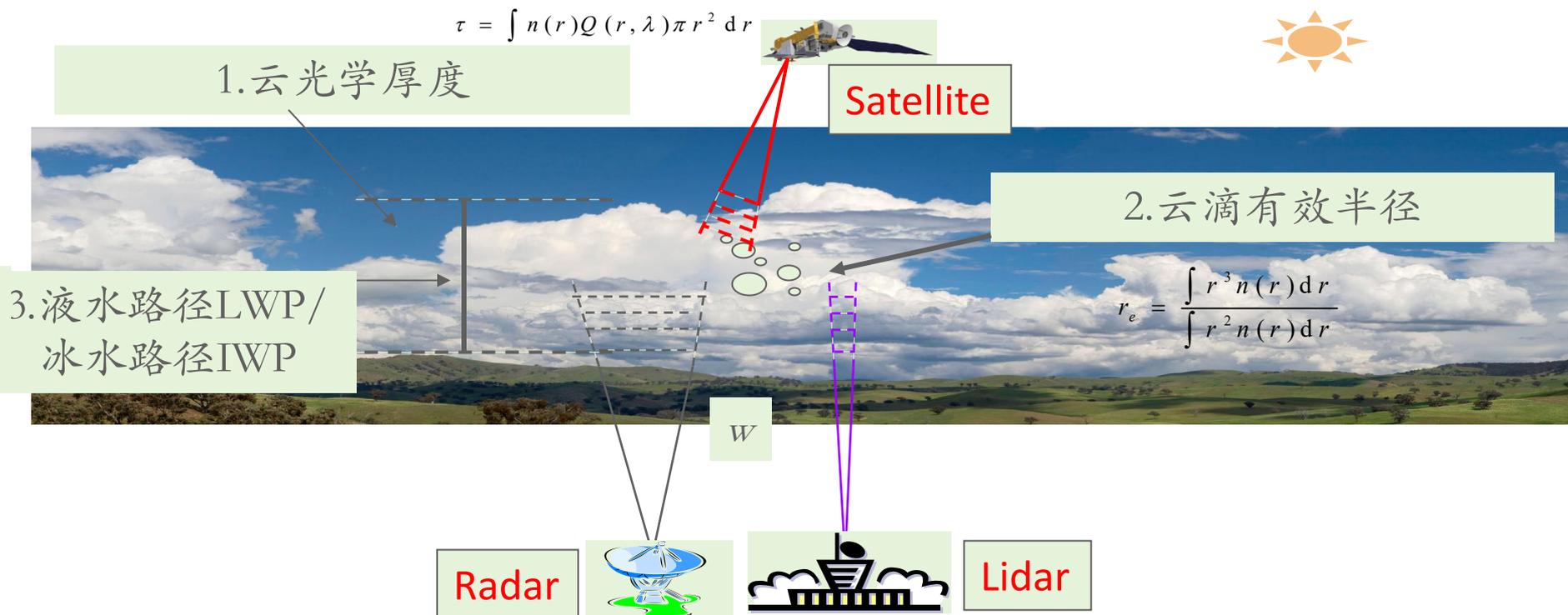
8种类型，4种相态

算法概述—— 云顶高度/云顶气压产品

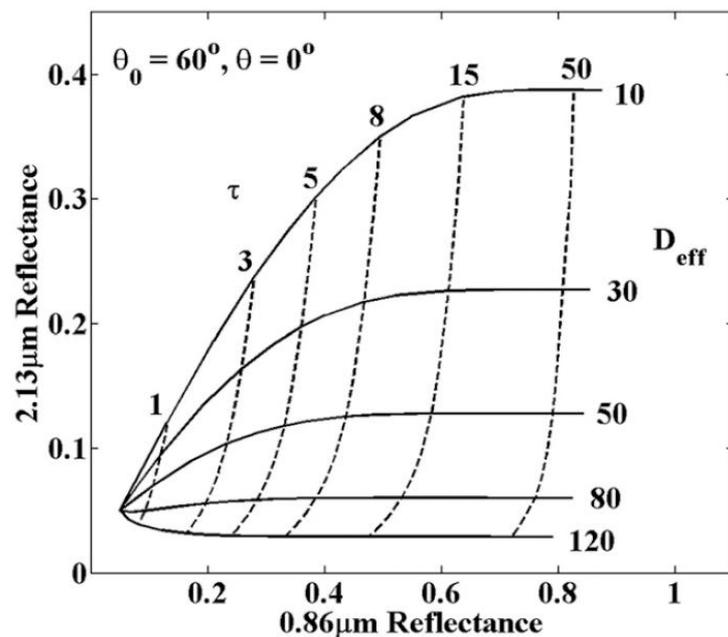
- 利用2个红外窗区通道（11、12 μm ）和1个 CO_2 吸收通道（13.5 μm ）资料，结合红外分裂窗方法和 CO_2 切片法，通过最优估计（1DVAR）的迭代计算，求得有云像元处的云顶温度；在此基础上，通过数值模式（NWP）提供的温度廓线，插值得到相应的云顶高度/云顶气压。
- 当多层云存在时，高云下方的低云高度通过周围低云的云高信息来估计。
- 当逆温层存在时，根据地面温度和云顶温度以及预先给定的温度直减率，求得对应的云顶高度。

算法概述——云光学和微物理产品

- FY-4云光学和微物理性质反演算法主要生成云的光学厚度COT、云滴有效半径CER。在COD和CER的基础上在反演获得液水路径和冰水路径产品。COD代表云从底部到顶部的光学厚度。CER主要代表云滴尺度大小。
- 根据选用通道和反演方法的不同分为白天产品（DCOMP）和夜间产品（NCOMP）。



- DCOMP利用一个可见通道($0.66\mu\text{m}$)的太阳反射辐射反演光学厚度（可见通道对云光学厚度敏感），一个近红外通道($2.25\mu\text{m}$)反演有效粒子半径（近红外通道对云滴有效半径敏感）。采用1-Dvar方法进行光学厚度和有效粒子半径的同时迭代反演。
- NCOMP联合MUSIR多个红外通道，利用云和晴空亮温差，不同光谱通道TOA亮温差，采用改良的最优化估计法确定COD和CPS，进而LWP或IWP。产品适用于半透明云。



算法概述——海洋气溶胶产品

- 为FY-4静止气象卫星成像仪开发一个气溶胶光学厚度、气溶胶粒子尺度参数和悬浮颗粒物浓度信息的产品。
- 为了适应FY-4的快速扫描模式，事先建立一个包括各种观测几何、气溶胶模型和地表信息的反射率、透过率和球面反照率的查找表。海洋上的反射率由离水辐射、白帽反射和太阳耀斑区反射的模型组成。大气顶的反射由地气系统反射计算得到，这个物理量将与卫星观测值比较后得到最佳气溶胶光学厚度和气溶胶类型。大气悬浮颗粒物浓度由反演得到的气溶胶类型、气溶胶光学厚度以及气溶胶质量浓度消光系数计算得到。气溶胶尺度参数（Angstrom 指数）由两个波长处光学厚度计算得到。

$$\rho_{\lambda}^t(\tau_{550}) = \eta \rho_{\lambda}^f(\tau_{550}) + (1 - \eta) \rho_{\lambda}^c(\tau_{550})$$

$$residual = \sum_{i=1}^6 (\rho_{\lambda}^t - \rho_{\lambda}^{obs})^2$$

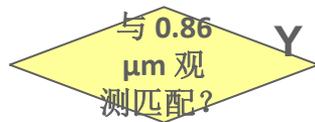
查找表

选择最佳的气溶胶模型、光学厚度和FMF 使观测和模拟之间的残差值最小

给定细模态和粗模态比例及光学厚

计算各通道反射率

调整 AOD 0.55



N

改变FMF

Y 反演 AOD

计算其他通道残差

残差

残差最小?

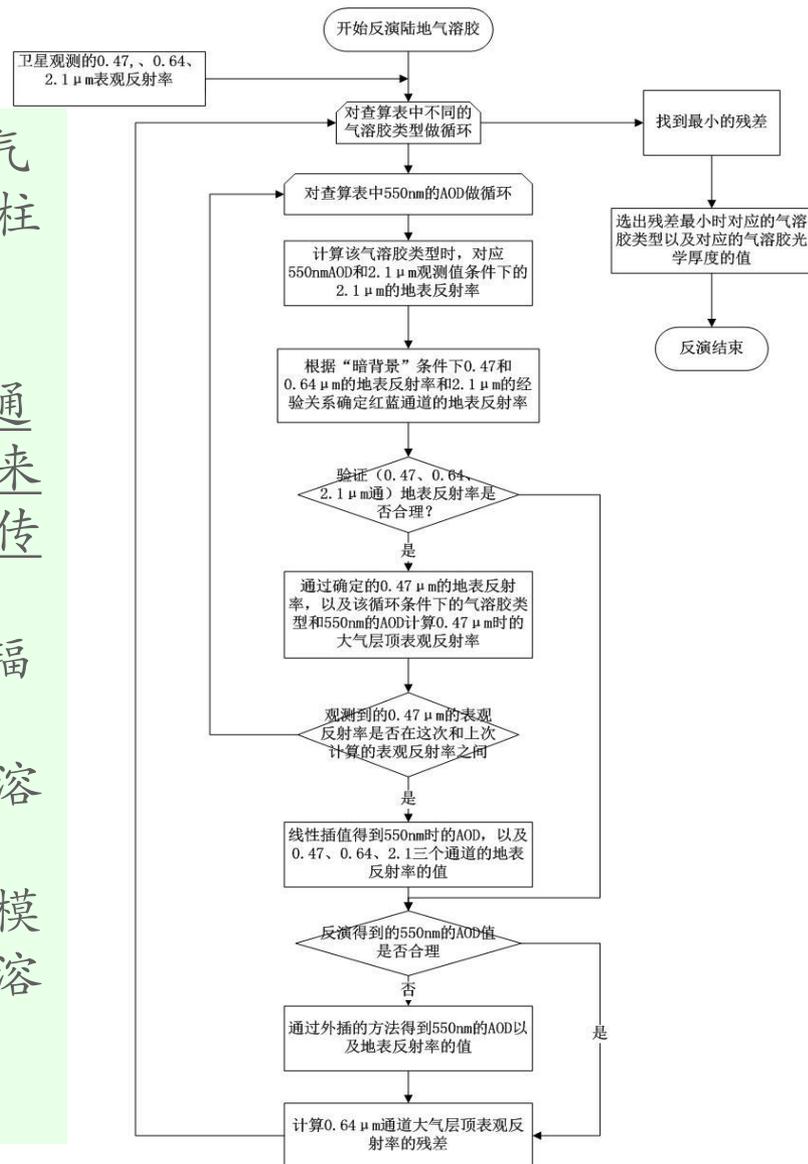
输出 AOD和 FMF

算法概述—— 陆地气溶胶产品

➤ 为FY-4静止气象卫星成像仪开发一个陆地气溶胶光学厚度、Angstrom指数和悬浮颗粒物柱质量浓度信息的气溶胶光学特性产品。

➤ 反演采用“**暗背景**”算法，即利用近红外通道和可见光通道地表反射率之间的经验关系来估计可见光通道地表反射率，进而通过辐射传输方程得到气溶胶光学厚度。

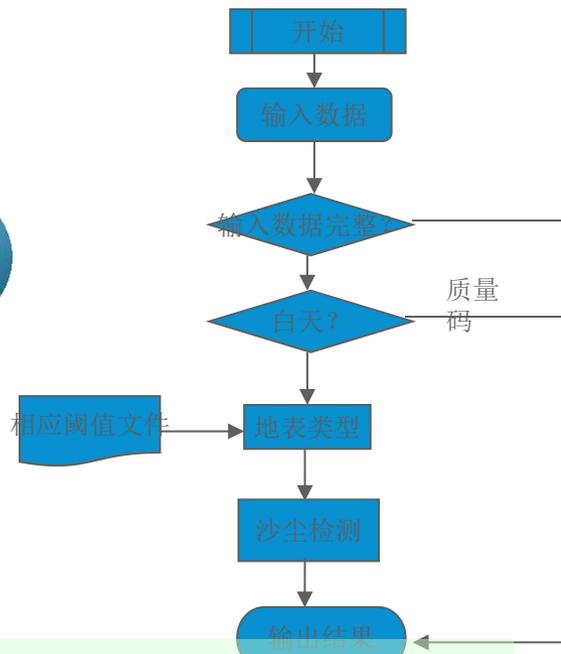
➤ 为了增强气溶胶反演的效率，可以预先用辐射传输模式6S计算一个**查算表**，计算出在标准地表气压下，不同的观测角度，不同的气溶胶类型大气的反射率、发射率、球面反射率等光学特性。将观测到的表观反射率通过与模式计算出的表观反射率相比对，最后得出气溶胶光学特性的最优解。



陆地气溶胶反演算法流程图

算法概述——沙尘检测产品

- 逐像元进行沙尘检测（能见度小于10km），检测精度优于0.7。
- 沙尘检测算法以沙尘在云、地表和晴空大气情况下的独特光谱特征差异为依据，以光谱阈值法和概率密度函数为基础，将沙尘从云和晴空水体陆地中区分开。



五种类型，12组判识指标，选取判识的标准是能有效将沙尘与一种或者几种其他成分区别开；其中5个必通过，另7个选择性通过即认为所计算的像素属于沙尘区，并且每有一个指标通过阈值得1分。

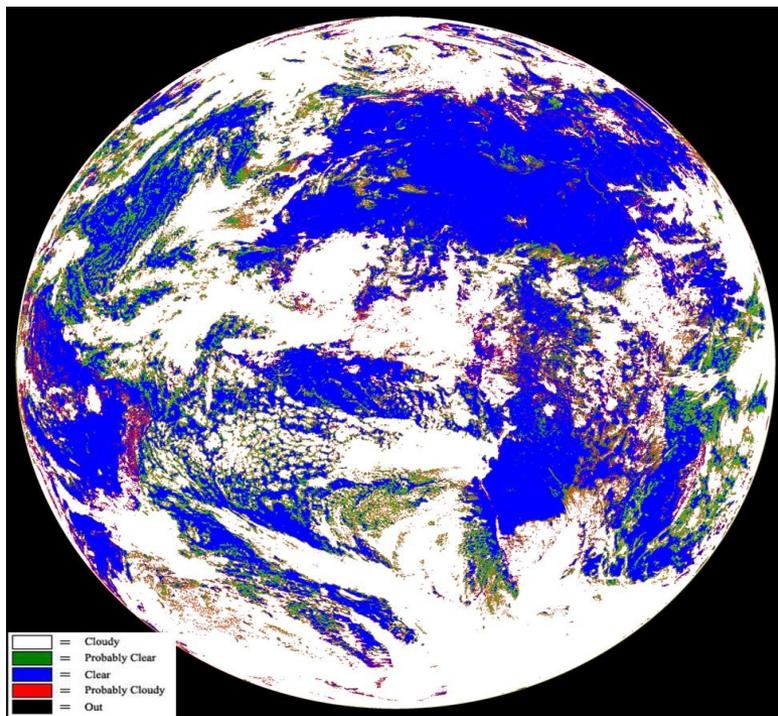
沙尘标识由单纯的0/1变为可能沙尘概率，由沙尘分数决定。沙尘分数由通过的判识指标个数及阈值分数决定。

四 精度检验—— 1. 云检测

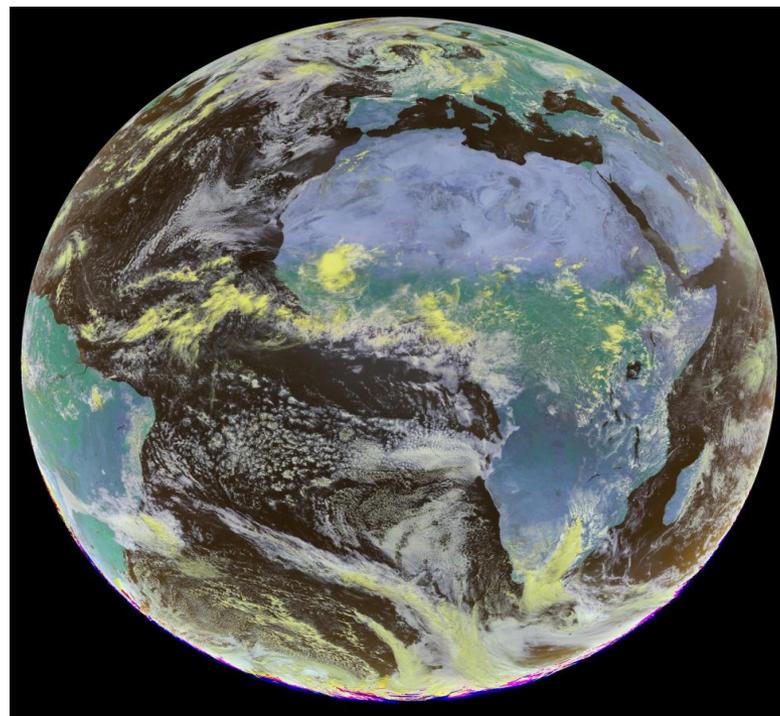
----- 与伪彩色图对比

以SEVIRI为代理数据

2006213.1200, Aug 1th, 12UTC 夏季, 全球



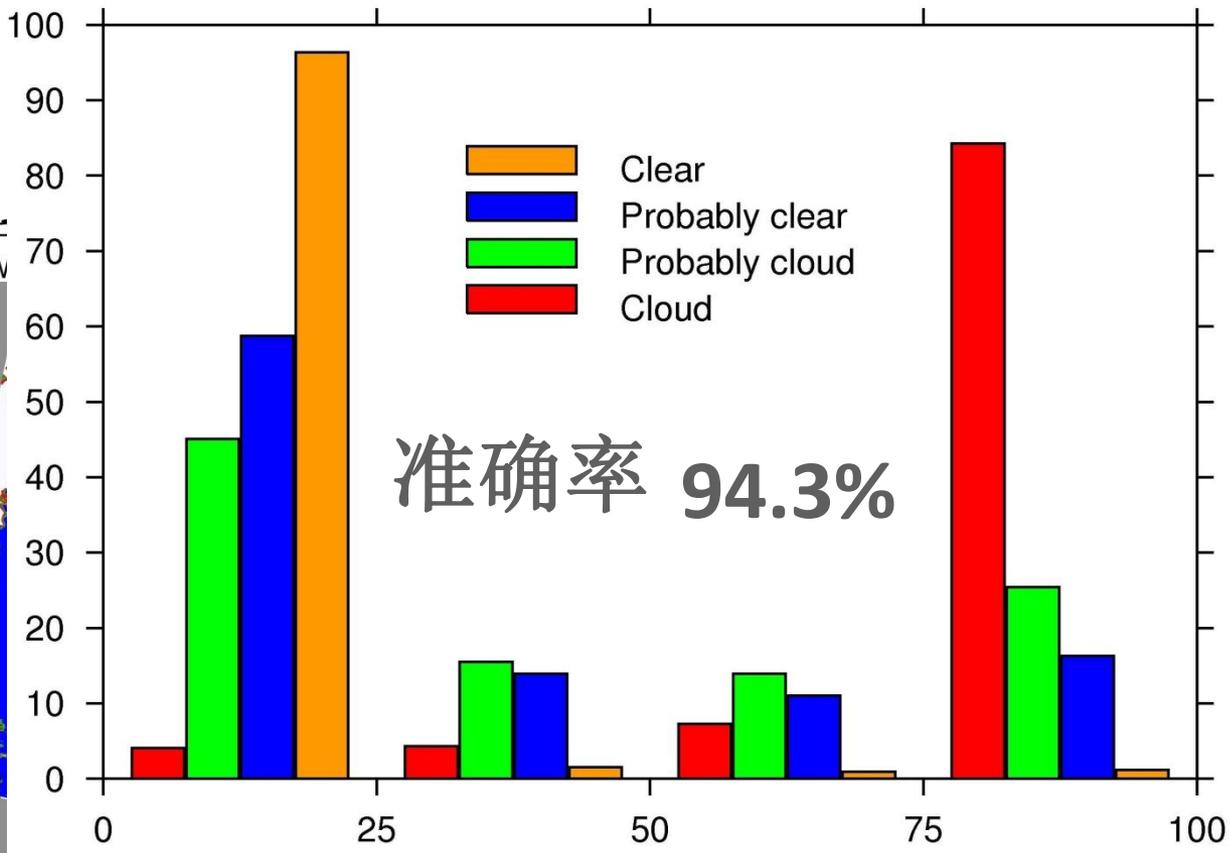
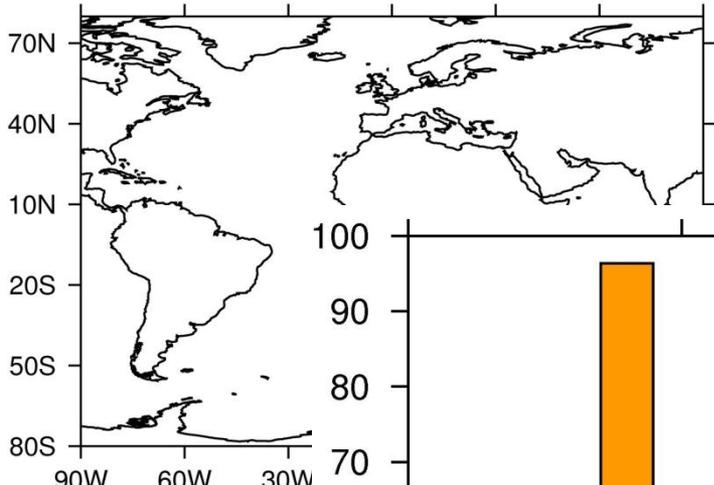
Cloud mask



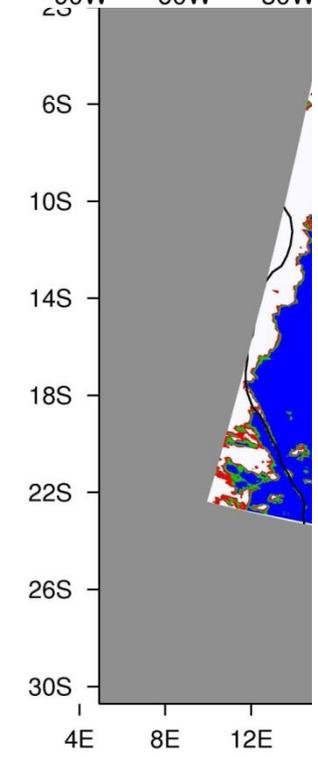
2-3-5通道合成图 (SEVIRI)

-----与MODIS云检测结果对比

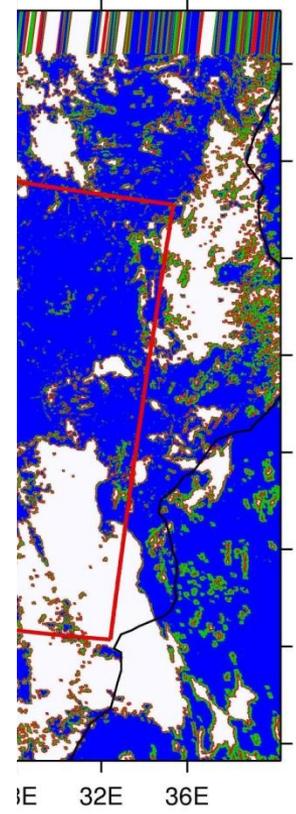
IRI为代理数据



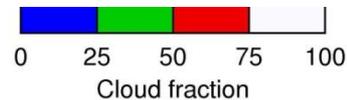
准确率 94.3%



MODIS



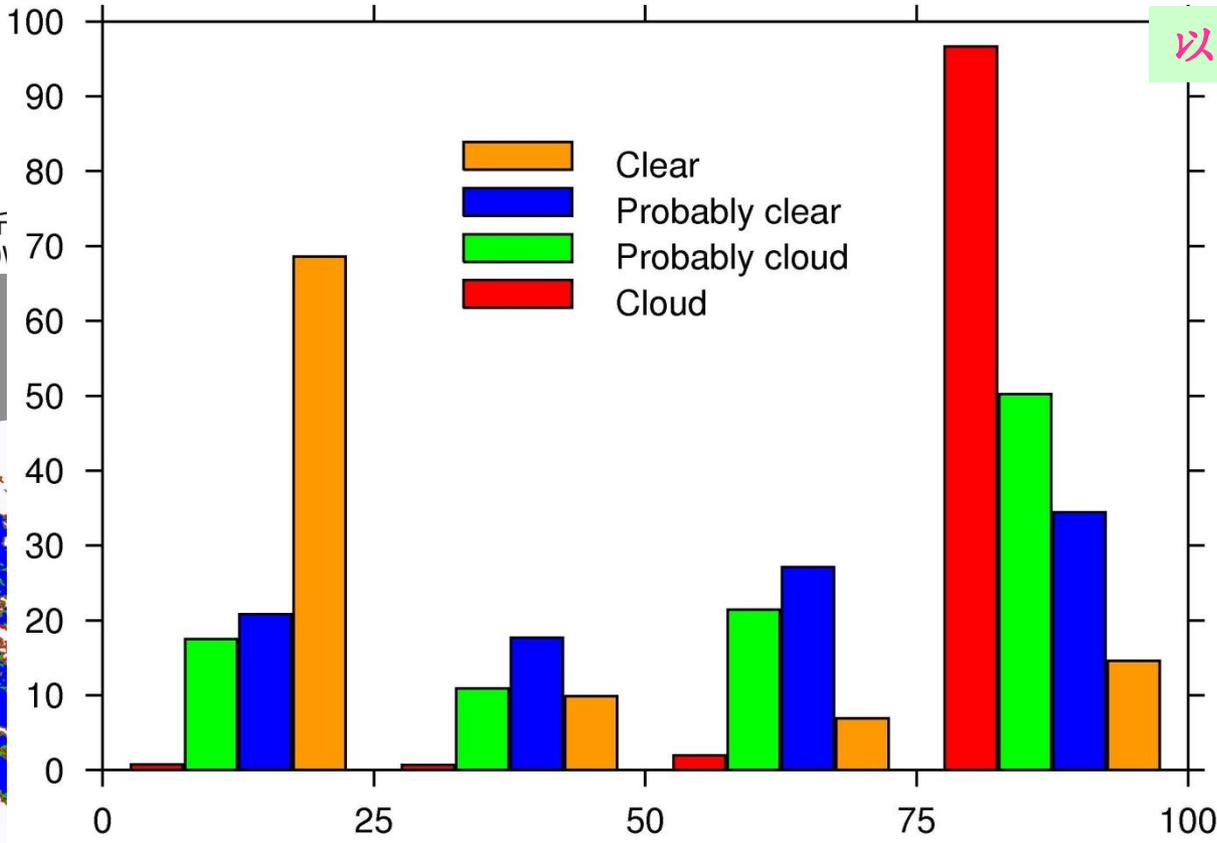
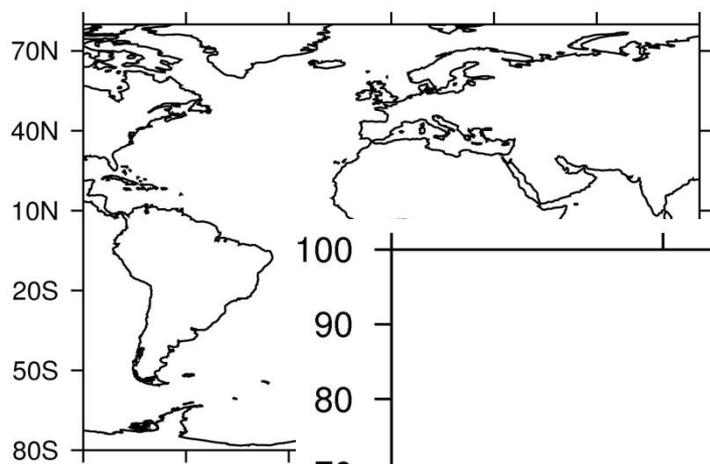
IRI



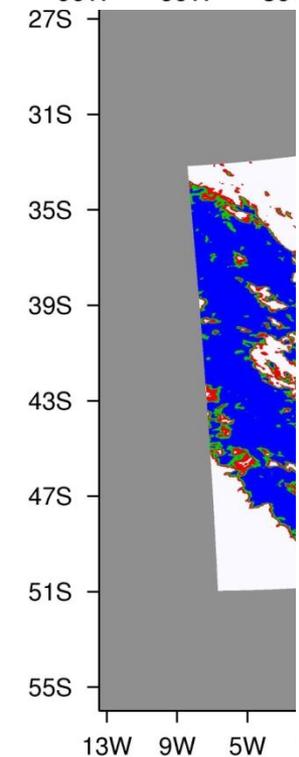
Cloud fraction

-----与MODIS云检测结果对比

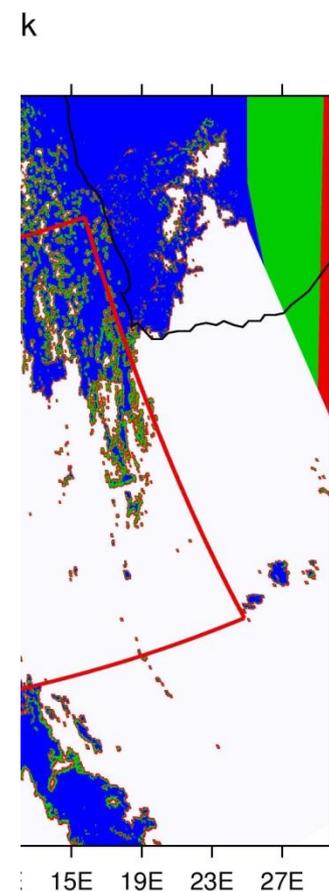
以SEVIRI为代理数据



92.0%



MODIS



FYGET

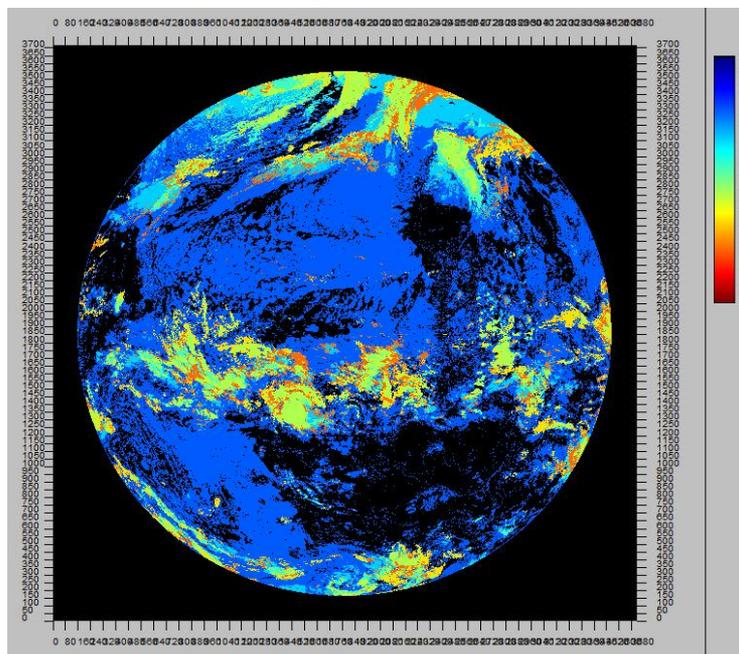


四 精度检验——2. 云类型和云相态产品

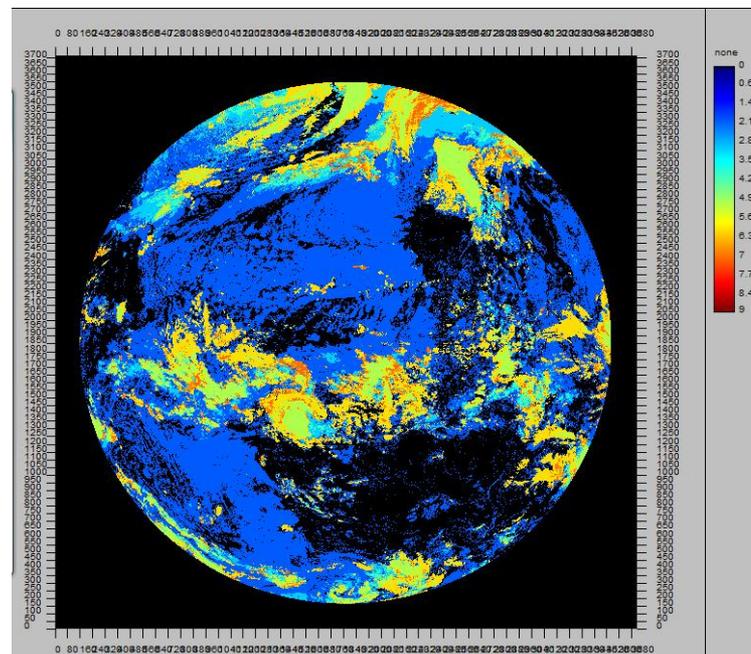
算法输出的云类型结果与SEVIRI的云类型产品吻合性很高，差异主要出现在卷云区域。云相态的算法输出结果类似。

云类型 (20060801 12: 00)
(SEVIRI作为代理)

FYGAT

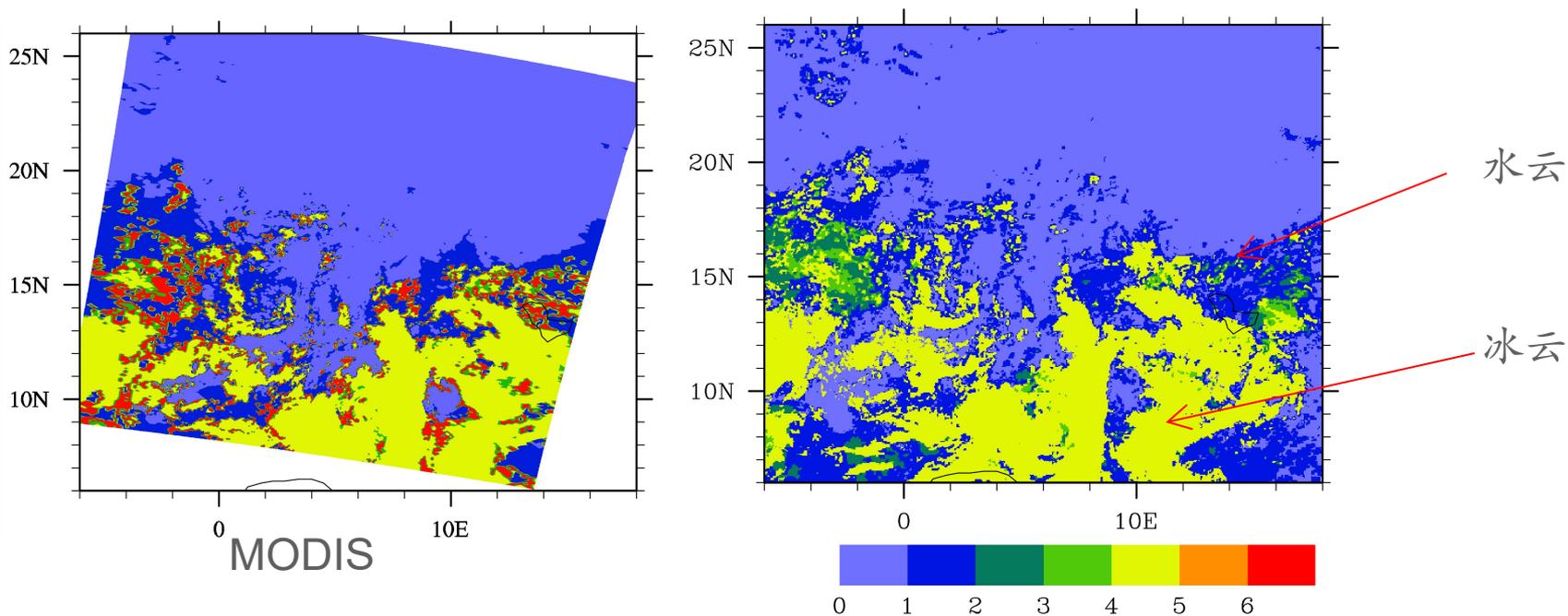


SEVIRI L2云类型



四 精度检验——2. 云类型和云相态产品

与MODIS的云相态对比：2006213 10:15



clear=0, liquid water=1, supercooled liquid water=2, mixed=3, ice=4, uncertain=5

与MODIS相比，利用SEVIRI作为代理数据输出的云相态中，水云、冰云都与MODIS具有比较好的一致性。二者的差异主要在于MODIS的云相态产品中输出较多的不确定相态，部分FY-4的混合云和云的边缘在MODIS中就为不确定像元。目前对混合云的验证也是一个国际性的难题。

四 精度检验——3.云顶高度/云顶气压产品

代理数据
: SEVIRI

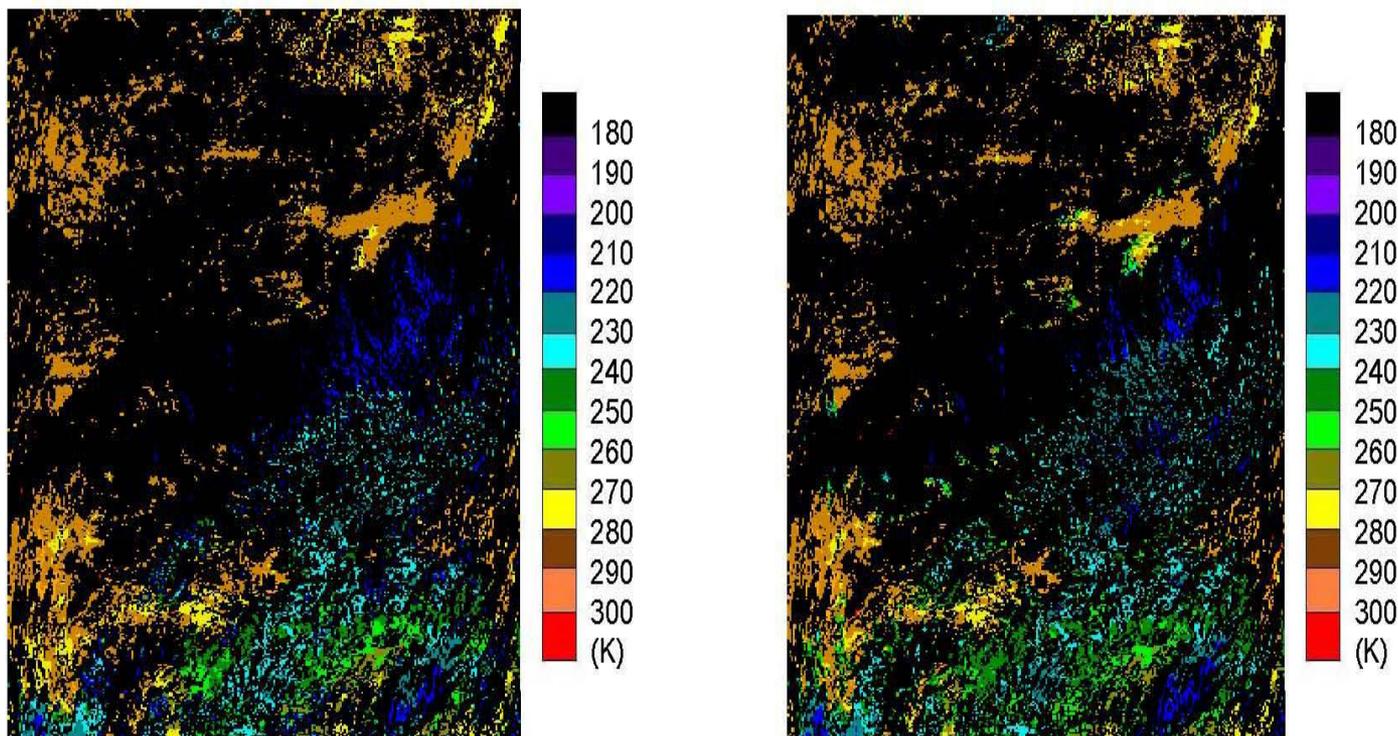
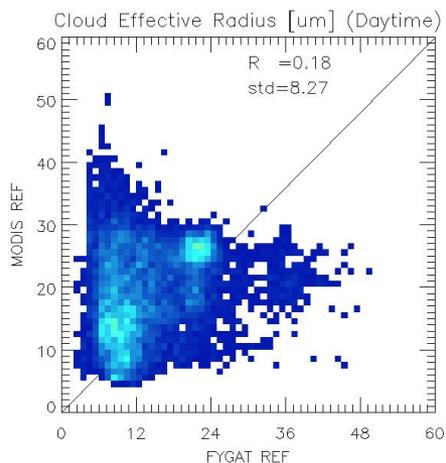
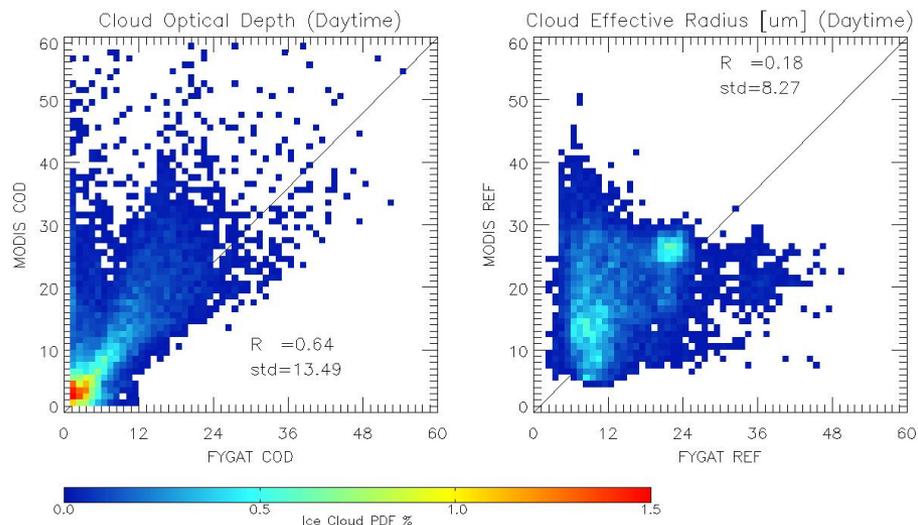


图 (a)红外多通道算法与(b)MODIS反演的云顶温度 (2007年2月4日01:00)

图a是将反演的云顶温度插值到MODIS像元点上的结果，与MODIS资料比较，满足时空匹配及筛选条件的像元共18650个。多通道算法的平均云顶温度为263.6 K，MODIS的平均云顶温度为262.4 K，反演的云顶温度偏高，两者的平均差为1.2 K，标准差为10.4 K，相关系数为0.921。偏差的大小与云的光学厚度和发射率有关。

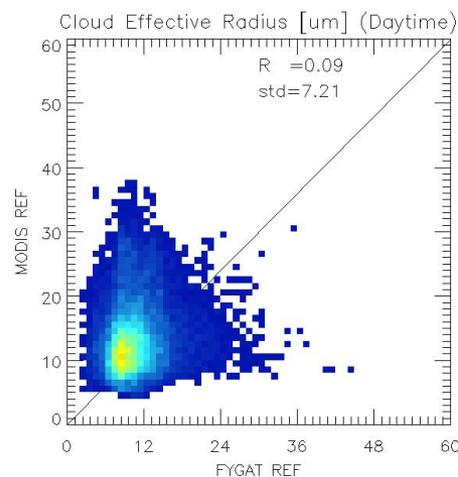
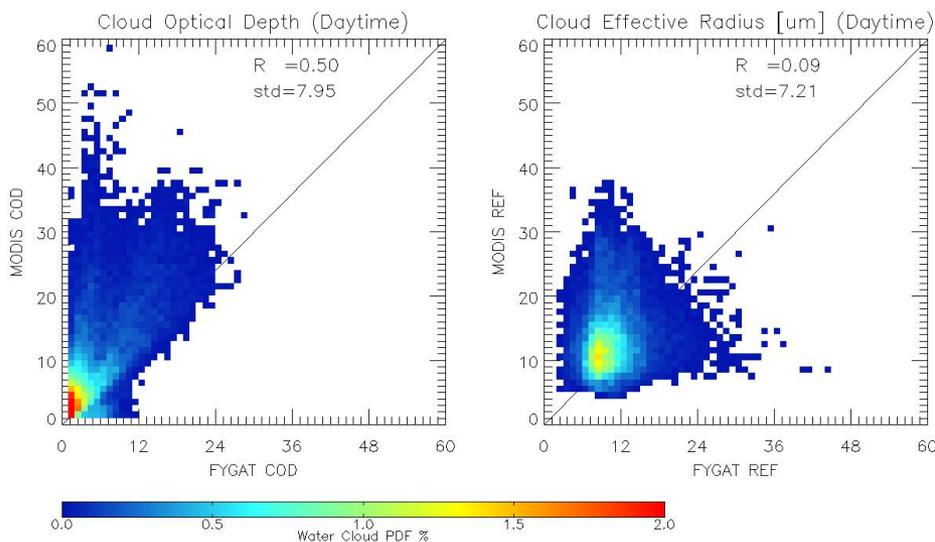
四 精度检验——云光学和微物理产品



MODIS对比验证结果

冰云

1. The correlation coefficient of COD is about 0.55, and much better than CPS(0.10);
2. The correlation of ice cloud is better than water cloud;



水云

3. MODIS has mostly bigger values than DCOMP;

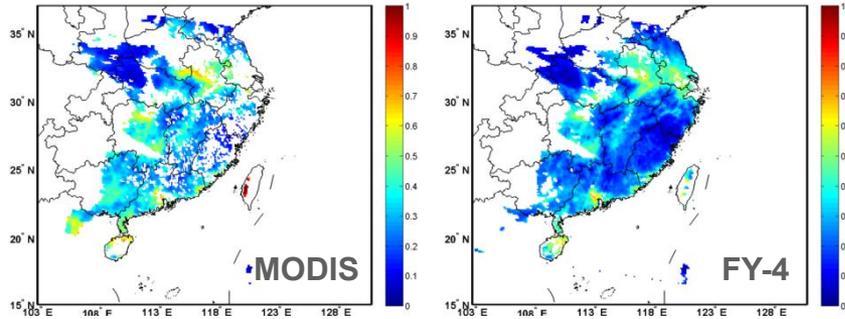
精度检验——陆地气溶胶产品

——MODIS官方产品比较

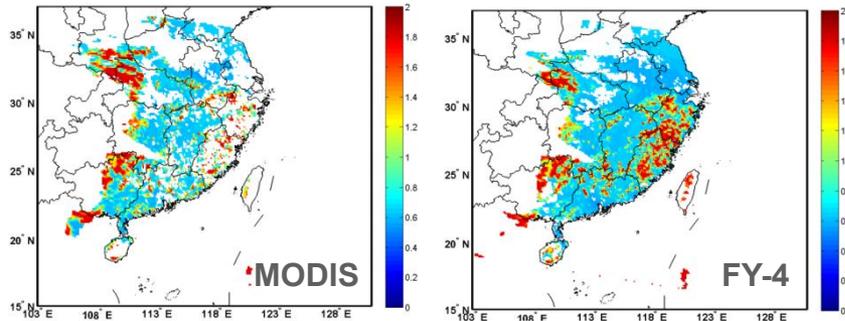
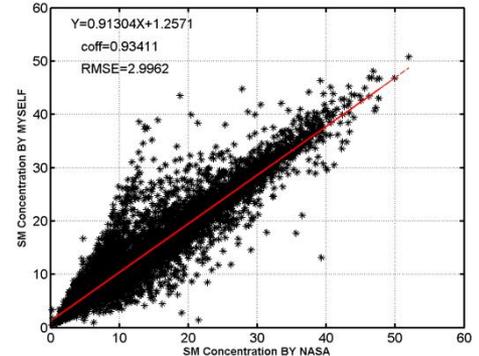
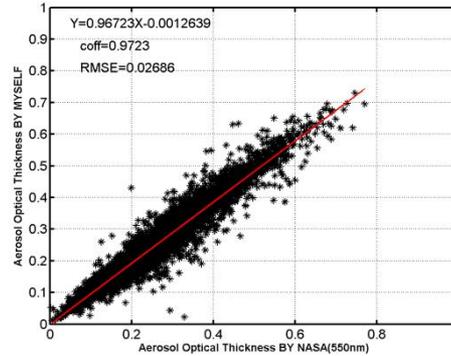
代理数据: MODIS

空间分辨率:

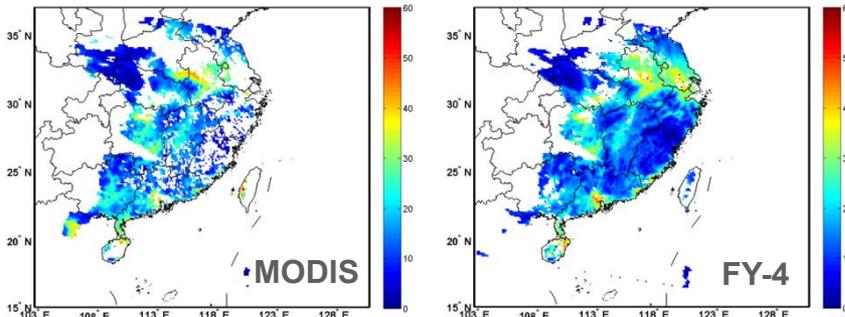
- 输入数据: MODIS L1B:250m;500m;1km; FY-4: 4km
- 输出产品: MOD04: 10km; FY-4: 4km



气溶胶光学厚度AOD(550nm)



Angstrom 指数(AE)



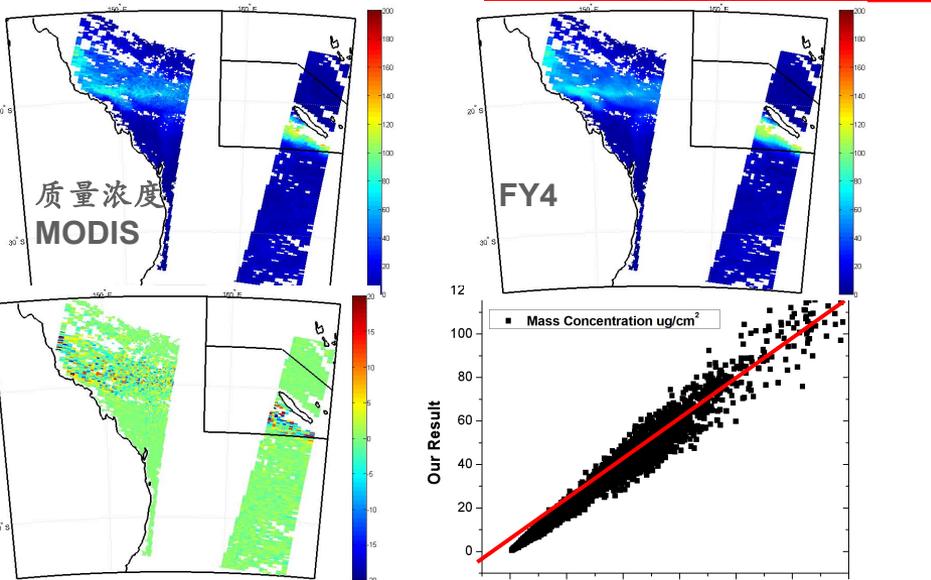
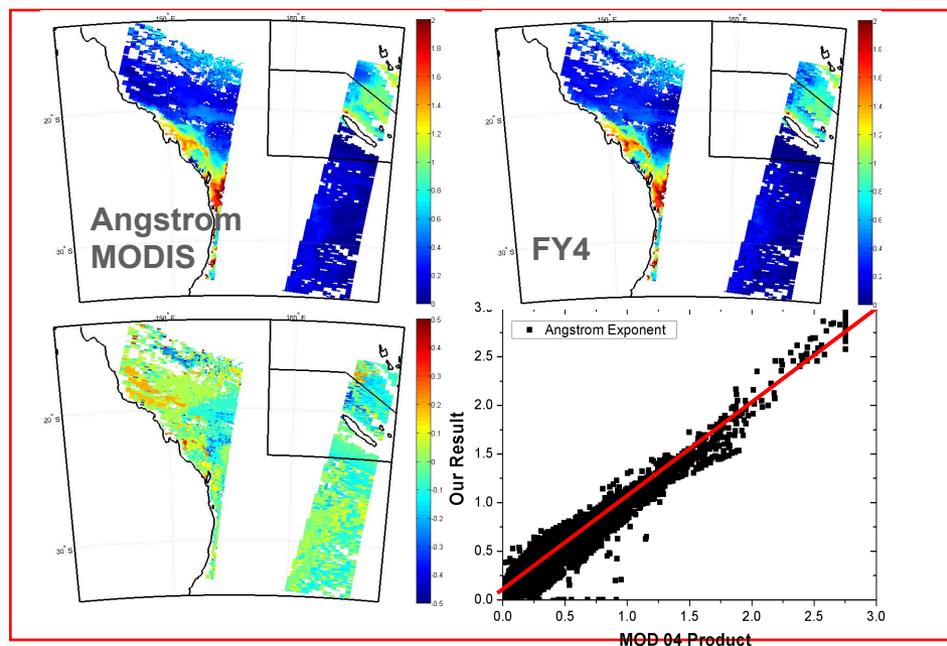
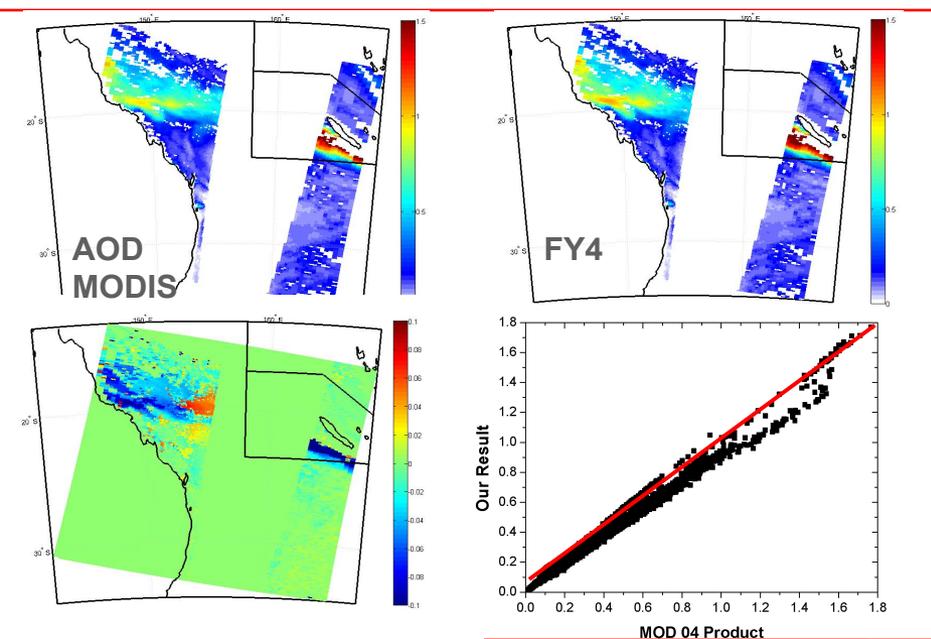
悬浮颗粒物的柱质量浓度(ug/cm²)

物理量	相关系数	RMSE	Diff <a*
AOD(470nm)	0.9767	0.027	91.23%
AOD(550nm)	0.9723	0.027	92.99%
AOD(660nm)	0.9608	0.030	91.63%
Angstrom指数	0.962	0.12	81.46%
悬浮颗粒物柱质量浓度	0.9130	2.996	82.68%

a* : AOD: a=0.05*1;AE:a=0.05*2;SM:a=0.05*60

由于云掩码不同, 因此有值区范围不同。在皆有反演值的区域, 气溶胶光学特性产品与MODIS产品一致性较高。

精度检验——海洋气溶胶产品

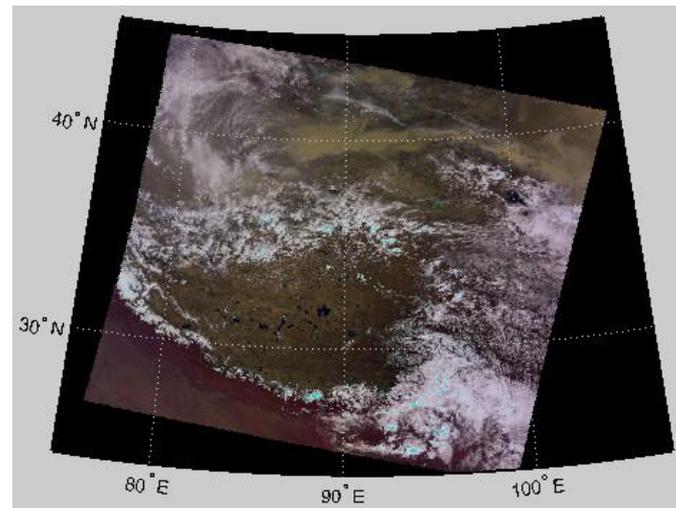
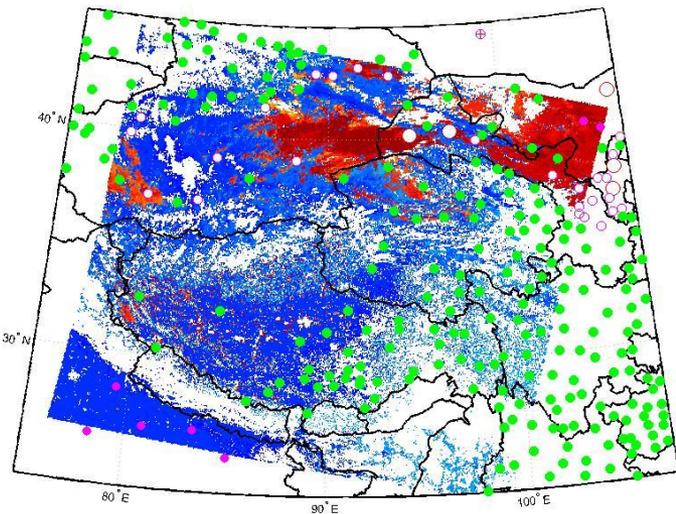


采用MODIS 04产品作为检验源

	MODIS	FY4	R2	RMSE
AOD(550nm)	0.2753	0.2741	0.9975	0.0125
Fine model fraction	0.346	0.352	0.9848	0.0083
Angstrom指数	0.5016	0.5199	0.9479	0.1006
悬浮颗粒物质量浓度	20.32	21.66	0.9819	2.77

四 精度检验——沙尘检测产品

○ 曙光工程机器测试，代理数据MODIS



检验：（1）检测结果与图像的人工目视判别
 （2）GTS 地面国际交换站观测（绿色：无沙尘；白色：有沙尘且有云；红色：有沙尘）

Contingency Table

	Observed		Total
	yes	no	
Forecast yes	hits	false alarms	forecast yes
no	misses	correct negatives	forecast no
Total	observed yes	observed no	total

$$\text{Accuracy (fraction correct)} - \text{Accuracy} = \frac{\text{hits} + \text{correct negatives}}{\text{total}}$$

$$\text{Accuracy} = (48 + 179) / 231 = 96.4\%$$

五 应用领域展望和示例

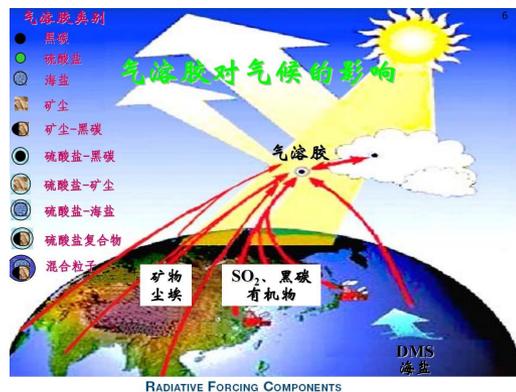
天气:

- ✓ 基于数值同化, 改进天气预报模式;
- ✓ 中尺度天气过程监测, 增强对包括雷暴、短时强降水、冰雹、雷暴大风等预报能力;
- ✓ ○ ○ ○ ○ ○ ○



气候:

- ✓ 气候模式和云模式, 增强气候预报能力;
- ✓ 提高辐射强迫计算精度, 降低气候模式评估不确定度;
- ✓ ○ ○ ○ ○ ○ ○

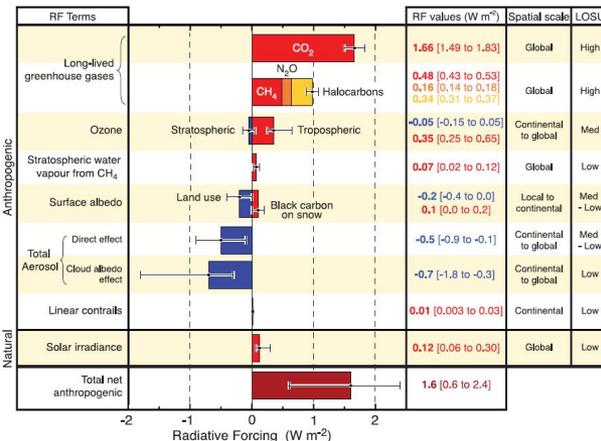


环境:

- ✓ 沙尘灾害天气的监测;
- ✓ 可用于环境预报模式, 对雾霾等环境监测和预报有重要指示意义
- ✓ ○ ○ ○ ○ ○ ○

云气溶胶相互作用机理研究

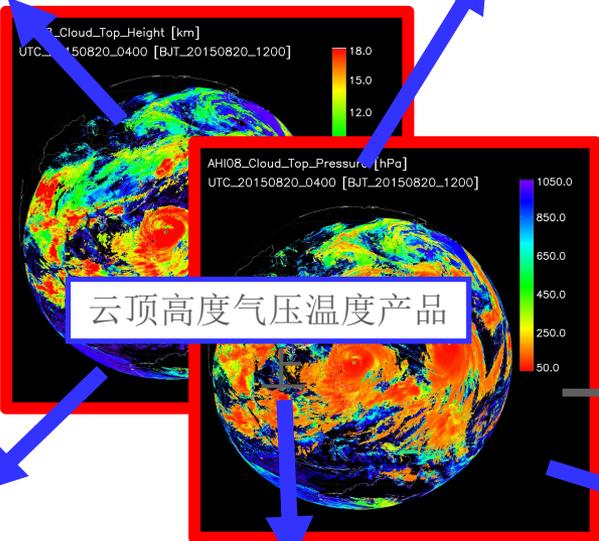
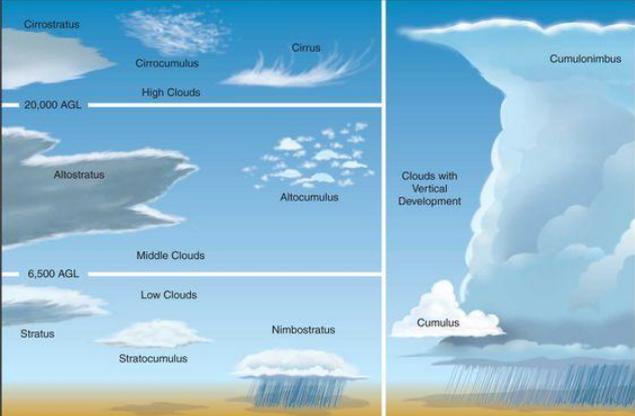
○ ○ ○ ○ ○ ○



云高产品应用

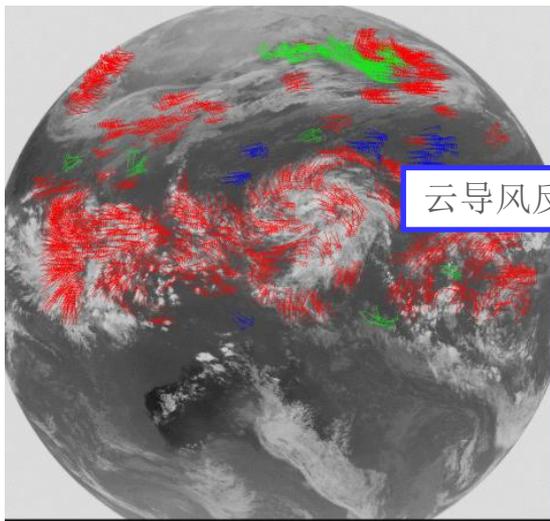
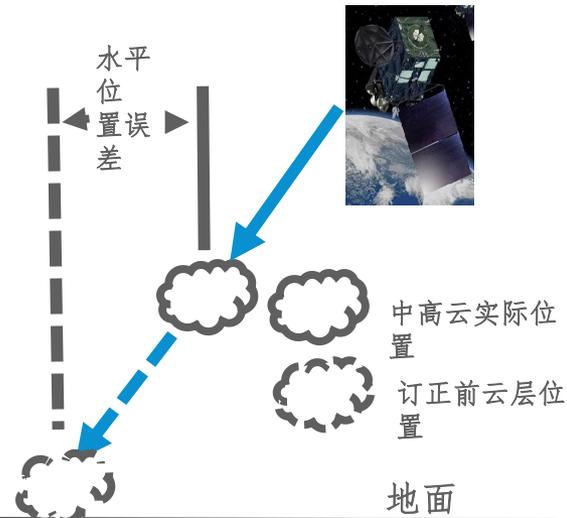


云层分类& 冰/水云判别



云顶高度气压温度产品

云层位置订正



云导风反演算法



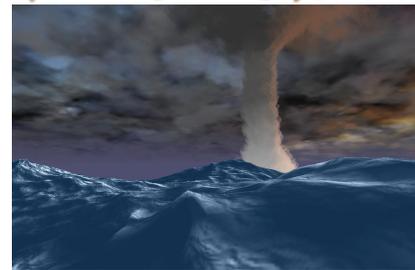
垂直风速估算



对流系统识别

云类型和相态产品应用

与云类型和云相态变化相伴的热力学过程直接和各种尺度天气气候系统的形成与演变密切相关，因此云类型和云相态研究对于解释天气气候系统发生发展的物理机制有着十分重要的意义，也有重要的现实应用

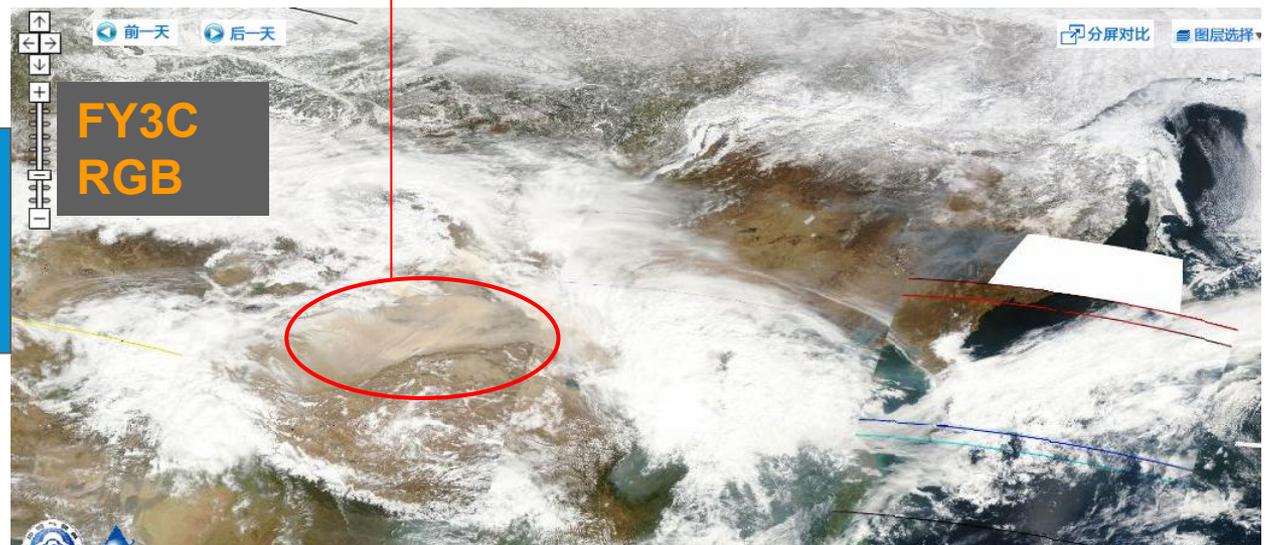


- 云类型和云相态产品可用于辅助估算积云云顶的冻结时间，并追踪顶层冰云的发展从而有助于确定风暴的强度，为强对流天气做出临近预报
- 云类型和云相态产品可以用于追踪热带气旋的尺度和形状，包括其外部半透明卷云的发展，以及眼区定位，这些信息都有助于估算热带气旋的强度
- 利用云类型和云相态产品，结合可见光通道反照率或红外亮温、其他云的宏观和微观特性产品，可进一步生产人工影响天气作业对象的条件判识产品（混合云、暖云、积状云和冰雹云等），选择人影作业区域。相比于极轨卫星，FY-4静止卫星生产的高时间频次、空间连续的云类型和云相态产品对进一步生产人影作业判识产品，无疑具有巨大的优势。
- 气候和气候变化研究：研究中国地区的云类型和云相态特征，尤其对中国东部的层云相态进行准确的分类研究，对于了云和季风的相互作用、不同云类型和云相态与降水的关系，以至于改进中国地区的短期气候预测都具有十分重要的现实意义。

沙尘产品应用

FY2G

March,31-April, 1, 2015



气溶胶产品应用

重大气象服务：“9·3”阅兵服务

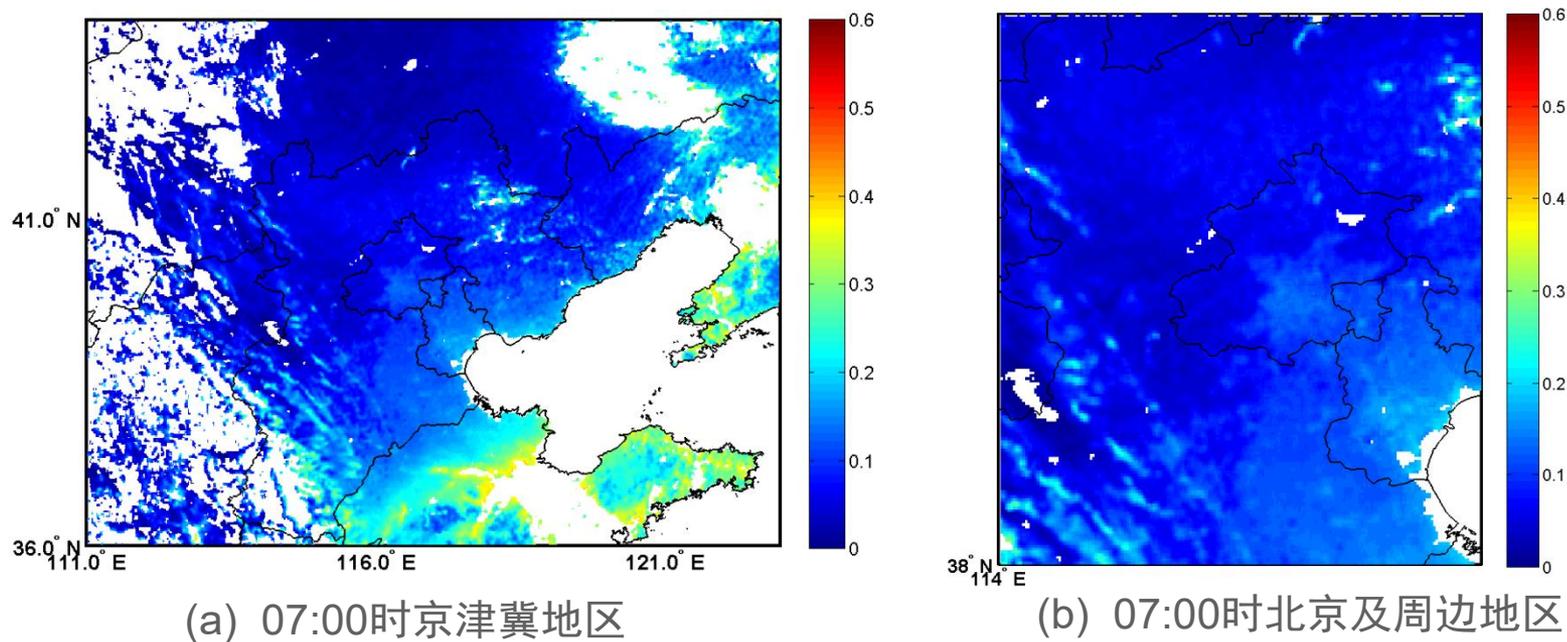


图 静止气象卫星550nm气溶胶光学厚度分布图

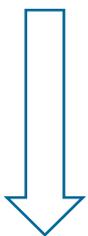
2015年9月3日，今日07:00时（北京时）静止气象卫星550nm气溶胶光学厚度（AOD）反演结果显示（图1）：北京及周边地区AOD值在0.2左右，大气十分清洁，环境状况优良。

卫星反演地面

PM2.5

AOD

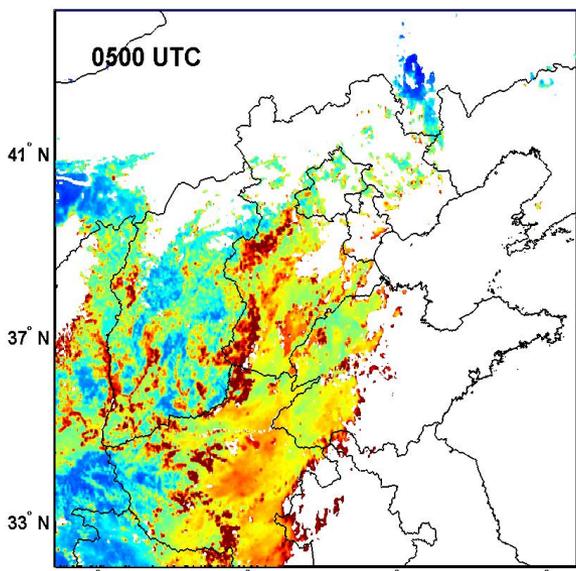
(整层大气的消光量)



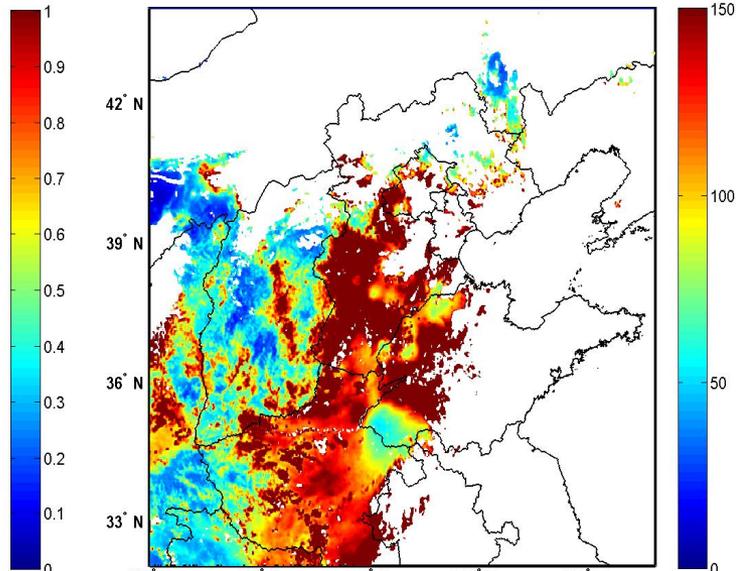
PM2.5

(地面直接测量, 与人类健康直接相关)

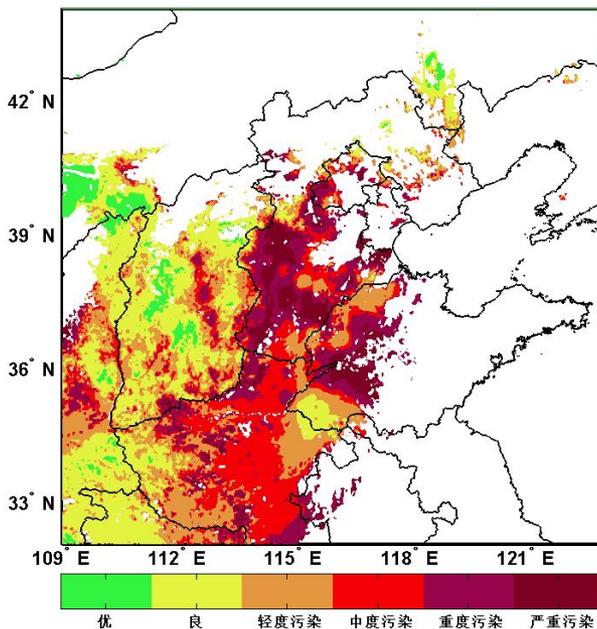
(c)、(d) 空气质量的
空间分布是十分一致的！



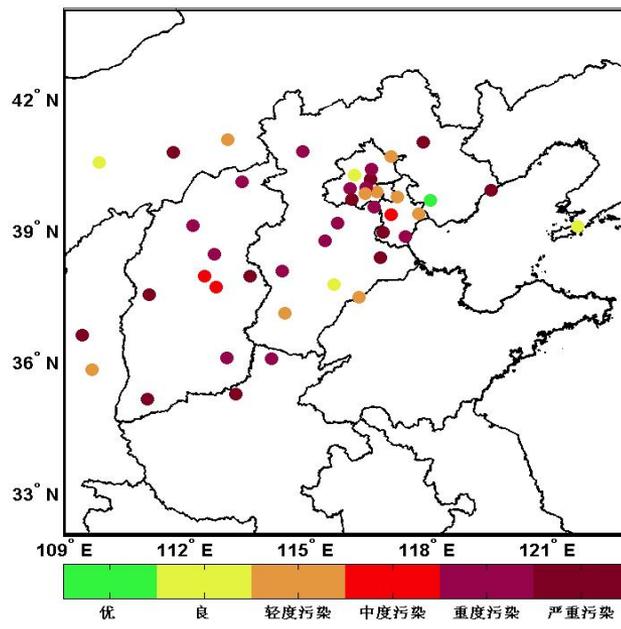
(a) H8 的AOD产品分布图



(b) H8 反演的地面pm2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)分布图



(c) H8反演的空气质量分级图

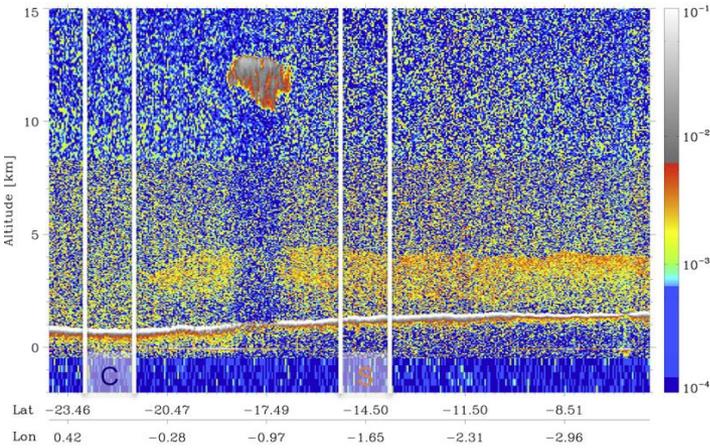


(d) 环保部地面观测站点空气质量分级图

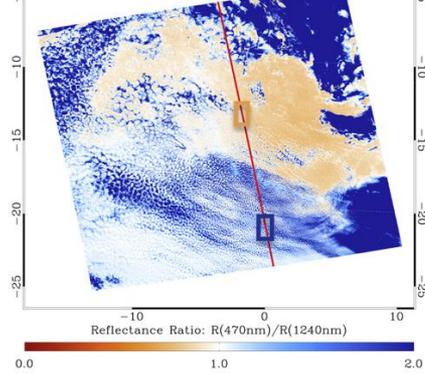
图 2015年12月20日13:00 (北京时) 卫星反演的AOD, pm2.5, 空气质量分级 和地面站点观测等分布图

云—气溶胶相互作用研究

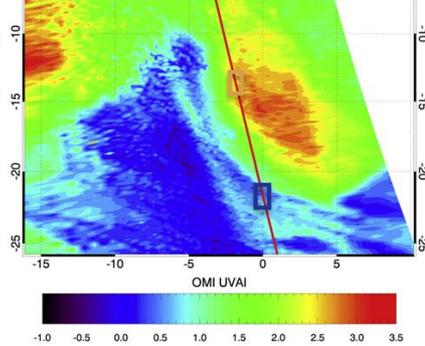
a) CALIOP Attenuated Backscatter



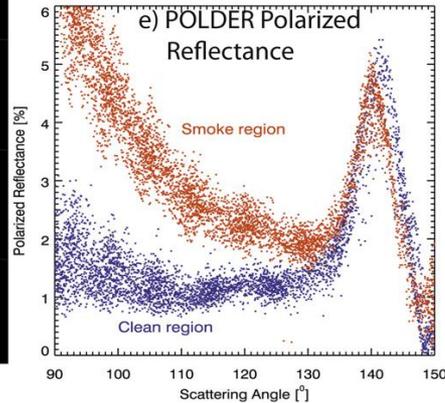
c) MODIS Color Ratio



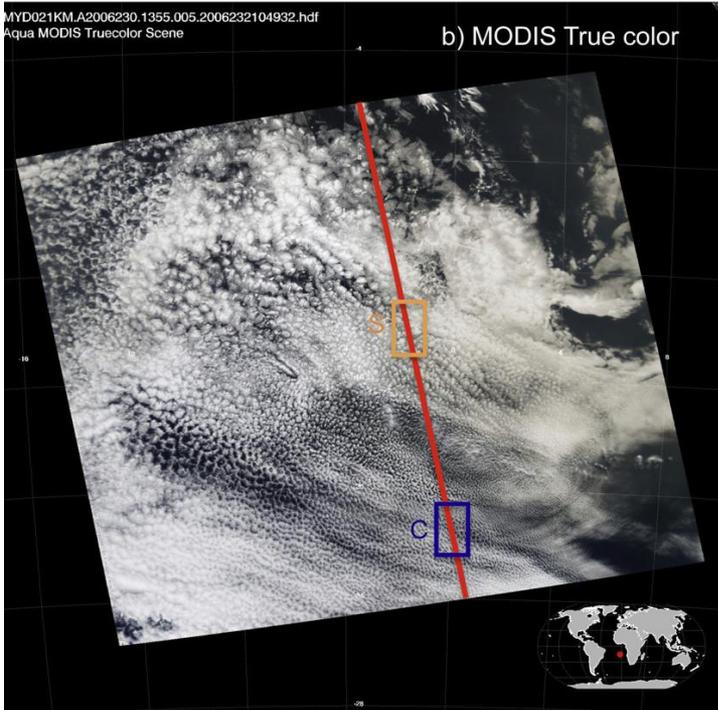
d) OMI UV Aerosol Index



e) POLDER Polarized Reflectance



b) MODIS True color



云上气溶胶直接辐射强迫
评估及其不确定性分析

**A-Train observations of
smoke aerosol above clouds over
Atlantic Ocean off the coast of
southwestern Africa on August 18,
2006**
(H. Yu, Z. Zhang, Atmospheric
Environment ,2013)

谢 谢

产品名称		产品责任人	联系方式
云检测		王 曦、胡亮	wangxi@cma.gov.cn
云分类		李 博	boli@cma.gov.cn
云顶高度温度和气压		王 富、高文华	wangfu@cma.gov.cn
云光学和微物理特性	白天	闵 敏	minmin@cma.gov.cn
	夜间	徐 娜	xuna@cma.gov.cn
气溶胶	海洋气溶胶	陈 林	chenlin@cma.gov.cn
	陆地气溶胶	高 玲	gaoling@cma.gov.cn
沙尘检测		陈 林	chenlin@cma.gov.cn