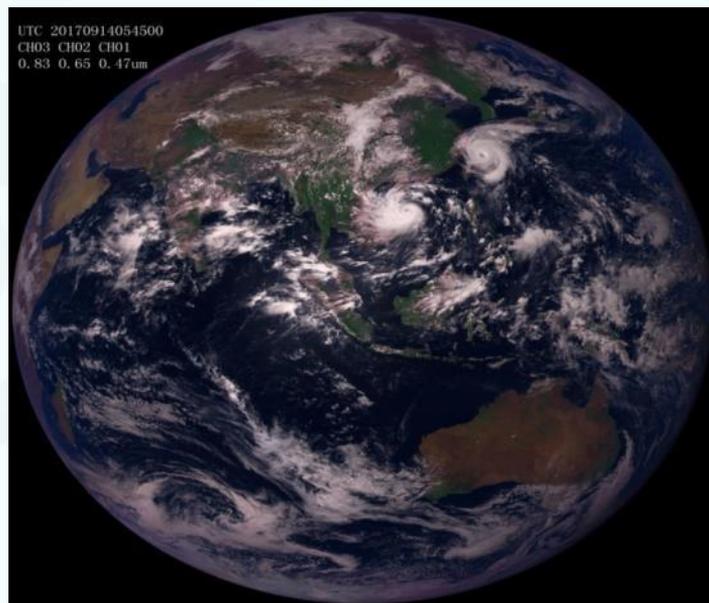


首届风云气象卫星国内用户大会

(2018年11月12-13日, 四川成都)

风云四号科研试验卫星资料在天气预报中 应用进展



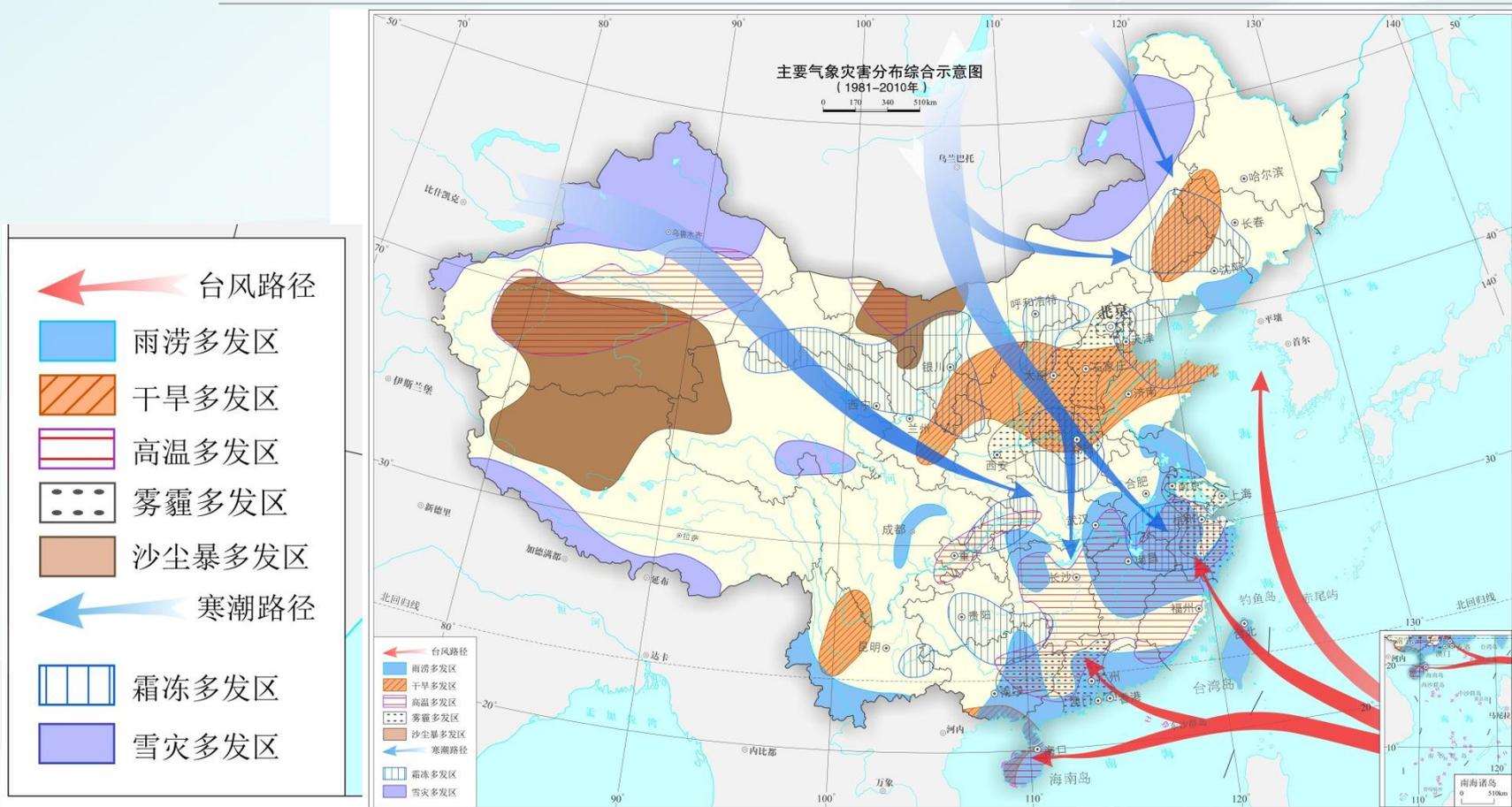
郑永光 许映龙 何立富
国家气象中心(中央气象台)
2018年11月13日

主要内容

- 背景和思路
- 主要应用进展
- 主要困难和需求



● 背景和思路



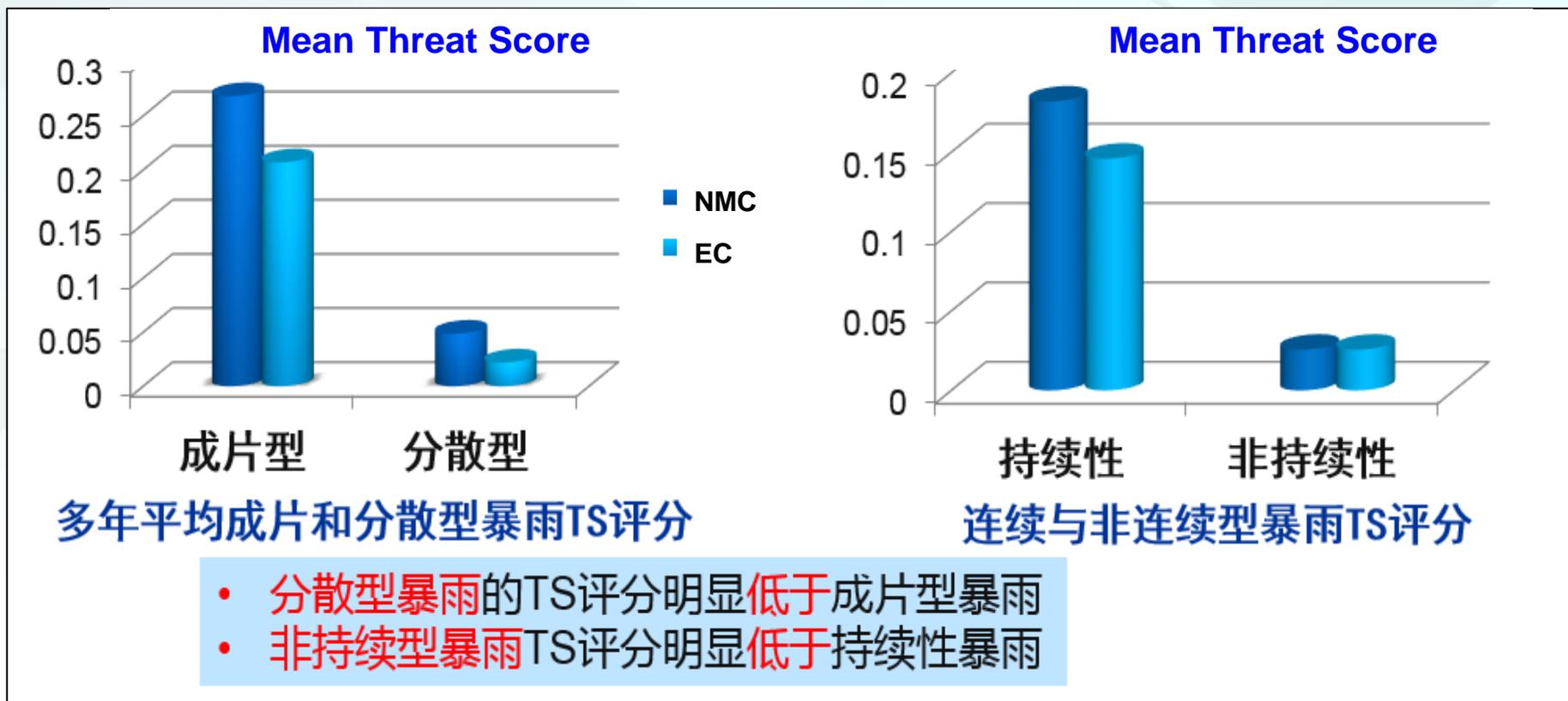
■ 台风、暴雨、强对流灾害重



背景和思路

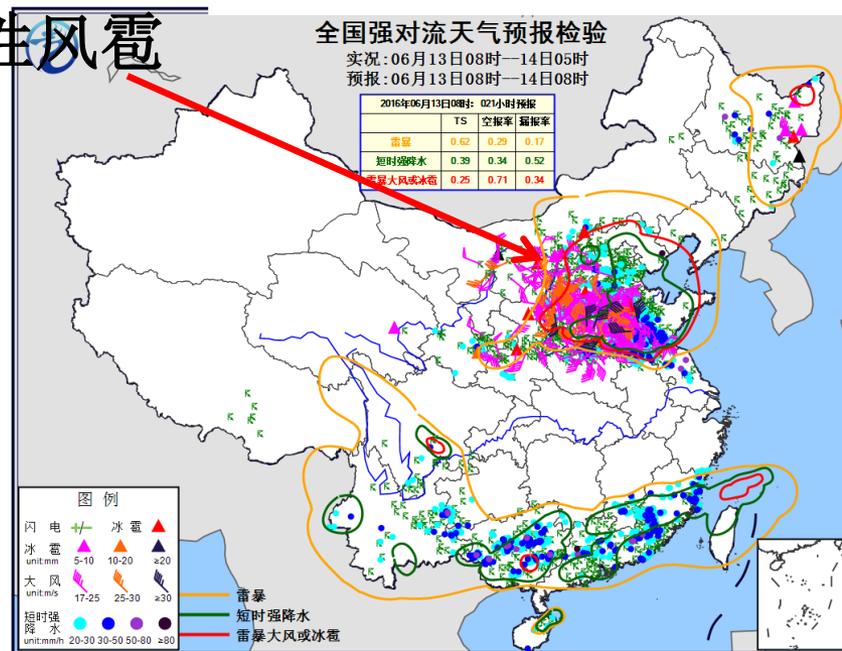
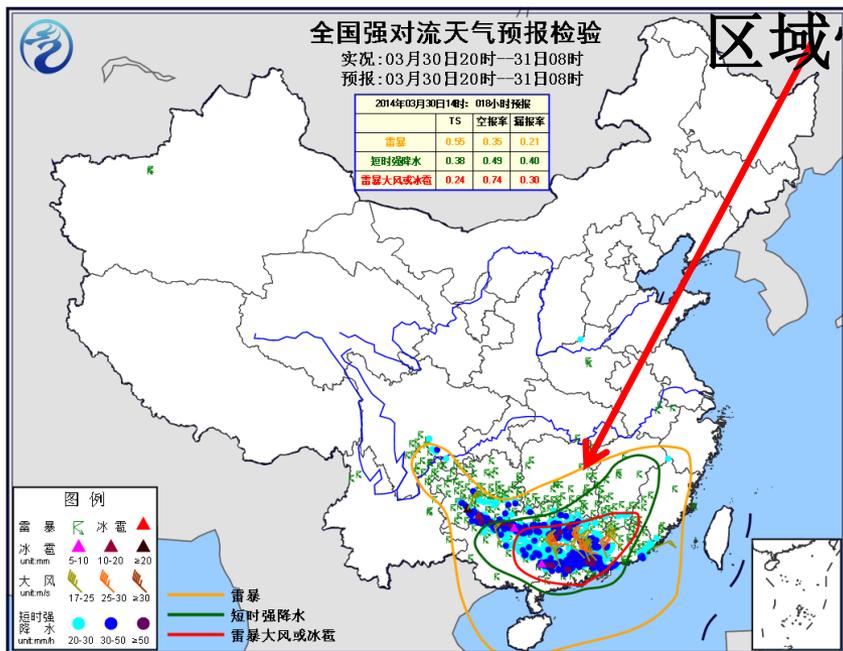
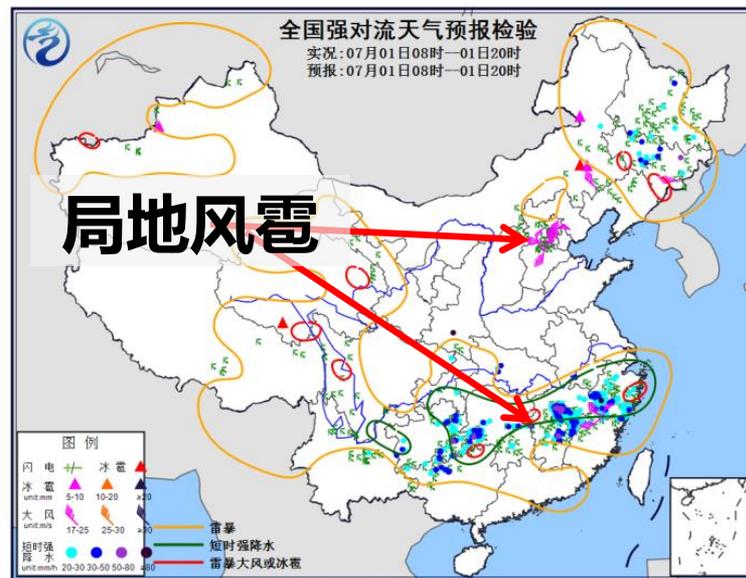
暴雨预报难点

- 大范围持续性暴雨可预报性高
- 局地突发性暴雨难
- 暖区暴雨难（弱天气尺度强迫）
- 极端降水量难



背景和思路 强对流预报难点

- 大范围风雹天气可预报性较高
- 龙卷、下击暴流等小尺度风雹难
- 弱天气尺度强迫强对流预报难度大
- 极端强对流强度预报难



线条为预报落区线：红色为风雹，绿色为短时强降水，橘色为雷暴

● 背景和思路

强化卫星监测分析技术支撑，发展卫星监测客观定量分析方法

- ✓ 台风强度估计
- ✓ 台风中心位置确定
- ✓ 台风风雨精细信息的获取
- ✓ 台风环境诊断产品
- ✓ 海雾反演产品
- ✓ 强对流、闪电监测
- ✓ 水汽图像暗区识别应用

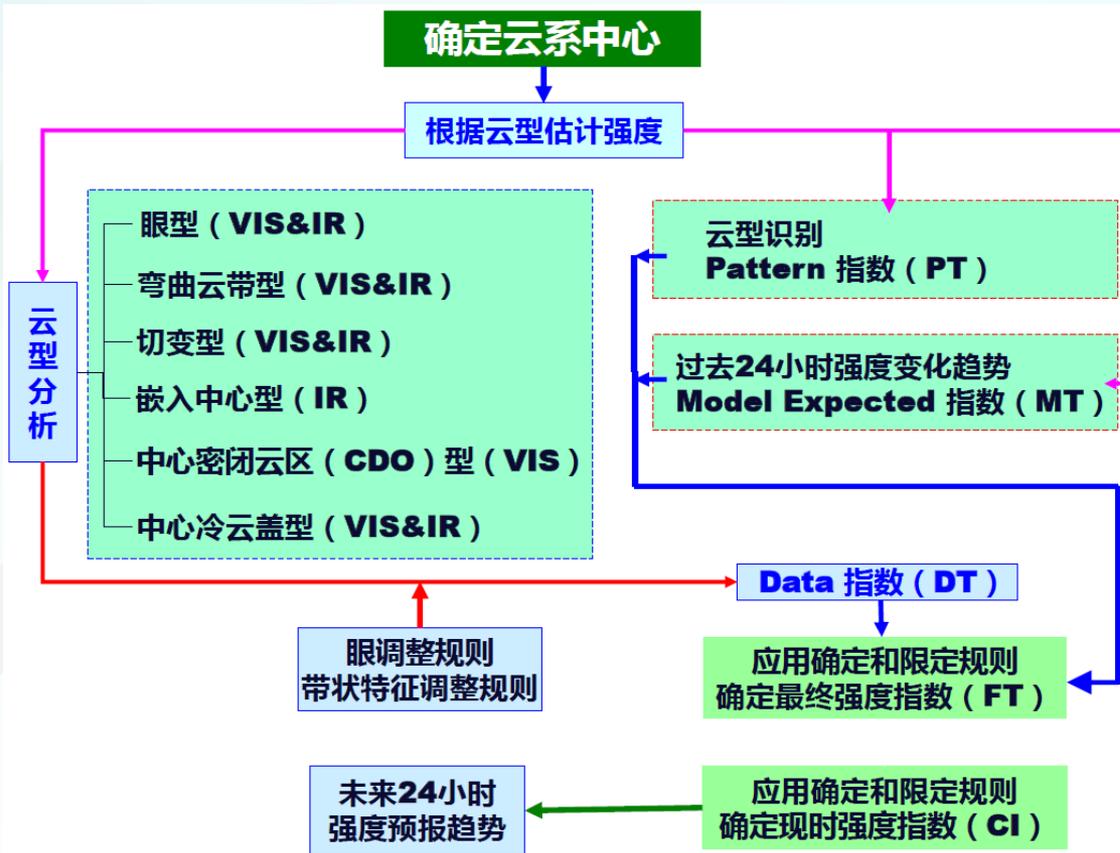


● 主要应用进展情况

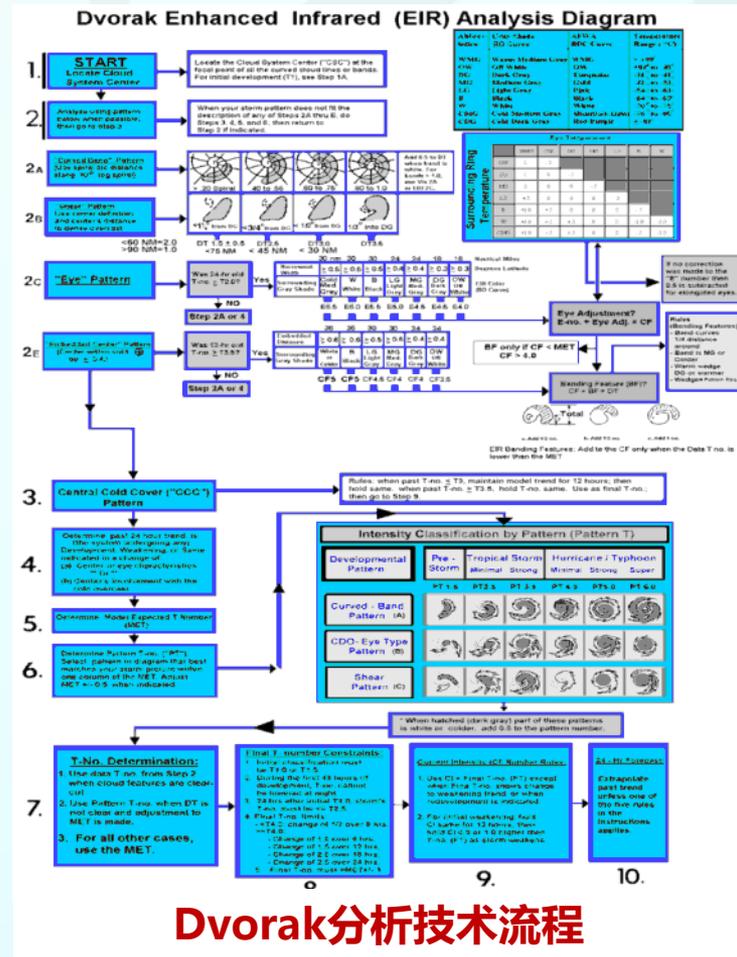
✓ 台风定量监测分析

建立了以Dvorak技术为基础的FY-4A卫星台风强度分析业务流程

--- 预报员主观分析



Dvorak分析步骤



Dvorak分析技术流程

● 主要应用进展情况

✓ 台风定量监测分析

建立基于FY-4A、FY-2G和Himawari-8卫星的台风强度客观估计系统，为台风业务定强提供客观参考

- 通过引进美国威斯康星大学高级客观**Dvorak**技术，通过卫星数据解码、数学处理识别方法，实现台风云型特征（台风眼、螺旋云带等）、云顶温度、眼区温度、密闭云区等台风云系特征的自动识别，进行台风强度客观估计分析。
- 采用**2012-2016**年中央气象台现时强度分析指数结果、台风最佳路径数据，建立台风中心风速、中心气压和现时强度分析指数的统计关系。

台风形态分析



确定台风现时强度指数初估值



确定台风现时强度指数最终值



台风风压关系应用



台风云系形态的强度分类表

特征形态	热带低压	热带风暴	强热带风暴	台风	强台风	超强台风
	PT 1.5	PT 2.5	PT 3.5	PT 4.0	PT 5.0	PT 6.0
弯曲云带型						
密闭云区 (CDO)						
和眼型						
切变型						

		眼区温度						
		WMG	OW	DG	MG	LG	B	W
环绕眼区的 云系温度	OW	0	-0.5	灰度代码 (BD曲线)				
	DG	0	0	-0.5				
	MG	0	0	0	-0.5			
	LG	+0.5	0	0	0	-0.5		
	B	+1.0	+0.5	0	0	0	-0.5	
	W	+1.0	+0.5	+0.5	0	0	-1.0	-1.0
	CMG	+1.0	+0.5	+0.5	0	0	-0.5	-1.0

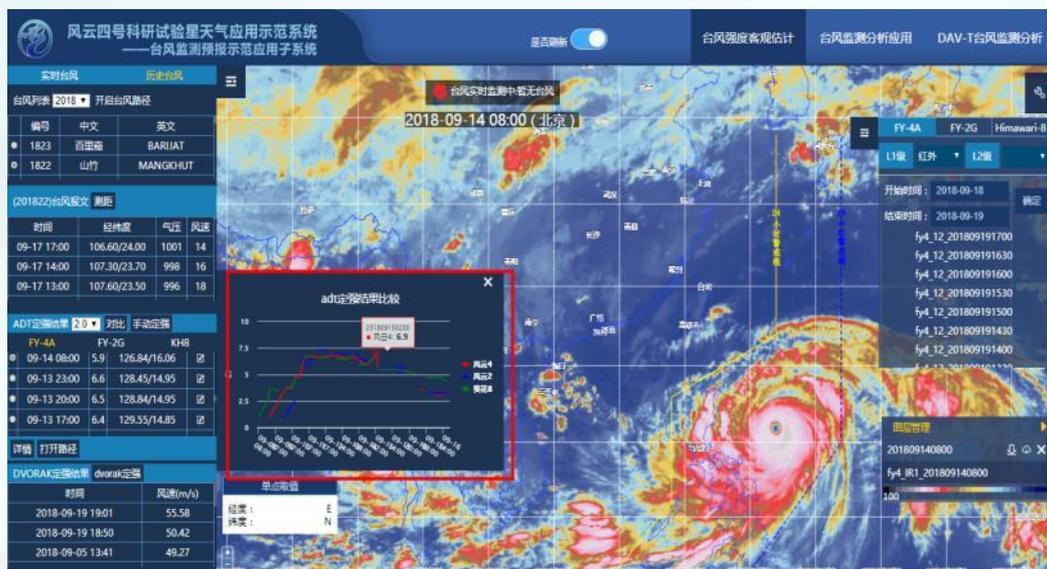
缩写		灰度		温度范围
WMG		Warm Medium Gray	暖中灰	>9°C
OW	Off White	灰白		+9 ~ -30°C
DG	Dark Gray	深灰		-31 ~ -41°C
MG	Medium Gray	中灰		-42 ~ -53°C
LG	Light Gray	浅灰		-54 ~ -63°C
B	Black	黑		-64 ~ -69°C
W	White	白		-70 ~ -75°C
CMG	Cold Medium Gray	冷中灰		-76 ~ -80°C
CDG	Cold Dark Gray	冷黑灰		≤ -81°C

CI 指数	中心风速	中心气压可取值范围 (hPa)
2.5	18	995~998~1000
2.5	20	990~995
3.0	23	982~990
3.0	25	980~985
3.5	28	975~982
3.5	30	975~980
4.0	33	970~975
4.0	35	965~970
4.5	38	960~965
4.5	40	955~960
5.0	42	950~955
5.0	45	945~950
5.5	48	940~945
5.5	50	935~940
6.0	52	930~935
6.0	55	925~930
6.5	58	920~925
6.5	60	915~920
7.0	62	910~915
7.0	65	905~910
7.5	68	900~905
7.5	70	895~900
8.0	72	890~895
8.0	75	885~890
8.0	78	880~885
8.0	80	875~880

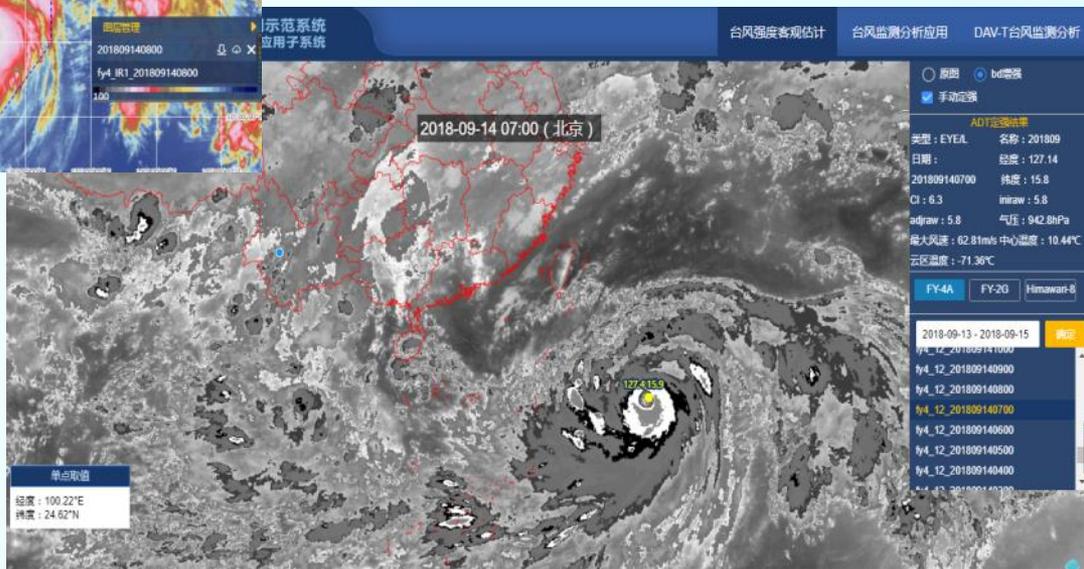
● 主要应用进展情况

✓ 台风定量监测分析

建立基于FY-4A、FY-2G和Himawari-8卫星的台风强度客观估计系统，
为台风业务定强提供客观参考



1822号台风“山竹” 强度客观估计分析



台风强度客观估计系统界面

● 主要应用进展情况

✓ 台风定量监测分析

建立基于FY-4A、FY-2G和Himawari-8卫星的台风强度客观估计系统，为台风业务定强提供客观参考



1822号台风“山竹”强度客观估计分析结果：
2018年9月15日02时

- **现时强度指数CI=6.9**
- **根据CI指数与台风强度对应表，得到“山竹”强度：62米/秒，915hPa**
- **中央气象台实时业务定强：65米/秒，910hPa**

CI 指数与台风强度对应表

CI 指数	中心风速	气压可取值范围 (hPa)
2.5	18	995~998~1000
	20	990~995
3.0	23	982~990
	25	980~985
3.5	28	975~982
	30	975~980
4.0	33	970~975
	35	965~970
4.5	38	960~965
	40	955~960
5.0	42	950~955
	45	945~950
5.5	48	940~945
	50	935~940
6.0	52	930~935
	55	925~930
6.5	58	920~925
	60	915~920
7.0	62	910~915
	65	905~910
7.5	68	900~905
	70	895~900
8.0	72	890~895
	75	885~890
	78	880~885
	80	875~880

● 主要应用进展情况

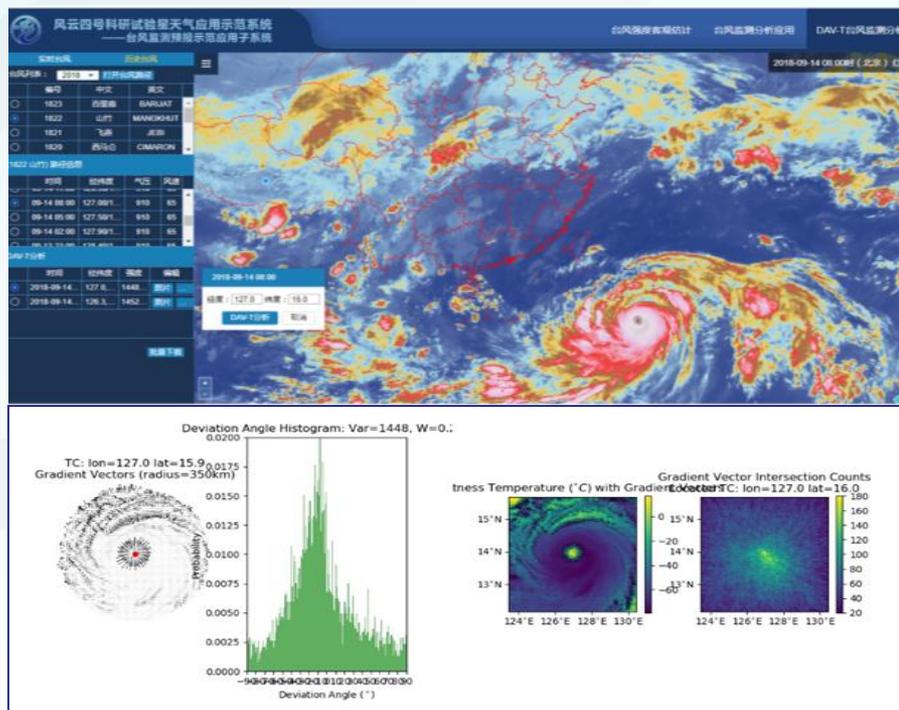
✓ 台风定量监测分析

建立基于FY-4A卫星和偏差角方差技术 (DAV-T)的台风定量监测分析系统

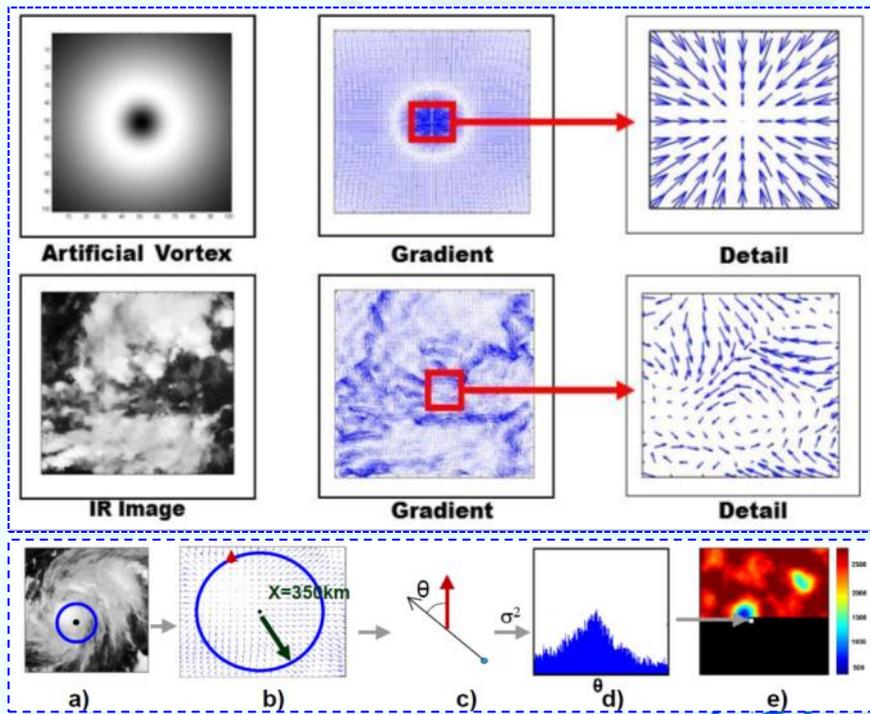
—— 定位、定强、生成及尺度分析

偏差角方差技术 (DAV-T) 的目的

- 一种基于红外卫星云图的台风对称的客观分析方法，可用于台风定位、定强、生成及尺度监测分析



1822号台风“山竹” DAV-T分析结果
2018年9月14日14时



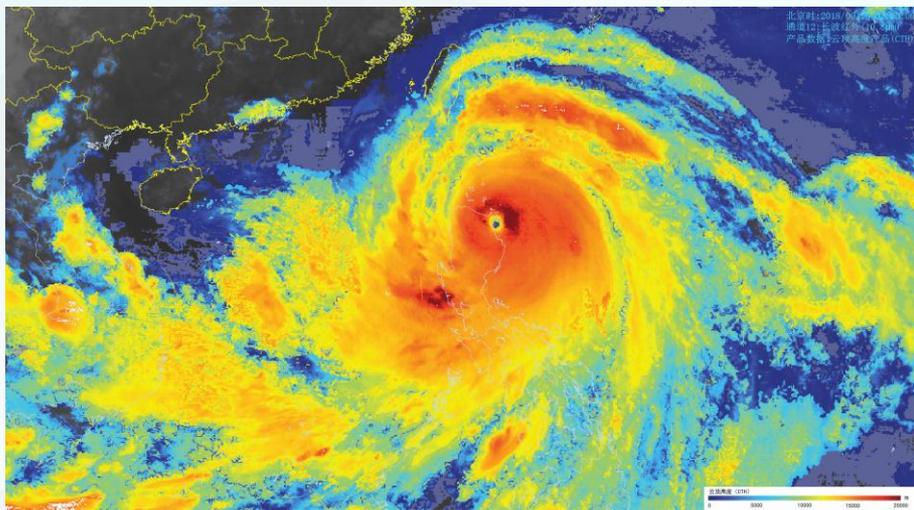
Source: Pineros et al. , 2008, 2010, 2011;
Kofron et al. , 2009;
Ritchie et al, 2012, 2014;
Wood et al., 2015

● 主要应用进展情况

✓ 台风定量监测分析

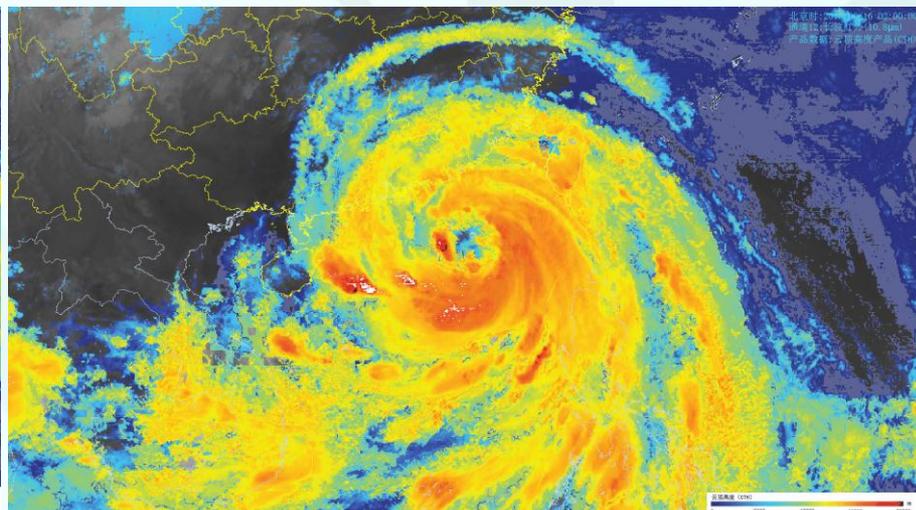
基于FY-4A卫星云顶高度（CTP）L2级产品的强度监测分析

—— 通过云顶高度的变化，监测判断台风强度的变化趋势



风云四号A星云顶高度动画
2018年9月15日02:00-06:20，5分钟间隔

“山竹”登陆菲律宾吕宋岛后，
整体云顶高度明显降低，台风强度减弱



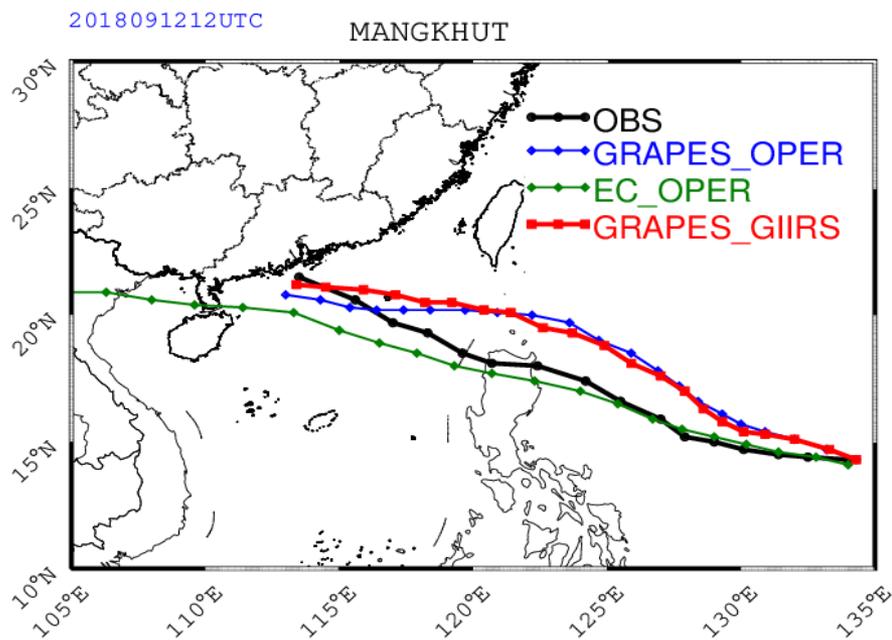
风云四号A星云顶高度动画
2018年9月16日02:00-06:38，5分钟间隔

“山竹”靠近广东近岸时，
中心附近的云顶高度开始抬升，对流增强
表明近海加强的迹象

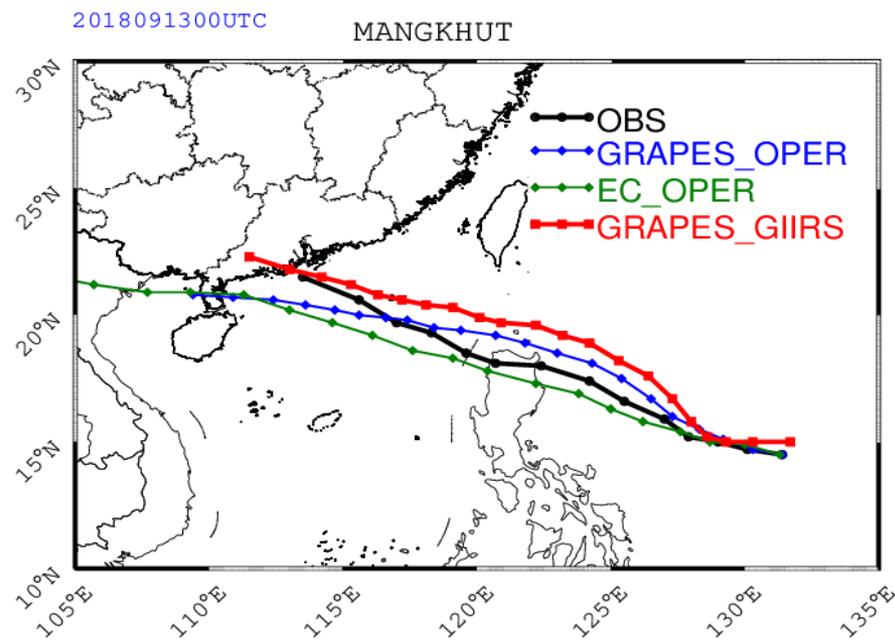
● 主要应用进展情况

✓ 数值预报与FY-4A卫星垂直探测仪（GIIRS）加密观测交互模式的建立，为台风业务预报提供技术参考

- 基于切线性和伴随模式技术的奇异向量(SVs)方法，确定加密观测目标区
- 针对“玛丽亚”、“安比”和“山竹”等三个台风启动目标区加密观测
- **FY-4A/GIIRS**观测1分钟后到达风四数据资源池，进入**GRAPES/4DVar**同化系统



1822号台风“山竹”实时同化分析GIIRS资料后
路径预报结果对比
(2018年9月12日20时起报)

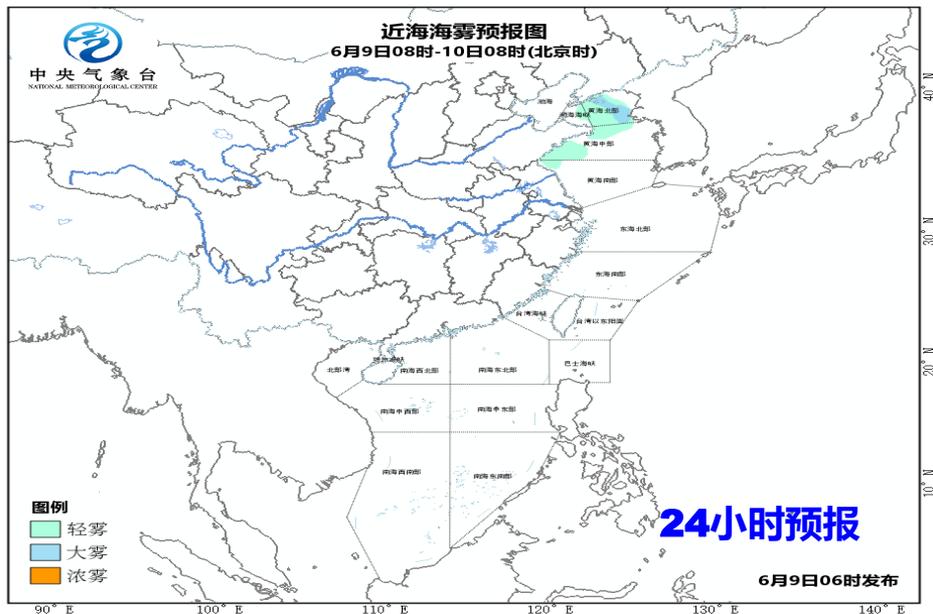


1822号台风“山竹”实时同化分析GIIRS资料后
路径预报结果对比
(2018年9月13日08时起报)

● 主要应用进展情况

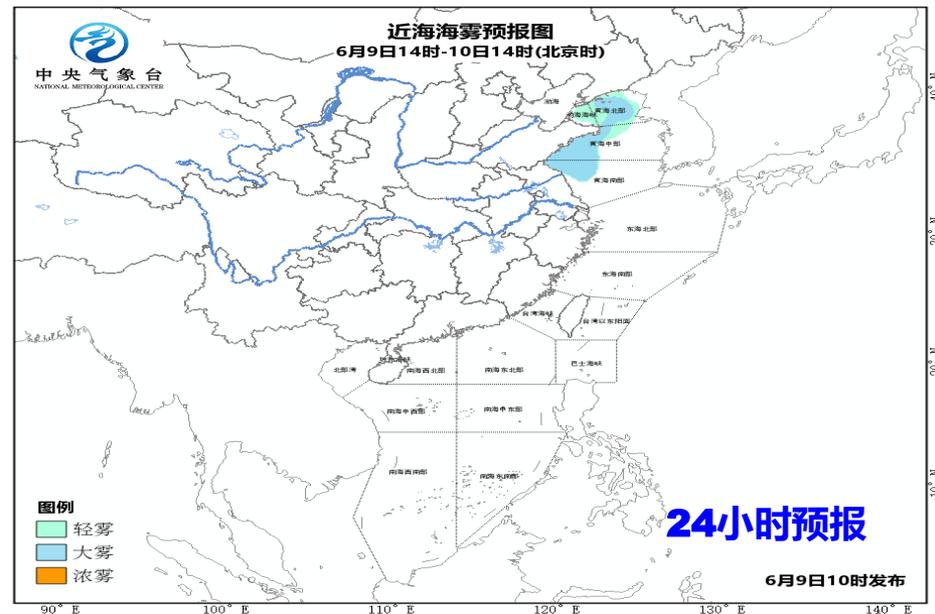
✓ 海雾定量监测分析 --- 滚动发布海雾预报

- 基于地面探空数据、海表面温度、**FY-4A**卫星多通道数据，构建海雾动态阈值，再通过**FY-4A**卫星多通道数据与海表面温度等产品，进行**日间海雾反演**；
- 基于**FY-4A**卫星雾检测**L2**级产品、多通道数据（可见光、云顶亮温或大气温湿廓线等），基于“双道法”构建夜间海雾反演算法，进行**夜间海雾反演**。



海上大雾预报图

(2018年6月9日06时发布)



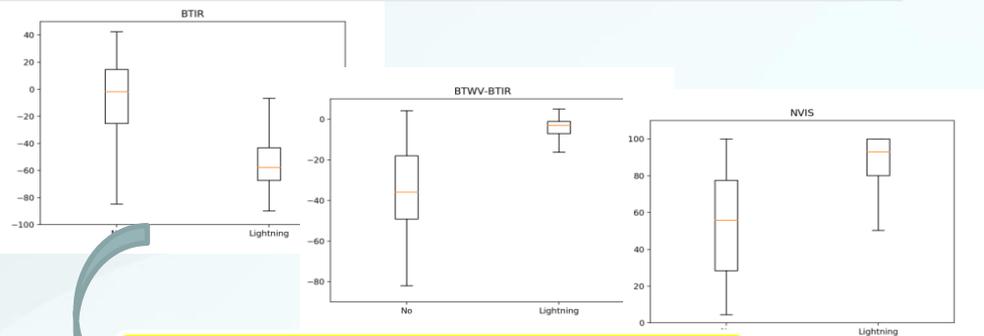
海上大雾预报图

(2018年6月9日10时发布)

● 主要应用进展情况

强对流云判识监测模块

- ✓ 数据：2018年4-7月FY4卫星成像仪数据
- ✓ 统计对象：我国中东部地区的对流云（闪电定位仪观测）
- ✓ 统计云团特征量：云团发展的高度（BTIR、BTWV-IR）和厚度（VIS）



构建“日间对流云判识算法”

日间对流云判识结果
(黑色线条)

卷云区

对流云区

以“6.13”华北强对流过程为例，该时次判识结果对河北东部、山东北部等地**对流发展较为旺盛、产生闪电的区域**有较好的识别结果，同时**有效地剔除了辽宁中部的高卷云区域**。

红外云图+闪电

卷云区

对流云区

● 主要应用进展情况

云顶亮温时间变化监测（多IR指标）

基本思路：

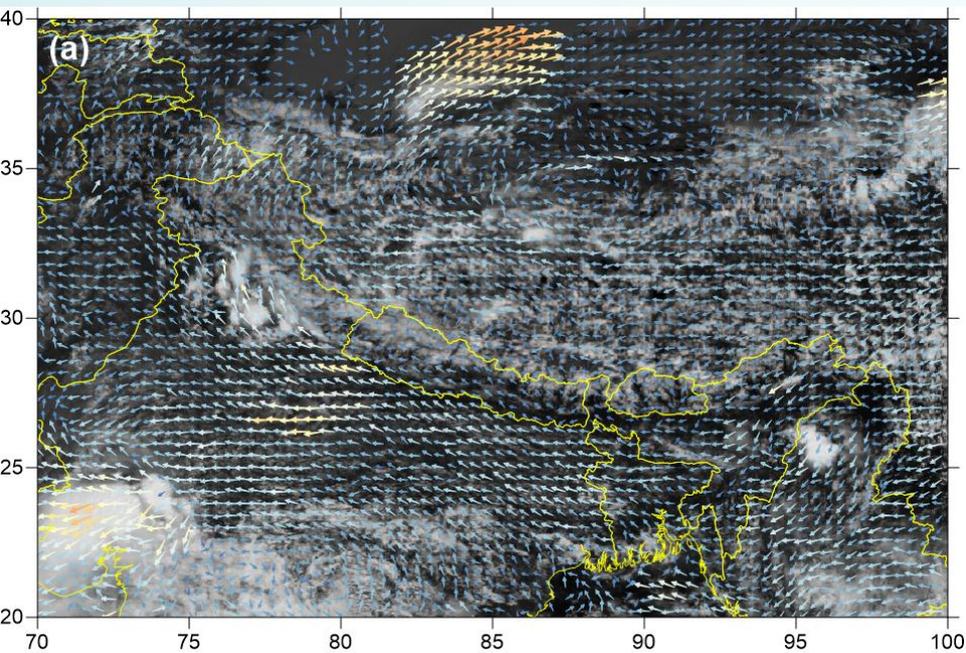
- 1) 对流云判识结果（第1模块）
- 2) AMV反演（像素级，光流法，CMV、WMV、VMV）
10.8 7.1/6.25 0.65
- 3) 对于每个对流云像素，追踪、监测相邻时刻的云顶亮温时间变化（归一化为10分钟变化）。其中，亮温降低（高度增长）的对流云即为发展的对流云。
- 4) 通过云顶亮温（ $BT_{10.8}$ ）和云顶接近对流层顶的程度（ $BTD_{7.1-10.8}$ ）区分低、中、高发展。
- 5) 云顶亮温的时间变化数值（ ≥ 5 度/h）区分快速发展的对流云/对流核（特别注意：中层快速发展的对流云）。

效果评估：

- 1) 基于多项式展开的光流法反演密集AMV可满足业务实时需求；
- 2) 基于云顶亮温时间变化监测，可以有效识别发展对流云，其正确性依赖于AMV的质量；
- 3) $BTD_{12.0-10.8}$ 是一种有效监测对流发展的IR指标（不需要AMV）



● 主要应用进展情况

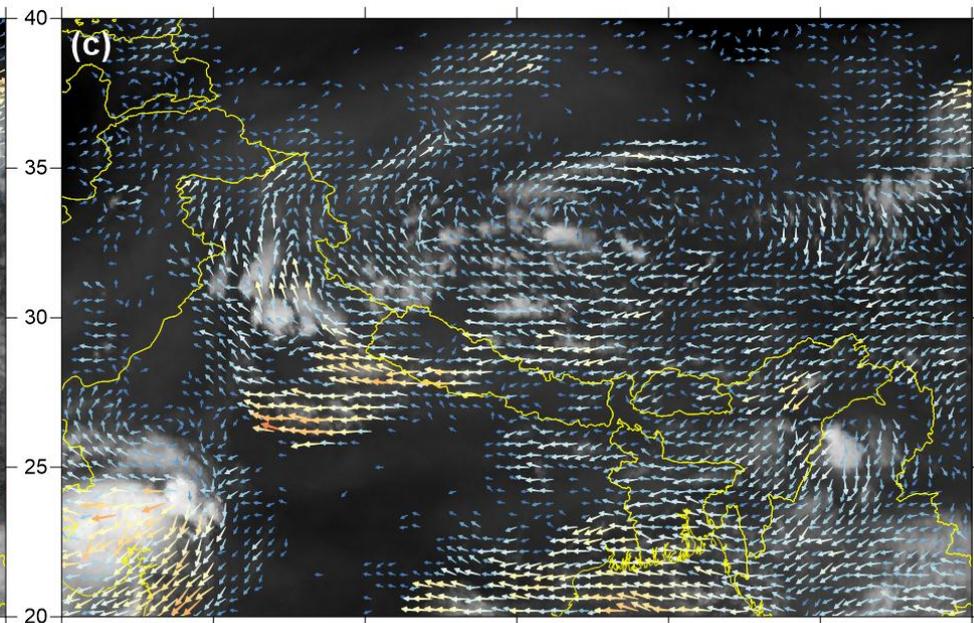
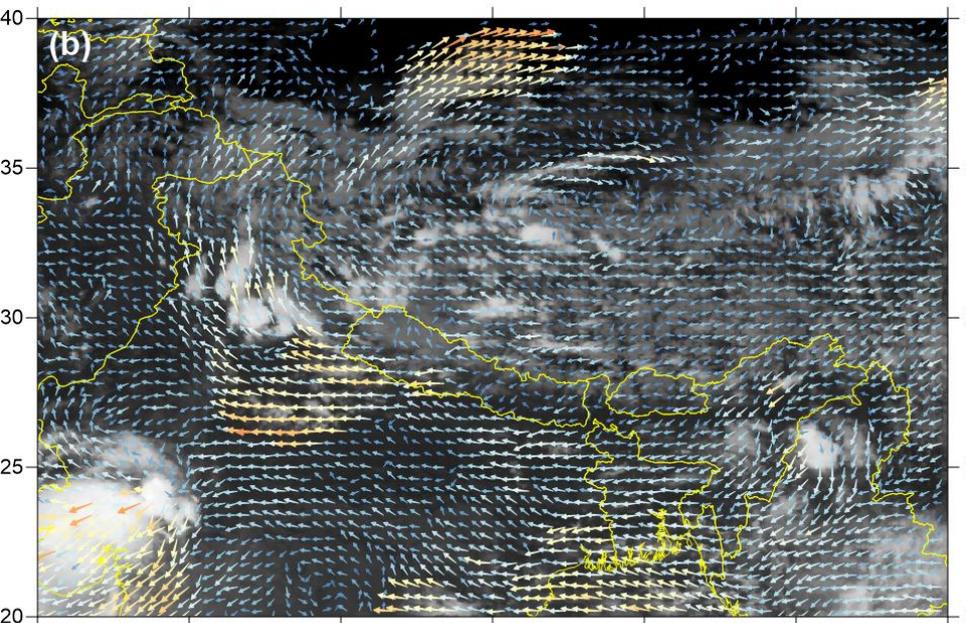
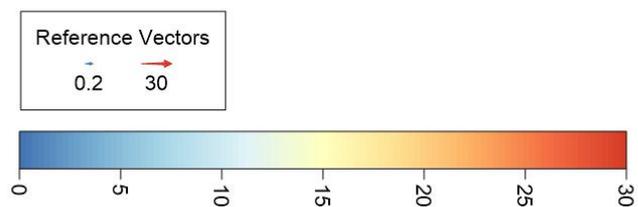


2018-8-17 06:34:16UTC

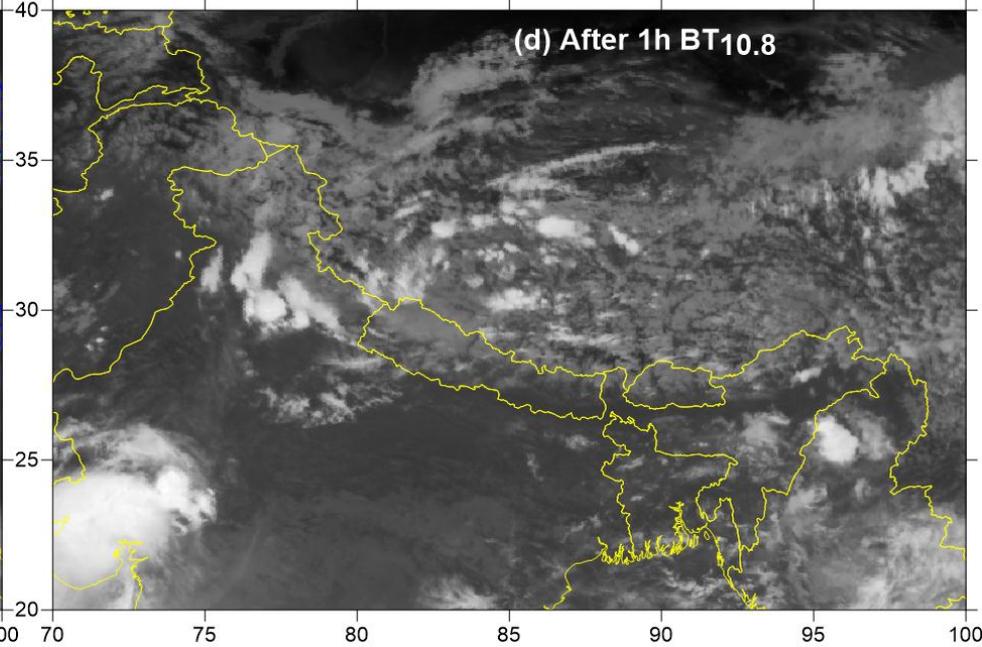
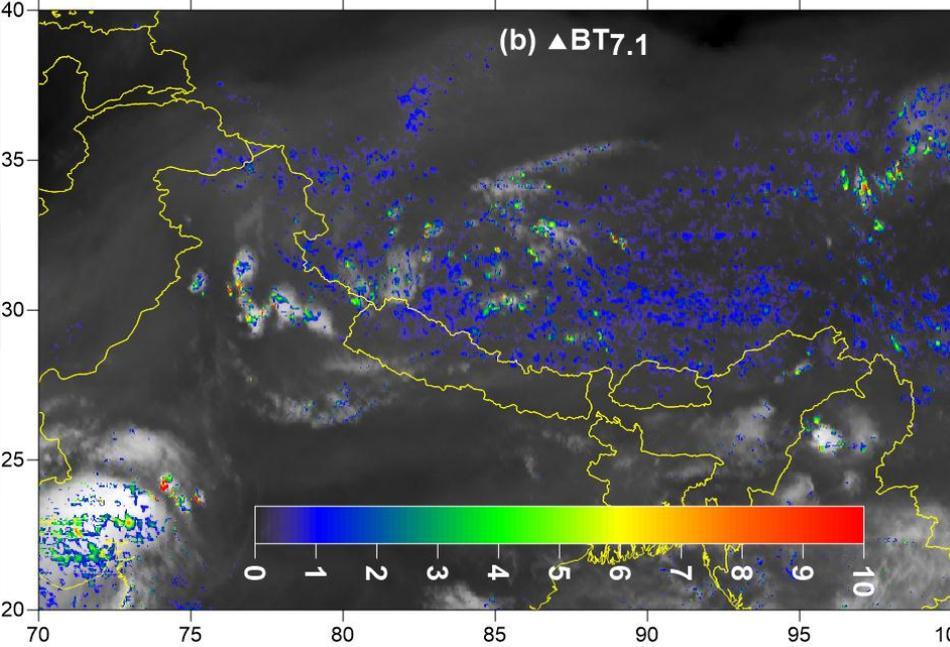
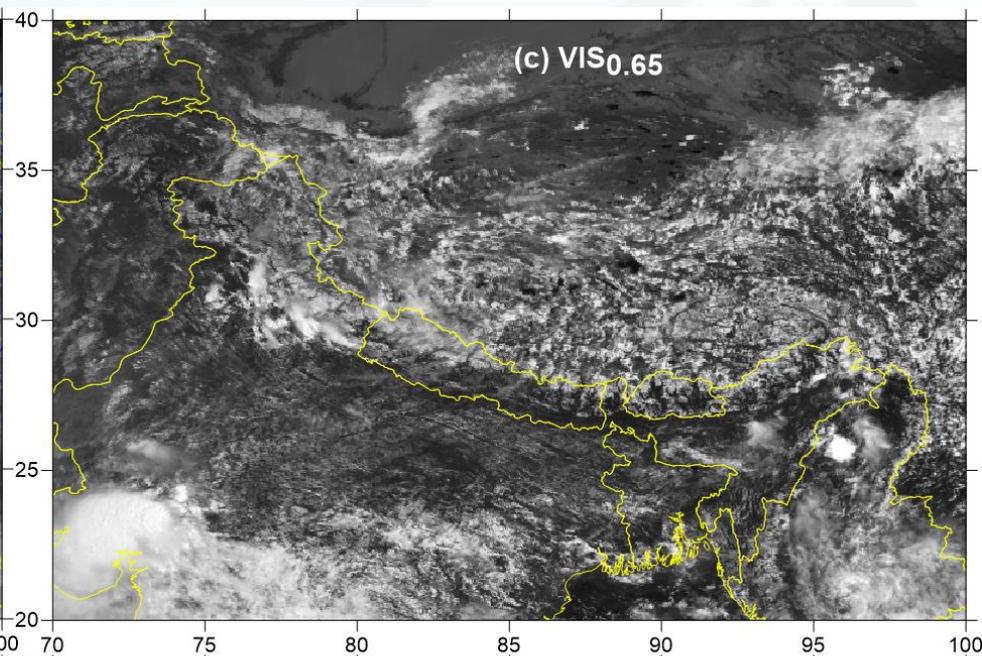
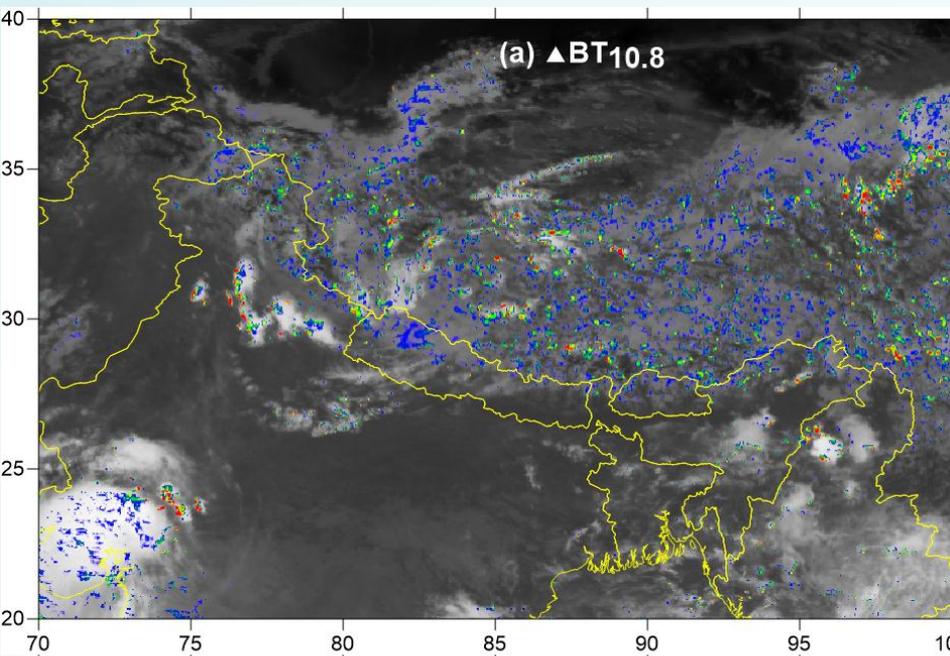
(a) VIS 0.65 + VMV

(b) IR 10.8 + CMV

(c) WV 7.1 + WMV

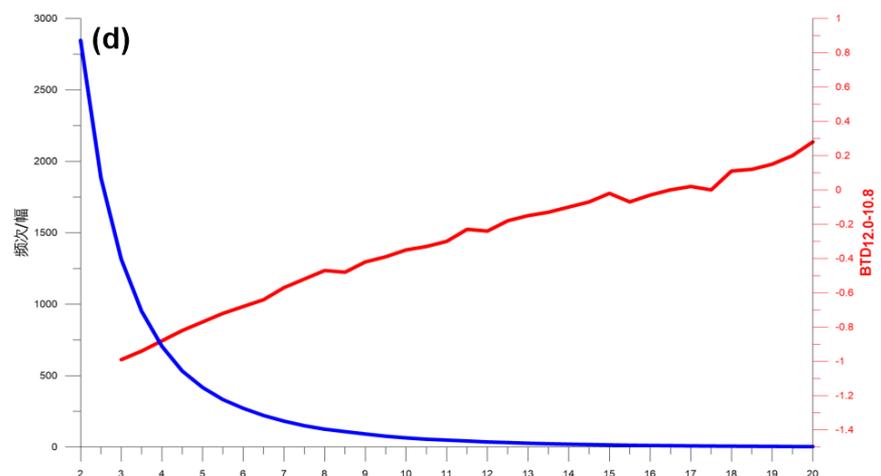
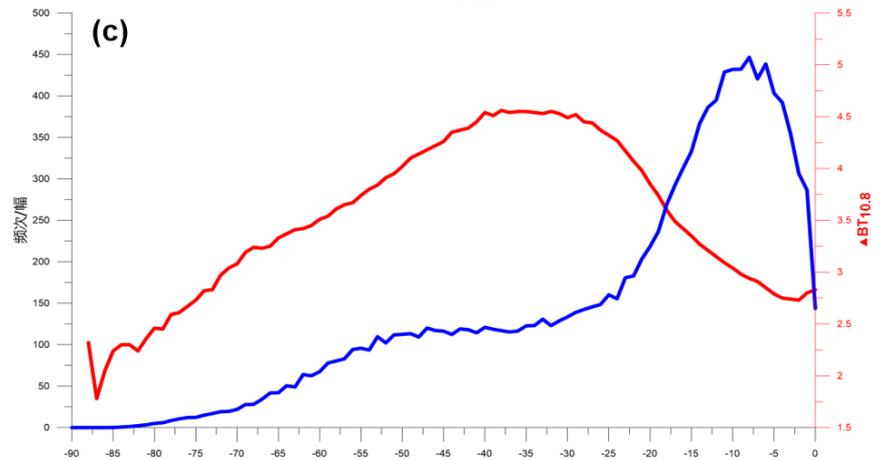
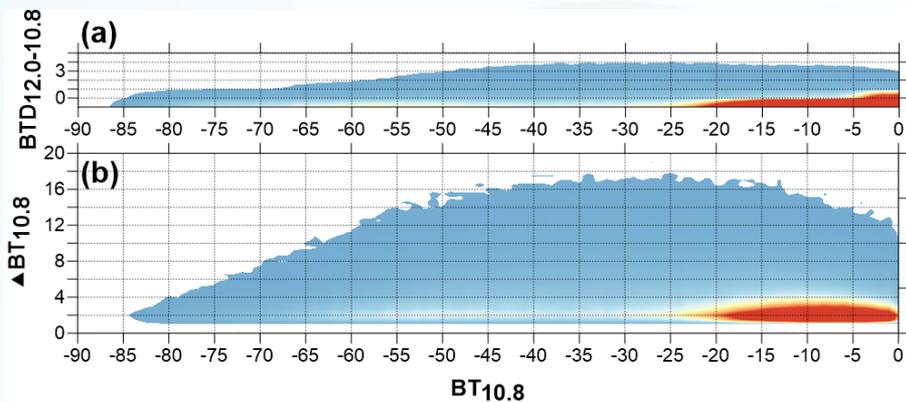
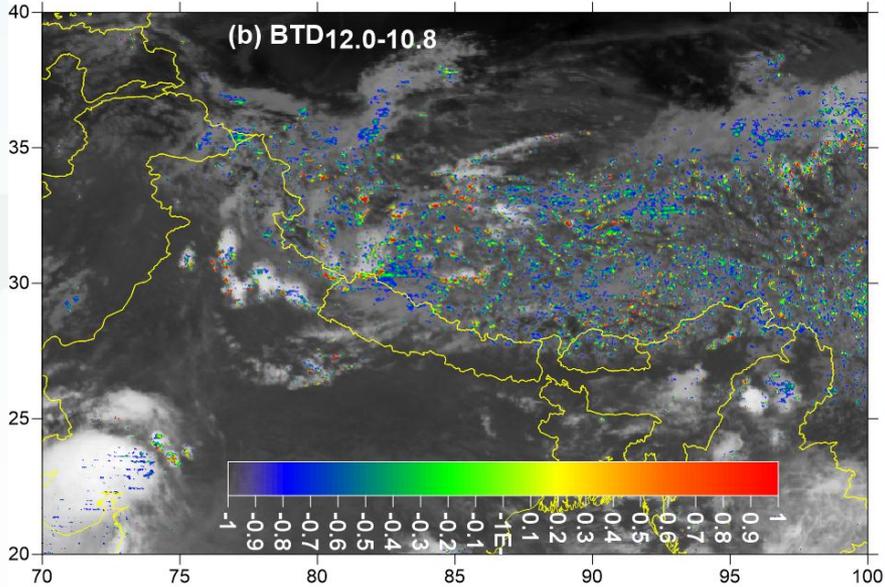
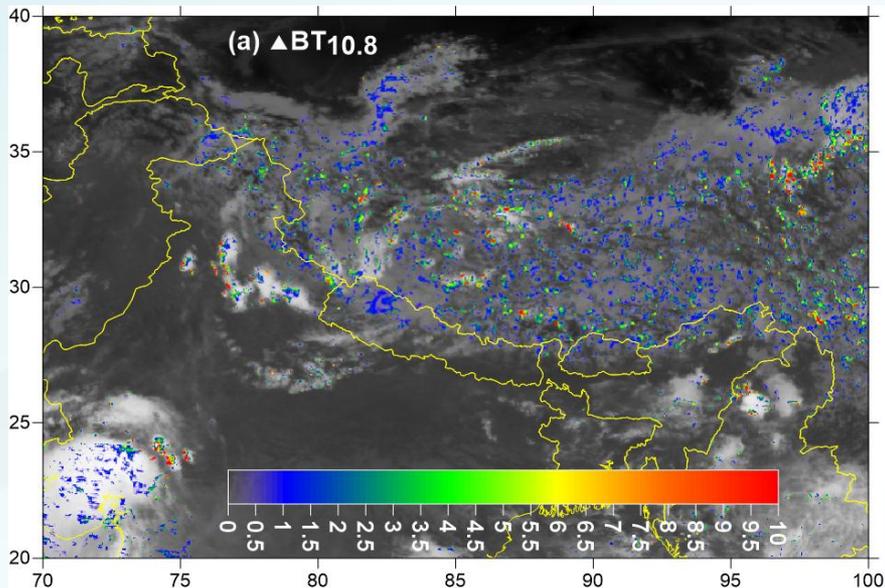


● 主要应用进展情况



● 主要应用进展情况

两种方法的比较:



● 主要应用进展情况

对流云不同发展阶段综合判识

13时闪电+12:50时对流云判识结果（黑色线条）

尺度最大
闪电较强

尺度小
强度较弱

12:50时发展的对流云结果（蓝色区域）

较大的发展
概率

对流云的不同发展阶段的监测产品

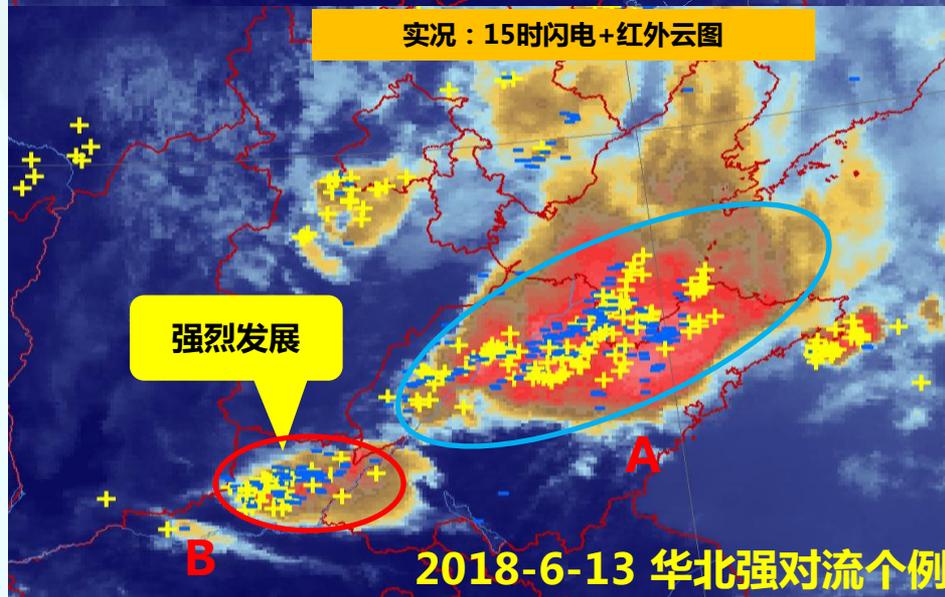
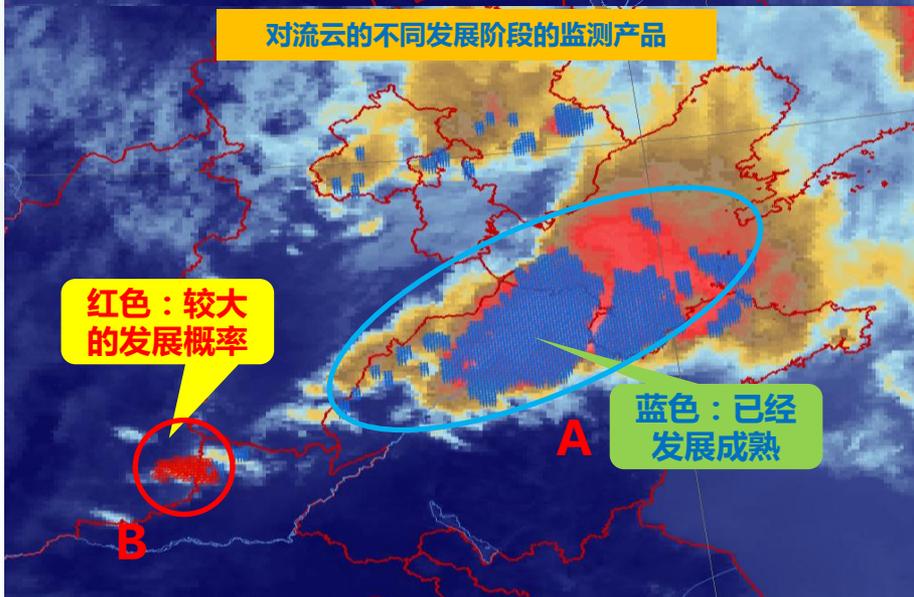
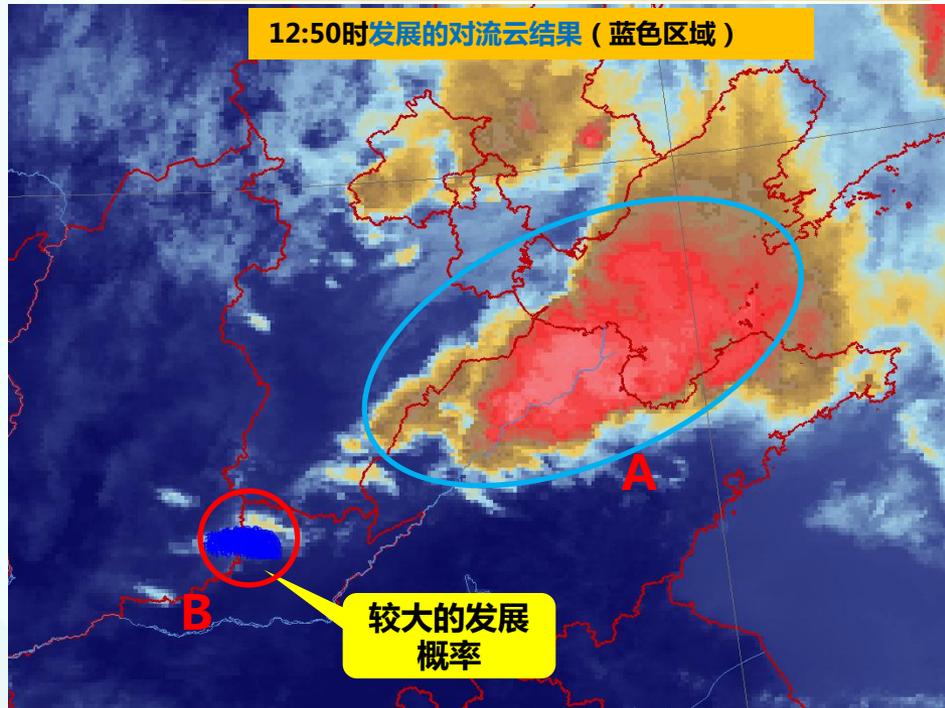
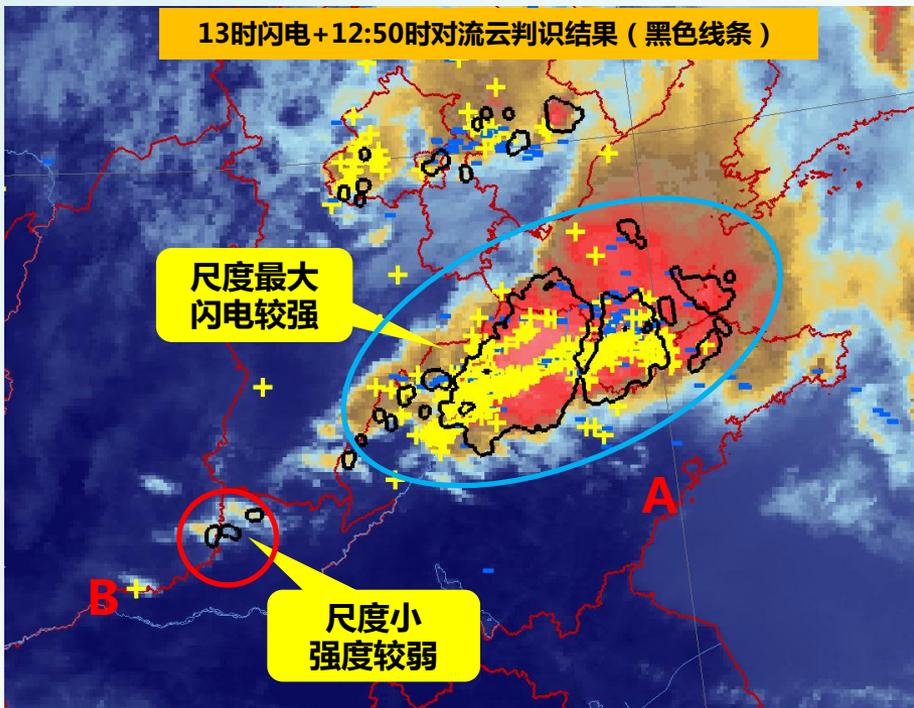
红色：较大
的发展概率

蓝色：已经
发展成熟

实况：15时闪电+红外云图

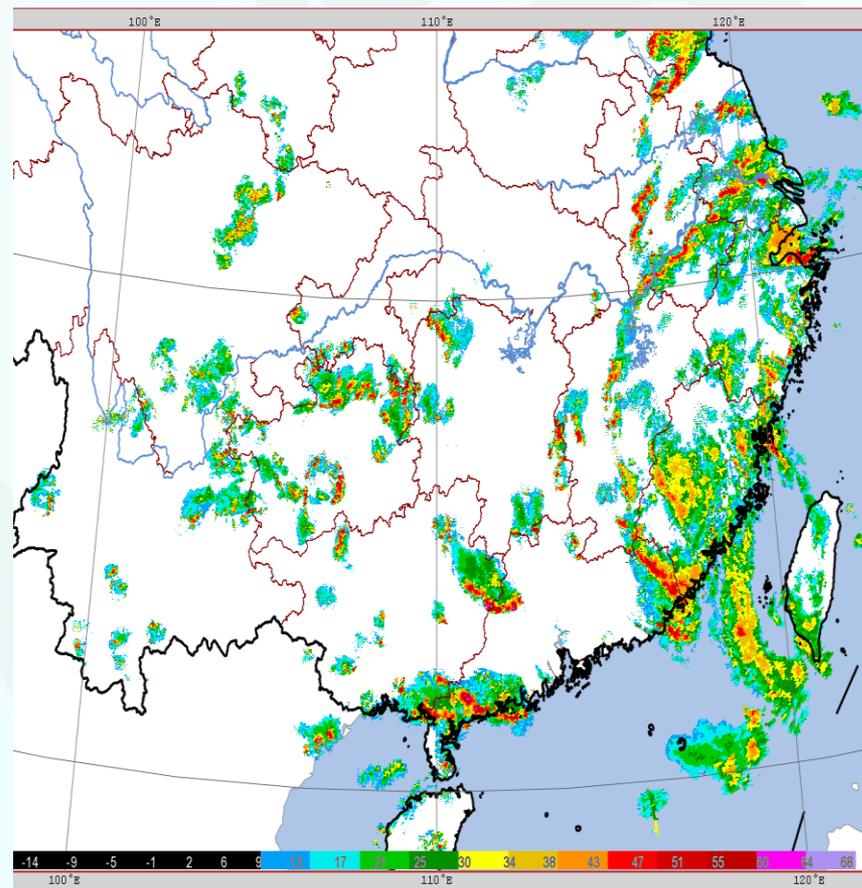
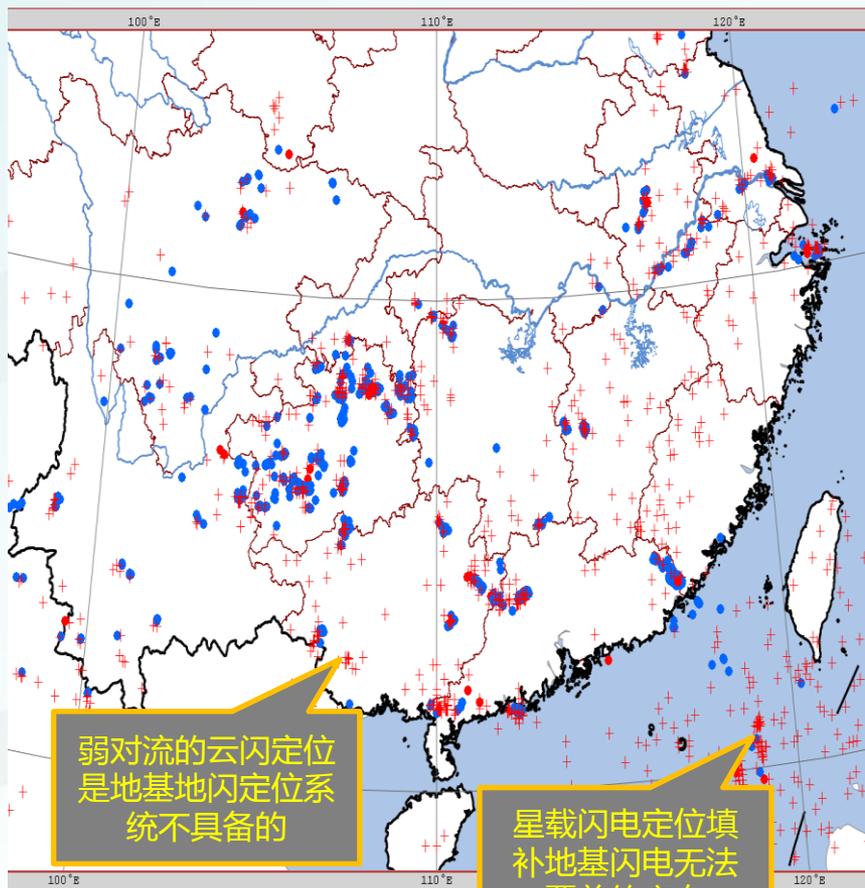
强烈发展

2018-6-13 华北强对流个例



● 主要应用进展情况

卫星闪电与地基闪电融合监测产品



星载 (+) 与地基 (●) 闪电综合监测产品 (2017年7月30日1650, 10min累积)

雷达回波拼图2017年7月30日1648

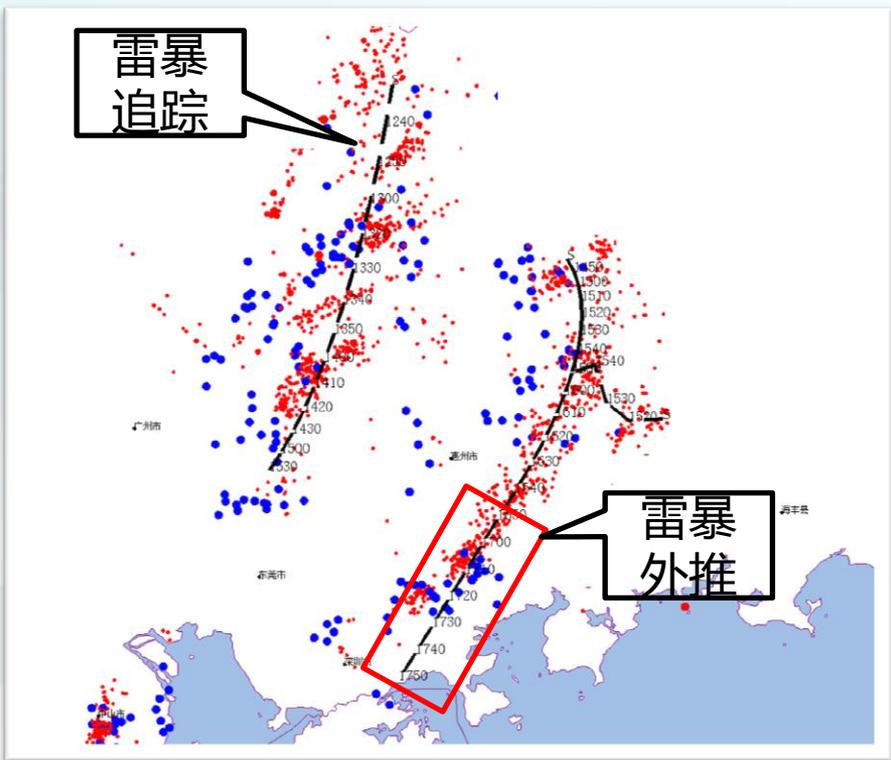
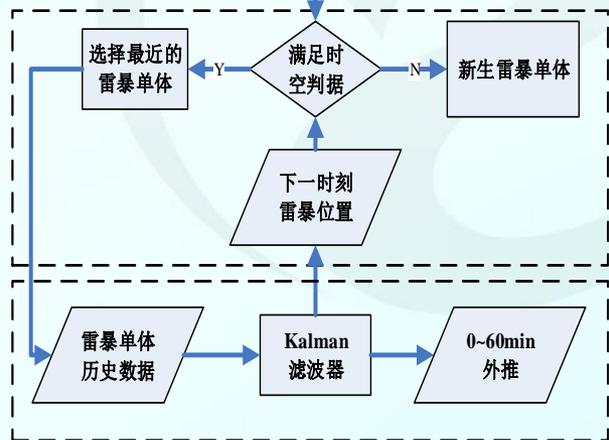
● 主要应用进展情况

雷暴追踪和外推

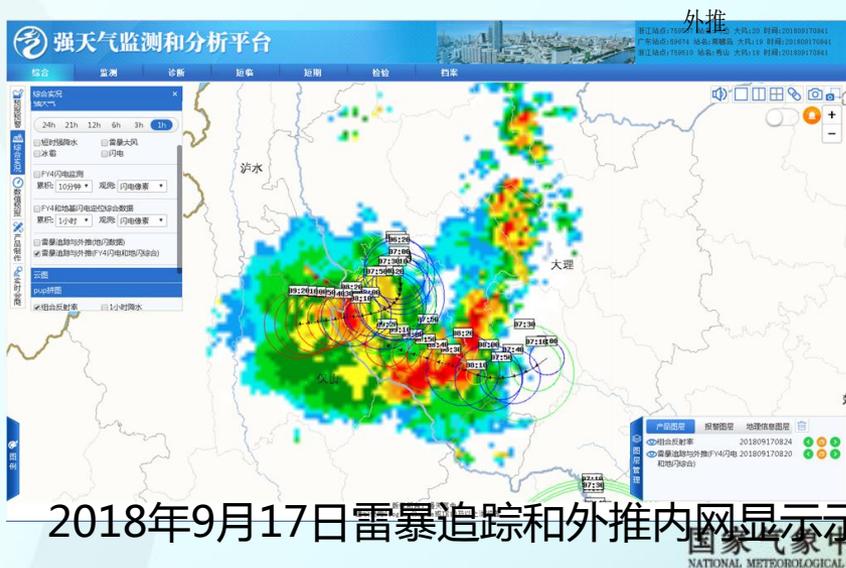
识别



追踪



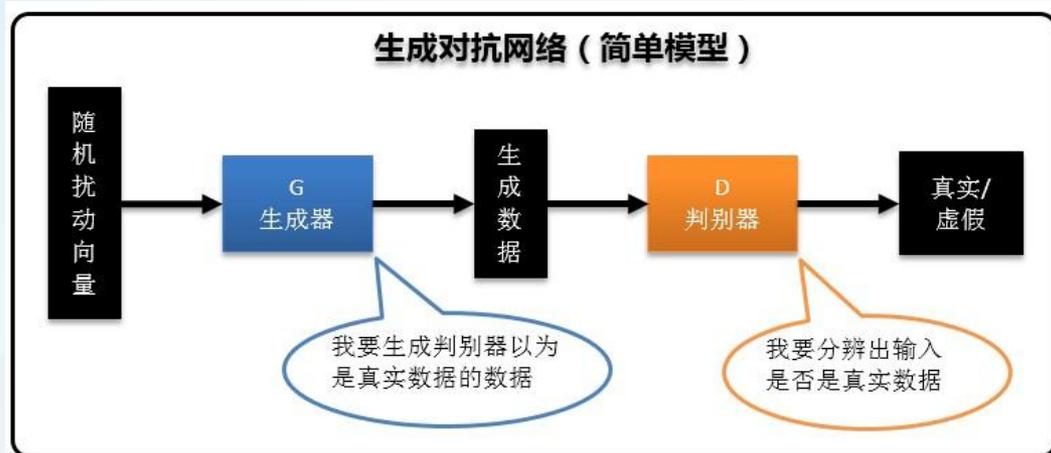
2018年8月20日雷暴追踪和外推示例 (蓝点为FY4闪电观测, 红点为地基闪电观测; 16:50-17:50为雷暴预报路径, 其余时刻为雷暴追踪路径)



2018年9月17日雷暴追踪和外推内网显示示例

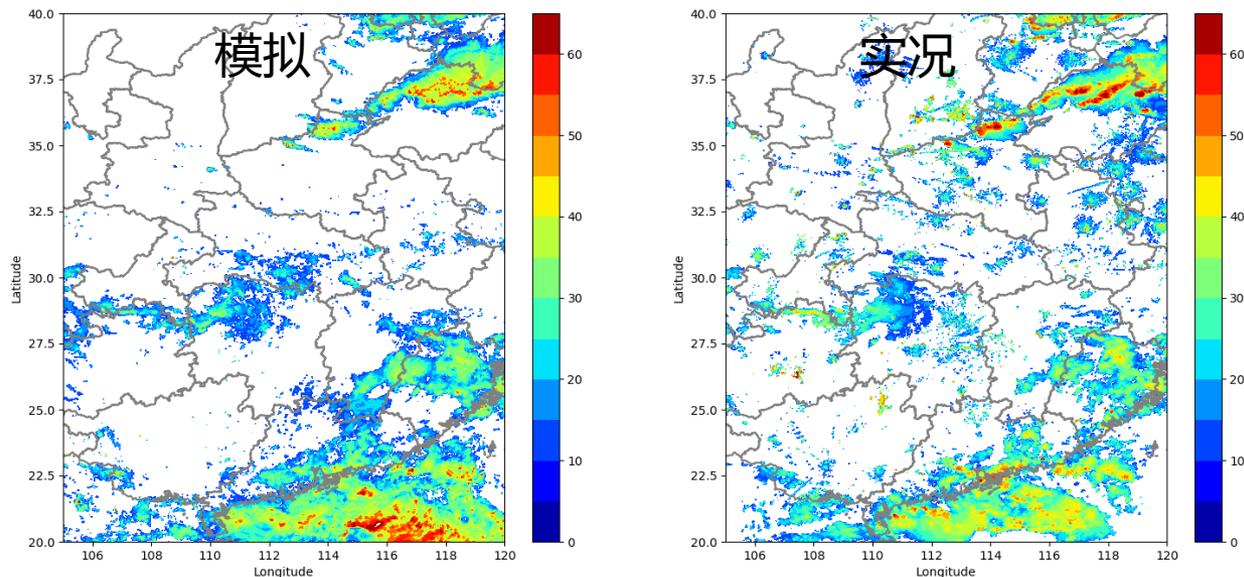
● 主要应用进展情况

卫星云图模拟雷达回波



利用深度学习生成对抗网络（GAN），实现卫星云图，模拟雷达回波

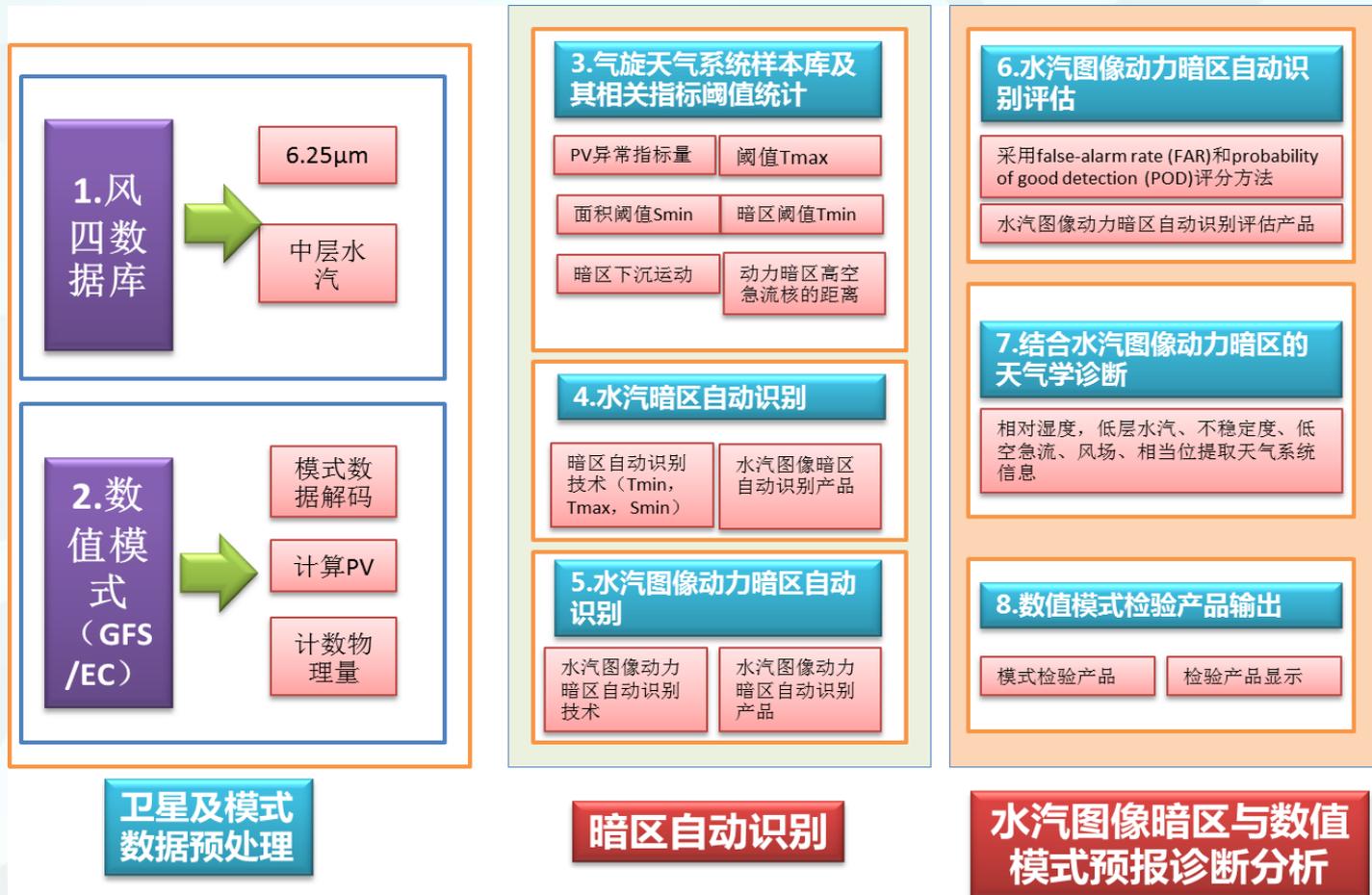
2018年6月13日雷达回波模拟



● 主要应用进展情况

基于FY-4水汽图像动力暗区天气学诊断

- 利用FY4水汽云图高时空分辨率观测优势及其独特的高层动力图像特征，在实时业务预报应用中对最邻近时刻起报的数值预报模式分析场和部分预报场进行快速偏差检验。
- 诊断天气过程，帮助理解天气过程的机理。

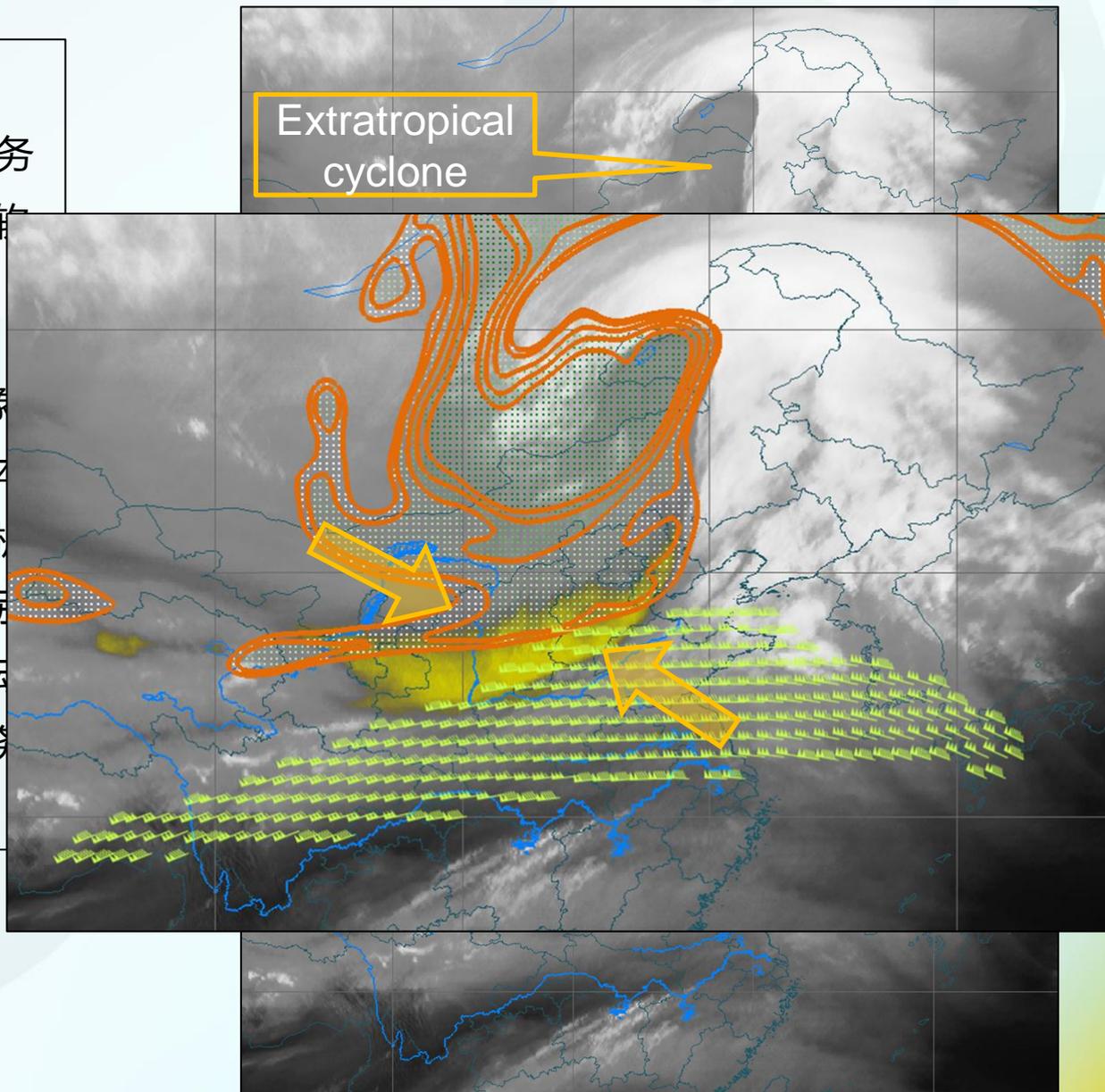


● 主要应用进展情况

基于FY-4水汽图像动力暗区天气学诊断

▶提供基于MICAPS暗区识别数据，供M4系统调用的M4插件，建立业务化水汽图像动力暗区的天气学诊断软件系统。

▶利用B-S架构，建立FY-4水汽图像动力暗区天气学诊断系统，集成了本项目开发的暗区识别产品，诊断分析产品，实现了对水汽图像，暗区识别诊断分析以及云图对比，暗区识别动画产品的实时显示，方便产品在业务中的应用。



● 主要困难和需求

✓ 数据格式

- **HDF、CSV**格式 --- **L1、L2**
- 难于解读（预报员，需要解读程序或者接口）
- **卫星格点云图数据库（易解读）**

✓ 数据容量

- 每天至少**20G**
- 存储量大

✓ 数据质量（准确度）

- 大气温度廓线产品
- 大气湿度廓线产品

✓ 数据空间分辨率

- 红外图像
- 闪电成像仪
- 大气温度廓线产品（**L2**）
- 大气湿度廓线产品（**L2**）
- **L1**级产品

✓ **LMI**

- 每年调头
- 区域观测
- 分辨率

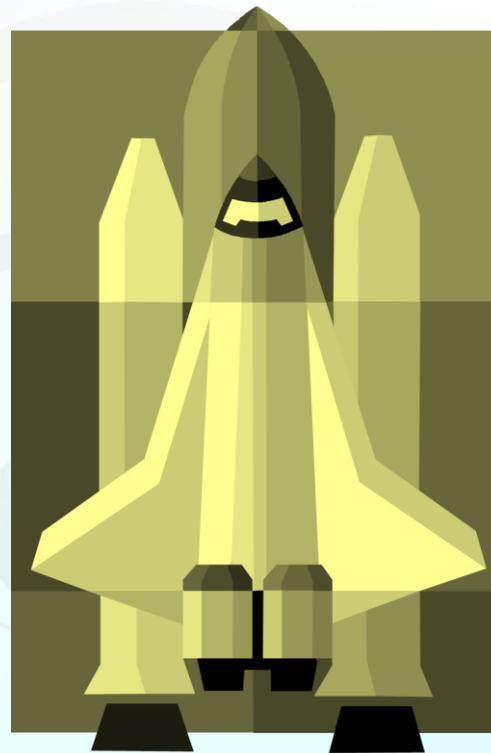
✓ **GIIRS**观测模式

- 区域
- 全圆盘
- 分辨率

客观定量分析应用的精度

- 应用人工智能等方法提升卫星与其它探测资料（雷达、自动站、闪电等）的综合应用能力

谢谢！



敬请批评指正！



国家气象中心
NATIONAL METEOROLOGICAL CENTER