

A world map showing a dense network of blue and yellow lines representing weather data or storm tracks across the globe. The lines are most concentrated in the tropical and subtropical regions, particularly in the Pacific and Atlantic Oceans.

台风预报及其灾害

国家气象中心 (中央气象台)

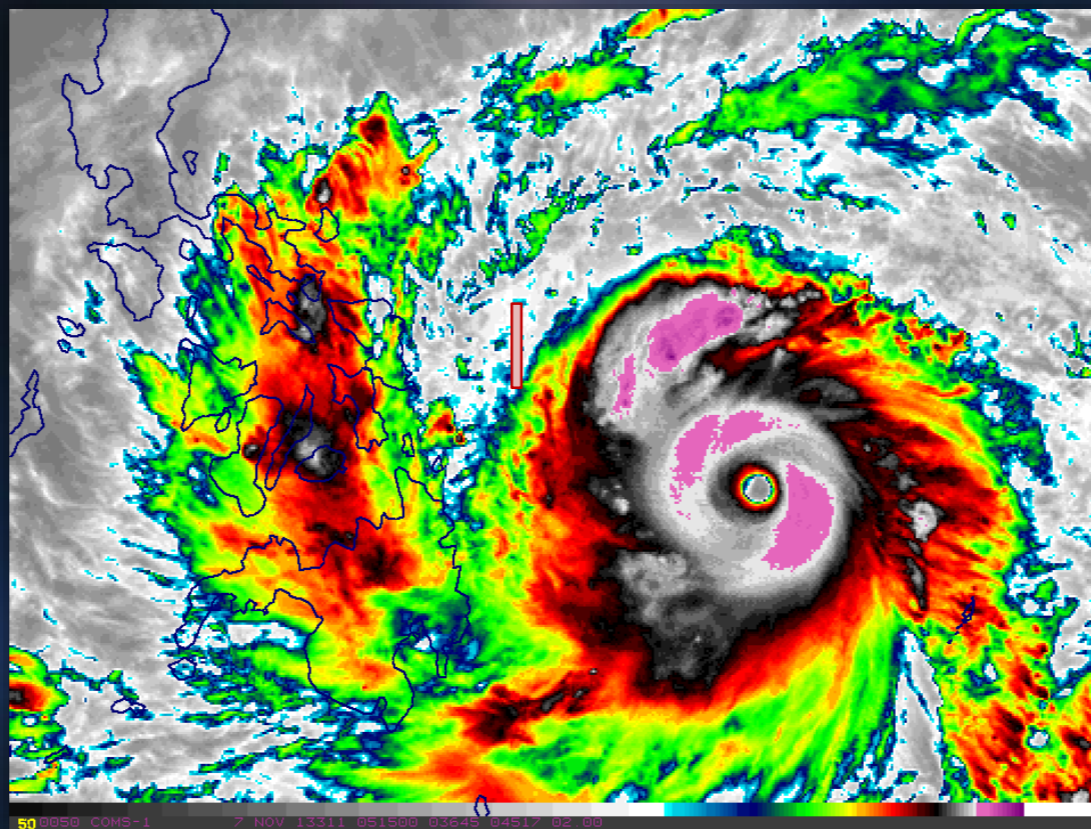
许映龙

Email : xuyl@cma.cn

第三讲 台风定位分析



台风中心定位分析



台风海燕 (2013)

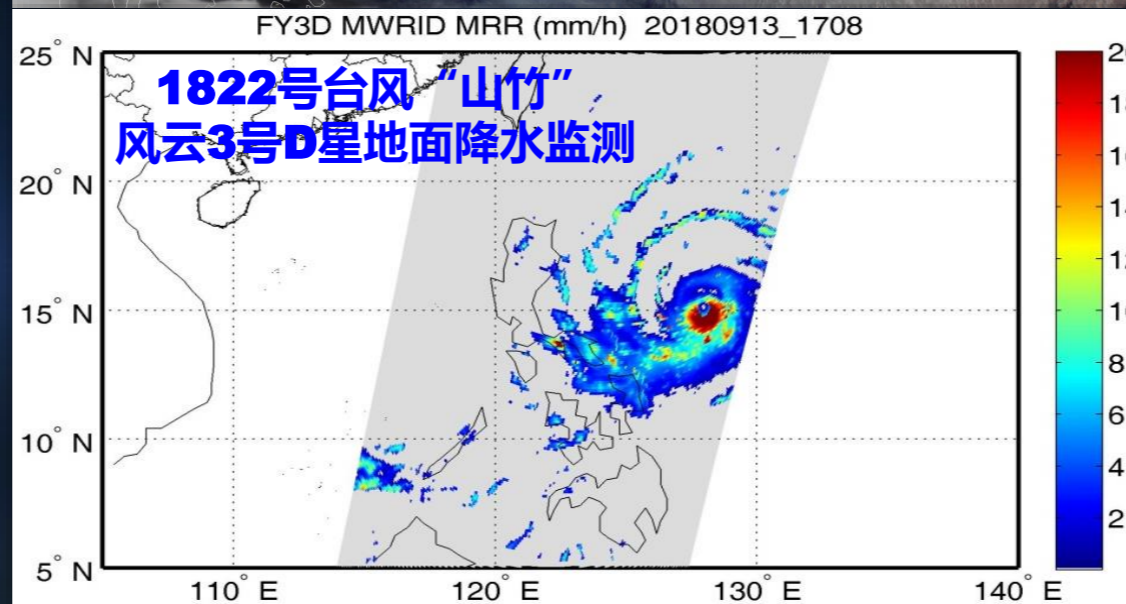
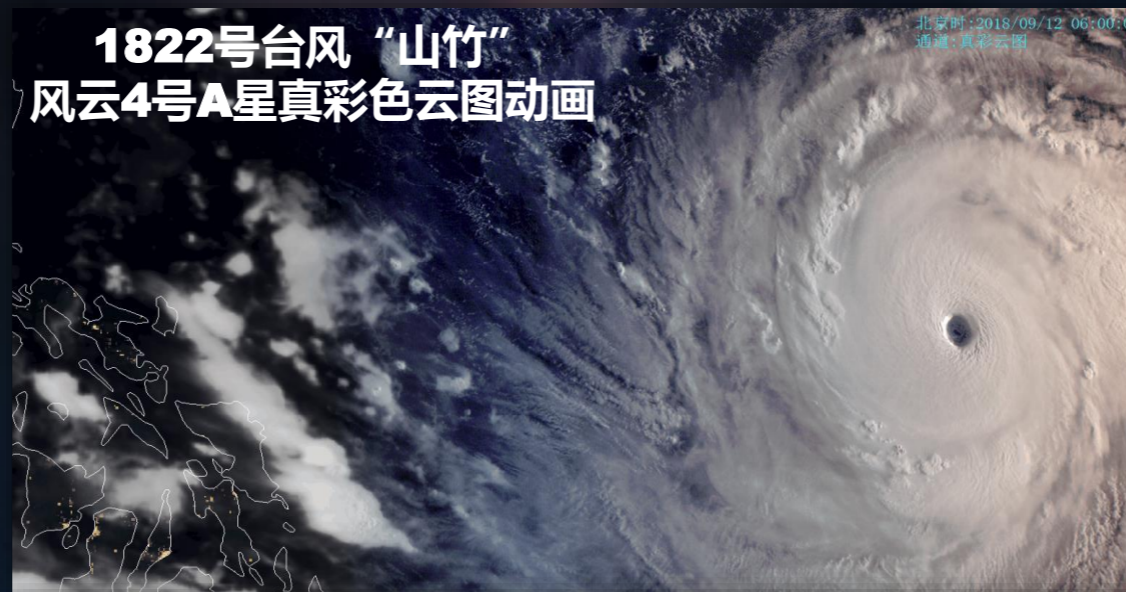
主要内容

- 台风监测手段
- 台风云系中心的定义
- 台风业务定位的原则
- 台风业务卫星定位方法
- 多源观测资料的应用
- 台风中心位置确定须注意的问题

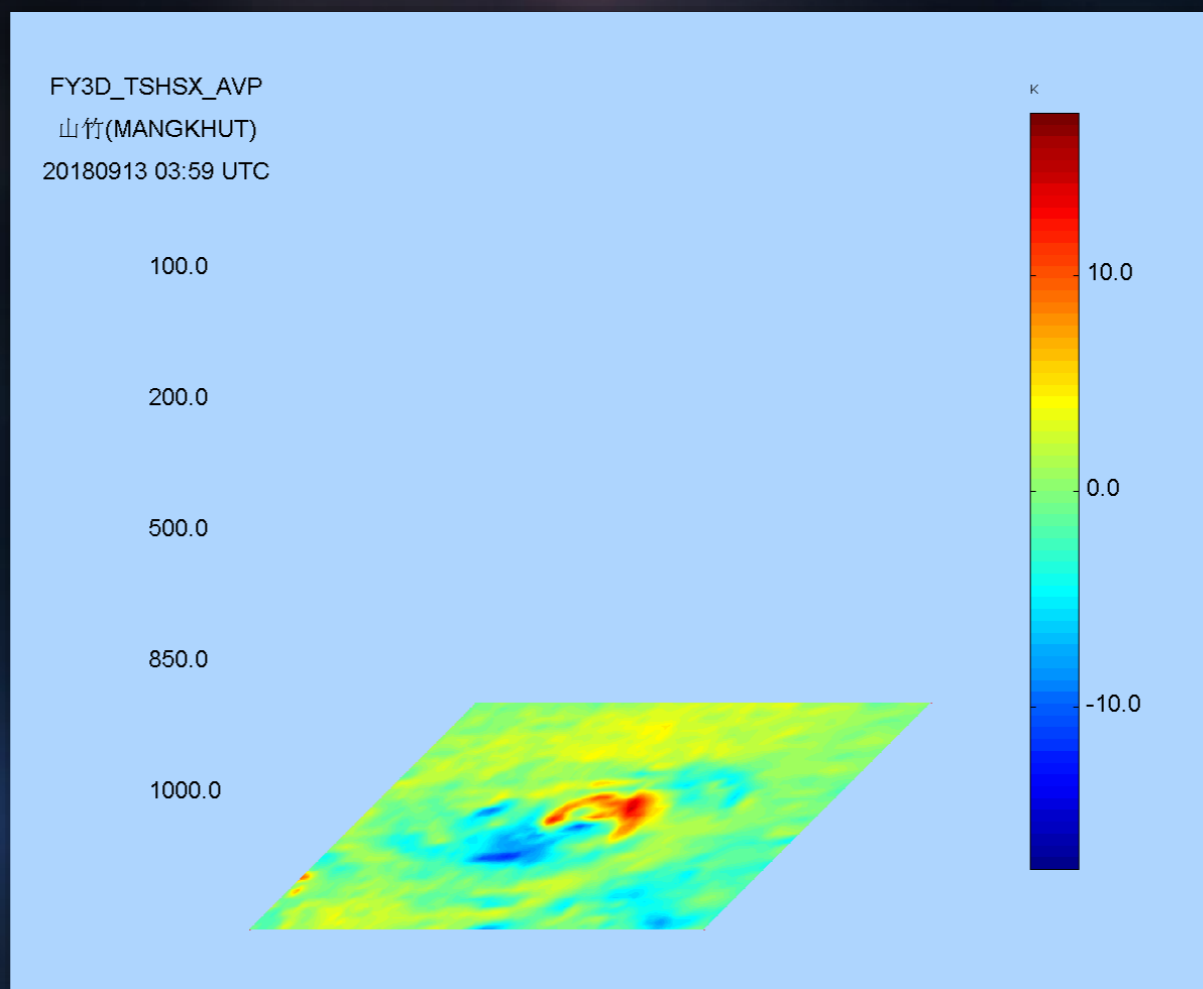
3.1 台风监测手段



● 气象卫星

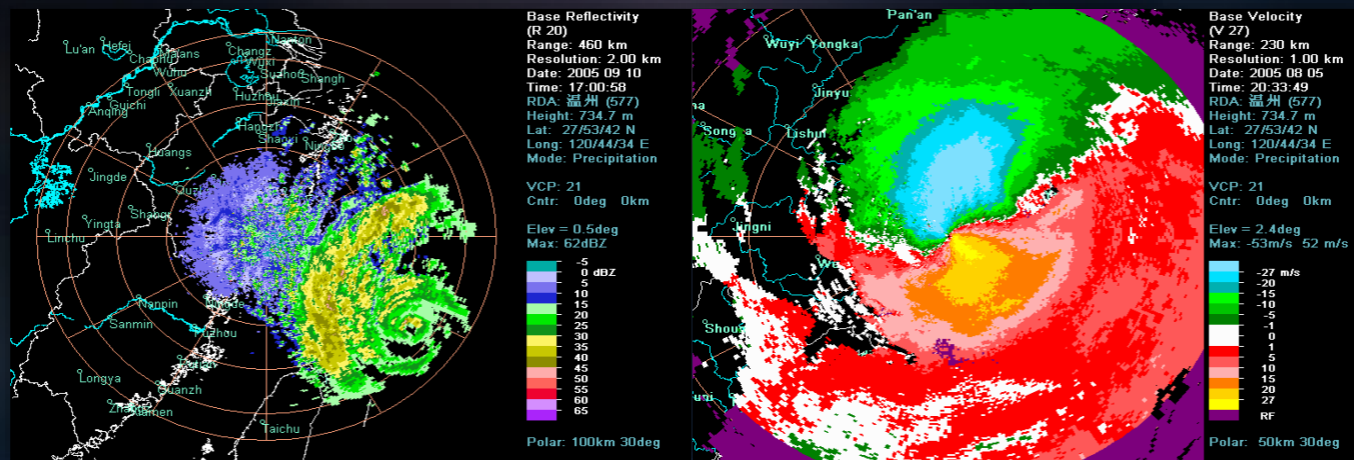


● 气象卫星



**1822号台风“山竹”
风云3号D星大气温度廓线垂直剖面**

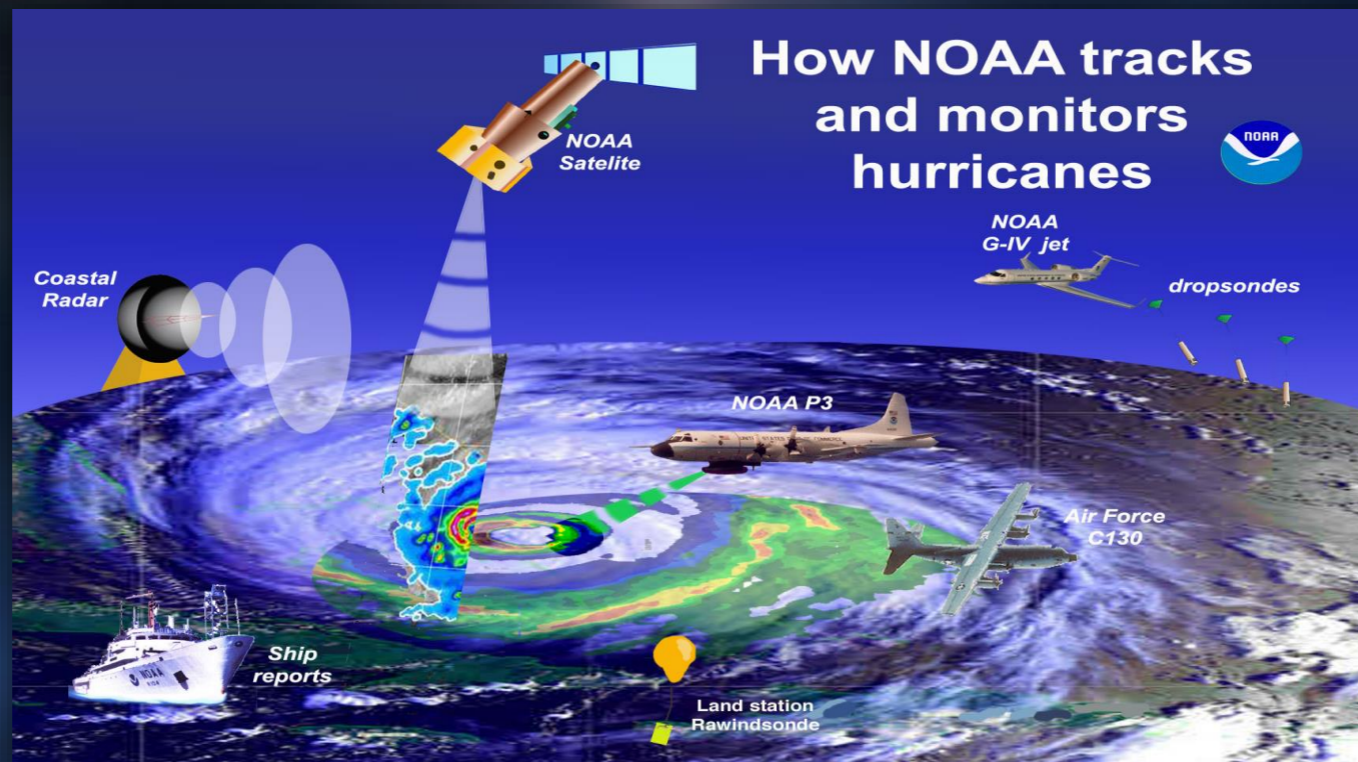
● 地面多普勒雷达



● 地面气象观测



● 飞机观测等



● 初始定位误差对台风路径预报的影响

$$FE = IE + 6.3\Delta t$$

其中， FE 为 Δt 小时的预报误差

IE 为初始定位误差

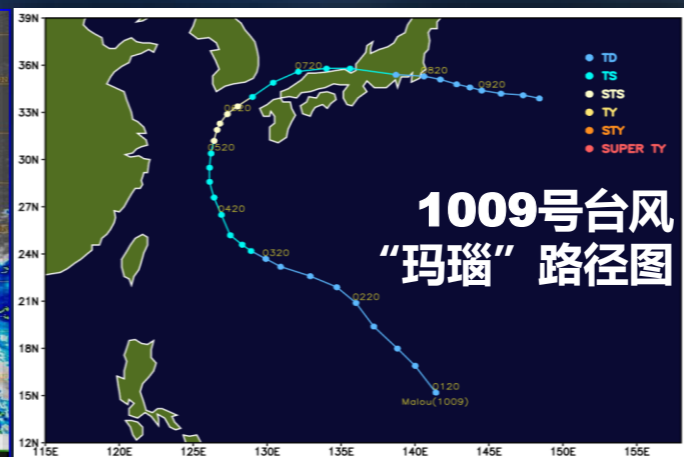
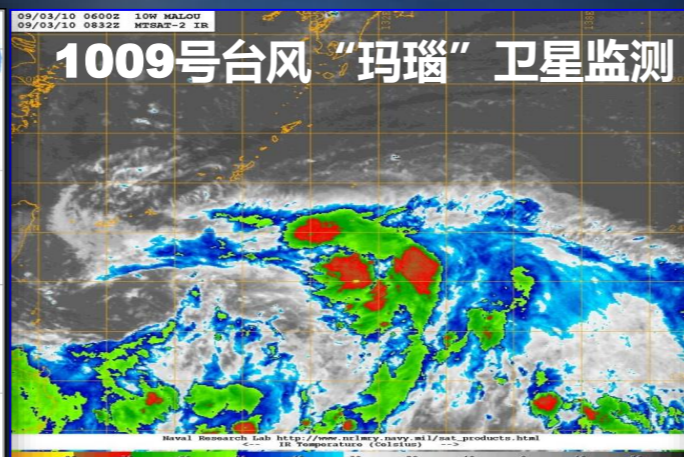
各级初始定位误差与台风路径业务员预报误差的拟合关系

(括号内的数字为根据上述公式计算的误差)

预报时效 (小时)	初始定位误差		
	0~25 (公里)	25~100 (公里)	> 100 (公里)
00	15	55	150
12	91 (91)	131 (131)	222 (226)
24	178 (166)	217 (206)	286 (301)
48	382 (317)	392 (357)	442 (452)

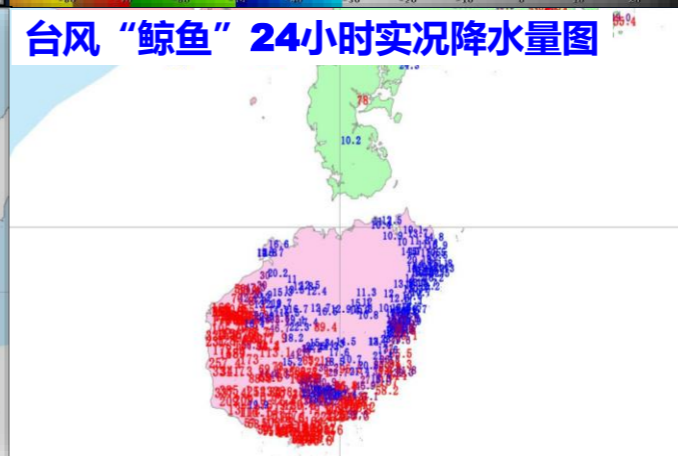
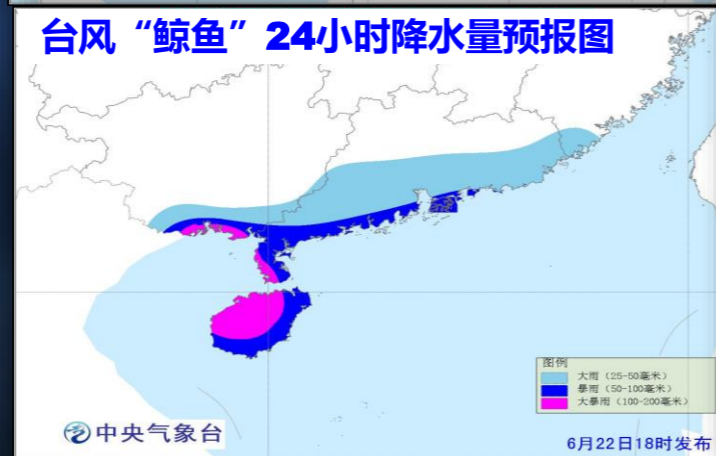
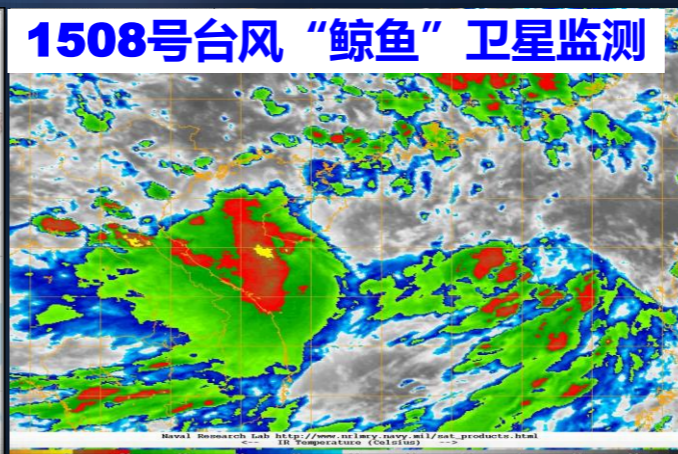
● 初始定位误差对台风路径预报的影响

- ✓ 初始定位精度决定着台风路径预报的质量，尤其台风即将登陆的关键阶段
- ✓ 较大定位误差往往导致台风预报出现重大偏差或失误，且可影响所有预报时效
- ✓ 一些近乎灾难性的预报误差常由于定位分析追踪了不正确的特征或局部环流中心所致



● 初始定位误差对台风路径预报的影响

- ✓ 初始定位精度决定着台风路径预报的质量，尤其台风即将登陆的关键阶段
- ✓ 较大定位误差往往导致台风预报出现重大偏差或失误，且可影响所有预报时效
- ✓ 一些近乎灾难性的预报误差常由于定位分析追踪了不正确的特征或局部环流中心所致



● 初始定位误差对台风路径预报的影响

- ✓ 提高台风定位精度，特别是台风登陆前，必须综合应用包括地面加密自动站、浮标、船舶及卫星、雷达等各种观测资料
- ✓ 出现定位不连续时必须密切关注，严密监视，规范化的台风定位流程注重台风定位连续性（Dvorak等，1996）
- ✓ 重视基于多源观测资料的台风定位技术研发
- ✓ 台风业务定位的服务技巧问题

3.2 台风云系中心的定义



台风云系中心的定义

- ✓ 台风（云系）中心是所有弯曲（螺旋）云带的共同曲率中心

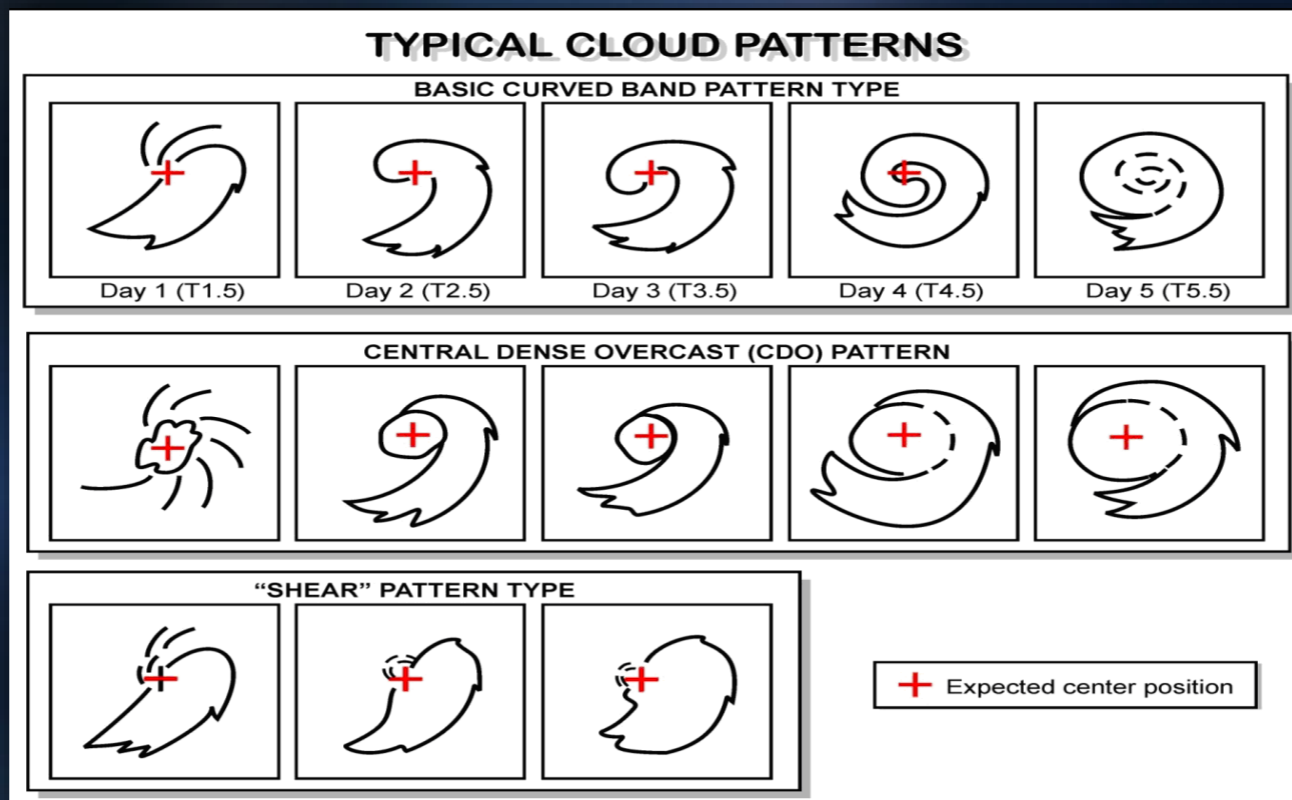
The cloud system center is defined as the focal point of all the curved lines or bands of the cloud system. It can also be thought of as the point toward which the curved lines merge or spiral (Dvorak , (1985)).

- ✓ 台风（云系）中心通常都不明显和清楚，特别是在晚上

- **Dvorak模式台风（云系）中心**

- **Modeled Cloud Centre**

- ✓ **Dvorak给出了不同台风云型在不同发展阶段期望的台风中心位置**



3.3 台风业务定位的原则



台风业务定位的原则

- ✓ 尽可能地使用所有可获得的资料

(如雷达、微波探测、洋面风场和地面观测等资料)

Use All Sources of Information, such as radar, microwave, AScat, surface observations

- ✓ 保持台风路径的连续性

Maintain track continuity

- ✓ 尽可能找到低层环流中心

Find low level circulation (LLCC)

3.4 台风业务卫星定位方法



台风业务卫星定位方法

使用红外云图 (IR) 或可见光云图 (VIS)

- ✓ 外露的低层环流中心 (Exposed LLCC)
- ✓ 中心覆盖型 (Covered Centre)
- ✓ 弯曲云带型 (Curved Banding Pattern)
- ✓ 最小云楔法 (Cloud minimum wedge)
- ✓ 中心冷云盖型 (Central Cold Cover , CCC)

台风业务卫星定位方法

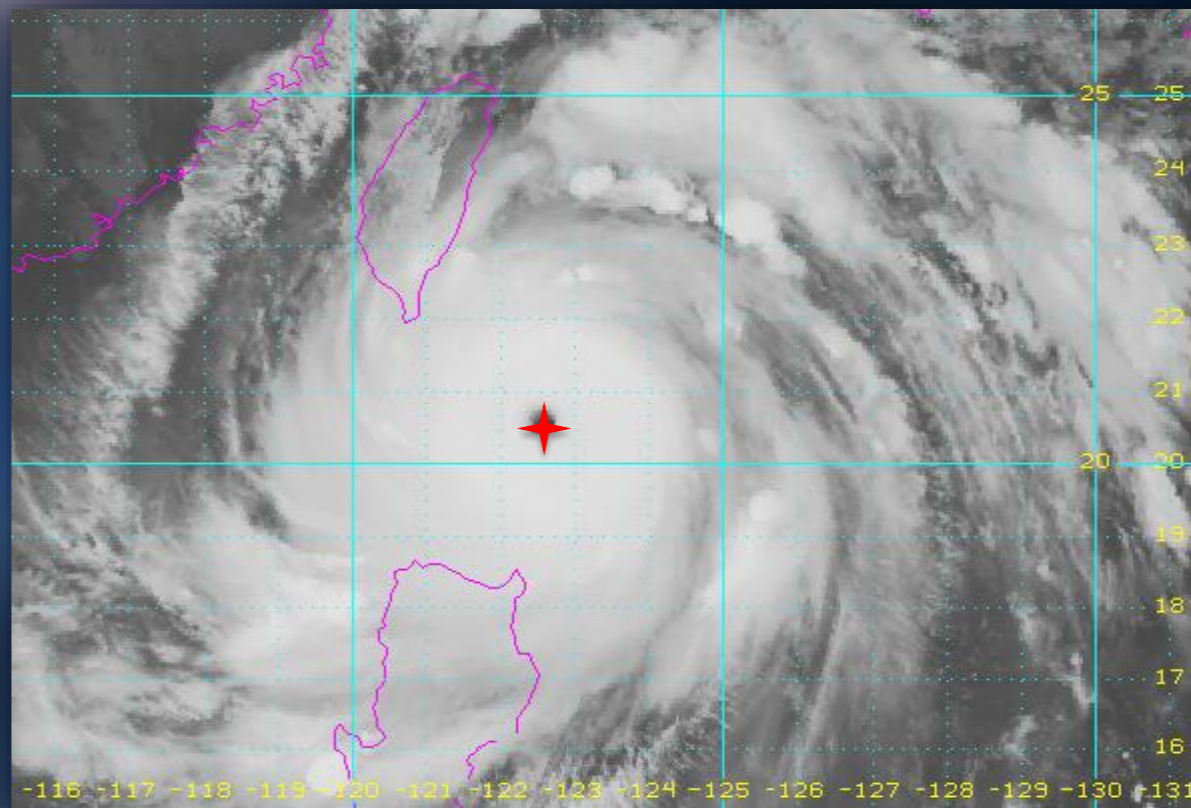
其他卫星定位方法

- ✓ 卷云流出法 (**Cirrus outflow**)
- ✓ 画圆法 (**Circle method**)
- ✓ 保守定位法 (**Conservative feature**)
- ✓ 动画法 (**Animation**)
- ✓ 外推法 (**Extrapolation**)

● 外露的低层环流中心 --- Exposed LLCC

✓ 眼型

- 针眼 (Pinhole Eye)
 - 以针眼为中心
- 规则圆润的眼
 - 不是针眼，取几何中心
- 不规则的眼
 - 眼区最暖点

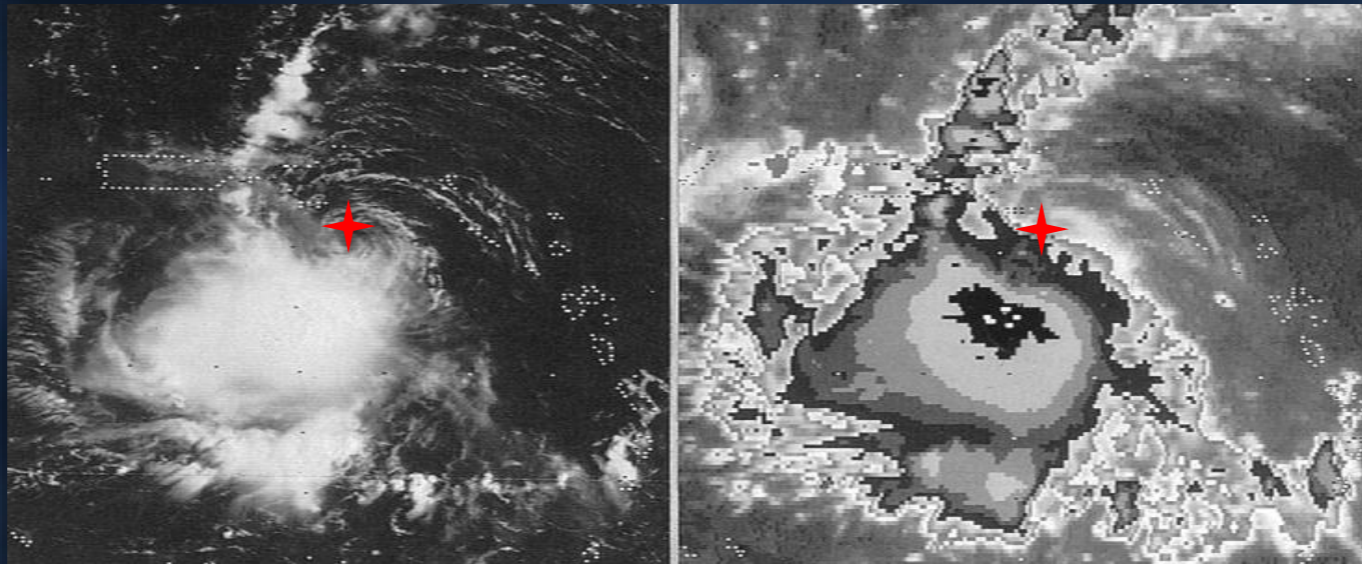


1614号台风“莫兰蒂”红外云图

● 外露的低层环流中心 --- Exposed LLCC

✓ 切变型云系

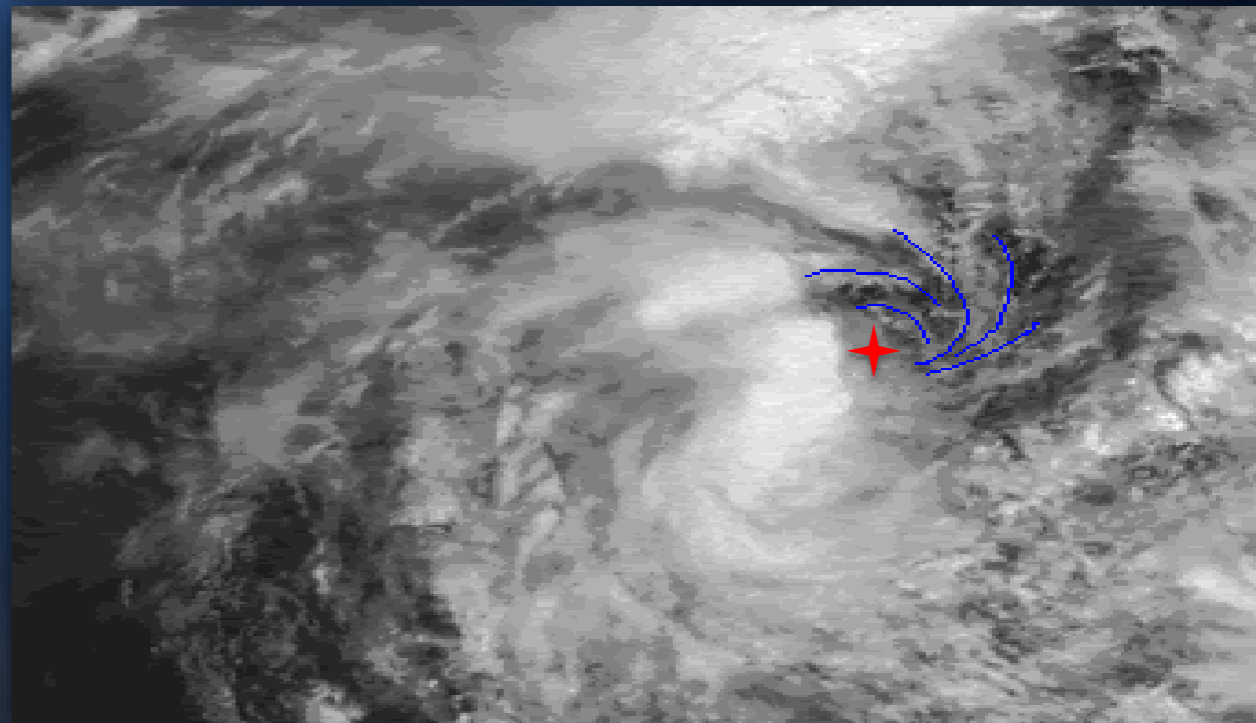
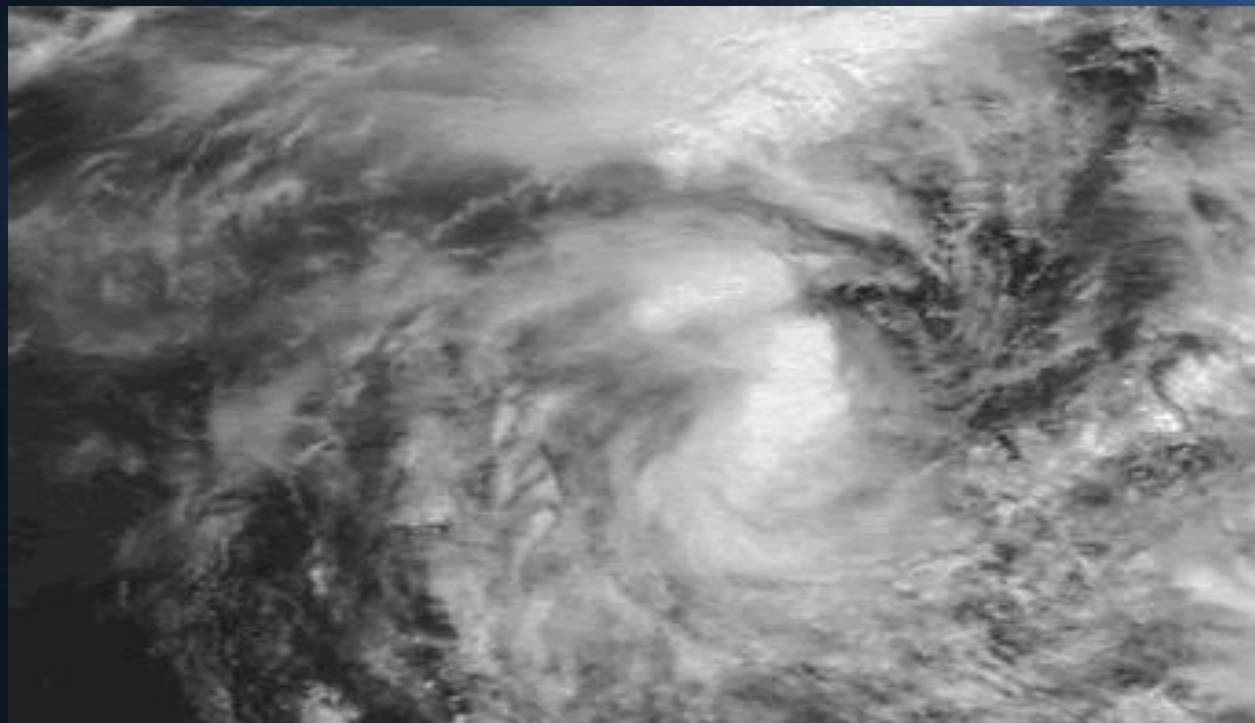
- 红外云图上，LLCC位于强对流云系东北象限边缘，即最强对流的逆风切（upshear）一侧
- 可见光云图上，由低层积云线所构成的具有涡旋特征的云系，LLCC位于低层积云线的共同曲率中心



- **外露的低层环流中心 --- Exposed LLCC**

- ✓ **部分外露的LLCC --- 切变型云系**

- 可见光云图上，只能看到部分低层积云线，LLCC位于强对流云系东北象限边缘，即最强对流的逆风切（upshear）一侧

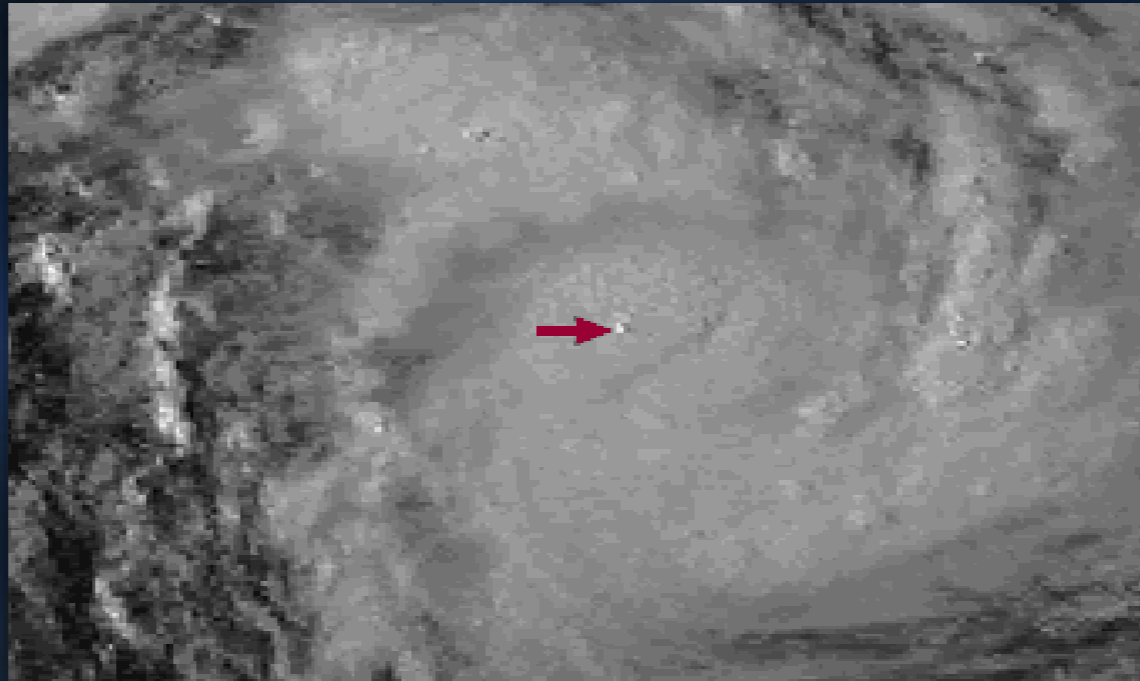


- **中心覆盖型 -- Covered Centre**

- ✓ **中心密闭云区型**

- Central Dense Overcast , CDO**

- 适用于可见光云图 (VIS)
- 中心位于上冲云顶 (Overshooting Tops) 附近，可确定在最高上冲云顶处

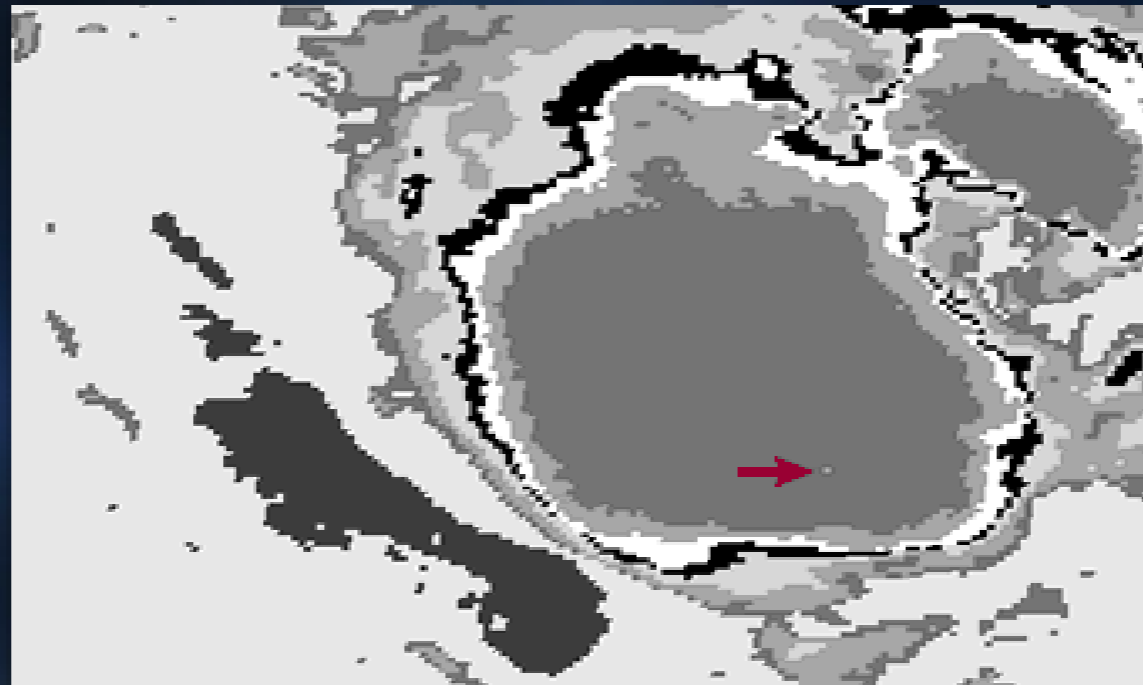


- **中心覆盖型 --- Covered Centre**

- ✓ **嵌入中心型 --- Embedded Centre**

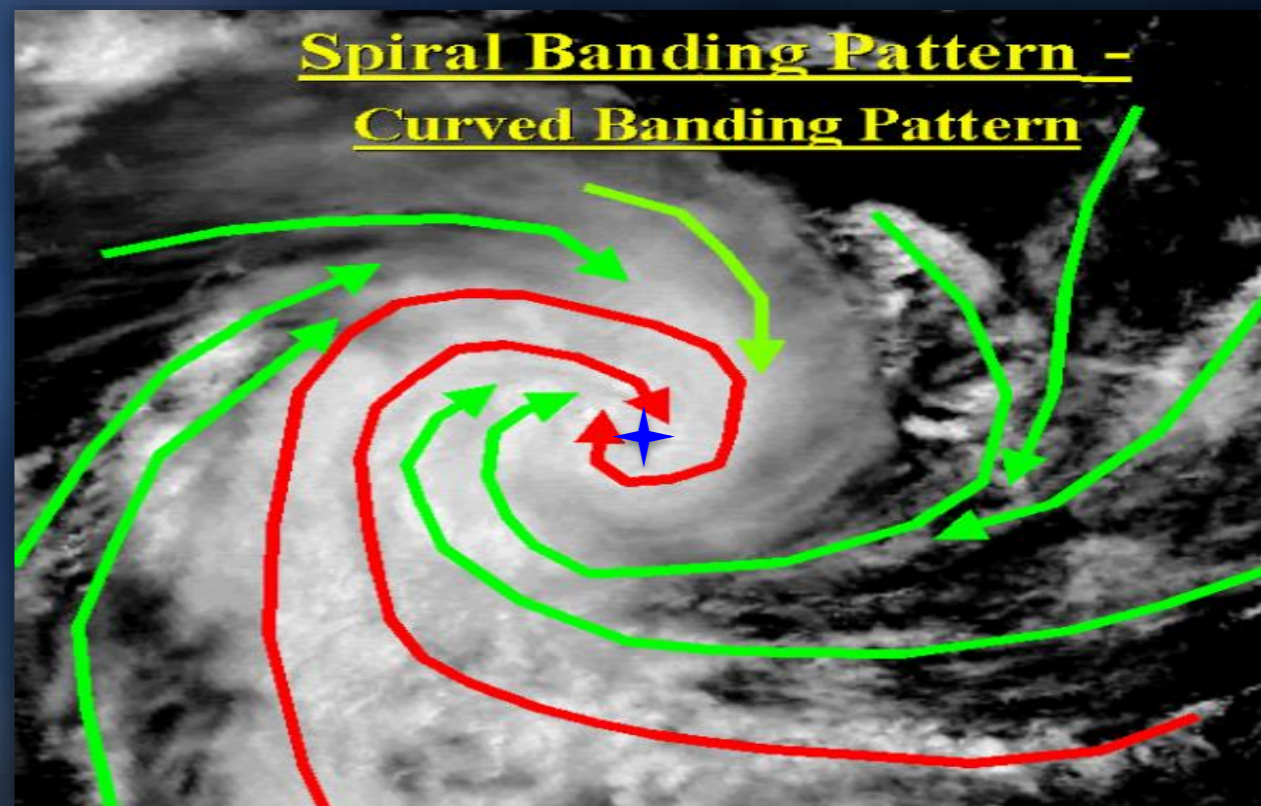
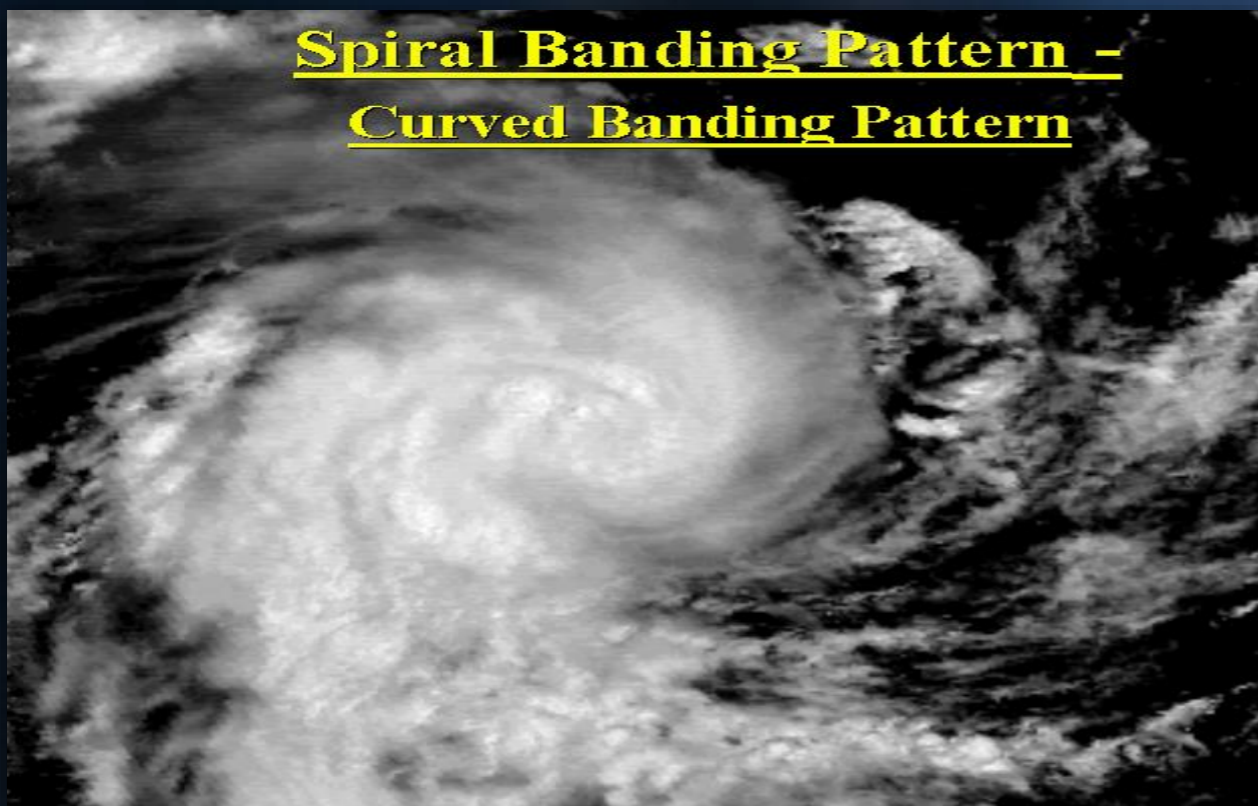
- 适用于红外云图 (IR)

- 台风中心位于暖点 (Warm spots) 附近 , 靠近最强亮温梯度的边缘 , 并保持路径的连续性



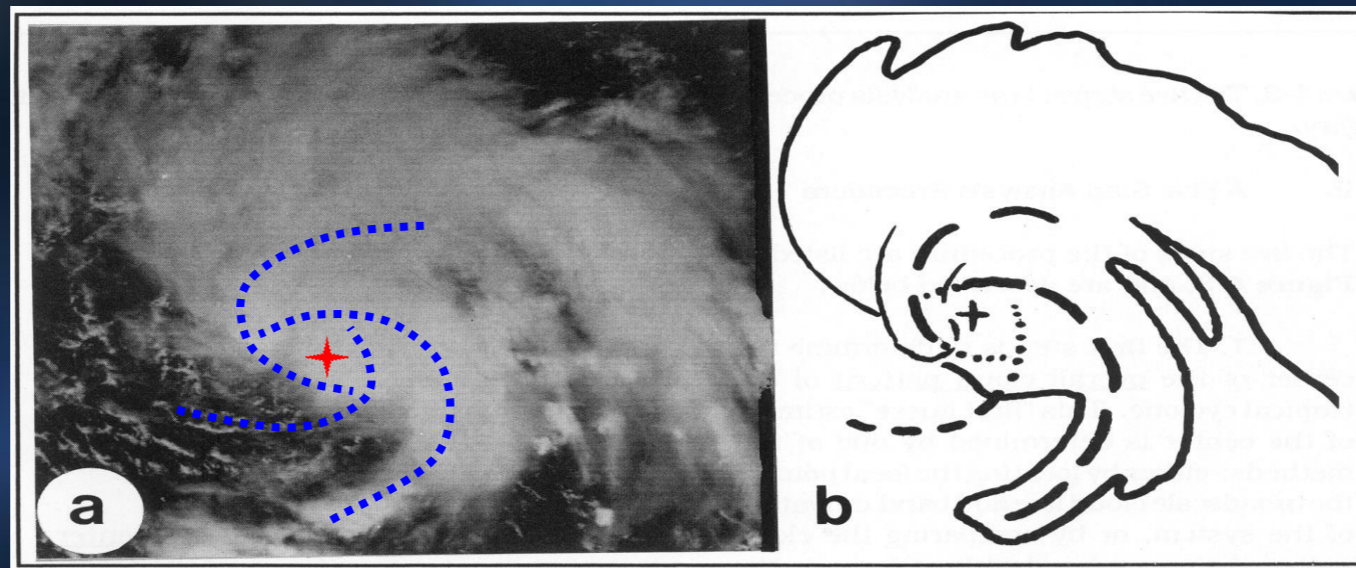
- **弯曲云带型-- Curved Banding Pattern**

- ✓ 台风中心是所有弯曲云带的共同曲率中心
- ✓ 尽可能靠近强对流云带



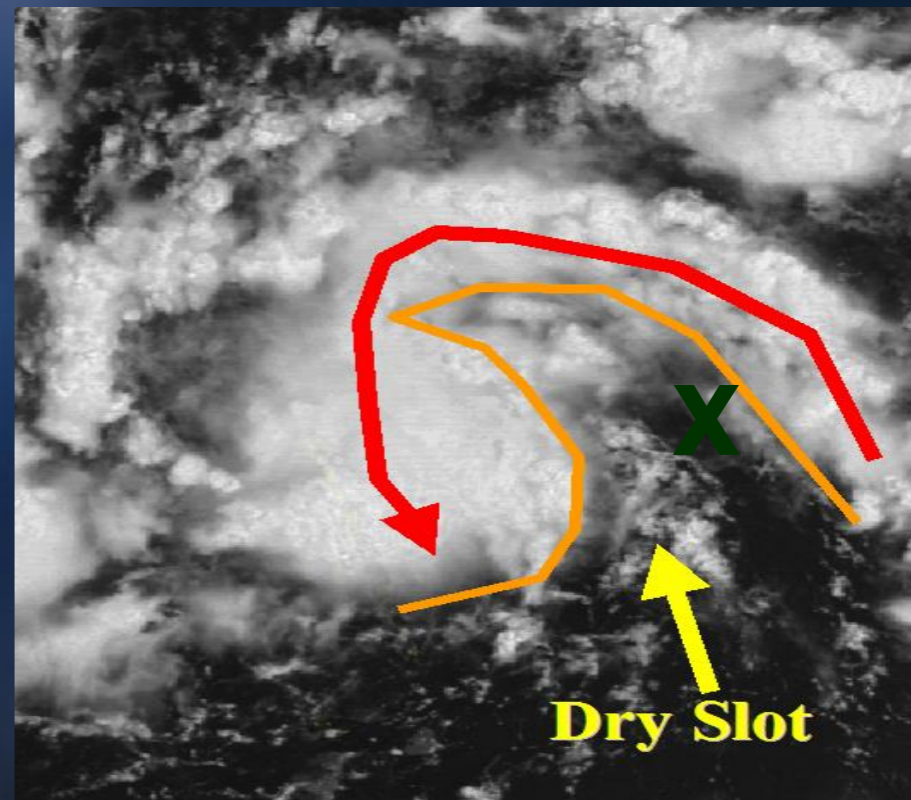
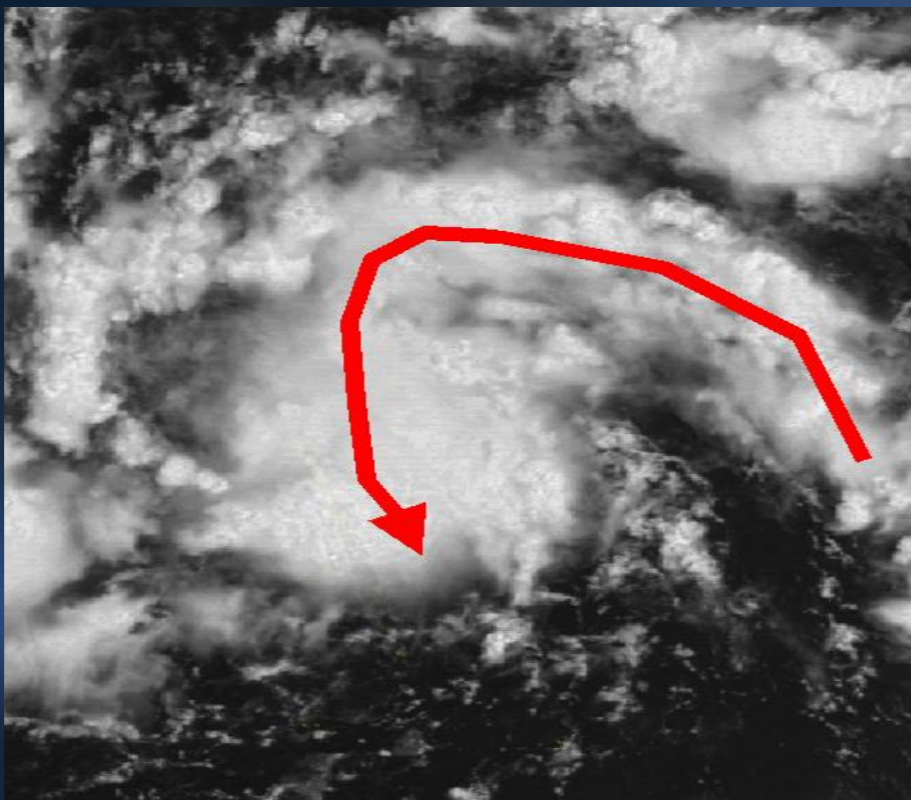
- **弯曲云带型-- Curved Banding Pattern**

- ✓ 台风中心是所有弯曲云带的共同曲率中心
- ✓ 尽可能靠近强对流云带



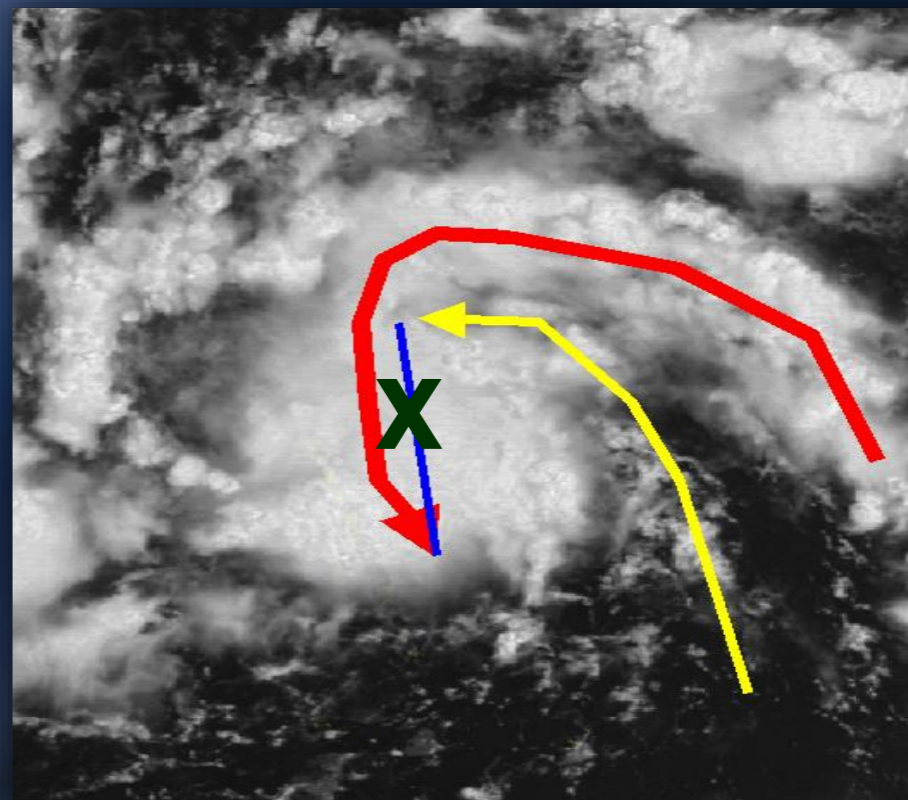
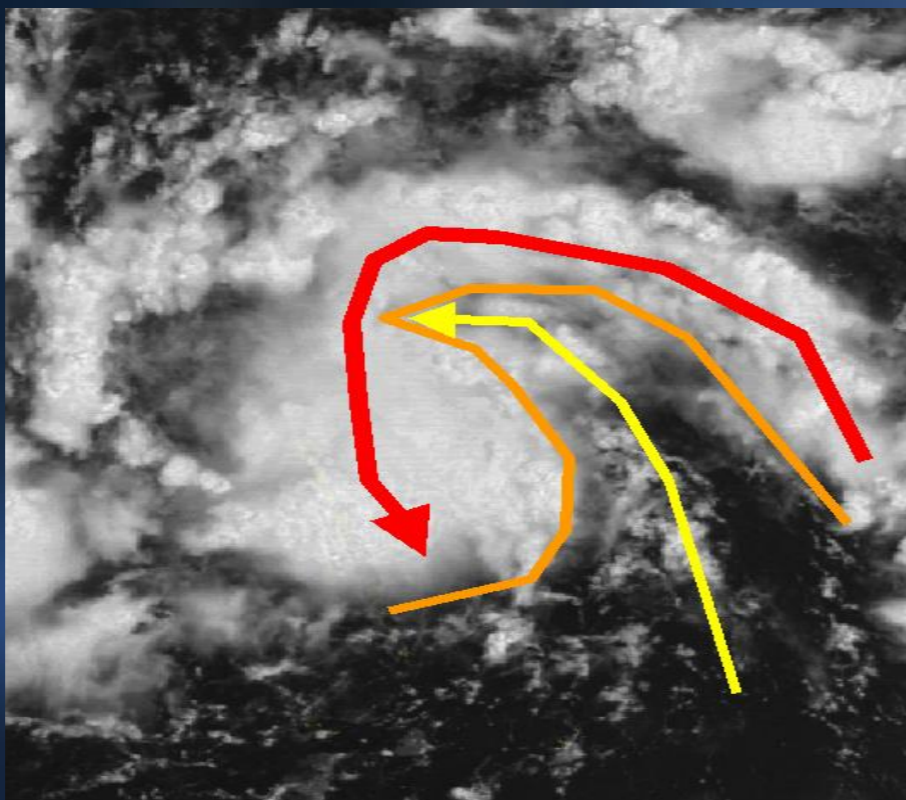
- **最小云楔法 -- Cloud minimum wedge**

- ✓ 台风中心位于弯曲云带顶端与最小云楔（干楔，dry slot）末端的中点



- **最小云楔法** -- **Cloud minimum wedge**

- ✓ 台风中心位于弯曲云带顶端与最小云楔
(干楔, **dry slot**) 末端的中点



- **最小云楔法** -- **Cloud minimum wedge**

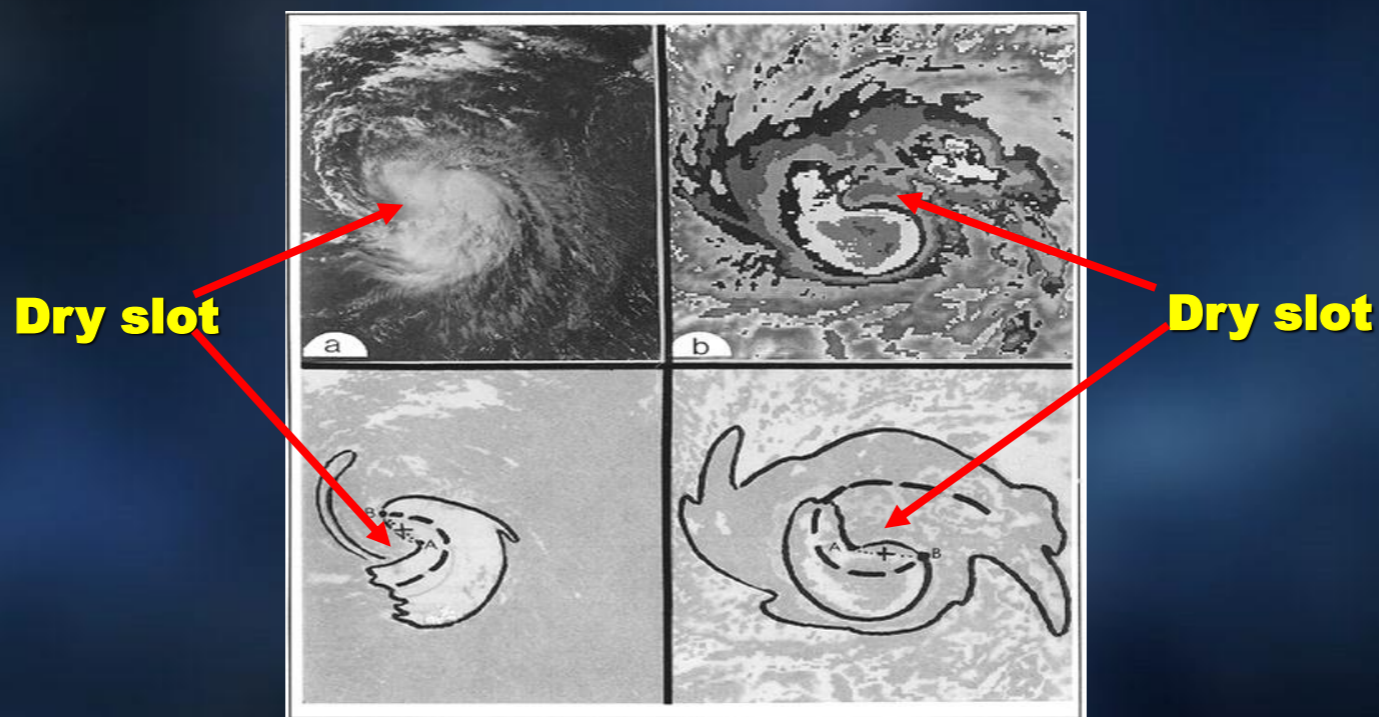
- ✓ 台风中心位于弯曲云带顶端与最小云楔（干楔，**dry slot**）末端的中点



最小云楔示意图

- **最小云楔法** -- **Cloud minimum wedge**

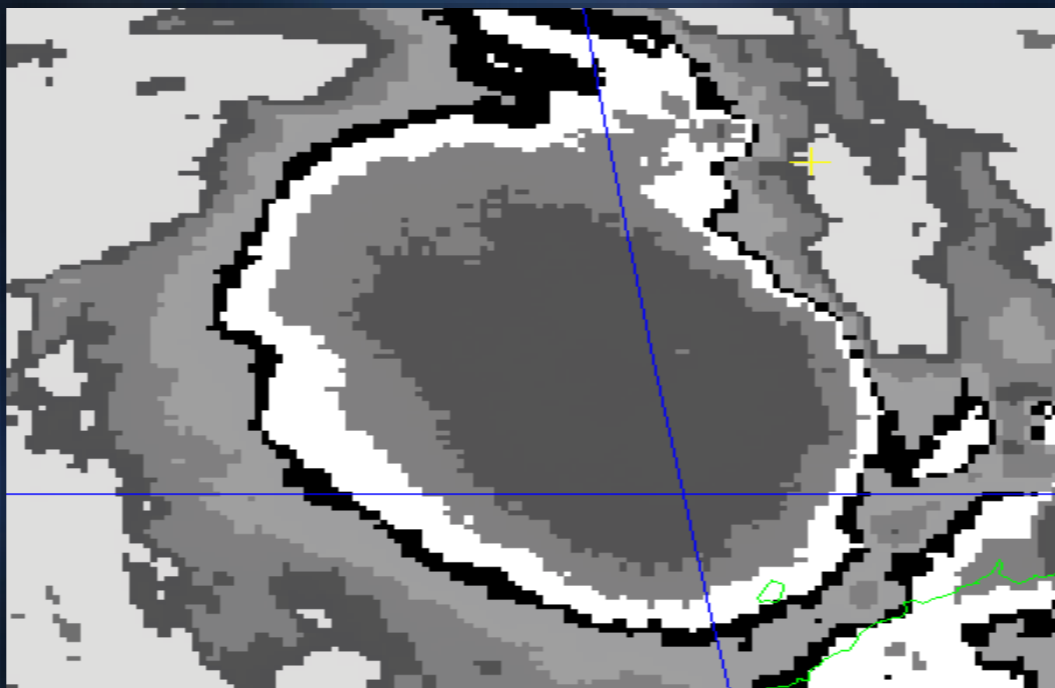
- ✓ 台风中心位于弯曲云带顶端与最小云楔（干楔，**dry slot**）末端的中点



最小云楔台风个例示意图

- **中心冷云盖型 -- Central Cold Cover , CCC**

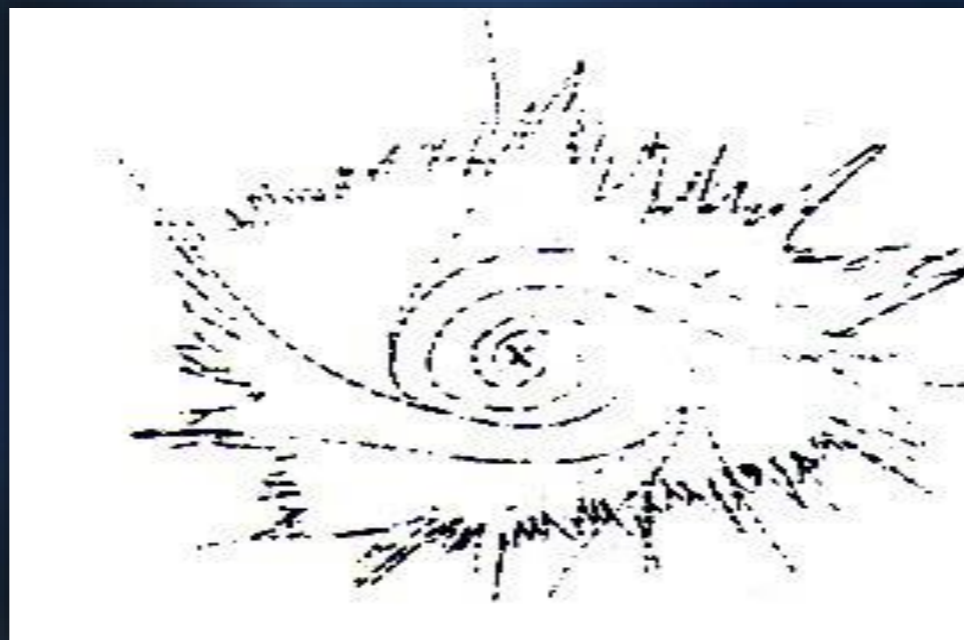
- ✓ 准确确定台风中心非常困难
- ✓ 通常依据路径的连续性确定台风中心



中心冷云盖型台风个例示意图

● 卷云流出法 --- Cirrus Outflow

- ✓ 低云不可见时，卷云流出反气旋推断台风中心
- ✓ 往往确定的是高层环流中心（Upper Level Circulation Center, ULCC）
- ✓ 一般不使用（最后的手段）



卷云流出法示意图

- **画圆法** --- **Circle method**

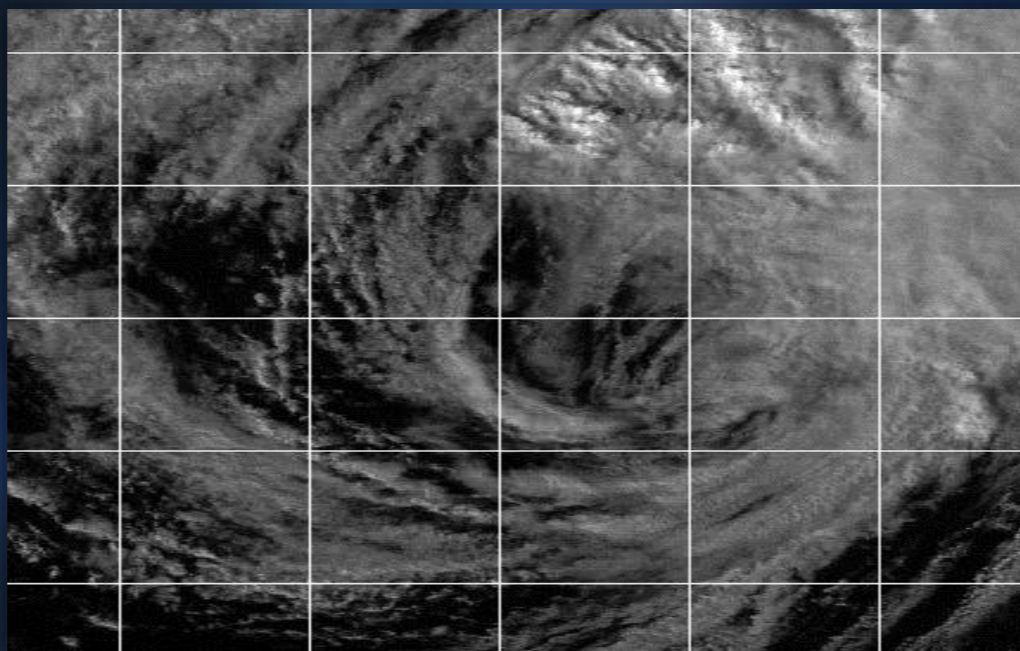
- ✓ 适用于很弱或者很宽广的系统
- ✓ 尽可能多地画不同的圆，多数圆的共同交汇区作为台风中心



画圆法示意图

- **保守定位法 -- Conservative Features Fixes**

- ✓ 如果确信LLCC在较长时间内没有发生明显的移动，且周围环境相对也无明显变化，可以把台风的中心确定在过去的定位点附近，但最长保持这个位置12小时

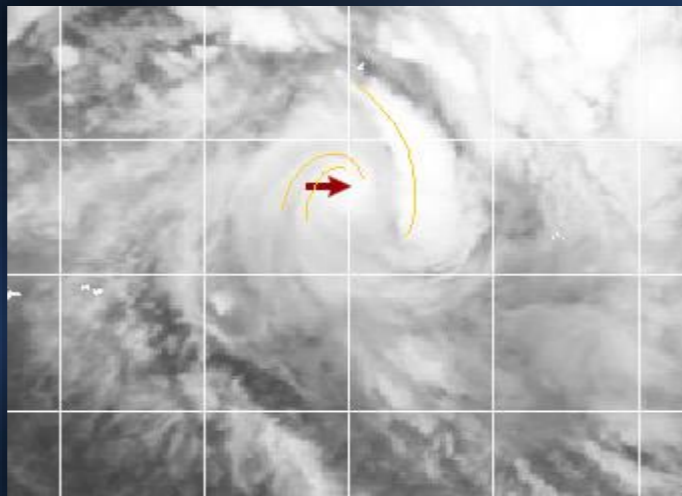


保守定位法个例云图

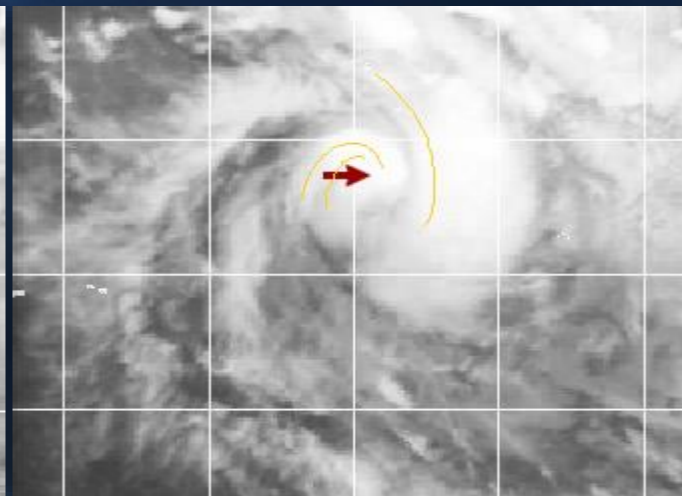
- **动画定位法 --- Animation Fixes**

- ✓ 当卫星云图很难找到低层环流中心（LLCC）时可以使用卫星云图动画方式，并通过和过去的台风定位进行比较，以确定当前的台风中心

云图动画



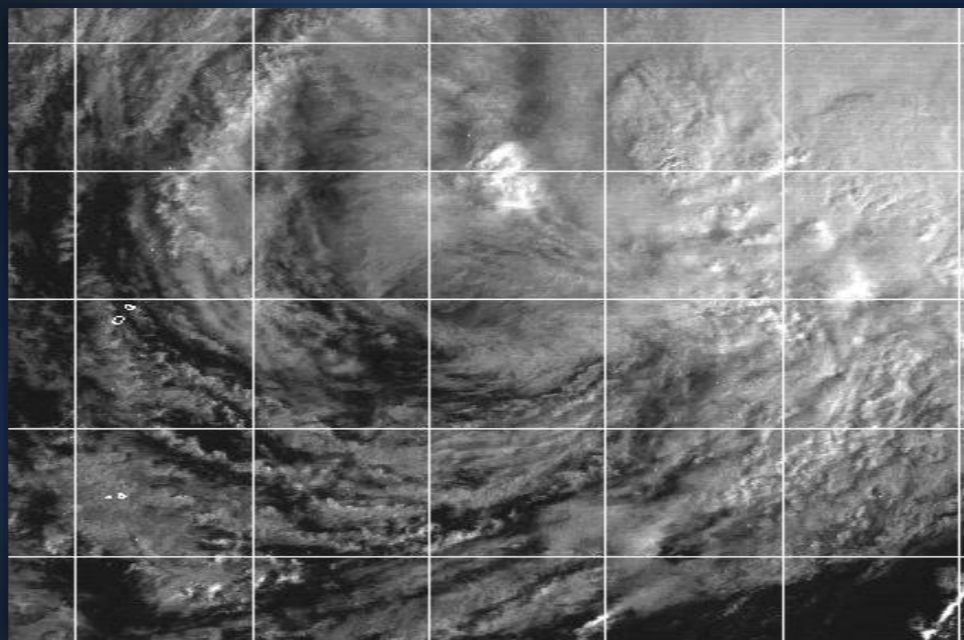
三小时后



动画定位法个例云图

● 外推定位法 --- Extrapolation Fixes

- ✓ 根据台风过去一段时间的定位，通过外推方法确定台风的中心位置
- ✓ 不建议作为一种业务分析方法



外推定位法个例云图

● 台风中心位置的最后调整

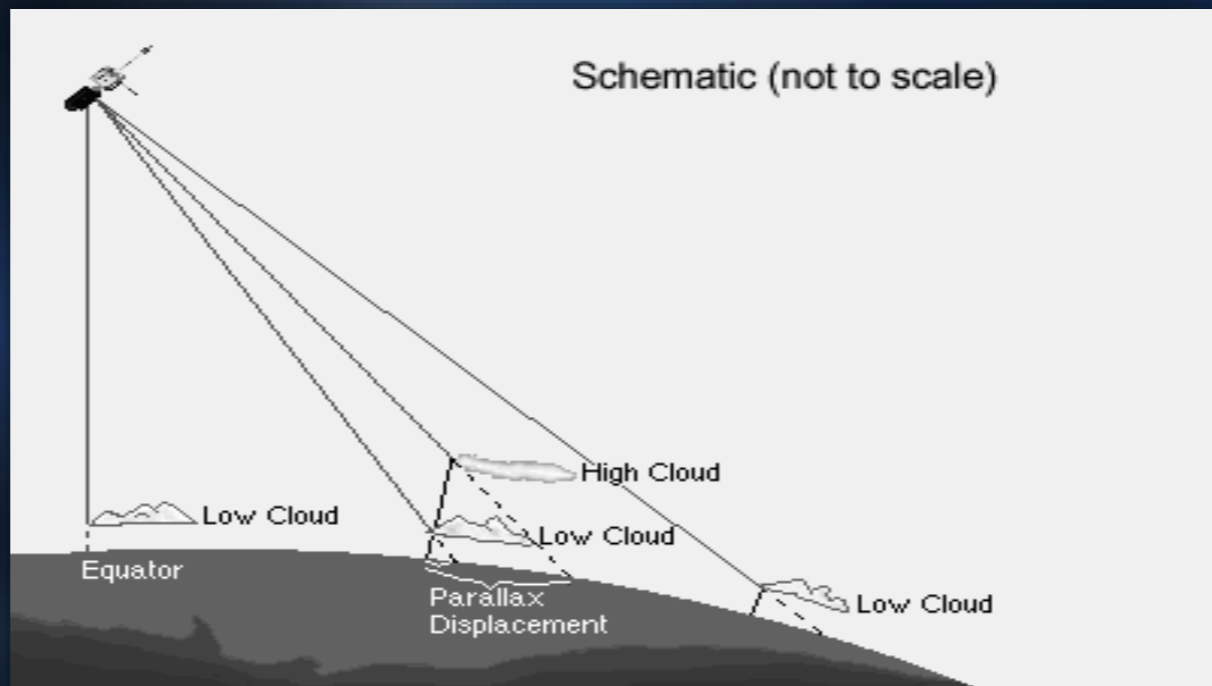
✓ 网格误差校正

- 卫星正下方的一点，称为星下点，由于卫星本身倾斜，并不停地摇摆和旋转，使星下点位置也会发生变化
- 以星下点为基点确定的网格也相应发生偏差，确定台风中心位置后，需进行网格误差校正
- 目前卫星云图，网格误差一般有0.1~0.2个经纬度，少数误差可达1个经纬度
- 根据云图上的海岸线、湖泊、河流以及岛屿等地标特征校正网格

- **台风中心位置的最后调整**

- ✓ **斜视误差校正 --- Parallax**

- 西北太平洋和南海台风一般离星下点较远，须进行斜视误差校正，通常向东南方校正0.1个经纬度



- **台风中心位置的最后调整**

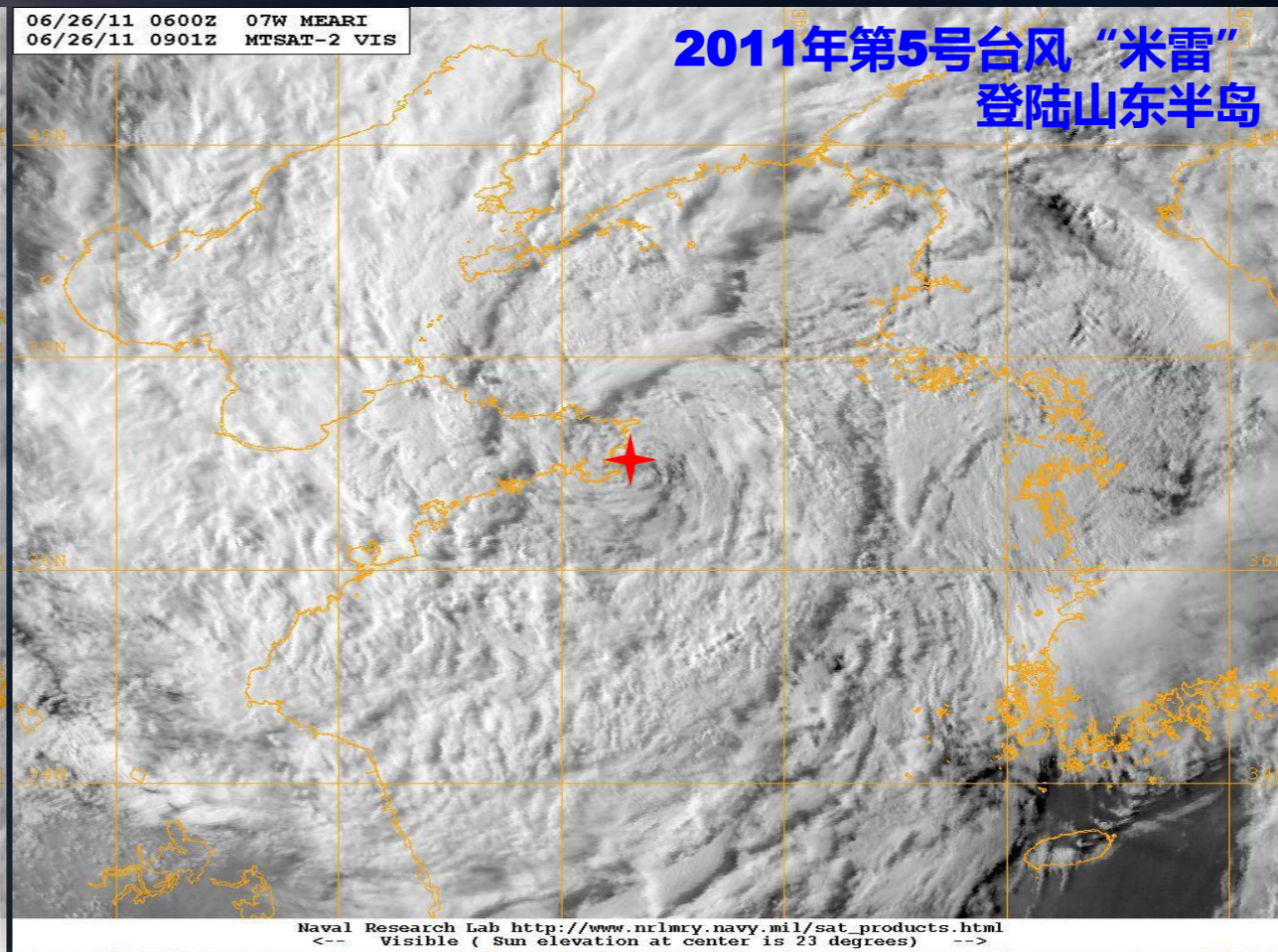
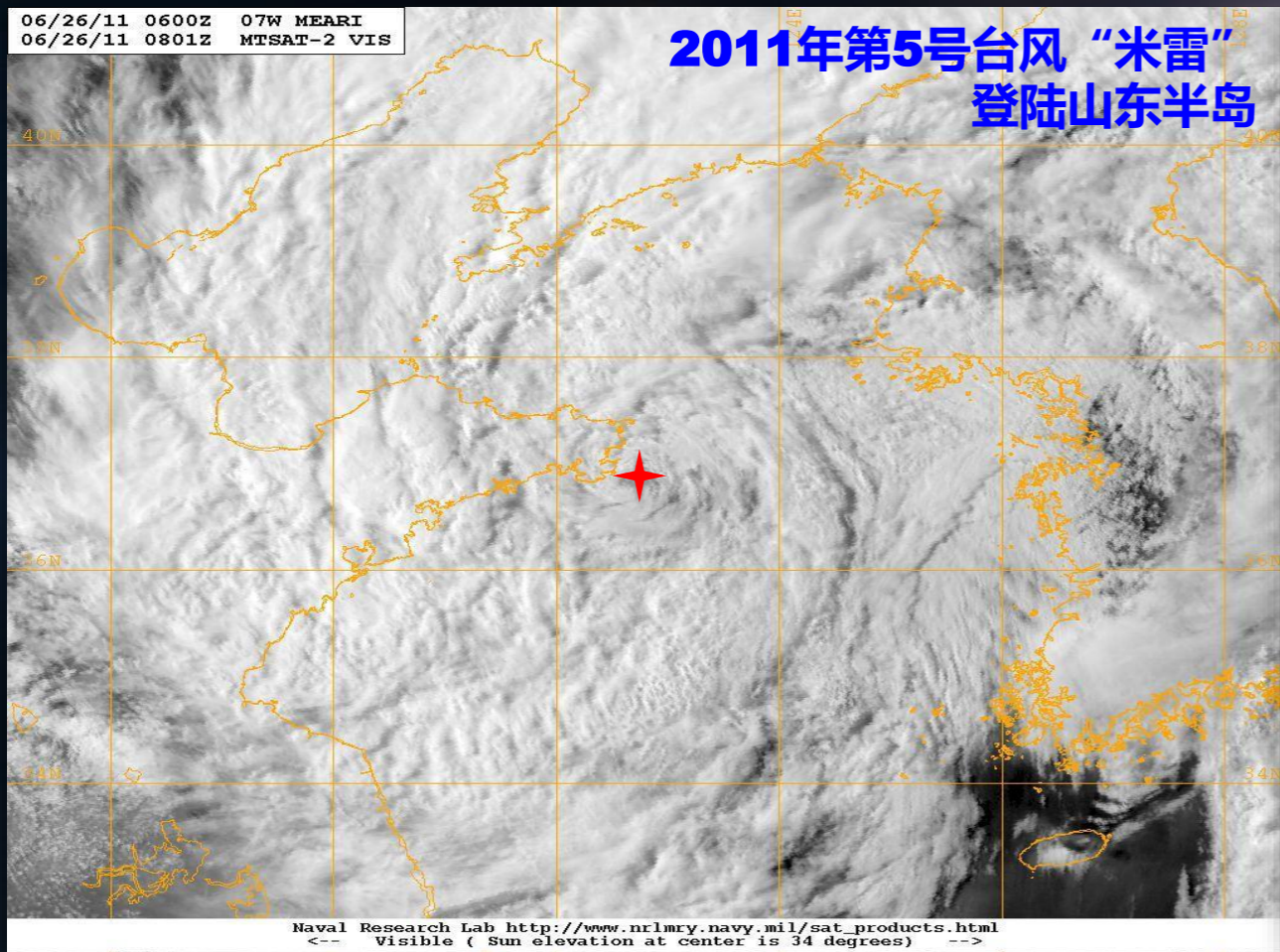
- ✓ **合理性检验**

- 经上述两步校正，再用台风前期位置和强度变化以及路径与台风位置的相关，检验定位是否合理，最后确定台风中心位置

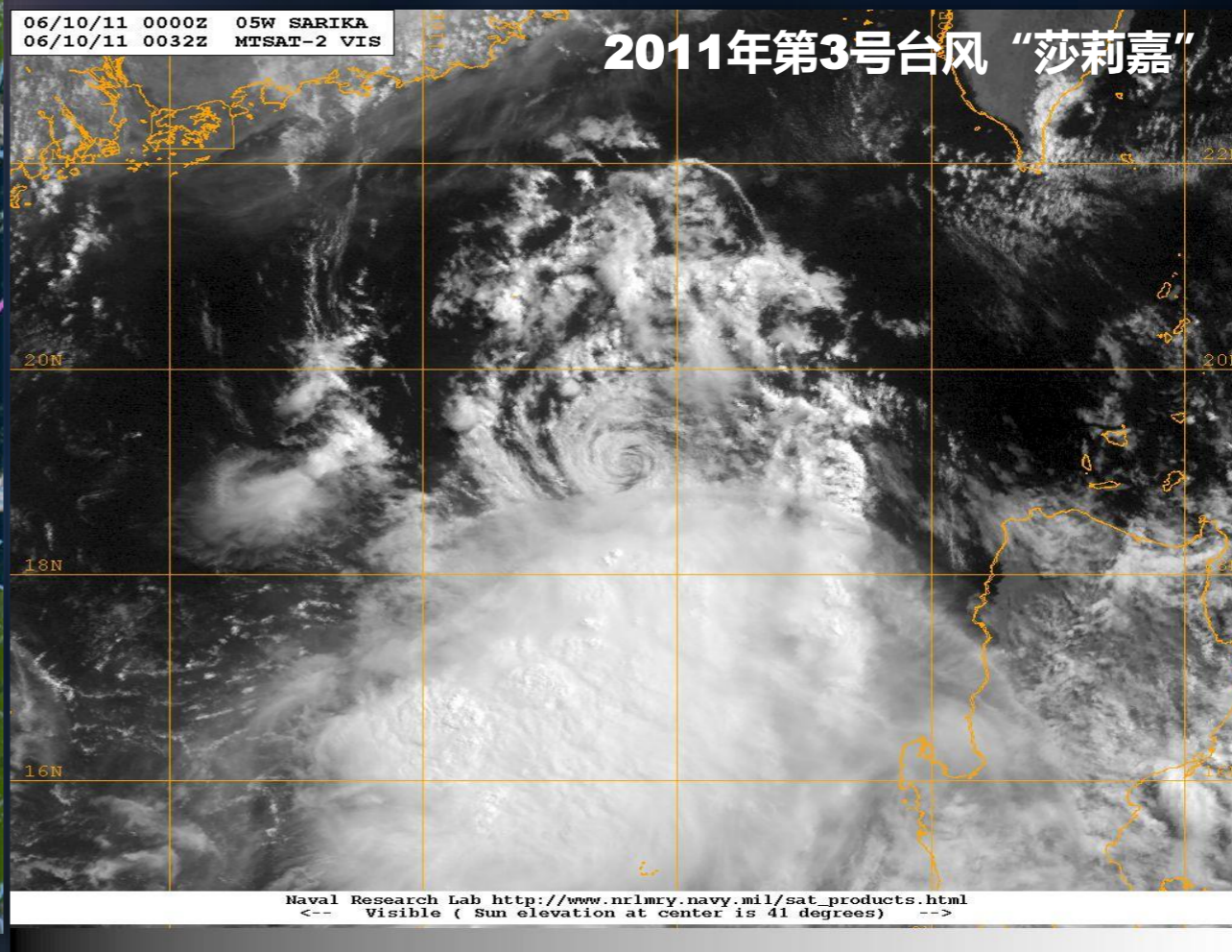
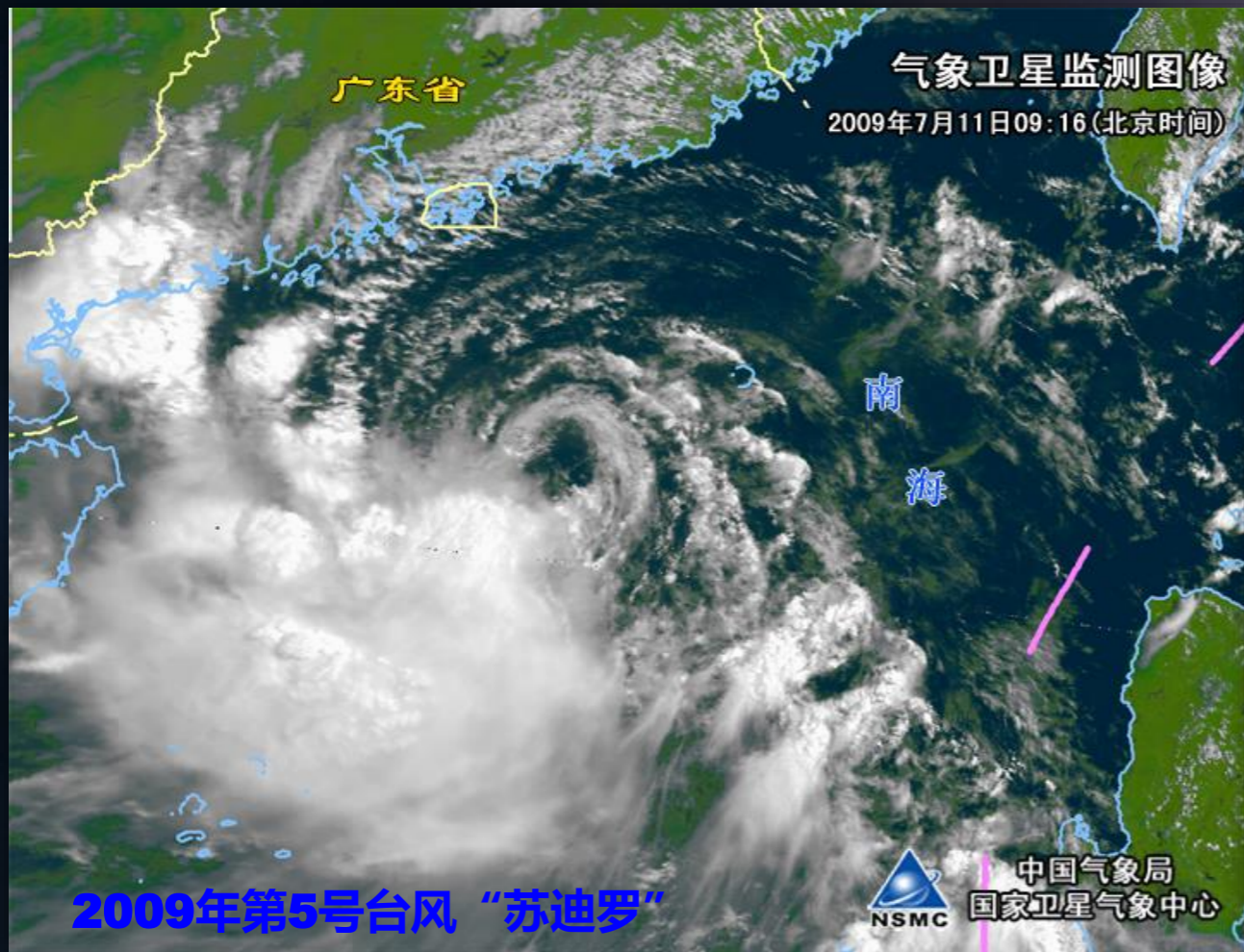
3.5 多源观测资料的应用



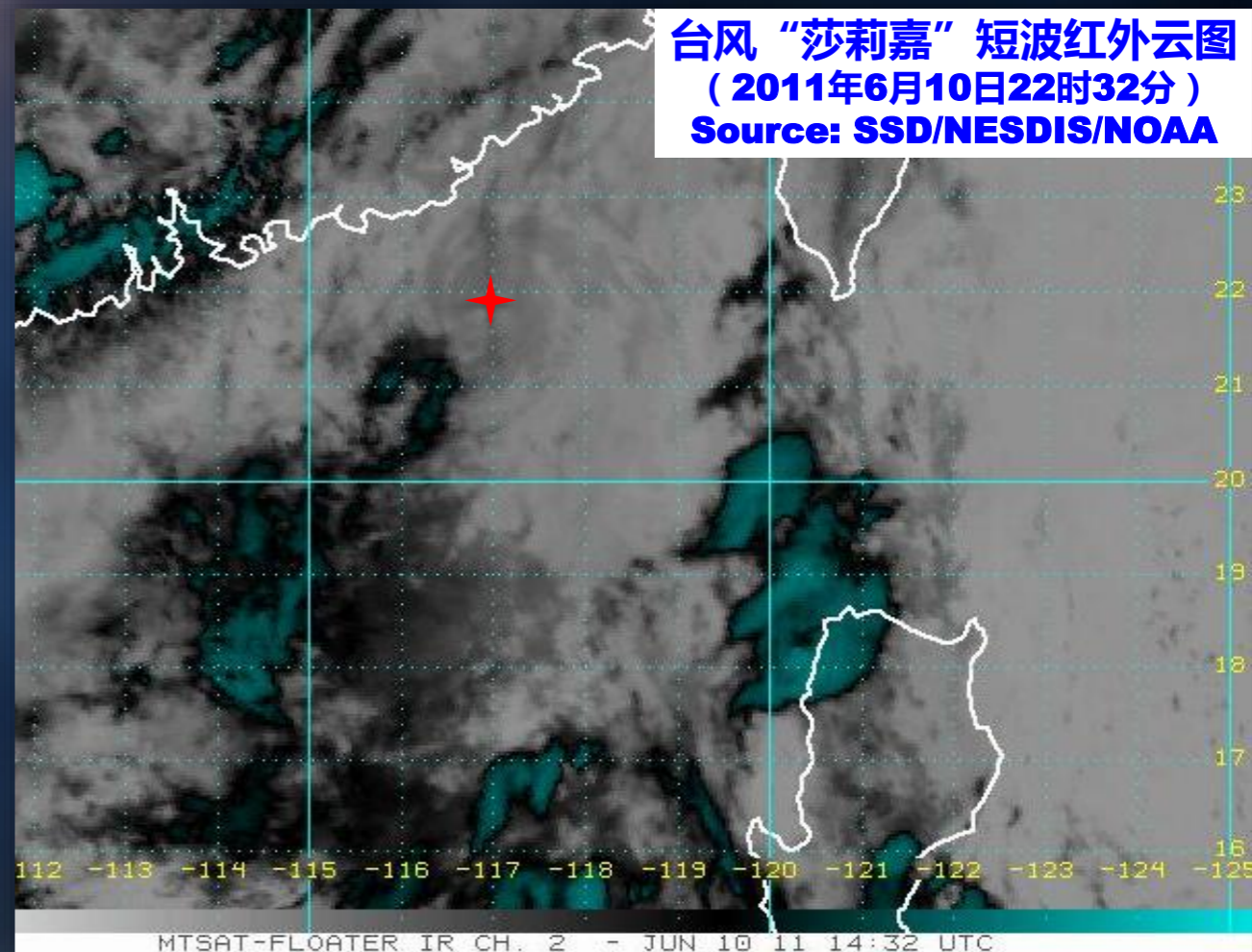
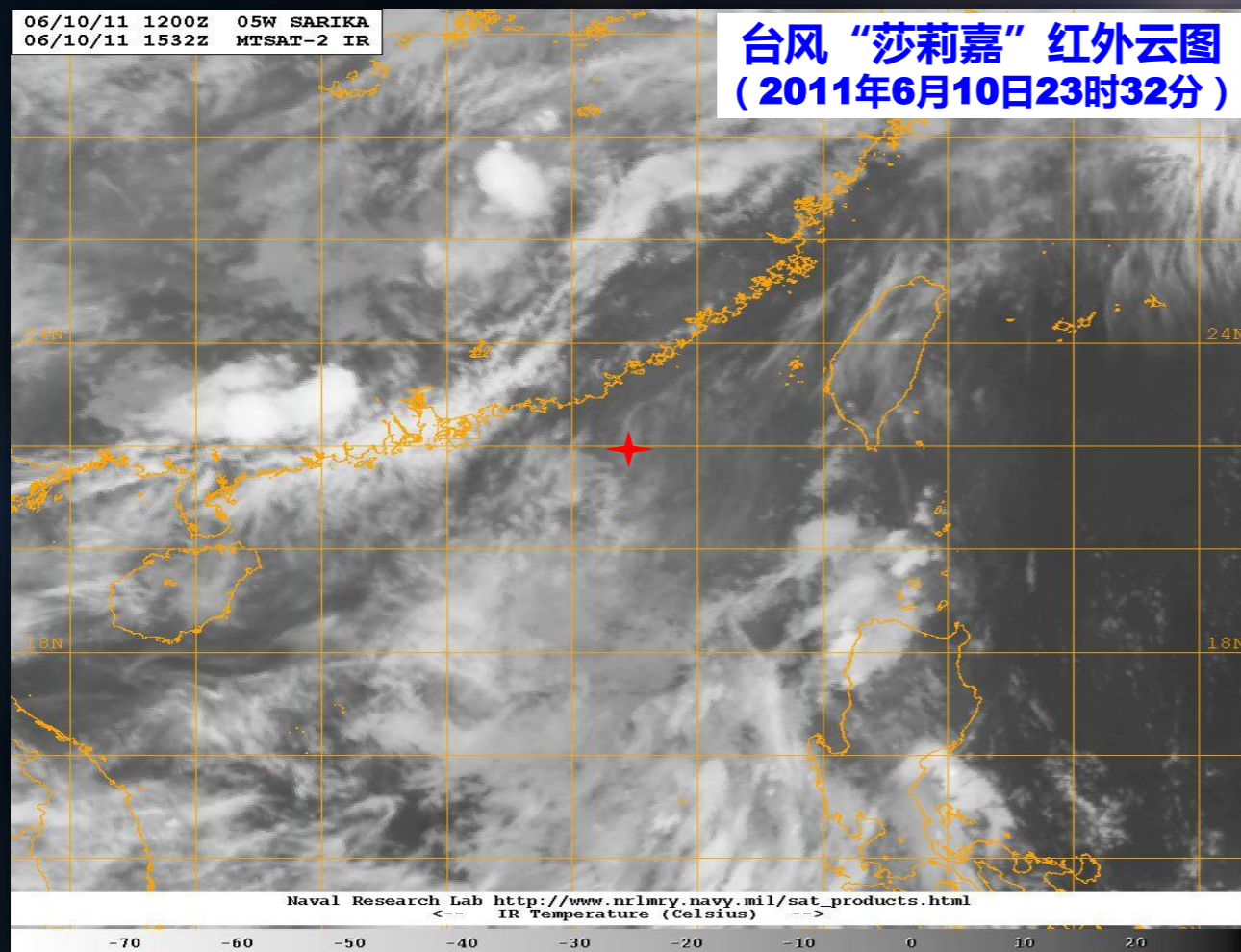
● 可见光云图的应用



● 可见光云图的应用

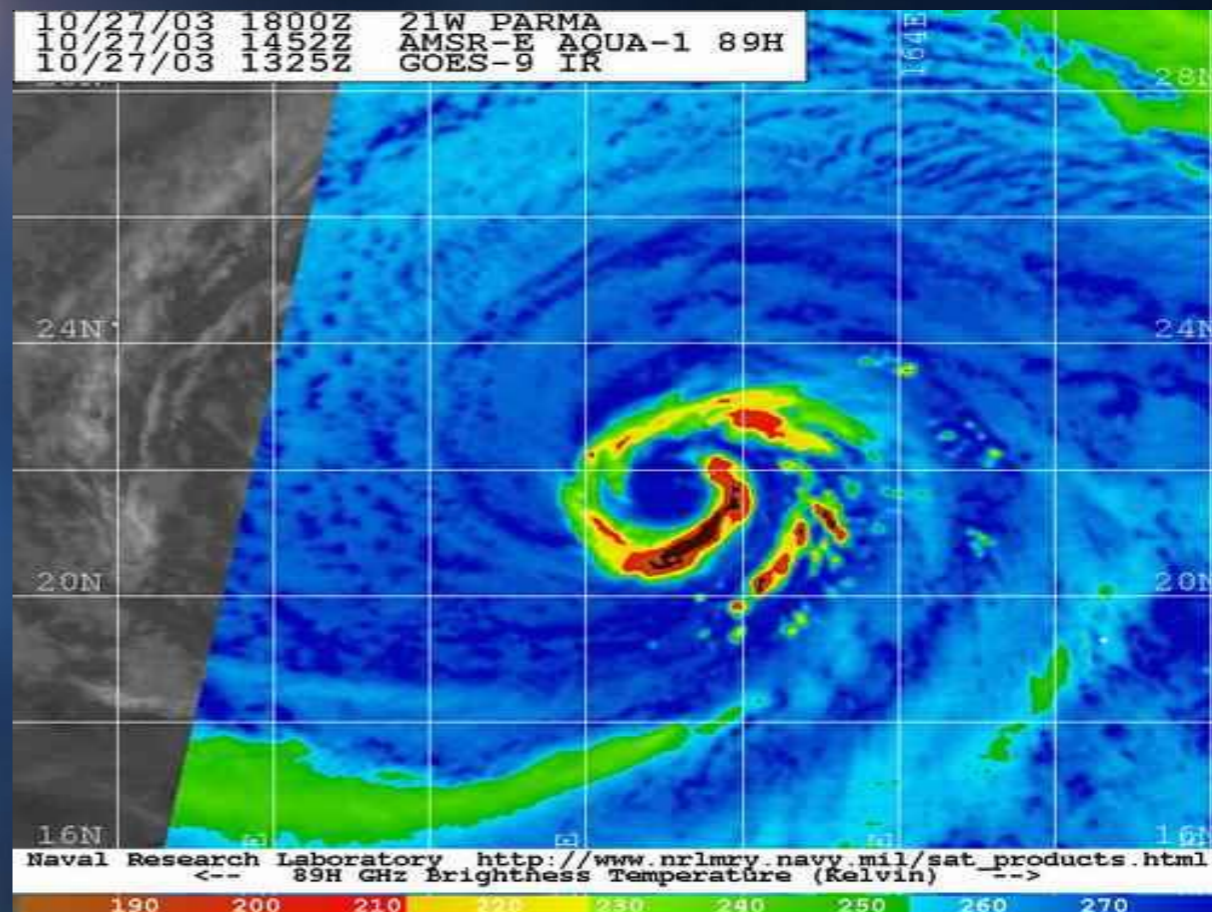
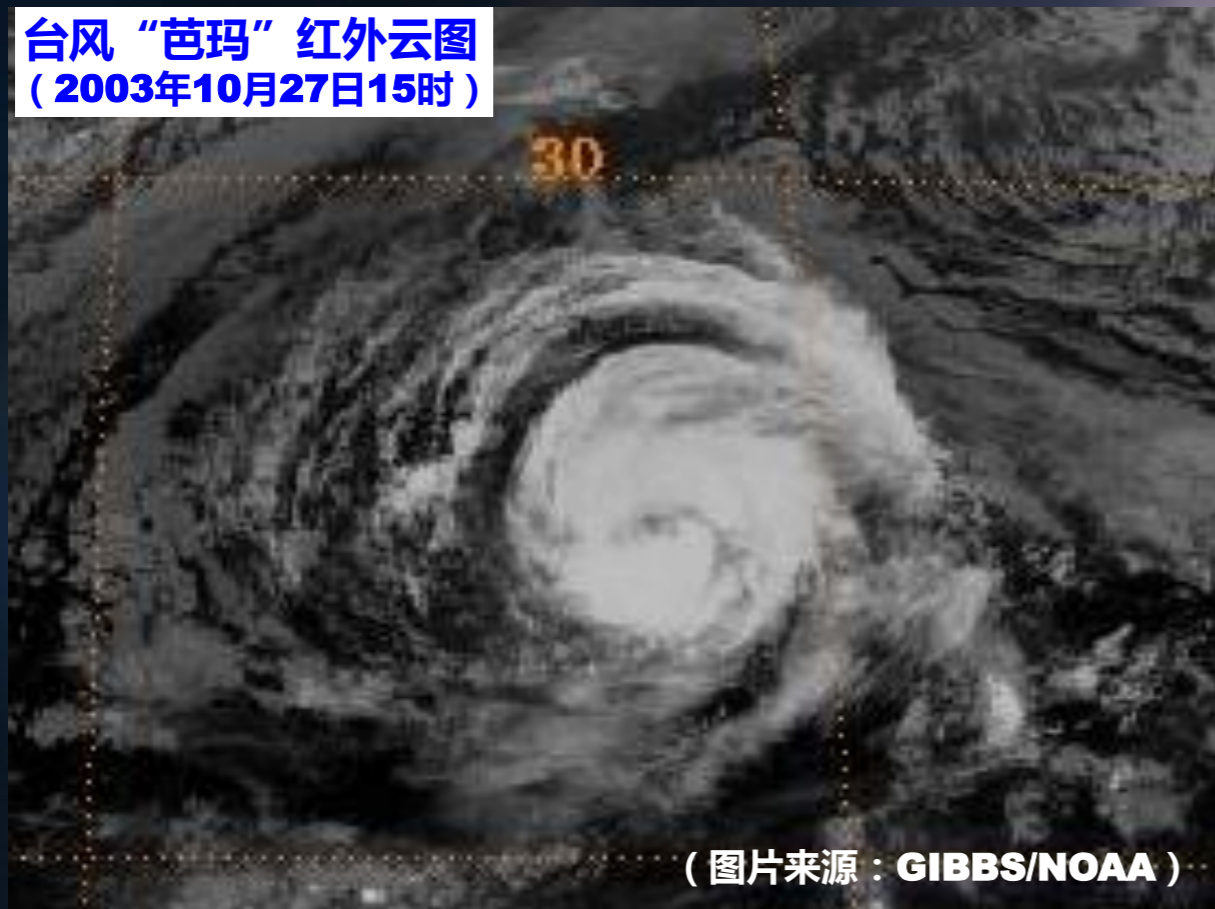


● 短波红外云图的应用（夜间）

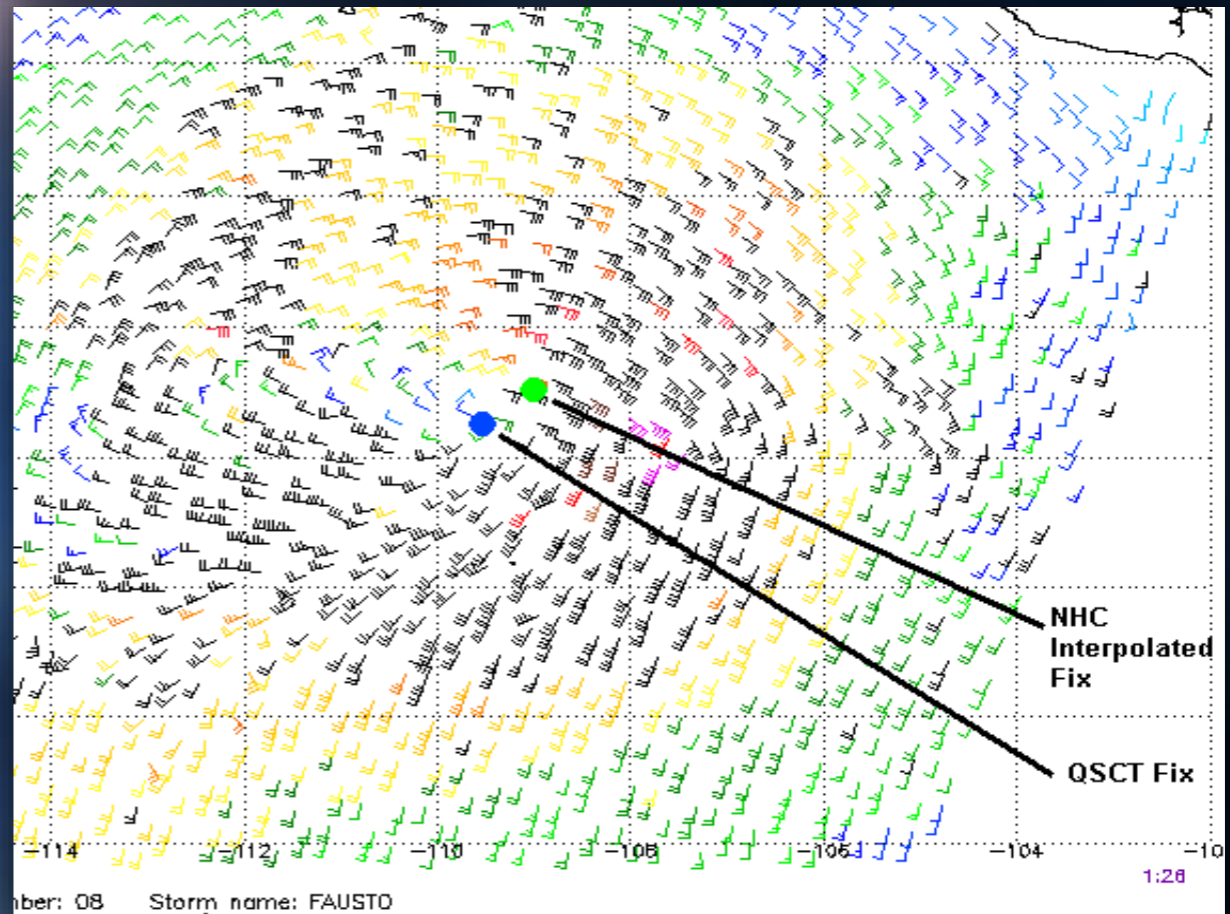
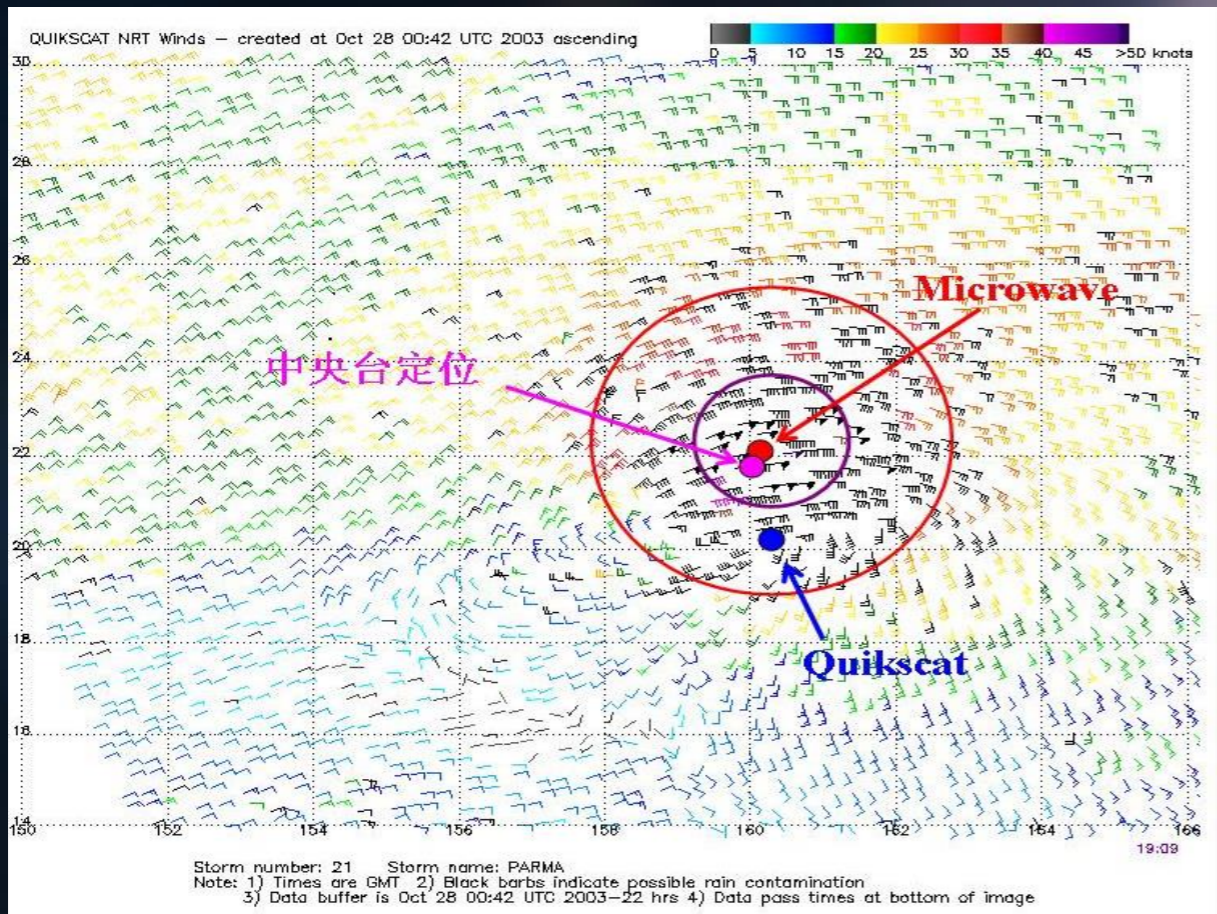


● 微波资料的应用

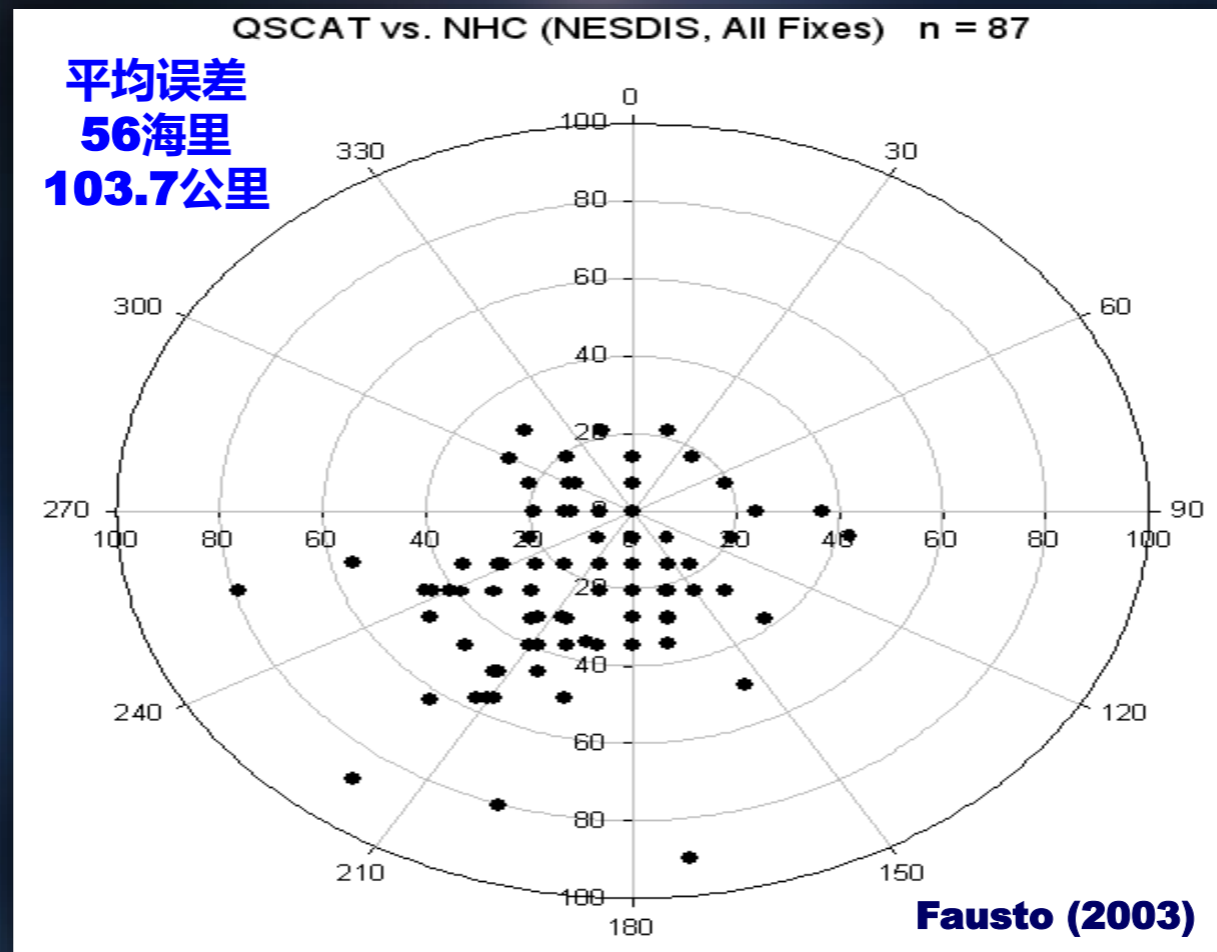
台风“芭玛”红外云图
(2003年10月27日15时)



● 微波资料的应用

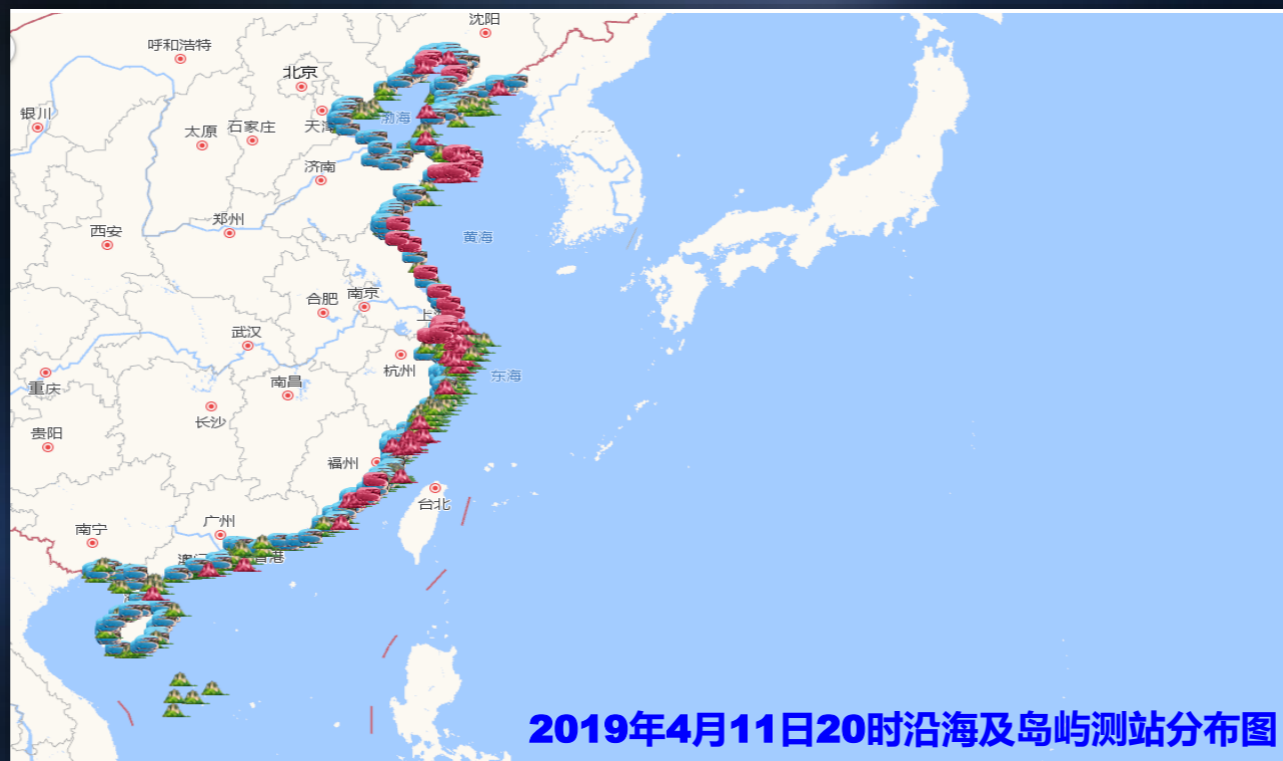


● 微波资料的应用



● 岛屿、灯塔、浮标、船舶、石油平台

✓ 沿海及岛屿测站



● 岛屿、灯塔、浮标、船舶、石油平台

✓ 岛屿测站



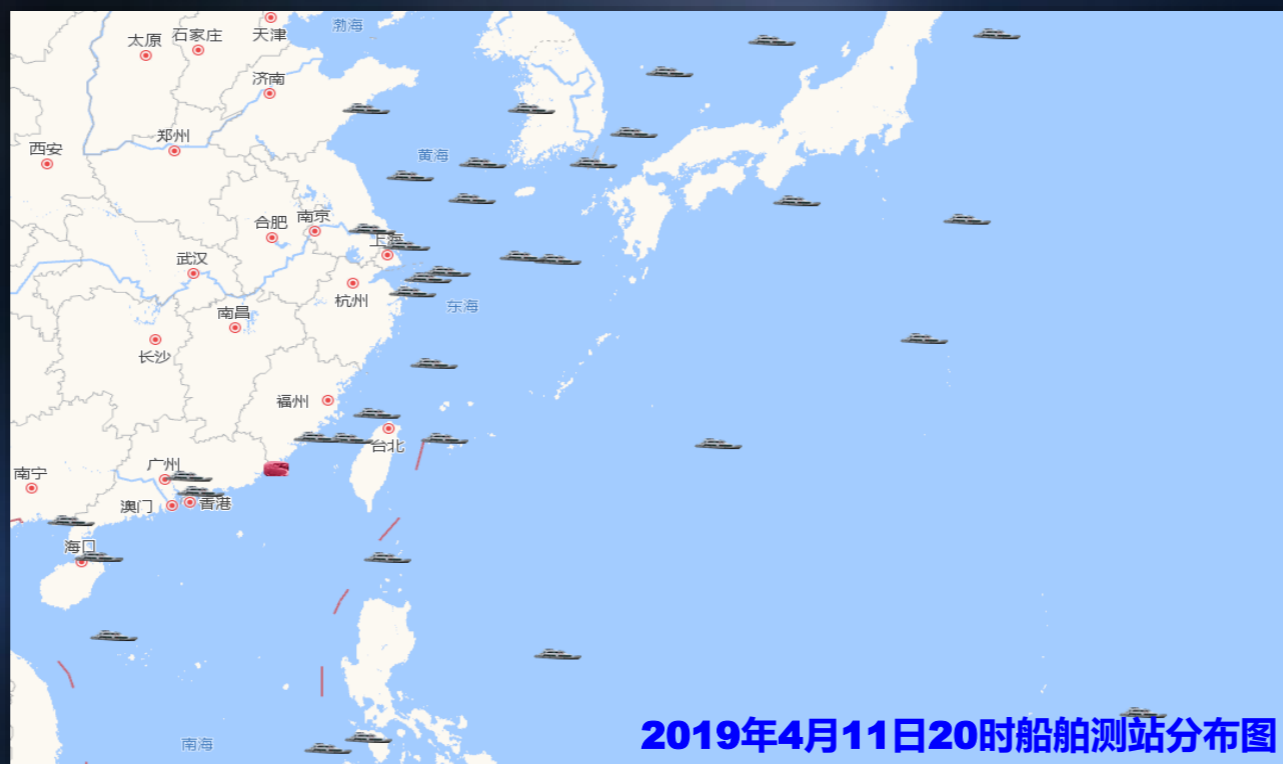
- 岛屿、灯塔、浮标、船舶、石油平台

- ✓ 灯塔测站



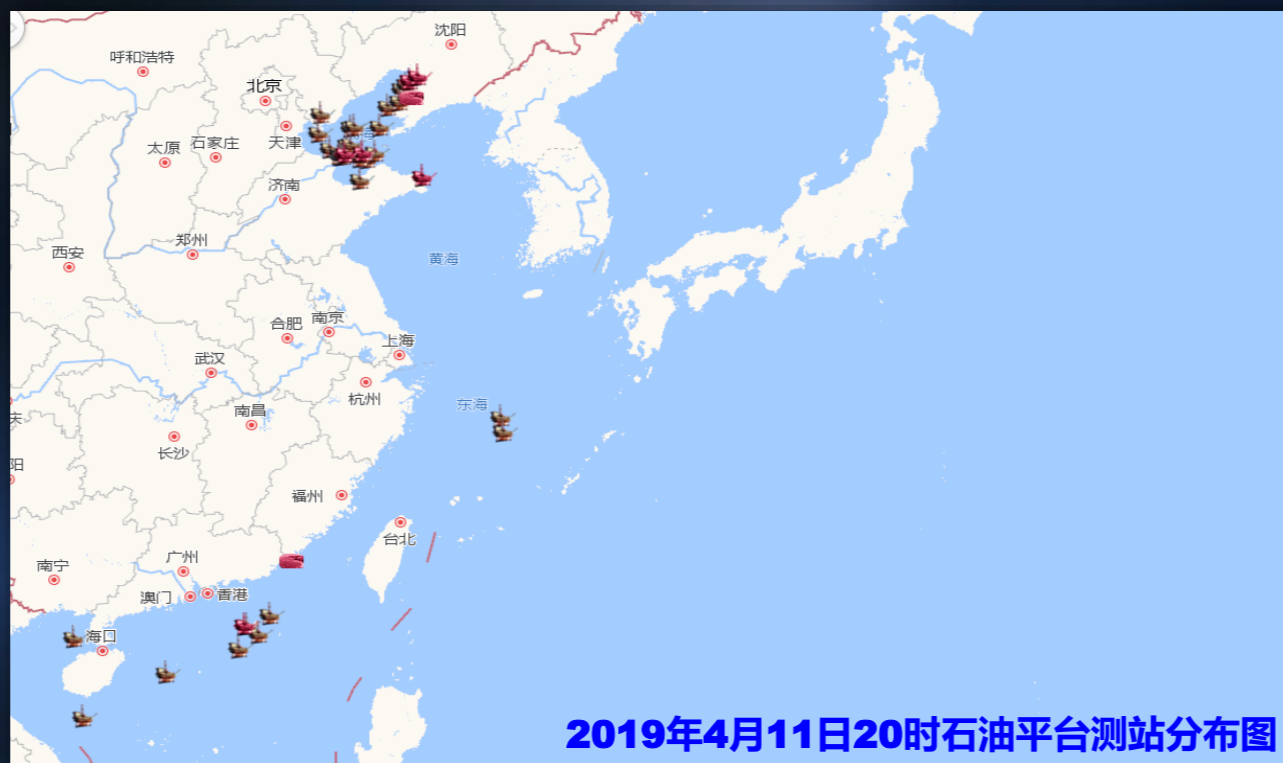
● 岛屿、灯塔、浮标、船舶、石油平台

✓ 船舶测站



● 岛屿、灯塔、浮标、船舶、石油平台

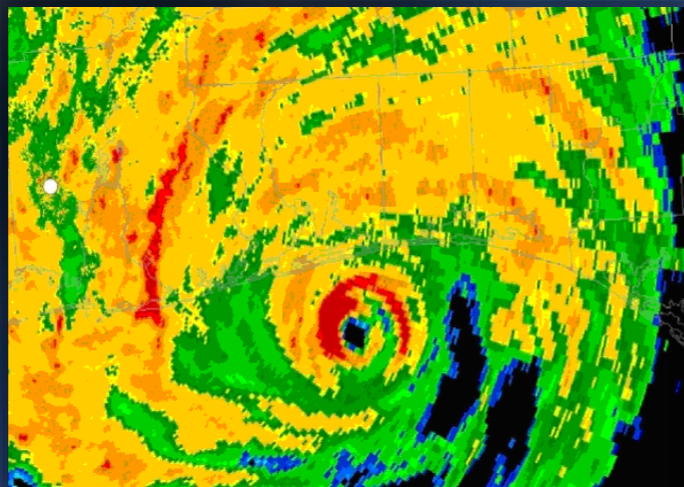
✓ 石油平台测站



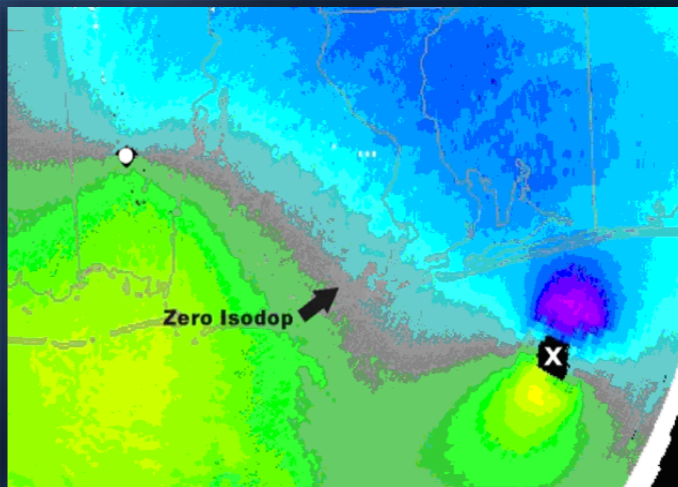
- 雷达资料

- ✓ 雷达反射率台风中心

- ✓ 零径向速度线



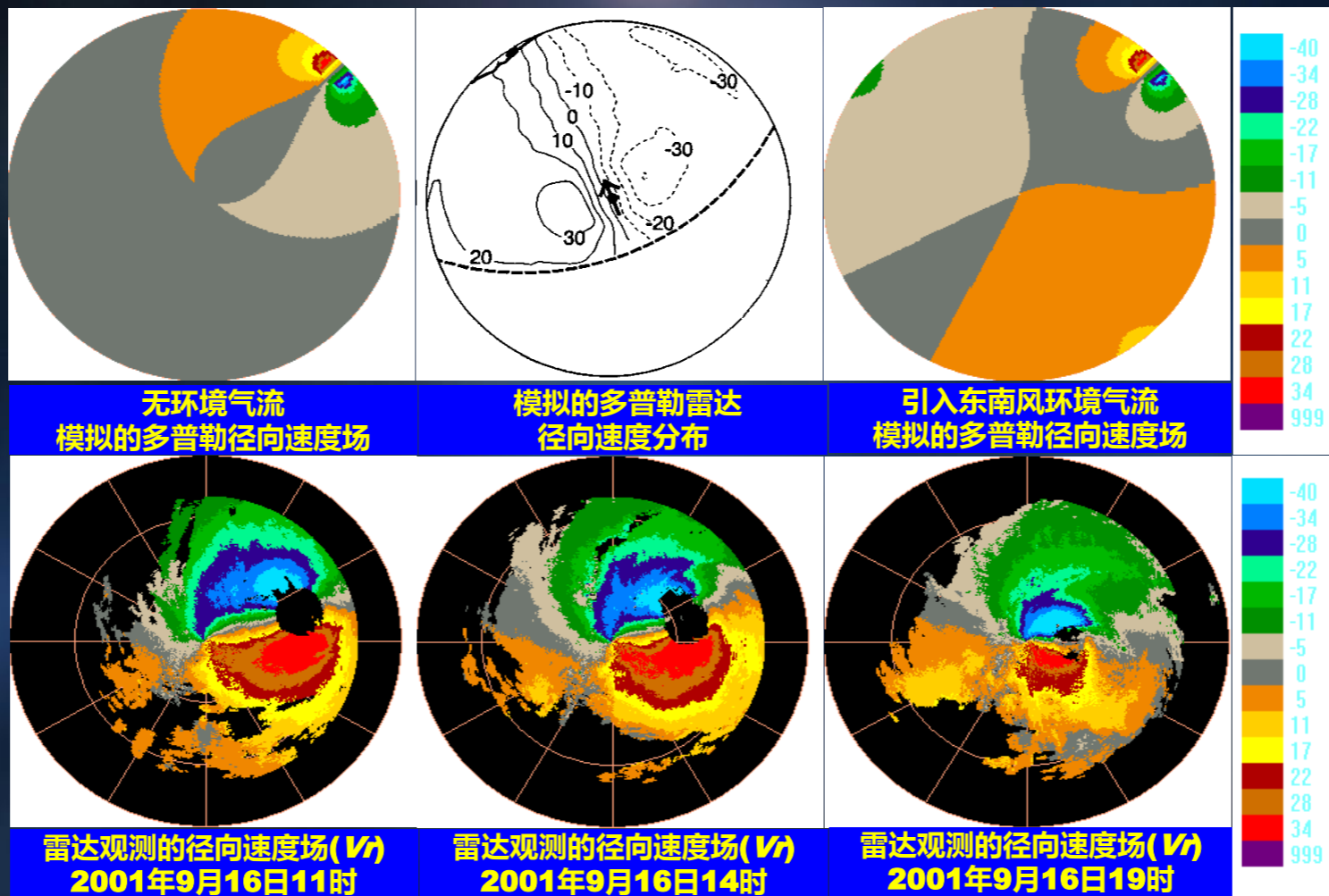
雷达反射率



雷达径向速度

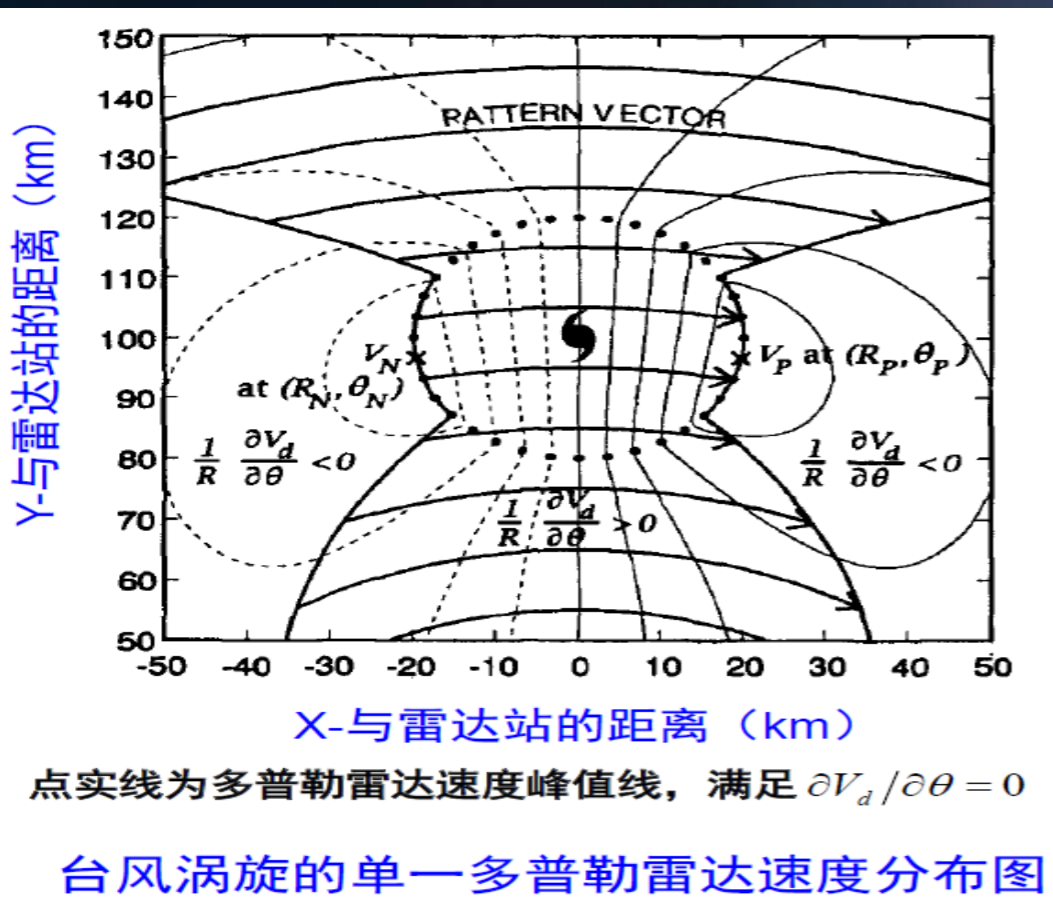
● 雷达资料

- ✓ 根据多普勒径向风速特征确定台风中心位置



● 雷达资料

✓ 几何轴对称中心定位法 (Wood V. T., 1994)



形态识别技术 (Pattern Recognition Technique)

识别热带气旋环流的主要特征。

(1) 切变截面定义

任意径向上, 速度连续递增开始和结束的径向速度点的连线 (图中的箭线), 由斜距 R 、开始和结束点的方位角 (θ_b , θ_e)、开始和结束点的径向速度 (V_b , V_e) 与开始和结束点的时间 (t_b , t_e) 7 个分量构成的 7 维形态矢量。

(2) 方位切变 S 定义

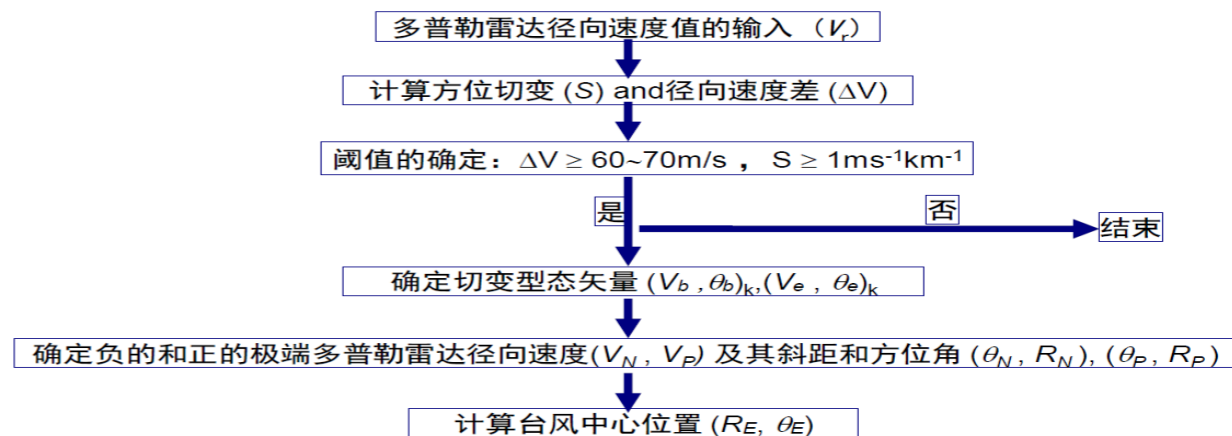
对某一形态矢量, 在方位方向上多普勒径向速度的切变。

$$S = \frac{\Delta V}{R(\theta_e - \theta_b)} \quad \Delta V = V_e - V_b \text{ 表示该截面的径向速度差}$$

$$R(\theta_e - \theta_b) \text{ 表示该截面的方位距离}$$

若 $S > 0$ 表示为气旋性切变, 所有 $S > 0$ 的点构成台风环流的最大风速圈

◆ 几何轴对称中心定位法的计算流程图



● 雷达资料

✓ 速度距离方位显示中心定位法 (周仲岛等, 1996)

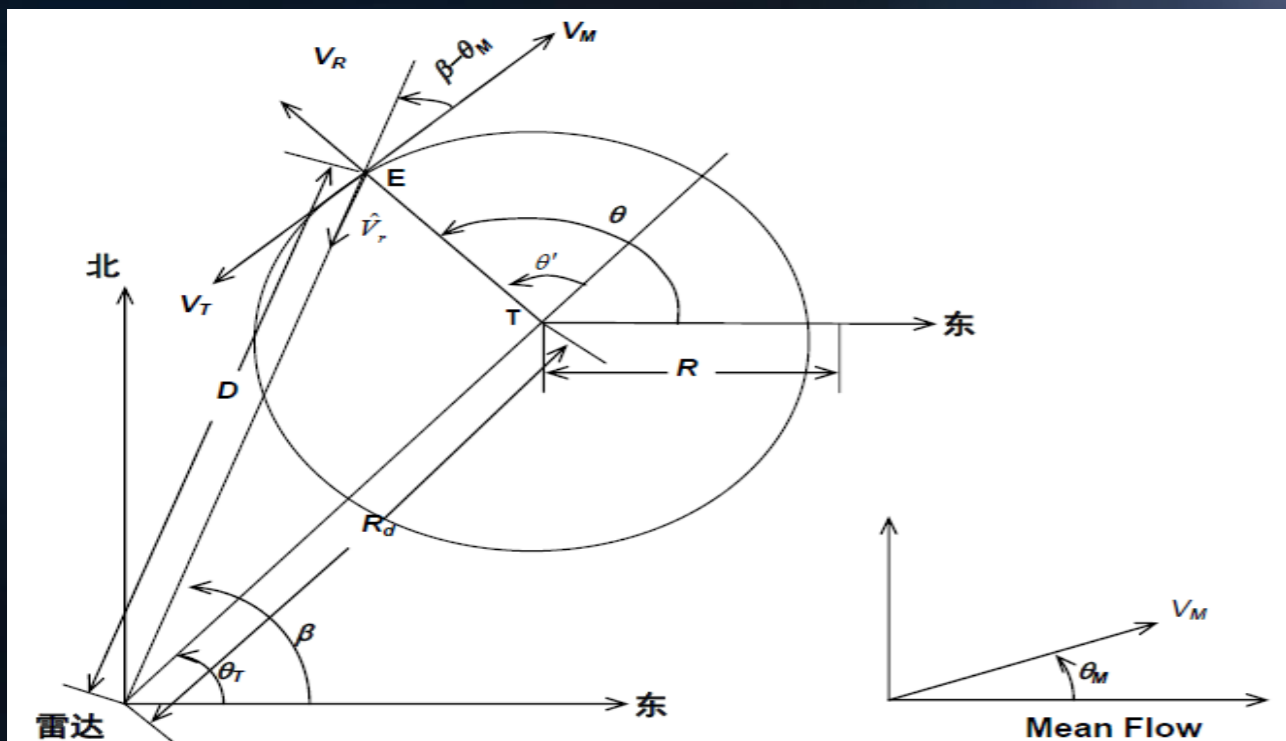
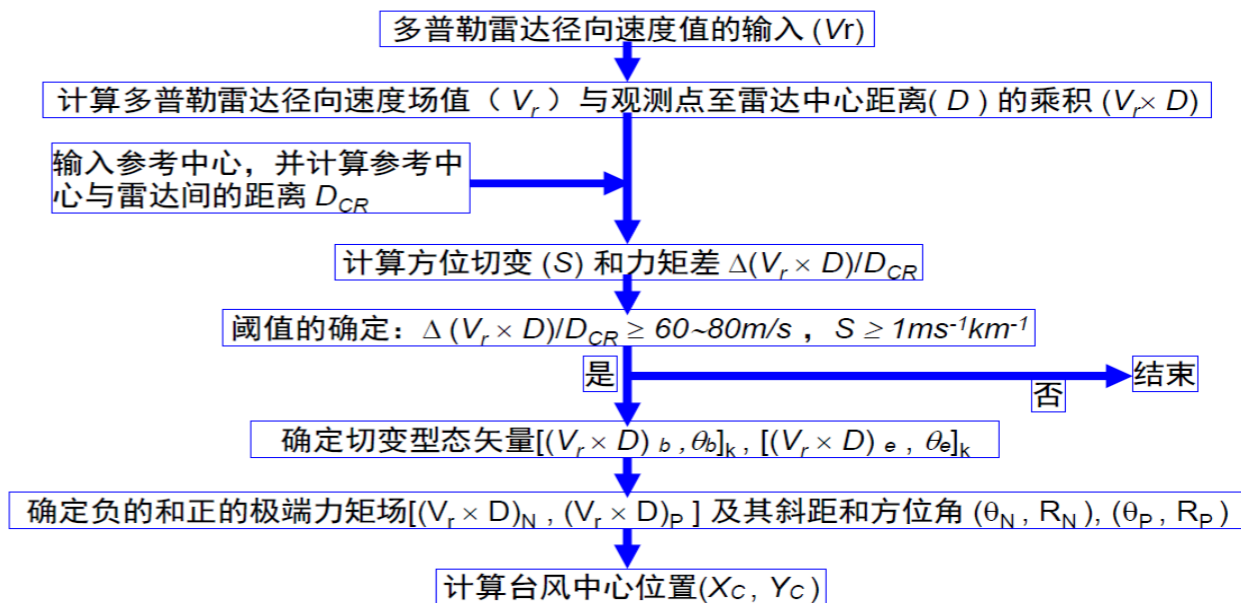


图 台风环流的切向速度分量(V_T)和径向速度分量(V_R)、环境平均气流(V_M)与多普勒雷达径向速度分量(V_r)的几何关系

◆ 速度距离方位显示中心定位法的计算流程图



● 雷达定位

✓ 径向速度场确定台风中心位置效果检验

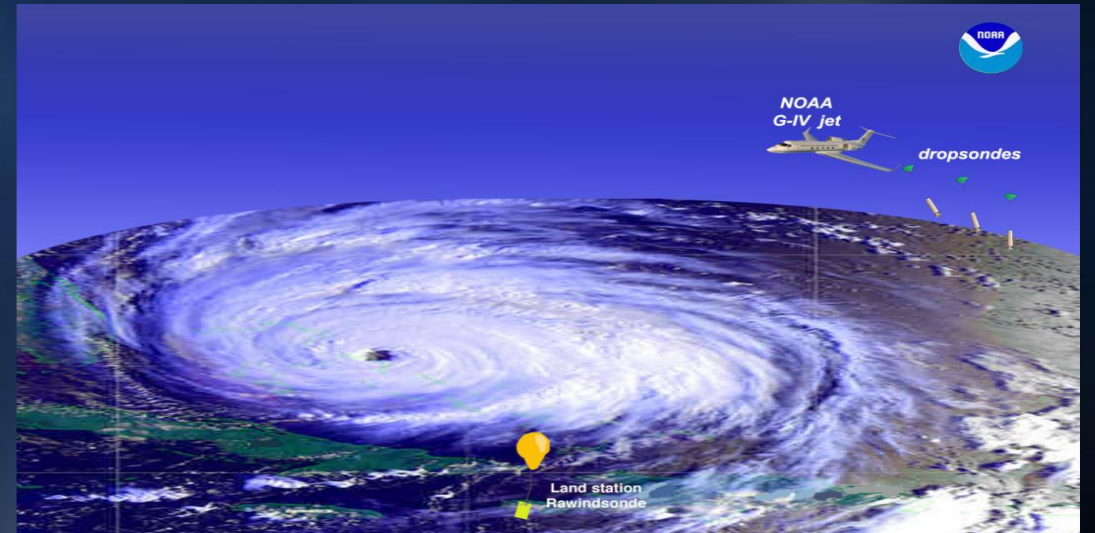
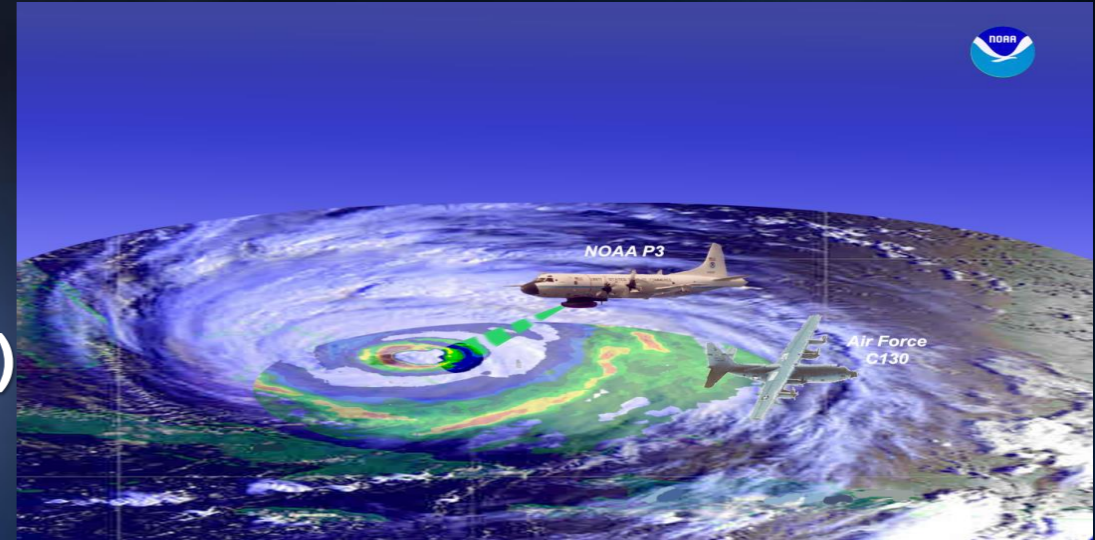
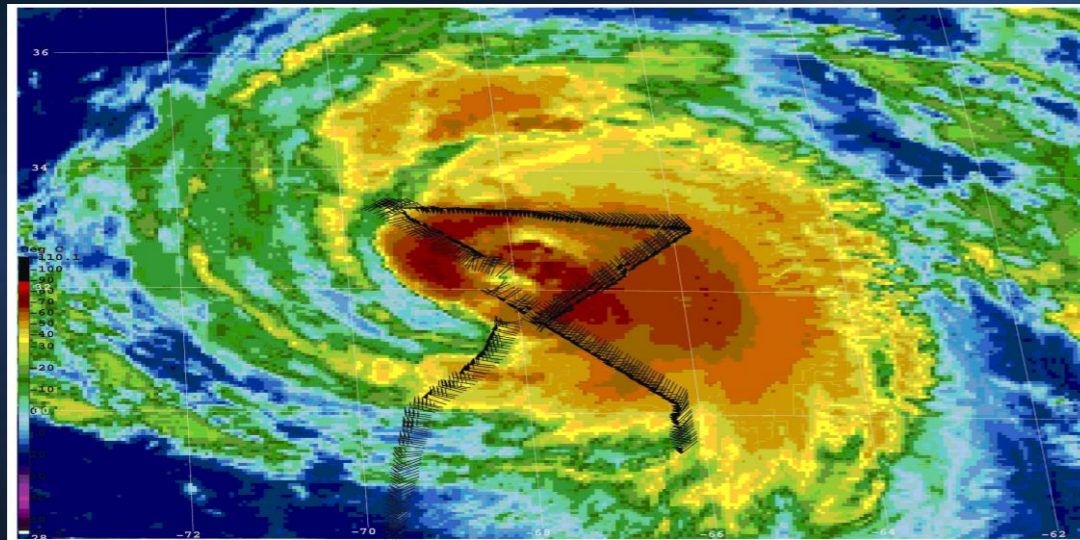
**0608号超强台风“桑美”和0116号台风“百合”
中心位置客观估计结果**

时间 (北京时间)	几何轴对称 中心定位法		速度距离方位显示 中心定位法		业务定位路径		最大风速半径 (公里)	
	纬度°N	经度°E	纬度°N	经度°E	纬度°N	经度°E	几何轴对称 中心定位法	速度距离方位 显示中心定位法
2006年8月10日13时	26.97	121.36	27.01	121.32	26.9	121.4	36.66	37.23
8月10日14时	27.11	121.04	27.28	120.99	27.0	121.2	37.47	37.65
8月10日15时	27.28	120.96	27.24	120.93	27.0	121.0	35.97	34.93
8月10日16时	27.34	120.88	27.28	120.73	27.1	120.8	31.54	28.59
8月10日17时	27.31	120.75	27.18	120.65	27.2	120.6	32.69	31.97
8月10日18时	27.25	120.50	27.18	120.43	27.2	120.4	34.70	31.56
8月10日19时	27.20	120.25	27.29	120.21	27.2	120.2	37.15	31.00
8月10日20时	27.21	119.85	27.18	119.89	27.2	120.0	32.39	31.94
2001年9月16日08时	25.52	123.10	25.53	123.13	25.5	123.1	32.74	33.69
9月16日11时	25.38	122.87	25.38	122.84	25.5	122.8	36.20	36.48
9月16日14时	25.35	122.57	25.32	122.59	25.4	122.6	33.15	33.37
9月16日17时	25.13	122.44	25.12	122.47	25.2	122.4	28.43	29.58
9月16日20时	24.99	122.17	25.04	122.12	25.0	122.2	14.18	24.31

● 多源观测资料的应用

✓ 飞机观测 -- Aerial reconnaissance

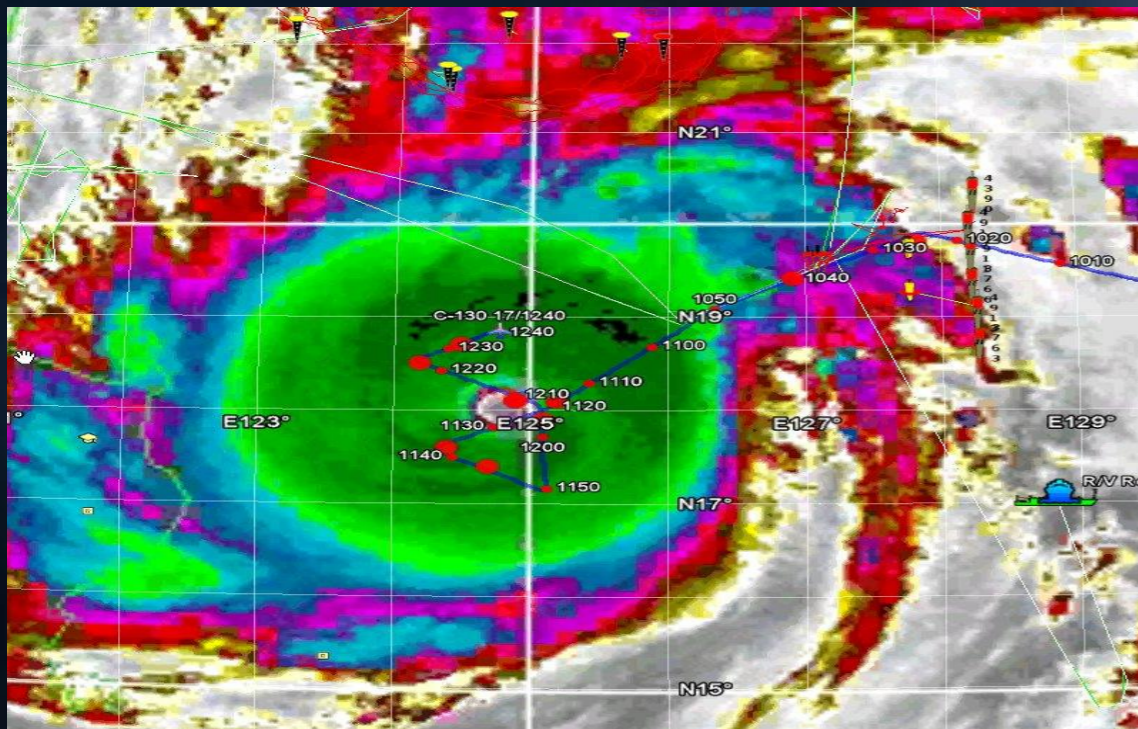
- 飓风探测高度：10000英尺（700hPa）
- 热带风暴探测高度：5000英尺（850hPa）
- 热带扰动探测高度：1500英尺（457m）
- 探测时间：10~12小时



- **多源观测资料的应用**

- ✓ **飞机观测 -- Aerial reconnaissance**

- **1013号超强台风“鲇鱼”**



**美国空军USAF_C130飞机观测
2010年10月17日**

URPA12 PGUA 171246
VORTEX DATA MESSAGE

- A. 17/11:15:50Z
 - B. 18 deg 06 min N
125 deg 14 min E
 - C. 700 mb 2159 m
 - D. 163 kt
 - E. 049 deg 9 nm
 - F. 140 deg 170 kt
 - G. 049 deg 10 nm
 - H. 895 mb
 - I. 8 C / 3054 m
 - J. 17 C / 3043 m
 - K. NA / NA
 - L. CLOSED WALL
 - M. C20
 - N. 12345 / 7
 - O. 0.02 / 2 nm
 - P. AF304 0830W MEGI OB 08
- MAX FL WIND 170 KT NE QUAD 11:12:20Z
MAX FL TEMP 19 C 250 / 4 NM FROM FL CNTR

URPA12 PGUA 171223
VORTEX DATA MESSAGE

- A. 17/12:06:00Z
 - B. 18 deg 01 min N
125 deg 05 min E
 - C. 700 mb 2151 m
 - D. 152 kt
 - E. 178 deg 7 nm
 - F. 266 deg 152 kt
 - G. 178 deg 7 nm
 - H. 893 mb
 - I. 9 C / 3048 m
 - J. 18 C / 3041 m
 - K. 16 C / NA
 - L. CLOSED WALL
 - M. C16
 - N. 12345 / 7
 - O. 0.02 / 1 nm
 - P. AF304 0830W MEGI OB 15
- MAX OUTBOUND AND MAX FL WIND 190 KT
NW QUAD 12:09:10Z
MAX FL TEMP 19 C 325 / 5 NM FROM FL CNTR
FREQUENT LIGHTNING IN THE EYEWALL

3.6 台风中心位置确定须注意的问题



● 台风中心位置确定须注意的问题

- ✓ 台风中心位置既取决于所选择中心位置的定义，也与所使用的观测设备有关
- ✓ 卫星和雷达确定的是围绕眼区的云墙或雨带的圆形区域的几何中心
- 除非可辨别地面中心，卫星显示的是中层环流的位置，对有风切变或结构松散的台风来说，中层环流中心与地面环流中心差异较大
- 台风距离雷达较远时，雷达只能通过探测高空雨特征确定台风中心，台风靠近后，才可观测到较低层次的环流

● 台风中心位置确定须注意的问题

- ✓ 地面气压场的气压中心和风场的环流中心很少与雷达或卫星的几何中心一致，地面气压中心和风场环流中心也很少一致
- ✓ 业务中需从多种资料中推断台风的中心位置
- 中心位置的不准确，不同观测资料得出不同的位置及高频震荡使得可能的中心位置十分分散，必须从这些位置中推断出最终位置
- 大多数台风中心根据定位的可靠性权重，通过某种形式的曲线拟合或平滑来确定最终位置，地面分析则用于检查总误差和对最终估计位置进行调整

● 台风中心位置确定须注意的问题

- ✓ 地面气压场和风场的中心很少同雷达或卫星显示的几何中心一致
- ✓ 地面气压中心和风场中心也很少一致，使用Holland风场模型，以18~36km/h速度移动的台风，气压中心和风场中心可相距半个最大风速半径

$$P(r) = P_c + (P_n - P_c) \left(-\frac{R_{max}}{r} \right)^\beta$$

$$V(r) = \left[\frac{\beta}{\rho} (P_n - P_c) \left(\frac{R_{max}}{r} \right)^\beta \right]^{1/2} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{R_{max}}{r} \right)^\beta \right]$$

$V(r)$ 为台风气压梯度在距离中心(r)处产生的风速矢量， P_c 为台风中心气压； P_n 为外围环境气压； R_{max} 为最大风速半径； $\rho = 1.2\text{kg/m}^3$ 为空气密度， r 为与台风中心的距离； β 为经验参数，决定台风的强度。

● 台风中心位置确定须注意的问题

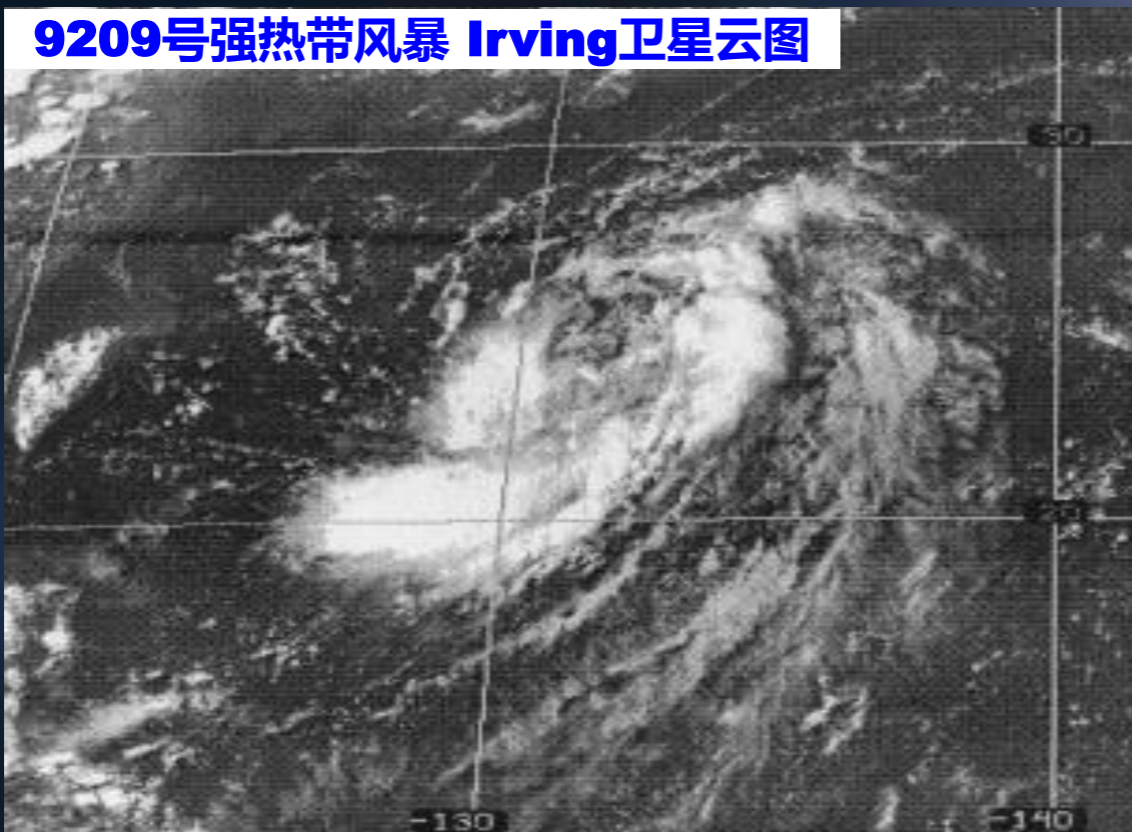
✓ 弱台风的定位问题

- 弱台风可能包含多个中心，选择哪个中心作为台风的实际中心是一个难题
- 在台风发展过程中，某个中心一度起支配作用，而后又被另一个中心取代
- 台风最佳路径的剧烈变化与多中心支配作用更替有关，也就是说一些大的、近乎灾难性的预报误差是使用卫星分析时追踪了不正确的特征或局部环流中心所致

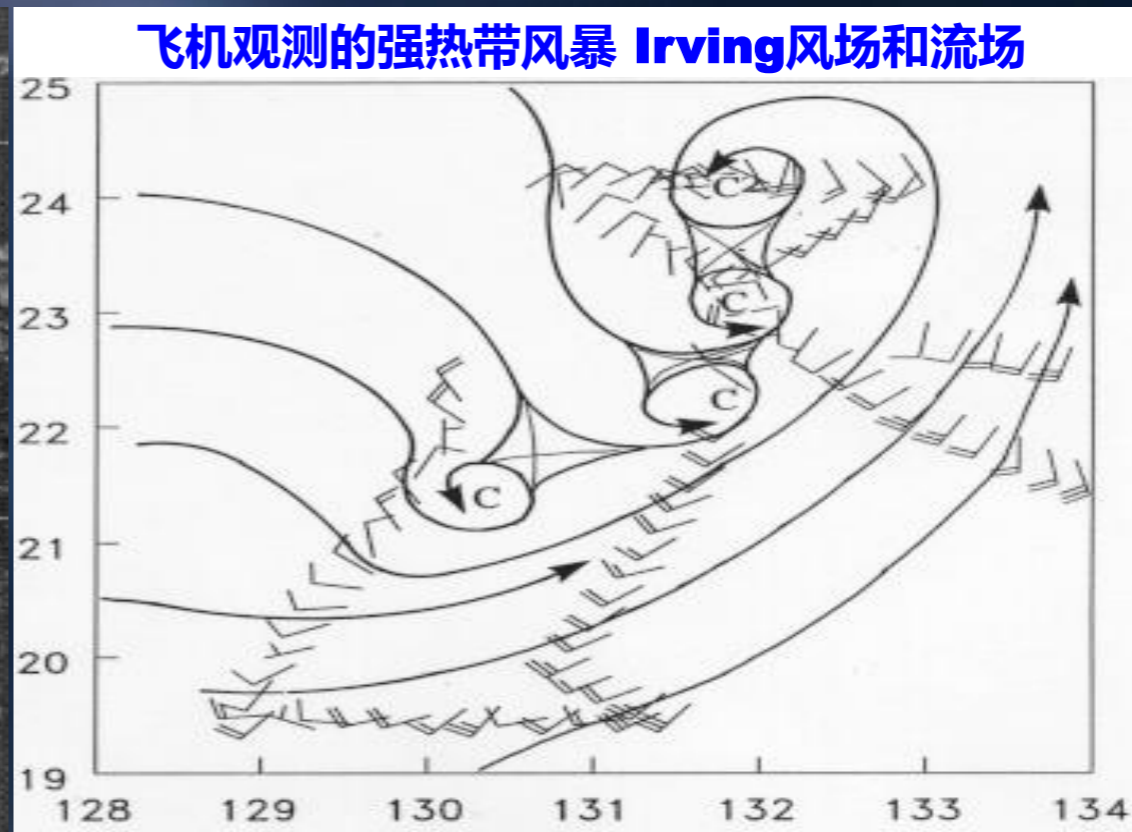
- 台风中心位置确定须注意的问题

- ✓ 弱台风的定位问题

9209号强热带风暴 Irving卫星云图



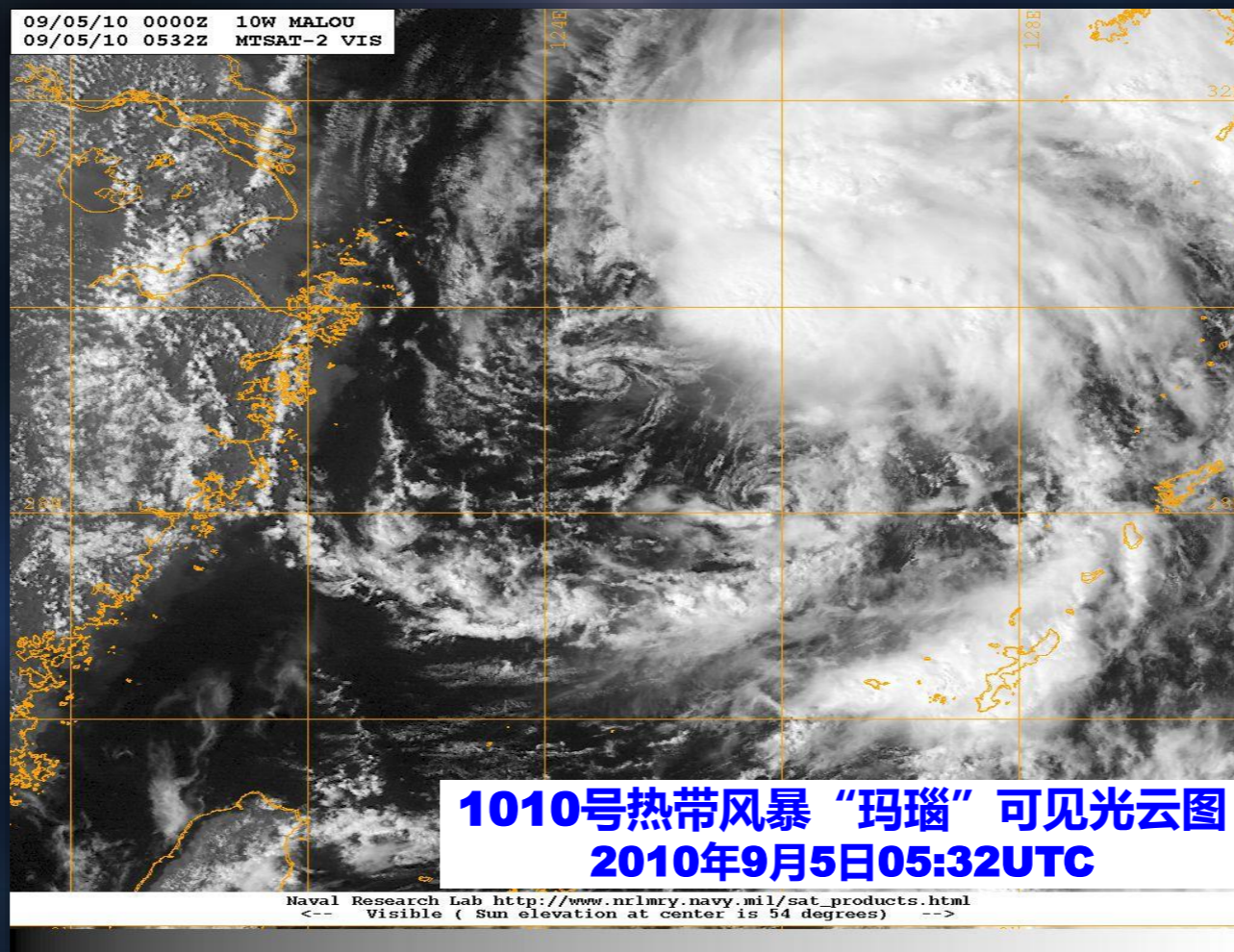
飞机观测的强热带风暴 Irving风场和流场



TCM-92台风外场试验Irving观测

● 台风中心位置确定须注意的问题

✓ 弱台风的定位问题



● 台风中心位置确定须注意的问题

✓ 台风路径的小尺度振荡

- 小尺度振荡是常见的定位难题，高频次加密观测可分辨出这种振荡，并在最终路径上反映出来
- 多数情况下，观测资料难以做出详细的定位分析，在一定程度上路径被平滑了，也可能被特殊观测所歪曲
- 业务定位中，资料较差或路径摆动或方向变化不定，难以指出分析的位置是否偏向前期路径的某侧，一旦做出错误解释，可能导致严重的预报误差