

## 7.6 台风暴雨预报业务现状



# 台风暴雨预报业务现状

- ✓ 台风暴雨分布变化认识局限于定性认识
- ✓ 缺乏客观预报产品指导，经验预报发挥主要作用
- ✓ 缺乏客观精细化台风定量暴雨预报产品



**0604号强热带风暴“碧利斯”登陆后降雨分布**

2006年7月13日08时至19日08时6小时实况降水量动画

(中小尺度系统)

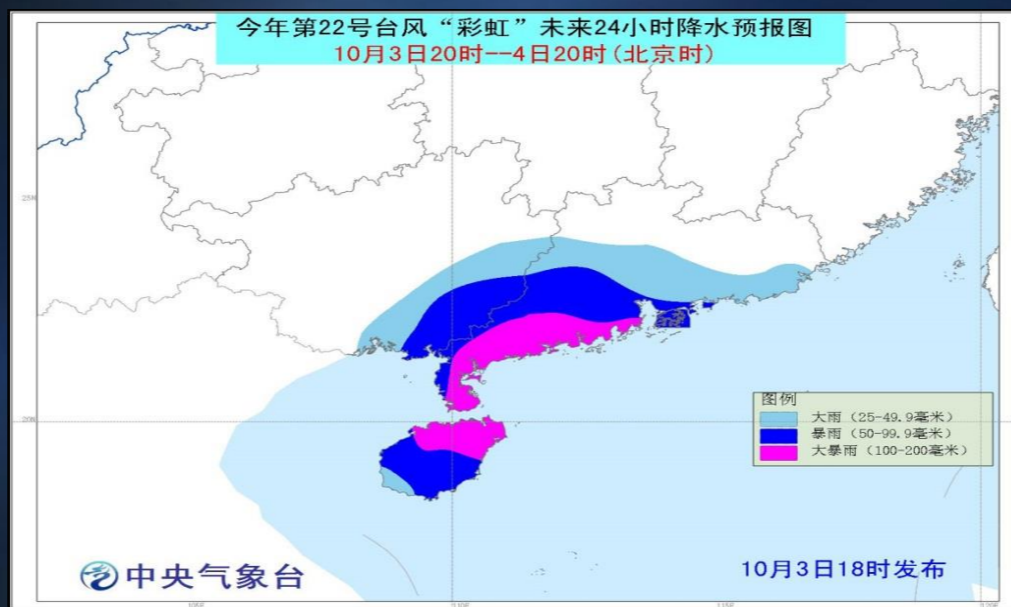
# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品

- ✓ 公共/决策服务产品（定常）

- 24小时间隔168小时降雨预报

- 每天3次08时、14时和18时



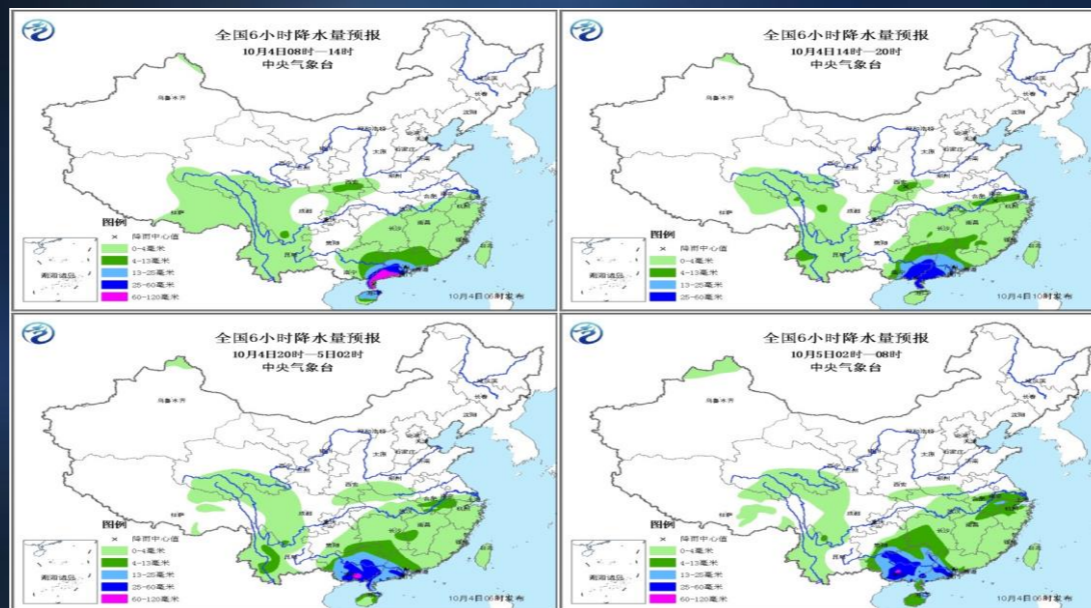
**1522号台风“彩虹”未来24小时降雨量预报**  
2015年10月3日20时至4日20时

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品

- ✓ 公共/决策服务产品（定常）

- 6小时间隔24小时降雨预报
- 每天3次08时、14时和18时



1522号台风“彩虹”未来24小时逐6小时降雨量预报  
2015年10月4日08时至5日08时（10月4日06时发布）

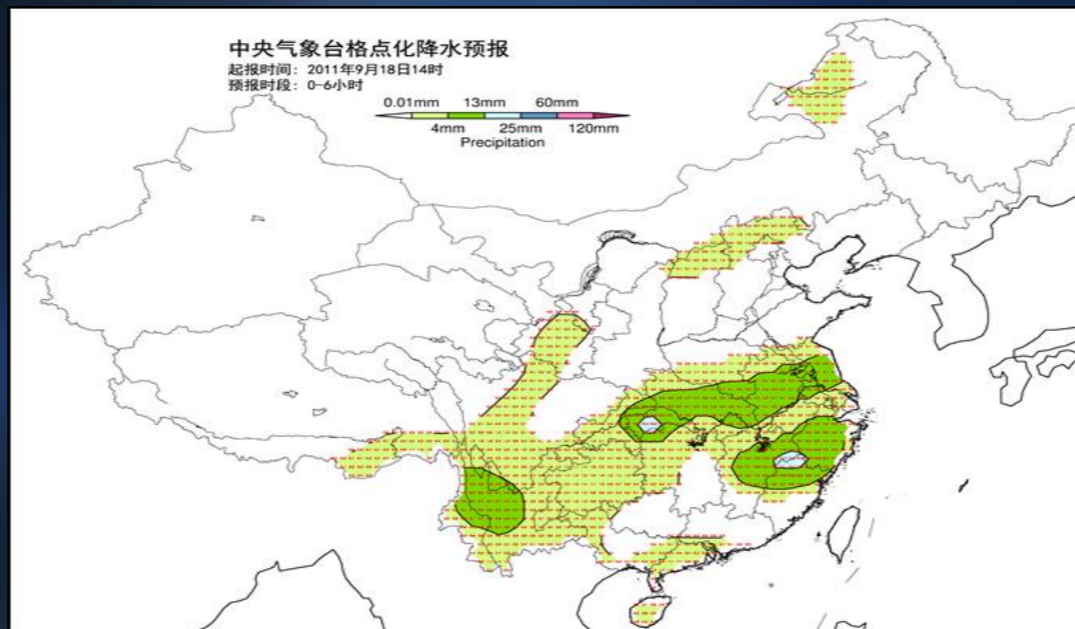
# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品

- ✓ 公共/决策服务产品（定常）

- 格点化降雨预报

- 每天2次（08和20时），空间分辨率25公里



全国定量降雨格点预报产品（单位：mm）

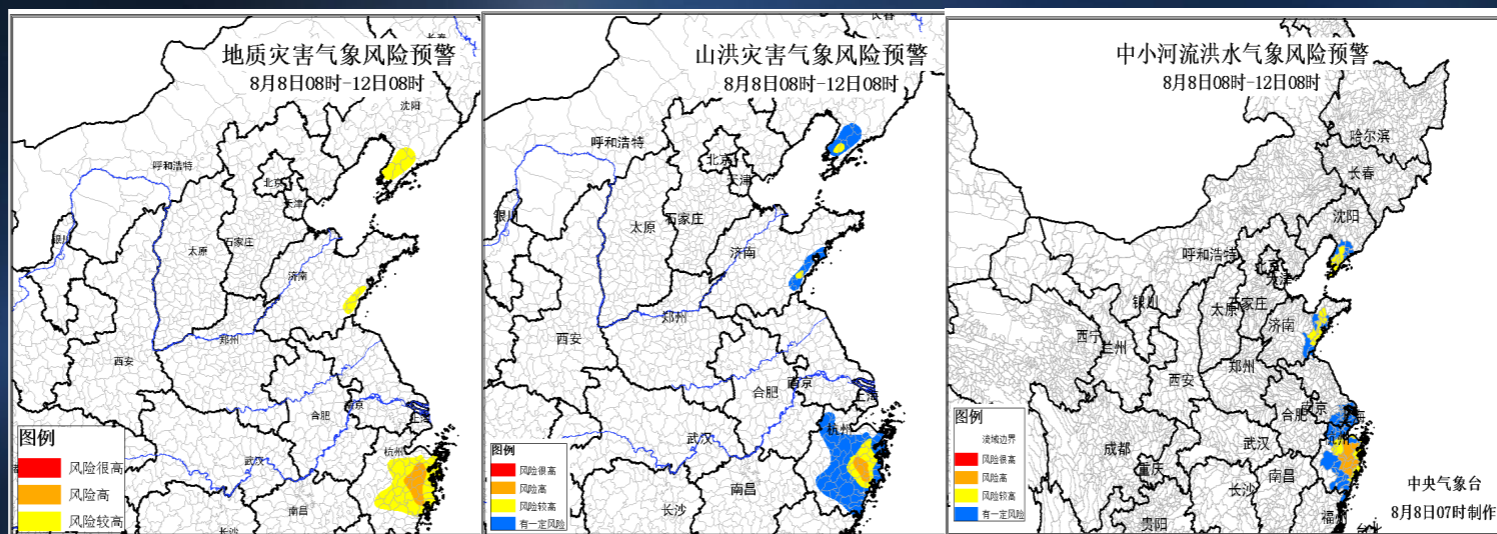
# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品

- ✓ 公共/决策服务产品（定常）

- 气象灾害风险预警

- 每天2次（08和20时）



“利奇马”气象灾害风险预警图

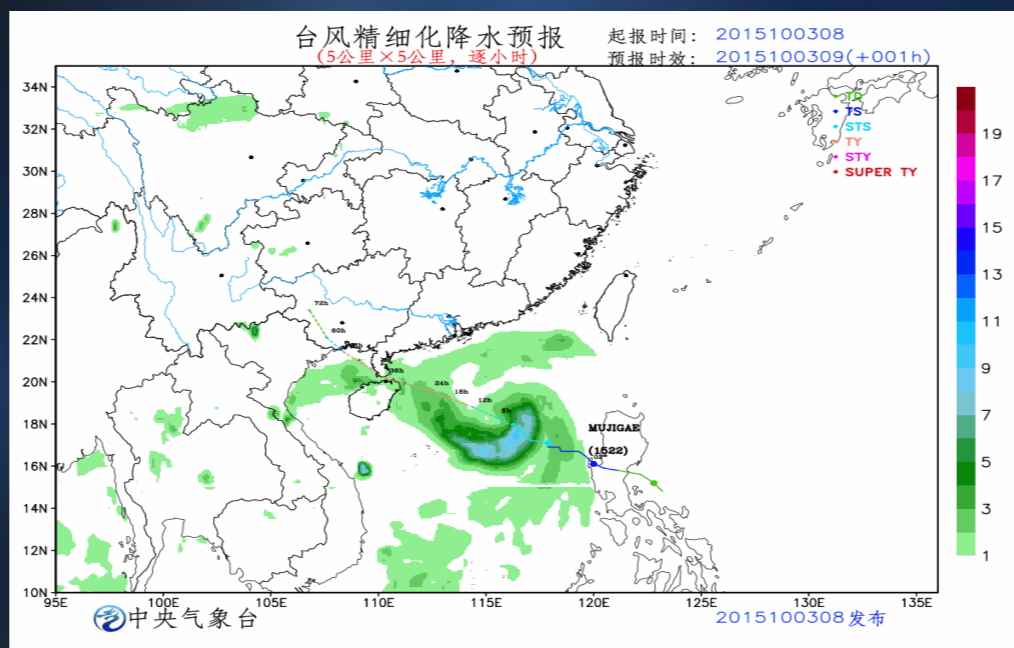
# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品

- ✓ 公共/决策服务产品（定常）

- 逐小时精细化降雨预报

- 每天1次（08时）、72小时预报时效



“彩虹”逐小时降水预报

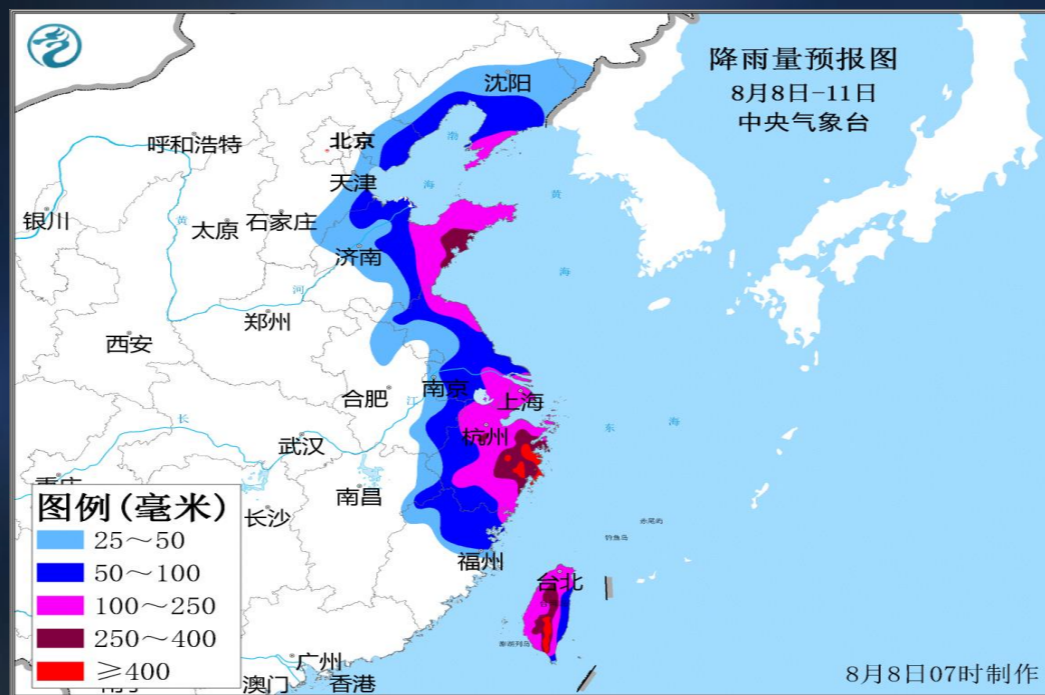
# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品

- ✓ 决策服务产品（非定常）

- 过程降雨量预报

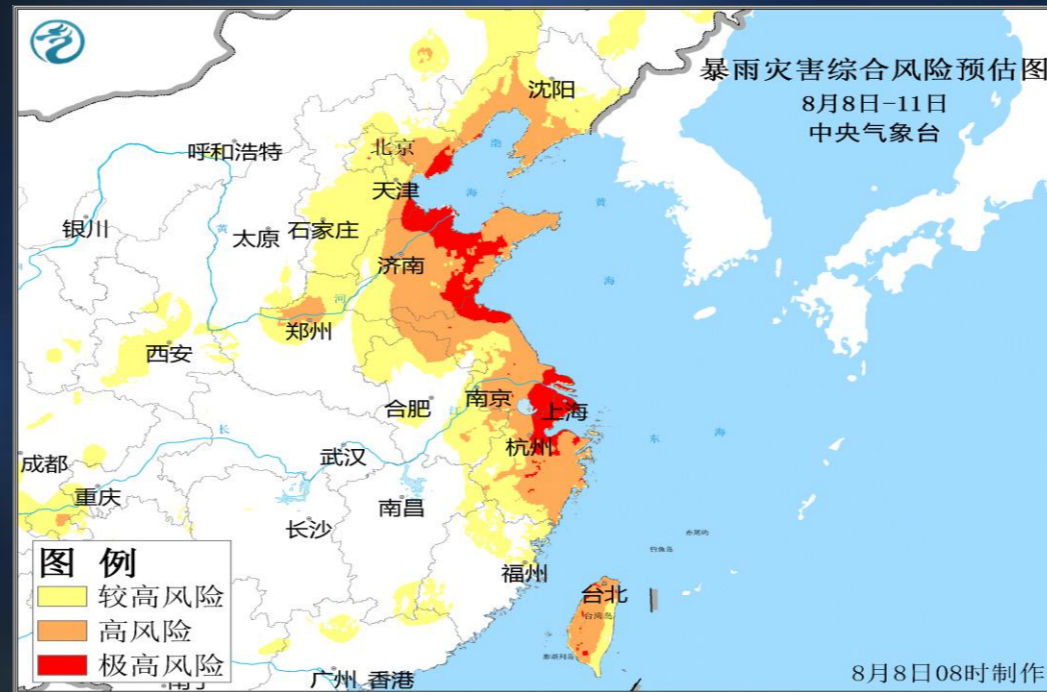
- 不定期、72-120小时预报时效



“利奇马”过程降水量预报图

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨预报业务产品
  - ✓ 决策服务产品（非定常）
    - 暴雨灾害综合风险预估
    - 不定期



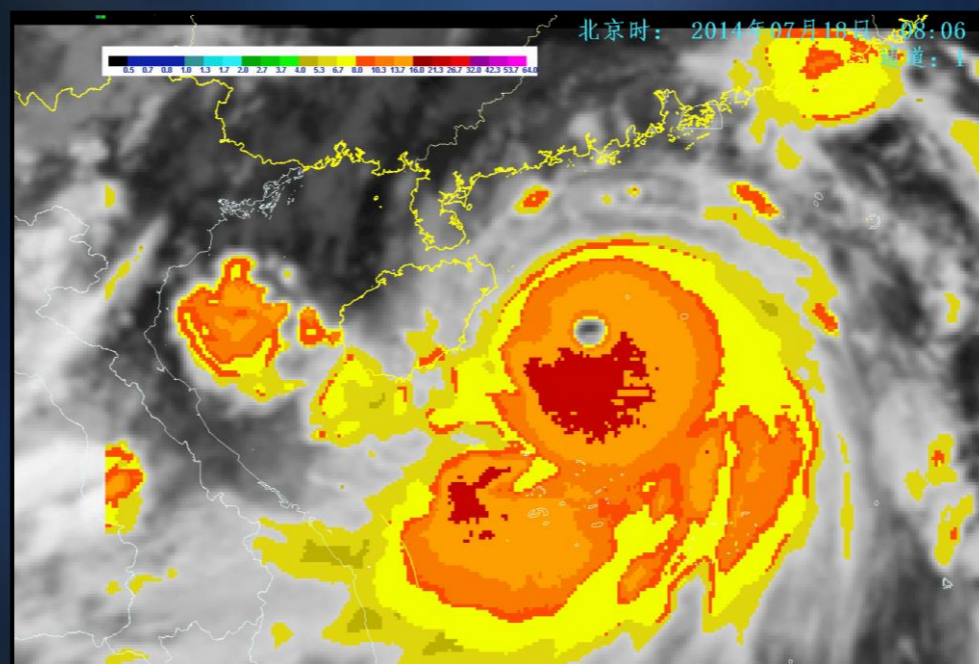
“利奇马”暴雨灾害综合风险预估

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑

- ✓ 定量降雨估测 (QPE) 产品

- 卫星遥感定量降水估测



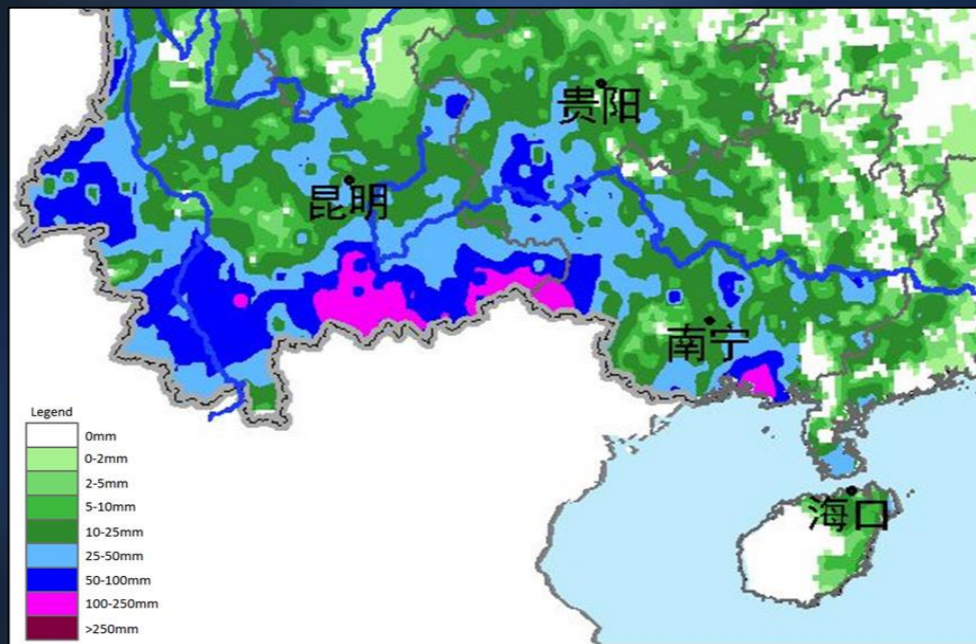
**1409号超强台风“威马逊”  
FY2F卫星加密观测降雨估计产品**

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 台风降雨技术支撑

### ✓ 定量降雨估测 ( QPE ) 产品

- 卫星、雷达和地面观测以及数值模式降雨预报产品等多种资料融合



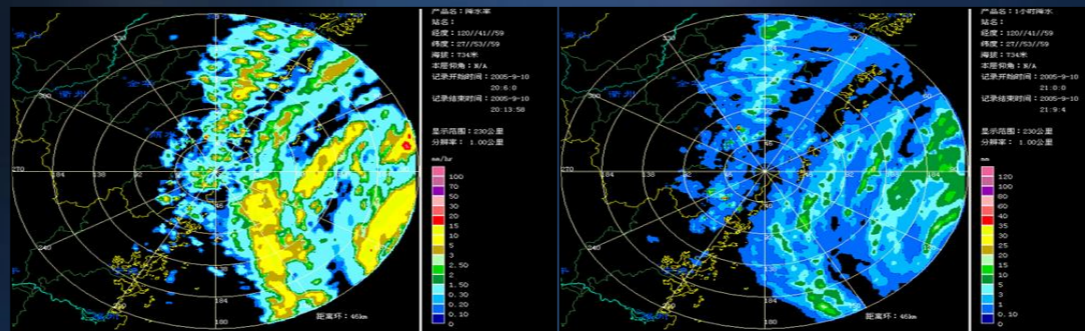
**1409号台风“威马逊”定量降雨估测产品**  
( 2014年7月20日08时至7月21日08时 )

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑

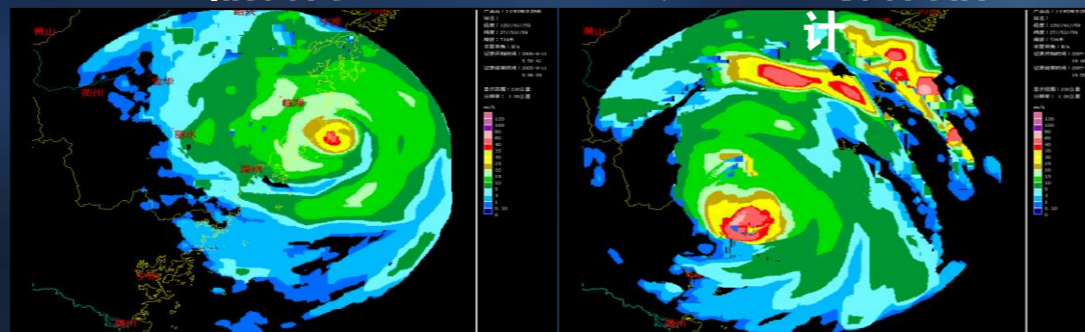
- ✓ 雷达降雨估测和短时降雨外推预报

- 基于多普勒雷达资料降雨估测和短时降雨预报



当前降雨

过去1小时降雨估



1小时降雨外推预报

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑

- ✓ 数值预报模式系统

- 全球模式系统

**GRAPES/EC/JMA/NCEP**全球数值预报系统

- 集合预报系统

**GRAPES/EC/NCEP**全集合预报系统

**GRAPES**台风区域集合预报系统

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑

- ✓ 数值预报模式系统

- 区域模式系统

- 国家气象中心**GRAPES-TYM**

- 上海台风模式 ( **GRAPES\_TCM** )

- 华东中尺度模式 ( **GRAPES\_WARMS** )

- 南海台风模式 ( **GRAPES\_TRAMS** )

- 华南中尺度模式 ( **GRAPES\_MARS** )

- 省级中尺度模式系统

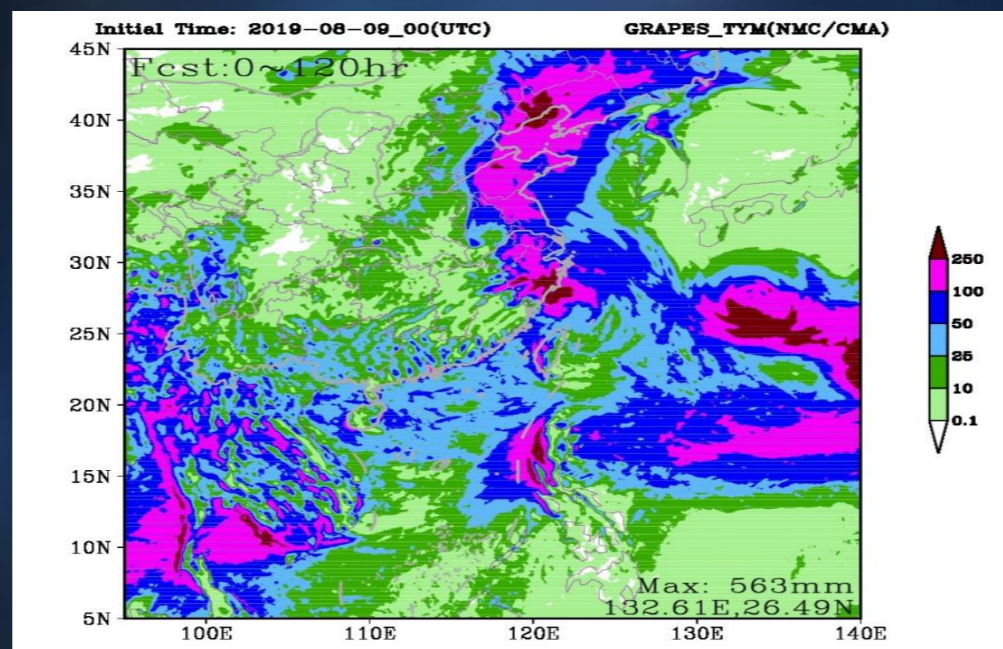
- 台风风雨短临预报系统

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支持

- ✓ 数值预报模式系统

- **NMC-GRAPES-TYM**区域模式系统



1909号台风“利奇马”

NMC-GRAPES-TYM模式120h降雨预报

2019年8月9日08时起报

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑

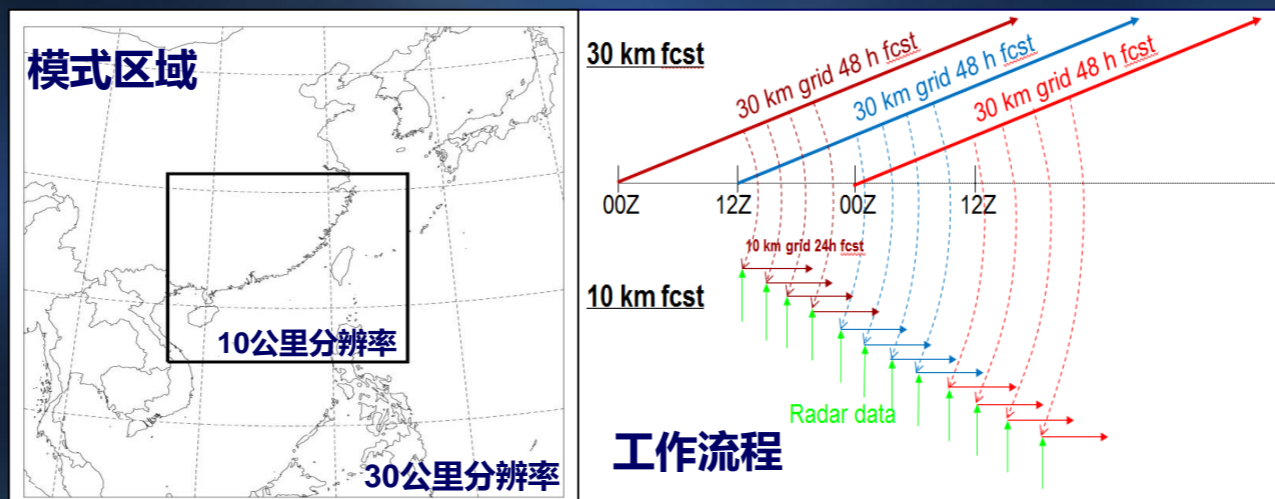
- ✓ 数值预报模式系统

- 基于雷达资料快速同化的台风风雨短临预报系统

双重嵌套网格，水平分辨率**30**和**10km**

实时同化雷达观测及地面、高空观测，每天启动**8**次

滚动预报未来**24**小时时效**1**小时间隔风雨精细化预报



# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑

- ✓ 数值预报模式系统

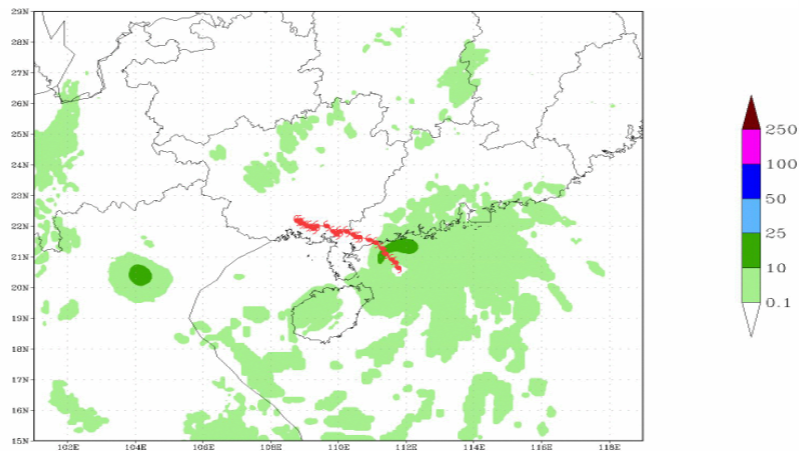
- 基于雷达资料快速同化的台风风雨短临预报系统

双重嵌套网格，水平分辨率**30**和**10km**

实时同化雷达观测及地面、高空观测，每天启动**8**次

滚动预报未来**24**小时时效**1**小时间隔风雨精细化预报

**2015年1522号强台风“彩虹”  
24小时降雨预报  
2015年10月4日08时起报**



## ● 国内外短临预报系统现状 —— 高时空分辨率

### ✓ 香港天文台

- Short-range Warning of Intense Rainstorms in Localized System(SWIRLS)
- SWIRLS Ensemble Rainstorm Nowcast(SERN)

### ✓ 日本气象厅

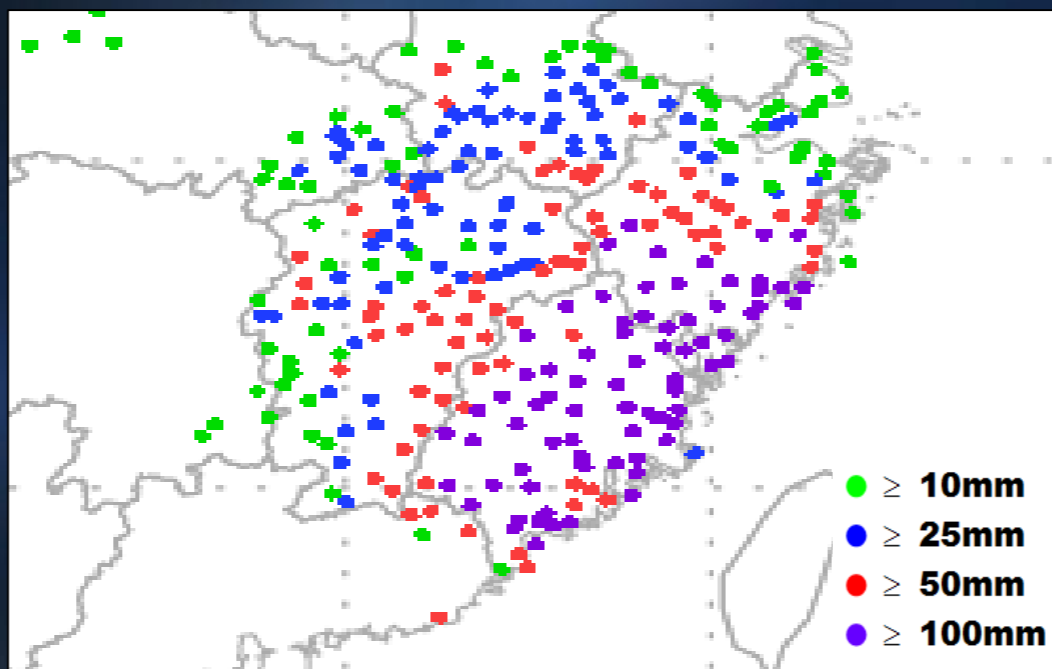
- Local Forecast Model (LFM, 2km, 1-9h)
- High-Resolution Precipitation Nowcast (250m-1km, 5 minutes for 1h)

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 台风降雨技术支撑 —— 客观预报方法

### ✓ 统计回归降雨预报模型

基于**EC**历史资料和**Logistic**回归模型的6小时及24小时间隔站点降雨等级预报技术



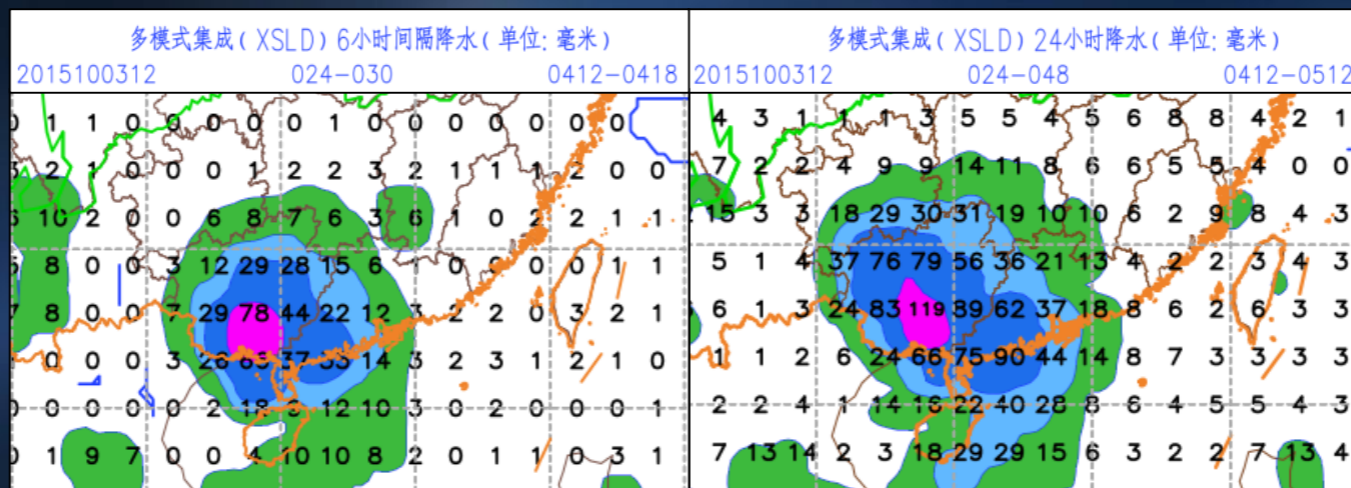
**1513号台风“苏迪罗”108小时降雨等级预报**  
(2015年8月4日20时起报)

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 台风降雨技术支撑 —— 客观预报方法

### ✓ 多模式动态权重集成预报方法 (XSLD)

以GRAPES、EC、JMA和NCEP模式为基础，通过相似离度、逐级归并等方法确定模式总体相似度，根据相似程度确定不同模式的权重系数，制作6/24小时定量降雨预报



台风“彩虹” 6小时 (左) 和24小时 (右) 间隔降雨预报  
(2015年10月3日20时起报)

# 台风暴雨预报业务现状

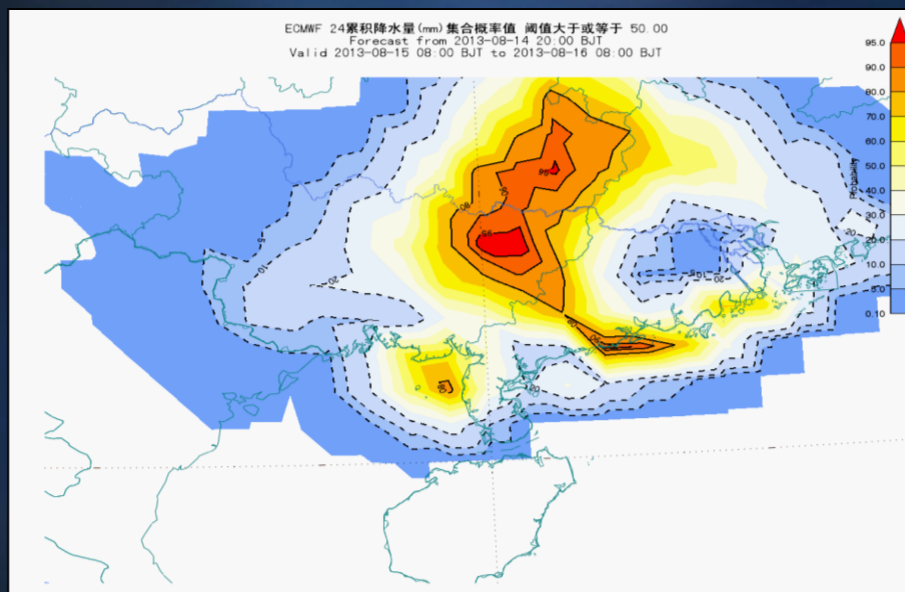
- **台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用**
  - ✓ 台风路径、强度预报的不确定性
  - ✓ 台风暴雨预报落区和强度预报的不确定性
  - ✓ 定量地描述台风暴雨出现的概率信息

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用

### ✓ 降水概率预报产品

提高台风路径和强度预报准确率，改进台风暴雨落区和强度预报的准确率



台风“尤特” EC集合预报24h累积降雨量大于50毫米的概率值

( 2013年8月15日08时至8月16日08时 )

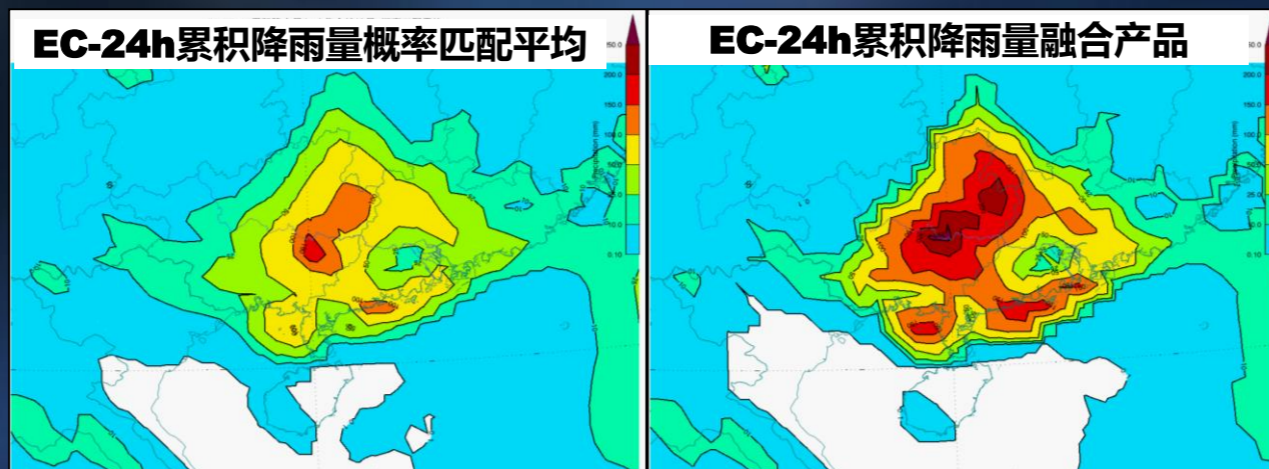
广西东部和湖南东南部将有较大的降雨概率

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用

- ✓ 概率匹配平均和融合产品

可以提高台风暴雨定量预报的准确率



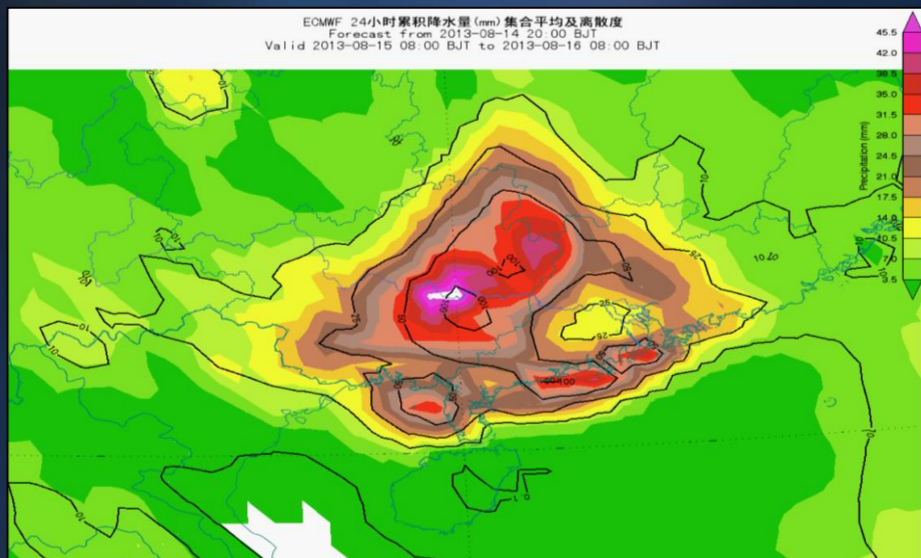
台风“尤特” EC集合预报  
24h累积降雨量概率匹配平均和融合产品  
(2013年8月15日08时至8月16日08时)

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用

### ✓ 集合平均和离散度产品

方差、众数等信息，一定程度上可定量地表征台风暴雨的不确定性和可预报性



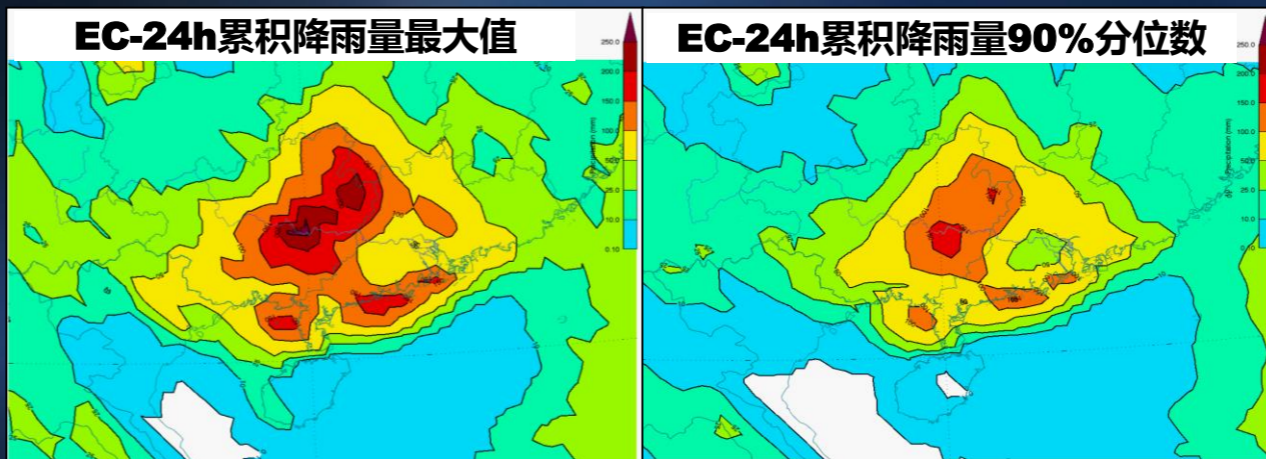
台风“尤特” EC集合预报  
24h累积降雨量集合平均和离散度  
(2013年8月15日08时至8月16日08时)

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用

### ✓ 最大值和90%分位数产品

最大值、90%分位数等，改善台风最大降雨量的预报准确率，弥补确定性预报台风降雨预报偏弱的缺陷



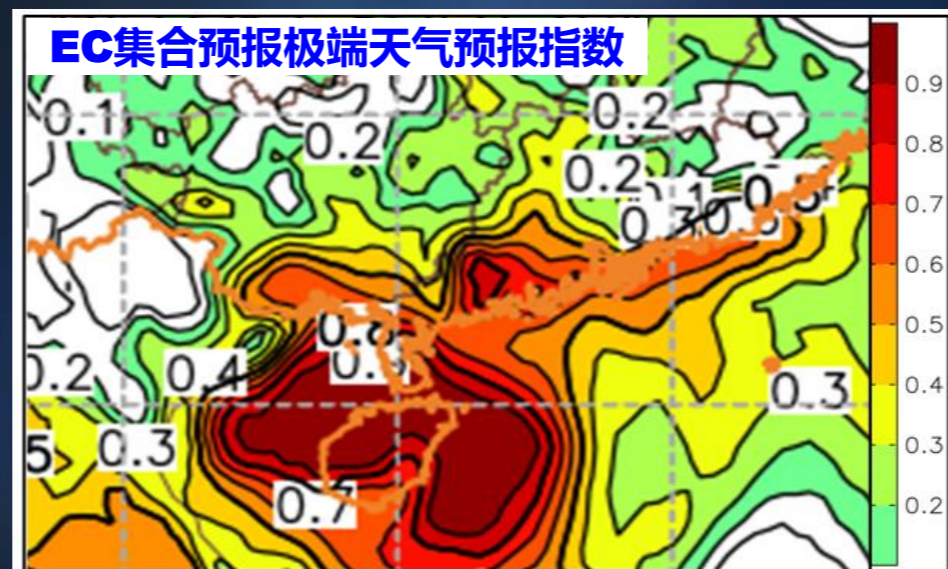
台风“尤特” EC集合预报  
24h累积降雨量最大值和90%分位数  
(2013年8月15日08时至8月16日08时)

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用

- ✓ 极端天气预报指数 (EFI) 产品

EFI等后处理产品，可提高台风极端降雨落区和强度预报的准确率



台风“威马逊” EC集合预报  
极端天气预报指数 (EFI)

# 台风暴雨预报业务现状

- 台风降雨技术支撑 —— 集合预报应用

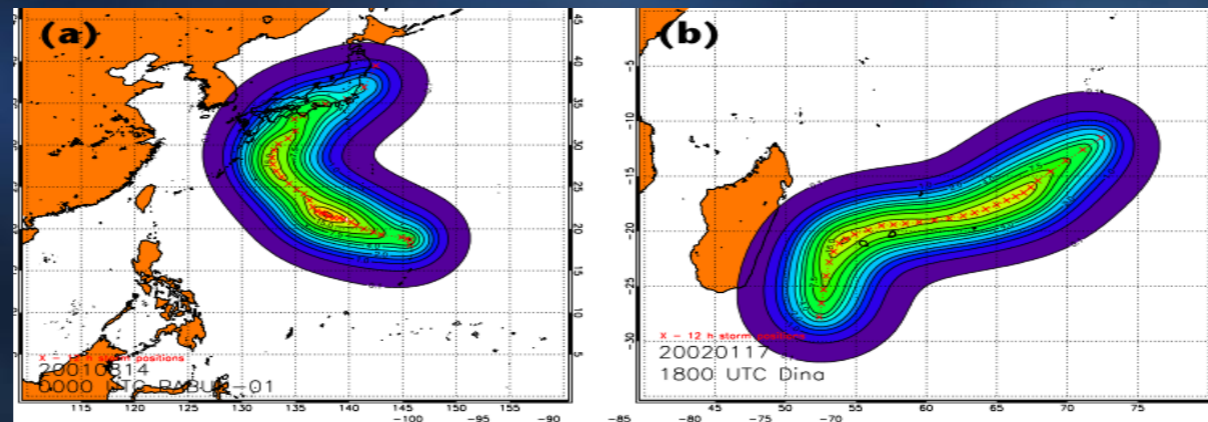
- ✓ 直接概率、贝叶斯模型平均 ( **BMA** )、逻辑回归等方法，可以定量地描述台风降雨概率密度函数，提供台风不同量级降雨的发生概率，从而提高台风降雨预报的准确率

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 -- 降雨气候持续性模式 ( **R-CLIPER** )

## Rainfall Climatology and Persistence Model

- Based on TMI data and rain gauges
- Dependent on storm track, intensity, and size
- $0.25 \times 0.25^\circ$  hourly resolution with hourly output
- Asymmetries are not taken into account



Source: David Roth, 2015

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 -- 降雨气候持续性模式 ( **R-CLIPER** )

## Rainfall Climatology and Persistence Model

- ✓ **R-CLIPER**方法改进

$$R_{tot} = R_{R-CLIPER} + R_{Shear\ mod} + R_{topo}$$
$$R_{tot}(r,\theta) = a_0(r) + \sum_i a_i(r) \cos(i\theta) + \sum_i b_i(r) \sin(i\theta) + f(\vec{v} \cdot \nabla h)$$

The diagram illustrates the decomposition of the total rainfall equation into three components:

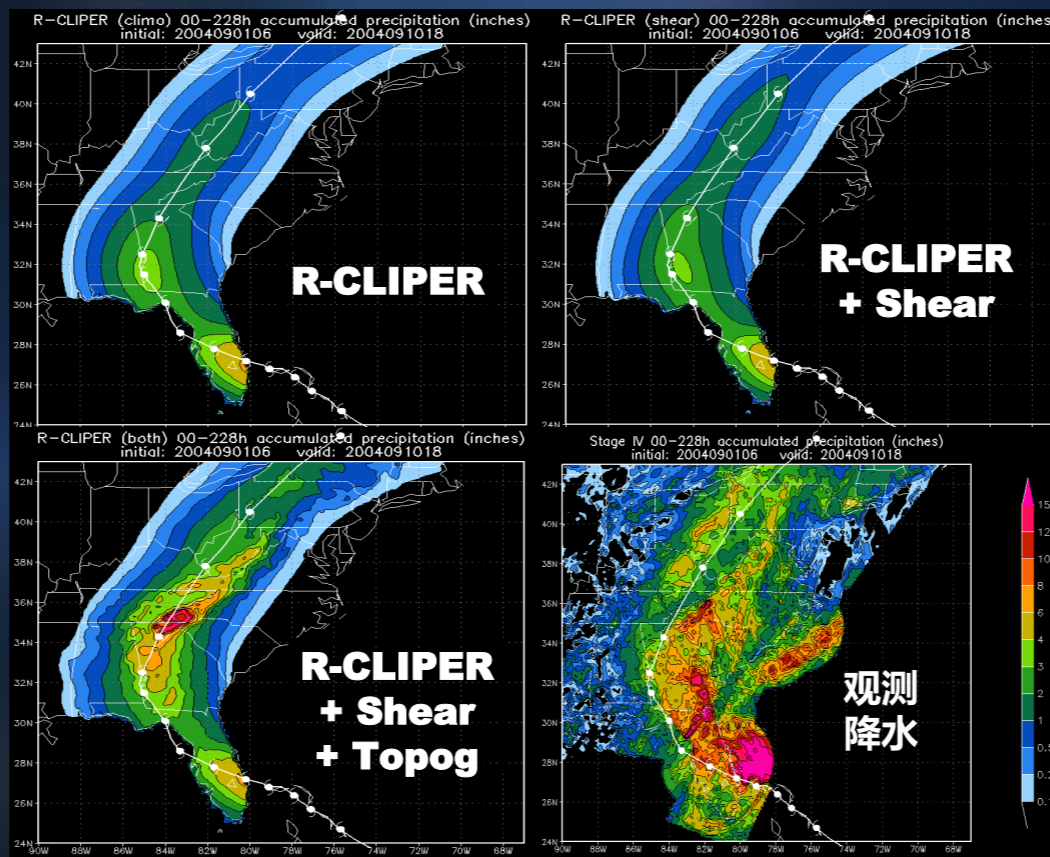
- Standard R-CLIPER**:  $a_0(r)$
- Shear modification**:  $\sum_i a_i(r) \cos(i\theta) + \sum_i b_i(r) \sin(i\theta)$
- Topography modification**:  $f(\vec{v} \cdot \nabla h)$

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 -- 降雨气候持续性模式 ( R-CLIPER )

## Rainfall Climatology and Persistence Model

- ✓ R-CLIPER方法改进



Source: David Roth, 2015

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 -- 飓风降雨潜势集合方法 (eTRaP)

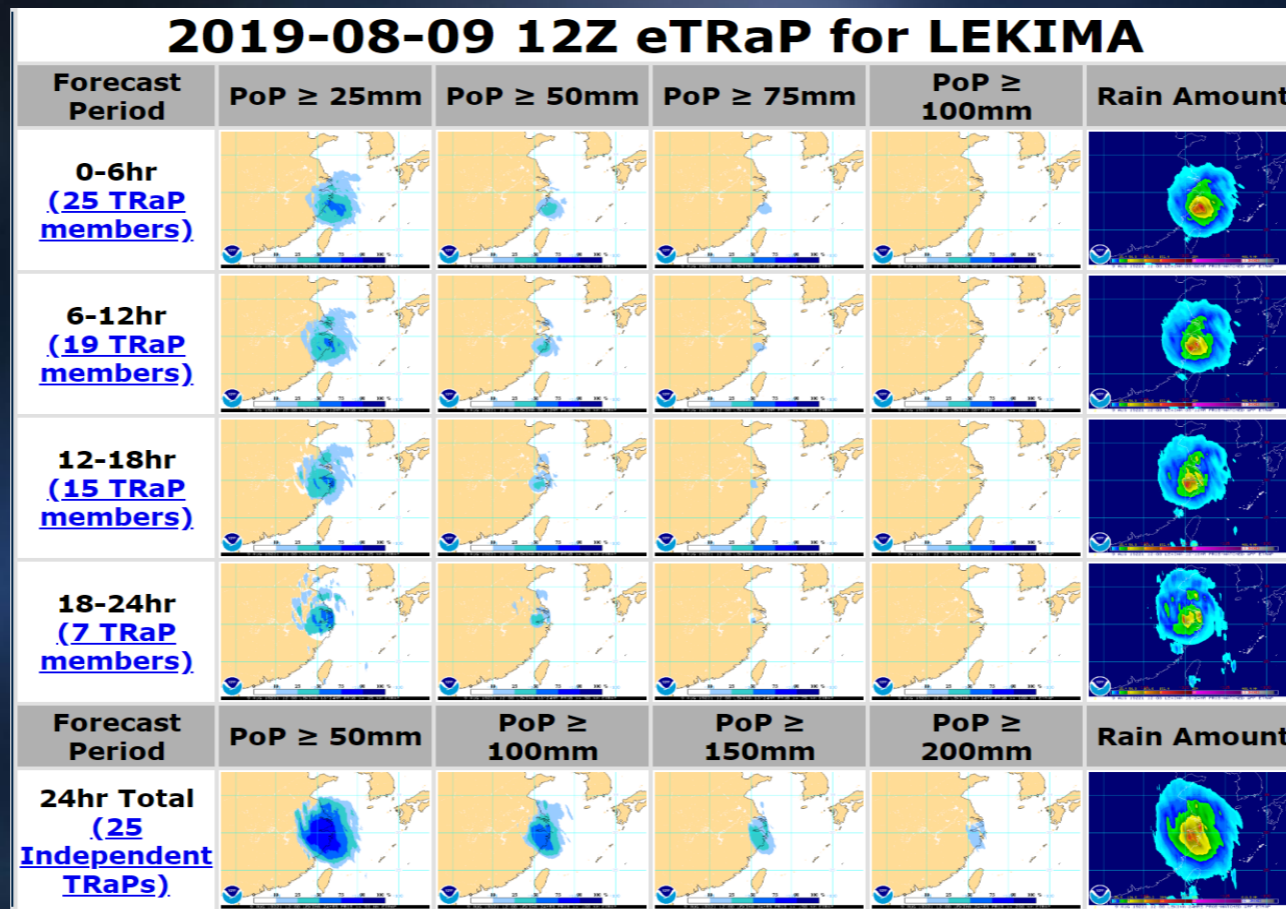
## Ensemble Tropical Rainfall Potential Product

- Extrapolates polar orbiting satellite rain rate along TC forecast tracks for 6-h interval in 24h
- A satellite “member” is included AMSU, TRMM, SSMI, & AMSRE etc.
- “Members” are weighted according to age of pass and past performance of sensor
- Official forecast of TC track and at least 2 members needed to create a forecast

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 -- 飓风降雨潜势集合方法 (eTRaP)

## Ensemble Tropical Rainfall Potential Product

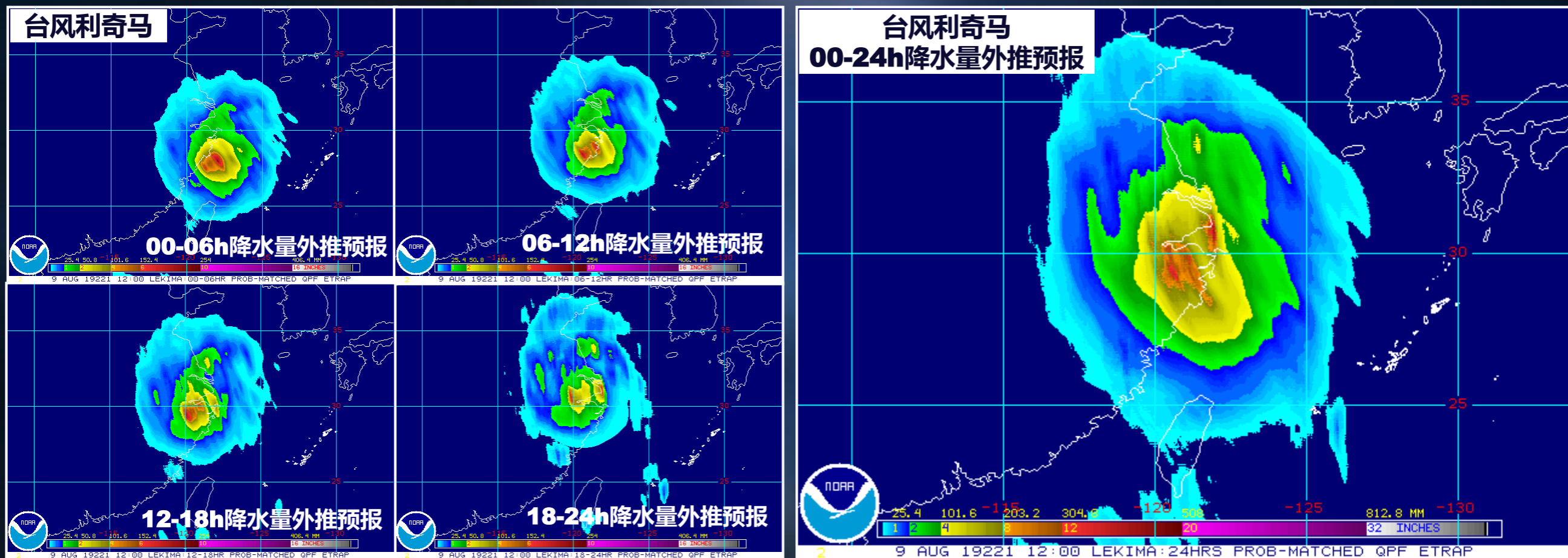


<http://www.ssd.noaa.gov/PS/TROP/etrap.html>

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 -- 飓风降雨潜势集合方法 (eTRaP)

## Ensemble Tropical Rainfall Potential Product

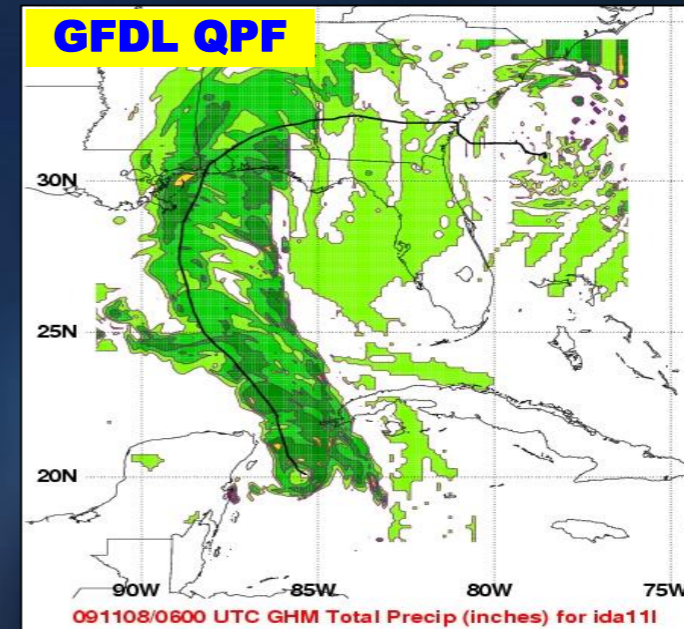
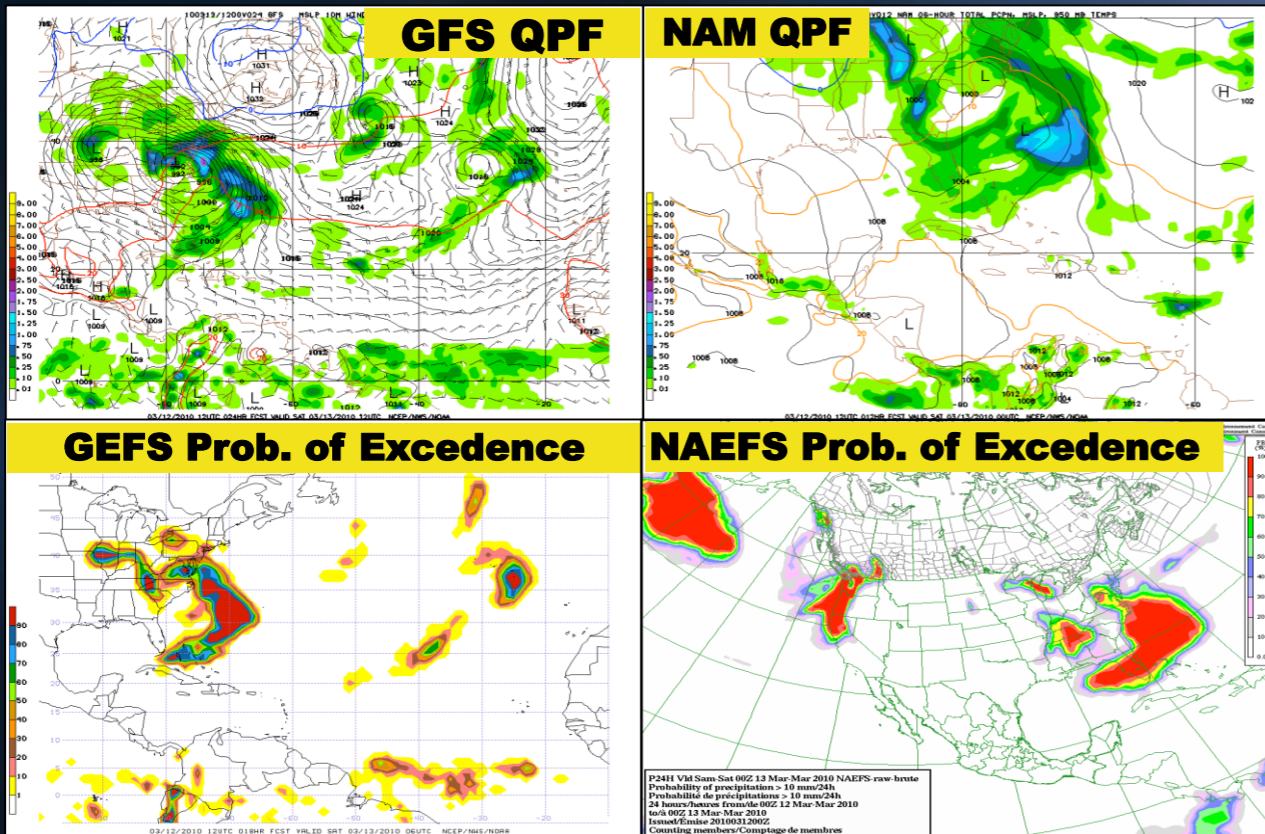


<http://www.ssd.noaa.gov/PS/TROP/etrap.html>

# 台风暴雨预报业务现状

- 美国 —— 飓风降雨数值预报模式系统

WPC/NWS/NOAA



# 台风暴雨预报业务现状

## ● 美国 -- 飓风降雨预报业务流程

### WPC/NWS/NOAA

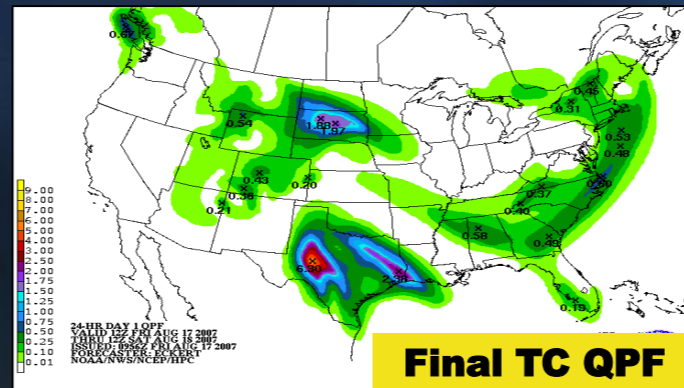
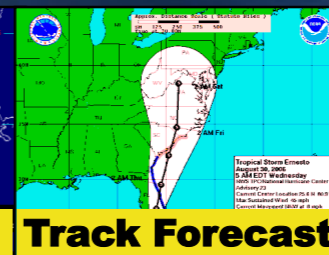
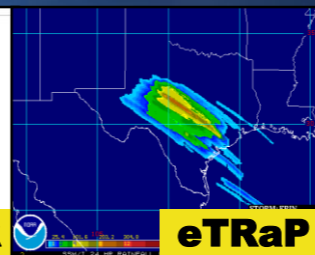
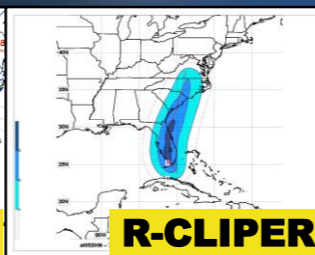
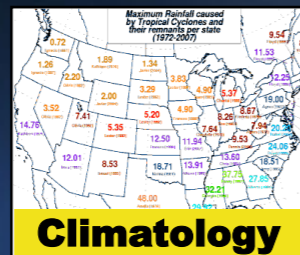
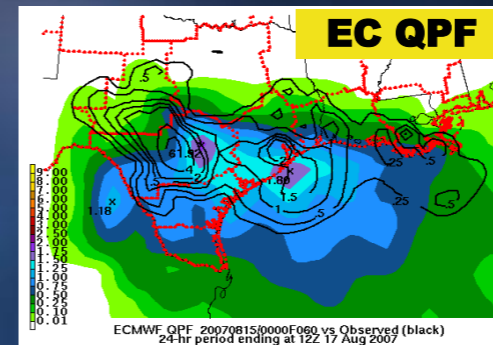
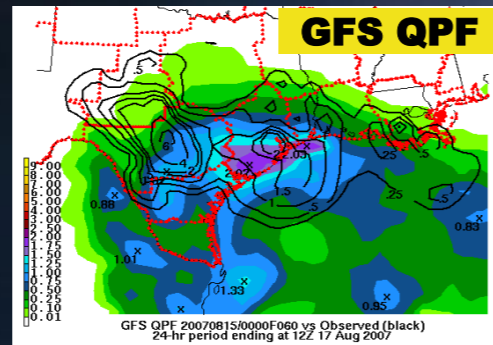
#### ✓ WPC TC QPF process incorporates:

- Global models --- **GFS, ECMWF**
- Mesoscale models --- **NAM**
- Ensembles --- **SREF**
- Hurricane models --- **GFDL, HWRF**
- Climatological models --- **R-CLIPER**
- Satellite techniques --- **eTRaP**
- TC rainfall climatology and research
- Official **NHC track forecast**

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 美国 -- 飓风降雨预报业务流程

### WPC/NWS/NOAA



# 台风暴雨预报业务现状

- **美国 — 飓风降雨预报业务流程**

## **WPC/NWS/NOAA**

- ✓ **WPC/NOAA Production of TC QPF**

- Start With Model Closest to TPC Forecast (usually GFS)
- Locate relevant synoptic scale boundaries or coastal front
- Use conceptual models or current structure to modify or shift QPF
- eTRaP and recent satellite/radar imagery for current structure

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 美国 —— 飓风降雨预报业务流程

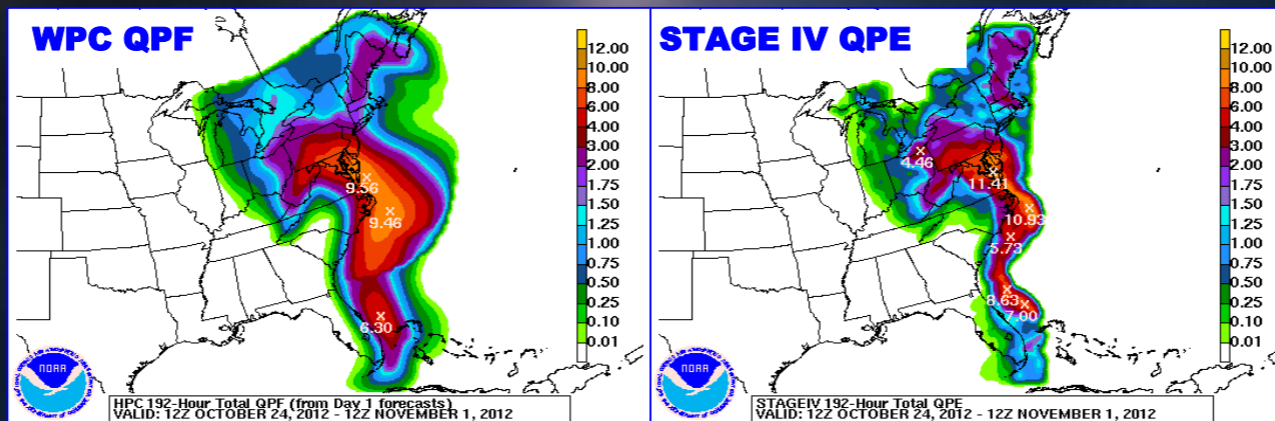
### WPC/NWS/NOAA

#### ✓ WPC/NOAA Production of TC QPF

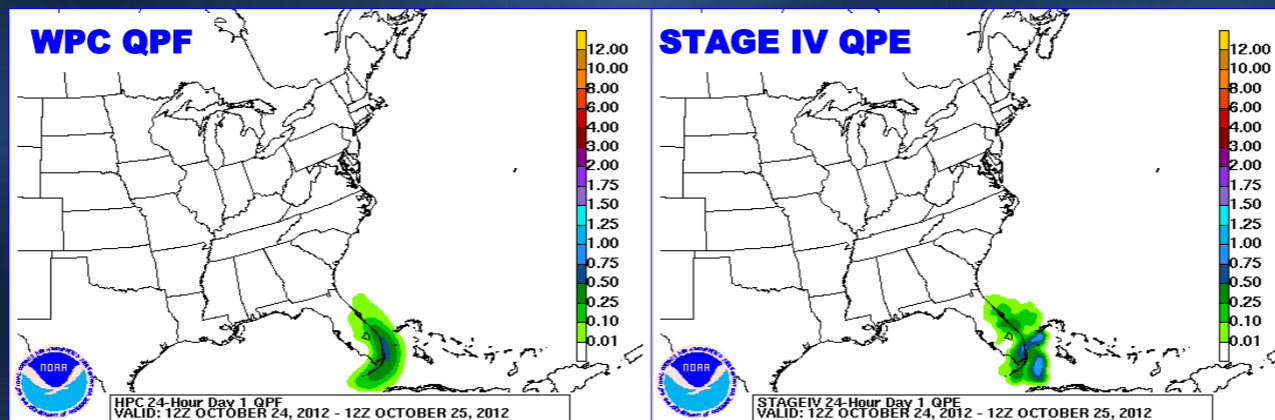
- Look at storm-relative shear or H200 winds to further shift or limit QPF
- Use climatology (PRISM, R-CLIPER, TC Rainfall Climatology) to:
  - Temper down forecast bias/act as a reality check
  - Depict areas of terrain that could be significantly impacted
  - Help Create TC rainfall statements for the Public Advisories

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 美国 -- 飓风降雨预报个例 ( 飓风桑迪 , 2012 )



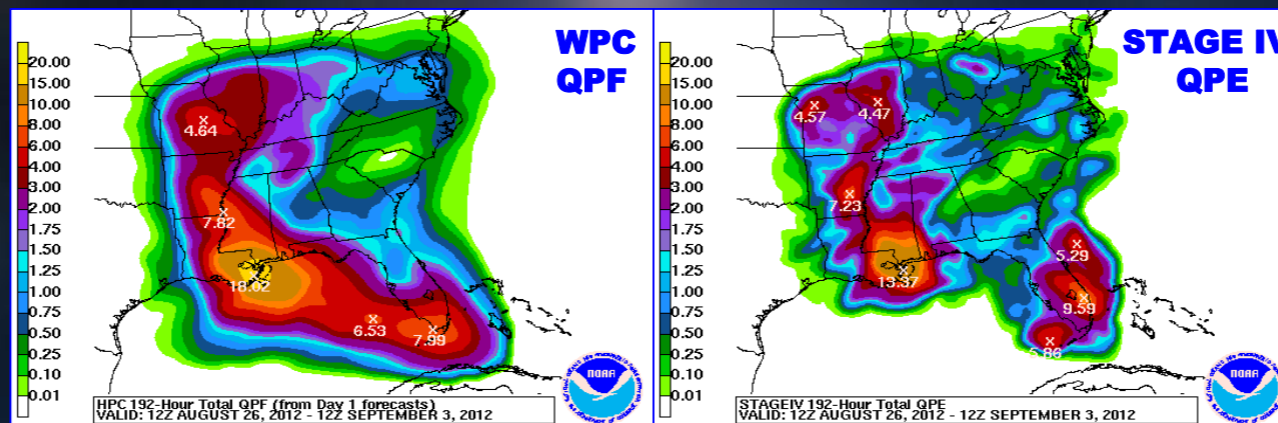
Forecast and Observed Precipitation for the 192h  
from 12UTC Oct.24 through 12UTC Nov.1, 2012



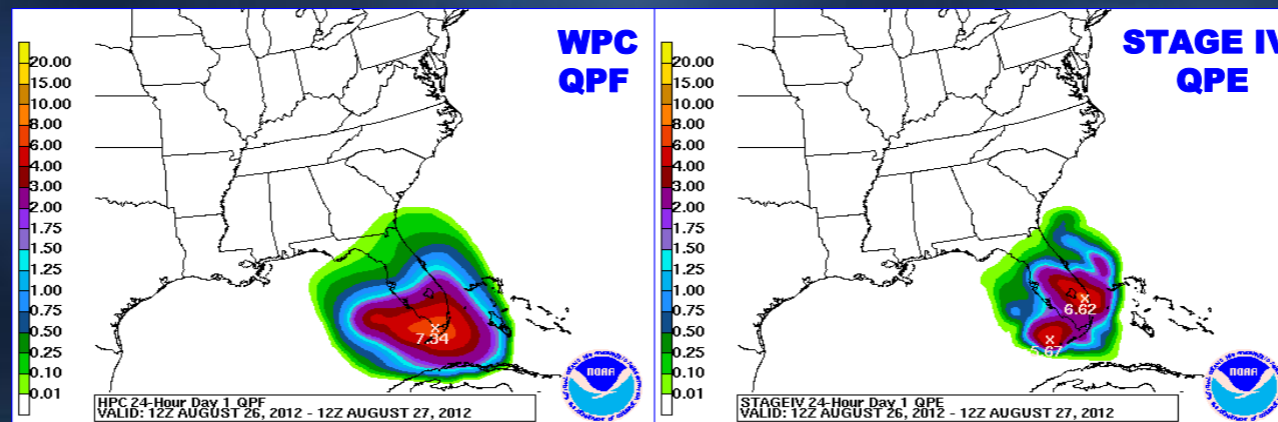
24-192h Accumulated Forecast and Observed Precipitation  
from 12UTC Oct.24 through 12UTC Nov.1, 2012

# 台风暴雨预报业务现状

## ● 美国 -- 飓风降雨预报个例 ( 飓风艾萨克 , 2012 )



Forecast and Observed Precipitation for the 192 h from 12UTC Aug.26 through 12UTC Sep.3, 2012



24-192 Hour Accumulated Forecast and Observed Precipitation from 12Z Aug.26 through 12Z Sep.3, 2012