

7.5 台风特大暴雨和暴雨增幅



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 气候概况

- ✓ 年频数约为**1.9个**，占登陆总数的**21%**
- ✓ 年际月际变化显著，主要出现在**6~10月**，**7~8月**居多
- ✓ 东南沿海为高频区
- ✓ 台风暴雨增幅包含两个部分：**雨量增幅和暴雨面积扩大**

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 基本成因

- ✓ 台风登陆后维持不消和停滞少动
- ✓ 源源不断的水汽输送
- ✓ 中低纬环流的相互作用
- ✓ 中尺度系统影响
- ✓ 地形作用

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 冷空气的作用

- ✓ 适度冷空气侵入台风倒槽和外围，可加剧动力和热力不稳定，使降雨明显增强，这是造成台风降雨异常的重要机制
- ✓ 强冷空气侵入，将破坏台风的暖心结构，台风强度减弱，不能起到增强台风中心附近降雨的作用，但对台风倒槽降雨仍可能增幅作用

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 冷空气对台风暴雨增幅的作用方式

✓ 锋面强迫抬升作用

- 台风遇到冷空气时，台风东侧东南暖湿气流将沿锋面强迫抬升，使锋面上空水汽增加
- 锋后偏北气流南下，将加大锋面附近垂直运动，促使不稳定能量释放，降雨加强
- 随着暖湿空气沿着锋面向北输送，使雨区向北伸展，锋后出现大范围降雨

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 冷空气对台风暴雨增幅的作用方式

- ✓ 位势不稳定作用

- 台风登陆前后，如遇北方冷空气南下，中上层干冷空气侵入台风低层暖湿气流上空，不稳定度加大

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 冷空气对台风暴雨增幅的作用方式

✓ 动力作用

- 台风移近我国沿海时，若大陆上冷空气南下，台风北侧低层往往有一支强偏东气流，有利于台风加强，同时台风北侧和东北侧的偏东气流与台风东侧的东南气流的辐合加强
- 高层与冷锋相联系的西风急流，叠加在台风北侧，提供有利高空辐散场，在冷锋云系与台风云系相结合的24小时内，台风北侧和东北侧将出现强降雨

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 冷空气对台风暴雨增幅的作用方式

- ✓ 湿斜压能作用

- 台风登陆时，若干冷空气侵入台风环流西侧，其东侧为暖湿空气，形成湿斜压锋区
- 若暖区空气上升，冷区空气下沉，斜压位能可能释放，降雨相应增强

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 西南季风的作用

✓ 台风登陆前后，海上水汽来源影响其减弱速度和降雨量

- 台风登陆后，无西南季风云系补充，海上水汽输送不能维持，其减弱消亡快，降雨也少
- 台风登陆前后，西南季风加强或西南季风紧随北上，海上水汽来源充足，减弱速度慢，也将增强台风过程雨量及持续时间

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 西南季风的作用

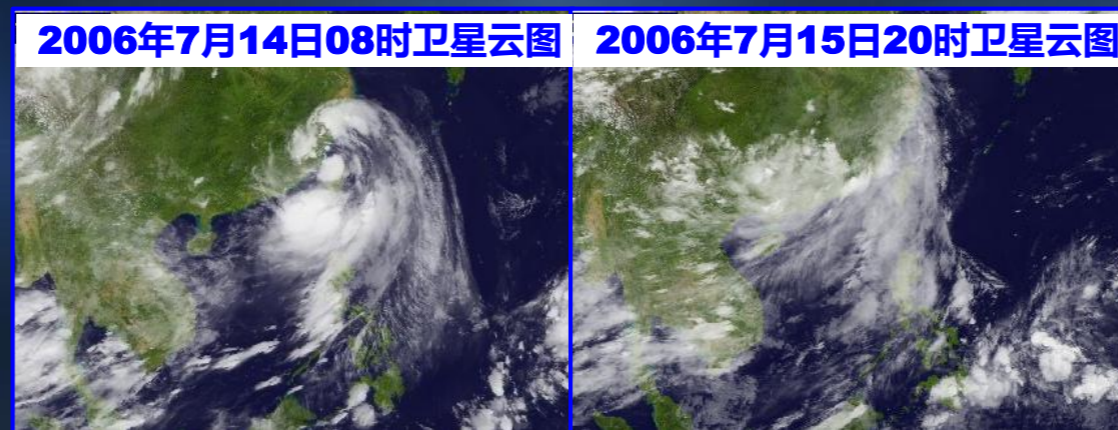
- ✓ 台风登陆前后，海上水汽来源影响其减弱速度和降雨量

- 西南季风具有高温、高湿、位势不稳定等特点，因此即便是热带风暴或是热带低压登陆，当有西南季风配合时，也可能造成较大暴雨

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 西南季风的作用

- ✓ 台风登陆前后，海上水汽来源影响其减弱速度和降雨量
- 卫星云图上，台风南部有明显的对流云系卷入
- 850hPa或700hPa风场上，孟加拉湾到南海存在西南急流



0604号强热带风暴“碧利斯”卫星监测图像

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 高空辐散的作用

- ✓ 台风登陆前后，沿海高空存在强辐散是台风登陆后强降雨的重要原因之一
- ✓ 高空强辐散将导致低层辐合和上升运动增强，台风环流维持和中尺度对流云团发生发展
- ✓ 强辐散区不同分布特征影响暴雨落区
- ✓ 卫星云图上若有流向副热带急流的卷云羽，表明对流层上层有明显的向北流出

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 高空辐散的作用

- ✓ 高空强辐散的两种表现形式

- 200hPa南亚高压加强东移，中心位于河套西侧，台风处在南亚高压中心东南侧东北流出气流下，台风和暴雨区上空为强辐散区

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 高空辐散的作用

- ✓ 高空强辐散的两种表现形式

- 沿海处在200hPa高空西风槽前，槽前强的正涡度平流和强西南风急流右侧反气旋水平切变将导致台风高空辐散场加强和垂直环流维持，有利于台风环流和暴雨加强

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

- ✓ 复杂下垫面的摩擦作用使导致风减弱，但地形对台风暴雨有增幅作用
- ✓ 海岸、山脉、海峡、港湾、河流等均有可能对台风暴雨有显著影响

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

- ✓ 台风移近海岸，常在沿海岸形成辐合区
- 与海岸正交的气流受海岸地形阻挡在沿岸产生辐合
- 台风在陆地的风速受摩擦影响显著减小，台风中心东侧出现风速辐合
- 叠加结果使台风中心东侧降雨加强

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

- ✓ 台风移近海岸，常在沿海岸形成辐合区
- 华南海岸线呈E-W走向，华东呈S-N走向
- 登陆华东台风北侧雨区加强，南侧减弱，形成南北雨区雨量不对称分布；具有倒V型倒槽结构时，南北不对称分布更加明显
- 登陆华南台风暴雨区呈东侧暴雨范围大、强度强、西侧范围小、强度弱的不对称分布

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

✓ 山脉对台风暴雨的影响

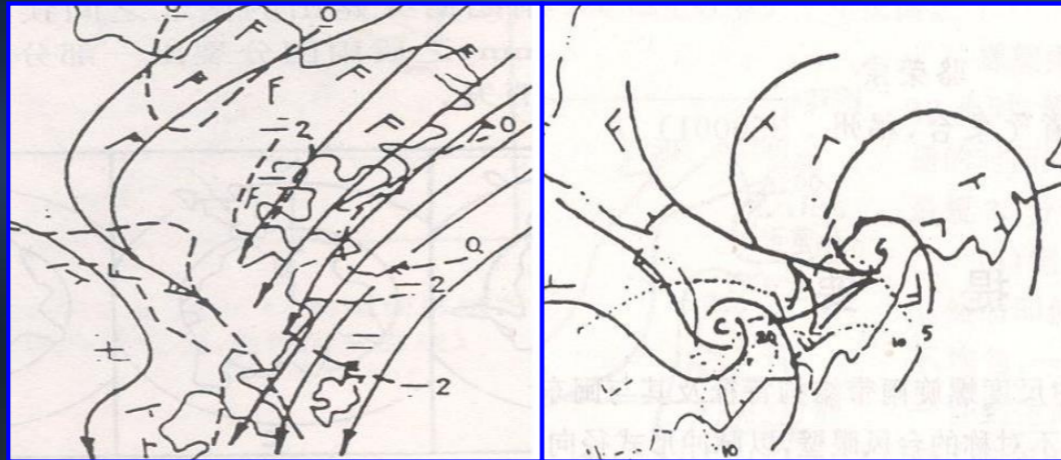
- 台风靠近或经过山脉，迎风坡强迫抬升，加强湿空气上升运动，导致暴雨中心位于台风环流沿山脉向风侧山麓
- 登陆福建时，没有外界降雨系统影响，暴雨中心并不出现在台风中心附近，而在太姥山东侧的柘荣、戴云山东侧的仙游、永春、安溪山区以及博平岭东侧的南靖、平和等地

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

✓ 山脉对台风暴雨的影响

- 导致环流分裂，形成新的低压中心和暴雨区
- 产生分支汇合，汇合区派生出准定常的地形中尺度渐近线、中尺度辐合线、中尺度地形性涡旋等中小尺度天气系统，导致雨强发展



中尺度渐近线示意图

中尺度地形性涡旋示意图

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

✓ 特殊地形对台风暴雨的影响

半环形地形和峡谷地带可导致边界层气流辐合抬升

- 入口区气流与半环形地形呈正交，气流进入，易在半环形地形深处产生准定常边界层辐合
- 气流绕山呈气旋性弯曲，形成地形切变线，辐合强迫抬升导致对流发展停滞，降雨加强

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 地形的作用

✓ 特殊地形对台风暴雨的影响

半环形地形和峡谷地带可导致边界层气流辐合抬升

- 气流穿过峡谷地带，辐合强迫抬升导致对流加强，雨团多沿山谷、河道等低洼地带移动，雨团频繁经过和移速减慢的地区雨量增大

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风环流的维持不消和停滞

- ✓ 强度较弱，登陆后很快消失，暴雨强度范围不会很大
- ✓ 登陆后维持不消，与周围天气系统发生相互作用，降雨持续时间长
- ✓ 移速减缓、停滞少动，造成暴雨持续

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 台风环流的维持不消和停滞

- ✓ 停滞少动，地形辐合线（区）呈准静止，作为对流性小涡生成源，小涡不断生成、移出，导致暴雨成灾
- ✓ 移速越慢，逗留时间越长，累积雨量越大，快速移动台风降雨相对较小

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风环流的维持不消和停滞

✓ 台风维持不消的主要影响因子

- 所经区域是否位于高层辐散区与负涡度区下方
- 低层是否处于扰动辐合区中
- 是否维持顺畅的水汽输送通道
- 台风上空是否存在较小的环境风垂直切变

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风环流的维持不消和停滞

✓ 台风维持不消的主要影响因子

- 未来所经区域是否存在面积较大水面（如湖泊和水库）或饱和湿地（陈联寿）
- 饱和土壤层和积水可对台风产生水汽反馈，导致暴雨加强
- 陆地水面一定程度上可减缓台风衰减速度

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风环流的维持不消和停滞

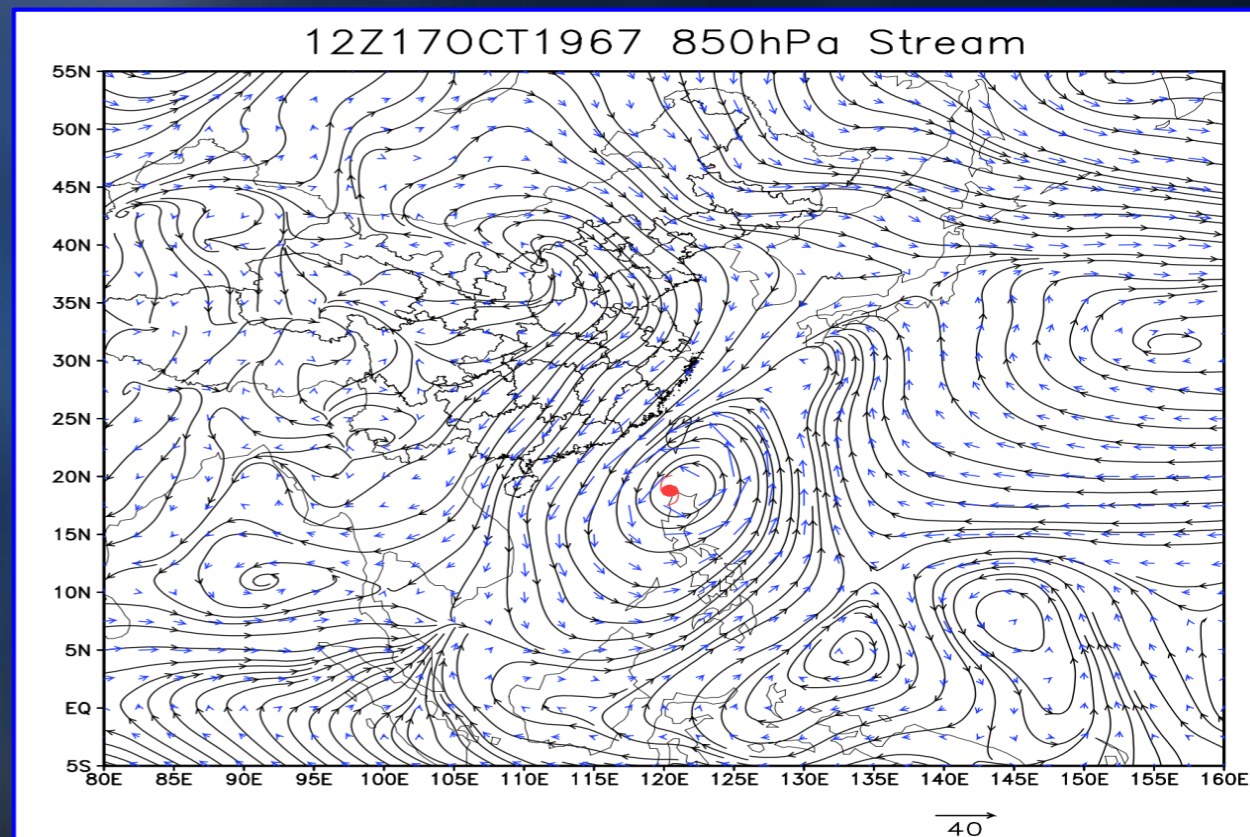
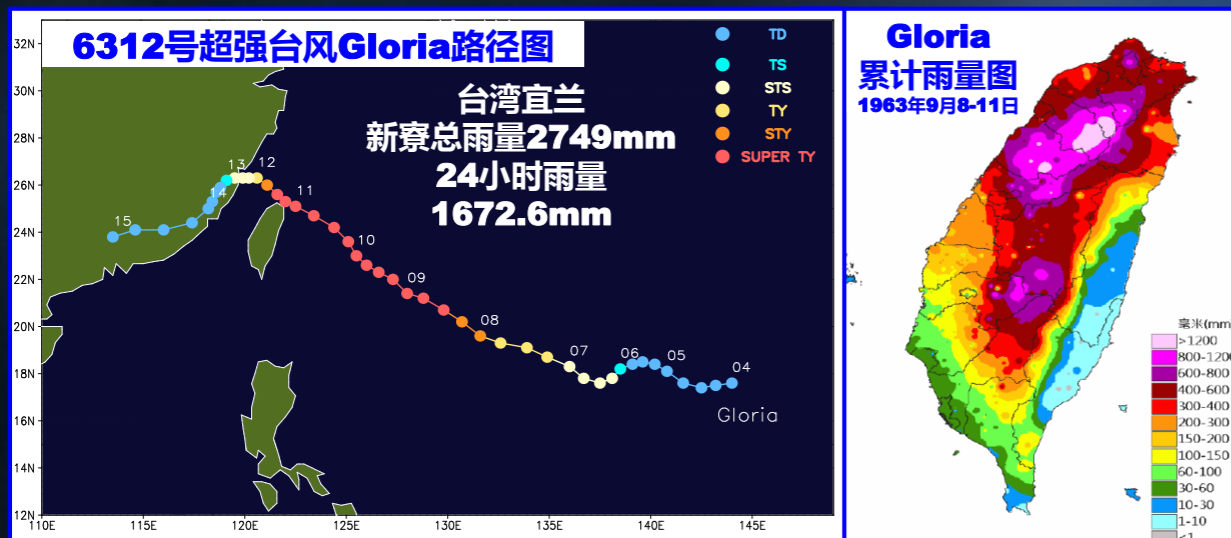
✓ 台风维持不消的主要影响因子

- 斜压能量是登陆台风残涡陆上维持不消的另一种能量
- 包括斜压位能的释放以及向动能的转化
- 常与中纬度环流系统相互作用及台风变性过程(**ET Process**) 相联系
(陈联寿)

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例1

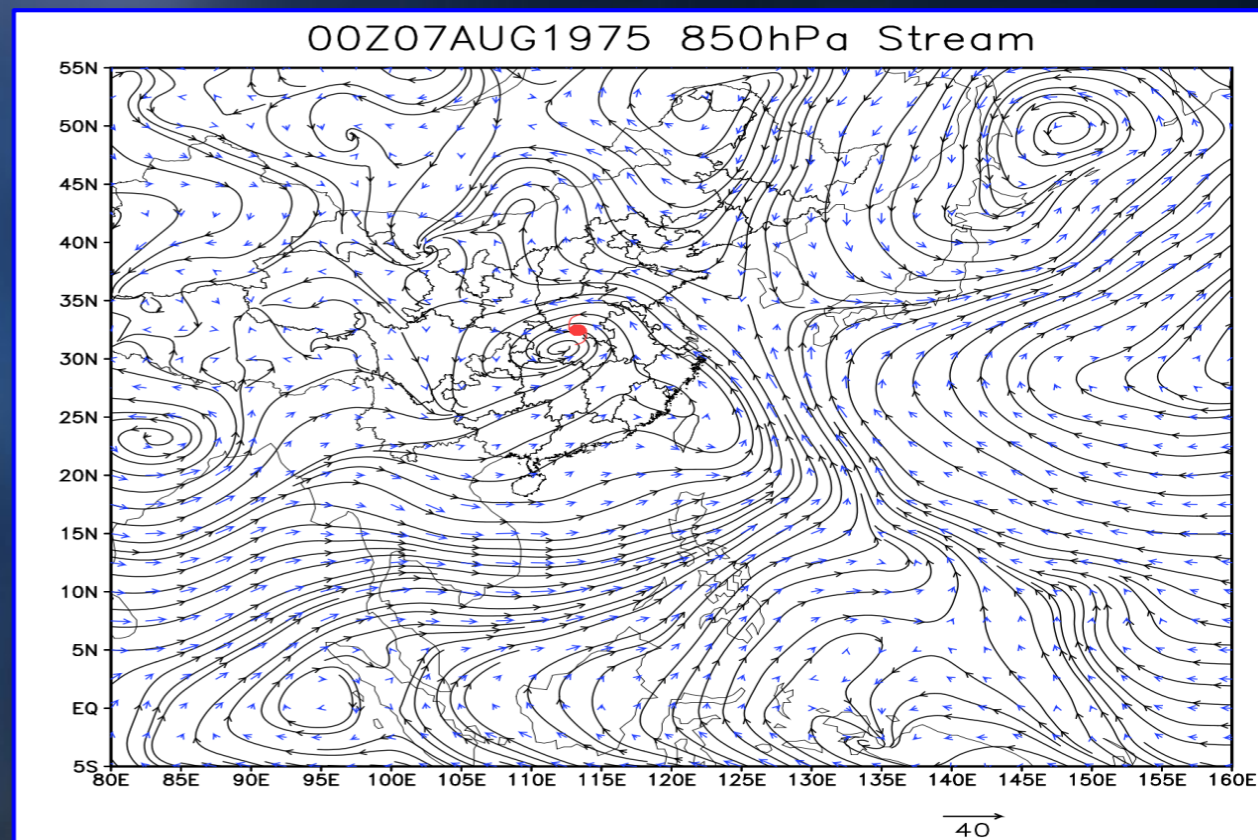
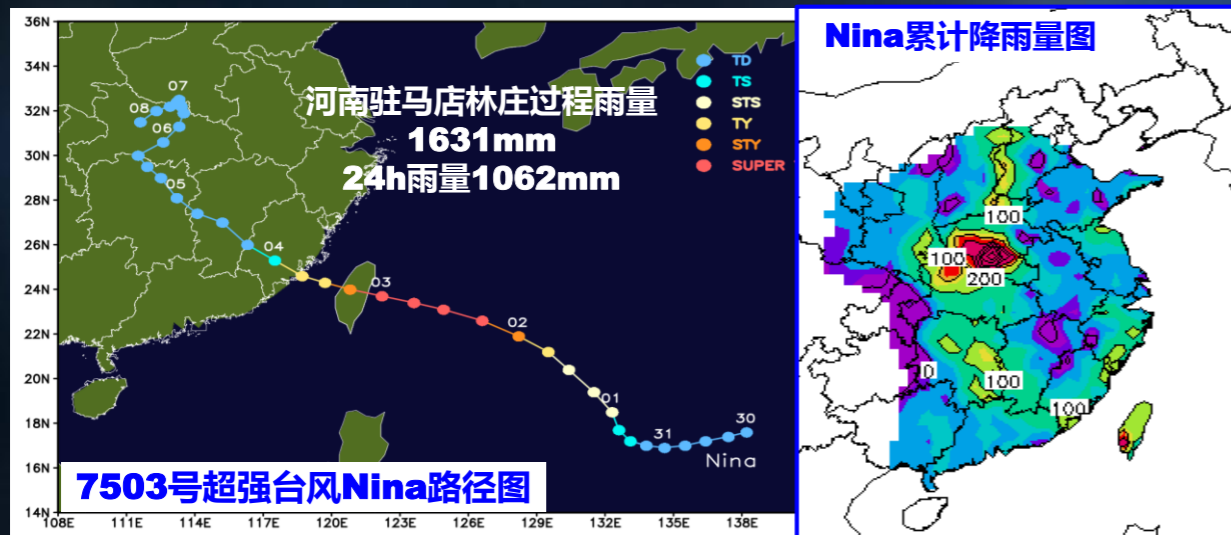
✓ 6718号超强台风Carla特大暴雨



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例2

✓ “75.8” 特大暴雨

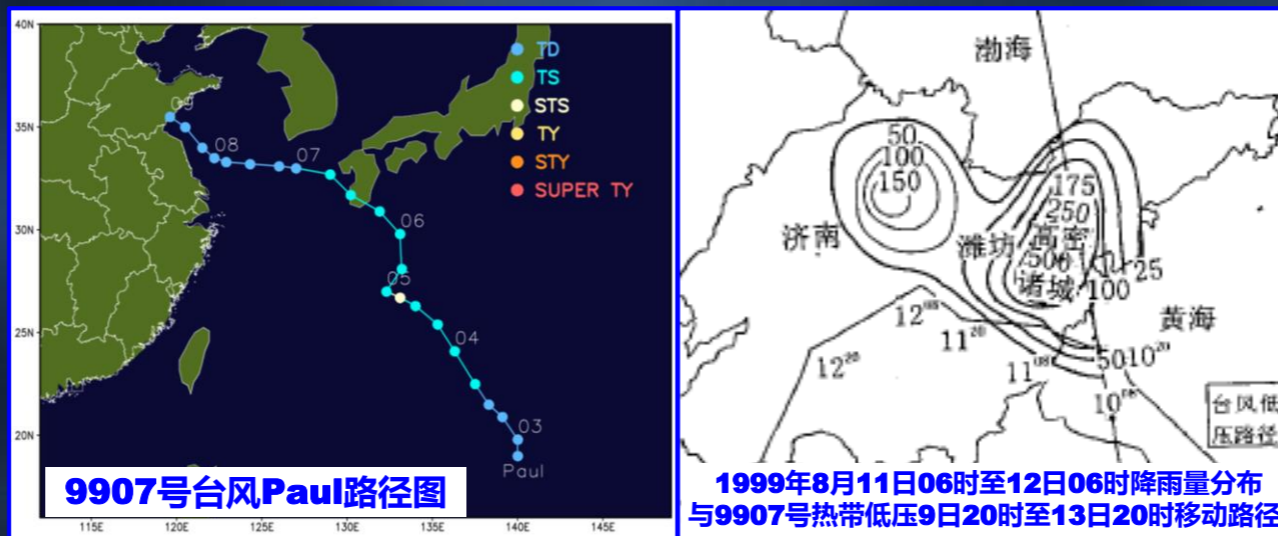


台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例3

✓ 9907山东特大暴雨过程

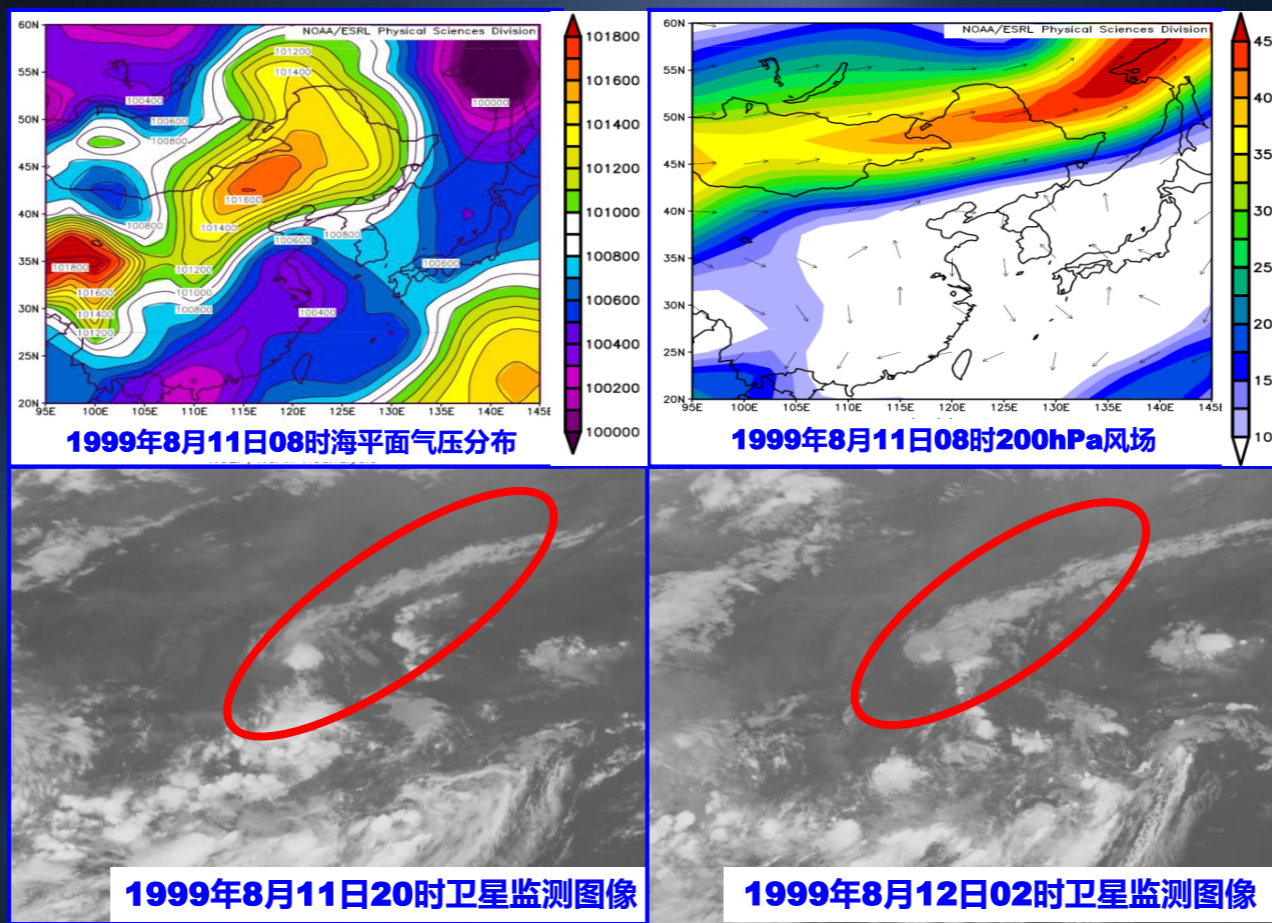
- 1999年8月11至12日，9907号台风Paul残余低压与弱冷空气结合，山东大范围暴雨到大暴雨，山东诸城雨量714.9mm



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例3

✓ 9907山东特大暴雨过程

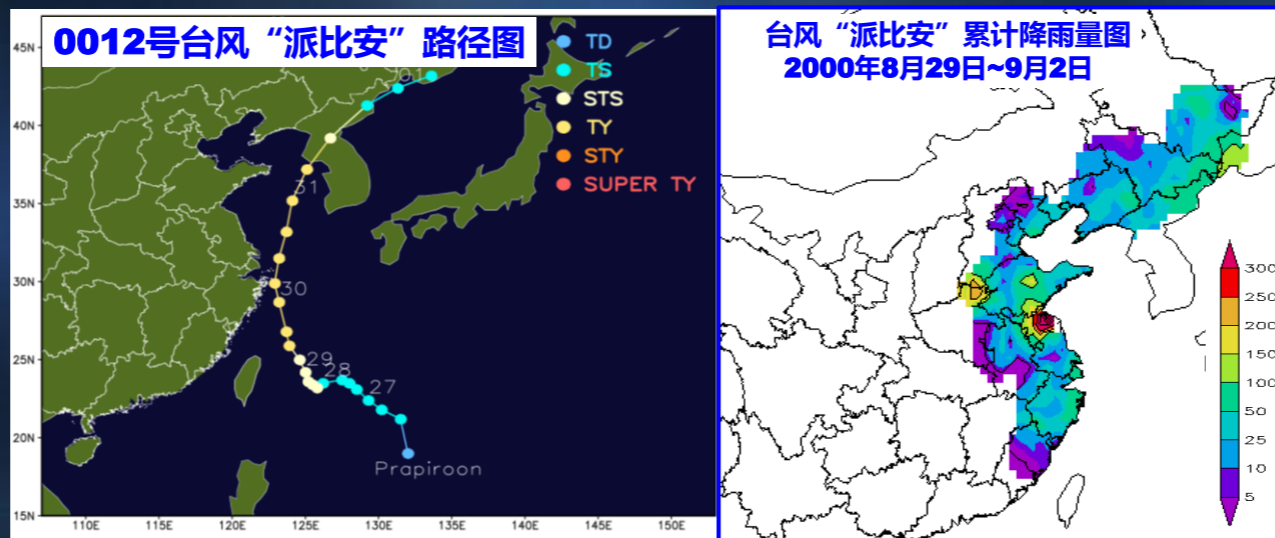


台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例4

✓ 0012江苏东北部特大暴雨

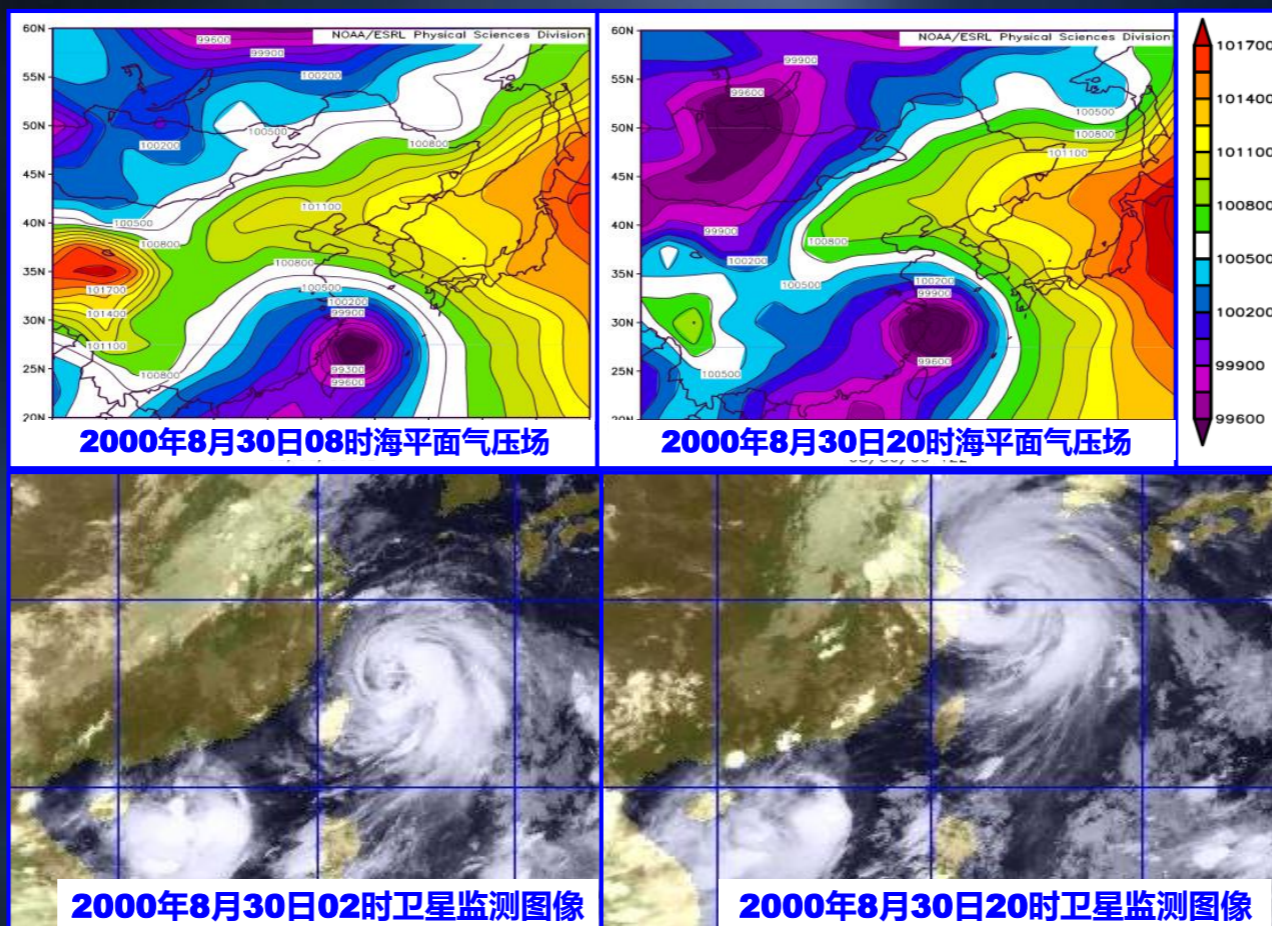
- 2000年8月29至9月2日，沪、苏北、鲁中、吉东50~200mm，苏东北200~400mm，响水总雨量908mm，24h雨量821mm



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例4

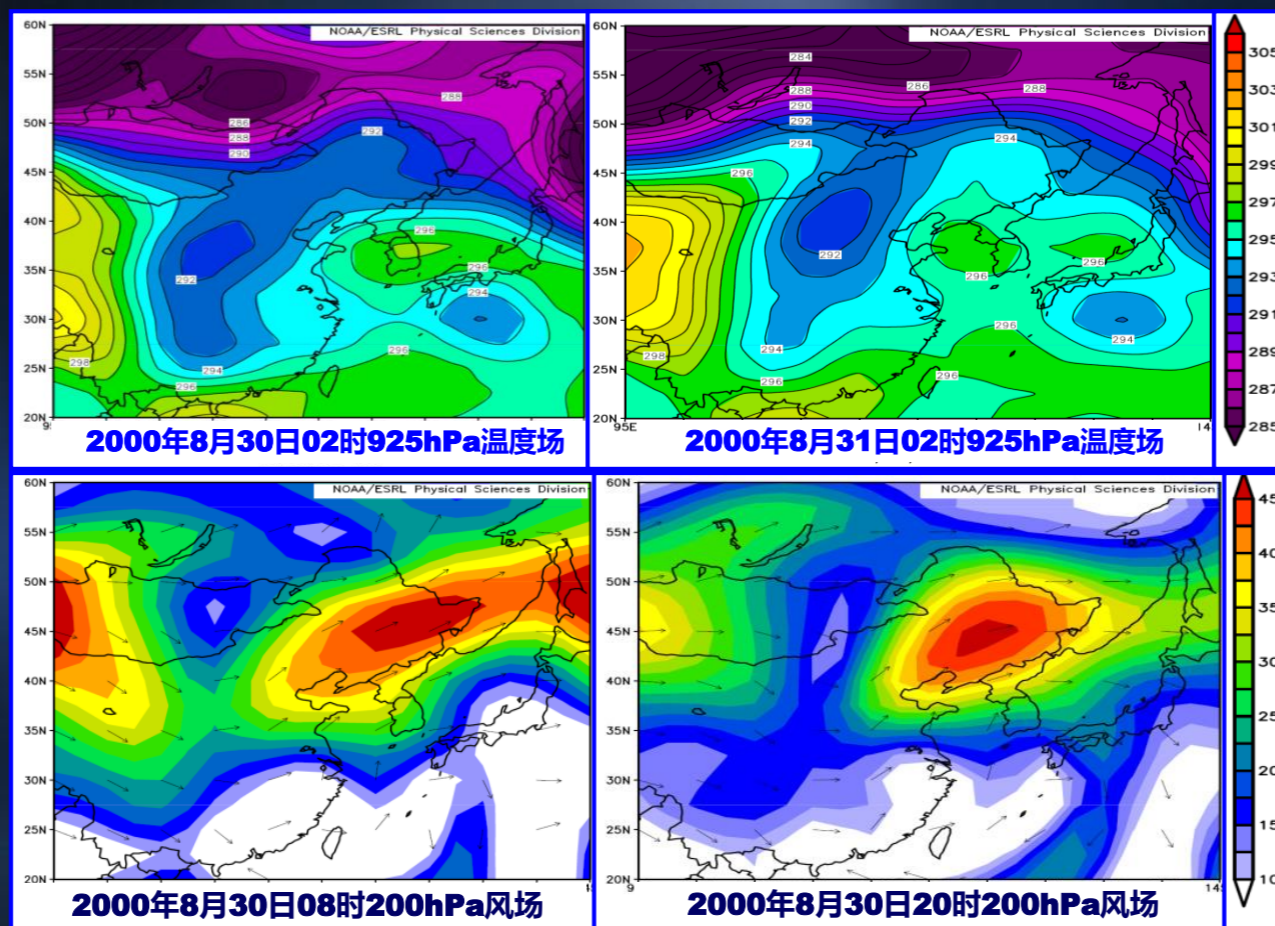
✓ 0012江苏东北部特大暴雨



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例4

✓ 0012江苏东北部特大暴雨

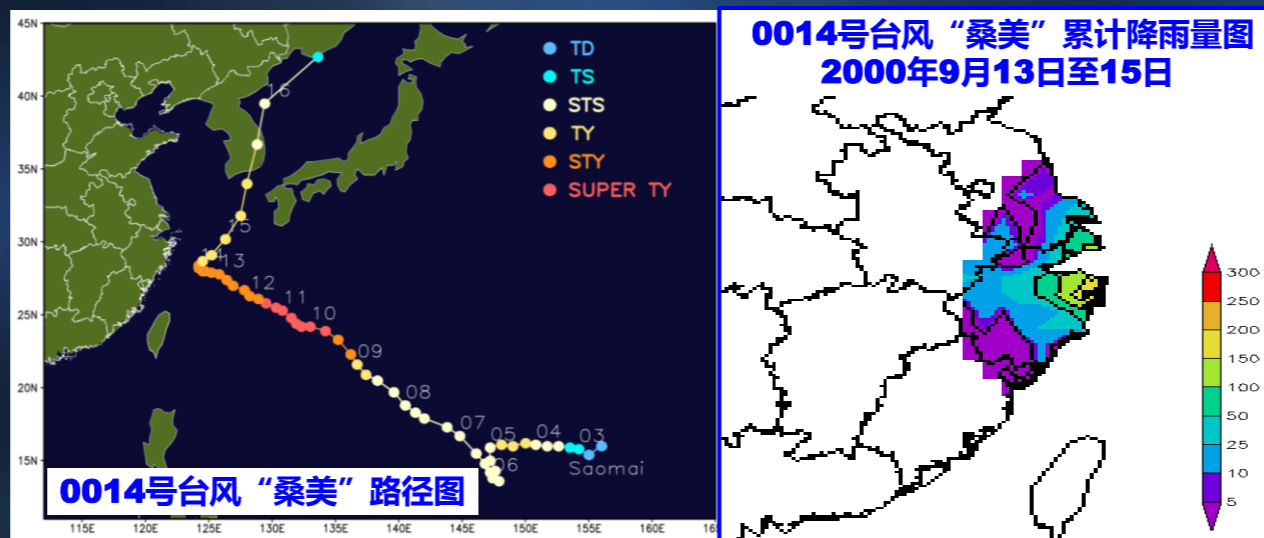


台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例5

✓ 0014浙江东北部特大暴雨

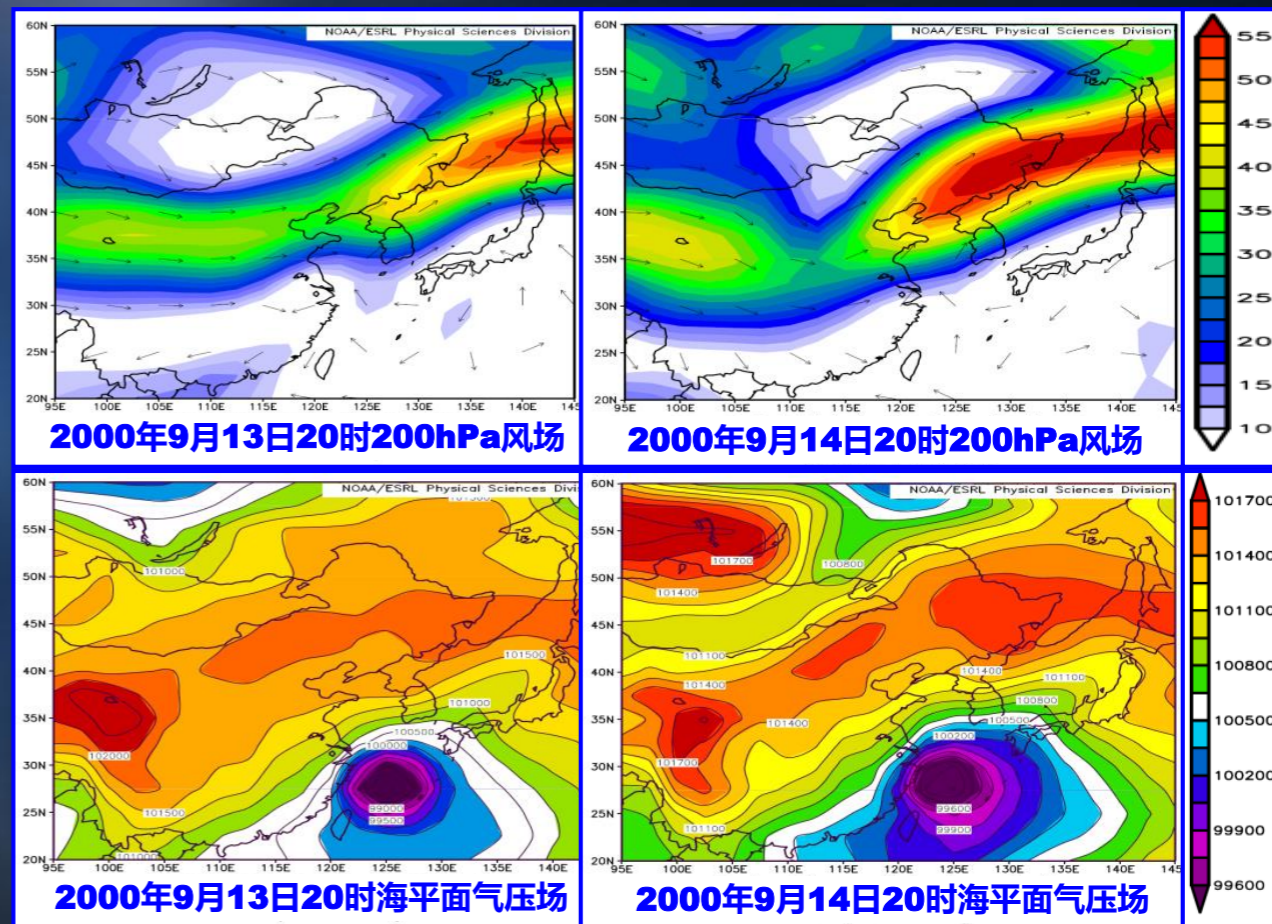
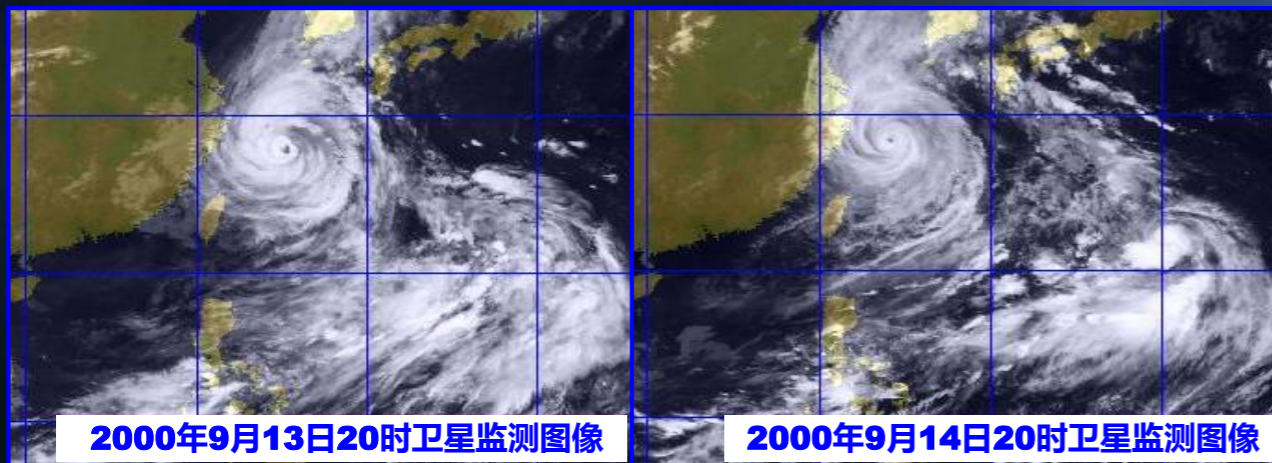
- 2000年9月13日至15日，浙江余姚夏家岭3天降雨742mm，创1949年以来浙江近海北上转向台风降雨之最



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例5

✓ 0014浙江东北部特大暴雨

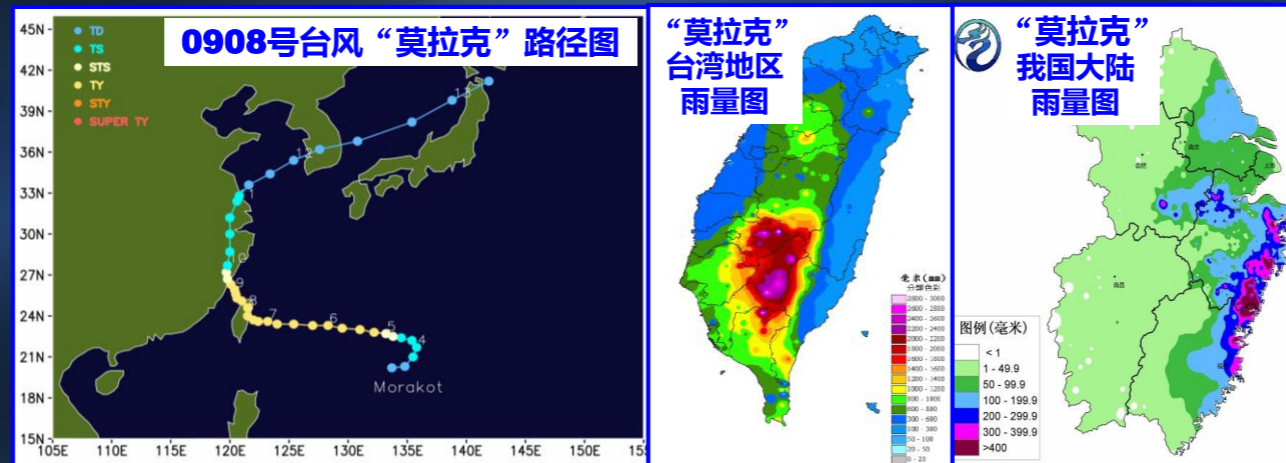


台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

✓ 0908号台风“莫拉克” 极端降雨

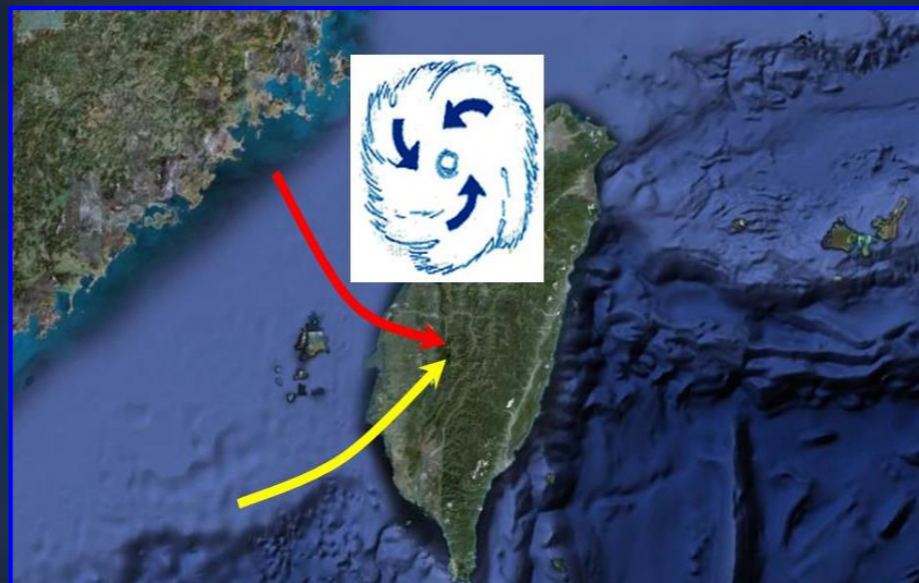
- 台湾中南部和东部出现极端强降雨，阿里山6天雨量达3059.5mm，24h日降雨1623.5mm
- 闽东北、浙东大暴雨，局地特大暴雨，浙江九峰雨量1250mm、24h雨量750mm



台风特大暴雨和暴雨增幅

- 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

- ✓ 0908号台风“莫拉克” 极端降雨



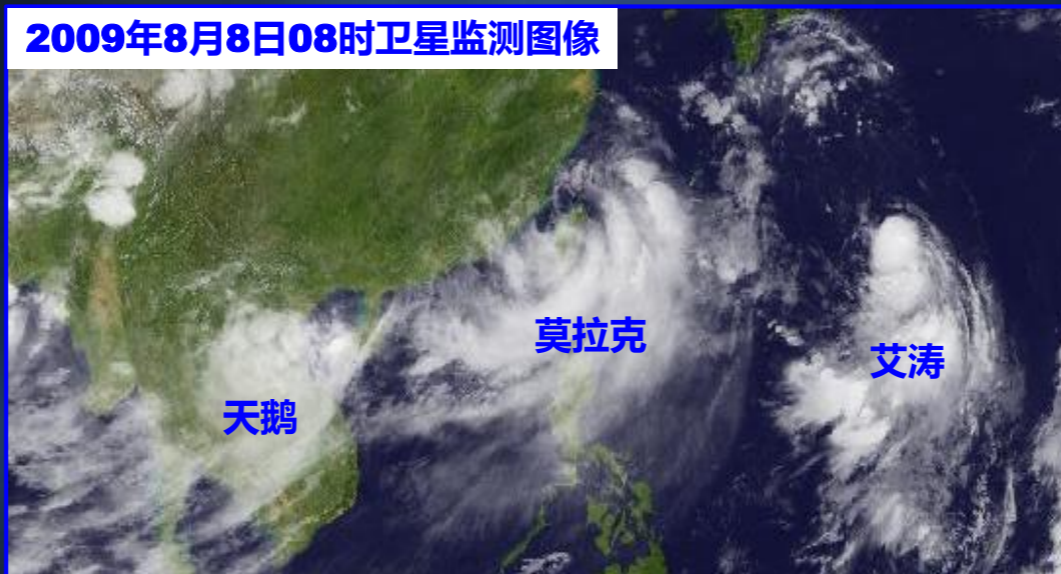
台风特大暴雨和暴雨增幅

- 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

- ✓ 0908号台风“莫拉克”极端降雨

- 双台风对“莫拉克”极端降雨影响的数值试验

2009年8月8日08时卫星监测图像

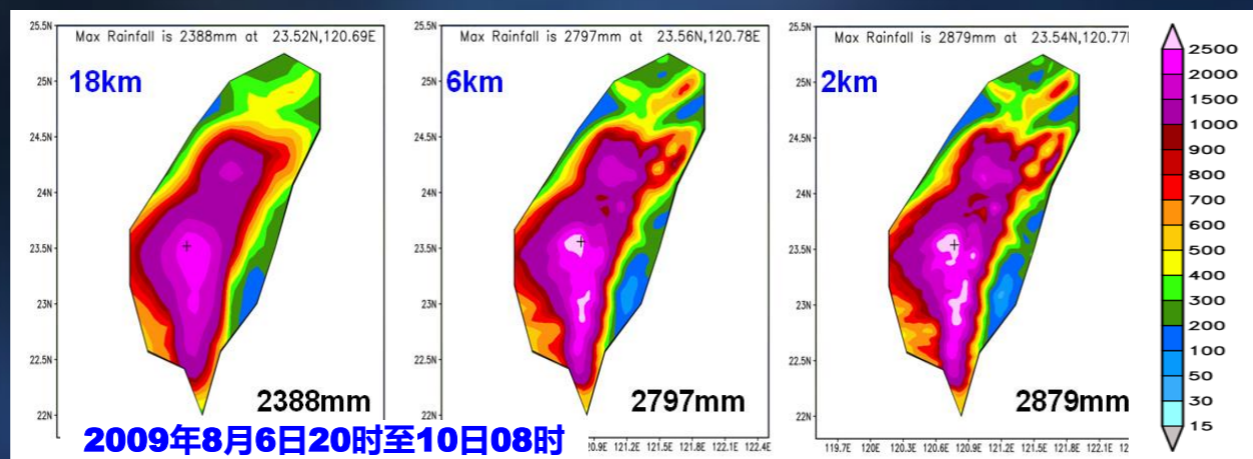


台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

✓ 0908号台风“莫拉克” 极端降雨

● 双台风对“莫拉克” 极端降雨影响的数值试验



控制试验：保留“天鹅”环流

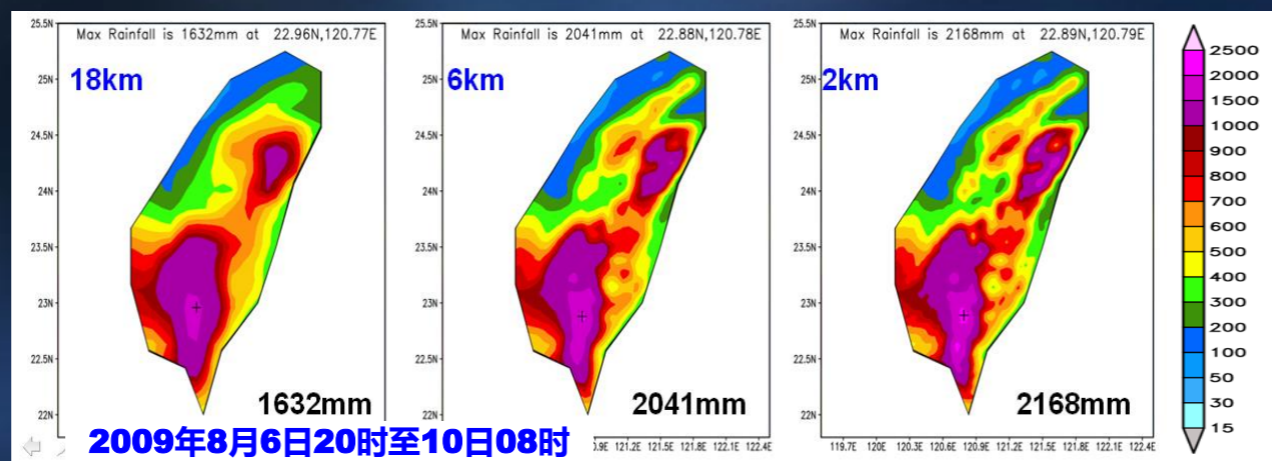
18、6和2km的累计降雨量分别为2388、2797和2879mm，与实况2821.5 mm非常接近

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

✓ 0908号台风“莫拉克”极端降雨

● 双台风对“莫拉克”极端降雨影响的数值试验



敏感性试验：滤除“天鹅”环流

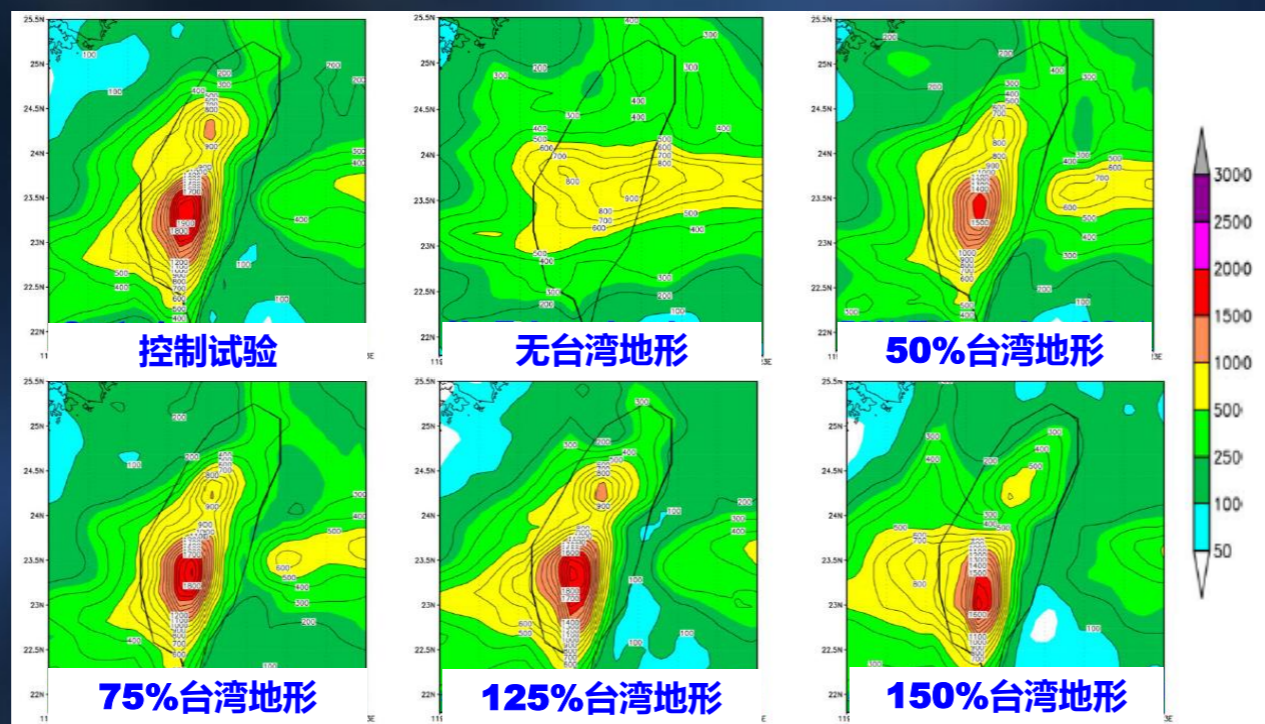
18、6和2km累积降雨量分别较控制试验减小756、756和711mm，分别减少32%、27%和25%

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

✓ 0908号台风“莫拉克” 极端降雨

● 台湾地形对“莫拉克” 极端降雨影响的数值试验



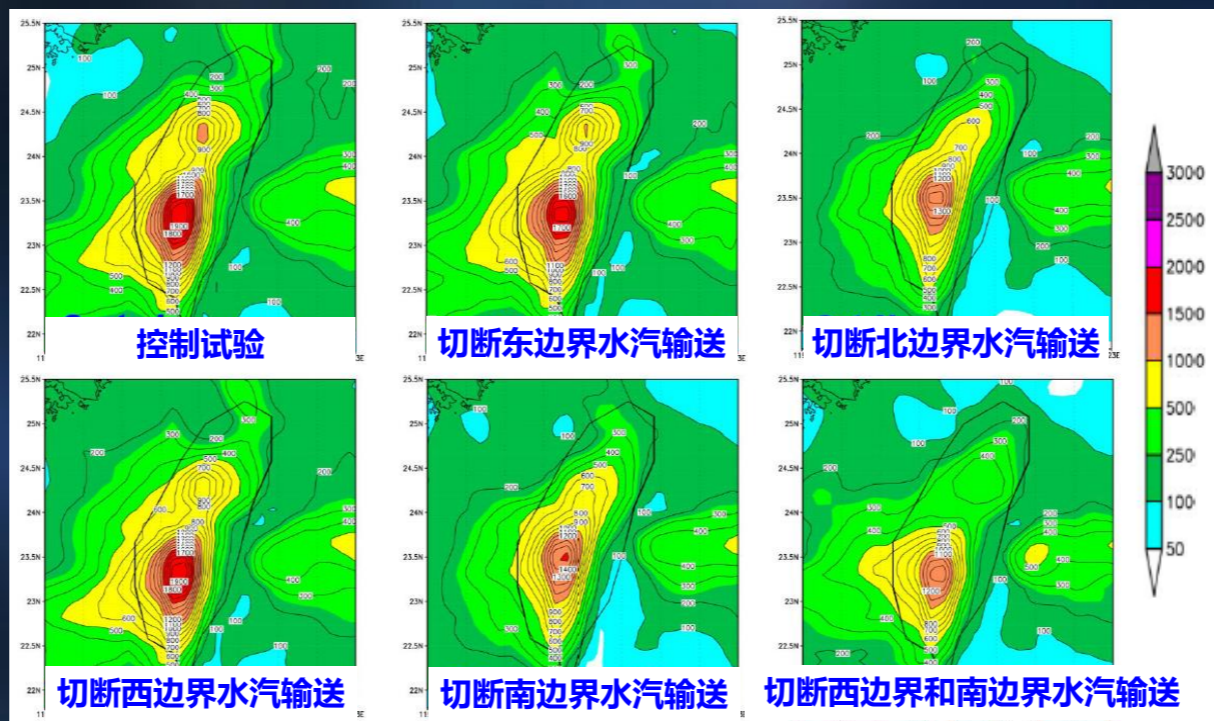
台湾地形对“莫拉克” 极端降雨的敏感性试验结果
(2009年8月6日20时至10日08时)

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例6

✓ 0908号台风“莫拉克”极端降雨

● 水汽输送对“莫拉克”极端降雨影响的数值试验



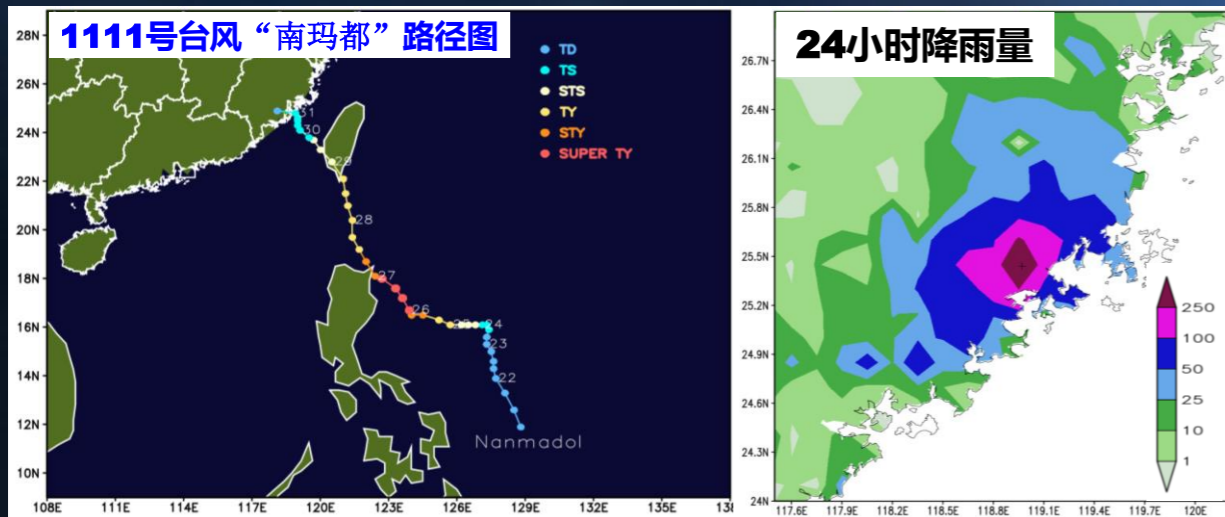
水汽输送对“莫拉克”极端降雨的敏感性试验结果
(2009年8月6日20时至10日08时)

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨

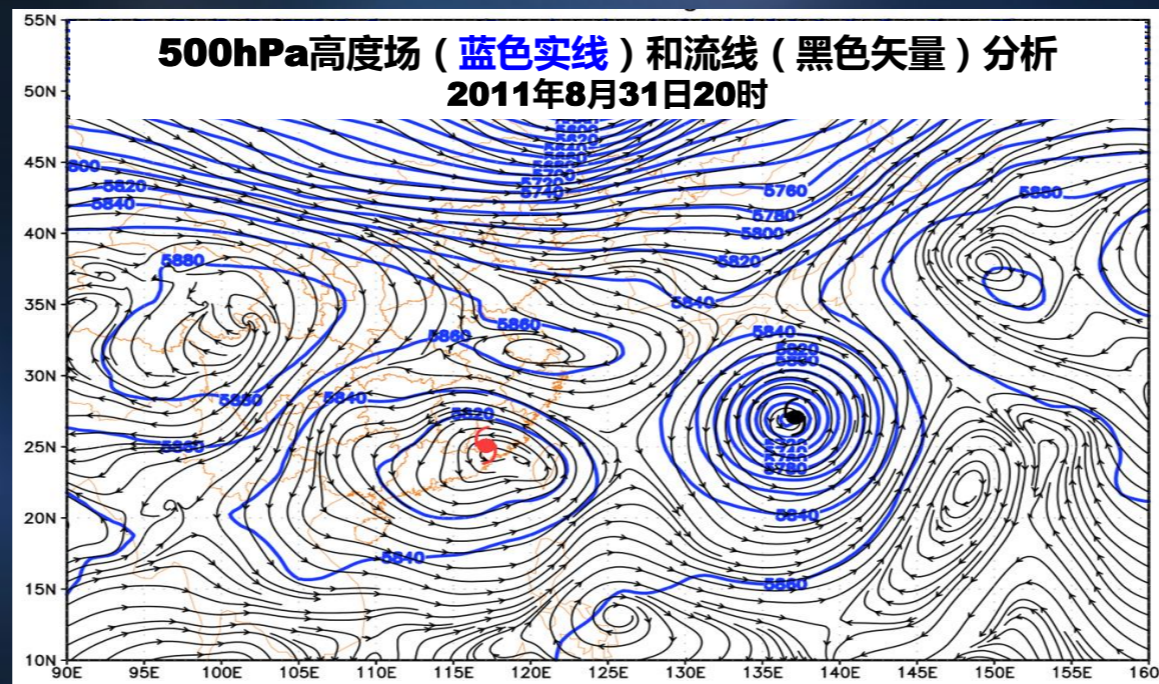
- 2011年8月31日20时至9月1日20时，福建莆田出现突发性特大暴雨，林桥24h雨量488.6mm，1h雨量达99.9mm
- 历时短、雨强大、局地性强、突发性，风、雨、潮三碰头，出现严重城市渍涝，引发山洪和山体滑坡灾害



台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

- ✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨
环流背景



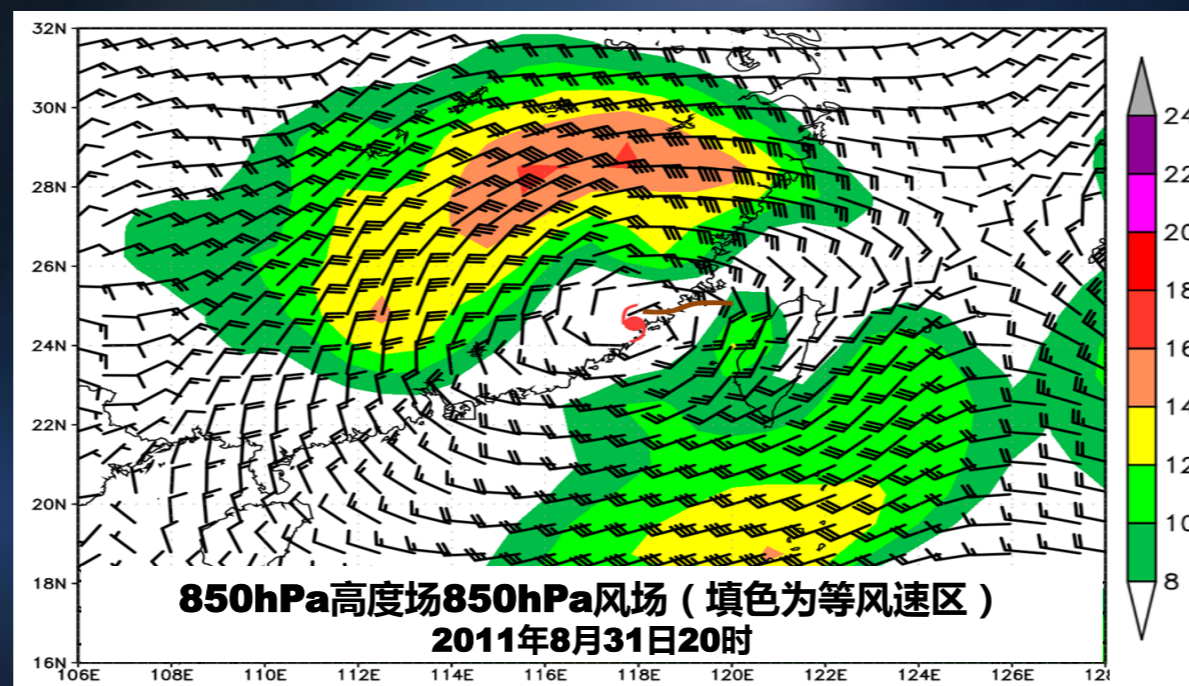
减弱后的低压在北侧大陆高压、东南侧赤道高压和东侧**1112**号台风“塔拉斯”制约下，在闽南徘徊

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨

环流背景



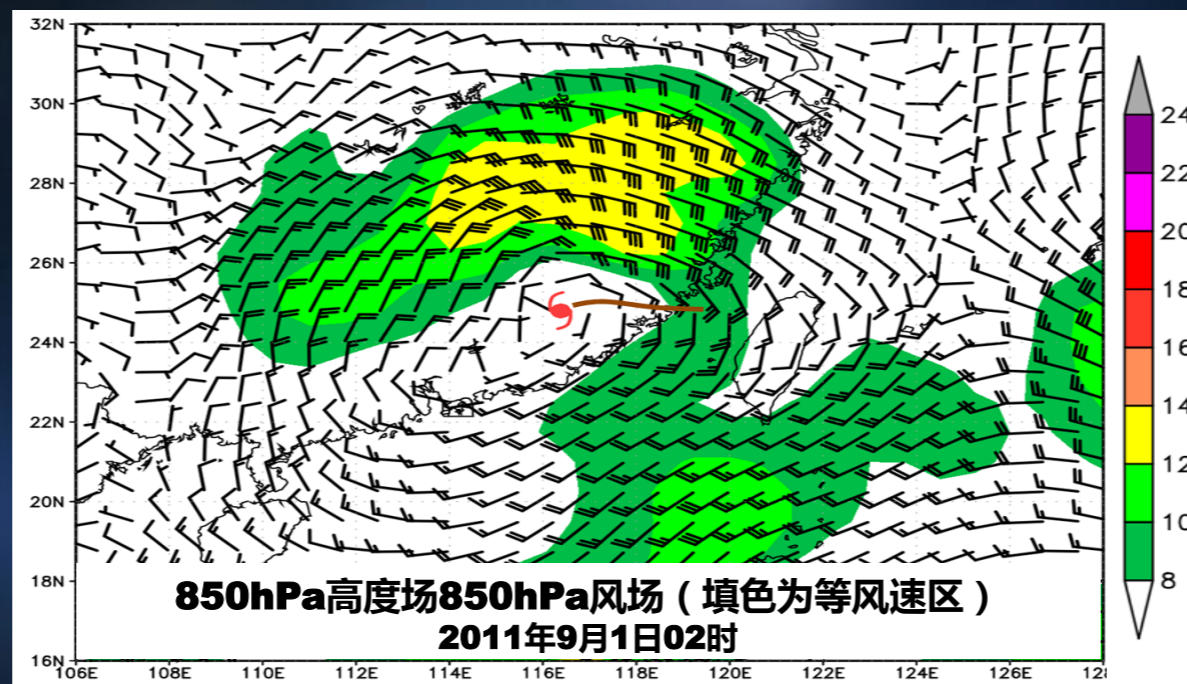
- 低压环流东侧的暖式切变线位于莆田以西台湾海峡，低层偏东风急流位于浙南一带
- 莆田降雨量不大，为中雨量级，强降雨集中在闽中和浙南

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨

环流背景

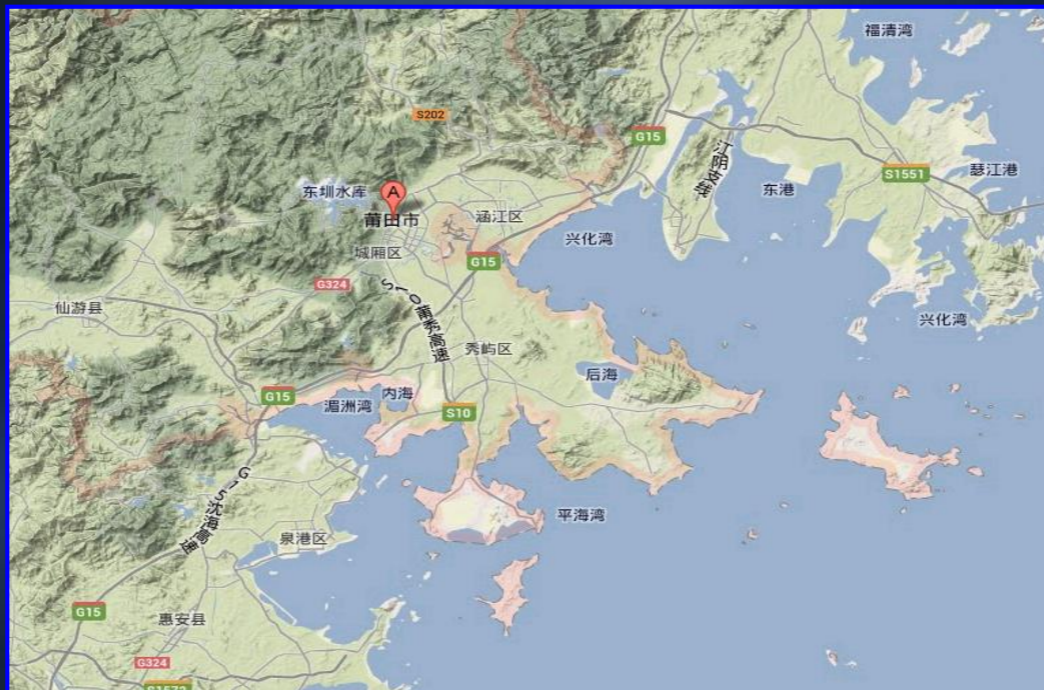


- “塔拉斯”西北移，大陆高压西退，低压环流西移，暖式切变线西移并稳定在莆田至龙岩一线，莆田由东南气流转为偏南或西南气流，风速增强
- 暖式切变的稳定维持为大暴雨提供动力触发条件

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

- ✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨
特殊地形对强降雨的影响



- 莆田位于丘陵地区，西部为山区，东部为平原或丘陵地带
- 东临台湾海峡，东部为湄洲湾、兴化湾、平海湾

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨 特殊地形对强降雨的影响 — 数值试验

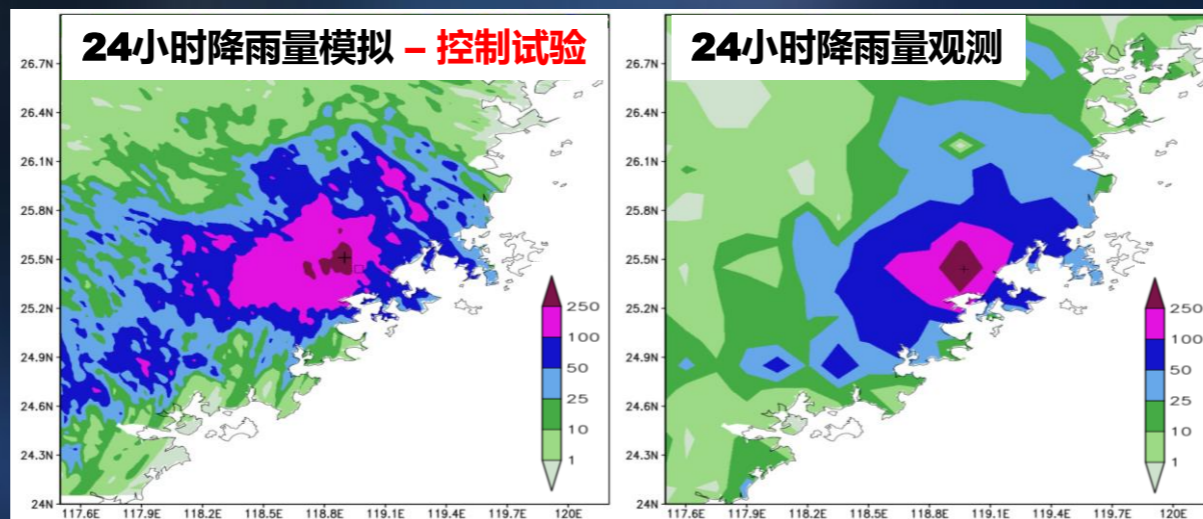
- 控制试验，保持模式原有地形
- 敏感性试验1，莆田附近地形高度取0m
- 敏感性试验2，保持模式原有地形，将湄洲湾、兴化湾和平海湾的海面改为陆地

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨

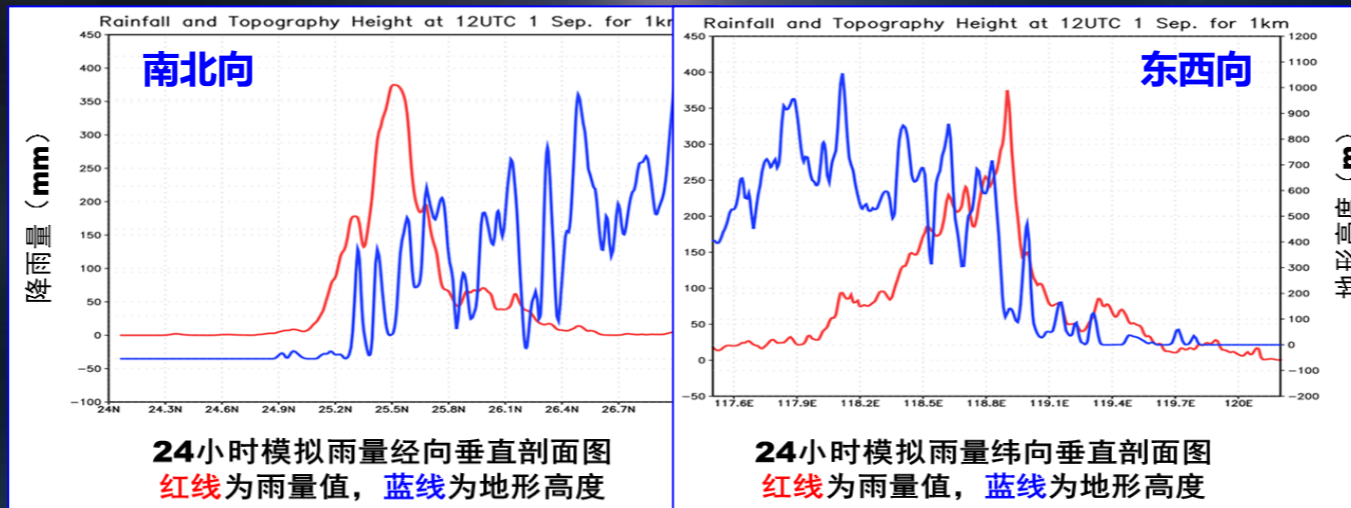
特殊地形对强降雨的影响 —— 数值试验



- 模拟的雨量中心达375mm，较实况488.6mm偏弱
- 大于250mm的强降雨区与地形走势基本一致，主要位于地形迎风坡一带

✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨

特殊地形对强降雨的影响 —— 数值试验

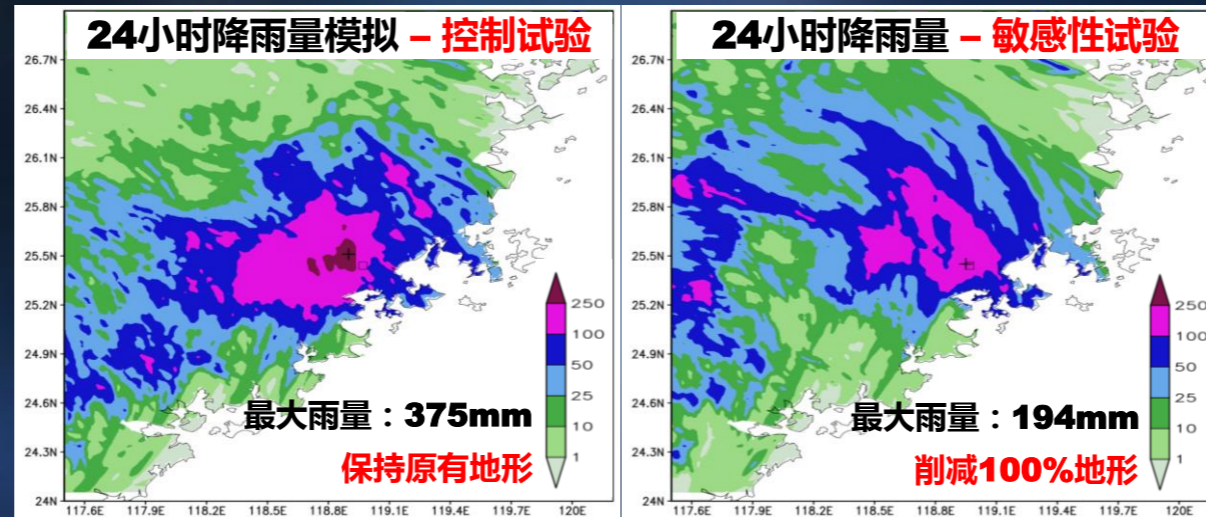


- 迎风坡雨量随着地形高度的增大而增加
- 背风坡雨量随着地形高度的减小而减少
- 雨量量值分布曲线与山脉高度分布曲线基本相一致
- 气流翻越不同海拔高度山脉，地形产生雨量存在较大差别

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

- ✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨
特殊地形对强降雨的影响 —— 数值试验



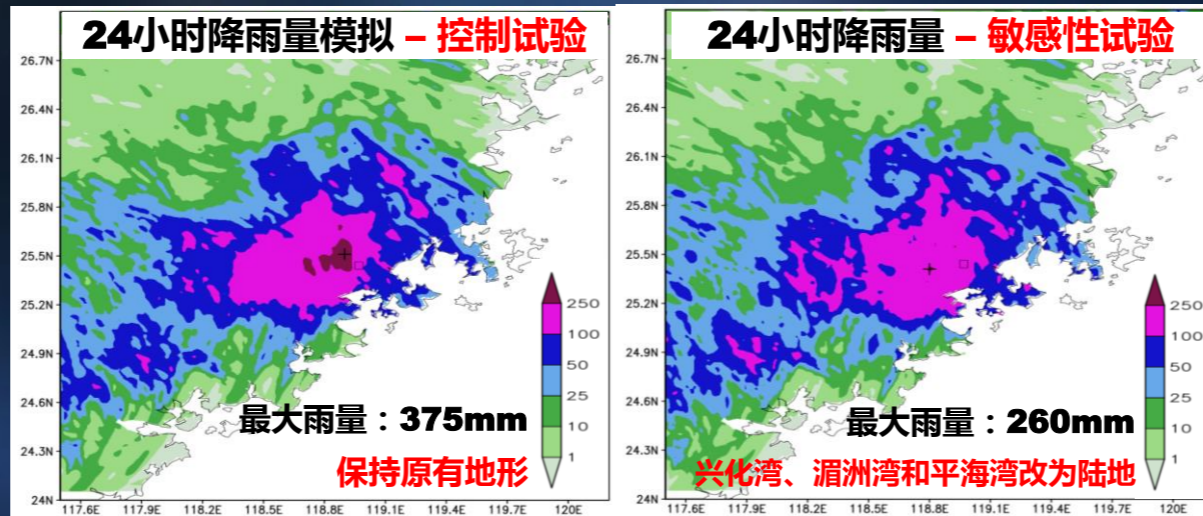
- 100%去除地形后，降雨量较有地形时减小了181mm (48.3%)

台风特大暴雨和暴雨增幅

- 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

- ✓ “南玛都” 残涡福建莆田特大暴雨

特殊地形对强降雨的影响 -- 数值试验



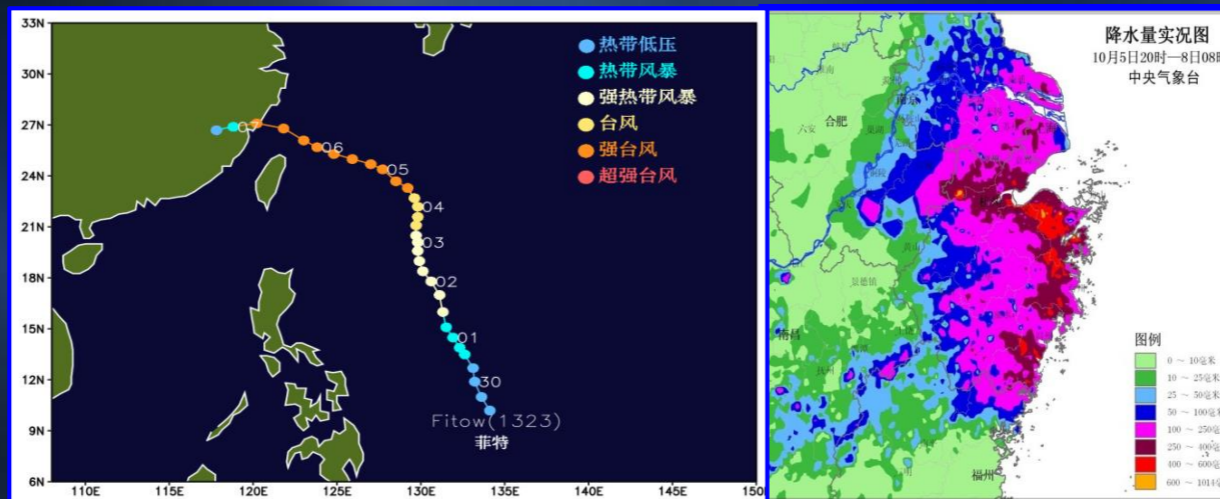
- 湄洲湾、兴化湾和平海湾修改为陆地后，降雨量减小了115mm (30.7%)

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

✓ 1323号台风“菲特”浙北极端降雨

- 2013年10月5日20时至8日8时，苏东南、沪、浙北、浙东、闽东北降雨200-350mm，浙北和浙东400-600mm，浙江安吉天荒坪1014mm、象山黄泥桥778mm



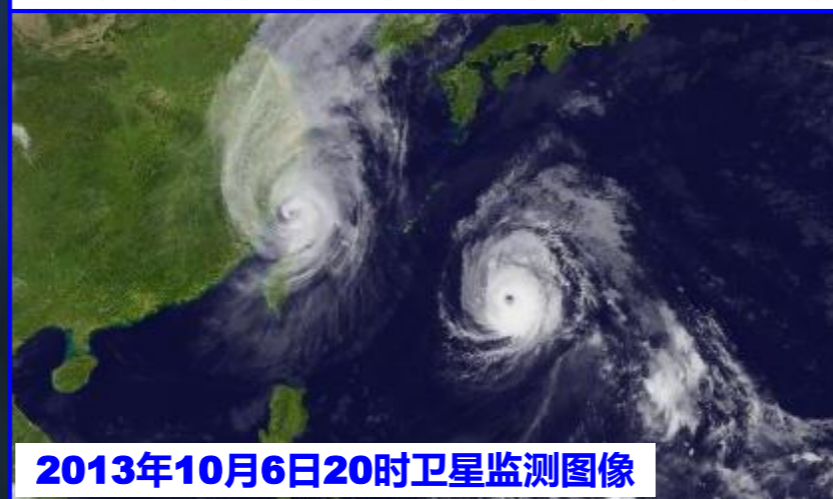
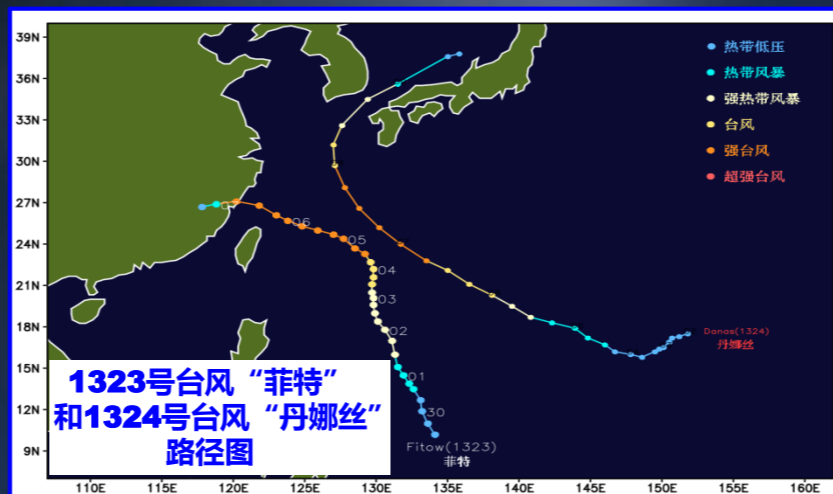
1323号台风“菲特”路径图

“菲特”累计雨量图

台风特大暴雨和暴雨增幅

● 台风特大暴雨和暴雨增幅个例7

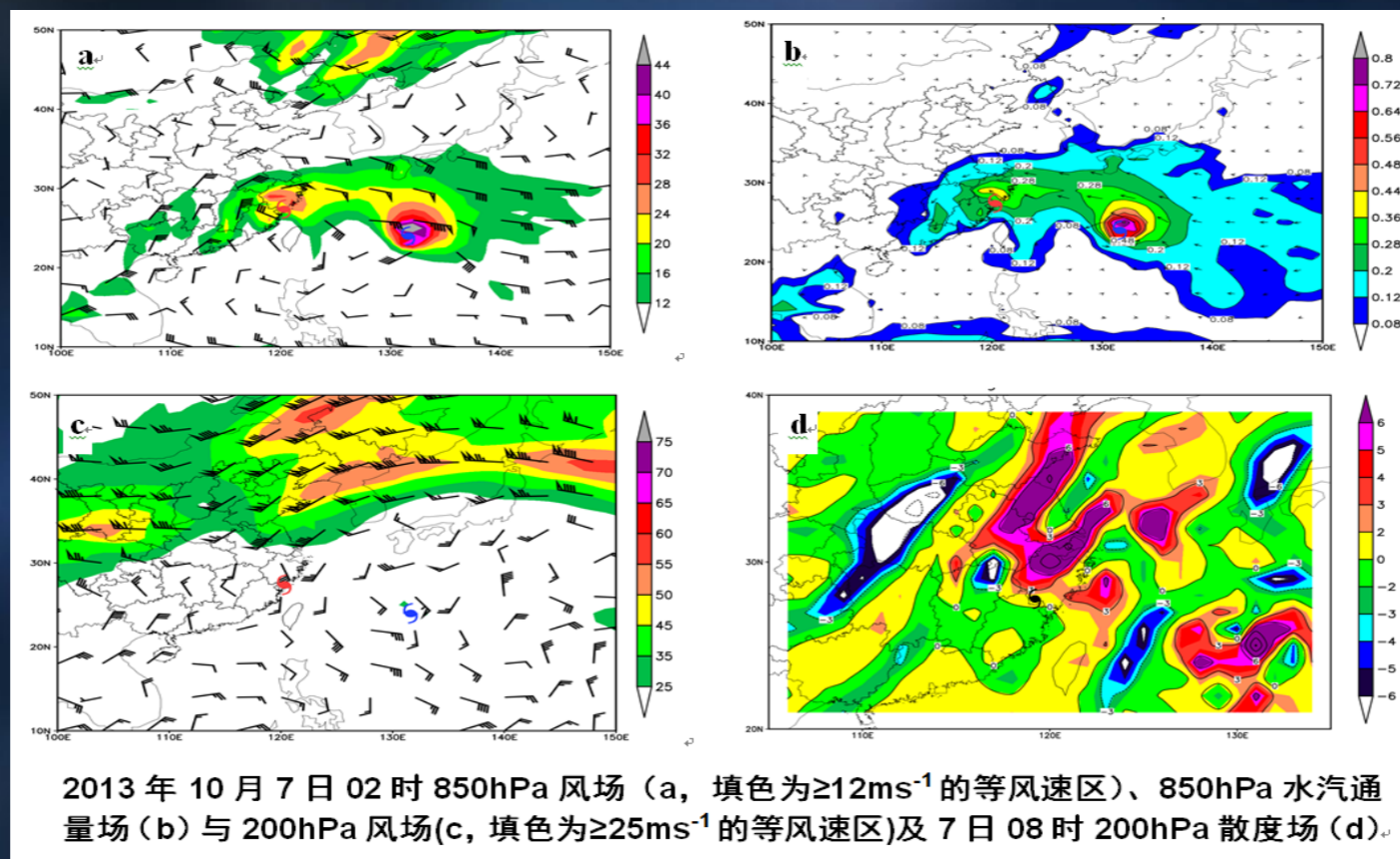
✓ 1323号台风“菲特” 浙北极端降雨



□ 1323号台风“菲特”浙北极端降雨

✓ 第一阶段强降雨

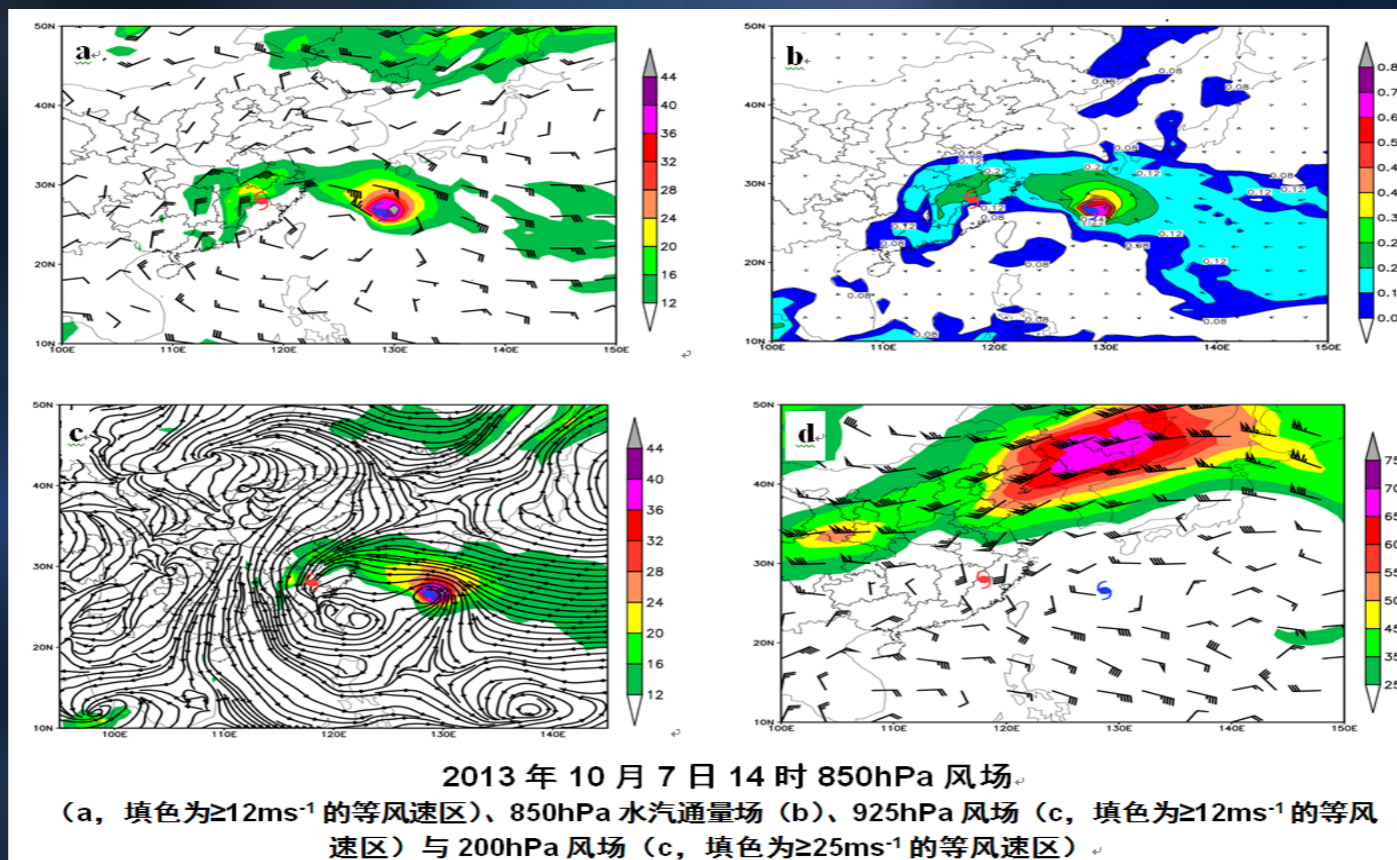
- 6日晚上至7日上午
- “菲特”本体、台风倒槽及偏东气流共同影响



□ 1323号台风“菲特” 浙北极端降雨

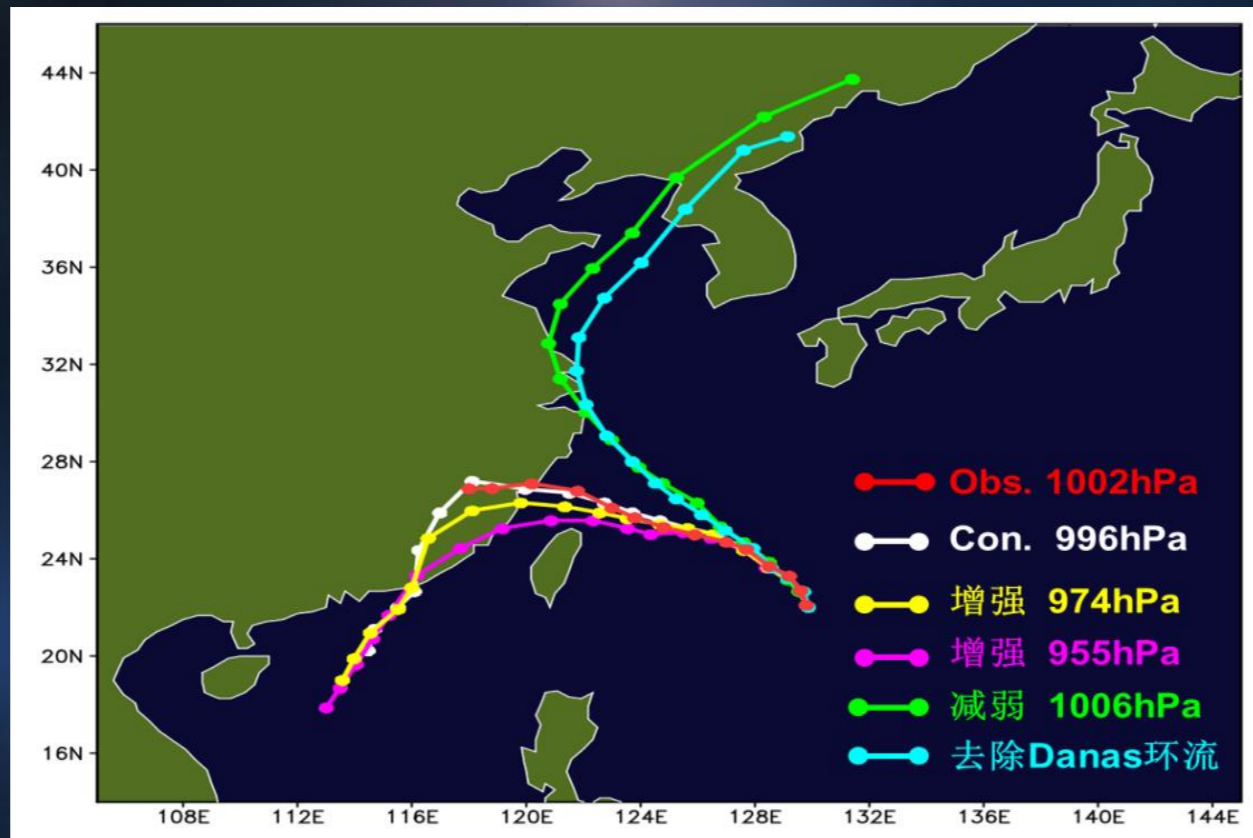
✓ 第二阶段强降雨

- 7日下午至8日白天
- “菲特”残涡、冷空气与偏东气流共同影响



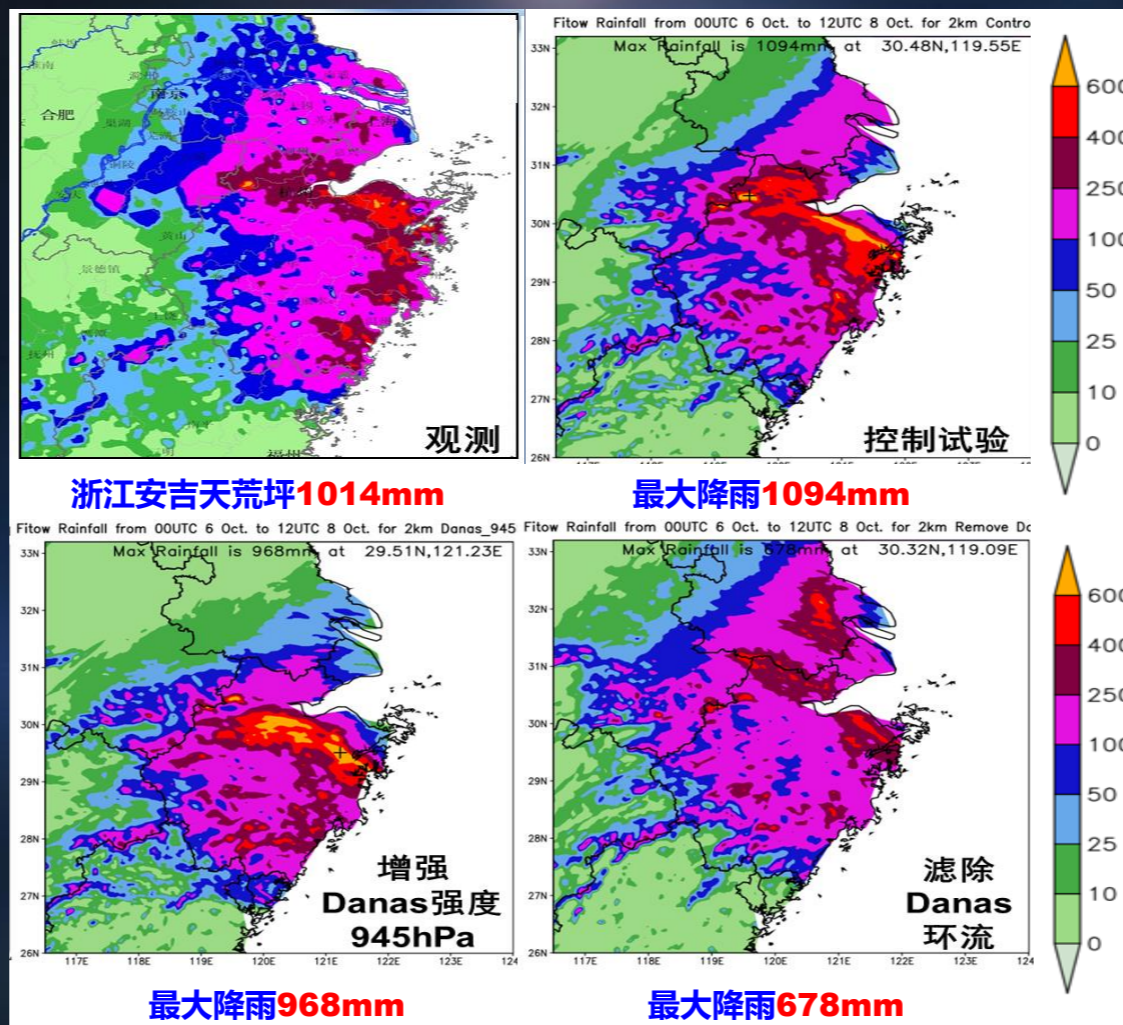
□ 1323号台风“菲特” 浙北极端降雨

✓ 双台风对“菲特” 极端降雨影响的数值试验



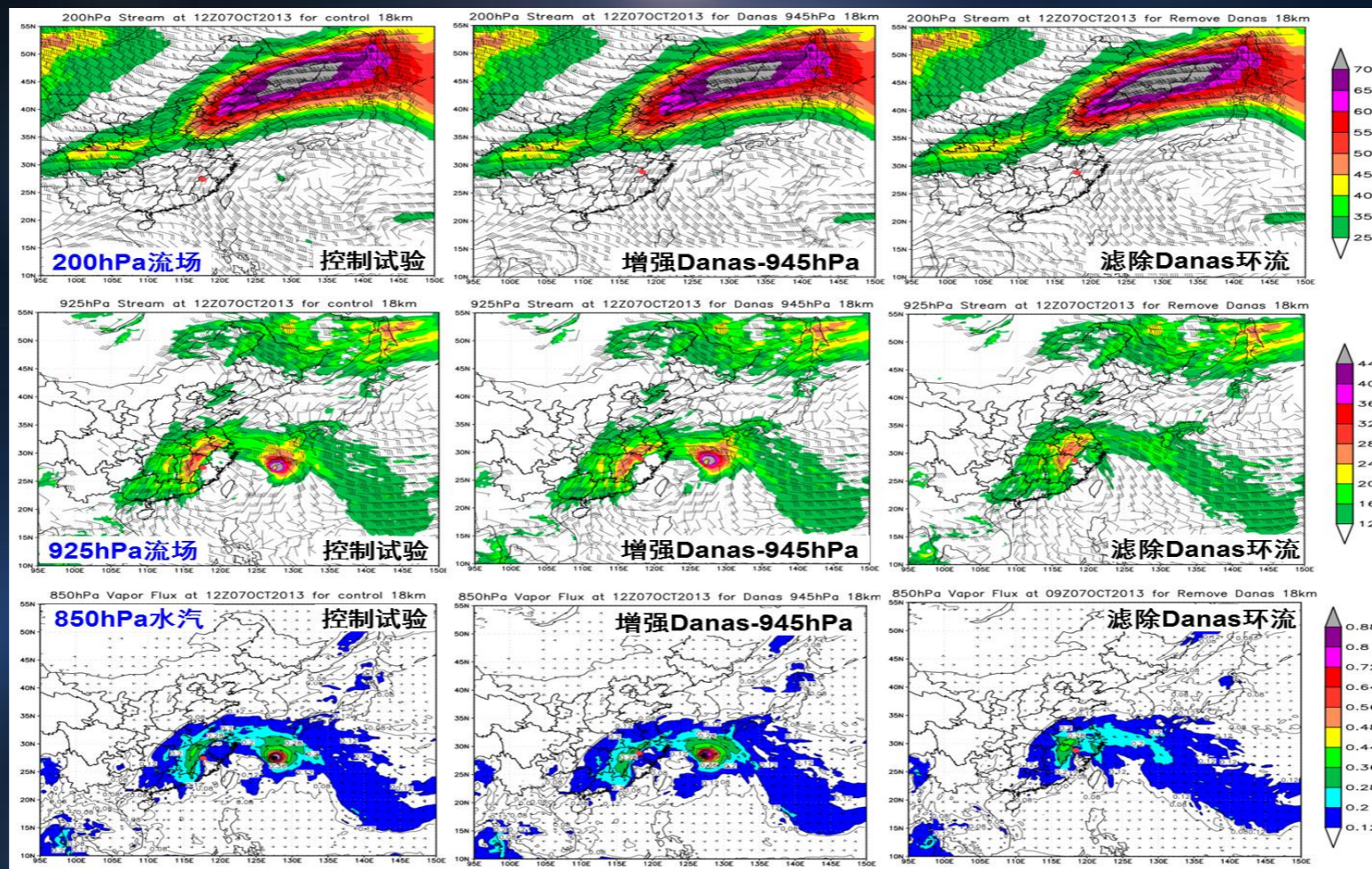
1323号台风“菲特”浙北极端降雨

双台风对“菲特”极端降雨影响的数值试验



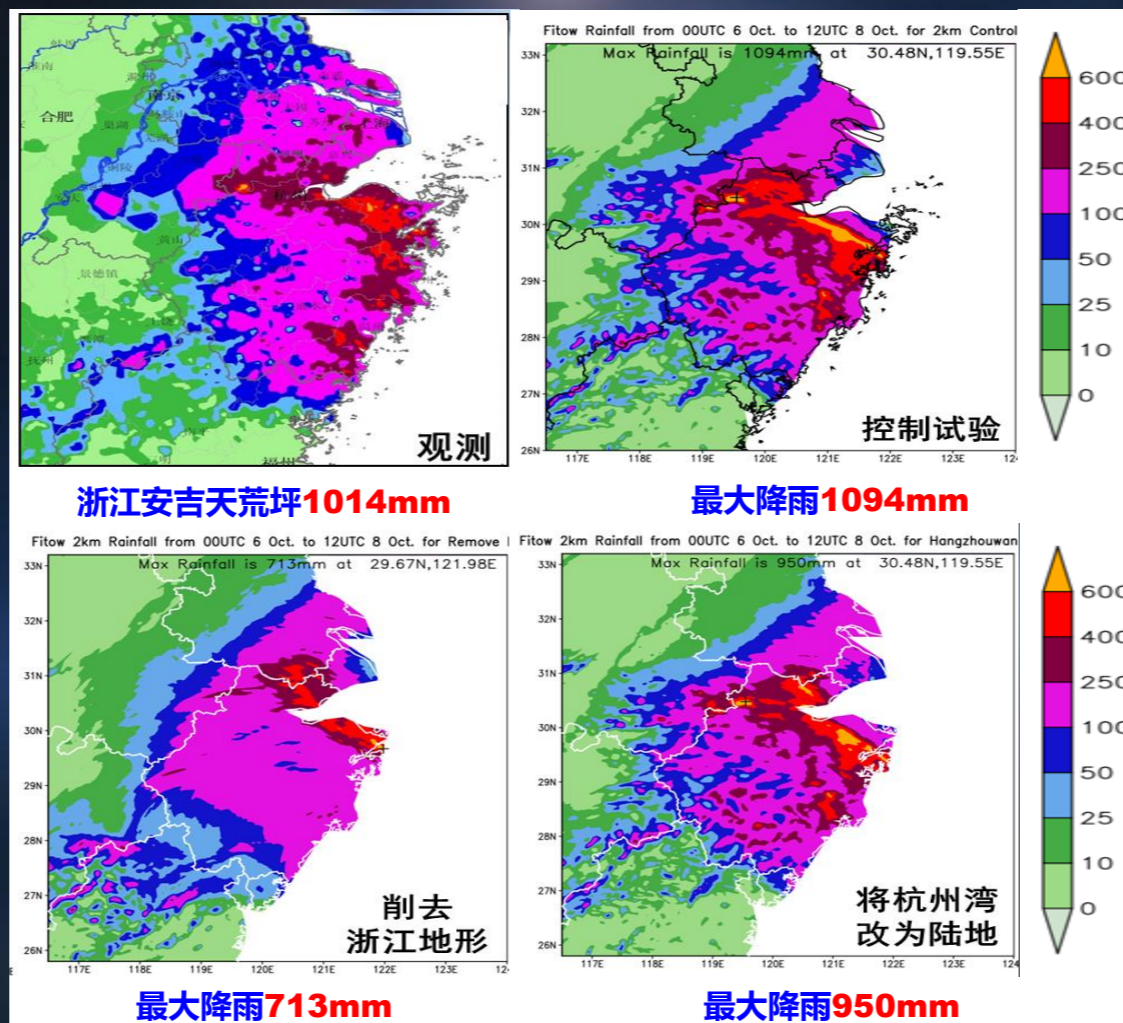
1323号台风“菲特” 浙北极端降雨

双台风对“菲特” 极端降雨影响的数值试验

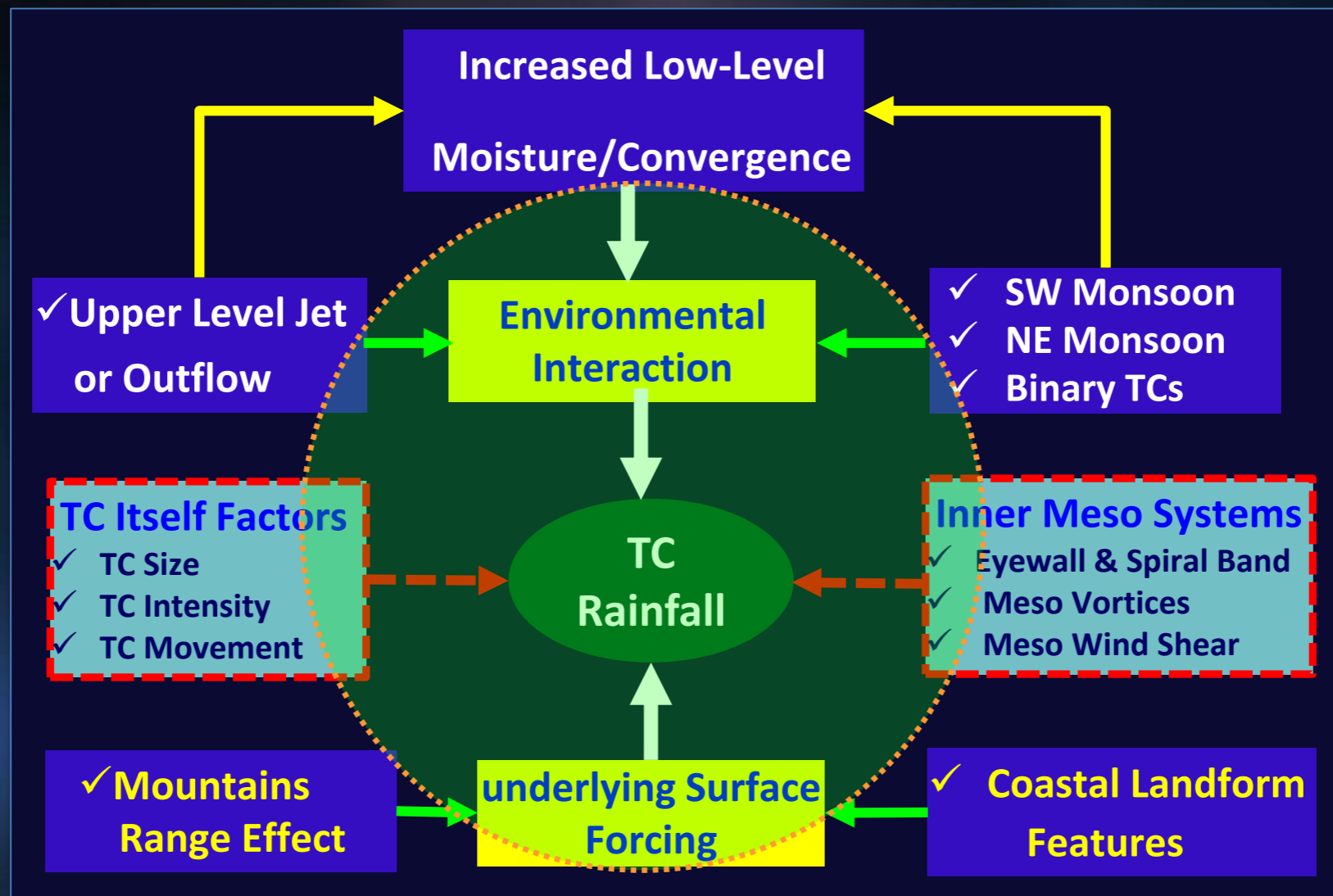


□ 1323号台风“菲特” 浙北极端降雨

✓ 地形对“菲特”极端降雨影响的数值试验



● 影响台风暴雨的主要因子



- **台风暴雨的主要预报着眼点**

- Things That Increase Precipitation**

- ✓ **Increased Low-Level Moisture**
 - ✓ **Increased Low-level Convergence**
 - ✓ **Upper-level Cold Advection (Not into inner core of TC)**
 - ✓ **Increase upper-level outflow**