

# FY-3C卫星资料在区域 数值预报中的同化应用

空军气象中心 王廷芳

2018. 11. 13

# 纲要

**1**

项目研究背景

**2**

GNOS掩星资料质量控制及同化模块

**3**

微波温度计资料质量控制及同化模块

**4**

试验与评估

**5**

成果与展望

# 纲要

**1**

项目研究背景

**2**

GNOS掩星资料质量控制及同化模块

**3**

微波温度计资料质量控制及同化模块

**4**

试验与评估

**5**

成果与展望

## 风云三号02批气象卫星 地面应用系统工程建设项目

- **研究目标：**

研究风云卫星三号卫星MWTS2微波资料和GNOS掩星资料的质量控制方法，建成风云卫星资料同化模块。

- **建设目标：**

在区域数值预报业务系统中集成应用同化模块，实现对风云气象卫星资料的有效同化，以提升预测预警能力。

# 纲要

1

项目研究背景

2

GNOS掩星资料质量控制及同化模块

3

微波温度计资料质量控制及同化模块

4

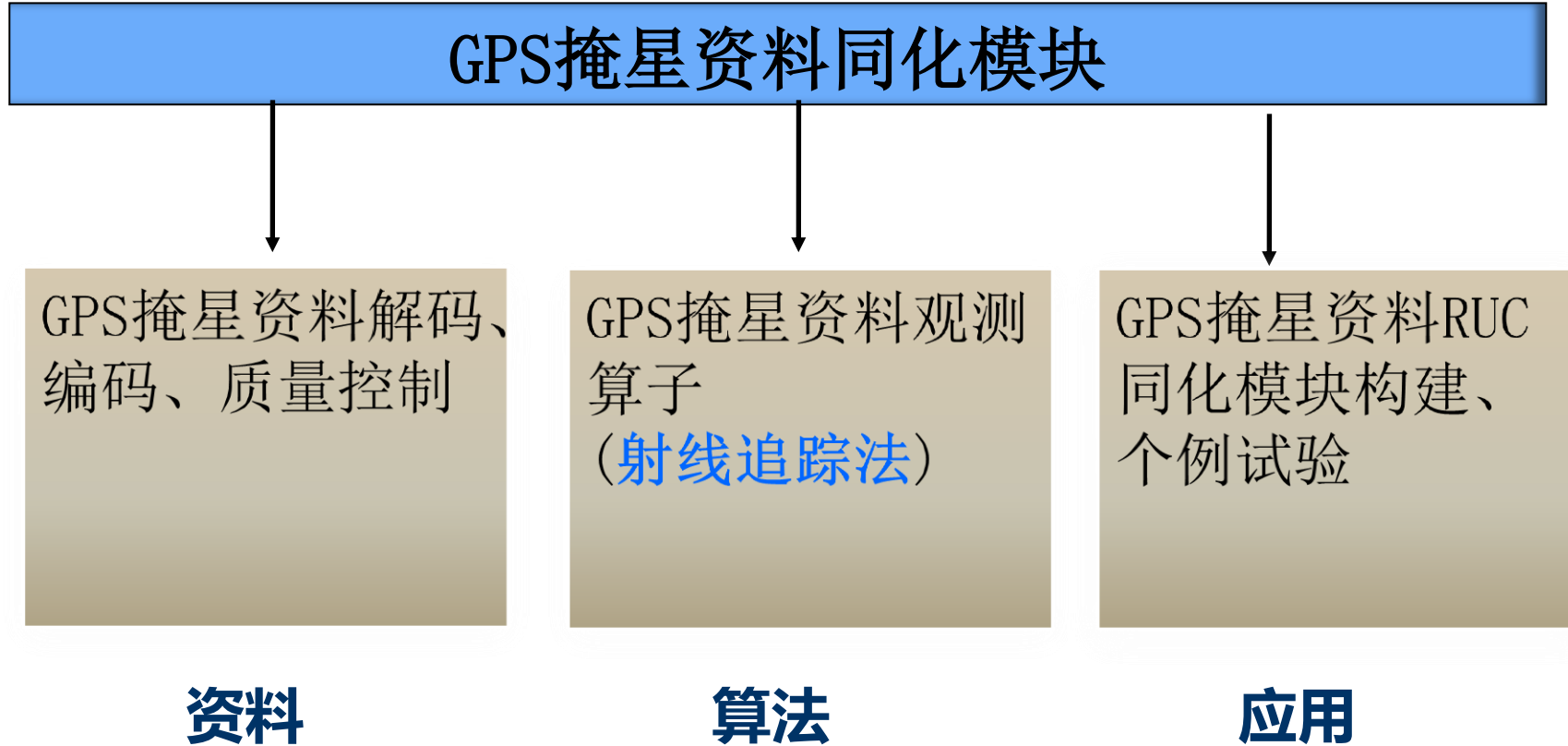
试验与评估

5

成果与展望

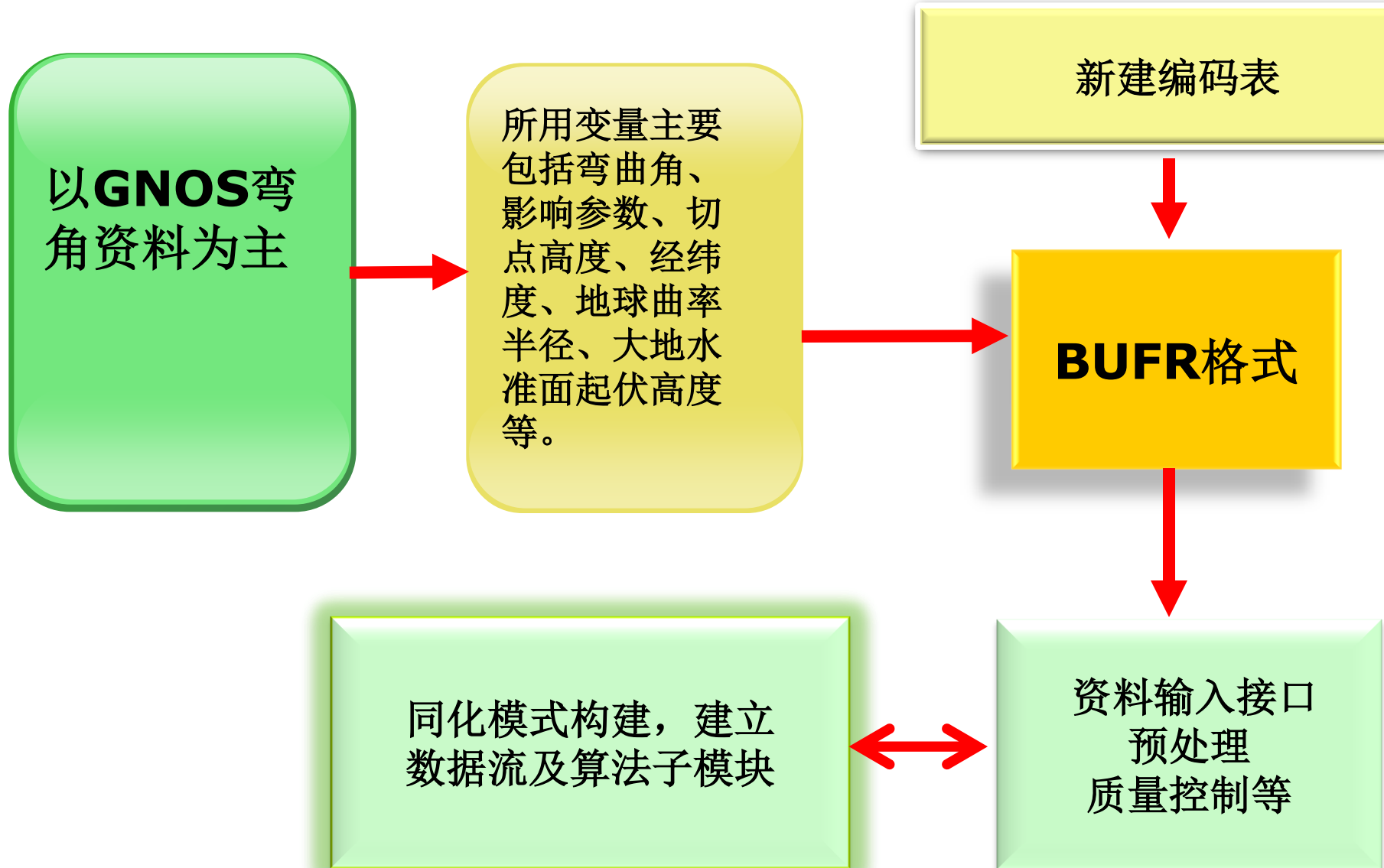
# GNOS掩星资料同化

## 研究路线



# GNOS掩星资料同化

## 资料接口

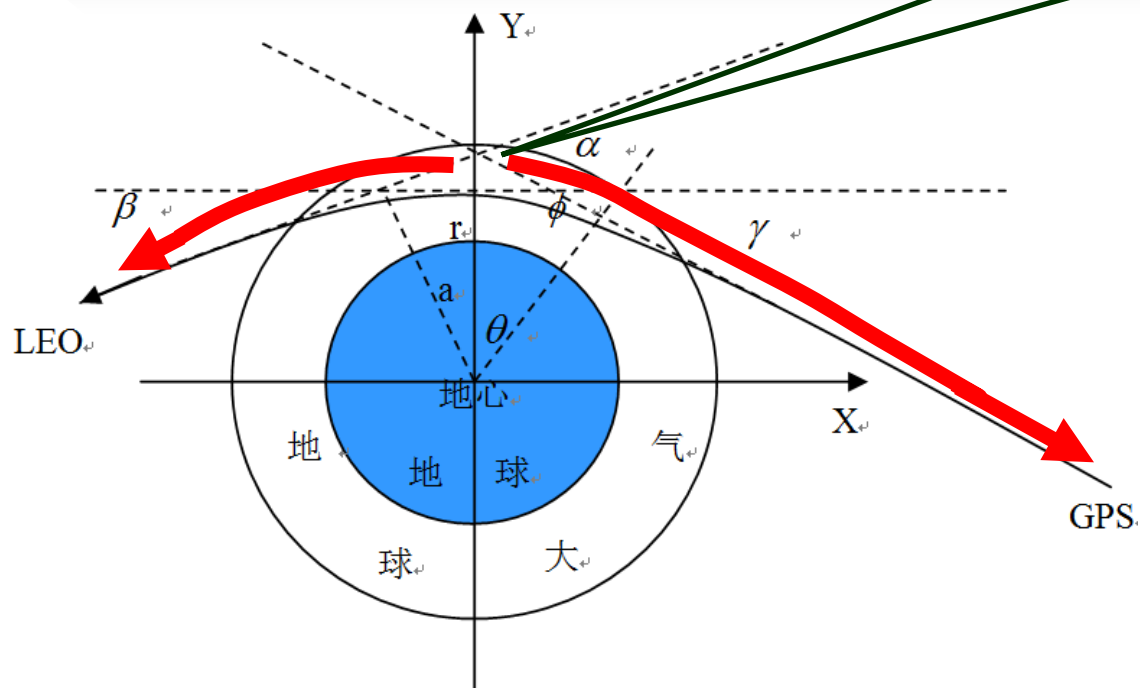


## 射线追踪算法

GPS信号路径  
轨迹方程

$$\frac{d^2 \mathbf{u}}{ds^2} = n \nabla n$$

四阶Runge-Kutta法，从初始点高度向两边积分



### 特点:

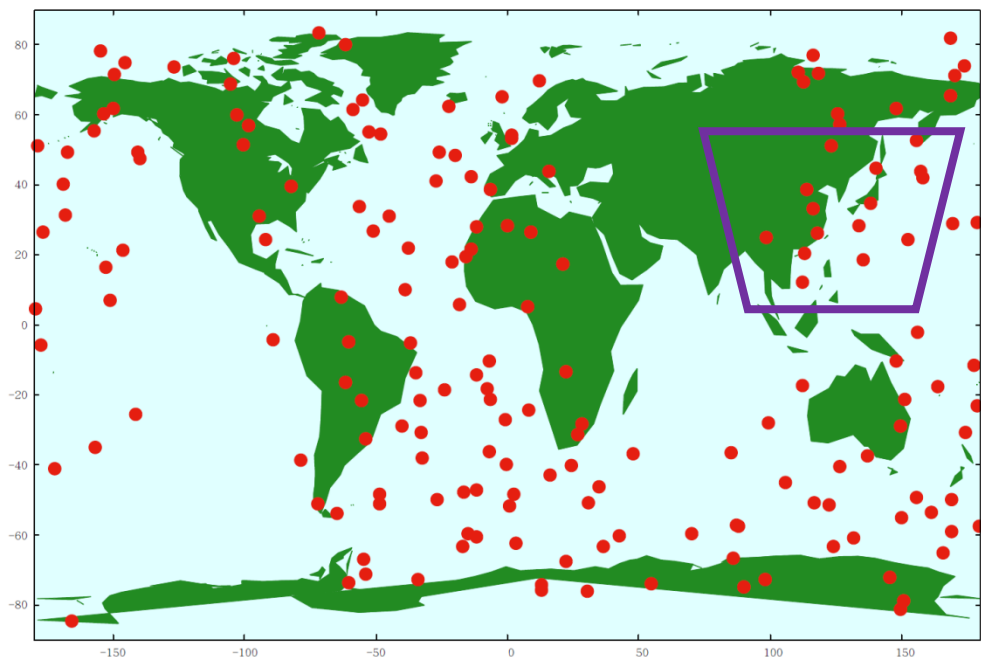
在射线平面上进行追踪模拟计算，扩大资料影响范围，适用于GNOS资料水平分辨率较低的情形



# GNOS掩星资料同化

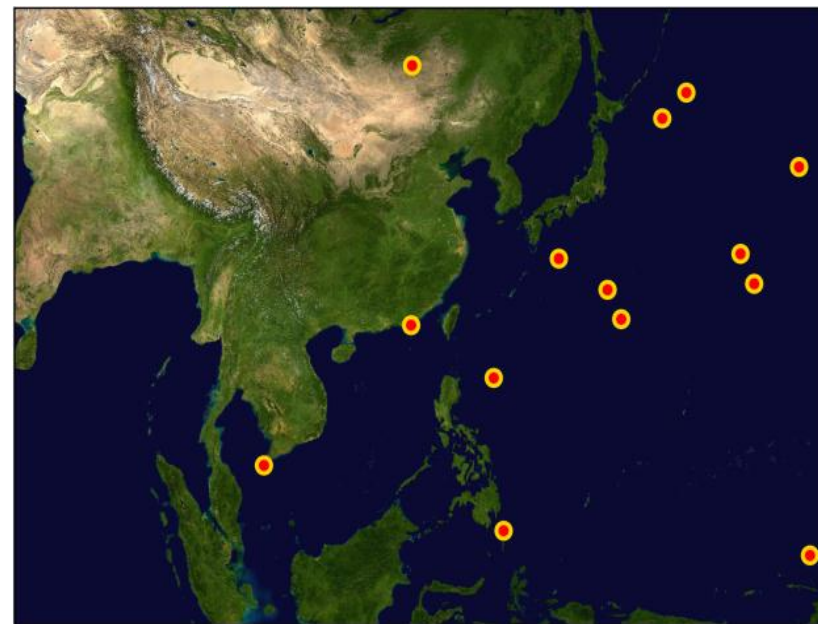
## 资料分布情况

2014072200 UTC 8h



廓线数178

2017102600 UTC 8h



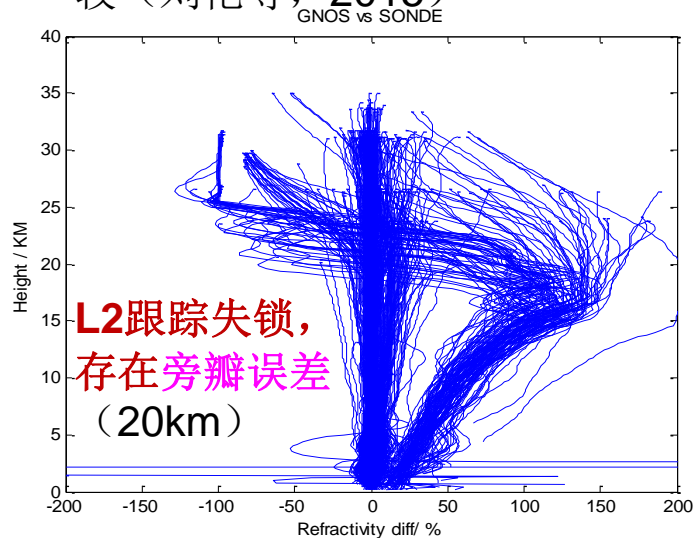
廓线数15

廓线垂直分辨率100m，但实际可用资料数目平均不足300  
2014 -> 2017年，资料量变化不大

# GNOS掩星资料同化

## 资料质量情况

掩星折射率与探空折射率的比较 (刘艳等, 2015)



近期廖蜜等的工作解决了此问题

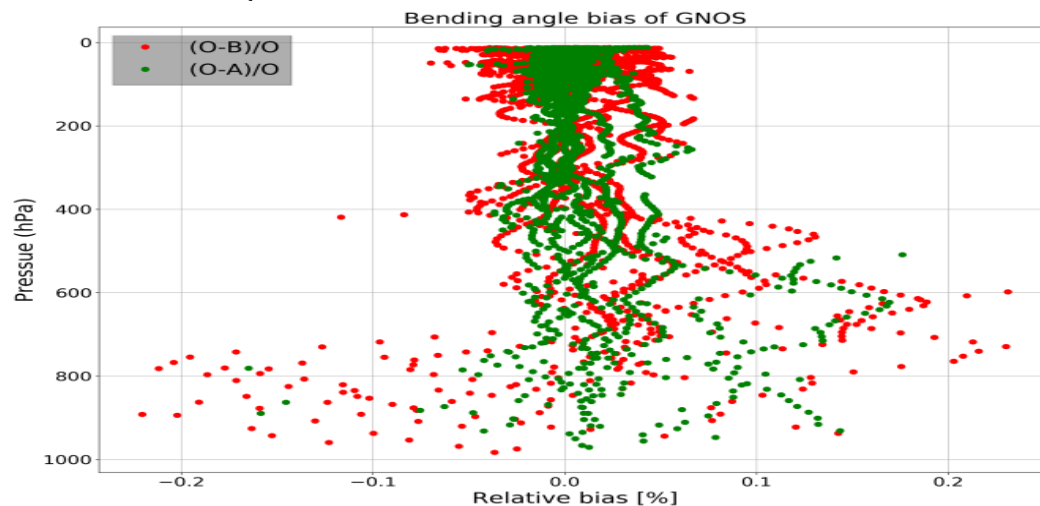
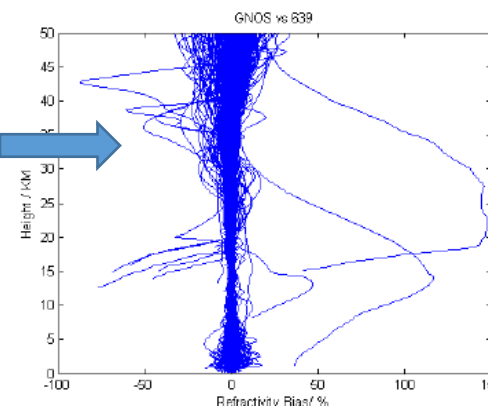
ROM SAF CDOP-2

Visiting Scientist Report 32:

Preliminary investigation with GNOS bending angle data:  
Monitoring, quality control and possible implications for  
ROPP

Mi Liao

NEW L2 frequency extrapolation



确实不再出现旁瓣误差, 仅在中低层出现系统误差和粗大误差。

因而, 须剔除粗大误差, 订正系统误差



## 质量控制

范围检查。

一致性检验。

粗大误差检验。

背景场相容性检验。

异常误差概率检验(PGE)

基于折射率梯度的检验（超折射、水平梯度等）

空间位置（维度、高度等）

• • •

主要原理： 1) 分析离群、异常资料

2) 屏蔽模拟偏差太大的观测

3) 尽管模拟偏差小，但模拟算子本应无法精确计算的观测

一次资料质量检验  
结果示例

资料总数	最终参与最小化计算
7000	2561
(皆为低于30km的资料) 使用率仅为约37%，其中大部分通不过粗大误差检测	

# 纲要

1

项目研究背景

2

GNOS掩星资料质量控制及同化模块

3

微波温度计资料质量控制及同化模块

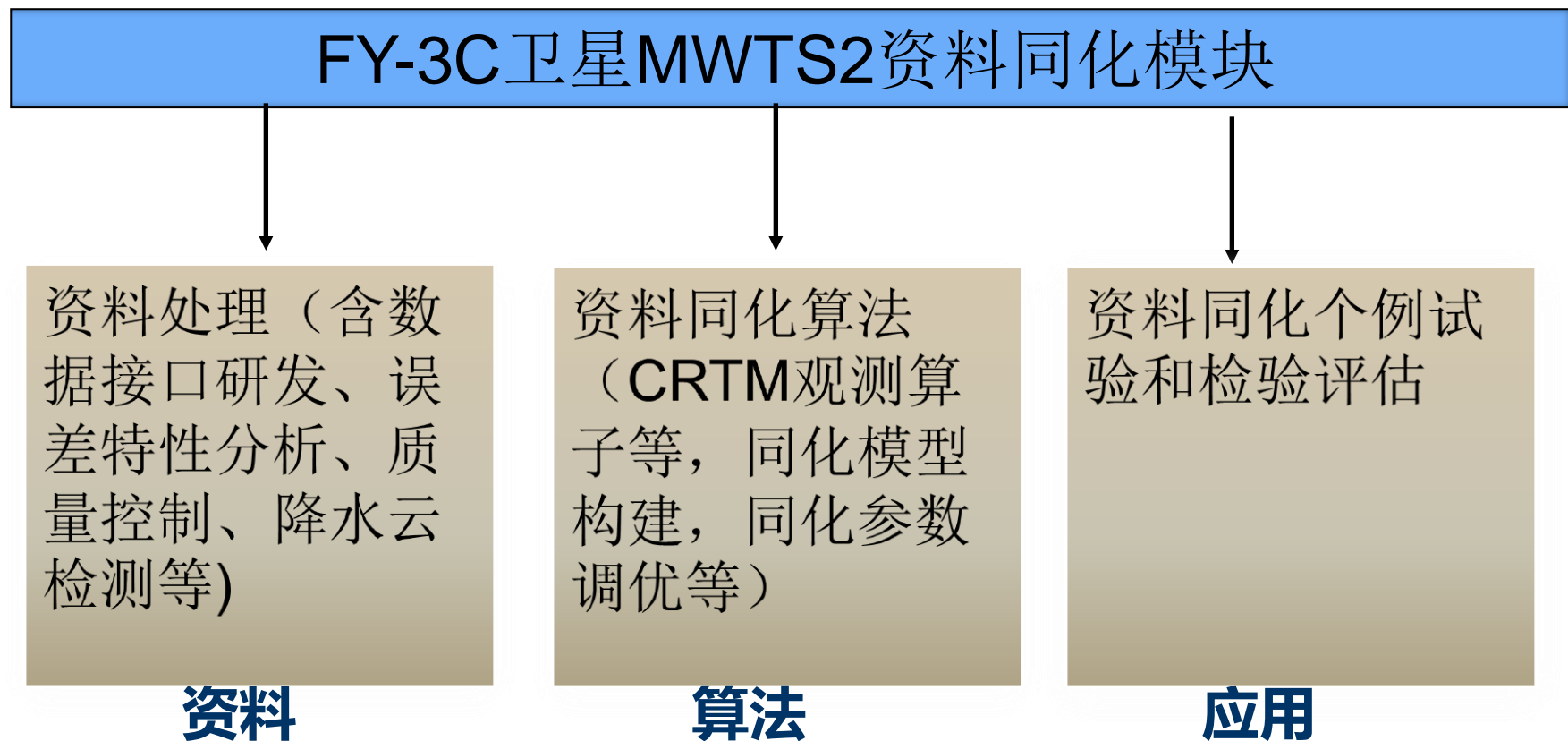
4

试验与评估

5

成果与展望

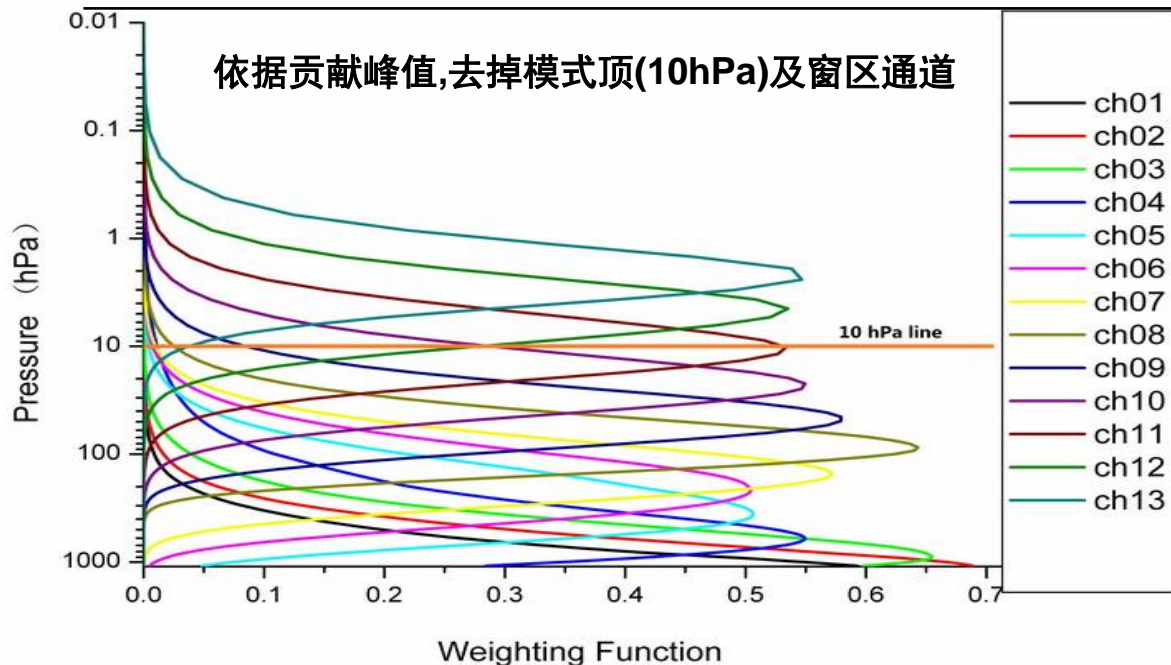
## 研究路线



# 微波温度计资料同化

## MWTS2资料

序号	中心频率(GHz)	带宽(MHz)	动态范围(K)	灵敏度(K)	定标精度(K)	主波束效率
1	50.3	180	3~340	1.5	1.5	>90%
2	51.76	400	3~340	0.9	1.5	>90%
3	52.8	400	3~340	0.9	1.5	>90%
4	53.596	400	3~340	0.9	1.5	>90%
5	54.40	400	3~340	0.9	1.5	>90%
6	54.94	400	3~340	0.9	1.5	>90%
7	55.50	330	3~340	0.9	1.5	>90%
8	57.290344(fo)	330	3~340	0.9	1.5	>90%
9	fo±0.217	78	3~340	1.5	1.5	>90%
10	fo±0.3222±0.048	36	3~340	1.5	1.5	>90%
11	fo±0.3222±0.022	16	3~340	2.3	1.5	>90%
12	fo±0.3222±0.010	8	3~340	3.0	1.5	>90%
13	fo±0.3222±0.0045	3	3~340	4.5	1.5	>90%



峰值能量贡献高度

1近地面

2近地面

3->1000 hPa

4->700 hPa

5->400 hPa

6->270 hPa

7->180 hPa

8->90 hPa

9->50 hPa

10->25 hPa

11->12 hPa

12->5 hPa

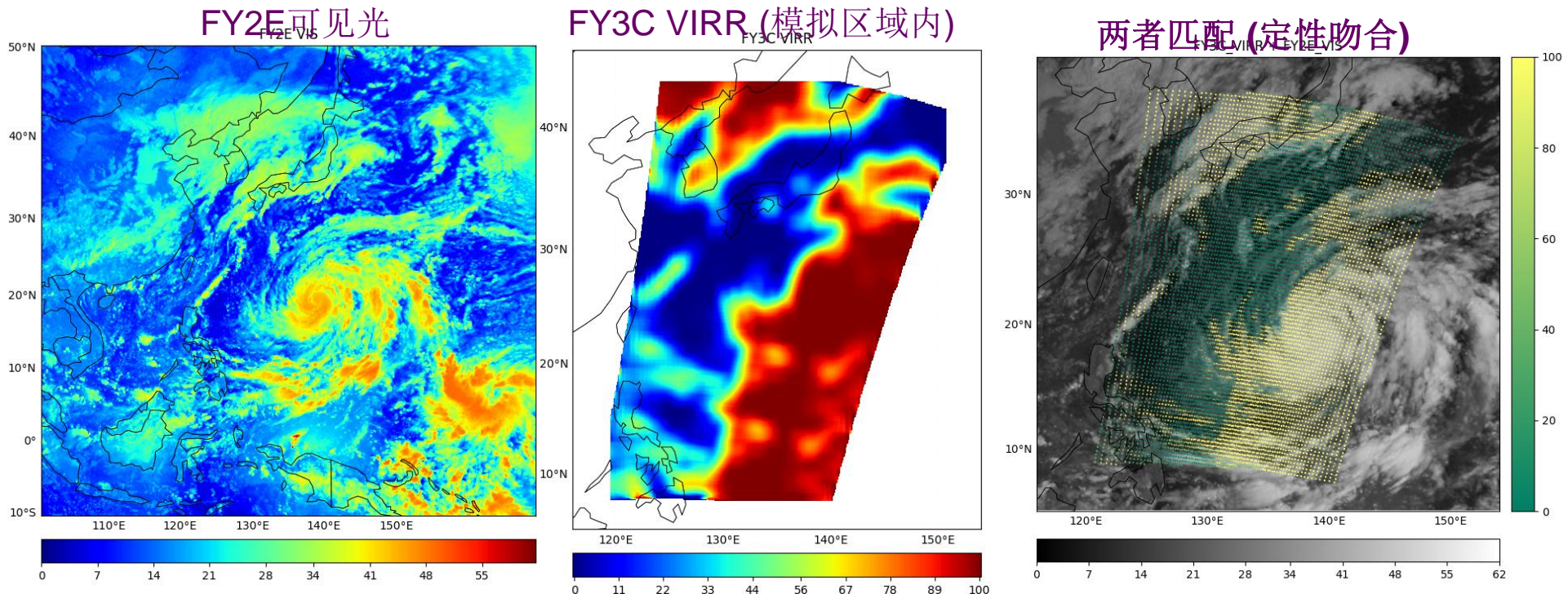
13->2 hPa



# 微波温度计资料同化

## 要解决的关键技术——降水云检测

- **问题:** (1) MWTS2缺少必要的窗区通道来进行降水检测。  
(2) 0-B方法受地表参数正确性、模式背景场质量、降水云等共同影响
- **新做法:** 基于VIRR云量产品进行降水云检测  
基于模拟偏差对云量的敏感性, 确定合适的云量阈值, 减少误判



VIRR云量产品与VIS云图对比

# 纲要

1

项目完成情况

2

GNOS掩星资料质量控制及同化模块研制

3

微波温度计资料质量控制及同化模块研制

4

试验与评估

5

成果与展望

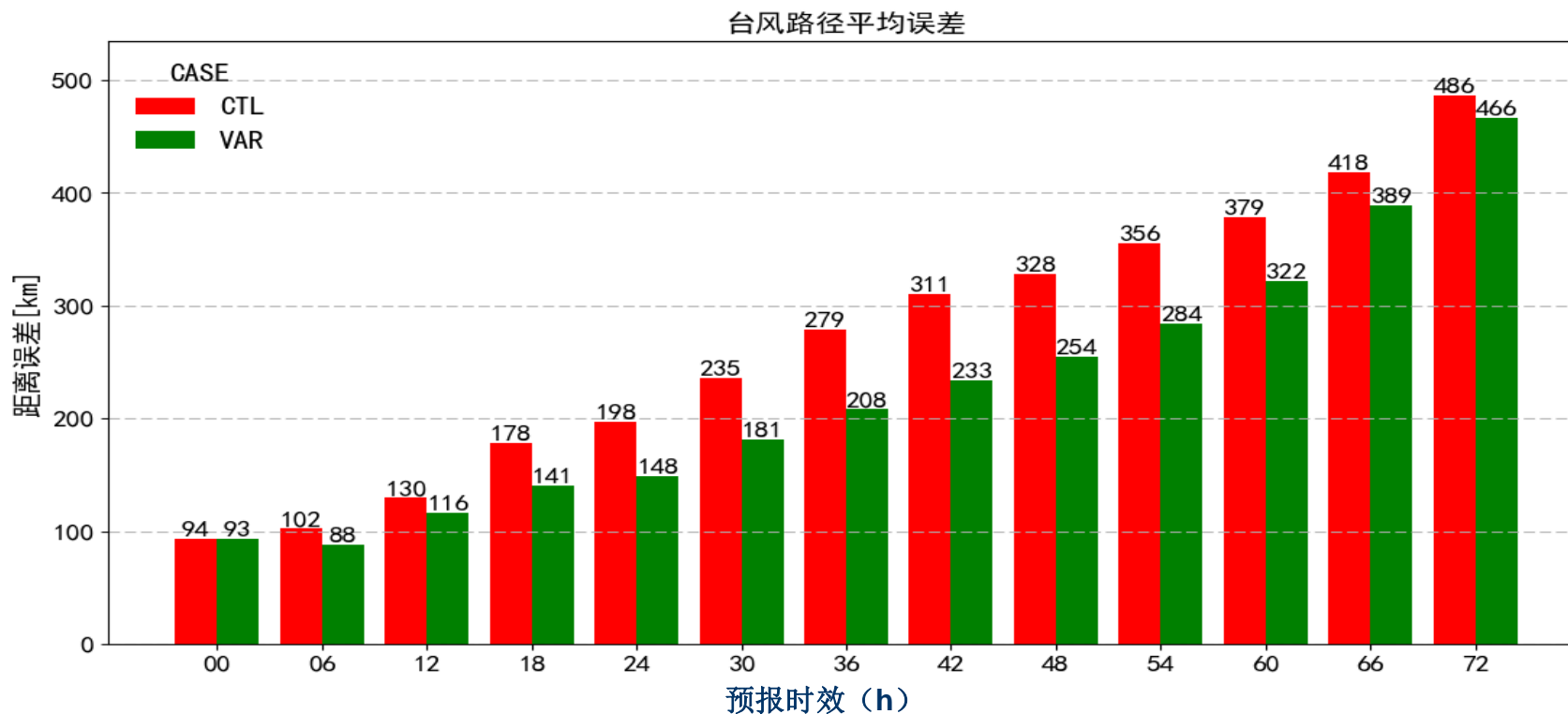


东海、南海方向台风预报应用

同化模拟批量试验

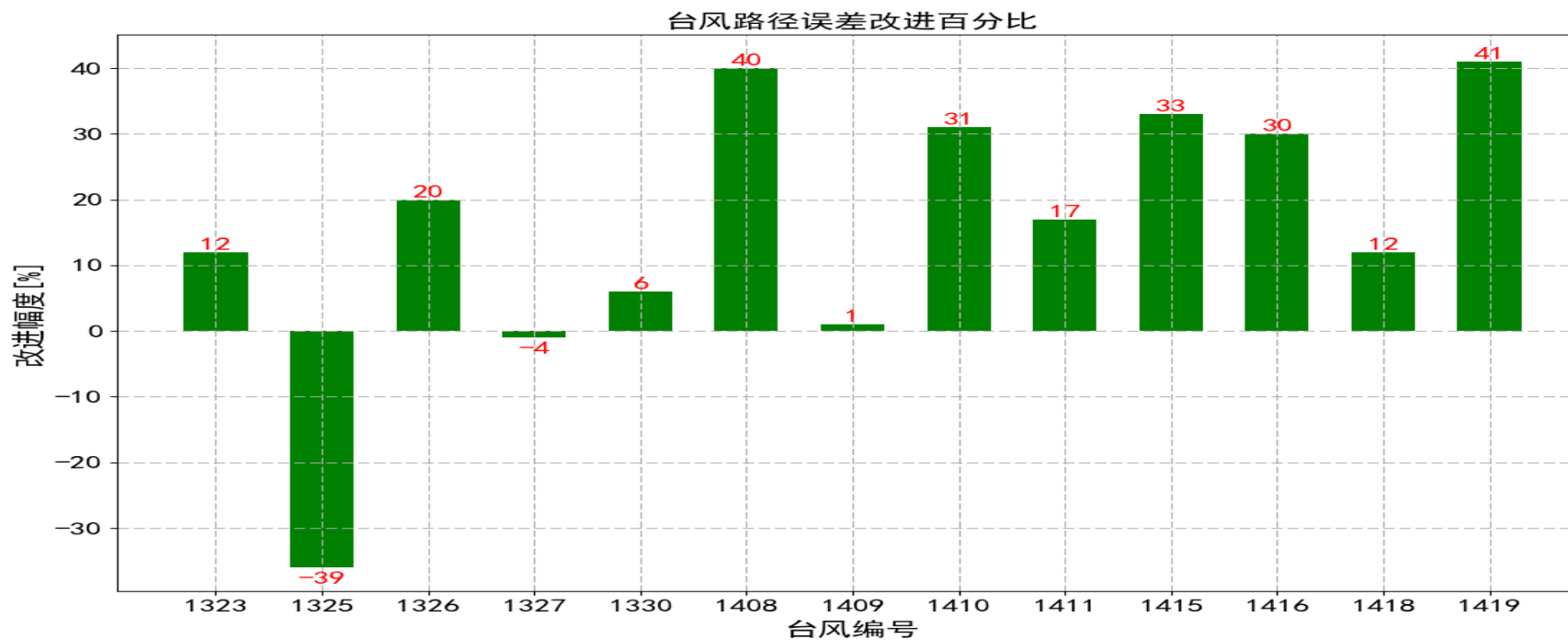
# 同化试验与评估

## (1) MWTS2资料同化, 16个台风个例 (2013/2014年)



# 同化试验与评估

## (1) MWTS2资料同化, 16个台风个例 (2013/2014年)



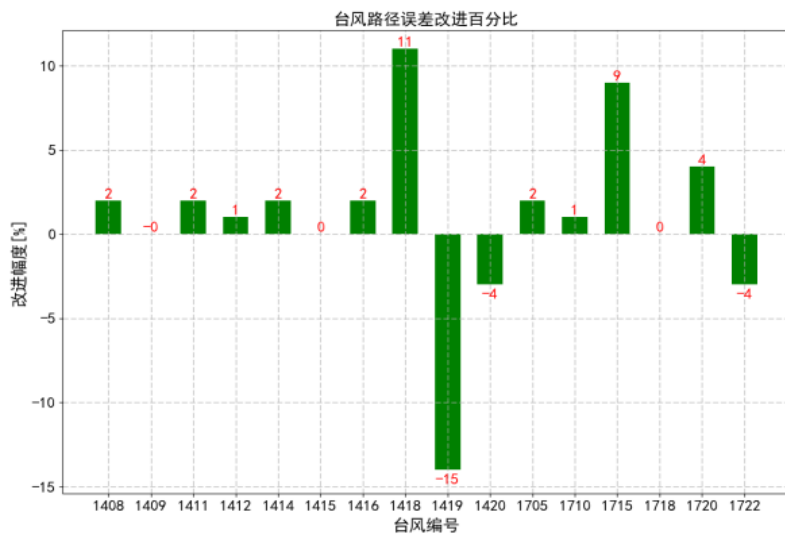
平均改进 (相对于未同化卫星资料的参照试验) : 15.9%

# 同化试验与评估

## (2) GNOS资料同化, 16个台风个例 (2014/2017年)

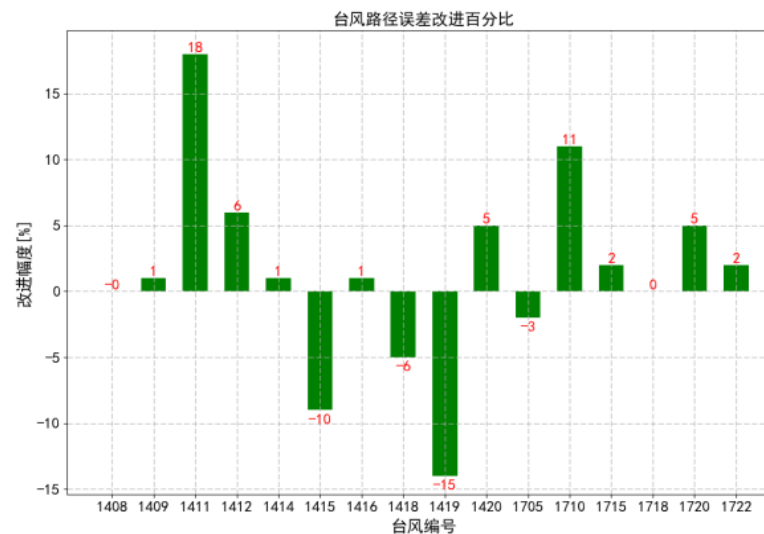
折射率同化, 改进幅度较小,

平均改进约%2



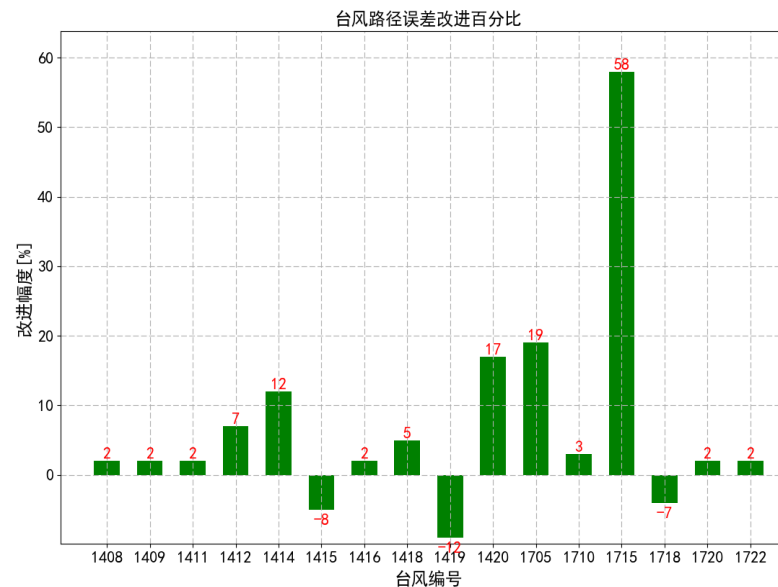
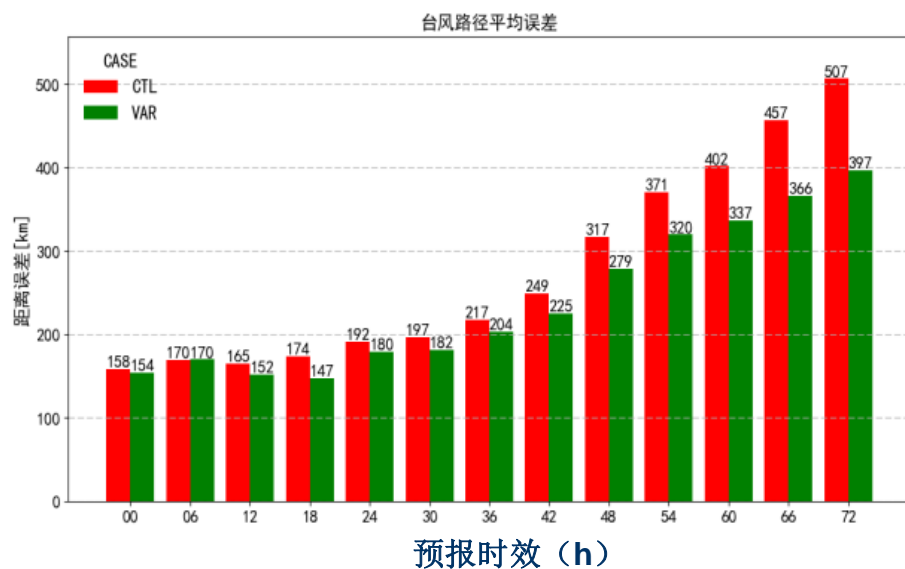
弯曲角1D算法同化, 改进幅度仍较小,

平均改进约%1.75



# 同化试验与评估

## (2) GNOS资料同化, 16个台风个例 (2014/2017年)



弯曲角射线追踪算法同化:

平均改进 (相对于未同化卫星资料的参照试验): 7.2%

优于折射率及弯曲角一维算法同化

# 中国区域降水预报应用

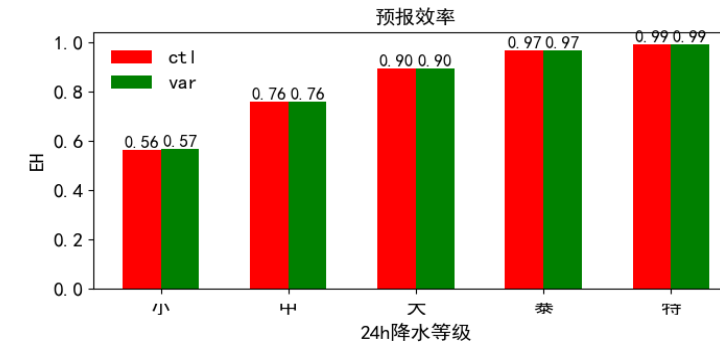
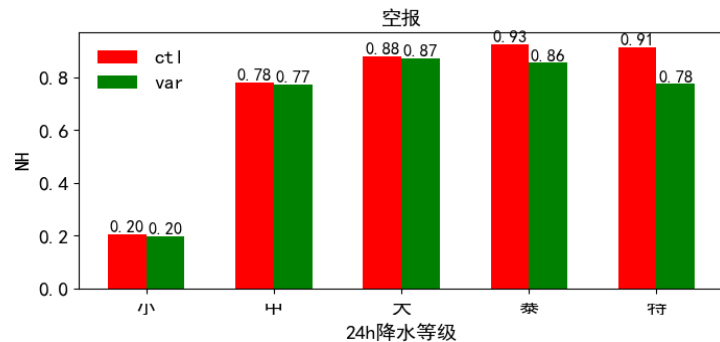
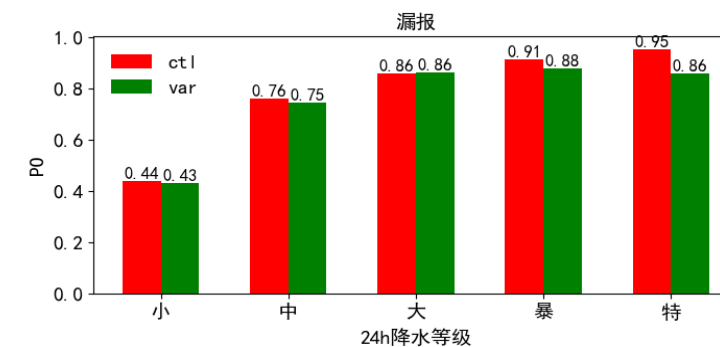
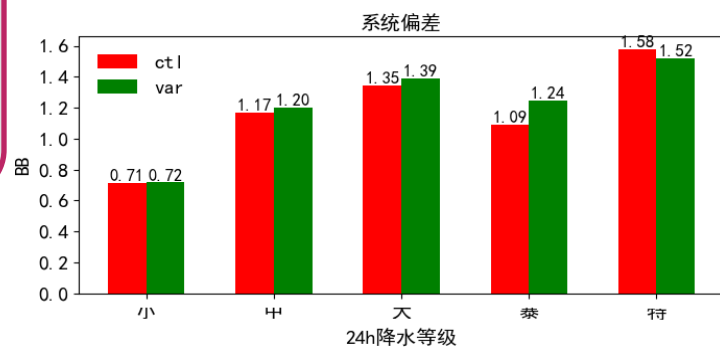
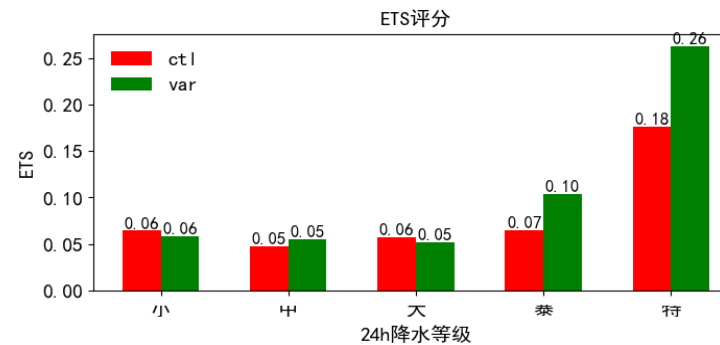
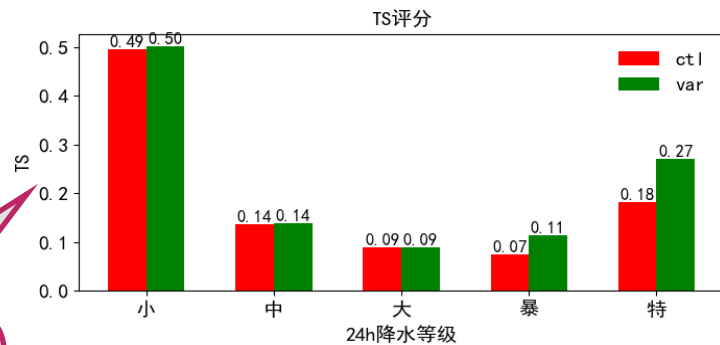
## 同化模拟批量试验

# 同化试验与评估

## (1) MWTS2资料同化, 降水典型个例 (2013/2014年)

主要看TS评分

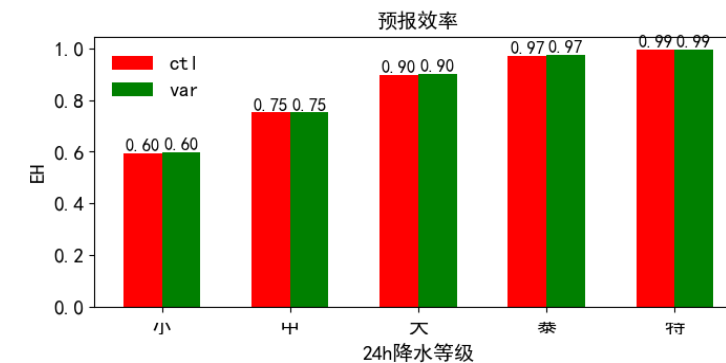
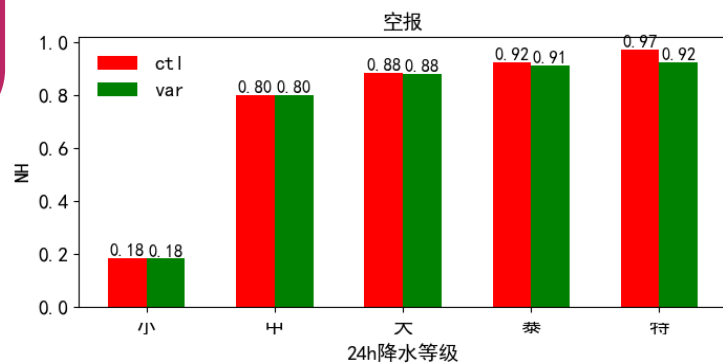
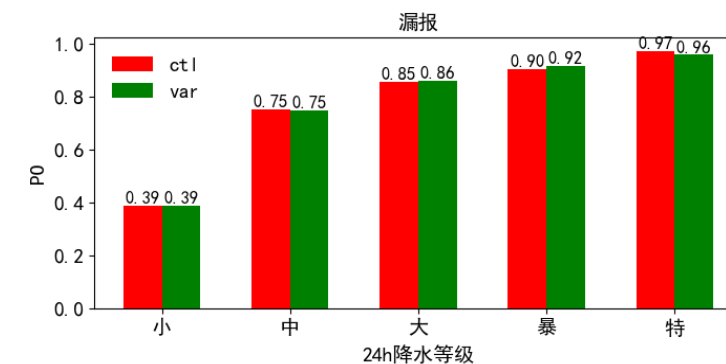
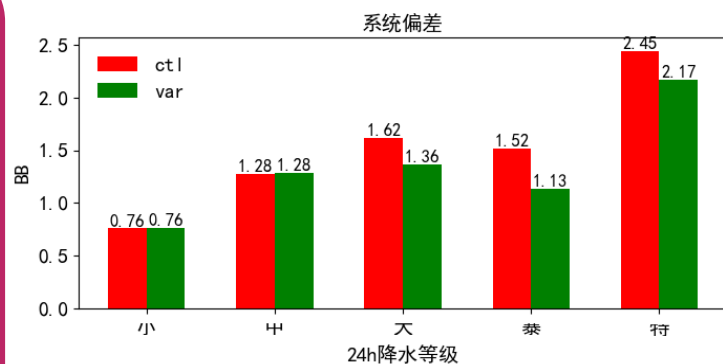
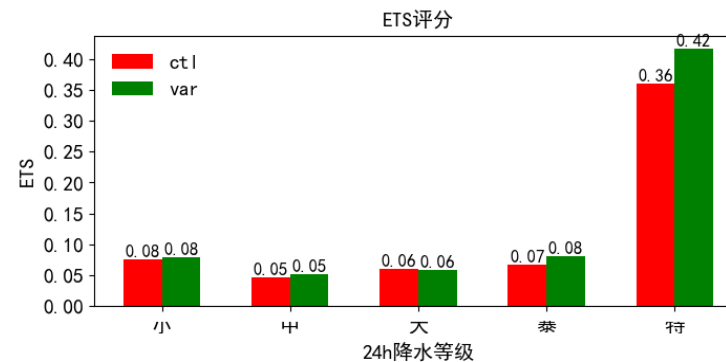
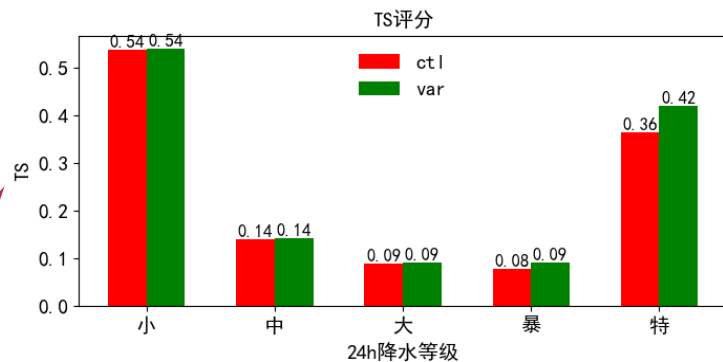
降水模拟呈  
正效应



# 同化试验与评估

## (2) GNOS弯角射线追踪同化, 降水典型个例 (2014/2017年)

TS评分  
降水模拟呈  
正效应  
较MWTS2资  
料同化结果  
弱



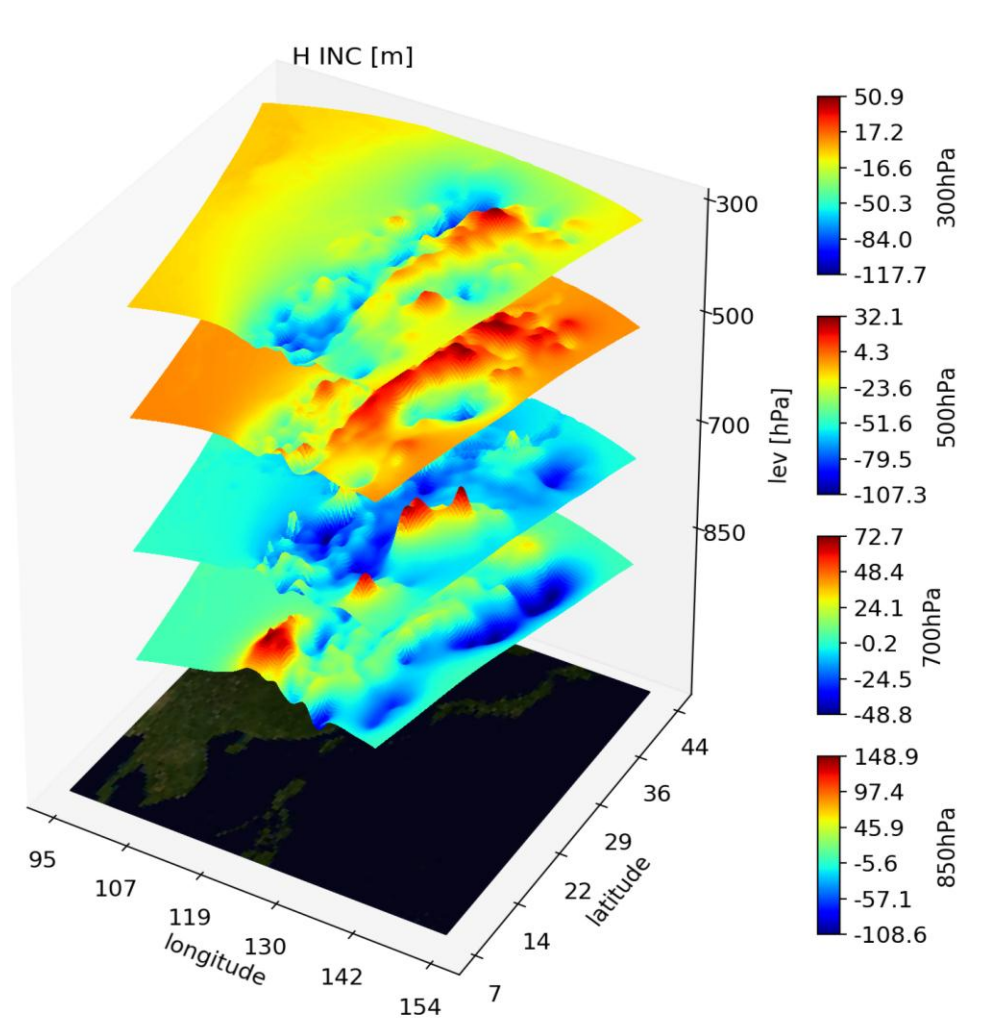


区域大气要素预报应用

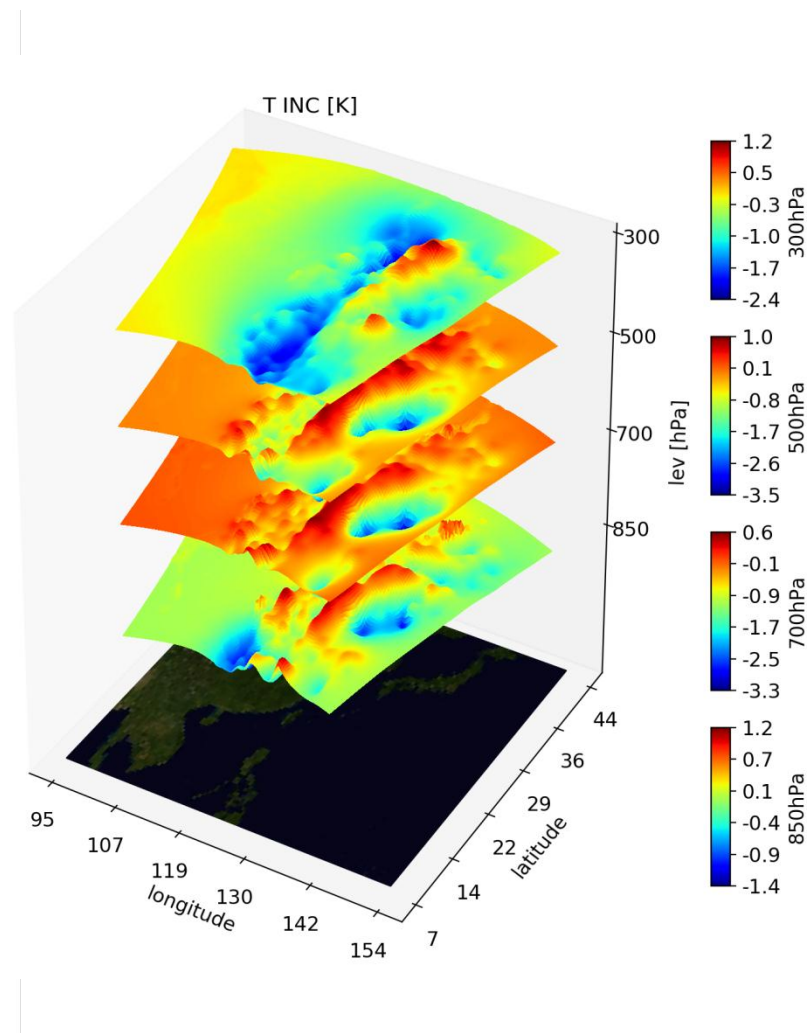
同化模拟批量试验

# 同化试验与评估

(1) 一次增量场分析 (MWTS2同化): 台风外围环境场有变化, 导致路径改善



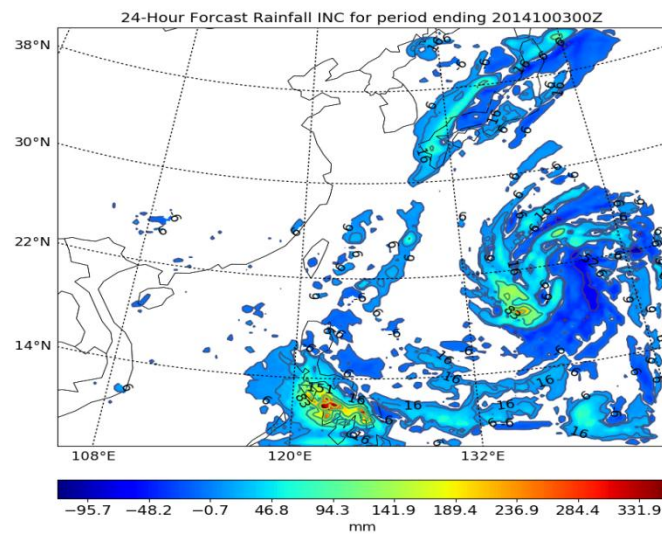
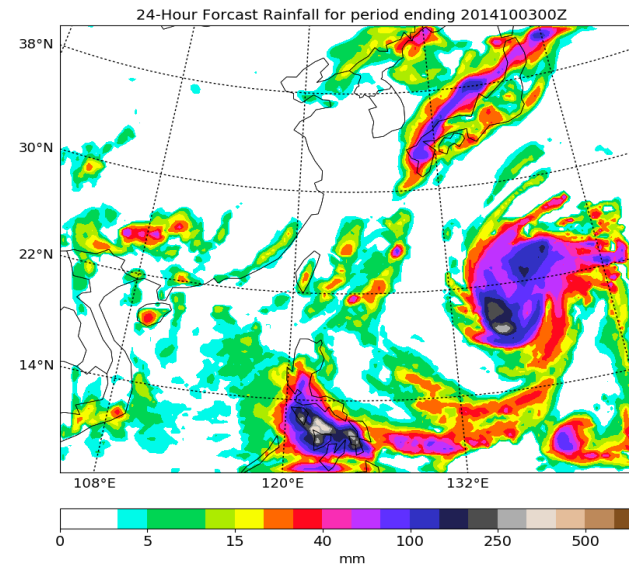
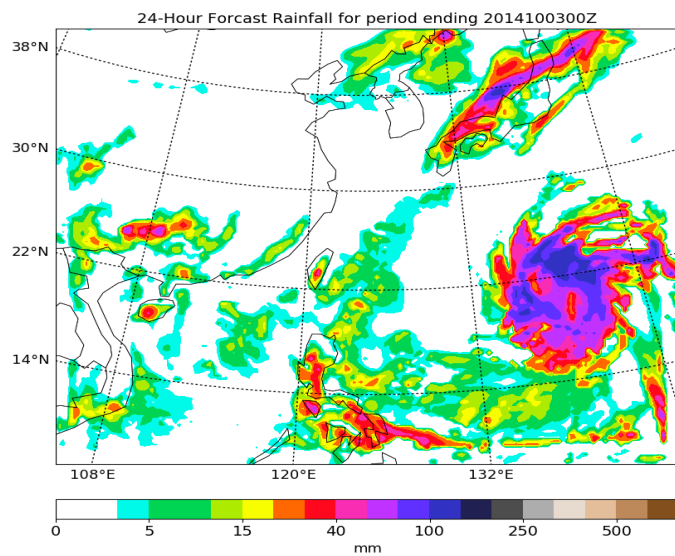
高度场



温度场

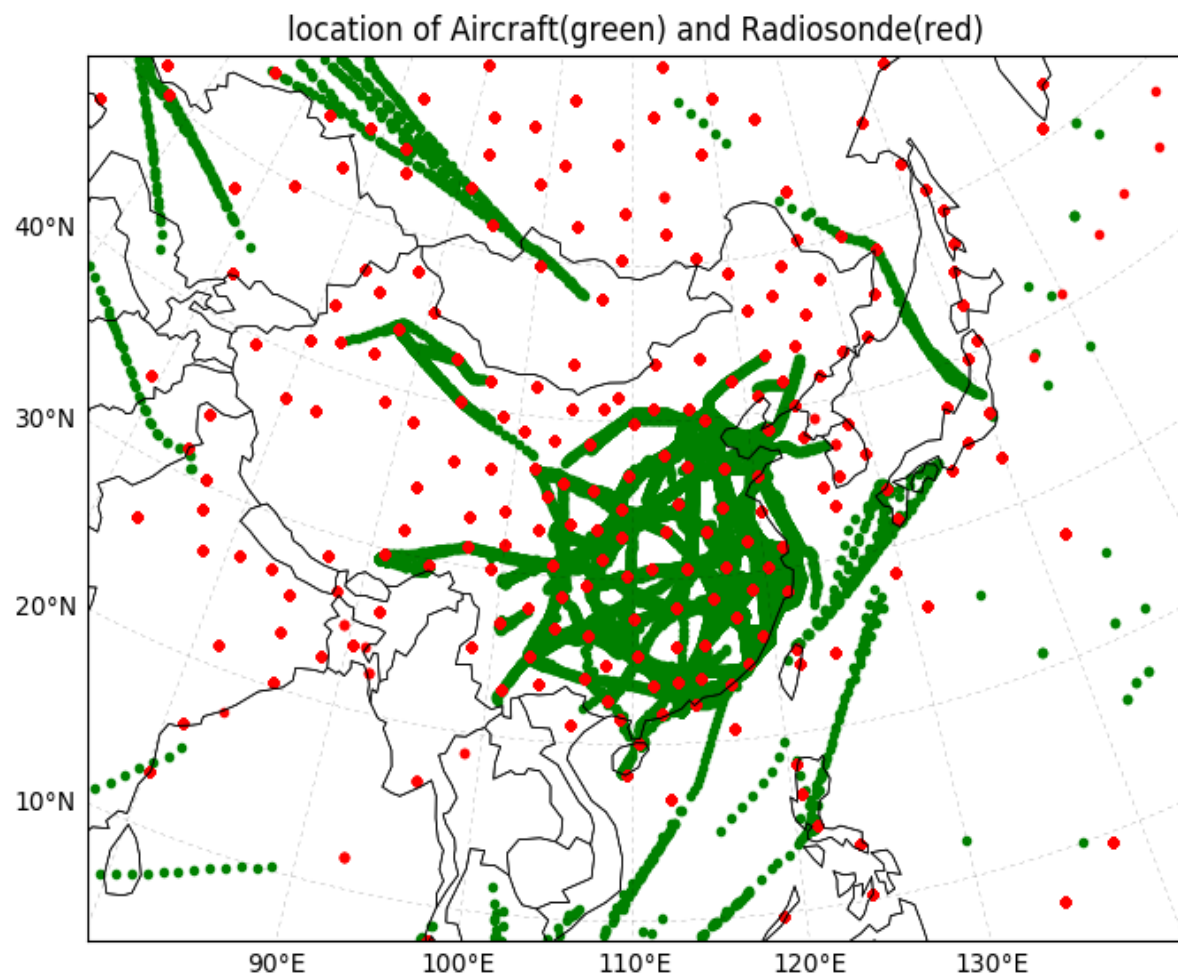
# 同化试验与评估

(2) 一次降水增量分析 (MWTS2同化)：同化后螺旋雨带更明显,降水强度及落区变化较大



## (3) 要素与观测比较——探空资料（站点相对固定）

飞机报资料（航线相对固定，偏差稍大， 仅用探空资料进行验证）



探空资料  
飞机报资料

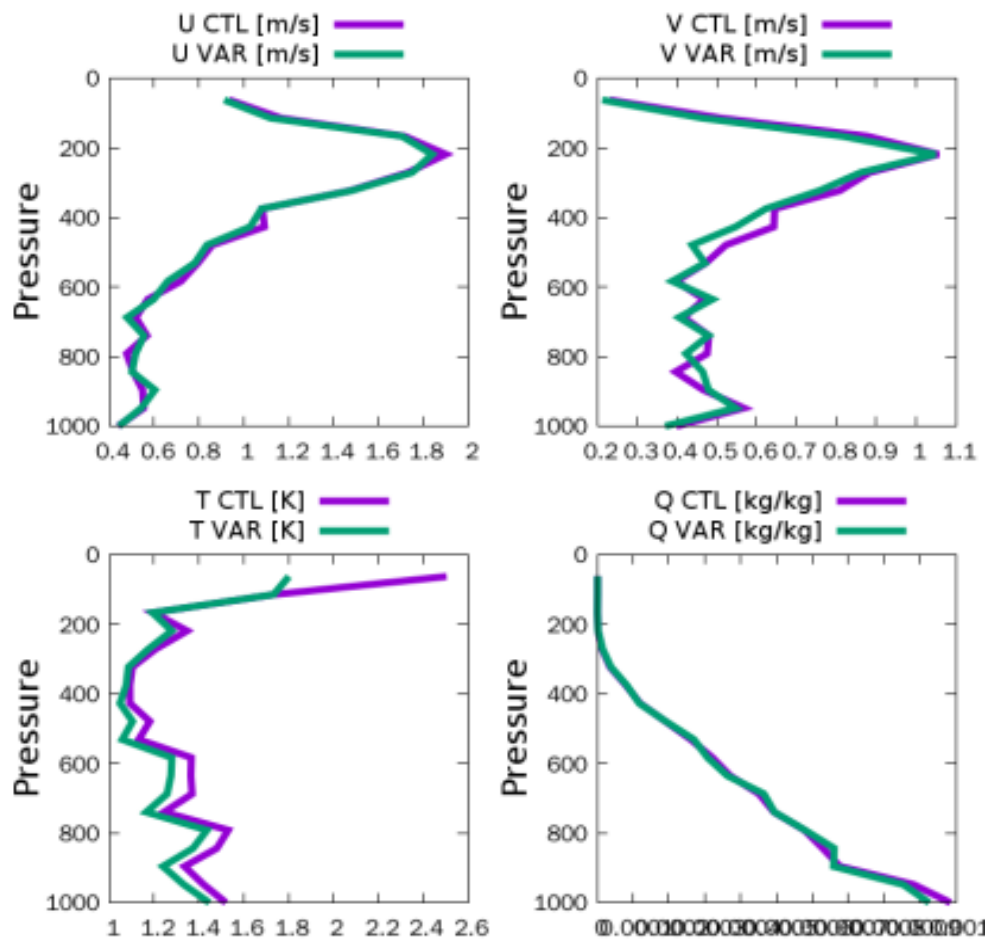
00时前后3h  
分布情况

# 同化试验与评估

## MWTS资料同化 (2013/2014年)

### 整体比较

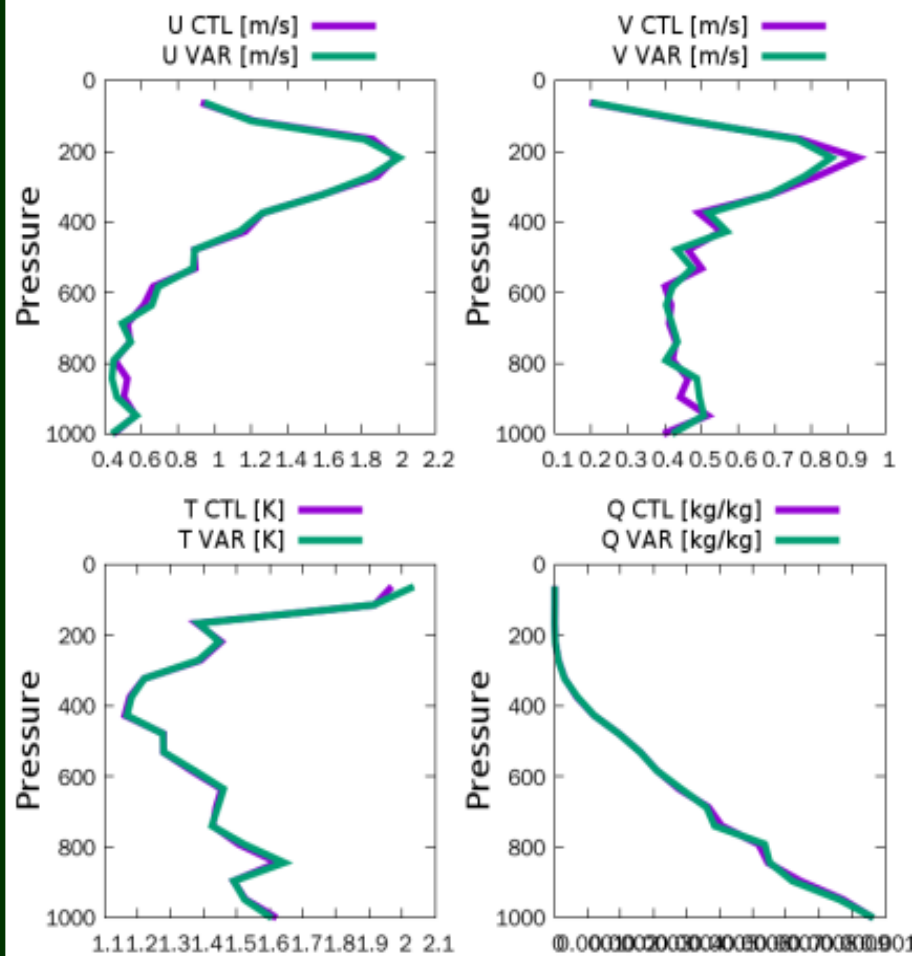
普遍偏差减小, 温度尤为明显, 缩小约4%



## GNOS资料同化 (2014/2017年)

### 整体比较

偏差变化较MWTS2小, 改进不明显

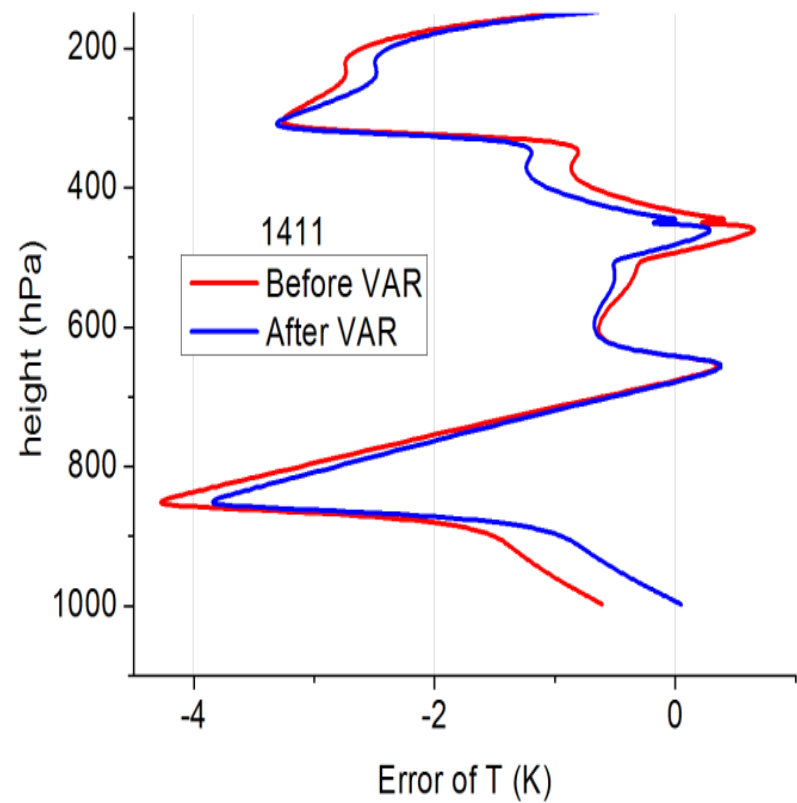
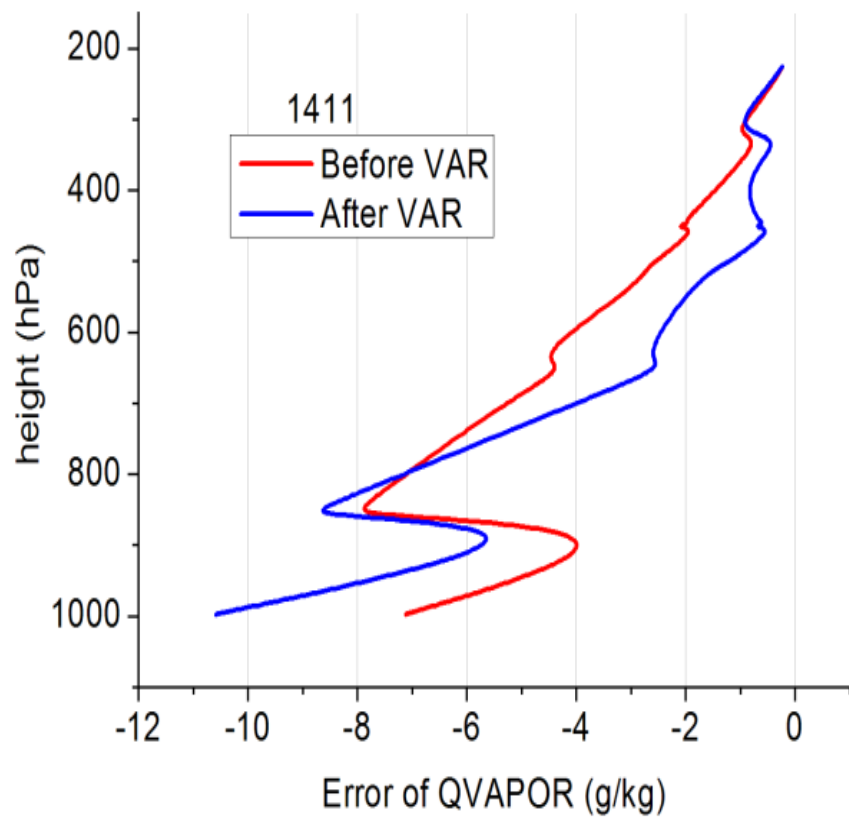


# 同化试验与评估

## GNOS资料同化 (1411)

### 单廓线比较

偏差变化明显，湿度在中层改善较明显



# 纲要

1

项目研究背景

2

GNOS掩星资料质量控制及同化模块

3

微波温度计资料质量控制及同化模块

4

试验与评估

5

成果与展望



## 初步成果

1. 建立了FY-3C卫星微波温度计资料及掩星探测资料质量控制模块及同化模块。
2. 以上质量控制模块及同化模块集成并开展了业务试验。
3. 个例试验表明，同化MWTS2、GNOS分别能改善台风路径模拟，降水模拟有正效应，大气要素与探空相比偏差缩小有限



# 展望与建议

1、本研究进行了业务试验，但当前实际的业务应用与产品推广应用有待进一步跟进。

2、MWTS2资料同化效果明显，但当前缺少FY3C的MWTS2资料，期望进一步开发FY3D、FY4A等红外高光谱资料的应用算法。

3、建议多部门多专业融合开发地球环境（大气、海洋、空间）的风云系列卫星资料应用技术（包括专业应用产品反演及数值预报同化，人工智能与大数据），提高敏感环境要素预测和灾害性事件的监测预警能力。

**敬请批评指正!**