

# 第三次青藏高原大气科学试验 (TIPEX-III)

## 工作简报

2016 年第 4 期，总第 11 期

“第三次青藏高原大气科学试验”项目办公室 2016 年 12 月 28 日

### “第三次青藏高原科学试验—边界层与对流层观测” 2016 年度研究成果 (二)

#### 第三课题研究 成果

#### 青藏高原云降水物理过程 及大气水循环

课题组长：郭学良，副组长：刘辉志、余兴

**课题进展：**利用试验观测资料，综合分析了青藏高原对流云微物理特征，指出高原云主要是冷云（云底温度低于  $0^{\circ}\text{C}$ ），云内各个高度都存在过冷水；云滴中的小粒子浓度随高度升高而降低，谱宽变窄，大粒子浓度随高度升高降低，但是谱宽随高度升高反而变宽；高原云中高层大粒子较多，但是低层较少，大粒子段浓度较大，这可能与云滴粒子在重力作用下导致的破碎和碰并作用有关；自主研发了显示积云对流降水方案；提出了云雷达三种观测模式的融合方法，并利用试验数据分析了不同模式的一致性；利用 MODIS 云水资料研究了云中水分循环次数及时空变化特征，发现高原东部云水循环较为活跃，与下游的云、贵、川地区相比云水循环次数较为接近或略小，但明显高于新疆和西北地区。

1. 完成了青藏高原云底温度、边界层比湿反演校验，总结了 2013 到 2015 年青藏高原对流云微物理特征。通过夏季青藏高原对流云的分析表明，与 14 时加密探空计算的抬升凝结温度相比，相关性达到了 0.85（图 1），远远高于 NCEP 再分析资料计算抬升凝结温度的精度，卫星反演云底温度与抬升凝结温度标准差为  $2^{\circ}\text{C}$ ，满足业务应用要求。通过卫星对青藏高原边界层比湿的反演，现有探空站计算的边界层比湿的标准差为  $0.8\text{g/kg}$ ，高于 NCEP 再分析资料计算的  $1.4\text{g/kg}$

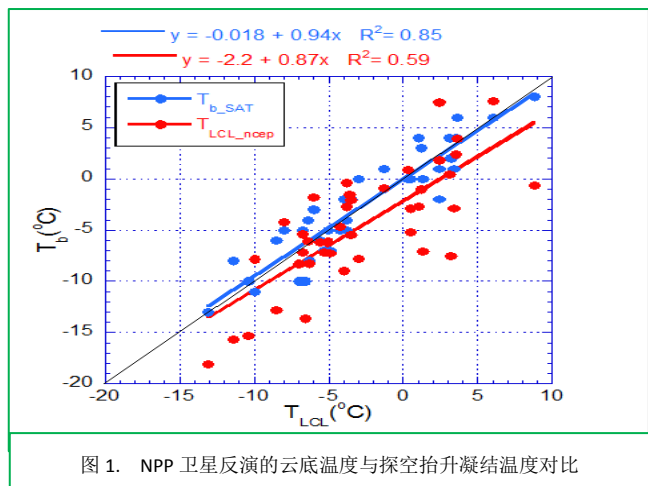


图 1. NPP 卫星反演的云底温度与探空抬升凝结温度对比

(图2)。利用模块集成技术, 实现整层的 VIIRS 反演边界层比湿 (图3)。

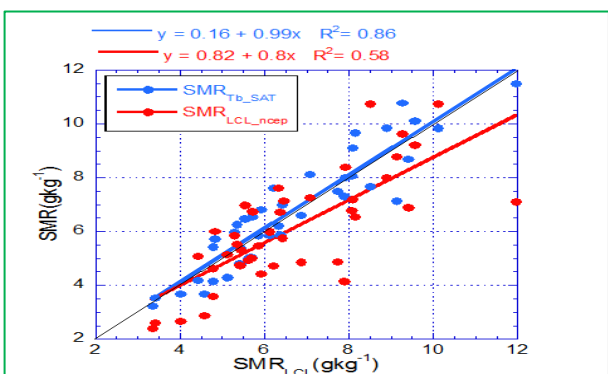


图2. NPP 卫星反演边界层比湿对比探空反演边界层比湿

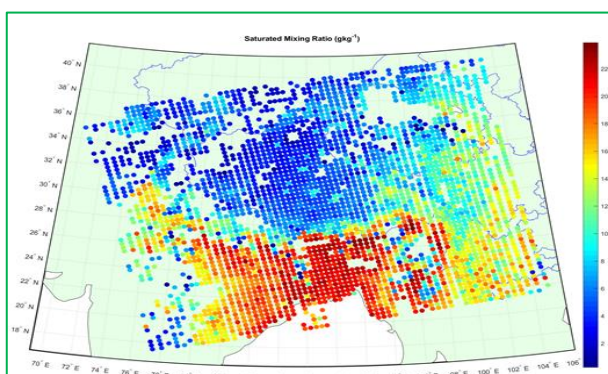


图3. 利用 NPP/VIIRS 自动反演系统反演边界层比湿

2. 利用分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$  的 MODIS 云水资料 (CWP) 对气候学上 (2001-2013 年) 云中水分循环次数进行研究。结果表明:

(1) 青藏高原东部云水循环较为活跃, 与下游的云、贵、川地区相比云水循环次数较为接近或略小, 但明显高于新疆和西北地区 (图4)。

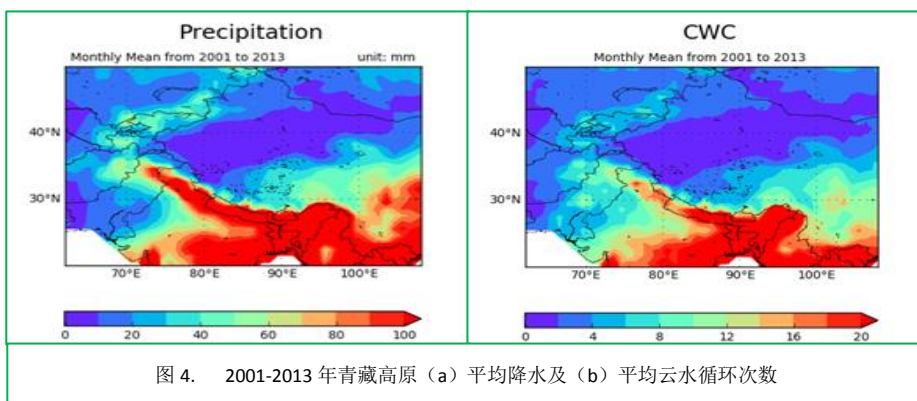


图4. 2001-2013 年青藏高原 (a) 平均降水及 (b) 平均云水循环次数

(2) 青藏高原云水循环次数存在明显的区域差异和季节差异, 主要特征为东部大西部小, 夏季明显高于其他季节 (图5)。

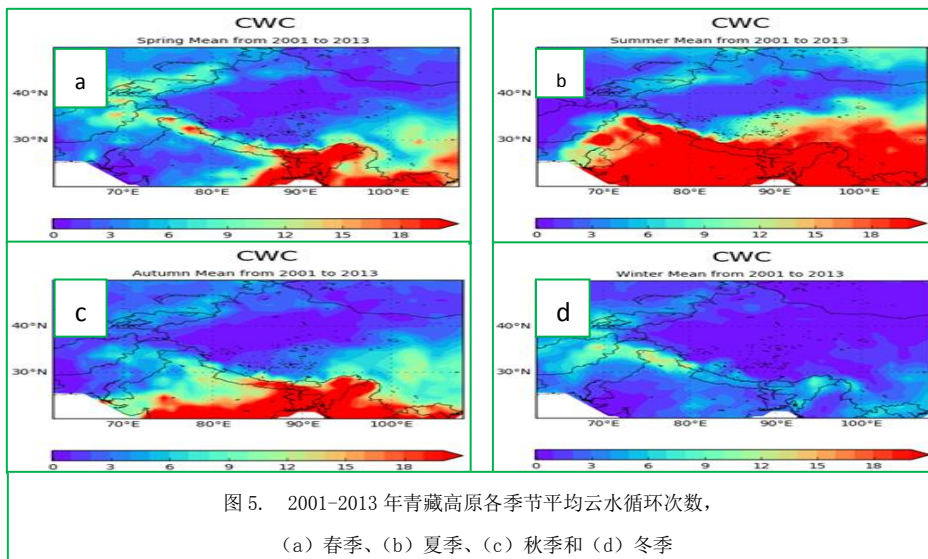
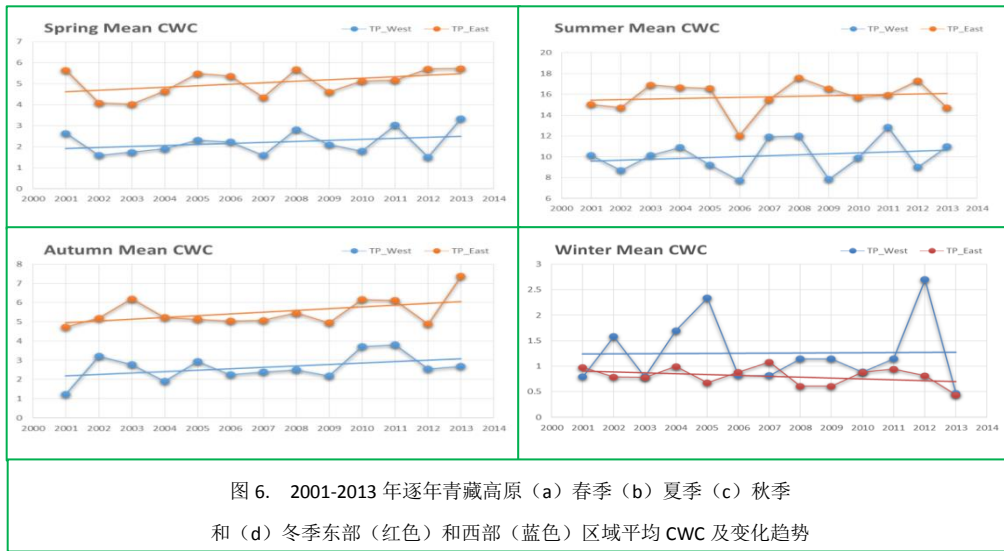


图5. 2001-2013 年青藏高原各季节平均云水循环次数, (a) 春季、(b) 夏季、(c) 秋季和 (d) 冬季

(3) 在 2001-2013 年期间，青藏高原东部和西部云水循环次数在春季、夏季和秋季均有所增加（图 6）。



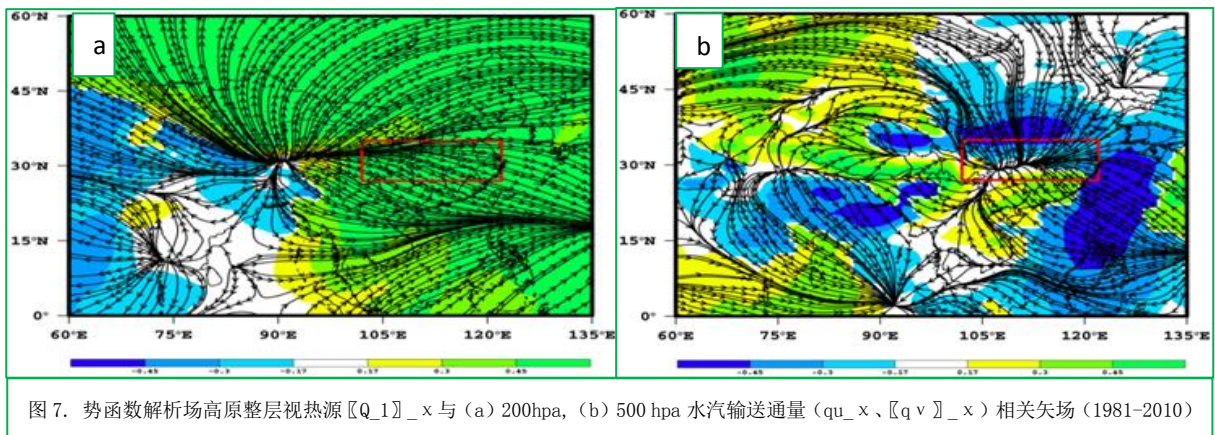
## 第四课题研究 成果

## 青藏高原影响及下游天气 诊断与预报

课题组长：徐祥德，副组长：谌芸、假拉

**课题进展：**研究了我国中东部暴雨与高原上游关键区多尺度大气水分循环“信号”的关系，发现采用势-流函数解析场能更清晰地揭示出长江流域暴雨过程“对流活跃带”大气三维动力结构，用势-流函数场相关三维结构追踪分析方法，可更为清晰地再现长江中下游暴雨过程前期青藏高原水汽输送动力系统东移影响的物理图像；发现了青藏高原对流系统生成特征，青藏高原中部和东部的对流系统发生频数对中国夏季降水有很好的预报价值，可作为下游降水的“强信号”。

1. 长江流域暴雨“活跃带”与青藏高原热力驱动的相关机制：研究表明：采用势-流函数解析场



能更清晰地揭示出长江流域暴雨过程“对流活跃带”特殊的大气三维动力结构。青藏高原视热源与高层



(200hpa)、高原低层(500hpa)水汽输送通量相关矢量场在青藏高原延伸至长江流域暴雨带呈“高层矢量辐散—低层矢量辐合”带状耦合相关结构特征(图7)。此特殊的大气三维动力结构可“激发”长江流域大气旺盛的对流活动,从而导致源自“世界屋脊”青藏高原的长江等大江大河上空维持着的“暴雨活跃带”与“空中水汽走廊”,此研究进一步印证了青藏高原水汽汇及其下游大气相关水汽输送三维结构将有利于暴雨、洪涝在长江流域频频发生。

2. 夏季青藏高原对流系统(TCS)的地区差异特征:研究发现,各季节青藏高原TCS都生成于青藏高原东南部,但夏季青藏高原TCS最多最强,且区别于其他季节,夏季青藏高原中东部存在TCS两个生成中心,这两个中心生成的TCS存在明显差异。基于2014年第三次青藏高原大气科学试验观测数据的个例分析亦与卫星统计所得结果一致,这进一步表明,青藏高原中部和东部TCS数目对中国夏季降水都具有很好的预报价值,可作为下游降水的“强信号”关键区。

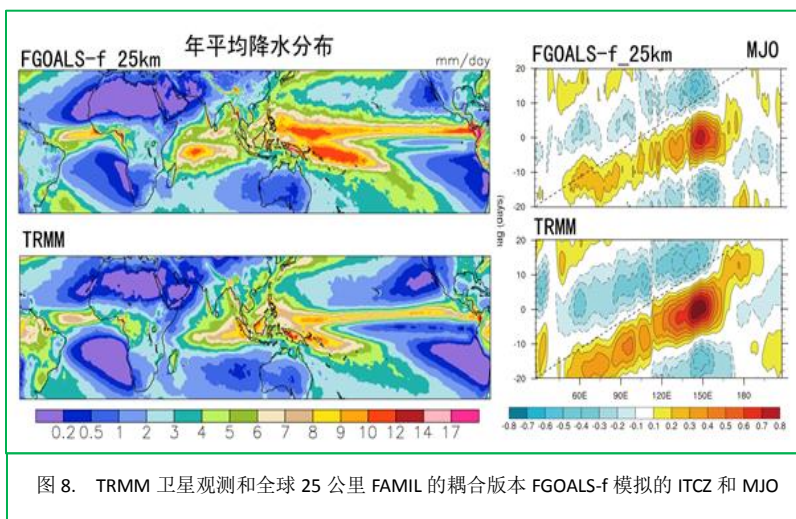
## 第五课题研究 成果

## 青藏高原对我国旱涝影响机理 及预测方法和技术

课题组长:刘屹岷, 副组长:柳艳菊、李建

**课题进展:**分析了青藏高原和附近地区云的垂直结构、降水和云辐射效应,提出了高原地-气能量和低纬度地区是影响中国东部夏季降水季节内变化的关键区及预测因子;分析了高原春、夏季热源的年际变化特征、影响因子及其对我国春、夏季降水的影响,并研究了这些变化特征、影响的年代际转变;初步建立了华南前汛期入汛早晚的多元统计预报模型、我国华南地区冬季气温变化的线性统计预测模型、我国夏季降水异常的预报方程。研发了全球25公里高分辨率大气环流模式FAMIL和耦合版本FGOALS-f,成功提高了FAMIL模式水平分辨率,是所有参加CMIP6模式比较计划中分辨率最高的4个气候模式之一,比较好地模拟了ITCZ和MJO特征。利用前期陆面、海洋热状况,协同青藏高原热状况,建立我国夏季降水异常的预报方程。

1. 顺利完成与高分辨率动力框架匹配的关键物理过程研发。引进RRTMG辐射参数化方案,应用蒙特卡洛次网格元参数化方法完善云辐射参数化方案,自主研发显示积云对流降水方案,引进高阶闭合边界层参数化方案等,成功提高了FAMIL模式水平分辨率,是所有参加CMIP6模式比较计划中分辨率最高的4个气候模式之一,在模拟ITCZ和MJO等方面性能突出(图8)。高分辨率大气模式FAMIL和全耦合模式FGOALS-f成功克服了青藏高原南



坡虚假降水问题，模拟青藏高原地区日降水的概率密度分布与高分辨率卫星资料非常一致（图9）。

2. 利用前期陆面、海洋热状况，协同青藏高原热状况，建立我国夏季降水异常的预报方程：研究发现除了江淮流域外，春季青藏高原的感热状况可以较好地拟合云贵高原、东北南部以及华南地区的夏季降水。当引入各关键海区，包括太平洋东部、南大

西洋以及印度洋的海温异常后，春季青藏高原感热状况协同各海温异常对我国夏季各区域的降水的预报能力均明显提高。方程拟合结果与观测值的相关系数均通过 99%的信度检验，这说明引入春季青藏高原感热状况可以提高我国夏季降水的季节预报能力。（表一）

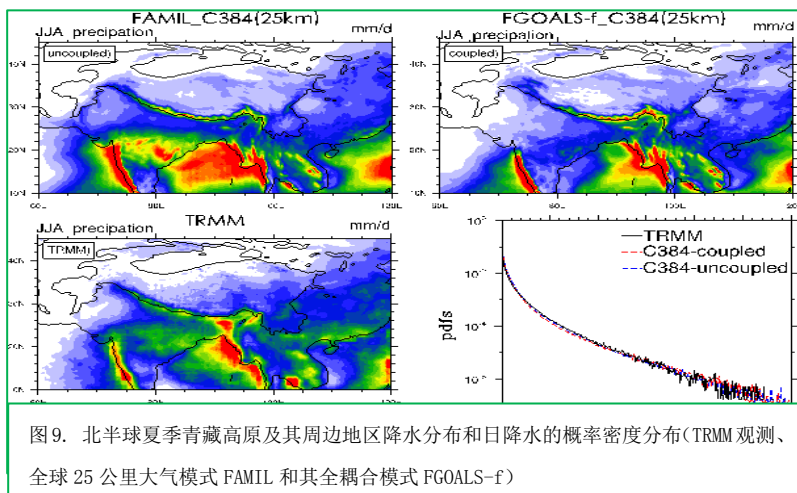


图9. 北半球夏季青藏高原及其周边地区降水分布和日降水的概率密度分布(TRMM观测、全球25公里大气模式FAMIL和其全耦合模式FGOALS-f)

表一. 春季青藏高原感热状况、各关键海区的海温异常在年际尺度上对我国夏季降水的拟合情况以及方程拟合结果与观测值相关系数。

拟合方程为:  $P = a_0 + a_1 \times \text{SHTP} + a_2 \times \text{SSTPO} + a_3 \times \text{SSTAO} + a_4 \times \text{SSTIO}$  (\* (\*\*) 表示通过 90% (99%) 显著性检验)

多元线性拟合	青藏高原	太平洋	大西洋	印度洋	方程拟合结果与观测值相关系数 (括号内为仅考虑青藏高原感热)
云贵高原	34.6	-159.6	214.3	/	0.66** (0.50**)
东北南部	36.6	/	215.7	171.5	0.64** (0.41*)
江淮流域	68.3	184.7	825.5	/	0.66** (0.38)
华南	-61.7	1054.0	/	/	0.66** (0.43*)

报送：试验领导小组、专家指导组成员

发送：试验实施组、项目办公室，项目课题组长、副组长，各协作单位负责人

主编：赵平

编审：徐祥德、孙效功

本期编辑：赵妍、邢如均

联系单位：中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室

联系电话：010-68406768, 010-58994677

联系地址：北京市海淀区中关村南大街46号