

中国气象局上海台风研究所

2015 年度工作报告

目 录

概述	2
一、 科研工作进展	4
二、 基础条件与科研能力建设	39
三、 野外科学试验	41
四、 科研成果转化	41
五、 论文发表情况	42
六、 学术期刊	42
七、 学术交流活动	42
八、 科研合作情况	43
九、 人才队伍与团队建设	46
十、 党风廉政建设和科研文化建设	47
十一、 大事记	41
附表：机构基本情况	56

概述

2015 年中国气象局上海台风研究所在中国气象局、上海市气象局的正确领导下，围绕 2015 年的重点工作任务和工作部署，按照年初制订的工作方案，全所职工共同努力，全面完成了年度工作任务，在科研、业务转化、基础条件建设、野外科学试验等方面都取得了显著成绩，主要表现在：

机理研究方面，2015 年内新增科研项目 18 项，包括国家级 7 项，省部级 8 项，内容涉及台风预报关键技术、台风灾情评估、数值预报物理过程参数化及资料同化、外场观测技术及科学试验等方面，并在近海及登陆台风强度变化科学试验、台风极端降水的预报技术及其可信度、登陆台风灾害影响预（评）估方法、热带气旋边界层湍流结构观测分析及其对热带气旋强度影响机制、近海热带气旋风-压关系、中国热带气旋降水年际变化的多尺度调制和机理、登陆台湾台风降水结构特征分析等基础及应用研究领域取得新进展，全年共以第一作者发表论文 27 篇，其中 9 篇被 SCI (E) 期刊收录，参加国际会议计 25 人次，国内会议并作报告计 39 人次。年内，共结题验收项目 9 项、登记科技成果 6 项，其中 1 项获上海市科技奖三等奖。

成果转化及业务应用方面，出色完成汛期的台风和区域数值预报的业务值班工作，升级了《西北太平洋热带气旋检索系统》(v3.4 版正式对外发布)，改进了“上海台风预警中心”产品网，研制完成的“台风年鉴辅助系统(二期)”投入业务应用，新一代“华东区域中尺度数值模式预报系统(SMS-WARMS2.0)”已通过业务准入的评审(并正式上线)，新的华东区域快速更新同化模(SMS-WARRV2.0)也已移植至 HPC Athena 上并已投入准业务化测试运行，长三角沿海高分辨率的海底地形资料和海岸线等精细化数据被成功引入风浪模式系统，

已建立覆盖黄、东、渤海的无结构网格下的风浪数值预报系统和包括东中国海和南海的高分辨率风暴潮及海洋环流数值预报业务系统，基本满足了长三角沿海（特别是洋山深水港等重要海域）高分辨率的业务要求。

野外科学试验方面，利用移动观测车和无人机等设备在浙江温岭地区实施了“灿鸿”台风的观测试验；利用移动车在福建三沙地区实施了“苏迪罗”台风观测试验；在海南万宁对台风“彩虹”成功实施了国际首例火箭弹探测台风的科学试验，引起国内外广泛关注。

科研基础条件建设方面，完成了“毫米波雷达”和“微型测雨雷达”在浙江台州大陈岛的安装（2013年修缮购置项目）和部分“闪电监测系统”的安装工作任务，完成“小型火箭探空系统”和“全自动探空系统”的出厂验收（2014年修缮购置项目），初步完成“x波段双偏振多普勒雷达”和“全自动探空系统”站点的选址工作，完成了2015年修缮购置项目1690万元购置任务，编制了2016-2018年上海台风研究所修缮购置规划，完成了2016年修缮购置项目的申请上报工作。

一、科研工作进展

（一）科研立项情况（见附表 8、9）

年内 在研项目共 36 项，其中新立项 18 项，包括国家级项目 7 项，省部级项目 8 项，内容涉及台风预报技术研究、台风灾情评估、数值预报物理过程参数化、资料同化、外场观测技术等方面。

（二）成果及获奖情况（见附表 10、11）

2015 年度，由陈葆德等完成的“上海高影响天气一体化多级高分辨率数值预测技术”获上海市科技奖三等奖。

（三）在研项目进展情况

2015 年，在台风预报关键技术研究、台风气候预测机理研究、台风灾害影响研究、高分辨率台风模式技术研究等方面取得了较大进展，其中国家级项目主要进展如下：

1、973 计划课题——热带太平洋 - 印度洋增暖形态对西北太平洋（含南海）台风气候态长期演变的影响及其机理

项目负责人：陈葆德；项目执行时间：2012 年 1 月 - 2016 年 8 月。

（1）ENSO 在高原积雪与西北太平洋热带气旋生成频数关系中的作用

已有研究表明，高原冬季积雪（TPSC）与随后台风季节西北太平洋热带气旋生成频数（TCF）之间具有典型的负相关。基于长时间观测资料对二者关系进行再探讨，发现两者的年际关系在 1990 年代初发生了跃变，即 1976-1992 年冬季 TPSC 与随后台风季节 TCF 之间的联系较弱，二者间的相关系数仅为 0.17；1993-2012 年冬季 TPSC 与 TCF 之间的相关明显加强，二者的相关系数达到 -0.60，通过了 99% 信度检验。

TPSC-TCF 关系发生年代际变化与冬季 TPSC 对西北太平洋地区相关热动力场的调控发生变化有关。前一时期，冬季 TPSC 对西北太平洋地区大尺度环境场

的调控较弱，从而与该地区 TCF 关系较弱；而在后一时期，前者对后者施加了显著的影响，当冬季 TPSC 异常偏多时，赤道西太平洋地区为显著的东风异常，西北太平洋季风槽偏弱，与此同时，西北太平洋台风生成区域为一强大的异常反气旋环流控制，涡动动能减少，海平面气压增加，对流层中层为大范围的湿度负异常和下沉运动。这种配置明显不利于热带气旋生成。反之亦然。这些环境场对该地区热带气旋的生成起到了关键的调控作用，因此改变了冬季 TPSC 与热带气旋生成的联系。

最近几十年，随着全球变暖的加剧，ENSO 与亚澳季风系统的联系更为密切，而 1990 年代初正好为 ENSO 从经典的东部型为主转为中部型为主的时期。本文进一步研究发现，中部型 ENSO 在加强冬季 TPSC 与 TCF 间关系起到了至关重要的作用。1993–2012 年间，冬季 TPSC 与中部型 ENSO 存在显著的负相关。在 TPSC 偏多年（少），中部型 ENSO 多为冷位相（暖位相），这种分布一方面加强了 TPSC 与纬向海陆热力差异继而与西北太平洋夏季风的联系，另一方面加强了 TPSC 对热带气旋生成相关的动力环境场的调控，因此在这一时段 TPSC 与 TCF 之间存在显著的相关。然而，在前一时段 TPSC 与 ENSO 的联系较弱，冬季 TPSC 对西北太平洋夏季风和台风生成区域动力场调控较弱，因而其与 TCF 之间的关系减弱。此外，通过动力诊断研究还进一步揭示，在 1993–2012 年中中部型 ENSO 的作用主要是通过加强西北太平洋地区，尤其是中东部地区纬向风的正压能量转化来实现的。

（2）西北太平洋台风生成频数和南北半球海温梯度年际关系的年代际变化

最近研究表明，春季西南太平洋（SWP； 40° – 20° S, 160° E– 170° W）和西太平洋暖池（WWP； 0° – 16° N, 125° – 165° E）之间的海表面温度梯度（SSTG）是调控西北太平洋热带气旋（WNPTC）生成频数的一个新的重要因子，将这个因子应用到实际台风业务预测中可以明显提高预测效果。然而，分析 1951–2013 年 WNPTC 生成频数和 SSTG 之间年际关系的年代际变化发现，SSTG–WNPTC 的关系在 1970 年代中期存在明显的变化，即 1979 年以后二者显著的负相关关系在 1974 年以前是不显著的。

进一步研究表明：前期（1951–1974 年）SSTG 与东部型 El Niño（EP 型）呈现显著的负相关关系，而后期（1979–2013 年）则与中部型 El Niño（CP 型）密

切相关。对于前期而言，一方面，春季 EP SSTA 在赤道地区激发出的纬向风异常及西北太平洋台风主要生成区域激发的环流异常与 SSTG 的作用相反，从而抑制了 SSTG 对春季环流场的触发；另一方面，该时期从春季到夏季 SSTG 自身持续性迅速减弱，这进一步削弱了 SSTG 对夏季环流的调控，从而使得 SSTG 对台风季节台风生成频数的作用不显著。对于后期，夏季 CP SSTA 在西北太平洋台风生成区域激发的环流异常与 SSTG 的作用是一致的，且此时 SSTG 从春季到夏季具有很强的持续性，从而进一步加强了 SSTG 对 WNP TC 生成的影响。

(3) 不同影响因子在台风活动强度中的相对重要性

累积气旋能量指数 (ACE) 综合考虑了热带气旋生成频数、生命史和强度，可以较好地表征热带气旋活动。海温和垂直纬向风切变对西北太平洋台风活动具有重要的影响。基于 1982-2010 年西北太平洋台风季节 ACE 与春夏季海温场及夏季垂直纬向风切变场的相关分布，确定了四个对 ACE 有显著影响的因子，分别为：赤道中东太平洋 Niño3.4 海温 (ENSO)、西南太平洋海温 (SWP SST)、西南太平洋和西太暖池之间的海温梯度 (SSTG) 和赤道西太平洋垂直风切

(Ushear)。已有研究表明，前三个因子对西北太平洋热带气旋活动具有重要的影响，而风切因子广泛地被应用于热带气旋活动预测中。表 1 给出了上述四个预测因子的时空范围和相关系数。可以看出，这四个因子与季节 ACE 均有很好的相关关系，尤其是 Ushear，其与季节 ACE 的相关高达-0.84，超过了 99% 的显著性水平。

Table 1 List of potential predictors and correlation coefficients between the observed predictors and seasonal ACE for the typhoon season (June-October) based on the CMA and the JMA TC best track data during 1982-2010. The correlation coefficients significant at and above the 95% confidence level (± 0.37) are shown in bold.

预测因子	选取范围	季节	相关系数 CMA/JMA
ENSO	170°W-120°W, 5°S-5°N	summer	0.74/0.76
SWP	160°E-170°W, 40°-20°S	spring	-0.61/-0.44
		summer	-0.64/-0.50
SSTG	SWP-WNP	April	-0.73/-0.62
		spring	-0.68/-0.56
Ushear	140°E-170°W, 10°S-10°N	summer	-0.84/-0.74

进一步,本项目利用逐步回归和交叉检验方法探讨了四个因子在季节 ACE 中

的相对贡献。Ushear 是首个进入逐步回归中的因子，模拟与观测的相关为-0.84，均方根误差为 0.68，表明其贡献是主要的。SSTG 是第二个引入逐步回归中的因子，结果使得模型拟合率从 0.70 提高到 0.77，均方根误差从 0.68 降低到 0.56。ENSO 和 SWP SST 分别是第三个、第四个引入的因子，表明其作用相对于前两个因子而言是偏小的。尤其是 SWP SST 的引入，基本上模型没有明显的改进，这可能是因为 SWP SST 的信息已经部分地被 SSTG 所表达（二者的相关高达 0.65）。此外，从不同因子逐年贡献演变来看（图 5），29 年中 16 年为 Ushear 贡献最大，11 年为 SSTG 贡献最大，仅有 2 年 ENSO 贡献最大。实际上，Ushear 与 ENSO 之间密切相关，相关系数高达-0.79，如果从 Ushear 中去掉 ENSO 的作用，那么 Ushear 的贡献显著降低，从这个意义上来说，ENSO 的作用仍然是显著的，只是这种作用通过 Ushear 来起作用。

（4）区域环流的变异对热带气旋活动的影响

热带气旋的活动与区域环流的关系十分密切。在东亚—西北太平洋地区，季风的活动和热带季风—暖海洋的特殊环境，对西北太平洋热带气旋的活动具有更为直接的影响。

由于热带气旋活动的季节跨度大，在整个季节中区域大气环流的基本流特征发生了数次变化（例如副热带高压的北跳和南落），针对盛夏—早秋热带气旋活动的主要季节，取不同阶段（6~7 月、7~8 月和 8~9 月）与主要的热带气旋活动期（7~9 月）进行对比，确定基本流的可能影响，最终选定 7~9 月进行分析。分析东亚—西北太平洋地区区域环流典型模态的同时，也分别对年际变化和年代际变化分量作同步的分析，分别建立了各典型模态与东亚—西北太平洋地区热带气旋活动的关系，确立用区域大气环流的变化来预测、评估热带气旋活动的可能性。同时，通过分析各典型模态与外强迫场的相关性，探讨气候变化对区域环流特征以及热带气旋活动的可能影响。

（5）ERA-interim 全球再分析资料驱动 WRF 模式进行动力降尺度模拟

为发展西北太平洋台风高分辨率动力降尺度数据集，利用再分析资料 ERA-interim 驱动高分辨区域气候模式 WRF 进行模拟。选取 2004 年进行试验，开展连续模拟积分，积分起始时间为 2004 年 5 月 1 日，积分结束时间为 2004 年 11 月 1 日，选取 5 月 1 日~10 月 31 日的结果进行分析。

许多学者对全球几套再分析资料进行综合对比评估，ERA-interim 再分析资

料被公认为对大气环流及要素刻画最好的几套再分析资料之一且分辨率较高(水平分辨率约 70 公里), ERA-interim 再分析资料对西北太平洋地区台风频数及位置也有较好的刻画能力。

为得到更高分辨率的西北太平洋台风数据集,使用高分辨区域气候模式 WRF 对再分析资料 ERA-interim 进行动力降尺度。WRF 模式水平分辨率为 15 公里。选取 2004 年进行动力降尺度模拟试验。分析表明, WRF 模式刻画的 2004 年台风频数及位置与观测较为接近(图 6),为下一步利用 WRF 模式建立西北太平洋地区历史及未来预估的高分辨率动力降尺度数据集提供了信心。

2、973 计划课题——台风强度和海洋环境的海气耦合预报关键技术

项目负责人: 雷小途; 项目执行时间: 2013年1月-2017年8月。

2015 年主要进展包括:

(1) 火箭下投探测台风新技术及试验

在海南开展火箭观测南海台风任务,在福建北部沿海的三沙台风综合观测基地增设了气象观测设备,在福建和浙江沿岸和岛屿的 4 个百米铁塔上布设了超声风温仪器,并获得大量的台风观测数据,为研究海岸和海洋边界层大气的湍流特征创造了条件。利用这些资料所开展的台风边界层观测研究取得多项成果,发展了湍流观测数据质量控制方法,边界层风塔资料确认了边界层底部存在湍流能量串级现象,有利于理解热带气旋增强和能量演化机制。

图 7 为火箭下投探空落点和“追风”GPS 探空仪在 10km 附近高度处的位置示意图。

(2) 台风边界层观测研究

位于福建北部沿海的三沙台风综合观测基地建设已经初见成效,在该基地上已安装了自动气象站等常规气象仪器,并能正常获取观测数据;在福建和浙江沿海和岛屿的 4 个观测铁塔多层高度上安装了超声风温仪器,用于沿岸或沿岸水面边界层大气的湍流特征观测和分析。

本研究利用 2010 年在中国东南沿海的铁塔观测资料对台风边界层内的湍流通量进行分析研究。

(3) 台风耦合(海-气-浪)模式改进与试验

本研究拟通过海洋飞沫生成函数的改进，对所采用的台风-海洋-海浪耦合模式进行优化完善。通过海气浪耦合模式对台风个例的模拟，分析研究飞沫生成函数改进对海气动量通量、感热通量以及潜热通量的影响，并通过台风结构与强度的变化，进一步理解海洋飞沫影响台风模拟的物理机制。

通过海气浪耦合模式对台风“威马逊”的模拟可以发现，不同海洋飞沫方案实验模拟结果之间的差异 (EXP1. vs. EXP2. vs. EXP3) 与上一章气浪耦合模式中各方案之间的差异 (EXP1. vs. EXP2. vs. EXP3) 相似，这说明海洋飞沫方案的改进在不同耦合模式中的作用方式相同。

对比同一海洋飞沫方案在海气浪耦合模式与气浪耦合模式中的模拟结果，可以发现，海气浪耦合模式的模拟结果要弱于气浪耦合模式的，这说明在气浪耦合模式中加入海洋模式以后，台风强度模拟结果会变弱。

应用海气浪耦合模式进行了台风个例试验。选取 2014 年“1409”（威马逊）、“1415”（海鸥）2 个台风进行了回算试验，并根据生命时长不同，各个台风多次起报，每次起报以 NCEP GFS 06 小时预报场（0.5 度）作为背景场，并设置四组试验：1) 控制试验，单纯大气模式；2) 海气耦合试验，大气和海洋模式；3) 气浪耦合试验，大气和海浪模式，4) 海气浪耦合试验，大气和海洋，海浪模式。对耦合模式进行了业务化初步的尝试。对台风初始化过程是否加入 bogus 台风对台风强度的影响进行了初步的尝试。

（4）台风模式初始化技术及物理过程改进

在 2014 年工作基础上，对搭建的 Hybrid GSI-GRAPES 系统进行了台风批量试验。选取 2013-2014 年“1323”（菲特）、“1325”（百合）、“1416”（凤凰）3 个台风进行了回算试验，并根据生命时长不同，各个台风多次起报，每次起报以 NCEP GFS 06 小时预报场（0.5 度）作为背景场，并设置两组试验：1) GSI 试验，利用纯 3DVAR 的 GSI-GRAPES 系统同化常规 prepbufr 和 BUFR 卫星资料；2) Hybrid 试验，将 GEFS6 小时预报场作为集合成员，利用 GSI hybrid-GRAPES 系统“混合”同化常规 prepbufr 和 BUFR 卫星资料。完成同化后，利用 GRAPES 模式进行 72 小时预报，模式水平方向分辨率为 0.1 度，垂直方向为 51 层。

相比于 3DVAR, Hybrid 的路径预报效果更好，72 小时路径误差能够降至 200km。但对于强度预报，Hybrid 试验技巧并没有明显的改进，这可能与台风涡旋附近可用的观测资料较少有关。

成功将外场浮标资料放入同化系统。初步结果表明，质量场资料与模式吻合度较高，易于被同化；风场资料有待进一步的研究。初步开发了集合预报产品。

大气边界层是从海洋输送大气能量和水汽的重要通道。数值模式对于大气边界层结构的合理表述在很大程度上决定了模式对大气系统（如台风）发展的描述和预报能力，这主要通过边界层参数化实现，且首先需对边界层高度进行参数化假设。目前参数化中对边界层高度的定义并不一致，且都或多或少存在问题。其定义主要分热力学和动力学假设两种，早期主要基于热力假设，如基于理查森数、热力梯度（如相对湿度、位温梯度）等方法；但该方法估计的边界层高度常与观测有明显差距。而近年来许多研究提出了动力假设，如入流层高度、最大风速高度等。新的观测事实证实了动力假设相对于热力假设的优越性，如将入流层高度作为台风边界层高度的定义已被越来越多的研究认可。然而，从物理意义而言，入流层代表了低层由于摩擦作用所导致的强辐合气流，可能仅是台风或强对流系统中的特有现象。在现有的边界层参数化方案中，如何针对台风结构准确定义入流层存在困难，且在入流层不存在的情况下如何定义边界层高度存在问题，目前这种方法尚未在实际参数化方案中应用。

通过考虑入流层物理特征并结合边界层普遍存在的卷涡特点，研究提出了边界层高度参数化的动力学新方法。该方法结合垂直风切变考虑入流与出流间气流切变的特点，同时能够描述大气边界层中普遍存在的卷涡（大涡）风切变特性，适用于台风入流层结构。将该方法应用于YSU边界层参数化方案，并通过台风个例数值试验，比较了新方案与原有的基于理查森数定义的边界层高度间的差异，以及对于台风预报的效果。结果表明：1）在海上，新定义的边界层平均高度比原定义相当，且分布特点基本一致。而在陆地上，改进了原方案在夜间异常偏高的缺陷。2）新方案通过改变边界层高度，影响了边界层的混合、能量通量和水汽输送过程，改善了对流的发生发展条件，模拟的台风降水和结构比原方案更加接近观测。3）新方案通过改变边界层高度和混合过程，可改变台风下垫面的摩擦特性，影响了台风中低层引导气流，对于台风的移速、移向也有一定影响。

3、973 计划课题——登陆台风灾害影响预（评）估方法研究

项目负责人：余晖；项目执行时间：2015年1月-2016年12月。

(1) 上海受台风影响的极端事件风险分析

应用极值理论方法，分析了1949–2013年间影响上海台风事件的风险变化特征，讨论了基于概率分位点的台风影响时间、极大风速、降雨总量的风险阈值，确定了影响上海台风极端事件；采用Spearman秩次相关分析和重标度极差分析相结合，对影响上海台风极端事件风险的长期趋势及未来持续特征进行了分析。结果表明：影响上海台风的极早事件出现风险随时间先降后升，极晚事件出现风险增大，但二者在未来继续增加的可能性并不大；影响上海台风降水极多年风险呈增加态势（图10），且未来仍有可能继续增加；影响上海台风极端大风事件（极大风速 $\geq 27\text{m/s}$ ）的发生概率呈波动式下降趋势，但未来可能反持续，即有增加的可能性。可见，未来上海防台形势可能比以往更为严峻。

(2) 上海陆家嘴金融贸易区核心区域风环境评估模型

在计算域流向方向上重现给定的来流边界条件是计算风工程的一个基本要求。基于雷诺平均N-S方程的湍流模型，通常采用壁面函数方法来处理壁面附近的低雷诺数流动。但是，在较大粗糙度条件下，如大型城市等，采用现有的壁面函数方法会导致无法在计算域的流向方向重现来流边界条件，给数值计算结果带来误差。本研究研制完成了可用于上海陆家嘴金融区风环境评估的计算流体力学（CFD）模型，并通过在现有的壁面函数基础上增加一个附加项，避免了由于来流边界条件模拟的不确定性给CFD模型带来的误差。所建CFD模型采用非均匀网格，最小网格尺度在垂直方向为1m，水平方向为3m。采用该CFD模型分析得出了陆家嘴金融贸易区核心区域建筑群在不同风向条件下的10m高度风速比图（图11），可见该模型可较好地再现分离流、沟道效应、驻点效应和遮挡作用等引起的风速增速区和减速区。

(3) 台风极端降水和极端大风的占比特征

针对台风致灾因子——暴雨和（极端）大风——开展了研究。从长期演变趋势看，台风暴雨和极端大风的平均强度均呈明显的增强趋势，其中1980–2014年中国台风极端大风平均强度呈显著上升趋势，而1960–2013年东南沿海地区区域平均极端降水表现为明显增强。在区域分布上，台风暴雨和（极端）大风在强度（频次、分级强度等）上均表现为沿海大、并逐步向内陆减小的特征。在各类天气系统中，台风暴雨和极端大风的分级占比随着强度增强而明显增加，尤其在沿海地区最为突出。当级别分别为 11.5m/s 和 32.7m/s 时，台风极端大风日数占比从

12%快速飙升至77%。东南沿海地区的台风暴雨,从50mm至170mm,频次占比由28.4%迅速增至65.1%; 300mm以上和400mm以上占比则分别高达72.7%和83%。

(4) 我国台风风雨极值概率分布模型

研究了多种概率分布模型对我国台风风雨极值的描述能力,包括 Γ 分布、 B 分布、PⅢ分布、广义极值分布、广义帕雷托分布、生物种群增长模型等,发现:生物种群增长模型可更好地模拟台风全过程极大风速、最大日降水量、过程降水量、1小时降水量的年极值概率分布,拟合相关系数达0.9821-0.994; 广义极值模型可很好地描述全国各测站台风日最大降水量(图12)和最大、极大风速的概率分布,拟合相关系数在0.95以上的测站比例分别为98%、98.9%、93%。

对各要素极值水平分布的拟合分析表明:各模型对过程降水量极值 $<25\text{mm}$ 的低值地区拟合误差较大,中等值区域的拟合相对误差普遍在5%左右,生物种群增长模型和广义帕雷托分布模型对高值区域的拟合效果优于其它概型;生物种群增长模型和广义帕雷托分布模型等多个模型均可较好地模拟日最大降水量极值的水平分布,相对误差约在5%左右;各类概型对极大风速极值水平分布的拟合相对误差在2.7-2.8%。

(5) 我国台风灾害的风雨联合等级评估指标

基于1984-2013年资料(共436个TC),采用台风降水影响指数、大风影响指数和灾情指数,分析了台风大风、降水与灾情间的关系,得出台风降水影响指数与灾情指数的相关系数为0.72,大风影响指数和灾情指数的相关系数为0.77,而台风风雨影响综合指数和灾情指数的相关系数为0.8。采用修订后的台风风雨影响综合指数,根据聚类 and 百分比,将影响我国的台风分为5个等级(图3),即特重度、重度、中度、轻度、特轻度,称之为台风影响等级。据此定义的台风影响等级和根据灾情指数确定的台风灾害等级(特重灾、重灾、中灾、轻灾、无灾)相呼应,二者的一致率为63%,可作为台风灾害评估和预评估的客观指标之一。

(6) 上海各地不同风险情景下不同历时降水阈值和地表径流系数研究

台风是造成上海地区高强度降水产生的主要原因。客观估计台风降水产流的风险大小,便于将台风降水影响风险纳入到当地雨涝风险的综合管理中。运用概率统计方法分析了上海60-1440分钟不同历时年最大降水量及其大暴雨频数的概率特征,选择合适的分布函数确定不同风险情景下的强降水阈值(不同重现期降水量),并以十年一遇以上的降水定义为极端强降水事件,结合上海地区人工降

雨试验建立的径流模型，分析了不同风险情景极端降水下，上海不同土壤、不同墒情条件下径流系数的响应。结果表明，多种概型（如Richards、对数Logistic、广义极值模型等）对上海各地不同历时年最大降水强度的拟合相关系数达0.977-0.997，通过K-S检验。十年一遇以上各级风险情景下（以1440分钟最大降水为例），极端降水阈值地区差异较大，总体为北多南少，平均最大强降水值显著高于土壤饱和前初渗量，小概率强降水甚至数倍于初渗与稳渗值，极易产生大量地表径流。不同土壤地表径流量随降水极端性加大（即随重现期增加）明显加大，但径流系数仅略有加大（径流系数相对稳定）。1990年以后多数地区存在一个高强度降水频次增多倾向，甚至出现破历史极大值记录的小概率降水事件，径流量增长风险加大。

（7）台风莫拉克诱发的地质灾害特征

分析了台风莫拉克在浙闽两省引发的地质灾害特征，发现：主要灾点集中在福建东北部和浙江东南部，在莫拉克台风中心路径两侧，尤以台风中心路径东侧灾点居多；福建福州市永泰县集中分布的8个灾点和浙江西北部的安吉县集中分布25个灾点虽然远离台风中心，但都处于台风本体云系覆盖区域内。地质灾害多发生在台风过程降雨量200mm以上区域内；在300mm以上累计降雨区域，地质灾害表现为时空密集性爆发的特点。对台风莫拉克灾害点4个雨量因子（当日雨量、前一日雨量、持续雨量和有效雨量）的分析表明，75%灾情站点灾害发生前出现雨量 $\leq 159\text{mm}$ 的持续降雨；75%灾情站点灾前出现雨量 $\leq 62.2\text{mm}$ 的有效雨量。大部分灾点持续雨量比有效雨量要大得多，表明这些灾点前期降雨小，持续雨量对地质灾害的發生的作用较有效雨量更明显。有75%灾情站点灾害发生前一日雨量 $\leq 100\text{mm}$ ，另有75%灾情站点灾害发生当日雨量 $\leq 227.8\text{mm}$ ，大部分灾点当日雨量明显大于前一日雨量。可见，4个雨量因子的雨量值具有当日雨量 $>$ 持续雨量 $>$ 前一日雨量 $>$ 有效雨量的特点，说明当日雨量致灾作用最大，持续雨量、前一日雨量和有效雨量致灾作用依次减少。

4、公益性（气象）行业专项——高分辨区域台风模式关键技术研究及应用（2015年11月通过验收）

项目负责人：陈葆德；项目执行时间：2012年1月-2014年12月。

资料同化方面，首先对 GSI-hybrid 系统进行了优化，采用增量插值法减小了整层变量的插值误差，GSI 系统升级到 v3.3 版；然后将升级后的同化系统与项目研发的新版 GRAPES-TCM 直接连接，对“1323”号梅花、“1416”号凤凰等台风个例回报试验表明混合同化系统对台风路径预报效果优于 3DVAR，对降水预报也有一定的改善作用（图 14）。

涡旋初始化方面，实现了基于 NCEP 的台风涡旋初始化技术在 GRAPES-TCM 中的直接应用，完成 2013 年汛期多个台风个例的反算和检验，并于 2014 年起进行实时准业务测试，结果表明新的涡旋初始化技术有助于提高台风强度预报。

模式动力框架更新方面，对水汽正定平流方案进行了诊断和改进；采用了稳定的上游点外插方案和二阶精度的半拉格朗日时间离散方案；完成了两时间层稳定外插方案和 Helmholtz 方程 7 点 Finite Volume 离散方案的理论推导工作。完成了动力框架的更新相关的程序编写和测试，运行稳定并结果合理。另外，还对上述工作进行总结，并撰写文章 2 篇。

模式物理过程改进方面，基本完成 GFS 物理过程在 GRAPES 单柱模式上的调试。简单的比较表明：相比之前的物理过程组合，新的物理过程对近地面辐射、热通量和降水和 2m 气温的模拟有明显优势。对台风“菲特”的预报结果表明，GFS 物理过程对台风强度的预报相比 GRAPES-TCM 原有物理过程有明显改进（图 15）。

模式后处理方面，采用了 GFDL 的台风定位定强方法，使得定位定强结果更为合理可信。很重要的一个工作是项目将动力框架和物理过程按照上述方案进行改进后，集成得到新版 GRAPES-TCM 模式，并使用基于 NCEP 的台风涡旋初始化技术，在台风汛期进行实时准业务测试，结果表明新版 GRAPES-TCM 模式在台风路径和强度的预报精度都有提高（图 16）。

5、公益性（气象）行业专项——近海及登陆台风强度变化科学试验预研究

项目负责人：雷小途；项目执行时间：2014年1月-2015年12月（延期一年）。

（1）台风结构和强度观测试验方案研究

（a）基于火箭的下投探空方案。为获取台风的内部结构，特别是过台风中心的风温压湿等基本要素的垂直廓线，创新性地设计了利用火箭弹作为运载工具的“抛撒式”下投探空方案，即（如图 17 所示）：将下投探空仪搭载至火箭弹上，利用车载火箭发射平台发射火箭，在火箭飞越台风的过程中多点“抛撒”探空舱，并利用“子母弹”技术“弹”出多个下投探空仪（每个探空舱可“弹射”出多个下投探空仪）。

（b）基于浮标阵列的海气通量探测方案。为获取台风条件下的海气相互作用特征，普查了我国近海台风优势路径及强度变化多发区，设计了“守株待兔”式的在南海北部海域布设潜/浮标阵列的海气通量观测方案，阵列由 5 个潜/浮标组成，呈“十字型”分布，潜标重点观测台风条件下的海温海流及盐度等海洋特征要素，浮标主要观测海面的风温压湿等气象要素，阵列的潜/浮标观测资料均通过铱卫星实现准实时传输。

（c）基于无人飞机的边界层探测方案。为获取台风边界层结构，设计了利用小型无人飞机在近地层（300-500m）对台风不同风圈进行探测的试验方案，即：在无人机上搭载风温压湿探测仪，将无人机自台风外围沿顺风方向逐渐“切入”台风 7 级和 10 级风圈，绕 10 级风圈飞行一周，再沿顺风方向逐渐“切出”并返回，全程巡航速度 100-110km/h、飞行航时 3-6 小时，探测资料通过北斗卫星实现准实时传输。

（d）多源探测技术的协同观测方案。基于气象业务观测网、近年建立的“追风”（车载观测）系统及新近研制成功的火箭抛撒和无人机探空等特点：FY 卫星观测可定点加密至分钟级、无人机可在 500m 以下的近地层观测、火箭抛撒可在 6 分钟内完成多点“同时”下投探空、车载 GPS 可对登陆前后的台风进行“追风”升空探空，研制了针对近海台风强度和结构特征的协同观测方案，包括：实时试验区的设计、目标台风的遴选、观测设备的布设和观测项目的设置、南/东海外场观测实施、协同观测作业指挥系统（含指令及响应预案）及综合保障等。

（2）目标台风观测试验（测试）

（a）“追风”观测。利用上海台风研究所的台风监测车，对 2014 和 2015 年登陆华东的“凤凰”和“灿鸿”及“苏迪罗”等台风成功地实施了“追风”观

测，获取了台风登陆或影响前后探空、边界层风廓线和雨滴谱等资料。

(b) 边界层梯度观测。利用沿岸（福建漳浦）100 米梯度塔，获取登陆台风近地层的风场资料，分析揭示了在台风近地层存在从大尺度到小尺度（正向 direct cascade）串级和小尺度到大尺度（反向 inverse cascade）的两种湍流能量串级过程等特征：在台风内核区域，以反向串级（2 维湍流）为主，而在外围区域以 3 维正向湍流串级为主。将有助于模式台风边界层参数化的方案改进。

(c) 海气通量观测。利用在南海北部海域布设的潜浮标阵列，成功捕获了 2014 年 9 号台风“威马逊”、15 号台风“海鸥”过境前后的海-气边界层等结构（海面风和表层流等，如图 18 所示）。

(d) 无人机观测。对“晨鸟”小型无人飞机进行了弹射起飞的改造，并对 2015 年登陆华东的“灿鸿”台风，实施了低空（400 米）飞行探测试验，获取了相关的观测资料。

(e) 火箭下投探测首试。2014 年度完成了火箭抛撒技术的研发和设备的改装，遴选了海南文昌和浙江宁波附近两片试验区（海空域申请已获批），并于 2015 年对落入南海试验区的台风“彩虹”进行试验，成功地将 4 枚下投探空仪送入台风内核（图 19），获取了风温压湿的垂直廓线资料。同时，还进行了“追风”车、雷达及飞机（香港天文台）等的协同观测试验，效果良好。

(3) 亚太台风强度科学试验国际合作

与香港天文台联合，成功策划了亚太经社理事会和世界气象组织（UNESCAP/WMO）台风委员会的国际合作项目“亚太近海台风强度变化科学试验（EXOTICCA）”。2015 年在上海顺利召开了项目组织委员会第一次会议，组建了项目科学指导委员会、外场观测及强度变化机理与模式改进等研究小组。项目由中国气象局和香港天文台联合牵头组织实施。

6、公益性（气象）行业专项——台风极端降水的预报技术及其可信度研究

项目负责人：余晖；项目执行时间：2015 年 1 月-2017 年 12 月。

(1) 我国台风极端降水事件资料库和应用平台建设

收集了台风极端降水事件资料，包括台风基本历史资料（含路径、大风、降水、纪要、登陆及灾情）、台风常规观测资料和实时预报资料、再分析资料、卫星和雷达观测资料等。完成了资料应用平台的设计，该平台可对用户开放不同权

限，分级实现浏览、查询、下载等共享功能。

（2）台风极端降水时空分布特征和天气学分型研究

利用台风最佳路径和日降水资料，建立了我国极端降水台风综合指数，依据该指数确定了影响我国的 57 个极端降水台风，并统计分析了一些台风个数及强度的月际分布特征和路径特点，探讨了造成极端台风降水的台风和极端降水台风二者的关系（图 1）。研究发现：极端降水台风在上世纪 60-70 年代及 2000 年以后相对频发，70 年代平均综合指数最高。

使用百分比法研究了影响我国热带气旋极端降水的分布状况以及台风“菲特”所带来降水的极端特性，并进行台站资料极端降水重现期的计算。结果表明：我国热带气旋降水日降水量、过程降水量、小时雨强呈现出由沿海到内陆极端降水阈值逐渐减少的趋势。台风“菲特”期间的过程降水量、日降水量、小时雨强超过极端降水阈值的站点均覆盖了整个上海以及浙江北部地区，重现期超过 100 年的也占相当大的比例，部分站点达到历史极值。

（3）台风极端降水的物理概念模型和可预报性研究

选取典型登陆台风开展了个例研究：“海棠”（2005）登陆福建期间，其路径两侧 24 小时累积降水呈明显非对称分布特征，诊断分析表明：在台风路径右侧，强烈的上升运动，将条件性对称不稳定潜在的能量释放出来，同时将低层汇聚的充沛水汽向上层输送，并产生大量的凝结潜热释放，导致台风路径右侧强降水发生。正是由于台风路径两侧的水汽条件及供应、大气稳定度、大气强迫作用以及地形强迫作用所存在的差异，导致了雨强的差异；利用雷达观测分析 2012 年台风“韦森特”登陆前的快速加强过程，发现在快速加强阶段，台风处于有利的海温条件和弱风切环境下，内核区深对流的面积快速增长，直至外围螺旋雨带闭合，形成双眼墙结构；敏感性数值试验表明，模式初始场的不确定性对“苏迪罗”台风的极端降水过程预报有显著影响；2013 年“菲特”在杭州湾地区引发的强降水过程分为两阶段，第一个阶段与台风内外雨带有关，第二个阶段则是北方冷空气的南下与来自太平洋的偏东暖气气流相互作用产生的锋面降水（图 21）。

利用卫星降水观测资料，对中国登陆台风的降水结构演变特征进行了合成分析，发现登陆台风的对称降水结构与台风强度密切相关。在登陆过程中，台风对称降水强度随台风强度的减弱而减弱，且台风强度越强（弱），对称降水部分在台风总降水中的贡献越高（低）。还利用 TRMM 卫星降水数据对 2001-2009 年登陆

浙江后西行台风与北行台风进行对比研究,发现登陆后西行台风与北行台风具有不同的降水分布特征。

该图显示了强降水区上空的天气系统演变: 5 日前后, 来自西风带的 PV 控制着强降水区, 空气干燥; 6 日, 随菲特台风西移进入我国东部海域, 台风环流逐渐取代西风带系统控制强降水区, 为即将到来的强降水提供 PV 和湿空气; 7 日, 菲特台风登陆后, 除其残余环流提供 PV 和水汽外, 东侧逐渐靠近的丹娜丝台风也开始向强降水区提供 PV 和湿空气, 延长了降水时间, 导致了极端强降水的出现 (Bao 等, 2015, Mon Wea Rev)

7、国家自然科学基金面上项目——气溶胶-云微物理-降水相互作用对登陆我国台风的影响 (结题)

项目负责人: 陈葆德; 项目执行时间: 2012年1月-2015年12月。

(1) 凝结核数浓度对理想热带气旋的影响

本项目采用快速分档云微物理方案 (SBM FAST) 和总体云微物理方案 (“aerosol-aware” Thompson) 研究不同浓度凝结核对理想热带气旋强度、结构和降水分布的影响, 为研究气溶胶对真实热带气旋的影响奠定基础。使用快速分档方案 (SBM FAST), 研究了不同凝结核数浓度对理想热带气旋强度、结构和降水的影响, 模拟结果表明:

A、热带气旋强度对凝结核数浓度比较敏感; 凝结核数浓度增加, 从地面风场和气压场看, 热带气旋强度减弱。

B、热带气旋结构也出现明显变化, 凝结核数浓度增加, 热带气旋眼半径增大, 外围风场半径增大, 外围降水增多, 热带气旋结构更为松散。

C、根据已有研究, 外雨带降水过程中, 水物质的拖曳作用将形成下沉气流, 并且由于冰相颗粒下沉过程中融化吸热, 液滴下层过程中蒸发吸热, 将使得下沉气流变得干冷, 到达地面后形成在 TC 外围形成冷池, 冷池将阻碍流向 TC 中心的高能空气; 而对应于螺旋雨带的上升气流也将分流向 TC 中心辐合的空气, 这 2 项作用都使 TC 强度减弱 (Wang, 2002)。凝结核数浓度增加, 加强了冷池的减弱作用, 使 S2000 模拟的 TC 加强得更慢; 另外, 外雨带区域的降水还将加热该处大气, 由于静力平衡, 减小了外雨带区域的气压, 和内核区气压梯度降低, 导

致穿过最大风速半径的径向辐合减弱，使得 TC 强度减弱，且内核半径增大 (Wang, 2009)。

(2) 凝结核数浓度对登陆我国台风的影响研究

鉴于气溶胶数量/尺度分布对气溶胶核化影响最大，本项目通过凝结核数浓度的变化来表征气溶胶的变化。采用理想实验和实际个例相结合的技术路线，通过耦合先进的分档云微物理方案 (SBM FAST)，使用高分辨率 WRF 模式研究凝结核数浓度对理想热带气旋和真实个例“菲特”、“莫拉克”及“灿泓”的影响，并以双参数总体方案 (Thompson) 作为补充进行对比研究，进行了大量模拟试验，并得到如下结论。

1) 使用快速分档方案 (SBM FAST)，研究了不同凝结核数浓度 (2km 以下的凝结核数浓度分为 $100/\text{cm}^3$ 和 $2000/\text{cm}^3$) 对理想热带气旋强度、结构和降水的影响，模拟结果表明：

A、热带气旋强度对凝结核数浓度比较敏感；凝结核数浓度增加，从地面风场和海平面气压场看，热带气旋强度减弱。

B、热带气旋径向结构也出现明显变化，凝结核数浓度增加，热带气旋眼半径增大，外围风场半径增大，外围降水增多，雷达回波表明热带气旋结构更为松散。

C、凝结核数浓度增加，模拟的液滴数增多，且液滴在低质量档有显著增加，表明液滴尺度分布有明显变化，平均液滴半径变小，液滴间碰并作用减小，液滴容易上升。而两个试验的冰粒尺度分布分布差异不显著，可能和其形成过程更为复杂有关。

D、相对内核区而言，凝结核增加模拟的热带气旋在外雨带区过冷水液滴增加更为明显，导致外雨带区水滴-冰粒的碰撞增加，过冷却水冻结，上述 2 个过程将在高层释放潜热，加强该处对流；冰相物质含量增加，发展到一定大小将会往下降落，导致外雨带降水增加。

E、根据已有研究，外雨带降水过程中，水物质的拖曳作用将形成下沉气流，下沉气流到达地面后形成在 TC 外围形成冷池，冷池将阻碍流向 TC 中心的高能空气；而对应于螺旋雨带的上升气流也将分流向 TC 中心辐合的空气，这 2 项作用都使 TC 强度减弱 (Wang, 2002)。凝结核数浓度增加，加强了冷池的减弱作用，使 S2000 模拟的 TC 加强得更慢；另外，外雨带区域的降水还将加热该处大

气, 由于静力平衡, 减小了外雨带区域的气压, 和内核区气压梯度降低, 导致穿过最大风速半径的径向辐合减弱, 使得 TC 强度减弱, 且内核半径增大 (Wang, 2009)。

2) 使用双参数总体云微物理方案 (“Aerosol-aware” Thompson), 研究了云凝结核数浓度对理想 TC 的影响, 分别进行了干净、污染、重度污染大气情景下的三个模拟试验。这里取得凝结核数浓度在 600m 以下为常数, 600m 以上呈指数衰减, 这三个试验为了验证在凝结核总量较小的情况下, 该方案对凝结核浓度变化是否敏感。模拟结果表明:

A、和干净大气下发展的 TC 强度相比, 污染大气下的强度较弱, 重度污染大气下强度最弱。TC 最大风速半径和外围风圈变化不大。

B、3 个试验的降水主要集中在 TC 内核, 外雨带区降水较小。凝结核增加会导致眼区降水出现时间延迟, 且不同试验的降水时空分布有差异, TC 越强, 眼墙降水率越大, 但降水总量的变化很小, 降水结构的径向变化很小。

C、严重污染大气下的云滴数量远大于干净大气, 不同试验中水物质分布及其形态间转换的分布存在较大差异。正是这种差异导致了不同的潜热加热分布特征, 与热力动力过程作用, 对 TC 强度产生了不同影响。清洁大气下发展的 TC 眼墙潜热释放更多, TC 强度更强。严重污染下发展的 TC 外围潜热增加, 减少了和 TC 中心的气压梯度, 导致水平方向气压梯度力减弱, TC 强度减弱。

D、TC 减弱和外雨带的发展也密切相关, 外雨带降水过程中, 形成地面冷池, 流入 TC 眼墙, 并且减弱流向 TC 眼墙的辐合气流, 可导致 TC 强度减弱。

E、各种变量分布表明, “aerosol-aware” Thompson 方案对气溶胶影响的描述符合气溶胶的间接效应, 是合理有效的。

3) 分别使用总体方案 (“Aerosol-aware” Thompson) 和分档方案 (SBM FAST) 模拟凝结核数浓度为 $100/\text{cm}^3$ 和 $2000/\text{cm}^3$ 时, 模拟理想热带气旋的变化和差异, 模拟结果表明:

A、凝结核数浓度高时, 双参数方案和分档方案模拟的热带气旋强度都减弱, 但分档方案减弱更为明显。

B、分档方案还模拟出热带气旋结构出现明显变化, 表现为眼半径增大, 外围风速半径增大, 外围降水增加。

C、在云凝结核数大致相同的背景下, 双参数方案模拟 TC 眼墙的垂直速度

更大，表明其强于分档方案模拟 TC 强度，这与方案的设计有关。双参数方案判断环境湿度达到饱和，水汽立刻转换为云水并释放潜热，而分档方案允许环境湿度有超饱和状况存在，使得潜热释放少于双参数方案。

D、凝结核数浓度增加后，虽然云滴数或者液滴数都有明显增加，但是总体 Thompson 方案模拟 TC 眼墙和外围对流过冷却水增量较小，而分档 SBM 方案在外雨带区域过冷却水增量更大，且远大于其眼墙的过冷却水增量。而过冷水增量将直接影响高层潜热释放增量的大小及后续影响。因而 SBM 方案模拟的 TC 减弱更为明显。

E、虽然两种方案都反映出云滴或液滴的巨大变化，但过冷却水的增量差异却不一致，表明各方案对凝结核数量增加的敏感度有差异。总体方案由于求解过程中各种假定，弱化了凝结核数浓度的影响；而分档方案均采用显示求解，对凝结核数浓度的影响表现的更为充分。

4) 通过耦合快速分档云微物理模式，使用 WRF 模式研究了凝结核数浓度对 2013 年度强台风“菲特”登陆前后的影响。模拟结果表明：

A、大陆气溶胶在“菲特”登陆前侵入其外围雨带和眼墙；

B、大陆凝结核数浓度对“菲特”路径和强度影响很小，对降水分布有较大影响；

C、大陆气溶胶入侵导致“菲特”云微物理过程出现变化，导致降水增加，特别加强了其外围局地出现的强对流及其导致的强降水。

D、对比雷达回波表明，考虑大陆气溶胶的影响后，使用分档方案模拟得到的云系精细结构和观测相当接近，因此能模拟出与观测更接近的降水精细分布，从而提高了降水的 TS 评分。

E、通过耦合双参数云微物理方案，使用 WRF 模式研究了凝结核数浓度对 2008 年台风“莫拉克”和 2015 年台风“灿泓”的影响。模拟结果表明：当台风从海面接近陆地时，常有大量的气溶胶随着环流被卷入台风中心，这些悬浮微粒会对液态和冰态的云物理过程带来显著的变化，进而改变台风眼墙和雨带的云水结构，并引发一系列的热力和动力交互作用，对台风路径、强度和降雨有一定的影响。

本项目的特色与创新之处主要体现在以下几方面：1) 在研究思路，考虑到目前我国沿海地区气溶胶的分布特征和大气环流与云微物理过程的相互作用，

将从气溶胶-微物理结构和降水-台风环流的角度，来探讨高强度气溶胶活动对登陆台风的影响及其机制。2) 在研究方法上，本项目将主要基于目前世界上最先进的中尺度模式，从分档云微物理计算方案出发来研究气溶胶对登陆台风的影响。由于此种方案在描述气溶胶影响时考虑了不同大小颗粒气溶胶的收支，此方案应用于高分辨中尺度模式要比通常的总体参数化方案在模拟云动力学、微物理和降水更精确。热带气旋模式耦合显示分档法将是新一代热带气旋模式的基础，可以用来提高登陆热带气旋强度、风场、降水和闪电的预报水平。3) 在技术路线上，试验方案的设计将充分考虑高分辨理想试验与实际模拟的紧密衔接以使得试验结果互为补充。

8、国家自然科学基金面上项目——热带气旋强度变化的环境因子影响研究

项目负责人：曾智华；项目执行时间：2013年1月-2016年12月。

(1) 利用海岸风塔提供的三层超声风速观测数据，经过系统和严格的数据质量控制，采用涡动相关法，研究了中等到强风条件下离海风摩擦风速随平均风速的变化规律，以及时间尺度对变化规律的影响。观测数据源于三次台风过程，共 150 小时；时间尺度包括 20min、10min、2min 和 1min。结果表明：①按照线性拟合方法，在中等到强风条件下，摩擦风速随平均风速的增大而增大，但变化率约为已有文献结果的 50%；②按照分段平均方法，当平均风速大于 19m/s 时，摩擦风速出现饱和现象，当平均风速大于 25m/s 时，摩擦风速减小；风向对摩擦风速随平均风速的变化规律有显著影响，在风向和波向相同条件下，摩擦风速随平均风速的增大而增大，变化规律和已有文献结果一致，当平均风速大于 23m/s 时，摩擦风速出现饱和或减小现象；③时间尺度对摩擦风速随平均风速的变化规律没有明显影响。

(2) 利用位于海岸的风塔提供的四层风速观测数据，经过系统和严格的数据质量控制，采用廓线法，研究了海上来风拖曳系数随风速的变化。观测数据共 2003h，期间包括三个台风数据。①尽管风塔位于海岸，在风速大时 ($u_{10} > 5.5 \text{ m/s}$)，观测数据不受局地地形的影响，海上来风的下垫面具有近海海面的特征；②总体而言，在 $10 \sim 24 \text{ m/s}$ 之间，当风速小于 21 m/s 时，随风速的增加，拖曳系数增

大，在风速达到 21 m/s 时，拖曳系数达到最大值，随风速的进一步增大，拖曳系数减小；③近海条件下，海况和波龄与风向密切相关，因此，在使用基于开阔海域海浪充分发展假设的拖曳系数风速参数化方案时，有必要考虑风向产生的影响。

(3) 不同阵风时距最大平均风速之间的转换系数研究。利用位于漳浦县赤湖镇海岸线的观测塔提供的三个登陆台风的四层超声风速仪观测数据，在数据质量控制基础上，研究不同下垫面条件下阵风因子与平均风速、观测高度，以及阵风时距的关系；在此基础上，给出不同时距最大平均风速之间的转换系数，从而在不同研究机构采用的表征登陆台风强度的 1min、2min 和 10min 最大平均风速之间建立联系，并和 WMO 的推荐值进行比较。计算结果表明：粗糙度对阵风因子和转换系数有显著影响；给出的 2min 到 10min 最大平均风速之间的转换系数和 WMO 的推荐值相差不大，表明本文计算结果是合理的，以及在相似地貌条件下利用 WMO 的推荐值进行强度估计具有一定的可靠性。

(4) 台风“菲特”于 2013 年 10 月 6 日登陆上海以南，在随后的两天里，强度超过每天 300 毫米的降水出现在台风中心以北的 400 公里处，该降水系统包括：①外螺旋雨带，它发展于拥有较为适宜环境风切变的风暴北部；②海岸锋生引起的锋面云团。在雨区内，除了有增强的上升运动外，还存在增强的低层湿度、条件不稳定性中层相对涡度，有证据表明其前兆条件是中层上升气流和边界层增湿过程的出现。从低层相当位温分析来看：(i) 登陆之后，一股干冷气流从北部卷进“菲特”，从而抑制了台风内核降水，并且产生了一条冷气边界；(ii) 一条延展的暖湿气流从台风东部与侵入雨区的冷空气相汇聚。当大尺度气流重新组织时出现暴雨，主要的反气旋在中国和北太平洋上发展。在高层，一个大型的槽在中国中部重新配置，伴随着一支西南急流指向上海附近。对雨区的后向轨迹分析表明四类环境相互作用得以发展：(i) 增强的菲特环流的湿位涡 (PV) 中层流入；(ii) 从东面来的低层暖湿入流；(iii) 从附近台风 Danas 来的中层入流；(iv) 从中纬度槽逐步减弱的中高层 PV 侵入。我们认为最终的 PV 结构变化对降水系统的发展提供了很好的环境条件。

(5) 继续开展西北太平洋热带气旋风-压关系研究。利用 1949-1987 年西北太平洋的飞机观测资料对 TC 中的风-压关系进行研究，结果表明：当其他条件相

同时，对应同一个 TC 中心附近最大风速值，纬度较高、移速偏快、强度呈减弱趋势、环境气压偏低的 TC 比纬度低、移速慢、强度增强、环境气压偏高的 TC 中心气压偏低。利用以上的统计结果，重新建立西北太平洋 TC 的风-压关系，该风-压关系较传统的 Dvorak (1975)、Atkinson and Holliday (1977), Koba (1991) 的风-压关系更好的反映真实的情况。其它初步结论待证实。

(6) 改进后 WIPS 方案预报误差对比分析研究。改进后方案 (简称 WIPX) 对 2012-2014 年所有 TC 的预报和 WIPS 方法、TCSP 方法的同样本比较。观测资料使用的是最佳路径资料。具体技术内容: 若台风中心位于南海 ($index_geo=3$), 且 XSQD 方法对其有预报结果, 则用 XSQD 预报替代 WIPS 预报。通过 WIPX 与 WIPS 的预报误差比较分析发现, 2012-2014 年, 从平均绝对预报误差 (MAE) 来看, WIPX 在 12-48h 略优于 WIPS, 相对预报技巧为正, 60-72h 的预报误差两者非常接近, 预报技巧改变不大。从预报趋势一致率来看, 两者相差不大, WIPX 整体优于 WIPS, 相对预报技巧为正。总体看, WIPX 优于 WIPS, 主要是改善了 12-48h 的短时效预报。通过 WIPX 与 TCSP 的预报误差比较分析发现, 从平均绝对预报误差 (MAE) 来看, 2012-2014 年 WIPX 整体预报误差都是优于 TCSP 方法的, 相对预报技巧都为正。从预报趋势一致率也显示出同样的预报优势, WIPX 整体优于 TCSP, 相对预报技巧为正。总体看, WIPX 在 2012-2014 年的预报效果也优于 TCSP, 主要是改善了 24-60h 的预报。通过在华南海区预报误差比较分析发现, 从平均绝对预报误差 (MAE) 来看, 2012-2014 年 WIPX 在 12-48 小时对华南海区 TC 的预报误差有明显改善, 相对预报技巧都为正, 60-72h 预报与 WIPS 无大的差异。与 TCSP 方法相比, WIPX 方法在华南海区 TC 的所有预报时效上都表现出正的预报技巧。总体而言, 比较了 WIPX 与 WIPS 和 TCSP 方法对 2012-2014 年 TC 强度预报误差情况, 由于改善了华南海区的预报, 总体而言, WIPX 在短时效 (12-48h) 预报上优于 WIPS, 60-72 小时与 WIPS 相差不大; 与 TCSP 相比, WIPX 在所有预报时效上都优于 TCSP。

(7) 不同强度的登陆热带气旋降水分布研究。登陆台风强度影响登陆台风轴对称降水, 台风强度变化亦会对其产生重要影响。台风强度越强, 台风轴对称降水及其相对台风总降水的贡献越大, 反之亦然。台风强度变化率越高, 台风轴对称降水变化率也越高。在登陆过程中, 台风强度减弱越快, 轴对称降水率减弱得也越快, 轴对称降水极值也越低, 且轴对称降水极值出现半径也越大。在不同

强度变化的台风中，快速减弱（快速增强）台风具有最低（高）的轴对称降水极值，其降水极值出现半径最大（小）。另外，在中国不同区域登陆的台风，台风轴对称降水特征存在差异，这与不同区域登陆台风的强度差异有关。而对台风非对称降水而言，不同强度的台风非对称降水对台风总降水贡献不同，弱台风比强台风的非对称降水具有对台风总降水有更多的贡献率。但不论强弱台风，最大非对称降水位置都落于顺风切及顺风切左侧，可见台风强度对登陆台风非对称降水的落区无明显影响。

(8) 评估了五个集合预报系统 (JMA-WEPS、CMA-GEFS、ECMWF-EPS、NCEP-GEFS 和 MSC-CENS) 在 2014 年的路径预报性能。首先，我们提出了基于二维正态分布假设的概率椭圆预报，这些椭圆可给出不同 TC 不同预报时效的路径不确定信息，是有效实用的集合预报释用产品，本文用这些椭圆的特征和命中率来评估集合预报的性能。评估发现 ECMWF-EPS 的路径预报离散度小，基于它的概率椭圆有较高的命中率且面积小，其集合平均的路径误差仅在短时效略次于 NCEP-GEFS，预报性能整体上要远优于其它四个集合预报系统。我国的集合预报 CMA-GEFS 预报发散度大，概率椭圆大且命中率低，与国际先进水平存在很大差距。

(9) 对我国近海突然增强台风进行统计分析。结果表明，突增台风通常处于副热带高压脊西南部；温度场上被暖脊包围，处“暖场”之中；水汽输送上有持续的水汽输入台风环流；海温场上处高海温海域，同时，处于低风垂直切变环境中，有利于台风突然增强。统计结果进一步表明高海温、低风垂直切变环境下，台风强度突增明显，其比例占有所有突增台风总数的 71.4 %；当仅处于低海温环境下或仅处于高风垂直切变环境下，突然增强台风现象极少，比例都是所有突增台风总数的 2.9%；但当高海温、高风垂直切变环境下，台风仍会出现突然增强现象，占有所有突增台风总数的 2.9%，在低海温、低风垂直切变极端环境下，不存在突然增强台风。

(10) 对我国近海台风突然衰亡的大尺度环流特征作了动态合成分析和动力诊断。结果表明，突然衰亡台风 500hPa 高度场处于西风槽前，受槽过境侵袭；温度场上突然衰亡台风处于温度槽前，有冷舌侵入；水汽输送上突然衰亡台风水汽输送中断；在高空，突然衰亡台风高空急流偏弱；在台风内核，突然衰亡台风对流爆发趋于衰减。同时，风速垂直切变与台风突然衰亡有关，高风速垂直切变有利于台风突然衰亡。对比东海和南海近海台风突然衰亡不同之处在于：东海台

风环境风垂直切变比南海台风明显偏强,南海台风冷平流侵入明显比东海台风偏强,低空水汽输送和高空流出气流均比东海台风偏弱。分析表明,海温(SST)、VWS和DCC对台风强度突然衰亡均存在预示时间量。其中,SST预示时间约为36h,VWS的预示时间为30-36h,DCC预示时间为30h。此现象体现出大气对海洋响应的滞后性。

9、国家自然科学基金面上项目——海洋热状况与西北太平洋热带气旋活动年际关系的年代际跃变及机理

项目负责人: 占瑞芬; 项目执行时间: 2014年1月-2017年12月。

(1) 熟悉模式操作和引起检测新方法。根据原计划,我们选取了德国马普研究所的ECHAM全球大气模式,对该模式操作进行了熟悉,并选择个例进行了模拟。通过进一步文献阅读,改进了检测年际变化发生年代际跃变信号的方法:①利用两套滤波方法对原始序列进行前处理(Lanczos high pass filter和快速傅里叶滤波);②鉴于滑动相关方法在窗口选取时具有人为性,利用多种突变检测方法(MK方法,Standard normal homogeneity test方法等)对滑动相关的结果进行比较分析,使其检测结果更为客观。

(2) 评估了不同因子在台风活动中的协同作用和相对重要性累积气旋能量指数(ACE)综合考虑了热带气旋生成频数、生命史和强度,可以较好地表征热带气旋活动。海温和垂直纬向风切变对西北太平洋台风活动具有重要的影响。基于1982-2010年西北太平洋台风季节ACE与春夏季海温场及夏季垂直纬向风切变场的相关分布,确定了四个对ACE有显著影响的因子,分别为:赤道中东太平洋Niño3.4海温(ENSO)、西南太平洋海温(SWP SST)、西南太平洋和西太暖池之间的海温梯度(SSTG)和赤道西太平洋垂直风切(Ushear)。已有研究表明,前三个因子对西北太平洋热带气旋活动具有重要的影响,而风切因子广泛地被应用于热带气旋活动预测中。这四个因子与季节ACE均有很好的相关关系,尤其是Ushear,其与季节ACE的相关高达0.84,超过了99%的显著性水平。进一步,本项目利用逐步回归和交叉检验方法探讨了四个因子在季节ACE中的相对贡献。此外,从不同因子逐年贡献演变来看(图22),29年中16年为Ushear贡献最大,11年为SSTG贡献最大,仅有2年ENSO贡献最大。实际上,Ushear与ENSO之间

密切相关, 相关系数高达 -0.79 , 如果从 Ushear 中去掉 ENSO 的作用, 那么 Ushear 的贡献显著降低, 从这个意义上来说, ENSO 的作用仍然是显著的, 只是这种作用通过 Ushear 来起作用。

(3) 个例分析评估不同因子在 2015 年台风生成中的协同作用和相对重要性。在模式熟悉的基础上, 设计不同敏感性试验, 对 2015 年影响台风活动的因子重要性进行了模拟分析(图 23)。结果表明, 台风季节东印度洋海温(EIO)和澳大利亚东侧海温(EAU)一致偏暖则可能是导致 TC 生成偏少的主要因子。2015 年台风季节, El Niño 事件逐渐由中部型转为东部型。东部型强 El Niño 事件一方面改变了赤道地区纬向风的垂直切变、使得台风生成区域大尺度环境流向涡动能转换, 有利于 TC 强度增强; 另一方面在西北太平洋地区激发出偶极子, 引起季风槽东移, 有利于 TC 生成源地偏东、路径以东北转向为主, 对我国影响偏少。

(4) 强调 ENSO 在高原积雪与西北太平洋热带气旋生成频数关系中的作用。已有研究表明, 高原冬季积雪(TPSC)与随后台风季节西北太平洋热带气旋生成频数(TCF)之间具有典型的负相关。本文基于长时间观测资料对二者关系进行再探讨, 发现两者的年际关系在 1990 年代初发生了跃变(图 24), 即 1976-1992 年冬季 TPSC 与随后台风季节 TCF 之间的联系较弱, 二者间的相关系数仅为 0.17; 1993-2012 年冬季 TPSC 与 TCF 之间的相关明显加强, 二者的相关系数达到 -0.60 , 通过了 99% 信度检验。TPSC-TCF 关系发生年代际变化与冬季 TPSC 对西北太平洋地区相关热动力场的调控发生变化有关。前一时期, 冬季 TPSC 对西北太平洋地区大尺度环境场的调控较弱, 从而与该地区 TCF 关系较弱; 而在后一时期, 前者对后者施加了显著的影响, 当冬季 TPSC 异常偏多时, 赤道西太平洋地区为显著的东风异常, 西北太平洋季风槽偏弱, 与此同时, 西北太平洋台风生成区域为一强大的异常反气旋环流控制, 涡动能减少, 海平面气压增加, 对流层中层为大范围的湿度负异常和下沉运动。这种配置明显不利于热带气旋生成。反之亦然。这些环境场对该地区热带气旋的生成起到了关键的调控作用, 因此改变了冬季 TPSC 与热带气旋生成的联系。最近几十年, 随着全球变暖的加剧, ENSO 与亚澳季风系统的联系更为密切, 而 1990 年代初正好为 ENSO 从经典的东部型为主转为中部型为主的时期。本文进一步研究发现, 中部型 ENSO 在加强冬季 TPSC 与 TCF 间关系起到了至关重要的作用。1993-2012 年间, 冬季 TPSC 与中部型 ENSO 存在显著的负相关。在 TPSC 偏多年(少), 中部型 ENSO 多为冷位相(暖位相), 这

种分布一方面加强了 TPSC 与纬向海陆热力差异继而与西北太平洋夏季风的联系, 另一方面加强了 TPSC 对热带气旋生成相关的动力环境场的调控, 因此在这一时段 TPSC 与 TCF 之间存在显著的相关。然而, 在前一时段 TPSC 与 ENSO 的联系较弱, 冬季 TPSC 对西北太平洋夏季风和台风生成区域动力场调控较弱, 因而其与 TCF 之间的关系减弱。此外, 通过动力诊断研究还进一步揭示, 在 1993-2012 年中部型 ENSO 的作用主要是通过加强西北太平洋地区, 尤其是中东部地区纬向风的正压能量转化来实现的。

(5) 考察西北太平洋台风生成频数和南北半球海温梯度年际关系的年代际变化。最近研究表明, 春季西南太平洋 (SWP; 40° - 20° S, 160° E- 170° W) 和西太平洋暖池 (WWP; 0° - 16° N, 125° - 165° E) 之间的海表面温度梯度 (SSTG) 是调控西北太平洋热带气旋 (WNP TC) 生成频数的一个新的因子, 将这个因子应用到实际台风业务预测中可以明显提高预测效果。然而, 分析 1951-2013 年 WNP TC 生成频数和 SSTG 之间年际关系的年代际变化发现, SSTG-WNP TC 的关系在 1970 年代中期存在明显的变化, 即 1979 年以后二者显著的负相关关系在 1974 年以前是不显著的。进一步研究表明: 前期 (1951-1974 年) SSTG 与东部型 El Niño (EP 型) 呈现显著的负相关关系, 而后期 (1979-2013 年) 则与中部型 El Niño (CP 型) 密切相关。对于前期而言, 一方面, 春季 EP SSTA 在赤道地区激发出的纬向风异常及西北太平洋台风主要生成区域激发的环流异常与 SSTG 的作用相反, 从而抑制了 SSTG 对春季环流场的触发; 另一方面, 该时期从春季到夏季 SSTG 自身持续性迅速减弱, 这进一步削弱了 SSTG 对夏季环流的调控, 从而使得 SSTG 对台风季节台风生成频数的作用不显著。对于后期, 夏季 CP SSTA 在西北太平洋台风生成区域激发的环流异常与 SSTG 的作用是一致的, 且此时 SSTG 从春季到夏季具有很强的持续性, 从而进一步加强了 SSTG 对 WNP TC 生成的影响。

10、国家自然科学基金面上项目——对流层中层大气影响深对流发展的关键物理机制和参数化研究

项目负责人: 马雷鸣; 项目执行时间: 2015年1月-2018年12月。

主要在通过雷达资料初始化分析改进台风深对流模拟、基于卫星资料反演台风深对流区 (内核) 风场、深对流发展对于边界层高度的响应、对流层中层结构

对台风的影响、深对流的辐射过程及参数化等五个方面进行了研究，发表1篇美国气象学会SCI论文，1篇国内核心期刊，1篇投稿到国外SCI期刊，1篇收录为欧洲地球物理学会会议论文。

(1) 雷达资料同化分析改进深对流模拟。为改进台风深对流和强降水的模拟，研究了同化多部多普勒雷达资料关键技术及其对于台风莫拉克(2009)路径、强度和深对流降水的影响。首先，数值模拟试验发现，同化雷达反射率和径向风能够给出最好的台风路径预报。比较而言，仅同化雷达反射率资料比仅同化径向风资料对于降水量的模拟效果更好。研究还表明，仅同化其中一种雷达资料并不能较好地台风的的路径和降水极值的位置，主要原因在于单一的资料不能将台风的位置调整到合理的位置。尽管径向风资料同化与反射率同化相比可以提高分析的涡旋强度和路径的预报，台风眼区却显示出了向内收缩的现象，使台风尺度偏离了观测，导致降水强度的低估。主要原因在于，如没有通过雷达反射率同化改进湿度的预报，相对较干的对流层中层环境可抑制螺旋雨带的发展，进而导致较小的内核尺度。因此，雷达反射率同化对于模拟台风的湿度结构、深对流发展和强降水至关重要。同时基于敏感性试验和轨迹诊断试验的结果表明，通过同化关键区域的雷达资料不仅能够改善对台风本体湿度、风场等结构的刻画，而且能够作用于周边环境对台风的影响（如水汽输送）。

(2) 基于红外云图的台风内核风速建模。本课题为改进台风内核强对流结构分析，研究了基于红外卫星云图的台风内核风速建模方法。首先需要进行台风眼壁提取和分割。一方面台风眼区轮廓是一条不规则曲线，常规图像分割方法不能直接用于台风眼壁分割；另一方面风速拟合要求台风眼区曲线必须是连续且封闭的。基于偏微分方程的图像分割方法恰好能够兼顾上述两个方面的要求，因此本研究采用基于偏微分方程PDE图像分割方法，其基本原理是将图像分割问题转化为一个偏微分方程。为达到期望的图像分割结果，选择一个合理的偏微分方程是该方法的关键。常见的偏微分方程是建立一个"能量"泛函，通过变分法得到的 Euler-Lagrange 方程，因此图像分割问题就转化为寻找一个偏微分方程再对其进行求解。相比较而言，目前反演台风内核风场时多采用线性回归方法进行建模，针对基于线性回归法的台风内核风速拟合效果较差的缺点，课题提出一种基于径向基函数神经网络(RBFNN)和偏微分方程(PDE)结合的红外卫星云图有眼台风内核风速和云图灰度建模方法。首先采用基于测地活动轮廓模型的PDE 提取有眼台

风的眼壁，获得台风眼壁空间位置和亮度数据；然后结合台风年鉴给出的台风近中心最大风速数据基于RBFNN 进行有眼台风内核风速和云图灰度建模。实验结果表明：该算法改善了台风内核风速拟合效果，算法性能优于传统的线性回归法。该方法的特点在于能够根据台风内核提取的要求融合应用多种图像分割方法，尤其基于测地活动轮廓模型的偏微分方程法提取台风眼区强对流特征。下一步工作中，由于样本数据必须来源于有眼台风的红外云图，从历年情况来看满足如上条件的样本数据较少，为减少建模误差，后续工作将考虑采用针对小样本数据具有一定优势的支持向量机等机器学习方法建立模型以期提高建模精度。

(3) 深对流对于边界层高度及其参数化的响应。大气边界层结构在很大程度上决定了对流的触发条件，在上一个基金课题研究成果的基础上，本课题继续研究了深对流对于边界层高度的响应。后者作为边界层与对流层中层大气过程连接的纽带，不仅决定了边界层的垂直尺度和不同尺度的湍流扰动的总体贡献，可能对深对流发展有重要影响。然而，目前在模式中表达的边界层高度与实况往往有很大的差距，导致边界层结构和对流模拟误差的迅速增长。本课题研究提出了一种新的边界层高度参数化方案，这一参数化方法的理论基础在于对螺旋度的不同尺度概念的认识，并与观测的边界层涡旋切变结构高度吻合。新方法克服了目前的边界层高度算法基于理查森数忽略边界层动力效应的不足，并能够应用于目前在国际上常用的YSU边界层参数化方案中。基于典型台风莫拉克（2009）的路径模拟敏感性试验表明，新方案能够通过改善台风底部的摩擦效应改变台风引导气流，进而提高路径预报能力；在此基础上，能够更为合理地刻画对流的边界层触发条件，同时改进对深对流发展过程，更好地描述台风雨带中超级对流单体发展。需要指出的是，本研究发现，新的边界层高度参数化方案使得海上深对流区域的边界层高度升高，而使陆地上夜间的边界层高度降低，与原方案相比更为接近观测。

(4) 对流层中层结构对于台风深对流和降水的影响。通过对2013年的菲特台风个例深入分析，研究了对流层中层结构对于台风深对流和降水的影响。菲特在10月6日登陆上海南部时，导致了两天300mm的降水量。本课题研究表明，导致降水的主要系统包括台风北部在环境垂直风切变作用下向外卷出的螺旋雨带以及海岸地形所导致的锋生云系。在降水区域，研究发现除了增强的上升运动之外，随之增加的还有低层的水汽、对流不稳定和对流层中层的相对涡度。在降水之前，

对流层中层的下沉运动和边界层增湿为深对流的迅速发展提供了适宜条件。在登陆之后，在对流层中层以下，干冷空气从北部卷入菲特台风的环流，抑制了台风内核降水的发展并形成了冷空气的出流边界。宽广的暖湿气流从台风环流东侧与冷空气在降水区域汇合，导致了强降水的产生以及较大尺度气流的重新组织。而在对流层上层，大尺度西风槽重新建立，并促使上海地区附近西南急流的形成。基于降水区域的后向轨迹分析表明，有一些非常重要的对流层中层环境因素与强降水的发生密切相关，如：台风环流组织下的对流层中层湿位涡的不断卷入；台风环流东侧的暖湿入流；与菲特台风相邻的丹娜丝台风所导致的入流；从中纬度西风槽中不断卷入的位涡等。研究尤其注意到，对流层中层以上相关系统的变化均与位涡的变化密切相关，而后者提供了深对流降水系统发展的良好条件。

(5) 深对流条件下的辐射过程研究及其参数化方案改进。辐射在台风深对流和云物理过程中发挥着重要作用。其参数化精度在一定程度上影响着台风深对流云系发展的数值预报。辐射传输过程通常有一个包含微分-积分的辐射传输方程来描述。即使在平面平行的假设条件下，精确求解包含散射和吸收过程的辐射传输方程也非常困难。于是人们的兴趣转向了发展有效的近似参数化方案：如二流近似和四流近似。由于二流近似算法计算速度快，且能得到辐射传输方程的解析解，目前很多模式也采用这种算法。常用的二流近似算法包括二流离散纵标近似和爱丁顿近似。实际上，这两种二流近似算法有明显的缺陷和不足。在不同的光学厚度、太阳天顶角和单次散射反照率的情况下，二流近似计算得到大气的透射率和反射率的相对误差高达15-20%。然而在深对流云情况下，二流近似方案对辐射通量和加热率的计算有较大误差，尤其是云加热率的误差可高达12%，这不仅直接影响数值模式对温度场的模拟，而且云的加热率影响对流云的发展。对于台风深厚的对流云系统，二流近似方案引起的误差会更大。近年来，研究人员也逐渐开始引入四流近似方法。但是基于矩阵求逆法发展的四流近似方法，不能处理深对流云的重叠假定所引起的次网格辐射效应。因此，已有许多研究，试图将累加法和四流近似方法结合起来应用到垂直分层的实际大气中。但是以上研究仅仅只是利用单层四流近似解代替原有的二流近似解来计算均匀的单层介质的透射率和反射率，其采用的累加过程还是原有的二流累加法。这种单层四流近似解和二流近似累加法结合的方法我们称它为二流-四流累加法。二流-四流累加法有两种：二流-四流离散纵标累加法(2/4DDA)和二流-四流球函数展开累加法

(2/4SDA)。这两种二流—四流累加法在计算过程中，漫射入射辐射的边界条件都必须假设为各向同性入射。因此，它无法准确的表示辐射场的角度空间分布。最近，我们研究发现二流—四流累加法不仅不能提高辐射通量的计算精度，甚至其精度低于二流累加法。发现该方法对一光学特性均匀的介质，其计算的透射率、反射率和吸收率结果会随着所分层数而发生变化，即在物理上并不完备。由于辐射传输理论的复杂性，迄今为止，国内外并未建立起与四流近似解匹配的四流累加法。鉴于此，课题进一步研究发展了四流累加辐射传输理论，并形成了四流离散纵标累加算法 (δ -4DDA) 和四流球函数展开累加算法 (δ -4SDA)，进行了理想数值试验。结果表明，在两层大气情况下， δ -4DDA和 δ -4SDA方案的精度在各种太阳天顶角和光学厚度范围内进行了系统的比较。与单层的结果相类似， δ -4DDA和 δ -4SDA方案的计算精度要远远高于 δ -2DDA和 δ -2SDA方案。理想介质试验表明， δ -4DDA和 δ -4SDA方案都可以很好的解决深对流云辐射传输过程中多层大气的连接问题。综合比较 δ -2DDA、 δ -2SDA、 δ -4DDA和 δ -4SDA这四种方案。可以发现， δ -4SDA方案的精确性要略好于 δ -4DDA方案，并远远胜过 δ -2DDA， δ -2SDA这两种二流近似方案。这两种方案在计算云顶加热率时有高达6%的误差。在 δ -4DDA或 δ -4SDA方案之后，这些误差大大降低。

11、国家自然科学基金面上项目——热带气旋边界层湍流结构观测分析及其对热带气旋强度影响机制研究

项目负责人：汤杰；执行时间：2015年1月-2018年12月

按照原定工作计划以及课题资助下，项目负责人在2015年1月至7月期间客座访问美国国家飓风研究中心（HRD），参加美国的飓风外场试验，收集整理了大批热带气旋观测资料并展开相关研究。在7月份回国之后，积极参加依托单位举行的台风外场观测试验，并担负火箭探测台风的试验数据分析工作。此外在本项目牵引下，主持人和课题第一参与人张骏博士在2015年度成功申请获批海外及港澳合作项目，课题号41528501），这一项目的获批将为本项目后续研究工作尤其是联合开展台风外场观测试验及研究等工作打下更好的合作基础。

本年度课题负责人作为第一作者或者联系作者发表或接受标明课题资助文章（2篇SCIE），另外有2篇文章在审或即将投出，具体内容如下： 登陆台风边界层湍流观测：展开针对登陆台风边界层的相关研究，利用观测资料分别对2010

年登陆台风Lionrock, Fanappi和Megi展开研究边界层精细结构分析及其与强度变化关系,通过研究发现在台风登陆过程中,边界层底部存在湍流能量串级现象,并且在靠近内核处为从小尺度到大尺度的反向串级,而较远的外围主要是从大尺度向小尺度的能量耗散。研究论文已被国际顶级气象类期刊《Journal of the Atmospheric Sciences》发表。审稿人高度评价此研究:“The presented results are interesting and potentially valuable for understanding the energetics and intensification of tropical cyclones (相关结果很有意义并且有利于理解热带气旋增强和能量演化机制)”。热带气旋温湿结构对台风强度影响:利用再分析资料,我们将热带气旋的温度和湿度属性相结合,对温度和湿度场的非对称性与热带气旋强度变化的关系进行了较系统的分析。包括:不同强度、不同生命期、不同发展类型的热带气旋温湿结构的统计特征分析,快速增强与快速减弱热带气旋的温湿结构特征的对比分析。研究论文已SCIE气象类期刊《Journal of Tropical Meteorology》接受。热带气旋变性过程中边界层内核能量变化研究:利用美国飓风研究中心(HRD)访问期间,与课题第一参与人张骏共同利用飓风探测资料,针对具有广泛影响力的2012年飓风“Sandy”(桑迪)的下投式探空、机载雷达以及飞行资料分析热带气旋变性过程中边界层尤其是内核区域的边界层的能量和通量的变化展开分析,结果发现,这一研究成果为预报员和科研人员更科学全面的理解台风变性过程中强度变化机制提供定性判据和定量参考依据,体现了科研与业务紧密结合的研究思路。相关论文已经完成投稿SCI期刊《Monthly Weather Review》。

南海台风火箭探空试验资料研究:作为一名刚从美国飓风研究中心学成归来的访问学者,负责人利用在国外访问获得知识和经验,担负起在国内科研界引起广泛关注的火箭探测台风外场试验的试验目标确定、试验技术路线明确等任务,并在试验完成后高效迅速地对数据进行高精度和高准确的分析,定量分析了火箭探空数据的精度和信度,证明我国的火箭探空数据与国际先进水平基本处以同一水平线上,并在某些地方具有独特优势。在南京信息工程大学召开的国际台风科学讨论会上,作特邀报告,介绍试验数据分析及研究进展,引起了国内外台风专家的高度关注和兴趣。相关文章已经成文,即将投出。

12、国家自然科学基金面上项目——中国热带气旋降水年际变化

的多尺度调制和机理研究

项目负责人：应明；执行时间：2015年1月-2018年12月

(1) 热带气旋降水的可预报性估计。利用中国气象局上海台风研究所整编的热带气旋降水观测资料，挑选1360个观测连续的测站，利用moving blocks bootstrap方法 (Feng et al. 2011; Wilks 1997) 对热带气旋降水的潜在可预报性进行了初步估计。结果表明，热带气旋降水在我国东南部地区的潜在可预报性较为显著，尤其是华南中部地区，在各个季节的潜在可预报方差均在30%以上，而华东地区则有明显的区域内差异 (图25)。相比季风降水将近50%的可预报方差 (Wang et al. 2014)，显然热带气旋降水的可预报性要差许多。其中一个重要的原因可能是热带气旋的活动在空间和时间上较之系统性的季风雨带活动存在更大的不确定性，这也是我们制作热带气旋降水预测更为艰难的原因之一。

热带气旋的路径变化作为其活动的时空不确定性的重要体现，是影响热带气旋降水可预报性的一个重要原因。分析表明，导致我国出现降水的热带气旋主要有两类路径：西行和转向路径。这两类路径的台风具有不同的季节变化：西行台风从季节初期到末期均维持在菲律宾海南部到我国南海北部一带，发生的频率随季节先增加后减少；而转向路径的台风主要在菲律宾-我国台湾-华东沿海一带，多发的位置随着季节先北移然后南退。我们预计，这两类路径的台风活动可能与不同的环流因子相联系，而环流的变化也可能导致台风路径的变化，进而影响其降水的特征，甚至是可预报性。

(2) 热带气旋降水的基本特征及其潜在可预报性分析。热带气旋的降水在8月9月期间所占总降水量的比较最大，且有较为一致的变化。分析这两个月的降水，得到了其空间分布的两个主导模态：一个是一致型模态，一个是偶极型模态 (图20)，分别占了总方差的35.88%和18.21%。这两个模态中，一致型模态以10年内的变化为主，而偶极型模态则含有较长时间尺度的变化信号 (图26)。进一步分析表明，热带气旋降水的两个模态分别与不同的热带气旋路径趋势分布有关。其中，第一模态降水的异常与进入121E以西的热带气旋多寡有关；而第二模态则与这些热带气旋是滞留于26N以南还是进入26N以北有关。究其原因，出现这几种路径差异时，东亚西太平洋区域850-300hPa引导层的环流亦存在较大的差异。其中第一模态偏多位相时，引导层向着我国大陆的气流增强，使得进入121E以西的热带气旋增多；反之，第一模态偏少位相时，引导层气流不利于热带气旋

趋向于我国大陆,从而使得进入121E以西的热带气旋减少。而第二模态出现南多东少位相时,引导层在华东北部为反气旋性环流,而华南一带为气旋性环流;反之,第二模态南少东多位相时,引导层在我国东南至菲律宾海一带为气旋性环流,使得华东一带趋向大陆的热带气旋偏多,而华南一带趋向大陆的热带气旋偏少。

分析不同模态的主分量与海气环境场的关系,发现大尺度环境场的影响具有非常大的非线性特征,其具体表现是,影响两个模态正负位相出现的主要因子各不相同。这些因子主要集中在印度西太平洋暖池区域,并且与ENSO循环具有有限的联系。其主要机理可能是印太暖池区的热状况影响了其上空的对流活动,进而通过热力效应影响了东亚西太平洋地区的区域环流,导致不同的热带气旋路径趋势分布,从而引起不同的热带气旋降水分布。

(3) 副热带高压的主导模态及其可预报性。副热带高压是影响我国夏季降水的重要系统,同时它的形态和强度也是影响热带气旋路径趋势的重要因子。分析表明,东亚—西太平洋地区副热带高压的模态在7-9月期间主导模态十分相似,因此将此三个月合并为一个季节加以研究。根据Wang et al. (2014)提出的predictable mode analysis思想,逐个分析前导模态的可预报性,最终确定了6个可预报模态及其基本特性,这6个模态的累计方差贡献达到了91.7%,并且可以分为3个年际变化模态和3个年代际信号的模态。其中3个年际变化模态根据其前兆因子的特征,分别定义为El Niño衰减模态、热带对流模态以及El Niño发展模态);而3个年代际模态则与印度—太平洋海域不同区域的海温影响有关,体现了下垫面热状况对环流的年代际变化的重要作用。

进一步的分析表明,3个年际变化模态中,不同的模态分别影响着西北太平洋热带气旋主要源区(a区)、我国东部(b区)、朝鲜半岛南部及日本西南部(c区)和日本东南部(d区)的热带气旋活动有关(图27,图28)。而3个年代际的模态分别与我国东部(b区)或南部(e区)地区的热带气旋活动有显著的相关,进而也可能影响我国热带气旋降水的偶极型模态。分析还发现,年代际信号对于该模态在研究时段内的可预报性起到了增强的作用。

本项工作下一步拟进一步研究通过动力模式预报这6个可预报模态的可能性,并估计用其制作热带气旋活动预测的可能性。

(四) 本所在优势领域年度科研进展 (按团队介绍)

1、台风预报理论及关键技术研究小组

(1) 开展近海及登陆台风强度变化科学试验预研究; 开展台风极端降水的预报技术及其可信度研究; 开展登陆台风灾害影响预(评)估方法研究开展热带气旋边界层湍流结构观测分析及其对热带气旋强度影响机制研究; 开展近海热带气旋-压关系的动力学研究; 开展中国热带气旋降水年际变化的多尺度调制和机理研究、开展登陆台湾台风降水结构特征分析等基础及应用研究工作。

(2) 完善科研人员汛期参与台风业务值班的工作机制, 开展了局新大楼业务平台台风客观预报系统的运行、维护与检查工作。召开了《西北太平洋台风检索系统》和《可信度预报评估》等系统的培训与答疑。总结以往台风汛期期间《台风专报》的成绩与不足, 重点突出了《台风专报》针对性与科研性, 力争既通过《台风专报》体现台风所研究成果(如台风预报可信度研究等), 加强台风客观业务预报系统运行维护工作, 具体落实和安排人员负责台风路径、强度客观预报方法的维护和后期开发、改进工作。

(3) 负责完成 2014 年西北太平洋台风预报精度评定工作, 并形成技术报告, 完成台风国家报告的上海部分内容。

(4) 台风探测方面: 在浙江温岭利用移动观测车和无人机开展了灿鸿台风观测试验, 获取了多组探空数据和风廓线、雨滴谱等资料以及一段时间的无人机气象探测数据; 在福建三沙利用移动车进行了苏迪罗台风观测试验, 在台风开始影响三沙之后每隔 2-3 小时进行一次探空, 并同时运行风廓线雷达、雨滴谱仪、微波辐射计、自动气象站等设备, 后因移动车进水漏电而被迫停止观测; 完成了南海火箭探测空域的申请, 并在海南万宁利用探空火箭开展台风彩虹火箭探测 3 台风试验, 并利用移动观测车开展同步探空观测, 获取了多组下投式探空数据和 4 组无线电探空数据和风廓线雷达、自动气象站等资料, 并完成相关媒体报道。

(5) 台风灾情调查与灾情评估: 对“苏迪罗”台风灾情, 到温州进行现场灾情调查, 完成调查报告 1 份; 对“灿鸿”、“苏迪罗”、“杜鹃”台风对上海影响进行了风险评估试验。并支持温州市气象台回复有关“苏迪罗”台风工作检查的调查内参。

(6) 台风短期气候预测: 完成 3 月台风活动预测和 6 月补充预测, 多次参加全

国、区域和上海局预测会商，并负责撰写台风专报 2 份。

(7) 完成国家气候中心主编的《中国灾害性天气气候图集》中台风图集的制作和台风所《西北太平洋热带气旋气候图集》中登陆台风图集的制作。

(8) 巨灾保险：完成科技服务中心的巨灾保险报告中相关部分。

(9) 完成了《热带气旋年鉴 2013》的整编出版任务；基本完成 2014 年西北太平洋热带气旋年鉴整编任务，收集 2014 年影响我国热带气旋的风和雨的资料；完成收集 2015 年热带气旋的相关资料并完成最佳路径的确定。完成西北太平洋热带气旋数据库更新维护（2013-2014 入库）；

(10) 《西北太平洋热带气旋检索系统》v3.4

正式对外发布；完成台风预警中心模式等收备系统、卫星云图显示备份系统维护；完成并维护台风年鉴辅助系统二期，维护台风警报信息处理与发布系统。

2、数值预报研究小组

(1) 加强区域高分辨率数值预报创新中心建设：年初创新中心正式成立，完成人员招聘和队伍组建工作；7 月举办内部培训会，旨在提高创新中心成员的基础理论能力及 HPC 及业务流程建设的技巧；10 月召开创新中心国际咨询委员会会议，来自美国 NOAA、NCAR、欧洲中心等多名国际一线数值预报专家与会，对创新中心拟采取的技术路线、1KM 分辨率下的物理方案、未来适应业务的 HPC 规模等提供了建设性建议。

(2) 继续开展高分辨率（1KM）模式研发工作：将新版快速更新同化系统作为 1KM 的基础原型，初步完成 1KM 模式原型系统的搭建工作；开展高分辨率条件下次网格云参数化和次网格过程与微物理过程相互作用的研究；开展 1km 湍流参数化方案研究工作，对一维和三维湍流参数化方案进行了初步的评估和比较。

(3) 改进和完善区域数值天气预报系统：新一代华东区域中尺度数值模式预报系统(SMS-WARMS2.0)通过业务化准入评审，正式上线。检验结果表明，新系统整体性能明显优于 SMS-WARMS1.0。与 EC 全球细网格模式相比，48 小时以内的有无降雨及大雨以上预报也已全面超越；新一代华东区域快速更新同化模（SMS-WARRV2.0）完成在新 HPC Athena 上的移植，开始准业务化测试运行，并同步在数值预报网上提供测试产品。统计检验结果显示，新系统对各量级降水的 ETS 评分均高于旧系统 SMS-WARRV1.0。

(4) 继续开展高分辨率台风模式的开发：GRAPES 高分辨率台风模式完成对 GRAPES

模式框架和物理过程的改进，实现了基于 GSI 的混合同化技术及 HWRF 的台风涡旋初始化技术在高分辨率台风模式中的引进、吸收和本地化应用；开展 2015 年台风的实时准业务测试；该模式研发所依托的行业专项“高分辨率区域台风模式关键技术研究及应用”项目完成结题，顺利通过项目验收答辩。

(5) 制定了适合新预报业务平台的数值预报业务值班流程和后台技术支持人员责任制度；常态化开展多个业务系统的日常维护和运行保障工作；参加汛期业务值班，出勤率 100%，为梅雨、强对流、台风，尤其是菲特台风等重大影响天气提供了准确、及时的数值预报保障。

(6) 加强区域模式数据中心业务系统建设：初步建立了数据中心格点传输业务流程，通过阿里云平台传输 GRIB2 格式数据，并测试自动化流程和时效。目前提供了地面要素 1 小时间隔、高空形势场 3 小时间隔的 500M 数据传送，在传输速率为 3M/S 的环境下，可在 3 分钟内完成完成传输。数据中心私有云的基础层建设已经完成，成为实时传送数据的主要载体。

3、海洋气象研究小组

(1) 完成上海市海洋局科研项目“上海海洋区域精细化风浪数值模拟研究”：收集了长三角沿海高分辨率海底地形资料和海岸线地理位置等数据资料，并引入模式系统，以国际先进的 SWAN 第三代波浪模型为基础，建立了一个覆盖黄、东、渤海的无结构网格下的风浪数值预报系统，在长三角沿海模式分辨率较高，特别在洋山深水港等重要海域具有很高的分辨率。模式系统采用平行计算的方式，提高了预报的时效性，满足了业务运行和应用的要求，系统提供的产品稳定、准确和及时。开展了对台风、冷空气等多种天气过程条件下海浪过程的数值模拟和预报试验，并利用实况资料进行了模拟验证和预报检验，结果表明该系统能很好地反映复杂地形和海岸对近岸波浪的影响，预报准确率较高。建立了预报产品的可视化业务平台，结合业务应用需求把预报产品划分成多海区显示，图像清晰、直观，调阅方便。开发的模式预报产品在上海市海洋环境监测预报中心和上海市气象局所属海洋气象业务机构得到日常业务应用，取得很好的应用效果。

(2) 精细化风暴潮模式系统的开发与应用取得成效：以国际先进的风暴潮模式 FVCOM 为基础，开发建立了包括东中国海和南海的高分辨率风暴潮及海洋环

流数值预报业务系统。建立了沿海高分辨率无结构模式网格系统，其中长江口和杭州湾河口、闽江口河口的模式网格最高分辨率达百米；模式采用并行计算的方式提高了工作效率；对历史台风风暴潮个例进行数值模拟验证后，建立了从数据采集到产品输出显示可全自动化预报系统。模式预报产品在参加与国家气象中心台风会商中多次应用。

(3) 进一步完善台风-海洋环流-海浪模式构成的海-气耦合模式，发展了包括海洋飞沫影响的新的海-气耦合方案，初步的数值试验表明它们能有效提高台风强度的预报精度，初步开展海-气耦合模式准业务运行的准备工作。进一步开展台风边界层湍流特征的观测诊断研究。成果在高级别刊物上发表。

(4) 完成“海流对海浪影响的数值模拟研究”：开展了台风、冷空气及一般天气情况下等典型天气情况下海流因子对风浪影响的数值试验，定量评估了其影响程度。

(五) 科研机制体制改革情况(本年度新增或修订的相关规章制度)

为深化科技体制改革，进一步规范各项管理，促进台风所高效、有序发展，本年度完善内部管理办法，最新修订财务结算管理办法、公务接待管理办法、设备购置审批管理规定及在职培训管理办法(修订)等多项管理办法。

二、 基础条件与科研能力建设

(一) 修购专项建设情况

(1) 完成了 2013 年修缮购置项目毫米波雷达和另一部微型测雨雷达在台州大陈岛的安装和部分闪电监测系统的安装工作任务，毫米波雷达项目完成验收；

(2) 完成 2014 年修缮购置项目火箭探空系统和全自动探空系统的出厂验收，初步完成 x 波段双偏振多普勒雷达和全自动探空系统站点选址工作；

(3) 完成了 2015 年修缮购置项目 1690 万元购置任务；

(4) 完成了 2016-2018 年上海台风研究所修缮购置规划和 2016 年修缮购置

项目调研、答辩、申报和评审，申报 2116 万元项目经费。

（二）其他建设情况(实验室建设、共建共享建设等)

1、2015 年 10 月 8-13 日，美国国家大气研究中心(NCAR)的 Jimmy Dudhia 等 9 名国外专家来沪指导数值预报技术，并于 10 月 12-13 日参加了中国气象局台风数值预报技术重点实验室 2015 年学术委员会会议暨区域高分辨率数值预报创新中心国际咨询委员会会议。此外，各位专家还参加了数值预报创新中心各团队的讨论会，对数值预报创新中心具体工作进行了交流和指导。

中国气象局台风数值预报技术重点实验室 2015 年学术委员会会议暨区域高分辨率数值预报创新中心国际咨询委员会与会人员 50 余人，分别是实验室学术委员会、创新中心国际咨询委员会成员，创新中心管委会成员和创新中心研发团队成员。本次实验室的学术专家来自中国气象局、美国国家大气研究中心(NCAR)、美国国家海洋和大气管理局(NOAA)、美国国家环境预报中心(NCEP)、德国气象局、挪威卑尔根大学和韩国延世大学等。中国气象局科技司、上海市科学技术委员会有关领导出席会议并致辞，上海市气象局陈振林局长到会致辞并为实验室专家委员颁发了聘书。本次会议的主旨意在将国内外最新区域和台风高分辨率数值预报研究成果转化为业务能力，不断改进和提高区域高分辨率数值预报和台风数值预报核心技术，为我国区域高分辨率数值预报和台风数值预报业务系统的升级提供技术支撑及系统原型。为期两天的会议围绕高分辨率台风模式关键技术研究、区域高分辨率数值预报进展、创新中心定位及未来发展方向等展开热烈交流，并进行深入探讨。专家组对实验室过去一年的工作给与了充分肯定，并对下一步的工作发展方向给与了指导意见。

2、为了有效汇聚资源，推进成果共享，华东区域气象中心于 2014 年设立了华东区域合作基金，台风所主持承担了“华东区域气象科技资源共享服务平台建设”。该项目于 2015 年 1 月正式启动实施，是 2015 年度上海市气象局重点工作之一。项目开发旨在建成中国气象局华东区域气象中心气象科技资源共享服务平台，实现科研动态信息发布、项目与论文成果等信息检索查询、项目申报评审、成果转化推介、科技数据与设备资源共享、项目经费实时监控管理等功能，达到区域气象科技资源共享互惠及高效管理的目标。

三、 野外科学试验

依托国家 973 项目课题“台风强度和海洋环境的海气耦合预报关键技术”、行业专项“近海及登陆台风强度变化科学试验预研究”及基本科研业务专项。

7 月 8-11 日，台风所野外观测团队赴浙江开展台风“灿鸿”野外观测。在浙江温岭利用移动观测车和无人机开展了灿鸿台风观测试验，获取多组探空数据和风廓线、雨滴谱等资料以及一段时间的无人机气象探测数据。

8 月 5-11 日，台风所野外观测团队赴福建开展“苏迪罗”野外观测。在福建三沙利用移动车进行了苏迪罗台风观测试验，在台风开始影响三沙之后每隔 2-3 小时进行一次探空，并同时运行风廓线雷达、雨滴谱仪、微波辐射计、自动气象站等设备，后因移动车进水漏电而被迫停止观测。

10 月 3 日 23 时 00 分整，首枚台风探测火箭在海南万宁点火发射。仅仅 6 分钟后，探测火箭将多枚下投式探空仪成功送入远在数百公里之外的强台风“彩虹”云团中心区域并实时传送高质量观测数据。初步分析表明此次试验所获取的台风数据资料，精度高，质量好，同步性强，具有显著的科研业务应用潜在价值。此次试验完美解决了火箭发射、探空仪高空高速抛撒、远程数据获取等一系列技术障碍，获得圆满成功。基于火箭平台下投式探空技术由中国气象局上海台风研究所和中国航天科工集团，历时三年的共同设计研发的原创性创新台风探测手段，并最终在海南省气象局大力协助下展开首次试验。这项探测试验技术主要用于探测海上台风的结构和强度，是一项军民融合，航天事业与国民经济生活特别是气象减灾应用结合的典范，也是一项多单位协同创新提高气象能力的探索性尝试。此次试验成功，标志着利用火箭平台的探测近海台风技术的重大突破，填补了我国海上台风结构和强度直接探测的空白。同时利用移动观测车开展同步探空观测，获取了多组下投式探空数据和 4 组无线电探空数据和风廓线雷达、自动气象站等资料。此次试验被多家媒体报道并转载。

四、 科研成果转化

本年度共有 6 项科研项目进行成果转化并完成成果登记。（见附

表 11)

五、 论文发表情况

全年共以第一作者（通讯作者）发表论文 27 篇，9 篇被 SCI（E）期刊收录。（见附表 12）

六、 学术期刊

2015 年，《Tropical Cyclone Research and Review》（TCRR）共出版 2 期 10 篇文章，并有 8 篇文章进入最后的修改阶段。截止 2015 年底，TCRR 的作者来自 13 个国家和地区，其中三分之二为国际作者。我们坚持严格的同行评审，国际审稿人也保持在三分之二以上。所有已发表的文章可从网站免费下载，读者来自 100 多个国家和地区，其中美国读者最多，占 54%。全文下载率也稳步增长，至 2015 年底，已超过 20000 篇次。平均每篇文章被下载 700 余次。

统计显示已发表的文章共计被引用 123 次，其中 67 次引用来自 25 种不同的 SCI 期刊，包括 Journal of Advances in Modeling Earth Systems 及 Climate Dynamics 等具有高影响因子的期刊。根据影响因子的计算公式，TCRR 的虚拟影响因子为 0.39，比引用 TCRR 的其中一种 SCI 期刊的影响因子（0.33）略高。2015 年，有两位访问编辑到访，分别是来自美国 NOAA EMC 的 Jason Sippel 博士以及来自越南 NCHMFM 的 Nguyen Dang Quang 博士。在来编辑部访问之前及期间，他们分别发送了至少 50 封邮件约稿。目前，已成功约稿 6 篇。作为一名 Monthly Weather Review 的编辑，Jason Sippel 博士还根据自己的经验，对 TCRR 未来的发展提供了较大帮助。

七、 学术交流活动

（一）学术委员会发挥作用情况

2015 年间，学术委员会成员通过现场指导、参加会议、通讯咨询等方式，对推动台风所各项工作的向前发展发挥了重要作用，为台风所深入明确的科研创新方向和目标起到积极的指导意义。学术委员会主任陈联寿院士多次来所指导工

作，参加中韩热带气旋国际交流会并作报告，对亚太台风委员会学术期刊等国际学术交流活动给予直接指导并主动参与其中部分工作。

（二）主办学术会议情况

本年度，台风所共组织召开学术交流会及五次，分别为第八届中韩热带气旋联合研讨会、中国气象局台风数值预报重点实验室学术委员会会议暨数值预报创新中心咨询委员会会议、亚太台风委员会科学试验会议、第十七届全国热带气旋科学讨论会及第十届热带气旋国际研讨会。

（三）国内外专家来访（见附表 13）

本年度，共有 15 人次国内外专家来访，分别来自美国夏威夷大学、澳大利亚气象局、美国飓风中心、中国气象科学研究院等相关科研业务机构或高校。

（四）参加国内外学术交流（见附表 14）

本年度，台风所科研人员共参加国际会议计 25 人次；国内会议计 40 余人次。

八、 科研合作情况

（一）国际合作情况

1、根据“中韩双边合作计划”，2015 年 5 月 18-23 日，由中国气象局与韩国气象厅联合主办、上海市气象局、中国气象局上海台风研究所和国家气象中心联合承办的“第八届中韩热带气旋联合研讨会”在上海召开。会议分为两个阶段，第一阶段是 5 月 18-20 日在上海的学术研讨，第二阶段是韩方代表团在上海市气象局和国家气象中心的参观访问。会议目的是促进热带气旋强度与中尺度结构分析和预报能力的提升，讨论未来研究方向，推动中韩两国在热带气旋研究与业务方面的合作与交流。

来自中国气象局、韩国气象厅及中韩两国多个知名高校及研究所的 40 余专家参加了在上海的学术研讨交流，会议还特别邀请了国家气象中心和南京信息工程大学专家参会。共交流报告 24 篇，内容涉及台风预报技术、观测研究、热带气旋结构和强度变化、台风气候及灾害预警等主题。上海市气象局陈振林局长应邀出席会议的学术研讨并致欢迎辞，韩国气象厅国家台风中心 KANG Nam Young 副主任致开幕词，中国气象科学研究院陈联寿院士全程参加会议，并为大会做了会议总结。在参观访问阶段，韩国代表团一行参观了上海市气象局新业务

大楼，详细了解了上海市气象局各业务版块流程。之后，韩国代表团一行又访问了中国气象局台风与海洋气象预报中心，具体就近年来两国在台风路径、强度预报方面的新进展，业务规范方面的新操作进行了座谈。

2、根据中国气象局上海台风所（STI/CMA）和美国飓风研究中心（HRD）的双边合作备忘录，我所汤杰博士受中国气象局上海台风研究所委派，于2014年7月至2015年6月在世界一流热带气旋科研机构-HRD进行客座访问研究。期间，除与美方科学家一起共同开展台风相关观测研究工作外，还观摩了美国飓风外场观测试验的组织实施过程，关注了其科研业务现状。

访问期间，汤杰博士先后与HRD的Zhang Jun, Frank Marks, Robert Rogers, Sim Aberson等科学家就台（飓）风的精细结构开展了一系列的观测研究分析。结合STI近年来实施的登陆台风外场观测试验，对台风登陆前后边界层的精细结构及其与台风强度变化的关系进行了较深入的分析。基于HRD的飞机探测资料，对登陆美国的飓风（Sandy）的变性过程进行了较深入的分析研究。与HRD的科学家合作，完成了2014年度飓风试验的部分观测资料的数据处理。访问期间，汤杰博士与HRD的科学家Zhang Jun合作，依托上海台风研究所，先后于2014年和2015年互为申请人和合作者，申请并成功获批2项有关热带气旋边界层观测研究的国家自然科学基金课：“热带气旋边界层湍流结构观测分析及其对热带气旋强度影响机制研究（面上项目）”，“热带气旋边界层精细结构及动力学过程观测分析研究（海外港澳学者交流项目）”。

3、2015年10月8-13日，美国国家大气研究中心(NCAR)的Jimy Dudhia等9名国外专家来沪指导数值预报技术，并于10月12-13日参加了中国气象局台风数值预报技术重点实验室2015年学术委员会会议暨区域高分辨率数值预报创新中心国际咨询委员会会议。此外，各位专家还参加了数值预报创新中心各团队的讨论会，对数值预报创新中心具体工作进行了交流和指导。

中国气象局台风数值预报技术重点实验室2015年学术委员会会议暨区域高分辨率数值预报创新中心国际咨询委员会与会人员50余人，分别是实验室学术委员会、创新中心国际咨询委员会成员，创新中心管委会成员和创新中心研发团队成员。本次实验室的学术专家来自中国气象局、美国国家大气研究中心(NCAR)、美国国家海洋和大气管理局(NOAA)、美国国家环境预报中心(NCEP)、德国气象局、挪威卑尔根大学和韩国延世大学等。中国气象局科技司、上海市科

学技术委员会有关领导出席会议并致词，上海市气象局陈振林局长到会致词并为实验室专家委员颁发了聘书。本次会议的主旨意在将国内外最新区域和台风高分辨率数值预报研究成果转化为业务能力，不断改进和提高区域高分辨率数值预报和台风数值预报核心技术，为我国区域高分辨率数值预报和台风数值预报业务系统的升级提供技术支撑及系统原型。为期两天的会议围绕高分辨率台风模式关键技术研究、区域高分辨率数值预报进展、创新中心定位及未来发展方向等展开热烈交流，并进行深入探讨。专家组对实验室过去一年的工作给与了充分肯定，并对下一步的工作发展方向给与了指导意见。

4、按照“中-美双边关于模式联合研发计划”，2014年11月22日-2015年11月24日，我所许晓林助研由中国气象局上海台风研究所委派和美国国家海洋和气象管理局（NOAA）资助到美国国家环境预报中心（NCEP/NOAA）/环境模式中心（EMC）的台风模式（HWRF）组进行为期1年的工作访问。

本次访问在2013年出访工作的基础上，针对目前台风业务工作中的技术难题（台风内核资料通过传统同化方法已很难进一步调整台风内核结构和改进台风强度和结构预报，如何通过有限的观测资料如卫星辐射资料来对台风结构进行调整，从而改进台风强度和结构的预报）进行了深入的研究。

“中-美双边关于模式联合研发计划”给上海台风研究所充分借鉴发达国家成熟经验，引进成熟技术，深化国际合作，实现引进集成创新创造了良好的条件；也培养了我们数值模式发展技术团队和应用团队。同时，“双边合作”的前提需要就双方关切的实际科学问题，由科学家提出具体目标和制定详细的问题解决方案，在合作中按照方案严格执行。另外，模式研发是一项长期实践过程，科研成果转换业务应用中间还有很多工作需要探索和研究，如何在访问结束后把合作深入进行，研发成果在业务模式中真正落实，形成科研业务成果最终转换的双方共赢是值得思考的问题。这对出访者提出了更高的要求，不仅需要很好的完成双边合作任务，更需要以提高国内业务模式预报精度为目标，思考如何引进研发技术在国内模式基础上的发展和创新。

5、2015年1月9日至2015年12月27日，我所张蕾博士由中国气象局上海台风研究所委派、美国犹他大学大气科学系蒲朝霞教授邀请和资助到美国犹他大学大气科学系进行为期一年的客座访问研究。主要就非常规观测资料同化技术及其在数值预报模式中的应用方面进行学习和交流。

目前我们接收到的观测资料不论从观测类型还是观测数量上都在呈逐年递增的趋势，如何在数值天气预报中合理、有效地使用这些观测资料，尤其是非常规观测资料，是当前数值天气预报面临的一个重要问题，国内在这一方面也亟待加强相关研究工作。为此，访问期间，在蒲朝霞教授的指导下，围绕非常规观测资料的同化技术及其在数值预报模式中的应用这一问题，张蕾博士主要开展了以下三方面的研究：对地基雷达径向风观测资料在登陆热带气旋数值模拟中的同化技术及同化效果进行了研究。对激光雷达风廓线观测资料在复杂地形地区的同化应用进行了研究。基于 HRD 的机载雷达观测资料，对机载雷达观测资料在热带气旋数值模拟中的同化应用进行了深入研究，主要涉及同化方法的选择、观测资料的数据处理、不同要素同化对热带气旋路径和强度模拟的影响等方面。

（二）国内合作情况

依托海洋 973 计划课题，与国家海洋信息中心合作开展台风强度和海洋环境的海气耦合预报关键技术研究；依托行业专项、国家自然科学基金、科技部支撑计划等，与中国气象科学研究院、国家气象中心、同济大学、南京大学、南京信息工程大学、海南省气象台、河南省气象台、航天科工集团开展相关研究，建立了合作关系。

（三）与省所合作情况

通过华东台风综合观测基地建设及行业专项，与广州热带海洋气象研究所、福建省气象科学研究所及江苏省气象科学研究所建立了合作关系。

九、 人才队伍与团队建设（见附表 1-2，附表 5）

年内，博士后工作站共有 1 名博士后在站，开展海洋飞沫生成函数改进对台风强度预报的影响研究，合作者为李永平研究员，并于 2015 年 11 月顺利出站进入台风所海洋室工作。

年内，我所共有 5 名考取并攻读在职博士学位。台风理论及预报技术研究室喻自风、陈国民、数值预报技术研究室李佳、台风信息室张帅攻读南京信息工程大学博士学位；台风理论及预报技术研究室吴丹攻读南京大学博士学位；其中喻

自凤由南京信息工程大学顺利毕业并取得理学博士学位。

年内，共有 10 名硕士研究生在所学习，其中 5 人为台风所招收的研究生，4 人为与成都信息工程大学合作指导的研究生；1 人为与华东师范大学合作指导的研究生；年内，其中一名已顺利毕业。

（一）科研人才队伍建设（见附表 1-2）

（二）科研创新团队建设（见附表 5）

十、 党风廉政和科研文化建设

2015 年，上海台风研究所党支部在上海市气象局党组、机关党委的领导下，以邓小平理论、“三个代表”重要思想为指针，以科学发展观为指导，以培育和践行社会主义核心价值观为主线，紧紧围绕党的十八大及十八大四中、五中全会精神与上海市气象局 2015 年的工作任务，积极开展“三严三实”专题教育，加强党支部与领导班子的建设，加强干部人才队伍建设和思想政治建设，积极践行上海率先实现气象现代化和深化改革攻坚，积极营造创新、务实、高效、奋进的工作氛围，努力提高党员干部的政治素质、理论素质和综合业务素质，为建立一支政治合格、作风过硬、业务精通的工作队伍及争创国内领先、国际知名台风气象科研机构的奋斗目标，充分发挥了党支部的核心堡垒和党员模范带头作用，较好地完成了各项工作和学习任务。

1、积极开展“三严三实”专题教育工作

按照局党组的统一部署和要求，支部充分把握教育主题，认真制定了学习方案和研讨计划，党支部具体负责牵头，领导干部分工协作，支部委员积极表率，做到党员干部带头学习、带头自我剖析、带头查摆问题，带头做好批评与自我批评，达到了教育工作的预期目标。

在整个教育工作中，全所 28 名党员积极参加，对照“严以修身、严以用权、严以律己，谋事要实、创业要实、做人要实”的要求，聚焦对党忠诚、个人干净、勇于担当，自觉开展“三严三实”专题教育，坚定了信念，提高了认识，为全面推进气象现代化、全面深化气象改革、全面推进气象法治建设、全面落实从严治党要求等各项工作奠定了基础。

在专题教育工作中，支部共制定 1 份教育实施方案及 1 份学习研讨计划，组

织 2 次征求意见座谈会，主要负责人为全所党员与职工讲授专题党课 1 次，召开专题学习研讨 2 次及专题组织生活会 1 次，进行教育工作阶段总结汇报 1 次，发布宣传报道 6 篇。由于党支部组织精心、所领导班子高度重视、全所党员积极参与，使整个专题教育活动取得了较好成效。

2、认真落实开展党风廉政宣传教育月活动

根据局党组关于组织开展第十四个党风廉政宣传教育月活动的要求，围绕“守纪律、讲规矩，落实两个责任”的主题，党支部及所领导班子高度重视、认真落实，于 4 月中旬至 5 月底组织开展了教育活动。

首先，按照要求在全所职工范围内开展了专题学习，全所党员干部和职工群众结合工作实际，通过学习教育，进一步树立廉政意识，牢固建起“互廉网”，为全所科研、业务、管理工作稳步发展提供坚强的政治思想保障。第二，为达到“以古为鉴知兴替”的倡廉效果，党支部组织党员干部参观了中共一大会址，通过实地参观教育，为牢记反腐倡廉宗旨鸣响了警钟，激发了党员干部投身上海气象事业改革与发展的更大热情。第三，结合党风廉政建设的有关要求，为确保廉政建设有章可循、有据可依，在党支部的推动下，对单位有关设备购置、公务接待、在职培训等部分规章制度进行了完善修订，利于领导干部加强廉洁自律，利于领导干部接受职工群众监督，利于形成自上而下廉洁奉公的良好风气，从而有效构建起职工监督党风廉政建设的平台，共同构筑起坚实的反腐防线。第四，通过公益性行业专项审计等具体业务工作，进一步强化党员干部廉政风险意识，有效提升全所党员职工勤俭促廉的思想意识，进一步推动全所廉政建设工作的健康发展。

3、充分发挥党、工、团三位一体联动作用

在党支部的核心领导下，积极发挥工会和团支部的作用，共同围绕全所台风科研业务开展服务大局和队伍建设各项工作，充分调动党员干部、职工群众和团员青年积极性，展现奋发向上的精神风貌。

团支部积极发挥党的助手和后备军作用，在党支部的指导下，年初团支部顺利完成了换届选举的工作，进一步充实了团支部委员会的力量，调动了团员青年的主观能动性，使团支部在五四运动纪念活动、七一建党纪念活动、青年志愿服务、弘扬党风家风主题征文活动开展中发挥了重要作用。1 名青年团员光荣获得局优秀青年志愿者称号，1 篇题为“与其不舍，不如放手”的优秀征文在

局青年微信号发布后,获得了众多读者的好评与转发,传播了优良的家风与美德。

所工会充分发挥职工群众大家庭的作用,通过组织开展各类文体竞赛、慰问一线工作人员及探访在职生育生病职工等活动,提升干部职工的归属感与幸福感。秉承多年工作传统,在党支部领导下,所工会配合党支部主动关心离退休老同志的生活,年内组织3次离退休老同志集体活动,主动做好春节探望及探访生病住院老同志的工作,确保每一位老同志都能时刻感受到组织的温暖和后辈的关爱,以期老同志们在安享晚年的同时继续发挥余热,关注和支持台风所的建设,积极为台风所的发展建言献策,为台风所的壮大成长共聚正能量。

4、履行社会责任,抓好文明创建

按照上海市气象局文明行业、文明单位创建规划和工作要求,台风所党支部讨论制定了创建 2015-2016 年度上海市文明单位工作规划。根据工作规划,为充分发挥文明单位的示范引领作用,履行文明单位关爱社会的义务和责任,春节前夕,党支部组织开展了帮扶传统活动及气象科普推广活动,先后深入不同共建结对单位,不仅为社区特困居民和高龄孤老送去了关爱与慰问,还组织社区气象爱好者参观了基层气象台站,受到了结对单位和居民的广泛赞誉,增强了全所党员与职工的社会责任感,提升了时代气象人的新形象。多姿多彩的共建活动获得了共建单位的认可与好评,为上海气象文明行业及文明单位的创建工作起到了较好的推动作用。为进一步推进军民共建社会主义精神文明活动,值“八一”建军节之际,秉承多年传统,党支部积极主动与中国人民解放军某部队开展了军民共建活动,拓展了共建结对的领域,密切了军民鱼水情谊,进一步营造了同创共建的良好格局。

5、发扬传统,做好各项参观学习

党支部按照多年传统,于清明前期组织全所干部职工开展了清明节赴龙华烈士陵园祭扫先烈的活动,激励干部职工不忘革命先烈,以饱满的热情和坚定的信念投入到工作中,坚持不懈,创造更加美好的明天。

值中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 70 周年纪念日来临之际,党支部组织党员职工开展了参观淞沪抗战纪念馆的活动,激励大家缅怀历史、不忘先烈,弘扬中华民族英勇抗战的精神。

十一、大事记

- 1 月 4-8 日，台风所李泓博士赴美参加了在亚利桑那州凤凰城举办的美国气象学会第 95 届年会并作报告。
- 1 月 7 日，台风所召开 2014 年度全所职工工作总结大会。
- 1 月 9 日，台风所“海浪数值预报业务系统”、“西北太平洋热带气旋检索系统升级版”、“西北太平洋热带气旋强度统计预报方法（WIPS）的研制与业务应用”及“第二类热成风螺旋度的登陆台风降水诊断业务系统”等四项成果参加上海市气象局成果转化评审答辩。
- 1 月 12-13 日，台风所科研人员参加在四川成都召开的“青藏高原大气科学观测试验物理—统计分析应用技术发展研讨会（暨中国现场统计研究会气象、地质统计委员会，计算物理学会计算大气物理专业委员会 2014 年度学术年会）”并作报告。
- 1 月 12-17 日，台风所余晖副所长一行 5 人赴广州等地进行台风灾情调研。
- 1 月 14 日，台风所与古美街道东兰第二居委会开展了文明共建活动，组织东兰二居的部分居民代表参观了崇明县气象局并进行座谈交流。
- 1 月 15 日，台风所主持的四项国家自然科学基金项目“气溶胶-云微物理-降水相互作用对登陆我国台风的影响”、“热带气旋强度变化的环境因子影响研究”、“环境垂直风切变作用下地形对登陆台风降水的影响研究”及“海洋热状况与西北太平洋热带气旋活动年际关系的年代际跃变及机理研究”顺利提交了 2014 年度进展报告。
- 1 月 19 日，台风所邀请 NRL/Marine Meteorology Division 的 Peter Black 博士来所交流并作题为“Recent Observations of the Tropical Cyclone Outflow Layer”的学术报告。
- 1 月 20-23 日，台风所雷小途所长一行 9 人参加在浙江宁波召开的高影响天气研究国际研讨会并作报告。
- 1 月 29 日，台风所黄伟博士及骆婧瑶参加在北京召开的 2014 年中国气象局数值预报 GRAPES 发展专项课题验收会，并作报告。
- 1 月 29 日，由台风论坛资深管理员“老干部”带队，论坛会员一行 11 人，参观了台风所并进行了座谈交流。

- 1 月，陈葆德博士入选中国气象局科技领军人才。
- 2 月初，台风所召开各科室 2015 年工作座谈会。台风所领导班子与各科室成员分别就 2015 年个人工作计划、个人与科室发展如何更趋和谐、工作中存在的问题等内容展开座谈。
- 2 月 2 日，台风所 3 项成果获上海市气象局成果转化奖。分别为：由李永平等完成“海浪数值预报业务系统”获成果应用一等奖；由雷小途等完成的“西北太平洋热带气旋检索系统升级版”获成果应用二等奖；由陈佩燕等完成的“西北太平洋热带气旋强度统计预报方法（WIPS）的研制与业务应用”获成果应用三等奖。
- 2 月 3 日，上海市气象局局长陈振林来台风所就修购项目及台风外场观测进行座谈讨论。
- 2 月 9-13 日，台风所所长雷小途博士及陈国民赴泰参加第三届台风委员会和热带气旋委员会联合届会，并作报告。
- 2 月，台风所共 9 人在 2014 年度考核中获得优秀等次，分别为：王晓峰、陈葆德、唐碧、喻自凤、应明、张旭、郑运霞、白莉娜、孙婧。
- 2 月 11 日上午，台风所召开退休老同志新春茶话会。
- 2 月 11 日下午，台风所组织开展“2015 迎新春趣味运动会”。
- 2 月 12 日，台风所党支部及办公室有关人员赴结对共建单位梅陇七村开展春节慰问困难群众活动。
- 3 月，台风所李泓博士荣获 2013-2014 年度上海市三八红旗手称号。
- 3 月，台风所余晖博士荣获全国五一巾帼标兵称号。
- 3 月 18 日，上海台风研究所团支部组织召开了团支部换届选举工作会议。
- 3 月 19-20 日，台风所雷小途博士等一行四人赴海南参加第八届全国台风及海洋气象专家工作组第一次会议，并作报告。
- 3 月 23 日，台风所占瑞芬博士赴北京参加 2015 年汛期气候趋势预测专题研讨会并作报告。
- 3 月 29 日-30 日，台风所王晓峰博士等一行三人在上海参加了科技支撑计划课题《太湖流域洪水风险演变及适应技术集成与应用》项目进展交流会，
- 4 月 2 日，台风所赴龙华烈士陵园开展祭扫英烈爱国主义教育活动。
- 4 月 8-10 日，台风所陈葆德博士等一行八人赴福州参加了“高分辨率区域台

风模式关键技术研究及应用”行业专项结题准备会议。

- 4月12-18日,台风所陈葆德博士、黄伟博士及李佳赴奥地利参加欧洲地球物理学会2015年届会,并作报告。
- 4月16日,华东区域气象科技协同创新基金合作项目“华东区域气象科技资源共享服务平台建设”进展交流会在上海台风研究所顺利召开。
- 4月24日,台风所获上海市气象局第一届“茸城杯”职工乒乓球团体比赛第四名。
- 4月28日,台风所获上海市气象局第二届“浦东杯”职工长跑比赛团体第二名。
- 4月29日,台风所余晖博士及李青青博士赴北京参加了国家重点基础研究发展计划(973计划)“登陆台风精细结构的观测、预报与影响评估”项目启动会。
- 4月29日,台风所组织离退休老同志踏青春游。
- 4月28日,台风所雷小途所长一行赴北京参加第二十八届理事会学科(工作)委员会第一次会议。
- 5月13日,台风所在上海组织召开中试业务咨询研讨。
- 5月19日,台风所所长雷小途研究员一行赴北京参加国家自然科学基金委参加重大仪器项目第二轮答辩。
- 5月18日,台风所科研项目“上海高影响天气一体化多级高分辨率数值预测技术”获2014年度上海市科技进步奖三等奖。
- 5月19-20日,第八届中韩热带气旋联合研讨会在上海召开。
- 5月15日,上海台风研究所党支部组织全所党员、领导干部、所团员青年及部分职工参观了中共一大会址,共同接受了一次红色廉政教育。
- 5月,台风所台风理论研究室喻自凤入选中国气象局第二批青年英才。
- 5月21日,国家重点基础研究发展计划(973计划)“登陆台风精细结构的观测、预报与影响评估”项目(2015CB452800)第六课题“登陆台风灾害影响预(评)估方法研究”(2015CB452806)启动暨专家咨询会在上海召开。
- 6月,台风所台风理论研究室喻自凤顺利获得南京信息工程大学博士学位。
- 6月9日,台风所分别组织室主任及全体党员、工会委员、团支部委员、职工代表召开了“三严三实”教育活动征求意见座谈会。

- 6月10日下午,按照上海市气象局党组有关“三严三实”专题教育的要求,台风所所长、党支部副书记雷小途同志为台风所全体党员干部和职工讲授了题为《践行“三严三实”,再创台风所辉煌》的专题党课。
- 6月11日,中国气象局台风与海洋气象预报中心赵伟副主任等一行6人赴台风所调研座谈。
- 6月11-13日,台风所所长雷小途博士一行赴武汉开展火箭台风探测准备工作。
- 6月15-25日,美国资深飓风探测专家赴台风所访问指导。
- 6月19日,台风所再次召开台汛期动员大会。
- 6月20-27日,台风所赵兵科博士一行5人赴江西省金溪县石门乡开展为期一周的民兵军事气象保障。
- 6月23日,上海市气象局陈振林局长率局办公室、人事处等职能处室主要负责人一行来台风所开展“三严三实”专题教育及相关工作检查并召开座谈会。
- 7月2-3日,由台风所副所长余晖研究员主持承担的2015年度公益性行业(气象)科研专项“台风极端降水的预报技术及其可信度研究”在杭州召开了项目启动会及专家咨询会。
- 7月8-11日,台风所野外观测团队赴浙江开展台风“灿鸿”野外观测。
- 7月8-10日,美国马里兰大学教授、资深数值预报专家、NCEP/NCAR再分析资料创始人Eugenia Kalnay教授,与日本RIKEN高级计算研究院资料同化实验室负责人Takemasa Miyoshi博士一行两人应邀来所进行学术交流访问。
- 7月14日,美国加州大学洛杉矶分校蒋贤安博士应邀来所交流访问并作报告。
- 7月22日,台风所举行“三严三实”专题教育集中学习研讨会。
- 7月31日,美国夏威夷大学李天明教授应邀来所交流访问并作报告。
- 8月1-7日,台风理论室喻自凤博士赴美国波士顿参加了第16届美国气象学会中尺度过程研讨会。
- 8月5-11日,台风所野外观测团队赴福建开展“苏迪罗”野外观测。
- 8月,台风所鲍旭炜博士、张旭博士入选上海市气象局首批青年英才计划。
- 8月18日,中国气象局上海台风研究所获5项2016年度国家自然科学基金项目资助,资助经费共计249万元。
- 8月18-21日,台风所副所长王晓峰博士、陈葆德博士等一行4人受邀赴四

川省气象局为参加“2015 年区域数值预报模式培训班”的业务科研人员授课。

- 8 月 21 日，南京大学大气科学学院赵坤教授应邀来所交流访问，并作了“多普勒雷达观测近海台风内核结构和演变特征”的学术报告。
- 9 月 1 日，台风所党员职工参观淞沪抗战纪念馆。
- 9 月 8 日，台风所党支部召开了“三严三实”专题组织生活会。
- 10 月 3 日，首次火箭探测台风外场试验取得圆满成功，此次试验被多家媒体报道并转载。
- 10 月 5 日-11 月 1 日，美国资深飓风探测科学家 Peter Black 博士应邀来所访问指导。
- 10 月 9 日，台风委员会“近海台风强度变化科学试验（EXOTICA）”项目组织委员会第一次会议在上海召开。
- 10 月 10 日，台风所党支部组织召开了“三严三实”专题教育“严以用权”专题的学习研讨会。
- 10 月 12-13 日，中国气象局台风数值预报技术重点实验室 2015 年学术委员会会议暨区域高分辨率数值预报创新中心国际咨询委员会上海成功召开。
- 10 月 16 日，由中国气象局上海台风研究所主持承担的公益性行业专项“台风灾情资料整编技术研究”项目通过科技司组织的结题验收。
- 10 月 20 日，台风所组织全所离退休老同志开展了重阳节敬老秋游活动。
- 10 月 9 日，台风委员会“近海台风强度变化科学试验（EXOTICA）”项目组织委员会第一次会议在上海市气象局顺利召开。
- 10 月 12-13 日，中国气象局台风数值预报技术重点实验室 2015 年学术委员会会议暨区域高分辨率数值预报创新中心国际咨询委员会上海成功召开。
- 10 月 16 日，由中国气象局上海台风研究所主持承担的公益性行业专项“台风灾情资料整编技术研究”项目通过科技司组织的结题验收。
- 10 月 26 日-29 日，台风所陈葆德博士、黄伟博士赴韩国参加了 KIAPS 组织的数值预报系统国际研讨会。
- 10 月 26-29 日，台风所雷小途研究员、李永平研究员、陈佩燕副研究员参加了在马来西亚首都吉隆坡举行的亚太经合组织和世界气象组织台风委员会第 10 届综合研讨会。
- 11 月，台风所与中国地质图书馆正式签署文献资源共建共享协议。

- 11 月 15 日至 16 日，上海台风研究所雷小途所长、李永平博士、李泓博士、汤杰博士、段自强博士等一行赴广州参加了国家 973 计划课题《上层海洋对台风的响应和调制机理研究》年会。
- 11 月 18 日-20 日，由中国气象学会台风专业委员会、中国气象局上海台风研究所与福建省气象局联合主办的第十七届全国热带气旋科学讨论会在厦门召开。
- 11 月 19 日，由中国气象局上海台风研究所主持承担的公益性行业专项“高分辨率区域台风模式关键技术研究及应用”（项目编号：GYHY201206006）项目通过科技司组织的综合验收会。
- 12 月 25 日上午，上海台风研究所雷小途所长与温州市气象局张慧良局长在上海签署了双方单位战略合作的框架协议书。
- 12 月 31 日，台风所组织召开了 2015 年度党员领导干部专题民主生活会。

附表：机构基本情况

附表1 单位领导任职情况

附表2 本年度人员总体情况

附表3 本年度硕士或副研以上人员调动情况

附表4 经费总体情况

附表5 科研创新团队

附表6 参加学术组织情况

附表7 学术委员会情况

附表8 在研项目

附表9 新立项目

附表10 获得科技奖励情况

附表11 本年度科研成果转化应用统计表

附表12 本年度发表学术论文

附表13 外单位人员来所交流情况

附表14 本所对外交流情况