

雷小途, 2025. 中国防台减灾国际合作成效及挑战概述[J]. 气象, 51(11):1395-1404. Lei X T, 2025. Overview of the achievements and challenges of China's international cooperation in typhoon disaster prevention and mitigation[J]. Meteor Mon, 51(11):1395-1404(in Chinese).

中国防台减灾国际合作成效及挑战概述

雷小途

上海市气象局, 上海 200030

提 要: 热带气旋(西北太平洋地区称为台风)是全球重大灾害性天气之一, 中国位于北太平洋西岸, 深受台风影响, 是全球热带气旋灾害较严重的国家之一。中国在注重提高自身台风监测、预测、预警及灾害联防能力的同时, 十分重视与国际社会的合作。在长期与国际台风界的合作中, 受益良多, 同时也为国际防台减灾事业的发展做出了特殊的中国贡献, 是国际防台减灾合作的坚定支持者、积极参与者和重要贡献者。在台风国际合作中取得丰硕成果, 展现了一幅幅中国与国际防台减灾事业发展同频共振的生动画卷。

关键词: 台风, 热带气旋, 防台减灾, 国际合作

中图分类号: P444, X43

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2025.012002

Overview of the Achievements and Challenges of China's International Cooperation in Typhoon Disaster Prevention and Mitigation

LEI Xiaotu

Shanghai Meteorological Service, Shanghai 200030

Abstract: Tropical cyclones, known as typhoons in the Northwest Pacific Region, are one of the major natural disasters' weather system. China is located on the west coast of the North Pacific, deeply affected by typhoons. China also is one of the countries with severe tropical cyclone disasters in the world. China attaches great importance to cooperation with the international community while focusing on improving its own typhoon monitoring, prediction, warning, and disaster prevention capabilities. Through long-term cooperation with the international typhoon community, China has benefited greatly and made special contributions to the development of international typhoon disaster prevention and mitigation, and China is a staunch supporter, active participant, and important contributor to international cooperation in typhoon disaster prevention and mitigation. In the past, China has achieved fruitful results in international cooperation on typhoon-related events, and has also displayed a series of animated scrolls that resonate with the quick development of typhoon disaster prevention and mitigation in China and internationally.

Key words: typhoon, tropical cyclone, typhoon disaster prevention and mitigation, international cooperation

引 言

热带气旋(西北太平洋地区称为台风)是全球重

大灾害性天气之一, 中国位于北太平洋西岸, 深受台风影响并造成严重的生命财产损失。防台减灾是我国, 特别是东南沿海各级政府汛期的重点工作任务之一(翁永元等, 2012)。早期, 受科技水平的制约,

防台减灾或寄托于“神灵”,或“夜观天象”,客观上则只能默默承受台风的肆虐,也鲜有防台减灾方面的国际合作和交流(雷小途等,2019;雷小途,2021;2024)。近现代以来,以徐家汇观象台为代表的百年气象站先后自 19 世纪 80 年代起开始了气象要素的定量观测,包括成功观测到台风过境及影响前后的漏斗型气压变化特征等,并通过观测资料的国际交换,绘制了眼特征的台风水平结构图、提出了“台风垂直截面旋风理论”,编撰和整编了台风相关专著及路径图集,创立了台风预警“风球旗语”体系并推广至远东各地使用,成为当时国际防台减灾合作交流的重要贡献者(雷小途,2020;Lei,2019)。第二次世界大战(以下简称二战)期间,防台减灾的国际合作大受影响,直至 1968 年,亚洲及太平洋地区相关国家和地区为加强防灾规划和措施的协调,特别是减轻台风等自然灾害造成的人员伤亡及财产损失,在亚洲及太平洋经济社会委员会(亚太经社会, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, ESCAP)和世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)的合作框架下,联合组建了台风委员会(以下简称亚太台风委员会),该组织是政府间的国际合作组织,也是亚太区域防台减灾国际合作的中坚力量之一(矫梅燕等,2020)。

1980 年,中国气象局在上海承办了一次由 WMO 组织召开的“国际台风学术讨论会”,这也是改革开放以来,WMO 在中国召开的首次大型国际学术交流会,中国科学家陈联寿等二人应邀在会上作特邀报告,受到好评,《西太平洋台风概论》(陈联寿和丁一汇,1979)目录的英译稿在大会上散发,受到国际台风界的广泛关注(董克勤,1980),这为陈联寿日后出任 WMO 热带气象研究工作组(Working Group on Tropical Meteorology Research, WGTMR)主席奠定了坚实的基础。

在防台减灾的国际合作领域,中国依托亚太台风委员会和 WMO 热带气象研究工作组等平台,从参与到治理、从科研到业务,开展了广泛而深入的国际合作与交流,为区域及全球防台减灾事业做出了卓越贡献,同时也对国内的台风学科发展和业务能力的提升发挥了积极作用,本文对此进行概述,旨在纪念陈联寿等老一辈台风专家在推动国际台风合作交流方面的历史功勋,也为我国日后进一步参与国

际台风合作及治理提供历史借鉴。

1 国际台风合作及治理体系

气象工作的核心是预报,而大气又是围绕地球运动的,要做好一地的气象预报,必须同时了解上下游的大气运动状况。因此,世界各国和地区秉承“大气无国界”之理念,在气象领域开展国际合作,由来已久。早在 1873 年,英、法等国组织召开国际性气象大会,并在会上创建了一个非政府合作机构——国际气象组织(International Meteorological Organization, IMO)。IMO 的创立,促进了全球气象学术交流和学科的发展,但在二战期间受到严重破坏,直至二战结束后,随着联合国体系的建立,全球范围的气象国际合作也得以恢复和迅速发展。事实上,1947 年 9 月,46 个国家和 30 个地区的气象机构负责人云集华盛顿,参加了二战后的第一次 IMO 会议,会议决定把 IMO 改组为政府间组织——世界气象组织,并通过了《世界气象组织公约》。中国¹⁾参加了此次会议,因此成为 WMO 的创始国之一。1950 年 3 月 23 日,《世界气象组织公约》正式生效,标志着 WMO 的正式成立,并于次年成为联合国的专门机构之一,目前其拥有 187 个国家成员和 6 个地区成员。WMO 秉持促进气象观测站网设计、标准化观测及资料交换、气象预报及应用技术合作研究和培训等的国际合作宗旨,自成立起便成为气象领域国际多边合作的主要平台。

1.1 区域台风委员会及业务中心

为加强区域性的国际多边合作,在 WMO 框架下,设立了非洲、亚洲、南美、北美洲及中美洲、西南太平洋和欧洲等六个区域协会(Regional Association, RA)。

另外,为加强亚洲及太平洋区域的国际合作,协助各成员国解决经济和社会问题,联合国于 1947 年 3 月 28 日在上海成立了亚太经社会(ESCAP),后因历史原因其总部从上海迁移至泰国曼谷。该委员会是联合国经济及社会理事会下属的五个区域委员会之一,是亚太地区建立最早、代表性最为广泛的政府间多边经济社会发展组织。其主要职能是通过区域和次区域合作促进本地区社会经济的发展,包括收

¹⁾ 此时中国在联合国及其相关机构的席位由台湾方面占据。

集、评估和分发区域内有关经济、科技及统计资料,进行研究并提出制订新措施,以促进亚太地区经济社会发展。

为加强亚太区域内各国和地区的台风联防合作,提高台风的监测和预报预警能力,减轻台风灾害的影响,1968年在ESCAP与WMO联合支持下,中国¹⁾、中国香港、日本、韩国、老挝、菲律宾和泰国联合发起组建了ESCAP/WMO台风委员会(亚太台风委员会,ESCAP/WMO Typhoon Committee, TC),负责协调亚太区域防御台风灾害的计划和措施。此后,马来西亚、柬埔寨、越南、朝鲜、中国澳门、新加坡和美国先后加入亚太台风委员会,秘书处最初设在菲律宾马尼拉,后迁至中国澳门。至今,亚太台风委员会的成员几乎覆盖了区域内所有国家和地区,成为区域内防台减灾国际多边合作的主要平台。

鉴于此,并结合全球热带气旋活动特征,WMO或独立或与相关国际组织联合,还先后设立了其他四个区域性热带气旋委员会,如1972年与ESCAP联合设立的北印度洋(孟加拉湾和阿拉伯海)区域热带气旋委员组、1977年独立设立的 RA

IV区飓风委员会等。图1为WMO在全球各相关区域设立的五個热带气旋委员会及其区域热带气旋的主导路径示意图。

WMO于1980年设立热带气旋计划(Tropical Cyclone Programme, WMO/TCP),并在此基础上设立了与五个区域性热带气旋委员会相对应的台风领域的区域专业气象中心(Regional Specialized Meteorological Centre, RSMC),这些中心为区域内的成员提供防台减灾协助(包括对区域内的热带气旋进行编号和命名,提供预报指导产品和培训等)。其中亚太台风委员会RSMC的台风中心于1988年设立,位于日本东京(RSMC-Tokyo)。该中心在WMO的授权下对西北太平洋地区的台风进行编号和命名,并通过WMO框架下的业务网络为亚太台风委员会的成员提供其区域台风数值模式的实时客观预报产品。其余RSMC台风中心的设置区域详见图1。TCP旨在通过在国家和区域层面实施的合作行动,建立涵盖成员国、WMO地区协会、其他国际和地区机构以及WMO秘书处和RSMC等在内的国家和区域协调系统,以确保热带气旋造成的生

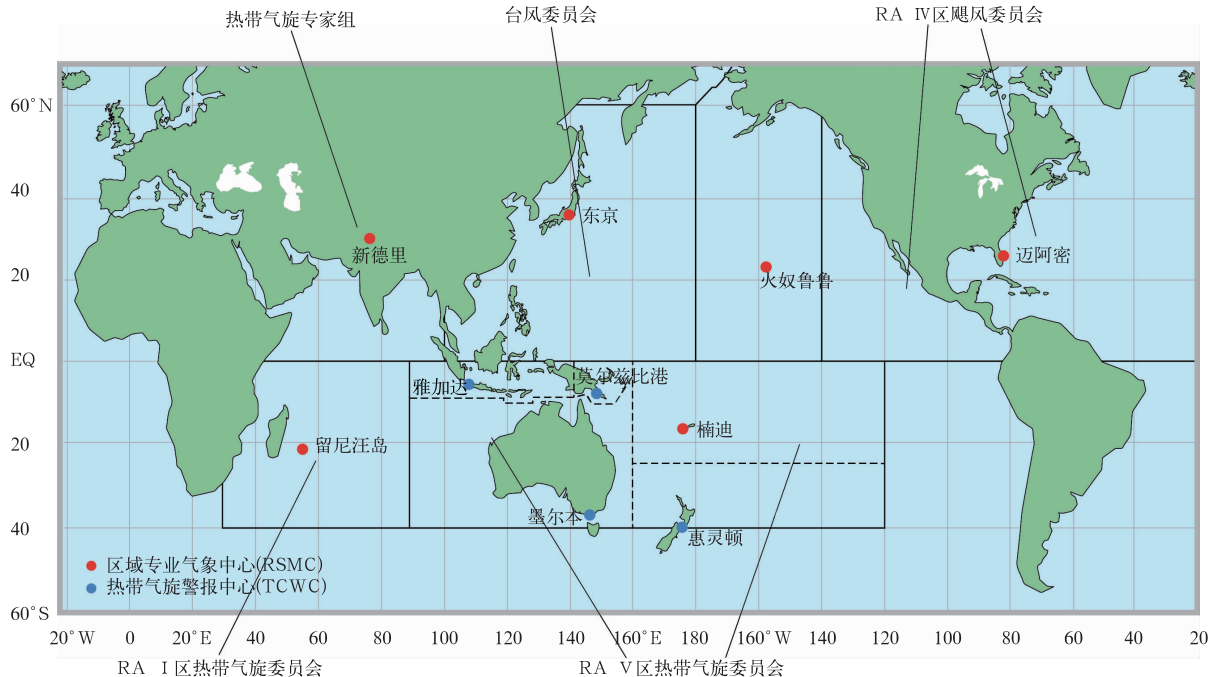


图1 WMO框架下的五个热带气旋委员会²⁾

Fig. 1 The area of the five WMO regional tropical cyclone committees

²⁾ <https://community.wmo.int/en/tropical-cyclone-regional-bodies>.

命和财产损失降至最低。具体包括:鼓励和支持其成员建立国家防台减灾体系,建立成员间的热带气旋预报及风险评估等产品共享和技术转移及培训等,以及指导和协助各区域委员会制定及修订区域内的台风灾害联防操作手册。事实上,TCP 是统筹和协调全球防台减灾相关事务的重要平台,其办公室(处级)位于 WMO 总部。

1.2 国际台风学术交流平台

为加强防台减灾的科学问题和关键业务技术联合研发及国际交流,WMO 于 1983 年设立热带气象研究计划(Tropical Meteorological Research Programme,TMRP),后更名为热带气象研究工作组(Working Group on Tropical Meteorology Research,WGTMR)。作为大气科学委员会(Commission for Atmospheric Sciences,CAS,WMO 下属的八个专门委员会之一,其任务主要是讨论大气科学研究的方向和协调各国有关科研的规划)下属的专家工作组之一,WGTMR 的主要工作是汇聚热带气象研究领域(包括热带气旋和季风等)的科研人员和预报员,通过开展学术交流活动 and 推动国际合作项目,推进热带气象领域的科学研究,推动研究成果的业务转化与评估,并规划未来的发展战略。始于 1985 年的国际热带气旋研讨会(International Workshop on Tropical Cyclones,IWTC)即是 WGTMR 发起并组织召开的。该研讨会四年一届,至今未曾中断,是国际台风界最具影响力的学术交流平台。初时,该研讨会由 TMRP 与联合国开发计划署(United Nations Development Programme,UNDP)等国际组织合作召开,以后逐渐转为在 TCP 及 WMO 的世界天气研究计划(World Weather Research Programme,WWRP)的联合指导下,由 WGTMR 组织召开。

1.3 双边合作交流平台

随着改革开放和经济全球化的迅速发展,气象领域的双边合作日渐增长,在众多与中国气象局(CMA)签署的双边合作协议中也不乏防台减灾相关内容,成为中国深度参与国际台风合作与治理的重要补充。其中,尤以中国气象局上海台风研究所(Shanghai Typhoon Institute of CMA,STI/CMA)与韩国气象厅国家台风中心(National Typhoon Center of KMA,NTC/KMA)建立的中韩热带气旋联合研讨会(China-Korea Joint Workshop on

Tropical Cyclone,JWTC)机制效果最为显著。JWTC 自 2008 年建立,每年召开一次,由 STI/CMA 和 NTC/KMA 轮流主办,另一方派遣代表团(包括部门内外的科技人员和管理者)赴主办方所在地参会,并在会议前后对主办方相关业务机构开展技术调研(唐碧等,2017)。

该机制的建立,促进了中-韩双方在防台减灾领域的技术交流,增进了双方的互相了解和友谊,推进了双方在国际多边治理平台(如亚太台风委员会)框架下的深度合作。如:韩方在亚太台风委员会框架下第一时间支持中方关于创办台风国际期刊 *Tropical Cyclone Research and Review* (TCRR) 和亚太台风研究中心(Asia-Pacific Typhoon Collaborative Research Center,AP-TCRC)等提案,并率先派员赴 TCRR 编辑部参与客座编辑工作,STI/CMA 则协助 NTC/KMA 建立了其《热带气旋年鉴》整编业务。鉴于双方均有较满意的收获,该机制自建立起一直坚持至今,从未中断。

2 主要贡献及收获

中国一直是国际防台减灾事业发展的重要参与者和贡献者。百年前,徐家汇观象台创立的“风球旗语”是当时台风预警及发布的国际标准。中国是亚太台风委员会的创始成员之一(雷小途,2020)。自 1971 年联合国恢复中国合法席位以来,中国积极参与 WMO 和 ESCAP 的各项事务,特别是在 TCP、WGTMR、IWTC 和 AP-TCRC 等国际台风合作交流平台建设及台风预报示范项目等方面,均做出了重要贡献,同时也促进了国内台风学科发展和防台减灾业务能力的快速提升。以下简要概述 1971 年以来,中国对国际防台减灾事业发展的主要贡献及收获。

2.1 在国际交流中学习提高(21 世纪前)

1972 年 2 月,WMO 承认中华人民共和国代表是中国在 WMO 的唯一合法代表。同年 3 月,时任 WMO 秘书长的大卫·阿瑟·戴维斯访华,成为首位访问中国的联合国专门机构负责人,并于 1974 年再次访华,向中国介绍了当时亚太台风委员会的情况,希望中国尽早参加其活动。随后,中国迅速参与到 WMO 计划中,包括亚太台风委员会的活动。1978 年中国和亚太台风委员会互访调研,并商谈中

国参加该委员会的相关事宜,期间中方提出在西太平洋开展台风试验的设想,得到亚太台风委员会的积极响应,并在随后(当年 11 月)在泰国曼谷召开的亚太台风委员会第十一届会上获得通过,命名为“台风业务试验(Typhoon Operational Experiment, TOPEX)”,会上正式批准中国重回亚太台风委员会。该试验由日本东京台风中心(RSMC-Tokyo)牵头组织,于 1982—1983 年正式实施(1981 年为预备阶段,1984 年为评定阶段),中国参加。通过试验,考验了中国当时的气象业务系统,促进了业务质量和效率的提高,并为进一步充实和完善中国台风预报服务组织办法和规定创造了条件;积累了宝贵的气象资料,有利于促进台风科研的开展;分别在广州和上海成功承办了台风试验的国际学术交流会,并出版了台风试验论文集;学到了国外经验,增进了国际友谊(温克刚,2004)。

20 世纪 90 年代,针对业务中对打转等台风异常路径的预报困难,亚太台风委员会组织实施代号为 SPECTRUM-90 的“台风转向和异常运动的特别试验”。该试验使用了包括卫星、多普勒天气雷达、风廓线雷达、地面观测站、观测船、浮标、海上石油平台和飞机下投探空等多种观测手段,对 1990 年 8—9 月间的西北太平洋的七个目标台风 Winona(9011)、Yancy(9012)、Abe(9015)、Dot(9017)、Ed(9018)、Flo(9019)和 Gene(9020)实施了加密观测,获得了大量的台风条件下的大气风温湿垂直廓线等实测资料,并开展了弱环境引导气流的台风路径弯折特征和形成机理及外场观测资料对台风弯折路径预报的影响等研究,取得了丰硕成果。1990 年 12 月,在日本东京召开了试验指导评估委员会及第一次技术会议,1991 年 11 月和 1993 年 10 月分别在广州和上海召开了试验的第二和第三次技术会议,对试验的成果进行了总结。试验由香港天文台牵头,中国和大部分亚太台风委员会的会员均参加了试验。其中,中国东南沿海部分地面气象观测站参与了试验期间的气象观测及资料共享和联合研究,由中国科学家发展的统计-动力相结合的方法(SD-85 和 SD-90)参与了试验期间的预报方法对比计划,充分展示了当时中国的气象业务监测及台风客观预报能力,也学习和吸收了美国、日本等国的先进

经验,促进了中国台风科学研究及业务技术的发展紧跟国际前沿(WMO/TCP,1994)。

2.2 参与国际台风治理(2002 年起)

随着改革开放的深入和社会经济的快速发展,中国在台风学科发展及防台减灾体系建设方面的成效受到国际台风界的广泛关注,加之中国科学家在前期国际合作参与中不断学习和成长,并逐渐熟练掌握国际交流及国际台风治理体系的规则,亚太台风委员会及 WMO(下属的 TCP 和 WGTMR)这两大国际台风治理的主要平台,也开始吸纳中国科学家参与其战略决策及治理体系的建设。

2.2.1 推进 WGTMR 的改革

陈联寿曾担任 IWTC(I—IV 届)的专题主席、组委会成员及大会主席,并于 2002—2010 年间出任 WGTMR 主席。在其两任(八年)的任期内,共策划了第五至七届 IWTC 的召开,并对 WGTMR 进行改革,设立热带气旋和季风两个专家小组,使得 WGTMR 的工作更聚焦。2005 年,由时任 WGTMR 主席的陈联寿,发起和主持召开了登陆台风过程国际研讨会(International Workshop on Tropical Cyclone Landfall Processes, IWTC-LP),该研讨会此后也约四年召开一次,至今未曾中断(陈联寿主持召开第一至二届 IWTC-LP 会议),也成为国际台风学术交流的重要平台之一。中国气象局端义宏也曾于 2010—2018 年接任 WGTMR 的主席,并策划了第八至九届 IWTC 的召开³⁾。2018 年至今,STI/CMA 余晖担任 WGTMR 的专家组联合组长。

改革开放以来,中国科学家不仅积极参加国际学术交流和研讨会,同时中国也是众多国际会议举办的优选之地,也曾于 1980 年 10 月 6—11 日在上海承办了 WMO 组织的一次国际台风学术讨论会,这也是改革开放后在中国召开的气象领域的第一次国际会议(董克勤,1980)。此后,于 1993 年 10 月 25—29 日在上海承办了 TCP 组织的 SPECTRUM-90 项目的技术研讨会(WMO/TCP,1994),于 1998 年 4 月 21—30 日在海口承办了第四届 IWTC 会议(IWTC-IV)。日前 WGTMR 正在与中国气象局协商在上海召开第十一届 IWTC 会议的计划。

2009 年 10 月 19—23 日,WGTMR 的另一重要

³⁾ 国际热带气旋研讨会(IWTC)召开时间: I—X 届(1985、1989、1993、1998、2002、2006、2010、2014、2018、2022 年);登陆台风过程国际研讨会(IWTC-LP)召开时间: I—V 届(2005、2009、2014、2018、2022 年)。

会议,第二届台风登陆过程国际研讨会(IWTC-LP2)在上海召开(WGTMR,2009)。会议交流了首届研讨会(IWTC-LP1)以来全球在登陆台风方面的最新研究成果,并通过了 STI/CMA 提交的“世界气象组织登陆台风预报示范项目(WMO Typhoon Landfall Forecast Demonstration Project,WMO-TLFDP)”建议,并责成 STI/CMA 牵头组织实施,日本东京台风中心(RSMC-Tokyo)、香港天文台(Hong Kong Observatory,HKO)及韩国气象厅国家台风中心(NTC/KMA)等参加。WMO-TLFDP 是 WMO 框架下第一个台风领域的国际示范项目,该项目通过搭建台风客观预报(含数值预报)结果共享平台、研发台风(路径、强度、风雨等)预报性能评估指标体系及算法、开展客观预报性能检验评估并进行集成应用和培训,为实际业务应用人员及预报方法的改进提供科学支持和客观依据,项目初期成果为 2010 年上海世博会提供了保障服务(Tang et al,2012)。经 WMO 相关机构(TCP 及 WWRP)评估,项目实施的效果良好,项目曾两次沿续,至 2022 年结束,共实施了三期。其中,项目第一期的首席科学家由 STI/CMA 的雷小途担任,后两期由 STI/CMA 的余晖担任(雷小途和余晖,2015)。

WMO-TLFDP 项目实施期间,亚太台风委员会气象工作组(WGM/TC)同步设立了一个相关年度优先计划项目,即使用 WMO-TLFDP 项目研发的台风预报性能评估指标体系和算法,对西北太平洋区域的台风预报方法(含官方主观预报及数值预报等客观预报)的性能进行评估,并发布评估报告,这些报告广受好评和高度关注。在此基础上,STI/CMA 于 2016 年向 WMO 提交成为 WMO 热带气旋预报性能评估中心的申请。由于日本气象厅也同时提出申请,WMO 原则同意但要求由中国、日本两家联合,目前仍在协商和评估之中。

2.2.2 推进亚太台风委员会的改革

陈联寿较早参与亚太台风委员会的事务,并于 1984—1995 年任该委员会专家组成员、年度报告编委和中国代表团顾问。亚太台风委员会实行年会制度,且年会是委员会的最高决策机构。为缩短年会会期,并使年会更集中于决策性事务,自 2006 年起,在年会前 3—4 个月增设委员会的技术性专题会议-综合研讨会,以回顾和交流委员会各会员的技术进展、讨论并提交需年会审议决策的年度优先工作计划等事项,是委员会框架下的重要技术交流平台之

一(矫梅燕等,2020)。

21 世纪以来,中国通过主办亚太台风委员会年会积极推进该委员会的改革和发展(矫梅燕等,2020)。如:1997 年 11 月 25 日至 12 月 1 日,在中国香港召开的第三十届会上,联合发起并制定了采用具有亚洲风格的名字(各会员分别提供 10 个名字,共组成 140 个名字的列表)对西北太平洋(含中国南海)的台风进行命名和除名的规则,被于次年召开的第三十一届会上获批准并自 2000 年 1 月 1 日起执行,极大提高区域内民众对台风的警惕从而增强了台风警报的防灾减灾效果。再如:2004 年 11 月 16—20 日,在上海召开的亚太台风委员会第三十七届会上,促成其组织架构的改革,审议通过了亚太台风委员会主席和副主席、秘书处(Typhoon Committee Secretariat,TCS)举办地及秘书等的职责和产生方式,设立气象工作组(Working Group on Meteorology,WGM)、水文工作组(Working Group on Hydrology,WGH)、防灾减灾工作组(Working Group on Disaster Risk Reduction,WGDRR)、教育培训工作组(Training and Research Coordination Group,TRCG)和咨询工作组(Advisory Working Group,AWG)等。其中,WGH 和 WGDRR 的组长分由日本和韩国的专家担任,TRCG 的组长先后由香港天文台和越南专家担任,WGM 的组长则先后由中国气象局的专家王邦中(2004—2009 年)、雷小途(2009—2021 年)和汤杰(2021 年至今)担任,AWG 的组长先后由美国、香港天文台专家担任。除 AWG 的组员由各工作组的组长、台风委员会 TCS 及 WMO 和 ESCAP 的代表组成外,其他各工作组的组员由台风委员会会员各指派 1 人参加。

2012 年 2 月 6—11 日在杭州召开的第四十四届年会,批准了亚太台风委员会新的五年战略计划,启动了台风委员会新一轮制度建设和提质增效的改革,修订并在随后的第四十五届年会上通过了修订后的台风委员会的《议事规则》,明确了主席或副主席离职或由于任何原因无法继续履职时由其所在的政府指定继任者,决定改进年会期间的文件格式并由 AWG 牵头审议委员会所有法律文本后将修改意见提交年会,要求 TCS 在每届年会前一个月将所有文件上传至台风委员会网站,推进了台风委员会组织架构和议事规则等的规范化、专业化发展。

充分利用 WGM 组长的职务之便,中国勇于担当、积极作为、开拓创新,推进亚太台风委员会的国

际合作事业持续发展,获得 ESCAP、WMO 及亚太台风委员会广大会员的高度评价(Lei et al, 2019)。中国主要创新性工作包括(矫梅燕等, 2020): 2012 年创办专业学术期刊 *Tropical Cyclone Research and Review* (TCRR), 被知网全文数据库和 ESCI 收录, 2024 年影响因子达 4.1 (位于 Q2 区), 正发挥引领国际台风科学研究方向的作用; 2011—2014 年开展并发布三期“全球变化对西北太平洋区域台风活动影响的气候评估报告”, 在 TCRR 发表的相关科技论文被政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)评估报告引用, 帮助台风委员会在全球科学界发出了专业机构的声音, 提升了委员会的知名度和影响力; 自 2013 年发布台风预报性能年度评估报告, 为预报员的业务使用提供参考, 也为相关预报技术的持续改进及委员会战略目标的制定等提供科学依据; 2014 年发起并与 HKO 联合牵头组织实施委员会的交叉合作项目“近海台风强度变化科学试验(Experiment of Typhoon Intensity Change on Coastal Area, EXOTICCA)”, 项目至今已实施了三期, 创新研制了基于火箭弹(制导导弹)的下投探空系统, 并成功应用于台风外场探测, 增强委员会的台风外场协同观测能力, 提高台风强度的预报性能(汤杰等, 2022; 赵兵科等, 2022); 2015 年与 WGDRR 合作, 开展台风预报的防灾减灾效益评估研究, 得到登陆台风路径预报误差每降低 1 km 可减少直接经济损失约 1 亿元等定量结果, 项目持续至今; 2021 年创建国际首个台风专业合作研究机构——亚太台风研究中心(Asia-Pacific Typhoon Collaborative Research Center, AP-TCRC), 设立了国际台风联合研究基金制度, 汇集了原美国飓风研究中心首席科学家等在内的一批国内外顶尖台风科学家, 正成为国际台风研究高地。

此外, 亚太台风委员会依托 WMO 南京区域培训中心, 申请并成功设立了委员会的首个(至今为唯一)培训中心, 用于承办委员会的新技术专题培训。同时, 依托国家气象中心台风与海洋气象预报中心, 面向委员会会员、北印度洋热带气旋委员会会员及全球其他区域的台风预报员, 开展年度业务技能培训, 截至 2024 年共举办九届, 逐步提升了中国气象局台风业务国际培训品牌和影响力; 依托 TCRR 期刊设置的客座编辑制度, 搭建委员会期刊与会员及国际台风科学家间的学术交流平台。

2.2.3 国际台风相关机构任职

主席和副主席是亚太台风委员会的最高领导集体, 在每年的届会上选举产生, 候选人为各会员参加届会的代表团团长, 任期为一年, 可以连任。中国代表团由中国气象局、中华人民共和国水利部和中华人民共和国民政部的相关领导及专家组成, 团长通常由中国气象局分管副局长担任, 1990 年前为骆继宾, 1991—1997 年为颜宏, 1998—2009 年为李黄和许小峰, 2010—2018 年为矫梅燕, 2019 年至今先后为毕宝贵、张祖强、熊绍员、曹晓钟。其中, 骆继宾曾于 1985 年及 1987 年两度当选为亚太台风委员会的主席(1989—1990 年任副主席), 许小峰和矫梅燕也曾分别于 2004 年和 2012 年当选为主席, 颜宏则曾于 1992 年和 1997 年当选为副主席(矫梅燕等, 2020)。骆继宾和颜宏还相继赴 WMO 日内瓦总部任职, 其中颜宏曾于 2004—2009 年担任 WMO 副秘书长。中国气象局原局长邹竞蒙还曾于 1983—1990 年担任 WMO 的两任主席, 期间积极推进 TMRP 的设立, 指导并大力支持 TCP 及亚太台风委员会等台风相关国际组织的各项工作。

此外, 中国除在 WMO 的 WGTMR 和亚太台风委员会的 WGM 兼任组长, 中国还积极派员赴 WMO 和亚太台风委员会等国际机构任职。如: 2007 年中国气象局专家彭涛涌成功竞聘为 WMO/TCP 的科学主任, 并自 2014 年起任 TCP 处长。期间, 彭涛涌组织了全球热带气旋的国际合作与交流, 推动了全球五个区域热带气旋委员会及会员业务能力的提升及业务手册体系等的建设, 组建了全民早期预警框架下 WMO 支持国家气象水文部门建立和改进多灾种早期预警系统、流程、合作机构及服务等的指南编写专家组(Expert Team on Multi-Hazard Early Warning Services Technical Guidance, ET-MTG), 组织完成首份关于热带气旋早期预警的指南并于 2023 年正式发布(WMO No. 1339)。上海市气象局雷小途曾于 2020—2023 年出任 ET-MTG 联合副组长。第一份指南发布后, WMO 结合改革对 ET-MTG 等相关专家组进行了合并, 重组了“多灾害预警和服务技术指导专家组(Expert Team on multi-hazard early Warning and Service delivery technical Guidance, ET-WSG)”, 2024 年起雷小途改任重组后的 ET-WSG 成员。彭涛涌还协助时任 WGM 组长的雷小途成功策划了 TCRR、EXOTICCA 以及 AP-TCRC 的创设, 也协助 STI/

CMA 的周晶成功申请 WMO(TCP)的实习生,并随后正式入职。

2007 年 2 月,亚太台风委员会的 TCS 从菲律宾马尼拉搬迁至中国澳门,秘书长由葡萄牙国籍专家 Olavo RASQUINHO(原澳门地球物理暨气象局长)出任,WGH 专职秘书由中国籍专家刘金平(原水利部水文局总工程师)担任,其余 WGM、WGDRR 及财务等工作人员则均由中国澳门专家担任(Liu and Yu, 2018)。随着 Olavo 的退休,中国气象局选派喻纪新(原中国气象局国际合作司司长)竞选 TCS 秘书长并获成功,于 2015 年 2 月接任 TCS 秘书长职务至 2023 年,期间顺利完成了 WGM 组长在中国专家(上海市气象局雷小途与 STI/CMA 汤杰)间的交接。喻纪新退休后,中国气象局再次选派端义宏(原中国气象科学研究院院长)竞选 TCS 秘书长也获成功,于 2023 年 2 月起接任 TCS 秘书长至今,也顺利实现了 TCS 秘书长在中国籍专家间的交接,为中国进一步深度参与亚太台风委员会的治理夯实了基础。

3 挑战及展望

首先,由于各国地理位置、社会发展状况及受台风影响程度不尽相同等原因,各自的防台减灾体系及能力也有所不同,在国际合作中的贡献和地位也有所差别。虽然在西北太平洋区域,中国占居一定的优势,亚太台风委员会最重要的工作组(WGM)组长一直由中国专家担任,香港天文台在 TRCG 及 AWG 中具有较大影响力,TCS 办公场所自 2007 年搬迁以来一直在中国澳门,最近两任 TCS 秘书长也均由中国专家担任。但是,就全球范围而言,总体上美西方发达国家的贡献相对较大,并自二战结束以来占据了国际台风治理的话语权甚至是主导权,至今并没有根本性改变。如:2021 年在讨论 WMO 服务委员会框架改革重组时,中国(气象局)代表团团长提议增设热带气旋咨询工作组(Advisory Group on Tropical Cyclone, AGTC),虽然最终得到了 WMO 执行理事会议的批准,但组建时,不但中国籍专家没当上 AGTC 的组长或副组长,甚至连一般成员都没给,而是几乎清一色的美西方专家。因此,在美西方仍占据国际舞台中央、国际形势动荡及地缘冲突加剧的当下,进一步扩大防台减灾国际治理话语权,仍面临众多挑战。此外,随着 TCP 的彭涛涌

退休,WMO 层面的台风治理架构下,中国仅存 WGTMR 联合组长的余晖,形势不容乐观。

其次,受全球变暖的影响,台风的活动呈现移动路径西偏北漂(因而登陆及影响范围扩大)、强度增强、强台风比例增多、狂风暴雨更加极端等新特征(IPCC, 2021;周波涛和钱进, 2021),防台减灾迫切需要更加广泛和密切的国际合作。中国不仅是全球受台风灾害影响最严重的国家之一,同时在校年的防台减灾斗争中,秉持“以人为本”理念,建立了较完备的“政府主导-部门联动-社会参与”体系,其有效性在历次重大台风灾害防御中,不断得到证实,有能力为全球防台减灾事业做出更大的中国贡献。因此,期待 AGTC 能尽快增加中国籍的科学家,也期待中国籍专家能再回 TCP。

此外,在深入开展台风预报预警关键技术国际合作中,还会受到地缘政治等的影响。如亚太台风委员会在联合开展近海台风外场观测科学试验项目(EXOTICCA)时,存在飞机等观测平台“越界”,以及相关会员将有争议的气象观测资料拿来共享等尴尬局面。期待在不久的将来,区域内各会员能搁置地缘政治分歧,秉持防台减灾共同体目标,开展台风外场观测的国际合作;或避开地缘政治影响,如在巴士海峡东部(西太平洋台风进入南海或偏北转向的敏感区)开展针对台风“路径选择”的飞机、船载等多平台的外场协同观测及预报试验;或在赤道辐合带针对台风与季风相互作用及台风生成问题,开展海-气耦合协同观测及模式比较试验。

再者,众所周知,西北太平洋区域各国对台风强度(风速)的定义标准并不一致。如:日本采用的是 10 min 平均风,美国是 1 min,而中国是 2 min。当前,中国、美国、日本均有发布台风年鉴资料(对事后收集各类观测资料进行整编确定的台风路径、强度和风雨等数据集)的机制,三者之间差别较大并已影响台风气候特征的研究和预测。而 WMO 在该区域的业务中心是 RSMC-Tokyo,在其给热带气旋编号命名时,往往比中美两国预期的时间要晚、强度要弱,极易导致实际业务中因防御台风准备时间缩短(特别是南海地区,偏晚编号的台风从编号到登陆时间太短)而措手不及并造成严重灾害。此外,台风定强使用的是海平面气压和海平面 10 m 的风,然而台风影响下通常很难测得海平面 10 m 的风(海上的浮标等平台上的探测设备可能都在台风巨浪之内,陆地上也很难见到有真正海平面 10 m 的观

测)。实际业务中,虽然近年来台风的路径预报误差已大幅减小,24 小时平均误差已从 15 年前的 150 km 左右减至当前的约 70 km,但每年都能见到超过 200 km 甚至 300 km 的超大误差并往往造成重灾的疑难个例(吕心艳等,2021;向纯怡等,2022;钱奇峰等,2023;渠鸿宇等,2024;杨梦琪等,2024;聂高臻等,2025)。加之,台风强度变化,特别是突然增强,其过程机理及预报仍是世界性难题(代刊等,2025)。在与美西方双边合作渐趋困难的当前,期待中国气象局加大对 AP-TCRC 等国际多边合作平台的支持(项目和政策),并依托上海台风研究所和 AP-TCRC,整合国内及区域内国际台风研究力量,组建更大规模的国际联合研究团队,针对当前防台减灾业务难题的科学问题,发起并组织实施台风外场观测研究科学试验和模式比较计划,开展多源观测资料的台风整编技术及人工智能等新技术在台风监测预报中的应用等更广泛的国际台风联合研究,为区域内及 WMO 会员的台风早期预警业务提供更加适用的技术支撑。

参考文献

- 陈联寿,丁一汇,1979. 西太平洋台风概论[M]. 科学出版社,Chen L S, Ding Y H, 1979. An Introduction to the Western Pacific Typhoons[M]. Science Press(in Chinese).
- 代刊,杨绚,周康辉,等,2025. 深度学习在数字智能天气预报中的应用[J]. 气象, 51(11): 1477-1494. Dai K, Yang X, Zhou K H, et al, 2025. Application of deep learning in digital intelligent weather forecasting[J]. Meteor Mon, 51(11): 1477-1494(in Chinese).
- 董克勤,1980. 上海国际台风学术讨论会简况[J]. 气象, 6(12): 33. Dong K Q, 1980. Introduction to the Shanghai International Typhoon Symposium[J]. Meteor Mon, 6(12): 33(in Chinese).
- 矫梅燕,雷小途,虞俊,等,2020. 亚太防台减灾中国主要贡献概述[J]. 科学通报, 65(9): 780-789. Jiao M Y, Lei X T, Yu J, et al, 2020. Overview of the Chinese contributions on typhoon-related disaster reduction for Asia-Pacific Region[J]. Chin Sci Bull, 65(9): 780-789(in Chinese).
- 雷小途,2020. 中国台风科研业务百年发展历程概述[J]. 中国科学: 地球科学, 50(3): 321-338. Lei X T, 2020. Overview of the development history of China's typhoon research and operational work in the past century[J]. Sci China Earth Sci, 50(3): 321-338(in Chinese).
- 雷小途,2021. 中国台风联防与科研协作及其对中国台风学科发展的作用综述[J]. 气象学报, 79(3): 531-540. Lei X T, 2021. Overview of typhoon prevention and cooperative research and their contribution to typhoon study in China[J]. Acta Meteor Sin, 79(3): 531-540(in Chinese).
- 雷小途,2024. 中国台风学科发展的挑战与对策[C]//大气科学研究与应用百年进展纪念文集. 北京:气象出版社:669-678. Lei X T, 2024. Overview of the challenges and countermeasure on the development of typhoon science and forecast in China[C]// Commemorative Collection of Centennial Progress in Atmospheric Science Research and Application. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese): 669-678(in Chinese).
- 雷小途,刘伟东,赵瑞,等,2019. 近十年中国气象科技成果概述[J]. 气象科技进展, 9(6): 6-11. Lei X T, Liu W D, Zhao R, et al, 2019. An overview on the achievements of meteorological science and technology in China[J]. Adv Meteor Sci Technol, 9(6): 6-11(in Chinese).
- 雷小途,余晖,2015. WMO 登陆台风预报示范项目研究进展[J]. 气象科技进展, 5(2): 18-23. Lei X T, Yu H, 2015. The progress of WMO typhoon landfall forecast demonstration project[J]. Adv Meteor Sci Technol, 5(2): 18-23(in Chinese).
- 吕心艳,许映龙,董林,等,2021. 2018 年西北太平洋台风活动特征和预报难点分析[J]. 气象, 47(3): 359-372. Lü X Y, Xu Y L, Dong L, et al, 2021. Analysis of characteristics and forecast difficulties of TCs over Northwestern Pacific in 2018[J]. Meteor Mon, 47(3): 359-372(in Chinese).
- 聂高臻,许映龙,王海平,2025. 2023 年西北太平洋台风活动特征和预报难点分析[J]. 气象, 51(3): 369-381. Nie G Z, Xu Y L, Wang H P, 2025. Analysis of the characteristics and forecast difficulties of typhoon activities in the Western North Pacific in 2023[J]. Meteor Mon, 51(3): 369-381(in Chinese).
- 钱奇峰,董林,许映龙,等,2023. 2022 年西北太平洋和南海台风活动特征和预报难点分析[J]. 气象, 49(10): 1254-1266. Qian Q F, Dong L, Xu Y L, et al, 2023. Analysis on the characteristics and forecast difficulties of the typhoons over the Northwest Pacific and the South China Sea in 2022[J]. Meteor Mon, 49(10): 1254-1266(in Chinese).
- 渠鸿宇,董林,马新野,等,2024. 基于 XGBoost 的西北太平洋台风快速增强预报模型[J]. 气象, 50(12): 1531-1541. Qu H Y, Dong Li, Ma X Y, et al, 2024. Forecast model of Northwest Pacific typhoon rapid intensification based on XGBoost[J]. Meteor Mon, 50(12): 1531-1541(in Chinese).
- 唐碧,周晶,雷小途,等,2017. 台风研究领域国际合作的实践[J]. 气象科技进展, 7(6): 175-178. Tang B, Zhou X, Lei X T, et al, 2017. Practice of international cooperation in the field of typhoon research[J]. Adv Meteor Sci Technol, 7(6): 175-178(in Chinese).
- 汤杰,赵兵科,雷小途,2022. 国内外台风飞行科学试验进展及展望[J]. 气象科技进展, 12(5): 47-55. Tang J, Zhao B K, Lei X T, 2022. Progress and prospect of typhoon flight science experiments[J]. Adv Meteor Sci Technol, 12(5): 47-55(in Chinese).
- 温克刚,2004. 中国气象史[M]. 北京:气象出版社. Wen K G, 2004. Chinese Meteorological History[M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).
- 翁永元,雷小途,景元书,等,2012. 全国热带气旋降水量的初步气候分析[J]. 气象与减灾研究, 35(1): 47-53. Weng Y Y, Lei X T,

- Jing Y S, et al, 2012. A Preliminary climatic analysis of tropical cyclone precipitation in China[J]. Meteor Dis Red Res, 35(1): 47-53(in Chinese).
- 向纯怡, 许映龙, 高拴柱, 等, 2022. 2021 年西北太平洋台风活动特征和预报难点分析[J]. 气象, 48(9): 1195-1208. Xiang C Y, Xu Y L, Gao S Z, et al, 2022. Analysis of the characteristics and forecast difficulties of typhoon over the western North Pacific in 2021[J]. Meteor Mon, 48(9): 1195-1208(in Chinese).
- 杨梦琪, 陈国民, 张喜平, 等, 2024. 2022 年西北太平洋和南海台风预报精度评定[J]. 气象, 50(5): 630-641. Yang M Q, Chen G M, Zhang X P, et al, 2024. Verification on typhoon forecasts over the western North Pacific and the South China Sea in 2022[J]. Meteor Mon, 50(5): 630-641(in Chinese).
- 赵兵科, 汤杰, 雷小途, 等, 2022. 近海台风立体协同观测科学试验进展[J]. 地球科学进展, 34(8): 771-785. Zhao B K, Tang J, Lei X T, et al, 2022. Progress on the experiment of a multi-platform collaborative field campaign on offshore typhoon[J]. Adv Ear Sci, 34(8): 771-785(in Chinese).
- 周波涛, 钱进, 2021. IPCC AR6 报告解读: 极端天气气候事件变化[J]. 气候变化研究进展, 17(6): 713-718. Zhou B T, Qian J, 2021. Changes of weather and climate extremes in the IPCC AR6[J]. Climate Change Res, 17(6): 713-718(in Chinese).
- IPCC, 2021. Climate change 2021: the physical science basis[EB/OL]. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- Lei X T, 2019. Overview of the development history of China's typhoon research and operational work in the past century[J]. Sci China Earth Sci, 63(3): 362-383.
- Lei X T, Fong C, Malano V B, et al, 2019. Overview on the progress of Working Group on Meteorology of ESCAP/WMO Typhoon Committee in the recent 10 years[J]. Trop Cyclone Res Rev, 8(2): 84-94.
- Liu J P, Yu J X, 2018. The chronicle of events of the ESCAP/WMO Typhoon Committee from 1968 to 2017[J]. Trop Cyclone Res Rev, 7(1): 65-76.
- Tang X, Lei X T, Yu H, 2012. WMO typhoon landfall forecast demonstration projects (WMO-TLFDP)-concept and progress[J]. Trop Cyclone Res Rev, 1(1): 89-96.
- WGTMR, 2009. The extended abstract volume of WMO 2nd International Workshop on tropical cyclone landfall processes (IWT-CLP-II). <https://library.wmo.int/records/item/58967-2nd-wmo-international-workshop-on-tropical-landfall-processes-iwt-clp-ii?offset=100>.
- WMO/TCP, 1994. Papers presented at the Third Technical Conference on Spectrum[EB/OL]. <https://library.wmo.int/records/item/43062-papers-presented-at-the-third-technical-conference-on-spectrum?offset=10>.

(本文责编: 王婷波)