

顾润源,马艳,丁锋,等. 2018年上合组织青岛峰会精细化气象服务综述[J].海洋气象学报,2018,38(4):11-18.
Gu Runyuan, Ma Yan, Ding Feng, et al. Weather support for the 2018 Shanghai Cooperation Organization Qingdao summit[J].
Journal of Marine Meteorology, 2018, 38(4): 11-18. DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2018.04.002. (in Chinese)

2018年上合组织青岛峰会精细化气象服务综述

顾润源^{1,2},马艳²,丁锋²,时晓蒙²,林行²,侯建伟²,王建林²,郭丽娜²,丁炜²,毕玮²
(1. 青岛市气象灾害防御工程技术研究中心, 山东 青岛 266003; 2. 青岛市气象局, 山东 青岛 266003)

摘要: 2018年上海合作组织青岛峰会(以下简称“上合青岛峰会”)于6月9—10日在青岛召开,会议筹备、运行及开幕式等活动对精细化气象服务要求较高。青岛市气象局通过升级改造自动气象站,新增海上浮球观测站,申请卫星加密观测,完善了会议场馆及周边气象综合探测系统;本地化了短时临近系统及海雾客观预报系统,建立了高影响天气个例库,实现了天空状况、能见度、降水量的精细化、无缝隙预报;开发了格点预报产品制作平台,服务于上合青岛峰会决策的显示服务平台和手机APP,实现监测、预报一体,预报预警高效制作分发;高度重视网络安全运行维护保障。组建专家服务团队,充分利用国内最新科技成果,确定服务重点,明确责任主体,坚持科学服务策略,通过服务网站、现场服务、电话、会商、传真等多种手段为政府会议相关官员、会议筹备成员单位等提供了精细化的气象服务,出色地完成了上合青岛峰会气象保障任务。

关键词: 上合组织; 青岛峰会; 精细化预报; 服务策略

中图分类号: P451 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2018)04-0011-08

DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2018.04.002

Weather support for the 2018 Shanghai Cooperation Organization Qingdao summit

GU Runyuan^{1,2}, MA Yan², DING Feng², SHI Xiaomeng², LIN Hang²,
HOU Jianwei², WANG Jianlin², GUO Lina², DING Wei², BI Wei²

(1. Qingdao Engineering Technology Research Center for Meteorological Disaster Prevention, Qingdao 266003, China;
2. Qingdao Meteorological Bureau, Qingdao 266003, China)

Abstract The Shanghai Cooperation Organization (SCO) Qingdao summit (hereinafter referred to as the Qingdao Summit) was held in Qingdao from 9 to 10 June 2018. Great demands were placed on fined meteorological services by pre-preparation, operation and opening ceremony of the Qingdao Summit. Qingdao Meteorological Bureau improved the meteorological comprehensive monitoring system of the conference venues and the surrounding areas by upgrading automatic stations, constructing floating ball offshore observation stations, and starting satellite intensive observation. The short-term forecasting system, nowcasting system, and objective forecasting system of sea fog were localized. The case database of high-impact weather has been set up and the fined and seamless forecasting of the sky condition, visibility and precipitation has realized. A production platform for gridded forecast products, a display service platform, and a mobile App for the Qingdao Summit were developed in order to provide the

收稿日期:2018-08-31; 修订日期:2018-10-08

基金项目:环渤海区域科技协同创新基金项目(QYXM201709);山东省气象局科研项目(2017sdqxm11)

作者简介:顾润源,男,研究员级高级工程师,主要从事应用气象和气象服务的相关研究,gy0202@sina.com。

通信作者:马艳,女,研究员,主要从事海洋气象学研究,qdyanma@163.com。

package service of monitoring, forecasting, efficient production and distribution of the forecast, and early warnings. At the same time, the network security and operation were guaranteed. The professional service team was set up, who made full use of the latest scientific and technological achievements, confirmed service priorities, defined responsibility subjects, adhered to the scientific service strategy, and provided fined meteorological services for relevant officials and preparatory units of the summit through various ways such as service website, on-site service, telephone, consultation, and fax. Finally, the meteorological support task of the SCO Qingdao Summit was successfully completed.

Key words Shanghai Cooperation Organization (SCO); the Qingdao Summit; fined meteorological forecast; service strategy

引言

上海合作组织青岛峰会(简称“上合青岛峰会”)于2018年6月9—10日在青岛召开。这是上海合作组织扩员后首次召开的规模最大、级别最高的峰会。这是继2008年北京奥运会帆船比赛后在青岛召开的又一大盛会^[1-2]。在青岛,成员国领导人签署、见证了23份合作文件,也是历届峰会成果最多的一次。上合青岛峰会的成果超出预期,是上合组织发展进程中一座新的里程碑^[3-4]。

青岛市气象局是上合青岛峰会气象保障服务的法定提供者,要面向开幕式、会议活动及安全保卫等方面需求提供精准的决策气象服务,会议保障任务尤为重大艰巨。上合青岛峰会室外文艺演出、灯光秀和焰火燃放活动对气象要素敏感性较高^[5-7]。若焰火燃放时段出现降雨,将对观礼活动、燃放效果等带来较大影响,中雨以上降雨将严重影响观礼和燃放效果。6月,青岛已进入雾季,大雾所造成的低能见度现象会对以城市为背景的灯光秀和燃放烟花观赏效果带来影响。风的影响主要体现为6级以上大风将使焰火无法燃放,对观演嘉宾和观演场地的顶棚带来安全隐患,西—西北风可能将焰火燃放后浓烟吹向观演场地。上合青岛峰会气象服务提出了精细化预报的高要求,需要准确预报机场到主会议场馆奥帆中心以及各重要场所气温、降水、风向风速、能见度等10 d内逐日、3 d内逐6 h和24 h内逐小时的定点定量无缝隙精细化预报和预警信息,并为海域管控、安全保卫、社会公众、城市建设等提供全面、及时的气象服务,服务的涉及范围之广、精细化要求之高、时间紧迫性之强都远超常规的气象服务业务。

在山东省气象局有力组织,全省气象部门大力支持下,青岛市气象局建立了涵盖探测、预报预测、决策服务在内的上合青岛峰会气象服务支撑系统,并通过多次专项演练活动进行测试检验、查缺补漏。2018年上合青岛峰会气象服务工作准备充分、服务策略得当,精准的气象服务为会议的召开保驾护航,赢得了一致好评。

1 青岛气候情况

青岛地处山东半岛东南部,南邻黄海,属半湿润温带季风气候。受海洋的影响,自西北到东南沿海地区,海洋性气候特点愈加显著^[8-9]。统计分析1981—2010年青岛站气象资料可知,6月平均最高气温24.0℃,平均最低气温18.2℃,极端最高气温34.8℃,极端最低气温12.0℃;平均风速4.5 m·s⁻¹,风向以东南风为主;平均相对湿度82%。此外,6月青岛处于春夏过渡期,大雾、大风、暴雨^[10-11]、雷暴^[12]等高影响天气时有发生^[13-14],特别是大雾,6月青岛市区雾日数为10.6 d,预报服务难度较大。

2018年上合青岛峰会主会场奥帆中心位于浮山湾畔,依山面海,景色宜人。根据2008—2017年气象资料统计,位于奥帆中心的区域气象站奥帆基地站6月9日和10日出现降雨概率分别为40%和50%;大雾概率为80%、60%(表1),其中9日16:00—22:00出现能见度小于500 m的浓雾概率为20%。平均风向以东南风为主(图1),风力分别为3.1 m·s⁻¹、3.6 m·s⁻¹,风力较大时段分别为10:00—18:00、9:00—19:00;平均气温分别为19.0℃和19.8℃,日最高气温分别为25.9℃和29.0℃,日最低气温均为14.9℃。

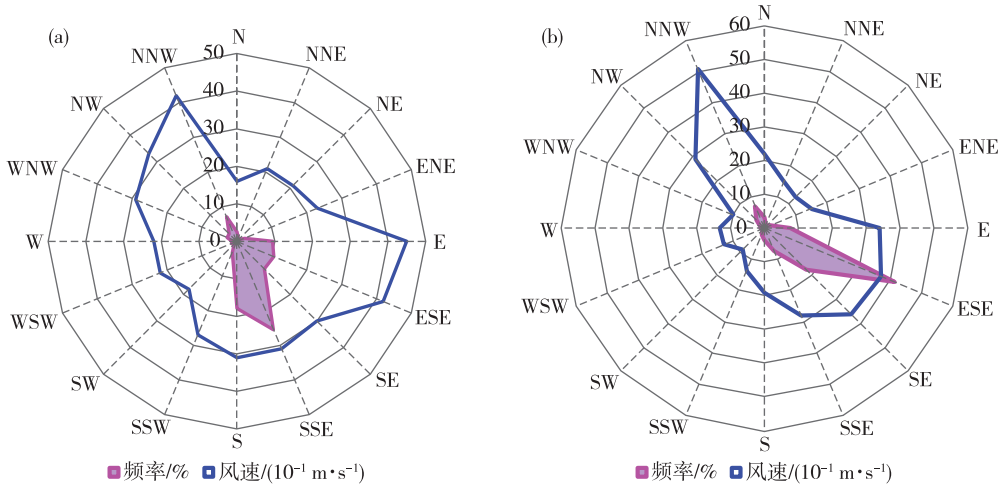


图 1 青岛站 (a) 和奥帆基地站 (b) 2008—2017 年 6 月 9—10 日风玫瑰图
Fig.1 Wind roses at Qingdao Station (a) and Olympic Sailing Center Station (b) from 9 to 10 June from 2008 to 2017

表 1 奥帆基地站 2008—2017 年 6 月 9—10 日降雨量及最小能见度分级日数

Table 1 Rainfall amount and days of minimum visibility in different levels at Olympic Sailing Center Station from 9 to 10 June from 2008 to 2017

日期	日降雨量			最小能见度		
	0.1~4.9 mm	5.0~9.9 mm	≥10.0 mm	500~1 000 m	200~500 m	≤200 m
6 月 9 日	4	0	0	1	3	4
6 月 10 日	4	0	1	2	1	3

2 气象服务支撑系统

2.1 完善的现代化综合探测系统

在常规探测系统基础上,根据上合青岛峰会重要场所及路线要求,青岛市气象局进一步完善探测系统。加密布设自动气象站等现代化气象探测设备,升级改造会场周边 8 个自动气象站、7 个海岛气象站(目前青岛市区有 96 个站,观测密度达到 3 km),在太平湾及麦岛增加 2 个海上浮球观测站。开展了风云 2 号、高分 4 号卫星加密观测,率先使用风云 4 号卫星遥感产品。完善的探测系统确保气象数据的全面、准确、及时、安全、高效,为峰会预报服务的进行提供了坚实的保障。

2.2 精细化预报技术

上合青岛峰会为精细化预报提出了新要求和高层次,为此,青岛市气象局有针对性地引进和开发了多项精细化预报技术。

2.2.1 格点气象预报与短时临近技术

山东省气象局综合应用多源格点预报产品择优技术、格点预报产品同步协同技术及气象要素客观订正技术,为上合青岛峰会提供了更为精准的客

观预报产品,实现了空间分辨率 1 km,时间分辨率为 1 h 的高分辨率智能网格气象预报产品的输出。华东区域气象中心也开发了服务于峰会气象保障的中尺度数值预报专项预报产品。

青岛市气象局引进并开发了基于光流法和机器学习的短时临近预警技术。开发的短时临近预报系统实现了雷雨大风、短时强降水、冰雹等灾害性天气的自动识别与预警,能够及时发现短时突发性天气的“蛛丝马迹”,为降水估测、短时临近预报预警提供技术支撑,为准确预报强对流天气,及时发布预警信息提供依据。

2.2.2 高影响天气个例库

总结分析了青岛地区近 10 年 6 月上旬大雾、短时强降水、雷暴大风和暴雨四类高影响天气的时空分布特征、天气形势、生消原因及重要相关物理量特征,统计归纳出了预报指标,并对服务峰会的省市预报员开展培训。建立的个例库,为上合青岛峰会期间青岛沿海地区的高影响天气的预报提供了有力的技术支撑,保障了上合青岛峰会气象服务工作的顺利开展,也为今后青岛相关类型的天气预报提供了可靠的定量化参考依据。

2.2.3 海雾客观预报方法

积极与国家气象中心和山东省气象局、中国海洋大学进行业务和技术对接,针对峰会气象服务需求,引进海雾“配料法”、“决策树”(图 2a)及山东大雾客观预报方法(图 2b),加强技术攻关,实现本地

化业务运行,参考中国海洋大学海雾模式预报产品,配合青岛市气象局自主开发的决策树(图 2c)及能见度算法^[15],经过多次专项服务演练,不断调试和改进,产品以图形和 Micaps 数据格式在服务支撑平台显示,为峰会预报服务提供了有力的科技支撑。

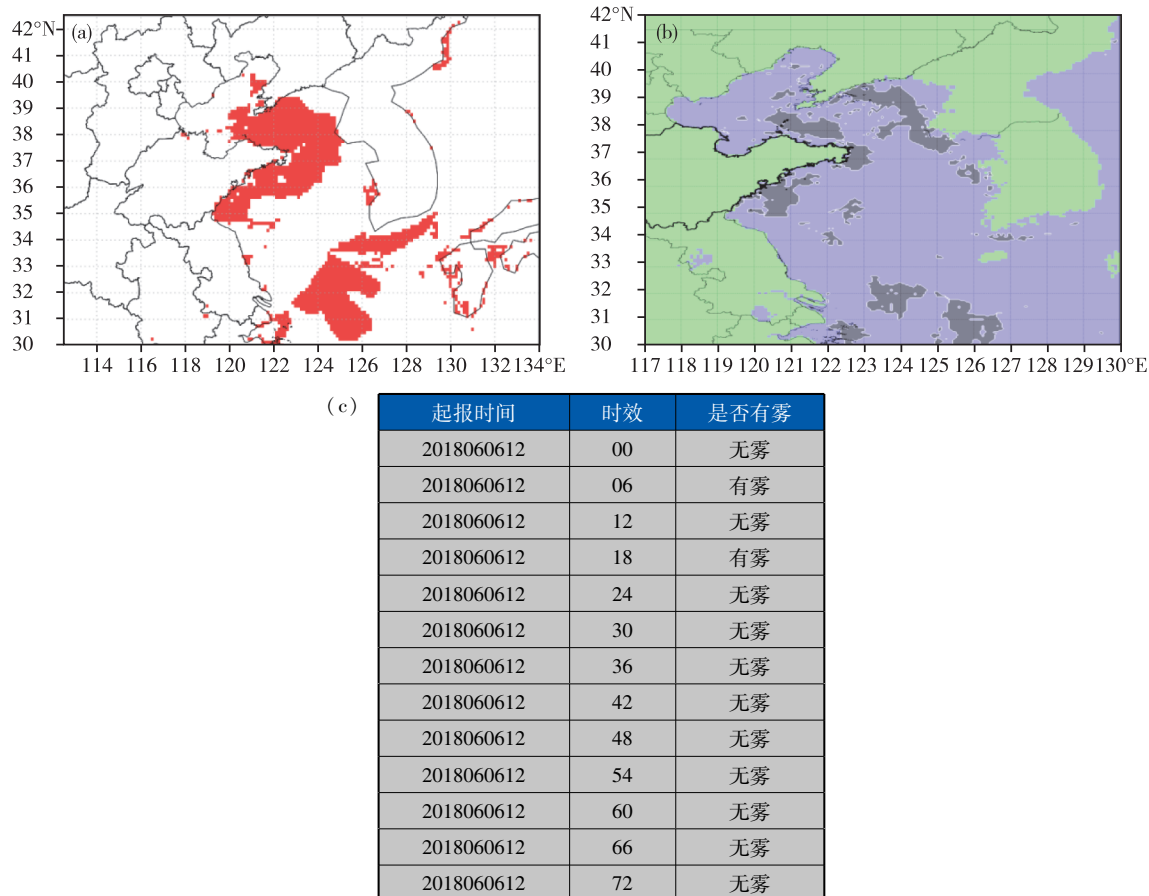


图 2 海雾客观预报方法产品示例图(a.国家气象中心“决策树”产品,b.山东省气象局海雾客观预报产品,c.青岛市气象局“决策树”产品)

Fig.2 Diagrams of objective forecast product for sea fog (a. decision tree forecast product of the National Meteorological Center, b. objective forecast product for sea fog of Shandong Meteorological Bureau, c. decision tree forecast product of Qingdao Meteorological Bureau)

2.3 决策显示服务平台与手机 APP

开发完成了界面美观、显示功能完整的 2018 上合青岛峰会气象服务显示平台,平台包括了气象监测、预报预警、气候预测与气候背景三个模块。其中,主界面实现了实况监测、预报预警一张图。平台针对重要场所、路线提供实时监测,并设定阈值报警;根据服务需求实现重点场所的逐时、逐 6 h、逐日预报,为指挥中心决策人员提供有力的气象保障,为应急事件处置提供科学合理依据。同时,山东省气象局开发的青岛峰会格点编辑和预报产品生成与分发业务平台,能够每天为峰会气象保障提

供 110 多份服务材料,提高了工作效率,成为峰会天气预报制作的主要支撑平台。

为满足政府及筹委会对气象信息高时效性和主动推送的需求,自主开发了上合青岛峰会气象服务专用手机 APP。APP 包含了峰会主要场所的实况和预报预警内容、大气电场仪实况预警内容板块。显示 10 个重要场所、重要路线等的实况气象信息,以及 12 h 内的逐小时气温、天气现象、风向风速、能见度等预报和未来 7 d 预报等内容(图 3)。服务对象覆盖外交部、筹委会等 300 余人,先后推送天气实况、预报预警信息 9.6 万余条。



图 3 上合青岛峰会气象服务 APP 界面
Fig.3 The APP interface for meteorological service at the Qingdao Summit

2.4 运行维护保障与网络安全

高度重视信息网络安全是上合青岛峰会一大特点。为了满足上合青岛峰会对数据传输和网络安全的需要,青岛市气象局对网络基础架构进行了优化和调整。实现双万兆光纤直连核心交换机,提高网络连接效率,便于数据高效传输。对局域网内部、市—省、市—国家局的访问流量进行精细访问控制,增加网络安全防御和监控产品,对网络进行全方位防护和监控。

3 上合青岛峰会气象服务

上合青岛峰会气象服务从 2017 年 12 月 3 日开始,主体服务始于 2018 年 5 月 24 日,于 6 月 13 日结束,涵盖会议重要场所、海域管控、安全保卫、社会公众、城市建设等服务对象。体现了服务涉及范围广、精细化要求高、时间紧迫性、多重困难和挑战等特点。青岛市气象局成立了气象保障工作领导小组,提前编制峰会保障实施方案,建立特别工作状态预案;成立峰会气象台,多次实战及应急演练;组建了含 14 名外援专家在内的百人服务团队,执行 24 h 负责人领班、专人值班制度,充分利用国内最新科技成果,确定服务重点,明确责任主体,坚持科学服务策略,出色完成了上合青岛峰会气象保障

任务。

3.1 精准按需服务

上合青岛峰会服务对象涵盖政府官员、筹备委员会不同成员单位。不同单位对气象服务的要求不同,例如焰火燃放指挥部需要焰火燃放日 19—23 时逐小时精细化气象要素滚动预报,浒苔指挥部需要 5 000 km²海域的能见度、风的短期预报,环保气象组需要提供未来一周空气污染气象条件及天气趋势预报,会议核心区则需要滚动更新关键时间节点的短期预报。针对不同的需求,我们给予不同的服务产品(表 2),并专门成立了决策服务组,负责对外服务材料的撰写、把关和发送。制定气象保障服务倒排时间表,按时提供不同时间分辨率的天空状况、云量、降水量、气温、相对湿度、能见度、地面风向风力等预报。特别是为了保证预报产品的准确解读,首席预报员参与环保气象组每日会商,派预报员进驻中筹委、海域管控、安保等现场指挥部,随时解疑答惑,及时向峰会气象台传递现场需求。

3.2 举全国之力联合保障的气象服务

为做好上合青岛峰会气象保障工作,气象服务保障期间,气象部门自上而下,通力协作,积极配合。中国气象局党组高度重视,将峰会气象保障

服务作为重要任务进行安排和部署。中国气象局有关部门、其他省市气象部门及高校从人才、技术等方面对峰会气象保障服务给予了大力的支持,中央气象台、上海市气象局、山东省气象局均派遣了天气预报专家或首席预报员到峰会气象台提供现场指导和参加业务值班,中央气象台和峰会气象台先后组织国家气候中心、华东区域气象中心、山东省气象台就峰会期间青岛可能出现的灾害性、高影响性天气进行延伸期和中短期天气会商,国家卫星气象中心提供了详尽的卫星资料及图像支持。华

东区域中心和中国海洋大学积极增加气象保障专项预报产品,为峰会服务提供产品参考。服务保障过程中,峰会气象台常与中央气象台值班首席沟通,通过视频连线、电话等多种方式进行了多次专题会商。

此外,为补充和备份气象数据,青岛市气象局与青岛民航空管站进行协商,通过建立数据专线来实现气象监测资料和预报结论的共享,并共享青岛民航空管站雷达探测数据,作为青岛多普勒雷达资料的补充和备份。

表2 服务对象与服务产品及信息通道

Table 2 Service objects, service products, and information channels

服务对象	服务产品	信息通道
重点场所及路线	重要场馆及路线未来24小时预报 1 770期	上合青岛峰会气象服务网站、电话、现场讲解、张贴等
	重要场馆及路线10天、3天预报 1 204期	
	青岛周边城市天气预报 54期 预警服务 15期	
空气污染气象条件	未来五天青岛市空气污染气象条件和霾天气预报 32期	现场讲解、参与会商、电话等
公众服务	未来10天、3天天气预报 56期	广播、电视、报纸、电话、网站等
焰火燃放服务	焰火燃放点3天逐12小时预报 24期	传真、电子邮件、短信等
	焰火燃放点3天逐小时预报 12期	
决策服务	每日决策服务材料 22期	传真、金宏网、上合青岛峰会气象服务网站、现场服务等
	报政府决策服务材料 23期	
	微信短信服务 150次	
浒苔治理气象服务	浒苔治理气象服务专报 25期	传真、电话、电子邮件、短信等
	海区预报 69期 微信短信服务 110次	

3.3 科学的服务策略

围绕上合青岛峰会各项活动开展服务是气象服务保障的核心。面对不同部门对气象服务的不同要求和复杂多变的天气,气象服务在现有的技术手段和预报水平基础上,采取了一系列的策略,为峰会日程的顺畅运转及峰会的圆满举行起到了积极的作用。

3.3.1 预报结论的一致性

峰会气象台是对外提供预报的唯一决定主体。其他单位担任智囊团,为峰会气象台提供意见作为参考,但最终的预报结论由峰会气象台决定,决策服务材料也由峰会气象台制作并定稿,其他单位的对外服务也必须以峰会气象台的结论为准。在峰会气象服务面前,中央气象台面向外交部,山东省气象局面向山东省政府,青岛市气象局面向青岛市政府以及峰会各筹备机构保持了自下而上统一预

报口径,发出同一种声音,给出同一个结论,这保证了天气预报结论的意见一致、口径一致,减少了无序和杂音,避免了不必要的工作,确保了几千份预报服务材料整齐一致和统一有序,从而体现了气象部门的高度组织性和对外服务的一致性。

3.3.2 预报结论的稳定性

面对多变的数值模式预报结果,在上级业务部门的技术支撑和领导的正确决策下,峰会气象台针对峰会期间,特别是6月9日夜間文艺演出期间的天气,从中长期预测到中短期预报,再到短时临近预报,连续保持着相对稳定的对外预报结论,为各级政府部门及筹委会提供的决策材料也保持一致和平稳。这为政府及峰会各部门各项准备活动的有序开展提供了坚实的气象决策保障,也维护了气象部门的权威性。

3.3.3 预报结论的科学性

随着峰会日程的临近,奥帆中心及各核心区域的天气情况愈加清晰,也愈加复杂,对精细化预报的要求和挑战也愈高。峰会前夕,青岛持续出现大雾天气,同时在西北方和东南方各有一个强天气系统生成并向青岛移动,面对异常复杂的天气形势,思想上做最坏的打算,行动上做最大的努力。在不同的预报意见面前,不过度的乐观或者悲观,严谨认真地分析,同时把困难和挑战估计得复杂一些,为政府和各级决策部门的准备留出余地,再根据时间临近进行科学调整。科学的服务策略是气象服务保障顺利进行的重要因素。

4 小结

上合青岛峰会气象服务工作组织得力,准备充分,预报准确,服务到位,保障工作非常成功和圆满。在6月9日晚举行的筹委会总结会上,外交部领导、山东省委书记和省长、青岛市委和市政府领导都对气象保障服务给予充分肯定,认为气象部门精准的服务给大家带来了惊喜。能取得这样的成绩,主要得益于以下几个方面。

1) 全国气象“一盘棋,一家人”。为了做好上合青岛峰会气象保障服务,全国气象部门拧成一股绳,自上而下,通力协作,积极配合。中国气象局党组高度重视,将峰会气象保障服务作为重要任务进行安排和部署。从前期筹备到正式服务,中国气象局有关部门、其他省市气象部门及高校从人才、技术等方面对峰会气象保障服务给予了大力的支持;山东省全省气象部门勤奋努力、协作互助。通过多方的有效合作,有力地推进了峰会气象保障服务各个环节工作的开展。

2) 科技创新和现代化建设成果技术转化。在有限的时间中,完成了短时临近系统开发、海雾客观预报技术本地化、高影响天气个例库建设及预报指标提取,开发了格点预报产品制作平台、服务于峰会决策的显示服务平台和手机APP,为峰会精细化预报提供了充分的技术支撑。

3) 科学的服务策略。面对服务对象要求的多元性和天气的复杂性,根据需求制定服务策略,量身定制,差异服务。保持对外服务结论的一致性、稳定性和科学性,保持服务材料的整齐有序、前后一致,平稳坚定,为峰会日程的顺畅运转及峰会的圆满举行起到了积极的作用,也树立了气象部门的专业形象和权威。

4) 充分的准备工作和有序的运行管理。成立了气象保障工作领导小组,提前编制了气候、预报、服务、应急等8个峰会保障实施方案,建立特别工作状态预案。成立峰会气象台,细化岗位职责与工作流程;多次实战及应急演练,5月下旬到6月初,先后组织开展了3次全流程、全要素实战演练和15次专项演练^[16],及时总结,紧抓薄弱环节,不断改进。服务期间,执行24小时负责人领班、专人值班制度,紧跟节点完成任务,建立会商、决策、驻场服务一条龙的工作机制,有效地保障了服务的顺利进行。

2018年上合青岛峰会已经圆满结束,但随着社会的不断进步和经济的不断发展,对气象服务的需求也将愈加迫切,要求也将愈加多元化和精细化。气象服务永无止境,我们将以上合青岛峰会的成功气象服务经验为激励,将成果辐射到今后各种重大活动及重要天气过程的服务中去。

参考文献:

- [1] 杨育强,王晓云,薛允传,等.2008年青岛奥帆赛及残奥帆赛精细化气象服务综述[J].气象,2008,34(专刊):3-8.
- [2] 唐述权,艾雯,程传梦.青岛峰会:上合组织三大支柱取得这些新成果[N/OL].人民网,2018-06-13[2018-08-31].<http://politics.people.com.cn/n1/2018/0613/c1001-30055703.html>.
- [3] 苏晓晖.上合青岛峰会的新闻述、新亮点[J].大陆桥视野,2018,(6):14-15.
- [4] 余孝忠,刘华,徐冰,等.远航,扬起“上海精神”的时代风帆[N/OL].新华网,2018-06-08[2018-08-31].http://www.xinhuanet.com/world/2018-06/08/c_1122954128.htm.
- [5] 段昊书,林泽磊,林行,等.风从海上来,气象再添彩——上海合作组织青岛峰会气象保障纪实[N/OL].中国气象报,2018-06-15(1)[2018-08-31].http://epaper.zgqxb.com.cn/epaper/index/get_pdf?pdf=20180615-1.
- [6] 彭燮.焰火“彩虹桥”背后的故事[N/OL].中国质量报,2018-06-11(A01)[2018-08-31].<http://epaper.cqn.com.cn/article/465000.html>.
- [7] 演艺装备助力上合峰会灯光焰火艺术表演[J].演艺科技,2018(6):64.
- [8] 李德萍,薛允传,董海鹰,等.青岛地区气象灾害分析评估[J].山东气象,2013,33(1):1-6.
- [9] 田咏梅,马艳,于进付,等.气候变化背景下青岛地区气候环境特征分析[J].海洋湖沼通报,2012(4):10-15.
- [10] 李庆宝,黄容,孙桂平,等.青岛地区暴雨时空分布统计分析[J].海洋通报,2008,27(4):44-52.

- [11] 马艳,黄容,于进付,等.青岛环胶州湾地区暴雨特征及暴雨灾害风险分析[J].灾害学,2012,27(4):42-46.
- [12] 万夫敬,江敦双,赵传湖.2017年8月6日山东罕见雷暴大风成因分析[J].海洋气象学报,2018,38(2):60-66.
- [13] 徐娟,杨晓霞,韩风军,等.山东省短时强降水天气的特征分析[J].山东气象,2012,32(2):9-11.
- [14] 张凯静,江敦双,丁锋.青岛市短时强降水的气候特征和天气系统分型[J].海洋气象学报,2018,38(1):108-114.
- [15] 高荣珍,李欣,时晓曦,等.基于WRF模式的青岛近海能见度算法比较研究[J].海洋气象学报,2018,38(2):28-35.
- [16] 山东省气象局.山东气象情况(简51)[J].山东气象情况,2018(3):3.