

张永恒,孔祥一,张立生,等.2018年我国灾害性天气及决策气象服务分析[J].海洋气象学报,2019,39(4):35-42.  
ZHANG Yongheng, KONG Xiangyi, ZHANG Lisheng, et al. Analysis on disastrous weather and decision-making meteorological service over China in 2018[J].Journal of Marine Meteorology,2019,39(4):35-42. DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2019.04.004.(in Chinese)

## 2018年我国灾害性天气及决策气象服务分析

张永恒,孔祥一,张立生,王维国  
(国家气象中心,北京 100081)

**摘要:** 灾害性天气的总结是研究其形成机理和变化规律的基础,也是提高预报预测准确率的有效途径,而决策气象服务是围绕天气变化进行的一项有中国特色的特殊服务,是政府部门科学决策的依据,工作对象的特殊性决定了天气预报预测能力需要不断提升和增强,决策气象服务技术需要不断改进和创新。通过对2018年全国灾害性天气特征和决策气象服务工作进行归纳、分析,并结合业务实际和未来发展,探讨性地提出改进措施,旨在建立灾害性天气和决策气象服务的内在联系,增强业务人员对天气变化规律的认知和对决策气象服务的深度理解,以预报发展推动服务水平提升,以服务需求促进预报技术提高,从而更好地发挥新形势下的决策参谋作用。

**关键词:** 灾害性天气; 决策气象服务; 内在联系; 改进措施

**中图分类号:** P49 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2019)04-0035-08

**DOI:**10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2019.04.004

## Analysis on disastrous weather and decision-making meteorological service over China in 2018

ZHANG Yongheng, KONG Xiangyi, ZHANG Lisheng, WANG Weiguo  
(National Meteorological Center, Beijing 100081, China)

**Abstract** The summary of disastrous weather is the basis of studying its formation mechanism and change rules and also an effective way to improve the accuracy of forecast and prediction. Decision-making meteorological service is a special service with Chinese characteristics with regard to weather change, which acts as the basis of scientific decision-making of government. The particularity of working object determines that the ability of forecasting needs to be enhanced and the technologies for decision-making meteorological service need improvement and innovation. According to the summary and analysis of the characteristics of disastrous weather and decision-making meteorological service over China in 2018, improvement measures for actual operational work and future development are suggested, aiming at establishing internal relations between disastrous weather and decision-making meteorological service and enhancing personnel's in-depth understanding in field of meteorological disaster and decision-making meteorological service. The role of decision-making service will be better played under the new situation by improving service with better forecasting skills and developing forecasting techniques according to actual service demands.

**Key words** disastrous weather; decision-making meteorological service; internal relation; improvement measure

收稿日期:2019-11-12; 修订日期:2019-11-25

基金项目:国家气象中心青年基金项目(Q201813)

作者简介:张永恒,男,硕士,高级工程师,主要从事决策气象服务与灾害预评估研究, zhangyongh@cma.gov.cn.

## 引言

我国自然灾害种类繁多,而气象灾害在自然灾害中最频繁而又严重,台风、暴雨等天气每年都危及人民生命和财产安全,甚至影响社会 and 经济发展<sup>[1-2]</sup>。如何准确、精细地预报灾害性天气及快速、科学地制作决策气象服务材料,成为气象部门的重点工作之一。通过对灾害性天气特征和决策气象服务工作进行总结,可不断丰富天气和服务的研究个例,有效地提升预报和服务能力以满足决策者的需要。

近年来,众多学者对于灾害性天气预报研究和决策气象服务分析取得了一定成果,赵思雄和孙建华<sup>[3]</sup>概括了近年来灾害性天气机理和预测研究进展;赵玉春和王仁乔<sup>[4]</sup>对灾害性天气总结中存在的问题和关键要点进行了探讨;SHI et al.<sup>[5]</sup>剖析了1959—2014年中国暴雨、降雪、大雾等灾害性天气连续天数的时空分布和趋势;薛建军等<sup>[6]</sup>回顾了决策气象服务的发展历程,并研讨了台风、暴雨灾害评估技术;张方<sup>[7]</sup>应用多级模糊综合评判法对决策气象服务质量进行了评判。以上研究从不同角度对灾害性天气和决策气象服务进行了分析,具有一

定的参考价值,但实际上两者有一定的关联性和协同性,有必要进行综合讨论。鉴于此,本文基于决策气象服务业务实践,通过梳理和分析2018年全国灾害性天气及决策服务情况,凝练共性和特征,挖掘两者潜在规律和联系,同时结合业务实际和发展,提出技术上的改进建议,供业内人士探讨和交流,以期不断提升业务人员的素质和技能,增强决策气象服务产品的有效性,做好政府决策的参谋。

本文主要采用国家气象中心的业务监测资料,包括平均气温、最高和最低气温、大风、降水量等气象要素及沙尘暴、雾和霾等天气现象数据,常年值是1981—2010年的平均。

## 1 2018年我国气温与降水基本情况

2018年全国平均气温(10.1℃)较常年偏高,春季和夏季创新高;日最高和最低气温分别有57站和10站突破当地历史极值(表1),极端站次比均偏多。全国平均降水量(673.8mm)较常年偏多,夏秋季偏多、春季偏少,北方偏多、南方偏少,日降水量和连续降水量分别有68站和51站突破当地历史极值;日降水量极端站次比偏多,多出现在暴雨少发地区。

表1 2018年全国气温和降水基本情况

Table 1 Basic information of temperature and precipitation over China in 2018

要素	值		总体描述	
	2018年	与常年相比		
气温	平均气温	全国平均 10.1℃	偏高 0.5℃	春季和夏季创新高,全国接近常年或偏高
	日最高气温	极端站次比 0.18	偏多 0.06	57站突破历史极值,主要在辽宁和吉林等省;402站连续高温日数达极端事件标准
	日最低气温	极端站次比 0.18	偏多 0.07	10站突破历史极值
降水	平均降水量	673.8 mm	偏多 7%	夏秋季偏多、春季偏少,北方偏多、南方偏少。西北中东部、华北西北部、东北中北部及四川西部、西藏西部、海南偏多 2~5成,新疆西南部、青海中部、内蒙古中西部偏多 5成至 1倍;新疆东南部、辽宁中部偏少 2~5成
	日降水量	极端站次比 0.2	偏多 0.1	68站突破历史极值,多出现在暴雨少发地区,如黑龙江伊春(133.1 mm)和庆安(132.9 mm)、辽宁庄河(196 mm)、内蒙古开鲁(135.1 mm)等;51站连续降水量突破历史极值

## 2 2018年我国主要灾害性天气特征分析

灾害性天气是指对人民生命财产、群众生产生活有严重威胁,或给国民经济造成重大损失的自然天气事件<sup>[4]</sup>。对灾害性天气特征的总结和重要案例的回顾,是预报预测的基础,可以促进对天气可

预报性的科学认识,不断提高预报水平,提升气象防灾减灾能力。

### 2.1 特征分析

2018年,我国天气形势比较复杂,集中体现在:台风移动路径多变,登陆多且位置偏北;大范围降雨过程少,雨带位置整体偏北;区域性雾和霾有较

大影响;低温冻害和雪灾损失偏重。全年主要灾害性天气特征总结如下:

1) 西北太平洋和南海生成 29 个台风(中心附近最大风力 $\geq 8$ 级),其中有 10 个登陆我国,生成和登陆较常年偏多,登陆的初台和终台较常年分别偏

早 13 d 和偏晚 10 d(表 2),登陆浙江、上海的数量为 1949 年以来最多;登陆强度方面,10 个登陆我国的台风中有 8 个为热带风暴或强热带风暴级,2 个为强台风级;经济损失方面,2018 年与近十年平均值相比偏重,“温比亚”和“山竹”致灾较重。

表 2 2018 年我国主要灾害性天气特征

Table 2 Characteristics of major disastrous weather over China in 2018

灾害性天气	基本状况		总体特征
	2018 年	与常年相比	
台风	生成 29 个 登陆 10 个	偏多 3.5 个 偏多 2.8 个	登陆初台较常年偏早 13 d 登陆终台较常年偏晚 10 d 登陆位置总体偏北 登陆沪、浙 4 个,1949 年以来最多
暴雨和连阴雨	21 次(大范围降雨过程)	偏少	汛期暴雨过程少 北方暴雨洪涝多发 秋季降雨明显
强对流	43 次	—	比过去 5 a 平均偏少 损失总体偏轻
高温	10.2 d(平均)	偏多 3.3 d	全国高温日数较常年偏多 黄淮江汉等地偏多 15 d 以上
雾和霾	5 次(大范围持续性)	—	次数与 2017 年持平 局地影响重
沙尘	10 次	偏少 7 次	平均日数较常年偏少 3 次沙尘暴和强沙尘暴过程 首次沙尘较 2017 年偏晚 14 d
低温冷冻害和雪灾	损失偏重	经济损失较 2010—2017 年平均值偏大	持续时间长 影响范围广 经济损失偏重
干旱	程度轻	偏轻	区域性和阶段性明显

2) 汛期有 21 次大范围降雨过程,与常年相比偏少;全年雨带位置偏北,新疆哈密、甘肃兰州等北方多地出现强降水,影响较大;秋季,西北地区南部、西南、江南和华南等地降水日数较多,大部地区有 30~50 d(图 1),青海、四川、重庆、贵州等地部分地区超过 50 d,持续阴雨天气对农作物生长发育带来不利影响。

3) 强对流天气过程次数(43 次)较过去 5 a 平均值偏少 11 次,损失总体偏轻。3 月 3—5 日南方地区强对流天气过程影响较为严重。

4) 夏季,全国高温(日最高气温 $\geq 35$  °C)日数偏多,黄淮中西部和江汉及重庆较常年偏多 15 d 以上。其中内蒙古西部、陕西东南部、山西西南部、河北南部、河南中部、安徽南部、湖北大部、湖南大部、

江西大部、浙江中西部、福建中部及重庆、四川东北部等地高温日数有 30~40 d(图 2),湖南和重庆的部分地区超过 50 d。

5) 大范围雾和霾过程次数(5 次)与 2017 年基本持平,局地影响较重。最严重过程发生在 11 月 24 日—12 月 3 日,华北和华东地区持续出现 10 d 的雾和霾。

6) 沙尘天气(10 次)较常年明显偏少,其中 3 次为沙尘暴和强沙尘暴过程,平均沙尘日数也较常年偏少。范围最大沙尘过程发生在 3 月 26—29 日,西北地区、华北和东北地区先后出现扬沙和浮尘,内蒙古局地出现沙尘暴。

7) 低温冷冻害和雪灾主要发生在年初和年末,经济损失总体偏重。中东部地区在 1 月下旬遭遇大

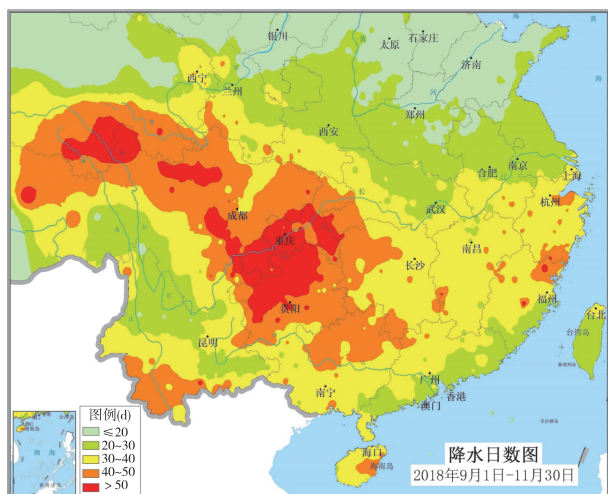


图1 2018年秋季降水日数分布图

Fig.1 Distribution of the number of precipitation days in autumn 2018

范围低温雨雪天气,多达14省(直辖市)受灾。

8)干旱呈区域性和阶段性,灾情总体偏轻。4月中旬—6月下旬,东北地区中部和南部、内蒙古东部发生春夏连旱;8—11月,江汉、江南和黄淮、江淮及重庆、陕西等地先后出现阶段性干旱。

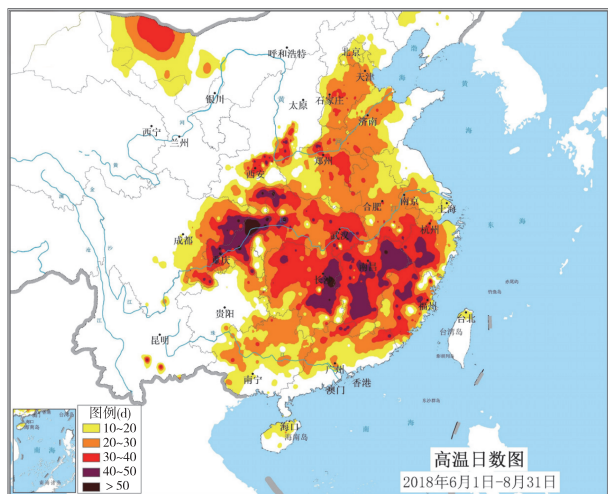


图2 2018年夏季高温日数图

Fig.2 Distribution of the number of high temperature days in summer 2018

## 2.2 重要案例

2018年各类灾害性天气中,台风灾害、低温冷冻害和雪灾造成的损失较大,雾和霾、强对流的社会影响较大;其他如沙尘、高温、干旱等天气,总体损失和影响偏轻。

### 2.2.1 台风“温比亚”

“温比亚”于8月15日生成,17日04时前后以

热带风暴级( $23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )登陆上海,20日凌晨在山东北部变性为温带气旋,21日02时停编。受其影响,16—21日,上海、浙江北部、江苏、安徽、山东、河南及辽宁东部、吉林东南部等地降暴雨或大暴雨,江苏和安徽北部、山东中西部、河南东部及辽宁大连等地降特大暴雨,江苏徐州、安徽宿州和淮北、山东济宁和泰安、河南商丘和周口等地累计降水300~480 mm,河南商丘柘城554 mm(商丘最大1 h降水量112 mm);有24个县或市日降水量突破历史极值;期间,浙江舟山群岛、江苏沿海、山东半岛沿海、辽东半岛沿海出现10~12级大风。据统计,“温比亚”造成的直接经济损失达数百亿元。

### 2.2.2 中东部大范围低温雨雪

1月24—28日,中东部遭遇大范围低温雨雪天气,其中内蒙古西部、陕西北部、山西北部及贵州东南部、广西西部降温 $12 \sim 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;湖北中东部、安徽中南部、江苏西南部、湖南东北部、浙江北部降雪超25 mm(图3);陕西中部、河南南部、湖北中东部、安徽、江苏中南部、浙江北部积雪深度 $5 \sim 15 \text{ cm}$ ,局地 $20 \sim 32 \text{ cm}$ ;低温雨雪天气造成江淮、江汉、江南及西南等地14个省(直辖市)受到不同程度影响。

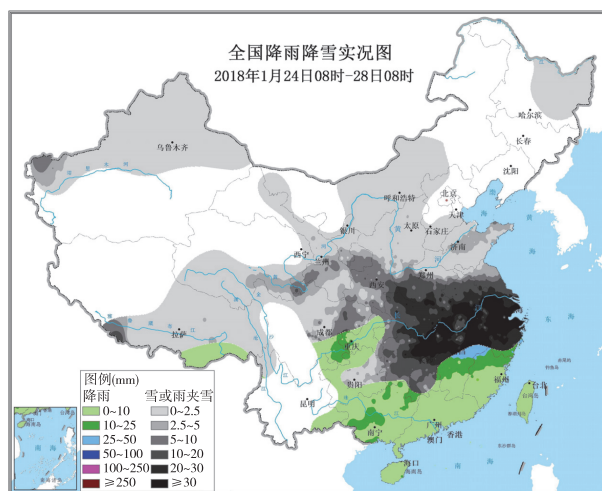


图3 全国降雨降雪实况图

Fig.3 Distribution of rainfall and snowfall in China

### 2.2.3 华北及华东地区雾和霾

11月24日—12月3日,华北及华东地区出现了持续10 d的雾和霾,是年度内最严重的一次过程。此过程分两个阶段,第一阶段(11月24—26日)主要影响京津冀及周边地区, $\text{PM}_{2.5}$ 小时浓度有45个城市达重度及以上污染水平,其中21个严重污染;第二阶段(11月30日—12月3日)主要影响京津冀及周边、汾渭平原和长三角等地, $\text{PM}_{2.5}$ 日均

浓度有41个城市达重度及以上污染水平。低能见度天气致北京、天津、河北、山东、河南、江苏、安徽等多地交通受到严重影响,呼吸病患增加。

#### 2.2.4 南方大范围强对流

3月3—5日,江西中北部、湖南南部、广西北部等地出现8~10级雷暴大风,局地11~13级;江西有60个县(市)出现8级以上短时大风,20个县(市)最大风速超过10级,3个县(市)在12级以上,庐山最大风速达13级( $37\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),8级、10级以上阵风覆盖范围为1959年有完整气象记录以来历史第一位。期间,安徽、江西、湖南、广西等地局地伴有冰雹,广西贺州钟山站最大冰雹直径50 mm。另外,江苏、安徽、浙江、江西、湖北、湖南等地部分地区降大到暴雨,安徽六安、江西余干、湖南安仁等地局地降大暴雨。多地农作物和房屋受到破坏,江西因灾死亡14人。

### 3 2018年决策气象服务分析

决策气象服务是为决策部门指挥生产、开展防灾减灾及开发利用气候资源等方面所提供的气象信息<sup>[8-9]</sup>,及时准确的监测预报、灾害影响评估及建议等内容可助力政府部门科学决策,最大程度地规避风险<sup>[10-12]</sup>。2018年,我国灾害性天气频繁发生,重大活动和突发事件保障任务重,在秉持“天气和事件是起始,服务和决策是延伸”的原则下,决策气象服务工作积极主动,为防灾减灾做出了有力贡献。通过总结2018年决策气象服务产品的构建特征,探寻服务和天气的内在联系,进一步推动决策气象服务工作发展,全力服务政府防灾减灾决策调度。

#### 3.1 分布特征

决策气象服务工作目标是提供精准的气象信息服务,作为决策层参考信息,主要围绕灾害性天气、重大活动和突发事件保障三类展开服务。2018年,国家级决策气象服务产品正式呈报共1256期,其中针对灾害性天气的产品有1015期,占比为80.8%,重大活动气象保障占13.8%,重大突发事件气象保障占5.4%,三类服务产品所占比例侧面印证了灾害性天气的频发性。

产品中,重点叙述冷空气(包括冷空气带来的低温、雨雪、冰冻等天气)和强降雨的占比为28%和22%(图4),高比例与天气发生的时间尺度和影响程度有很大的关系,我国疆土辽阔、南北跨度大,四季中大部分时间都会有冷空气活动<sup>[13]</sup>,而进入汛期

后,强降雨常常会引发滑坡、泥石流等次生灾害,其预报预警必然受到重视,因此,二者比重较高;台风、雾霾和沙尘因出现的季节相对单一且影响呈区域性,加上近些年对环境污染的治理和退耕还林及沙地绿化工作的重视<sup>[14-15]</sup>,占比为17%;强对流、高温、农业和干旱以及地震、森林火险等在不考虑灾害链的前提下则因影响时效偏短或进度缓慢<sup>[16-17]</sup>,仅占3%~6%。

由此可见,各种天气的服务产品所占的比例分布,总体遵循大气科学变化规律,与全年度的灾害性天气特征基本一致,在一定程度上是客观性的,但也伴随着社会发展、环境变化、政府职能转变、关注度和重视程度等因素而发生主观性调整,因此,加强对天气客观变化和服务主观调整的认知,是不断提升业务水平有效过程。

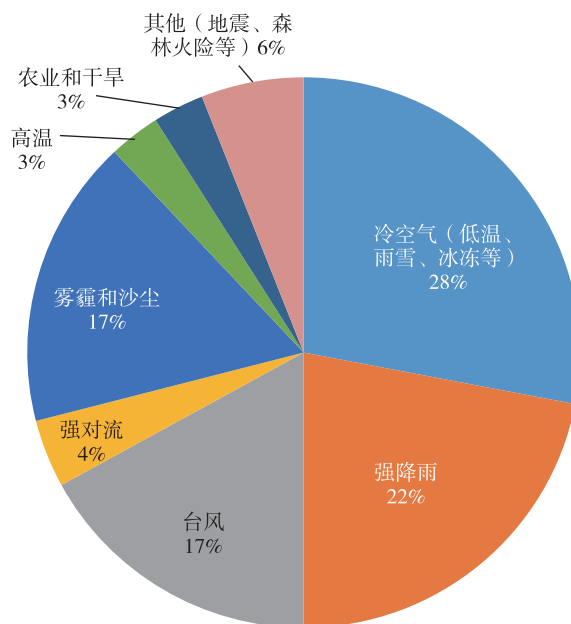


图4 2018年决策气象服务产品聚焦点

Fig. 4 Focus of decision-making meteorological service products in 2018

#### 3.2 服务形式

目前,决策气象服务方式虽然多样化,但均遵循“分工合作与协调配合”原则,以使服务具有全局性和战略性意义<sup>[18-20]</sup>。2018年,国家级决策气象服务产品类别如表3所示,共有9种产品在业务中运行,产品数量上,《每日天气摘报》和《两办刊物信息》分别占29.1%和28.2%,《专项服务材料》和《气象灾害预警服务快报》分别占15%和13.5%,四者比重较高;重要程度上,分为重要、较重要和一般三个级别;产品特征上,9种产品各有特色,分别体现

“短、快、全、深、细、准”等要求,以达到相互补充和完善,如《两办刊物信息》以快而见长,快速上报是巨大优势;《专题报告》以全和深为核心,象征着重要性和全面性。

### 3.3 内容构建

判断决策产品质量好坏的是内容,它是产品的根基所在,制作过程中力求叙述精确、表达清晰且通俗易懂<sup>[21-22]</sup>。目前,业务产品内容可按照表3所示的三个部分来构建。当然,产品不同,可选性的附加内容也就不同,如表3中2—5号产品,适时根

据当时的具体情形,发挥主观能动性,增加分析内容和气象部门服务情况,以丰富产品的多样性。其中分析内容是指通过斟酌决策者对产品的期望,对事件原因、发生、发展及可能影响等进行深度剖析,它的表述在于提升产品服务效果。

另外,为了辅助决策层理解,避免纯文本的枯燥乏味,所有产品均可附加各种图表,这也是提高传播效果的良好手段,但必须优先考虑呈报时间和整体篇幅。

表3 9种决策气象服务产品特征总览

Table 3 Overview of characteristics of 9 decision-making meteorological service products

序号	产品名称	内容构建	期数	产品特征	级别
1	重大气象信息专报		65	图文并茂、及时准确	重要
2	专题报告		25	信息全面、深度分析	重要
3	会议材料		29	主题明确、具体细化	重要
4	专项服务材料		188	重点突出、预报精细	重要
5	约稿	天气、气候、 事件等实况信息	39	目标明确、重点描述	重要
6	气象灾害预警服务快报	预报预警信息	169	实时更新、持续跟踪	较重要
7	重要天气过程回顾	关注与建议	22	回顾过程、着重评估	较重要
8	每日天气摘报		365	定期定时、简明扼要	较重要
9	两办刊物信息		354	内容灵活、快速便捷	一般

### 3.4 气象防灾减灾主要事件

2018年主要针对低温雨雪冰冻、南方大范围强对流、夏秋季台风、雾和霾等关键性、重大灾害性天气事件和“两会”“上合组织青岛峰会”“上海首届中国国际进口博览会”等重大活动及内蒙古火险、金沙江堰塞湖等重大突发事件,及时提供精准预报,并适时启动相应的气象灾害应急响应和气象保障服务特别工作状态,充分发挥了气象部门的主动性和积极性。由表4看出,防灾减灾主要事件的服务时段遍布12个月份,可谓全年无休,这是天气客观性的部分呈现;同时具体事件的产品期数又大于时段日数,体现了节奏不止,这是决策服务主动性的展现。正是将天气变化的客观性和决策服务的主观性有效结合,才做到了更好地为防灾减灾服务。

## 4 结论与展望

通过分析2018年灾害性天气特征和决策气象服务情况,探寻灾害性天气与决策服务的联系,目的在于不断提高预报预测技术和决策服务水平,更好地为政府决策提供科学依据。但在社会和学科环境持续发展的背景下,天气分析和业务技术逐步

突出以下几方面的迫切需求,应着实予以加强。

1) 共享互动以协同分析灾害性天气。伴随经济增长、城镇化建设、环境变化等因素,天气影响社会的方式已多元化,灾害动辄成链的格局也为天气特征的分析提出更高要求,众源数据的综合、监测网的共享等都已成为打破瓶颈的有效趋势,全方位、多角度、深层次的分析迫切需要学科之间、部门之间进行深入沟通和密切配合,共享数据资源、互动产品资源、交流人力资源,协同提高对灾害性天气的认知和理解。

2) 完善产品制作的智能平台。深层次内容和综合性信息的背后是复杂和多源的前端产品,智能化的平台有望突破人力、精力甚至数据等不足的缺憾,在发布方式、内容建设、图表制作、数据挖潜等各方面形成更有价值和更为迅速的操作应用。所以,智能平台的逐步部署和实施,可以解放人力、提升效率,将业务人员的更多精力留在内容创作和专业领域突破上,从而提高服务的科技价值。

3) 强化灾害预评估技术。灾害预评估是决策层防灾减灾管理的重要依据,对于减轻灾害损失有着非比寻常的意义。然而,我国当前的灾害评估技

术仍然比较薄弱,比如灾情的统计和调查不一致、预测和评估方法的重建过于简单、各体系指标建立的不统一等。一旦这些技术能持续创新,并转化为

成果在决策产品中得以应用,将对科学防灾减灾工作形成巨大的推动。

表4 2018年防灾减灾主要事件决策气象服务一览

Table 4 Overview of decision-making meteorological service about disaster prevention and mitigation incidents in 2018

分类	名称	时段	期数	应急状态
重大天气过程	低温雨雪冰冻天气	1月24—28日	8	暴雪、冰冻、寒潮Ⅳ级应急响应
	大范围强对流天气	3月3—5日	5	略
	东北及内蒙古春夏连旱	4月中旬—6月下旬	13	略
	南方高温	7月10日—8月15日	10	略
	四川盆地连续强降雨	7月上旬	9	略
	“温比亚”	8月15—21日	12	台风Ⅳ级应急响应
	“山竹”	9月7—17日	11	台风Ⅱ级应急响应
	中东部持续霾和雾	11月24日—12月3日	13	略
	春运	2月1日—3月12日	41	略
	重大活动	平昌冬奥会和残奥会	2月9—25日	23
“两会”		3月3—20日	33	略
上合组织青岛峰会		6月9—10日	10	气象保障服务特别工作状态
宁夏回族自治区成立60周年大庆		9月20日	5	略
上海首届中国国际进口博览会		11月5—10日	12	气象保障服务特别工作状态
广西壮族自治区成立60周年大庆		12月10日	5	略
内蒙古火险		6月1—6日	5	略
重大突发事件	金沙江堰塞湖	10月12日—11月15日	26	气象保障服务Ⅲ级应急响应
	雅鲁藏布江堰塞湖	10月17日—11月1日	8	气象保障服务Ⅲ级应急响应
	四川叙永山体滑坡	12月9日	3	略

## 参考文献:

- [1] 史培军,应卓蓉.中国气象灾害对宏观经济增长的影响分析[J].北京师范大学学报(自然科学版),2016,52(6):747-753.
- [2] 吴吉东.经济学视角的自然灾害损失评估理论与方法评述[J].自然灾害学报,2018,27(3):188-196.
- [3] 赵思雄,孙建华.近年来灾害天气机理和预测研究的进展[J].大气科学,2013,37(2):297-312.
- [4] 赵玉春,王仁乔.灾害性天气总结中存在的问题和关键要点分析[J].暴雨灾害,2008,27(1):87-93.
- [5] SHI J, WEN K M, CUI L L. Temporal and spatial variations of high-impact weather events in China during 1959-2014[J]. Theor Appl Climatol, 2017, 129(1/2): 385-396.
- [6] 薛建军,王维国,王秀荣,等.决策气象服务回顾与展望[J].气象,2010,36(7):69-74.
- [7] 张方.基于模糊综合评判法的决策气象服务质量评价方法研究[J].气象与环境科学,2007,30(4):74-77.
- [8] 马鹤年.气象服务学基础[M].北京:气象出版社,2001:15-75.
- [9] 郭俊龙,张建新,朱敏嘉,等.决策气象服务方法初探[J].山东气象,2014,34(3):66-68.
- [10] FREEBAIRN J W, ZILLMAN J W. Economic benefits of meteorological services[J]. Meteor Appl, 2002, 9(1): 33-44.
- [11] ZHU H X, WANG C F, FU Z G, et al. Discussion on improving decision-making meteorological service level of county-level meteorological station[J]. Meteor Environ Res, 2019, 10(2):41-43.
- [12] YUAN H L, SUN M, WANG Y. Assessment of the benefits of the Chinese public weather service[J]. Meteor Appl, 2016, 23(1):132-139.
- [13] 周琳,孙照渤.1961—2010年我国冷空气的活动特征[J].大气科学学报,2015,38(3):342-353.
- [14] CAO W B, WANG H, YING H H. The effect of environmental regulation on employment in resource-based areas of China—an empirical research based on the mediating effect model[J]. Int J Environ Res Public

- Health, 2017, 14(12): 1598-1608.
- [15] CUI X L, ALAM M A, PERRY G L, et al. Green firebreaks as a management tool for wildfires: Lessons from China [J]. *J Environ Manage*, 2019, 233: 329-336.
- [16] JI T, LI G S, YANG H, et al. Comprehensive drought index as an indicator for use in drought monitoring integrating multisource remote sensing data: A case study covering the Sichuan-Chongqing region [J]. *Int J Remote Sens*, 2018, 39(3): 786-809.
- [17] DENG Y, SU G W, GAO N, et al. Perceptions of earthquake emergency response and rescue in China: A comparison between experts and local practitioners [J]. *Nat Hazards*, 2019, 97(2): 643-664.
- [18] 王维国, 王莉萍, 孙敏, 等. “一带一路”建设气象服务能力分析 [J]. *海洋气象学报*, 2017, 37(4): 19-24.
- [19] 田华, 吴昊, 杨静, 等. 公路交通决策气象服务需求分析 [J]. *气象与环境科学*, 2018, 41(4): 70-76.
- [20] 林伟, 李开奇, 王志武, 等. 沿海台风决策服务系统研制 [J]. *气象科技*, 2004, 32(2): 129-131.
- [21] 傅仁壮, 吴坤梯, 符传博, 等. 基于 Android 的决策气象服务系统的设计与实现 [J]. *计算机技术与发展*, 2016, 26(8): 125-128.
- [22] 吕终亮, 白新萍, 薛峰. 基于 WebGIS 的气象服务产品制作系统及关键技术 [J]. *应用气象学报*, 2018, 29(1): 120-128.