

“31631”递进式气象服务模式及其在深圳的实践

■ 兰红平 李明华 赖鑫 郑群峰 徐婷 王书欣 王明浩 罗欣

“31631”递进式气象服务模式是指，提前3 d定量预测过程风雨，提前1 d预报风雨落区和影响时段，提前6 h定位高风险区，提前3 h分区预警，提前1 h发布精细到街道的定量预报。该模式既是“递进式”滚动提供精密、精准、精细的气象信息和风险研判信息，也是气象部门与党委政府、防灾部门及时联防联控的模式，各部门依据尽可能精准的预报有针对性地进行部署调度，实现气象预警与防御联动的“零时差”，守护人民安全。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.03.009

深圳地处低纬沿海，多丘陵山地，为亚热带季风气候，台风、暴雨、强对流等气象灾害多发，在全球气候变暖和快速城市化大背景下极端气象灾害重发、频发。研究表明，深圳短历时雨强在逐渐增强，半小时雨量超过50 mm、小时雨量超过100 mm的极端短时暴雨事件逐渐增多。近年来，深圳先后遭遇2008年“6·13”强降水、2018年超强台风“山竹”、2019年“4·11”短历时极端强降雨、2020年近10年最强季风降水、2022年5月11—13日持续强降水等气象灾害，均造成不同程度影响。

围绕重大灾害性天气背景下守护城市安全、人民安全的目标，深圳市气象局重点围绕防御大尺度天气系统的“灾前、临灾、灾中、灾后”关键时间点，总结了世界气象组织、中国气象局、广东省气象局预报预警服务及风险预警等业务规范和要求，将广东省应对极端灾害天气的普遍做法提炼为“31631”递进式气象服务模式，即：提前3 d定量预测过程风雨，提前1 d预报风雨落区和影响时段，提前6 h定位高风险区，提前3 h分区预警，提前1 h发布精细到街道的定量预报。该模式得到深圳市应急部门高度认可，被推荐为深圳经济特区创新举措和经验做法47条之一，并由国家发展和改革委员会发文在全国推广。

1 “31631”递进式气象服务模式出台背景

“31631”递进式气象服务模式“前身”源自2015年深圳市气象局和各区防灾部门合作共建的基于影响的气象灾害四级防御协同化平台。深圳市是下辖11个区域（行政区9个、功能区2个）、市民超2000万、经济体量巨大的国际化超大城市，具有高暴露度、高脆弱

度、高致灾因子等特征，气象灾害极易造成严重的财产损失和人员伤亡；深圳也是全国唯一一个不设区级气象部门的超大城市，气象服务具有线长、面广、点多等特征，开展市、区、街道、社区和市民的超大体量气象服务和防灾减灾离不开强有力的气象平台支持，基于影响的深圳市气象灾害四级防御协同化平台应运而生。该平台将气象和防灾数据融为一体，建立实时统一的气象防灾数据库，在出现较高级别预警和恶劣天气实况时自动语音电话呼叫各级防灾和重点区域的责任人，并根据防灾部门实时反馈的灾情信息，实时提供灾害影响风险评估和预报服务。从运行效果上看，平台全面提升了各级防灾部门组织、管理、监督能力和工作效率，也大大增强了气象部门对防灾管理的履职，有效建立了“一级预警、两级监管、四级联动、社会响应”的气象防灾管理机制。

但调研发现，各部门、各区尤其是基层防灾减灾人员对繁杂的气象信息定位不够准确、理解不够清晰，存在将公众气象服务产品作为联动响应依据、对气象预报预警服务节奏不清楚等现象。在总结世界气象组织、中国气象局和广东省气象局的预报预警服务业务规范、风险预警业务的思路的基础上，经多番探讨，结合2018年超强台风“山竹”和2020年6月近10年最强季风降水等多个重大灾害性天气过程实践，2020年7月复盘总结时正式提出“31631”递进式气象服务模式。初始定位于决策气象服务，随着发展逐步拓展到预报服务组织、决策服务、行业服务和公众服务等，按“31631”的节奏面向决策、公众和行业等以不同服务方式提供不同的气象风险研判信息和监测预报

收稿日期：2021年11月25日；修回日期：2022年6月13日

第一作者：兰红平（1968—），Email: 971568608@qq.com

资助信息：世界气象组织超大城市智慧气象服务公私参与示范项目（RA II-17-J-PP-1）；中国工程院战略研究咨询项目“应对极端气象灾害重大科技发展战略研究”；中国气象局气象软科学重点项目（2022ZDIANXM14）

预警服务产品。

2 “31631”递进式气象服务模式内涵

2.1 提前3 d预测过程风雨、综合风险研判

提前3 d加密区域天气会商，发布（重大）气象信息快报，给出过程风雨预测、风险预估、预警信号发布节奏及防御建议，同时面向公众发布微信、微博推文等。核心内涵如下。

一是综合风险研判。天气预报重视要素预报，但防灾服务的出发点是综合风险的精细化研判，台风、暴雨等灾害性天气来临前，如何让各级政府和灾害防御部门充分认识到气象灾害的严重性和危害程度，需要开展气象灾害综合风险服务。以广东沿海地区最受关注的台风灾害为例，可根据历史重现期法动态开展台风灾害综合风险研判：包括台风大风和暴雨综合风险指数、历史相似案例、今年（5年、10年……）以来、最近一次相似过程，例如与2017年“天鸽”、2018年“山竹”进行对比。2018年“山竹”台风预报服务过程中，深圳市气象台根据台风风雨预测并结合台风历史数据的挖掘分析，提出的“山竹”可能成为“20年来影响深圳最严重的台风”的研判结果，引起市委、市政府的高度重视并采取最高级别的防御措施和灾害防御动员，最终实现巨灾面前人员零死亡。

二是风险不确定性分析。天气预报是预测性科学，越早预测预报不确定性越大，越要给气象预报订正留有余地；同时气象灾害防御是风险防御，做好低概率高风险事件的分析，是落实“坚持底线思维”和“以大概率思维应对小概率事件”的重要举措。2018年台风“山竹”活动期间深圳市气象台给出的三种台风精细化路径、风雨预报和综合风险分析，给全市各级领导留下深刻印象，效果明显优于反复强调台风路径和强度的不确定性，对于把握不准的风险，防灾部门会提前配备相应的防御措施。同时对于预报把握不准的，给出几个重要的关键时间点和下次研判时间。

三是全灾种统筹应对。根据气象要服务“生命安全、生产发展、生活富裕、生态良好”和“全灾种统筹应对”的要求，建立“灾前一灾中一灾后”的全链条、全灾种服务理念，推进气象灾害防御从应对单一灾种向多灾种综合防御转变。以台风预报服务为例，灾前重点考虑高温炎热、臭氧污染、强对流天气等风险；灾中重点考虑大风、暴雨、风暴增水、河水漫堤等；灾后关注地质灾害等。在台风天气影响过程中，由气象部门统筹全市气象及次生衍生灾害监测预报预警信息的综合信息服务。2018年台风“山竹”和2021年台风“圆规”等过程中，气象部门综合风、雨、浪、潮、

洪信息开展综合风险决策服务，并给出防御建议。

四是预告预警信号发布节奏。1994年深圳市全国首创气象灾害预警信号发布制度，2007年引领全国精细到区和街道的预警创新，2013年起开始探索提前告知台风等重大灾害性天气预警信号发布节奏，实现“预警的预警”。目前深圳已建立了台风、暴雨等气象灾害基于预警信号为主导的应急联动机制：当发布全市或分区台风、暴雨等气象灾害应急响应时，市、区两级三防部门同步启动防台、防汛应急响应；当发布暴雨红色分区预警信号时全市停课。如2022年5月11—13日持续强降雨期间，11日为市三防指挥部提供“12日起深圳市将有持续性暴雨到大暴雨、局部特大暴雨、12—13日早晨较大可能发布分区暴雨红色预警信号”的研判信息，11日市防汛防风指挥部综合研判后决定启动防汛Ⅱ级应急响应，12—13日全市中小学校、幼儿园停课两天；12日深圳出现大暴雨局部特大暴雨，市气象台发布分区暴雨红色预警信号，全市按防汛Ⅱ级应急响应应对，各项工作有序进行、提前停课取得较好成效。

2.2 提前1 d预报风雨落区、重点影响时段

提前1 d提供精细到区的风雨落区、量级和重点影响时段预报等，加密与应急（三防）、水务、海洋等多部门联合会商，加强部门联动，为气象防灾减灾提供更精细的技术支撑。核心内涵如下。

一是风险研判的深化。关键是风险的可比性、灾害特点的进一步凝练，对于台风和龙舟水等重大天气过程，进一步凝练过程风雨特点，分析极值，对比历史相似路径、相同路径的灾害，统计历史高影响、高敏感关键区，历史重要天气过程和精细化数值预报模式产品有助于进一步细化风险。

二是预报预警精细化和防御指引科学化。利用文字、图表等多种方式将风雨落区、量级和重点影响时段等进一步精细化，台风过程中发布全市或分区台风预警信号。以台风大风为例，基于深圳市气象部门多年风险普查和灾害调查的成果，建立不同量级风力对城市安全的阈值指标，2018年台风“山竹”期间用精细化的大风分区预报和大风阈值指标指导全市和各区开展大风防御，取得了巨大成功。

三是加密联合会商。通过微信、电话、视频、材料共享等多种方式加密会商，分析风暴增水对沿海地区的影响，分析风暴增水、高中低潮位时间与台风暴雨叠加可能性。跟踪各区各部门应急响应准备情况，提出高风险区域救援力量和防御物资预置建议。

四是多渠道发布信息，全市动员。利用全网手机短信、微信推文、两微一端、户外电子显示屏、电视

滚动字幕、电视整点播报、电台、微信群等多种渠道做好气象信息发布和防御科普宣传，全市动员应对台风、暴雨等灾害性天气。

2.3 提前6 h进入临灾状态、触发三级短时临近预警防线

提前6 h进入临灾精细化气象预报预警服务状态，定位高风险区；细化灾害落区和重点影响时段。核心内涵如下。

一是进一步细化风雨起始时间、预估最高级别预警可能性。针对次日早晨上学（班）等关键节点天气精细化研判，为各级政府尤其是应急（三防）、教育和交通部门科学防御、市民和学生合理安排出行提供科

学指引。以2020年6月深圳近十年最强龙舟水服务为例（图1），7日21:40发布研判信息“今天夜间至明天早晨天气预测降雨研判：预计7日下半夜到8日上午有暴雨到大暴雨，降雨从8日00时起逐渐趋于明显，最大小时雨量100 mm，全市累计雨量60~150 mm。预警信号研判：明天早晨有可能发布暴雨橙色预警信号，不排除升级暴雨红色的可能性。不确定性：7日夜间西南风急流摆动明显，降雨落区仍有不确定性。风险提示：南部沿海和东部地区风险高，但中部和北部地区也要提高警惕；8日早晨上班（学）时段受强降雨影响可能性大，我台将于8日05:30前后再次研判给出最新预报。”



图1 2020年6月深圳近10年最强龙舟水“31631”气象服务

二是给出下一次预报或研判高级别预警能否发布的更新时间。天气预报是预测性科学，灾害性天气始终存在出现时间、落区和强度有偏差或对高级别尤其是停课预警信号发布或解除存在不确定性的现象，发布研判信息同步给出下一次更新时间，如“将于8日05:30前后再次研判给出最新预报”或“将于6日05:00前后研判是否发布暴雨橙色及以上级别预警”，一方面展示气象部门持续开展监测分析的努力，另一方面引导政府和公众及时关注气象部门发布重要信息的时间节点。

三是建立三级短时临近预警防线，跟踪天气系统演变趋势。按照“关注区、监视区、警戒区+责任区”建立三级短时临近预警防线，将灾害性天气监测预警区域扩大到深圳200 km以外，针对飚线等移动性天气系统按照“首报要早、二报要准、三报要全”进行递进式滚动发布监测预报预警服务，让防灾领导心中

有数，关键时段预留时间，提前进行人力物资调度。如2021年5月4日广东省强雷雨云团自西北向东南移动：第一级预警防线，强回波进入关注区（距离深圳150~250 km），4日10:32向市、区防灾应急部门和防灾责任人发布当日提醒“强对流天气将于今晚影响深圳”。第二级预警防线，强回波进入监视区（距离深圳约100~150 km），提前2 h于16:45提醒市委、市政府值班室和防灾应急部门“强对流云团将于18:30前后开始影响我市，将带来短时强降雨和短时大风，稍后将发布雷雨大风黄色和分区暴雨黄色预警”。第三级预警防线，强回波移近警戒区并预判将于稍后开始影响深圳（责任区），及时发布雷雨大风、暴雨等预警信号并做好服务。

2.4 提前3 h精细化预警服务、部门联动响应

提前3 h跟踪临灾精细化预警服务，发布分区预警、风险提示，滚动更新风雨落区、过程累计雨量、最大

雨强、最大风速等风情雨情信息。核心内涵如下。

一是发布临灾精细化预警，提高预警提前量。随着台风、暴雨等强天气系统靠近，发布以街道为最小单位的预警信号，按照《深圳市防汛预案》和《深圳市三防指挥部台风暴雨灾害防御应急响应操作指令》等预案和相关规定，报送实况监测和短时临近预报预警等信息，滚动更新风雨落区、量级和风险提示。

二是参与市、区两级三防联合值守。实时为各指挥值守部门解读其重点关注的气象信息，在无区级气象部门的情况下，各区通过购买服务等方式配备气象专业技术人员提供精准服务，使基层气象防灾减灾有预案、有阈值、有人员。

三是利用三防渠道及时发布监测预警信息。共享三防指挥部的“应急一键通”平台和市、区三防决策微信群等渠道，向全市4.4万市一区一街道一社区四级一线防灾责任人及时发布气象监测预报预警图文信息，实现气象灾害预警信号和三防应急响应基本同步到达。

2.5 提前1 h预报精细到街道、精准到对点服务

发布精细到街道的临灾精细化预警预报，滚动发布最新监测预警信息，视情况将发布频次加密至30 min，为各区提供突发灾害的对点服务和风险阈值提示。核心内涵如下。

一是气象部门基于阈值的预警联动提醒。向市、区三防部门提供精细至街道的气象警示信息，启动恶劣天气呼叫系统，及时电话警示达到阈值区域的防灾责任人，服务直达防灾减灾一线。值班处长、首席预报员负责市级联动提醒，发布暴雨橙色预警前、雨量将要达到或已经达到50 mm时人工电话提示；区级先锋队员负责向区应急和三防指挥部联动提醒并反馈应急响应情况。

二是向市民精准靶向发布预警。通过“预警铃”等渠道发布停课或推迟上学提示信息。重点针对影响大、突发性强的暴雨和雷雨大风天气，根据灾害影响先后，经突发事件预警信息发布系统创新开展分批次、分区域精准靶向发布预警短信，尽可能让所有在深市民（含外地来深人员）提前收到预警短信、做好防范。如2021年5月4日首次根据强对流云团影响时间先后分5批次从西北向东南向全市（含深汕特别合作区）各区发布靶向预警短信，共覆盖2142万人次。

三是利用分钟级实况监测、人工智能预报等手段滚动服务。精准至1 h的短时临近预报仍是现代天气预报业务的难点和痛点，也是防灾部门十分关注的精准防灾需求点。利用滑动5 min、10 min、30 min、1 h等分

钟级气象监测实况，S和X波段雷达监测和人工智能预报等产品动态研判1 h降雨趋势和落区，尽量提供精准到街道的风雨预报产品，提供点对点预报预警服务。

四是过程结束立即给出定位和评估。当灾害性天气接近尾声时就提前准备，预警信号解除时第一时间通过《气象信息快报》、微信群等多种方式提供天气过程的性质、特点、影响及气候极端性分析。

3 “31631”递进式气象服务模式成功应用的关键点

“31631”递进式气象服务模式能够成功应用的关键点在于机制三“合”和服务三“全”（图2）。

从机制上建立和强化三个“合”：一是预报预警与防灾节奏的深入“契合”，从技术上相互匹配。充分挖掘现有的预报预警技术的潜力，最佳匹配防灾减灾的节奏，以最大匹配达到最好的防灾效果。将预报预警服务放到防灾减灾的整个决策过程关键节点，充分发挥气象预报预警的作用。二是预报预警与应急响应的深层“咬合”，从机制上确保应急响应的时效。针对灾害性天气预判信息，结合风险阈值，提前向行业主管部门和基层防灾责任人针对性发出风险提示和防御指引，为行业主管部门提前部署应急防灾工作提供气象技术支撑。气象灾害分区预警全面对接全市防汛防风等36项专项应急预案，灾时市、区、街道各部门根据预警信号发布的相应级别自动启动相应预案，织密部门防灾联动网。三是预报预警与城市治理的深度“融合”，从信息化和标准化上深度对接。智慧行业管控平台是城市治理的大脑，发挥智慧气象的先导作用，全面融入智慧城市的各个环节，提高台风、暴雨等高级别预警的预见性，从容应对城市治理，减少混乱。

从服务上强化三个“全”：一是坚持全系统观念。将重大灾害性天气过程作为一个系统来对待，一个天气过程就是一个生命周期，综合风险分析比要素预报更重要。一个生命体应长、中、短预报相结合，气象灾害和次生灾害相统筹，监测跟踪和预报预警相统一。二是坚持全过程治理。深入掌握天气过程不同阶段的防御策略，掌握服务主动性。对天气过程服务进行全过程闭环管理和全方位跟踪服务，努力实现灾前风险研判、临灾精准预警、灾中跟踪服务、灾后评估分析的全过程服务。三是坚持全方位联动。确保防灾部门的预警联动贯穿“31631”的每个关键节点，从机制和信息化手段上，将预警信息和防灾减灾的实际行动的时差缩减至接近于零，实现强预警强联动强响应。

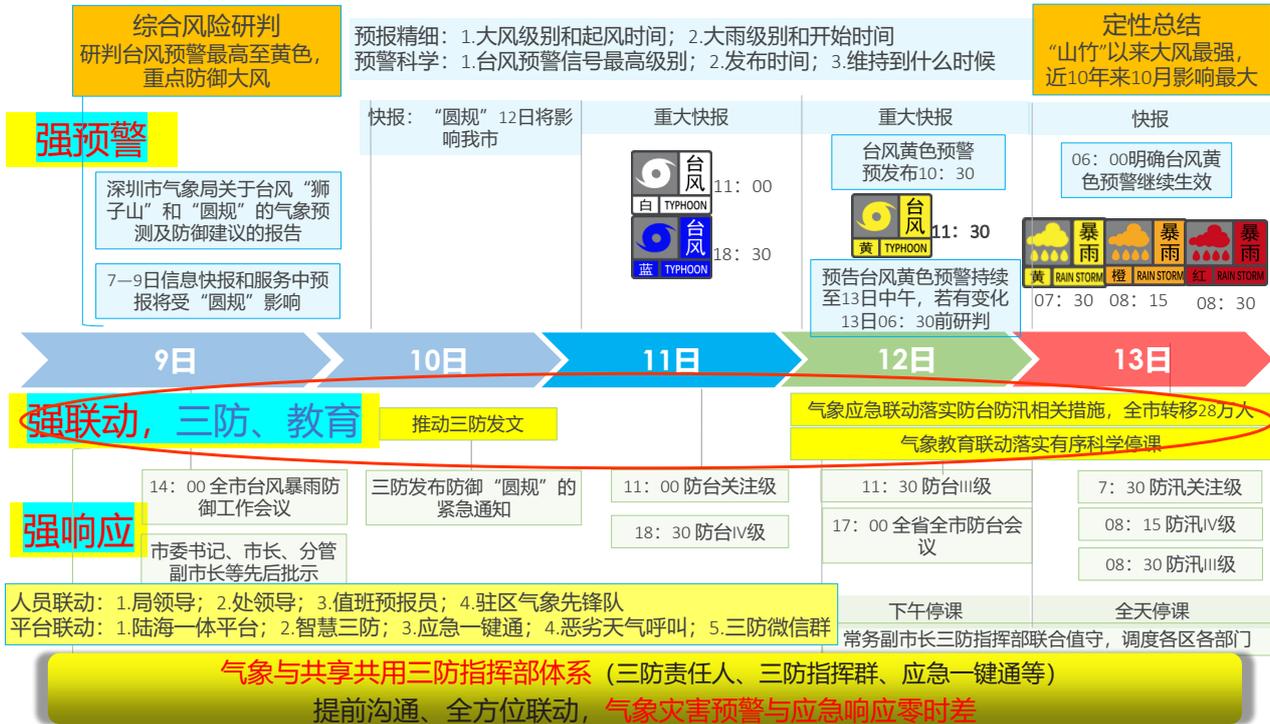


图2 2021年10月台风“圆规”期间深圳递进式气象服务和联动响应

4 结论

“31631”递进式气象服务模式是通过多年实践经验和复盘总结得出，是一种递进式气象服务理念，在使用过程中需要根据气象灾害特征和当地实际情况灵活运用，且仍需不断发展改进。比如“31631”递进式气象服务模式更适用于台风、大范围暴雨、寒潮等预见期较长的灾害性天气过程，局地强对流、暴雨等灾害性天气由于生消快、突发性强尚不能有效适用，更适宜用突发灾害性三级短时临近预警防线气象服务模式。

“31631”递进式气象服务模式，既是“递进式”滚动提供精密、精准、精细的气象信息和风险研判信息，也是气象与党委政府、防灾部门及时联防联控的模式，让防灾部门及一线工作人员对气象服务节奏做到心中有数，依据尽可能精准的预报有针对性地进行部署调度，实现气象预警与防御联动的“零时差”，最大可能将精准预报的技术能力转化为守护城市安全的潜力，通过部门及时联动守护人民安全。

天气预报是预测性科学，在当前预报水平下，防范(突发)极端灾害性天气、提升气象服务能力和部门应急联动至关重要，这需要气象部门深度融入当地

防灾减灾救灾体系，通过制度化、法治化的方式建立健全以气象灾害预警信号为先导的应急联动响应机制，做到强预警、强联动、强响应。特别需要指出的是联动和响应不仅仅包含党委、政府和防灾部门，也包含全社会，这就需要建立极端气象灾害时全社会快速动员机制，平时和灾害性天气期间多渠道多方式开展科普宣传，方便市民第一时间获取权威气象信息，让公众识预警、辨风险、防灾害，提升极端灾害性天气时公众自救互救能力。

深入阅读

力梅, 李磊, 兰红平, 2014. 基于高密度自动站的深圳短时强降水特征分析. 科学技术与工程, 14(18): 143-148.
郭晓坤, 张琳琳, 叶汶华, 2019. 智慧中枢、四级协同——基于影响的气象灾害四级防御协同化平台. 气象科技进展, 9(3): 84-85.
世界气象组织, 2015. WMO基于影响的多灾种预报和警报服务指导原则. 日内瓦: 世界气象组织.
王明洁, 王书欣, 陈元昭, 等, 2021. 深圳市重大天气过程的决策服务模式. 广东气象, 43(2): 61-65.
吴梦雯, 罗亚丽, 2019. 中国极端小时降水2010—2019年研究进展. 暴雨灾害, 38(5): 502-514.

(作者单位: 兰红平、李明华、赖鑫、郑群峰、徐婷、王明洁, 深圳市气象局(台); 兰红平、李明华, 深圳南方强天气研究重点实验室; 王书欣、罗欣, 深圳市国家气候观测台)