

# 智能网格预报在决策气象服务中的应用

曾欣<sup>1</sup>, 尹朝晖<sup>2</sup>, 胡毓灵<sup>1</sup>, 罗佩瑶<sup>1</sup>

(1. 株洲市气象局, 湖南 株洲 412003; 2. 湖南省株洲市炎陵县气象局, 湖南 株洲 412500)

**摘要:** 随着智能网格预报的不断发展与应用, 决策气象服务的科学性、针对性、时效性均得到较大提高, 根据基层决策气象服务需求, 结合决策气象服务实践, 探讨决策气象服务技术创新与改进。

**关键词:** 智能网格预报; 决策气象服务; 应用实践; 技术改进

**中图分类号:** P456

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.15913/j.cnki.kjycx.2022.21.039

智能网格预报的核心是利用人工智能和大数据技术, 提高多源气象数据的融合应用能力、预警预报关键信息的综合提炼能力、预报技术的自主积累能力和预报与服务需求的双向互动能力, 全面提升气象预报的客观化、精准化、智能化水平<sup>[1]</sup>。发展智能网格预报业务是构建智慧气象、改进气象服务供给的核心基础。智能网格预报业务延伸至基层, 重点在于利用智能网格预报“一张网”产品, 开展解释应用, 生成新的适应需求发展的服务产品应用于各个服务领域。

2014年以来, 国家气象中心依托数值预报、集合预报、高分辨区域模式的解释应用和客观预报打磨等气象现代化技术成果, 牵头引领全国发展全覆盖、无缝隙、精细化网格预报业务。2015年实现5 km基本要素格点预报准业务化; 2017年, 5 km全要素格点预报发布, 国省协同预报构建“一张网”, 各地开展智能网格预报业务实践; 2019年, 国家气象中心牵头继续推进无缝隙、全覆盖、精准化的气象精细化网格预报业务技术和产品体系建设, 着力提升全球预报、全球服务能力。2020年全国智能网格预报体系基本建成, 湖南省气象部门乘势大力推进智能网格预报业务; 2021年湖南省市县实现智能网格预报业务单轨运行<sup>[2]</sup>。

## 1 智能网格预报对决策气象服务的支撑作用

### 1.1 多源实况格点分析填补站点监测分布缺陷

智能网格预报是针对每个网格开展的, 实现由站点到格点的全新变革。国省集约研发的智能网格预报系统实现全要素格点实况统计查询, 结合卫星、雷达实况融合, 填补了自动监测站要素单一、不稳定的缺陷。决策气象服务人员在制作服务材料时, 可以结合多源实况监测, 快速分析判断雨量监测实况准确性及特点, 人机交互实现决策服务产品中实况产品数字化、图形化。

### 1.2 智能网格预报集成技术提升预报精准性

高效的决策气象服务, 离不开精准的预报。国家级智能网格预报系统融合了EC、GRAPS\_GFS、GRAPS\_MESO、GRAPS\_3KM、ECMWF、NECP、北京模式、华东模式、广州模式等, 主客观预报融合, 集成度高, 实现了格点站点协调, 国省协同, 预报精细, 24 h滚动更新, 全要素全网格全覆盖, 天气预报可以随取随用<sup>[3]</sup>。省级集成技术, 基于国家级智能网格预报系统, 结合数值模式解释应用, 融合主客观预报方法与大数据分析、机器学习、深度学习技术, 集约研发省级指导、省级智能预报预警, 形成本地的精细化预报产品集。国省集约化研究, 快速推动智能网格预报业务的高速发展, 智能网格预报延伸到基层, 形成本地客观预报方法, 对基层订正预报服务提供强有力的技术支撑。

### 1.3 服务产品图形支持实现决策服务产品快速制作

智能网格预报系统实现任意格点的气象要素预报结果自动处理成图形及表格, 用户可以直接调用图形及表格结果, 也可以人机交互形成新的订正图形及表格产品, 可以直接引入到决策服务产品中, 提高了决策服务产品制作效率, 服务产品更直观, 图解说明, 通俗易懂, 可视化程度更高, 决策服务效果提升显著。

### 1.4 增强了重大气象保障服务支撑能力

从空间尺度来说, 智能网格预报系统实现全网格全要素实况与预报的自动生成, 从时效上来说可以智能预报未来7~10 d的天气预报, 也可以预报逐1 h的预报, 精细化程度进一步提高。应用智能网格预报产品, 可以提前预见、提前评估气象条件对重大社会活动的影响, 有效应对极端天气气候事件造成的不利影响, 可以较好满足重大气象保障服务的需求, 为做好重大气象保障服务提供技术支撑。智能网格预报系统

自动生成任意格点的逐小时精细化要素预报如图1所示。

智能网格预报		省: 湖南省 市: 株洲市 区: 渌口区		发布时间: 2021-11-16 08:00		时序图		表格																			
预报时间	16日													17日													
		09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	11:00	14
降水/mm		0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0.3	0.5	0.8	1.7	2.7	2.4	1.5	1.4	3.5	0
温度/℃		14.2	14.9	15.3	16.1	16.7	18.7	18	17.4	16.9	16.5	15.2	15	14.7	15.4	15.5	15.3	15.2	14.9	14.7	14.4	14	13.6	13.1	13.1	13.1	11
风速/(m·s <sup>-1</sup> )		0.8	0.3	0.2	0.1	0.4	0.6	0.2	0.4	0.8	0.2	1.3	1	0.9	0.8	0.6	0.9	1.2	1.2	1.6	1.9	2	2.5	2.3	2.2	2.6	2
风向标		[风向标图标]																									
相对湿度/(%)		76.7	79.7	77.8	74.8	65.7	63.6	63.7	64.2	70.3	71.6	74.9	77.8	79.3	80.7	82	84.1	86.4	88.9	89.4	89.9	90.4	91.6	91.5	91.4	91.3	8
云量/(%)		90.2															96.2										

图1 智能网格预报系统自动生成任意格点的逐小时精细化要素预报

## 2 智能网格预报在一次高影响强降雨过程中的决策气象服务实践<sup>[4]</sup>

笔者以株洲市 2021-06-28—2021-06-30 强降雨过程为例,对智能网格预报在防汛决策气象服务中的应用实践进行总结与探讨,为未来的应用服务提供参考。株洲位于湖南的东部,处于罗霄山脉与南岭山脉的倾斜地带,山地与丘陵为主,地形地貌复杂;各种气象灾害频发;特别是每年汛期,致灾强降雨极端性明显。智能网格预报业务的发展为决策气象服务提供技术支撑。借助智能网格预报,决策气象服务的及时性、准确性、主动性都有很大提高。

### 2.1 实况及灾情影响

2021-06-28T20:00—2021-06-30T20:00,株洲市出现一轮强降雨过程,全市平均降雨量 46.7 mm,全市区域自动站中 48 h 累计降雨量大于等于 100 mm 的有 12 个站,大于等于 50 mm 有 76 站,最大降雨量为 190.3 mm (醴陵船湾),最大小时雨强 85 mm/h,如图 2 所示。

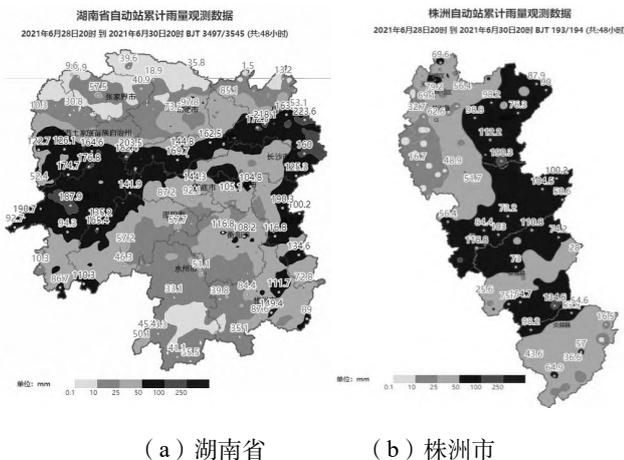


图2 2021-06-28T20:00—2021-06-30T20:00 这 48 h 降雨量分布

相比近几年来的强降雨,此次降雨过程极端性与致灾性均不是太强。但前期强降雨过程频发,降雨异

常偏多,且正值中国共产党百年庆典前夕,因此此次强降雨过程倍受各级政府关注重视,做好这次高影响天气的预报预警服务显得尤其重要。此次过程造成了株洲市北部市区及醴陵多处城乡内涝、多处发生小型地质灾害,醴陵船湾因地质灾害造成房屋倒塌,所幸预警、调度处置、转移人员及时,减少了经济损失,没有造成人员伤亡。

### 2.2 基于智能网格预报的决策气象服务特点<sup>[5]</sup>

精准把握决策气象服务节奏。决策气象服务的启动、关键期、结束等节点的掌控十分关键,需要综合考量预报准确率、政府部门防灾部署节奏、基层救灾转移以及大范围预警信息发布用时等因素<sup>[2]</sup>。株洲市气象台立足各级政府及防御部门对强降雨预报预警服务需求,基于智能网格预报,集成各大数值模式预报,综合分析,提前研判。2021-06-27 正值双休日,启动决策气象服务方案,及时制作《气象信息快报》;2021-06-28 制作《气象专题报告》,对即将出现的强降雨过程进行准确预报;2021-06-29 全天及 2021-06-30 上午连续制作《气象信息快报》进行滚动订正预报。从服务产品制作过程来看,智能网格预报的精准性提供了重要支撑,从预报检验结果来看,2021-06-27 制作的决策气象服务产品,降雨强度预报基本准确,实况落区略偏南。2021-06-29、2021-06-30 制作的滚动预报,把强降雨落区往南调整,使预报更加精准。智能网格预报省市协同,融合主客观预报,预报更精准,合理把握住决策气象服务节奏,为各级政府防汛调度提供决策参考。

快速制作决策气象服务产品。根据各级政府需求,利用智能网格服务产品图形支持功能,不同阶段制作有针对性的服务产品,主动迅速。所有《重要警示》《气象信息快报》《气象专题报告》《专项服务材料》等文档材料中均制作了强降雨实况及落区预报图形,一目了然,方便领导决策。根据成灾条件,制作《地质灾

害风险分析专报》《地质灾害风险预警》《地质灾害风险短临预警》《城市内涝风险预警》等，主动供给，快速应对灾害风险，智能网格预报为各项决策气象服务产品制作提供技术支撑。

递进式预警让服务更精细。基于智能网格预报，改进气象预警服务方式。省市县提前研判，省级预警、市级负责预警信号制作发布，县（区）级负责乡镇强降雨警报。借助智能网格预报全省“一张网”，省级2021-06-28发布重要警示，2021-06-30T06:00针对株洲北部发布一次暴雨橙色预警，市级通过精密监测，结合智能网格预报产品，“一张网”上下游预报预警联动，共发布各类气象灾害预警信号26期，县级发布乡镇强降雨警报40期。递进式气象预警服务层层推进，服务更精细。

靶向发布使预警服务更精准。基于智能网格预报，结合QPE、QPF预报产品，株洲市共发布乡镇强降雨警报40期；联合自然资源部门发布的地质灾害气象风险短临预警33期；针对株洲市桂花街道、金山街道等街道，发布城市内涝黄色、橙色警报共2期；乡镇强降雨监测警报精准靶向发布7期。2021-06-29夜间，当监测到醴陵船湾镇1h降雨量达83mm，立即对船湾镇开展靶向精准发布强降雨红色警报。基于智能网格的预警发布精准到乡镇、街道，服务更精细，地方政府响应更具针对性。

风险预警影响评估更科学。此次过程中，株洲市气象台开展了地质灾害风险、山洪灾害风险、中小河流风险、城市内涝风险预警影响评估。基于智能网格预报“一张网”，精细到地质灾害隐患点、中小河流流域、城市易涝点的强降雨的实况及定量预报对风险影响评估起到了重要的作用，服务人员通过设定阈值，可以快速获取地质灾害隐患点、中小河流流域及城市易涝点的灾害风险影响程度，从而制作的风险预警影响产品更具针对性，更能满足各类灾害防御部门的需求，有的放矢、精准调度。

### 2.3 基于智能网格预报的决策气象服务效果更显著

基于智能网格预报更精准的特点，气象部门改进服务方式，推进递进式预警服务，开展预警信息精准靶向发布，决策气象服务精细、高效。简洁明了、通俗易懂的决策气象服务产品在防灾减灾过程中起到了“指挥棒”与“发令枪”的作用，各级政府接到气象部门的决策气象服务信息后，迅速组织分级调度，依据气象监测预警信息尽早采取措施、组织防范、及时转移、果断决策，最大限度减轻灾害性天气造成的生命伤亡和财产损失，充分发挥气象防灾减灾中第一道

防线的作用。2021-06-29，株洲市地质灾害防御部门及醴陵市船湾镇镇政府接到红色警报，立即派技术单位及群测群防人员、责任人奔赴现场，紧急处置，成功应对了一起小型地质灾害，排查2起险情，及时转移了5户26人。由于防御及时，全市没有发生较大的灾情。气象部门主动作为，准确预报、精细服务得到了各级地方政府主要领导的高度好评。

## 3 基于智能网格预报的基层决策气象服务技术改进<sup>[5-6]</sup>

### 3.1 改进决策气象服务内容

智能网格预报成果运用，决策气象服务内容更加丰富。实况产品格点化、预报智能网格化，一定程度上满足了决策气象服务精细化要求。不同决策服务产品的内容构成、撰写表达均有各自不同的侧重点，但无论哪种产品都离不开精准的预报预警，基于智能网格预报的基层决策气象服务，可以借助图形、表格，数字化产品，调整各类服务产品制作模板，改进内容，让决策者信任预报预警技术的精准性，从而便于决策，有效提高决策气象服务产品的质量。

### 3.2 优化决策气象服务流程

根据中国气象局关于市县业务服务布局优化调整的初步计划方案，市县气象部门应以地方需求为导向，发挥省级技术支撑作用，推进各类技术产品在市县气象部门的应用，提升市县气象部门服务能力<sup>[4]</sup>。因此基层决策气象服务应充分发挥智能网格预报技术成果，产品制作规范化，产品自动生成，优化产品模板，建立基于智能网格预报的服务流程，规范服务方式，拓展服务领域，推进省市县递进式预警服务实践。

### 3.3 加强灾害风险影响评估

借助智能网格预报产品和大数据分析技术，结合部门需求，加强对山洪、中小河流流域、地质灾害、城市内涝等灾害风险的影响评估，改善灾害风险影响评估产品的针对性与内容，形成基层决策气象服务新产品或者融入到相关联的决策气象服务产品中，使决策服务更有针对性与科学性。

### 3.4 做好重要天气过程气象服务复盘总结

对重要天气过程，灾害性、关键性、转折性天气及时进行复盘总结，围绕智能网格预报技术、改进后的服务流程、递进式预警发布、决策气象服务情况进行全方位的总结，重点分析存在的问题和不足，通过不断总结经验，提升预报服务能力，更好地发挥好气象防灾减灾第一道防线作用。

### 3.5 加快集约、智能化决策气象服务系统建设

基层决策气象水平能力提升，不但依赖预报技术

（下转第133页）

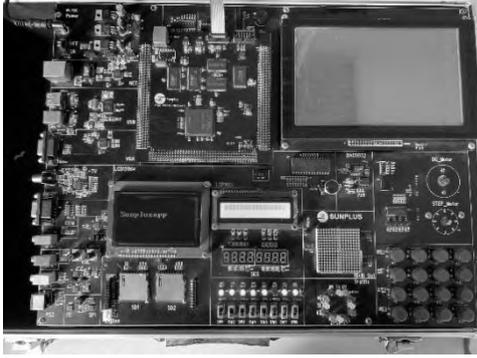


图5 当使能信号有效时 FPGA 实验箱验证图

#### 4 考核评价机制改革

借助在线教学平台,实施全过程性的教学管理,并制定多元化的考核方式。将教学活动中的各个环节纳入考核,如在线视频、测试、作业、课堂讨论、实验过程及签到等环节。

对实验成绩评定的改革,经过4轮的教学实践,形成了注重动手能力培养、团队合作的考核方式。改革前的实验成绩基本以学生提交的实验报告为主要依据,对学生的实操缺少评价,存在学生课上不认真完成实验,课下编造实验数据,或者抄他人实验数据的现象。所以在实验评价中增加实验课上动手情况记录,实验能力的评价以小组为单位进行检查,当小组所有学生都完成实验内容后现场演示并回答教师的问题,

教师根据实验结果对实验能力进行评价,激发学生的学习兴趣 and 动手操作能力。

#### 5 结束语

课程组分析了“数字逻辑技术”课程存在的问题,从教学内容、实验平台、考核方式等方面进行了改革。实践结果表明,基于EDA技术的教学内容较好地培养了学生的实践动手能力、创新能力及团队协作能力。学生在学习过程中,能够学以致用,体会到理论课内容在实验课中的指导作用,实验课又加深了对理论课的理解,提升了学生的学习兴趣和学习效率。

#### 参考文献:

- [1] 华中科技大学电子技术课程组.电子技术基础(数字部分)[M].6版.北京:高等教育出版社,2014.
- [2] 洗进,赖晓铮.基于Multisim仿真数字逻辑实验教学改革的[J].实验室研究与探索,2019,38(9):228-232,297.
- [3] 王嵘,张元树,杨富琴,等.基于FPGA的数字电路“口袋实验室”设计[J].实验技术与管理,2020,37(3):107-111,115.

**作者简介:**周天剑(1984—),男,湖南长沙人,硕士研究生,实验师,研究方向为嵌入式系统开发。

(编辑:丁琳)

(上接第130页)

的创新发展,同时也迫切需要有决策气象服务系统平台的支撑。按照业务系统集约化原则,建立省市县系统一体化、功能情景化、产品智能化、流程集约化的决策气象服务平台迫在眉睫。通过建立一体化的决策气象服务平台,指导基层规范决策服务产品制作与流程,实现产品多用户一键发送,实现对实况资料的查询、统计整理,历史灾情资料的收集,灾害评估指标等级统一等多种功能,从而实现业务产品的快速制作与发布,以便解放人力、释放时间,将更多的精力转移到提高产品内容质量上来,从而提高基层决策服务业务产品的科技含量。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 中国气象局.现代气象预报业务发展规划(2016—2020年)[S].北京:中国气象局,2016.

- [3] 中国气象局.全国智能网格气象预报业务规定(试行)[S].北京:中国气象局,2017.
- [4] 王凤,彭勇刚,张华龙,等.2020年最强“龙舟水”天气的决策气象服务回顾[J].广东气象,2021,43(2):46-49.
- [5] 王莉萍,王维国,连治华,等.2019年夏季决策气象服务分析与改进探索[J].防灾科技学院学报,2020,22(1):52-59.
- [6] 贾艳辉,王承伟,孙琪,等.智能网格预报在扑火服务中的评估及应用探讨[J].黑龙江气象,2019,36(3):13-14.

**作者简介:**曾欣(1968—),女,本科,高级工程师,研究方向为气象应用与服务。

(编辑:严丽琴)