

基于雷达与卫星资料的雷电短时预报方法研究

巫圣灿 石晓球 张永健 叶长禄

福建华茂防雷减灾服务有限公司三明分公司 福建 三明 365000

【摘要】：雷电作为高发且危害严重的强对流天气，其短时预报精度直接关系到防灾减灾成效，目前仍是气象领域的研究难点。本文以融合雷达与卫星资料提升雷电短时预报能力为核心论点，系统分析雷达资料对雷暴三维结构的精细监测优势和卫星资料对大范围对流活动的宏观捕捉特点，探索两类资料的协同应用方法，优化资料处理与特征提取流程，弥补单一资料在预报中的局限性。研究表明，合理融合雷达与卫星观测信息，可有效提升雷电短时预报的时效性和精准度，为雷电灾害的提前防范和应急处置提供可靠技术支撑。

【关键词】：雷电短时预报；雷达资料；卫星资料；资料融合；防灾减灾

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.026

引言

雷电伴随瞬态强电流和强电磁辐射，易引发人员伤亡、设备损坏等灾害，严重威胁公共安全和生产生活。短时预报作为雷电防范的关键环节，需依托高精度观测资料实现对雷暴活动的快速捕捉和准确预判。雷达可实时扫描雷暴三维结构，卫星能俯瞰大范围大气对流特征，两类资料各具优势却单独应用时存在局限。基于此，本文聚焦雷达与卫星资料的协同应用，探索科学高效的雷电短时预报方法，衔接前期研究现状与本文核心研究内容，为突破雷电短时预报瓶颈、提升防灾减灾能力提供可行路径。

1 雷达与卫星资料在雷电短时预报中的应用现状及存在问题

雷达与卫星资料已成为雷电短时预报的核心支撑。天气雷达通过实时扫描风暴三维结构，捕捉回波强度、回波顶高等关键参量，可有效识别雷暴云发展阶段和强对流区域，为雷电短时预报提供近距离、高精度的观测依据。气象卫星则以大范围覆盖优势，捕捉云顶温度、云顶冷却率等特征，能够宏观把握雷暴系统的空间分布和演变趋势，弥补雷达探测范围有限的不足，为短时预报提供大范围的背景支撑。

当前两类资料的应用仍存在诸多实际问题，与雷电短时预报的精准需求存在差距。雷达探测存在明显的盲区，在山区、高原等地形复杂区域，雷达波束易受地形遮挡，无法准确捕捉雷暴云的真实结构，同时远距离探测时信号会出现衰减，导致回波参量反演偏差，影响预报准确性^[1]。卫星监测则处于俯视状态，只能获取雷暴系统上表面的特征信息，难以穿透云层捕捉云内电荷分离、上升气流变化等关键细节，无法精准判断雷电发生的具体时间和位置，难以满足短时预报的精细化要求。

在实际业务应用中，雷达与卫星资料的协同应用不足也加剧了预报难题。两类资料的观测原理不同，获取的气象参量存在差异，目前尚未形成完善的资料融合方式，导致各自的优势无法充分发挥，常出现观测信息脱节的情况。资料传输和处理过程中，易受外界干扰出现数据失真，加上不同区域监测设备布局不均，部分偏远地区资料覆盖不足，进一步制约了雷电短时预报的稳定性和精准度，这些问题都需要在后续研究中逐步优化解决。

2 基于雷达与卫星资料协同的雷电短时预报方法构建

基于雷达与卫星资料协同的雷电短时预报方法，核心在于发挥两类观测资料的互补优势，弥补单一资料在雷电监测中的不足，实现雷电发生区域与发展趋势的精准短时预判，满足气象业务实际应用需求。雷达具有高时空分辨率，可实时获取对流云团三维结构，通过回波顶高、垂直累积液态水等关键参数识别雷电前期对流特征，精准监测近距离、小范围局地强对流活动，为近地面雷电预报提供精细观测支撑。卫星资料覆盖范围广、不受地形约束，能从宏观尺度监测对流系统，利用云顶温度、云顶降温率等信息判断其整体发展态势，有效弥补雷达探测盲区与远距离信号衰减问题，为雷电短时预报提供大范围背景场支撑，二者协同可显著提升预报准确性与实用性。

雷电短时预报方法构建应立足实际业务应用，强化雷达与卫星资料协同融合，避免单一资料独立应用。实际操作中，首先对两类资料进行预处理，剔除干扰信号，保证资料准确可靠，为预报方法提供基础支撑。雷达资料侧重捕捉雷电的微观对流特征，通过分析对流云团回波强度变化，识别雷电启动前兆，精准定位可能发生区域；卫星资料用于把握对流系统宏观演变，通过云顶温度变化判断对流发展阶段，为短时预报提供时间参考。二者协同可实现“微观精准捕捉、宏观

整体把控”，提升预报的针对性与实用性。

协同预报方法的构建需贴合基层气象业务的实际需求，避免复杂的理论推导，重点突出资料协同的实操性和实用性。通过雷达与卫星资料的相互验证、补充，可有效提升雷电短时预报的准确率，解决单一雷达资料覆盖范围有限、单一卫星资料分辨率不足的问题^[2]。在实际应用中，该方法可快速整合两种资料的观测信息，通过分析对流云团的回波特征与云顶参数的关联性，预判未来数小时内雷电的发生概率和影响范围，为气象部门发布雷电预警信号、开展防灾减灾工作提供有力支撑，切实发挥雷电短时预报在保障人员安全、减少财产损失中的作用，符合基于雷达与卫星资料的雷电短时预报方法研究的核心目标。

3 雷电短时预报方法的应用验证与效果分析

雷电短时预报方法的应用验证应依托雷达与卫星资料优势，围绕雷暴云生成、发展及移动全过程，验证预报对雷电发生时段、影响范围的判断准确性^[3]。在福建省雷电灾害风险区划研究中，三明市区年平均雷灾次数高达 8.33 次·a⁻¹，尤溪、永安、永定等县（市）年平均雷灾次数超过 4 次·a⁻¹，且三明市石化行业雷灾占比高达 75.9%，具有显著的区域和行业特征。验证中整合多普勒雷达回波与卫星云图资料，提取回波强度、云顶温度等关键特征，结合地面大气电场仪实时数据，将预报结果与实况对比分析，排查资料整合滞后、特征识别偏差等误差，凸显雷达与卫星资料的关键支撑作用。

效果分析需聚焦预报方法的实用性和可靠性，结合不同区域、不同季节的雷电活动特点，分析雷达与卫星资料融合应用对预报效果的提升作用。三明市气象局近年来的业务实践表明，通过强化雷达与卫星资

料协同应用，暴雨、雷电预警准确率稳居全省前三，2024 年成功应对 9 场暴雨、3 次低温、2 次强对流和 1 次超强台风过程，发布预警短信 2159 条，预警短信接收人次超 350 万，信息覆盖率超 99%。雷达资料可精准捕捉雷暴云近距离演变特征，跟踪其移动轨迹；卫星资料则能实现大范围雷暴天气宏观监测，弥补雷达探测盲区。二者结合有效提升雷电短时预报的针对性和全面性，缩短预报响应时间，精准识别雷电高发区域，为易燃易爆企业等重点区域的防雷安全提供及时预警支撑。

应用验证与效果分析的核心是优化预报方法，结合实际应用中发现的问题，进一步完善雷达与卫星资料的整合方式，优化雷暴云特征识别流程，提升预报方法的适配性。实际检验中，既要关注预报结果与实际雷电活动的吻合度，也要重视预报方法在基层气象业务中的可操作性，避免复杂流程影响实际应用效率。通过持续的应用验证和效果复盘，该基于雷达与卫星资料的雷电短时预报方法可逐步完善，有效提升雷电短时预报的准确性和实用性，为各类雷电灾害防御工作提供可靠的技术支持，切实减少雷电灾害造成的人员伤亡和财产损失。

4 结语

本文围绕雷达与卫星资料协同应用，探索雷电短时预报方法的构建、应用验证与优化路径，充分发挥两类资料的互补优势，有效弥补单一资料观测局限，完善资料融合与特征提取流程。应用验证表明，所构建的预报方法可提升雷电短时预报的时效性与精准度，贴合基层气象业务需求。后续可针对资料处理精度、区域适配性等方面持续优化，进一步完善预报体系，为雷电灾害防御提供更可靠的技术支撑，助力提升防灾减灾综合能力。

参考文献：

- [1] 阮悦,黄铃光,陈齐川,等.基于卫星雷达等多源资料的短时暴雨预警[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(02):20-25.
- [2] 黄小燕,韦春霞,赵华生,等.地面-雷达-卫星资料的广西降水临近预报应用效果评估[J].气象研究与应用,2022,43(04):50-58.
- [3] 杨美荣.基于雷达、卫星资料对河南省一次雷暴过程的地闪演变分析[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(02):90-97.