 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i4.5320

Analysis of the role of the first dual-polarization X-band weather radar in meteorological disaster prevention, mitigation and relief in Tibet

Luozhui Dawaciren* Lunzhuzhuoma Cirendanzhen Gesangciwang

Lazi County Meteorological Bureau, Lazi, Tibet, 858100, China

Abstract

With the increasing frequency of meteorological disasters, especially the rise in extreme weather events such as heavy rain, thunderstorms, hail, and blizzards, enhancing meteorological monitoring and early warning capabilities has become particularly important. Due to its unique geographical environment and climate conditions, Tibet is often affected by complex weather systems, posing significant challenges to local agricultural production, people's lives, and socio-economic development. In recent years, the deployment of Tibet's first dual-polarization X-band weather radar has provided strong technical support for meteorological monitoring and disaster prevention in the region. This paper primarily analyzes the role of the dual-polarization X-band weather radar in meteorological disaster prevention, mitigation, and relief in Tibet, exploring its advantages in monitoring, warning, and emergency response to heavy rain, thunderstorms, hail, and blizzards, as well as its contributions to meteorological disaster prevention. Through case studies, this paper highlights the unique value of the dual-polarization radar in improving weather forecast accuracy, disaster response speed, and regional disaster management, and discusses potential directions for future technological advancements and applications.

Keywords

dual-polarization X-band weather radar, meteorological disaster prevention and mitigation, meteorological disasters, snow in Tibet

西藏首部双偏振 x 波段天气雷达对气象防灾减灾救灾中的作用分析

落追 达瓦次仁* 伦珠卓玛 次仁旦珍 格桑次旺

西藏自治区拉孜县气象局，中国 · 西藏 拉孜 858100

摘 要

随着气象灾害的日益频发，尤其是暴雨、雷电、冰雹、暴雪等极端天气事件的增加，加强气象监测和预警能力显得尤为重要。西藏地区由于其特殊的地理环境和气候条件，常常受到复杂天气系统的影响，给当地的农业生产、人民生活和社会经济发展带来极大挑战。近年来，西藏首部双偏振X波段天气雷达的投入使用为该地区气象监测与灾害防治提供了强有力的技术支持。本文主要分析了双偏振X波段天气雷达在西藏地区气象防灾减灾救灾中的作用，探讨了该雷达在暴雨、雷电、冰雹、暴雪等气象灾害监测、预警和应急响应中的优势及其对气象灾害防治的贡献。通过实际应用案例分析，本文指出双偏振雷达在提升天气预报精度、灾害响应速度以及区域灾害管理中的独特价值，并探讨了未来技术提升和应用的可能方向。

关键词

双偏振X波段天气雷达；气象防灾减灾；气象灾害；暴雪西藏

1 引言

气象灾害，尤其是暴雨、雷电、冰雹和暴雪等极端天气事件，不仅对人民生活造成直接威胁，还给各类社会经济活动带来了极大的不利影响。在全球气候变化的大背景下，气象灾害的发生频率和强度呈现逐渐增加的趋势，气象监测技术的不断发展为防灾减灾工作提供了重要支持。对于西藏这样一个特殊的高原地区，复杂多变的气候条件使得气象灾害防治工作更加困难。该地区地理环境复杂，气候系统特殊，导致天气变化非常迅速且多变，给地方政府和气象部门的灾

【课题项目】西藏自治区自然科学基金项目资助《西藏首部双偏振 X 波段天气雷达对预报预警业务中的作用及效应分析》（项目编号：XZ202401ZR0020）。

【作者简介】落追（1993–），男，藏族，中国西藏拉孜人，本科，工程师，从事预报预警、防灾减灾研究。

【通讯作者】达瓦次仁（1995–），男，藏族，中国西藏拉孜人，本科，工程师，从事预报预警、防灾减灾研究。

害预警和应急响应带来了极大的挑战。

随着气象技术的发展，传统的天气雷达已逐渐不能满足复杂气象现象的监测需求。近年来，双偏振天气雷达技术逐步得到了广泛应用。双偏振 X 波段天气雷达作为一种新型的气象监测设备，凭借其优异的探测能力、较高的空间分辨率和多角度的信息获取，成为提升气象灾害预警能力的重要工具。尤其是在西藏地区，双偏振 X 波段雷达能够有效弥补传统雷达技术在高原地区的不足，为气象灾害的防治提供了新的技术支持。本文将从雷达技术的工作原理出发，结合西藏地区的实际气象特点，分析双偏振 X 波段雷达在气象防灾减灾救灾中的应用效果与作用，并探讨其未来发展的前景。

2 双偏振 X 波段天气雷达的工作原理及其优势

2.1 双偏振雷达技术概述

双偏振天气雷达是通过发射和接收不同偏振方式的电磁波来对气象目标进行探测的雷达系统。传统的单偏振雷达只能接收一种偏振态的回波信号，这种方法无法提供关于降水粒子形态、大小、分布等详细的气象信息。而双偏振雷达通过同时发射水平和垂直两种偏振信号，并接收其回波信号，能够获取更多关于气象目标的属性信息。例如，双偏振雷达可以区分雨滴、雪花、冰雹等不同的降水粒子，并通过分析其偏振特性提供更为准确的降水强度、粒度分布等数据。

双偏振 X 波段雷达相比于传统的 C 波段雷达，其波长较短，能够提供更高的空间分辨率。这意味着 X 波段雷达在较小的范围内能够精确探测天气现象，尤其在城市和高原等复杂地形地区，X 波段雷达能够更清晰地捕捉到小范围内的气象变化。由于 X 波段雷达的波长较短，它也可以在较短的距离内进行精确的探测，特别适用于对暴雨、冰雹等短时间强烈天气的监测。

2.2 双偏振雷达的优势

双偏振 X 波段雷达相对于传统天气雷达在多个方面具有显著优势。首先，它能够提供更多的信息，比如降水粒子形态、粒径分布、雷暴强度等，可以帮助气象部门更准确地判断天气情况。其次，双偏振雷达对降水强度、雷电活动、冰雹等极端天气现象具有更好的探测能力，可以显著提高灾害的预警时效。最后，双偏振雷达由于其较高的空间分辨率，能够更好地识别高山和复杂地形下的局部天气现象，对于西藏等地的复杂气候条件尤为适用。

3 西藏地区气象特点与气象灾害的防治需求

3.1 西藏地区的气象特点

西藏地区位于青藏高原，是世界上最高的地区之一，其独特的地理位置和高海拔环境赋予了西藏特殊的气候特征。西藏的气候条件受到海拔、地形、季节和大气环流的综合影响，因此具有极强的局部性和复杂性。由于高原地区的气压低、空气稀薄，气温变化剧烈，西藏的天气系统相较其他地区更为多变且难以预测。

西藏的降水大多集中在夏季，受季风影响，西藏南部和东部的降水较为集中且强度较大，尤其是在梅雨季节，暴雨成为常见现象。然而，西藏的降水量总体偏低，西藏的高海拔地区，特别是北部地区，常常是干旱的，降水稀少，这导致雪灾成为频发的气象灾害之一。特别是在冬季，西藏的气候寒冷，降水主要以雪的形式出现，冰雪天气不仅影响了交通和物流，也对农业生产带来不小的挑战。

除了暴雨、暴雪，西藏的天气现象还包括雷电、冰雹等极端气象灾害。由于高原气候的剧烈变化，局部天气系统往往变化迅速，极端天气事件发生频率较高，且这些天气现象往往伴随着山洪、滑坡等次生灾害的发生，严重影响民生和社会经济。西藏地区的气候差异性也比较大，低海拔地区温暖湿润，而高海拔地区寒冷干燥，二者之间的温差和降水差异明显，这种差异对气象监测提出了更高的要求。

西藏的复杂地形和特殊气候也导致了传统气象观测手段的局限性，许多地区难以实施有效的气象观测和灾害预警。因此，提升气象灾害的监测和预警能力，采用更先进的技术手段来应对气象灾害，成为西藏地区亟待解决的问题。

3.2 气象灾害防治的需求

西藏地区气象灾害频繁，特别是暴雨、暴雪、雷电、冰雹等极端天气频发，给人民生活和社会经济带来了巨大的压力和挑战。每年，因气象灾害引发的农作物损失、交通中断、基础设施破坏等问题，直接影响到当地的经济发展和人民的日常生活。西藏地理位置的特殊性和气候条件的多样性使得气象灾害的防治工作更加复杂，因此急需通过科技手段提高防灾减灾的能力。

西藏地区的气象灾害防治需求集中体现在几个方面。首先，极端天气的监测能力亟需增强。西藏高海拔地区的极端天气事件，例如暴雪、冰雹等气象灾害，由于气候的特殊性，传统的气象设备在这些地区的监测效果有限，特别是在偏远山区，气象观测站点稀缺，导致对气象变化的预警滞后，难以及时发现和应对突发的极端天气事件。因此，需要引入更加精确和敏感的气象监测设备，如高精度卫星气象监测仪器、自动气象观测站和移动气象监测平台等，加强对暴雪、冰雹等特殊天气的探测能力，及时提供准确的气象数据。

其次，提高气象灾害的预警时效也是一项重要需求。在面对快速变化的气象灾害时，及时发布灾害预警能够大大减少灾害带来的损失。目前，西藏地区的气象灾害预警能力相对较弱，部分地区在暴雨、暴雪等极端天气来临前未能及时发布预警，导致灾害发生后反应滞后。为了缩短预警时效，需要加快气象数据的采集和处理速度，利用大数据和人工智能等技术手段，提升预警系统的反应能力和精准度。同时，强化地方政府和相关部门在灾害预警发布后的迅速响应，也是提高防灾减灾能力的关键。

最后，提高灾害应急响应速度至关重要。西藏由于地理环境复杂，交通运输困难，一旦发生重大气象灾害，快速的应急响应就显得尤为重要。气象灾害应急响应不仅要求有完善的应急预案和协调机制，还需要快速高效的物资调配与人员部署。通过加强地方应急体系建设、完善基础设施和提升交通条件，能有效确保政府和应急部门能够快速应对突发气象灾害，减少人员伤亡和财产损失。

总的来说，西藏地区气象灾害防治需求日益迫切，随着气候变化和极端天气事件的增多，加强气象监测、预警和应急响应能力，将有效提升西藏地区应对气象灾害的整体能力，保障人民生活安全与社会稳定。

4 双偏振 X 波段雷达在气象防灾减灾中的应用

4.1 暴雨监测与预警

暴雨作为西藏地区常见的极端天气事件，给农业生产和基础设施带来了极大的威胁。双偏振 X 波段雷达通过对降水强度、粒度分布和粒形的精确探测，能够在暴雨发生前提供更为准确的预警。通过雷达回波的分析，气象部门能够精确判断暴雨的发生地点、强度及其发展趋势，从而为地方政府和灾害防治部门提供及时的决策依据，帮助其做好防灾减灾工作。

4.2 雷电监测与灾害预防

雷电是西藏地区另一种常见的极端天气现象，雷电的发生常常伴随着暴雨、冰雹等天气，具有较强的危害性。双偏振雷达能够通过分析降水粒子和电场的变化，提前识别雷电发生的区域和强度，并通过实时监控提供雷电预警。雷电监测技术的提升有助于减少因雷击引发的火灾、电力中断等灾害，提高防灾减灾的效能。

4.3 冰雹与暴雪监测

冰雹和暴雪在西藏地区的山区频繁发生，这些灾害不仅对农作物造成严重损害，还可能引发交通事故和基础设施损坏。双偏振 X 波段雷达通过其对降水粒子大小和形态的精确识别，能够有效监测冰雹的发生，并通过探测暴雪的强度和覆盖范围，提供及时的预警。这使得西藏地区的气象灾害预警系统能够在面对这些极端天气时，做出更为精准的响应。

5 双偏振 X 波段雷达的挑战与未来发展方向

5.1 技术适应性与成本问题

双偏振 X 波段雷达在气象防灾减灾中的应用具有显著优势，尤其是在降水量、风速、雷暴等气象现象的监测中，能够提供更加精确和细致的数据。然而，尽管其技术具有较高的应用价值，技术适应性和高昂的建设及维护成本依然是其推广应用中的主要障碍。首先，双偏振 X 波段雷达的技术要求较高，其安装、维护和运行需要精密的技术支持，操作人员必须具备一定的专业技能才能确保设备的正常运行。这使得其应用的普及受到限制，尤其在一些技术力量薄弱的地区，可能难以承受高昂的设备安装和维护费用。

此外，初期投入的高成本是另一个不容忽视的难题。雷达系统的购买、建设、调试和维护均需要大量的财政支出，这对于一些地方政府或部门来说可能会形成较大的经济压力。因此，政府和相关部门需要加强对双偏振 X 波段雷达技术的投入和支持，不仅要推动设备的技术更新和设施建设，还需要考虑如何降低运营和维护成本，制定合适的财政补贴或技术支持政策，以确保该技术能够在各地区得到广泛应用。

5.2 数据处理与集成的挑战

双偏振X波段雷达能够生成大量的高分辨率气象数据，涵盖降水量、风速、温度等多方面信息，这为气象预警和灾害防治提供了宝贵的数据支持。然而，随之而来的挑战是如何快速、高效地处理和分析这些大量的数据。雷达系统的数据处理能力要求极高，尤其在实时性和准确性方面，需要依赖强大的计算平台和智能算法来处理数据。

6 结语

西藏首部双偏振 X 波段天气雷达的投入使用，极大提升了西藏地区气象灾害的监测与预警能力。该技术在暴雨、雷电、冰雹、暴雪等极端天气的监测中，展现出了显著的优势，能够提供更为精准的预警，为气象防灾减灾工作提供了强有力的技术支持。随着技术的不断发展，未来双偏振 X 波段雷达将在更多的领域发挥重要作用，助力西藏地区在应对气象灾害中的能力提升。为了进一步发挥该技术的优势，未来应加大对雷达系统的投入，推动数据处理技术的发展，提高其应用的普及性和效率。

参考文献

[1] 中国气象局.全国高影响天气监测预报服务技术复盘[M].气象出版社:202308.350.

[2] 《中国气象发展报告2022》编委会.中国气象发展报告[M].气象出版社:202212.411.

[3] 中国气象局.《气象高质量发展纲要(2022—2035年)》辅导读本[M].气象出版社:202209.302.

[4] 张小曳,李泽椿,端义宏.自然灾害风险防控科技支撑体系发展战略研究[M].气象出版社:202111.105.

[5] 《中国气象防灾减灾》编委会.中国气象防灾减灾[M].气象出版社:202111.300.