

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190132

高精度降雨雷达设备 在局地暴雨监测中的应用

李 薇¹, 徐海峰², 李玉梅²

(1.水利部信息中心,北京 100053;

2.水利部水仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心,江苏 南京 210012)

摘 要:高精度降雨监测雷达设备为获取精细化的流域面雨量信息提供了高新技术设备解决方案。其方法是利用物体对电磁波的散射作用来对面降雨量进行监测。对其组成和应用效果做出初步探讨,给出一个用常规雨量计所得到的累积降水量与测雨雷达收集得到的降水量比较,对雨量计算中各类方法的优缺点进行应用分析,总结技术应用成果并辅以案例说明。高精度降雨雷达设备以较高的时空分辨率,获取较大面积的测量数据,并能迅速更新降水的三维结构,将逐步成为广泛应用的高新技术设备。

关键词:暴雨;高精度;降雨雷达;监测;应用

中图分类号:TV123

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)05-0067-04

1 引言

洪涝灾害是全球最频繁和最具毁灭性的自然灾害之一。联合国有关机构统计表明,全球洪灾比例占有自然灾害的一半,在亚洲高达69%。水文预报是洪涝灾害预警的基础,精确的水文预报能为防汛部门及决策部门提供重要的基础数据及支撑依据,在应对洪涝灾害、水资源调度、抢险救灾等事件中,能做到及时决策。精确的区域(流域)面雨量值,对水文预报、洪涝灾害预警、天气预报等都有着重要的意义。面雨量是指在一段固定时间内,整个区域(流域)内单位面积上的平均降水量,是水文气象中最重要的物理量之一。以北京市2012年某一段时间暴雨为例,在4h内,北京平均降水量达190.3mm,暴雨中心房山区河北镇降雨量达460.0mm,全市平均日降水强度超百年一遇,有11个气象站雨量突破建站以来历史极值^[1]。

水文预报的准确性取决于流域水文模型的精确程度与实时流域面雨量值的准确性^[2]。目前国内采用的流域水文模型经过多年运行与验证,基本可保证预测的精确性;而面雨量是一种大尺度的物理量,很难通过常规的监测手段直接获取。获取精确流域面雨量最直

接的方法就是布设极高密度的雨量监测站网,目前这种做法在国外还没先例,在我国也不现实;而传统雨量监测设备多采用翻斗式雨量计、虹吸式雨量计等,只能在点上精确测量降水,要准确测量一个流域上的降水分布,在我国还难以实现。高精度降雨雷达设备因其自身的特点,作为局地暴雨雨洪灾害监测中的一种重要监测工具,其应用越来越得到重视。测雨雷达是利用物体对电磁波的散射作用来对降雨等进行观测的,雷达天线发射电磁波在空间传播时,若遇到降水等目标物,一部分辐射能会被反射回来。散射回来的信号被雷达天线接收,通过对回收信号的分析处理,可确定降水特性。在面降雨量监测方面,利用高分辨率雷达测雨是近年来开始被应用的一种新型手段,它可对中小尺度的雷暴天气系统进行监视、可估测高分辨率的降雨量、进行中小尺度的数值降雨预报和对恶劣气象条件下的降雨量进行定量探测,在洪水灾害预警中越来越具有应用优势。

2 高精度面雨量监测雷达

在面降雨量监测方面,高分辨率雷达是一款空间连续的雨量监测设备,其高精度短历时的监测优

收稿日期:2019-05-05

作者简介:李薇(1980-),女,湖北武汉人,高级工程师,硕士,主要从事水利标准化、水文水资源管理。E-mail:liweil918@mwr.gov.cn

势突出。

近年来,我国研发了多种以雷达为核心的新型高分辨局地面雨量自动监测系统^[3],有些技术居于国际领先水平(见图1)。系统主要由雨量雷达、滴谱仪、数据采集仪、通讯模块、数据采集软件、数据物理模型、客户端软件等组成。在雨量雷达技术方面应用高增益、低副瓣抛物面天线技术,高可靠全固态调制,小型磁控管发射机,微电子化、模块化、低噪声接收机,基于总线结构的超大规模实时信号处理器,高定位精度的交流数字伺服技术、嵌入式微机应用于全机状态、参数自动监测,分布式终端灵活配置,也实现了远距离控制和数据传输。

高分辨局地面雨量自动监测系统可以无人职守24h自动连续运行,实测降雨量为每5min输出步长为10s的粒径谱、速度谱;现场监测站每5min输出空间分辨率最高为90×90m的面雨量场,目前国际水平一般是500×500m(见图2)。无缝隙的面雨量监测在高空间分辨率基础上实现36km半径内(约4000km²)空间



图1 高精度局地降雨探测雷达

Fig.1 The high-resolution detection radar for local rainfall

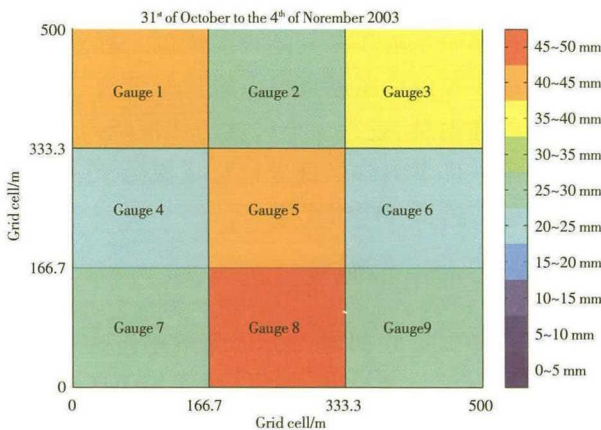


图2 500×500m 网格雨量分布校准线性关系

Fig.2 The linear relationship of rainfall distribution calibration by 500×500m grid

的连续覆盖,系统的空间监测分辨率可调为90/150/300/450m,探测半径21.6/36/72/108km可选。

雷达能根据周围地形地势设置天线最佳扫描仰角,可有效降低周围地物遮挡和山体的影响。雨量雷达可获取垂直扫描信息,并与激光雨滴谱仪监测资料融合后,为实时衰减校正提供输入。系统监测的降雨量、径向风场数据是在空间上连续的定量雨量和径向风场信息,能够更好地满足分布式水文模型的雨量输入要求,可广泛用于中小河流洪水、局地水库库区、山地灾害、城市内涝、雨灾害监测等,是一种局地高精度雨洪监测系统。

3 流域面雨量计算与统计

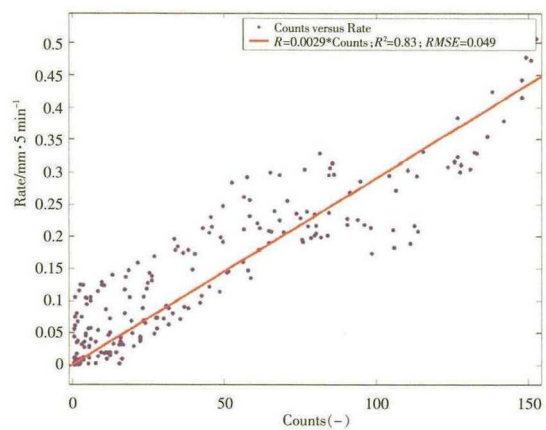
目前水文测验上常用的雨量是指一个观测点上测得的雨量。随着经济发展与防汛工作对降水测量要求,越来越需要对面降雨量进行预报与评估,即需要通过区域(流域)内各点降雨量来计算出该区域(流域)的平均降雨量,即面雨量^[4]。

高分辨率雷达测雨实现的目标为:大范围降雨估计;精确统计降水量及其面分布(自有模型)。

高精度降雨雷达设备进行降水量监测时面雨量计算方法主要有算术平均法、数值法、等值线法等^[5],其中算术平均法是最常用的。一般可根据当地的降水特点,在应用时进行选择。

3.1 算术平均法

算术平均法^[6],是将流域内所有雨量测站(网格点)的同期降雨量之和,除以雨量测站总站数(格点数)。这是最简单直接的计算方法,它不考虑站点疏密和分布的均匀度。这种方法因站点分布情况不同而产生误差迥异,在流域面积小、流域内地形起伏不大、测



站多而分布又较均匀的地方适用。

3.2 数值法

通常数值法是指泰森多边形法^[6]或三角形法,它实际上是以权重系数决定的计算方法。该计算方法需要先确定区域内各雨量测站的权重,且当测站数量与位置固定不变时,各雨量监测站的权重也不变。

同算术平均法相比,数值法把各测站按权重处理更为合理,但是权重的确定是建立在长期观测及历史资料分析的基础上,随着气候环境及人工活动的变化,需要不断分析及修正更适合的权重值。

3.3 等值线法

等值线法的计算理论:通过区域(流域)内雨量监测站的雨量数据绘制等雨量线图,计算相邻等雨量线之间的区域面积,再乘以相邻雨量线雨量的平均值,就可得出该区域面积的降水总量。将各面积上的降水总量相加,除以区域(流域)总面积,即得流域面雨量。

此计算方法在理论上比较合理,能反映降水的地区分布和地形对降水的影响,考虑了降雨的空间分布情况,精度较高,计算面雨量比较准确。但它要求区域(流域)内雨量监测站数量众多且均匀分布,这样才能绘制出较准确的等值线,而且每次降水过程中等雨量线的走向不同,会导致各相邻两等雨量线间的面积也不同,使得计算过程较为繁琐,所用时间长,因此应用受到限制。适用于面积较大、区域地形变化显著、站点数量较多的地区^[7]。

3.4 雷达系统面雨量算法

雷达测雨系统监测的雨量数据为极坐标数据,即以雷达所在位置为圆心,按极坐标方式存储,共360个径向,从0度至359度排列,每径向数据存储若干雨强值。计算雷达系统的面雨量数据时,需要先将雷达监测的极坐标数据转换为地面平面坐标格点数据,转换后,结合雷达所在位置经纬度信息,就可得出区域内的所有网格数据及坐标信息,目前最小测量区域为90×90m。对监测区域内的网格数据进行数据质量验证,筛选掉明显异常的数据后再按算术平均法即可得到所监测区域的面雨量数据^[8]。

4 应用示例

以2016年中国南方某地的降雨观测为例。对比雨量计计算的区域面雨量与雷达测雨系统计算的面雨量数据。设备站点布设情况:1台测雨雷达,覆盖范围为半径20km,辅助雨滴谱仪;半径10km内有5个遥测

雨量站,10~20km有19个遥测雨量站

面雨量计算选用2种方法,一种是以降雨遥测站个数为基础,分别计算翻斗和对应遥测站雷达雨量算术平均(雷达点平),其中受遮挡影响或盲区的雷达监测雨量和遥测站出现故障或监测数据明显不合理的站点不参与面雨量统计;另一种是雷达所有格点算术平均(雷达面平),扣除区域内受遮挡影响的盲区面积。

区域平均雨量雷达点平~翻斗关系见图3,雷达面平与翻斗雨量计面雨量对比见图4,雷达点平与雷达面平对比见图5(注:测点描绘和图形制作在此不作详细表述)。

从以上降水过程面雨量对比分析结果来看,雷达系统计算面雨量不论是只选取特定站点(与遥测雨量站对应站点),还是选取所有格点数据,得到的面雨量数据一致性较好,雷达面雨量计算的精度主要取决于有效格点(即无明显遮挡区域)的选取。另一方面,雷达面雨量与遥测雨量站面雨量计算在数据一致性上略差,但总体误差仍在合理范围内,可以用于区域性

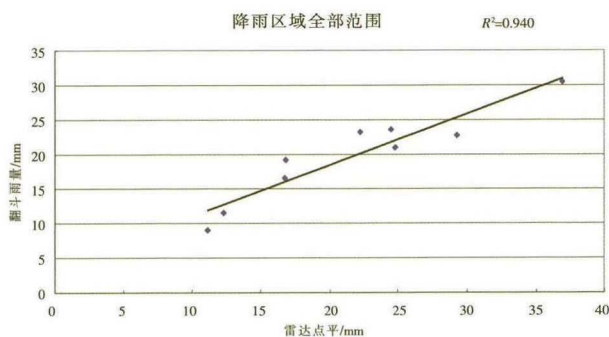


图3 雷达点平与翻斗雨量计面雨量对比图

Fig.3 The comparison between the arithmetic average of radar points and the area rainfall data from tipping-bucket rainfall recorder

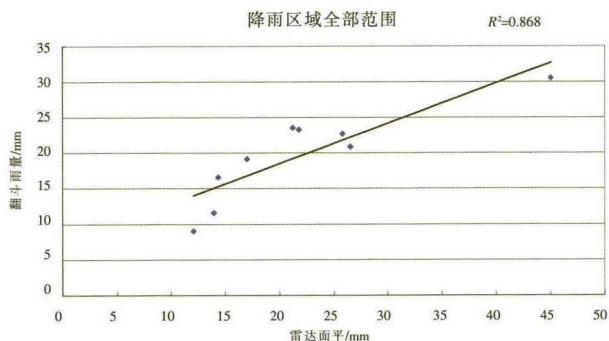


图4 雷达面平与翻斗雨量计面雨量对比图

Fig.4 The comparison between the arithmetic average of radar surfaces and the area rainfall data from tipping-bucket rainfall recorder

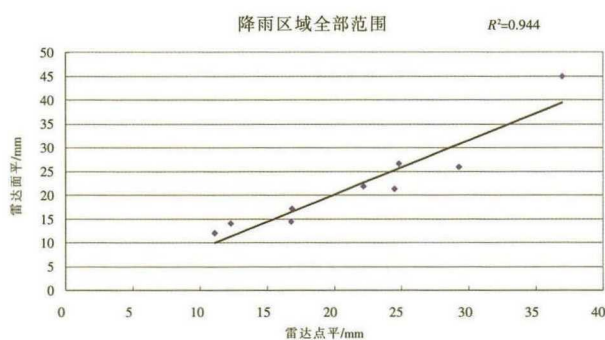


图5 雷达点平与雷达面平对比图

Fig.5 The comparison of the arithmetic average between the radar points and surfaces

的预报计算及降雨分析。

5 结论

雨量计即使达到很高的密布,仍然是点测量的概念。雷达观测降水为面雨量。雨量计为直接测量系统,雷达为遥感方式,雨量计得到单点资料,雷达得到面资料。

高分辨率雷达测雨可以以相当高的时空分辨率,获取较大面积的测量数据。如果用一个雨量计网络来代替一部雷达的空间采样(距离分辨率150m,方位分辨率 1°),则在一个半径50km的区域内大约需要布28000个以上的雨量计,并且这些测量值需要通过一个光速网络送到中心站,工程上极不合理。高分辨率测雨雷达能迅速更新降水的三维结构(一个体扫时间是5~6min)。高分辨率测雨雷达设备应用已经成为行业热点。高分辨率测雨雷达目前存在的主要问题也比较明显,就是由其组成的降水量监测系统建设成本远高于常规雨量计组成的降水量监测系统,适合在工程投资大、建设精度高的场所使用。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 2012年中国气候公报 [Z]. 北京: 中国气象局, 2013. (China Meteorological Administration. China climate bulletin in 2012 [Z]. Beijing: China Meteorological Administration, 2013. (in Chinese))
- [2] 滑申冰, 宋宗朋, 胡菊, 等. 多源降水信息在秦淮河流域洪水模拟中的应用[J]. 人民长江, 2018, 49(12): 10-15. (HUA Shenbing, SONG Zongpeng, HU Ju, et al. Application of multi-source rainfall information in flood simulation of Qinhuai River basin [J]. Yangtze River, 2018, 49(12): 10-15. (in Chinese))
- [3] 杨春华, 张伦, 陶汝颂, 等. 高分辨率区域雨量自动监测系统应用探讨[J]. 水利信息化, 2013, (1): 40-43. (YANG Chunhua, ZHANG Lun, TAO Rusong, et al. Application of surface rainfall automatic monitoring system in high resolution area [J]. Water Resources Informatization, 2013, (1): 40-43. (in Chinese))
- [4] 李辉, 褚泽帆, 刘娜, 等. X波段测雨雷达系统建设与在山洪预警中的应用[J]. 电子设计工程, 2018, 26(8): 52-56. (LI Hui, CHU Zefan, LIU Na, et al. Construction of X band radar system and its application in torrential flood warning [J]. Electronic Design Engineering, 2018, 26(8): 52-56. (in Chinese))
- [5] 张智超, 闫丹丹. 流域面雨量的计算方法[J]. 水利科技与经济, 2016, 22(12): 34-36. (ZHANG Zhichao, YAN Dandan. Simple analysis the calculation method of surface rainfall [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2016, 22(12): 34-36. (in Chinese))
- [6] 方慈安, 潘志祥, 叶成志, 等. 几种流域面雨量计算方法的比较[J]. 气象, 2003, 29(7): 23-26+42. (FANG Cian, PAN Zhixiang, YE Chengzhi, et al. Comparison of calculation of methods river valley area rainfall [J]. Meteorological Monthly, 2003, 29(7): 23-26+42. (in Chinese))
- [7] GB/T 20486-2017, 江河流域面雨量等级[S]. (GB/T 20486-2017, Grade of Valley Area Precipitation [S]. (in Chinese))
- [8] 康玉霞, 王令, 李志楠. 北京地区一次降水过程的多普勒雷达资料分析[J]. 气象, 2002, 28(3): 38-41. (KANG Yuxia, WANG Ling, LI Zhinan. Doppler radar data analysis of a stable rain process in Beijing [J]. Meteorological Monthly, 2002, 28(3): 38-41. (in Chinese))

Application of High-resolution Rainfall Radar in Local Rainstorm Monitoring

LI Wei¹, XU Haifeng², LI Yumei²

(1. Information Center, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China; 2. Inspecting and Testing Center for Hydrological & Geotechnical Instrument's Quality, Ministry of Water Resources, Nanjing 210012, China)

Abstract: This paper proposed a new high-resolution rainfall radar which could measure area rainfall and carry out more detailed precipitation information. The equipment monitored the area rainfall by adopting the scattering effect of electromagnetic wave to subjects. The comparison between the cumulative rainfall and rainfall collected by radar were made to analyze the merits and demerits of different methods. The typical cases were also presented to display the advantages of radar rainfall sensor. In conclusion, this high-resolution rainfall radar features high temporal-spatial resolution, information acquisition of large areas and timely update of precipitation in 3D structure, which would become a widely applied high-tech equipment.

Key words: rainstorm; high precision; rainfall radar; monitoring; application