

# 未来的水文气象观测平台

■ 万蓉 肖艳姣 王斌

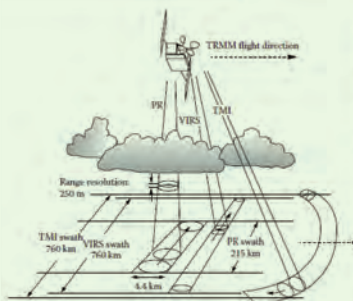
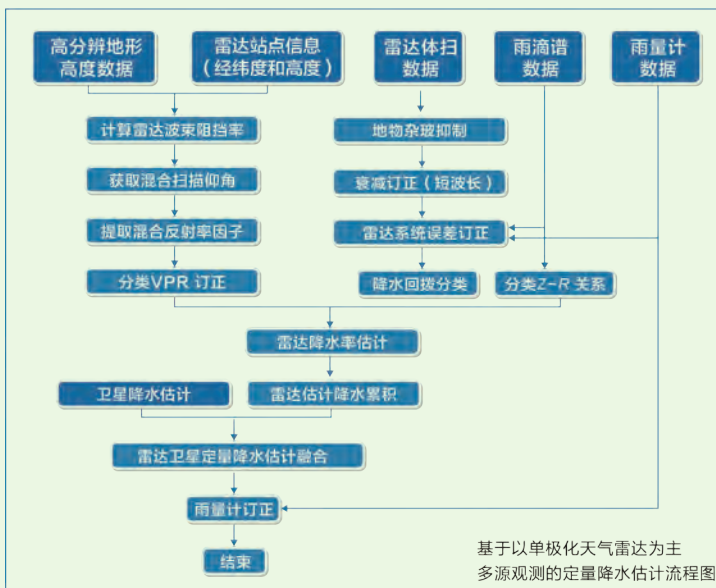
(中国气象局武汉暴雨研究所暴雨监测预警湖北省重点实验室)

## 引言

气象综合观测的现代化，为我国洪水预警预报技术发展奠定了坚实的基础和带来了发展机遇，随着气象综合观测的发展，水文气象观测将呈现出“多元化、立体化、实时化”的趋势。基于综合气象观测的定量降水估算(QPE)和定量降水预报(QPF)，是提高流域暴雨洪涝灾害预报能力的必要支撑。此外，在不同频段运行的地基、星载和机载雷达对水文多变量(地面降水、径流量、地表水高、土壤水分和地下水水位等)的高时空分辨的遥测将会孕育新的水文气象学革命。

## 一、围绕QPE的综合观测

QPE被广泛用于水文研究，是山洪爆发监测预警业务系统的关键输入。主要依靠天气雷达，并辅以雨滴谱仪、雨量计和气象卫星等观测进行估算。



星载雷达观测

### ● 组网观测

地基天气雷达组网观测可得到大范围的地面降水估计；短波长雷达在长波长雷达缝隙间作为补充；飞机和卫星搭载天气雷达(一般都是短波长雷达)实现移动测量。

### ● 相控阵天气雷达

在各个方向上使用电子导向光束，能以秒为单位更新体积扫描，能以小于1分钟的频率提供QPE结果。

### ● 相控阵双极化天气雷达

采用圆柱形偏振设计取代平面设计，可保持正交极化基础，在所有方位具有相同的波束宽度和灵敏度，能快速获得可靠的双偏振观测量，能以小于1分钟的频率提供更高精度的QPE结果。

## 二、围绕QPF的综合观测

QPF用于洪涝灾害预见期等水文预报，主要包括气象综合观测、数据同化、模式动力和物理过程优化、集合预报等环节。

01  
OPTIONS

### 地面中尺度天气综合观测系统

包括S波段业务雷达、C和X波段双偏振雷达、地基GPS水汽站网、风廓线雷达、微波辐射计、雨滴谱仪等设备。

02  
OPTIONS

### 卫星、飞机、地基设备联合加密观测系统

通过立体观测揭示降水与云中微物理结构的关系，改善数值模式的云微物理参数化方案，改进QPF。

03  
OPTIONS

### 青藏高原和长江中下游联合观测系统

通过系统发生的上下游的联动观测，揭示能量输送、水汽输送和环境场影响云发展机制，提高QPF准确率。

## 中尺度观测系统气象观测设备



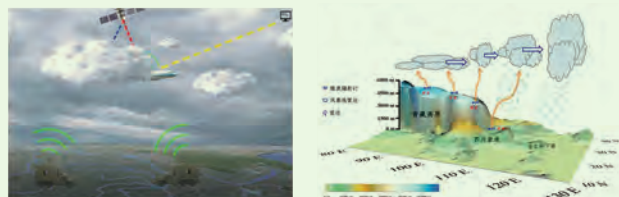
GPS/MET 移动GPS探空 业务雷达 雨滴谱



C波段双偏振雷达 云雷达 对流层风廓雷达



微波辐射计 X波段双偏振雷达 边界层风廓雷达



卫星、飞机、地基设备联合的外场加密观测试验示意图

青藏高原云系东传过程及加密观测示意图

## 三、水文参量的观测

### 双波段雷达测量径流量

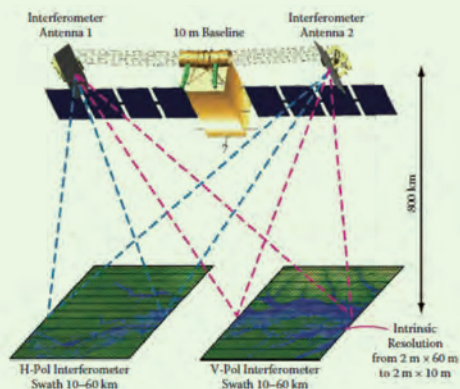
计算径流量需要的河流横截面、阶地高度和径流流速等三个参量可通过雷达遥测得到。在岸边铁塔上安装双波段（UHF和Ku波段）雷达，天线近天底指向，UHF波段垂直径流方向扫描获取河流横截面（或测深），Ku波段检索阶地高度（通过计算来自Ku波段的水柱顶部与来自UHF波段的河床底部的高度之差得到），Ku波段沿径流方向扫描获取径流流速。



雷达测量径流量示意图

### Ka波段雷达测量地表水高度梯度

将Ka波段雷达脉冲分裂并传输到间隔一定距离（10 m）的两个天线向下发射，采用干涉测量原理，测量来自两个天线的发射脉冲信号返回到同一个天线的相位差（在均匀介质中主要由路径差引起），精准计算地表水高度梯度。



雷达测量地表水深度示意图

### 机载或星载雷达测量土壤水分和定位地下水位

来自机载和星载平台的天底指向雷达（L波段和C波段）具有测绘地表和根区土壤水分空间分布的潜力。地面穿透雷达能够进行更深的土壤水分测量，以及定位地下水位。其频率范围为10~2000 MHz，常用频率范围为50~1200 MHz。当定位地下水位时，使用更高频率来获得更大的深度，而在确定土壤含水量时，采用较低的频率，来降低表面粗糙度对观测的影响。