

文章编号:1673-8411 (2017) 02-0042-03

# 雷达资料在湖南降水与降水效率特征分析中的应用

李琼, 唐林, 汪玲, 徐冬英, 高沁

(湖南省人工影响天气领导小组办公室, 湖南 长沙 410118)

**摘要:**根据湖南怀化历史雷达资料,统计分析了垂直液态含水量、最大反射率等降水特征因子以及云内凝结液态水,并结合全省区域观测站同步雨量资料,采用“按行政区域划分到县”方法,计算出怀化地区实时地面降水量与降水效率。分析结果表明:选取的2015年怀化地区层积混合云降水个例具有一定的代表性,怀化地区上空垂直液态含水量充沛,最大反射率为57dBz,最大垂直液态含水量为 $2.40 \times 10^7 \text{m}^3$ ,6min平均垂直液态含水量为 $2.16 \times 10^7 \text{m}^3$ ,6min平均地面降雨量为 $4.81 \times 10^6 \text{m}^3$ ,降水效率为18.21%。研究结论对湖南省人影工作的开展起到了一定的技术指导作用。

**关键词:**雷达;回波顶高;垂直液态含水量;最大反射率;降水效率

**中图分类号:**P48

**文献标识码:**A

## Application of radar data in precipitation and precipitation efficiency analysis in Hunan

Li Qiong, Tang Lin, Wang Ling, Xu Dongying, Gao Qin

(Hunan Weather Modification Office, Changsha Hunan 410118)

**Abstract:** According to the statistical analysis of the vertical liquid water content, maximum reflectance and other precipitation feature factors by using Huaihua history radar data and the rainfall data, the real time land surface precipitation and precipitation efficiency in Huaihua were calculated accurately by using the method of 'dividing the county according to the administrative area'. The results show that: the selected stratus and cumulus mixed clouds are representative; the Huaihua area has high vertical liquid water content with the 57dBz maximum reflectivity, is  $2.40 \times 10^7 \text{m}^3$  the maximum vertical liquid water content,  $2.16 \times 10^7 \text{m}^3$  the 6min average vertical liquid content,  $4.81 \times 10^6 \text{m}^3$  the 6min average rainfall and 18.21% precipitation efficiency.

**Keywords:** radar; echo top height; vertical liquid water content; maximum reflectivity; precipitation efficiency

## 1 前言

湖南地处中国中部,长江中下游,属于大陆性亚热带季风气候,气候年内变化较大:春夏多雨,秋冬干旱。湖南物产丰富,是个农、林业大省,享有“鱼米

之乡”的美誉。在干旱季节,抓住有利天气过程实行人工增雨成为蓄水、储水、增加农业灌溉的重要科技手段之一。近年来,空中云水资源研究越来越受到关注,其中降水效率研究<sup>[1-5]</sup>为重要分支之一。我国南方主要以对流云、积层混合云降水为主,广大气象工

收稿日期:2016-12-18

基金项目:国家自然科学基金项目资助(41275072)

作者简介:李琼(1985-),女,湖南人,工程师,主要从事大气物理、人工影响天气及气候变化方面的研究.E-mail: 251155174@qq.com

作者对南方主要降水过程及雷达在降水方面的应用等研究工作做了大量的工作<sup>[6-13]</sup>。本文结合湖南地区多普勒雷达资料、全省区域观测站同步雨量资料对降水与降水效率特征进行分析与应用。

## 2 资料来源及分析方法

采用湖南地区多普勒雷达资料, 结合全省区域观测站同步雨量资料。根据历史降水情况, 选择层积混合云降水实例进行分析, 通过多普勒雷达资料获得与降水相关的回波特征参量值, 并分析降水特征与降水效率。采用全省区域观测站同步雨量资料估算地面降水量。

### 2.1 降水特征分析方法

通过雷达资料计算回波顶高、最大反射率、垂直积分液态含水量、垂直积分液态含水量面积。

假设滴谱分布为 Marshall—Palmer 分布,  $M$  的垂直积分可得垂直积分液态含水量, 它表示降水云体内某一底面积上垂直柱体内液态水总量的分布情况,  $M$  的计算方法如下:

$$M = 3.44 \cdot 10^{-3} Z^{\frac{4}{7}} \quad (1)$$

其中,  $Z$  为反射率因子, 单位为  $\text{mm}^6/\text{m}^3$ 。

垂直积分液态含水量面积可以反映某一区域内降雨潜力变化的情况, 即大于阈值  $R$  的像素点的面积, 阈值  $R$  设定为  $0.01 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。计算公式如下:

$$S = N d_x d_y \quad (2)$$

其中,  $N$  为大于给定阈值  $R$  的像素点的个数, 为数据纬向分辨率, 为数据经向分辨率。

### 2.2 降水效率分析方法

某段时间内地面降水量与云内凝结液态水之比定义为降水效率。即:

$$W = I/Q \quad (3)$$

其中,  $I$  为地面降水量,  $Q$  为云内凝结液态水, 单位分别为  $\text{m}^3$ 、 $\text{m}^3$ 。

#### 2.2.1 地面降水量的计算

结合全省区域观测站雨量资料得到不同时段不同地区的实时降水量, 将计算区域按行政区域划分到县(子区域), 再累积计算不同时段各个子区域的地面降雨量, 计算方法如下:

$$S = \sum s \quad (4)$$

$$I = 10^3 \cdot \sum (i \cdot s) \quad (5)$$

其中,  $i$  为实时降水量,  $s$  为子区域面积,  $S$  为计算区域, 单位分别为  $\text{mm}$ 、 $\text{km}^2$ 、 $\text{km}^2$ 。

该方法应用雷达资料对湖南地区云水资源进行简要分析, 根据雷达回波确定计算区域位置和面积。

#### 2.2.2 云内凝结液态水的计算

将液态含水量与地面降水量之和定义为云内凝结液态水。即:

$$= I + \text{VIL} \quad (6)$$

其中,  $\text{VIL}$  为液态含水量, 单位为  $\text{m}^3$ 。

液态含水量为垂直积分液态含水量与计算区域的乘积, 计算方法如下:

$$\text{VIL} = S \cdot 10^3 = \sum (\text{VIL} \cdot s) \cdot 10^3 \quad (7)$$

其中,  $\text{VIL}$  为垂直积分液态含水量, 单位为  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。

## 3 实例分析

2015 年 9 月 24 日 12:00–15:00(世界时, 下同)湖南省怀化大部分地区出现了分散性层积混合云降水, 采用同步怀化多普勒天气雷达资料和区域观测站同步雨量资料对此次降水与降水效率特征进行分析。

### 3.1 降水特征分析

取怀化 2015 年 9 月 24 日 12:00–15:00 实时雷达资料, 雷达资料间隔 6min, 计算回波顶高、最大反射率( $\text{CR}$ )、垂直积分液态含水量( $\text{VIL}$ )、垂直积分液态含水量面积。回波顶高变化较小, 平均回波顶高为 12km, 怀化地区上空垂直液态含水量充沛, 垂直液态含水量面积覆盖全区域。最大反射率和垂直液态含水量随时间变化如图, 时间间隔 6min。最大反射率为 57dBz, 最大垂直液态含水量为  $2.40 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ 。

### 3.2 降水效率分析

#### (1) 地面降水量的计算

2015 年 9 月 24 日 12:00–15:00 全省共有 1939 个区域观测站出现了降水, 其中小雨量级的有 1819 个站次, 中雨量级的有 118 个站次, 大雨量级的有 2

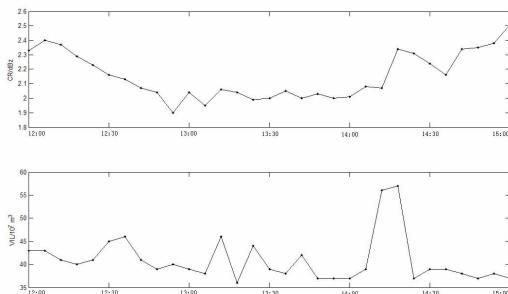


图 1 2015 年 9 月 24 日 12:00–15:00 最大反射率和垂直液态含水量变化

表 1 怀化区域降雨效率计算

时间	地面降雨量/*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	垂直液态含水量/*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	云内凝结液态水/*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	降水效率/%
20150924 12: 00-15: 00	4.81	21. 6	26. 41	18.21

个站次。怀化地区 9 县 1 市 2 区出现大面积降水,全市共计 311 个区域观测站出现了小到大雨量级降水,有 60 个站次达到中雨量级,洪江市坪山塘累积降水则达到了 27.4mm。

将行政区域划分到县,将某个行政区域内所有区域观测站的降雨量进行加权平均,得到该行政区域的平均降雨量。按照公式 3-3,得出 3h 地面降雨量为 144.40\*106m<sup>3</sup>,得到 6min 平均地面降雨量为 4.81\*106m<sup>3</sup>。

(2)云内凝结液态水、降水效率的计算  
根据图 1 计算出平均 2015 年 9 月 24 日 12: 00-15:00 怀化地区 6min 平均垂直液态含水量为 2.16\*107m<sup>3</sup>,6min 地面平均降雨量为 4.81\*106m<sup>3</sup>(表 1)。

#### 4 结论

湖南人工增雨对象云多为层积混合云,选取 2015 年怀化地区层积混合云降水个例分析湖南地区降水与降水效率特征具有一定的代表性,分析结论如下:

(1)怀化地区上空垂直液态含水量充沛,垂直液态含水量面积覆盖全区域。最大反射率为 57dBz,最大垂直液态含水量为 2.40\*107m<sup>3</sup>,6min 平均垂直液态含水量为 2.16\*107m<sup>3</sup>。

(2)怀化地区 6min 地面降雨量为 4.81\*106m<sup>3</sup>,降水效率为 18.21%。

由于选用个例的局限性,在以后的研究中应选择其他云型、湖南其他多个地区降水实例进行进一步论证以完善有关分析结论。

#### 参考文献:

[1] 陈秋萍,曾光平,冯宏芳,等.对流云总降水量和降水

效率估测 [J].应用气象学报,2005,16 (2): 260-263.  
[2] 石立新,汤达章,万蓉,等.利用多普勒天气雷达估算层状云的降水效率 [J].气象科学,2005,25 (3): 272-279.  
[3] Charles Cohen, Eugene W.McCaul JR.Further results on sensitivity of Simulated storm precipitation efficiency to environmental temperature [J].Monthly weather review, 2007, 135: 1671-1684.  
[4] 李玉林,杨梅.2002-2003 年 7-9 月赣北地区对流云降水与降水效率特征分析 [J].气象与减灾研究, 2006, 29 (4): 26-30.  
[5] 李玉林,杨梅.江西省空中水汽量与降水效率特征分析 [J].江西气象科技,2003,26 (1): 19-21.  
[6] 梁钊扬,林高斌,胡端英.广东省一次强对流天气过程成因分析 [J].广东气象,2016,38 (6): 12-15.  
[7] 庞古乾,伍志方,谌志刚,等.两次龙舟水降水过程中不同类型的天气雷达特征分析 [J].广东气象, 2014, 36 (6): 1-5.  
[8] 王艳兰,汤达章,周文志,等.多普勒雷达降水产品优化 [J].气象研究与应用,2007,28 (1): 41-44.  
[9] 覃靖,潘海,苏小玲.2016 年 5 月桂北地区一次对流性暴雨过程诊断分析 [J].气象研究与应用,2016,37 (4): 22-27.  
[10] 张华龙,张恩红,胡东明,等.GPS 可降水量在华南强对流过程的应用效果 [J].广东气象,2016,38 (3): 6-11.  
[11] 王正廷,杨希.三明强降水的分类及雷达回波特征分析 [J].气象研究与应用,2007,28 (增刊 II): 88-94.  
[12] 张羽,胡东明,李怀宇.广州双偏振天气雷达在短时强降水中的初步应用 [J].广东气象,2017,39 (2): 26-29.  
[13] 胡勇林,洪展,陈利东.一次中尺度强降水天气过程分析 [J].气象研究与应用,2012,33 (1): 21-24.