

# 春秋季节层状云降水过程 $Z-I$ 关系计算与讨论<sup>①</sup>

迟竹萍 刘欣 陈金敏

(山东省气象研究所, 济南 250031)

## 提 要

运用最优化方法,按天气系统、降水过程计算层状云降水过程  $Z-I$  关系序列。然后用每组关系得到降雨的雷达估计值,与雨量计实测降雨量比较,对雷达测量降水精度问题进行探讨。

关键词: 最优化方法  $Z-I$  关系序列 雷达定量测雨

## 引 言

在我国,雷达定量测量降水还是一个难题,其主要原因除了现有雷达性能欠佳和探测频度不高外,与  $Z-I$  关系变化引起的误差以及统计  $Z-I$  关系的方法有关。本文采用最优化方法,分组统计分析层状云降水  $Z-I$  关系,对雷达测量精度问题进行探讨。春秋季节是山东飞机人工增雨作业工作的主要季节,稳定性降水云系是主要作业对象,所以研讨稳定降水云系的  $Z-I$  关系有其实际意义。

### 1 资料来源及处理方法

本文选取泰山 1997~1998 年 713 型天气雷达 13 次层状云回波资料 and 同过程、同一时次泰山周围 200km 范围内相应站点自计雨量资料,雷达取样仰角  $1^\circ$ ,雷达回波资料网格精度为  $1\text{km} \times 1\text{km}$ 。

理论分析与实验表明,  $Z$ (回波强度) 和  $I$ (雨强) 间存在幂函数关系,即  $Z = aI^b$ ,系数  $a$  和指数  $b$  随地区、季节、降水类型、降水性质等变化。雷达定量测雨的关键是找出适合本地区的  $Z-I$  关系。

在最优化方法中,采用最佳判别函数  $CTF$ :

$$CTF = \min \left\{ \sum_{i=1}^n [(I_i - R_i)^2 + (I_i - R_i)] \right\}$$

式中  $I_i$  为雷达所估计的各个样本的雨强值,  $R_i$  为各个样本的雨量计测得的雨强值,原理就是不断调整  $Z-I$  关系中的参数  $a$  和  $b$  值,直到判别函数  $CTF$  达到最小值为止,即使  $CTF$  为最小的  $a$  和  $b$ ,就是这个统计样本总体的最优参数,也就是说  $CTF$  值为最小的参数  $a$  和  $b$ ,使得雷达估计值最逼近实测值。

## 2 计算结果与分析

### 2.1 层状云降水 $Z-I$ 关系及其分析

按照回波距雷达中心距离,把 563 个样本分为四组,即  $0 \sim 50\text{km}$ 、 $50 \sim 100\text{km}$ 、 $100 \sim 150\text{km}$ 、 $150 \sim 200\text{km}$ ,分别用最优化方法得出  $Z-I$  关系序列。按距离分组的做法是考虑到与雷达数字化终端图象相一致,并能减小云雨衰减在距离上对估算精度的影响。结果见表 1。由表 1 可看出:

(1) 总体样本的  $Z-I$  关系和各组  $Z-I$  关系不相同,即参数  $a$ 、 $b$  值随统计样本及距离而变化,说明最优化方法是有条件的,是对一定的样本而言是最优的。

(2) 分组  $Z-I$  关系和不分组  $Z = 251 I^{1.79}$  相比,分组的  $Z-I$  关系估计雨强的标准差和总雨量相对误差均较小,最多偏小 10%。这说明总体样本最优化参数  $a$  和  $b$  在各组中并

① 山东省气象局青年气象科学基金资助。

不是最优的,分组的  $Z-I$  关系更接近实际降雨情况,能减少降雨估计误差。

表1 最优化层状云降水  $Z-I$  关系

距离	样本数(对)	$a$	$b$	标准差	相对误差
0~50	26	255	1.58	0.1476	50.7(61.8)
50~100	210	174	1.47	0.1621	-3.6(7.0)
100~150	224	268	1.93	0.2478	-25.7(-31.8)
150~200	103	315	2.20	0.1934	-51.9(-60.9)
总体	563	251	1.79	0.3425	-24.1(-28.7)

相对误差:总雨量相对误差(以下类同)括号内为总体样本  $Z-I$  关系估计各距离处总雨量相对误差

(3) 各组  $Z-I$  关系得到的总雨量和雨量计得到的总雨量相比,在距离雷达中心 0~

50km 范围内,雷达估计值一致性偏高;在距雷达中心 100~200km 范围内,雷达估计值一致性偏低;距雷达中心 50~100km 范围内,总雨量估计值接近于雨量计实测值,相对误差较小。

## 2.2 不同天气条件下 $Z-I$ 关系及分析

不同天气条件下,垂直气流的大小不同也影响着  $Z$  与  $I$  的关系,冷锋和南方气旋是春秋季节影响山东降水的主要天气系统,为此,我们使用最优化方法对稳定降水条件下,冷锋和南方气旋的  $Z-I$  关系进行讨论,统计样本 334 个,包括 5 次冷锋降水系统和 3 次南方气旋降水系统,结果见表 2。

表2 冷锋和南方气旋  $Z-I$  关系计算结果

距离/km	冷锋				南方气旋			
	$a$	$b$	标准差	相对误差	$a$	$b$	标准差	相对误差
0~50	157	1.31	0.1339	41.7(55.7)	359	1.79	0.1011	42.8(57.1)
50~100	193	1.59	0.1217	2.2(-4.0)	239	1.64	0.1382	-6.0(-8.0)
100~150	264	2.01	0.1663	-22.3(-28.1)	181	1.98	0.1819	-26.0(-30.7)
150~200	213	2.03	0.1857	-47.3(-56.6)	161	2.30	0.2119	-49.4(-57.4)

括号内为总体样本相应距离组  $Z-I$  关系估计的总雨量相对误差

计算结果表明:

(1) 冷锋和南方气旋各组  $Z-I$  关系中,参数  $a, b$  值不同;相同天气条件下,不同距离处,参数  $a, b$  值也不同。

(2) 冷锋和南方气旋各组  $Z-I$  关系估计降雨量,相对误差比总体样本相应各组降雨量相对误差一致性偏小,最多偏小 10%。

(3) 总体样本分组  $Z-I$  关系序列估计冷锋和南方气旋降雨系统相应各距离组降雨

量,相对误差比总体样本各距离组一致性偏大,最多偏大 5%。

## 2.3 相同天气条件,不同降水过程 $Z-I$ 关系及其分析

将两次冷锋系统降水过程的回波资料作为整体样本,按距离进行统计和计算,两次过程回波资料主要集中在 50~150km 范围内,统计样本 84 个,计算结果列于表 3。

表3 两次冷锋降水过程  $Z-I$  关系计算结果

距离/km	9月14日				10月5日			
	$a$	$b$	标准差	相对误差	$a$	$b$	标准差	相对误差
50~100	168	1.32	0.1232	4.8(18.2)	262	1.73	0.1184	6.4(10.6)
100~150	284	1.68	0.1521	-12.7(23.1)	292	2.17	0.1472	-21.2(-26.5)

括号内为冷锋系统各组  $Z-I$  关系估计的总雨量相对误差

由表 3 看出:

参数  $a, b$  值不同。

(1) 两次冷锋降水过程各组  $Z-I$  关系中,

(2) 两次降雨过程各组  $Z-I$  关系估计降

雨量,相对误差比冷锋系统相应各组相对误差偏小,最多偏小10%。

(3)用冷锋系统各组  $Z-I$  关系估计两次降雨过程相应各组降雨量,相对误差增大,最多增大10%。

### 3 小结

①各组  $Z-I$  关系得到的雷达估计值与雨量计测值相比,在距雷达中心0~50km范围内,雷达估计值一致性偏高,平均是雨量计测值的1~2倍;50~100km范围内,是雷达测雨的最佳区域,总雨量相对误差较小;100~200km范围内,雷达估计值一致性偏低,且距离越远,偏小越多。这一现象反映了雷达电磁波在探测过程中受到云雨的衰减影响。

②用总体样本  $Z-I$  关系估计各组降雨量,各组  $Z-I$  关系估计冷锋和南方气旋相应各组降雨量、冷锋各组  $Z-I$  关系估计不同降

水过程相应各组降雨量,相对误差均增大。说明最优化参数是有条件的,超出了最优化的范围,误差便会增大。

③用最优化方法计算层状云降水、层状云降水条件下不同天气系统、相同天气系统不同降水过程  $Z-I$  关系,参数  $a$ 、 $b$  值不相同,但估计降雨量的标准差和相对误差随分类详细而减小,估计精度提高了。

### 参考文献

- 1 王以琳.山东省飞机人工增雨作业期间北方天气系统云雨特征分析.山东气象,1994:2.
- 2 王以琳.山东省飞机人工增雨作业期间南方天气系统云雨特征分析.山东气象,1994:3.
- 3 何军,姚土顺等.雷达资料在浙江地区降水临近预报中的应用.大气科学研究与应用.北京:气象出版社,1997:67~71.
- 4 张培昌等.雷达气象学.北京:气象出版社,1998.

## Calculation and Analysis of $Z-I$ Relation Among Precipitation Processes Caused by Sheet Cloud in Spring and Autumn

Chi Zhuping Liu Xin Chen Jinmin

(Shandong Meteorological Research Institute, Jinan 250031)

### Abstract

Using the 713-type weather radar and its digitized extreme, by means of optimization method, the sequence of  $Z-I$  relation were obtained by calculating the precipitation processes caused by sheet cloud according to the different weather systems and the different precipitation processes. Then, rainfall estimated by radar data was derived from the sequence of  $Z-I$  relation and compared with the measuring of raingauge, the accurate problem of precipitation with radar measuring was analysed.

**Key Words:** optimization method  $Z-I$  relation radar measuring precipitation