

武汉和宜昌地区降水的Z-R关系

许绍祖 朱国江 尹球 程晟荣 耿骠 庄荫模

(南京 大 学)

提 要

应用1987—1989年观测的850份雨滴谱资料, 统计分析了武汉和宜昌地区降水的Z-R关系。得出武汉地区: 层状云降水 $Z=200.7R^{1.259}$

对流性降水 $Z=292.4R^{1.265}$

宜昌地区: 层状云降水 $Z=259.3R^{1.407}$

对流性降水 $Z=361.9R^{1.477}$

雷达定量测量降水, 需事先确定降水的雷达反射因子(Z)与降水强度(R)之间的关系, 即通常所说的Z-R关系。Z和R的获得有两种方法, 第一种是观测获得雨滴谱分布密度函数N(D)之后按(1)和(2)两式分别计算Z和R。

$$Z = \int D^6 N(D) f(\lambda, D) dD \quad \text{mm}^6/\text{m}^3 \quad (1)$$

$$R = \frac{\pi}{6} \int D^3 N(D) \bar{V}(D) dD \quad \text{mm/h} \quad (2)$$

式中D是雨滴直径, $\bar{V}(D)$ 是雨滴降速, $f(\lambda, D)$ 是米(Mie)和瑞利(Rayleigh)后向散射截面的比值, 它是波长(λ)和雨滴直径的函数。当 $D \ll \lambda$ 时, $f(\lambda, D) = 1$, 在公分波雷达观测中常能满足此条件。第二种是从雨量站网实测雨强, 而由雷达实测该地区的反射因子。我们用的是第一种方法。

根据世界各地报导, Z-R关系都可用下式表达

$$Z = aR^b$$

但系数a和指数b的值各家不一, 且有很宽广的变域。a变化于16.6和730之间, b的取值范围为1.16到2.87。许多学者认为它们与天气系统、降水性质以及地方气候特征等因素有关。文献中常引用的数值为, 层状云: $a=200$, $b=1.6$; 雷雨: $a=486$, $b=1.37$; 地形云: $a=31$, $b=1.71$ 。

在我国, 由于各地地形、天气千差万别, 因此可以预计Z-R关系也会有很大差异。已有的一些研究表明, 情况确实如此。南京地区梅雨的a取值190—260, b取值1.10—1.39^[1]; 吉林省系统性层状云降水在平原地区, a为224—300, b为1.35, 而在

山区 a 为 176, b 为 1.35。据认为山区比平原更有利于发展对流活动, a 值的差异是降水性质不同造成的*。a 值随对流活动增强而减小, 这与前面所引数据情况正好相反。

武汉地区降水的 Z-R 关系必须由观测确定。

一、资 料

从 1987—1989 年 5—7 月间, 在武汉、宜昌、黄冈和宜都 4 地用滤纸斑迹法观测雨滴谱, 共得有效样本 580 份(凡雨滴少于 450 个的都作为不合格样本, 舍弃不用), 其中地方性对流云降水 297 份(黄冈 105 份, 武汉 101 份, 宜昌 76 份, 宜都 15 份), 系统性层状云降水 283 份(黄冈 251 份, 宜都 32 份)。

二、结 果 及 分 析

求出各地层状云降水和对流云降水的 Z-R 关系式(见表 1)。现分析如下:

1) 对流云降水的 Z-R 关系

公式(7)—(10)是各地对流云降水的 Z-R 关系式(如图 1 所示)。从公式和图 1 可发现, 这种关系基本上可分成两类。黄冈和武汉这两条线几乎平行而又十分靠近, 在 $Z = 10^{-2}—10^5 \text{ mm}^6/\text{m}^3$ 范围内, 由(7)和(8)式计算的降水强度 R 相差不超过 10%, 而在 $Z = 10^3—10^5 \text{ mm}^6/\text{m}^3$ 范围内, 两者相差还不到 5% (见表 2)。可见武汉和黄冈对流性降水的 Z-R 关系有相当好的一致性。这两个地方及其周围地区可以采用统一的 Z-R 关系式(1)。但我们还不清楚这个区域可以达到多大范围。

表 1 Z-R 关系式

地 点	降水性质	资料数	Z-R 关系式	相关系数	剩余标准差
武汉、黄冈、宜昌、宜都	对流云降水	580	$Z = 252.76 R^{1.345}$ (4)	0.975	0.0675
(同上)	对流	297	$Z = 292.8 R^{1.345}$ (5)	0.971	0.0737
黄冈、宜昌	层状云	283	$Z = 212.4 R^{1.276}$ (6)	0.980	0.0565
武 汉	对流	101	$Z = 302.0 R^{1.420}$ (7)	0.978	0.0490
黄 冈	对流	105	$Z = 252.3 R^{1.264}$ (8)	0.966	0.0983
宜 昌	对流	76	$Z = 321.9 R^{1.477}$ (9)	0.970	0.0721
宜 都	对流	15	$Z = 452.4 R^{1.796}$ (10)	0.977	0.0393
武汉、黄冈	对流	207	$Z = 292.4 R^{1.265}$ (11)	0.973	0.0681
宜昌、宜都	对流	91	$Z = 356.0 R^{1.500}$ (12)	0.970	0.0718
黄 冈	层状云	251	$Z = 400.7 R^{1.259}$ (13)	0.981	0.0512
宜 都	层状云	32	$Z = 259.3 R^{1.487}$ (14)	0.924	0.139

宜昌和宜都有另一类 Z-R 关系, 它们的系数 a 和指数 b 均明显高于武汉和黄冈的, 并且它们自身之间也有相当的差别。由于宜都仅有 15 份资料, 代表性较差。我们用

*阿德林等, 地面雨滴谱研究, 内部技术报告, 60-1, 1987

(9)式作为宜昌地区的Z-R关系式。

表2 各Z-R关系式的比较

Z (mm ³ /m ³)	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²
(R ₇ -R ₈)/R ₈ *	-0.032	-0.041	-0.049	-0.057	-0.066	-0.074	-0.082	-0.09
(R ₆ -R ₁₃)/R ₁₃	-0.104	-0.082	-0.059	-0.036	-0.013	0.012	0.037	0.062
(R ₆ -R ₁₄)/R ₁₄	0.803	0.527	0.291	0.091	-0.078	-0.220	-0.344	-0.443
(R ₁₅ -R ₁₈)/R ₁₃	-0.649	-0.482	-0.236	0.127	0.664	1.458	2.630	4.360

*R的下标数表示该R值由数字标标的公式算出

2) 层状云降水的Z-R关系

公式(13)和(14)分别是黄冈和宜都的层状云降水Z-R关系。公式(6)则是这两地平均的Z-R关系。由于宜都的资料比黄冈的少得多,所以(6)式更接近于(13)式。用(6)式代替(14)式计算降水强度,可产生44—80%的误差(表2第4行)。但用(6)式代替(13)式,其误差要小得多(在10%以下)。所以对层状云降水而言,武汉和宜昌两地区并不存在统一的Z-R关系。

黄冈层状云降水的Z-R关系式中,系数a=200.7,几乎与通常引用的(15)式中的200相等,但指数仅为1.259,比(15)式的1.6小很多。

$$Z = 200R^{1.6} \quad (15)$$

因此,如用(15)式代替(13)式计算降水强度,将有较大的误差。正如表2最后1行所表示的,在 $Z = 10^{-2} - 10^5 \text{mm}^6/\text{m}^3$ 范围内,误差可达12—160%。显然,(15)式不能用作本地区层状云的Z-R关系。

一般认为:降水性质层状云比积状云在水平方向更为均匀,而武汉和黄冈两地的对流云降水有比较一致的Z-R关系。因此可推论这两个地方的层状云降水也有比较相似的Z-R关系,这就是(13)式。

三、结论和建议

(1) 武汉地区降水的Z-R关系

对流性降水: $Z = 292.4R^{1.265}$, 拟合此式时,所用实测资料Z取值范围为0.08— $4.67 \times 10^1 \text{mm}^6/\text{m}^3$, R取值范围为0.002—33.8mm/h。

层状云降水: $Z = 200.7R^{1.259}$, Z取值范围为0.02— $5.25 \times 10^3 \text{mm}^6/\text{m}^3$, R取值范围为0.003—13.6mm/h。

(2) 宜昌地区降水的Z-R关系

对流性降水: $Z = 361.9R^{1.477}$, Z取值范围为0.55— $4.2 \times 10^3 \text{mm}^6/\text{m}^3$; R取值范围为0.02—2.7mm/h。

层状云降水: $Z = 259.34R^{1.407}$, Z取值范围为7.3— $5.9 \times 10^3 \text{mm}^6/\text{m}^3$; R取值范围为0.18—7.8mm/h。

(3) 由于降水在时间上的多变性, 建立上述 Z-R 关系式时所用资料年数较少, 其统计特性不一定能达到稳定。因此为获得有较好代表性的关系式, 建议选 1—2 个站作持续年数较长的观测。

(4) 降水性质的空间分布也是不均匀的, 尤以对流性降水和地形复杂的地方为甚, 单点的 Z-R 关系不一定能代表整个区域的情况。因此建议利用稠密的雨量站网建立区域的 Z-R 关系。

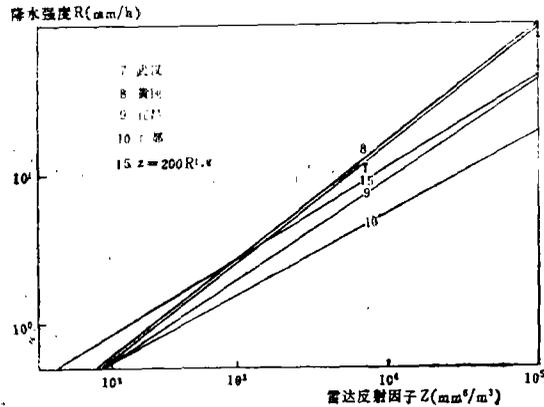


图 1 Z-R 关系图

参 考 文 献

- [1] 许绍祖等, 南京地区梅雨降水的微物理结构特征, 南京大学学报, 23卷, 1期, 175—185, 1987.

THE Z-R RELATIONSHIP OF PRECIPITATION IN WUHAN AND YICHANG AREAS

Xu Shaozu* Zhu Guojiang* Yin Qiu*
Cheng Zhenrong* Geng Biao* Zhuang Yinmo*

ABSTRACT

Having analyzed 850 raindrop size data from 1987 to 1989, we obtain the following regression formulas of radar reflectivity factor (Z) and precipitation intensity (R):

(1) Wuhan Area:

precipitation from stratiform clouds: $Z = 200.7R^{1.259}$

precipitation from cumuliform clouds: $Z = 292.4R^{1.265}$

(2) Yichang Area:

precipitation from stratiform clouds: $Z = 259.3R^{1.407}$

precipitation from cumuliform clouds: $Z = 361.9R^{1.477}$

*Affiliated with Nanjing University