经验交流

用雷达回波参数估算积云降水的交叉检验

徐永胜　　毛伟康

（湖南省气象科学研究所）　　（广东热带海洋气象科学研究所）

提　要

本文用湖南和广东雷达回波参数估算积云降水的方法进行异地交叉检验，对雷达估算值和雨量计测量值进行比较。结果表明，两地估算关系式交叉检验精度较高，证明两地估算关系可以互用。

一、引　言

随着电子技术和计算机技术的迅速发展，使得雷达由原来的定性探测过渡为定量探测，使雷达定量测定降水成为可能。然而，由于影响雷达定量测定降水的因素较多，单靠传统的Z-I关系作为雷达定量测定降水的方法是有困难的。而且Z-I关系中系数A、b值随不同的雨型、不同地点和时间等差异很大。因此，研究雷达定量测定降水的方法、精度以及它们的适用性就显得尤为重要。近些年来，我们对此进行了一些研究工作[1－4]。直接用当地的雷达回波参数和降水资料建立估算关系，然后又用本地的资料进行估算检验，得到了一些较好的结果。这些估算关系对于异地的降水估算是否适用？精度如何？这无疑是需要弄清楚的。为此，本文对雷达回波参数估算积云降水的方法进行了交叉检验，即湖南和广东的估算关系，分别用广东和湖南省的积云资料进行检验，现将结果报告于后。

二、基本资料和估算表达式

1．基本资料

本文用来作检验的雷达和地面降水资料均系广东热带海洋气象科研所和湖南省气象科研所“积云降水客观估算”课题野外观测所获资料。资料的具体选用标准是按文献〔3、4〕中的规定进行的。总计从广东124块自然积云中选取了106块作为最大雨强估算，81块作为平均雨强估算，60块作为雨量估算；从湖南110块自然积云中也选取了70块作为广东关系式的雨强和雨量估算。

2．估算表达式

现从文献〔3、4〕选取最有代表性的雨强和雨量的估算表达式进行交叉检验，它们被列入表1。

表1中，D回波距离、H_b波束高度($H_b=\sin\alpha D$，α是仰角)、H (H_0)回波顶高、H_M回波最大顶高、H^*强中心高度、R_0等效半径 ($R_0=\sqrt{S/\pi}$)(km)；T持续时间(分)；S回波面积(km^2)；Z (Z_e)雷达反射率因子、Z_M雷达最大反射率因子(mm^6/m^3)

三、雷达估算值与雨量计测量值的比较

1．雨强值的比较

应用表1中的估算表达式(1)、(2)和(4)式，分别对广东106块和湖南70块自然积云降水进行了估算，并与自记雨量计测量

表 1　　积 云 降 水 估 算 表 达 式

文献号	序号	积云降水雨强、雨量估算表达式	样本数	复相关系数	单　　位
〔3〕	1	$I=9.7\times10^{-2}D^{-0.331}T^{0.0603}H_b^{0.05}S^{0.1443}H^{0.148}Z^{0.5146}$	137	0.82	$mm\cdot h^{-1}$
	2	$I_M=7.47\times10^{-2}D^{-0.2747}T^{0.3559}S^{0.2187}H_b^{0.0727}H_M^{0.26}Z_M^{0.3749}$	104	0.73	$mm\cdot h^{-1}$
	3	$R=1.9\times10^{-3}D^{-0.3399}T^{.057}S^{0.1338}H_b^{0.054}H^{0.113}Z^{0.5098}$	137	0.92	mm
〔4〕	4	$I=-1.557+0.26H^*+0.483H_0+4.52\times10^{-5}Z_c-0.264R_0$	111	0.714	$mm\cdot(10min)^{-1}$
	5	$R=\sum_{i=1}^{n}R_i=\sum_{i=1}^{n}I_i\Delta t_i$	1	1	mm

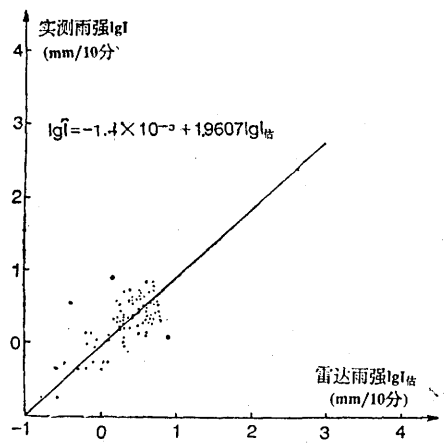


图　1

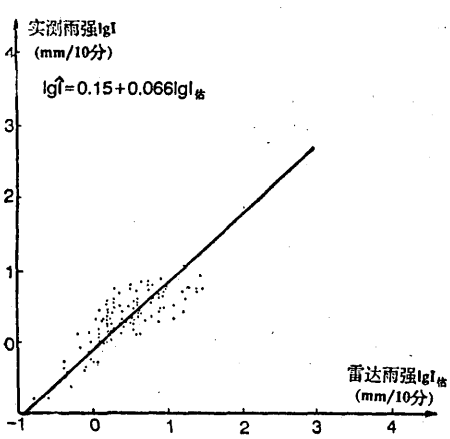


图　2

雨强进行比较，作成估算雨强与实测雨强相关图，见图1—3。以上3图中分别给出了雷达雨强值与雨量计测量值的对应关系，点子

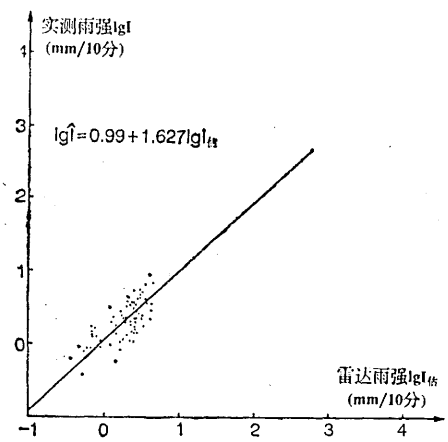


图　3

分布的相关系数分别为0.82、0.82和0.77，显著性水平$\alpha<0.001$。

2. 雨量值的比较

应用表1中的(3)和(5)式，根据广东60块和湖南70块自然积云资料分别计算了它们的雨量，并与实测值作成相关图，如图4、5所示。

下面二图中的相关系数分别是0.91和0.86，对雨量估算值与实测值的相关系数r进行了t检验，$\alpha<0.001$，相关显著。

3. 均方差σ和相对误差E

为了衡量雷达估算降水的精度，所以引入了均方差和相对误差这两个统计量，它们的定义分别为：

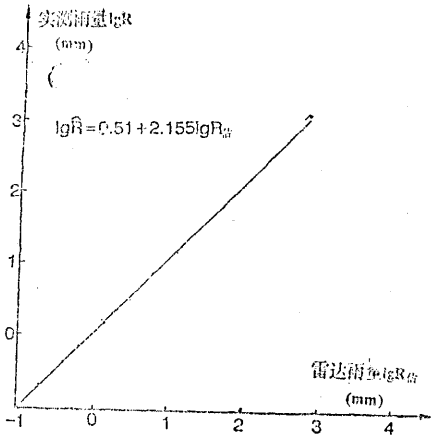


图 4

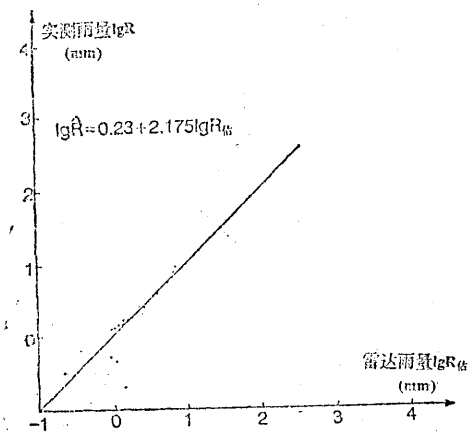


图 5

$$\sigma=\sqrt{\frac{\Sigma x^2-\frac{(\Sigma x)^2}{n}}{n}}$$

$$E=100\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|A_i-B_i\right|\right)\Big/\overline{C}$$

其中$\overline{C}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}B_i$，$A_i$可代表估算雨强或雨量，$B_i$代表实测雨强或雨量，现将两地估算雨强（量）和实测雨强（量）的均方差、平均相对误差、80%概率时相对误差的上限值*以及用本地资料估算的结果一并归于表2。

四、小结与讨论

1. 通过以上估算分析表明：（1）只要按建立关系式时的标准选取积云资料，用两地估算关系进行交叉估算，总的来说精度还是较高的，这与文献[3]中对安徽的一块积云个例雨强估算结果相一致，相关系数也较高；（2）湖南关系式估算雨强和雨量的平均相对误差分别可达7%、1.5%和6%；80%概率时的相对误差的上限值为65%、50%和60%；（3）广东估算关系式估算雨强和雨量的平均相对误差为10%和8%；80%概率时相对误差的上限值为70%和68%。总之，两地估算关系式交叉检验的精度与用本地资料估算的精度基本一致，无明显差异。由此可见，两地的估算关系是可以互用的。

2. 虽然以上分析得到了一些较好的结果，并非两地的估算关系完美无缺，通过交

表2 估算和实测雨强（量）的均方差σ估、σ测，平均相对误差E交E本和80%时的最大相对误差F交、F本*

文献号	估算公式序号	估算样本数	实测平均值(mm/10分)	估算平均值(mm/10分)	$\sigma_{估}$	$\sigma_{测}$	$E_{交}$(%)	$E_{本}$(%)	$F_{交}$(%)	$F_{本}$(%)
[3]	(1)	81	2.977	2.788	2.109	2.303	7	0.2	65	50
	(2)	106	3.096	3.143	2.331	2.396	1.5	7.89	50	70
	(3)	60	4.020	4.287	3.639	3.995	6	2.09	60	65
[4]	(4)	70	2.502	2.250	1.010	1.650	10	17	70	86
	(5)	70	4.777	4.400	3.873	5.050	8	51	68	11.5

* 下标交为湖广关系交叉估算，本为用本地资料估算

*取总检验样本中，80%样本的相对误差的最大值。

又检验发现，两地的估算表达式均存在着一定的问题：（1）湖南估算平均雨强的关系式，当积云雷达回波反射率因子 Z 值较大时，估算值会明显地大于实测值；（2）广东估算雨强关系式，当积云雷达回波参数较小时，估算会出现负值。

另外应该指出的是因为雷达和雨量计测量降水的方式不一样，两者之间存在误差总是难免的。我们只是采取措施尽量缩小它们之间的误差，要想两地估算关系式的估算精度更高，则需要拥有大量样本后，才能对关系式进行精化。

致谢：湖南省气象科研所副研究员陈历舒同志审阅了本文并提出了宝贵的修改意见，刘凤姣、封娟兰同志帮助绘图，作者对此一并致谢。

参考文献

[1] 陈历舒，用雷达回波参数估算积云降雨的一种方法及其在人工降雨中的应用，中国南方云物理学和人工降水论文集，气象出版社，1986年。

[2] 刘甫成，用雷达回波参数估算对流云降水量，同上。

[3] 徐永胜，夏季积云降水的雷达回波参数估算及其与雨量计观测的比较，湖南气象科技情报，1988年第2期。

[4] 毛伟泽，广州地区夏季对流云的雷达回波参数与降水强度的关系，全国云物理和人工影响天气会议文集，气象出版社，1989年。