

一维积云模式初始参数优化的研究

郑淑真 曾光平 隋 平 张长安

何观芳

(福建省气象科学研究所,福州 350001)

(中国气象科学研究院)

提 要

福建省人工增雨指挥系统在预报积云降水和评估增雨效果中曾采用一维时变积云模式。关于该模式初始场的确定,考虑到不同天气类型对模式初始参数的影响,并采用了以确定敏感参数为主,综合考虑其他影响参数为辅的方法。经分类调试,证明了一维模式初始场确实与天气类型有关,并得到早期降水预报率大于75%和可预报积云云顶高度的结果。通过对模拟云和实测云高度的线性回归分析,以及经拟合敏感参数初始扰动温度与平均地面最高气温,均存在较好的相关。

关键词: 积云模式 初始场 参数

引 言

随着国民经济发展的需要,云模式在人工影响天气中的应用不断得到人们的重视。虽说二、三维模式已问世多年,也陆续地投入实际业务使用中,但是,当我们在反复使用高维积云模式时,发现最简单的一维积云模式仍然是人们不可舍弃的一个重要工具。目前一维积云模式在福建省人工增雨业务应用中作为积云降水定性预报和部分要素预报及效果评估方面仍不失风采。

与二、三维模式相比,一维积云模式有较多的初始参数假设,这是一维模式的缺陷,但作为应用部门若能巧妙地利用它,这诸多的假设反而给应用者提供调整模式的方便。因为不同的积云与不同的地理位置、不同的触发机制、不同的天气气候条件有关,当然也就与云模式的初始参数有关了。

福建省二级基地人工降雨指挥系统,云模式子系统采用了胡志晋的一维时变模式,用于模拟早期对流云降水和人工增雨效果的评估,作业条件的选择。在系统建设中,重点考虑到天气系统对模式应用的影响,对初始场处理进行大量的研究,得出优选一维积云模式初始场的一种研究方法,使得模式在系统中的应用性能更稳定、代表性更好、预报准

确率更高,这对于云模式如何业务化应用是个良好的启示。本文详细阐述初始场处理方法及其结果。

1 夏秋早期主要降水系统的分类

福建省夏旱期间(7~9月)的天气主要受副热带高压影响,当副热带高压在福建省上空及附近迂回时,天气过程也在不断地调整,根据500hPa天气形势(台风影响除外),将福建省夏、秋旱期间主要天气形势分为12类^[1]。本文将按这12种天气类型对模式的初始参数进一步分析研究。

2 模式初始参数确定的研究

2.1 影响模式参数因素的分析

在模式的初始参数的确定过程中,选用旱区福州探空站10年早期积云降水日资料85份,邵武站7份G4型积云降水日探空资料(其中可与雷达资料比较的有60份),对模式进行选择调试。曾经考虑到云内微物理参数的影响,如将云底滴谱特征值(N_0/D_0)和冰晶核化方程中的核化参数改用福建的实际测值,结果影响不大;也曾考虑过动力学参数的影响,如调整最大初始扰动升速和湍流扩散系数等,但结果影响也不敏感。国外Mladjen Curic等^[2]曾采用改变输送率(与上升速度和云体尺度有关)的方法来提高一维

时变对流云模式预报云顶高度的预报率,但仍非最佳效果,因此我们将问题的重点放在外界因素对模式参数产生的影响。

考虑到因不同的天气类型其相应层结的能量分布、引发降水的动力过程、下垫面的受热情况、水汽输送的来源均存在一定的差异,它们之间的相互影响同样会引起云的微结构、云体发展的过程以及降水过程的差异。而一维模式的初始参数存在不少假设,这些假设与外界影响因素有着密切的联系,是启动降水的因素,它直接影响到云的宏、微观过程变化。尚若降水启动过程受到歪曲,往往会引发动力过程的变化,经连续方程、热力方程、水汽方程的进一步演算,从而导致整个降水微物理过程变化的误差,因此,初始场设置合理与否可能与模拟结果及天气类型存在一定关系。

我们发现模拟云高度不仅与初始扰动温度有关,而且与云体初始半径大小和积云的动力学夹卷系数有较密切的关系。但云体初始半径的大小又与降水的时间长短及降水量有一定的关系,而夹卷系数又与云发展的高度和降水强度也有一定关系。因此,不能仅调温度扰动参数而必须综合考虑三者的关系。如果固定其它参数而仅改变其中一种参数,便可以找出该参数与降水情况的关系(包括降水量、降水时间、云顶高度等),但三个单一的关系要再耦合起来,那是相当麻烦的。因此,我们认为还是采取综合调试的办法,即首先确定最敏感的初始温度扰动参数作为参数优选的首要对象,而后再参考其降水时间的长短、降水量大小及云顶高度对其余二者进行综合调整,这样就能较快地找出最佳的初始场,但是如何确定初始温度扰动值呢?

分析发现当旱区处于不同的天气类型时,其下垫面受热情况、所供给的水汽来源、大气受到的动力扰动方式存在差异,造成了层结尤其是近地面层水汽通量和云量的差异(因篇幅限制略去分析过程),因而太阳光入射地面和地球红外辐射返回空间的能力也存在着差异。从初始扰动温度与当天相应的地

面最高温度来看也确实存在着相关。

为了系统应用的业务化方便,我们求出早期所有积云降水日,不同天气类型的平均日最高气温,并在固定其他参数(本文取初始半径为 3.0 km,夹卷系数为 0.3)的条件下作出不同天气类型下的初始扰动温度(T')与平均地面最高气温($\bar{T}_{\max}$)的相关曲线(图略)。分析图形可知,当不同天气类型的平均地面最高气温越高时,所需启动积云发展的初始温度扰动值越小,即模式的初始扰动温度随不同类型云的平均地面最高温度呈指数递减。因此,可以先求出不同天气类型下的平均地面最高温度,再利用这种分布关系求出该天气类型下模式的初始扰动温度,而后综合考虑降水量、云高、降水时间,进一步调整其余参数,并最后确定参数。经此方法调整出来的初始参数代表性好,使模式在业务化应用中能克服一定的盲目性,在定性预报积云早期降水中具有 75% 以上的准确率。在福建省二级基地人工增雨指挥系统中经检验,效果良好。

为了拟合 T' 与 $\bar{T}_{\max}$ 关系,假设曲线服从 $T' = T'_0 e^{-b\bar{T}_{\max}}$ 关系式,经取对数后求线性回归得 $a = 44.5508, b = -1.2500$,则该曲线服从 $T' = 2.2288 e^{-1.2572\bar{T}_{\max}}$ 分布,相关系数为 0.8782,经 t 检验 $\alpha < 0.05$,可见 T' 与 $\bar{T}_{\max}$ 二者相关较好。

2.2 模式初始参数的确定

根据以上的调整方法,将影响福建省夏旱期间 12 种天气类型中有雷达回波资料对比的 60 个个例,按天气类型进行模式初始参数的综合调整。其结果如表 1 所示。经验证,利用这一组参数,同样可用福建其它两个探空站资料模拟该区的降水云,如:利用 1994 年 07 月 29 日,福州、厦门、邵武的资料,分别模拟当天 3 个区的积云,经雷达回波资料验证,结果相符^[3]。

3 经分类调试的模式初始参数评估

3.1 模拟云顶可代表实测云顶高度

经以上分类调试过的模式,用于模拟福

建旱区的积云降水量与实测降水量之比仍存在较大差异,这本是一维模式的不足之处(取本探空点的地面雨量资料比较),还由于常规雨量站网太稀,难于捕获小尺度降水的缘故。此外,由于模拟云降水量是指单块积云在整个发展过程中的降水,两种降水量在概念上存在着差异,因此模拟云降水量与实测降水量很难存在密切关系。但由于积云的对流强度不论实测云或模拟云都主要取决于相应层结的不稳定性和引发对流的初始场条件,故模拟云顶高度与雷达回波高度相关较好,能预报模拟云高度,反映对流强度。如图1所示。

表1 不同天气类型的初始场参数的比较

天气类型	扰动温度/℃	初始半径/m	夹卷系数
G ₁	0.3	5000	0.2
G ₂	2.7	4000	0.3
G ₃	0.1	3000	0.3
G ₄	1.8	4000	0.3
G ₅	5.4	5000	0.2
G ₆	1.3	4300	0.4
G ₇	3.0	3500	0.2
R	1.6	3000	0.3
D	2.1	3500	0.2
F	1.0	4000	0.2
L	1.0	6000	0.3
L'	0.8	6000	0.3

图1是雷达实测云回波高度与模拟云高度的相关图,纵坐标是雷达实测云高度,单位用km表示,横坐标是模拟云高度,单位用km表示,对角线表示相关系数 $r=1$,也即 $H_{\text{测}}=H_{\text{模}}$ 分布线。雷达资料来自探空站福州东北侧约15km处的北岭713雷达和福州东南侧约27km的长乐713雷达站的实际观测结果,而邵武探空站的部分模拟云高度对比资料取自邵武东北侧约64km处的建阳713雷达站观测的结果。图中分布的点共60个,反映60个有雷达资料比较的按不同天气类型的初始参数进行模拟的模拟云高度与其所对应的雷达实测高度的相关情况,图中点加圈(⊙)表示该点曾重复2个以上的点。

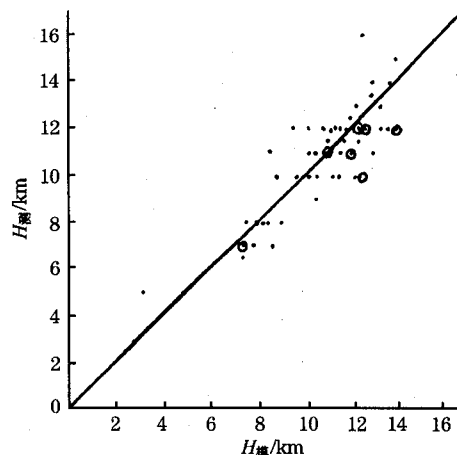


图1 用不同天气类型分类的初始参数模式预报云顶高度与雷达实测云顶高度的相关图
⊙点为重复两点以上的点

图2是用同一组参数(取R型的参数,因该型的样本数最多)来模拟同样的60例的模拟云高度与其所对应的雷达实测高度的相关图,坐标表示同图1,用虚线表示坐标原位置,并将坐标向外移一格,之所以将坐标外移一格,是因为在纵坐标上有16个点,表示有16个个例的模拟云高度为0km。

分析图1、图2可见,图1中60个点分布在对角线附近或之上,经线性回归分析,其相关系数 $r=0.82$,而图2中60个点的分布就十分离散,经线性回归分析,其相关系数

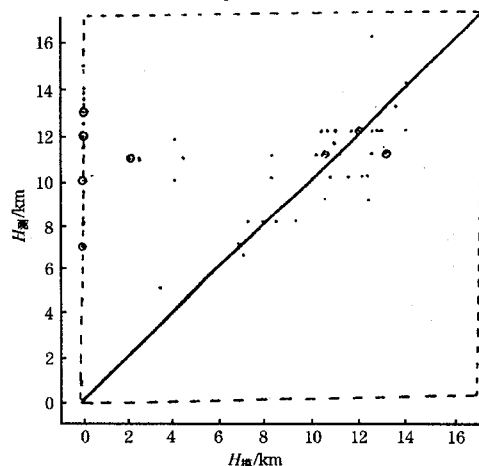


图2 同一组初始参数(R型参数)的模式预报云顶高度与雷达实测云顶高度的相关图
⊙点为重复两点以上的点

$r=0.11$,可见,按天气类型分类来确定初始参数的一维时变积云模式具有明显的优势。

3.2 模拟云顶与实际云顶相关分析

为了检验模拟云顶高度与实际观测高度的差异情况,分别取样本数大于等于3个的9种天气类型。并将预报高度和实测云顶高度进行秩和检验,其结果见表2。

表2中,总体样本数 N_1 代表雷达实测的样本数, N_2 代表相应的模拟云的样本数; T_1 、 T_2 分别代表二者相应秩和。二类样本差异显著性采用不成对试验的秩和检验法检验,结果表明,两个总体差异不明显,说明用云模式模拟的云顶高度来预报实测云顶高度是可行的。

表2 实测云顶高度与模拟云顶高度的秩和检验

天气 类型	总样 本数	雷达		模拟		显著性 水平 α
		N_1	T_1	N_2	T_2	
G ₁	6	6	37.5	6	40.5	>0.1
G ₂	5	5	26.0	5	29.0	>0.1
G ₃	9	9	93.0	9	78.0	>0.1
G ₄	4	4	15.0	4	21.0	>0.1
G ₅	4	4	16.0	4	20.0	>0.1
G ₆	6	6	33.5	6	44.5	>0.1
R	12	12	133	12	167	>0.1
D	3	3	11.5	3	9.5	>0.1
L	6	6	38.5	6	39.5	>0.1

虽说模式不能预报积云的定量降水,但作为定性预报还是可以的。将有雷达回波资料对照的福州和邵武的60个探空个例进行模拟,结果可预报降水49次,降水预报率达80%左右。若视层结变化情况,适当考虑实际地面可能出现的最高温度的影响,预报准确率还可能提高。这是由于模拟云仅考虑可对流发展的地面临界温度的影响,但实际地面温度往往会偏高的缘故。

为了进一步验证该模式应用的代表性,我们分别对早期各天气类型的非降水日资料进行随机抽取多个个例,输入模式中进行模拟,结果均未出现降水。此外,我们又对各天气类型降水日层结的平均状况作了沙氏分析,发现沙氏指数对预报 G₂、G₅、G₇、D、L'型存在较大的欠缺。而该模式均能有一定的预报率。这也是本模式的另一优势。

可见,针对不同天气类型,采用相应的初始参数而调试出来的一维时变积云模式,可以较好地、定性地预报早期积云的降水及云体发展的高度,代表性也好。又因其运行速度快,在人工增雨指挥系统中充分体现了快、准等优势,对模式业务化的探讨具有重要的意义。

4 小 结

(1)不同的天气系统及位置,具有不同的模式初始参数。采用对不同天气系统类型分别取相应的初始参数的一维时变积云预报模式具有以下特点:

①可以较好地预报早期积云降水,代表性较好,准确率可达75%以上。

②用于预报云顶高度与雷达观测的实测值较吻合,经模拟云高度和实测云的线性回归分析,其相关系数 $r=0.82$,经秩和检验,两个总体差异不明显。

③与用同一种初始参数的云模式相比具有明显的优势。

(2)不同天气类型的初始场中,其敏感性参数(T')的变化范围很大。福建早期的模式初始扰动温度与地面日平均最高气温成指数分布关系,可以用 $T' = 2.2288e^{-1.2572T'_{\max}}$ 表示,相关系数可达0.8782。

(3)对于一维模式的初始场调试,采用先确定该天气类型模式的初始温度扰动值,再综合调整其它参数(如云体半径、夹卷系数等参数),是确定模式初始场的一种可行的优选的方法,也是人工影响天气作业指挥的不可忽视的工具之一。

参考文献

- 1 郑淑贞,曾光平,张长安等.积云模式在人工增雨中的应用.气象,1999,25(2):22~27.
- 2 Mladjen Curic and Dejan P predictive capabilities of a one dimensional convective cloud model with forced lifting and a new entrainment formulation J of appli. meteor. 1993,32 (11):1733-1740.
- 3 胡志晋,何观芳.积雨云微物理过程的数值模拟:(1)微物理模式.气象学报,1987,45(4).
- 4 张长安,郑淑贞,隋平.云模式系统的业务化研究(I)——积云模式系统的研究.福建气象,2000,2,11~12.

(下转第21页)

A Study of Optimizing Initial Parameter of One-Dimensional Cumulus Model

Zheng Shuzhen Zeng Guangping Sui Ping Zhang Chang'an

(Fujian Institute of Meteorological Science, Fuzhou 350001)

He Guangfang

(Chinese Academy of Meteorological Sciences)

Abstract

Fujian precipitation enhancement commanding system refers to a one-dimensional time dependent cumulus model of Hu ZhiJin. A research method of determining initial field of cumulus model in weather modification is discussed. Considering different weather type affecting model initial parameter, the method of determining sensitive parameter priority to other correlative parameter is developed synthetically. By classifying, it is proved that the model initial field is good correlative with weather type. It is obtained that the precipitation forecast accuracy of model is greater than 75% and that is available to forecast cumulus height. It is also obtained that sensitive parameter (initial disturbance temperature) and mean surface maximum temperature are correlative each other.

Key Words: cumulus model initial field parameter