

临夏州大一暴雨物理量诊断集合预报模型

贾小琴,蔡广珍,马旭洁

(甘肃省临夏回族自治州气象局,甘肃 临夏 731100)

摘要:针对临夏州大一暴雨产生的物理条件,总结了相关的物理量及其指标,根据地面、高空及T213数值预报格点资料,采用三角形插值法计算各站点的相关物理量,利用集合的方法建立了临夏州大一暴雨物理量诊断集合预报模型。通过个例检验,该模型对临夏州大一暴雨具有一定的预报能力。

关键词:大一暴雨;物理量;诊断分析;集合预报模型

中图分类号:P456.7

文献标识码:A

引言

大一暴雨及其落区预报一直是天气预报的重点和难点。临夏州位于甘肃中部、青藏高原东缘,平均海拔较高,地形复杂,天气多变,由于深居内陆,大一暴雨发生的概率小,但危害大^[1]。如2002年8月4日的一次局地暴洪造成多人死亡,农田绝收,直接经济损失高达53.9万元。近年来,不少学者在有关大一暴雨的预报技术方法方面开展了大量的研究工作^[2-4],但由于临夏州大一暴雨发生概率小,积累的预报预警经验不够丰富,对其落区预报准确率还较低,预报方法比较落后,对数值预报产品的利用还不够充分。因此,对临夏州大一暴雨及其落区预报方法、物理条件及其相关物理量的物理意义有待进一步的分析和总结。本文在对临夏州大一暴雨产生的物理条件及其物理量进行诊断分析的基础上,运用集合的方法^[5]总结了全州大一暴雨及其落区预报的物理量诊断集合预报模型,并利用此模型对临夏州2002年8月4日和2007年8月25日的大一暴雨过程进行了诊断预报。

1 大一暴雨产生的物理条件、相关物理量及其指标

众所周知,大一暴雨产生的物理条件分为2个

方面^[6],一是微观的物理条件,如:凝结核、冰晶、水滴碰并等;二是宏观物理条件。临夏州受其特殊气层、地理位置和环境的影响,微观的物理条件往往是具备的。因此,在考虑临夏州大一暴雨的物理条件时主要考虑的是宏观物理条件。水汽、不稳定能量、抬升(垂直运动)是大一暴雨产生的3个宏观物理条件^[7]。产生大一暴雨必须要有充足的水汽条件作为保证,另外还必须要持续的强上升运动,即必须有水汽冷却凝结条件。大气中的冷却过程很多,对于降水来说,使水汽冷却凝结的主要条件就是上升运动,强烈的上升运动能使空气中的水汽在较短的时间内产生大量的冷却凝结。层结不稳定的大气只有在一定的上升运动条件下,潜在的不稳定能量才会释放,形成对流性天气。所以,垂直运动条件是形成大一暴雨的一个不可缺少的条件。大一暴雨相关资料分析表明:一次大一暴雨所释放的能量远大于其上空对流云团的总能量,多余的能量主要来自于高能湿舌源源不断地输送能量^[6],还有大量水汽上升凝结所释放的潜热能,以及中低层不稳定能量的传输等,所以不稳定能量条件也是出现大一暴雨的一个不可缺少的条件。表1是根据上述3个物理条件,采用统计、聚类的方法总结的临夏州大一暴雨产生的物理量^[8]及其对应指标(1~6反应水汽条件;7~9反应垂直运动条件;10~14反应不稳定能量条件)。

收稿日期:2010-04-08;改回日期:2010-07-08

基金项目:甘肃省气象局第二批“青年优秀人才”计划资助

作者简介:贾小琴(1973-),女,甘肃康乐人,工程师,主要从事气象观测及短期预报方法研究. E-mail: jiaxiaoqin2006@163.com

表1 相关物理量及其对应指标
Tab.1 The physical quantity and correspondence index

N	物理量		指标
1	温度露点差	500 hPa 与 700 hPa 的平均	≤4 °C
2	比湿	500 hPa 与 700 hPa 的平均	≥9 %
3	相对湿度	500 hPa 与 700 hPa 的平均	≥80 %
4	假相当位温	500 hPa	≥344 K
5	水汽通量	700 hPa	≥15 g/(s · cm · hPa)
6	水汽通量散度	700 hPa	≤ -1E -7 g/(s · cm ² · hPa)
7	散度	700 hPa	≤ -10E -6/s
8	涡度	700 hPa	≥20E -6 /s
9	垂直速度	700 hPa	≤ -10E -4 100 hPa/s
10	dθ _{se} /dp	500 hPa 与 700 hPa 的平均	≤8 K/hPa
11	SI 指数	700 hPa	≤ -3 °C
12	Ky 指数	700 hPa	≥3
13	K 指数	700 hPa	≥30 °C
14	总温度	500 hPa	≥52 °C

2 三角形插值方法介绍

利用 T213 各个网格点上的资料(部分物理量和部分站点是利用当天的高空资料),将其插值到所选站点上,从而计算出各物理量的实际值。具体计算原理和方法^[5]如下。

所选站点不一定就在 T213 的各个网格点上,但是,在任意插值点(所选站点)周围总可以找到 3 个 T213 的网格点组成一个三角形(图 1),在这个三角形范围内,物理量场的分布是坐标(T213 网格点的坐标是经纬度坐标)的线形函数,即:

$$F = a_1\lambda + a_2\varphi + a_3$$

则 3 个网格点应当受此方程的限制,即:

$$F_A = a_1\lambda_A + a_2\varphi_A + a_3$$

$$F_B = a_1\lambda_B + a_2\varphi_B + a_3$$

$$F_C = a_1\lambda_C + a_2\varphi_C + a_3$$

式中的 F_i 、 λ_i 、 φ_i 都是已知的($i = A、B、C$),根据上述 3 个方程,可以运用行列式解出 3 个特定系数 a_1 、 a_2 和 a_3 (3 个特定系数的行列表达式略)。则对于三角形中的网格点有:

$$F(i, j) = a_1 i + a_2 j + a_3$$

式中 i, j 为插值网格点的坐标,这样求得插值点(站点)上各物理量场的值。

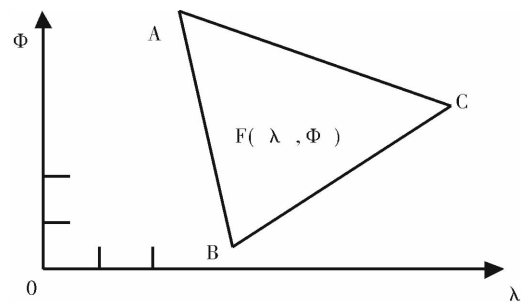


图1 三角形插值计算方法示意图

Fig.1 The sketch map about account method of triangle

3 大一暴雨物理量诊断集合预报模型简介

大一暴雨预报是一个非常复杂的问题,单独考虑某一个物理量显然是不够的,必须用多个物理量,从大一暴雨发生的条件等多方面考虑才能比较准确地预报大一暴雨的发生,下面介绍集合模型对大一暴雨的诊断过程。

从产生大一暴雨的条件入手,首先将能反映水汽条件的物理量,如:比湿、整层温度露点差、水汽通量散度、相对湿度、假相当位温等进行诊断分析,寻

找产生大一暴雨时各个物理量的指标,将满足其指标的物理量计为“1”,小于其指标的物理量计为“0”,然后利用下面的方法进行计算:

$$H_1 = [(\sum_1^n A_i)/n] * 100\%$$

A_i 表示第 i 个物理量的值。当 A_i 大于第 i 个物理量的指标时, $A_i = 1$; 当 A_i 小于第 i 个物理量的指标时, $A_i = 0$ 。而 n 表示的是所计算的能反映水汽条件的物理量的个数, H_1 表示的是大于相应指标的物理量个数占总物理量个数的百分数。当 $H_1 > 50\%$ 时, 表示满足产生大一暴雨的水汽条件, 有可能产生大一暴雨。当 $H_1 < 50\%$ 时, 表示不满足产生大一暴雨的水汽条件, 不会产生大一暴雨。同样的方法计算出 H_2 、 H_3 。最后综合评价 H_1 、 H_2 、 H_3 , 当 H_1 、 H_2 、 H_3 均 $> 50\%$ 时, 一定会产生大一暴雨, 当 3 个中有 2 个 $> 50\%$ 时, 有可能会有大一暴雨; 当 3 个中只有 1 个或者没有 $> 50\%$ 的时候, 不可能产生大一暴雨。

4 个例分析

4.1 天气实况

2002 年 8 月 4 日 08 时 500 hPa 高空图(图略)上: 威海和贝加尔湖附近各自存在低压槽, 其中贝加尔湖低压槽偏北, 在 100°E 、 35°N 附近存在高压中心, 副热带高压控制着河西中部, 甘肃中、南部及青海大部分地方; 另一高压中心位于 116°E 、 33°N 附近。在 2 个高压系统之间存在一高湿输送区, 提供了充足的水汽。到 20 时, 在 100°E 、 35°N 附近的高压中心南退东移, 8 月 5 日 08 时进入四川境内, 而在 116°E 、 33°N 附近的高压中心基本消失。根据地面降水实况统计, 2002 年 8 月 4 日临夏州出现区域性大一暴雨。2007 年 8 月 25 日夜间, 临夏州和政、康乐、东乡、临夏市、广河等县突降大暴雨, 其中和政县 22 时 1 h 降水量达 55.8 mm, 过程降水量达 106.2 mm。2 次过程全州具体降水实况如表 2。

表 2 2002 年 8 月 4 日和 2007 年 8 月 25 日 24 h 的降水实况

Tab. 2 Actual precipitation in 24 hours on August 4, 2002 and August 25, 2007

站点	2002 年 8 月 4 日 24 h 的降水实况/mm					2007 年 8 月 25 日 24 h 的降水实况/mm				
	14 时	20 时	02 时	08 时	08~08 时	14 时	20 时	02 时	08 时	08~08 时
临夏	0	0	44	T	44.0	0	0	23.3	4.9	28.2
和政	0	11.4	0	36	47.4	0	0	103.8	2.4	106.2
康乐	0	31	0	7.4	38.4	0	0	34.6	0.7	35.3
东乡	T	8.9	0	20	28.9	0	0	28.9	3.4	32.3
广河	0	T	0.3	26	26.3	0	0	24.7	0.7	25.4
永靖	0	T	0.1	16	16.1	0	0	9.8	2.9	12.7

注: T 表示微量降水, 0 表示无降水

4.2 诊断结果

根据 2002 年 8 月 4 日和 2007 年 8 月 25 日 08 时和 20 时地面、高空和 T213 数值预报格点资料, 利用三角形差值方法分别计算了临夏各站点相关物理量(具体计算结果略), 根据表 1 中各个物理量具体指标, 利用临夏州大一暴雨物理量诊断集合预报模型, 对 2002 年 8 月 4 日和 2007 年 8 月 25 日天气过程进行诊断, 具体诊断结果见表 3 和表 4, 其中, N 表示计算结果没有满足对应物理量的指标; Y 表示满足了对应物理量的指标; A 表示有可能下大一暴雨; B 表示一定下大一暴雨; C 表示一定不下大一暴雨。

诊断结果表明: 用 2002 年 8 月 4 日 08 时的地面、高空及 T213 数值预报格点资料进行 24 h 预报, 一定不下大一暴雨的站点是广河, 实况广河出现了 26.3 mm 的大雨, 但降水主要出现在 20 时之后; 可能会出现大一暴雨的站点有临夏、和政、东乡、永靖 4 个站点, 实况是永靖出现了 16.1 mm 的中雨, 其它 3 个站均出现了大雨; 一定会出现大一暴雨的只有康乐 1 个站点, 实况康乐出现了 44 mm 的降水, 且降水主要集中在 20 时之前。用 20 时的地面、高空及 T213 数值预报格点资料进行 24 h 预报, 一定出现大一暴雨的站点是临夏、和政和广河 3 个站点, 实况 3 个站点均出现了大雨, 且主要降

水时段均集中在 20 时之后;可能出现大一暴雨的站点是康乐、东乡和永靖,除康乐 20 时之后只有 7 mm 的降水外,东乡和永靖 20 时之后分别出现了 20 mm 和 16 mm 的降水。由此可见,该预报模型

对临夏州大一暴雨的预报具有一定的指示意义,尤其是对 12 h 内的大一暴雨预报具有更好的指示意义,2007 年 8 月 25 日的区域性大一暴雨过程也有同样的预报效果。

表 3 2002 年 8 月 4 日(左)和 2007 年 8 月 25 日(右)08 时诊断结果
Tab.3 Diagnostic results at 08:00 August 4,2002 (left) and August 25,2007(right)

N	物理量	临夏		和政		康乐		东乡		广河		永靖	
1	温度露点差	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
2	比湿	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
3	相对湿度	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N	N	Y	N
4	假相当位温	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N
5	水汽通量	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
6	水汽通量散度	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	N	N
	水汽条件结果/%	66	33	66	50	100	33	66	33	50	33	64	0
7	散度	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
8	涡度	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	N
9	垂直速度	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N
	垂直运动条件结果/%	67	33	33	67	67	33	33	33	0	33	0	0
10	$d\theta_{sc}/dp$	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
11	SI 指数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Ky 指数	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
13	K 指数	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	N	N	Y	N
14	总温度	N	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	N	N
	不稳定能量条件结果/%	25	25	50	50	75	50	50	50	0	50	50	0
	诊断集合预报结果	A	C	A	A	B	B	A	B	C	B	A	C

表 4 2002 年 8 月 4 日(左)和 2007 年 8 月 25 日(右)20 时诊断结果
Tab.4 Diagnostic results at 20:00 August 4,2002 (left) and August 25,2007(right)

N	物理量	临夏		和政		康乐		东乡		广河		永靖	
1	温度露点差	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	比湿	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	相对湿度	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	假相当位温	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
5	水汽通量	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
6	水汽通量散度	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	水汽条件结果/%	100	100	83	100	67	100	100	100	100	100	83	66
7	散度	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	N
8	涡度	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y
9	垂直速度	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	N	Y
	垂直运动结果/%	67	100	67	100	0	100	33	100	67	100	0	67
10	$d\theta_{sc}/dp$	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
11	SI 指数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Ky 指数	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
13	K 指数	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y
14	总温度	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	N	Y
	不稳定能量结果/%	75	100	75	100	50	100	50	100	50	100	50	75
	诊断集合预报结果	B	A	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A

5 小 结

(1)根据大暴雨产生的物理条件,利用相关物理量建立的大一暴雨物理量诊断集合预报模型对临夏州大一暴雨的短期预报具有一定的指示意义。

(2)该物理量诊断集合预报模型对 12 h 内的大一暴雨预报效果较好,对 24 h 内的大一暴雨预报效果相对较差。

本文总结的各个物理量指标主要是根据临夏州夏季不同降水强度个例总结出来的,其诊断模型也主要是从预报经验角度建立的诊断关系,但是各个物理量指标是随季节、地点等的变化而有所不同,所以在不同地区、不同季节,该模型中的各个物理量指标都应该具体而定。

参考文献:

- [1] 白肇焯,徐国昌,孙学筠. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社, 1988, 202 - 205.
- [2] 樊明,周军,冯军,等. 几种物理量在陇南暴雨预报中的初步应用[J]. 干旱气象, 2006, 24(4): 35 - 39.
- [3] 王建兵,王振国,李晓媛,等. 甘南高原一次突发性强对流天气的诊断分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(3): 54 - 60.
- [4] 滕水昌,渠永兴,王坚,等. 河西走廊一次突发性暴雨天气的诊断分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(3): 66 - 71.
- [5] 乔全明,阮旭. 天气分析[M]. 北京:气象出版社, 1990. 50 - 52.
- [6] 刘还珠,汤桂生. 暴雨落区预报释用方法[M]. 北京:气象出版社, 2000. 170 - 181.
- [7] 顾钧禧,章基嘉,巢纪平,等. 大气科学词典[M]. 北京:气象出版社, 1994. 16 - 17.
- [8] 王式功,靳立亚. 天气诊断分析[M]. 兰州:兰州大学出版社, 1991. 23 - 61.

A Physical Quantity Diagnostic Integration Forecast Model About Heavy - Rainstorm in Linxia of Gansu

JIA Xiaoqin, CAI Guangzhen, MA Xujie

(*Linxia Meteorological Bureau of Gansu Province, Linxia 731100, China*)

Abstract: The physical quantities and their indices relative to heavy rain occurred in Linxia of Gansu were summarized. Based on surface and aerological observations and T213 data, the physical quantities at each meteorological station in Linxia were accounted by triangular interpolation method, and a physical quantity diagnostic integration forecasting model about heavy - rain in Linxia was established. And the model has the certain forecasting ability to heavy rain in Linxia.

Key words: heavy - rainstorm; physical quantity; diagnosis; integration forecasting model

(上接第 331 页)

Analysis of Meso - scale Characteristic of the Squall Line on May 16, 2009 in the North of Shaanxi

GAO Jie¹, CUI Zhu'nan¹, JIN Yingyan², GONG Minying¹

(1. *Meteorology Center, Northwest Air - traffic Management Bureau, CAAC, Xi'an, 710082, China;*
2. *Meteorology Division, Northwest Air - traffic Management Bureau, CAAC, Xi'an, 710082, China*)

Abstract: Based on the conventional observation data, Doppler radar data and automatic meteorological station data, a squall line case occurred in the north of Shaanxi on May 16, 2009 was analyzed. The result show that an unstable stratification with warm and humid air at the low level and cold and dry air at the upper level was a favorable condition for the storm, and the cold downdraft at the rearward of the storm was obvious. The storm had a structure of double convergence center on the divergence field, which could intensify the surface depression and the vertical updraft. The squall line had obvious meso - scale characteristics with meso - scale convergence line at low level identified from Doppler radial velocity chart, and the squall line was well correlation with dewpoint front, meso - scale depression and convergence line of wind field.

Key words: squall line; meso - scale; radar radial velocity