

文章编号: 1006-4354 (2005) 03-0004-03

铜川市暴雨动力相似预报方法

王灵一, 孙田文

(铜川市气象局, 陕西铜川 727031)

摘 要: 利用高空实况资料客观分析, 计算出多层、多时次的诸物理量格点资料, 采用动力相似方法, 找出铜川市有暴雨日与无暴雨日的前期、开始、过程中的物理量气候差别, 建立暴雨动力相似预报方法, 业务化时用实况资料与 T213 数值产品共同作预报, 效果良好。

关键词: T213 产品; 物理量; 动力相似; 暴雨预报

中图分类号: P457.6

文献标识码: A

1 方法思路

在暴雨个例分析中, 每次暴雨过程有不同的影响系统, 而每次各系统的强弱不一, 在物理量场上所表现出来的特征也各不相同, 有时在个例分析中看到的显著特征, 而到了另一次过程中降水却很小, 那么, 到底物理量和实际降雨量有没有一种量的关系? 暴雨预报应怎样应用这些物理量? 本文初步统计了铜川暴雨与高空物理量值变化之间的关系。

暴雨的动力相似预报方法的基本思路^[1]是: 各次暴雨过程的物理量特征虽不同, 但多次暴雨过程的物理量平均值将代表暴雨过程的物理量气候特征; 同样, 多次无暴雨过程的物理量平均值也代表无暴雨过程的气候特征, 则有暴雨和无暴雨过程的气候特征就通过物理量值的差异体现出来。预报时, 实际物理量与这两种特征物理量相

比较, 接近哪一类则预报为那一类。

2 动力过程相似的确定

2.1 选用的空间范围

动力相似预报, 是在暴雨落区范围内, 研究四维空间内暴雨过程的发生、发展变化的特征。水平方向上考虑的是一定范围的场作为一个预报因子, 而不是一个点; 垂直方向上, 从低层 850 hPa 到高层 200 hPa 的厚度层; 时间上, 考虑了 3 个时次, 即暴雨发生、发展的过程; 因子方面, 考虑影响降水的热力、动力、水汽、稳定度等多种因子。

查阅铜川暴雨历史个例, 从 MICAPS 系统中 $4^\circ \times 4^\circ$ 区域内的实况资料场上, 在影响铜川天气的关键区选东西方向、南北方向各两个格点, 动力场和形势场一般取 $32 \sim 36^\circ\text{N}$, $104 \sim 108^\circ\text{E}$ 范围, 水汽通量散度场选 $108 \sim 112^\circ\text{E}$, 大致以铜川为中心, 一层等压面上 4 个值; 垂直方向选用了

收稿日期: 2004-12-28

作者简介: 王灵一 (1964-), 女, 陕西合阳人, 工程师, 学士, 从事天气预报工作。

的方法。

参考文献:

- [1] 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感处理原理和算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 蒋黎明, 刘荣高, 牛 铮, 等. MODIS 1B 影像几何纠正方法研究及软件实现 [J]. 遥感学报, 2004, 8 (2): 158-164.
- [3] MODIS Level 1A Earth Location: Algorithm

Theoretical Basis Document [Z]. 1997, <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

- [4] HDF User's Guide [Z]. 1999, <http://modis.gsfc.nasa.gov>.
- [5] 郭广猛. 非星历表法去除 MODIS 图像边缘重叠影响的研究 [J]. 遥感技术与应用, 2003, 18 (3): 172-175.
- [6] 郭广猛. 关于 MODIS 卫星数据的几何校正方法 [J]. 遥感信息, 2002, (3): 26-28.

850 hPa、700 hPa、500 hPa、400 hPa、300 hPa、200 hPa 共 6 层, 其中水汽通量散度只选用了 850 hPa、700 hPa 两层。对过程的描写挑选了预报初始时刻(预报日 08 时)、暴雨过程的开始(预报日 20 时)及暴雨过程中间(暴雨日 08 时)共 3 个时次, 描写动力过程的物理量是垂直速度、水汽通量散度、涡度和散度, 这样共选用了 60 个物理量场。

2.2 个例的选取

由于铜川日降水量大于 50 mm 的个例非常少, 为了增加研究对象的气候概率, 选取 1998—2002 年 20 时—20 时日降水量 ≥ 38.0 mm 为一个暴雨个例日, 共得到 8 个暴雨个例。又在以上年份中的 5—9 月, 抽取有影响系统, 但无暴雨的 4 类个例(大雨、中雨、小雨、无雨)各 10 个, 共 40 个无暴雨个例。

2.3 因子计算

首先计算暴雨个例的 60 个物理量特征。某一个物理量是由周围 4 个格点上的值求和, 再对所有暴雨个例求平均得到的。

先对每一层 4 个格点上的值求和:

$$Y_{j,k} = \sum_{i=1}^4 Y_{i,j,k},$$

其中 $i=1, 2, 3, 4$, 为某层某时次某物理量的格点序号; $j=1, 2, \dots, 8$, 为暴雨个例序号; $k=1, 2, \dots, 60$, 为物理量序号。

然后对所有个例求平均:

$$Y_k = \sum_{j=1}^8 Y_{j,k} / 8,$$

这样共得到有暴雨的 60 个物理量指标 \bar{Y}_k 。

同样, 随机抽取 1998—2002 年无暴雨日的 4 类个例(大雨、中雨、小雨、无雨)各 10 个, 分别用以上方法处理, 得到 4 组 60 个物理量指标:

$$Y1_{k,n} = \sum_{j=1}^{10} Y_{j,k,n} / 10;$$

其中 $n=1, 2, 3, 4$, 表示 4 种无暴雨类型; $k=1, 2, \dots, 60$, 为物理量序号。

通过对这 5 类数据进行比较, 发现物理量场的数值大小与铜川降水量级的关系十分明显。

再对无暴雨的 4 组物理量指标求平均, 得到

无暴雨的 60 个物理量指标:

$$Y1_k = \sum_{n=1}^4 Y1_{k,n} / 4.$$

通过对有暴雨和无暴雨的两类物理量指标进行比较, 发现两组指标中, 有的物理量在数值上差别很小, 对预报有、无暴雨没有指示意义。于是, 当两类物理量的差值的绝对值小于 10 时, 视为无预报价值的指标去掉, 这样保留了 37 个指标(见表 1)。它们是: 5 层、3 个时次的垂直速度 ω (单位: 10^{-4} hPa/s), 共 15 个指标; 850 hPa 和 700 hPa 层、3 个时次的水汽通量散度 qD (单位: 10^{-8} g/($\text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$)), 共 5 个指标; 6 层、3 个时次的涡度 ξ (单位: 10^{-6} s^{-1}), 共 17 个指标。散度场指标则全部被剔除了。

3 回报检验

分别计算出 8 个有暴雨和 40 个无暴雨个例的 37 个物理量场, 将它们分别与这两类相应的指标比较, 采用域块距离来确定:

$D_{b,k} = |Y_k - Y_{b,k}|$, $D1_{b,k} = |Y1_k - Y_{b,k}|$; 其中 $k=1, 2, \dots, 37$, 为因子序号; $b=1, 2, \dots, 48$, 为个例序号。

若 $D_{b,k} < D1_{b,k}$, 则为有暴雨类, 反之为无暴雨类。在 k 个指标中, 如果属于有暴雨类的指标个数多, 则预报有暴雨, 反之预报无暴雨。

对以上 48 个个例的检验得出, 非暴雨(无雨、小雨、中雨、大雨)个例均不符合暴雨指标(无空报), 而暴雨个例中, 有发生在 9 月的 2 个个例不符合暴雨指标, 6、7、8 月个例均符合暴雨指标。

错报的 2 个个例是稳定性降水, 雨下得很平缓, 持续时间 20 多小时, 对流上升运动不强, 环流正涡度小, 能量也比较低。

4 利用 T213 数值预报产品对暴雨预报方法业务化

用前面的方法选好指标以后, 引进 T213 产品业务运行。预报日 08 时仍用当天的实况资料, 格距 $4^\circ \times 4^\circ$ 经纬度格距的网格点资料; 20 时和次日 08 时资料用前一天 T213 相应时次的数值预报产品, 格距为 $1^\circ \times 1^\circ$ 的网格点资料, 这样, 在关键区内的 T213 资料格点数为实况资料格点的 4 倍, 所得的物理量场应除以 4, 再与其相应的两

表 1 铜川暴雨动力相似 37 个指标对照表

时次	因子 序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
08 时	因子 代号	ω_{700}	ω_{500}	ω_{400}	ω_{300}	ω_{200}	qD_{850}	qD_{700}	ξ_{850}	ξ_{700}	ξ_{500}	ξ_{400}	ξ_{300}	ξ_{200}
	有暴 雨	-20.7	-39.8	-38.0	-29.7	-17.6	-22.5	-12.9	21.1	30.2	11.0	13.9	-50.0	-94.1
	无暴 雨	-7.04	-8.61	-7.0	-6.37	-5.8	-6.3	0.5	-0.3	6.7	-14.7	-36.3	-66.7	-110.8
时次	因子 序号	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20 时	因子 代号	ω_{700}	ω_{500}	ω_{400}	ω_{300}	ω_{200}	qD_{850}	qD_{700}	ξ_{850}	ξ_{700}	ξ_{500}	ξ_{400}	ξ_{300}	ξ_{200}
	有暴 雨	-22.8	-36.2	-38.7	-38.7	-22.5	-28.8	-17.2	15.1	25.7	26.8	3.9	-43.0	-88.1
	无暴 雨	-11.8	-13.3	-11.3	-10.6	-4.1	-6.6	5.9	0.6	4.8	-8.7	-24.2	-61.0	-102.3
时次	因子 序号	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
次日 08 时	因子 代号	ω_{700}	ω_{500}	ω_{400}	ω_{300}	ω_{200}	qD_{850}	qD_{700}	ξ_{850}	ξ_{700}	ξ_{500}	ξ_{400}		
	有暴 雨	-29.1	-50.2	-49.9	-40.6	-22.9	-37.1	13.6	38.7	23.5	-3.4	-53.4		
	无暴 雨	-11.7	-26.6	-26.9	-22.4	-12.3	-5.8	-3.9	19.2	8.8	-14.9	-81.1		

注: ω 单位为 10^{-4} hPa/s; qD 单位为 10^{-8} g/($\text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$); ξ 单位为 10^{-6} s^{-1}

类 37 个指标进行比较。接近哪一类的指标数量大于等于 19, 即预报为有(或无)暴雨。

该方法业务化以后, 所需资料已经全部与 MICAPS 系统接口。在每天 12 时以后, 就可以查看运行结果。铜川气象台保留了历史资料, 也可以输入指定的日期运行, 作出夏季任一天 24 h 预报, 以检验方法。依次类推, 用 T213 相应时次的产品输入, 可以作出 48 h、72 h 暴雨预报。在对 2003 年宜君 7 月 15 日、铜川 8 月 28 日、铜川 8 月 29 日三站暴雨预报中: 28 日暴雨漏报, 其它两次正确, 另外 8 月 30 日空报暴雨, 预报正确率 50%。

对 2004 年 8 月 10 日耀县、20 日宜君出现的大雨预报, 均漏报; 用实况值代替 T213 产品, 20 日预报正确, 10 日漏报。实际上 10 日为局地性大雨, 20 日为区域性大雨。

5 小结与讨论

5.1 采用动力相似预报方法, 物理意义相对清

晰, 使用多层、多时次的实况资料和 T213 数值预报物理量场, 尤其是垂直速度, 从 850 hPa 到 200 hPa 六层均为负值, 与无暴雨的物理量差异明显, 对日常业务有较好的参考价值。

5.2 预报效果对比分析表明, 三个时次资料均用实况资料时准确率高于用 T213 产品资料作预报, 需要对 T213 产品进行经验性误差订正。

5.3 通过对几次暴雨的预报分析, 当铜川连同省内其它站出现暴雨时, 预报准确率较高; 当仅有铜川局地一个站暴雨时预报准确率仍然较差, 所以, 对于预报局地性暴雨, 本方法还需要改进。

参考文献:

- [1] 中国气象局天气司. 省地气象台短期预报员岗位培训教材 [M]. 北京: 气象出版社, 1998. 111.