

相似离度在入型判别和定时、定点、定量预报中的应用^①

张丰启 崔晶

王仁胜

(山东省威海市气象局,威海 264200)

(山东省荣成市气象局)

提 要

应用 1986~1997 年的常规探空资料,用相似离度制作了威海市冰雹强对流天气定时、定点、定量的概率预报方法。根据合成的威海市冰雹的四种环流型的数值信息,用相似离度实现了预报场的入型判别。应用 HLAFS 某时刻预报产品和多级相似方法实现威海市冰雹的多时次、定时、定点、定量、客观自动化概率预报。

关键词: 相似离度 入型判别 多级相似 定时 定点 定量预报

引 言

以前预报员通过大脑的记忆,积累了丰富的预报经验和历史上典型的天气过程,在预报实践中与记忆中的天气过程找相似。现如今随着计算机发展,可以通过计算机客观记忆大量的天气过程,利用描述相似的数学统计量,定量表达两个天气形势的相似程度,使相似预报更客观、更具体。

相似比较的数学衡量标准有若干种,李开乐^[1]列举几种描述相似的统计量,如相似系数、海明距离、欧氏距离等,对它们的优劣给予分析之后,提出描述相似比较完备的统计量——相似离度。赵光平等^[2]利用相似离度和数值预报产品制作了宁夏暴雨动力相似预报系统。林开平等^[3]利用相似离度和数值预报产品制作了广西前汛期暴雨落区预报。本文介绍在利用相似离度做冰雹预报中,相似离度应用的一些使用体会,用相似离度做环流型的入型判别,为解决预报中入型判别客观自动化难的问题提供了一个有效途径。探讨用相似法实现威海市冰雹预报的多时

次、定时、定点、定量、客观自动化的问题。

1 相似离度介绍

$C_{i,j}$ 表示两样本的相似离度,则

$$C_{ij} = 0.5 \times (S_{ij} + D_{ij}) \quad (1)$$

其中

$$S_{ij} = \left(\sum_{k=1}^M |X_{ijk} - E_{ij}| \right) / M \quad (2)$$

$$D_{ij} = \left(\sum_{k=1}^M |X_{ijk}| \right) / M \quad (3)$$

$$X_{ijk} = X_{ik} - X_{jk} \quad (4)$$

$$E_{ij} = \left(\sum_{k=1}^M X_{ijk} \right) / M \quad (5)$$

X :表示因子数值; M :表示每个样本取 M 个格点; k :表示格点序号, $k = 1, 2, \dots, M$;
 i, j :表示两个不同的样本。

显然, X_{ijk} 表示 i 样本与 j 样本对应的逐个格点值的差值,所以 E_{ij} 表示了 i 样本与 j 样本所有格点值之间的总平均差值。另外, $|X_{ijk}|$ 表示 i, j 两样本的逐个格点值的绝对距离,所以 D_{ij} 表示两样本所有格点值间的平均距离,它能反映 i, j 样本的格点值之

① 本文得到山东省气象局科技基金资助

间在总平均数值上的差异程度,即靠近程度,称为值系数。

如果两样本间差值相等,根据式(5),有

$$X_{ij1} = X_{ij2} = \dots = X_{ijm} = E_{ij}$$

从式(2)可知,若 $S_{ij} = 0$, i, j 两个样本的形状是完全相似的,相反,如果 $X_{ij1}, X_{ij2}, \dots, X_{ijm}$ 彼此差异很大,两样本的形状就不相似。形状差别越大, S_{ij} 越大, S_{ij} 反映了 i, j 两样本的相似程度,称为形系数。

相似离度 C_{ij} 是由形系数 S_{ij} 和值系数 D_{ij} 决定的,由于 S_{ij} 与 D_{ij} 数量级相同,因此 C_{ij} 值取两者平均即可。 C_{ij} 越小越相似, C_{ij} 越大越不相似。

2 相似离度在环流入型判别中的应用

分析威海市冰雹天气的影响系统和地理位置,确定出造成冰雹天气发生的关键区,其

范围是 $31 \sim 55^\circ\text{N}, 106 \sim 135^\circ\text{E}$, 这一区域基本包含了冰雹发生前 12 小时天气系统所处的位置。根据雹日 500hPa 关键区的天气形势特征,把降雹的环流形势分为低涡型、低槽型、西北气流小槽型和横槽型。

运用 1986~1995 年逐日 00 时、12 时的高空报文资料,利用最优插值客观分析方法,对关键区进行客观分析,生成格点资料,对 1986~1995 年各型冰雹发生前 12 小时内的天气形势进行合成,得到各型冰雹关键区内上下层天气形势的气候态网格点资料(如图 1 所示),即冰雹天气环流分型的信息化资料。

实际预报中,用 HLAFS 某一时刻的数值预报产品的关键区资料与冰雹的四种环流型分别求相似,取其中最相似的环流型作为入型候选。如果相似程度达到该型的入型条

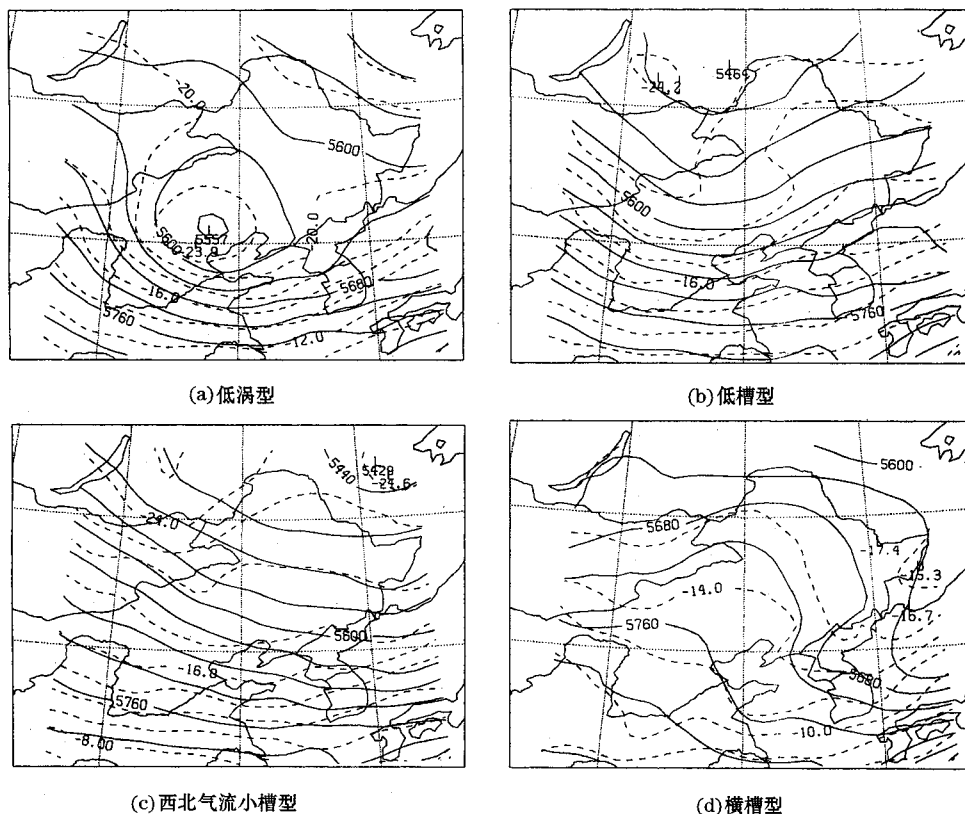


图 1 威海市冰雹天气 500hPa 各环流型高度(实线)、温度(虚线)场合成

件,则进入该环流型,否则预报场被认为不是冰雹天气形势。

各环流型入型条件的确定,以低涡型为例。将低涡型雹日样本的 500 hPa 高度场与本型的合成场 500 hPa 高度求相似离度,求得的若干个相似离度值,取其中的最大值(低涡型历史样本中与本型合成场相似最差的相似离度),作为低涡型的入型条件。同样的方法,可以得到其它环流型的入型条件。低涡型入型条件:相似离度 ≤ 0.09565 ;低槽型入型条件:相似离度 ≤ 0.11162 ;西北气流小槽型入型条件:相似离度 ≤ 0.09930 ;横槽型入型条件:相似离度 ≤ 0.09085 。

在威海市冰雹预报方法的研究、试验和业务应用中,用相似离度进行入型判别具有很高的效率,可以保证天气形势入型的准确,一定程度上起到了消空作用,减少了方法的空报。

3 相似离度在定时、定点、定量预报中的应用

用相似离度这个统计量,寻找与预报场天气形势相似的若干相似的历史样本,根据相似样本对应的后 12 小时内的实况天气,预报未来 12 小时的天气,这样就可以做到定时、定点、定量预报。其关键在于找出非常相似的历史样本,这要求建立一个代表性强的历史样本库。

历史样本库的建立是将历史上冰雹发生前 12 小时内的高空各层要素场,以文本文件的形式堆放在文件夹中,文本存放形式是最优插值客观分析后的格点资料,用文件名识别资料的内容、时间和层次,如 95092600.50h,表示 1995 年 9 月 26 日 00 时 500hPa 高度。历史样本实况库的建立是将历史上威海市各区县冰雹发生的年月日时、降雹时间、降雹地点(降雹为 1,否则为 0。)和雹径大小,按规定格式横向排列,按历史降雹的时间顺序纵向排列,形成冰雹实况历史库

文本文件。

具体格式是:

	威海	文登	荣成	乳山
年月日时	冰雹时间雹径	冰雹时间雹径	冰雹时间雹径	冰雹时间雹径
92062600	1 1640 10 0		1 1720 5 0	
92062712	0	1 2230 10 1	2305 3 0	

威海市冰雹定时、定点、定量概率预报系统的流程(图 2)是:

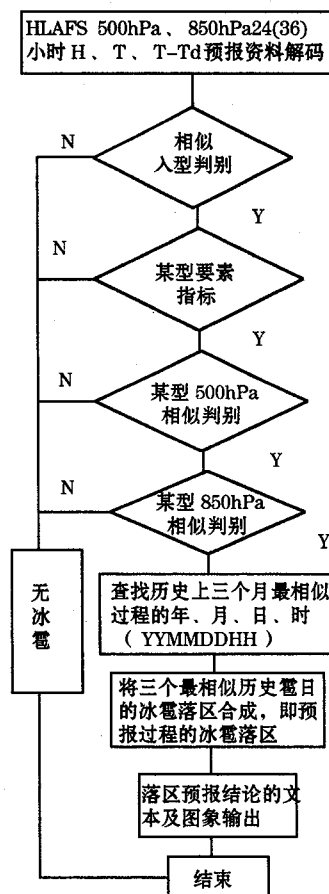


图 2 威海市冰雹定时、定点、定量、概率预报系统流程

① 获得未来的天气形势资料。利用 HLAFS 数值预报产品,得到未来某一时刻(如 12 小时、24 小时)冰雹天气系统关键区内的 H、T、T - T_d、U、V 等预报场的资料,预报某一时刻未来 12 小时的冰雹天气。这样一天可以两次制作多时次的冰雹预报。

② 用相似方法进行入型判别、消空。用

预报场中 500hPa 关键区高度场与历史冰雹各型的气候场求相似离度,达到某型入型条件,则进入该型冰雹预报的下一步过程,如各冰雹型的入型相似条件均未达到,则认为预报场不是冰雹天气形势。

③入型后用指标进行消空。预报场进入某一冰雹型后,利用该型的消空指标集对其消空处理,若被消去,则预报未来无冰雹天气,否则用预报场的 500hPa 高度场与型内历史雹日求相似离度,其值通过该型的 500hPa 高度场相似临界值(历史统计得到的)时,则认为两个 500hPa 高度场相似,否则认为两个 500hPa 高度场不相似。得到 500hPa 高度场相似的场之后,再求其 850hPa 高度场间的相似离度,其值通过该型 850hPa 形势的相似临界值(历史统计得到的),则认为两个过程相似,否则仍认为两个过程不相似。在与型内各个历史冰雹样本求相似后,有一个或多个历史样本与预报场相似,则认为未来有冰雹发生,否则预报未来无冰雹天气。

④冰雹预报定时、定点、定量、概率的确定。将三个与预报场最相似(以 500 hPa 相似为标准)的历史样本对应的冰雹实况进行合成,确定未来降雹时间、地点、直径及概率。三次都有降雹的地区降雹概率为 90%,二次有降雹的地区降雹概率为 60%,一次降雹的地区降雹概率为 30%。每个落点上取该点降雹的最相似个例的降雹时间、雹径为预报降雹时间和雹径。

各型要素指标确定。使用多指标叠套的原理,综合雹日样本中绝大多数样本的共同点,把共有的特点用多个指标表征出来,然后用这个指标集消空非降雹预报场。因天气型背景的不同,各型指标的强弱不同。如:低涡型消空指标集为北京、大连、成山头任一站 $T_{850} - T_{500} \geq 30^{\circ}\text{C}$, 或 $T_{850} - T_{500} + T_{d850} \geq 31^{\circ}\text{C}$, 同时 $(T - T_d)_{500}$ 不同时小于 5°C , $(T - T_d)_{500} + (T - T_d)_{850} \leq 25^{\circ}\text{C}$ 。

各型 500hPa 高度场相似离度临界值的确定。在某型的历史样本之间,用 500 hPa 关键区高度求算每一个样本与其它若干个样本的相似离度,找出每个样本最相似的历史样本,记录下两者的相似离度值,然后,在每个样本的历史最相似样本中,找出一对相似程度相对最差场的相似离度值,为减少空报,选相似程度次差的相似离度做该型冰雹的起报条件。如:低涡型 500 hPa 高度场相似离度临界值是关键区相似离度 ≤ 0.09644 。

各型 850 hPa 高度场相似离度临界值的确定。某型中,求算 500hPa 高度上每个样本与历史上最相似样本的 850 hPa 高度间的相似离度,得到一个相似离度的集合,在这一个集合,找出相似离度值小,分布相对集中的值域,作为该型冰雹的起报条件。如:低涡型 850 hPa 高度场相似离度临界值为关键区相似离度 ≤ 0.26732 。

4 相似离度在威海市冰雹定时、定点、定量预报的应用效果分析

试验设计:因冰雹天气是小概率事件,对 1986~1995 年 10 年逐日的 08 时、20 时资料进行处理,全面回代试验,由于计算能力、资料处理工作量及时间的限制,只能放弃。仅对 10 年间的雹日进行回代试验,结果是在 29 个雹日中,预报有冰雹天气的共 25 次,其中低涡型 7 次,低槽型 10 次,西北气流小槽型 7 次,横槽型 1 次。概括率是 $25/29 = 89\%$ 。

为进一步考察方法的实际应用能力,用方法研制资料以外的资料进行准业务试验。根据威海市冰雹的时空分布特征,用 1997 年实际资料进行试验,试验分春季(4 月下旬~7 月上旬)和秋季(9 月上旬~10 月下旬)两段,试验 140 天,结果是预报冰雹 16 次,出现冰雹 5 次,空报 11 次,漏报 2 次,预报准确率是 $5/18 = 28\%$,对冰雹天气有一定的预报能力,和历史预报水平比较有较大提高。最近

两年的业务运行中,威海市出现了三次降雹过程,强度弱,无灾。报对二次,其它空报中,大部分出现了雷雨天气,应用效果是比较好的。

5 结论与讨论

①相似离度可以较准确地衡量两个高度场间的相似程度。相似离度用于入型判别,能够在整体上把握环流形势的相似,加上适当的入型相似条件,可以较好的完成天气形势的入型判别工作。

②用相似法,应用 HLAFS 数值预报产品能够初步实现冰雹多时次、定时、定点、定量的概率预报。预报结果依赖于数值产品的准确率,依赖于历史样本库的代表性,实际应用中应注意不断的积累历史样本的容量,不断提高方法的预报能力。

③关键区大小对相似离度非常敏感,关键区过大,会减弱天气系统对相似离度的敏感性,关键区过小,会减少天气系统对相似离

度的影响信息。所以在能够包含造成天气的所有影响系统的前提下,尽量缩小关键区的范围。

④要素指标很重要,在环流相似中,更多地考虑了动力方面的相似,热力、能量、稳定度考虑很少,要素指标可以弥补这方面的不足,使预报场在动力、热力和能量上与历史样本都相似。

⑤物理量场间相似应用起来比较困难,尤其是空间分布强度变化大,尺度小的物理量,相似场很少,这方面尚需做更多的工作。

参考文献

- 1 李开乐. 相似离度及其使用技术. 气象学报, 1986, 44 (2): 174~183.
- 2 赵光平, 施新民, 丁永红. 宁夏暴雨动力相似预报系统. 气象, 2000, 26(7): 32~35.
- 3 林开平, 李菁, 郑宏翔等. 根据相似法用数值预报产品制作广西前汛期暴雨落区预报. 天气预报技术文集. 北京: 气象出版社, 2000: 196~199.

Application of Analog Deviation to Recognition Circulation Patterns and Forecasting of Quantifying, Timing and Locating

Zhang Fengqi Cui Jing

(Weihai Meteorological Office, Shandong Province, 264200)

Wang Rensheng

(Rongcheng Meteorological Station)

Abstract

The probability forecasting method of quantifying, timing and locating of hail storms in Weihai city is developed with analog deviation and sounding data from January 1986 to December 1997 in Eurasia. According to numerical information composed four circulation patterns of Weihai hail storms, the recognizing circulation patterns of numerical forecast production is finished with analog deviation. A multiple probability forecasting of quantify, timing and locating of hail storms is realized with HLAFS numerical forecasting production and multiple-stage analog method in Weihai city.

Key Words: analog deviation circulation patterns multiple-stage analog forecast of quantifying timing and locating