

江苏雷暴日发生规律及其大气环流 预报模型的建立

张旭晖¹ 高苹¹ 许祥² 陈广昌³

(江苏省气象科学研究所, 南京 210008; 2 江苏省溧水县气象局, 南京 211200; 3 江苏省防雷中心, 南京 210008)

摘要 根据江苏省 1961 ~ 2003 年逐日气象资料, 通过数理统计方法分析得出: 江苏各地全年有 96 % ~ 98 % 雷暴日出现在 3 ~ 9 月, 平均年雷暴日数为 27 ~ 36 天。平均年雷暴日太湖周边地区最多, 其次是里下河水网密集区及洪泽湖周边地区, 徐州市最少。年雷暴日的年际间波动大, 最多年份的雷暴日是最少年份的 2.5 倍。根据 500 hPa 大气环流特征量能表征天气形势和控制天气条件的这一特性, 利用最优化因子技术对环流因子进行普查、对比分析, 挑选一批与年雷暴日相关极其显著、稳定性强、因子间相互独立、可靠的大气环流特征量作为预报因子, 建立了江苏省年雷暴日预报的大气环流模型, 模拟及预报效果佳, 可投入实际业务应用。

关键词 雷暴日 发生规律 大气环流特征量 预报模型

引言

雷暴是强对流天气的产物, 对国民经济和军事活动危害较大。据估计, 全世界平均每分钟发生雷暴 2000 次, 每年因雷击造成的人员伤亡超过 1 万人, 直接经济损失达 20 亿美元以上。中国每年因雷击造成的人员伤亡约 3000 ~ 4000 人, 财产损失 50 ~ 100 亿元, 随着经济迅速发展, 单位面积上的财富越来越丰富, 同样强度的雷电可能造成的社会经济损失也越来越大, 因此防雷工作备受社会各部门的关注, 人们已在地区雷暴气候特征分析、雷暴的短期预测、雷电灾害发生机理、雷电灾害防御方面做了大量的研究^[1, 2], 但对全年雷暴日的预测研究较少。

本文利用江苏省 1961 ~ 2003 年逐日气象资料, 通过数理统计的方法, 分析全省雷暴发生的时空分布规律及变化趋势; 根据 500 hPa 大气环流特征量能表征天气形势和控制天气条件的这一特性, 采用最优化因子技术对环流因子进行普查、对比分析, 挑选一批与年雷暴日相关极其显著、稳定性强、因子间相互独立、可靠的大气环流特征量作为预报因子, 建立了江苏省年雷暴日预报的大气环流模型。本项研究成果可为防雷部门制定科学、经济、合理的防雷措

施提供依据, 具有一定的应用价值。

1 资料来源

利用江苏省 60 个气象观测站 1961 ~ 2003 年逐日气象资料, 统计分析 43 年雷暴日年际发生特点, 并由南向北取苏州、南京、徐州 3 个站代表不同的地区重点讨论。资料统计时, 只有闪电而无雷暴记录的不作为雷暴计算; 一日之内发生数次雷暴时只计为一个雷暴日。

在建立雷暴日的大气环流预报模型时, 选择影响我国天气过程的 74 项 500 hPa 大气环流特征量作为自变量, 分析其与年雷暴日之间的关系。江苏省雷暴日主要发生在 5 ~ 9 月, 考虑资料来源和预报时效, 选取上一年 1 月到当年 2 月份的环流特征量进行相关分析。

2 江苏省雷暴日的时空分布特征

2.1 年平均雷暴日的空间分布

雷暴的产生与地形、地貌、局地的热力、动力条件密切相关, 其时空分布很不均匀, 根据江苏省 1961 年以来的雷暴资料分析(图 1), 江苏的雷暴多发区是太湖周边地区, 苏州东山的平均年雷暴日全

省最多,为 36.1 天,宜兴、溧阳的平均年雷暴日也分别达到 36.0 天和 35.2 天。雷暴的另一个多发区是里下河水网密集区的泰州和高邮市、洪泽湖边的盱眙县,平均年雷暴日为 33~34 天。南京市位于长江边,年平均雷暴日为 31.5 天。淮南北部的徐州及连云港一带雷暴日少,平均年雷暴日数大多在 29 天以下,徐州市全省最少,仅为 25.2 天。

可以认为,太湖周边地区和水网交汇的地域是雷暴多发地区,且水域附近的丘陵山区雷暴更盛,这是由于局地水汽条件和地形抬升作用十分有利于雷暴天气系统的发生、发展。

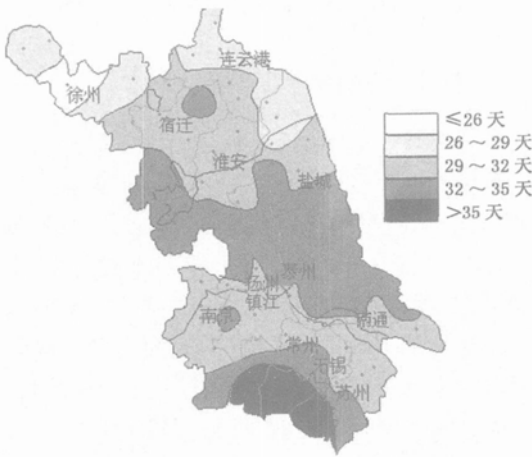


图 1 1961~2003 年江苏省年平均雷暴日数分布

2.2 雷暴的时间分布

2.2.1 年雷暴日数的年际波动

在 1961~2003 年期间,江苏平均年雷暴日数为 27~36 天,但雷暴日的年际间波动大,全省平均年雷暴日最多的年份是最少年份的 2.5 倍。1963 年是雷暴最多年份,全省年平均雷暴日数为 50 天,有 7 个县市在 60 天以上,溧阳高达 73 天,为江苏 1961 年以来之极大值;而雷暴日最少的 1989 年,全省平均只有 20 个雷暴日。

图 2 给出了江苏各站年雷暴日极大值与极小值差值的分布情况。由图可以看出,不同站点的雷暴日年际波动差异大。波动幅度最大的是太湖周边地区、宜溧山区,如溧阳县雷暴日最多的年份比最少的年份多达 61 天;而在吕泗、南京、大丰等地,雷暴日年际波动幅度相对较小,最大值与最小值相差不足 30 天。

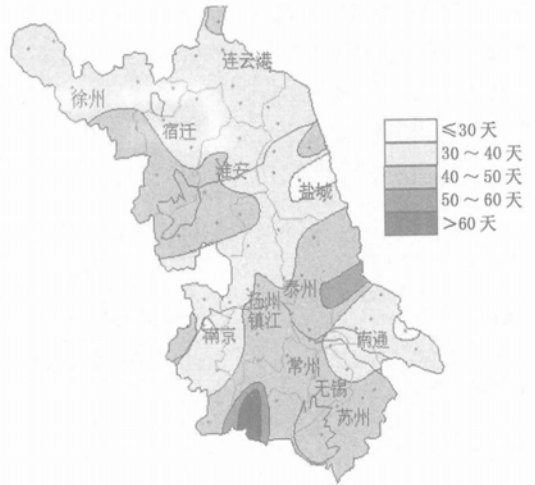


图 2 1961~2003 年江苏省年雷暴日极大值与极小值差值分布

2.2.2 年雷暴日数的趋势分析

为了进一步了解雷暴日的时间序列特征,采用气候趋势系数 r_t 计算方法,计算各地雷暴日年际变化趋势:

$$r_t = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2]^{1/2}} \quad (1)$$

其中, n 为年数, x_i 是第 i 年的雷暴日, $\bar{x}$ 为样本平均值, $\bar{t} = (n+1)/2$, r_t 的正(负)值表示该要素在计算的年内有增(降)的趋势(用直线表示)。

图 3 是南京市 1961~2003 年期间年雷暴日随时间变化曲线,可以看出南京雷暴序列的气候变化有明显的减少趋势。徐州、苏州及江苏其它大部分地区近 43 年来雷暴的发生大多呈现减少的变化趋势。

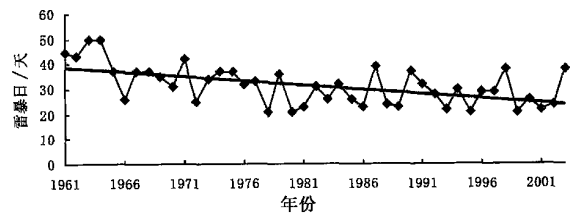


图 3 南京市雷暴日的年际变化

2.3 雷暴发生的季节变化特征

由 1961~2003 年各地雷暴日出现日数(表 1)可见,一年四季中,雷暴以夏季出现最多,历年平均出现 18~23 个雷暴日,是冬、春、秋季累计平均出现日数的 2 倍多,淮北地区约占全年雷暴出现日数的

70%~75%,淮河以南地区占64%~72%。春季次之,历年平均出现4~7个雷暴日,占全年雷暴出现日数的15%~22%。由于江苏冬季干冷,大气层稳定,因而雷暴发生少,淮北地区1961~2003年冬季发生雷暴的次数大约是10年1遇。

表1 1961~2003年各季雷暴出现日数分布

地名	平均雷暴出现日数				占全年雷暴出现日数百分比			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
徐州	4.1	19.0	2.0	0.1	16.2	75.6	7.8	0.5
连云港	4.2	20.5	2.4	0.1	15.5	75.3	8.7	0.4
宿豫	5.0	23.0	2.6	0.2	16.1	74.8	8.5	0.6
盐城	5.3	22.1	3.2	0.3	17.2	71.6	10.3	1.0
南京	6.8	21.4	2.7	0.5	21.7	68.1	8.5	1.7
扬州	6.3	22.4	3.1	0.5	19.4	69.6	9.6	1.4
南通	6.1	21.5	4.2	0.3	19.1	67.1	13.0	0.8
无锡	6.9	20.7	4.2	0.3	21.5	64.4	13.0	1.1
苏州	6.3	18.8	3.6	0.3	21.6	64.8	12.4	1.1

2.4 雷暴发生的月变化特征

温暖潮湿的上升气流是产生雷暴云的必要条件,江苏每年3月气温开始回升,雷暴发生的次数逐月增加,至7月份空气中水汽含量最充足,雷暴现象最多,8月份略有回落,9月以后迅速减少。1961~2003年资料统计结果显示,全年有96%~98%雷暴日出现在3~9月。一年中7月份出现雷暴日最多,该月雷暴日数最多的沿淮一带,平均有11天出现雷暴,其它地区也有8~10天的雷暴。该月淮北地区雷暴日数占全年的34%~36%,沿江的苏南地区占全年的25%~30%。8月雷暴日数仅次于7月,累计平均7~9天,占全年的1/4。12月份全省雷暴日最少,淮北及沿淮地区该月几乎没有发生过雷暴(图4)。

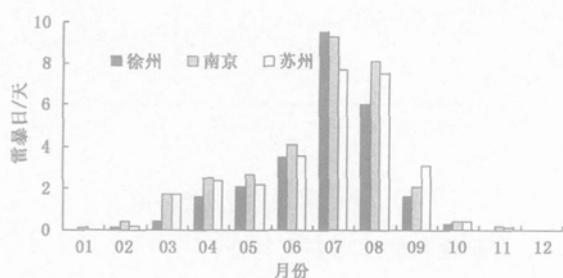


图4 苏州、南京、无锡各月平均雷暴日数

另外,从雷暴日历年逐月方差图(图5)可以看出:7、8月雷暴日方差较大,说明这2个月雷暴日的

变化幅度大,且以北部地区的7月最为剧烈。6月雷暴日方差与9月相当,远小于7、8月,可见7、8月的雷暴有着明显的年际变化。

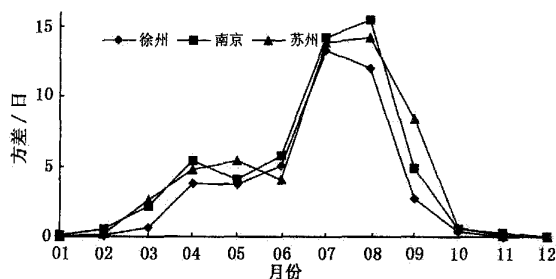


图5 苏州、南京、徐州逐月雷暴日方差图

3 年雷暴日大气环流预报模型的建立

副热带高压是形成雷暴的主要天气系统,约占总出现日数的一半,其次是高压槽、低压槽^[3]。由于500 hPa大气环流系统是由超长波、长波和短波系统组成,它表征了大气经向、纬向环流、副热带高压、东西槽、印缅槽、西藏高原、南方涛动指数及极涡等大形势天气过程的活动情况,故它们对一般天气条件的影响也存在一定的滞后效应^[4,5]。因此,本文选择影响我国天气过程的74项500 hPa大气环流特征量作为自变量,分析其与年雷暴日之间的关系。江苏的雷暴主要发生在5~9月之间,考虑资料来源和预报时效,选取上一年1月到当年2月的环流特征量进行相关分析。

将1961~2002年的资料作为历史样本用于相关分析和建模,2003和2004年的资料作为独立样本用于模式效果检验。

3.1 500 hPa大气环流特征量与雷暴日相关分析

自变量与因变量之间存在着不同形式(线性、非线性)的相互关系,找到两者之间最合适的相关形式非常重要,但也十分困难。而最优化相关普查方法^[6]可以解决这一问题。为了增加因子的信息量,首先对因子进行了膨化处理^[7],然后再进行最优化普查。

因子X的线性和非线性(含单调和非单调的单峰(谷)型)化处理可归纳为一种通用变换形式:

$$Q = (|X - b| / B + 0.5)^a \quad (2)$$

式中a、b为待定参数,且 $X_{\min} \leq b \leq X_{\max}$, $B = \max(X_{\max} - b, b - X_{\min})$ 。

经上式变换后, Q 与 Y (Y 为因变量) 必为单调关系, 且 $(|X - b| / B + 0.5)$ 的值在区间 $[0.5, 1.5]$ 内变化。对于单峰(谷)型关系的因子, 为了避免 X 在最低或最高值附近出现个别样本的偶然误差影响, b 的取值以 $[X_{\min} + (X_{\max} - X_{\min}) / 4] \leq b \leq [X_{\max} - (X_{\max} - X_{\min}) / 4]$ 为宜。至于 a 值, 根据我们的实际工作经验, 一般在 $(-10, -1/10)$ 和 $(1/10, 10)$ 两个区间内取值效果较好。待定参数 a 、 b 可用最优化技术求出。令目标函数为

$$f(a, b) = 1 - R^2 = \min \quad (3)$$
 R 为 a 、 b 取一定值时, Q 与 Y 的相关系数。应用二维寻优的变量转换思路将其分解为一元问题逐步处理^[7]。

于是, 经过上述方法处理普查后获得的因子, 是一批与因变量相关最显著的因子。

3.2 建立雷暴日的预报预警模型

3.2.1 独立性检验

统计回归模型的拟合, 首先要估计其系数, 但在任何情况下系数都可估计, 对于线性回归方程的最小二乘法拟合来说, 如果自变量数据矩阵 $X_{n \times p}$ 有以下关系

$$|X'X| = 0 \quad (4)$$

即自变量相关阵的行列式等于 0, 则系数就无法估计, 这表明 X 中有多元共线性存在。为了解决这一问题, 本文选用主成分识别法^[6]进行因子的独立性检验, 剔除共线性因子。在达到 $\alpha = 0.01$ 信度水平的相关显著因子中分别剔除掉复共线性因子, 可以认为剩下的因子是分别与各区相关显著、稳定并且相对独立的因子, 表 2 给出徐州、南京和苏州年雷暴日的建模因子。

表 2 徐州、南京和苏州年雷暴日环流建模相关因子内容、时段、函数形式和相关系数

	内容	时段	函数形式	相关系数
徐州	北非副高面积指数(X_{101})	上年 10 ~ 11 月平均值	$(X - 28.5 / 28.5 + 0.5)^{2.97}$	0.580
	北非大西洋北美副高面积指数(X_{102})	上年 9 ~ 11 月平均值	$(X - 24.0 / 32.0 + 0.5)^{0.75}$	- 0.506
	北非副高强度指数(X_{103})	上年 11 ~ 当年 1 月平均值	$(X - 12.9 / 12.9 + 0.5)^{1.31}$	0.615
	南海副高强度指数(X_{104})	上年 12 ~ 当年 1 月平均值	$(X - 5.6 / 11.4 + 0.5)^{-2.99}$	- 0.471
	北半球副高脊线(X_{105})	上年 6 月	$(X - 21.4 / 4.4 + 0.5)^{-2.28}$	0.420
	北非大西洋北美副高脊线(X_{106})	上年 9 ~ 11 月平均值	$(X - 19.1 / 11.5 + 0.5)^{-2.78}$	- 0.441
	北半球副高北界(X_{107})	上年 9 ~ 10 月平均值	$(X - 27.7 / 4.2 + 0.5)^{0.75}$	0.444
	北非副高北界(X_{108})	上年 9 ~ 11 月平均值	$(X - 25.2 / 15.5 + 0.5)^{-2.73}$	- 0.518
	北非大西洋副高北界(X_{109})	上年 7 月	$(X - 36.6 / 2.6 + 0.5)^{-2.08}$	0.544
	北美区极涡面积指数(X_{110})	上年 4 ~ 6 月平均值	$(X - 179.3 / 28.3 + 0.5)^{2.98}$	- 0.520
	太平洋区极涡强度指数(X_{111})	上年 2 月	$(X - 98.8 / 31.8 + 0.5)^{-2.70}$	0.487
	亚洲经向环流指数(X_{112})	上年 5 ~ 7 月平均值	$(X - 41.7 / 11 + 0.5)^{1.49}$	- 0.596
	东亚槽位置(X_{113})	上年 5 月	$(X - 148.6 / 25.6 + 0.5)^{-.75}$	0.439
	西藏高原位势高度(X_{114})	上年 11 月	$(X - 540.0 / 30.0 + 0.5)^{-2.98}$	0.505
	冷空气次数(X_{115})	上年 11 月	$(X - 2.4 / 2.4 + 0.5)^{-2.99}$	0.451
	编号台风个数(X_{116})	上年 11 ~ 12 月平均值	$(X - 2.3 / 1.8 + 0.5)^{3.00}$	- 0.416
	编号台风个数(X_{117})	上年 6 ~ 8 月平均值	$(X - 5.3 / 4 + 0.5)^{2.97}$	- 0.502
南京	西太平洋副高面积指数(X_{201})	上年 3 月	$(X - 30.0 / 29 + 0.5)^{-2.41}$	- 0.424
	西太平洋副高强度指数(X_{202})	上年 4 月	$(X - 82.1 / 79.1 + 0.5)^{-2.96}$	- 0.399
	北半球副高脊线(X_{203})	上年 2 ~ 3 月平均值	$(X - 13.2 / 5.2 + 0.5)^{-2.89}$	- 0.517
	大西洋副高脊线(X_{204})	上年 5 ~ 6 月平均值	$(X - 31.5 / 9.5 + 0.5)^{-2.25}$	- 0.379
	北半球区极涡面积指数(X_{205})	上年 10 月	$(X - 834.3 / 91.3 + 0.5)^{-1.08}$	0.406
	北半球区极涡面积指数(X_{206})	上年 11 ~ 12 月平均值	$(X - 838.6 / 89.6 + 0.5)^{-2.30}$	0.494
	北美区极涡强度指数(X_{207})	上年 1 月	$(X - 73.9 / 35.1 + 0.5)^{-0.75}$	- 0.508
	大西洋欧洲区极涡强度指数(X_{208})	上年 11 ~ 12 月平均值	$(X - 53.4 / 12.1 + 0.5)^{1.41}$	- 0.425
	北半球极涡中心位置(X_{209})	上年 5 月	$(X - 200.1 / 200.1 + 0.5)^{1.50}$	- 0.434
	大西洋欧洲环流型 C(X_{210})	上年 5 ~ 7 月平均值	$(X - 7.9 / 7.4 + 0.5)^{0.54}$	0.420
	西藏高原位势高度(X_{211})	上年 9 月	$(X - 714.4 / 54.6 + 0.5)^{-1.50}$	0.535
	编号台风个数(X_{212})	上年 3 ~ 5 月平均值	$(X - 2.9 / 2.6 + 0.5)^{-2.01}$	0.534
	南方涛动指数(X_{213})	上年 1 ~ 2 月平均值	$(X - 5.0 / 36.5 + 0.5)^{2.03}$	- 0.450

(续表 2)

内容		时段	函数形式	相关系数
苏州	北非副高强度指数(X_{301})	上年 3 ~ 4 月平均值	$(X - 97.1 / 62.4 + 0.5)^{-2.29}$	- 0.469
	北非副高强度指数(X_{302})	上年 1 ~ 3 月平均值	$(X - 40.5 / 47.1 + 0.5)^{-2.98}$	- 0.446
	北非副高脊线(X_{303})	上年 4 ~ 5 月平均值	$(X - 23.3 / 3.2 + 0.5)^{-2.98}$	0.465
	东太平洋副高脊线(X_{304})	上年 6 月	$(X - 25.5 / 25.5 + 0.5)^{-2.98}$	0.403
	大西洋副高脊线(X_{305})	上年 6 月	$(X - 29.0 / 6.0 + 0.5)^{-2.94}$	- 0.361
	亚洲区极涡面积指数(X_{306})	上年 3 ~ 4 月平均值	$(X - 161.0 / 20.5 + 0.5)^{1.00}$	- 0.397
	太平洋区极涡面积指数(X_{307})	上年 8 ~ 10 月平均值	$(X - 197.4 / 19.9 + 0.5)^{0.75}$	0.418
	亚洲区极涡强度指数(X_{308})	上年 11 ~ 12 月平均值	$(X - 89.7 / 15.3 + 0.5)^{-1.47}$	0.517
	北半球极涡中心位置(X_{309})	上年 6 ~ 8 月平均值	$(X - 172.0 / 121.3 + 0.5)^{1.50}$	- 0.392
	北半球极涡中心强度(X_{310})	上年 5 月	$(X - 37.8 / 10.2 + 0.5)^{1.50}$	- 0.432
	大西洋欧洲环流型 C(X_{311})	上年 12 月	$(X - 15.5 / 15.5 + 0.5)^{-2.97}$	0.445
	西藏高原位势高度(X_{312})	上年 12 月	$(X - 505.4 / 50.4 + 0.5)^{-0.50}$	0.375

3.2.2 预报模型的建立

由于已考虑了因子相关的最优化、显著性、稳定性和独立性,因此,由自变量组合的联立方程可以达

到非奇异。利用逐步回归方法^[8],从各站保留下的相关环流因子中,筛选出贡献最大的因子,建立稳定可靠的预报模型(表 3)。

表 3 年雷暴日的预报模型

模型		F	S	R
徐州	$Y = 2.562 X_{101}' + 9.586 X_{107}' + 3.668 X_{109}' - 7.653 X_{112}' + 1.231 X_{114}' - 2.662 X_{116}' + 13.422$	30.169	3.769	0.913
南京	$Y = 1.034 X_{206}' - 5.638 X_{209}' + 5.204 X_{211}' + 2.888 X_{212}' + 20.141$	16.518	5.012	0.797
苏州	$Y = -2.247 X_{301}' + 1.064 X_{304}' + 5.527 X_{308}' - 6.024 X_{310}' + 26.201$	13.055	5.569	0.761

注: $X_{101}' = (|X_{101} - 28.5| / 28.5 + 0.5)^{2.97}$, X_{101} 为表 2 中徐州年雷暴日的建模因子之北非副高面积指数上年 10 ~ 11 月平均值,单相关系数为 0.580,即 X_{101} 的函数形式,以此类推。F 为检验值($F_{0.01} = 3.8$),S 为方程标准差,R 为复相关系数。

3.3 预报模型拟合结果与预报情况

上述预报模型都通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。利用这些预报模型进行回代检验,计算徐州、南京、苏州年雷暴日的拟合值,最大误差为 9 天,其它误差一般在 2 ~ 6 天之间。模拟值与实际值趋势一致,效果理想。图 6 给出徐州环流预报模型的拟合情况。

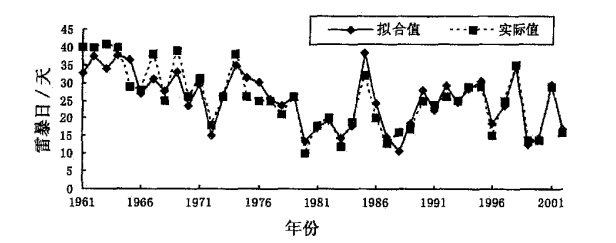


图 6 徐州雷暴日大气环流特征量预报模型历史拟合图

利用上述模型做出 2003、2004 年预报,2003 年徐州预报值 16 天,实际值 18 天;南京预报值 40 天,实际值 38 天;苏州预报值 35 天,实际值 37 天,3 个代表点预报值与实况均相差 2 天。2004 年徐州预

报值 27 天,实际值 26 天,相差 1 天;南京预报值 33 天,实际值 30 天,相差 3 天;苏州预报值 29 天,实际值 29 天。预报情况基本与实况相符。

4 结论

(1)1961 ~ 2003 年期间,江苏平均年雷暴日数为 27 ~ 36 天。平均年雷暴日太湖周边地区最多,其次是里下河水网密集区的泰州和高邮市,洪泽湖边的盱眙县,淮北市部的徐州及连云港一带雷暴日最少。雷暴日的年际间波动大,最多年份的雷暴日是最少年份的 2.5 倍。近 43 年来江苏雷暴的发生有减少的变化趋势。

(2)雷暴以夏季出现最多,历年平均出现 18 ~ 23 个雷暴日,是冬、春、秋季累计平均出现日数的两倍多。春季次之,占全年雷暴出现日数的 15 % ~ 22 %。冬季雷暴发生少,淮北地区 1961 ~ 2003 年间冬季发生雷暴的次数大约是 10 年 1 遇。

(3)全年有 96 % ~ 98 %雷暴日出现在 3 ~ 9 月。一年中 7 月份出现雷暴日最多,该月雷暴日数淮北

地区占全年雷暴出现日数的 34 % ~ 36 % ,沿江的苏南地区占全年雷暴出现日数的 25 % ~ 30 % 。8 月雷暴日数仅次于 7 月 ,约占全年的 1/4 。7、8 月雷暴日方差大 ,雷暴日的年际变化最为剧烈。12 月雷暴日最少 ,淮北及沿淮地区该月几乎没有发生过雷暴。

(4) 大气环流特征量与长期天气过程有关 ,必然影响到雷暴发生发展的气象条件。本文用最优化普查技术分析得出 :大气环流特征量与雷暴的发生关系不仅是线性及几种单调曲线的关系 ,而且还存在非线性、非单调的单峰(谷)型的相关关系。其相关程度显著 ,有的相关关系甚至达到极显著水平。

(5) 利用大气环流特征量对天气条件影响的滞后性作为雷暴日预报的因子 ,预报模式的历史拟合率较高 ,预报效果良好。当然 ,雷暴的产生不仅与大气环流有关 ,它还与地形、地貌、局地的热力、动力条件等诸多因子密切相关 ,我们将根据雷暴发生的机

理 ,结合 3S 技术做进一步探讨 ,以便做出更准确预测结果。

参考文献

[1] 山义昌,王善芳.近 40 年潍坊地区雷暴日的气候特征[J].气象科技,2004,32(2):191-194.
[2] 副岛毅,奥山和彦.雷检测系统(SAFIR)与雷短时预报[J].气象科技,1998,26(3):50-54.
[3] 张美平,敖淑珍,刘翔,等.广州白云国际机场近 46 年来雷暴气候的统计特征[J].应用气象学报,2004,15(1):66-73.
[4] 章基嘉,葛玲.1983.中长期天气预报基础[M].北京:气象出版社,1983:108-174.
[5] 梁必骥.天气学[M].北京:气象出版社,1980:281-323.
[6] 汤志成,孙涵.最优化因子处理及加权多重回归模型[J].气象学报,1992,50(4):514-517.
[7] 汤志成,高苹.作物产量预报系统[J].中国农业气象,1996,17(2):49-52.
[8] 张启锐.实用回归分析[M].北京:地质出版社,1988:196-203.

Statistical Characteristics and Atmospheric Circulation
Patterns of Thunder Days in Jiangsu Province

Zhang Xuhui¹ Gao Ping¹ Xu Xiang² Chen Guangchang³

(1 Jiangsu Provincial Institute of Meteorology, Nanjing 210008; 2 Lishui Meteorological Bureau, Jiangsu Province, Nanjing 211200; 3 Center for Thunder and Lightning Defense, Nanjing 210008)

Abstract: Based on the meteorological data from 1961 to 2003 in Jiangsu Province, the statistical analysis indicates: 96 % to 98 % thunder days occurs in March and September, and the number of thunder days is 27 to 36 days in a normal year. The area around the Taihu Lake sees thunder days most frequently, whereas Xuzhou the least, and the Lixiahe and Hongzehu Lake region is in the middle. The number of thunder days can change greatly year by year with the maximum value being 2.5 times as great as the minimum one. For the characteristics of atmospheric circulation factors on 500 hPa can indicate weather trend and control weather condition, a number of factors are selected as prediction factors, which are highly correlative, stable and independent, and the prediction model of atmospheric circulation patterns for thunder days in Jiangsu Province is developed. These patterns can be used in practical forecasting and get good results.

Key words: thunder day, occurrence regularity, characteristic feature, atmospheric circulation pattern, prediction model