

基于天气分型的北京地区雷电潜势预报预警系统*

熊亚军, 廖晓农, 于波, 魏东, 吴庆梅

(北京市气象台, 北京 100089)

摘 要: 对 1997-2006 年 457 个雷暴过程的环流形势进行对比分析, 将北京地区的雷暴天气分为东北低涡低槽、贝蒙低涡低槽、西来槽等 11 种雷暴天气型; 利用南郊观象台(54511 站)的探空资料计算对流有效位能、抬升指数和相对风暴螺旋度等 33 个对流参数, 通过与北京地区 SAFAIR3000 获取的闪电定位资料进行统计分析, 提取 BCAPE、BLI、MDCI、BIC、KNEW 和 SWISS 等 6 个对流参数作为北京地区潜势预报参数; 采用事件概率回归(REEP)方法, 利用获取的 6 个对流参数作为变量, 形成了 11 种雷暴天气型下的潜势预报方法。利用 WRF 模式的预报场, 建立适用于北京地区 3~36 h 雷电潜势预报系统。个例实验结果表明其具有较好准确性。由于该系统建立过程中使用了高分辨率探测资料和中尺度模式的输出结果, 实现了雷电潜势预报由点到面, 由粗到细的突破, 对北京地区雷电预警预报具有一定的应用价值。

关键词: 天气分型; 雷电潜势; 预报预警; 事件概率回归; 北京地区

中图分类号: P427.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2012)02-0067-05

0 引言

雷电潜势预报是雷电灾害预警预报的重要基础, 预报效率较高的潜势预报系统, 能帮助预报员提前确定雷电警戒区域, 从而将主要精力放在监视和关注重点区域内的气象要素变化, 是提高雷电预警预报效率的重要手段。Ostby^[1]在美国局地风暴室(SELS)近 25 年工作的基础上提出, 利用数值模式的输出资料计算各种强对流参数, 能有效用于各种强对流天气的诊断和预报。有关雷电潜势预报研究越来越受到人们的重视。Ducrocq^[2-3]也曾研究将中尺度数值天气预报(NWP)的预报场用于雷电等强对流天气的预报和预警。国内有关雷电预警预测方面的研究也逐渐受到大家的重视。徐会明等^[4]利用四川省闪电定位仪、常规探空以及 T213 数值预报产品等资料作样本, 应用决策树方法生成四川省未来 12 h 雷电潜势预报决策树, 并通过雷电潜势预报决策树对四川省 2007 年 8-9 月雷电潜势预报。郭虎^[5]建立了北京市雷电灾害灾情综合评估模式。焦雪^[6]研制开发了雷电灾害风险评估系统。吕伟涛等^[7]采用了多资料、多参数和多算法编制了 CAMS-LNWS 系统, 综合利用雷达、卫星、闪电监测系统、地面电场仪和探空仪等的观测资料, 自动生成雷电活动潜势预报结果和雷电临近预警结果。孟青

等^[8]通过运行测试以及预警结果与闪电监测结果的对比评估发现, CAMS-LNWS 系统能够较好地 0~30 min 内可能发生闪电的区域进行有效预警。总的看来, 雷电潜势预报的研究和预报效果受到很多因素的影响: 受到由于产生雷电活动的电场条件及气象条件具有较大差异, 中国南北方的雷暴电荷结构也有很大不同^[9-10], 即使同一地区, 不同季节不同天气类型下的电荷结构也可能不同。另外, 雷电是对流活动的结果, 反映大气热力和动力不稳定的诸多对流参数已经被国内外气象学者广泛地应用于对流天气的分析和预报中, 因此用对流参数来指示对流的出现虽然不失为一种比较成熟的研究路线, 但不同的环流背景下, 不仅对流参数的阈值不同, 而且同一个对流参数对于对流发生发展的指示作用也不同。因此, 有必要在天气分型的基础上利用对流参数建立潜势预报方法。本文意在阐述北京地区气象局开发的“基于天气分型的雷电预警预报系统”的原理和设计方案, 并进行应用实例介绍, 以期促进雷电潜势预警预报方面的研究。

1 系统的设计理念与天气分型

基于天气分型选取不同的对流参数是本系统的显著特点之一。系统以天气分型为基础, 使用高分辨率的探测资料, 实现了雷电潜势预报由点

* 收稿日期: 2011-08-29

基金项目: 北京市气象局预报员创新团队建设计划; 中国气象局北京城市气象研究所项目“城市极端天气灾害(雪灾)经济损失评估”(UNRF200807)

作者简介: 熊亚军(1979-), 男, 湖北天门人, 工程师, 主要从事天气预报工作. E-mail: yajunxiong@yahoo.com.cn

到面、由粗到细的突破，为制作精细化预报提供了支撑。随着天气模式尤其是中尺度模式技术的发展，通过模式预报结果来计算各种对流参数成为可能，这种可能为建立高精度的业务化雷电预警预报系统奠定了基础。雷电是对流活动的结果，长期的预报经验表明，绝大多数雷暴天气发生发展的环境条件与对流层中高层的环流形势密切相关。例如，在北京地区按照对流天气的发生的主导因素大致可分为两类：①以冷空气活动为主的对流；②以暖湿空气活动为主的对流。不同的环流背景下，不仅对流参数的阈值不同，而且同一个对流参数对于对流发生发展的指示作用也不同。另外，由于产生雷电活动的电场条件及气象条件具有较大差异，不同天气类型下的雷暴电荷结构也很不相同。相应地，在研发中应根据不同的天气类型来选取不同的对流参数。按照以 500 hPa 环流形势、影响系统为主的原则对北京地区的对流日环流背景进行分型，并通过相关分析选取了对于对流发生发展有较大指示意义的对流参数。

在实时业务中，依据北京区域中尺度模式 $9\text{ km} \times 9\text{ km}$ 分辨率的模式探空资料计算得到的对流参数来对未来雷电出现的概率进行预报，是本系统的另一特色。采用天气事件概率回归方法建立了雷电概率回归预报方程，最后利用非静力中尺度数值模式预报产品释用技术，制作北京地区 0~36 h 雷电落区、出现的概率以及移动趋势的客观预报，为预报员制作相关预报产品提供依据。

图 1 中给出了北京地区雷电潜势预报预警系统决策流程图。北京地区雷电潜势预报预警系统主要分为两大块：0~2 h 的预报主要链接中国气象科学研究所的 CAMS-LNWS 模块，本文不作介绍；3~36 h 的潜势预报主要设计思路是首先进行天气分型，在分型的基础上利用中尺度数值预报模式计算对流参数，再导入到天气事件概率回归预报方程，从而进行概率预报。经由预报员订正后，客观预报结果进行使用和发布。在决策流程中能够看出，本系统有两个关键的地方。①雷暴天气分型。本系统是在对 1997-2006 年的 457 个雷暴天气过程的环流形势进行对比分析的基础上，进行的东北低涡低槽型、贝蒙低涡低槽型和西来槽等 11 类雷暴天气分型，基本能够描述北京地区绝大部分雷暴天气环流形势。②对流参数的选取和计算。本系统利用南郊观象台(54511 站)的探空资料分别计算各种天气类型下的对流有效位能、抬升指数和相对风暴螺旋度等 33 个对流参数，通过与北京地区的 SAFAIR3000 获取的闪电定位资料进行对比分析，从而确定 BCAPE 的 6 个对流参数作为潜势预报指数。

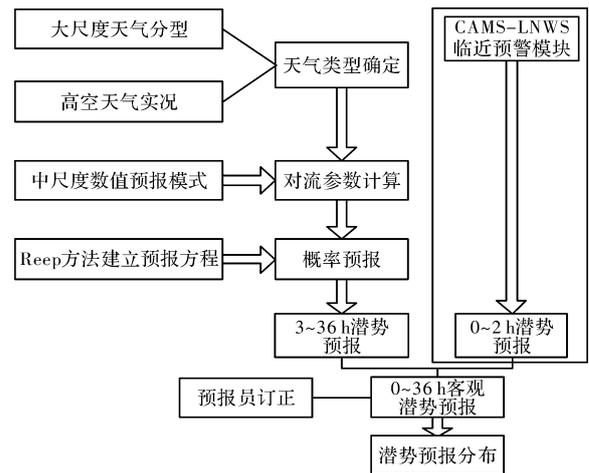


图 1 北京地区雷电潜势预报预警系统决策流程图

2 基于天气分型的北京地区雷电潜势预报预警系统

2.1 对流参数的选取与概率回归方程的建立

考虑到计算对流参数时要使用探空资料，因此在选取个例时遵从邻近原则，只选择了距南郊观象台 80 km 以内的测站。此外，由于北京的闪电定位系统的资料长度有限，因此将人工观测与闪电定位仪资料结合使用来确定雷暴日。当满足邻近条件的测站或范围内有雷暴或闪电出现时，就将该日定义为一个雷暴日。在探空时间选取时，采用了临近原则，即：发生在白天的事件，用 08 时探空计算对流参数；发生在夜间的事件，用 20 时探空计算对流参数。当使用 08 时探空时，用 08-20 时之间的闪电数目总和来与 08 时的对流参数求相关；当使用 20 时探空时，用 20 时-次日 08 时之间的闪电数目总和来与 08 时的对流参数求相关。

与总闪电数相关性较高的对流性指数为：BCAPE、BLI、MDCI、MDPI、TCON、KNEW、IC、BIC 和 PC，其相关系数绝对值超过 0.29，通过 0.1 信度检验。BCAPE 是相关性最好的对流参数，相关系数 0.51，通过 0.01 的置信度检验。云闪相关性较高的对流性参数为：BCAPE、BLI、MDPI、TCON、ZIC 和 BIC，通过 0.1 信度检验。BCAPE 是相关性最好的对流指数，相关系数 0.49。与地闪相关性较高的对流性指数为：BCAPE、BLI、MDCI、MDPI、ILC、ZH、FHT、DCI、K、KNEW、IC、SWEAT 和 BIC，通过 0.1 置信度检验。BCAPE 是相关性最好的对流指数，相关系数 0.64，通过 0.01 的信度检验。本系统进行回归方程的建立时，对云地闪不进行区分，只根据各个对流参数的物理意义以及回归分析对参数的要求，将 BCAPE、BLI、MDCI、BIC、KNEW 和 SWISS 等 6

个对流参数确定为北京地区雷电潜势预报的参数。

采用了事件概率回归(REEP)方法来建立雷电概率预报方程。将雷电与6个对流参数看成是随机事件,把雷电出现与否作为预报量,用“0”和“1”二值变量表示,并且将预报量与6个对流参数之间的关系看成是在6个前期因子已经出现的条件下预报量出现与否的关系,因此可以建立对预报量的条件期望,并假定这一期望与对流参数出现关系

是线性的,则可以将预报量与对流参数之间的关系表示为一个线性方程——事件概率回归方程。

按照各个类别的个例数目,选取了适量的无雷电个例并计算了这些个例的BCAPE等6个对流参数,得到了11类环流型下雷电概率预报方程,且11个概率预报方程通过置信度0.05的F检验。表1中给出了11类雷暴天气分型及概率预报方程的F检验值。

表 1 北京地区 11 类雷暴天气分型及概率回归方程系数

类型	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
西来槽	0.42	0.42	0.13	0.07	-0.24	0.16	-0.07
西北路径槽	-0.2	0.05	0.38	0.19	-0.04	0.53	-0.1
贝蒙低涡低槽	0.14	0.48	0.24	0.17	-0.05	0.19	0.03
华北低涡	0.4	0.18	0.1	0.21	-0.32	0.22	-0.1
东北低涡	0.6	0.22	0.18	0.13	-0.27	0.15	-0.18
横槽	0.21	0.28	0.1	0.55	-0.1	-0.16	-0.12
东高西低槽	0	0.36	0.1	0.22	-0.17	0.4	0.03
500NW 气流低层有系统	0.23	0.41	0.09	0.23	-0.35	0.12	-0.05
500NW 气流低层无系统	0.73	0.21	-0.23	0.16	-0.45	-0.04	-0.2
500SW 气流	0.53	0.07	-0.07	0.2	-0.39	0.28	-0.15
500NE 风	-0.03	0.45	-0.34	0.33	0.04	-0.13	0.04

2.2 系统界面与功能

北京雷电预警预报系统利用 C 语言开发,运行于 Windows XP 操作系统,必须安装和配置 Microsoft .NET Framework 2.0 平台,且服务器端需安装 Grads 绘图系统和 Fortran 编译环境。系统采用 C/S 结构,计算对流参数、雷电出现概率和制图部分在后台运行,显示部分由软件界面完成。主界面包括工具栏、3 个功能模块和气科院雷电临近预警系统。

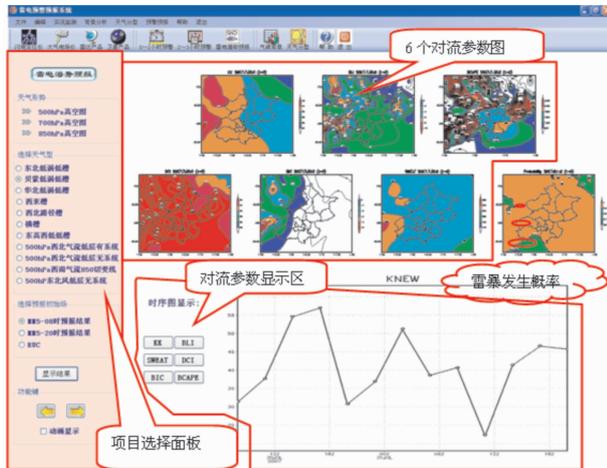


图 2 北京地区雷电预警系统的潜势预报模块

北京雷电预警预报系统主要包含实时探测资料显示模块(雷达、卫星、闪电定位仪、大气电场仪等)、潜势预报模块、0~2 h 预警模块、大尺度分型解释(图+文字说明)和北京地区雷电气候背景介绍等主要功能。其中0~2 h 预警模块引入中国气象科学研究所的雷电临近预警系统(CAMS-

LNWS)的预警预报产品。其中系统的核心模块为潜势预报模块,如图2所示。其包含对流参数时空变化曲线、雷暴发生概率等部分。根据北京区域中心中尺度模式产品的提供时间,将潜势预报系统后台的运行时间确定为北京时间的07时和15时。07时的预报采用初始场为前1d的20时模式运行结果,15时的预报采用初始场为当天08时的模式结果。系统自动读取模式结果的时间,进行相应的计算和图形处理,计算结果以图形显示。

2.3 预警系统评估

本文使用2007年汛期出现的11个强对流过程对本系统进行检验。这11个过程出现的环流背景分为5种类型:东北低涡低槽、华北低涡低槽、西来槽、东高西低槽和500 hPa西北气流低层无系统等。使用北京区域中心水平分辨率为9 km、时间分辨率为3 h的MM5中尺度模式的输出探空计算了BCAPE、BIC等6个对流参数,并且使用上述5种类型的事件概率预报方程计算了当日北京地区雷电天气出现的概率,对系统的潜势预报模块进行了试验。试验方法是通过对比概率预报的结果和闪电定位仪资料得到了系统逐3 h报对的格点数(A)、空报的格点数(B)和漏报的格点数(C),将概率的阈值选择为60%。其中,POD(命中率) = $(A / (A + C)) \times 100\%$, FAR(虚警率) = $(B / (A + B))$, CSI(成功临界指数) = $(A / (A + B + C)) \times 100\%$ 。“初始场时间”为中尺度模式运行时间(世界时),雷电出现时间是闪电定位仪网观测到的闪电时间(世界时)。

试验结果发现(表2~表6),系统对东高西低

槽型预报效果较好。多数时段的命中率均在 50% 以上, 虚警率也保持在 40% 以下, 而且除了 7 月 30 日 06 - 09UTC (17 - 20BT) 和 09 - 12UTC (17 - 20BT) 外, 漏报格点所占的比例不高。因此, 雷电落区与 60% 概率的区域有比较好的对应关系; 对华北低涡低槽、西来槽和 500 hPa 西北气流低层无

系统三种类型的预报结果类似。由于系统对这三种类型环流背景下出现的雷电天气较少漏报, 因此命中率较高, 即雷电活动区全部位于概率大于 60% 的区域内。但是虚警率也比较高, 因此影响了整体的评分; 系统对东北低涡类型的预报能力较低, 造成命中率低的主要原因是空报过多。

表 2 东高西低槽型

初始场时间	雷电出现时间	A	B	C	POD/%	FAR/%	CSI/%
2007-07-27 12: 00	18: 00-21: 00	28	18	10	73.68	39.1	50
	2007-07-30 06: 00-09: 00	38	22	28	57.6	36.7	31.8
2007-07-29 12: 00	2007-07-30 09: 00-12: 00	46	0	58	44.2	0	44.2
	2007-07-30 12: 00-15: 00	55	32	6	90.2	36.8	59.1
	2007-07-30 15: 00-18: 00	129	0	42	75.4	0	75.4

表 3 东北低涡低槽型

初始场时间	雷电出现时间	A	B	C	POD/%	FAR/%	CSI/%
2007-07-08 12: 00	2007-07-09 00: 00-03: 00	23	68	5	82.1	74.7	24
	2007-08-04 06: 00-09: 00	3	52	7	30	94.5	4.8
2007-08-03 12: 00	2007-08-04 09: 00-12: 00	2	62	11	15.4	96.9	2.7
	2007-08-04 12: 00-15: 00	0	10	6	0	100	0
	06: 00-09: 00	4	68	6	40	94.4	5.1
2007-08-04 00: 00	09: 00-12: 00	1	56	11	8.3	98.2	1.5
	12: 00-15: 00	0	10	6	0	100	0

表 4 华北低涡低槽型

初始场时间	雷电出现时间	A	B	C	POD/%	FAR/%	CSI/%
2007-07-13 12: 00	15: 00-18: 00	25	45	0	100	64.3	35.7
	18: 00-21: 00	32	35	0	100	52.2	47.8
	06: 00-09: 00	6	184	0	100	96.8	3.2
	09: 00-12: 00	2	188	0	100	98.9	1.1
2007-08-06 00: 00	12: 00-15: 00	22	168	0	100	88.4	11.6
	15: 00-18: 00	20	170	0	100	89.5	10.5
	18: 00-21: 00	0	190	0	0	100	0
	21: 00-24: 00	5	185	0	100	97.4	2.6
2007-08-12 00: 00	09: 00-12: 00	20	40	10	66.7	66.8	28.6
	12: 00-15: 00	0	60	15	0	100	0

表 5 西来槽型

初始场时间	雷电出现时间	A	B	C	POD/%	FAR/%	CSI/%
	18: 00-21: 00	16	18	30	100	52.9	47.1
2007-07-17 12: 00	21: 00-24: 00	112	78	0	100	41.1	58.9
	2007-07-18 00: 00-03: 00	28	162	0	100	85.3	14.7
	2007-07-31 09: 00-12: 00	20	160	0	100	88.9	11.1
2007-07-30 12: 00	2007-07-31 12: 00-15: 00	160	30	0	100	15.8	84.2
	2007-08-07 00: 00-03: 00	188	1	0	100	0.5	99.5
2007-08-06 12: 00	2007-08-07 03: 00-06: 00	58	92	0	100	61.3	38.7
	2007-08-07 06: 00-09: 00	155	35	0	100	18.4	81.6

初始场时间	雷电出现时间	A	B	C	POD/%	FAR/%	CSI/%
2007-07-31 12:00	2007-08-01 09:00-12:00	40	150	0	100	78.9	21.1
	2007-08-01 12:00-15:00	78	112	0	100	58.9	41.1
	2007-08-01 15:00-18:00	16	174	0	100	91.6	8.4
	2007-08-01 18:00-21:00	8	182	0	100	95.8	4.2
	2007-08-01 09:00-12:00	13	177	0	100	93.2	6.8
2007-08-01 00:00	2007-08-01 12:00-15:00	40	150	0	100	78.9	21.1
	2007-08-01 15:00-18:00	78	112	0	100	58.9	41.1
	2007-08-01 18:00-21:00	16	184	0	100	96.8	8.4

2007 年 7 月 27 日天气, 根据天气环流形势, 预报员通过环流形势分析认为其副高西侧型雷电易发天气。利用中尺度数值模式的输出结果进行对流参数的计算后, 代入副高西侧型天气事件概率

回归预报方程, 系统给出的为从西南房山区域 - 昌平 - 密云一带的带状区域内为雷电高概率区域如图 3a 所示。图 3b 中则给出了当天由 SAFIR3000 测量的闪电实况分布, 对比发现该系统具有较好的使用效果。

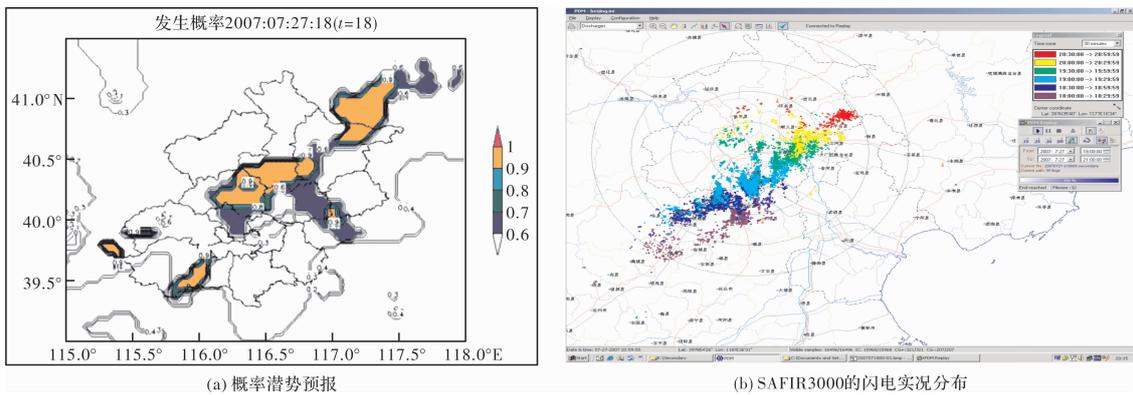


图 3 2007 年 7 月 27 日北京地区副高西侧型雷电天气

3 结论和讨论

本文介绍了基于天气分型的北京地区雷电潜势预报预警系统, 初步的运行试验表明本系统运行稳定, 对北京地区各种雷电天气型均有一定的预报能力。其得出另外一些主要结论如下:

北京地区的雷暴天气主要分为东北低涡低槽、贝蒙低涡低槽、西来槽等 11 种雷暴天气型。这 11 种天气类型能涵盖北京地区雷暴天气类型的绝大多数, 具有较强的代表性。将普选的对流有效位能、抬升指数和相对风暴螺旋度等 33 个对流参数分别与闪电频数进行相关性分析, 发现在北京地区, BCAPE、BLI、MDCI、BLI、KNEW 和 SWISS 等 6 个对流参数能较好地作为北京地区潜势预报参数建立天气事件概率回归预报方程。

另外本系统还具有一定的优化前景。北京区域中心的中尺度数值模式已经具备了将自动站、GPS 等高时空分辨率的资料融合到模式中并以每 3 小时为间隔对模式的运行结果进行快速更新(简称为 RUC)的能力, 从而为提高雷电潜势预报的水平提供了有力的技术支持。但是目前 RUC 仍处于试

用阶段, 待该技术成熟之后, “北京地区雷电预警预报系统”也将得到相应的优化。

参考文献:

- [1] OSTBY F P. Improved accuracy in severe storm forecasting by the severe local storms unit during the last 25 years: Then versus now [J]. Weather and forecasting, 1999(14): 526-543.
- [2] Ducrocq V, Bougeault P. Simulation of an observed squall line with a meso-beta-scale hydrostatic model [J]. Weather and forecasting, 1995(10): 380-399.
- [3] Ducrocq V, Tzanos D, Senesi S. Diagnostic tools using a mesoscale NWP model for the early warning of convection [J]. Meteorological Applications, 1998(5): 329-349.
- [4] 徐会明, 靳小兵, 季海, 等. 决策树法在雷电潜势预报中的应用 [J]. 四川气象, 2008(4): 55-58.
- [5] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市雷电灾害灾情综合评估模式 [J]. 灾害学, 2008, 23(1): 14-17.
- [6] 焦雪, 冯民学, 王尧钧, 等. 雷电灾害风险评估系统开发与应用 [J]. 灾害学, 2011, 26(2): 72-76.
- [7] 吕伟涛, 张义军, 孟青, 等. 雷电临近预警方法和系统研发 [J]. 气象, 2009, 35(5): 10-18.
- [8] 孟青, 张义军, 吕伟涛, 等. 雷电临近预警系统的运行试验 [J]. 气象, 2009, 35(4): 20-24.
- [9] 张义军, 刘欣生, Krehbiel P R. 雷暴中的反极性放电和电荷结构 [J]. 科学通报, 2002, 47(15): 1192-1195.
- [10] 马颖, 孟青, 吕伟涛, 等. 雷电临近预警产品评估方法及其软件 [J]. 气象, 2009, 35(11): 101-106.

(下转第 81 页)

标, 可组合为三个主成分, 分别反映区域社会经济发展水平、区域防灾减灾综合能力及区域人口结构易损性程度;

(2) 铜川、榆林、商洛、延安等地市的自然灾害社会经济易损性较高;

(3) 渭南、商洛、汉中和咸阳等地市的自然灾害社会保障易损性较高;

(4) 渭南、延安、咸阳、汉中等地市的自然灾害人口结构易损性较高。

参考文献:

- [1] 史培军. 论灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报, 1991(11): 37-42.
- [2] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6-17.
- [3] 葛全胜, 陈洋勤, 方修琦, 等. 全球变化的区域适应研究: 挑战与研究对策[J]. 地球科学进展, 2004, 19(4): 516-524.
- [4] 郭跃. 自然灾害的社会学分析[J]. 灾害学, 2008, 23(2): 87-91.
- [5] 郭跃. 灾害易损性研究的回顾与展望[J]. 灾害学, 2005, 20(4): 92-96.
- [6] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 1-9.
- [7] 史培军. 五论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(5): 1-9.
- [8] 郭跃. 自然灾害的社会易损性及其影响因素研究[J]. 灾害学, 2010, 25(1): 84-88.
- [9] 蒋勇军, 况明生, 匡鸿海, 等. 区域易损性分析、评估及易损度区划[J]. 灾害学, 2001, 16(3): 59-64.
- [10] 陕西省统计局, 国家统计局陕西省调查总队. 陕西统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [11] 杜继稳, 常星源, 米丰收, 等. 陕西省自然灾害综合预报回顾与展望[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(4): 143-148.
- [12] 段桂兰, 刘瑞芳, 陶建玲, 等. 陕西洪涝灾害与对策[J]. 陕西气象, 2008(1): 33-36.
- [13] 王雁林. 陕西省地质灾害实例分析及致灾模式探讨[J]. 灾害学, 2008, 23(3): 57-61.
- [14] 姜彤, 许朋柱. 自然灾害研究的新趋势—社会易损性分析[J]. 灾害学, 1996, 11(2): 5-9.
- [15] 赵卫权, 郭跃. 基于主成分分析法和 GIS 技术的重庆市自然灾害社会易损性分析[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 305-308.
- [16] 郭跃, 朱芳, 赵卫权, 等. 自然灾害社会易损性评价指标体系框架的构建[J]. 灾害学, 2010, 25(4): 68-72.
- [17] 刘兰芳, 彭蝶飞, 邹君. 湖南省农业洪涝灾害易损性分析与评价[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 60-67.
- [18] 中华人民共和国民政部. 中国民政统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [19] 苏桂武, 朱林, 马宗晋, 等. 京津唐地区地震灾害区域宏观脆弱性变化的初步研究—空间变化[J]. 地震地质, 2007, 29(1): 15-32.
- [20] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

Analysis on Social Vulnerability to Natural Disasters in Shaanxi Province

Wen Yanjun

(Key Lab of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating of Shaanxi Province, Baoji University of Arts and Science, Baoji 721013, China)

Abstract: By applying principle component analysis method, social vulnerability to natural disasters in 11 cities of Shaanxi province is discussed based on 10 main socio-economic indexes. 3 principal components are constructed for the evaluation of social vulnerability to natural disaster, based on which the scores and ranks of the 11 cities in Shaanxi province are calculated. Therefore, the social vulnerability to natural disasters of corresponding regions is evaluated.

Key words: Shaanxi province; natural disasters; social vulnerability; principal component analysis

(上接第 71 页)

Warning and Forecast System of Potential Thunderstorm Based on Weather Patterns in Beijing

Xiong Yajun, Liao Xiaonong, Yu Bo, Wei Dong and Wu Qingmei
(Beijing Meteorological Observatory, Beijing 100089, China)

Abstract: Through the comparative analysis of 457 thunderstorms from 1997 to 2006 in Beijing, the circulation patterns of thunderstorms are classified into 11 patterns as northeast cyclone and shallow groove pattern, Baikal and Mongolian cyclone pattern and coming-west groove pattern. Thirty-three convective parameters, such as convective available potential, lifted index, relative storm helicity index and so on, are calculated using meteorological sounding data of south suburb meteorological observatory. The six convective parameters, BCAPE, BLI, MDCI, KNEW, BIC and SWISS are chosen as key elements of forecast of potential thunderstorm. Using the six parameters and regression estimation of event probabilities (REEP), the probability regression forecast question in eleven weather patterns are established. According to the forecasting fields of WRF model, probability regression forecast of thunderstorm in Beijing in 3 to 36 hours is completed. The experimental result shows that the forecast system is correct and has a certain reference value.

Key words: weather pattern; potential thunderstorm; warning and forecast; regression estimation of event probabilities; Beijing