

雷电灾害潜在与现实易损性分析及区划研究^{*}

——以黑龙江省为例

袁湘玲^{1,2}, 王振会^{1,3}, 肖稳安³, 束 玉⁴

(1. 南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室, 江苏 南京 210044;
2. 齐齐哈尔市气象局, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 3. 南京信息工程大学 大气物理学院,
江苏 南京 210044; 4. 黑龙江省气象局防雷中心, 黑龙江 哈尔滨 151000)

摘 要: 提出雷电灾害的潜在易损性和现实易损性概念, 利用黑龙江省 1959 – 2008 年的雷暴日资料及 1999 – 2008 年的雷电灾害资料, 结合黑龙江省的经济和人口密度特征, 提出了雷暴日数、雷电灾害频度、生命易损模数及经济易损模数作为雷电灾害易损性评估指标。在此基础上, 采用 4 级区分法对各指标进行了分级, 并赋予各等级如下定值: 极高级为 1.0, 高级为 0.8, 中级为 0.5, 低级为 0.2。对黑龙江省各地市 4 个评估指标的等级值进行加权平均, 得到权重平均值作为雷电灾害易损性评估的综合评价指数。最后通过对黑龙江省各地市雷电灾害易损性进行综合评估, 形成黑龙江省雷电灾害易损度区划。结果表明: 哈尔滨、齐齐哈尔和绥化潜在易损度和现实易损度皆高, 综合易损度为极高易损区。伊春、大兴安岭、黑河潜在易损度很高, 而现实易损度最低, 故综合易损度为高易损区。鹤岗、鸡西潜在易损度较低, 现实易损度较高, 综合易损度为中易损区; 七台河潜在易损度最低, 但现实易损度高, 综合易损度同样为中易损区。佳木斯、双鸭山、牡丹江潜在易损度和现实易损度皆低, 综合易损度为低易损区。

关键词: 雷电灾害; 潜在易损性; 现实易损性; 易损度区划; 黑龙江省

中图分类号: P429; P427.32⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2011)01-0020-06

0 引言

雷电灾害是联合国“国际减灾十年”公布的最严重的十种自然灾害之一^[1], 其对人民生命财产安全和社会发展构成了严重威胁。据保守估计, 我国每年因雷电灾害造成的直接经济损失达数亿元, 而由此造成的间接经济损失则难以估计, 产生的社会影响也越来越大^[2]。

我国很多专业技术人员在雷暴的气候特征方面进行了大量研究^[3-5]。张腾飞等^[3]对 2007 年 5 – 8 月云南省雷电活动特点及灾害成因进行了分析; 陈红等^[4]对黑龙江省 1971 – 2000 年雷暴时空特征进行了分析, 形成雷暴概率区划图; 周筠珩等^[5]利用 2004 年京、津、冀地区的地闪定位资料, 对地闪特征进行了统计分析。而在科学研究的基础上对自然灾害进行风险区划分析, 能将灾害防御管理提高到风险管理的程度, 对于减灾和救灾有

十分重要的指导意义^[6]。由于我国幅员辽阔, 气候差异很大, 雷电灾害过程也不尽相同, 故深入开展区域性雷电灾害易损性分析与研究很有必要。郭虎等^[7-8]在灾情网络分析的基础上, 建立了北京市雷电灾害的灾情评估指标体系, 并对北京市进行了雷电灾害易损性分析, 形成北京市雷电灾害易损度区划; 尹娜等^[9]对广东省雷电灾害的脆弱性和易损性进行了综合评估, 形成了广东省各地易损性结构和雷灾易损度区划; 蒋勇军等^[10]对重庆市进行了雷电灾害易损性分析及易损度区划; 严春银^[11]对江西省各设区市的雷灾易损性进行了综合评估, 形成了江西省雷灾易损性区划; 殷娴等^[12]分析了江苏省的雷电灾害分布特征, 生成了江苏省的雷灾易损度区域划分图。

本文依据雷暴日数、雷电灾害频度、人身损失及经济损失情况, 以黑龙江省为例, 提出雷电灾害的潜在易损性和现实易损性概念, 对黑龙江省进行区域雷电灾害易损性分析及易损度区划,

^{*} 收稿日期: 2010-06-30

基金项目: 黑龙江省气象局科学技术项目“雷击风险评估方法研究”; 中国公益性行业科研专项(GYHY200806014)

作者简介: 袁湘玲(1970-), 女, 湖南双峰人, 高级工程师, 从事雷电防护工作. E-mail: qqhryxl@yahoo.com.cn

以便为黑龙江省防灾、减灾规划提供科学依据。

1 资料说明和易损性指标计算

雷暴日数能代表一个区域内雷暴活动的频繁程度, 表征该区域雷电灾害的孕灾危险程度。本文所用雷暴日资料来源于黑龙江省气象信息中心提供的 1959–2008 年 80 个气象观测站的雷暴日资料, 将 12 个地市各个县气象站的年平均雷暴日数合计并进行平均得到各市雷暴日数(因雷电灾害资料不包括大庆市雷电灾害信息, 故本文仅对黑龙江省除大庆外 12 个地市的雷电灾害易损性进行综合评估)。

雷电灾害信息来源于中国气象局雷电防护管理办公室、中国气象学会雷电防护研究会编写的《全国雷电灾害汇编》(内部资料)及黑龙江省防雷中心收集整理的雷电灾害资料, 资料时间为 1999–2008 年。人口和经济特征资料使用《黑龙江统计年鉴 2009》发布的 2008 年统计数据。

承灾体易损性, 包括自然易损性、经济易损性和社会易损性等各方面的内容^[9]。由于地理环境、人文环境以及经济状况等的不平衡性, 相同烈度的雷电灾害在不同的区域造成的灾害损失严重程度有着很大差异^[8]。黑龙江省雷电灾害易损性反映了黑龙江省各地市面对雷电灾害时的敏感度, 与各地市自然雷暴的气候背景有关, 也与遭受雷电灾害地市的经济总量、人口密度特征等有关。本文将与前者相联系的易损性称之为“潜在易损性”, 而与后者相联系的易损性称之为“现实易损性”。

对雷电灾害易损性及易损性区划的研究, 经常采用 4 个指标^[8–10], 即: 雷暴日数 M , 雷电灾害频度 P , 经济(GDP)易损模数 D , 生命易损模数 L 。雷电灾害频度 P (单位: 次/a)是指各地市年平均发生雷电灾害的次数, 它客观地反映过去一段时期内各地市发生雷电灾害的实际情况。经济易损模数 D ($D = Ds/S$, 单位: 万元/km²)表示区域内发生雷电灾害时, 单位面积上的经济损失。其中 Ds 为各地市的 GDP 生产总值, S 为各地市的行政面积。该指标既可以反映区域单位面积上的经济损失, 还可以间接反映各地市抵抗雷电灾害的能力及灾后恢复能力。生命易损模数 L ($L = Ls/S$, 单位: 人/km²)表示区域发生雷电灾害时单位面积上受危害的人口数量。其中 Ls 为各地市常住人口, S 为各地市的行政面积。该指标反映了区域生命对灾害的敏感性。上述前两项指标着重于雷电及雷

电灾害发生频率和次数评价, 反映承灾体遭受灾害的可能性程度, 因此在本研究中用于“潜在易损性”分析; 后两项指标则侧重于雷电灾害损失的评估, 反映承灾体面对雷电灾害时的受损程度, 因此在本研究中用于“现实易损性”分析。

黑龙江省处于中纬度欧亚大陆东沿, 太平洋西岸, 北面临近寒冷的西伯利亚, 南北跨中温带与寒温带, 具有明显的季风气候特征。由西北到东南为山地贯穿, 松花江由西而东切穿两大山地, 西南和东北是广阔的平原。复杂的地形地貌、南北气候的差异, 使黑龙江省成为我国北方雷暴的多发区^[13]。根据 1959–2008 年雷暴日资料, 计算出 12 个地市的年平均雷暴日数。根据 1999–2008 年雷电灾害统计资料, 以 12 个地市为基本分析单元, 统计各地市的雷击事件, 计算出各地市雷电灾害频度。通过各地市的生产总值(GDP)、人口和行政面积资料, 计算出各地市的经济易损模数和生命易损模数。统计结果见表 1。

表 1 黑龙江省 12 个地市雷电灾害易损性分析指标

地名	平均雷暴 日数/d	雷电灾害 频度/(次/a)	生命损失模数/ (人/km ²)	经济损失模数/ (万元/km ²)
哈尔滨	32.5	14.4	186.57	540.44
齐齐哈尔	28.4	4.5	134.03	156.82
鸡西	26.6	2.3	84.85	140.52
鹤岗	27.3	1.9	74.52	126.02
双鸭山	25.8	1.8	68.30	117.99
伊春	31.6	2.7	38.95	54.64
佳木斯	25.9	1.8	76.96	122.00
七台河	27.0	0.7	144.97	300.55
牡丹江	25.0	3.4	66.51	123.45
黑河	28.9	3.3	26.03	30.84
绥化	31.7	1.9	165.08	152.73
大兴安岭	30.3	3.5	8.16	10.80

2 结果分析

2.1 雷暴日和雷电灾害频度特征分析

由表 1 中第 1 列数据可以制作 1959–2008 年黑龙江省 50 年平均雷暴日分布图(图 1)。从图 1 可以看出黑龙江省的雷暴日分布具有明显的区域特征。位于中部的哈尔滨、绥化、伊春为黑龙江省年平均雷暴日最多的区域。哈尔滨东南临张广才岭支脉丘陵, 北部为小兴安岭山区, 中部有松花江通过, 复杂的地形地貌使得哈尔滨成为黑龙江省雷暴日最多的区域, 全市年平均雷暴日为 32.5 d。绥化、伊春年平均雷暴日在 31 d 以上。其

次是大兴安岭地区年平均雷暴日相对较多,为 30.3 d。齐齐哈尔、黑河年平均雷暴日为 27 ~ 29 d。鹤岗、佳木斯、双鸭山、七台河、牡丹江、鸡西年平均雷暴日较少,在 25 ~ 27 d 之间。从整个区域范围来看,黑龙江省的年平均雷暴日分布具有中部多,东部少的特征。

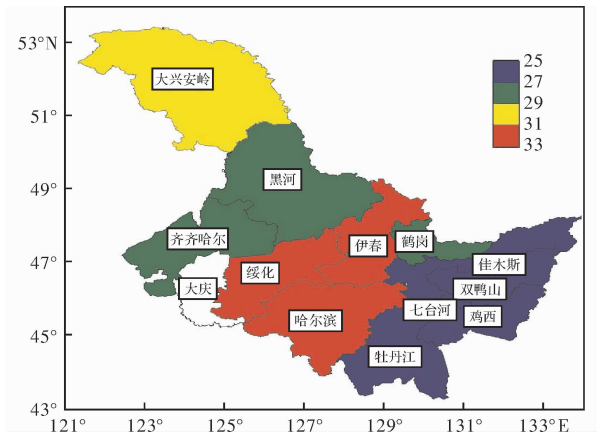


图1 黑龙江省 1959 ~ 2008 年年平均雷暴日分布图(单位: d)

由表 1 中第 2 列数据可以制作出 1999 - 2008 年黑龙江省雷电灾害频度分布图(图 2)。从图 2 可以看出哈尔滨是黑龙江省雷电灾害最严重的地区。哈尔滨是黑龙江省政治、经济、文化和交通中心,高楼林立,电子仪器设备众多,人口稠密,既是黑龙江省雷暴日最多的区域,也是雷电灾害频度最大的区域,其雷电灾害频度达 14.4 次/a。其次是齐齐哈尔市,雷电灾害频度为 4.5 次/a。齐齐哈尔市雷暴日数相对较少,但由于齐齐哈尔是黑龙江省西部地区的政治、经济、科技、文化教育、商贸和交通的中心,高层建筑物众多,人口密集,也是黑龙江省雷电灾害较多的区域。伊春虽然是雷暴日最多的区域,但由于电子仪器设备和人口密度相对较小,雷电灾害频度也较少。大兴安岭、黑河、伊春、鸡西、牡丹江的雷电灾害频度在 2.0 ~ 4.0 次/a。绥化、鹤岗、佳木斯、双鸭山、七台河的雷电灾害频度在 0.0 ~ 2.0 次/a。七台河

市雷暴日相对较少,也是雷电灾害最少的区域,雷电灾害频度为 0.7 次/a。通过上述分析可以发现黑龙江省各地市的雷电灾害既与自然雷电活动的分布有一定的关系,但又不完全由雷电活动的频繁程度所决定,而与人口密度、经济特征等多方面因素有关,自然雷电活动只是雷电灾害的致灾因子之一。

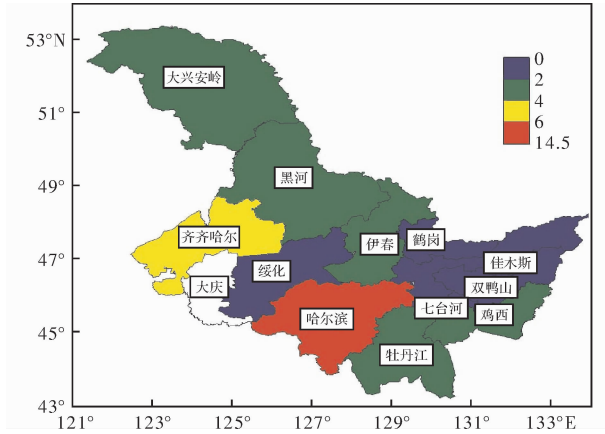


图2 黑龙江省 1999 ~ 2008 年雷电灾害频度分布图(单位: 次/a)

2.2 雷电灾害易损性指标的分级

表 1 中各地市的雷电灾害易损性指标,主要体现在该区域发生雷电灾害时在某一方面可能造成损失量的大小,尚不能给出雷灾易损性大小的直观概念。为给出雷灾易损性大小的直观表述,将表 1 中的雷电灾害易损性指标用极高、高、中、低 4 个级别来描述,按照灾害学通常方法^[8-10],并结合黑龙江省雷电灾害的实际情况,赋予各等级如下的定值:极高为 1.0,高为 0.8,中为 0.5,低为 0.2。分级方法采用气象学统计分析中的分级统计方法^[14],其核心思想是:首先将 12 个地市的某个指标值从小到大按顺序排列,并按每组 3 个记录的方法分为 4 组数据。第 n 组中的最大值和第 $n + 1$ 组中的最小值的平均值作为第 n 级的最大值和第 $n + 1$ 级的最小值。黑龙江省 4 个雷电灾害易损性指标分级标准如表 2 所示。

表 2 黑龙江省雷电灾害易损性指标的等级标准

评估指标	极高(1.0)	高(0.8)	中(0.5)	低(0.2)
雷暴日数/d	> 30.96	30.95 ~ 27.86	27.85 ~ 26.26	< 26.25
雷电灾害频度/(次/a)	> 3.46	3.45 ~ 2.51	2.50 ~ 1.86	< 1.85
生命损失模数/(人/km ²)	> 139.51	139.50 ~ 75.75	75.74 ~ 52.74	< 52.73
经济损失模数/(万元/km ²)	> 154.79	154.78 ~ 125.75	125.74 ~ 86.33	< 86.32

按照表 2 分级,判断各地市每个指标的所属级别,获取相应指标值(下称级别指标值)如表 3 前 4 列所示。可见,哈尔滨 4 个指标一致为 1,双鸭山

4 个指标一致较小,而伊春、佳木斯等地的 4 个指标差异较大。其原因为伊春位于小兴安岭山区雷暴多,但由于电子仪器设备和人口密度相对较小,

经济和人口易损模数小。佳木斯地处三江平原腹地，雷电暴少，而由于是黑龙江省东部地区的经济、文化中心 and 重要的交通枢纽，电子仪器设备和人口密度相对较大，经济和人口易损模数较大。

表 3 黑龙江省 12 个地市雷电灾害综合易损度评估结果

地名	雷电灾害级别指标值				易损度		
	雷暴日数 级别指标	雷电灾害频 度级别指标	生命损失模 数级别指标	经济损失模 数级别指标	潜在易损度	现实易损度	综合易损度
哈尔滨	1.0	1.0	1.0	1.0	0.76	0.24	1.00
齐齐哈尔	0.8	1.0	0.8	1.0	0.66	0.21	0.87
鸡西	0.5	0.5	0.8	0.8	0.38	0.19	0.57
鹤岗	0.5	0.5	0.5	0.8	0.38	0.14	0.52
双鸭山	0.2	0.2	0.5	0.5	0.15	0.12	0.27
伊春	1.0	0.8	0.2	0.2	0.70	0.05	0.75
佳木斯	0.2	0.2	0.8	0.5	0.15	0.17	0.32
七台河	0.5	0.2	1.0	1.0	0.29	0.24	0.54
牡丹江	0.2	0.8	0.5	0.5	0.32	0.12	0.44
黑河	0.8	0.8	0.2	0.2	0.61	0.05	0.65
绥化	1.0	0.5	1.0	0.8	0.62	0.23	0.84
大兴安岭	0.8	1.0	0.2	0.2	0.66	0.05	0.71

2.3 雷电灾害易损度区划

由表 3 前两项指标值加权平均作为潜在易损度，后两项指标值加权平均作为现实易损度。指标权重的确定方法主要有“经验法”、“专家打分”及“层次分析模型”。扈海波^[15]等认为层次分析模型适用于城市气象灾害风险评估，个例应用也基本表明该方法确定的权重值能保证评估结果的合理和正确性。本文参考樊运晓^[16]等人的研究采用层次分析法，建立判断矩阵 T 见表 4。对于构造出的判断矩阵用 Matlab 软件求出最大特征根 λ_{\max} 和特征向量 W ，对特征向量进行归一化后，得到各指标相对权重见表 4 中“指标权重”一栏。综合易损度 = 潜在易损度 + 现实易损度。计算结果见表 3 最后三列。

表 4 雷电灾害指标判断矩阵及权重分布

T	$B1$	$B2$	$B3$	$B4$	指标权重
雷暴日数 $B1$	1	2	3	5	0.472 85
雷电灾害频度 $B2$	1/2	1	2	4	0.284 38
生命损失模数 $B3$	1/3	1/2	1	3	0.169 92
经济损失模数 $B4$	1/5	1/4	1/3	1	0.072 85

根据表 3 中的最后一列数据，同样采用 4 级分区法将黑龙江省 12 个地市划分为雷电灾害低易损区、中易损区、高易损区和极高易损区 4 个不同的易损度区域。首先将这一列数据按从小到大顺序分为 4 组：第 1 组 (0.27, 0.32, 0.44)，第 2 组 (0.52, 0.54, 0.57)，第 3 组 (0.65, 0.71, 0.75)，第 4 组 (0.84, 0.87, 1.00)；然后分别计算第 n 组中的最大值和第 $n + 1$ 组中的最小值的平

均值作为第 n 级的最大值和第 $n + 1$ 级的最小值。计算的各等级雷电灾害综合易损度值分别为：低易损区 (0.00 ~ 0.48)，中易损区 (0.49 ~ 0.61)，高易损区 (0.62 ~ 0.78)，极高易损区 (0.79 ~ 1.00)。最后根据 12 个地市的雷电灾害综合易损度值，判断各自所属的易损度等级。详细区划结果见图 3a。同理分别根据表 3 中“潜在易损度”栏和“现实易损度”栏，得出潜在易损度区划 (图 3b) 和现实易损度区划 (图 3c)。

从图 3 可以看出，哈尔滨、齐齐哈尔和绥化潜在易损度和现实易损度皆高，综合易损度为极高易损区。伊春、大兴安岭、黑河潜在易损度高，而现实易损度最低，故综合易损度为高易损区。鹤岗、鸡西潜在易损度较低、现实易损度较高，综合易损度为中易损区；七台河潜在易损度最低，但现实易损度高，综合易损度同样为中易损区。佳木斯、双鸭山、牡丹江潜在易损度和现实易损度皆低，综合易损度为低易损区。

3 个例结果分析

雷电灾害易损度与下垫面的经济发展程度有正的相关性，这里为了与各地市的实际雷电灾害频度进行对比，用各地市人均 GDP 乘以综合易损度来进行风险估算。图 4 所示为按各地市人均 GDP 进行风险估算的结果与 1999 - 2008 年 10a 平均雷电灾害频度对比曲线图。从图 4 可以看出，两者的

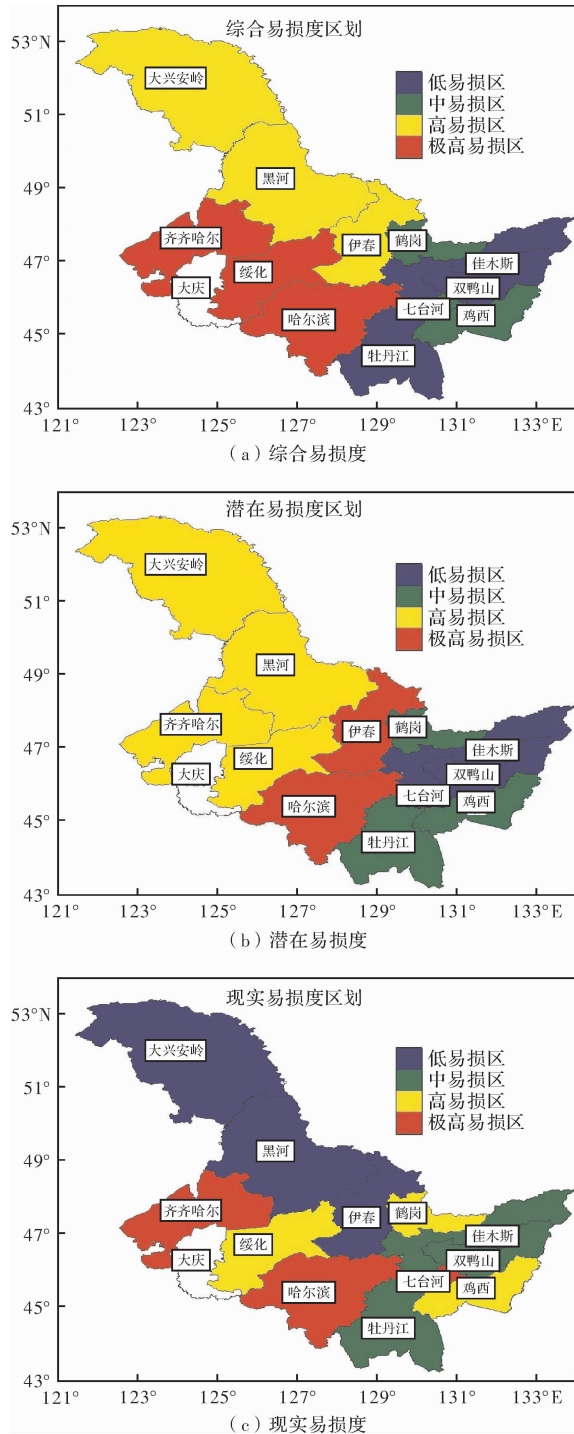


图3 黑龙江省雷电灾害易损度区划图

趋势和程度大体相近,其相关系数达 0.92。表明雷电灾害易损度区划结果与实际情况基本吻合,方法科学实用。

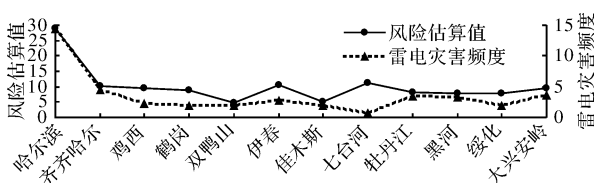


图4 黑龙江省各地市雷电灾害频率与风险估算结果对比曲线图

4 结论

本文提出雷电灾害的潜在易损性和现实易损性概念,利用黑龙江省 1959 – 2008 年的雷暴日资料及 1999 – 2008 年的雷电灾害资料,结合黑龙江省的经济和人口密度特征,提出了雷暴日数、雷电灾害频度、生命易损模数及经济易损模数作为雷电灾害易损性评估指标,然后采用 4 级区分法对各指标进行了分级。结果表明:

(1)黑龙江省各地市的雷电灾害既与自然雷电活动的分布有一定的关系,也不完全由雷电活动的频繁程度所决定,而与人口密度、经济特征等多方面因素有关,自然雷电活动只是雷电灾害的致灾因子之一。

(2)采用 4 级分区法对黑龙江省雷灾易损性进行了综合评估,得出了雷灾易损度区划图,哈尔滨、齐齐哈尔和绥化潜在易损度和现实易损度皆高,综合易损度为极高易损区。伊春、大兴安岭、黑河潜在易损度很高,而现实易损度最低,故综合易损度为高易损区。鹤岗、鸡西潜在易损度较低、现实易损度较高,故综合易损度为中易损区;七台河潜在易损度最低,但现实易损度高,综合易损度同样为中易损区。佳木斯、双鸭山、牡丹江潜在易损度和现实易损度皆低,综合易损度为低易损区。

参考文献:

- [1] 王昂生. 大气灾害学[J]. 地球科学进展, 1991, 6(5): 74 – 75.
- [2] 张义军, 周秀骥. 雷电研究的回顾和进展[J]. 应用气象学报, 2006, 17(6): 830 – 834.
- [3] 张腾飞, 尹丽云, 许迎杰, 等. 2007 年 5 – 8 月云南省雷电活动特点和致灾因子分析[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 73 – 79.
- [4] 陈红, 张丽娟, 李文亮, 等. 黑龙江省雷暴发生规律及区划研究[J]. 灾害学, 2009, 24(4): 58 – 62.
- [5] 周筠珏, 张健龙, 孙凌. 京、津、冀地区地闪特征的统计分析[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 101 – 105.
- [6] 李彩莲, 赵西社, 赵东, 等. 陕西省雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 49 – 53.
- [7] 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.
- [8] 郭虎, 熊亚军. 北京市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 应用气象学报, 2008, 19(1): 35 – 39.
- [9] 尹娜, 肖稳安. 雷灾易损性分析、评估及易损度区划[J]. 热带气象学报, 2005, 21(4): 441 – 449.

- [10] 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——以重庆市为例[J]. 灾害学, 2001, 16(3): 59-64.
- [11] 严春银. 江西省雷电灾害易损性分析及其区划[J]. 江西科学, 2006, 24(2): 131-135.
- [12] 殷娴, 肖稳安, 冯民学, 等. 区域雷灾分布特征及易损度区划[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 216-220.
- [13] 孔燕燕, 沈建国. 雷暴检测和预报[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 1-163.
- [14] 中国气象局监测网络司. 地面气象电码手册[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 1-123.
- [15] 扈海波, 王迎春. 采用层次分析模型的城市气象灾害风险评估[C]//中国气象学会2007年年会天气预报预警和影响评估技术分会场论文集. 广州: 中国气象学会, 2007.
- [16] 樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 承灾体脆弱性评价指标中的量化方法探讨[J]. 灾害学, 2000, 15(2): 78-81.

A Study on the Potential and Current Vulnerability and Regionalization for Lightning Disaster in Heilongjiang Province

Yuan Xiangling^{1,2}, Wang Zhenghui^{1,3}, Xiao Wenan³ and Shu Yu⁴

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. Qiqihar Meteorological Bureau, Qiqihar 161006, China; 3. School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 4. Heilongjiang Provincial Lighting Protection Center, Harbin 151000, China)

Abstract: According to lightning disaster frequency, thunderstorm days, economic and population data of 12 cities in Heilongjiang during 1959 ~ 2008, vulnerability analysis, evaluation and vulnerability zoning of lightning disaster are made. Annual mean thunderstorm days (M), lightning disaster frequency (P), economic vulnerability module (D) and vital vulnerability module (L) are presented as vulnerability assessment index of thunderstorm disasters in Heilongjiang province. Based on them, the vulnerability assessment structures of thunderstorm disasters in Heilongjiang province are given. The four indices are classified into four degrees with a given value as follows: the extreme high degree is 1.0, the high degree is 0.8, the intermediate degree is 0.5, and the low degree is 0.2. The comprehensive vulnerability evaluation index of lightning disasters are obtained by adding the degree values of the four indices. Then the comprehensive vulnerability evaluation index for the twelve cities is also graded as four degrees, which are defined as the maximal damageable area, the high damageable area, the medium damageable area and the low damageable area. Finally, vulnerability zoning of the lightning disaster is obtained based on the vulnerability degree values of the twelve cities in Heilongjiang. The result shows that Harbin, Qiqihar and Suihua belong to the maximal damageable area. Yichun, Daxinganling and Heihe belong to the high damageable area. Hegan, Jixi and Qitaihe belong to the medium damageable area. The rest cities belong to the low damageable area.

Key words: lightning disaster; potential vulnerability; realistic vulnerability; vulnerability degree; Heilongjiang province