

袁湘玲, 周倩, 王振会, 等. 雷电灾害风险分级方法研究[J]. 灾害学, 2017, 32(1): 26–31. [YUAN Xiangling, ZHOU Qian, WANG Zhenghui, et al. A study on the lightning disaster risk grading methods [J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(1): 26–31. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.01.006.]

雷电灾害风险分级方法研究^{*}

袁湘玲¹, 周倩², 王振会³, 肖稳安³, 马繁东¹

(1. 齐齐哈尔市气象局, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 天津市防雷中心, 天津 300074;
3. 南京信息工程大学 大气物理学院, 江苏 南京 210044)

摘要: 利用2008–2014年全国雷电监测资料、1981–2010年全国2 032个气象观测站点的雷暴日资料以及人口和经济特征资料, 选取雷暴日、地闪密度、雷电流强度作为雷电灾害风险事件发生的可能性指标、生命易损模数和经济易损模数作为雷电灾害风险事件产生的后果指标, 采用对称不等间隔四级分法得出雷电灾害风险分级指标等级划分阈值。提出利用雷电流幅值均值、不同滚球半径对应的绕击率和雷击率组合代表雷电流强度特征, 作为雷电灾害风险分级指标, 能够更有效地表征雷电灾害风险特征。给出雷电灾害风险分级方法。为雷电灾害研究和风险管理工作提供参考。

关键词: 风险; 雷电灾害风险; 等级; 分级方法

中图分类号: X43; P463.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2017)01–0026–06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.01.006

风险是指“与潜在损失有关的不确定性”^[1]。自然灾害风险形成的原因是客观的, 可能造成人民生命财产的巨大损失^[2–4], 引起资源环境的进一步恶化, 阻碍社会的可持续发展。积极应对和控制风险, 保障社会公共安全已成为各级政府公共服务职能。气象灾害风险管理不仅可以提高政府的信誉, 也可以增强社会抵御气象灾害风险的心理^[5]。雷电灾害是最严重的10种自然灾害之一^[6], 雷电灾害风险管理工作, 不仅被气象部门高度重视, 且已成为各级政府防灾减灾的重要内容。雷电灾害风险分级是开展雷电灾害风险管理的一项基础性工作, 相关的文献较为罕见, 亟需相关的方法研究, 为雷电灾害风险管理提供科学依据, 为预防、减少和减轻雷电灾害提供参考, 对于科学防灾和减灾有十分重要的指导意义。

1 资料与方法

1.1 资料来源

文中使用资料包括: ①雷电监测资料, 中国气象局闪电定位系统2008–2014年监测资料, 来源于国家气象信息中心; ②雷暴日资料, 全国2 474个气象观测站点1981–2010年的监测资料, 来源

于国家气象信息中心; ③人口和经济特征资料, 来源于《中国统计年鉴2014》^[7]发布的2013年统计数据; ④雷电灾害资料, 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共同编写的《全国雷电灾害汇编》(内部资料), 资料年限为2004–2013年。

1.2 研究方法

雷电灾害风险分级采用从风险量化出发的风险矩阵方法^[8–9]。雷电灾害风险等级由雷电灾害风险事件发生的可能性和产生的后果决定。以 P 代表雷电灾害风险事件发生的可能性的等级, 以 C 代表雷电灾害风险事件产生的后果的等级, 雷电灾害风险 R 的等级表示为:

$$R = P \times C. \quad (1)$$

式中: R 为雷电灾害风险, P 为雷电灾害风险事件发生的可能性, C 为雷电灾害风险事件产生的后果。

2 雷电灾害风险分级指标分析

选取雷暴日(M)、地闪密度(N_g)、雷电流强

^{*} 收稿日期: 2016–07–18 修回日期: 2016–08–28

基金项目: 黑龙江省地方标准项目“雷电灾害风险等级”; 中国公益(气象)行业专项(GYHY200806014)

第一作者简介: 袁湘玲(1970–), 女, 湖南省双峰县人, 高级工程师, 从事雷电灾害防御工作. E-mail: qqhryxl@aliyun.com

度(I_R)、生命易损模数(L)和经济易损模数(D)作为雷电灾害风险分级指标。雷暴日数和地闪密度均可表征一个区域雷电灾害的孕灾危险程度^[10], 雷暴日因人工观测限制误差较大但观测资料时序长, 能够更好地反映雷暴活动的气候特征, 地闪密度能够更准确地表征地面落雷的频繁程度, 但资料时序较短, 故本文同时选取两个参数作为风险分级指标; 雷电流幅值概率是计算雷电防护效率的重要参数, 统计分析雷电流平均幅值、不同滚球半径对应的绕击率和雷击率可以得出雷电流幅值分布特征, 用于综合判定雷电流强度分值; 生命易损模数表示区域内每平方千米受危害的人口数量; 经济易损模数表示区域内每平方千米的经济损失。上述前三项指标着重于反映承灾体遭受灾害的可能性程度, 用于雷电灾害风险事件发生的可能性指标; 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, 用于雷电灾害风险事件产生的后果指标。雷电灾害风险分级指标的层次模型见图 1。

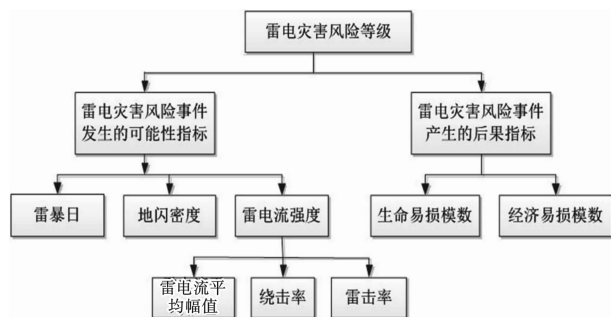


图1 雷电灾害风险分级指标的层次模型

2.1 雷暴日等级划分阈值

根据 1981–2010 年雷暴日资料, 从中国 2 474 个站点中选取连续性较好的 2 032 个站点资料, 计算出 30 年平均雷暴日数(单位: d/年)。统计得出: 雷暴日数最小值为 2.4 d/年, 出现在青海冷湖, 最大值为 108 d/年, 出现在云南勐腊; 雷暴日数小于 20 d/年的站点数为 226 个, 占样本总数的 11.1%; 雷暴日数大于等于 60 d/年的站点数为 243 个, 占样本总数的 12.0%; 雷暴日数小于 30.9 d/年的站点数为 1 018, 占样本总数的 49.9%。雷暴日数概率分布见图 2。

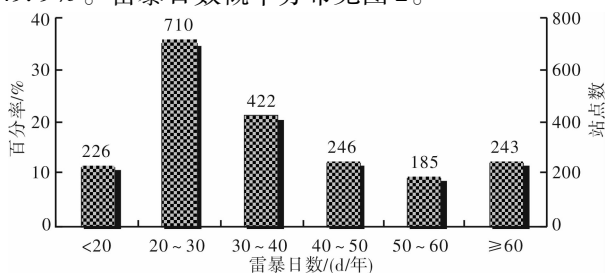


图2 雷暴日数概率分布图

依据图 2 雷暴日数概率分布特征, 采用对称不等间隔四级分割法进行等级划分^[11], 用极高、高、中、低 4 个级别来描述, 并赋予各等级如下的定值: 极高为Ⅳ, 高为Ⅲ, 中为Ⅱ, 低为Ⅰ。考虑到极高和低所占比例较小, 由极高到低各等级所占百分比分别为 20%、30%、30% 和 20%, 统计得出雷暴日等级划分阈值见表 1。

表1 雷暴日及地闪密度等级划分阈值

指标分量等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
雷暴日 M	[0, 22.8)	[22.8, 30.9)	[30.9, 51)	[51, ∞)
地闪密度 N_g	[0, 0.01)	[0.01, 0.25)	[0.25, 1.07)	[1.07, ∞)

2.2 地闪密度等级划分阈值

根据 2008–2014 年全国闪电定位资料, 将中国位于 $18^{\circ} \sim 53.52^{\circ}N$ 和 $73.66^{\circ} \sim 135.08^{\circ}E$ 间的区域按经纬度划分为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的网格区域, 得到样本总数为 4 004 个, 计算各区域的年平均地闪密度(单位: 次/(年· km^2))。地闪密度最小值为 0, 共有 295 个, 占样本总数的 7.4%, 这些样本分布在 $31^{\circ} \sim 48^{\circ}N$ 和 $75^{\circ} \sim 94.5^{\circ}E$ 间, 均在西藏和新疆地区; 地闪密度最大值为 8.2 次/(年· km^2), 位置为 $29.5^{\circ} \sim 30^{\circ}N$ 和 $105^{\circ} \sim 105.5^{\circ}E$ 。地闪密度小于 0.001 的样本数为 1 100 个, 占样本总数 27.5%, 分布在 $28.5^{\circ} \sim 49.5^{\circ}N$ 和 $73.66^{\circ} \sim 102.5^{\circ}E$ 间, 绝大部分属于西藏、新疆和青海省, 结果与新疆和西藏雷暴日数少且区域面积较大是一致的。鉴于这部分样本所占比重较大, 代表性不强, 在计算等级划分阈值时将其剔除。得到地闪密度概率分布见图 3。

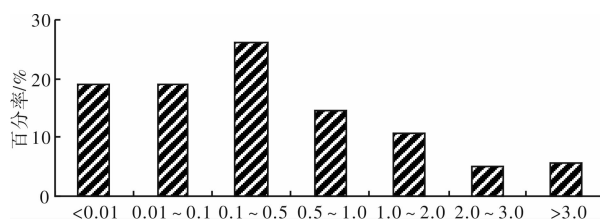


图3 地闪密度概率分布图

依据图 3 地闪密度概率分布特征, 同理采用 2.1 节所述划分方法, 得出地闪密度等级划分阈值见表 1。

2.3 雷电流强度等级划分阈值

同上, 利用闪电定位资料统计分析雷电流幅值概率分布, 滚球半径为 30 m、45 m 和 60 m 分别对应的各区域的绕击率^[12-13]和雷击率。得出总地闪雷电流幅值平均为 50.4 kA, 负地闪平均值为 49.1 kA, 正地闪平均值为 70.7 kA。雷电流幅值, 滚球半径为 30 m、45 m 和 60 m 分别对应的绕击率和雷击率的概率分布特征见图 4。

表 2 雷电流强度等级划分阈值

指标分量等级		I	II	III	IV
绕击率 $I_{PA}/\%$	滚球半径 30m	[0, 0.001)	[0.001, 0.03)	[0.03, 2)	[2, ∞)
	滚球半径 45m	[0, 0.001)	[0.001, 0.05)	[0.05, 6)	[6, ∞)
	滚球半径 60m	[0, 0.001)	[0.001, 0.6)	[0.6, 18)	[18, ∞)
雷击率 $I_{PB}/\%$	滚球半径 30m	[0, 0.2)	[0.2, 1.2)	[1.2, 7)	[7, ∞)
	滚球半径 45m	[0, 0.8)	[0.8, 3)	[3, 10)	[10, ∞)
	滚球半径 60m	[0, 2)	[2, 9)	[9, 18)	[18, ∞)
I_{AV}/kA		[0, 15)	[15, 25)	[25, 60)	[60, ∞)

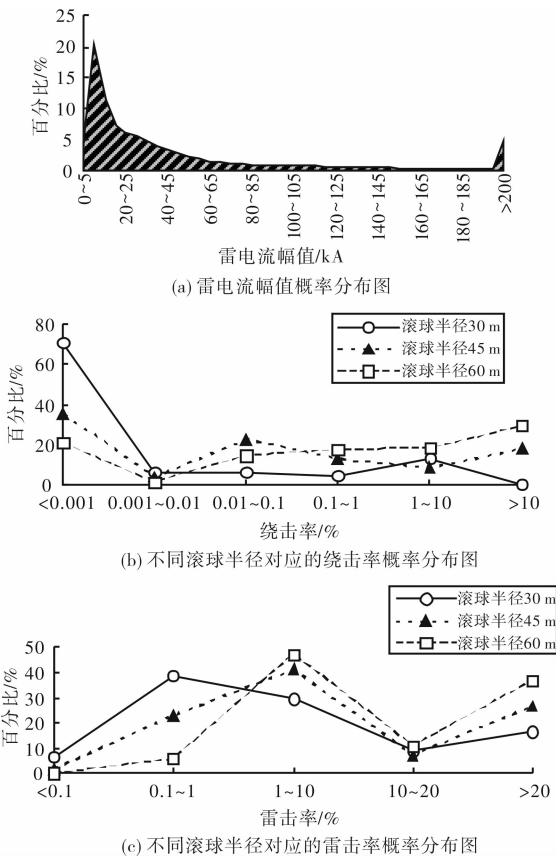


图 4 雷电流幅值概率特征图

依据图 4 的雷电流幅值概率分布特征,并结合实际情况,考虑划分结果的合理性,仍采用 2.1 节所述方法进行划分,得出雷电流强度等级划分阈值见表 2。

选取行政区域内或评价对象周围 5 km 半径范围内的闪电定位资料进行统计分析,计算得出雷电流平均幅值、不同滚球半径对应的绕击率和雷击率,根据计算值按照表 2 确定各参量的取值。当评估区域雷电灾害风险等级时, I_{PA} 和 I_{PB} 取三种滚球半径对应等级的平均值;当评估具体项目时,按项目的实际防雷类别取相应滚球半径对应的等级值。雷电流强度 I_R 的分值取 I_{PA} 、 I_{PB} 和 I_{AV} 等级的平均值,按四舍五入取整。

2.4 生命易损模数及经济易损模数等级划分阈值

根据统计数据中全国 31 省(市)的人口、生产总值(GDP)和行政区域面积资料,由式(2)、式(3)分别计算出各区域的生命易损模数和经济易损模数见表 3。

$$L = L_s / S。$$
 (2)

式中: L 为生命易损模数,单位为人/ km^2 ; L_s 为区域受到雷电灾害危害的人口数量,单位为人; S 为各区域的行政面积。

$$D = D_s / S。$$
 (3)

式中: D 为经济易损模数,单位为万元/ km^2 ; D_s 为区域雷电灾害经济损失额,单位为万元; S 为各区域的行政面积。

表 3 31 省(市)生命易损模数及经济易损模数值

地名	生命易损模数 $L/$ (人/ km^2)	经济易损模数 $D/$ (万元/ km^2)	地名	生命易损模数 $L/$ (人/ km^2)	经济易损模数 $D/$ (万元/ km^2)
北 京	1288.68	10895.07	湖 北	311.96	1196.98
天 津	1235.35	10819.45	湖 南	315.81	1045.73
河 北	389.13	1410.31	广 东	591.95	3173.74
山 西	231.62	772.94	广 西	198.65	548.71
内 蒙 古	21.81	138.68	海 南	253.24	807.71
辽 宁	296.49	1678.09	重 庆	361.01	1386.87
吉 林	143.95	624.69	四 川	167.48	493.18
黑 龙 江	84.72	302.48	贵 州	198.82	388.99
上 海	2931.36	24495.32	云 南	122.30	269.04
江 苏	743.80	5064.40	西 藏	2.60	5.83
浙 江	521.65	3289.01	陕 西	182.90	702.34
安 徽	430.31	1228.33	甘 肃	63.90	139.83
福 建	304.32	1588.65	青 海	8.05	26.39
江 西	270.96	775.87	宁 夏	125.92	450.64
山 东	619.46	3183.00	新 疆	13.60	45.08
河 南	568.66	1788.08			

将表 3 中生命易损模数值及经济易损模数值按照 2.1 节所述方法进行等级划分, 得出生命易损模数及经济易损模数等级划分阈值见表 4。

表 4 生命易损模数及经济易损模数等级划分阈值

指标分量等级	I	II	III	IV
生命易损模数 L	$[0, 104)$	$[104, 284)$	$[284, 581)$	$[581, \infty)$
经济易损模数 D	$[0, 286)$	$[286, 927)$	$[927, 3179)$	$[3179, \infty)$

注: 表中数值按进位取整。

3 雷电灾害风险事件发生的可能性分级方法

参考文献[8-9], 可能性的分级方法是根据雷电灾害风险事件发生的可能性, 从高到低分为极高、高、中、低四个等级, 分别用等级 P 的分值表示。分级参考值见表 5。当雷电灾害风险事件发生的可能性的三个指标是不同的分值时, 其等级 P 的分值取三个可能性指标分值中的等级最高者。

表 5 雷电灾害风险事件的可能性等级分值

可能性等级分值 P	风险事件可能性	可能性指标分值		
		雷暴日 M	地闪密度 N_g	雷电流强度 I_R
1	极高	IV	IV	IV
2	高	III	III	III
3	中	II	II	II
4	低	I	I	I

选取区域内近 30 年以上气象台站的雷暴日观测资料进行统计分析, 得到该区域的雷暴日数; 选取行政区域内或评价对象周围 5 km 半径范围内的闪电定位资料进行统计分析, 计算得出该区域的地闪密度和雷电流幅值概率。依据所在区域雷暴日数、地闪密度按照表 1 的等级划分阈值确定 M 和 N_g 值; 依据所在区域和雷电流幅值概率按照表 2 的等级划分阈值确定 I_R 值。根据得到的 M 、 N_g 和 I_R 值, 按照表 5 的分级标准得出 P 的分值。

4 雷电灾害风险事件产生的后果分级方法

参考文献[8-9], 后果的分级方法是根据雷电灾害风险事件产生的后果, 从高到低分为极高、高、中、低四个等级, 分别用等级 C 的分值表示。分级参考值见表 6。当雷电灾害风险事件产生的后果的两个指标是不同的分值时, 其等级 C 的分值取两个后果指标分值中的等级高者。

若评估某行政区域的综合雷电灾害风险等级, 根据该区域的人口、生产总值 (GDP) 和行政区域面积资料, 计算得出生命易损模数和经济易损模

数, 按照表 4 的等级划分阈值, 确定 L 、 D 值, 依据 L 和 D 值, 按照表 6 的分级标准得出 C 值。

表 6 雷电灾害风险事件产生后果的等级分值

后果等级分值 C	风险事件后果	后果指标分值	
		生命易损模数 L	经济易损模数 D
1	极高	IV	IV
2	高	III	III
3	中	II	II
4	低	I	I

注: 具有爆炸危险或其它可能对周围环境造成危害的场所, C 的分值取 1。

若评估某个项目或者某个指定区域的雷电灾害风险等级, 为保证指标计算结果的一致性, 需将其占地面积按一定比例转化为相对应的行政区域面积。查阅 2014 年《中国统计年鉴》得到中国土地状况见表 7。由表 7 得到各项目的面积转换比 k 见表 7 最后 1 列。按照评估对象的类别, 查阅表 7 得到相应的面积转换比 k , 将其占地面积除以 k 得到相对应的行政区域面积 S , 计算得出生命易损模数和经济易损模数, 按照表 4 的等级划分阈值, 确定 L 、 D 值, 依据 L 和 D 值, 按照表 6 的分级标准得出 C 值。

表 7 土地状况及面积转换比

项目	面积/($\times 10^4 \text{ km}^2$)	占总面积/%	面积转换比 k
总面积	960.00	100.00	
#耕地	121.72	12.80	0.128
园地	11.79	1.24	0.0124
林地	236.09	24.83	0.2483
牧草地	261.84	27.54	0.2754
其他农用地	25.44	2.68	0.0268
居民点及独立工矿用地	26.92	2.83	0.0283
交通运输用地	2.50	0.26	0.0026
水利设施用地	3.65	0.38	0.0038

5 雷电灾害风险分级

参考文献[8], 根据表 5 的雷电灾害风险事件的可能性等级分值 P 和表 6 的雷电灾害风险事件的后果等级分值 C , 建立雷电灾害风险分级矩阵见表 8。

6 雷电灾害风险等级划分示例和 Use 效果评价

选取 4 个直辖市、海口市、兰州市、乌鲁木齐市以及黑龙江省 7 个地州市辖区为例, 演示应用该分级方法计算雷电灾害风险等级。利用雷暴日资料、闪电定位资料以及人口和经济特征资料, 统计分析得到各地市分级指标值见表 9。

表 8 雷电灾害风险分级矩阵

雷电灾害风险等级分值R			雷电灾害风险事件产生的后果等级分值C			
			极高	高	中	低
			1	2	3	4
雷电灾害风险事件发生的可能性等级分值P	极高	1	1	2	3	4
	高	2	2	4	6	8
	中	3	3	6	9	12
	低	4	4	8	12	16

注①雷电灾害风险等级分值 R 为雷电灾害风险事件的可能性等级分值 P 与后果等级分值 C 相乘的结果。②雷电灾害风险等级分值 R 划分为四个等级并赋以四种颜色，表示雷电灾害风险的四个等级：红色代表极高风险， R 分值为 1~2；橙色代表高风险， R 分值为 3~4；黄色代表中风险， R 分值为 6~9；绿色代表低风险， R 分值为 12~16。

表 9 雷电灾害风险分级指标值

地名	雷暴 M	地闪密度 N_g	雷电流强度 I_R							命易损 模数 L	经济易损 模数 D
			I_{AV}	I_{PA}			I_{PB}				
				30m	45m	60m	30m	45m	60m		
北京	33.8	0.38	74.63	0.03	0.03	0.03	1.99	4.69	16.31	1289	10896
天津	37.0	0.71	106.94	0.02	0.23	0.33	20.5	54.48	90.49	1236	10820
上海	25.6	2.04	38.34	0	0.01	0.29	1.13	1.48	2.56	2932	24496
重庆	31.6	3.66	27.71	0.16	20.33	38.02	0.14	0.68	2.09	362	1387
海口	95.2	0.02	204.52	0	0	0	56.17	81.42	93.62	717	3925
兰州	19.2	0.73	119.41	0.03	0.04	0.06	10.70	26.60	53.36	1591	8977
乌鲁木齐	4.5	0.0001	201.68	0	0	0	50	100	100	180	1655
哈尔滨	32.8	0.66	35.67	0.42	7.78	17.70	0.27	0.64	2.47	761	4363
齐齐哈尔	27.4	0.24	41.20	0.44	3.67	9.91	0.33	1.09	3.90	295	1243
鹤岗	26.6	0.41	36.15	3.01	13.00	18.74	0.15	0.52	2.49	140	627
伊春	27.1	0.43	38.16	1.69	10.45	18.20	0.17	0.57	2.71	33	67
佳木斯	29.7	0.42	35.35	1.82	12.51	20.80	0.32	0.78	2.92	470	1155
牡丹江	24	0.11	34.72	1.23	7.52	14.89	0.23	0.78	2.98	282	866
加格达奇	31.6	1.07	23.92	5.20	13.74	35.99	0.04	0.19	0.94	16	40

表 10 各指标的级别值

地名	雷暴 M	地闪密度 N_g	雷电流强度 I_R							命易损 模数 L	经济易损 模数 D
			I_{AV}	I_{PA}			I_{PB}				
				30m	45m	60m	30m	45m	60m		
北京	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
天津	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
上海	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ
重庆	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
海口	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
兰州	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
乌鲁木齐	Ⅰ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ
哈尔滨	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ
齐齐哈尔	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
鹤岗	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
伊春	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ
佳木斯	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
牡丹江	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
加格达奇	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ

根据表 9 中的指标值，按照表 1、表 2 和表 4 的指标等级划分阈值，得到各指标的级别值见表 10。

根据表 10 中各指标的级别值，按照表 5 和表

6 的分级方法，得到各地区雷电灾害风险事件发生的可能性等级 P 值及雷电灾害风险事件产生的后果等级 C 值见表 11 第 1 列和第 2 列。代入式(1)可得，各地区雷电灾害风险值 R 见表 11 第 3 列，

对照表 8 得出雷电灾害风险等级见表 11 最后 1 列。

表 11 雷电灾害风险等级划分结果

地名	P	C	R	雷电灾害风险等级
北京	2	1	2	极高
天津	2	1	2	极高
上海	1	1	1	极高
重庆	1	2	2	极高
海口	1	1	1	极高
兰州	2	1	2	极高
乌鲁木齐	2	2	4	高
哈尔滨	2	1	2	极高
齐齐哈尔	2	2	4	高
鹤岗	2	3	6	中
伊春	2	4	8	中
佳木斯	2	2	4	高
牡丹江	2	3	6	中
加格达奇	1	4	4	高

雷电灾害风险等级与雷电灾害发生频度有正的相关性, 按照风险矩阵分级方法, 雷电灾害风险值与雷电灾害发生频度有负的相关性, 这里为了与各地的实际雷电灾害频度进行对比, 将雷电灾害频度进行归一化处理。图 5 为各地 2004 - 2013 年 10 年平均雷电灾害频度归一化值与雷电灾害风险值对比曲线图。从图 5 可以看出, 两者的趋势和程度基本相近, 其相关系数为 -0.79 , 表明雷电灾害风险等级划分结果与实际情况基本吻合。

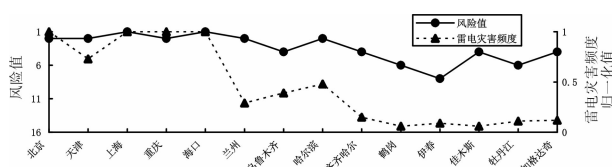


图 5 各地雷电灾害频度与风险值对比曲线图

7 小结

(1) 本文提出利用雷电流平均幅值、不同滚球半径对应的绕击率和雷击率三个方面量化分析雷电流强度特征, 得出雷电流强度综合量化值, 作为雷电灾害风险分级指标。

(2) 利用 2008 - 2014 年全国雷电监测资料、1981 - 2010 年全国 2032 个站点的雷暴日资料, 《中国统计年鉴 2014》发布的 2013 年人口和经济特征资料, 采用气象学统计分析中的分级统计方法, 计算得出雷暴日、地闪密度、雷电流强度、生命易损模数和经济易损模数的等级划分阈值。

(3) 给出采用风险矩阵划分雷电灾害风险等级的方法。实例应用结果表明本文提出的方法可操作性强, 对雷电灾害风险等级具有很好的区分性。

参考文献:

- [1] Rejda G E. Principles of risk management and insurance (9th ed.) [M]. Addison Wesley, 2005.
- [2] 黄崇福. 自然灾害动态风险分析基本原理的探讨[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 1-7.
- [3] 马保成. 自然灾害风险定义及其表征方法[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 16-20.
- [4] 于良巨, 马万栋. 自然灾害内涵及辨析[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 12-16.
- [5] 王炜, 权循刚, 魏华. 从气象灾害防御到气象灾害风险管理的管理方法转变[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(1), 7-13.
- [6] 王昂生. 大气灾害学[J]. 地球科学进展, 1991, 6(5): 74-75.
- [7] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2014 [EB/OL]. [2015-10-15]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2014/indexch.htm>
- [8] 中华人民共和国民政部. MZ/T 031-2012 自然灾害风险分级方法[S]. 北京: 中国社会科学出版社, 2012.
- [9] 张鹏, 李宁. 我国自然灾害风险分级方法的标准化[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 60-64.
- [10] 袁湘玲, 王振会, 肖稳安, 等. 雷电灾害潜在与现实现损性分析及区划研究[J]. 灾害学, 2011, 26(1): 20-25.
- [11] 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.
- [12] 中华人民共和国电力工业部. DL/T 620-1997 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [13] IEEE Std 1243-1997. IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines [S]. New York: IEEE Inc, 1997.

A Study on the Lightning Disaster Risk Grading Methods

YUAN Xiangling¹, ZHOU Qian², WANG Zhenghui³, XIAO Wen'an³ and MA Fandong¹

(1. Qiqihar Meteorological Bureau, Qiqihar 161006, China; 2. Tianjin Lightning Protection Center, Tianjin 300074, China; 3. School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Annual mean thunderstorm days, lightning density, lightning current intensity, vital vulnerability module and economic vulnerability module are presented as grading indices of lightning disasters risk. The features of lightning current intensity accord with the synthesis of the average lightning current amplitude, probability of shielding failure and lightning strike on the basis of different rolling sphere radius. Based on thunderstorm days during 1981 ~ 2010, lightning location data from 2008 to 2014 and demographic and economic data in China, hierarchy thresholds of lightning disaster risk grading indices are obtained. The classification method of lightning disaster risk is studied. Provide reference for the research and risk management on lightning disaster.

Key words: risk; lightning disaster risk; grade; grading methods