

李浩<sup>1</sup> 边学文<sup>1</sup>

# 浙江省雷电灾害易损性分析及风险区划

## 摘要

根据 2007—2011 年浙江省雷电灾害事故调查资料、浙江省地闪监测资料,选取地闪密度、灾害频数、经济(GDP)损失模数、生命易损模数、雷灾经济损失、人员伤亡等作为浙江省各市雷电灾害易损性评估指标,对浙江省各市进行雷电灾害易损性综合评估,并结合 GIS 方法对浙江省进行了雷电灾害易损性风险区划,为有针对性做好防御雷电灾害规划提供科学依据。

## 关键词

雷电灾害;易损性;风险区划

中图分类号 P429

文献标志码 A

## 0 引言

雷电是发生于大气中的一种瞬时高电压、大电流、强电磁辐射灾害性天气现象。雷电灾害有直击雷或闪电感应导致,2 种形式的雷击尽管表现形式不同,但对生命财产均构成严重威胁<sup>[1]</sup>。近年来,随着我国社会经济的发展和现代化水平的提高,雷电灾害的危险程度和造成的经济损失及社会影响越来越大。据 2004—2010 年不完全统计,浙江省发生雷电灾害 10 000 多起,造成人员伤亡 400 余人,经济损失 4 亿多元,因此,必须对历史资料进行系统性的分析研究,以减轻雷电灾害造成的损失和影响。

区划分析是比较简便有效的一种灾害管理方法。近年来,我国在雷电灾害评估与区划方面,取得了不少有意义的研究成果。尹娜等<sup>[2]</sup>对雷电灾害进行了风险区划分析,蒋勇军等<sup>[3]</sup>对重庆市雷电灾害进行了易损性分析,并做了其易损度区划,严春银<sup>[4]</sup>和程丽丹等<sup>[5]</sup>分别对江西省和河南省雷灾易损性进行综合评估,形成了江西省和河南省雷灾易损性区划。

上述文献都将雷暴日作为一项重要的评价指标,本文将该指标替换为相比之下更为客观的地闪密度,同时增加雷灾经济损失数  $E$ 、雷灾人员伤亡  $C$  等作为评价指标,这将使评估结果更为科学和准确。对浙江省进行雷电灾害易损性分析及风险区划,将会使灾害防御管理提高到风险管理的程度,对于防灾减灾有十分重要的指导意义。

## 1 浙江省雷灾区域环境背景分析

### 1.1 浙江省概况

浙江省地处中国东南沿海、长江三角洲南翼,东临东海,南接福建,西与安徽、江西相连,北与上海、江苏接壤。境内最大河流为钱塘江。土壤以黄壤和红壤为主,多分布在丘陵山地,平原和河谷多为水稻土,沿海有盐土和脱盐土分布。浙江省是中国面积最小、人口密度最大的省份之一,经济规模在中国位列第四。

### 1.2 浙江省气候环境

浙江省属亚热带季风气候。该气候夏季炎热多雨,冬季低温少雨。全年降水充沛,集中在春夏季。气候复杂多样,气象灾害频繁。图 1 为浙江省 2007—2011 年雷灾月分布,图 2 为浙江省 2007—2011 年地闪月分布。对比图 1 与图 2,可以看出,浙江省地闪和雷电灾害多发生在

收稿日期 2012-12-17

资助项目 浙江省气象科技计划(2012ZD01, 2013QN18)

作者简介

李浩,男,工程师,主要从事雷电防护研究工作。283495891@qq.com

1 浙江省防雷中心,杭州,310008

3—9月,7和8月达到峰值,10月开始迅速减少<sup>[6]</sup>,雷电灾害与地闪次数总体上呈正比例关系。

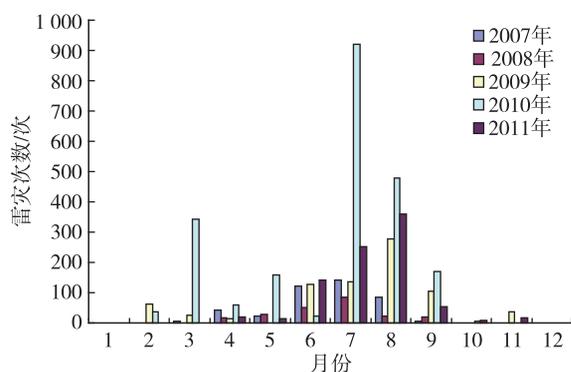


图1 2007—2011年浙江省雷灾月分布

Fig. 1 Monthly lightning disaster distribution in Zhejiang province during 2007—2011

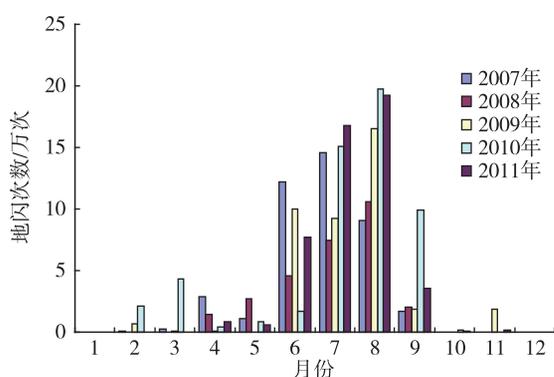


图2 2007—2011年浙江省地闪月分布

Fig. 2 Monthly flash distribution in Zhejiang province during 2007—2011

## 2 雷电灾害易损性评估指标及资料来源

灾害的发生是由环境的危险性和承灾体的脆弱性共同决定的.浙江省雷电灾害易损性反映了本地区面对雷电发生的敏感度,其既与各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、人口密度特征等有关,当然雷灾造成的经济损失和人员伤亡也从一个侧面反映载体某一方面的敏感程度。

采用以下6个指标来评价浙江省雷电灾害易损性:

1) 地闪密度  $M$ ,是指各市每年每平方千米发生的地闪次数(单位:次/ $\text{km}^2$ )<sup>[7]</sup>,它是反映雷暴活动的重要指标之一.地闪密度高的市,致灾因子活跃,发生雷灾的可能性较大.本文将2007—2011年浙江

省各市地闪数据资料合并进行平均处理,再计算出该地区单位面积的年平均地闪次数。

2) 雷电灾害频度  $P$ ,是指各市每年发生雷电灾害的次数(次/a).它客观地反映过去一段时期内各市发生雷电灾害的实际情况。

3) 经济(GDP)易损模数  $D$ <sup>[8]</sup>表示区域内发生灾害时,单位面积上的易损经济量(GDP与各市行政面积的比值,单位:万元/ $\text{km}^2$ ),该指标可以反映区域单位面积上的易损经济量,还可以间接反映各市抵抗雷电灾害的能力及灾后恢复能力。

4) 生命易损数  $L$ 表示区域发生雷电灾害时单位面积上受危害的人口数量( $L=L_s/S$ ,万人/ $\text{km}^2$ ,其中  $L_s$  为各市常住人口,  $S$  为各市的行政面积),该指标反映了区域生命对灾害的敏感性。

5) 雷灾经济损失数  $E$ 表示雷电灾害造成的直接经济损失。

6) 雷灾人员伤亡数  $C$ 表示雷电灾害造成的人员伤亡数量。

$M$ 和 $P$ 着重于雷电及雷电灾害发生的频率和次数的评价,反映承灾体遭受灾害的可能性程度; $D$ 和 $L$ 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; $E$ 和 $C$ 侧重于雷电灾害的损失程度,反应载体自身的脆弱程度。

本文使用的资料包括:1)地闪资料来自2007—2011年浙江省闪电定位系统资料;2)雷电灾害资料分别取自2007—2011年《全国雷电灾害汇编》<sup>[9-12]</sup>,以浙江省的11个市为基本分析单元,从中挑选出各市的雷击事件,计算出浙江省各市的雷电灾害频度;3)各省辖市国民生产总值(GDP)和人口数量采用的是《浙江省统计年鉴2011》<sup>[13]</sup>发布的2010年数据。

## 3 浙江省地闪密度区域分布和雷电灾害频度特征

### 3.1 地闪密度区域分布特征

根据2007—2011年浙江省闪电定位系统资料统计出各市地闪密度及地闪次数<sup>[13-14]</sup>(图3).由图3可以看出:绍兴市地闪密度(5.71次/ $\text{km}^2$ )为全省最高,宁波、台州、舟山地闪密度较高,金华、温州、湖州、杭州、衢州、嘉兴、丽水地闪密度较低,整体呈东密西疏分布.浙江省各市整体气候、地理条件差别不是很大,各市地闪密度趋于平均,没有显著的差别,因此,造成地闪次数杭州、丽水最多,舟山、嘉兴最少的主要原因之一是各地行政面积的差异。

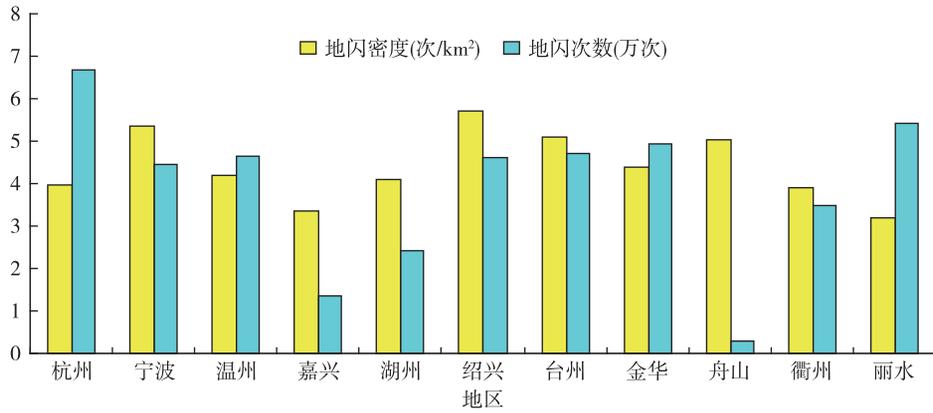


图3 浙江省 2007—2011 年各市地闪情况

Fig. 3 Spatial distribution of flash density and frequency in Zhejiang province during 2007—2011

### 3.2 雷电灾害频度特征

图4给出了2007—2011年浙江省雷电灾害频度分布特征.从图4中可见:丽水平均雷电灾害频次多达273.4次/a,为全省最高,温州为128.4次/a,其后依次是杭州、宁波、衢州、金华、嘉兴、绍兴、湖州、台州和舟山.对比图4与图3中所示地闪次数,可以看出雷灾频度与地闪次数在整体上成正比例关系,与地闪密度并不成明显的比例关系,这说明雷电灾害发生不仅与自然雷电活动分布有一定的关系,也与各地建设规模、经济发展速度、电子仪器设备数量、人口密度、防雷工作深度及广度等众多因素有关.

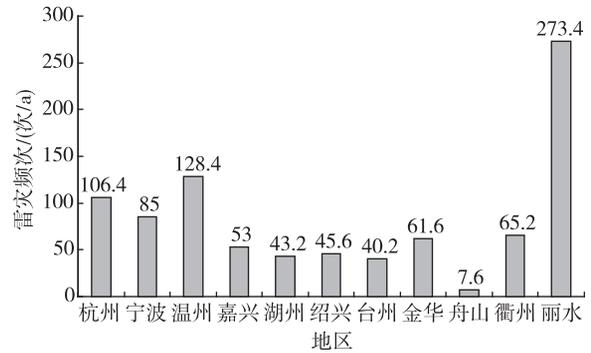


图4 浙江省 2007—2011 年各地年平均雷灾情况

Fig. 4 Spatial distribution of lightning disaster in Zhejiang province during 2007—2011

### 4 浙江省雷电灾害易损性指标分级

为了对浙江省雷电灾害做出风险区划,首先通过统计分析2007—2011年浙江省闪电定位系统资料

及《全国雷电灾害汇编》,得出全省各市具体的雷电灾害风险评估指标(2007—2011年平均值).统计结果如表1所示.

表1 雷电灾害风险评估指标

Table 1 Assessment indexes for lightning disaster risk

地区	地闪密度/(次/km <sup>2</sup> )	灾害频次/(次/a)	经济损失模数/(万元/km <sup>2</sup> )	生命易损数/(人/km <sup>2</sup> )	雷灾经济损失数/万元	雷灾人员伤亡数/人
杭州	3.96	106.40	3 528.05	516.25	359.11	4.80
宁波	5.37	85.00	6 188.34	918.23	157.96	5.60
温州	4.20	128.40	2 634.70	821.51	194.28	5.60
嘉兴	3.37	53.00	5 698.68	1 117.32	139.13	3.40
湖州	4.10	43.20	2 197.47	488.52	144.13	4.60
绍兴	5.72	45.60	3 438.45	606.97	129.08	2.20
台州	5.11	40.20	2 624.56	648.64	101.68	2.20
金华	4.38	61.60	1 866.33	476.50	292.28	6.20
舟山	5.03	7.60	11 307.42	1 981.10	50.23	8.00
衢州	3.90	65.20	1 029.60	236.70	64.99	1.00
丽水	3.18	273.40	378.27	124.34	204.50	0.20

表1中给出的各市雷电灾害易损性指标,主要体现该区域发生雷电灾害时在某一方面可能造成的损失量的大小,尚不能给出雷灾易损性大小的直观概念.为弥补上述不足,将雷电灾害易损性指标用极高、高、中、低4个级别来描述,并结合浙江省雷电灾害实际情况,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<sup>[14]</sup>,其核心思想是,首先将全省11个市某个指标从小到大顺序排列,并按第1、2、3组3个记录,第4组2个记录的方法分为4组数据,然后,将第 $n(n=1,2,3)$ 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.浙江省4个雷电灾害易损性指标分级标准如表2所示.分级完成后,先判断每个市每个指标的所属级别,再获取平均值作为综合评价指标.

将各雷电灾害易损性指标按照上面的等级进行分析,进一步计算出浙江省各市的雷电灾害综合易

损度,结果如表3所示.

## 5 浙江省雷电灾害风险区划

根据表2中雷电灾害综合易损度的评估结果,采用5级分区法将浙江省11市划分为雷电灾害极低易损区、低易损区、中易损区、高易损区和极高易损区5不同易损区域.各区域的雷灾综合易损值分别为 $R < 0.365$ ,  $0.365 \leq R < 0.515$ ,  $0.515 \leq R < 0.665$ ,  $0.665 \leq R < 0.800$ ,  $R \geq 0.800$ .最后,根据11市雷电灾害综合风险值,判断各自所属风险等级.至此,就可以得到浙江省雷电灾害风险区划结果,如表4所示.

在mapinfo软件的支持下,将浙江省雷电灾害易损性分析指标、综合易损性等各种雷电灾害要素都放在浙江省行政区划图层的属性数据库中,运用GIS空间分析能力,按分析的需要从数据库中提取分析要素,生成浙江省雷电灾害易损性风险区划,结果如图5所示.

表2 浙江省雷电灾害风险评估指标的等级标准

Table 2 Disaster grades and classification for lightning risk assessment indexes in Zhejiang

评估指标	等级标准			
	极高(1.0)	高(0.8)	中(0.5)	低(0.2)
$M/(次/km^2)$	$\geq 5.24$	[4.29~5.24)	[3.93~4.29)	<3.93
$P/(次/a)$	$\geq 117.40$	[63.40~117.40)	[44.40~63.40)	<44.40
$L/(万元/km^2)$	$\geq 5\ 943.51$	[3\ 036.575~5\ 943.51)	[1\ 447.965~3\ 036.575)	<1\ 447.965
$D/(人/km^2)$	$\geq 1\ 549.21$	[627.81~1\ 549.21)	[482.51~627.81)	<482.51
$E/万元$	$\geq 248.39$	[151.04~248.39)	[115.38~151.04)	<115.38
$C/人$	$\geq 5.90$	[4.70~5.90)	[2.20~4.70)	<2.20

表3 浙江省11个市雷电灾害风险评估结果

Table 3 Lightning disaster risk assessment results of 11 cities in Zhejiang province

地区	地闪密度	雷电灾害频数	经济易损模数	生命易损模数	雷灾经济损失	人员伤亡	综合易损系数
杭州	0.50	0.80	0.80	0.50	1.00	0.80	0.73
宁波	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	0.80	0.87
温州	0.50	1.00	0.50	0.80	0.80	0.80	0.73
嘉兴	0.20	0.50	0.80	1.00	0.50	0.50	0.58
湖州	0.50	0.20	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45
绍兴	1.00	0.50	0.80	0.50	0.50	0.50	0.63
台州	0.80	0.20	0.50	0.80	0.20	0.20	0.45
金华	0.80	0.50	0.20	0.20	1.00	1.00	0.62
舟山	0.80	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	0.70
衢州	0.20	0.80	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30
丽水	0.20	1.00	0.20	0.20	0.80	0.20	0.43

表 4 浙江省雷电灾害风险区划

Table 4 Lightning disaster risk zoning in Zhejiang province

极低易损区 (0~0.365)	低易损区 [0.365~0.515)	中易损区 [0.515~0.665)	高易损区 [0.665~0.800)	极高易损区 [0.800~1)
衢州	台州、湖州、丽水	绍兴、金华、嘉兴	温州、杭州、舟山	宁波

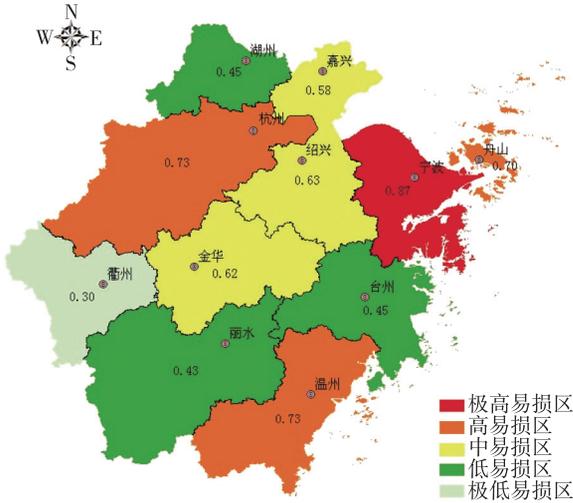


图 5 浙江省雷电灾害易损性风险区划

Fig. 5 Lightning disaster vulnerability zoning map of Zhejiang province

6 结束语

本文分析了浙江省各市的地闪数据和雷电灾害数据,并结合浙江省的人口和经济情况,提出了浙江省雷电灾害易损性分析指标,对浙江省 11 市进行了易损度区划分析,得出以下结论:1)浙江省地闪和雷电灾害多发生在 3—9 月,7 和 8 月达到峰值;2)雷电灾害虽与自然雷电活动分布有一定的关系,却又不完全由雷电活动频繁程度所决定;3)浙江省雷电灾害综合评估的结果表明宁波属于极高易损区,温州、杭州、舟山属于高易损区,绍兴、金华、嘉兴属于中易损区,台州、湖州、丽水属于低易损区,衢州属于极低易损区.上述区域的划分为浙江省的防雷减灾规划工作提供了科学依据,对做好浙江省防雷减灾工作有重要意义.

参考文献

References

[ 1 ] 金磊.城市灾害学原理[M].北京:气象出版社,1997:56-61  
JIN lei.Principle of urban disaster science[M].Beijing:China Meteorological Press,1997:56-61  
[ 2 ] 尹娜,肖稳安.区域雷灾易损性分析、评估及易损度区

划[J].热带气象学报,2005,21(4):441-448  
YIN Na,XIAO Wenan.Regional vulnerability analysis,evaluation and vulnerability zoning of lightning[J].Journal of Tropical Meteorology,2005,21(4):441-448  
[ 3 ] 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  
JIANG Yongjun,KUANG Mingsheng,KUANG Honghai,et al.Regional vulnerability analysis,evaluation and vulnerability zoning:Taking Chongqing as an example[J].Journal of Catastrophology,2001,16(3):59-64  
[ 4 ] 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  
YAN Chunyin.Jiangxi vulnerability analysis and vulnerability zoning of lightning disaster[J].Jiangxi Science,2006,24(2):131-135  
[ 5 ] 程丽丹,张永刚,杨美荣,等.河南省雷电灾害易损性分析及风险区划[J].气象与环境科学,2011,34(3):50-55  
CHENG Lidan,ZHANG Yonggang,YANG Meirong,et al.Vulnerability analysis and risk zoning of regional lightning disaster in Henan province[J].Meteorological and Environmental Sciences,2011,34(3):50-55  
[ 6 ] 张姣姣,介玉娥,陈兴周,等.小浪底水库蓄水前后雷暴气候变化特征分析[J].气象与环境科学,2010,33(1):52-56  
ZHANG Jiaojiao,JIE Yu'e,CHEN Xingzhou,et al.Analyze of the thunderstorm climatic variation characteristics of the Xiaolangdi reservoir before and after impounding[J].Meteorological and Environmental Sciences,2010,33(1):52-56  
[ 7 ] 邹其嘉,毛国敏,孙振凯,等.地震人员伤亡易损性研究[J].自然灾害学报,1995,4(3):39-49  
ZOU Qijia,MAO Guomin,SUN Zhenkai,et al.Vulnerability study on casualties due to earthquake[J].Journal of Natural Disasters,1995,4(3):39-49  
[ 8 ] 邓春林,季严飞,刘刚.基于雷电定位数据的区域雷击灾害风险评估方法探讨[J].南京信息工程大学学报:自然科学版,2010,2(3):230-235  
DENG Chunlin,JI Yanfei,LIU Gang.Discussion on the risk assessment method for regional lightning disaster based on lightning location data[J].Journal of Nanjing University of Information Science & Technology:Natural Science Edition,2010,2(3):230-235  
[ 9 ] 中国气象局雷电防护管理办公室,中国气象学会雷电防护委员会.2007 年全国雷电灾害汇编[M].2008  
Lightning Protection Management Office of China Meteorological Administration,Chinese Meteorological Society Committee of Lightning Protection.Collection of China's lightning disaster[M].2008  
[ 10 ] 中国气象局雷电防护管理办公室,中国气象科学研究

- 院,中国气象学会雷电防护委员会.2008年全国雷电灾害汇编[M].2009  
China Meteorological Administration Office of Lightning Protection Management, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Chinese Meteorological Society Committee of Lightning Protection. In 2008 the national compilation of lightning disaster[M].2009
- [11] 中国气象局雷电防护管理办公室,中国气象科学研究院,中国气象学会雷电防护委员会.2009年全国雷电灾害汇编[M].2010  
China Meteorological Administration Office of Lightning Protection Management, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Chinese Meteorological Society Committee of Lightning Protection. In 2009 the national compilation of lightning disaster[M].2010
- [12] 中国气象局雷电防护管理办公室,中国气象科学研究院,中国气象学会雷电防护委员会.2010年全国雷电灾害汇编[M].2011  
China Meteorological Administration Office of Lightning Protection Management, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Chinese Meteorological Society Committee of Lightning Protection. In 2010 the national compilation of lightning disaster[M].2011
- [13] 浙江省统计局.浙江省统计年鉴 2011[M].北京:中国统计出版社,2011  
Statistics Bureau of Zhejiang Province. Statistical yearbook of Zhejiang province for 2011[M]. Beijing: China Statistics Press, 2011
- [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,1999:86-88  
Monitoring Network Division, China Meteorological Administration. Ground meteorological code handbook[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1999: 86-88

## Vulnerability analysis and risk zoning of regional lightning disaster in Zhejiang province

LI Hao<sup>1</sup> BIAN Xuewen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lightning Protection Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310008

**Abstract** Based on the lightning disaster investigation data, lightning monitoring data in Zhejiang province from 2007 to 2010, vulnerability analysis and risk zoning of lightning disaster in Zhejiang province are made in this paper. Indicators, such as cloud to ground lightning density, the frequency of lightning disaster, economic vulnerability module, vital vulnerability module, the loss of lightning disaster and the number of casualties, are selected as indexes for risk assessment of regional lightning disaster and comprehensive evaluation of the vulnerability of each city and county in Zhejiang province. Finally, the vulnerability zoning map is made in Zhejiang by means of GIS, which provides scientific basis and valuable reference for the reasonable planning of lightning disaster prevention and reduction in Zhejiang province.

**Key words** lightning disaster; vulnerability; risk zoning