

# 廊坊市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划

王清川<sup>1,2</sup>, 寿绍文<sup>1</sup>, 田晓飞<sup>2</sup>, 许敏<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学大气科学学院, 江苏 南京 210044; 2. 河北省廊坊市气象局, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**利用1968~2007年河北省廊坊市9个地面气象观测站的雷暴资料及1998~2007年廊坊市雷电灾情统计数据,结合其区域经济状况和人口密度,确定用雷暴日数( $M$ )、雷电灾害频度( $R$ )、经济(GDP)易损模数( $E$ )、经济损失模数( $E'$ )、生命易损模数( $L$ )、生命损伤模数( $L'$ )作为廊坊市雷电灾害易损性评估指标。计算出廊坊市各县(市、区)6个雷电灾害易损性评估指标后分等级进行综合评估与分析,得出各县市区的易损度,并按5级分区法对廊坊市雷电灾害易损度进行区划。结果表明:廊坊市开发区为极高易损区,全市无低易损区和极低易损区。

**关键词:**雷电灾害;易损性;评估指标;易损度区划

**中图分类号:**P446

**文献标识码:**A

## 引言

雷电灾害是一种有巨大危害性的气象灾害,它所产生的强大电流、高温、冲击波、剧变的静电场和强烈的电磁辐射等物理效应,常造成人员伤亡,使建筑物毁坏或起火,对电力、航空、通讯、计算机等电子设备造成严重的破坏,对于航空甚至可能酿成空难事故。随着我国社会经济和科学技术的迅速发展及城镇化进程不断加快,现代建筑物中建筑材料的多样化、计算机与通信信息系统及电子控制系统的广泛应用,雷电对建筑物的破坏,尤其是雷击电磁脉冲对微电子控制系统损坏的事件时常发生,灾害造成的损失越来越大,加之目前的防雷设施还不完善,防雷产品良莠不齐,政府、企事业单位和公众对雷电灾害的认识不够、防范意识不强等原因,使得防雷减灾形势日趋严峻。我国每年因雷击造成的人员伤亡超过1万人,其中死亡3000多人,财产损失估计在50~100亿元<sup>[1-3]</sup>。廊坊市全年平均出现雷电灾害性天气273.2站次,年平均出现雷电灾害灾情1.7站次,2000~2007年直接经济损失达122万元,死亡7人,受伤5人。

由于雷电灾害造成的损失牵涉到社会许多方面,问题十分复杂,因此雷电灾害造成的损失很难精确计算。然而为了了解雷电灾害,减轻雷电灾害造

成的损失和影响,十分需要了解雷电可能造成的或已经造成的后果,这就需要对这种损失进行评估,目前雷电灾害的评估多是灾后评估,即某处遭受雷灾之后,通过实地勘察后得到接近准确的灾害损失情况。区划分析作为比较简便有效的一种灾害管理方法<sup>[4]</sup>,近年来得到应用。国内外对地震、泥石流、洪灾等灾害进行风险区划的研究有很多<sup>[5-10]</sup>。从灾害易损性的角度出发,在科学研究的基础上对自然灾害进行风险区划分析,能将灾害管理提高到风险管理程度,对防灾、减灾和救灾有十分重要的指导意义。目前雷电灾害区划研究在多个省(市)一级气象部门已经开展<sup>[11-17]</sup>,多是将地市级行政区域作为基本分析单元进行风险区划。地市级气象局对雷电灾害风险区划的研究还是相对薄弱,尤其是细化到县(市、区)一级行政区的区划研究。对廊坊市各县(市、区)进行雷电灾害易损性分析及易损度区划,为当地政府防御雷电灾害提供科学决策依据是十分必要的,具有重要意义。

## 1 廊坊市雷暴活动基本特征

### 1.1 地理位置

廊坊市地处欧亚大陆东带、华北平原北部。该

收稿日期:2009-08-10;改回日期:2009-11-02

基金项目:国家自然科学基金项目(40875025,40875030,40775033,40405009)资助

作者简介:王清川(1978-),男,河南省杞县人,工程师,研究生,研究方向为中尺度大气动力学。

市中、南部地区为冲积平原区,地貌类型平缓单一,占全市总面积的80%以上,海拔在2.5~25 m之间。北部地区北高南低,北端接燕山山脉,为燕山南侧余脉,有小面积丘陵。廊坊属于暖温带半干旱半湿润季风气候,处于中纬度季风气候区,夏季常受偏南暖湿气流影响,是雷电较为活跃的地区。

1.2 廊坊雷暴的气候特征

选取1968~2007年廊坊市9个地面气象观测站逐日地面气象观测资料,统计每个气象站的年平均雷暴日数。全市年平均雷暴日数为273.2 d(图1),年平均每站出现雷暴日数30.4 d,依据雷暴日等级划分标准<sup>[18]</sup>,均属于高雷区。雷暴的年代变化不明显,但从20世纪70~90年代,呈逐渐增加的趋势,70年代平均31.1 d,80年代平均32 d,90年代平均33 d。从图1中可以看出:20世纪70年代前中期、80年代后期至90年代前期为雷暴的高峰时段,70年代后期至80年代前期、90年代中后期为雷暴的低谷时段,尤其90年代中后期呈明显下降趋势,2000年后又有回升趋势,2007年又明显下降。年平均雷暴日数最多年为1990年,全市平均42 d,最少年为1981年,全市平均18 d。最北部接近燕山山脉的三河市雷暴日数最多,最南端的大城雷暴日数最少。由表1可以看到,廊坊市雷电灾害的集中发生期是每年6~8月,其间发生的雷暴日数占全年

的74.0%。全市7月雷暴日数最多,年平均出现83.3 d,占全年的30.5%,每年站平均可达9.3 d。廊坊市雷暴一般始于4月上、中旬(有记录以来全市发生雷暴最早日期为1981年3月25日,发生在固安),统计结果表明,每年雷暴开始时间北部比中南部开始偏晚约10 d左右。终雷暴日,一般在9月下旬,最晚11月上旬末,多年平均看北部略早,南部晚3~5 d。

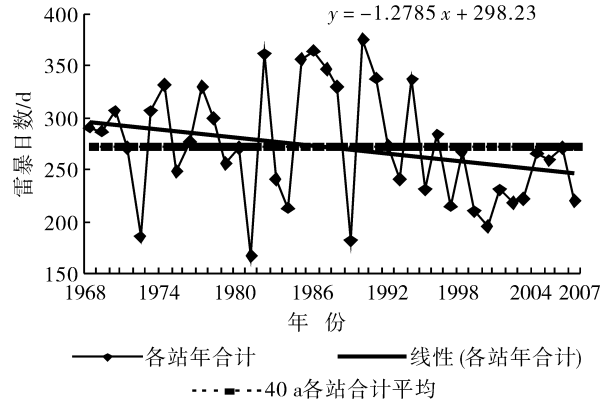


图1 1968~2007年廊坊全市雷暴日总数变化

Fig.1 The annual variation of thunderstorms day in Langfang during the period of 1968-2007

表1 1968~2008廊坊市各站雷暴日数统计(单位:d)

Tab.1 The mean number of monthly thunderstorm days at 9 stations in Langfang during 1968-2007(Units:d)

月份	三河	大厂	香河	固安	安次区	广阳区	开发区	永清	霸州	文安	大城	合计	年平均	各月所占 全年百分比/%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
3	1	1	1	2	1	1	1	2	4	3	3	18	0.5	0.2
4	42	43	38	45	47	47	47	43	51	52	36	397	9.9	3.6
5	129	123	117	130	129	129	129	125	129	125	103	1 110	27.6	10.2
6	292	299	276	296	289	289	289	260	273	241	213	2 439	61.0	22.3
7	392	376	358	387	388	388	388	369	391	354	315	3 330	83.3	30.5
8	300	294	253	257	262	262	262	246	251	225	225	2 313	57.8	21.2
9	136	124	108	127	132	132	132	117	122	96	93	1 055	26.4	9.7
10	31	24	30	29	32	32	32	25	24	24	26	245	6.1	2.2
11	1	1	2	3	1	1	1	3	3	5	3	22	0.6	0.2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合计	1 324	1 285	1 183	1 276	1 281	1 281	1 281	1 190	1 248	1 125	1 017	10 929	273.2	100.0
年平均	33.10	32.13	29.58	31.90	32.03	32.03	32.03	29.75	31.20	28.13	25.43	273.23	6.83	

注:安次区、广阳区、开发区所用雷暴日资料均为廊坊气象观测站(54515)观测资料

### 1.3 廊坊市雷电灾害频度

1968~2007 年廊坊市共出现 76 次雷电灾情,考虑到早期雷电灾情历史资料统计不够全面,本文选取 1998~2007 年的雷电灾情资料做雷电灾害频度计算。经统计廊坊全市雷电灾害频度( $P$ )为 5.4 次·a<sup>-1</sup>,各县市区中固安雷电灾害频度( $P$ )最大,1.2 次·a<sup>-1</sup>,最小的是大厂,仅为 0.0 次·a<sup>-1</sup>。而

全市 100 km<sup>2</sup> 雷电灾害频度( $P'$ )为 0.08 次·a<sup>-1</sup>,最大是廊坊市开发区,为 0.72 次·a<sup>-1</sup>。大厂雷电灾害频度( $P$ )仅为 0.0 次·a<sup>-1</sup>,这可能与大厂经济主要以农牧业为主,加上其区域面积相对较小(仅为 176 km<sup>2</sup>)有很大关系。通过上述统计分析发现,廊坊市雷电灾害并不是完全由雷电密度所决定,自然雷电活动只是雷电致灾的因子之一。

表 2 廊坊市雷电灾害频度与 100 km<sup>2</sup> 雷电灾害频度

Tab. 2 The lightning disaster frequency at 9 stations in Langfang during the period of 1998-2007

频 度	三河	大厂	香河	固安	安次	广阳	开发区	永清	霸州	文安	大城	全市
雷电灾害频度( $P$ )/次·a <sup>-1</sup>	0.3	0	0.5	1.2	0.8	0.5	0.5	0.1	0.1	0.7	0.7	5.4
100 km <sup>2</sup> 雷电灾害频度 ( $P'$ )/次·a <sup>-1</sup> ·10 <sup>-2</sup> km <sup>2</sup>	0.05	0	0.11	0.17	0.13	0.16	0.72	0.01	0.01	0.07	0.08	0.08

## 2 雷电灾害易损性评价指标

易损性是指事物容易受到伤害或损失的程度,它反映特定条件下事物的脆弱性。承灾体易损性反映承灾体对自然灾害的承受能力。灾害的发生是由致灾环境的危险性和承灾体的易损性(脆弱性)决定的<sup>[17]</sup>。对于一个地市级行政辖区而言,它的地理地貌、土壤环境、气候背景等在数十年时间内是相对稳定的,不会发生较大改变,因此廊坊市雷电灾害的致灾因子具有相对稳定性,即致灾环境的危险性较为稳定。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<sup>[12]</sup>,由于地理环境、人文环境以及经济状况等的不平衡性,相同强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。廊坊市雷电灾害易损性反映了廊坊各县市区面对雷电灾害时的敏感度,与各区域自然雷暴的气候背景有关,也与雷电灾害发生县市区的经济总量、人口密度特征等有关。本文借鉴郭虎<sup>[11]</sup>、尹娜<sup>[12]</sup>、蒋勇军<sup>[17]</sup>等人对雷电灾害易损性及易损性区划研究的基础上结合本地实际情况,确定采用以下 6 个指标评价廊坊市雷电灾害的易损性:①雷暴日数  $M$ ;②雷电灾害频度  $R$ ;③经济(GDP)易损模数  $E$ ;④经济损失模数  $E'$ ;⑤生命易损模数  $L$ ;⑥生命损伤模数  $L'$ 。

### 2.1 指标计算中资料来源及处理

雷电灾害一般由地闪引起,地闪频数是最直接地反映孕灾环境的评估指标。但是由于目前国内气象部门还没有统一标准并入业务运行的闪电定位系

统,而已经投入业务运行的闪电定位系统也存在着诸多问题,如系统性能没有统一规范,对设备整体性能指标以及闪电站网的总体性能缺乏科学评估等,因此所监测到的数据与气象部门对雷电监测业务的需求还有一些差距<sup>[18]</sup>。虽然廊坊市三河站和大城站已经安装了闪电定位仪并已业务运行,但是由于闪电定位系统运行的时间不长(业务运行不到 2 a),且系统的稳定性无法保证,廊坊市并没有积累下可以用于科学研究的有效闪电资料,所以目前研究雷电所用资料只能是地面气象观测站的人工观测资料。在雷电灾害指标计算中所用到雷暴日资料来源于廊坊市 9 个地面气象观测站的逐日气象观测资料;雷电灾情出现站次、雷电灾情经济损失量、伤亡人员数来源于廊坊市气象局 2008 年全市气象灾害灾情普查资料;各县市区生产总值(GDP)、人口数据来源于廊坊市年鉴<sup>[20-21]</sup>。

廊坊市现有 2 区 2 市 6 县,由于统计数据将廊坊经济开发区作为一个与各区县并列的行政单元,所以本文以廊坊市有 11 个县市区进行统计计算。在统计中以每个县(市或区)作为基础单元进行统计。为使所选取的雷电数据、雷电灾害数据及其他相关数据更接近目前的现状,有更好的可比性,同时也使其有较好的代表性,本文选取 1998~2007 年廊坊市各县市区的雷暴日、雷电灾情出现站次、雷电灾情经济损失量、伤亡人员数等数据进行相关雷电灾害易损性评价指标的计算,所以公式(1)、(2)、(4)、(6)中统计样本年数  $n$  取值为 10。考虑某区域的生产总值(GDP)每年变化较大,统计时仅选取

2005~2007年的数据,而人口数据是指统计在册的户籍人口和暂住人口的总和,对无法统计的流动人口则不记。

## 2.2 雷暴日数 $M$

雷暴日数是指某区域每年发生雷暴的天数。在某区域内,凡在一天(20时~次日20时)之内能听到雷声的就算一个雷暴日。它反映了某区域雷电活动的自然规律,是反映雷暴活动的重要指标之一。某区域雷暴日数越大,说明该区域雷电灾害的孕灾环境越复杂,致灾因子活跃,承灾体的易损性较大。雷暴日数计算公式:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

式(1)中, $M$ 表示雷暴日数(单位:次·a<sup>-1</sup>); $T_i$ 为某区域第*i*年雷暴日数, $n$ 为统计样本年数。 $T_i$ 由廊坊市各县市区内的地面气象观测站的观测资料统计得到,其中广阳区、开发区无地面气象观测站,其年平均雷暴日数值由位于安次区内的廊坊地面气象观测站(54515)的值代替。

## 2.3 雷电灾害频度 $R$

雷电灾害频度是指某区域内每年出现雷电灾情的次数,表示该区域雷电灾情发生频率和次数的高低。它客观反映了该区域的雷电灾害易损性情况,是进行承灾体易损性分析的一个重要指标。雷电灾害频数计算公式:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad (2)$$

公式中 $R$ 为某区域的雷电灾害频度,单位:次·a<sup>-1</sup>。 $N_i$ 为某区域第*i*年内发生雷电灾害的总次数, $n$ 为统计样本年数。

## 2.4 经济(GDP)易损模数 $E$

经济易损模数的含义是指发生雷电灾害时某区域单位面积上可能遭受损失的经济总量,即该区域内单位面积上的生产总值:

$$E = D/S \quad (3)$$

(3)式中 $E$ 表示某区域的经济易损模数,单位:万元·km<sup>-2</sup>, $D$ 表示发生雷电灾害时该区域内经济总量,单位为万元; $D$ 是2005~2007年廊坊市各县市区生产总值(GDP)<sup>[20-21]</sup>的平均值。 $S$ 为该区域的

国土面积。 $E$ 客观反映了该区域雷电灾害可能造成的损失程度和分布情况,间接反映了该区域防御、抗击雷灾的能力以及可恢复能力。

## 2.5 经济损失模数 $E'$

$$E' = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \right) / S \quad (4)$$

$E'$ 表示经济损失模数(万元·km<sup>-2</sup>), $d_i$ 为某区域第*i*年由雷电灾害所造成的经济损失总量, $S$ 为该区域的国土面积。经济损失模数 $E'$ 是指某区域内单位面积上由雷电灾害所造成的经济损失量,直接客观地反映了该区域雷电灾害损失程度和损失的分布情况,同时也反映了该区域防御雷电灾害的能力。

## 2.6 生命易损模数 $L$

$$L = P/S \quad (5)$$

$L$ 表示某区域发生雷电灾害时,单位面积上可能受到雷电危害的人口数量,即该区域内单位面积上的人口数量。单位是人·km<sup>-2</sup>, $P$ 是2005~2007年该区域人口平均数<sup>[20-21]</sup>, $S$ 为该区域的国土面积。该指标客观反映了某区域生命对灾害的敏感性。

## 2.7 生命损伤模数 $L'$

$$L' = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \right) / S \quad (6)$$

$L'$ 表示生命损失模数(人·km<sup>-2</sup>), $p_i$ 为某区域第*i*年由雷电灾害所造成人员伤亡总数(人),包括因雷电灾害而死亡和受伤人数。生命损伤模数的含义是指某区域单位面积内直接由雷电灾害造成的死亡和受伤人口数量,表示了该区域雷电灾害导致的人身伤亡情况,间接反映了该区域防御雷电灾害的能力。

依据上述各项雷电灾害易损性指标的计算方法和公式,计算得到廊坊市各县市区雷电灾害易损性分析指标的值(表3)。

## 3 廊坊市雷电灾害易损度分析与评估

某区域的雷电灾害易损性主要体现了该区域未来因雷电灾害可能造成的损失量的高低,若该区域的雷电灾害易损度越大则该区域未来因雷电灾害可能造成的损失量就越高。就是说,雷电灾害易损度的大小对某区域未来因雷电造成的可能损失量做出了趋势评估和判断(高、低等)<sup>[12]</sup>。

表3 廊坊市各县市区雷电灾害易损性分析指标

Tab.3 Evaluation indices of lightning disaster vulnerability for 9 counties in Langfang

	雷暴日数 $M$ /d	雷电灾害频度 $R$ /次·a <sup>-1</sup>	经济易损模数 $E$ /万元·km <sup>-2</sup>	经济损失模数 $E'$ /万元·10 <sup>-3</sup> ·km <sup>-2</sup>	生命易损模数 $L$ /人·km <sup>-2</sup>	生命损伤模数 $L'$ /人·10 <sup>-4</sup> ·km <sup>-2</sup>
三河市	33.1	0.3	2 562.5	3.3	771.6	3.1
大厂县	31.3	0	1 240.1	0	642.8	0
香河县	29.6	0.5	1 634.6	8.2	467.2	2.2
固安县	31.9	1.2	577.5	1.6	574	5.7
安次区	31.8	0.8	504.8	1.4	590	5.0
广阳区	31.8	0.5	2 904.1	1.5	953.3	0
开发区	31.8	0.5	11 695.5	50.4	2 017.3	0
永清县	30.8	0.1	454.3	0.7	474.4	0
霸州市	30.3	0.1	1 739.3	0	736	0
文安县	28	0.7	598.8	1.2	447.9	0.1
大城县	25.2	0.7	810.1	0.9	513.1	2.2
全市平均	30.4	0.49	2 247.4	2.2	744.3	0.2

注:广阳区、安次区、开发区的年平均雷暴日数值由廊坊气象观测站(54515)的值代替

### 3.1 雷电灾害易损性指标分级

表3给出了廊坊市各县市区雷电灾害易损性指标值,主要体现该区域发生雷电灾害时可能造成损失量的大小,为了让雷电灾害易损性大小体现得更直观、更有可比性,将雷电灾害易损性指标用极高、高、中、低、极低等5级来描述,并给各等级赋予如下定值:极高为1.0、高为0.8、中为0.5、低为0.3,极

低为0.1。

为了使所制定的雷电灾害易损性指标等级和相邻地区有可比性和实用性,将廊坊市放在京津冀这个大背景下进行分析,根据廊坊市在京津冀所处地理位置、气候特征、经济实力、人口状况等多方面因素以及参考已有的雷电灾害易损性指标等级划分标准<sup>[11-17]</sup>制定以下等级划分标准(表4)。

表4 雷电灾害易损性指标等级划分标准

Tab.4 Classification standard of indices for lightning disaster vulnerability evaluation in Langfang

评估指标	极高(1.0)	高(0.8)	中(0.5)	低(0.3)	极低(0.1)
雷暴日数 $M/d$	>36.30	36.20~31.60	31.50~25	24.90~20	<20
雷电灾害频度 $P/次·a^{-1}$	>1.23	0.78~1.23	0.42~0.77	0.08~0.42	<0.07
经济易损模数 $E/万元·km^{-2}$	>4 781.67	4 781.67~3 034.72	3 034.71~632.13	632.12~50	<50
经济损失模数 $E'/万元·10^{-3}·km^{-2}$	>9.06	9.06~7.54	7.55~5.03	5.02~4.03	<4.03
生命易损模数 $L/人·10^{-4}·km^{-2}$	>807.04	807.03~634.68	634.67~367.48	367.47~150	<150
生命损伤模数 $L'/人·km^{-2}$	>2.52	2.52~2.11	2.10~1.40	1.39~1.12	<1.12

雷暴日数的等级划分:将京津冀滨海平原地区雷暴日数最高值作为极高等级的下限,将平原地区的平均雷暴日数作为中等的上限,根据地区雷暴日等级划分标准<sup>[19]</sup>的少雷暴区的划分标准作为极低的下限。

雷电灾害频度的等级划分:以北京雷暴灾害频度等级划分标准作为基础,结合北京与河北的1 km<sup>2</sup>内的人口数量和经济总量,人口:河北/北京≈1/2,经济总量:河北/北京≈1/6,将北京雷暴灾害频度等级划分标准均按1/3计算后,即得到本文雷电灾害频度各等级划分标准。

参照京津冀3省市2005~2007年国民经济和

社会发展统计公报<sup>[22-24]</sup>,将2005~2007年北京年平均地区生产总值(GDP)作为极高等级的上限,将京津冀2005~2007年年平均地区生产总值(GDP)作为中等级标准的上限,将河北2005~2007年年平均地区生产总值(GDP)作为中等级标准的下限。

将京津冀3省市2005~2007年统计户籍人口数的平均值的最高值作为极高等级的上限,将京津冀2005~2007年统计户籍人口数的平均值作为中等级标准的上限,将河北2005~2007年统计人口数的平均数作为中等级标准的下限,参照已有的标准,选取150人/km<sup>2</sup>作为极低等级的上限。

经济损失模数和生命损伤模数的等级划分采用

对称等分间隔5级分割法,将雷电灾害易损性指标用极高、高、中、低、极低等5级来描述,距平百分比在-20%~+20%内为中,指数定为0.5,距平百分比在+21%~+40%内为高,指数定为0.8,距平百分比>40%为极高,指数定为1.0,距平百分比在-21%~-40%内为低,指数定为0.3,距平百分比<-40%为极低,指数定为0.1<sup>[14]</sup>。

### 3.2 雷电灾害综合易损度评估

按照表4给出的雷电灾害易损性指标等级划分标准判断各县市区每个指标的所属等级并给其赋予相应的等级指标值,将某个区域的6个指标的等级指标值相累加后进行算术平均,即可获得该区域的雷电灾害综合易损度的值。廊坊市11个县市区雷电灾害综合易损度值最高的是廊坊市经济开发区(简称开发区),永清、文安最低,全市平均0.49(表5)。

表5 廊坊市各县市区雷电灾害综合易损度分析

Tab.5 Comprehensive vulnerability evaluation of lightning disaster for 11 counties in Langfang

	雷暴日数 <i>M</i>	雷电灾害频度 <i>R</i>	经济易损模数 <i>E</i>	经济损失模数 <i>E'</i>	生命易损模数 <i>L</i>	生命损伤模数 <i>L'</i>	雷电灾害综合易损度
三河市	0.8	0.3	0.5	0.1	0.8	1.0	0.58
大厂县	0.5	0.1	0.5	0.1	0.8	0.1	0.35
香河县	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	0.6
固安县	0.8	0.8	0.3	0.1	0.5	1.0	0.58
安次区	0.8	0.8	0.3	0.1	0.5	1.0	0.58
广阳区	0.8	0.5	0.5	0.1	1.0	0.1	0.5
开发区	0.8	0.5	1.0	1.0	1.0	0.1	0.73
永清县	0.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3
霸州市	0.5	0.3	0.5	0.1	0.8	0.1	0.38
文安县	0.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3
大城县	0.5	0.3	0.5	0.1	0.5	0.8	0.45
全市平均	0.64	0.43	0.47	0.25	0.67	0.47	0.49

## 4 廊坊市雷电灾害易损度区划

采用5级分区法将雷电灾害综合易损度划分为极低易损区(0.00~0.1)、低易损区(0.11~0.29)、中易损区(0.30~0.49)、高易损区(0.50~0.69)、极高易损区(0.70~1.00)。根据各县市区的雷电灾害综合易损度的评估结果判断各县市区所属的易损度等级,具体区划结果见图2。

可以看到,廊坊市11个县市区均属于中易损度区以上,永清县等5各县市区是中易损度区,广阳区等5各县市区是高易损度区,仅开发区属于极高易损度区。根据各县市区面积可以计算出中易损度区占56.2%,高易损度区占42.7%,极高易损度区占廊坊市面积的1.1%。

## 5 结论与讨论

(1)在京津冀地理地貌、气候、人口和经济的大背景下,通过分析廊坊市1998~2007年雷暴日资料和雷电灾情资料,结合廊坊市的人口和经济情况,提

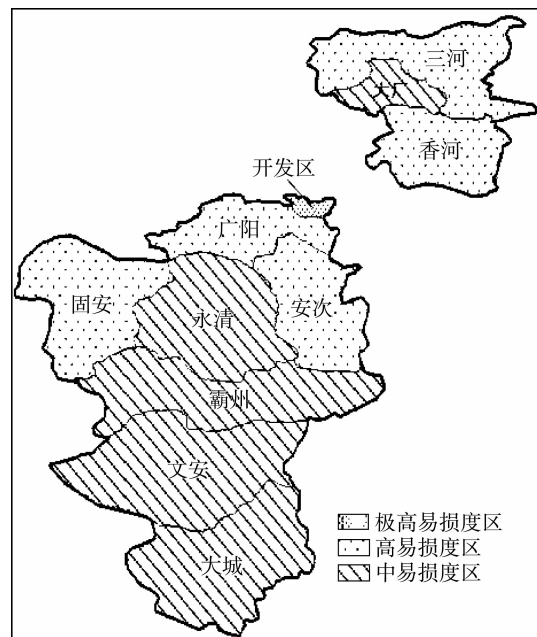


图2 廊坊市雷电灾害综合易损度区划图

Fig.2 The comprehensive division of lightning disaster in Langfang

出雷暴日数( $M$ )、雷电灾害频度( $R$ )、经济(GDP)易损模数( $D$ )、经济损失模数( $E'$ )、生命易损模数( $L$ )、生命损伤模数( $L'$ )等6个雷电灾害易损性分析指标及相应的等级划分标准,对廊坊市11个县市区进行了雷电灾害易损度区划分析,分析结果发现廊坊市11个县市区雷电灾害易损度均在中易损度及以上,仅有开发区属于极高易损度区,占廊坊市面积的1.1%。

(2)确定雷电灾害易损性分析指标是进行易损性评估的关键,而在雷电灾害易损性分析指标确定好之后,如何合理地选取计算雷电灾害易损性指标的各个参数是决定易损性分析评估效果好坏的关键。对于影响雷电灾害易损性指标的各参数中,行政区面积对一个区域而言是固定的,十分易于确定。雷暴日数由于所采用的平均值,取样时间长短对所得到的平均值略有不同,对指标的计算结果略有影响,但影响不大。由于历史雷电灾害的统计评估资料的缺失或遗漏,尤其是20世纪90年代之前雷电灾害的统计与评估资料则更少,这样雷电灾害的取样年限会影响到雷电灾害频度( $R$ )、经济损失模数( $E'$ )、生命损伤模数( $L'$ )的计算结果。人口数本文采用的是近3a的平均人口数,采用取最近一年的人口数还是取多年平均数,是采用统计的户籍人口数还是用常住人口数,对生命易损模数的计算结果是有影响的,尤其是对流动人口数量较大的区域。由于我国经济的高速发展,各地年地区生产总值(GDP)增长多在10%以上,地区生产总值(GDP)是取最近一年的还是取近几年的平均值,直接影响到经济损失模数的计算结果。

(3)选取历史资料用历史反推法来评估未来雷电灾害易损度有一定的不足,同时由于选取的指标较少,指标参数选取及指标等级划分时标准的确定方法等因素,使得评估的结果还不能全面、准确地反映本市的雷电灾害易损情况。对廊坊市的雷电灾害易损度还需要做进一步的研究和探讨。再则,在雷电灾害综合易损度的计算中各指标是否应该考虑权重?所占权重应该是多大?这都是下一步应该研究的问题。

#### 参考文献:

- [1] 辛吉武,许向春.我国的主要气象灾害及防御对策[J].灾害学,2007,22(3):85-89.
- [2] 张鸿发,程国栋,张彤.中国区域闪电分布和闪电气候的特点[J].干旱气象,2004,22(4):17-25.
- [3] 王建兵.甘南高原雷暴的气候特征[J].干旱气象,2004,25(4):51-55.
- [4] 黄崇福,张俊香,陈志芬,等.自然灾害风险区划图的一个潜在发展方向[J].自然灾害学报,2004,13(2):9-15.
- [5] 汤爱平,董莹,文爱花,等.国外地震风险评估和风险管理基础研究[J].世界地震工程,1999,15(3):26-32.
- [6] 布林林格 DR,片山恒雄.地震危害性评定与地震区划.黄玮琼,译[M].北京:地震出版社,1988.15-68.
- [7] 刘希林.区域泥石流风险评价研究[J].自然灾害学报,2002,9(1):54-61.
- [8] 卢全中,彭建兵,赵法锁.地质灾害风险评估(价)研究综述[J].灾害学,2003,18(4):59-63.
- [9] 刘立新,史培军.区域水灾风险评估模型研究的理论与实践[J].自然灾害学报,2001,10(2):66-72.
- [10] 张行南,罗健,陈雷,等.中国洪水灾害危险程度区划[J].水利学报,2000(3):1-7.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 严春银,吴高学,朱建章.区域雷灾易损性及其区划的实证分析[J].气象与环境学报,2007,23(1):17-21.
- [14] 王惠,邓勇,尹丽云,等.云南省雷电灾害易损性分析及区划[J].气象,2007,33(12):83-87.
- [15] 赵军,郭在华.雷击风险评估方法综合应用研究[J].成都信息工程学院学报,2007,22(增刊):48-50.
- [16] 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,2008,12(4):49-53.
- [17] 蒋勇军,况明生,匡洪海,等.区域易损性分析、评估及易损度区划——以重庆为例[J].灾害学,2001,16(3):59-64.
- [18] 张义军,孟青,马明,等.闪电探测技术发展和资料应用[J].应用气象学报,2006,17(5):613-620.
- [19] 建设部. GB/50343-2004 建筑物电子信息防雷电技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2004.3-5.
- [20] 廊坊市委.廊坊市2004/2005年鉴[M].2006.382-455.
- [21] 廊坊市委.廊坊市2006/2007年鉴[M].2008.395-483.
- [22] <http://www.tjzfxgk.gov.cn/tjep/>
- [23] <http://zfxgk.beijing.gov.cn/>
- [24] <http://www.hetj.gov.cn/>

## Vulnerability Analysis, Evaluation and Vulnerability Division of Lightning Disaster in Langfang of Hebei Province

WANG Qingchuan<sup>1,2</sup>, SHOU Shaowen<sup>1</sup>, TIAN Xiaofei<sup>2</sup>, XU Ming<sup>2</sup>

(1. *College of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;*

2. *Langfang Meteorological Bureau of Hebei Province, Langfang 065000, China*)

**Abstract:** According to the date of thunderstorm – day from 1968 to 2007 and lightning disaster statistics data from 1998 to 2007 in Langfang, combined with its economic status and population density, vulnerability analysis, evaluation and vulnerability division of lightning disaster are made. Four indices are selected to evaluate the vulnerability of lightning disaster in Langfang, including annual mean thunderstorm days (M), lightning disaster frequency (R), economic vulnerability module (D), economic loss modulus (D), vital vulnerability module (L) and life and injury modulus (L'). Based on them, the vulnerability assessment structure of thunderstorm disasters in each counties of Langfang are given. Then, the vulnerability assessment indices of thunderstorm disasters are classified as five grades with given values. The comprehensive vulnerability assessment indices of these nine counties are also graded as corresponding five degrees. Finally, vulnerability division of the lightning disaster is obtained based on the vulnerability degree values of the nine counties in Langfang. The result shows that Kaifagu and Guangyang district belong to the maximal damageable area, Xianghe county, Bazhou city, Sanhe city, Anci district and Gu'an county belong to the high damageable area. The rest counties belong to the medium damageable area. Scientific basis might be provided for the planning of regional prevention and reduction of lightning disaster in Langfang.

**Key words:** lightning disaster; vulnerability; evaluation index; vulnerability division

=====

(上接 361 页)

## Analysis of an Infrequent Continuous Rain Weather Process in Autumn in Northwest China

DI Xiaohong<sup>1</sup>, WANG Xiaoyong<sup>2</sup>, ZHANG Peiyan<sup>1</sup>

(1. *Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China;*

2. *Meteorological Science and Technology Service Center of Gansu Province, Lanzhou 730020, China*)

**Abstract:** An infrequent continuous rain weather process occurred from September 25 to October 14 in 2007 in northwest China was studied from the weather and climate background, upper and lower level circulation, surface situation and some physical factors. The results show that frequent activity of the westerly trough and anomaly of the subtropic high pressure location resulted in this infrequent continuous autumn rain. Moreover, the position of South Asia high at the level of 100 hPa, 500 hPa wind field and the position of zero line has some significance for rainfall prediction.

**Key words:** Northwest China; continuous rain; compositive method; situation analysis