

1997—2006 年我国雷电灾情特征^{* 1}

马 明¹⁾ 吕伟涛¹⁾ 张义军¹⁾ 孟 青¹⁾ 杨 晶²⁾

¹⁾(中国气象科学研究院雷电物理和防护工程实验室, 北京 100081)

²⁾(北京市气象局, 北京 100089)

摘 要

该文建立了全国雷电灾害(简称雷灾)数据库,对 1997—2006 年气象部门收集的雷灾资料进行统计分析,给出了我国雷电灾情的时空分布特征、受损财物情况、受伤害人员情况等。资料包括 32071 例雷灾事件,其中 4287 例雷灾造成了 4488 人死亡,4320 人受伤,估计我国每年每一百万人中大约有 0.53 人死于雷击,高于美国、英国。我国雷灾多发生在东部沿海地区和南部地区,广东省最为严重,总计上报 8770 例雷灾事件,造成 772 人死亡和 662 人受伤;当考虑人口权重时海南省、西藏自治区的雷灾人员死伤率最高。我国雷灾全年都可以发生,夏季占全年的 65%以上,7 月最高。人员伤亡雷灾和财产损失雷灾发生在 13:00—20:00(北京时)的分别占总数的 73%和 62%,16:00 为峰顶。雷灾中受伤害的农民占总死伤人数的 93%,城市人员仅占 7%。统计人员伤亡雷灾中的雷击地点,最多的发生在农田,为 32%,其次为建构筑物,为 23%,以下依次为开阔地、水域、树下、山地等。此外还分析了雷灾中受损行业、财物等信息。

关键词: 雷电灾害;灾情;时空特征

引 言

雷电灾害泛指雷击或雷电电磁脉冲入侵和影响造成人员伤亡或物体受损,其部分或全部功能丧失,酿成不良的社会和经济后果的事件。雷电灾害的损失包括直接的人员伤亡和经济损失,以及由此衍生的经济损失和不良社会影响。雷电灾害已经被联合国有关部门列为“最严重的十种自然灾害之一”,被中国电工委员会称为“电子时代的一大公害”。

国外的统计分析表明^[1-7],美国 1959—1994 年因雷电死亡的人数年平均是 87 人,仅次于因山洪、洪水引发的死亡人数,雷电是美国气象灾害中造成人员伤亡的第二大因素。荷兰在 20 世纪 20 年代,每年有超过 20 人死于雷击,1970 年以后,每年也有 1 到 5 人死于雷击。英格兰和威尔士从 1852—1899 年,平均每年的死亡人数是 19 人,1900—1949 年是 13 人,1950—1999 年是 5 人。估计全世界每年有几千人死于雷击,全球每年的雷击受伤人数可能是雷

击死亡人数的 5~10 倍。

我国地处温带和亚热带地区,东部地区的闪电活动要高于全球同纬度地区的平均闪电活动^[8-9],随之而来的雷电灾害造成的经济损失和人员伤亡事故十分严重,其中一些重大雷电灾害事故震惊了全国上下。例如 1989 年 8 月 12 日 09:00(北京时,下同),因雷击引发山东省青岛油库火灾,造成 19 人死亡,78 人受伤,当时直接经济损失近 4000 万元,间接经济损失近亿元^[10]。2004 年 6 月 26 日 14:00,在浙江临海市杜桥镇杜前村有 30 人在树下避雨,不幸惨遭雷击,造成 17 人死亡,13 人受伤。随着我国社会经济的发展和现代化水平的提高,特别是由于信息技术的快速发展,雷电灾害的危害程度和造成的经济损失以及社会影响越来越大。因此,研究我国雷电灾害发生的现状、分布特征,对于经济建设、保护人民生命财产安全,构建和谐社会和社会主义新农村具有十分重要的意义。

中国气象局雷电防护管理办公室编写了《1997—2006 年全国雷电灾害汇编》,该书对气象部

* 国家自然科学基金项目“闪电活动与雷暴云宏、微观特征的相关性研究”(40705001)和国家重点基础研究发展计划“我国南方致洪暴雨监测与预测的理论和方法研究”(2004CB418306)共同资助。

2007-11-12 收到,2008-01-07 收到再改稿。

门上报的各年雷电灾害实例进行了选择和汇编,由于全国雷电灾害统计工作开展较晚,各地情况也不尽相同,但总体上在逐渐改进和完善,因此报送的雷电统计材料的完整性、准确性、规范性是逐年提高的,造成后几年的数据比前几年有很大的增长,这可能是由于前期统计资料来源不完整、不规范造成的假象。

在这套书的基础上,中国气象科学研究院“雷电物理和防护工程实验室”建立了一个全国雷电灾害资料库,每个雷电实例考虑了雷电事故的发生情况、背景,受损的财物情况,受伤害的人员情况等等,例如雷电发生时间、地点,受损部门行业、受损财物类型,死伤人员的多少、性别、职业、雷击地点等等,将这些信息录入数据库中,可以给出全国不同地区、不同行业、不同环境、不同人群等等的雷电灾害统计结果。本文对于雷击不造成人员伤亡,只造成经济损失的雷电事故称为财产损失雷灾,包含人员伤亡的雷灾称为人员伤亡雷灾。由于资料本身的问题,造成有些年份有些地区的真实雷灾情况缺失或信息量不足,例如一个上报的雷灾实例为“某年某月某日,某地因雷击死亡1人”,这里缺失了很多要统计的信息,因此该数据库给出的是全国雷电灾害特征的不完全统计结果。在资料处理中如果一个统计因素不确定,会被标记出来,如果在统计该因素时不确定部分占相当大的比例时,本文会注明,一般当未知部分所占比例低于20%时,文中不特别注明。没有特别申明的话,本文中统计分析都是对1997—2006年数据做出的结果,未给出年平均结果。

本文研究了我国雷电灾情的时空分布特征,以及雷灾造成的人员伤亡和财产损失特征,其结果有利于了解我国雷电灾害分布特征和雷电防御水平现

状,有利于提高全民防雷减灾意识,也是制定科学合理的雷电防护技术路线的重要依据。

1 雷电灾情概况

表1给出了我国1997—2006年上报的雷灾概况,从中可以看到以下几点特征:

① 10年来雷灾事故上报数有上升趋势。1997—2006年,雷灾事故上报从556例增加到6265例。一方面雷灾上报数的增加与各地雷电灾害上报渠道和制度的日益完善和规范有关,这是因为2000年以前雷电灾害调查统计上报的工作刚起步,可能有相当部分的雷电灾害事故没有及时收集;另一方面随着办公自动化、信息网络等相关电子设备的大量普及应用,雷击损伤电子设备的事故也在增加。

② 10年来雷灾造成大量人员伤亡。1997—2006年,据不完全统计全国人员伤亡雷灾数为4287例,造成人员死伤总数为8808人,其中死亡4488人,受伤4320人。考虑在很多地区以封建迷信思想解释雷电现象相当普遍,会出现隐瞒雷击人员事实的情况,而且在2000年以前,很多地区开展雷电灾害事故的调查与统计上报工作较为薄弱,这里采用2004—2006年的数据做统计,据此估计,我国平均每年上报雷击人员伤亡事件约为703例,其中大约造成1334人死伤,包括667人死亡,667人受伤。英国在1993年到1999年间平均每年每一百万人中就有0.05人死于雷击,美国同时期每年每一百万人中有0.42人死于雷击^[3]。以2000年全国第五次人口普查资料中人口总数12.6亿人计算,我国每年每一百万人中大约有0.53人死于雷击,这个值要高过美国该值的26%,是英国的10.6倍。

表1 我国1997—2006年上报雷电灾情概况

Table 1 The lightning casualties and damage reports in China from 1997 to 2006

年份	雷电灾害 事故数	财产损失 雷灾数	人员伤亡 雷灾数	人员死 亡数	人员受 伤数	人员死 伤总数	雷灾损失上百 万元事故数
1997	556	439	117	144	169	313	20
1998	1102	932	170	217	266	483	26
1999	1467	1268	199	239	212	451	20
2000	2099	1733	366	430	345	775	25
2001	1995	1602	393	458	467	925	19
2002	3498	3006	492	549	506	1055	36
2003	4014	3572	442	450	355	805	54
2004	5753	5003	750	710	817	1527	46
2005	5322	4724	598	579	573	1152	45
2006	6265	5505	760	712	610	1322	59
总计	32071	27784	4287	4488	4320	8808	350

③ 10 年来雷灾带来严重的经济损失。因为很多上报的雷电灾害事件没有给出具体的经济损失数额,而更多的由于雷击造成的电力、通讯、网络、交通等中断带来的间接损失也没有被计算,这里只给出上报的经济损失超过百万元的雷灾事故数,可见每年损失超过百万元的雷灾事故数都有几十起,但实际的经济损失要远远大于此。

2 雷电灾情的时空特征

2.1 雷电灾情的空间分布

表 2 给出了 1997—2006 年我国各地区的雷电灾情,通过对全国 31 个地区雷电灾情排名比较,得到以下一些结果:

① 就雷灾事故数而言,广东省发生的雷灾总数

8770 例排在第一位,雷灾事故数和财产损失雷灾数的前 8 名为广东、福建、山东、浙江、江西、云南、河北和江苏,而最后 8 名为上海、陕西、天津、青海、甘肃、西藏、新疆和宁夏。可见雷灾事件多发生在我国东部沿海地区和南部地区,雷灾事故相对发生较少的地区为我国西部地区。

② 就雷灾造成的人员伤亡而言,对人员伤亡雷灾数、人员死伤总数、死亡数、受伤数 4 项而言,广东省都位列第一,为 777 例雷灾造成 1434 人死伤,其中 772 人死亡、662 人受伤;云南省则位列第二,为 424 例雷灾造成 1025 人死伤,其中 445 人死亡、580 人受伤;雷灾人员伤亡严重的地区还有贵州、江西、广西、山东、江苏、四川、湖北、湖南等地区,而西藏、上海、山西、北京、甘肃、新疆、宁夏、天津的雷灾人员伤亡数则相对较少,这种分布可能与各地区闪电话

表 2 1997—2006 年我国各地区的雷电灾情分布

Table 2 The lightning casualties and damage reports for provinces in China from 1997 to 2006

地区	雷电灾害 事故数	财产损失 雷灾数	人员伤亡 雷灾数	人员死 亡数	人员受 伤数	人员死 伤总数	人员死伤率 (每百万人)	财产损失/人 员死伤雷灾比
北京市	365	341	24	15	33	48	3.47	14.21
天津市	181	167	14	15	2	17	1.7	11.93
河北省	1392	1253	139	137	102	239	3.54	9.01
山西省	327	293	34	31	32	63	1.91	8.62
内蒙古自治区	416	371	45	52	56	108	4.55	8.24
辽宁省	559	462	97	95	60	155	3.66	4.76
吉林省	557	481	76	73	44	117	4.29	6.33
黑龙江省	479	402	77	75	41	116	3.14	5.22
上海市	197	169	28	45	23	68	4.06	6.04
江苏省	1217	1030	187	200	100	300	4.03	5.51
浙江省	1583	1414	169	166	138	304	6.5	8.37
安徽省	588	496	92	105	107	212	3.54	5.39
福建省	2692	2494	198	188	138	326	9.39	12.6
江西省	1557	1283	274	310	219	529	12.78	4.68
山东省	2180	1988	192	203	172	375	4.13	10.35
河南省	995	873	122	115	136	251	2.71	7.16
湖北省	856	702	154	166	235	401	6.65	4.56
湖南省	1194	1018	176	183	195	378	5.87	5.78
广东省	8770	7993	777	772	662	1434	16.6	10.29
广西壮族自治区	1133	920	213	221	265	486	10.83	4.32
海南省	412	280	132	126	192	318	40.4	2.12
重庆市	321	277	44	50	56	106	3.43	6.3
四川省	1028	845	183	195	146	341	4.09	4.62
贵州省	852	630	222	320	361	681	19.32	2.84
云南省	1530	1106	424	445	580	1025	23.9	2.61
西藏自治区	96	54	42	52	39	91	34.7	1.29
陕西省	194	138	56	46	71	117	3.25	2.46
甘肃省	111	90	21	22	15	37	1.44	4.29
青海省	161	119	42	33	66	99	19.1	2.83
宁夏回族自治区	46	32	14	11	22	33	5.87	2.29
新疆维吾尔自治区	82	63	19	21	12	33	1.71	3.32

动强弱、人口基数多少有关。

③就考虑人口权重后的死伤率而言,各地区人口数采用2000年全国第5次人口普查资料,可以看到其与人员死伤总数的排名有很大的不同,人口基数少的地区的排名有很大的提高,海南省、西藏自治区名列前两名,青海省提高到第5名,湖北、湖南、山东人口多的省份则排名降低,表2中除青藏高原外,高伤亡率地区都位于我国南部,西北地区和几大直辖市仍然排名靠后。

④就财产损失/人员伤亡雷灾比值而言,可以发现北京、福建、天津提高到前3名,上海和重庆的排名也相对有较大的升高,该比值可能与经济发展程度和城市化程度有关,经济发达的大城市中财产损失雷灾事故相对多而人员伤亡雷灾事故相对少。

2.2 雷电灾情的时间分布

图1a给出了雷灾事故的年变化分布,可见雷灾

事故全年都可以发生,从10月到次年3月雷灾发生较少,这半年的雷灾事故发生低于全年的7%;而4—9月则占了全年雷灾的93%以上,4,5月相对3月雷灾有明显上升,6,7,8月最高,各项比例都在20%,其中7月的人员伤亡雷灾数比例最高达到27.8%,相对财产损失雷灾数的比例要高,6,7,8月的和占全年的65%以上,9月则有明显的降低。财产/人员伤亡比值在10月—次年3月则相对较高,说明在4—9月中雷电对于人员的威胁相对财物要高一些。图1b给出了雷灾人员伤亡数的年变化分布,各项参数的年变化与雷灾事故数的趋势很相似,在7月,死亡人员比例最高达到29.0%。对于受伤与死亡人员的比值来说,在4—7月,上报的雷灾受伤人员数要少于死亡人员数。研究^[11]表明,我国的闪电活动在4月开始快速增加,于7,8月达到最大,然后在9月迅速降低,说明雷电灾情与我国雷电话

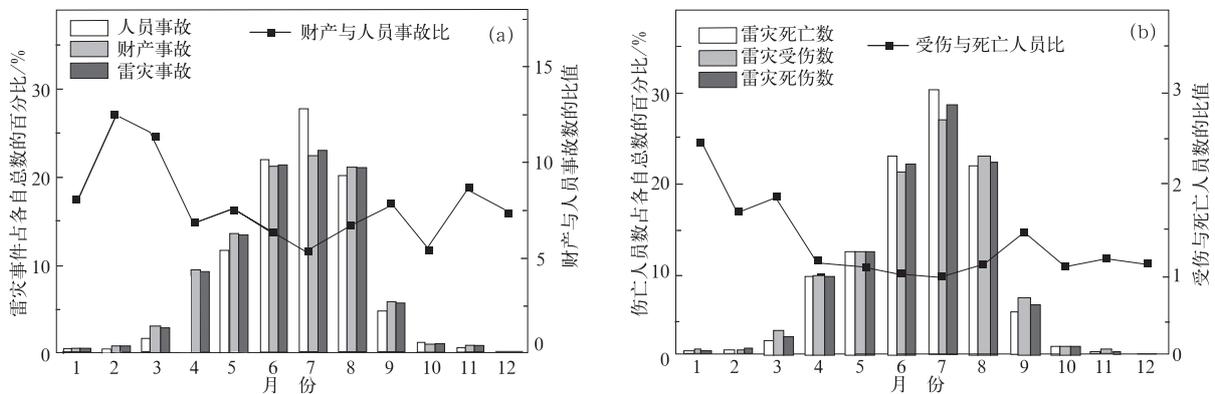


图1 我国1997—2006年雷电灾情的年变化特征

(a) 雷灾事故数, (b) 雷灾人员伤亡数

Fig. 1 Annual variation of lightning disaster in China from 1997 to 2006

(a) number of lightning accidents, (b) number of lightning casualties

动的年变化特征是相一致的。

图2a给出了雷灾事故的日变化特征,可见人员伤亡雷灾呈现典型的单峰型,曲线从13:00开始快速上升,15:00—17:00达到高值,16:00达到峰顶为17.1%,21:00—次日12:00人员伤亡雷灾只占总数的25.3%,其中低值在00:00—05:00,00:00为谷底(0.5%),峰值和谷值比为33.6。财产损失雷灾的曲线略有差异,除了在14:00—17:00的高值区外,在01:00—04:00相对有次峰出现,而且它的高值相对人员伤亡雷灾的高值要低,其低值区相对要高,其峰值(16:00)和谷值(00:00)比为8.2,要低于人员死伤雷灾的。由于财产损失雷灾数要高于人员

伤亡雷灾数,总的雷灾事故的曲线更类似财产损失事故的。我国的闪电活动从12:00开始快速增加,在15:00,16:00达到最大,在09:00降到最小,其中在22:00有一较小的升高,这与雷灾事故的日变化特征相似^[11]。从财产损失/人员伤亡雷灾数比可以看到,在09:00—18:00的雷灾多发时段,该比值处于低值,而在傍晚至凌晨该值处于高值,这是与人们的作息时间密切相关的,因为大部分的雷灾人员伤亡事件发生在室外,在09:00—18:00段,户外劳作的人员较多,受雷击的威胁加大,而晚上人们多在建筑物内休憩,在一定程度上减少了雷电伤害的概率。

图2b给出了雷灾中人员死伤的日变化特征,可

见人员死伤数曲线与人员伤亡雷灾的曲线相似,呈现典型的单峰型,曲线从 13:00 开始快速上升,15:00—17:00 达到高值,16:00 为峰顶,雷灾伤亡人员数比例为 17.2%,其中低值在 00:00—03:00,03:00 谷底值为 0.4%,峰值和谷值比为 43。死亡人

员在 16:00,17:00 要明显高于受伤人员的比例,而在 21:00 明显低于受伤人员的比例。受伤人员/死亡人员比值也反应了这一点,在雷灾相对严重的时段,该比值在 1 附近变化,而在晚上和凌晨的部分时段,该比值超过了 2。

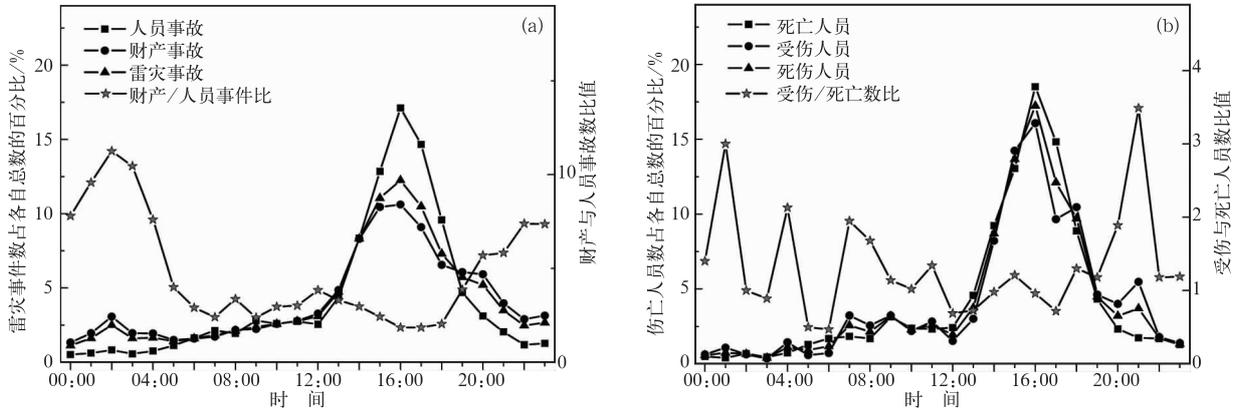


图 2 我国 1997—2006 年雷电灾情的日变化特征

(a) 雷灾事故数, (b) 雷灾人员死伤数

Fig. 2 Diurnal variation of lightning disaster in China from 1997 to 2006

(a) number of lightning accidents, (b) number of lightning casualties

3 雷电灾情分析

3.1 财产损失雷灾分析

图 3a 给出了在雷灾事件中受损失的各行业占的比例,其中 40% 的雷灾财产损失发生在民用领域,例如民居、家居用品,电力部门的雷灾财产损失占 17%,文体教场所,如学校、医院等占 15%,厂矿仓储行业占 14%,通信、石化、金融、农林牧、交通各

部门占比例较小,都低于 5%。从图 3b 雷灾中不同物体的受损统计来看,雷电带来损失最严重的是微电子设施,比例高达 34.5%,其次是电力设备 24.8%,第三是家用和办公电器 23.1%,这些电力、电子设备占总数的 82.4%。配合图 3a,可见计算机、弱电信息系统、网络通讯设备、电力设备、常用电器等受到间接雷击(雷电电磁脉冲入侵和影响)^[12] 的威胁已经超过建筑物、树木这些以往受直接雷击威胁的物体。

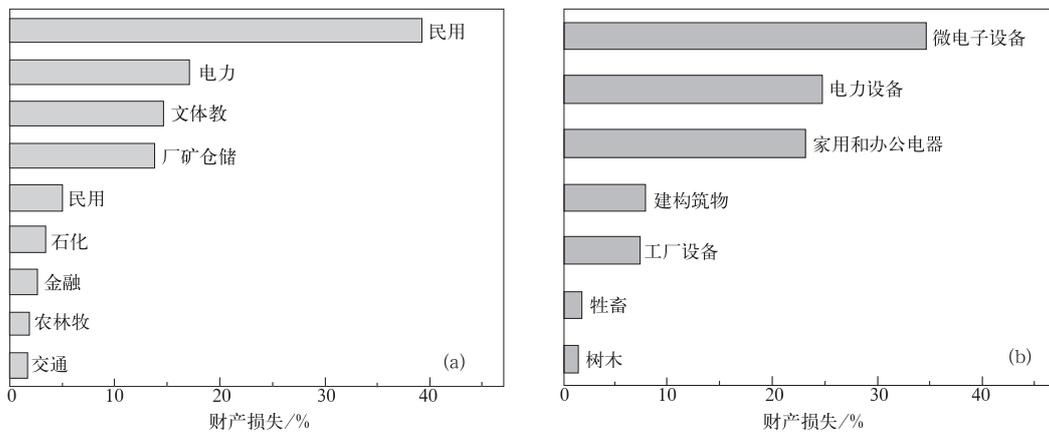


图 3 财产损失雷灾特征 (a) 行业比例, (b) 物体比例

Fig. 3 Characteristics of lightning damage reports

(a) percent of industry, (b) percent of object

3.2 人员伤亡雷灾分析

由图4可见,城市人员因雷电造成伤害的比例只占4.3%,而农村人员却占了59.1%,不确定因素占36.6%。如果不考虑不确定的统计结果,农民占93%,城市人员仅占7%,农民是雷灾主要的受害者。由图5可知,在人员伤亡雷灾数中,雷击地点发生在农田最高,为32%,其次建构物(主要是农村民居、窝棚、亭子)为23%,然后是开阔地为13%,水域(包括河边、沙滩)和树下分别是10%和8%。图5中的“有线相连”表示的是雷击是人员正接触着电话线或者金属管线。从图5中可以看到雷击地点发生在室外的占69%,而且发生在农民常在环境下。相对而言,农民在雷电到来时,缺乏临时躲避场所,而且农民防雷知识相对贫乏,导致在室外受到雷电严重的威胁。在室内,城市建筑物防直击雷措施相对完善,而农村的民居等建筑没有普及安装防雷装

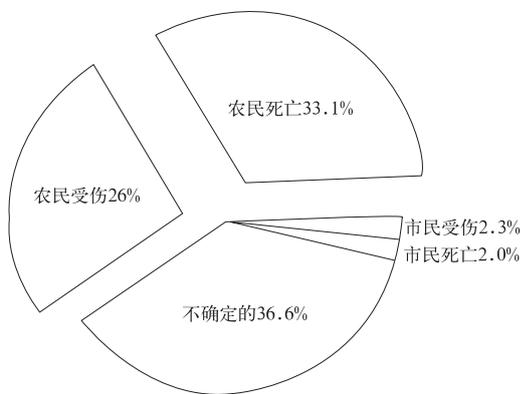


图4 雷灾不同人群的伤亡比例

Fig. 4 Frequency distribution of the population of lightning casualties

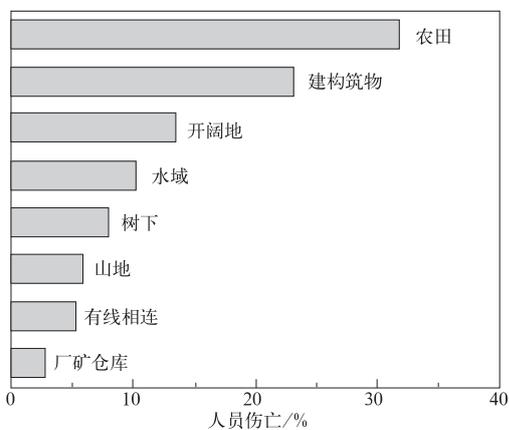


图5 人员伤亡雷灾中不同雷击地点的比例

Fig. 5 Frequency distribution of the locations of lightning casualties

置,例如2007年5月23日16:34,重庆市开县义和镇政府兴业村小学教室遭遇雷电袭击,造成四、六年级学生7人死亡,44人受伤,事后调查表明^[13],该小学无防雷装置,雷电流通过墙壁泄放入地时,由于接触电势、旁侧闪络以及跨步电压作用,导致室内大量人员伤亡。

4 结论和讨论

本文在《1997—2006年全国雷电灾害汇编》的基础上,建立了1997—2006年全国雷电灾害数据库,据此进行统计分析,研究了我国雷电灾情的时空分布特征、受损财物情况、受伤害人员情况等,得到以下一些结果。

1) 我国雷电灾害在这10年里造成了严重的人员伤亡和经济损失,估计全国年平均上报雷击人员伤亡事件约为703例,其中大约造成1334人死伤,包括667人死亡,667人受伤。我国每年每一百万人中大约有0.53人死于雷击,这个值要高过美国该值的26%,是英国的10.6倍。

2) 我国雷电灾害多发生在东部沿海地区和南部地区,相对发生较少的地区为西部地区。广东省雷灾最为严重,总计上报的雷灾总数为8770例,包括777例人员伤亡雷灾,造成772人死亡和662人受伤,云南省以雷灾造成1025人死伤仅次于,雷灾人员伤亡严重的地区还有贵州、江西、广西、山东、江苏、四川、湖北、湖南等地区,而西藏、上海、山西、北京、甘肃、新疆、宁夏、天津则处于较低排名;当雷灾人员伤亡率考虑各地区的人口权重后,海南省、西藏自治区位列前两名,青海省提高到第5名,湖北、湖南、山东人口多的省份则排名降低。

3) 我国雷电灾害在全年都可以发生,从10月到次年3月雷灾发生较少,4、5月相对3月雷灾有明显上升,6—8月为高值,7月达到峰值,夏季的6—8月之和占全年的65%以上,9月则明显降低。我国人员伤亡雷灾的日变化曲线呈现典型的单峰型,曲线从13:00开始快速上升,15:00—17:00达到高值,峰顶16:00为17.1%,21:00—12:00人员伤亡雷灾只占总数为25.3%,00:00为谷底。雷灾人员伤亡与闪电活动和人们的作息时间密切相关,而财产损失雷灾和总雷灾事故的曲线与闪电活动的日变化特征更加相似,它除了在14:00—17:00的高值区外,在01:00—04:00相对有次峰出现。

4) 我国雷电灾害受损失的各行业里,民用领域占 40%,电力部门占 17%,文体教部门占 15%,厂矿仓储行业占 14%。而雷电带来的损失最严重的是微电子设施,比例高达 34.5%,其次是电力设备,为 24.8%,第三是家用和办公电器为 23.1%,可见随着人们使用越来越多的电子设备,关注电子设备的防雷将变得越来越重要。

5) 我国雷电灾害中受伤害的农民占总死伤人数的 93%,城市人员仅占 7%。统计人员伤亡雷灾数中的雷击地点,最高的发生在农田,为 32%,其次为建构物为 23%,然后是开阔地为 13%,水域和树下分别是 10%和 8%。雷击地点多发生在农民的常在环境下,而且农村的民居等建筑没有普及安装防雷装置,可见农民是雷灾的主要受害者,因此解决农村、农民防雷安全防护的工作迫在眉睫。

由于当前我国雷灾调查上报系统不够完善,人们防雷意识有待提高,很多雷电造成人员伤亡事故漏报,尤其是雷击致人受伤事故,本文统计的我国雷灾中人员伤亡与死亡比例是 0.96:1,一般认为雷灾事故中人员伤亡比值在 5~10 之间^[3],英国统计为 10:1^[4]。减少雷电造成人员死亡的有效方法之一是提供及时有效的医疗急救,尤其对于雷击造成人员心室纤维性颤动、呼吸中断的情况^[14],前 4 min 是抢救的关键时期,及时对伤者进行心肺复苏术能有效减少雷击死亡的几率。假设我国雷灾中实际伤亡比例为 3:1,再考虑到一定的漏报,估计近几年我国雷灾每年造成实际人员伤亡约为 3000 人以上,可见雷电灾害对于我国人民群众的威胁之大。研究^[15]表明,地球表面气温每升高 1℃,全球闪电次数将升高 17%,伴随全球变暖,雷电灾害的威胁将更大。雷电的研究^[16-17]有利于雷电防护技术的提高,为了减轻雷电灾害,需要全国上下进一步加强防雷减灾工作,从本文得到的结果来看,需要高度重视农村和电子设备的防雷工作,加强防雷知识的科普宣传,提高农民的防雷减灾知识和意识,普及医疗急救知识(掌握使用心肺复苏术),同时要加强雷电的科学研究,提高雷电监测水平和雷电灾害的预警预报能力,从而切实有效地保护人民群众的生命财产安全,降低雷电带来的人员伤亡和财产损失。

致 谢:感谢中国气象学会的高兴龙处长、广州市气象局的杨少杰局长、谢斌局长、罗靖民局长、李宾局长的建议,感谢中国气象科学研究院师巧云、田红焕、晁春丽、晁祥兵在雷电灾害资料录入上的帮助。

参 考 文 献

- [1] Curran E B, Holle R L, Lopez R E. Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994. *J Climate*, 2000, 13: 3448-3464.
- [2] Ten Duis H J. Lightning strikes: Danger overhead. *Br J Sport Med*, 1998, 32: 276-283.
- [3] Rakov V A, Uman M A. *Lightning: Physics and effects*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [4] Elson D M. Deaths and injuries caused by lightning in the United Kingdom: Analyses of two databases. *Atmospheric Research*, 2001, 56: 325-334.
- [5] Elson D M. Deaths caused by lightning in England and Wales. *Weather*, 1993, 48: 83-90.
- [6] López R E, Holle R L. Changes in the number of lightning deaths in the United States during the twentieth century. *J Climate*, 1998, 11: 70-77.
- [7] Coates L, Blong R, Siciliano F. Lightning fatalities in Australia. *Nat Hazards*, 1993, 8: 217-233.
- [8] 马明,陶善昌,祝宝友,等. 卫星观测的中国及周边地区闪电密度的气候分布. *中国科学(D辑)*, 2004, 34(4): 298-306.
- [9] Christian H J, Blakeslee R J, Boccippio D J, et al. Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the optical transient detector. *J Geophys Res*, 2003, 108 (D1): 4005-4019.
- [10] 刘继,胡通年. 黄岛油库特大火灾事故分析及试验研究 IV: 非金属油罐感应雷模拟试验报告. *雷电与静电*, 1994, 8(1): 2-6.
- [11] 马明,吕伟涛,张义军,等. 中国雷电活动特征分析. *气象科技*, 2007, 35(增刊): 1-7.
- [12] 虞昊,臧庚媛,赵大铜. *现代防雷技术基础*. 北京: 气象出版社, 1995: 95-109.
- [13] 李家启,覃彬全,陈宏,等. 开县“5.23”重大雷电灾害事故分析. *气象科技*, 2007, 35(增刊): 48-51.
- [14] Golde R H. *雷电(下)*. 李文恩,李福寿,译. 北京: 电子工业出版社, 1982: 28-33.
- [15] 马明,陶善昌,祝宝友,等. 全球闪电活动对气温变化的响应. *科学通报*, 2005, 50(15): 1643-1647.
- [16] 张义军,孟青,马明,等. 闪电探测技术发展和资料应用. *应用气象学报*, 2006, 17(5): 611-620.
- [17] 张义军,周秀骥. 雷电研究的回顾和进展. *应用气象学报*, 2006, 17(6): 829-834.

Characteristics of Lightning Exposure in China from 1997 to 2006

Ma Ming¹⁾ Lü Weitao¹⁾ Zhang Yijun¹⁾ Meng Qing¹⁾ Yang Jing²⁾

¹⁾ (*Laboratory of Lightning Physics and Protection, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

²⁾ (*Beijing Municipal Meteorological Bureau, Beijing 100089*)

Abstract

A more complete national climatic description of lightning casualties and damages is essential to improving awareness and education concerns of this hazard. By using China Meteorological Administration (CMA) lightning accident data, lightning-related disasters, injuries, and property damages reported in China from 1997 to 2006 are summarized. Climatic characteristics of lightning casualties and damages are analyzed. The data contain 4488 deaths, 4320 injuries, and 27784 property damage cases, which show that severe casualties and economic loss are caused by lightning damage during the past ten years. The annual average number of death in China between 2004 and 2006 is 0.53 per million people, 26% more than in the United States, ten times more than in the United Kingdom. Lightning disasters in China frequently occur in eastern coastal areas and southern areas, but relatively rare in western areas. Guangdong Province has the most deaths (772), injuries (662) and damage reports (7993) from lightning, which makes it the worst damaged areas from lightning all over the country. Yunnan Province comes second with 1025 deaths and casualties from lightning damage. There are also severe deaths and casualties from lightning damage in Guizhou, Jiangxi, Guangxi, Shandong, Jiangsu, Sichuan, Hubei and Hunan provinces, whereas Tibet, Shanghai, Shanxi, Beijing, Gansu, Xinjiang, Ningxia and Tianjin rank relatively low in the list. When population is taken into account, Hainan Province has the highest casualty rate. Tibetan Autonomous Region, with its population of only over 2 million, ranks the second top in terms of casualty rate. Qinghai Province rises to the fifth, whereas Hubei, Hunan and Shandong, with large population, fall in the ranking. Lightning disaster in China may occur in any month of the year, with less damage from October to March. 65% of the year's lightning casualties and damages occur in summer, reaching a maximum in July. The diurnal variations show that 73% of the lightning casualties and 62% of the lightning damages occur between 13:00 and 20:00. The peak of lightning casualties and damages occurs at 16:00. Compared with lightning damages, lightning casualties are affected by people's life routines and habits, with more incidences during working hours in the day time. Peasants account for 93% of lightning casualties, with urban residents of 7%, which makes peasants the major population of victims. In the report with known locations for lightning victims, farmland account for 32% of the total locations as the largest category, buildings is 23%, open fields 13%, water related fields 10%, under-tree fields 8%, on telephone 6% and storage 3%, respectively. Additional information is provided about lightning victims and objects.

Key words: lightning disaster; lightning casualties and damages; spatial and temporal characteristics