

文章编号: 1004-4965 (2005) 04-0441-08

区域雷灾易损性分析、评估及易损度区划

尹 娜, 肖稳安

(南京信息工程大学, 江苏 南京 210044)

摘 要: 根据广东省近 10 年来的雷电灾害统计资料和近 35 年来的雷暴日观测统计资料, 提炼出雷击密度、雷电灾害频度、经济损失模数、生命易损模数作为雷灾易损性评价指标。在详细分析了广东省各地市的自然环境、经济状况和各地区雷灾损失情况, 对广东省各地市面对雷电灾害的脆弱性和易损性进行了综合评估, 初步形成了各地易损性结构和广东省雷灾易损度区划。提出雷电灾害区域易损性分析、评估的模式, 为区域防御雷电灾害、减低雷电损失的规划提供科学依据。

关 键 词: 雷灾易损性; 评估指标; 易损度

中图分类号: P429

文献标识码: B

1 引 言

雷电是自然界中的一种特殊的、极为壮观的声、光、电现象, 这不仅在于它那划破长空的耀眼闪电和令人震耳欲聋的雷鸣, 更重要的是它给人类生活和生产活动带来了巨大的影响。众所周知, 雷电能造成人员伤亡, 能使建筑物起火、击毁, 能对电力、电话、计算机及其网络等设备造成破坏, 雷电又是年年重复发生的自然现象, 在每年的 7、8、9 月是雷暴的高发期, 尤其是在热带地区, 雷电次数就更多。据广东省防雷中心统计, 仅在 2004 年, 广东省就发生雷灾事故 2 179 起, 造成直接经济损失 18 329 万元, 间接经济损失更是高达 15 亿。

雷电灾害造成的损失是牵涉到社会许多方面的十分复杂的问题, 因此, 很难精确的计算这种损失; 但是, 为了保护自身的安全和发展, 为了减轻雷电灾害造成的损失和影响, 又十分需要了解雷电可能造成的或已经造成的后果, 所以就需要对这种损失进行评价和估计, 即雷灾评估。雷灾评估属于灾害评估的一种, 目前在灾害评估方面, 受关注最多的是地震、洪水、干旱等自然灾害, 至于雷电灾害由于其具有更大的随机性和瞬时性, 所以现时并不受大家重视。一般对于雷电灾害现在做得最多的是灾后评估, 即某处遭受雷击之后, 通过实地调查, 得到接近准确的灾害损失情况, 为灾后重建提供依据, 同时积累历史资料。从评估的对象来看, 也局限于雷电灾害的个例分析, 系统性的雷灾分析尤其是现在非常热门的危害易损性研究则非常欠缺^[1, 2]。

2 区域雷灾易损性问题及其内涵

易损性是指事物容易受到伤害或损伤的程度, 它反映特定条件下事物的脆弱性, 雷灾易损性是指

收稿日期: 2005-04-06; 修订日期: 2005-05-18

作者简介: 尹 娜(1979-), 女, 广东省人, 广东省防雷中心工作, 在读硕士研究生, 主要从事雷电防护研究和评估工作。

E-mail: swarthyve@163.com

事物容易受到雷电伤害或损害的程度,它直接反映了事物在遭受雷电袭击时的脆弱性。灾害的发生是由致灾环境的危险性和承载体的易损性(脆弱性)决定的。就雷电灾害而言,从区域上看,雷电灾害产生与存在在相当程度上讲是必然的,有其绝对性的一面,要改变雷电这种致灾因子是困难且也是不可能的。而承灾体则不同,人为因素对其起着相当重要的作用。具有同极性、同等强度的雷电流在不同的承灾体上会造成不同的后果;另一方面人类和其居住环境之间的平衡与否以及平衡的程度都可能影响到雷电灾情的严重程度,而这种不平衡很大程度上又可以通过人类的管理和规划等活动得以改善。因此,区域减轻雷电灾害的关键问题是如何降低承灾体的雷灾易损性,增强承灾体的承受雷电能力。

承灾体雷灾易损性分析是雷电灾害研究的重要组成部分,它包括自然易损性、经济易损性和社会易损性等各方面的内容。

因此,承灾体雷灾易损性研究对于区域减低雷电灾害、预防雷电灾害的投资支出和雷电灾害保险等有着极为重要的指导意义,而评价雷电灾害承灾体的雷灾易损性从而进一步降低承灾体的雷灾易损性就成为雷电灾害研究的关键。本文以广东省为例来进行区域雷灾易损性分析、评估以及易损度的区划^[3]。

本文依据广东省有正规雷电灾害统计以来的近 10 年的遭受雷电灾害情况,从雷电灾害数量、雷电灾害强度及自然、社会、经济损失等方面确定了指标,就不同市、县、区的雷灾易损性(雷电灾害脆弱性)进行了分析探讨和评估,并进行了易损度的区划,为广东省的防御雷电灾害、减低雷电灾害损失提供了科学依据。

3 区域环境背景分析

广东省位于中国大陆最南部,全境位于北纬 $20^{\circ}13' \sim 25^{\circ}31'$ 和东经 $109^{\circ}39' \sim 117^{\circ}19'$ 之间,陆地面积为 18 万 km^2 ,约占全国陆地面积的 1.87%。南临南海,海岸线总长 3 368 km,岛屿众多。全省地处低纬度,北回归线横贯陆地中部。地势北高南低,境内山地、平原、丘陵交错。目前行政建制为 21 个地级市。

3.1 气象环境背景分析

广东省地处亚热带,大部分地区属亚热带季风气候,夏长冬暖,雨量充沛。年平均降雨量为 1 366 mm,年平均蒸发量为 1 100 mm,属湿润地区。

全省全年 12 个月都可能雷暴。全省雷暴初日近年均为 1 月 1~2 日,广东省北部大部分地区雷暴终日在 10 月上旬,南部沿海地区要延长到 12 月中旬。

从每年雷暴初日至雷暴终日,全省 21 个地市平均间隔为 239 天。即等于从每年 1 月 1 日开始,其后的两百多天在全省各个地区都可能产生雷暴,进而导致当地雷电灾害的发生。

3.2 地理、地貌环境背景分析

广东省地势北高南低,境内山地、平原、丘陵交错。全省土地面积 18 万 km^2 ,其中耕地面积 312 万公顷,林业用地面积 1 025 万公顷,荒草地面积 57 万公顷。其中,山地占全省面积 31.7%,丘陵占 28.5%,台地占 16.1%,平原占 23.7%。

全省土地利用的实际情况为耕地 312.8 万公顷,园地 83.6 万公顷,林地 1 024.9 万公顷,牧草地 2.7 万公顷,居民点及独立工矿用地和交通用地 142.9 万公顷。全省森林密布。海域辽阔,河网纵横,水库众多,鱼塘遍布。

从地理、地貌环境分析得出广东省山地、丘陵众多,且湿地面积较大,依河傍海,为区域雷电灾害的发育奠定了基础。因为在有雷暴发生时,由于雷电泄流的需要,闪电极易对地面突出物和电阻率较低的地方产生放电,对人和建筑物直接造成损害。

3.3 土壤环境背景分析

广东省的土壤以赤红壤和红壤为主。

在广东的南部地区,大致在北纬 22° (23°) $\sim 25^{\circ}$ 之间,土壤类型为赤红壤。赤红壤过去称为砖红壤性红壤,是砖红壤与红壤之间的过渡类型。赤红壤富铝化作用弱于砖红壤,粘粒的硅铝率为 $1.7 \sim 2.0$ 。土体红色,常见有铁锰结核和网纹层。全剖面呈较强的酸性反应。有机质和全氮含量因植被和耕作的不同而有很大的变化,但一般都不很高,磷的含量也低。粘土矿物组成属于高岭石类型。

广东省北部的土壤类型多为红壤。红壤是中国分布较为普遍的一种土壤,形成于中亚热带的生物气候条件下,地形条件一般为低山丘陵,成土母质在低丘陵多为第四纪红色粘土,高丘陵和低山多为千枚岩、花岗岩、砂页岩等。红壤的富铝化作用与生物积累作用,与赤红壤和砖红壤比较起来相对较弱,但仍以均匀的红色为主要特征。一般包括 3 个主要发生土层:(1) 腐殖质表土层:在覆盖良好的森林植被下,厚度约 $20 \sim 30$ cm,暗棕色,有机质含量可达 $4\% \sim 6\%$ 。但大部红壤地区自然植被受到破坏,表土层的厚度只 10 余 cm,有机质含量约 $1\% \sim 2\%$ 。(2) 均质红土层:一般厚度为 $0.5 \sim 2$ m,呈均匀的红色或棕红色,紧实、粘重,呈块状结构。(3) 母质层:包括红色风化壳和各种岩石的风化物。在均质红土层之下,往往有红色、橙黄色与白色相间的“网纹层”。这虽然是富铝土纲几个主要土类的共同特点,但在粘重紧实的由第四纪红土发育的红壤中更为多见。其成因,一般认为是在密实的红土层内,水流经常沿着土体内的裂隙流动,使高价铁还原为低价铁,并随水流失,从而使部分土体最初变为橙黄,最后变白。有人认为白色部分为高岭土,实际上白色部分与红色部分的粘土矿物并无差别,只是氧化铁显著减少。红壤全剖面呈酸性反应,pH 值为 $4.5 \sim 6.0$ 。交换性酸较高,并含有大量的活性铝;盐基饱和度多在 30% 以下。粘粒的硅铝率为 $1.9 \sim 2.2$,高于砖红壤和赤红壤,表明其风化度没有那样深刻。粘土矿物以高岭石和水云母为主。土体含有一定量的原生矿物,大部分为石英和抗风化力较强的正长石和斜长石等。机械组成因成土母质不同而异。由第四纪红色粘土发育的红壤较为粘重,粘粒含量可达 40% 以上。在有机质缺乏、结构不良时,耕性很差,故有“干时一块铜,湿时一包脓”的农谚。由花岗岩、砂岩母质发育的红壤质地偏沙,粘粒含量一般只有 $15\% \sim 20\%$ 。

这些土壤的电阻率从 200 欧姆(湿地)至 3 000 欧姆(干旱且含沙砾较多的红土)不等。因为雷电流疏散入地与接地电阻有很大关系,而接地电阻大小与土壤电阻率有关,土壤电阻率变化与湿度、温度、含水量、水质、含盐碱量、季节修正系数等都有连带关系。接地电阻越小,越有利于电流的疏散。从雷电灾害角度来看,一般来讲电流疏散得越快雷电造成的破坏就越小。

土壤情况还与雷电灾害防护密不可分。在土壤电阻率高的地方的建筑物,为了达到设计要求的低接地电阻,很多时候不得不向土壤中添加降阻剂,这也增加了修建成本。此外,土壤电阻率还关系着接地体的长度和地网面积等雷电防护方面的许多问题。

3.4 人文环境背景分析

广东省是一个人口大省,根据 2003 年人口变动情况抽样调查结果推算,到 2004 年年末全省常住人口 7 954.22 万人,而广东省还有近 3 000 万的外来务工人员,总人口近 1 亿。工厂、企业的务工人员多数住宿条件不佳,缺乏雷电防护设施,再加上个人雷电灾害防护意识不强,所以屡屡遭受雷电侵袭,造成重大人员伤亡。

广东省也是全国经济强省之一。据初步核算,2003 年广东省生产总值 13 449.93 亿元,比上年增长 13.6% 。2003 年第一产业增加值 1 051.60 亿元,增长 1.2% ;第二产业增加值 7 048.05 亿元,增长 18.0% ;第三产业增加值 5 350.28 亿元,增长 10.8% 。家电、塑料制品、食品、服装、纺织、电子、电力、冶金是广东省的支柱产业。随着各行业现代化水平的提高,自动化设备越来越多,而大部分电子设备的雷电灾害承灾能力极差。

交通方面,广东省公路网发达,高速公路贯穿全省。还有 8 个民航机场,其中白云国际机场是全国客流量最大的三大国际机场之一。机场、公路的探测、监测设备都属于微电子设施,其本身对雷电的承灾能力也是极差的。

广东省东西部经济发展也不平衡,粤西、粤北山区的社会、经济发展的各项指标都远远落后于南部地区,在雷电防护方面的投入也远远不足,故其承灾能力也相对较弱。

3.5 雷电灾害情况背景分析

广东省是雷电高发区,每年因雷击造成的损失十分巨大。随着现代化建设的迅速发展,雷电灾害造成的损失也呈越来越严重的趋势。这种发展趋势,客观上有因城市新建高层、超高层建筑导致雷电活动的影响不断加剧,而且广东省近年来各地区年雷暴日有增加的趋势;尤其是近 5 年的统计数据来看,比前 30 年的统计数据普遍提高了 10% (图 1, 见 P447)。因为全球气候变暖,广东气温上升(过去 50 年平均上升 0.03 /年,最近 5 年平均上升 0.04 /年,是全球平均上升 0.01 /年的 4 倍),这是导致雷暴日增加的重要原因之一。

建筑物内现代化的通信、计算机等抗干扰能力较弱的现代化设备越来越普及,易燃易爆场所、电力供电设备的迅速增长也是导致广东省雷电灾害十分严重的一个重要因素。

此外缺乏城市雷电安全规划,导致雷暴日和雷电强度的人为增加。

总之,广东省是一个社会和经济发展的不平衡,雷电灾害十分严重的区域,并且频繁的雷电灾害不仅对人身安全构成巨大的威胁,在一定程度上还制约着广东省社会和经济的发展。

4 区域雷灾易损性评价指标

承灾体的雷灾易损性是反映基于遭受雷电灾害前的区域经济和社会对于一旦发生雷电灾害的敏感状况,与区域的社会经济发展有关,也与雷电灾害可能造成的后果有关。雷灾易损性指标的选择根据以下 4 种方法综合^[4]: (1) 根据雷电灾害灾后损失评估体系采用反推法确定指标; (2) 基于社会雷灾易损性理解所构想的指标; (3) 从区域宏观经济发展描述选取指标; (4) 有雷电灾害的个案采用信息量法确定指标。本文根据广东省自 1995 年以来有具体统计的近 10 年来的雷电灾害历史纪录,确定以下 4 个指标来反映区域受灾情况,评价区域易损性: (1) 雷暴密度 M ; (2) 雷电灾害频数 P ; (3) 经济(GDP) 损失模数(强度)^[5] D ; (4) 雷电灾害生命易损模数 L 。其中前两项指标着重于雷电灾害发生频率和次数的评价,反映承灾体的易损程度;后两项指标则侧重于雷电灾害损失的评估,反映载体体受损强度。

4.1 雷击密度 M

雷击密度是指单位面积内所发生的雷电数量。它是反映雷电灾害次数的一个重要指标,雷击密度大的地区,说明区域孕灾环境复杂、致灾因子活跃,载体体易损性大。

$$M=0.024N^{1.3}$$

N 为区域年平均雷暴日,根据当地气象台、站确定。由于近 5 年平均雷暴日数比过去 30 年有很大的提高,故本文取 30 年和近 5 年的平均数。

4.2 雷电灾害频数 P

雷电灾害频数是指区域内每年发生的灾害次数,表示区域雷电灾害发生频率和次数的高低。它客观反映了区域的易损性情况,是进行承灾体易损性分析的一个重要指标。

$$P=N_i/\text{年数}$$

N_i 为区域(某一固定地区、市、县、区)雷电灾害次数。

①广东省防雷中心雷电灾害调查办公室,广东省雷电灾害实例汇编(1995~2004年)。

4.3 经济 (GDP) 损失模数 D

$$D=D_S/S$$

经济损失模数 D 表示区域发生雷电灾害时单位面积上的经济损失,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 为区域面积,单位为 $1\,000\text{ km}^2$ 。该指标因为是考虑区域单位面积上的经济损失,比较客观地反映了区域的经济易损情况,因而可以全面反映区域雷电灾害损失程度和损失分布情况,并间接地反映了区域防御雷电灾害、抵抗雷电灾害能力和可迅速恢复能力。

4.4 生命易损模数 L

$$L=L_S/S$$

生命易损模数 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,单位为人/ 100 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 为区域面积,单位为 km^2 。该指标客观反映了区域生命对灾害的敏感性,也间接地反映了区域的防御雷电灾害、抵抗雷电灾害的能力。

5 雷电灾害综合易损度

某区域的雷灾易损性主要体现了该区域未来因雷电造成的可能损失量的高低。若某区域未来因雷灾造成的损失量越高,则该区域的雷灾易损度越大;换句话说就是:雷灾易损度的大小对某地区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)。由此本文中区域综合易损度采用极高、高、中、低、极低来描述,考虑到极高和极低所占比例较小和评估结果的可比性,首先将各易损指标的损失估计值(绝对值)统一换算为占该类型指标总值的百分比(相对值),然后采用对称不等分间隔的5级分割法划分雷电灾害易损等级,并赋予各等级如下定值:极高为1.0、高为0.8、中为0.5、低为0.2、极低为0.0^[3]。例如广州的雷击密度为8.4,属于高易损性范围,则其雷击密度指标的取值为0.8。即在某一类型的雷灾易损度指标下,先根据各地区的评估指标值(绝对值)统一换算为占该类型指标总值的百分比(相对值),再依据其所占总值的百分比大小进行二次划分,划分出该类型指标从极高到极低5个等级间的界定值,然后估算出该地区此种类型指标的雷灾易损性等级,并用其所在等级的等级值(1.0、0.8、0.5、0.2和0.0)取代类型指标值,最后通过累加各个区域雷电灾害易损指标等级值取其平均值得到评价区域的综合易损度。等级标准如表1所示。

表1 区域雷电灾害易损程度的主要指标及等级标准

评估指标	极高(1.0)	高(0.8)	中(0.5)	低(0.2)	极低(0.0)
雷击密度	>9.0	9.0~8.0	8.0~7.0	7.0~6.0	<6.0
雷电灾害频数	>200	200~150	150~100	100~50	<50
经济损失模数	>0.10	0.10~0.08	0.08~0.05	0.05~0.03	<0.03
生命易损模数	>400	400~300	300~200	200~100	<100

6 广东省雷灾易损性分析

6.1 区域划分

广东省现有21个地级市,为了使研究成果易于应用和指导全省的防雷减灾实践工作,故最好保持行政区划的完整性。因此,根据上述雷灾易损性评价分析指标,以21个地级市为基本分析单元,进行雷灾易损性对比分析。

6.2 易损性评价

从广东省雷电灾害数据库中,根据广东省有具体雷电灾害统计以来的10年间的广东省雷电灾害资

料,从中挑选出典型的雷电灾害事件,用历史反推法分别计算出了广东省各区市雷灾易损性分析指标的值(表2)。

表2 广东省各地市雷电灾害易损性分析指标

地、市	雷击密度 $/(d \sim a^{-1})$	雷电灾害频度 $/(次 \sim a^{-1})$	经济损失模数/(万 元 $\sim km^2$)	生命易损模数 $/(人 \sim km^2)$	地、市	雷击密度 $/(d \sim a^{-1})$	雷电灾害频度 $/(次 \sim a^{-1})$	经济损失模数/(万 元 $\sim km^2$)	生命易损模数 $/(人 \sim km^2)$
广州	8.6	418.6	0.28	560.2	茂名	7.8	138.4	0.07	185.4
佛山	7.3	138.3	0.14	408.5	韶关	7.5	144.6	0.07	113.3
云浮	7.9	81.4	0.05	120.0	阳江	9.1	29.3	0.03	108.4
湛江	9.5	249.6	0.07	116.8	江门	8.6	104.0	0.08	111.5
揭阳	6.3	40.4	0.07	98.1	中山	8.2	16.3	0.08	243.8
深圳	6.2	46.8	0.30	502.3	汕尾	4.6	19.0	0.03	91.5
珠海	6.2	31.4	0.05	450.6	惠州	8.6	55.3	0.07	98.6
潮州	6.1	14.2	0.03	102.4	梅县	8.1	101.6	0.23	81.2
汕头	4.7	33.9	0.17	152.7	河源	7.9	49.4	0.02	89.6
东莞	7.8	32.8	0.08	492.8	肇庆	8.4	81.9	0.05	209.1
清远	9.2	86.6	0.04	202.9					

6.3 广东省雷电灾害综合易损度评估

为了便于各区市比较,将上述雷电灾害易损指标按照表1的等级进行分析,则可算出广东省各区市的雷电灾害综合易损度(表3)。

从表3中的综合易损度以及各种易损性指标的数值大小,可以分析广东省各区市雷电灾害的易损性情况,为广东省各区域减低雷电灾害、防御雷电灾害规划提供比较客观的科学依据。

表3 广东省各地市雷电灾害综合易损度评估结果

地、市	雷击密度 $/(d \sim a^{-1})$	雷电灾害频度 $/(次 \sim a^{-1})$	经济损失模数/(万 元 $\sim km^2$)	生命易损模数 $/(人 \sim km^2)$	雷电灾害综合 易损度	地、市	雷击密度 $/(d \sim a^{-1})$	雷电灾害频度 $/(次 \sim a^{-1})$	经济损失模数/(万 元 $\sim km^2$)	生命易损模数 $/(人 \sim km^2)$	雷电灾害综合 易损度
广州	0.8	1.0	1.0	1.0	0.950	茂名	0.5	0.5	0.5	0.2	0.425
佛山	0.5	0.5	1.0	1.0	0.750	韶关	0.5	0.5	0.5	0.2	0.425
云浮	0.5	0.2	0.2	0.2	0.275	阳江	1.0	0.0	0.2	0.2	0.350
湛江	1.0	1.0	0.5	0.2	0.675	江门	0.8	0.5	0.5	0.2	0.500
揭阳	0.2	0.0	0.5	0.0	0.175	中山	0.8	0.0	0.5	0.5	0.450
深圳	0.2	0.0	1.0	1.0	0.550	汕尾	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
珠海	0.2	0.0	0.2	1.0	0.350	惠州	0.8	0.2	0.5	0.0	0.375
潮州	0.2	0.0	0.0	0.2	0.100	梅县	0.8	0.5	1.0	0.0	0.575
汕头	0.0	0.0	1.0	0.2	0.300	河源	0.5	0.0	0.0	0.0	0.125
东莞	0.5	0.0	0.5	1.0	0.500	肇庆	0.8	0.2	0.2	0.5	0.425
清远	1.0	0.2	0.2	0.5	0.475						

7 广东省雷灾易损度区划

根据上述综合易损度的评估结果,采用5级分区法将广东省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个不同易损区域,各区域的雷电灾害综合易损值分别为0.00~0.10,0.10~0.29,0.29~0.49,0.49~0.69,0.69~1.00。详细分区见表4。

然后在电脑中建立广东省雷电灾害数据库,将广东省雷灾易损性分析指标、综合易损性等雷电灾害要素都放在这个数据库中,分析数据资料,生成广东省雷灾易损度区划图(图2)。

表 4 广东省雷电灾害综合易损度区划表

易损度分区名称	极低易损区 (0.00~0.10)	低易损区 (0.10~0.29)	中易损区 (0.29~0.49)	高易损区 (0.49~0.69)	极高易损区 (0.69~1.00)
地	汕尾	揭阳	云浮、肇庆	湛江	广州
区		潮州 河源	珠海、惠州 汕头、中山 清远、阳江 茂名、韶关	深圳 东莞 江门 梅县	佛山

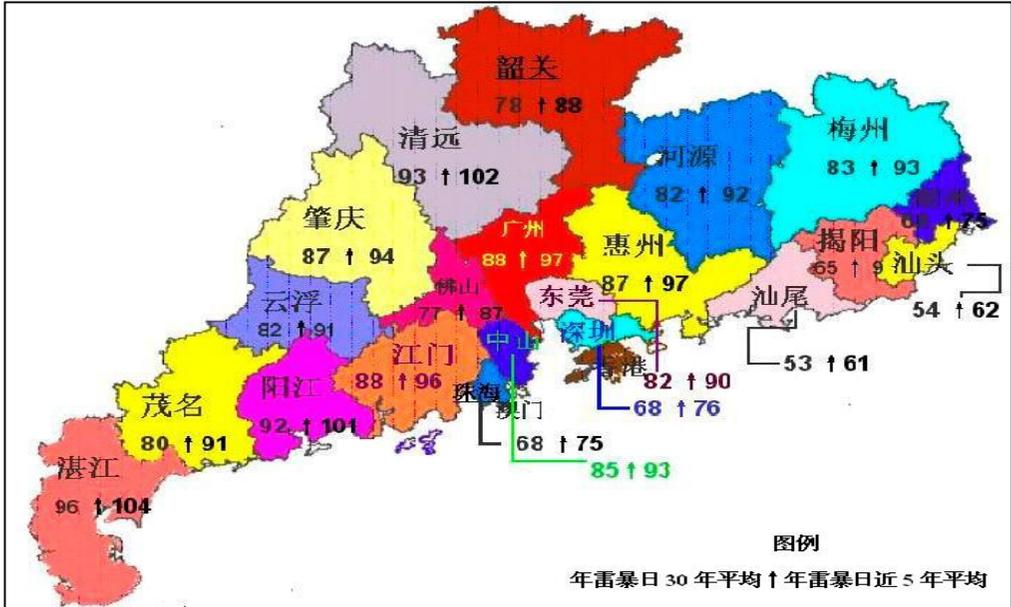


图 1 广东省各地区年雷暴日 30 年平均和近 5 年平均数据的对比

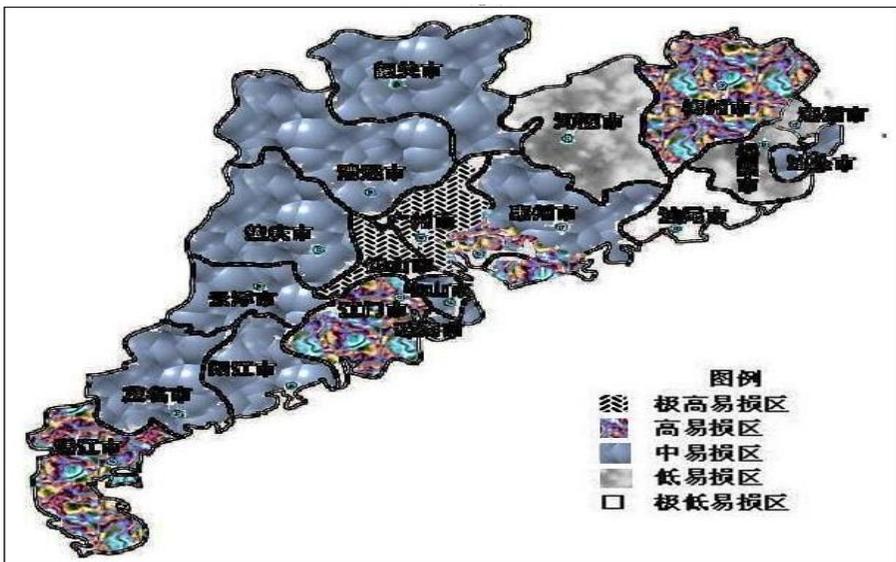


图 2 广东省雷灾易损度区划

8 结论和讨论

(1) 区域雷灾易损性是指区域可能遭受各种闪电破坏或损坏的程度,这种破坏或损坏的程度不仅取决于区域自然系统条件对雷电磁场环境变化的敏感性和区域社会经济系统受雷电灾害影响的脆弱性,而且还取决于区域自然和社会经济系统雷电防护的水平。

(2) 进行区域雷灾易损性评估的关键是如何合理选取评估的指标。本文选取自1995年以来广东省有详细统计的历史雷电灾害纪录,用历史反推法来评估广东省的雷灾易损性可能有一定的不足。同时,本文选取的指标可能过少,不能全面、准确地反映区域的雷电灾害易损情况,还需要进一步的研究和探讨。

(3) 本文所作的广东省雷灾易损性评估和雷灾易损度区划图对广东省防御雷电灾害、减低雷电灾害损失有着很好的实际意义,为广东省的防御雷电灾害、减低雷电灾害损失提供了科学依据。同时也为开展其它方面的区域易损性评估和易损度区划作了一些示范。

参 考 文 献:

- [1] 门福录. 关于灾害、灾害学和灾害研究方法若干问题的浅见[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(4): 149-152.
- [2] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 1-9.
- [3] 蒋勇军, 况明生, 匡鸿海, 等. 区域易损性分析、评估及易损区划[J]. 灾害学, 2001, 16(3): 59-64.
- [4] 樊运晓, 罗 云. 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): 52-59.
- [5] 邹其嘉, 毛国敏. 地震人员伤亡易损性研究[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(3): 39-49.

REGIONAL VULNERABILITY ANALYSIS, EVALUATION AND VULNERABILITY ZONING OF LIGHTNING

YIN Na, XIAO Wen-an

(NanJing University of Information Science & Technology, NanJing 210044, China)

Abstract: With 10 years' statistical data and the date of thunderstorm-day in 35 years of Lightning disaster in Guangdong province, lightning strike density, lightning disaster frequency, economic loss rate and population exposed to lightning disaster are selected as vulnerability evaluation indexes. Based on detailed valuation of district and county in Guangdong, a comprehensive evaluation of the weakness and vulnerability of lightning district and county in Guangdong is made and the vulnerability degree of lightning district is calculated. And also vulnerability zoning is made in Guangdong by means of GIS. Accordingly, a model for regional vulnerability analysis and evaluation of lightning disaster is developed, which provides scientific basis for the planning of regional lightning disaster prevention and reduction.

Key word: lightning disaster vulnerability; evaluation index; vulnerability degree