

杭州市 气象灾害风险区划

**下
册** 雷电、强对流、大风、高温、干旱、
低温积雪、雾霾灾害的风险区划

王国华 苗长明 缪启龙
宋 健 葛小清 杨育强 等/著

杭州市气象灾害风险区划

下册 雷电、强对流、大风、高温、干旱、
低温积雪、雾霾灾害的风险区划

王国华 苗长明 缪启龙 等 著
宋 健 葛小清 杨育强

内容简介

本书是《杭州市气象灾害风险区划》下册,介绍了杭州市雷电、强对流天气、大风、高温干旱、低温积雪、雾霾灾害的风险区划,并对气象灾害风险区划的技术方法进行了详细阐述。书中内容翔实,资料可靠,可供从事大气科学、水文、农业、环境保护和防灾减灾的部门和人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

杭州市气象灾害风险区划. 下册, 雷电、强对流、大风、高温、干旱、低温积雪、雾霾灾害的风险区划/王国华等著.

—北京:气象出版社, 2013. 3

ISBN 978-7-5029-5691-2

I. ①杭… II. ①王… III. ①气象灾害—气候区划—杭州市

IV. ①P429②P468. 255. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 057844 号

Hangzhoushi Qixiang Zaihai Fengxian Quhua

杭州市气象灾害风险区划(下册)

王国华 等 著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:李太宇

封面设计:燕 彤

印 刷:中国电影出版社印刷厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:360 千字

版 次:2013 年 5 月第 1 版

定 价:80.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:袁信轩

责任技编:吴庭芳

印 张:14

印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

序 一

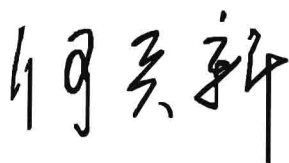
杭州地处亚热带东亚季风气候区，是台风、暴雨、干旱、大风、雷电、冰雹、雾霾、雪灾、低温冷害、高温热浪等气象灾害以及积涝、山洪、滑坡、泥石流、空气污染、农林病虫害等气象次生灾害的易发区，是浙江省气象灾害较为严重的地区之一，具有灾害种类多、发生频率高、分布地域广、时空分布不均、强度大、损失严重等特点。据不完全统计，杭州市由气象灾害造成的损失占了自然灾害总损失的90%以上，对全市人民群众生命财产安全、农业生产、水资源、生态环境和公共安全等造成了极为严重的影响。因此，要把加强气象灾害防御工作作为政府履行社会管理和公共服务的重要职能来抓实抓好。

气象灾害风险区划是加强气象灾害防御工作的重要基础，也是一项全新的工作，对政府和公众做好防灾减灾规划、保证经济社会持续和谐发展有着积极的探索意义。在市委市政府的大力支持下，市气象局与南京信息工程大学合作编修了《杭州市气象灾害风险区划》，通过研究分析影响杭州气象灾害的时空分布特征，对各种数据和信息进行精细化的分析，划分了气象灾害综合风险区划，为科学防御气象灾害提供了较为翔实的实证分析和科学依据。

《杭州市气象灾害风险区划》编修工作的完成，可以进一步提高对于杭州市主要气象灾害的时空分布特征和发生规律的认识，有利于指导各级政府强化防灾减灾能力和应对气候变化能力，尽可能地减少气象灾害造成的损失。同时，也为各级气象部门和有关领域提供了气象

灾害风险评估技术研究方法的参考,是一项对于科学指导全社会防灾减灾能发挥基础性、前瞻性作用的工程。希望充分发挥本书在全市防灾减灾、城乡公共服务均等化和区域经济布局规划中的基础性作用,加强本区划成果的宣传和应用,为杭州经济社会又好又快发展和统筹城乡科学发展作出重要的贡献。

杭州市人民政府副市长



2011年9月5日

序 二

杭州是国际风景旅游城市、国家历史文化名城和长三角中心城市之一，也是气象灾害较严重的地区之一。近年来，在全球气候持续变暖的大背景下，各类极端天气气候事件发生更加频繁，气象灾害造成的影响和损失不断加重，气象灾害的突发性、异常性日益突出，严重影响和威胁经济社会发展和人民福祉安康。应对气候变化、加强防灾减灾，既是贯彻落实科学发展观的重要举措，也是全面建设小康社会、共建共享“生活品质之城”的现实需要。

气象灾害风险区划是科学做好气象防灾减灾的基础性工作。在杭州市委市政府的组织下，自 2010 年起，杭州市气象局牵头启动了气象灾害风险区划研究编制工作。一年多来，研究编制组对杭州历史上发生的气象灾害进行了普查分析，探索并借鉴了国内外气象灾害风险评估的先进方法，结合杭州的地形地貌、水系特征和社会经济情况，开展了精细化的气象灾害风险区划研究，并编制完成了《杭州市气象灾害风险区划》。全书利用气象灾害风险区划研究的前沿技术，揭示了杭州市各种气象灾害的地域风险和行业风险，是一项科学性、前瞻性、实用性、操作性都较强的研究成果。相信本书的编辑出版，必将为科学防御气象灾害，推进气象灾害防御工程性和非工程性设施建设及城乡规划、重点项目建设等提供实证分析和科学依据。

气象灾害防御是法律法规赋予各级人民政府的一项重要职责，也

是一项关乎民生、关乎发展的系统性、战略性、综合性、科学性工程，需要在地方党委政府的领导下，组织、动员全社会力量共同参与。衷心希望杭州以《区划》的编辑出版为契机，不断增强气象监测预测预报能力、气象防灾减灾能力、应对气候变化能力和气候资源开发利用能力，积极推进“政府主导、部门联动、社会参与”的气象防灾减灾体系建设，全面提升防灾减灾的科技水平。

浙江省气象局局长 **黎健**

2011年11月8日

前 言

杭州各种气象灾害及次生灾害造成的损失占自然灾害总损失的90%以上,给国民经济、生命财产和生态环境带来重大影响。随着经济社会的发展,这种影响愈来愈大。气象灾害具有随机性、必然性,随着气候变化加剧,气象灾害将更加频繁、更为严重。在当前科学技术水平下,人类还无法消除和控制气象灾害的发生。做好气象灾害风险区划是一项十分迫切的基础性工作,为做好防灾减灾规划,保障经济社会持续稳定发展提供科学依据。杭州市气象局在杭州市政府的大力支持下开展了杭州市气象灾害风险区划工作,并取得了一定的成果。

这项工作是由杭州市气象局和南京信息工程大学应用气象学院共同完成。本书有两个特点:一是定量分析了杭州市各种气象灾害的致灾因子、孕灾环境、承灾体、抗灾能力及灾情,致灾因子采用极值概率统计方法进行分析,孕灾环境、承灾体和防灾能力采用空间化理论定量分析,灾情采用灰色关联及信息扩散方法进行分析,构建了基于模糊综合评价方法的灾害风险评估模型,在此基础上完成了各种气象灾害的风险区划;二是网格化分析了各种属性的数据和信息,构建了气象灾害风险空间化格网模型,实现各种气象灾害的风险区划精细化的网格表现。

本专著分上、下二册出版。上册主要是台风和暴雨洪涝的灾害风险区划,共分为八章;下册包括雷电、强对流、大风、高温、干旱、低温积雪、雾霾灾害的风险区划。下册总共分为七章,第1章 杭州市

雷电灾害风险区划；第2章 杭州市强对流天气灾害风险区划；第3章 杭州市大风灾害风险区划；第4章 杭州市高温灾害风险区划；第5章 杭州市干旱灾害风险区划；第6章 杭州市低温、积雪灾害风险区划；第7章 杭州市雾霾灾害风险区划。

本专著(下册)由王国华、苗长明、缪启龙、宋健、葛小清、杨育强主编；参加编著的人员有：杭州市气象局周春雨、俞布、潘文卓、陈丽芳、徐娟、陈剑锋、范辽生，南京信息工程大学陶苏林、陈鑫、魏铁鑫、刘垚、黄慧琳、缪霄龙、黄丹莲、沈伟峰、齐运峰、段春锋。各章撰稿人如下：第1章由潘文卓、刘垚、周春雨撰写；第2章由俞布、齐运峰、魏铁鑫、黄丹莲、缪霄龙、陈剑锋撰写；第3章由陈丽芳、陈鑫撰写；第4章由徐娟、黄慧琳、范辽生撰写；第5章由周春雨、沈伟峰、陈鑫、范辽生撰写；第6章由俞布、齐云锋、陶苏林、陈丽芳撰写；第7章由潘文卓、陶苏林、缪霄龙、段春锋、徐娟撰写。全书由王国华、苗长明、缪启龙、宋健、葛小清、杨育强统稿和审稿。

本专著研究还得到了杭州市相关部门的协助和支持，并提供了大量最新资料，其中杭州市国土资源局和规划局提供了地理信息数据，杭州市林水局提供了水文资料，杭州市农业局、环保局、民政局和交通局提供了相关灾情资料，杭州市统计局和财政局提供了最新国民经济统计信息；此外，杭州下辖各县(市、区)局在书稿的形成和定稿中也提出了诸多宝贵意见，在此一并表示感谢。

由于作者水平所限，如存在不妥之处，诚恳欢迎指正。

作 者

2012年12月12日

目 录

序 一	
序 二	
前 言	

第 1 章 杭州市雷电灾害风险区划	(1)
1.1 资料来源	(1)
1.2 杭州市雷暴的气候特征	(1)
1.3 雷电灾害致灾因子危险性区划	(10)
1.4 雷电灾害孕灾环境敏感性分析	(15)
1.5 雷电灾害承灾体易损性分析	(20)
1.6 抗灾减灾能力分析	(24)
1.7 雷电灾害综合风险区划	(28)
第 2 章 杭州市强对流天气灾害风险区划	(35)
2.1 资料来源	(36)
2.2 强对流天气气候特征	(37)
2.3 强对流天气灾情特征	(56)
2.4 强对流天气灾害危险性评价	(66)
2.5 强对流天气孕灾环境的敏感性评价	(76)
2.6 强对流天气承灾体的易损性分析	(78)
2.7 强对流灾害承灾体易损性评价	(81)
2.8 强对流灾害抗灾救灾能力分析	(84)
2.9 强对流天气灾害风险综合区划	(85)
2.10 强对流天气灾害风险管理应对策略	(90)
第 3 章 杭州市大风灾害风险区划	(92)
3.1 资料来源	(92)
3.2 大风基本特征	(94)
3.3 大风灾害灾情分析	(99)
3.4 大风灾害致灾因子危险性评价	(101)
3.5 大风灾害孕灾环境敏感性分析	(108)

3.6	大风灾害承灾体易损性分析	(110)
3.7	抗灾减灾能力分析	(111)
3.8	大风灾害综合风险区划	(113)
第4章	杭州市高温灾害风险区划	(116)
4.1	资料来源	(116)
4.2	高温天气的基本特征	(116)
4.3	城市热岛分布状况	(118)
4.4	高温灾害致灾因子危险性评价	(119)
4.5	高温灾害的重现期	(122)
4.6	高温灾害孕灾环境敏感性分析	(124)
4.7	高温灾害承灾体易损性分析	(126)
4.8	抗灾减灾能力分析	(127)
4.9	高温灾害综合风险区划	(129)
第5章	杭州市干旱灾害风险区划	(132)
5.1	干旱灾害基本特征	(132)
5.2	干旱灾害灾情分析	(137)
5.3	干旱灾害致灾因子危险性评价	(139)
5.4	干旱灾害孕灾环境敏感性评价	(141)
5.5	干旱灾害承灾体易损性分析	(143)
5.6	抗灾减灾能力分析	(145)
5.7	干旱灾害综合风险区划	(146)
5.8	高温干旱灾害综合风险区划	(149)
第6章	杭州市低温、积雪灾害风险区划	(152)
6.1	资料来源	(152)
6.2	低温积雪天气基本特征	(152)
6.3	低温积雪灾害灾情分析	(160)
6.4	低温积雪灾害致灾因子危险性评价	(165)
6.5	低温积雪灾害孕灾环境敏感性评价	(175)
6.6	低温、积雪灾害承灾体易损性分析	(176)
6.7	抗灾减灾能力分析	(177)
6.8	低温积雪灾害综合风险区划	(178)
第7章	杭州市雾霾灾害风险区划	(183)
7.1	资料来源	(183)

7.2 雾霾天气基本特征	(183)
7.3 雾霾致灾因子危险性评价	(193)
7.4 雾霾灾害孕灾环境敏感性分析	(201)
7.5 雾霾灾害承灾体易损性分析	(202)
7.6 抗灾减灾能力分析	(203)
7.7 雾霾灾害综合风险区划	(204)
参考文献	(207)

第 1 章 杭州市雷电灾害风险区划

据统计,全球平均每分钟发生雷暴天气达两千次,每年雷电灾害造成数万人身伤亡案例,直接经济损失达数十亿美元。雷电灾害已被国际电工委员会(IEC)称为“电子时代的一大公害”。雷电灾害已经成为危害程度仅次于暴雨洪涝、地质灾害的另一大气象灾害,严重威胁着社会公共安全和人民生命财产安全。

杭州市各级政府每年投入了大量的人力物力,旨在减轻雷电带来的灾害。杭州气象部门长期致力于雷电机理及预报方法研究,为雷电预报业务和防雷减灾工作提供了强有力的支撑。就目前的预报水平来看,尚不能实现雷电的精确预报,从而不可避免的对杭州市工农业生产造成危害。显而易见,雷电灾害评估与风险区划的研究,对于提高防雷减灾策略的针对性和效率具有重要意义。

雷电灾害风险区划的研究多以雷暴日资料为基础,仅考虑致灾因子与承灾体的影响对区域雷电灾害进行风险区划。本研究将以闪电定位仪及雷暴日资料为基础,从致灾因子、孕灾环境、承灾体和防灾能力四个方面全面分析区域雷电灾害风险,选取适当的雷电灾害风险评价指标,构建模糊综合评价模型分析杭州市雷电灾害风险的空间分布,为杭州市雷电灾害防御提供一定的科学依据。

1.1 资料来源

雷电资料:取自杭州市七个国家气象观测站(1953—2010 年)基本气象数据,包括每日天气现象电码记录,浙江省闪电定位系统的观测资料。雷电灾情研究资料:2000—2008 年杭州各县市雷电灾害的灾情损失数据,包括受灾人口、伤亡人口、损失农作物、直接经济损失等。

其他资料:杭州市地理信息基础数据,包括县市、乡镇行政区划,土地利用等数字化地图;杭州市 2009 年 1:25 万 DEM 影像;杭州市 2008 年 1:5 万土地利用数据;土壤资料选用联合国粮农组织(FAO)和维也纳国际应用系统研究所(IIASA)构建的 HWSD 全球土壤数据,分辨率为 1 km。其中,中国区域的数据源自第二次中国土壤普查。杭州市 2005 年遥感影像(TM)。2000—2009 年逐月 NDVI 栅格数据源于美国国家地质调查局的免费数据网。

1.2 杭州市雷暴的气候特征

1.2.1 雷暴日资料统计

(1)雷暴日等级划分

由杭州市 1953—2010 年七个国家气象观测站逐日地面气象观测资料,取七站资料长度一致(1996—2010 年),全市年平均雷暴日数为 40.6 d,依据雷暴日等级划分标准,杭州市均属于高雷区。

根据《建筑物电子信息系统防雷技术规范》，地区雷暴日等级应根据年平均雷暴日数划分。地区雷暴日等级宜划分为少雷区、多雷区、高雷区、强雷区，应符合下列规定：

- I 少雷区:年平均雷暴日 ≤ 20 d 的地区；
- II 多雷区: $20\text{ d} < \text{年平均雷暴日} \leq 40\text{ d}$ 的地区；
- III 高雷区: $40\text{ d} < \text{年平均雷暴日} \leq 60\text{ d}$ 的地区；
- IV 强雷区:年平均雷暴日 $\geq 60\text{ d}$ 的地区。

表 1.1 杭州市各站年平均雷暴日数及等级分布

站点	年平均雷暴日数/d	雷暴日等级
淳安	50.6	高雷区
富阳	34.3	多雷区
杭州	33.9	多雷区
建德	44.7	高雷区
临安	41.3	高雷区
桐庐	41.4	高雷区
萧山	38.1	多雷区

(2)雷暴日数年际变化

图 1.1 可见，根据杭州市 45 年的雷暴日数资料统计，杭州市各国家气象观测站年雷暴日数总体差异不大，杭州市 1960 年代到 1970 年代中后期为雷暴的高发期，1970 年代后期到 1990 年代中前期趋于平缓趋势，1990 年代中后期呈增多趋势。由单站的年际变化发现：淳安站 1975 年为雷暴日数最多的年份，但不是杭州市雷暴日数最多的年份，雷暴日数最少的分别是杭州站 1978 年、桐庐站 1988 年、富阳站 2001 年，均为 20 d；1966—2010 年各站平均雷暴日数为 40.6 d，1988 年为雷暴日数最少的年份，各站平均雷暴日数为 26.7 d，1975 年为雷暴日数最多的年份，各站平均雷暴日数达到 59.7 d。

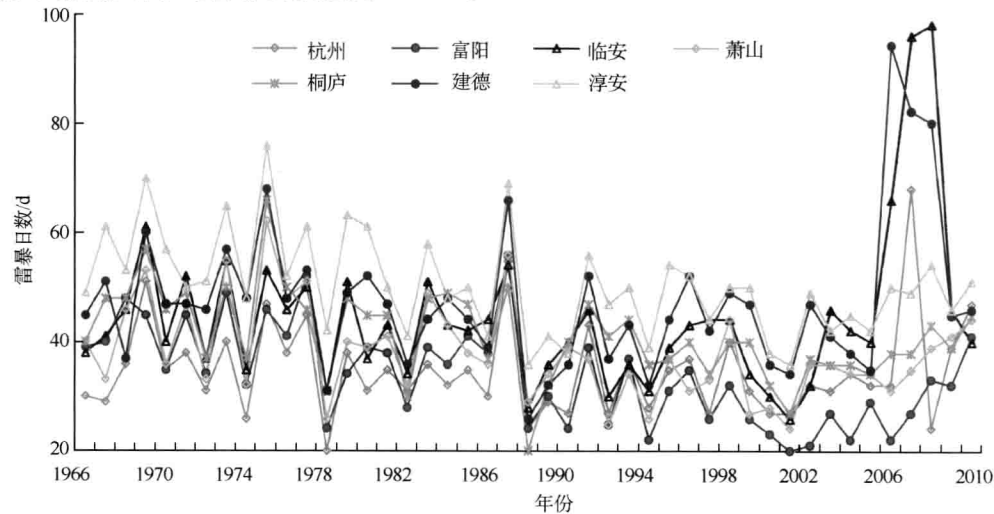


图 1.1 1966—2010 年杭州市雷暴日数年际变化

(3)雷暴日数年变化

由杭州市各站雷暴日数年变化可以看出,杭州市雷暴日数年变化的极大值通常出现在 7 月、8 月、9 月,极小值通常出现在 11 月、12 月、1 月,各站雷暴日数年变化特征基本一致,并且冬春交替时节出现一个小的峰值(图 1.2)。

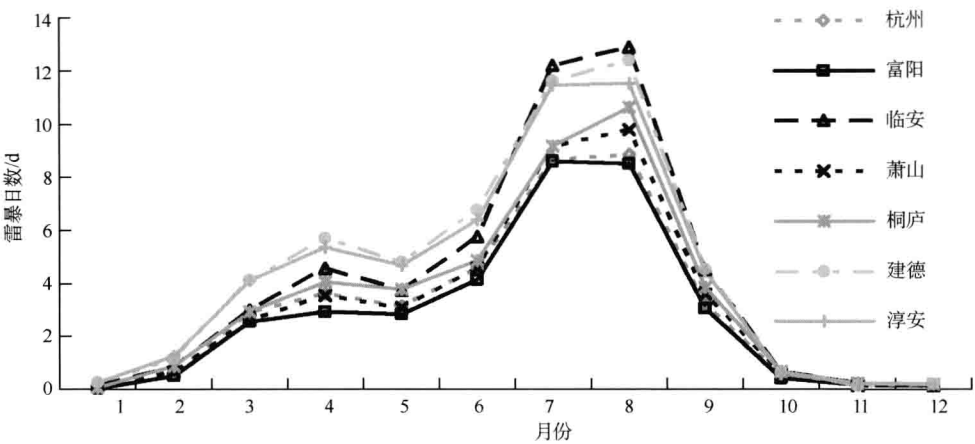


图 1.2 杭州市各站雷暴日数年变化

1.2.2 地闪资料分析

(1)地闪频次年际变化

由浙江省杭州市气象局提供的闪电定位系统的观测资料,其中包含时间、经纬度、雷流强度、陡度、误差以及算法的数据。这些数据均是通过闪电定位仪利用闪电回击辐射的声、光、电磁场特性来遥测闪电回击放电参数,并把经过预处理的闪电数据实时地通过通讯系统送到中心数据处理站实时进行交汇处理,全天候、长期、连续运行并记录雷电发生的时间、位置、强度及陡度等指标。

表 1.2 杭州市地闪频次年际变化

	正地闪频次/次	负地闪频次/次	总地闪频次/次
2008 年	1245	42629	43874
2009 年	771	34441	35212
2010 年	624	14630	15254

(2)地闪频次月际变化

由闪电定位系统观测资料,提取出 2008—2010 年杭州市地闪频次的月际变化(图 1.3)。可见,各月地闪频次趋势与雷暴日数月际变化基本吻合,反映的雷暴天气特征信息比较一致,即雷暴在 6—8 月为高发期;1、10、12 月极少有雷暴天气几乎不发生雷击事件。

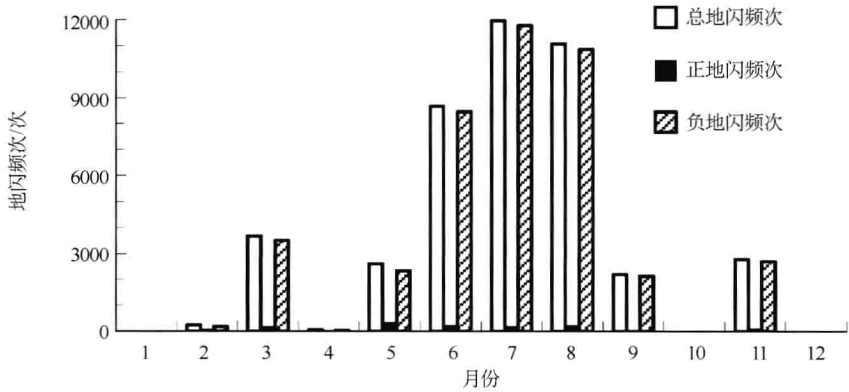


图 1.3 2008—2010 年杭州市地闪频次月际变化

(3)地闪频次日变化

从日变化图来看(图 1.4),2008—2010 年闪电活动主要集中在 12—23 时,在 2—10 时地闪最少,15—18 时出现地闪峰值,下午的闪电活动都较强烈,晚上的闪电活动一般是下午雷暴的继续,有的甚至持续到第二天凌晨。

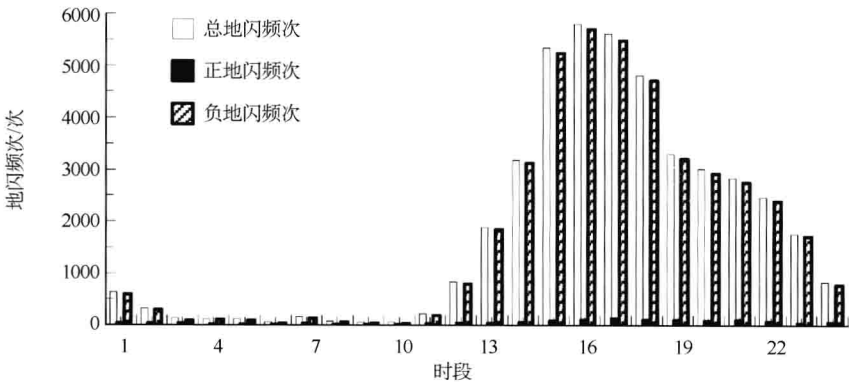


图 1.4 2008—2010 年杭州市地闪频次日变化

(4)地闪强度

负地闪放电过程是将云内的负电荷输送到地面的放电过程。虽然正地闪过程较少出现,但由于它的峰值电流和所中和的电荷量比一般的负地闪要大得多,因此正地闪的研究对于雷电防护工作是很重要的。正地闪强度高于负地闪强度,说明正地闪所释放的电荷量要多于负地闪,更易造成雷电灾害事故。

由 2008—2010 年杭州市地闪强度分布发现有偏态分布特征。大部分的负地闪强度集中于 20~70 kA 之间(图 1.5),该区间内负地闪频次占总负地闪的 93.83%;正地闪强度集中于 10~100 kA 之间(图 1.6),该区间内正地闪频次占总正地闪的 91.24%。

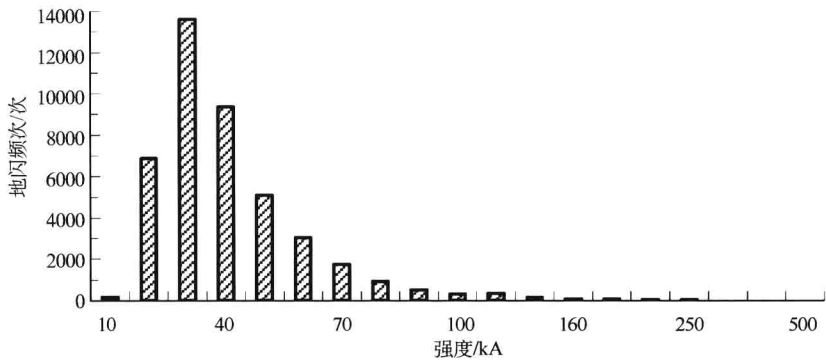


图 1.5 2008—2010 年杭州市负地闪强度分布

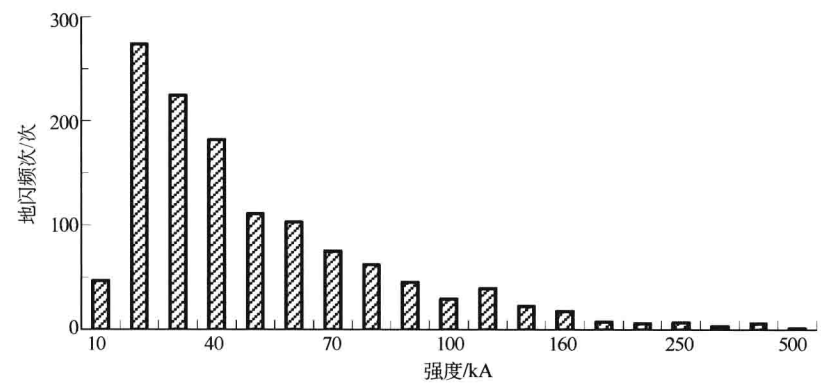


图 1.6 2008—2010 年杭州市正地闪强度分布

1.2.3 雷电灾害灾情分析

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,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。

杭州市气象局建立了杭州市雷电灾害(简称雷灾)数据库,表 1.3 给出了杭州市 2000—2008 年上报的雷灾概况,从表中可以看出雷灾事故上报数呈现上升趋势。2000—2008 年 381 例雷灾事件中造成了 13 人死亡,18 人受伤。统计人员伤亡雷灾中的雷击地点,最多的发生在农田,其次为建构筑物,以下依次为开阔地、水域、树下、山地等。

表 1.3 2000—2008 年杭州市历年的雷电灾情分布

年份	雷灾频次/次	受灾人数/人	死亡人口/人	受伤人口/人	直接经济损失/万元
2000	2	—	2	—	—
2001	29	—	—	—	42.965
2002	59	—	—	—	667.04
2003	50	220	4	4	148.03