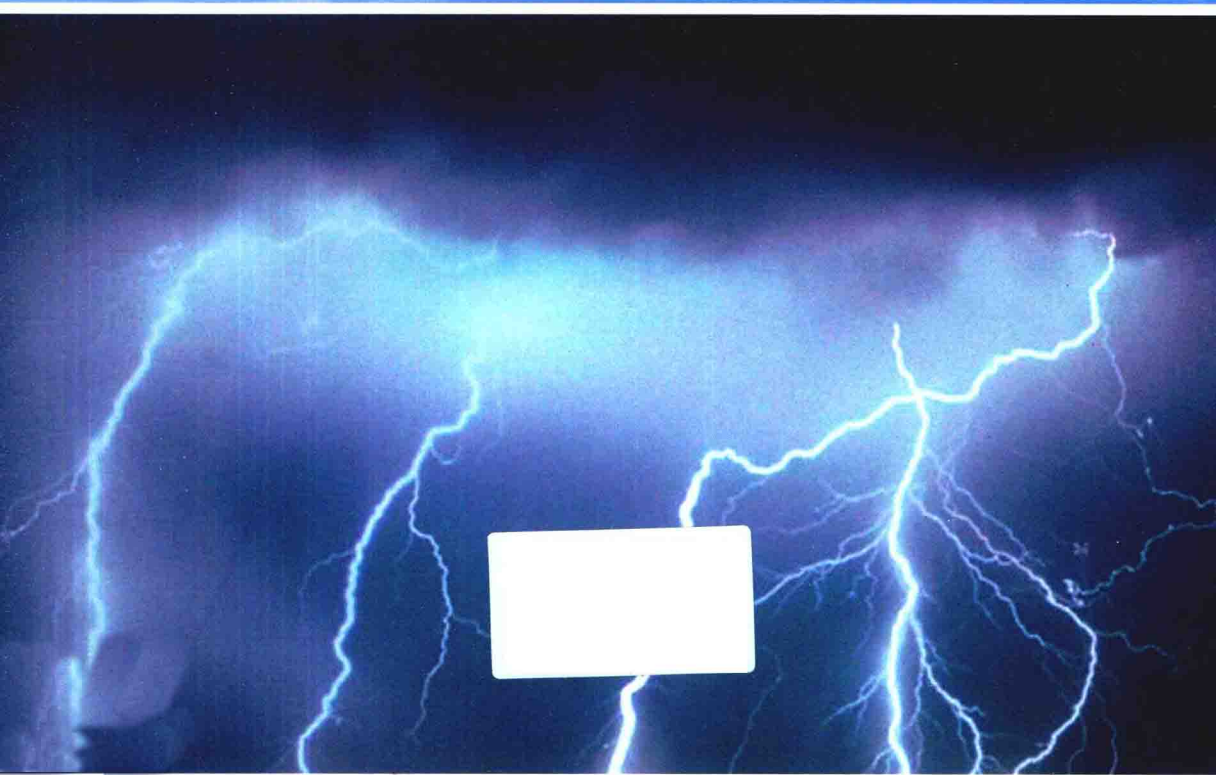


云南省科技厅社会事业发展专项 (2009CA014)
国家自然科学基金地区科学基金项目 (41265001) 共同资助

低纬高原地区雷电监测 预警方法研究与应用

张腾飞 尹丽云 张 杰 谢屹然 著



低纬高原地区雷电监测 预警方法研究与应用

张腾飞 尹丽云 张 杰 谢屹然 著

内容简介

本书总结了近年来作者对低纬高原雷电特征及雷电监测预警方法研究成果,内容包括雷电活动空间分布及年、季、月和日分布特征,雷电形成的典型环流形势和气象条件,雷暴云的卫星云图结构、演变特征、云顶亮温与地闪活动的关系,雷暴云回波的结构、演变、特征指标与地闪的关系,地闪演变规律和演变函数,雷暴云大气电场演变特征和地闪预警阈值,雷电客观自动预警技术和方法,及雷电客观自动预警的建立和应用检验等,得出的结论可为强对流天气(尤其雷电)短时临近预报提供参考和依据。

本书可供从事气象科学研究、短期和短时预报业务人员及大气科学相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

低纬高原地区雷电监测预警方法研究与应用 / 张腾飞等著.

—北京:气象出版社, 2013. 7

ISBN 978-7-5029-5742-1

I. ①低… II. ①张… III. ①低纬度—高原—雷—监测—研究—中国
②低纬度—高原—闪电—监测—研究—中国 IV. ①P427.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 155454 号

Diwei Gaoyuan Diqu Leidian Jiance Yujing Fangfa Yanjiu yu Yingyong

低纬高原地区雷电监测预警方法研究与应用

张腾飞 尹丽云 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:尹丽云 博雅思企划

印刷:北京天成印务有限责任公司

开本:787 mm×1092 mm

字数:430 千字

版次:2013 年 9 月第 1 版

定价:88.00 元

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印张:16.5

印次:2013 年 9 月第 1 次印刷

序

雷电是发生在积雨云中的放电、雷鸣现象,由它引发的雷击灾害已成为当今世界一大严重的气象灾害,同时雷电常伴有狂风、暴雨、冰雹等灾害天气现象。特别是近年来,随着社会经济的现代化水平的提高,雷电灾害造成的经济损失和社会影响及危害程度越来越大,因此正确认识雷电活动规律和监测预警雷电是气象工作者迫切需要解决的课题。

云南地处低纬高原地区,由于特殊的地形、地貌和地理位置,是全国雷暴高发区之一。雷暴除具有空间尺度小、生命史短、突发性强、致灾重的中小尺度天气特征外,还具有高发、频发和局地性强等特点,增加了低纬高原雷电活动规律的复杂性和多变性,也大大增加了雷电监测预警工作的难度。

近几年来,随着气象卫星、多普勒天气雷达、闪电定位系统和大气电场仪等新一代高分辨率探测系统的日趋完善,气象人员对强对流天气的监测能力日趋增强。云南气象科技工作者长期致力于探索研究低纬高原地区多雷灾和雷电预警难度大的科学技术问题,在闪电定位网建设初期,研发了雷电监测预警平台开展雷电预警业务,不断积累对低纬高原雷电规律的认识和预警技术方法,特别是近几年开展了云南省社会发展科技计划社会事业发展专项(2009CA014)“低纬高原雷电自动预警预报方法的研究和应用”和国家自然科学基金项目(41265001)“基于雷达和卫星低纬高原强对流风暴演变及闪电特征研究”。项目组深入研究各种探测资料的雷电预警技术和方法,并应用于实际业务工作中,不仅加深了对低纬高原地区雷电活动规律的认识,而且为雷电的监测和预警提供了新手段和新方法。本书在解决复杂气象目标的卫星云图、雷达回波自动识别、跟踪、匹配和外推技术方法、多种高分辨率探测资料在雷电监测预警中的应用技术和预警指标的建立、地闪频数随时间的演变规律和函数、客观自动预警系统的

建立和应用等方面的研究工作具有特色,提高了云南省气象科研技术水平和雷电的监测预警能力。

本书介绍了低纬高原雷电自动预警预报方法的研究和应用的研究成果,思路清晰,实用性强,符合加强短时临近预报业务的现代天气预报发展方向,对于强对流天气(尤其雷电)短时临近预报业务和科研工作有着重要的应用价值和参考价值。

方虹*

2013年7月

* 方虹,云南省气象局副局长,高级工程师。

前 言

雷电(闪电)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。一方面,雷电发生时强大的电流、炙热高温、猛烈冲击波以及强烈电磁辐射等易形成雷电灾害,直接危害人民的生命和财产安全,也严重威胁通讯、交通、航空航天等运载工具的安全,雷电灾害已成为一大自然公害;另一方面,强烈的雷电活动往往伴随着短时强降水、大风、冰雹等强对流灾害性天气,常造成房屋倒毁,庄稼树木受到摧残,电信交通受损,甚至人员伤亡等,严重影响着工农业生产发展,危害人民生命财产安全。因此,以预防和减轻雷电灾害为目的,开展雷电预警预报方法研究显得尤为重要。

雷电也是一种大气物理和大气电学现象,伴随强烈雷电活动的强对流天气具有空间尺度小、生命史短、突发性强、致灾重的特点。它是在一定的大尺度天气背景下,由中小尺度强对流系统形成的。常规天气图、数值预报及其他一些图表较难捕捉这类中小尺度强对流系统,从而给雷电的预警和预报增加了较大的难度。多普勒天气雷达和气象卫星探测资料时空分辨率高,能够比常规天气图更直观、准确、及时地识别强对流雷暴天气的位置、强度、大小、结构、形状、风场等信息及其发生发展演变规律,从而达到监测和预警雷电的目的。另外,大气电场仪能够实时监测附近 10~15 km 范围内大气电场强度的变化,根据大气电场强度演变可以预警局部区域雷电活动。因此,近年来随着闪电定位系统和大气电场仪的建立及探测资料的日趋完善和业务应用,国内外许多科学家利用闪电定位系统和大气电场仪,结合多普勒天气雷达、气象卫星等探测资料开展了大量不同区域雷电活动特征和监测预警方法的研究工作,取得了许多有意义的结果,不仅加深了对强对流雷暴过程雷电活动规律的认识,而且为雷电的监测和预警提供了新手段和新方法,提高了雷电的监测预警水平。

然而,到目前为止,在众多雷电监测预警研究中,以雷电地域时空分布特征和个例研究偏多,雷电活动规律及预警方法和技术还缺乏较系统的认识和研究。同时,低纬高原地区由于特殊的地形地貌和地理位置,是全国雷暴高发区之一,雷电的形成和演变具有自身的特点,云南省年平均雷暴日数在 80 天以上,最南端的西

双版纳州勐腊县年平均雷暴日数高达 157 天,雷电灾害造成的损失极其严重,据不完全统计,每年平均发生雷电灾害事件 300 起以上,其中仅 2005 年的雷电灾害就造成人员伤亡 142 人,全省每年发生雷电灾害事件 300 起以上,其中雷击灾害是造成云南省伤亡人数最多的气象灾害之一。

因此,针对低纬高原地区多雷灾和雷电预警难度大的有关问题,本书重点研究 5 个方面的问题:①云南雷电活动特征;②雷电形成的环流背景条件;③雷电演变规律和影响因素;④雷电预警指标和方法;⑤雷电预警方程和系统的建立及应用。

围绕上述 5 方面的内容,本书共分 7 章。第 1 章深入分析云南雷电活动特征,重点分析地闪的空间分布及年、季、月和日分布特征,同时探讨了地闪的极性和强度分布特征及闪电定位系统探测对比人工观测的优越性;第 2 章是雷电形成的环流背景,重点分析云南雷电形成的 5 种典型雷暴环流形势及其热力、动力、水汽和不稳定等条件;第 3 章是雷电的气象卫星监测预警,分析不同雷暴云的卫星云图演变规律和地闪时空分布特征,同时重点分析雷暴云的闪电演变特征及与云顶亮温的关系和地闪预警指标;第 4 章是雷电的多普勒天气雷达监测预警,重点分析不同雷暴云回波的结构、演变、特征指标与地闪活动的关系,同时探讨雷暴过程地闪演变规律和演变方程;第 5 章是雷电的大气电场监测预警,主要分析低纬高原偶极性、三极性电荷结构雷暴云演变特征及地闪的大气电场预警阈值,同时分析晴空大气电场时空分布特征;第 6 章是雷电客观自动预警方法和系统建立,主要分析利用数字图像处理技术基于卫星云图、雷达回波的气象目标自动识别、跟踪、匹配和外推方法,同时介绍雷电客观自动预警方程和预警系统建立的技术和方法;第 7 章是雷电客观自动预警系统运行检验及评估,主要分析雷电客观自动预警系统在实际应用中的预警效果和业务能力,包括分析不同雷暴过程的雷电活动区域预警效果和 POD、TS 时间演变,同时探讨单气象目标和多气象目标雷电预警效果的差异。

由于雷电的发生条件和演变较为复杂,虽然本书提出了一些有意义的结论和方法,但对于正确认识低纬高原雷电形成机理和掌握预警技术方法还存在很大差距,在以后的工作中,仍需继续进行深入研究和探索。另外我们的能力和水平有限,错误、疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

感谢云南省科技厅的社会事业发展专项(2009CA014)和国家自然科学基金委员会的国家自然科学基金地区科学基金项目(41265001)的资助。

作者

2013 年 4 月 15 日

目 录

序

前 言

第 1 章 云南雷电活动特征	(1)
1.1 定义	(1)
1.2 雷暴的时空分布特征	(3)
1.3 地闪活动特征	(17)
1.4 人工观测和闪电定位系统探测资料对比	(39)
第 2 章 雷电形成的环流背景	(43)
2.1 雷暴天气过程特征	(43)
2.2 雷暴天气过程的环流形势	(46)
2.3 雷电形成的大气环境条件	(51)
第 3 章 雷电的气象卫星监测预警	(84)
3.1 定义和分析方法	(85)
3.2 中尺度对流雷暴系统演变和闪电活动特征	(85)
3.3 中尺度对流雷暴系统结构和闪电分布特征	(101)
3.4 中尺度对流雷暴系统闪电与云顶亮温演变关系	(109)
第 4 章 雷电的多普勒天气雷达监测预警	(115)
4.1 雷暴的分类和分析方法	(116)
4.2 单单体雷暴	(116)
4.3 多单体雷暴	(123)
4.4 超级单体雷暴	(132)
4.5 线雷暴(飚线)	(144)
4.6 雷暴过程地闪演变特征和演变方程	(167)

第 5 章	雷电的大气电场监测预警	(175)
5.1	定义、资料来源和分析方法	(176)
5.2	晴天大气电场特征	(178)
5.3	雷暴云大气电场特征	(183)
5.4	地闪的大气电场预警阈值	(198)
第 6 章	雷电客观自动预警方法和系统	(203)
6.1	资料来源	(204)
6.2	雷电客观自动预警方法	(204)
6.3	雷电客观自动预警系统	(212)
第 7 章	雷电客观自动预警系统应用	(228)
7.1	系统运行情况	(228)
7.2	雷电预警效果评估方法	(229)
7.3	系统的雷电预警效果评估	(229)
7.4	小结	(249)
参考文献		(250)

第 1 章 云南雷电活动特征

雷电是指积雨云云中、云间或云地之间因一定的电位差产生放电并伴有雷声的天气现象,有时只听见雷声不见闪电,是一种局部但很猛烈的灾害性中小尺度天气系统。它常伴有暴雨、大风、冰雹,甚至龙卷风等恶劣天气,造成人畜雷击死亡、毁坏建筑物、酿成森林火灾,毁坏电力设备、电信设施,给人民生命财产造成严重威胁和损失,雷电与电力、通信、交通、建筑等现代高科技的发展密切相关,还与森林保护、国家基本建设有关。雷电和其他灾害天气相比,它具有时间分布的瞬时性、季节性和频繁性,空间分布的广泛性、分散性和局地性等特点,这就增大了准确预报雷电发生的时域和空域的难度。1994 年 8 月 2 日昆明 2 家 4 星级酒店遭雷击,使价值数百万元的通信、监控电子设备被击毁,造成巨大经济损失;1997 年 6 月 7 日下午勐腊县勐捧镇 15 头黄牛在雷击中丧命;1998 年 5 月 12 日勐腊县尚勇乡 8 头亚洲野象遭雷击死亡;1999 年 6 月 6 日 19:30 至 7 日 04:00、9 日晚至 10 日 03:00 昆明地区持续长时间的雷电天气使昆明国际机场 10 多个航班被迫降落,滞留旅客 1.7 万人,造成昆明机场关闭在云南民航史上是罕见的;2010 年 7 月 13 日昆明石林景区发生了一起因雷击导致 2 名游客当场死亡、4 名游客受伤的严重雷电伤人事故。当前随着现代高科技的发展,雷电对国民经济建设的危害涉及的领域更广泛,造成的损失更重,一方面要求防雷工作的内容和范围大大扩大,另一方面要求人们对雷电的特点和成因有更多的了解和认识,增强对雷电的防范能力。

多年平均的雷电活动时空分布特征不仅可以反映雷电发生与地形、地貌之间的关系,还可以反映雷电活动的强弱与降水、气温等气象要素之间密不可分的关系。因此深入分析研究雷电活动特征对雷电的监测预警、防雷减灾等工作有一定的实际意义和指导作用。

1.1 定义

1.1.1 雷暴、雷电和闪电

雷暴天气是闪电兼有雷声的天气现象,是一种中小尺度的强对流天气系统。它出现时必有强烈的积雨云活动,往往伴有阵雨、冰雹、大风、龙卷风等发生。

雷电是伴有闪电和雷鸣的一种大气放电现象。产生雷电的条件是雷雨云中有积累并形成电场,雷电一般产生于对流发展旺盛的积雨云中,因此常伴有强烈的阵风和暴雨,有时还伴有冰雹和龙卷风。

闪电是指积雨云中不同符号荷电中心之间的放电过程,或云中荷电中心与大地和地物之间的放电过程,或云中荷电中心与云外大气不同符号大气体电荷中心之间的放电过程。由于闪电都伴有雷鸣,因此可以认为雷鸣和闪电是同一天气现象。

根据闪电部位可将闪电分为云闪和地闪两大类:

云闪:是指不与大地和地物发生接触的闪电,它包括云内闪电、云际闪电和云空闪电。其中云内闪电是指云内不同符号荷电中心之间的放电过程;云际闪电是指两块云中不同符号荷电中心之间的放电过程;云空闪电是指云内荷电中心与云外大气中不同符号荷电中心之间的放电过程。

地闪:是指云内荷电中心与大地和地物之间的放电过程,亦指与大地和地物发生接触的闪电。

虽然最频繁发生的闪电是云闪,但由于地闪发生时存在大气与地面之间的放电过程,电流强度较大,对地面物体造成的危害严重,且对人类造成的危害远较其他闪电大,因此地闪一直是气象工作者雷电防护的重点,而其特征一直是气象科学者研究的重点,也是本书讨论的重点。

1.1.2 闪电定位系统

本书所用的闪电资料是由云南省闪电定位系统提供,主要监测云地之间发生的闪电(即地闪,下同)。云南省闪电定位系统是由 23 个闪电定位探测子站(闪电定位仪)组成,其中闪电定位仪选用中科院空间中心的 ADTD 闪电监测定位系统。23 个子站自北向南依次为:昭通、香格里拉、丽江、东川、泸水、大理、元谋、曲靖、昆明、施甸、双柏、泸西、通海、广南、瑞丽、元江、景谷、耿马、文山、金平、江城、孟连、景洪,构成了覆盖全省的闪电定位系统。整个闪电监测系统的闪电定位采用多站时差综合定位法,每个探测子站都将探测到的闪电发生时间、方位、强度和电磁辐射信号实时传输到省级中心站,进行实时定位处理,系统就能提供闪电监测信息,每个信息包括闪电回击发生的时间、位置、强度、极性、陡度等,能够实现全省绝大部分地区(除滇西北迪庆北部山区)闪电探测精度 400 m、探测效率 90%~95%的理论值分布(图 1.1.1)。

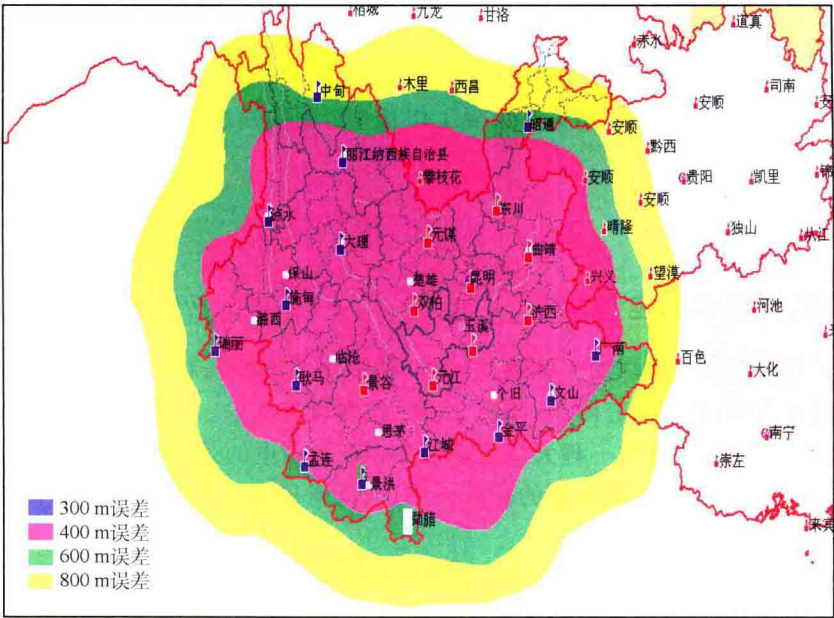


图 1.1.1 云南 23 个子站组成的闪电定位系统的定位精度和探测效率理论值分布
(小方格代表探测子站)

闪电定位系统技术指标(表 1.1.1)

①闪电探测对象:重点监测云地闪(由于云闪中没有明显的回击过程,其定位方式和云地闪不一样)。

②云地闪电具体探测参数:测量每次回击过程的时间、位置、峰值强度、归一化 100 km 处波形特征参量(阈值时间、陡点时间、峰点时间、波形半周过零点)、陡度值、放电电荷量、峰值辐射功率、闪电的回击次数、误差、定位方式(子站)。

表 1.1.1 ADTD 定位系统探测参量与指标

参数	回击发生的精确时间	回击位置(经纬度)	强度	波形特征参量	陡度值
单位	0.1 μ s	度	kA	0.1 μ s	kA/ μ s
指标	精度优于 10 ⁻⁷ s	网内精度 优于 500 m	相对误差 优于 15%	精度优于 10 ⁻⁷ s	相对误差 优于 15%

③探测效率:云地闪 $\geq 90\%$

闪电定位系统能全天候、连续运行,自动接收、定位处理并长期保存探测范围及周边地区发生的云地闪电的每次回击过程的放电参量;能在雷雨季节,指导电力等易遭雷击部门对雷击故障进行定位分析,定位误差在 500 m 以内,强度相对误差在 $\pm 10\%$ 以内,极性判断正确率 99.99%。通过实时监测可对强对流雷暴天气的发展趋势进行跟踪和预警;根据累积的雷电数据,能统计、分析出其他雷电参数(如雷暴日、雷暴小时、雷电密度分布、雷电强度分布等),研究闪电与强对流天气之间的关系。

1.2 雷暴的时空分布特征

云南省是全国雷暴高发区之一,年平均雷暴日数最高达 138 d,年平均初终雷暴日数达 267 d。全省平均雷暴分布呈南多北少的特征,滇西南的西双版纳是云南省雷暴活动最多的地方,也是全国的强雷暴中心。我国东南沿海的雷州半岛和海南岛的大多数地区也是多雷暴区,平均雷暴日数一般在 90 d 左右,而西双版纳各地雷暴日均在 110 d 以上,尤其西双版纳州勐腊县年平均雷暴日数高达 157 d,平均初终雷暴日数为 298 d,因此西双版纳是全国闻名的“雷都”之一。

本小节利用 1971—2005 年云南 132 个气象站逐日气象观测雷暴资料,分析云南雷暴的时、空分布特征及时、空年代异常变化特征。

1.2.1 雷暴空间分布特征

1.2.1.1 平均雷暴日空间分布特征

云南地处低纬高原地区,属多山省份,地势波澜起伏,自西北向东南呈阶梯状逐级下降。滇西北地势险峻,高山峡谷相间,是有名的横断山脉,滇中为云贵高原主体,地形波状起伏,属起伏缓和的低山丘陵,滇东南、南部为地势最低的地区,是云南主要的热带、亚热带区域。全省地势从北向南平均每千米下降 6 m,复杂的地形地貌及南北气候的差异,使云南雷暴活动的时空分布不尽一致。从 1971—2005 年 132 个气象站的雷暴日数看,勐腊站年平均雷暴最多,达

138 d/a,盐津站最少,仅为 22 d/a。把云南年平均雷暴日数分成四个等级,其中 ≤ 40 d/a 的有 9 个站,40~70 d/a 之间的有 47 个站,70~110 d/a 的有 67 个站,占全省站点总数的 50%, >110 d/a 的有 9 个,主要分布在滇西南。

在年均雷暴日数空间分布(图 1.2.1)上,滇西南的西双版纳年平均雷暴日数最多,在 97~138 d/a 之间,其次为滇东南地区,年平均雷暴日数为 88 d/a,各站点差异相对较小,滇中地区为 50~97 d/a,滇西北平均雷暴日数为 66 d/a,属于平均雷暴日数的次低值区,滇东北的昭通地区雷暴日数为最低值区,仅为 22~50 d/a。从雷暴年均雷暴日数等值线空间分布(图 1.2.2)可以更清楚看出,年均雷暴日数随纬度自南向北减少的明显变化趋势,南北年平均雷暴日数相差 110 d 左右,处于热带、亚热带地区的滇南是云南多雷暴日的地区,滇西南成为云南最多雷暴日的地区。多雷暴地区与多降水、高气温区域有较好的对应关系,尤其与年降水日数的变化趋势相近,并与特殊的地形地貌密切相关。

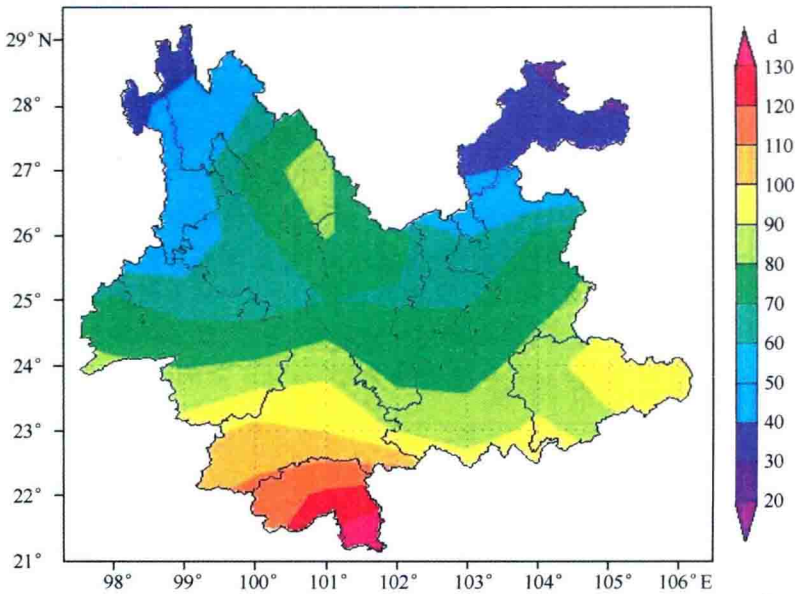


图 1.2.1 年均雷暴日数分布

可见,云南年平均雷暴日数呈南多北少的典型特征,是由云南特殊的地形地貌和温湿空间分布不一致造成的。云南地处低纬高原地区,一年四季得到的太阳光热较多,太阳光照射地面后,利于形成局地强对流雷暴天气,产生雷电,这也是造成云南多雷暴的原因。但是云南地势自西北向东南呈阶梯状逐级下降,滇西北地势险峻,是有名的横断山脉,不利于北方冷空气从此侵入,滇中为地形波状起伏,属起伏缓和的低山丘陵,滇东南、南部为地势最低的地区,因此云南的地形呈喇叭口的形式,向东南方向开口。由于云南特殊的地形条件及南北气候的差异,云南的水汽主要来源于西南部的孟加拉湾和东南部的中南半岛、南海一带,而冷空气主要从滇东北进入,因此一方面云南南部是主要的热带、亚热带区域,温湿条件较好,一旦有抬升动力条件(如高层冷空气),就利于形成雷暴;第二方面,从南部来的暖湿气流和从东北部来的冷空气进入我省后会受到重重高山的阻挡,尤其是西北部高山的阻挡,冷暖空气利于在滇中及以东以南的区域交汇,容易产生雷暴;第三方面两股气流进入云南后处于高山的迎风坡,随着地形逐

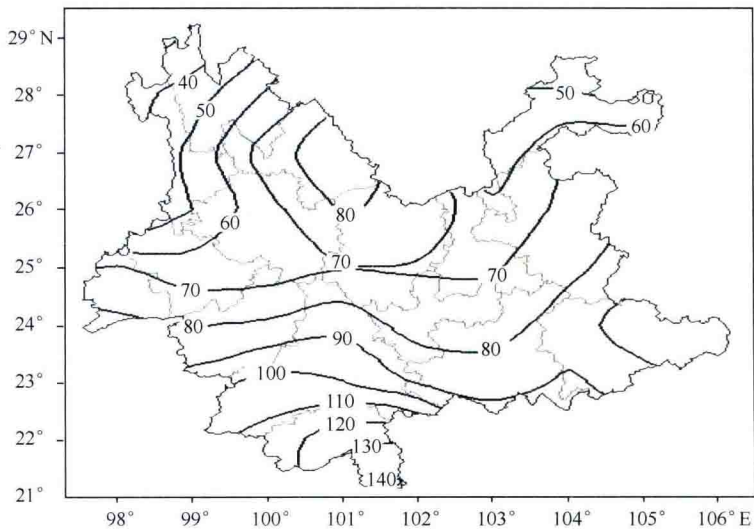


图 1.2.2 年均雷暴日空间分布

渐自南向北和自东向西地升高,暖湿气流就会抬升,形成对流不稳定,易产生雷暴天气。

1.2.1.2 初终雷暴日数空间分布特征

本节做如下规定：

雷暴日：各个气象站一天中不论何时只要有雷暴记录就视为一个雷暴日。

一年中最早出现雷暴的日期称为初雷暴日；最晚出现雷暴的日期称为终雷暴日。

初终间雷暴日数是指一年中最早出现雷暴与最晚出现雷暴间的日数,是包括初雷暴日和终雷暴日在内发生雷暴初、终日期之间的日数。初终间雷暴日数可以较好地表征每年各地雷暴易发时段,对防雷减灾监测预警服务和雷电防护提供参考。

根据 35 年历史气象站雷暴资料统计,每年初雷暴日和终雷暴日出现的时间存在一定的差异,这与每一年的气候背景和环流背景不一致有关。一般初雷暴日发生在 1 月中旬至 2 月,其中最早初雷暴日出现在 1 月 1 日,分别为 1987 年 1 月 1 日和 1995 年 1 月 1 日,分别发生雷暴 22 个站和 13 个站,且都发生在滇西北地区,主要受高原小槽东南移和南支槽东移造成的;最晚出现在 12 月 31 日,分别为 1979 年 12 月 31 日和 1986 年 12 月 31 日,分别发生雷暴 10 个站和 12 个站,且发生在滇西南地区,这与滇西南具有较好的暖湿条件和易受热带系统有关。可见,滇西北雷暴日出现早,滇西南雷暴日结束晚。

由于初雷暴日和终雷暴日出现时间上的差异造成各地每年初终雷暴日数相差很大(图 1.2.3),其中初终间雷暴日数最长是澜沧站,1971—2005 年 35 年平均为 306 天;德钦站初终间雷暴日数最短,35 年平均为 175 d。全省平均初终间雷暴日数为 267 d,滇西南平均初终间雷暴日数为 296 d,为最高值区,滇中、滇东南为次高区,平均初终间雷暴日数分别为 268 d 和 265 d,滇西北初终间雷暴日数为 258 d,为次低值区,滇东北平均初终日数最短,仅为 243 d。

可见,全省年平均初终间雷暴日数空间分布与年平均雷暴日空间分布基本一致,每年雷暴持续时间长的地区,相应也是雷暴频发地区,滇南的版纳、普洱、文山、红河等地年内雷暴发生频率最多,且持续时间较长,这些区域成为雷暴灾害的长期重点防范区。

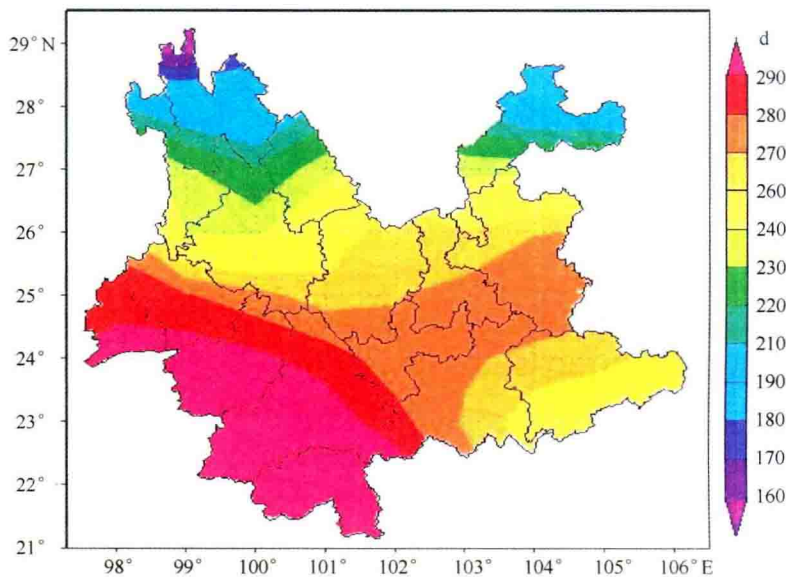


图 1.2.3 年平均雷暴初终日数分布

1.2.1.3 雷暴异常空间分布特征

为了更清楚地了解云南雷暴天气的主要空间分布类型,本节对雷暴资料进一步作 EOF 分析。由雷暴空间分布和初终日雷暴日数分布可知,雷暴发生的季节变化比较明显,因此将分为冬季与夏季分别加以讨论,其中将 5—9 月称作夏半年,10—4 月作为冬半年。

为了突出雷暴异常的分布类型及其与年际变化的关系,本节采用区域内各测站 5—9 月或 10—4 月的距平值,同时计算 EOF 前 6 个特征向量场的方差贡献及累积方差贡献(表 1.2.1)。

表 1.2.1 前 6 个特征向量场的方差贡献

		EOF1	EOF2	EOF3	EOF4	EOF5	EOF6
夏半年	个别方差贡献(%)	65.5	6.9	3.7	3.0	2.8	2.1
	累积方差贡献(%)	65.5	72.4	76.1	79.1	81.9	84.0
冬半年	个别方差贡献(%)	67.3	6.3	4.0	3.0	2.3	1.7
	累积方差贡献(%)	67.3	73.6	77.6	80.6	82.9	84.6

由表 1.2.1 可以看到,夏半年和冬半年前 6 个特征场累积方差贡献分别占总方差的 84% 和 84.6%,说明对于雷暴这类地域性较强的天气现象来说,其收敛性很好。

图 1.2.4 为夏半年云南年平均雷暴日经 EOF 分解的前 4 个载荷向量场分布,分别为全区域型、东南—西北型、中部—南北部纬向型、东北—西南型等。第一特征向量 EOF1(图 1.2.4a)的载荷值全部为正号,称为全区域型,该类型反映全省雷暴异常变化特征一致,大值中心位于南部地区,其中普洱东部、红河西部及文山东部地区为极大值中心,表明该区域雷暴异常变化最明显。第二特征向量 EOF2(图 1.2.4b)的特点是云南东南部与西北部空间载荷值反号,反映雷暴异常东南部与西北部呈相反分布形势,称为东南—西北型。由于云南海拔高度自西北向东南呈阶梯状递减,EOF2 的载荷场反映了地形特征对全省雷暴异常的影响。第三

特征向量 EOF3(图 1.2.4c)是载荷零线呈纬向型分布,除滇东北的极少数区域外,中部大范围区域(负值)与南、北区域(正值)载荷符号相反,表明雷暴出现异常情况是中部与南、北部相反,即中部多(少),则南、北部少(多),成为中部—南北部纬向型。第四特征向量 EOF4(图 1.2.4d)为滇东北、西南(负)与中部地区(正)雷暴异常呈相反变化趋势,其符号自东北向西南呈负—正—负分布,将该型称为东北—西南经向型。第五特征向量 EOF5(图略)的分布特点,除少数地区外,其零载荷线基本呈南北向分布,东部与西部雷暴异常呈相反变化趋势,成为经向型,值得注意的是,在 103°E 以西地区,其雷暴异常分布大致与 EOF3 的纬向型相同,且从载荷值来看,主要反映的是 103°E 以西地区的雷暴异常。第六特征向量 EOF6(图略)与 EOF3 一样,反映了载荷零线的纬向型分布,除极少数地区,全省雷暴异常基本呈南(正)北(负)的差异特征。

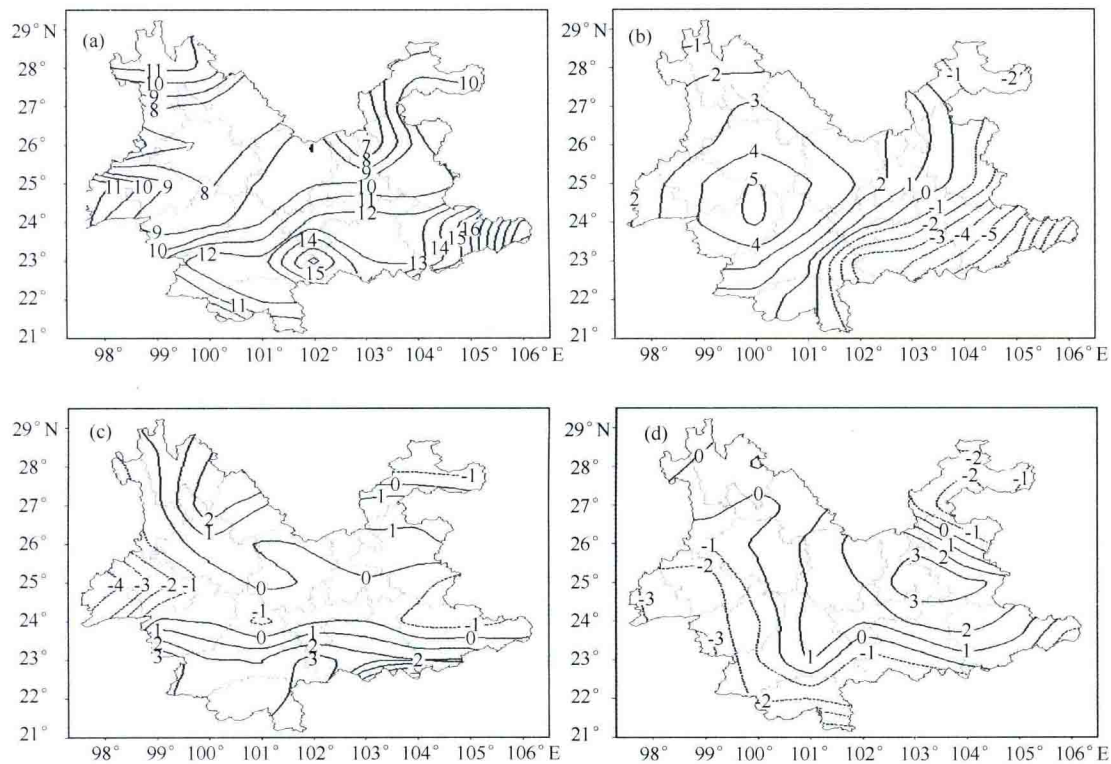


图 1.2.4 夏半年云南年平均雷暴日经 EOF 分解空间向量场

(a)第一特征向量:全区域型;(b)第二特征向量:东南—西北型;

(c)第三特征向量:中部—南北部纬向型;(d)第四特征向量:东北—西南经向型

图 1.2.5 为冬半年云南年平均雷暴日经 EOF 分解的前 4 个载荷向量场空间分布。第一特征向量场 EOF1 载荷值(图 1.2.5a)全为正,中心值位于思茅、文山东部,为全区域型,与夏半年全区域型分布特征基本一致,明显的区域在 23°N 附近,同样表明该类型反映全省雷暴异常变化特征一致,差别在于特征向量小一些,说明冬半年雷暴全年异常变化不如夏半年大,可能与云南夏半年气候变化更为异常有关。第二特征向量 EOF2(图 1.2.5b)反映了冬季雷暴异常的南北差异,载荷零线位于 24°N 附近,呈纬向型分布,由于云南南北气温差异较大,第二特

征向量场反映了气温对雷暴异常的贡献作用,也说明热力条件对冬季雷暴形成的重要性。第三特征向量 EOF3(图 1.2.5c)的特征是滇东南、滇西北(负载荷)与滇中、滇东北和滇西南(正载荷)的雷暴异常呈相反变化趋势,符号自东南向西北呈负—正—负分布。第四特征向量 EOF4(图 1.2.5d)最清楚的特点是载荷零线基本呈经向型分布,反映了云南东、西部地区雷暴异常呈相反的变化特征,这与云南东、西天气影响系统不一致有关。EOF5 和 EOF6 的分布(图略)基本相同,反映了滇东南、滇西的局部地区与全省雷暴异常变化相反的特点,这两个空间特征向量虽然方差贡献只占 4%,但反映了年雷暴日变化的某些局地特征。

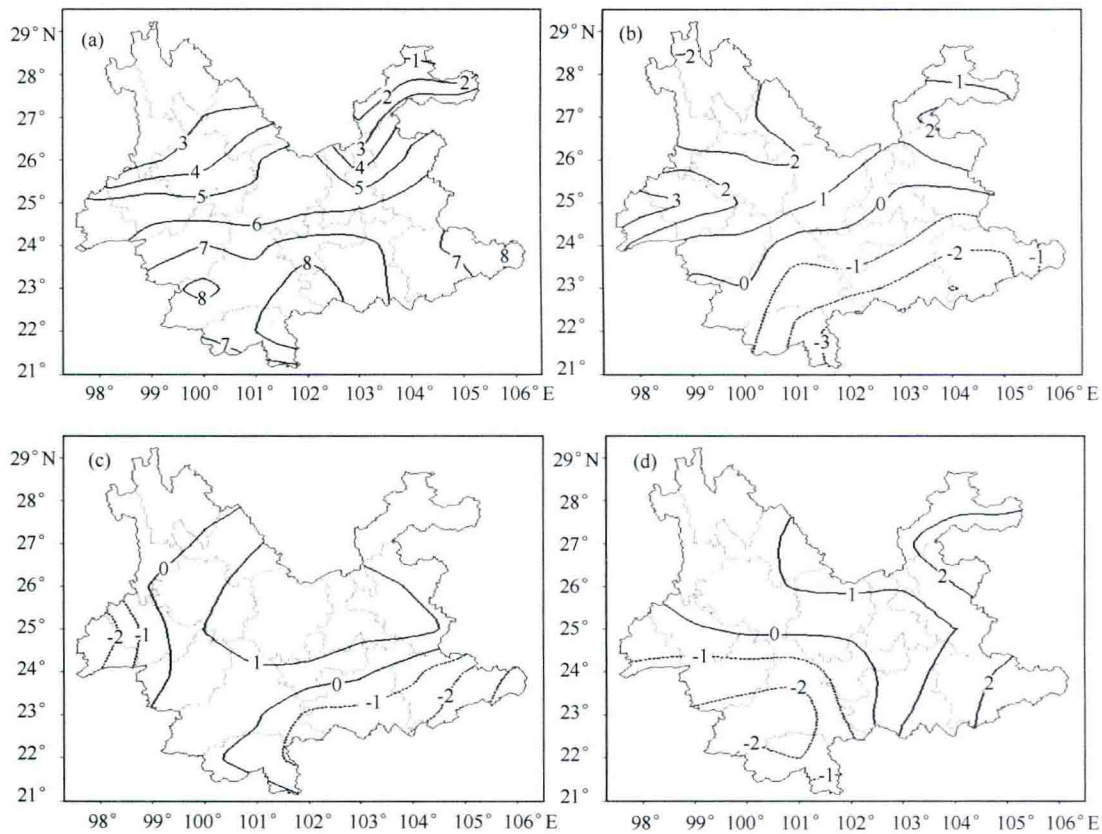


图 1.2.5 冬半年云南年平均雷暴日 EOF 分解空间向量场
(a)第一特征向量:全区域型;(b)第二特征向量:纬向型;
(c)第三特征向量:东南—西北型;(d)第四特征向量:经向型

综上所述,云南夏半年雷暴异常的空间分布类型主要有:全区域型、东南—西北型、东北—西南经向型、中部—南北部纬向型、经向型;冬半年雷暴异常空间分布类型主要有:全区域型、纬向型、东南—西北型、经向型和局部区域型。

1.2.1.4 雷电灾害易损性区划

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。灾害的发生是由致灾环境的危险性和承灾体的易损性(或脆弱性)决定的。前者就区域而言,其产生和存在在相当程度上是自然的、必然的,有绝对性的一面,要改变致灾因子是困难的甚至是不