

马中华,杨晓玲,张春松,等.石羊河流域雷暴气候特征及防护等级区划[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(2):58-64.

doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2023.02.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



石羊河流域雷暴气候特征及防护等级区划

马中华¹,杨晓玲^{1,2*},张春松³,陈英¹,李岩璞¹

(1.武威市气象局,甘肃 武威 733099;2.中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,甘肃 兰州 730020;3.民勤县气象局,甘肃 民勤 733300)

摘要:利用1961—2013年石羊河流域5个气象站的雷暴资料,运用统计学方法分析了石羊河流域雷暴的时空变化特征,并对雷暴防护等级进行划分。结果表明:石羊河流域年、年代雷暴日总体呈减少趋势,天祝的减少趋势尤为显著,递减率达-5.843 d/10 a,雷暴日的时间序列存在7~8 a的准周期变化。石羊河流域雷暴初日最早出现在3月下旬(永昌),其他均出现在4月上旬,终日最晚出现在10月下旬末(永昌出现在10月上旬初),平均雷暴期为100.4~171.3 d。6—8月是雷暴的高发期,雷暴日占年雷暴总日的70.7%~78.4%。雷暴的日变化明显,雷暴多发时段为12—22时,集中发生时段为13—17时,雷暴的平均持续时间为10~40 min。石羊河流域雷暴具有明显的地域特征,南部山区天祝雷暴日远大于其他各地,占总雷暴日的40.8%。随着雷暴站数的增多,区域性雷暴日迅速减少。石羊河流域雷暴防护等级划分为3级:天祝属1级防护,为高雷区;永昌和古浪属2级防护,为多雷区;民勤和凉州属3级防护,为少雷区。

关键词:雷暴;变化特征;防护等级;石羊河流域

中图分类号:P446

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)02-0058-07

雷暴以强大的电流、炙热的高温、巨变的电磁场以及强烈的电磁辐射等物理效应在瞬间产生巨大的破坏力,雷暴具有局地性和短时性的特点,并伴有局地暴雨、冰雹、强风和龙卷等灾害天气,是一种危害性很强的天气现象^[1]。随着全球气候的变暖,各类重大天气事件频发,雷暴作为十大自然灾害之一^[2],致灾范围非常广,可破坏高压输电线路、引起森林火灾、影响通讯和计算机等,造成飞行事故、建筑物破坏、人畜伤亡等财产损失^[3-5],并严重威胁飞机人工增雨和高炮作业的安全。据中国气象局2007年第

16号令规定,雷暴被列为重大气象灾害性天气,气象部门应根据危害程度向社会公众发布不同级别预警信号,并提出合理的防御措施和建议。近年来,随着国民经济的快速发展,人们生活水平不断提高,高层建筑日益增多,各种高科技电子设备广泛应用,雷暴防护也受到社会各界广泛关注,因此,研究雷暴活动的自然规律便成为防雷工程的迫切需求,采取有效的防雷措施成为人类生存和科技发展的必要条件。

石羊河流域是西北干旱区重要的内陆河流域,也是河西走廊三大内陆河流域之一。石羊河流域地处青藏高原北坡,南靠祁连山脉,北邻腾格里和巴丹吉林两大沙漠,东接黄土高坡西缘,流域中北部民勤为荒漠区,中部凉州为绿洲平原区,北部永昌和南部古浪为浅山区,祁连山边坡天祝为高寒山区(图1)。石羊河全长约300 km,流域总面积约4.16×10⁴ km²,地理位置101°06′~104°14′ E,37°10′~39°24′ N,地形地貌复杂,地势落差大,自东南向西北倾斜,海拔

收稿日期:2021-12-29;修回日期:2022-03-08

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41975015);干旱气象科学基金项目“石羊河流域高影响灾害天气气候特征及形成机理分析研究”(IAM202016)

作者简介:马中华(1975—),女,高级工程师,主要从事气象综合观测业务工作。E-mail:wwqxj6150343@163.com

通信作者:杨晓玲(1971—),女,高级工程师,主要从事天气预报及气候变化研究工作。E-mail:wwqxj6150343@163.com

由 2 500~4 000 m 下降到 1 300~2 000 m。石羊河流域是高原气候和沙漠气候的交汇地带,冷暖气流活动频繁,是雷暴天气的多发区^[6],流域内年平均雷暴日为 18.9 d,特别是南部天祝县海拔高,地形复杂,山多林少,气候变化无常,夏季雷暴频发,年平均雷暴日达 38.5 d。本文以石羊河流域 1961—2013 年雷暴资料为基础,系统分析当地雷暴的时空变化特征,并对石羊河流域雷暴防护进行等级区划,可为制定雷暴防护措施、防御雷暴应急预案和雷暴灾害评估标准提供科学依据,同时对提高公众防雷意识以及减少雷灾人员伤亡和财产损失等防雷减灾工作具有重要的现实指导意义。

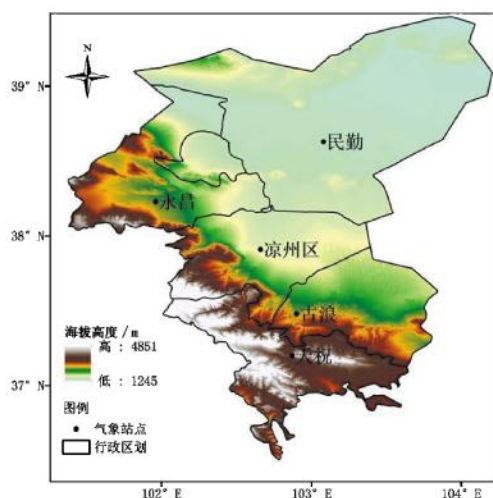


图 1 石羊河流域地理和海拔高度空间分布

1 资料和方法

1.1 资料

雷暴资料来源于石羊河流域的永昌、民勤、凉州、古浪、天祝的乌鞘岭 5 个气象站的实测资料,时间序列为 1961—2013 年。5 个气象站在 53 a 均未迁移,观测数据的完整性和连续性较好,且时间序列长,能够满足本研究的需要。雷暴统计规则:①在地面观测记录簿上记录闪电未记录雷暴的不做雷暴日统计;② 1 d 内无论发生多少次雷暴均按 1 个雷暴日计算;③若某一次雷暴跨越 20 时,按 2 个雷暴日计算。

1.2 方法

利用日雷暴资料,求得年、年代和月雷暴日。采用线性趋势系数法^[7]分析年雷暴日变化趋势,趋势方程为:

$$x_i = a + bt_i, i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

式中, x_i 为样本量为 n 的气候变量, t_i 为 x_i 所对应的时间, b 为气候变量的倾向率, $b > 0$ 为直线递增, $b < 0$

为直线递减, $b \times 10$ 为每 10 a 的变化率。变化趋势的显著性,采用时间 t 与序列变量 x 的相关系数,即气候趋势系数进行检验^[8]。根据蒙特卡罗模拟方法^[9-10],通过 $\alpha = 0.1, 0.05, 0.01$ 的显著性检验所对应的相关系数临界值依次为 0.306、0.365、0.443,当气候趋势系数绝对值大于上述临界值时,分别认为气候趋势系数较显著、显著、很显著。运用方差分析方法进行周期分析,方差分析周期的主要思路是把要素的时间序列按不同时间段间隔进行分组,如果某个组的组内数据比较均匀,即方差小,而组间的方差较大,那么这个组的时间间隔就是该时间序列的主要周期,按不同长度周期进行排列,求出 F 值并进行检验^[11-12]。

2 雷暴变化特征

2.1 时间变化

2.1.1 年代际变化

由表 1 可知,全流域及各地雷暴日的年代差异比较明显,总体上呈逐年代减少。20 世纪 60—70 年代全流域及各地均偏多;80 年代全流域及凉州和古浪略偏多、永昌和天祝偏多、民勤略偏少;90 年代全流域及永昌略偏少,民勤和凉州持平,古浪略偏多,天祝偏少;21 世纪以来全流域及各地均偏少,特别是 2011—2013 年偏少的幅度更显著。20 世纪 60 年代—2013 年雷暴日永昌减少 7.2 d、民勤减少 4.1 d、凉州减少 8.2 d、古浪减少 11.6 d、天祝减少 24.2 d、全流域减少 26.5 d。

表 1 石羊河流域逐年代雷暴日距平/d

年代	永昌	民勤	凉州	古浪	天祝	全流域
20 世纪 60 年代	2.1	2	3.2	3.9	10.8	4.4
20 世纪 70 年代	2.3	1.5	2.1	3.1	7.7	3.3
20 世纪 80 年代	3.2	-1.2	1.0	1.2	3.7	1.6
20 世纪 90 年代	-1.2	0.2	0.2	1.9	-4.5	-0.7
21 世纪 10 年代	-3.7	-1.7	-4.6	-6.9	-13	-6.0
2011—2013 年	-9.8	-3.4	-6.3	-10.3	-14.8	-8.9

2.1.2 年际变化

石羊河流域各地年雷暴日呈递减趋势(图 2),这与新疆阿克苏、内蒙古呼伦贝尔、新疆西天山地区和山西晋城等地雷暴日的变化趋势相一致^[13-16]。其气候倾向率和气候趋势系数见表 2。根据蒙特卡罗模拟方法,雷暴日的气候趋势系数全流域及凉州、古浪、天祝通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验,递减趋势很显著,天祝的递减趋势尤为显著;永昌通过了 $\alpha =$

0.05 的显著性检验,递减趋势显著;民勤通过了 $\alpha=0.1$ 的显著性检验,递减趋势较显著。随着全球气候的变暖,冷空气活动的频次相对减少,强度也有所减弱,这可能是石羊河流域雷暴日减少的主要原因之一。由图 2 可知,全流域及各地逐年雷暴日的变化步调比较一致,通过周期分析和方差分析发现,年雷暴日的时间序列存在着 7~8 a 的准周期变化,经 F 检验,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。

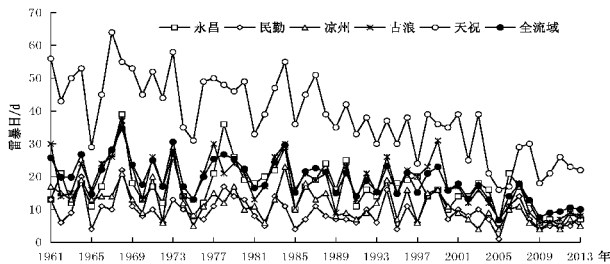


图 2 石羊河流域年雷暴日的变化

表 2 石羊河流域年雷暴日的气候倾向率和趋势系数

指标	永昌	民勤	凉州	古浪	天祝	全流域
倾向率/($d \cdot (10 a)^{-1}$)	-1.750	-0.846	-1.859	-2.492	-5.843	-2.561
趋势系数	-0.386	-0.315	-0.530	-0.532	-0.769	-0.644

雷暴的初、终日和雷暴期是很重要的气候指标。由表 3 可知,石羊河流域各地雷暴初日最早出现在 3 月下旬(永昌),其他均出现在 4 月上旬;雷暴终日最晚结束在 10 月下旬末(永昌在 10 月上旬初)。雷暴初日最早出现在 1990 年 3 月 22 日(永昌),最晚出现在 1995 年 8 月 2 日(民勤)。雷暴终日最早结束于 2003 年 6 月 4 日(凉州),最晚结束于 1983 年 10 月 27 日(古浪、天祝)。各地雷暴期(雷暴期是指年内第一次出现雷暴到最后一次雷暴结束持续的日数)年际变率较大,平均雷暴期为 100.4~171.3 d,雷

表 3 石羊河流域雷暴初、终日及雷暴期

项目	永昌	民勤	凉州	古浪	天祝
初日/月-日	03-22	04-09	04-11	04-02	04-02
对应年份/年	1990	1976	1984	1988	1977、1988
终日/月-日	10-11	10-26	10-26	10-27	10-27
对应年份/年	1994	1962	1962	1983	1983
平均雷暴期/d	124.8	100.4	112.0	131.5	171.3
最长雷暴期/d	181	156	175	179	204
对应年份/年	1989	1999	1962	1961、1972	1977

暴期最长在天祝,为 204 d(1977 年),最短在民勤,为 156 d(1999 年)。

2.1.3 月际变化

石羊河流域雷暴天气主要发生在 4—10 月(图 3),5—9 月是雷暴的多发时段,7 月最多,占全年雷暴日的 24.5%~31.0%,8 和 6 月次之,分别占 23.1%~26.1%、21.1%~24.2%,6—8 月共占全年雷暴日的 70.7%~78.4%,5 月占 8.6%~9.7%、9 月占 10.3%~13.8%,4 和 10 月共占 2.8%~6.2%。永昌 3 月出现雷暴 1 d,其他各地 11 月一次年 3 月均未出现雷暴。夏半年是石羊河流域雷暴的多发期,冬半年发生雷暴的几率很小,主要是由于石羊河流域位于青藏高原的东北部,夏半年地面升温快,高空盛行西北气流,冷空气活动频繁,层结极不稳定,容易发生对流天气^[17]。

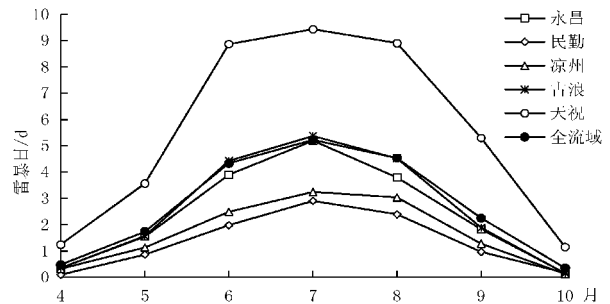


图 3 石羊河流域月平均雷暴日的变化

2.1.4 日变化及持续时间

石羊河流域地域范围小,通常受同一天气系统的影响,天气气候特征大致相同,雷暴天气在天祝多发,占当地雷暴总日的 40.8%,因此,选取天祝雷暴资料进行分析。

天祝雷暴的日变化特征非常明显,表现为明显的单峰型(图 4)。12—22 时为多发时段,约占全天发生频率的 94.0%,13—17 时对流旺盛,共占 72.0%,其中,15 时发生频率最高,占 21.0%,12 时和 18—22 时共占 22.0%,01—11 时和 22—24 时发生频率较低,共占 6.7%。雷暴天气主要发生在下午到傍晚,这与高原上对流云活动具有显著日变化的特征相对应^[18]。雷暴持续时间变化较大,最长持续时间为 154 min,最短持续时间不足 1 min,平均持续时间为 10~40 min。

2.2 空间分布及区域性

2.2.1 空间分布

石羊河流域雷暴日的空间分布具有一定的地域特征,年平均雷暴日从北向南迅速增多(图 5a),全流域年平均雷暴日为 18.9 d,其中,北部荒漠区民勤

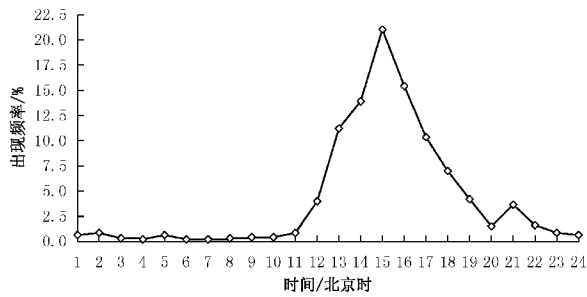


图4 天祝各时次雷暴出现频率

最少,为 9.4 d,占各地雷暴总站次的 9.9%;绿洲平原区凉州为 11.6 d,占 12.3%;浅山区永昌为 16.7 d,占 17.8%;浅山区古浪为 18.3 d,占 19.4%;南部高寒山区天祝最多,为 38.5 d,占 40.8%。年最多雷暴日与年平均雷暴日的地域分布基本相同,从北向南显著增多(图 5b)。全流域年最多雷暴日为 34.8 d,其中,北部沙漠区民勤最少,为 22 d(1968 年)、绿洲平原区凉州为 29 d(1973 年)、浅山区永昌为 39 d

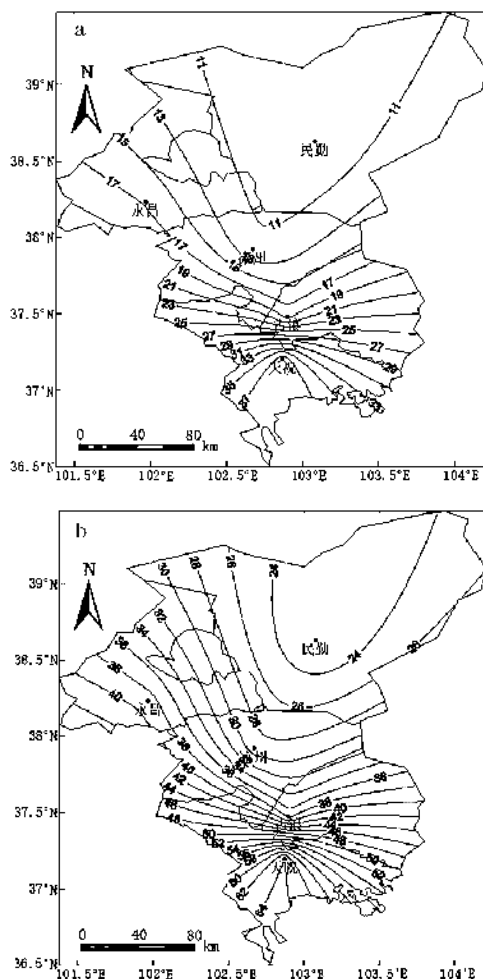


图5 石羊河流域年平均(a)和最多(b)雷暴日(单位:d)的空间分布

(1968 年)、浅山区古浪为 37 d(1968 年)、南部高寒山区天祝最多为 64 d(1967 年),石羊河流域雷暴日南部高寒山区明显多于其他各地。

由图 1、图 5 可知,石羊河流域海拔高度与雷暴日呈明显正相关,即海拔越高,雷暴日越多,海拔相近的地区雷暴日相差不大,海拔高度与年平均雷暴日的相关系数达 0.989,与年最多雷暴日的相关系数达 0.992。天祝雷暴日远多于其他 4 站,主要由于天祝海拔高,易发生“高原效应”,上升运动和水汽输送明显,水汽在高原上堆积冷却凝结,加上白天谷风作用,在山顶辐合上升,易形成强烈的对流,雷暴天气易发生^[19-20]。地形地势影响了水汽的分布和对流的强弱,从而影响了雷暴日的空间分布。

2.2.2 区域性特征

石羊河流域雷暴天气具有区域性特征(图 6)。同时 2 站及以上出现雷暴日为 1 140 d,占总雷暴日的 41.5%,其中,同时 2 站出现雷暴日为 539 d,占总雷暴日的 19.6%;同时 3 站出现雷暴日为 310 d,占 11.3%;同时 4 站出现雷暴日为 207 d,占 7.5%;同时 5 站出现雷暴日为 84 d,占 3.1%。随着雷暴站数的增加,区域性雷暴日迅速减少。

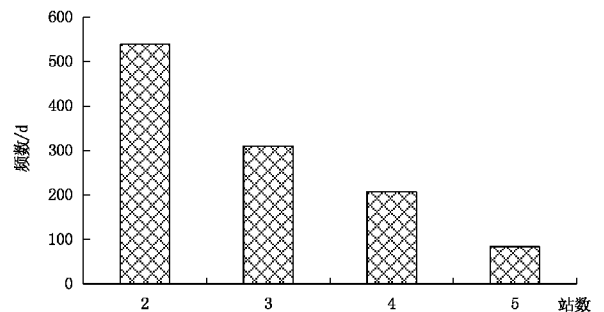


图6 石羊河流域区域性雷暴日出现频数

3 雷暴防护等级区划及防御措施

3.1 防护等级区划

年雷暴日是评价一个地区雷暴活动多少和强弱的主要指标,它表示某一地区一年中听到雷声的天数,可用多年平均雷暴日反映一个地区雷暴活动的平均情况,能更真实接近当地的雷暴状况^[21]。因此,选取年平均雷暴日对雷暴防护等级进行区划。

根据石羊河流域各地雷暴日的分布,依照《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2004 的划分标准^[22],参照王凤娇等^[23]、郭善云等^[24]和保尔汗江·买买提^[25]对雷暴防护等级的划分,结合当地雷暴灾害的实际情况,将石羊河流域雷暴防护划分为 3 个等级和 3 类防护区(表 4),其中天祝属 1 级防护,

为高雷区;永昌和古浪属2级防护,为多雷区;民勤和凉州属3级防护,为少雷区。

表4 石羊河流域年平均雷暴日和雷暴防护等级区划

项目	永昌	民勤	凉州	古浪	天祝
年平均雷暴日/d	16.7	9.4	11.6	18.3	38.5
防护等级	2级	3级	3级	2级	1级
区划	多雷区	少雷区	少雷区	多雷区	高雷区

3.2 防护措施

在建筑物、场所及相关单位安装防雷避雷装置,这是防雷避雷的有效途径之一。在雷暴临近或发生时,要按不同的级别进行防护。

(1)1级高雷区。相关部门按职责做好防雷应急抢险工作;人们应尽量躲入有防雷设施的建筑物或者汽车内,关好门窗;切勿接触天线、水管、铁丝网、金属门窗、建筑物外墙,远离电线等带电设备和其他类似金属装置;尽量不要使用无防雷装置或者防雷装置不完备的电器;密切注意雷暴预警信息的发布。

(2)2级多雷区。人们应当留在室内,关好门窗;户外人员应当躲入有防雷设施的建筑物或者汽车内;切断危险电源,不要在树下、电杆下、塔吊下避雨;在空旷场地不要打伞,不要把农具、羽毛球拍、高尔夫球杆等扛在肩上。

(3)3级少雷区。人们要密切关注天气,尽量避免户外活动。

4 讨论

本文分析了石羊河流域雷暴的变化特征,其变化趋势与上海、新疆等地雷暴日的变化趋势相一致^[26-28],呈减少趋势,并对雷暴防护等级进行了区划,为石羊河流域雷暴的预报预警和防雷避雷工程建设提供了一定的参考依据,但所用资料仅为5个观测站点的实测资料,存在站点稀少、分布不均、网格较粗的弊端,其结果只能反映流域的平均状况,具有明显的局地性,下一步工作应搜集大量的局地雷暴资料和雷暴灾情,进行全面、精细地分析和研究,更好地揭示石羊河流域雷暴变化真实情况,做到雷暴的全方位防护,避免雷暴灾害及次生灾害的发生。

5 结论

利用石羊河流域5个气象站的雷暴资料,分析了石羊河流域雷暴的变化特征,并对流域内雷

暴进行防护等级区划,并提出了防护措施,得到以下结论:

(1)时间变化特征。石羊河流域年、年代雷暴日总体呈减少趋势,天祝的减少趋势尤为显著。雷暴日的时间序列存在7~8 a的准周期变化,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。石羊河流域雷暴初日最早出现在永昌(3月下旬),其他均在4月上旬;雷暴终日最晚结束在10月下旬末(永昌在10月上旬初),年平均雷暴期为100.4~171.3 d。4—10月是雷暴天气的主要发生时段,6—8月是雷暴的高发期;雷暴的日变化特征明显,12—22时为多发时段,最集中的时段为13—17时,雷暴平均持续时间为10~40 min。

(2)空间分布特征。石羊河流域雷暴日的分布具有明显的地域性特征,受海拔高度和地形的影响,年平均雷暴日从北向南迅速增多,北部沙漠区民勤雷暴日最少,仅占9.9%,南部高寒山区天祝雷暴日最多,占雷暴总日的40.8%,是石羊河流域雷暴天气的多发地带。流域内随着雷暴站数的增加,区域性雷暴日迅速减少。

(3)防护等级及区划。石羊河流域雷暴可划分为3个防护等级和3类防护区:天祝属1级防护,为高雷区;永昌和古浪属2级防护,为多雷区;民勤和凉州属3级防护,为少雷区。对各级别防护区提出了相应的防护措施。

参考文献:

- [1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.气象学原理和方法[M].北京:气象出版社,1992:635-641.
- [2] 许小峰,郭虎,廖晓农,等.国外雷电监测和预报研究[M].北京:气象出版社,2003.
- [3] 孟青,吕伟涛,姚雯,等.地面电场资料在雷电预警技术中的应用[J].气象,2005,31(9):30-33.
- [4] TOBIAS J M.The basis of conventional lightning protection systems[J].IEEE Transactions on Industry Applications, 2004,40(4):958-962.
- [5] ELAHI H,SUBLICH M,ANDERSON M E,et al.Lightning over voltage protection of the paddock 362~145 kV gas-insulated substation[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1990,5(1):144-150.
- [6] 白肇辉,徐国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1991:258-357.
- [7] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].2版.北京:气象出版社,2007:37-41.
- [8] 施能,陈家其,屠其璞.中国近100年来4个年代际的气候变化特征[J].气象学报,1995,53(4):431-439.
- [9] 施能,马丽,袁晓玉,等.近50 a浙江省气候变化特征分析[J].南京气象学院学报,2001,24(2):207-213.

- [10] LIVEZEY R E, CHEN W Y. Statistical field significance and its determination by Monte Carlo techniques [J]. Monthly Weather Review, 1983, 111(1): 46–59.
- [11] 周石清, 陈建江, 耿峻岭. 单因素方差分析法对三屯河年均流量序列的周期分析[J]. 新疆水利, 2001(3): 25–29.
- [12] 王媛媛, 张勃. 陇东地区近 51 a 气温时空变化特征[J]. 中国沙漠, 2012, 32(5): 1402–1407.
- [13] 艾力·买买提明, 阿吉古丽·沙依提, 何清, 等. 阿克苏地区雷暴时空变化特征[J]. 中国沙漠, 2012, 32(4): 1110–1118.
- [14] 常煜, 姜凤友, 阴秀霞. 呼伦贝尔市 1971—2011 年雷暴时空变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(4): 40–46.
- [15] 阿吉古丽·沙依提, 尹仔锋, 卡哈尔·亚森, 等. 西天山地区雷暴和闪电特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 55–60.
- [16] 任鹏娟. 晋城地区雷暴天气特征分析和预报方法的探讨[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2011.
- [17] 李栋梁, 刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 253–265.
- [18] 江吉喜, 范梅珠. 夏季青藏高原上的对流云和中尺度对流系统[J]. 大气科学, 2002, 26(2): 263–270.
- [19] 孙旭映, 李宝梓. 永登县冰雹气候特征统计分析[J]. 甘肃气象, 2003, 21(2): 39–41.
- [20] 王旭, 马禹. 新疆中尺度对流系统的地理分布和生命史[J]. 干旱区地理, 2012, 35(6): 857–864.
- [21] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 电子信息系统防雷接地技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [22] 住房和城乡建设部. GB50343–2004 建筑物电子信息系统防雷技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2004.
- [23] 王凤娇, 任钟冬, 韦良文, 等. 雷电灾害等级划分及发生潜势指标探讨[J]. 气象科技, 2009, 37(6): 744–747.
- [24] 郭善云, 陆晓京, 朱海斌, 等. 四川 1960–2010 年雷暴观测事实及灾害防范区域研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2012, 6(6): 69–72.
- [25] 保尔汗江·买买提. 伊犁地区雷暴日特征和雷电防护等级区域划分[J]. 气象科技, 2010, 38(6): 810–813.
- [26] 靳利梅, 史军. 上海地区雷暴气候特征及变化研究[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 54–58, 64.
- [27] 王红, 张永军, 陈金根, 等. 基于闪电定位监测数据的雷暴特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(6): 66–69.
- [28] 保尔汗江·买买提. 1959—2008 年乌鲁木齐地区雷暴日特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2011, 5(2): 54–56.

Climate Characteristics of Thunderstorm and Its Protection Level Zoning in Shiyang River Basin

MA Zhonghua¹, YANG Xiaoling^{1,2}, ZHANG Chunsong³, CHEN Ying¹, LI Yanying¹

(1. Wuwei Meteorological Bureau, Wuwei 733099, China;

2. Key laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province/

Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of China Meteorological Administration/

Institute of Arid Meteorology of China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;

3. Minqin Meteorological Bureau, Minqin 733300, China)

Abstract Using thunderstorm data of five meteorological stations during 1961–2013, the spatial and temporal variation characteristics of thunderstorm in Shiyang River basin were analyzed with mathematical statistics method, and the thunderstorm protection levels were further divided. The results showed that the annual and decadal thunderstorm days generally decreased, the most significant decreasing trend occurred in Tianzhu with the decreasing rate of $-5.843 \text{ d} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$. There was a quasi-periodic of 7–8 a in the thunderstorm days. The first day of thunderstorms in Shiyang River basin appeared in Yongchang (late March), and the others in early April, and the latest end day was in late October (Yongchang in early October), and the average thunderstorm period was 100.4–171.3 d. Thunderstorms mainly occurred from June to August, accounting for 70.7%–78.4% of annual thunderstorm days. Thunderstorms presented a evident diurnal variation characteristics, with frequent occurrences from 12:00 to 22:00 and concentrated occurrences from 13:00 to 17:00. The average duration of thunderstorms was 10–40 minutes. The thunderstorms in Shiyang River basin had obvious regional characteristics, the thunderstorm days in Tianzhu of southern mountain was much more than others, which accounted for 40.8% of the total regional thunderstorm days. The regional thunderstorm days decreased rapidly with the increasing of thunderstorm stations. The thunderstorm protection level was divided into three levels in Shiyang River basin, Tianzhu was level 1 as high thunder area, Yongchang and Gulang were level 2 as more thunder area, Minqin and Liangzhou were level 3 as less thunder area.

Key words thunderstorm; variation characteristics; protection levels; Shiyang River Basin