

近20年青藏高原雷电灾害及其特征分析

肖巧洁¹, 王 军², 唐文婷², 罗少辉^{2*}

¹中山市气象局, 广东 中山

²青海省气象灾害防御技术中心, 青海 西宁

Email: 6917675901@qq.com, *948347792@qq.com

收稿日期: 2021年5月14日; 录用日期: 2021年6月10日; 发布日期: 2021年6月16日

摘 要

研究利用1998~2018年青海省和西藏自治区的雷电灾害调查统计资料,探究了青藏高原近20年的雷电变化特征及其造成的经济损失。研究结果表明:1998~2018年,青藏高原的雷电灾害共计1086起。1998~2008年,雷电灾害呈现波动上升的变化趋势,2008年达到最大值,2009~2018年雷电灾害的次数呈现下降后趋于平稳波动的动态变化。青藏高原雷电灾害的月动态分布呈现单峰模式,6~8月是青藏高原雷电灾害累计发生903起,占全部雷电灾害的83%,而11月到次年的2月未观测到雷电灾害的发生。雷电灾害造成的伤亡人数共计702人,其中2008年是雷电灾害造成伤亡人数最多的一年,高达105人,占全部伤亡人数的14.96%。青藏高原的雷电灾害每增加一次,伤亡人数增加0.59人。雷电灾害对青藏高原造成的损失中,电力系统所占比例最大为22.86%。青藏高原地区因雷电灾害造成的经济损失为2993.70万元,年平均经济损失为142.56万元/年。青藏高原雷电灾害每增加一次,经济损失增加2.23万元。通过分析青藏高原雷电灾害的年际动态和月动态变化特征及其造成的经济损失,旨在加深对青藏高原地区雷电发生规律的理解,为高海拔的区域的防灾减灾提供数据支撑。

关键词

青藏高原, 雷电灾害, 特征分析, 动态变化

Analysis on the Lightning Hazard and Its Characteristics on Qinghai-Tibetan Plateau in Recent 20 Years

Qiaojie Xiao¹, Jun Wang², Wenting Tang², Shaohui Luo^{2*}

¹Zhongshan Meteorological Bureau, Zhongshan Guangdong

²Qinghai Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Xining Qinghai

Email: 6917675901@qq.com, *948347792@qq.com

*通讯作者。

文章引用: 肖巧洁, 王军, 唐文婷, 罗少辉. 近 20 年青藏高原雷电灾害及其特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(4): 273-280. DOI: 10.12677/ccrl.2021.104032

Abstract

Based on the statistical data of lightning disasters in Qinghai Province and Tibet Autonomous Region from 1998 to 2018, this paper explores the characteristics of lightning changes and the economic losses caused by lightning over the Qinghai-Tibet Plateau in recent 20 years. Results of the research indicated that there are totally 1086 lightning hazards on the Tibetan Plateau from 1998 to 2018. There are a fluctuant increasing trend from 1998~2008, and there was a peak in 2008. From 2009 to 2018, the number of lightning disasters decreased and then tended to fluctuate steadily. The month dynamic patterns of lightning hazard was shown as single peak, specifically, there are 903 lightning hazards from the June to August, and accounting for 83% of the total lightning hazard, while November and following year February did not exist lightning hazard. The number of casualties causing by lightning hazard was 702, and the most serious year was 2008, and the number of casualties can be high as 105, accounting for 14.96% of the total. The number of casualties on the Qinghai-Tibet Plateau increases by 0.59 for each increase in lightning disasters. Electric system has the largest proportion in lightning hazard, and accounted for 22.86%. The economic losses caused by lightning disasters on the Qinghai-Tibet Plateau were 29.937 million YUAN, with an average annual economic loss of 1.425 million YUAN per year. For each additional electric disaster on the Qinghai-Tibet Plateau, economic losses increase by 22,300 YUAN. By analyzing the characteristics of interannual and monthly dynamic changes of lightning disasters in the Qinghai-Tibet Plateau and the economic losses caused by them, this paper aims to deepen the understanding of the law of lightning occurrence in the Qinghai-Tibet Plateau and provide data support for disaster prevention and mitigation in high-altitude regions.

Keywords

Tibetan Plateau, Lightning Hazard, Characteristic Analysis, Dynamic Changes

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

雷电灾害是指雷雨云中电能释放, 击中物体或形成强烈电磁辐射而造成损失的灾害现象[1]。作为“国际灾害十年”公布的最严重的自然灾害之一[2], 雷电灾害具有危害范围广、突发性强、涉及面广以及影响深远的特点, 其造成的损失可统计为人员伤亡和直接经济损失, 以及由此衍生的间接经济损失和所产生的重大社会影响[3]。

随着经济的高速发展、城市化进程的加快以及现代化水平的不断提高, 由雷电灾害所造成的经济损失也越来越大。因此, 学者们对雷电灾害的时空特征和影响危害进行了多方面的研究。陈柳彤通过探讨土壤电导率、海拔高度以及地形起伏等 5 个指标与雷电灾害的相关性, 得到了河北省雷电灾害风险区划[4]。孙淑玲利用 2008~2012 年气象资料, 分析了吉林省的雷电灾害频次及对不同行业造成的经济损失, 其中办公、电力、住宅行业雷灾频次最多[5]。陈洁利用 2008~2016 年山西省收集的雷电子灾害资料, 研究表明, 尽管雷电灾害造成的人员伤亡事故在减少, 但是易燃易爆场所的雷电数量却显著增加[6]。张春

燕通过 2008~2012 年收集的雷点灾害实例, 研究表明广东省全年都有雷电灾害的发生且以夏天可占全部灾害的 56% [7]。刘雪涛利用 2001~2017 年云南省气象局收集的雷电资料, 通过统计雷灾中人员伤亡地点, 表明农田是发生人员伤亡做多的区域, 高达 39%, 其次是树下, 可占到 17% [8]。史津梅通过 2005~2013 年的雷电灾害资料, 对青海省的东部农业区雷电灾害进行评估, 研究表明城区如西宁市的雷电灾害出现较多, 为区域防御雷电灾害规划提供科学的参考价值[9], 陈小艳利用 1998~2019 年的雷电灾害汇编资料, 研究表明, 雷电灾害的城市占比高于农村, 农村雷电灾害以人员伤亡为主, 城市以经济损失为主[10], 而多吉次仁利用 1998~2018 的雷电灾害统计资料, 研究表明因雷击造成房屋损毁、家用电器、人员伤亡均集中发生在农牧区, 而城镇相对较少[11]。整个青藏高原区域的相关研究未见报道。

青藏高原作被誉为“世界第三极”, 为世界上面积最大, 海拔最高的高原, 也是我国重要的资源储备基地和生态安全屏障[12]。在全球气候变暖的背景下, 青藏高原的年均温度呈现增加的趋势, 增加速度为每十年增加 0.5℃。全球气候变暖和气候干旱将导致雷电活动的增加[13] [14] [15]。因此, 在全球气候背景下, 开展青藏高原雷电灾害的年际动态变化及其特征分析研究, 不仅为青藏高原地区的防灾、减灾提供数据支撑, 而且也为国家生态文明建设提供重要的实践价值。

2. 数据来源

青海省雷电灾害来自青海省气象灾害防御技术中心 1998~2018 年收集的雷电灾害调查统计资料。西藏自治区雷电灾害来自文献数据[11], 该文献数据来源于西藏自治区防雷中心 1998~2018 年收集的雷电灾害调查统计资料。通过将青海省和西藏自治区防雷中心数据相结合, 进而分析出青藏高原的雷电灾害特征。

3. 雷电灾害的年际和月际动态变化

3.1. 青藏高原雷电年灾害的年际动态

如图 1 所示, 从 1998 年~2008 年, 青藏高原雷电灾害共计发生 1086 起, 平均 52 起/年, 其中西藏自治区发生 810 起, 占整个雷电灾害事情的 73%; 青海省雷电 276 起, 占比 23%。

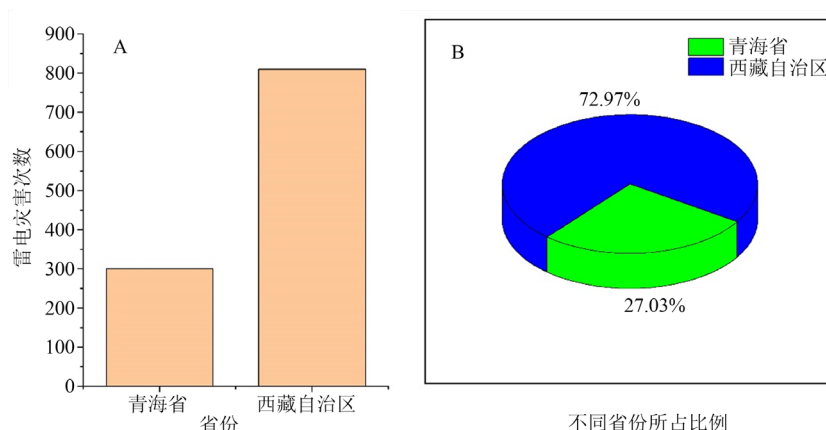


Figure 1. The quantity of lightning hazard in Qinghai and Tibetan Province and their proportion on the Qinghai-Tibetan Plateau

图 1. 青藏高原不同省份的雷电灾害次数及其比率

青藏高原的雷电发生的动态变化整体上呈现波动上升的变化趋势, 2008 年达到最大值, 2009~2018 年雷电灾害的次数呈现下降后趋于平稳波动的动态变化。如图 2 所示, 在近 20 年的动态变化过程中, 2008 年雷电灾害数量为 161 起, 为最频繁的年份, 占整个雷电灾害的 15%。其次为 2006 年, 雷电灾害的数量

为 146 起, 占整个雷电灾害的 13%; 再次为 2003 年, 雷电在数数量为 113 起, 占整个雷电灾害的 10%。除 2008 年, 2006 年和 2003 年外, 2007 年, 2004 年, 2005 年和 2002 年的雷电灾害也较多, 分别为 103 起, 76 起, 73 起和 73 起, 明显高于其他年份。2011 年~2018 年的 8 年时间里, 雷电灾害分别为 28 起、21 起、28 起、25 起、15 起、28 起、24 起和 25 起, 为平稳波动的变化趋势。从 1998 年~2008 年之间, 青藏高原雷电灾害平均为 76 起/年, 而 2009~2018 年青藏高原的雷电灾害平均为 25 起/年。

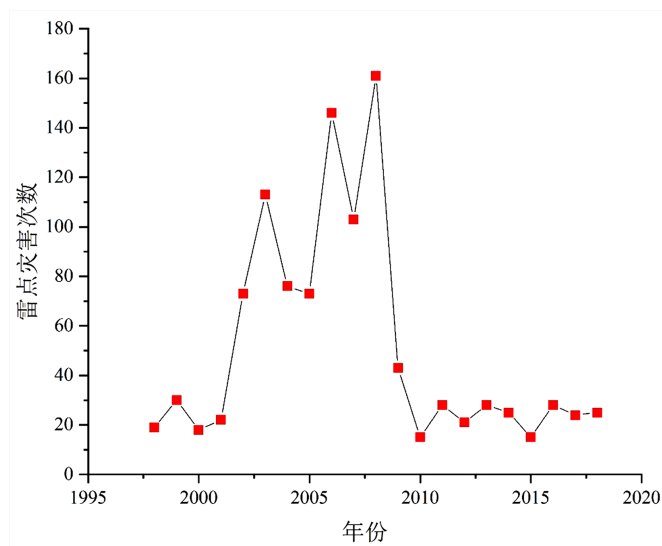


Figure 2. Year changes of lighting hazard from 1998~2018 on the Qinghai-Tibetan Plateau

图 2. 1998~2018 年青藏高原地区雷电灾害的年际变化

3.2. 青藏高原雷电年灾害的月动态际动态

从 1998 年~2008 年, 青藏高原雷电灾害的分布呈现单峰模式。如图 3 所示, 夏季是青藏高原雷电灾害的多发季节, 6~8 月是青藏高原雷电灾害累计发生 903 起, 占全部雷电灾害的 83%。其中, 7 月份最为突出, 雷电在灾害累计达 491 起, 占整个夏季雷电灾害的 54%。从 11 月到次年的 2 月未观测到雷电灾害的发生。

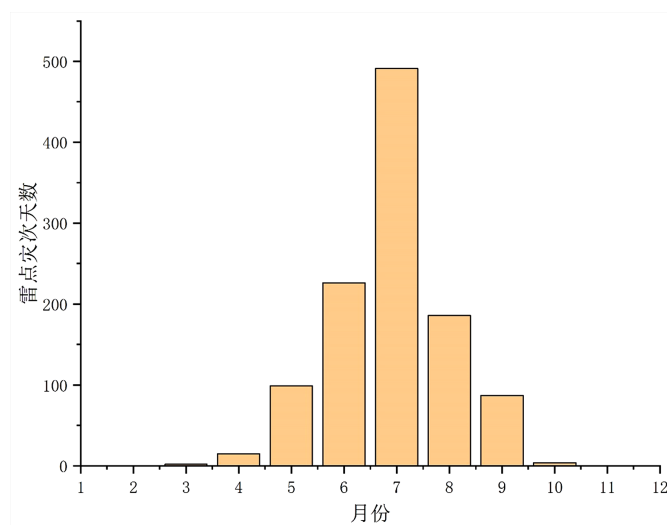


Figure 3. Month changes of lighting hazard from 1998~2018 on the Qinghai-Tibetan Plateau

图 3. 1998~2018 年青藏高原地区雷电灾害的月动态变化

4. 青藏高原雷电灾害特征

4.1. 雷电灾害造成人员伤亡

表 1 可见, 青藏高原 1998~2018 年雷电灾害造成的伤亡人数共计 702 人, 年均伤亡人数 33 人/年。其中 2008 年是雷电灾害造成伤亡人数最多的一年, 高达 105 人, 占全部伤亡人数的 14.96%。其次是 2006 年、2003 年、2009 年和 2007 年雷电灾害造成伤亡人数较多, 分别为 82 人、76 人、67 人和 63 人, 所占全部伤亡人数的 11.68%、10.83%、9.54%和 8.97%。其他的年份, 雷电造成的伤亡人数较少。

如图 4 所示, 雷电灾害和伤亡人数之间存在显著的正相关关系($p < 0.001$), 二者可以用关系式 $y = 0.59x + 2.72$ 表示。如关系式所示, 雷电灾害每增加一次, 伤亡人数增加 0.59 人。

Table 1. Human casualty caused by lightning hazard from 1998~2018 on the Qinghai-Tibetan Plateau

表 1. 1998~2018 年青藏高原地区雷电灾害造成的人员伤亡

年份	伤亡人数(个)	伤亡人数所占比例	年份	伤亡人数(个)	伤亡人数所占比例
1998	12	1.71%	2009	67	9.54%
1999	16	2.28%	2010	13	1.85%
2000	8	1.14%	2011	30	4.27%
2001	9	1.28%	2012	25	3.56%
2002	33	4.70%	2013	17	2.42%
2003	76	10.83%	2014	16	2.28%
2004	40	5.70%	2015	12	1.71%
2005	43	6.13%	2016	9	1.28%
2006	82	11.68%	2017	12	1.71%
2007	63	8.97%	2018	14	1.99%
2008	105	14.96%	合计	702	100.00%

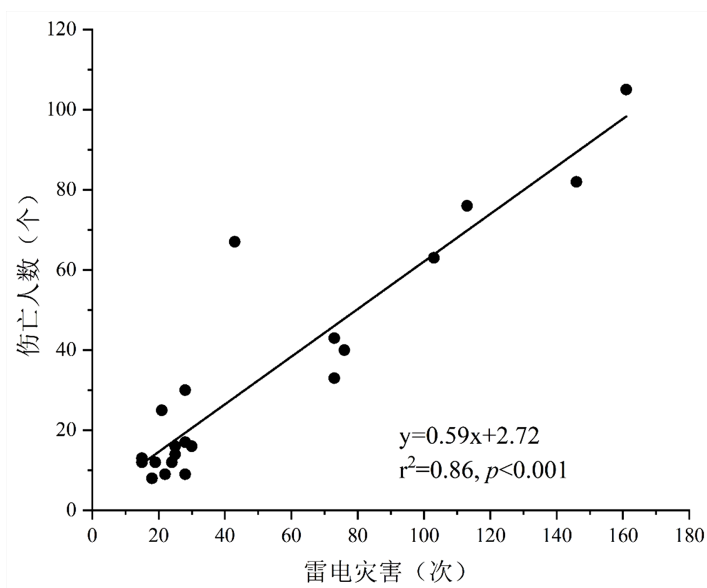


Figure 4. Relationship between lightning hazard and human casualty on the Tibetan Plateau during 1998~2018

图 4. 1998~2018 年青藏高原地区雷电灾害和伤亡人数之间的关系

4.2. 雷电灾害的损失分析

从 1998~2018 年，雷电灾害造成了青藏高原的电力系统、房屋损害、计算机网络系统和广播通讯系统等造成了破坏。其中，电力系统所占比例最大为 22.86%。其次是房屋损害，所占比例为 18.43%。同时，广播通讯系统、计算机网络系统、家用电器、监控系统、办公设备 13.82%、12.63%、10.41%、8.85% 和 7.65%。其他类型比例最小为 5.35%，主要涉及卫生、石化、旅游、林业、教育、交通等行业，见图 5。

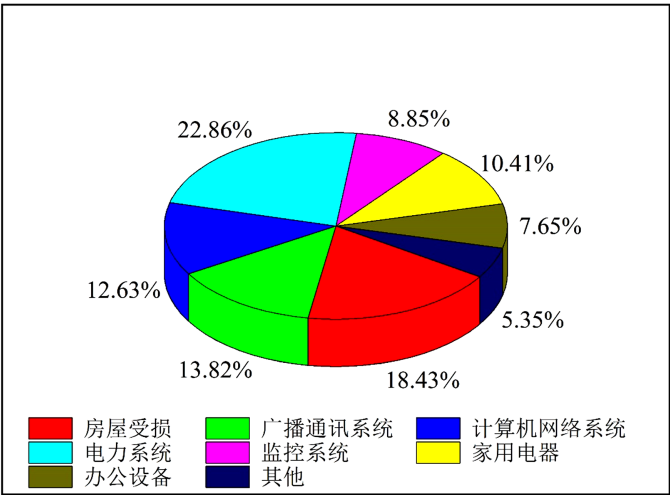


Figure 5. Distribution of lighting hazard from 1998~2018 on the Qinghai-Tibetan Plateau
图 5. 1998~2018 年青藏高原雷电灾害分布图

4.3. 雷电灾害造成的经济损失

从 1998~2018 年，青藏高原地区因雷电灾害造成的经济损失为 2993.70 万元，年平均经济损失为 142.56 万元/年。其中，经济损失最为严重的年份为 2008 年，高达 537.38 万元/年，占整个经济损失的 17.95%。其次是 2004 年、2006 年、2007 年和 2017 年雷电灾害造成的经济损失分别为 320.44 万元、272.85 万元、264.58 万元和 198.08 万元，分别占整个经济损失的 10.70%、9.11%、8.84%和 6.32%。其他年份的经济损失合计 1409.38 万元，占全部经济损失的 47.08%，见表 2。

如图 6 所示，雷电灾害和经济损失之间存在显著的正相关关系($p < 0.001$)，二者可以用关系式 $y = 2.23x + 27.03$ 表示。如关系式所示，雷电灾害每增加一次，经济损失增加 2.23 万元。

Table 2. Economic losses caused by lightning hazard from 1998~2018 on the Qinghai-Tibetan Plateau
表 2. 1998~2018 年青藏高原地区雷电灾害造成的经济损失

年份	经济损失/万	经济损失所占比例	年份	经济损失/万	经济损失所占比例
1998	42.30	1.41%	2009	124.84	4.17%
1999	150.82	5.04%	2010	67.85	2.27%
2000	42.60	1.42%	2011	157.67	5.27%
2001	132.72	4.43%	2012	7.00	0.23%
2002	146.40	4.89%	2013	37.44	1.25%
2003	142.49	4.76%	2014	109.72	3.67%
2004	320.44	10.70%	2015	13.40	0.45%

Continued

2005	94.00	3.14%	2016	96.76	3.23%
2006	272.85	9.11%	2017	189.08	6.32%
2007	264.58	8.84%	2018	43.38	1.45%
2008	537.38	17.95%	合计	2993.70	100.00%

注：由于 2010 年、2012 年和 2014 年的西藏自治区数据的缺失，2010 年、2012 年和 2014 年经济损失来青海省防雷中心。

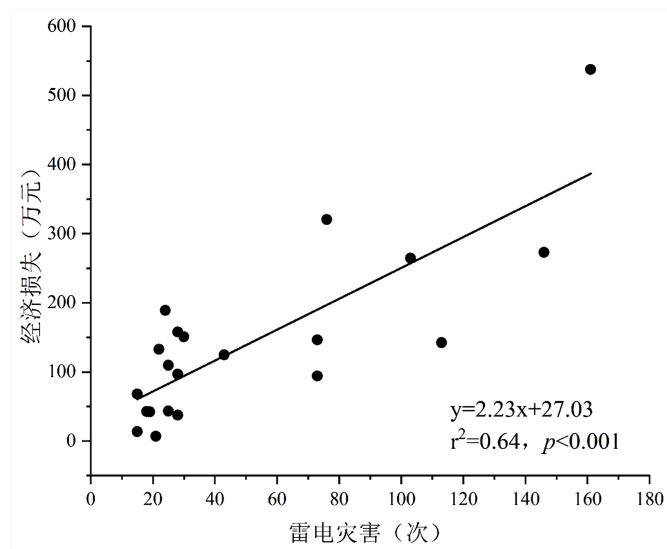


Figure 6. Relationship between lightning hazard and economic losses on the Tibetan Plateau during 1998~2018

图 6. 1998~2018 年青藏高原地区雷电灾害和伤亡人数之间的关系

5. 结论和讨论

1) 从 1998 年~2008 年之间，青藏高原雷电灾害平均为 76 起/年，而 2009~2018 年青藏高原的雷电灾害平均为 25 起/年，约为前十年的三分之一。这说明，近十年青藏高原的雷电灾害显著降低，因此，2008 年是青藏高原雷电灾害事故的转折点。这可能是因为，随着青藏高原的经济发展，防雷意识的增强，防雷设备的应用，使得近雷电灾害的发生频率显著降低[11]。

2) 青藏高原的雷电灾害的月动态分布呈现单峰分布，主要集中在夏季是青藏高原雷电灾害的多发季节，累计发生 903 起，占全部雷电灾害的 83%。而从 11 月到次年的 2 月未观测到雷电灾害的发生。青藏高原的属于典型的高原气候，夏季高温多雨，冬季寒冷干燥。夏季暖湿气流增加的背景下，形成对流天气，利于夏天的雷电天气，进一步导致了雷电灾害的频发[16]。

3) 青藏高原 1998~2018 年雷电灾害造成的伤亡人数共计 702 人，年均伤亡人数 33 人/年。青藏高原的雷电灾害每增加一次，伤亡人数增加 0.59 人。青藏高原地区因雷电灾害造成的经济损失为 2993.70 万元，年平均经济损失为 142.56 万元/年。青藏高原雷电灾害每增加一次，经济损失增加 2.23 万元。这说明，尽管青藏高原不是中国雷电灾害的重灾区[3]，但是青藏高原的雷电灾害仍造成了不可忽视的经济损失和人员伤亡。因此有必要加强青藏高原地区的雷电灾害防御等防灾减灾工作。

4) 雷电灾害造成了青藏高原的电力系统、房屋损害、计算机网络系统和广播通讯系统等造成了破坏。因此有必要根据青藏高原雷电灾害造成的危害，采取针对性的防御措施。首先，气象部门要定期组织开展防雷减灾的宣传教育活动，提高青藏高原当地居民的防雷意识。防雷宣传工作要进入牧区、社区、机

关、学校和厂矿企业，做到店面集合。由于青藏高原的牧区和牧民较多，因此，防雷宣传得通俗易懂。其次，推动和加强防雷基础设施的建设；再者，气象部门联合通讯部门、电力部门对电力电网工程、通讯工程进行规范性的防雷设计和施工，对家用、办公电器等设备的进行雷电监测和技术性防雷规范，减少因防护措施不到位引发的雷电灾害事故。在此过程中，尤其要根据雷电活动规律和历史同类灾害的成灾规律，确定重点防御雷电灾害的区域。再次，加强建筑物防雷设备的安全检查工作，建设符合防雷规范的住宅，减少因雷电灾害造成的经济损失。特别是将文物古迹、易燃易爆场所和人口密集区进行重点评估和检查。同时，气象部门要进一步加强和完善雷电监测预警工作，通过电视、广播、电话等信息传输手段，及时发布监测、预警信息，进而完善青藏高原的防雷预警体系。此外，需要加强防御雷电灾害的责任落实工作，坚持谁主管谁负责的原则，保证防御雷电灾害相关法律、法规的有效落实[17]。

基金项目

青海省雷电监测网定位精度和探测效率基础研究(2019-ZJ-7098)；青海省雷电实时定位监测服务平台(2019-ZJ-T03)。

参考文献

- [1] 陈渭民, 雷电学原理[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 1-2.
- [2] 朱涯, 鲁韦坤, 余凌翔, 等. 玉溪市雷电灾害风险区划研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(11): 159-164.
- [3] 李坤玉, 王秀荣. 2005-2012 年我国较重雷电灾害特征分析及服务探讨[J]. 防灾科技学院学报, 2014, 16(01): 75-80.
- [4] 陈柳彤, 龙爽, 俞海洋, 等. 河北省雷电灾害风险区划研究[J]. 灾害学, 2019, 34(3): 189-195.
- [5] 孙淑玲, 王羽飞, 江晓玲. 2008-2012 年吉林省雷电灾害特征分析[J]. 气象灾害防御, 2014, 21(3): 22-25+44.
- [6] 陈洁, 曹继军, 苏炳彦, 等. 2008-2016 年陕西省雷电灾害特征分析[J]. 陕西气象, 2019(4): 33-36.
- [7] 张春燕, 黄延刚, 陈易昕. 2008-2012 年广东省雷电灾害特征的分析[J]. 广东气象, 2015, 37(3): 63-65.
- [8] 刘雪涛, 谢屹然, 等. 2001-2017 年云南雷电灾害中人员伤亡特征[J]. 灾害学, 2019, 34(1): 128-134.
- [9] 史津梅, 许维俊, 等. 青海省东部农业区雷电灾害风险评估[J]. 冰川冻土, 2019, 41(6): 1359-1366.
- [10] 陈小艳, 康强, 植耀玲. 1998-2019 年南宁市雷电灾害特征分析[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(1): 21-25.
- [11] 多吉次仁, 德庆卓嘎, 等. 1998-2018 年西藏地区雷电灾害时空分布及灾害特征分析[J]. 高原科学研究, 2020, 4(3): 30-35.
- [12] 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 张懿铨. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J]. 地理学报, 2012, 67(1): 3-12.
- [13] Tippett, M.K., Allen, J.T., Gensini, V.A. and Brooks, H.E. (2015) Climate and Hazardous Convective Weather. *Current Climate Change Reports*, 1, 60-73. <https://doi.org/10.1007/s40641-015-0006-6>
- [14] Seeley, J.T. and Romps, D.M. (2015) The Effect of Global Warming on Severe Thunderstorms in the United States. *Journal of Climate*, 28, 2443-2458. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00382.1>
- [15] Etherington, T.R. and Perry, G.L.W. (2017) Spatially Adaptive Probabilistic Computation of a Sub-Kilometre Resolution Lightning Climatology for New Zealand. *Computers & Geosciences*, 98, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.09.010>
- [16] 许永彬, 格桑次仁, 陈勇. 拉萨市城区雷电特征与防护技术[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(10): 184-190+199.
- [17] 朱明, 潘杰丽, 黄仁升. 钦州市雷电灾害分析和防雷减灾对策[J]. 气象研究与应用, 2007(3): 64-66.