

王治邦,蔡永祥,罗少辉,等.青海省雷电灾害风险区划[J].陕西气象,2021(3):61-66.

文章编号:1006-4354(2021)03-0061-06

# 青海省雷电灾害风险区划

王治邦,蔡永祥,罗少辉,蔡忠周

(青海省气象灾害防御技术中心,西宁 810000)

**摘要:**依据自然灾害风险评估原理,结合气象统计数据、地理信息数据和社会经济数据,根据雷电灾害风险区划技术指南,利用归一化处理、百分位数法、熵值法、自然断点法等方法,开展了青海省雷电灾害风险区划。结果表明:(1)青海省闪电日数以 $2.2 \text{ d}/10 \text{ a}$ (1961—2017年)的速率减少,并且闪电天气多出现在夏季(6—8月),以午后居多。(2)全省平均初雷暴日为4月16日,最早初雷暴日为1月9日(1964年玛沁);平均终雷暴日为9月15日,最晚终雷暴日为11月28日(1986年囊谦)。(3)青海省年闪电日数的空间分布基本呈南多北少的纬向分布,雷电多发中心地带在青海南部地区的囊谦县、杂多县一带,以及祁连山附近地区。(4)雷电灾害的高风险区主要分布在青海省东部地区和南部地区,较低风险区主要位于柴达木盆地地区。本研究得出的雷电灾害风险区划结果可以在青海省气象防灾减灾工作中进行应用,为雷电灾害防御提供决策依据和技术基础。

**关键词:**雷电灾害;风险区划;闪电日数;GIS;青海

**中图分类号:**P429

**文献标识码:**A

雷电灾害泛指因雷击或雷电电磁脉冲入侵造成人员伤亡或物体受损、物体部分或全部功能丧失,酿成不良的社会和经济后果的灾害<sup>[1-2]</sup>,且随着全球气候的变暖,极端气候事件增多,影响越来越复杂,应对难度越来越大。雷电灾害已逐渐成为“最严重的十种自然灾害之一”<sup>[3]</sup>。在我国由此造成的间接经济损失则难以估计,产生的社会影响也越来越大<sup>[4]</sup>。青海省也是雷电灾害的多发区,开展雷电灾害风险区划以及评估方面的研究,是减少或避免雷电灾害带来的损失及人员伤亡的有效途径。气象灾害风险评估和区划是当前研究热点,开展雷电灾害风险评估的学者也比较多,前期学者们基于聚类分析<sup>[5]</sup>、层次分析模型<sup>[6]</sup>、GIS网格化<sup>[7]</sup>等方法对雷电灾害风险进行了区划和评估研究。IPCC在第五次评估报告(AR5)<sup>[8]</sup>中也提出了最新的风险计算公式,指出风险评估基础和先决条件是致灾因子的危险性、承灾体的脆弱

性、承灾体的暴露度。史培军<sup>[9]</sup>、刘家福等<sup>[10]</sup>和张继权等<sup>[11]</sup>通过对自然灾害的深入研究提出了自然灾害风险评估理论,与IPCC报告中给出的公式基本一致,这为雷电灾害风险评估和区划工作的开展提供了理论基础。

青海省深居内陆,远离海洋,地处青藏高原东北部,境内地形地貌复杂,天气气候条件恶劣,生态环境脆弱,复杂多样的天气状况和气候类型使得青海省成为全国气象灾害最严重的省份之一<sup>[12]</sup>。青海省夏季多强对流天气,雷电灾害频发,且随着人口增多和经济增长,雷电灾害带来的风险也越来越高。雷电监测和评估工作已经远远不能满足当前的服务需求,需加强雷电灾害的风险区划和评估研究,尤其是目前青海雷电灾害风险区划和评估方面的研究工作还较少。本文主要基于自然灾害风险评估理论,并利用GIS等工具,对青海省雷电灾害的风险进行区划和评估,为

**收稿日期:**2021-01-06

**作者简介:**王治邦(1971—),男,青海湟中人,汉族,学士,副高级工程师,主要从事雷电科学与技术研究工作。

**通信作者:**蔡忠周(1979—),男,青海互助人,汉族,硕士,副高级工程师,主要从事雷电科学与防御研究工作。

**基金项目:**青海省科技厅基本科研业务费专项经费支持项目(QFZ-2020-ZL12)

该省的雷电灾害防御提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究区概况

青海省位于中国西部,青藏高原东北部,东西长约 1 200 km,南北宽约 800 km,总面积为 72.23 万 km<sup>2</sup>,介于东经 89°35′~103°04′,北纬 31°40′~39°19′之间,全省的平均海拔高度在 3 000 m 以上,地势特征总体呈现出西高东低,南北高中部低的态势(见图 1)。

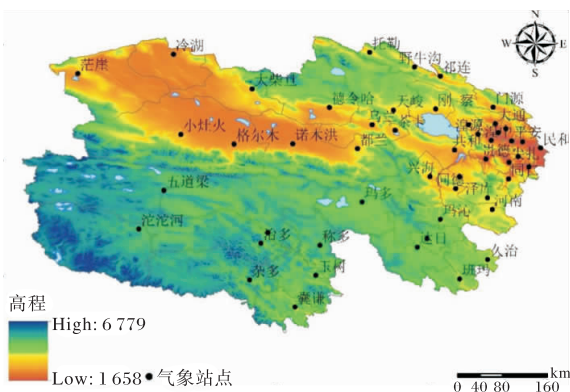


图 1 青海省高程图

### 1.2 数据来源

(1)气象数据:气象数据为青海省 43 个国家基本站 1961—2017 年闪电日数,数据源自青海省气象信息中心。

(2)地理信息数据:地理信息数据为国家气象信息中心下发的 1:50 000 GIS 地图中提取的地形高程和行政区划等基础地理信息数据。

(3)社会经济数据:社会经济数据为青海各州(市)、县、乡镇的国土面积、GDP 状况及人口数量等,数据来源于《中国县域统计年鉴·2018(乡镇卷)》<sup>[13]</sup>。

### 1.3 研究方法

结合青海省雷电灾害影响的实际情况,选择地闪密度、地闪强度、海拔高度、土壤电导率、地形起伏作为致灾因子评估指标;选取人口密度、GDP 密度作为承灾体的评估指标;选取生命损失指数、经济损失指数、防护能力指数作为承灾体暴露度评估指标。首先对各指标进行归一化处理以消除各指标之间的量纲差异<sup>[14]</sup>。对于雷电灾害的危险性、暴露性和脆弱性所包含的各个指标归

一化计算公式为

$$D_{ij} = 0.5 + 0.5 \times \frac{A_{ij} - A_{\min i}}{A_{\max i} - A_{\min i}} \quad (1)$$

$D_{ij}$  是  $j$  站点第  $i$  个指标的归一化值; $A_{ij}$  是  $j$  站点第  $i$  个指标值; $A_{\min i}$  和  $A_{\max i}$  分别代表的是第  $i$  个指标值里的最小值和最大值。

采用专家打分法以及层次分析法<sup>[15-16]</sup>确定雷电灾害风险评估指标以及致灾因子危险性、承灾体暴露度、承灾体脆弱性等权重。

根据自然灾害风险评估原理及评价指标体系,利用加权综合评价法,建立雷电灾害风险指数模型,计算公式为

$$LDRI = (RH^{\omega h}) \times (RE^{\omega e} \times RF^{\omega f}) \quad (3)$$

式中: $LDRI$  为雷电灾害风险评估的综合指数,用来表示雷电灾害风险的程度, $LDRI$  越大,表明该区域雷电灾害风险的程度就越大; $RH$ 、 $RE$ 、 $RF$  的值分别表示雷电灾害风险指数的致灾因子危险性、承灾体暴露度、承灾体脆弱性, $\omega h$ 、 $\omega e$ 、 $\omega f$  是各评价因子的权重。

## 2 结果分析

### 2.1 雷电灾害时空分布特征

从 1961—2017 年青海省年平均闪电日数的年际变化曲线(见图 2),可以看出,年平均闪电日数随时间变化呈明显减少的趋势,平均每 10 a 减少约 2.2 d。青海省年平均闪电日数年际变化大致可以分为两个主要的阶段,1960—2013 年(人工观测雷暴时期)为相对多雷时期,年平均闪电日数达到 62.0 d。由于 2014—2017 年(闪电监测网监测时期)取消了人工观测闪电日数,采用闪电监测网监测闪电日数,年平均闪电日数逐年增加,达到 70.2 d,两个阶段年平均闪电日数相差 8.2 d。青海省闪电天气多出现于春、夏、秋三季,以夏季(6—8 月)最多。雷电灾害的日变化,春季以夜间居多,夏季和秋季以午后居多。青海省 1—12 月各月平均闪电日数的变化呈单峰型,峰值出现在 8 月;1—8 月闪电日数随时间逐渐递增,8 月达到峰值;9—12 月闪电日数表现为逐月减少。全年 8 月的闪电日数最多,平均为 10.1 d,约占全年闪电日数的 69.1%。其中全省平均初雷暴日为 4 月 16 日,最早初雷暴日为 1 月 9 日(1964 年玛

沁);平均终雷暴日为9月15日,最晚终雷暴日为11月28日(1986 囊谦)。11月一次年2月,

除个别年份个别站发生过雷电外,基本上无雷电发生。

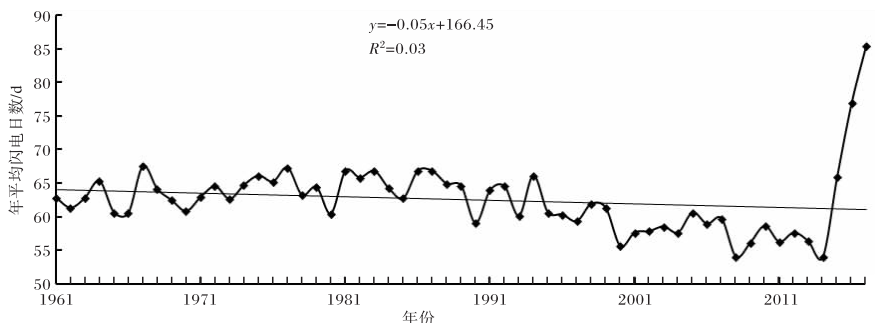


图2 1961—2017年青海省闪电日数年际变化

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343—2012规定,将年平均雷暴日数在25 d及以下的地区定义为少雷区;大于25 d,不超过40 d的地区定义为中雷区;大于40 d,不超过90 d的地区定义为多雷区;超过90 d的地区定义为强雷区。利用青海省各气象站1961—2017年年均闪电日数统计分析青海省雷电的空间分布(见图3),表明青海省年雷电日数的空间分布基本呈南多北少的纬向分布,但祁连山附近地区存在一个50~60 d的高值区。雷电多发中心地带在青海

南部地区的囊谦县、杂多县一带,年均闪电日数在110 d左右,其中杂多县年均闪电日数达118.9 d,属于强雷区;另一中心在祁连山附近地区、其中包括门源、刚察、大通、互助等地,年均闪电日数在70~80 d之间,属于多雷区;柴达木盆地是青海雷电最少的地区,年均闪电日数在10 d以下,其中大柴旦、茫崖、诺木洪、冷湖、小灶火等地少于8 d,属于少雷区。东部农业区的黄河、湟水谷地也是一个低值中心,年均闪电日数在40~50 d之间。

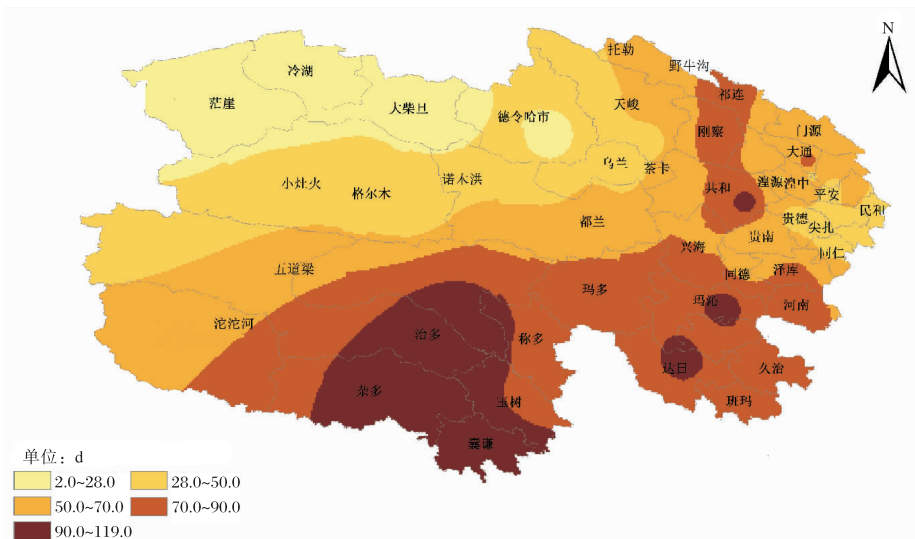


图3 1961—2017年青海省闪电日数空间分布

### 2.2 雷电灾害风险区划

根据雷电灾害风险综合评估模型,计算雷电灾害综合风险指数大小。采用自然断点法<sup>[15]</sup>将雷电灾害风险划分为5个等级区,分别为低风险

区、较低风险区、中等风险区、较高风险区、高风险区(见图4)。从图4可以看出,雷电灾害的高风险区主要分布在青海省东部的西宁、大通、互助、湟源、湟中、刚察、门源、共和,以及青海南部地区

的囊谦、河南、泽库、兴海等区域,这些区域的致灾因子危险性高,同时人口密度大、孕灾环境敏感性高,地均 GDP 高,建筑设施多且密集,易发生雷电灾害;较高风险区主要分布在青海省东南部地区的班玛、久治、达日、杂多、治多、曲麻莱、同德、贵南、循化、民和、平安、尖扎、贵德等地,这些区域致灾因子危险性高,承灾体脆弱性较高,孕灾环境为中等脆弱区;中等风险区主要分布在祁连、野牛沟、同仁、玛沁、玛多、玉树、称多、天峻、茶卡、德令

哈等地,这些区域致灾因子危险性处于较高风险区,承灾体暴露性属于中等暴露区,孕灾环境处于中等风险区;较低和低风险区主要分布在青海省西部的乌兰、都兰、格尔木、小灶火、茫崖、冷湖、大柴旦、诺木洪、五道梁、沱沱河、托勒等地,这些区域致灾因子危险性低,历史上出现雷暴次数及闪电日数较少,同时该地区人烟稀少,且大部分都属于无人区,承灾体暴露性低,发生雷电灾害的风险也较低。

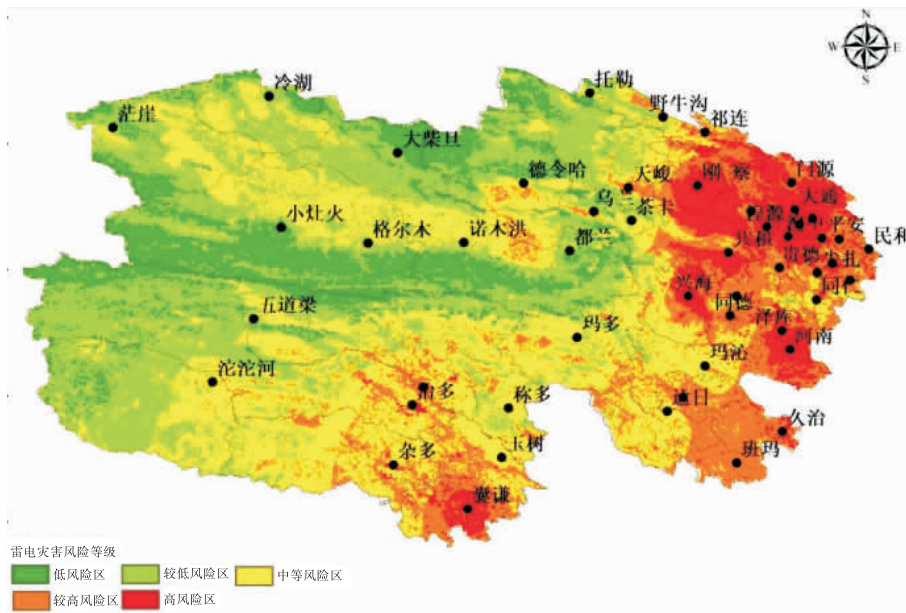


图4 青海省雷电灾害风险区划

### 2.3 雷电灾害防御措施

根据全省雷电灾害风险区划情况,将其对应的雷电防范等级划分为五级,根据雷电防范等级相应地开展雷电防护工程建设、防雷安全监督检查、安装雷电预报预警信息接收系统、开展雷电灾害防御宣传教育活动等工作。

青海省雷电灾害风险重点防御区主要包括青海省东部和南部地区。其中东部地区人口密度大,应加强上述地区的易燃易爆场所、化工场所、人口密集场所的防御雷电措施;青海南部地区重点要加强防灾抗灾能力较差的农村和牧区雷电防御工作,雷电灾害容易造成人员伤亡,应加强防御雷电措施和防雷知识宣传工作。该区域应采取一级防范措施。处于该区域的易燃易爆、矿区、旅游景区等建设工程和场所每年应对其开展至少一次

防雷安全监督检查;对重点单位应每隔3~5年进行一次雷电灾害风险评估;区域内的工矿企业、人员密集场所应安装雷电预报预警信息接收系统,每年开展防雷安全生产技术培训和雷电灾害防御宣传教育活动不少于3次,设置应急避险场所。健全防雷安全管理制度。处于该区域内的易燃易爆场所滚球半径为30m时按照一类建筑物进行防护,滚球半径为45m时按照二类建筑物进行防护,滚球半径为60m时按照三类建筑物进行防护。

雷电次重点防御区主要包括较高风险区和中等风险区,主要分布在青海省的南部和北部地区,本区域主要经济活动为牧业生产。该区域应采取二级防范措施。处于该区域的易燃易爆、矿区、旅游景区等建设工程和场所每年应对其开展至少一

次防雷安全监督检查;区域内的工矿企业、人员密集场所应安装雷电预报预警信息接收系统,每年开展防雷安全生产技术培训和雷电灾害防御宣传教育活动不少于2次,设置应急避险场所。处于该区域内的易燃易爆场所滚球半径为30 m时按照一类建筑物进行防护,滚球半径为45 m时按照二类建筑物进行防护,滚球半径为60 m时按照三类建筑物进行防护。

雷电灾害一般防御区主要为较低风险区和低风险区,主要分布在青海省西部地区,该区域雷电发生次数少,且人口稀少、经济欠发达,雷电灾害造成的损失相对较轻。该区域应采取三级防范措施。处于该区域的易燃易爆、矿区、旅游景区等建设工程和场所每两年应对其开展至少一次防雷安全监督检查;区域内的工矿企业、人员密集场所应安装雷电预报预警信息接收系统,每年开展防雷安全生产技术培训和雷电灾害防御宣传教育活动不少于1次,设置应急避险场所。

### 3 结论与讨论

根据自然灾害风险评估原理,结合致灾因子危险性,孕灾环境脆弱性、承灾体暴露性,构建了青海省雷电灾害的风险评估模型,并基于GIS的空间分析功能开展了雷电灾害的风险评估和区划,得出结论如下。

(1)青海省年平均闪电日数随时间变化呈明显减少趋势,减少速率为2.2 d/10 a。雷电日数以夏季(6—8月)居多,且多出现在午后。

(2)平均初雷暴日为4月16日,最早初雷暴日为1月9日(1964年玛沁);平均终雷暴日为9月15日,最晚终雷暴日为11月28日(1986年囊谦)。

(3)青海省多雷暴区分布在三江源地区大部分地区、青海高原东北部大部分地区,两个高值中心在玉树州的杂多县和海南州的共和县,而柴达木盆地均为雷暴低发区。

(4)雷电灾害的高风险区主要分布在青海省东部以及青海南部地区,包括西宁、大通、互助、湟源、湟中、刚察、门源、共和、囊谦、河南、泽库、兴海等地,这些区域的致灾因子危险性高,同时人口密度大、孕灾环境敏感性高,地均GDP高,建筑设施

多且密集,易发生雷电灾害。

(5)雷电灾害风险较低和低风险区主要分布在青海省的西部地区,主要包括乌兰、都兰、格尔木、小灶火、茫崖、冷湖、大柴旦、诺木洪、五道梁、沱沱河、托勒等地,这些区域致灾因子危险性低,历史上出现雷暴次数及闪电日数较少,同时该地区人烟稀少,且大部分都属于无人区,承灾体暴露性低,发生雷电灾害的风险也较低。

(6)本文中用到的闪电监测网数据只有2014—2017年4年的数据,但从这4a的数据可以看出,闪电日数在快速增长,这可能与闪电监测网的高灵敏度有关。同时,有研究显示,闪电监测网能捕捉到附近飞机、火车等经过时产生的电磁信号,并且记录为雷电信号。关于这方面会在后续进行研究。

本研究得出的雷电灾害风险区划结果可以在青海省气象防灾减灾工作中进行应用,为雷电灾害防御提供决策依据和技术基础。

### 参考文献:

- [1] 马明,吕伟涛,张义军,等. 1997—2006年我国雷电灾情特征[J]. 应用气象学报, 2008, 19(4): 393—400.
- [2] 钱慕晖,李京校,李如箭,等. 2005—2014年北京市雷电灾害特征分析[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(4): 126—131.
- [3] 严春银,吴高学,朱建豪. 区域雷灾易损性及其区划的实证分析[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(1): 17—21.
- [4] 刘佼,肖稳安,陈红兵. 全国雷电灾害分析及雷灾经济损失预测[J]. 气象与环境科学, 2010, 33(4): 21—26.
- [5] 高焱,蒙小亮,劳小青. 基于聚类分析的海南岛雷电灾害易损度风险区划[J]. 自然灾害学报, 2013, 22(1): 175—182.
- [6] 袁湘玲,纪华,程琳. 基于层次分析模型的黑龙江省雷电灾害风险区划[J]. 暴雨灾害, 2010, 29(3): 279—283.
- [7] 张烨方,冯真祯,王颖波,等. 基于GIS的网格化雷电灾害风险评估模型及其应用[J]. 气象科技, 2016, 44(1): 142—147.

- [8] IPCC WG II. The contribution to the IPCC's fifth assessment report (WGII AR5) [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [9] 史培军. 四论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 1-7.
- [10] 刘家福, 李京, 梁雨华, 等. 亚洲典型区域暴雨洪灾风险评价研究[J]. 地理科学, 2011, 31(10): 1266-1271.
- [11] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- [12] 罗生洲, 汪青春, 戴升. 青海省气象灾害的若干气候特征分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(6): 1380-1387.
- [13] 国家统计局农村社会经济调查司编. 中国县域统计年鉴. 2018(乡镇卷)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. 05.
- [14] 李美娟, 陈国宏, 陈衍泰. 综合评价中指标标准化方法研究[J]. 中国管理科学, 2004, 12(10): 45-48.
- [15] 全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会. 雷电灾害风险区划技术指南: QX/T 405-2017[S]. 北京: 气象出版社, 2017: 7-9.
- [16] 吴量, 向清才, 陆庆. 基于综合评价法的河池市雷电灾害风险区划[J]. 陕西气象, 2019(6): 24-29.
- [17] 陈洁, 苏炳彦. 基于聚类法的陕西省雷电灾害风险区划[J]. 陕西气象, 2015(增刊): 4-6.