

内蒙古暴风雪变化特征及其风险概率研究

王学强

(锡林郭勒盟气象局, 锡林浩特市, 026000)

摘要:利用内蒙古锡林郭勒盟 1964—2020 年 15 个国家气象站逐日吹雪和雪暴的常规观测资料,对锡林郭勒盟暴风雪日数的时空分布进行分析,并运用信息扩散理论对发生不同暴风雪日数的概率风险进行估计。结果表明:(1)近 60 年来,锡林郭勒盟年平均暴风雪日数显著增加,倾向值为 0.23 d/10 a;20 世纪 60 年代初期开始至 70 年代前期呈较弱的上升趋势,70 年代中期开始至 2000 年呈下降趋势,2000—2010 年年平均暴风雪日数变化不明显,直到 2011 年以来又有明显的上升趋势。(2)锡林郭勒盟暴风雪空间分布总体呈现南多北少的特征。锡林郭勒盟西部年平均暴风雪日数明显增加,东北部及中部年平均暴风雪日数增加不显著,南部地区年平均暴风雪日数变化不大。(3)锡林郭勒盟南部地区为暴风雪风险高值区,中部及西北部为风险低值区。锡林郭勒盟暴风雪日数在 0~4 d 时发生的风险概率最大,但超过 10 d 后暴风雪发生的概率很小。暴风雪日数在 4 d 时中部发生频率为每 8.3 a 一遇,西北部为每 5.1 a 一遇,东北部为每 5.3 a 一遇,南部地区为每 5 a 一遇,暴风雪日数大于 10 d 发生概率非常小,发生频率为大约每 20~70 a 一遇,(4)南部地区较多的降雪和大风日数使得暴风雪天气发生的概率较其余地区偏大;地形和下垫面对暴风雪的发生也有一定的影响,容易形成暴风雪天气。

关键词:信息扩散理论 风险概率 暴风雪 锡林郭勒盟

0 引言

暴风雪是一种强风雪寒潮天气过程,俗称白毛风,其特点是伴随出现大风、强降温、低能见度等天气现象。锡林郭勒盟以草原植被为基本类型,畜牧业经济为主体,是我国四大草原之一的内蒙古草原的主要天然草场。暴风雪灾害对草原牧业影响最明显的灾害之一,对畜牧业生产危害非常大,直接造成牲畜伤亡,给牧民的生产、生活造成很大的困扰,不仅牲畜不能出牧,人也很难出行,这个过程中,有些牲畜会走失甚至被冻死。可见,暴风雪对锡林郭勒盟草原牧区危害非常严重的一种气象灾害,也一直被很多学者关注。例如,孟雪峰等^[1-2]对暴风雪天气个例从成因及机理方面进行了深入的分析。王文辉等^[3]对锡林郭勒盟的大(暴)雪的天气形势及物理量进行了全面的分析;宫德吉等^[4]对内蒙古近 60 年来的暴风雪天气进行了深入的分析。

随着灾害天气研究的深入,许多学者基于信息扩散理论对自然灾害风险及区

资助项目:锡盟科技创新项目(xmqxjkyxm201907);内蒙古引导创新基金(nmqxydcx202213)

作者简介:王学强,男,内蒙古锡林浩特人,高级工程师,2011 年在兰州大学获硕士学位,现从事天气预报工作与研究. Email: wxq13847906615@163.com.

划进行了研究。黄崇福^[5]研究了基于信息扩散理论的灾害风险评估方法。张继权等^[6-16]多位学者研究并提出灾害风险指数法。张丽娟等^[17]基于信息扩散理论方法得出发生不同大风日数的概率风险估计值。温家洪等^[18]根据台风和引发的暴雨洪涝历史灾情、自然环境和社会经济风险要素资料,进行了台风风险评估研究。本文主要利用锡林郭勒盟近 60 年 15 个气象站逐日吹雪和雪暴的常规观测资料,分析研究锡林郭勒盟暴风雪的变化特征及规律,并基于信息扩散理论揭示其发生的风险概率,对地方经济发展和防灾减灾有很好的指导意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源及研究区域区划

本文研究所需的资料为锡林郭勒盟近 60 年 15 个国家气象站逐日吹雪和雪暴的常规观测资料,研究的区域范围为 111~120° E, 41~47° N; 本文研究的时段确定为 1964—2020 年冬季(12 月—翌年 2 月)。气象日界为 20:00(北京时),如某一次雪暴或吹雪跨越 20:00,按两个暴风雪日数计算,2013 年以前一日天气现象中记雪暴或吹雪为一个暴风雪日。由于 2013 年之后停止暴风雪天气现象的地面观测,所以 2013 年后本文根据吹雪和雪暴定义来统计暴风雪日数,刘志刚^[19]等对吹雪定义:地面有积雪时,由于风大,将地面积雪刮起,造成能见度时好时坏。一般发生于野外,能见度在 1000~10000 m 之间,风速大于 8.0 m·s⁻¹;雪暴定义:能见度在 1000 m 以下,风速大于 10.7 m·s⁻¹,伴有少量降雪或无降雪。根据锡林郭勒盟地形将其分为东北部、中部、西部、南部 4 个区域,各区域包含的旗、县(市)见表 1。东北部选取西乌珠穆沁旗为代表,中部选取锡林浩特市为代表,西部选取苏尼特右旗为代表,南部选取多伦县为代表。

表 1 锡林郭勒盟区域划分及研究区域所选取的代表旗、县(市)

区域	旗、县(市)	锡林郭勒盟研究区域所选取的代表旗、县(市)
东北部	东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、乌拉盖	西乌珠穆沁旗
中部	阿巴嘎旗、锡林浩特市、那仁宝力格	锡林浩特市
西部	二连浩特市、苏尼特左旗、苏尼特右旗、朱日和	苏尼特右旗
南部	镶黄旗、正镶白旗、太仆寺旗、正蓝旗、多伦县	多伦县

1.2 研究方法

1.2.1 线性倾向估计

用 x_{it} 表示样本量为 m 的某一变量,用 t 表示 x_{it} 所对应的时间,建立 x_{it} 与 t 之间的一元线性回归: $x_{it} = a + bt_{it}$, 式中, a 为回归常数, b 为回归系数。 b 值则反映了升降的速率,即表示升降的倾向度。

1.2.2 信息扩散理论

对于暴风雪灾害风险的研究,过去主要侧重于传统数据资料的统计分析风险,对大区域小样本数据进行风险评估存在大量的不确定性和模糊性。信息扩散理论是对样本值进行集值化处理以弥补样本不足导致风险评估不确定性的主要方法,主要适用于研究区域较大,而样本数据较少的风险评估,进而建立暴风雪风险概率图。它可以将单值样本变成集值样本,可以用来评估灾害风险概率。设研究气象指标论域为:

$$X=\{x_1, x_2, \cdots, x_m\} \quad (1)$$

样本点落在 x_j 处的频率值,可作为概率的估计值。超越 x_j 的概率值 $P(x_j)$ 就是所要求的超越概率风险估计值。具体方法根据张丽娟等^[20]提出的信息扩散理论方法。

2 结果与分析

2.1 暴风雪时空分布

由图 1 可知,锡林郭勒盟近 60 年间平均暴风雪日数年际变化整体呈上升的趋势,但有一定的波动性,年平均暴风雪日数最小值出现在 1979 年和 2011 年(0.2 d),最大值出现在 2017 年(11.5 d)。由此说明,锡林郭勒盟年平均暴风雪日数年际变化非常大。20 世纪 60 年代初期至 70 年代前期呈较弱的上升趋势,70 年代中期至 2000 年呈下降趋势。2000—2010 年年平均暴风雪日数变化不明显,直到 2011 年以来又有明显的上升趋势。锡林郭勒盟年平均暴风雪日数呈现上升趋势通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,年平均上升率为 0.23 d/10 a,除锡林浩特市、西乌珠穆沁旗、多伦县代表站未通过显著性检验外,苏尼特右旗代表站的变化趋势与锡林郭勒盟年平均暴风雪日数的变化趋势基本一致,呈上升趋势,都通过显著性检验(表 2)。

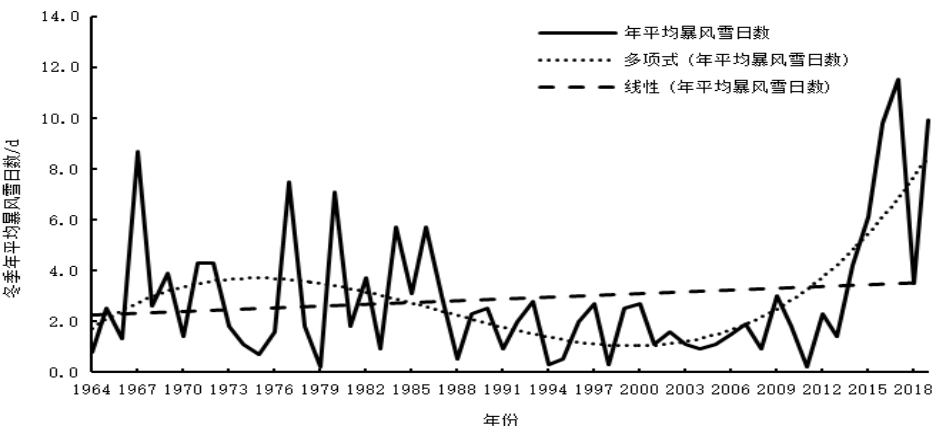


图 1 锡林郭勒盟冬季平均暴风雪日数年际序列及变化趋势

表 2 各区域年平均暴风雪日数线性拟合方程及相关系数

研究区域	线性拟合方程	倾向值	相关系数
锡林郭勒盟	$y = 0.023x + 2.222$	0.023	1.19*
锡林浩特市	$y = 0.052x - 0.434$	0.052	-0.101
西乌珠穆沁旗	$y = 0.074x + 0.437$	0.074	-0.201
苏尼特右旗	$y = 0.024x + 1.022$	0.024	0.735*
多伦县	$y = -0.003x + 2.409$	-0.003	0.515

注：*代表通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验

从图 2 可知，锡林郭勒盟暴风雪空间分布总体呈现南多北少的特征。高值区主要分布在南部地区，西北部及中部地区发生暴风雪の日数最少，其中正镶白旗为最大值，近 60 年共有 463 d 出现暴风雪天气；暴风雪日数最少出现在锡林浩特市，近 60 年仅有 60 d 暴风雪天气。

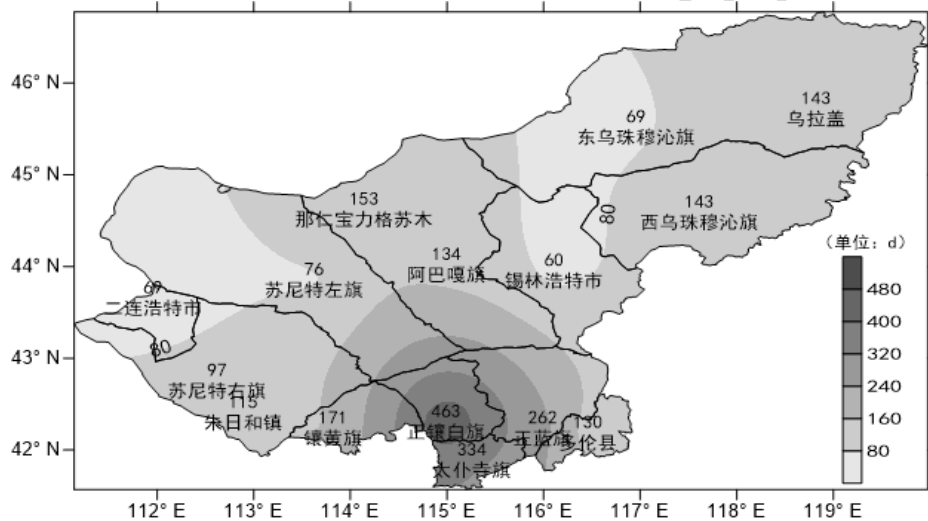


图 2 锡林郭勒盟 1964—2020 年暴风雪日数空间分布

2.2 基于信息扩散理论的暴风雪风险研究

2.2.1 暴风雪日数风险概率分析

根据信息扩散理论，选取 1964—2020 年各站暴风雪日数作为样本，从 0~24 d 之间每间隔 2 d 选取一个控制点，共 13 个控制点。从图 3a 可知，4 个代表站的暴风雪日数均在 0~4 d 的值域上所占的比例最大，风险概率值都在 0.61~0.88 之间，其中锡林浩特市发生的风险概率值最高，概率为 0.89，其次为苏尼特右旗、西乌珠穆沁旗、多伦县。发生暴风雪 4 d 的风险概率锡林浩特市为每 8.3 a 一遇，苏尼特右旗为 5.1 a 一遇，西乌珠穆沁旗为 5.3 a 一遇，多伦县为 5 a 一遇。4 个代表站的暴风雪日数概率值均在 10 d 之后的值域上非常小，其中锡林浩特市发生的风险概率值最小，为 0.014，其次为苏尼特右旗、西乌珠穆沁旗、多伦县。超越概率曲线则反映暴风雪风险的变化趋势及范围，坡度的陡缓反映灾

害离散性的大小。从图 3b 可知，4 个代表站的曲线坡度都比较陡，表明 4 个代表站暴风雪风险的离散性较小，锡林浩特市、苏尼特右旗暴风雪日数都在 14 d 时，超越概率曲线基本与横坐标重合，表明暴风雪日数超过 14 d 的发生概率很小，而西乌珠穆沁旗、多伦县暴风雪日数超过 18 d 的发生概率很小。

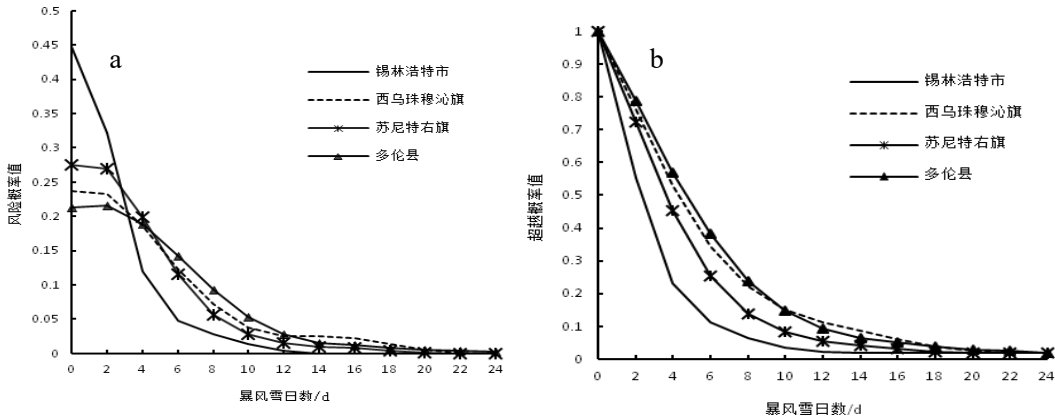


图 3 锡林郭勒盟代表站暴风雪日数风险概率曲线 a 和超越概率曲线 b

2.2.2 暴风雪日数风险空间分布

通过信息扩散理论对锡林郭勒盟暴风雪日数进行风险概率值计算，将暴风雪日数分为 2 个等级，分别为 0~4 d 和 5~10 d，并绘制概率风险分布（图 4）。从图 4a 看出，在 0~4 d 等级，北部地区的暴风雪出现概率明显高于南部地区，且高值中心位于西北部和中部（风险值 0.9）一带。随着暴风雪日数的增加，暴风雪出现的概率也随之减小，在暴风雪日数第二个级别的区域分布情况与第一级别恰好相反，北部地区的暴风雪出现的概率低于南部地区，与暴风雪日数的分布基本一致，高值中心位于南部地区的正镶白旗，风险概率值达到 0.36。

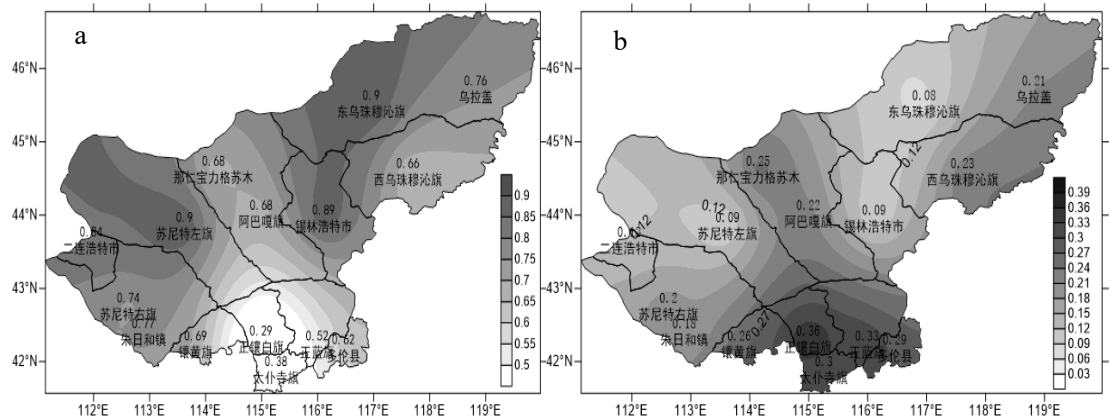


图 4 锡林郭勒盟暴风雪日数分级风险空间分布图 a 为 0~4d，图 b 为 5~10d

东北部地区的近 60 年平均降雪日数都在 30 d 以上，明显高于其余地区（图略）；另一方面是冬季南部地区大风日数较多，从近 60 年冬季平均大风日数空间分布来看（如图 5），南部地区的大风日数明显多于北部地区。即南部地区较多的降雪和大风日数使得暴风雪天气发生的概率较其余地区大；另外，地形和下垫面对

暴风雪的发生也有一定的影响。锡林郭勒盟的气候受地形影响较大，西北低、东南高的倾斜型地貌使西北部地形的“V”型缺口，又处于气旋发展的西风带中，使得锡林郭勒盟地区风力较大；同时由于阴山山脉余脉和大兴安岭边缘迎风坡的地形辐合抬升作用，使南部地区降雪量偏大，容易形成暴风雪天气，这与南部地区暴风雪发生的风险概率大的结论也是非常一致。

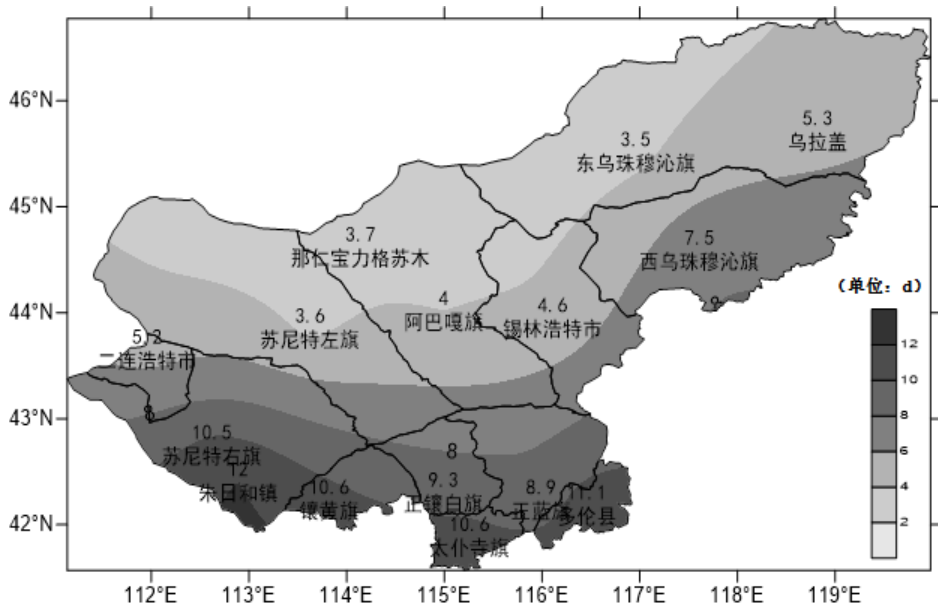


图 5 锡林郭勒盟 1964—2020 年冬季平均大风日数空间分布

3 结论

(1) 锡林郭勒盟近 60 年间平均暴风雪日数年际变化整体呈上升的趋势，但有一定的波动性，年际变化非常大。除锡林郭勒盟及苏尼特右旗年平均暴风雪日数呈上升趋势通过显著性检验外，其余 3 个代表站都未通过显著性检验。20 世纪 60 年代初期开始至 70 年代前期呈较弱的上升趋势，70 年代中期开始至 2000 年呈下降趋势。2000—2010 年年平均暴风雪日数变化不明显，直到 2010 年以来又有明显的上升趋势。锡林郭勒盟暴风雪日数空间分布总体呈现南多北少的特征，南部地区发生的暴风雪日数高于北部地区。

(2) 根据信息扩散理论，锡林郭勒盟 4 个代表站的暴风雪日数均在 0~4 d 的值域上所占的比例最大，锡林浩特市发生的风险概率值最高，其次为苏尼特右旗、西乌珠穆沁旗、多伦县；在 10 d 之后的值域上概率值都非常小，锡林浩特市发生的风险概率值最小，其次为苏尼特右旗、西乌珠穆沁旗、多伦县。4 个代表站的超越概率曲线坡度较陡，暴风雪风险的离散性都较小。锡林浩特市、苏尼特右旗暴风雪日数都在 14 d 时，超越概率曲线基本与横坐标重合，表明暴风雪日数超过 14 d 的发生概率很小，而西乌珠穆沁旗、多伦县暴风雪日数超过 18 d 的发生概率很小。

(3)从暴风雪灾害风险空间分布来看,在第一级别中,北部地区的暴风雪出现概率明显高于南部地区,且高值中心位于西北部和中部一带。随着暴风雪日数的增加,暴风雪出现的概率也随之减小,第二个级别的暴风雪风险区域与第一等级的风险区域恰好相反,北部地区的暴风雪出现的概率低于南部地区,与暴风雪日数的分布基本一致,高值中心位于南部地区。

(4)南部地区较多的降雪和大风日数使得暴风雪天气发生的概率较其余地区偏大;地形和下垫面对暴风雪的发生也有一定的影响,使南部地区降雪量偏大,容易形成暴风雪天气。

参考文献(References):

- [1]孟雪峰,孙永刚,王式功,等. 2010年1月3日致灾暴风雪天气成因分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2010, 46(6):46-53.
- [2]孟雪峰,孙永刚,姜艳丰. 内蒙古东北部一次致灾大到暴雪天气分析[J]. 气象, 2012, 38(7):877-883.
- [3]王文辉,徐祥德. 锡林郭勒盟大雪和“77·10”暴雪分析[J]. 气象学报, 1979, 37(3):80-86.
- [4]宫德吉,李彰俊. 内蒙古暴风雪灾害及其形成过程研究[J]. 气象, 2001, 27(8):19-24.
- [5]黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践[M]. 北京:科学出版社, 2005.
- [6]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.
- [7]尹义星,许有鹏,陈莹. 基于复杂性测度的中国洪灾受灾面积变化研究[J]. 地理科学, 2008, 28(1):241-246.
- [8]刘会玉,林振山,张明阳. 建国以来中国洪涝灾害成灾面积变化的小波分析[J]. 地理科学, 2005, 25(1):43-46.
- [9]马树庆,裴祝香,王琪. 中国东北地区玉米低温冷害风险评估研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3):137-141.
- [10]张会,张继权,韩俊山. 基于GIS技术的洪涝灾害风险评估与区划研究:以辽河中下游地区为例[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6):141-146.
- [11]周成虎,万庆,黄诗峰,等. 基于GIS的洪水灾害风险区划研究[J]. 地理学报, 2000, 55(1):30-37.
- [12]刘晓清,赵景波,于学峰. 清代泾河中游地区洪涝灾害研究[J]. 地理科学, 2007, 27(3):445-448.
- [13]解明恩,程建刚. 云南气象灾害特征及成因分析[J]. 地理科学, 2004, 24(6):721-726.
- [14]尹义星,许有鹏,陈莹. 基于复杂性测度的中国洪灾受灾面积变化研究[J]. 地理科学, 2008, 28(2):241-246.
- [15]金菊良,张礼兵,魏一鸣. 基于遗传算法的理想区间法在洪水灾情评价中的应用[J]. 地理科学, 2004, 24(5):586-590.
- [16]胡蓓蓓,姜衍祥,周俊,等. 天津市滨海地区地面沉降灾害风险评估与区划[J]. 地理科学, 2008, 28(5):693-697.
- [17]张丽娟,陈红,高玉宏. 黑龙江省大风分布特征及风险区划研究[J]. 地理科学进展, 2011,

30(7):899-905.

[18]温家洪, 黄蕙, 陈珂, 等. 基于社区的台风灾害概率风险评估: 以上海市杨浦区富禄里居委地区为例[J]. 地理科学, 2012, 32(3):348-355.

[19]刘志刚, 王英舜, 等. 内蒙古锡林郭勒盟牧业气候区划[M]. 北京: 气象出版社, 2006;36-37.

[20]张丽娟, 李文亮, 张冬有. 基于信息扩散理论的气象灾害风险评估方法[J]. 地理科学, 2009, 29(2):250-254.

2022年气候预测与气候应用技术论坛