

近 51 a 青藏高原雪灾时空分布特征

张涛涛, 延军平, 廖光明, 安华

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 选取青藏高原地区 62 个气象站点 1961—2011 年(普兰、改则为 1973—2011 年)逐日、逐月气温和降水量等气象资料, 利用统计方法和空间 Kriging 插值方法研究青藏高原地区雪灾时间发生趋势和空间分布特征。结果表明, 青藏高原近 51 a 雪灾频次呈增长趋势, 雪灾发生站次不断增多, 尤其是 90 年代以来增加趋势更为显著; 初春为雪灾多发季节, 前冬其次, 后冬最少; 雪灾发生频次空间分布很不均匀, 雪灾发生较多区域, 轻、中、重度雪灾都频繁发生, 这些地区主要位于高原中部和高原东南部边缘。

关键词: 青藏高原; 雪灾; 雪灾频次; 雪灾等级

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0242-04

中图分类号: P964

Spatiotemporal Distribution of Snow Disaster on Tibetan Plateau in Recent 51 Years

ZHANG Tao-tao, YAN Jun-ping, LIAO Guang-ming, AN Hua

(College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: Based on the meteorological data of temperature and precipitation at 62 stations on the Tibetan Plateau from 1961 to 2008 (date for the Pulan and Gaize Stations is from 1973 to 2011), the trend of snow disaster and its spatial characteristics were analyzed by using statistics and Kriging spatial analysis method. Results show that in the recent 51 years, the average of annual snow disasters increased and the number of station at which snow disaster occurred grew, especially after 1990. Snow disaster emerged mostly in early spring, secondly in former winter, and least in latter winter. The spatial distribution of snow disaster was uneven. Snow disaster occurred more frequently in the central plateau and southeastern plateau edge, in which higher frequencies of mild, moderate and heavy snow disasters were observed.

Keywords: Tibetan Plateau; snow disaster; snow disaster frequency; snow disaster grade

青藏高原是全球气候变化启动区^[1]。高原自然环境敏感, 自然灾害类型多样, 雪灾为该地区最严重的自然灾害^[2]。关于青藏高原积雪和雪灾的研究很广泛, 柯长青等^[3]研究认为青藏高原 20 世纪 60—80 年代以来, 积雪年际波动幅度显著增加; 董文杰等^[4]对青藏高原东部牧区雪灾特征的研究表明, 雪灾主要发生在巴颜喀拉山南缘和东麓地区, 近 30 a 来呈上升趋势; 董安祥等^[5]通过奇异谱分析发现青藏高原东部牧区雪灾总趋势是增加的, 特别是后冬; 时兴合等^[6]对青海南部牧区雪灾变化特征研究表明, 20 世纪 60—90 年代, 青南牧区中雪和大雪出现站次以及雪灾出现站次均呈逐步增多趋势, 未来 10 a 冬季积雪增多趋势仍将持续, 雪灾发生几率仍然偏大。众多研究^[3-9]均表明青藏高原雪灾频次具有增加趋势。

近年来, 雪灾研究主要运用卫星遥感监测和气象

台站实测资料统计方法。本文利用气象资料统计方法, 在前人研究基础上, 从天气学角度出发探讨青藏高原雪灾时间发生趋势和空间分布特征, 为深入研究雪灾形成机理提供事实依据。本文所研究的青藏高原地区在行政区划上包括西藏自治区、青海省和四川省西部地区。

1 资料与方法

本文气象数据主要来源于中国气象科学数据共享服务网, 包括西藏自治区、青海省以及川西地区共 62 个气象站点逐日、逐月气温和降水量等气象资料, 除西藏自治区普兰和改则由于建站时间较晚, 研究时段选取 1973—2011 年, 其余 60 个站点均以 1961—2011 年 51 a 为研究时间序列, 站点分布分别为西藏 19 个, 青海 28 个, 川西 15 个。

收稿日期: 2013-03-20

修回日期: 2013-04-10

资助项目: 国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性: 结构、机理与适应对策”(41171090)

作者简介: 张涛涛(1987—), 女(汉族), 山西省柳林县人, 硕士研究生, 研究方向为区域开发与城乡发展。E-mail: zhangtt@stu. snnu. edu.

利用线性方程拟合方法和空间 Kriging 插值法对雪灾时间变化趋势和空间分布特征进行分析。

青藏高原雪灾主要发生在冬半年,即每年 10 月到翌年 4 月,共 7 个月,参考相关文献划分标准,根据雪灾发生时期将 10—12 月定义为前冬,翌年 1,2 月定义为后冬,3,4 月定义为初春。

2 青藏高原雪灾特征分析

2.1 雪灾定义及等级指标

雪灾又称白灾,是指冬、春季因降雪量大、气温低造成积雪持续不融化,致使牲畜采食困难或不能采食而发生不同程度的牲畜死亡事件,并可能伴有交通阻塞、牧民冻伤、电力和通讯线路中断的一种雪害^[8]。由于各地气候、地理环境等差异,相同积雪量所造成的灾害程度并不相同,因此目前对于雪灾的定义及划分没有完全统一标准,关于雪灾等级指标研究相对较少,相关研究有单从气象气候要素考虑的指标定义,也有结合实际灾情要素的综合指标定义^[10]。

本文从气象学方面定义雪灾,考虑雪灾发生时段气温和降水量等气象要素,只从灾的角度,不考虑害。参考李海红等^[10]在中国牧区雪灾等级指标研究中指出的定义雪灾的单要素指标(在气温很低时,可以选择过程降雪量的某一临界值作为有无雪灾和雪灾等级的标准),将雪灾定义为任一站点气温稳定低于 0℃的月,降水量≥8 mm 的降雪过程。降雪量在 8~10 mm 为轻度雪灾,10~15 mm 为中度雪灾,≥15

mm 为重度雪灾。

2.2 青藏高原雪灾时间发生趋势

2.2.1 雪灾总频次年际变化 对青藏高原地区 62 个站点 1961—2011 年(普兰、改则为 1973—2011 年)气温、降水逐日数据按本文定义雪灾标准进行统计分析,得出雪灾年总频次时间变化特征(图 1)。

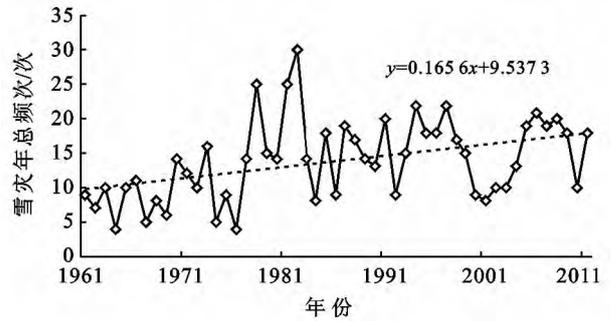


图 1 1961—2011 年青藏高原雪灾年总频次年际变化特征

1961—2011 年青藏高原雪灾年总频次在增加,增加趋势为 0.165 6 次/a。近 51 a 的 62 个站共发生雪灾 706 次,平均每年发生雪灾 11.4 次(表 1)。20 世纪 60 年代雪灾年均频次最低为 2.1 次,70 年代上升为 5.2 次,80 年代有所下降为 4.8 次,90 年代持续下降为 3.1 次,21 世纪以来最高为 14.6 次。从变化倾向率可以看出,60 年代雪灾呈减少趋势(-0.2 次/a),70 年代呈增加趋势(0.53 次/a),80 年代呈减少趋势(4.8 次/a),90 年代到 21 世纪以来增长趋势很显著(分别为 0.41,0.85 次/a)。

表 1 青藏高原各年代雪灾年均频次变化特征

年代	60 年代	70 年代	80 年代	年代	21 世纪来	多年平均
均值/次	2.10	5.20	4.80	3.10	14.60	11.40
变化率/(次·a ⁻¹)	-0.20	0.53	-0.70	0.41	0.85	0.17

2.2.2 雪灾发生时段特征 将青藏高原冬半年分为前冬、后冬和初春 3 个时段,各时段雪灾发生频次特征不同(表 2)。

整个区域 1961—2011 年共发生雪灾 706 次,初春发生次数最多为 321 次,占到 45.5%,其次是前冬

发生雪灾 255 次,占到 36.1%,后冬发生次数最少为 130 次,仅占 18.4%。雪灾区域分布不均,西藏最多为 352 次,青海次之为 217 次,川西最少为 137 次。除青海前冬雪灾发生频率较大,其余地区初春雪灾发生频率较高。

表 2 青藏高原及各省区雪灾发生时段特征

省区	前冬		后冬		初春		总频次
	频次	百分率/%	频次	百分率/%	频次	百分率/%	
青海	116	53.5	27	12.4	74	34.1	217
西藏	101	28.7	65	18.5	186	52.8	352
川西	38	27.7	38	27.7	61	44.6	137
总频次	255	36.1	130	18.4	321	45.5	706

各区域不同时段雪灾发生频次比率有所差别,青海地区前冬雪灾发生频次较多为 116 次,占到 53.5%,其次是初春共发生雪灾 74 次,占 34.1%,后冬发生雪灾最少为 27 次,仅占 12.4%;西藏地区初春雪灾发生频次最多为 186 次,占 52.8%,其次是前冬发生 101 次占 28.7%,后冬季节发生雪灾次数最少为 65 次,占 18.5%;川西地区初春发生雪灾频次最多为 61 次,占 44.6%,前冬和后冬雪灾发生频次相同,为 38 次占 27.7%。

2.2.3 雪灾发生站次年际变化 1961—2011 年雪灾发生站次数量呈增长趋势(图 2),增长速率为 0.147 1站/a。近 51 a,青藏高原平均每年有 11.7 个站发生雪灾(表 3)。20 世纪 60 年代平均每年有 7.1 个站发生雪灾,70 年代平均每年发生雪灾站数增加到 10.5 个,80 年代继续增加为 13.4 个,90 年代增加到最多为 13.9 个,21 世纪以来有所下降为 13 个。从

变化倾向率可以看出,60 年代雪灾呈减少趋势(-0.07 站/a),70 年代呈增加趋势(0.35 站/a),80 年代呈减少趋势(-0.12 站/a),90 年代到 21 世纪以来增长趋势很显著(分别为 0.19 和 0.87 次/a)。这个趋势和雪灾频次年代变化趋势一致,说明雪灾频次增加年代,雪灾发生站次也在增多。

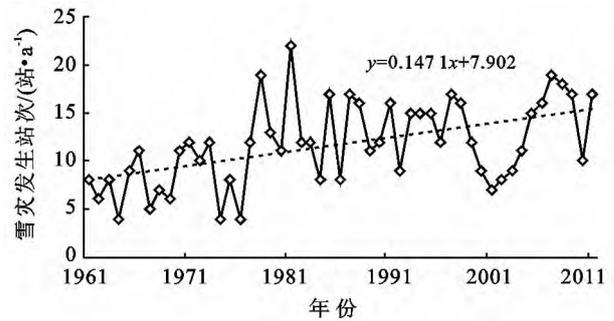


图 2 1961—2011 年青藏高原雪灾发生站次年际变化特征

表 3 青藏高原各年代雪灾发生站次变化特征

年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	21 世纪来	多年平均
均值/站	7.10	10.50	13.40	13.90	13.00	11.70
变化率/(站·a ⁻¹)	-0.07	0.35	-0.12	0.19	0.87	0.15

区域分布上,西藏、青海和川西雪灾发生站数均呈增长趋势,增长速率分别为 0.079 , 0.032 和 0.035 站/a;西藏平均每年有 5.9 个站,青海平均每年有 3.8 个站,川西平均每年有 2.3 个站发生雪灾。

2.3 青藏高原雪灾空间变化特征

2.3.1 雪灾频次空间分布 近 51 a 除巴塘、小金、九龙、马尔康、格尔木、冷胡、茫崖、民和、诺木洪、祁连、林芝、日喀则、泽当等 14 个站点没有发生雪灾,其余 48 个站点都有不同程度雪灾发生。

青藏高原雪灾空间分布很不均匀(图 3),雪灾频次最高的地方位于高原东南边缘普兰及帕里一带,近 51 a 来,共发生雪灾频次在 20~40 次;高原中部地区也有一个次高值中心,位于嘉黎、那曲一带,雪灾发生频次在 20~25 次,这一高值中心向外广大区域也是雪灾发生频次较多区域,包括玉树、清水河、杂多、囊谦、石渠一带,雪灾发生频次在 15~20 次,北部五道梁、托托河一带,西部申扎、班戈一带,东部班玛、红原、松潘一带以及南部林芝、波密、昌都一带,雪灾发生频次在 10~15 次;高原东南部雪灾频次较少,主要包括康定、理塘、稻城一带,雪灾发生频次在 5~10 次;高原东北部柴达木盆地及以北地区雪灾频次最低,包括格尔木、德令哈、刚察、门源、冷胡、大柴旦、托勒以及祁连一带,雪灾发生频次在 0~5 次。

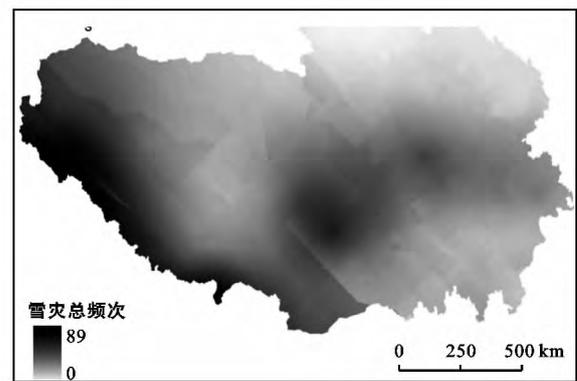


图 3 青藏高原雪灾年总频次空间分布

2.3.2 轻度和中度雪灾频次空间分布特征 1961—2011 年有 45 个站发生了轻度雪灾,区域分布很不均匀(表 4),轻度雪灾发生频次较多的地方为高原中部清水河、那曲、索县、五道梁、嘉黎以及东南边缘帕里、普兰等地,川西北部高原红原、石渠、理塘等地轻度雪灾发生频次也较多。

1961—2011 年有 41 个站发生了中度雪灾,空间分布亦不均匀(表 5)。中度雪灾发生频次较多的地方与轻度雪灾频次大体一致,为高原中部清水河、曲麻莱、嘉黎、那曲、石渠等地;东南边缘帕里、普兰等地以及川西北部高原红原、理塘、班玛、康定等地。

表 4 1961—2011 年青藏高原轻度雪灾总频次站点分布特征

站点	频次	站点	频次	站点	频次	站点	频次	站点	频次
稻城	6	班玛	11	玛多	2	兴海	2	拉萨	1
德格	2	达日	6	门源	6	玉树	1	隆子	2
甘孜	2	大柴旦	2	囊谦	4	杂多	13	那曲	18
红原	17	德令哈	3	清水河	24	班戈	1	帕里	30
康定	5	都兰	3	曲麻莱	1	波密	5	申扎	3
理塘	17	刚察	6	托勒	1	昌都	2	狮泉河	2
若尔盖	6	共和	3	托托河	1	丁青	6	索县	10
石渠	17	河南	6	五道梁	9	嘉黎	29	改则	2
松潘	5	久治	5	西宁	1	江孜	1	普兰	14

表 5 1961—2011 年青藏高原中度雪灾频次站点分布特征

站点	频次	站点	频次	站点	频次	站点	频次	站点	频次
稻城	4	班玛	9	门源	3	狮泉河	1	拉萨	1
德格	1	达日	7	囊谦	1	索县	2	隆子	3
甘孜	4	大柴旦	2	清水河	18	普兰	41	那曲	15
红原	15	德令哈	2	曲麻莱	8	班戈	2	帕里	41
康定	8	贵德	1	托托河	4	波密	4	申扎	2
理塘	3	刚察	2	五道梁	3	定日	1		
若尔盖	3	河南	5	兴海	1	丁青	12		
石渠	13	久治	8	玉树	2	嘉黎	25		
新龙	1	玛多	2	杂多	4	江孜	1		

2.3.3 重度雪灾频次空间分布特征 1961—2011 年有 24 个站点发生了重度雪灾(表 6)。高原中部嘉

黎、清水河、托托河、那曲、杂多等地重度雪灾频次较多,另外高原东部边缘帕里、普兰等地尤其偏多。

表 6 1961—2011 年青藏高原重度雪灾频次站点分布特征

站点	频次	站点	频次	站点	频次	站点	频次	站点	频次
道孚	1	石渠	2	门源	1	杂多	6	那曲	6
稻城	2	达日	1	清水河	5	波密	1	帕里	18
德格	1	德令哈	1	曲麻莱	1	昌都	1	改则	1
康定	2	都兰	1	托托河	4	丁青	3	普兰	26
若尔盖	2	河南	2	西宁	1	嘉黎	10		

3 结论

(1) 1961—2011 年青藏高原雪灾总频次在增加,增加趋势为 0.17 次/a。近 51 a 的 62 个站共发生雪灾 706 次,平均每年发生雪灾 11.4 次。各年代雪灾变化不同,90 年代以来雪灾频次增长趋势极其显著。

(2) 青藏高原地区初春发生雪灾次数最多为 321 次占 45.50%,其次是前冬发生雪灾 255 次占 36.10%,后冬发生雪灾次数最少为 130 次仅占 18.40%。

(3) 1961—2011 年雪灾发生站次呈增长趋势,增长速率为 0.15 站/a。近 51 a,青藏高原平均每年有 11.70 个站发生雪灾。90 年代以来雪灾发生站次增长趋势尤为显著,这个趋势和雪灾频次年代变化趋势一致,说明雪灾频次增加年代,雪灾发生站次也在增

多,区域雪灾发生范围在扩大。

(4) 青藏高原雪灾空间分布很不均匀。雪灾频次最高的地方位于高原东南边缘普兰及帕里一带,高原中部也有一个次高值中心,位于嘉黎、那曲一带;高原东北部柴达木盆地及以北地区雪灾频次最低,包括格尔木、德令哈、刚察、门源、冷胡、大柴旦、托勒以及祁连一带。雪灾发生较多区域,轻、中、重度雪灾都发生频繁,这些地区主要位于高原中部和高原东南部边缘。

近 51 a 青藏高原雪灾在增加,雪灾发生区域也在扩大,尤其是 90 年代以来雪灾增长趋势更为显著,验证了全球变化下灾害事件有增长趋势这一结论,与前人研究一致。

(下转第 251 页)

本研究中所采用的 NDVI 数据的空间分辨率为 8 km,是从较大尺度上分析了华北地区植被变化与不同气候指标的相关关系。实际上地表植被覆盖变化不仅受气候因子的影响,亦受人为活动制约。虽然在较大时空尺度上气候变化可起主导作用,但是在特定地区和时期,社会和经济因素也常常具有决定性作用^[18-20]。因此,在进行华北地区植被变化与气候指标在特定区域和时期的相关关系研究时,还需要在更小的尺度上进行调查研究,进一步进行验证。

[参 考 文 献]

- [1] 孙红雨,王长耀,牛铮,等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系:基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报,1998,2(3):204-210.
- [2] 张新时. 研究全球变化的植被—气候分类系统[J]. 第四纪研究,1993,13(2):157-169.
- [3] 张学霞,葛全胜,郑景云. 近 50 年北京植被对全球变暖的响应及其时效:基于遥感数据和物候资料的分析[J]. 生态学杂志,2005,24(2):123-130.
- [4] Kawabata A, Ichii K, Yamaguchi Y. Global monitoring of the inter-annual changes in vegetation activities using NDVI and its relationships to temperature and precipitation [J]. International Journal of Remote Sensing, 2001,22(7):1377-1382.
- [5] Friedl M A, McIver D K, Hodges J C F, et al. Global land cover mapping from MODIS: Algorithms and early results [J]. Remote Sensing of Environment, 2002,83(1):287-302.
- [6] 郭锐,王小平,蔡迪花,等. 近 20 多年来西北绿洲植被指数的变化及其成因[J]. 干旱区研究,2010,27(1):75-82.
- [7] Ichii K, Kawabata A, Yamaguchi Y. Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982—1990 [J]. International Journal Remote Sensing, 2002,23(18):3873-3878.
- [8] Rasmusen M S. Developing simple, operational, consistent NDVI-Vegetation models by applying environmental and climatic information(Part II). Crop yield assessment[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998,19(1):119-139.
- [9] 朴世龙,方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化[J]. 第四纪研究,2001,21(4):294-302.
- [10] 赵茂盛,符淙斌,延晓冬,等. 应用遥感数据研究中国植被生态系统与气候的关系[J]. 地理学报,2001,56(3):287-296.
- [11] 倪健. KIRA 指标的拓展及其在中国植被与气候关系研究中的应用[J]. 应用生态学报,1997,8(2):161-170.
- [12] 高大伟,张小伟,蔡菊珍. 浙江省植被覆盖时空动态及其与生态气候指标的关系[J]. 应用生态学报,2010,21(6):1518-1522.
- [13] 孟猛,倪健,张治国. 地理生态学的干燥度指数及其应用评述[J]. 植物生态学报,2004,28(6):853-861.
- [14] 张远东,张笑鹤,刘世荣. 西南地区不同植被类型归一化植被指数与气候因子的相关关系[J]. 应用生态学报,2011,22(2):323-330.
- [15] 徐文婷,吴炳方,颜长珍,等. 用 SPOT-VGT 数据制作中国 2000 年度土地覆盖数据[J]. 遥感学报,2005,9(2):204-214.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T20481—2006 气象干旱等级[S]. 北京:中国标准出版社,2006:1-17.
- [17] 马国明,王建,王雪梅. 基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J]. 遥感学报,2006,10(3):421-431.
- [18] 杨建平,丁永康,陈仁升. 长江黄河源区高寒植被变化的 NDVI 纪录[J]. 地理学报,2005,60(3):467-478.
- [19] 付新峰,杨胜天,刘昌明. 雅鲁藏布江流域 NDVI 变化与主要气候因子的关系[J]. 地理研究,2007,26(1):60-66.
- [20] 陈佑启, Peter H V, 徐斌. 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析[J]. 地理科学进展,2000,19(2):116-127.

(上接第 245 页)

[参 考 文 献]

- [1] 冯松,汤懋苍,王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报,1998,43(6):633-636.
- [2] 高懋芳,邱建军. 青藏高原主要自然灾害特点及分布规律研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(8):101-106.
- [3] 柯长青,李培基. 青藏高原积雪分布与变化特征[J]. 地理学报,1998,53(3):209-215.
- [4] 董文杰,韦志刚,范丽军. 青藏高原东部牧区雪灾的气候特征分析[J]. 高原气象,2001,20(4):402-406.
- [5] 董安祥,瞿章,尹宪志,等. 青藏高原东部雪灾的奇异谱分析[J]. 高原气象,2001,20(2):214-219.
- [6] 时兴合,李生辰,李栋梁,等. 青海南部冬季积雪和雪灾变化特征[J]. 气候变化研究进展,2007,3(1):36-40.
- [7] 郭晓宁,李林,刘彩虹,等. 青海高原 1961—2008 年雪灾时空分布特征[J]. 气候系统变化,2010,6(5):332-337.
- [8] 周陆生,李海红,汪青春. 青藏高原东部牧区大暴雪过程及雪灾分布的基本特征[J]. 高原气象,2000,19(4):450-458.
- [9] 李培基. 青藏高原雪灾时空分布特征[C]// 中国气象局气象服务与气候司. 牧区雪灾的分析研究. 北京:气象出版社,1998:15-18.
- [10] 李海红,李锡福,张海珍,等. 中国牧区雪灾等级指标研究[J]. 青海气象,2006(1):24-28.