

基于 GIS 的贵州省冰雹分布与地形因子关系分析^{*1}

王 瑾¹⁾²⁾³⁾ 刘黎平¹⁾

¹⁾(中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室,北京 100081)

²⁾(中国科学院研究生院,北京 100049)

³⁾(贵州省气象局,贵阳 550002)

摘 要

使用贵州省 1961—2004 年 84 个气象台站 44 年历史冰雹记录及 1:1000000 全国数字高程模型(DEM)资料,采用基于 GIS 的数字地形分析、分区统计和图像分类方法,研究了冰雹分布与地形高程、坡向、坡度及地形切割深度的关系。研究表明:地形高程是影响贵州省降雹分布的最主要地形影响因子;微观地形因子如坡向和坡度对降雹日数的变异并没有显著性影响,但大范围的地势抬升及暖湿空气的迎风坡有利于降雹;地形切割深度并不是年平均降雹日数差异的显著影响因子;纬度位置的不同,使其受暖湿空气影响程度不同,热力条件也存在差异,也是影响年平均降雹日数差异的因子之一;根据 3 个影响因子建模获得的方程及贵州省冰雹风险分区图,经统计检验和与历史乡镇降雹资料比较,具有较好的一致性。

关键词: 冰雹分布;地形因子;数字地形分析;分区统计

引 言

贵州省地处青藏高原东南侧的低纬高原山区,地形复杂且梯度较大,是冰雹灾害最严重的地区之一。从贵州冰雹的多年分布特征来看(图 1a),体现着明显的地形因子影响特点,冰雹日数分布呈西多东少和贵州省中部多而南北少的特点,贵州省的中部以西多年平均降雹日数多于 2 d,全省以晴隆、水城、普安、盘县一带冰雹较多,年平均冰雹日数达 2.5 d 以上,次多中心在贵州省中部安顺和贵阳一带,少雹区分布在贵州省东北部和西南部,年平均冰雹日数不足 0.6 d,这种分布特点与贵州省西高东低,中部高南北低的簸箕状地形(图 1b)非常契合。

冰雹是在强烈发展的积雨云中出现的固态降水,其形成过程不但由天气条件和环境条件决定,而且与下垫面的动力过程和热力非均匀性有关。目前大多数冰雹研究主要集中于冰雹天气系统分析和冰雹形成机理的数值模拟^[1-5],而对其形成的地形因素

研究较少。关于地形对冰雹生成和发展的影响,一个共性的认识是认为在适宜的温湿条件下,地形的动力抬升作用是雹云产生和发展的重要因素,山的高度和坡度愈大,动力抬升作用愈强,愈有利于雹云的发生发展^[6-10],但多数研究对地形因子的影响仅作一些定性的描述,结合地理信息系统对影响冰雹的地形因子作定量研究则更少见。

另外,对冰雹地理分布图的制作,只是简单的对站点多年统计值作插值,而没有考虑地形因子的差异性,这对于制作精细化的冰雹预报几乎是不可能的。因此,地形因子如何定量化描述,以及研究地形因子与冰雹的相互关系,对防雹、冰雹预报以及制定符合区域实情的防灾减灾对策非常重要。

本文使用贵州省 84 个气象台站 1961—2004 年的冰雹记录及 1:1000000 全国数字高程模型(DEM)资料,采用基于 GIS 的数字地形分析、分区统计和图像分类方法^[11-15],研究了冰雹分布与地形高程、坡向、坡度及地形切割深度的关系,并根据研究结果形成了基于贵州地形的冰雹风险分区图。

* 国家自然科学基金项目(40375008)、贵州省科技厅黔科合重大专项字[2006]6034 号和贵州科技厅省长基金项目黔省专合字(2005)266 号共同资助。

2007-09-19 收到,2008-04-07 收到再改稿。

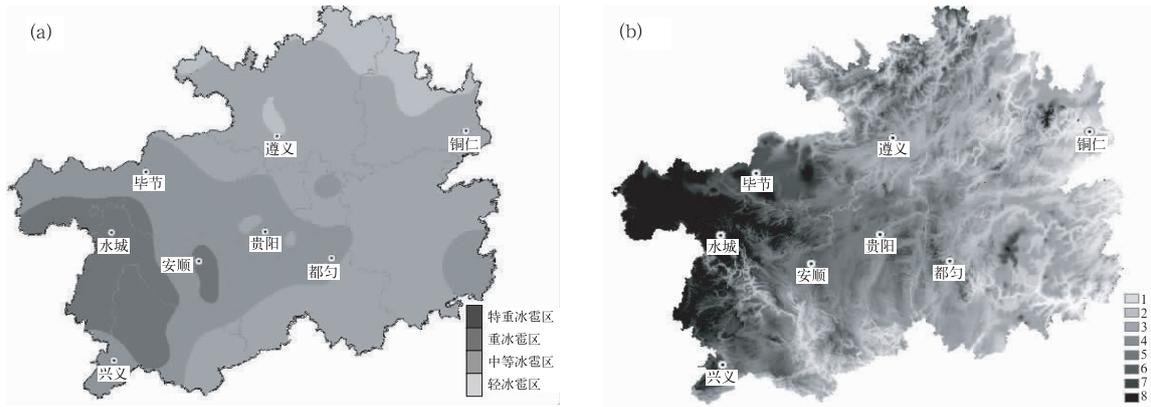


图1 贵州省冰雹分区(a)和贵州省地形高程分类图(b)

Fig. 1 Image of hail distribution (a) and topographical map(b) in Guizhou

1 资料及预处理

1.1 资料

使用贵州省 84 个气象台站 1961—2004 年冰雹记录,包含降雹地点经纬度、降雹开始时间、降雹结束时间记录。1:1000000 全国 DEM 资料,地形高度数据来自国家测绘局。

1.2 冰雹资料处理

根据 84 个气象台站的经纬度数据形成点层矢量文件,并使用 ARCGIS 软件投影到 Xian 1980 3 Degree GK Zone 35 坐标下。分别统计 44 年冰雹记录资料,得到每个站点的累积降雹日数,年平均降雹日数,形成各站点矢量文件的属性数据层。

1.3 地形因子提取

首先根据 1:1000000 全国 DEM 资料提取贵州省区域 DEM 图,并投影到 Xian 1980 3 Degree GK Zone 35 坐标(以下所有获取的专题图均投影到 Xian 1980 3 Degree GK Zone 35 坐标)。

1.3.1 坡度及坡向

地表面任一点的坡度是指过该点的切平面与水平地面的夹角,坡度表示了地表面在该点的倾斜程度。

坡度计算采用简化的差分公式,完整的数学表示为:

$$P_{\text{slope}} = \arctan \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (1)$$

式(1)中, P_{slope} 是地形坡度, f_x 是 x 方向高程变化率, f_y 是 y 方向高程变化率。

坡向是地表面上一点切平面的法线矢量在水平面的投影与过该点正北方向的夹角。其数学表达式

为:

$$p_{\text{aspect}} = \arctan\left(\frac{f_x}{f_y}\right) \quad (2)$$

对于地面任何一点来说,坡向表征了该点高程值改变量的最大变化方向。在输出的坡向数据中,坡向值有如下规定:正北方向为 0° ,顺时针方向计算,取值范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。

1.3.2 地形切割深度

地表切割深度是指地面某点的邻域范围的平均高程与该邻域范围内的最小高程的差值。可用以下公式表示:

$$D_i = H_{\text{mean}} - H_{\text{min}} \quad (3)$$

式(3)中, D_i 指地面每一点的地表切割深度, H_{mean} 指一个固定分析窗口内的平均高程, H_{min} 指一个固定分析窗口内的最低高程。

地表切割深度因子描述和反映地形表面较大区域内地形的宏观特征,在较小区域内并不具备任何地理和应用意义。它直观地反映了地表被侵蚀切割情况,并对这一地学现象进行了量化,是研究地表侵蚀发育状况的重要参考指标。基于栅格 DEM 计算宏观地形因子时,关键在于确定分析半径的大小,确定一个合适的分析窗口半径或分析区域,使得求取的宏观因子能够准确反映地面的起伏状况与水土流失特征,是提取算法的核心步骤。本文的分析窗口采用 $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ 大小的矩形窗口。

2 研究方法

2.1 分类区统计

分类区统计即以数据集为基础,在它所包

含的不同类别中对另一个被分类数据集进行统计。用来作为基础进行分类的分类区就是分类区数据中拥有相同值的所有栅格单元,而不考虑它们是否邻近。在此基础上对同一分类区所对应的被分类数据集进行统计。

本文通过 ARCGIS 对 DEM 资料进行数字地形分析后,提取地形坡度、坡向及地形切割深度专题图层,然后对这些图层进行重分类,形成基础分类数据集。另一方面,将冰雹矢量数据层的年平均降雹日数属性转换为栅格数据,形成被分类数据集。对 84 个站点,其所在的 1 km×1 km 栅格内某个地形因子分类属性值作为该站点平均降雹日数对应的该因子分类。对每个地形因子分类统计 84 站年平均降雹日数并进行年平均降雹日数与各类地形因子的统计分析,研究年平均降雹日数与各地形因子的关系。

2.2 贵州省降雹风险区划图的制作

在分类区统计基础上,以符合正态分布的年平均降雹日数自然对数为因变量,分别对地形高程、坡向、坡度及地形切割深度等因子作方差分析,提取具有统计学意义的地形因子,并通过多元线性拟合,将

各地形因子特征图层线性叠加,形成贵州省降雹风险区划图。

3 贵州省冰雹分布与地形因子关系分析

3.1 年平均降雹日数的正态性检验

本文所使用的统计方法如方差分析和多元线性回归只适用于正态分布或近似正态分布的资料,因此,在应用这些方法前,要判定资料是否服从正态分布,或者样本是否来自正态总体。根据概率 PP 图法,发现年平均降雹日数自然对数变换服从正态分布。从图 2a 可以看出,样本点基本分布在对角线上,表明期望累积概率与实际累积频率十分吻合,说明资料服从正态分布。为了进一步考察实际累积概率与期望累积概率间的差别,从累积概率的残差图(图 2b)可以看出,残差基本在 $y=0$ 上下均匀分布,绝大多数残差的绝对值都在 0.03 以内,说明数据的正态性是很好的。正是鉴于此,以下所作的统计分析,均针对年平均降雹日数自然对数变换(以下简称 L_{haildays})。

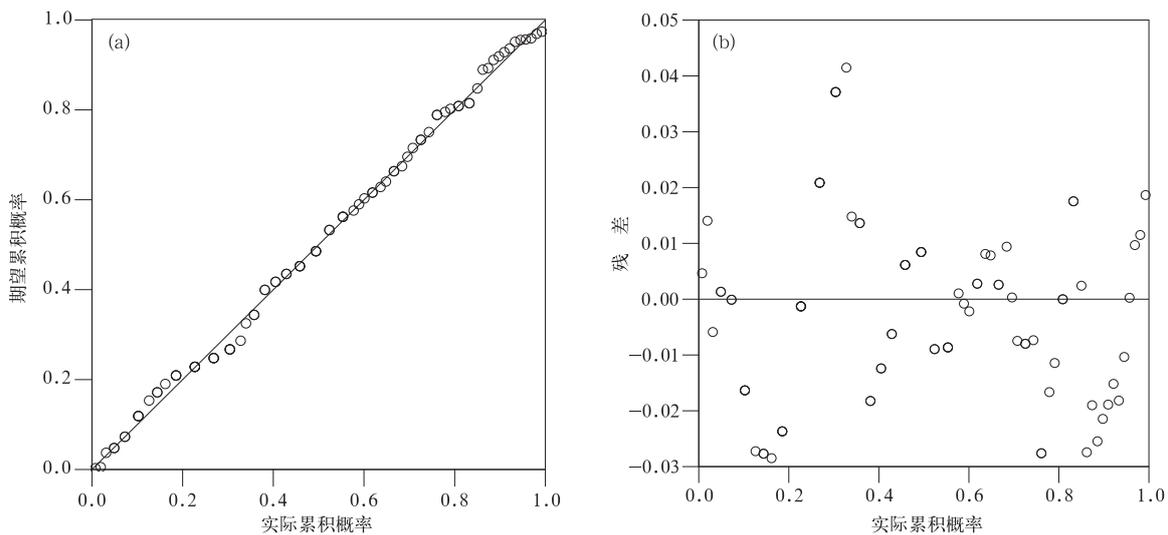


图 2 L_{haildays} 的实际累积概率与期望累积概率分布图(a)和实际累积概率与残差分布图(b)

Fig. 2 Cumulative proportion for L_{haildays} against the cumulative proportion expected (a) and residual distribution of cumulative proportion for L_{haildays} (b)

3.2 降雹分布与地形高程的关系

首先根据自然分类法(即根据图像像素直方图分布进行分类)对贵州省 DEM 高程数据进行分类, 1 类:0~649 m, 2 类:649.01~863 m, 3 类:863.01~1087 m, 4 类:1087.01~1331 m, 5 类:1331.01~

1596 m, 6 类:1596.01~1881 m, 7 类:1881.01~2176 m, 8 类:2176 m 以上,共 8 类(图 1b)。

贵州省地势呈现大范围自东向西倾斜抬升,西部的乌蒙山脉(南北走向)一带抬升幅度最大,海拔在 2000 m 左右,威宁、赫章一带形成较完整的高原

面;苗岭山脉横亘贵州省中部,从六枝经安顺、贵阳、黎平一带抬升也较强烈,海拔在 1000~1200 m 之间,形成沿纬向分布的高地;大娄山脉西南—东北向贯穿黔北,平均海拔在 1500 m 左右;北部、东部及南部边缘河谷地区海拔在 500 m 左右。

为研究降雹分布与地形高程的关系,先对 L_{haildays} 及地形高程分级数据作方差分析,以检验不同地形高程分级,是否对 L_{haildays} 的变异有显著性的统计意义。

表 1 地形高程对 L_{haildays} 的方差分析结果

Table 1 Analysis of variance for terrain elevation and L_{haildays}

偏差来源	偏差平方和	自由度	均方差	F 检验值	检验的概率 P 值
校正模型 Δ	16.311	7	2.330	10.795	0.000
截距	0.751	1	0.751	3.481	0.066
地形高程分级	16.311	7	2.330	10.795	0.000
组内偏差平方和	16.405	76	0.216		

注: Δ 模型确定系数为 0.637;调整的模型方程确定系数为 0.599。

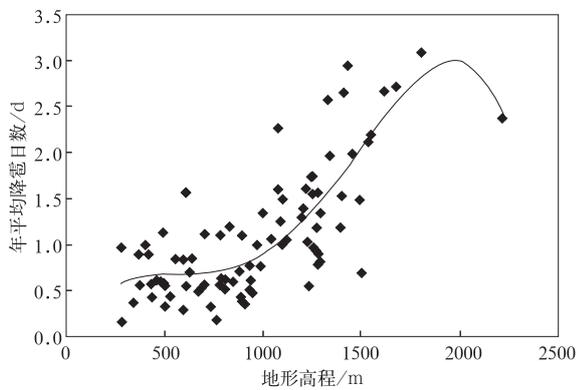


图 3 地形高程与年平均降雹日数的散点图
Fig. 3 Relationship between terrain elevation and mean annual hail days

图 3 表明,年平均降雹日数随地形高程增加呈增加趋势,在 1000~1500 m 增加明显。这也揭示了高海拔地区年降雹日数高于低海拔地区的分布规律。傅抱璞在研究地形高度对降水影响时也得到了类似结论,研究认为在地形坡度比较均一的情况下,降水一般都是先随海拔升高而增大,达到最大降水高度以后再转为向上减少^[6]。从动力学的角度讲,若山的高度增加,气流强迫抬升就增强,即动力作用加强;水汽由低层到高层辐合加强,水平和垂直涡旋也加强,有利于冰雹的形成。若山的高度减小,则会有相反的结果。

3.3 降雹分布与地形坡向的关系

利用贵州省 DEM 数据提取地形坡向,并按 1

表 1 列出应用方差分析模型进行变异分解的结果。第 1 行是对整个模型的检验, $F=10.795, P=0.000 < 0.05$, 表明所选择的模型有统计学意义;第 3 行是对地形高程分级变量的检验, $F=10.795, P=0.000 < 0.05$, 表明不同地形高程分级对 L_{haildays} 的差异性具有显著意义。即地形高程是造成年平均降雹日数差异的主要影响因子之一。为进一步研究地形高程如何影响年平均降雹日数的分布,绘制了地形高程与年平均降雹日数的散点图(图 3)。

北,2 东北,3 东,4 东南,5 南,6 西南,7 西,8 西北将地形坡向图重分类为 8 类(图 4)。

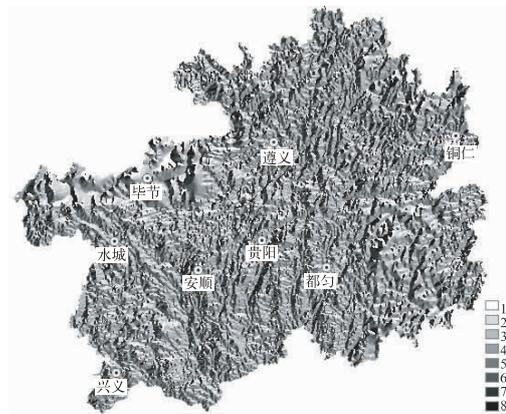


图 4 贵州省地形坡向分类图
Fig. 4 Image of classification for terrain slope in Guizhou

对 L_{haildays} 及地形坡向分级数据作方差分析,结果表明,地形坡向对 L_{haildays} 的变异并没有显著的统计意义 ($F=0.249, P=0.971 > 0.05$, 表略)。从坡向分类图看,坡向是属于地形因子里面比较微观的因子,每一类坡向面积和范围都较小,对暖湿空气抬升的影响有限。为研究大范围坡向差异是否会造成降雹分布的显著变异,简化分类,根据地形将贵州省分为迎风坡影响区域和背风坡影响区域。

在贵州省典型的冰雹季节,如春季,对流层中下层基本都是西南风或偏南风,而贵州省中部横亘的

苗岭山脉刚好是迎风坡和背风坡的分界线。因此将苗岭以南,都匀东部山脉以西的地区分类为受西南风或偏南风影响的迎风坡,其余地区分类为背风坡(图 5)。

为剔除地形高程的影响,将地形高程作为协变量,对 L_{haildays} 及迎风 and 背风地形坡向分级数据作协

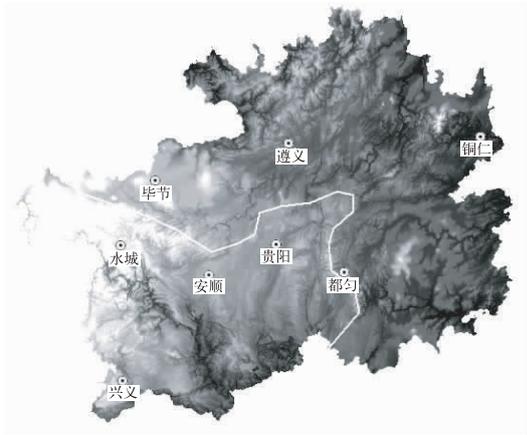


图 5 迎风坡和背风坡的划分图

(白线的左下部分为迎风坡,其余地区为背风坡)

Fig. 5 Image of windward slope (the left-bottom areas of white line) and leeward slope (the other areas)

方差分析。

分析表明(表略),大范围的坡向差异也是造成降雹分布显著变异的主要影响因子之一($F = 11.673, P = 0.001 < 0.05$,具有显著的统计意义)。对迎风坡区域的站点和背风坡区域的站点年平均降雹日数作统计分析(图略),迎风坡区域的站点年平均降雹日数明显高于背风坡区域的站点,这说明大范围的迎风坡是有利于降雹的。从动力机制上来讲,山区的迎风坡对气流具有动力抬升作用,从而触发不稳定能量的释放而产生对流运动,因而在相同的稳定度条件下,山区的迎风坡比平原和背风坡更易产生对流。

3.4 降雹分布与地形切割深度及地形坡度的关系

利用贵州省 DEM 数据提取地形切割深度及地形坡度,并按自然分类法将地形切割深度图重分类为 8 类,1 类:0~92 m,2 类:92.01~158 m,3 类:158.01~220 m,4 类:220.01~284 m,5 类:284.01~359 m,6 类:359.01~455 m,7 类:455.01~595 m,8 类:595.01~1036 m。地形坡度分为 5 类,1 类: $0^{\circ} \sim 2^{\circ}$,2 类: $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$,3 类: $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$,4 类: $8^{\circ} \sim 12^{\circ}$,5 类: $12^{\circ} \sim 26^{\circ}$ 。分类图见图 6。

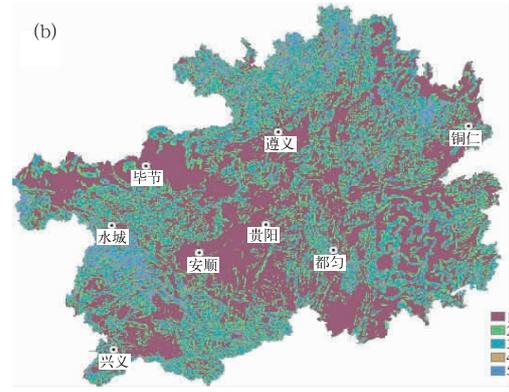
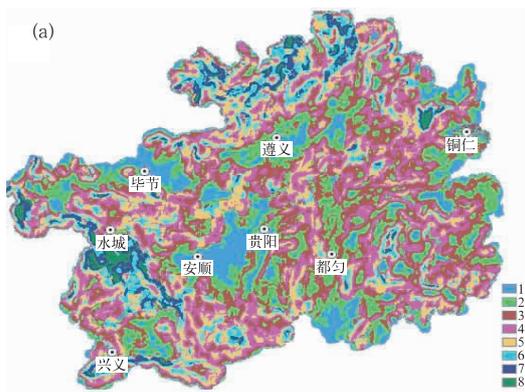


图 6 贵州省地形切割深度(a)及地形坡度(b)分类图

Fig. 6 Image of classification depth of erosion(a) and slope(b) in Guizhou

从图 6 可以看出,切割深度与坡度分布有较高的相似性,地形坡度较大的地方,地形切割比较大,地形比较平缓的地方,地形切割比较小。通过对切割深度与坡度的协方差分析,发现两者具有显著的关联性(统计表略)。实际上,坡度反应了地形因子的微观特征,而地形切割深度反应了地形一定范围内的宏观特征,因此,以下仅对地形切割深度作分析。

贵州省地形切割较大的地方,主要分布在西部

乌蒙山脉脊、北部大娄山脉以及南部河谷深切的地带,而地形平缓和地形切割较小的地方主要分布在威宁、赫章、毕节一带的乌蒙山脉的高原面以及安顺、平坝、贵阳一带的苗岭山脉南侧的平坝地区。关于切割深度对降雹的影响,有研究认为地形切割严重的地区有利于冰雹的形成和降雹^[10],但本文研究发现一些大的降雹高频区发生在地貌切割小而地形平坦的地区,如威宁、赫章、毕节一带的降雹高频区以及安顺、贵阳一带的降雹次高频区,而降雹低频

区却出现在一些地形切割大的地区,如大娄山脉以及南部河谷深切的地区。

为研究地形切割对降雹影响,同时剔除地形高程的影响,将地形高程作为协变量,对 L_{haildays} 及地形切割深度分级数据作协方差分析,发现地形切割深度的差异对 L_{haildays} 的变异没有显著的统计意义(表略, $F=1.402, P=0.217 > 0.05$),换言之,地形切割深度并不是年平均降雹日数差异的影响因子。通过对年平均降雹日数与地形切割深度的散点图,也发现了观测样本的离散性分布特征(图7)。

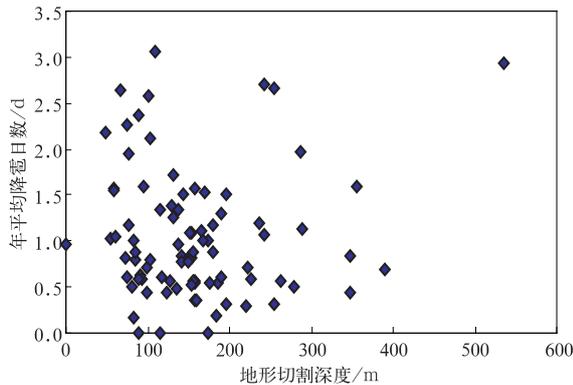


图7 地形切割深度与年平均降雹日数的散点图

Fig. 7 Relationship between depth of erosion and mean annual hail days

3.5 贵州省降雹分布与地理位置的关系

不同的经纬度位置,使其受暖湿空气影响程度不同,热力条件也存在差异,可能是影响降雹分布的因素之一,因此有必要对其进行研究。

首先对贵州区域的经纬度进行标准化处理,即纬度标准化值=(纬度-贵州区域最小纬度)/(贵州区域最大纬度-贵州区域最小纬度);经度标准化值=(经度-贵州区域最小经度)/(贵州区域最大经度-贵州区域最小经度)

将得到的贵州区域纬度标准化值、经度标准化值图层进行分区(8个区),与 L_{haildays} 进行协方差分析,研究发现,经度差异不是影响年降雹日数变异的因子,而纬度差异确是导致年降雹日数变异的主要影响因子之一(表略, $F=5.639, P=0.000 < 0.05$)。通过年平均降雹日数与样本点纬度标准化值的散点图,发现随纬度升高,年平均降雹日数呈线性减少。

3.6 贵州省降雹风险区划图的制作

根据前面的分析,选择地形高度,是否迎风坡及地理纬度的标准化值作为影响贵州省降雹的主要地

理因子,并以 L_{haildays} 为因变量进行多重线性回归建模,得到如下方程:

$$Y = 0.001X_1 + 0.114X_2 - X_3 - 0.485 \quad (4)$$

式(4)中, Y 为年平均降雹日数的自然对数 L_{haildays} , X_1 为地形高程, X_2 为是否迎风坡的判断值, X_3 为地理纬度的标准化值。对拟合模型的方差分析检验(表略),由结果可知,模型通过 F 检验,有统计意义 ($F=40.068, P=0.00 < 0.05$)。

通过数学转换,得到年平均降雹日数的关系式。利用 ARCGIS 将 3 个地理因子图层按该关系式进行叠加分析,获取年平均降雹日数的分布图,最后,按照 0.5 d 的等距间隔对年平均降雹日数的分布图进行重新分类,即年平均降雹日数在 0~0.5 d, 为 1 类; 0.51~1.0 d, 为 2 类; 1.01~1.5 d, 为 3 类; 1.51~2.0 d, 为 4 类; 2.01~2.5 d, 为 5 类; 2.51~3.0 d, 为 6 类; 3.0 d 以上, 为 7 类, 得到贵州省降雹风险区划图(图8)。

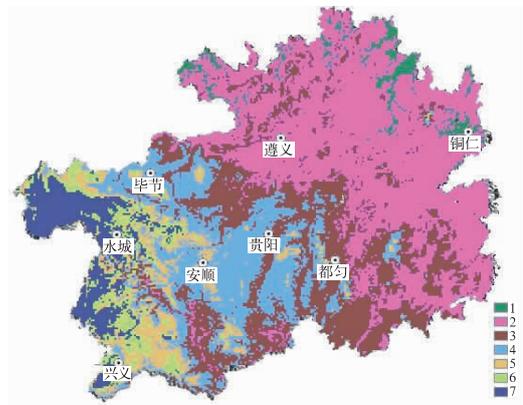


图8 贵州省降雹风险区划图

Fig. 8 Image of subdivisions for hail hazard in Guizhou

由图8可知,贵州省降雹的高风险区域主要分布在贵州省的西部边缘高海拔地区,次高风险区域分布在贵州省的中西部地区。而东北部的低海拔和河谷地区是降雹的低风险区域,以上的分布特点与以往的研究结论是一致的(图1a),但不同的是,本文获取的贵州省降雹风险区划图结合了贵州省地形特点,更为精细,更加可靠。为了进一步验证获得的分区图的可靠性,本文获取了贵州省 591 个防雹炮点 1997—2006 年的冰雹观测资料,经过统计后,获取每个炮点位置的年平均降雹日数,然后按上述标准进行分级,再与图8的分级结果进行比较(表2)。

表2表明,获取的降雹风险分区图对各炮点的

风险分级,与实际分级相比一致性还是比较好的,平均高于 60%。

表 2 贵州省降雹风险区划可靠性检验
Table 2 Reliability test of the image of subdivisions
for hail hazard in Guizhou

风险分级	各分级总 炮点数▲	正确分类的 炮点数★	分类正 确率/%
1	167	72	43.11
2	157	104	66.24
3	73	48	65.75
4	33	28	84.84
5	12	7	58.33
6	6	4	66.67
7	5	2	40

注:▲表示根据防雹炮点 10 年冰雹观测资料实际统计的年平均降雹日数属于各风险分级的炮点数累计;★表示利用降雹风险分区图对各炮点进行分级,并与实际分类比较得到的分类正确的炮点累计。

4 小 结

本文利用贵州省 1961—2004 年 84 个气象台站 44 年历史冰雹记录及 1:1000000 全国 DEM 资料,采用基于 GIS 的数字地形分析、分区统计和图像分类方法,研究了冰雹分布与地形高程、坡向、坡度及地形切割深度的关系。研究表明:

1) 地形高程是影响贵州省降雹分布的最主要地形影响因子。年平均降雹日数随地形高程增加呈增加趋势,1000~1500 m 增加明显。

2) 微观地形因子如坡向和坡度对降雹日数的变化没有显著影响,但大范围的地势抬升及暖湿空气的迎风坡有利于降雹。

3) 地形切割深度并不是年平均降雹日数差异的显著性影响因子。

4) 纬度位置的不同,由于受暖湿空气影响程度不同及热力条件的差异,也是影响平均降雹日数差异的因子之一。

5) 根据 3 个影响因子建模获得的方程及贵州省冰雹风险分区图,经统计检验和与历史乡镇降雹

资料比较,具有较好的一致性。

由于样本资料的限制,贵州高原腹地内的高大山地区缺乏冰雹观测资料,其他地区也有没有收集到的资料,这些均会影响本文分析结果。同时,对于各因子之间的关系还需要进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 楼小凤,胡志晋,王广河. 对流云降水过程中地形作用的数值模拟. 应用气象学报,2001, 12(增刊):113-121.
- [2] 徐国钧,余隽勇,谢光荣. 复杂地形影响冰雹云发展的数值模拟实验. 云南大学学报(自然科学版),2000,22(4):274-279.
- [3] 许焕斌,王思微. 二维冰雹云数值模式. 气象学报,1988,46(2):227-235.
- [4] 康风琴,张强,马胜萍. 青藏高原东北边缘冰雹形成机理. 高原气象,23(6):751-757.
- [5] 施望芝,金琪,郭施. 湖北一次冰雹天气过程的落区诊断分析和预报. 热带气象学报,2004,20(2):212-217.
- [6] 傅抱璞. 地形和海拔高度对降水的影响. 地理学报,1992,7:303-314.
- [7] 罗培. GIS 支持下的气象灾害风险评估模型. 自然灾害学报,2007,16(1):37-44.
- [8] 张鸿发,邓科,王有才. 断层与冰雹灾害的相关分析. 高原气象,1995,14(2):157-164.
- [9] 谢静芳,王晓明. 吉林省对流性天气的分布特征及地形影响机制. 气象,1994,20(8):43-47.
- [10] 刘引鸽. 下垫面对冰雹的影响机理. 宝鸡文理学院学报,2000,20(4):295-297.
- [11] 周启鸣,刘学军. 数字地形分析. 北京:科学出版社,2006.
- [12] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程. 北京:科学出版社,2006.
- [13] Dai F C, Lee C F. A spatiotemporal probabilistic modeling of storm-induced shallow landsliding using aerial photographs and logistic regression. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2003,28:527-545.
- [14] Ohlmacher G C, Davis J C. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas. *Engineering Geology*, 2003, 69: 331-343.
- [15] Chung C F, Fabbri A G. Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1999, 65(12):1389-1399.

Hail Distribution and Topographical Factors in Guizhou Province Based on GIS Technique

Wang Jin¹⁾²⁾³⁾ Liu Liping¹⁾

¹⁾ (State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

²⁾ (Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

³⁾ (Guizhou Provincial Meteorological Bureau, Guiyang 550002)

Abstract

Research on the relationship of topographical factors to distribution of hail, and getting an image of subdivisions for hail hazard which quantitatively concerns the difference of topographical factors are important to hail weather forecasting. Also, best services for decision-making to disaster prevention and reduction is provided.

The relationship between distribution of hail and some topographical factors, such as elevation, slope grade, slope aspect and terrain incision depth, are studied by using GIS techniques, such as digital terrain analysis, zonal statistics and image classification with historical hail records of 84 meteorological stations over 44 years in Guizhou Province and the 1:1000000 resolution DEM data of China. It shows that natural logarithm of mean annual hail days conforms to normal distribution. The elevation is the major topographical factor which primarily influence the distribution of hail, the annual mean hail days increase with the increase of elevation and it increases remarkably as the elevation increases to about 1000—1500 meters. Micro topographical factors, such as slope grade and slope aspect, are not remarkable factors to the variance of annual mean hail days, but topography rising over large area and windward slope of warm moist air are favorable to hail. Terrain incision depth is not remarkable factor to the difference of annual mean hail days either. Different latitude is also one of the factors which influence the difference of annual mean hail days. The model for annual mean hail days derived from the three remarkable factors and the map of hail hazard evaluation are reliable via statistical test and comparison to historical hail reports over countryside spots.

The analysis is influenced due to the lack of hail reports in inner mountainous area in Guizhou and the incomplete collection of hail reports data. The relationship between different topographical factors should be further studied.

Key words: distribution of hail; topographical factors; digital terrain analysis; zonal statistics