

雨淞环境影响因子研究与应用^{*}

——以湖南省为例

廖玉芳¹, 李 英², 陈湘雅¹, 冯俊妮³

(1. 湖南省气候中心, 湖南 长沙 410007; 2. 95666 部队 81 分队, 四川 成都 610041;
3. 益阳市气象局, 湖南 益阳 413000)

摘 要: 运用概率论和数理统计方法, 基于湖南气象观测资料、NCEP 资料及地理信息资料, 分析了气象因子、地理因子对雨淞天气形成的影响, 揭示了各影响因子的临界影响点。进而分析了主要影响因子位于不同影响点时其它因子对雨淞天气形成的作用, 在此基础上, 研制了基于气象要素因子、地理因子的雨淞日数学模型。选取平均连续雨淞日数、年平均雨淞日数、雨淞最长持续时间等 3 项与雨淞日数有关的气候指标对模型模拟结果进行了检验, 结果表明模型模拟结果与实际观测结果相关性高, 均值差异小。雨淞日模型已被用于精细化的雨淞气候区划。

关键词: 数理统计; 雨淞天气; 影响因子; 雨淞日模型; 湖南省

中图分类号: X43; P426.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2011)04-0076-06

2008 年初发生在我国南方地区的大范围持续低温雨雪冰冻天气所产生的影响让世人瞩目, 冰冻天气形成机理研究随之成为诸多专家学者的研究热点。杨贵名等^[1]对 2008 年初“低温雨雪冰冻”灾害天气的持续性原因进行了分析; 王亚飞等^[2]对 2008 年初中国南方雪灾大尺度环流背景进行了分析; 王东海等^[3]对导致大气环流异常从而促使此次低温雨雪冰冻强天气事件出现的主要因素进行了分析; 曾建明等^[4]从过程的温度场结构特征研究了冰冻的形成条件; 周慧等^[5]对湖南 2008 年极端冰冻特大灾害成因进行了分析和影响评估; 陶云等^[6]对 2008 年云南滇东北电线覆冰的气象条件进行了分析; 李才媛等^[7]对 1954 年 12 月 26 日-1955 年 1 月 18 日、2008 年 1 月 13 日-2 月 3 日两次持续性低温冰雪过程进行了对比分析; 丁一汇等^[8]分析了在拉尼娜事件影响下, 南方冰灾发生的主要原因; 王遵娅等^[9]给出了 2008 年初我国低温雨雪冰冻灾害的气候特征。在此之前, 还有诸多学者^[10-14]从不同的侧重点或个例对雨淞天气进行了分析研究, 如吕胜辉等对天津机场出现的 3 次冻雨天气过程开展了对比分析; 陈天锡对驻马店地区冻雨天气特征开展了分析; 王崇洲等分析

了晚冬、早春季节西太平洋副热带高压及西藏高原南侧长波槽对形成大范围雨淞天气的影响; 吴孝祥分析得出雨淞天气过程的平均气温、地温要比降雪天气过程低 2℃左右, 近地面湿度比降雪天气过程稍高。

上述研究以面上研究为主, 在大的环境场背景下, 局地环境条件对冰冻天气形成的影响分析不够。本文将重点讨论雨淞天气形成的局地环境条件, 并在此基础上, 建立基于局地环境因子的雨淞日模型, 给出雨淞日模型在雨淞气候区划中的应用。

1 资料及方法

湖南省的冰冻灾害主要由雨淞和雨淞加冻结雪造成^[15], 本文分析研究基于雨淞进行。天气现象栏记录有雨淞之日, 定义为雨淞日。

(1) 资料

气象资料: 湖南省 97 个地面气象观测站自建站—2008 年历年冬半年(上年 10 月至次年 4 月)逐日平均气温、最高气温、最低气温、降水量、平均相对湿度、平均风速、天气现象^[16]; NCEP 1°×1°

* 收稿日期: 2011-04-25

基金项目: 2009 年中国气象局业务项目“全国气象灾害风险区划”

作者简介: 廖玉芳(1962-), 女, 湖南安乡人, 教授级高级工程师, 主要从事气象灾害分析评估研究。

E-mail: lyf_13975681873@163.com

温度再分析资料。

地理信息: 湖南省 97 个地面气象观测台站的经纬度、海拔高度; 湖南省高程 1: 5 万 GIS 数据。

(2) 相关算法

① 坡度、坡向计算

基于湖南省高程 1: 5 万 GIS 数据, 以待计算点为中心, 取 3×3 行列的高程数据进行相关计算。

② 气象要素空间插值

在开展小网格插值方法适宜性分析的基拙上, 选择多元回归残差高斯算子订正法进行相关气象要素的空间插值。

$$T_{i,j} = b_0 + \sum_{k=1}^m (b_k \times x_k) + e_{i,j}, \quad (1)$$

式中: $T_{i,j}$ 为待插值的网格点要素值; b_0 为常数项, b_k 为第 k 个影响因子的系数, x_k 为 k 个影响因子值, $e_{i,j}$ 为待插值残差值, 通过反距离高斯算子法订正得到。

反距离高斯算子法计算公式为:

$$T_{i,j} = \sum_{k=1}^n W_k T_k / \sum_{k=1}^n W_k, \quad (2)$$

$$W_{(r)} = 0, \quad r > R_p,$$

$$W_{(r)} = \exp\left[-\left(\frac{r}{R_p}\right)^2 \alpha\right] - e^{-\alpha}, \quad r \leq R_p.$$

式中: $T_{i,j}$ 为待插值的网格点要素值; T_k 为第 k 个点的要素值; k 为第 k 个被引用到的插值点; W_k 为第 k 个点到待插值点的距离权重; r 为 k 个点到待插值点的距离; R_p 为截断距离; α 为与气象要素的距离相关性衰减率有关的参数, 即高斯形态系数, α 越大, 衰减率越高。

(3) 相关定义

平均连续雨淞日: 历次雨淞过程总持续时间与雨淞过程次数之比。

年平均雨淞日: 各观测台站建站至 2008 年雨淞累计日数与年数之比。

雨淞最长持续时间: 各观测台站建站至 2008 年历次雨淞过程最长的持续时间。

子区间及划分规则: 根据分析需要按一定规则将某气象要素的取值划分成不同的区间段, 则称区间段为子区间。由于 99% 的冰冻天气气温 $< 10.0^\circ\text{C}$, 而气温 $< -10^\circ\text{C}$ 的样本数不到总样本数的 1%, 因此, 日平均气温、日最高气温、日最低气温按 $< -10^\circ\text{C}$ 、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 和 $-10^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$ 之间以 0.5°C 间隔分段划分子区间; 日平均相对湿度按 5% 划分子区间; 日降水量按 5 mm 划分子区间; 日平均风速在 10 m/s 以下时按 0.5 m/s 划分子区

间, 10 m/s 以上的样本划分在同一子区间。

子区间雨淞频率: 子区间雨淞日数占该区间样本数的百分比。

子区间雨淞概括率: 子区间雨淞日数占总雨淞日数的百分比。

子区间样本概括率: 子区间样本数占总样本数的百分比。

雨淞正贡献区间: 雨淞概括率大于样本概括率的区间。

2 雨淞气象要素统计特征

选择日平均气温 (TT)、日最高气温 (Tm)、日最低气温 (Tn)、日平均相对湿度 (RH)、日降水量 (RR)、日平均风速 (VV) 作为雨淞气象要素的分析对象。总样本数为 435 863, 其中雨淞样本数为 16 667。

雨淞出现频率随气温降低而增大。对系列子区间雨淞概括率开展滑动 t 检验 (给定信度为 0.001), 得出日平均气温在 -2.5°C 、 1.5°C 附近, 雨淞概括率存在趋势突变 (减小、增大), 在该区间内雨淞概括率可达 76.6%; 日最高气温在 -1.0°C 、 2.5°C 附近, 雨淞概括率存在趋势突变 (减小、增大), 在该区间内雨淞概括率可达 61.1%; 日最低气温在 -3.0°C 、 0.5°C 时, 雨淞概括率存在趋势突变 (减小、增大), 在该区间内雨淞概括率可达 72.3%。当日平均气温、日最高气温、日最低气温分别 $< 2.0^\circ\text{C}$ 、 $< 4.5^\circ\text{C}$ 、 $< 0.5^\circ\text{C}$ 时, 对应的雨淞概括率开始大于子区间样本概括率, 即对雨淞的形成开始有正贡献。

雨淞出现频率随日平均风速增大而增大。对系列子区间的雨淞概括率开展滑动 t 检验, 结果为: 在日平均风速 0 、 5.5 m/s 附近存在显著增大、减小的趋势变化, 该区间雨淞概括率达 87.7%。日平均风速 $\geq 2 \text{ m/s}$ 时, 雨淞概括率开始大于子区间样本概括率, 即对雨淞的形成开始有正贡献。

在不同的日平均相对湿度区间上, 雨淞出现频率呈两头大、中间小的趋势 (图 1); 对系列子区间的雨淞概括率开展滑动 t 检验, 结果为: 在日平均相对湿度 75% 附近存在趋势显著增大点, 75% ~ 100% 区间上雨淞概括率可高达 90%; 日平均相对湿度 $\geq 85\%$ 时, 雨淞概括率开始大于子区间样本概括率, 即对雨淞的形成开始有正贡献。分析低湿状况下子区间雨淞频率较大的原因: ① 低湿区间样本小, 低频次的雨淞现象可导致高的雨淞频

率; ② 低湿状态下的雨淞多为维持期的雨淞。

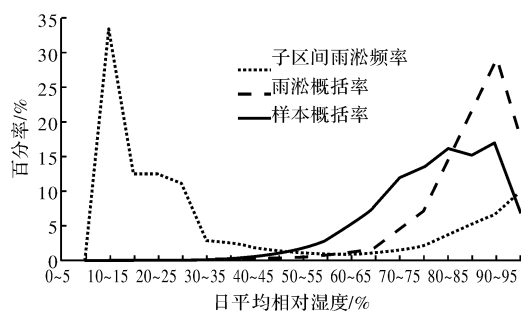


图1 雨淞日日平均相对湿度统计特征

在不同的日降水量区间, 雨淞出现频率及雨淞概括率无明显趋势变化。当日降水量 ≥ 0.0 mm 时, 雨淞概括率开始大于子区间样本概括率, 即有降水时对雨淞的形成是正贡献。

3 环境因子对雨淞天气形成的影响分析

3.1 环境因子

参考已有研究成果^[1-15], 选择冬季 TT 、 T_m 、 T_n 、 RR 、 RH 、 VV 、925 hPa 温度(T_9)、850 hPa 温度(T_8)、850 hPa 与 925 hPa 温度差(T_{8-9})、700 hPa 与 925 hPa 温度差(T_{7-9})、700 hPa 与 850 hPa 温度差(T_{7-8})等 11 个气象因子及台站经纬度、海拔高度、坡度、坡向等 5 个地理因子与雨淞天气(有、无)展开相关性分析。相关分析中, 雨淞天气作 0、1 化处理(0 代表无雨淞, 1 代表有雨淞)。

3.2 影响程度分析

3.2.1 环境因子与雨淞天气的相关性分析

计算 16 个环境因子与雨淞天气的相关系数, 结果表明: 雨淞天气与纬度、坡向、 T_8 、 T_9 、 T 、 T_m 、 T_n 成反相关, 与经度、坡度、海拔高度、 T_{8-9} 、 T_{7-9} 、 T_{7-8} 、 RH 、 R 、 V 成正相关。与 T 相关程度最高(相关系数达 -0.3676), 其后依次是 T_m 、 T_{7-9} 、 T_n 、 T_{8-9} 、 T_{7-8} 、 T_9 、 T_8 、海拔高度、 VV 、 RH 、坡度、 RR 、经度、纬度、坡向(-0.0209)。对相关系数做 t 检验, 得出均通过 0.001 信度显著性水平。由此得出, 16 个环境因子均与雨淞天气形成密切相关, 气温对雨淞天气的形成最重要, 温度的垂直结构次之, 影响最弱的是地理因子。雨淞天气与经度成正相关、与纬度成反相关的结论与湖南年雨淞日空间分布(图略)特征相一致。

3.2.2 不同日平均气温条件下环境因子对雨淞天气的影响分析

环境因子与雨淞的相关性分析已得出雨淞形

成与日平均气温相关最密切, 下面将分析在不同日平均气温条件下, 各环境因子对雨淞天气形成的影响程度。以日平均气温 ≤ 10 $^{\circ}\text{C}$ 为起始条件(样本数 360 093, 雨淞概括率 100%), 以 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 间隔下降, 至 -7.0 $^{\circ}\text{C}$ 结束(样本数 271, 雨淞概括率 1.9%), 分别计算不同日平均气温条件下各因子与雨淞天气的相关系数, 并对相关系数序列进行滑动 t 检验(给定信度为 0.01), 得出相关系数的趋势变化点。

在系列日平均气温条件下, T_m 与雨淞天气平均相关程度最高, 其次是 T 、 RH , 但在系列相关系数中, 最高相关系数为 TT 与雨淞天气的相关; 与 RR 的相关程度最弱, 其次是 VV 。随着日平均气温条件序列从高到低的变化, TT 、 T_m 、 T_n 、 VV 与雨淞天气的相关性逐渐降低; T_9 、 T_8 与雨淞天气的相关经历由反相关到正相关的变化; RH 、 RR 与雨淞天气为正相关, 且相关性随日平均气温条件降低而增大, 特别是当日平均气温 < 0 $^{\circ}\text{C}$ 后, 雨淞天气与 RH 的相关系数是与气温相关系数的 2 倍(图 2)。

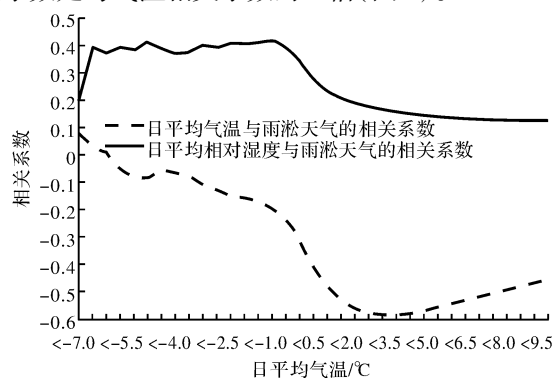


图2 不同日平均气温条件下雨淞天气与 TT 、 RH 的相关系数

在系列日平均气温条件下, 表征温度垂直结构的因子与雨淞天气的相关程度低于近地面气温和相对湿度, 以 T_{7-9} 相关最密切。随日平均气温条件序列从高到低的变化, T_{8-9} 、 T_{7-8} 、 T_{7-9} 与雨淞天气的相关程度下降。

在系列日平均气温条件下, 所选取的地理因子中, 雨淞天气与海拔高度相关最稳定、相关密切; 与纬度的条件性相关系数最高; 坡向与雨淞的相关性最弱; 经度、纬度、坡度在低温状况下对雨淞的影响更明显。随日平均气温条件序列从高到低的变化, 经度、纬度、海拔高度、坡度与雨淞天气的相关程度增大。

对各因子的相关系数序列开展滑动 t 检验, 从中分别挑选出最大、次大 t 值对应的日平均气温点。统计得出: 日平均气温 ≤ 1.0 $^{\circ}\text{C}$ 时相关系数出现明显趋势变化的频次最高(10 次), 其次是

1.5 °C (4 次)、-3.0 °C (4 次)。

4 基于环境因子的雨淞日模型

4.1 回归模型的选择

逐步回归模型能在给定的显著性水平下, 保证进入回归方程的因子均为对雨淞天气有显著影响的因子。因此, 选择逐步回归建立雨淞日数学模型。

4.2 雨淞日建模

相关性检验结果表明 16 个因子均与雨淞天气相关密切, 并在不同的日平均气温条件下, 相关程度存在较大变化。为检验这种变化对回归结果的影响, 同样以日平均气温 ≤ 10 °C 为起始条件, 以 0.5 °C 间隔下降, 至 -3.0 °C 结束 (相关系数趋势变化显著点的最低点), 在给定相同的 F 值、而日平均气温条件不同的状况下, 通过逐步回归建立雨淞日模型, 得出各模型雨淞的准确率 (对的次数与对、空、漏总次数之比)、高估率 (空的次数与对、空、漏总次数之比) 及低估率 (漏的次数与对、空、漏总次数之比)。结果表明, 在日平均气温条件低于 2.0 °C 之前, 准确率、高估率、低估率变化趋势较平缓; 当低于 1.5 °C 后, 低估率迅速上升、高估率迅速下降, 准确率先上升、低于 0.5 °C 时达到峰值、其后迅速下降 (图 3)。

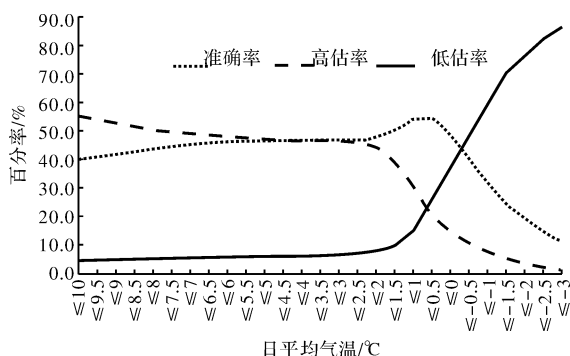


图3 不同日平均气温条件下的雨淞模拟准确率、高估率、低估率

雨淞日模型试验的系列准确率、高估率及低估率结果说明, 恰当选择日平均气温临界条件建立雨淞日模型相当关键。若以准确率-高估率-低估率的结果作为临界点的选择条件, 则日平均气温 ≤ 1.0 °C 为最优; 若以准确率-低估率的结果作为临界点选择条件, 则以日平均气温 ≤ 1.5 °C 为最优; 由于本研究的目标是尽量减少雨淞天气的低估次数, 因此, 选择 1.5 °C 作为临界点建立雨淞日模型, 即当日平均气温 > 1.5 °C, 认为无雨淞天气发生; 当日平均气温 ≤ 1.5 °C 时, 通过逐步回归建立雨淞天气与 16 个影响因子的回归方程。

参与回归计算的样本数为 40 859, 经计算得出回归方程为:

$$Y = 0.856\,459 - 0.029\,472X_1 + 0.000\,126X_2 + 0.027\,544X_3 + 0.018\,576X_4 + 0.029\,066X_5 - 0.145\,648X_6 + 0.036\,072X_7 + 0.005\,105\,X_8, \quad (3)$$

式中: Y 为回归值; X_1 为纬度; X_2 为海拔高度; X_3 为 T_8 ; X_4 为 T_{8-9} ; X_5 为 T_{7-8} ; X_6 为 TT ; X_7 为 T_n ; X_8 为 RH 。当选择 0.296 1 为雨淞天气有无临界值时, 雨淞拟合率为 97.0%, 复相关系数为 0.563 5, F 值为 2 375.4, 通过 0.001 信度检验。

通过上述回归方程建立雨淞日模型如下:

$$\begin{cases} \text{雨淞日} & TT \leq 1.5 \text{ °C 且 } Y > 0.296\,1, \\ \text{无雨淞日} & TT \leq 1.5 \text{ °C 且 } Y \leq 0.296\,1, \\ \text{无雨淞日} & TT > 1.5 \text{ °C}. \end{cases}$$

4.3 气候检验

引入气候指标平均连续雨淞日 I_c 、年平均雨淞日 I_y 、雨淞最长持续时间 I_t , 基于雨淞日模型和台站资料两种数据源, 计算各站点的分类气候指标, 进行相关性检验、均值检验 (t 检验), 并统计平均绝对误差 (假设台站数据计算结果为正确值)。

相关性检验结果: 两种数据源计算出的 I_c 、 I_y 、 I_t 的相关系数依次为 0.823 5、0.951 5、0.665 4。确定显著性水平 $\alpha = 0.01$, 自由度 $\nu = 97$, 查表得出均通过显著性水平检验。

t 检验结果: 两种数据源计算出的 I_c 、 I_y 、 I_t 的 t 值分别为 1.206 7、-5.695 2、-5.179 4。确定显著性水平 $\alpha = 0.01$, 自由度 $\nu = 97 + 97 - 2 = 192$, 查表得出两种数据源的 I_c 无显著差异, I_y 、 I_t 存在显著差异。

平均绝对误差: 两种数据源计算出的 I_c 、 I_y 、 I_t 的平均绝对误差依次为 0.3 d、0.6 d、5.3 d。

分析中发现基于台站观测数据计算出的 I_y 、 I_t 较基于雨淞日模型数据计算出的结果整体偏小, 平均只有模型数据计算结果的 63.8%、77.5%。若以 63.8%、77.5% 对模型数据计算结果进行订正, 则平均绝对误差降低至 0.15 d、3.3 d; t 值分别为 0.007 8、0.000 4, 均通不过显著性检验。

5 雨淞日模型应用事例

5.1 区划数据源及指标

区划资料时间段: 湖南省各地面气象观测站建站时间存在差异, 基于气象资料序列长度一致性考虑, 选择 1961-2008 年作为雨淞气候区划时间段。

区划水平分辨率: 在对气温小网格插值误差展

开分析中发现,小网格插值分辨率为 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 时误差最小。因此,确立区划水平分辨率为 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 。

区划数据源:选择多元回归残差高斯算子订正法对湖南省 1961–2008 年逐日 TT 、 T_m 、 RH 及与之对应的 NCEP 逐日 20 时 T_8 、 T_{8-9} 、 T_{7-9} 进行小网格插值,利用雨淞日模型进行雨淞有无判别,形成各网格点雨淞日数据序列。

区划指标及分级标准:平均连续雨淞日代表历次雨淞过程的平均持续时间,能折射出雨淞过程的强弱,选择平均连续雨淞日作为雨淞气候区划指标。根据平均连续雨淞日数值的大小将其分为雨淞低发区、雨淞较易发生区、雨淞中度易发区、雨淞易发区、雨淞高发区等 5 个等级,对应的数值分级为: $\leq 2.5\text{ d}$ 、 $2.5 \sim 3.0\text{ d}$ 、 $3.0 \sim 3.5\text{ d}$ 、 $3.5 \sim 4\text{ d}$ 、 $> 4\text{ d}$ 。

5.2 区划评述

图 4 给出了湖南省雨淞气候区划图。 28°N 为湖南省雨淞易发程度的南北分界线,中度雨淞易发区主要位于 28°N 以南, 28°N 以北以雨淞较易发生区及雨淞低发区为主。雨淞低发区主要位于湘西北地区(高寒山区除外),包含张家界大部、常德西北部的部分地区、怀化中北部的大部分地区、吉首北部及东南部的部分地区;雨淞较易发生区主要位于湘北地区,包含常德大部、益阳中北部、岳阳大部、长沙大部、湘潭大部、株洲北部、娄底东南部、怀化中部及邵阳、永州、衡阳的局部;雨淞中度易发区主要位于 28°N 以南的地区,包含衡阳大部、株洲中南部、邵阳东部和南部、永州北部及西南部、郴州东部,另外洞庭湖区也属雨淞中度易发区;雨淞易发区主要位于郴州中西部、永州东部及高寒山区的边缘地区;雨淞高发区主要位于雪峰山一带及山岭北侧的山地。

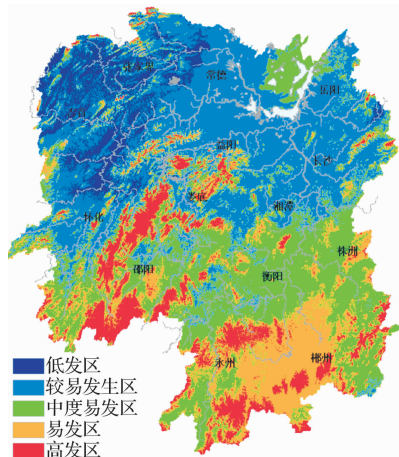


图 4 雨淞气候区划图

6 结论

(1)气温对雨淞天气的形成影响最大,垂直温度结构次之,影响最弱的因子是地理因子,其中气温以日平均气温最关键,垂直温度结构因子中深厚逆温层结影响更明显,地理因子中海拔高度影响最显著;雨淞天气与经度成正比、纬度成反比充分展现出了湖南特定地形条件下南部雨淞重于北部、东部重于西部的特点。

(2)当 TT 、 T_m 、 T_n 、 RH 、 RR 、 VV 分别 $< 2.0\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $< 4.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $< 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $\geq 85\%$ 、 $\geq 0.0\text{ mm}$ 、 $\geq 2\text{ m/s}$ 时,环境条件开始有利于雨淞天气的形成; TT 、 T_m 、 T_n 、 RH 、 VV 分别在区间 $-2.5 \sim 1.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-1.0 \sim 2.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-3.0 \sim 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $75\% \sim 100\%$ 、 $0 \sim 5.5\text{ m/s}$ 上雨淞出现频率最大。

(3)当日平均气温偏低时,特别是低于 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 后,雨淞天气与 RH 的相关程度远高于与气温的相关程度,经度、纬度、坡度对雨淞天气的影响也是在低温状态下更明显。

(4)雨淞日模型所包含的因子间接印证了雨淞天气的形成机理。同时,借助于相关系数趋势显著变化的临界点建立雨淞日模型,能有效提高对雨淞天气判断的准确率。

(5)把对雨淞天气的研究转换成对气象要素及地理因子的研究,以此解决长序列、高分辨率雨淞观测资料瓶颈问题,从而基于模型可进行精细化雨淞气候区划。

(6)气象灾害研究涉及对小概率事件的处理,能否正确使用各种数理统计方法关系到结论的客观性和可信性,本文在该方面提供了有益的分析思路。

(7)NCEP 再分析资料分辨率虽然不能满足精细化分析的需要,但从本文分析结果看,也具代表性。

参考文献:

- [1] 杨贵名,孔期,毛冬艳,等. 2008 年初“低温雨雪冰冻”灾害天气的持续性原因分析[J]. 气象学报, 2008, 66(5): 836–849.
- [2] 王亚飞,李琰,李萍云,等. 2008 年初中国南方雪灾大尺度环流背景分析[J]. 气象学报, 2008, 66(5): 826–835.
- [3] 王东海,柳崇键,刘英,等. 2008 年 1 月中国南方低温雨雪冰冻天气特征及其天气动力学成因的初步分析[J]. 气象学报, 2008, 66(3): 405–422.
- [4] 曾建明,陆维松,梁信忠,等. 2008 年初中国南方持续性冰冻雨雪灾害形成的温度场结构分析[J]. 气象学报, 2008,

- 66(6): 1043–1052.
- [5] 周慧, 朱国强, 禹伟, 等. 湖南 2008 年极端冰冻特大灾害成因分析及影响评估[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 80–85.
- [6] 陶云, 吴星霖, 段旭, 等. 2008 年云南滇东北电线覆冰的气象条件[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 80–85.
- [7] 李才媛, 郭英莲, 王海燕, 等. 湖北省 1954/2008 年历史罕见持续低温冰雪过程对比分析[J]. 灾害学, 2011, 26(1): 80–86.
- [8] 丁一汇, 王遵娅, 宋亚芳, 等. 中国南方 2008 年 1 月罕见低温雨雪冰冻灾害发生的原因及其与气候变暖的关系[J]. 气象学报, 2008, 66(50): 808–825.
- [9] 王遵娅, 张强, 陈峪, 等. 2008 年初我国低温雨雪冰冻灾害的气候特征[J]. 气候变化研究进展. 2008, 4(2): 63–67.
- [10] 吕胜辉, 王积国, 邱菊天津机场地区冻雨天气分析[J]. 气象科技, 2004, 32(6): 456–460.
- [11] 王崇洲, 贝敬芬. 一次暴雪、雨淞、冰雹天气过程的综合分析[J]. 气象, 1992, 18(4): 48–52.
- [12] 陈天锡, 陈贵发, 穆晓涛. 驻马店地区冻雨天气特征的分析 and 预报[J]. 气象, 1993, 19(2): 32–36.
- [13] 张勇, 寿绍文, 王咏青, 等. 山东半岛一次强降雪过程的中尺度特征[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(1): 51–60.
- [14] 崔晶, 张丰启, 钱永甫, 等. 2005 年 12 月威海连续性暴雪的气候背景[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(6): 845–851.
- [15] 《湖南省气象志》编纂委员会. 湖南省气象志[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [16] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.

Study and Application of Glaze Environmental Influence Factors ——Taking Hunan as an Example

Liao Yufang¹, Li Ying², Chen Xiangya¹ and Feng Junni³

(1. Climate Center of Hunan Province, Changsha 410007, China; 2. Unit 81, 95666 Army, Chengdu 610041, China; 3. Yiyang Meteorological Bureau, Yiyang 413000, China)

Abstract: Based on meteorological observation data, NCEP data and geographical information data of Hunan province, the effects of meteorological and geographical factors on formation glaze weather are analyzed by use of probability theory and mathematic statistical methods and the critical influence points of each influence factor are revealed. Influence of other factors on the formation of glaze weather when major factor locates at different influence points is further analyzed. And a mathematic model of the climate glaze day based on meteorological elements and geographical factors is developed. The simulation results of this model is tested by choosing the related climate indexes as average continuous freezing days, annum mean glaze days and the longest duration of glaze. It shows that the simulated result is highly correlated with the actual observations and the average difference is small. Glaze day model has been applied in refined climatic regionalization of glaze.

Key words: mathematic statistics; glaze weather; influence factors; climate glaze day model; Hunan province

(上接第 75 页)

Response Characteristics between Wenchuan Earthquake and the Rainfall Induced Debris Flow in Beichuan Country, Sichuan

Tie Yongbo^{1,2} and Tang Chuan²

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, China; 2. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: On September 24, 2008, a regional rainfall-induced debris flow occurred in Beichuan, which located in the central area of Wenchuan earthquake, and caused serious loss. In order to ascertain the relationship between debris flow and earthquake in Wenchuan seismic area, the relationship between the debris flow numbers and the fault and between the density of debris flow and the intensity of earthquake are analyzed based on the survey of 72 debris flows gullies that formed in Beichuan country on August 24, 2008. The result show that the rainfall-induced debris flow number in Beichuan country has a typical hanging wall/footwall effect. The main debris flows were concentratedly distributed in the hanging wall of Wenchuan-Yingxiu fault zone. The density of debris flows has a positive relationship with the intensity of earthquake. The density of debris flow increased with the increase of earthquake intensity. The results of this research will play an important role in interpreting the effects of earthquake on development and distribution of debris flows and provide scientific basis for debris flow risk control and mitigation in earthquake area.

Key words: rainfall-induced debris flow; response characteristics; Beichuan country; Wenchuan earthquake