

文章编号: 1008 - 2786 - (2012) 2 - 186 - 09

广西西部山区日最低气温短序列订正方法

王莹 苏永秀 李政

(广西气象减灾研究所 广西 南宁 530022)

摘 要: 针对高海拔山区气象台站稀少, 研究山区气候较为困难等问题, 选择广西西部山区河池市为研究区域, 收集该区域内位于海拔 800 m 以上的 6 个自动站 12 月、1 月和 2 月的日最低气温资料, 并选择与自动站相关程度较高的气象站为基本站, 采用一元回归订正法和差值订正法对这 6 个自动站逐日最低气温进行订正, 并从统计学和订正误差的角度分别对它们进行了比较分析。结果表明: 两种方法的订正误差无显著性差异, 但由于自动站资料时间序列较短, 最低气温的瞬时性及影响因素较为复杂等原因, 订正误差较大。

关键词: 高海拔山区; 日最低气温; 序列订正; 自动站

中图分类号: P468.0

文献标识码: A

冬季低温是发展冬季农业的关键限制因子, 一旦气温低于植物所能忍受的限度, 尽管时间短暂, 也往往会使作物遭受寒害或冻害, 重者死亡^[1-3]。近年来, 冬季极端气候现象频繁出现, 强冷空气入侵造成的低温冷害常给农业生产带来不同程度的损失, 尤其是气候十分复杂的山区低温冷害更为严重^[4-5]。因此, 对于冬季极端最低气温的研究, 尤其是山区日最低气温的研究就显得更为重要。

目前有关气温时空分布的研究, 大多数都是以国家基本气象台站的观测资料为基础^[6-24], 而这些台站多分布在地势较平、海拔较低的城镇附近, 在地形条件相对复杂的高海拔山区, 站点则较为稀少。若仅用这些气象台站的资料进行分析建模, 则只能反映山区气候的一般趋势, 并不能真实地反映山区复杂地形条件下的小气候特征^[25-29]。近年来, 随着气象系统自动气象站的布设, 观测资料的空间分辨率不断提高, 为山区气候资源的研究提供了更为详细、准确的基础数据。但是根据世界气象组织

(WMO) 气候研究的规定^[30], 自动站观测资料的时间序列太短。因此, 本文收集位于河池市内海拔在 800 m 以上山区自动站的逐日最低气温资料, 探讨将自动站的短序列资料进行订正、延长到与基本台站相同的时期, 用于研究高海拔山区极端最低气温的时空状况, 为区域日最低气温时空分布建模分析, 充分合理开发利用区域气候资源, 趋利避害, 实现区域农业科学发展提供基础依据。

目前常用的气温序列订正方法主要有差值订正法、一元回归订正法、条件差值订正法、逐步回归订正法、比值订正法等。其中, 差值订正法是根据不同记录时期内相邻测站气温差的累年值可近似的看作常数, 即差值稳定性得出的订正方法, 其订正效果取决于基本站与订正气温相关密切的程度和订正站在基本时期内的观测记录年数。一般情况下, 在一个县的范围内, 只要订正站有 3 ~ 5 a 以上的观测资料, 即可用差值订正法求的较为满意的订正结果。尽管一元回归订正法较差值订正法复杂, 但当订正

收稿日期(Received date): 2011 - 09 - 11; 改回日期(Accepted): 2012 - 01 - 29。

基金项目(Foundation item): 农业科技成果转化资金项目(2007GB2E100249)、广西自然科学基金项目(2010GXNSFA013011)资助。[Support by the project of Agricultural Science and Technology Achievements Foundation (2007GB2E100249) and the project of Guangxi Natural Science Foundation (2010GXNSFA013011) .]

作者简介(Biography): 王莹(1983 -) 女, 河南人, 硕士, 主要从事生态与农业气象研究。[Wang Ying (1983 -) female, born in Henan, Master, Assistant Engineer, major on ecology and agricultural meteorology.] E-mail: wangying8309@163.com

* 通讯作者(Corresponding author): 苏永秀(1963 -) 女, 广西人, 正研级高工。主要从事生态与农业气象研究。[Su Yongxiu (1963 -) , female, born in Guangxi, Professor Senior Engineer, Bachelor, major on ecology and agricultural meteorology.]

站与基本站气象相关较为密切,订正站在基本时期观测年数较少的情况下,采用一元回归订正法进行序列延长的效果较差值订正法有明显改善;尽管条件差值订正法适合于不同序列长度气温资料的订正,且更在于超短序列资料的订正方面效果更佳,但所需资料较多,除了需使用两个基本站的资料进行订正,还需要基本站的云量资料,并将云量等级进行划分,该方法主观性大,计算过程较为复杂;而逐步回归订正法通过被订正要素与本站的一些气象要素之间建立逐步回归方程来订正插补订正站的资料,需要使用基本站的气象资料更多。由于日最低气温可能出现零或者接近零,用比值订正法不合适^[7-9,31-32]。因此,本文根据选用资料少、订正误差小、计算过程简便而精度又能满足要求等原则,采用一元回归订正法和差值订正法对各自动站的日最低气温进行订正,并对其进行比较选择。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况

本文选择广西西部河池市 800 m 以上的山区为研究区域。河池市地处广西西北边陲、云贵高原南麓,现辖 9 县 1 区,地理位置介于 106°34′~109°09′

E、23°41′~25°37′N 间;东西长 228 km,南北宽 260 km,全市土地面积 $3.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[16]。

1.2 资料来源与处理

资料来源于广西壮族自治区气象信息中心,选择河池市海拔在 800 m 以上的 6 个自动气象站及其附近国家气象台站 12 月、1 月、2 月的日最低气温观测数据作为研究的基础资料。先对气温资料按质量控制规范要求进行审核,一方面,要求无明显过失及系统误差,对随机误差忽略不计,精确度要求为 0.1℃。另一方面,要求日最低气温在时间序列上具有均一性,符合气象观测规范要求。

各自动站分别隶属的国家气象站为南丹及天峨,其气温资料年均均为 1961—2009 年,海拔分别为 697.9 m 和 287.3 m。各自动站的日最低气温资料情况如表 1 所示。

1.3 研究方法

设 x 站为国家基本站,具有 N 年资料; y 站为自动站,有 n 年资料,其中 $n < N$,且 $n \in N$,其结果为: $x_N = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, $y_n = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, \bar{x}_n 、 \bar{y}_n 分别表示基本站及自动站 n 年平均值, \bar{x}_N 表示基本站 N 年的平均值。

若两站的观测值存在线性关系,则采用一元线性回归方程自动站 n 年资料订正到 N 年,回归订正

表 1 自动站逐日最低气温资料
Table1 Data of daily minimum temperature from automatic meteorological stations

自动站名	国家气象站名	海拔/m	资料年代	月	样本数/n	说明
月里	南丹	842	2006—2009 年	12 月	118	2006 年 1 月缺 22 日;
				1 月	92	2007 年 12 月缺 27—31 日;
				2 月	84	2008 年缺 1 月 2 月;
巴平	南丹	845	2007—2009 年	12 月	93	
				1 月	62	2007 年缺 1 月、2 月;
				2 月	57	
芒场	南丹	915	2006—2009 年	12 月	123	
				1 月	93	2006 年缺 1 月 2 月;
				2 月	85	2009 年 1 月缺 1—8 日; 12 月缺 2 日;
中堡	南丹	965	2006—2009 年	12 月	99	2006 年缺 1 月、2 月, 12 月 20 日;
				1 月	85	2008 年 12 月缺 9—31 日;
				2 月	85	2009 年 1 月缺 1—8 日;
纳直	天峨	859	2007—2009 年	12 月	93	
				1 月	62	2007 年缺 1 月、2 月;
				2 月	57	
三堡	天峨	1 054	2007—2009 年	12 月	93	
				1 月	62	2007 年缺 1 月、2 月
				2 月	57	

公式为

$$\bar{y}_N = \bar{y}_n + r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (\bar{x}_N - \bar{x}_n) \quad (1)$$

式中 \bar{x}_n 、 \bar{y}_n 分别表示国家站和自动站 n 年平行观测时期内日最低气温累年平均值, σ_x 、 σ_y 分别表示国家站和自动站在 n 年内日最低气温的标准差, r 表示国家站和自动站在 n 年内日最低气温的相关系数。

当两站对应要素完全相关且标准差完全相等, 即 $r=1$, $\sigma_x=\sigma_y$, 由式(1)可以得出差值订正法公式

$$\bar{y}_N = \bar{x}_N - (\bar{x}_n - \bar{y}_n) = \bar{y}_n + \bar{x}_N - \bar{x}_n \quad (2)$$

2 结果分析

2.1 一元回归方法的订正结果

根据一元回归订正法建立各自动站与国家站之间的一元回归方程(表2)。结果表明:各自动站的日最低气温与其所辖国家站的日最低气温之间的相关系数都较高,其中各自动站与基本台站南丹站12

月的相关系数在0.749~0.956间,1月的相关系数在0.847~0.984间,2月的相关系数在0.935~0.980间,均通过了置信度为1%的F检验,相关极显著。其中隶属于天峨县纳直、三堡两站,与天峨站相关系数也较高,且均通过了置信度为1%的F检验,相关也达到了极显著水平,但两个自动站与南丹站相关程度较高,且各月与南丹站的相关系数也均大于与天峨站的相关系数。

2.2 差值订正法

根据差值订正法对各自动站12月及1月、2月日最低气温进行订正,订正结果见表3。大多数研究认为,对山地气温分布而言,海拔的影响是重要的^[33]。国家站与自动站之间垂直方向大致在144~356 m范围内变化,取河池市冬季山区气温直减率为0.4℃/(100 m)^[22,34]。从表3可以看出,根据南丹站得到的订正误差的精度范围都处于较为合理的范围之内^[35],因此也可以采用差值订正法对各自动站的日最低气温进行订正。而通过天峨站得到的订正误差较大,超出合理的范围之内。

表2 自动站与基本站日最低气温一元回归关系

Table 2 One-variate linear regression of daily minimum temperature between automatic stations and their basic station

自动站名	国家气象站名	月	一元线性回归方程	相关系数	F 值	$F_{0.01}$	检验结果
月里	南丹	12 月	$y = 0.842x + 0.133$	0.879	394.467	1.60	极显著
		1 月	$y = 0.989x - 0.624$	0.910	434.529	1.69	极显著
		2 月	$y = 1.072x - 1.523$	0.935	568.345	1.69	极显著
巴平	南丹	12 月	$y = 1.049x - 1.691$	0.956	972.349	1.69	极显著
		1 月	$y = 1.012x - 1.478$	0.984	1 868.266	1.78	极显著
		2 月	$y = 0.995x - 1.383$	0.980	1 351.756	1.86	极显著
芒场	南丹	12 月	$y = 0.886x - 0.383$	0.910	579.517	1.60	极显著
		1 月	$y = 1.052x - 1.280$	0.937	655.728	1.69	极显著
		2 月	$y = 1.084x - 2.047$	0.978	1 841.759	1.69	极显著
中堡	南丹	12 月	$y = 0.733x - 0.506$	0.798	170.246	1.69	极显著
		1 月	$y = 0.977x - 0.908$	0.858	232.216	1.69	极显著
		2 月	$y = 1.090x - 2.021$	0.948	734.295	1.69	极显著
纳直	南丹	12 月	$y = 0.946x + 0.790$	0.877	303.330	1.69	极显著
		1 月	$y = 0.976x + 0.488$	0.911	291.418	1.78	极显著
		2 月	$y = 1.087x - 0.293$	0.952	532.434	1.86	极显著
三堡	天峨	12 月	$y = 0.958x - 2.554$	0.828	198.259	1.69	极显著
		1 月	$y = 1.062x - 3.280$	0.845	149.828	1.78	极显著
		2 月	$y = 1.212x - 5.016$	0.954	553.418	1.86	极显著
三堡	南丹	12 月	$y = 0.804x - 1.477$	0.749	115.993	1.69	极显著
		1 月	$y = 1.015x - 1.341$	0.847	152.077	1.78	极显著
		2 月	$y = 1.182x - 3.110$	0.950	507.605	1.86	极显著
三堡	天峨	12 月	$y = 0.770x - 2.501$	0.668	73.186	1.69	极显著
		1 月	$y = 0.993x - 4.518$	0.710	61.057	1.78	极显著
		2 月	$y = 1.218x - 7.139$	0.880	189.283	1.86	极显著

表 3 自动站与基本站日极端最低气温差值订正
Table 3 Difference value of daily minimum temperature
between automatic station and their basic stations

自动站名	国家气象站名	月	多年日最低 气温差值/℃	绝对误差 /℃
月里	南丹	12 月	-0.989	1.01
		1 月	-0.673	0.95
		2 月	-0.107	1.20
巴平	南丹	12 月	-1.329	0.67
		1 月	-1.436	0.50
		2 月	-1.419	0.67
芒场	南丹	12 月	-1.194	0.91
		1 月	-1.091	0.97
		2 月	-1.282	0.90
中堡	南丹	12 月	-1.444	1.19
		1 月	-0.991	1.57
		2 月	-1.199	1.40
纳直	南丹	12 月	0.386	1.06
		1 月	0.403	1.33
		2 月	0.405	1.52
	天峨	12 月	3.007	1.29
		1 月	2.858	1.93
		2 月	2.663	1.61
三堡	南丹	12 月	-1.609	1.56
		1 月	-1.303	2.02
		2 月	-1.649	1.76
	天峨	12 月	5.001	1.89
		1 月	4.565	2.84
		2 月	4.718	2.59

2.3 一元回归订正法与差值订正法比较分析

根据屠其璞对差值订正法和一元回归订正法的比较分析,从统计学的角度,当中 $n > \frac{(1-r^2)c^2}{(1-rc)^2} + 3n$ 表示平行观测的样本数, r 表示基本站与订正站之间日最低气温的相关系数, $c^2 = \sigma_y^2 / \sigma_x^2$ ($c > 0$), σ_x^2 表示基本站日最低气温的方差, σ_y^2 表示自动站日最低气温的方差时,一元回归订正法优于差值订正法;反之,差值订正法则优于一元回归订正法。

根据收集得到的气象资料,对处于不同海拔及地形的各个自动站,使用上述分析比较标准对差值订正法和一元回归订正法进行选择比较,然后对各

自动站的日最低气温进行订正插补,如表 4 所示。

表 4 中可见,各自动站与其基本站之间 12 月及 1 月、2 月的日最低气温相关系数均较高,都通过了置信度为 1% 的 F 检验,相关达到极显著水平。由于各自动站与基本站的日最低气温标准差之间有一定的差异,从统计学角度分析,使用差值订正法及一元回归订正法会存在一定的差异。12 月除纳直站外,均选择一元回归订正法较优,1 月的日最低气温除芒场以外,大部分的自动站都选用差值订正法较优,2 月所有自动站均选择一元回归订正法较优。

通过各自动站的实测资料得到两种订正方法的订正误差频率分布表(表 5),对订正效果之间的差别及订正误差的分布特点进行具体分析和检验。

由表 5 可见,无论使用差值订正还是一元回归订正法,从订正误差的整体效果看,巴平最好、芒场较次,其余站点的均较差。其中,纳直、三堡 2 个自动站虽均隶属于天峨县,距离天峨县基本站较近,但海拔相差较大,而距离较远,海拔相差较小的南丹站,订正效果好于天峨站。这说明日最低气温的订正误差总体分布规律为:与基本站的海拔相差越大,订正误差就越大,且海拔高差的影响大于距离的影响。

月里、中堡、芒场、巴平 4 个自动站均隶属于南丹县,其中芒场及巴平的订正误差均小于月里和中堡的订正误差。因此,订正效果也与自动站和基本站之间的距离有关,与基本站之间的距离越大,订正误差就越大。

通过订正误差的方差分析对使用差值订正法与一元回归订正法产生的订正误差的方差进行差别分析。取统计量

$$F = \frac{\frac{n_1}{n_1 - 1} S_1^2}{\frac{n_2}{n_2 - 1} S_2^2}$$

式中 S_1^2 、 S_2^2 分别为两种订正误差的方差; n_1 、 n_2 分别为两种订正误差的样本数。设置信度为 5%,查 F 分布表得到 $F_{0.05}$ 。若 F 值 $< F_{0.05}$,则两种订正误差的方差无显著性差异(表 6)。

由表 6 可以看出,通过对订正误差的方差进行 F 检验,采用差值订正法和一元回归订正法对自动站的日最低气温进行订正无显著性差异。

因此,对于广西河池市内海拔在 800 m 以上各自动站日最低气温的订正,采用一元回归订正法或差值订正法均可,其订正误差无显著性差异。

表 4 自动站日极端最低气温段序列订正方法

Table 4 Adjusting methods of daily temperature series for different automatic stations

自动站名	国家气象站名	月	样本数 /n	相关系数	自动站标准差	国家站标准差	$\frac{(1-r^2)c^2}{(1-rc)^2}+3$	订正方法
月里	南丹	12 月	118	0.879	2.729	2.848	11	一元回归
		1 月	92	0.910	3.102	2.853	1 837	差值模拟
		2 月	84	0.935	4.356	3.800	35	一元回归
巴平	南丹	12 月	93	0.956	3.010	2.744	47	一元回归
		1 月	62	0.984	3.984	3.874	237	差值模拟
		2 月	57	0.980	5.144	5.064	1 998	差值模拟
芒场	南丹	12 月	123	0.910	2.706	2.781	15	一元回归
		1 月	93	0.937	3.737	3.330	61	一元回归
		2 月	85	0.978	5.218	4.707	11	一元回归
中堡	南丹	12 月	99	0.798	2.440	2.656	7	一元回归
		1 月	85	0.858	3.884	3.412	634	差值模拟
		2 月	85	0.948	5.414	4.707	19	一元回归
纳直	南丹	12 月	93	0.877	2.960	2.745	95	差值模拟
		1 月	62	0.911	4.151	3.874	348	差值模拟
		2 月	57	0.952	5.782	5.064	19	一元回归
	天峨	12 月	93	0.828	2.960	2.558	245	差值模拟
		1 月	62	0.845	4.151	3.303	121	差值模拟
		2 月	57	0.954	5.782	4.551	6	一元回归
三堡	南丹	12 月	118	0.749	2.948	2.745	16	一元回归
		1 月	92	0.847	4.621	3.873	3 640	差值模拟
		2 月	84	0.950	6.300	5.064	8	一元回归
	天峨	12 月	93	0.668	2.948	2.558	17	一元回归
		1 月	62	0.710	4.621	3.303	21 352	差值模拟
		2 月	57	0.880	6.300	4.551	12	一元回归

3 结论

以广西西部山区河池市南丹县气象站作为基本站 6 个自动站分别作为订正站 ,分别建立各自动站与南丹基本站之间关于日最低气温的一元线性回归方程和差值订正方程。

各自动站日最低气温的订正误差与海拔关系密切 ,总体规律是:气象站的海拔相差越大 ,订正误差就越大 ,且相对于站点之间的距离 ,海拔高差对订正误差影响更大。

从统计学和订正误差的角度分析了使用差值订

正法和一元回归订正法对南丹县内各个自动站日最低气温进行订正的差别。认为采用一元回归订正法和差值订正法 ,订正误差无显著性差异。

采用简便实用的一元回归订正法和差值订正法 ,可有效提高高海拔山区日最低气温的分辨率 ,为山地气候资源分析评估及气候可行性论证提供一定的参考。

但是 ,山区气温影响复杂 ,极端气温分布空间差异与海陆(或水陆)分布、环境效应、地物及地形障碍等因素有关^[36-37] ,同时极端气温还具有瞬时性的特点^[38]。而本研究仅限于海拔在 800 m 以上的站点资料 ,并不够准确的反映山区极端最低气温资源的

表5 自动站订正误差频率分布

Table 5 Frequency distribution of fitting errors for different automatic stations

自动站名	海拔 /m	国家气象站名	订正方法	月	平均绝对误差 /℃	绝对误差的频率/%		
						0.0~0.4	0.5~0.7	>0.8
月里	842	南丹	差值	12月	1.01	31.4	19.5	49.2
				1月	0.95	31.5	18.5	50.0
				2月	1.20	16.7	23.8	59.5
			一元回归	12月	0.96	32.2	24.6	43.2
				1月	0.95	32.6	18.5	48.9
				2月	1.15	20.2	28.6	51.2
巴平	845	南丹	差值	12月	0.67	39.8	32.3	28.0
				1月	0.50	58.1	21.0	20.9
				2月	0.67	54.4	21.0	24.6
			一元回归	12月	0.66	40.9	32.3	26.9
				1月	0.50	56.5	21.0	22.6
				2月	0.67	56.1	19.3	24.6
芒场	915	南丹	差值	12月	0.91	23.6	28.5	47.9
				1月	0.97	22.6	26.9	50.5
				2月	0.90	20.0	34.1	45.9
			一元回归	12月	0.89	23.6	32.5	43.9
				1月	0.96	25.8	25.8	48.4
				2月	0.78	30.6	38.8	30.6
中堡	965	南丹	差值	12月	1.19	24.2	22.2	53.5
				1月	1.57	10.6	11.8	77.6
				2月	1.40	11.8	15.3	72.9
			一元回归	12月	1.08	25.3	24.2	50.5
				1月	1.58	11.8	11.8	76.4
				2月	1.25	22.4	21.2	56.4
纳直	859	南丹	差值	12月	1.06	25.8	25.8	48.4
				1月	1.33	16.1	11.3	72.6
				2月	1.52	8.8	10.5	80.7
			一元回归	12月	1.06	24.7	25.8	49.5
				1月	1.34	14.5	11.3	74.2
				2月	1.42	8.8	19.3	71.9
三堡	1054	天峨	差值	12月	1.29	23.7	8.6	67.7
				1月	1.93	4.8	9.7	85.5
				2月	1.61	17.5	12.3	70.2
			一元回归	12月	1.30	22.6	10.8	66.6
				1月	1.87	6.5	12.9	80.6
				2月	1.30	19.3	21.1	59.6
三堡	1054	南丹	差值	12月	1.56	15.1	17.2	67.7
				1月	2.02	9.6	8.1	82.3
				2月	1.76	8.8	7.0	84.2
			一元回归	12月	1.55	14.0	15.1	71.0
				1月	2.02	9.6	8.1	82.3
				2月	1.45	17.5	19.3	63.2
三堡	1054	天峨	差值	12月	1.89	11.8	5.4	82.8
				1月	2.84	4.8	1.6	93.6
				2月	2.59	7.0	7.0	86.0
			一元回归	12月	1.83	10.8	8.6	80.6
				1月	2.85	4.8	1.6	93.6
				2月	2.31	15.8	5.3	78.9

表 6 差值订正法与一元回归订正法订正误差之间的方差分析

Table 6 Variance analysis for fitting errors using difference value method and one - variate linear regression method

自动站名	月	样本数 /n	订正误差方差		F 值	$F_{0.05}$	有无明显差异
			差值	一元回归			
月里	12 月	118	9.350	8.714	1.151	1.39	无明显差异
	1 月	92	0.862	0.865	0.995	1.45	无明显差异
	2 月	84	1.008	1.025	0.967	1.45	无明显差异
巴平	12 月	93	0.586	0.576	1.034	1.36	无明显差异
	1 月	62	0.492	0.490	1.007	1.45	无明显差异
	2 月	57	0.762	0.762	1.002	1.45	无明显差异
芒场	12 月	123	0.688	0.725	0.901	1.45	无明显差异
	1 月	93	0.887	0.876	1.025	1.53	无明显差异
	2 月	85	0.713	0.746	0.913	1.53	无明显差异
中堡	12 月	99	1.111	9.900	1.262	1.36	无明显差异
	1 月	85	1.207	1.215	0.987	1.45	无明显差异
	2 月	85	1.088	1.184	0.844	1.45	无明显差异
纳直	12 月	93	0.958	0.936	1.047	1.36	无明显差异
	1 月	62	1.074	1.059	1.027	1.45	无明显差异
	2 月	57	0.993	1.043	0.908	1.45	无明显差异
三堡	12 月	93	1.288	1.181	1.120	1.45	无明显差异
	1 月	62	1.380	1.382	0.998	1.53	无明显差异
	2 月	57	1.251	1.317	0.902	1.53	无明显差异

分布,因此。对于山区气温资源的数据还有待于进一步的分析及研究。

参考文献(References)

- [1] Cai Wenhua, Wang Jiayi, Yue Huiying. Statistical characteristics of annual minimum temperature in recent 50 years in Fujian province [J]. Meteorological Science and Technology 2005 33(3): 227 - 230 [蔡文华, 王加义, 岳辉英. 近 50 年福建省年度极端最低气温统计特征[J]. 气象科技 2005 33(3): 227 - 230]
- [2] Guo Shumin, Chen Yinjun, Su Yongxiu et al. Study on precise comprehensive agricultural climate regional planning and application of banana in Guangxi [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010 26(24): 348 - 352 [郭淑敏, 陈印军, 苏永秀, 等. 广西香蕉精细化农业气候区划与应用研究[J]. 中国农业通报 2010, 26(24): 348 - 352]
- [3] Guo Shumin, Chen Yinjun, Su Yongxiu et al. Study on precise comprehensive agriculture climate regional planning and application of leeches in Guangxi [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011 27(2): 205 - 209 [郭淑敏, 陈印军, 苏永秀, 等. 广西荔枝精细化农业气候区划与应用研究[J]. 中国农业通报 2011 27(2): 205 - 209]
- [4] Lan Zhongming, Zhang Hui, Cai Wenhua. Effect of slopping temperature inversion on fruits' avoiding freezing injury in mountainous region [J]. Journal of Mountain Science 2009 27(2): 188 - 194 [兰忠明, 张辉, 蔡文华. 山地丘陵坡地逆温效应对果树避冻的影响[J]. 山地学报 2009 27(2): 188 - 194]
- [5] Zhu Junfeng, Qian Junping, Liao Guangsheng et al. Forest damage detection rain and snow using remote sensing based on object-oriented method and spatial analysis in Nanling mountain areas [J]. Journal of Mountain Science 2011 28(4): 478 - 486 [朱俊凤, 钱峻屏, 廖广社, 等. 基于对象方法的南岭山区雨雪冰冻灾害遥感监测与空间分析[J]. 山地学报 2011 28(4): 478 - 486]
- [6] Zhang Hongliang, Ni Shaoxiang, Deng Ziwang et al. A method of spatial simulating of temperature based digital elevation model (DEM) in mountain area [J]. Journal of Mountain Science 2002, 20(3): 360 - 364 [张洪亮, 倪绍祥, 邓自旺, 等. 基于 DEM 的山区气温空间模拟方法[J]. 山地学报 2002 20(3): 360 - 364]
- [7] Li Jun, Huang Jingfeng. Review on methods in simulating spatial distribution of temperature in mountains [J]. Journal of Mountain Science 2004 22(1): 126 - 132 [李军, 黄敬峰. 山区气温空间分布推算方法评述[J]. 山地学报 2004 22(1): 126 - 132]
- [8] Li Jun, Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen et al. Research on adjusting methods of monthly average temperature series in mountainous area [J]. Journal of Zhejiang University: Agricultural & Life Science,

- 2005, 31(2): 165–170 [李军, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 山区月平均气温短序列订正方法研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2005, 31(2): 165–170]
- [9] Yin Wenyu, Zhu Qinglin. Adjusting methods of monthly mean temperature series in Dalian [J]. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(6): 740–744 [尹文昱, 祝青林. 大连月平均气温短序列订正方法[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 740–744]
- [10] Yuan Shujie, Gu Xiaoping, Miao Qilong, et al. Distributed simulation of monthly mean daily maximum temperature over complex terrain on Guizhou plateau [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(7): 888–896 [袁淑杰, 谷晓平, 缪启龙, 等. 贵州高原复杂地形下月平均日最高气温分布式模拟[J]. 地理学报, 2009, 64(7): 888–896]
- [11] Wang Yirong. The temperature change of the mountainous area of Minxian in Gansu province [J]. Climatic and Environmental Research, 2006, 11(1): 119–127 [王毅荣. 甘肃岷县山区气温变化趋势分析[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(1): 119–127]
- [12] Li Ruixue. The spatial and temporal distribution of climate change in Tianshan Mountains, China [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2010 [李瑞雪. 中国天山山区气候变化的时空分布特征[D]. 兰州: 西北师范大学, 2010]
- [13] Li Zongsheng, He Yuanqing, Xin Huijuan, et al. Spatiotemporal variations of temperature and precipitation in Mts. Hengduan region during 1961–2008 [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(5): 563–579 [李宗省, 何元庆, 辛惠娟, 等. 我国横断山区 1960–2008 年气温和降水时空变化特征[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 563–579]
- [14] Yang Xin, Tang Guoan, Wang Chun, et al. Terrain-revised ground surface temperature model of mountain area based on DEM [J]. Scientia Geographica Sinica, 2007, 27(4): 525–530 [杨昕, 汤国安, 王春, 等. 基于 DEM 的山区气温地形修正模型——以陕西省耀县为例[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 525–530]
- [15] Chen Xiaofeng, Liu Jiuyan, Zhang Zengxiang, et al. Using GIS to establish temperature distribution model in mountain area [J]. Journal of Image and Graphics, 1998, 3(3): 235–238 [陈晓峰, 刘纪远, 张增祥, 等. 利用 GIS 方法建立山区温度分布模型[J]. 中国图象图形学报, 1998, 3(3): 235–238]
- [16] Nie Xin, Wu Lianglin, Zhao Ling. Analysis of the temperature in mountain areas by using DEM data [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2009, 37(5): 2187–2188 [聂欣, 吴良林, 赵玲. 利用 DEM 数据分析山区气温[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5): 2187–2188]
- [17] Yuan Shuping, Guxiaoping, Miao Qilong, et al. Study on distributed simulation of mean temperature over complex terrains based on DEM—taking Guizhou plateau as an illustration [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(5): 859–867 [袁淑杰, 谷晓平, 缪启龙, 等. 基于 DEM 的复杂地形下平均气温分布式模拟研究——以贵州高原为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 859–867]
- [18] Li Wenhua. The study on spatial interpolation of temperature in mountain area of Yunnan province [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2010, 33(3): 18–21 [李文华. 云南山区气温的空间插值研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(3): 18–21]
- [19] Li Jun, Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen. Distribution model and mapping of monthly average temperature with high space resolution in mountainous area [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3): 19–23 [李军, 黄敬峰, 王秀珍. 山区月平均气温的高空间分辨率分布模型与制图[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 19–23]
- [20] Lu Qiyao. A method of calculating the monthly and annual mean temperatures in mountainous area [J]. Acta Geographica Sinica, 1988, 43(3): 213–223 [卢其尧. 山区年、月平均温度推算方法的研究[J]. 地理学报, 1988, 43(3): 213–223]
- [21] Wei Zhigang, Huang Ronghui, Dong Wenjie. Interannual and inter-decadal variations of air temperature and precipitation over the Tibetan Plateau [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2003, 27(3): 157–169 [韦志刚, 黄荣辉, 董文杰. 青藏高原气温和降水的年际和年代际变化[J]. 大气科学, 2003, 27(3): 157–169]
- [22] Wen Duming, Sun Zhian. Preliminary study of lapse rate of air temperature in mountainous area of China [J]. Geographical Research, 1984, 3(2): 24–34 [翁笃鸣, 孙治安. 我国山地气温直减率的初步研究[J]. 地理研究, 1984, 3(2): 24–34]
- [23] Huang Shoubao. The law of air temperature distribution and a preliminary regionalization of the perpendicular heat zone for tea planting in Zhejiang Mountains [J]. Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis, 1983, 9(1): 79–90 [黄寿波. 浙江山地气温分布的规律性及植茶垂直热量带的初步划分[J]. 浙江农业大学学报, 1983, 9(1): 79–90]
- [24] Mo Shenguo, Zhang Baiping. Simulation of temperature fields based on DEM in Qinlin Mts. [J]. Journal of Mountain Science, 2007, 25(4): 406–411 [莫申国, 张百平. 基于 DEM 的秦岭温度场模拟[J]. 山地学报, 2007, 25(4): 406–411]
- [25] Zhang Yiping, Ge Zaiwei, Liu Yuhong, et al. A comparative study on difference of microclimate between south facing and north facing slope of the upper reaches on Mingjiang River in rainy season [J]. Journal of Mountain Science, 2002, 20(6): 680–686 [张一平, 葛在伟, 刘玉洪, 等. 岷江上游雨季南北坡小气候特征比较[J]. 山地学报, 2002, 20(6): 680–686]
- [26] Liu Yong, Zou Songbing. A study on the distributing climatic models in arid mountainous area—distributing temperature and precipitation models in high spatial resolution in the Qilian Mountains [J]. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences, 2006, 42(1): 7–12 [刘勇, 邹松兵. 祁连山地区高分辨率气温降水量分布模型[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2006, 42(1): 7–12]
- [27] Zhou Zhang. Study on microclimate characteristics of tropical mountain rainforest in Jiangengling, Hainan Island [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2009 [周璋. 海南尖峰岭热带山地雨林小气候特征研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009]
- [28] Wang Xiaoli. A study on mountain climate in the basin of Xiying River at the east section of the Qilian Mountain [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2008 [王小莉. 祁连山东段西营河流域山地气候研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2008]
- [29] Cheng Zhengyang, Fang Jingyun. Changes in air temperature variables along altitudinal gradient in Mt. Huanggang, China [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2004, 62(2): 251–255 [郑成洋, 方精云.

- 福建黄岗山东南坡气温的垂直变化[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 251–255]
- [30] Wang Futang, Zhao Zongci, Wang Shili, et al. Impacts of climate change on agro ecosystem [M]. Beijing, China Meteorological Press, 2003: 1–2 [王馥棠, 赵宗慈, 王石立, 等. 气候变化对农业生态的影响[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 1–2]
- [31] Weng Duming. Extension and Interpolation of temperature series [J]. Meteorology, 1980, 5: 14–16 [翁笃鸣. 气温序列的延长与插补[J]. 气象, 1980, 5: 14–16]
- [32] Chen Wanlong. Estimation of average temperature in mountainous area [J]. Meteorological Monthly, 1980, 6: 2–4 [陈万隆. 山区平均温度的估算方法[J]. 气象, 1980, 6: 2–4]
- [33] Zeng Yan, Qiu Xinfu, He Yongjian, et al. Distributed stimulation of monthly average temperature under complex terrain of yellow river valley [J]. China Sciences D Edition: Earth Sciences, 2009, 39(6): 774–786 [曾燕, 邱新法, 何永健, 等. 复杂地形条件下黄河流域月平均气温分布式模拟[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39(6): 774–786]
- [34] Wen Duming. Chapter 3: Analysis and calculation of temperature in mountainous area (one) [J]. Meteorological Monthly, 1985, 3: 34–38 [翁笃鸣. 第三讲 山地温度状况的分析和推算[J]. 气象, 1985, 3: 34–38]
- [35] Wen Duming. Chapter 4: Analysis and calculation of temperature in mountainous area (two) [J]. Meteorological Monthly, 1985, 5: 38–42 [翁笃鸣. 第四讲 山地温度状况的分析和推算(二)[J]. 气象, 1985, 5: 38–42]
- [36] Chen Chaohui, Fang Guoxiang, Li Yongxing, et al. Study on geographic environment for developing a scope production of tropical fruits and cash crop in mountain regions of Guangdong province [J]. Journal of Guangzhou University: Natural Science Edition, 2003, 2(2): 179–184 [陈朝辉, 方国祥, 李永兴, 等. 广东山区水果经作规模开发地理环境研究——以梅州市蕉岭县为例[J]. 广州大学学报: 自然科学版, 2003, 2(2): 179–184]
- [37] Zheng Xiaoqin, Yang Quanwen, Hong Guoping, et al. Low – temperature freezing disaster and anti – freezing evaluation of Taiwan soft – branch star fruit [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(18): 403–408 [郑小琴, 杨全文, 洪国平, 等. 台湾软枝杨桃低温冻害分析及防冻效果评估[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 403–408]
- [38] Yang Bai, Li Shikui, Huo Zhiguo, et al. A study on the dynamic variation of the boundaries between agro climatic zones and its influence on agricultural production in the subtropical region of china in the last hundred years [J]. Journal of Natural Resources, 1993, 8(3): 193–203 [杨柏, 李世奎, 霍治国, 等. 近百年中国亚热带地区农业气候带动态变化及其对农业生产的影响[J]. 自然资源学报, 1993, 8(3): 193–203]

Adjusting Methods for Daily Minimum Temperature Series in High Altitude Mountainous Areas of Western Guangxi

WANG Ying, SU Yongxiu, LI Zheng

(Institute of Meteorological Disaster Mitigation, Nanning 530022, China)

Abstract: To solve the problem of sparsely distributed meteorological stations and the difficulty in climate studies of high altitude mountainous area, in this paper, the daily minimum temperature of January, February and December were collected from 6 automatic meteorological stations in Hechi mountainous area, of which the altitude was above 800 m and their nearby meteorological stations, which were high relative with automatic stations, were taken as corresponding basic stations, then, the daily minimum temperature were adjusted by the method of one-variety regression and difference value. Lastly, comparison analysis was made from the viewpoint of statistics and error correction. The results indicated that there is no remarkable difference between two methods. However, because of the short duration of single time series of meteorological data in automatic station, instantaneous characteristic of minimum temperature and its complicated factors, the adjusting errors are relative larger.

Key words: high altitude mountainous area; daily minimum temperature; series adjusting; automatic station