

高海拔地区采暖指标变化特征及预测方法

严德行

(1. 青海省海北州气象局, 青海 西海 810200)

摘要:利用青海省高海拔地区刚察县1961~2008年逐日平均气温,分析了采暖指标变化特征,对采暖初终日期和能耗进行预测,结果表明:该区采暖期初日推迟,终日提前,采暖期长度呈逐年缩短趋势;采暖度日呈极显著下降趋势,采暖能源需求量逐年减少;采暖初日与9月平均气温之间存在极显著的正相关关系,终日与5月平均气温正相关,冬季平均气温越高,采暖度日和能源需求越小。应用2009~2011年气象资料,对采暖初、终日及采暖能源需求进行试报,预报效果较好,预测结果可以在实际服务工作中应用。

关键词:采暖期;能源需求;气候变化;刚察县

中图分类号:P423.3+3

文献标识码:A

引言

能源是国民经济的基础,能源的消耗影响气候变化,同时气候变化将导致能源需求的改变^[1]。陈莉等研究认为,取暖对气候的敏感性很大,与1980年以前时段相比,1980年代中期以来我国集中采暖区界线明显北移^[2]。我国《取暖通风和空气调节设计规范》规定^[3],设计计算用采暖期天数应按累年日平均气温稳定 $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。按这个标准,全国大部分地区采暖期缩短5~10 d。

在气候变化背景下,青海省刚察县气候变暖趋势十分明显,尤其以冬季气温升高最为明显^[4-6]。长期以来,刚察县供暖时间固定为9月15日到次年5月15日,在不同年份,由于气候波动影响,应用《取暖通风和空气调节设计规范》规定的采暖起止日期与固定采暖日期之间,有较大的差距,有些年份无法保证采暖所需室内温度 $\geq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的要求,影响人们正常的工作与生活,有些年份春秋季节气温偏高导致室内温度过高,既造成能源浪费,又使用户对供暖服务产生不满。

本文通过分析高海拔地区刚察县采暖指标变化特征,尝试从气象角度对采暖初、终日期和能源需求大小进行预测,拓宽公共气象服务领域,提高供暖气象服务的科技含量,为科学采暖节能决策提供参考

依据,真正实现“看天供暖”的目的。

1 资料与方法

1.1 资料来源

1961~2008年逐日平均气温来源于青海省刚察县地面观测记录资料。

1.2 分析方法

1.2.1 采暖初终日及采暖期长度确定

根据《采暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2003)》规定,设计计算采暖期天数,采暖室外临界温度的选取,一般民用建设和工业建筑采用 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。日平均气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的初终日采用5 d滑动平均法确定^[7]。采暖期长度就是采暖初日和终日之间的天数。

1.2.2 采暖度日计算

采暖度日(heating degree-day)HDD就是日平均气温与规定的基准温度的实际离差^[8]。采用下列公式计算:

$$HDD_i = T_b - T_i \quad (1)$$

式中, HDD_i 为第*i*天的采暖度日值, T_b 为基准温度, T_i 为第*i*天的日平均气温,基准温度 T_b 为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。温度越高, HDD 越小,表明采暖能耗越少,采暖

收稿日期:2011-10-27;改回日期:2012-03-12

作者简介:严德行(1965-),男,青海湟中人,学士,工程师,主要从事高原气象和专业气象服务研究. E-mail:mszwbw@163.com

度日能较好反映采暖期能耗的高低^[9]。

1.2.3 相关分析和回归分析

对获取的供暖指标和对应时段的气象要素进行相关分析,筛选影响不同供暖指标的关键气象因子,通过多元线性回归和逐步回归,建立预报模型。应用 DPS 统计软件^[10]完成多元线性回归和逐步回归。

2 结果与分析

2.1 刚察县采暖指标分析

2.1.1 采暖期初、终日变化

分析 1961~2008 年的逐日气象资料,找出 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的初、终日期,发现刚察县平均采暖初日为 9 月 18 日,比实际采暖开始日期(9 月 15 日)推迟 3 d,最早进入采暖期的时间为 9 月 4 日,出现在 1972 年;最晚进入采暖期的时间为 10 月 3 日,出现在 1989 年,两者间隔 30 d。平均采暖终日在 5 月 27 日出现,比实际采暖结束日期(5 月 15 日)推迟 12 d,最早结束采暖期的时间为 4 月 30 日(2006 年),最晚结束时间出现在 6 月 17 日(1974 年),采暖期终日间隔 48 d。

由图 1 可以看出,刚察县冬季进入采暖期的初日推迟,平均每 10 a 推迟 2~3 d,采暖期终日呈逐年提前趋势,平均每 10 a 提前近 3 d。由表 1 可知,2001~2008 年采暖初日比 1960 年代、1970 年代、1980 年代和 1990 年代分别推迟了 9 d、9 d、5 d 和 2 d,采暖终日分别提前 13 d、7 d、7 d 和 5 d。尤其是 2000 年以后的平均采暖终日比 1990 年代提前 5 d。这说明气候变暖后刚察县采暖开始和终止日期均发生了明显变化,寒冷天气来得愈来愈晚,结束得愈来愈早。

表 1 刚察县采暖指标变化

Tab. 1 Variation of heating index in Gangcha county

	1960s	1970s	1980s	1990s	2001~2008
初日(月.日)	9.14	9.14	9.18	9.21	9.23
终日(月.日)	6.2	5.27	5.27	5.25	5.20
采暖长度/d	261	255	251	246	240
采暖强度/ $^{\circ}\text{C}$	2 471.0	2 353.0	2 323.2	2 307.6	2 161.1

2.1.2 采暖期长度变化

图 2 表示了刚察县采暖期长度及采暖度日变化趋势,由图可以看出,采暖期长度呈逐年缩短趋势,平均每 10 a 缩短近 5 d。2001~2008 年采暖长度比

20 世纪 60 年代、70 年代、80 年代和 90 年代分别缩短了 21 d、15 d、11 d 和 4 d,这种趋势与采暖初日推迟、终日提前的情况相吻合。说明在气候变暖背景下,刚察县采暖期愈来愈短,对降低采暖能源消耗和减少大气污染比较有利。

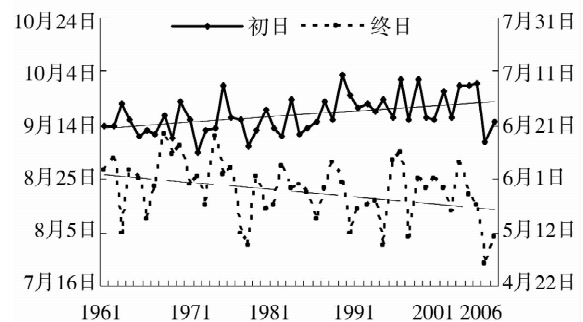


图 1 刚察县采暖初、终日变化

Fig. 1 Variation of the first and last day of heating period in Gangcha county

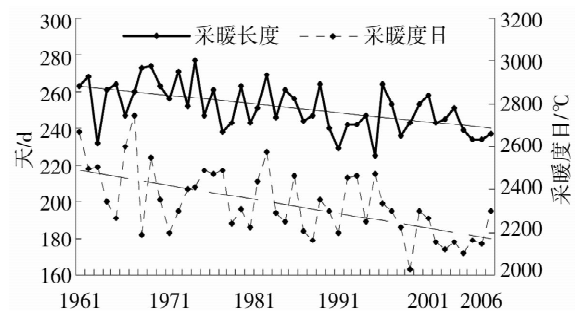


图 2 刚察县采暖期长度及采暖度日变化

Fig. 2 Variation of heating degree day and heating period in Gangcha county

2.1.3 采暖度日变化

采暖能源消耗除与采暖期长短有关系外,还与采暖期内温度的高低有着直接关系^[11]。分析气象资料发现,刚察县多年平均采暖度日为 $2\,333.5^{\circ}\text{C}$,最大采暖度日出现在 1967 年,为 $2\,744.1^{\circ}\text{C}$,最小采暖度日出现在 1998 年,为 $2\,026.5^{\circ}\text{C}$,两者相差 717.6°C 。由图 2 可知,采暖度日呈极显著下降趋势,下降幅度为 $69.1^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,特别是 1994 年气温突变后,下降趋势更加明显。分析年代际采暖度日资料(表 1)可知,2001~2008 年采暖度日比 20 世纪 60 年代、70 年代、80 年代和 90 年代分别减小了 309.9°C 、 191.9°C 、 162.1°C 和 146.5°C 。

采暖度日与采暖期平均气温关系极为密切,两者相关系数为 -0.979 ,通过信度为 0.001 的显著性

检验。由图2可以看出,采暖度日在1967~1968年最大,这一时段正好也是平均气温最低的时段,表明采暖期温度越低,采暖度日越大,采暖能源消耗也就越大。

根据近47 a刚察县采暖度日变率变化特点,结合采暖期温度分布实际,将刚察县采暖能源需求状况分为5个等级(表2)。

表2 刚察县采暖能源需求状况分级

Tab.2 Grade of heating energy consumption in Gangcha county

采暖能源需求等级	度日变率(Y)范围	发生频次
异常偏少	$Y < -10\%$	4
偏少	$-10\% \leq Y < -5\%$	10
正常	$-5\% \leq Y \leq 5\%$	21
偏多	$5\% < Y \leq 10\%$	11
异常偏多	$Y > 10\%$	1

由表2可以看出,刚察采暖能源需求以正常年份居多,约占44.7%,异常年份出现概率较小,约占10.6%,能源需求偏多或偏少的年份分别占22%左右,说明刚察县冬季出现特冷或特暖的年份较少。但采暖能源需求时间分布不均匀,异常偏多主要分布在1960年代,偏多年份主要以1970~1980年代为主,偏少年份出现在1980年代中期以后,主要集中在2000年以后,异常偏少的一年出现在1998年。说明1980年代以后,随着气候变暖,刚察县采暖能源需求量在逐年减少。

表3 刚察县采暖初、终日期预测模型

Tab.3 The prediction models of the first and last day of heating period in Gangcha county

初 日		终 日	
方 程	相关系数	方 程	相关系数
$Y = 5.1115 T_9 + 139.93$	0.6366***	$Y = -5.2972 T_5 + 85.816$	0.4151**

注:Y为距4月1日的天数, T_i 为*i*月的平均气温,**表示通过0.01信度检验,***表示通过0.001信度检验。

2.2.3 模型检验

利用2008~2011年刚察县地面观测资料和预测模型,分别计算近3 a该地采暖初日、终日及能源需求趋势预测,并与《采暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2003)》规定计算出的初、终日期进行比较,其结果如表4如示。近3 a利用模型预测出的初日和终日与规范计算出的实况相差均在3 d之

2.2 采暖期预报模型

2.2.1 采暖初、终日期预报模型

根据《采暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2003)》标准计算得出的刚察县1961~2008年采暖初、终日期与相应年份前期气象条件进行因子普查,筛选出关键气象因子,利用逐步回归方法,建立了该县采暖初、终日预测方程(表3)。在方程建立过程中,初日模式与采暖开始时的9月平均气温之间存在极显著的正相关关系,终日模式与5月平均气温关系密切。说明初、终日预测模式的可信度较高。同时利用此预测模式,结合月动力延伸预报结果,可提早做出该县采暖起止日期趋势预测,为供热部门合理安排燃煤运输、存储和开闭炉提供参考依据。

2.2.2 采暖能耗需求与气象条件

采暖期每日的气温高低直接影响供热所耗能源的多少。当室外温度较高时,可以减少供热时间,降低供水温度,从而节约能源。研究表明,采暖度日变率与冬季或最冷月平均气温关系较为密切,分析两者的相关关系,可得出:

$$Y = -5.5637 X_w - 64.546 \quad (2)$$

式中Y为采暖度日变率, X_w 为冬季平均气温,二者相关系数为-0.8828,通过了信度为0.001的显著性检验。从(2)式可以看出,冬季平均气温越高,采暖度日变率越小,采暖能源需求越小,这与实际情况基本一致。

内,基本符合实际工作之需。采暖期能源消耗预测结果与实际调查结果接近。上述验证说明刚察县采暖期预测模型可应用在气候对采暖能源影响分析服务中。同时利用此预测模式,结合月动力延伸预报结果,可提早做出该县采暖起止日期趋势预测,为供热部门合理安排燃煤运输、存储和开闭炉提供参考依据。

表 4 刚察县采暖初、终日期及采暖能源需求预测模型验证

Tab. 4 Model validation of the first ,last day and energy demand of heating period in Gangcha county

	2008 ~ 2009			2009 ~ 2010			2010 ~ 2011		
	初日	终日	能耗	初日	终日	能耗	初日	终日	能耗
预测值	9. 26	5. 26	异常偏少	10. 1	5. 22	异常偏少	9. 29	5. 20	正常
实况值	9. 28	5. 23	偏少	9. 30	5. 22	偏少	9. 28	5. 21	正常
差 值	-2	3		1	0		1	-1	

3 结论与讨论

刚察县平均采暖初日为 9 月 18 日, 终日为 5 月 27 日, 冬季进入采暖期的初日推迟, 平均每 10 a 推迟 2 ~ 3 d, 采暖期终日呈逐年提前趋势, 平均每 10 a 提前近 3 d。表明气候变暖导致刚察县采暖开始和终止日期均发生了明显变化, 寒冷天气来得愈来愈晚, 结束得愈来愈早。采暖期长度呈逐年缩短趋势, 平均每 10 a 缩短近 5 d。

刚察县多年平均采暖度日为 2 333.5 °C, 多年采暖度日呈极显著下降趋势, 采暖度日与采暖期平均气温之间存在极显著相关关系。随着气候变暖, 刚察县采暖能源需求量在逐年减少。

采暖初日与 9 月平均气温之间存在极显著的正相关关系, 终日与 5 月平均气温的关系可以用 $Y_0 = -5.2972 T_5 + 85.816$ 来描述, 能源需求的大小可以通过冬季平均气温与采暖度日变率建立相应模型, 冬季平均气温越高, 采暖度日变率越小, 采暖能源需求越小。

应用 2009 ~ 2011 年气象资料和建立的预报模型, 对刚察县采暖初、终日及采暖能源需求进行试报, 近 3 a 利用模型预测出的初日和终日与规范计算出的实况相差均在 3 d 之内, 基本符合实际工作之需。采暖期能源消耗预测结果与实际调查结果接

近。

参考文献:

- [1] 周自江. 我国冬季气温变化与采暖分析[J]. 应用气象学报, 2000, 11(2): 251 - 252.
- [2] 陈莉, 方修睦, 方修琦, 等. 过去 20 年气候变暖对我国冬季采暖气候条件与能源需求的影响[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 590 - 597.
- [3] 中华人民共和国建设部. 采暖通风与空气调节设计规范 (GB50019 - 2003) [S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [4] 伊万娟, 李小雁, 崔步礼, 等. 青海湖流域气候变化及其对湖水位的影响[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 378 - 383.
- [5] 王楠, 李栋梁, 张杰. 青藏高原气温变化的研究进展[J]. 干旱气象, 2010, 28(3): 265 - 270.
- [6] 许何也, 李小雁, 孙永亮. 近 47 a 来青海湖流域气候变化分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 50 - 55.
- [7] 段若溪, 姜会飞. 农业气象学[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 70 - 78.
- [8] Thom H C. Normal degree - days above any base by the universal truncation coefficient[J]. Monthly Weather Review, 1966, 94(2): 461 - 465.
- [9] 文远高, 连之伟. 气候变暖对建筑能耗的影响[J]. 建筑热能通风空调, 2003, (3): 38 - 42.
- [10] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007. 625 - 680.
- [11] 陈峪, 黄朝迎. 气候变化对能源需求的影响[J]. 地理学报, 2000, 55(增刊): 11 - 19.

Variation Characteristics and Prediction Method of Heating Index in Gangcha County of Qinghai Province

YAN Dexing

(Haibei Meteorological Bureau of Qinghai Province, Xihai 810200, China)

Abstract: Based on daily temperature during the period of 1961 - 2008 in Gangcha county of Qinghai Province, the variation characteristics of heating index was analyzed, and the starting and ending date of heating period as well as energy demand were predicted. Results show that the starting date of the heating period delayed and the ending date advanced, the heating period became shorter in these years. Heating degree day decreased significantly and heating energy demand reduced year after year. The starting date of heating period correlated positively with mean temperature in September, and the ending date correlated positively with mean temperature in May. The higher mean temperature in winter, the smaller heating degree day variation and energy demand. Using meteorological data from 2009 to 2011, the starting and the ending date as well as heating demand of the heating period were predicted, and the prediction results was well in actual and could be used in meteorological services.

Key words: heating period; energy demand; climate change; Gangcha county