

气候变暖对青海高原采暖能耗的影响及预估

刘彩虹^{1,2} 苏文将³

摘要

利用1961—2010年青海高原34个气象站逐日平均气温资料,研究了气候变暖对青海采暖期能耗的影响及预测模型,并根据未来气候情景,对未来青海高原采暖能耗进行了预估.结果表明:青海高原自1998年开始呈显著增暖趋势,气候变暖后全省平均采暖期缩短9 d,各地采暖度日数普遍减少,尤以青海高原西南部减幅最大,采暖强度明显减弱.理论上由气候变暖导致的青海高原地区采暖耗能降低4.9%~15.3%,全省平均单位面积可节约标煤量1.79 kg/m².未来温室气体中等排放(SRESA1B)情景下,全省采暖能耗将明显减少,但仍具有较大的不确定性.

关键词

气候变暖;采暖能耗;影响;预估

中图分类号 P467

文献标志码 A

收稿日期 2012-04-16

资助项目 全球变化研究国家重大科学计划项目(2012CB955903);江苏高校优势学科建设工程(PAPD)项目

作者简介

刘彩虹,女,博士生,主要从事气候变化及其影响的研究工作. lchwlj710@163.com

0 引言

随着社会和科技进步,世界面临能源严重短缺和污染逐渐加重的问题,各种节约能源和减少污染的手段层出不穷.改革开放以来,青藏高原能源建设得到了长足发展,为高原经济腾飞打下了坚实的基础.然而,能耗引起的CO₂排放问题引起越来越多的科学家和政府的关注.在全球变暖的大背景下,1961—2010年青海高原年平均气温升温率达到0.37℃/(10 a),明显高于近50 a全球0.13℃/(10 a)、全国0.22℃/(10 a)的水平^[1].龙惟定^[2]的分析得出,我国建筑能耗占总能耗的比例为19.8%,相应的建筑耗能引起的CO₂排放占总排放量的19%~20%,而采暖耗能几乎占建筑耗能的85%.青海高原气候的明显变暖,势必会对采暖气候条件及采暖能耗带来一定的影响.长期以来,青海高原各地的采暖期均固定在6个月以上,如何在确保供暖质量的前提下,有效节约能耗、减少污染,是亟待解决的问题.

从气象角度探讨气候变暖对采暖能耗的影响研究,我国科技工作者已取得一些进展.如陈莉等^[3]对我国集中采暖区、过渡采暖区以及采暖期长度的研究表明,由于气候变暖,20世纪80年代中期以来我国集中采暖区和过渡采暖区的界线明显北移,尤其110°E以东地区北移最大达2个纬距,全国大部地区采暖期长度缩短5~10 d.陈莉等^[4]进一步研究指出,过去20 a气候变暖使我国北方地区冬季采暖耗能降低了5%~30%.朱宝文等^[5]的研究表明,气候变暖后,青海省刚察县冬季寒冷程度有所减弱,采暖节能7%左右.杜岩等^[6]对近55 a来中国严寒和寒冷地区主要城镇采暖气候条件的变化研究表明,青海格尔木是采暖强度减少最明显的地区.这些研究成果对于认识气候变暖对我国采暖气候条件的影响有一定参考价值,但文献中基于整个青海高原地区的研究很少,且分析中缺乏与实际耗煤量的联系.

本文运用青海省最新的气象资料,对20世纪90年代末期以来气候变暖对青海高原采暖条件的影响进行分析,探讨气候变暖对采暖期长度以及采暖强度等方面的影响,并就气候变暖对降低青海采暖能耗的贡献进行探讨,进一步建立预测方程,初步预估未来气候变化情景下的采暖能耗,以期从气候角度分析节能的可能性,为科学采暖、节约能源、减少采暖期大气污染提供科学依据,并为今后的气候变暖与能源需求研究打下基础.

1 南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室,南京,210044

2 青海省气候中心,西宁,810001

3 青海省防灾减灾重点实验室,西宁,810001

1 资料与方法

1.1 资料

考虑到台站迁徙及资料的稳定性,气象资料选取青海省的西宁、湟源、湟中、门源、刚察、祁连、都兰、格尔木、沱沱河、大柴旦、冷湖、茫崖、同仁、尖扎、泽库、化隆、循化、民和、乐都、囊谦、清水河、杂多、治多、曲麻莱、贵德、兴海、共和、同德、贵南、玛沁、达日、久治、玛多、班玛共 34 个气象台站 1961—2010 年逐日气温资料进行统计分析. 未来情景资料利用国家气候中心 2009 年 11 月发布的中国地区气候变化预估数据集(2.0 版本)对青海地区的模式输出数据.

1.2 相关指标和方法的确定

1.2.1 突变方法和分析时段

Mann-Kendall 方法^[7]是一种较为客观的突变检测方法,特点是能够较为准确地确定符合统计检验的突变时间,避免人为因素的影响. 本文采用 Mann-Kendall 方法检验气温的突变情况,确定平均气温突变后的变暖时段,并与参考时段进行对比分析.

1.2.2 采暖初、终日的确定

根据《采暖通风与空气调节设计规范(GB 50019—2003)》^[8]规定,民用建筑和工业建筑采暖期天数,应按累年日平均温度稳定低于或等于采暖室外临界温度(5℃)的总日数确定. 本文在确定采暖初终日时,采用连续 5 d 滑动平均法. 在青海高原,部分台站因海拔高,气候严寒,全年温度都较低,即使在盛夏,也经常出现低于 5℃ 的现象,偶尔在春季和初夏出现几天高于 5℃ 的日子,但随后很多天又持续低于 5℃. 因此,本文在判断采暖终日时,附加了一个判据,即在出现第 1 组 5 d 滑动平均温度通过 5℃ 后,其后连续 29 d,即连续 30 个 5 d 滑动平均超过 5℃,才确定其为采暖终日,用数学方法表述如下:

假设第 $i, i+1, i+2, i+3, i+4$ 天为第 1 组 5 d 滑动平均温度大于(或等于)5℃ 的日期,若 $i+1, i+2, \dots, i+29$ 天期间 5 d 滑动平均温度均大于等于 5℃,则确定第 $i+3$ (或 $i+4$) 日为采暖终日.

1.2.3 采暖度日数及度日变率的计算方法

目前,国内外学者多利用度日方法进行气候与能源方面的分析^[9-11]. 所谓某一天的度日就是指日平均温度与规定的基础温度的实际离差. 度日分为 2 种类型,即取暖度日(heating degree day)和降温度

日(cooling degree day)^[12],若日平均温度低于基础温度,用下式计算取暖度日:

$$D_{\text{d1}} = \sum_{i=1}^n (T_b - T_i), \quad (1)$$

式(1)中, n 为采暖期天数, T_b 为基础温度,根据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)(JGJ 26—95)》^[13]的规定,基础温度 T_b 定为 18℃(即室内基础温度), T_i 为第 i 天的日平均温度.

度日变率计算公式为

$$\eta = \frac{(D_{\text{d1}} - \bar{D}_{\text{d1}}) \times 100\%}{\bar{D}_{\text{d1}}}, \quad (2)$$

式(2)中, \bar{D}_{d1} 为 1971—2000 年度日平均值, D_{d1} 为历年年度日值.

1.2.4 供热节能率的计算

假定每一度日数所耗能量基本相同,则可用度日数减少的百分数表示因气候变暖在整个采暖期的建筑物供热节能率,即:

$$S = (\Delta D_j / D_j) \times 100\%, \quad (3)$$

式(3)中, D_j 为参考时段平均度日值, ΔD_j 为变暖时段度日值与参考时段度日值之差. 一个地区 S 值的大小可以粗略地反映该地区理论上因气候变暖而降低的采暖能耗的比率.

1.2.5 采暖期节煤量计算方法

设气候变化前后,单位度日单位面积建筑物采暖耗煤不变,则采暖期节煤量计算公式为

$$\bar{Q} = Q - Q' = q \times D_{\text{d1}} - q \times D'_{\text{d1}}, \quad (4)$$

式(4)中, Q 为变暖时段采暖耗煤量, Q' 为参考时段采暖耗煤量, q 为单位度日单位面积建筑物采暖耗煤量,在《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)(JGJ 26—95)》附录 A 列出, D_{d1} 为变暖时段采暖度日数, D'_{d1} 为参考时段采暖度日数.

2 气候变暖对采暖能耗的影响

2.1 气温变化

20 世纪 80 年代中期以来,青海高原变暖趋势明显,其中以冬季变暖最为显著^[1]. 李林^[14]的研究表明青海冬季平均气温具有明显波动性,基本呈由冷转暖、由暖转显著增暖的变化趋势,其中 1998 年显著增暖后冬季气温比 1961—1997 年升高 1.6℃. 图 1 为青海高原冬季平均气温的时间变化及其 Mann-Kendall 突变检验. 由图 1 可见:近 50 a 青海省冬季气温升温显著,气候倾向率为 0.55℃/(10 a)(通过 0.001 的显著性检验);冬季平均气温在 1997 年出现气候突变(图 1b). 统计显示,1961—1997 年冬季

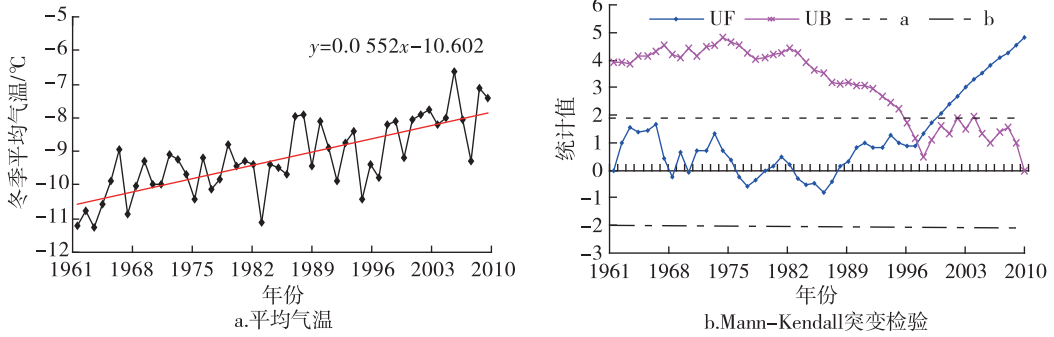


图1 1961—2010年青海高原冬季平均气温的时间变化及其Mann-Kendall突变检验

Fig. 1 Variation of mean winter temperature and Mann-Kendall test result over Qinghai during 1961—2010

气温增温幅度仅为 $0.40\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,1998年后气温上升速率显著增大,达 $0.64\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$.和冬季气温一样,1961—2010年青海省年平均气温呈明显升高趋势,升温率约为 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,增温主要也是从20世纪90年代末开始,且有加快的趋势(图2).气候变暖,尤其是气温持续攀升后变暖趋势更为强烈,对降低采暖能耗十分有利.综合以上分析结果,以各站1961—1997年为参考时段,选取1998—2010年作为显著变暖时段,与参考时段进行对比分析.

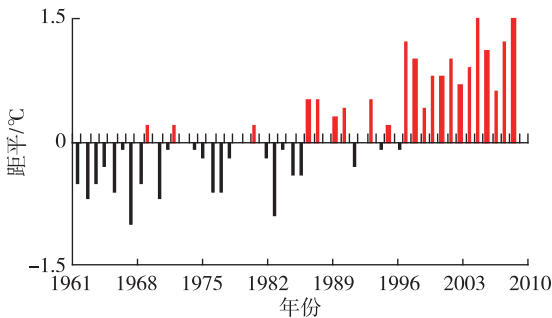


图2 1961—2010年青海高原年平均气温距平变化

Fig. 2 Variation of annual mean temperature anomaly over Qinghai from 1961 to 2010

2.2 采暖期变化

2.2.1 采暖期初、终日变化

利用青海省气象观测资料对日平均气温进行5 d滑动平均得出:日平均气温低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的平均初、终日分别为9月27日和5月4日.初日最早出现在9月21日,最晚出现在10月6日,近50 a来受气候变暖的影响,青海省初日以 $1.7\text{ d}/(10\text{ a})$ 的速率推迟,其中1998年以前平均在9月27日,1998年以后在10月2日,比1998年以前推迟5 d;与初日变化相反,青海省平均采暖终日呈小幅的提前趋势,幅度为 $1.0\text{ d}/(10\text{ a})$,终日最早出现在4月19日,最晚出现

在5月16日,与参考时段相比,变暖时段采暖终日提前4 d.可以看出,气候变暖后青海采暖初日后移,采暖终日前移,采暖天数在减少.

2.2.2 采暖期年代际变化

图3是青海高原1961—2010年平均采暖期的变化曲线.由图3可知,近50 a来青海高原采暖期呈明显的减少趋势,减少幅度为 $2.7\text{ d}/(10\text{ a})$ (达到0.001的显著性水平).这种趋势与采暖初日推迟、终日提前的结论相吻合,说明在气候变暖背景下,青海省采暖期愈来愈短,对降低采暖能源消耗和减少大气污染较为有利.从6阶多项式拟合趋势线上看出,青海采暖期年代际振荡明显,总体呈多—多—少的变化趋势,即20世纪60—70年代初期为采暖期偏长时段,70年代中期开始小幅缩短,80年代中期后又经过一个高值阶段,进入21世纪采暖期有显著的减少趋势.

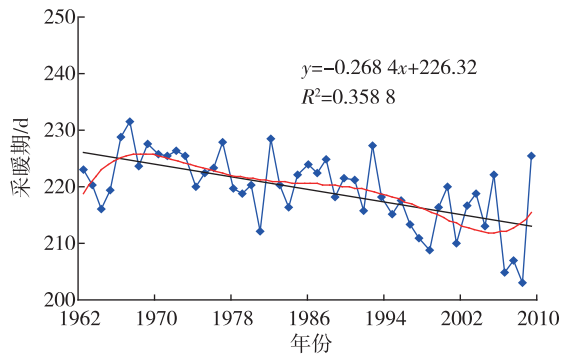


图3 1961—2010年青海高原平均采暖期演变

Fig. 3 Temporal variation of annual heating periods in Qinghai from 1961 to 2010

2.2.3 空间变化

不论哪一个时段,各地采暖初终日日期大不相同(图4a).近50 a来青海高原平均采暖期为220 d,采

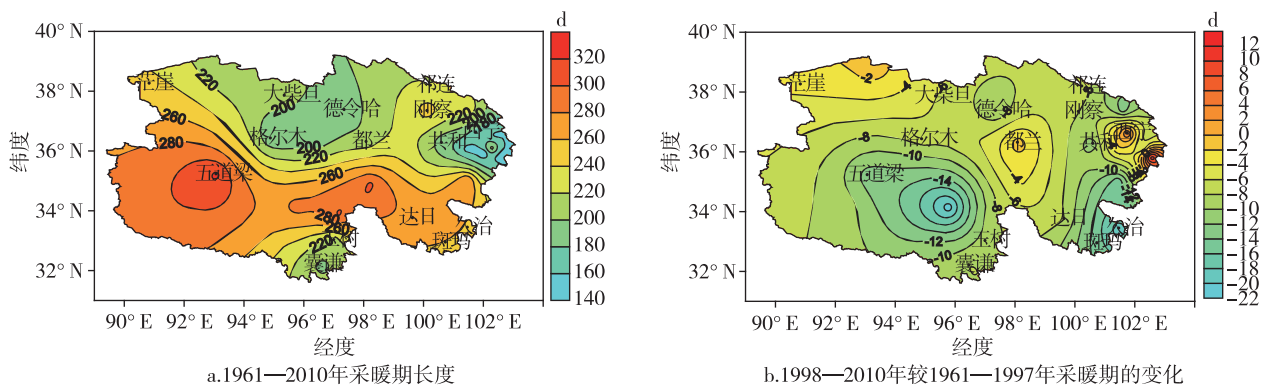


图4 1961—2010年青海高原采暖期长度及1998—2010年与1961—1997年相比采暖期变化

Fig. 4 Distribution of heating periods during 1961—2010 and change of heating periods in warming period of 1998—2010 compared with that in 1961—1997 over Qinghai

暖期长度大值中心位于三江源地区,这些地区因气候严寒采暖期长达250 d以上,次大值中心位于环青海地区,采暖期在210~249 d之间,而采暖期在200 d以下的地区主要集中在青海东部农业区及柴达木盆地中部。

图4b为变暖时段与参考时段采暖期长度变化。与参考时段相比,1998—2010年青海高原采暖期平均缩短9 d(通过了0.01显著性水平)。其中小唐古拉山地区及青海西南部采暖期缩短明显,幅度均在10 d以上,局部地区缩短达20 d,环青海湖地区和东部农业区采暖期分别缩短9 d和5 d左右,而柴达木盆地各站差异较大。

2.3 采暖度日数的变化

采暖期采暖度日总量大小反映了采暖期温度的高低,采暖度日数大,说明采暖期温度低,供给的热量要多,采暖强度大,也即采暖需求大。因此,采暖度日数能较好地表征采暖期能耗的高低。1961—2010年青海高原采暖度日数平均在2 570~7 880 °C之间,大值区主要集中在三江源地区(图略)。图5是变暖时段与参考时段相比采暖度日数的变化。从图5中可以看出,与参考时段相比,1998—2010年期间青海高原平均采暖度日数减少399 °C,尤以青南高原寒冷地区减少明显,其中三江源大部地区、柴达木盆地中部及环青海湖地区减幅均在400 °C以上,尤其是小唐古拉山地区减幅超过500 °C。说明在全球变暖的大背景下,全省各地采暖强度普遍减弱,能源需求量下降,能耗降低。

2.4 气候变暖对减少采暖能耗的贡献

建筑物供热节能率分布可粗略反映各地区气候

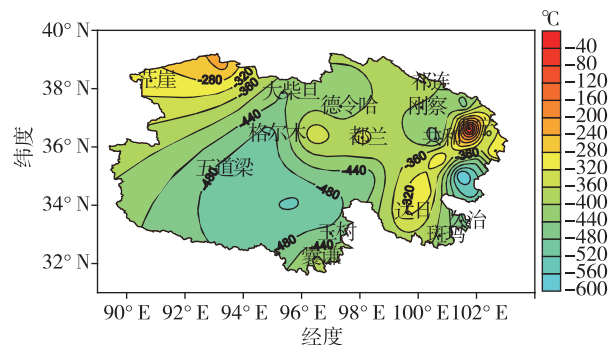
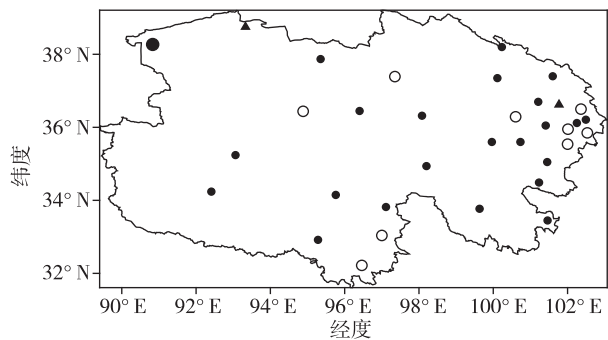


图5 1998—2010年与1961—1997年相比采暖强度变化

Fig. 5 Change of heating strength in 1998—2010 compared with that in 1961—1997

变暖对减少采暖能耗的贡献。图6给出了青海高原气候变暖导致的采暖节能率。由图6可见,青海高原1998—2010年建筑物供热节能率普遍在4.9%~15.3%之间,其中柴达木盆地节能贡献最大,平均节



(▲表示节能率0%~5%;●表示节能率5%~10%;○表示节能率10%~15%;●表示节能率15%~20%)

图6 青海高原气候变暖导致的采暖节能率示意

Fig. 6 Energy saving rate caused by climate warming over Qinghai plateau

能率达 9.7%, 次值中心在东部农业区, 节能率为 8.9%, 三江源及环青海湖地区节能率均在 5.1% ~ 11.5% 之间. 青海高原采暖平均供热节能率达 8.7%, 这意味着在大部分地区采暖期人为能源消耗所排放的温室气体数量相对减少. 同时, 因气候变暖所致的采暖节能效果还表现在采暖煤量的减少, 计算 1998 年气候变暖以来采暖节煤量 (图 7), 从图 7 中的分布状况可以看出, 20 世纪 90 年代末气候变暖以来, 青海高原大部节煤 1.16 ~ 3.04 kg/m², 其中, 在青南大部及茫崖、门源、共和、格尔木等 12 个城镇节煤尤为明显, 节煤量均在 2.0 kg/m² 以上. 青海省平均单位面积可节约标煤量 1.79 kg/m², 如按市场上煤炭价格 850 元/t 计算, 采暖期单位供暖面积可节约资金 1.521 元左右. 由此可见, 因气候变暖所致的采暖节能效果比较明显.

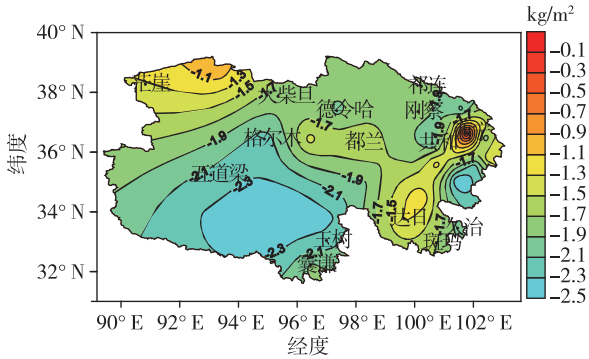


图 7 1998—2010 年气候变暖后青海高原节煤量分布
Fig. 7 Distribution of coal-saving quantity over Qinghai plateau during 1998—2010

3 未来采暖能耗预估

3.1 方程的建立

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^[15]. 由于青海采暖时间相对偏长, 采用年平均气温更能切合高原的实际情况. 基于 1961—2010 年的有关数据, 建立采暖度日变率与各因子的回归方程, 具体方程如下:

$$Y = -2.176 T_{1, \text{mon}} - 23.96, \quad (5)$$

$$Y = -3.561 T_{\text{win}} - 35.791, \quad (6)$$

$$Y = -6.818 T_{\text{year}} + 15.177. \quad (7)$$

式(5)—(7)中, Y 为采暖度日变率, $T_{1, \text{mon}}$ 为 1 月平均气温, T_{win} 为冬季平均气温, T_{year} 为年平均气温. 经

刘彩红, 等. 气候变暖对青海高原采暖能耗的影响及预估. 检验, 3 式均通过 0.001 显著性水平检验, 其中尤以年平均气温的相关度最高, 说明回归方程及温度因子对方程的贡献是显著的. 图 8 为度日变率实际值与年平均气温方程模拟值的对比曲线, 绝大多数年份拟合很好, 平均相对误差为 16.8% (其他公式误差在 25% 以上), 表明该方程用于估算采暖能耗具有一定的可信度, 同时也说明气候变暖是影响青海高原采暖气象条件变化的最主要因素. 以上分析可以看出, 年或冬季平均气温越高, 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. 利用此预测模式, 结合短期气候预测的结果, 可提早做出不同地区采暖能耗趋势预测, 为供热部门合理安排采暖期、煤炭储运等提供参考依据.

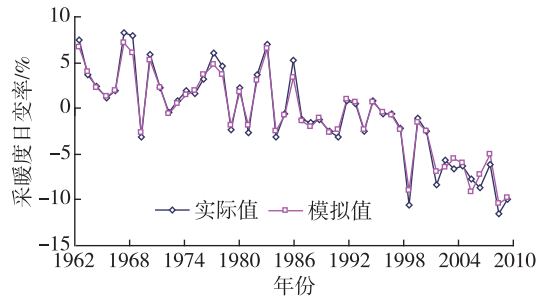


图 8 青海高原采暖度日变率实际值与模拟值对比曲线
Fig. 8 Comparison between observed and simulated flow of heating strength percent over Qinghai plateau

3.2 未来气候变化情景下采暖能耗估算

预计在未来温室气体中等排放 (SRESA1B) 情景下, 青海高原 21 世纪 20 年代、50 年代年平均气温较 1961—1990 年 30 a 标准气候值相比分别升高 1.44 和 2.63 °C. 根据本文建立的预估方程, 计算 21 世纪 20 年代、50 年代青海高原平均采暖能耗 (表 1). 由表 1 可以看出, 在 SRESA1B 情景下, 未来青海采暖能耗呈明显减少趋势, 在 21 世纪 20 年代、50 年代 2 个时段, 理论上全省平均采暖度日数减少至 4 337 和 3 955 °C, 与参考时段 (1961—1997 年) 相比, 供热节能率分别减少 9.1% 和 17.1%, 平均节煤分别为 2.2 和 3.9 kg/m². 需要指出的是, 这一结论虽与未来气候变化趋势有很好的—致性, 但随着人民生活水平的日益提高, 所要求的热舒适水平也将提高, 那么未来该地区在采暖上所消耗的能源也有可能进一步增长, 资源供需形势仍不容乐观. 限于未来气候变化趋势预估这一问题的复杂性和目前的技术水平, 对未来气候变化情景的准确预测有很大的难度, 所以预测结果亦具有较大的不确定性, 但本

表1 未来 SRESA1B 气候情景下青海高原采暖能耗预估

Table 1 Prediction of energy consumption for heating in future SRESA1B climatic scenario over Qinghai plateau

年平均气温 $T/^\circ\text{C}$		采暖度日变率 $\eta/\%$		采暖度日数 $D_{\text{th}}/^\circ\text{C}$		供热节能率 $S/\%$		节煤量 $\bar{Q}/(\text{kg}/\text{m}^2)$	
20 年代	50 年代	20 年代	50 年代	20 年代	50 年代	20 年代	50 年代	20 年代	50 年代
3.37	4.56	-7.8	-15.9	4 337	3 955	9.1	17.1	2.2	3.9

研究结果对采暖短期内的决策管理,仍具有重要的参考价值。

4 结论与讨论

通过上述的分析可知,青海高原自 1998 年开始呈显著增暖趋势,尤其在冬季的变暖趋势更为强烈,对省内采暖气候条件及采暖能耗产生了明显影响。具体结论如下:

1) 近 50 a 来青海高原采暖期呈减少趋势,减少幅度为 2.6 d/(10 a),且具有明显的年代际振荡。气候变暖后青海采暖期平均缩短 9 d,其中尤以小唐古拉山地区及青海西南部采暖期缩短最为明显。

2) 与参考时段(1961—1997 年)相比,青海高原平均度日数减少 399 $^\circ\text{C}$,其中三江源大部地区、柴达木盆地中部及环青海湖地区减幅均在 400 $^\circ\text{C}$ 以上。说明在全球变暖的大背景下,全省各地采暖强度普遍减弱,能源需求量下降,能耗降低。

3) 气候变暖理论上使青海高原各地采暖期供热耗能需求降低 4.9% ~ 15.3%,大部分地区节煤 1.16 ~ 3.04 kg/m^2 ,单位供暖面积可节约资金 1.521 元左右。尤其在柴达木盆地及东部农业区节能明显,这意味着这些地区采暖期人为能源消耗所排放的温室气体数量相对减少。

4) 未来 SRESA1B 情景下,预计在 21 世纪 20 年代、50 年代 2 个时段,青海平均采暖度日数分别为 4 337 和 3 955 $^\circ\text{C}$,与参考时段相比,供热节能率分别减少 8.60% 和 11.84%,节煤分别为 2.2 和 3.9 kg/m^2 。

气候的进一步变暖对于采暖节能来说无疑是有利的,整个采暖期能源消耗量除与温度有关外,与采暖长度也有极为密切的关系。例如,1998 年玉树气温突变后比突变前采暖期缩短了 9 d,假设整个采暖期每日耗煤量是相同的,那么气温显著增暖后采暖期可节煤 174.6 kg/m^2 。因此,在完全能满足采暖室温要求 18 $^\circ\text{C}$ 的情况下,若能根据气温状况调整采暖期长度,而不是沿用固定的采暖期,则采暖期能耗降低会非常明显。建议相关部门采取一些合理的对策措施,在确保供暖质量的同时,有效节约能耗,减少温室气体排放。目前气候变化对采暖能耗的影响比较乐观,但在

这种继续变暖的情景下,青海高原在采暖方面应该如何适应,即在保证目前舒适的前提下如何避免不必要的能源消费,或者在提高舒适度的前提下,如何用最小的成本达到最大的效益,都需要进一步研究。

参考文献

References

- [1] 青海省气候变化评估报告编写委员会. 青海省气候变化评估报告[R]. 2011:10-14
Panel for Climate Change Assessment Report in Qinghai Province. Climate change assessment report for Qinghai province[R]. 2011:10-14
- [2] 龙惟定. 试论我国暖通空调业的可持续发展[J]. 暖通空调,1999,29(3):25-30
LONG Weiding. Sustainable development of China's HVAC industry[J]. HV&AC,1999,29(3):25-30
- [3] 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
CHEN Li, FANG Xiumu, FANG Xiuqi, et al. Impacts of climate warming on heating climatic conditions and energy requirements over China in the past 20 years[J]. Journal of Natural Resources,2006,21(4):590-597
- [4] 陈莉,方修琦,李帅. 气候变暖对中国严寒地区和寒冷地区南界及采暖能耗的影响[J]. 科学通报,2007,50(10):1195-1199
CHEN Li, FANG Xiuqi, LI Shuai. Influence of climate warming on southern line of freezing cold and heating energy consumption over China[J]. Chinese Science Bulletin,2007,50(10):1195-1199
- [5] 朱宝文,宋理明. 气候变暖对刚察县采暖气象条件的影响及节能潜力分析[J]. 青海气象,2010(2):34-38
ZHU Baowen, SONG Liming. Climate warming impact analysis on heating meteorological conditions and energy saving potential in Gangcha county[J]. Journal of Qinghai Meteorology,2010(2):34-38
- [6] 杜岩,陈莉,罗冰,等. 近 55 a 来中国严寒和寒冷地区主要城镇采暖气候条件的变化研究[J]. 黑龙江气象,2010,27(4):27-31.
DU Yan, CHEN Li, LUO Bing, et al. Heating climate condition changes in China's freezing cold or cold areas in nearly 55 years[J]. Heilongjiang Meteorology, 2010, 27(4):27-31
- [7] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-493
FU Congbing, WANG Qiang. The definition and detection of the abrupt climatic change[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1992, 16(4):482-493

- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. GB 50019—2003 The heating & ventilation and air conditioning design standard [S]. Beijing:China Planing Press,2003
- [9] 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
ZHOU Zijiang. Analysis on winter temperature change and heating in China[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology,2000,11(2):251-252
- [10] Heller A J. Heat-load modeling for large systems[J]. Applied Energy,2002,72(1):371-387
- [11] Bulut H, Büyükalaca O, Yilmaz T. New outdoor heating design data for Turkey [J]. Energy, 2003, 28 (12): 1133-1150
- [12] Kadioglu M, Şen Z. Degree-day formulations and applied in Turkey[J]. Journal of Applied Meteorology, 1999, 38 (6): 837-846
- [13] 中国建筑科学研究院. JGJ 26—95 民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)[S]. 北京:中国建筑工程出版社,1996
China Academy of Building Research. JGJ 26—95 Civil building energy saving design standards for heating of residential building [S]. Beijing: China Building Engineering Press,1996
- [14] 李林. 青海省气候变化监测评估报告(1961—2010年)[R]. 2011:6-7
LI Lin. Climate change monitoring and assessment report during 1961—2010 in Qinghai province[R]. 2011:6-7
- [15] 李喜仓,白美兰,杨晶,等. 气候变暖对呼和浩特地区采暖期能源消耗的影响[J]. 气候变化研究进展,2010,6(1):29-34
LI Xicang, BAI Meilan, YANG Jing, et al. Impacts of climate warming on energy consumed in heating period in Hohhot [J]. Advances in Climate Change Research, 2010, 6(1):29-34
- [16] 轩春怡,高燕虎,李慧君. 北京市冬季采暖气候条件分析[J]. 气象科技,2003,31(6):373-375
XUAN Chunyi, GAO Yanhu, LI Huijun. Analysis of heating climatic condition in winter in Beijing [J]. Meteorological Science and Technology, 2003, 31(6):373-375
- [17] 魏凤英,曹鸿兴,王丽萍. 20世纪80—90年代我国气候增暖进程的统计事实[J]. 应用气象学报,2003,14(1):79-86
WEI Fengying, CAO Hongxing, WANG Liping, et al. Climatic warming process during 1980s—1990s in China [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 2003, 14(1):79-86
- [18] 白美兰. 内蒙古地区冬季持续变暖对采暖的影响[J]. 内蒙古气象,2001(1):26-27
BAI Meilan. Effect of continued winter warming on the heating over Inner Mongolia [J]. Meteorology Journal of Inner Mongolia, 2001(1):26-27

Study and prediction of climate warming impact on heating energy consumption in Qinghai plateau

LIU Caihong^{1,2} SU Wenjiang³

1 Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education,
Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Qinghai Climate Centre, Xining 810001

3 Qinghai Key Laboratory of Disaster Preventing and Reducing, Xining 810001

Abstract The impact of climate warming on energy consumed during heating period in Qinghai plateau during the past 50 years is studied in this paper, based on daily mean temperature data from 34 stations during 1961—2010. A model is established to predict the future heating energy consumption under medium greenhouse gas emission scenario (SRESA1B). Results show a significant warming trend took place in Qinghai plateau since 1998, and the average heating periods decreased by 9 days for the whole province. The heating degree-day decreased in all parts, especially in southwestern part of the province, with evident decline in heating strength. Theoretically, the heating strength decrease brought by climate warming is assumed to be 4.9%-15.3%, while the average energy saving in the whole province is 1.79 kg/m² in standard coal. Under the medium greenhouse gas emission scenario (SRESA1B), the energy consumed during heating periods in future is predicted to decline obviously in Qinghai plateau, yet with great uncertainty.

Key words climate warming; heating energy consumptions; influence; prediction