

郭军,熊明明,李明财,等.气候变化对中国集中供暖气候指标的影响[J].地理科学,2018,38(10):1724-1730.[Guo Jun, Xiong Mingming, Li Mingcai et al. The Impact of Climate Change on the Climate Index of Heating in China. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(10): 1724-1730.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.10.017

气候变化对中国集中供暖气候指标的影响

郭军¹,熊明明¹,李明财¹,何群²

(1.天津市气候中心,天津 300074; 2.云南省气候中心,云南 昆明 650034)

摘要:应用高空间分辨率的网格逐日气象数据,根据国家集中供暖有关设计规范定义了集中供暖气候指标,分析了气候变暖对中国集中供暖气候指标的影响。结果表明:近55 a来中国集中供暖初日均呈后延趋势,初日特征线年代际南北移动较小。供暖终日均呈提前趋势,终日特征线在110°E以东地区南北移动较大,2000年以来终日特征线较20世纪60年代北抬了200~300 km。供暖期长度均呈减少趋势,东北、华北地区近55 a减少了10~15 d,西北地区减少了15~20 d;东北、华北、西北地区供暖强度分别减少了12%、20%、15%。从1991~2015年冬季气温变化来看,东北地区最冷冬季与最暖冬季的温度相差可达6.2℃,对供暖强度的影响可达28.9%,华北和西北地区冬季气温最大变幅分别为3.7℃、3.3℃,对供暖强度的影响分别为26.8%和17.6%。气候变暖对中国集中供暖气候指标产生了显著的影响。供热部门应该根据天气变化来安排供暖,同时还要注意气候变暖背景下极端冷事件的发生,保证集中供暖安全运行。

关键词:集中供暖;供暖气候指标;供暖强度;气候变暖

中图分类号:P467 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2018)10-1724-07

第三次气候变化国家评估报告^[1]指出:近55 a全国绝大多数地区呈现增温趋势,最显著的增温区主要在较高纬度的北方或高原地区,尤其是东北中北部、华北北部和西北大部以及青藏高原,这些地区正是中国集中供暖的地区。气候变化直接影响供暖期的长短及供暖期能源消耗的多少^[2]。供暖耗能在全国温室气体排放中的贡献率约在15%以上,也是形成中国大气污染的主要原因^[3]。20世纪90年代初期,张家诚等^[4]利用1951~1980年气象资料研究了不同温度变化对中国供暖气候条件的影响。陈莉等^[5,6]发现气候变暖以来中国集中供暖区和过渡供暖区的界线比1980年以前明显北移,认为气候变暖可使北方地区主要城镇供暖期节煤的贡献率可达5%~10%。国内一些学者分别对不同尺度的供暖能耗的变化特征做了详细的分析^[7~12],认为气候变暖导致中国北方地区供暖期缩短、供暖能耗普遍减少。这些研究对中国供暖能耗在气候变化的适应方面做出了一定的贡献。

以上研究均基于气象台站的观测数据,由于站点分布不均、序列长短不一、台站观测环境变迁等问题,在气候分析和研究中,站点资料不能完全有效地代表研究区域的气候变化特征。高分辨率、格点化的气候数据,尤其是气温和降水,在天气气候变化研究中具有极其重要的作用。利用空间插值技术将离散的站点资料转换成规则的网格点序列,一直是“浓缩”气象要素场信息的有效方法,可大大提高序列在对应网格范围的气候代表性^[13]。国家气象信息中心2012年发布了中国地面气温0.5°×0.5°格点数据集,该数据集对气温场的插值效果较好,格点气温数据的插值精度较高^[14]。本文基于该格点数据集,结合站点气象资料,分析1961~2016年气候变化对中国集中供暖气候指标的影响,并就冬季气温升高对降低集中供暖能耗的贡献进行探讨,以期从气候角度分析节能的可能性,为科学供暖、节约能源、减少供暖期大气污染提供科学依据。

收稿日期:2017-09-25; **修订日期:**2018-01-10

基金项目:中国气象局气候变化专项(CCSF201614)资助。[Foundation: Climate Change Special Funding, Project of the China Meteorological Bureau (CCSF201614).]

作者简介:郭军(1966-),男,天津人,正研级高工,主要从事气候变化与短期气候预测研究。E-mail: guojun@cma.gov.cn

1 数据及方法

1.1 数据来源

本文数据来源于国家气象信息中心制作的“中国地面气象要素日值数据集”和“中国地面气温 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 格点数据集”中1961~2016年逐日气温资料。

1.2 集中供暖气候指标的定义

按照国家集中供暖有关设计规范^[15],定义当5 d滑动平均气温低于或等于 5°C 时,5 d中的第一天作为供暖开始日期,称作供暖初日。当5 d滑动平均气温高于或等于 5°C 时5 d中的最后一天作为供暖截止日期,称作供暖终日。中国东北地区、西北地区基本上是11月1日之前开始供暖,华北地区基本上是11月15日开始供暖。供暖结束日期大多数地区定于3月15日。因此,本文以11月15日平均气温等值线作为供暖初日特征线、3月15日平均气温等值线作为供暖终日特征线,这2条线南北位置的移动可表示气候变暖对中国集中供热气候指标的影响程度。当累年日平均气温稳定低于或等于 5°C 的日数大于或等于90 d被界定为集中供暖的地区,将90 d的等值线称作集中供暖南边界,该线的南北移动代表中国供暖范围的变化。通常是以供暖度日作为供暖强度,供暖度日是指日平均气温与规定的基础温度的离差,本文以 5°C 作为基础温度来计算每年集中供暖期内的供暖度日。

$$HDD = \sum_{i=1}^n (1 - \alpha)(T_0 - T_i)$$

式中: HDD 是供暖期的供暖度日,单位是度日, n 为供暖期长度; T_0 是基础温度,这里取 5°C ; α 是参数,如果日平均气温大于基础温度,则为1,否则为0。 HDD 值大,说明供暖期温度低,供暖强度大,也即供暖需求大。

1.3 计算方法

中国集中供暖的地区主要包括:北京、天津、河北、山西、内蒙古、山东、黑龙江、吉林、辽宁、甘肃、青海、宁夏、新疆、西藏等省(市、自治区)的全部地区,江苏、安徽、河南、陕西省的部分地区。本文按照网格选取 $119.5^\circ \sim 134.8^\circ\text{E}$, $38.8^\circ \sim 53.7^\circ\text{N}$ 为东北地区,包括黑龙江、吉林、辽宁以及内蒙古东部, $110^\circ \sim 119.5^\circ\text{E}$, $35.5^\circ \sim 42.0^\circ\text{N}$ 为华北地区,包括北京市、天津市、河北、山西、山东以及内蒙古中部, $73^\circ \sim 110^\circ\text{E}$, $33^\circ \sim 49^\circ\text{N}$ 为西北地区,包括新疆、

甘肃、宁夏陕西、河南以及青藏高原的北部。

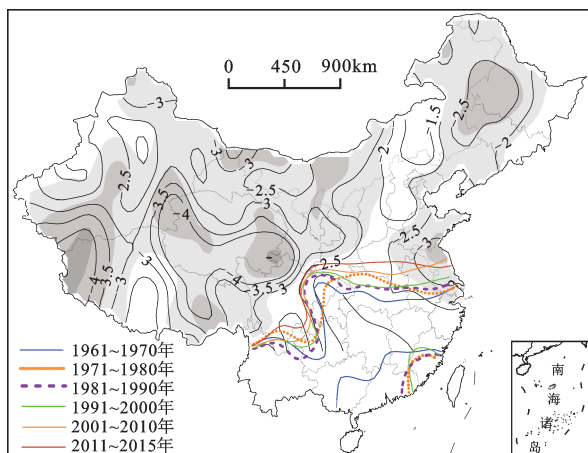
区域序列全部应用面积加权来计算^[16],应用线性倾向估计法计算气候变化速率,滑动T检验和累计距平法分析突变^[17]。

2 集中供暖气候指标变化特征

2.1 供暖期变化特征

集中供暖期长度全部呈减少趋势,除内蒙古中部、河北西部、山西东部等地区减少趋势略小外,东北地区大部、北京、天津、山东等地区供暖期气候变化倾向率在 $-2 \sim -3 \text{ d}/10\text{a}$ ($P < 0.05$),青藏高原部分地区达 $-3 \sim -4 \text{ d}/10\text{a}$ ($P < 0.01$) (图1)。

集中供暖南边界在 105°E 以东呈沿纬度走向,20世纪60年代集中供暖南边界位于 30°N 左右,基本上是沿长江一带,70~90年代该边界线略微北抬,位于 $31^\circ \sim 31.5^\circ\text{N}$ 一带,这3个年代的南边界位置基本一致,进入21世纪后南边界线大幅北抬,到达淮河一带,较20世纪60年代往北移动了200 km左右。



黑色等值线上数字为趋势系数($\text{d}/10\text{a}$),阴影由浅到深分别为通过0.1、0.05和0.01显著性检验;彩色等值线为集中供热南边界逐10 a位置变化,下同。

图1 1961~2015年集中供暖期长度气候变化趋势

Fig.1 The heating period length trend under climate change

2.2 集中供暖初日变化特征

从东北、华北、西北区域的平均供暖初日(图2)可以看出,东北和西北地区供暖初日比较接近,平均为10月12日前后,最早是10月初,最晚是10月中旬末。华北地区供暖初日平均为10月27日前后,最早是10月20日,最晚是11月7日。1961~2015年3个地区平均供暖初日均呈增加趋势(即日

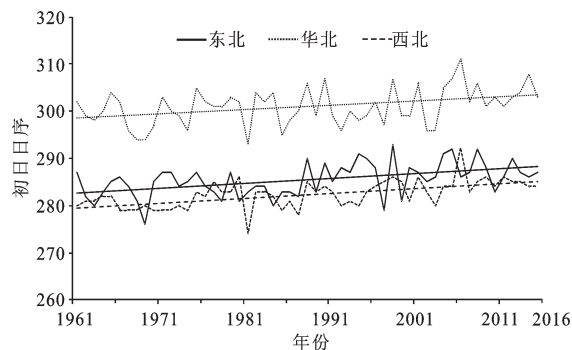


图2 1961~2015年东北、华北、西北地区平均集中供暖初日变化

Fig.2 The mean beginning date of heating in Northeast, North and Northwest China in 1961-2015

期后延),其中东北、西北地区的气候倾向率为 $1.0 \text{ d}/10\text{a}$,华北地区的气候倾向率为 $0.9 \text{ d}/10\text{a}$ ($P < 0.05$)。利用滑动T检验和累计距平法,对序列突变点进行检验发现:东北地区供暖初日20世纪80年代末发生了突变,突变点前后平均供暖初日后延了2~3 d。华北地区2003年前后发生显著突变,突变前后相差了4~5 d。西北地区在1995年前后发生显著突变,突变后供暖初日后延了3~4 d。

集中供暖初日均呈现延后趋势,华北地区、山东、江苏、安徽、河南等集中供暖地区的初日以 $0.5 \sim 1 \text{ d}/10\text{a}$ 的速率后延,东北地区中部、西北地区大部供暖初日以 $1.5 \sim 2.5 \text{ d}/10\text{a}$ 的速率后延,呈显著增加趋势 ($P < 0.05$)。

从集中供暖初日特征线年代际变化来看(图3),位置变化较南边界线北抬幅度要小,20世纪60年代集中供暖初日特征线沿河北南部、山西南部、陕西中部至甘肃南部。70年代、80年代初日特征线略有北抬,河北南部北抬的距离要大于西部地区,90年代的特征线又回落到60年代的位置,局部地区还略靠南。进入21世纪以后,特征线稳定北抬,特别是近5 a的特征线较20世纪60年代的位置北抬了50~60 km。

2.3 集中供暖终日变化特征

图4分别给出了东北、华北、西北地区平均供暖终日的变化情况,东北和西北地区的终日平均在4月22日前后,最早是4月14日,最晚是4月底。华北地区的供暖终日平均是4月6日前后,最早是3月29日,最晚到4月15日。1961~2015年东北、华北、西北地区集中供暖终日均呈下降趋势

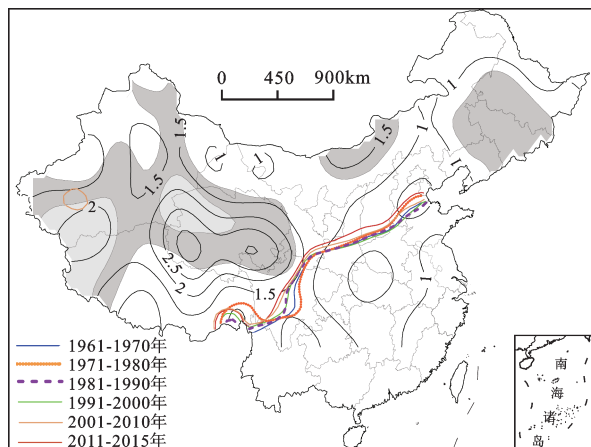


图3 1961~2015年集中供热初日气候变化趋势和初日特征线逐年代位置

Fig.3 The climate trend of heating beginning date and the characteristic line positions of beginning date for every decade since 1960s

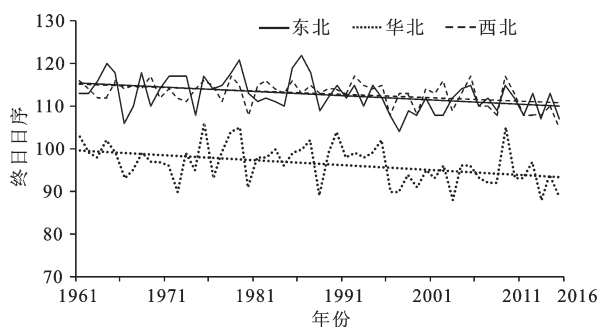


图4 1961~2015年东北、华北、西北地区平均集中供暖终日变化

Fig.4 The mean ending date of heating in Northeast, North and Northwest China during 1961-2015

(即日期提前),3个地区的供暖终日气候倾向率分别为 $-1.0 \text{ d}/10\text{a}$ 、 $-1.1 \text{ d}/10\text{a}$ 、 $-0.8 \text{ d}/10\text{a}$ ($P < 0.01$)。从突变检验结果上看:东北地区供暖终日在20世纪80年代末发生突变 ($P < 0.05$),突变后终日提前了约4 d;华北地区供暖终日在1995年前后发生突变,突变后终日提前了约5 d;西北地区供暖终日在1995年前后发生突变,突变后终日提前了约3 d。

从全国集中供暖终日变化空间分布图上看(图5),全国集中供暖地区的供暖终日均呈现减小趋势(即提前趋势),青藏高原东部及甘肃南部一带集中供暖终日以 $2.0 \sim 2.5 \text{ d}/10\text{a}$ 的速率提前,内蒙古北部、东北地区西北部供暖终日以 $1.0 \sim 1.5 \text{ d}/10\text{a}$ 的速率提前,京津冀东南部、山东大部供暖初日以

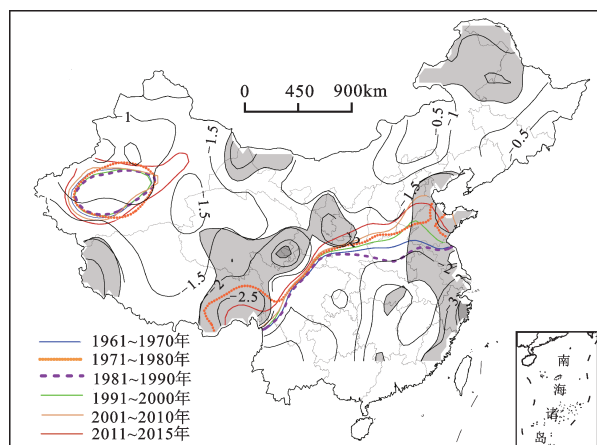


图5 1961~2015年集中供暖终日气候变化趋势和终日特征线逐年代位置

Fig.5 The climate trend of heating ending date and the characteristic line positions of ending date for every decade in 1961-2015

1.5~2.0 d/10a的速率提前,这3个区域的减小趋势均通过信度0.05的显著性检验。

从集中供暖终日特征线位置年代际变化来看,青藏高原东部、甘肃南部供暖终日特征线位置南北变化较小,110°E以东集中供暖地区的终日特征线南北位置变化较大。20世纪60年代集中供暖终日特征线沿山东南部、至河南郑州、洛阳一线,基本上与34°N平行。70~90年代南北摆动,最北部到黄河,最南部到河南的南部。2000年以后终日特征线到达了胶东半岛、天津南部、石家庄南部、至山西中部一带,比20世纪60年代北抬了200~300 km。

2.4 集中供暖度日变化特征

从东北、华北、西北地区平均供暖度日的变化情况可以看出(图6),东北供暖度日最大,为2 866度日;西北地区次之,为2 263度日;华北地区最小,为1 520度日。

1961~2015年东北、华北、西北地区集中供暖度日均呈减少趋势,即供暖强度减弱。其中华北地区供暖度日数减少趋势最大,气候倾向率为-63.4度日/10a,呈极显著减少趋势($P<0.001$),近50 a来供暖强度减少了约20%;西北地区次之,供暖度日数气候倾向率为-63.7度日/10a,也通过信度0.001显著性检验,近50 a来供暖强度减少了约15%;东北地区供暖度日减少幅度最小,气候倾向率为-71.0度日/10a($P<0.01$),近50 a来供暖强度减少了约12%。从突变检验结果上看:东北地

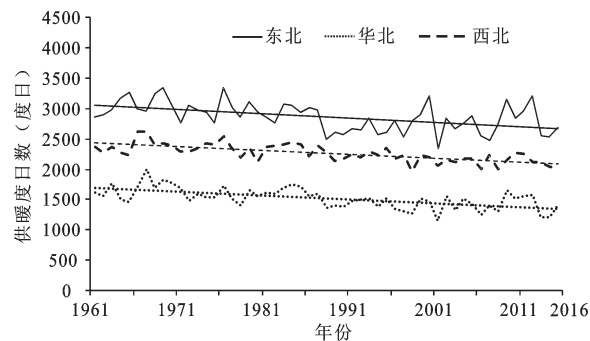


图6 1961~2015年度东北、华北、西北地区供暖度日变化
Fig.6 The heating degree days in Northeast, North and Northwest China during 1961-2015

区供暖度日在1988年前后发生突变(通过0.05显著性检验),突变后供暖强度减少了252度日,占总供暖强度的8.8%;华北地区供暖度日也在1988年前后发生突变,突变后供暖强度减少了212度日,占总供暖强度的13.9%;西北地区供暖度日没有明显的突变点。

全国集中供暖地区的度日数均呈减小趋势,除了东北地区、新疆西北部外,均通过了0.01显著性检验,其中河北南部、山西南部、陕西南部、河南北部以及山东全省,度日气候倾向率在-50度日/10a以上外,其他地区均在-50~-100度日/10a之间。

3 气温变化对集中供暖气候指标的影响

当前气候服务中通常是提供月、季节尺度的气温气候预测,如何使用月、季尺度的气候产品做好集中供暖气候服务,关键在于了解月季气温对供暖气候指标的影响及相互关系。表1给出了月季平均气温与初日、终日以及供暖强度的相关系数,可以看出供暖初日与月平均气温呈正相关,均超过 $\alpha=0.001$ 显著性检验,其中西北地区相关性最高,相关系数达0.78。供暖终日与月平均气温呈负相关,其中东北、西北地区终日与4月平均气温相关系数为-0.75,华北地区终日与3月平均气温相关系数为-0.60,均超过 $\alpha=0.001$ 显著性检验。初日、终日与月平均气温相关性较好,与季平均气温相关性较差。供暖强度与季平均气温呈负相关,3个区域的相关系数高达-0.93~-0.87,呈极显著相关。因此,在做集中供暖气候服务时,供热开始和截止日期的确定要参考月平均气温的预测,而供暖强度要参考整个冬季的平均气温的预测。

表1 不同区域供暖气候指标与气温的相关系数

Table 1 Correlation between heating climate index and temperature for the different regions

指标	东北地区		华北地区		西北地区	
	月平均气温	冬季平均气温	月平均气温	冬季平均气温	月平均气温	冬季平均气温
供暖初日	0.63	0.37	0.53	0.38	0.78	0.42
供暖终日	-0.75	-0.28	-0.60	-0.17	-0.75	-0.15
供暖强度	/	-0.90	/	-0.93	/	-0.87

注:东北、西北地区初日对应的是10月平均气温,华北地区对应11月平均气温;东北、西北地区终日对应是4月平均气温,华北地区对应3月平均气温;冬季是指12月至转年2月;“/”为无值。

月季平均气温气候预测,均是针对常年值来确定冷暖,因此,应用一元回归方法来分析月季平均气温升高/降低1℃对供暖气候指标的影响,表2给出了供暖气候指标与平均气温的关系。

表2 不同区域供暖气候指标与气温的关系

Table 2 Relationship between heating climate index and temperature of different regions

指标	东北地区	华北地区	西北地区
供暖初日	$Y=1.8T_{10}+278.2$	$Y=1.4T_{11}+301.7$	$Y=2.6T_{10}+273.2$
供暖终日	$Y=-1.9T_4+122$	$Y=-1.5T_3+97.7$	$Y=-2.0T_4+123.5$
供暖强度	$Y=-133.6T_{DJF}+583.7$	$Y=-110.3T_{DJF}+629.8$	$Y=-120.6T_{DJF}+932.0$

注:Y为供暖气候指标, $T_i(i=10,11,3,4)$ 是*i*月平均气温, T_{DJF} 为冬季平均气温。

从表2可以看出,当10月平均气温偏高(低)1℃,东北地区供暖初日延后(提前)1~2 d,西北地区需延后(提前)2~3 d;当11月平均气温偏高(低)1℃,华北地区供暖初日延后(提前)1 d左右。当4月平均气温偏高(低)1℃,东北、西北地区供暖终日提前(延后)2 d左右,当3月平均气温偏高(低)1℃,华北地区供暖终日将提前(延后)1~2 d。当冬季季平均气温偏高(低)1℃时,东北、华北、西北地区供暖强度分别减少(增加)4.7%、7.0%、5.3%。

从前面的分析结果看,中国北方集中供暖气候指标受气候变暖的影响,在20世纪80年代末均存在突变。虽然90年代以后的随着冬季气温的升高,供暖气候指标与60~80年代有所变化,但是90年代以后的冬季气温年际间的变幅还是很大的。根据1991/1992~2015/2016年度冬季气温变化(表3),分

表3 1991/1992~2015/2016年度冬半年最高、最低平均气温(℃)

Table 3 The maximum and minimum average temperature of winter half year from 1991/1992 to 2015/2016(℃)

地区	最高平均气温					最低平均气温				
	10月	11月	冬季	3月	4月	10月	11月	冬季	3月	4月
东北地区	6.5	-4.2	-13.6	-0.7	8.2	1.9	-11.2	-19.8	-9.2	1.8
华北地区	11.6	2.0	-5.3	4.3	12.5	6.5	-3.3	-9.0	-0.5	6.0
西北地区	5.8	-1.7	-9.0	1.7	7.6	2.1	-5.9	-12.3	-4.3	3.9

注:冬季为12月至转年2月。

析供暖气候条件的变幅,了解气候变暖后冬季最暖和最冷情况对供暖的影响。

从表3可以看出,近25 a来,东北、西北地区10月平均气温变幅分别为4.6℃、3.7℃,对2个地区供暖初日影响可达8~10 d,华北地区11月平均气温的变幅为5.3℃,比其他2个地区略小,对该地区供暖初日影响可达7 d左右;11月平均气温变幅东北地区为6.4℃,西北地区为3.7℃,分别影响两地供暖终日变化12 d、7 d左右;华北地区3月平均气温变幅为4.8℃,对供暖终日的的影响可达7 d左右。从整个冬季平均气温的变幅来看,东北地区最大,为6.2℃,华北和西北地区相当,分别为3.7℃、3.3℃,对3个地区供暖强度的影响分别为28.9%、26.8%和17.6%。因此,在冬季中国北方地区气温变暖的背景下,冬半年的气温年际差异对集中供暖气候指标影响还是很大的,不容忽视。

4 结论与讨论

气候变暖对中国集中供暖气候指标产生了显著的影响,供暖初日均呈后延趋势,特别是新疆南部东部、青藏高原北部、东北大部呈显著后延趋势,初日特征线年代际南北移动较小。供暖终日均呈提前趋势,华北东南部、青藏高原东部、甘肃南部、陕西南部提前趋势显著。终日特征线在110°E以东地区南北移动较大,2000年以来终日特征线较20世纪60年代北抬了200~300 km。供暖初日终日的变化导致供暖期长度均呈减少趋势,东北、华北地区近55 a减少了10~15 d,西北地区减少了15~20 d。由于近年来的持续暖冬,供暖期长度继续减少。

供暖强度也呈显著减少趋势,东北、华北、西北地区分别减少了12%、20%、15%,其中东北和华

北地区供暖强度在1988年前后发生突变,这与气候变暖的转折点相一致。供暖强度与冬季平均气温密切相关,从近15 a冬季气温变化来看,虽然目前处在气候变暖的大背景下,但年际间月、季气温变化对集中供暖气候指标有很大的影响,从整个冬季平均气温的变幅来看,东北地区最冷冬季与最暖冬季的温度相差可达 6.2°C ,对供暖强度的影响可达28.9%,华北和西北地区冬季气温最大变幅分别为 3.7°C 、 3.3°C ,对供暖强度的影响分别为26.8%和17.6%。

IPCC第五次评估报告中指出,在给定的温室气体排放路径下,所有气候模式都模拟出未来全球气温呈增加趋势,而且中国区域的增温幅度比全球平均的增温幅度更高。那么中国在冬季集中供暖方面如何适应或者调整,在保证舒适的前提下如何避免不必要的能源消费,达到节能减排的目的,需要进一步研究。从前面的研究发现,秋末冬初(10月、11月)和冬末春初(3月、4月)的气温变化对供暖初日、终日影响很大,供热部门如果根据天气变化来安排供暖,将会有很大的节能潜力。同时还要注意气候变暖大背景下极端冷事件的发生,保证集中供暖安全运行。

参考文献(References):

- [1] 《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第三次气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2015. [Editorial Committee of the Third China's National Assessment Report on Climate Change. The third China's national assessment report on climate change. Beijing: Science Press, 2015.]
- [2] 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. [Chen Yu, Huang Chaoying. Impact of climate change on energy demand. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(sup.): 11-19.]
- [3] 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. Journal of HV&AC, 1999, 29(3): 25-30.]
- [4] 张家诚, 高素华, 潘亚茹. 我国温度变化与冬季采暖气候条件的探讨[J]. 应用气象学报, 1992, 3(1): 70-75. [Zhang Jiacheng, Gao Suhua, Pan Yaru. Investigation on the relationship between temperature change and winter heating in China. Journal of Applied Meteorological Science, 1992, 3(1): 70-75.]
- [5] 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, 52(10): 1195-1198. [Chen Li, Fang Xiuqi, Li Shuai. Impacts of climate warming on heating energy consumption and southern boundaries of severe cold and cold regions in China. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(20): 2854-2858.]
- [6] 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. Journal of Natural Resources, 2006, 21(4): 590-597.]
- [7] 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. Changes of winter temperature and heating analysis in China. Journal of Applied Meteorological Science, 2000, 11(2): 251-252.]
- [8] 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. Advances in Climate Change Research, 2010, 6(1): 29-34.]
- [9] 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. Meteorological Science and Technology, 2003, 31(6): 373-375.]
- [10] 刘彩红, 苏文将. 气候变暖对青海高原采暖能耗的影响及预估[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2013, 5(6): 494-500. [Liu Caihong, Su Wenjiang. Study and prediction of climate warming impact on heating energy consumption in Qinghai plateau. Journal of Nanjing University of Information Science and Technology: Natural Science Edition, 2013, 5(6): 494-500.]
- [11] 庞文保, 刘宇, 张海东. 气候变暖与西安市冬季供暖的能源消耗分析[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(4): 220-223. [Pang Wenbao, Liu Yu, Zhang Haidong. Climate warming and energy consumed for winter heating in Xi'an. Advances in Climate Change Research, 2007, 3(4): 220-223.]
- [12] 陈莉, 李帅, 方修琦, 等. 中国严寒和寒冷地区城镇住宅采暖能耗影响因素分析[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 212-216. [Chen Li, Li Shuai, Fang Xiuqi et al. Influence factor analysis of urban residential heating energy consumption in severe cold and cold regions in China. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29(2): 212-216.]
- [13] 张强, 熊安元, 阮新. 我国地面气温格点化数据集的研制[J]. 中国科技资源导刊, 2008, 40(3): 12-20. [Zhang Qiang, Xiong Anyuan, Ruan Xin. Research and development of the grid-based surfer air temperature in China. China Science & Technology Resources Review, 2008, 40(3): 12-20.]
- [14] 国家气象信息中心. 中国地面降水 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 格点数据集(V2.0)评估报告. 北京: 国家气象信息中心, 2012. [National Meteorological Information Center. Assessment report of China's ground precipitation $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ gridded dataset (V2.0). Beijing: National Meteorological Information Center, 2012.]
- [15] 中华人民共和国建设部. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范(GB50736-2012)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012. [Ministry of Construction of People's Republic of China. De-

- sign code for heating ventilation and air conditioning of civil buildings(GB50736-2012) . Beijing: China Building Industry Press, 2012.]
- [16] Jones P D, Hulme M B. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and Illustrations [J]. *International Journal of Climatology*, 1996,16:361-377.
- [17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007. [Wei Fengying. Modern diagnosis of climate statistics and its prediction. Beijing: China Meteorological Press, 2007.]

The Impact of Climate Change on the Climate Index of Heating in China

Guo Jun¹, Xiong Mingming¹, Li Mingcai¹, He Qun²

(1. *Tianjin Climate Center, Tianjin 300074, China*; 2. *Yunnan Climate Center, Kunming 650034, Yunnan, China*)

Abstracts: The IPCC fifth assessment report (AR5) showed that the global temperature tended to increase in future. Meanwhile, the range of warming in China is higher than that of the global average temperature. It is very significant that understanding the impact of climate change on central heating in China which can provide decision-making advice to supply heating, save energy and reduce air pollution during the supplying heating period. This paper firstly defined the climate index of central heating according to National Central Heating Design Specification, then analyzed the impact of climate warming on climate index of central heating in China based on daily grid meteorological data with high space resolution. The result showed that: 1) The beginning day of central heating tended to delay during the past 55 years in China. The decadal shift of the characteristic line for beginning day from south to north changed very little. 2) The final day of central heating tended to shift to an earlier date. The characteristic line of final day moved obviously from south to north in the east of 110°E which was 200-300 km higher than that in 1960s since 2000. 3) The length of supplying heating period tended to shorten. The length decreased by 10-15 d in the Northeast and North China and that decreased by 15-20 d in Northwest China. 4) The intensity of supplying heating tended to reduce obviously. The intensity decreased by 12%, 20% and 15% for Northeast, North and Northwest China respectively. The intensity was related to winter average temperature closely. According to the variation of winter temperature from 1991 to 2015, the temperature difference (TD) between the coldest and the warmest winter could reach 6.2°C in Northeast China which accounted for 28.9% impact on intensity of supplying heating; the TD was 3.7°C and 3.3°C for North and Northwest China respectively, which accounted for 26.8% and 17.6% impact on the intensity respectively. Climate warming has a significant impact on the climate index of central heating in China. The relevant departments should arrange the supplying heating schedule according to weather variation, meanwhile, pay attention to the occurrence of extreme cold events under the background of climate warming to ensure the central heating operate safely.

Key words: central heating; heating climate index; heating intensity; climate warming