

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

陈莉 方修琦 李帅

(北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 哈尔滨市气象局, 哈尔滨 150080; 黑龙江省气象局, 哈尔滨 150001. Email: hrbc11216@163.com)

摘要 以全国 590 个气象台站逐日平均气温以及逐月平均气温为基础, 依据《采暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2003)》、《民用建筑热工设计规范(GB50176-93)》选取指标, 分析了 20 世纪 80 年代中期以来气候变暖对我国严寒地区和寒冷地区南界的影响; 同时根据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分) JGJ26-95》中所列的全国主要城镇采暖期建筑物采暖耗煤量指标, 定量计算了气候变暖对严寒地区和寒冷地区主要城镇采暖期节煤的贡献。发现与 1980 年以前时段相比, 20 世纪 80 年代中期以来的气候变暖, 使严寒地区和寒冷地区南界向北移动最大达 2 个纬距; 20 世纪 80 年代中期以来的气候变暖理论上对严寒地区和寒冷地区主要城镇采暖期节煤的贡献率大部达 5%~10%, 尤其是 20 世纪 90 年代中期以来, 气候变暖对采暖期节煤贡献更大。

关键词 气候变暖 严寒地区 寒冷地区 南界 节煤率

改革开放以来, 我国能源建设长足发展, 为我国经济腾飞打下了坚实的基础。有关建筑耗能在总耗能中的比例, 龙惟定^[1]经过研究得出, 我国建筑能耗(终端使用能耗)占总能耗的比例平均值为 19.8%, 相应的建筑耗能引起的 CO₂ 排放也占总排放量的 19%~20%; 就全国而言, 建筑耗能中主要部分是采暖耗能(几乎占建筑耗能的 85%), 因此暖通空调在全国温室气体排放中的贡献率约在 15%以上; 我国的大气污染属煤烟型污染, 主要污染物是烟尘和 SO₂, 燃煤是形成中国大气污染的主要原因。

气候变暖将会改变采暖降温的能源需求, 势必会影响温室气体以及污染物的排放。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告中的决策者摘要(<http://www.ipcc.ch/spm2feb07.pdf>, 2007)指出, 在 1850 年有器测资料以来最暖的 12 a 中, 1995~2006 年占了 11 个; 1906~2005 年全球平均气温上升趋势为 0.74 /100 a。北半球自 20 世纪 80 年代以来的迅速增温在统计学上已达到了突变程度^[2,3]。任国玉等人^[4]对我国的地面气温分析表明, 我国近 54 a 来(1951~2004)年平均地表气温变暖幅度比全球或半球同期平均增温速率高得多(约为 1.3 /10 a, 增温速率接近 0.25 /10 a), 冬季增温速率最高, 达 0.39 /10 a。

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^[5], 20 世纪 80 年代中期以来, 中国气候变暖, 尤其是 20 世纪 90 年代中期以来的显著变暖, 对中国冬季采暖气候条件产生了很大影响。与 1980 年以前时段相比, 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。同时以 5 为基础温度, 以度日数为采暖强度, 从纯气象角度初步探讨了气候变暖对采暖能耗的影响, 有一定的参考价值, 但研究中缺乏与实际耗煤量的联系。

本文依据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)JGJ26-95》^[6]中所列的全国主要城镇采暖期建筑物采暖耗煤量指标, 定量研究了气候变暖所导致的各地节煤率。同时根据《民用建筑热工设计规范(GB50176-93)》^[7]中对于严寒地区及寒冷地区的分区指标, 研究了气候变暖对严寒地区和寒冷地区南界的影响, 以为政府决策部门提供科学支撑, 并使气候变暖与能源需求研究进一步深入。

1 资料

本文所用中国逐日平均气温资料以及逐月气温

2006-12-07 收稿, 2007-04-04 接受

中国气象局气候变化专项项目(批准号: CCSF2007-43)

资料来源于中国气象局. 由于研究内容是气候变暖的影响, 需要保证序列足够长, 因此选取 1960 年前(含 1960 年)建站且终止年份不早于 2004 年的共 590 个气象台站.

2 相关指标和方法的确定

2.1 分析时段选取

自 20 世纪 80 年代中期以来我国变暖趋势明显, 其中以冬季变暖最为显著^[4]. 魏凤英等人^[8]指出我国冬季气温在 20 世纪 80 年代中期就开始增暖, 20 世纪 90 年代冬季增暖幅度比 20 世纪 80 年代显著增加, 而且 20 世纪 90 年代冬季气温在持续攀升, 上升趋势一直维持至今. 周自江^[9]研究表明我国冬季平均气温的总体趋势是升温变暖的, 且具有明显波动性, 即 1952~1968 年变冷, 趋势为 $-0.996 / 10 \text{ a}$; 1968~1985 年升幅不大, 趋势为 $0.375 / 10 \text{ a}$; 1985 年以后快速增暖, 趋势为 $0.786 / 10 \text{ a}$. 根据变暖的特点, 以各站 1980 年以前为参考时段, 选取 1986~2004 年作为变暖时段, 1996~2004 年作为显著变暖时段, 与参考时段进行对比分析.

2.2 采暖期长度的确定

根据《采暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2003)》^[10]规定, 设计计算用采暖期天数, 应按累年日平均温度稳定低于或等于采暖室外临界温度的总日数确定. 其中采暖室外临界温度的选取, 一般民用建筑和工业建筑, 宜采用 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

在确定采暖初终日时, 采用连续 5 d 滑动平均法. 但在青海和西藏地区, 部分台站全年温度都较低, 即使在盛夏, 也经常出现日均温低于 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的现象, 偶尔在春季和初夏出现几天高于 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日子, 但随后很多天又持续低于 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. 因此本文在判断采暖终日时, 附加了一个判据, 即在出现第一组 5 日滑动平均温度通过 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 其后连续 29 d, 即连续 30 个 5 日滑动平均超过 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 才确定其为采暖终日^[5].

采暖初日和终日之间的日数为采暖期长度.

2.3 严寒地区及寒冷地区的分区指标

根据我国《民用建筑热工设计规范(GB50176-93)》^[7]的规定, 严寒地区及寒冷地区的分区指标如表 1 所示.

表 1 所列严寒地区和寒冷地区的分区指标, 分为主要指标和辅助指标, 以这两种指标为依据, 我们进

行了计算. 结果发现主要指标相对于辅助指标要严格得多, 以寒冷地区分区指标为例, 主要指标(最冷月平均气温 $0 \sim -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$)南界相对于辅助指标(日平均温度 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数 $90 \sim 145 \text{ d}$)南界偏北, 也就是说, $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温线较采暖期长度 90 d 线偏北, 严寒地区分区指标也是如此(图 1). 因此, 本文在进行气候变暖对严寒地区和寒冷地区南界的影响分析中, 只采用主要指标, 即最冷月 $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温线的南北移动, 分别代表严寒地区和寒冷地区南界的变化.

表 1 严寒地区和寒冷地区建筑热工设计分区

分区名称	分区指标	
	主要指标	辅助指标
严寒地区	最冷月平均温度 -10	日平均温度 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数 145 d
寒冷地区	最冷月平均温度 $0 \sim -10$	日平均温度 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数 $90 \sim 145 \text{ d}$

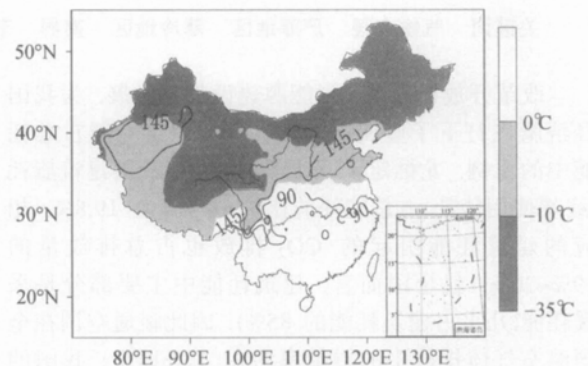


图 1 严寒地区和寒冷地区南界与采暖期长度分布示意图. 填充深灰色和浅灰色边界为 $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温线, 黑色等值线为采暖期 90 d 和 145 d .

2.4 采暖强度的计算方法

20 世纪 50 年代初, Thom^[11~13]首次用度日法探讨了能源消费与温度的关系. 国外学者利用度日方法进行了许多气候与能源方面的分析^[14~18]. 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. 为了研究的方便, 度日又分为两种类型, 即取暖度日(heating degree day)和降温度日(cooling degree day)^[19]. 如果日平均温度低于基础温度, 用下式计算取暖度日:

$$HDD_i = T_b - T_i,$$

式中, HDD_i 为第 i 天的取暖度日值, T_b 为基础温度, T_i 为第 i 天的日平均温度.

根据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)JCJ26-95》^[6]的规定,基础温度 T_b 定为 18 (即室内基础温度),采暖强度用 HDD18 来表示.采暖期采暖度日总量大小反映了采暖期温度的高低,采暖度日值大,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,采暖期度日的变化,直接反映了采暖需求的变化.

2.5 气候变暖导致的采暖期节煤率计算方法

《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)JCJ26-95》^[6],适用于严寒和寒冷地区设置集中采暖的新建和扩建居住建筑热工与采暖节能设计,其中附录 A 列出了全国主要城镇采暖期建筑物单位面积采暖耗煤量指标以及相应的以 18 为基础温度的度日数.假设每一度日数耗煤量相同,那么可以用表中所列的采暖耗煤量指标除以表中所列的 HDD18,得到单位面积单位度日数的耗煤量 q_c ,进而可以求出表中所列城镇参考时段、变暖时段、显著变暖时段所对应的单位面积耗煤量.用变暖时段(或显著变暖时段)的单位面积采暖耗煤量减去参考时段的单位面积采暖耗煤量,就得到气候变暖所引起的单位面积节煤量以及相应的节煤率.

3 结果分析

3.1 严寒地区和寒冷地区南界在气候变暖背景下的变化

图 2 描述了自 20 世纪 80 年代中期气候变暖以来 -10 和 0 等温线的变化情况,从图 2 中可以看出,20 世纪 80 年代中期以来和 20 世纪 90 年代中期以来气候变暖对严寒和寒冷地区南界的影响基本相同:106°E 以西寒冷地区界线变化不大,但 114°E 以东界线北移比较明显,幅度平均达 1 个纬距;严寒地区南界在 109°E 以东向北稍有移动,而在 85°~109°E 之间,北移非常明显,基本上在 2 个纬距左右,青海、西藏严寒地区范围缩小也比较明显.

3.2 气候变暖对严寒地区和寒冷地区冬季采暖能耗的影响

图 3 为主要城镇 20 世纪 80 年代中期以来气候变暖所导致的采暖节煤率分布示意图.从图 3 可以看出,20 世纪 80 年代中期气候变暖以来,严寒地区和寒冷地区大部节煤 5%~10%,尤其是新疆的吐鲁番、塔城,西藏自治区的拉萨,甘肃的山丹,河北的张家口、秦

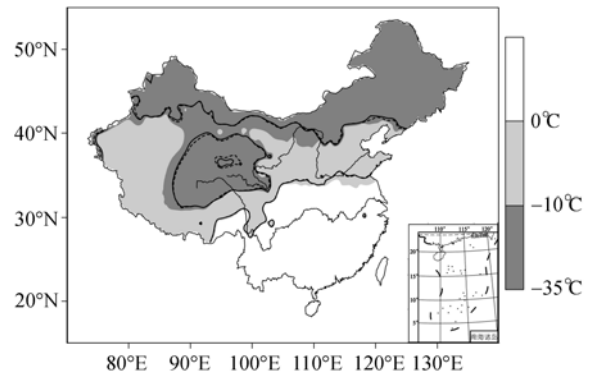


图 2 严寒地区和寒冷地区南界变化示意图
填充深灰色和浅灰色边界为参考时段-10 和 0 等温线,黑色实线为 1980 年代中期以来-10 和 0 等温线,黑色虚线为 20 世纪 90 年代中期以来-10 和 0 等温线

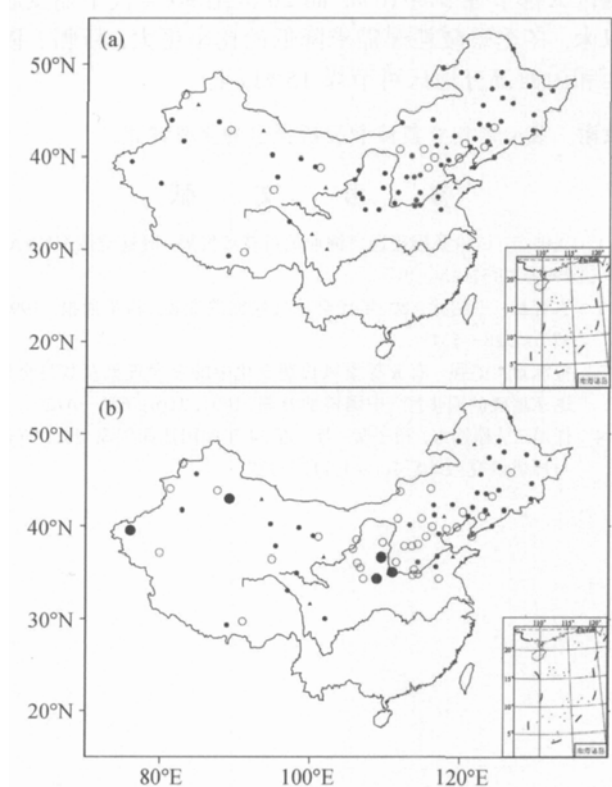


图 3 严寒地区和寒冷地区主要城镇气候变暖导致的采暖节煤率示意图

(a) 20 世纪 80 年代中期以来; (b) 20 世纪 90 年代中期以来. 图中 示节煤率 0~5%、示节煤率 5%~10%、示节煤率 10%~15%、节煤率 15%~20%

皇岛、保定,内蒙古自治区的呼和浩特以及东北地区的朝阳、鞍山、四平 10 个城镇节煤率在 10%~15%. 而从 20 世纪 90 年代中期气候显著变暖以来,新疆的

吐鲁番、喀什, 陕西的西安、延安以及山西的运城超过15%, 而节煤率在10%~15%之间的城镇增加至34个。

4 结论

20世纪80年代中期以来, 气候变暖对我国严寒地区与寒冷地区南界产生了影响, 寒冷地区南界在114°E以东北移比较明显, 幅度平均达1个纬距; 严寒地区南界在85°~109°E之间, 北移非常明显, 基本上在2个纬距左右。

根据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)JCJ26-95》^[6]中所列的全国主要城镇采暖期建筑物采暖耗煤量指标, 定量计算出气候变暖对中国严寒地区和寒冷地区主要城镇采暖耗煤的影响。20世纪80年代中期以来, 气候变暖可以使严寒地区和寒冷地区大部节煤5%~10%, 而20世纪90年代中期变暖以来, 冬季采暖耗煤需求降低的比率更大, 新疆、陕西和山西部分地区可节煤15%以上。

致谢 衷心感谢方修睦教授所提出的宝贵建议。

参 考 文 献

- 1 龙惟定. 试论我国暖通空调业的可持续发展. 暖通空调 HV&AC, 1999, 29(3): 25—30
- 2 衣育红, 王绍武. 80年代全球气候突然变暖. 科学通报, 1992, 37(6): 528—531
- 3 符淙斌, 王强. 南亚夏季风长期变化中的突变现象及其与全球迅速增暖的同步性. 中国科学 B 辑, 1991, 21(6): 662—672
- 4 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近54年中国地面气温变化. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717—727
- 5 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. 自然资源学报, 2006, 21(4): 590—597
- 6 中国建筑科学研究院. 民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)JCJ26-95. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996. 1—58
- 7 中华人民共和国建设部. 民用建筑热工设计规范(GB50176-93). 北京: 中国计划出版社, 1993. 5—7
- 8 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. 应用气象学报, 2003, 14(1): 79—86
- 9 周自江. 我国冬季气温变化与采暖分析. 应用气象学报, 2000, 11(2): 251—252
- 10 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). 北京: 中国计划出版社, 2003. 25—35
- 11 Thom H C S. Seasonal degree-day statistics for the United States. Mon Weather Rev, 1952, 80(9): 143—147
- 12 Thom H C S. The rational relationship between heating degree days and temperature. Mon Weather Rev, 1954, 82(1): 1—6
- 13 Thom H C S. Normal degree-days above any base by the universal truncation coefficient. Mon Weather Rev, 1966, 94(7): 461—465
- 14 Durmayaz A, Kadioğlu M. Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey. Energy Conv Manag, 2003, 44: 1177—1192
- 15 Heller A J. Heat-load modelling for large systems. Appl Energy, 2002, 72: 371—387
- 16 Bulut H, Büyükalaca O, Yılmaz T. New outdoor heating design data for Turkey. Energy, 2003, 28: 1133—1150
- 17 Sarak H, Satman A. The degree-day method to estimate the residential heating natural gas consumption in Turkey: A case study. Energy, 2003, 28: 929—939
- 18 Büyükalaca O, Bulut H, Yılmaz T. Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey. Appl Energy, 2001, 69: 269—283
- 19 Kadioğlu M, Sen Z. Degree-day formulations and application in Turkey. J Appl Meteorol, 1999, 38: 837—846