

# 1951—2005年营口市气温变化特征分析

金巍<sup>1,2</sup> 曲岩<sup>2</sup> 才奎志<sup>3</sup>

(1. 南京大学大气科学系, 江苏 南京 210093; 2. 营口市气象局, 辽宁 营口 115001;  
3. 辽宁省气象台, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:**通过对1951—2005年营口市逐年和逐月气温变化特征分析,结果表明:近55 a营口市年平均气温呈递增趋势,其中平均最低气温的增温趋势最强、平均气温次之、平均最高气温最弱。极端最高气温与年平均气温的变化趋势不同,呈现出前30 a递减、近30 a递增,近20 a气候变暖更为突出;各月极端最高气温变率差异不明显。近55 a营口市年极端最低气温呈递增趋势,最近30 a较近55 a显著递增,但近20 a则稳定少动;各月极端最低气温均呈递增趋势,冬季递增趋势最强、夏季最弱。城市化发展及工业化引起的热岛效应是营口市显著增温的重要原因,而全球变暖的大背景则进一步加强了增温趋势。

**关键词:**气温;变化特征;成因分析;营口市

**中图分类号:**P468.0<sup>+</sup>21 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2009)03-0039-05

## 1 引言

近一个世纪以来,全球气候明显变暖。根据IPCC的第四次评估报告,最近100 a(1906—2005年)全球平均地表温度上升了约0.7℃,比2001年第三次评估报告给出的100 a(1901—2001年)上升0.6℃<sup>[1]</sup>有所升高,表明进入21世纪以来气温升高趋势明显。在全球变暖的大背景下,我国近一个世纪的气候也发生了明显的变化。在过去的近100 a内,中国年平均温度呈现明显的上升趋势,增暖幅度为0.79℃,平均增温速率约为0.08℃/10 a,略高于同期全球平均增温<sup>[2]</sup>。

进入20世纪90年代以来,极端温度作为一种极端气候事件已经引起国内外学者的关注<sup>[2-14]</sup>。研究表明,全球最高、最低温度呈现出明显的日夜温度变化不对称性,且我国北方地区的温度日较差呈减小趋势<sup>[11]</sup>。近50 a来,我国北方干旱半干旱区的极端最低温度发生频率显著减少<sup>[8]</sup>,温度极端偏低日数显著减小,温度极端偏高日数明显增加<sup>[9]</sup>。金巍等<sup>[13-14]</sup>对近50 a营口市气温变化进行了研究,但是,关于温度变率,尤其是极端温度变率的研究较少。

本研究试图以营口市为研究对象,分析1951—2005年营口市平均气温和极端气温的强度及其变率的变化趋势,以增进对温度变率与极端温度变化的理解,同时也为气温预报提供参考。

## 2 资料与方法

营口市地处辽宁南部,位于渤海湾东北部,属半

湿润暖温带季风气候,四季分明,冬季主要以大陆吹来的西北风为主,夏季主要以海洋吹来的西南风为主。受海洋和陆地2种气候条件影响,营口市呈现明显的季风性气候。本研究采用1951—2005年营口市气象观测站提供的逐日气温资料。营口市气象观测站于1955年和1973年各发生一次迁址,迁址前后地理气候条件近似。基于累积距平和Mann-Kendall方法对近50 a营口市年平均气温的突变检验(图略)表明:突变点出现在20世纪80年代中后期,迁站前后没有出现数据资料的突变,数据资料前后的连贯性较好,所以不需要对所用资料再进行均一化处理。同时,根据测站逐日气温的数据资料,得出营口市累年极端最高气温为33℃,累年极端最低气温为-22℃。

## 3 结果分析

### 3.1 气温变化与变率

1951—2005年(近55 a)营口市年平均气温累年平均为9.3℃,呈递增趋势(图1),变化速率为0.30℃/10 a,通过0.01显著性检验。多项式滤波分析表明:近55 a营口市年平均气温呈震荡上行变化。20世纪50年代平均气温最低,60年代初升温较为明显,70年代气温基本不变,从80年代后期开始气温上升幅度不断加大,特别是90年代气候变暖更为突出,表现在年平均气温一直居高不下,多次达到或超过建国以来的特高年。1976—2005年(近30 a)营口市年平均气温值为9.6℃,呈显著递增趋势,变化速率为0.50℃/10 a,通过0.01显著性检验;

收稿日期:2008-01-12;修订日期:2009-02-24。

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划课题(2007BAC03A01)和辽宁省气象局课题“多普勒雷达在辽宁营口地区强对流天气中的应用”共同资助。

作者简介:金巍,女,1968年生,高级工程师,在职研究生,主要从事短期天气预报和气候预测研究,E-mail:lmyk\_jw@163.com。

1986—2005年(近20 a)营口市年平均气温值为

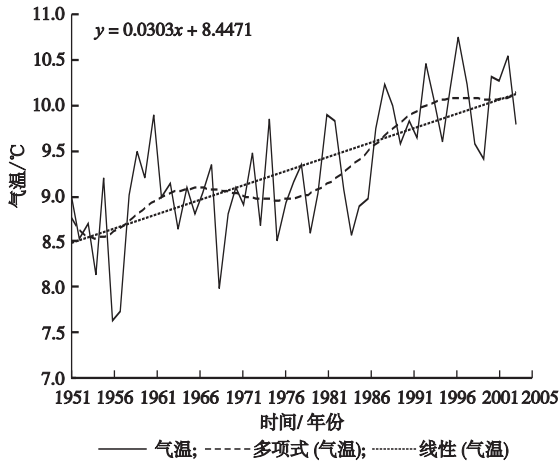


图1 1951—2005年营口市年平均气温动态

9.9℃,呈显著递增趋势,变化速率为0.40℃/10 a,通过0.05显著性检验。这表明,近55 a营口市年平均气温呈递增趋势,且20世纪90年代以后气候变暖更为突出。

1951—2005年营口市逐月和年平均气温、平均最高气温和平均最低气温变率,均呈不同程度的增温趋势(图2)。月平均气温均有不同程度升高,1—4

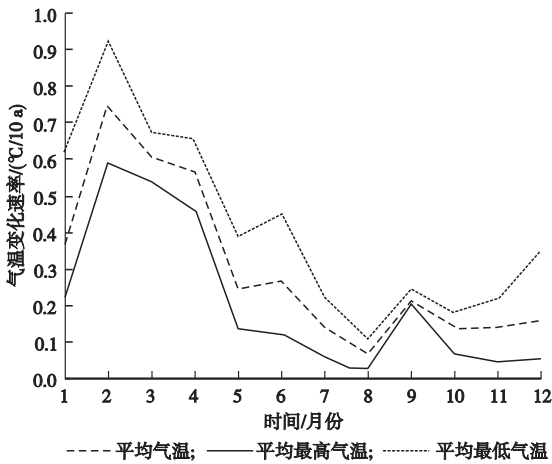


图2 1951—2005年营口市各项气温变率动态

月增温趋势最强,变化速率大于等于0.37℃/10 a,其余变化速率为0.06—0.27℃/10 a,8月增温趋势最弱,变化速率为0.06℃/10 a。冬、春季气候增暖明显强于夏、秋季。

各月平均最高气温均呈不同程度的增温趋势,其中,1—4月和9月的增温趋势最强,变化速率大于等于0.20℃/10 a,其余增温趋势较弱,变化速率在0.03—0.13℃/10 a。总体而言,冬、春季气候增暖明显强于夏、秋季,最高气温的增加不是导致营口市气候变暖的主要原因。营口市各月平均最低气温呈显著递增趋势,其中,1—6月和12月的增温趋势大于等于0.35℃/10 a,8月增温趋势最小,为0.1℃/10 a,其他月份为0.17—0.24℃/10 a。总体而言,

冬、春季气候增暖明显强于夏、秋季,气候逐渐变暖主要是依靠最低气温的递增。总体而言,1951—2005年营口市气候变暖贡献最大的是显著增加的平均最低气温,其次是平均气温,而平均最高气温的贡献较小。

### 3.2 极端气温变化与变率

#### 3.2.1 极端最高气温

1951—2005年营口市年平均极端最高气温值为32.8℃,呈递减趋势,变化速率为-0.14℃/10 a(图3)。多项式滤波分析表明,近55 a年极端最高

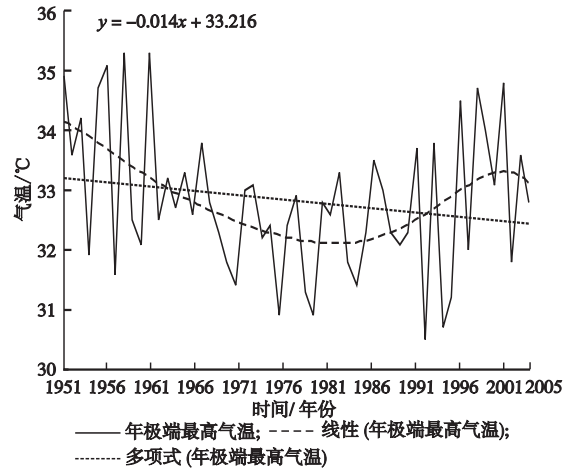


图3 1951—2005年营口市年极端最高气温动态

气温呈两端高、中间低分布。1976—2005年营口市年平均极端最高气温值为32.6℃,变化速率为0.53℃/10 a,通过0.05显著性检验;1986—2005年平均极端最高气温值为32.8℃,变化速率为0.52℃/10 a。这表明,年极端最高气温呈先递减后递增趋势,且20世纪90年代中期以后气候变暖更为突出。

1976—2005年(近30 a)营口市逐月平均极端最高气温值与近55 a相比,除5—8月和11月较近55 a历年平均值降低不足0.2℃外,其余月份均有所增温(图略)。其中,4月和2月增幅最大,分别为0.7℃和0.5℃,其余月份增幅为0.1—0.3℃。1986—2005年(近20 a)与1976—2005年的平均值相比,除1月和12月平均值较近30 a(1976—2005年)降低0.1—0.2℃外,其余各月接近或略有上升,各月增幅均不足0.1℃。

1951—2005年营口市逐月极端最高气温在7—8月和10月呈弱递减趋势,变化速率为-0.04~-0.10℃/10 a,其余各月呈弱递增趋势,变化速率为0.02—0.63℃/10 a(图4)。1976—2005年(近30 a),除2、10月和12月外,其余各月均有较强的递增趋势,其中3—4月和9月递增最强,变化速率为1.05—1.26℃/10 a;而1986—2005年(近20 a)的

1、10月和12月呈递减,变化速率为-0.59~

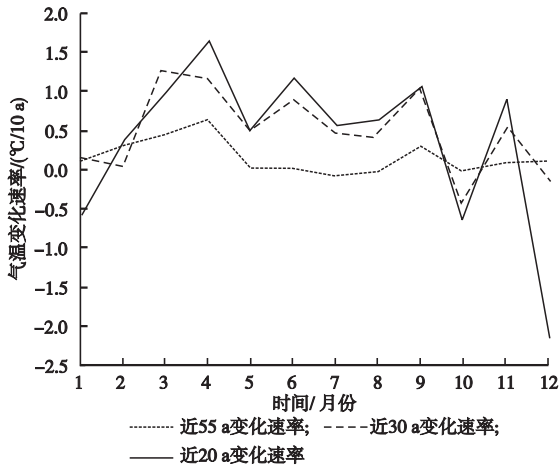


图4 1951—2005年营口市逐月极端最高气温变率动态  
-2.17 °C/10 a,其余月份呈递增趋势,变化速率为0.39—1.64 °C/10 a。

### 3.2.2 极端最低气温

1951—2005年营口市年平均极端最低气温值为-22.1 °C,递增率为1.02 °C/10 a,通过0.01显著性检验;1976—2005年平均值为-21.0 °C,变化速率为1.66 °C/10 a,通过0.01显著性检验;1986—2005年平均值为-19.7 °C,变化速率为0.15 °C/10 a(图5),表明近55 a营口市年极端最低气温变化呈递增趋势,且近30 a有增强趋势,但近20 a则稳定少变。

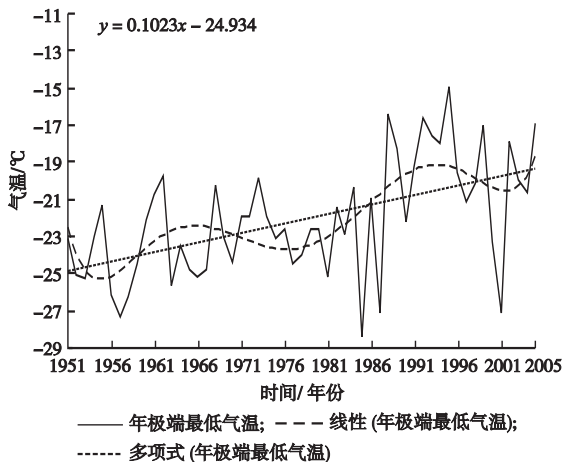


图5 1951—2005年营口市年极端最低气温动态

1976—2005年(近30 a)营口市逐月平均极端最低气温值与1951—2005年相比,除9月略有降低外,各月均有所上升(图略);其中,1—3月和12月上升幅度最大,为1.00—1.36 °C,其余各月增幅为0.09—0.75 °C。1986—2005年(近20 a)与近30 a平均值相比,除1—4、8、10月和12月平均值较近30 a降低在0.32—1.75 °C外,其余各月均有所上升,增幅为0.32—0.86 °C。

1951—2005年(近55 a)营口市各月极端最低气

温变率均呈递增趋势(图6),变化速率为0.11—

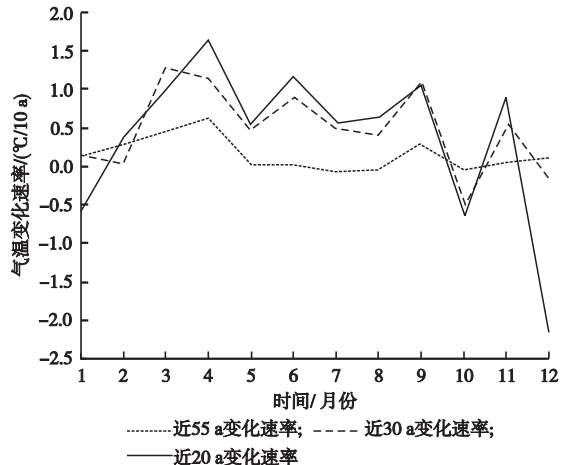


图6 1951—2005年营口市极端最低气温逐月变率动态  
1.10 °C/10 a,其中夏季递增较弱、冬季递增较强,表现出随气温升高递增趋势逐渐减弱。1976—2005年(近30 a)各月极端最低气温呈递增趋势,其中1—3月和9月递增较强,变化速率为1.03—1.98 °C/10 a;其余变化速率为0.14—0.73 °C/10 a。1986—2005年(近20 a)的3—4、8月和12月极端最低气温呈递减趋势,变化速率均为-0.08 ~ -1.03 °C/10 a;其余各月呈递增趋势,变化速率均为0.36—1.77 °C/10 a。近20 a的8月和12月呈显著递减与近55 a的变化趋势相反,反映出进入90年代以后各月极端最低气温变化趋势差异加大。

## 4 引起气温变化的原因分析

### 4.1 热岛效应

#### 4.1.1 城市化热岛效应

城市化热岛效应是城市气候中典型的特征之一,表述的是城市气温较郊区气温高的现象。形成城市化热岛的主要原因是城市人口密集、工厂及车辆排热、居民生活能量的释放、城市建筑结构及下垫面特性等综合因素。城市热岛影响近地层温度层结,并达到一定高度;城市热岛还在一定程度上影响城市空气湿度、云量、日照和降水。1951—2000年营口市低云量呈增加趋势、总云量和日照呈减少趋势(图略)。年平均最低气温与低云量、总云量和日照显著相关,相关系数分别为0.44、-0.44和-0.45,均通过0.01显著性检验。年平均最高气温仅与总云量呈显著负相关,相关系数为-0.43,表明营口市总云量减少的是中高云量,城市化热岛效应对营口市夜间最低气温的增温趋势具有一定的影响。

#### 4.1.2 工业化热岛效应

当前城市工业化的不断发展引起大气悬浮粒子增多,尤其燃烧煤炭等矿物燃料所产生的二氧化碳、硫磺与煤灰在空气中不断增多,悬浮粒子相互作用

碰撞、扩散,造成了空气云层污染,温室气体二氧化碳的增多导致城市热岛效应增强。地理位置相近的营口市与鞍山市气候比较研究表明<sup>[13]</sup>,1951—2005年鞍山市气温变化趋势明显强于营口市。鞍山市是一个以鞍钢为主产业的百万人口重工业城市,二氧化碳等温室气体排放较周边其他城市强;而营口市是一个规模相对小的轻工业城市。这表明,在地理位置相近条件下,城市化和工业化热岛效应是造成鞍山市气温递增强于营口市的重要原因。秋季,植物对二氧化碳吸收逐渐减弱,特别是冬季北方城市取暖期间,大气中二氧化碳的排放较夏季显著增加,导致鞍山市和营口市的气候增暖趋势在冬季达到最强。这表明,工业化热岛效应产生的大量温室气体排放是营口市气候显著增温的重要原因之一。

#### 4.2 太平洋副热带高压

研究表明,副热带高压东西位置异常与中国东部地区夏季气温呈显著正相关<sup>[12]</sup>。当西太平洋副热带高压偏西时,北方大部分地区气温将降低;而当副热带高压偏东时,该地区的气温将升高。1951—2000年营口市月平均最高气温、最低气温与500 hPa环流特征量的分析表明,营口市年平均最低气温与各月太平洋、西太平洋副热带高压面积指数呈显著正相关(图略),相关系数分别在0.352—0.566和0.341—0.499之间,均通过0.05以上显著性检验;营口市年平均最低气温与太平洋、西太平洋副热带高压强度指数呈正相关,相关系数分别为0.240—0.596和0.230—0.568,除11月以外,均通过0.05以上显著性检验。1951—2005年各月太平洋、西太平洋的副热带高压强度和面积指数均呈线性递增趋势,与营口市最低气温递增趋势一致;当太平洋副热带高压强度增强、面积范围加大时,营口市最低气温将升温;反之,则降温。

### 5 结论

(1)1951—2005年(近55 a)、1976—2005年(近30 a)和1986—2005年(近20 a)营口市年平均气温均呈递增趋势,变化速率分别为 $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.50\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.40\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,反映出年平均气温逐渐增强的趋势,且90年代以后气候变暖更为突出。

(2)近55 a、近30 a和近20 a营口市年极端最高气温呈先递减后递增趋势,变化速率分别为 $-0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.53\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.52\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,反映出极端最高气温呈现出先递减后显著递增的趋势。

(3)近55 a、近30 a和近20 a营口市年极端最低气温均呈现递增趋势,变化速率分别为 $1.02\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $1.66\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,反映出极端最低

气温呈现出先递增再快速增温而后稳定少动的趋势。

(4)近50 a各月太平洋、西太平洋的副热带高压强度和面积指数均呈线性递增趋势,与营口市最低气温递增趋势一致;当太平洋副热带高压强度增强、面积范围加大时,营口市最低气温将升温;反之,则降温。同时,城市化和工业化热岛效应也是导致营口市气候显著增温的重要原因之一。

(致谢:中国气象科学研究院周广胜研究员对本文给予了指导,并对文章内容和结构提出了修改意见,在此谨致谢意)

### 参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2001: syn - thesis report - contribution of working group I, II, III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [2] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701 - 716.
- [3] 符淙斌, 温刚. 中国北方干旱化的几个问题[J]. 气候与环境研究, 2002, 2(1): 22 - 29.
- [4] 李林, 朱西德, 周陆生, 等. 三江源地区气候变化及其对生态环境的影响[J]. 气象, 2004, 30(8): 19 - 23.
- [5] 尤卫红, 段旭, 邓自旺. 全国、中国及云南近百年气温变化的层次结构和突变特征[J]. 热带气象学报, 1998, 14(2): 173 - 180.
- [6] 何平, 贺明慧, 韩颖, 等. 20世纪60—90年代辽东地区气候年代际变化特征分析[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(3): 24 - 26.
- [7] 张家城. 中国气候概论[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 107.
- [8] 马柱国, 符宗斌, 任小波, 等. 中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 11 - 20.
- [9] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近50年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 1 - 10.
- [10] 杨馥祯, 吴胜安. 近39年海南岛极端天气事件频率变化[J]. 气象, 2007, 33(3): 107 - 113.
- [11] 张勇, 许吟隆, 董文杰. SRESB2情景下中国区域最高、最低气温及日较差变化分布特征初步分析[J]. 地球物理学报, 2007, 50(3): 714 - 723.
- [12] 卫捷, 杨辉, 孙淑清. 西太平洋副热带高压东西位置异常与华北夏季酷暑[J]. 气象学报, 2004, 62(3): 308 - 316.
- [13] 金巍, 曲岩, 徐景文. 营口市和鞍山城市气候变化对比分析及原因探讨[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(1): 44 - 47.
- [14] 金巍, 曲岩. 近50年营口气温变化分析[J]. 辽宁气象, 2002(1): 21 - 22.

## Temperature variation from 1951 to 2005 in Yingkou, Liaoning province

JIN Wei<sup>1,2</sup> QU Yan<sup>3</sup> CAI Kui-zhi<sup>3</sup>

(1. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Yingkou Meteorological Bureau, Yingkou 115001, China; 3. Liaoning Meteorological Observatory, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** Annual mean air temperature, monthly mean air temperature and the extreme air temperature in Yingkou from 1951 to 2005 were analyzed. The results show that annual mean air temperature has an increasing tendency during the recent 55 years. The minimum air temperature increases greatly, followed by mean air temperature and the maximum air temperature. The extreme maximum air temperature decreases from 1950s to 1980s and then increases from 1980s to 2000s, especially from 1980s to 2000s, which is different from the annual mean air temperature. The difference of the extreme maximum air temperature change rate among different months is not significant. The extreme minimum air temperature increases during recent 55 years, especially during recent 30 years, while it is stable during recent 20 years. The monthly extreme minimum air temperature is an increasing tendency, which is obvious in winter and becomes weak in summer. Heat island effect caused by urbanization and industrialization is the main reason for the temperature increasing, and the global warming makes it stronger.

**Key words:** Air temperature; Variation characteristics; Forming cause; Yingkou