

近半个世纪佛山气温变化的研究*

陈志芳^{1,2}, 黄姚钦², 陈创买¹, 炎利军²

(1. 中山大学大气科学系, 广东 广州 510275;

2. 佛山市气象台, 广东 佛山 528000)

摘 要: 文章对比分析了广东省佛山市和沙堤(机场, 市郊)多种气温变化指数的差异来探讨城市化对佛山气温的影响。结果表明: ①两地气温均呈上升趋势, 气候变率前者大于后者, 秋冬尤甚。②长期趋势分析结果显示, 两地气温近 20 多年来以快速上升为主要特征, 佛山的趋势曲线强度大且曲线升过均值的时间早, 而沙堤的则相对较小且较迟。③R/S 分析结果定量地揭示了气温上升的特征, 并反映出趋势性成分的强弱是由城市效应引起的。所有结果及突变检测都一致反映出自我国改革开放以来佛山城市化过程对气温有明显的影响。

关键词: 城市化效应; 超长期变化趋势; R/S 分析法; 广东省佛山市

中图分类号: P463.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) S1-0164-07

在过去 100 多年里, 全球平均气温上升了 0.3 ~ 0.6 °C^[1], 20 世纪 80 年代之后全球激烈变暖, 90 年代这种变暖趋势增强。随着近 20 年来我国城市的快速发展, 城市工业化程度增高、人口膨胀和建筑群密度增大等因素使城市气候发生明显变化, 许多城市的气温逐年上升。佛山市地处珠江三角洲腹地, 居改革开放前沿, 近 20 年来, 高层建筑和陶瓷工业迅速发展, 成为“南国陶都”。据统计, 佛山市 1978 年工业生产总值为 13.72 亿元, 2001 年增至 2368.57 亿元, 23 年间年均递增率 22.4%, 工业生产增长强劲, 加上人口数量、车辆废气倍增等原因使佛山市近 20 年来气温发生了明显的变化。本文使用佛山市 45 年气温资料对其变化作一些探讨, 说明城市化效应的影响程度。同时, 以地理条件与佛山市相似、但较少受城市化影响的沙堤机场为背景, 进行对比分析。

1 资料和分析方法

1.1 资料说明

选用佛山市 1957 - 2001 年、沙堤机场 1961 - 2001 年年平均及四季平均气温等资料进行分析。

1.2 分析方法

1.2.1 气温的趋势分析 气温序列受到某种长期因素的影响, 常含有长期变化趋势。这种趋势相当于序列中隐含一种还未被全部观察到的超长期周期, 由于周期未完全显露, 所以周期分析方法不但无法提取它们, 反而会产生干扰, 说明对序列作趋

势分析的必要性。设气温观测序列为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 序列的长期变化趋势可用时间幂函数表示:

$$H_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_p t^p \quad p < n \quad (1)$$

其中 t 为时间, 根据最小二乘法, 由

$$\sum_{t=1}^n (x_t - H_t)^2 = \text{最小}$$

便可由样本确定 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$ 各常数。当用多元线性回归方程时, 它们就表示非线性回归系数。此方程含有 3 阶: 1 阶表示线性趋势, 2 阶表示抛物线型趋势, 3 阶表示含有双极值的抛物线型趋势。研究表明, 用含 1 ~ 3 阶时间幂函数方程可较好地提取序列中存在的趋势信息。用 F 表示曲线对原始系列的拟合率:

$$F = \frac{U}{S_{yy}} \times 100\% \quad (3)$$

其中 U 为曲线的回归平方和, S_{yy} 为系列的样本方差我们拟用它代表气温的长期变化趋势的强度。

1.2.2 R/S 分析法 R/S 分析法是 Hurst 在研究尼罗河水文资料时提出的一种能够定量揭示时间序列变化的趋势性成分及其强度的有效方法, 通过其他人的工作逐步得到完善。他提出一种新的统计量: Hurst 指数, 并由此发展了 R/S 分析 (Rescaled Range Analysis, 即重新标度权差分析) 方法。R/S 分析法可以表述为^[2]: 对于时间序列 $\{\xi(t)\}$, $t = 1, 2, \dots$

定义均值序列

* 收稿日期: 2003 - 04 - 19

作者简介: 陈志芳 (1965 年生), 女, 工程师; E-mail: fsczf@tom.com

$$\bar{\zeta}_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \zeta(t) \quad \tau = 1, 2, \dots$$

累积离差为

$$X(t, \tau) = \sum_{u=1}^t (\zeta(u) - \bar{\zeta}_\tau) \quad 1 \leq t \leq \tau$$

极差为

$$R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t - \tau) \quad \tau = 1, 2, \dots$$

标准差为

$$S(\tau) = \left[\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} (\zeta(t) - \bar{\zeta}_\tau)^2 \right]^{1/2} \quad \tau = 1, 2, K$$

若比值 R/S 有如下关系:

$$(R/S)_\tau \propto (\tau/2)^H \quad (4)$$

其中 τ 为样本数, H 表示 Hurst 指数, 则时间序列 $\{\zeta(t)\}$ 存在 Hurst 现象。

(4) 式两边取自然对数, 得:

$$\ln(R/S)_\tau \propto H * \ln(\tau) \quad (5)$$

在双对数坐标系中, 用最小二乘法拟合式 (5) 求出斜率, 即得出 Hurst 指数 H 。

已经证明^[2], H 与一个关联尺度函数 $C(t)$ 有关

$$C(t) = \frac{E[-\Delta H(-t)\Delta H(t)]}{E[\Delta H(t)]^2} = 2^{2H-1} - 1 \quad (6)$$

上式中 $\Delta H(-t)$ 是给定从 $-t$ 到 0 的过去增量, $\Delta H(t)$ 是未来的增量, 关联尺度函数 $C(t)$ 反映了未来的状态与过去历史的相关特性。当 $H=0.5$ 时, 对任何 t 值均有 $C(t)=0$, 表示时间序列 $\{\zeta(t)\}$ 是相互独立的随机序列; 当 $H \neq 0.5$ 时, 不管 t 取何值, $C(t) \neq 0$, 这一特征导致了时间序列具有长期相关性, 或称之为具有 Hurst 现象。当 $H > 0.5$ 时, $C(t) > 0$, 存在状态持续性, 表示未来气候整体变化趋势与过去一致。未来气候变化偏离的程度取决于 H 值大小, H 值愈逼近 1, 持续性越强, 反之当 $H < 0.5$ 时, $C(t) < 0$, 存在逆状态持续性, 表示未来气候整体变化趋势与过去相反, 并且随着 H 逼近 0 逆持续性逐步增强。

1.2.3 气温序列突变检测 气温序列的突变检测可用 Mann-Kendall 方法^[3]。在原假设 H_0 : 气温序列没有变化的情况下, 设此气温序列为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 表示的第 i 个样本 x_i 大于 $x_j (1 \leq j \leq i)$ 的累计数, 定义一统计量:

$$d_k = \sum_{i=1}^k m_i \quad 2 \leq k \leq n$$

在原序列的随机独立等假定下, d_k 的均值、方差分别为

$$E[d_k] = k(k-1)/4$$

$$\text{var}[d_k] = k(k-1)(2k+5)/72 \quad 2 \leq k \leq n$$

将 d_k 标准化:

$$u(d_k) = \frac{d_k - E[d_k]}{\sqrt{\text{var}[d_k]}}$$

这里 $u(d_k)$ 为标准分布, 给定一显著性水平 α_0 , 当 $\alpha_1 > \alpha_0$ 时, 接受原假设 H_0 , 当 $\alpha_1 < \alpha_0$ 时, 则拒绝原假设, 它表示此序列将存在一个强的增长或减少趋势。所有 $u(d_k) (1 \leq k \leq n)$ 将组成一条曲线 c_1 , 通过信度检验可知其是否有变化趋势。

把此方法引用到反序列中, $\bar{m}$ 表示表示第 i 个样本 x_i 大于 $x_j (1 \leq j \leq i)$ 的累计数, 当 $i' = n+1-i$ 时, 如果 $\bar{m} = m_1$, 则反序列的 $\bar{u}(d_i)$ 由下式给出:

$$\bar{u}(d_i) = -u(d_{i'}) \quad i, i' = 1, 2, \dots, n$$

$\bar{u}(d_i)$ 在图中以 c_2 表示。当曲线 c_1 超过信度线, 即表示存在明显的变化趋势时, 如果曲线 c_1 和 c_2 的交叉点位于信度线之间, 这点便是突变点的开始。

2 气温变化特征

将佛山、沙堤的年平均气温及春、夏、秋、冬的平均气温序列标准化, 得到全年及四季平均气温和标准差 (表 1), 佛山年平均气温和春、夏、冬季平均气温比沙堤略高, 秋季略低, 沙堤春季标准差比佛山大, 说明沙堤春季气温年际变化大, 秋季反之, 其余大致相当。

表 1 佛山、沙堤年、四季平均气温和标准差

Tab.1 The mean temperature and standard deviation of yearly and quarterly in Foshan and Shati

地区	项目	年	春	夏	秋	冬
佛山	平均气温/℃	22.0	22.0	28.5	23.5	14.3
	标准差	0.52	0.85	0.46	0.80	1.13
沙堤	平均气温/℃	21.9	21.3	28.2	24.0	14.2
	标准差	0.51	1.19	0.50	0.60	1.17

2.1 年平均气温变化

图 1 是年平均气温距平序列演变图, 由图可见, 置于相同气候背景之下, 两者的变化趋势是一致的, 大致上可分为两个阶段特征: 80 年代中期之前气候偏冷 (沙堤 60 年代前期偏暖), 其中 60 年代后期到 80 年代前期偏冷程度明显; 80 年代中期之后, 气温基本处于上升阶段, 尤其到了 90 年代末到本世纪初期, 上升的趋势相当显著。45 年中佛山气温最高是 1998 年, 距平值达 +1.4℃, 最低是 1967 年, 距平值为 -0.8℃, 两者相差 2.2

℃。沙堤气温最高也出现在1998年,距平值达 $+1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低是1984年,距平值为 $-0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,两者相差 $2.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

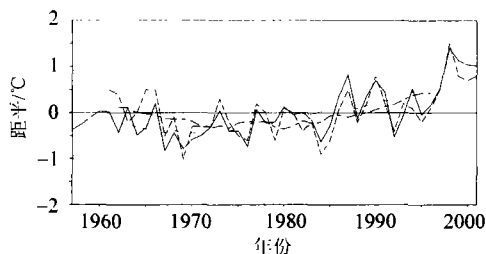


图1 年平均气温距平曲线

Fig.1 The curves of departures of yearly mean temperature in Foshan and Shadi

实线:佛山;虚线:沙堤;

点线:佛山10年滑动;长短线:沙堤10年滑动

龚道溢等^[4]对我国近一个世纪的气候趋势研究后指出,全国平均气温变暖的趋势为 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,而佛山平均气温的倾向值为 $0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。可见,其气温上升的趋势显著高于全国气温的上升,沙堤机场平均气温的增幅为 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,显然也高于全国趋势,但与仅仅数公里之遥的佛山相比,上升趋势要缓和得多(从两者的十年滑动平均曲线演变也可以看出这一点)。近20年来,佛山平均气温的增长率更是达到 $0.61\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,比全国同期平均气温的增长率($0.52\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ^[4])高出 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,已经进入近20年以来全球气温上升最快最强烈的地区之列。从年代际平均气温的距平演变可以看到(表2),佛山60-70年代气温偏低,80年代之后气温线性上升,并向暖期转换,90年代平均气温比60年代增高了 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,气候变暖现象非常明显。气温变化率体现出80年代气候变暖出现飞跃,90年代变暖加剧。沙堤机场气温偏低在70-80年代,90年代之后才向暖期转换,平均气温比70年代增高了 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,幅度小于佛山。它的主升温期也出现在90年代,但幅度仍然小于佛山。

表2 各年代平均气温距平和气温变化率

Tab.2 The departure and variability of decade yearly mean temperature in Foshan and Shadi

项目	1960's	1970's	1980's	1990's
佛山距平/ $^{\circ}\text{C}$	-0.3	-0.3	+0.1	+0.5
沙堤距平/ $^{\circ}\text{C}$	0	-0.2	-0.1	+0.4
佛山变率 ¹⁾	-0.10	0.15	0.45	0.79
沙堤变率	-0.53	-0.04	0.38	0.73

1) 气温变化率的单位为 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$

2.2 四季平均气温变化

图2显示:佛山、沙堤四季平均气温的年际变

化特点是变幅大,冷暖交替频繁,而10年滑动平均曲线则显示了年代际变化各有特点:春季以小幅波动为主,冷期集中,60年代中期之前和90年代气候偏暖,60年代中到90年代初近30年气候偏冷。夏季冷暖阶段性明显,80年代以前是偏冷期,以后是偏暖期。秋季年代际变化幅度最大,尤其是佛山自70年代中期到80年代中期10年间线性倾向值相当大,相对而言,沙堤的气温变化略微和缓,其特点是佛山80年代之前相对偏冷,之后气候偏暖明显;而沙堤60年代后期到80年代中期偏冷,80年代后期到90年代初有小幅波动,60年代中期之前和90年代中期之后相对偏暖,秋季年代际变化与年平均气温的年代际变化最相似。冬季的气温演变也有明显的阶段性,它的暖期出现在80年代后期到末世纪初,在此之前,气温一直以负距平为主要特征。

由此可见,40多年佛山、沙堤四季平均气温和年平均气温都呈上升趋势,计算四季气温倾向值($b/(^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1})$),佛山:春为0.07,夏为0.19,秋为0.40,冬为0.37;沙堤:春为0.11,夏为0.18,秋为0.05,冬为0.29)发现除春季外,佛山其他季节气温上升率都比沙堤大(秋冬尤甚),此外,秋冬季节的气温变化对佛山气温变化的影响,要比春夏季明显,而沙堤气温变化的最主要贡献则以冬季为主。各年代四季气温倾向值(略)还表明,类似年平均气温的80年代飞跃、90年代最盛的变暖趋势各季都存在(沙堤秋季80年代变暖率最大)。

综合图1、图2,一方面可以看出从70年代中期起气温就开始上升,到80年代中期转为偏暖期,90年代达到鼎盛;另一方面,佛山、沙堤两地气温无论在季节变化或者年变化上都表现为步调一致,反映了区域气候变化在空间上的连续性。

2.3 严重冷、暖冬事件

冷、暖冬事件的发生频率及年代分布状况从另一个侧面反映了一个城市气温的冷暖趋势。联合国世界气象组织规定,当距平值 $\geq 2\sigma$ (σ 为标准差)时,可定义为异常气候事件。据统计,符合这一条件的事件出现的机率约45年一遇,佛山市气象局成立至今不足50年,用该标准讨论气候异常意义不大,因此,本文将距平范围 $\geq 1.4\sigma$ 约8~10年一遇的事件作为异常气候来讨论,并称为严重气候事件。表3列出了45年来佛山市严重冷、暖冬事件,45年中冷冬事件5次,暖冬事件4次,达世界气象组织异常标准有3次(带*号者),5次冷冬事件都发生在80年代初期之前,气温距平最低值是1967年12月到次年2月,4次暖冬事件全部发

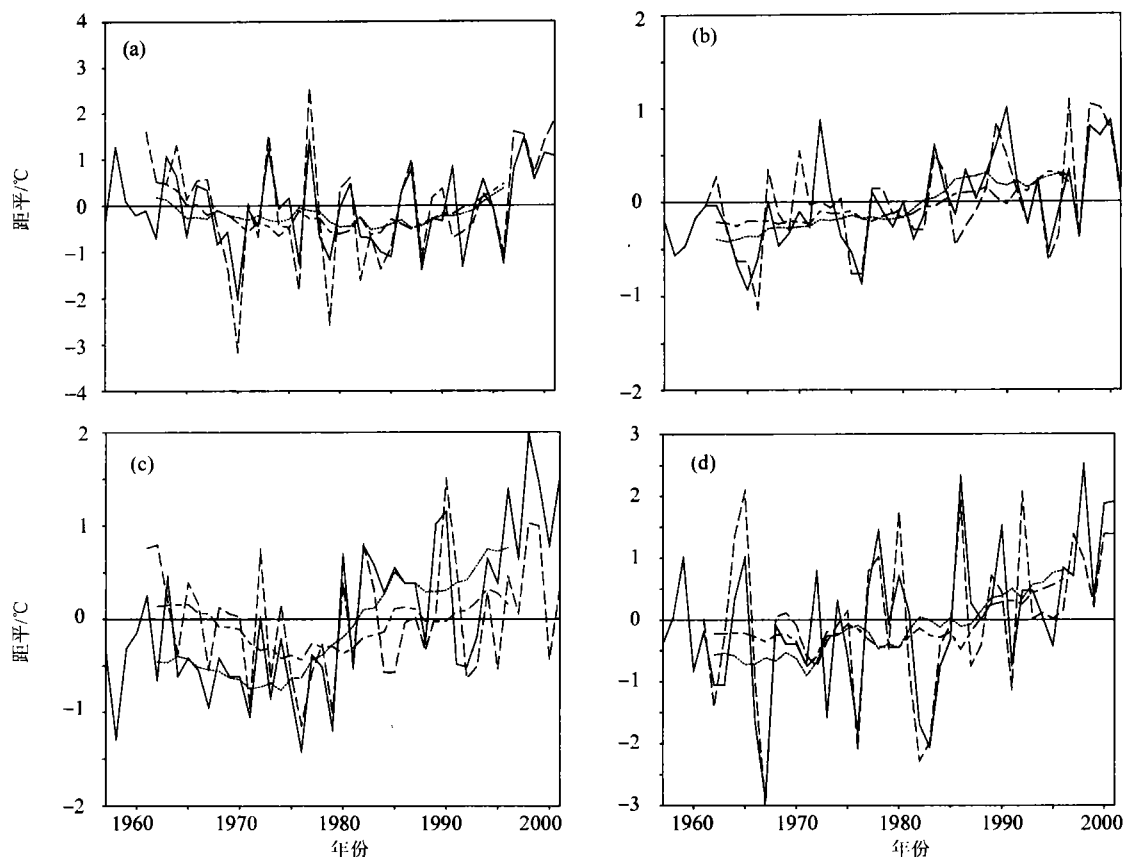


图2 四季平均气温距平曲线

Fig.2 The curves of departure of quarterly mean temperature in Foshan and Shati

(a) 春; (b) 夏; (c) 秋; (d) 冬

实线: 佛山; 虚线: 沙堤; 点线: 佛山 10 年滑动; 长短线: 沙堤 10 年滑动

表3 佛山、沙堤严重冷暖冬事件

Tab.3 The event of extremely low and high temperature in winter in Foshan and Shati

佛山				沙堤			
冷冬		暖冬		冷冬		暖冬	
年份	距平	年份	距平	年份	距平	年份	距平
1966	-1.66	1986*	2.31	1967*	-3.02	1965	2.08
1967*	-2.89	1998*	2.51	1976	-2.12	1980	1.75
1976	-1.83	2000	1.87	1982	-2.29	1986	1.88
1982	-1.69	2001	1.91	1983	-1.99	1992	2.05
1983	-2.06						

生在 80 年代中期之后, 自 1998 年到 2001 年 4 年中就有 3 次暖冬事件, 可见, 佛山市的冷期主要集中在 80 年代中期以前, 气温上升主要出现在 90 年代以后, 这跟城市工业化程度增长和人类活动有密切关系。反观沙堤机场的结果, 41 年中冷、暖冬事件各 4 次, 与佛山相同的是其冷冬都发生在 80 年代中期之前, 但暖冬的分布则相对均匀, 与佛山的结果大不相同, 说明城市增暖效应对它影响小, 这也印证了城市化对气候变化的明显影响。

3 气温的超长期变化趋势

3.1 趋势分析的结果

用 3 阶时间多项式拟合出佛山、沙堤气温超长期变化趋势的曲线, 下列方程是佛山温度趋势回归方程 (沙堤方程略):

$$y_{f-y} = -10279.74 - 0.75t + 1.04t^2 + 0.40t^3$$

$$y_{f-spr} = -58924.99 + 0.23t - 2.54t^2 + 2.55t^3$$

$$y_{f-sum} = 54791 - 1.52t + 4.48t^2 - 2.43t^3$$

$$y_{f-aut} = 57272.22 - 3.47t + 6.89t^2 - 3.39t^3$$

$$y_{f-win} = -2846.67 + 0.48t - 1.22t^2 + 1.23t^3$$

它们都通过显著性水平为 $\alpha_0 = 0.05$ 的显著性检验。这结果显示出两地在各季节的气温都存在超长期变化趋势。各趋势方程的回归平方和 U 、复相关系数 R 、趋势方程的强度 F 如表 4。

从表中可见, 除了春季以外, 其它各季节, 佛山气温的趋势曲线的强度 F 和复相关系数 R 都比沙堤的大, 而这种趋势表现为自 80 年代初开始的气温迅速上升 (图 3)。图 3 为佛山和沙堤气温及其趋

势方程的标准化变量曲线。由图可见, 佛山气温的趋势曲线基本表现为先低位(均值以下)下降或缓降而后快升, 年、春、夏、秋和冬季趋势曲线升过均值的时间分别为 1986, 1992, 1981, 1984, 1985 年; 而沙堤气温趋势曲线为先高位下降而后快速上升, 曲线升过均值的时间分别为 1990, 1992, 1986, 1987, 1989 年。平均比佛山滞后 4 年。值得注意的是佛山夏季气温和沙堤秋季气温分别于 1999 和 1998 年开始呈下降趋势, 原因尚不清楚。所以从趋势分析可以说明佛山和沙堤气温都受到城

市化的影响, 佛山早而严重, 沙堤则较晚也较轻, 这可能是佛山城市扩展后其影响波及到了沙堤。

3.2 R/S 结果分析

R/S 结果将从定量的角度揭示气温的超长期变化。对佛山、沙堤的年平均气温和四季平均气温作 R/S 分析(图 4, 由于春夏季气温升幅小, 城乡差别不明显, 所以图略), 得到相应的 Hurst 指数(表 5)。从表中可见, 各要素的 Hurst 指数大于 0.5, 意味着佛山和沙堤年、季平均气温存在如上所述的 Hurst 现象, 且具有状态持续性。

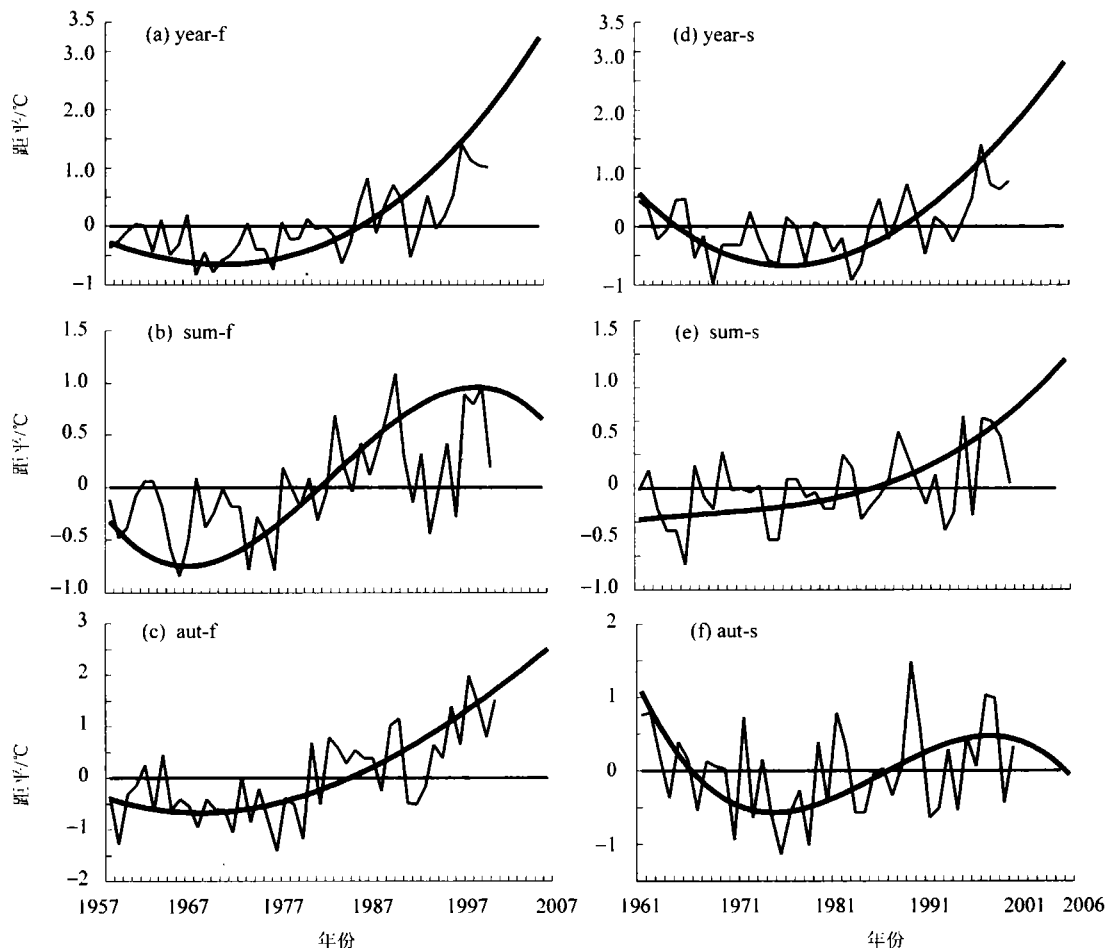


图 3 佛山、沙堤气温变化趋势曲线

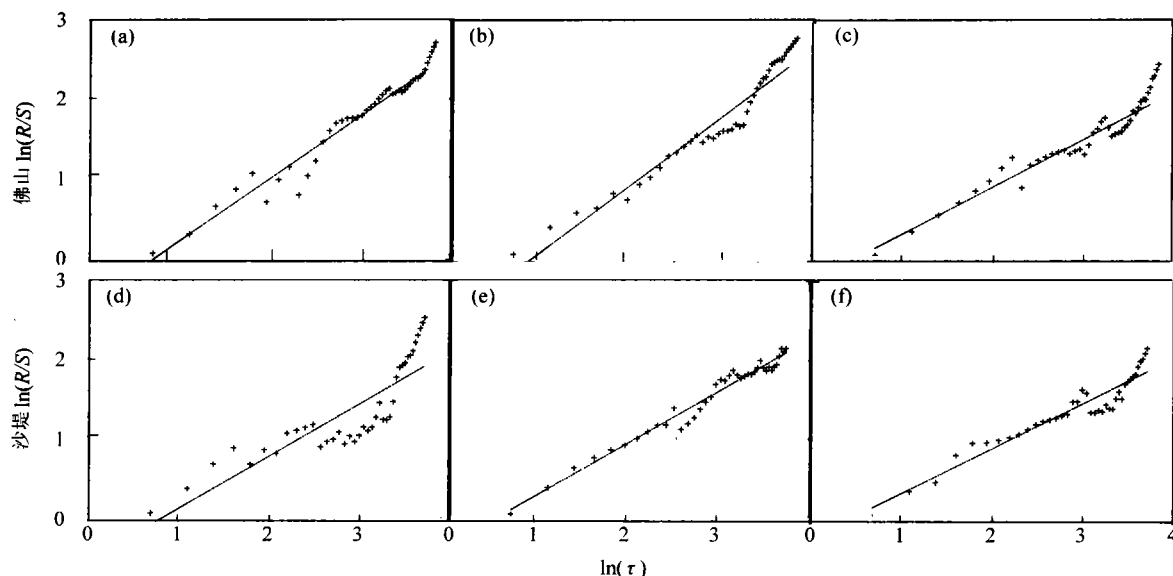
Fig.3 The curves of variation trend of temperature in Foshan and Shati

(a), (d): 年; (b) (e): 夏; (c) (f): 秋

表 4 佛山和沙堤气温长期变化趋势强度分析

Tab.4 The intensity of long range variation trend of temperature in Foshan and Shati

项目	佛山					沙堤				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
S_{yy}	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
U	25.73	7.93	17.60	23.44	9.89	16.87	9.77	8.00	7.79	5.13
$F/\%$	57.17	17.6	39.11	52.09	21.98	41.14	23.82	19.51	19.00	12.51
R	0.756	0.420	0.625	0.722	0.469	0.641	0.488	0.442	0.436	0.354

图4 佛山、沙堤气温的 R/S 分析结果Fig.4 The curves of results of R/S analysis of temperature in Foshan and Shati

(a), (d): 年; (b) (e): 秋; (c) (f): 冬

在 2.1-2.2 中, 我们已经分析得出佛山和沙堤的年平均、四季平均气温都处于上升阶段, R/S 分析的结果揭示了佛山、沙堤未来气温变化的结果将是延续过去的趋势, 气温继续上升。另一方面, 对比两站的 H 值, 除春季外, 佛山气温的 H 值都大于沙堤, 说明佛山气温上升的趋势强于沙堤, 也就是受城市化影响的程度要比沙堤强, 这与 2.2 和 3.1 统计分析的结论相吻合。

表5 气温的 Hurst 指数

Tab.5 The Hurst index of temperature in Foshan and Shati

地区	年	春	夏	秋	冬
佛山	0.81	0.55	0.66	0.87	0.78
沙堤	0.68	0.66	0.58	0.67	0.58

就佛山自身而言, 秋季和冬季的 H 值远大于春季和夏季, 说明佛山秋季和冬季平均气温的上升趋势比春季和夏季强, 也即秋冬季的城市热岛效应比春夏季明显。据佛山环保局的观测资料统计表明, 秋季和冬季是各种污染物浓度最高的季节, 夏季污染物浓度达到最低, 污染物在近地层的积聚如同给大地盖上了一层毛毯, 而污染物中悬浮颗粒对太阳辐射的散射和吸收以及随后释放出辐射能, 对气温的改变产生了莫大的影响, 悬浮颗粒的主要来源正是工业生产过程中产生的粉尘, 建筑尘和交通扬尘等。可见, 城市冬强夏弱的热岛效应导致了气温整体变化趋势的强弱之别。

对于离城市稍远的沙堤, 气温的 H 值一年四

季变化不大, 且与年 H 值相接近, 说明城市效应对沙堤的影响稍不显著。

从 3.1 和 3.2 的分析结果我们发现, 夏季和秋季出现了与本节互相矛盾的结论, 原因在于长期变化趋势方程是采用高阶函数求解, 它从非线性的角度描述了大趋势下的局部变化。而 R/S 方法是用一阶函数求解, 反映的是气象变量之间理想的线性关系, 往往会将细节过滤掉, 本文采用两种方法相结合, 既可定量分析上升趋势的强弱成分, 又可以揭示出在上升过程中的局部性波动状态。

4 气温的突变检验

通过对各时段气温的 $M-K$ 法检验, 发现佛山年、夏、秋、冬季气温存在突变现象, 突变点发生在 1993、1983、1993、1993 年, 沙堤年、夏、冬季存在突变, 突变点发生在 1997、1988、1997 年 (图略)。而这种突变都是气温升高的突变。从中可见, 佛山多数季节有突变, 沙堤突变季节较少, 佛山各季节的突变时间比沙堤的提前 4~5 年。说明佛山气温开始受城市化影响比沙堤的早, 沙堤气温在佛山城市扩展后才受到影响。

5 结论

(1) 45 年来, 佛山气温总体呈上升趋势, 80 年代气候变暖出现飞跃, 90 年代变暖加剧, 其增暖趋势显著高于全国, 近 20 年来年平均气温的增长率已经进入全球气温上升最快最强烈的地区之

列。

(2) 佛山、沙堤地理位置相近、气候相似,两地气温无论在季节变化或者年变化上都表现为步调一致,反映了区域气候变化在空间上的连续性。但由于前者受城市化影响大,因此从气温的增长率和暖冬事件分布上都表现为上升趋势比后者强。

(3) 长期变化趋势分析结果表明,佛山和沙堤在各个时段的气温都存在超长期变化趋势。两地各个季节气温近 20 多年来呈快速上升趋势,但佛山气温的趋势曲线升过平均值的时间比沙堤的提前 4~5 年。说明佛山气温受城市化影响早而严重,沙堤的则迟而轻。

(4) R/S 分析结果显示,佛山和沙堤年、季气温的 Hurst 指数均大于 0.5, 存在明显的 Hurst 现象,且具有状态持续性;结果还进一步验证了统计分析的结论:佛山气温上升的趋势强于沙堤,也就是说受城市化影响的程度强于沙堤。佛山秋季和冬季的 H 值远大于春季和夏季,又说明了秋季和冬

季平均气温的上升趋势比春季和夏季强,也即秋冬季的城市场岛效应比春夏季的明显。

(5) 突变检测也表明,佛山气温突变多而早,沙堤的则少而迟。说明佛山气温受城市化影响比沙堤的强。

致谢: 本文得到华东师范大学地理系赵晶同志的帮助, 诚表谢意!

参考文献:

- [1] 林学栋,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象, 1990,16(10):16.
- [2] 赵晶,王乃昂. 近 50 年来兰州城市气候变化的 R/S 分析[J]. 干旱区地理,2002,25(1):90-92.
- [3] 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):488-489.
- [4] 龚道溢,王绍武. 1998: 中国近一个世纪以来最暖的一年[J]. 气象,1999,25(8):4.

The Study of Variation of Foshan in Recent Half Century

CHEN Zhi-fang^{1,2}, HUANG YAO-qin¹, CHEN Chuang-mai², YAN Li-jun¹

(1. Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Foshan Meteorological Observatory, Guangdong Foshan 528000, China)

Abstract: To compare the difference of index of many temperature variation between Foshan (F) and Shadi (S) which is outside the downtown for researching the influences of urbanization on Foshan temperature. The results show that: ①The F's and S's temperatures have ascending trend, and the trend of the former is great than the latter in the climatic variability especially in fall and winter; ②The secular trend analysis results show that during recent 20-years, the temperatures of two-stations have a fast increase as the main character. The secular trend intensity is strong and the time of the curve ascending and pass the average line is early in Foshan and the intensity is slightly and the time is latter in Shadi; ③The R/S analysis results show the increase character of temperature. It reflects that the strength and weak of trendy component were caused by the effect of urbanization. Above-mentioned results and the sudden change test reflected agree with the variously influence of urbanization progress on temperature in Foshan since revolution and open of China.

Key words: urbanization effect; secular variation trend; R/S analysis; Foshan city