

中英格兰地区逐日温度序列重建

王 颖 任国玉

(国家气象中心气象资料室, 北京 100081)

摘要 文章介绍了哈得莱气候预测与研究中心 Parker 等在 1992 年重建中英格兰地区始于 1772 年的均一性逐日温度序列的方法, 该序列 1772~1876 年间是建立在单站基础上的, 剩余时段是用几个台站合并加工而成。并介绍了 Parker 等通过与附近乡村站点的比较, 对序列近年来城市增暖进行评估和订正的方法, 最后还剔除了序列中非气候因素所造成的影响。结果表明, Parker 等对序列重建和订正的方法是恰当的, 但城市增暖引起的不确定性依然存在, 所以保持站点位置、观测方法、观测仪器等因素的连续性非常重要。

关键词 中英格兰地区 逐日温度序列 城市增暖

引言

在气候变化检测中时间序列的均一性是一个关键的问题。本文介绍了 Parker 等对中英格兰地区近 220 年逐日温度序列的重建和均一化方法研究, 希望能对国内有关工作提供借鉴。

1953 年 Manley 发表了中英格兰地区 1698~1952 年的逐月平均温度序列, 1974 年又公布了 1659~1973 年的外延和订正序列。从 1814 年到现在, Manley 的这份资料主要是基于一系列重叠的观测序列, 从 1814 年向前追溯到 1722 年, 没有多站的仪器记录, 需要利用非仪器的天气日志, 为使中英格兰气温的逐月温度序列更完善, Manley 参考了 Labrijn (1945) 编写的 Utrecht 地区的仪器观测序列^[1]。从 1723 年到 18 世纪 60 年代, 虽然综合仪器记录没有缺测, 但是观测普遍在无取暖设备的室内进行, 而不是真正的户外观测场。Manley (1952) 建立了无取暖设备的室内和室外观测温度之间的关系, 但由于室内存在着缓慢的热效应, 采用这个关系订正的逐月资料仍不可靠。由于这个原因, 在 1770 年前, 没有能够真实代表中英格兰地区的逐日温度序列。Parker 等 (1992) 给出了从 1772 年到 1991 年的中英格兰地区逐日温度序列 (以下简称逐日序列)^[2], 这

条足够长的均一化逐日温度序列对气候预测是很有价值。

1 站点的选择

表 1 中列出了能代表中英格兰地区的站点, 同时也列出了 Manley (1974) 使用过的站点。为了符合 Manley 关于中英格兰地区的概念 (中英格兰地区

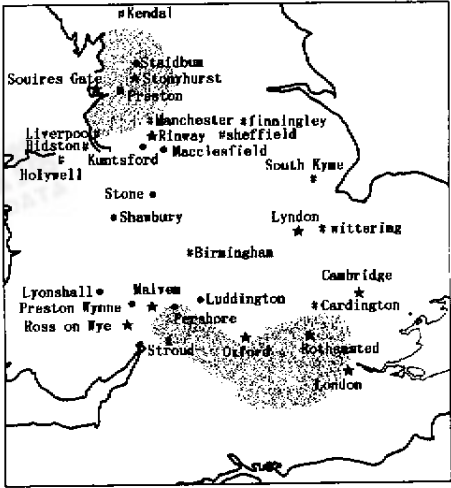


图 1 逐日温度序列所用站点 (★) 和评估城市化增暖站点 (●) 及本文提到的其他站点 (#) (两个阴影区域及其中间区域表示 Manley 的中英格兰地区)

不同于英国 Midlands), 这些站点最好应位于图 1 所示的两个阴影区域之间, 即 Lancashire 中部区域和从 Midlands 的南缘到东 Anglia 西部的区域。通过选取一个能代表 Lancashire 平原的站点, 并在靠近南 Midlands 最西端与最东端各选一个站点, 就可以做到这一点。然而, 要与 Manley 的方法保持一致, 还有其

他的限制要加以考虑, 这就是: ①避开严重城市化站点; ②避开地理上没有代表性的站点, 例如避免使用位于多霜洼地、海岸或高地的站点; ③选择资料年代长且记录不间断的站点, 去优化序列的均一性。

综合以上的考虑, Parker 等在 1772 ~ 1991 年各历史时期内选用的站点如表 1 所列。

表 1 代表中英格兰地区的站点(引自 Parker 等, 1992)

时 段	站 点
1772 ~ 1773 年	伦敦(Kennington)(Hoy 的记录) ^[3]
1774 ~ 1776 年	伦敦(皇家学会, Crane Court)*
1777 年 1 月 ~ 1789 年 6 月(1786 年 12 月除外)	Lyndon Hall, Rutland*(Barker 的记录) ^[4]
1786 年 12 月	伦敦(Syon House, Kew)(Hoy 的记录)
1789 年 7 月 ~ 1811 年 12 月	伦敦(皇家学会, Somerset House)*
1812 ~ 1825 年	格林威治天文台(伦敦)
1826 ~ 1852 年	伦敦(皇家园艺协会, Chiswick)
1853 ~ 1877 年	牛津(Radcliffe 观测台)
1878 ~ 1930 年	Stonyhurst*(Lancashire), 剑桥(Cambridge)和 Ross on Wye(同等权重)
1931 ~ 1958 年	Stonyhurst*, Rothamsted(Herts)和 Ross on Wye,(同等权重)
1959 年以后	Rothamsted, Malvern, Squires Gate(Lancashire)和 Ringway(权重系数为 1:1:0.5:0.5)

注: * 表明 Manley(1953, 1974)也使用过该站资料

2 逐日序列的建立

建立温度逐日序列分 5 步。第一步, 对单站点的最高和最低温度或定时观测值, 平均成逐日值。第二步, 使用多站点的地方, 各站点的日值组合成一个复合的逐日温度。第三步, 给定月份的所有逐日温度通过单一共同因子进行修订, 以使它们的平均值与 Manley(1974)给出的中英格兰地区月温度序列相等。第四步, 订正从 1877 年到现在的各单站日温度, 用以减小相对单年各月平均值的方差, 但却不改变其平均值。第五步, 从 1974 年往后订正城市增暖趋势。因为 1973 年以前, 是用 Manley 的月序列, 该序列已经被校订过, 所以就不需要再作校订。

2.1 单站逐日值的计算

站点 z 的逐日值为

$$T_z = \sum_{h=1}^m W_h T_h \quad \sum_{h=1}^m W_h \quad (1)$$

式中 T_h 表示温度观测值, W_h 是权重。一般情况下, 除了 Parker 等人(1991)注明的发生在 18 世纪后期的几种情况外, W_h 是整数。被平均的温度个数 m 一般是 2, 但也有例外。1877 年以前, 一般是

早晨和下午观测温度, 从那时以后, 上午 9 时读出 24 小时极大值和极小值。

2.2 组合站逐日值的计算

组合站的逐日值为

$$T_c = \sum_{z=1}^n W_z T_z \quad \sum_{z=1}^n W_z \quad (2)$$

1878 年以前 $n = 1$, $W_z = 1$; 1878 ~ 1958 年 $n = 3$, $W_z = 1$; 1959 年以后 $n = 4$, $W_1 = W_2 = 1$, $W_3 = W_4 = 0.5$ 。权重 W_3 和 W_4 对 Squires Gate 和 Ringway 适用(表 1)。

2.3 订正逐日值使之与 Manley 的月值相匹配

为使根据中英格兰地区日温度值计算的月平均值与 Manley(1974)均一序列中的月平均值相一致, 进行了小的订正。订正方法与 Manley 一致: 对计算的平均温度作了季节性订正, 这是由于考虑到当一个站不得不用其他站代替时, 气候平均值不可避免会出现变化。

订正 T_c 的方法最好由一个例子说明:

(1)1973 年 3 月 Manley 的月平均值是 6.2℃;

(2)用所有组合站点的日平均值计算的 1973 年 3 月的月平均值是 6.32℃;

(3)差值($6.2^{\circ}\text{C} - 6.32^{\circ}\text{C} = -0.12^{\circ}\text{C}$)作为 1973 年 3 月固定的日订正值,并将其加入到每个 T_c 值中。

中英格地区逐日温度

$$T_d = T_c + c \quad (3)$$

这里 $c = (\text{Manley 的月平均值}) - (\text{据式(2)所得的逐日平均值计算的月平均值})$, 1772 ~ 1973 年间 2424 个月的 c 值是分别计算的。

Parker 等人(1991)列出了对 1878 ~ 1973 年的所有订正值,一般在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之间。订正值的大小在站点改变时出现微小的系统性变化。对于一套给定的站点,订正值与 Manley 的逐月温度距平关系不大。例如,对于 1878 ~ 1930 年,只有在 9 月和 11 月订正值和月温度距平之间才有 95% 的显著相关,同时这些相关的符号相反,因此,根据天气类型或日温度距平来决定逐日订正值是不可取的。

这些计算值显示出 1974 年 Manley 发表的逐月序列中的一个错误。Parker 等(1992)^[2]最初计算的 1898 年 2 月的订正值是 1.31°C , 比其他的值大得多,这表明站点资料或 Manley 的值有错误。调查证实 Manley 发表的 1898 年 2 月平均温度 5.8°C 偏高 1.0°C , Manley 1953 年的文章给出的是 40.6°F (4.8°C),这个值一般被公认。这个发现产生了一个更典型的订正值,即 0.31°C 。

这个推导月订正值的方法不能用于 1973 年结束的 Manley 序列以后的逐日值,因为 1974 年以后和 1959 ~ 1973 年间使用同样的组合站,所以按公历的月份对组合站使用以前的订正值的平均是适当的。由于其他年份不完整,所以 1944、1948、1949 年和 1953 ~ 1973 年的平均订正值被用于计算 1973 年以后的订正值,以便使样本量达到最大。把 Cramer (1946)^[5]描述的统计值应用到月平均订正值上,以此来决定这个订正值是否在全年中有显著变化 (Mitchell 等人 1966)。这个统计值 T_i 的定义是:

$$T_i = \left[\frac{n(N-2)}{N-n(1+T_i'^2)} \right]^{1/2} T_i' \quad (i=1, \dots, 12) \quad (4)$$

其中 $T_i' = (\bar{x}_i - \bar{x})/s$, s 是所有的 N 个订正值的标准差。

对于月份 i ,用计算去检验下面的零假设:对公历月 i , $n(24)$ 个订正值的平均值 $\bar{x}_i$ 等于全部 N ($24 \times 12 = 288$) 个单月订正值的平均 $\bar{x}$ 。

用 Cramer 方法检验表明,1、8、9、12 月的平均订

正值不同于每年平均订正值,显著性水平为 99%。因此,允许全年中的订正值不同,但要作平滑去减小抽样误差(表 2)。

表 2 1974 年以后与 Manley 序列一致的订正值

月份	订正值 $^{\circ}\text{C}$	月份	订正值 $^{\circ}\text{C}$
1 月	+0.1	7 月	-0.1
2 月	0.0	8 月	-0.2
3 月	0.0	9 月	-0.1
4 月	-0.1	10 月	0.0
5 月	-0.1	11 月	+0.1
6 月	-0.1	12 月	+0.1

2.4 1878 年以前资料方差校正

合成的日温度序列方差由所用站点的数量和站点的地理分布决定,因此有必要校正 1878 年以前单个站点资料的方差,使之与后来 3 个站点资料的方差均一。

假定具有相同的单个方差 S_0^2 , n' 个自变量平均值的方差是:

$$S^2 = S_0^2 / n' \quad (5)$$

从 1878 年开始, n' 比所用的站点数目 n ($n=3$) 少,因为各站点温度的逐日变化具有很强的正相关, Yevjevich(1972)给出了计算站点有效数目 n' 的方法

$$n' = \frac{n}{1 + \bar{r}(n-1)} \quad (6)$$

式中 $\bar{r}$ 是在 n 个不同站点同时观测的日值之间相关系数的平均值,对这些站点已进行了所有可能的合并。在中英格地区, $\bar{r}$ 主要由站点间的平均距离决定。

图 2 给出了站点间的日平均温度相关系数,这些站点是 Parker 等 1878 年以后日序列所采用的。相关必须用给定站点给定年份的单个月平均值距平计算,这样可以消除年际变化。通过计算同时的每隔 5 天的日距平间的相关,日资料的自相关影响可以减到最小。Squires Gate 和 Ringway 的平均值作为单个站点处理(Parker 等人, 1991)^[2]。

1 月份,对于 1878 年以来序列用的 3 个连续的组合站点,其 n' 分别是 1.08、1.08 和 1.06, 7 月相应的 n' 值是 1.22、1.16 和 1.15。比较 8 月和 7 月的值说明,采样变化影响了 n' 的估计值。

Parker 等(1992)的序列 1878 年前部分基于一系列单站点,这样就只能代表比中英格地区小得

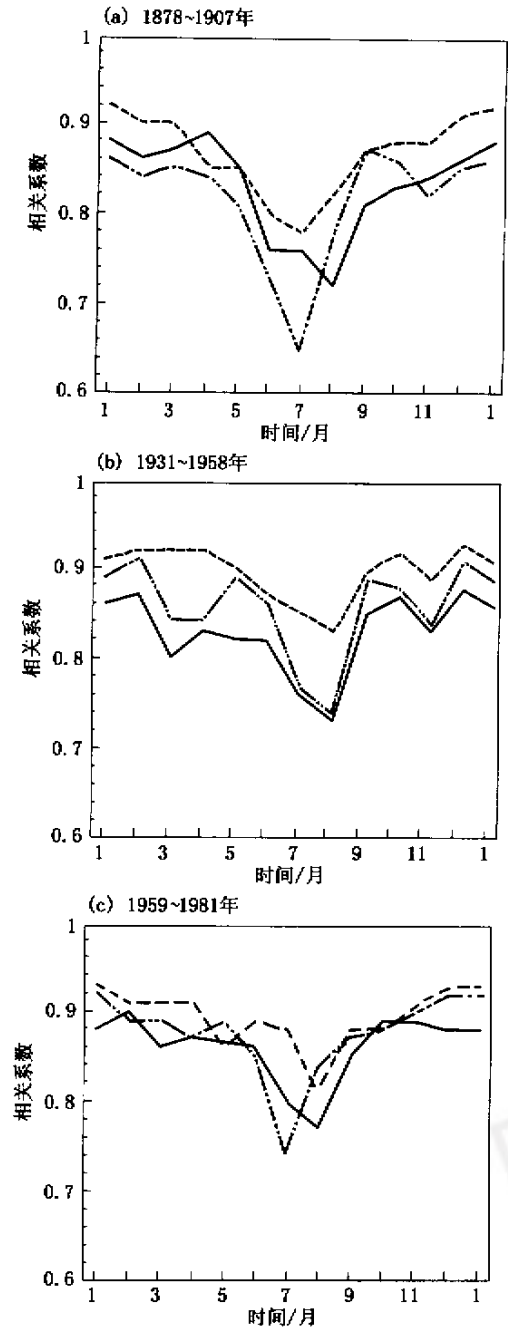


图2 1878年以后逐日温度序列所用站点之间日平均温度的相关系数(图2a:实线为 Stonyhurst 与 Ross on Wye, 一·一·为 Stonyhurst 与 Cambridge, 虚线为 Cambridge 与 Ross on Wye; 图2b:实线为 Stonyhurst 与 Ross on Wye, 一·一·为 Stonyhurst 与 Rothamsted, 虚线为 Ross on Wye 与 Rothamsted; 图2c:实线为 $0.5 \times (\text{Squires Gate} + \text{Ringway})$ 与 Rothamsted, 一·一·为 $0.5 \times (\text{Squires Gate} + \text{Ringway})$ 与 Malvern, 虚线为 Rothamsted 与 Malvern)

多的区域。当 $n = n' = 1$, 原始资料表现出了比后来 3 个站点组合更显著的日方差(图 3 和表 3)。因此, 为减小序列早期部分的方差, 也为了确保源于日值序列的月平均值与 Manley 的保持一致, 对序列进行了订正。

设日温度值 $x_d (d = 1, 2, \cdots, N)$ 有平均值 $\bar{x}$ 和方差 σ_x^2 , 序列 bx_d 有平均值 $b\bar{x}$ 和方差 $b^2\sigma_x^2$, 如果 1772 ~ 1877 年的序列乘以一个系数 $b (0 < b < 1)$, 按要求方差减小, 但是平均值 $b\bar{x}$ 也减小。因为平均值要求固定不变, 必须用 b 乘以根据适合平均值计算的温度距平, 选择适当平均值不是容易的。中英格兰温度日值产生于统计总体, 这个总体随大气环流以及一年的季节而改变, 这两个因子具有相同的重要性, 中英格兰地区的每个环流类型都有本身的季节热力特征 (Storey, 1982), 因此基本的日温度总体结构不断改变, 为了尽可能周全考虑这个问题, 对于逐年份的各月用单月平均值计算日距平, 这些距平再乘以 b , 最后将此修订的日距平加上 Manley 的月平均值。

表3 对未订正的中英格兰日温度方差的 F 检验

月份	方差比, F	显著性*
	(1772 ~ 1877 对 1878 ~ 1990)	(%)
1 月	1.41	5
2 月	1.42	5
3 月	1.44	5
4 月	1.66	1
5 月	1.35	—
6 月	1.26	—
7 月	1.33	—
8 月	1.39	5
9 月	1.25	—
10 月	1.37	5
11 月	1.32	—
12 月	1.43	5

注: 方差由各月平均值的偏差计算; * 通过假定用每年 1 个自由度估计显著性水平, 因为每月方差滞后 1 年的相关系数在 $+0.15 \sim -0.07$ 之间, 可忽略

每个月份都要求一个 b 值。对于 1901 ~ 1930, 1931 ~ 1960 和 1961 ~ 1990 年 3 个时段中每个时段 的同月进行了比较, 36 种个例中只有 2 个中英格兰地区月温度有 95% 的显著方差比(以 1 作为零假设), 相应的日资料没有这样显著的方差比(图 3)。用于计算 b 的资料是在假定条件下选取的, 即如果在两个 30 年的时段中, 对任一个给定月份 Manley 相应的月平均值序列有相近的方差, 那么对于相应的时段和月份日值序列也应该有相近的方差。根据此假设, 对应于使用的 1 个和 3 个站点, 两个最合适

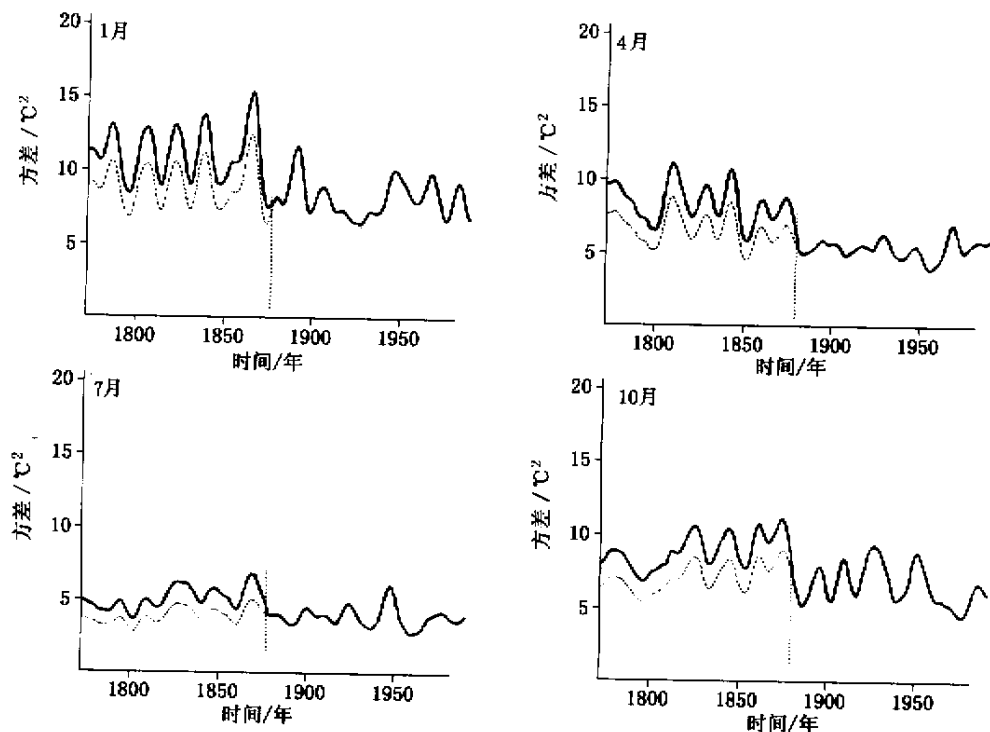


图3 1772~1990年1、4、7、10月逐日温度序列没经过低通滤波订正(实线)和经过低通滤波订正(虚线)的方差
(使用25项Craddock滤波^[9],方差是用各月和年平均值的距平计算的,
1877年的铅直线表示由1个站点改成3个站点)

的30年自然分别是连续的1848~1877年和1878~1907年。除10月份外,其他月份在5%水平上月方差之间没有显著不同,甚至10月的方差比(F)也仅仅超过5%。因此,对于每个月,上述对1878~1907年定义的日距平方差 σ_{3i}^2 可分别除以1848~1877年对应的方差 σ_{1i}^2 ,得出 b_i^2 的临时值:

$$b_{1i}^2 = \sigma_{3i}^2 / \sigma_{1i}^2 \quad (7)$$

由于 b_{1i} 基于样本方差估计,它的逐月值不会在一年呈平滑变化(表4)。只有每年的平均 $\bar{b}_1$ (它是基于一个更大的样本)才是可信的。因此利用式(5)和式(6)($n=3$)来计算每个月的第二个估计值 b_{2i} :

$$b_{2i}^2 = \frac{1}{n} = \frac{1+2\bar{r}_i}{3} \quad (8)$$

1878~1907年的 $\bar{r}_i$ 值是用点绘在图2中的值计算而得。 b_{2i} 的年内变化比 b_{1i} 平缓(表4),主要因为统计量 $\bar{r}$ 受地理相干采样误差影响比式(7)中的方差小。

最后选择 b ,得到年平均值 $\bar{b}_1$,用以表现全部观测方差的不连续性,但它存在季节性的变化,这变化要用 $\bar{b}_2$ 的更可靠的数据变化来决定。相对于每月,有:

$$b_i = \frac{\bar{b}_1}{\bar{b}_2} b_{2i} \quad (9)$$

表4给出了 b_i 值。注意 $\bar{b}_1$ 和 $\bar{b}_2$ 之间似乎存在系统性差异, $\bar{b}_1/\bar{b}_2$ 的平均值是0.94,该值意味着早期仪器和观测习惯产生了更明显的逐日方差,因为1877年接近Glaisher百叶箱改成Stevenson百叶箱的时间。 $\bar{b}_1$ 的值将自动包括这些改变产生的影响,同时也包括 $\bar{r}$ 的气候变化。但是, $\bar{b}_2$ 的估计值假定,1878年前后方差的改变只是站点数目变化的结果,保留 $\bar{b}_1$ 就考虑了站点数目改变。如果有的话,也考虑了温度距平的空间尺度方面的系统变化以及在这两个30年之间仪器操作方面的系统变化。

b 随季节改变,在夏天稍微变小,这是因为日温度比冬天有略低的空间相关(表4)。这样,1877年以前日序列方差的减小在夏天比冬天要更多。

在图3中,为了与未订正的方差对照,Parker等(1992)给出了经过订正的日资料的10年滑动平均方差,进行了 F 检验,它是用单月平均值的距平计

算的。对 1772 ~ 1877 年和 1878 ~ 1990 年的未平滑方差,这两个时期比用于计算方差订正值的时期长得多,结果表明在 5% 水平上对任何月份均没有显著差异。

表 4 方差换算系数 b 的计算

	b 的第 1 次估计 (b_1)	平均相关系数 $\bar{r}$ (1878 ~ 1907 年)	站点有效数目 (n)	b 的第 2 次估计 (b_2)	最终值 b
1 月	0.90	0.89	1.08	0.96	0.90
2 月	0.89	0.87	1.09	0.96	0.90
3 月	0.91	0.87	1.09	0.96	0.90
4 月	0.84	0.86	1.10	0.95	0.89
5 月	0.81	0.84	1.12	0.94	0.88
6 月	0.90	0.76	1.19	0.92	0.86
7 月	0.85	0.73	1.22	0.91	0.86
8 月	0.82	0.78	1.17	0.92	0.86
9 月	0.98	0.85	1.11	0.95	0.89
10 月	0.82	0.86	1.10	0.95	0.89
11 月	0.90	0.85	1.11	0.95	0.89
12 月	0.93	0.88	1.09	0.96	0.90
年平均	0.88			0.94	

像预期一样,各月日温度分布在变换以后保留了相似的形状,但是比较极端的值却更接近月平均值了(Parker 等人,1991)。

2.5 近期城市化影响的订正和总订正值

在 Manley 序列结束以后的站点中,除了 Rothamsted,也许还要除去 Squires Gate 站,所有其他站均处在遭受不断加强的城市化增暖影响的位置(Parker 等,1991)。除了 Rothamsted 站,Parker 等(1992)对 1974 年以后所用的每一个站点的温度与附近农村的近 30 年左右未曾有过迁移的站点温度进行了比较,发现一些站点存在相对增暖趋势。因此,对于 1974 年以后每个月的中英格兰地区温度序列,计算了订正值,来消除不断加强的城市增暖影响。由于许多环流类型的样本尺度很小,所以想求得一组随大气环流类型变化的逐日可靠订正值是不可能的。

下面的站点用于城市与乡村比较检查(图 1)。

(1)与 Malvern 比较的农村站点: Luddington, Lyonshall, Pershore 和 Preston Wynne。

(2)与 Squires Gate 比较的站点: Preston(不是真正的农村)和 Slaidburn。

(3)与 Ringway 比较的站点: Macclesfield(不是真正的农村)。

这些站点的信息化资料多开始于 1959 年,有大约 30 年的资料来统计相对温度趋势,对于(3),有更近的 Knutsford 站点,但其资料非常不完整。城市站和农村站之间气温变化趋势的差异可用气温距平之

间的差进行统计的最小二乘线性回归方法来求得。分别计算每一个月和全年的回归,线性趋势的统计显著性是通过回归斜率的 F 检验来评定(Draper 和 Smith, 1996)^[6]。

Malvern 相对于 Luddington 比相对于 Preston Wynne, Lyonshall 和 Pershore 增暖要更明显(Parker 等, 1991),这表明,后 3 个站点也经历了轻微的城市增暖。

在 Squires Gate 和 Preston 或 Slaidburn 之间没有显著的相对趋势变化,这些站点的环境没有很好的可比性,Squires Gate 非常靠近海岸, Preston(城市站)和 Slaidburn 深处内陆,而且 Slaidburn 是一个高地站(海拔 192m)。然而,在 Squires Gate 没有增暖趋势,尤其是与 Slaidburn 比较,这表明 Squires Gate 的城市化影响并未增加, Squires Gate 刚好位于 Blackpool 的摩天大楼区外部,靠近一个小型飞机场。

若全年作为一个整体, Ringway 相对于 Macclesfield 显著增暖(Parker 等, 1991)。Ringway 的百叶箱受到机场的影响,在 20 世纪 80 年代中期附近的建筑活动可能对观测有影响,1988 年 1 月百叶箱位置的改变距今还太近,效果不明显。所以, Ringway 仅基本适合,应在检验后使用。Macclesfield 是一个面积 10km² 的小镇,在最近的几十年,相对于更小的站点它却没有增暖(例如 Shawbury, Stone),它位于市中心的西部,一个处于上风方向的公园区。

Parker 等(1992)没有用乡村的相应站点来代替中英格兰地区温度序列中所用的 Malvern 和 Ringway 站,因为在这些乡村站中有资料缺测。Parker 等(1992)构

建了一个始于 1959 年 1 月的平行逐日序列, 为

$$T_{\text{Mal}} = \frac{1}{2}(T_{\text{L}} + T_{\text{P}}) \tag{10}$$

$$T_{\text{Rin}} = T_{\text{Mac}} \tag{11}$$

其中 T_{Mal} 是 Malvern 站温度, T_{L} 是 Luddington 站温度, T_{P} 是 Preston Wynne 站温度, T_{Rin} 是 Ringway 站温度, T_{Mac} 是 Macclesfield 站温度。用对每月的差值进行线性回归的方法, 比较 1959 ~ 1989 年中英格兰地区温度月平均值和未经过城市化订正的平行序列。原始序列的增暖趋势在统计上是显著的, 这是根据对所有月份趋势线的斜率进行 t 检验得出的结论, 如表 5 所示。

4~7 月趋势最明显, 相当于每 10 年 0.08°C 。为了获得中英格兰地区温度序列城市化订正值的平滑季节周期, 回归线的逐月斜率 m 被平滑成 1:2:1。精确到 0.1°C 的订正值已经应用在 1974 年以后的中英格兰地区月温度序列中, 同时在一个半月内的中英格兰地区日温度值也以同样数值进行了订正。

表 5 中英格兰地区城市增温的线性趋势回归方程

	A 对于 B 的趋势方程* (Y 为年)	相关系数 (r)	平滑后的趋势 系数(m)
1 月	$\Delta T = 0.33 + 0.0075(Y - 1973)$	0.67	0.0059
2 月	$\Delta T = 0.31 + 0.0042(Y - 1973)$	0.44	0.0051
3 月	$\Delta T = 0.32 + 0.0043(Y - 1973)$	0.41	0.0054
4 月	$\Delta T = 0.37 + 0.0087(Y - 1973)$	0.66	0.0071
5 月	$\Delta T = 0.36 + 0.0068(Y - 1973)$	0.54	0.0076
6 月	$\Delta T = 0.40 + 0.0083(Y - 1973)$	0.63	0.0081
7 月	$\Delta T = 0.43 + 0.0093(Y - 1973)$	0.72	0.0083
8 月	$\Delta T = 0.40 + 0.0062(Y - 1973)$	0.53	0.0066
9 月	$\Delta T = 0.37 + 0.0048(Y - 1973)$	0.44	0.0056
10 月	$\Delta T = 0.33 + 0.0066(Y - 1973)$	0.53	0.0059
11 月	$\Delta T = 0.36 + 0.0054(Y - 1973)$	0.54	0.0055
12 月	$\Delta T = 0.36 + 0.0045(Y - 1973)$	0.40	0.0055
年值	$\Delta T = 0.37 + 0.0077(Y - 1973)$	0.78	

注: * $T_{\text{序列}A} = \frac{1}{3}[T_{\text{Rot}} + T_{\text{Mal}} + \frac{1}{2}(T_{\text{S}} + T_{\text{Rin}})]$, $T_{\text{序列}B} = [T_{\text{Rot}} + \frac{1}{2}(T_{\text{L}} + T_{\text{P}}) + \frac{1}{2}(T_{\text{S}} + T_{\text{Mac}})]$, 其中, $T_{\text{序列}A}$ 是序列 A 温度, $T_{\text{序列}B}$ 是序列 B 温度, T_{Rot} 是 Rothamsted 站温度, T_{Mal} 是 Malvern 站温度, T_{S} 是 Squires Gate 站温度, T_{Rin} 是 Ringway 站温度, T_{L} 是 Luddington 站温度, T_{P} 是 Preston Wynne 站温度, T_{Mac} 是 Macclesfield 站温度

表 6a 给出了城市化订正值, 直到 1980 年或更晚才有订正。现在所有的订正值都是 -0.1°C , 但是从 1992 年起 6、7 月的订正值都达到了 -0.2°C 。城市增暖趋势可能会改变, 所以将来的订正值还需更新确定。
万方数据

表 6b 给出了 1991 年对城市化和与 Manley 的序列组合而得到的总订正值。

表 6a 用于订正中英格兰地区城市增温的订正值*

	订正值 - 0.1 $^{\circ}\text{C}$	订正值 - 0.2 $^{\circ}\text{C}$
1 月	1982 ~ 1998 年	1999 ~ 2015 年
2 月	1983 ~ 2002 年	2003 ~ 2022 年
3 月	1983 ~ 2000 年	2001 ~ 2019 年
4 月	1981 ~ 1994 年	1995 ~ 2008 年
5 月	1980 ~ 1992 年	1993 ~ 2005 年
6 月	1980 ~ 1991 年	1992 ~ 2003 年
7 月	1980 ~ 1991 年	1992 ~ 2003 年
8 月	1981 ~ 1995 年	1996 ~ 2010 年
9 月	1982 ~ 1999 年	2000 ~ 2017 年
10 月	1982 ~ 1998 年	1999 ~ 2015 年
11 月	1983 ~ 2000 年	2001 ~ 2018 年
12 月	1983 ~ 2000 年	2001 ~ 2018 年
年值	1980 ~ 1992 年	1993 ~ 2005 年

注: * $T = \frac{1}{3}[T_{\text{Rot}} + T_{\text{Mal}} + \frac{1}{2}(T_{\text{S}} + T_{\text{Rin}})]$, 其中 T_{Rot} 是 Rothamsted 站温度, T_{Mal} 是 Malvern 站温度, T_{S} 是 Squires Gate 站温度, T_{Rin} 是 Ringway 站温度

表 6b 对 1991 年中英格兰地区温度的总订正值*

总订正值/ $^{\circ}\text{C}$		总订正值/ $^{\circ}\text{C}$	
1 月	0.0	7 月	- 0.2
2 月	- 0.1	8 月	- 0.3
3 月	- 0.1	9 月	- 0.2
4 月	- 0.2	10 月	- 0.1
5 月	- 0.2	11 月	0.0
6 月	- 0.2	12 月	0.0

注: * 总订正值为表 2 中的订正值与表 6a 中城市化订正值 -0.1°C 之和

3 温度观测的非气候影响

为了让气候序列能用于气候变化的研究, 就必须使其均一化, 尽可能剔除非气候因素的影响, 这些影响包括由于仪器变化等引起的日方差改变, 观测位置或观测环境改变, 测读时间变化等, 在时间序列中即使很小的人为干扰信号也可能被误解为真实的气候变化。然而, Parker 等(1992)只做了很小的月范围内的非气候影响订正, 当日复一日的非气候影响达到一定程度时, 日值的可靠性就不如 Manley 的月值。下面是对中英格兰地区日温度序列有影响的非气候因素。

3.1 仪器及其暴露性的改变

Manley(1974)对来自不同位置站点重叠记录作了仔细校正,这在相当程度上订正了由于仪器及其暴露情况的变化对月序列的影响。主要的改变包括:在19世纪中期仪器和暴露程度是各式各样的,以后改成 Glaisher 装置(Glaisher, 1868)^[7],19世纪70年代又改成 Stevenson 百叶箱,这些变化影响了温度计的防辐射效果。因此,早期的记录在晴日里温度读数更高(Laing, 1977)^[8],而在晴夜的温度偏低明显增大了逐日的变化,使序列中夏季极端高温和冬季极端低温频率增加。Parker 等(1992)对1877年以前序列方差的订正(第2.4节)将会稍稍减小这种增大的逐日变化。

3.2 观测地点变化

Manley 针对观测地点变化情况而订正了他的月值序列,Parker 等(1992)通过保持由日值序列计算的月平均值与 Manley 序列相等的方式保留了 Manley 校订因子(第2.3节),然而序列的逐日变化仍然在两个方面受地点选择的影响。首先,一些地点比其他地方更容易出现白天过热和夜晚过冷,因此要尽可能避免霜洼地区。其次,早期单站点的地理位置由于局地天气特征使日均值产生误差。

3.3 城市化

Manley(1974)正确地避开了城市站点,或在结束于1973年的月值序列中对近期城市增暖做了修订,Parker 等(1992)的序列在月平均值上对城市化影响也做了很大的订正。

3.4 观测时间的改变

Manley 对观测时间改变产生的影响做了认真考虑和订正,使用了站点间的重叠资料调整位置改变的影响,Parker 等(1992)的逐日序列是根据 Manley 的月平均值,在月时间尺度上吸纳了 Manley 的订正。然而,因为序列中1877年以前的日值是基于各种各样观测时间的资料,而不是像以后那样使用标准值 $T_d = 1/2(\text{最大值} + \text{最小值})$,这会使逐日值出现离散现象。

4 月序列图表及订正后的标准气候值

利用本文介绍的逐日序列,表7更新了 Manley(1974)的中英格兰地区逐月序列,这个表包括了

1961~1990年的月平均值和标准差(1961~1990年是世界气象组织规定的标准气候时期),并将平均值与 Manley(1974)1931~1960年的进行了比较,只有1月和10月增暖,而1961~1990年的年平均值比 Manley 的统计结果低0.13℃。图4给出了长年代的这些变化,它表明了从 Manley 序列开始的1659年到现在的低通滤波时间序列,可见,有明显的分季节的不同时间尺度气候变化。

因为日际间的连续性,1961~1990年月平均温度的标准差 σ_m 远超过 $\sigma_d/n^{1/2}$,这里的 σ_d 已在表7中给出,是日平均温度的标准差, n 为月内的天数。 σ_d 是由距平(1961~1990年气候学上的日平均值+各个月的距平)计算出来的,这样处理避免了由春、秋季的每年周期和年际变率造成的方差增大。 σ_m 值也比 $\sigma_d/(n/5)^{1/2}$ 大,尤其在冬天。

Manley(1974)给出了月和年的极值,Parker 等(1992)对 Manley 的序列所做的延长提供了两个新的最热月记录:1983年7月(19.5℃)和1975年8月(18.7℃)。1974年12月的暖温(8.1℃)与以前的1934年一致,1990年勉强算作1949年后最热的一年,1989年的年平均值比1949年还差0.1℃,自 Manley 的记录结束以来没有再发现新的中英格兰地区月平均值的低温记录。

表7还包括了1961~1990年全部记录的中英格兰地区日极值。1961~1990年这段时期包括了整个序列中8月和10月最高日平均温度,但却没有包括整个序列中的最低日平均温度记录。然而,英格兰的日最低温度(-26.1℃)于1982年1月10日出现在 Shropshire 的 Newport,这个地方在 Shawbury 东20km,完全在中英格兰地区范围内(图1)。

图5中依次给出了1784、1816、1947和1990年中英格兰地区的日序列。1784年是 Barker 记录中的冷年(平均7.8℃);1816年是“无夏之年”,这一年的低温可能是1815年 Tambora 火山喷发造成的,但并不是普遍都冷(Stothers, 1984; Neumann, 1990);1947年,炎热的夏天之前曾是严寒的冬季;1990年是这段时期中最热的一年(平均10.6℃)。图中以虚线给出了1961~1990年期间平均的中英格兰地区日均值,可以对距平有一个更清晰的印象。

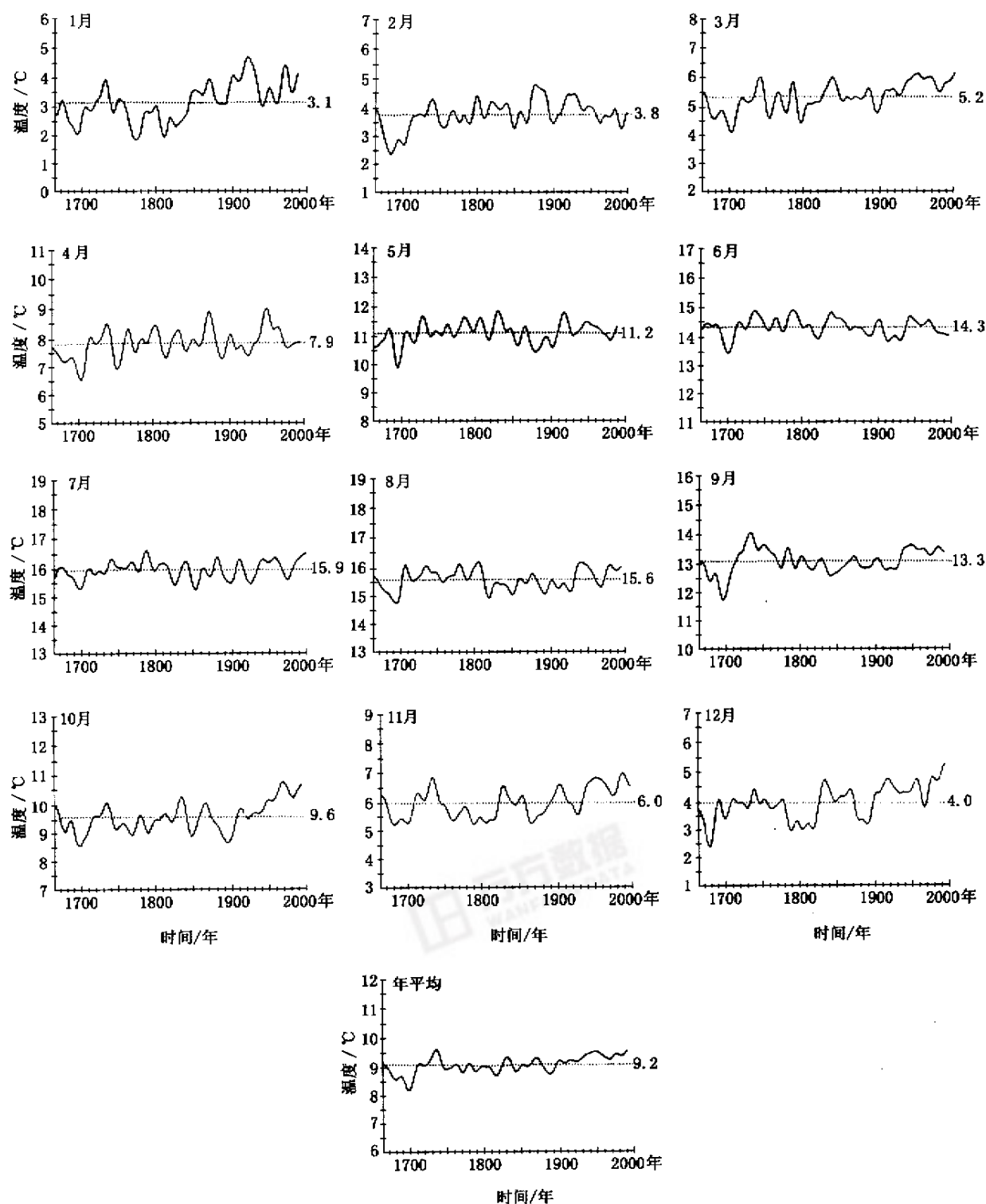


图4 1659~1990年经过低通滤波的中英格兰地区逐月温度

(使用25项Craddock滤波斯湾^[9], 权重系数依次为0.0942、0.0921、0.0862、0.0770、0.0554、0.0524、0.0392、0.0266、0.0154、0.0063、-0.0004、-0.0045、-0.0029, 虚线表示1659~1990年平均值, 1974年以后是订正序列)

表 7 1974 ~ 1991 年经城市化订正的中英格兰地区各月和年平均温度

℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
1974 年	5.9	5.4	5.8	8.2	11.0	13.9	15.2	15.2	12.1	7.8	6.8	8.1	9.6
1975 年	6.8	4.4	4.8	8.3	9.9	14.7	17.4	18.7	13.5	9.9	6.3	5.3	10.0
1976 年	5.9	4.5	4.8	8.1	12.1	17.0	18.7	17.6	13.4	10.6	6.3	2.0	10.1
1977 年	2.8	5.2	6.9	7.2	10.6	12.2	15.9	15.2	13.3	11.8	6.6	6.1	9.5
1978 年	3.4	2.8	6.7	6.5	11.7	13.7	14.8	15.0	14.2	11.9	8.5	3.9	9.4
1979 年	-0.4	1.2	4.7	7.8	10.0	13.9	16.2	14.9	13.5	11.3	6.8	5.8	8.8
1980 年	2.3	5.7	4.7	8.8	11.2	13.8	14.7	15.9	14.7	9.0	6.6	5.6	9.4
1981 年	4.9	3.0	7.9	7.8	11.2	13.2	15.5	16.2	14.5	8.6	7.8	0.3	9.2
1982 年	2.6	4.8	6.1	8.6	11.6	15.5	16.5	15.7	14.2	10.1	8.0	4.4	9.8
1983 年	6.7	1.7	6.4	6.8	10.3	14.4	19.5	17.3	13.7	10.5	7.5	5.6	10.0
1984 年	3.8	3.3	4.7	8.1	9.9	14.5	16.9	17.6	13.7	11.1	8.0	5.2	9.7
1985 年	0.8	2.1	4.7	8.3	10.9	12.7	16.2	14.6	14.6	11.0	4.1	6.3	8.9
1986 年	3.5	-1.1	4.9	5.8	11.1	14.8	15.9	13.7	11.3	11.0	7.8	6.2	8.7
1987 年	0.8	3.6	4.1	10.3	10.1	12.8	15.9	15.6	13.6	9.7	6.5	5.6	9.1
1988 年	5.3	4.9	6.4	8.2	11.9	14.4	14.7	15.2	13.2	10.4	5.2	7.5	9.8
1989 年	6.1	5.9	7.5	6.6	13.0	14.6	18.2	16.6	14.7	11.7	6.2	4.9	10.5
1990 年	6.5	7.3	8.3	8.0	12.6	13.6	16.9	18.0	13.2	11.9	6.9	4.3	10.6
1991 年	3.3	1.5	7.9	7.9	10.8	12.1	17.3	17.1	14.7	10.2	6.8	4.7	9.5
1961 ~ 1990 年平均值	3.8	3.8	5.7	7.9	11.2	14.2	16.1	15.8	13.6	10.6	6.5	4.7	9.47
1961 ~ 1990 年平均值与 1931 ~ 1960 年平均值之差	0.3	-0.1	-0.2	-0.6	-0.2	-0.4	-0.1	-0.2	-0.1	0.5	-0.3	0.0	-0.13
1961 ~ 1990 年标准差 σ_m	2.1	2.0	1.4	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	0.9	1.2	1.1	1.8	0.5
1961 ~ 1990 年逐日值(气候学上的 逐日距平 + 各月距平)的标准差 σ_d	2.8	2.4	2.2	2.2	2.1	2.2	1.9	1.8	1.9	2.0	2.7	2.9	
1961 ~ 1990 年日最高温度	10.8	11.5	14.1	15.5	19.4	22.6	24.7	24.4	21.4	20.2	13.5	12.2	
1772 ~ 1990 年日最高温度	11.6	12.0	14.8	19.6	21.2	23.0	25.2	24.4	22.6	20.2	15.4	12.6	
1961 ~ 1990 年日最低温度	-8.4	-4.6	-3.9	0.5	3.8	7.7	10.0	10.4	7.0	3.5	-2.1	-8.5	
1772 ~ 1990 年日最低温度	-11.9	-8.8	-6.5	-0.5	2.9	7.3	8.7	8.8	4.9	0.3	-4.6	-10.8	

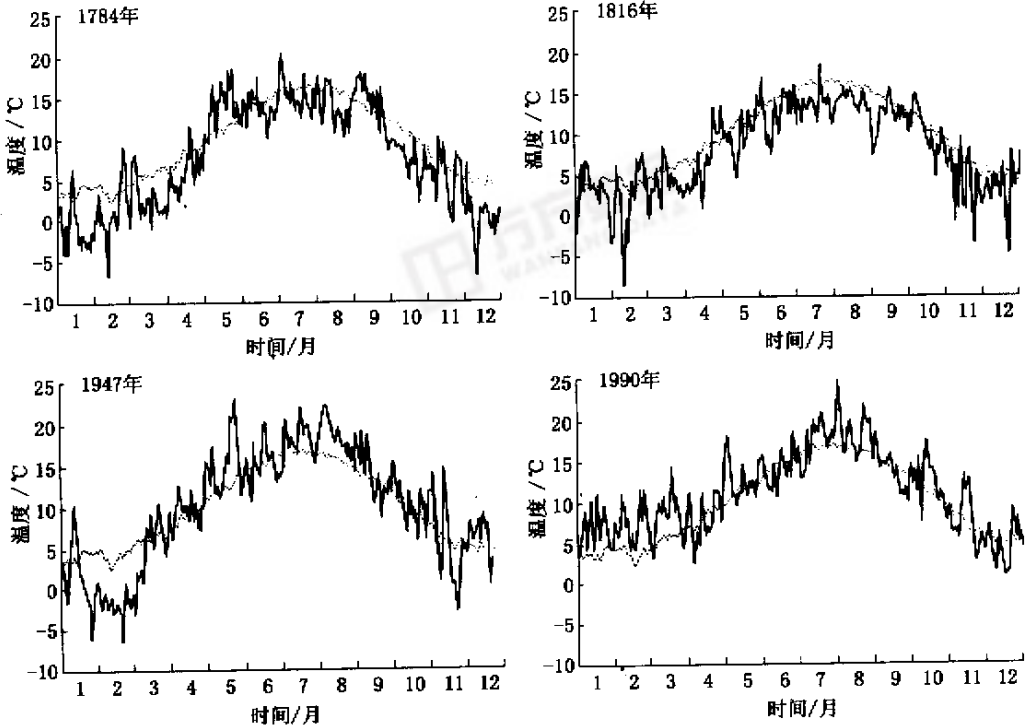


图 5 1784、1816、1947 和 1990 年中英格兰地区逐日温度(平滑曲线(虚线)是 1961 ~ 1990 年标准气候期的日平均值)

5 结语

Parker 等(1992)使用了一套十分多样化的站点, 在 Manley 工作的基础上, 建立了 1772 年到现在的中英格兰地区日平均温度序列, 该序列是全球目前能够得到的最长的序列之一, 但它还不是建立在一套完全满意的站点系列基础上, 这是因为 Dtonyhurst 的替换和在几个站点的城市增暖引起的不确定性依旧存在。这表明, 建立得到保护的参考站以便监测气候变化与气候变率是十分重要的。应保证站点所处的暴露状况不被改变, 局地不出现严重的扰动, 比如突出的建筑物应该限制在几百米以外。如果站点处在不断加强又无法回避的城市化区域, 应该建立乡村站点以便进行交叉检验。如果站点位置要迁移, 哪怕迁移很短的距离, 也应该在两个站点进行至少一年的平行观测, 最好更长些时间。

参考文献

1 Labrijn A. The climate of the Netherlands during the last two and a

half centuries. *Mededeelingen en Verhandelingen*, 1945, 49: 14

2 Parker D E. A new daily Central England temperature series. *Int. J. Climatol.*, 1992, 12: 317-342

3 Hoy T. 1771 – 1822 Meteorological records made at Barn Elms, Kennington, Muswell Hill and Syon House. Unpublished manuscript, National Meteorological Library and Archive, Bracknell, UK

4 Barker T. 1777 – 1789 Meteorological Register at London Hall, Rutland. Unpublished manuscript, National Meteorological Library and Archive, Bracknell, UK

5 Cramer H. *Mathematics Methods of Statistics*. Princeton University Press, 1946. 575

6 Draper N R and Smith H. *Applied Regression Analysis*. New York: Wiley, 1966. 407

7 Glaisher J. Description of thermometer stand. *Symons' s Monthly Meteor. Mag.*, 1868, 33: 155 – 157

8 Laing J. Maximum summer temperatures recorded in Glaisher stands and Stevenson screens. *Meteorol. Mag.*, 1977, 106: 220 – 228

9 Craddock J M. *Statistics in the Computer Age*. London: English University Press, 1968. 214



(上接 192 页)

从国家分布来看, 美国发表论文总量和论文被引用次数均位列第一, 10 年间 ISI 收录的地球科学文献中美国来源文献为 67229 篇, 引文总量为 625927 篇; 其次是英国、加拿大、法国和德国, 表明这些国家是地球科学研究领域科学水平和学术地位最高的国家。

在根据期刊引文总量排名的前 15 种期刊(表 3)列表中, *Journal of Geophysical Research – Atmospheres* 位列第一, *Geophysical Research Letters* 紧随其后, 两者的论文被引用总量远高于其后的期刊, 这表明这两种期刊在地球科学研究领域的学科发展和文献交流中具有十分重要的作用。在表 3 列出的 15 种期刊中, 中国气象局图书馆订购有 8 种, 涵盖了以大气科学为核心内容的几种刊物。

表 3 1991 ~ 2001 年地球科学领域论文被引用最多期刊^[1]

排名	期刊	被引用总次数
* 1	Journal of Geophysical Research – Atmospheres	80415
* 2	Geophysical Research Letters	78812
3	Journal of Geophysical Research – Solid Earth	54409
4	Geochimica et Cosmochimica Acta.	51084
* 5	Journal of Geophysical Research – Oceans	36483
6	Geology	36197
7	Earth&planetary Science Letters	34783
* 8	Journal of Climate	32508
* 9	Journal of Atmospheric Sciences	26789
10	Tectono Physics	21584
* 11	Monthly Weather Review	19888
12	Geophysical Journal International	18987
* 13	Journal of Physical Oceanography	17899
* 14	Atmospheric Environment	16778
15	Chemical Geology	16108

注: * 中国气象局图书馆馆藏期刊

参考文献

1 Institute for Scientific Information. The great research on earth. *Science Watch*, 2001, 12(6): 1 – 2