

1743年华北夏季极端高温：相对温暖气候背景下的历史炎夏事件研究

张德二 G. Demaree

(国家气候中心, 北京 100081; Royal Meteorological Institute, Brussels, Belgium. E-mail: derzhang@cma.gov.cn)

摘要 根据中国历史气候记载和新近在欧洲发现的北京早期器测气象资料, 研究 1743 年夏季华北高温极端气候事件, 指出这是中国最近 0.7 ka 来最严重的炎夏事件, 高温区域广及北京、天津、河北、山西、山东. 1743 年 7 月北京的日最高气温高达 44.4, 超过了 20 世纪的极端气候记录. 指出 1743 年的天气气候特征如旱涝分布、梅雨特点以及相应的太阳活动、海温场等外部因子条件, 发现这些特征均与现代 1942 和 1999 年华北炎夏事件相同. 该事件出现在气候相对温暖的背景下, 是工业革命之前(CO_2 较低排放水平时)出现的极端高温实例.

关键词 极端气候 高温事件 早期气象记录 历史气候 华北

极端气候事件是气候变化研究的主要问题之一. 1998 年来, 欧洲、北美、印度各地接连出现异常高温事件. 1999 年中国华北地区夏季酷热, 北京出现了 20 世纪气温的次高记录, 日最高气温达 42.2, 仅次于 1942 年的最高记录 42.6, 2001 和 2002 年中国北方广大地区又接连出现高温炎夏¹⁾.

鉴于对全球变暖与 CO_2 排放量增加等问题的关注^[1]和对近些年出现的高温事件的众多评议, 近些年的高温事件是否确实出现了千年以来的高温极值以及在工业革命之前是否出现过类似事件等问题都亟待回答. 在探讨这些问题时, 固然可以由中国丰富的历史文献气候记载识别出诸如 1743 年等多个异常炎夏事件, 但是如何由文字描述的气候实况推算出定量的气候值却仍有困难. 有幸的是近些年作者在执行中国-比利时科技合作研究课题时, 从欧洲的古代文献资料中找到了一些久已散失的早期北京气象仪器观测记录²⁾, 这为历史温度数据的定量复原燃起了新的希望. 令人惊喜的是, 在我们找到的北京早期仪器观测资料中, 恰好有着 1743 年 7 月的温度记录, 这些记录从不为中国科学家知晓, 更未被用于科学研讨. 此外, 还找到一些早期欧洲来华传教士的信件, 从中获知有关观测方法、使用仪器、天气状况的信息. 如此之机缘乃使本项研究得以进行.

1 资料

1.1 历史文献中的气候记载

本文有关夏季冷暖的史料直接采自《中国三千年气象记录总集》^[2]. 该书系统采录历代正史、方志、官方文书、文人笔记等 8221 种, 经考订、勘校成书. 其中有关 1742 和 1743 年气候状况的记述被引用于天气实况复原推断.

另外, 还有若干当年居留北京的外国教士与巴黎法国科学院的通信^[3], 如教士 A. Gaubil 的关于 1743 年炎夏酷暑情景的目击报告、关于观测事项的说明等. 这些法文记述对中国历史文档作了很好的补充和印证.

1.2 清代宫廷“晴雨录”观测记录

这是清代宫廷保存的各地逐日天气记录^[4](原记录的日期已换算成公历表示), 本文使用了 18 世纪的北京逐日晴、雨、风向天气记录, 及晴天日数、连续无降水日数资料统计, 以确证 1743 年的炎热实况, 还采用了由南京、苏州、杭州等地记录推算的长江下游地区梅雨特征值等^[5], 以说明历史炎夏事件的天气、气候特征.

1.3 仪器观测资料

作者发现的北京早期器测气象记录中, 含有 A. Gaubil 教士提交的 1743 年 7 月~1746 年 3 月的日气

1) 由国家气候中心气候评价室提供

2) 张德二, Demaree G. 在欧洲重新发现的中国早期器测气象记录(待发表)

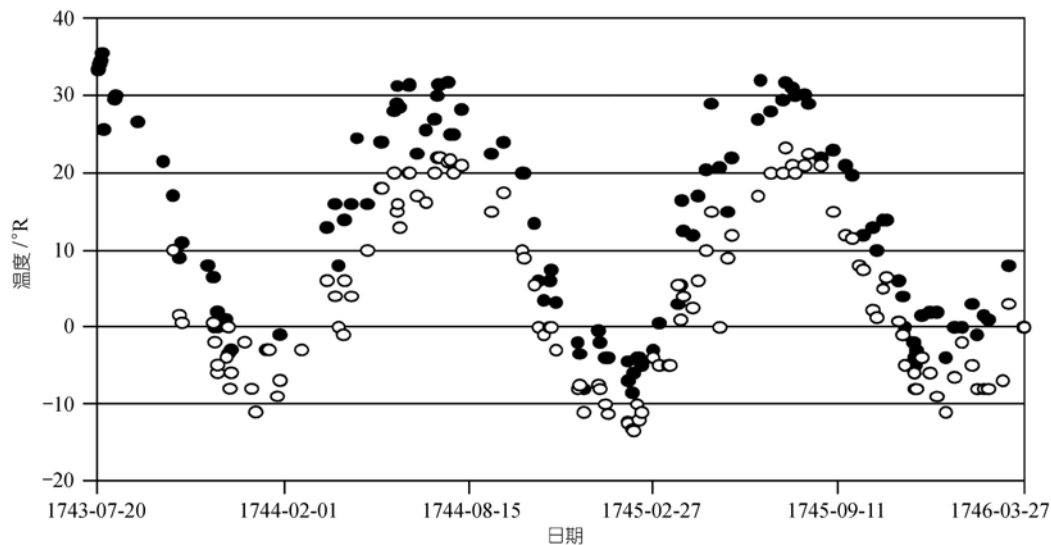


图 1 1743 年 7 月~1746 年 3 月的北京气温测值(°R), 由 A. Gaubil 用 Reaumur 制式温度计观测
空心圆点为清晨测值; 实心圆点为下午测值

象观测记录, 包括温度、风向和天气现象等项目. 北京的观测每日 2 次, 分别是地方时 06 : 30 和 15 : 30, 其温度测值示于图 1. 1743 年 7~9 月的观测记录并不完整, 所幸 1743 年高温时段的 7 月 20~26 日的记录尚在其中. 本文在使用这项资料时已将Reaumur氏的温度值(°R)换算成摄氏()温度表示. 其换算关系^[6]是:

$0^{\circ}\text{R} = 0$; $80^{\circ}\text{R} = 100$; $Y = (Z \times 1.25)^{\circ}\text{R}$. (1)

至于观测仪器, 由A. Gaubil 教士寄给巴黎法国科学院干事Mr.de Mairan的信件^[3]获知: 北京的温度测量仪器自 1741 年底即由原先的Lubin制式的温度计改换为Reaumur制式的了. 在A.Gaubil的信中列出了Réaumur氏温度计和Lubin氏温度计的测量值的对比(图 2). 二者的线性关系则如图 3 所示. 由此推得Lubin 氏温度(°L)与Reaumur氏温度(°R)的换算公式应为:

$^{\circ}\text{R} = 0.4838^{\circ}\text{L} - 14.174$. (2)

另据 239#信件^[3]知, 尽管在北京使用Lubin式的温度计进行观测的Parrenin教士于 1741 年 9 月 29 日去世, 但在那以后的若干年内, 原来的Lubin式温度计仍被保留且时有观测记录, 如 1753 年 7 月 25 日温度计测值最高达到 103°L的记录, 这使得作者有幸多获得一项核算温度极值的依据.

这份早期观测记录中温度测值读数的分辨率是 $1/4(^{\circ}\text{R})$, 相当于 0.31 . 但关于这些器测记录的可能误差问题, 现在已无从稽考. 能够指出的仅仅是: 从

A. Gaubil记录的 1743~1746 年的观测值与北京同一地点记录的 1757~1962 年的观测值^[2]的对比, 未见有什么奇异. 另外, 作者注意到尚有一些迹象能够表明当年观测者的科学态度, 诸如: 观测者与巴黎的通信的 203#和 239#信件中^[3]曾提到由巴黎法国科学院提供的温度计的安装场所、操作指南等事项; 202#^[3]信件中有关仪器的更换、补充和正确安装以求得到准确测值的讨论; 以及当年北京、澳门、广州等地的观测

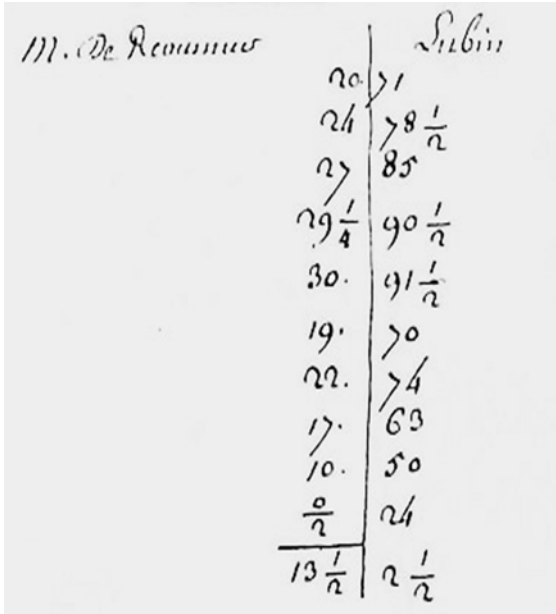


图 2 Reaumur 氏温度计和 Lubin 氏温度计的测量值对比
原件存于 the Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

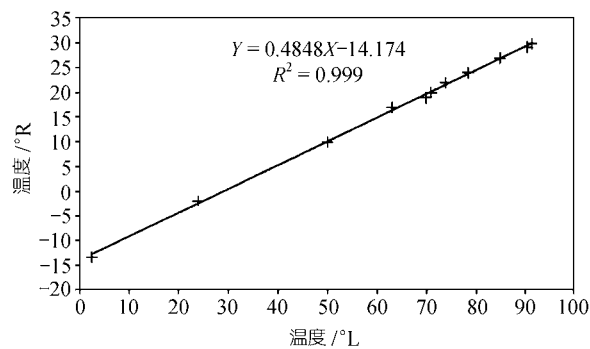


图 3 Reaumur 制温度和 Lubin 制温度值的对比

记录均汇集至巴黎，由法国科学院统一整理发布，并用于气候统计分析研究^[3,7-9]等情形。18 世纪法国已很注重计量的标准化，在推行度、量、衡规制方面领世界潮流之先。由这些情况来推测，当年北京使用的温度计经过测值校验的可能性很大，只是其校正标准等技术细节现已不得而知。基于这样的考虑，本文珍视这份早期的温度资料，因为它是至今惟一存世的 1743 年的温度实测记录，观测时间、地点、仪器规制明了，在没有切实证据怀疑它的可靠性的情况下，仍作为重要的参考数据予以采用。

2 分析

2.1 1743 年炎夏实况

() 炎热情景。系统整理中国历史文献所载的气象记录^[2]，从中摘取有关 1743 年华北异常炎夏的记载共 56 条，其中属于同一史料来源而辗转传抄的重复记载已予剔除。记载高温酷暑的地点共 48 处，覆盖的地域广及北京、天津、河北、山西、山东如图 4 所示。本文因篇幅所限，仅摘取其中 5 省、市有代



图 4 历史文献记录的 1743 年夏季高温地域(红色)
A. 北京, B. 郑州, C. 武汉, D. 上海

表 1 1743 年炎夏的历史文献记载举例

序号	地点	记述摘录	史料来源
1	北京	六月丙辰(7月25日), 京师酷暑	《续东华录》
2	天津	五月苦热, 土石皆焦, 槐顶流金, 人多热死	同治《续天津县志》
3	河北高邑	五月廿八(7月19日)至六月初六日(7月26日), 薰热难当, 墙壁重阴亦炎如火灼。日中铅锡销化。人多渴死	民国《高邑县志》
4	河北深泽	夏六月炎热, 六月初亢旱热甚, 时有焦木气触人。初伏数日, 人民中渴即骤毙日数十人。相近数百里皆然, 亦稀有之灾也	咸丰《深泽县志》
5	山西长治	五月, 日出赭色, 照墙壁皆红, 酷热, 殆者甚多	乾隆《长治县志》
6	山西浮山	夏五月大热, 道路行人多有毙者。京师更甚, 浮人在京贸易者亦有热毙者	乾隆《浮山县志》
7	山东高青	大旱千里室内器具俱热, 风炙树木向西南辄多死。六月间自天津南武定府逃走者多, 路人多热死	乾隆《青城县志》
8	山东平原	五月下旬热甚, 有渴死者	乾隆《平原县志》

表性的 8 条记述(每市 1 条、每省 2 条)作为例子列于表 1, 以示这华北地区炎热的程度。

其中, 北京史料记述的景况, 可由当时在北京的法国教士 A. Gaubil 寄往巴黎的目击报告^[3]所证实。报告中写道: “北京的老人称, 从未见过像 1743 年 7 月这样的高温了”、“7 月 13 日以来炎热已难于忍受, 而且许多穷人和胖人死去的景况引起了普遍的惊慌。这些人往往突然死去, 尔后在路上、街道、或室内被发现, 许多基督徒为之祷告”、“奉皇帝的命令, 官吏们商议了救济民众的办法, 在街上和城门发放药物”、“高官统计 7 月 14 日到 25 日北京近郊和城内已有 11400 人死于炎热”(图 5)。

综合以上记述, 1743 年炎夏事件的概况是: 6 月下旬至 7 月下旬天气炎热, 7 月 13~25 日为异常高温时段, 尤以 7 月 25 日最为炎热。

() 温度实测值。1743 年华北炎夏事件的炎热程度可由当时北京的温度实测资料作定量表示。此炎热事件的前一时段 7 月 13~19 日的观测资料未见到, 我们找到的后一时段 7 月 20~26 日 A. Gaubil 教士的记录见表 2, 其温度量纲为 Reaumur 氏度(°R)。

兹将 7 月 20 日以后的逐日温度值(°R)按公式(1)换算成摄氏温标, 示于图 6。可见 7 月 20~25 日的下午的气温值均高于 40 , 7 月 25 日的温度值最高, 达 44.4 , 称为 $T1 = 35 \frac{1}{2}^{\circ}R = 44.4$ 。

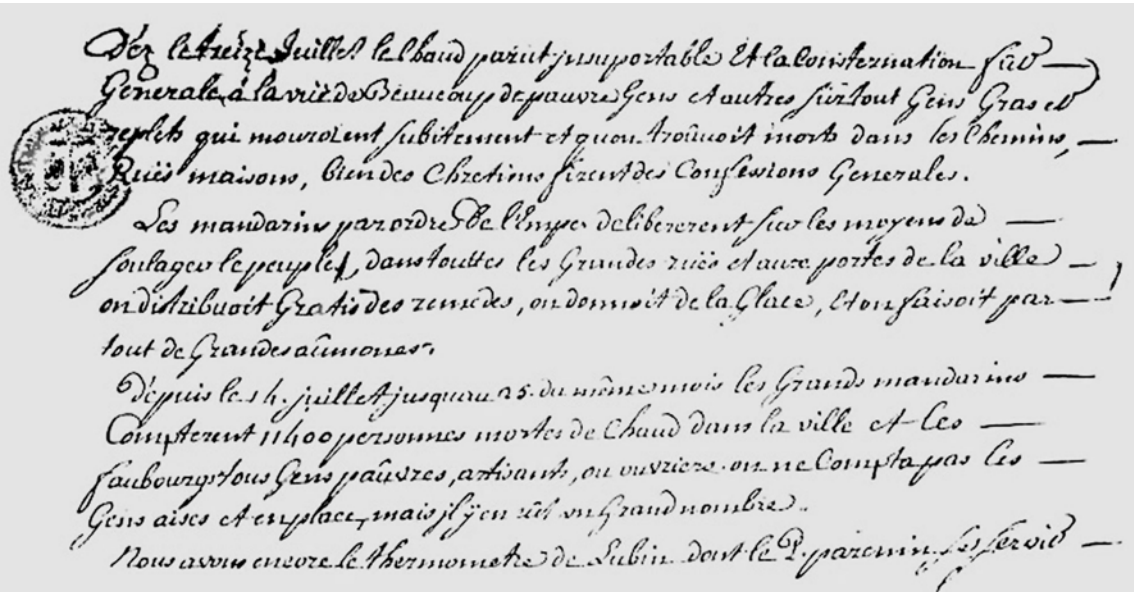


图 5 A. Gaubil 教士关于 1743 年北京酷热记述片段
原件存于 the Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

表 2 北京 1743 年 7 月 20~26 日温度观测记录

	温度读数/°R	换算值/
7 月 20 日	33 ¼	41.6
7 月 21 日	33 ¼	41.6
7 月 22 日	34	42.5
7 月 23 日	34	42.5
7 月 24 日	34 ½	43.1
7 月 25 日	35 ½	44.4
7 月 26 日	25 ½	31.9

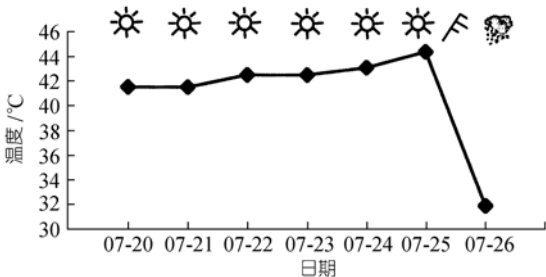


图 6 北京 1743 年 7 月 20~26 日逐日气温值(下方)和“晴雨录”所记的逐日天气现象(上方)
※ 晴 m, ☁ 雨, ≡ 东北风

另外, 还有一项重要的温度实测数据, 这就是 A. Gaubil 教士记述的“1743 年 7 月 24 和 25 日, 原有的 Lubin 式温度计的液柱竟上升到 Lubin 刻度的 103° 的位置”^[3], 这个得自仍在执行观测的旧式 Lubin 式温度

计的记录(我们称之为 T2)成为重要的对比观测资料。按照 Lubin 温标与 Reaumur 温标的换算公式(2), $T_2 = 103^\circ L = 35.66^\circ R$; 再经公式(1)换算, 即得 $T_2 = 44.57$ 。这个 Lubin 式温度计的数据对于确认这次高温事件十分重要, 由于它是读自另 1 台温度计的测值, 故至少可以证明观测者正式使用的 Reaumur 温度计的读数的真实性—— $T_1 = 35\frac{1}{2}^\circ R$ 的高值不会是误读。显然, 这项 Lubin 式温度计的读数也是合理的, 因为 103 刻度是温度计液柱达到的最高位置, 它指示的是当日的最高气温(44.57); 而 Reaumur 温度计的观测时间则是 15:30, 晚于通常日最高气温的出现时间, 其测值 $T_1=44.4$ 自然会略低些, $T_1 < T_2$ 是合理的。普通气象学和中国气候资料分析均指出: 通常, 一天之中日最高气温多出现在 14:00~15:00^[10], 由北京气象台 27 年观测资料绘制的 7 月温度日变化曲线^[11]可见, 日最高气温的峰值出现在 15:00, 其后则气温开始下降, 15:30 的气温处于略低于日最高值的地位。

() 天气现象和天气过程。有关 1743 年 7 月华北地区(尤其北京)的天气实况和天气过程, 多种文献档案的记述一致, 可以相互印证。(1) 由清政府的北京钦天监观测记录“晴雨录”^[1]可见: 从 7 月 7 日到 18 日连续 12 个晴天(仅 12 日傍晚 19:00 片刻微雨), 或

1) 现存北京国家第一历史档案馆

从13日直到18日连续6个晴天,这足以造成酷热天气,而在法国教士的通信中则记述为“7月13日以来酷热难熬”(见文献[3]239#通信);(2)“晴雨录”显示:北京7月20~25日连续6日晴天,26日晨09:00降小雨;与之相佐证的是A. Gaubil教士的观测簿记录有:“7月20~25日连日高温”,和“25日夜出现东北风、然后降雨”。这两份由不同的观测者留下的天气记录一致,显示了北京持续多日的晴热天气,和7月25日夜至26日晨冷锋过境、降温-降雨的天气过程;(3)华北地区多个地点的地方志记载的高温时段大体与北京的记载一致,为7月13~26日,如容城、遵化、元氏、平乡、南和等地,也有稍迟几天的,如高邑等^[3],这显示出在暖高压系统稳定控制下晴热天气持续出现的典型特征。有意思的是在酷热消解的日期7月26日各地的记录显示了一次冷锋天气过程。该日的风向转变时间自北而南的推迟,降雨也自北而南递次发生:09:00北京降小雨,至13:00河北南部的元氏县、等地相继降小雨等等,正好反映典型的冷锋活动。

综合以上各类天气记录表明,这次高温事件是由暖高压系统自7月初以来直至7月26日,长久稳定地控制华北地区所致,于7月26日由一次冷空气活动而告结束。

2.2 1743年华北炎夏与其他高温事件的对比

()与近1千年历史记录的对比。历史上炎夏事件的酷热程度不可能用温度值来衡量,只能依据对炎热现象和暑热伤害情形来作推断和比较。本文讨论的炎夏事件指发生在较大地域(本文指2~3个省份以上)的异常炎热,相当于热浪(heat wave)的事件。

据《中国三千年气象记录总集》^[2]普查中国历史文献中的炎夏气候事件,将凡有3处以上地方出现夏季异常高温酷热记载的即作为1次炎夏事件,共查得最近1 ka间我国典型炎夏事件19例。1400年以前的个例如1215年,其影响地域达河南、安徽、江苏、

湖南等省份。1400年以后,酷热记载数量最多的首推1743年,其影响地域跨北京、天津、河北、山东、山西等5省市。与其他大范围的炎夏事件如1671,1678和1870年等相比较,尽管后者的高温地域也达3~4个省份,但1743年所记述的酷热景况、炎热程度和危害之深重,却为其他事件所不及。如表1所示之1743年多处地点记载的“桅顶流金”(指锡合金饰物融化)、“日中铅锡销化”等现象,乃为其他高温事例的记述所未见,数省地方出现“道路行人多有毙者”等情景也属罕见。对比15~19世纪各例炎夏事件的实况记述,以酷热程度、暑热伤害景况和高温范围、持续时间等来判断其严重程度,可见皆未有超过1743年的。由此初步认为,1743年华北的炎夏是15~19世纪最严重的高温事件。

()与20世纪气象记录的对比。分析20世纪气象资料¹⁾知,华北地区夏季第1位高温极值出现在1942年。北京的气象记录显示,1942年出现了6月中旬和7月上旬2个高温时段,各段内日最高气温超过40的日数各有3天。6月15日的日最高气温达42.6,此即北京日最高气温的20世纪第1高值。

排列第2位的高温记录出现在1999年。当年7月下旬(23~30日)华北广大地区日最高气温一般有35~39。河北中部、内蒙古中西部等地达40~42,北京7月24日最高气温为42.2²⁾。

表3列举北京1743年气温记录与现代3例高温时段的气温特征值的对比,这3个时段分别是1743年6月中旬、1942年7月上旬和1999年7月下旬。其中1743年采用15:30的测值代替,因为当年尚没有最高气温的观测项目。不过15:30的测值显然会略低于当日的实际最高气温,因为通常日最高温度出现在15:00左右,之后气温即逐渐下降,而且7月20~25日皆为晴天,故不会出现因为云量的影响而使得日最高气温推迟出现的情形。如此看来,表3所显示的1743年15:30的气温值44.4既然已经高于

表3 北京1743年观测记录与现代炎夏高温时段气候统计值的对比

	1743年7月下旬	1942年6月中旬	1942年7月上旬	1999年7月下旬
日最高气温极值/	> 44.4 ^{a)}	42.6	40.5	42.2
>40 的总日数/d	6	3	3	1
连续>38 日数/d	6	3	3	2

a) 用15:30的测值代替

1) 中央气象局联合资料室。中国气温资料,1954年

2) 国家气候中心。全国气候影响评价报告,1999年

1942 年和 1999 年的日最高气温值, 这就更有理由认为, 1743 年的气温最高值超过 20 世纪的最高记录.

从表 3 可见, 无论从日最高气温的极端值, 或是 >40 的高温日数和连续 >38 的日数来看, 1743 年盛夏的最高温度高于 20 世纪的极端记录. 尽管 1743 年观测值的可能误差和订正现在已无从讨论, 但上述分析仍能表明这项 1743 年的气温观测值与现代个例的日最高气温值的对比是有意义的, 何况, 这种比较仅仅在于说明 1743 年的最高气温值超过 20 世纪的极端高温记录而已.

综上所述, 鉴于 15~19 世纪的历史记载中尚未见有超过 1743 年的炎夏事件, 故可以认为 1743 年华北的夏季温度是最近 0.7 ka 来的最高记录.

2.3 天气气候特征

由历史气候记录复原推断当年的天气气候特征, 再与现代个例进行对比, 将有助于增进对炎夏成因的认识.

() 旱涝分布格局. 由历史气候记载复原的历史旱涝分布图显示, 1743 年夏季华北地区大范围干旱, 这干旱已持续两年, 1741~1743 年各年旱涝分布图^[12]皆呈现华北干旱、长江流域或江淮地区多雨的分布格局, 1743 年夏季为典型的南涝北旱的分布型.

值得注意的是, 20 世纪夏季华北温度最高的 1942 和 1999 年均呈现同样特点: 1942 年夏季华北及黄淮地区干旱、长江中下游多雨, 呈北旱南涝格局^[12]; 1999 年夏季中国降水量偏少, 且北方少雨南方多雨分布极不均匀, 也呈现典型的北旱南涝格局^[13], 北方不少地方降水量是最近 50 年以来同期的最小值或次小值¹⁾.

() 梅雨. 长江流域的梅雨是中国的重要气候现象, 梅雨活动的特征由大气环流条件决定, 故由梅雨情况可以推知有关大气环流的信息, 从而增进对华北夏季高温事件成因的认识, 尽管这并不意味着梅雨与华北高温有什么简单的对应关联.

由 18 世纪长江下游梅雨气候序列的复原研究^[9]知, 1743 年的梅雨期的雨量尚属正常, 只是入梅日期(6 月 22 日)偏晚, 出梅日期(7 月 11 日)略偏晚而已, 而其前一年 1742 年则是典型的多梅年, 入梅早(4 月 28 日)、梅雨期长达 40 天. 值得注意的是, 1743 年的

这些梅雨活动特点竟然与现代 2 例华北炎夏事件极为相似. 表 4 显示了 1743 年炎夏与 1942 和 1999 年²⁾炎夏年的梅雨特征对比. 从中可见, 这 3 个华北夏季异常高温年份的梅雨期皆一致呈现入梅日期正常或偏晚、出梅日期正常或偏晚、梅雨量正常至偏多的特点; 而这 3 例炎夏年份的前 1 年又一致地呈现入梅日期正常或偏早、出梅日期正常或偏晚、梅雨量异常多的特征.

表 4 华北炎夏年份(1743, 1942 和 1999 年)
当年和前 1 年的梅雨特征对比

	年	入梅日期	出梅日期	梅雨量
当 年	1743	6 月 22 日, 偏晚	7 月 11 日, 略偏晚	正常
	1942	6 月 16 日, 正常	7 月 9 日, 正常	多
	1999	6 月 23 日, 偏晚	7 月 1 日, 正常	多
前 1 年	1742	4 月 28 日, 早	7 月 10 日, 正常	多
	1941	6 月 22 日, 偏晚	7 月 25 日, 偏晚	多
	1998	6 月 24 日, 偏晚	8 月 1 日, 偏晚	多

2.4 气候背景及与外界因子的关联

18 世纪是中国小冰期气候期(LIA)中介于 1620~1690 和 1810~1890 两个寒冷时段之间的一个相对温暖的时段, 1743 年正好位于这回暖时段中气温持续上升的过程中^[14], 北半球温度变化趋势同样显示了这时段所处的增暖背景^[15](图略).

太阳活动通常是讨论气候异常成因时须考虑的重要因子. 从太阳活动峰年资料^[16]来看, 1743 年正好位于 1734~1745 年太阳活动周的 m-2 年的位相上, 按照现代关于太阳活动周与盛行大气环流型的对应统计关系, 在这个位相上对应于纬向环流的增强. 1942 和 1999 年分别处于太阳活动周第 17 周的 m-2 位相和第 22 周的 m-1 位相上. 这 3 例炎夏年份所处的太阳活动周的位相很相似.

赤道太平洋海面温度场是影响中国天气气候的重要因素, 据 Quinn 等人^[17]整理的 El Niño 年表资料^[17], 出现华北炎夏的 1743 年正好位于两次 El Niño 事件之间, 其前的 1740 年有强度为 M 的 El Niño 事件发生, 其后的 1744 年又有强度为 M+1 的 El Niño 事件发生, 显然 1743 年正处于赤道太平洋海面温度相对较低的情形. 最引起我们注意的是现代出现华

1) 见第 2208 页脚注 1)

2) 国家气候中心气候预测室提供

北高温事件的1942和1999年竟然也呈现类似的对应关联:(1)在1942年炎夏之前,1940~1941年出现强(S级)El Niño事件,随后的1943年又出现强度为M的El Niño事件;(2)1999年的华北炎夏事件前期1997~1998年出现过极强(VS级)的El Niño事件,而1999年当年赤道东太平洋海面温度急剧降低,出现极强的La Niña事件直到2000年4月方告结束^[18]。换言之,这炎夏的1942年和1999年也都处于赤道太平洋海面温度很低的情形。

3 结语

() 1743年夏季华北炎夏事件发生在工业革命之前、北半球气候相对温暖的背景下,反映气候的自然变化的一种情景,它是在人类活动规模和CO₂排放水平较低时出现的极端高温实例。

() 对比15~19世纪我国各例炎夏事件的实况记述,以酷热程度、暑热伤害景况和高温范围、持续时间等来判断其严重程度,皆未有超过1743年的。由此初步认为,1743年华北的炎夏是近700年来最严重的高温事件。

据北京早期器测温度记录,1743年北京日最高气温出现在7月25日,达44.4℃,超过20世纪的两次夏季高温事件(1942年、1999年)的气温极值。

() 1743年的天气气候特征与北京20世纪出现夏季温度第1高值的1942年和第2高值的1999年很相似,它们的共同特征是:(1)华北地区连年持续干旱,中国东部的降水分布呈北旱南涝的分布格局;(2)长江流域梅雨接近正常,出、入梅日期正常或略偏晚,但其前一年(1742,1941和1998年)却均为典型的多梅雨年份,梅雨期长、梅雨量异常地多。

() 1743年华北炎夏事件发生于太阳活动周的极小年的前2年,即m-2年的位相上,又处于两次El Niño事件之间,对应于赤道太平洋海表温度相对较冷的情形。这种与太阳活动周位相、海表温度场的对应关系,和处于气候变暖背景下的20世纪的1942和1999年的两次炎夏事件极为类似。

致谢 本文承陆龙骅研究员提出若干中肯意见,梁有叶、李靖帮助绘图,谨致谢意。本工作是中国-比利时政府间科技合作计划No.98-A7项目研究结果之一,得到中国-比利时双边协议计划No. IN/CH/009和中国国家自然科学基金项目(批准号:49975022)资助。

参 考 文 献

- 1 IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Part of the Working Group I contribution to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge Univ Press, 2001. 25-46, 72
- 2 张德二主编. 中国三千年气象记录总集. 南京: 江苏教育出版社, 2004. 3672
- 3 Gaubil S J, Antoine le P. Correspondance de Pékin, 1722~1759. Publiée par Renée Simon, Préface par Paul Demiéville, de l'Institut. Appendice par le P. Joseph Dehergne S J. Genève: Librairie Droz, 1970, XVIII-1005 p
- 4 张德二. 中国历史文献档案中的古环境记录. 地球科学进展, 1998, 13(3): 273~277
- 5 张德二, 王宝贵. 18世纪长江下游梅雨活动的复原研究. 中国科学, B辑, 1990, (12): 1333~1339
- 6 Knowles Middleton W E. Invention of the Meteorological instruments. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1947. 227
- 7 Cotte le P. Extrait des Observations météorologiques faites à Pékin, par le P. Amiot Jésuite, pendant six années, depuis le 1^{er} Janvier 1757, jusqu'au 31 Décembre 1762. Paris: De l'Imprimerie royale, 1774. 609~611
- 8 Cotte P. Pékin, en Chine. Par le P. Amyot, Jésuite. Pendant six ans (1757~1762) rédigées par M. Messier. In: "Mémoires sur la Météorologie, Pour servir de Suite & de Supplément au Traité de Météorologie, publié en 1774. Par le P. Cotte. Tome Second". Paris: de l'Imprimerie Royale, 1788. 494~498
- 9 Kirwan R. Estimation de la température de différens degrés de latitude, Par Richard Kirwan, et al., Ouvrage traduit de l'Anglois, Par M. Adet, fils, ..., A Paris: Chez Cuchet, Libraire, 1789, xvj + 183
- 10 盛承禹. 中国气候总论. 北京: 科学出版社, 1986. 236
- 11 北京市气象局气候资料室. 北京气候志. 北京: 北京出版社, 1987. 17
- 12 中国气象科学研究院. 中国近500年旱涝分布图集. 北京: 地图出版社, 1982. 332
- 13 张德二, 李小泉, 梁有叶. 中国近五百年旱涝分布图集的再续补(1993~2000年). 应用气象学报, 2003, 14(3): 379~388
- 14 张德二. 中国的小冰期气候与全球变化. 第四纪研究, 1991, (2): 104~112
- 15 Mann M E, Bradley R S, Hughes M K. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and Limitations. Geophysical Research Letters, 1999, 26(6): 759~762[DOI]
- 16 Schove D J. The sunspot cycle 649 B.C. to A.D.2000. Journal of Geophysical Research, 1955, 60(2): 127~146
- 17 Quinn W H, Neal V T. The historical record of El Niño Events. In: Bradley R S, Jones P D. "Climate since A.D.1500". New York: Routledge, 1992. 623~648
- 18 NOAA/NCEP. Climate Diagnostics Bulletin. 2002, (12): 3~48

(2004-06-19 收稿, 2004-08-05 收修改稿)