科学通报 2008 年 第 53 卷 第 7 期：829 ~ 832
论 文
《中国科学》杂志社
SCIENCE IN CHINA PRESS

北京市夏季降水的日变化特征

李建①，宇如聪①*，王建捷②

① 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室，北京 100081;
② 北京市气象局，北京 100089
* 联系人, E-mail: yrc@cma.gov.cn

2007-10-04 收稿, 2008-01-11 接受
国家自然科学基金(批准号: 40625014)资助项目

摘要 利用北京市 1961~2004 年逐时自记降水资料，分析了北京市夏季降水日变化的基本气候特征及其长期演变趋势. 分析结果指出，北京市夏季降水日变化在降水量和降水频次上表现出较为一致的变化特征，均以午后至次日清晨为高值区，而在中午前后达到最低值；高值区可以进一步划分为 2 个峰值区间，一个峰值位于午后至傍晚，另一个峰值发生在清晨. 结合每次降水的持续时间对日变化的气候特征进行分析，可以对降水量的 2 个峰值进行区分. 下午至前半夜的降水主要表现为持续时间少于 6 h 的降水事件，而后半夜至清晨的降水峰值则主要由持续时间大于 6 h 的降水事件累积而成. 在近 40 多年间，北京市夏季降水发生了结构性调整，短持续性降水的降水总量逐步增多，而长持续性降水事件的降水总量却大幅减少.

关键词
北京市
日变化
夏季降水
降水持续性
长期变化趋势

作为当前气候研究领域的一个热点议题，对降水日变化特征的深入认识在理解降水形成机理、评估区域气候特征以及改进气候模式模拟性能等方面都有重要作用. 就全球或局地的降水日变化特征，国内外学者已经进行了大量的研究工作[1~6]. 利用 1991~2004 年中国台站自动观测降水资料, Yu 等人[7]首次对中国大陆区域的夏季降水日变化特征进行了系统分析，指出中国夏季降水的日变化具有明显的区域性: 华南和东北地区的降水日峰值出现在下午，青藏高原及其东部地区在午夜达到降水极值，长江中游地区的最大降水量出现在清晨，而江淮、黄淮地区则呈现出清晨、午后双峰并存的特征. Yu 等人[8]进一步地深入分析揭示了华东地区降水持续性与降水日变化特征之间的关系，发现降水的持续性是分离该地区两类日变化位相的关键因子. 研究结果显示，长持续性降水的峰值大多位于夜间和清晨，而短持续性降水的极大值则多出现在下午或傍晚.

前人的工作已经对中国降水日变化特征进行了较深入的分析和研究，但是由于可用资料的时段较短，考察的只是近十几年来的气候状况. 本文中采用了北京地区近四十多年的逐时降水资料，可以对该地区降水日变化的长期气候特征及演变趋势进行更细致的分析，从而为深入地了解北京地区的局地气候特征提供信息及依据.

1 资料说明及分析方法

本文中所用数据由北京市气象局提供，是北京南郊观象台(54511 站)降水自记纸记录经过数字信息化处理后得到的逐小时降水量数据. 在降水自记纸的数字信息化过程中，已对降水自记迹线和时间、自记纸的扫描、数据的提取等进行了人工检测，即严格质量控制. 该数据集覆盖时段为 1961~2004 年，本文的分析选取了 1961~2004 年夏季 6~8 月，所用时间为北京时间.

分析过程中，小时降水量大于 0.1 mm 的时次被判定为有降水发生，着重考察一日内不同时次的累积降水量和降水次数. 为了更加客观地考察降水的持续性，只有当某一降水时次之后连续 2 h 次没有降

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水时，才判定一次降水过程的结束．将一次降水事件开始至结束间的小时数定义为其持续时间，根据降水的持续时间进行分类，以 1 h 为间隔，对持续 1~24 h 的降水事件分别进行统计．

2 降水日变化的基本特征

图 1 中给出了逐年演变的降水量日变化特征及多年累积的降水量日变化曲线．从图中可知，各时次的降水量存在显著的年际变化，不同年份之间差异很大．但总体来看，8 点至 14 点为降水量的低值时段，仅占 24 h 降水总量的 21.8%，一天中降水量最少的时次是中午 12 点．15 点至早 7 点为降水量的高值时段，在此期间存在 3 个相对的峰值，分别是 17 点，22 点和凌晨 5 点．若以处于相对低值点的 24 点为界，则高值时段可以进一步划分为 2 个区间，下午至前半夜的第一区间和后半夜至清晨的第二区间．从多年累积逐小时降水量来看，22 时和 5 时的累积降水量是 12 时累积降水量的 2 倍以上．

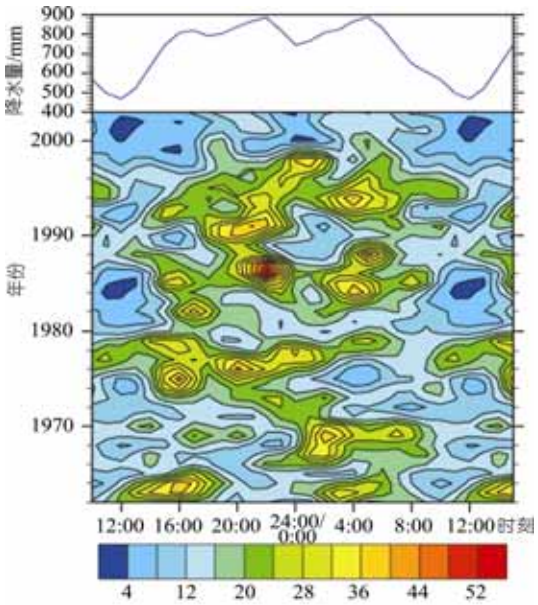

图 1 填色图为逐年夏季累积降水量逐时分布图

上方曲线为多年累积降水量的逐时演变(单位: mm)

图 2 中给出了逐年演变的降水频次日变化特征及多年累积的降水频次日变化曲线．从图中可知，降水频次呈现出与降水量较为一致的变化特征．在 1961~2004 年间，大部分年份的降水频次日变化都表现为双峰型，但不同年份的峰值位置存在明显差异．从多年累积的频次分布来看，18 点至上午 10 点为降水易发时段，17 个时次内的降水次数均超过 300 次，其中早上 7 点的降 水次数最多，达到 355 次．11 点至 17 点为降水发生频次的低值时段，最小值在 14 点，44 a 来累积频次为 251 次．

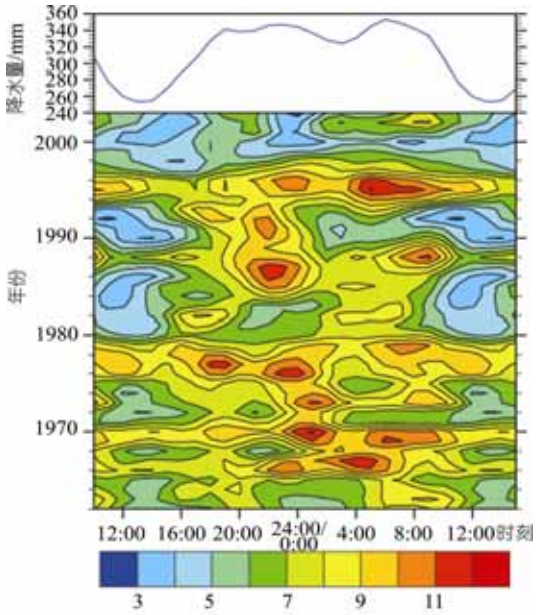

图 2 填色图为逐年夏季累积降水频次逐时分布图

上方曲线为多年累积降水频次的逐时演变(单位: mm)

3 不同持续性降水的日变化特征

降水的日循环特征与降水的持续性之间存在紧密关联．Yu 等人[8]指出，在中国中东部地区，持续时间超过 6 h 的长持续性降水的最大降水量通常出现在清晨，而持续时间在 1~3 h 之间的短持续性降水易于在下午和傍晚达到降水量峰值．本文以降水事件持续的小时数为标准，对所有降水事件进行了分类，并给出如图 3 所示的不同持续时间的降水在不同时刻的降水量分布图．图 3 中一个最鲜明的特征是降水极大值出现时间与降水持续时间之间的近似线性关系，表现为自午后开始，降水量峰值随降水持续时间的延长而滞后．持续时间为 2 h 的降水的最大降水量出现在 19 点，持续时间为 4 h 的降水的最大降水量出现在 22 点，持续 7 个小时的降水极值出现在凌晨 2 点，持续 8 h 降水的极值出现在 5 点．总体来看，持续时间少于 6 h 的降水事件的降水量峰值多集中在下午至前半夜，对应着图 1 中第一个峰值区间；持续时间大于 6 h 的降水事件的降水量峰值则多出现在后半夜至

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

清晨，对应着图 1 中的第二个峰值区间．由此可知图 1 中降水量日变化曲线中的两段峰值分别由两类不同性质的降水构成，这两类降水可以通过降水过程的持续性进行大致区分．图 3 右侧的曲线图给出了不同持续性降水的累积降水量，可知在北京夏季对降水量贡献最大的降水类型是持续 2~4 h 的降水．短持续性降水的降水量明显大于长持续性降水，持续时间小于 6 h 的降水占据了总降水量的 45.4%，少于 12 h 的降水占总降水量的 76.4%．

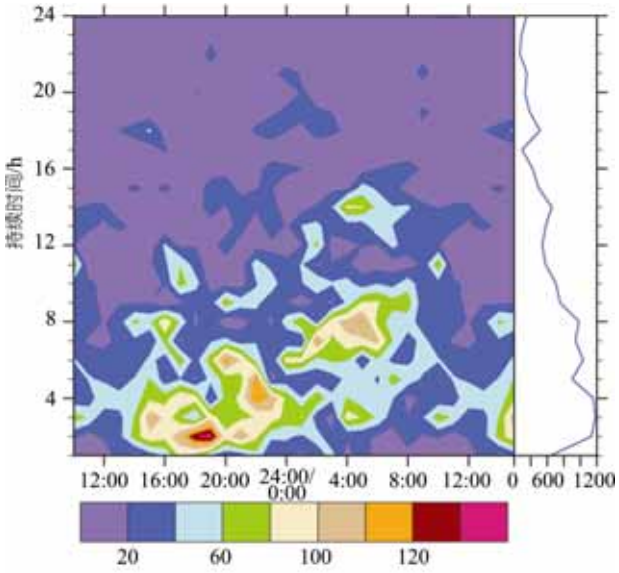

图 3　填色图为不同持续性降水多年累积的降水量

左侧横轴代表不同时刻．右侧曲线为不同持续性降水的累积降水量(单位: mm)

图 4 给出了 1962~2003 年不同持续性降水事件的降水量演变．在 20 世纪 70 年代中期以前，持续时间小于 6 h 的短时降水相对较少，但之后便进入了短时降水的活跃期，短时降水事件的降水量大幅增加，特别在 20 世纪 90 年代初期达到了峰值．在 20 世纪的后 40 年间，短时降水的逐年夏季累积降水量增加了 81.26 mm，其线性递增趋势通过了 10%的显著性检验．图 4 中仅给出了持续时间少于 24 h 降水的演变状况．在短持续性降水逐步加强的同时，大于 6 h 的长持续性降水的降水量则显著减少．在 1962~2003 年的 42 a 间，持续时间大于 6 h 的降水事件的累积降水量减少了 143.37 mm，其线性递减趋势通过了 5%的显著性检验；其中，持续 24 h 以上的降水事件的累积降水量减少了 70.96 mm，线性递减趋势通过了 10%的显著性检验．图 4 中黑色粗实线为若干强降水量极值点的连线，从其变化趋势可以清楚地看到降水量在不同持续性降水事件中分配特征的演变，即由长历时向短历时的变化．在 20 世纪 60 年代，降水量主要分布在持续时间大于 6 h 的降水事件中；而在 20 世纪 90 年代，最大降水量均集中在持续 6 h 以下的短时降水事件中．考察不同持续性降水在全年总降水量中所占比例，可发现自 1962~2003 年，少于 6 h 的短时降水的降水量所占比例增加了 20.8%，且该线性趋势通过了 1%的显著性检验．这说明在全球气候变化的大背景下，短持续性降水对北京水资源的供应起着越来越重要的作用，而长持续性降水的贡献却在逐步减小．

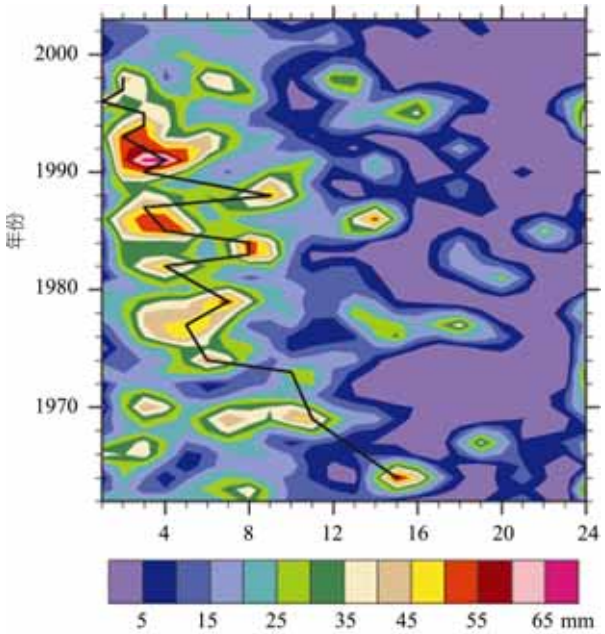

图 4　不同持续性降水逐年累积降水量

横轴代表不同的持续时间(单位: h)．黑色实线为图中历年强降水量中心的连线

4　结论和讨论

利用近四十多年来的长期逐时降水资料，本文分析了北京夏季降水的日变化特征．从基本特征来看，降水量和降水频次均以午后至次日清晨为高值区，且高值区又可大致分为 2 个峰值区间；降水量和降水频次的最低值出现在中午前后．把降水事件按持续时间进行分类后，发现持续时间少于 6 h 的降水事件的降水量峰值多集中在下午至前半夜，而持续时间大于 6 h 的降水事件的降水量峰值则多出现在后半夜至清晨．在近四十年来，短持续性降水逐步增多，

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

而长持续性降水却呈减少趋势.

发生在下午和傍晚前后的短时降水事件与太阳辐射加热密切相关. 由于太阳辐射加热的日变化, 低层大气在下午和傍晚易于达到不稳定状态, 并激发出局地湿对流活动, 形成短时降水[8]. 而北京地区夜间到清晨时段发生的长持续性降水事件的物理机制, 尚有待于在下一步的工作中, 结合其他物理量的逐时变化, 利用区域气候模式这一有力工具, 进行深入的分析研究.

近四十年来北京地区短持续性降水增多、长持续性降水减少的变化趋势, 有其独特的气候背景. Yu 等人[9,10]的研究结果显示, 近几十年来中国北部地区夏季对流层上层冷却, 东亚夏季风减弱. 在对流层上层大气发生冷变化的同时, 中国华北地区的低层大气在全球变暖的气候背景之下显著升温, 从而使得该地区静力稳定度降低, 更易于在午后和傍晚前后激发出对流活动, 导致短时降水增加. 东亚夏季风的减弱使到达中国华北地区的水汽减少, 发生持续性降水所需的水汽条件不易达到, 故持续性降水的降水量显著减少.

致谢 感谢北京市气象局为本文提供了数据.

参考文献

1 Wallace J. Diurnal variations in precipitation and thunderstorm frequency over the conterminous United States. Mon Weather Rev, 1975, 103(5): 406—419

2 Dai A G, Giorgi F, Trenberth K. Observed and model-simulated diurnal cycles of precipitation over the contiguous United States. J Geophys Res, 1999, 104(D6): 6377—6402

3 Yang G Y, Slingo J. The diurnal cycle in the tropics. Mon Weather Rev, 2001, 129(4): 784—801

4 Dai A G. Global Precipitation and thunderstorm frequencies. Part II : Diurnal variations. J Clim, 2001, 14(6): 1112—1128

5 Liang X Z, Li L, Dai A G, et al. Regional climate model simulation of summer precipitation diurnal cycle over the United States. Geophys Res Lett, 2004, 31: L24208, doi: 10.1029/2004GL021054

6 Wang Y Q, Zhou L, Hamilton K. Effect of convective entrainment/detrainment on the simulation of the tropical precipitation diurnal cycle. Mon Weather Rev, 2007, 135(2): 567—585

7 Yu R C, Zhou T J, Xiong A Y, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China. Geophys Res Lett, 2007, 34: L01704, doi:10.1029/2006GL028129

8 Yu R C, Xu Y P, Zhou T J, et al. Relation between rainfall duration and diurnal variation in the warm season precipitation over central eastern China. Geophys Res Lett, 2007, 34: L13703, doi:10.1029/2007GL030315

9 Yu R C, Wang B, Zhou T J. Tropospheric cooling and summer monsoon weakening trend over East Asia. Geophys Res Lett, 2004, 31: L22212, doi: 10.1029/2004GL021270

10 Yu R C, Zhou T J. Seasonality and three-dimensional structure of interdecadal change in the East Asian monsoon. J Clim, 2007, 20: 5344—5355

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net