

常州地区 1978 年- 2012 年降水量时空分布特征

潘 杰

(江苏省水文水资源勘测局 常州分局, 江苏 常州 213000)

摘要: 利用 1978 年- 2012 年 26 个雨量站资料, 基于线性回归、小波分析、滑动平均曲线等方法分析了常州地区降水量时空分布特征, 结果表明: 35 年来常州地区降水量总体呈增加趋势, 降水变化存在 5 a、10 a 两个主周期; 降水量空间分布不均, 总体呈西南向东北递减的趋势, 全区多年降水存在两个上升中心; 城区降水多于郊区, 20 世纪 80- 90 年代前期尤为明显。

关键词: 常州地区; 降水量; 时空分布

中图分类号: P426 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)02-0245-04

Spatial and temporal characteristics of precipitation in Changzhou Area from 1978 to 2012

PAN Jie

(Changzhou Hydrology and Water Resources Exploratory Survey Office, Changzhou 213000, China)

Abstract: Based on the precipitation data at 26 stations from 1978 to 2012 in Changzhou Area, the spatial and temporal characteristics of precipitation were analyzed using the liner regression, wavelet analysis, and moving average curve methods. The results showed that annual precipitation has an increasing trend, and there are two main periods of precipitation variation: 5 years and 10 years. Precipitation has significantly spatial variations with higher values in southwest and lower values in northeast, and there are two precipitation rising centers based on average annual precipitation data. Precipitation is higher in the urban and lower in the suburbs, especially from 1980s to early 1990s.

Key words: Changzhou Area; precipitation; spatial and temporal distribution

常州地区地处太湖流域上游湖西区, 北枕长江, 南临太湖, 是典型的平原水网区, 下辖武进、新北、钟楼、天宁、戚墅堰五区及溧阳、金坛两市。随着城市化的不断推进, 人口的迅速增长以及经济社会的快速发展, 本地水资源已经不能满足用水的需求, 水资源供需矛盾逐渐凸显。降水是地表水和地下水资源量的重要补给来源, 是水资源中重要的一环^[1], 降水量的变化会导致径流量和可利用量的变化^[2]。因此, 了解降水量的变化趋势及时空分布情况, 将有助于分析气候变化对本地水资源的影响, 也可以为区域水资源规划乃至水资源管理提供科学依据。为此, 本文基于常州地区 26 个雨量站 1978 年- 2012 年降水量资料, 利用线性回归、小波分析、滑动曲线等方法对降水变化趋势及时空分布特征进行了分析。

1 资料来源及分析方法

1.1 资料来源

资料来源于常州地区 26 个雨量站 1978 年- 2012 年逐月降水量资料(图 1)。其中, 薛埠、东岳庙、大溪水库、宋塘、

前宋水库、沙河水库、平桥、中田舍、麻园等站为丘陵山区雨量站, 其余为平原区雨量站; 溧阳、金坛、常州站分别为溧阳市、金坛市、常州市城区代表站, 南渡、王母观、坊前为其郊区代表站。汛期划分: 1 月- 4 月、10 月- 12 月为非汛期, 5 月- 9 月为汛期。

1.2 研究方法

(1) 变异系数 C_v 。变异系数可以衡量多年降水数据的相对波动程度^[3]。其计算公式为

$$C_v = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}}{\bar{p}} \quad (1)$$

式中: p_i 为某年降水量; \bar{p} 为降水量平均值; n 降水量个数。

(2) 线性回归^[4]。以降水量的时间序列, 建立一元线性回归方程如下:

$$y = a + bt \quad (2)$$

式中: y 为降水量; t 为时间; b 为趋势变化率。当 $b > 0$ 时, 表示降水量在计算时段内呈上升趋势, 当 $b < 0$ 时, 表示降水量

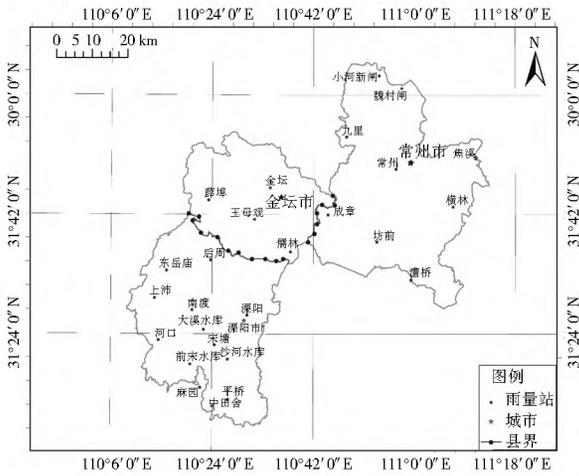


图 1 常州地区雨量站位置

Fig. 1 Location of precipitation stations in Changzhou Area

在计算时段内呈下降趋势。

(3) 小波分析。小波分析具有良好的时、频多分辨率功能,被广泛应用于水文时间序列的尺度分析、水文预测预报及水文随机模拟^[5]。本文基于 DPS 数据处理软件,利用 Morlet 小波函数对降水量时间序列的主周期进行识别。

(4) 移动平均曲线^[6]。移动平均一般被用于长系列资料趋势的预测。计算公式为

$$F(t+1) = (x(t) + x(t-1) + \dots + x(t-n+1)) / n \quad (3)$$

式中: $F(t+1)$ 为 $t+1$ 阶段的预测值; $x(t)$ 为现值; n 为移动平均周期值。

2 降水量时间分布特征

2.1 年际变化特征

根据常州地区 26 个雨量站 1978 年-2012 年降水量数据,该地区多年平均降水量 1 120.6 mm, 变异系数为 0.18。九里站出现年最大降水量 1 986.7 mm(1991 年),坊前站出现年最小降水量 459.7 mm(1987 年)。从图 2 中可以看出,1978 年-2012 年间降水量整体呈缓慢增加趋势,变化率为 3.40 mm/a,其主要受 1987 年-1991 年降水量增加所致。降水量年际变幅较大,1978 年出现最大负距平,1991 年出现最大正距平,两者降水量差值高达 740 mm。从 5 年滑动平均降水量来说,1987 年-1991 年 5 年的平均降水量最大(1 299.0 mm),1978 年-1982 年 5 年的平均降水量最小(965.7 mm),两者相差 333.3 mm。

从小波时频分析(图 3)来看,1980 年以来,降水序列存在 10 a、5 a 左右的周期尺度,5 a 左右的周期尺度在 1990 年以后较为显著,降水呈现“偏多-偏少-偏多-偏少”4 个阶段,2012 年刚好处于降水偏少向偏多的转折点上,预计未来 5 年常州地区可能进入降水偏多的阶段,这将会加大城市防洪压力。人类活动剧烈扰动地表和全球变暖可能加剧了降水周期的频繁变化,使得 1990 年后 10 a 左右的周期尺度不明显,但更为确切的证据需依靠对未来降水量数据的分析。

根据《水文情报预报规范》^[7],距平百分率 $R \geq 20\%$ 为涝,10%~20% 为偏涝,-10%~10% 为正常,-20%~-10% 为偏旱, $\leq -20\%$ 为旱。对常州地区 1978 年-2012 年降水量距平百分率 R 进行计算,结果显示,常州地区 35 a

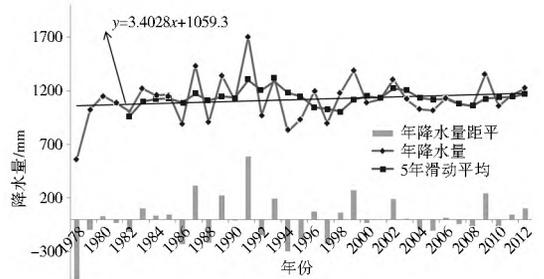


图 2 1978 年-2012 年常州地区降水量逐年距平及 5 a 年滑动平均变化

Fig. 2 Variations of annual precipitation anomaly percentage and 5 year running average annual precipitation from 1978 to 2012 in Changzhou Area

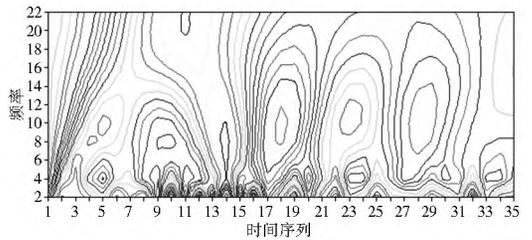


图 3 常州地区降水量小波分析

Fig. 3 Wavelet analysis of precipitation in Changzhou Area

来共有涝年 4 a, 偏涝年份 3 a, 正常年份 20 a, 偏旱年份 6 a, 旱年 2 a; 降水正常概率约 57.1%, 显示常州地区降水处于正常水平。

2.2 年内变化特征

1978 年-2012 年常州地区降水量年内分布极不均匀,降水多集中在 6 月-8 月,分别占总降水量的 16.6%、16.5% 和 11.9%; 12 月份降水占比最小,仅为 3.0%。从月年内降水趋势来看,1 月-5 月降水量缓慢增加,于 6 月-7 月达到峰值后,迅速直线下降,10 月后又缓慢减小。

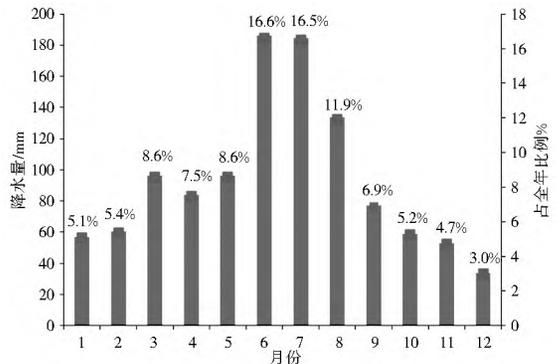


图 4 常州地区月平均降水量变化

Fig. 4 Variation of average monthly precipitation in Changzhou Area

3 降水量空间分布特征

3.1 降水空间分布主要特征

全区域降水量空间分布不均,总体呈西南丘陵山区向东北平原区递减(图 5(a)),1 200 mm 降水线在分布溧阳市南部,1 100 mm 降水线分布在溧阳市中部及金坛市东北部,1 100 mm 以下降水线分布在常州市大部,表明地形为影响常州降水空间分布的主要控制因素。

从降水量波动情况(图5(b))来看,常州市及金坛市降水量 C_v 值明显高于溧阳市,表明常州市和金坛市年际降水差异较溧阳市大。

从不同地区降水量趋势变化率(图5(a))来看,除溧阳前宋水库站、溧阳站外,其余均为正值,表明常州地区降水量总体呈上升趋势,这与刘翠善^[8]、任国玉^[9]研究成果基本相符,即南方地区降水量呈不显著增加趋势。从整个常州地区来看,降水量上升有两个中心,即金坛、常州交界处和常州东部,而金坛、常州交界处为趋势中心,变化率为10.64 mm/a,溧阳市降水量增加趋势则相对不明显。

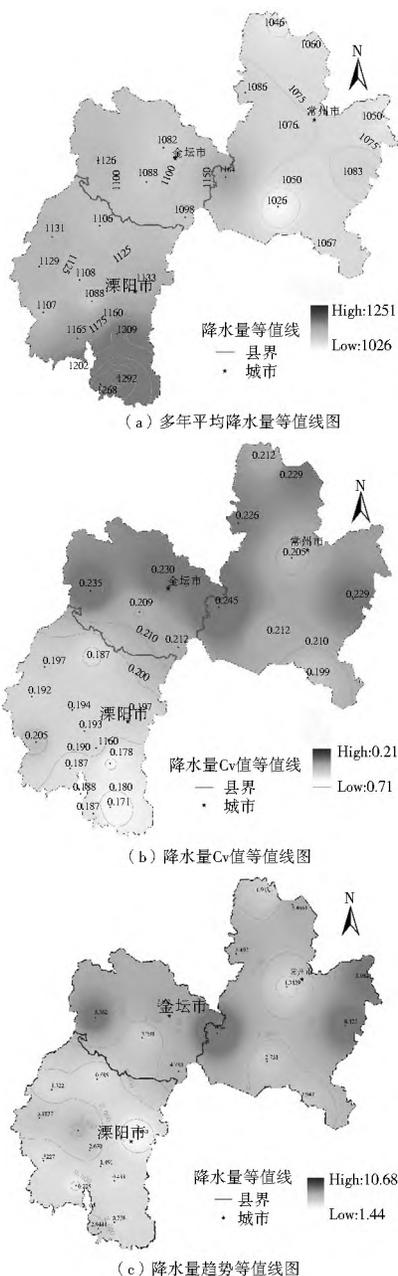


图5 常州地区降水量空间变化特征

Fig. 5 Spatial variation of precipitation in Changzhou Area

3.2 不同水文期的降水空间变化特征

图6给出了非汛期1月-4月、11月-12月及汛期5月-9月的降水量等值线图,可以看出:1月-4月降水分布不均,降水中心位于南部丘陵山区,降水量在320 mm以上;溧阳平桥站降水量最大为346.6 mm,常州焦溪站降水量最小为

254.5 mm,两者相差92.1 mm;5月-9月出现两个降水中心,分别位于溧阳南部丘陵山区和常州、金坛交界处,降水量在700 mm以上,溧阳平桥站降水量最大为763.2 mm,溧阳南渡站降水量最小为633.8 mm,两者相差129.4 mm;11月-12月出现两个降水中心,分布位置与5月-9月降水中心相同,溧阳平桥站降水量最大为172.5 mm,常州坊前站降水量最小为125.5 mm,两者相差53 mm。

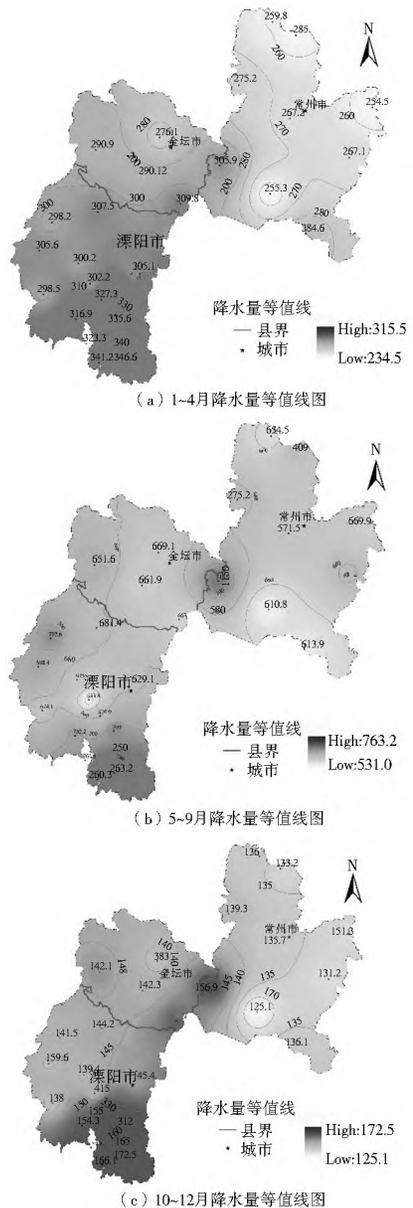


图6 常州地区不同水文期的降水量等值线

Fig. 6 Isogram of precipitation in different hydrologic periods in Changzhou Area

3.3 城区与郊区的降水变化特征

伴随城市的快速发展和城市化的不断推进,常州市建城区面积不断扩大,尤其是20世纪80年代以后,城市更呈高速度发展态势。1979以来,常州市城镇用地面积增加了459.71 km²,城镇面积增长率达14.38 km²/a^[10],城市化速度在太湖流域属于第二方阵,仅次于上海和苏州、无锡。而快速的城市化带来的城市热岛效应、下垫面阻碍效应以及空气污染的凝结核作用^[11]在一定程度上可能会影响降水的分布,进而造成城郊降水的差异。研究表明,上海、苏州、无

锡^[2-4]等地城市化造成城区降水增加多于郊区,而北京的城市化导致城区站夏季降水小于郊区^[15]。地形对降水分布会产生影响,为更好地分析城市化对降水产生的影响,本次城郊降水对比分析要先消除地形这一影响因素,选用的城区代表站(常州、金坛、溧阳)及郊区代表站(坊前、王母观、南渡)均处于平原区,雨量站绝对高程均在 90~100 m。

根据城郊降水量代表站 1980 年-2012 年数据计算,城区降水多于郊区降水,城区、郊区多年平均降水量为 1110.8 mm、1087.5 mm,年增长率为 2.5%,其中 1984 年-1986 年增长最为明显,增长幅度均在 11.0% 以上。另外,城郊降水差异率(表 1)与城市化建设的发展速度存在一定程度的相关性:在 20 世纪 80-90 年代前期处于城市化大发展的阶段,城郊降水差异率相对较大,达 4.9%;而进入 21 世纪以来,降水差异率明显减少,由 2.0% 下降至 -0.06%。究其原因:首先进入新世纪以来,常州城市化发展由区域集中模式向四周辐射发展,城镇化相对趋缓;其次,林地面积较 20 世纪 90 年代增加显著,年均增长率达 1.99%,有助于减缓城市化带来的热岛效应。

表 1 常州地区不同时期城区与郊区的降水量差异

Tab. 1 Difference between precipitation in the urban and in the suburbs in Changzhou Area

项目	不同时期			
	1980-1990	1991-2000	2001-2011	1980-2012
城区降水量/mm	1140.5	1130.7	1069.5	1110.8
郊区降水量/mm	1087.2	1108.6	1070.2	1087.5
差异率(%)	4.9	2.0	-0.06	2.15

4 结论

(1) 常州地区降水量以 3.40 mm/a 的速度增加,特别是 1987 年-1991 年降水偏多;降水存在 5 a、10 a 两个周期,未来 5 a 可能进入多雨期;降水量年内分配不均,主要集中在 6 月-8 月,占全年降水量的 45%。

(2) 降水量空间分布不均,总体呈由西南丘陵山区向东北部平原递减的趋势,地形为影响降水空间分布的主要控制因素;常州、金坛两市降水波动较溧阳明显,最大降水上升中心位于常金交界处,降水变化率达 10.64 mm/a;从汛期和非汛期来看,1 月-4 月降水中心位于溧阳西南部丘陵山区,而 5 月-9 月、11 月-12 月降水中心存在溧阳西南部丘陵山区、常州与金坛交界处两个降水中心。

(3) 城区降水多于郊区,20 世纪 80-90 年代前期尤为明显,城区降水比郊区多 4.9%;城郊降水差异率(表 1)与城市化建设的发展速度呈一定程度的相关性。但是,城市化进程对降水的影响机制较为复杂,对于城市化是否一定会造成局部地区降水增加仍存在争议,因此尚不能断定城市化进程是造成城郊降水差异的主要原因。

参考文献(References):

[1] 周长艳,李跃清,彭俊.高原东侧湟盆地降水与水资源特征及变化[J].大气科学,2006,30(6):1217-1226.(ZHOU Changyan, LI Yueqing, PENG Jun. The Characteristics and variation of precipitation and water resource of Sichuan and Chongqing basin on the eastern side of the plateau [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2006, 30(6): 1217-1226. (in Chinese))

[2] The Report of IPCC Climate Change 2007. The physical basic

climate[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, 18.

[3] 陈操操,谢高地,甄霖.泾河流域降雨量变化特征分析[J].资源科学,2007,29(2):174.(CHEN Cao cao, XIE Gao di, ZHEN Lin. Characters of precipitation variation in Jinghe watershed [J]. Resources Science, 2007, 29(2): 174. (in Chinese))

[4] 郭永丽,滕彦国,翟远征,等.近 52 年和林格尔气温和降水量时间变化特征[J].南水北调与水利科技,2013,11(1):55-56.(GUO Yong li, TENG Yan guo, ZHAI Yuan zheng, et al. Temporal changes of air temperature and precipitation of Heliinger in recent 52 years[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013, 11(1): 55-56. (in Chinese))

[5] 李荣芳,王鹏,吴敦银.鄱阳湖流域年降水时间序列的小波分析[J].水文,2012,32(1):29-31.(LI Rongfang, WANG Peng, WU Duan yin. Wavelet analysis of annual precipitation series in poyang lake basin[J]. Journal of CHINA Hydrology, 2012, 32(1): 29-31. (in Chinese))

[6] Yan zheng Zhai, Yong li Guo, Jun Zhou, et al. The Spatio-temporal variability of annual precipitation and its local impact factors during 1724-2010 in Beijing, China [J]. Hydrological Processes, 2014, 28(4): 2192-2201.

[7] SL 250 2000, 水文水情预报规范[S].(SL 250 2000, Standard for Hydrological Information and Hydrological Forecasting[S]. (in Chinese))

[8] 刘翠善,张建云,王国庆,等.近 50 年来我国降水的变化趋势分析[A].中国水利学会 2008 学术年会论文集(下册)[C].2008.(LIU Cui shan, ZHANG Jian yun, WANG Guo qin, et al. Analysis on the change trend of the precipitation in China in recent 50 years[A]. Proceedings of the 2008 Conference China Water Conservancy Society[C]. 2008. (in Chinese))

[9] 任国玉,吴虹,陈正洪.我国降水变化趋势的空间特征[J].应用气象学报,2000,11(3):322-330.(REN Guo yu, WU Hong, CHEN Zheng hong. Spatial patterns of change trend in rainfall of China[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2000, 11(3): 322-330. (in Chinese)).

[10] 纪迪,张慧,沈渭涛,等.太湖流域下垫面改变与气候变化的响应关系[J].自然资源学报,2013,28(1):51-58.(JI Di, ZHANG Hui, SHEN Wei tao, et al. Response relationship between underlying surface changing and climate change in the Taihu basin [J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(1): 51-58. (in Chinese))

[11] 周丽英,杨凯.上海降水百年变化趋势及其城郊的差异[J].地理学报,2001,56(4):467-475.(ZHOU Li ying, YANG Kai. Variation of precipitation in Shanghai during the last one hundred years and precipitation difference [J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(4): 467-475. (in Chinese))

[12] 朱炎,杨金彪,朱连芳,等.苏州市城市化进程与城市气候变化关系研究[J].气象科学,2012,32(3):317-323.(ZHU Yan, YANG Jin biao, ZHU Lian fang, et al. The investigation of the relationship between urbanization process and climate change in Suzhou [J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(3): 317-323. (in Chinese))

[13] 丁谨佳,许有鹏,潘光波.苏锡常地区城市发展对降水的影响[J].长江流域资源与环境,2010,19(8):873-877.(DING Jin jia, XU You peng, PAN Guang bo. Effect of urbanization on regional precipitation in Suzhou Wuxi Changzhou Area [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(8): 873-877. (in Chinese))

[14] 陈德超,张晓波,陆建伟,等.苏州 1956 年以来的降水变化及其空间差异研究[J].水文,2008,28(6):67-72.(CHEN De chao, ZHANG Xiao bo, LU Jian wei, et al. Study on distribution change of precipitation in Suzhou region since 1956 [J]. Journal of China Hydrology, 2008, 28(6): 67-72. (in Chinese))

[15] 张立杰,胡天洁,胡非,等.近 30 年北京夏季降水演变的城郊对比,2009,14(1):64-67.(ZHANG Li jie, HU Tian jie, HU Fei, et al. Comparison of summer precipitation evolution over the last 30 years between urban and rural region of Beijing [J]. Climatic and Environmental Research, 2009, 14(1): 64-67. (in Chinese))