

文章编号: 1000-2022(1999) 01-0032-07

中国和日本气候极端降水研究

山崎信雄¹, 何金海², 周 兵²

(1. 日本气象研究所, Ibaraki 305; 2. 南京气象学院大气科学系, 南京 210044)

摘要: 采用气候极端降水分析方法, 把降水时空分布特征结合起来进行研究, 揭示了近 40 年中国和日本不同量级降水特征及变化趋势。同时分析了阶段性气候极端降水在降水长期变化中的差异, 并分析比较了我国华北降水不同变化阶段日雨量的变化特征, 指出两者的主要差别在极端降水的量值上。

关键词: 气候极端降水; 变化趋势; 临界阈值

中图分类号: P426.614 **文献标识码:** A

中国和日本受亚洲夏季风及其降水的影响很大, 东亚夏季风的强弱直接制约着梅雨锋的活动和降水的差异。随着东亚大气环流和东亚季风研究的深入, 通过旱涝年季节转换的不同特征^[1]、对流活动年际变化^[2,3]、梅雨锋大尺度特征和季节转换过程^[4]等的分析, 对东亚季风区极端降水问题, 尤其是在中国旱涝规律和成因研究领域取得了重要成果^[5,6]。但还有一些问题尚需深入研究, 其中夏季风降水(6~8月)及变化趋势将是季风研究中有待解决的问题之一^[7]。

本文采用气候极端降水分析方法, 把降水时空分布特征结合起来进行研究, 揭示东亚季风区不同量级极端降水(降水量或降水天数)的变化趋势。同时比较了近百年来降水长期变化过程中不同阶段气候极端降水的差异。

1 资料说明及处理方法

本文所用资料包括 1961~1996 年日本 160 个雨量测站中的 135 个站逐日降水资料; 1951~1994 年中国 160 个雨量测站中的 77 个站逐日降水资料。上述所用资料中能保证每站缺测率低于 1%。日本区域测站密度较大, 这不但适应降水气候问题研究, 也可适应中尺度降水特征分析; 而相比之下, 在我国东部季风气候区测站稍显稀疏, 100°E 以西则更加稀少, 仅能反映降水天气气候特征, 其分析结果可能会有一定的局限性。同时还引用了 1898~1995 年日本 15 个测站逐年降水资料, 1841~1996 年北京单站逐年降水资料, 他们样本容量分别为 98 年和 156 年。另外为分析气候极端降水在长期变化中的差异, 还使用了北京 1875~1996 年逐日降水资料。

在中日气候极端降水研究中, 两国降水事件是相互独立的, 且每一雨量测站对结果的贡献具有相同的权重系数。一般地对不同研究对象可分别采用以下三种资料处理方法:

收稿日期: 1997-12-12; 改回日期: 1998-11-04

基金项目: 中国气象局季风研究基金资助项目(中日亚洲季风机制研究)

第一作者简介: N Yamazaki, 男, 1950 年生, 博士

(1) 对任一测站 $i(i = 1, M)$ 有 $N \times 365$ 个日雨量资料样本(M 表示总站数, N 表示总年数)。对中国和日本而言, N 分别为44和36, M 分别为77和135), 存在气候极值 R_{imax} , 在 $0 \sim R_{imax}$ 间可给出日降水频率 $f(x)$ 分布曲线, 在此曲线两侧总可根据要求确定与气候极端降水事件 5% 和 95% (或其他规定值) 临界阈值, 简记为 R_1 和 R_2 , 即满足 $R_1 = \int_0^{R_1} f(x) dx / \int_0^{R_0} f(x) dx = 0.05$ 和 $R_2 = \int_0^{R_2} f(x) dx / \int_0^{R_0} f(x) dx = 0.95$, $R_0 = R_{imax}$, $0 < R_1 < R_2 < R_0$ 。最终可根据每年超过确定临界阈值测站百分率分析气候极端降水事件变化趋势。

(2) 对任一测站, 均可得到年最大降水量、超过规定量值如 $25 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 或 $50 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 等的天数、无雨或小雨的天数、连续无雨或连续小雨天数等事件的定量值, 以年最大降水量为例, 由于存在年际变化, 每年的最小值 R_{imax} 可以不同, 在 $i = 1, N$ 范围内分析 R_{imax} 可以得到其最小值 R_{imin} 和最大值 R_{imax} , 再对 R_{imax} 进行递增排序, 新的序列具有正态分布特征。然后类似方法(1) 确定 R_1 和 R_2 , 分析年最大降水量年际变化趋势, 其他研究对象也可采用相同的方法进行处理。对于沙漠等地由于测站降水量偏小, 因此年 R_{imax} 主要集中在 R_{imin} 附近, 即对 R_1 有较大影响, 而对 R_2 没有贡献, 在湿润区则相反。分析中由于各测站给定降水分布存在差异, 所得临界阈值是不同的, 具有相对性, 因此这种分析方法用 relative 来标记。

(3) 基本方法同(2), 只是不再单个测站进行分析, 而是对所有测站综合在一起分析, 构成 $N \times M$ 个年极端事件样本。所得到的临界阈值 R_1 和 R_2 是唯一的, 具有绝对性。下文中若无注明均采用这种处理方法。

2 气候极端降水事件分析

图1a为中国年最大日降水量逐年出现测站数百分率分布(用空心圈表示), 其年际变化

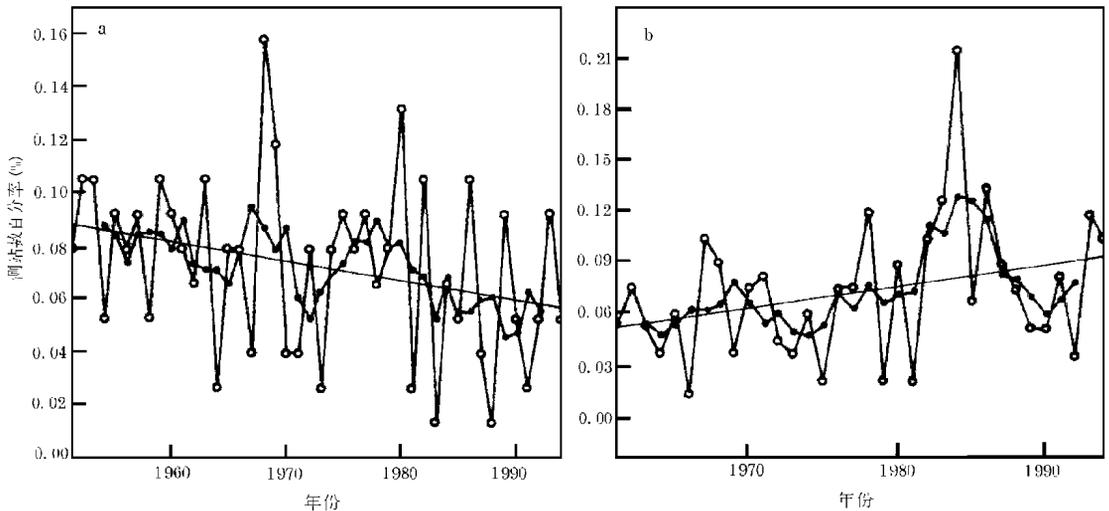


图1 极端事件概率 $R_{95\%}$ 出现测站数百分率的年际变化

a. 1951 ~ 1994 年中国年最大日降水量; b. 1961 ~ 1996 年日本年日降水量 $\geq 25 \text{ mm}$ 日数

Fig. 1 Interannual variation of the percentage of stations number with the extreme events occurrence possibility exceeding 95 %

a. maximum daily precipitation in a year during 1951 ~ 1994 in China;

b. days with daily precipitation $\geq 25 \text{ mm}$ in a year during 1961 ~ 1996 in Japan

大,并有准 2~4 年周期变化。1968 年最大日降水量大于 $R_{95\%}$ 的频率最大,在 77 个站中有 12 个站出现,而 1983 年和 1988 年为最小,仅有 1 个测站。图中直线为最小二乘拟合直线,总的变化呈现减少趋势。近 44 年中相对于拟合直线 5 年滑动平均分布(用实心圈表示)有二个偏多时期(分别为 1967~1970 年和 1975~1982 年),有三个偏少的时期(分别为 1962~1965 年,1971~1973 年和 1985~1990 年)。图 1b 为日本年日降水量 25 mm 降水日数的变化情况,拟合直线呈上升趋势,年际变化并不显著,但从滑动平均的分布可以发现相对于总的变化过程,1982~1986 年大雨日数偏多,而 1971~1978 年和 1987 年后为两个偏少时期。

中国极端无雨($< 0.1\text{ mm}$) 日数变化分析表明,对于 $< R_{5\%}$ (图 2a),最小极端无雨日数呈递减趋势,而对于 $> R_{95\%}$ (图 2b),最大极端无雨日数有递增趋势。这一变化过程相当于测站频数分布曲线向右移动。亦即当两端点 R_{\min} 和 R_{\max} 不变, $R_{5\%}$ 和 $R_{95\%}$ 会向右移动,分布曲线发生变形。日本极端小雨($< 1.0\text{ mm}$) 日数也有上述变化特征。而中国最大月降水极端气候变化则相反, R_{\min} 附近低于 $R_{5\%}$ 的最大月降水(图 3a) 呈增加趋势, R_{\max} 附近高于 $R_{95\%}$ 最大月降水(图 3b) 呈减少趋势,相当于测站频数分布曲线向左移动。

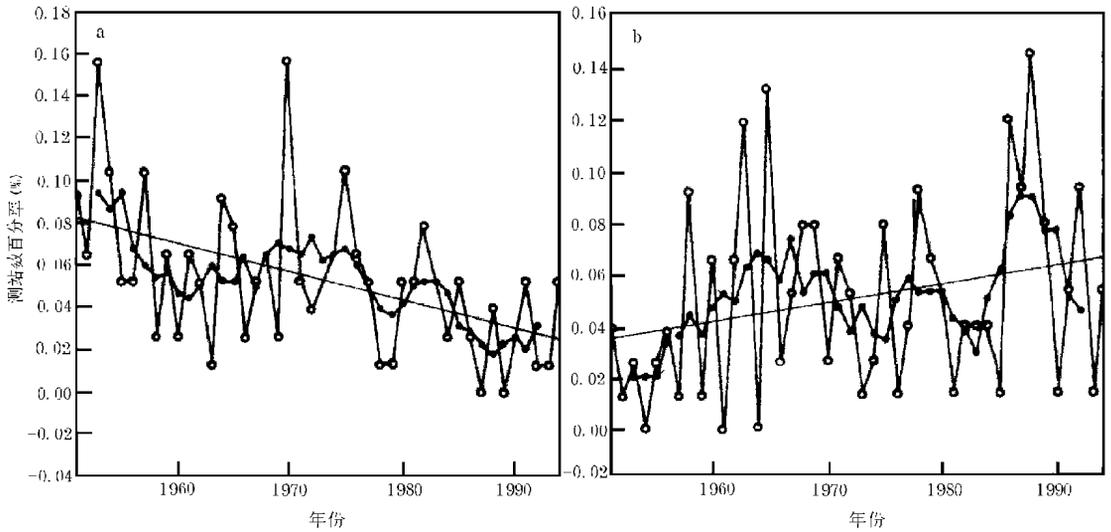


图 2 中国极端无雨日数出现测站数百分率的年际变化

a. 低于 5 %; b. 高于 95 %

Fig. 2 Interannual variation of the percentage of stations number in China with the extreme no-rain-day occurrence possibility

a. less than 5 %; b. more than 95 %

图 4 是日本年极端降水量变化趋势, $R_1 = R_{1\%}$, $R_2 = R_{99\%}$, 无论是低于 R_1 的极端最小年降水(图 4a), 还是高于 R_2 的极端最大年降水(图 4b), 总的变化趋势有增加倾向。1984 年在 135 个测站中有 12 个站低于 R_1 规定的临界阈值, 也即该年日本年降水接近 R_{\min} 的测站较多, 降水量偏少, 有干旱现象出现。而图 4b 中有 8 年没有测站达到高于 R_2 规定的临界阈值, 可以认为这些年降水变化平稳。另外 1993 年有 7 个测站超过 R_2 规定的临界阈值, 表明该年降水偏多。上述结果在第 3 部分可得到引证。日本年极端降水量变化在 $[R_{\min}, R_1]$ 和 $[R_2, R_{\max}]$ 测站百分数增加, 而在 (R_1, R_2) 上则减少, 这相当于使得原正态分布曲线变得平缓。日本每年日降水量大于 50 mm 的日数也有相同的变化趋势。而中国小雨和中雨及日本中雨日数的变化在 R_1 和 R_2 两端均有减少趋势, 与图 4 完全相反, 使得原正态分布曲线变得更陡。

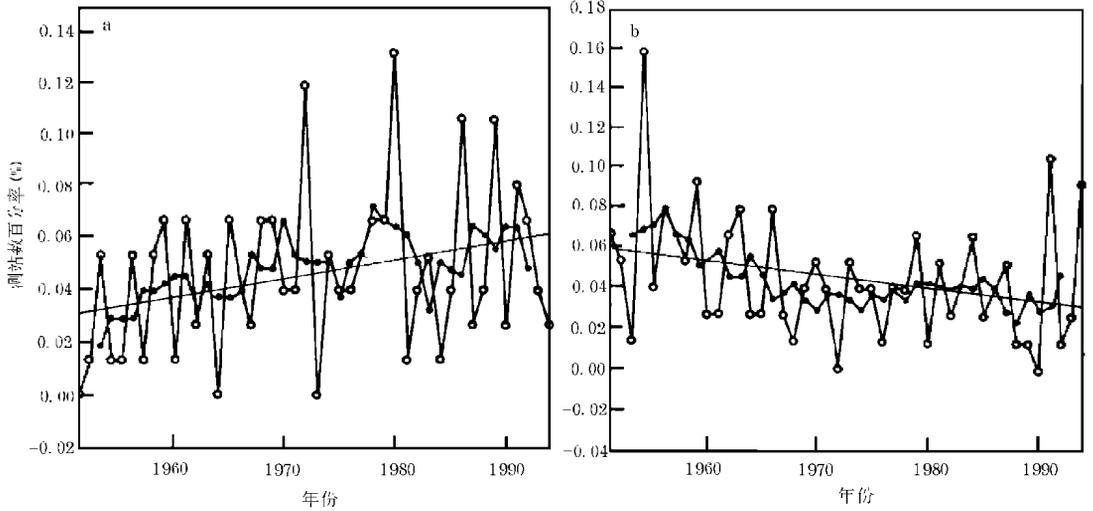


图3 中国极端最大月降水出现测站数百分率的年际变化

a. 低于 5 %; b. 高于 95 %

Fig. 3 Interannual variation of the percentage of stations number in China with the maximum monthly precipitation occurrence possibility

a. less than 5 %; b. more than 95 %

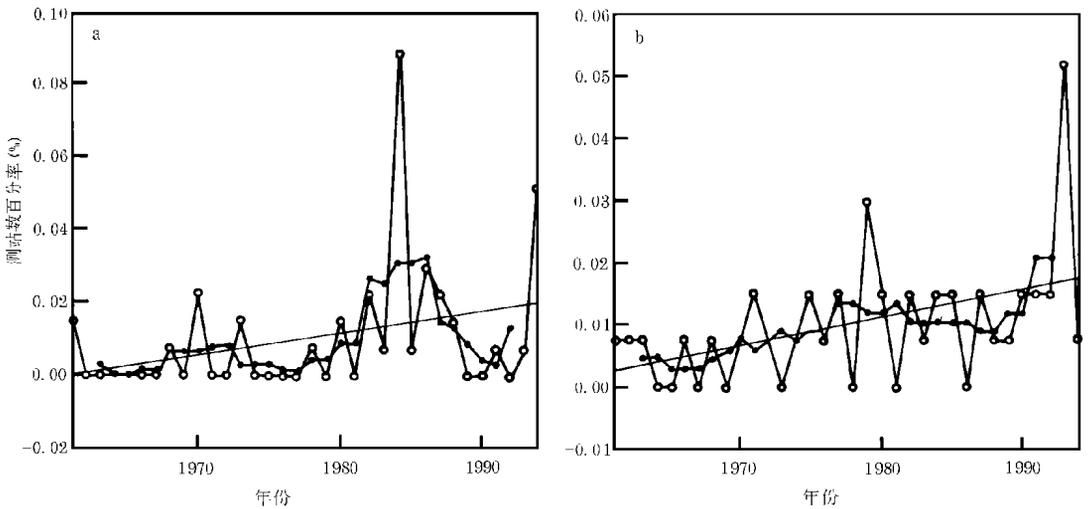


图4 日本极端年降水量出现测站数百分率的年际变化

a. 低于 1 %; b. 高于 99 %

Fig. 4 Interannual variation of the percentage of stations number in Japan with the extreme yearly precipitation occurrence possibility

a. less than 1 %; b. more than 99 %

3 降水长期变化趋势

中国和日本气候极端降水的变化是发生在全球气候变化背景中。图5a是近120年全球陆地平均降水量相对于60年代以来气候平均的百分率,从19世纪90年代初期以前、本世纪20年代前后、80年代中期以来及50年代和70年代初全球陆地平均降水相对百分率高于气候

值,尤以前三个时期最为显著;而 20 世纪中期到 40 年代初在相当长时间内降水相对百分率低于气候值。北半球的情况(图 5b)也相似,仅 20 世纪中期到 40 年代初相对百分率高于气候值,70 年代初则低于气候值,平均变化周期为 20 年左右。总的特征是陆地平均降水相对百分率大于 100%,这从另一个侧面也能反映出北半球近 30 年降水偏少。

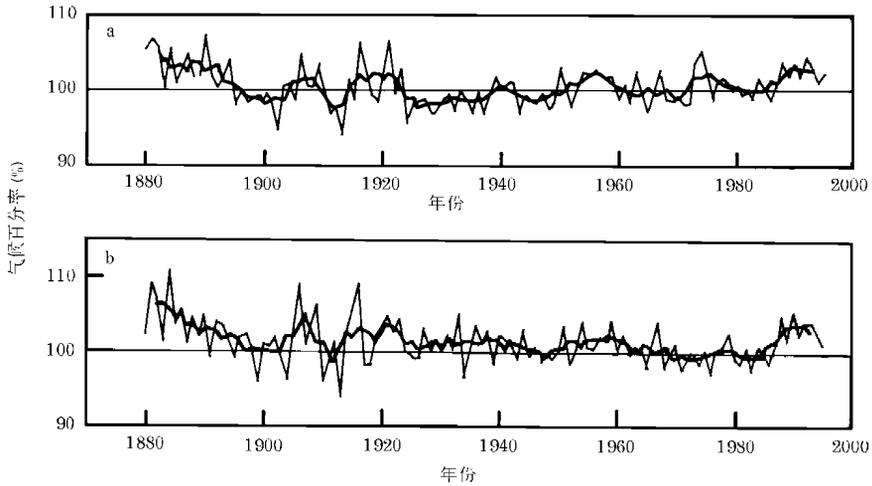


图 5 降水相对于近 30 年气候平均百分率的年际变化(粗实线为 5 年滑动平均)
a. 全球; b. 北半球

Fig. 5 Interannual variation of the percentage of yearly precipitation to the last 30 year-mean
(The thick solid line denotes 5 year-running-mean)
a. for the globe; b. for the Northern Hemisphere

在气候极端降水分析过程中,可以发现上述研究对象均有一定的年际变化,对于不同历史时期气候极端降水有着不同的特征,东亚季风区降水年际变化更加显著。因此需要结合降水长期变化趋势来分析某阶段降水的转变及变化倾向。图 6a 是日本 15 个测站近 100 年降水百分率变化曲线,50 年代初到 80 年代中叶,其 5 年滑动平均曲线与 20~30 年代的变化趋势相一致,只是前者的变化相对平稳,但年际变率幅度在 5%~10%,降水年变化表明 1984 年降水偏少,而 1993 年要偏多。我国东部季风降水区南北跨度大,降水变率也不尽相同,竺可桢 1935 年就提出,华北年雨量变化最大。黄嘉佑等^[8]的研究认为北京降水特征能典型地代表华北地区的变化,而在北京 75% 以上的降水发生在 6~8 月间。图 6b 是北京 156 年降水相对气候平均百分率分布,最小的低于 40%,而最大的高于 220%。19 世纪 80~90 年代和本世纪 50 年代,华北处于丰水年,降水百分率高于 120%;19 世纪 60~70 年代和本世纪 20 年代前后,40 年代中期和 80 年代初,华北处于枯水年,降水变率低于 80%。有关研究结果^[5]的分析表明,1965 年以来,华北降水距平十年滑动平均值均为负值,干旱周期在 30 a~50 a,且干旱趋势在持续。

比较北京降水偏多且递增时期 1926~1959 年和降水偏少且递减时期 1959~1992 年两个阶段 6~8 月日降水量 5.0 mm 和日降水量 25.0 mm 事件出现的分布,中雨日数和大雨日数具有相同变化特征,每年分别出现 10~22 次和 3~9 次。40 年代大雨日数偏少,在 50 年代初开始呈上升趋势。80 年代以来,大雨日数变率较小,平均在 5~6 d。中雨的变化趋势也相似,但在降水递增与降水递减时期所表现出的最大差异在强降水量值上,这与年降水的变化趋势是一致的。

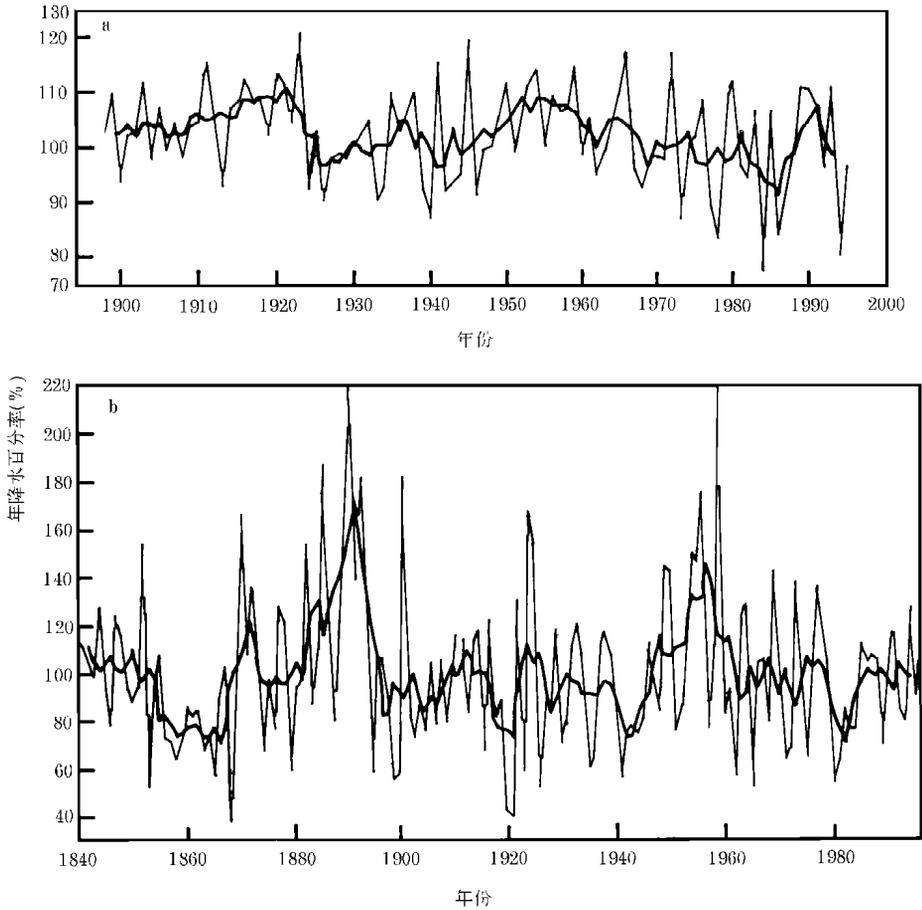


图6 日本15个站的平均(a)和北京单站(b)年降水相对于近30年气候平均百分率的年际变化
 Fig.6 Interannual variation of the percentage of yearly precipitation to the last 30 year-mean
 (a) for 15 stations in Japan; (b) for Beijing station

4 主要结论

综合上述分析,可以得到以下三点基本结论

(1) 中国年最大日极端降水大于 $R_{95\%}$ 和最小极端无雨日数(小于 $R_{5\%}$)测站数呈减少趋势,而最大极端无雨日数有递增倾向。最大极端月降水气候变化显示在 R_{min} 附近低于 $R_{5\%}$ 的变化呈增加趋势,在 R_{max} 附近高于 $R_{95\%}$ 最大月降水则相反,其测站频数分布曲线相当于向左移动。小雨和中雨的极端事件均有减少趋势,使得其正态分布曲线变得更陡。年极端强降水在小于 $R_{10\%}$ 的有下降趋势,但平均雨强有增强趋势。

(2) 日本年日降水 ≥ 25.0 mm 强水日数呈增加趋势。中雨日数在 $R_{5\%}$ 和 $R_{95\%}$ 的两端均有减小趋势,而极端年降水量的变化刚好相反,使得其正态分布曲线变得平缓。强降水发生的频率有上升趋势,但极端最大月降水量和极端平均雨强有减少趋势。

(3) 全球和北半球陆地平均降水相对于近30年气候平均的百分率变化表明80年代中期以后降水偏多,但在日本尤其是在我国华北这种变化不完全一致。显然极端降水事件在不同的

降水变化时期是不同的,同时由于降水量具有显著的年际变化,因此在长期变化中,不同研究时段会有不同的结果。对于我国华北在降水递增时期(1926~1959年)和递减时期(1960~1992年)日降水 5.0 mm 和 25.0 mm 的日数分布没有显著差异,主要不同在于极端降水的量值上。

尽管上述分析结果不能直接用于预测未来的趋势,但有益于了解各气候极端降水事件的变化过程。

参考文献

- [1] 何金海,温敏,罗京佳.东亚季风区旱涝年季节转换的不同特征[C].见:何金海主编.亚洲季风研究新进展.北京:气象出版社,1996.82-87
- [2] 金祖辉,村上胜人.东亚季风区对流活动的年际变异及与江淮地区旱涝关系的研究[C].见:何金海主编.亚洲季风研究新进展.北京:气象出版社,1996.88-98
- [3] YAMAZAKI N, INOUE T, TANKA M, et al. Analysis on the large scale convective activity and precipitation systems[R]. In: Research and Development Bureau ed. Science and Technology Agency Japan annual report. 1997. 11-19
- [4] 加户内藏进.东亚梅雨锋大尺度特征的季节变化[M].见:丁一汇主编.亚洲季风.北京:气象出版社,1994.251-262
- [5] 叶笃正,黄荣辉.长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M].济南:山东科学技术出版社,1996
- [6] 陈菊英.海滦河流域旱涝成因和预报研究[M].北京:气象出版社,1990
- [7] 陶诗言.季风研究中有待解决的问题.见:国家自然科学基金委员会,等编.现代大气科学前沿与展望[M].北京:气象出版社,1996.35-36
- [8] 黄嘉佑,张镠.华北地区旱涝变化与全球变暖[M].见:王绍武主编.气候预测研究.北京:气象出版社,1996.131-138

STUDIES OF CLIMATE EXTREME PRECIPITATION OVER CHINA AND JAPAN

NOBUO Yamazaki

(Meteorological Research Institute, Ibaraki 305 Japan)

HE Jin-hai ZHOU Bing

(Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044)

Abstract: In accordance with the last 30~40 years precipitation over China and Japan, a new analysis method has been constructed for the spatial and temporal integrated characteristics of the climate extreme precipitation. Results show that there are different features and variability trend for different variety precipitation. Extreme light and moderate rain days, maximal extreme daily rainfall and etc. decrease slowly in China, and on the contrary, mean precipitation density and maximal monthly rainfall increase slightly, same as the trend of extreme annual heavy rain in Japan. Evidence suggest that these characteristics are dependent on the large scale precipitation background.

Keywords: climatic extreme precipitation; variability trend; critical value