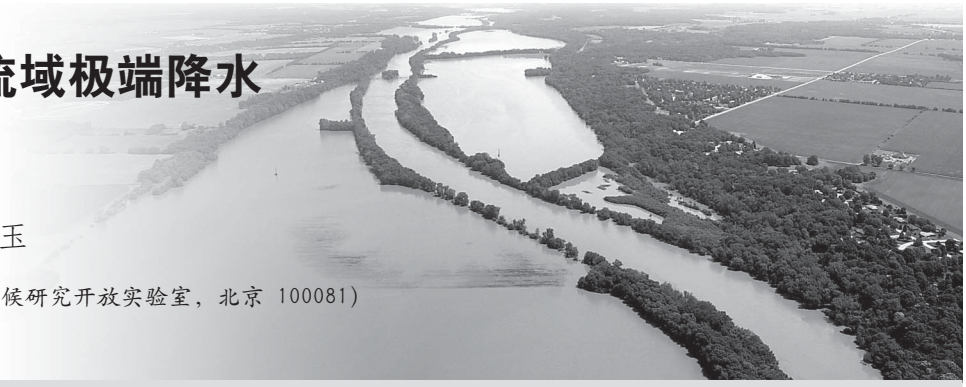
第6卷 第4期
2010年7月
气 候 变 化 研 究 进 展
ADVANCES IN CLIMATE CHANGE RESEARCH
Vol. 6 No. 4
July 2010

文章编号：1673-1719 (2010) 04-0265-05



中国主要河流流域极端降水变化特征

陈 峪，陈鲜艳，任国玉

（国家气候中心／中国气象局气候研究开放实验室，北京 100081）

摘 要：利用中国1956—2008年逐日降水量资料，以全国主要河流流域为研究区域，分析了年最大日降水量、年暴雨（日降水量≥50.0 mm）日数的多年平均状况及长期变化趋势。分析表明，近53年，全国平均年最大日降水量没有明显的线性变化趋势，但全国范围内多数气象站点年最大日降水量呈现出增加趋势，并存在南方流域增加、北方流域减少的变化趋势，这种变化特征在2001年以来表现更加突出。全国平均年暴雨日数呈不显著的增多趋势，20世纪90年代最多，70年代最少。空间上，我国南北方流域年暴雨日数呈现相反的变化特征，南方流域多呈上升趋势，北方流域呈减少趋势。

关键词：流域；暴雨日数；极端降水；气候变化；中国

中图分类号：P426.6　　**文献标识码**：A

引 言

在过去的50年里，受气候变化影响，中国的降水分布格局相应地发生了改变，这有可能进一步增大区域水资源供需矛盾，加剧一些流域洪涝和干旱的风险[1]。极端降水是流域洪水发生的主要致灾因子。不少学者对近几十年我国极端降水的发生频率和强度变化以及降水变化对水资源的影响等进行了研究[2−5]。结果表明，20世纪80年代后我国除华北外，暴雨日数增多，尤其是华南和江南地区[2]；华北地区极端强降水量值及其频数均趋于减少，长江及长江以南地区极端强降水事件趋强、趋多[3]；极端降水在中国东部地区更可能造成洪涝灾害，持续1 d的极端降水事件在中国大部地区表现为上升趋势，华北地区和西南地区有下降的趋势[4]。部分对单个流域降水变化的研究[6−11]表明，长江流域年暴雨日数和暴雨量表现为较大范围的增加趋势[7]，长江流域极端强降水的增加与20世纪90年代长江洪水的频发密切相关[8]，黄河流域特别是下游地区年降水量表现为明显的下降趋势[9]。本文以我国十大河流流域为研究区域，采用最新的气象资料，对流域年最大日降水量、暴雨日数等能够反映极端强降水的特征量进行了分析，同时也进一步证实了近50年我国极端强降水的变化趋势及区域差异[12]。

1 资料与方法

本文选取全国及十大河流流域（松花江、辽河、海河、黄河、西北诸河、淮河、长江、东南诸河、珠江、西南诸河流域）作为研究区域，其中前5个流域为北方流域，后5个为南方流域[6,13]。

利用全国636个站点1956—2008年逐日降水量整编资料，从中选取资料年代在30年以上的591个站点。将单站日（20—20时）降水量≥50.0 mm定义为1个暴雨日，一年内的累计暴雨日数即为年暴雨日数。分析年暴雨日数时对站点资料进行以下

收稿日期：2009-12-04；　**修回日期**：2010-02-08
资助项目：水利部公益性行业专项（200801001）；国家科技支撑计划课题（2007BAC29B02）；国家重点基础研究发展计划（2010CB428401）
第一作者：陈峪（1963—），女，高级工程师，从事气候影响评价及气候灾害评估等研究。E-mail: cheny@cma.gov.cn

控制：某站出现暴雨的年份需达到或超过20年，否则不参与统计；暴雨分析部分选取除西北诸河流域外的九大流域。年最大日降水量可以反映致洪性降水过程的强度特征，本文一并进行分析。全国平均值及流域平均值均采用区域内的站点算术平均，多年平均值采用1956—2008年平均，气候平均值采用1971—2000年平均。利用线性倾向估计方法，计算趋势系数[5]和气候趋势，揭示年暴雨日数和最大日降水量的长期变化特征。并利用 t 检验对气候趋势进行显著性检验。

2 年最大日降水量变化特征

2.1 全国变化特征

图1为1956—2008年全国平均最大日降水量逐年变化。在这53年中，全国平均最大日降水量没有呈现明显的线性变化特征，但可以看到比较明显的年代际变化。从20世纪50年代中到70年代后期，最大日降水量呈逐年代减少现象，70年代量值为各年代中最小；而从70年代后期（特别是从80年代中期开始）到1998年，最大日降水量有明显的上升趋势，其中1998年为53年中的最大值（79.0 mm）；1999—2004年，全国平均最大日降水量相对90年代中后期明显减少，在气候平均值附近波动，但2001年以来的平均值仍高于20世纪60—80年代。

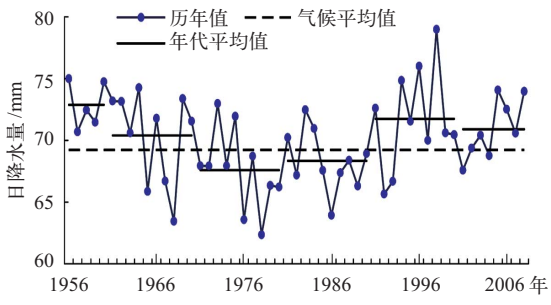


图1 1956—2008年全国平均最大日降水量变化（年代平均值：20世纪50年代后期为1956—1960年平均，21世纪以来为2001—2008年平均，其余为10年平均）

Fig. 1 Time series of maximum daily rainfall (solid lines with dots) averaged over China during 1956–2008 (The decadal average values (solid straight line) for 1950s and 2000s are calculated from 1956 to 1960 and 2001 to 2008, respectively; and the climatological average value (dash line) is calculated from 1971 to 2000)

从年最大日降水量变化趋势空间分布（图2）可知，1956—2008年，黄河以南、以西的大部分地区最大日降水量呈增加趋势，长江以南地区气候趋势大多在3.0～5.0 mm/10a，气候趋势大于5.0 mm/10a的站点也多在此区域内。黄河中下游及以东以北地区（包括海河、辽河、松花江流域）以减少为主，辽东半岛、胶东半岛和京－津－唐3个区域减少趋势相对较大，超过5.0 mm/10a。在全国范围内参与统计的591站中，年最大日降水量增加的站点达327站，占全部站点数量的55.3%，通过0.1显著性水平检验的站点数量为49个，其中通过0.05显著性水平检验的为21站；年最大日降水量减少的站点数量为264个，占全部站点数量的44.7%，而通过0.1显著性水平检验的站点数量为29个，其中通过0.05显著性水平检验的为15站。因此，在过去的53年中，我国国家级气象观测网中有更多的站点年最大日降水量呈现出增加趋势。

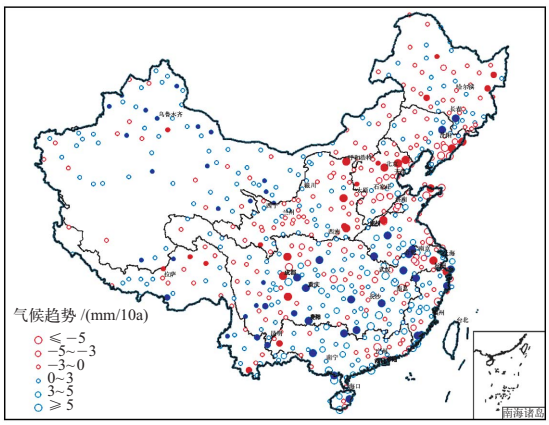


图2 1956—2008年中国最大日降水量变化趋势（实心圆代表趋势通过0.1显著性水平检验）

Fig. 2 Linear trends of maximum daily rainfall of single station over China (The size of circle represents the size of climatic trend; blue and red circles denote positive and negative trends, respectively, and solid circles mean that the trend is significant at a significance level of 0.1)

2.2 流域变化特征

表1给出中国十大流域年最大日降水量1956—2008年变化趋势。从表1中可见，北方流域除西北诸河流域外，年最大日降水量一致为减小趋势，其中海河流域减小趋势显著（通过0.05显著性水平检

验），以2.4 mm/10a的速率减小，为各流域中最大；西北诸河流域则表现出显著的增大趋势（通过0.05显著性水平检验），速率约为0.4 mm/10a。南方流域中除西南诸河流域呈现显著减小趋势外（通过0.1显著性水平检验），其他4个流域均为增大趋势，珠江流域增加趋势通过0.05显著性水平检验，且增幅最大，达2.3 mm/10a。

表1 中国十大流域年最大日降水量趋势系数及气候趋势（1956—2008年）

Table 1 Trends of basin-averaged maximum daily rainfall for ten major river basins in China (1956−2008)

流域	趋势系数	气候趋势/(mm/10a)
松花江	−0.159	−0.6
辽河	−0.136	−1.1
海河	−0.273**	−2.4
黄河	−0.213	−0.7
西北诸河	0.279**	0.4
淮河	0.020	0.2
长江	0.156	0.7
东南诸河	0.202	1.7
珠江	0.299**	2.3
西南诸河	−0.235*	−0.5

注：“**”表示通过0.05显著性水平检验，“*”表示通过0.1显著性水平检验。

从年代际变化看（图略），松花江和辽河流域变化特征相似，最大日降水量呈现先减小后增大再减小的变化特征，最大年代平均出现在20世纪90年代，最小出现在2001—2008年（70年代与其接近）。海河流域呈逐年代减小趋势，2001—2008年平均值为各年代中最小。黄河流域20世纪60年代为各年代最大，其后各年代变化不大，80年代为最小。西北诸河流域60年代最小，此后基本为逐年代增加，90年代达到最大。淮河与珠江流域具有类似的由减到增的变化特征，80年代降至各年代中最小，此后增大趋势明显，2001—2008年为最大。长江流域以70年代为最小，90年代为最大，2001年以来又呈减小趋势。东南诸河流域以70年代为最小，此后逐年代增加，2001—2008年为最大（90年代与之相当）。西南诸河流域年代际波动较大，呈增减相间的变化态势。分析还表明，2001年以来，北方流域（主要是松花江、辽河、海河）年最大日降水量多为各年代最小，南方（淮河、东南诸河、珠江）流域则多为各年代最大，南增北减的特征比较明显。

3　年暴雨日数变化特征

3.1　全国变化特征

从全国总体来看，1956—2008年我国有暴雨出现地区的年平均暴雨日数为2.1 d。1998年出现暴雨日数最多，全国平均为2.7 d；1978年最少，全国平均为1.7 d（图3）。自1956年以来，全国平均暴雨日数呈不显著的增多趋势（未通过0.1显著性水平检验），气候趋势为0.02 d/10a。全国暴雨最多年代出现在20世纪90年代，2001—2008年仍处在气候平均值以上，70年代为近53年暴雨最少的年代。

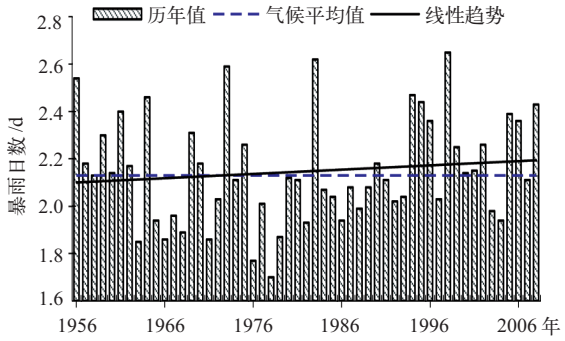


图3 1956—2008年中国平均暴雨日数历年变化

Fig. 3 Yearly variation of heavy rain days (column) averaged over China during 1956−2008 (thick dash line: the climatological average value; thick solid line: linear trend)

从1956—2008年暴雨日数趋势系数的全国分布（图4）可以看出，我国常年有暴雨的台站主要位于东半部地区，其中南方流域多数站点年暴雨日数呈增加趋势，个别站点（长江、东南诸河流域）增加趋势显著；黄河、海河、辽河流域多数站点年暴雨日数呈减少趋势，黄河、海河部分站点趋势显著。此外，四川盆地存在年暴雨日数显著减少的区域。将常年有暴雨的区域作为一个整体来看，暴雨日数增加和减少的站点数分别为226个和171个，分别占全部站点数量（397站）的56.9%和40.1%，暴雨日数

增加的站点多于减少的站点。在增加的站点中，有33站通过0.1显著性水平检验，其中15站通过0.05显著性水平检验；在减少的站点中，有27站通过0.1显著性水平检验，其中13站通过0.05显著性水平检验。

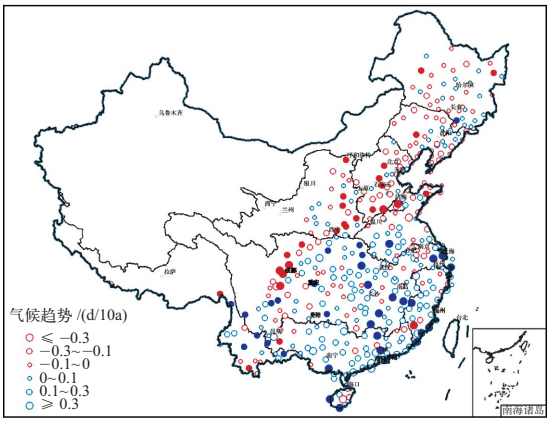


图4 1956—2008年中国年暴雨日数变化趋势（实心圆代表趋势通过0.1显著性水平检验）

Fig. 4 Same as Fig. 2 but for the linear trend of heavy rain days in China (d/10a)

3.2 流域变化特征

1956—2008年，我国南北方流域（不包括西北诸河流域）暴雨日数呈现相反的变化特征。南方多数流域年暴雨日数呈增加趋势，珠江流域呈显著增加趋势，增幅为0.18 d/10a，淮河和长江流域暴雨日数增幅较小；西南诸河流域年暴雨日数呈显著减少趋势，但减少速率较小，为0.04 d/10a。北方流域年暴雨日数均呈减少趋势，海河、黄河流域减少趋势显著，海河流域减少速率达0.11 d/10a（表2）。

从年代际变化看（图略），多暴雨年北方流域大多出现在20世纪60年代，南方流域多数出现在2001—2008年；少暴雨年北方流域多出现在90年代以后，南方流域则多出现在70年代以前。松花江流域暴雨最多出现在90年代，但自1999年开始，暴雨日数连续10年在气候平均值以下，这是53年中暴雨最少的时段。辽河流域60年代为暴雨最多的时期，70年代降至各年代最少，此后有所增加。黄河流域年暴雨日数年代际变化特征和海河流域相似，以60年代最多，此后基本呈逐年代减少趋势，2001年以来降至各年代最少。淮河流域暴雨日数年际波动明显，由60年代开始减少，80年代降至最少，90年代增多，2001年以来增至最多。长江流域70年代暴雨日数最少，至90年代达到各年代最多，但2001年以来又明显减少。珠江流域暴雨日数基本呈逐年代增加趋势。西南诸河流域年代际波动较大，呈增减相间的变化态势，80年代为各年代中最多，而90年代又降至各年代最少。总体上，北方流域年暴雨日数为由多转少的变化态势，南方流域则由少转多。

表2 我国九大流域平均年暴雨日数趋势系数及气候趋势（1956—2008年）

Table 2 Trends of annual heavy rain days for nine major river basins in China (1956−2008)

流域	趋势系数	气候趋势 (d/10a)
松花江	−0.139	−0.02
辽河	−0.138	−0.05
海河	−0.301**	−0.11
黄河	−0.333***	−0.04
淮河	0.046	0.02
长江	0.131	0.05
东南诸河	0.212	0.14
珠江	0.269**	0.18
西南诸河	−0.270**	−0.04

注：“**”表示通过0.05显著性水平检验。

4 结论和讨论

(1) 1956—2008年，全国平均年最大日降水量没有呈现显著的线性变化特征，但年代际变化比较明显。我国南部和西部的大部分地区最大日降水量呈增加趋势，华北、东北以减小为主。全国范围内，多数气象站点或区域最大日降水量呈现出增加趋势。

(2) 近53年，北方流域年最大日降水量以减小趋势为主，南方流域以增大趋势为主。南北方流域相反的变化态势，在进入21世纪后表现更为突出。

(3) 1956年以来，全国平均暴雨日数呈不显著的增多趋势，暴雨最多的年代为20世纪90年代，最少为70年代。淮河以南地区年暴雨日数大多呈增加趋势，淮河以北地区则以减少趋势为主。

(4) 南方流域除西南诸河流域外，年暴雨日数均

呈增加趋势；北方流域年暴雨日数均呈减少趋势，海河、黄河流域减少趋势显著，海河流域减少速率最大。总体上，近53年来北方流域年暴雨日数由多转少，南方流域则由少转多。

这些结果与以往的研究结论[1−3, 7−8, 14−15]有相近之处，说明在增加21世纪以来的最新资料以后，我国各个流域极端强降水变化趋势的空间分布特征基本没有改变。本文分析还表明，我国多数气象台站记录的最大日降水量呈现增多趋势，即使在总降水量明显减少的华北地区，仍有许多站点表现出增多现象。在长江流域，最近的10余年夏季和年降水量一般低于常年，但最大日降水量和暴雨日数增多的趋势并没有显著改变，也说明偏强的降水量没有明显减少。这些结果与翟盘茂等[3]根据不同级别降水强度分析得到的结论也有一致性。■

参考文献

[1] 任国玉, 姜彤, 李维京, 等. 气候变化对中国水资源情势影响综合分析 [J]. 水科学进展, 2008, 19 (6): 772−779

[2] 刘小宁. 我国暴雨极端事件的气候变化特征 [J]. 灾害学, 1999, 14 (1): 54−59

[3] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测事实 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3 (3): 144−148

[4] 王志福, 钱永甫. 中国极端降水事件的频数和强度特征 [J]. 水科学进展, 2009, 20 (1): 1−9

[5] 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

[6] 陈峪, 高歌, 任国玉, 等. 中国十大流域近40多年降水量时空变化特征 [J]. 自然资源学报, 2005, 20 (5): 637−643

[7] 杨宏青, 陈正洪, 石燕, 等. 长江流域近40年强降水的变化趋势 [J]. 气象, 2005, 31 (3): 66−68

[8] 苏布达, 姜彤, 任国玉, 等. 长江流域1960—2004年极端强降水时空变化趋势 [J]. 气候变化研究进展, 2006, 2 (1): 10−14

[9] 徐宗学, 张楠. 黄河流域近50年降水变化趋势分析 [J]. 地理研究, 2006, 25 (1): 27−34

[10] 张金玲, 王冀, 甘庆辉. 1961—2006年江淮流域极端降水事件变化特征 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (7): 3089−3091

[11] 刘绿柳, 姜彤, 原峰.珠江流域1961—2007年气候变化及2011—2060年预估分析 [J]. 气候变化研究进展, 2009, 5 (4): 209−214

[12] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 28−35

[13] 水利部水资源研究及区划办公室. 中国水资源初步评价 [M]. 1981: 13−16

[14] 张爱英, 高霞, 任国玉. 华北中部近45a极端降水事件变化特征 [J]. 干旱气象, 2008, 26 (4): 46−50

[15] 杨金虎, 江志红, 王鹏祥, 等. 中国年极端降水事件的时空分布特征 [J]. 气候与环境研究, 2008, 13 (1): 75−83

Variation of Extreme Precipitation over Large River Basins in China

Chen Yu, Chen Xianyan, Ren Guoyu

(*Laboratory for Climate Studies , National Climate Center , China Meteorological Administration, Beijing* 100081*, China*)

Abstract: In this study, we chose ten major river basins in China as the study area, and defined southern and northern river-basin regions. The northern region includes the Songhua River, Liaohe River, Haihe River, Yellow River and Northwest China rivers, and the southern region contains the Huaihe River, Yangtze River, Pearl River, Southeast China rivers and Southwest China rivers. Variation characteristics of the nationwide-averaged maximum daily rainfall amount and heavy rain (daily rainfall amount ⩾ 50.0 mm) frequency over each river basin and the northern and southern regions were analyzed by using the daily precipitation data over China for the last 53 years of 1956−2008. Results indicate that maximum daily rainfall amount averaged over the entire country showed no obvious trend, but there were some differences between southern and northern river basins, with increasing trends over southern river basins but decreasing trends over northern river basins especially after 2001. The frequency of heavy rain displayed an indistinct increasing trend over the whole China, but exhibited an increasing trend in the southern river basins and a decreasing trend in the northern river basins. On the whole, more heavy rain occurred in the 1990s than in other decades, with the least heavy rain in the 1970s.

Key words: river basin; heavy rain days; extreme precipitation; climate change; China