

20 世纪暴雨和洪水极值的年代际变化

关铁生, 王家祁

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 利用 20 世纪 100 年(特别是后 50 年)2 万多个雨量站和 175 个大中河流水文站的实测和调查雨量和流量资料, 分析了中国大陆(外流区)暴雨和洪水极值的年代际变化, 其中包括长期站暴雨的年代均值变化、20 世纪 50 年点雨量极值的前后期平均值对比、最大点雨量发生年代分布和特大洪峰流量的年代分布。分别就 5 种历时、不同地区的暴雨洪水极值随年代的变化作了分析, 揭示了变化的事实, 计算了多项年代比率, 探讨了影响因子。

关键词: 暴雨; 洪水; 极值; 年代际变化; 年代比率

中图分类号: TV122.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2006)01-0089-06

气候变化是气候学的重要研究内容, 可分为地质时期、历史时期和现代气候变化。形成气候变化的主要因子有太阳辐射、下垫面、大气环流和人类活动等。近几十年来, 气候变化对人类的生活产生越来越大的影响, UNEP(联合国环境计划署)和 WMO(世界气象组织)联合建立的 IPCC(政府间气候变化委员会)于 1991、1996、2001 年对全球气候变化状况进行了评估, 展示 20 世纪内全球温度升高等气候变化现象^[1]。

中国借助丰富的历史资料对分析气候变化作了很有价值的研究^[2~4]。近年来气象部门有不少著作讨论了气温、降水等气象要素的变化^[5~7]。城市化对气候影响的研究也受到重视, 美国、中国都讨论了城市对降水的影响^[8~10]。防洪研究需考虑气候变化的影响^[11], 设计暴雨和设计洪水分析也强调资料系列自然地理条件的一致性^[12,13]。

本文试图在水文部门近年来有关暴雨分析工作的基础上, 进一步从几个侧面揭示 20 世纪 50~90 年代的暴雨年代际变化, 并讨论不同时间尺度、空间尺度年代际的变化。

在近年编制《中国暴雨统计参数图集》的工作中, 在水利部水文局的组织下, 我们与全国各省(市、区)水文局合作, 全面整理了所有水文系统观测和调查的逐年最大 10 min、60 min、6 h、24 h、3 d 单站雨量资料并补充了部分气象站的雨量资料。5 种历时分别采用了 8967~23932 个测站, 149924~586508 站年的雨量资料, 用以分析 20 世纪后 50 年暴雨的年代际变化。

此外还利用大中河流的实测和调查洪峰流量资料来讨论 20 世纪中国的暴雨洪水变化。

1 代表站年最大 1d 雨量年代际变化

以观测起始年份较早的 12 个气象和水文测站雨量资料, 逐年统计最大 1d 雨量 H_{1d} , 并计算年代平均值。此外还作了各年代年降水量 H_a 的平均值分析, 以便和暴雨作比较。

计算各年代雨量均值对 20 世纪内全部观测系列均值的比 KD_r (“年代雨量比率”), 可了解雨量随年代变化的趋势。几个观测系列特别长的测站的 KD_r 见图 1。

收稿日期: 2005-01-04; 修订日期: 2005-03-16

基金项目: 水利部水利前期工作资助项目(水规计[1996]536号)

作者简介: 关铁生(1974-), 男, 内蒙古包头人, 南京水利科学研究院工程师, 主要从事水文分析计算研究。

E-mail: tsguan@mwr.gov.cn

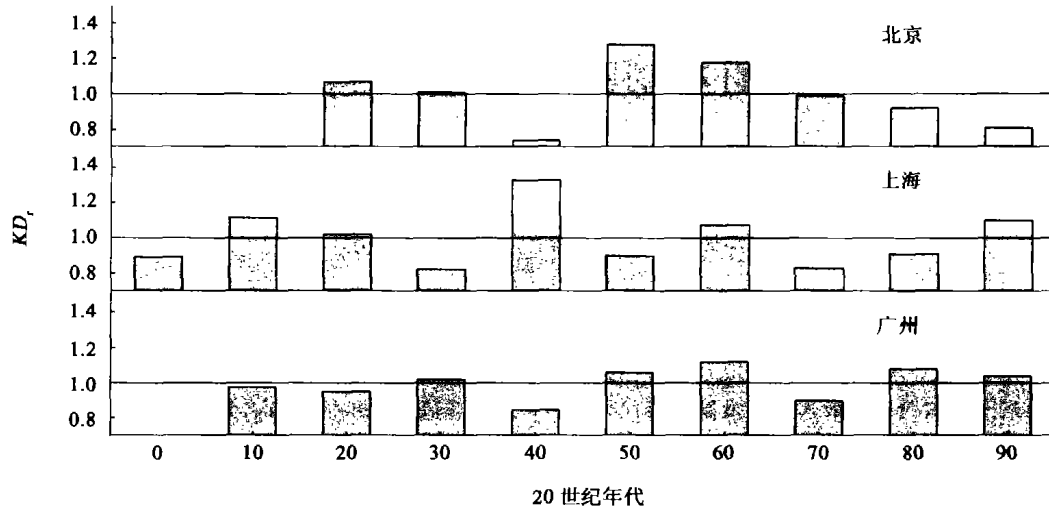


图 1 代表站 $H_{1,d}$ 的年代雨量比率 KD_r 分布

Fig.1 Decadal distribution of the KD_r (decadal rainfall ratio $H_{1,d}$) for representative stations

分析显示： 全国各地暴雨随年代变化的升降趋势不一，如北京在 20 世纪 20~40 年代和 50~90 年代分别呈现 2 个下降期，而上海、广州则呈不规则的起伏； 暴雨的变化幅度一般大于年降水变幅，如重庆为 0.85~1.31 ($H_{1,d}$) 与 0.93~1.05 (H_a)； 暴雨的年代变化趋势有些测站与年降水比较一致，如北京、重庆；有些测站则不一致，如广州有 5 个年代变化趋势相反。

如果以 $KD_r = 1.05$ 作为偏大， $KD_r = 0.95$ 作为偏小，则全国 12 个测站中各年代偏大和偏小测站站数占 12 站的比例 $N_{1.05}$ 和 $N_{0.95}$ 也可大致综合反映各年代的雨量变化趋势。暴雨偏大站数较多的为 20 世纪 10、50、60、90 年代，偏小测站较多为 00、70、80 年代。年降水偏大为 10、50 年代；偏小为 30、60、70 年代。暴雨和年降水均偏大的年代为 10、50；偏小年代不一致，其中 60 年代暴雨偏大而年降水偏小。

2 点雨量(前后期)多年统计特征的变化

20 世纪 70 年代和近年先后 2 次编制的《全国点雨量统计参数图集》，是分别利用 1975 年前(A)及 20 世纪末前(B)2 个时期的雨量的年最大 24 h 点雨量均值等值线图(B 时期的资料包括了 A 时期)编制的。计算均值的测站分别采用 6562(A)和 12676(B)个。在经过地理综合绘制的 2 个时期的均值等值线图上，选取代表性地点 226 处，分别查读 2 个时期的均值 \bar{H}_A 和 \bar{H}_B ，计算 2 个时期的比率 $R_{AB} = \bar{H}_B / \bar{H}_A$ 。按经纬度将全国划分为 3 个地区，即北方(35°N 以北，100°E 以东)，南方(35°N 以南，100°E 以东)和西部(100°E 以西)，分别计算 B 时期较 A 时期均值上升、下降的各点占全部地点的百分数 N_{AB} (表 1 左部)。结果显示，全国上升和下降点的百分数 N_{AB} 较接近(51.3 48.7)，但北方以下降为主(67.5%)，而南方以上升为主(63.3%)。其中全国明显上升和明显下降地点分别为 19.0: 16.4，仍呈北降南升的态势。

表 1 B 时期相对于 A 时期最大 24 h 雨量均值升降程度分布

%

Table 1 Point distribution of maximum 24 h rainfall mean increasing and decreasing for the period B to period A

成果升降	R_{AB}	均值升降地区				100 年一遇值升降地区			
		北方	南方	西部	全国	北方	南方	西部	全国
上 升	>1.0	32.5	63.3	57.0	51.3	31.2	68.4	76.5	57.5
其中明显上升	>1.1	11.7	23.5	21.6	19.0	16.9	45.9	54.9	38.0
下 降	<1.0	67.5	36.7	43.0	48.7	68.8	31.6	23.5	42.5
其中明显下降	<0.9	23.4	7.1	23.5	16.4	48.0	14.3	11.8	25.2

与均值地点百分数相比，100 年一遇的地点升降幅度(表 1 右部)相差更大。

3 1 经纬度网格最大点雨量发生年代

由于全国雨量站网密度分布极不均匀，为分析全国总体上暴雨年代分布的情况，制作以经纬度间隔为 1 的网格。为了避免早期资料缺测可能引起的误差，对每个 1 网格内只选用观测年数 $n \geq 40$ a 的测站的历年最大雨量，分析其发生的年代。

按第 2 节相同的分区标准分析的 1950 - 1999 年的成果列于表 2。较长历时最大雨量的年代网格比率 KD_n 最高值南北方均发生于 20 世纪 60 年代，北方以 50 年代次之，而南方在 90 年代出现第二个高峰；西部地区后期 (70 ~ 90 年代) 明显多于前期 (50 ~ 60 年代)。短历时 (60 min) 最大雨量年代分布与长历时暴雨有所不同，全国 60 ~ 90 年代比较均衡，北方以 70 年代居多；南方以 60 ~ 80 年代较频；西部则首尾频、中间少，不但与北方和南方不同，而且与较长历时也不一致。

表 2 1 网格系列 $n \geq 40$ 年最大雨量发生年代网格中出现的比率 (KD_n) %

Table 2 Distribution of grid ratio of maximum rainfall in decade (KD_n) for the longest series stations in a 1° grid

年代	60min				24 h				3 d			
	北	南	西	全国	北	南	西	全国	北	南	西	全国
总网格数	826	126	23	232	193	204	63	460	192	216	65	473
50	11	7	26	10	20	19	13	18	22	18	12	19
60	23	24	26	24	29	24	13	25	30	25	17	26
70	27	23	4	22	18	14	22	17	16	18	25	18
80	20	25	18	23	15	20	25	18	14	18	23	17
90	19	21	26	21	18	23	27	22	18	21	23	20

注：20 世纪 50 年代部分测站部分年代缺测， KD_n 偏小。

4 暴雨年代际变化的地区分布

上节年代际变化分析由于资料较少 (1 网格内只取 1 站)，难以分析地区之间暴雨变化的差异。本节利用系列年数 $n \geq 40$ a 的所有长期站分析各地区 1950 - 1999 年间 5 个年代的分布情况。

表 3 列出了 6 个大区 3 种历时长长期站暴雨极值出现于各年代站数比率 KD_s 的分布情况。从全国的年代分布可见，20 世纪 50 年代由于部分测站部分年份缺测， KD_s 偏小，但以后的 4 个年代际分布比较可靠， KD_s 有下列分布趋势：暴雨极值确实存在较大年代际差异，全国 3d 雨量最大 KD_s 为 60 年代的 31%，而 70 和 80 年代分别为 18% 和 16%；各历时暴雨的年代际分布有所不同，如长历时暴雨 (24 h、3 d) KD_s 年代际变化较大，60 年代和 90 年代出现 2 个 KD_s 峰值，而 70 ~ 80 年代较小；短历时暴雨 (60 min) 年代际变化较小，全国 80 年代 KD_s 值达最大值 27%；暴雨年代际变化趋势在各地区之间有所不同，如 3 d 暴雨的 KD_s 在华北为 60 年代最大，80 年代最小；华东为 90 年代为最大，80 年代最小。

各大区 KD_s 的年代际排序表明，3 d 雨量 (长历时) 20 世纪 60 年代全国各大区均为大或偏大；70 年代属中等水平；80 年代地区差异明显，西南为大，而华北、华东为小；

表 3 各地区长期站最大暴雨各年代站数比率 KD_s 分布

Table 3 Distribution of station number ratio KD_s of maximum rainstorm in decade for long series stations in each region %

历时	年代	大 区						全国
		华北	东北	华东	中南	西南	西北	
60min	总站数	108	60	256	152	24	35	635
	50	15	7	6	5	8	20	8
	60	17	17	21	14	25	20	19
	70	21	31	21	26	25	14	23
	80	24	20	2.9	33	13	20	27
	90	23	25	23	22	29	26	23
24h	总站数	669	468	812	879	247	103	3178
	50	14	18	9	13	11	18	13
	60	34	33	27	22	17	21	27
	70	17	11	18	23	16	26	18
	80	12	19	15	20	30	17	18
	90	23	19	31	22	26	18	24
3d	总站数	708	559	1089	934	300	131	3721
	50	17	16	12	13	14	15	14
	60	45	33	29	24	20	24	31
	70	15	11	16	24	19	26	18
	80	11	21	12	18	29	18	16
	90	12	19	31	21	18	17	21

90年代则华东为大,华北、西南、西北偏小。60 min 雨量(短历时)的年代分布则与3 d不同,60年代多数地区偏小,80年代和90年代以大和偏大为主。

5 洪水年代际变化

5.1 研究意义、资料与方法

不同时空尺度水文特征的年代际变化是不一致的。历时愈长、面积愈大的水文特征的年代际变化和全球大气环流演变的关系更为紧密。大流域洪水一般来自较长历时的暴雨,其洪水的年代际变化比点暴雨更具有代表性,且中国(外流区)的大江河大多具有较长的观测资料和调查资料,基本上可掌握20世纪近100年的水情,因而大河洪水年代际变化研究具有很大意义。

利用历史文献和野外调查资料研究水文气象要素年代际变化在洪水方面已有较好成果^[4]。研究表明,各世纪洪水发生频次有很大差别,如海河流域16~20世纪的特大洪水次数依次为4、8、3、8、6次,有些河流可连年发生大洪水,如沅水在500年中有30%的大洪水年是连续出现的。

利用洪水资料研究年代变迁除受人类活动和调查资料精度影响外,还有一些困难。例如流域面积大小不一、产生洪峰的暴雨历时和面积不一、造峰暴雨的地区来源不一、同一次洪水洪峰和各历时洪量的稀遇程度不一等等,在分析工作中宜采用多种方法作综合研究。

本文讨论对象为中国主要外流区(太平洋和印度洋流域)近100年(20世纪)较大河流(多数在30000 km²以上)的特大洪水洪峰流量 Q_m 的发生年代。采用资料包括:175个水文站的历年实测 Q_m (包括水文年鉴、水文统计和水情年报);在上述水文站或附近河段的调查洪水资料(包括《中国历史大洪水》^[14]以及工程水文成果)。资料取用1900-1999年期间的洪水数据。

分析方法为对各河流测站和调查断面在100年中选用若干次最大洪峰流量发生年份,且按其流量大小排序。对于特大流域,如松花江、黄河、长江、洞庭湖、西江等测站选用前3~4名,一般流域选用前2~3名,面积较小流域选用前1~2名,对于面积小于1万 km²的个别重要河流,给予适当考虑。

将特大洪水发生年份,按流量大小排序点绘于带水系的地图上。将主要外流区大致按流域和纬度分成3个大区15个分区,北部包括东北北部、东北南部、海滦河、黄河上游、黄河中下游分区,中部包括淮河、金沙江、长江上游、长江中下游、汉江分区,南部包括洞庭湖、鄱阳湖、东南沿海、珠江华南、西南分区。以大流域水情为主,适当考虑洪水发生的范围,对10个年代(1900-1909年, ..., 1990-1999年)归纳各分区和大区的大洪水发生年份。

5.2 分析成果

图2列出了20世纪各年代发生特大洪水的分区个数 N_f 。全国的年代分布表明,20世纪30、50、60年代发生特大洪水的地区最多,80、90年代其次,40、70年代最少。北部(东北、华北、黄河)以30、50、60年代居多,00、20、70年代最少。中部(淮河、长江中北部)以30、50年代最多,10、40年代最少。南部(长江南部、华南及西南国际河流)则以60、90年代最频,40、70年代最稀。总体上,20世纪30、50、60年代各地区均为多发和较多发年代,70年代都是少发年代。

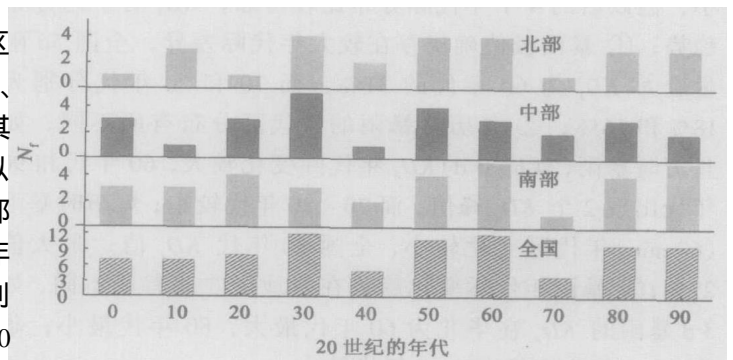


图2 出现特大洪水分区个数 N_f 的年代分布

Fig. 2 Decadal distribution of the number N_f of subregions occurred severe floods

6 暴雨和洪水年代际变化综合分析

将第 5 节讨论的近 100 年各大洪水年代分布与第 1 节所述的近 100 年 1d 点暴雨量年代均值分布、第 3~4 节所列的长期站近 50a 多历时最大暴雨年代分布作综合比较(表 4)。虽然暴雨洪水时空尺度不一,测站密度和系列长度不一,但仍可看到某些分布的趋势。

表 4 暴雨和洪水 20 世纪年代际变化综合成果

项 目	比率、历时 或地区	年 代										%
		00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
(a) 1d 暴雨年代均值偏大偏小 5% 测站比率	偏大	0	56	36	18	11	50	50	33	42	75	
	偏小	80	0	18	36	8	25	33	42	50	17	
(b) 1 网格系列最长测站最大雨量发生年代网格比率	60min						10	24	22	23	21	
	24h						18	25	17	18	22	
	3d						19	26	18	17	20	
(c) 长期站最大雨量各年代站数比率	60min						8	19	23	27	23	
	24h						13	27	18	18	24	
	3d						14	31	18	16	21	
(d) 出现特大洪水的分区数	北部	1	3	1	4	2	4	4	1	3	3	
	中部	3	1	3	5	1	4	3	2	3	2	
	南部	3	3	4	3	2	4	5	1	4	5	
	全国	7	7	8	12	5	11	12	4	10	10	

表 4 中项目(a)、(d)比较表明 20 世纪 100 年内,50、60、90 年代暴雨、洪水均为偏大,而 10、30 年代不一致。近 50 年内 4 个项目所列的分析成果表明,洪水与中长历时暴雨(24 h、3 d)在 60 年代均属最大,90 年代偏大;70 年代均最小。50 年代由于部分测站暴雨资料尚未观测,所以表现为暴雨偏小的假象。而表 1 又显示,20 世纪 50 年的后期,南方暴雨多数地区大于前期,北方则又小于前期,与洪水的年代分布基本相近。

7 结 语

(1) 暴雨和洪水具有较大的年代际变化。中国外流区 20 世纪 100 年中,30、50、60、90 年代为高发期,而 40、70 年代为低发期;

(2) 20 世纪后 50 年中国东部地区的雨量观测站网可基本控制雨情水情,其中包括有大雨较多的 50、60、90 年代和较少的 70 年代,50 年的观测系列总体上具有一定代表性;但对个别地区或个别测站还有偶然性,仍需加强较大范围的地区综合分析;

(3) 各水文要素(如暴雨、洪水、年降水)、各时空尺度的暴雨洪水(如特短历时点雨量、长历时大面积暴雨)具有不同的年代际变化;

(4) 不同地区(如北方和南方)的暴雨洪水具有不同(甚至相反)的年代际变化趋势;

(5) 暴雨洪水(尤其是较小尺度的暴雨洪水)年代际变化幅度很大,发生特大值的机率很低,年代际变化幅度大大高于气候变化范围,目前的资料条件还难以满足精确估算气候变化趋势分析的要求;

(6) 由于 20 世纪后几十年来人类活动的影响,有些气象因子(特别是气温)显示了明显的变化趋势,长期的发展必然会导致暴雨洪水出现相应的变化,今后宜加强研究,特别是长历时大面积暴雨洪水年代际变化的研究。

参考文献:

- [1] 雷 Wen, 查尔斯 A Lin. 全球气候变化及其影响[J]. 水科学进展, 2003, 14(5):667 - 674.
- [2] 竺可桢. 中国近五千年气候变迁的初步研究[A]. 竺可桢论文集[C]. 北京:科学出版社, 1979.495 - 498.
- [3] 中央气象局气象科学研究所. 中国近五百年旱涝分布图集[M]. 北京:地图出版社, 1982.
- [4] 国家防汛抗旱总指挥部办公室, 水利部南京水文水资源研究所. 中国水旱灾害[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1997.
- [5] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报, 2004, 62(5):634 - 645.
- [6] 王遵娅, 丁一汇, 何金海. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2):228 - 236.
- [7] Panmao Zhai, Anjian Sun, Fumin Ren, *et al.* Changes of Climate Extremes in China[J]. Climatic Change, 1999, (42): 203 - 218.
- [8] Changnon, Jr SA. Urban Effects on Severe Local Storms at St. Louis[J]. J Appl Met, 1978, 17(5): 578 - 586.
- [9] 周淑贞, 束 炯. 城市气候学[M]. 北京:气象出版社, 1994.
- [10] 朱元生, 金光炎. 城市水文学[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1991.
- [11] 徐乾清. 中国防洪减灾对策研究(中国可持续发展水资源战略研究报告集第 3 卷)[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.
- [12] 水利部长江水利委员会, 水利部南京水文水资源研究所. 水利水电工程设计洪水计算手册[M]. 北京:水利电力出版社, 1995.
- [13] 王家祁. 中国暴雨[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.
- [14] 胡明思, 骆承政. 中国历史大洪水[M]. 北京:中国书店, 1989(上卷), 1992(下卷).

Inter-decadal change of the rainstorm and flood extreme values in the 20th century

GUAN Tie-sheng, WANGJia-qi

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: Climatic change is increasingly concerned. The observed and investigated rainfall and the discharge data from 20000 rainfall stations and 175 hydrologic stations on large and medium rivers in the recent 100 years (especially 50 years) of the 20th century are used to study the inter-decadal change of the extreme values of rainstorm and flood in China (mainly in exorheric basins). These studies include the decadal mean changes of rainstorms of the long series stations, contrasting the early years, mean value of the point rainstorm s extreme values with that of the recent 50 years, the decadal distribution of the maximum point rainfalls and the decadal distribution of extraordinary flood peaks. The extreme values of rainstorm and flood varying with decades are analysed from the different durations and regions; the variable facts are demonstrated; some decadal ratios are calculated; and several affecting factors are investigated.

Key words: rainstorm; flood; extreme value; inter-decadal change; decadal ratio