

# 中国十大流域近 40 多年降水量 时空变化特征

陈 峪<sup>1</sup>, 高 歌<sup>1</sup>, 任国玉<sup>1</sup>, 廖要明<sup>2</sup>

(1.中国气象局 气候研究开放实验室,北京 100081; 2.中国气象局 国家气候中心,北京 100081)

摘要:利用中国 1956-2000 年月降水量资料,按流域将全国划分为 10 个区域,分析了各流域年、季降水量的多年平均状况和年代际变化特征以及长期变化趋势。分析结果进一步证实,中国北方流域降水量少,年际变化大,水资源缺乏且不稳定,南方流域降水较多,年际变化较小,水资源相对充足且比较稳定。分析结果还表明,近 45 年来,北方外流河流域年降水量一般趋于减少,特别是 20 世纪 90 年代以来降水明显减少,南方流域以降水增加为主,90 年代降水均较 80 年代增多,特别是长江流域以南地区更为明显。季节降水减少主要出现在夏秋季,冬春季降水有微弱增加趋势。近 20 年来,中国绝大多数流域降水的增减趋势与近 45 年长序列的变化趋势基本一致。北方大部分外流河流域年降水量减少,南方流域多为增加。夏、秋季,大部流域降水较前 20 年减少,冬春季则相反。中国西北诸河流域是十大流域中惟一四季降水均有增加的流域。

关键词:中国流域;年季降水量;时空变化特征;气候变化趋势

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

文章编号:1000-3037(2005)05-0637-07

20 世纪 80 年代初,水利部组织开展了我国第一次水资源评价工作。20 多年来,中国的资源、环境、气候和人口、经济均发生了很大的变化。为了适应社会经济发展和水资源供求状况的变化,科学地指导水资源的合理开发和高效利用,目前又开始了新一轮的水资源综合规划工作<sup>[1,2]</sup>。水资源和气候关系密切,气候状况及其变化是水资源时空分布不均的主要因素之一,也是水资源评价中所必须考虑的基本问题。降水是水资源的根本来源,是水资源评价中的重要组成部分之一。

在过去的 50 年里,中国的气候经历了比较显著的变化,已有不少学者对全国及不同区域年、季节降水量的时空分布、变化特征等进行了大量的研究<sup>[3-13]</sup>,并得到一些结论。任国玉等<sup>[9]</sup>对 1951-1996 年中国年和季节降水量研究表明:长江中下游地区年和夏季降水量呈现明显增加趋势,北方的黄河流域降水表现出微弱减少趋势,陈文海等的研究<sup>[9]</sup>结果表明:中国 100°E 以西大部分地区的年降水呈增加趋势,100°E 以东地区,以 30°N 为界,降水的变化趋势为南增北减;韦志刚等<sup>[9]</sup>研究了 1962-1999 年青藏高原地区降水的演变趋势,青藏高原的冬春降水呈增加趋势,汛期降水呈微弱增加趋势,张爱民等<sup>[10]</sup>研究了淮河流域近 50 年来年降水量的变化,得到年雨量呈减少趋势,气候倾向率为-36mm/100a。但针对全国江河流域分区进行的研究目前并不多见。因此,研究中国十大流域降水的多年平均状况及变化特征十分必要,并且能够为第二次全国水资源综合规划提供科学的参考依据。

## 1 区域划分及资料与方法

### 1.1 区域划分

为配合全国水资源综合规划,根据水利部水资源分区原则,将全国按流域水系划分为十

收稿日期:2005-03-03;修订日期:2005-04-26。

基金项目:全国水资源综合规划专题(s2003c-02)科技部“十五”科技攻关项目课题(2001BA611B-01)。

第一作者简介:陈峪(1963~),女,江苏无锡人,高级工程师,主要从事气候影响评价及气候灾害评估等研究。

大区域(图1)。

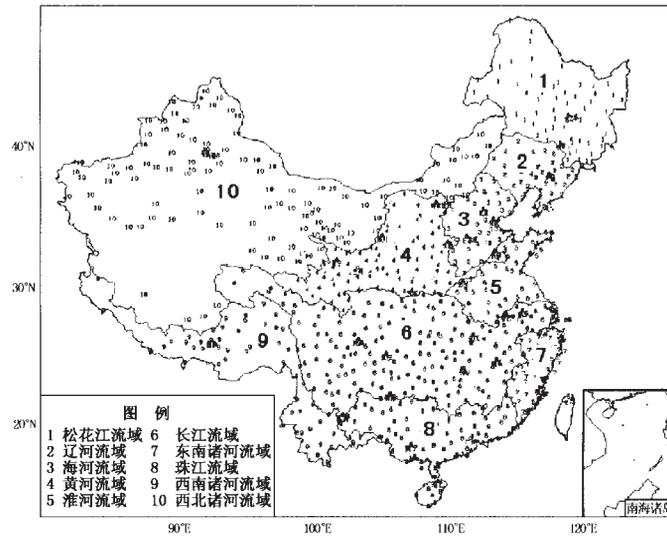


图1 全国十大流域及站点分布

Fig.1 The locations of 10 major basins and 743 stations in China

## 1.2 资料和方法

利用全国 743 个站点 1956~2000 年逐月降水量整编资料, 分别计算出各测站年总降水量及春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬(12月~次年2月)的季节降水量, 并按 3 个不同时段(1956~2000年、1956~1979年、1980~2000年)分别计算其多年平均值, 文中所提年、季降水量均为所标注时段的多年平均值。以变差系数来反映降水量的年际变化特征, 变差系数为降水量的均方差与多年平均值之比。采用算术平均的方法计算相应要素或时段的流域平均值。多年平均降水量和变差系数统计时段是 1956~2000 年。利用线性倾向估计方法, 计算气候趋势系数和回归系数(倾向率), 揭示降水量的长期变化特征<sup>[4, 14, 15]</sup>。以 1956~1979 年和 1980~2000 年两时段多年平均值的差值(后减前)表示前后各 20 多年降水的变化特征, 利用 t 统计量对差值进行检验, 以检验两组样本平均值差异的显著程度。

## 2 流域年和季节降水量多年平均特征

### 2.1 年降水量多年平均特征

中国年降水量地域分配不均, 表 1 反映出南北流域降水的明显差异。南方各流域平均降水量均在 800mm 以上, 珠江和东南诸河流域分别达到 1 579mm 和 1 526mm。北方各流域中除辽河流域外, 其余年降水量均在 600mm 以下, 西北诸河流域最少, 仅 156mm。流域间降水量的明显差异是造成中国水资源分布不均的主要原因之一。

表 1 1956~2000 年我国十大流域年降水量(mm)

Table 1 Annual precipitation(mm) of 10 major basins in 1956~2000

北方流域		南方流域	
流域名称	年降水量	流域名称	年降水量
松花江	534.9	淮河	814.8
辽河	638.2	长江	1 126.7
海河	548.0	东南诸河	1 526.6
黄河	459.6	珠江	1 579.0
西北诸河	156.0	西南诸河	855.5

### 2.2 季节降水量多年平均特征

在季节上, 中国降水也存在显著的时空差异。春季, 东南诸河降水量最多, 达到 522mm, 其次为珠江流域 428mm; 长江流域因东西部降水差异较大, 流域平均降水量为 312mm; 西北诸河流域降水量最少, 仅 29mm, 海河流域次少, 为

70mm。夏季,珠江流域平均降水量721mm,为十大流域之最,其次为东南诸河,西北诸河流域平均降水量最少,仅90mm,其次为黄河流域,255mm。秋季,仍以珠江流域降水量最多。冬季,东南诸河流域降水量达到191mm,珠江流域为116mm,其余各流域平均降水量均在100mm以下,西北诸河流域不足10mm。

### 2.3 降水量的季节分配

表2给出了十大流域季节降水量与年降水量之比,反映出降水的季节分配特征。受季风气候影响,中国降水主要集中在夏季。北方各流域夏季降水占全年降水的比例较大,达到56%~69%,其中海河流域最大,全年降水的近70%来自夏季;南方各流域夏季降水占年降水量的36%~55%。春、秋两季降水占年降水量的比例大致相当,北方流域春季降水较秋季少,南方流域大多春季多于秋季。冬季降水最少,仅占全年降水的3%~8%。东南诸河流域四季降水分配相对其它流域较为均衡,春、夏两季降水各占年降水量的35%左右,秋、冬两季各占15%左右。

表2 十大流域季节降水量与年降水量之比(%)

Table 2 The ratio (%) of the seasonal precipitation to annual precipitation for 10 major basins

季节	流 域 名 称									
	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
春	13	14	13	18	19	19	28	34	27	17
夏	66	65	69	56	58	55	44	36	46	55
秋	18	18	16	23	18	20	20	17	20	23
冬	3	3	2	3	5	6	8	13	7	5

## 3 十大流域降水量年际和年代际变化及长期演变特征

### 3.1 流域降水量的年际变化特征

降水年际变化特征以降水变率来反映,其值大小可用来衡量一个地区降水是否稳定,这对该地区水资源开发利用至关重要。降水变率也是水资源评价的一个重要指标。为了便于各流域比较,以变差系数表征降水变率的大小。

表3给出十大流域平均年降水量的变差系数。可以看出,北方流域降水变差系数总体大于南方流域。海河流域变差系数最大,达到0.19,表明该流域降水年际变化大,降水较不稳定。长江和西南诸河流域变差系数分别仅为0.07和0.08,这两个流域降水年际变化较小,为水资源提供了较为稳定的降水来源。

表3 我国十大流域平均年降水量变差系数

Table 3 Variation coefficient of the annual precipitation for 10 major basins

流域名称	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
变差系数	0.12	0.15	0.19	0.14	0.13	0.15	0.07	0.12	0.11	0.08

### 3.2 流域年降水量的年代际变化特征

图2给出十大流域20世纪50~90年代降水量演变。松花江、辽河、海河和黄河流域50年代降水最多,此后基本为减少趋势,90年代为最少或次少;西北诸河流域降水年代际变化与北方其它流域不同,基本为递增态势,90年代为最多。可见,20世纪90年代以来少雨是北方多数流域的共同特征,这是导致1997~2000年中国北方连续4年大旱(事实上干旱持续至2002年)的主要气候背景,同时进一步加剧了北方水资源的短缺状况。

淮河和西南诸河流域20世纪50~80年代降水逐年代减少,90年代增多。长江、东南诸河及珠江流域各年代降水量基本呈增加趋势,以20世纪60或70年代降水最少,而90年代为各年代中最多。南方各流域90年代降水均较80年代增多,特别是长江以南流域更为

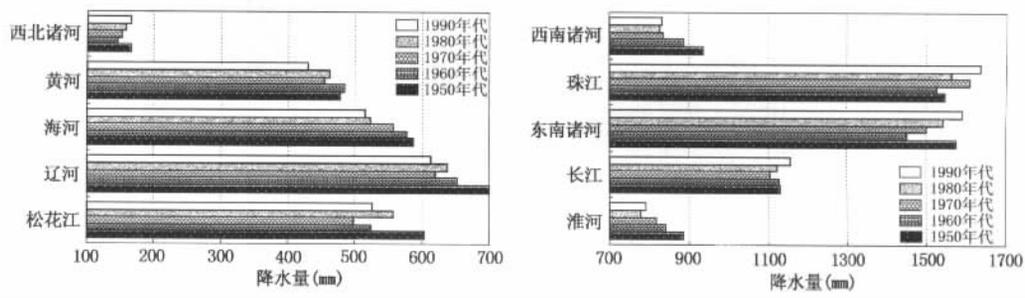


图2 十大流域降水量年代际变化

Fig.2 The inter-decadal change of annual precipitation in 10 major basins

突出。多雨的气候背景为水资源提供了丰富的“水”源,但也加大了洪涝多发的可能性。

### 3.3 近45年流域年、季节降水变化趋势

表4给出1956~2000年中国十大流域平均年、季节降水量的趋势系数和回归系数。近45年来,中国多数流域年降水量趋于减少,其中辽河、海河、黄河、淮河流域及西南诸河流域减少趋势比较显著(趋势系数通过0.1以上信度检验)。西北诸河流域年降水量增加趋势比较明显,也是北方流域中惟一的降水趋于增加的流域。长江、珠江和东南诸河流域为不显著的增加趋势。年降水量倾向率,淮河流域为最大负值区,以每10年25.5mm的速率减少;东南诸河流域为最大正值区,年降水量增加速率为25.0mm/10a。

表4 十大流域平均年、季降水量趋势系数和回归系数(mm/10a)

Table 4 Trend coefficients and regression coefficients(mm/year) of the annual and seasonal precipitation on 10 major basins

时段	年		春		夏		秋		冬	
	趋势	回归	趋势	回归	趋势	回归	趋势	回归	趋势	回归
松花江	-0.18	-8.8	-0.1	-1.1	-0.05	-1.9	-0.17	-3.2	-0.17	-0.6
辽河	-0.25	-18.8	0.14	2.3	-0.21	-13.5	-0.25	-6.1	-0.24	-1.5
海河	-0.26	-21.2	0.08	1.8	-0.3	-19.1	-0.15	-3.2	-0.12	-0.7
黄河	-0.27	-13.2	-0.06	-1.1	-0.19	-6.4	-0.24	-5.9	0.03	0.1
西北诸河	0.26	3.8	0.02	0.1	0.25	2.5	0.25	1.1	0.01	0.0
淮河	-0.27	-25.5	-0.10	-4.3	-0.26	-17.2	-0.13	-5.3	0.07	1.3
长江	0.12	7.5	-0.27	-7.9	0.37	17.7	-0.16	-4.2	0.18	3.3
东南诸河	0.17	25.0	0.01	0.5	0.4	33.5	-0.24	-14.1	0.09	5.2
珠江	0.17	21.8	0.14	9.6	0.11	8.4	-0.03	-1.8	0.14	5.6
西南诸河	-0.46	-22.8	0.09	2.2	-0.51	-21.6	0.02	0.4	-0.03	-0.3

注: 、 、 分别表示达到0.01、0.05和0.1的显著水平。

从各季节来看,春季,除长江流域降水为较明显的减少趋势外,其余流域变化趋势不明显,但多数流域呈增加趋势。夏季,北方流域降水多为负趋势,其中海河流域降水显著减少;东南诸河和长江流域降水增加显著,而西南诸河和淮河流域则显著减少。秋季,多数流域降水呈减少趋势但不显著,仅辽河流域趋势系数通过0.1信度检验。冬季,各流域降水变化趋势均不明显,且多为增加趋势,仅海河以北的3个流域降水为弱的减少趋势。西北诸河流域为惟一四季降水均增加的流域。从季节降水量倾向率来看,春、秋、冬三季各流域倾向率均较小,夏季较大。东南诸河为夏季最大正值区,倾向率达33.5mm/10a;夏季最大负值区出现在西南诸河,为-21.6mm/10a;海河流域和淮河流域降水减少的速率也较大。

#### 4 20 世纪 80 年代前后两时段降水量差异

第一次水资源评价利用 1956~1979 年资料对全国降水状况进行了分析评价,其后的 20 多年,中国气候发生了较显著的变化,为揭示 20 世纪 70 年代末以前(1956~1979 年)和以后(1980~2000 年)两个时段降水差异,本文对十大流域两时段降水量进行对比分析。

从前后两时段流域平均年、季节降水量差值(表略)及两时段年降水量差值等值线分布(图 3)可以看出,近 20 多年来十大流域降水各有增减。海河、辽河和黄河及淮河流域降水趋于减少,减幅较大的区域在辽河东部、海河中南、淮河北部及黄河下游一带,有 50~100mm,山东半岛减幅超过 100mm,长江、东南诸河、珠江流域及松花江、西北诸河流域降水较前一时段增加,增幅较大的区域为长江流域中下游地区、东南诸河北部和南部、珠江流域东部,增幅达到 50~150mm。

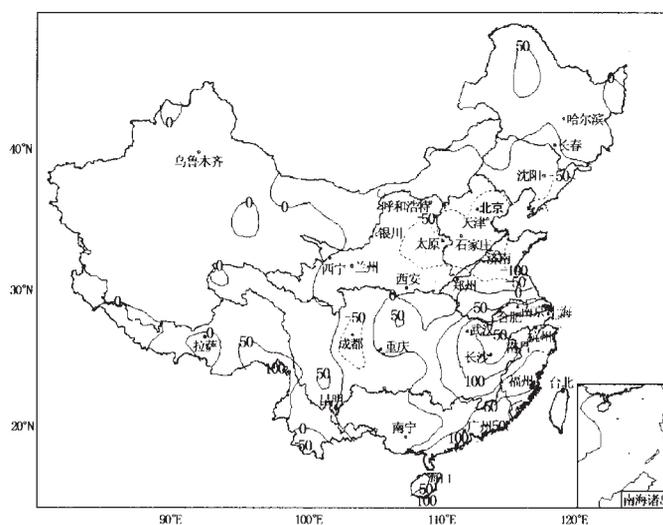


图 3 1980~2000 年与 1956~1979 年平均年降水量(mm)差值等值线

Fig.3 Difference of mean precipitation between 1980~2000 and 1956~1979 (mm)

从各流域季节降水变化来看(图略),辽河、海河及黄河流域除春季降水较前一时段增加外,其余三季降水均为减少趋势。松花江流域夏季降水略有增加,春秋两季均有弱的减少趋势。淮河流域除冬季降水略有增加外,其余三季均减少。长江流域春秋降水减少,冬夏季增加。珠江流域冬春季降水增加,夏秋季减少。西北诸河流域四季降水均有所增加。总体来看,近 20 多年来,北方流域降水以减少为主,南方流域多有增加。

#### 5 结论和讨论

(1)中国南北流域降水差异比较明显,南方各流域平均降水量均在 800mm 以上,北方大多在 600mm 以下。在季节上,降水主要集中在夏季,占全年降水的 50%左右,北方流域比例更大。北方流域降水年际变化大于南方流域。降水量的时空分布差异是造成中国水资源地理分布不均的主要原因之一。总体来看,北方流域降水量少,年际变化大,水资源缺乏且不稳定,南方流域降水较多,年际变化较小,水资源相对充足且比较稳定。

(2)近 45 年来,中国北方外流河流域年降水量一般趋于减少,特别是 20 世纪 90 年代以来,松花江、辽河、黄河和海河流域降水明显减少,这是造成北方水资源紧张状况不断加剧及干旱连年发生的主要气候因素之一。淮河和西南诸河流域降水也同样呈现显著减少趋势,这在

夏季表现得更为突出。降水增加趋势较为显著的仅有西北诸河和珠江流域,东南诸河和长江流域为弱的增加趋势。但南方流域 90 年代降水均较 80 年代增多,特别是长江流域以南地区更为明显,这也构成了 1991(淮河流域)、1994 和 1996(珠江流域)、1998 年(长江流域)大范围洪涝<sup>[16,17]</sup>的气候背景条件。从季节降水来看,冬春季各流域降水变化趋势不明显,而夏秋季大部分流域降水趋于减少,这对水资源的增补是不利的。

(3)近 20 多年来,中国绝大多数流域降水增减趋势与 1956~2000 年序列的长期变化趋势基本一致。从前后两时段年降水量变化看,北方流域(主要在辽河及黄河、海河流域)及淮河流域降水减少,南方各流域(主要是我国东部和南部的流域)多为增加趋势。西北诸河流域是惟一四季降水均有所增加的区域,如果持续这种变湿的气候趋势,对于改善西北地区生态环境无疑是一个利好的条件。

### 参考文献(References):

- [1] 水利部水资源研究及区划办公室.中国水资源初步评价[Z].北京:水利部水资源研究及区划办公室,1981.12.[Water Resources Research and the Area Delimit Office,The Ministry of Water Conservation.Chinese Water Resources Preliminary Appraisal. Beijing:Water Resources Research and the Area Delimit Office,The Ministry of Water Conservation,1981.12.]
- [2] 谢新民,张海庆,等.水资源评价及可持续利用规划理论与实践[M].郑州:黄河水利出版社,1996.[XIE Xin-min, ZHANG Hai-qing,et al.Water Resources Appraisal and Sustainable Use Plan Theory and Practice.Zhengzhou:Yellow River Water Conservancy Press,1996.]
- [3] 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.Quarterly Journal of Applied Meteorology,2000,11(3):322~330.]
- [4] 施能,陈家其,屠其璞.中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J].气象学报,1995,53(4):431~438.[SHI Neng,CHEN Jia-qi,TU Qi-pu.Four-phase climate change features in the last 100 years over China.Acta Meteorologica Sinica,1995,53(4):431~438.]
- [5] 陈兴芳,孙林海.我国年、季降水的年代际变化分析[J].气象,2002,28(7):3~8.[CHEN Xing-fang, SUN Lin-hai.Analysis of decadal variation of annual and seasonal rainfall in China.Meteorological Monthly,2002,28(7):3~8.]
- [6] 陈文海,柳艳香,马柱国.中国 1951~1997 年气候变化趋势的季节特征[J].高原气象,2002,21(3):251~257.[CHEN Wen-hai, LIU Yan-xiang,MA Zhu-guo.The seasonal characteristics of climatic change trend in China from 1951 to 1997.Plateau Meteorology,2002,21(3):251~257.]
- [7] 黄先香,施能,炎利军.1948~2001 年全球陆地 6~8 月降水长期变化的时空分布特征[J].南京气象学院学报,2003,26(2):201~209.[HUANG Xian-xiang, SHI Neng, YAN Li-jun.Temporal spatial feature of secular variation of global land rainfall for June-August during 1948~2001.Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2003,26(2):201~209.]
- [8] 张存杰,高学杰,赵红岩.全球气候变暖对西北地区秋季降水的影响[J].冰川冻土,2003,25(2):150~157.[ZHANG Cun-jie, GAO Xue-jie,ZHAO Hong-yan.Impact of global warming on autumn precipitation in Northwest China.Journal of Glaciology and Geocryology,2003,25(2):150~157.]
- [9] 韦志刚,黄荣辉,董文杰.青藏高原气温和降水的年际变化和年代际变化[J].大气科学,2003,27(2):157~170.[WEI Zhi-gang,HHUANG Rong-hui,DONG Wen-jie.Interannual and interdecadal variations of air temperature and precipitation over the Tibetan Plateau.Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2003,27(2):157~170.]
- [10] 张爱民,王效瑞,马晓群.淮河流域气候变化及其对农业的影响[J].安徽农业科学,2002,30(6):843~846.[ZHANG Ai-min, WANG Xiao-rui,MA Xiao-qun.Study on the climate change and its influence on agriculture in drainage area of Northern Anhui.Journal of Anhui Agricultural Sciences,2002,30(6):843~846.]
- [11] 刘燕,王谦谦,程正泉.我国西南地区夏季降水异常的区域特征[J].南京气象学院学报,2002,25(1):105~110.[LIU Yan, WANG Qian-qian,CHENG Zheng-quan.Regional features of summer rainfall anomaly over Southwest China.Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2002,25(1):105~110.]

- [12] 王小玲,屠其璞.我国旬降水年变化特征的区域分布[J].南京气象学院学报,2002,25(4):518-524.[WANG Xiao-ling,TU Qi-pu.Regional distribution of annual variations of decade precipitation in China.Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2002,25(4):518-524.]
- [13] 宋连春,张存杰.20 世纪西北地区降水量变化特征[J].冰川冻土,2003,25(2):143-148.[SONG Lian-chun,ZHANG Cun-jie.Study on trend of precipitation over Northwest China during the 20th century.Journal of Glaciology and Geocryology,2003,25(2):143-148.]
- [14] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999.[WEI Feng-ying.Modern Climate Statistics Diagnosis and Forecasting Technology.Beijing:Meteorological Press,1999.]
- [15] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,2000.[HUANG Jia-you.The Meteorological Calculus Analyzes and the Forecasts Method.Beijing:Meteorological Press,2000.]
- [16] 国家气候中心.全国气候影响评价[M].北京:气象出版社,1996.[National Climate Centre.China Climate Impact Assessment.Beijing: Meteorological Press,1996.]
- [17] 张建敏,高歌,陈峪.长江流域洪涝气候背景和致灾因子分析[J].资源科学,2001,23(3):73-77.[ZHANG Jian-min,GAO Ge,CHEN Yu.Climate background of flooding and waterlogging and disaster inducing factors of the Yangtze Valley.Resources Science,2001,23(3):73-77.]

## Spatial and Temporal Variation of Precipitation over Ten Major Basins in China between 1956 and 2000

CHEN Yu<sup>1</sup>, GAO Ge<sup>1</sup>, REN Guo-yu<sup>1</sup>, LIAO Yao-ming<sup>2</sup>

(1.Laboratory for Climate Studies,CMA, Beijing 100081,China 2. National Climate Center, CMA, Beijing 100081,China)

**Abstract:** In the context of 1956-2000 monthly rainfall data at 743 stations over China, regional normal mean condition, inter-decadal change and trends of annual and seasonal precipitation are analyzed at drainage basins scale. The changes of mean precipitation between 1956-1979 and 1980-2000 periods were compared for 10 drainage basins. The results show that the precipitations are less with larger variability and water resources are insufficient and more instable in river basins of northern China. As for basins in southern China, precipitation is abundant with small variability and water resources are relatively sufficient and stable. In the recent 45 years, the trends of annual precipitations for the northern basins have been generally negative, with the decrease of the 1990s being the most remarkable. On the other hand, the increasing tendency of precipitation is a major feature for the southern basins. In the 1990s, the mean annual precipitations of the southern basins exceed mostly those of the 1980s, particularly in the areas south of the Yangtze River. For seasonal precipitation, obvious decreasing tendencies mainly occurred in summer and autumn, while winter and spring experienced a slight increasing tendency for most of the basins. In the last 20 years, the tendencies of precipitations in most of the basins are similar with those for the 1956-2000 period. The river basins in Northwest China are the only basins among the ten where precipitation of the four seasons all experienced an increasing trend.

**Key words:** basins of China; annual and seasonal precipitation; space-time characteristics; trend of climate variation