

# 中国干旱地区未来大气降水变化趋势分析\*

高庆先<sup>1</sup>, 徐影<sup>2</sup>, 任阵海<sup>1</sup>

(1. 国家环境保护总局气候变化影响研究中心, 北京 100012;

2. 中国气象局国家气候中心, 北京 100081)

**[摘要]** 对我国的历史气候资料进行了分析, 特别对我国华北地区的大气降水的时空分布进行了详细分析, 在联合国政府间气候变化协调委员会 (IPCC) 推荐的若干个全球气候变化模式中选择了一个比较公认的模式, 对我国未来 (2030年) 大气降水的变化趋势进行了初步分析, 并总结了5个模型预测结果, 对未来我国北方地区大气降水是否能缓解北方干旱给出了初步的判断。

**[关键词]** 大气降水; 气候变化; 气候模式; 水资源

**[中图分类号]** P426.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742 (2002) 06-0036-08

## 1 引言

从18世纪末到现在, 大气中主要温室气体的浓度都有显著增加。二氧化碳的体积分数从工业化前的  $280 \times 10^{-6}$  增加到现在的  $360 \times 10^{-6}$ , 增加了25%以上。这主要是由人类活动引起的, 特别是矿物燃料的燃烧, 也包括森林砍伐、生物量燃烧和非能源生产过程 (如水泥生产) 等。1994年全球平均大气中甲烷的体积分数是  $1720 \times 10^{-6}$ , 比工业革命前增加了145%。60%~80%的  $\text{CH}_4$  是由人类活动引起的。大气中氧化亚氮的体积分数约为  $312 \times 10^{-9}$ , 而工业化前仅约  $275 \times 10^{-9}$ 。增加的部分很有可能是由人类活动引起的。当前科学界和政治家关注的焦点是由人为活动引起的气候变化以及相关影响的问题, 特别是对温度和降水的影响。

全球和中国的平均温度和降水序列是我们了解气候变化的基础资料, 对于理解十年尺度到世纪尺度气候变化的许多问题, 包括对未来气候变化的预测, 至关重要。

气候的自然变化既可以由气候系统外部强迫因子作用引起, 也可以产生于气候系统内部分量如海洋、冰雪和陆地植被的变化与反馈作用。外部强迫

因子主要是太阳活动或太阳辐射的变化。仪器记录资料和古气候代用资料的诊断分析, 可以帮助了解过去不同时期里自然气候变化的物理原因和机制。

我国是一个水资源短缺的国家, 大气降水量的变化对我国的农业生产、国民经济和生态环境有着重要的影响, 特别是对我国西部干旱、半干旱地区。目前, 我国实施的西部大开发战略对水利资源的需求量加大, 如何合理地分配和利用好水利资源, 对实现西部开发战略的实施意义重大。华北地区是我国水资源严重匮乏地区之一, 南水北调工程的规划与实施就是解决该地区水资源缺乏的工程手段之一。在进行南水北调工程论证与设计时, 不能忽视未来气候变化对我国, 特别是对北方地区大气降水的影响问题。目前, 国内关于我国大气降水的历史演变趋势已经进行了比较系统与详细的分析工作。关于未来气候变化对大气降水的影响, 国际上已有一些比较成熟的数值模式, 对未来全球大气降水和温度的变化趋势预测有一定的可信度。

本研究首先对我国的历史气候资料进行了分析, 特别是对我国华北地区的大气降水的时空分布进行了详细分析, 然后在联合国政府间气候变化协调委员会 (IPCC) 推荐的若干个全球气候变化模

**[收稿日期]** 2001-11-19; **修回日期** 2002-03-14

**[作者简介]** 高庆先 (1962-), 男, 山西太原市人, 中国环境科学研究院, 国家环保总局气候变化影响研究中心博士

\* 本课题得到中国工程院重大咨询项目“西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究”资助

式中选择了 5 个比较公认的模式，对我国未来 (2030 年) 大气降水的变化趋势进行了初步分析。最后总结了 5 个模型预测结果，对未来我国北方地区大气降水是否能缓解北方干旱给出了初步判断。

## 2 我国大气降水的历史演变分析

图 1 为我国 1961 年至 1990 年气象台站气象记录的年降水总量分布，这一时段的气象资料基本反映了我国的标准气候变化背景情况。可以看出，在我国西部开发区的大部分地区，年降水总量小于 200 mm。四川、广西的降水量在 1 500 mm 以上，

华南地区的降水量在 1 600 mm 以上，整个华北地区年降水量在 700 mm 以下。我国降水分布在空间上十分不均，华南有些地区年降水总量在 1 800 mm 以上，西北大面积地区的年降水总量在 100 mm 以下。我国大气降水南北分布极不均匀，南方地区降水大，每年由于洪水灾害带来不小的经济损失，而北方地区，特别是西部地区降水稀少，干旱造成的大面积损失，直接影响当地人畜的生存环境和农业生产。我国南方降水丰富，北方降水匮乏，分布极其不均的现实，为南水北调工程的实施提供了基础。

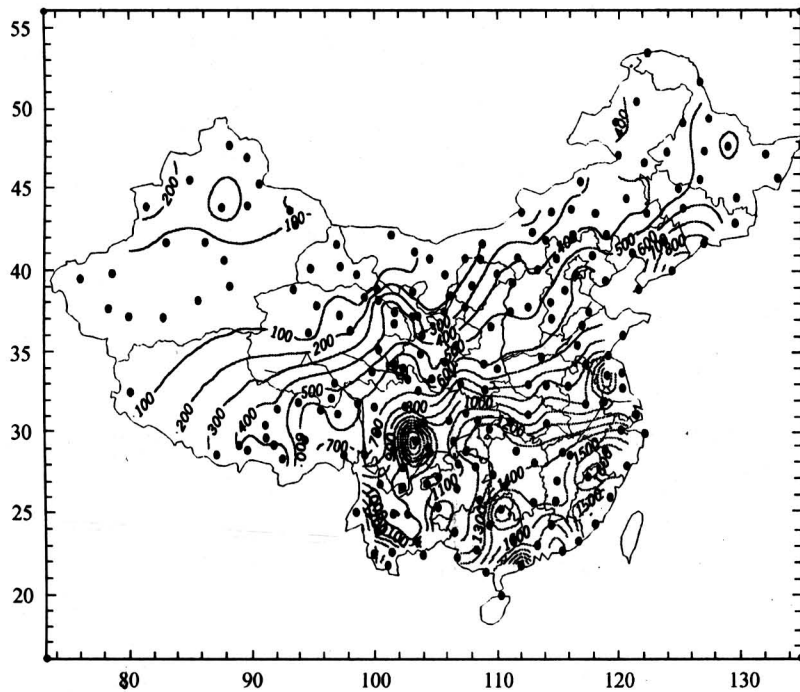


图 1 1961—1990 年平均年降水总量分布图 (mm)

Fig.1 The geographic distribution of annual amount precipitation from 1961 to 1990 (mm)

我国大气降水的季节分布上也很不均，降水主要集中在夏季 (6~8 月)，秋冬季降水稀少。西北地区夏季降水占年降水量的 50% 以上，特别是新疆塔里木盆地夏季降水占全年降水总量的 70% 以上。华北地区夏季降水也占年降水总量的 40% 以上。北疆地区冬季降水占全年降水总量的 20%。西北地区降水量集中在夏季，对水资源相对缺乏，地表覆盖相对较低的地区，可以造成灾害性的洪水现象，而春季降水稀少，不仅容易产生沙尘天气，而且很不利于农作物的生长和种植。

图 2、图 3 分别为冬季和夏季我国的降水分布。从图 1 至图 3 我国大气降水分布来看，大气降

水的时空分布不均不仅是造成我国水资源分布不均的直接原因，也是给我国的国民经济带来损失和人民生命安全造成威胁的重要原因之一。1998 年长江流域的大洪水引起的直接经济损失就高达 1 666 亿元，1997 年北方地区的干旱和黄河断流同样也造成了巨大的经济损失，2001 年冬季新疆地区和内蒙地区的异常降雪给当地人民群众的生活造成的灾害也是十分严重的，已经成为我国的一大主要天气灾害。从降水年总量分布和季节变化的分析可见，大气降水稀少是我国北方水资源短缺的一个很重要的原因。图 4 是我国华北地区 (30°N~55°N, 100°E~125°E) 和西北地区 (30°N~50°N, 73°E

~100°E) 年降水总量分布图。可以看出华北地区大气降水的总体分布趋势是由东南向西北逐渐减少,内蒙及河套地区大气降水在 200 mm 以下,北京地区的年降水量也只有 500 mm 至 600 mm。整个华北地区的年降水量在 700 以下。夏季我国华北

地区的降水在 300 mm 以下,冬季最大也只有 40 mm。我国西北地区是干旱地区,特别是盆地地区,年降水总量在 100 mm 以下。由此可见我国华北和西北地区水资源缺乏的最直接原因是大气降水稀少。

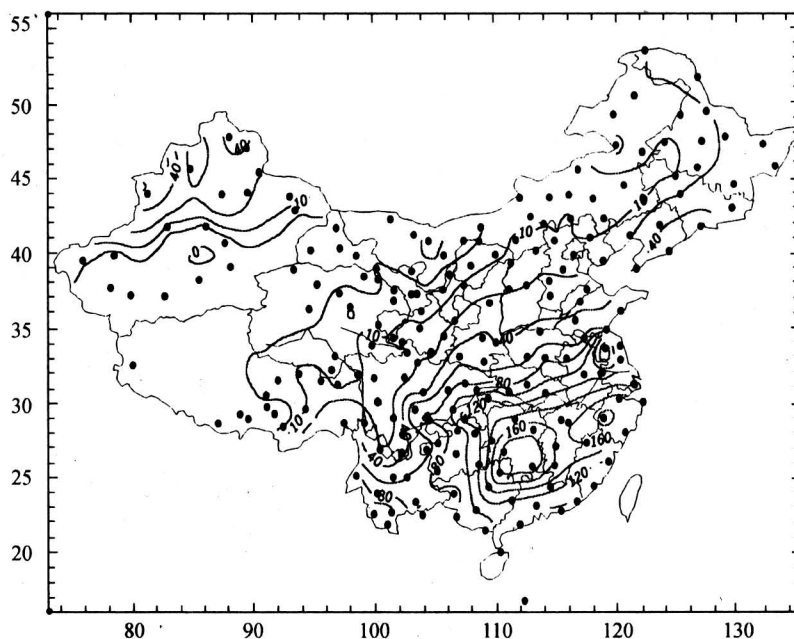


图2 1961—1990年平均冬季降水总量分布图 (mm)

Fig.2 The geographic distribution of winter (Dec. —Feb.) precipitation from 1961 to 1990 (mm)

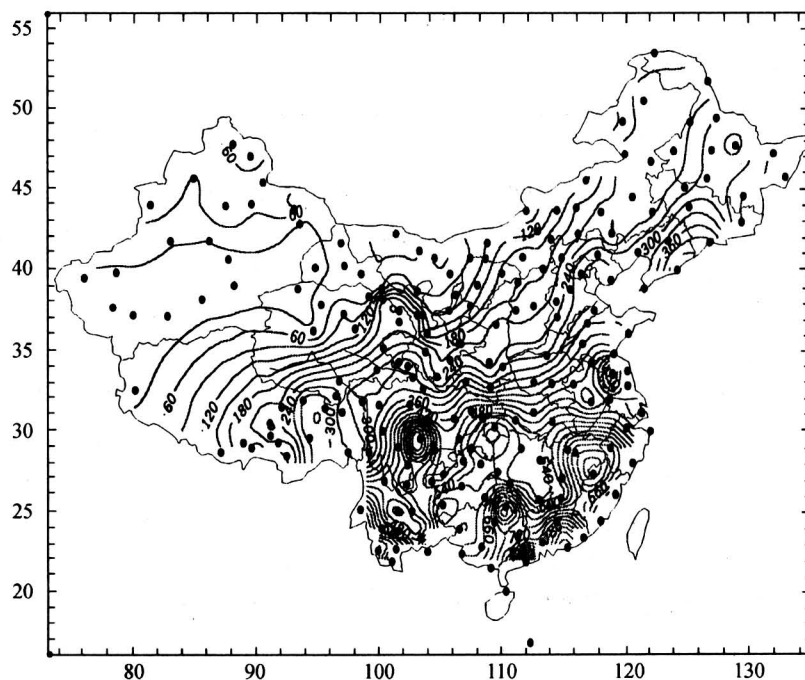


图3 1961—1990年平均夏季降水总量分布图 (mm)

Fig.3 The geographic distribution of summer (Jun. —Aug.) precipitation from 1961 to 1990 (mm)

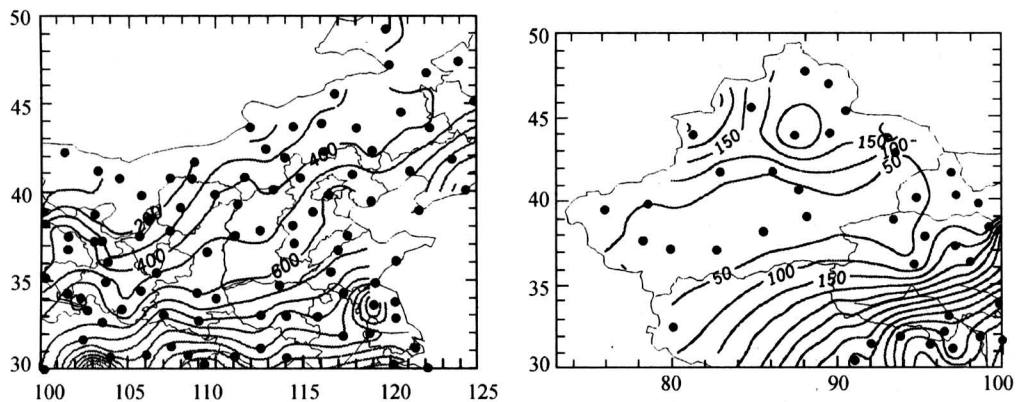


图4 1961—1990年华北和西北地区年降水总量分布图 (mm)

Fig.4 The geographic distribution of annual amount precipitation from 1961 to 1990 in north and northwest of China (mm)

通过对1951年至1990年地面气象记录资料的分析计算,发现我国长江中下游地区的年降水量和夏季降水量有明显的增加趋势,增加最显著的地区包括江淮流域和东南沿海。北方黄河流域则表现出微弱的减少趋势,其中山东和辽宁夏季降水量减少明显,陕甘宁地区年降水量也呈现微弱的减少趋势。高纬度的新疆、东北北部、华北北部和内蒙古降水量表现出增加或变化不明显的趋势。我国降水分布十分不均,江淮流域水资源丰富,但降水增加,导致洪水泛滥,北方地区水资源短缺,但大部分地区降水减少,使干旱、半干旱地区越来越干旱。南水北调战略将是缓解北方缺水的重要工程。

由于人类的不适当活动,引起全球气候变化,导致未来大气温度和降水出现异常,给全球人类生存环境带来影响,这个问题已引起全世界科学家和政府决策部门的高度重视。联合国气候变化框架公约的签署表明了世界各国政府和人民对由于人类不适当的活动对全球气候会产生异常变化达到共识。目前世界各国的科学家在有关气候变化的研究方面取得了很大成就。数值模式的模拟是了解未来气候变化的主要工具。在世界各国大气科学家和其他专业科学家的共同努力下,目前的数值模式模拟的不确定性已大大降低,可以给出比较好的和比较科学的未来气候变化的模拟结果。但是,不同的数值模式由于利用的资料和设计的不同,考虑的物理过程也不完全一致,模式之间的预测结果存在一定的差别。我们利用目前全球较为公认的5个气候模式预测结果,分析未来(2030年)我国降水的分布,特别是北方地区的降水。

### 3 选用5个模式的简单介绍

过去100多年全球变暖了 $0.5^{\circ}\text{C}$ 左右。但判断气候变化的原因既要考虑全球平均温度变化,还需要考虑气候变化的时空特征。用气候模式模拟温室效应对全球气候的影响,表明全球年平均气温的增暖多在 $1.0^{\circ}\text{C}$ 以上,明显高于仪器观测记录。同时,模拟的气候变化空间结构显示出北半球比南半球变暖快,陆地表面气温变暖较洋面快。近几年一些研究表明,当同时考虑温室气体与人为气溶胶时,模拟的气候时间变化和空间结构与观测记录之间似乎更加接近了。

利用气候模式进行人类活动对气候变化影响信号的检测,首先需要进一步完善全球气候模式系统(包括全球大气环流模式,全球海洋环流模式,中国区域气候模式,陆地-生物圈模式,海冰模式,大气化学模式等)。在此基础上,加入由于人类活动增加的温室气体、气溶胶以及自然因子如火山活动、太阳辐射和ENSO等,模拟出最近100年的气候变化,逐个判别各种因子对全球和中国区域气候变化的影响程度。通过同观测资料进行对比,可以判断人类活动引起的强迫作用的大小。

本文选择的5个模型分别为德国的ECHAM4、英国的HADCM2、美国的GFDL-R15、加拿大的CGCM2和澳大利亚的CSIRO,并将其模拟的结果利用Kriging插值方法插值到 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 经纬网格点,然后对插值的预测结果进行分析,探讨我国2030年降水的变化趋势。每一个模式都有12个月的降水输出,分别选择了只有温室气体增加时的情况、

温室气体和硫化物气溶胶共同增加时的情况进行了模拟。模型的输出是相对于1961—1990年30年平均的距平值 (mm)。

加拿大气候模式与分析中心开发的全球耦合模式CGCM2的海洋模型是基于GFDL MOM1.1模型,分辨率为 $1.8^{\circ} \times 1.8^{\circ}$ 经纬度,垂直方向有29层。CGCM2模型利用实测的资料分别对大气和海洋模型进行水热通量的调整,分别运行100年和4000年,然后是一个利用耦合模型对通量调整场进行14年的修正的适应过程。

CSIRO-MK2是澳大利亚科学与工业研究所研制的全球海气耦合气候模式,最近广泛用于一系列的气候变化模拟,该模拟均从1880年开始运行,以避免“冷开始问题”。本研究所使用的模式在海洋模式中包括了Gent-McWilliams混合方案。模式使用了通量修正方法。

德国马普研究所开发研制的ECHAM4模型是新一代ECHAM模型。模式的初始海表温度和海冰资料取自COLA/CAC AMIP SST和海冰数据库资料,平均的地形高度取自美国海军高分辨率的地形资料,格点的植被覆盖状况是由Wilson and Henderson-Sellers 1985年提供的资料。海表的反照率是太阳天顶角的函数,地表反照率取自Geleyn and Preuss 1983年提供的卫星反演的地表反照率资料。模式包括了日变化和地形波的作用,模式的积分时间步长为24 min (辐射过程的时间积分步长

为2 h)。

HADCM2是英国Hadly气候预测与研究中心开发的全球海气耦合模式,模式综合考虑了各种温室气体的强迫作用,将其他温室气体转化为等效二氧化碳浓度。HADCM2GG模式综合模拟了自工业革命开始(1860年)温室气体对气候的强迫作用。人为排放的硫酸盐气溶胶的直接强迫作用也考虑在模式中。

美国普林斯顿大学地球物理流体动力实验室的模式(GFDL)是海气耦合模式,模式考虑了云与太阳辐射季节变化的关系,大气模式在垂直方向分为9层。模式的分辨率为 $7.5^{\circ} \times 4.5^{\circ}$ 经纬度。海洋模型是基于Byan and Lewis 1979年开发的 $3.7^{\circ} \times 4.5^{\circ}$ 经纬度的海洋模型。为了减小模式的误差,进行了季节的和全球的水热量通量调整,但是没有进行年际间的调整,模式还包括海冰动力模型。

5个模式都是海洋大气耦合模式,其中,大气模式最多的分为19层,最少的也有9层,海洋模式最多分为29层,最少也有12层,分别利用了100多年的历史资料对模式进行了检验,并对未来57年至100年的情景进行了模拟(表1)。这5个模式作为IPCC第三次评估报告的气候变化模式评估工具,在IPCC第三次评估报告中发挥了很好的作用。报告中对未来的气候变化情景分析也是基于这5个气候变化模式的预测结果,有一定的可行性和代表性。

表1 5个模型的基本景况介绍

Table 1 The introduction of 5 models

	ECHAM4	HADCM2	GFDL-R15	CGCM2	CSIRO
模型分辨率/( $^{\circ}$ )	$2.8125 \times 2.8125$	$3.75 \times 2.75$	$7.5 \times 4.5$	$3.75 \times 3.75$	$5.625 \times 3.214$
全球格点数	$128 \times 64$	$96 \times 73$	$48 \times 40$	$96 \times 48$	$64 \times 56$
大气模式	19层	19层	9层	10层	9层
海洋模型	17层	20层	12层	29层	21层
温室气体强迫	1860—1989	1860—1989	1958—2057	1850—2100	1880—1990
试验长度/年	(历史资料) 1990—2099 (1%/年)	(历史资料) 1990—2099 (1%/年, 0.5%/年)	IS92a	(1%/年)	(历史资料) 1990—2099 IS92a

#### 4 未来我国华北地区 ( $30^{\circ}\text{N} \sim 55^{\circ}\text{N}$ , $100^{\circ}\text{E} \sim 125^{\circ}\text{E}$ ) 大气降水趋势分析

ECHAM4模式考虑了大气与海洋的动力和热力交换过程。模式在只考虑大气二氧化碳加倍的情景下的预测结果显示我国未来(2030年)大气降

水在华北地区的总体趋势是由东北向西南方向增加。北京西北部和河北北部以及内蒙东部降水将减少,减少幅度较小,在0.2 mm左右。向西南方向大气降水逐渐增加,在河套及其以西地区大气降水可以增加2 mm以上,在陕南地区增加更多,但不超过5 mm。在考虑了硫酸盐气溶胶辐射强迫作用

以后的模拟结果显示，总体趋势仍然是由东北向西南逐渐增加，但是强度发生了明显的变化。华北北部及河套地区由于硫酸盐辐射强迫的作用，未来大气降水将出现减少的趋势，减少幅度在 0.2 mm 至 0.7 mm 之间。北纬 35° 以南地区大气降水将呈现增加的趋势。德国 ECHAM4 模型的模拟结果显示未来我国华北东北部大气降水将减少，该地区将出现干旱少雨的情景，而华北南部大气降水在未来将增加。但是，从模拟的结果来看，无论是增加还是减少，其增减幅度都有限。

HADCM2 模式在只考虑温室气体加倍的情景下的模式预测结果显示未来华北大部分地区将干旱少雨，特别是在黄河下游地区，降水减少幅度在 2.5 mm 以上。华北北部和内蒙地区大气降水将出现增加的趋势，增加的最高中心位于河北与内蒙接壤地区。在考虑了硫酸盐气溶胶的强迫作用之后，该模式的预测结果总的形势与上述模拟结果相似，华北大部地区将干旱少雨，但降水减少的幅度明显增加，中心强度超过了 4.0 mm。内蒙的东部与河北省接壤地区未来大气降水将增加，最大的增加幅度也超过了 4.0 mm 以上。该模式的两个模拟结果显示了硫酸盐气溶胶的辐射强迫作用有使未来出现干旱少雨的可能。

GFDL-R15 模型是大气海洋耦合模式，模式也考虑了大气与海洋的动力和热力交换过程，是世界普遍公认的全球气候变化模式。该模式对温室气体加倍情景的模拟结果显示未来我国华北地区和内蒙中部将出现干旱少雨的情况，降水量减少的中心

位于北京周边地区，强度在 0.5 mm 以上。河套以南地区大气降水将增加。最大的增加幅度在 0.6 mm 以上。当考虑了硫酸盐气溶胶的辐射强迫作用之后，我国华北地区未来大气降水的总体趋势与二氧化碳加倍情景的模式预测结果截然相反，该模拟的预测结果显示未来我国华北大部和内蒙地区大气降水将出现增加的趋势，增加的高值中心在内蒙中部，强度在 4 mm 以上。陕西的东南地区和河南大部地区以及安徽等地大气降水将出现增加的趋势，但是增加的幅度较小，在 1.5 mm 左右。造成这样截然不同结果的原因主要是 GFDL 模型用做检验模式运行的历史资料相对较短，从 1958 年开始。其他模式用于检验模式的历史资料多数从 1860 年开始。此外，模式分辨率较低也是造成插值产生误差的一个原因。

CGCM2 模式在只考虑温室气体加倍的情景下的模拟结果显示，未来我国华北和内蒙大部地区将出现降水减少的趋势，减少最多的地区在黄河下游山西与河南省交界处，最大强度减少 1.5 mm 左右。陕甘宁地区大气降水将出现增加的趋势。当考虑了硫酸盐气溶胶辐射强迫作用之后，该模式的模拟结果呈现出鞍型场的分布，内蒙中西部和河套地区和陕西东南与河南大部分地区大气降水将减少；华北大部和陕西西南地区及甘肃南部一带大气降水将略有增加，但除内蒙和河套地区减少幅度在 1.0 mm 以上外，其他地区的增加与减少幅度均很小，在 0.5 mm 左右。

CSIRO 模式对二氧化碳加倍情景的模拟结果

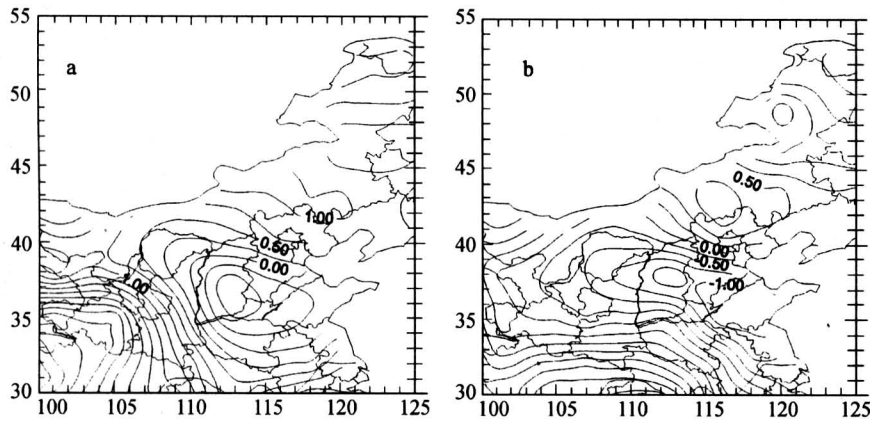


图 5 未来我国华北大气降水的预测 (mm)

(a—只考虑温室气体加倍；b—考虑温室气体与硫酸盐气溶胶强迫)

Fig.5 The prediction of atmospheric precipitation of north of China in 2030

(a. Double CO<sub>2</sub> concentration; b. CO<sub>2</sub> and sulphate )

显示未来我国除了苏鲁地区降水略有减少外,其他地区的降水将出现增加的趋势,增加最大的地区位于我国内蒙中部一带,增加幅度在 2.5 mm 以上。但是在考虑了硫酸盐气溶胶辐射强迫作用之后的模拟结果显示,降水减少的区域扩大到了华北平原的南部地区,降水增加的区域在缩小,强度在减少,最大的增加中心在 1.3 mm 左右。

通过上述分析,我们可以看出 5 个模式在两种假设情景下的模拟结果虽然不完全一致,除了 CSIRO 模型两种情景、ECHAM4 二氧化碳加倍、GFDL-R15 考虑硫酸盐作用的情景外,其他模式在各种假设情景下模拟预测的总体趋势是未来我国华北大部地区将出现干旱少雨的情况。

5 个模式预测结果的平均情况是在只考虑温室气体加倍的情景下,未来华北大部,淮河以北地区大气降水将减少,华北北部、内蒙以及陕甘宁地区大气降水将略有增加,未来我国大气降水的预测图见封面。这一预测结果对未来我国华北地区水资源的合理利用与调配提出了一个严肃的课题。然而,从各个模式的模拟结果来看,无论是增加,还是减少,其增、减幅度都是很小的,未来的大气降水变化不会对目前我国华北地区的水资源短缺有太大的影响(图 5)。

## 5 未来我国西北地区 ( $30^{\circ}\text{N}\sim 55^{\circ}\text{N}$ , $73^{\circ}\text{E}\sim 100^{\circ}\text{E}$ ) 大气降水趋势分析

我国西北地区是世界上最干旱的地区之一,年降水总量在沙漠地区小于 100 mm。水资源匮乏将

是制约我国西部大开发战略顺利实施的主要因素之一。对未来我国西北地区的大气降水变化趋势进行分析,合理规划和调配水资源将有助于指导西部开发战略的实施。

CGCM2 模式在考虑二氧化碳加倍的情景下的预测结果显示未来(2030年)我国西北除塔里木盆地和甘肃北部,内蒙西北部将干旱少雨外,其余地区降水将增加,特别是青海和西藏地区,降水明显增加。考虑了硫酸盐作用之后的模拟结果与二氧化碳加倍情景的预测大体相似,盆地将干旱少雨,但盆地的西部边缘降水将略微增加。

ECHAM4 模式的预测结果显示在二氧化碳加倍的情景下,未来我国西部地区大气降水将增加,最高值出现在青藏高原和沿天山山脉地区,可达 1.8 mm 以上。在同时考虑二氧化碳和硫酸盐气溶胶作用的情况下的模式预测结果与前者结构基本一致,未来我国西北地区大气降水将有增加的趋势,但最大的增加区域在沙漠的南缘,强度可达 2.8 mm 以上。

CSIRO 全球气候变化模式在二氧化碳加倍的背景情况下,预测未来我国西北大部分地区降水将出现增加的趋势,特别是南疆天山山脉以北地区,强度在 1.5 mm 以上。在青海和西藏西部部分地区出现降水减少的趋势,但这一趋势非常弱。在考虑二氧化碳和硫酸盐共同作用的情况下,未来降水的分布趋势与前者基本上是一致的,只是增减的幅度比较大了一些。增减幅度在天山山脉以北可以超过 1.8 mm 以上。

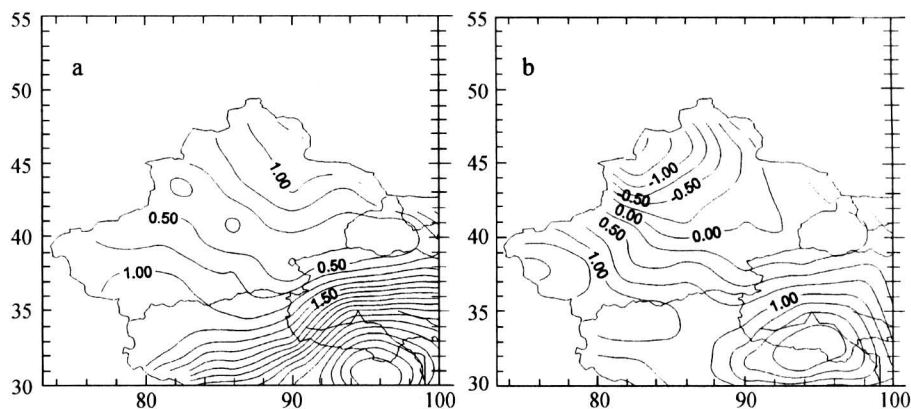


图 6 未来我国西北大气降水的预测 (mm)

(a—只考虑温室气体加倍; b—考虑温室气体与硫酸盐气溶胶强迫)

Fig.6 The prediction of atmospheric precipitation of northwest of China in 2030

(a. Double  $\text{CO}_2$  concentration; b.  $\text{CO}_2$  and sulphate aerosol forcing)

GFDL-R15 模式模拟二氧化碳加倍时我国西北地区降水将略有增加, 增加较为明显的地区是青藏高原。考虑二氧化碳和硫酸盐气溶胶辐射强迫作用之后的降水分布形式没有太大的变化, 只是幅度和强度略有减少。

HADCM2 模型对未来(2030年)大气降水的模拟结果显示我国西北地区沿天山山脉及其以南沙漠地区未来将出现干旱少雨的情况, 其他地区的大气降水将略有增加, 但增加的幅度比较缓慢。当考虑了二氧化碳和硫酸盐气溶胶辐射强迫作用后, 该模式的模拟结果显示未来西北大部分地区将出现干旱少雨, 特别是南疆的西北地区, 减少幅度可达10 mm以上。

在只考虑温室气体加倍的情景下5个模式预测结果的平均显示, 未来我国西北地区沿天山山脉大气降水量将略有减少, 减少强度非常有限, 其他地区的大气降水将增加。考虑了硫酸盐气溶胶辐射强迫作用之后, 大气降水量在天山山脉及其以北将由西北向东南逐渐减少, 其他地区降水量将略有增加(图6)。

## 6 结论

将我国北方地区划分为8个区域, 即南疆、北疆、内蒙东部、内蒙西部、华北、东北、陕甘宁地区和青海地区。将5个模式在两种情景(只考虑温室气体加倍和考虑温室气体与硫酸盐气溶胶共同作用)下对2030年降水的预测趋势分析并对其预测结果进行了归纳。5个模式的预报结果虽然存在较大的不确定性, 但是除了美国流体动力学实验室的

GFDL模式外, 其他模式在不同情景下的模拟结果大体上是一致的, 特别是对我国华北、西北地区。综合分析可以得出: 我国华北大部地区未来(2030年)降水总的趋势将减少, 最大的减少量有4 mm左右, 未来我国华北地区将仍然是干旱、少雨, 属于水资源严重缺乏的地区。南疆、陕甘宁和青海地区的降水将略有增加, 但增加的幅度非常有限, 最大增加3 mm左右。北疆部分地区降水量将减少。内蒙和东北的大部分地区未来的预测结果是降水将增加, 但增加强度有限。从上述5个全球气候模式的模拟结果来看, 未来我国西部地区及华北地区仍然是干旱、半干旱地区, 大气降水资源十分有限, 想依靠大气降水来缓解我国北方地区水资源短缺问题是不现实的。必须通过其他途径解决我国西北和华北的水资源问题, 包括合理地分配与利用水资源, 采用各种类型的节水技术, 提高当地人民群众的节水意识, 实施南水北调工程等。

## 参考文献

- [1] 任国玉, 吴洪, 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
- [2] 王绍武, 赵宗慈. 未来50年中国气候变化趋势的初步研究[J]. 应用气象学报, 1991, 6(3): 164~173
- [3] 徐国昌, 姚辉, 李珊. 我国干旱半干旱地区现代降水量和历史干旱频率的变化[J]. 气象学报, 1992, 50(3): 378~382
- [4] 任阵海, 高庆先, 姜振海, 等. 影响气候变化的大气环境质量研究[R]. 中国环境科学研究院, 1997
- [5] 张素琴, 任振球, 李松勤. 全球温度变化对我国降水的影响[J]. 应用气象学报, 1994, 5(3): 333~339

## Trend Analysis of Precipitation of Arid Areas In China

Gao Qingxian<sup>1</sup>, Xu Ying<sup>2</sup>, Ren Zhenhai<sup>1</sup>

(1. Center for Climate Impact Research, SEPA, Beijing 100012, China;

2. National Climate Center of China Meteorological Bureau, Beijing 100081, China)

[Abstract] In this paper, the historical precipitation data has been analyzed, the temporal spatial distribution of atmospheric precipitation of north and west of China have been studied in detail. Choosing 5 global climate change models recommended by IPCC, the atmospheric precipitation of China in 2030 has been analyzed under different scenario. Finally, the future trend of atmospheric precipitation in north and west of China is revealed and the preliminary judgment of the probability of mitigating the drought in north of China has been given.

[Key words] atmospheric precipitation; climate change; climate model; water resources