

# 新疆气候变化对水资源影响分析研究

刘亚敏<sup>1</sup>, 张生<sup>2</sup>, 刘亚峰<sup>3</sup>

(1. 河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021; 2. 漳河上游管理局, 河北 邯郸 056001; 3. 邯郸河务局, 河北 邯郸 056001)

**[摘要]**在全球和新疆气候变暖的背景下,新疆极端天气、气候事件频发,防灾减灾形势更为严峻,而且气候有暖干向暖湿发展的趋势;但因气候变暖的同时降水增多,河流径流量呈增加趋势,使水资源会发生变化,进而影响生态环境,荒漠的面积扩大,绿洲总体和交错过渡带面积减少。由于新疆气候变化、人类活动的负面影响以及资源利用效率低下、经济结构不合理等因素,新疆水资源的形势依然相当严峻,从而大大的影响了生态环境。

**[关键词]**新疆;气候变化;水资源;影响

**[中图分类号]** C931.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-9477(2011)01-0029-04

新疆位于欧亚大陆中部、我国的西北部,其地理位置为东经 73°40'、-96°23',北纬 34°25'、-49°10'。土地面积 166.49 万 km<sup>2</sup>,约占全国土地总面积的 1/6,是中国面积最大的省区。新疆属温带大陆性气候,冬季漫长而严寒,夏季短而炎热。全区多年平均降水量为 147mm,占全国平均年降水量(648mm)的 23%。新疆地表水资源为 793 × 108m<sup>3</sup>,地下水资源为 85 × 108m<sup>3</sup>,分别居全国第 12 位和第 4 位。全区有大小河流 570 多条,其中北疆 387 条,南疆 183 条。另有山泉沟 272 处,其中北疆 182 处,南疆 90 处,河流中除额尔齐斯河流入北冰洋水系,奇普恰普河流入印度洋水系外,其余河流均为内陆河。新疆地区降水量较小,且降水主要集中在几大山区,内陆河径流有限,是我国水资源最为紧缺的地区,资源性缺水非常突出。在这里有水则绿洲,无水则荒漠,水资源已成为新疆地区可持续发展的瓶颈问题。国家实施西部大开发战略,将生态环境保护和建设作为重要切入点,对于新疆地区而言,其首要任务是研究该地区水循环、水资源状况及其变化趋势,并适应气候变化情景制定水资源合理开发利用战略。

## 一、新疆气候特点及近 50 年的演变趋势

### (一) 新疆气候特点

新疆地处中纬度西风带,气候受温带天气系统和北冰洋系统以及副热带天气系统的影响,加之位于欧亚大陆腹地,远离海洋和高山怀抱,从而在特定的地理位置与特殊地貌条件以及大气环流和太阳辐射的共同作用下,新疆形成了以光热资源丰富、气温年较差与日较差大,降水稀少,时空分配不均,蒸发强烈、相对温度低,风大沙多为基本特点的典型干旱大陆性气候,同时分为南北疆不同的气候区,并且各自具有悬殊的盆地气候和山地气候,这些不同的气候特征与类型影响和制约着水资源的形成、分布和区域性特征。

### (二) 新疆气候未来演变趋势

#### 1. 温度变化趋势

据 IPCC 和“中国西部环境演变评估”研究成果,近百年以来中国新疆气候的从暖干向暖湿变化的趋势明显,尤其最近 50 年,在气候变化和人类活动的双重影响下,生态环境进一步恶化,引发了水资源紧缺、水土流失、冰川萎缩、河川断流等一系列水资源环境恶化问

题。未来 50 年,新疆地区气候有继续变暖的趋势,降水量虽可能有所增加,但气候变暖会导致蒸发量明显增加,其结果是水资源总量减少,需求增加,供需矛盾加剧。

新疆地域辽阔,山脉与盆地相间的地貌格局,构成了内陆盆地各自独立的循环系统。以区域循环为主,南北疆表现出变暖程度不完全一致的特点。

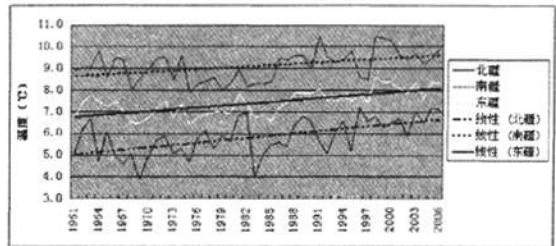


图1 北疆、南疆、东疆分别在 1961-2006 年年平均温度趋势图

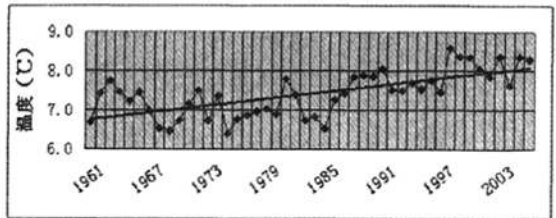


图2 新疆 1961-2006 年年平均温度趋势图

图 1 和图 2 表明,近 10 年(1997~2006 年,下同)平均温度北疆为 6.7℃,南疆为 9.7℃,东疆为 8.1℃,与前两个十年(1987~1996 年,1977~1986 年)相比,北疆平均偏高了 1.0℃和 0.6℃,南疆平均偏高了 1.2℃和 0.2℃,东疆平均偏高了 1.1℃和 0.5℃,即 1961~2006 年新疆地区的年平均气温总体上明显升高,并且增温幅度与前期相比已有所减少,50 年的平均气温增加了约 1.5℃,增温速率达到了 0.3℃/(10 a),其最大值出现在 1998 年,达 8.6℃,而最小值出现在 1975 年,只有 6.4℃。增温主要从 20 世纪 80 年代后期开始,在此之前气温的变化幅度不大。从图 1 中看,年平

均气温南北疆差异较大,南疆的平均温度明显高于北疆,东疆的平均温度略高于北疆,但是低于南疆的平均温度。图2表明,全疆的气温都是增加的趋势,但北疆的气温增加率高于南疆与东疆。

### 2. 年平均日照时数的变化

根据《新疆统计年鉴》(1989年-2007年)查得,新疆各区域自1988年至2006年各年的年平均日照时数。北疆的平均日照时数为2748.8h,南疆20年的平均日照时数为2756.8h,东疆20年的平均日照时数为3070.0h,即东疆日照时数明显大于南疆和北疆,南疆和北疆的日照数基本上相同,但是新疆各地年日照数为增加的趋势,各个区域增加的趋势不是很明显(图3)。在这最近20年,新疆在1997年日照时数达到最大值,为3017.2h;在1992年达到最小值,为2740.7h。新疆在1988年至1989年平均日照时数为2839.8h,20世纪90年代年平均日照时数为2846h,与20世纪80年代末相比,增加了6.2h;2000年至2006年平均日照时数增加到2881.8h,与20世纪90年代相比,增加了35.8h,即最近20年以来,新疆的年平均日照时数呈增加的趋势(图4)。

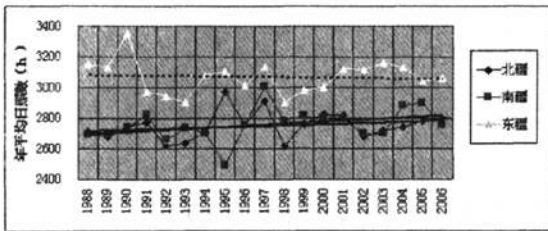


图3 北、南、东疆日照时数变化趋势

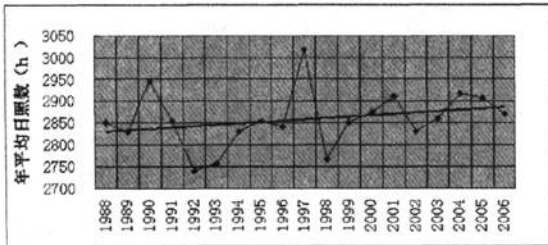


图4 新疆日照时数变化趋势

### 3. 水汽资源输送的分布及变化

利用1961-2000年美国NCEP/NCAR的逐日四次再分析材料(2.5°×2.5°),分别计算这16个边界的水汽输送。地面—300hPa每年平均有26114.8亿吨水流入新疆,25647.7亿吨水汽流出新疆,新疆地区净水汽收入量为467.1亿吨,西、南和北边界为流入边界,东边界为流出边界,由于新疆地形的原因对流层中层水汽输送量最大,低层和高层水汽输送量相当,低层的为水汽净输出,中、高层为水汽净输入。

近40年来,春、夏、秋季北边界水汽输入和东边界水汽输出均于1976年发生了年代际减弱,春、夏、秋季对层流总流入和总流出量均呈显著减少趋势,总流入和总流出量变化率很接近,导致净收入量无明显变化趋势。冬季对流层总流入、总流出量和净收入量均无明显变化趋势。

### 4. 降水的变化趋势

由于以上因素的影响,新疆降水变化较为复杂,全疆降水年均值序列呈波动变化,根据新疆各区域的降水资料统计的结果,从中可以分析出新疆近50年降雨的变化趋势。资料统计中表示新疆年降水均表现为明显的增长趋势,并且在不同的区域,降水增长的趋势也不同。

近十年(1998年至2007年)平均降水,北疆为265.3mm,增水速率达到了26.53mm/a,南疆为123.5mm,增水速率达到了12.35mm/a,东疆为84.8mm,增水速率达到了8.48mm/a,新疆全境内降水为157.9mm,增水速率达到了15.79mm/a,与前两个十年(1978年至1987年,1988年至1997年)相比较,北疆降水平均偏高了34.7mm和37.1mm,南疆降水平均偏高了-0.4mm和13mm,东疆降水平均偏高了10.4mm和14.3mm,新疆全境平均偏高了14.9mm和21.47mm,即最近50年新疆地区的年平均降水总体上明显上升,并且年增水速率也有明显的增大(图5)。

新疆降水量分布极不均匀,北疆降水明显大于南疆和东疆,北疆平均降水深大约是南疆的2倍,北疆平均降水深大约是东疆的3倍。降水增量北疆最大,东疆最少。

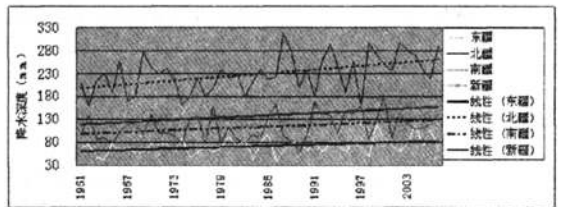


图5 东、北、南、新疆1961-2007年年均降水深度趋势图

## 二、气候变化对新疆水资源的可能影响

### (一) 冰川水资源的变化

新疆地区冰川的面积是24721.93km<sup>2</sup>,冰储存量为2623.4711km<sup>3</sup>,约占中国冰川总储量的46.84%,是中国冰川规模最大和储存量最多的地区。冰川对气候变化反映十分敏感,气候变化对新疆水资源的最大影响是对河流上游冰川储存量的影响,进而影响河流径流量。

IPCC报告显示,新疆是过去100年来温度上升明显的地区之一,自20世纪以来新疆大多数冰川呈现出明显的退缩状态,而且最近这30年出现了强烈的加速趋势。

由于温度的升高和降水的变化,新疆冰川强烈亏损,冰川径流增大,在短期内有助于绿洲进一步扩展和经济建设进一步发展。但其负面影响的结果也必须重视,其最大的负面结果是随着冰川径流的增大,冰川洪水灾害的频率增大。

### (二) 新疆内陆河径流的变化

新疆全区有大小河流570多条,另有山泉沟272处,河流中除额尔齐斯河流入北冰洋水系,奇普恰普河流入印度洋水系外,其余河流均为内陆河。据《新疆统计年鉴》(1989年-2007年)资料的统计,新疆河流平均年径流总量为847.3×108m<sup>3</sup>,其中91×108m<sup>3</sup>径流

量由国外流入,本地区产生的地表水资源量为  $756.3 \times 108\text{m}^3$ 。新疆河流最大年径流总量为 2003 年的  $1006.0 \times 108\text{m}^3$ ,比平均值多 18.7%;最小年径流量在 1994 年,为  $793.0 \times 108\text{m}^3$ ,比平均值少了 6.4%,所以新疆河流年径流量历年变幅在  $847.3 \times 108\text{m}^3$  上下 20% 以内,并且年平均径流量称增多的趋势。

年际内:新疆在 20 世纪 80 年代至 90 年代,平均径流量比较平稳,平均径流量在  $793.0 \times 108\text{m}^3$ ,新疆年平均径流量在 2000 年左右突然增大,为  $942.2 \times 108\text{m}^3$ ,21 世纪初与 20 世纪末相比较,年平均径流量增加了 18.5% (图 6)。

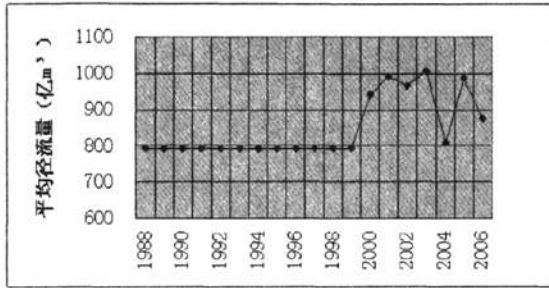


图 6 新疆 1988-2007 年年平均径流量趋势图

年内:新疆河流径流量主要集中于夏季(6 月至 8 月),夏季水量占年径流量的 50%~70%,春季和秋季各占 10%~20%,冬季在 10% 以下。特别是发源于昆仑山的河流,因为径流主要是高山冰川融水补给,其夏季径流量占年径流量的 70% 至 80%。

新疆的河流大部分都发源于天山和昆仑山的中高山带,河源有冰川,流域内又有降雨补给,所以降水量和气温变化是影响河流径流变化的主要气象因素。新疆径流与区域内的温度和降水有较好的对应关系(图 7)。近 20 年以来,新疆温度、降水和径流量均呈增加的趋势,各要素的多年平均变化速率为:气温  $0.0285\text{℃}/\text{a}$ ,降水为  $1.1509\text{mm}/\text{a}$ ,径流为  $10.197\text{亿 m}^3/\text{a}$ 。

从不同年代各要素的变化情况来看,从 20 世纪 80 年代末到 20 世纪 90 年代中期,新疆的温度、降水量和径流量均为负距平。新疆的温度在 1998 年至 2001 年为正距平,2001 年至 2002 年为负距平,2002 年至 2003 年为正距平,2003 年至 2005 年为负距平,2005 年以来为正距平。降水量在 1999 年至 2001 年为正距平,进入 2001 年以后呈正距平。径流量在 2000 年至 2003 年为正距平,2004 年为负距平,2005 年以后为正距平。以上说明新疆境内温度对径流量的影响大于降雨量。

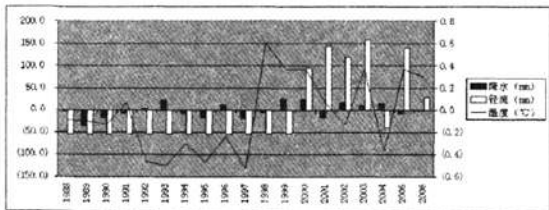


图 7 新疆近 20 年温度、降水量和径流量距平图

(三) 气候变化对蒸散发的影响新疆深居中纬度欧亚大陆腹地,地形地貌复杂,气候类型多样,表现尤为突出的是天山山脉横亘中间,将新疆分成了气候差

异非常显著的天山山区、南疆和北疆 3 大区域。天山山区属冷凉半干旱、半湿润气候区,北疆为温带干旱、半干旱气候区,而南疆为典型的暖温带极端干旱气候区,新疆各区域明显的气候差异,必将对潜在蒸散发量的变化产生深刻的影响。

从近 30 年新疆的年平均气温、日照时数和降水量等几种主要气候要素变化状况来看(图 8),在 20 世纪 80 年代和 90 年代初,温度、日照时数、降雨和蒸发均为负距平,在 20 世纪 90 年代中期以后,温度、日照时数、降雨和蒸发均为正距平,说明温度、日照时数和降雨对蒸发的影响相当。蒸发受众多因素的综合影响,在 20 世纪 80 年代和 90 年代初潜在蒸散量总体呈减少趋势,这与全国潜在蒸散量的变化基本一致。自 20 世纪 90 年代中后期以来,在日照时数和气温持续上升的同时,而年降水量则于 20 世纪 90 年代中期呈减少趋势,这是导致各区域潜在蒸散量与 90 年代末期前后由持续减少转为增多的原因。

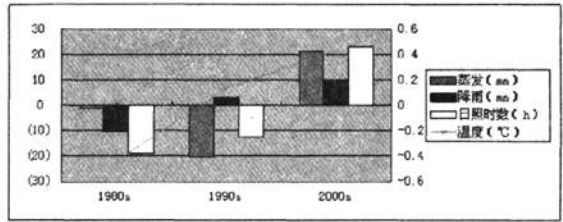


图 8 新疆近 30 年温度、日照时数、降水量和蒸发量距平图

(四) 气候变化对生态的影响

近几十年以来,新疆生态演变的基本趋势是:绿洲与沙漠同时扩大,而处于两者之间的交错带缩小,生态环境总体上向劣化方向发展。几十年来天然绿洲面积与人工绿洲面积增加了  $1.06\text{万 km}^2$ ,增加了 10%,绿洲总面积的净变化,只有北疆呈明显增长趋势,疏勒河基本持平,其它区域人工绿洲的面积扩张不足以取代天然绿洲的面积退化,绿洲总体规模呈萎缩状态。

从近 50 年新疆的气候变化来看,由于新疆各地的降水都有明显的增加,所以,不能说沙漠扩大和交错带缩小是气候因素起主导作用,而应该是以人类活动为主导。特别是人类对水资源的利用不合理,导致水资源时空分布发生变化,自然植物被严重的破坏。

新疆境内的湖泊是以流域为单元的水分循环的重要环节,它对人类活动的干扰最敏感,它是流域水量平衡的综合体现。内陆封闭湖泊是气候变化和波动的最敏感的指示器,并且是干旱、半干旱地区水资源的重要组成部分。评价气候变化与人类活动对湖泊的影响,对合理开发、利用干旱、半干旱地区的湖泊资源具有重要意义。

新疆降水在 20 世纪 80 年代中期是重要转折期,此前降水持续减少,之后降水显著增加,并且温度升高使得冰川融化加快。与此相对应,新疆的湖泊也在 20 世纪 80 年代中期以后出现湖泊扩张现象。尽管所示的湖泊存在着明显的人类活动的影响,但降水对湖泊的变化也有很大的影响。

事实上,20 世纪 80 年代中期以后新疆湖泊存在着较为普遍的扩张现象,例如艾丁湖、赛里木湖、玛纳斯湖等均先后出现明显的水位上升、水域扩大现象,其中艾丁湖已由 1986 年的干涸状态,到 2000 年湖泊水

域面积增加到 50 ~ 60 km<sup>2</sup>, 与艾比湖相距不远的赛里木湖, 20 世纪 60 年代以来水位持续下降, 到 20 世纪 70 年代开始, 水位出现上升, 到 2002 年湖泊面积较 1972 年增加 4.3%。艾丁湖和赛里木湖近十几年水位的上升均被认为是气候变化影响的结果。玛纳斯湖是玛纳斯河的尾间湖, 受流域人类活动影响较大, 20 世纪 70 年代以来一直处于干湖浅水状态, 在其流域灌溉面积持续增加状况下, 近期湖泊水位却出现明显上升, 目前水域面积已超过 20 世纪 50 年代水平, 这不能不说是与其流域降水增加有着密切关系。

### 三、新疆发生极端事件的频率增加

最近几十年以来, 新疆气候变暖、增湿, 总体上说, 有利于生态环境的修复和建设, 主要反映在植被有所改善、湖泊水位上升、沙尘暴日数减少等方面。但是随着气候的变化, 新疆发生极端天气的频率也增多增强。1996 年是新疆有记录以来因洪水灾害损失最重, 影响范围最广的一年, 从年初到年末, 几乎每月都发生灾害性洪水。1998 年 4 月 18 日, 新疆各地普遍出现了平均风力为 6 级的沙尘暴天气, 其特点是强风启动突然, 爆发性强, 影响范围大, 灾害损失重, 为历史所罕见。1998 年 5 月和 1999 年 4 月, 塔里木河下游受强风暴和寒潮袭击, 风力 8 级以上, 与大风相伴随的低温降至 -10℃。2000 年至 2001 年和 2002 年至 2003 年冬季以及 2006 年 1 月, 北疆北部、东部因持续性降雪或暴雪天气过程而形成的雪灾; 在 2009/2010 年冬季北疆更出现了“60 年一遇”的连续暴雪天气, 还发生了 30 次极端天气事件, 这在新疆历史上是很少见的。在 2010 年 1 月初, 塔城地区受西南暖湿气流影响, 气候骤然升高, 裕民、托里等县出现了连续降雨天气, 加之南部山区的积雪加速融化, 发生了历史上从未遇见的冬季洪水。

### 四、结语

从近几十年新疆的年平均气温、日照时数和降水

量等几种主要气候要素变化状况来看, 各区域变化趋势基本相同, 具体表现为: ①50 年来, 年平均气温均呈上升趋势, 尤其是 20 世纪 90 年代中、后期气温上升呈加速之势; ②各区域年日照时数总体呈波动式增加, 但趋势不是很明显; ③年平均降水量总体呈增多趋势, 但 80 年代前、中期为减少趋势, 80 年代末至 90 年代末的 10 年左右是新疆各区域降水持续增多的时段, 但 2000 年以来降水又呈减小趋势。

由于气温、日照时数和降水量等因素的影响, 使得新疆区域的冰川面积呈退缩趋势, 径流量呈增大的趋势及蒸发量呈增多的趋势, 并且气候影响的极端天气频率也增加增强, 从而影响了新疆的生态系统。但是各种因素分别对新疆水资源影响的程度大小, 以及如何更合理地表征新疆地区气候变化的事实, 进而为研究气候变化对新疆经济、社会发展和生态的影响提供依据, 都有待于进一步深入探讨。

### [参考文献]

- [1] 胡汝骥, 樊自立, 王亚俊, 等. 近 50a 新疆气候变化对环境的影响评估[J]. 干旱区地理, 2001, 6, 24(2): 97-102.
- [2] 刘波, 冯锦明, 马柱国, 魏荣庆. 1960~2005 年新疆气候变化的基本特征[J]. 气候与环境研究, 2009, 7, 14(4): 414-426.
- [3] 何清, 袁玉江, 魏文寿等. 新疆地表水资源对气候变化的响应初探[J]. 中国沙漠, 2003, 9, 23(5): 493-496.
- [4] 赵燕宁, 时兴合, 秦宁生等. 青海南部地区 40 多年来气候变化的特征分析[J]. 中国沙漠, 2005, 7, 25(4): 529-534.
- [5] 李珍, 姜逢清. 1961-2004 年新疆气候突变分析[J]. 冰川冻土, 2007, 6, 29(3): 351-359.
- [6] 郑红莲, 严军, 元慧慧. 南疆地区近 58 年气温、降水变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 7, 24(7): 103-109.
- [7] 普宗朝, 张山清, 王胜兰等. 近 36 年天山山区潜在蒸散量变化特征及其与南、北疆的比较. 干旱区研究, 2009, 5, 26(3): 424-432.
- [8] 秦艳, 周跃志, 师庆东. 基于气温、降水变化的南疆气候变化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 8, 21(8): 54-57.

[责任编辑: 陶爱新]

## Analysis about climate change effects on water resource in Xinjiang

LIU Ya-min<sup>1</sup>, ZHANG Sheng<sup>2</sup>, LIU Ya-feng<sup>3</sup>

(1. Hydropower Institute, Hebei University of Engineering, Handan 056021, China;

2. Zhang River Upstream Authority, Handan 056001, China; 3. Handan River Affairs Department, Handan 056001, China)

**Abstract:** Under the background of global warming in the world and Xinjiang, extreme weather and climate of frequently occur in Xinjiang. Disaster prevention and reduction are more and more serious. The climate tends to change from being warm-dry to being warm-wet. However, precipitation increases because of climate warming, in the meantime, amount of river runoff has the tendency of increasing, causing the changes of water resources. Thus, ecological environment is affected: desert area expands and overall and overlapping area of oasis decreases. Due to climate change in Xinjiang, negative impacts of human activities, inefficient use of resources and irrational economic structure, the situation of water resources in Xinjiang is still quite severe, which greatly influences the ecological environment.

**Key words:** Xinjiang; climate change; water resources; influence