

华北地区气候变化对水资源的影响 及 2003 年水资源预评估

高歌 李维京 张强

(国家气候中心,100081)

提 要

利用华北地区近 50 年的气候、水资源等相关资料,分析了华北地区水资源及其开发利用状况、气候变化特征及对水资源的影响以及二者之间的相互关系。在此基础上,进一步建立了水资源评估模式,并结合短期气候预测结果,实现了华北地区 2003 年水资源定量预评估。

关键词: 华北地区 气候变化 水资源 评估

引 言

华北地区属于半湿润半干旱气候,蒸发潜力往往大于降水量。水资源的突出特点是总量不足,且与人口、耕地组合不匹配,其人均、单位面积平均水资源量都远远低于全国水平。近几十年来,随着气候变暖、人口增长、城市化和社会经济发展等因素,水资源远不能满足人们的需要,尤其是 1997 年以来出现的长期持续严重干旱,给工农业生产带来了巨大的损失,严重影响了人民生活,充分暴露了华北地区水资源系统的脆弱性及对气候变化的敏感性。同时,在人类开发利用水资源过程中,产生的一系列不良后果和环境问题,进一步加剧了华北地区水资源的供需矛盾。为保障华北地区水资源可持续利用、社会经济可持续发展以及向政府有关部门正确决策部署和采取有效措施提供科学依据和服务,我们首次利用气候预测结果,开展了 2003 年水资源预评估研究和服务工作。

1 华北地区水资源及开发利用状况分析

出于地理和气候条件考虑,本文研究范围主要包括北京、天津、河北、山西、山东和河南等 6 个省市,土地面积约 69 万平方公里。

由中国水利部 20 世纪 80 年代初开展的第一次全国水资源评价结果可知^[1](见表

1),华北地区 1956~1979 年平均年降水资源为 $4438 \times 10^8 \text{ m}^3$,地表水资源 $988 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源 $626 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源总量达 $1179 \times 10^8 \text{ m}^3$,以上各种资源分别占全国总量的 7.1%、3.6%、7.5% 和 4.2%。根据 1994~2001 年资料^[2]统计,华北地区平均年降水资源为 $4006 \times 10^8 \text{ m}^3$,地表水资源 $638 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源 $564 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源总量 $949 \times 10^8 \text{ m}^3$,分别较平均值偏少 9.7%、35.5%、9.7%、19.5%,占全国总量的比例也较 1956~1979 年有所下降。

表 1 华北地区 1956~1979 年(a)与 1994~2001 年(b)平均水资源情况对比表(单位: 10^8 m^3)

	降水量		地表水资源		地下水资源		水资源总量	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
北京	105	91.3	25.3	14.5	26.2	23.1	40.8	28.8
天津	68.3	58.8	10.6	7.8	5.8	5.9	14.6	12.0
河北	1034	939.3	167	113.6	145.8	127.0	236.9	189.3
山西	831	718.5	115	61.3	94.6	71.2	143.5	94.0
山东	1110	988.3	264	188.7	154.2	146.9	335	268.5
河南	1290	1210.1	311	251.8	198.9	190.2	407.7	355.9
华北	4438.3	4006.3	988.1	637.7	625.5	564.3	1178.5	948.5

华北地区 1997~2001 年平均年供水量 $829 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中地表水源占 39.8%,地下水源占 59.6%,其它水源供水只占 0.6%,各省市除天津以地表水供水为主和山东省的地表水和地下水供水量相当外,其余地区地下

水的供水量均大于地表水供水量,其中北京、河北主要靠地下水供水,约为地表水供水量的2~3倍。全区平均年总用水量为 $825 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中农业用水所占比重较大,为70.5%,其次为工业用水占17.0%,生活用水占12.5%。各省市均以农业用水为主,工业用水次之,生活用水所占比例最小,但北京生活用水比例略大于工业用水,三个方面用水所占比例随地方经济发展、产业结构、人民生活水平等情况的不同而有所差异。

此外,华北地区水资源利用率(用水量占同期水资源总量的百分比)较高,平均为195%,各省市除山西和河南外,其余平均水资源利用率均超过100%。水资源利用率的严重超标,突出反映了华北地区水资源供需矛盾尖锐以及在开发利用中存在的过量开采地下水、争夺生态用水等环境问题,长此以往,将非常不利于该地区的社会、经济可持续发展。

受水资源量少及人口密集的限制,华北地区各省市1997~2001年平均人均用水量在 $180 \sim 329 \text{ m}^3/\text{人}$ 之间,远低于全国平均水平 $440 \text{ m}^3/\text{人}$ 。除城镇生活和农村生活用水指标北京高于全国平均水平45%和93%外,其余地区及万元GDP用水量、农田灌溉单位面积平均用水量、万元工业产值用水量等指标也都低于全国水平。

2 华北地区的气候特征及近50年来的变化情况

根据研究区内43个气象站点的1951~2002年月降水量、月平均气温等气候资料,对华北地区的降水量、蒸发力、水分亏缺特征及其变化进行了分析。

2.1 降水量

全区多年平均年降水量约624mm。降水具有时空分布不均、年际变化大的特点。自上世纪50年代以来,年降水量呈逐年代减少趋势,90年代达最少,较常年偏少近40mm,约合260多亿立方米(见表2)。夏季,20世纪50年代降水丰沛,60、70年代接近常年,80、90年代降水偏少,但90年代后

期及21世纪初偏少尤为明显,其中1997、1999、2002年降水极端偏少使得这个时段的降水偏少程度大大超过了80年代初连年偏少的状况。春季,20世纪70年代降水量最少,80、90年代有增加趋势,但此期间降水少于常年的频率也有增加趋势,这意味着春旱发生的频率在增加,严重威胁了处于生长需水关键期农作物的生长。2001年春季降水量为近50年来最低值,干旱范围广。秋季自20世纪60年代以后、冬季自70年代以后降水量逐年代减少。

表2 华北地区不同年代平均降水距平变化(相对1951~2000年平均 单位:mm)

	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代
年	39.2	25.2	2.8	-28.8	-38.2
春	-2.7	10.4	-6.9	-1.1	0.3
夏	43.6	-0.8	6.1	-24	-24.6
秋	-7.6	19.1	0.6	-3.3	-8.8
冬	3.3	-2.7	2.3	-0.9	-1.9

2.2 蒸发力与气温

华北地区年蒸发力(计算方法参见文献[3])一般有700~1000mm。夏季蒸发力最大,占年总量的37%,春、秋次之,冬季最少。另外,华北地区蒸发力年际变化小,相对变率仅9%。

年蒸发力20世纪50年代最少,60年代略有增多,70、80年代略减少,90年代增加幅度非常明显且为最高值,这与90年代气温高及明显增温有关。夏季蒸发力的年代际变化同年蒸发力变化一致,但以60年代值最大。春、秋、冬季的蒸发力呈不断增加趋势,90年代达最大。近50年来,华北地区年平均气温呈明显增加趋势,增温达 0.6°C 。各季气温也有不同程度的增加,其中冬季平均气温增加最为明显,增幅较60年代最低值偏高达 1.7°C 。

2.3 水分盈亏量

我们采用降水量减去同时期蒸发力的方法从水分平衡的角度来分析陆地水分盈亏状况。差值为正,表示陆地水分为盈,否则为缺。华北地区常年年降水量与蒸发力的差值为 -236.1 mm ,年蒸发力远远大于年降水

量。除夏季陆地水分略有盈余外,其余各季均处于亏缺状态,其中,春季亏缺最为严重,占全年亏缺量的70%,秋冬次之。

近50年来,年及各季的水分亏缺量总体呈增加趋势(见表3),除春季外,其它季节及年的亏缺量以20世纪90年代为最大。春季,90年代的降水量虽较80年代略有增加,但气温增高导致的蒸发加大量比降水的增加量大,致使春季亏缺量仍呈增加趋势,因此,干旱更为严重、频繁,不利于农作物的生长发育。夏季的水分盈余量逐年代减少,特别是90年代,由于降水偏少,气温高,水分亏缺量显著增大。

表3 华北地区各年代水分盈亏距平变化(相对1951~2000年平均 单位:mm)

	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代	常年值
年	59.2	24.2	9.4	-19.8	-73.0	-236.1
春	4.4	15.5	-9.3	-4.0	-6.6	-165.8
夏	54.4	-20.6	12.0	-12.1	-33.7	59.0
秋	-10.7	28.7	2.6	-2.4	-18.2	-73.4
冬	11.1	0.7	4.1	-1.3	-14.6	-55.9

综上所述,近50年来,华北地区气候干旱变化趋势明显,水分亏缺量不断加大,使得水资源紧缺状况进一步恶化。尤其是近几年来,不利于水资源开发利用的气候异常事件频繁出现,对华北地区的社会经济发展产生了广泛而深远的影响。

1997年,受近百年罕见的强厄尔尼诺影响,华北地区出现了少见的大范围持久性干旱及夏季高温天气。年及夏季降水量均为50年来最小值,夏季平均气温也为50多年来最高值。在异常的气候条件影响下,华北地区的水资源出现严重不足。六省市的地表水资源普遍较常年(1956~1979年平均值)偏少60%以上,天津偏少高达80%。地下水资源量以及水资源总量也显著减少。最引人关注的黄河中下游断流形势1997年极为严重,开始断流时间、全年断流天数、断流河长均创历史纪录,造成下游引黄灌区和城市用水紧张,同时也对下游的生态环境破坏较大。

1999年,仅一年之隔,又出现了年降水和年平均气温分别为次小值、次大值的异常

气候,水资源严重缺乏程度和影响范围都不亚于1997年。随后的三年中,持续干旱,更加剧了水资源矛盾。2000年,为解天津燃眉之急,政府决定从山东引黄河水北上天津,这是自1972年开始,第六次引黄入津。2001年春季,华北出现大范围严重干旱,农业损失严重。2002年,山东省遭受百年不遇的大旱,严重造成了该省工业、农业和渔业的巨大损失,人民生活受到了影响。南四湖作为我国北方最大的淡水湖群,其淡水资源曾经占山东省的六分之一,2002年湖区内大部分水域干涸,鱼类、鸟类濒临灭绝,水产资源几乎丧失殆尽。同时,与其相关的运输、旅游、餐饮也都不同程度的受到严重影响。

北京自1949年以来,已经历了三次严重的水危机,每次无不是受到气候的影响,主要出现在1965~1968年、1971~1972年和1974~1975年、1980~1984年降水连年偏少时。1997、1999年以来,北京又持续数年降水持续偏少且偏少程度较80年代前期更甚,水危机再次爆发,节水、提高用水效率成为解决新危机的主要途径。

3 华北地区水资源评估模式的建立

3.1 华北地区水资源与降水量关系特点

我们根据华北地区等6省市的历年年水资源总量资料(北京、天津、河北、山西37年^[4],山东、河南7年^[2])以及同期区域平均年降水量、年平均气温资料,进行相关分析,发现华北地区降水与水资源总量二者存在明显的正相关关系,相关系数均超过0.8(见表4),并全部通过了0.001的信度检验;水资源总量与年平均温度相关较差。

华北地区地表水资源及水资源总量和降水量还具有变化同步的特点,而且地表径流量及水资源总量的变化幅度大于降水变化幅度。水资源量的相对变率较降水大,特别是地表水资源的相对变率远远大于降水,意味着具有更大的不稳定性(见表4)。华北地区水资源变率大的特点,加大了水资源开发利用的难度,需要通过修建水利工程设施进行调配以保证水源的稳定。

表4 北京等四省市水资源相对变率(1994~2001年)及线性评估模式系数表

	水资源相对变率				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	平均相对误差
	降水	地表水	地下水	总量				
北京	0.22	0.49	0.35	0.37	-7.438	0.072	0.924	0.137
天津	0.23	0.75	0.48	0.66	-7.007	0.038	0.804	0.255
河北	0.18	0.50	0.23	0.37	-140.67	0.668	0.925	0.142
山西	0.13	0.27	0.10	0.21	-30.261	0.333	0.852	0.126
山东	0.11	0.26	0.13	0.21	-262.76	0.836	0.933	0.084
河南	0.21	0.52	0.23	0.41	-263.44	0.846	0.952	0.121

3.2 水资源评估模式的建立

由于估算年水资源总量时,涉及项目广,需要详细的大量实际调查和观测资料,计算复杂^[5]。这里我们基于水资源总量与降水量具有高相关的特点,建立水资源线性评估模式,以解决年水资源总量的估算问题。评估模式如下:

$$W = a + bP \quad (1)$$

式中, W 代表水资源总量(亿立方米), P 为各省市区平均年降水量(mm),模式参数及相关系数见表4,经检验,平均相对误差除天津外,均小于15%。因此,该方法可用来进行华北地区各省市的水资源评估。

4 2003年1~4月气候及水资源状况

华北地区2003年1~4月降水量,河南南部有200~400mm,河南中部及山东大部有100~200mm,河南和山东的北部、河北南部和西部、山西大部有50~100mm,京津地区及河北的东北部不足50mm。与常年同期相比,降水量普遍偏多,其中河北南部、山东大部、河南东部及山西北部、河北的西北部偏多5成至1倍以上。1~4月全区平均降水量较常年偏多33mm,为1999年以来同期最多(见图1)。区域平均气温较常年偏高0.4℃。总体看来,华北地区2003年前期降水量较历年同期偏多,计算蒸发力略较常年偏少,则水分亏缺量也少于常年同期,致使前期土壤浅层墒情较好,无明显旱情。但考虑到华北地区陆地水分平衡仍处于亏缺状态,前期降水总量不是很大,降水不能或很少产生径流,因此,不能完全改变华北部分地区农田底墒差和工程蓄水少、城镇用水紧张的局面。

5 2003年水资源预评估

我们针对华北地区各个省市,假设2003

年降水出现7种可能情况之一:较常年偏少20%、15%、5%、正常和偏多20%、15%、5%(常年值采用1971~2000年平均值),采用式(1)统计模型,估算得到2003年水资源总量,结果见表5。

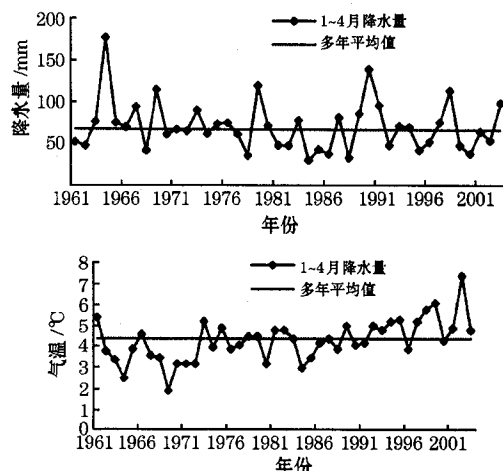


图1 华北地区历年1~4月降水量及平均气温变化曲线图

表5 2003年水资源总量预评估结果
(单位: $\times 10^8 \text{ m}^3$)

假定降水变化	北京	天津	河北	山西	山东	河南	华北合计
-20%	25.66	9.63	134.47	91.53	169.07	248.77	678.93
-15%	27.73	10.68	151.67	99.14	196.06	280.77	765.9
-10%	29.80	11.72	168.86	106.76	223.05	312.79	852.88
-5%	31.87	12.76	186.06	114.37	250.04	344.81	939.86
正常	33.94	13.80	203.25	121.98	277.03	376.82	1026.82
5%	36.00	14.84	220.45	129.59	304.02	408.83	1113.78
10%	38.07	15.88	237.65	137.20	331.00	440.84	1200.74
15%	40.14	16.92	254.84	144.82	357.99	472.86	1287.72
20%	42.21	17.96	272.04	152.43	384.98	504.87	1374.69

由表可见,2003年华北地区在上述各种降水假设情况下,水资源总量变化介于679~1380 $\times 10^8 \text{ m}^3$ 之间。另外,短期气候预测结果是:2003年华北大部地区降水接近常年稍偏多,其中夏季(6~8月)北京、天津、河北、山西、河南北部、山东大部降水量较常年略偏多;河南南部、山东半岛降水量比常年偏少。根据夏季站点降水预测距平值,我们估算各省市夏季降水较常年偏多15%。此外,我们还考虑了各省市夏季降水接近常年情况以作对比。在估算2003年降水量时,1~4

表 6 2003 年水资源总量预评估结果(单位: 10^8 m^3)
(参考国家气候中心诊断预测室夏季 6~8 月降水预报结果)

降水情况	北京	天津	河北	山西	山东	河南	华北合计
夏季较常年偏多 15%	40.21	15.4	251.87	142	370.62	461.87	1281.97
夏季降水接近常年	35.63	13.18	216.29	128.39	319.78	412.12	1125.39

月采用实际降水量,其它各月假设各省市降水量接近常年。水资源估算结果见表 6。

2003 年华北地区水资源总量预计在 1125~1281 亿立方米之间,较常年偏多。水资源总量偏多非常有利于降水对地下水的补偿及减少地下水的开发,缓和水资源供需矛盾,但是考虑到,如果华北地区 2003 年用水情况依然保持近几年的平均水平 825mm,那么 2003 年的水资源利用率将在 64%~73% 之间,可见利用率仍然很高,其中地下水供水仍需占有相当比例,加上华北地区近些年来长期持续干旱少雨,水库蓄水少、河水干涸断流,从根本上来讲,不可能完全扭转华北地区目前缺水的局面,因此,2003 年华北地区水资源前景仍不容乐观。

6 结 论

(1)近 50 年来,华北地区气候趋于干暖,造成水分严重亏缺,从根本上决定了水资源日益紧张的现状。近几年来持续干旱和异常的气候事件,给华北地区社会、经济发展带来了十分严重的影响。

(2)降水与水资源的线性关系十分密切,

远大于气温,在此基础上,我们进一步建立了华北地区等 6 省市的水资源评估模式;并根据 2003 年汛期短期气候预测结果,预计 2003 年,华北地区水资源接近常年或偏多,但因近几年持续干旱,水资源供需矛盾仍然紧张。

(3)水资源评估方法还有待于进一步研究。

致谢:向黄朝迎老师及国家气候中心气候诊断预测评价室对本工作的支持表示感谢!

参考文献

- 1 刘昌明,陈志恺主编.中国水资源现状评价和供需发展趋势分析.北京:中国水利水电出版社,2001:53.
- 2 中华人民共和国水利部.中国水资源公报(1994~2001).北京.
- 3 程维新,胡朝炳,张兴权著.农田蒸发与作物耗水量研究.北京:气象出版社,1994:86.
- 4 水利电力部 38-1-5 课题组.“六五”国家科技攻关第 38 项课题总报告.华北地区水资源评价.北京.1987:176~183.
- 5 水利部水资源研究及区划办公室.全国水资源初步成果汇总技术小组.中国水资源初步评价.北京.1981:17~32.

Climatic Change and Its Impact on Water Sources and Water Resources Pre-Assessment in 2003 in North China

Gao Ge Li Weijing Zhang Qiang

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

Based on the climatic and water resources data in the last 50 years in North China, the situation of water resource and its exploration and utilization in this area are analyzed, as well as the features of climate change and impacts of climate on water resources and their relationship. Water resource assessment models are developed based on the above study and water resource condition of 2003 are pre-assessed quantitatively in advance through taking short term climatic forecast results into account.

Key Words: North China climate change water resources assessment