

# 气候变化对沧州水资源的影响与对策

龚 宇<sup>1</sup>, 邢开成<sup>2</sup>, 王聪玲<sup>1</sup>, 王 璞<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 沧州市气象局, 河北 沧州 061001)

**摘要** 选取影响水资源最重要的两个气象因子(气温和降水),分阶段和整个系列研究其变化特点及其与沧州水资源变化情况的相关性,得出气温升高和降水减少是影响沧州水资源的重要因素,其中降水是最为重要的影响因素。结合他人研究成果对该地区水资源可持续利用提出了对策建议。

**关键词** :气温 降水量 水资源 沧州市

中图分类号 :P463.24 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2007)03-0020-04

## Influences of climate change on the water resources of Cangzhou City and countermeasures

GONG Yu<sup>1</sup>, XING Kai-cheng<sup>2</sup>, WANG Cong-ling<sup>1</sup>, WANG Pu<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Cangzhou Meteorological Bureau, Cangzhou 061001, China)

**Abstract** :The changes of the two most important factors( air temperature and precipitation )affecting water resources were studied at different stages and on the whole. The relativity between the factors and the variation of water resources in Cangzhou City show that the increase of air temperature and the decrease of precipitation are the important factors which affect the water resources in Cangzhou City ,and the precipitation is the most important factor. Based on existing results , countermeasures were put forward for sustainable utilization of water resources in Cangzhou City.

**Key words** :air temperature ; precipitation ; water resources ; Cangzhou City

我国华北地区降水较少,年际变化大,农田水分供需矛盾十分尖锐,大范围持续干旱连年发生,对农业生产乃至国民经济带来严重影响。

河北省沧州地区作为华北平原的典型区域,其水资源状况在全河北省处于最为紧张的位置。由此带来一系列现实问题:一些招商项目不能引进,已建工厂的配套与扩建受到限制,部分现有的设备不能充分利用和正常运转。如年产 40 亿 kg 的碱厂、年产 10 亿 kg 的烧碱厂等项目均因水资源不足而异地兴建,使当地的化工优势得不到发挥。农业生产上也只有 1/3 多的耕地为保浇地,丰富的光热资源得不到充足水资源的有效配合,缺水干旱下有的农民利用超标污水灌溉,致使农田受污,给农业生产和发展带来严重影响<sup>[1]</sup>。1999 年干旱造成当地旱灾面

积占播种面积的 57.4%,减产粮食 6.5 亿 kg。近年来的统计资料表明,每年干旱受灾面积均在 2 万 hm<sup>2</sup> 以上。因此,研究当地气候变化,对于水资源合理利用和工农业生产的持续发展有重要意义。

## 1 气候变化及特征

### 1.1 年降水量呈减少趋势

1954 年来,沧州地区年平均降水量为 582.4 mm。但降水量年际间变化很大,年降水量系列中最大年份 1964 年与最小年份 1999 年相差 6 倍之多。统计分析表明,变异系数达 35.6%。降水特点决定了年径流量明显的分配不均等问题,降水量年际变化大,导致了径流量年际变化大,对水资源的规划和合理利用加大了困难。但整体上年降水量变化呈逐渐减

少趋势(图1)。降水减少的后果:一方面是水资源补给量减少,可利用水资源数量减少;另一方面是农业灌溉用水次数增多,灌溉数量加大。沧州地区面临需水加大和可用水资源减少的双重压力,大大增加了水资源的亏缺程度。

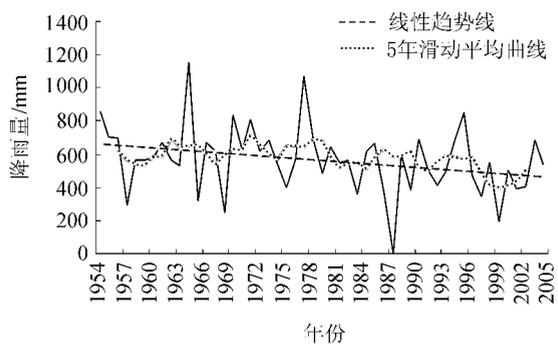


图1 平均降雨量变化曲线(细实线)

沧州1994~2003年的10年内,平均降水量相比于1954~1963年平均减少约94mm,比1964~1973年更是减少约150mm。降水量减少幅度之大,明显影响了地面径流量。其他时间段除1964~1973年间高出平均降水量582.4mm外,1974年之后的30年间平均降水均低于全系列期内平均降水量,且都呈减少趋势(表1)。

表1 平均降水量统计 mm

时间段	1954~1963年	1964~1973年	1974~1983年	1984~1993年	1994~2003年	1954~2003年
平均降水量	602.17	658.11	562.74	562.74	508.05	582.4

### 1.2 气温整体升高,极端温度和干旱频数增加

刘青蓁等<sup>[2]</sup>研究表明,华北地区水资源对气候变化比较敏感,其中气温升高1℃,农业灌溉用水量增加10%,水文循环也随之加强。随着气候变暖,水文循环的加强,洪水及干旱的水文极端事件发生频次递增。由于高温与干旱最直接的影响是农业需水与用水增加,一旦农业用水得不到有效供给,就常常发生严重干旱。加上极端温度频频发生,农业旱灾情况加剧,发生了诸如1997~1999年这样的连年大旱。同时,农业灌溉用水增加必定挤占其他行业用水,并使该地区用水紧张态势加剧。1970年以来,沧州地区平均气温呈逐年升高趋势(图2)。最近10年与20世纪70年代相比,平均温度升高了约1℃,相对于整个系列值已升高了0.5℃,使得每年农业灌溉用水增加近4500万m<sup>3</sup>。

以每10年为统计分析时段,4~6月份以及7~9月份平均气温和极端最高温度均呈增加趋势,只有1970~1979年间的19.74℃和23.98℃分别低于全系列的20.13℃和24.53℃,极端最高气温发生在1997年7月12日。其他时间段的平均温度均高于

全系列平均气温(表2)。

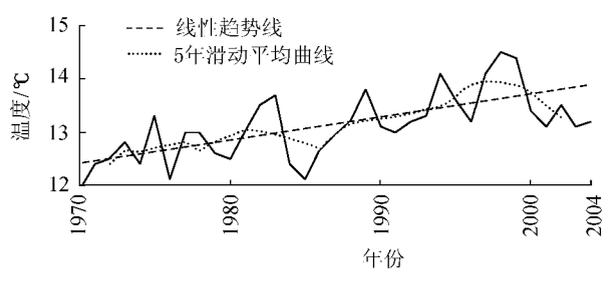


图2 平均气温变化曲线(细实线)

表2 沧州温度变化统计 °C

时间	全年平均温度	最高温度	4~6月份平均温度	7~9月份平均温度
1970~1979年	12.60	32.2	19.74	23.98
1980~1989年	12.98	33.0	20.29	24.45
1990~1999年	13.65	33.5	20.20	25.17
1995~2004年	13.60	33.5	20.42	24.92
1970~2004年	13.10	33.5	20.13	24.53

## 2 气候变化与水资源变化的相关性

### 2.1 降水变化对地表水资源的影响

大气降水是地球淡水的唯一补给源,是影响水资源最直接的因素。分析1990~2004年沧州降水量与水资源总量的年际变化表明,年降水量变化与水资源总量的变化规律非常一致。

以该地区1990年来地表水资源和水文年降水资料做逐步回归分析,显著水平取0.05,经数据统计分析可得单回归方程

$$Y = -3.9234 + 0.0123X \quad (R^2 = 0.842)$$

式中:Y为地表水资源量;X为年降水量;R<sup>2</sup>为相关系数。

在降水量最少的1999年,农业用水达到沧州市历年用水最多的12.56亿m<sup>3</sup>,该年平均气温达14.4℃,比历年平均最高气温14.5℃仅少0.1℃。

### 2.2 气温变化对水资源的影响

气温增高最明显的变化是蒸发加大,作物耗水增加。如果遇上干旱少雨年份,则农业用水一定增加。这样,在补给源减少和需水流增加的双重压力下,进一步加剧了沧州地区原本紧张的水资源供需矛盾。而为了维持粮食生产,不得不抽取地下水作为灌溉用水。

1990年到1999年的10年间,平均温度最高达13.65℃,比全系列平均温度13.1℃高0.5℃,造成农业用水加大,而该地区农业用水的90%以上为地下水供给,造成此时期的地下水严重超采,地下水位大幅下降,漏斗面积急剧增加。据统计,10年间累计开采深层地下水约121.7亿m<sup>3</sup>;到2003年,高程为

### 3 结果与讨论

a. 气候是影响水资源基本特征的直接因素。沧州是典型的半干旱、半湿润气候区,水的资源性短缺决定了水资源在开发建设中的特殊重要性。水资源的补给主要来自每年的降水,由于年降水量的年际间分布不均,水资源对短期气候振动变化响应的敏感度特别强。每逢干旱年份(如 1999 年)地表水资源大大降低,供水能力也被减弱,给当地工农业生产和人民生活带来严重影响。

b. 近 50 年来,沧州地区降水量总体呈减少趋势。20 世纪 70 年代以来的气温分析表明,该地区气温呈升高趋势。这一总体上趋于干暖的气候变化,造成该地水资源的严重亏缺,从根本上造成了水资源日益紧张的状况,成为影响沧州水资源变化最重要的自然因素,其中的水文年降水是影响地表水资源正相关变化的主导气候因子。同时,温度升高引起的蒸发加大,农业用水量增加,使原本就有的水资源短缺问题加重,具体影响程度有待进一步研究。

c. 受气候变化影响最直接的是农业生产。因为气候干旱,农业用水加大,农业用水资源受到严重影响,进而影响种植制度和农业结构调整。同时高温环境可为各种虫害的生长和繁殖提供更优越的温床,作物虫害将会激增。

### 4 水资源持续利用对策建议

由于沧州地处华北平原,属全平原区,北靠天津,东临渤海湾,位于海河流域下游,因此外来补给水源常常受制于上游用水。当地如遇干旱往往上游也干旱,因此无水补给,遇水涝时上游也常常水涝,此时来水为患。为了更好地应对缺水少水的现实状况,保证当地工农业生产和生活用水合理持续供给,在南水北调工程竣工之前,只能立足区内,在开源节流上下功夫。

#### 4.1 大力推广农艺节水技术

在沧州市目前的用水量中,农业用水仍然占了绝对大的比例(2004 年农业用水占总用水的 71.83%)因此,应把节水的重点放在农业上,因地制宜地发展见效快、投资省、操作简单的农艺节水技术,如该地区的冬小麦节水、省肥、高产、简化的栽培技术。另外,有条件的地方和产业(果业)可适当发展节水灌溉技术(喷灌、滴灌)。

#### 4.2 建立适合当地节水的激励机制

从激励用水者的经济利益出发,进行水权界定。

从合理水价、浪费用水惩罚机制的制定以及中水、污水回用的补贴机制等方面,激励用水者进行效益节水和用水优化配置,从而达到节约用水和高效用水的目的。把节水激励机制作为缓解用水紧张的一个有力手段。

#### 4.3 加强咸水资源开发利用

在农业领域,可以开发利用微咸水来灌溉旱季作物,这不但可以增加土壤水分,而且可以降低土壤溶液的浓度和渗透压,利于作物吸收水分和养分。

沧州市地处渤海之滨,浅层地下水 60% 的面积为咸水和微咸水,目前开发利用程度很低。适度开采利用地下咸水和微咸水,在降低咸水层水位、减少农田耕层含盐量的同时,可相应减少咸水层和淡水层水位差,减缓咸水层向淡水层的越流补给。根据试验资料,不同作物在不同生长期需水对水溶盐类含量的要求是不同的,因此可以根据作物生长不同阶段来利用微咸水灌溉或采取咸淡混浇,扩大农田灌溉面积。目前沧州微咸水资源量有 5.84 亿 m<sup>3</sup>,且这一数字伴随着浅层淡水的超采所引起的水位下降、咸水入侵逐步增大而增多<sup>[3]</sup>。其中矿化度 2~5 g/L 的地下咸水面积 4 453 km<sup>2</sup>,总储量 4.67 亿 m<sup>3</sup>,多年平均可开采量 3.59 亿 m<sup>3</sup>,占地下咸水面积的 80%,矿化度为 2~3 g/L 微咸水的分布面积为 2 527 km<sup>2</sup>,总储量 2.78 亿 m<sup>3</sup>,多年平均可开采量 2.14 亿 m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>。

#### 4.4 加强土壤水资源的开发利用

无论是地表水还是地下水,都要转化为土壤水才能被作物吸收利用。土壤水是水资源中非常重要的一种形态。在水资源极为紧张的情况下,单独提出来研究土壤水,对发展旱作农业、节水农业非常有意义。

张利等<sup>[5]</sup>根据该地区 25.97 万个主剖面资料,按不同类型、不同质地、不同深度、不同季节分别计算汇总,得出 4 个季节 0~200cm 内现有可利用土壤水储量为 267.87 亿 m<sup>3</sup>(春夏秋冬分别为 64.87 亿 m<sup>3</sup>、69.15 亿 m<sup>3</sup>、67.65 亿 m<sup>3</sup>、66.22 亿 m<sup>3</sup>,分别折合为 541.9 mm、581.0 mm、560.2 mm、551.0 mm,无效水为 207.5 mm),平均每个季节有 66.97 亿 m<sup>3</sup>(包括无效水),该土层内全区不可利用的土壤水储量(除淡水和 2~3 g/L 的微咸水)4 个季节分别为 6.33 亿 m<sup>3</sup>、6.57 亿 m<sup>3</sup>、6.42 亿 m<sup>3</sup>、6.37 亿 m<sup>3</sup><sup>[5]</sup>。平均该土层内每个季节不可利用的土壤水资源为 6.42 亿 m<sup>3</sup>。

#### 4.5 制定空中水资源开发战略

每次降水天气过程中,大气中的水汽通量只有小部分以自然降水的形式降落。大量水分并没有以

雨雪的形式落下。因此,可以选择在适宜的云水条件下,进行人工增雨作业。以该地区现实状况而言,只有开发空中水资源,实施人工增雨战略工程,才有希望从根本上解决水资源短缺的危机。相比抽取江河水或地下水来说,人工增雨成本很低。2001年7月湖北省6次实施人工增雨,增加降水4亿余t,平均每吨水仅为人民币0.125分。据河北省1995年测算,人工增雨投入与产出效益比为1:30以上。北京市的数据显示,增雨的投入产出比超过1:90。事实上,我国的人工增雨虽然已经搞了几十年,但基本上是一种抗旱减灾的应急手段,未能上升到开发水资源的战略层面。因此,应当转变观念,把开发空中水资源作为一项水资源开发利用的长期机制,以解决水资源短缺这一关键性制约因素。

#### 4.6 逐步加大利用海水资源

海水可直接用于工业生产中的冷却水、消防用水、冲厕所等。日本海水利用量占整个工业用水量的1/4,其中电力工业的冷却水全部利用海水,化学工业用水量的1/3是海水。香港从20世纪60年代

就开始用海水冲厕,每年可节约食用淡水两成。现在我国海水淡化技术已经成熟,海水淡化与晒盐、工业用水相结合大大降低了海水淡化成本,效益显著。沧州市沿海地域优势明显,位置特殊,利用海水资源前景广阔,在工业布局上应优先考虑利用海水资源,逐步加大海水的利用率。

#### 参考文献:

- [1] 宋文玉. 沧州水环境现状调查分析[J]. 河北水利水电技术, 1996(2): 26-29.
- [2] 刘春霖. 中国水资源响应全球气候变化的对策建议[J]. 中国水利, 2000(2): 36-38.
- [3] 张桂平. 沧州水资源短缺原因分析[J]. 河北水利水电技术, 1996(2): 35-36.
- [4] 王洪彬. 沧州地区利用地下微咸水灌溉分析[J]. 河北水利水电技术, 1998(4): 4-5.
- [5] 张利. 沧州地区土壤水资源研究[J]. 自然资源学报, 1990(3): 230-236.

(收稿日期: 2005-10-15 编辑: 舒建)

(上接第4页)

说,有所下降,修复工程实施前藻类生物量最高为0.497亿个/L,最低为0.1亿个/L,而工程实施后藻类生物量最高为0.171亿个/L,最低为0.029亿个/L。藻类种类增多,数量减少,表明了生态系统向良性循环的转化趋势<sup>[2]</sup>。

#### 5.4 浮游动物的变化

小关邑湖滨带内浮游动物主要由枝角类、桡足类、轮虫和原生动物构成,以原生动物为主,其次为轮虫类。示范工程实施后,浮游动物的生物量由721个/L提高到1338个/L,喜好清水型的枝角类、轮虫类数量增多,表明湖滨带内的生境条件得到一定程度的改善。

#### 6 结 语

湖滨带是水陆生态系统间的一个过渡和缓冲区域,其界面特点使得它具有保持物种多样性、拦截物质流和能量流、稳定相邻生态系统、净化水体和减少污染等功能。将湖滨带的生态修复工程与农村面源污水处理相结合,强化湖滨带的环境功能,是当前缓

解农村面源污染的行之有效的应急措施。同时示范工程表明,小关邑湖滨带生态系统得到较好的恢复,各项生态指标都有好转的趋势。

#### 参考文献:

- [1] 许木启,黄玉瑶. 受损水域生态系统恢复与重建研究[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 547-558.
- [2] PIECZYNSKA E. Lentic aquatic-terrestrial ecotones: Their structure, function and importance [C]//NAIMAN R J, DÉCAMPS H. The Ecology and Management of Aquatic-terrestrial Ecotones (MAB-series 4). Paris: UNESCO & the Parthenon Publishing Group, 1990: 103-140.
- [3] STANLEY V G, FREDERICK J S, MCKEE W A, et al. An ecosystem perspective of riparian zones-focus on links between land and water[J]. Bioscience, 1991, 41(8): 540-551.
- [4] 叶春, 金相灿, 王临清, 等. 洱海湖滨带生态修复设计原则与工程模式[J]. 中国环境科学, 2004, 24(6): 717-721.
- [5] HOLLAND M. SCOPE/MAB technical consultation on landscape boundaries: report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones[J]. Biology International, 1988, Special Issue 17: 47.

(收稿日期: 2006-06-06 编辑: 舒建)