

# 农业灌溉的负效应

王玉宝<sup>1</sup>,何武全<sup>1</sup>,邵光成<sup>2</sup>,余志仁<sup>3</sup>,刘娜<sup>4</sup>

(1.西北农林科技大学水利与建筑工程学院,陕西杨凌 712100;2.河海大学现代农业工程系,江苏南京 210098;3.浙江省水利水电勘测设计院,浙江杭州 310002;4.河海大学商学院,江苏南京 210098)

**摘要** 农业灌溉在提高农业抗灾能力、促进农业发展、改善人民生活中都发挥了十分重要的作用。但同时,灌溉打破了原有水量平衡、水土平衡、水沙平衡和水盐平衡。造成的负面效应有:水污染加剧对物理系统、生物系统(动植物和人类健康等)产生负面影响;水资源短缺降低了历史文化景观价值,对社会系统产生负面影响。应加强流域和区域灌溉水源统一调度,协调灌溉用水和生态环境用水的关系,大力发展节水灌溉,加强灌溉工程运行管理,减小农业灌溉负效应。

**关键词** 灌溉;负面效应;对策

**中图分类号** S274      **文献标识码** B      **文章编号** 1004-693X(2006)03-0009-03

## The negative effect of irrigation

WANG Yu-bao<sup>1</sup>, HE Wu-quan<sup>1</sup>, SHAO Guang-chen<sup>2</sup>, YU Zhi-ren<sup>3</sup>, LIU Na<sup>4</sup>

(1. College of Water Resources and Architecture Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 2. Department of Agricultural Engineering of Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Reconnaissance and Design Academy of Water Conservancy and Hydropower in Zhejiang Province, Hangzhou 310002, China; 4. Business School of Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract** :Irrigation plays an important role in the enhancement of the drought-resistant ability of agriculture, the development of agriculture, improvement of the living standard of people, and so on. Unfortunately, by breaking the former balance of water quantity and balances between water and soil, and water and silts, and water and salts, the irrigation also has negative effects, for example, the irrigation with polluted water has negative effects on physical systems, animals, plants and human health. Irrigation would also intensify the shortage of water resources and decrease the value of historical, cultural, and landscaping values of social systems. Countermeasures for reducing negative effects were put forward such as unified management of district and watershed resources, balancing the water use of the irrigation and ecological environment, accelerating the development of water-saving irrigation, and reinforcing the operation and maintenance of irrigation projects.

**Key words** irrigation; negative effect; countermeasure

农业是国民经济的基础。我国位于亚洲季风气候区,降水时空分布极不均匀,水旱灾害频繁。从大禹治水开始,我国的灌溉事业已有 5 千多年的历史。公元前 6 世纪,楚国人民兴建了芍陂,利用洼地构筑约长 50 km 的拦水堤。公元前 4 世纪,魏国的西门豹修建了引漳十二渠。公元前 3 世纪,蜀守李冰兴

建了我国古代最大的灌溉工程——都江堰,灌溉了广大川西平原,为秦始皇统一中国奠定了物质基础。秦朝时修建的灵渠,不仅用于灌溉,还将中原文化传播到南方,并促进了南方地区的经济发展<sup>[1,2]</sup>。古代人民修建的大批引水灌溉工程,在提高农业抗灾能力、促进农业发展、改善人民生活中都发挥了十

分重要的作用,有的至今仍在发挥效益,有的已成为世界文化遗产。但是,农业灌溉的过度发展,也会对物理系统、生物系统以及社会系统造成负面影响。

## 1 农业灌溉的重要作用

降雨的时空分布不均匀性,必然导致降雨不能完全满足作物的需水要求,即使在我国南方降雨量较高的湿润地区,干旱仍然严重影响着作物的产量,而在广大的西北没有灌溉就意味着没有农业。一般来说,有灌溉设施的作物产量是雨养农业作物产量的2~3倍<sup>[3]</sup>。我国是世界上人口最多的国家,粮食安全不仅是我国乃至世界的重大问题。我国是世界上第一灌溉大国,建国以来,农田灌溉面积从1500万hm<sup>2</sup>发展到目前的5600万hm<sup>2</sup>。在占全国耕地面积40%的灌溉面积上生产着全国75%的粮食和90%以上的经济作物。20世纪90年代我国人口虽然增加了约2亿人,但人均粮食产量却增加了约40%,这主要归功于灌溉面积的增加。我国灌溉事业取得的巨大成就,使中国能够以占世界6%的可更新水资源量、9%的耕地,解决了占世界22%人口的温饱问题,为保障我国农业生产、粮食安全以及经济社会的稳定发展创造了条件。

## 2 农业灌溉的负面效应

### 2.1 对物理系统的负面影响

#### 2.1.1 影响水量平衡

灌溉工程的兴建,显著改变了天然水流的自然分布。灌溉农业的大幅度发展,使上游引水量大增,河流向下游输送的水量大量减少,从而使流域上、中、下游水资源状况发生明显变化。其造成的水量不平衡常常表现在河道下游径流量大幅度减少、湖泊及湿地面积的缩减、泉水衰竭,甚至河道断流等方面<sup>[4]</sup>。黄河下游自20世纪70年代以来,频频发生的断流现象,其中一个很重要的原因就是过量的农业引水造成的。以井灌为主的灌区,常由于持续过量的超采地下水,而破坏了地下水的采补平衡,引起地下水水位逐年持续下降,在灌区形成地下水降落漏斗,继而造成地面沉降、海水入侵等负面效应。陕西渭河流域地下水超采面积达3000km<sup>2</sup>,其中严重超采面积600km<sup>2</sup>,形成很多地下水漏斗区,出现了地陷、地裂缝等环境地质问题。西安城区下沉面积162km<sup>2</sup>,已出现了13条地裂缝,使2000余座建筑物受到不同程度损坏<sup>[5]</sup>。

#### 2.1.2 影响水土平衡

在我国北方干旱半干旱地区,粮食生产必须依靠灌溉。随着人口的急剧膨胀,灌溉农业面积必然

不断扩大,这给当地的生态环境和其他用水增添了负荷,加剧了水资源的匮乏程度。灌溉农业的过度发展,在干旱年份,弃耕现象严重,加重了这些地区的水土流失及土壤沙化进程。1950~2000年的50年间,新疆人工绿洲面积扩大近5倍,但随之出现天然林、草地的退化以及面积的迅速缩小和荒漠化快速扩大等恶果。至2000年为止,全疆退化草地面积占57%,荒漠化土地面积占全疆总面积的48%,且目前仍以400km<sup>2</sup>/a的规模扩展,全疆近2/3的土地和1200万人口正在遭受荒漠化的危害,近70万hm<sup>2</sup>农田遭受风沙的危害<sup>[6]</sup>。因此,从某种意义上来说,在干旱半干旱地区,灌溉农业的过度发展是土地退化的主要成因。

#### 2.1.3 影响水沙平衡

大量灌溉水的引用,使河流原有流量大大减小,原有河流的水沙平衡遭到破坏,河流输沙能力减弱,造成河道淤积,使河床抬高,为河道行洪带来安全隐患。

#### 2.1.4 影响水盐平衡

在以地面水源为主的灌区,盐分随灌溉水而带入灌区。水分被蒸发或被植物蒸腾而消耗,而盐分却留了下来。一部分灌溉水形成深层渗漏,若排水不畅,会引起地下水位的上升,地下水位的升高会大大增加蒸发强度,蒸发作用使土壤母质和地下水中的可溶性盐分积聚地表,从而造成土壤次生盐碱化。纵观全球的耕地灌溉区情况,到20世纪80年代中期,印度有36%,美国有27%,巴基斯坦有20%,我国有15%的灌溉土地发生次生盐碱化。

#### 2.1.5 加剧水污染

由于河道水量减少,水体自净能力降低,水质迅速恶化,污染事故频频发生。大量未经处理的废污水被农田直接或间接引用,造成二次污染。水污染造成土壤板结、碱化,降低作物性状,农作物减产甚至绝收。农药和化肥的使用也是污染土壤并造成浅层地下水水质恶化的重要原因。农业灌溉常常造成土壤营养物质的淋溶,并在增加作物产量的同时,也加大了对农药和化肥的需求量。农药化肥的过量使用,导致农作物中有毒有害污染物的积累,造成农业水土环境的严重恶化。据不完全统计,我国遭受到不同程度污染的农田面积达67万hm<sup>2</sup>。每年因环境污染损失粮食1200万t,造成农作物减产损失达150亿元,因污水灌溉被重金属污染的耕地达1.3万hm<sup>2</sup>,污染严重的已被弃耕<sup>[4][6]</sup>。另外,近年来发展起来的管道化灌溉、地膜覆盖等先进灌溉方法,也带来了严重的白色污染。

### 2.2 对生物系统的负面影响

### 2.2.1 对动植物的影响

各种生物在长期的进化过程中,形成了同种生物种群间、异种生物种群间在数量上的调控,保持着一种协调关系。生物系统具有自我调控的能力。在外界干扰条件下,通过自我修复,保持其相对的稳定性。这种稳定性具有两层含意,一是指对于外界干扰的适应力或称为弹性,二是在受到干扰后回到原平衡态的恢复能力。生物系统的稳定性是相对的,其适应性也是有限的。弹性限度也就是生态系统对外界干扰的承载力。当超过某一个弹性限度,生物系统将出现一种不断远离平衡点的正反馈,加快系统失稳,常以爆发的方式导致系统的全面恶化<sup>[7]</sup>。

影响生物系统最重要、最活跃的因素是水,而农田灌溉改变了水资源的再分配。河流的大量引水,大坝的兴建,大型跨流域调水工程,对原有动物栖息地造成很大影响,对它们的生存造成严重威胁,导致许多珍贵物种的减少,甚至灭绝。

### 2.2.2 对人类健康的影响

大坝的兴建减小了河流的流量和流速,为水体污染及传染媒介物(钉螺、蚊虫、鼠类)的孳生奠定了基础。灌溉工程常常破坏或改变一定范围内原来的生物群落,使病原体赖以生存、循环的宿主、媒介发生了变化,因而导致了自然疫原的变化,如蓄水工程扩大水面以后,为蚊虫的生长提供了孳生地,灌溉工程扩大水浇面积以后,为血吸虫病的钉螺传播提供了条件。污水灌溉和农药化肥造成的面源污染,使饮用水水源或粮食作物受到污染。所有这些都已或多或少地威胁到人类的健康。

## 2.3 对社会系统的负面影响

### 2.3.1 与第二、三产业出现争水的局面

随着社会经济的发展,各行各业都加大了淡水资源的消耗。2003年全国总用水量5320亿 $m^3$ ,其中居民生活用水631亿 $m^3$ ,占总用水量的11.9%,工业用水1177亿 $m^3$ ,占总用水量的22.1%,农业用水3433亿 $m^3$ ,占总用水量的64.5%,生态用水79亿 $m^3$ ,占总用水量的1.5%。灌溉用水消耗了大量淡水资源,加剧了水资源的短缺<sup>[8]</sup>。

### 2.3.2 对历史文化景观的影响

大型灌溉工程常造成水库淹没,需进行移民安置、历史文物的搬迁,这会对库区历史文化景观产生负面影响。

## 3 减小农业灌溉负面效应的措施

农业灌溉既具有重要作用,又会产生多方面的负面效应。灌溉工程存在着正负两方面的影响。因此,在进行灌溉工程规划时,必须用辩证的观点来看

待这个问题。一方面,不能片面地强调灌溉工程的负面效应,全盘否定灌溉工程建设的积极作用,不分青红皂白对新建灌溉工程一律反对。另一方面,也必须重视灌溉工程的负面效应,对灌溉工程的工程理念进行反思,以“趋利避害”的态度,改进和完善灌溉工程的规划和设计技术<sup>[7]</sup>。

我国人均土地占有量少,决定我国必须走灌溉农业的道路,以保证粮食安全及国民经济的发展。但在发展农业灌溉时,必须扬长避短,尽可能地减少农业灌溉的负面效应。

### 3.1 加强流域和区域灌溉水源统一调度和管理

在进行灌溉引水时,应实现流域或区域水资源的优化调度和统一管理,上游水资源的开发利用要兼顾中下游用水。在一些大型灌区要实行地表水和地下水联合利用,以防止土壤盐渍化的发生和发展。对地下水开发利用,要做到采补平衡,对一些超采并形成大的地下水漏斗地区,要进行地下水回补。要科学调度管理灌溉水源,在利用地表水库进行河流调蓄的同时,充分涵蓄汛期雨洪资源和减少弃水,利用地下水库蓄水,以缓解一些地区严重缺水的局面。

### 3.2 协调灌溉用水和生态环境用水的关系

在进行灌区建设规划时,不但要考虑生活用水和其他经济用水,还必须同时考虑生态与环境用水,必须从单纯配置经济用水,向同时配置经济用水和生态用水过渡,协调国民经济用水和生态环境用水之间的矛盾。找出经济、水和生态环境三者之间相互依存、相互转化的定量关系,研究建立经济、生态环境需水评价指标体系,确定不同类型地区生态、环境需水计算方法<sup>[4]</sup>。坚持以水定灌溉的原则,保持水土平衡,以维系良好的生态系统能力。灌溉工程在满足人们对水的种种需求的同时,应能兼顾维持生态系统健康性的需求,促进人与自然的和谐共存。换言之,未来的灌溉工程应具有双重功能,即不但满足农业生产需要的工程,而且还应该是有利于生态系统健康与稳定的生态工程。

### 3.3 大力发展节水灌溉

水资源短缺是工农业发展和恢复生态平衡最主要的制约因素,解决缺水的关键是提高水的利用效率。但随着人口的不断增加,城市化水平的不断提高和经济的快速发展,淡水资源日益短缺。农业用水的比较效益低,在水资源的配置上处于不利状态,大量的农业用水被“农转非”。农业要稳定、灌区要发展就必须因地制宜结合本身实际情况,选择适宜的节水灌溉、节水管理和农艺节水技术。把节水灌溉技术、节水灌溉制度与田间农艺(下转第15页)

明灞河出山年径流序列的突变年份出现在 1948 年。

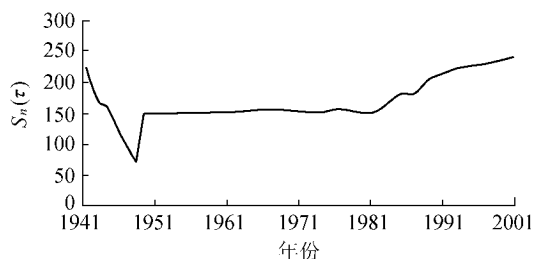


图 4 灞河出山径流序列  $S_n(\tau)$  历时过程

## 4 结 论

河流水文序列的多周期性、趋势性和突变性特征反映了人类活动对河流天然状态的水文序列产生了显著的影响。小波方法分析法结果表明,西安地区年降水序列和灞河出山径流序列存在着多时间尺度,且大时间尺度包含着小时时间尺度,变化较明显的周期是 10 a 左右和 15 a 左右时间尺度的交替,两个序列周期性变化基本具有同步性,说明人类活动对河流的周期性影响不大。秩次相关分析检验结果表

(上接第 11 页)节水技术有机地结合起来,相互配合和补充,形成从输水、配水、灌水到作物吸收利用转化为最终产量的水分利用过程,发挥综合节水之作用,走节水农业之路。

### 3.4 加强灌溉工程的管理

在我国,50% 的节水潜力在于管理<sup>[9]</sup>。在灌溉时,常由于管理的原因,造成灌溉水的极大浪费。管理损失在灌溉用水从水源到田间的各个环节中都有可能发生。包括输配水环节管理损失和田间灌水管理损失。输配水环节管理损失主要是由于灌溉用水在输送、调配过程中因为用水调度不当或工程管理不善而造成。根据产生的具体原因,这部分管理损失又可分为调、配水损失(主要有退水、决口、漫溢以及灌水延时等)和工程管理损失(渠道、建筑物、闸门漏水)两部分。田间灌水管理损失可分为:田间工程管理损失、地面径流损失和田间深层渗漏损失。在各种管理损失中,退水是导致灌区灌溉用水管理损失的一个主要因素。此外,渠道(尤其是骨干输水渠道)决口在直接造成水量损失的同时,还会伴随着调节性退水,甚至导致灌溉中断,由此诱发的灌溉用水损失也很大。因此搞好计划用水调度和工程管理,减少退水,杜绝渠道决口事故的发生是减少灌区灌溉用水损失的关键。在减少田间灌水管理损失方面,要搞好农田水利基本建设,加强田间灌水环节的用水管理,完善田间工程,健全群众用水管理组织,加大田间灌水的管理和协调力度,规范用水秩序,避

明,近 60 a 来,人类活动对灞河山口以上径流序列的趋势性影响显著。有序聚类分析法得出,灞河出山年径流序列突变年份是 1948 年。

## 参考文献:

- [1] GOEL N K. 随机水文学[M]. 王志毅,周钢炎,译. 郑州:黄河水利出版社,2001:72-86.
- [2] 王国庆,贾西安,陈江南,等. 人类活动对水文序列的显著影响干扰点分析[J]. 西北水资源与水工程,2001,12(3):13-14.
- [3] 刘小花,袁宏源,洪林,等. 水资源利用随机预测模型研究[J]. 中国农村水利水电,2002(12):70-72.
- [4] 崔锦泰,程正兴. 小波分析导论[M]. 西安:西安交通大学出版社,1995:2-28.
- [5] 王西琴,周孝德,李怀恩. 渭河流域工业发展与水环境质量趋势分析[J]. 水资源保护,2001(1):18-20.
- [6] 原彪,白云鹏. 张家口市入出境水资源量变化及水质趋势与对策[J]. 水资源保护,2000(2):36-39.

(收稿日期 2005-03-19 编辑 舒建)

免昼灌夜排和昼灌夜停现象,在管理体制改革的和水费水价政策调整上做文章,加快灌区管理体制改革的步伐。

## 参考文献:

- [1] 王法宏,徐会连,王旭清. 现代农业的负面效应及解决对策[J]. 山东农业科学,2003(5):53-56.
- [2] 郭元裕. 农田水利学[M]. 2 版. 北京:水利电力出版社,1986:6-46.
- [3] 高占义. 中国的灌溉发展与作用[EB/OL]. 2004-10-19. <http://www.hwcc.com.cn>.
- [4] ZHOU Wei-bo, WANG Yu-bao. Impacts of water resources use on ecological environment of irrigation districts in arid region of Northwest China[C]//KANG Shao-zhong, DAVIES Bill, SHAN lun. Water-saving Agriculture and Sustainable Use of Water and Land Resources. Qishan: Shaanxi Science and Technology Press, 2003: 887-892.
- [5] 潘家铮,宁远,吴以鳌. 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——重大工程卷[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [6] 杨继富. 污水灌溉农业问题与对策[J]. 水资源保护,2000,16(2):4-8.
- [7] 董哲仁. 水利工程对生态系统的胁迫[J]. 水利水电技术,2003,34(1):1-5.
- [8] 中华人民共和国水利部. 2003 年水利统计公报[EB/OL]. 2004-12-10. <http://www.mwr.gov.cn>.
- [9] 汪志农,冯浩. 节水灌溉管理决策专家系统[M]. 郑州:黄河水利出版社,2001:1-18.

(收稿日期 2005-03-16 编辑 舒建)