

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.03.017

提高灌溉水利用系数 ,保障国家粮食安全与水安全

彭世彰 ,艾丽坤

(河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室 ,江苏 南京 210098)

摘要 :针对我国粮食生产面临的巨大挑战以及日益尖锐的农业用水供需矛盾 ,分析我国灌溉水利用现状 ,提出提高灌溉水利用系数的工程、技术和管理措施 ,旨在为我国缓解水资源供需矛盾 ,保障国家粮食安全 ,实现水资源的可持续利用提供借鉴。

关键词 灌溉水利用系数 粮食安全 水资源安全

中图分类号 S274.1

文献标识码 :A

文章编号 :1004-6933(2012)03-0079-04

Improving irrigation water use coefficient and ensuring national food and water safety

PENG Shi-zhang , AI Li-kun

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering ,
Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : China 's food production is facing enormous challenges , and the imbalance between agricultural water supply and demand in China has become increasingly significant. Based on these facts , some engineering , technical , and management measures for improvement of irrigation are proposed through analysis of present utilization of irrigation water in China , in order to provide references for alleviating the imbalance between water supply and demand , ensuring food safety , and realizing sustainable water resources utilization in China.

Key words : irrigation water use coefficient ; food safety ; water resources safety

国以民为本 ,民以食为天。2011 年中央水利工作会议指出 ,我国是人口大国 ,解决好吃饭问题始终是头等大事。粮食生产最关键的影响因素是水 ,最重要的基础是农田水利。从当前形势来看 ,我国水资源短缺问题十分严峻 ,不少地方因为缺少水 ,造成“一方水土养活不了一方人”。我国有一半耕地缺少基本灌溉条件 ,现有灌区普遍存在农田水利设施标准低、配套差、老化失修和效益衰减等问题 ,导致旱涝保收高标准农田比重低。水资源供需矛盾与农田水利建设滞后成为影响粮食安全和水资源安全的最大硬伤 ,因此 ,迫切需要提高灌溉水利用系数 ,以缓解农业用水供需矛盾 ,支撑粮食生产和水资源的可持续发展。

1 我国粮食生产面临的巨大挑战

1996 年 11 月举行的第 2 次世界粮食首脑会议上 ,联合国粮农组织(以下简称 FAO)将粮食安全界定为 :所有人在任何时候都能享有充足的粮食 ,过上健康、富有朝气的生^[1]活。粮食安全一直是全球性的问题 ,据 FAO 估计 ,2009 年全球饥饿人口超过 10 亿 ,其中发展中国家占 98.5%^[2]。2004—2006 年 ,中国粮食不安全人口达 1.27 亿 ,占总人口的 10%^[3]。目前 ,我国粮食总量基本平衡。2011 年全国粮食总产量 5 712 亿 kg ,首次实现“八连增” ,人均占有粮食达 425 kg。尽管粮食供给近期无忧 ,但保障粮食安全仍是我国较长时间内最艰巨的任务。粮食安全面

临多方面的挑战,主要表现在以下几方面。

1.1 人口增长

我国每年仍要新增人口 700 万人左右^[4]。申爱红等^[5]对未来一段时间的中国人口进行了预测:2008 年 13.174 2 亿,2012 年 13.501 044 亿,2017 年 13.900 021 亿,2027 年 14.856 231 亿,2037 年 15.214 569 亿。在未来一段时间内,我国人口将继续增长,毫无疑问,粮食需求仍将呈刚性增长。据统计,每年因人口增长而增加粮食需 40 亿~50 亿 kg。

1.2 耕地资源短缺

我国耕地面积仅占世界总耕地面积的 7%,人口却占世界总人口的 22%,人均耕地占世界人均耕地的 33%,仅为加拿大的 5%、俄罗斯的 9%、美国的 10%^[6]。截至 2010 年,我国耕地面积为 12 173 万 hm^2 ,比 2007 年减少 1.923 万 hm^2 ,比 1996 减少 828.4 万 hm^2 ,接近 1.2 亿 hm^2 “红线”。目前,我国耕地面积仍以 13.3 万 hm^2/a 的速度减少,且这种趋势不可逆转。此外,我国土地复种指数高,而农药、除草剂的使用使土地质量下降,耕地资源更为紧缺,粮食生产面临更大的挑战。

1.3 水土流失

近年来,人们大量开垦坡耕地、陡坡茶园等,引发了严重的水土流失。自 20 世纪 90 年代以来,我国每年新增水土流失面积 1.5 万多 km^2 ,水土流失量超过 3 亿 t。目前我国水土流失面积达 356 万 km^2 。水土流失造成荒漠化,荒漠化又导致干旱,严重威胁粮食安全。1959—1961 年我国持续干旱,造成年均减产 0.4 亿 t 以上。

1.4 气候变化

联合国政府间气候变化专门委员会第 4 次评估报告提出,气候变暖已成为不争的事实。过去的 100 a 间,我国平均气温升高 0.5~0.8℃,近 40 a 来我国气温以 0.22℃/10 a 的速度上升^[7]。农业对气候变化最为敏感。温度升高,将直接导致农业用水量增加。极端性天气及灾害的频发,将对粮食生产构成极大威胁^[8]。

1.5 水资源短缺

水资源短缺是由水资源的不可再生性决定的。随着经济的发展和人口的增加,对水资源的需求量不断增加,再加上对水资源的不合理开采和利用,很多国家和地区将出现不同程度的缺水问题,我国也不例外。长期以来,人们对人多地少的国情认识比较充分,但对人多水少的国情还缺乏足够的认识,而水资源短缺一直是我国的基本水情。正常年份我国年缺水量达 500 多亿 m^3 ,北方地区缺水现象尤为明显。水作为粮食生产最关键的因素之一,缺水势必

影响粮食生产。1995 年,由于黄河断流 118 d,山东省粮食减产 2.7 亿 kg,这一数字相当于 900 万人 1a 的口粮^[9]。2010 年我国由于缺水造成粮食减产 1.6848 亿 kg。水资源短缺已成为新形势下我国面临的严峻问题,是影响国家粮食安全最重要的因素。

粮食是关系国计民生的特殊商品,是经济发展、社会稳定和国家自立的基础。2010 年我国西南地区发生严重干旱,2011 年我国北方冬麦区、长江中下游地区严重干旱,2012 年云南省等地方发生干旱,这些均造成了巨大的损失,反映出自然气候变化影响的严重性,也证实了人们应对策略与措施的严重不足。

2 我国农业用水供需矛盾日益尖锐

水从来不是取之不尽、用之不竭的资源,相反,水是人类社会正面临的紧缺资源。由 1997—2010 年全国水资源总量变化过程(表 1)可以看出:全国水资源总量除 1998 年和 2010 年略偏多,2004 年、2006 年、2007 年和 2009 年有所偏少之外,其余年份变化幅度不大,说明我国水资源总量是有限的。伴随着工业化与城镇化的快速发展,各类用水需求增加很快,而水资源开发的难度越来越大。我国农业用水存在着资源性、水质性、工程性和用水结构性缺水问题,农业用水供需矛盾突出。2010 年全国水资源总量 30 906 亿 m^3 ,人均占有量约为 2 100 m^3 ,不足世界人均占有量的 1/4,但全国用水量达 6 022 亿 m^3 ,水资源开发利用率高达 19.48%。根据国际标准,我国属用水中度紧张状况,需要增加投入、不懈地努力进行水资源开源节流。与此同时,根据《2010 年上半年中国环境质量状况》显示,全国七大水系都受到不同程度的污染,总体水质属轻度污染,I~III 类水质比例为 56.8%,劣 V 类水质比例为 19.2%,内陆湖泊如太湖、滇池等水体污染严重,水质性缺水严重。2010 年我国西南地区发生大旱,暴露出我国西南地区存在工程性缺水问题。在长江、珠江、松花江、西南诸河以及南方沿海地区也存在不同程度的工程性缺水问题。此外,用水结构性缺水问题也不容忽视。目前我国农业用水量占总用水量的比例不断下降,优质和较优质的水资源将转向非农业用水(表 1)。

我国是灌溉大国,农业在长时间内仍然是用水大户^[10]。从农业用水结构来说,我国农业用水主要包括农田灌溉用水(包括水浇地和水田)、林牧渔业用水以及其他用水,其中以农田灌溉用水所占的比例最大,这主要是由我国作物种植结构所决定的。随着人们生活水平的不断提高,人们对于蔬菜瓜果,

表 1 1997—2010 年全国水资源总量和用水量变化情况
亿 m³

年份	水资源 总量	生活 用水量	工业 用水量	农业 用水量	总用水量
1997	27 855	525	1 121	3 920	5 566
1998	34 017	544	1 125	3 424	5 435
1999	28 196	563	1 159	3 869	5 591
2000	27 701	577	1 138	3 783	5 498
2001	26 868	601	1 141	3 825	5 567
2002	28 255	616	1 143	3 738	5 497
2003	27 460	633	1 176	3 511	5 320
2004	24 130	651	1 229	3 586	5 548
2005	28 053	676	1 284	3 583	5 633
2006	25 330	695	1 344	3 662	5 795
2007	25 255	710	1 402	3 602	5 819
2008	27 434	729	1 397	3 663	5 910
2009	24 180	748	1 391	3 723	5 965
2010	30 906	766	1 447	3 689	6 022

注：数据来源于 1997—2010 年《中国水资源公报》。

奶、蛋、肉以及高蛋白高营养产品的需求也随之增加，这无疑会使农业用水量进一步增加。但根据国家水资源发展规划，未来 15 a 我国农业可用水量将维持零增长。

由于我国的水资源与土地资源分布不平衡，我国农业用水还存在着供需不匹配的问题。从总体上看，我国水资源分布是南方多北方少，长江以南地区拥有全国水资源总量约 81%，耕地面积却只占全国的 36% 左右；长江以北地区仅拥有约全国水资源总量的 19%，耕地面积却占全国的 64%。可见，我国的粮食主要产自长江以北地区，这就决定了农业用水供需矛盾存在的必然性。此外，受季风气候的影响，我国水资源年内、年际变化很大，降水量的 60% ~ 80% 都集中在汛期，这更进一步加剧了我国农业用水供需矛盾。如何缓解农业用水供需矛盾，是摆在面前的一道难题。

中央一号文件指出，必须像重视国家粮食安全一样重视水资源安全，把节水工作作为一项基础性工作来抓。据估计，2020 年我国灌溉面积将达到 0.63 亿 hm²，若灌溉水利用系数为 0.55，则灌溉用水总量约为 3 800 亿 ~ 4 145 亿 m³ [11]。在水资源短缺的情况下，要保证如此庞大的农业灌溉用水量，根本出路在于高效用水，核心是提高灌溉水利用系数。

3 提高灌溉水利用系数是必然趋势

灌溉水利用系数是指在一次灌水期间被农作物利用的净水量与水源渠首引水量的比值，是衡量灌区从水源引水到田间成为作物土壤水过程中，灌溉水利用程度的一个重要指标，也是集中反映灌溉工程质量、技术水平、用水管理水平的一项综合指标 [12]。

3.1 我国灌溉水利用现状

近年来，随着灌区工程续建配套与节水改造工程的推进，我国灌区灌溉水利用系数逐年提高，但我国农田水利基础设施仍然十分薄弱，目前全国仍有一半耕地缺少基本灌排条件，普遍存在农田水利设施老化失修、配套差、标准低、效益衰减等问题。据统计，我国 80% 以上大中型灌区已经运行 30a 以上，全国大型灌区骨干设施完好率不足 60%，骨干工程配套率不足 90%，田间工程配套率不足 50%，排水泵站老化破坏率达 75% 左右；中小型灌区干支渠完好率只有 50% 左右；“五小水利”设施损毁严重。我国灌溉水利用系数普遍较低，这主要是由我国渠道输水情况和灌水方式决定的。在我国，从水源引水至田间需要通过渠道或其他必要的水工建筑物，由于渠道渗漏严重，有一部分甚至一半以上的水在输配途中损失了。此外，由于大水漫灌仍然是我国目前主要的灌水方式，造成水资源大量浪费，导致灌溉水利用系数低 [13]（表 2）。

表 2 我国不同年份的灌溉水利用系数

年份	灌溉水利用系数				
	平均值	大型灌区	中型灌区	小型灌区	纯井灌区
2006	0.463	0.416	0.425	0.462	0.689
2007	0.475	0.430	0.433	0.471	0.683
2008	0.483	0.440	0.446	0.482	0.689
2009	0.493	0.446	0.453	0.490	0.697
我国行业标准		0.500	0.600	0.700	0.800

从表 2 可以看出，目前我国灌溉水利用系数平均为 0.50 左右，与发达国家的 0.7 ~ 0.8 相比还有很大差距，说明我国节水潜力巨大。若灌溉水利用系数从 0.50 提高到 0.55，每年可节约水量 150 亿 ~ 200 亿 m³ [13]。

3.2 提高灌溉水利用系数的措施

灌溉水利用系数主要受渠道防渗、灌区类型与规模、灌溉技术、渠道输水时间、渠道级别等因素的影响。针对不同的影响因素，可采取相应的措施提高灌溉水利用系数。

3.2.1 工程措施

目前，我国已衬砌的干、支渠道约 55 万 km，仅占渠道总长的 18%，而干、支渠以下大多仍是土质渠道，在输、配水过程中渗漏损失量大。渠道防渗和管道输水能够有效减少输水过程中的水量损失，提高灌溉水利用系数。根据国内外实践经验，采取防渗措施可使渗漏损失减少 50% 以上。浆砌块石衬砌、混凝土衬砌和塑料薄膜分别较土渠减少水量损失 50% ~ 60%、60% ~ 70% 和 70% ~ 80%，可使大型灌区的渠系水利用系数提高 0.2 ~ 0.4，减少渗漏损

失 50% ~ 90%^[14]。用低压管道代替明渠输水,可有效消除渗漏损失和蒸发损失,灌溉水有效利用率可达 95% 以上,可节约水量 25.5% ~ 40%。由于低压管道具有减少渠道占地、提高输水速度、加快灌溉进度、适应性强和管理方便等特点,目前我国北方井灌区已经得到普及。

3.2.2 技术措施

从作物角度考虑,种植旱作物,可通过平整土地、采取拦、蓄水等措施滞蓄天然降水,使之转化为土壤水,提高降水利用率,减少灌溉用水量;种植水稻,可采用“控制灌溉”、“间歇灌溉”等技术,增加稻田蓄雨能力,减少灌溉用水量。也可在不影响前期作物生长的情况下,提高泡田期天然降水的利用率^[15]。

从灌水方式上来看,目前有喷灌、微灌、改进地面灌溉技术等。喷灌是指利用专用设备将有压水送到灌溉地段,通过喷头喷射到空中,分散成细小的水滴,像降雨一样均匀洒落到地面的灌水方法。与传统的灌水方法相比,喷管具有节水、增产、适应性强、少占耕地和节省劳力等优点,已被世界各国广泛采用。微灌属于局部灌溉,是一种现代化、精细高效的节水灌溉技术,包括滴灌、微喷灌、地表下滴灌和涌泉灌等,它较传统地面灌水方式省水 30% ~ 50%,是用水效率最高的节水技术之一。改进地面灌溉技术是指在传统地面灌溉的基础上,结合一些新技术以提高田间水利用率的方法,包括波涌灌、小畦灌、长畦分段灌溉、沟畦结合灌、膜上灌等。以波涌灌为例,由于采用间歇放水,水流呈波涌状推进,同时土壤孔隙自动封闭,在土壤表层形成一薄封闭层,水流推进速度快。在用相同水量灌水时,间歇灌水流的前进距离为连续灌的 1 ~ 3 倍,从而大大减少了深层渗漏,提高了灌水均匀度,灌溉水利用系数可达 0.8 ~ 0.9。

3.2.3 管理措施

提高灌溉水利用系数可采取的管理措施有:①加大节水宣传力度,提高全社会节水意识。老百姓普遍缺乏水资源危机意识,有些灌区管理机构单纯追求眼前利益而变身卖水,造成水资源大量浪费,因此,应加大节水意识和节水知识的宣传,实现全民节水;②实行计划用水、优化配水,合理征收水费,积极响应水资源管理“三条红线”;③做好灌溉工程的配套、改造和维修工作;④制定节水灌溉制度,对作物灌溉进行动态预测预报;⑤采用先进的量测水和控制设备及计算机技术,实现灌溉用水管理自动化;⑥组织农民参与用水管理,调动灌区管理者和农民节水的积极性。

4 结 语

我国是世界上人口多、粮食消耗量大的国家之一,粮食安全与水资源安全是我国经济和社会发展必须面对的重大现实问题。我国是一个水资源利用的大国,但不是水资源利用强国。伴随着我国工业化、城镇化和农业产业化进程不断加快和人口的持续增长,未来一个时期,我国生产、生活和生态用水的需求仍将有一定幅度的增加,水资源供需矛盾将更加突出。要保证国家粮食安全和水资源可持续利用,只能通过加强农田水利建设,不断提高灌溉水利用系数来实现。但在测定研究灌溉水利用系数方面,仍有许多工作值得完善。

a. 在测定灌溉水利用系数的方法上,传统方法工作量大,所需的条件不易保证,且只用某次测定计算得出的结果代替所有的情况,准确性较差,不能很好地反映灌区当年灌溉水利用的实际情况。新提出的一些简易方法虽能够克服传统方法的缺陷,但却不能清楚地反映渠系输水损失和田间水利用情况^[16]。

b. 灌溉水利用系数是在一个灌区范围内的概念,灌区内不存在水的重复利用或流入、流出,追求提高灌溉水利用系数时,各灌区只将渠道防渗作为节水的最主要措施,甚至是唯一措施,具有很大的局限性^[17]。

c. 从某种角度来看,传统方法定义的灌溉水利用系数概念并不够准确。国内外研究从水循环的角度指出渠系的输水作为水资源并没有完全损失掉,有一部分以地表水形式通过渗漏补给了地下水,又转化成可利用的地下水资源,而传统的灌溉水利用系数定义方法忽略了水的重复利用。

d. 以往的灌溉水利用系数研究多基于下垫面均一的情况,而在实际情况中,更多的是下垫面非均一的情况,因此具有很大的局限性。灌溉水利用系数存在时空变异,其尺度效应需要深入研究。

参考文献:

- [1] FAO. The Rome declaration on world food security and world food summit plan of action[EB/OL].[1996-11-17] <http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.htm>.
- [2] 毛茂刚. 发展中国家粮食安全研究[D]. 长春:东北师范大学,2010:1-2.
- [3] STRINGER R. Food security in developing countries[EB/OL].[2000-08-23] http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=231211.
- [4] 翟浩辉. 中国农业节水与国家粮食安全[N]. 中国水利报,2009-11-17(03).

(下转第 87 页)

藻类增长影响研究[J].湖泊科学 2008 20(4):409-419.

[4] 杨漪帆,朱永青,林卫青.淀山湖富营养化控制的模型研究[J].环境科技 2009 22(2):17-21.

[5] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,1997.

[6] 陈伟民.湖泊生态系统观测方法[M].北京:中国环境科学出版社 2004.

[7] 杨虹,汪益斌,薄芳芳,等.淀山湖浮游植物群落时空分布动态初步研究[J].华东师范大学学报:自然科学版,2010(6):54-63.

[8] CARLSON R E. A trophic state index for lakes[J]. Limnology and Oceanography, 1977 22(2):361-369.

[9] CAI Qing-hua, LIU Jian-kang, KING L A. Comprehensive model for assessing lake eutrophication[J]. Chinese Journal of Applied Ecology 2002 13(12):1674-1678.

[10] 王明翠,刘雪芹,张建辉.湖泊富营养化评价方法及分级标准[J].中国环境监测 2002 18(5):47-49.

[11] SL395—2007 地表水资源质量评价技术规程[S].

[12] 范志锋,王丽卿,陈林兴,等.水质标识指数法在淀山湖水质评价中的应用[J].上海海洋大学学报,2009,18(3):314-320.

[13] 王海珍,陈德辉,王全喜,等.水生植被对富营养化湖泊生态恢复的作用[J].自然杂志 2002 24(1):33-36.

[14] 胡莲,万成炎,沈建忠,等.沉水植物在富营养化水体生态恢复中的作用及前景[J].水利渔业,2006,26(5):69-71.

[15] 易仲强,刘德富.富营养化湖库生态恢复研究探讨[J].中国农村水利水电,2010(6):26-29.

[16] 哈欢,朱宏进,朱雪生,等.淀山湖富营养化防治与生态修复技术研究[J].中国水利,2009(13):46-48.

(收稿日期 2011-06-05 编辑 徐 娟)

(上接第 78 页)

具有较好的节水、增产和改善水质的效应,值得在我国推广。

参考文献:

[1] WILLATT S T, TAYLOR H M. Water uptake by soya-bean roots as affected by their depth and by soil water content.[J]. Agric Sci Camb, 1977 90:205-213.

[2] 王修贵,魏小华.一种新型的现代小型农田水利工程[J].水利水电科技进展 2010 30(1):91-94.

[3] 李宝贵,周怀东,尹澄清.湿地植物及其根孔在非点源污染治理中的展望[J].中国水利 2003(4):51-52.

[4] 王海燕,邵孝侯,廖林仙,等.WRSIS 在灌溉农业水土环境修复中的应用及其展望[C]//中国土壤学会.中国土

壤学会第十一届全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会论文集.北京:中国农业大学出版社 2008 1-5.

[5] 艾天成,李方敏.暗管排水对涝渍地耕层土壤理化性质的影响[J].长江大学学报(自科版):农学卷,2007 4(2):4-6.

[6] 茆智.水稻节水灌溉及其对环境的影响[J].中国工程科学 2002 4(7):8-16.

[7] 梁艳萍,许迪燃,季益农,等.冬小麦不同畦灌施肥模式水氮分布田间试验[J].农业工程学报 2009 25(3):22-26.

[8] 谭洪新,周琪.湿地填料的磷吸附特性及潜流人工湿地除磷效果研究[J].农业环境科学学报,2005,24(2):353-356.

(收稿日期 2011-04-07 编辑 彭桃英)

(上接第 82 页)

[5] 申爱红.中国未来人口预测的分析[J].商情(教育经济研究)2008(6):7.

[6] 李佩成.论中国农业水土工程面临的新问题及其历史使命[J].沈阳农业大学学报 2004 35(5/6):373-377.

[7] 《气候变化国家评估报告》编写委员会.气候变化国家评估报告[J].世界环境 2007(2):23-33.

[8] 居焜,许吟隆,熊伟.气候变化对我国农业的影响[J].环境保护 2007(11):71-73.

[9] 庞英.论水资源短缺与粮食安全[J].内蒙古科技与经济 2001(1):11-14.

[10] 韩洪云.21 世纪中国农业水资源利用[J].农业经济,2003(11):4-7.

[11] 韩栋,赵越.我国粮食安全与节水灌溉问题的探讨[J].中国水利 2011(11):26-27.

[12] 李英能.浅论灌区灌溉水利用系数[J].中国农村水利水电 2003(7):23-26.

[13] 彭世彰,高晓丽.提高灌溉水利用系数的探讨[J].中国水利 2011(1):33-35.

[14] 张荣彪,王慧春,王春光.浅议提高灌溉水利用率的途径[J].水利科技与经济 2007 13(12):934-935.

[15] 程伍群,安秀荣,李楠.渠道灌溉工程措施水资源利用系数的研究[C]//杨培岭.都市农业工程科技创新与发展.北京:中国水利水电出版社 2005.

[16] 许建中,赵竞成,高峰,等.灌溉水利用系数传统测定方法存在问题及影响因素分析[J].中国水利,2004(17):39-41.

[17] 崔远来,李远华,陆垂裕.灌溉用水有效利用系数尺度效应分析[J].中国水利 2009(3):18-21.

(收稿日期 2012-03-31 编辑 彭桃英)