

文章编号: 1007-4929(2005)06-0040-03

# 黑河干流中游灌区节水改造效果分析

罗玉丽<sup>1</sup>, 李清杰<sup>2</sup>, 张霞<sup>1</sup>

(1. 黄河水利科学研究院, 郑州 450003; 2. 黄河勘测规划设计有限公司, 郑州 450003)

**摘要:** 根据黑河干流中游地表水和地下水多次转化和重复利用的水资源利用特点, 分析了中游灌区的节水量计算方法。在此基础上, 计算了黑河干流中游灌区近期治理中所采取的各项节水措施获取的相应节水量, 通过比较各项节水措施获取的节水量与其相应的投资, 分析不同节水措施在各灌区的节水效果, 从而提出适合不同类型灌区的节水措施。

**关键词:** 黑河干流; 灌区; 节水改造

**中图分类号:** S274.3 **文献标识码:** B

## 1 黑河中游水资源利用特点

在内陆河流域, 受特殊的水文地质条件决定, 径流重复经过多次渗入、溢出的反复转换过程。由于地质构造分带规律作用, 地下水在河流出山之前几乎全部转化为地表水, 经河道流出山外。河流进入山前平原后, 一部分被引入灌溉渠系和供水系统, 消耗于农、林业的灌溉以及人畜饮用、工业用水, 其余则沿河床下泄, 并沿途渗入地下, 补给了地下水。被引灌的河水, 除作物吸收蒸腾、渠系和田间蒸发外, 相当一部分也下渗补给了地下水。地下水以远比地面平缓的水面坡度向前运动, 在细土平原一带出露成为泉水, 或者再向前回归河流, 或者再被引灌, 连同打井抽取的地下水, 再进行一次地表、地下水转化。地表水和地下水多次转化和重复利用, 是内陆河最为独特的水文现象。在黑河平原区这种河水—地下水—河水转化过程重复出现多次。黑河中游非灌溉引水期(12月至翌年3月)由于前期灌溉水回归入河道, 正义峡断面的径流量较莺落峡断面的径流量大 2.5~3.0 亿 m<sup>3</sup>。由于黑河流域地处西北内陆干旱区, 降雨稀少, 蒸发强烈, 水资源在多次转换并被多次重复利用的同时, 也增加了无效消耗的次数和数量。

## 2 黑河灌区概况

黑河干流自莺落峡出山口进入张掖盆地, 自上而下流经张掖市(现甘州区)、临泽县和高台县 3 县(市)。黑河中游为传统的灌溉农业经济区, 灌溉历史悠久, 包括了上三、大满、西浚、盈科、梨园河、板桥、鸭暖、蓼泉、沙河、平川、友联、罗城、六坝等 13 个灌区, 总灌溉面积 15.244 万 hm<sup>2</sup>。按照灌区的地域分布特点, 中游灌区可分为山前灌区、沿河上游灌区、沿河中游灌区和沿河下游灌区 4 种类型, 详见表 1。

表 1 黑河中游灌区分类统计表

灌区类型	灌区名称
山前灌区	上三、梨园河、沙河
沿河上游灌区	大满、西浚、盈科
沿河中游灌区	板桥、鸭暖、平川、蓼泉、
沿河下游灌区	友联、罗城、六坝

## 3 节水量计算方法

灌区的灌溉用水, 首先进入渠道, 再由渠道进入田面, 除了被植物生长所消耗外, 还伴随有由于渠道、田间渗漏补给地下水、因水面蒸发被消耗或作为灌溉余水直接排入河道等产生的灌溉损失水量。通过采取渠系衬砌、田间配套、机电井建设、高新技术、种植结构调整、加强灌溉管理等节水措施, 减少了植物生长耗水和灌溉损失水量, 灌区的灌溉取水量也相应减少。与采取措施前相比, 减少的取水量即为采取节水措施所产生的灌溉取水节水量。而灌区灌溉取水量的减少, 相应地, 灌区对地下水的补给量、回归地表水的水量、灌溉过程中由于蒸发或深层渗漏等产生的水量损失也势必将减少。从水分循环运动转化关系, 将灌溉取水节水量分为 2 部分水量, 一部分为可回收水量, 如采取节水措施后所减少的渠道输水量、田间排水量和地下水的各项补给量等, 通常在农业或其他方面是可以再利用的; 另一部分为不可回收水量, 如将土渠输水改为管道输水或改滴灌之后, 所减少的土面无效蒸发量, 以及流入海洋、沼泽、咸水体或其他区域无法利用的水量等。

任一区域采用一种或多种节水灌溉措施后, 渠首(或井口)的灌溉取水量与对照状态(即节水前)的灌溉取水量相比所减少的水量, 即灌溉取水节水量(称为毛节水); 该区域所减少

收稿日期: 2005-06-08

作者简介: 罗玉丽(1970-), 女, 工程师。

的净耗水量、地表水与地下水无效流失量之和,即该区域的资源型真实节水量,定义为净节水量。毛节水量既包括可回收的节水量,也包括不可回收的节水量。净节水量则为在采取节水灌溉措施后所取得的毛节水量中不可回收水的节水量,包括采取节水灌溉措施所减少的蒸腾蒸发总量与所减少的其他无效流失量。从水资源量的角度来说,只有不可回归的那部分净节水量才属于真实意义上的节水量。

净节水量和毛节水量的差别主要是在是否考虑可回收利用的地表回归和地下水补给的水量部分(该部分水量以下简称回归减少量),净节水量实质上就是毛节水量与回归减少量的差值。即:

$$\Delta W_{净i} = \Delta W_i - \Delta W_{回归i}$$

式中:  $\Delta W_{净i}$  为某种节水措施所产生的净节水量;  $\Delta W_i$  为某种节水措施所产生的毛节水量;  $\Delta W_{回归i}$  为某种节水措施所产生的回归减少量。

对于灌溉水产生的地表回归和地下水补给水量的大小,不仅与灌溉水量大小有关,还与引水渠道包气带耗水能力、土壤的类型、地下水埋深等因素有关,灌溉回归水量的经验计算公式如下:

$$W_{回归} = W \times [(1 - K) \times (1 - \eta) + \beta \times \eta]$$

灌溉回归减少量为采取节水措施前与措施后的灌溉回归水量的差值,即:

$$\Delta W_{回归} = W_{回归} - W'_{回归}$$

以上公式中:  $W$  为改造前的需水量;  $W_{回归}$ 、 $W'_{回归}$  为改造前、后回归水量;  $K$  为包气带耗水系数;  $\beta$  为灌溉入渗补给系数。

## 4 节水措施及效果分析

### 4.1 黑河中游灌区节水措施及投资

根据《黑河流域近期治理规划》,2001~2003年黑河中游灌区节水技术改造重点安排渠系衬砌、田间工程配套、机电井建设(新建、旧井维修)、高新节水技术(低压管灌和喷、滴灌)、退耕还林还草等工程措施,中游15个灌区共安排衬砌渠道1415 km、田间工程配套5.67万 $hm^2$ 、新建机电及维修旧井1191眼、实施高新节水技术(低压管灌和喷、滴灌)2.67万 $hm^2$ 、退耕还林还草2万 $hm^2$ 。

以全国大型灌区节水改造中黑河流域五大灌区节水改造规划成果为基础,采用扩大指标方法估算近期治理中渠系改造、田间配套和高新节水的投资。退耕还林还草补偿标准根据国家政策精神,结合黑河中游的实际情况确定。经估算黑河中游灌区近期节水改造投资为141671万元。

### 4.2 节水效果分析

按照上述节水量计算方法,估算各灌区不同节水措施的节水量,中游灌区不同措施的节水量计算结果见表2。比较各灌区不同措施的投资和产生的相应节水量,得出各灌区不同节水措施节约单方水的投资,结果见表3。从表3可以看出,同一节水措施在不同灌区节约单方水所需投资大不相同,对同一措施在不同灌区的投资节水效果分析如下。

(1)渠系衬砌措施。从不同灌区采取渠系衬砌节水措施节约单方水所需投资看,梨园河、大满、西浚、沙河、平川、六坝、上三等7个灌区所需投资较低,在4.00元/ $m^3$ 以下,其余较高,

表2 各项节水措施工程规模、投资及节水量统计表

项目	规模	投资/万元	节水量/万 $m^3$
田间工程	5.67万 $hm^2$	17000	2573
微灌	1.00万 $hm^2$	13500	4762
喷灌	0.13万 $hm^2$	3500	462
管灌	1.53万 $hm^2$	8050	1469
干渠衬砌	393 km	23701	—
支渠衬砌	532 km	21200	—
斗渠衬砌	490 km	1470	—
退耕还林	2.00万 $hm^2$	45000	6424
机电井	1191眼	8250	1681

表3 各项节水措施的节约单方水所需投资统计表 元/ $m^3$

灌区名称	渠系衬砌	田间工程配套	机电井	管灌	喷微灌	还林还草
上三	3.40	4.68	—	—	—	5.02
大满	1.45	4.77	6.01	1.83	2.06	4.92
西浚	1.32	4.74	20.81	2.20	2.14	5.09
盈科	8.52	5.83	24.45	3.38	2.89	6.14
梨园河	0.53	4.70	14.63	1.03	1.55	4.73
板桥	10.75	6.63	6.82	4.94	17.89	7.73
鸭暖	—	8.50	11.70	12.48	7.50	9.14
蓼泉	24.79	6.76	5.63	6.99	6.21	7.86
沙河	3.76	4.87	3.22	1.62	1.12	5.50
平川	2.51	6.65	4.37	4.78	—	7.08
友联	13.87	6.43	1.35	2.18	1.71	4.66
罗城	6.58	7.34	44.95	13.62	22.65	14.07
六坝	2.72	8.36	9.62	8.77	3.67	10.64

蓼泉灌区最高,为24.79元/ $m^3$ 。在节约单方水所需投资较低的7个灌区中,上三、梨园河和沙河为山前灌区,大满、西浚为沿河上游灌区,由此可见,渠系衬砌措施在山前或沿河上游灌区的投资节水效果要好于处于沿河中下游的灌区。

(2)田间工程配套措施。上三、大满、西浚、梨园河、沙河等5个灌区的节约单方水所需投资相对较低,在5.00元/ $m^3$ 以下,其余灌区相对较高,而这5个灌区均为山前灌区或沿河上游灌区,因此,该措施在山前或沿河上游灌区的投资节水效果要好于处于沿河中下游的灌区。

(3)机电井措施。大满、蓼泉、沙河、平川、友联等5个灌区的节约单方水所需投资相对较低,在5.00元/ $m^3$ 以下,其余灌区相对较高。这5个灌区大部分都处于泉水出露较多的地方,为地表水与地下水交换频繁区域,其机电井工程主要布置在地下水位较浅的地方。采取机电井措施,增加地下水开采量,一方面可以减少灌区对地表水的引用量,减少地表水与地下水的转换量,从而减少地表水与地下水转换过程中的无效损失量;另一方面,通过开采地下水,相对降低了当地地下水位,从而减少了无效的潜水蒸发损失量。

(4)高新节水措施。从表3各灌区管灌和喷微灌高新节水措施节约单方水所需投资计算结果看,大满、梨园河、沙河、西浚、友联等5个灌区的节约单方水所需投资相对较低,在2.20元/ $m^3$ 以下,其余灌区相对较高。这主要是因为,采取管灌、喷微灌等高新节水措施,可提高渠系水利用系数,大满、梨园河、西浚、友联等4个灌区规模比较大,现状渠系水利用率较低,沙河灌区也是由于渠道工程老化破损严重,渠系水利用系数偏

低,因此采取管灌、喷微灌等高新节水措施后渠系水利用系数提高幅度相对较大,节水效果较为显著,节约单方水所需投资也相应较低。

(5)退耕还林还草措施。从表3计算结果看,上三、大满、梨园河、沙河、西浚、友联等6个灌区的节约单方水所需投资相对较低,在5.50元/m<sup>3</sup>以下,其余灌区相对较高。通过退耕还林还草,降低了农田灌溉定额,相应地减少了渠道的输水量,从而减少了渠道输水过程中的无效损失量。这6个灌区现状灌溉水利用系数较小,采取退耕还林还草措施后,减少的渠道输水过程中的无效损失量相对较大,因此节水效果较为显著,节约单方水所需投资也相应较低。

## 5 结 语

通过以上对黑河中游各灌区不同节水措施的投资节水效果分析,可以得出如下结果。

(1)同一种节水措施,其在灌溉水利用率较低的地区所取

(上接第39页)

的解决,虽然可以依靠提高水价来减轻供水单位的部分财务压力,鉴于当前农民收入较低,水价核定与水费收取必须考虑农户的心理与经济承载力。灌区应积极依靠发展多种经营与实业,积极进行管理体制改革,减员增效,减少农业供水的中间加价、收费环节,降低供水成本。

调查显示心理承受能力在很大程度上取决于水费收取的准确性与公正性。灌区各级水管部门应加强渠系改造,完善计量设施,加强农业水价的管理和监督。强化对斗渠经营者的教育、培训、监督,促使其严格执行“四到户、一公开”的水费征收政策,鼓励组建专业浇地队,坚决取缔农业供水的中间加价、收费环节,使农民真正得到实惠。

调查发现各个灌区无一例外都将动员农民用水作为灌区一项重要工作内容,而不考虑灌溉是否适时、适量。结果灌溉并没有给农民带来合理的净收入,有时甚至为负值。因而灌区往往会出现农民不愿浇增产水而只浇“救命水”的现象。

农民的用水积极性不高,分析其根本原因是种地赚钱很少甚至亏本。如以冬小麦与玉米连作为例,年投资大约为0.5万元/hm<sup>2</sup>左右,产值大约为1万元/hm<sup>2</sup>,不计投劳成本农民平均净收入在0.45万元/hm<sup>2</sup>左右,如果加上投劳成本则几乎无利可图。相对于种植粮食作物,由于种植经济作物水费的投入与产出比例较高,农民对灌溉的积极性也较高。但由于市场销售价格波动剧烈,农民增产不增收的情况时常发生。2000年到2004年间,关中灌区主要经济作物苹果、辣椒、棉花、西瓜等价格波动都达到50%以上,市场销售价格剧烈变动,使农民承担风险加大,在一定程度上挫伤了农民浇地(投资)的积极性。

灌溉增产净效益提高到一定程度,农民对水费的心理与经济承载力自然会随之提高。可以通过实现季节性差别水价、累进水价、渠井联合等措施来缓解水资源不足,实现调余补缺。灌区各级水管部门要加强服务意识,提高用水管理的水平,适应农业种植结构的调整。积极配合各级地方政府对农民进行

得的投资节水效果较好,因此建议黑河近期节水改造过程中,应将节水工程尽可能安排在灌溉工程基础相对较差的灌区、地区。

(2)对于黑河中游灌区,渠系衬砌、田间工程配套措施在山前或沿河上游灌区的投资节水效果要好于处于沿河中游的灌区,因此这两种节水措施应较多安排在安排在山前或沿河上游灌区。

(3)机电井措施在泉水出露较多、地表水与地下水交换频繁区域的地方投资节水效果相对较好,因此机电井工程应主要布置在沿河灌区中地下水水位较浅的地方。

参考文献:

- [1] 水利部黄河水利委员会勘测规划设计研究院. 黑河工程与非工程措施三年实施方案[R]. 郑州:2002.
- [2] 沈振荣,汪林,于福亮,等. 节水新概念—真实节水的研究与应[M]. 北京:中国水利水电出版社,2000.

科技培训、科技推广。疏通产、供、销渠道,切实保护农业生产者的利益,最大限度地使农产品的经营利润返还给生产者。这方面比较成功的例子如渭北的苹果协会、东府的西瓜协会、西府的辣椒协会等。只有农民真正增产增收了,灌区的良性经济循环才有扎实的经济基础。灌区长期形成的引水、配水的作物灌溉制度也必须随着农业生产结构的调整而作相应的改进,以满足群众对供水市场的需求。

针对我国农村经济发展与农民收入偏低的实际,为了保证农民收入稳定增长,国家有关部门也应该考虑制定相应的补偿政策,对农业灌溉用水进行补偿。除国家应加大对灌区渠系改造的投入,以减少灌溉水损失,提高灌溉水利用系数。工业、生活用水对农业用水资源的挤占也应收取一定的补偿费,用于农业水价补贴。

部分改制斗配套管理办法不完善,对各种不同改制模式缺少理论与探索。对改制斗灌区在管理上的比较难以制约,少数承包者可能由于违规得到实惠,而使灌区与农户在经济上受到损害。灌区应充分利用斗渠改制的机会,加大管理力度,在合理利用灌区水资源的基础上,争取使农户、灌区管理局与经营人都获得较大收益。

注:陕西关中9大灌区系指泾惠渠、宝鸡峡、洛惠渠、交口、羊毛湾、桃曲坡、冯家山、石头河、石堡川灌区。

参考文献:

- [1] 汪志农,王密侠,胡笑涛,等. 关中灌区管理体制改革的监测评价系统[J]. 节水灌溉,2003,(4):32-33.
- [2] 尚虎君,汪志农,王密侠,等. 关中灌区管理体制改革的综合评价[J]. 灌溉排水学报,2003,(5):47-55.
- [3] 薛鼎武. 关中灌区改制指南[M]. 西安:陕西人民出版社,2001.
- [4] 汪志农,王密侠,尚虎君,等. 参与式管理的体制改革及其监测评价网络体系[J]. 灌溉排水学报,2004,(1):1-4.
- [5] 王业娟,汪志农,贾玉平. 若干典型灌区管理体制改革的浅析[J]. 中国农村水利水电,2004,(1):42-43,46.