

# Discussion on Water-Saving Quantity Calculation Method of Water Rights Transfer of Water-Saving Engineering in the Irrigation Area of Weining

Wanbao Zhang<sup>1</sup>, Lijun Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ningxia Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Yinchuan Ningxia

<sup>2</sup>The Management Office of the Huinong Canal in Ningxia, Yinchuan Ningxia

Email: nxswzwb@163.com

Received: Nov. 12<sup>th</sup>, 2015; accepted: Nov. 29<sup>th</sup>, 2015; published: Dec. 10<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Local water resources of Ningxia are scarce, and the economic social development relies mainly on the Yellow River. In recent years through the water rights transfer, the water problem of new industrial projects is relieved. Water rights transfer refers to the Yellow River irrigation channel lining diversion, through saving water leakage so as to realize water-saving. In order to accurately check and ratify the water-saving quantity of water rights transfer engineering, aiming at channel lining water-saving quantity calculation method of water rights transfer of water-saving engineering, based on the water-saving quantity calculation principle, this paper analyzes the long-term monitoring data in the irrigation area and proposes the method to determine parameters, providing reference for the analysis and calculation of water-saving quantity.

## Keywords

Channel Lining, Water-Saving Quantity, Calculation

---

# 卫宁灌区水权转让节水工程节水量计算方法探讨

张万宝<sup>1</sup>, 王丽君<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宁夏水文水资源勘测局, 宁夏 银川

作者简介: 张万宝(1965-), 男, 宁夏平罗人, 高级工程师, 主要从事水文水资源评价、水资源开发利用研究工作。

文章引用: 张万宝, 王丽君. 卫宁灌区水权转让节水工程节水量计算方法探讨[J]. 水资源研究, 2015, 4(6): 546-551.  
<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2015.46068>

<sup>2</sup>宁夏惠农渠管理处, 宁夏 银川

Email: nxswzwb@163.com

收稿日期: 2015年11月12日; 录用日期: 2015年11月29日; 发布日期: 2015年12月10日

## 摘要

宁夏当地水资源十分匮乏, 经济社会发展主要依赖于过境黄河水。近年来通过水权转让, 缓解了新上工业项目用水问题。水权转让主要是通过引黄灌区渠道衬砌, 节约渠道渗漏水量来实现节水。为了准确核定水权转让工程节水量, 针对水权转让节水改造工程中渠道衬砌节水量的计算方法, 根据节水量的计算原理, 通过灌区长期监测资料分析并提出参数的确定方法, 为节水量的分析计算提供参考依据。

## 关键词

渠道砌护, 节水量, 计算

## 1. 引言

在宁夏引黄灌区, 输水渠道自黄河引水通过渠道输送至各级渠道并输送至田间, 对作物进行灌溉。在此过程中, 有一部分水量通过渠道渗漏、田间及渠系退水等排入排水沟, 成为无效引水, 其中部分又排入黄河, 部分补给地下水或无效蒸发而消耗掉。因此, 宁夏灌区的节水问题, 主要是节约耗水量, 如何将渠道减少的渗漏量换算为耗水量成为研究灌区是否真正节水的主要问题。

## 2. 节水量的定义

目前在诸多的节水研究中对节水尚未形成一个统一公认的定义和概念, 《全国水资源规划大纲实施的技术细则》中认为节水潜力是以各部门各行业或作物通过综合节水措施所达到的节水指标为参考标准现状用水水平与节水指标的差值即为最大可能节水数量。可以看出传统意义下的节水主要是指某单个部门行业或作物局部地区在采取一种或综合节水措施以后与未采取节水措施前相比所需水量或取水量的减少量。对于宁夏引黄灌区, 并不是所有取用水的节约量都是节水量, 只有所减少的不可回收水量才属于真实意义上的节水量。包括蒸发蒸腾量、无效流失量以及作物增产部分所增加的净耗水量。因此, 耗水的节水量是在节水措施实施前与实施后的耗水量的差值。

## 3. 灌溉渠道节水机理

渠道在输水过程中, 有部分流量由于渠道渗漏、水面蒸发等原因沿途损失掉, 不能进入田间被农作物所利用, 这部分损失的流量称为输水损失。输水损失包括渗水损失、漏水损失及水面蒸发损失 3 部分。

渗水损失是通过渠底、边坡土壤孔隙渗漏掉的水量。渗漏的水量部分吸附在土壤中, 变为土壤水, 而后通过直接蒸发或植物散发返回大气; 部分渗入地下补给地下水, 下渗至潜水层。下渗入潜水层的这部分水量, 一部分受重力作用以地下径流方式排入排水沟(图 1); 一部分通过隔水层裂隙, 越流补给深层地下水(图 2); 一部分留在潜水层, 通过潜水蒸发返回大气中。

渠道衬砌节水, 主要是通过采用衬砌材料减少渗漏量, 从而减少土壤水蒸发、潜水蒸发。

## 4. 渠道节水量的计算

通常渠道节水量的计算方法是先计算出渠道砌护前、砌护后的损失流量, 再换算为损失水量, 砌护前、后

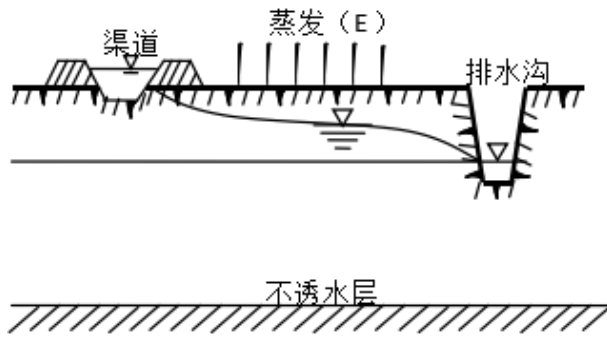


Figure 1. Channel seepage water from the drainage ditch drainage  
图 1. 渠道渗漏从排水沟排水示意图

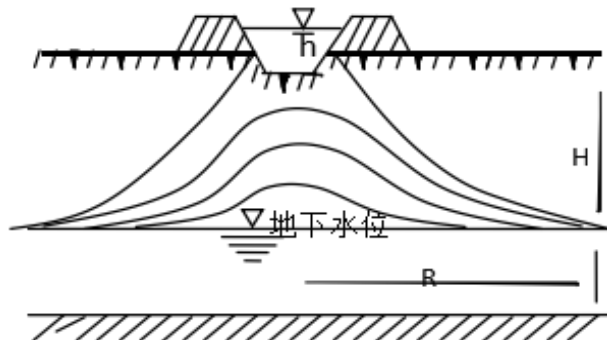


Figure 2. Channel leakage from the rise of ground water level  
图 2. 渠道渗漏形成地下水位上升示意图

的损失水量之差即为减少的损失量，减少的损失量再换算至干渠取水口的引水量，引水量乘以耗水系数即为耗水量[1]。

$$W_{\text{渠道损失}} = 8.64 \times S \times L \times T \quad (1)$$

$$W_{\text{引水}} = W_{\text{渠道损失}} / \eta \quad (2)$$

$$W_{\text{节水}} = W_{\text{引水}} \eta_{\text{耗水}} \quad (3)$$

$\eta$ ——渠道水利用系数， $W_{\text{渠道损失}}$ ——渠道损失量(万  $\text{m}^3/\text{s}$ )， $S$ ——渠道损失流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )， $L$ ——砌护渠道长度(km)， $T$ ——渠道行水时间(d)， $\eta_{\text{耗水}}$ ——耗水系数， $W_{\text{引水}}$ ——砌护减少的引水量(万  $\text{m}^3/\text{s}$ )， $W_{\text{节水}}$ ——节约的耗水量(万  $\text{m}^3/\text{s}$ )。

#### 4.1. 输水损失流量计算

1) 根据《灌溉排水工程设计规范》(GB50288-99)，在无实测资料时，无砌护的土渠的渠道单位长度水量损失率采用考斯加可夫经验公式即：

$$\sigma = \frac{A}{Q^m} (\%) \quad (4)$$

$$S = \sigma \times Q = A \times Q^{1-m} / 100 \quad (5)$$

式中： $S$ ——为渠道单位长度上的流量损失( $\text{m}^3/\text{km}$ )， $Q$ ——渠道净流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )， $\sigma$ ——渠道单位长度水量损失率(%)， $A$ 、 $m$ ——分别为渠床土壤透水性系数和透水性指数。

2) 根据当地试验计算

自 20 世纪 80 年代开始,开展了大量的渠道输水损失研究,其主要成果《宁夏河套灌区农业综合开发渠系输水损失防渗效果试验与水资源评价》(1995),得到了引黄灌区的输水损失经验公式。其中未砌护渠道:卫宁灌区为  $S_1 = 0.050Q^{0.4}$ ,青铜峡灌区  $S_1 = 0.040Q^{0.4}$ ;砌护渠道:  $S_2 = 0.014Q^{0.4}$ 。式中:  $S_1$ ——未衬砌渠道单位长度上的流量损失( $m^3/s/km$ ),  $S_2$ ——砌渠道单位长度上的流量损失( $m^3/s/km$ ),  $Q$ ——渠道净流量( $m^3/s$ )。

2005~2006 年开展了《宁夏唐徕渠渠道输水损失与地下水动态试验研究》,其经验公式为  $S_1 = 0.026Q^{0.5}$ ;  $S_2 = 0.011Q^{0.52}$ 。

结合工程所在区域的土壤条件和渠道具体情况,对经验公式中的参数进行修正,可用于引黄灌区计算渠道节水量的经验公式。上述试验成果为宁夏引黄灌区相关规划中节水量的计算提供了计算依据。

#### 4.2. 渠道输水损失量与节水量的换算关系

1) 通常水权转让节水量(即耗水量)采用减少的引水量乘以耗水系数的方法进行换算。耗水系数按下式计算[2]:

$$\eta_{耗水} = (W_{引水} - W_{排水}) / W_{引水} \tag{6}$$

$\eta_{耗水}$ ——耗水系数,  $W_{引水}$ ——灌区的引水量(亿  $m^3/s$ ),  $W_{排水}$ ——灌区的排水量(亿  $m^3/s$ )。

2) 文中根据宁夏引黄卫宁灌区近 10 年引排水资料,分析计算耗水系数成果(表 1)。

由表 1 可以看出,耗水系数与当年引水、排水量关系密切。且耗水系数的年际变化较大,变化幅度 0.32~0.47。在实际工作中其取值的合理性对节水量计算成果影响较大。从耗水量与耗水系数的相关关系分析,其相关系数仅为 0.75,相关性一般。说明采用耗水系数计算节约耗水量,其代表性较差。

3) 随着水权转让工作的开展,灌区节水工程投入增加,灌溉管理水平提高,灌区原有的“大引大排”用水方式逐渐改变,灌区引水量下降,引黄灌区从 20 世纪 80 年代的 80 多亿  $m^3$ ,下降到目前的 65 亿  $m^3$  左右,排水量减小,耗水系数逐渐提高。水权转让可研报告编制中的耗水系数采用值在 0.36~0.44 之间:一是变幅较大,对水权转让工程节水量计算成果的影响较大;二是数据的统一性差,不同项目参数的选取直接影响工程的规模及投资。

Table 1. The water coefficient calculation results in the irrigation area of Ningxia Weining

表 1. 宁夏卫宁灌区耗水系数计算成果

年份	引水量(亿 $m^3$ )	排水量(亿 $m^3$ )	耗水量(亿 $m^3$ )	耗水系数
2001	13.634	8.365	5.269	0.39
2002	13.681	7.244	6.437	0.47
2003	10.035	6.419	3.616	0.36
2004	13.475	7.324	6.151	0.46
2005	12.957	8.363	4.594	0.35
2006	13.807	8.309	5.498	0.40
2007	10.985	7.495	3.49	0.32
2008	11.726	7.609	4.117	0.35
2009	10.796	6.614	4.182	0.39
2010	11.619	6.505	5.114	0.44
2011	11.301	6.913	4.388	0.39
2012	10.306	6.298	4.008	0.39

## 5. 衬砌节水系数计算方法

根据近年来宁夏水权转让的实践，以及相关部门的研究成果，提出渠道衬砌节水系数概念，并将其定义为无效蒸发量与渠道引水量的比值，并在节水量计算中将道衬砌节水系数替代耗水系数。

### 5.1. 基本原理

衬砌节水系数可作为无效耗水量与灌区总的耗水量的比值。其中灌区耗水为引水量与排水量(扣除工业、生活排污)之差。无效耗水量为灌区耗水量与作物耗水量之差。其计算公式如下[3]:

$$\eta_{\text{节水系数}} = E_{0\text{无效}} / E_{n\text{耗水}} \quad (7)$$

$$E_{n\text{耗水}} = W_{\text{引水}} - W_{\text{农业排水}} = W_{\text{引水}} - (W_{\text{实测排水}} - W_{\text{排污}}) \quad (8)$$

$$E_{0\text{无效}} = E_{n\text{耗水}} - W_{\text{田间}} \quad (9)$$

$$W_{\text{田间}} = A \times M \quad (10)$$

$\eta_{\text{节水系数}}$ ——渠道衬砌节水系数， $E_{0\text{无效}}$ ——无效耗水量(亿  $\text{m}^3$ )， $E_{n\text{耗水}}$ ——灌区耗水量(亿  $\text{m}^3$ )， $W_{\text{引水}}$ ——灌区引水量(亿  $\text{m}^3$ )， $W_{\text{实测排水}}$ ——实测排水量(亿  $\text{m}^3$ )， $W_{\text{排污}}$ ——工业排污水量(亿  $\text{m}^3$ )， $W_{\text{田间}}$ ——田间耗水量(亿  $\text{m}^3$ )， $A$ ——灌区灌溉面积(万亩)， $M$ ——灌溉定额( $\text{m}^3/\text{亩}$ )。

### 5.2. 作物需水量

作物需水量实际上是田间灌溉定额(作物需水量是作物消耗的水量，应为田间灌溉定额  $\times$  田间水利用系数，对于畦田灌溉，田间水利系数一般为 0.81~0.83。根据《宁夏现状农田灌溉水利用系数测算分析报告》(2012 年)试验观测数据，卫宁灌区田间灌溉定额为  $6300 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ，田间水利用系数取 0.83，作物耗水量为 3.486 亿  $\text{m}^3$ ，灌区引水量及排水量采用近 3 年资料分析计算，渠道衬砌节水系数计算结果见表 2。

### 5.3. 衬砌节水系数及其变化趋势分析

1) 根据上述分析计算渠道衬砌节水系数成果，建议卫宁灌区采用 0.30，采用节水系数计算的节水量比之前采用耗水系数确定的节水量偏小 25% 左右。

2) 从逐年的耗水量与作物消耗量之差即无效蒸发量的变化趋势分析，其呈下降趋势。随着渠系水利用系数的提高，灌区农业取水量和耗水量不断减少且减少幅度越来越小，当取用水达到极值点时，即取用水量等于耗水量，耗水节水量为零。从理论上讲，当耗水量减少至与作物消耗量相等时，即无效蒸发量为零，也即此时基本无耗水节水潜力。因此，渠道衬砌节水系数随着灌区引水量的变化而逐渐变化，总的趋势是减小的。

## 6. 结论

1) 对于宁夏引黄灌区，真实意义上的节水量是节约的耗水量。

2) 灌区的耗水系数受多种因素影响，特别是与当年引水、排水量关系密切，年际变化较大。在实际工作中其取值的合理性对节水量计算成果影响较大。

Table 2. Channel lining water coefficient

表 2. 渠道衬砌节水系数成果

灌区	引水量 (亿 $\text{m}^3$ )	排水量			耗水量 (亿 $\text{m}^3$ )	田间灌溉水量 (亿 $\text{m}^3$ )	作物耗水量 (亿 $\text{m}^3$ )	无效耗水量 (亿 $\text{m}^3$ )	渠道衬砌节水系数
		总排水量 (亿 $\text{m}^3$ )	其中排污量 (亿 $\text{m}^3$ )	农业排水量 (亿 $\text{m}^3$ )					
卫宁灌区	11.08	6.572	0.48	6.092	4.983	4.2	3.486	1.50	0.300

3) 渠道衬砌节水系数为无效蒸发量与渠道引水量的比值,直观地反映了渠道砌护节水的渗漏量与节水量之间的换算关系。用节水量计算中衬砌节水系数替代耗水系数,使渠道砌护节水量计算结果更合理。卫宁灌区渠道衬砌节水系数现状建议采用 0.30。随着渠系水利用系数的提高,渠道衬砌节水系数总的趋势是减小的。

### 参考文献 (References)

- [1] 薛塞光, 刘佳. 黄河宁夏水权转换实践与关键技术探讨[J]. 人民黄河, 2009, 31(8): 61-64.  
XUE Saiguang, LIU Jia. The Yellow River in Ningxia water rights conversion practice and key technology study. Yellow River, 2009, 31(8): 61-64. (in Chinese)
- [2] 苏茂林. 黄河水权转换制度构建与实践[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2008.  
SU Maolin. Water rights conversion system construction and practice. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2008. (in Chinese)
- [3] 包淑萍, 陈丹. 宁夏水权转让节水量计算关键参数浅析[J]. 水文, 2014, 32(2): 92-94.  
BAO Shuping, CHEN Dan. Water right transfer in Ningxia water-saving calculating the key parameters are analysed. Hydrological, 2014, 32(2): 92-94. (in Chinese)