

# 试论引黄灌区水资源合理利用

## ——以高青县引黄灌区为例<sup>①</sup>

徐建国

(山东省地矿工程勘察院)

**摘要** 本文以高青县引黄灌区为例,从灌区水资源利用量计算、水资源合理调配以及加强管理与节流三方面论述了灌区在水资源利用中应遵循的方法和原则。

黄淮海平原引黄灌区因引用黄河水具有得天独厚的条件,在农田灌溉中水的浪费现象突出,主要表现为引黄的有效利用率偏低,灌溉定额偏大。灌区在水资源利用中重黄河水轻地下水,以高青县引黄灌区为例,浅层地下水开采量仅占可开采量的20%,而蒸发量则达总消耗量的76%。

引黄灌区水资源的不合理利用导致灌区出现一系列环境问题,如引黄带来的大量泥沙堆积造成土壤沙化,因地下水位抬升产生土壤次生盐碱化等。

如何充分开发引黄灌区当地水资源,将有限的黄河水送往缺水地区,实现水资源区域上合理分配,最大限度地发挥其社会、经济与环境效益,无疑具有重要意义。

基于以上看法,笔者认为引黄灌区在水资源统筹规划中必须抓住以下三个环节,即正确计算水资源利用量,合理调配水资源,以及加强管理与注意节流。

### 一、灌区水文地质条件

高青县引黄灌区地处黄泛平原,北临黄河,南靠小清河,总面积780km<sup>2</sup>(图1)。地形平坦,自然坡降约1/7000。

灌区浅层地下水(埋深60m深度以内)含水层在垂向上分上下两部分,上部(15~20m深度以上)含水砂层分布不连续,呈透镜体状,单层厚度小,以粉砂、细砂为主;下部含水砂层主要为两条贯穿全县的NEE向古河道带,砂层厚度10~20m,主要为细砂。富水性由古河道带的单井涌水量40~80m<sup>3</sup>/h过渡到古河道间带的10~40m<sup>3</sup>/h。

灌区浅层地下水以垂直水交替为主,水平径流滞缓,由黄河向小清河方向排泄。主要补给项为降水入渗、灌溉回渗、黄河侧渗。主要排泄项为潜水蒸发、人工开采、小清河排泄。

灌区浅层地下水水位埋深1.5~3.0m,包气带岩性主要为亚砂土、亚粘土。

对灌区浅层地下水采用综合危害系数法评价,主要为一、二级好水、较好水,适合灌

<sup>①</sup> 本文1993年12月收到,1994年6月改回

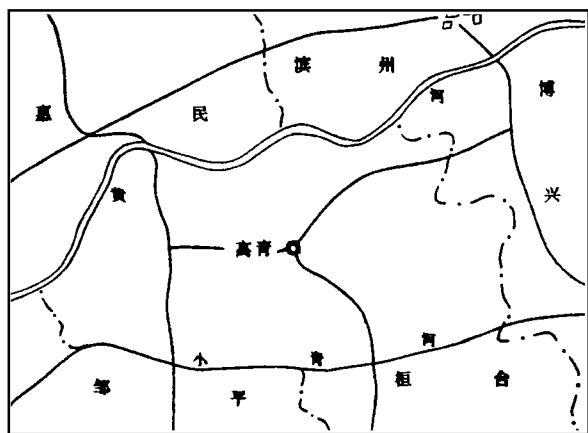


图 1 高青县地理位置图

溉；而不宜于灌溉的三、四级较差水、劣质水则分布零散，面积较小。

## 二、灌区水资源利用量计算

高青县引黄灌区农业灌溉主要供水水源为黄河水和浅层地下水，其供需平衡公式为：

$$Q_{需} = \eta_{井} \cdot Q_{可采} + \eta_{渠} \cdot Q_{引黄} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中  $Q_{需}$ ——农作物总需水量( $10^4m^3/a$ ),
- $Q_{可采}$ ——浅层地下水可开采量( $10^4m^3/a$ ),
- $Q_{引黄}$ ——需引黄量( $10^4m^3/a$ ),
- $\eta_{井}$ ——井灌有效利用系数,
- $\eta_{渠}$ ——渠灌有效利用系数。

公式中灌区需水量决定了需引黄量的大小，而引黄入渗为浅层地下水重要补给源，所以  $Q_{需}$ 、 $Q_{可采}$ 、 $Q_{引黄}$  三者密切相关。

### (一)灌区需水量的确定

统计资料表明，高青县引黄灌区农业用水量约占总用水量的 95%，可见农业需水在总需水量中占很大比重，故对灌区需水量仅考虑农业需水。由于农业需水量与降水量密切相关，拟采用有效降水量核减法计算需水量。

所谓有效降水量指能够被作物吸收利用的水量，高青县引黄灌区有效降水量确定标准为：

1. 1 月、2 月、12 月份，次降水量在 5mm 以上；
2. 3 月、4 月、11 月份，次降水量大于或等于 10mm；
3. 5 月、6 月、7 月、8 月、9 月、10 月份，次降水量大于或等于 15mm，及两次降水间隔小于 5 天，第二次降水 10~15mm，倘一次降水超过 50mm 按 50mm 计。

首先根据上述标准及气象观测资料可统计不同作物生长期有效降水量；其次根据经验数据确定不同作物生长期耗水量(表 1)；最后，用作物不同生长期耗水量减去相应时期有效降水量并结合灌区灌溉经验可确定作物该生长期需水量，进而算出不同作物全生长期需水量；然后再乘以不同作物种植面积即可求出农作物总需水量。

利用高青县 1972~1991 年气象资料，统计出 20 年相同作物种植面积(以 1991 年作物种植面积为准)情况下农作物总需水量，得出年降水量与农作物总需水量关系图(图 2)及相关式( $r=0.90$ )为：

$$Q_{\text{需}} = 36114 - 0.438P \dots\dots\dots (2)$$

式中 P——年降水总量(10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/a)。

表 1 不同作物生长期耗水量

作物类别	生长阶段	时间(月、日)	耗水量 (m <sup>3</sup> /亩)	作物类别	生长阶段	时间(月、日)	耗水量 (m <sup>3</sup> /亩)
小麦	播种~越冬	9.25~2.8	90	秋作	播种~收割	6.15~9.20	255
	返青~成熟	2.9~6.9	230				
春作	播种~拔节	5.20~5.24	60	棉花	播种	4.20~5.5	15
	拔节~抽穗	5.25~6.19	85		幼苗	5.6~6.15	65
	抽穗~收割	6.20~8.30	155		现蕾~吐絮	6.16~10.30	285

(二)灌区需引黄量和浅层地下水可开采量计算

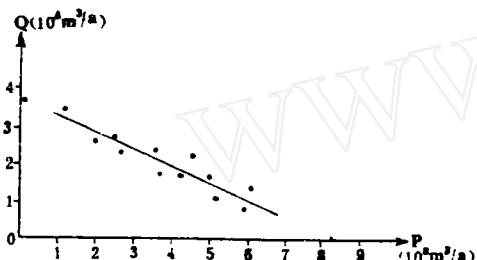


图 2 年降水量与农作物总需水量关系图

平原区浅层地下水资源量是与一定的地下水位埋深相对应的,浅层地下水可开采量就是合理水位埋深条件下综合补给量与天然消耗量之差。所谓合理水位埋深是指垂向水资源均衡模数(垂向补给量与蒸发量差值)较大时的地下水位埋深,其上限不致于造成土壤次生盐碱化,下限不超过现有抽水设备的取水能力。高青县引黄灌区水资源均衡模数与地下水位埋深关系见图 3,图示表明,当水位埋深在

2.5~6.0m 时,水资源均衡模数较大,由此可确定高青县引黄灌区合理水位埋深为汛前 5.5~6.0m,汛后 2.5~3.0m。

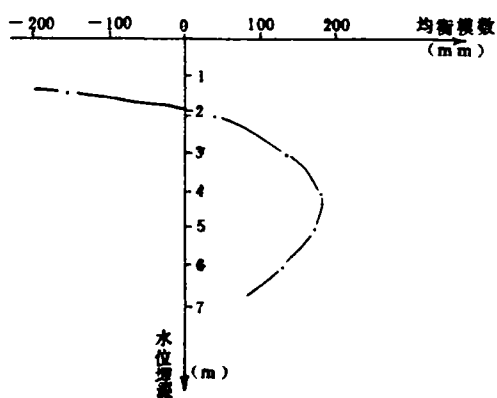


图 3 水资源均衡模数与地下水位埋深关系图

由水均衡原理,合理水位埋深条件下浅层地下水可开采量求算式为:

$$Q_{\text{可采}} = W_{\text{降水}} + W_{\text{引入}} + W_{\text{黄河}} + W_{\text{回渗}} - W_{\text{蒸发}} - W_{\text{排泄}} \dots\dots\dots (3)$$

- 式中  $W_{\text{降水}}$ ——降水入渗补给量 (10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/a),
- $W_{\text{引入}}$ ——引黄入渗补给量 (10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/a),
- $W_{\text{黄河}}$ ——黄河侧向补给量 (10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/a),
- $W_{\text{蒸发}}$ ——潜水蒸发量 (10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/a),

$W_{清排}$ ——小清河排泄地下水量( $10^4m^3/a$ )。

将  $W_{降入} = \alpha \cdot P, W_{引入} = E \cdot Q_{引黄}, W_{黄侧} = q \cdot L, W_{回渗} = \beta \cdot Q_{灌开}, W_{蒸发} = C \cdot m \cdot W_{清排} = q' \cdot L'$  代入上式得:

$$Q_{可采} = \alpha \cdot P + E \cdot Q_{引黄} + q \cdot L + \beta \cdot Q_{灌开} - C \cdot m - q' \cdot L' \dots\dots\dots (4)$$

- 式中  $\alpha$ ——合理水位埋深条件下年降水入渗补给系数,
- $E$ ——合理水位埋深条件下引黄综合入渗(包括渠渗和田间入渗)补给系数,
- $\beta$ ——合理水位埋深条件下地下水灌溉回渗补给系数,
- $Q_{灌开}$ ——灌溉地下水开采量( $10^4m^3/a$ ),
- $q$ ——合理水位埋深条件下黄河单侧单宽补给量( $10^4m^3/a \cdot km$ ),
- $L$ ——黄河补给段长度(km),
- $q'$ ——合理水位埋深条件下小清河单侧单宽排泄量( $10^4m^3/ \cdot km$ ),
- $L'$ ——小清河排泄段长度(km),
- $C$ ——合理水位埋深条件下潜水蒸发系数,
- $m$ ——年水面蒸发量(整个灌区面积上水面)( $10^4m^3/a$ )。

上式中合理水位埋深条件下水文地质参数根据灌区实际观测资料及邻区经验值取值如下:

$$\alpha = 0.30, E = 0.18, \beta = 0.08, q = 0.078 \times 10^4 m^3/a \cdot km,$$

$$q' = 0.003 \times 10^4 m^3/a \cdot km, C = 0.03.$$

从充分开发利用灌区浅层地下水角度,浅层地下水开采量应等于可开采量,即  $Q_{灌开} = Q_{可采}$ ,公式(4)转化为:

$$Q_{可采} = \frac{1}{1-\beta} (\alpha \cdot P + E \cdot Q_{引黄} + q \cdot L - cm - q' \cdot L') \dots\dots\dots (5)$$

将式(2)、(5)代入(1)得

$$Q_{引黄} = \frac{36114 - 0.438P - \frac{\eta_{井}}{1-\beta} (\alpha \cdot P + q \cdot L - cm - q' \cdot L')}{\frac{\eta_{井}}{1-\beta} E + \eta_{渠}} \dots\dots\dots (6)$$

将有关参数值代入式(6)、(5)即可求得任意降水年份需引黄量和浅层地下水可开采量。表2即为采用以上公式求算的高青县引黄灌区不同降水保证率年份需引黄量和浅层地下水可开采量。

表2 高青县引黄灌区不同降水保证率年份的引黄量和浅层地下水可开采量

项 目	20%	50%	75%	95%
年降水量(mm)	719	562	452	325
需引黄量( $10^4m^3/a$ )	0	5491.8	17320.7	29565.7
浅层地下水可开采量( $10^4m^3/a$ )	18704.4	16668.1	14131.2	12031.8

### 三、引黄灌区水资源的合理调配

为了合理利用灌区水资源,必须处理好引黄与开采地下水二者间的调配关系。从表2可看出,因丰水年需水量小,则需引黄量较小甚至无需引黄,浅层地下水可开采较大;而枯水年需水量大,浅层地下水远不能满足用水要求,必须以引黄为主。

引黄灌区水资源调配利用不仅有年际变化,而且有年内变化。黄河可引水量年内分配很不均匀,一方面,随着引黄供水工程的不断修建,春灌期(3~5月)黄河下游可引水量逐年减少,断流频率、断流时间不断增大,在引黄方面不同程度地存在争水现象;另一方面,非春灌期,特别是冬四月(11月~翌年2月)黄河水尚有相当大的开发潜力。据资料介绍,山东省1980~1989年黄河平均年入境水量为 $374 \times 10^8 \text{m}^3$ ,年均引水量 $77 \times 10^8 \text{m}^3$ ,占年来水量的20.6%,而冬四月引黄水量仅占同期来水量的10%左右。因此,引黄灌区可以充分发挥浅层地下水含水层的年调蓄作用,采取浅层地下水埋深控制法合理调配利用水资源。即春灌期以浅层地下水开采为主,引黄灌溉为辅,使枯水期最大水位埋深控制在合理水位埋深下限5.5~6.0m,为汛期降水入渗补给提供足够库容;非春灌期(特别是冬四月)以引黄灌溉、引黄补源为主,浅层地下水开采为辅,使春灌前的地下水位埋深控制到合理水位埋深上限的2.5~3.0m,可为春灌期储备足够多的浅层地下水资源。

### 四、加强水资源的管理,注意节流

灌区农业用水为用水大户,本文针对引黄灌区水资源利用现状,从农业用水角度对其水资源管理与节流问题谈几点看法:

- (一)积极拦蓄地表水:在灌区沟渠上修建拦河闸,逐级拦蓄引黄水和地表径流。
- (二)修建防渗渠道,提高渠系水有效利用系数。
- (三)制定并实施科学的灌溉制度:可通过灌溉试验确定适合灌区实际的灌溉定额,并在农灌实际中贯彻执行。
- (四)对黄河水实行计划分配制度,超计划使用加价收费。
- (五)利用经济杠杆和其它手段鼓励农民开采浅层地下水。
- (六)加强宣传,树立农民的节水意识。
- (七)加强灌区水环境保护,防止水资源污染。

### 五、结束语

引黄灌区靠近黄河,浅层地下水补给资源丰富,应在充分开发当地地下水资源的前提下合理引黄。浅层地下水可开采量与需引黄量密切相关,如何在满足需水的前提下合理确定需引黄量和浅层地下水开采量,本文提供了一个简便可行的方法。由于黄河可引水量和降水量具有周期性变化特征,采取丰(丰水年)采(浅层地下水开采)枯(枯水年)引(引黄),春(春灌期)采冬(冬四月)引的方法,可以达到地下水开采与引黄在时间上的合

理调配。引黄灌区农业节水潜力很大,只要加强管理,重视节流,即可使有限的水资源发挥其应有作用。

本文水资源资料参考山东省地矿工程勘察院,1993年,山东省淄博市高青县水资源调查综合评价报告及林廷生,1992年,二〇〇〇年水资源开发利用战略,《山东省经济战略研究》,增刊。

**Preliminary study on rational utilization  
of water resource in the Yellow River—channeling  
irrigation area**

Xu Jianguo

*(Shandong Institute of Geological and Mineral Engineering Investigation)*

**Abstract**

In this paper, taking the Gaoqing Yellow River—channeling irrigation area as an example, the method and principle which have to be followed in water resource utilization in the Yellow River—channeling irrigation area have been discussed in three aspects, i. e. the calculation of utilized amount of water, strengthening the water resource management and saving water.