

# 黄河下游引黄灌区水价与水资源调控\*

任鸿遵 唐登银

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

**摘 要** 40多年来,我国水利建设取得了巨大成就,但是,在以往的计划经济条件下,水利事业普遍存在着“重建轻管”的问题,延续至今,尚未妥善解决,从而导致一些地区水资源的极度浪费及出现不良的环境后效。

水资源管理是水资源合理开发利用的基本保证,它涉及到政策、法律、体制、经济及现代科学技术,是一个跨部门、跨学科的系统工程。目前,我国在水资源管理中最突出的问题是尚未完全纳入市场经济的轨道,水价远低于供水成本,不能发挥水费征收的经济杠杆作用,遏制水资源的浪费及合理地调控地表水与地下水资源,同时,偏低的水价也使供水部门缺乏足够的资金进行工程运营与维修,造成工程老化,降低供水效率<sup>[1]</sup>。

黄河下游灌区,位于豫鲁两省境内,灌溉面积约2 800万亩(186.6×10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>),多年平均引水量在100×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>左右,该灌区自50年代末引黄灌溉以来,上述问题表现尤为突出。随着黄河上、中游地区的发展,用水量增加,使黄河下游灌区的用水矛盾越来越突出。此文试图以此为典型,分析供水成本的构成、现行水价确定中存在的问题及其对水资源调控的影响,供水问题的深入研究及水价政策的制定参考。

**关键词** 水价 水价政策 水资源调控

**分 类** 中图法 X37

## 1 供水成本及其计算

水资源是有价的且具备一定的商品属性,其理由,一是因为水资源和其它矿产资源一样,是属国家的宝贵资源,使用者必须通过一定的程序花钱去购买它;二是,在水资源开发利用的过程中,工程的兴建、维修、更新与管理等均需要投资,使用者也需要负担这部分费用,因此,水价的制定,应该以包括上述两方面的供水成本为依据,并通过合理的水费政策来征收。

### 1.1 现行引用黄河水的供水成本构成

因黄河是个多泥沙的河流,所以其供水成本既包括与其它地表水资源相同的一面,也有不同的一面,可用下式表达:

$$T_c = \left( \sum_{i=1}^{i=6} C_i \right) \frac{K_i}{Qr} \quad (1)$$

式中  $T_c$  为供水成本;  $Q$  为年引水量;  $r$  为渠系利用系数;  $K_i$  为折现系数;  $C_i$  为供水成本

\* 国家自然科学基金资助项目(49471063)。

收稿日期:1997-03-21,收到修改稿日期:1997-12-26

中所包括的各项费用, 其中:  $C_1$  为水利工程的折旧费, 根据水利工程的抵偿年限计算得出;  $C_2$  为工程的运营管理费;  $C_3$  为水资源费;  $C_4$  为清淤费, 利用黄河水, 引起了渠道严重的淤积, 因此, 清淤是引黄灌区中必不可少的工程, 其费用包括清淤施工管理费, 不形成固定资产的清淤赔偿费和清淤投劳折资的差额等;  $C_5$  为沉沙地区扶持生产生活费。引进的黄河水, 必须经沉沙池沉淀后方可使用, 因此这部分费用包括了沉沙池的建设以及池区群众的粮、煤生活补助费等;  $C_6$  为排水系统工程建设费。因黄河下游灌区多建成灌排合一的系统, 因此该项已包括在  $C_1$  中。

根据式 (1), 并选位山灌区的高唐县为例, 计算结果如表 1 所示。

表 1 引黄灌溉供水成本计算<sup>①</sup>

Tab. 1 Cost of water supply for irrigation delivering water from the Yellow River

项 目	工程折旧	运行管理	清淤	水源	扶持沙区	合 计
成本 (元/m <sup>3</sup> )	0.02	0.05	0.01	0.04	0.02	0.14

由于灌区不同部位的引水条件不同, 可使供水成本有所差异, 但其值不大, 据对黄河下游最大的灌区——位山灌区的不同部位进行计算, 其供水成本约介于 0.12 元/m<sup>3</sup> ~ 0.14 元/m<sup>3</sup> 之间。

## 1.2 现行抽取地下水的供水成本构成

目前, 大部分地区抽取地下水进行农业灌溉, 不收水资源费, 因此, 井灌成本主要由折旧费及运行管理费两部分构成, 计算结果如表 2 所示。

表 2 井灌成本计算

Tab. 2 Cost of well irrigation

项 目	机井折旧	机泵折旧	运行管理	合计
成本 (元/m <sup>3</sup> )	0.03	0.02	0.13	0.18

由于黄河下游灌区成井深度、井型及采用的机泵都比较类似, 因此, 井、机、泵的折旧费各地相差不大; 但因各井的出水量的大小及采用的能源种类 (电或柴油) 的不同, 其运行管理费却相差很大, 如高唐县地下水的出水量较小, 且多用柴油, 因此运行管理成本较高, 而其上游的在平县 (如尚庄万亩井灌区) 地下水的出水量较大, 且用电抽水, 其运行管理成本较低, 两者相差近 1 倍。由此可以看出, 利用地表水和利用地下水, 究竟那一个成本高的问题不能一概而论, 主要取决于开采地下水的运行管理费的大小, 如以上所说的在平县, 其地下水的供水成本低于引黄的供水成本, 高唐县则反之。

## 2 现行水价及存在问题

### 2.1 水价的历年变化

长期以来, 水的价值观及其商品属性不被人们所认识。引黄水的经济管理大体经历了三个阶段:

(1) 从 50 年代以来大规模引黄灌溉开始至 1979 年, 用水不计成本, 不收水费, 一切费

<sup>①</sup> 卢宗峰同志协助计算, 特此感谢。

用均由政府支付。

(2) 1979 年至 1985 年, 开始象征性地征收水费, 并实施按亩计算的办法, 标准为 2 元 + 0.5 斤粮食/亩。

(3) 1985 年以后, 由于国务院颁发了“水利工程水费核定、计收和管理办法”的文件, 水费的征收逐步走上正规化, 但大部分地区仍延续按亩收费的办法, 仅在少数灌区(如位山灌区)逐步实施“计量用水、按方收费到县”, 1994 年后全面推行“计量用水、按方收费到乡”的措施, 但水价很低, 远不及供水成本。如位山灌区直至 1997 年, 水价才提至 0.05 元/ $\text{m}^3$ 左右。

利用地下水, 虽然暂不收水资源费, 但从打井到灌溉, 所有的费用都由农民自身负担。因此, 对农民来说, 提取地下水就比引用黄河水贵得多。

## 2.2 现行水价及水费征收办法带来的问题

(1) 自 1980 年以来, 国家投入到小型农田水利的费用逐渐减少, 主要依靠水管理部门资金的自身循环来维持工程的运行。由于现行水价远低于供水成本, 所以出现水利经费入不敷出的问题, 并造成缺乏足够的资金对工程进行维护, 导致工程老化、效率降低的恶性循环, 如位山灌区骨干工程的效率仅为原设计的 50%, 而田间工程只达到 20%。

(2) 大部分灌区的水费征收办法仍以按亩收费为主, 摆脱不了喝大锅水的恶习, 造成水资源的严重浪费。

(3) 由于引黄水的大部分投资由国家负担, 而井灌的费用则由农民自己支出, 所以, 即使在井灌条件非常优越的地区, 农民也是弃井用河, 使不同类型的水资源不能得到合理的调控。

(4) 大部分灌区水价不分时间、地点、用量的多少及水质的好坏, 均采用一个标准, 这样就背离了水资源的商品价值规律, 不利于用经济手段来调节水量的丰、缺及水质的好坏。

## 3 水价与水资源调控

不同类型的水(降水、地表水、地下水、土壤水及植物水等)在其形成与运移的过程中是在不断地转换, 它们之间互相制约, 又互有联系, 因此, 合理地利用水资源, 就是要在摸清水资源相互转换的基础上, 联合调度与优化调控不同类型的水资源, 其中地表水与地下水的联合利用与调控是其主要内容之一<sup>[2]</sup>。如果利用不当, 不仅水资源不能得到充分利用, 而且, 由此会诱发出一系列的环境问题, 如大量利用黄河水, 只灌不排, 必然会引起地下水位的抬升和土壤次生盐渍化的发展, 反之, 片面强调与超量开发利用地下水, 必会导致地下水降落漏斗和地面沉降的形成, 进而使地下水资源枯竭。影响地表水与地下水联合利用的因素很多, 但就目前的情况来说, 水价因素起了重要作用, 由于不合理的水价确定方法和水费征收政策, 可以使地表水与地下水的联合调度失控。

### 3.1 地表水与地下水的区域调控

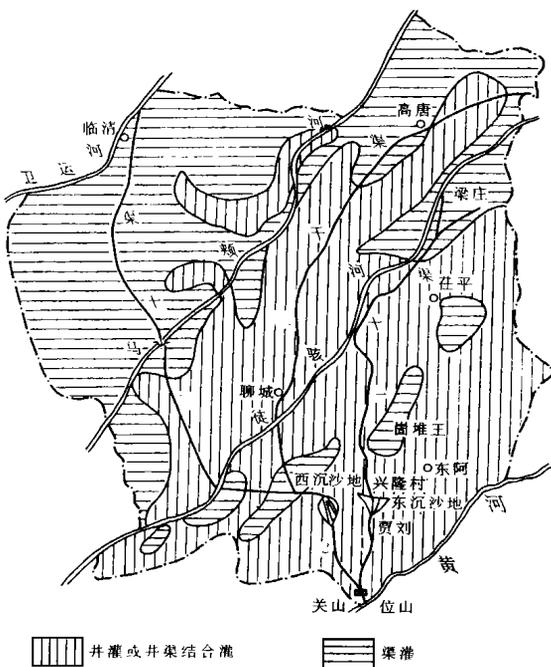
黄河下游引黄灌区水资源分布的特点是, 沿黄及引黄干渠两侧, 不仅引用黄河水极为方便, 且因黄河水的侧渗及田间灌溉水下渗的补给, 地下水也比较丰富, 而灌区的边远地带, 引黄水不易到达, 且地下水的埋藏相对较深。合理的地表水与地下水区域调控的方式,

应在沿黄及引黄干渠两侧, 大力开发利用地下水, 适当引黄补源, 而将黄河水引向缺水地区, 使得水资源在地区上得到合理的调配, 且取得良好的环境后效。图 1 给出了位山灌区合理的地表水与地下水区域调控的实例。由图可见, 沿黄、一干渠、二干渠两侧及徒骇河、马颊河之间, 包括阳谷县的沿黄地区及东阿县、聊城市、茌平县及高唐县的大部分地区, 地下水条件优越, 单井出水量为  $40 \text{ m}^3/\text{h} \sim 60 \text{ m}^3/\text{h}$ , 地下水埋深  $1 \text{ m} \sim 3 \text{ m}$ , 地下水矿化度多小于  $2 \text{ g/L}$ , 适合于发展井灌区或井渠结合区; 而在马颊河以西及高唐县的北部等地区, 地下水埋深大于  $7 \text{ m} \sim 8 \text{ m}$ , 单井出水量一般小于  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ , 过去因缺水, 超量开采, 已形成大面积的降落漏斗, 在这些地区, 可通过三干渠及二干渠的延伸, 以引用黄河水为主, 发展渠灌。但是, 以往由于不尽合理的水价确定方法及水费征收政策, 现有地表水与地下水利用的区域调配模式正好与上述合理的模式相反。在地下水条件好的地区, 农民仍大量引用黄河水, 大批的机井弃之不用, 地下水位偏高, 至今仍有  $28\,667 \text{ hm}^2$  盐碱地没得到改造, 还有约  $33\,333 \text{ hm}^2$  土地潜伏着土壤次生盐渍化的危机; 相反, 在西部和北部地区, 仍以利用地下水为主, 不仅用水得不到保证, 且运行费用大, 农民负担重, 形成了水资源利用在经济上与环境上的恶性循环。

### 3.2 地表水与地下水的时空调控

无论是引黄水或地下水, 其量及利用方式在时间上都有一定的变化。黄河下游灌区的用水方式通常是 3 月~4 月第一次春灌, 浇小麦返青、拔节及春田造墒水; 5 月~6 月浇小麦灌浆水及夏播套种水; 9 月~10 月浇小麦播种造墒水。从来水看, 黄河每年 7 月~9 月是汛期, 来水量最大, 但因 7 月~8 月黄河含沙量大, 且灌区内部处于排涝阶段, 因此, 此时引用黄河水需慎重。9 月以后来水量逐渐减少, 至来年 2 月达最低值。第一次春灌主要依靠三门峡水库放水, 但 5 月~6 月仍处在枯水阶段, 且水库蓄量变小, 黄河下游常出现断流现象<sup>[3]</sup>, 近年来, 断流时间提前, 时段加长, 使黄河下游灌区农业用水的供需矛盾日趋突出。地下水的动态变化自然规律, 具有类似的特点, 即 7 月~9 月为高峰期, 10 月至来年 2 月为相对稳定期, 3 月~6 月虽为消退期, 但此时正是大量引黄灌溉的时期, 有灌无排的用水方式往往可使地下水位抬升, 在强烈的蒸发作用下, 导致土壤次生盐渍化的发展。

在地表水与地下水均很丰富的地区, 必须结合用水需求的不同阶段及地表水与地下水在时间上的变化特点进行合理调配, 原则是充分利用地下水、合理发展井灌、以井保丰、引



1. 东输沙渠 2. 西输沙渠

图 1 位山灌区水资源区域调控示意图

Fig. 1 Sketch of regional regulation and control of water resources in Wei Shang Irrigation District

黄补源。其调控方式如图 2 所示。在图 2 中，有四个控制变量：(1) 地下水临界埋深，是使盐分不能通过毛细作用带至地表的地下水埋深，黄河下游灌区一般在 1.7 m ~ 2.0 m 之间，少数重壤粘土地区约为 1.2 m。(2) 防渍深度，不引起渍害的地下水埋深，其值与作物种类及生育阶段有关，一般为 50 cm ~ 70 cm。(3) 机电井允许提水深度，一般为 6 m ~ 8 m。(4) 地下水恢复埋深，在一个调控周期内，地下水位必须得到恢复，即使调控周期末地下水的埋深小于或等于初始埋深。

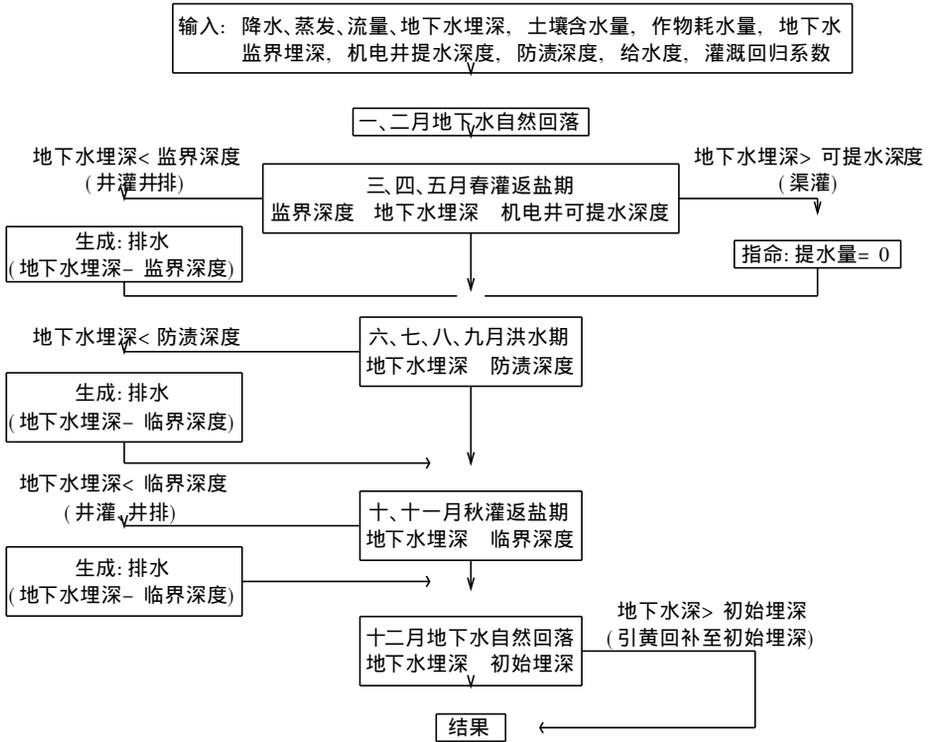


图2 水资源调控计算略图

Fig.2 Counting sketch of regulation and control of water resources

表 3 是地表水与地下水合理调控与否的地下水位变化过程对比，两者显著的区别在于，未经合理调控的，其地下水位偏高，尤其是在春季返盐期，地下水埋深均小于临界深度；经合理调控，地下水位均控制在临界深度以下，防止了土壤次生盐渍化的发生。

表 3 地下水埋深变化过程对比 (山东齐河)

Tab.3 Comparison of depth of groundwater in different months in Qi He county, Shangdong Province

调控方式	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
地下水埋深 (m) (合理调控)	2.78	2.76	2.72	3.47	2.80	2.32	1.84	2.27	2.13	2.28	2.49	2.56
地下水埋深 (m) (不合理调控)	1.90	2.07	1.95	1.64	1.45	1.61	1.27	1.58	1.61	1.83	1.90	1.92

地表水与地下水合理调控的另一个重要原则是使得运行费用最低, 其目标函数为:

$$F = \min \sum_{i=1}^{i=n} K_i (G_i C_1 + S_i C_2) \quad (2)$$

式中  $i$  为时段;  $K_i$  为资金折现率;  $G_i$  为第  $i$  时段地下水提取量;  $C_1$  为提取单位体积地下水的运行费;  $S_i$  为第  $i$  时段地表水提取量;  $C_2$  为引用单位体积地表水的运行费用。

显然由于在某些地区地下水的运行费用远高于地表水的运行费用, 所以按式 (2) 优化分析的结果必然是以利用地表水最为经济<sup>[4]</sup>, 并符合农民自身的经济利益, 所以, 多年来, 从水管理部门到基层行政主管部门都是重河轻井, 群众普遍存在着“大锅水不用太吃亏”、“水从门前过, 何必再用井”等错误认识, 导致一度放弃机井建设和保护, 无井地区不建井, 有井地区不用井, 甚至井被废弃, 井灌面积下降。当黄河水多时, 大量引黄, 引起土壤次生盐渍化, 当黄河断流时, 又无水灌溉。

## 4 水价与节水和配水

水是一种宝贵资源, 和其它矿产资源一样, 应符合价值规律, 而现今水价及水费征收政策不利于节水; 统一的水价政策不利于在市场经济的条件下, 通过价格变动来带动社会生产和社会需求变化, 从而达到资源的最优配置。

### 4.1 水价与节水

由以上分析知, 由于农业用水水价过低, 水资源的浪费现象十分严重。据调查, 目前黄河下游灌区的渠系利用率仅 0.4~0.45 左右, 也就是在毛用水量  $600 \text{ m}^3/\text{亩} \sim 700 \text{ m}^3/\text{亩}$  中, 有一半水损失在输水过程中, 而到达田间的水, 又有一半消耗于棵间蒸发上, 因此, 该区节水的潜力很大。

根据商品供销规律, 水价与用水量的关系可用下式表示:

$$Q_2 = Q_1 \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^E \quad (3)$$

式中  $Q_1$ 、 $Q_2$  分别为原用水量与现用水量;  $P_1$ 、 $P_2$  分别为原水价与现水价;  $E$  为价格弹性系数, 小于 1。

式 (3) 表明, 水量与水费增加的倍比呈反比关系。刘善建根据华北地区几个水价调整的实例分析<sup>[5]</sup>, 当  $E = 0.4 \sim 0.8$  时, 水价提高 5 倍, 用水节约 30%~60%; 水价提高 2 倍, 用水节约 10%~15%。因本区水价低, 节水潜力大, 所以, 利用水价的提高来促进节水是完全可行的。

### 4.2 水价与配水

把水价与配水结合在一起, 可以有效地调正因水量在地区上与时间上的变化或水质的变化等所引起的供 (配) 水的变化<sup>[6]</sup>。

4.2.1 来水变化的供水调正 由于黄河来水在年际间是有变化的, 有枯水年、平水年及丰水年之分, 对供水会产生较大的影响, 此时可采取变动水价来调正供需矛盾。如果天然来水少, 说明当年不能按原计划配水, 此时可使水价上浮, 以鼓励用户采取各种措施节水, 缓和供需矛盾, 减少损失; 如天然来水多, 说明当年的供水量超过了实际需水量, 可能产生弃水, 此时可使水价下调, 以鼓励用户利用各种方式蓄水或补充地下水。

4.2.2 调正区域间配水 地区间的供水条件可能会有很大差异,有些地区水资源贫缺,从价值观点上看,水产生的效益更为明显,具有比丰水地区更高的价值。此外,为供应这些地区的水,需增加水利设施或增建水利工程,投资也相应地加大,所以,在这些地区,水价应上浮,以鼓励节水和增加偿还额度。

4.2.3 限制超量用水 农田灌溉应实施计划配水,对于一个灌区来说,如果上游用户超计划用水,必然会给下游用户带来损失,为补偿这种损失并惩罚浪费水资源者,应实施“超量用水、加价收费”的办法,以调节地区间的供水矛盾。

4.2.4 限制占用农业用水 近年来,由于城市、工业及旅游业的发展,出现侵占农业用水的现象,这部分水的水价应大幅度上浮,此举既可弥补给农业造成的损失,同时还可限制其它部门对农业用水的侵占。

4.2.5 水价与水质 由于在输水过程中,水的质量有时会有所变化,如黄灌区的上游,水的含沙量大,且渠道淤积严重,下游反之,此时应考虑水价的浮动,即上游下浮,下游上调。

以上通过黄河下游灌区的一些实例,说明水价在节约用水与水资源调配中的重要性,但这些都需要通过深入的研究,并制定出相应的水价政策来体现,使之既要达到合理征收水费的目的,又不至于超出农民的承受能力。

## 参 考 文 献

- 1 任鸿遵等. 水资源管理. 节水管理与节水技术——以位山灌区为例第五章. 气象出版社, 1995
- 2 Gerale T, Mara O. Efficiency in irrigation. The Conjunctive Use of Surface and Groundwater Resources- Proceedings of A World Bank Symposium, ISBN 0- 8213- 1030- 5, 1988
- 3 崔树彬等. 黄河下游断流情况及趋势分析. 水问题论坛, 1996(2)
- 4 刘昌明, 杜伟. 考虑环境因素的水资源联合利用最优化分析. 水利学报, 1986(5)
- 5 刘善建. 关于华北水资源开发利用的战略问题. 华北地区水资源合理开发利用——中国科学院地学部研讨会文集. 水利电力出版社, 1990
- 6 朱斌, 江文华. 水资源管理. 中国 21 世纪水问题方略第十章. 科学出版社, 1996

## 作 者 简 介

任鸿遵, 男, 1939 年 9 月生, 1962 年毕业于河海大学水文系, 研究员, 主要从事水文与水资源方面的研究, 在国内外发表专著 8 册 (含合著), 论文 50 余篇。

# WATER PRICE AND REGULATION AND CONTROL OF WATER RESOURCES IN THE IRRIGATED AREAS AT THE LOWER REACHES OF DELIVERING WATER FROM THE YELLOW RIVER

Ren Hongzun      Tang Dengyin

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

## Abstract

Since 1949, a great achievement on water conservancy has been gotten in China. But emphasis on construction of water project, and neglect of water management have existed for a long time under planning economy in the past in China.

Water management is a fundamental way to develop and use water resources. It is a great systematic research related to policy, law, institution, economy and modernization of sciences and techniques.

Water price is an outstanding problem in water management since the price is too low to cover investment and management cost of water projects which are become senile and inefficient, causing the waste of water and damaging the environment in China.

The lower Reaches Irrigation District of delivering water from the Yellow River is located in Shangdong and Henang Provinces. The irrigated area is about  $2\ 800 \times 10^4$  mu ( $186.6 \times 10^4$  ha). The amount of delivering water from the Yellow River is about 10 billion  $m^3$ . The irrigation district is selected as an example to analyse the problems including composition of water cost, present water price and relationship between water price and regulation and control of water resources in this paper, because the contradiction between water supply and water demand is becoming more serious with the growth of population and economy in the Basin of the Yellow River.

**Key words** water price, policy, regulation and control of water resources