

## 2000 年黄河内蒙古段水量的优化分配方案

任树梅<sup>①</sup> 杨培岭

(中国农业大学水利与土木工程学院)

**摘要** 分析了黄河内蒙古段工农业及其他行业引黄用水现状及存在的主要问题。以灌区为单元,以经济效益为目标,重点对 2000 年农业灌溉引黄水量进行了优化计算,提出了 2000 年黄河内蒙古段国民经济各部门引黄水量的优化分配方案。该方案的实施可以有效地缓解黄河上、下游水资源利用的矛盾,使有限的水资源发挥较大的效益。

**关键词** 引黄水量; 优化分配; 内蒙古

**中图分类号** S 273.2

### Optimal Allocation of Water Amount of Yellow River in Inner Mongolia in 2000

Ren Shumei Yang Peiling

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU)

**Abstract** The situation of water use of Yellow River in industry, agriculture and others in Inner Mongolia was analyzed and the optimal allocation of water use of Yellow River for agriculture in 2000 was calculated specially. The allocated scheme of water use of Yellow River for various departments of national economy was proposed. The problems for water use between up and down stream can be solved and the higher efficiency of water use can be obtained.

**Key words** water use of Yellow River; optimal allocation; Inner Mongolia

自 1972 年黄河下游首次发生断流以来,断流状况日趋严重。1997 年黄河在断流持续时间和断流长度上都达到历史最高水平,累积断流 180 多 d,断流长度 600 多 km。这不仅严重影响了该地区人民生活的需要和工农业生产的发展,而且造成了巨大的经济损失和生态环境的严重破坏。黄河断流固然与自然干旱的气候条件有关,但与上、中游地区黄河水开发利用不合理、水资源管理措施不当密切相关。中、上游地区各项用水指标均偏高,尤其是农田灌溉用水大户,不仅过量引水,大水漫灌,造成水量浪费,而且导致区域性土地盐碱化。虽然国家在解决黄河断流、提高流域水资源管理水平等方面做了大量有针对性的工作,包括制定《黄河流域水量分配方案》,旨在统筹全局,合理分配利用黄河水资源。由于黄河是穿越 9 省的大河,中、上游地区长期无节制引水,有限引水量在工农业生产各部门间缺乏优化的分配,缺乏科学合理的指导方针;因此如何充分、合理利用国家分配的黄河水量,使有限的水资源发挥最大的效益就是非常重要并亟待解决的问题。为解决黄河内蒙古段水资源的优化利用问题,获取大的经济、社会和

收稿日期:1998-05-04

①任树梅,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)146 信箱,100083

生态、环境效益,确定未来发展的科学对策,自治区政府实施了“黄河内蒙古段引黄水量优化利用与对策研究”项目。本文正是在此背景下作为项目内容之一,就2000年黄河内蒙古段水量优化分配方案进行探讨。

## 1 黄河流域内蒙古段概况

黄河为流经内蒙古的最大河流,在内蒙古境内区间长830 km。流域内引黄灌区主要由河套、土默川、乌海及伊盟南岸四大灌区组成,总土地面积172.5万 $\text{hm}^2$ ,耕地面积65.5万 $\text{hm}^2$ 。灌区横跨乌海市、巴盟、伊盟、包头市、呼和浩特市等14个市(旗)县。

区域内矿藏资源丰富,尤以铁、煤炭和稀土资源最为丰富。随着国民经济的发展和产业结构的调整,这一区域将成为我国21世纪经济建设的重要基地,这也意味着它的工业用水量将会大大增加。

据统计,内蒙古引黄灌区1990年灌溉引黄河水量达73.52亿 $\text{m}^3$ ,占黄河平均总径流量的1/7,占黄河可利用水量的1/5。其中河套灌区引水量61.96亿 $\text{m}^3$ ,土默川灌区引水量5.05亿 $\text{m}^3$ ,黄河伊盟南岸灌区引水量6.15亿 $\text{m}^3$ ,乌海灌区引水量0.37亿 $\text{m}^3$ <sup>①</sup>。可见黄河内蒙古灌区是引黄大户,目前的用水量已远远超过2000年分配给它的水量;因此,黄河水资源的优化分配与合理利用,不仅对该地区国民经济的发展具有举足轻重的作用,而且是缓解黄河水源危机、防止断流的一项有效措施。

## 2 黄河内蒙古段水量利用现状及存在问题

黄河内蒙古段现状总引水量为74.88亿 $\text{m}^3$ ,其中工业引水量1.28亿 $\text{m}^3$ ,农业引水量73.52亿 $\text{m}^3$ ,生活引水量880万 $\text{m}^3$ ,可见农业用水在引黄总水量中占有绝对比例,达98%。

当前主要存在以下3个问题。

1)引黄水供需矛盾突出。国家分配给内蒙古工农业用水的年总量为58.6亿 $\text{m}^3$ ,而实际引黄总水量却高达74.88亿 $\text{m}^3$ ,超出国家允许标准的27.8%。在水资源日趋紧张的情况下,一旦强行按国家规定限额供水,引黄水量的供需矛盾便会急剧突出,若不采取节水和优化配水措施,现有农田灌溉用水就无法保证。

2)农业灌溉效率低。各灌区普遍存在灌溉定额大、灌溉效率低的问题。黄河内蒙古段上游灌区综合毛灌定额为11250~15000 $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,而灌溉水利用系数一般均在0.37以下。下游土默川灌区及伊盟达拉旗灌区,灌溉次数不及上游灌区的2/3,灌溉定额却在8250 $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,灌溉水利用系数只有0.32~0.35。当地农民节水观念淡薄,灌水粗放,形成高引水量、低利用率的恶性循环局面。

3)工业及城市生活用水采补失调。在引黄总水量中工业用水仅占1.7%,工业引黄用水占工业总用水量的31%,其他大部分城市生活及工业用水以地下水为水源。由于长期过量开采,地下水采补失调,形成一方面引黄水得不到有效利用,大量损失,地下水位漏斗扩大,水位持续下降,井越钻越深,另一方面开采布局不合理,取水工程配套不完善,供水设施不健全和供水管网年久失修的局面,供水效益一般均达不到设计要求。

①内蒙古水利厅. 内蒙古1990年水利统计报表. 1991

### 3 黄河内蒙古段 2000 年水量优化分配方案

制止或减少黄河下游的断流是今后我国水利工作的一项重要任务。其关键措施之一就是解决黄河中上游地区超引水量的问题。为此,笔者根据国家分配水量额度对 2000 年黄河内蒙古段的水资源优化分配和利用问题作了如下探讨。

#### 3.1 水量优化分配的原则

1984 年原国家计委提出了引黄水量和引黄灌溉面积分配方案(正常水平年,农业用水保证率 75%,工业、城镇生活供水保证率 95%),见表 1。

表 1 黄河内蒙古段可供水量分配方案

年份	分配水量/亿 m <sup>3</sup>	农业用水量/亿 m <sup>3</sup>	灌溉面积/万 hm <sup>2</sup>
1990	52.5	51.4	56.93
2000	58.6	52.3	61.87

内蒙古黄灌区 1990 年的引黄水量已经超过了 2000 年国家分配给内蒙古的总水量。如何优化分配才能获得较大的经济效益、社会效益和环境效益,这就是本研究期望解决的问题和达到的目标。

根据水资源开发利用现状及存在问题,遵循国家对黄河水量分配计划并按照经济效益最大的原则,在以水资源合理开发利用的前提下确定工业、农业生产发展规模和产业结构。在水资源分配中优先满足城市生活与市政用水及农村、牧区人畜用水,合理安排工农业用水,照顾生态环境用水,兼顾其他部门用水,以节约用水、提高水的利用率为前提,控制耗水量大的工业和需水量大的作物,实行节水灌溉,发展节水型农业。农业灌溉以提高现有灌区效益为主要目标,除贫困地区外,一般不再扩大灌溉面积。农业供水保证率选取 75%,工业、生活及人畜用水保证率大于或等于 95%。水量优化分配以经济效益为主,兼顾社会效益和生态环境效益。保证国家黄河水量分配规划水平年 2000 年为 58.6 亿 m<sup>3</sup> 额度的顺利实现。

#### 3.2 水量优化分配方案的基本思路

运用系统工程的理论和方法,把 58.6 亿 m<sup>3</sup> 水在黄河内蒙古段各地区、各部门之间进行优化分配,以获得最大的综合效益为目标,建立水量优化分配数学模型,提出优化分配方案。建模的关键是确定各用水部门耗水量与效益的函数关系。要解决这一问题必须分行业进行调查,如对灌区必须调查其作物组成、用水定额、用水增产效益、农业成本、灌溉水利用系数等。在掌握大量资料的基础上,求出灌区用水与净效益的关系。

#### 3.3 水量优化分配方案

1) 对于城市生活及工业用水,根据目前已建成的工业引黄工程和主管部门批准 2000 年拟建的城市和工业引黄工程规模,拟定引水量共为 6.86 亿 m<sup>3</sup>。考虑到上述引黄水量分配方案部分已经实施,未实施的已经上级主管部门批准,同时城市生活及工业用水保证率高,故城市及工业用水量可按上述拟定水量分配。

2) 生态环保用水及水产用水量不大,综合效益高,按发展规划全部满足用水,其所得水量为 0.126 亿 m<sup>3</sup>。

3) 扣除以上分配的水量,剩余即为农业分配水量,共 51 亿 m<sup>3</sup>,与预测 2000 年用水量

56.58 亿  $m^3$  相差 5.58 亿  $m^3$ , 必须进行优化分配。

#### 4 农业优化配水模型<sup>①</sup>

农业优化配水模型要解决的问题是, 将分配给农业的水量在各灌区间进行优化分配, 使其获得最大的综合效益。

为便于模型的建立和分析计算, 按用水量以引黄取水口为单元分 19 个灌区, 农作物分为小麦、玉米、杂粮、向日葵、甜菜、其他作物、林业、牧业、粮食套种等 9 类。

灌溉效益是指因灌溉而增加的农、林、牧业产品的产量和产值。由于农作物产量的提高是水、肥、土壤、种子、人工以及其他农业技术措施综合作用的结果, 灌溉仅是促进农业增产的一个重要手段, 因此在灌溉效益的计算中必须考虑农业措施的作用。采用扣除农业成本法计算农业供水效益。

58.6 亿  $m^3$  水量优化分配后获得的最大综合效益(万元)模型的目标函数为

$$B(W) = \max_{i=1}^{19} \max_{j=1}^9 B_{ij}$$

其中

$$B_{ij} = A_{ij}(Y_{ij}P_{ij} + Y'_{ij}P'_{ij} - C_{ij})$$

$$A_{ij} = \frac{W_{ij}}{M_{ij}}$$

引黄灌区农业优化配水模型的目标函数为

$$B(W) = \max_{i=1}^{19} \max_{j=1}^9 \frac{W_{ij}}{M_{ij}} (Y_{ij}P_{ij} + Y'_{ij}P'_{ij} - C_{ij})$$

式中:  $B_{ij}$  为  $i$  灌区  $j$  种农作物用水量  $W_{ij}$  所获得的净效益, 万元;

$A_{ij}$  为  $i$  灌区  $j$  种作物种植面积, 万  $hm^2$ ;

$M_{ij}$  为  $i$  灌区  $j$  种作物毛灌溉定额,  $m^3 \cdot hm^{-2}$ ;

$Y_{ij}, Y'_{ij}$  分别为  $i$  灌区  $j$  作物主产品和副产品的产量,  $kg \cdot hm^{-2}$ ;

$P_{ij}, P'_{ij}$  分别为  $i$  灌区  $j$  作物主产品和副产品的价格, 元  $\cdot kg^{-1}$ ;

$C_{ij}$  为  $i$  灌区  $j$  种作物生产成本(含种子、化肥、农药、人工费等一切费用), 元。

目标函数和水量、灌溉面积、资金、劳动力、地区发展等约束条件组合就构成了内蒙古黄灌区农业优化配水数学模型。

#### 5 水量优化分配成果

根据农业用水量优化分配模型, 输入以下基本参数: 现状年 2000 年各灌区各种作物的灌溉面积、种植比例、净灌溉定额、单位面积产量、单价和生产成本, 各灌区灌溉水有效利用系数、退水系数、工程投资、工程使用年限, 以及各种作物效益分摊系数。

为获得最优化的水资源分配方案, 利用大系统递归法求解模型, 对下述 3 种用水分配方案进行优化计算和比较。

方案 1: 利用现状灌溉面积, 规划 2000 年灌溉制度, 确定 2000 年灌溉用水量。

① 唐德善. 黄河流域水资源综合利用优化分配研究报告. 河海大学水力发电工程系, 1990

方案 2:灌溉面积为各地计委“十年规划”中发展的灌溉面积,规划 2000 年灌溉制度,确定 2000 年灌溉用水量。

方案 3:按本次工作计划发展灌溉面积,规划 2000 年灌溉制度,确定 2000 年灌溉用水量。

通过优化计算,结果对比发现,无论从自治区内各灌区灌溉面积发展的平衡性、工程投资、方案实施的可能性,还是各灌区的效益来看,方案 3 都优于其他方案;因此,取方案 3 为水量优化分配方案,见表 2。

表 2 黄河内蒙古段水量优化分配成果 亿 m<sup>3</sup>

灌区 (行政区)	引黄用水部门				合计
	工业及城市生活	农林牧灌溉	养鱼	环保	
河套灌区 (巴盟)		40.70			40.70
土默川灌区 (包头、呼市)	5.44	6.20	0.126		11.77
乌海灌区 (乌海市)		0.55		0.11	0.66
南岸灌区 (伊盟)	1.42	3.55		0.50	5.47
合计	6.86	51.00	0.126	0.61	58.60

## 6 结 论

以最大灌溉效益为目标函数,综合考虑小量灌溉面积、资金、劳力等主要限制因子,建立了灌区农业优化配水模型,给出一个比较真实可行的分配方案。通过分析比较可以认为,该用水分配方案不仅能保证水资源布局比较合理,而且在有限的水资源条件下能获得较高的经济效益,也为促进节水灌溉、今后工农业生产的合理布局与发展提供了依据。