

# 宁蒙灌区灌溉定额偏高成因及节水潜力分析

贾绍凤<sup>1</sup>, 张士锋<sup>1</sup>, 王浩<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044)

**摘要:** 宁蒙灌区灌溉定额是关中地区的 6 倍左右, 因而常常遭受各方的批评。但宁蒙灌区灌溉定额高并非完全是不合理的大水漫灌的结果, 在很大程度上有其自然规律的必然性和合理性。由于自然条件的差异, 宁蒙灌区的作物需水量、净灌溉定额本来就要比关中地区高很多。如果不改变目前的作物品种和种植结构, 宁蒙灌区较高的灌溉定额 60% 左右是合理的, 只有 40% 左右是不合理的。这既说明了宁蒙灌区节水的巨大潜力, 只要达到关中地区的水资源有效利用系数 0.5, 就可以减少引水 40% 左右, 减少灌溉耗水的 30% 左右; 同时也说明了宁蒙灌区节水的限度: 在目前的作物品种和种植结构下, 宁蒙灌区的灌溉定额不可能降低到与黄河中下游地区相同的水平, 仍将维持在关中地区目前灌溉定额(2 700 m<sup>3</sup> hm<sup>-2</sup>左右)的 3 倍以上。要想进一步降低宁蒙灌区的灌溉用水, 只有在改变灌溉方式(如改普通地面灌为喷灌、滴灌)以降低作物需水量、或改种需水量小的作物等方面下工夫。

**关键词:** 节水潜力; 宁蒙灌区; 灌溉定额; 用水合理性

中图分类号: F326.11; S27(226)(243) 文献标识码: A 文章编号: 1007-7588(2003)01-0029-06

## REASONS OF HIGH IRRIGATION QUOTA AND POTENTIAL OF WATER-SAVING IN NING-MENG IRRIGATION AREA

JIA Shao-feng<sup>1</sup>, ZHANG Shi-feng<sup>1</sup>, WANG Hao<sup>2</sup>

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Institute of Water Resources and Hydroelectricity of China, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The irrigation quota in Ningxia Plain irrigation area is 6 times higher than that of Guanzhong Plain irrigation area, while the irrigation quota in Hetao Plain irrigation area, Inner Mongolia, is 4 times higher than that of Guanzhong. So it is no doubt that the high irrigation quota in Ning-Meng irrigation area (abbreviation for irrigation areas in Ningxia Plain, Ningxia and Hetao Plain and Inner Mongolia) is criticized strongly. But our analyses have shown that: More than 60% of the high irrigation quota in Ning-Meng irrigation area is rational under present crop structure due to natural conditions such as higher crop water requirement and lower efficient precipitation. Only less than 40% of present irrigation quota is irrational because of lower water use efficiency. If not to change crop varieties cultivated, only by promoting the irrigation water use efficiency in Ning-Meng irrigation area to advanced level of Guanzhong area, about 40% of water withdraws in Ningxia Plain can be saved while about 30% of net water depletion can be saved. In Hetao irrigation area, Inner Mongolia, the corresponding figures are 32.3% and 20%. If cultivating area of water-intensity crops such as rice decreases, more water can be saved. There is high potentiality to decrease water irrigation quota by 60% and water exhaustion quota by 50% in this area through all kind of water-saving measures.

**Key words:** Water saving potential; Ning-meng irrigation area; Irrigation quota; Rationality of water use

收稿日期: 2002-04-11; 修订日期: 2002-06-20

基金项目: 中国科学院知识创新项目(编号: KZCX1-10-03)、中国科学院地理科学与资源研究所项目(编号: CXIOG-B00-04)、国家自然科学基金项目(编号: 49971029)和国家重大基础研究发展规划项目(编号: 1999043602)共同资助。

作者简介: 贾绍凤(1964-), 男, 湖南龙山人(土家族), 博士, 副研究员, 主要从事水文学水资源和区域可持续发展研究。

# 1 引言: 宁蒙灌区是否用水太多而应受批评

黄河流域是我国水资源最紧缺的地区之一。最近的研究表明黄河流域的可供水量不是原来估计的  $580 \times 10^8 \text{ m}^3$  以上, 而只有  $550 \times 10^8 \text{ m}^3$  左右<sup>[1]</sup>, 更突显了黄河流域水资源的紧张形势。因此, 那些用水似乎很浪费的地区如宁蒙灌区就成为众矢之的, 受到大家的猛烈批评<sup>[2]</sup>。

黄河上游的用水定额的确比中下游地区要高很多。以 1999 年为例, 黄河上游的灌溉面积用水为  $11\,385 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 是下游地区  $4\,485 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  的 2.54 倍, 是中游地区  $3\,555 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  的 3.20 倍(表 1)。而黄河上游灌溉用水以宁夏银川盆地和内蒙古河套地区为主,

该区灌溉定额更高, 其中宁夏平原灌区的灌溉定额是关中地区的 6 倍, 内蒙河套灌区的灌溉定额是关中地区的 4 倍。所以宁蒙灌区的灌溉用水受到很多专家的批评, 认为宁蒙灌区的灌溉用水太高, 并指出灌溉定额过高的原因是不合理的大水漫灌方式造成的水资源浪费<sup>[2]</sup>。但宁蒙灌区是否就真的灌溉定额过高、用水浪费而应受批评呢? 还是有其客观的必然因素而有其合理性? 有些时候, 表面的直接简单的数字对比可能产生似是而非的错误结果。对于宁蒙灌区的较高的灌溉定额, 似乎也存在片面地根据表面数字下结论、而缺乏深入的成因分析的倾向。在此, 我们拟对宁蒙灌区灌溉定额偏高的原因和节水潜力进行一些具体分析。

表 1 1999 年~ 2000 年黄河流域内用水指标

Table 1 Water use indicators of Yellow River Basin in 1999~ 2000

地区	人均 GDP ( $\times 10^4$ 元)	人均用水量 ( $\text{m}^3$ )	万元 GDP 用 水量( $\text{m}^3$ )	农田灌溉用水量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	人均生活用水量( $\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$ )		万元工业产值 用水量( $\text{m}^3$ )
					城镇生活	农村生活	
全国	0.65	440	680	7 260	227	89	91
黄河流域	0.53	380	730	6 540	168	53	78
黄河上游	0.57	970	1 700	11 385	152	70	129
宁夏平原灌区				18 759 <sup>1)</sup>			
内蒙河套灌区				11 820 <sup>2)</sup>			
黄河中游	0.53	180	360	3 555	180	46	58
关中盆地				2 708 <sup>3)</sup>			
黄河下游	0.47	330	690	4 485	154	63	73

资料来源: 水利部 1999 年水资源公报; 宁夏回族自治区 1999 年、2000 年水资源公报; 内蒙古自治区 1999 年、2000 年水资源公报; 陕西省 1999 年、2000 年水资源公报。单位农田灌溉用水量按有效灌溉面积计算。

注释: 1) 为作者根据黄河兰州-河口期间宁夏境内灌溉面积和灌溉用水量数据估算数(不足  $40 \text{ hm}^2$  灌溉面积用水  $70 \times 10^8 \text{ m}^3$ );

2) 为作者根据黄河兰州-河口期间内蒙境内灌溉面积和灌溉用水量数据估算数;

3) 为作者根据黄河龙门-三门峡期间陕西境内灌溉面积和灌溉用水量数据估算数。

## 2 成因分析

### 2.1 成因之一: 作物需水量的差异

宁蒙灌区的灌溉定额高并非完全是用水浪费的结果, 而是有其一定的合理性和必然性。原因之一是: 由于地理条件的不同, 宁蒙灌区的作物需水量比黄河中下游地区高许多。就黄河下游、中游关中地区、上游宁蒙灌区各自种植的典

型作物而言, 宁蒙灌区的作物需水量最高, 黄河下游其次, 关中地区最低。关中地区和黄河下游的主要灌溉作物是冬小麦, 冬小麦的多年平均需水量是  $375 \text{ mm}$  左右; 黄河下游地区的冬小麦需水量为  $450 \text{ mm}$  左右; 而宁夏平原、河套平原地区主要种植春小麦, 春小麦的需水量在  $500 \text{ mm} \sim 600 \text{ mm}$ <sup>[3]</sup>。关中地区种植的冬小麦需水量只是

宁蒙灌区种植的春小麦需水量的 70%。

宁蒙灌区的作物需水量明显较高、关中地区的作物需水量明显偏低的原因,可以从两地的气候干燥度的差异来解释。关中地区的年干燥度在 1.0~1.5 左右,而宁夏平原的年干燥度在 5.0~10.0 之间,内蒙河套灌区的年干燥度在 3.0~10.0 之间<sup>[4]</sup>。干燥度越大,作物需水量就越大。宁夏平原的干燥度是关中盆地的 3 倍~6 倍,因而宁夏平原的春小麦需水量比关中盆地的冬小麦需水量大许多是正常的。

## 2.2 成因之二:有效降雨的差异

降水量的差异是宁蒙灌区灌溉定额远高于关中盆地的又一个原因。关中地区年均降水量接近 600mm,而内蒙河套灌区年降水量在 300mm 以下,宁夏平原的年降水量只有 200 mm 左右,只有关中平原年降水量的 1/3。作物生长季节可以为作物生长利用的有效降水量比年降水量还要少。关中地区冬小麦的生育期是头年 10 月至第二年 6 月,该期降水量占全年降水量的 30% 出头,约 180 mm,其中可为作物利用的水量按 80% 计算,约 145mm,需灌溉补充的水量即作物需水量减有效降水量约为 230mm(375 mm~145 mm)。宁夏平原年均降水量约 200 mm,春小麦生长期 4

月~8 月降水量占全年降水量的 80% 左右,约 160 mm,可为春小麦有效利用的部分按 130 mm 计算,春小麦需灌溉补充水量 440mm(570 mm~130 mm)。宁夏平原春小麦需灌溉补充的水量是关中地区冬小麦需灌溉补充水量的 2 倍。显然,由于宁蒙灌区在作物需水量大的同时,有效降水反而较小,所以该地区需要灌溉补充的水量较之关中地区更大,前者是后者的近 2 倍(表 2)。

## 2.3 成因之三:种植结构的差异

除了单种作物的作物需水量、需灌溉补充水量的差异之外,种植结构的差异也是造成宁夏平原毛灌溉定额偏高的原因之一。宁夏平原的典型种植结构是一年一熟,水稻、春小麦、春玉米、油菜轮作,水稻占播种面积的 25% 左右。而关中地区是一年两熟,典型的种植结构是一季冬小麦加一季夏玉米,水稻种植很少。由于宁蒙灌区的水稻的需水量很高,而且关中地区的夏玉米基本不需灌溉,所以宁蒙灌区的平均综合净灌溉定额高于关中盆地。根据上述作物种植结构和作物需灌溉补充水量数据估算,银川盆地的综合净灌溉定额为  $5\ 675\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,关中盆地只有  $2\ 700\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,前者是后者的 2.1 倍(表 3)。

表 2 黄河上、中、下游地区作物需水量、有效降水对作物净灌溉定额的影响

Table 2 Effect of crop water requirement and effective precipitation on net irrigation quota (mm)

地区	作物品种	作物需水量	生长季节	生长季节降水量	生长季节有效降水量	灌溉需水量
宁夏平原	水稻	1 000~1 200	5 月~10 月	160	150	950
	春小麦	570	4 月~9 月	160	130	440
内蒙河套平原	春小麦	540	4 月~9 月	170	140	400
关中盆地	冬小麦	375	10 月~6 月	180	145	230
	夏玉米	350~400	6 月~9 月	400	320	40
黄河下游	冬小麦	450	10 月~6 月	180	145	305
	夏玉米	350~400	6 月~9 月	400	320	40

资料来源:作物需水量资料取自陈玉民、郭国双主编:中国主要作物需水量与灌溉,北京:水利电力出版社,1995;

生长季节降水量资料系作者根据中国自然地理图集(刘明光主编,北京:中国地图出版社,1998年)年均降水量分布图、分季降水量分配比例图估算。

表 3 黄河上、中、下游地区种植制度对综合净灌溉定额的影响

Table 3 Effect of crop-system on net irrigation quota

 $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$ 

地区	种植方式	作物净灌溉定额	综合净灌溉定额
银川盆地	一年一熟: 水稻与春小麦、玉米或大豆轮作, 水稻占播种面积的 25% 左右	水稻 9 500	5 675
		春小麦 4 400	
河套盆地	一年一熟: 春小麦、葵花等	春小麦 4 000	4 000
关中盆地	一年两熟: 冬小麦、夏玉米	冬小麦 2 300, 夏玉米 400	2 700
黄河下游	一年两熟: 冬小麦、夏玉米	冬小麦 3 050, 夏玉米 400	3 450

## 2.4 成因之四: 用水技术水平的差异

用水技术水平的差异主要表现在两个方面。一是关中地区的水有效利用系数比其他地区高(表 4)。关中地区水有效利用系数达到 0.5 左右(灌溉水的回归率为 30%, 消耗率为 70%, 被消耗的水中有 1/4 左右是无效的, 所以有效利用率为  $70\% \times 3/4 = 0.525$ ), 银川盆地只有 0.3(灌溉引水与排水的比例为 10: 6, 即 60% 的引黄灌溉水都回到了黄河, 40% 被消耗的水中有 1/4 是无效的, 所以水的总有效利用系数为 0.3)。由于这一差距, 宁夏平原的灌溉定额由  $18\ 916\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  已经扩大到关中地区  $5\ 400\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  的 3.5 倍。二是关中地区普遍实行非充分灌溉, 黄河下游地区也实行了一定程度的非充分灌溉, 而黄河上游宁蒙灌区因为水源条件优厚, 基本没有实行非充分灌溉。由于实行非充分灌溉, 关中地区的实际灌溉定额由  $2\ 700\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  左右已经降到宁夏平原今年实际灌溉定额  $18\ 459\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  左右的 15% 以下; 反过来说, 由于以上各种因素的共同作用宁夏平原的实际灌溉定额竟然达到关中地区的 6.8 倍。

表 4 黄河上、中、下游地区实际灌溉定额比较

Table 4 Comparison of real irrigation quota

in Yellow River Basin

 $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$ 

地区	综合净灌溉定额	灌溉水有效利用系数	毛灌溉定额	是否实行非充分灌溉	实际灌溉定额
宁夏平原	5 675	0.3	18 916	否	18 759
河套盆地	4 000	0.35	11 429	否	11 820
关中盆地	2 700	0.5	5 400	是	2 708
黄河下游	3 450	0.4	8 625	是	4 485

## 3 灌溉用水合理性与节水潜力分析

根据上面的分析, 宁夏平原灌区的灌溉定额偏高, 主要原因有: 作物需水量大、有效降水少、水稻种植比例较高、渠系水利用系数低、未实行非充分灌溉等 5 项。其中前三者是当地的自然地理条件和种植结构决定的。当地的自然地理条件是不可能轻易改变的, 当地的种植结构也不是短期能轻易改变的, 所以由这部分因素决定的灌溉定额, 即使偏高, 也是合理的。而后两项因素代表的是水资源利用水平的落后, 是可以通过努力加以改变的, 也属于造成银川灌区灌溉定额偏高的不合理因素。因此, 宁夏平原灌溉定额偏高, 既有合理的成分, 也有不合理的成分。下面对银川灌区灌溉定额偏高的合理成分和不合理成分的比重进行具体分析。

可以合理地要求黄河流域其他地区的水利用效率达到较先进的关中地区的水平。但对于另一个因素非充分灌溉, 则难以采用统一的数量指标, 因为各地自然条件不同, 非充分灌溉条件下的灌溉定额也相差很大。所以对非充分灌溉这一因素权且不作数量分析。关于灌溉定额的合理成分与非合理成分的区分, 可以粗略地认为: 在当地的自然条件和目前的种植结构下, 按水资源有效利用系数先进水平 0.5 计算的综合灌溉定额是合理的, 而超过这一数值的那部分灌溉水量是不合理的。

如果把宁蒙灌区的渠系水利用系数提高到关中地区的水平, 在目前的种植制度和种植结构下, 银川灌区合理的毛灌溉定额应达到  $11\ 350\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  (表 5), 比实际灌溉定额  $18\ 759\text{m}^3$

少  $7\,409\text{m}^3$ 。也就是说, 在实际总灌溉定额  $18\,759\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  中, 合理成分为  $11\,350\text{m}^3$ , 占 60.5%, 超出的那部分即不合理成分为  $7\,409\text{m}^3$ , 占 39.5%。对应地, 对内蒙河套灌区, 在实际总灌溉定额中  $11\,820\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 合理成分为  $8\,000\text{m}^3$ , 占 67.7%, 不合理成分为  $3\,820\text{m}^3$ , 占 32.3%。

按照上述灌溉用水合理与否的划分标准, 在目前的作物品种和种植结构下, 即使宁蒙灌区水资源有效利用系数达到 0.5 的流域先进水平, 宁夏平原的灌溉定额  $11\,350\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  仍比关中地区的现状灌溉定额  $2\,700\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  高 3.2 倍, 内蒙河套灌区要高 2 倍。对应的节水潜力为: 宁夏平原可减少引水 39.5%, 即  $7\,409\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 按  $40 \times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$  有效灌溉面积计算, 可减少引水  $29.7 \times 10^8\text{m}^3$ 。

节水可减少的灌溉耗水量(即真实节水), 等

表 5 黄河宁蒙灌区实际灌溉定额合理性分析

Table 5 Rationality of real irrigation quota in Yellow River Basin

( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )

地区	综合净灌溉定额	按渠系水利用系数 0.5 计算的合理毛灌溉定额	实际灌溉定额	不合理成分	不合理成分比重	合理成分比重
①	②	③	④	⑤=④-③	⑥=⑤/④	⑦=③/④
宁夏平原	5 675	11 350	18 759	7 409	39.5%	60.5%
河套盆地	4 000	8 000	11 820	3 820	32.3%	67.7%
关中盆地	2 700	5 400	2 708	0		
黄河下游	3 450	6 900	4 485	0		

当然, 可以进一步发问: 在气候十分干旱的宁夏平原种植耗水很大的水稻, 是否合理? 显然是很不合理的。所以可以合理地要求宁夏平原减少水稻种植面积, 甚至不再种水稻。如果不种水稻, 宁夏平原在水资源有效利用系数达到 0.5 时的灌溉定额可以进一步降低到  $8\,800\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 只有现状实际灌溉定额  $18\,759\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  的 47%, 即宁夏平原灌区的灌溉定额可以减少一多半。因此, 如果再加上种植结构调整、压缩耗水多的作物种植面积、选种抗旱品种等措施, 宁夏灌区的灌溉定额完全有可能降低到  $8\,000\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  以下。

不能因为宁蒙灌区引黄条件优越、有长期大量用水的传统, 就认为这种状况是合理的而不可

于同一灌区在节水前的耗水量减节水后的耗水量。灌溉耗水量为引水量乘以灌溉用水耗水率。目前宁夏平原灌区的引水量为  $70 \times 10^8\text{m}^3$  左右, 耗水率为 40% ~ 50%, 节水前宁夏平原灌区的耗水量为  $32 \times 10^8\text{m}^3$  左右。节水后宁夏平原在灌溉水有效利用系数从 0.3 提高到 0.5, 相应地灌溉耗水率也会上升, 而且灌溉耗水率肯定大于水有效利用系数, 按 55% 计算(先进的关中地区现在已经达到 72%), 则节水后现已有的宁夏平原  $40 \times 10^4\text{hm}^2$  灌溉面积需引水约  $40 \times 10^8\text{m}^3$ , 耗水  $22 \times 10^8\text{m}^3$ 。节水前后耗水量减少  $10 \times 10^8\text{m}^3$ , 即在此过程中的真实节水量为  $10 \times 10^8\text{m}^3$ , 占目前宁夏平原灌区灌溉耗水量的 30% 左右。类似地, 内蒙河套灌区灌溉定额减少  $3\,820\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 可以减少引水 32.3%。

改变的。随着水资源越来越紧缺, 水资源的高效利用是必须的, 过高的灌溉定额会越来越不被允许。宁夏平原灌区有灌水压碱压盐的传统, 当水资源非常紧张时就不再合时宜, 必须改用排水、控制地下水位的办法来控制盐碱。宁夏灌区的灌溉定额完全有可能降低到现状  $18\,759\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  的 40%, 即  $7\,500\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  以下, 耗水定额可从现状  $8\,000\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  降到 50%, 即  $4\,000\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  以下。因为即使降低到这样的灌溉定额, 仍比黄河中下游的现状水平高很多, 是完全可以经过 10a ~ 20a 较长时期的努力做到的。

宁蒙灌区灌溉定额确实过高, 有必要提高水资源利用效率, 并调整种植结构, 减少耗水大的水稻种植。只有这样才能实现大家期望的减少

黄河上游地区用水,增加中下游地区用水比重的全流域水资源优化配置目标<sup>[5]</sup>,或者通过节水空出水资源用于发展当地的新灌区。

## 4 小结

(1) 宁蒙灌区的灌溉定额偏高是有其自然地理、种植制度和水资源利用水平等多方面的原因的。由于宁蒙灌区气候干燥度大、有效降水少,所以作物需水量大、需灌溉补充的水量大。加之需水量大的水稻的种植面积比例较高,所以银川灌区平均灌溉定额比关中地区要高许多。由这些原因决定的宁蒙灌区灌溉定额偏高是符合自然规律的,因而也是合理的。反过来说,只要还保持目前的作物品种和种植结构,就不能简单地认为宁蒙灌区的灌溉定额比中下游地区高很多是不合理的。更一般地,黄河上中下游用水的合理性,不能简单地根据上中下游的灌溉定额的差异来评价,而应考虑更多更全面的自然地理因素。

(2) 但宁蒙灌区灌溉定额偏高,确实有不合理的成分。宁蒙灌区渠系水有效利用系数明显低于黄河中下游地区,也不象中下游地区那样实行非充分灌溉,这种水资源利用水平的差距造成的灌溉定额偏高就是不合理的,应该通过提高水资源利用水平加以改进。

(3) 数据分析结果表明,以灌溉水有效利用系数 0.5 为标准,宁夏平原灌区较高的灌溉定额中有 60% 左右是合理的,在目前的作物品种及其种植结构下是难以削减的;另外有 40% 左右是不合理的,是可以、也应该通过提高水资源利用水平来削减的;对于内蒙河套灌区,较高的灌溉定额中有 67% 左右是合理的;另外有 33% 左右是不合理的。这既说明了宁蒙灌区节水的巨

大潜力,又说明了宁蒙灌区节水的限度。如果宁夏平原灌区的灌溉水有效利用系数达到 0.5,则宁夏平原灌区可减少引水 39.5%,灌溉定额从  $18\ 759\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  下降  $7\ 409\text{m}^3$  到  $11\ 350\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ;可减少耗水约  $10\times 10^8\text{m}^3$ ,占目前宁夏平原灌区灌溉耗水量的 30% 左右;内蒙河套灌区可减少引水 32.3%,灌溉定额从  $11\ 820\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  下降  $3\ 820\text{m}^3$  到  $8\ 000\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。如果再加上种植结构调整、压缩耗水多的作物种植面积、选种抗旱品种等措施,宁夏灌区的灌溉定额也可从现状  $18\ 759\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  降到 40%,即  $7\ 500\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  以下,耗水定额可从现状  $8\ 000\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  降到 50%,即  $4\ 000\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  以下。

## 参考文献 (References):

- [1] 贾绍凤,张士锋.黄河的可供水量究竟有多少?[J].自然资源学报,2001,16(6):548~551. JIA Shao-feng, ZHANG Shi-feng. How much water can Yellow River supply? [J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(6): 548~551.
- [2] 柯礼丹.黄河下游断流原因分析及对策研究[J].人民黄河,1997,19(10):42~44. KE Li-dan. Reason for break-off of flow in the Lower Reach of Yellow River and its countermeasures [J]. *People's Yellow River*, 1997, 19(10):42~44.
- [3] 陈玉民,郭国双,王广兴,等.中国主要作物需水量与灌溉[M].北京:水利电力出版社,1995.72~102. CHEN Yu-min, GUO Guo-shuang, WANG Guang-xing et al. Water Requirement and Irrigation of Main Crops of China [M]. Beijing: China Hydroelectricity Press, 1995. 72~102.
- [4] 刘明光.中国自然地理图集[M].北京:中国地图出版社,1998.44. LIU Ming-guang. Atlas of Natural Geography of China [M]. Beijing: China Map Press, 1998. 44.
- [5] 张士锋,贾绍凤.黄河流域近期用水特点与趋势分析[J].资源科学,2002,24(2):1~5. ZHANG Shi-feng, JIA Shao-feng. Features and tendency of water use in Yellow River Basin in recent years [J]. *Resources Science*, 2002, 24(2): 1~5.