

用水合理性评价指标探讨

贾绍凤¹, 张士锋¹, 王 浩²

(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: 用水合理性不能简单根据灌溉定额、万元工业产值用水量的高低来判断。在比较各地灌溉定额、工业用水定额的高低时, 应考虑各地种植制度、产业结构的特殊性。用水合理性评价应该考虑用水的可持续性、社会公平和经济效益三个方面, 并建立和采用较全面的评价指标体系。尤其值得注意的是: 因为其它资源及其开发的分布的限制, 水资源利用效率的空间分布偏离了越是资源紧缺的地区资源利用效率越高的一般规律, 耗水大的行业如煤炭采选业、火电工业也可能布局在水资源较缺乏的地区。

关键词: 用水; 用水合理性; 用水合理性评价

中图分类号: TV 21 文献标识码: A 文章编号: 1001-6791(2003)03-260-05

1 关于用水合理性评判的一些悖论

随着经济发展、人口增加, 水资源供给越来越紧张, 合理利用和优化配置有限水资源的要求也越来越强烈。但如何衡量水资源开发利用的合理性, 仍是值得研究的问题。如以下的个例所示, 由于缺乏完整、全面的合理性评价指标, 目前关于水资源利用合理性的一些简单评判很容易产生似是而非的结论。

1.1 宁夏平原灌溉定额高的合理性探讨

因为宁蒙灌区的灌溉定额比陕西关中地区高出5~7倍(表1), 很多人批评黄河上游尤其是宁夏、内蒙灌溉定额太高^[1]。宁夏平原灌区的灌溉定额高达 $18750\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 而陕西关中地区的灌溉定额已经降低到 $2700\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 左右, 前者是后者的6.7倍。如此大的差距, 很多人都认为宁夏平原灌区的高灌溉定额是不合理的。

表1 2000年黄河流域几个地区用水指标比较
Table 1 Comparison of water irrigation quotas in different areas of the Yellow River basin

地 区	单位农田灌溉用水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)
宁夏平原灌区	18750
内蒙河套灌区	12620
关中盆地	2708

分析表明, 由于自然地理条件的不同, 宁夏内蒙的灌溉定额本来就应该比关中地区高^[2]。首先, 关中地区的作物需水量较低, 例如关中地区冬小麦的需水量为375mm左右, 而宁夏平原、河套平原地区的春小麦的需水量在500~600mm, 前者只是后者的70%; 其次, 两地的年降水量和作物生长季节的有效降水量不一样。关中地区年均降水量为600mm左右, 而河套地区在400mm以下, 宁夏平原更在200mm以下。宁夏平原的春小麦有效降水量小于关中地区冬小麦的有效降水量。而且宁夏平原种植

较高比例的水稻(占播种面积的25%左右), 宁夏平原地区水稻的需水量(1000~1200mm)比小麦高得多, 更加大了宁夏平原灌区的平均灌溉定额。综合考虑, 如果还是保持目前的种植结构, 宁夏平原的灌溉定额在正常合理的情况下就会比关中地区目前的灌溉定额高3倍左右。所以宁夏平原灌区的灌溉定额比关中地区高很多在很大

收稿日期: 2002-04-22; 修订日期: 2002-07-20

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX1-10-03; KZCX-SW-317-3); 中国科学院地理科学与资源研究所(CXIOG-B00-04); 国家自然科学基金资助项目(49971029); 国家重大基础研究发展规划资助项目(G1999043602)

作者简介: 贾绍凤(1964-), 男(土家族), 湖南龙山人, 中国科学院地理科学与资源研究所副研究员, 博士, 主要从事水文水资源和区域可持续发展研究。E-mail: jiasf@igsrr.cn

程度上是合理的。但除了以上合理的因素之外, 宁夏平原地区的灌溉定额还有超出的部分是不合理的, 形成的原因是灌溉水有效利用率低。所以宁夏平原灌区的高灌溉定额既有合理的成分, 又有不合理的成分。

用水合理不合理显然跟评价标准有关。如果设定的评价标准不考虑各种具体情况, 只是根据灌溉定额的大小来评判灌溉用水是否合理, 那么宁夏平原灌区的高灌溉定额就是完全不合理的。如果设定的评价标准允许考虑各地用水的自然条件、种植结构的差异, 那么宁夏平原灌区的高灌溉定额在很大程度上是合理的。

1.2 对地区工业用水定额可以作为工业用水合理性的评价指标的看法

如表2所示, 陕北黄土高原(对应黄河流域河口镇- 龙门区间)的万元工业产值用水为 $141.82 \text{ m}^3/\text{万元}$, 明显高于渭河流域(对应黄河流域龙门- 三门峡区间)的对应值为 $88.64 \text{ m}^3/\text{万元}$ 。是否因此就断定陕北的工业用水不合理? 或者认定可以通过用水合理化大幅度降低陕北万元工业产值用水量呢?

表2 陕西省不同流域用水指标比较

Table 2 Comparison of water use indicators in different basins in Shaanxi province

流域或区域	万元 GDP 用水 $/\text{m}^3$	灌溉定额 $/(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	一般工业万元产值用水 $/\text{m}^3$	单位灌溉用水粮食产量 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
陕西省	473.59	3885.64	91.95	2.30
黄河流域	河口镇- 龙门	985.92	141.82	2.43
	龙门- 三门峡	377.34	88.64	2.83
	三门峡- 花园口	584.52	130.43	11.90
	鄂尔多斯内流区	460.45	158.73	0.48
长江流域	嘉陵江水系	438.48	206.90	0.86
	汉江水系	845.76	87.85	1.55

注: 灌溉定额系用农田灌溉水量除以有效灌溉面积; 一般工业不包括火电和农村工业; 单位灌溉用水粮食产量系用粮食总产量除以灌溉水量。根据陕西省2000年水资源公报整理。

实际上以往很多研究只是简单地根据各地的用水定额的高低下结论。但仔细深究起来, 这样的简单判断有较大的出错风险。原因是利用用水定额进行用水合理性判断是有条件的。严格地说, 只有在条件类似的不同地区的相同的行业之间, 可以根据用水定额的高低来判断用水效率的高低及合理性, 但还要考虑不同生产工艺、生产规模对用水定额的影响。在不同行业之间不能根据各行业用水定额的高低判定用水的合理性。在产业结构不同的各地区之间, 也不能根据各地区用水定额的高低判定用水的合理性。

由于神府煤田、长庆油田、陕甘宁气田的发现和开发, 石油天然气开采业、煤炭采选业及相关资源加工业构成了陕北(黄河流域河口镇- 龙门区间)的支柱产业, 由于这些产业的用水定额明显高于关中地区的制造业的用水定额, 所以陕北地区的一般工业万元产值用水量($141.82 \text{ m}^3/\text{万元}$)比南部以关中地区为主的龙门- 三门峡区间($88.64 \text{ m}^3/\text{万元}$)高很多, 在相当程度上是很正常的现象。

1.3 干旱缺水地区用水效率的意见

根据经济学原理, 越是稀缺的资源, 价值就越大, 其利用效益就越高。因为干旱区比湿润区缺水, 似乎可以推论越是干旱缺水的地方用水的经济效益就应该更高, 但事实并不如此。

表2中陕西省长江流域和黄河流域的用水指标的对比。众所周知, 长江流域的降水和径流量比黄河流域要丰富得多, 按理说黄河流域的经济部门用水指标应普遍低于长江流域, 但从陕西省的数据可以看出, 除了长江流域的灌溉定额(因为南方种植水稻的缘故)明显高于黄河流域的灌溉定额之外, 其它指标都有例外, 尤其是汉江水系的工业万元产值用水量要低于陕西省的平均水平, 比黄河流域的河口镇- 龙门区间、龙门- 三门峡区间、三门峡- 花园口区间和鄂尔多斯内流区都要低。为什么会出现这种与理论预期相矛盾的情况呢? 是否就可以据此判定黄河流域的用水不合理呢(因为按照经济学理论缺水的黄河流域不应该比水资源相对丰富的长江流域用水指标还高)? 还是理论本身有缺陷(即不能据此理论判定黄河流域的用水指标高是不合理的)?

实际上, 可以肯定的是: 水资源具有特殊性, 并不完全符合越是资源紧缺的地区资源利用效率越高的规

律, 因此越是干旱缺水的地区用水效率越高的推论并不是普遍成立的。

首先, 对灌溉用水而言, 只要处于同一个气候区和农业种植区以内, 因而种植的作物品种相同, 作物单产较为接近, 随着降水量的增加、干旱程度的降低, 灌溉需水量必然减少, 所以随着水资源丰度增加灌溉用水的生产率反而增加。这正是陕西省秦岭以北黄土高原从北到南的河口镇- 龙门区间、龙门- 三门峡区间、三门峡- 花园口区间的单位灌溉用水粮食产量所反映的状况(见表 2 最后一栏)。这些地区基本上都属于半湿润区, 典型的种植制度是冬小麦和夏玉米一年两熟, 随着年均降水量由北部的 400 mm 左右增加到南部的 600 mm 左右, 灌溉用水的生产率反而由 2.43 kg/m^3 提高到 11.90 kg/m^3 。只有当降水增加到可以种植另一种耗水大的作物(如长江流域的水稻)时, 由于种植的作物品种改为耗水大的水稻, 灌溉用水的生产率才会下降。显然, 对农业用水不能简单认为越是干旱缺水的地区用水效率应该越高, 而应当考虑自然条件对农业生产和灌溉用水的制约。

其次, 对工业用水而言, 由于工业企业布局选址比农业生产有较大的灵活性, 高耗水的行业应该选择在水资源丰富的地区发展, 因而应该比农业更符合水资源越紧缺的地区水资源利用效率越高的规律。但是, 由于一些耗水大的资源开发行业如石油天然气开采业、煤炭采选业等受资源分布的限制, 只能布置在该类资源分布所在而水资源相对缺乏的地区, 使得水资源缺乏的地区的工业用水定额比一些水资源相对丰富的地区还高。陕西北部情况正是如此(详见上节分析)。所以, 即使对布局选址相对灵活的工业, 由于资源性产业所受的资源分布限制, 工业用水效率也不完全符合水资源越紧缺的地区水资源利用效率越高的规律。

从理论上说, 资源越紧缺的地区资源利用效率越高的结论是有假设前提的, 那就是消耗某类资源多的产业应该布局在该类资源丰富的地区。但很多情况下, 产业布局并不能完全自由选择。一种产业往往需要多种资源, 在布局选址时不可能使每种资源都满足最优条件, 只能根据最关键的资源来布局。例如煤炭采选业既需要煤炭资源也需要水资源, 但煤炭资源是关键, 其布局只能选择煤炭资源丰富的地区, 而把水资源条件放在从属的位置。其结果就是很多资源开采和加工行业只与关键资源的分布相一致, 而与水资源条件不一致。

从以上 3 个实例可以看出, 用水合理性评价, 不能根据单个指标(如灌溉定额、万元工业产值用水量等)进行简单片面的评价, 而应考虑自然条件、产业结构等多种因素的影响, 需要确定比较全面、合理的评价标准。

2 用水合理性基本指标及实际应用

2.1 用水合理性的含义

合理的用水, 首先应该符合可持续发展原则, 既保证水资源本身的可持续利用, 做到不过度开发, 不污染水资源, 又与生态环境相协调, 保证生态环境用水, 保证水资源开发利用不对生态环境造成难以接受的负面影响。

合理的用水, 应该符合社会公平原则, 应当满足人民的正常用水需求, 尤其是应该满足社会弱势群体的基本生活用水需求。如果存在有人得不到符合水质要求的饮水供给的情况, 就不能认为这种用水是合理的。而且用水分配应有利于增加就业机会、有利于地区团结和社会稳定。

合理的用水, 应该符合经济高效的原则。一方面, 应该努力用最低的成本满足人们的用水需求; 另一方面, 要用有限的水产生尽可能多的效益。

因此, 合理的用水应同时符合可持续发展、社会公平和经济高效三原则。

2.2 用水合理性评价标准与指标

根据用水合理性的含义, 用水合理性的评价标准应该包括三个维度: 可持续性标准、社会公平标准和经济效率标准。

用水的合理性, 可从可持续性(包括用水与生态的协调性)、用水分配的社会公平性和用水效益的高效性等多个视角来评价。而流域用水又包括用水总规模、上下游、左右岸用水地区结构和各地区内部用水部门结构等多种属性。所以用水的合理性评价可采用如表 3 所示的评价矩阵的形式。表 3 中每个评价标准和用水属性的交叉格组成流域用水合理性评价的一个方面。例如用水社会公平标准和用水地区结构的交叉格组成用水地区结构

的社会合理性评价方面。

表3 流域用水合理性评价矩阵

Table 3 Matrix of indicators for evaluating water use rationality

用水属性	评价标准			
	可持续标准	社会公平标准	经济合理标准	综合评价
用水总规模	用水总规模的可持续性评判: 是否开发过度, 生态需水是否满足	用水总规模的社会合理性: 水基本需求是否满足; 是否有利于社会稳定	用水总规模的经济合理性: 经济部门的用水效益是否大于用水成本	用水总规模的综合评价
用水地区结构	用水地区结构的生态合理性: 是否考虑各地生态用水的要求	用水地区结构的社会合理性: 基本需求是否优先满足; 是否有利于地区间的团结	用水地区结构的经济合理性: 是否符合用水高效地区优先原则; 是否与各地自然条件相适应	用水地区结构的综合评价
用水部门结构	用水部门结构的生态合理性: 是否符合无污染行业优先的原则	用水部门结构的社会合理性: 基本需求是否优先满足; 是否有利于增加就业机会	用水部门结构的的经济合理性: 是否符合用水高效行业优先原则	用水部门结构的综合评价
整体评价	可持续性整体评价	社会合理性整体评价	经济效率合理性整体评价	用水合理性整体综合评价

按照可持续性、社会公平和经济效率3个方面的评价标准, 可以拟定如下几个有理论依据而又操作简便、容易获得的评价指标:

可持续性评价指数: 选用指标为水资源允许消耗量与实际消耗量之比。允许消耗量指在满足生态用水前提下人类可以耗用的水资源量。当该比值小于100%时, 可持续性评价值就是该比值; 当比值大于100%时, 可持续性评价值取为100%。

社会公平评价指数: 选用有安全饮水保障的人口比例。

经济效率评价指数: 选用两个指标, 即灌溉用水经济合理性指数(理论灌溉定额与实际灌溉定额之比)和工业用水经济合理性指数(理论万元工业产值用水量与实际万元工业产值用水量之比)。两个指标可按用水量加权平均得到总的经济合理性评价指数。

总的用水合理性评价指数为可持续性指数、社会公平指数和经济效率指数的算术平均。原因是我们认为可持续性、社会公平和经济效率三者应该是同等重要的, 不应该有不同的权重。当然, 在特别强调某一方面的场合, 也可以采用权重有别的加权平均法。

2.3 用水合理性评价指标的实际应用

首先, 宁夏平原用水量仍未超过允许开发量, 所以现状用水的可持续性评价指数为100%。

其次, 该地区95%以上人口的饮水数量和质量是有保障的, 所以现状用水的社会公平指数为95%。

第三, 关于用水经济效率评价: 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, 宁夏平原灌区合理的毛灌溉定额应达到 $11\ 350\ \text{m}^3/\text{hm}^2$, 比实际灌溉定额 $18\ 759\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 少 $7\ 409\ \text{m}^3/\text{hm}^2$, 也就是说, 在实际灌溉定额 $18\ 759\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 中, 合理成分为 $11\ 350\ \text{m}^3/\text{hm}^2$, 占60.5%, 超出的那部分即不合理成分为 $7\ 409\ \text{m}^3/\text{hm}^2$, 占39.5%^[2], 所以灌溉用水的经济合理性指数为60.5%; 就工业用水而言, 宁夏平原相同行业的工业用水定额比关中地区也要高出40%左右, 以关中地区为标准, 宁夏平原工业用水的合理性指数也仅为60%左右。两者按用水量加权平均, 宁夏平原用水经济效率综合评价指数为60%。

总的用水合理性评价指数为3项平均: $(100\% + 95\% + 60\%) / 3 = 85\%$ 。

通过以上评价可以看出, 目前宁夏平原用水存在的主要问题是用水经济效率较低, 用水定额偏高。

3 小 结

(1) 用水合理性评价指标是判断用水是否合理并制定合理化方案和对策的依据, 也是确定水资源优化配置目标函数的依据, 对水资源合理利用和优化配置具有重要意义。

(2) 笼统的灌溉定额、工业用水定额不能作为评价用水合理性的指标, 当使用这些指标时, 必须考虑各地种植制度、产业结构的差异。

(3) 因为其它资源及其开发的分布的限制, 水资源利用效率的空间分布偏离了越是资源紧缺的地区资源利用效率越高的一般规律。耗水大的行业如煤炭采选业、火电工业也可能布局在水资源较缺乏的地区。

(4) 用水合理性应有可持续性、社会公平和效率三个方面同等重要的标准, 对不同的情况可以建立详细不同的评价指标体系。

参考文献:

- [1] 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.
[2] 贾绍凤, 张士锋, 王 浩. 宁蒙灌区灌溉定额偏高成因及节水潜力分析[J]. 资源科学, 2002, 24(6): 29-34.

Indicators for evaluating water use rationality^{*}

JIA Shao-feng¹, ZHANG Shi-feng¹, WANG Hao²

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

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

Abstract: Water use quotas, such as those for irrigation and industrial water use, can not be simply used to appraise the rationality of water use in a region because different regions cultivate different crops with different water requirement, and different industries require different water use quotas. Furthermore, regions with higher water stress may host water-intensive industries such as coal mining and electricity generation because of the location of coal reserve. So it's not fair to suggest that regions with higher water stress have higher water use efficiency. Generally, water use rationality should be appraised by indicator system under three equally important criteria: sustainability, justice and efficiency.

Key words: water use; water use rationality; appraisal of water use rationality

* The project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 49971029) and Key Basic Research Programme of China (No. G1999043602).