

# 玛纳斯河流域水资源评价

崔 坚

新疆玛纳斯河流域管理局 新疆石河子 832000

**摘要:** 借助水足迹理论探讨了玛纳斯河流域水资源状况。从结果看: 流域总水足迹及人均水足迹随时间增长而增长; 流域内用水结构失衡, 农业用水量占比最高且增长显著, 但整体情况渐趋好转; 流域内水资源集约利用度持续提升, 水资源得到更加充分的利用; 应逐步提高人类发展指数和水资源利用效率, 以缓解流域内水资源短缺矛盾, 保障流域内水资源的可持续利用。

**关键词:** 玛纳斯河流域; 水资源评价; 水足迹理论

## 引言

在新疆地区的经济区域中, 玛纳斯河流域是经济活动水平较高并且较为活跃的地区, 同时该地区随着经济发展水平的提高而表现出愈发突出的水资源供需矛盾<sup>[1, 2]</sup>。尽管水资源的供给与需求矛盾当前已成为不可忽视的重要话题, 但有关该流域水资源评价的相关研究仍相对较少, 存在一定的研究空白。

2002 年, A.Y Hoekstra<sup>[3]</sup> 在研究中第一次以水足迹理论模型作为水资源评价的标准, 随着时间的发展, 该理论模型当前已经应用到多个水资源指标的核算中, 可为流域安全保护提供一定的理论依据<sup>[4]</sup>。水足迹理论模型相比于以往所应用的水资源消费理论而言, 所能反映出的水资源情况更加全面, 可将消费者与生产者的足迹相连接后表现出水资源的消耗情况。现阶段, 我国已有多位学者在新疆水资源的调查过程中应用水足迹理论模型, 但绝大多数研究以新疆省域内的水资源安全性评价与可持续评价为主要研究对象, 以流域为视角展开的研究相对较少。

本文通过水足迹核算方法, 测算和分析某时间序列下玛纳斯河流域的水足迹, 并通过水资源进口依赖度和集约利用度等评价玛纳斯河流域水资源状况。

## 1. 研究方法和评价指标

玛纳斯河流域内的农业生产规模、人口数量及经济活动强度自 20 世纪以来不断提升, 农业生产用水量也随之增多。此外, 玛纳斯河流域的水资源供需矛盾因工业、城市挤兑和上游污染等影响而越发突出。目前, 玛纳斯河流域的社会发展制约于水资源短缺等情况, 经济发展更是受到严重影

响。因此, 分析评价玛纳斯河流域水资源利用状态, 并提出解决对策非常必要。

### 1.1 水足迹模型

水足迹是基于虚拟水, 从消费角度判断水资源占用情况与真实需求的理论。水足迹理论充分考虑了水资源的社会属性与自然属性, 连接了人类生活消费结构与水资源利用的关系, 为可持续利用水资源提供了直观简单的研究方法。本文所用水足迹账户构成内容包括总水足迹、内部和外部水足迹、人均水足迹。

总水足迹 (WFP) 指一个地区的水资源足迹, 计算式为:

$$WFP=IWFP+EWFP \quad (1)$$

内部水足迹 (IWFP) 为地区居民消费服务和产品的水资源需求量, 计算式为:

$$IWFP=AWU+IWW+DWW+EWW-VWE \quad (2)$$

式中:

AWU 与 IWW 分别指农产品与工业需水量;

DWW 与 EWW 分别指生活和生态用水量;

VWE 指产品虚拟水出口量

外部水足迹 (EWFP) 指其他地区生产且被所研究地区居民消费的服务和产品的耗水量, 计算式为:

$$EWFP=VWI-VWEre \quad (3)$$

式中:

VWI 指进口产品虚拟水量;

VWEre 指其他区域进口后出口的虚拟水量;

人均水足迹指地区每个人所消耗水足迹数量, 计算式为:

$$WEP_{pc} = \frac{WEP}{total\ population} \quad (4)$$

### 1.2 评价指标

#### 1) 水资源集约利用度

水资源的集约利用度在评价分析水资源的利用效率与利用程度方面具有准确性, 通过该数据指标可以有效表现出该区域经济发展过程中所需消耗的水资源情况, 衡量方式为单位水足迹所提供的 GDP。若该项数据指标数值较大时, 则代表该地区的水资源利用效率越高, 所提供的经济效率越高, 计算式为:

$$WIUD = \frac{GDP}{WFP} \quad (5)$$

#### 2) 水资源进口依赖度

水资源进口依赖度顾名思义是指该区域内部与外部的水足迹比值, 在地区间进行经济贸易时, 水资源进口依赖度越大, 则代表该地区的进出口产品越多。即区域 WD 百分比越大表示其对水资源的依赖程度越高。计算式为:

$$WD = \frac{EWFP}{WFP} \times 100\% \quad (6)$$

#### 3) 社会化水资源稀缺指数

当前社会经济发展水平的提高使得水资源的短缺情况体现多样化的表现特征, 以往所应用的水资源利用效率以及自然因素所提供的评价标准已经无法适应当前的短缺情况评价。为此需要在水资源短缺评价指标中加入社会适应性能力纬度, 将其扩展到社会经济领域。计算式为:

$$SWSI = \left( \frac{HWSI}{SAC} \right) \times AI \quad (3)$$

式中:

SWSI 表示水资源稀缺指数;

SAC 表示社会适应性能力指数;

表示水文水资源稀缺指数。

表示调整指数。

与划分标准见表 1。

表 1 与划分标准

数值范围	0-6	6-10	10-20	>20
水资源稀缺程度	相对富余	有压力	紧缺	极度紧缺

## 2. 结果与分析

### 2.1 水足迹分析

以五年为间隔, 测定 1995 年到 2020 年玛纳斯河流域

水足迹变化情况, 得出玛纳斯河流域水足迹总量持续上升, 在 25 年内约增长 3 倍。其中, 输出虚拟水量增长约 7.69 亿 m<sup>3</sup>, 内部水足迹增长约 33.56 亿 m<sup>3</sup>, 净进口虚拟水量增长约 1.76 亿 m<sup>3</sup>。玛纳斯河流域人均水足迹增长约 3 倍。

水足迹成分分析见图 1。

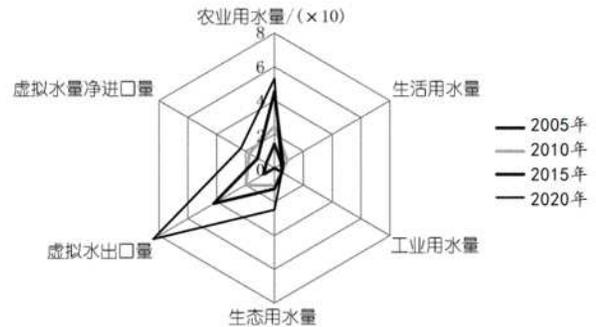


图 1 玛纳斯河流域水足迹各成分用水量 (亿 m<sup>3</sup>)

从图 1 看, 在不同方面的用水中, 农业用水的比例相对较高, 并且该方面用水的增长趋势相对突出; 工业方面的用水量整体较为平稳, 而生活用水的总量表现出波动性特征; 生态用水量逐年呈上升趋势, 这一现象与当前社会公众环保意识提高密切相关。

玛纳斯河流域水足迹洛伦兹曲线见图 2。

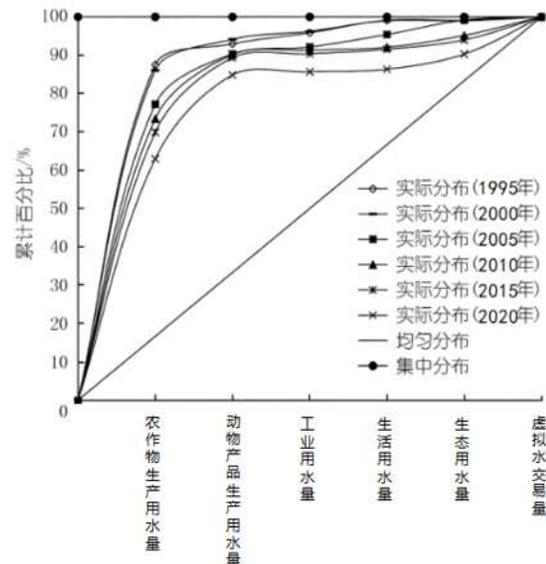


图 2 玛纳斯河流域水足迹构成的洛伦兹曲线

洛伦兹曲线的波动程度将会反映出水足迹的部门集中化程度, 若该曲线的上凸起程度较为明显则显示该部门中水足迹的构成具有集中化特征。由图 2 可知, 若该曲线的上凸

起程度较为平缓则显示该部门中水足迹的构成并未体现集中性，则显示水资源具有较强的均衡性。总体而言，尽管当前新疆玛纳斯河流域的用水结构平衡性相对较差，但随着时间的发展该情况正逐渐得到缓解。

### 2.2 水资源进口依赖度和集约利用度

调查发现，目前玛纳斯河流域的集约利用度正逐渐显著，由此可知，该地区的单位水足迹经济效益水平较高，表明该地区的水资源利用情况更为彻底。与此同时，数据显示该地区的水资源进口依赖度具有上下波动的情况，但平均值

约在 5% 左右，由此可知该地区的水资源可有效自我供给。

### 2.3 社会化水资源稀缺指数分析

制度能力、经济发展和教育水平等因素均会对社会适应性能力产生影响，但其尚未形成完整的指标体系，而人类发展指数包括教育水平、人口平均预期寿命和人均收入，也即人类发展指数与社会适应性能力的契合度较高，因此，可通过人类发展指数间接表示社会适应性能力。在计算时，以相应的中国人类发展指数取代社会适应性能力指数，并以 0.62 作为调整指数，所得结果见表 2。

表 2 水文水资源稀缺指数和社会化水资源稀缺指数

年份	1995	2000	2005	2010	2015	2020
水文水资源稀缺指数	7.20	8.90	5.17	8.29	6.14	6.37
人均水资源量 / (m <sup>3</sup> · 人 <sup>-1</sup> )	1389.04	1123.83	1932.39	1206.23	1629.46	1569.22
社会适应能力指数	0.499	0.547	0.592	0.646	0.700	0.738
水文水资源稀缺指数评价	有压力	有压力	相对富裕	有压力	有压力	有压力
社会化水资源稀缺指数	8.94	10.09	5.42	7.96	5.44	5.35
社会化水资源稀缺指数评价	有压力	紧缺	相对富余	有压力	相对富余	相对富余

从表 2 看，玛纳斯河流域的社会化水资源稀缺指数在 2000 年时相对突出，表明这一时段为稀缺状态，这一情况随着时间的发展在 2015 年与 2020 年得到缓解，此时该流域的水资源仍然有可以继续利用的余地。但上述数据与该地区的水资源供需矛盾突出情况并不完全符合，该地区当前的用水结构出现失衡，具体原因包括以下两方面：（1）在计算该数据指标时所选取的评估指标为中国人类发展指数，而并不是社会适应性能力，但实际上我国不同省区之间的人类发展指数数据具有较大的差异性，因此在计算时存在着一定的误差。新疆的中国人类发展指数相对于全国其他省市而言较低，此时结果可能相对正常值较小；（2）该领域的数据缺乏生产数据与污水数据，因此在计算该数值时未将此部分内容考虑在内，此时导致该数值相对较小。

### 3. 结语

从上述研究看，玛纳斯河流域人均水足迹和总水足迹持续增长，从水足迹成分看，该流域用水结构失衡，但总体而言是好转发展趋势。与此同时，新疆玛纳斯和流域的水资源具有较高的利用度，该地区的水足迹所代表的经济效益呈现增长趋势。为了进一步促进该地区水资源的可持续利用水

平，可根据本研究数据内容提出如下策略建议：一是优化产业结构，减少一产占比并持续发展三产，提升水资源利用效率；二是积极建设节水型社会，大力研发节水技术，推进节水产业及种植技术；三是提升污染治理能力，提高水资源重复利用率；四是坚持可持续发展理念，提高人类发展指数。

### 参考文献

[1] 赵中阳. 玛纳斯河流域城镇水资源承载力研究 [D]. 石河子: 石河子大学, 2016.  
[2] 张剑, 赵进勇, 韩会玲, 等. 水资源—环境承载能力评价: 以湘潭市岳塘区为例 [J]. 人民长江, 2018, 49(11):52-56.  
[3] 马晶, 彭建. 水足迹研究进展 [J]. 生态学报, 2013, 33(18):5458-5466.  
[4] 贺志文, 向平安. 水足迹研究述评 [J]. 节水灌溉, 2017(9):101-105.

### 作者简介

崔崖 (1979-11), 男, 汉族, 甘肃省天水市, 大专, 工程师, 研究方向水利工程管理。