

陕西省近 10 年用水结构演变及驱动力分析

雷欢^{1,2}, 张鑫¹

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省地下水管理监测局, 陕西 西安 710003)

摘要: 分析了 2001 - 2010 近 10 年来陕西省工农业用水、生活用水以及生态用水的结构变化, 并引入信息熵的方法对用水结构的演变趋势进行了探讨, 同时阐述了造成这些变化的主要驱动因子。分析表明: 陕西省用水总量近十年来在波动中缓慢上升, 年均增加 0.61 亿 m³; 农业用水量 and 比重都在下降; 工业用水总量变化较缓; 生活用水和生态用水呈持续增长趋势。

关键词: 用水结构; 信息熵; 驱动力; 陕西省

中图分类号: TV211.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)04-0125-04

Analysis on water use structure change and its driving forces during last 10 years in Shaanxi Province

LEI Huan^{1,2}, ZHANG Xin¹

(1. College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. Groundwater Administration of Shaanxi Province, Xi'an 710003, China)

Abstract: This paper analyzed the change of water use structure, included industrial, agricultural, domestic and ecological water consumption from 2001 to 2010 in Shaanxi Province. Information entropy was introduced to discuss the trend of water use structure evolvement. Furthermore, the major driving forces of the change were analyzed. Results manifested that water consumption slowly grew in the last 10 years, with an annual increase of 61 million m³, the proportion of agriculture water use gradually decreased, industrial water consumption changed slowly, and the proportion of domestic and ecological water use obviously increased.

Key words: water use structure; information entropy; driving force; Shaanxi Province

0 引言

陕西省地跨黄河、长江两大流域, 总面积 20.56 万 km²。黄河流域 13.33 万 km², 占全省面积的 64.8%; 长江流域 7.23 万 km², 占全省总面积 35.2%。陕西地跨北温带和亚热带, 整体属大陆季风性气候, 由于南北延伸很长, 达到 800 km 以上, 所跨纬度多, 从而引起境内南北间气候的明显差异。

2010 年, 全省水资源总量为 507.49 亿 m³, 较多年平均增加了 19.9%; 全省各类供水工程总供水量为 83.40 亿 m³; 全省平均降水量为 729.5 mm, 比多年平均增加 11.2%, 属偏丰水年; 全省各部门实际用水量 83.40 亿 m³, 比上年减少 0.94 亿 m³。其中农业灌溉用水 49.60 亿 m³, 占总用水量的 59.5%; 林牧渔畜用水 7.82 亿 m³, 占总用水量的 9.4%; 工业用水量

12.06 亿 m³, 占总用水量的 12.8%; 城镇公共及生态环境用水量为 3.19 亿 m³, 占总用水量的 3.8%。

近年来, 随着社会经济发展、人口的增长以及人民生活水平的提高, 水资源已成为影响发展的重要因子, 合理分析和科学预测用水结构是解决水资源区域配置问题的重要思路之一, 对于整个经济社会的协调发展具有重要意义。

1 陕西省近 10 年用水结构变化

1.1 用水总量

根据历年《陕西省水资源公报》数据, 2001 - 2010 年, 陕西省总用水量在波动中缓慢上升(图 1), 由 2001 年的 77.88 亿 m³ 增加到 2010 年的 83.40 亿 m³, 年均增长 0.61 亿 m³。其中 2003、2007 年用水总量下降明显, 见图 1。其中关中地区用水量最大, 占全省用水量的 59% 左右, 陕南地区其次,

收稿日期: 2012-03-21; 修回日期: 2012-05-03

基金项目: 国家“863”计划项目(14110209); “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD11B05)

作者简介: 雷欢(1985-), 女, 陕西大荔人, 助理工程师, 在读工程硕士, 研究方向: 水文水资源。

通讯作者: 张鑫(1968-), 男, 河南浙川人, 副教授, 博士, 主要从事水文水资源方面的研究。

占30%左右,陕北地区用水量较少,见表1。

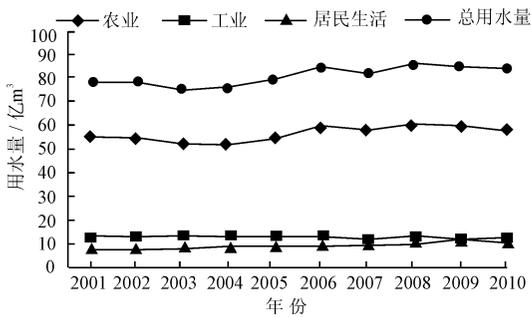


图1 陕西省2001-2010年用水结构曲线

表1 陕西省2010年各区域总用水量 亿 m^3 , %

关中地区	占全省总	陕北地区	占全省总	陕南地区	占全省总
用水量	用水量比	用水量	用水量比	用水量	用水量比
49.08	58.86	9.34	11.20	24.97	29.94

1.2 农业用水

陕西是一个农业大省,农业是陕西省的用水大户,近10年来农业用水量占总用水量的比例一直保持在70%左右(图1),农业用水量的变化极大地影响着总用水量的变化。农业用水包括灌溉用水和林牧渔畜两部分。灌溉用水是农业用水的主要组成部分,占农业用水的85%以上,但10年来所占比例一直呈递减趋势,从2001年的92%减小到2010年的86%,同时,林牧渔畜用水所占比例不断上升(表2)。

表2 2001-2010陕西省农业用水结构变化 亿 m^3 , %

年份	农田灌溉	占农业用水比例	林牧渔畜	占农业用水比例
2001	50.51	92	4.27	8
2002	48.45	90	5.65	10
2003	45.12	87	6.52	13
2004	44.67	87	6.63	13
2005	47.28	88	6.50	12
2006	51.36	88	7.19	12
2007	50.34	88	7.07	12
2008	51.98	87	7.53	13
2009	51.52	87	7.49	13
2010	49.60	86	7.82	14

1.3 工业用水

10年来,工业用水变化趋于平稳(图1)。2001年工业用水总量和占总用水量的比重分别为12.59亿 m^3 及16.17%,2010年工业用水总量和占总用水量的比重分别为12.02亿 m^3 及14.46%。其中,规模以下工业(年销售收入500万元以下非国有工业)呈明显递增趋势,由2001年的3.07亿 m^3 递增到2010年的3.88亿 m^3 ,增幅为26.38%;国有及以

上工业(全部国有工业及年销售收入达到或超过500万元的非国有工业,不包括电力工业)用水量由2001年的8.18亿 m^3 递减到2010年的6.89亿 m^3 ,减幅为15.77%;火电工业用水缓慢下降,由2001年的1.34亿 m^3 减少到2010年的1.29亿 m^3 。

1.4 生活用水

生活用水包括农村生活用水和城镇生活用水。总体上看,2001-2010年,生活用水量呈持续增长趋势,增幅为40.9%。其中城镇生活用水增长明显,由2001年的3.75亿 m^3 增长到2010年的5.88亿 m^3 ,增幅达到56.8%,农村生活用水由2001年的3.86亿 m^3 增长到2010年的4.84,增幅为25.4%。

1.5 生态用水

由于生态环境保护的日益重要,陕西省水资源自2003年起把生态环境用水单列,其用水量也呈上升趋势,自2003年的0.09亿 m^3 增长到2010年的1.04亿 m^3 ,所占用水比重由0.12%上升至1.24%(表3)。

表3 2001-2010陕西省生态用水结构变化 亿 m^3 , %

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
生态环境用水量	0.09	0.74	0.74	0.81	0.81	0.90	0.92	1.03
占本年总用水量的比重	0.12	0.98	0.94	0.96	0.99	1.05	1.09	1.24

2 基于信息熵的用水结构演化分析

“熵”理论是建立在热力学第二定律基础之上,用来描述自发不可逆性过程的状态函数。1948年, Claude E. Shannon 在信息论中引入了“熵”的概念,把离散随机事件的出现概率定义为“信息熵”。将信息熵引入水资源系统,构造出用水系统结构的信息熵和均衡度,用来描述用水结构的演化趋势,用来分析水资源开发利用的合理性。

设在一定时间尺度内,水资源系统总用水量为 Q ,共有 n 种水资源利用类型 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,每种利用类型相应的用水量为 $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, $\sum_{i=1}^n q_i = Q$; 每种类型所用水量占总用水量 Q 的比例为 $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $p_i = \frac{q_i}{Q}$, 满足 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, 且对所有 i , $p_i \neq 0$, 则信息熵定义为:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中: H 为用水系统结构信息熵,单位为 nat。

考虑到不同时间尺度内所包含的水资源利用类型有多有少,不同时间尺度内用不同 n 计算出的水资源利用结构信息熵不具可比性。因此,有必要把水资源利用类型 n 考虑到信息熵的计算过程,引入均衡度的概念:

$$J = \frac{H}{H_m} = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i / \ln n \quad (2)$$

式中: J 为均衡度,是实际信息熵 H 与最大信息熵 H_m 的比值, $H_m = \ln n$,成为用水系统最大信息熵,表示用水系统结构最无序, J 越大表示水资源开发利用过程中单一用水类型的优势性越弱,系统结构越复杂,水资源系统的均衡性越强,系统越稳定,水资源的开发利用越具有合理性。

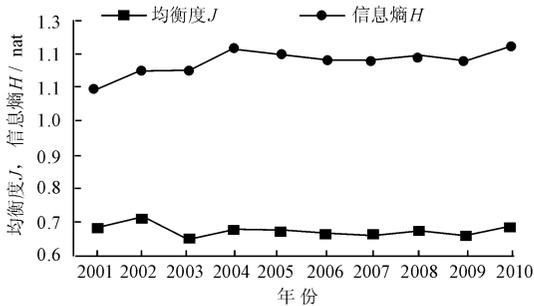


图 2 2001-2010 陕西省用水结构信息熵、均衡度折线图

从图 2 中可以看出,从 2001 年到 2010 年,信息熵呈缓慢增长趋势,10 年间增长了 11.38%,表明陕西省的用水结构缓慢向无序方向发展;均衡度变化较小,说明用水系统的均衡程度趋于稳定。

3 影响用水结构变化的驱动力分析

用水结构的变化是社会经济因素和自然环境因素共同作用的结果,各部门用水量收到各种因素变化的影响。

3.1 农业用水变化驱动力因子分析

农业用水中,灌溉用水占很大比重。灌溉用水的多少受灌溉面积、降雨量、农作物结构、灌溉方式、灌溉工程修建等因素影响。

3.1.1 降雨量对农业用水的影响 降雨对农业用水量的影响较大。由图 3 看出,2003 年农业用水量较低,而 2003 年降雨量为 838.6 mm,是 10 年来降雨最多的年份。降雨量的变化与用水结构的曲线变化基本呈反向变化,降雨量多的年份,农业用水少,降雨量少的年份,农业用水多。

3.1.2 耕地面积对农业用水的影响 城市化进程的加快导致陕西耕地面积不断减少,水田和旱地面积也有所下降,一定程度减少了农业用水量。

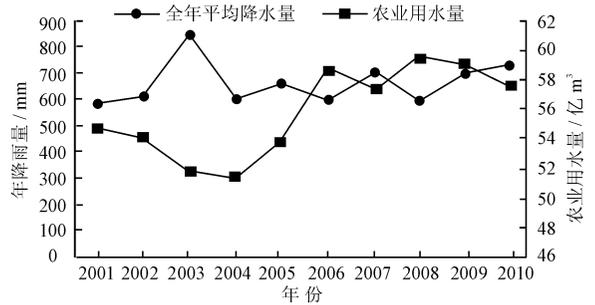


图 3 陕西省 2001-2010 农业用水量及降雨量变化曲线

表 4 耕地面积及主要类型变化 万 hm^2

年份	耕地	水田	旱地
2001	468.5	20.4	357.8
2002	450.6	20.1	340.5
2003	424.2	19.7	315.0
2004	415.4	19.6	306.8
2005	408.9	19.6	300.5
2006	405.8	19.5	298.8
2007	404.9	19.5	298.0
2008	404.9	19.5	298.0
2009	405.0	19.5	298.0
2010	405.0	19.5	298.0

3.1.3 农业节水对农业用水量的影响 随着农业节水灌溉的推广,一定程度上减少了灌溉用水量,提高了用水效率。2010 年,陕西省节水灌溉面积达到 85.282 万 hm^2 ,其中喷灌面积 3.677 万 hm^2 ,微灌面积 1.716 万 hm^2 ,低压管灌面积达到 21.837 万 hm^2 。“十一五”以来新增节水灌溉面积 23.63 万 hm^2 。

表 5 耕地面积、有效灌溉面积及粮食产量变化 万 hm^2 , 万 t

年份	耕地面积	有效灌溉面积	粮食产量
2001	296.6	131.407	977
2002	285.5	131.473	1006
2003	279.6	127.186	968
2004	279.6	129.684	1160
2005	278.8	129.884	1140
2006	278.3	131.221	1151
2007	284.1	128.743	1068
2008	284.8	126.516	1151
2009	286.0	129.329	1131
2010	286.1	128.487	1165

耕地面积的减少,农业节水技术的推广都是影响农业用水量减少的因素。另外,农村产业结构调整也导致了农业内部用水结构的变化,随着国家对水利行业投入的加大,灌区灌溉工程的修建增加了灌溉面积,在一定程度上提高了灌溉用水量。

3.2 工业用水变化驱动力因子分析

3.2.1 工业产值、万元增加值用水量 近年来,陕西省工业产值保持高速增长,工业生产总产值从2001

年的706.62亿元增长到2010年的4558.97亿元,增幅约5.45倍。工业产值的增长直接影响了工业用水量的增加。

表6 工业产值变化

亿元

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
工业产值	706.62	819.51	1006.92	1306.5	1650.63	2094.02	2544.42	3293.95	3501.25	4558.97

近年来,万元工业增加值用水量已成为新时期衡量水资源利用效率和效益的关键指标,“十一五”期间,陕西省超额完成了万元工业增加值用水量下降30%的目标任务,表明陕西工业正跨越高耗水,向低耗高效的节水型工业挺进,工业用水效率不断增加。

3.2.2 工业内部结构调整 近年来,陕西省严格限制高耗水企业,工业结构不断调整。“十一五”以来,陕西省通过优化产业结构,强化政策引导,加大资金投入,积极走新型工业化道路,在工业经济连续保持两位数增长的情况下,工业单位增加值能耗呈逐年下降态势,取得了工业经济发展与节能降耗双赢。近年来,主管部门运用总量控制和定额管理等刚性约束手段,对包括省级直管58家用水企业在内的重点企业,每月下达取用水指标,超计划用水累进加价计收水费,以成本压力倒逼企业推进节水技术进步,完成“量水而行”的结构转型。

3.2.3 工业节水 随着科技的进步以及节水技术的推广,企业生产工艺水平的大幅提高,用水重复率的逐年增加,减缓了工业产值扩大可能导致的用水量迅速增加。

3.3 生活用水变化驱动力因子分析

人口增长、人均生活用水量的增加以及城市化进程的加快都是影响生活用水变化的主要因素。人口增长是生活用水增长的最主要因素,2010年,陕西省人口为3772万人,比2001年增长约3.61%,其中城镇人口增长迅速,由2001年的1163万人增长到2010年的1707万人,增幅达46.78%,农村人口呈下降趋势,下降约16.95%。人口增长直接导致了生活用水量的增加。同时随着人民生活水平的提高,人均生活用水量由2001年的21.11 m³上升到2010年的28.42 m³,也导致了生活用水量的增加。

3.4 生态用水变化驱动力因子分析

生态用水是指维系生态系统生物群落生存和一定生态环境质量而实际使用的水资源量。是保障人民生活与健康质量不断提高,维护国家生态安全、水生态安全、环境安全和社会可持续发展的必用水。将生态用水纳入用水统计,反映出人们对于生态环

境建设的日益重视。

陕西省生态环境用水统计包括城镇环境用水和农村生态用水。其中,城镇环境用水包括河湖补水和绿化、清洁用水,农村生态用水是指人工措施对湖泊、洼地、沼泽的补水。随着人类对生态的影响力不断加大,可以预计在未来一定时期内生态用水将继续维持增加的态势。

4 结 语

(1)陕西省用水总量在近十年来在波动中缓慢上升,年均增加0.61亿m³;农业用水量缓慢上升,其中农田灌溉用水比例不断减少,林牧渔畜用水比例不断增加;工业用水总量变化较缓,其中规模以下工业用水量增加较快,火电和规模以上工业不断减少;生活用水和生态用水呈持续增长趋势。

(2)陕西省的用水结构缓慢向无序方向发展,用水系统的均衡程度趋于稳定。

(3)农业用水量的影响因素有降雨量、耕地面积、灌溉方式、灌溉工程修建等;工业用水量受工业产值、产业结构调整,工业节水措施等因素影响;生活用水的主要影响因素是人口增长和城市化进程等;生态用水的影响因素是人类对自然的影响力。

参考文献:

- [1] 郑爱琴,王文科,段磊. 关中盆地用水结构变化及其驱动力因子分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(9): 75-79.
- [2] 粟晓玲,赵晨,马黎华. 关中地区近20年用水结构演变及其驱动力研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(5): 71-73.
- [3] 吕崔美,吴泽宁,胡彩虹. 用水结构变化主要驱动力因子灰色关联度分析[J]. 节水灌溉, 2008(2): 39-41.
- [4] 刘燕,胡安焱,邓亚芝. 基于信息熵的用水系统结构演化研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2006, 34(6): 141-143.
- [5] 苏龙强. 福建省近10年用水结构变化及驱动力分析[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(1): 101-104.
- [6] 刘宝琴,姚治君,高迎春. 北京市用水结构变化趋势及驱动力分析[J]. 资源科学, 2003, 25(2): 38-43.
- [7] 翟远征,王金生,郑洁琼,等. 北京市近30年用水结构演变及驱动力[J]. 自然资源学报, 2011, 26(4): 635-643.