

# 甘肃省水资源投入产出分析

邓建伟, 金彦兆, 胡想全  
(甘肃省水利科学研究院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 根据投入产出理论, 编制了甘肃省 2007 年用水分析投入产出表, 计算出甘肃省各部门的直接用水系数、完全用水系数和用水乘数, 分析了部门之间的用水相关关系, 以及产品的输入输出过程中水资源的输入与输出, 提出了甘肃省提高水资源利用效率、调整产业结构、发展第三产业的建议, 为甘肃省可持续发展提供参考。

**关键词:** 水资源; 投入产出; 甘肃省

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)01-0062-05

## Analysis of water resources input – output in Gansu Province

DENG Jianwei, JIN Yanzhao, HU Xiangquan

(Gansu Research Institute for Water Conservancy, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Based on the input – output theory, the water resource input – output table of water consumption of Gansu Province in 2007 was compiled. The direct water use coefficient, the total water use coefficient, and water consumption multiplier of Gansu province were calculated. The relations between water consumption in different departments were analyzed. Furthermore, the water resource input and output in process of the products input and output was analysed. Finally, suggestions were put forward to improve utilization efficiency of water resources, adjust industrial structure and develop tertiary industry in Gansu Province, which provides references for the sustainable development of Gansu Province.

**Key words:** water resource; input – output; Gansu Province

## 1 研究背景

甘肃省远离海洋, 深居内陆腹地, 干旱少雨, 水资源严重匮乏, 是一个典型的干旱、半干旱省份, 全省多年平均降雨量 280 mm, 人均自产水资源量 1 077 m<sup>3</sup>, 仅占全国人均水平的 1/2, 耕地每公顷占有水资源量 5 670 m<sup>3</sup>, 约为全国平均水平的 1/4, 水资源严重短缺。根据水资源供需平衡分析结果, 全省现状水平年需水量 127.76 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 可供水量 107.98 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 缺水量 19.78 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 缺水率 15.5%, 水资源供需矛盾日益突出, 水资源已成为制约甘肃经济发展的重要因素。然而, 水资源又是经济发展的重要支撑, 因此, 研究水资源与国民经济发展的关系, 分析国民经济发展中水资源利用问题, 提出宏观发展对策, 对下一阶段国民经济发展规划和水资源发展规划的制定具有重要意义。

20 世纪 30 年代, 美国经济学家里昂惕夫 (Leontief)<sup>[1]</sup> 提出了投入产出分析理论; 20 世纪 60 年, 水资源短缺问题突出, 国内外学者将投入产出分析理论引入水资源经济分析中, 中国投入产出学会课题组分析了我国 2002 年国民经济 37 个部门的水资源投入产出状况<sup>[2]</sup>, 黑龙江<sup>[3]</sup>、河北<sup>[4]</sup>、山东<sup>[5]</sup> 及重庆<sup>[6]</sup> 等省市的学者也开始本省的水资源投入产出分析研究, 蔡国英等<sup>[7]</sup> 针对黑河流域中游地区、李莹等<sup>[8]</sup> 针对滦河流域开展了流域层面的水资源投入产出分析研究。投入产出法将水资源对国民经济的潜在影响定量识别, 能够解决水资源与宏观经济相关的诸多问题, 从水资源可持续利用和整体经济效益最大的原则出发, 定量研究经济发展与水资源耗用关系, 在水资源研究中具有广泛应用性。本文从投入产出角度研究甘肃省国民经济系统内的水资源状况, 分析各行业的用水状况, 水资源输入输出状

收稿日期: 2017-09-07; 修回日期: 2017-10-11

基金项目: 国家重点研发计划课题 (2016YFC0400301); 陇原青年创新人才扶持计划项目 (2015046); 甘肃省重点研发计划项目 (17YF1NA053); 甘肃省水利技术推广项目 (201502)

作者简介: 邓建伟 (1980-), 男, 河北唐山人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为水资源与节水灌溉技术。

况,对甘肃省水资源配置、节水型社会建设和经济社会的可持续发展意义重大。

## 2 水资源投入产出关系的编制

### 2.1 投入产出关系的编制

根据《甘肃国民经济统计年鉴》(2007 年)<sup>[9]</sup>、《甘肃省水利统计年鉴》(2007 年)<sup>[10]</sup>、《甘肃省水资源公报》(2007 年)<sup>[11]</sup>等资料所公布的统计数据,结合《甘肃省投入产出表》(2007 年)<sup>[12]</sup>,分析了甘肃省水资源投入产出关系。投入产出关系编制过程中,将关联性较大的国民经济部门、用水难以区分的部门进行了合并,共涉及国民经济 19 个部门:第一产业 1 个部门,即农林牧渔业;第二产业 6 个部门,包括采矿业、制造业、生产供应业、建筑业、交通运输和邮政业、计算机服务和软件业;第三产业 12 个部门,包括批发和零售业、住宿和餐饮业、金融业、房地产业、租赁和商务服务业、技术服务和地质勘查业、水利环境与公共设施管理业、居民服务和其他服务业、教育、卫生和社会保障业、文化体育和娱乐业、公共管理和社会组织。甘肃省水资源投入产出关系见图 1。

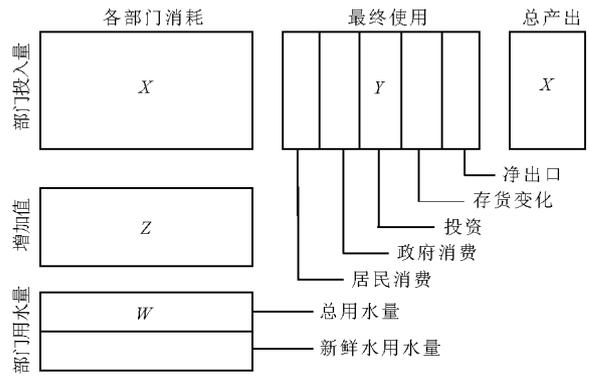


图 1 甘肃省水资源投入产出关系

### 2.2 各部门用水量的确定

各部门用水量确定依据:第一产业的数据取自《甘肃水利统计年鉴》(2007 年)以及《甘肃省水资源公报》(2007 年);第二产业、第三产业的用水量主要依据相关研究成果,按照各部门单位产值用水量推算,并依据《甘肃省行业用水定额》<sup>[13]</sup>、《甘肃省环境公报》<sup>[14]</sup>用水重复利用率对其新鲜用水量进行复核。甘肃省 2007 年 19 个部门的总用水量和新鲜水的用水量情况见表 1。

表 1 甘肃省 2007 年 19 个部门用水情况

部门名称	总产出/ $10^4$ 元	用水总量/ $10^4 m^3$	用水总量比例/%	新鲜用水量/ $10^4 m^3$	新鲜用水量比例/%
农林牧渔业	6462442	989105	68.19	989105	80.10
采矿业	3452646	25513	1.76	9281	0.75
制造业	28592852	208707	14.39	85548	6.93
生产供应业	3654308	53176	3.67	23143	1.87
建筑业	8725960	52868	3.64	52868	4.28
交通运输和邮政业	3443102	27968	1.93	17284	1.40
计算机服务和软件业	1165122	6935	0.48	4286	0.35
批发和零售业	2321061	17973	1.24	11107	0.90
住宿和餐饮业	1439308	11392	0.79	7040	0.57
金融业	1095771	6700	0.46	4141	0.34
房地产业	1834889	7875	0.54	4867	0.39
租赁和商务服务业	434130	2900	0.20	1792	0.15
技术服务和地质勘查业	795468	4833	0.33	2987	0.24
水利环境与公共设施管理业	183141	1441	0.10	890	0.07
居民服务和其他服务业	519189	2848	0.20	1760	0.14
教育	1335651	7697	0.53	4757	0.39
卫生和社会保障业	902206	8285	0.57	5120	0.41
文化体育和娱乐业	257769	1585	0.11	980	0.08
公共管理和社会组织	2152889	12727	0.88	7865	0.64
合计	68767904	1450527	100.00	1234821	100.00

根据表 1 分析结果可知:农林牧渔业、制造业的总用水量和新鲜水用量最多,用水总量和新鲜水用量均排在前 2 位;生产供应业、建筑业、交通运输及邮政业、批发零售业、采矿业、公共管理和社会组织、住宿和餐饮业用水总量和新鲜水用量均在前 10 位

排名中,而总用水和新鲜用水的具体名次有微小变化。农业无论是用水总量还是新鲜水用量,其用水都比其他所有部门总和还多,在新鲜水的用水比例中占 80% 以上,而且主要用于农业灌溉。公共管理和社会组织业至水利环境和公共设施管理业的位次

基本没有变化,且都为第三产业,用水总量偏小,仅为总用水量的5.19%。

### 3 研究方法

#### 3.1 用水系数

3.1.1 直接用水系数 直接用水系数<sup>[15]</sup>即用水定额,它表示生产单位货物或服务(产出)的用水总量,反映各部门在生产本部门货物或服务过程中的直接用水强度。

$$w_j = W_j/X_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: $j$ 为部门序号; $w_j$ 为 $j$ 部门的直接用水系数, $\text{m}^3/\text{元}$ ;  $W_j$ 为 $j$ 部门的用水量, $10^4 \text{ m}^3$ ;  $X_j$ 为第 $j$ 部门的总产出, $10^4 \text{ 元}$ 。

3.1.2 完全用水系数 在投入产出分析体系中,能反映出各部门的联系,即货物或服务在生产过程中所消耗的水,这部分水资源虽然使用在其他部门,但属于本部门的间接用水,完全用水包括直接用水和间接用水两部分<sup>[16]</sup>。

完全用水系数的计算公式如下:

$$\bar{w}_j = w_j(I - A)^{-1} \quad (2)$$

式中: $\bar{w}_j$ 为完全用水系数, $\text{m}^3/\text{元}$ ;  $I$ 为单位矩阵;  $A$ 为自产率调整后的地区直接消耗系数。

3.1.3 用水乘数 用水乘数是反映社会经济系统某一产业的动态变化引起整个经济系统用水量的变化情况,即经济系统用水增加总量对自身用水量的倍数,通常采用完全用水系数与直接用水系数之比计算,计算公式如下:

$$b_j = \bar{w}_j/w_j \quad (3)$$

式中: $b_j$ 为 $j$ 部门的用水乘数。

#### 3.2 虚拟水转移

虚拟水输出计算公式:

$$W_j^E = w_j Y_j^E \quad (4)$$

式中: $W_j^E$ 为第 $j$ 部门虚拟水输出量, $10^4 \text{ m}^3$ ;  $Y_j^E$ 为第 $j$ 部门出口额, $10^4 \text{ 元}$ 。

虚拟水输入计算公式:

$$W_j^I = w_j Y_j^I \quad (5)$$

式中: $W_j^I$ 为第 $j$ 部门虚拟水输入量, $10^4 \text{ m}^3$ ;  $Y_j^I$ 为第 $j$ 部门进口额, $10^4 \text{ 元}$ 。

## 4 结果

#### 4.1 用水系数

4.1.1 系数确定 依据编制的甘肃省2007年水资源投入产出关系,根据公式(1)、(2)、(3)分析得到

19部门总用水和新鲜水的直接用水系数、完全用水系数和用水乘数,计算结果见表2。

4.1.2 评价结果 根据表2计算结果可知:

(1)部门间直接用水系数相差较大。农业部门总用水和新鲜水的直接用水系数相等且最大,系数为0.1531,因为农业部门取用水均为新鲜水,故总用水和新鲜水的直接用水系数相等;而房地产业总用水和新鲜水的直接用水系数均最小,总用水的直接用水系数0.0043,新鲜水的直接用水系数0.0027;农业和房地产业的直接用水系数差距较大,农业总用水的直接用水系数是房地产业的35.66倍,而农业新鲜水的直接用水系数与房地产业相差达到57.71倍。

(2)部门间完全用水系数相差较大。总用水的完全用水系数,农业仍为最大,系数为0.1771,而系数最小的教育业该数值仅为0.0128,两者相差13.82倍;新鲜水的完全用水系数,系数最大和最小部门的仍为农业和教育业,相差21.77倍。部门间完全用水系数与部门间的直接用水系数比较来说差距较小。

(3)各部门用水乘数差异显著。以新鲜用水的用水乘数为例:农业部门为1.13倍,是采矿业3.83倍;而制造业、餐饮业、水利环境与公共设施管理业、交通与邮电业和服务业等部门的用水乘数差距较大,分别为6.13、5.61、4.98、4.49和4.47,这些部门对于水资源的间接使用量非常大。

(4)农业是甘肃省的基础产业,当前和今后农业发展任务繁重,而农业作为用水大户,农业水资源经济效益提高困难。从甘肃省农业用水供求态势来看,在水资源利用中普遍存在利用效率低下的问题,因此,针对以上问题,可以通过提高对雨水的直接利用程度,改变作物品种结构和田间用水方式等途径,提高农业水的利用效率,最终实现从传统的粗放型灌溉农业和旱地雨养农业向以节水高效的现代灌溉农业和现代旱地农业为目标的农业节水战略转变。此外,还可通过农业水权向城市水权转移,将农业节水量用于经济社会效益高的优势工业及第三产业,促进区域经济总体水平的提高。

#### 4.2 间接拉动

间接拉动是指为满足该部门的生产,其他部门在向其提供必要的生产条件过程中对水资源的消耗<sup>[17]</sup>。甘肃省2007年各部门对水资源间接拉动力见表3。从各个部门对水资源的间接拉动力可以进一步分析哪些部门对该部门用水的间接拉动力影响最

表 2 甘肃省 2007 年 19 个部门用水系数和用水乘数

行业	直接用水系数/( $\text{m}^3 \cdot \text{元}^{-1}$ )		完全用水系数/( $\text{m}^3 \cdot \text{元}^{-1}$ )		用水乘数	
	总用水	新鲜用水	总用水	新鲜用水	总用水	新鲜用水
农林牧渔业	0.1531	0.1531	0.1771	0.1728	1.1570	1.1293
采矿业	0.0074	0.0027	0.0197	0.0103	2.6646	3.8253
制造业	0.0073	0.0030	0.0303	0.0183	4.1558	6.1328
生产供应业	0.0146	0.0063	0.0287	0.0139	1.9713	2.1902
建筑业	0.0061	0.0061	0.0299	0.0215	4.9428	3.5420
交通运输和邮政业	0.0081	0.0050	0.0302	0.0225	3.7226	4.4888
计算机服务和软件业	0.0060	0.0037	0.0166	0.0102	2.7843	2.7614
批发和零售业	0.0077	0.0048	0.0148	0.0097	1.9158	2.0362
住宿和餐饮业	0.0079	0.0049	0.0357	0.0274	4.5074	5.6109
金融业	0.0061	0.0038	0.0179	0.0116	2.9352	3.0794
房地产业	0.0043	0.0027	0.0131	0.0084	3.0597	3.1575
租赁和商务服务业	0.0067	0.0041	0.0202	0.0123	3.0216	2.9808
技术服务和地质勘查业	0.0061	0.0038	0.0194	0.0121	3.2013	3.2282
水利环境与公共设施管理业	0.0079	0.0049	0.0302	0.0242	3.8417	4.9868
居民服务和其他服务业	0.0055	0.0034	0.0218	0.0152	3.9718	4.4748
教育	0.0058	0.0036	0.0128	0.0079	2.2226	2.2287
卫生和社会保障业	0.0092	0.0057	0.0231	0.0141	2.5163	2.4847
文化体育和娱乐业	0.0061	0.0038	0.0209	0.0130	3.4051	3.4315
公共管理和社会组织	0.0059	0.0037	0.0158	0.0101	2.6669	2.7774

表 3 甘肃省 2007 年各部门对水资源间接拉动  $\text{m}^3/\text{元}$ 

部门名称	完全用水系数	直接用水系数	间接拉动
住宿和餐饮业	0.0274	0.0049	0.0226
农林牧渔业	0.1728	0.1531	0.0198
水利环境与公共设施管理业	0.0242	0.0049	0.0194
交通运输和邮政业	0.0225	0.0050	0.0175
建筑业	0.0215	0.0061	0.0154
制造业	0.0183	0.0030	0.0154
居民服务和其他服务业	0.0152	0.0034	0.0118
文化体育和娱乐业	0.0130	0.0038	0.0092
卫生和社会保障业	0.0141	0.0057	0.0084
技术服务和地质勘查业	0.0121	0.0038	0.0084
租赁和商务服务业	0.0123	0.0041	0.0082
金融业	0.0116	0.0038	0.0079
采矿业	0.0103	0.0027	0.0076
生产供应业	0.0139	0.0063	0.0075
公共管理和社会组织	0.0101	0.0037	0.0065
计算机服务和软件业	0.0102	0.0037	0.0065
房地产业	0.0084	0.0027	0.0057
批发和零售业	0.0097	0.0048	0.0050
教育	0.0079	0.0036	0.0044

为显著(详见表 3)。以住宿和餐饮业为例,直接用水系数 0.0049,完全用水系数 0.0274,也就是住宿和餐饮业生产价值  $1 \times 10^4$  元的产品,需要用  $274 \text{ m}^3$  新鲜水,而住宿和餐饮业直接消耗的新鲜水仅为 49

$\text{m}^3$ ,另外  $225 \text{ m}^3$  水则是住宿和餐饮业所消耗的其他部门货物和服务在生产中所消耗的新鲜水。

#### 4.3 虚拟水转移分析

从水资源角度,进口产品即意味着虚拟水输入,出口产品则意味着虚拟水输出。对于水资源缺乏的地区,增加用水强度大的部门的产品进口比例,可以有效地缓解水资源紧缺矛盾;如果仅从节约水资源的角度出发,进口产品越多,出口产品越少越有利。利用甘肃省 2007 年用水分析投入产出表,计算各部门通过产品进口和出口所输入和输出的水量,甘肃省 2007 年虚拟水转移水量见表 4。

根据表 4 分析结果可知:甘肃省 2007 年通过产品出口间接输水资源  $69.50 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,输入水资源  $46.53 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,净输出  $22.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。净输水资源最多的部门是农业,该部门净输水资源  $28.73 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;建筑业列第二位,其净输水资源为  $2.34 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

农业是甘肃省的用水大户,其用水量占总用水量的 80.10%,并且单位增加值用水系数大,而农业又为甘肃省的基础产业,增加值比重大,部门用水多,如果按此净输水水量发展,甘肃省现状产业进出口结构会加剧水资源短缺的局面,最终导致甘肃省水资源紧缺形势进一步恶化。

表4 甘肃省2007年虚拟水转移水量表  $10^4 \text{ m}^3$ 

部门名称	输出量	输入量	净输出量
农林牧渔业	404394	117094	287300
采矿业	18782	7746	11036
制造业	190561	213322	-22761
生产供应业	1384	12075	-10691
建筑业	32042	8669	23373
交通运输和邮政业	20358	19430	928
计算机服务和软件业	1135	59	1076
批发和零售业	12179	0	12179
住宿和餐饮业	2163	4776	-2613
金融业	3175	746	2428
房地产业	986	11528	-10542
租赁和商务服务业	2376	1665	711
技术服务和地质勘查业	4173	496	3677
水利环境与公共设施管理业	0	19624	-19624
居民服务和其他服务业	765	2038	-1273
教育	0	7631	-7631
卫生和社会保障业	0	22103	-22103
文化体育和娱乐业	557	5624	-5067
公共管理和社会组织	0	10698	-10698
合计	695028	465323	-229705

## 5 结论

本文编制了甘肃省2007年水资源投入产出关系;根据统计资料分析计算了甘肃省19个经济部门的总用水量 and 新鲜用水量,分析了各部门的用水比例;采用水资源投入产出分析理论,计算了甘肃省19个经济部门总用水和新鲜水的直接用水系数、完全用水系数和用水乘数,对比分析了部门间用水情况;计算并对比分析了社会经济系统各部门对水资源系统的直接拉动和间接拉动作用,分析水资源系统的后向效应。目的是找出直接用水量较大的部门以及直接用水量较小但间接用水需求很大的部门,从而为最严格水资源管理以及水资源合理配置提供数据支持。

(1) 农业的总用水量和新鲜用水量、直接用水系数和完全用水系数均为最高,属用水大户,但用水乘数不高,与其他产业关联较少,属高投入、低产行业,今后发展中应提高水资源利用效率,将农业节水量通过水权交易到经济社会效益高的优势工业及第三产业,促进区域经济总体水平的提高。

(2) 住宿和餐饮业对水资源的间接拉动系数最大,建议在未来的产业发展和调整中应加大第三产业等拉动系数较大的行业发展,在减少用水量的同时,能够保证GDP的稳定增长。

(3) 甘肃省属水资源输出省份,2007年净输出

水资源量  $22.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,净输出资源最多的部门是农业,该部门净输出水资源  $28.73 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。甘肃省水资源短缺,如果按此输出水量发展,现状产业结构会加剧甘肃省水资源短缺形势。因此,应加大甘肃省节水型社会的建设力度,严格实施水资源管理的“三条红线”,在实现总量控制的同时,加强定额管理,降低农业直接用水系数,从而降低虚拟水输出量,最终实现水资源的可持续利用和经济社会的可持续发展。

## 参考文献:

- [1] LEONTIEF W. Quantitative input-output relations in the economic systems of the United States[J]. The Review of Economics and Statistics, 1936, 18(3): 105-125.
- [2] 中国投入产出学会课题组. 国民经济各部门水资源消耗及用水系数的投入产出分析——2002年投入产出表系列分析报告之五[J]. 统计研究, 2007, 24(3): 21-25.
- [3] 崔海燕. 黑龙江省水资源投入产出分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [4] 严婷婷, 贾绍凤. 河北省国民经济用水投入产出分析[J]. 资源科学, 2009, 31(9): 1522-1528.
- [5] 刘品, 王维平, 马承新, 等. 山东省宏观经济水资源投入产出分析[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(1): 117-120.
- [6] 毛玉姣. 基于投入产出分析的重庆产业用水量研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2016.
- [7] 蔡国英, 徐中民. 黑河流域中游地区国民经济用水投入产出分析——以张掖市为例[J]. 冰川冻土, 2013, 35(3): 770-775.
- [8] 李莹, 黄岁樑. 基于投入产出模型的滦河流域水资源利用研究[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(4): 22-28.
- [9] 甘肃省统计局. 甘肃省国民经济统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007年.
- [10] 甘肃省水利厅. 甘肃省水利统计年鉴[R]. 兰州: 甘肃省水利科学研究院, 2007年.
- [11] 甘肃省水利厅. 甘肃省水资源公报[R]. 兰州: 甘肃省水利科学研究院, 2007年.
- [12] 甘肃省统计局, 甘肃省投入产出办公室. 甘肃省投入产出表[R]. 兰州: 甘肃省水利科学研究院, 2007年.
- [13] 甘肃省水利厅. 甘肃省行业用水定额(修订本)[R]. 兰州: 甘肃省水利科学研究院, 2011年.
- [14] 甘肃省环境保护局. 甘肃省环境公报[R]. 兰州: 甘肃省水利科学研究院, 2007年.
- [15] 田贵良. 产业用水分析的水资源投入产出模型研究[J]. 经济问题, 2009, 31(7): 18-22.
- [16] 许建, 陈锡康, 杨翠红. 完全用水系数及增加值用水系数的计算方法[J]. 水利水电科技进展, 2003, 23(2): 17-20.
- [17] 陈锡康, 李景华. 长江流域片水利投资后向效应经济分析[J]. 水利经济, 2003, 21(2): 45-48.