



山东省水足迹估算与水资源利用策略

——以山东省昌邑市为例*

王红波, 赵明华

(山东师范大学人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘要:随着人口增长和经济发展, 山东省的水资源短缺是一个不争事实, 如何对有限的水资源有效管理是决策者面对的一个重要问题。引入水足迹、虚拟水等概念和水足迹的计算方法, 对山东省 2004 年水足迹进行了计算和评价, 2004 年山东省水资源足迹为 $397.61 \times 10^8 \text{ m}^3$, 人均水足迹为 $433.93 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$ 。结果表明, 山东省面临着很大水资源压力, 必须推进农业和工业节水技术, 改善人类消费结构及消费模式, 提高水资源利用效率和虚拟水进口, 全面建设节水型社会。

关键词:水资源; 水足迹; 虚拟水; 消费模式; 山东省

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

水资源是基础性资源, 水资源短缺已经成为制约许多国家和地区社会经济可持续发展的重要障碍。我国是世界上淡水资源严重短缺的国家之一, 有 18 个省(区), 30% 的国土, 60% 的人口处于严重缺水的边缘^[1]。水资源问题不仅是我国干旱半干旱地区经济发展和社会进步的重要制约因素, 现在已经严重影响了沿海省市的社会经济的快速可持续发展。山东水资源具有总量不足, 人均占有量少, 地区分布不均, 年际年内变化剧烈, 地表水和地下水联系密切等特点。近年来, 山东省水资源的短缺和水环境的恶化已成为制约全省经济社会全面、协调、可持续发展的重要因素。水资源足迹可以真实地衡量人类对水资源的消费利用情况, 对水资源短缺区的水资源利用决策具有重要启示意义。笔者运用水资源足迹概念以及计算方法计算和分析了 2004 年山东省的水资源足迹, 并提出了一些山东省水资源合理利用的措施。

1 水资源足迹与计算

1.1 水资源足迹概念及相关术语

生态足迹是指一定人群在一定物质生活标准下, 生产该特定人群所利用的资源和吸收这些人群

资源消费所产生的废弃物所需的生物生产性面积和水域生态系统面积^[2]。水足迹概念的形成和发展与生态足迹概念相似, 指的是在一定的物质生活标准下, 生产一定人群消费的产品和服务所需要的水资源数量, 它表征的是维持人类产品和服务消费所需要的真实的水资源数量。

水资源足迹可以定义为: 任何已知人口(某个人、一个城市、一个区域或全球)的水资源足迹是生产这些人口所消费的所有资源所需要的水资源数量。这里的所有资源, 既包括人类生活所必须的食物、各种日用品、生活直接消费的水资源, 同时也包括为人类提供生态系统服务和功能的生态环境资源^[3]。

虚拟水是由英国学者 Tony Allan 在 20 世纪 90 年代初首次提出, 后经不断完善, 目前较为精确的定义是: 在生产产品和服务所需要的水资源数量, 被称为凝结在产品和服务中的虚拟水量^[4]。在人类消费的水足迹中, 实际生活用水通常是很小的, 大部分消耗都是以虚拟水的形式表现出来的。因此, 虚拟水消费量是水足迹的最主要组成部分。

1.2 水足迹的研究方法

采用的水足迹的计算方法是将该区域居民所消

* 收稿日期: 2006 - 12 - 27; 修订日期: 2007 - 04 - 25; 编辑: 张天祯

作者简介: 王红波(1980 -), 男, 山东济宁人, 硕士研究生, 主要从事区域可持续发展等方面的研究。

费的商品与服务数量与各自产品和服务的单位产品虚拟水含量相乘求和得到,这里需要注意的是商品的虚拟水含量会随地域和生产条件而变化。用公式表示为:

$$WF = DU + \sum_{i=1}^n P_i \times VWC_i + NVWI + ENV \quad (1)$$

式中, DU 为生活用水量, P_i 为本地第 i 种产品消费量, VWC_i 为本地第 i 种产品的单位产品的虚拟水量, $NVWI$ 为净进口虚拟水消费量, ENV 是生态用水量。

衡量一个国家或地区的水资源足迹主要需要量化虚拟水消费量,一般情况下,由于产品消费的实物量数据比较容易获取,因此单位产品的虚拟水含量计算就成为水资源足迹衡量的关键。

1.3 水资源足迹中虚拟水的计算

农产品作为人类的生活必需品,也是当前世界贸易中数量最大的商品,携带有大量的虚拟水;由于工业产品虚拟水含量计算过于复杂并且实际消耗的水资源数量一般较小,通常采用估计方法来近似或忽略不计,农作物产品的虚拟水和动物产品的虚拟水计算是目前虚拟水计算中的最主要部分。

1.3.1 农作物产品虚拟水含量的计算

单一农作物产品虚拟水含量可以根据公式(2)计算:

$$V_n = W_n / Y_n \quad (2)$$

式中: V_n 为区域 n 作物单位重量的虚拟水含量 (m^3/t); W_n 为区域 n 作物的实际耗水量 (m^3/hm^2); Y_n 为区域 n 作物 c 的产量 (t/hm^2)。

作物的耗水量,即作物生长发育期间蒸发蒸腾所耗的水资源量,通常采用联合国粮农组织推荐的标准彭曼公式进行计算^[4]:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (3)$$

式中: K_c 是作物系数, ET_0 的计算公式是:

$$ET_0 = \frac{0.408 (R_n - G) + \frac{900}{T + 273} (e_a - e_d)}{1 + (1 + 0.34U_2)} \quad (4)$$

式中: ET_0 为参照腾发量; R_n 是冠层表面净辐射; G 是土壤热通量; T 是日平均气温; e_a 为饱和水汽压; e_d 为实际水汽压; 是饱和水汽压 - 温度曲线斜率; 是湿度计常数; U_2 为 2 m 高处的风速。其具体计算方法见表 1。

1.3.2 动物产品虚拟水含量的计算

动物产品的虚拟水含量主要依赖于动物类型、

饲养结构和动物成长的自然环境条件,计算比较复杂。活动物虚拟水含量指动物从生命开始到其生命结束的时期内,动物生存生长所消耗的总水量包括饲料所含的虚拟水、饮用水、动物饲舍清洁等耗水。饲料消费中的虚拟水含量采用前面介绍的标准彭曼公式计算。不同动物产品的虚拟水含量计算需要将活动物的虚拟水含量在动物产品间进行分配^[13]。

表 1 标准彭曼公式的计算构成

名 称	公 式
饱和水汽压	$e_a = 6.108 \exp [17.27 T / (T + 237.3)]$
实际水汽压	$e_d = e_a R H_{mean} / 100$
斜率	$= 4098 e_a / (T + 237.3)^2$
湿度计常数	$= 1.61452 P /$
水的汽化潜热	$= 4.1855 (595 - 0.51 T)$ 或 $= 2.45$
高程 H 处的气压	$P = 1010 - 0.115 H + (0.00175 H)^2$
2m 高处的风速	$U_2 = (2/z)^{0.17} U_z$
冠层表面净辐射	$R_n = R_{ns} - R_{nl}$
净短波辐射	$R_{ns} = (1 -) (a_e + b_e n' N) R_a, = 0.23, a_e = 0.21, b_e = 0.56$
黑体长波辐射	$R_{nl} = 1.9838 \times 10^{-9} (0.3 + 0.7 n' N) (0.32 - 0.026 \sqrt{e_d}) T_k^4$
理论太阳总辐射	$R_a = 15.54 (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin s) / d_r^2$
日 - 地相对距离	$d_r = 1 - 0.01673 \cos (2 J / 365)$
太阳磁偏角	$= 0.4093 \sin (2 J / 365 - 1.405)$
日落时角度	$s = \arccos (- \tan \phi \tan \delta)$
理论日照时数	$N = 24 \sin \phi \sin \delta + 0.1$

2 山东省 2004 年水资源足迹的计算与评价

2.1 计算内容和数据来源

根据山东省的实际情况及资料的可获得性,主要从 5 个方面对山东省的水足迹进行衡量: 居民主要商品虚拟水消费量; 其他工业品虚拟水消费; 虚拟水贸易进出口量; 生活实体水消费量; 生态环境用水消耗量。最后初步计算了 2004 年山东省水资源足迹。计算数据来源包括: 统计资料和相关文献:如《山东省统计年鉴》和《山东省水资源公报》等。 国际虚拟水研究的中国动物产品虚拟水含量计算成果。 FAO 的 CLIMATE 数据库和 CROP 数据库 (<http://PPwww1fao.org>)。

2.2 计算过程

2.2.1 主要消费品虚拟水消费

农产品的虚拟水含量计算采用联合国粮农组织 (FAO) 推荐的标准彭曼方法计算。首先对 2004 年山东省居民的主要消费品的虚拟水含量进行计算,

然后用虚拟水含量乘居民消费量得出总的虚拟水消费量。对于动物产品来说,笔者这里参照荷兰水文和环境工程研究所计算了各国动物产品的虚拟水含量关于中国部分的研究成果^[5]。计算得出的主要产品的虚拟水含量和城乡居民主要消费品虚拟水消费量见表 2 和表 3。

表 2 山东省 2004 年主要产品虚拟水含量

农产品	粮食	植物油	蔬菜	烟叶	瓜果	棉花	甜菜
虚拟水含量 (m ³ /kg)	1.326	2.435	0.112	1.758	1.079	4.186	0.152
其他产品	猪肉	牛肉	羊肉	家禽	鲜蛋	鱼虾	鲜奶
虚拟水含量 (m ³ /kg)	2.211	12.560	5.202	3.652	3.550	5.000	1.000

表示单位净粮食的虚拟水含量

表 3 山东省 2004 年城乡居民主要消费品虚拟水消费量

消费项目	单位产品虚拟水含量 (m ³ /kg)	消费数量 (kg/人·年)		单位产品消费虚拟水量 (m ³ /人·年)		各项消费总虚拟水量 (10 ⁸ m ³)		总计 (10 ⁸ m ³)
		城镇	农村	城镇	农村	城镇	农村	
		居民	居民	居民	居民	居民	居民	
粮食	1.326	72.97	228.24	96.76	302.65	60.11	89.31	149.42
植物油	2.435	5.45	6.02	13.27	14.66	8.24	4.33	12.57
蔬菜	0.112	107.91	118.71	12.09	13.30	7.51	3.92	11.44
烟叶	1.758	0.12	0.15	0.21	0.26	0.13	0.08	0.21
瓜果	1.079	63.51	15.44	68.53	16.66	42.57	4.92	47.49
棉布	8.372	0.35	0.24	2.93	2.01	1.82	0.59	2.41
甜菜	0.152	1.47	0.86	0.22	0.13	0.14	0.04	0.18
猪肉	2.211	12.88	6.33	28.48	14.00	17.69	4.13	21.82
牛肉	12.560	1.24	0.24	15.57	3.01	9.67	0.89	10.56
羊肉	5.202	1.23	0.32	6.40	1.66	3.98	0.49	4.47
家禽	3.652	5.07	2.63	18.52	9.60	11.50	2.83	14.34
鲜蛋	3.550	15.63	9.61	55.49	34.12	34.47	10.07	44.54
鱼虾	5.000	8.75	4.01	43.75	20.05	27.18	5.92	33.09
鲜奶	1.000	30.80	2.41	30.80	2.41	19.13	0.71	19.84
总共				393.02	434.52	244.14	128.23	372.37

棉布每米折合棉花纤维 2 kg; 2004 年山东城镇人口 6212 万人,农村人口 2951 万人(数据来源于 2004 年《山东省统计年鉴》)。

从表 3 可以看出,城镇居民单位产品虚拟水消耗总量 393.02 kg/人·年,明显低于农村居民单位产品虚拟水消耗总量 434.52 kg/人·年,但城镇居民总的产品虚拟水消费量 244.14 ×10⁸ m³ 明显高于农村居民总的产品虚拟水消费量 128.23 ×10⁸ m³;其中,农村居民粮食产品人均虚拟水消费量明显高于城镇居民,植物油、蔬菜和烟叶等产品的人

均虚拟水消费量约占城镇居民消费的 1/2,这说明了农民在基本生活消费品消费上面和城镇居民相差不多,也从侧面反映了我省农村居民生活水平从温饱到小康的快速转变,不过其他的消费品的虚拟水消费量还是明显低于城镇居民。农村居民人均虚拟水消费量高于城镇居民的主要原因是由于粮食消费量差异引起的。因此,改善农村居民的消费结构,可以较好地降低水资源足迹,减轻人类对水资源系统的压力。

2.2.2 其他工业品虚拟水消费

工业品消费中的虚拟水量计算过程中工业品生产工艺复杂,并且工业品不同于农产品,属于耐用产品,实际消耗的水资源数量一般很少,因此通常采用估计方法或忽略不计。本文参考了龙爱华等学者在这个方面的处理方法^[3]。山东省 2004 年工业用水仅占农业用水的 1/5,考虑工业品的耐用性,本文取城镇居民农产品虚拟水消费量的 8%作为城市工业品使用的虚拟水消费量,取农村居民农产品虚拟水消费量的 4%作为农村工业品使用的虚拟水消费量。

2.2.3 净进口虚拟水

一个国家或地区净虚拟水贸易量是总的虚拟水进口量减去虚拟水的出口量。山东省 2004 年主要出口产品是农产品和其他初级产品,如矿石、原料和机械仪表等;进口的主要是木浆及纤维状纤维素浆、废纸或纸板塑料及其制品和一些高技术性质的工业品。但是由于山东省统计年鉴中有关进出口产品分类较粗,无法精确计算。本文采用王新华等人的简化计算方法计算虚拟水贸易^[6]。

2.2.4 生活实体用水和生态用水

生活实体用水消费包括实际生活用水和服务业用水。生活用水包括城镇居民生活用水和农村居民生活用水;服务业用水主要是第三产业用水和城镇公共用水。生态环境用水从广义上讲是维持全球生物地球化学平衡诸如水热平衡、源汇库动态平衡、生物平衡、水沙平衡、水盐平衡等所消耗的水分都是生态环境用水^[7]。这两项数据可以直接从《2004 年山东省水资源公报》中得到^[8]。

2.3 山东省 2004 年水足迹计算结果与分析

根据公式(1)~(4)和上面介绍的其他一些计算方法,初步计算了 2004 年山东省水资源足迹(表 4)。

表 4 山东省 2004 年总的水资源足迹(10^8 m^3)

类 型	城镇居民	农村居民	整个社会
主要消费品虚拟水消费量	244.14	128.23	372.37
其他工业品虚拟水消费	19.53	5.13	24.66
生活实体水消费量	19.65	5.06	24.71
净进口虚拟水量	—	—	- 29.50
生态环境用水	—	—	5.37
总的水足迹	283.32	138.42	397.61
人均水足迹($\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$)	456.85	469.06	433.93

表 4 表明,2004 年山东省总的水足迹为 $397.61 \times 10^8 \text{ m}^3$,人均水足迹为 $433.93 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$ 。与主要消费品虚拟水消费差异不同,城镇居民的水足迹 $456.85 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$ 略低于农村居民的 $469.06 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$,那么,城乡平均水足迹差别较小的主要原因在于城市居民人均消费的实体水资源和其他工业品虚拟水量大大多于农村居民。从总的水足迹看,2004 年山东省水足迹是其当年水资源利用总量 $214.88 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 1.85 倍和农业用水 $160.30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 2.48 倍。大大高于统计利用量的主要原因是:一般统计的实际水资源利用量通常仅包括地表水和地下水的消费部分,而不包括直接被作物利用(不产生径流)的部分降雨、土壤水和空气凝结水。动物产品具有储水作用。一年生以上的动物、动物活体和动物产品实际包括了多年的水资源消耗的累积^[3]。

水资源足迹计算的影响因素很多,目前的水资源足迹计算还只是一种粗略估计。本文估算的山东省人均水足迹 $433.93 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$,仅高于 Hoekstra 和 Hung 有关水资源足迹研究中对中国的估算值 $419 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$ 15 个立方米。通过对山东省水足迹的计算和分析,可以得到一些重要启示:城乡居民消耗的虚拟水量都主要集中在主要消费品上面,而主要消费品中农产品占首要地位,所以减少单位产品(尤其是农产品)的虚拟水消耗量能够很好的从总体上减少山东省的人均水资源足迹,减少对水资源系统的压力,也从一定程度上缓解水资源短缺现象。

相对于城镇居民合理的消费结构,农村居民的虚拟水消费大多集中在粮食产品上面,而粮食产品又是虚拟水消耗量最大的消费产品,因此改变农村居民的单一消费结构可以很好的减少虚拟水消耗数量。根据山东省不同地区水资源的短缺程度以及

各自的地理条件,依据各种农产品虚拟水消耗量的多少来确定本地区种植的农产品种类。水资源足迹中的大部分虚拟水是可以流通的,水资源管理决策者可以在不降低人均水资源消费需求情况下通过区域外和区域间的虚拟水贸易来很好地缓解水资源紧缺地区的水资源压力。改变消费观念,提倡节约的生活消费方式,也可以有效降低人均水资源足迹,促进人们更有效地消费水资源,降低人类对水资源系统的压力。

3 山东省水资源的合理利用措施

2004 年山东省水资源足迹为 $405.57 \times 10^8 \text{ m}^3$,人均水足迹为 $442.62 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$ 。2004 年全省水资源总量为 $349.46 \times 10^8 \text{ m}^3$,当年全省总用水量为 $214.88 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中农田灌溉用水占总用水量的 64.59%,林牧渔畜用水占总用水量的 9.94%,工业用水占总用水量的 13.21%、城镇公共用水占总用水量的 1.85%,生活用水占总用水量的 9.63%,生态环境用水量占总用水量的 0.78%。2004 年全省共监测评价河长 4 841.5 km,劣类水质河长有 3 524.6 km,占 72.80%。山东省河流水质污染严重,大部分河段水质评价为劣类,主要由城市生活污水、工业废水排放污染,主要超标污染参数为高锰酸盐指数、氨氮、化学需氧量和溶解氧等^[9]。必须认识到,山东省水资源短缺已成为现实,加上水环境的严重恶化,可以利用的水资源量是少之又少。因此,必须从战略的高度重新认识水资源的有限性和不可替代性;良化水资源,保护水环境,使之永续利用。

3.1 创新管理机制完善法律体系

水资源足迹的衡量本身就对各地水行政管理部门的管理对策起到启示作用,必须改变落后的管理体制,寻求创新,应将水资源开发、利用和保护进行统一管理。针对我国水的管理机构分散的特点,必须完善管理机构,变分散管理为统一管理,使水资源能够统一规划、合理调配。水资源管理部门应参加国家与地区经济发展规划,以达到国民经济发展布局与水资源配置相协调。提高惜水意识,必须充分认识水资源的重要性,完善法律体系,加强监督、检查,违犯法规者必究,有效控制人口,以减少人口对水土资源的压力。

3.2 建立节水型农业

从水资源足迹中可以看到,农产品从生长到成熟过程中需要大量的水资源,而在农业生产中由于农业灌溉技术的落后又有很大一部分水资源被浪费掉,所以要彻底改变过去粗放式的灌溉方式,采取“合理分配、综合节约”的方针积极推行节水农业。山东省根据自然环境条件的不同可分为以下不同类型区,即山地丘陵、山前平原、鲁南平原等,平原灌溉农业主要类型有:引黄(引湖)灌区、以水库水源进行灌溉的地表水灌区、以地下水为主的井灌区、地表水和地下水混合灌溉的灌区等。

(1) 山前平原高产区和鲁南平原引黄灌区。这些区是山东粮食的主产区,农业生产占据主要地位,压缩灌溉面积是不现实的,只有大力发展节水农业,提高水的利用效率。节水措施主要有:在输水工程上,可以进行渠系配套、渠道防渗、低压管道输水等工程;节水灌溉技术上有“小白龙”、滴灌、渗灌等;通过田间节水,提高农田水分利用效率,如适水生产、抗旱育种、节水高效灌溉制度、农田保墒技术、配肥地力等。

(2) 以旱地农业为主的低平原区。全省部分低平原和滨海平原,其主要特征是地下水埋藏较浅,矿化度较高,有咸水分布,土壤盐碱化,土质瘠薄,生产水平低于其他平原。在农业发展中,常年大量开采地下淡水,出现常年性的水位降落漏斗区。因此,除了采取综合的农业节水措施外,根据本地区淡水资源短缺的现实,缩减灌溉面积,大力发展旱地农业,种草种树发展畜牧业。

(3) 丘陵山地区。中东部丘陵山地客水稀少,地下水开发利用条件差,主要利用自然降水,因此提高自然降水的利用率是本区农业发展的关键。首先,调整农业种植结构,减少耗水量大的作物种植比例,适当发展能适应旱地生态环境的牧草,退耕还牧,换林,保持自然生态平衡。

3.3 建立节水型工业

依靠科技进步,调整产业结构,推广节水设备、工艺和技术。山东省的工业布局、城市发展规模和产品结构受原料、能源、水资源、交通、经济发展和科学技术水平等多种因素的制约,而水资源这一影响因素过去不被人们重视,有些城市缺水已相当严重,但为了片面追求 GDP 和利润等经济利益,仍在上耗

水量大的工业项目,使用水状况更加紧张,反过来又影响工业生产和人民生活。因此,今后在确定工业布局、制定工业发展规划时,要把水资源作为重要因素考虑,在缺水地区要坚持以水资源承受能力确定经济结构的原则,主动调整产业结构,发展节水型工业,严格控制高耗水、高排污型工业项目建设,原有工业应根据水资源条件进行调整,并采取各种措施,降低单位产品的耗水量;要限期完成对高耗水、高排污用水大户的技术改造;积极采用先进的节水工艺和技术,提高工业生产用水系统的用水效率,包括改变生产用水方式,提高水的循环利用率及回用率;推广清洁生产工艺,实现工业废水的零排放,加快工业污染防治由末端治理为主向生产全过程控制的转变。

3.4 改变消费模式

通过对山东省城镇居民的产品虚拟水消费分析可以看到,农村居民消费结构的单一性比较严重,而消费的产品又比较集中在耗水量大的粮食产品上面,相比较而言,城市居民的消费结构就比较多样化,而整体虚拟水消费比农村居民要少。所以,改善居民的消费结构,减少虚拟水含量高的产品消耗量,这可以在满足居民身体所需营养的全面性的同时,又节约了虚拟水的消费,缓解了水资源的压力。提高居民的节水意识,认清水资源短缺这一现实,不仅在日常生活上节约用水,还要在产品的消费上改变消费观念,节约虚拟水的消耗。

3.5 虚拟水战略

虚拟水战略是指缺水国家或地区通过贸易方式从富水国家或地区购买水密集型产品来获得水和粮食的安全。一个国家或地区以虚拟水出口水密集型产品给其他国家,实际上就是以虚拟的形式出口了水资源。通过这种方式,一些国家或地区可以向另外一些国家或地区提供用水需求^[7]。山东省由于水资源的区域不均衡性,部分地区缺水已经非常严重,应在降低或停止本地区高虚拟水含量产品生产的同时,引进其他地区或进口境外的虚拟水含量比较高的产品来缓解本地区的水资源压力。

4 结论

水资源足迹在刻画人类对水资源的真实占用情况的同时对水资源管理也具有重要的战略启示。一

方面,不断提高当地水资源利用效率,改善人类的生活方式和消费结构以及创新水资源管理体制来降低或缓解区域水资源压力。另一方面可以通过进口一定数量的水资源密集型产品来进口大量的虚拟水资源来缓解本地的水资源短缺压力。由于农产品的虚拟水含量随年际发生变化,因此只计算一个年份的虚拟水含量来评价山东省的水足迹真实情况不够准确;还有工业品虚拟水含量和净进口虚拟水量方面计算方法本身的欠缺性,也会导致整个水足迹的计算出现误差,需要改进。

参考文献:

- [1] 任燕. 走向 21 世纪中国水问题方略之探讨[J]. 广西经济管理干部学院学报, 2001, 13(2): 39 - 41.
- [2] 徐中民, 张志强, 程国栋. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2): 280 - 285.
- [3] 龙爱华, 徐中民, 张志强, 等. 甘肃省 2000 年水资源足迹的初步估算[J]. 资源科学, 2005, 27(3): 123 - 129.
- [4] 徐中民, 龙爱华, 张志强. 虚拟水的理论方法及在甘肃省的应用[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 861 - 869.
- [5] Chapagain A K, Hoekstra A Y. Virtual water: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock products[A]. In: Hoekstra A Y edited, Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade (NO. 12) [C]. Netherlands: IHE Delft, 2003. 49 - 76.
- [6] 王新华, 徐中民, 李应海, 等. 甘肃省 2003 年的水足迹评价[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 909 - 915.
- [7] 王礼先. 生态环境用水的界定和计算方法[J]. 中国水利, 2002, (10): 28 - 30.
- [8] 山东省统计局. 统计年鉴 2004[M]. 山东: 中国统计出版社, 2004.
- [9] 山东省水利局. 水资源公报 2004. 网址: <http://www.sdwr.gov.cn>.

Primary Estimation to Water Footprints and Using Strategy of Water Resource in Shandong Province

WANG Hong - bo, ZHAO Ming - hua

(Population, Resources and environment College of Shandong Normal University, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Accompanying with population growth and economy developement, due to the lack of water resource in Shandong province, it is very important on how to manage limited water resource. By introducing the conception of water footprints, virtual water and calculating method for measuring, it is said that total water footprints in Shandong province are $397.61 \times 10^8 \text{ m}^3$, and average amount for each person is $433.93 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$. As proved by the results, Shandong province is facing pressure of lacking water resource. Technologies for saving water should be used in agriculture and industry, consuming framework and model of human being should be changed, utilization efficiency of water resource and import of virtual water should be improved in order to establish a saving water society.

Key words: Water resource; water footprints; virtual water; consumption model; Shandong province

威海市查处一起以探代采违法案件

近日,威海市国土资源局在开展集中查处违法勘查开采行为活动中,对屡查屡犯仍不改正的荣成市崖西镇垛山姜家铁矿以探代采违法案件进行了严厉查处。该探矿权人于 2005 年依法获得探矿许可证,但未经批准擅自进行非法开采行为,将采出的铁矿石加工成铁粉非法出售获利,这一行为严重违反了《中华人民共和国矿产资源法》的有关规定,并对地质环境造成了严重破坏。2005—2006 年,荣成市国土资源局先后 2 次对其进行了行政处罚,但该矿主仍然继续违法开采,严重扰乱了矿业秩序。威海市国土资源局与荣成市国土资源局对其以探代采违法行为依法立案查处,责令探矿权人立即停止违法行为,拆除采矿设备,对矿坑进行回填夯实,没收违法所得,按违法所得 5% 并处罚款。(李波,常征)