

完全用水系数及增加值用水系数的计算方法

许 健, 陈锡康, 杨翠红

(中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100080)

摘要:完全用水系数和增加值用水系数是利用投入产出技术研究水资源利用状况的两个重要指标。完全用水系数比传统的直接用水系数更准确地度量了部门生产活动对水资源使用的影响, 而将占用和进口(输入)因素引入完全用水系数的计算可克服传统计算方法的两个主要缺点, 使计算结果更加合理, 更具有实际价值; 增加值用水系数也在度量各部门水资源经济效益方面比传统的用水定额具有优势。根据所提出的计算方法, 利用 1999 年全国水利投入占用产出表进行了实际计算, 并应用它来分析中国 1999 年的主要产业用水情况。

关键词:水资源; 直接用水系数; 完全用水系数; 增加值用水系数

中图分类号: F223

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2003)02-0017-04

水资源短缺已成为我国北方地区经济可持续发展的主要制约因素之一, 如何在水资源供给不可能有明显增长, 生活用水却不断增加的形势下保障生产发展这一问题, 日益受到关注。在这种情况下, 对各生产部门的用水强度进行分析, 以在此基础上提出节水对策, 具有相当重要的意义。

所谓部门用水强度是指一个部门生产单位产品所使用的水资源量, 它比受产量影响的用水量更能反映各部门对水的依赖程度, 反映水在各部门的经济效益。目前普遍使用的度量部门用水强度的指标是用水定额, 该指标含义类似于投入产出分析中的直接用水系数, 仅反映生产单位产品对水的直接使用而未能度量间接用水。而利用水资源投入产出表(在普通投入产出表下加上水资源使用行)既可以计算各部门的直接用水系数, 又可以得到各部门的完全用水系数, 从而获得对各部门用水强度更深刻、更完全的认识。

在直接用水的层次上, 由于增加值是度量部门生产成果的主要指标, 所以计算增加值用水系数较之通常的用水定额, 更能反映水资源的经济效益。

1 完全用水系数的含义

完全用水系数由直接用水系数和间接用水系数两部分组成。直接用水系数表示各部门在生产一单位产品的过程中所投入的自然形态的水资源量, 其

计算公式为

$$f_j = W_j / X_j \quad (1)$$

式中: f_j 为第 j 部门直接用水系数; W_j 为第 j 部门用水量; X_j 为第 j 部门总产出。计算所有部门(假设为 n 个)的直接用水系数, 就可以得到直接用水系数向量 $f(1 \times n$ 的行向量)。

在直接用水系数的计算中, 仅考虑了以自然形态投入的水的数量, 但实际上任何部门生产一单位产品所引发的对水资源的需求量都会大于单位成品直接用水量, 差别就在于在产品的生产过程中还需要一定数量各部门的产品作为中间投入, 而这些产品在其生产过程中也都需要使用水, 这一部分水资源的使用虽发生于其他部门, 但却是为满足该部门对中间投入的需求而产生的, 所以也应计入该部门对水资源的总使用中。这一部分用水即为间接用水。

与直接用水系数一样, 完全用水系数也具有明确的经济意义, 一个部门的完全用水系数等于该部门增产一单位产品所需整个经济体系总用水量的增加量, 换言之, 只有增加这么多的水资源供给, 这一单位产品才能生产出来, 这就是“完全”的含义。

相比直接用水系数, 完全用水系数可以更准确地度量各生产部门扩大生产对水资源产生的压力。

直接用水系数与完全用水系数的差别主要在于直接用水系数着眼于一个部门的生产过程, 具有明显的技术定额和生产投入的含义, 构成产品的成本;

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70131002, 70101005); 水利部规划计划司资助项目(02-03)

作者简介: 许健(1975—), 男, 北京人, 博士研究生, 主要从事投入占用产出技术研究。

而完全用水系数着眼于整个经济体系,其所包含的用水不局限于本部门直接用水,还包括为生产本部门产品所需要的中间投入而在各生产部门发生的用水,具有明显的需求拉动含义。

在宏观上,直接用水系数和完全用水系数是从不同层次上对部门用水强度的度量,其判断用水部门归属的原则不同,前者的原则是用水实际发生所在部门原则,后者则贯彻用水发生原因所在部门原则。

直接用水系数和完全用水系数的联系主要有两点:①直接用水系数是完全用水系数的基础,这从完全用水系数的计算公式中可以明显地看出;②两者具有如下的平衡等式: $\sum \text{直接用水系数} \times \text{总产出} = \sum \text{完全用水系数} \times \text{最终产品} = \text{总用水量}$ (对于考虑占用的完全用水系数,最终产品应扣除弥补固定资产折旧的部分)。完全用水系数的计算中并没有重复计算的部分。

直接用水系数的计算方法并不依赖于投入产出表,而由于部门间错综复杂的投入产出关系,完全用水系数不使用投入产出方法就不可能得到。

2 完全用水系数的通常计算方法

下面讨论在投入产出分析的框架内如何计算完全用水系数(参见文献[1])。直接用水毫无疑问应该计入完全用水中,关键在于对间接用水的计算。按其定义,一个部门的间接用水是指为生产该部门生产活动所需要的中间投入而在各部门所产生的用水,按照经济学的原理,一个产品在生产过程中消耗了其他产品,被消耗的产品的实物形态虽已不存,但其价值却转移到了新产品中,对于水的使用和转移,也可做同样理解。所以,我们可以把间接用水理解为随中间投入价值转移而转移到新产品中的水。从这样一个角度,一个部门的间接用水等于该部门生产过程中所有中间投入品的含水量之和。所谓产品含水量,是指获得该产品的完全用水量,它包括通过各种价值转移方式(中间产品消耗,固定资产折旧)转移到该产品中的来自各种来源(本地区,地区外)的用水量,产品含水量可以由该产品的价值量乘以完全用水系数得到。在图1中,以食品工业为例,说明完全用水系数的计算思路。

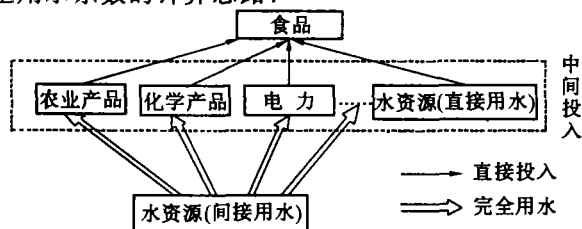


图1 食品工业完全用水系数的计算

食品工业在生产一单位食品的过程中,要直接使用一部分水资源,即直接用水系数,这构成完全用水系数的第一部分;在生产过程中,还需要投入一定数量农产品、化学产品等,计算它们各自的含水量再求和,就得到食品的间接用水系数,这构成完全用水系数的第二部分,两部分相加,我们就可以得到食品工业的完全用水系数。

根据上述思路,可以写出如下公式:

$$\bar{f}_j = f_j + \sum_{i=1}^n \bar{f}_i a_{ij} \quad (2)$$

式中: $\bar{f}_j$ 表示第 j 部门的完全用水系数; f_j 为第 j 部门的直接用水系数; a_{ij} 为第 j 部门生产一单位产品所需要投入的第 i 部门产品的数量,即直接消耗系数。所以该式右端第一项代表直接用水,而第二项则为各种中间投入含水量的合计,即间接用水。

用矩阵形式,式(2)可写为:

$$\bar{f} = f + \bar{f}A \quad (3)$$

式中: $\bar{f}$ 和 f 分别表示完全用水系数和直接用水系数行向量; $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ 为直接消耗系数矩阵。

经简单变换,就可得到完全用水系数向量 f 的计算公式:

$$\bar{f} = f(I - A)^{-1} \quad (4)$$

式中: I 为单位矩阵。

3 考虑占用的完全用水系数计算公式

按公式(4)计算的完全用水系数,已充分考虑通过中间产品而产生的对水资源的使用,但其缺点在于没有包括由固定资产消耗所产生的对水的使用,固定资产的实物形态虽可多年保持不变,但其价值量却以折旧的方式逐年转移。与此相同,固定资产的含水量也相应发生转移,由于生产产品所造成的折旧的含水量也应计入该产品的完全用水系数中。针对这一问题,利用投入占用产出技术可以提出新的计算完全用水系数的公式(参见文献[2,3]):

$$\bar{f}_j^* = f_j + \sum_{k=1}^n \bar{f}_k^* a_{kj} + \sum_{s=1}^n \bar{f}_s^* \alpha_s d_{sj} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

式中: $\bar{f}_j^*$ 代表第 j 部门考虑占用的完全用水系数; a_{kj} 为第 j 部门对第 k 部门产品的直接消耗系数; α_s 表示第 s 种固定资产的折旧率; d_{sj} 表示第 j 部门一单位产品总产出所占用的第 s 种固定资产的数量。

将式(5)做简单变换并用矩阵形式表示:

$$\bar{f}^* = f(I - A - \hat{\alpha}D)^{-1} \quad (6)$$

式中: $\bar{f}^*$ 代表考虑占用的完全用水系数行向量; $\hat{\alpha}$ 表示固定资产折旧系数对角矩阵; D 表示固定资产直接占用系数矩阵, $D = [d_{ij}]_{n \times n}$ 。

4 针对本地区水资源的完全用水系数

公式(6)已对各部門完全用水强度作了比较准确的度量,但由于它没有考虑进口(输入)问题,所以用它来评价各部門生产对本地区水资源的影响会有所夸大.因为如果中间投入来源于进口,就不需要在本地区生产,从而不会产生对本地区水资源的使用.例如,食品工业的完全用水系数非常高,其主要原因在于对农产品的消耗量大,如果食品工业所使用的农产品主要源于进口(输入),则该部門发展对本地区水资源的影响会远小于完全用水系数所显示的结果.为解决这一问题,我们提出如下考虑进口(输入)的完全用水系数的理论计算公式:

$$\bar{f}^{*d} = f(I - A^d - \hat{a}D^d)^{-1} \quad (7)$$

式中:矩阵 $A^d = [a_{ij}^d]_{n \times n}$, $a_{ij}^d = c_{ij}^d a_{ij}$, c_{ij}^d 表示第 j 部門所使用的第 i 部門产品中由本地区生产提供的比例; $D^d = [d_{ij}^d]_{n \times n}$, $d_{ij}^d = s_{ij}^d d_{ij}$, s_{ij}^d 表示第 j 部門所占用的第 i 种固定资产中由本地区提供的比例.所以 A^d 和 D^d 分别表示对本地区产品的直接消耗系数和占用系数.

公式(7)计算的完全用水系数提供了各部門生产对本地区水资源影响的准确度量.由于 A^d 和 D^d 在目前的数据基础上无法得到(目前的投入产出表进口只列出总量),所以该公式仅是一个理论公式,无法付诸实际计算.

我们假设在各部門的最终产品和中间产品中,进口(输入)产品的比重是相同的,在中间产品内,进口(输入)产品的比重也不因使用部門而异,这样就可以得到如下计算本地区完全用水系数的实用计算公式:

$$\bar{f}^{*d} = f(I - \hat{\beta}A - \hat{a}rD)^{-1} \quad (8)$$

式中: $\hat{\beta}$ 代表各种产品的本地区生产比重对角矩阵,本地区生产比重等于本地总产出/(输入+本地总产出); $\hat{a}$ 代表各种固定资产的本地区生产比重对角矩阵.

5 增加值用水系数

在计算直接用水系数时,我们是以部門总产出作为分母的.但由于总产出指标存在重复计算和不能很好地反映生产活动效益的缺点,目前世界各国的国民经济核算工作中已普遍采用国内生产总值(GDP),即各部門增加值之和作为衡量经济活动成果的主要指标,总产出已很少使用.相应地,在计算用水系数时,如果以部門的增加值代替总产出作为分母,就可以得到增加值用水系数 e_j :

$$e_j = W_j / N_j \quad (9)$$

式中: W_j 代表第 j 部門的用水量; N_j 代表第 j 部門的增加值.

增加值用水系数表示各部門创造单位增加值所直接使用的用水量.相比直接用水系数,它可以更好地反映各部門用水的经济效益.在以增加值口径的GDP为经济发展目标的情况下,以增加值用水系数为出发点来研究节水型产业结构的建立,更具有针对性.

在本质上,增加值用水系数所度量的也是直接用水强度,其物理含义虽不如以总产出为基础的直接用水系数清晰,但经济意义则略胜一筹.

6 实证分析

利用1999年全国51部門水利投入占用产出表^①,可以计算各部門的直接用水系数、完全用水系数和增加值用水系数.为便于说明问题,我们将部門合并,主要计算了农业、一般工业(不包括火电)和服务业的各项用水强度指标,用水的口径为一次用水,不包括重复用水,结果见图2.需要说明的是:用水的口径是可根据实际需要调整的,可以扩大到包括重复用水,也可以仅研究耗水.

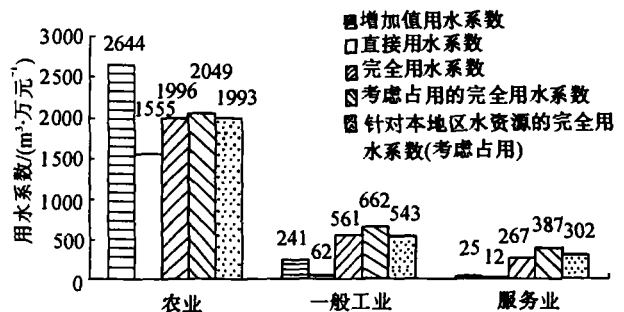


图2 1999年主要产业的直接用水系数、完全用水系数和增加值用水系数

从图2可见,就增加值用水系数和直接用水系数而言,各产业存在极显著的差别,农业的万元增加值直接用水量是一般工业的10倍和服务业的100倍,直接用水系数的产业差异较增加值用水系数更为显著;各产业完全用水系数的大小也具有相同的顺序,但差别就相对小得多了.比较完全用水系数与直接用水系数,两者的差别农业明显小于一般工业、服务业,这说明从对水资源的需求拉动角度,一般工业、服务业的影响要比由用水定额直观观察到的为大;考虑占用的完全用水系数都大于一般的完全用水系数,而且各产业差别的幅度颇有不同,所以考虑通过占用固定资产对水资源使用的影响,对准确把握部門完全用水强度是十分必要的.在考虑进口的

①该表是水利部规划计划司资助项目“水利投入占用产出模型及其应用研究”的成果.

影响以后,完全用水系数都有所减小,减小的幅度则与各部门的进口比例有关。

计算直接用水系数、完全用水系数和增加值用水系数,分析部门用水强度,对于制定合理的节水目标有重要意义,但其更重要的作用在于为建立节水型产业结构提供方向。

直接用水系数、增加值用水系数反映各部门在生产过程中对水的使用强度,直接用水强度高的部门,在缺水地区应适当限制其发展,相反则应鼓励。这样就可以在水资源有限的情况下,为经济持续发展提供更大的空间。例如,根据1999年我国主要产业的增加值用水系数,如果农业增加值减少1万元,所节约的2644 m³的水,可以保证服务业增加105万元的GDP,这样在水资源供应规模完全不变的情况下,整个国民经济GDP可以增加104万元。

当然,产业结构的调整受很多因素的影响和制约,节水并非唯一目标,但在水资源日益紧缺的状况下,节水的重要性毫无疑问在上升。

(上接第12页)这都是正常的或是必须的。因此,我们应该广泛树立全局意识,反对局部利益至上和动辄言赔偿、补偿的思想。

d. 应该建立“影响追究”原则。如前述,三峡水库管理的基本范围是175 m以下的淹没区,但不能局限在这个范围内,否则,水库管理的目标就不能实现。因为三峡水库与周围的环境关系密切,影响敏感,有的还较严重。例如,三峡水库水质保护的目标是国家地面水环境质量标准Ⅱ级,这既要靠加强水域的管理(比如水产养殖方面),也要靠对沿江城市、集镇以及主要支流和上游污染物排放总量的严格控制。再如泥沙淤积问题,预测每年平均流经水库的泥沙量达4亿多t,淤积现象反映在水库,但根子却在库外。还如,对水文监测的系统性和精度是枢纽功能科学有效发挥的重要基础,而流域内大小水库、山塘的建设都会影响水文监测的敏感度和精度,应该在两者之间建立密切的信息沟通方式。因此,“影响追究”原则并不是水库强加于外部,而是由客观事物本身的内在联系决定的。在环境保护和生态建设方面尤为突出。据此原则,三峡水库管理的协调工作部门就有责任关注影响其管理目标实现的外部因素(自然的和人为的),同时应该以法规授权对外部有利因素给予支持(国务院颁布的《长江三峡工程建设移民条例》已设立“后期扶持基金”,并明确税款依法留给地方部分用于“库区建设和生态环境保护”),对不利因素的减弱或消除进行干预。

总之,三峡水库管理工作有责任使国家现行的

对于完全用水系数,由于受到进口(输入)问题的影响,所以不能说完全用水系数较高的部门就不能作为缺水地区的主导产业,因为如果加大中间投入(尤其是高用水产品)依靠进口的比例,就不会对本地区的水资源产生过分严重的影响。完全用水系数在技术上主要反映各部门中间投入结构的用水强度,在宏观上它揭示出的是用水量发生的原因所在,因此对调整中间投入结构、最终需求结构尤其是输入输出结构具有较直接用水系数更明确的指导意义。

参考文献:

- [1] 钟契夫,陈锡康,刘起运,等.投入产出分析[M].修订本.北京:中国财政经济出版社,1993.
- [2] 陈锡康,薛新伟,曹居中,等.中国城乡经济投入占用产出分析[M].北京:科学出版社,1993.
- [3] Chen Xikang. Water resource input-occupancy-output table and its application in Shanxi Province of China[J]. International Journal of Development Planning Literature, 2000, 15(3): 247 ~ 264

(收稿日期:2002-12-03 编辑:熊水斌)

相关法规在水库得到贯彻落实,也有责任解放思想、开拓创新,制定符合水库管理实际需要的新办法,在过程中完善提高,通过过程实现管理目标的最优化。三峡水库的管理将是一项系统工程,没有现成的成熟模式和方法可以照搬,需要制定政策、完善法规和编制规划,有赖社会各方面的参与和帮助。

(收稿日期:2002-10-21 编辑:傅伟群)

·简讯·

黄河河口问题及治理对策研讨会在东营召开

以探寻河口演变规律、研究河口整治对策、探讨河口开发模式为主旨的黄河河口问题及治理对策研讨会,2003年3月23日在山东省东营市召开。这次研讨会由中国水利学会、黄河研究会主办,东营市人民政府、胜利石油管理局、山东黄河河务局协办,共有100余名院士、专家参加研讨,为历史上针对黄河河口有关问题而举行的规模最大的一次研讨会。水利部副部长索丽生教授、中国水利学会理事长朱尔明、水利部总工程师刘宁、黄河水利委员会主任李国英、山东省副省长蔡秋芳等出席研讨会。朱尔明理事长主持了研讨会的开幕。国家环保总局监督管理司司长牟广丰、中国科学院遥感研究所专家、中国科学院院士陈述彭、中国水利科学研究院教授级高级工程师曾庆华等先后围绕河口治理及三角洲发展的有关问题进行了发言。

(编辑部供稿)