

山西省水资源可持续利用评价

胡会亮, 齐实*, 张广焰

(1. 北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 中国水利水电第六工程局, 辽宁丹东 118002)

摘要 根据水资源可持续利用的内涵, 提出了由总量指标、比例指标、强度指标和效益指标组成的可持续利用评价指标体系。在指标体系的基础上, 确立综合评价指数, 从而对山西省水资源可持续利用进行综合评价。

关键词 山西; 水资源; 可持续利用; 评价指标

中图分类号 S273 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)22-09661-03

Evaluation on the Sustainable Utilization of Water Resources in Shanxi Province

HU Hui-liang et al (Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract Based on the connotation of the sustainable utilization of water resources, a kind of the evaluation index system of the sustainable utilization that was composed of gross index, proportion index, intensity index and benefit index was proposed. Based on this index system, the comprehensive evaluation indices were set up to make the comprehensive evaluation on the sustainable utilization of water resources in Shanxi Province.

Key words Shanxi; Water resources; Sustainable utilization; Evaluation index

山西是缺水大省, 水资源总量 138.1 亿 m^3 , 相当于全国水资源量的 0.49%, 在全国居于倒数第 2 位; 人均占有水量 405 m^3 , 相当于全国同类指标(2 460 m^3) 的 17.6%; 单位耕地平均水资源占有量相当于全国同类指标的 13.5%。全省多年平均降水量为 524 mm, 水资源补给主要依靠大气降水。河流平均年径流深仅 100 mm 左右, 多年平均径流量 114.0 亿 m^3 , 地下水排泄量 29.5 亿 m^3 ^[1-2]。

水资源可持续利用是经济社会发展的战略问题, 其核心是提高用水效率。解决山西省的水问题, 直接关系到山西省人民群众的生活、山西省社会的稳定和可持续发展。

1 水资源可持续利用的涵义

水资源一般指地球表层由大气降水形成的, 可被人类利用的水、水域和水能资源, 区别于石油、煤炭等矿产资源。水资源是一种可再生的动态资源, 随空间、时间发生变化, 具有时空分布性、可恢复性、有限性、自然保护性、不可替代性、经济开发性和可更新性等特点。其涵义包含质和量 2 个方面, 其水量功能是利用水资源的数量以满足各种用水的需要; 水质功能是作为某种特殊产品的原料和媒介。水资源的概念和特征决定了它是一种可持续利用的资源, 但要实现可持续利用必须满足其开发强度小于其承载能力。

可持续利用是可持续发展理论用于可再生资源利用的具体体现, 水资源可持续利用就是可持续发展框架下的水资源利用的一种新模式。水资源可持续利用是指在维持水的持续性和生态系统整体性前提下, 支持人口、资源、环境与经济协调发展和满足代内、代际人用水需要的全过程, 是水资源综合开发、利用、保护、防治和管理一体化的最合理利用方式^[3]。

2 水资源可持续利用指标体系的建立

水资源、社会、经济、环境 4 个子系统构成了水资源可持续开发利用系统。可持续发展的关键性标志是各个子系统持续、协调、均衡的发展。可持续发展要求缓解或解决各系统间的矛盾, 建立度量各系统间协调性状况的定量化标准。

构建可持续发展的评价指标体系是一种有效决策的参考依据^[4]。

2.1 建立评价指标体系的原则 可持续发展评价指标体系的构建, 必须要与转变经济增长方式相适应, 与我国国民经济和社会发展战略相适应。评价指标体系的建立需要遵循以下原则: 科学性。指标概念必须明确, 具有一定的科学内涵, 能够客观地反映复合系统内部结构关系, 并能较好地度量可持续水资源管理目标实现的程度。客观性。指标必须以客观存在的事实为基础, 不能凭主观设计。可行性。指标内容应简单明了, 有较强的可比性, 而且易于获取、便于操作。概括性。建立指标时应尽量选择那些有代表性的综合指标。

2.2 可持续利用评价指标体系的建立 按照上述原则, 从整体性角度出发, 从水资源可持续开发利用系统的 4 个子系统中分别选取一些能反映水资源、社会、经济、环境相互依存关系的指标构成评价指标体系, 包括效益指标、总量指标、比例指标和强度指标 4 大类。这 4 类指标相互联系、互为补充。水资源可持续利用综合评价指标体系结构如图 1 所示。

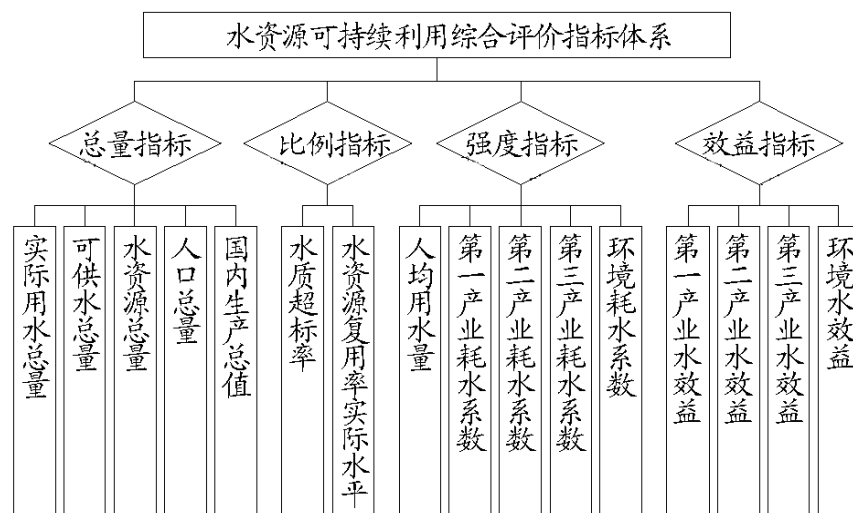


图1 水资源可持续利用综合评价指标体系

Fig.1 Comprehensive evaluation index system of the sustainable utilization of water sources

2.2.1 总量指标。 总量指标用来表征地区在某时段内水资源储量、开发量和人口、经济的总规模, 包括 5 个细分指标: 水资源总量, 记为 W_Z ; 可供水总量, 记为 W_K ; 实际用水总量, 记为 W_S ; 人口总量, 记为 P_R ; 国内生产总

作者简介 胡会亮(1983-), 男, 山西晋城人, 硕士研究生, 研究方向: 水土保持。* 通讯作者, 副教授。

收稿日期 2008-05-22

值 GDP。

2.2.2 比例指标。比例指标用以表征地区水环境质量状况和水资源的重复利用水平,包括2个细分指标:水质超标率 R_C ; 水资源复用率实际水平 R_F 。

2.2.3 强度指标。强度指标是建立在总量指标的基础上的,用以表征水资源的利用效率,包括5个细分指标:人均生活用水 W_j ; 第 i 产业耗水系数 $X_H(i=1,2,3)$; 环境耗水系数 E_H 。

2.2.4 效益指标。效益指标用以表征水资源利用的环境经济效益,包括4个细分指标:第 i 产业水效益 $W_X(i=1,2,3)$; 环境效益 E_X 。

2.3 评价指标的计算 评价指标体系中的指标计算方法如下:

(1) 第 K 时段地区人均用水量:

$$W_j = \frac{W_S}{P_R}$$

(2) 第 K 时段地区国内生产总值:

$$GDP = \sum_{i=1}^3 P_G$$

式中, $P_G(i=1,2,3)$ 是第 i 产业产值。

(3) 第 K 时段地区第 i 产业耗水系数:

$$X_H = \frac{W_H}{P_G}$$

式中, $W_H(i=1,2,3)$ 为第 i 产业耗水量; $X_H(i=1,2,3)$ 为第 i 产业耗水系数。

(4) 环境耗水系数 E_H 为城镇每平方千米环境用水。

2.4 综合评价指数

(1) 水资源、社会、环境协调发展综合评价系数(协调系数)的计算公式为:

$$A_T = \frac{W_K}{W_S}$$

协调系数 A_T 值的大小用来刻画某时段内地区的水资源、环境、社会和经济协调的状况。 A_T 值越大,协调状况越好;当 $A_T = 1$ 时,为临界值或预警值;当 $A_T < 1$ 时,不协调出现,必须进行调整。

(2) 水资源量可持续系数(可持续系数)的计算公式为:

$$A_K = \frac{W_Z}{W_S}$$

可持续系数 A_K 越大,水资源量越是可持续的。当 $A_K < 1$ 时,说明水资源量已经不可持续了,必须采取措施。

(3) 水资源可持续利用经济系数(经济系数)的计算公式为:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^3 P_G + E_X}{W_S}$$

A_j 精确地反映了水资源在生产中所产出的效益(包括产值经济效益和环境经济效益),能够体现水在整个国民生产中的作用。经济系数 A_j 的数值越大,说明单位水量的水在生产中所产出的水效益越大。朱一中等人的研究表明,用水效益指标的可承载临界状态值为 3.07 元/ m^3 ,可用 A_j 与 3.07 的比值体现水资源开发利用的经济效益,比值越大说明水资源开发利用中单位水量产出的水效益越高^[5]。 3.07 为 A 的临界值,当 A 值高于 3.07 时,经济效益是可持续性的;低于

3.07 则是不可持续性的。

(4) 水资源可持续开发利用综合评价指数是判断地区某时段内水资源开发利用可持续性的综合评价指数,简称综合指数。其计算公式为:

$$A_Z = W_1 \times A_T + W_2 \times A_K + W_3 \times \frac{A_j}{3.07}$$

式中, W_1 为协调系数权重; W_2 为可持续系数权重; W_3 为经济系数权重。3个系数的权重值可以通过层次分析法确定,笔者暂定3个系数权重相等,均为1。所以等式右边3个系数的临界值进行累加之后,水资源可持续开发利用综合评价指数的临界值可以确定为3。当 A_Z 综合大于3的时候,地区某时段内水资源开发利用是可持续性的,反之则是不可持续性的。

3 山西省水资源可持续利用评价

3.1 评价指标计算 根据山西省统计资料结合以上水资源可持续利用指标评价体系对山西省近年水资源可持续利用进行评价^[6]。由表1可知,山西省2000~2003年实际用水量与可供水量几乎相等,说明山西省用水压力还是较大的,可供水总量相对于水资源总量来说还有一定的开发空间。由表2可知,山西省的水环境质量状况较差,水资源的重复利用水平较低,未来可从改善水质与提高水资源重复利用率方面来保证水资源的可持续利用。由表3可知,山西省2000~2003年人均用水量逐年减少,第一产业耗水系数明显高于第二、第三产业;且产业耗水系数呈逐年降低趋势,说明山西省政府及相关部门在改善山西水资源利用问题上收到了一定

表1 总量指标计算结果

Table 1 Calculation results of gross index

年份	W_Z	W_K	W_S	P_R	GDP
Year	$\times 10^8 m^3$	$\times 10^8 m^3$	$\times 10^8 m^3$	万人	亿元
2000	81.49	56.86	56.37	3 247.80	1 845.72
2001	69.71	57.58	57.09	3 272.48	2 029.53
2002	78.71	57.50	57.01	3 293.71	2 324.80
2003	134.88	56.24	55.75	3 314.29	2 855.23

表2 比例指标计算结果

Table 2 Calculation results of proportion index %

年份 Year	R_C	R_F
2000	84.0	0.9
2001	72.0	0.8
2002	78.4	0.9
2003	88.0	0.9

表3 强度指标计算结果

Table 3 Calculation results of intensity index

年份	W	W_H	W_Z	X_{HB}	E_H
Year	m^3	$m^3/元$	$m^3/元$	$m^3/元$	
2000	176	0.151 0	0.008 7	0.008 9	-
2001	174	0.160 7	0.007 9	0.007 6	-
2002	173	0.135 8	0.007 2	0.007 1	-
2003	168	0.116 8	0.006 2	0.006 2	-

注:环境耗水系数 E_H 因资料缺乏暂时空缺。

Nte :Environmental water-consumption coefficient (E_H) is vacant because of no related data.

的效果。由表4可知,山西省第一产业用水的环境经济效益最低,第二、第三产业用水的环境经济效益依次增高。2003年的用水环境经济效益明显高于其他年份,可以看出山西省在节约用水方面取得的进步。

表4 效益指标计算结果

Table 4 Calculation results of benefit index

年份Year	W_{x1} 元 m^3	W_{x2} 元 m^3	W_{x3} 元 m^3	E_x
2000	4.669	64.195	180.457	-
2001	4.782	73.168	109.518	-
2002	5.650	83.931	117.024	-
2003	6.316	103.475	156.044	-

注:环境效益指数 E_x 因资料缺乏暂时空缺。

Nte :Environmental benefit index (E_x) is vacant because of no related data.

3.2 综合指数评价 由表5可知,2000~2003年山西省水资源协调系数非常接近预警值1,可持续系数也已经接近临界值,说明山西省水资源状况不容乐观;经济系数高于临界状态值3.07,说明山西省在经济发展中还是比较重视节约水资

表5 综合评价指数计算结果

Table 5 Calculation results of comprehensive evaluation index

年份	W_z	W_k	W_g	A_T	A_K	A_j	A_z
Year	$\times 10^8 m^3$	$\times 10^8 m^3$	$\times 10^8 m^3$			元 m^3	
2000	81.49	56.86	56.37	1.008 7	1.445 6	32.74	13.119 8
2001	69.71	57.58	57.09	1.008 6	1.221 1	35.55	13.809 3
2002	78.71	57.50	57.01	1.008 6	1.380 6	40.78	15.672 2
2003	134.88	56.24	55.75	1.008 8	2.419 4	51.21	20.110 5

注:因缺少环境效益指标数据, A_j 取值未将 E_x 计算在内。

Nte : E_x was not calculated when A_j was taken value because the environmental benefit index was vacant.

(上接第9658页)

根据模拟地形特征,有4套路网规划方案,然后利用最短路的求解方法,求出该区总路网的最小生成树。最后考虑到该林区有部分点之间为了某种需要须存在备用路线,得出4个该林区道路路网规划的初步方案。这4个方案如图2的4幅图所示。图2的4幅图是备选的4个方案。这4个方案中,其建造费用相差不大,如果仅仅依据最小费用来规划路网,得到的只是该完全图的最小生成树构成的路网(图3)。这样做只是最小投资费用方面得到了满足,但这样规划出来的路网没有考虑到其社会效益方面,如出行方便

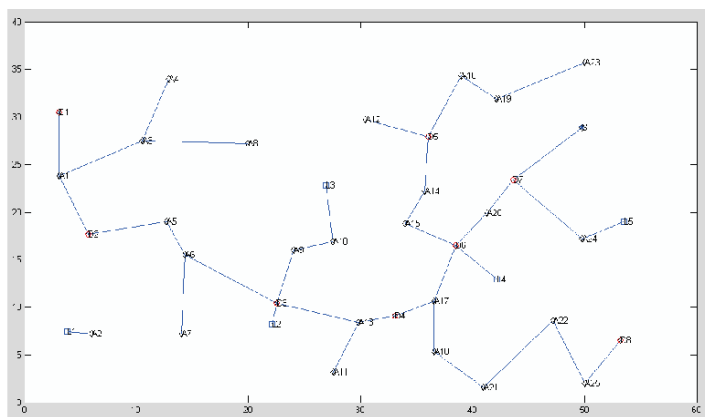


图3 林区路网最小生成树

源的;综合评价指数 A_z 均大于3,且呈逐年增加趋势,说明只要做好对水资源的保护与合理利用,山西省的水资源开发利用是可以做到可持续发展的。

4 结论

根据相关资料对山西省水资源可持续利用的评价,可以看出,山西省水资源总量不多,且人均用水量也非常少,远低于全国平均水平,同时也低于中部缺水地区;另外可以看出山西省人均用水量在逐年降低,因此山西省的水资源问题非常严峻。虽然总体来说山西省的水资源问题非常严重,但是山西省水资源还有可持续发展的潜力。只要减少对水资源的污染,加大对工业用水的重复利用,减少对水资源的浪费,尤其是农业中的水资源浪费,山西省的水资源是可以实现可持续利用的。近些年,山西省政府已经开始重视水资源的合理开发和利用,积极采取各种措施提高水资源的利用率,减少水资源的浪费。随着人们节水意识的不断提高,相信山西省的水资源问题会得到解决,山西省的经济发展和人民生活不会因为水资源问题而受到影响。

参考文献

- [1] 石虹,周红霞. 山西水资源可持续利用的研究[J]. 山西水土保持科技, 2001(3): 18-19.
- [2] 王文龙,李永平. 山西水资源可持续利用的对策与措施[J]. 山西水利科技, 2002(1): 16-18.
- [3] 卞建民,杨建强. 水资源可持续利用评价的指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2000(4): 43-45.
- [4] 钟定胜,孙亚梅,张宏伟,等. 水资源可持续开发的综合评价指标体系研究与应用[J]. 天津工业大学学报, 2005(2): 65-68.
- [5] 朱一中,夏军,谈戈. 西北地区水资源承载力分析预测与评价[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 43-48.
- [6] 山西省水资源管理委员会. 山西省水资源公报(2000-2003年)[R]. 2000-2003.

程度,促进经济发展,资源开发利用以及社会公平性等。因此,以最小生成树为基础,在满足各项条件的前提下,再在一些关键点之间多加几条路线,形成各个路网规划方案,然后通过对预选方案的综合评价,得出最优方案,是比较科学可靠的。

3 结论与讨论

通过对林区路网的控制点和道路线形的分析,用最小生成树算法求出路网的最小生成树。但是,最小生成树仅以道路修建费用的最低为目标,在此基础上,还应考虑林区的特殊地形、实际路网中的各种实际需要以及道路修建后的运营费用等。所以,在考虑了林区整体情况下,有必要对局部进行调整,调整方向主要是构成县道主干线、乡道支线和岔线的布局、以及林场运输木材的方向性,使林区内部的路网构成回路,以此来提高整个网络的连通性、通达性和降低运营费用。

参考文献

- [1] 杨兆生. 交通运输系统规划——有关理论与方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [2] 王树禾. 图论[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 127-138.