

Eco-Economic Evaluation of Farmland Water Conservancy Project Based on Energy Analysis*

Ruili Guo, Zening Wu, Xueyan Qi

School of Water Conservancy and Environment Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou
Email: 46021005@qq.com

Received: Sep. 3rd, 2012; revised: Sep. 19th, 2012; accepted: Sep. 27th, 2012

Abstract: Engineering project evaluation is an important means of farmland and conservancy project during investment decisions. However the present means cannot make a thorough quantitative analysis of all cost and benefit. Aiming at this problem, a new thinking of using energy analysis to make an ecological economic evaluation of farmland and conservancy project is put forward in this paper. With example of Zhaokou Irrigation Area II Project, the complete analysis and calculation are made from three aspects such as economic, social and ecological environment. The paper demonstrates the feasibility of farmland and conservancy project at the angle of ecological economic evaluation according the $E_m CBR$ and its criteria. The results show that the most affected factor in the eco-economic evaluation of farmland water conservancy project is the ecological environment, followed by economic and society. Their $E_m CBR$ values are 6.55, 4.44, 281.37, respectively. Therefore, this project has great social benefits. It is shows that the project is practical based on the eco-economic evaluation.

Keywords: Energy Analysis; Farmland Water Conservancy Project; Eco-Economic Evaluation

基于能值分析的农田水利工程 生态经济评价*

郭瑞丽, 吴泽宁, 齐雪艳

郑州大学水利与环境学院, 郑州
Email: 46021005@qq.com

收稿日期: 2012年9月3日; 修回日期: 2012年9月19日; 录用日期: 2012年9月27日

摘要: 针对目前我国农田水利投资决策中工程项目评价无法全面定量研究成本和效益的问题, 本文提出采用能值分析方法对农田水利工程进行生态经济评价的研究思路。以赵口灌区二期工程为例, 计算和分析了工程经济、社会和生态环境三方面的成本和效益, 根据工程项目的能值成本效益比及评价标准, 从生态经济评价角度论证了项目建设的可行性。结果表明, 对农田水利工程生态经济评价影响最大是生态环境成本和效益, 其次是经济、社会方面的成本和效益, 但它们的能值效益成本比分别为 6.55、4.44 和 281.37, 可见, 工程的社会效益最为显著。从生态经济评价结果来看, 该工程具有明显的可行性。

关键词: 能值分析; 农田水利工程; 生态经济评价

*基金项目: 国家自然科学基金项目(50879081)。

作者简介: 郭瑞丽(1979-), 女, 河南淇县人, 博士研究生, 主要从事水资源与水利经济研究。

1. 引言

水利是农业的命脉,我国季风型气候决定了农田水利工程是影响粮食生产的关键要素。随着 2011、2012 年中央一号文件的相继发布,国家将农田水利问题提升到了更加突出的高度,明确要求大兴农田水利建设,持续在农田水利基础设施领域增加投资。因此,为合理利用自然环境资源和社会经济财富,提高农田水利投资效益,确保工程投资决策的科学性,农田水利工程项目的可行性研究显得至关重要。而目前的农田水利工程可行性研究,多是从技术经济角度进行分析,同时多采用定性方法进行简单的环境评价,忽略了工程方案中存在的大量不能计量或虽可以计量但难以用货币单位表示其效果和影响的因素^[1],导致工程项目的可行性论证不够充分。因此,需要在技术可行的前提下,综合考虑农田水利工程在经济、社会、生态环境三方面的成本和效益^[2,3],对其进行生态经济评价。

农田水利工程通常具有投资额大、收益范围广、产生效益综合且反映形式各异等特点^[4],工程建设和运行中,涉及到大量量纲不同的能量流、物质流、货币流,如何全面分析和定量计算工程在经济、社会、生态环境方面的成本和效益,目前仍是困扰农田水利工程项目评价的关键问题。传统的经济学方法(货币成本效益法、投入产出分析等)和生态学方法(能量分析等)往往把各种成本效益割裂开来,而且无法克服统一各种生态流的难题^[5-8]。20 世纪 80 年代,Odum 创立了能值分析方法^[9],用能量系统语言对各种生态流进行量化描述,通过能值转换率和能值货币比率将物质流、能量流、货币流进行统一,从生物物理角度连接自然环境和人类活动,实现了自然资源和社会财富的对接,可定量分析自然环境资源和人类社会经济的真实价值,并从根本上克服了单纯着眼于经济或生态分析所面临的难题^[8],为农田水利工程项目进行生态经济评价提供了新的分析方法。本文采用能值分析方法,以赵口灌区二期续建工程为例,对农田水利工程进行了生态经济评价,以期补充、完善现有的可行性研究,为工程项目投资决策提供新的参考依据。

2. 农田水利工程的能值评价

农田水利工程的能值评价,遵循生态经济学原

理,从整体观和系统论出发,以能值为量纲统一度量工程项目的生态经济成本和效益,通过计算能值评价指标,依据能值指标的评价标准,得到工程项目是否可行的结论,为工程项目的投资决策提供参考依据。农田水利工程对区域经济、社会、生态环境具有重要影响,关系到区域的可持续发展,其生态经济成本包括经济成本、社会成本和生态环境成本^[10]。经济成本主要指工程项目建设 and 运行需要耗费的沙、石、钢材、木材、燃料动力费、机械台班费等社会经济财富^[6];社会成本指工程项目对人类社会的不利影响^[11],如工程造成的移民费用和耕地补偿等;生态环境成本主要指自然环境资源的投入及工程带来的环境破坏,如水源枯竭、水土流失等^[12]。农田水利工程的生态经济效益包括经济效益、社会效益和生态环境效益^[3]。经济效益分为灌溉效益和排水效益两部分,灌溉效益的大小主要反映在农作物产量的增收和质量的提高上,除涝工程的效益主要指在采取工程措施后减少的农产品损失^[1]。社会效益指在保障社会安定、促进社会发展和提高人民福利方面的作用,主要包括增加就业和提高农民收入等^[13];生态环境效益指改善水环境、净化空气、补给地下水及改善局部小气候等^[3]。农田水利工程的能值评价步骤如下:

1) 确定农田水利工程的生态经济成本

农田水利工程在建设和运行过程中的生态经济成本,按来源分为三类:一是经济反馈能值投入,即经济成本,包括煤炭、汽油、水泥、钢材、机械设备等工业辅助能;二是人类劳务投入等,即社会成本,包括管理维修费、安装工程费、信息等人工可更新有机能;三是资源环境投入,即生态环境成本,包括太阳能、风能、雨水化学能、地球旋转能等可更新环境资源,及土壤损耗能、表土层损失等不可更新环境资源。

2) 对农田水利工程进行生态经济效益分析

农田水利工程的生态经济效益,结合具体工程特点,分析工程对周围社会经济环境的影响及其作用对象,将工程效益进行区分归类:一是经济效益,如引水效益、农作物增产和减少的农作物损失等;二是社会效益,如增加就业、提高农民收入、科学研究等;三是生态环境效益,如节约用水、调节气候、净化空气等。另外,农田水利工程的残值也是其生态经济效

益的组成部分,具体地说属于经济效益范畴,本文称为剩余能值效益。

3) 农田水利工程成本与效益的能值计算

太阳能是万物之源,实际应用中通常将各种生态流统一为太阳能值,即单位物质或能量形成过程中所包含的太阳能值^[9]。根据相应的能值转换率或能值货币比率对农田水利工程系统中各种能量流、物质流、货币流等具有不同量纲的生态流进行统一。

$$EM = \tau \times E \quad (1)$$

式中: EM 为单位物质、能量、货币形成所包含的太阳能值(sej), τ 为物质、能量、货币能值转换率或能值货币比率(sej/J, sej/g, sej/\$), E 为单位生态流的物质、能量、货币量(J, g, \$)。

4) 计算农田水利工程能值评价指标

能值效益成本比^[6,7]不受通货膨胀的影响,是衡量农田水利系统生态经济效率的重要评价指标,可以根据该值的大小评判农田水利工程的可行性。文献[6]中的能值成本效益比,成本和效益计算内容与国民经济评价要求相同;文献[7]中的能值效益成本比,成本主要指工程建设和运行的经济成本,效益主要指节水、增产及新增耕地的收益。本文中的成本指工程项目的生态经济成本,效益指工程项目的生态经济效益,计算公式如下:

$$E_m CBR = \frac{B + RV}{C} \quad (2)$$

式中: $E_m CBR$ 为农田水利工程能值效益成本比; B 为生态经济效益(sej); C 为生态经济成本(sej); RV 为剩余能值效益(sej)。

根据文献[6,7]的研究成果,本文认为:一般地, $E_m CBR > 1$,说明工程符合生态经济规律,则工程建设具有可行性; $E_m CBR = 1$ 是工程建设可行性的最低要求; $E_m CBR < 1$,说明工程不符合生态经济规律,则该工程建设不具有可行性。

3. 实例分析

3.1. 项目区概况

本文以赵口灌区二期续建配套与节水改造工程为例。赵口灌区位于河南省黄河南岸豫东黄淮平原,北纬 $33^{\circ}40' \sim 34^{\circ}54'$,东经 $113^{\circ}58' \sim 115^{\circ}30'$ 之间,涉及

郑州、开封、周口和许昌等十县三区,是河南省重要的粮棉生产基地,也是保证国家粮食安全的大粮仓之一。灌区地处黄泛平原,西北高,东南低,高程约为 $80.0 \text{ m} \sim 40.0 \text{ m}$,多年平均降水量 700.0 mm ,多年平均气温 14.2°C ,多年平均蒸发量 1320 mm ,多年平均无霜期 216 d ,年平均日照时数 2391.6 h 。灌区农业人口为 361.72 万人,虽经多年开发建设,但工程不配套,输配水流不畅,调蓄工程很少,致使有水引不进,引进蓄不住,灌水技术落后,水量浪费严重,灌溉保证率很低。灌区内,复种指数为 170% ,粮食作物以小麦为主,其次为玉米、谷子、红薯等,播种面积约为农业用地面积的 $65\% \sim 70\%$;经济作物为棉花、西瓜等,播种面积约为 $30\% \sim 40\%$;油料作物花生、芝麻和油菜籽等,播种面积约为 $4\% \sim 5\%$ 。灌区规划灌溉面积 574.1 万亩,预测 2015 年节水灌溉面积 570.1 万亩,现有效灌溉面积为 366 万亩,二期续建工程可改善灌溉面积 28 万亩。

3.2. 数据来源与计算

本文中原始数据来自赵口灌区二期续建工程规划报告书及可研报告,结合其他现有研究成果,从经济、社会、生态环境三个方面综合分析工程成本和效益,并根据工程建设具体投资情况,对工程投资进行生态经济评价。工程项目的经济计算期为 2010 年到 2039 年,基准年采用 2010 年。将所收集资料进行分类后,根据相应的能值转换率或能值货币比,计算工程每年的生态经济成本与效益,详见表 1。

3.3. 计算结果与分析

由表 1,计算赵口灌区二期工程经济成本、社会成本和生态环境成本分别占生态经济成本的比例为 8.86% 、 0.01% 和 91.13% 。可见,工程的生态环境成本占主导地位,其中由工程挖方和填方造成的土壤损失能值为 $1.13\text{E}+21 \text{ sej}$,其余为雨水化学能和地球旋转能,说明农田水利工程建设对生态环境的最大影响是造成宝贵的土壤资源损失,这项成本在以往的工程项目可行性研究没有充分论证,主要原因在于以货币为度量标准的传统评价无法反映自然环境在人类活动中的重要作用,进而不能判断自然环境资源对人类的效用大小。类似的,计算赵口灌区二期工程经济

效益、社会效益和生态环境效益分别占生态经济效益的比例为 6.14%、0.61% 和 93.25%。显然, 由于工程建设和运行, 造福人类最大的是生态环境效益, 主要体现在固碳释氧价值方面, 这是人类存续须臾不可缺少的生态环境支撑之一。

根据表 1, 计算工程建设和运行期间的年平均成本、效益及能值效益成本比, 结果见表 2。

由表 2 可知, 运用能值分析方法从经济、社会、生态环境三个方面对赵口灌区二期工程进行可行性分析, 赵口灌区二期工程的能值效益成本比分别为 4.44、281.37 和 6.55, 均远远大于 1, 其生态经济综合能值效益成本比为 6.40, 也满足工程建设可行性要求。表明工程建设和运行期间, 除了带来显著的经济效益, 还可以大力促进社会发展, 明显改善生态环境。

Table 1. Cost and benefit calculation of the Zhaokou irrigation project (II)
表 1. 赵口灌区二期工程成本效益计算

项目	原始数据	单位	能值转换率(sej/单位)	能值(sej)	
生态经济成本				1.24E+21	
钢材	2.61E+07	g	1.40E+09 ^[6]	3.65E+16	
水泥	6.07E+08	g	1.98E+09 ^[6]	1.20E+18	
砂石料	3.70E+09	g	1.00E+09 ^[14]	3.70E+18	
土方	5.24E+10	g	2.00E+09 ^[14]	1.05E+20	
经济成本	机电、金属设备	1.26E+04	元	7.44E+11	9.35E+15
	电力	1.35E+11	J	1.59E+05	2.15E+16
	玉米	7.36E+10	J	8.52E+04	6.27E+15
	小麦	7.19E+10	J	6.80E+04	4.89E+15
	棉花	5.50E+09	J	8.60E+05	4.73E+15
	劳务	5.79E+05	d	4.32E+07	2.50E+13
社会成本	移民补偿	10	人	1.66E+16	1.66E+17
	耕地补偿	1	hm ²	3.53E+14	5.30E+15
	太阳能	1.02E+16	J	1	1.02E+16
	风能	1.76E+13	J	6.23E+02	1.10E+16
生态环境成本	雨水化学能	7.22E+12	J	1.54E+04	1.11E+17
	地球旋转能	2.09E+12	J	2.90E+04	6.05E+16
	土壤损失能值	6.64E+11	g	1.70E+09	1.13E+21
生态经济效益				7.93E+21	
	引黄水量	1.13E+09	m ³	4.32E+11	4.87E+20
经济效益	玉米	1.42E+08	J	8.52E+04	3.63E+12
	小麦	1.42E+08	J	6.80E+04	2.90E+12
	棉花	9.83E+06	J	8.60E+05	2.54E+12
	增加就业	6.00E+05	元	7.44E+11	4.46E+17
社会效益	科学研究	42	页	3.39E+15	1.42E+17
	旅游收入	6.4E+07	元	7.44E+11	4.76E+19
	节约用水	1.13E+08	m ³	4.32E+11	4.87E+19
	调节气候	3.94E+11	J	1.22	4.81E+12
生态环境效益	固碳价值	4.44E+09	元	7.44E+11	3.31E+21
	释氧价值	5.24E+09	元	7.44E+11	3.89E+21
	补给地下水	3.45E+08	m ³	4.32E+11	1.49E+20
剩余能值效益		3.97E+04	元	7.44E+11	2.95E+16

注: 1) 经济成本中, 玉米、小麦、棉花能值成本是由工程征地引起的粮食损失能值; 2) 经济效益中, 玉米、小麦、棉花能值效益是由工程改善灌溉条件引起的增产粮食能值(水利分摊部分); 3) 表中所用能值转换率, 未注明部分均参考文献[15]确定。

Table 2. The E_mCBR ratios of the Zhaokou irrigation project (II)
表 2. 赵口灌区二期工程能值效益成本比

项目	经济	社会	生态环境	生态经济
成本(sej)	1.10E+20	1.71E+17	1.13E+21	1.24E+21
效益(sej)	4.87E+20	4.82E+19	7.40E+21	7.93E+21
能值效益成本比	4.44	281.37	6.55	6.40

因此, 从生态经济评价角度来看, 赵口灌区二期工程具有较强的可行性。

4. 结语

农田水利工程关乎农业稳定发展和国家粮食安全的基础设施。能值理论综合分析生态经济系统各种能量流的转换机理, 定量研究生态效益与经济效益及其相互关系。本文利用能值理论这一特点, 在考虑农田水利工程经济、社会、生态环境三个方面, 分析工程项目的能值成本及效益, 根据能值效益成本比进行工程项目的生态经济评价。结合赵口灌区二期工程的实际情况, 不仅将二期工程产生的生态环境效益、社会效益进行了量化, 而且将工程系统中不同的货币流、能量流等生态流进行统一后综合分析了工程建设的可行性。本文首次从经济、社会、生态三个方面对农田水利工程进行能值分析, 不仅对全面、客观评价工程项目的成本和效益具有一定指导意义, 而且拓宽了能值理论在水利工程建设领域的应用范围, 但农田水利工程系统是一个多功能综合体系, 受人类活动影响较大, 且各功能间相互作用、相互影响, 因此尚需进一步深入研究以完善对农田水利工程生态经济定量评价的研究。

参考文献 (References)

- [1] 吴泽宁, 张超, 赵仁荣, 等. 工程项目系统评价[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002: 5-6, 163-168.
WU Zening, ZHANG Chao, ZHAO Renrong, et al. Engineering project systematic evaluation. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2002: 5-6, 163-168. (in Chinese)
- [2] LAMBERTON, G. Sustainability accounting—A brief history and conceptual framework. Accounting Forum, 2005, 29(1): 7-26.
- [3] 周祖昊, 王浩, 贾仰文, 等. 基于二元水循环的用水评价方法探析[J]. 水文, 2011, 31(1): 8-12.
ZHOU Zuhao, WANG Hao, JIA Yangwen, et al. Discussion on water use assessment based on dualistic water cycle. Journal of China Hydrology, 2011, 31(1): 8-12. (in Chinese)
- [4] 郑立群, 吴育华, 郑旌辉. 农田水利工程投资分摊对策的交互式多目标规划解法[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 43-45.
ZHENG Liqun, WU Yuhua and ZHENG Jinghui. Interactive

- method of multi-objective programming (MOP) to bear irrigation works' cost based on N-Person game theory. Transactions of the CSAE, 2000, 16(3): 43-45. (in Chinese)
- [5] 陈丹, 陈菁, 吕祝乌, 等. 水科学定量研究新思路: 能值理论与方法[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2008, 30(2): 1-5.
CHEN Dan, CHEN Jing, LV Zhuwu, et al. A quantitative analysis method in water sciences research: Emery theory and method. Journal of China Three Gorges University, Natural Sciences, 2008, 30(2): 1-5. (in Chinese)
- [6] 郭瑞丽, 管新建, 吴泽宁. 水利建设项目能值成本效益分析方法及其应用[J]. 水利水电技术, 2011, 42(6): 83-86.
GUO Ruili, GUAN Xinjian and WU Zening. Method of analysis on cost-benefit of emery for water resources construction project and its application. Water resources and hydropower engineering, 2011, 42(6): 83-86. (in Chinese)
- [7] CHEN, D., WEBBER, M., CHEN, J., et al. Emery evaluation perspectives of an irrigation improvement project proposal in China. Ecological Economics, 2011, 70: 2154-2162.
- [8] 陆宏芳, 蓝盛芳, 李谋召, 等. 农业生态系统能值分析方法研究[J]. 韶关大学学报, 2000, 21(4): 74-78.
LU Hongfang, LAN Shengfang, LI Mouzhao, et al. Study of agroecosystem emery synthesis method. Journal of Shaoguan University (Natural Sciences), 2000, 21(4): 74-78. (in Chinese)
- [9] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 27-42.
LAN Shengfang, QIN Pei and LU Hongfang. Emery analysis on ecological-economic systems. Beijing: Chemical Industry Press, 2002: 27-42. (in Chinese)
- [10] 周红. 大型工程全寿命期生态成本研究综述[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(21): 43-46.
ZHOU Hong. Research framework on life-cycle ecological cost of large-scale project. Science & Technology Progress and Policy, 2009, 26(21): 43-46. (in Chinese)
- [11] KANG, D., PARK, S. S. Emery evaluation perspectives of a multipurpose dam proposal in Korea. Journal of Environmental Management, 2002, 66(3): 293-306.
- [12] 李玉海, 陈亚杰. 水利水电工程建设对生态环境的影响[J]. 水利科技与经济, 2009, 15(8): 719-720.
LI Yuhai, CHEN Yajie. The influence of building water conservancy and hydropower project on eco-environment. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2009, 15(8): 719-720. (in Chinese)
- [13] 水利工程效益. 百度百科[URL], 2012.
<http://baike.baidu.com/view/3870054.htm>
Benefit of Water Project. Baidubaik, 2012.
<http://baike.baidu.com/view/3870054.htm> (in Chinese)
- [14] CHEN, B., CHEN, G. Q. Emery-based energy and material metabolism of the Yellow River basin. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2009, 14: 923-934.
- [15] 吕翠美. 区域水资源生态经济价值的能值研究[D]. 郑州大学, 2009.
LV Cuimei. Research on ecological economic value of regional water resources based on emery theory. Zhengzhou University, 2009. (in Chinese)