

引江济太工程综合效益的评估及方法探讨*

吴浩云^{1,2}, 周丹平³, 何佳³, 包存宽^{3,4}

(1: 同济大学经济管理学院, 上海 200092)

(2: 水利部太湖流域管理局, 上海 200434)

(3: 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

(4: 长江水环境教育部重点实验室, 上海 200092)

摘 要: 引江济太调水工程自 2002 年实施以来, 不仅发挥了防洪除涝的巨大作用, 而且给太湖流域带来了显著的社会、经济和环境效益. 探讨评估引江济太工程综合效益的综合指数法与价值估算法, 利用层次分析法确定评价因子权重, 计算了城镇自来水厂的直接经济效益. 通过公众与专家调查确定因子值, 然后计算得到综合效益得分为 $U=77$, 表明引江济太调水对阳澄淀泖区的经济、社会 and 环境的综合效益明显, 在保障流域河道水位、水环境功能达标、水资源需求满足率, 降低人体健康风险, 促进水资源综合利用, 提高人居环境舒适度、水产养殖效益、水厂效益、工业供水及农业效益等方面效益明显. 此外, 在提供就业、促进地区文化以及旅游、房地产、航运等方面也有一定的效益. 2002–2005 年常规调水改善阳澄淀泖区城市自来水厂降低成本的年度效益分别为 993 万元、2926 万元、3617 万元、3507 万元, 合计 11043 万元. 根据水厂效益在综合效益中的贡献比例, 可得引江济太产生的经济效益约为 4.8 亿元, 综合效益为 53 亿元.

关键词: 引江济太; 效益; 综合指数法; 价值估算法

Integrated benefit assessment of the project water diversion from Yangtze River to Lake Taihu and discussion on the methodology

WU Haoyun^{1,2}, ZHOU Danping³, HE Jia³ & BAO Cunkuan^{3,4}

(1: *College of Economy and Administration, Tongji University, Shanghai 200092, P.R.China*)

(2: *Taihu Basin Authority, Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, P.R.China*)

(3: *College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P.R.China*)

(4: *Key Laboratory of Yangtze River Water Environment, Ministry of Education, Shanghai 200092, P.R.China*)

Abstract: The project of Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu has played an important role in preventing flood, and brings about great integrated benefits on society, economy and environment in the Taihu Basin since 2002. The paper discusses the methodology for evaluating the integrated benefit of Water Diversion, and uses analytical hierarchy process and weighted synthetic index to determine the integrated benefits of the project. Moreover, the paper uses market pricing method to determine the direct benefit of saving chemicals in the water works within the region. The value of synthetic index of integrated benefit is $U=77$, that means the project has large benefits to economy, society and environment of Yang-Cheng-Dian-Mao District, especially the water quality and quantity of rivers in the Taihu Basin has improved to meet water source quality, reducing health risk, promoting integrated utilization of water resource, improving living environment, expanding aquiculture benefit, saving water works expenditure, gaining industry water supply and agriculture benefits, etc. During 2002–2005, the four year benefit from improving drinking water quality by the project was 9.9 million, 29.2 million, 36.2 million, 35.1 million respectively, and totally 110.4 million. According to the proportion of economic benefit with integrated benefit, the imputed economic benefit was about 4.8 billion; consequently the integrated benefit was about 5.3 billion.

Keywords: Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu; benefit; synthetic index method; value estimating method

* 2007–09–17 收稿; 2008–06–26 收修改稿. 吴浩云, 男, 1963 年生, 教授级高级工程师.

引江济太调水工程依据“以动治静、以清释污、以丰补枯、改善水质”的原则,依托望虞河、太浦河两项骨干工程,将长江水引入太湖和相关河网,通过太浦河和环太湖口门向周边区域供水,战略重点是发挥防洪除涝功能,同时改善太湖和河网水质,促进太湖流域的水资源配置,统筹考虑生活、生产和生态用水,以水资源的可持续利用支持流域经济社会的可持续发展.自2002年实施以来,通过望虞河常熟水利枢纽累计引水90多亿 m^3 ,其中通过望亭水利枢纽直接入太湖40多亿 m^3 ,通过太浦闸向下游增供水100多亿 m^3 ,受益范围近 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,受益人口约3000万.

为全面而有效地评估引江济太调水的环境、社会、经济综合影响,本文选择受益最为直接且比较明显的阳澄淀泖区,选用综合指数法和价值估算法,对引江济太调水综合效益进行了初步评估,并且分析了综合指数与价值估算法研究结果之间的关系.

1 引江济太工程概况及研究范围

1991年太湖流域遭受严重洪涝灾害后,在各级政府和各部门的共同努力下,治太十一项骨干工程,包括望虞河、太浦河、环湖大堤、南排等四项流域重点骨干工程启动.目前,太湖流域已初步形成防洪、排涝及水资源补给的骨干工程体系.太湖流域在基本保障了防洪除涝功能之后,发挥水资源综合效益就成为主要目标.在供水方面,从以农业灌溉为主,扩展到为全社会的供水服务,尤其是保障城市供水的水量与水质,特别是满足上海市和沿运河城市的水资源供需给予了足够的重视,充分利用新辟骨干河道进行流域水资源调配^[1].引江济太工程在阳澄淀泖区发挥作用的骨干工程包括望虞河常熟水利枢纽工程、望亭水利枢纽工程以及太浦闸工程.

1.1 骨干工程(图1)

1.1.1 望虞河常熟水利枢纽工程 该工程位于常熟市海虞镇,于1998年12月建成,为望虞河连接长江的控制性水工建筑物,距望虞河入江口约1.06km,距太湖约60.3km.在承担流域泄洪和地区排涝任务的同时,还承担着自引长江水,向地区供水的任务,较好地发挥了其综合作用.

1.1.2 望亭水利枢纽(望亭立交)工程 该工程于1998年建成,位于苏州市湘城区望亭镇以西,望虞河与京杭大运河交汇处.汛期望虞河排洪时,不影响京杭运河的正常航运;控制望虞河泄洪水位泄量,控制水位小于4.2m;非汛期控制太湖水位.望亭立交是望虞河与大运河立交的重要水利枢纽,是引江济太过程中唯一可以避免受大运河污水影响,直接将长江水引入太湖的工程措施.

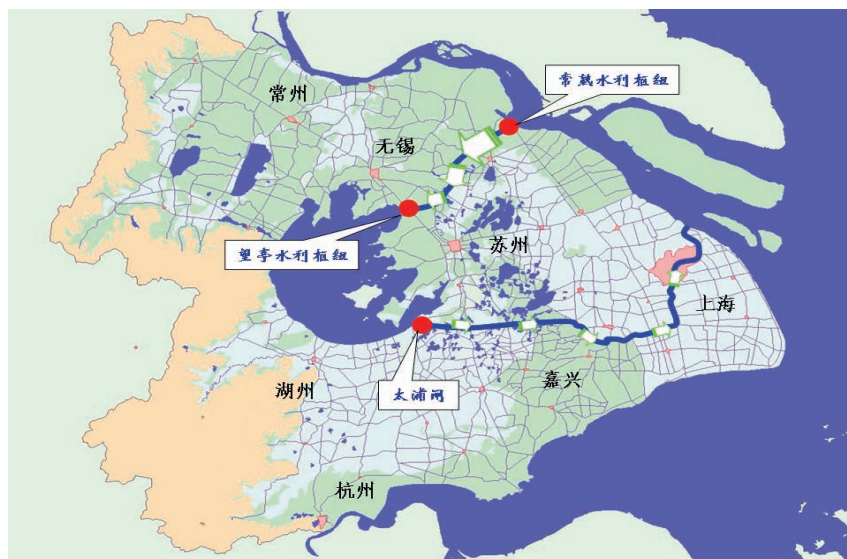


图1 “引江济太”图及骨干工程

Fig.1 The map of “Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu” and major projects

1.1.3 太浦闸工程 该工程于1995年3月建成，位于江苏省吴江市境内的太浦河进口段，西距太湖约2km。当太湖水位高于控制水位时，进行洪水调度；低于控制水位时，太浦闸一般停止泄水，当望亭立交开闸引水时，太浦闸可视太湖水位情况适当开启，以加快太湖水体流动，改善河网水质。

1.2 调水工程实施回顾

2002年起正式调水，至2006年共调引长江水 $73\times 10^8\text{m}^3$ ，其中通过望虞河入太湖 $31\times 10^8\text{m}^3$ ，通过太浦闸向下游的苏州、杭嘉湖地区及上海增加供水 $46\times 10^8\text{m}^3$ ，有效地保障了城镇饮用水安全。引江济太调水使太湖保持在3.0–3.4m的适宜水位，换水周期从300d缩短至250d左右，河网受益地区水体置换一遍，太湖及河网水质明显改善。尤其是在2003年8月黄浦区上游突发的重大燃油污染事故时，保障上海市正常供水；在2004年苏州举办第28届世界遗产大会期间改善苏州内河水质，以及在2003年太湖流域发生特大高温与干旱灾害中，保障工农业正常生产与人们生活发挥了关键性的作用。

2002年至2006年引江济太引排水量见图2。

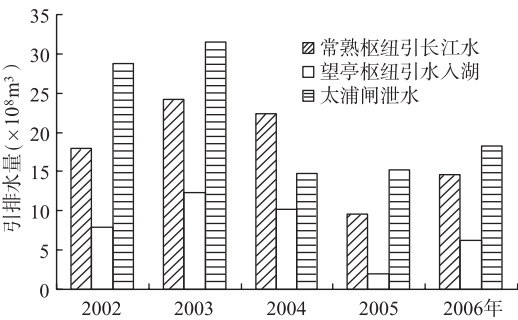


图2 2002–2006年引江济太引排水量

Fig.2 Amount of Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu during 2002–2006

1.3 研究范围

- (1) 空间范围：该论文研究的空间范围为阳澄淀泖地区。由于引江济太调水中，望虞河引水入太湖直接影响太湖的贡湖区，望虞河排水供水直接影响到黄浦江上游地区(其中包括上海市松江区、青浦区)，因此这两部分亦属于此次研究的范围之内。阳澄淀泖区分区情况说明见表1。
- (2) 时间范围：鉴于基础资料及数据收集的限制，本评估的引江济太调水时间段为2002–2005年，2006年仅作参考。
- (3) 要素范围：综合效益评估要素包括经济效益、社会效益及环境效益三个方面。

表1 阳澄淀泖区分区情况说明

Tab.1 Sub-area of Yang-Cheng-Dian-Mao District

分区	所属区域	分界线及区内有关情况
阳澄区	苏州市郊、昆山市、常熟市阳澄区、太仓市	地处望虞河和大运河以东，娄江和沪宁铁路以北，东濒长江，控制灌排面积2537.4km ² 。地势东高西低，以盐铁塘为界分成阳澄圩区和滨江平原两大片。常浒河、白茆塘、七浦塘、杨林塘、浏河为该区域五大引排河道，80%的水量由其排入长江；阳澄湖等18个333335m ² 以上的湖荡为该区域水系的调蓄中心。
淀泖区	苏州市区、昆山市、吴江市；上海市松江区、青浦区	位于太湖下游，娄江、沪宁铁路以南，太浦河以北，控制灌排面积1535.56km ² 。湖荡河网稠密，圩区、半高地、平原三者交错。

2 引江济太工程综合效益调研及评估方法

2.1 评估的背景与调研

2.1.1 评估的背景 引江济太工程的效益评估可以分为两部分: 防洪除涝效益和增加水环境容量。

(1) 防洪除涝效益评估: 自 2006 年以来, 水利部太湖流域管理局已完成了工程防洪除涝效益的系统评估^{①②}。调水的实践表明该工程保障了太湖流域的工农业生产和人民生命财产安全, 免受洪涝灾害威胁。工程的投资获取的经济、社会效益表明这是一项成功的水利举措。因此, 本文中的综合效益评估未包含防洪除涝方面的内容。

(2) 增加水环境容量效益评估: 引江济太工程从长江调入了大量优质水, 补充了流域的水资源量, 改善了水质, 亦即增加水环境容量。发挥了以清释污、以丰补枯、以动治静、改善水质的作用。自 2002 年本工程运行以来, 约 30% 的长江水进入阳澄淀泖区的水网, 在本区, 一定程度上取得了显著的综合效益。

但是, 由于本区近十几年来快速的城市化和工农业与服务业的发展, 排入水体的点源与面源污染物量逐年增长, 区内水面率不断缩小, 水产养殖面积不断扩大, 通过引江济太增加的环境容量远不够缓解水质恶化的趋势。引水的“以清释污”功能只是在短期、局部地显现出来。但是, 多年来, 由于本区污染持续增加和水网水量、水质年度、季度的一定变化幅度常掩盖了本工程综合效益。此外, 工程建设和运行中, 由于资金与体制等限制, 可获取的水质监测与水文观测数据有限, 也增加了定量评估的难度。

2.1.2 效益评估的调研 调研工作从实际出发开展以下工作: (1) 收集与分析本区各市、区近 6 年的社会、经济与环境的统计年鉴, 包括各种统计年鉴、环境质量公报与社会经济信息; (2) 太湖局提供的本区水文测验、本工程运行的详细信息; (3) 去访本区各市、区及下属的水利、环保与涉水相关行政部门及技、职人员, 听取对引江济太实施前后效益的认识或评述, 并且收集其能提供的资料; (4) 调查了解专家对本工程社会、经济与环境效益的意见与经验, 定性定量判断; (5) 实地考察骨干工程和主要湖泊与河道的水质与周围污染源状况。

2.2 评估的技术路线

在系统调研基础上, 参考国内外在流域调水工程和水利工程综合效益评估研究成果^[3-8], 运用综合指数法对整体效益作半定量的价值评估, 同时采用工程成本法估算增加水环境容量、降低市镇自来水厂处理成本的效益, 探索性地推测引江济太调水可能取得的总经济效益(图 3)。

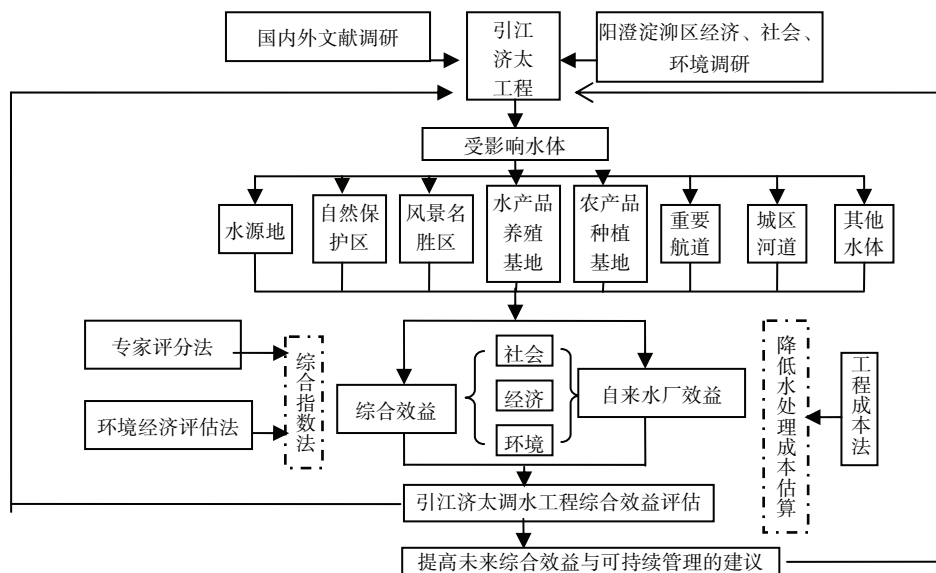


图 3 技术路线

Fig.3 Technical line

① 水利部太湖流域管理局. 引江济太效果评估研究报告. 2006.

② 水利部太湖流域管理局. 引江济太调水试验工程总结报告. 2005.

2.3 综合指数法

由于可获取信息的限制以及社会经济条件的制约,综合指数法是基于专家判断与公众意见完成的.

2.3.1 指标体系设置原则 (1) 综合性和客观性. 应综合考虑调水工程通过水量增加和水质改善对于太湖流域、阳澄淀泖地区社会进步、经济发展和环境保护的综合效益,客观地识别调水工程影响范围和程度,全面考虑水环境功能区划分情况,结合地方社会、经济发展和环境保护要求,系统地反映调水工程对阳澄淀泖区可持续发展能力的作用和意义.

(2) 简明性和可操作性. 从理论上讲,指标体系的涉及面越广,就越能全面地反映本工程综合效益.但是,指标越多,数据收集和处理的的工作量大增,另外,指标划分过细,易发生指标的反映信息重叠.因此,指标体系必须具有代表性且简单、明了,数据应可获取.

(3) 现实性与导向性. 评价指标体系作为一个整体应当能够综合反映调水工程对阳澄淀泖区经济社会环境的综合效益.并能综合反映工程和区域的可持续发展能力,除了评价现状,还对未来发展起引导作用.

2.3.2 指标体系的设置程序 本指标体系构建经过了3次筛选:首先在调水工程各种影响识别的基础上,结合不同水体功能效益分析以及区内社会、经济与环境可持续性 etc 作评价,初步筛选出能适于评价工程综合效益的指标,包括来水的水量水质、受纳水体的水量水质变化、水体服务区域的生产供水、生活供水以及生态供水;其次对指标进行适用性分析,将相关程度较高的指标进行合并,并根据数据的可获得性和可操作性作进一步筛选,包括来水状态、直接影响与间接影响;最后经过公众参与,专家分析、判断,筛选出最终的指标体系,包括经济效益、社会效益与环境效益.

2.3.3 综合评价 利用综合指数法进行评价主要分 3 步: (1) 权值计算: 选用层次分析法^[11-12]确定各指标的权值,权值大小能够反映不同指标在评价体系中的相对重要程度.权值合理与否,是影响评估结果是否准确的因素之一.本次评价确定各要素的权值见表 2. (2) 分值计算: 在一个包含多项评价指标的体系中,各项指标的取值范围各不相同,为了得到恰当的综合评价结果,需要将各项指标作归一化处理,成为取值范围一致的指数.本项研究中,聘请水利、环保与经济学领域专家及相关部门的代表,给予各指标分值,

表 2 引江济太调水综合效益指标体系及评估指标权重、得分值
Tab.2 Integrated benefit index system of Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu and weigh
and grad of evaluating index

目标层 A	系统层 B	要素层 C	权重 W_i	分值 u_i
引江济太对阳澄淀泖区的经济、社会和环境影响的综合效益	经济效益 B1	工业供水效益 C11	0.01	76
		农业效益 C12	0.01	71
		水产养殖效益 C13	0.04	87
		航运效益 C14	0.01	64
		旅游效益 C15	0.01	67
		房地产效益 C16	0.01	66
	社会效益 B2	自来水厂效益 C17	0.02	85
		提供就业 C21	0.02	64
		促进水资源综合利用 C22	0.04	74
		保障水资源需求满足率 C23	0.08	86
		降低人体健康风险 C24	0.04	80
		促进地区文化发展 C25	0.01	65
	环境效益 B3	提高人居环境舒适度 C26	0.02	72
		保障河道水位 C31	0.18	80
		保障水环境功能达标 C32	0.50	76

经过整理得到各要素效益的分值见表 2. 正面影响的分值范围为 0–100, 分值越高表示该项指标越令人满意. 负面影响的分值范围为–100 至 0, 分值越低表示该项指标对环境的影响越小. (3) 分级标准: 通过以上步骤的计算, 能得到总分值. 从分值上, 可以直观的判断影响程度. 通常采用的是五级均分法: 即 I 级为正面影响重大, II 级为正面影响明显, III 级为正面影响较小, IV 级为负面影响明显, V 级为负面影响较大. 本次评价中因负面影响很小, 故改为 IV 级, 其分值范围见表 3.

通过调查获得各项指标值以后, 利用加权求和公式(1)计算得到总分.

$$U = \sum w_i u_i \tag{1}$$

式中: w_i 为各单项评价指标的权值, 用层次分析法确定; u_i 为各单项评价指标的得分值. 可以用 U 值来确定综合效益的大小. U 越大, 说明综合效益越大.

表 3 引江济太调水综合效益评定等级
Tab.3 Assessment rank of integrated benefit of Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu

综合效益等级	I	II	III	IV
水平	重大	明显	很小	非常小
U 值范围	>80	80–60	60–40	<40

2.4 价值估算法

在综合评价中无论是层次分析或分值计算都要基于对各要素因子的估值. 根据 J.A. Dixon 等对环境价值评估方法适用性的分类^[11], 经过分析, 确定可以对引江济太调水工程综合效益定量评估指标体系(表 4).

3 评估结果与分析

3.1 综合效益

按照上述方法, 从经济效益、社会效益以及环境效益 3 方面, 综合效益评价结果得分为 $U=77$, 说明引江济太调水对阳澄淀泖区的经济、社会和环境影响的综合效益明显, 尤其是在保障流域河道水位、保障水环境功能达标、保障水资源需求满足率、降低人体健康风险、促进水资源综合利用、提高人居环境舒适度、水产养殖效益、自来水厂效益、工业供水及农业效益等方面效益明显. 此外, 在提供就业、促进地区文化以及旅游、房地产、航运等方面也有一定的效益.

3.2 价值估算应用示例

在本综合效益评估中, 发现引江济太调水后, 阳澄淀泖区的主要城镇自来水厂原水水质在一定时期内有明显改善, 因而降低了处理过程的投药量, 取得降低运行成本和改善水质的效益.

本区内水厂水处理通常投加的药剂有: 硫酸铝(或聚合氯化铝)、液氯和高锰酸钾、活性炭等. 在水质优于 III 类时, 一般情况下需投加的混凝剂为硫酸铝或碱式氯化铝等以及消毒剂液氯; 当原水水质变差, 混凝剂和液氯等投量将增加, 还需投加活性炭和高锰酸钾等; 如果水源地受到严重污染, 混凝剂和活性炭会大量增加.

本次计算中, 分为两种情况: 一是水质从 IV/V 类提高到 III/IV 类时, 投加液氯以及硫酸铝的量减少(不考虑高锰酸钾及活性炭); 二是原水水质变差或者水源地受到严重污染时, 投加硫酸铝以及活性炭量大增, 投加液氯也不同程度的增加^{[12-13]①②}. 依据 2002–2005 年阳澄淀泖区水厂水质改善状况及天数, 计算效益(表 5). 主要水厂水源地取水口位置分布见图 4.

由以上分析可知, 2002–2005 年常规调水改善阳澄淀泖区饮用水水质的效益分别为 993 万元、2926 万元、3617 万元、3507 万元, 合计 11043 万元.

①同济大学建筑设计研究院等. 东江—深圳供水渠道水生物处理工程可行性研究报告. 1997.
②同济大学, 太湖流域管理局. 引江济太对流域经济、社会影响效益评估——阳澄淀泖区影响与效益评估研究报告. 2007.

表 4 费用效益分析的因子及其计算方法
Tab.4 Factor of Cost –Benefit Analysis and calculating method

项目	费用变化	效益变化	所需资料/数据	计算或判断方法
工业供水	1 用水费用增加 2 设备运行维护管理成本变化 3 降低工业用水量的变化造成的生产损失	1 工业产值的增加(产量、产质) 2 水处理成本的降低 3 就业人数的变化 4 员工收入的变化		市场价值法; 定性分析
农业	种植业灌溉成本(灌溉运行成本、水资源费用)降低	1 农作物产量增加、农产品质量改善 2 农业从业人数增加、农民收入增加 3 农产品健康风险降低	1 工程实施前后受影响地区农产品单位产量、市场价格、受影响面积 2 工程实施前后受影响地区的农业从业人数的变化; 农民收入变化 3 降低发病率而减少的医疗费用	市场价值法; 定性分析; 疾病成本法
水产养殖	1 渔业可用水量的增加 2 养殖面积的扩大	1 水产品产量增加、水产品品质提高 2 渔业从业人数增加、渔民收入增加 3 水产品健康风险降低	1 工程实施前后受影响地区水产品单位产量、市场价格、受影响面积 2 工程实施前后受影响地区的渔业从业人数的变化; 渔民收入变化 3 降低发病率而减少的医疗费用	市场价值法; 定性分析; 疾病成本法
航运	1 运行成本增减 2 环境风险成本增减	通航能力和运量增加	工程实施前后运量的变化	市场价值法
旅游业	1 旅游区运行和建设范围扩大, 投资增加 2 垃圾废物处理量增加, 费用增加	1 旅游业产值的增加 2 旅游人数的增加(旅客满意度提升) 3 就业人数增加	旅游区水景观、水服务设施的增加等所带来的经济效益	旅行费用法; 定性分析
房地产	1 水景观建设运行成本 2 景观水处理成本 3 水污染处理成本 4 环境风险成本	1 房地产价格的提高 2 人居环境舒适度提高	工程实施前后受影响地区房地产价格	市场价值法; 意愿评估法
自来水厂	1 供水范围扩大 2 设备运行维护管理成本降低	1 供水量增加(生产规模扩大) 2 供水保障率(供水面积、供水人口数量)提高 3 水处理成本降低	1 工程实施前后供水量差 2 水处理成本变化 3 单位出水价格	市场价值法; 定性分析
生活用水	1 供水量增加 2 水质改善, 水费的变化	人体健康风险降低	降低发病率, 减少医疗费用	疾病成本法



图 4 阳澄淀泖区空间范围及主要水厂水源地取水口位置分布
Fig.4 The Map of Yang-Cheng-Dian-Mao District and intake distribution of major water works in Yang-Cheng-Dian-Mao District

表 5 2002–2005 年阳澄淀泖区各自来水厂水质改善天数及效益评估
Tab.5 Number of days of water quality improvement and benefit assessment of major water plants in Yang-Cheng-Dian-Mao District during 2002–2005

序号	水厂名称	药剂成本(元/m ³)			供水量 (×10 ⁴ m ³ /d)	水质改善 天数(d)	效益 (万元)
		液氯	硫酸铝	总共			
1	苏州白洋湾水厂				30	254	193
2	苏州北园水厂				12	450	137
3	吴江平望水厂				2		33
4	吴江横扇水厂				0.5		8
5	青浦原水厂	0.0063	0.019	0.0253	26	659	433
6	松浦原水厂				500		8336
7	闵行二水厂				67		1117
8	松江原水厂				42		700
9	常熟第二自来水厂				7.5	450	85
合计							11043

3.3 分析讨论

通过综合指数法得出, 水厂效益对经济效益的贡献比例是 23%, 经济效益对于综合效益的贡献比例是 9%. 2002–2005 年, 引江济太调水通过改善水质而降低水厂水处理成本所带来的效益是 1.104 亿元, 通过计算得出, 引江济太所产生的经济效益约为 4.8 亿元, 综合效益为 53 亿元.

4 讨论

由于引江济太工程是一项巨大而又复杂的调水工程, 所涉及的水体及区域复杂, 由于受到方法、技术、经费特别是基础信息或数据可获性等的制约, 定量地、准确地、全面地评价引江济太调水的环境、社会、经济综合效益存在困难。

本文通过对综合指数法以及价值估算法的讨论, 试图建立起两者之间的关系, 并通过加权计分以及自来水厂降低成本的定量估算, 并将二者结合来进行综合效益的评估, 作为调水工程效益评估的一种探索, 可能有助于类似工程综合效益评估的参考。本文的方法尚待今后实践的验证。

5 参考文献

- [1] 黄宣伟. 论《太湖流域综合治理规划》的得失. 湖泊科学, 2002, **14**(3): 203-208.
- [2] 李春生. 南水北调: 中国跨世纪的又一宏伟水利工程. 科技进步与对策, 1998, **15**(1): 45-48.
- [3] 盛海洋, 王飞跃, 李 勇等. 南水北调工程规划特点及其综合效益研究. 水土保持研究, 2005, **12**(4): 178-182.
- [4] 李忠魁, 杨进怀, 宋如华等. 北京山区水利富民工程的环境价值评估. 水土保持学报, 2004, **18**(5): 163-167.
- [5] Li Zhongkui. Value of forest to conserve soil and water. 12th International Soil Conservation Organization Conference, 26th-31st, Beijing, P.R.China, 2002.
- [6] Tom Tietenberg. Environmental and natural resources economics. Harper Collins Publishers Inc, 1992.
- [7] 李忠魁, 宋如华, 杨茂瑞等. 流域治理效益的环境经济学分析. 中国水土保持科学, 2003, (3): 56-62.
- [8] 郭剑平, 陈绍军, 薛其昌. 江水北调工程社会经济分析. 江苏水利, 2001, (11): 20-22.
- [9] 赵焕臣, 许树柏, 和金生等. 层次分析法. 北京: 科学出版社, 1986.
- [10] 刘志斌, 王 永, 邵立南. 基于层次分析法的地下水质量评价. 安全与保护, 2006, (2): 48-50.
- [11] Dixon JA, Scura LF, Carpenter RA *et al.* 环境影响的经济分析. 何雪炘, 周国梅, 王 灿译. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 35-42, 49-74, 139-143.
- [12] 严煦世, 范瑾初. 给水工程(第四版). 中国建筑工业出版社, 1999: 362.
- [13] Metcalf and Eddy. Wastewater engineering treatment and reuse (4th ed). McGraw & Hill Corp, 2003: 1239-1242.