

生命周期条件下 水资源增值研究

◎王瑞波 著

中国农业科学技术出版社

生命周期条件下 水资源增值研究

◎王瑞波 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生命周期条件下水资源增值研究 / 王瑞波著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2013. 6

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1285 - 4

I. ①生… II. ①王… III. ①水资源利用 - 研究 IV. ①TV213.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 103247 号

责任编辑 崔改泵 涂润林

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109194 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82109194

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 8.5

字 数 140 千字

版 次 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

前 言

我国是水资源短缺国家，用水效率偏低、水资源污染已成为制约我国社会经济可持续发展的首要资源环境问题，解决此问题的关键是提高水资源利用率和利用效率，促进水资源增值。围绕提高水资源利用率和利用效率，学者们做了大量研究，但是，已有的研究大多是从流域、地区、部门、行业的角度出发研究某一阶段或者局部的问题，而没有从系统、全局、全过程、战略高度来考虑问题。具体而言，目前，关于水资源利用率和利用效率的研究更多关注利用阶段，忽略了开发和废弃阶段；大多研究关注经济效益、忽视了社会效益和环境效益。另外，水资源在某些阶段增值，但是，全过程来看不一定增值，甚至有可能减值，所以，仅研究局部的增值也不能从根本上解决提高水资源利用率和利用效率的问题。如果将生命周期理论应用于水资源增值，在水资源“开发—利用—废弃”全生命周期过程及“社会—经济—环境”所组成的复合系统的双重约束下研究水资源增值，则能够有效的弥补上述研究中存在的不足。

水资源增值就是指将水资源置于社会—经济—环境（生态）构成的复合系统中，尽可能少地消耗与使用水资源，提高水资源利用率和利用效率，创造更多有效的价值和服务。生命周期的基本含义可以通俗地理解为“从摇篮到坟墓”的各阶段的总和。水资源作为一种特殊的资源也具有生命周期。然而，国内外对于生命周期条件下水资源增值的研究几乎处于空白。本书从水资源生命周期的视角来研究实现水资源增值的理论、模式与机制，主要研究内容如下。

（1）水资源生命周期及评价理论研究

水资源生命周期和评价理论是水资源其他相关研究的基础。目前，国内外还没有开展水资源生命周期以及水资源生命周期评价的系统研究。本文将生命周期理念引入水资源，界定水资源生命周期的概念内涵，提出水资源生命周期的特征与分类，研究水资源生命周期实物量和价值量流动。在水资源

生命周期理论研究基础上,研究水资源生命周期评价的概念内涵、特征与分类。

(2) 水资源增值理论、模型及其耦合诊断方法研究

研究与水资源增值的相关理论,借鉴相关理论,结合水资源特性,研究水资源增值理论,包括水资源增值内涵与特征,研究水资源生命周期内各阶段水资源增值模型,探讨水资源生命周期条件下水资源增值耦合模型,并给出水资源耦合增值及可持续发展诊断判别标准。

(3) 生命周期条件下水资源增值模式研究

分别以农业用水、工业用水和生活用水为研究对象。划分农业用水生命周期阶段,研究生命周期条件下农业用水增值模式和途径;划分工业用水生命周期阶段,研究生命周期条件下工业用水增值模式和途径;划分生活用水生命周期阶段,研究生命周期条件下生活用水增值模式和途径。

(4) 生命周期条件下水资源增值机制研究

建立生命周期条件下水资源增值的长效机制主要通过水价和水资源优化配置来实现。包括两个方面:一是形成合理的水价机制从而构建以水价促进水资源增值的机制;二是通过水市场优化水资源配置,建立水资源优化配置机制,从而实现整个生命周期内水资源的增值。

本书将生命周期思想系统引入水资源价值研究中,探讨水资源“开发—利用—废弃”生命周期条件下的增值,为提高整体水资源综合利用率和利用效率奠定理论基础,为科学评价水资源开发利用整体效果提供了新思路和方法。论文的贡献及可能的创新点包括:

①将生命周期思想引入水资源利用与管理领域,并开展深入研究。生命周期思想源于20世纪60年代能源危机,现应用于诸多领域,特别是在生态环境领域发展迅速而且影响较大,对生态环境的保护起到了巨大指导作用。水资源开发—利用—废弃过程存在明显的生命周期,但国内对水资源生命周期的研究较为少见,尤其是缺乏系统的研究。论文从水资源的特殊性出发,将生命周期思想系统引入水资源领域,提出了水资源生命周期的内涵、特征与分类,分析水资源生命周期实物量与价值量的流动。在分析水资源生命周期基础上,对水资源生命周期评价理论进行了探讨。

②创建生命周期条件下水资源增值理论、模型及其机制。本研究将水资源增值置于水资源生命周期和社会—经济—环境复合系统的“双重约束”条件下,系统地研究生命周期内水资源增值,提出水资源增值理论、水资源

增值模型和水资源增值机制，为科学评价水资源开发利用综合效果提供了新的理论与方法。

③构建生命周期条件下农业用水、工业用水和生活用水的增值模式。本研究将水资源生命周期理论和增值理论引入农业用水、工业用水和生活用水，提出农业用水、工业用水和生活用水的生命周期阶段划分，分别研究上述水资源在不同生命周期阶段的增值模式与途径，为农业用水、工业用水和生活用水增值提供新的研究思路和方法。

Preface

As a water shortage country, China has faced low water use efficiency, pollution of water resource, which had become the most serious environmental and resources' problems and restricted the sustainable development of society and economy in China. The key to resolve these problems is to improve the water resources utilization and use efficiency and to strengthen added-value of water resources. There are a lot of scholars, who had done many researches on improving water resources efficiency, unfortunately, most of literature focus on specific issues such as watershed, region, sector, industry, and none of them has paid attention to systemic, global and the whole process strategic water resources added-value. For example, current water resource added-value research more concerns about water use, while neglect water supply and water waste treatment, and most studies focuses on economic benefit ignoring social and environmental benefits. Particularly, added-value of water resources at some stage has not resulted in true value added in the whole process or even it may bring decrease value of water resources. Therefore, it can't solve the water resources problems fundamentally if adopting the partial value-added method in China. Under this condition, the life-cycle theory can be applied in water resources management research to overcome the shortcomings in the previous study. Under the double constraints including the supply-consumption-waste treatment and the social, economic, and environment the added-value of water resource, the life cycle theory will be used to study how to increase water resource value.

Added-value of water resources means that in the compound system of social-economic-environment (ecological), how to use water resources as little as possible, to improve the rate of multipurpose and utilization efficiency of water resources, and create more efficient value and service. The meaning of the life-cycle

can be interpreted as the whole sum of the life cycle process which is from “the cradle to the grave” . As a special resource, water resource also has its life-cycle. However, there is no study both domestic and international to apply the life-cycle theory on added-value of water resources. This article from the perspective of the water resources life-cycle to study the added-value of water resources, include theory, models and mechanisms of water resources added-value. The main contents as follows:

(1) Study on the theory and review of life-cycle water resources. The theory and review of life-cycle water resources is the basis for further study on water resource management and other related researches. At present, there is not research on water resource life-cycle and water resource life-cycle assessment at all. This article apply the life cycle concept to study the water resource management, to define the concept and content of water resource life-cycle, to propose the features and classification of water resource life-cycle, and to analyze the flow of real logistic and value in all life-cycle of water resource. Based on the theoretical research in life-cycle of water resources, the concept, characteristics and classification of the life-cycle assessment of water resource is proposed.

(2) Study on the theory, model of the added-value water resources and coupling diagnosis method of water resource. The theory of the added-value water resource is studies referencing these theories which are related to the water resource added-value and water resource management and considering the features of water resource. It includes the water resources' connotation and characteristic, the added-value model at the various stages of one all water resource life-cycle. The added-value coupled model under the conditions of the water resource life-cycle is discussed, and the criterion about water resource coupled added value and sustainable development is provided.

(3) Study on the added-value patterns of water resources under the life-cycle condition. The water resource used in agriculture, domestic and industry is the study object in different sections. The added-value patterns and approach of the water resource used in agriculture, domestic and industry is studies by dividing the life-cycle stages.

(4) Study on the added-value mechanism of water resources under the life-

cycle condition. The establishment of long-term effect mechanism of water resources added-value under the life-cycle condition mainly achieve through the optimal allocation of water resources and water price. It include two aspects: on the one hand, to formats reasonable water price mechanism to promote gaining the added-value of water resources and on the other hand, to achieve the optimal water allocation mechanism through water market to realize the added-value of water resources in the whole life-cycle process.

This paper introduced life-cycle theory into added-value of water resource during the whole life-cycle of “exploiting-using-discarding”. To build a steady theory foundation for promoting comprehensive efficiency of water resource, and to offer new methodology for evaluation the performance of water resource, the contributions and innovations of this paper can be concluded as follows:

(1) The life-cycle theory is introduced into water resource usage and management. The life-cycle theory originates from the energy crisis in 1960s. It is widely used in many fields especially in the ecological environment, which has played a significant role in environmental protection. The process of water resource “exploiting-using-discarding” is an obviously life-cycle. However, few domestic researches have done in this area. On the basis of water resource characteristics, this paper introduced the life-cycle theory into exploring the flow of physical quantity and value quantity and to evaluate water resource is analyzed, which is original and innovative.

(2) Establishing the theory, model and mechanism of added-value water resource during the whole life-cycle. This paper focused on the added-value of water resource under the double pressures from life-cycle and the multiplexed society-economy-environment system. To develop the added-value theory, model and mechanism, proposed new method for increasing and evaluating comprehensive efficiency of water resource.

(3) Establishing the added-value pattern of agricultural water, industrial water and domestic water during the life-cycle. This paper introduced the life-cycle theory and added-value theory into the agricultural water, industrial water and domestic water, respectively, and to propose life cycle stage of these three kinds of water resources and to offer added-value pattern and approach for the three kinds of

water resource in different life-cycle phases. It proposed new method for increasing added-value of the agricultural water, industrial water and domestic water.

目 录

1 绪论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.1.1 水资源供需矛盾日益尖锐	(1)
1.1.2 水资源浪费问题突出	(2)
1.1.3 水资源污染现象严重	(3)
1.1.4 水资源过度开发	(5)
1.1.5 应对水资源危机刻不容缓	(6)
1.1.6 应用生命周期理论指导水资源管理是应对水危机的重要 手段	(6)
1.2 研究目的及意义	(7)
1.2.1 研究目的	(7)
1.2.2 研究意义	(7)
1.3 研究方案	(9)
1.3.1 方法论和研究思路	(9)
1.3.2 文献与资料获取	(9)
1.3.3 理论研究与实践相结合	(9)
1.4 研究内容与框架	(10)
1.4.1 研究内容	(10)
1.4.2 研究框架	(11)
1.4.3 论文结构安排	(11)
1.5 可能的创新	(12)
2 国内外研究进展	(14)
2.1 国内研究进展	(14)
2.1.1 水资源生命周期及其评价	(14)
2.1.2 水资源资产与价值	(15)

2.1.3	水资源增值	(19)
2.1.4	水资源管理	(20)
2.2	国外研究进展	(21)
2.2.1	水资源生命周期及其评价	(23)
2.2.2	水资源资产与价值	(24)
2.2.3	水资源增值	(25)
2.2.4	水资源管理	(26)
2.3	国内外研究评述	(27)
3	水资源生命周期与评价	(29)
3.1	水资源生命周期	(29)
3.1.1	水资源生命周期概念内涵	(30)
3.1.2	水资源生命周期特征与分类	(30)
3.1.3	水资源生命周期实物量与价值量流动	(32)
3.2	水资源生命周期评价	(36)
3.2.1	水资源生命周期评价概念内涵	(37)
3.2.2	水资源生命周期评价的特征与分类	(38)
3.3	水资源生命周期及其评价的应用	(40)
4	水资源增值理论与模型	(43)
4.1	水资源增值的相关理论	(43)
4.1.1	资本与资本增值性	(43)
4.1.2	自然资本及其增值理论	(43)
4.1.3	经济增长、可持续发展与水资源增值	(44)
4.2	水资源增值概念内涵	(46)
4.3	水资源增值模型	(46)
4.3.1	水资源增值两极效应	(46)
4.3.2	水资源增值耦合内涵与意义	(47)
4.3.3	水资源耦合增值模型	(47)
4.3.4	主要水资源增值过程估算	(48)
4.3.5	水资源耦合增值与水资源可持续利用诊断判别标准	(51)
5	生命周期条件下水资源增值模式与途径	(53)
5.1	生命周期条件下农业用水增值模式与途径	(53)
5.1.1	农业用水的生命周期阶段划分	(53)

5.1.2	生命周期条件下农业用水的主要增值模式	(55)
5.1.3	生命周期条件下农业用水增值的途径	(57)
5.1.4	农业用水生命周期增值的宏观战略与管理措施	(62)
5.2	生命周期条件下工业用水增值模式与途径	(65)
5.2.1	工业用水的生命周期阶段划分	(65)
5.2.2	生命周期条件下工业用水的主要增值模式	(67)
5.2.3	生命周期条件下工业用水增值的途径	(69)
5.2.4	工业用水生命周期增值的宏观战略与管理措施	(75)
5.3	生命周期条件下生活用水增值模式与途径	(78)
5.3.1	生活用水的生命周期阶段划分	(78)
5.3.2	生命周期条件下生活用水的主要增值模式	(80)
5.3.3	生活用水生命周期增值的途径	(81)
5.3.4	生活用水生命周期增值的宏观战略与管理措施	(85)
6	生命周期条件下水资源增值机制	(87)
6.1	形成合理水价机制实现水资源增值	(87)
6.1.1	生命周期条件下水价的构成	(87)
6.1.2	影响我国水资源增值的水价机制的现状	(88)
6.1.3	构建以水价促进水资源增值的机制	(89)
6.2	优化配置水资源以实现水资源增值	(91)
7	结论与展望	(95)
7.1	研究结论	(95)
7.2	展望	(98)
	参考文献	(100)
	后记	(121)

1 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 水资源供需矛盾日益尖锐

中国水资源数量贫乏、短缺的问题越来越明显，而随着经济建设的不断发展和人民生活水平的不断提高，水资源的供求矛盾日益突出。有关数据显示，在全国 640 个城市中，缺水城市达 300 多个，其中，严重缺水城市 100 多个，日缺水 1 600 万 t，每年因缺水造成的直接损失达 2 000 亿元（姜文来，2000）。

按照国际公认的标准，人均水资源低于 $3\,000\text{m}^3$ 为轻度缺水，低于 $2\,000\text{m}^3$ 为中度缺水，低于 $1\,000\text{m}^3$ 为重度缺水，低于 500m^3 为极度缺水。目前，宁夏回族自治区（以下称宁夏）、河北、山东、河南、山西、江苏等 6 个省（自治区）人均水资源还不足 500m^3 ，属于极度缺水；还有 16 个省（自治区）人均水资源低于 $2\,000\text{m}^3$ ，属于中度缺水（方红松，刘云旭，2002）。表 1.1 给出了中国不同地区缺水状况（王学东等，2003）。

表 1.1 中国不同地区缺水状况

Table 1.1 The lack of water in the different area of China

缺水程度	地区
极度缺水	北京、天津、河北、山西、上海、江苏、山东、河南、宁夏
重度缺水	辽宁
中度缺水	吉林、浙江、安徽、湖北、陕西、甘肃
轻度缺水	内蒙古自治区、黑龙江、湖南、广东、四川、贵州

(续表)

缺水程度	地区
不缺水	福建、江西、广西壮族自治区、云南、西藏、青海、新疆维吾尔自治区

引自：王学东，王殿武，李贵宝，等．国内外水资源状况及存在的问题与对策 [J]．河北农业大学学报，2003，26（增刊）：238～241，248

国际上以用水量与可用水量的比率来衡量用水紧张的程度，分为四个等级：低用水紧张，用水量不到可用水量的 10%；中度紧张，用水量占可用水量的 10%～20%；中高度紧张，用水量占可用水量的 20%～40%；高度紧张，用水量超过可用水量的 40%（郭帅，张土乔，2008）。从表 1.2 的统计数据可知，近 10 年中国用水量占可用水量比例的平均值为 21.5%，总体已处于中高度用水紧张的范围。未来随着经济发展水平的不断提高和人口的不增长，中国水资源供需矛盾将更加尖锐。据预测，2030 年全国总需水量将达 $1.0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，全国将缺水 $4.0 \times 10^{11} \sim 4.5 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ，水资源供求关系极度紧张（王学东等，2003）（表 1.2）。

表 1.2 2000—2009 年全国用水量、可用水量及其比值
Table 1.2 The total water, the available water and the ratio
of the year 2000—2009 in China

年份	用水总量 (亿 m^3)	可用水量 (亿 m^3)	比率 (%)	10 年平均值 (%)
2000	5 497.6	27 700.8	19.8	21.5
2001	5 567.4	26 867.8	20.7	
2002	5 497.3	28 261.3	19.5	
2003	5 320.4	27 460.2	19.4	
2004	5 547.8	24 129.6	23.0	
2005	5 633.0	28 053.1	20.1	
2006	5 795.0	25 330.1	22.9	
2007	5 818.7	25 255.2	23.0	
2008	5 910.0	27 434.3	21.5	
2009	5 965.2	24 180.2	24.7	

注：数据来自中经网统计数据库

1.1.2 水资源浪费问题突出

在水资源短缺、质量下降的同时，中国也存在着突出的水资源利用效率

低下、水资源浪费等问题。农业、工业及城市是水资源的3大用户,这3大用户都普遍存在着用水浪费的现象。首先,由于农业长期采取粗放式灌溉生产,中国农业用水效率较低,全国农业灌溉水的利用系数只有0.5,而世界许多国家已经达到0.7~0.9;另据统计,在中国华北平原,一半的水在农田输水过程中因渗漏而损失了(刘昌明、何希吾,1998)。其次,在工业领域,由于现有用水设施技术落后,中国工业用水效率与发达国家相比差距明显,一项估计表明中国工业万元产值用水量为 103m^3 ,而美国是 8m^3 ,日本只有 6m^3 ,这是我国的用水量 of 发达国家10~20倍的重要原因。此外,我国工业用水的重复利用率仅为55%左右,而发达国家平均为75%~85%(成自勇等,2007)。最后,中国城市生活用水浪费也十分严重,据统计,全国多数城市自来水管网仅跑、冒、滴、漏损失率为15%~20%(张利平等,2009)。

1.1.3 水资源污染现象严重

目前,中国不仅面临严重的水资源数量危机,同时,水质危机也很严重。水利部公布的《2008年中国水资源质量资源年报》显示,2008年在全国10个水资源一级区的主要河流或河段中,符合《地表水环境质量标准》Ⅰ类、Ⅱ类标准的水河长只占35.3%,符合Ⅲ类标准的水河长占25.9%,符合Ⅳ~Ⅴ类标准的水河长占18.2%,劣Ⅴ类水河长占20.6%(表1.3)。如果将Ⅲ类标准也作为污染统计,则我国河流长度有64.7%被污染,约占监测河流长度的2/3,由此可见,我国地表水资源污染非常严重。

表 1.3 2008 年全国河流水资源质量评价结果

Table 1.3 The evaluation results of the water quality of the river
of the year of 2008 in China

水情期	评价河长 (km)	分类河长占评价河长比例(%)					
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类	劣Ⅴ类
全 年	147 727.5	3.5	31.8	25.9	11.4	6.8	20.6
汛 期	146 824.0	2.7	28.9	28.5	14.2	7.4	18.3
非汛期	146 650.4	6.0	31.6	24.0	10.3	6.0	22.1

注:资料来自《2008年中国水资源质量资源年报》

另据全国118个大中城市的水质监测数据表明:86%城市河流受到了不同程度的污染,高达64.4%的城市地下水受到严重污染,33%的城市地下

水受到轻度污染, 仅有 2.5% 的 (3 个) 城市的地下水尚未受到污染 (方红松、刘云旭, 2002)。从全国情况看, 水污染态势呈总体恶化趋势, 形势十分严峻。水污染正从东部向西部发展, 从支流向干流延伸, 从城市向农村蔓延, 从地表向地下渗透, 从区域向流域扩散。全国 9.5 万 km 河川, 有 1.9 万 km 受到污染, 0.5 万 km 受到严重污染, 清江变浊, 浊水变臭, 鱼虾绝迹, 令人触目惊心 (刘继平, 2008)。

造成水体污染有人为因素和自然因素, 目前人为因素是一个主要原因 (石辉, 彭可珊, 2002)。据统计, 2009 年全国废水排放总量为 589.09 亿 t, 其中, 工业废水排放为 234.39 亿 t, 占总排放量的 39.8%; 生活废水 354.70 亿 t, 占总排放量的 60.2%。这些污水未经任何处理直接排入江河湖泊, 污染了水源。而从表 1.4 中则可以看出, 2000—2009 年, 中国废水排放总量从 415.16 亿 t 增加到 589.09 亿 t, 增加了近 174 亿 t, 年均递增 4%; 工业废水排放量从 194.24 亿 t 增加到 234.39 亿 t, 增加了近 40 亿 t, 年均递增 2.3%; 生活废水排放量从 220.92 亿 t 增加到 354.70 亿 t, 增加了近 134 亿 t, 年均递增 4.5% (表 1.4)。

表 1.4 2000—2009 年中国废水排放量

Table 1.4 The emission of the waste water of the year 2000—2009 in China

(单位: 亿 t)

年份	工业废水	生活废水	排放总量
2000	194.24	220.92	415.16
2001	203.00	230.00	433.00
2002	207.00	232.00	439.00
2003	212.00	247.00	459.00
2004	221.00	261.00	482.00
2005	243.00	281.00	524.00
2006	208.04	296.63	504.68
2007	246.65	310.20	556.85
2008	241.65	330.03	571.68
2009	234.39	354.70	589.09

注: 数据来自中经网统计数据库