

青岛市水生态文明建设评价

徐梦珂¹, 陈星¹, 王好芳², 李海川¹, 徐德龙³

(1. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 山东大学 土建与水利学院, 山东 济南 250061; 3. 江苏省南京工程高等职业学校, 江苏 南京 211135)

摘要: 从自然要素、开发利用、治理保护、管理等4个方面对水生态文明内涵进行解读, 提出水生态文明建设指标评价体系的4个准则层(自然水体、开发利用、管理体系、水生态理念)。以此为切入点结合青岛市水利发展特征构建包含20个指标的评价体系, 运用基于层次分析法的可变模糊评价模型对青岛市2011–2015年水生态文明建设程度进行评价。评价结果表明: 十二五期间, 青岛市水生态文明建设等级特征值由2011年的2.0224变为2015年的1.7661, 由中等偏下水平提升至中等偏上水平, 其中, 管理体系发展斜率变化率最大(0.4256), 开发利用体系最小(0.0009)。此外, 开发利用和水生态理念等级特征值均值分别为2.1408和1.8809, 发展水平较低, 为青岛市水生态文明进一步建设方向与重点任务。

关键词: 水生态文明建设; 评价体系; 层次分析法; 可变模糊评价模型; 青岛市

中图分类号: TV213.4; X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2017)06-0109-06

Evaluation of water eco-civilization construction in Qingdao

XU Mengke¹, CHEN Xing¹, WANG Haofang², LI Haichuan¹, XU Delong³

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. School of Civil Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China; 3. Jiangsu Province Nanjing Engineering Vocational College, Nanjing 211135, China)

Abstract: The connotation of water eco-civilization is interpreted from the natural elements, development and utilization, protection and management, and four criteria layers index evaluation system is put forward (natural water, development and utilization, management system, water ecological concept). By taking this as the starting point, combined with the development characteristics of water conservancy in Qingdao, the evaluation system is constructed with 20 indexes, and the variable fuzzy evaluation model based on AHP is used to evaluate the degree of water eco-civilization construction in Qingdao city during 2011–2015. The evaluation results show that during the 12th Five-Year Plan period, the grade characteristic value of water eco-civilization in Qingdao has been changed from 2.0224 in 2011 to 1.7661 in 2015, which is improved from the lower middle level to the upper middle level. Among them, the rate of change of management system is the largest (0.4256) and the development and utilization system is the smallest (0.0009). In addition, the values of the development and utilization and water ecological concept are 2.1408 and 1.8809, respectively, and the development level is lower, which are the clear further construction directions and key tasks.

Key words: water eco-civilization construction; evaluation system; analytic hierarchy process; variable fuzzy evaluation model; Qingdao City

新时期我国水利部在水资源短缺、水生态环境恶化的大背景下, 在生态文明建设基础上提出水生态文明建设。水生态文明建设指基于水资源、水环

境与水生态的承载能力, 在人类幸福生活的前提下, 人类对水生态环境的影响尽可能降至最低, 从而达到人水和谐的理想社会模式^[1]。水生态环境的优

收稿日期: 2017-07-19; 修回日期: 2017-08-24

基金项目: 山东省省级水利科研与技术推广项目(SDSLKY201402)

作者简介: 徐梦珂(1993-), 女, 河南开封人, 硕士研究生, 研究方向为水文学及水资源。

通讯作者: 陈星(1980-), 女, 新疆伊犁人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为水文水资源与流域水文模拟。

化是现代城市文明的重要标志,大力开展水生态文明建设,为保障社会可持续发展提供水利基础支撑和生态安全保障。目前我国水生态文明相关研究工作已取得较大进展,不仅对其内涵进行了深层次解读,也从多角度建立了指标评价体系及评价方法,为其建设工作提供一定的量化依据。如,詹卫华等^[2]基于生态文明的视角,诠释健全水生态文明建设体制及水生态文明理念的重要性,指出最严格水资源管理制度是水生态文明建设的重要抓手;唐克旺^[3]从人类的行为和水生态系统健康状况两方面分析水生态文明建设的内涵,基于社会经济系统和水生态系统构建评价指标体系;王建华等^[4]在梳理水生态文明建设研究现状的基础上,从水生态、水供用、水管理、水文化系统方面形成较为完整的水生态文明评价体系并提出特色性指标;左其亭等^[5]深层次解读其内涵,并以此为基础提出全面系统的水生态文明定量评价方法体系。国外虽无水生态文明相关研究,但在生态文明^[6]、水生态修复和水环境治理^[7]等方面取得丰富研究成果,为我国开展水生态文明研究工作提供重要的借鉴价值。

本文在水生态文明指标体系梳理的基础上,服务于青岛市水生态文明建设,结合本地情况,基于人类系统与水生态系统的自然属性和互动关系层面构建反映青岛市水生态文明建设程度的评价指标体系并进行评价,结合水生态文明建设的弱点提出了进一步推进该工作的对策建议,也对北方沿海城市水生态文明建设具有一定的借鉴意义。

1 研究区概况

青岛市位于山东半岛西南部,东、南面濒临黄海,西与潍坊市相连,东北与烟台市接壤,西南与日照市毗邻,辖 6 个区 4 个县级市,总面积 11 282 km²,人口密度较大^[8]。青岛市属北温带海洋性季风气候,空气湿润,四季分明,雨量充沛,多年平均降雨量 691.2 mm,多年平均水资源总量 21.5×10^8 m³,多年平均水资源可利用量 13.69×10^8 m³^[9]。优越的区位条件和自然环境造就了青岛市的旅游业和国际贸易,现今经济总量突破万亿,是我国重要的海洋科学研究中心和沿海开放城市,同时也是国家历史文化名城和旅游胜地,享誉海内外。

断块构造支配着青岛市地貌发育,形成具有山地、平原、丘陵和滨海低地的完整地貌形态,全市呈现东高西低,中间低陷,南北两侧隆起的地貌特征。受地形地貌的影响,青岛地区发育和分布了北胶莱

河水系、大沽河水系及沿海诸河流域,包括大小河流 224 条,均为季风区雨源型,且辖区内分布着面积广大的生态湿地、海洋保护区。

青岛市开发利用主体水源是地下水和地表水,近几年海水利用工程也逐渐兴起,为水生态系统与人类系统的平衡做出贡献。但受气候条件、地形地貌等因素影响,青岛市仍属资源性缺水区域。由于地下水开采限量,地表水易受污染,客水利用受到制约,生活、生产与生态用水的矛盾长期存在^[10]。大部分区域由于对地下水的过度开采造成海水倒灌,海水入侵现象较普遍。因此,建立针对青岛市水生态文明建设程度的评价指标体系,及时调整建设方案,对指导青岛市水生态文明建设具有重要意义。

2 建立青岛市水生态文明建设评价体系

2.1 水生态文明内涵解读

从水生态文明建设的现状可以看出,研究者们试图从不同的研究领域、角度进行界定和解读,虽然还没有达到统一共识,但是有普遍共识:水生态文明建设是生态文明建设的重要组成部分。只有深刻理解和准确把握其内涵,才能建立合理的评价指标体系。

依据本文作者的理解,水生态文明建设的内涵是指基于人类系统与水生态系统组成的二元系统(见图 1),人类系统在对水生态系统的开发利用、治理保护、管理等环节中进行大量的物质和能量的交换,在交换过程中使水生态系统经人类教化形成的一种和谐状态。

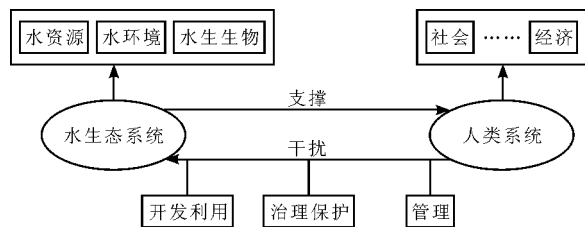


图1 水生态系统与人类系统

因此,水生态文明建设包含水生态系统自然要素及人类系统对其的干扰活动。其内涵从以下 4 个方面解读:(1)水生态系统自然要素。包含水资源、水环境及水生生物的自然存在状态及其相互影响状态。(2)开发利用。人类对水生态系统开发利用以达到兴利除害的目的,满足社会经济发展。(3)治理保护。人类通过工程措施和非工程措施对水生态系统进行治理,提高水资源的有效利用率,保护水生

态环境。(4)管理。完善水生态文明管理体系,保障治理保护的成果,使其社会、经济和生态的综合效益最大化。认为上述 4 个方面基本能够涵盖水生态文明在不同维度上的核心内容,其建设目标可描述为:使水要素在人类与水生态系统组成的二元系统中保持健康状态。

2.2 青岛市水生态文明建设评价体系

在水生态文明内涵解读的基础上,将青岛市水生态文明建设评价指标体系分为目标层、准则层和指标层。目标层是青岛市水生态文明建设评价,准则层是自然水体、开发利用、管理体系及水生态理念,而指标层由 20 个指标(见表 1)组成。

表 1 青岛市水生态文明评价指标体系

目标层	准则层	指标层	计算方法
青岛市水生态文明建设评价 (A)	自然水体 (B ₁)	人均可供水量(C ₁)	年可供水总量/总人口
		水资源承载力开发程度(C ₂) ^[11]	现有经济规模/水资源可支撑的经济规模
		水面率(C ₃)	水面面积/区域总面积
		近岸海域水功能区水质达标率(C ₄) ^[12]	近岸海域水质达标区/水功能区总数
		海域生物平均多样性指数(C ₅)	统计指标
	开发利用 (B ₂)	地表水开发程度(C ₆) ^[13]	地表水供水量/地表水资源量
		地下水开发程度(C ₇)	地下水多年平均开采量/地下水可开采量
		海水利用占比(C ₈)	海水供水量/供水总量
		工业用水重复利用率(C ₉)	工业重复利用水量/总用水量
		耗水率(C ₁₀)	耗水量/用水量
		万元国内生产总值用水量(C ₁₁)	用水总量/GDP 总量
		水土流失治理率(C ₁₂) ^[14]	水土流失治理面积/水土流失总面积
		取水许可制度有效实施率(C ₁₃)	统计指标
	管理体系 (B ₃)	水资源管理信息系统建设率(C ₁₄)	统计指标
		入海排污口监督管理实施率(C ₁₅)	达标排污口/排污口总量
		涉水事务统一管理覆盖率(C ₁₆)	已覆盖县区/县区总数
		海洋保护区比例(C ₁₇)	涉水保护区面积/区域总面积
	水生态理念 (B ₄)	生活节水器具普及率(C ₁₈)	节水器具使用数/总用水器具
		生态环境补水量占有量(C ₁₉)	生态环境补水量/总用水量
		居民水生态保护意识水平(C ₂₀)	统计指标

自然水体准则层的指标主要基于水生态系统的水资源(C₁、C₂、C₃)、水环境(C₄)、水生生物(C₅)3大要素进行选取,分别反映青岛市是否具备有效实施水生态文明建设的条件、水功能区限制纳污红线的执行力度及水生生物多样性。开发利用准则层主要从水资源开发方式(C₆、C₇、C₈)、利用效率(C₉、C₁₀、C₁₁)、突出水问题治理(C₁₂)3方面选取指标,分别体现青岛市用水总量红线控制力度、用水效率红线控制力度及突出水问题之一的水土流失治理情况。管理体系准则层指标的选取主要反映水资源管理体系的完善程度(C₁₃、C₁₄)及管理力度(C₁₅、C₁₆)。水生态理念准则层的指标主要反映人类的水生态保护理念(C₁₇、C₂₀)及用水方式(C₁₈、C₁₉),分别从政府和公众两个主体体现人类“人水和谐”的

水生态保护理念及生态用水方式。

2.3 确定评价指标标准值及权重

评价指标标准值的确定主要是参照相关研究结果,并结合研究区实际情况通过专家打分法而定^[4],见表 2。

本文选用层次分析法(AHP)确定各指标权重^[15],通过多重比较分析各因素之间相对重要性并构建判断矩阵,计算指标权重并经过一致性检验,客观性较高(见表 3)。

3 青岛市水生态文明建设评价

3.1 数据来源

数据主要来源于《山东省 2012 - 2016 年统计年鉴》、《青岛市 2012 - 2016 年统计年鉴》、《青岛市

2011—2015 年水资源公报》、《青岛市 2011—2015 年环境公报》、《青岛市 2011—2015 年海洋环境公报》、《青岛市“十三五”生态建设规划》等文件。

表 2 青岛市水生态文明评价指标标准值

指标层	属性	单位	评价指标标准值		
			高	一般	低
C_1	正指标	m^3	400 ~ 200	200 ~ 100	< 100
C_2	逆指标	%	< 35	35 ~ 70	> 70
C_3	正指标	%	30 ~ 10	10 ~ 3.5	< 3.5
C_4	正指标	%	> 90	90 ~ 40	< 40
C_5	正指标		3 ~ 2	2 ~ 1	< 1
C_6	逆指标	%	< 35	35 ~ 75	> 75
C_7	逆指标	%	< 20	20 ~ 60	> 60
C_8	正指标	%	5 ~ 2	2 ~ 0.5	< 0.5
C_9	正指标	%	> 85	85 ~ 50	< 50
C_{10}	逆指标	%	< 35	35 ~ 50	> 50
C_{11}	逆指标	m^3	< 6	6 ~ 15	> 15
C_{12}	正指标	%	> 85	85 ~ 60	< 60
C_{13}	正指标	%	> 85	85 ~ 40	< 40
C_{14}	正指标	%	> 80	80 ~ 55	< 55
C_{15}	正指标	%	> 70	70 ~ 30	< 30
C_{16}	正指标	%	> 80	80 ~ 50	< 50
C_{17}	正指标	%	60 ~ 30	30 ~ 5	< 5
C_{18}	正指标	%	> 75	75 ~ 25	< 25
C_{19}	正指标	%	30 ~ 15	15 ~ 5	< 5
C_{20}	正指标	%	> 85	85 ~ 55	< 55

表 3 青岛市水生态文明评价指标权重系数结果表

目标层	准则层	权重	指标层	权重
A	B_1	0.3843	C_1	0.1241
			C_2	0.0940
			C_3	0.0712
			C_4	0.0540
			C_5	0.0409
			C_6	0.0321
			C_7	0.0620
			C_8	0.0418
	B_2	0.3007	C_9	0.0431
			C_{10}	0.0539
			C_{11}	0.0320
			C_{12}	0.0357
			C_{13}	0.0871
			C_{14}	0.0503
			C_{15}	0.0321
			C_{16}	0.0227
	B_3	0.1922	C_{17}	0.0511
			C_{18}	0.0361
			C_{19}	0.0209
			C_{20}	0.0147
	B_4	0.1228		

3.2 模型选取

青岛市水生态文明建设评价受多个因素影响,且边界并不十分明显,故本文选用可变模糊评价模型^[16-17]对其进行评价,方法如下:

根据表 2 确定指标标准值区间矩阵为 $I_{ab} = ([a_{ih}, b_{ih}])$, 根据矩阵 I_{ab} 中各级指标标准值区间两侧相邻区间的上下限值确定范围域 $I_{cd} = ([c_{ih}, d_{ih}])$, 并由式(1) 确定相对隶属度 $\mu_A(x_{ij})_h = 1$ 的点值矩阵 $M = (M_{ih})$ 。

$$M_{ih} = \frac{n-h}{n-1}a_{ih} + \frac{h-1}{n-1}b_{ih} \quad (1)$$

根据指标值的属性及 I_{ab} 、 I_{cd} 判断 x_{ij} 若落在 M_{ih} 值的左侧,其相对隶属函数为:

$$\mu_A(x_{ij})_h = \begin{cases} 0.5(1 + \frac{x_{ij} - a_{ih}}{M_{ih} - a_{ih}}) & x_{ij} \in [a_{ih}, M_{ih}] \\ 0.5(1 - \frac{x_{ij} - a_{ih}}{c_{ih} - a_{ih}}) & x_{ij} \in [c_{ih}, a_{ih}] \end{cases} \quad (2)$$

若落在 M_{ih} 值的右侧,其相对隶属函数为:

$$\mu_A(x_{ij})_h = \begin{cases} 0.5(1 + \frac{x_{ij} - b_{ih}}{M_{ih} - a_{ih}}) & x_{ij} \in [M_{ih}, b_{ih}] \\ 0.5(1 - \frac{x_{ij} - b_{ih}}{d_{ih} - b_{ih}}) & x_{ij} \in [b_{ih}, d_{ih}] \end{cases} \quad (3)$$

样本 j 对级别 h 的综合相对隶属度 μ'_{hj} , 即可变模糊评价模型为:

$$\mu'_{hj} = \left\{ 1 + \left[\frac{\sum_{i=1}^m [\omega_i (1 - \mu_A(x_{ij})_h)]^p}{\sum_{i=1}^m [\omega_i \mu_A(x_{ij})_h]^p} \right]^{\alpha/p} \right\}^{-1} \quad (4)$$

对 μ'_{hj} 归一化处理, 得到归一化综合相对隶属度 μ_{hj} :

$$\mu_{hj} = \frac{\mu'_{hj}}{\sum_{h=1}^n \mu'_{hj}} \quad (5)$$

式中: x_{ij} 为样本 i 指标 j ($= 1, \dots, m$) 的评价值; ω_i 为指标权重; h ($= 1, \dots, n$) 为健康等级; α 为模型优化准则参数; p 为距离参数, 通常有 4 种组合: (1) $\alpha = 1, p = 1$; (2) $\alpha = 1, p = 2$; (3) $\alpha = 2, p = 1$; (4) $\alpha = 2, p = 2$ 。通过公式(5) 对 μ'_{hj} 进行归一化处理得到归一化综合相对隶属度矩阵 $U = [\mu_{hj}]$, 可得到样本 j 的级别特征值 $H_j = [1 \ 2 \ \dots \ n] U$ 。

本次评价体系中, $m = 20$; x_{ij} 选取 2011—2015

年数据作为指标值($j = 1, 2, 3, 4, 5$)。根据水生态文明建设评价指标标准(表 2) 将各指标量化分级,健康等级划分用 3 分制数量化($n = 3$), $h = 1$ 时,健康等级为高级; $h = 2$ 时,为中级; $h = 3$ 时,为低级。

3.3 结果与讨论

遵循可变模糊评价模型的一般流程,利用计算公式(1) ~ (3) 分别计算青岛市 2011 – 2015 年评价指标的相对隶属度 $\mu_A(x_{ij})_h$ 。利用公式(4) ~ (5) 分别计算每一年 α, p 的 4 种组合下 $h = 1, 2, 3$ 时对应的综合相对隶属度 μ'_{hj} 并进行归一化处理,计算得到青岛市水生态文明建设的级别特征值 H_j ,计算结果见表 4 和图 2。

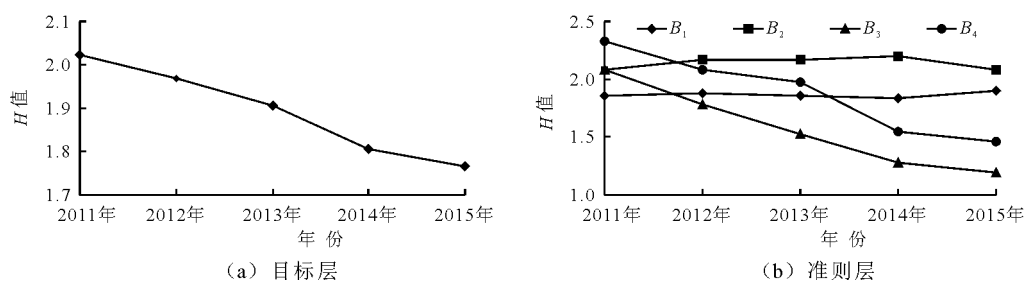


图 2 青岛市 2011 – 2015 年水生态文明建设程度变化情况

由表 4 可知,青岛市 2011 – 2015 年水生态文明建设健康程度特征值 H 逐年减小,由 2011 年的 2.0224 变为 2015 年的 1.7661,由中等偏下水平逐步变为中等偏上水平,且均值达 1.8938, V 为 0.1267,整体建设程度处中等偏上水平,但增幅较小。从图 2(a) 可直观看出青岛市每年水生态文明的建设速度基本持平,其中,2013 – 2014 年速度最快。表明青岛市水利部门在“十二五”期间以最严格水资源管理制度为抓手加强水生态文明建设并取得一定成果,但仍有较大进步空间。通过进一步分析各准则层的变化情况,说明影响青岛市水生态文明建设的原因。

由表 4 可知, B_1 (自然水体子系统) 的健康等级特征值平均为 1.8654,处中等偏上水平,表明青岛市自然水体条件相对良好,水资源、水环境及水生生物基本处于健康状态。其中特征值最大的是 2015 年,最小的是 2014 年,即 2015 年该子系统健康程度最低,2014 年最高,且斜率较大,健康程度下滑较快。究其原因发现,2015 年青岛市径流量较上一年减少 57.6%,旱情严重。从图 2(b) 可以看出 B_1 的特征值波动较小, V 为 0.0272,基本处于停滞状态,既没有改善也没有恶化,这种情况会对青岛市水生态文明建设程度的提升起一定制约作用。

表 4 青岛市水生态文明建设的级别特征值计算结果

年份	级别特征值 H				
	H_{B1}	H_{B2}	H_{B3}	H_{B4}	H
2011	1.8525	2.0785	2.0794	2.3275	2.0224
2012	1.8737	2.1669	1.7811	2.0847	1.9700
2013	1.8607	2.1732	1.5262	1.9801	1.9050
2014	1.8372	2.2048	1.2805	1.5490	1.8053
2015	1.9029	2.0804	1.1945	1.4631	1.7661
平均值	1.8654	2.1408	1.5723	1.8809	1.8938
斜率变化率 (V) ^[18]	0.0272	0.0009	0.4256	0.3714	0.1267

另由表 4 可知,除 B_2 (开发利用子系统) 的健康等级特征值均值高于 2 属中等偏下水平外,其余各准则层 H 值均小于 2,故青岛市对水资源开发利用的合理性有待提升。且从图 2 看出这 5 年(除 2015 年外) 均有增高的趋势(2015 年健康等级提升表明面对恶劣的自然水体条件,青岛市实施了相应措施合理开发利用水资源),即健康等级有所下降, V 为 0.0009,处于停滞状态,说明 B_2 是制约青岛市水生态文明建设程度提升的重要因素之一。

由图 2 可看出, B_3 (管理体系子系统)、 B_4 (水生态理念子系统) 的健康等级特征值均在逐年下降,健康等级均有所提升,但提升幅度不一。由表 4 可知, B_3 的健康等级特征值均值最小(1.5723), V 最大(0.4256),其中,2015 年 H 值约等于 1,基本处于高级水平。表明这 5 年青岛市水域管理体系逐步完善,健康等级处中上等水平,提升速度最快,对青岛市水生态文明建设程度的提升产生积极作用。 B_4 的 H 均值为 1.8809, V 为 0.3714,说明青岛市社会水生态保护理念处中等偏上水平,提升较快,但 2015 年特征值为 1.4631,距离高级仍有较大提升空间,是推动青岛市水生态文明建设程度提升的主要因素。

4 结 论

本文基于我国水利发展现状和国内外相关研究

进展,从水生态系统和人类系统组成的二元系统着手解读水生态文明的内涵。在此基础上,针对青岛市水利发展特征建立了由 20 个指标组成的青岛市水生态文明建设指标体系对青岛市 2011—2015 年水生态文明建设程度及变化趋势进行评价,得到如下结论:

(1) 青岛市水生态文明建设程度由 2011 年的中等偏下水平(H 值为 2.0224) 提升至 2015 年的中等偏上水平(H 值为 1.7661),但增幅较小(V 值为 0.1267)。

(2) 进一步分析发现,4 个准则层的健康程度特征值均值有如下规律: $H_{B2}(2.1408) > H_{B4}(1.8809) > H_{B1}(1.8654) > H_{B3}(1.5723)$,斜率变化率有如下规律: $V_{B3}(0.4256) > V_{B4}(0.3714) > V_{B1}(0.0272) > V_{B2}(0.0009)$ 。

(3) 开发利用子系统(B_2) 和水生态理念子系统(B_4) 有较大提升空间,是制约青岛市水生态文明建设程度提升的主要因素。

综合考虑青岛市社会发展水平及水资源状况,为实现其水生态文明建设最终目的,从开发利用、水生态理念两方面提出水生态文明建设的建议:第一,从合理开发利用水资源的角度,尊重自然水体规律,因水制宜,开发利用与污染防治工作同步开展,严守“三条红线”,以水定需,科学用水,提高用水效率,可提倡适量开发利用海水资源,缓解地表地下水资源压力,促进社会发展与水资源利用的协调发展;第二,从提升水生态理念的角度,加快推进节水型社会建设,加强对公众的水生态宣传和教育,有效完成节水、保水、治水等多项水生态建设工作。

参考文献:

- [1] 詹卫华. 水生态文明城市建设的内涵与实施举措探讨[J]. 中国水利,2015(22):14-16.
- [2] 詹卫华,邵志忠,汪升华. 生态文明视角下的水生态文明建设[J]. 中国水利,2013(4):7-9.
- [3] 唐克旺. 水生态文明的内涵及评价体系探讨[J]. 水资源保护,2013,29(4):1-4.
- [4] 王建华,胡鹏. 水生态文明评价体系研究[J]. 中国水利,2013(15):39-42.
- [5] 左其亨,罗增良. 水生态文明定量评价方法及应用[J]. 水利水电技术,2016,47(5):94-100.
- [6] Zhang W, Li H L, An X B. Ecological Civilization Construction is the Fundamental Way to Develop Low-carbon Economy[J]. Energy Procedia,2011(5):839-843.
- [7] Tanju K, David M H, Bulent T. Urban and Rural Perceptions of Ecological Risks to Water Environments in Southern and Eastern Nevada[J]. Journal of Environmental Psychology, 2013, 33(2):86-95.
- [8] 邢荣荣,马安青,等. 青岛市土地利用变化类型与影响因素关系的 CCA 研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(15):298-301+304.
- [9] 张航,马真臻,周翔南,等. 青岛市水生态文明城市建设的实践探索[J]. 中国水利,2015(5):50-52+59.
- [10] 刘海娇,黄继文,仕玉治. 滨州市水生态文明城市建设现状评价[J]. 山东水利,2013(6):23-24+38.
- [11] 王友贞,施国庆,王德胜. 区域水资源承载力评价指标体系的研究[J]. 自然资源学报,2005,20(4):597-604.
- [12] 窦勇. 基于 RS、GIS 和调查资料的青岛市海岸带生态系统健康评价[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.
- [13] 周祖光. 海南省水资源开发利用程度评价初探[J]. 水利经济,2006,24(1):13-15+81.
- [14] 李坚,崔海洋,尚光旭,等. 北京水生态文明建设评估与预测[J]. 水资源与水工程学报,2016,27(3):23-26+31.
- [15] Liao Jie, Guan Xin, Zhang Huanyu. Assessment and Countermeasures of Ecological Civilization Construction in Changsha, Zhuzhou and Xiangtan[J]. Meteorological and Environmental Research,2011,2(5):50-53,57.
- [16] 刘晓敏,王卫平,陈星,等. 基于模糊综合评价模型的湖泊开发利用适宜性评价[J]. 水电能源科学,2012,30(2):127-130.
- [17] 陈守煜,胡吉敏. 可变模糊评价法及在水资源承载能力评价中的应用[J]. 水利学报,2006,37(3):264-271+277.
- [18] 蒋小平. 河南省生态文明评价指标体系的构建研究[J]. 河南农业大学学报,2008,48(1):61-64.