

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.01.022

天津市水环境安全评价及其指标体系研究

何贝贝¹,李绍飞²,朱习爱¹

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园,云南 昆明 650000; 2. 天津农学院水利工程系,天津 300380)

摘要:依据 DPSIR 模型的基本原理,遵循评价指标体系的构建原则,立足于天津市水资源和水环境实际情况,以驱动力、压力、状态等 5 项指标作为准则层,共选取了人口密度、人均生活用水量、废水排放量、水资源总量、城市水达标率等 20 项指标,对天津市 2009—2011 年城市水环境安全状况进行了等级评价计算。结果表明,2009 年水环境安全度最高,2011 年次之,2010 年最低;水环境安全虽均为良好等级,但是人口密度的加大,废水排放量的增多等威胁城市水环境安全的因素不容忽视,城市水环境问题仍亟待解决。

关键词:水环境安全;DPSIR 模型;水环境;安全评价;指标体系;天津市

中图分类号:TV213.4 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2016)01-0125-05

Study on water environment security evaluation and index system in Tianjin City

HE Beibei¹, LI Shaofei², ZHU Xi'ai¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650000, China;
2. Department of Water Conservancy Engineering, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300380, China)

Abstract: Based on the basic principles of DPSIR model, following the principles of construction of evaluation system, starting from the truth about water resources and water environment in Tianjin, and taking five indicators, including driving force, pressure, status, etc., as the criterion layers, 20 indicators, including population density, wastewater emissions, total water resources, urban water compliance rate, etc., are selected to evaluate water environment security situation of Tianjin City during 2009 and 2011. The results show that, water environment security situation was the most promising in 2009, followed with which in 2011, while it was the worst in 2010. Although the level of water environment security was fine, the increasing population density and waste water emissions, with other environmental factors threatening urban water security, can not be ignored. Thus urban water environment problem remains to be solved.

Key words: water environment security; DPSIR model; water environment; security evaluation; index system; Tianjin City

水环境安全的内涵不仅主要包括自然性质的水环境安全,例如干旱、洪涝、河流改道等,还包括人为性质的水环境安全,例如水量短缺、水质污染和水环境破坏等^[1]。天津市位于海河流域下游,是海河五大支流的汇合处和入海口,具有重要的水资源战略位置。近年来,随着天津市人口、经济的快速增长,工农业、生活用水的需水量也随之增加,水资源供需矛盾日益突出、水质污染、水环境恶化等状况使原本

脆弱的水环境生态系统承受的压力也越来越大以至于严重透支,城市供需水矛盾的增加、水环境恶化等问题已成为制约城市健康可持续发展的瓶颈之一。2011 年《天津市水资源公报》显示,2011 年全市供水总量 23.10 亿 m³,比上年增加 0.68 亿 m³。其中地表水源供水量 16.77 亿 m³,包含引滦水量 6.25 亿 m³,引黄水量 1.71 亿 m³;地下水源供水量 5.82 亿 m³;深度处理的再生水回用量 0.23 亿 m³;海水

作者简介:何贝贝(1991—),女,硕士研究生,研究方向为水文水资源。E-mail:h_xiaobei@126.com

淡化量 0.28 亿 m³,全市用水消耗量远大于供水量。2011 年全年评价河长为 1709.8 km,其中Ⅱ类水河长 69.3 km,占评价河长的 4.1%;Ⅲ类水河长 50.2 km,占评价河长的 2.9%;Ⅳ类水河长 57.4 km,占评价河长的 3.4%;Ⅴ类水河长 142.4 km,占评价河长的 8.3%;劣Ⅴ类水河长 1390.5 km,占评价河长的 81.3%,全市河流污染比较严重。主要饮用水源地于桥水库、尔王庄水库符合Ⅲ类水标准,营养化程度为“中营养化”。由上述数据可知天津市水资源和水环境状况不容乐观,缓解城市供需水矛盾,改善城市水环境安全的问题亟待解决。

1 DPSIR 模型

DPSIR (driving-forces, press, state, impact, response) 模型^[2]是由 PSR 模型和 DSR 模型补充发展而来的一种多维性的水环境安全评价体系。该模型较系统客观地从引起评价对象变化的因素,即驱动力因素、压力因素方面,分析评价对象与这些驱动力、压力因素之间的相互作用关系,对在这些压力作用下的评价对象进行系统的评价,分析该评价对象的状态或可能的发展方向,预测该状态下的评价对象对与之相关的因素之间的影响,计算出各个相关因素对评价对象的影响程度。

将 DPSIR 模型应用于水环境安全评价,选取与城市水环境安全密切相关的评价指标体系,分析其相互作用及对水环境安全的影响程度,从而较为系统客观地分析城市水环境的现状或可能的发展方向,并提出针对改善问题的合理性建议。

2 基于 DPSIR 模型的天津市水环境安全评价

2.1 指标体系构建

以天津市为研究区域,参考层次结构指标体系构建模式,选取了与天津市水环境安全有关的 20 项指标因素,定量分析人口-经济-环境-生态-水资源之间的相互作用和反馈机制,建立针对天津市水环境安全评价的指标体系模型^[3]。查找相关数据资料,选取影响城市 2009—2011 年水环境安全的指标因素,构建天津市水环境安全评价指标体系(表 1)。

2.2 原始数据的收集与整理

根据文献[4]和天津市水资源公报(2009—2011 年),查找获取表 1 中相应的评价指标原始数值。该指标体系选取的 20 项指标能够较全面地反映天津市水环境安全影响因素,且指标数据易于获

表 1 天津市水环境安全评价指标体系				
准则层 A	一级指标层 B	二级指标层 C	单位	指标性质
驱动力 A ₁	人口 B ₁	人口密度 C ₁	人/km ²	负向
	经济 B ₂	人均 GDP C ₂	元	负向
压力 A ₂	供水压力 B ₃	人均日生活用水量 C ₃	t	负向
		生产用水量 C ₄	万 t	负向
	水环境压力 B ₄	废水排放总量 C ₅	万 t	负向
		化学需氧量排放量 C ₆	t	负向
	生产压力 B ₅	氨氮排放量 C ₇	t	负向
		耕地面积化肥使用量 C ₈	(折纯)万 t	负向
状态 A ₃	水资源状况 B ₆	工业固体废物产生量 C ₉	万 t	负向
		水资源总量 C ₁₀	亿 m ³	正向
	水质状况 B ₇	城市自来水生产能力 C ₁₁	万 t/d	正向
		城市饮用水源地水质达标率 C ₁₂	%	正向
	经济 B ₈	近海海域功能区水质达标率 C ₁₃	%	正向
		工业生产总产值 C ₁₄	亿元	负向
影响 A ₄	生活 B ₉	农、林、牧、渔业总产值 C ₁₅	亿元	负向
		人均水资源可利用量 C ₁₆	m ³ /人	负向
响应 A ₅	环境 B ₁₀	建成区绿化覆盖率 C ₁₇	%	正向
	污水处理响应 B ₁₁	建成区排水管道密度 C ₁₈	km/km ²	正向
		污水处理率 C ₁₉	%	正向
	节水响应 B ₁₂	有效灌溉面积比例 C ₂₀	%	正向

注:正向指标表示的含义为:指标值评价结果占评价标准的比例越大,对评价结果影响越好。负向指标表示的含义为:指标值评价结果占评价标准的比例越小,对评价结果影响越好。

取,意义明确,便于推广应用。天津市水环境安全评价指标数据见表 2。

2.3 指标等级划分

在获取相应的水环境评价指标体系原始数值后,为了更加清晰明确地判断天津市水环境安全度等级,本文立足我国国情,借鉴相关研究成果,结合天津市水资源和水环境的实际情况,给出天津市水环境安全评价指标的参考最劣取值和最优取值,即式(1)的 X_{min}和 X_{max},这两个值在天津市水环境安全评价等级计算中则分别对应应该指标相对于Ⅰ级、Ⅴ级的评价标准临界值。依据天津市水环境安全度的评价标准临界值,将天津市水环境安全度依次划分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级 5 个评价等级,这 5 个评价等级在水环境安全度的计算中依次分别代表了天津市水环境安全度的等级为很低、较低、中等、较好、很好 5 个水平,这 5 个等级标准能较为准确反应出天津市水环境安全度。相应于这个 5 个评价等级,天津市水环境安全评价指标等级与标准见表 3。

表 2 天津市水环境安全评价指标数据					
准则层 A	一级 指标层 B	二级 指标层 C	2009 年	2010 年	2011 年
A ₁	B ₁	C ₁ (人/km ²)	831	837	847
	B ₂	C ₂ (元)	62 574	72 994	85 213
	B ₃	C ₃ (t)	133. 15	132. 04	128. 80
A ₂	B ₄	C ₄ (万 t)	25 066	25 662	31 497
		C ₅ (万 t)	59 647	68 195	67 147
		C ₆ (t)	133 000	131 969	235 832
	B ₅	C ₇ (t)	119 80	12 824	26 378
		C ₈ (万 t)	25. 96	25. 54	24. 39
		C ₉ (万 t)	1516	1 862	1762
A ₃	B ₆	C ₁₀ (亿 m ³)	15. 24	9. 20	15. 38
		C ₁₃ (万 t/d)	393. 86	405. 18	429. 44
	B ₇	C ₁₂ (%)	100	100	100
		C ₁₃ (%)	61. 1	38. 9	19. 4
A ₄	B ₈	C ₁₄ (亿元)	13 384. 25	17 107. 1	21 528. 3
		C ₁₅ (亿元)	281. 65	317. 33	349. 48
	B ₉	C ₁₆ (m ³)	124. 09	70. 81	113. 54
A ₅	B ₁₀	C ₁₇ (%)	30. 3	32. 1	34. 5
	B ₁₁	C ₁₈ (km/km ²)	21. 94	22. 10	23. 29
		C ₁₉ (%)	80. 1	85. 3	86. 8
		C ₂₀ (%)	86. 34	86. 41	85. 25

2.4 权重值计算

2.4.1 熵值法确定指标权重值

熵值法是一种客观赋权法^[5]。用熵值法确定指标权重值时,首先需对所要评价的指标原始值进行标准化处理,然后确定某一个评价指标的熵定义值和各指标的差异性系数,从而得出某项指标的熵权值。根据计算出的指标熵权值分析该项指标占评价标准的比例,得出该项指标因子对评价结果的影响程度。

a. 指标的无量化处理。获取评价指标的原始数据,根据评价指标的性质,应用式(1)、式(2)对数据进行标准化处理。

当 X_{ij} 为正向指标时

$$Y_{ij} = \left[\begin{array}{c|ccccccccc} \text{二级指标层} & 2009 \text{ 年} & 2010 \text{ 年} & 2011 \text{ 年} & \text{I 级} & \text{II 级} & \text{III 级} & \text{IV 级} & \text{V 级} \\ \hline C_1 & 0.44250 & 0.44750 & 0.45583 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_2 & 0.58416 & 0.69993 & 0.83570 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_3 & 0.55433 & 0.54693 & 0.52533 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_4 & 0.37665 & 0.39155 & 0.53743 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_5 & 0.55163 & 0.64661 & 0.63497 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_6 & 0.18444 & 0.18215 & 0.41296 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_7 & 0.15511 & 0.17387 & 0.47507 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_8 & 0.46578 & 0.45644 & 0.43089 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_9 & 0.40640 & 0.54480 & 0.50480 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{10} & 0.29061 & 0.16735 & 0.29347 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{11} & 0.41980 & 0.43597 & 0.47063 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{12} & 1.00000 & 1.00000 & 1.00000 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{13} & 0.73000 & 0.41286 & 0.13429 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{14} & 0.18632 & 0.26905 & 0.36730 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{15} & 0.20183 & 0.24148 & 0.27720 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{16} & 0.34847 & 0.18077 & 0.30941 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{17} & 0.29000 & 0.31571 & 0.35000 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{18} & 0.29850 & 0.30250 & 0.33225 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{19} & 0.60200 & 0.70600 & 0.73600 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \\ C_{20} & 0.86338 & 0.86410 & 0.85250 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 \end{array} \right]$$

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \tag{1}$$

当 X_{ij} 为负向指标时

$$Y_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} \tag{2}$$

式中: X_{ij} 为第 i 年份第 j 项指标的原始数值; Y_{ij} 为第 i 年份第 j 项指标 X_{ij} 的标准化值; $X_{\max}$ 为该项指标的参考最优取值; $X_{\min}$ 为该项指标的参考最劣取值。

表 3 天津市水环境安全评价指标等级与标准

二级指标层 C	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
C ₁ (人/km ²)	1 500	1 200	900	600	300
C ₂ (元)	100 000	77 500	55 000	32 500	10 000
C ₃ (t)	200	162. 5	125	87. 5	50
C ₄ (万 t)	50 000	40 000	30 000	20 000	10 000
C ₅ (万 t)	100 000	77 500	55 000	32 500	10 000
C ₆ (t)	500 000	387 500	275 000	162 500	50 000
C ₇ (t)	50 000	38 750	27 500	16 250	5 000
C ₈ (万 t)	50	38. 75	27. 5	16. 25	5
C ₉ (万 t)	3 000	2 375	1 750	1 125	500
C ₁₀ (亿 m ³)	1	13. 25	25. 5	37. 75	50
C ₁₁ (万 t/d)	100	275	450	625	800
C ₁₂ (%)	95	96. 25	97. 5	98. 75	100
C ₁₃ (%)	10	27. 5	45	62. 5	80
C ₁₄ (亿元)	50 000	38 750	27 500	16 250	5 000
C ₁₅ (亿元)	1 000	775	550	325	100
C ₁₆ (m ³)	300	232. 5	165	97. 5	30
C ₁₇ (%)	10	27. 5	45	62. 5	80
C ₁₈ (km/km ²)	10	20	30	40	50
C ₁₉ (%)	50	62. 5	75	87. 5	100
C ₂₀ (%)	0	25	50	75	100

根据表 2 所列出的 2009—2011 年天津市水环境安全评价的各项评价指标的原始数值和表 3 列出的评价天津市水环境安全所选取的各项指标的等级参考值,各项指标标准化数值如下:

b. 计算指标 X_{ij} 的比重 P_{ij} 。

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_i Y_{ij}} \quad (3)$$

c. 计算第 j 项指标的熵值 e_j 。

$$e_j = -k \sum (P_{ij} \ln P_{ij}) \quad (4)$$

其中 $k = \frac{1}{\ln n}, 0 \leq e_j \leq 1$

式中: k 为常数; n 为指标个数。

d. 计算第 j 项指标的权重值 g_j 。

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

其中, $0 \leq g_j \leq 1$ 。

e. 确定第 j 个指标的熵权值 W_j 。

$$W_j = \frac{g_j}{\sum g_j} \quad (6)$$

其中 $0 \leq W_j \leq 1, \sum W_j = 1$

2.4.2 AHP 法确定权重

层次分析法 (analytic hierarchy process, 简称 AHP) 是美国运筹学家、匹兹堡大学 Saaty 教授在 20 世纪 70 年代初提出的一种对定性问题进行定量分析的一种简便、灵活而又实用的多准则决策方法^[6]。首先确定需要评价的系统目标, 在深刻理解系统目标的基础上, 确定评价目标, 收集评价系统目标所需的范围、准则和各种约束条件等; 按评价目标的不同, 将各个元素进行相应的归类, 建立一个多层次的递阶结构, 将系统分为几个等级层次; 然后利用层次分析法, 将各相邻间的层次进行两两比较, 确定以上递阶结构中相邻层次元素间相关程度; 最后, 计算各层元素在评价的系统目标的权重值, 并将各层元素的权重值进行总排序, 以确定递阶结构图中最底层各个元素的总目标中的重要程度, 从而确定各个元素对评价目标的影响程度。

2.4.3 指标组合权重值的计算

根据式(7)对选取的各项指标因子, 采用客观权重和主观权重的算术平均法计算评价指标最终的组合权重值, 具体计算结果见表 4。

$$Q_j = \frac{(W_j + R_j)}{2} \quad (7)$$

式中: Q_j 为指标的组合权重; R_j 为 AHP 法确定的指标权重。

2.5 水环境安全度的计算

根据表 4 计算出的指标权重值, 运用式(8)分别计算出 2009、2010、2011 年天津市水环境安全度 S_i 分别为 0.51758、0.44580、0.49413。

$$S_i = \sum (Y_{ij} Q_j) \quad (8)$$

表 4 天津市水环境安全评价指标权重值

二级指标层 C	熵权值	AHP 权重值	组合权重值
人口密度 C_1	0.04870	0.4193	0.23400
人均 GDP C_2	0.04793	0.0524	0.05017
人均日生活用水量 C_3	0.04771	0.0357	0.04171
生产用水量 C_4	0.04903	0.0351	0.04207
废水排放总量 C_5	0.04786	0.0840	0.06593
化学需氧量排放量 C_6	0.05292	0.0305	0.04171
氨氮排放量 C_7	0.05330	0.0330	0.04315
耕地面积化肥使用量 C_8	0.04869	0.0166	0.03265
工业固体废物产生量 C_9	0.04851	0.0075	0.02801
水资源总量 C_{10}	0.05266	0.0182	0.03543
城市自来水生产能力 C_{11}	0.04878	0.0628	0.05579
城市饮用水源地水质达标率 C_{12}	0.04841	0.0186	0.03351
近海海域功能区水质达标率 C_{13}	0.15151	0.0045	0.02801
工业生产总产值 C_{14}	0.05207	0.0100	0.03104
农、林、牧、渔业总产值 C_{15}	0.05278	0.0250	0.03889
人均水资源占用量 C_{16}	0.05191	0.0823	0.06711
建成区绿化覆盖率 C_{17}	0.05065	0.0130	0.03183
建成区排水管道密度 C_{18}	0.05082	0.0052	0.02801
污水处理率 C_{19}	0.04780	0.0322	0.04000
有效灌溉面积比例 C_{20}	0.04797	0.0141	0.03104

3 结果与讨论

采用 DPSIR 模型, 构建了天津市水环境安全评价体系, 遵循评价指标体系的构建原则, 立足于天津市水资源和水环境实际情况, 以驱动力、压力等 5 个方面作为准则层, 综合考虑了人口、经济、环境、生活等方面及水环境系统的各个主要因素, 共选取 20 项相关指标, 对天津市水环境安全进行评价分析。结果表明, 2009 年天津市水环境安全度等级为 3 年中最高, 最为接近良好等级。2010 年则为最低。由指标体系的准则层来看^[7], 2009 年天津市经济发展驱动力不大, 状态较好, 生产压力较小, 给城市水环境安全带来的压力也较小。2010 年和 2011 年由于人口密度、生产用水量、废水排放量、人均日生活用水量和工业用水量比例等影响城市水环境安全的负向指标因素逐年快速的增加, 使 2010 年和 2011 年的城市水环境安全度较 2009 年有明显的下降。2010 年天津市废水排放总量、工业固体废物产生量居 3 年之首, 且 2010 年城市水资源总量为 3 年之中的最低, 约为 2009 年和 2011 年城市水资源总量的 60%, 因此, 2010 年天津市水环境安全与 2009 年和 2011 年相比, 为 3 年之中的最低值。

从评估结果来看, 天津市水环境安全状况不容乐观。改善城市水环境安全, 政府应制定相应的供水策略和废污水排放标准, 水环境安全防治应当坚持预防为主、防治结合、综合治理的原则, 优先保护饮用水源, 严格控制工业污染、城镇生活污染, 防治

农业面源污染,积极推进水环境治理工程建设,预防、控制和减少水环境污染和破坏。对水量需求较大的行业应制定合理的用水定额;对有毒废污水或对水环境安全有威胁的排泄水,应制定相应的强制性措施,禁止向水体排放、倾倒有毒废液、工业废渣、城镇垃圾和其他废物,对有毒废液应采用同一管道收集、统一沉降处理后再排入污水管道;加大对废污水的处理能力,鼓励采用中水生产或河水灌溉等,最大限度地利用有限的水资源量。此外,还应严格禁止在饮用水水源保护区内设置排污口,在重要渔业水体保护区内,禁止新建排污口等。还可通过采用合理的技术或方法收集雨水,增加生活、生产节水设施,增强人们的节水意识,合理利用有限的城市水资源,保护并改善城市水环境安全状况。

参考文献:

[1] 张小斌,李新.我国水环境安全进展[J].安全与环境工程,2013,20(1):122-126. (ZHANG Xiaobin, LI Xin. Research on the progress and tendency of water environment safety in China[J]. Safety and Environmental Engineering,2013,20(1):122-126. (in Chinese))

[2] Organization for Economic Co-operation and Development. OECD Core set of Indicators for Environmental Performance Review [M]. Paris:OECD,1993.

[3] 姚远.基于 DPSIR 模型的流域环境变迁与生态安全指标

+++++

(上接第 71 页)

[10] 管卫兵,陈辉辉,丁华腾,等.长江口刀鲚洄游群体生殖特征和条件状况研究[J].海洋渔业,2010(1):73-81. (GUAN Weibin, CHEN Huihui, DING Huateng, et al. Reproductive characteristics and conditions of anadromous *Coilia ectenes* (Engraulidae) in Yangtze Estuary [J]. Marine Fisheries,2010(1):73-81. (in Chinese))

[11] 彭期冬,廖文根,李翀,等.三峡工程蓄水以来对长江中游四大家鱼自然繁殖影响研究[J].四川大学学报(工程科学版),2012(增刊2):228-232. (PENG Qidong, LIAO Wengen, LI Chong, et al. Impacts of four major Chinese carps' natural reproduction in the middle reaches of Changjiang River by Three Gorges Project since the impoundment [J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2012 (Sup2): 228-232. (in Chinese))

[12] 刘绍平,邱顺林,陈大庆,等.长江水系四大家鱼种质资源的保护和合理利用[J].长江流域资源与环境,1997(2):32-36. (LIU Shaoping, QIU Shunlin, CHEN Daqing, et al. Protection and rational utilization of the germplasm resources of the four major Chinese carps in the Yangtze River system [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,1997(2):32-36. (in Chinese))

[13] 杨君兴,潘晓赋,陈小勇,等.中国淡水鱼类人工增殖放流现状[J].动物学研究,2013(4):267-280. (YANG

Junxing, PAN Xiaofu, CHEN Xiaoyong, et al. Overview of the artificial enhancement and release of endemic freshwater fish in China [J]. Zoological Research, 2013 (4):267-280. (in Chinese))

[4] 天津市统计局.2012 天津统计年鉴 [M].北京:中国统计出版社,2012.

[5] 唐晓城.基于 DPSIR 模型的青岛市生态环境安全评价[J].生态经济学,2013(2):413-416. (TANG Xiaocheng. Ecological environment safety evaluation research in Qingdao based on DPSIR model [J]. Ecological Economy, 2013(2):413-416. (in Chinese))

[6] 杨开,王红禧,刘俊良,等.水环境安全评价体系的指标赋权研究[J].环境科学与技术,2008,31(8):129-132. (YANG Kai, WANG Hongxi, LIU Junliang, et al. Indexes weight determining for evaluation of water environment security system with improved AHP method [J]. Environmental Science & Technology, 2008, 31 (8): 129-132. (in Chinese))

[7] 金中彦,郑彦强,赵海生.基于 DPSIR 模型的岚漪河流域生态系统安全评估[J].人民黄河,2012,34(3):54-56. (JIN Zhongyan, ZHENG Yanqiang, ZHAO Haisheng. Application of DSPIR model for eco-security assessment of Lanyi River [J]. Yellow River, 2012, 34 (3): 54-56. (in Chinese))

(收稿日期:2015-06-04 编辑:徐娟)

+++++

Junxing, PAN Xiaofu, CHEN Xiaoyong, et al. Overview of the artificial enhancement and release of endemic freshwater fish in China [J]. Zoological Research, 2013 (4):267-280. (in Chinese))

[14] 万全,赖年悦,刘映彬,等.安徽无为长江段胭脂鱼资源现状与放流保护研究[J].安徽农业科学,2007(8):2281-2282. (WAN Quan, LAI Nianyue, LIU Yinbin, et al. Study on resource status and release protection of myxocyprinus asiaticus in Anhui Section of Yangtze River [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007 (8): 2281-2282. (in Chinese))

[15] 杨金权,胡雪莲,唐文乔.长江及其南部邻近水域刀鲚的种群遗传结构及种群历史[J].上海水产大学学报,2008(5):513-519. (YANG Jinqun, HU Xuelian, TANG Wenqiao. Genetic structure and population history of *coilia nasus* in Yangtze River and its south adjacent waters [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008 (5): 513-519. (in Chinese))

[16] 李晓光,苗鸿,郑华,等.生态补偿标准确定的主要方法及其应用[J].生态学报,2009(8):4431-4440. (LI Xiaoguang, MIAO Hong, ZHENG Hua, et al. Main methods for setting ecological compensation standards and their application [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009 (8): 4431-4440. (in Chinese))

(收稿日期:2015-01-31 编辑:彭桃英)