

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2015.03.008

南昌市水环境安全评价

傅春^{1,2}, 占少贵^{1,2}, 章无恨^{1,2}

(1. 南昌大学 中国中部经济社会发展研究中心, 南昌 330047; 2. 南昌大学 经济与管理学院, 南昌 330031)

摘要: 水环境安全不仅是生态环境问题, 也是社会、经济和政治问题, 直接关系到国家安全和社会稳定。基于“驱动力-压力-状态-响应”(DPSIR)模型, 建立南昌市水环境安全评价指标体系, 并利用层次分析法、熵值法计算各指标的权重, 利用模糊综合评价法等对南昌市水环境安全进行综合评价。结果表明, 2012年南昌市水环境状况处于不安全状态。针对评价过程反映的问题, 为了提高水环境安全状态, 南昌市需要在环保投入、污染排放控制、新水源开发, 以及推进节水措施、健全水环境管理制度等方面持续努力。

关键词: 城市化; 水环境安全; 模糊综合评价; 南昌市

中图分类号: X820.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)03-0434-05

Assessment of water environment security in Nanchang

FU Chun^{1,2}, ZHAN Shaogui^{1,2}, ZHANG Wuhen^{1,2}

(1. Research Center for Central China Economic and Social Development of Nanchang University,

Nanchang 330047, China; 2. Economics and Management School of Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: Water environment security problems are not only the ecological and environmental problems, but also the social, economic, and political issues, which are directly related to the national security and social stability. In this paper, the evaluation index system of water environment security in Nanchang was developed using the "Driving force- Pressure- State- Response" (DPSIR) model. The weight of each index was calculated using AHP and entropy method, and a comprehensive evaluation of water environment security in Nanchang was conducted using the fuzzy comprehensive evaluation method. The results showed that the water environment of Nanchang is unsafe in 2012. Therefore, more efforts are needed to improve the water environment security, including the environmental investment, pollution emission control, new water source exploration, water saving measures, and improvement on water environment management system.

Key words: urbanization; water environment security; fuzzy comprehensive evaluation; Nanchang

水环境安全是指在一定历史阶段及社会条件下, 水系统中拥有足够的水量和安全的水质, 且水体能满足其内部及周围环境所构成的生态系统正常持续地运转, 并能保证人类社会可持续发展。国内外学者多从水质^[1]、水量^[2]以及水资源安全^[3]等方面探讨水环境安全问题。如 Ahmadi 等^[4]就将水环境安全认为是水质安全。随着经济的发展, 城市化水平不断提高, 城市化进程对人类生存及发展必不可少的水资源和水环境的影响越来越明显。因此, 国内外学者纷纷开始探讨城市化与水环境之间的各种胁迫关系。如 Larry^[5]认为制约南非博兹瓦纳地区社会经济的最重要因素是快速城市化所带来的水资源短缺及生态环境恶化。Narain, 等人^[6]基

于南亚四城市, 分析了城市化与水安全之间的关系。冯兰刚等^[7]研究分析了河北省快速城市化对水资源的胁迫作用, 认为务必将生态建设作为“可持续发展”的重点, 其中水生态建设至关重要。柏樱岚等^[8]通过计算生态占水量、分析占水驱动因素以及占水-水生态因子关联分析研究北京市的生态占水情况, 并分析北京市在城市化进程中水生态安全情况。李华等^[9]以西安市为例, 建立城市化与城市用水量、用水效益、人均用水水平之间的回归模型, 并确定了它们之间的定量关系。近年来我国针对水环境安全的研究虽然较多, 但对城市水环境安全的评估仍未形成系统的指标体系。

南昌作为江西省的省会, 对江西乃至中部地区的发展具

收稿日期: 2014-07-20 修回日期: 2015-04-23 网络出版时间: 2015-05-13

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150513.1516.007.html>

基金项目: 教育部人文社科重点基地研究项目(11JJD790014); 江西省高校人文社科研究重大课题攻关项目“江西融入‘美丽中国’建设发展战略研究”(ZDGG201303)

作者简介: 傅春(1966), 女, 江西南昌人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源与环境管理研究。E-mail: 764001582@qq.com.

通讯作者: 占少贵(1989), 男, 江西九江人, 主要从事城市区域与可持续发展研究。E-mail: zhanshaogui@qq.com

有重大的战略意义。目前,学者对南昌市水环境安全的研究较少。因此,对南昌市水环境安全进行客观真实的评估,对于南昌市水资源合理开发利用和保护具有重要意义,为江西省乃至中部其他地区的水环境安全评估提供参考和借鉴。

1 指标体系的建立和评估方法

1.1 指标体系的构建

“驱动力-压力-状态-响应力”(DPSIR)模型广泛应用于对环境系统的评价,以该模型建立的指标体系能衡量环境

及其可持续发展状况。它涵盖了经济、社会、环境以及政策四大要素,从系统分析的角度阐述人和环境系统的相互关系等。由于驱动力和压力都是指对环境产生影响的作用因子,在实际的评估中,本文将驱动力指标(D)一并归入压力指标(P)内,将所选发展指标分为压力、状态、响应三个层次,分别从社会经济安全、水质、水量、水灾害四个方面对这三个层次进行指标构建。经相关分析和主成分分析,对初建指标体系进行筛选,最终得到南昌市水环境安全评价指标体系,共30个指标(表1)。

表1 南昌市水环境安全评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of water environment security in Nanchang

| 指标类型 | 压力 | 状态 | 响应 | |
|--------|-------------|-----------|----------------|--------------|
| 社会经济安全 | 人口自然增长率 | 城镇居民恩格尔系数 | 高等学校在校学生数 | |
| | 人均耕地面积 | | | |
| | 第三产业占GDP比重 | | | 水利工程投入占GDP比重 |
| | 城市化率 | | | |
| 水质 | 单位农田面积化肥使用量 | 污径比 | 集中式饮用水水源地水质达标率 | |
| | 工业废水排放量 | 劣Ⅴ类河段比例 | 污水处理率 | |
| | | 工业固废综合利用率 | | |
| 水量 | 工业万元GDP用水量 | 人均水资源量 | 工业用水重复利用率 | |
| | 农田灌溉亩均用水量 | 水资源利用率 | | |
| | 人均日生活用水量 | 人口密度 | | |
| 水灾害 | 旱灾成灾比例 | 年暴雨天数 | 排水管道密度 | |
| | 水灾成灾比例 | 年降水量 | 旱涝保收面积占耕地面积比例 | |

1.2 指标权重的确定方法

各指标权重的确定是综合评价的核心问题。指标权重的确定方法一般分为客观赋权法和主观赋权法,客观赋权法包括熵权法、主成分分析法、灰色决策法等等;主观赋权法包括层次分析法、专家打分法等等。本文利用层次分析法确定四个评价子集的权重,利用熵值法确定水环境安全评价指标体系中各指标的权重。

1.3 水环境安全评价方法

本文采用模糊综合评价法进行水环境安全评价。该方法以模糊数学为基础,应用模糊可变原理量化一些边界不易定量的因素,并根据评价指标对被评判事物的隶属等级状况进行综合评价^[10-11],在生态环境质量和环境污染综合评价等领域被广泛应用。其具体操作步骤如下:

- (1) 确定评价指标,建立因素集 U ;
- (2) 确定各指标含义并分级,建立评价集 V ;
- (3) 建立各评价因素的权重集 ω ;
- (4) 建立模糊关系矩阵 R ,即依据评级指标的分级,建立指标的隶属函数,从而得到各指标的隶属度;
- (5) 计算模糊综合评价算量 B , $B = \omega \circ R$ 模糊数学运算。

2 南昌市水环境安全评价

2.1 建立因素集 U 和评价集 V

根据南昌市水环境安全评价指标体系将南昌市水环境安全 P 分为社会经济安全 S_1 、水质安全 S_2 、水量安全 S_3 、水灾害 S_4 这四个评价子集,每个子集由反映水环境安全状况的系列指标构成,即因素集 U 。四个评价子集如下。

$S_1 = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_9\}$, 其中: u_1 是人口自然增长率; u_2 是人均耕地面积; u_3 是第三产业占GDP比重; u_4 是城市化率; u_5 是城镇居民恩格尔系数; u_6 是森林覆盖率; u_7 是人均GDP; u_8 是高等学校在校学生数; u_9 是水利工程投资占GDP比重。

$S_2 = \{u_{10}, u_{11}, u_{12}, \dots, u_{16}\}$, 其中: u_{10} 是单位农田面积化肥使用量; u_{11} 是工业废水排放量; u_{12} 是污径比; u_{13} 是劣Ⅴ类河段比例; u_{14} 是工业固废综合利用率; u_{15} 是集中式饮用水水源地水质达标率; u_{16} 是污水处理率。

$S_3 = \{u_{17}, u_{18}, u_{19}, \dots, u_{24}\}$, 其中: u_{17} 是工业万元GDP用水量; u_{18} 是农田亩均灌溉用水量; u_{19} 是人均日生活用水量; u_{20} 是人均水资源量; u_{21} 是水资源利用率; u_{22} 是人口密度; u_{23} 是工业用水重复利用率; u_{24} 是城市自来水普及率。

$S_4 = \{u_{25}, u_{26}, u_{27}, \dots, u_{30}\}$, 其中: u_{25} 是旱灾成灾比例; u_{26} 是水灾成灾比例; u_{27} 是年暴雨天数; u_{28} 是年降水量; u_{29} 是排水管道密度; u_{30} 是旱涝保收面积占耕地面积比重。

参考我国相关标准和要求以及相关文献^[12-14],并咨询专家意见,将所有指标划分为5个等级:非常安全、安全、基本安全、不安全、极不安全(表2),即 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ 。

2.2 确定权重集

在权重计算之前,需要对原始数据进行无量纲化处理。在此,运用极值法对原始数据进行无量纲化处理。对于正向性指标,即值越大越优的指标,则采用下列公式:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (1)$$

式中: x'_{ij} 为无量纲化处理后的各指标值; $\max x_j$ 、 $\min x_j$ 分别为第 j 项指标的最大值、最小值。

表 2 评价指标分级

Tab. 2 Classification of evaluation indexes

| 指标 | 非常安全 | 安全 | 基本安全 | 不安全 | 极不安全 | 分级依据 |
|--|---------|--------------|---------------|----------------|----------|----------------|
| 人口自然增长率(%) ↓ | < 0.5 | 0.5~ 2 | 2~ 3.5 | 3.5~ 5 | > 5 | 全国及江西省平均水平 |
| 人均耕地面积/hm ² | > 0.13 | 0.1~ 0.13 | 0.07~ 0.1 | 0.04~ 0.07 | < 0.04 | 全国及世界平均水平 |
| 第三产业占 GDP 比重(%) ↑ | > 80 | 60~ 80 | 40~ 60 | 20~ 40 | < 20 | 发达国家水平 |
| 城市化率(%) ↑ | > 70 | 50~ 70 | 30~ 50 | 10~ 30 | < 10 | 发达国家水平 |
| 城镇居民恩格尔系数(%) ↓ | < 0.20 | 0.20~ 0.40 | 0.40~ 0.50 | 0.50~ 0.59 | > 0.59 | 联合国粮农组织规定 |
| 森林覆盖率(%) ↑ | > 65 | 50~ 65 | 35~ 50 | 20~ 35 | < 20 | 发达国家水平 |
| 人均 GDP/(万元·人 ⁻¹) ↑ | > 7.5 | 5.5~ 7.5 | 3.5~ 5.5 | 1.5~ 3.5 | < 0.5 | 全国及世界平均水平 |
| 高等学校在校学生数/万人 ↑ | > 50 | 40~ 50 | 30~ 40 | 20~ 30 | < 20 | 其他城市水平 |
| 水利工程投入占 GDP 比重(%) ↑ | > 0.8 | 0.7~ 0.8 | 0.6~ 0.7 | 0.5~ 0.6 | < 0.5 | 国家“十二五”规划 |
| 单位农田面积化肥使用量/(kg·hm ⁻²) ↓ | < 225 | 225~ 318 | 318~ 411 | 411~ 504 | > 504 | 国际及全国平均水平 |
| 工业废水排放量/万 t ↓ | < 7 000 | 7 000~ 9 000 | 9 000~ 11 000 | 11 000~ 15 000 | > 15 000 | 全国平均水平 |
| 污径比(%) ↓ | < 3.2 | 3.2~ 5.5 | 5.5~ 7.7 | 7.7~ 10 | > 10 | 国内外研究结果 |
| 劣Ⅴ类河段比例(%) ↓ | < 10 | 10~ 30 | 30~ 50 | 50~ 70 | > 70 | 发达国家水平 |
| 工业固废综合利用率(%) ↑ | > 90 | 70~ 90 | 50~ 70 | 30~ 50 | < 30 | 国家“十二五”规划 |
| 集中式饮用水水源地水质达标率(%) ↑ | > 95 | 90~ 95 | 85~ 90 | 80~ 85 | < 80 | 生活饮用水卫生标准 |
| 污水处理率(%) ↑ | > 90 | 80~ 90 | 70~ 80 | 60~ 70 | < 60 | 国家“十二五”规划 |
| 工业万元 GDP 用水量/(m ³ ·万元 ⁻¹) ↓ | < 100 | 100~ 150 | 150~ 200 | 200~ 300 | > 300 | 全国及世界平均水平 |
| 农田灌溉亩均用水量(m ³ ·hm ⁻²) ↓ | < 4 500 | 4 500~ 6 300 | 6 300~ 7 500 | 7 500~ 9 000 | > 9 000 | 农田灌溉水质标准 |
| 人均日生活用水量(L·人 ⁻¹ ·d ⁻¹) ↑ | > 220 | 170~ 220 | 120~ 170 | 70~ 120 | < 70 | 全国及其他城市水平 |
| 人均水资源量/m ³ ↑ | > 3 000 | 1 700~ 3 000 | 1 000~ 1 700 | 500~ 1 000 | < 500 | 我国水行政主管部门拟定的标准 |
| 水资源利用率(%) ↓ | < 10 | 10~ 20 | 20~ 30 | 30~ 40 | > 40 | 世界各国实践结果 |
| 人口密度/(人·km ⁻²) | < 250 | 250~ 2 000 | 2 000~ 3 750 | 3 750~ 5 500 | > 5 500 | 全国及其他地区水平 |
| 工业用水重复利用率(%) ↑ | > 90 | 80~ 90 | 70~ 80 | 60~ 70 | < 60 | “十一五”计划规定 |
| 城乡自来水普及率(%) ↑ | > 95 | 85~ 95 | 75~ 85 | 65~ 75 | < 65 | 发达国家水平 |
| 旱灾成灾比例(%) ↓ | < 10 | 10~ 30 | 30~ 50 | 50~ 70 | > 70 | 全国及华东地区平均水平 |
| 水灾成灾比例(%) ↓ | < 10 | 10~ 20 | 20~ 30 | 30~ 40 | > 40 | 全国及华东地区平均水平 |
| 年暴雨天数/d ↓ | < 5 | 5~ 15 | 15~ 25 | 25~ 35 | > 35 | 全国及江西省平均水平 |
| 年降水量/mm ↑ | > 2 000 | 1 500~ 2 000 | 1 000~ 1 500 | 500~ 1 000 | < 500 | 气象干旱等级 |
| 排水管道密度/(km·km ⁻²) ↑ | > 16 | 12~ 16 | 8~ 12 | 4~ 8 | < 4 | 发达国家平均水平 |
| 旱涝保收面积占耕地面积比例(%) ↑ | > 60 | 50~ 60 | 40~ 50 | 30~ 40 | < 30 | 全国及江西省平均水平 |

注: ↑ 表示越大越优型指标, ↓ 表示越小越优型指标。

对于负向性指标,即值越小越优的指标,则采用下列公式:

$$x'_{ij} = \frac{\max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} \quad (2)$$

再根据熵值法,计算出各评价集中各指标的权重,结果如下:

社会经济安全子集 $\omega_1 = (0.0520, 0.2876, 0.0938, 0.1266, 0.0527, 0.1666, 0.0671, 0.0305, 0.1231)$

水质安全子集 $\omega_2 = (0.2387, 0.0706, 0.0489, 0.0595, 0.3246, 0.1257, 0.1320)$

水量安全子集 $\omega_3 = (0.0934, 0.0993, 0.2387, 0.1719, 0.1054, 0.0713, 0.0912, 0.1289)$

水灾害子集 $\omega_4 = (0.1891, 0.2307, 0.2509, 0.1485, 0.0873, 0.0936)$

另外,根据层次分析法,求得各子集权重为 $\omega = (0.45, 0.31, 0.17, 0.07)$ 。

2.3 建立模糊关系矩阵 R

矩阵 R 表示因素集 U 与评价集 V 的模糊关系,表示为

$R = (r_{ij})_{m \times n}$, 即

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: r_{ij} 指第 i 个指标的数值可能被评价为第 j 类安全等级的可能性,即因素 u_i 对等级 V_j 的隶属度。

本文隶属度的计算采用三角形隶属函数(图 1)。三角隶属度函数是最常见、最简单的模糊隶属度函数,能处理表达模糊信息,在数据资料较少的情况下,仍有很好的适用性^[9]。把每个等级区间的中点作为分界,若指标在区间中点,则该指标对该等级的隶属度为 1;在相邻区间的中点时,则对该等级的隶属度为 0。模糊量 A_i 三角形隶属函数的计算公式如下:

$$\mu_{A_i}(x) = \begin{cases} (x - x_{i-1}) / (x_i - x_{i-1}), & x \in [x_{i-1}, x_i] \\ (x_{i+1} - x) / (x_{i+1} - x_i), & x \in [x_i, x_{i+1}] \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

利用 2012 年南昌市水环境安全评价指标体系中的各项

指标数据,计算出各指标的隶属度见表3。

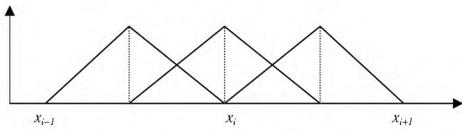


图1 三角隶属函数分布

Fig. 1 Triangular membership function distribution

表3 南昌市水环境安全评价各指标的隶属度

Tab. 3 Membership of each evaluation index of water environment security in Nanchang

| 评价领域 | 指标层 | 隶属度向量 |
|----------|-----------------------|-------------------------|
| 社会经济安全 | 人口自然增长率 | [0, 0, 0, 0, 1] |
| | 人均耕地面积 | [0, 0, 0, 0.98, 0.02] |
| | 第三产业占GDP比重 | [0, 0.235, 0.765, 0, 0] |
| | 城市化率 | [0.439, 0.561, 0, 0, 0] |
| | 城镇居民恩格尔系数 | [0, 0.727, 0.273, 0, 0] |
| | 森林覆盖率 | [0, 0, 0.297, 0.703, 0] |
| | 人均GDP | [0, 0.936, 0.064, 0, 0] |
| | 高等学校在校学生数 | [0.592, 0.408, 0, 0, 0] |
| | 水利工程投资占GDP比重 | [0, 0, 0, 0, 1] |
| 水质安全 | 单位农田面积化肥使用量 | [0, 0, 0, 0.176, 0.824] |
| | 工业废水排放量 | [0, 0, 0.03, 0.97, 0] |
| | 污径比 | [0.262, 0.738, 0, 0, 0] |
| | 劣Ⅴ类河段比例 | [0.375, 0.625, 0, 0, 0] |
| | 工业固废综合利用率 | [0.935, 0.065, 0, 0, 0] |
| | 集中式饮用水水源地水质达标率 | [1, 0, 0, 0, 0] |
| 水量安全 | 污水处理率 | [0, 0.925, 0.075, 0, 0] |
| | 工业万元GDP用水量 | [1, 0, 0, 0, 0] |
| | 农田灌溉亩均用水量 | [0.134, 0.866, 0, 0, 0] |
| | 人均日常生活用水量 | [1, 0, 0, 0, 0] |
| | 人均水资源量 | [0, 0.38, 0.62, 0, 0] |
| | 水资源利用率 | [0, 0, 0.323, 0.677, 0] |
| | 人口密度 | [0.412, 0.588, 0, 0, 0] |
| | 工业用水重复利用率 | [0, 0.812, 0.188, 0, 0] |
| 城乡自来水普及率 | [0.89, 0.11, 0, 0, 1] | |
| 水灾害 | 旱灾成灾比例 | [1, 0, 0, 0, 0] |
| | 水灾成灾比例 | [0, 0, 0, 0, 1] |
| | 年暴雨天数 | [0, 0, 0, 0.1, 0.9] |
| | 年降水量 | [0.62, 0.38, 0, 0, 0] |
| | 排水管道密度 | [0, 0, 0.76, 0.24, 0] |
| | 旱涝保收面积占耕地面积比重 | [0.215, 0.785, 0, 0, 0] |

2.4 水环境安全综合评价

由各指标权重集 W 和单因素评价矩阵 R , 依据模糊矩阵运算规则 $B = W \circ R^{[16]}$, 对2012年南昌市水环境评价体系中的准则层进行模糊综合评价。得到:

$$B_1 = [0.167 \quad 0.167 \quad 0.219 \quad 0.379 \quad 0.068]$$

$$B_2 = [0.34 \quad 0.14 \quad 0.08 \quad 0.019 \quad 0.25]$$

$$B_3 = [0.35 \quad 0.25 \quad 0.25 \quad 0.15 \quad 0]$$

$$B_4 = [0.202 \quad 0.202 \quad 0.119 \quad 0.136 \quad 0.341]$$

在此基础上,根据四个子集各自所占的权重,便可对南昌市水环境安全状况做出总体评价,得:

$$B = [0.45 \quad 0.31 \quad 0.17 \quad 0.07]^0$$

$$\begin{bmatrix} 0.167 & 0.167 & 0.219 & 0.379 & 0.068 \\ 0.34 & 0.14 & 0.08 & 0.019 & 0.25 \\ 0.35 & 0.25 & 0.25 & 0.15 & 0 \\ 0.202 & 0.202 & 0.119 & 0.136 & 0.341 \end{bmatrix} = [0.31 \quad 0.17 \quad 0.219 \quad 0.379 \quad 0.25]$$

将结果归一化可得

$$B = [0.23 \quad 0.13 \quad 0.16 \quad 0.29 \quad 0.19]$$

即2012年南昌市水环境隶属非常安全的程度为23%,隶属安全的程度是13%,隶属基本安全的程度为16%,隶属不安全的程度为29%,隶属极不安全的程度为19%。根据最大隶属度原则可知,2012年南昌市水环境状况处于不安全状态。

3 南昌市水环境安全的保障对策及建议

3.1 加快经济建设,加大环保投入

在南昌市水环境安全评价指标体系中,社会经济安全子集所占权重最大,但安全度值较低,处于不安全状态。其中,指标人均GDP、第三产业占GDP比重、水利投资占GDP比重的安全度值均为0,说明南昌的经济发展水平较低,第三产业较不发达,政府对水利工程的投资少,管道建设滞后。而经济基础是水环境安全保障体系的物质基础,加大环保投入是保障水环境安全的有效手段。所以,针对这种现状,南昌市要加快经济建设,积极发展服务业,并增加环保投入,积极建设水利工程,加强管道的修建整改。

3.2 严格控制污染排放,提高污水处理能力

水质子集在指标体系中所占权重较大,且安全度值较高,处于非常安全状态,但是单位农田面积化肥使用量、工业废水排放量、污水处理率指标的安全度值均为0,说明化肥施用过量,工业废水排放量增多,污染水环境等问题严重。因此需要倡导人们合理施肥,防止过度施肥产生的水污染,严格控制废水排放总量,同时需要实行污水减排及废水集中处理的方针,提高城市生活污水和工业废水集中处理能力。

3.3 增加新的水源,做好节水措施

水量子集处于非常安全状态,其中指标农业灌溉亩均用水量、人均水资源量、水资源利用率的安全度值均为0。说明南昌市的水资源开发过度,出现用水紧张现象。因此南昌市需要开发非常规流域水资源,缓解水资源供应压力,并做好农业节水、工业节水和生活节水工作,以缓解水资源需求压力。

3.4 健全水环境管理制度体系

水灾害子集处于基本安全状态,但水灾成灾比例、年暴雨天数指标的安全度值处于不安全及以上的状态。因此完善水资源管理体制迫在眉睫。破除“多龙管水”的多部门管水状态,并建立水环境安全预警系统和应急机制,提高对突发性水污染事故的反应速度和应急处理能力,最大限度的减少突发性环境污染事故对水环境安全造成的影响,以保障水环境安全。

参考文献(References):

[1] 熊正为. 水资源污染与水安全问题探讨[J]. 中国安全科学学报, 2000, 10(5): 39-43. (XIONG Zhengwei. Probe into the pollution of water resources and water security problem. China Safety Science Journal, 2000, 10(5): 39-43.)

- lution of water resource and water safety[J]. China Safety Science Journal, 2000, 10(5): 39-43. (in Chinese)
- [2] 闵庆文, 成升魁. 全球化背景下的中国水资源安全与对策[J]. 资源科学, 2002, 24(4): 49-55. (MIN Qingwen, CHENG Shengkui. Water resource security and counter measures in China oriented to globalization[J]. Resource Science, 2002, 24(4): 49-55. (in Chinese))
- [3] Michiel A Rijsberman, Frans H M. van de Ven. Different approaches to assessment of design and management of sustainable urban water system[J]. Environment Impact Assessment Review, 2000, 129(3): 333-345.
- [4] Ahmadi, Azadeh. Integrated planning of land use and water allocation on a watershed scale considering social and water quality issues[J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 2012, 138(6): 671-681.
- [5] Larry A. Swatuk and Dianné Rahm. Integrating policy, distinegrating practice: water resources management in Botswana, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2004, 29(15-18): 1357-1364.
- [6] Narain, Vishal. et al. Urbanization, periurban water (in) security and human well-being: a perspective from four South Asian cities[J]. Water International. 2013, 7(38): 930-940.
- [7] 冯兰刚, 都沁军. 试论城市化发展对水资源的胁迫作用以河北省为例[J]. 湖南财经高等专科学校学报, 2009, 25(2): 93-95. (FENG Langang, DU Qinjun. The threat of urbanization water resource taking Hebei province as the example[J]. Journal of Hunan Financial and Economic College, 2009, 25(2): 93-95. (in Chinese))
- [8] 柏樱岚, 王如松, 姚亮. 北京城市生态占水研究[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4415-4426. (BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang. Ecological water depletion by human use in Beijing city[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(15): 4415-4426. (in Chinese))
- [9] 李华, 师谦友, 高楠. 西安城市化与水资源利用关系的量化研究[J]. 地域研究与开发, 2012, 31(5): 131-134, 139. (LI Hua, SHI Qianyou, GAO Nan. Study on the quantitative relationship between urbanization and water resources utilization in Xi'an city [J]. Areal Research and Development, 2012, 31(5): 131-134, 139. (in Chinese))
- [10] 王怡宁, 孙乐强, 王振龙, 等. 皖北地区供水安全综合评价[J]. 水利水电技术, 2012, 43(1): 30-34. (WANG Yining, SUN Leqiang, WANG Zhenlong, et al. Comprehensive assessment on water supply safety within region of North Anhui[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2012, 43(1): 30-34. (in Chinese))
- [11] 杨旭, 于水利, 由海波. 模糊数学综合评判在水资源价值评估中的应用[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2008, (2): 187-191. (YANG Xu, YU Shuli, YOU Haibo. The application of fuzzy math integrated judgment in the evaluation of water resource value[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2008(2): 187-191. (in Chinese))
- [12] 卢敏. 小城镇水安全理论模型及应用研究[D]. 南京: 河海大学, 2006. (LU Min. Application and research on water security theory and model for small town[D]. Nanjing: Hohai University, 2006. (in Chinese))
- [13] 刘宏. 镇江市水环境安全评价及风险控制研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2010. (LIU HONG. Study on water environment security assessment and risk control of Zhenjiang[D]. Zhengjiang: Jiangsu University, 2010. (in Chinese))
- [14] 丘宁, 葛江华, 张秀菊, 等. 水环境安全模糊综合评价方法研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(6): 61-65. (QIU Ning, GE Jianghua, ZHANG Xiujie, et al. Research of water environment security fuzzy comprehensive evaluation method[J]. China Rural Water and Hydropower, 2013(6): 61-65. (in Chinese))
- [15] 付巧峰. 模糊综合评判在水资源价值评估中的应用[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2008, 38(2): 187-191. (FU Qiaofeng. The application of fussy comprehensive evaluation to water resources value[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2008, 38(2): 187-191. (in Chinese))
- [16] 刘耀彬, 占少贵, 陈建军, 等. 人口、资源与环境经济学模型与案例分析[M]. 北京: 科学出版社, 2014. (LIU Yaobin, ZHAN Shaogui, CHEN Jianjun, et al. Model and Case Study of Population, Resources and Environmental Economics[M]. Beijing: Science Press, 2014. (in Chinese))