

# 西北内陆典型流域水环境风险源识别研究

陈超<sup>1</sup>, 贾尔恒·阿哈提<sup>2</sup>, 文方<sup>2</sup>, 程艳<sup>2</sup>, 邱秀云<sup>1</sup>

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆环境保护科学研究院, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 着重研究了风险源评价体系中行业类别、距离流域最短距离、距敏感目标流程等企业特性指标, 构建了风险源识别体系。在各指标权重赋权方法方面, 采用 AHP 法和熵权法组合赋权的新方法, 建立了风险源指标的权重评价方法。应用模糊综合评价方法对西北内陆典型流域风险源进行了综合分析评价。初步建立起适合该流域水环境风险识别技术, 为该流域的水环境保护提供有力的技术支撑。

**关键词:** 流域; 风险源; 风险识别; 综合模糊评价

中图分类号: X824

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)01-0187-04

## Research of risk source recognition of water environment in typical river basin of northwest inland

CHEN Chao<sup>1</sup>, JIAERHENG · Ahati<sup>2</sup>, WEN Fang<sup>2</sup>, CHENG Yan<sup>2</sup>, QIU Xiuyun<sup>1</sup>

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Xinjiang Academy of Environmental Protection Science, Urumqi 830011, China)

**Abstract:** The risk source identification focuses on the enterprise index such as industry category, the shortest distance from valley, away from the sensitive target process, and then constructs the risk source identification system. In the respect of weighting methods of index weight, the paper used new method which is a combination improved analytic hierarchy process(AHP) and entropy value method to define the weight of each index and to build up weight evaluation method for risk source indicator. Using the fuzzy-based assessment method, the paper carried out comprehensive analysis and evaluation to typical watershed in northwest inland area and established the method of risk discern of water environment which is fitted to the river basin. The method can provide strong technical support for water environment protection of the watershed.

**Key words:** watershed; risk source; risk identification; comprehensive fuzzy evaluation

随着社会经济的发展,水污染事故正成为危害人民生存健康的重大环境问题,不仅对人群安全与生存带来极大危害,而且对生态环境影响极大<sup>[1]</sup>。随着人类社会活动的日益频繁,企业规模的不断扩大,一些企业违法排污、不注重安全生产及一些不可抗拒的洪涝灾害等多种因素影响,导致了不可预知的水污染事故频繁发生,特别是一些重大水体污染事故对人民的生存、社会安定、生态环境带来了严重的灾难,因此有效预防水体污染事故的发生,加强对河流水污染的管理,就成了环境保护工作的一个重点。因此对风险源风险的有效评估是进行风险源管理的一个重要手段,各风险源都有其特殊的地

位,从而在流域的风险源调查的基础上归类污染物类型,针对流域风险源特点进行水环境风险源的识别,给出风险指数排序,对治理流域水环境风险源、保障水环境功能具有重要意义<sup>[2-3]</sup>。因此本文结合风险源的特点构建包含风险源特点的指标对流域风险源的识别及其评价的完善、全面性等方面有重大意义。

## 1 数据来源及处理

针对新疆某典型内陆河流域工业行业发展及布局特点,收集流域内各行政区研究基准年(2011)工业、城镇生活等各类污染源数据资料,当地水文站所

收稿日期:2013-09-02; 修回日期:2013-10-02

基金项目:新疆水利水电工程学科基金资助重点项目(XJZDXK-2002-10-05)

作者简介:陈超(1988-),男,江苏人,硕士,研究方向为计算水力学。

通讯作者:贾尔恒·阿哈提(1962-),男,新疆人,高级工程师,主要从事水环境管理工作。

提供的水质监测数据及通过走访当地,获得的一些实测数据。

以调查统计为主要手段,基于流域人口、经济、供水等基础资料,针对各种途径获得的污染源数据,通过内部逻辑校验、供排水平衡分析、产排污系数校核、特征值分析和数据系统比较等多种方法进行不同类型污染指标(有机污染物、重金属、营养盐、行业特征污染物)的数据校核。

## 2 流域风险源识别体系构建及评价方法

### 2.1 流域风险源指标体系设计原则

流域风险源指标体系的建立可使管理者更好地了解流域风险源的分布情况,明确风险产生的根本。了解各种因素对风险识别的重要性是流域重大水污染事件管理和决策的基础。

指标体系是否合理、科学直接影响到风险源的正确评价,因此,指标体系必须科学、客观、合理并尽可能全面地反映影响风险源评价的各个方面的因素。

### 2.2 评价指标体系的建立

要进行流域风险源评价首先需要构建出一套具有代表性、关联性、可获得性和可适应某一特定目标的指标体系。因此,从风险源固有风险到生产环节的风险再到其所处的位置及周围环境、受纳水体等构建了表1的流域风险源识别指标体系,包括企业固有风险指标、排放指标、受纳水体指标。

### 2.3 评判因素的选取、分级及权重的确定

2.3.1 评语等级论域的建立 风险源评价指标及其标准的确定直接影响到评价结果的准确性、客观性和实用性。通过专家咨询、借鉴国际国内众多学者的研究及国家的相关法律法规<sup>[4-5]</sup>,确定的各指标体系标准值见表2。

$v_1$  表示水环境风险较低,对周边的环影响较小; $v_3$  表示水环境的风险较大,表示该风险源具有一定的不可估量的风险,一旦发生水环境事故影响则较为严重,需要重点监管; $v_2$  级情况则介于上两级之间,表明风险源的大小适中,需要定期进行监察。为了更好地反映各等级风险,对评判集等级用1分制数量化: $A_1 = 0.05, A_2 = 0.5, A_3 = 0.95$ 。这样以便可定量反映各等级因素对风险源的影响程度,数值越高,说明风险源的风险越大。

2.3.2 风险源评价指标权重的确定 科学地确定指标因子权重在多指标因子综合评价中对综合评价结果的合理与否举足轻重,目前,权重的确定方法有数十种之多,大体分为主观赋权、客观赋权和组合赋

权3大类。本文采用改进的AHP法和熵权法组合赋权<sup>[6-7]</sup>。

表1 流域风险源评价指标体系

准则层	评价因素
企业固有风险指标 $B_1$	企业规模 $B_{11}$
	正常生产时间 $B_{12}$
	行业类别 $B_{13}$
	距离流域的最短距离 $B_{14}$
	距离敏感目标流程 $B_{15}$
排放指标 $B_2$	排放方式 $B_{21}$
	污水排放量 $B_{22}$
	排放污染物复杂程度 $B_{23}$
	重金属排放 $B_{24}$
	耗氧有机物排放 $B_{25}$
	酸碱盐类污染物排放 $B_{26}$
受纳水体指标 $B_3$	特征污染物排放 $B_{27}$
	水体敏感程度 $B_{31}$
	水体功能重要程度 $B_{32}$

表2 综合评价指标的分级值  $h/a, km, t$

评价因素 $U$	评价集 $V$		
	$v_1$	$v_2$	$v_3$
企业规模	<1.5	1.5~2.5	>2.5
正常生产时间	<2500	2500~5000	>5000
行业类别	<3.5	3.5~6.5	>6.5
距排入河流的最短距离	>1.5	0.7~1.5	<0.7
距出境断面的流程	>150	70~150	<70
排放方式	<1.5	1.5~3.5	>3.5
污水产生量	<50000	50000~500000	>500000
污水中污染物复杂程度	<2.5	2.5~4.5	>4.5
重金属等标负荷量	<0.01	0.01~0.03	>0.03
耗氧有机物等标负荷量	<0.8	0.8~2.0	>2
氰化物等标负荷量	<0.03	0.03~0.1	>0.1
挥发酚、石油类等标负荷量	<0.01	0.01~0.04	>0.04
水体敏感程度	<2.5	2.5~3.5	>3.5
水体功能重要程度	<1.5	1.5~2.5	>2.5

对子系统下既有定性又有定量的指标采用不同的赋权方法,并将最终的权重进行重新分配,在运用AHP法得到指标的主观权重基础上,对子系统可进行熵权法赋权,最终得到主客观相结合的综合权重,即在一个子系统下将定量指标归为一类(A),与其子系统下的定性指标(B)采用AHP法,通过专家打分进行赋权,后将定量的指标(A)通过熵权法,进行

客观赋权得到各指标权重  $A'_{11}, A'_{12}, \dots, A'_{1n}$ , 再与前面 AHP 法赋予的总权重进行组合, 得到最终的组合权重  $A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}$ , 公式<sup>[8-12]</sup>:

$$A_{1n} = A'_{1n} \times A$$

$$(n = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

采用上述方法将环境风险源各子系统的权重与各子系统中不同指标的权重相乘, 得到的各评价指标对于环境风险源的总权重见表 3。

表 3 水环境风险源指标体系总权重

准则层		评价因素	权重	某矿业公司	某化工公司	某食品公司	某亚麻公司	某造纸公司	某铸造公司
企业固有 风险指标	$B_1$	企业规模 $B_{11}$	0.034	2	3	3	3	3	3
		行业类别 $B_{12}$	0.139	4	3	3	5	5	2
		正常生产时间 $B_{13}$	0.035	8100	4473	2160	1440	1680	960
排放指标	$B_2$	距排入河流的最短距离 $B_{14}$	0.090	1.3	0.2	0.1	0.4	1.2	0.2
		距敏感目标的流程 $B_{15}$	0.122	105	114	65	118	76	63
		排放方式 $B_{21}$	0.057	3	2	1	2	3	1
		污水产生量 $B_{22}$	0.069	979	101	6669	16250	13264	2281
		产生污水中污染物复杂程度 $B_{23}$	0.041	7	2	1	2	2	2
		重金属产生等标负荷量 $B_{24}$	0.083	0.032	0	0	0	0	0
		耗氧有机物产生等标负荷量 $B_{25}$	0.029	0.2191	56.2511	0.0041	1.8200	0.1960	0.0002
氰化物产生等标负荷量 $B_{26}$	0.038	0.0327	0.1307	0	0.0001	0.0160	0.0001		
受纳水体 指标 $B_3$	$B_3$	挥发酚、石油类产生等标负荷量 $B_{27}$	0.073	0	0	0	0	0	0.02
		水体敏感程度 $B_{31}$	0.095	2	3	3	3	4	4
		水体功能重要程度 $B_{32}$	0.095	3	3	3	3	1	1

### 2.4 模糊综合评价方法

在完成了指标体系构建的基础上, 利用模糊综合评价法对流域风险源进行综合评价。设评判因素集合  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ; 评语集合  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ; 首先对评判因素进行单因素评价, 确定其对评价等级  $v_j$  的隶属度  $r_{ij}$ , 这样  $m$  个评价因素的评价集就构成了评价矩阵  $R^{[13]}$ 。

则风险源模糊综合评判为下列模糊变换  $B = A \times R$ , 式中:  $A$  为  $U$  上的模糊子集, 而评判结果  $B$  则是  $V$  上的模糊子集。并且可表示为  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ ,  $0 \leq a_i \leq 1$ ; 评价计算中  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  代表了各因素对综合评判重要性的权系数。因此, 满足  $\sum_{i=1}^m a_i = 1$ 。综合评定采用数量化评判集  $A_j$  的值以及  $B$  矩阵中各等级隶属度  $b_j$  值, 根据下式分析计算<sup>[14]</sup>:

$$\alpha = \sum_{j=1}^3 b_j^k a_j / \sum_{j=1}^3 b_j^k \quad (2)$$

式中:  $\alpha$  为  $B$  矩阵算出的综合评分值,  $k$  值为突出占优势等级的作用一般取值 1。在本文中  $\alpha$  值越大说明风险源的风险也越大。

评价因素隶属度计算则根据文献[15]所提到

的隶属度计算公式进行计算。

## 3 针对某河流域风险源综合评价

### 3.1 流域风险源隶属度计算

针对某流域工业行业发展及布局特点, 收集流域内各行政区研究基准年(2011)工业、城镇生活等各类污染源数据资料。对各环境风险源先按照表 2 的风险源各指标的分级标准, 确定  $K_1, K_2, K_3$ , 根据相应等级隶属度计算各工厂风险源隶属度(以某矿业公司为例), 见表 4。

### 3.2 流域风险源综合评分

水环境风险源的综合评分值, 以某矿业公司为例, 计算如下:

$$B_1 = W_1 \cdot \mu_1 = (0.034, 0.139, 0.035, 0.090, 0.122) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0.14 & 0.86 \\ 0.25 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0.94 & 0.06 \end{pmatrix}$$

$$= (0.023 \quad 0.245 \quad 0.152)$$

$$B_2 = W_2 \cdot \mu_2$$

$$= (0.057, 0.069, 0.041, 0.083, 0.029, 0.038, 0.073) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0.75 & 0.25 \\ 0.59 & 0.41 & 0 \\ 0 & 0.14 & 0.86 \\ 0.10 & 0.99 & 0 \\ 0.59 & 0.41 & 0 \\ 0.62 & 0.38 & 0 \\ 0.67 & 0.33 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= (0.131 \quad 0.210 \quad 0.050)$$

$$B_3 = W_3 \cdot \mu_3$$

$$= (0.095, 0.095) \cdot \begin{pmatrix} 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \end{pmatrix}$$

$$= (0 \quad 0.048 \quad 0.143)$$

$$B = W \cdot \mu$$

$$= (0.42, 0.39, 0.19) \cdot \begin{pmatrix} 0.023 & 0.245 & 0.152 \\ 0.131 & 0.210 & 0.050 \\ 0 & 0.048 & 0.143 \end{pmatrix}$$

$$= (0.061 \quad 0.194 \quad 0.110)$$

$$\alpha = \frac{0.05 \times 0.061 \times 0.5 \times 0.194 + 0.95 \times 0.110}{0.061 + 0.194 + 0.110}$$

$$= 0.562$$

表4 各指标对应各等级的隶属度(某矿业公司)

准则层	评价因素	$\mu_{w1}$	$\mu_{w2}$	$\mu_{w3}$
企业固有 风险指标 $B_1$	企业规模 $B_{11}$	0.00	1.00	0.00
	行业类别 $B_{12}$	0.00	0.25	0.75
	正常生产时间 $B_{13}$	0.00	0.14	0.86
	距离流域的最短距离 $B_{14}$	0.25	0.75	0.00
	距离敏感断面距离 $B_{15}$	0.00	0.94	0.06
排放指标 $B_2$	排放方式 $B_{21}$	0.00	0.75	0.25
	污水排放量 $B_{22}$	0.59	0.41	0.00
	排放污染物复杂程度 $B_{23}$	0.00	0.14	0.86
	重金属排放 $B_{24}$	0.01	0.99	0.00
	耗氧有机物排放 $B_{25}$	0.59	0.41	0.00
	酸碱盐类污染物排放 $B_{26}$	0.62	0.38	0.00
	特征污染物排放 $B_{27}$	0.67	0.33	0.00
接纳水体 指标 $B_3$	水体敏感程度 $B_{31}$	0.00	0.25	0.75
	水体功能重要程度 $B_{32}$	0.00	0.25	0.75

采取同样的计算步骤,可依次算出某食品公司、某化学公司等的多层次综合评价,见表5。

表5 水环境风险源综合评价结果

工厂	某矿业公司	某化工公司	某食品公司	某亚麻公司	某造纸公司	某铸造公司
综合评价	0.562	0.504	0.427	0.404	0.375	0.365

由综合评价结果可知,某矿业公司的风险排在

首位,影响综合评价大小主要有各指标的权重及各指标的隶属度,在体系中,各指标的权重根据所考虑的风险因素都已确定,因此对于风险源的筛选,其排序也就体现了各指标风险因素的综合效果。在工厂规模指标中,未出现超大型规模工厂,从而进行的模糊处理结果就不具有很明显的区别度,矿业主要的污染是重金属污染且所排污水复杂程度比一般的行业复杂的多,这也是导致某矿业工厂风险危害大的主要因素。为了避免仅以风险源的生产、排污环节而导致的风险评价的失真,考虑到的正常生产时间、据河流最近距离、距敏感断面的流程及收纳水体指标等一些工厂地域特殊性指标,某食品公司的地域性特点指标是其风险危害的主导因素。

## 4 结 语

本文在构建水环境风险源指标体系的过程中,加入了包含风险源重要特点的指标。结果表明:对有某些特定方面需求的风险评价有很好的作用。如文中考虑到的离河最短距离充分考虑了风险源地域性特点,距离敏感目标流程指标的建立则是为了满足一些特定要求而建立的指标,这些指标的加入使得风险源的评价更为合理。而伴随着定性指标的加入,给各指标的权重的确定则带来了困难,指标权重的确定对评价结果的正确与否有很大影响,AHP法与熵权法结合赋权,巧妙地运用熵权法降低了人为赋权的比例,克服了传统AHP法权值的主观局限性,使权重更趋向客观。最后采用模糊评价法进行综合评价,将定性和定量的分析有机结合起来,这样既能够充分体现评价因素和评价过程的模糊性,又尽量减少个人主观臆断带来的弊端,为风险源体系的完善、各指标权重的合理赋权提供了新的方法和思路。

## 参考文献:

[1] 畅明琦,刘俊萍,黄强.突发性水资源安全风险[J]. 淮海大学学报(自然科学版),2007,35(3):281-285.  
 [2] 张巍,蒋军成,张明广,等.城市重大危险源普查与分级技术探讨[J]. 安全与环境学报,2005,5(4):105-108.  
 [3] Loucks D P, Revelle C S, Lynn W R. Linear programming models for water quality control [J]. Management Science, 1967, 14(4): 166-181.  
 [4] 国家环境保护总局. 中华人民共和国地表水环境质量标准[EB/OL]. [2002-04-26]/[2002-06-01]. <http://wenku.baidu.com/view/a03d26fe770bf78a6529541b.html>.  
 (下转第194页)

从表2可以看出,2002-2009年和田河上游两水文站实测平均年径流量比1964-2001年平均年径流量多3.2亿 $m^3$ ,而肖塔站实测径流量几乎相等,表明和田河河道水量损失随着乌鲁瓦提水库建设,呈增大的趋势。

乌鲁瓦提水库建成后,和田河河道水量损失增大的主要原因是水库改变了喀拉喀什河的年内分配,削减了河道洪峰流量,使喀拉喀什河与玉龙喀什河的丰水时段不同步,洪峰不能与玉龙喀什河峰对峰相加,破坏了下游河段超渗产流发生的条件,引起河道的渗流量加大。

## 5 结 语

通过对喀拉喀什河和玉龙喀什河河道损失及径流过程进行分析,乌鲁瓦提水库建成前,两河洪峰由于产汇流基本相同,汛期洪水洪量基本同步,河道损失较小;乌鲁瓦提水库建成后,不仅有效调控了喀拉喀什河径流,改变了年内分配过程,而且通过削减洪峰减少了下游河道的洪灾损失。但由于不能对玉龙喀什河洪水进行有效控制,两河洪峰达不到同步,在汛初洪峰错时,减少了下泄洪水的流量,由于洪水流量小,初期洪水均消耗在河道中,河道损失相应变大。为合理开发、利用和保护水资源,在和田河后期

规划中有必要对玉龙喀什河进行规划,建设必要的控制性水利枢纽,以实施水库联合调蓄。

## 参考文献:

- [1] 付丽昕,陈亚宁,李卫红,等.塔里木河三源流区气候变化对径流量的影响[J].干旱区地理,2008,31(2):237-242.
  - [2] 张晓伟,沈冰,黄领梅.和田河年径流变化规律研究[J].自然资源学报,2007,22(6):974-979.
  - [3] 莫淑红,张高峰,沈冰,等.新疆和田河流域河川径流混沌特性分析[J].干旱区地理,2008,31(1):44-49.
  - [4] 吴益,程维明,任立良,等.新疆和田河流域河川径流时序特征分析[J].自然资源学报,2006,21(3):375-381.
  - [5] 张晓伟,沈冰,孟彩侠.和田绿洲水文气象要素分形特征与RS分析[J].中国农业气象,2008,29(1):12-15.
  - [6] 王永莉,玉苏甫阿布都拉,马宏武,等.和田河夏季径流对区域0层高度变化的响应[J].气候变化研究进展,2008,4(3):151-155.
  - [7] 邓铭江.中国塔里木河治水利理论与实践[M].北京:科学出版社,2009.3.
  - [8] 新疆水利水电勘测设计研究院.新疆和田河流域水资源利用初步规划[R].2010.11.
  - [9] 新疆水利水电勘测设计研究院.和田河下泄塔里木河水量研究专题[R].2010.11.
- 
- (上接第190页)
- [5] 国务院国有资产监督管理委员会办公厅.关于在财务统计工作中执行新的企业规模划分标准的通知[EB/OL].[2003-11-04].<http://wenku.baidu.com/view/3ed2c080ec3a87c24028c4e0.html>.
  - [6] 邵磊.跨界突发性大气环境风险源分级评价研究[D].大连:大连理工大学,2009.
  - [7] 田瑾.多指标综合评价分析方法综述[J].时代金融,2008(2):25-27.
  - [8] 易丽萍,李俊峰,范文波.基于层次分析法的阿克苏地区水资源可持续开发利用评价[J].水资源与水工程学报,2007,18(1):44-48+52.
  - [9] 张相忠,毛子龙,张延青.基于承载力模拟的水资源优化配置研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2008,40(3):418-423.
  - [10] 赵毓梅,赵先贵,董林林,等.陕西省水资源承载力动态研究[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(1):95-98+105.
  - [11] 陈卫宾,董增川,何长高,等.水土保持对水资源系统安全的影响评价[J].中国水土保持,2007,25(1):32-35.
  - [12] 唐恒,杜发兴.基于熵权的模糊物元水资源承载力评价模型[J].中国农村水利水电,2006(12):36-39.
  - [13] 林长喜.跨界重大水污染事故风险源识别技术体系的研究与应用[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
  - [14] 王学全,卢琦,李保国.应用模糊综合评判方法对青海省水资源承载力评价研究[J].中国沙漠,2005,25(6):944-949.
  - [15] 杨广.玛纳斯河流域水资源承载力评价模型研究[D].石河子:石河子大学,2009.