

· 环境预警 ·

水源地水污染风险等级判别方法及应用

逢勇, 徐秋霞

(河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:以广西柳州市柳南水厂水源地为研究对象,建立了水源地风险等级判别模型,模型主要考虑企业风险等级,以及风险影响后水源地水质超标倍数、水质超标持续时间、污染团到达时间等因子,模型参数根据调查及分析得到。通过风险判别模型,计算得到柳南水厂取水口的风险等级,为该区域进行环境风险管理提供了技术支撑。

关键词:水污染; 风险等级判别; 广西柳南水厂

中图分类号: X820.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2009)02-0001-04

Source Water Pollution Risk Discrimination Technique and Its Application

PANG Yong, XU Qiu-xia

(School of Environmental Science and Engineering, Hehai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China)

ABSTRACT: A risk discrimination model was established on source water areas of Liu Nan waterworks in Liu Zhou city of Guang Xi province. Following factors, including risk levels of enterprises, quality exceedance rate, duration of non-compliance and pollutant arriving time were incorporated into modeling process with parameters obtained from a field survey. The risk level of Liu Nan waterworks was determined with the model, which provided technical support to management of environmental risks in this area.

KEY WORDS: water pollution; risk grade discrimination; Liu Nan waterworks in Guangxi province

1 引言

风险(Risk)一词最早于19世纪末西方学者在经济学领域中提出^[1]。风险等级判别是指对不利事件发生的可能性、导致的损失等方面进行测定^[2]。国内在风险判别的理论研究及实际应用上已取得一定成绩,李如忠等建立了基于盲数理论的水质风险分析方法^[3];杨帆等将风险综合评价分析法应用于南水北调的实际工程中^[4];潘向忠等建立了危险废物安全填埋模糊综合评价模型,确定风险发生的可能性和危害后果的综合效应^[5];李其亮等通过分析工业园区环境风险管理的各个因素,建立了工业园区的环境风险管理水平评价指标体系^[6]。但前人的成果缺少风险源与风险受体之间的数理联系,缺乏针对水体特征及污染物迁移扩散过程的定量分析,缺乏对整个风险事件过程的完整考察。

文章在传统风险判别的基础上,针对具体的敏感风险受体(柳南水厂取水口)进行风险判别指标及判别方法的研究,建立起风险源与风险受体体系,考虑水体特征及污染物迁移扩散过程的风险判别模型。

2 研究区域

柳州市位于广西壮族自治区中北部,北纬23°54'~26°03',东经108°32'~110°28',是广西最大的工业基地和经济中心。柳江是柳州的最主要河流,呈倒“S”形,在柳州市区曲折穿过,是柳州市的饮用水源地,柳南水厂取水口靠近柳州市中心(见图1)。随着柳州市的经济发展,沿江开发区经济带的开发势将增加对柳江水环境的不利影响。其潜在水质下降将严重威胁到柳州市乃至更广泛区域人民的生活安全、经济发展和社会稳定。因此在开发的同时,建立一套切实可行的水污染风险等级判别方法,确定区域主要风险源对水厂取水口的风险等级,是进行柳州市水质安全管理的首要任务。

收稿日期: 2009-09-21

基金项目: 国家十一五水体污染控制与治理科技重大专项项目(2008ZX07101-002-002)

作者简介: 逢勇(1958—),男,山东胶南人,教授,博士,从事水环境规划、评价与生态修复研究工作。

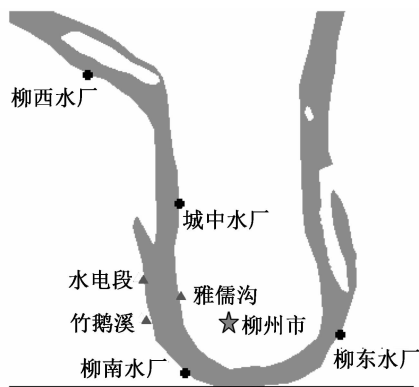


图1 研究区域

3 风险等级判别方法

3.1 判别公式

对于某个具体的敏感风险受体而言,它的风险受周围多个风险源的影响,所以风险受体的风险值是对它有影响的多个风险源的综合风险值。

$$\delta = \max \delta_i + \Delta \quad (i = 1, 2, K) \quad (1)$$

式中, δ ——受体的综合风险值;

δ_i ——对受体有影响的第 i 个风险源的风险值;

Δ ——基于叠加效果的风险增量值, $\Delta > 0$ 。

风险源的风险值由多个风险指标值确定,计算公式如下:

$$\delta_i = \sum \omega_j g \delta_{ij} \quad (j = 1, 2, K) \quad (2)$$

式中, δ_{ij} ——第 i 个风险源的第 j 个风险指标值;

ω_j ——第 j 个风险指标的权重。

3.2 指标选取

在选取本次风险判别指标体系时,除考虑风险源本身的风险(企业风险)外,还重点考虑了风险事件作用于风险受体的危害性。危害性体现在风险事件向风险受体输送的污染物类型,以及作用于风险受体后对受体环境质量的影响和破坏程度;风险事件发生后对风险受体构成威胁在时间上的紧迫性,即自风险事件发生至污染物输移至风险受体处、引起受体损害之前,可采取应急措施的时间长短;风险事件发生后对风险受体影响的持久性^[7-9]。基于此考虑,选取最大水质超标倍数、水质超标持续时间、污染团到达时间这3项指标对风险事件作用于敏感受体的危害性进行描述。

最大水质超标倍数体现了风险事故对受体的危害程度,决定了事故应急处理的难易程度;超标持续时间体现了风险源对风险受体影响持续的时

间长短,对于水源地取水口而言,则体现了影响供水的时间长短;污染团到达时间体现出现事故排放后下游风险受体可采取应急措施的时间长短;企业风险体现风险源发生风险事件的可能性。综上所述,选取最大水质超标倍数、水质超标持续时间、污染团到达时间以及企业风险等级为本次风险判别的指标体系。这4个指标不仅是污染源排污的特征值,更是人们最关心的、发生事故后能够用来指导采取应急措施的信息。

(1) 最大水质超标倍数

$$\text{最大水质超标倍数} = \frac{C_{\text{实际}} - C_{\text{标准}}}{C_{\text{标准}}} \quad (3)$$

式中, $C_{\text{实际}}$ ——污染团到达取水口时污染物的最大浓度值;

$C_{\text{标准}}$ ——参考《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的数值。

与最大水质超标倍数有关的因素包括:污染物的降解系数、与取水口的距离、河流水动力条件、河流几何特征、污染物扩散系数以及水体的功能区划等。

(2) 超标持续时间

超标持续时间是指从污染团到达风险受体处且污染物浓度刚好超标的时刻开始计时,至污染团离开风险受体且污染物浓度刚好不超标的—个时间段。

(3) 污染团到达时间

污染团到达时间指污染团到达风险受体且污染物浓度刚好超标的时刻。

(4) 企业风险等级

企业风险的影响因素包括对风险源的控制设施及其维护、管理,使之良好运作等主要与人有关的因素。具体包括主导行业类型、工艺技术装备水平、污水水质复杂程度、企业管理制度、应急预防系统、监控断面情况等,企业风险判别指标体系如图2^[10]。

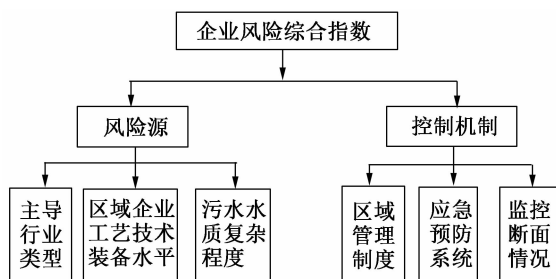


图2 企业风险判别指标体系

3.3 风险指标判别标准划分

本次风险判别将风险等级分为高、中、低、极低 4 个等级,同时判别指标也按照相关标准将指标阈值划分为 4 个等级,各项判别指标的阈值划分标准的确定原则如下:

最大水质超标倍数及污染团到达时间的阈值等级划分参考柳州市当地突发事故应急处理能力及效率来划分。为防范饮用水源环境污染事件,加强柳州市突发环境污染事件应急管理和水污染事件的处置工作,根据柳州市委、市政府的要求,柳州市环境监察支队于 2009 年组织编制了《柳州市饮用水源环境污染事件应急处置预案》^[11];建立了协同模式的柳州市城市应急联动系统;有毒物质泄漏事件的应急处理^[12]。根据柳州市当地资料调查及咨询专家意见,进行指标阈值的划分。

水质超标持续时间的阈值等级划分是通过调查柳南水厂在出现水污染事故后的供水保证能力来划分的。调查得到,柳南水厂现状占地规模 0.63 万 m³,设计规模 10 万 m³/d,根据柳州市当地资料调查及咨询专家意见,进行指标阈值的划分。

企业风险等级划分根据企业本身的危险性(行业类型、工艺装置)、控制机制的有效性(企业管理制度、应急预防系统等)两方面综合考虑^[6,10]。

根据上述指标阈值划分原则,以柳州市柳南水厂为例进行判别指标风险等级及阈值划分,见表 1。

表 1 判别指标阈值风险等级划分

| 风险等级 | 最大水质超标倍数 | 超标持续时间/h | 污染团到达时间/h | 企业风险等级 |
|------|----------|----------|-----------|--------|
| 高风险 | >5 | >24 | ≤1 | 高 |
| 中风险 | (2,5] | (10,24] | (1,3] | 中 |
| 低风险 | (0,2] | (3,10] | (3,6] | 低 |
| 极低风险 | 不超标 | ≤3 | >6 | 极低 |

采用专家组协议的方法将判别模型中的指标权重确定如表 2。

表 2 指标权重

| 指标 | 最大水质超标倍数 | 超标持续时间 | 污染团到达时间 | 企业风险等级 |
|------|----------|--------|---------|--------|
| 权重/% | 25 | 25 | 25 | 25 |

等级评分见表 3。判别指标的实际计算值根据表 1 对应到相应的风险等级,并按照表 3 取相应的等级评分值。

表 3 等级评分

| 风险等级 | 极低风险 | 低风险 | 中风险 | 高风险 |
|------|------|-----|-----|-----|
| 分数 | 1 | 2 | 3 | 4 |

综合评价值的分级方法采用四等分法,即将值域 1~4 进行四等分,对应到不同的风险等级(见表 4)^[10]。

表 4 风险分级

| 项目 | 综合评价值 | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| | 1.0 < δ ≤ 1.75 | 1.75 < δ ≤ 2.5 | 2.5 < δ ≤ 3.25 | 3.25 < δ ≤ 4 |
| 风险等级 | 极低风险 | 低风险 | 中风险 | 高风险 |

根据公式(2)计算某个风险源的风险值,对照风险分级表(表 4)得到不同的风险等级。

根据公式(1)计算得到受体的风险值,对照风险分级表(表 4)得到该受体的风险等级。

4 柳南水厂风险等级判别结果及分析

经过调研,确定主要影响柳南水厂取水口水质的排污口为:竹鹅溪、水电段及雅儒沟,排污口与取水口的位置见图 1。

选取各排污口等标污染负荷较大的污染物作为风险判别的计算因子,实地调查得到事故时污染物排放量及排放时间,根据建立的风险等级判别模型,得到排污口对于柳南水厂取水口的风险等级,风险判别指标值计算见表 5,风险值综合评价见表 6。

根据公式(1),由于风险源同时出现事故的概率很小,所以受 3 个风险源综合影响的柳南水厂取水口风险综合值取为 3.2,风险等级属于中风险,应加强取水口的安全保障措施。风险源中竹鹅溪的威胁最大,应加强对它的监控,以避免突发性水质恶化对水源地的安全造成威胁。

表 5 风险判别指标计算结果

| 风险源 | 评价因子 | 评价因子排放量/ $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$ | 水质标准/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | 降解系数/ d^{-1} | 最大水质超标倍数 | 超标持续时间/min | 污染团到达时间/min | 企业风险等级 |
|-----|------------------|---|---------------------------------------|-----------------------|----------|------------|-------------|--------|
| 水电段 | 挥发酚 | 1.43 | Ⅱ类(0.002) | 0 | 0.99 | 78 ~ 138 | 24 | 高 |
| 竹鹅溪 | 氨氮 | 266.5 | Ⅱ类(0.5) | 0.1 | 5.56 | 81 ~ 141 | 4 | 中 |
| 雅儒沟 | BOD ₅ | 156.9 | Ⅱ类(3) | 0.2 | 不超标 | — | — | 低 |

表 6 风险值综合评价

| 风险源 | 最大水质超标倍数 | 超标持续时间 | 污染团到达时间 | 企业风险等级 | 风险综合评价值 | 风险等级 |
|-----|----------|--------|---------|--------|---------|------|
| 水电段 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2.3 | 低风险 |
| 竹鹅溪 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2.9 | 中风险 |
| 雅儒沟 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1.1 | 极低风险 |

5 结语

针对具体敏感风险受体进行风险判别指标及判别方法的选取,建立起风险源与风险受体体系、以风险受体为中心的风险判别体系。判别体系从具体的敏感风险受体出发,综合考虑了风险源自身控制条件、风险源进入水体后的迁移扩散等对风险受体构成风险威胁的影响因素,得出风险源的风险等级,并求得风险受体受多个风险源影响下的综合风险等级。这种风险判别方法对传统的风险判别体系进行了拓展,但由于有机毒物谱库和迁移转化研究进展以及检测条件等方面的限制,针对有机毒物的风险判别和控制有待进一步深入研究。

[参考文献]

[1] Baumol W J, Oates W E. The Theory of Environmental Policy: 2nd edition [M]. New York: Cambridge University Press, 1988:85 - 90.
 [2] 陈述云. 风险评级统计方法论研究 [J]. 统计与决策, 2003 (4):8 - 10.
 [3] 李如忠, 钱家忠. 基于盲数理论的河流水质末确知风险分析

初探 [J]. 水电能源科学, 2003, 21 (1): 18 - 21.

[4] 杨帆, 余建星. 南水北调中线工程施工阶段环境风险评价方法探讨 [J]. 中国水利, 2004, 14: 30 - 32.
 [5] 潘向忠, 翁仕龙, 余世清. 模糊综合评价法在环境风险评价中的应用 [C] // 中国环境科学学会. 中国环境保护优秀论文精选. 北京: 中国大地出版社, 2006: 378 - 383.
 [6] 李其亮, 毕军, 杨洁, 等. 工业园区环境风险管理研究 [J]. 安全与环境学报, 2006, 6 (2): 75 - 78.
 [7] 徐峰, 石剑荣, 胡欣. 水环境突发事故危害后果定量估算模式计算研究 [J]. 上海环境科学, 2003, (增): 64 - 71.
 [8] 何理, 曾光明. 考虑随机扰动因素的水环境风险模型研究 [J]. 水科学进展, 2002, 13 (2): 197 - 200.
 [9] 张羽. 城市水源地突发性水污染事件风险评价体系及方法的实证研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
 [10] 杨洁, 毕军, 李其亮, 等. 区域环境风险区划理论与方法研究 [J]. 环境科学研究, 2006, 19 (4): 132 - 137.
 [11] 柳州市环境监察支队. 柳州市饮用水源环境污染事件应急处置预案 [Z]. 2009.
 [12] 陈兴乐, 葛宪民, 韦波, 等. “三网”在金秀砒霜泄漏事件中的应急效果评价 [J]. 中国公共卫生, 2004, 20 (9): 1112 - 1113.

· 时讯快递 ·

江苏省环境监测综合分析技术比武圆满成功

2009 年 11 月 19 日上午, 省环境保护厅、省总工会联合举办的江苏省环境监测综合分析技术比武在南京举行。全省环境监测系统 15 支代表队 58 名参赛人员及参赛队领队参加。

经过两天的角逐, 江苏省环境监测中心和泰州市环境监测中心站获得团体一等奖。个人奖项, 评出“五一创新能手”奖 3 名, “江苏省环境监测技术能手”奖 12 名。

此次竞赛以客观公正、科学高效为原则, 以比赛为契机, 激发了全省环境监测系统广大干部职工“学习新知识、掌握新技能、创造新业绩”的热情。