

环境影响评价的预警系统研究

陈 治 谏 陈 国 阶

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610015)

摘要 本文论述了环境影响预警评价的概念以及整体性原则、层次性原则和应用性原则,并以环境质量确定预警标准,建立了不良状态预警、恶化趋势预警和恶化速度预警的数学模式,同时给出了三峡水利工程环境影响预警评价的实例。

关键词 环境影响评价,预警,数学模式。

环境影响预警评价是一个值得探索的新领域,正日益受到重视。本文就预警评价的概念、原则和标准,预警类型、方法和模型进行讨论,希望有助于该理论的提高和方法的完善。

一、预警评价的基本概念

所谓环境影响预警评价,是指就工程建设、区域开发等人类活动的环境影响进行预测、分析与评价;确定生态系统状态和环境质量受影响变化的趋势、速度以及达到某一变化限度的时间等,按需要适时地给出恶化和危害变化的各种警戒信息及相应对策的综合性研究。预警评价与一般影响预测评价有如下区别:

(1) 一般影响预测评价,重点是影响程度,即工程建设或区域开发对生态因子、环境因素或系统所产生作用的强弱,以及对人类活动的利弊大小;预警评价,重点在工程建设或区域开发引起的生态位移和环境质量变化的分析与评价。

(2) 一般影响预测评价,通常只满足于对未来的一次性评价,即比较笼统地给出影响的未来后果,时间概念不强,影响程度取值一般是静态的;预警评价,侧重对不同时间、时段的动态变化的分析,重点不仅在于环境质量属于哪一级,而且在于与现状比较,其质量是向好处发展还是向坏处发展,其所处现状如何?受影响后变化趋势和速度多大,后果是什么?对于影响变化的全过程都有客观的反映和描述,能对

恶化或可能造成危害的变化进行报警。

综上所述,环境影响预警评价既以传统的影响评价为基础,又在某些观念和思维上进行更新,关键是突出了影响随时间变化的动态评价。

二、预警评价的原则与标准

预警评价应满足影响评价的普遍原则^[1]。同时,从预警的概念和意义出发,还应遵循以下原则:

(1) 整体性原则 生态与环境系统内部有复杂的关系,一个因子的变化往往引起关联因子的变化,一个子系统的变化也往往引起关联子系统甚至大系统的变化,必须从整体、系统的角度去评价,预警。

(2) 层次性原则 预警应区分大系统、子系统和因子的不同层次性,理顺关系,突出重点,使对策具有针对性。

(3) 应用性原则 预警的问题应是可采取对策措施减免影响、弥补、恢复或重建的问题,这样的预警才具有现实意义。同时,预警应保证对策措施有效实施的时间。

工程建设或区域开发对生态与环境的影响类型多样,系统状态变化各异,为进行综合定量分析与评价,可用环境质量指标制定预警标准。环境质量指标综合表征了生态与环境状态的好

坏,其分级见表 1。当生态与环境质量下降,达到某一质量变化限度(预警线)时,就可报警。这样,根据生态与环境质量指标及其变化,一方面可以准确判别工程或区域建设对生态与环境影响的大小和正负;另一方面,可以把握不同时期内各生态因子、环境因素或系统所处的状态及其变化趋势和速度,为预警提供了综合和全面的信息,使预警类型的划分和预警模式的建立直观和简明,便于实际应用。

表 1 质量指标分级值

分级	理想状态	良好状态	一般状态	较差状态	恶劣状态
区间值	[10,8)	[8,6)	[6,4)	[4,2)	[2,0]
区间代表值	9	7	5	3	1

三、预警类型

根据上述的分析和对预警所下的定义,预警在影响评价中,可以被作为一个多层次多标准的意义应用,其类型较多。

1. 按预警的内涵分

(1) 不良状态预警 对已处于恶化或对人类活动造成危害的生态环境作出预警。不良状态预警可进一步区分为较差状态预警和恶劣状态预警。

(2) 恶化趋势预警 对虽未达到恶化或危害程度,但在不采取措施的情况下,会开始向恶化或退化方向变化的生态环境作出预警。

(3) 恶化速度预警 对从比较好或不坏的状态向恶化方向发展,且恶化趋势迅猛,有可能在短时间内达到恶化或危害程度的生态环境作出预警。

2. 按评价体系分

(1) 因子预警 仅就某一评价因子的演化趋势、速度和后果作出预警。

(2) 子系统预警 对某一子系统,根据其组成的若干评价因子的综合分析,对子系统的演化趋势、速度和后果作出预警。

(3) 大系统预警 对整个生态与环境大系统作系统综合评价预测后,对其总的演化趋势、

速度和后果作出预警。

3. 按评价的区域范围分

(1) 全区域(流域)预警 对评价区域范围内的部分或全部生态环境作出预警。

(2) 亚区域预警 按评价系统相对独立的区域单元,分别作出亚区域的生态环境预警。如三峡水利工程对生态与环境的影响几乎遍及上、中、下游,但集中影响区有库区以及中游湖区、河口及邻近海域,都可作预警分析,以便为区域决策提供依据。

四、预警评价的参数及数学模式

假设我们在某一时间 t 对未来的某一时间 T 的生态环境进行预警,则预警时段为 $\Delta t = T - t$; 再设生态环境质量评分值为 $E(t)$ 。以参数 EP 表示不良状态预警时质量评分值的临界值;以参数 ΔEP 表示恶化趋势预警或恶化速度预警时质量评分值在时段 Δt 内变化速率的临界值。当生态与环境系统(或因子)的状态及相应的质量评分值具有随机不确定性时,我们还以保证率 α 作为预警评价的一个参数。在给定保证率 α 、参数 EP 和 ΔEP 的条件下,预警评价的数学关系式可表示如下。

1. 不良状态预警

$$P\{E(t) < EP\} \geq \alpha \quad (1)$$

式中, $EP = 4$ 时为较差状态预警;

$EP = 2$ 时为恶劣状态预警。

2. 恶化趋势预警

$$P\left\{E(T) < EP, \frac{|E(T) - E(t)|}{(T - t)} < \Delta EP\right\} \geq \alpha \quad (2)$$

式中, $\Delta EP = 1/10$ (1/年); $EP = 4$ 。

3. 恶化速度预警

$$P\left\{E(T) < EP, \frac{|E(T) - E(t)|}{(T - t)} \geq \Delta EP\right\} \geq \alpha \quad (3)$$

式中, $\Delta EP = 1/10$ (1/年); $EP = 4$ 。

保证率 α 可根据预警时段长短和实际需要而定,一般应要求 α 在 85% 以上。

五、三峡水利工程环境影响 预警评价的实例研究

根据三峡水利工程建设各种影响活动的特点,以及生态与环境系统的基本性质、结构和功能及其地域分异规律,以库区、中游湖区、河口及邻近海域为重点,建立包括 23 个子系统、101 个因子的评价系统。将评价总体称为自然-社会-经济复合生态系统(简称复合生态系统),第二层次将复合生态系统分解为自然环境、社会环境 and 经济环境 3 个系统;第三层次将自然环境分解为库区气候、水环境、环境地质、洪渍、土地资源、陆生动植物群落、水生生物与渔业、物种资源、中游江段湖泊环境、中游低洼地农业生态、河口盐水入侵和侵蚀与堆积、河口及邻近海域生态与资源环境 12 个子系统,将社会环境分解为移民环境容量、库区人群健康、文物景观、城镇与居民点、基础设施、施工区环境、科技教育 7 个子系统,将经济环境分解为库区产业结

构、工业、农业、财政与居民收入 4 个子系统;第四层次把每个子系统又分解成若干个评价因子。

1. 质量评价

按上述评价系统,分施工初期(10 年)、施工后期(10 年)和运行初期(水库建成运行 15 年),由特聘专家组制定每个评价因子的质量等级标准并给出质量评分(见表 2)。质量综合评价采用加权平均模型:

$$E(t) = \sum_{i=1}^n W_i E_i(t) \quad (4)$$

式中, n 为被综合的因子或子系统的个数;

W_i 为第 i 个因子或子系统的权重,采用二元转换法(改进的层次分析法)^[4]计算得出,

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1.0;$$

$E_i(t)$ 为第 i 个因子或子系统 t 时刻的质量评分值;

$E(t)$ 为 t 时刻的综合质量评分值。

表 2 因子专家评估分析例

(子系统名称:物种资源 因子名称:白鳍豚)

分 级	理想状态	良好状态	一般状态	较差状态	恶劣状态
标准定义	长江中下游沙洲、边滩、大回水区稳定,种群数量维持在 300 头以上	沙洲、边滩部分消失,种群数量在 200 头左右	沙洲、边滩移位或部分消失,种群数量在 100 头左右	沙洲、边滩大部分消失,种群数量仅数十头	沙洲、边滩完全消失,种群数量仅数头或全部灭亡
评价时间		建设前	施工初期	施工后期	运行初期
质量评分		7	6	2	1

注:本底特征:白鳍豚主要栖息水域为长江中下游江心洲和边滩下首的大回水区。因航运等活动增加,种群数量呈明显下降趋势,目前估计在 200 头左右。

影响概况:中游河道受下泄清水冲刷,部分栖息水域消失,约五分之一白鳍豚生存受到威胁。

由上式从低层次往高层次可依次得出 23 个子系统,自然环境、社会环境和经济环境,库区、中游湖区、河口及邻近海域,以及复合生态系统的综合质量评分值(见表 3)。

2. 预警分析

在质量评价与状态分析的基础上,对三峡水利工程环境影响进行预警研究。基本程序如下:

(1) 选择适当的预警时段 Δt : 预警时段过短,达不到预警的目的;预警时段过长,技术

上有一定的困难,预警的保证概率较低,缺乏现实意义。我们选取预警时段为 15 年,这样技术上可行,也能保证大多数对策措施有效实施的时间。

(2) 专家咨询 由各方面的专家,剖析他们所从事研究领域的生态与环境的特征、性质、结构和功能,因素间的相互联系和制约关系,以及系统的运动机理和规律,并根据生态与环境因子或系统的恶化趋势、速度和后果,是长期缓慢的变化,还是短期的突变?是可逆变化,还是

表 3 环境质量综合评价结果

评价系统及区域	综合质量评分值 $E(t)$			
	建设前	施工初期	施工后期	运行初期
库区气候	5.23	5.23	5.23	4.61
库区水环境	7.76	7.26	5.77	4.32
库区环境地质	5.15	3.50	2.75	2.65
库区洪渍	5.86	5.86	4.93	2.77
库区土地资源	4.85	3.65	2.65	2.65
库区陆生动植物群落	4.36	2.06	1.59	1.44
水生生物与渔业	5.46	5.21	4.26	3.62
物种资源	6.09	5.52	2.92	1.65
中游江段湖泊环境	5.66	5.29	4.94	4.66
中游低洼地农业生态	4.42	4.42	4.51	2.78
河口盐水入侵和侵蚀与堆积	5.53	5.53	5.14	4.42
河口及邻近海域生态与资源环境	6.41	6.21	5.93	4.68
移民环境容量	4.25	3.28	1.65	1.65
库区人群健康	5.24	3.76	3.48	3.58
库区文物景观	7.10	6.20	1.95	2.10
库区城镇与居民点	4.60	3.00	1.80	2.40
库区基础设施	3.65	3.65	2.75	3.43
施工区环境	8.00	3.00	3.00	5.40
库区科技教育	2.50	2.50	2.25	2.75
库区产业结构	4.00	4.03	4.03	5.00
库区工业	2.90	2.10	2.10	3.20
库区农业	3.00	2.85	2.15	2.30
库区财政与居民收入	3.00	2.00	1.50	2.50
自然环境	5.38	4.62	3.64	2.66
社会环境	5.05	3.88	2.01	2.73
经济环境	3.16	2.68	2.37	3.13
库区	4.68	3.69	2.46	2.66
中游湖区	5.65	5.31	4.16	2.78
河口及邻近海域	5.97	5.87	5.54	4.56
复合生态系统	4.90	4.05	2.88	2.75

不可逆变化? 变化处于较差状态, 还是恶劣状态? 是否可提前或及时地采取对策措施等, 作出初步的定性的预警建议。

(3) 定量研究 将生态与环境因子或系统的质量评分值代入前述的预警判别关系式(1)~(3), 进行量化的预警分析。

(4) 预警结论 由定性分析和定量研究的结果进行比较、论证和综合, 并再一次征询专家意见, 得出最终的预警结论。

为了方便, 用 A 表示恶劣状态预警, B 表示较差状态预警, C 表示恶化速度预警, D 表示恶

化趋势预警, E 表示在作出某种预警后是否还作出其它类型的预警尚难确定或者预警的保证概率低于 85%。三峡水利工程施工初期、施工后期和运行初期的生态与环境预警分析结论见表 4。施工初期、后期和运行初期预警的评价因子 63 个, 预警的子系统 16 个; 自然环境、社会环境和经济环境, 库区和中游湖区, 以及复合生态系统预警。在施工期、移民搬迁、筑坝和蓄水对生态与环境的影响最为强烈, 许多生态与环境因子或子系统迅速恶化, 为较差状态或恶劣状态预警。水库建成运行后, 主要受调蓄作用影响, 影响相对较弱, 已不存在恶化速度预警, 恶化趋势预警的因子或子系统也有减少。但由于许多生态与环境因子或子系统是在施工期恶化的基础上继续恶化, 故生态与环境质量更差, 不良状态预警的因子或子系统增加。面

表 4 三峡水利工程环境影响预警评价

预警系统及区域	预警类型			
	建设前	施工初期	施工后期	运行初期
库区环境地质		B, C	B, D	B, D
库区洪渍			C	B
库区土地资源		B, C	B, C	B, E
库区陆生动植物群落	B, D	B, C	A, D	A, D
水生生物与渔业			C	B, E
物种资源		C	B, C	A, D
中游低洼地农业生态			D	B, D
移民环境容量	D	B, C	A, C	A, E
库区人群健康		B, C	B, D	B, E
库区文物景观			A, C	B
库区城镇与居民点		B, C	A, C	B
库区基础设施	B	B	B, D	B
库区科技教育	B	B	B, D	B
库区工业	B	B, D	B	B
库区农业	B	B, D	B, D	B
库区财政与居民收入	B	B, D	B, D	B
自然环境		D	B, D	B, D
社会环境	D	B, C	B	B
经济环境	B, D	B, D	B	B
库区		B, C	B, C	B
中游湖区			D	B, D
复合生态系统		C	B, D	B, D

(下转第 26 页)

降解部分的蓄积率 (kg/d); W_a 为自然或人为因素造成的可生物降解部分的蓄积率 (kg/d).

塘的进水水质、水量、工艺形式一经确定, α, β 也就基本确定, 因此 α, β 是反映这些因素对底泥蓄积规律影响的特性参数. 式(4)、(5)中所涉及的参数可通过试验来确定, 进而求出 α, β .

4. k_T 及温度对底泥蓄积的影响

底泥层的温度、底泥的性质等影响可生物降解部分的变化, 因而也影响其蓄积过程. 这些因素的影响主要反映于参数 k_T 之中.

底泥层的温度在塘的运行期间随季节呈周期性变化. 底泥厌氧分解的速度常数 k_t (1/d) 的表达式如下:

$$k_t = K_{20} \cdot \theta^{T-20} \quad (6)$$

式中, K_{20} 为 20°C 时的速度常数 (1/d); θ 为温度常数; T 为底泥层温度 (°C);

式(2)、(3)中的 k_T 即是 k_t 的温度平均值.

$$k_T = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} k_t \cdot T \cdot dT \quad (7)$$

式中, T_1 为底泥层平均最低温度 (°C); T_2 为底泥层平均最高温度 (°C);

事实上, 当底泥温度很低时, 其中的厌氧分解过程十分缓慢, 甚至停止. 因此 T_1 是有下限的, 一般认为 $T_1 \geq 15^\circ\text{C}$.

在冬春季节, 塘底泥层温度一般较低 (< 15°C), 尤其是在北方地区. 此时 $k_T = 0$, 对式(2)积分得

$$M_t = (\alpha + \beta)t \quad (8)$$

式(8)表明, 底泥层温度很低时, 底泥只积累不分解. 底泥层温度低于 15°C 的运行时间越长, 污泥蓄积越快越多, 而且其中可生化降解部分所占比例会有所提高. 这样, 在一年中, 由于底泥层温度的变化, 可生物降解部分与不可生物降解部分的比例会产生波动, 底泥的蓄积率 $\left(\frac{dM_t}{dt}\right)$ 也会波动.

所以, 温度对塘底泥蓄积的影响在塘的设计中应予以考虑, 尤其是在北方地区.

四、结 论

在一级反应基础上, 建立了反映稳定塘底泥蓄积规律的公式, 基本上可以反映出进水水质、水量、温度及塘的运行状况等因素对底泥蓄积的影响, 但公式未考虑底泥在塘中的空间分布规律.

α, β 及 k_T 是反映塘底泥蓄积规律的几个特性参数. 可以通过实验或调查现有塘的运行情况, 求出不同水质条件、不同地区的具有代表性的 α, β 及 k_T 值, 为式(2)在设计和预测方面的推广应用创造条件.

参 考 文 献

- 1 Middlebrooks; 杨文进等译. 废水稳定塘的设计和运行. 北京: 中国建工出版社, 1986: 276
- 2 周帆, 龚辉等. 中国给水排水. 1990, 6(2): 30

(上接第 23 页)

对生态与环境如此大范围的预警, 应系统、综合、优化、及时地采取保护和治理的措施.

六、结 语

环境影响预警研究的基础是影响识别、生态与环境质量评价和状态分析. 只有这部分工作在理论方法研究和应用实践上深入和提高, 预警研究才能进一步发展和提高. 本文的研

究, 一定程度上填补了现阶段环境影响评价理论与预警研究实际需求之间的技术空缺. 今后的研究应进一步加强影响作用机理和生态与环境变化规律的研究, 逐步建立和健全预警评价研究的理论体系、技术方法和决策支持系统.

参 考 文 献

- 1 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组. 长江三峡工程对生态与环境的影响和对策研究. 北京: 科学出版社, 1988: 279—332.

A Study on the Mechanism of Biological Removal of Phosphorus-Microbial Composition of the Activated Sludge in a Sequencing Batch Reactor.

Zhou Yuexi Qian Yi et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp. 2—4

In this paper, the microbial composition of the activated sludge in a sequencing batch reactor, which can effectively remove phosphates from waste water, was investigated. Experimental results demonstrate: (1) The population of bacteria in the mixed liquor of activated sludge during steady operation stage was much larger than that during the start-up stage (about 26 times larger). (2) The predominant genus during the start-up stage was aeromonas and pseudomonas came second (with no acinetobacter found), while the predominant genera during the steady operation stage were pseudomonas and aeromonas (with a limited number of acinetobacter present).

Key words: phosphorus, activated sludge, phosphate removal.

Investigation on the Kinetic Characteristics of Copper Adsorption on Red Earth in Flow Method by Utilizing First-Order Kinetic Differential Equation.

Lan Yeqing et al. (Nanjing Agricultural University, Nanjing 210014): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.5—8

The kinetic characteristics of adsorption of copper on red earth in flow method was investigated by utilizing a first-order kinetic differential equation. Results show that the rate of copper adsorption is affected by diffusion. Specifically, the rate of the process is dominated by external diffusion when the adsorption is at lower levels and by the internal diffusion when the adsorption is at higher levels. At a given temperature and pH value, the theoretical saturated adsorption amount of copper is basically a constant and independent of flow rate and concentration of the solution under study. However, the experimentally determined saturated adsorption amount of copper was found to be significantly affected by the flow rate and concentration of the solution and smaller than the theoretical saturated adsorption amount.

Key words: red earth, adsorption of copper, diffusion.

Influence of Acidic Mining Waste Water on Water Quality of Lean River.

Lin Yuhuan, Li Qi (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp. 9—14

The lean river, especially in the region of waste water discharging point, was seriously polluted by mining waste water. The pH values of the river water were sometimes observed to be lower than 6.5 during flood season, the concentrations of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd etc.) in the river water were close to or even obviously higher than the national standards of water quality. Furthermore, simulation calculation indicates that, at pH values lower than 6.5, most of the heavy metals existed in the water in the form of ions,

resulting in even higher toxicity to fishes. The heavy metals were also found to be accumulated in the sediment of the river. Besides, the elements like Al, Fe, Mn etc, also exerted negative influence on the treatment of drinking water and fishery.

Key words: mining waste water, heavy metals, water pollution.

Application of Discrete Multicriteria Optimization Decision Model (DMODM) in EQDSS.

Wang Jinnan (Chinese Research Academy of Environmental Sciences 100012): *Chin. J. Environ. Sci.* **13**(4), 1992, pp.15—19

DMODM is a model that can solve a sort of decisive optimization problems which are formed by discrete values of a number of decisive variables and have multicriteria for assessment of alternatives. This essay briefly describes the principle, solving methods-dominated approximation method and reference point approach of the model, as well as its application and effect in the National Environmental Quality Decision Support System (NEQDSS).

Key words: discrete multicriteria decision model, optimization decision problem, discrete package.

Study on Warning System of Environmental Impact Assessment.

Chen Zhijian, Chen Guojie (Institute of Mountain Disasters and Environment, Academia Sinica, Chengdu 610015): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.20—23

This paper discusses the concept and integrative principle, hierarchical principle and practicable principle of the environmental impact warning assessment, defines the warning standard according to the environmental quality index, proposes mathematical models for the poor or worse state warning, deterioration trend warning and deterioration speed warning, and gives a case of the environmental impact warning assessment of the Three Gorges Hydraulic Engineering on the Yangtze River in China.

Key words: environmental impact assessment, environmental impact warning, environmental deterioration.

Study on the Accumulation of Deposits in Waste Water Stabilization Pond.

Fan Xiaojun, Qian Yi (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.24—26

Results of the researches on the accumulation of deposits in waste water stabilization pond was summarized. Based on the analysis of the origin and composition of the deposits the authors suggested that the deposits are composed of two fractions: biodegradable and non-biodegradable. A theoretical model describing the accumulation of benthic deposits was hence established. According to the model, the following conclusions could be drawn: (1) the amount of the accumulation of non-biodegradable is directly proportional to the operation time of the pond; (2) the accumulation of biodegradable part of the deposits will not surpass a maximum value; and (3) the accumulation of pond benthic deposits is closely related to the quantity and quality of influents as