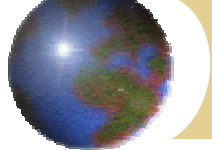


环境评价

Environmental Assessment

授课教师：程温莹

成都理工大学环境与土木工程学院



第三章 环境质量现状评价

第一节 环境质量现状评价的基本程序与方法

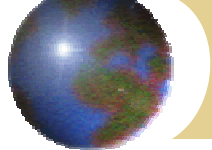
第二节 指数评价法

第三节 环境质量功能评价法

第四节 模糊综合评价法

第五节 生物指示评价法





第一节 环境质量现状评价的基本程序与方法

❁（一）环境质量现状评价的基本程序

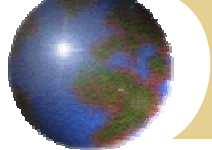
- ❁ 确定评价目的
- ❁ 收集与评价有关的背景资料
- ❁ 环境质量现状监测
- ❁ 背景值的预测
- ❁ 环境质量现状的分析
- ❁ 评价结论与对策



(二) 环境质量现状评价的方法

| 评价方法分类 | 细 目 | 逻辑概念 | 评价因子(参数)特点 | 备 注 |
|-----------|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 环境(质量)指数法 | (1) 一般指数类 (2) 分级指数类 | 在一定时空条件下环境质量是确定性的、可推理的 | (1) 理化指标 (2) 通过民意测验或专家咨询取得的评分值 | 这三类方法可以互相渗透, 综合运用 |
| 概率统计法 | | 在一定时空条件下环境质量是随机变化的 | (1) 理化指标 (2) 通过民意测验或专家咨询取得的评分值 | |
| 模糊数学法 | (1) 模糊定权法 (2) 模糊定级法 (3) 区域环境单元模糊聚类法 | 环境质量等级的界限是模糊的; 环境质量变化的界限也是模糊的 | (1) 理化指标 (2) 通过民意测验或专家咨询取得的评分值 | |
| 生物指标法 | (1) 指示生物法 (2) 生物指数法 (3) 其他 | 生物与它生存的环境是统一整体; 生物对其生活环境质量变化非常敏感 | (1) 生物的生理反应指标 (2) 环境中生物的种类、群变化 | (1) 生物指标也可用概率统计和模糊数学进行分级和聚类 (2) 生物指数也是一种环境指数 |

这四类方法有区别, 但无明显界限, 可互相渗透, 灵活运用。以下对这四类方法分节介绍



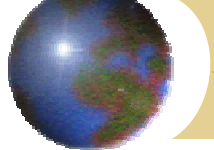
第二节 指数评价法

❖ （一）环境质量指数的作用：

- （1）对区域环境质量进行分级；
- （2）可为专家评价法提供比较客观的量化依据；
- （3）可作为评价标准的替代形式，进行信息交流。
- （4）将大量的环境数据归纳为少数有规律的指数表达式。

❖ 指数的局限性

一般只能在一定程度上反映环境污染的强度。



第二节 指数评价法

(二) 环境质量指数的分类

✿ 单因子指数

$$P = \frac{C_i}{S_i}$$

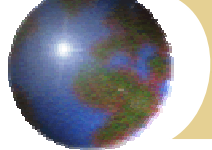
采用环境质量标准绝对值
采用环境质量标准相对值

✿ 多因子指数

$$P = \sum \frac{C_i}{S_i}$$

✿ 综合型指数

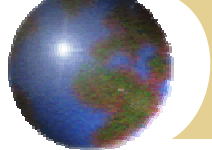
$$EQI = (\sum W_j I_j)$$



第二节 指数评价法

✿（三）环境质量指数评价的主要步骤

- （1）收集整理环境数据和资料；
- （2）确定要评价的环境要素及其评价因子；
- （3）评价指数的选用和综合；
- （4）环境质量分级。



(四) 指数评价法应用

✿ 主要内容

1. 均值型大气质量指数；
2. 美国格林大气污染综合指数；
3. 美国污染物标准指数（**PSI**）；
4. 内梅罗指数；

API 是根据我国环境空气质量标准和所选择的污染物的生态与环境效应来确定 API 分级及相应的污染物浓度限值的。API 空气质量级别划分见表

API 空气质量级别表

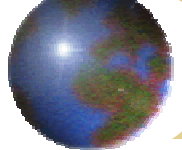
| API | 0~50 | 51~100 | 101~200 | 201~300 | >300 |
|--------|------|--------|------------------|------------------|------|
| | | | 101~150, 151~200 | 201~250, 251~300 | |
| 空气质量级别 | I | II | III | IV | V |
| | | | III 1, III 2 | IV 1, IV 2 | |
| 空气质量状况 | 优 | 良 | 轻度污染 | 中度污染 | 重度污染 |
| | | | 轻微污染, 轻度污染 | 中度污染, 中度重污染 | |

API 计算与评价方法

(1) API 计算: 采用线性内插法计算各污染物的分指数, 当各种空气污染物的分指数计算出之后, 取最大者作为该城市的 API 数值。注意: 计算结果只保留整数。

(2) 首要污染物确定: 与被选定的 API 所对应的污染物为该城市空气中的首要污染物。注意: 当空气污染指数 API 值 < 50 时, 则不报告首要污染物。

(3) 确定空气质量级别、状况: 参照 API 空气质量级别划分确定空气质量级别和状况



第三节 环境质量功能评价法

(一) 积分值法(M值法)的基本原理

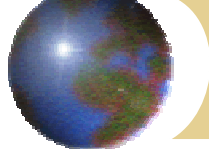
该法基本思路是根据每一个污染因子的浓度，按照给定的评价标准确定一个评分值，再根据各个因子的总评分值进行环境质量评价。例如，参与评价的因子数有72个，假定全部满足一级评价标准的评分为100分，则每个因子的评分为 $100 / n$ ；全部达到二级评价标准的评分为80分，则每个因子的评分就是 $80 / n$ ，其余类推。

积分值法是一种直接评分法，它可以和各级环境质量标准建立关系。积分值越高，则表明环境质量越好。可以把评价标准直接取为各级环境质量标准。将每一个因子的环境质量与标准相比较，给定每一个因子的评分。例如：相对于环境质量的I、II、III、IV、V类(级)，给定单因子的评分为 $100 / n$ ， $80 / n$ ， $60 / n$ ， $40 / n$ ， $20 / n$ 。若每个因子的评分为 A_i ，则全部因子的总积分值为：

$$M = \sum_{i=1}^4 A_i$$

积分值(M值)法的环境质量级别

| 环境质量级别 | 理想 (M_1) | 良好 (M_2) | 污染 (M_3) | 重污染 (M_4) | 严重污染 (M_5) |
|--------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 分级标准 | $M \geq 96$ | $96 > M \geq 76$ | $76 > M \geq 60$ | $60 > M \geq 40$ | $M < 40$ |



(二) W 值法

W 值法充分考虑主要污染物的影响,如规定凡符合 I、II、III、IV、V 类(级)的环境质量标准的环境因子分别可以评为 10,8,6,4,2 分,对不能满足最低一级环境质量的因子,评为 0 分。W 值法的评价结果可表示为如下形式:

$$SN_{10}^n N_8^n N_6^n N_4^n N_2^n N_0^n$$

式中:S——参与评价因子的总数目;

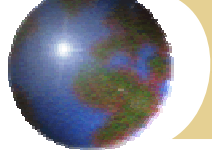
N——与上、下标共同表示某类因子评价结果;

n——被评为 10 分,8 分,6 分,4 分,2 分和 0 分的因子数目。

表 给出了按 W 值法进行环境质量分级的标准,以污染最严重的两个因子的评分值作为依据,突出了主要污染因子的作用。

W 值法环境质量分级

| 环境质量 分级 | 理想 (W_1) | 良好 (W_2) | 污染 (W_3) | 重污染 (W_4) | 严重污染 (W_5) |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 最低两因子评 分值之和 | 18 或 20 | 14 或 16 | 10 或 12 | 6 或 8 | ≤ 4 |



(三) 分级型指数

- 该指数由我国环境监测总站蒋小玉提出。

- 1. 分级型指数的特点

- (1)是与我国地表水质量标准相配套的方法；

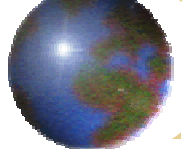
- (2)有6级15个因子，将地表水水质级别分为6级，前3级分别与现行的地表水质量标准的一、二、三级是相同的，后三级又做了轻污染、中污染、重污染的划分；

- (3)根据评价因子的实测浓度，依照6级标准评分、分级；

- (4)具体规定了评价的表达方式，而且污染因子浓度不同，具体评价模式不同。

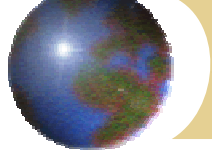
- 2. 水质分级浓度限值

分级型指数的水质分级浓度限值见下表：



分级型指数的水质分级浓度限值

| 项目 | 评价分级 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|--------------|--------------|
| | 地面水环境质量标准 | | | 污染水质分级 | | |
| | 第一级(Ⅰ) | 第二级(Ⅱ) | 第三级(Ⅲ) | 轻污染(Ⅳ) | 中污染(Ⅴ) | 重污染(Ⅵ) |
| 臭/级 | 无异臭 | 臭强度一级 | 臭强度二级 | 臭强度三级 | 臭强度四级 | 臭强度五级 |
| 色度/度 | ≤ 10 | ≤ 15 | ≤ 25 | > 25 | > 40 | > 50 |
| DO | 饱和度 $\geq 90\%$ | ≥ 6 | ≥ 4 | < 4 | < 3 | < 1 |
| BOD ₅ | ≤ 1 | ≤ 3 | ≤ 5 | > 5 | > 15 | > 30 |
| COD | ≤ 2 | ≤ 4 | ≤ 6 | > 6 | > 20 | > 50 |
| 挥发酚 | ≤ 0.001 | ≤ 0.005 | ≤ 0.01 | > 0.01 | > 0.1 | > 0.5 |
| 氰化物 | ≤ 0.01 | ≤ 0.05 | ≤ 0.1 | > 0.1 | > 0.5 | > 2 |
| Cu | ≤ 0.005 | ≤ 0.01 | ≤ 0.03 | > 0.03 | > 0.2 | > 2.0 |
| As | ≤ 0.01 | ≤ 0.04 | ≤ 0.08 | > 0.08 | > 0.3 | > 1.0 |
| 总汞 | ≤ 0.0001 | ≤ 0.0005 | ≤ 0.001 | > 0.001 | > 0.01 | > 0.05 |
| Cd | ≤ 0.001 | ≤ 0.005 | ≤ 0.01 | > 0.01 | > 0.05 | > 0.1 |
| Cr(VI) | ≤ 0.01 | ≤ 0.02 | ≤ 0.05 | > 0.05 | > 0.2 | > 1.0 |
| Pb | ≤ 0.01 | ≤ 0.05 | ≤ 0.1 | > 0.1 | > 0.3 | > 1.0 |
| 石油类 | ≤ 0.05 | ≤ 0.3 | ≤ 0.5 | > 0.5 | > 5.0 | > 20 |
| 大肠菌群/ (个·L ⁻¹) | ≤ 500 | $\leq 10\,000$ | $\leq 50\,000$ | $> 50\,000$ | $> 300\,000$ | $> 500\,000$ |



3. 水质等级分值：分级型指数的水质等级分值见下表。

4. 评价模式

当所有评价因子浓度都在Ⅰ—Ⅱ级范围时，按总分值确定水质等级，表达式：

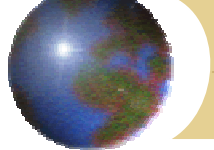
$$\frac{\sum A_i}{P}$$

当评价因子中有属于级别Ⅲ～Ⅵ时，以水质最差的污染因子所在的级别作为定级依据，并注明该因子的化学符号或中文名称，表达式：

$$\frac{\sum A_i}{P_{\max}(X)}$$

水质等级分值表

| 级 别 | 单因子分值 | 总评价分值 |
|--------|-------|---------|
| 第一级(Ⅰ) | 10 | 145~150 |
| 第二级(Ⅱ) | 9 | 135~144 |
| 第三级(Ⅲ) | 8 | 120~134 |
| 轻污染(Ⅳ) | 6 | 110~119 |
| 中污染(Ⅴ) | 3 | 90~109 |
| 重污染(Ⅵ) | 1 | 15~89 |



第四节 模糊综合评价法

（一）环境质量评价中的不确定性分析

1、认识上的局限性；

（1）受环境科学发展的局限；

（2）受预测模式的局限；

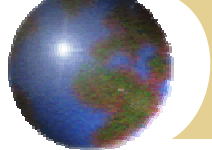
（3）受监测技术发展的局限。

2、环境监测数据的不充分性和不可靠性；

（1）受采样条件的限制数据不充分；

（2）数据的代表性差；

（3）缺少历史积累数据。



模糊综合评价法

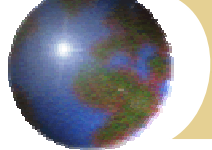
3、随机性和可变性引起的不确定因素；

（1）随机性是环境要素具有的一种属性；

（2）环境质量的可变性；

（3）预测误差中的随机性。

4、评价主体的心理因素造成的不确定性。



(二) 模糊集理论在环境质量评价中的应用

1、模糊集合理论简介

(1) 集合：具有某种性质的、确定的、彼此可以区别的事物的汇总。

当元 a 属于集合 A 时，记为 $a \in A$

当元 a 不属于集合 A 时，记为 $a \notin A$

(2) 模糊集合：

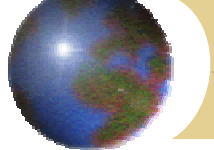
所有大于1的实数，可用集合 $A=\{x|1<x<\infty\}$ 来表示。

所有比一大得多的实数，可用模糊集合表示： $\tilde{A} : U \rightarrow [0,1]$

(3) 隶属度与隶属函数

隶属度：表示元素 u 属于模糊集合 A 的程度
隶属函数：在论域 U 到 $[0, 1]$ 上的映射 μ 即

$$\mu : U \rightarrow [0,1]$$



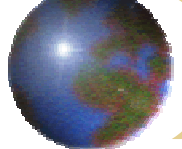
模糊综合评价法

例1：设 \tilde{A} 是所有比1大得多的实数， \tilde{A} 就是论域R上的一个模糊集。

$$\tilde{A} : R \rightarrow [0,1]$$

x属于R关于 \tilde{A} 的隶属度为：

$$\tilde{A}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 1 \\ \frac{1}{1 + \frac{100}{(x-1)^2}} & x > 1 \end{cases}$$



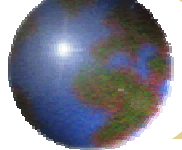
模糊综合评价法

例2：“年轻”和“年老”是两个模糊概念，取论域 $U = [0, 100]$ （年龄），设描述“年轻”和“年老”的这两个隶属函数 u_y 和 u_o ，或这两个模糊集分别为 \tilde{Y} 和 \tilde{O} ，年龄分别属于这两个模糊集的隶属度为：

$$\tilde{Y}(u) = \begin{cases} 1 & 0 \leq u < 25 \\ \left[1 + \left(\frac{u-25}{5}\right)^2\right]^{-1} & 25 \leq u < 100 \end{cases}$$

$$\tilde{O}(u) = \begin{cases} 0 & 0 \leq u < 50 \\ \left[1 + \left(\frac{u-50}{5}\right)^{-2}\right]^{-1} & 50 \leq u < 100 \end{cases}$$

$$\tilde{Y}(23) = 1, \quad \tilde{O}(80) = 0.97$$



模糊综合评价法

2、环境质量综合评价的模糊数学模型

(1) 用隶属度刻划环境质量的分级界限例如，DO属于一级水的隶属度可用隶属函数表示为：

$$\mu(u) = \begin{cases} 1 & u \leq 6 \\ \frac{1}{2}(u-6) & 6 < u < 8 \\ 0 & u \geq 8 \end{cases}$$

BOD对一级水质标准的隶属函数为：

$$\mu_1(u) = \begin{cases} 1 & u \leq 1 \\ -\frac{1}{2}(u-1) & 1 < u < 3 \\ 0 & u \geq 3 \end{cases}$$



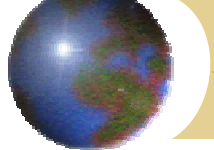
模糊综合评价法

BOD对二级水质标准的隶属函数为：

$$\mu_2(u) = \begin{cases} 0 & u \leq 1, u \geq 5 \\ \frac{1}{2}(u-1) & 1 < u < 3 \\ -\frac{1}{2}(u-5) & 3 < u < 5 \end{cases}$$

BOD对三级水质标准的隶属函数为：

$$\mu_3(u) = \begin{cases} 0 & u \leq 3, u \geq 8 \\ \frac{1}{2}(u-3) & 3 < u < 5 \\ -\frac{1}{3}(u-8) & 5 < u < 8 \end{cases}$$



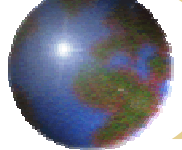
模糊综合评价法

BOD对四级水质标准的隶属函数为：

$$\mu_4(u) = \begin{cases} 0 & u \leq 5, u \geq 12 \\ \frac{1}{3}(u-5) & 5 < u < 8 \\ -\frac{1}{4}(u-12) & 8 < u < 12 \end{cases}$$

BOD对五级水质标准的隶属函数为：

$$\mu_5(u) = \begin{cases} 0 & u \leq 8 \\ \frac{1}{4}(u-8) & 8 < u < 12 \\ 1 & u \geq 12 \end{cases}$$



模糊综合评价法

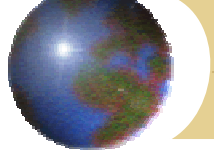
(2) 对单项指标分别进行评价：

若取U为污染物各单项指标的集合，V取分级标准的集合。
例如，评价水体污染，可取U{BOD，DO，COD，酚，CN}，取V{ 级水， 级水， 级水， 级水， 级水}

对U上的每个单项指标进行评价，通过隶属函数求出单项指标对于5个级别水的隶属度。如BOD项有实测值 $u = 4$ 就可分别求出属于 级水， 级水， 级水， 级水， 级水的隶属度 $\mu(u)$ ，得出一组5个数：

$$\mu_1(4) = 0 \quad \mu_2(4) = 0.5$$

$$\mu_3(4) = 0.5 \quad \mu_4(4) = 0 \quad \mu_5(4) = 0$$

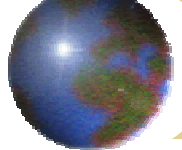


模糊综合评价法

模糊关系矩阵：

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.69 & 0.31 & 0 \\ 0 & 0 & 0.09 & 0.91 & 0 \\ 0 & 0.48 & 0.52 & 0 & 0 \\ 0 & 0.33 & 0.67 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- 第一行是BOD对5个级别水质的隶属度，
- 第一列是U上五个单项指标分别对水质的隶属度。



模糊综合评价法

(3) 计算权重：

$$W_i = \frac{C_i}{\bar{S}_i}$$

式中： C_i 为*i* 种指标的实测浓度；

\bar{S}_i 为*i* 种指标在某种功能情况下浓度标准值。

$$\bar{S}_i = \frac{1}{5}(S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5)$$

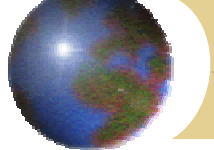
$$W_{DO} = \frac{1}{\frac{C_{DO}}{S_{DO}}} = \frac{S_{DO}}{C_{DO}} (C_{DO} \neq 0)$$

$$\bar{W}_i = \frac{\frac{C_i}{\bar{S}_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\bar{S}_i}}$$

对于模糊集合U上单项指标的权重，也可以写成矩阵形式，如

$$\tilde{B} = (0.20, 0.19, 0.30, 0.18, 0.13)$$

说明BOD的权重为0.20，DO的权重为0.19，以此类推。



模糊综合评价法

(4) 模糊矩阵复合运算：

权重模糊矩阵 \tilde{R} 和关系模糊矩阵 \tilde{B} (即隶属度矩阵)

“ \times ”改为“ \wedge ”，“ $+$ ”改为“ \vee ”

“ \wedge ”意为两数之中取小的，“ \vee ”意为两数之中取大的。

普通矩阵乘法：

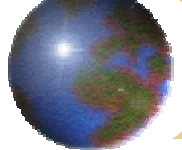
设： $F = (2, 3, 4)$

F与E两矩阵相乘：

$$E = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 \\ 2 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

$$FE = (2, 3, 4) \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 \\ 2 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= [(2 \times 3) + (3 \times 2) + (4 \times 3), (2 \times 4) + (3 \times 2) + (4 \times 3), (2 \times 5) + (3 \times 2) + (4 \times 3)] \\ &= [24 \quad 19 \quad 28] \end{aligned}$$



模糊综合评价法

模糊矩阵复合运算：

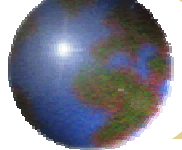
设： $\tilde{F} = (2 \quad 3 \quad 4)$

$$\tilde{E} = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 \\ 2 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\tilde{F} \circ \tilde{E} = (2 \quad 3 \quad 4) \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 \\ 2 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

$$= [(2 \quad 3) \quad (3 \quad 2) \quad (4 \quad 3) , (2 \quad 4) \\ (3 \quad 1) \quad (4 \quad 2) , (2 \quad 5) \quad (3 \quad 2) \\ (4 \quad 3)]$$

$$= [3 \quad 2 \quad 3]$$



模糊综合评价法

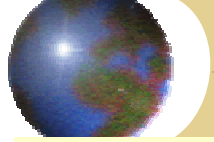
再回到水质模糊评价的例子：

$$\tilde{B} \circ \tilde{R} = (0.20 \ 0.19 \ 0.30 \ 0.18 \ 0.13) \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.69 & 0.31 & 0 \\ 0 & 0 & 0.09 & 0.91 & 0 \\ 0 & 0.48 & 0.52 & 0 & 0 \\ 0 & 0.38 & 0.67 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= [(0.2 \ 0) \ (0.19 \ 0) \ (0.30 \ 0) \ (0.18 \ 0) \ (0.13 \ 0), \ (0.2 \ 0.5) \\ (0.19 \ 0) \ (0.30 \ 0) \ (0.18 \ 0.48) \ (0.13 \ 0.33), (0.2 \ 0.5) \\ (0.19 \ 0.69) \ (0.30 \ 0.09) \ (0.18 \ 0.52) \ (0.13 \ 0.67), (0.2 \\ 0) \ (0.19 \ 0.31) \ (0.30 \ 0.91) \ (0.18 \ 0) \ (0.13 \ 0), (0.2 \\ 0) \ (0.19 \ 0) \ (0.30 \ 0) \ (0.18 \ 0) \ (0.13 \ 0)]$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0, \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0.18 \ 0.13, 0.2 \ 0.19 \ 0.09 \\ 0.18 \ 0.13, 0 \ 0.19 \ 0.30 \ 0 \ 0, 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$= (0 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.3 \ 0)$$



模糊综合评价法

得出的指数是对应于集合V上各项的隶属度。即对一级水的隶属度为0，对二级水的隶属度为0.2，对三级水的隶属度为0.2，对四级水的隶属度为0.3，对五级水的隶属度为0。
结论：水体为四级。

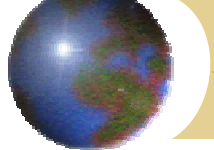
用两个模糊矩阵的复合运算做综合评价的含义：

\tilde{R} 中5个数是U上5个单项指标对于总体污染作用的权重大小，
 \tilde{B} 中第一列是U上五个单项指标分别属于一级水的隶属度，第二列是各项指标分别属于二级水的隶属度，以此类推。

如果在模糊矩阵复合运算结果中出现两个最大值的情况，这时要考虑次大值贴近哪个。例如：某一复合运算结果为：

$$\tilde{B} \circ \tilde{R} = (0.18 \quad 0.30 \quad 0.30 \quad 0 \quad 0)$$

结果中对于二级、三级水的隶属度都是0.30，但对于一级水的隶属度为0.18，对四级水的隶属度为0。所以结论应更偏向一级水方向，故最终结论定为二级水。



模糊综合评价法

(三) 综合评价的模糊数学模型为：

设：环境质量的因素集合为：

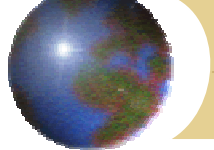
$$U = \{u_1, u_2, u_3, \cdots, u_n\}$$

式中： $u_1, u_2, u_3, \cdots, u_n$ 为参与评价的个环境因素的数值，

环境质量评价标准集合为：

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \cdots, v_n\}$$

式中： $v_1, v_2, v_3, \cdots, v_n$ 为与相应的评价标准集合。



模糊综合评价法

在U和V给定之后，因素论域（各环境要素）与评语论域（各评价标准）之间的模糊关系可用模糊矩阵 \tilde{R} 来表示。

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1m} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nm} \end{pmatrix}$$

u_{ij} 表示第*i*种因素的环境质量数值。属于第*j*类评价标准的隶属度。

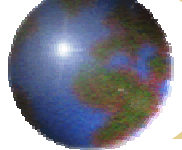
因素论域U上的每一个单因素 u_i 在所有因素中所起作用的大小，可用权重 \tilde{B} 度量。

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 表示单因素在所有因素中的权重系数。 $\tilde{B} = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$

环境质量模糊综合评价模型为：

$$\tilde{Y} = \tilde{B} \circ \tilde{R}$$

式中： \tilde{Y} 为模糊综合评价结果，是评语论域V上的模糊子集；
 \circ 为模糊矩阵的复合运算。



模糊综合评价法

实例分析

1、评价参数的选择和评价标准的建立：

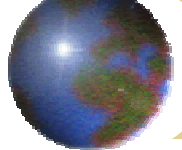
根据某市历年大气监测的实际情况, 选取 SO_2 、 NO_x 、TSP三个污染因子构成评价因素集合： $U=\{SO_2, NO_x, TSP\}$

参照国家大气质量标准，建立评价集合。

$$V=\{ \quad \text{级}, \quad \text{级}, \quad \text{级} \}$$

$$V = \begin{pmatrix} 0.02 & 0.06 & 0.10 \\ 0.05 & 0.10 & 0.15 \\ 0.15 & 0.30 & 0.50 \end{pmatrix}$$

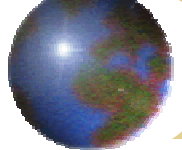
论域V上第一、二、三行分别是 SO_2 、 NO_x 、TSP的一、二、三级评价标准。



模糊综合评价法

$$U = \begin{pmatrix} 0.025 & 0.031 & 0.514 \\ 0.019 & 0.089 & 0.630 \\ 0.013 & 0.026 & 0.276 \\ 0.007 & 0.012 & 0.153 \end{pmatrix}$$

论域U上第一行为工业区的SO₂、NO_x、TSP的监测值，第二行是交通区，第三行是居民区，第四行是对照区。

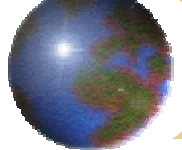


模糊综合评价法

2、求各单项指标对每级隶属度函数并建立模糊关系矩阵：

$$\text{第一级 } \mu_{iK}^j(u_i) = \begin{cases} 0 & u_i > v_{i2} \\ \frac{v_{i2} - u_i}{v_{i2} - v_{i1}} & v_{i1} < u_i < v_{i2} \\ 1 & u_i < v_{i1} \end{cases} \quad (K=1)$$

$$\text{第二级 } \mu_{iK}^j(u_i) = \begin{cases} 0 & u_i > v_{i3}, u_i > v_{i1} \\ \frac{u_i - v_{i1}}{v_{i2} - v_{i1}} & v_{i1} < u_i < v_{i2} \\ \frac{u_i - v_{i3}}{v_{i2} - v_{i3}} & v_{i2} < u_i < v_{i3} \end{cases}$$



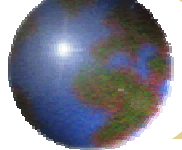
模糊综合评价法

$$\text{第三级 } \mu_{i,K}^j(u_i) = \begin{cases} 0 & u_i \leq v_{i2} \\ \frac{u_i - v_{i2}}{v_{i3} - v_{i2}} & v_{i2} < u_i < v_{i3} \\ 1 & u_i \geq v_{i3} \end{cases}$$

式中：i=1, 2, 3, 表示各个污染因素；

j=1, 2, 3, 4表示各类功能区；

K=1, 2, 3表示各级大气质量标准。

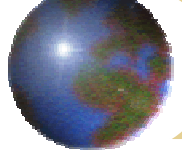


模糊综合评价法

然后，分别把各功能区SO₂, NO_x, TSP的实测值（ u_i ）和各级浓度标准值（ v_{ik} ）代入公式即得模糊关系矩阵：

$$\begin{aligned}\tilde{R}^1 &= \begin{pmatrix} 0.88 & 0.12 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} & \tilde{R}^2 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.22 & 0.78 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\ \tilde{R}^3 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0.16 & 0.84 & 0 \end{pmatrix} & \tilde{R}^4 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0.98 & 0.02 & 0 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

R的上脚标1, 2, 3, 4分别表示工业区、交通区、居民区和对照区。



模糊综合评价法

3、计算各功能区的各因素权重，并组成矩阵

$$b_{ij} = \frac{\frac{u_{ij}}{\bar{v}_i}}{\sum_{i=1}^3 \frac{u_{ij}}{\bar{v}_i}}$$

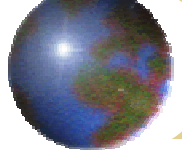
b_{ij} 为第j类功能区的i污染物的权重。

$$\tilde{B}^1 = (0.179 \quad 0.133 \quad 0.688)$$

$$\tilde{B}^2 = (0.100 \quad 0.280 \quad 0.620)$$

$$\tilde{B}^3 = (0.162 \quad 0.194 \quad 0.644)$$

$$\tilde{B}^4 = (0.164 \quad 0.168 \quad 0.668)$$



模糊综合评价法

4、进行模糊矩阵复合运算

$$\tilde{B}^1 \circ \tilde{R}^1 = (0.179 \quad 0.120 \quad 0.688)$$

$$\tilde{B}^2 \circ \tilde{R}^2 = (0.220 \quad 0.280 \quad 0.620)$$

$$\tilde{B}^3 \circ \tilde{R}^3 = (0.194 \quad 0.644 \quad 0.000)$$

$$\tilde{B}^4 \circ \tilde{R}^4 = (0.668 \quad 0.020 \quad 0.000)$$

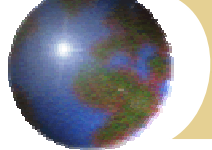
评价结论：

工业区的大气环境质量为三级；

交通区的为三级；

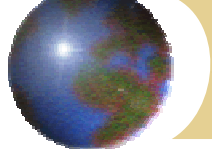
居民区的为二级；

对照区的为一级。



第五节 生物指示法

- ❖ 生物指示法特点
- ❖ 植物指示评价法
- ❖ 指示生物评价法
- ❖ 生物指数评价法

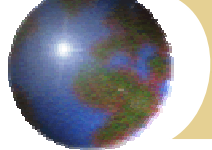


(一) 植物指示评价法

大气污染生物学评价

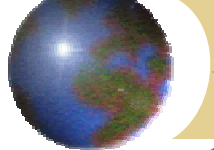
植物监测

1. 植物可见症状的应用
 2. 用地衣作为生物监测器
 3. 以植物体内污染物含量作为监测指标
- ✿ 经济方便；
 - ✿ 通过详细的研究也可以提供相对的大气浓度；
 - ✿ 能同时监测多种污染物。



评价方法

- 1.应用植物的可见症状进行评价；
- 2.根据植物的长势和生产量进行评价；
- 3.根据植物的生理生化指标进行评价；
- 4.根据植物叶片中污染物质的含量进行评价；
- 5.根据低等敏感植物的种群结构进行评价；
- 6.根据综合生态指标进行评价。



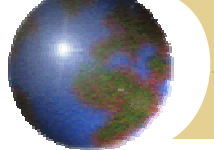
(二) 生物指数法

水环境质量生物学评价

由污染引起的水质变化对生物群落的生态学效应：

第一，某些对污染有指示价值的生物种类出现或消失，导致群落结构的种类组成变化；

第二，群落中生物种类数，在污染加重的条件下减少，在水质较好时增加，但过于清洁的条件下，因食物缺乏，种类数也会减



- 1、Beck指数
- 2、物种多样性指数
- 3、各种藻类污染指数
- 4、生物残留量模式：

$$I = \frac{C_i}{C_{si}}$$

C_i ——生物个体或种群的某种化合物或元素的实测残留量；

C_{si} ——环境中的浓度（本底值）



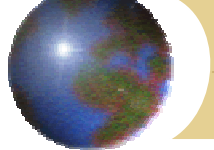
2、指示生物法

对有机污染或某些特定污染物敏感，或有较高的耐受力的植物。

- 原理：根据某些指示生物种类的存在或消失来指示水体中污染物的多寡与污染程度。

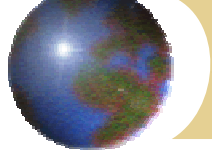
库克维兹和马尔松污水体系各带的化学和生物特征

| 项目 | 多污染 | -中污带 | -中污带 | 寡污带 |
|-----|------|------|------|------|
| 溶解氧 | 全无 | 有一些 | 较多 | 很多 |
| BOD | 很高 | 高 | 较低 | 低 |
| 硫化氢 | 强烈气味 | 臭味没了 | 无 | 无 |
| 底泥 | 黑色 | 不呈黑色 | | 大部氧化 |
| 细菌 | 大量存在 | 数量很多 | 数量减少 | 数量少 |



环境质量现状评价

- ✿ 大气环境质量现状评价
- ✿ 水环境质量现状评价
- ✿ 土壤环境质量现状评价



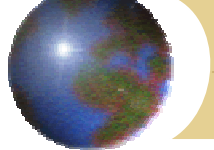
土壤环境质量现状评价

参数选择

- 1、 重金属和有毒非金属物质；
- 2、 有机毒物和致病菌；
- 3、 酸碱度、全氮、全磷等。
- 4、 附加参数。

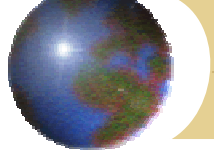
评价标准

- 1.《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）
- 2.区域土壤背景值；
- 3.区域性土壤自然含量；
- 4.土壤对照点含量；
- 5.土壤和作物中污染物质积累的相关数量。



土壤环境质量现状调查

1. 自然环境特征；
2. 土壤及其特性；
3. 土地利用状况；
4. 水土侵蚀类型、面积及分布等；
5. 土壤元素背景值资料；
6. 当地植物种类、分布及生长情况。



土壤环境质量现状评价

评价方法

1、单元型污染指数

$$I_i = \frac{C_i}{S_i}$$

2、分级污染指数

(1) 土壤显著受污染的起始值 (X_a)

(2) 土壤轻度起始值 (X_c)

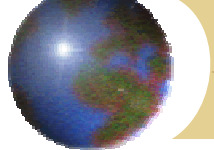
(3) 土壤重度污染起始值 (X_p)

非污染 $C_i \leq X_a, P_i \leq 1$

轻污染 $X_a < C_i \leq X_c, 1 < P_i \leq 2$

中度污染 $X_c < C_i \leq X_p, 2 < P_i \leq 3;$

重污染 $C_i > X_p, P_i > 3。$



评价方法

$$C_i \leq X_a ,$$

$$P_i = \frac{C_i}{X_a}$$

$$X_a < C_i < X_c ,$$

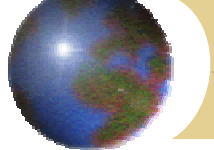
$$P_i = 1 + \frac{C_i - X_a}{X_c - X_a}$$

$$X_c < C_i < X_p ,$$

$$P_i = 2 + \frac{C_i - X_c}{X_p - X_c}$$

$$C_i \geq X_p ,$$

$$P_i = 3 + \frac{C_i - X_p}{X_p - X_c}$$



3、综合污染指数

(1) 叠加型综合指数

$$P = \sum_{i=1}^n I_i$$

(2) 内梅罗指数

$$P = \sqrt{\left(\frac{C_i}{S_i}\right)_{\text{平均}}^2 + \left(\frac{C_i}{S_i}\right)_{\text{最大}}^2}$$

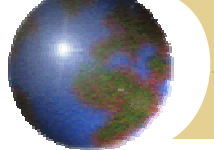
(3) 加权平均型综合指数

$$P = \sum W_i P_i$$

(4) 污染指数分级

$P \leq 1$, 未受污染 ; $P > 1$, 已受污染。





环境质量现状评价的学习要点

- (1) 环境质量指数评价模型包括单因子指数和多因子指数及综合指数三种。

单因子指数的计算式

均值型多因子环境质量指数的计算式

计权型多因子环境质量指数的计算式

内梅罗指数的计算式

重点

难点

- (2) 空气污染指数**API**就是将常规监测的几种空气污染物浓度简化成为单一的概念性指数值形式，并用于分级表征空气污染程度和空气质量状况。计算式

- (3) 环境质量评价中不确定问题常用模糊综合评价法进行评价。环境质量的因素集合、环境质量的评语集合、因素与评语之间的关系矩阵 R 、因素论域上的模糊子集等计算过程。

- (4) 大气、水、土环境质量现状评价的方法及基本程序。