

淮河入江水道夹江段左岸带生态综合评价

夏继红¹, 白传贞², 严忠民³, 朱德伦⁴, 辛华荣⁴

(1. 河海大学现代农业工程系, 江苏 南京 210098 ; 2. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210029 ;
3. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098 ; 4. 江苏省水利厅, 江苏 南京 210029)

摘要 :应用模糊评价模型对淮河入江水道夹江段左岸带的结构稳定性、景观适宜性、生态健康性、生态安全性及其总体生态状况进行综合评价。结果表明 ,该段结构稳定性属于不稳定等级 ,景观适宜性属于高度适宜等级 ,生态健康性属于健康等级 ,生态安全性属于次安全等级 ,总体生态状况属于良好状态。

关键词 :河岸带 ;生态综合评价 ;模糊评价 ;淮河入江水道

中图分类号 :TV213.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2007)04-0020-03

Ecological comprehensive assessment of left riparian zone of Jiajiang section of Huaihe River outfall water way//XIA Ji-hong¹, BAI Chuan-zhen², YAN Zhong-min³, ZHU De-lun⁴, XIN Hua-rong⁴ 1. Department of Modern Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Jiangsu Water Resource Company Ltd. of the East Route of South-to-North Water Transfer Project, Nanjing 210029, China; 3. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 4. Department of Water Resources of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

Abstract :Based on fuzzy evaluation model, a comprehensive assessment was performed on the structural stability, landscape suitability, ecological health, ecological safety and general ecological status of the left riparian zone of Jiajiang section. The result shows that the section is of low structural stability, high landscape suitability, high grade of ecological health, inferior grade of ecological safety, and the general ecological status is good.

Key words :riparian zone; ecology comprehensive assessment; fuzzy assessment; Huaihe River outfall water way

1 淮河入江水道夹江段概况

淮河入江水道位于江苏省淮阴市、扬州市境内 ,自洪泽湖出口三河闸起至三江营入长江 ,由三河东流入白马湖、宝应湖迂回南下 ,经高邮湖、邵伯湖至扬州市 ,由归江河道汇入长江 ,是淮河干流下游主要泄洪通道。淮河入江水道沿线经洪泽、金湖、高邮、宝应、江都、扬州、邗江等县市 ,涉及 423.44 万人、140 余个乡镇。该区域是全国著名的粮食和棉花生产基地 ,还具有极丰富的种植业和养殖业。淮河入江水道地区属于大陆东部中纬度季风气候 ,湿润自北向南呈增强趋势。年平均温度 12.1 ~ 15.3℃。该地区年降水量 723.2 ~ 1 069.0 mm。淮河入江水道的每一段均建有很长的堤防^[1] ,夹江段处于入江水道的下游归江河道段 ,是淮河入长江的最末段 ,其河岸带的生态状况既影响淮河入江水道的生态又影响长江的生态 ,因此评价判断其河岸带的生态状况是保护淮河入江水道和入江口生态的首要工作。

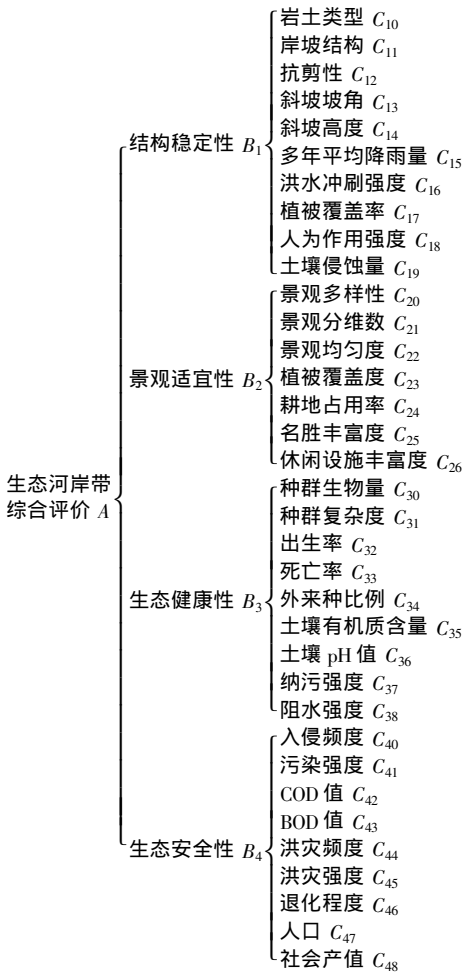
2 生态综合评价指标

生态河岸带是结构稳定的、景观适宜的、生态健康的、生态安全的一个复杂的生态系统^[2]。其生态状况受到很多因素的影响 ,如自然灾害、污染、建筑施工等。这些因素可概括为自然因素和人为因素。自然因素主要包括火灾、洪涝灾害、地震、病虫害爆发等自然干扰、周围生态系统的生态退化以及外来物种的入侵等 ;人为因素主要包括物理重建、开发利用以及污染物排放等。以这些因素为基础可以构建出评价指标体系^[3] ,如表 1 所示。

3 河岸带生态综合评价的方法

河岸带生态综合评价的内容包括结构稳定性评价、景观适宜性评价、生态健康性评价、生态安全性评价以及总体评价。总体评价是综合评价的总体目标 ,结构稳定性评价、景观适宜性评价、生态健康性评价、生态安全性评价是综合评价的子目标。总体

表1 生态河岸带综合评价指标体系



目标以各子目标为基础,各子目标以各自相应的评价指标为基础。可见,河岸带生态综合评价在评价结构上和指标组成上都是分层的,而且大多数评价指标具有一定的模糊性,指标值大多是经验值或区域值,是不确定性的值。因此,为了适应河岸带生态综合评价的特点,选择层次模糊评价法进行评价。首先,根据生态河岸带的特点,构造等级模糊集;然后,利用层次分析法建立指标的判断矩阵,并求出各指标的权重系数;再参照相关的国家、地方标准和规范以及相关研究成果,确立指标与各等级相对应的准则值^[4]。利用相关的模糊隶属度模型求各指标隶属于各等级的隶属度,并建立模型关系矩阵,最后运用适宜的复合算子,将权重系数向量与模型关系矩阵进行复合运算,求出评价结果。

4 夹江段左岸带综合评价

4.1 等级集的建立

在模糊评价中,评价目标的等级划分是评价的基本工作,只有在合理的评价等级基础上,才能准确评价。河岸带生态综合评价的评语结构分为总目标评语等级和子目标评语等级。子目标评语等级集包括稳定性等级集、景观适宜性等级集、生态健康性等级

集、生态安全性等级集。具体评语等级如表2所示。

表2 各评价目标的评语等级集

目 标	评语等级集
总 目 标	{理想状态,良好状态,一般状态,较差状态}
结构稳定性	{稳定,基本稳定,次不稳定,不稳定}
景观适宜性	{高度适宜,中等适宜,勉强适宜,不适宜}
生态健康性	{很健康,健康,亚健康,病态}
生态安全性	{安全,次安全,较安全,不安全}

4.2 权重系数的确定

在评价中,涉及众多的评价指标,各指标对各目标的作用程度不尽相同,因此在评价中必须体现这一作用强弱的程度。通常是采用指标的权重来反映各指标的作用强弱程度。权重系数的确定方法是采用层次分析方法求取。这里以影响结构稳定性的指标权重系数的计算为例加以说明。按照层次分析法判断矩阵的建立方法可以构造出结构稳定性评价的判断矩阵:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/7 & 1 & 1/2 & 1/4 & 1/6 & 1/9 & 1 & 1/7 \\ 1/2 & 1 & 1/8 & 3 & 1/3 & 1/3 & 1/7 & 1/8 & 1/3 & 1/6 \\ 7 & 8 & 1 & 6 & 5 & 3 & 1 & 1/2 & 5 & 3 \\ 1 & 1/3 & 1/6 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/7 & 1/8 & 1/3 & 1/4 \\ 2 & 3 & 1/5 & 3 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 4 & 3 & 1/3 & 5 & 2 & 1 & 1/3 & 1/5 & 2 & 1 \\ 6 & 7 & 1 & 7 & 3 & 3 & 1 & 1/2 & 1 & 1 \\ 9 & 8 & 2 & 8 & 5 & 5 & 2 & 1 & 6 & 7 \\ 1 & 3 & 1/5 & 3 & 1 & 1/2 & 1 & 1/6 & 1 & 1/5 \\ 7 & 6 & 1/3 & 4 & 2 & 1 & 1 & 1/7 & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

通过计算可求得该判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = 10.776$,其特征向量为(0.027,0.023,0.197,0.02,0.052,0.102,0.142,0.25,0.071,0.116),一致性指标 $CI = 0.086$,随机一致性比率 $CR = 0.058$ 。根据矩阵一致性判断准则,当 $CR < 1$ 时,矩阵是一致的,因此可以确定该判断矩阵是一致的,此时判断矩阵的特征向量即为各指标的权重系数向量,即结构稳定性评价各指标的权重系数向量为

$$w_1 = (0.027 \ 0.023 \ 0.197 \ 0.02 \ 0.052, \\ 0.102 \ 0.142 \ 0.25 \ 0.071 \ 0.116) \quad (2)$$

按照同样的方法可以求出景观适宜性、生态健康性、生态安全性以及总体评价的指标权重向量分别为

$$w_2 = (0.104 \ 0.144 \ 0.160 \ 0.296 \ 0.140, \\ 0.095 \ 0.06) \quad (3)$$

$$w_3 = (0.149 \ 0.297 \ 0.021 \ 0.021 \ 0.040, \\ 0.038 \ 0.078 \ 0.124 \ 0.096 \ 0.136) \quad (4)$$

$$w_4 = (0.15 \ 0.033 \ 0.179 \ 0.143 \ 0.167, \\ 0.366 \ 0.035 \ 0.023) \quad (5)$$

$$w_{\text{总}} = (0.423 \ 0.123 \ 0.227 \ 0.227) \quad (6)$$

4.3 模糊关系矩阵的建立

模糊关系矩阵的各元素是各指标隶属于不同等级的隶属度。景观适宜性评价的各指标的隶属度利用指数分布来确定。由于结构稳定性评价、生态安全性评价、生态健康性评价的各指标的变化对其影响不尽相同,对于随着指标值增加,影响越有利的指标,其隶属度利用升半梯度分布模型求取;对于随着指标值增加,影响越不利的指标,其隶属度利用降半梯度分布求取;对于难以用数学模型来计算的指标,其隶属度利用专家打分法来确定。以结构稳定性模型关系矩阵的建立为例说明模型关系矩阵的建立,模糊矩阵的各元素值是各指标的隶属度值,结构稳定性连续型指标的隶属度按“降半梯形”分布求取,离散型指标的隶属度按照专家打分法求取。各具体评价数学模型及指标评价标准参考值可参见文献[5]和文献[6]。淮河入江水道夹江段左岸带结构稳定性评价指标的实际值见表3。

表3 淮河入江水道夹江段左岸带
结构稳定性评价指标实际值

指 标	指标实际值	指 标	指标实际值
岩土类型 C_{10}	粉质壤土	洪水冲刷深度	0.54 m
岸坡结构 C_{11}	松散结构	洪水冲刷宽度	0.9 m
抗剪性(内摩擦系数) C_{12}	0.25	植被覆盖率 C_{17}	75%
斜坡坡角 C_{13}	16°	人为作用强度 C_{18}	30%
斜坡高度 C_{14}	6 m	土壤侵蚀量 C_{19}	400 t/(km ² ·a)
多年平均降雨量 C_{15}	1000 mm		

将各指标的实测值和指标评价标准值代入评价模型即可求出各指标的隶属度^[5],从而可构建出结构稳定性评价的模型关系矩阵 R_1 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0.05 & 0.30 & 0.65 \\ 0 & 0 & 0.14 & 0.86 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.93 & 0.07 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.85 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

按照同样的方法可以构建景观适宜性评价、生态健康性评价、生态安全性评价、总体评价的关系矩阵 R_2 、 R_3 、 R_4 、 $R_{总}$ 。

4.4 综合评价结果

将上述求得的权重向量与模糊关系矩阵进行复合运算,即可求得各目标的评价结果。这里的模糊复合运算算子采用矩阵相乘算子。由此可以计算出

结构稳定性评价向量 B_1 为

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.027 \\ 0.023 \\ 0.197 \\ 0.02 \\ 0.052 \\ 0.102 \\ 0.142 \\ 0.25 \\ 0.071 \\ 0.116 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0.05 & 0.30 & 0.65 \\ 0 & 0 & 0.14 & 0.86 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.93 & 0.07 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.85 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 0.395 & 0.044 & 0.077 & 0.484 \end{pmatrix} \quad (8)$$

由评价结果向量 B_1 可以看出,该段的结构稳定性隶属于稳定级的隶属度值为 0.395,隶属于基本稳定级的隶属度值为 0.044,隶属于次不稳定级的隶属度值为 0.077,隶属于不稳定级的隶属度值为 0.484。比较几个隶属度值发现,该段结构稳定性隶属于不稳定级的隶属度为最大。根据模糊数学最大隶属度原则,最终评定该段属于不稳定地段,主要影响因素为土质结构、降雨和洪水。而从实际观测来看,该段水面宽阔,水深流急,大部分堤防无块石护坡,由于土质多为沙土,河线弯曲,致使河道深泓逼岸,冲坍严重,而且该段渗漏严重,堤身抗滑和渗流稳定均不满足规范要求,致使该段的结构稳定性较差。这与上述评价计算结果相吻合。

同样,可以求出景观适宜性评价向量 B_2 、生态健康性评价向量 B_3 、生态安全性评价向量 B_4 、总体生态状况评价向量 A 。

$$B_2 = (0.528 \ 0.327 \ 0.037 \ 0.095) \quad (9)$$

$$B_3 = (0.254 \ 0.398 \ 0.309 \ 0.039) \quad (10)$$

$$B_4 = (0.309 \ 0.389 \ 0.154 \ 0.145) \quad (11)$$

$$A = (0.312 \ 0.450 \ 0.144 \ 0.096) \quad (12)$$

按照隶属度最大原则,可以看出,该段景观适宜性属于高度适宜等级,生态健康性属于健康等级,生态安全性属于次安全等级,总体生态状况属于良好状态。由于该段河岸带的结构稳定性较差,决定了该段河岸带的总体生态状况只是处于良好状态。而且,由于该段部分植被死亡以及钉螺的存在,严重影响了该段的生态健康性。另外,该段分布着邗江区经济最发达的几个乡镇,人口密集,正在建设中的杭集工业园、广陵产业园、沿江港口工业园分布在这一地段,形成的工业点源、农业面源、畜禽业污染都对该段的生态安全性构成了潜在威胁。因此,必须采取适宜的措施加以治理,以保证河道的良好生态状态。

(下转第 49 页)

现剪胀性特征,即试件体积随着($\sigma_1 - \sigma_3$)的增加而逐渐增大。

材料的侧膨胀性在坝体应力变形分析中起着十分重要的作用,不同本构模型所计算得到的坝体应力变形不同,在很大程度上是由于它们反映的材料侧膨胀性不同。因此研究不同应力应变条件下试件体积的变化,即从材料侧膨胀性的角度来研究本构模型,是本构模型理论研究的重要方面。

3.5 超贫胶结材料的残余强度分析

由图 1~6 可以看出,试件的抗剪强度达到峰值后,继续施加轴压,随着 ϵ 的增加,剪切位移克服了颗粒之间的咬合作用,颗粒结构崩解变松,因此,黏聚力很快降低,而颗粒之间的内摩擦力还在起作用,因此试件内摩擦角 φ 还有一定的强度值。综上分析可知,试件的残余强度主要产生于颗粒之间的内摩擦力。当 $\epsilon = 10\%$ 左右时,抗剪强度趋于一个定值,即材料的残余强度(见表 2)。

由表 2 分析可知:对于同一胶凝材料用量的超贫胶结材料,围压越高,残余强度值越高;而在同一围压下,胶凝材料用量越大,则残余强度值就越高。

(上接第 22 页)

5 结 语

夹江段处于淮河入江水道的下游归江河道段,是淮河入长江的最末段。通过评价发现该段的结构稳定性属于不稳定等级,景观适宜性很好,生态健康性属于健康等级,生态安全性属于次安全等级,生态总体状况属于良好状态。

虽然该段的生态总体状况处于良好状态,但由于该段的结构稳定性较差,影响了该段的总体生态状态,而且还存在着影响生态健康、生态安全的因素,所以为了提高该段的总体生态水平,应对该段进行生态治理,重点应该加强结构稳定性的治理,使其达到生态河岸带的要求,从而可以保护水体生态环境和沿线生态环境,既满足行洪的要求,又满足作为南水北调东线水源区的要求。

参考文献:

[1] 江苏省地方志编纂委员会. 江苏省志·水利志[M]. 南京:江苏古籍出版社, 2001: 78-100.
[2] 夏继红, 严忠民. 生态河岸带研究进展与发展趋势[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2004, 32(3): 252-255.
[3] 夏继红, 严忠民, 蒋传丰. 河岸带生态综合评价指标体系研究[J]. 水科学进展, 2005, 16(3): 345-348.

表 2 超贫胶结材料残余强度

材料	残余强度/kPa			
	$\sigma_3 = 200 \text{ kPa}$	$\sigma_3 = 400 \text{ kPa}$	$\sigma_3 = 600 \text{ kPa}$	$\sigma_3 = 800 \text{ kPa}$
C30	1 050	1 640	2 300	3 100
C50	1 310	1 900	2 820	3 730
C60	1 500	2 200	3 310	4 020

4 结 语

根据对超贫胶结材料试件进行的大型三轴试验,给出了超贫胶结材料三轴试验的试验结果并进行了分析,得到了不同胶凝材料用量超贫胶结材料的应力-应变关系曲线,分析了各种因素对试验结果的影响,为了解超贫胶结材料的力学特性和建立超贫胶结材料的本构模型奠定了基础。

参考文献:

[1] 张镜剑, 孙明权. 超贫胶结材料土石面板坝研究阶段报告[R]. 郑州: 华北水利水电学院, 2002.
[2] SL48—94 水工碾压混凝土试验规程[S].
[3] SL237—1999 土工试验规程[S].

(收稿日期: 2006-02-15 编辑: 熊水斌)

[4] 樊彦芳, 刘凌, 陈星, 等. 层次分析法在水环境安全综合评价中的应用[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2004, 32(5): 512-514.
[5] XIA Ji-hong, WU Wei, YAN Zhong-min, et al. Comprehensive assessment model of ecological riparian zone[C]//JUN B H, LEE S L, SEO I W, et al. Proceedings of XXXI IAHR Congress. Soul: Korea Water Resources Association, 2005: 6296-6304.
[6] 夏继红. 生态河岸带综合评价理论与应用研究[D]. 南京: 河海大学, 2005.

(收稿日期: 2006-09-03 编辑: 熊水斌)

