

徐州市铜山区采煤塌陷地复垦潜力综合评价

郭宁, 夏敏

(南京农业大学; 江苏 南京 210095)

摘要:通过对采煤塌陷地复垦的潜力调查、分析和评价研究,可以进一步了解塌陷地复垦的潜力空间分布情况、等级状况,提出切实可行的采煤塌陷地复垦建议和对策。本文结合徐州市铜山区实际情况,选取影响采煤塌陷地复垦潜力的地形及水文条件、土壤条件和社会经济条件作为潜力评价因子,采用模糊综合评价法进行铜山区采煤塌陷地复垦潜力评价,依据评价结果把该塌陷区分为四个潜力区,针对不同潜力区塌陷地提出相应的复垦模式。

关键词:塌陷地;复垦;潜力分析;模式

中图分类号:TD88、X820.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8759(2013)06-0041-05

COMPREHENSIVE EVALUATION OF LAND RECLAMATION POTENTIAL FOR COAL MINING SUB SIDENCE IN TONGSHAN

GUO Ning, XIA Min

(Nanjing Agricultural University; Nanjing 210095, China)

ABSTRACT: Through the research, analysis and evaluation study of the potentiality of coal mining subsidence area reclamation, we can further understand the potential space distribution and grade status of the coal mining subsidence area reclamation, and propose suggestions and countermeasures for the coal mining subsidence area reclamation. In this paper, based on the practical situation of Tongshan District of Xuzhou, the terrain and hydrological conditions, soil conditions and socioeconomic conditions that affect the potentiality of coal mining subsidence area reclamation are selected as the evaluation factors of the potentiality, fuzzy comprehensive evaluation method is used to conduct potentiality evaluation of the coal mining subsidence area reclamation in Tongshan District. Based on the evaluation result, the subsidence area is divided into four potential areas and corresponding reclamation modes are proposed for different potential subsidence areas.

煤炭作为我国重要的能源资源,为社会经济发展做出贡献的同时,也造成了大面积的土地塌陷,给当地的土地资源、生态环境和群众生产生活造成严重负面影响。采煤塌陷地带来的问题已经

受到各级政府、专家学者的重视,采煤塌陷地复垦治理已被政府提上议事日程。对采煤塌陷地进行复垦潜力研究,可以为编制采煤塌陷地土地利用规划工作提供一定科学依据,从而有效推进采煤塌陷地复垦实践,达到土地的可持续利用。并且对保护自然生态环境,改善居住环境和农业生产条件,实现经济、社会、环境效益的协调发展具有重要的意义。

本文通过以徐州市铜山区采煤塌陷地为例,

收稿日期:2013-04-15

资助项目:中央高校基本科研业务费自主创新重点研究项目(KYZ201131);南京农业大学人文社会科学研究基金项目(SK2010008)

作者简介:郭宁,(1980-),江苏邳州人,南京农业大学公共管理学院MPA研究生,现工作于徐州市国土资源局,工程师。

通过采煤塌陷地复垦潜力评价模型对铜山区采煤塌陷地各图斑进行复垦潜力评价,根据评价结果将该塌陷区分为四个潜力区,针对不同潜力区塌陷地提出相应的复垦模式。

1 研究区概况

铜山区位于江苏省西北部,淮海经济区的中心,环抱江苏省第三大都市圈徐州市,属湿润、半湿润季风气候。铜山境内矿产资源十分丰富,先已探明的的矿产资源有煤、铁、猛、石灰石、大理石等10余种,其中煤炭是铜山最主要的矿产,煤的储量约为37亿t^[1]。煤炭企业曾是铜山经济发展的重要支柱和经济亮点,国家先后在这里建成韩桥、夏桥、大黄山等14座大型国有煤矿和上百座中小型地方煤矿,全省90%以上的煤矿集中在铜山^[2]。目前铜山区境内现有煤矿6家,煤矿企业几十年的地下连续开采,形成了大量煤炭采空区,造成地面沉降,形成了深度、面积各异的塌陷地和大面积常年积水区,塌陷地给当地的土地资源、生态环境和群众生产生活造成严重负面影响。且采煤塌陷地以每年333.33hm²左右的速度增加,所以采煤塌陷地的复垦势在必行。

2 研究方法

2.1 层次分析法确定权重

采用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process 简称 AHP)来确定采煤塌陷地复垦指标因子的权重,AH法具有高度的逻辑性、系统性、简洁性和实用性等特点^[3]。在建立采煤塌陷地复垦潜力评价指标体系阶层结构后,上下层之间元素的隶属关系就被确定了,假设上一层次的元素 P_i 作为分目标,对下一层次元素 D₁、D₂、...、D_n 有支配关系,我们的目的是在分目标 P_i 之下按它们的相对重要性由专家赋予相应的权重。在确定 D_{ij} 和 D_{ji} 值后,得到下面判断矩阵^[4]:

P	D ₁	D ₂	...	D _n
D ₁	D ₁₁	D ₁₂	...	D _{1n}
D ₂	D ₂₁	D ₂₂	...	D _{2n}
...
D _n	D _{n1}	D _{n2}	...	D _{nn}

层次单排序及其一致性检验。首先计算矩阵每一行的几何平均值:

$$P_i = \sqrt[n]{P^1 \cdot P^2 \cdot \dots \cdot P^n} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

其次,对向量行正规化处理,即: $P_i = (P^1, P^2, \dots, P^n)$

$$p'_i = \frac{P^i}{\sum_{i=1}^n P^i} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$P=(P_1, P_2, \dots, P_n)^T$ 为所求的单层次排序向量;然后计算最大特征值 λ_{max} ,其计算公式为:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n D_{ij} \cdot P_j}{P_i} \right] \quad (i, j=1, 2, \dots, n)$$

最后,求出一致性指标 CI 和随机一致性比例 CR。当 $CR < 0.10$ 时,判断矩阵具有令人满意的一致性,否则就需调整判断矩阵,直到满意为止。计算式为:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

式中 RI 对于不同阶比较矩阵的随机一致性指标,见表1。

表1 平均随机一致性指标 RI

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.496	1.52	1.55

2.2 模糊隶属函数模型构建

本文采用模糊综合评价法对徐州采煤塌陷地复垦潜力进行综合评价,所谓模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法。该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价^[5]。它将复垦潜力评价视为一个模糊综合评价过程,在对影响复垦潜力的各个因素进行单因素评价的基础上,通过综合评判矩阵对其复垦潜力做出多因素综合评价。

因子集 $U = \{U_1, U_2, U_3\}$, 为所有评价因子所组成的集合, 式中 U_1, U_2, U_3 表示3个评价准则层, 即地形水文条件, 土壤条件, 社会经济条件。

评价集 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 为所有评价等级所组成的集合, 本文将评价指标划分为从高到低四个等级, 一级, 二级, 三级, 四级四个等级。

在对评价指标进行量化的过程中, 对正向指标(指标值越大, 潜力越高)和负向指标(指标值越大, 潜力越低)的模糊隶属度函数有所不同。本文借鉴前人隶属函数构造的经验, 构造以下模糊隶

属函数模型。

(1) 对于不可量化指标,如土壤质地、稳沉,则有:

当 $x_i=a_i$ 时, $r_i=1$,其余模糊隶属度函数等于 0

(2) 对于正向指标,如土壤有机质、人均纯收入,则有:

当 $x_i < a_{i1}$ 时, $r_{i1}=1, r_{i2}=r_{i3}=r_{i4}=0$

当 $a_{ij} \leq x_i \leq a_{j+1}$ 时, $r_{ij+1} = \frac{x_i - a_{ij}}{a_{j+1} - a_{ij}}, r_{ij} = 1 - r_{ij+1} (j=1,2)$

当 $x_i > a_{i3}$ 时, $r_{i4}=1, r_{i1}=r_{i2}=r_{i3}=0$

(3) 对于负向指标,如坡度、距水源地距离等,则有:

当 $x_i > a_{i1}$ 时, $r_{i1}=1, r_{i2}=r_{i3}=r_{i4}=0$

当 $a_{j+1} \leq x_i \leq a_j$ 时, $r_{ij+1} = \frac{a_j - x_i}{a_j - a_{j+1}}, r_{ij} = 1 - r_{ij+1} (j=1,2)$

当 $x_i < a_{i3}$ 时, $r_{i4}=1, r_{i1}=r_{i2}=r_{i3}=0$

在(1)和(2)中第 i 项指标的实际值为 x_i, a_{ij} 为第 i 个因子第 j 等级的标准值, r_{ij} 表示指标集 X 中第 i 个指标 x_i 对应评价集 X 中第 j 个等级的相对隶属度。

在得到各个指标的隶属度之后,建立模糊关系矩阵 R ,即:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ M & M & M & M \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & r_{n4} \end{bmatrix} \quad (\text{式中 } r_{i1}+r_{i2}+r_{i3}+r_{i4}=1; i=1,2,\dots,n)$$

3 结果与分析

3.1 铜山区采煤塌陷地复垦潜力评价指标体系的建立

按照主导性和稳定性^[6]的两个采煤塌陷地复垦潜力评价因子筛选原则,结合多位专家意见,选择对铜山区采煤塌陷地复垦潜力的主要因子,既要使塌陷地土地生产潜力起主导作用,又要较为稳定,不易发生变化。通过对铜山区采煤塌陷地的实地调查,根据当地采煤塌陷地破坏的程度、土地类型及经济状况,选取地形及水文条件(地面坡度、距水源地距离、积水深度、稳沉)、土壤条件(土壤质地、土壤有机质)、社会经济条件(人均耕地、距城镇中心距离、人均纯收入)作为潜力评价因子,建立铜山区采煤塌陷地复垦潜力评价指标体系,见表 2。

表 2 铜山区采煤塌陷地复垦潜力评价指标体系

目标层(U)	准则层(P)	指标层(D _i)
地形及水文条件(P ₁)		地面坡度(度)(D ₁)
		距水源地距离(Km)(D ₂)
		积水深度(m)(D ₃)
		稳沉(D ₄)
土壤条件(P ₂)		土壤质地(D ₅)
		土壤有机质(%) (D ₆)
		人均耕地(Hm ²)(D ₇)
		人均纯收入(元)(D ₉)
社会经济条件(P ₃)		距城镇中心距离(Km)(D ₈)
		人均纯收入(元)(D ₉)

3.2 铜山区采煤塌陷地复垦潜力因子等级分值的确定

通过 AHP 得到的权重与模糊关系矩阵就可以得到模糊综合评价的结果 B :

$$B = W_i \cdot R = (P_1, P_2, P_3, P_4)$$

式中: B 为复垦潜力水平判断结果; W 为计算得到的各评价指标的权重的集合。矩阵中隶属度最大值所对应的等级为该指标的潜力等级。

结合徐州市自然条件和社会经济实际情况,参考相关文献资料并结合多位专家的意见,得出了徐州市采煤塌陷地复垦潜力因子分级及量化标准值,结果见表 3。

表 3 徐州市采煤塌陷地复垦潜力因子分级及量化标准值表

限制性因子	复垦潜力评价级别			
地面坡度/度	< 3	3-5	5-8	> 8
距水源地距离/Km	< 0.5	0.5-1	1-1.5	> 1.5
积水深度/m	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	> 1
稳沉	稳沉	不稳沉	-	-
土壤质地	轻壤	中壤	砂壤	粘土
土壤有机质/%	> 3	1.5-3	1.5-0.6	< 0.6
人均耕地/ha	< 1/30	1/30-1/15	1/15-1/10	> 1/10
距城镇中心距离/km	< 1	1-1.5	1.5-2	> 2
人均纯收入/元	> 10000	9000-10000	8000-9000	< 8000

3.3 铜山区采煤塌陷地复垦潜力评价指标权重的确定

采用层次分析法分别确定铜山区采煤塌陷地复垦潜力指标体系准则层及各指标层权重,根据各指标层权重得到铜山区采煤塌陷地复垦潜力评价因子权重表 4。

表 4 采煤塌陷地复垦潜力评价因子权重表

评价因子	权重	评价因子	权重
土壤有机质	0.263	积水深度	0.054
土壤质地	0.263	稳沉	0.036
距水源地距离	0.160	距城镇中心距离	0.035
坡度	0.084	人均纯收入	0.035
人均耕地	0.071		

3.4 铜山区采煤塌陷地复垦潜力计算

根据铜山区采煤塌陷地的地表破坏程度及特征,参照以上采煤塌陷地复垦潜力综合研究评价过程,通过确定每一图斑的9个潜力或限制性因子所属的相应级别值,及其9个因子的量化标准值 D_i ($i=1,2,\dots,9$),联系潜力或限制性因子权重表3-3,运用上采煤塌陷地潜力评价公式便可求出铜山区每一图斑各个指标的对于各个地块等级隶属度和相应的塌陷地复垦综合潜力级别,见表5。

表5 徐州市铜山区塌陷地复垦潜力等级隶属值和级别值

地块编号	隶属度值	复垦潜力等级	地块编号	隶属度值	复垦潜力等级
1	0.2430.2270.4230.107	41	0.5950.1190.2500.035		
2	0.4900.1950.0170.298	42	0.3330.0900.5420.035		
3	0.4900.1950.0170.298	43	0.3330.1190.5130.035		
4	0.5430.1420.0170.298	44	0.3330.1480.4840.035		
5	0.3330.1430.4890.035	45	0.3690.0540.5420.090		
6	0.3330.1720.4600.035	46	0.5950.1480.2210.035		
7	0.3330.1430.4890.035	47	0.2450.1800.2770.353		
8	0.2980.4200.2110.071	48	0.2980.1670.4650.071		
9	0.298.02730.3940.035	49	0.2980.2840.3480.071		
10	0.1730.1140.5180.195	50	0.6170.2200.1630.000		
11	0.5670.2740.1050.054	51	0.2080.5140.2780.000		
12	0.2980.5320.0290.141	52	0.5950.2940.0760.035		
13	0.2980.2990.2630.141	53	0.3310.3000.0170.352		
14	0.1380.3240.4520.086	54	0.3330.1480.4840.035		
15	0.5600.2410.0580.141	55	0.5050.3900.1050.000		
16	0.3330.3810.2510.035	56	0.2950.4550.2510.000		
17	0.3630.2940.0800.263	57	0.1730.6400.1520.035		
18	0.4350.0190.0510.494	58	0.5770.1800.1530.090		
19	0.2230.2240.5280.035	59	0.2980.3130.3190.071		
20	0.5320.1860.1920.090	60	0.2980.3330.2990.071		
21	0.2980.3040.3280.071	61	0.2980.3330.2990.071		
22	0.5060.2750.0950.125	62	0.3050.3040.3210.071		
23	0.2430.1480.2210.387	63	0.3340.5300.0660.071		
24	0.3330.4480.2190.000	64	0.2980.2750.3570.071		
25	0.5950.3230.0460.035	65	0.2980.5370.0950.071		
26	0.2980.3330.2990.071	66	0.5600.1870.1820.071		
27	0.5600.0360.0000.404	67	0.2430.2840.3480.071		
28	0.2650.4870.0880.160	68	0.2980.3130.3190.071		
29	0.2430.3860.2030.167	69	0.2980.5750.0570.071		
30	0.3810.3700.1590.090	70	0.2430.1770.1920.631		
31	0.5060.1050.0020.387	71	0.2780.1190.5130.035		
32	0.5060.2540.1150.125	72	0.2780.2130.3140.195		
33	0.2980.5170.1150.071	73	0.2140.4460.2570.084		
34	0.5060.1670.2020.125	74	0.2980.4500.1820.071		
35	0.3330.4260.2060.035	75	0.2980.5480.0840.071		
36	0.3690.1270.4680.035	76	0.2430.1860.2260.345		
37	0.2980.0290.2330.440	77	0.2980.1860.4820.035		
38	0.2980.1780.4540.071	78	0.2430.3020.3650.035		
39	0.2980.1190.5130.071	79	0.2430.6240.0430.090		
40	0.3330.1780.4540.035				

3.5 评价结果分析

铜山区采煤塌陷地79个地块分为四个复垦潜力区。

I级潜力区:图斑数21个,占塌陷地图斑总数的26.58%,这些斑块较为分散,原地貌类型均为平缓地,该类地块距离水源地较近,水源保证较好,灌溉保证率较高;土壤壤质较好,土壤有机质含量高,大多数地块处于人均耕地较少乡镇,对耕地资源补充需求高,土地利用现状大多为中、高产耕地;积水地块较少,对当地农作物的生长影响不大;所在乡镇人均收入较高,自然条件和社会条件比较优越,土地复垦潜力巨大。该潜力区复垦土地利用方向较广,限制性因素较少,复垦方向主要以高产田为主,蔬菜大棚为辅,这样就充分利用了优越的自然资源和社会经济条件,而且也挖掘了土地的增殖潜力。

II级潜力区:图斑数22个,占塌陷地总数的27.85%,该类地块也处于平缓地区,距离水源地较近,水源保证较好,灌溉保证率较高;土壤质地多为中壤和砂壤,有机质含量较I级潜力区地块有所不足。土地利用现状多为旱地、水田,应大力开展复垦工作,因地制宜利用该类地块。

III级潜力区:图斑数29个,为总图斑数的36.71%,该类部分地块距离水源地有一定距离,灌溉保证率相对较小,土壤质地多为砂壤和粘土,有机质含量较低,而另一部地块常年积水,且水深较深,该潜力区塌陷地复垦利用范围相对I、II级潜力区较窄,限制性因素较多,如果采取适当的土地复垦措施后,可以进行开发建设,从而取得一定的经济和社会效益。

IV级潜力区:图斑数7个,为总图斑数的8.86%,灌溉保证率低,土壤质地主要为砂壤或粘土,有机质含量低,复垦的难度和投入很大。同时,该类型区社会经济条件较差,人均收入普遍较低。该潜力区发展农业生产的限制性较大,如要发展农业生产需要投入大量资金且改造工程难度较大,所以该区域适宜种植易生长的林木保护生态环境。

4 结论

采煤塌陷地复垦应结合当地的自然资源、农业资源及生态环境的具体条件,选用合理的复垦模式,采用合适的土地复垦技术,设计出高效率、高生产力的良性循环生态农业系统,这样才能适

应现代农业和商品经济发展的需要。对于塌陷地不同潜力区,应该采用不同的复垦模式。铜山区采煤塌陷地 I、II 级潜力区的地块土壤有机质含量较高,水源保证较好,复垦限制因素较少,复垦难度很小,土地复垦潜力很大。可以采用简单平整为农地^[7]、充填式农业用地复垦^[8]等复垦模式将 I、II 级潜力区土地复垦为优质农田及种植蔬菜、农作物和养殖水产品相结合的农业利用模式。

而 III、IV 级潜力区的土地块数占 45.57%,这些地块分布较广,涉及乡镇较多,有机质含量较低、复垦限制因素较多,而且潜力区内含有大面积、深度较深的常年积水区,所以要对 III、IV 级潜力区采用合理的复垦技术和复垦模式,以提高其潜力区塌陷地复垦潜力和复垦后的经济、生态效益,从而提高铜山区采煤塌陷地整体复垦潜力,达到复垦后综合效益的最大化。对于积水较深的塌陷地采用水产复垦模式,这种模式成本低,投资回收期短,经济效益显著;也可采用基塘式利用模式、休闲观光农业利用模式,建成蔬菜、水果、畜牧业基地,发展特色农业经济聚集区及农业休闲观光中心,这两种模式不仅可以取得较好的经济效益

(上接第 40 页)

2.5 硝化反应中温度的控制

硝化反应的适宜温度是 20℃~30℃,通常其他污水处理中低温是硝化反应的抑制因素。而在渗滤液处理中,高温是个抑制因素。硝化反应池中混合液温度过高主要有几个方面的原因,周围环境温度,太阳辐射热,微生物反应热和机械设备产生的热。在某些渗滤液处理项目中,由于夏季 MBR 硝化反应池中混合液温度超过 35℃,而使硝化反应的效率下降,导致出水氨氮不能达标。因此在设计渗滤液处理工程时需要注意硝化反应池混合液的温度。通常在设计中采用循环水冷却。

2.6 RO 或 NF 浓液的处理和处置

由于渗滤液经过 MBR 处理后,水质不能达到直接排放标准,需要进一步的处理。工程中通常采用 RO 或 NF 处理。使用 RO 或 NF 的目的是拦截大分子不可降解有机物和氨氮,但附着着把盐分也拦截下来了。RO 浓液和 NF 浓液又有所区别,RO 浓液更复杂,渗滤液中大多数(90%以上)一价离子和多价离子都被截留;NF 浓液成分相对简单,渗滤液中大多数(90%以上)多价离子和一部分(50%左右)一价离子被截留。这两种浓液都含

益,也可产生较好的生态效益;对于 III 级塌陷地可采用煤矸石回填造林模式^[7],发展用材林、经济林等生产基地,这种模式不仅营造林木进化空气,改善了生态环境,具有广泛的生态效益和社会效益,但是由于林木生长周期较长,经济效益体现较为缓慢。

参考文献

- [1]铜山县土地管理志,2002.9.
- [2]王锋,肖振.江苏铜山:财政助推采煤塌陷地治理[J].中国财政,2011.02:56-58.
- [3]王丽华,韩增林,俞金国.生态农业模式优化选择及应用探究--以大连北三市为例[J].农村经济,2005.01.
- [4]刘学成,韩书才.靖远矿区采煤沉陷区复垦综合评价方法研究[J].中国煤炭地质,2008,20(8):47-49.
- [5]潘和平.企业绩效评价中的模糊综合评判法[J].安徽建筑工业学院学报,2005.5.
- [6]何书金.矿区废弃土地复垦潜力评价方法与应用实例[J].地理研究,2000,19(2):165-171.
- [7]陈新生,王巧妮,张智光.采煤塌陷地复垦模式介绍[J].中国土地,2009.03:60.
- [8]李月林,查良松.采煤塌陷地复垦模式的理论探讨[J].能源环境保护,2008,22(6):1-4.
- [9]江苏省铜山县土壤志.1986.9.

有高浓度的盐分和不可降解有机物,比较难于处理和处置,工程中一般考虑蒸发浓缩或回喷垃圾炉。特别要指出的是有的项目考虑采用浓液来冷却炉渣,个人认为这只是污染物的转移,治标不治本。也有一种思路是采用浓液和飞灰一起处理。由于飞灰一般需要加入水泥和药剂对飞灰的重金属进行稳定化,将浓液和飞灰一起处理。稳定化效果有待观察,而且一般情况下飞灰处理需要的浓液量只是总产生的浓液量的 1/4~1/2。

3 结语

渗滤液处理是垃圾焚烧处理行业的一个难点,虽然近年来在大的处理工艺上形成了一些共识,处理出水能够稳定达到设计排放标准,但在一些细节方面(比如浓液处理处置)还是有不成熟的环节和容易被忽略的环节。笔者结合工程实践,对一些运行中遇到的问题和渗滤液处理工艺中一些有别于常规的设计做了分析和探讨。鉴于笔者水平有限,认识可能片面,希望本文能起到抛砖引玉的作用,推动渗滤液处理的工程技术发展。