

# 矿区复垦土地的评价方法

张丹凤,白中科,叶宝莹

(中国地质大学 土地科学技术学院,北京 100083)

**摘要:**建立了一套适合矿区复垦土地评价的指标体系,提出了先对复垦土地的环境质量进行评价,当环境质量达标时再对其进行综合评价的思路。详细分析了各因子作用分值与作物产量的关系,根据因子的不同情况采取了不同的计算分值的方法,分别计算了当地正常农田的质量总分值以及复垦土地的总分值,并对两者进行了比较。

**关键词:**矿区复垦土地;指标体系;土地评价

中图分类号:TD88 文献标志码:A 文章编号:1005-8141(2007)08-0685-03

## Discussion of Evaluating Method of Reclaimed Land in Mining Area

ZHANG Dan-feng, BAI Zhong-ke, YE Bao-ying

(School of Land Science, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This article put forward an index system which was suitable to evaluate the reclaimed land in mining area. Firstly, used this system to evaluate the environmental quality's condition, if the quality was met the standard, then continued with the comprehensive evaluation of the reclaimed land in mine. This article analyzed the relations between marks of the factors and the output of the crops, and the marks of land was calculated with different ways according to the differences of factors. Finally, made a comparison between the normal farm land and the mining land, using the total marks of the two kinds of land which was calculated by the system.

**Key words:** reclaimed land in mining area; index system; land evaluate

## 1 引言

开展矿区土地复垦,可使被破坏的土地得到恢复和重新利用,从而逐步解决由采矿引发的社会、经济与生态环境问题。因此,矿区土地复垦有着重要的意义,并越来越受到重视。但是,目前对矿区复垦农用地的评估尚缺少一个统一完整的评价体系。矿区农用地复垦的最终目标之一,是使复垦土地达到当地正常农田的土地质量水平。通过对矿区复垦农用地的评价,可对复垦工程提供必要的资料和数据,从而推动复垦的进行并对复垦方案的效果进行分析,以得到土地复垦的最佳方案,并为实现耕地占补平衡目标提供依据。

## 2 矿区复垦土地评价指标的选取

由于矿区土地复垦对象为受采矿影响且生产力下降的土地,矿区农用地复垦的最终目标之一便是使复垦土壤达到当地正常的土壤质量水平。所以在选取矿区复垦农用地评价指标时,应重点考虑复垦农用地的土壤质量,尤其是土壤的环境质量和地形因素。具体思路及方法为<sup>[1-3]</sup>:①以作物的生长要求和矿区复垦农用地质量之间的匹配为主线,运用因素分析法,寻找对复垦土地质量起主导性作用的指标。在一定范围内

所选评价指标的变化对复垦农用地质量影响应比较明显,其目的是为了更方便地将所选各复垦农用地样点的质量差异以量来表示。②结合矿区的实际情况,排除空间变异性小的指标。③在①②的基础上,对所选指标的相关性进行分析,寻找在研究区域内相关性小的指标,除去相关性较大的指标。从多元统计分析的角度来看,评价指标的相关程度越小,则分析结果的可信度越高。土地作为特殊的研究对象,影响其质量的各指标因素之间时刻进行着物质和能量的交换和转移,指标间做到完全不相关是不可能的,但从相关性很大的几个因素中选出一个具有代表性的评价指标是可能的。④根据①②③选出指标后,还应当结合农业生产的历史经验和当地耕地的特点,以及矿区复垦地的特殊性选出对当地农用地耕作用途影响较稳定的评价指标,因为指标稳定才具备说服力,才能真实地体现各复垦农用地的质量优劣。针对矿区的特殊性,经过以上分析,对矿区的复垦农用地可建立的指标体系表 1。

## 3 矿区复垦土地环境质量评价

矿区的残留矿物质等会对矿区土地造成污染,如大型露天煤矿采煤剥离的固体废弃物在露天会迅速风化,并通过降雨、风扬等作用使其污染元素淋溶、释放,向周边地区扩散。这样将导致复垦后的土地仍存在环境质量问題,如复垦土壤中重金属含量超标、pH 值太高或太低等都不能对复垦地进行复耕,否则会影响植

收稿日期:2007-06-03;修订日期:2007-07-19

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:40071077、40471132)。

第一作者简介:张丹凤(1981-),女,河北省滦南人,硕士研究生,主要从事土地复垦与生态恢复研究。

物的生长甚至导致植物死亡,或使有毒物质存在于植物体内,并通过食物链影响人体健康<sup>[4]</sup>。所以,首先应评价复垦地的环境质量,在环境质量达到正常标准的情况下再对其进行生产力方面的评价。

表1 矿区复垦土地评价指标体系

土壤环境质量 评价指标	土壤有害物质(F <sub>1</sub> )	镉(F <sub>11</sub> )
		汞(F <sub>12</sub> )
		砷(F <sub>13</sub> )
		铅(F <sub>14</sub> )
		铬(F <sub>15</sub> )
		铜(F <sub>16</sub> )
土壤肥力评价指标	土壤酸性(F <sub>2</sub> )	土壤 pH 值(F <sub>21</sub> )
	土壤物理特性(F <sub>3</sub> )	土壤质地(F <sub>31</sub> )
		有效土层厚度(F <sub>32</sub> )
		耕层砾石含量(F <sub>33</sub> )
		耕层结构(F <sub>34</sub> )
		土壤容重(F <sub>35</sub> )
	土壤养分状况(F <sub>4</sub> )	土壤有机质(F <sub>41</sub> )
		土壤全氮(F <sub>42</sub> )
		土壤有效磷(F <sub>43</sub> )
		土壤全钾(F <sub>44</sub> )
地形因素	坡度(F <sub>5</sub> )	-
	坡向(F <sub>6</sub> )	-

按照《绿色食品产地环境质量现状评价技术导则》(2001—02—10 实施)规定的三步评价法对矿区复垦土地的环境质量进行评价:即严控环境指标(Hg、Cd、As、Cr),若有超标则判定为不合格,不再进行综合污染指数评价;控制环境指标不超标,则进行一般控制环境指标(Pb、Cu)评价,一般控制环境指标也不超标,则判为合格;一般控制环境指标如超标,则继续进行综合污染指数评价;综合污染指数不超标,判定为合格,再结合土地的生产力指标进行评价;若综合污染指数超标,判定为不合格,须再进行治理<sup>[5-7]</sup>。评价模式见公式 1—2。

$$P_i = C_i / L_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中,  $P_i$  为单项污染指数,  $C_i$  为某污染物测定值(mg/L),  $L_i$  为评价标准值(mg/L)。  $C_i / L_i$  大于 1 时, 单项污染指数超过标准值;小于 1 时,则在范围之内。综合污染指数的求取可采用内梅罗指数法。这种方法避免了采用加和法、平均值法、加权平均等方法时易受主观因素强烈影响的缺陷。

$$P_{\text{内}} = \sqrt{\frac{[P_i(\text{max})]^2 + (\overline{P_i})^2}{2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中,  $P_{\text{内}}$  为综合指数,  $P_i(\text{max})$  为单项污染指数的最高值,  $\overline{P_i}$  为各单项污染指数的算术平均值。评价参数为汞、锡、铅、砷、铬、铜 6 项,评价标准采用《绿色食品产地环境质量现状评价技术导则》中土壤污染元素的浓度限值(表 2、表 3)。一般认为,当  $P_{\text{内}} \leq 1.0$  时,土壤环境质量合格;而当  $P_{\text{内}} > 1.0$  时,土壤环境质

量不合格。

表2 土壤中各项污染物的含量限值(mg/kg)

评价参数	镉	汞	砷	铅	铬	铜
pH 值 < 6.5	0.30	0.25	25	50	120	50
pH 值 6.5—7.5	0.30	0.30	25	50	120	50
pH 值 > 7.5	0.40	0.35	20	50	120	60

表3 土壤中污染物的分级标准(mg/kg)

等级划分	1	2	3	4	5
$P_{\text{内}}$	$\leq 0.7$	0.7—1.0	1.0—2.0	2.0—3.0	$\geq 3.0$
污染等级	安全	警戒级	轻污染	中污染	重污染
污染水平	清洁	尚清洁	基质、作物开始受污染	基质、作物受到中度污染	基质、作物受污染已相当严重

#### 4 矿区复垦土地的生产力综合评价

对复垦土地进行环境质量评价后,若环境质量合格,则再对其进行生产力综合评价。

##### 4.1 评价因素、因子权重的确定

确定权重值的目的在于权衡因素之间的轻重主次、作用大小、突出重点、更切合实际地评价土地质量,其依据是各种因素对土地质量影响大小和作用轻重。对于矿区复垦农用地分等指标因子权重的确定,可采用层次分析法和特尔非法相结合。首先,构造指标的层次结构。用层次分析法作系统分析,把问题层次化,根据问题的性质和要达到的总目标将问题分解为不同的组成因素,并按照因素间的相互关联影响以及隶属关系将因素按不同层次进行聚合,形成一个多层次的分解结构模型。其次,请专家比较同一层次各因素对上一层次的相对重要性,给出数量化的评估。专家评估的初步结果经合适的数学处理后(包括实际计算的最终结果——组合权重),再反馈给各位专家,请他们重新修改或确认,经多轮反复形成最终的判断矩阵<sup>[3,8]</sup>。各因素、因子权重的关系如下式:

$$W_i = \sum_{j=1}^{m_i} W_{ij}, \sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中,  $W_i$ 、 $W_{ij}$  分别表示表 1 所示的对应因素  $F_i$ 、因子  $F_{ij}$  的权重。

##### 4.2 评价因子作用分值的确定

对评价因子作用分值的计算,要根据因子的不同情况采取不同的计算方法。评价因素因子值与作物产量之间的关系有如下几种情况,据此可分别根据这些情况确定评价因素因子的鉴定指标<sup>[9,10]</sup>。

土壤养分状况作用分值的计算:土壤有机质、土壤全氮、土壤有效磷和土壤全钾这几个因子的作用分值,与作物产量成“S”型曲线。即在一定范围内,评价因子值与作物产量成正相关;而低于或高于这个范围,评价因素因子值的变化对作物产量影响很小,据此可确定出评价因素因子的临界值。在建立这些参评因素因子

的函数时,可将“S”型曲线近似看成升半梯形分布,见图1(其中 $x$ 代表因素指标值、 $y$ 代表作物产量,图2、图3同)。对这几个因子,我们可采用这样的函数:

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq b \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 0 & x \leq a \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

式中, $F_{ij}(x)$ 为因子 $F_{ij}$ 的作用分值, $a$ 、 $b$ 分别为该类评价因子的上下界值, $x$ 为该评价因子的实测值。

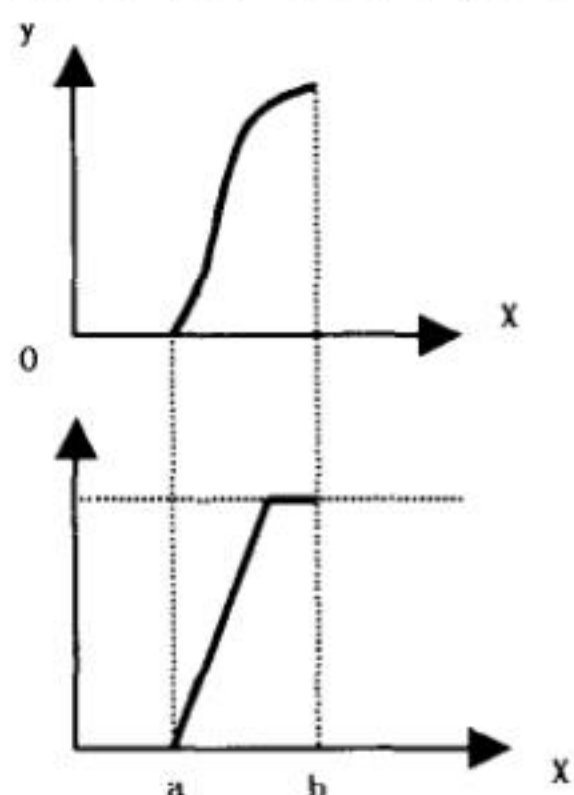


图1 土壤养分状况各因子作用分值与作物产量关系

pH值和土壤容重作用分值的计算:pH值和土壤容重这两个因子的作用分值与作物产量成抛物线。这类因子对作物生长都有一个最佳的适宜范围,超过此范围,随着偏离程度越大,对作物生长的影响越不利,直至达某一值时作物不能生长。据此可确定出评价因素因子的临界值。在建立这些参评因子的函数时,将抛物线近似看成梯形分布(图2)。对于这种情况,我们采用这样的函数关系式:

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ \frac{x-d}{c-d} & c < x < d \\ 0 & x \leq a \text{ 或 } x \geq d \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

式中, $F_{ij}(x)$ 为因子的作用分值, $x$ 为各因子的实测值, $b$ 、 $c$ 为两个方向最适合作物生长的端点值, $a$ 、 $d$ 为两个方向作物很难生长的端点值。如对土壤的pH值来说, $a$ (酸性)、 $d$ (碱性)就是作物很难生长的pH值,而 $b$ (酸性)、 $c$ (碱性)就是最适合作物生长的pH值区间的端点值。

耕层砾石含量同土壤有害物质作用分值的计算:耕层砾石含量同镉、汞、砷、铅、铬、铜几个因子的作用分值与作物产量成反“S”型曲线。即在一定范围内,因素因子值的增加与作物产量成负相关。低于或高于这个范围,因素因子值的变化对作物产量影响很小,这个范围的上界和下界就是评价因素因子的鉴定指标,如

土壤全盐含量等就属于这种情况。在建立这些参评因素因子的隶属函数时,将反“S”型曲线近似看成降半梯形分布(图3)。该类评价因子作用分值的函数表达式为:

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ \frac{x-b}{a-b} & b < x < a \\ 0 & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (6)$$

式中, $b$ 、 $a$ 、 $x$ 分别为上、下界数值以及实测值。如随着坡度的增加,土壤侵蚀增强。一般坡度 $p \leq 3^\circ$ 时,无明显侵蚀;坡度 $P = 15^\circ$ 是耕地利用的上限。所以在计算坡度的作用分值时,取 $a = 3$ 、 $b = 15$ 。

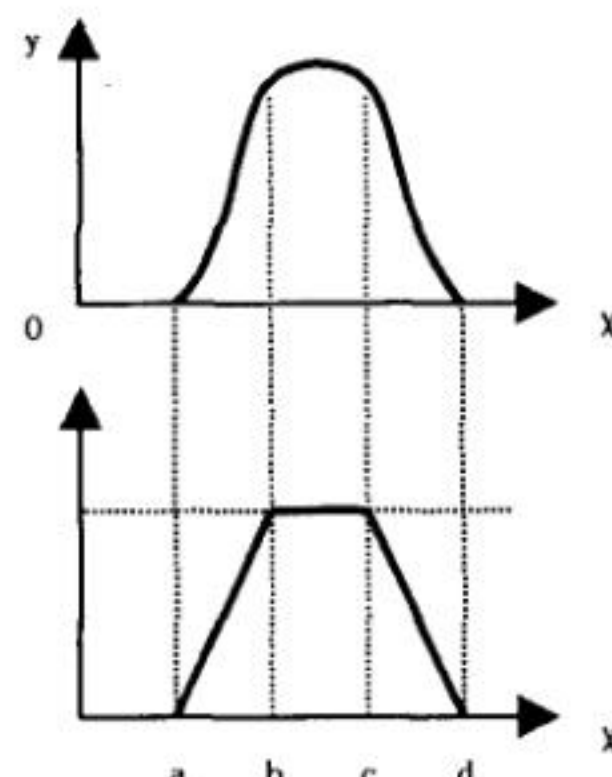


图2 pH值和土壤容重作用分值与作物产量关系图

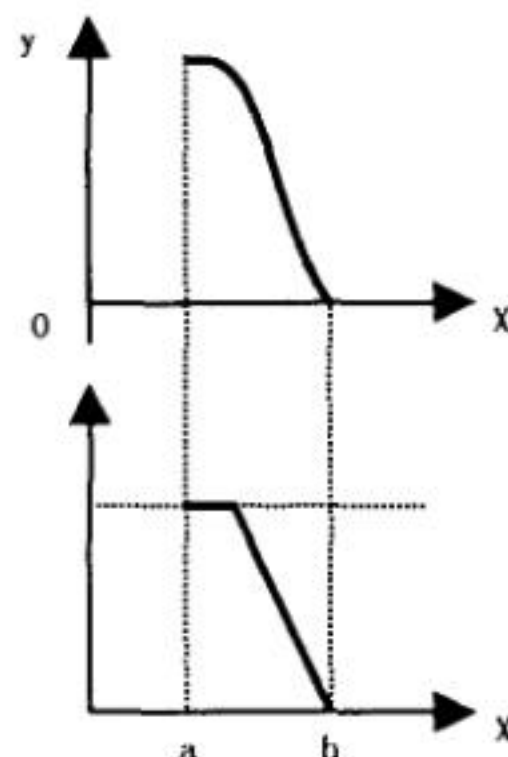


图3 耕层砾石含量和土壤有害物质作用分值与作物产量关系

耕层结构和坡向作用分值的计算:对于这两个因子作用分值的确定,应根据各地的实际情况以及长期的生产经验进行判断,将最有利于作物生长的类型确定为因素因子临界值的上限,最不利于作物生长的类型确定为因子临界值的下限,即用赋值方法建立函数。

## 5 复垦土地评价单元总分值的计算

采用因素加权分值和法计算定级单元总分值<sup>[8]</sup>见公式(7)、(8)。

$$F_i = \sum_{j=1}^{m_i} F_{ij} W_{ij} \dots\dots\dots (7)$$

$$F = \sum_{i=1}^n F_i \dots\dots\dots (8)$$

(下转第721页)

村商品交易活动的日益增多和复杂化,商品市场实现难度不断加大,从而需要市场主体以供应链和合作竞争的思想为指导,通过多种手段和途径建立和巩固交易关系,以提高农村流通的交易效率和网络运行效率,如大力发展农产品订单交易,促进生产和流通企业之间形成战略联盟,鼓励流通企业特别是基层供销社和供销社企业以参股、联合经营和技术合作等不同方式参与农业产业化经营。

### 3.4 流通技术加速进步,网络呈现全球化发展趋势

流通产业发展越来越依靠技术的进步与创新,现代流通技术成为农村商品流通网络发展的重要支撑要素和推动力量,如农村超市等新型业态需要 BAR、POS、MIS 等技术,分散主体和网点的联系需要计算机信息技术,流通过程质量控制需要标准化和商品检测技术。我国农村商品流通技术明显落后于城市商品流通,这已成为导致农村流通成本高、效率低和假冒伪劣现象严重的直接影响因素。随着流通在农村经济中先导作用的发挥,可以预期农村流通技术即将成为政府

和流通企业关注的焦点,流通技术加速进步也将成为必然的发展趋势。同时,由于农村流通技术特别流是通信技术的进步,将促进农村商品流通网络向虚拟化和全球化方向发展,这里的虚拟化主要是指发展农村流通虚拟企业、网络中介服务组织和政府公共信息平台,加快电子商务交易模式在大宗农产品等农村商品流通中的应用<sup>[3]</sup>;全球化主要是指农村流通网络不但要与城市商品流通网络形成有效对接,同时要融入全球性流通网络,借助网络把国际优良品种和生产技术引入农村,把国内农产品推向世界市场,并培育具有国际影响力的农业区域品牌。

#### 参考文献:

- [1]王微.商品流通网络:机理·历史与模型[M].北京:中国发展出版社,2002:12-19,177-181.
- [2]宋则.流通过程超复杂化趋势初探,中国经济发展前沿报告[M].北京:经济管理出版社,2002:212-219.
- [3]原梅生,弓志刚.论现代农村商品流通体系的构建[J].财贸经济,2005,(03):81-83.

(上接第 687 页)

式中, $F$  为评价单元总分值, $F_i$  为第  $i$  个评价因素分值, $F_{ij}$  为  $i$  评价因素的  $j$  评价因子的作用分值, $W_{ij}$  为  $i$  评价因子作用权重, $m_i$  为  $i$  评价因素的评价因子数。

### 6 矿区复垦土地评价指数的计算

矿区复垦土地评价指数的计算是指复垦土地的质量评价总分值与当地正常农田的土壤质量评价总分值的比较。它反映复垦土地质量达到当地正常农田土壤质量的程度,其计算公式为:

$$P = F / F' \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中, $P$  为复垦土地评价指数, $F$  为复垦土地评价总分值, $F'$  为当地正常农田土壤质量评价总分值。复垦土地评价指数  $P$  的意义在于判断复垦土地的质量能否达到当地正常农田的质量水平。当  $P \geq 1$  时,说明复垦土地质量优于当地正常农田的质量;当  $P < 1$  时,说明复垦土地与当地正常农田的质量水平还存在一定差距,需根据其不足之处采取相应的改良措施,最终使复垦土地的质量达到当地正常农田的质量水平。

### 7 结论

本文探讨了对矿区复垦土地进行评价的程序及方法。对矿区复垦土地的评价,应先对其环境质量进行评价,在复垦土地的环境质量达到标准后,再对其进行

生产力的综合评价。在计算评价指标的作用分值时,应根据指标的不同情况采用不同方法。本文提出的评价方法,可对复垦工程的效果进行检验和分析,从而推动复垦工程的进行,以得到土地复垦的最佳方案。本文建立的指标体系对各矿区复垦土地的评价有一定借鉴意义,但应根据各矿区的实际情况进行适当调整。

#### 参考文献:

- [1]丁生喜.农用耕地分等定级的评价指标选取及其定量化处理[J].青海师范大学学报,2000,(2):54-57.
- [2]汪鹏,马才学.农用地分等定级指标体系建立方法探讨[J].经济工作,2005,(6):103-104.
- [3]张凤荣,安萍莉.耕地分等中的土壤质量指标体系与分等方法[J].资源科学,2002,24(2):71-75.
- [4]贾平,白中科,段永红,等.山西煤矸石山风化层中重金属元素及盐分对复垦种植的影响[J].煤矿环境保护,1998,18(4):337-339.
- [5]秦俊梅.矿区复垦土壤环境质量分析与评价——以平朔露天矿区为例[D].山西:农业大学,2004.
- [6]龙健,黄吕勇,滕应,等.矿区重金属污染对土壤环境质量微生物学指标的影响[J].农业环境科学学报,2003,22(1):60-63.
- [7]赵振纪,杨仁斌,等.农业环境质量评价[M].北京:中国农业科技出版社,1993:46-49.
- [8]陈龙乾,邓喀中,徐黎华,等.矿区复垦土壤质量评价方法[J].中国矿业大学学报,1999,28(5):449-452.
- [9]沈思渊.土壤资源评价指标的研究.自然资源评价与决策研究[M].北京:科学出版社,1990:128-133.
- [10]王建国,杨林章,单艳红.模糊数学在土壤质量评价中的应用研究[J].土壤学报,2001,38(2):176-183.