矿山环境质量多层加权综合评价方法*

陈学军 刘宝臣 官志华
（桂林工学院建设工程系，541004） （玉柴机器股份有限公司）

摘 要 从分析矿山环境的5个特点入手，建立了矿山环境综合评价模型，对定权及多层加权作了分析，由环境系统层次模型建立起综合评价数学模型，提出了定权方法体系和不同层次不同评价因子的定权方法，并运用运筹学图论中树的概念，把多层加权与矩阵建立联系，为应用计算机解决复杂的多层次加权问题提供可能。

关键词 矿山；环境质量；综合评价；评价模型。
分类号 X322；X822

1 矿山环境的特点

（1）自然性：矿山是自然的一部分，矿山环境必然受气象、水文、土壤、植被、地质、地貌等自然条件的制约。矿山开采所造成的环境质量演变与环境容量密切相关。

（2）社会性：矿山也是按照人们的意志对自然环境进行改造了的人工环境单元，是人类物质文明的标志，是一定范围内人们生产和生活活动的中心，具典型的社会化特征。矿山环境质量的好坏，很大程度上取决于人类的改造加工程度，与社会环境的组成、结构和功能有密切的关系。

（3）综合性：矿山环境是自然环境与社会环境交融而成的有机综合体，表现在人口、地质灾害和废弃物高度集中等方面。

（4）复杂性：矿山由于其成因类型和性质，开采的方式、规模、历史和发展水平不同，以及所处自然环境的差异，使矿山开采所造成的环境影响差异。自然环境背景和人工改造的复杂性。

（5）开放性：矿山环境在时空上是变化的，与外界环境存在着许多联系。

面对复杂的矿山环境问题，环境评价必须抓住那些主要矛盾，分层次、分阶段、分精度、分步骤去开展工作。无论多么复杂的环境问题都是可以逐步认识和解决的。

2 多层加权综合评价方法

2.1 总体设想

矿山环境质量评价是一项系统工程。矿山环境质量评价的总体方案设计要考虑到矿山的性质、结构、规模、特点及历史；主要环境问题及现有资料条件、已有工作基础、协作力量等。在此基础上确定评价的目的、目标、标准、范围和要求，根据评价的目的要求提

1996年11月18日收稿，1997年2月2日改回。
第一作者简介：陈学军，男，1961年出生，副教授，工程地质专业。
*中国有色金属总公司科研项目：有色金属矿山地质环境评价及矿山复垦技术研究（编号：91041）成果之一。

?1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

出经费核算和技术上的组织领导。矿山环境质量多层加权综合评价是先做各环境要素的评价，然后综合成各单元面积的环境综合质量，最后再做矿区环境质量综合评价。这种做法虽然工作量大，但能同时取得单项和综合评价结果，可分别为部门和总体的环境规划提供资料和科学依据。然而在一个环境单元中，各种环境要素对环境质量的影响或所引起的环境效应是不同的，常用权值表示它们的重要性。在进行各种环境要素评价时，也用权值分别表示各种污染物所产生的环境效应。因此，在环境质量多层加权综合评价时，评价因子、评价模型和各级权值的确定是一项重要的内容，它们直接影响着评价的精度和准确性。

2.2　评价因子的确定

评定各单元内各环境要素的环境质量关键在于确定能表征各环境要素的评价因子。环境质量评价因子可以概括为 3 大类：（1）社会经济环境因子，包括占地面积、人口密度、人口增长率、产值、交通等；（2）自然环境因子，包括大气（如二氧化硫、颗粒物、二氧化氮、一氧化碳、烟尘等）、水体（如溶解氧、pH 值、大肠杆菌、氯化物、铜、铅、锌、铬、砷、酚、汞等）、土地（如森林面积的增减状况、土壤侵蚀和水土保持状况、土壤污染状况、土地破坏状况等）；（3）生态环境因子，包括绿化程度、噪声强度、恶臭强度、农药污染、放射性影响、农林牧渔生产状况、人体健康状况等。评价因子是多单元、多类型、多变量、多层次的复杂综合体，受评价对象、评价目的、评价要求、环境条件和监测技术等因素的影响，应视具体情况具体分析确定。所选评价因子，有的易于定量，有的则需根据评价目的，通过归纳使其数值化。

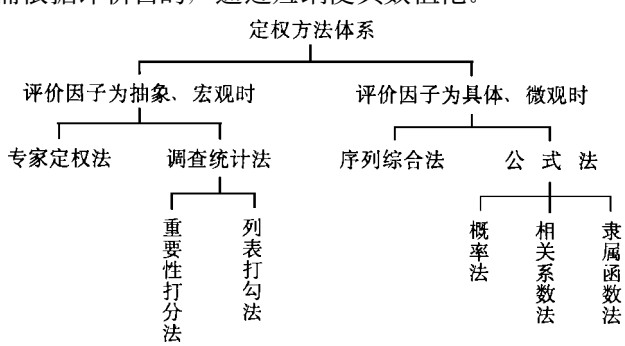


图 1　定权方法体系

Fig. 1　The considel－weighting method system

2.3　权值的确定

权值是反映不同评价因子间相对其某评价观点的重要性程度差异，具有明显的模糊性特征。鉴于环境评价方法的现状和发展趋势，在环境质量评价时，根据不同层次评价因子的特点，兼顾分析权植问题在很多领域应用的特点，初步提出定权方法体系如图 1。对于抽象的评价因子，可采用专家打分法或调查统计两类定权方法确定权值；对于具体的和微观的评价因子，尽量选用客观定量数据作定权因子，选用序列综合或公式方法两类来定权。具体方法如下：

（1）专家定权法：由少数专家凭经验并按一定的评价观点确定权值。

（2）调查统计法：①重要性打分法：由被征询者根据自己对评价因子重要性的认识，按统一的要求，在调查表给定的打分范围内分别打分。评价人员对所有调查表进行统计后给出综合权值。②列表打勾法：是在表格中给出权值，请征询者从中选择（用打勾表示）某确切值或范围，然后统计，给出综合后的权值。

（3）序列综合法：该类方法的定权因子就是评价因子的某些定量的性质指标。根据这些定量数据的大小排序后给出对应分数，而后综合这些分数定权。

?1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

（4）公式法：①概率法：根据第 i 种污染物监测数据的平均值 μ_i，标准差 σ_i 及评价标准 S_i，求权值，其公式为：$W_i=\ln\left|\frac{\sigma_i}{S_i-\mu_i}\right|$。

②相关系数法：考虑到不同污染物（即评价因子）间的相关作用，引入相关系数 r 定权，其公式为：$W_i=\frac{\sum_{i=1}^{m} r_X\ ij}{\sum_{i}^{m}\sum_{j}^{n} r_{ij}}$　　$L_{ij}=\sum C_iC_j-\frac{(\sum C_i)(\sum C_j)}{m}$

$$r_{ij}=\frac{L_{ij}}{\sqrt{L_{ij}L_{jj}}}\quad (i=1,\ 2,\ \cdots,\ m;\ j=1,\ 2,\ \cdots n)$$

③隶属函数法：把权值理解为对于重要模糊子集的隶属度，用模糊数学中求隶属度公式作为定权公式。

应该注意的是，用以上方法定权时，常常是每个评价因子有一个与最重要程度相比的相对程度（即初权），而后需要在同一层次中，对某一评价对象下的 n 个评价因子的 n 个初权归一化处理，记初权为 W_i，（$i=1,\ 2,\ \cdots n$），则最后所求的权值 W'_i 为：$\sum_{i=1}^{n} W'_i=1$

$$即:\ W'_i=\frac{W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

2.4　评价模型的确定

矿山环境是一个大系统，是一个多变量、多目标、多层次的复杂体系，对这样的系统必须用全面的、互相联系的和发展的观点作定量化的研究，才能深刻、准确地认识它。要建立矿山环境质量综合评价模型，首先要建立起环境系统模型，便于检验和描述环境要素之间以及环境要素的主要质量参数之间相互作用的定量关系。在此基础上建立起矿山环境质量综合评价数学模型。

在进行环境质量综合评价时，可按其结构层次（图 2）采用加权求和法进行。由于各层次中加权都有评价观点的差异，故体现不同层次评价观点差异的加权就构成多层加权立体层次（图 3）。引用运筹学图论中树的概念和表达来描述图 2 中的多层加权，以便于更清楚地发现和确定各层次间权值的关系。

环境质量评价中的树是一种数学抽象，通过一些称之为节点的集合和称之为弧的有向线段来反映离散型事物之间的联系。这些离散型事物用节点来代表，而事物间的联系通过边（弧）来表示。边的集合就是事物间的总体，树根就是总环境质量。

引入树的概念可以把多层加权与矩阵建立联系，故为解决复杂的多层加权问题而使用计算机提供了可能。同时还可在任一层中找出与相对于根来说最大权值对应的节点，就是本层次中应加以重视的“重点”因子。可为综合治理、找出主要问题等提供依据。

由以上分析可见，矿山环境质量综合评价按其结构层次采用加权求和法可建立其数学计算模型，通式为：$Q_{总}=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} W_{ij}Q_{ij}$

$$Q_{ij}=\sum_{j=1}^{n} W_{(i+1)j}Q_{(i+1)j}$$

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

式中：n —评价指标数目；m —评价指标结构层数；Q_{ij} —第 i 层第 j 项环境质量指数；

W_{ij} —第 i 层第 j 项评价参数权值，$\sum_{j=1}^{n} W_{ij}=1$；　$W_{(i+1)j}$ —第 $i+1$ 层第 j 项评价参数权值，$\sum_{j=1}^{n} W_{(i+1)j}=1$；　$Q_{(i+1)j}$ —第 $i+1$ 层第 j 项环境质量指数（分指数）；

而最末结构层的分指数 $Q_{末j}=\dfrac{c_j}{c_{sj}}$。

c_i —评价指标测定值。c_{sj} —评价指标标准值。

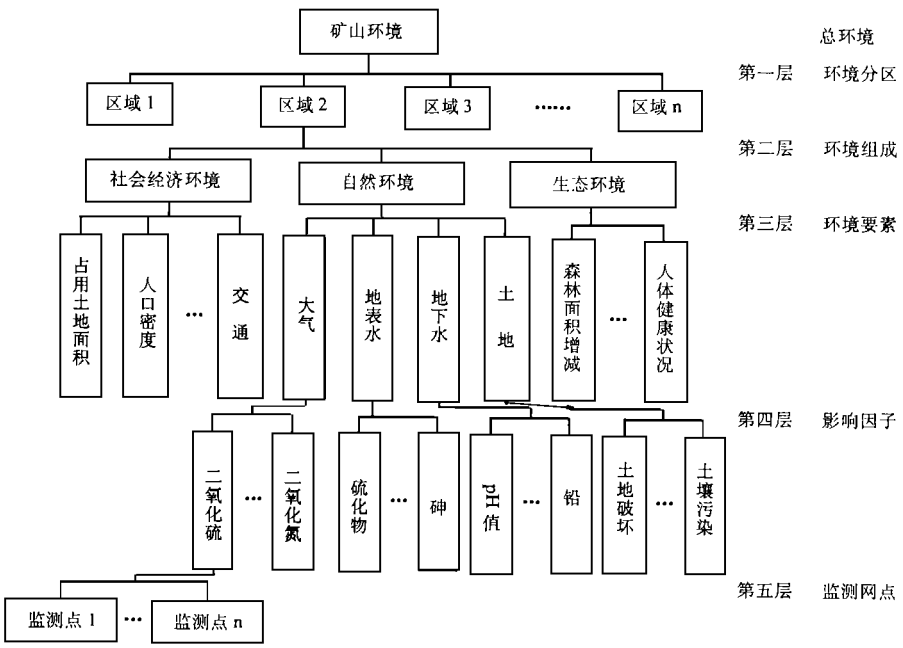


图 2　矿山环境系统层次结构模型

Fig. 2　The maths model of the environmental system

2.5　环境质量分级

首先进行各单个要素的质量分级，根据各要素指数的数值范围，并对照质量指数对应的人群健康状况、作物污染状况和生态效应，即可划分各要素的环境质量等级。在单个要素环境质量分级的基础上，用同样的原理和方法，即可进行整体环境质量的分级。然后，根据质量等级的划分，与用多层加权求和法计算得到的总环境质量指数对比，作出矿山环境质量综合评价。

3　结　语

矿山环境质量综合评价是分层次循环渐进综合进行的，涉及多学科研究领域，主要用来

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

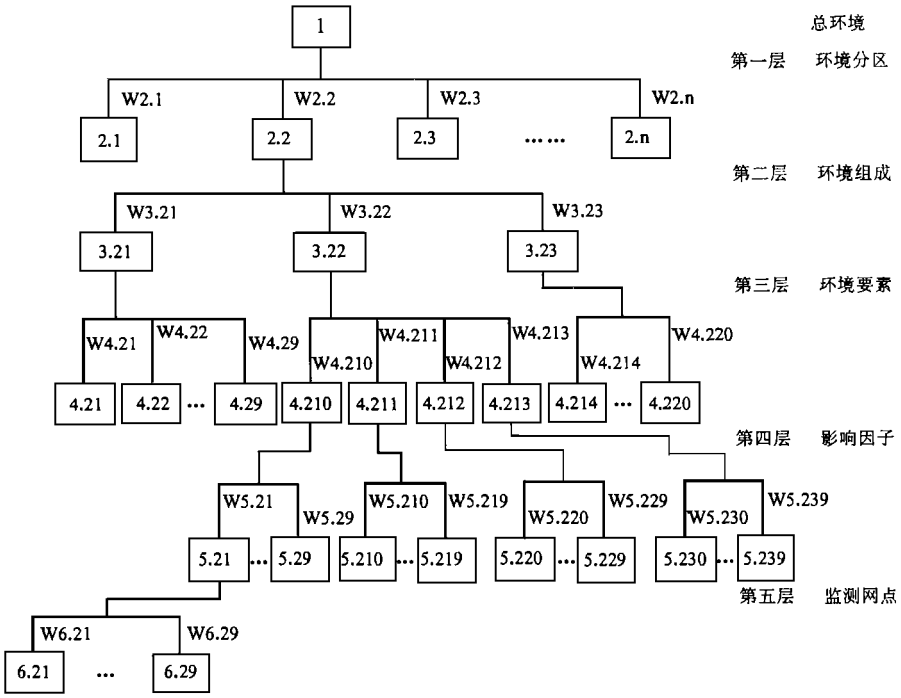


图 3 环境质量综合评价中多层加权示意图

Fig. 3 Multolayez weighting in the synthetic oppzaisal of environment quality

确定、说明和预测矿山范围内人类活动对人体健康、生态系统和环境的影响程度。在我国，矿山环境质量综合评价工作刚刚起步，当前主要在进行现状评价，甚至许多矿山在该领域还是空白。建议有关部门采取必要的行政措施和法律手段，加强该领域的研究，尤其是矿山环境质量综合影响评价的研究，以减少各种灾害的发生。

参 考 文 献

1 陈学军．矿山开发对环境质量的影响．桂林工学院学报，1996.（1）：83～86

2 陈学军．我国矿山环境质量研究与综合利用现状．第三届全国环境工程地质学术研讨会论文集．兰州：甘肃人民出版社，1995. 47～50

3 郦桂芬．环境质量评价．北京：中国环境科学出版社，1989. 150～170

4 陆雍森．环境评价．上海：同济大学出版社，1990. 160～170

5 李维铮．运筹学．北京：清华大学出版社，1985. 290～342

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

PRELIMINARY DISCUSSION ON OF MULTILAYER WAIGHTING SYNTHETIC APPRAISAL METHOD OF ENVIRONMENTAL QUALITY IN THE MINING AREA

Chen Xuejun　Liu Baochen
(*Dept. of Construction, Guilin Institute of Technology*)
Guan Zhihua
(*Yulin Limited Company of Diesel Engine*)

Abstract　The synthesis appraisl model of the mine environment is set up by analysing five notable characteristics of the mine environment. The aulthor analyses weighting and consider—weighing form On this basis, the synthesic appraise maths model, is also set up a quite all—round consider—weighting method system is set up. This paper has solved the consider—weighting method of difterent layers and the appraise element and built up the contact between multilayer weighting analysis and matric by using the "tree" concept of operational research. The mothod provides an opportunity to use computer in solving complex multilayer weighting problem.

Key words　Mine Environment Quality; Synthetic Appraisal; Appraise Modle

下　期　要　目

1　关于滇西景星组双壳类动物群的固有属性 …… 郭福祥
2　桂北地区深水沉积及其大陆构造背景 …… 柳淮之
3　广东高州岩群宏观—超微观构造特征及形成机理 …… 杨坤光等
4　广西海洋山花岗岩体地球化学演变及其形成地质环境 …… 李晓峰等
5　鄂东南晚二叠系大隆组层状硅质岩成因地球化学及沉积环境 …… 徐跃通
6　国际宝石行业若干动向及其万维网页设计 …… 刘文龙
7　应用 BP 网络作 TEM 一维反演 …… 朱德兵
8　一个基于 GRAPHER 的地质符号库的建立及应用 …… 刘　羽
9　复杂矩形构筑物数字化坐标的直角化处理 …… 唐诗华
10　特色旅游的一颗明珠 …… 蔡　雄等

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www