

# Comprehensive Evaluation of Regional Zoning Index Mine Geological Environment

—A Case Study in Youxi

Rurong Zhao

Fujian Monitoring Center of Geological Environment, Fuzhou  
Email: [497610325@qq.com](mailto:497610325@qq.com)

Received: Jun. 15<sup>th</sup>, 2014; revised: Jul. 12<sup>th</sup>, 2014; accepted: Jul. 19<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper selects Youxi as the study area and uses comprehensive evaluation of mine geological environment to comprehensively evaluate the quality of Youxi mine geological environment. Making mine geological environment for regional scientific and objective evaluation of the potential of the partition and the establishment of evaluation model uses the analytic hierarchy process, considering the effects of various levels of each factor on the final evaluation results. The results showed that: the geological environment severely affected areas, mainly located in the northern part of Youxi areas, and the key mining areas were the five mines: Dingjiashan, shut pocket, thank pit, Ping Lun and Fengyan. Mines which are more serious: the West coast, Volkswagen Hill, jade pit, Yoshiki Xikou, fairy, Yukawa and other mines of seven officialdom, gantry field and Huashan. The Mine geological environment severely affected areas and other areas outside the zone more serious are accounting for 83% of the total area of evaluation. Environmental geological problems to press accounts and destruction of land mines are mainly small-scale secondary geological disasters and the degree of harm, mining activities on the geological environment affected area are in general. Mine ecological environment destruction landscape topography and land resources have more serious impact; damaging effects on aquifers are more serious and geological disasters mine is more serious.

## Keywords

Mining, Comprehensive Zoning, Evaluation

---

# 综合分区指数法评价区域矿山地质环境

## —以尤溪县为例

赵汝荣

福建省地质环境监测中心，福州

Email: [497610325@qq.com](mailto:497610325@qq.com)

收稿日期：2014年6月15日；修回日期：2014年7月12日；录用日期：2014年7月19日

### 摘要

本文选取尤溪县为研究区域，通过采用矿山地质环境综合评价，对尤溪县矿山地质环境质量综合进行评价。为区域矿山地质环境潜力分区作出科学客观评价，并采用层次分析法建立评价模型，综合考虑各层次各因素对最后评价结果的影响。结果表明：地质环境影响严重区，主要位于尤溪地区北部地区，重点矿区为：丁家山、关兜、谢坑、坪仑和峰岩5个矿区。较严重矿区为：七官场、龙门场、太华山，其中西滨、大众山、玉带坑、吉木溪口、中仙、汤川等矿区。矿山地质环境影响严重区、较严重区以外的其它地区，占评价区总面积的83%。环境地质问题以矿山压占与破坏土地为主，次生地质灾害规模及危害程度小，矿山活动对该区地质环境影响一般。矿山生态环境问题对地形地貌景观破坏和土地资源影响较严重；对含水层破坏影响较严重，矿山地质灾害较严重。

### 关键词

矿山，综合分区，评价

## 1. 引言

矿产资源的开发利用，不可避免地要对生态环境造成破坏，对地质环境的破坏更为严重。长期以来，由于矿产资源的不合理开发利用，产生了各种矿山地质环境问题[1]。由于矿山地质环境的监测、调查、评价和规划，矿山地质环境治理恢复，矿山地质环境治理恢复责任机制建设，矿山地质环境保护与治理恢复方案编制，矿山地质环境治理恢复保证金等制度的实施缺乏专门性、全国性的法律法规予以保障[2]，矿山地质环境保护与治理恢复难以持续地、规范地推进，也难以取得比较理想的长期效果[3]。为了尽快实现保护矿山地质环境，遏制、减少矿产资源勘查开采活动造成的矿山地质环境破坏，促进矿产资源的合理开发利用和经济社会、资源环境的协调发展，国土资源部制定了矿山地质环境保护规定[4]。随着对地质环境的认识程度提高，重视程度与日俱增，评价报告的数量逐年增加。矿山地质环境影响评价是对矿山生产活动可能对矿山及周边的土地资源、地质地貌景观和区域地下水资源的影响或破坏程度，对可能引发、加剧或遭受的地质灾害等矿山地质环境问题进行客观真实评价的过程[5]。矿山地质环境影响评价具有整体性和区域性[6]。整体性是指各环境要素或环境各组成部分之间因其相互确定的数量与空间位置并以特定的相互作用而构成具有特定结构和功能的系统。对待地质环境问题不能用孤立的观点环境影响评价时不能以单因素的影响作为评价的依据。区域性是指环境因地理位置的不同或空间范围的差异会有不同的特性。研究环境问题必须注意其区域差异造成的差别和特殊[7]。

本文选取尤溪县为研究区域，是福建省铅锌资源储量最多的县。自上世纪 80 年代铅锌找矿取得历史性突破以来，目前已探明矿产地 10 多个，其中达到中型规模的 4 处，占全省的 40%。资源中铅锌金属品位较高，铅锌含量比例约为 1:3，硫、银、镉等多种伴生元素利用价值大。铅锌矿保有资源量 1800 万吨，约合金属量 100 多万吨，占全省的 20% 以上，通过采用矿山地质环境综合评价，对尤溪县矿山地质环境质量综合进行评价。为区域矿山地质环境潜力分区作出科学客观评价，并采用层次分析法建立评价模型，综合考虑各层次各因素对最后评价结果的影响。

## 2. 矿山地质环境综合评价方法

### 2.1. 综合评价原则

矿山地质环境综合评价原则应以人为采矿对矿山地质环境造成的影响为主，兼顾矿区地质环境背景，突出矿山环境地质问题[8]。矿山地质环境是人为采矿活动与地质环境相互矛盾统一而存在的多成分的开放系统，其质量受地质环境背景条件和人类采矿工程活动波及的范围和程度等因素的影响[9]。综合评价是按预定的目的，确定研究对象的指标，并将其变为客观定量的行为，其重点是考虑采矿工程活动与自然地理环境之间相互矛盾而突现的环境地质问题，同时考虑影响矿山地质环境的各种因素对其质量的影响程度，从而对矿山地质环境破坏的严重程度分区进行评价[10]。从多因子综合作用以及单因子变化与矿山地质环境系统响应关系确定影响矿山地质环境发展演化规律的评价因子，建立评价指标体系，通过指标体系对矿山地质环境与各响应因子之间的相关性及连续性建立相关方程，根据不同条件呈现的总体响应指数，划分地质环境质量[11]。

### 2.2. 矿山地质环境评价指标体系

矿山地质环境评价指标体系是矿山地质环境综合评价的根本条件和理论基础[12]。影响矿山地质环境的各种因子综合作用的结果集中体现在环境地质问题上[13]。评价指标的选择应遵循以下原则：整体性原则，指标体系应涵盖为达到评价目的所需的基本内容，同时具有代表性和典型性，能够客观反映矿山地质环境的压力、状态、响应以及变化特征。可操作性原则，指标体系中各属性因子来源于矿山地质环境调查的量化指标，对缺乏定量数据的因子，采取定性描述、相对比较赋值进行量化。简要性原则，指标体系要层次分明，简明扼要[14]。可比性原则，指标体系应具有横向可比性和纵向的连续性，要尽可能采用相对属性，在反映对象之间规模上的差异，也应选取一些绝对属性。根据矿山地质环境的特点和选择原则[15]，结合尤溪县矿山地质环境调查统计数据，确定尤溪县矿山地质环境评价指标体系见图 1 目标层是为综合评价矿山地质环境质量所需要的综合评价指数，需要考虑的准则层有三废排放数据、压占破坏土地、地质灾害、生态环境恢复、地质环境背景条件等五个方面，措施层是根据准则层的要求所选取的不同属性因子。

### 2.3. 评价方法

矿山地质环境综合评价是对矿山地质环境相对质量进行量化评价，其系统为一个复杂的开放系统，通过分解协调，将定性方法与定量方法相结合，自然科学与社会科学、现代方法与传统方法相结合，对其评价应解决属性值规范化及构建多元的评价函数两个方面问题。

#### 2.3.1. 权重向量的赋值

权重向量的赋值是建立评价函数数学模型的核心问题[16]。按赋值源信息出处可将评价方法分成两类：一类是客观赋权法，其源信息来自统计数据本身[17]；另一类是主观赋权法。矿山地质环境评价体系中各属性因子之间无法对数据本身进行对比统计，而层次分析法是通过系统分析，把复杂的问题分解成有序

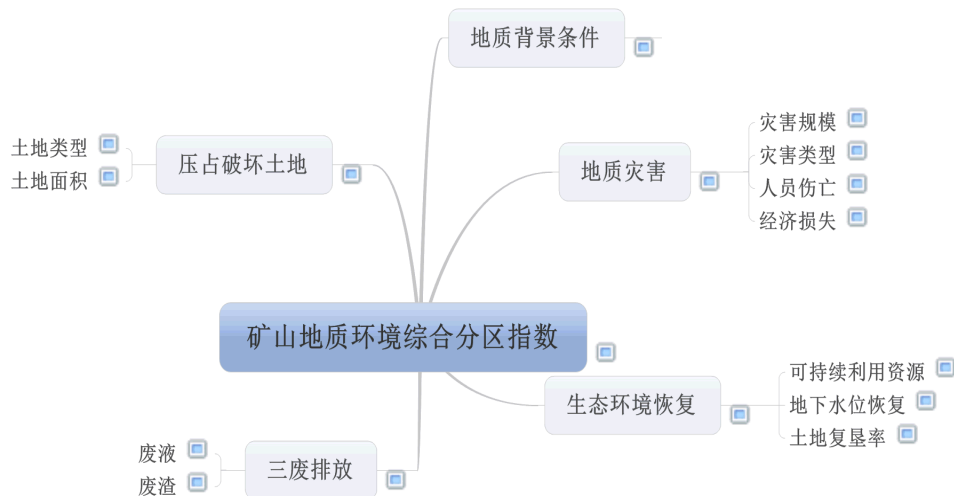


Figure 1. Mine geological environment comprehensive partition index map  
图 1. 矿山地质环境综合分区指数图

的递阶层次结构，对各层的相关因子进行两两比较，判断各属性因子的相对重要性而给予赋值，从而完成从定性分析到定量分析的过渡，适用于很难完全用定量的数学模型解决的复杂系统的评价问题[18]。

根据尤溪县矿山地质环境年报和调查数据状况，采用层次分析法对评价指标体系中各属性因子的权重向量进行计算[19]，并建立评价函数模型。其计算过程如下：

- 1) 分析指标体系中各属性因子之间的关系，建立递阶层次结构；
- 2) 根据递阶层次结构构造判断矩阵，对同一层次各因子对上一层各准则的相对重要性进行两两比较哪个重要，重要多少，反复通过专家咨询反馈，确定标度值。
- 3) 层次单排序与检验，单排序是指每一个判断矩阵各因素针对其准则的相对权重[20]。计算权重使用根法，则判断矩阵为  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，满足(1)  $a_{ij} > 0$ ； $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ； $a_{ii} = 1$ 。

演算公式是：

$$w_i = \frac{\left[ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n}}{\sum_{k=1}^n \left[ \prod_{j=1}^n a_{kj} \right]^{1/n}} \quad (1)$$

在层层排序中，要对判断矩阵进行一致性检验。一致性检验的步骤如下：

首先，计算一致性指标  $C.I.$

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

式中： $\lambda_{\max}$  为判断矩阵的最大特征根的近似值： $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \left[ (AW)_i / nw_i \right]$

其次，根据判断矩阵不同阶段数，得到平均随机一致性指标  $R.I.$

最后，计算一致性比例  $C.R.$  并进行判断

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (3)$$

当  $C.R. < 0.1$  时，判断矩阵可接受， $C.R. > 0.1$  时，判断矩阵不可接受，重新修正。只有通过检验，

才能在逻辑上合理，并继续对结果进行分析[21]。

#### 4) 组合权向量与总排序检查

组合权向量是第  $k$  层对第  $k-1$  层权向量为列向量所组成的矩阵，最下层对最上层的组合权向量为：

$$\bar{w}_i = (w^k)(w^{k-1}) \dots (w^2)(w^1) \quad (4)$$

总排序检验与单排序检验相同。

#### 5) 指标量化归一

数据的量化、归一化及标准化处理，需满足保序性条件。对量化数值的归一化处理采用的公式为：

$$z_{ij} = y_{ij} / \max y_{ij} \quad (5)$$

#### 6) 评价函数的建立

措施层各因子具有多元线性相关关系，建立数学模型，将不同属性因子归结为一个定量值，根据值大小进行地质环境质量分区：

$$A = \sum_{i=1}^n \bar{w}_i c_i \quad (6)$$

式中： $A$  为矿山地质环境综合评价指数， $w_i$  为组合权向量， $c_i$  为标准化处理后的属性因子。

### 2.3.2. 定性指标的赋值

由于指标体系中各属性因子的量纲和衡量尺度差异较大，相互间定量可比性较差。因此，对于缺乏定量数据的因子，采用定性描述赋予分值后进行相对比较。分值体现的是指标的相对程度[22]。具体的定性分析指标等级赋分表见表 1、表 2。

## 3. 矿山地质环境综合分区

### 3.1. 矿山地质环境综合评价分级

根据计算结果，结合矿山的实际情况，确定值域，将尤溪县矿山地质环境质量分为影响严重区、较严重区和一般区三个区。通过专家咨询，按照重要性标度含义表 2 的标度含义。通过计算结果与矿山实际情况的对比分析，反复进行对比，得出如下判断矩阵(表 3)。选取典型的具有代表性的矿山点作为地质环境综合评价的控制点，遵循均匀布点的原则，利用空间分析方法并考虑矿山点的分布位置及矿山环境地质问题对矿山地质环境进行综合评价分级：根据典型矿山的实际情况，从三废排放、压占破坏土地、地质灾害、生态环境恢复、地质环境条件等 5 个方面，考虑尤溪县矿山地质环境综合评价指数，对典型矿山进行对比分析，确定典型矿山的地质环境质量标准后，按其计算的评价指数，确定全区的地质环境质量分级标准，见表 4。从而完成对尤溪省矿山地质环境质量影响的综合分级。

### 3.2. 矿山地质环境综合分区评述

根据尤溪县矿山地质环境影响综合分级确定的矿山地质环境影响分区(见表 5)，考虑不同矿种、分布位置及主要的环境地质问题，最终确定矿山地质环境影响严重区、较严重区和一般区三个级别。

矿山地质环境影响严重区，主要位于尤溪地区北部地区。主要发生地质环境问题重点矿区为：丁家山、关兜、谢坑、坪仑和峰岩 5 个矿区，其中固废占地主要来源是尤溪县金东矿业有限公司公司、尤溪县三鑫矿业有限公司、尤溪县金鑫金矿有限公司、尤溪县浩泽矿业有限公司、尤溪县梅恒选矿厂，该五家企业固废产生量分别占总产生量的 37.4%、23.5%、17.9%、11.3%、4.5%，五家合计占全县固废产生总量的 94.6%；矿山地质环境影响较严重区，大部分分布在南部，易发生地质环境问题矿区为：七官场、

**Table 1. The complexity of the geological environment rating score table**

**表 1. 地质环境条件复杂程度等级赋分表**

类型	项目	划分标准	分值
1		地质环境条件复杂	5
2		地质环境条件中等	3
3		地质环境条件简单	1

**Table 2. The complexity of the geological environment grading table**

**表 2. 地质环境条件复杂程度分级表**

判定因素	复杂程度	复杂	中等	简单
地质灾害发育程度		地质灾害发育强烈	地质灾害发育中等	地质灾害一般不发育
地形地貌		地形坡度大于 30°	地形坡度 10~30°	地形坡度小于 10°
人类工程活动		破坏地质环境强烈	破坏地质环境中等	破坏地质环境弱
岩土体工程地质特征		岩土体分层多；力学性质离散性大； 水理性能差	岩土体分层较多；力学性质离 散较大；水理性能较差	岩土体分层少；力学性质 离散性小；水理性能良好
水文地质条件		水文地质条件复杂	水文地质条件中等	水文地质条件简单

**Table 3. Each index layer combination weight calculation table**

**表 3. 各指标层组合权重计算表**

标准层(B)		措施层(C)	
指数	权重系数	属性因子	权重系数
三废排放(B1)	0.1237	废水年排放量(万吨)C1	0.3422
		废渣排放量(万吨)C2	0.2513
压占与破坏土地(B2)	0.0635	面积(公顷)C3	0.6535
		类型 C4	0.2162
		人员伤亡(人)C5	0.3783
地质灾害(B3)	0.4175	经济损失(万元)C6	0.4171
		灾害规模(公顷)C7	0.2147
		灾害类型 C8	0.0734
		可持续利用资源 C9	0.1738
生态环境恢复(B4)	0.0178	土地复垦率 C10	0.0637
		受灾地区治理率 C11	0.0578
地质环境条件(B5)	0.0631		

**Table 4. Youxi mine geological environment affect the consolidated grading table**

**表 4. 尤溪县矿山地质环境影响综合分级表**

严重区	中等区	一般区
>0.2000	0.2000~0.1500	<0.1500

龙门场、太华山，其中西滨、大众山、玉带坑、吉木溪口、中仙、汤川等选矿区，主要环境地质问题表现为压占与破坏土地、地下水均衡破坏和水土流失；矿山地质环境影响一般区，在梅仙、肖坂 - 龙门场、

**Table 5. Comprehensive zoning mine geological environment**  
**表 5. 矿山地质环境综合分区**

分区等级	区域范围	分区等级	区域范围	分区等级	区域范围
一般区	联合区	较严重区	金鸡山区	严重区	丁家山矿区(金东、三富、经济坑)
	梅仙勘查区		梅仙开采区		关兜矿区(三鑫、梅恒)
	金鸡石区		汤川区		下渡矿区(扩大规模)
	七官场勘查区		七官场开采区		谢坑矿区(浩泽、谢坑、峰岩、坪寨)
	肖坂—龙门场勘查区		龙门场开采区		峰岩矿区(荣辉、闽荣)
	太华山勘查区		太华山开采区		坪仑矿区(整合三鑫)

七官场、太华山、联合和金鸡石等区域丁家山西北部、金鸡石、金鸡山、南洋南部、峰岩以东、桃坪、龙门等地块的铅锌矿产。矿山地质环境影响严重区、较严重区以外的其它地区，占评价区总面积的 83%。主要为限采区、禁采区及矿山分布密度较小的地区，矿山分布不均匀。环境地质问题以矿山压占与破坏土地为主，次生地质灾害规模及危害程度小，矿山活动对该区地质环境影响一般。

总而言之，矿山生态环境问题类型有：地形地貌景观的破坏和土地资源的占用，原露天采场、废弃土堆放点存在滑坡、崩塌地质灾害隐患，采空区存在地面塌陷、突水、冒顶等地质灾害隐患以及地下含水层疏干破坏影响局部地表农田灌溉和村民生活用水。矿山地质环境影响现状评估结果：对地形地貌景观破坏和土地资源影响较严重；对含水层破坏影响较严重，矿山地质灾害较严重。

根据《福建省矿产资源总体规划》(2008~2015 年)，的限制开采区、禁止开采区，限采区保留的主要为大、中型的铅锌矿，采用产业化、粗放式管理模式，加大对矿山地质环境保护力度，尤其是对闭坑矿山的地质环境治理方面取得了示范性的管理方法、模式、经验及效果。其它露天开采矿山主要表现在采矿场、选矿场、废渣堆放场等对土地资源的压占与破坏、水环境污染及次生地质灾害的发生。采矿场、选矿场对耕地、林地、草地及其它土地资源压占与破坏方式仍然存在，不合理的采矿方式造成的崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害是今后矿山整治的重点之一。废渣的不合理堆放是产生次生地质灾害的主要源头，泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害对矿山地质环境的危害性及危险性较大，预防此类地质灾害的发生任重而道远，而且不能忽视影响范围及强度较小的矿山，石场废渣堆放场，地质灾害的影响范围较小，但沟底为养鱼场，在暴雨的作用下发生泥石流造成了较大的人员伤亡及财产损失[23]。

#### 4. 矿山环境地质发展趋势分析

结合矿山开采实际情况、产业政策及现状环境地质问题，对尤溪县矿山环境地质问题发展趋势进行分析，总体上矿业开采活动对地形地貌景观破坏和土地资源影响较轻，但对含水层破坏影响较严重，矿山地质灾害较严重。因矿山开采方式落后，生产设备陈旧、生产管理落后、产品成本高，环境地质问题治理投入资金、技术相对较大，导致地质环境治理问题难以落到实处。露天开采矿山的环境地质问题主要表现在压占与破坏土地、水土流失及次生的崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。井下开采矿山的环境地质问题主要表现在地面塌陷、地裂缝、地面沉降、矿坑突水、地下水均衡破坏等。地面塌陷的次数、影响范围较大。地面沉降采用回填法，但仍存在继续沉降的隐患。由于受岩层渗透性、富水性等差异性影响，矿山排水对地下水均衡破坏、矿坑突水等环境地质问题不同程度威胁矿山地质环境安全。

#### 基金项目

国土资源部公益性行业科研专项(201111020-2)。

## 参考文献 (References)

- [1] 宋微, 杨毅柠, 李文君 (2014) 分析矿山地质环境调查研究现状及展望. *城市建筑*, **2**, 305.
- [2] 黄德林, 许星伟, 郭诗卉 (2013) 基于利益相关者视角的矿山地质环境多元监管模式探析. *安全与环境工程*, **1**, 3.
- [3] 邢怀学, 李君许, 董永观, 葛伟亚, 田福金, 常晓军 (2012) 华东地区矿山地质环境定量评价研究. *中国国土资源经济*, **25**, 33-35.
- [4] 邢丽霞, 罗跃初, 李亚民, 阙列东 (2011) 我国地质环境监测现状及对策研究. *资源与产业*, **3**, 19.
- [5] 汤中立, 李小虎, 焦建刚, 闫海卿 (2005) 矿山地质环境问题及防治对策. *地球科学与环境学报*, **27**, 1-4.
- [6] 徐友宁, 袁汉春, 何芳, 陈社斌, 张江华 (2003) 矿山环境地质问题综合评价指标体系. *地质通报*, **22**, 829-832.
- [7] 马爱民, 谢亚琼 (2009) 矿山地质环境保护与治理恢复方案编制中几个技术问题的探讨. *中国环境管理干部学院学报*, **19**, 10-13.
- [8] 邱海源 (2011) 区域矿区生态环境质量灰色预警体系研究. *安徽农学通报*, **17**, 42-43.
- [9] 刘彦广, 柴波, 郑晓明, 李鑫 (2012) 合山市煤矿矿山地质环境质量模糊综合评价与分区. *安全与环境工程*, **19**, 70-73.
- [10] 徐华, 王欢, 鲁守刚, 王锡魁 (2013) 基于层次分析法的绥中县矿山地质环境质量评价. *安全与环境工程*, **20**, 116-120.
- [11] 罗炳佳, 沈诚 (2013) 贵州矿山地质环境影响评估. *水文地质工程地质*, **1**, 134-138.
- [12] 赵朝贺, 杨化朝 (2013) 矿山地质环境综合评价体系研究. *煤炭工程*, **11**, 114-116.
- [13] 罗娟, 陈守余 (2005) 矿山环境质量评价指标体系及层次分析法评价. *安全与环境工程*, **1**, 9-12.
- [14] 孔志召, 董双发, 姜雪, 赵钊 (2012) 基于层次分析法的矿山环境评价. *世界地质*, **2**, 420-425.
- [15] 徐绍史 (2009) 矿山地质环境保护规定. *青海国土经略*, **3**, 40-42.
- [16] 徐明德, 李静, 彭静, 钮键, 曹露 (2010) 基于 RS 和 GIS 的生态系统健康评价. *生态环境学报*, **19**, 1809-1814.
- [17] 陈述云 (1995) 综合评价中指标的客观赋权方法. *上海统计*, **6**, 16-18.
- [18] 树柏, 层次分析 (1988) 实用决策方法: 层次分析法原理. 天津大学出版社, 天津.
- [19] 廖晶晶, 罗海波, 韦举顺 (2011) 基于层次分析法的工矿废弃土地复垦潜力分区研究. *中国农学通报*, **9**, 216-220.
- [20] 符学葳 (2011) 基于层次分析法的模糊综合评价研究和应用. 博士论文, 哈尔滨工业大学, 哈尔滨.
- [21] 杨明龙, 潘萍 (2010) 层次分析法在耕地质量评价中的应用. *昆明冶金高等专科学校学报*, **3**, 23-26.
- [22] 穆启超, 黎义勇, 甘道毅, 杨亚玲 (2012) 环境影响评估方法在矿山地质环境保护与治理恢复方案编制中的运用. *安全与环境工程*, **19**, 66-70.
- [23] 黄晓凌, 姜宏汝, 黄一帆 (2009) 福建省矿山环境保护治理研究. *资源与产业*, **3**, 24.