

四川拉拉铜矿区可持续发展评价指标体系构建*

钟文丽 邓江红
(成都理工大学)

摘 要 基于矿区可持续发展评价的需要,通过对四川省拉拉铜矿生产、生活状况的实地调查,以矿区资源-环境-经济-社会系统结构为基础,采用分层结构模型建立了包含4个层次、29项指标的拉拉铜矿区可持续发展指标体系。与国际国内可持续发展评价指标体系的对比,筛选出该矿区的8项特征性指标,即:人口自然增长率、矿山占地面积、矿区水土流失治理率、人均耕地面积、森林覆盖率、水环境质量、地质灾害发生率、矿区学龄儿童入学率。依据实地调查、整理的资料,对各项特征性指标的选取进行了简要的解释。

关键词 可持续发展 评价指标 分层结构模型 拉拉铜矿

Construction of the Evaluation Index System for Sustainable Development of Lala Copper Mine in Sichuan

Zhong Wenli Deng Jianghong
(Chengdu University of Technology)

Abstract To satisfy the need of the sustainable development evaluation of mining area, through the field survey of the production and living conditions of Lala Copper Mine in Sichuan and based on the systematic structure of mineral resource-environment-economy-society, an index system for the sustainable development of Lala Copper mining area which consists of four hierarchies and 29 indicators is built by using hierarchical structure model. Eight individual indicators characteristic of this mining area are selected by contrasting with other domestic and international evaluation index systems for sustainable development, namely, natural population growth rate, mine area, control rate of water and soil erosion, per capita farmland area, forest coverage, water environment quality, incidence of geological disasters and school-age children enrollment rate. Brief explanation is made of the selection for each individual indicator.

Keywords Sustainable development, Evaluation index, Hierarchical structure model, Lala Copper Mine

当前,可持续发展已成为全球各国的发展战略。作为人类赖以生存的物质基础——矿产资源,其合理开发与利用,直接关系到可持续发展能否实现。因此,矿区可持续发展的研究具有举足轻重的作用。然而,矿区可持续发展的研究尚处于不断发展和完善阶段,可持续发展评价指标体系的构建仍在探索之中;我国的可持续发展理论研究和实践与发达国家之间还存在相当大的差距。如何建立一个客观、全面、科学的、能够反映一定区域特征的矿区可持续发展评价指标体系已成为矿山、社会共同关注的问题。

1 矿区可持续发展指标体系构建的思路

矿产资源的开发过程实际上是矿产、环境、社会和经济等各方面要素之间相互作用和反作用的过程。矿区系统包含了资源、环境、社会和经济4个相互联系、相互作用的子系统,其内部要素之间的关系

和外部功能可用图1表示。

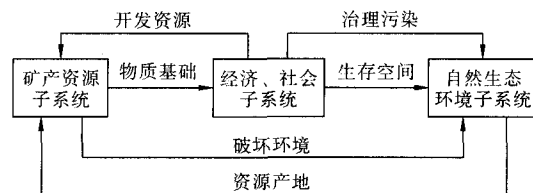


图1 矿区系统结构^[1]

矿区可持续发展就是要使矿区的社会、经济、资源和环境向有利于社会稳定、经济发展、资源充足、环境优良的方向发展。社会方面:提高人民生活水平 and 医疗保障水平,为各项事业的发展和进步提供良好的社会环境;经济方面:优化产业结构、提

* 四川省重点学科建设项目(编号:SZD0407)。

钟文丽(1980—),女,成都理工大学地球科学学院勘查工程系,博士研究生,610069 四川省成都市。

高投资效率和各要素的生产效率,保障经济高效益持续增长;资源方面:提高资源回采率、循环利用率和资源加工深度,建立资源节约型矿区经济;环境方面:加强三废的处理和控制,改善大气、水和土壤的质量,为社会和经济的发展提供良好的生态环境。

因此,必须从矿区可持续发展系统运行的特征出发,提取其中具有标识性意义的、能够表征系统内在本质及运行特征的信息,构建矿区可持续发展评价指标体系。

2 矿区可持续发展指标体系构建的原则

矿区可持续发展评价指标体系的建立,既要遵循可持续发展的一般要求,又必须充分考虑各个地域、矿种等方面的特殊性,以利客观、全面、系统地评价矿区可持续发展的状况。在指标体系的建立过程中,必须遵循一定的原则。

(1) 系统性原则。指标体系既要体现系统整体的协调性和动态可持续性,又必须充分考虑系统本身的复杂性,从系统描述角度选取代表系统内部结构和反映整体功能的指标。

(2) 科学性原则。指标的选取应建立在公认的科学理论和对矿区大系统充分认识、研究的基础上,最大限度反映可持续发展的内涵及目标的可实现程度。

(3) 层次性原则。矿区可持续发展体系是一个多要素、多层次的复杂系统,指标体系也应体现层次性的特点,并在此基础上将指标分层、归类,使体系结构清晰,层次分明。

(4) 动态性原则。指标应在保持其相对稳定性的基础上,具有描述、评估、监测、预警的功能,能够对矿区系统运行模式进行适时的选择和调控,并能随发展变化而逐步调整和修正。

(5) 完备性原则。指标体系是一个有机整体,应从各个不同的角度和层次反映被评价系统的主要特征及其系统整体的发展变化趋势。

(6) 可操作性原则。指标体系的建立要在不失其完整性的前提下,尽量简明,资料易取得,方法易掌握。尽量利用现有统计资料及有关矿区建设的规范标准,选取能够反映矿区发展状况的综合指标和具有代表性的指标。

3 拉拉铜矿区可持续发展评价指标体系的建立

3.1 拉拉铜矿区概况

拉拉铜矿是四川省目前最大的铜多金属矿生产地,以露天开采为主,日采选矿石量为 4 500 t,主要

回收铜、钼、钴、铁及金、银、硫等多种元素。

矿区位于云贵高原西北部金沙江东岸Ⅳ级夷平面上的中低山丘与山间盆地及溪沟相间地带,行政区划隶属于四川省凉山彝族自治州会理县绿水乡,属以汉族为主的多民族混居区。区域气候有明显的雨、旱季和季风,年蒸发量大于降雨量。区内农林混杂,自然生态环境较脆弱。区域地质构造背景复杂,岩层褶皱、断裂十分发育,地震活动频繁。长期干湿季交替风化及植被稀疏,加之矿山开采及土地过度开垦,导致水土流失严重。

3.2 矿区可持续发展评价指标标准的设定

指标标准值的确定不仅应依据国际国内可持续发展的规划和要求,还要结合拉拉铜矿区域特征,设定适合其可持续发展的指标标准值。

(1) 以国际上公认的标准结合我国实际,取合理值为该指标标准值,如森林覆盖率等。

(2) 对于没有国际标准的指标,则采用国家标准再结合矿区实际情况设定。

(3) 当我国某项国家指标平均值有利于矿区实现可持续发展时,可将其作为标准值,如人均水资源量、人均耕地面积等;当平均值与其他国家相差悬殊(不利于实现矿区可持续发展)时,则采用我国 2006 年国民经济和社会发展公报的实际指标数据作为指标标准值。

3.3 矿区可持续发展评价指标体系的建立

按照分层结构模型^[2,3]构建的方法,以矿区可持续发展程度为总评价目标(第 1 层),总目标通过亚目标(第 2 层)及准则层(第 3 层)各指标经处理后得出的定量指标,经归一化处理后的数据作分级表示。

目标层包含矿区系统稳定性、系统协调性和系统发展水平,每个亚目标又由矿区社会、经济、资源和环境等准则层指标进行表征,每个准则下设立相应的评价指标(第 4 层)。由此构建包含 4 个层次、共 29 个评价指标的矿区可持续发展评价指标体系(图 2)。

3.4 特征性指标的解释

根据可持续发展普遍性和拉拉铜矿区域特殊性,本指标体系除选用可持续发展的通用指标外,还筛选出适合区域可持续发展的特征性指标:人口自然增长率、矿山占地面积、矿区水土流失治理率、人均耕地面积、森林覆盖率、水环境质量、地质灾害发生率、矿区学龄儿童入学率。

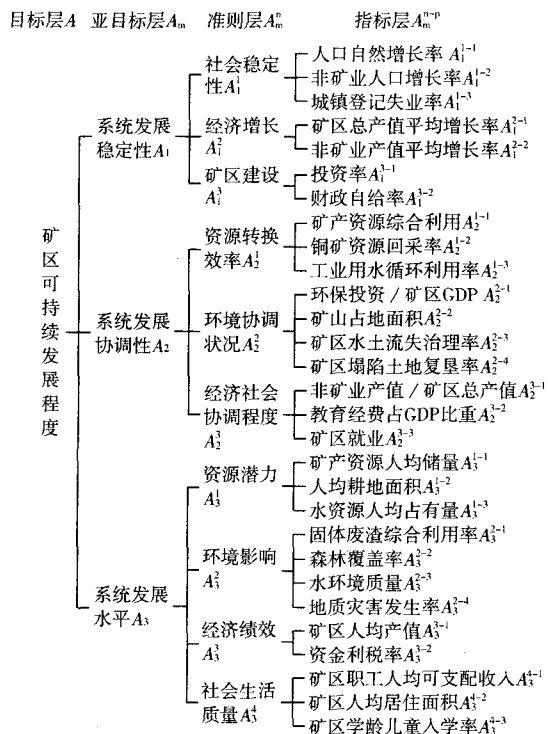


图2 拉拉铜矿区可持续发展指标体系

人口自然增长率(A_{11}^{-1}):一定时期内人口自然增长数(出生人数减死亡人数)与该时期内平均人口数之比。目前,维持人口负增长是实现我国可持续发展的长远之计。由于该区为汉族和少数民族混居的边远山区,人口自然增长率明显高于全国水平。考虑其少数民族自治州的特殊性,将人口自然增长率列入指标层。

矿山占地面积(A_{22}^{-2}):矿山设有2个露天采坑,东、西、南3个废石场(总库容为 $119.46 \times 10^6 \text{ m}^3$)以及3个尾矿库,占用土地面积约 3.94 km^2 ,达矿区总面积的43.8%。目前,采坑区面积约 1.76 km^2 ,占矿区总面积近五分之一。随6000 t技改工程的实施,其采坑和废石场面积将进一步扩大。因此,选取矿山占地面积作为矿区环境协调程度的一个评价指标。

矿区水土流失治理率(A_{22}^{-3}):露天采坑及边坡基岩裸露,废石场和尾矿库内堆放大量的疏松土石,为水土流失提供了大量的物源,加上本区地处水土流失严重区域,气候上雨旱季分明,矿山的开采加剧了水土流失的发生机率。因此,矿区水土流失治理率是衡量区域环境协调程度不可或缺的指标。

人均耕地面积(A_{31}^{-2}):拉拉铜矿地处农林混交区,耕地是当地居民的生存之本。矿山开采占用耕地面积约 32.27 hm^2 ,为耕地总面积的47.68%。采

矿已导致区域人均耕地面积大幅度下降,随生产规模的扩大,还将呈下降趋势。因此,选取人均耕地面积作为衡量区域资源潜力的指标。

森林覆盖率(A_{32}^{-2}):森林覆盖率的高低对于区域保持水土,维持自然生态平衡具有关键性的作用。矿区地处季节性地表径流区,自然生态环境脆弱,保障一定比率的森林覆盖率,涵水保土,才能维持自然生态环境的可持续发展。矿山开采已占用林地 9.679 hm^2 ,占绿水乡林地总面积的82.94%。因此,森林覆盖率是该区环境影响必不可少的指标。

水环境质量(A_{32}^{-3}):水环境质量是生态环境评价的重要指标之一。尽管矿区只进行采矿和选矿,不涉及冶炼,但监测结果表明,矿山开采对大气环境和土壤环境污染轻微,采选过程中产生的大量矿山废水水质均达到极严重污染(V类)程度^[4,5]。因此,选取水环境质量作为该区环境质量评价的代表性指标。

地质灾害发生率(A_{32}^{-4}):矿山露天采坑、废石场和尾矿库内存在着一定的地质灾害隐患,露天采坑边坡基岩裸露,易导致水土流失、边坡失稳;废石场内主要是低品位矿石、夹石、剥土,极易发生水土流失、土塌、边坡失稳、地裂缝等;尾矿库易发生尾砂泄漏、溃坝等。加之该区地震活动频繁,强度较高,更易引发矿山地质灾害。因此,选取地质灾害发生率作为矿区环境影响的一个评价指标。

矿区学龄儿童入学率(A_{33}^{-5}):矿区地处边远的少数民族混居区,学龄儿童入学率能够代表性地反映该区人民生活质量及现代化程度的高低。因此,将其选为衡量当地生活质量的指标。

3.5 矿区可持续发展评价指标隶属关系

对于所建立的指标体系,由于各项评价指标通常不在同一评价等级内,且每项指标隶属评价等级的程度也不尽相同。因此可采用简单的线性关系^[6]确定各项指标的隶属函数,并考虑可持续发展的国际国内因素和研究区的生产现状,确定各指标隶属度,将量化值统一变换到 $[0,1]$ 范围内,由此进入下一步的量化评价工作。

4 讨论

矿区可持续发展评价指标体系的建立是一个综合、全面、复杂的过程,所选指标既要具备一定的普遍性,又要体现区域的特殊性,同时还需要具有简明的可操作性及可比性。

(下转第155页)

闭路试验结果与综合条件开路试验结果比较吻合,同样取得了较好的效果。

2.2.2 重选试验

试验矿样质量为3 431.2 g,重选试验在实验室摇床上进行,试验获得锡粗精矿和重选尾矿,锡粗精矿浮选脱硫再重选获得锡精矿和锡尾矿,锡精矿质量为12.8 g,产率为0.27%,品位为4.74%,相对于给矿锡回收率为8.88%,精矿品位和回收率均比较低。

3 工业评价

将各种有价值元素回收率换算成给矿计,原矿以总矿量为121.946万t计算,按工艺流程试验结果预计回收金属量见表7。

表7 工艺流程试验结果预计回收金属量 t

元素	Pb	Zn	Sn	Ag	S	In
含量	3 540.4	7 511.1	155.9	20 311	235 137	4 185.2

注:Ag、In单位为kg;硫含量35%。

铅金属以5 000元/t、锌金属以12 000元/t、锡金属20 000元/t、银2 000元/kg、铜1 000元/kg计,硫

(上接第143页)

矿区总产值平均增长率、投资率、矿产资源综合利用率、财政自给率、环保投资/矿区GDP、资金利税率、工业用水循环利用率、非矿业产值/矿区总产值等,是所有矿区都必须考虑的因素,具有普遍实用性,可作为矿区可持续发展评价的通用性指标。

代表区域特殊性的特征性指标——人口自然增长率、矿山占地面积、矿区水土流失治理率、人均耕地面积、森林覆盖率、水环境质量、地质灾害发生率、矿区学龄儿童入学率等是根据拉拉铜矿区域特征所选定的。对其它矿区,则需根据其社会、经济、资源和环境的不同背景和特点而有所增减或更换。

5 结论

(1)以矿区系统结构为基础,归并建立了资源、环境、经济、社会4个评价指标子系统。采用分层结构模型建立了包含4个层次、29项指标的拉拉铜矿区可持续发展指标体系。

(2)为表征区域的特殊性,筛选出拉拉铜矿区的8项特征性指标,即人口自然增长率、矿山占地面积、矿区水土流失治理率、人均耕地面积、森林覆盖

率、水环境质量、地质灾害发生率、矿区学龄儿童入学率,并对其进行了简要地解释。

4 结论

(1)尾矿中的有用矿物含量比较高,探索性选矿试验所取得的结果也较好,精矿品位Pb+Zn达到29.84%,精矿回收率Pb+Zn达到102.98%。且由于是尾矿再选,选矿成本比原工艺低,易于操作、适应性强、过程稳定、指标可靠、具有很好的推广前景。

(2)从尾矿再选所取得的结果可看出,一方面尾矿再选尽可能地综合回收了国家矿产资源,给企业带来了新的相当可观的经济效益;另一方面更减少了尾矿所含金属元素对自然环境中土壤和水的污染,具有良好的社会效益。

(收稿日期 2008-09-17)

参 考 文 献

- [1] 王伟中. 可持续发展指标体系的理论与实践[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004.
- [2] 张金学. 鸡西矿区可持续发展综合评价方法的研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2002.
- [3] 魏 同. 矿区可持续发展程度的评价方法[J]. 中国煤炭, 1999(5): 1-7.
- [4] 钟文丽, 邓江红. 拉拉铜矿水环境评价及污染因子分析[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006(增刊): 100-104.
- [5] 钟文丽, 邓江红. 矿山开发对矿区水环境影响评价[J]. 地质找矿论丛, 2007(2): 152-156.
- [6] 李堂军, 孙承爱, 顾洪利. 矿区可持续发展分层模糊综合评价方法研究[J]. 矿冶工程, 2001(9): 15-17.

(收稿日期 2008-09-19)