

西南大学

硕士学位论文

露天矿开采生态化建设研究——以马脑壳金矿为例

姓名：田禾

申请学位级别：硕士

专业：人文地理学

指导教师：王力

20070501

露天矿开采生态化建设研究

——以马脑壳金矿为例

人文地理学专业硕士研究生：田禾 (S20040958)

指导教师：王力 教授

摘要

矿业开采是人类获取矿产资源的基本手段，它利用并加速地球的地质大循环过程极大地促进了人类社会的发展，但人类的矿业开发活动也给自然环境和人类的自身安全造成了一系列的负面影响。随着科学技术的进步，人类开采和利用矿产资源的能力不断得到提升，同时对矿山地质环境问题的重视程度也越来越高。矿山企业的开采活动不仅受到资源有效性的制约，也同时受到矿山环境保护有效性的制约，在日益强大的社会压力下，矿山环境保护正从社会需要转变为企业生存发展的内在需要。论文以马脑壳金矿露天矿山开采为实例，研究露天矿开采的生态化建设问题，对露天矿山开发、生态环境保护与恢复等方面都有一定的理论和实践意义。

论文采用实地调研与定量分析结合的方法，在总结评价了马矿对环境影响的基础上，进行生态补偿的研究；应用生态学原理指导矿区的生态保护与恢复实践，提出了操作性较强的生态规划设计；应用经济效益分析方法对生态恢复工程的投入、产出效益进行了分析；应用景观生态设计方法研究矿区合理的景观格局问题，以期在矿区建立结构合理、功能完善的，稳定的生态系统，以实现九寨沟区域的生态保护与马矿的可持续发展。论文分为七个部分：

第一部分，绪论。简述论文的选题背景、国内外研究现状。

第二部分，露天矿发展对生态环境的影响。

第三部分，从内部和外部因素分析露天矿推进生态化的障碍。

第四部分，较全面地分析马脑壳金矿开发对环境影响因素，利用生态补偿理论对其进行生态补偿研究。

第五部分，马脑壳金矿生态化建设研究，从宏观到微观提出马矿生态化建设的规划构想。

第六部分，从法律、行政、政策等方面提出露天矿生态化建设的对策与措施。

第七部分，结论，归纳总结全文。

关键词：露天矿 生态化建设 生态评价与补偿 马脑壳金矿

The research on ecological Construction of opencast mining

-----illustrated by the goldmine in Manaoke

Postgraduate of Human Geography: Tian He(S20040958)

Tutor: Wang Li

Abstract

The mine exploitation is an important way of getting resources. The development of mining speeds the development of the society. However, at the same time, it brings negative effects. The current situation proves shows that the mining brings great changes in ecology. In addition, the unreasonable exploitation destroys the environment. With the development of the society, the sustainable development is becoming the theme in modern times. Our human beings pay more attention to the environment protection. Thus, the measurements in protection and restoration meet the needs of the social development and enterprise.

Based Manaoke gold examples of how to conduct opencast mine in the ecological construction of the main line, field research and quantitative analysis using the method of summing up the evaluation of the environmental impact of mining on the basis of race. ecological compensation; Application of ecological principles to guide the mining area of ecological protection and recovery practice, Ecological Planning and Design presents a feasible; a cost-effective method of applying ecological restoration project inputs and outputs of the effectiveness analysis the application of landscape ecology in mine design to construct a reasonable landscape, the establishment of a rational structure in the mining area, functional improvement, stable ecosystem, Jiuzhaigou region to achieve sustainable development, ecological protection and mine race, hope to reach the small, the development of the open pit mine. The practice of environmental protection and ecological restoration must play a reference purposes.

This paper consists of seven parts:

Part I Introduction. It is about the reason why to choose this topic and the research in this area at home and aboard.

Part II Influence of opencast mining on the environment.

PartIII The obstacle in ecological construction of opencast mining.

PartIV Empirical analyzing. This part systematically analyzes the various influence of Manaoke goldmine on the environment and put forward the conception of ecological compensation.

Part V The research on the ecological construction of Manaoke goldmine. The author poses some efficient proposition in ecological construction.

PartVI The countermeasure in law, administration, policy.

PartVII Conclusion.

Key words: opencast mine; ecological construction; ecological evaluation and compensation; goldmine in Manaoke

独创性声明

学位论文题目: 露天矿生态化建设研究——以马脑壳金矿为例

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知,除了文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得西南大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者: 田禾

签字日期: 2007 年 4 月 15 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解西南大学有关保留、使用学位论文的规定,有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘,允许论文被查阅和借阅。本人授权西南大学研究生院可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索,可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书, 本论文: ☐ 不保密, ☐ 保密期限至 年 月止)。

学位论文作者签名: 田禾

导师签名: 36

签字日期: 2007 年 4 月 15 日

签字日期: 2007 年 4 月 16 日

学位论文作者毕业后去向:

工作单位: _____

电话: (_____) _____

通讯地址: _____

邮编: _____

1 绪论

1.1 写作背景以及研究目的

长期以来人类从地球内部获得矿产资源加工制造成为人们生产和生活所需的各种物质,据统计全世界每年开采的金属、非金属矿石及化石燃料等矿产资源共约2000亿t,其结果是返回自然的废弃物多,形成众多的污染源,当地生态环境的破坏,导致生态环境恶化。

好的生态环境是人类生存的基础,也是人类可持续发展所依赖的基本条件。过去一个世纪,我们在创造了高度发达的物质文明的同时,也导致了荒漠化、河流断流、物种灭绝加快等对生态环境的灾难性后果。矿产资源的大规模开采,是酿成资源与环境危机的重要因素之一,从而使矿产资源开发中生态环境保护的重要性日显突出。

本文研究区域九寨沟属于世界级自然保护区,对于生态保护有着特别的要求,笔者在对于九寨沟马脑壳金矿进行调研的基础上,结合当地的经济社会发展实际,对于此金矿进行全面的分析,以小见大,希望能对露天矿矿山开发生态环境保护与恢复的实践起到一定借鉴作用。

1.2 综述:

1.2.1 国外研究进展

世界各国特别是主要的采矿工业国家都十分重视恢复采矿工业破坏的土地,并取得十分可观的成绩,美国西弗吉尼亚州,1939年首先颁布了世界上第一个管理采矿的法律——复垦法[6]。1977年8月3日,国会通过并颁布第一部全国性的土地复垦法规《露天采矿管理与土地复垦法》[7]使美国土地生态恢复工作走上正规的法制轨道。美国土地生态恢复的含义远比我国的含义深广,美国矿山生态恢复强调恢复到破坏前的地形地貌和地物状态,要求原农田恢复到农田状态,原森林恢复到森林状态,把环境保护提到极高的地位或看作唯一的生态恢复与重建目的。法国,因工业发达,人口稠密,土地生态恢复工作要求保持农林地面积,恢复生态平衡,防止污染。澳大利亚是以矿业为主的国家,是世界上先进而成功处理扰动土地的国家,生态恢复已成为开采工艺的一部分,生态恢复由政府出资进行。矿山生态恢复特点之一是采用综合模式,实现土地、环境和生态的综合恢复,它克服了单项治理带来的弊端。二是多专业联合投入,包括地质、矿冶、测量、物理、化学、环境、生态、农艺、经济学,甚至医学、社会学等多学科多专业;三是高科技指导和支持,卫星遥感提供生态恢复设计的基础参数并选择各场地理位置,计算机完成生态恢复场地地形地貌的最佳化选择,以及最少工程量的优化选择和最适宜的经济投入产出选择,即费用——效率优化方案,高科技产生了高效益的生态恢复。前苏联1954年开始立法,1968年使其具体化,促进了土地生态恢复与重

建的综合科研、科学论证,包括恢复被破坏土地肥力,造林绿化,创立适宜人类生存活动景观的综合措施。农业、林业生态恢复是最普遍的,他们极力利用自然条件进行人工林营造,可以降低人工林的投入。[8]

1.2.2 国内研究进展

我国近代土地生态环境恢复与重建始于50年代末期。1989年颁布了《土地复垦规定》[9],生态恢复工作开始步入法制轨道,取得一些成绩,对一些矿开展不同程度生态恢复工作和科研工作,如加强矿山生态恢复工艺技术研究,基质改良研究,生态恢复经济分析,土地复垦专家系统模型研究等[10]。但生态恢复技术研究只限于一些基本用途的研究,单一用途的生态恢复,未根据整个矿区条件,按照生态学、经济学原理、进行多业、综合、协调的生态恢复研究,致使恢复区生态环境改善不明显,生态恢复环境效益比较低。土地生态恢复研究多为工程技术研究,生态恢复技术研究少,使农林生态恢复土地生产力低,经济效益差。未从生态学理论高度,综合研究减少废石生产,抑制污染源,进行生态恢复和治理,使矿山重建良性生态系统。与国外相比,我国土地复垦工作起步晚,欠帐多,难度较大,地域间发展不平衡,规范化、科学化不够,复垦率仅为6%,而美国超过85%。此外,法制和组织机构不健全,资金渠道不畅通,也影响生态恢复工作向纵深发展[11-12],土地生态恢复有计划地全面规划实施已势在必行,且任重而道远。

2 对传统的露天矿发展模式的反思

2.1 露天矿开采对生态环境的影响

传统的露天开采导致区域生态结构和功能的破坏,引起矿区生态系统朝着不利于人类生存的方向变化,主要表现在:

(1) 土地问题

露天矿需要大面积剥离表土层和表面岩层,在采矿过程中挖损大面积地表的同时,采矿排放的大量弃土也占压了大量的土地,挖损和占压不可避免地对大量土地造成严重的破坏。比如抚顺的露天煤矿,采矿2亿t,已经形成了一个长11km、宽2.5km、深288m的露天采空区,挖损破坏土地近2700hm²,其外排土场压占土地1800hm²。[13-14]在矿产资源开发利用中造成的土地破坏,已经成为制约我国社会可持续发展的重要因素之一。

(2) 水土流失问题

我国是世界上水土流失最严重的国家之一,目前的水土流失面积达36700km²,占国土面积的32.8%,而且每年还在以10000km²的速度递增。露天矿的排土场是露天开采剥离排土堆积而形成的巨型特殊人工地貌,研究结果表明,大型露天开采对原有生态系统的施工干扰剧烈,排土场整体结构松散、非均匀沉降严重、地面形态单一、地质层组混乱、土壤肥力贫瘠,天然植被恢复极其缓慢,水土流失严重。露天矿排土场的水土侵蚀模数比原地貌要高出30%至数倍,在一些水土流

失严重的地区,滑坡、泥石流等地质灾害频频发生,造成的损失十分巨大,严重地威胁着矿区的生态环境乃至矿区自身的安全。

(3) 环境污染问题

矿山开发带来的环境污染问题主要包括两个方面,一方面是在矿山作业过程中对大气、水体、土壤等造成的污染,另一方面是在矿区开发过程中环境造成的污染。抚顺西露天矿于 1984 年和 1985 年冬季因采场空气严重污染而造成 5 次停产。国外也有大量的类似报道:前苏联的柯尔金斯基曾经因为露采场严重大气污染而一次被迫停产 14 天。[13]

(4) 生态环境退化以及其他问题

除了土地破坏、水土流失严重、环境污染等问题,露天矿的开采还造成当地水环境的变化,如波兰一个面积为 2100 hm^2 的露采场,引起 12 万 hm^2 面积的区域水环境发生变化。法国有几个露天矿,开采后使得地下水位降到 200 米以下,造成周围几平方公里的地面沉陷。[14]在个别地方突然发生土地沙化与荒漠化现象。在上述各种因子的作用下,动植物种类与数量减少,生物量降低,加剧了其生态环境的脆弱性。如果不采取有效的生态恢复措施,这些地区的生态环境可能进一步恶化,甚至达到崩溃的边缘。

采矿过程中生产大量的尾矿、废石土、矿渣、等废弃物堆放排放,直接占用土地及对堆置场地植被等原有生态环境的破坏。根据吉宁省 42 家大中型国有矿山企业调查,每年生产的废渣大约 1500.3 万 t,而处理量仅为 740 万 t 左右,处理率为 48%。全省自 90 年代以来矿业开发占用和破坏的耕地、林地等土地 1.5 万 hm^2 ,而目前启动矿山生态环境恢复治理工程,恢复治理面积仅仅恢复到 860 hm^2 。矿山废渣又成为泥石流发生的新物质条件,构成灾害发生的重要因素。[15]

在资源、环境与生态问题越来越突出的大背景下,研究露天矿的开发对生态脆弱的区域有着重要的意义,探索露天矿环境综合整治与生态恢复的有效途径。要做好规划,做到边开采边复垦,保护好矿区的土地资源和生态环境。

(5) 地表景观破坏

由于采矿活动引发地面塌陷、沉降、地裂等灾害发生。露天采矿破坏和占用耕地林地,造成山体边坡失稳、滑动等,成为糟害发生的隐患。

传统的采矿模式对于生态系统的破坏较大,提出新的采矿及发展模式势在必行了。

2.2 露天矿开采选择生态化发展模式的动因机制

2.2.1 生态化内涵

生态化是一种全球新兴的可持续发展模式。它依据生态学和生态经济学原理,以节约资源、清洁生产和废弃物多层次综合再生利用等为特征,以现代科学技术为依托建立起来的一种生态和经济协调发展的发展模式。

生态化也是循环经济理论在工业体系中的应用。循环经济是对物质闭环流动

型经济的简称,是以物质、能量梯次和闭路循环使用为特征的,在环境方面表现为污染低排放,甚至污染零排放。循环经济把生态工业、资源综合利用、生态设计和可持续消费等融为一体,运用生态学规律来指导人类社会的经济活动。

2.2.2 生态化的动因机制模型

一些学者发现,环境保护方面的领先可以为企业取得竞争优势创造有利条件。目前国际上一些国家和地区以及大公司追求企业的生态效益,实施企业环境战略,一般出于三点考虑:(1)通过企业生态化的改造提高企业整体绩效,通过污染防治提高资源利用率取得成本领先优势,或者通过绿色产品取得差异化优势从而获得高额的市场回报等;(2)生态环境效益已逐渐成为一个国际投资人参考的基本投资准则,企业主动适应新的绩效评估标准,适应社会舆论压力,提高企业形象,寻找新的商业机会;(3)企业生态化已成为企业永续发展的经营文化和理念,是在人类社会可持续发展背景下的必然战略选择。

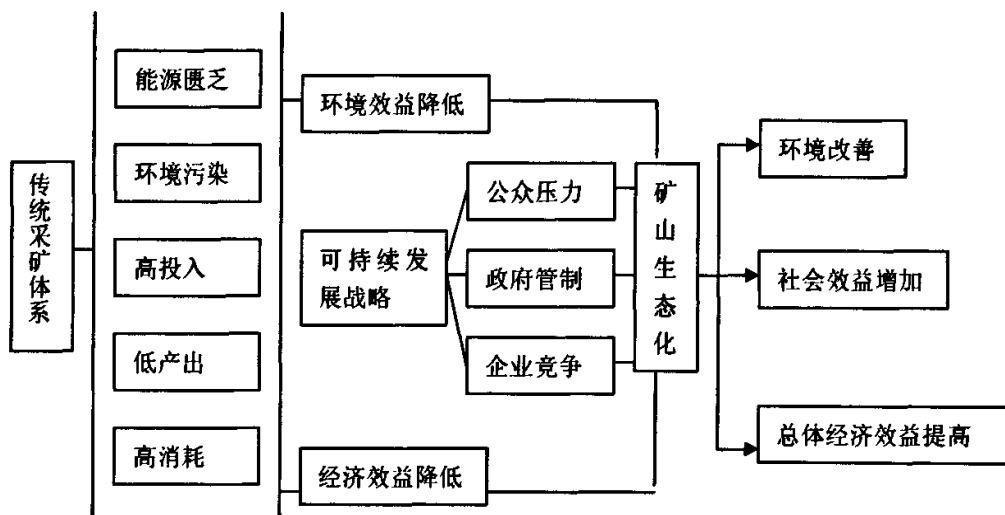


图1.生态化动因机制模型

Fig1. Ecological motivation model

生态化是在人类追求可持续发展的目标,并在环境污染、资源枯竭及能源短缺的现实背景下的一场变革。制度体系是不能够人为设计的,其本质是一个自发的动态进化与演进体系,在技术创新没有发生重大突破的前提下,系统的组织制度发生的演化和变迁才是生态化的根本原因。在现有技术水平的基础上,其内在机制表现为绿色经营理念作为共同知识规则的建立。本文对矿山对多方面因素综合分析,认为矿山生态化是一个采矿工业发展的渐进过程,是在人类可持续发展战略指导下,应对激烈竞争、适应社会变革、融入生态思想的必然选择过程。

3 露天矿推进生态化的障碍研究

3.1 内部障碍因素

3.1.1 技术障碍

对技术的整合配合缺乏统筹规划,采矿、选矿、弃石各个环节不能最优的结合起来减少对生态环境的破坏;对低品位矿、尾矿、弃渣的综合利用缺乏研究;矿山地质工作不够精准,增大了剥采比。

3.1.2 经济障碍

为了追求利益的最大化,企业肯定会在生态建设费用上进行权衡,企业利益与社会利益并不是完全吻合的,企业可能以损害社会利益的方式来获取自身的最大的利益。

3.2 外部障碍因素

3.2.1 体制障碍

一是在经济发展规划中只涉及到了产量与产值的多少,很少提及到生态的保护与恢复方面,缺乏对于生态保护的意识。二是生态保护政策实施缺乏保障措施,国家制定了种种生态保护政策,但是缺乏一个能约束企业高标准完成生态建设的措施,企业往往存在一个比较利益因素,在比较内部收益和外部收益后会选择一个对本企业有利的方式进行运作,制度的滞后给生态化的建设带来一定的影响。

3.2.2 意识障碍

矿产资源开发对生态环境造成的破坏,治理难度大、成本高。矿山环境防治主要出路在于减少破坏,对已经产生的破坏要及时治理,这就必须坚持以防为主,防治结合的原则。要从社会责任感的角度增强开采与保护并重的意识,加强对矿山开发的制度监管、执法监管、舆论监督和社会监督。

3.2.3 人才缺乏

人才队伍总量不足,结构不合理,整体素质不高,尤其是缺乏高层次、复合型人才;体制和政策障碍尚多,影响人才资源的整体开发和合理利用。优秀拔尖人才尤其是科技人才偏少,难以带动企业生态化的快速发展;绿色GDP研究等前沿性工作需要进一步加强;面向生态建设一线的教育培训工作相对滞后,缺乏高素质的一线操作人员,导致一些先进的技术不能普及推广到各个企业生态化建设中。

4 露天矿开采生态建设实证分析——以马脑壳金矿为例

4.1 区域自然及生态环境概况

马脑壳金矿位于四川省九寨沟县境内，与甘肃省南侧交界。矿区东起上马梁城沟，西止羊布梁沟，南起冬瓜树坝沟，北止羊布梁子南侧，面积约 7.5km^2 。地理坐标为：东经 $104^\circ 02' 08'' \sim 104^\circ 05' 10''$ ，北纬 $33^\circ 38' 20'' \sim 33^\circ 40' 21''$ 。矿区对外有 30km 简易公路与南坪~大录公路的水口坝相连，矿区至九寨沟县城 71km，距著名的九寨沟风景区 50km，距成都 480km，距宝成铁路昭化站 304km，交通较为方便。

4.1.1 地形、地质、地貌

九寨沟县位于四川北部高原，境内地质地貌复杂。地处岷山山脉北段之东部，龙门山脉的西部。在九寨沟复向斜地带，西、北、南三面均有明显的断裂带。属第四纪以来新构造运动强烈运动的地区和西部地区。地貌以高山为主，兼有部分山原和零散平坝，大体为“七山一水二分地”，地势西北高东南低。高山主要分布在西北、西南、南部与北部地区。地表海拔多在 3000 米至 4000 米之间，最高峰为西南部的与松潘交界处的朵儿纳，海拔 4764 米，最低处是白水江出境处，川甘交界的柴门关，海拔 1160 米。大地貌属深山切割高山，谷深流急，谷坡陵峻。冻土深度为 10cm，区域地震烈度为 8 度。

矿区矿床在川、甘边界南侧，属高寒山区，海拔高程+2700~+3725m，相对高差 1000 余米，矿区盘山公路约 6km。

4.1.2 气候

九寨沟县气候主要特征是：夏短冬长，昼夜温差大，气候垂直差异明显，干、雨季分明。境内可分为温暖带、温带、寒温带、及少数高寒带区。气候随海拔高度升高而降低。在一定高度下，降水量随海拔高度升高而增加。

矿区气候属高山寒温气候，冬寒夏暖，冬长夏短，9 月到 5 月为霜期，9 月出现降雪，10 月中下旬开始冻土，至次年 3 月底开始解冻，矿区降雨量较充沛，雨季集中在 7~9 月，8~9 月出现雷阵雨和冰雹。

绝对最高气温： 35.8°C ，绝对最低气温： -10.3°C ，年平均降水量：659mm，年平均相对湿度：64%最大风速：13m/s。

4.1.3 水文

九寨沟的大小河流均属嘉陵江水系，发源于松南交界的弓杠岭斗鸡台，都流入白水江。白水江在九寨沟县有三条主要支流，即白河、黑河、汤珠河，加上众多的小溪形成了嘉陵江支流白龙江上游的白水江水系。

白水江水系的干流就是白水江。白水江多年平均流量为 $67.04\text{m}^3/\text{s}$,保证率为 95%的枯水流量为 $21\text{m}^3/\text{s}$ 。

黑河发源于热莫克喀,全长 139 公里。集水面积 2612.5km^2 。从东北至黑河桥,河床平均比降 13%,局部最大比降约为 30%。河面宽一般为 18cm,最大宽度 34cm。据推算,多年平均流量为 $31\text{m}^3/\text{s}$ 。黑河的主要支流有嘎哇柯、热摩柯、申多柯、芝麻沟、八浪沟和达舍沟等。

达舍沟从矿区流过,位于矿区坡下。该沟平均比降约为 20%,矿区附近为 25%,除降雨时流量较大外,5~10 月流量较稳定,平均流量为 $1.7\text{m}^3/\text{s}$,最小流量约为 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 。水质检测期实测流量为 $1.6\text{m}^3/\text{s}$,平均流速为 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 。矿区废水经达舍沟 22km 进入黑河然后进入白水江。

4.1.4 水土流失现状

根据 2000 年四川省水土流失遥感数据,九寨沟县水土流失面积为 2073.36km^2 ,占幅员面积的 39.2%,土壤平均侵蚀模数为 $5100\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$,年侵蚀量达 1047.81 万 t。而水土流失以强度侵蚀为主,其次为中度侵蚀。矿区域内水土流失以中度侵蚀为主,其次为轻度侵蚀,侵蚀模数为 $3700\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。九寨沟县突然侵蚀强度及分布统计见表。

表 1.九寨沟县突然侵蚀强度及分布统计表

Tab1. The graph of erosion intensity in Jiuzhaigou

流失强度	流失面积 (km^2)	占流失总面积 (%)	年侵蚀量 (万 t)	平均侵蚀模数 ($\text{万 t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)
轻度侵蚀	870.11	41.97	174.02	0.20
中度侵蚀	626.42	30.21	256.83	0.41
强度侵蚀	431.48	20.81	319.29	0.74
极强度侵蚀	113.33	5.47	148.46	1.31
剧烈侵蚀	32.02	1.54	149.21	4.66
合计	2073.36	100	1047.81	0.51

九寨沟县水土流失类型主要是水力侵蚀和重力侵蚀,局部地方还存在风力侵蚀和冻力侵蚀等。水利侵蚀类型以沟蚀和面蚀为主,沟蚀主要发生在干流及支流两岸;面蚀为矿区内流蚀面积最广、危害最大的流失形式,主要分布在海拔 2500m 以下的中低山区,地貌形态破碎,地表植被稀疏,人类活动频繁,土壤侵蚀多随暴雨发生于坡面,重力侵蚀主要分布在滑坡发育的陡峻岩坡地带。

4.1.5 自然植被

据现状调查,按地表植被分区,在矿区 (7km^2) 可分为 A、B、C 三个区域。其中: A 区植被以禾草、莎草为主的亚高山草甸分布于矿区阳坡,南北朝向为矿区主要区域,占总面积的 41%,约 2.87km^2 ; B 区:植被阴暗针叶林分布在矿区

阴坡东北和西北南朝向，占总面积的 58%，约 4.06km²；C 区：为河谷地带的灌丛和公路，占总面积的 1%，约 0.02km²。

4.2 马脑壳矿介绍

四川九寨沟马脑壳金矿开发有限责任公司始建于 1996 年 2 月，历经近十年的开发建设，马脑壳金矿完成了一系列的地质研究，勘查评价、采矿、选矿、冶炼等技术改造工作。2006 年完成采剥总量 330 万 m³，处理矿量 35 万 t，堆场规模扩大到 17000 m²。

4.2.1 占地面积及平面布置

表 2.矿山场地面积

Tab2. The square of mine

场地		面积 (km ²)
马脑壳矿区	采矿场	0.669
	上山公路 3Km	0.012
	山下场地	0.0166
	上山公路 12Km	0.132
	废石场	0.24
两河口矿区	采矿场	2.0
	上山公路 4Km	0.016
	山下场地	0.02
	废石场	0.32

4.2.2 基本生产介绍¹

(1) 物料

马脑壳尾渣库区域内存放的物料主要为堆浸场存放的选冶尾渣。选冶尾渣：经破碎、氰化堆浸留下的尾渣。尾矿固体密度 2.93t/m³；尾矿堆积干密度 1.9 t/m³；尾矿粒度≤12mm。尾渣排放量：46.93 万 m³。

(2) 工艺

原矿（粒度 350mm）-破碎（12mm 左右）-筑堆-喷淋（氰化）-炭吸附-过筛（分离载金炭）-解吸、电解-熔炼铸锭（合质金），最终产品为金锭。

该矿选（冶）生产的主要设施有破碎车间、堆浸场、载金炭解吸电解车间及 NaCN 专用库房。

该矿选（冶）尾渣用漂白粉进行消毒处理堆存在尾渣库（堆浸场）。尾水循环利用或用漂白粉处理符合要求后排放。

(3) 采矿概况

¹ 南冒有色冶金设计研究院的《四川省九寨沟马脑壳金矿采矿方案与选(冶)工艺初步设计》

采矿分为东西两个开采区，各采区地势陡峭，矿体部分直接露出地表，采用水平阶段采矿方法，沿走向开采，以组合台阶陡剥离，缓护采矿。由于矿石块度较大，在 350mm 左右，采用凿岩机进行二次打眼爆破碎。马脑壳金矿目前采用露天开采，采用公路开拓汽车运输方案，柴油挖掘机铲装，矿石用汽车运至堆浸场，废石用汽车运至排土场。

由于对浸粒度要求为 12mm 左右，因此，将开采的矿石进行破碎，总破碎比为 22: 7。

(4) 选冶概况

矿石采出后经破碎，用汽车送堆浸场筑堆，NaCN 溶液由离心泵扬送至堆浸场进行喷淋（NaCN 配制浓度 0.03%~0.08%）。喷淋所得贵液泵送至吸附塔，经活性炭吸附得到载金炭，载金炭送至熔炼间经解吸、电解、铸锭获得金锭。堆浸后的浸渣就地存放在堆浸场。

4.3 马脑壳金矿生态环境影响分析

根据现场勘察，矿山开采及生产过程中存在的主要环境问题如下：

表 3. 矿石开采中主要环境问题

Tab3. The environmental problem in exploitation

项目	主要环境问题
上山道路等辅助设施建设	砍伐树木，植被的破坏
采矿中	植被破坏，增大水土流失量，采矿废石堆积，影响生态环境，开采爆破、破碎矿石、产生噪音、生产粉尘污染以及矿区的水污染
生产中	尾矿渣、清洗废水对环境的污染

矿山开采中对生态环境的保护不够，特别是对地表植被及地面水影响比较大，废石的堆放以及倾倒，已经造成了部分景观与植被的破坏，堆放的废石废土已经大大的改变的原有的地质环境，土质疏松，如图：



图 2. 马脑壳金矿弃土场现状

Fig2. The present situation of deserted site in Manaoko

4.3.1 地质环境现状分析

由于马脑壳矿区废土弃渣总量已经达到 754.7 万 m³，并且矿渣颗粒比较细，根据 Pata. M 道格拉斯对美国 24 个露天矿观测统计，若排土场松散物料细粒小于 5mm 颗粒超出 35%时，排土场易失稳，易形成泥石流，所以降雨量过大存在着泥石流的威胁。

4.3.2 水环境现状分析

矿区废水包括生产废水、生活废水以及地表径流对废渣的冲洗废水，主要污染源为生活污水。

(1) 生产废水设备泄露

在堆浸和解吸过程中的 NaCN 和 NaOH 混合液以及解吸产生的废水均通过管道输送，在非正常情况下，有跑、滴、露废水的危险。

(2) 停产时生产废水

由该厂的运行机制可知，该厂正常每年工作时间为 240 天，采矿时间为 200 天，5~10 月为正常生产期，11 月到 4 月为停产期，停产时需储存的生活用水量约为 1200t，该水为 NaCN 和 NaOH 混合液以及解吸产生的废水。

地表径流对废渣的冲洗废水

通过工艺分析可知，该厂经破碎、氰化堆浸留下的尾渣存放于堆浸场，建拦渣坝和截水沟，且堆浸场逐层设置了防渗膜，可对废渣起到一定的过滤作用，从而减轻尾渣对土壤和雨季径流的影响。但由于矿区降水量较充沛，8~9 月出现雷阵雨和冰雹，在这种情况下，废渣中的污染物会随着雨水经过截水沟流入附近水体。

表 4.污水排放量

Tab4. Discharge of polluted water

	马脑壳矿段东堆浸场	马脑壳矿段西堆浸场
面 积 m ²	0.96×10 ⁴	1.18×10 ⁴
日最大降雨量 mm	80	
污水量 m ³ /d	384	472

(3) 生活污水

矿区直接排放的废水主要为生活污水，产生量约为 14.4m³/d。矿区废水经达舍沟 22km 进入黑河然后进入白水江。水流向不会对九寨沟风景区造成影响。

4.3.3 大气污染分析

马脑壳金矿矿区位于高山峡谷，终年盛行山谷风，多年平均风速约 1.5m/s，矿区大气扩散条件良好，且在 5km 内无居民。矿山主要大气污染物有扬尘、燃油及炸药废气，其中主要污染为扬尘。

(1) 扬尘

矿区扬尘主要来源于公路运输、废石场倾渣以及爆破,少部分来自矿石破碎。粗大颗粒悬浮物沉降性能好。类比国内同类矿山干线碎石路面空气含尘浓度为 $2.41\sim 163.00\text{mg}/\text{m}^3$,而排土场临时路面空气含尘浓度高达 $17.6\sim 300.00\text{mg}/\text{m}^3$ 。扬尘排放量很大,主要通过自然通风降尘来稀释、外排,在未经处理和未采用防尘措施的开采场和排土场临时土地产生大约 $20\sim 30\text{mm}$ 厚的粉尘层。

(2) 燃油及炸药废气

矿区由于有大型机械进行挖掘、推土,汽车进行运输,以及发电机发电等,需要使用一定量的燃油。年耗燃油约 600t ,日耗约 50t 。由于炸药爆破,马矿年炸药耗量约 500t ,日耗炸药 1.39t 。

(3) 其他废气

解析车间存在一定量的刺激性气体,主要来自含氰生产废水的水解。其产生量较少,浓度较低。解析车间设计时已经要求酸性溶液喷淋吸收后达标排放。

4.4 马脑壳露天矿生态化的有利条件分析

4.4.1 社会关注、政府重视、监管有力

九寨沟属于世界自然遗产保护地,九寨沟的生态环境保护问题举世瞩目。经过多年的旅游开发,九寨沟已经具有一个较为成熟的旅游市场,广大九寨沟人民在旅游业的发展过程中获得了巨大的利益,而九寨沟旅游业的发展正是得益于其优美、独特的自然环境,因此,九寨沟人民具有较强的自然保护意识和监管意识。在旅游者、科研工作者、舆论媒体、本地群众和政府执法部门的共同努力下,九寨沟地区对生态环境的监管力度持续加大,措施更为有力。

4.4.2 企业对生态环境恢复治理的高度重视

马矿处于一个举世瞩目的特殊的生态区域,决定了企业必须在生态环境保护方面有切实的措施,积极的适应社会各界和政府主管部门不断提高的环境标准和要求。马脑壳金矿把“资源增量”和“生态环保”并列为公司的两大发展战略,把生态化目标写入企业章程;加大对矿山地质勘查工作的投入,进一步降低剥采比;改进企业工艺,减少三废的排放,对于可回收废品进行循环利用;采取定点弃渣等措施,尽量的减少可能对生态造成危害的因素;加强企业员工的环境意识,使企业员工在矿山的开采实际操作中尽量的避免对环境造成更大的破坏等。

4.4.3 生态建设资金保障良好

2006年公司董事会决定,将矿山生态恢复专项资金由年黄金销售收入的2%提高的到2.5%。2007年用于矿山生态恢复的专项资金将达到500万元以上,资金保障是充分的,关键是如何科学规划利用好这笔资金切实做好矿山生态环保工作,提高资金使用效益。

4.4.4 周边植被资源丰富

马脑壳金矿周边植被丰富，本地选择品种多，充分利用周边资源合理使用当地植被，有利于矿山的生态恢复。

4.5 马脑壳露天矿生态化的不利条件分析

4.5.1 开矿中的生态破坏

随着生产规模扩大，露天剥采规模加大，每年剥土量达300万立方米以上，剥采区植被完全消亡。矿渣区及倾渣区由于不断进行倾渣，植被基本被矿渣压死。而开采区、矿渣区及倾渣区、矿山公路边界外100m范围内的植被由于受到水土流失的影响也受到重度影响，大部分已死亡。其他地区由于离矿区开采作业地远，所以植被基本完好。



图3.马脑壳金矿采集场及排土场

Fig3. Collection site and soil elimination in Manaoko mine

从照片看，在采矿过程中，地表土层严重破坏、大量松散堆积物加之地形陡峭，水土流失加剧，植被生长困难。

根据影响的程度将整个矿区域分为三个区域：严重影响区：矿渣场，开采区 1.0km^2 ，占整个矿区的13.3%，生物量减少100%，区域完全被沙石覆盖。轻度影响区：开采区边界外100m范围内，面积约 0.68km^2 ，占矿区的9.1%，生物量减少10%。无影响区：其他区域。面积 5.82km^2 ，占矿区面积的77.6%，生物量不减少。由于矿区地处高寒山区，受地形陡峭、植被生长期短等因素的影响，在严重影响区，生态恢复极为困难。

4.5.2 尾矿的粗糙处理

马矿是采取氰化物浸提采金工艺，氰化物在一定剂量范围内对植物不构成危害，但当浓度提高时，对植物的生命活力会产生抑制作用。堆浸的废渣、废水中存在氰化物；同时尾矿中还含有重金属如砷、铬、镉等，在受外界介质侵蚀后，可迁移的元素会迁移至大气和土壤，这些因素都会对生态环境造成危害，影响周

边植被破坏甚至直接威胁到人畜的生存。

易产生安全隐患,尾矿在选矿过程中经受了破磨,堆存时易流动和塌漏,造成植被破坏和伤人事故,并且在雨季极易引起塌陷和滑坡。而随着尾矿数量的不断增加,安全隐患日益增大。

4.5.3 排土场缺乏再利用规划

据资料显示马脑壳金矿开采年限为 12 年,采剥总量为 1547 万 t,其中矿石与岩石的比例为 1:4.5,矿石量为 281 万 t。工程的弃渣主要由矿石堆浸处理后的尾矿渣与开采剥离的废石组成。根据矿区生产能力,年产渣量 21.59 万 t;每年产生采矿废石(含表土)104 万 t。目前开采规模已经达到 500 万 t,必须立即规划新的弃渣场。由于马矿处于一个比较偏远的无人区,目前矿山对排土场没有再利用规划,对弃渣没有相应的处理措施,造成了原来生态环境的破坏,不利于生态的恢复工作。

4.5.4 意识相对落后生态化制度不健全

由于部分员工在意识上片面看待“企业生态化”,对“企业生态化”的内涵和要求缺乏全面、深层次理解,被动地搞生态建设,一定程度上影响了“企业生态化”的实施效果。目前生态建设一系列机制还不尽健全,如生态投入机制、生态考核机制、生态科学决策体系等还未能落到实处,生态补偿机制还未出台等,不利于推进生态建设。

4.6 马脑壳金矿生态综合评价

4.6.1 评价指标体系建设

生态是一个内涵十分丰富的概念,涉及到了诸多方面的因素,很难以简单的用单个或者少数几个指标进行评价,必须建立科学的评价指标体系,进行全面反映,综合评价。构建生态综合评价指标体系必须坚持以下原则:

(1) 代表性——指标体系反映出露天矿生态的特点。

(2) 系统性——指标体系构成反映露天矿生态化建设的主要方面以及作到指标结构清晰。

(3) 独立性——指标中排除密切相关的指标,确定几个完全不同的方面进行评价。

(4) 可操作性——不能获取数据源的指标缺乏实用性,所以要选择数据能采集的指标。

根据以上原则,采用资料收集、现场勘察和样方抽取的方法,进行现状调查然后理论结合实际分析,马脑壳金矿的生态化水平应该从以下 6 个方面进行评价:生物多样性(C1),对景观的影响(C2),水土流失强度(C3),水环境影响(C4),声学影响(C5),大气影响(C6)(如图)。

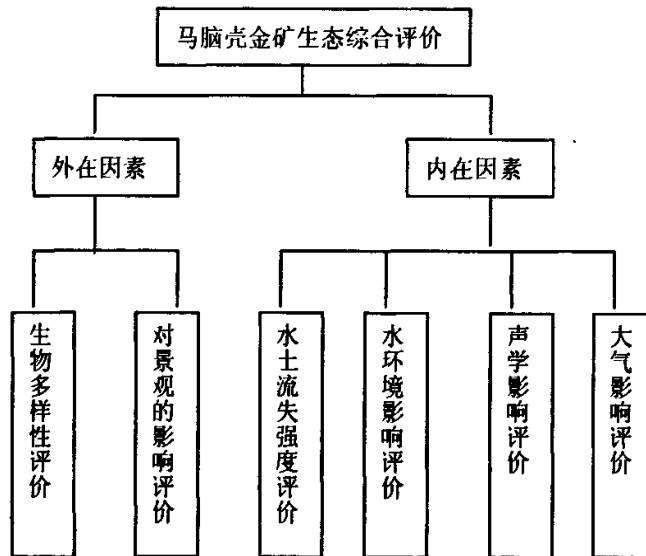


图4.马脑壳金矿生态综合评价指标体系

Fig4. The system of ecological evaluating indicator in Manaoke

4.6.2 评价模型的建立

综合评价结果由综合评价指数反应出来，其计算式为[22]：

$$CEI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

式中： I_i 为单项评价指标分值； W_i 为评价指标 I 的权重； n 为评价指标数。

4.6.3 指标的权重确定：

对上图所示的层次结构按层次分析法构造比较判断矩阵，利用这些比较判断矩阵对各层元素进行单排序、总排序计算，结合专家综合评定结果确定权重值： $C1=0.222$ ， $C2=0.111$ ， $C3=0.199$ ， $C4=0.349$ ， $C5=0.037$ ， $C6=0.082$ ，并通过了一致性检验。

4.6.4 评价等级划分标准:

表5.马脑壳矿区生态评价指标及其等级划分与赋值标准

Tab5. The ecological evaluating indicator of Manaoke and the measure of grades and the standard of evaluation

评价指标	等级	分值
多样性	A 生境(生态系统) 类型多样, 物种多样性极丰, 无影响	8
	B 生境(生态系统) 类型多样, 物种多样性较丰, 有一定影响	6
	C 生境(生态系统) 类型较少, 物种多样性中等丰富, 轻微破坏	4
	D 生境(生态系统) 类型简单, 物种较少, 严重破坏	2
对景观的影响	A无任何影响 对于所有景观无影响	8
	B轻微影响 对于小范围景观有一定影响	6
	C中度影响 对大范围景观有一定影响	4
	D严重影响 对大范围景观破坏性的影响	2
水土流失	A 无明显流失土壤剖面保存完整	8
	B 微(轻)度流失年平均侵蚀模数< 2 500 t/(km2 · a)	6
	C 中度流失年平均侵蚀模数2 500~5 000 t/(km2 · a)	4
	D 强度流失年平均侵蚀模数5 000~8 000 t/(km2 · a)	2
	E 极强度流失年平均侵蚀模数8 000~15 000 t/(km2 · a)	0
水环境影响	A 优良, 无任何影响	8
	B 良好, 轻微影响	6
	C 较好, 有一定影响, 符合国家标准	4
	D 较差, 不符合国家标准, 小面积污染	2
	E 极差, 不符合国家标准, 大面积污染	0
声学影响	A 清洁 完全无污染	8
	B 轻污 环境达标	6
	C 中污 部分不达标	4
	D 重污 完全不达标	2
大气影响	A 清洁, 完全无污染	8
	B 轻污, 轻微污染, 不影响居民身体健康	6
	C 污染, 影响小面积居民的身体健康	4
	D 重污, 直接危害到大面积居民的健康	2

4.6.5 马脑壳金矿的生态评价

(1) 生物多样性评价

根据现场调查,按地表植被分区,在评价区(7km²)分为 A、B、C 三个区域。其中:

A 区: 植被以禾草、莎草为主的亚高山草甸分布于评价区阳坡, 南北朝向为

矿区主要区域，占总面积的 41%，约 2.87km²。

B 区：植被阴暗针叶林分布在评价区阴坡东北和西北朝向，占总面积的 58%，约 4.06 km²。

C 区：为河谷地带的灌丛和公路，占总面积的 1%，约 0.02 km²。

根据样方调查分析，对植物种类进行鉴别。A 区发现植物 20 种，见表 2-3。植物群落主要以蒿草——苔草为优势种。根据样方抽取实测生物量为 2500g/m²；物种量为 2130 株/m²。其 shannon-wiener 多样性指数根据下列公式计算：

$$D=3.3219 \left(\text{Log}_{10}N-\frac{1}{10} \sum ni\text{Log}_{10}n_i \right)$$

式中：N——所有种的个体种数；

Ni——第 i 种的个体数；

经计算得出 D=2.68，多样性良好。

从 A 区物种多样性可反映出植物生态环境良好。

表 6.A 区样地的植物数据表

Tab6. the database of sample vegetation in A section

种名	数量（株）	种名	数量（株）
苔草	547	草茅属	85
蒿草	883	草地早熟禾	45
野燕麦	14	短柄草	7
针茅属	32	野青茅	125
金莲花属	15	发草	98
赤芍	3	园穗蓼	117
草莓	5	草王莲	35
高山芹	11	四川蒿草	76
银莲花	2	单性苔草	25
高原毛茛	4	东寒菜	1
合计		2130（株）	

注：数据来源于马脑壳金矿生态调研报告

A 区每年 5-10 月为草类生长期，草源丰富，使之成为天然牧场，当地牧民再次放牧牦牛。每年 11 月至次四月，气温很低，草类枯死，该区域内鲜有人迹。在 A 区对动物进行调查，发现啮齿目鼠科大龙姬鼠、鼠科大耳姬鼠。还发现很多昆虫，如蚜虫、瓢虫、蚂蚁、金龟子类、蝗虫等，主要采食植物为主。鸟类发现有野鸡、乌鸦等，以昆虫或草子为生。在 A 区未发现珍稀濒危动植物总类。

在 B 区分布为阴暗针叶林带，为原始森林系统、自然环境良好，物种丰富。主要树种有柔毛冷杉、粗枝云杉，为 6 冷 3 云 1 桦，平均疏密度 0.52，平均年龄 139 年，平均每 hm² 蓄积面积 184 立方米，平均每 hm² 生长量 1.86 立方米。但在 B 区也发现有火烧和砍伐的迹地，B 区动物种类较多，有野兔、松鼠、啄木鸟、杜鹃、乌鸦等。未发现珍稀濒危动植物种类。B 区的阴暗针叶林带为原始森林系统、自然

环境良好，物种丰富。

C 区未河谷地带灌木林，有高丛珍珠梅、毛茛等，生态环境较为单一，物种稀少。

总之，矿区植物群落的生态环境较好，植物多样性较好，动物总类不多，是一种半天然生态系统。生态环境良好，未发现有珍稀濒危动植物，矿区的开采对生物多样性无影响。

(2) 矿区对景观的影响评价

1) 风景名胜与自然保护区简介

在县境内有国家级九寨沟自然风景保护区，面积约 720km²，位于九寨沟县西南部。据初步调查，该区域动植物资源极其丰富，自然分布的原生植物有 2576 种，脊椎动物 178 种，鸟类 141 种，属国家一类保护的有 3 种，属国家二类保护的有 4 种，属国家三类保护的有 10 种。

在九寨沟县境内的另一省级自然保护区为白河自然保护区，面积 1620 km²。因其国家一类保护金丝猴数量较多，而定为金丝猴保护区。此保护区内脊椎动物有 48 种，鸟类 133 种。

2) 矿区对其影响评价

矿区内无环境敏感区（自然保护区、历史遗产、文物保护区、风景名胜区和水源保护区、学校、医院等），只有在矿区达舍沟下游 6km 以外有达舍寨、草坝村、白玉村、刘家河坝 4 个村寨，不涉及移民问题。

通过以上各个方面的分析，矿区对生态环境的影响主要控制在严重影响区和轻度影响区两个范围，面积为 1.68km²，占矿区总面积的 22.4%，也就是说，最保守的估计也仅仅对开采区外直线距离 1km 的范围造成影响。

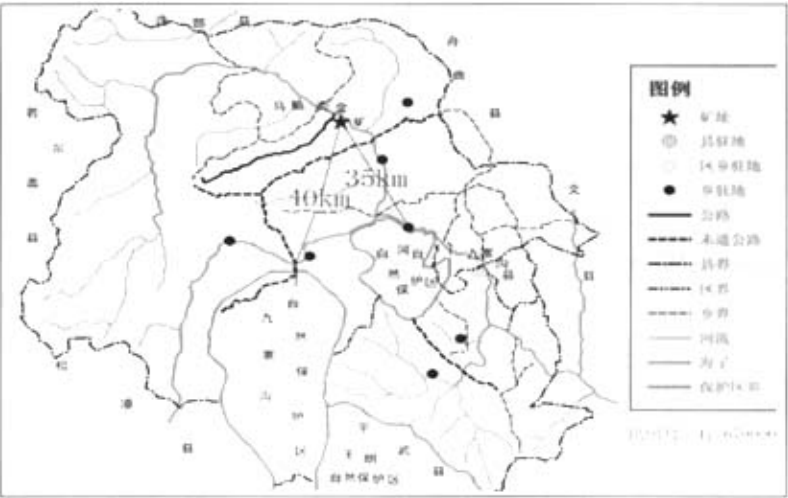


图 5.马脑壳金矿与自然保护区的位置关系

Fig5. Geographical relation map of Manaoke mine and natural resorts

矿区距白河自然保护区的直线距离有 35km 以上,距九寨沟风景保护区直线距离有 40km 以上。因此,矿区不会对自然保护区造成不利影响。

(3) 矿区水土流失强度评价

由于金矿的开采,植被的破坏,将大幅度的增加矿区水土流失强度。根据该地区降雨分布情况,计算一年水土流失。

1) 计算模式

土壤计算按《HJ/T-2.3-93》的方法计算,其计算式为:

$$A=0.24ReKeLiSiCeP$$

其中: Re——降雨侵蚀因子

Ke——土壤侵蚀因子

Li——坡长因子

Si——坡度因子

Ce——植被覆盖因子

P——侵蚀控制措施因子

其中:

$$Si=0.065+4.5I+65I^2$$

$$Li=(0.045/I)^m$$

式中: I 为坡度。

2) 模型的参数确定

(a) 降雨侵蚀因子 Re

年平均降雨侵蚀因子 Re 的确定: 首先计算出一年中每次降雨的降雨侵蚀因子 R^1e 。然后把一年的所有降雨量相加得 Re。一次降雨的 R^1e 值由以下公式计算:

$$R^1e=0.6i_{30} \sum (274+87Lgi)it$$

式中: i——降雨强度 (mm/min);

i_{30} ——30 分钟最大降雨强度 (mm/min);

t——相应时间降雨历时 (min)。

据此式计算 R^1e , 一次降雨量为 50mm 的 R^1e 为 441, 降雨量为 40mm R^1e 为 333, 降雨量为 30mm R^1e 为 230, 全年平均 Re 为 2590。

(b) 土壤侵蚀因子 Ke

根据土壤地质情况分析, 矿区土质为沙土, Ke 为 0.03。

(c) 坡长因子 Li

$$Li=(0.045/I)^m$$

式中: I 为坡度。

开矿后矿区地面坡降较大, 为 1m/m。即 $I>0.1$, m 取 0.6, 计算得出 $Li=0.156$ 。

(d) 坡度因子 Si

$$Si=0.065+4.5I+65I^2$$

坡降 I=1 时，坡度因子为 69.565。

(e) 植被覆盖因子 Ce

矿山在开采过程中和开采后，植被覆盖逐渐减少，减少后部分为裸露岩石，开采区按平均状态取 Ce 为 0.5。

(f) 侵蚀控制措施因子 P

矿山开采中，没有采取控制措施，取 P=1。

3) 水土流失计算结果

按开采区不同降雨量计算，开采区水土流失强度见表。

表 7.开采区水土流失强度计算结果

Tab7. calculation results of soil erosion strength

降雨量	水土流失量	
	kg/m ²	t/ km ²
一次降雨量为 50mm 水土流失量	17.731	17731
一次降雨量为 40mm 水土流失量	13.389	13389
一次降雨量为 30mm 水土流失量	9.248	9248
年平均水土流失量 (kg/m ² · a、t/km ² · a)	104.137	104137

表 8.矿区水土流失强度分区

Tab8. The division of soil erosion strength

区域		面积 (km ²)	水土流失强度	
			kg/ m ² · a	t/km ² · a
严重影响区		1.0	103.095	103095
轻度影响区		0.68	9.164	9164
无影响区	草地	8.32	2.291	2291
	林地		0.208	208

由于矿区导致局部区域内水土流失，强度增大，严重影响区水土流失强度为无影响区的 45 倍，轻度影响区的水土流失强度为无影响区的 4 倍。说明矿区导致的水土流失程度加剧，必须采取措施予以控制。

(4) 矿区对水环境影响评价

矿区在正常情况下，废水一般不进入水体，在非正常情况和降雨过程中，生活污水和废渣降雨淋溶水会造成对水环境的影响，根据污染源分析，生活废水预测因子为 CODcr；废渣淋溶水预测因子为总氰化物，汞和砷。

1) 预测模式

在非正常情况下，废水排入达舍沟，经达舍沟 22km 进入黑河，由于达舍沟宽度和流量比较小，所用水质模式为完全混合模式和一维模式。

(a) 废水与河水混合均匀长度由以下公式计算：

$$L = \frac{(0.4 B - 0.6 a) Bu}{(0.058 H + 0.065 B) \sqrt{gHI}}$$

式中： B——河流宽度(m)
Q——排放口到岸边距离(m)
U——河流平均流速(m/s)
H——平均水深(m)
I——河流比降(‰)
g——重力加速度

(b) 持久性污染物

$$C = \frac{C_p q_p + C_h Q_h}{Q_p + Q_h}$$

式中： C——污染物混合均匀浓度(mg/L)
C_p——污染物排放浓度(mg/L)
C_h——河流上游污染物排放浓度(mg/L)
Q_h——河流流量(m³/s)
Q_p——废水流量(m³/s)

(c) 非持久性污染物

$$C = C_0 \exp\left(-K \frac{X}{86400 U}\right)$$

式中：

C₀——起始浓度(mg/L)
K——污染物衰减系数(1/d)
X——起始断面到计算断面的距离(m)

2) 模型参数的确定

(a) COD_{Cr} 衰减系数的推求采用实测数据反推（两点法）确定反推计算公式：

$$K = \frac{86400 U}{\Delta X} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

式中： U——河流平均流速(m/s)
ΔX——上断面到下断面的距离(m)
C₁、C₂——上、下两断面污染物实测浓度(mg/L)

矿区达舍沟排放口下游 500m 处到下游 5000m 处两断面相距 4500m，流速为

1.5m/s。上断面实测 CODcr 平均浓度为 1.83mg/L，下断面实测 CODcr 平均浓度为 1.33mg/L。由上式计算达舍沟评价阶段达舍沟值为 9.19/d。

(b) 污染物浓度采用断面平均值

表 9.达舍沟矿区排放口附近污染物浓度取值(mg/L)

Tab9. The value of contamination’s thickness near Dashegou discharge meatus

污染物	CODcr	氰化物	汞	砷
污染浓度(mg/L)	1.83	0.004	0.00007	0.008

注：数据来源马脑壳金矿环境监测站

(c) 河流流量取值

河流流量取 1.6m³/s；产生降雨径流时，流量取 5 m³/s。

3) 矿区废水排放对水环境的影响预测

矿区工作期达舍沟流量为 1.6m³/s，相应水面宽 3.1m，平均流速 1.5m/s，平均水深 0.344m，河流比降 25‰，经计算，废水与河水的混合均匀纵向距离约为 495m。

表 10.生活废水对 CODcr 对达舍沟影响预测

Tab10. the prediction of the influence of living waste water on Dashegou

断面	距排放口距离(m)	距混合均匀断面距离(m)	预测值(mg/L)
混合均匀断面	495	0	2.42
	1000	503	2.33
	2000	1505	2.18
水质监测断面	5000	4505	1.76

表 11.废渣降雨淋溶液对达舍沟的影响预测

Tab11. the prediction of the influence of the eluviate rain from waste residue

项目	氰化物	汞	砷
河流污染物浓度(mg/L)	0.004	0.00007	0.008
河流流量(m³/s)	5.0	5.0	5.0
废水排放流量(m³/s)	0.20	0.20	0.20
淋溶水中污染物浓度(mg/L)	0.199	0.00025	0.883
污染物预测结果(mg/L)	0.012	0.00008	0.042
地面水标准III类(mg/L)	0.2	0.0001	0.05

注：数据来源马脑壳金矿环境监测站

4) 矿区对水环境影响综合评价

由上面的表可见，生活废水在非正常排放情况下，由于废水量较小，对达舍沟影响不大，CODcr 预测值在 1.76~2.42mg/L 范围，低于 BG3838-2002-III类水域标准限值，最大增值仅 0.59mg/L。

从上面的分析可以看出，矿区出现该地区最大降雨量 50mm 时，目前矿山开采的废渣受降雨淋洗对水环境将产生一定的影响，但总氰化物、砷和汞预测结果

均低于 BG3838-2002-III类水域标准限值，但也存在一定的污染。

从矿区下游至达舍沟约 22 公里，其间共有 4 个村寨，自从马脑壳金矿开始运行，就已经给这 4 个村寨安装了供水系统，并采用山泉作水源，使各寨均不使用达舍沟水作为生活用水，因此，对于达舍沟下游村寨水源不会造成影响。

评价区地下水泉流量很小(<1000mg/s)，无泉群，属于贫水地带，无明显暗河，因此，尾矿渣浸出液不易进入地下水，不会造成对环境的污染。

同时，解吸厂废水处理后排放，由于废水量较小和污染物浓度较低，根据地表水和地下水监测结果对照表明，解吸厂不会对地下水与地表水造成明显影响。

(5) 矿区声学环境影响评价

矿区为无人居住的森林区，声学环境单一稳定。矿区作业噪声主要来源爆破，采矿的推土机、空压机和破碎车间的破碎机。马脑壳金矿作业的噪声源主要属中低频噪声，因此只考虑传播衰减，计算模式如下：

$$L=L_1-20lg(r_2/r_1) \quad (r_2>r_1)$$

式中： L——距声源 r₂ 处声源值[dB(A)]

L₁——距声源 r₁ 处声源值[dB(A)]

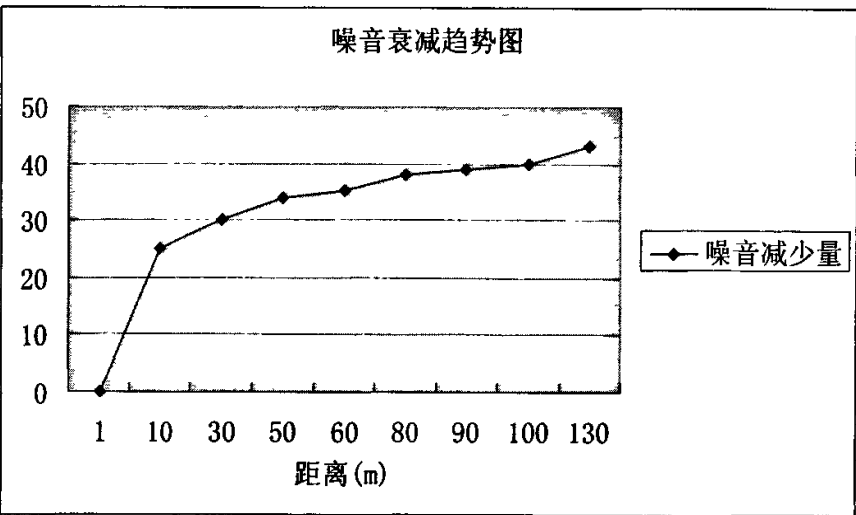
r₂、r₁——距声源距离(m)

计算得出结果：

表 12.噪声随距离的衰减量

Tab12.The diminishment amount of noise with the distance

距离(m)	1	10	30	50	60	80	90	100	130
ΔLdB(A)	0	25	30	34	35	38	39	40	43



(图 6)

Fig6. The influence trends of the attenuation of noise in diggings

表 13.矿区作业噪声随距离衰减后的影响值

Tab13. The value of influence after the attenuation of noise in diggings

距离 \ 声源	5	50	100	150	200	250	300
推土机	69	49	43	40	37	35	34
破碎机	78	58	52	49	46	44	43
空压机	90	70	64	61	58	56	55

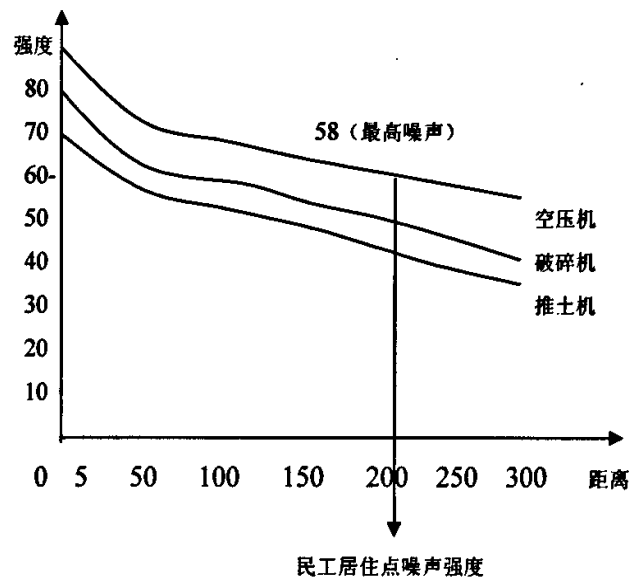


图 7.矿区作业噪声随距离衰减后的影响趋势图

Fig7. The influence trends of the attenuation of noise in diggings

表 14.噪声限值标准(《GB12523-90》)

Tab14. The standard of noise limit

主要噪声源	白天	夜间
推土、挖土机等	75	55
各种打桩机等	85	禁
混凝土挖进机等	70	55
吊车、升降机等	65	55

注：《GB12523-90》为《工业企业厂界噪声标准》

矿区民工居住点一般距离声源 200m 以外，对民工影响较小，从上面的值可见，民工居住昼夜噪声均未超标。由于矿区在距 5km 范围内均无居民点，因此可见噪声不会对环境造成影响。

(6) 矿区大气环境影响评价

1) 化合物对大气的影响

根据统计资料显示，马脑壳金矿运行日排放一氧化碳 140.2kg，氮氧化物 181.3kg，碳氢化合物 17.5kg，SO₂13.2kg，铅化物 7.5kg。

大气污染物浓度与污染物排放量成正比，与风速成反比。马脑壳金矿矿区位于高山峡谷，终年盛行山谷风，多年平均风速约为 1.5m/s，矿区大气扩散条件良好，在评价区内无居民，仅离矿区 5km 以外的区域外有少量居民，因此矿区的化合物污染源对于大气环境的影响很小。

2) 粉尘的影响

采矿中产生的粉尘颗粒与比重都比较大，很快在地面沉降，对大气环境不会产生明显的影响。由于在设计中采用布袋除尘，这样就大幅度的减轻了粉尘对于车间的影响，由于附近无居民居住，所以矿区粉尘对于大气环境影响很小。

(7) 马脑壳金矿生态综合评价

1) 单项指标评价结果汇总

表 15.单项指标评价结果汇总表

Tab15. The collection table of the result of the value of single indicator

指标	分析结果	评价分值
生物多样性影响	对于生物多样性无影响	8
景观影响	只对本矿区小部分景观造成一定影响	6
水土流失强度影响	矿区评价区的平均水土流失强度为 10413t (km2 · a)属于极强的水土流失区	0
水资源影响	综合评价水资源属于比较好的	4
声学环境影响	矿区民工居住点噪声达标	6
大气环境影响	属于轻度污染	6

2) 计算综合评价指数

$$CEI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

$$CEI=1/6(0.222*8+0.111*6+0.199*0+0.349*4+0.037*6+0.082*6)$$

$$=0.7586$$

3) 综合评价

- 根据郑允文等[17]划分的评判各自然保护区的生态质量等级：
- 0.86 ≤CEI ≤1 ， 生态质量很好
 - 0.71 ≤CEI ≤0.85 ， 生态质量较好
 - 0.51 ≤CEI ≤0.70 ， 生态质量一般
 - 0.35 ≤CEI ≤0.50 ， 生态质量较差

$CEI \leq 0.35$ ，生态质量很差

马脑壳矿区的综合评价指数为0.7586，表明目前矿区的生态质量较好，能满足可持续发展的要求。

4.7 马矿生态补偿的评估与平衡

4.7.1 生态补偿的涵义

生态补偿有广义和狭义两种理解。狭义的生态补偿专指对污染环境和生态破坏本身的补偿。广义的生态补偿除了包括对生态环境本身的补偿外，还包括对为保护和恢复生态环境及其功能而付出代价的区域、单位和个人进行经济补偿；对因开发利用自然资源和自然景观而损害生态功能或导致生态价值丧失的单位和个人收取经济补偿；对具有重大生态价值的区域对象进行保护性投入等。

矿区的生态环境修复主要依据“谁破坏，谁治理”的原则，完全由矿山企业承担。确定生态补偿费的金额以及补偿资金的运用是建立生态补偿机制的主要任务。矿区生态环境损害分为两部分：已经造成的损害和正在造成的损害。已经造成的损害主要指废弃矿山的环境损坏；正在造成的损害主要是指正在开采和新建矿山造成的环境损坏。生态补偿费应包括这两部分的修复治理费用，生态补偿金的提取应依据矿山的实际情况，考虑原有的自然条件与恢复的难度等因素。提取的补偿费要专款专用，全部用于矿区生态环境的重建工作。

4.7.2 马矿生态补偿体系

(1) 重点生态功能区补偿

即对矿区的严重破坏区以及影响区进行单独的补偿，除开土地整理、植被的恢复、土壤的培肥外还有景观的重塑等。

(2) 要素补偿

要素主要是指生态环境的水、土、气、生等各个要素，重点在于对保护生态环境要素的行为进行补偿，提取的补偿紧用于以后的生态恢复与治理。

(3) 生态补偿评估

近年来为保护生态环境，我国推出了一系列政策，生态补偿政策就是其中之一。但对于“补偿多少，如何补偿”的具体问题，一直没有出台系统完整的操作办法。本文在综合生态补偿研究现状的基础上，提出从成本和效益两个角度估算生态补偿额度，并以马脑壳金矿生态恢复为例建立估算补偿额度的指标体系，旨在为解决“补偿多少”的问题提供有力依据，为马矿生态的保护与恢复投入程度提供理论上的支持。

4.7.3 生态补偿额度的估算框架

从成本和效益两方面探讨的补偿额度的估算指标体系。成本角度的补偿额度

估算就是从补偿客体的角度出发, 指标选取考虑的是补偿客体在进行生态建设时所损失和进行进一步的生态建设所需要的全部费用, 所得的结果是维持补偿客体所需的最低补偿标准, 也就是补偿额度下限。效益角度的补偿额度估算就是从补偿客体的角度出发, 指标选取考虑的是补偿主体投资后产生的总效益, 利用的是生态服务价值的理论, 然后根据投资与效益之间的关系推出补偿客体需要的投资量, 也就是补偿主体可以负担的最高的补偿标准, 即补偿上限。生态补偿政策产生的效益表现为生态服务价值, 不仅有经济方面的效益, 还有相当重要的生态和社会效益。估算指标的计算方法的选取根据每个指标的不同特点而定。

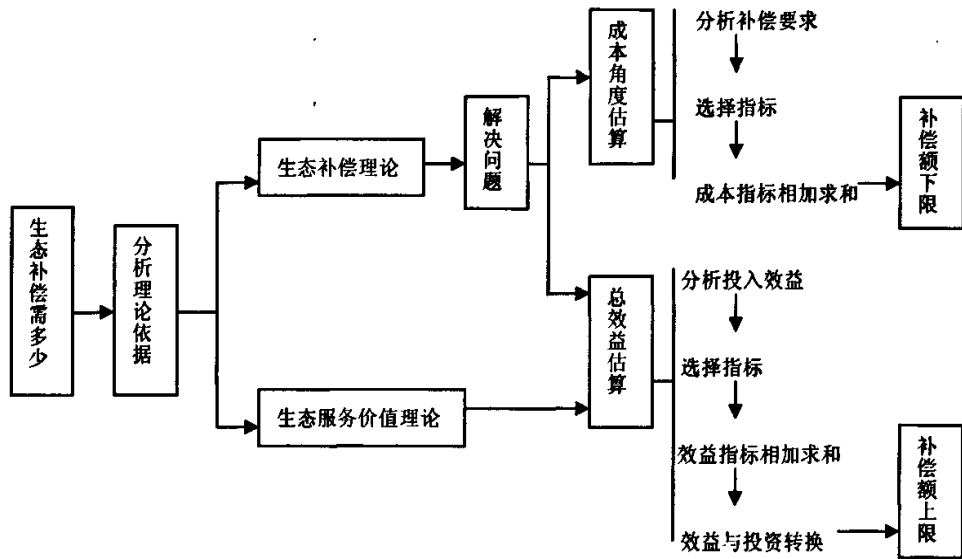


图 8. 生态补偿额估算框架

Fig8. the estimation in ecological compensation

4.7.4 马矿生态补偿额度估算指标体系的构建

(1) 指标体系的构建原则[18]

科学性原则：指标体系应具有科学性，能够客观地反映区域生态建设所需的资金量。

完整性原则：评价指标应具有完整性，尽量涉及到生态补偿的各个类型。

代表性原则：评价指标的确定要具有一定的代表性，要能够确实反映生态建设所要用到的补偿资金。

易获性原则：在指标确定时要考虑其可获性，尽量避免因数据缺失而影响计算。

(2) 马矿指标体系的构建

矿区整理平台还林补偿额度从成本角度估算的指标体系成本角度就是要进行考虑生态恢复建设所要投入的资金。本指标体系的选取参考了国家^[2004] 207号文件

——农产品成本调查核算指标体系。指标体系分为3层：

- (a) 目标层就是要从成本角度估算矿区影响区还林还草的补偿额度。
- (b) 要素层指补偿主要方面，包括损失补偿、生态重建补偿、维护补偿及其他。
- (c) 指标层是各要素层因子的直接度量指标。马矿处于一个边远的山区，矿区范围内无居民点，所以不涉及到移民安置问题。

1) 成本角度

成本角度评价生态补偿额度，主要是考虑基础建设所需要的资金角度进行补偿。

表16.成本角度估算废弃矿区还林还草补偿额指标体系
Tab16. The compensative indicator system of re-forest and re-grass in
abandoned diggings from cost view

目标层	要素层	指标层	计算方法
成本角度估算 废弃矿区还林 还草补偿额的 指标体系 (A1)	损失补偿 (B1)	林牧业收益损失 (C1)	林牧业年总产值*生产收益率*物价指数
	生态重建补偿 (B2)	土地整理费用 (C2)	单位面积整理费用*整理面积
		青苗费 (C3)	单位面积青苗费用*培育面积
		土壤培肥费用 (C4)	单位面积肥料费用*培育面积
		水电费用 (C5)	单位面积水电费用*重建面积
	维护补偿 (B3)	护林防火费 (C6)	单位面积防火费*保护面积
		退化植被培育改良 (C7)	单位面积改良费*改良面积
		动物保护 (C8)	
		病虫害防治费 (C9)	单位面积动物保护费*保护面积 单位面积防费*防治面积
	其他 (B4)	技术费用 (C10)	技术研究及普及费用
		运输费 (C11)	单位里程运输费*运输里程
		人工费 (C12)	平均单位时间工资*工作时间*人数
		设备维护费 (C13)	设备资产总额*折旧率

根据指标体系被补偿地区应得的补偿额度总量应为：

$$E_A = \sum_{i=1}^4 E_{Bi} = \sum_{i=1}^{14} E_{Ci} \quad \text{①}$$

式中， E_A 表示从成本角度得到的生态补偿总额度， E_{Bi} 表示从成本角度得到的生态补偿制约层各因子的补偿额度， E_{Ci} 表示从成本角度得到的指标层各因子的补偿额度。

2) 效益角度

效益角度评价生态补偿额度，就是要考虑进行生态恢复建设以后会产生哪些效益，应该根据其产生的效益对其进行补偿。根据生态系统功能价值，将生态补偿产生的效益主要分为直接效益、间接效益和选择效益。

表 17.废弃矿区还林还草总效益估算指标体系

Tab17. The estimative indicator system of the total benefit in abandoned diggings

指标层	计算方法
林地木材效益(D1)	可伐木数量(m³)*每 m³ 木材市场价格
林地果品效益(D2)	某种水果单价(元/kg)*产量(kg)
草地畜牧效益(D3)	总产量(t)*单位产品价格(元/t)
制氧效益¹ (D4)	单位面积林地净生长量(t/hm²)*林地面积(hm²)*工业制氧单位成本(元/t)
防洪效益(D5)	单位面积林草地储水量(t/hm²)*林草地面积(hm²)*单位面积储水工程费用(元/m³)
涵养水源效益(D6)	单位面积林草地储水量(t/hm²)*林草地面积(hm²)*供水价格(元/ t)
改善水质效益(D7)	单位净化水费用(元/ m³)*单位面积产流(t/hm²)*林草地面积
保持土壤效益(D8)	单位面积林草地土壤流失(m³/hm²)/土壤厚度(m)*林草地面积(hm²)*土地生产平均效益(元/ m²)
增加土壤肥力效益(D9)	单位林草地土壤保持量(t/hm²)*林草面积(hm²)*每 t 土壤中元素折算价格(元/t)
防风固沙效益(D10)	单位面积林草地固沙能力值(t/hm²)*林草地面积(hm²)*工业治沙成本(元/t)
生态多样性效益²(D11)	某种生物增加量(kg)*市场价值量(元/kg)
旅游效益(D12)	交通费用+食宿+门票及服务+游客单位时间机会成本+购物+其他
科学考察效益(D13)	考察费用+其他地区借鉴产生的效益

生态服务总价值为：

$$E_A'= \sum_{i=1}^{13} E_{Di} \tag{②}$$

$$E_A \leq A \leq E_A' \tag{③}$$

式中 E_A'表示废弃矿区还林还草总效益，E_{Di} 表示各具体指标因子的效益，A 为生态补偿金额。

¹工业制氧价格为 400 元/t[20]
²每保护任何一种珍惜物种可获得收益[19]

4.7.5 马脑壳矿区生态补偿额度

表 18.成本角度估算表

Tab18. The graph of cost estimation

目标层	要素层	指标层	
成本角度估算 废弃矿区还林 还草补偿额的 指标体系 (A1)	损失补偿 (B1)	林牧业收益损失 (C1)	矿区影响区原为天然牧场，面积为0.699km ² ，放牧牦牛，载畜量约0.03亩草/年，其可放牧32头牦牛，每头牦牛按2000元/年价值估算，按10年计算，不放牧损失为106.6万元。
	生态重建补偿 (B2)	土地整理费用 (C2) 青苗费 (C3) 土壤培肥费用 (C4) 水电费用 (C5)	土地整理区为0.699 km ² ，整理价格大约为700万。植被恢复与水土保持费用为90万，对种植后死亡的植物进行再次种植需要250万，复合肥需要580t，单价1200元，一共是69.6万。水电费用大约为20万。
	维护补偿 (B3)	护林防火费 (C6) 退化植被培育改良 (C7) 动物保护 (C8) 病虫害防治费 (C9)	防火费用约为100元/ hm ² ·年，范围为288 hm ² ，按10年计算，费用为28.8万。 病虫害防治费约为200元/ hm ² ·年，范围为288 hm ² ，按10年计算，费用为57.6万。
	其他 (B4)	技术费用 (C10) 运输费 (C11) 人工费 (C12) 设备维护费 (C13)	技术费用约为20万。覆土，为植物生长提供基本土质300万。人工费用12元/天，需要人工50人，210个工作日，总费用为12.6万，10年为126万。设备维护费为30万/年，10年计算，为300万。

注：以上数据来源于《九寨沟马矿生态规划设计》与《九寨沟马矿水土保持方案报告书》

根据公式①计算

$$E_A = \sum_{i=1}^4 E_{B_i} = \sum_{i=1}^{14} E_{C_i} = 2068.6 \text{ 万}$$

所以马矿生态补偿额下限为 2068.6 万元。

表 19.废弃矿区还林还草总效益估算

Tab. Estimation of benefit in re-forest and re-grasses	
指标层	估算结果(按 10 年回收投资计算, 单位元)
林地木材效益(D1)	按正常产量估算 20 万/年收益, 10 年为 200 万。
林地果品效益(D2)	按正常产量估算为 30 万/年收益, 10 年为 300 万。
草地畜牧效益(D3)	按采矿前的数据, 预期收益大约为 106.6 万。
制氧效益(D4)	工业制氧单位成本 ¹ 为 400 元/t, 一年生产氧气 17.885t/亩, 一共拥有约 10 hm ² 可以制造氧气 2683t, 价值 107 万, 10 年收益为 1070 万。
防洪效益(D5)	植被覆盖可以减少防洪设施建设价值约 200 万。
涵养水源效益(D6)	树林涵养水源 ² 为 4073t/hm ² ·年, 面积 10 hm ² , 草地为 500 t/hm ² ·年, 面积为 60 hm ² , 按水库费用 1 元/t 计算, 10 年总收益为 340.73 万。
改善水质效益(D7)	大约 2 万/年, 10 年为 20 万效益。
保持土壤效益(D8)	根据数据显示矿区年水土流失为 7.28 万 t, 植被覆盖可以减少土壤流失 7 万 t/年, 10 年为 70 万 t, 那么保持土壤效益大约为 350 万(按运输成本估算)。
增加土壤肥力效益(D9)	按目前马矿的土壤施肥标准, 可以减少复合肥 2t/hm ² ·年, 70 hm ² 10 年的总效益为 1400t, 按市场价格价值 1200 元/t 计算, 总效益为 168 万。
防风固沙效益(D10)	防风固沙 ³ 量为 13.03 t/hm ² , 面积 70 hm ² , 10 年总量为 9121t, 按市场沙价格 14.7 元/t 计算, 总效益大约为 13.41 万。
生态多样性效益(D11)	根据调查显示矿区植被主要为苔草、苔草、野青茅、园穗薹、发草以及少量的药材等, 价值相对较低, 10 年估算效益为 2 万。
旅游效益(D12)	建设成工业观光园 ⁴ , 依托九寨沟良好的旅游资源, 生态旅游效益估算收益大约为 90 万/年, 10 年收益为 900 万。
科学考察效益(D13)	为其他矿区提供经验与实证研究, 主要按照考察中的消费量来估算, 估算效益为 10 万。

注：以上数据来源于《九寨沟马矿生态规划设计》与《九寨沟马矿水土保持方案报告书》。

根据公式②计算

$$E_A' = \sum_{i=1}^{13} E_{Di} = 3680.73 \text{ 万}$$

马脑壳矿区未来 10 年生态补偿额应该不得低于 2068.6 万, 补偿总金额在 2068.6 万至 3680.73 万之间是合理的。马矿的章程规定, 马矿每年提取 2.5%的产值进行生态化建设, 2006 年马矿产值 2 亿元, 可提取生态建设资金 500 万, 根据历年的营业效益趋势显示, 未来的 10 年至少可提取 4000 万资金进行生态的保护与恢复, 分析得出结论马矿开采中的生态补偿是平衡的。

1 一亩树林每天能够吸收 67 公斤的二氧化碳, 放出 49 公斤氧气

2 树林涵养水源为 4073t/hm²·年, 草地为 500 t/hm²·年[35]

3 全国林草防风固沙平均量为 13.03 t/hm²[20]

4 第五章有详细说明马脑壳金矿建设工业观光园的规划设计以及收益评估

5 马脑壳金矿生态化建设研究

5.1 生态化建设的基本原则

生态化建设的原则一般包括自然法则、社会经济技术原则、美学原则三个方面。自然法则是生态恢复与重建的基本原则，也就是说，只有遵循自然规律的生态恢复与重建才是真正意义上的恢复与重建，否则只能是背道而驰。社会经济技术条件是生态恢复重建的后盾与支柱，在一定尺度上制约着生态恢复重建的可能性、水平与深度。美学原则是指退化生态系统的恢复与重建应给人以美的享受。[21]

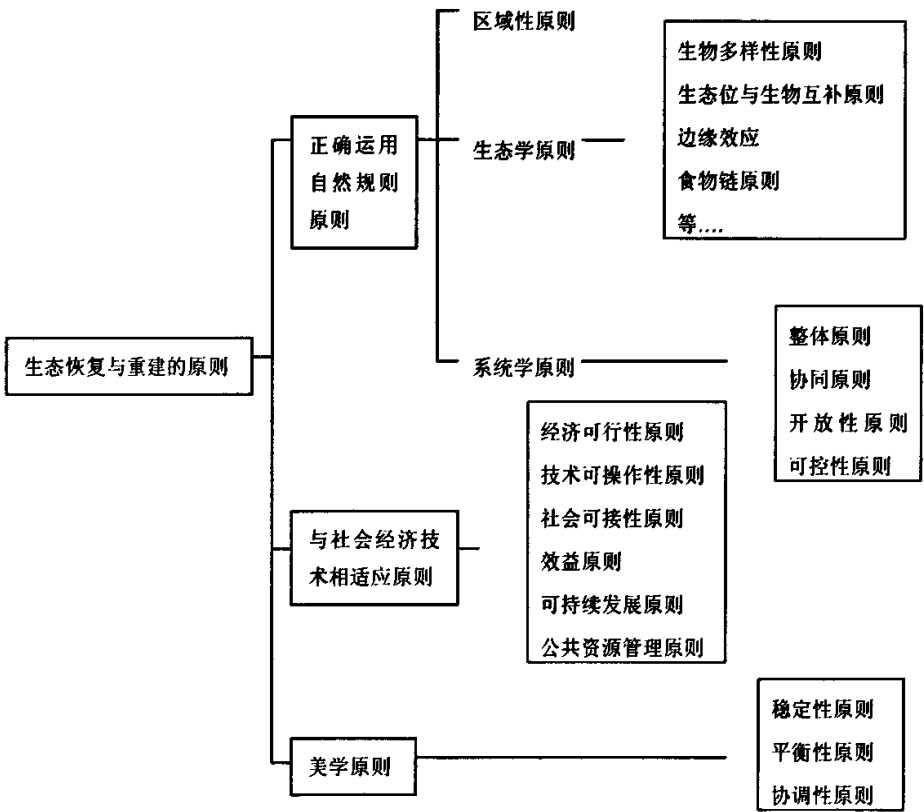


图 9.矿山生态化原则

Fig9.Ecological discipline of mine

5.2 马矿生态化的可行性分析

马脑壳金矿已经具备了以下条件：

5.2.1 从自然条件来看

马矿具有丰富的气候资源与水资源，湿润的气候为各种植物提供了有利的生长环境，并且矿区周边的植物资源非常丰富，为矿山生态恢复提供了更多的种质资源。适宜的自然条件，为矿山生态恢复打下基础。

5.2.2 从自然辩证法则看

矿山开发有害的一面，但也有利的潜在可能。矿产的开发带来了一系列的环境问题，但同时也带来了地方经济的发展，给当地人民生产和生活带来了新的机遇。很多矿山开发之初，由于人为干扰，生态系统已经十分脆弱，植被稀少，环境恶劣，矿山开发后，如果领导得当，措施有力，会使矿山生态得以重建，借助于矿业经济发展实力，营造一个农、林、景观复合生态系统。

5.2.3 西部大开发为九寨沟带来了前所未有的机遇

把生态环境建设提到了一个重要的位置，矿产资源的开发是九寨沟县经济发展的重要支柱产业，在经济发展的同时矿山生态建设也必须顺应时代的要求，实现环境与经济协调发展的可持续利用模式。

5.2.4 政策上的可能性

《中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》已表明了原则上的可行，我国已颁布的环保法、森林法、草原法、水保法等法律及有关行政法规和标准，已经从政策上解决了实施矿山生态恢复的可行性，有利于促进矿山生态恢复工作。

5.2.5 在技术上的可能性

到目前已经有了相当的理论基础，如恢复生态学（restoration Ecology）、人工生态学（Synthetic Ecology）、景观生态学（Landscape Ecology）、生态工程（Ecological Engineering）等。国外在矿山生态恢复技术与方法上有了相当的时间，对现在的生态恢复提供了有力的技术依托。

5.3 马脑壳金矿生态化建设

5.3.1 生态恢复目标

（1）总目标

消除由于金矿开采可能诱发的次生地质灾害(滑坡、塌岸、泥石流、洪水等)的潜在危害；已占用和破坏草地生态功能和生产能力的恢复；针对景观退化的负

面效应进行景观恢复与重建;实现生态系统健康,生态格局安全;消除黄金生产造成的负面景观影响,同时把劣势变为优势,结合金矿开采实际把金矿开采所造成的景观变化设计成为一个特色的工业观光园区,结合九寨沟丰富的旅游资源打造一个新的旅游亮点。

(2) 分阶段目标

1) 近期目标(2007~2015年):马脑壳金矿现有过采区全部完成整平,完成植被覆盖;有土壤回填条件的整平区完成人工种草和网围栏建设,没有此条件的整平区,其用于自然恢复的防护工程基本建成,并能投入正常运转;排土场植被覆盖率达到90%以上,主要以草与小灌木为主。在恢复生态和保护生态的生产工艺两个方面实施先导示范工程,为下一阶段的生态恢复和金矿开采积累经验、提供样板;因金矿开采造成的生态破坏得到有效遏制。

2) 远期目标(2015年~2020年):因金矿开采而破坏的生态环境明显得到改善,采区植被及其原有生态功能基本恢复,并具备有向良性的和自然的生态环境发展的条件,同时在自然景观保护与人文景观建设相结合的基础上形成新的特色工业景观,为了下一步工业生态的发展以及工业观光园区的建设打下良好的基础。

5.3.2 治理规划方案技术路线的确定原则

鉴于马脑壳金矿特殊的位置与规划,方案不能只考虑金矿开采的生态恢复进行编制,而必须同时考虑金矿开采与矿区工业生态旅游的相互影响。因此,方案确定的技术路线是:在对金矿和所在区域自然、社会经济、生态环境现状进行调查和评价的基础上,综合研究马脑壳金矿开采对区域生态环境的作用、影响,制定出与生态旅游建立相适应的有效的措施。

5.3.3 矿山生态保护基本思路

矿山开发生态环境保护措施须从生态环境特点及其保护要求和工程项目特点两个方面考虑。从生态环境的特点及其保护要求考虑,主要采取的保护途径有:保护、恢复、补偿、重建几个方面。从工程建设特点来考虑,主要采取的保护生态环境的措施是替代方案、生产技术改革、生态保护工程措施和加强管理几个方面。为提高措施的可操作性,本文以开采中的生态保护与破坏区域的恢复工程措施为主要内容进行探讨。

5.3.4 对于金矿开采中的生态保护

(1) 矿山废石场的设计

马脑壳金矿固体废弃物为废土石弃渣,应选择比较安全的废石堆放场。废石场选址于鹿耳韭沟处。

为了防止泥石流的发生,以免对下游村庄和环境造成不利的影响,考虑鹿耳韭沟地势开阔,汇水面积仅 1.5km^2 ,比上马梁城沟汇水面积 8km^2 少了 6.5km^2 ,受雨季地面冲刷的危害较小,可以减少泥石流出现的几率。

矿山在现阶段尚未对废石场做出具体设计,但结合矿区地形条件,应从以下几个方面进行处理,确保废石安全合理堆放,杜绝泥石流等灾害的发生。

1) 挖平地表,形成组合式台阶

废弃土石方如果直接堆放在山坡上和山沟里,则植被腐烂后会形成一个滑动面,一旦进水,摩擦系数很小,使土体处于不稳定状态,因此,必须先将地表挖平,形成组合式台阶,从剖面看,地面变成锯齿状,然后堆放废弃土石方,形成土体。这样不会形成腐植层滑动面,而且随着时间的推移,在重力作用下,下部土体与地表会结合的很好,于是土体的稳定性会逐渐得到提高。

2) 矮坝拦挡

由于矿山废石实行集中排放,所以应在土体下方设置矮坝,来拦挡流失下来的土石方。先将地表挖平,然后分层铺上废石——毛草——废石,依次往上堆,形成互层结构。大雨时,上方流失下来的泥土、废石会充填空隙,或者被坝挡住。水被过滤后流走,废石和泥块留下,矮坝就逐渐变成土坝。这种土坝随着时间的推移,毛草与废石、泥土绞在一起,具有一定的稳定性。一座土坝被土石填满后,可在其下方再建一座,随着土体逐渐向下移动,矮坝也不断往前设置。

由于矿体分段开采完毕后,矿山生产中可能会采取将废石就地填入废矿坑的方式处理废石,如果不修建拦挡坝,必须保证废石堆的边坡安息角。根据山西峨口铁矿的实测结果,废石堆的雨后坡度一般稳定在 37° 左右,因此废石堆的边坡角应在 37° 以下。

3) 恢复植被

树木的根系发达,蓄水能力强,野草的生命力强,繁殖快,植被在防治水土流失中可以起到重大作用。因此,只要废弃土石方排放一经停止,必须马上开始恢复植被的工作。

4) 水土分流

由废弃土石方组成的土体被雨水浇灌后,一方面粘土类矿物吸水膨胀、溶蚀,由固体变成胶体,甚至被水带走,而金属矿物和其它稳定矿物矿石、岩石,虽形态不变,因失去粘土类矿物的支撑力,也会失去稳定性被水带走,甚至滚动前进;另一方面,土体由表及里、由边缘到中心的结构变化,内摩擦系数的变小自然安息角也会变小。可见,在矿山泥石流的形成中,水的作用是最关键的。因此挖沟导水,实行水土分流。

5) 修建拦土坝

拦土坝是一种既拦土又拦水的特殊构筑物。它的工作原理、功能、结构构造和规模大小,均介乎于挡土墙与拦水坝之间。根据矿山废石场的实际地形地质条件选择坝址,坝基用大块毛石浆砌,并使基础与基岩胶结良好,减少渗透水从坝底岩石中通过,坝基的底面向上游倾斜,顶面水平,这样可使坝体具有较好的抗滑稳定性。

通过采取以上措施,可保证矿山废石场的安全堆放,不会发生泥石流等灾害,固体废弃物处理措施是可行的。

(2) 在开采的同时进行生态恢复

在开采前,先沿等高线将开采区划分成等面积的若干带(假设划为A1、A2……、An),从高程最低A1开始开采,先将A1的表土废石剥离,单独堆存,作好防护避雨措施,然后对A1带进行采矿。A1带开采完成后,再对A2开采。将A2带的废石表土剥离,用以覆盖A1带裸地,然后再开采A2带的矿石。以此类推,至最后An带开采完成后,将A1带表土用以覆盖An带裸地。对裸地覆土后,即恢复植被,条件成熟一块恢复一块,到开采结束时,整个开采区基本植被全部恢复。

另外,矿山应加强资源综合利用途径、方式的研究,最大限度减少废石排放量,整体矿山夹石因含重金属量过高不能利用成为废石而排放,其数量相当可观,在废石排弃时,择地将能再利用部分夹石单独堆放,以便资源的利用。

5.3.5 对于已破坏区的生态恢复

矿山生态恢复的核心是土地复垦和植被恢复。从可持续发展的观点来看,采后土地治理和恢复是为了建立或恢复与当地自然界相和谐的人工生态系统,其实质是生态恢复。

矿山生态恢复的生态学原理,最重要的是生态演替,一个生态系统完全依靠自然状态下的生态演替,要经过相当长的时间才能进化为顶极系统,达到动态平衡。人为作用参与调控,可以加速演替或改变演替方向。根据这一基本原理,拟建矿山生态恢复将沿以下几个方面开展工作,以加速生态演替过程。

(1) 筛选耐旱的速生先锋植被——草灌品种,达到复垦地迅速固土封坡,保持水土的目的。

(2) 采取措施进行土壤基质改良,并辅之以一定的水肥措施,加快土壤培肥速度。

(3) 采用微生物技术,增加矿土中微生物活性,还原土壤生态系统。

(4) 当土壤得到一定程度改良后,发展多种作物与果树,因地制宜的综合利用矿山废弃地。

5.3.6 生态恢复措施

生态恢复工程一包括工程性恢复和生物性恢复两个阶段。工程性恢复是根据采矿后形成废弃地的地形、地貌现状,按照规划的土地利用方向要求,进行工程设计和施工。生物性恢复的核心是迅速建成人工植物群落,重建人工生态系统,关键技术在于解决土壤熟化和培肥问题,即采取各种培肥措施,加速复垦地“生土”熟化过程。

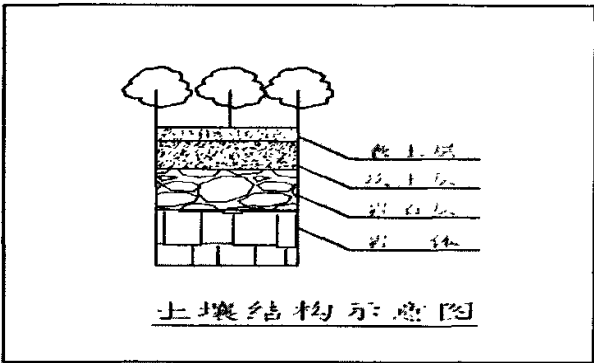
(1) 工程性恢复措施

1) 建设缓坡地及平台。由于马矿是沿等高线开采模式,采矿后所形成采空区多是沟壑交错、高低不平。根据拟建矿山原有植被情况及生态特征,土地再利用后应以林牧业为主要发展方向。国家技术标准规定,用作林牧业的缓坡地的缓坡坡度不应超过 20° (为利于植被成活,一般应控制在 22° 以内)。施工时,对于坡面角大于 25° 的坡段用推土机刮取底部土进行矫正,同时对坡面在纵向和横向上存

在的局部凹凸面，用设备进行矫正。排土场的边坡坡度尽量的减小，最好不要超过37°，减少水土的流失。

对于采矿中破坏的地形，以削填平衡的原则，用推土机削平底部凸起的土岩，回填于残矿回收或底部凹陷形成的采坑。施工中，按设计要求需为平台保持倾角为10°的横向坡度和5°的纵向坡度，以便暴雨时引导平台汇水排出复垦地。

2) 铺撒覆盖土形成耕作层。复垦地在采矿及基底层整平过程中，经重载设备的反复碾压，土壤结构被严重破坏，已不利于作物的正常生长。因此，为获得良好的恢复效果，就必须再造质地好和容易培肥的土壤剖面。矿区开采后必须要进行全造壤工程才能进行生态恢复。生态恢复的程序是回填—整平—铺次土和表土—种植。



(图10)

Fig10. Sketch map of soil structure

3) 覆盖土层厚度一般要求平台不低于0.5m，边坡不低于0.2m，施工中仍应保持原留下的坡度。耕作层施工避开雨季选在雨水比较少的冬季比较合适，尽量使用轻型履带式设备，避免造成对土壤结构的破坏。矿山周边现有多处土山丘，可满足工程取土需要。

表20. 复垦土层厚度及坡度

Tab20. The thickness and gradient of re-cultivate earth

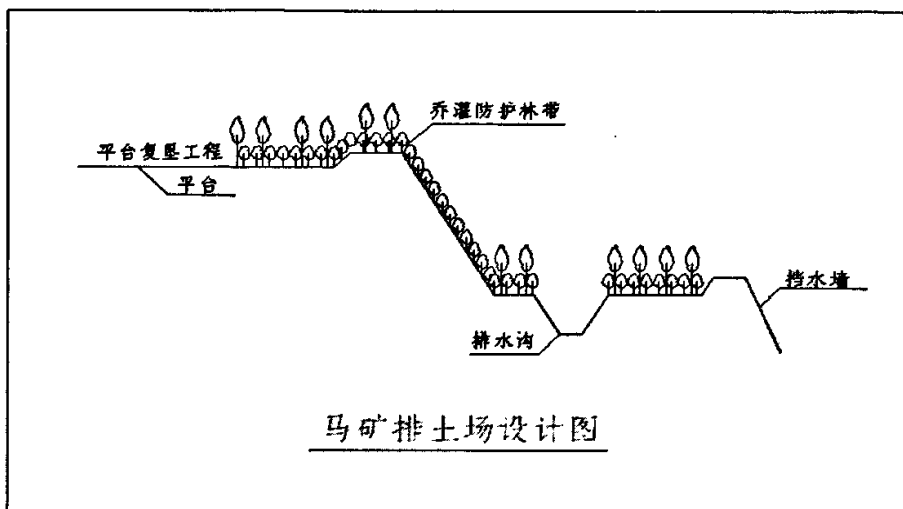
复垦位置	坡度	表土厚度(m)	耕植土厚度(m)
平台	外倾5°~10°	0.5~0.6	0.2~0.4
边坡	25°~45°	0.2~0.3	0.1~0.2

4) 修筑排水系统。沿平台眉线修筑为梯形、高度不低于0.5m的土石埂，拦截平台汇水，避免形成径流冲刷边坡。沿平台内缘或缓坡坡底线挖掘纵向排水沟，用以导出坡地和平台的汇水。

5) 坡面整治。设备施工完成后，人工在边坡坡面上沿垂直等高线方向，以1.0m的间距修建若干条平行于等高线的小台阶，小台阶宽0.5m，将其内侧0.3m宽的条带钩松。这些小台阶可以改变陡长的坡面成一组组小平台，增加了坡面的粗糙度，

便于施肥与播种,而且能够改善植被的“着床”条件,有利于给植物提供一定的土壤水分和阴郁环境,为植被生长创造良好的立地条件。一组组的小台阶与地表水流方向垂直,能紊乱和改变坡面径流方向,减缓径流强度,并拦截径流携带的大部分泥沙。

矿山工程恢复措施实施以5年为一个周期,即每五年进行一次,对五年间采石造成的废弃地按照以上措施进行整治,为以后的生物性恢复奠定基础:



(图11)

Fig11. Designing map of soil elimination in Manaoke mine

(2) 生物性恢复措施

矿山生物性恢复措施应当在紧邻土地整治完成的生长季节进行,由于马矿处于海拔地势比较高的区域,春季大雪封山,所以植被恢复选在4、5月份比较合适。

1) 植被品种筛选。矿山破坏区与附近的绿地相比,环境因子变化很大,其土层薄、土质差、微生物活性差,因此,抗逆性强和速生是矿山复垦地植被品种筛选的首要原则,而根系发达、培肥矿土和保持水土效果好也是十分重要的。马矿恢复拟以生命力与繁殖力比较强的草本植物作为先锋植物进行土壤改良。生态恢复第二年起,应以草、灌、乔相结合,发展少量常绿林,适当配种牧草,在边坡以牧草和小灌木相配合种植,以乔、灌、草构成立体保护生态的模式,并渐次加大本地物种的比例。由于排土场坡面较陡,陡坡覆土可能加剧水土流失,建议采用坡脚爬藤类植物进行坡面攀援绿化。

2) 土壤培肥。进行土壤培肥的途径有生物学、物理学和化学多种方法,通常需要同时采取以上三种途径的多种技术,包括种植绿肥作物进行压青,配制有机肥料,科学施用化肥和采用微生物技术等。

3) 利用植物对重金属进行处理。露天堆积的金属尾矿是非常严重的污染源,能够在其上面自然定居的植物必然对重金属有一定的耐性。我们可以采用植物恢复的方法,也就是将某种特定的植物种植在重金属污染的土壤上,而该种植物对土

壤中的污染元素具有特殊的吸收富集能力,将植物收获并进行妥善处理后即可将该种重金属移出土壤,达到污染治理与生态修复的目的[22]。马脑壳矿中的重金属主要有砷、镉、锌等,根据其特性采取特殊的植物进行修复。

陈同斌、韦朝阳[22,23]等人在湖南省石门县石门雄黄矿区发现了两种砷的超富集植物蜈蚣草(*Pteris vittata* L.)和大叶井口边草(*Pteris cretica* L.)。蜈蚣草在野外自然条件下,一般生长在含砷50~4030mg/kg的土壤中,但在含砷量高达23400 mg/kg的矿渣中也能正常生长,显示了其对砷毒具有极强的耐性,在野外自然生长条件下其羽片含砷量可达1850mg/kg。大叶井口边草地上部的平均含砷量为418mg/kg(干物质质量,下同),最大含砷量可达694mg/kg。这两种砷超富集植物已经应用于砷污染土壤的实地修复,通过研究,认为采用适当的农业管理措施,配合最佳施磷量后,预计年土壤修复效率将超过15%,适宜采用进行马脑壳矿的生态恢复。

一种新的锌超富集植物东南景天[24](*Sedum alfredii* H)是杨肖娥等人在浙江省衢州市铅锌矿区调查时发现的,该植物对土壤中高含量锌有很强的忍耐、吸收和积累能力,地上部锌含量为4134~5000 mg/kg,平均4515 mg/kg,并且具有易繁殖、生物量大等特点,其单季干物质产量高达1800 kg/hm²,适宜采用进行马脑壳矿的生态恢复。

宝山堇菜(*Viola baoshanensis*)是刘威[25]等人在湖南省郴州桂阳县宝山矿区发现并证实的一种Cd的超富集植物,在自然条件下,其地上部分Cd含量平均为1168 mg/kg。可以尝试将其用于马脑壳Cd污染土壤的修复,不过需要进一步研究。

矿山在服务期内应同时展开生态恢复与补偿工作,边开采边恢复,通过采取以上工程与生物措施,可以加快生态系统恢复和正向演替的过程,对矿山开采所造成的生态破坏进行有效补偿。

5.4 九寨沟马脑壳金矿土地再利用规划——工业旅游开发设想

工业旅游包括工业遗产旅游和工厂观光旅游,马脑壳由于生产过程的特殊性,旅游发展为工业遗产旅游与工业观光旅游相结合的模式。通过工业旅游项目开发,对于处理马脑壳废弃地和恢复生态有重要的意义。

工业遗产旅游(Industrial Heritage Tourism)是在废弃的工业旧址上,通过保护和再利用原有的工业机器、生产设备、厂房建筑等等,改造成一种能够吸引现代人们了解工业文化和文明,同时具有独特的观光、休闲和旅游功能的新方式。它起源于英国,随后在德国、美国、加拿大、日本等地获得迅速发展,是一种从工业考古(industrial archaeology)、工业遗产的保护而发展起来的新的旅游形式[26]。

5.4.1 九寨沟马脑壳金矿工业旅游开发的意义

马脑壳工业旅游资源的开发不仅有利于九寨沟生态的保护,而且有利于丰富九寨沟旅游的文化内涵、结构与类型,为这个世界级旅游名胜增加一个新的看点。

可强化九寨沟生态旅游形象,提升旅游业的地位,开发旅游资源进而发展旅游产业,具有增加旅游目的地财富、带动相关部门发展、扩大就业机会、提高旅游目的地的文化品位和旅游形象等作用 and 意义。

对于马脑壳金矿而言,工业旅游的开发能有效的再利用矿山废地,促进矿山生态的高标准设计与恢复,为其他地区的矿山恢复与重建提供一个可以借鉴的模式。

5.4.2 矿区工业旅游资源的开发原则

(1) 美学原则

无论是矿区工业旅游还是生态旅游,都属于旅游业的范畴,游览观光又以自然及人文景观为对象,这就要求无论是矿区自然及人文景观的开发都必须符合美学原则,以能陶冶人的性情,给人带来美的享受。[27]

(2) 生态原则

对于矿区生态旅游项目,除具有美学特征以外,还必须反映生态主题:具体应包括资源环境、生态科技、生态美学、生态产业、生态工程等的有关内容。

(3) 差异性原则

旅游业发展的本质在于旅游地资源与其他环境的差异,从而产生吸引力,具体就是要以矿区的工业及生态资源为依托,实施旅游项目的包装,而不是简单模仿和改造。

(4) 相融合原则

矿区开采与工业旅游的开发虽然是两个方面,但却是相互融合和不可分割的。因为在矿区开采过程中当中也包含工业旅游的开发:如马矿要建立生态观光园区,就必须注意采矿与土地复垦的一体化工艺、矿区的清洁生产工艺、开采过程中的景观造型设计等。

5.4.3 九寨沟马脑壳金矿工业旅游开发的条件分析

(1) 工业旅游资源丰富

马脑壳金矿处在世界级旅游线上,与周边景点形成差异性市场。在马脑壳金矿方圆100km以内,分布着大量的山水、生态、自然、人文等旅游资源带。而马脑壳金矿旅游利用游客对黄金的未知感、神秘感,从而激发起强烈的探究欲,容易形成强烈的、充满新鲜感的观赏欲望。与周边景点形成差异性市场,因此具有互补性。若与周边联合,充分发挥周边地区高品位和多样性资源的优势,通过高水平的旅游组合,形成有山水、名胜、工业生态园、草原的旅游环线。

(2) 良好的生态环境

矿山在一般人的眼里,除了地理位置偏僻,就是蛮荒之地。但马脑壳金矿一直以来非常重视环保工作,矿山的恢复与景观的重建按照一个比较高的标准进行,按照工业旅游的设计进行多年的生态修复,同时矿区采用剥离、采矿和复垦一体

化工艺,这一特殊的生产项目和条件可以为旅游者提供特殊的工业旅游资源。

(3) 九寨沟旅游资源丰富

根据九寨沟统计年鉴显示,九寨沟2002年旅游人数突破100万人次,也就是说只要宣传到位将会为马矿生态园提供大量的旅客资源。

(4) 区位良好

马脑壳矿区距离九寨沟只有70公里左右,交通便利,同时也是九寨沟到若尔盖草原旅游的沿线。

5.4.4 马脑壳工业旅游总体构思

(1) 旅游开发方向分析

理查德、斯蒂芬和克莱尔(Richard C Prentice, Stephen FWitt, Claire Hamer)按照等级、流动、计划的行程、类型和内部人员-外来者将游客分为五种类型,不同类型游客有不同的经历和受益[28]。得出的结论是:游客对工业遗产公园高度满意;游客多为假期旅游者(包括拜访朋友和亲戚的游客)和短途旅行者,且以中年人为多;游客都与矿业或矿区所在地有关系;游客参观公园的目的包括让孩子们了解过去,认为他们的孩子将会在某处从事这种工作,学习或与家人一起享受休闲时光[28-29];游客来遗产公园通常寻求一种见多识广的旅游经历而不是单纯的观光[30]。在马矿观光园设计的时候适合采用科普与休闲相结合的模式。

根据马脑壳金矿的资源空间结构与区位条件分析,单独开发马脑壳工业旅游难以取得理想效果。可以采取区域联合与企业联合的开发模式。区域联合开发产生的“资源共享、位势叠加的综合效果将提高区域旅游资源的综合区位[31]。伴随旅游交通条件改善,将使马脑壳金矿与其他旅游线上的景区很快可以形成资源互补与景区耦合的旅游地域。也就是说可以采取二级旅游的形式,修复矿山附近山寨文化,结合藏族山寨农家乐旅游,开发马矿的旅游资源。在马矿开采中,采取在马矿的底部建立金矿生产模型,用模型的形式展示金矿生产工艺的形式;在马矿开采完毕后采取遗产旅游的形式,重新塑造全新的绿色矿山形象。

结合矿区实际情况,马矿采用矿区设施全新用途利用与相关用途的再利用相结合的模式,原有的排土场与采场再利用成为特色人文景观,采矿区域平整成为人工园林景观。把原有的特色部分保留,建立博物馆以及工业观光区,堆浸、储存罐等相关的设施保留,作为科普观光等用途。

(2) 马矿景观形象设计

每一种旅游资源都能被旅游者感应—认知出它的不同意境景观,其意境丰富程度取决于旅游者本身文化素质、生活经历、社会阅历以及感受积累等方面。越是专业化的旅游景观及其文化意境,越需要一定的知识素养;否则,不易感知[32-34]。马脑壳金矿工业文化生态旅游不同于一般意义上的工业旅游景区,它是将金矿生产文化与矿区生态文化等相结合形成的综合性文化。从“感应—认知”的环境心理学原理与旅游认知方法出发,综合人们对其金矿旅游资源的认知构成,

适宜于设计马矿为工业文化生态旅游。

(3) 马矿旅游资源分析

1) 露天采场资源。主要提供大型露天矿山采矿过程中出露的地层剖面 and 地质构造是不可多得的关于金矿地质的地文景观资源。大型露天采场的大型、现代、高速的生产场景蕴含人类现实生产力发展水平以及人类征服自然、扰动自然的巨大能力，因而是重要的文化资源，保留具有代表意义的一处或几处。

2) 大型排土场资源。排土场是大型露天矿山特有的人造地貌，其相对高差一般为100~150m，可称为人造丘陵。这一人工景观与自然的浑然相似，让人叹服，是矿区的重要的旅游资源。另外，排土场适应人类需要、遵循自然经济规律形成的程序也是一个重要的人工地质景观资源。

3) 堆浸场资源。选取一个具有代表意义的堆浸场，成为一个看点，了解金矿的开采步骤。

4) 矿区顶部平台。园林设计，树林与草地相结合，人造景观。

5) 综合办公楼资源。综合楼是马矿的管理和指挥中心所在地，因而其内部蕴含了企业管理模式和管理手段等内容。

6) 矿区入口处建立人工模型。建设人工模型，把黄金生产全过程微缩到一个模型里面。

(4) 马脑壳金矿工业文化生态旅游规划

采取组团式布局的方式，以矿区为主体，形成生产文化科普旅游区、地质科普生态旅游区、人文景观旅游区与金矿文化展示区四大片。形成以生产遗址、管理组织等为主的生产性观览活动、以矿业产品及金艺术品的展示为主的文化观光活动、以矿区生态环境为主的生态旅游活动、以金矿展示为主的游憩活动等活动中心。各旅游区相对独立的开发，使其承担不同的旅游功能，形成不同的旅游点。以生态人文景观—地质科普—生产文化科普—金文化展示为马矿旅游主线，结合贯通整个九寨沟旅游路线，构成一条科普生态——游憩复式线路。

马脑壳旅游景区功能分区 (表21)

Functional sub-areas of Manaoke Scenic Area

功能区	位置	主要功能
生产文化科普旅游区	矿区南部沿途	生产模型以及部分有代表意义的遗址展示,让游客揭开黄金生产的神秘面纱
地质科普生态旅游区	矿区东部遗址	了解地质构造以及领悟奇特的地质奇观
人文景观旅游区	矿区西北部	人造景观观光。
金矿文化展示区	办公区遗址	金矿传统文化展示以及旅游纪念品展览

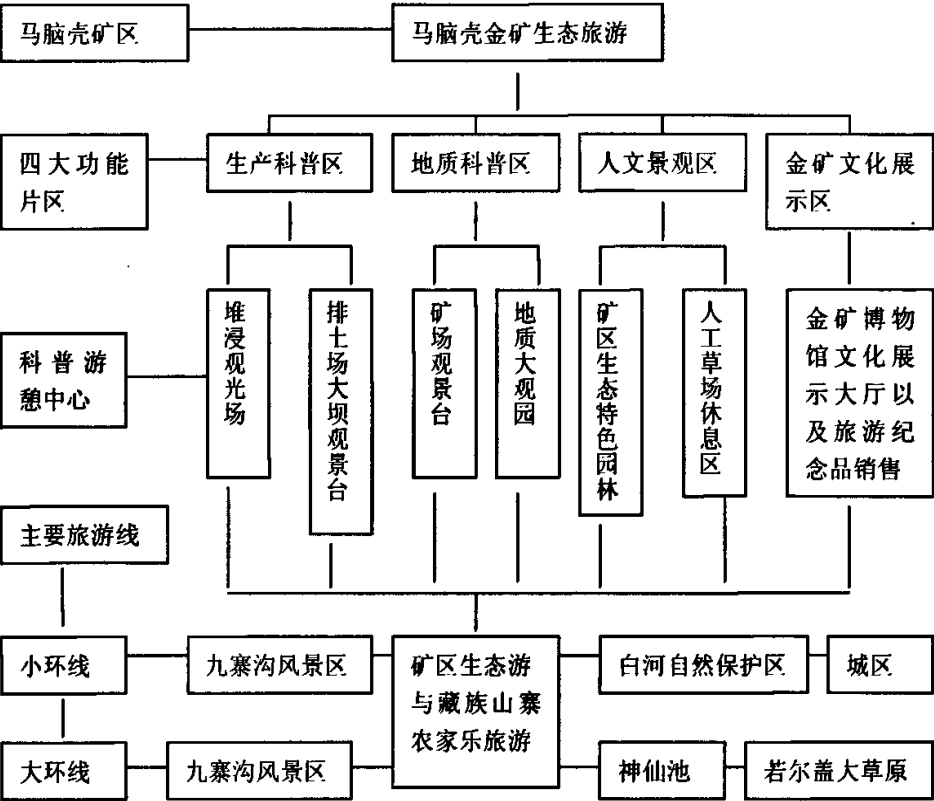


图12. 马脑壳金矿工业旅游景区空间结构设计

Fig12. Designing map of space structure in Manaoke industrial tour section

表 22.马脑壳金矿工业文化生态旅游时间规划

Tab22. The time arrangement of ecological traveling

时间(年)	开放程度	步骤
2010	模型展示，矿区不开放	修复藏族山寨文化，合作建立农家乐旅游区；在矿区入口建立生产模型，对游客开放。
2015	部分开放	矿区部分废弃排土场恢复工作完成，开放地质大观园。
2020 年	部分开放	采矿与人造景观生态恢复同时进行，采空区的整理与绿化完成，开放矿场观景台与排土场观景台。
矿区开采完毕	完全开放	矿区开采完毕，建立遗址公园，四大功能区完全开放。

5.5 露天矿生态化效益分析

5.5.1 生态旅游效益估算

2002 年和 2003 年九寨沟的进沟游客人数分别为 125 万和 110 万(受非典疫情

的影响),而2004年的游客数量达到200万。为了保护好这块珍贵的人类自然遗产,限制进入人数将是首选方案,目前,九寨沟旅游管理局已经实行100%旅行团网上预订,用以限制游人数,当前的日进沟游客限量在13000左右,而九寨沟的日最佳进沟游览人数应为6000人。这样的数字到了黄金周就无法限制,而这一困惑,使包括九寨沟在内的许多地方都感到棘手,所以马矿生态旅游环线的开放无疑是一个很好的途径,有利于保护九寨沟生态环境的同时也能给九寨沟风景区增加一些新的特色风光。

根据全国工业旅游景点的资料统计分析,预计马脑壳金矿沿线生态旅游人数为九寨沟旅游人数的1%~3%左右,按2002年旅游人数125万计算,马矿区的旅游人数应该在1.25~4.75万人/年左右,结合藏族农家乐文化区,预计个人消费在200元/人,给马矿带来直接收益30元/人,计算得出生态旅游给马矿带来的的直接经济收益为37.5~142.5万/年,带来的间接效益计算为250~950万/年。

5.5.2 生态化效益分析

本规划实施后,一方面增加林地与草地面积,另一方面减少水土流失,可以在很大程度上改善矿区的生态环境。

表 23. 生态化效益分析表

Tab.23The analytic graph in ecological benefit		
生态工程 投资估算	建筑工程 ¹	主要是土石方开挖、拦渣坝、挡土墙的修建,总投入1035.86万
	水土保持工程	土地的平整、边坡的稳定、土石运输等项目,一共投入需677.93万
	生物措施	种植、肥料等项目,一共是103.6万
	其他费用	包括后期维护费用、管理费用等,约600万
直接经济 效益估算	涵养水源	树林涵养水源为4073t/hm ² ·年,面积10hm ² ,草地为500t/hm ² ·年,面积为60hm ² ,按水库费用1元/t计算,10年总收益为340.73万。
	保持土壤效益	根据数据显示矿区年水土流失为7.28万t,植被覆盖可以减少土壤流失7万t/年,10年为70万t,那么保持土壤效益大约为350万(按当地运土成本估算)。
	森林生产能力 效益 ²	拥有10/hm ² 林地面积,一年木材产量80m ³ ,10年收益大约64万
	生态旅游效益	生态旅游效益估算取平均值,收益大约为90万/年,10年收益为900万。
总效益		直接经济效益—生态工程投资=-762.66万

注:以上数据来自于《马脑壳金矿水土保持方案报告书》

经济效益分析结果:经济效益为负值,其主要原因是矿山弃地生态恢复的成

¹ 工程投资为多次分期投入,参照《马脑壳金矿水土保持方案报告书》。

² 林地木材平均生产率8m³/hm²·年。目前市场单价800元/m³。[38]

本高,如果在生产过程中改善工艺,变单独开采或者单独恢复为边恢复边开采,成本可以大大的降低,相应的经济效益将显著提高。尽管该规划的实施获得的是负经济效益,但是将有效地改善矿区及周围地区的生态环境,产生比较好的环境效益和社会效益,因此从总效益来说,该规划是可行的。

5.6 对马脑壳金矿的建议

5.6.1 矿区土地生态信息系统的实现

露天矿土地复垦与生态重建过程涉及到生态破坏过程的土地挖损、土地压占、土地占用和生态重建过程的地貌重塑、土壤重构、植被重建以及土地利用、复垦收益等项目。矿区土地复垦与生态重建研究所需处理的数据信息涉及诸多领域,具有信息量大、信息属性及信息时空变化大等特点。矿区土地复垦与生态重建涉及的数据类型繁多,而且各类数据随着矿区的发展在时间和空间上的变化特别显著,准确的分析预测能及时、准确的提供土地复垦与生态重建数据,同时也为露天矿区土地复垦与生态重建科学决策提供了条件。在现有条件下,建立区域性土地复垦与生态重建信息系统,对复垦的正确决策、矿区生态重建,是十分必要的,在技术上也是可行的。实现矿区土地生态信息数据化对于矿区的生态恢复有着重要的辅助作用。建议建立马矿生态预警系统,对于超过补偿限度的生态破坏起到一个限制作用,提供企业最优的生态补偿方案。

5.6.2 提高露天矿矿产资源利用率

(1) 低品位矿石的利用

目前由于市场价格因素,马矿石选矿一般在 3g/t 以上,那么就有大量的含金品位相对比较低的矿石未能开发,随着矿山生产管理的改进,开采和选矿技术的进步,成本降低或者市场价格提升的情况下,低品位的矿石也具有开采价值,能获得巨大的经济利益,所以低品位矿石单独堆放以便于以后的开发利用。

(2) 尾矿的利用

充分利用尾矿资源,实现无尾矿山目标,通过对尾矿的综合和整体利用,最终实现无尾选矿目标,一方面回收了有用组分,节约了土地。另一方面也减轻了对尾矿管理的压力。对尾矿利用主要在以下三个方面。

1) 尾矿再选回收有用组分

由于技术水平、装备性能和选矿工艺的限制,造成有用组分流入尾矿中。这方面马矿已经开始了研究,调查发现尾矿中既有贵金属,也有其他有色金属,2006 年从尾矿中成功提取了 30kg 的银,同时对于尾矿中残留的金也开始进行再次开发研究。

2) 利用尾矿制作建筑材料

(a) 用作水泥配料。黄金尾矿一般粒度比较小占 70%~80% 以上,可直接用作水

泥配料。大部分氰化黄金尾矿粒度都很细,稍做加工就可使用,化学成分又相近,不影响水泥的质量和性能,所以制成后的产品质量也比较可靠。尾矿存量大的金矿资源优势显著,进行这类开发潜力较大。

(b) 用作建筑原料。尾矿中的粗大尾砂在建筑用沙奇缺的地方是一种良好的替代原材料。

(c) 用作建筑材料。用尾矿制砖的技术目前比较成熟,而且品种繁多。例如:可制作烧砖、瓦、普通砖、墙面砖、铺路砖、贴面砖、空心砖、溶渣花砖和蒸压砖[39]等等,许多产品都达到了国家标准。尾矿还是制作耐火材料、泡沫玻璃、微晶玻璃、陶粒等建材的原材料。

(d) 用作建筑装饰材料。由于尾矿还含有微量金属,在尾矿中加一些其他原料,还能生产出陶瓷、色瓷、色釉、有色玻璃等许多产品,也可利用其开发墙体涂料。可见,利用金矿尾矿开发装饰材料的潜力很大。

金矿尾矿除了矿物成分和化学成分的优势之外,还有一个显著的优点是粒度比较细,在开发应用时常常不需要破碎和细磨,节省许多加工成本,这是其他固体废物所没有的,而且取材、运输都方便。

黄金尾矿与其它金属矿或非金属矿尾矿一样,作为一种废物而堆存,然而其仍有利用价值可尽量加以利用,其目的:一来提高不可再生的地质资源之综合利用率;二来废物利用,变废为宝;三来可增加企业的产值或利润,尤其近年来国家提倡国民经济协调发展以及加大力度保护生态环境,更提高企业这方面的积极性。

3) 尾矿充填采空区。

矿区每年都会产生大量的尾渣和废石,暂时都将它们堆积在弃渣场,这样既造成环境污染,又增加弃渣场的堆积量,减少它的使用寿命。实际上,马矿每年都有大面积的采空区需要回填,这些废石可以和选矿尾渣一同用于充填采空区,这样比之从外面运输碎石,既可节约成本,又可减少尾矿库的堆积量和降低污染,是矿山充分利用废弃物进行环保建设的一条新途径,是节约矿山环保建设成本,提高经济效益的一条新路子。[40]

6 露天矿生态化建设的建议与措施

无论是从全国还是从马矿的具体情况看,矿山环境问题是多年形成的,问题积弊较深,涉及的矛盾方方面面,因此防治就不能采取单一治理措施,必须采取法律的、行政的、政策的、技术的等多方面措施,进行统筹规划,科学防治,综合治理。

6.1 法律措施

多年的实践的证明,在目前经济发展较快,且对环境治理投入有限的情况下,

加强矿山环境保护的法律建设,依法规范矿山环境保护和治理行为,是控制矿山环境破坏的有效途径。因此,在各种治理措施中,采取法律法规措施既是根本措施,又是长远要求。改革开放以来,立法工作取得显著成就,但对矿山环境保护工作来说,目前还没有一部完整的、自成体系的法律法规。有关矿山环境保护的规定分散在相关的法律法规的部分条文中,而且不够具体,其可操作性也不强。矿山环境问题涉及到气、水、土、岩体及生态等各个方面,但从本质上看绝大部分属地质环境问题,是由于地质环境遭受改变或破坏所引起的。但现行法律、法规的条文中有关矿山环境的规定大多数限于以“三废”为对象的治理,对整个矿山的生态环境系统问题的规范降治理条文不多,操作性不强。

从根本上讲,治理矿山环境的法律措施,首先应制定有针对性的、系统的和可操作的法律法规,从法的角度去规范和约束治理行为,因此,建议应根据实际情况,制订一部矿山生态环境防治的地方性《条例》。包括以下方面的内容:一是要明确矿山生态环境防治的三个原则(在保护中开发、在开发中保护,以防为主、防治结合,谁开发谁保护、谁破坏谁治理);二是明确对新建矿山必须有环境防治措施;三是明确新老矿山治理的责任主体;四是要明确矿山环境的监管主体及其职责;五是明确矿山环境防治的保障措施,特别是老矿山环境治理的投入机制;六是明确治理效果;七是责任追究。为使《条例》的操作性更强,可以进一步制定相关的《实施细则》或《技术规范与标准》,使矿山生态环境防治工作处处有法可依。建立操作性强的地方法律法规,是矿山生态环境防治最需要解决的问题。[40]

6.2 管理措施

所谓管理措施是指通过政府行为对矿山环境的破坏行为和治理工作所采取的行政手段,包括事前监督、事后监督、责任追究和执法检查等。

6.2.1 编制矿山生态环境防治规划

在管理措施中,规划工作是龙头和向导。目前已有的有关矿山环境治理方向的规划,大多存在不具体、不完善、不便于操作等问题,或者缺乏科学性和强制性。因此,当务之急是尽快制定和完善相关规划,用科学的、合理的和可操作的详细规划去指导矿山环境治理工作。矿山生态环境防治规划的编制,应纳入当地的经济社会发展总体规划中,并与环境保护规划、矿产资源开发规划相一致,避免冲突,减少规划执行中的障碍。

其次,是要严格的执行规划。在科学、合理编制规划的基础上,明确规划是法,规划是硬道理,违反规划就是违法。任何矿山生态环境防治工作都要依据规划开展,依据规划定期检查防治工作进展情况,检查防治资金的投入情况,以及防治的实际效果等。

6.2.2 建立健全完善的矿山环境管理结构

建立健全完善的矿山环境管理结构也是管理措施中的重要环节。包括政府部门和矿山企业内部均应建立专门的矿山环境管理机构并配备是有专业责任的管理人员,环保部门的职责只是协调各部门开展矿山生态恢复工作。为确保矿山环境治理工作的实施,首先,应在各级主管部门尤其是县以下主管部门中设立独立的管理机构,使矿山生态环境防治工作有明确的政府部门负责,便于工作考核和责任追究。在管理机构下设立矿山生态环境防治的执法队伍,加强对采矿行为的日常监管。其次,还应在矿山企业内部配有相关的部门,落实采矿权人对矿山生态环境防治的各项承诺。这不是增加企业的负担,而是切实履行企业应尽的义务。此外,还应在管理机构及企业配备相应的专业技术人员,确保矿山生态环境防治工作科学开展。

6.2.3 提高矿山开采的市场准入条件

市场准入条件是控制新的矿山环境问题产生的关口。主要体现在政府相关部门在建矿审批的环节中,依法科学合理的设立控制矿山环境问题产生的准入条件。按照“在保护中开发和在开发中保护”的原则,对容易产生矿山环境问题的开发项目提高准入门坎是必要的。这种管理措施可将矿山环境问题控制在萌芽中,达到防患于未然的目的。如在审批中提高备用金的额度,严控审批开发利用方案等,可以考虑设立矿山企业的资质等级,对容易产矿山环境问题的开发项目要求高资质等级的企业参与竞标开采。

充分发挥现有的矿山开采备用金制度,凡是新开采矿山的企业,都应准备充足的备用金,这是矿山开发的先决条件。如有对矿山生态环境造成破坏,不能按照要求治理,政府就应依法强行动用备用金,进行治理。

6.2.4 加大矿山生态环境防治的执法力度

执法不严,是近年来矿山生态环境问题形成的一个重要因素。从利益的角度讲,企业是不会主动保护矿山生态环境的,因此,政府必须要加强对矿山企业的监管,加大执法力度,迫使矿山开采企业按照法律法规采取防治措施。矿山环境管理部门应建立一支专业的执法队伍,给予必要的经费保障,避免受地方保护主义的干扰。要明确执法队伍对矿山企业的最低执法频次,对在企业开采中易于产生环境问题的生产阶段,进行经常的执法监督。要通过执法,打击破坏矿山生态环境的行为,使其付出更大的治理成本,切实保障矿山生态环境防治各项工作落到实处,保障防治取得明显的成果。

6.2.5 强化新闻舆论监督的作用

加大宣传工作力度可对矿山环境治理工作起到推波助澜的作用。在实施管理措施过程中,要强化新闻宣传和舆论监督的作用,通过正反两方面,宣传矿山环境治理工作的案例和政策法规,提高采矿权人认识,为其敲响警钟,提高矿区群众的环境意识,自觉维护自身的合法权益。同时,通过对反面典型的曝光,显示

政府治理矿山生态环境的决心，动员矿区群众配合政府做好监督工作。

7 结语

(1) 结论

本文系统分析了马脑壳金矿的生态环境问题，提出了具体的防治技术和管理方法，对矿山生态环境治理和管理具有一定的指导意义，对马脑壳金矿生态建设具有现实意义。

1) 矿山开发造成的环境问题主要有占用与污染土地、水土流失、植被破坏、地面景观形态改变等。

2) 坚持在保护中开发，在开发中保护的原则；以防为主，防治结合的原则；谁开发谁保护，谁破坏谁治理的原则。

3) 对不同的环境问题应采取不同的治理措施，因地制宜，矿山环境恢复治理的技术方法措施主要有采用矿业开发的绿色科技减轻环境影响；生物恢复技术；工程恢复技术等。

4) 在矿产资源开发时，对矿山开采进行环境影响评价，平衡生态补偿，以保护矿山生态环境。

5) 主要防治对策：建立和完善矿山管理体制；建立配套的法规系列：多元化资金渠道；加强矿山环境监测及预测预报制度；依靠科技进步。

6) 加强矿山环境保护的宣传教育，树立矿业可持续发展的战略目标。

(2) 建议

1) 改变矿产资源开发利用的观念，集约利用资源，以保护矿山生态环境。

2) 加强矿山生态环境科学技术研究，采用先进的科学方法，因地制宜，进行矿山生态环境建

参考文献

- [1]毛文永.生态环境影响评价[M].国家环境保护总局环境工程评估中心, 2001
- [2]丁桑岚.环境评价概论[M].化学工业出版社, 2001
- [3]王松霈.生态经济学[M].陕西人民教育出版社, 2000.12
- [4]李洪远.生态恢复的原理与实践[M].化学工业出版社, 2005.1
- [5]蓝盛芳.生态经济系统能值分析[M].化学工业出版社, 2002.7
- [6]白中科, 试论矿区生态重建[J].自然资源学报, 1999, 14 (1): 35-41
- [7]阎敬等, 冶金矿山土地复垦综述[J], 河北理工学院学报, 1999, 21(5):41 -4 7
- [8]张立诚等, 有色金属矿山复垦现状综述[J].资源·产业.1999; 39(9): 15-18
- [9]潘明才, 中国土地复垦概况及发展趋势与对策[J].资源产业, 2000, (7)
- [10]胡振琪, 土地复垦学研究现状与展望[J], 煤矿环境保护, 1996.10(4): 16-20
- [11]潘明才, 中国土地复垦概况及发展趋势与对策[J], 资源产业, 2000, (7)
- [12]王陶、杜国银.矿山生态环境整治投资机制研究[J].中国矿业.2001, 10 (6):6 1-64
- [13]李树志等, 矿区生态破坏防治技术[M], 煤炭工业出版社, 1998
- [14]叶畅, 城市废弃物在露天矿复垦中的无害化资源化研究, 中国科学院沈阳应用生态研究所硕士论文, 1996
- [15] 贾宏宇.霍林河露天煤矿区开发的生态影响与恢复研究, 中国科学院博士学位论文
- [16] 国庆喜, 王天明. 丰林自然保护区景观生态评价:量化与解释[J]. 应用生态学报, 2005, 16 (5)
- [17]郑允文, 薛达元, 张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准[J]. 农村生态环境, 1994, 10 (3)
- [18] 曾贤刚. 环境影响经济评价的必要性、原则及其具体方法[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14 (2): 34 - 38.
- [19]吴玲玲, 陆健健, 董春富等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12 (5) :411 - 416.
- [20]崔保山, 杨志峰. 吉林省典型湿地资源效益评价研究[J]. 资源科学, 2001, (3): 55 - 61.
- [21]任海, 彭少麟.恢复生态学导论.北京科学出版社, 2002

- [22]陈同斌, 韦朝阳, 黄泽春, 等. 砷超富集植物蜈蚣草及其对砷的富集特性[J]. 科学通报, 2002, 47 (3): 207~210.
- [23]韦朝阳, 陈同斌, 黄泽春, 等. 大叶井口边草——一种新发现的富集砷的植物[J]. 生态学报, 2002, 22 (5): 777 ~778.
- [24]杨肖娥, 龙新宪, 倪书钟, 等. 东南景天(*Sedum alfredii*H) ——一种新的锌超富集植物[J]. 科学通报, 2002, 47(13): 1003~1006.
- [25] 刘威, 束文圣, 蓝崇钰. 宝山堇菜(*Viola baoshanensis*) ——一种新的镉超富集植物[J]. 科学通报, 2003, 48 (19):2046~2049.
- [26] David Saurí - Pujor, Joan Carles Llurdés - Coit. Embellishing nature: the case of the Salt Mountain Project of Cardona, Catalonia, Spain [J]. *Geoforum*, 1995 (1): 35 - 48
- [27]保继刚, 楚义芳. 旅游地理学[M]. 北京:高等教育出版社, 1999.
- [28] Richard C Prentice, Stephen F Witt, Claire Hamer. Tourism as experience: the case of heritage parks [J]. *Annals of tourism research*, 1998 (1): 1 - 24
- [29] Alison J Mc Intosh, Richard C Prentice. Affirming authenticity: consuming cultural heritage [J]. *Annals of tourism research*, 1999 (3): 589 - 612.
- [30] Prentice R C. *Tourism and heritage attractions*[M]. London: Routledge, 1993.
- [31]孙根年. 论旅游业的区位开发与区域联合开发[J]. 人文地理, 2001 , 16 (4): 1—5.
- [32]王兴中. 旅游资源景观论[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1990. 97 —150.
- [33]姚宏. 发展中国工业旅游的思考. 资源开发与市场. 1999(15)
- [34]李蕾蕾. 逆工业化与工业遗产旅游开发德国鲁尔区的实践过程与开发模式[J]. 世界地理研究, 2003, 11(2):73-75.
- [35]王家骥等. 区域生态规划理论方法与实践[M]. 新华出版社, 2004
- [36]黄芳. 我国工业旅游发展探析[J]. 人文地理, 2004, 19 (1)
- [37]沙晋明等, 黄土区大型露天矿土地复垦种植信息系统的建立[J], 煤矿环境保护, 1996(11)-2
- [38]郎奎建, 森林生态效益的线性联立方程组模型的研究[J]. 应用生态学报, 2004. Vol.15 No.8 P.1323-1328
- [39]刘心中, 刘家弟, 董凤芝, 利用黄金尾砂生产蒸压砖[J], 黄金, 2001, 22(4):46-48
- [40]郑红, 董影卓, 安冬梅, 等. 矿山环保现状与防治对策的思考[J]. 矿业快报, 2001, (4)

后 记

在我写下后记这两个字的一刻，一种如释重负的感觉油然而生，这几个月来的艰苦思索总算有了一个初步的成果。但与此同时，心中又添加了一份挥之不去的忐忑不安之感：凭我个人有限的学识范围与水平，试图对这样一个靠近世界级生态区的矿区作出系统研究、生态规划，难免会由于顾此失彼而出现各类我所不能预料的，程度不等的错误与疏漏。因此，我热诚期待着来自各方的批评意见，我也会尽快改善疏漏与不足之处。

这篇论文从选题、拟定提纲、调研到全文写作，都得到了恩师王力教授的悉心指导，并提出了许多建设性的意见。王老师对我无微不至的关怀与教诲极大的坚定了我对未来的信念，铭刻于心。感激之情，无从用言语表达，来日定当涌泉相报。

同时非常感谢张安明老师、邹晓红老师、邱道持老师、杨庆媛老师、廖和平老师、张明举老师三年以来在学习科研上给予细心的指导！感谢学院的各位老师给予的帮助和支持！感谢各位师兄师姐师弟师妹一直以来在学习科研上的交流和指导，同门之谊，永生不忘！最后，深深的感谢我的父母、亲人以及身边的挚友，尤其是我父母，在我最困难的时候给予莫大的精神支持，在此表达我最崇高的敬意与谢意！

校园生涯就要结束了，但我深深的感到自己要学的东西还有很多。在以后的日子里，面对千变万化的社会风浪，我会牢牢记住导师的叮嘱，更加严格的要求自己，刻苦钻研，进一步提高自己各方面修为，以一颗平和的心接受社会的检验。

田 禾

二零零七年四月于西大杏园A-106