

# 生态文明视角下的绿色矿山建设思考

## ——以湖南省安化县渣滓溪锑矿山为例

刘峰<sup>1\*</sup>, 吴梦君<sup>2</sup>, 肖旭华<sup>3</sup>, 魏元泵<sup>3#</sup>, 肖想<sup>3</sup>, 刘湘成<sup>3</sup>, 罗敏<sup>3</sup>

<sup>1</sup>安化县自然资源局, 湖南 安化

<sup>2</sup>湖南省安化渣滓溪锑矿, 湖南 安化

<sup>3</sup>湖南省生态地质调查监测所, 湖南 长沙

收稿日期: 2022年6月15日; 录用日期: 2022年7月15日; 发布日期: 2022年7月22日

### 摘要

新时代我国绿色矿山建设需要以终为始, 把生态建设与绿色采矿、资源循环利用、后矿山时代结合起来; 需要加大科技攻关, 需要企业增强矿山生态修复的使命感, 需要政府加强主动创新的激励, 需要将之与美丽乡村振兴、矿山景观建设、生态文化产业、旅游产业和资源深加工产业等协同起来。

### 关键词

生态文明建设, 后矿山时代, 生态修复, 以终为始

# Thoughts on Green Mine Construction from the Perspective of Ecological Civilization

## —Taking Zhazixi Antimony Mine in Anhua County, Hunan Province as an Example

Feng Liu<sup>1\*</sup>, Mengjun Wu<sup>2</sup>, Xuhua Xiao<sup>3</sup>, Yuanbeng Wei<sup>3#</sup>, Xiang Xiao<sup>3</sup>, Xiangcheng Liu<sup>3</sup>,  
Min Luo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bureau of Natural Resources of Anhua, Anhua Hunan

<sup>2</sup>Zhazixi Antimony Mine, Anhua Hunan

<sup>3</sup>Hunan Ecological Geological Survey and Monitoring Institute, Changsha Hunan

\*第一作者。

#通讯作者。

## Abstract

In the new era, China's green mine construction needs to start from the end, and combine ecological construction with green mining, resource recycling, and the post mine era; We need to strengthen scientific and technological research, enterprises need to enhance the sense of mission of mine ecological restoration, the government needs to strengthen the incentive of active innovation, and we need to coordinate it with the revitalization of beautiful villages, mine landscape construction, ecological and cultural industry, tourism industry and resource deep processing industry.

## Keywords

Ecological Civilization Construction, Post-Mine Era, Ecological Restoration, From End to Beginning

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

2003年,科学发展观的正式提出,为生态文明建设理念的形成,提供了思想和理论基础。2007年,原国土资源部在北京主办了以“落实科学发展,推进绿色矿业”为主题的中国国际矿业大会。2008年原国土资源部发布《全国矿产资源规划(2008~2015年)》,提出了发展绿色矿业的明确要求,并确立了到2020年基本建立绿色矿山格局的战略目标。为全面落实规划目标任务,原国土资源部于2010年印发《关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见》(国土资发[2010]119号),同时提出了国家级绿色矿山建设基本条件,由此标志着我国绿色矿山建设正式启动[1][2][3][4]。

2017年3月,原国土资源部等六部委联合发布了《关于加快建设绿色矿山的实施意见》(国土资规[2017]4号),掀起了绿色矿山建设新高潮。《实施意见》明确了绿色矿山建设三大目标:一是基本形成绿色矿山建设新格局,二是探索矿业发展方式转变新途径,三是建立绿色矿业发展工作新机制。2018年4月,自然资源部公示了非金属、化工、黄金、煤炭、砂石、石油、水泥灰岩、冶金、有色9个行业绿色矿山建设规范,成为首个国家级绿色矿山建设行业标准;为此湖南省人民政府制定了《湖南省绿色矿山建设工作方案》,湖南省自然资源厅下发了《湖南省绿色矿山建设三年行动方案(2020~2022年)》[4][5][6][7]。

随着绿色矿山建设由“试点探索”阶段进入“全面推进”阶段,企业为主体的绿色矿山建设规划定位、理念、方法、内容、举措等都值得深入探讨。[8][9][10][11]

梳理近期国内学者关于绿色矿山的相关研究成果,认为绿色矿山建设不是简单的生态修复,尤其不是单一的“复绿”,应将生态文明建设理念贯穿矿山开发利用全过程,统筹矿山与山水林田湖草关系,注重经济、环境和社会效益。矿山企业应认识到绿色矿山建设的必要性及对矿山可持续发展的重要作用,主动适应新形势新要求,结合自身建设基础,科学制定和落实建设计划;管理部门要进一步在矿产资源法律法规及规划中明确绿色发展要求,完善标准体系,建立健全评价指标体系,强化联动机制,细化落实激励支持政策,创新管控约束手段,推动区域绿色发展。[7][12][13][14][15][16]

安化县地处湘中偏北、雪峰山脉北段、资水中游,历史久远,人文厚重,生态保持完好,秀美神奇,拥有世界最大、距今六亿多年的冰碛岩层,是国家级重点生态功能区,境内发现有锑、钨、金、钒等矿种 52 种,为推进生态文明建设国家战略,践行“绿水青山就是金山银山”理念,建设绿色矿山是实现矿业生态文明和可持续发展的必然要求,安化县渣滓溪锑矿积极响应政府的绿色矿山建设政策要求,积极开展绿色矿山建设,圆满地完成绿色矿山建设工作[7],为全县绿色矿山建设做出了榜样。通过安化渣滓溪锑矿绿色建设,作者认为,绿色矿山建设,首先要大幅提高资源利用效率、企业经济效益、社会环境效益,真正使绿色矿山成为体现矿山企业经营管理综合水平的重要品牌;在绿色开采、节约利用、改善环境、运营模式、降本增效、“无渣”“无害”矿地和谐等方面,渣滓溪锑矿绿色矿山建设已经形成可推广、能复制的好模式、好方法、好经验。但是,在考虑后矿山时代建设过程中,还存在能提高顶层设计的空间,在未来的绿色矿山建设中将之与美丽乡村建设、矿山景观建设、生态文化产业、旅游产业和资源深加工产业等协同起来,努力促进矿地和谐,与矿区群众共享矿产资源开发收益和发展成果,真正实现开发一方资源,造福一方百姓。同时也造福职工和子孙后代。这也是我研究的思路。作为全县绿色矿山建设的管理者和参与者之一,我把从“渣滓溪锑矿”绿色矿山建设中得到的一些启发和提出了一些建议,与建设者们分享。

## 2. 渣滓溪锑矿概况

### 2.1. 地理位置

矿山位于湖南省益阳市西部,行政区划属益阳市安化县奎溪镇管辖。沿 S308 省道向东北方约 54 km 可达安化县,约 186 km 可抵达益阳市。矿区范围位于奎溪镇西北部的山区,距离 S308 省道不足 2 km,矿山交通条件较便利(见图 1)。



Figure 1. Overview of Zhazixi antimony mine (according to Wu Mengjun, 2020)

图 1. 渣滓溪锑矿全貌(据吴梦君, 2020 年)

### 2.2. 自然地理条件

矿山属于亚热带季风气候,四季分明,气候温和,雨量充沛。年平均气温 16.2℃;典型山区气候,

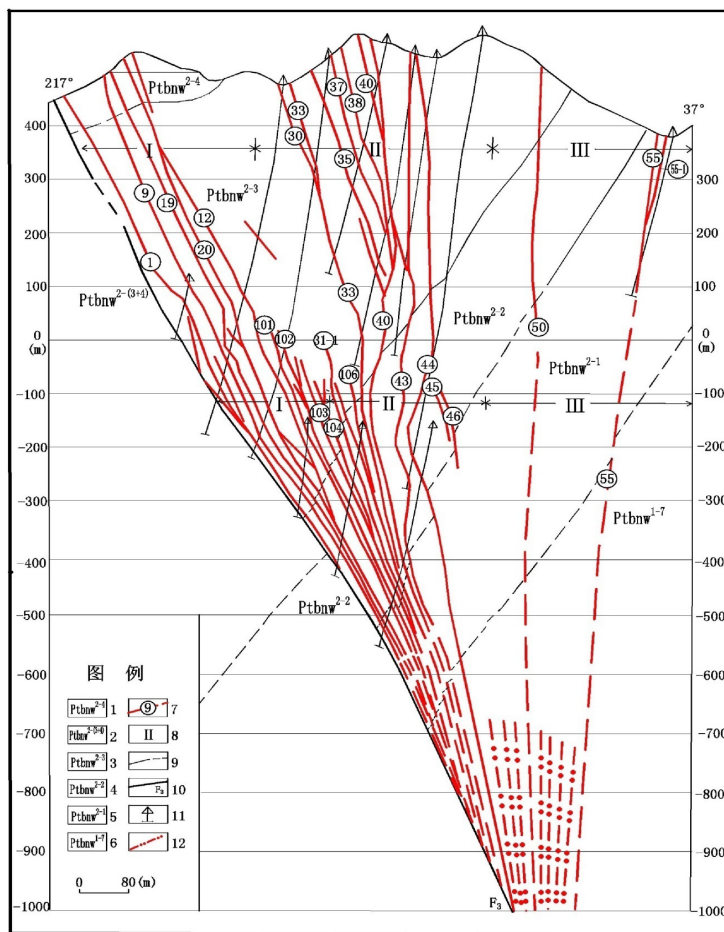
冬暖夏凉，负氧离子含量高，常年不断的涓涓细流，赏心悦目。矿区内山上植被覆盖浓密，整体植被覆盖率大于 85%，以杉木、马尾松、阔叶树、楠竹、油茶林及灌木等为主。耕地零星分布于渣滓溪上游两岸的缓坡地段。适宜生态种植和生态旅游。

矿山属构造侵蚀低山丘陵地貌。总体地势，北高南低，山包连绵起伏。最高点为东北部的山包，高程为+623.5 m。最低为矿山南部的江溪冲居民区，高程约+270 m (为当地最低侵蚀基准面)。矿山地貌单元类型较多，微地貌形态较复杂，自然排水通畅，地形坡度一般 30°左右，相对高差较大，地面倾向与岩层倾向基本一致，但岩层倾角大于地形坡度。工程地质水文地质环境地质良好，适合人类林间康养。

### 3. 矿山开采历史与现状

#### 3.1. 矿床基本情况

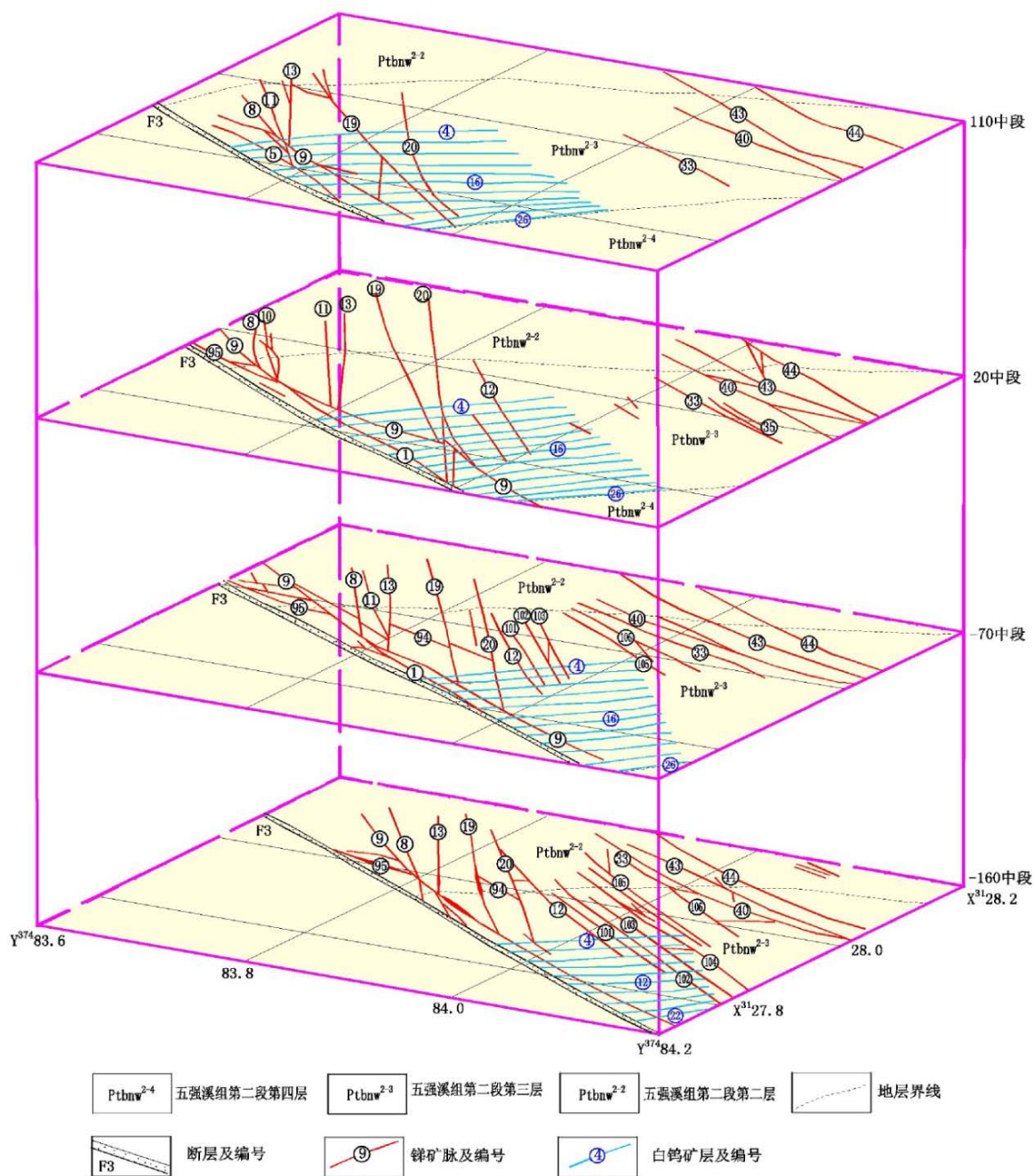
根据矿体形态、产状及控矿地质特征，矿床类型分为裂隙充填脉状锑矿床、层控节理充填细脉型钨矿床。锑矿化受断裂控制，以 NW 向组含矿最佳；两组断裂相交汇部位，大多数矿化增强；F3 为区内控矿断裂；白钨矿(化)层与岩层产状一致，受岩性控制明显。锑钨矿脉特征见图 2、图 3。



1. 板溪群五强溪组第二段第4层 2. 第二段第2+3层 3. 第二段第3层 4. 第二段第2层 5. 第二段第一层 6. 五强溪组第一段第7层 7. 锑矿脉及编号 8. 脉组号 9. 地层界线 10. 断层及编号 11. 钻孔位置 12. 推测隐伏矿脉

Figure 2. Characteristic distribution diagram of vein group (according to Wu Mengjun in 2020)

图 2. 矿脉组特征分布示意图(据吴梦君 2020 年)



**Figure 3.** Schematic diagram of spatial distribution relationship of ore veins (according to Wu Mengjun in 2021)  
**图 3.** 各矿脉空间分布关系示意图(据吴梦君 2021 年)

钨矿石金属矿物主要有辉钨矿，次为黄铁矿，微量金属矿物有黑钨矿、闪锌矿；脉石矿物主要为石英，次为碳酸盐矿物(方解石、白云石)、绢云母及少量绿泥石等。钨矿石金属矿物主要有白钨矿，次为黄铁矿，微量金属矿物有黑钨矿；脉石矿物主要为石英，次为碳酸盐矿物(方解石、白云石)、绢云母及少量绿泥石等。矿石的化学成分简单，据辉钨矿和白钨矿单矿物、钨矿组合样分析(表 1)；据危机矿山工作白钨矿组合样分析(见表 2)，辉钨矿石中，除伴有银矿外，未发现有害杂质及可供利用的有益组份。开采利用对环境污染小。

**Table 1.** Statistical table of analysis results of various elements of antimony ore combination samples**表 1.** 锑矿组合样品各元素分析结果统计表

元素	Au ( $\times 10^{-6}$ )	Ag ( $\times 10^{-6}$ )	Pb ( $\times 10^{-2}$ )	Zn ( $\times 10^{-2}$ )	As ( $\times 10^{-2}$ )	WO <sub>3</sub> ( $\times 10^{-2}$ )	Bi ( $\times 10^{-2}$ )
含量	0.0671	3.0147	0.0132	0.0444	0.0488	0.01	0.0056

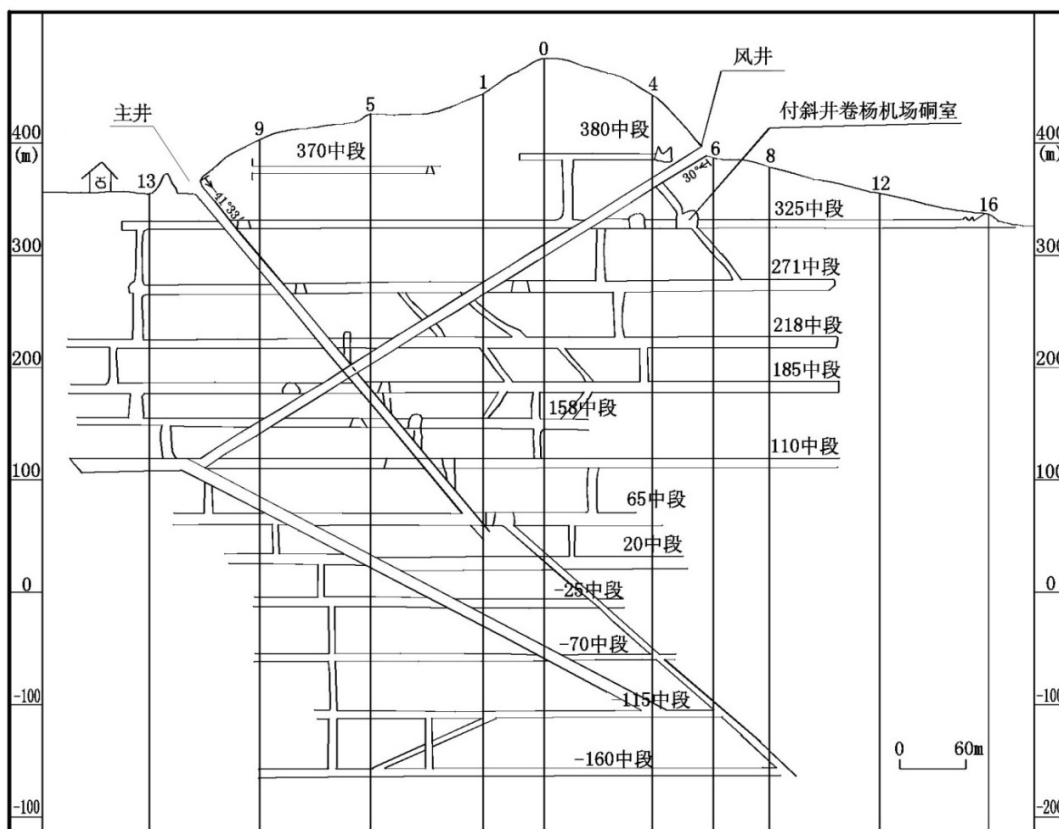
**Table 2.** Statistical table of element analysis results of scheelite combined samples**表 2.** 白钨矿组合样品各元素分析结果统计表

元素	Au ( $\times 10^{-6}$ )	Ag ( $\times 10^{-6}$ )	Sb ( $\times 10^{-2}$ )	Pb ( $\times 10^{-2}$ )	Zn ( $\times 10^{-2}$ )	Bi ( $\times 10^{-2}$ )	As ( $\times 10^{-2}$ )
含量	0.06	0.562	0.165	0.0020	0.0062	0.0009	0.018

### 3.2. 矿山开采历史及开拓技术方法

渣滓溪锑矿自 1906 年发现并开采以来, 已有一百多年的开采历史。据矿山资料, 现有矿石量可服务 10.9 年。

矿山严格按照采矿权范围布置开采。矿山为地下开采, 采用平硐+斜井联合开拓, 采矿方法为浅孔留矿嗣后充填法和削壁充填法, 在 I 脉组厚大的矿体采用上向水平分层尾砂胶结充填法(见图 4)。

**Figure 4.** Schematic diagram of mine development system (according to Wu Mengjun in 2021)**图 4.** 矿山开拓系统示意图(据吴梦君 2021 年)

选矿为单一浮选, 选矿厂设计处理能力 800 t/d, 目前实际处理能力为 500 t/d。未建钨选系统。矿山

拥有自建冶炼厂，主要产品为锑锭，冶炼工艺为火法炼锑，设计最大产能 5000 吨/年，实际年生产量 2019 年已经达到 5000 吨/年。

### 3.3. 矿山基础设施条件

渣滓溪锑矿经 7 m 宽水泥公路与 S308 相连，长约 2 km，矿区有商店、篮球场、职工食堂等配套设施。矿山矿部、选厂常住人口约 210 人，其他职工居住于奎溪镇上的职工安置小区，工人主要采用摩托车、汽车等交通工具往返于职工小区与矿山之间(见图 5)。

矿区生产、生活用水通过红旗村泵站和木榴壤溪河泵站供水，建有漾溪河引水工程和内供水循环系统，调度系统全面实现自动化，可在旱季启用以维持矿山正常生产、生活用水。采用专线供电，从奎溪变电站新架设 35 KV 专用线路至矿区，新建 35 KV 变电站一座，站内为一台 5000 KVA 主变。站内按单母线方式分段运行，两段母线间设置联络开关。另自备 1 台 500 kw 柴油发电机，可应急启用维持矿山生产生活。

根据已掌握采矿权分布情况，目前渣滓溪锑矿周边 10 km 范围内无其他在生产矿山。



Figure 5. Zhazixi antimony mine staff community (according to Wu Mengjun, 2020)  
图 5. 渣滓溪锑矿职工小区(据吴梦君 2020 年)

## 4. 绿色矿山建设现状及亮点

渣滓溪锑矿为合法的地下开采，采用平硐+斜井联合开拓，采矿方法为浅孔留矿嗣后充填法和削壁充填法，在 I 脉组厚大的矿体采用上向水平分层尾砂胶结充填法。矿山开拓有 18 个中段，现有开拓系统已延伸到-115 中段，最大采深 540 m (-340 m 标高)，生产探矿已延伸至-205 中段。设计年生产能力为 7.5 万吨，实际年生产量 6 万吨/年。矿山长期以生态环境保护优先，以绿色发展为理念，在矿容矿貌、矿区环境保护、资源开发及综合利用、科技创新与数字化矿山、企业管理与企业形象等方面持之以恒推进发展，不断提升矿区生产生活生态环境及矿山机械化、智能化生产能力，加强资源综合开发利用，坚持安全生产，抓好企业职工与周边居民认同感、获得感，方方面面已达到绿色矿山建设要求。

### 4.1. 矿容矿貌好

#### 4.1.1. 功能区布局好，标识牌齐全

矿部办公室及采、选工业广场选址于主斜井附近，场地相对开阔平坦，该处工程地形地质条件较好，

生产较方便。生活区选址于远离矿区 5 km 外的奎溪镇,受矿业活动影响小,交通便利,生活方便。

矿山在总体规划具体布置时,根据地形地貌特征,将各设施按不同功能和系统分区布置,构成一个相互联系的有机整体,严格按照国家标准实行生产区、管理区、生活区和生态区等功能分区,不在规定的禁止、限制开采范围,符合《安化县土地利用总体规划》要求,达到绿色矿山建设标准(见图 1)。

矿山按照《矿山安全标志》在矿区范围内各区域树立或安插提示牌、说明牌、线路示意图牌等相关标志标牌,各种标示标牌齐全。

矿区范围内已完成了老尾矿库闭库复垦,采、选、冶各分厂花园式厂房改造,冶炼厂后山绿化(植树造林 72 亩),矿区各水泥干道、生活区、办公区绿化等工作,绿化植物搭配合理,达到绿色矿山建设标准。

矿区道路均为水泥路面,各生产单元之间均有水泥路直达,路面平整,宽度 4 m~7 m 不等,路面整洁美观,道路扬尘问题得到较好的控制,满足矿山生产生活要求,达到绿色矿山建设标准。

#### 4.1.2. 防尘降噪措施得力,效果好

矿区粉尘来源可分为地面粉尘和井下粉尘。地面粉尘主要来源于破碎机进料口、卸料口、地面运输和冶炼厂。

地面破碎机进料口、卸料口上方通过安装洒水抑尘的处理设施,合理调节尾矿放矿口,经常保持尾矿的湿润,筛分时采用洒水抑尘,采用湿磨式球磨工艺,降低产生粉尘量。同时,制定了破碎机、选矿车间清洗制度,要求每天完成选矿工作后,及时对车间进行清洗。地面运输采用汽车+管道联合运输,汽车主要对少量废石、锑块矿、生产辅助材料进行运输,将汽车行使速度控制在 30 km/h,运距 600 m 以内;管道运输系统主要承担矿山锑精矿、锑氧等易污染材料的运送,从锑精—锑氧—精锑全过程采用封闭管道输送,既减少了运输途中的损耗,也减少了汽车运输扬尘对环境的污染。冶炼厂为断续式全自动输送,采用德国西门子 S7-200 系列 PLC 总控除尘器,当中间仓内粉尘达到上限位时,输送系统自动停止送料,并发出声光报警信号,确保粉尘排放达到国家相关规范和标准。

井下粉尘主要来源于坑内采掘作业、凿岩爆破、矿岩装卸、放矿运输等。一是采矿采用湿式作业方式,在产尘点及通道加强洒水、喷雾,提高坑内空气的含水率;二是引进了水封爆破技术,极大的降低了爆破后粉尘与有毒气体排放量。根据监测结果,各作业面粉尘产生浓度小于 50 mg/m<sup>3</sup>,粉尘产生量为 10.8 kg/h (77.8 t/a)。同时,在井下设置了通风除尘设施,经通风机排出风的粉尘浓度小于 2 mg/m<sup>3</sup>。

矿区噪音来源包括地面噪声和井下噪声。地面噪声来源于选厂和地面高噪设备。其中选厂噪声主要来源于破碎机、球磨机、筛分、水泵等,其噪声值范围在 90 dB (A)~130 dB (A)之间。通过换购低噪声设备、基础减震、建筑隔声、设置隔声罩等降噪措施,设置绿化带隔声,大大降低了地面高噪设备影响,保障厂界噪声达标。

井下噪声主要来源于凿岩、爆破、通风、运输、井下水泵排水等生产过程,噪声值范围为 100 dB (A)~115 dB (A),对地面影响很小。

矿山通过加大资金投入、加强管理,技术、设备不断完善,严格落实了项目《环境影响报告》对采矿和选矿生产产生的粉尘、噪声的处理控制,各项排放指标均符合国家有关标准,绿色矿山建设效果好。

## 4.2. 矿区生态环境保护好

### 4.2.1. 矿区生态环境恢复治理措施得力,效果好

矿山按照“因地制宜、边开发边治理”、“预防为主、防治结合”、“在保护中开发、在开发中保护”、“统筹规划、突出重点、分段实施”的原则,矿山实施了一系列矿山生态环境恢复治理工程。针对地形地貌影响,通过提升采矿工艺、加强采矿人员能力水平,减少井下废石出窿率;对出窿废石堆合理利用,及时回填至井下采空区,减少地面废石堆放;及时对已闭矿尾砂库进行综合治理,完成了老尾



矿库治理及复垦工作。针对水土污染问题,通过提升和改造生产工艺、严格控制“三废”排放、优化“三废”综合利用和厂区功能布局,实现了全矿区“三废”的达标处置,最大程度上控制了“三废”对矿区周边水土的影响;建立了长效的矿山地质环境监测工程,施工了矿区地下水水质监测井、落实了土壤污染监测制度以及政府监管体系、群众监督机制,全面防范水土污染潜在风险。

矿山开采主要在地下进行,对土地资源影响较轻,对地表的扰动较轻,工程地质条件较好,矿区目前无崩塌、滑坡、泥石流地质灾害,未来发生崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害的可能性小。

渣滓溪锑矿生产过程中产生的固体废物主要为废石、废渣和尾砂。设置了临时废石场、尾砂库、危险废物暂存区、煤渣暂存间、铅渣暂存间、泡渣暂存间、碱渣暂存间、水淬暂存间等固废堆存场所。其中,采矿井井下正常生产采切工程产生的废石不出窿,直接用于回填留矿法采场空区,未运送至地面,地面废石主要来源为选厂手选废石,年产生量 57,000 t/a (190 t/d)。选冶厂尾砂的产生量约 14.21 万 t/a (容重  $1.6 \text{ t/m}^3$ ),通过管道将尾砂排入石板冲尾矿库。冶炼产生炉渣量约为 6000 t/a。生活垃圾则集中收集后由当地环卫部门集中处置。

渣滓溪锑矿生产过程中废水具多源性。其中矿坑涌水较少,约  $388 \text{ m}^3/\text{d}$ ,其主要污染物为锑,含量约为  $19 \text{ mg/L}$ ;冶炼间接冷却水产生量约为  $1920 \text{ m}^3/\text{d}$ ,其主要污染物为硫和锑,其中约  $296 \text{ m}^3/\text{d}$  送至尾矿库与选矿废水一起沉降外排;鼓风机炉渣冲渣水产生量约为  $64 \text{ m}^3/\text{d}$ ,其主要污染物为硫和锑。

渣滓溪锑矿已完成雨污分流系统建设,井下涌水、尾矿库溢流水设置了收集、回用系统。所有循环水池均有设置溢流口,当水量达到一定的量后溢流出的水统一进入厂区污水处理站处理。临时废石堆已建设淋滤液集水池及回用系统,不能回用的汇集至污水处理站。生活污水经化粪池处理后进入污水处理站。初期雨水(指在降雨形成地面径流后前 15 min 收集的厂区受污染区域的地面雨水)经集水沟汇入反射炉车间旁建的  $200 \text{ m}^2$  初期雨水沉淀池,经沉淀处理后泵入高位水池回用。

矿山在老尾矿库下游设置了矿区排水和废水回用处理系统,矿区其他废水均收集至调节池后经污水处理站处理,所有污水达到《锡、锑、汞工业污染物排放标准》后由总排污口直接排入渣滓溪,污水处理站污泥(属于一般固体废物),暂存于尾矿库。渣滓溪锑矿对废水进行了 100% 达标处置(见图 6)。



Figure 6. Sewage treatment station (according to Wu Mengjun, 2020)

图 6. 污水处理站(据吴梦君 2020 年)

渣滓溪锑矿“废气”主要来源于选冶厂。矿山日处理锑精矿 40 吨,精矿含硫 25% 左右,扣除进入锑硫的硫,则产生尾气含  $\text{SO}_2$  16 吨,每小时  $16/22 = 0.8 \text{ T/h}$ ,矿山鼓风机尾气烟量为  $48,500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。废气处理流程为鼓风机、反射炉 - 冷却系统 - 布袋收尘 - 脱硫系统 - 爬坡烟道 - 烟囱(见表 3)。

**Table 3.** List of waste gas pollution source analysis and treatment measures of Zhazixi antimony mine  
**表 3.** 渣滓溪锑矿废气污染源分析及处理措施一览表

废气排放源	主要污染物	处理措施及排放去向	
反射炉废气	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、铅及其化合物、锑及其化合物、砷及其化合物	表冷 + 布袋除尘 + 脱硫系统	两股废气脱硫后, 共用 160 m 爬山烟道至山顶, 通过 22 m 高排气筒排放
鼓风机废气		表冷 + 布袋除尘 + 脱硫系统	
配料系统	颗粒物	布袋除尘器除尘	除尘后通过 15 m 排气筒排放
无组织废气	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、铅及其化合物、锑及其化合物、砷及其化合物	/	

#### 4.2.2. 监测预警系统提醒及时

实时监测: 废水废气实时监测检测系统、委托第三方单位检测以及市县环保部门不定期抽查。其中: 水质在线连续监测系统, 由第三方益阳添源环保科技有限责任公司负责运行维护, 监测指标包括总锑、总砷、pH 值和流量四项数据。

水污染监测工程: 监测内容包括地表水质监测(监测矿坑水、居民饮用水、选矿废水水质)及地下水水质监测(加强老尾矿库、新尾矿库下游的地下水水质监测)。频率为每季度监测 1 次直至矿山闭坑, 取水样进行全分析, 如发现变化进行加密监测。

土壤污染监测工程: 监测矿山建设、废石、矿石、尾矿等固体废弃物的排量及其综合利用量、堆放位置、现有废石堆、尾矿库情况, 周边的土壤环境状况等。巡视监测频率为每半月监测 1 次, 土壤取样监测为每季度 1 次直至矿山闭坑, 发现变化进行加密监测。

地质灾害监测工程: 主要监测矿区地面的高陡边坡和泥石流沟, 成立巡视值班领导小组, 办公室下设保安部办公室, 派专人定期巡查。监测频率为枯水期 1 月 1 次, 雨季为 1 个月 2 次, 汛期预警期间值班人员 24 h 值守。

### 4.3. 资源开发及综合利用好

#### 4.3.1. 节能降耗效果好

渣滓溪锑矿成立了以生产技术部为核心的能耗核算部门, 涉及采选冶的能耗全过程监控, 建立了完善的日常、月度、季度、年度能耗指标台账报表, 报表整合了采矿、选矿、冶炼等经济指标。根据矿山能耗报表显示, 2012~2018 年矿山采矿平均能耗 27.3 Kw·h/t 矿, 达到 GB50595-2010 规定的三级能耗指标要求; 选矿能耗 35.8 Kw·h/t 矿, 高于国家标准规定的三级能耗指标(见表 4)。

**Table 4.** Statistics of mining and beneficiation energy consumption of Zhazixi antimony mine from 2012 to 2018  
**表 4.** 渣滓溪锑矿 2012~2018 年采、选矿能耗统计表

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均	综合能耗指标
采矿能耗 (Kw·h/t 矿)	25.3	28.8	27.5	27.5	27.6	25.7	28.4	27.3	34.9
选矿能耗 (Kw·h/t 矿)	33.73	32.56	41.34	36.19	35.28	36.35	34.84	35.8	21~26

综合能耗指标来源: 《有色金属矿山节能设计规范》(GB50595-2010)  
 地下开采综合能耗指标计算公式:  $P = P_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 + D$

### 4.3.2. 选矿(加工)工艺先进

选矿工艺破碎采用两段一闭路碎矿流程(含手选作业,与单一锑矿石共用一个破碎系统),并引进了智能选矿系统;磨矿为一段闭路磨矿分级流程(与旋流器构成闭路);浮选为先浮锑,后浮钨,锑浮选为“一粗二精二扫”,中矿顺序返回流程;浮选锑精矿用砂泵扬送至冶炼厂进行脱水,流程为浓缩机加陶瓷过滤器两段脱水;浮选尾矿进行白钨浮选,采用“一粗二精二扫”,中矿顺序返回流程;浮选粗精矿(俗称低度钨)采用彼得洛夫法加温解析、精选,得到白钨精矿,再经盐酸浸出脱磷、洗涤、脱水,得合格白钨精矿(见图7)。浮选尾矿及加工精选尾矿合并后用砂泵输送至尾矿库。



Figure 7. Floating mill workshop of concentrator (according to Wu Mengjun, 2020)

图7. 选矿厂浮磨车间(据吴梦君 2020年)

### 4.3.3. 冶炼工艺环保

冶炼工艺主要包括制球工序-鼓风机熔炼-反射炉精炼-SO<sub>2</sub>治理四个环节。其中,制球工序具体可分为原料储存、原料与粘结剂按配比混合、输送、压制成型、干燥等环节;鼓风机熔炼工序具体包括精矿或块矿的运输、熔剂配比、炉顶进料、清理鹅颈、敲打布袋等工作内容;反射炉精炼工序具体包括锑氧粉与还原煤配比、进料、扒渣、除砷、除铅、精锑铸锭、产品包装、反射炉作火、敲打布袋等工作内容;SO<sub>2</sub>治理具体包括石灰乳制备、JX多相反应器运行、治理后废水净化回用等内容。改进后的采、选、冶工艺在自动控制化、机械作业化程度上已达到目前国内同行业较先进水平,并兼顾了国家环保及职业健康防护要求,符合规范及相关标准要求。

### 4.3.4. 共伴生资源综合利用保护好

矿山目前仅对锑资源进行开采,因矿床内锑、钨呈异体共生,井下采锑过程中对钨矿体破坏小,钨矿资源得到了有效的保护。少量钨矿因巷道掘进而顺带采出,在选矿过程中运用先进的工艺,对钨矿进行选冶,钨矿综合回收率达86.18%,最大化利用矿山资源。虽暂未对共生钨资源进行开采,但矿山开采过程中钨矿体得到了有效的保护,并预留了开采、选冶工程条件,共伴生资源综合利用情况符合复绿矿山建设标准。

### 4.3.5. “三率”指标达标情况优秀

据前418队2018年5月提交的详查报告数据显示,矿区采矿贫化率15%,采矿回收率92.83%。选

矿回收率 95.24%，冶炼回收率 95.19%。目前渣滓溪铋矿未对钨矿进行开采。顺带采出的钨矿通过工艺进行综合回收，回收率达 86.18%。渣滓溪铋矿采选(冶)过程中产生的废石、尾矿、废渣等固体废弃物处置率达到 100%。除尾砂外，其他固体废弃物接近零排放。

#### 4.4. 实现了科技创新的数字化矿山

##### 4.4.1. 科技创新有成效

渣滓溪铋矿一直致力于科技创新研究，设有专项资金服务于科技创新，每年投入不低于 3% (不低于 800 万元)的营业收入。主要投入项目包括浮井下岩爆预测预防研究、厚大矿体采矿方法研究、深边部详查及近外围普查、选矿控矽降铅试验、简单尾砂充填工艺应用、括浮选工艺改进、矿区压风系统改造、运输皮带清扫器改造、井下存窿矿回收方法研究和应用及高品位块矿选矿工艺研究和应用等。同时，自 2011 年起，矿山累计投入资金 3.2 亿余元，用于开展“渣滓溪铋矿节能环保技改工程”项目，科技创新投入占 40%以上。建立完善的科技创新组织机构、资金投入机制、人才引进机制与创新奖励办法，鼓励科技创新，并配备有专门的科技研发队伍，推广转化科技成果。使绿色矿山建设可持续发展。

##### 4.4.2. 数字化矿山见真章

渣滓溪铋矿自 2011 年起全面开展“渣滓溪铋矿节能环保技改工程”项目，包括采矿技改工程、选矿工程、冶炼工程、废水治理工程、供电工程、供水工程、新尾矿库工程和总图布置工程八大工程，累计投入资金 3.2 亿余元。采矿机械化率达 42.67%，掘进机械化率达 43.07%。完成了安全避险“六大系统”以及排水、通风、掘进、冶炼等系统建设和升级改造。建立数字化资源储量模型，对矿山资源储量实行动态化管理，实现地质矿产资源的精准化管理。

#### 4.5. 企业担当有责任

##### 4.5.1. 企业诚信显担当

渣滓溪铋矿按现代企业制度运作，实行董事会领导下的总经理负责制。矿山一直致力于不断改进各项生产经营过程管理制度，修订完善了资源开发利用、环境保护、土地复垦、生态重建、安全生产等方面的规章制度和保障措施，编制了矿山《管理制度汇编》，包括办公、生产、经营、安全环保等 10 大类、121 项规章制度，为矿山创建“绿色生态矿山”制定了制度化、专业化、规范化、科学化的职工行为准则。不定期组织应急演练，强化安全生产和应急处置能力；聘请国内外专家座谈指导，不断提升企业生产能力与管理水平。2011 年，矿山获颁“有色金属行业先进工作集体”。2012 年 2 月 17 日，党委书记总经理曾庆彬荣获益阳市“年度杰出经济人物”。2013 年 5 月被评定为“国家非煤矿山安全生产标准化二级企业”。2013 年 6 月，被评定为益阳市非煤矿山分会会长单位。矿山建有规范的档案室专人管理，建立有完善的管理体系，针对资料查阅管理、保密、保管等设立完善的制度规范，各类报表、生产台账、档案资料齐全、完整。2018 年 9 月获颁湖南省“守合同重信用”企业。2021 年 2 月 3 日湖南省自然资源厅正式下文公告，湖南省 2020 年绿色矿山建设达标矿山。本次湖南省通过 48 家矿山企业绿色矿山建设达标，渣滓溪排序第 23 位，其中 48 家中，仅渣滓溪为部级发证矿山。

##### 4.5.2. 矿地融合显和谐

矿山在自身发展的同时，积极履行社会责任，采取多种方式，积极促进对矿区群众的教育、交通、就业、生活等支持力度，不定期组织职工无偿献血，全力支持公益活动。矿山设有专项资金用于扶助地方公益活动，支援新农村建设，提升周边村民生活水平，每年公益性投入不低于 30 万元。2017 年，矿山投入 52 万元用于社区水毁公路修复、河堤修建、修建爱心桥等；2018 年投入 38 万元支援 308 省道公

益植树、社区饮用水系统改造、助残助学等；2019年公司帮助周边村民修路3处，修桥1处，资助困难家庭16.8万元。通过各种公益行为，大幅度地提升了企业的形象，增加了社区群众的认同感。同时，渣滓溪锑矿消防队一直以来负责矿山周边10公里左右范围内的消防工作，2019年共计参与周边消防救援7起，为加强消防减灾能力，2019年公司对消防队进行设备更新、消防人员培训和消防车维修升级，投入资金75万元。

同时，矿山设有外部环境协调专员，安排专职人员进行上门访问告知，矿山领导可随时接受群众询问，积极疏通矿地联络通道，妥善处理各种纠纷，并与社区建立协作机制，建立了完善的群众满意度调查机制，矿山未发生重大群体性事件，与社区居民关系和谐融洽，多年群众满意度达95%以上。

## 5. 后矿山时代渣滓溪锑矿绿色建设思路

### 5.1. 矿山生命周期设防

矿产资源开采为社会经济发展做出了非常大的贡献，但是因为过度开采会导致生态环境恶化，越来越多的矿山已经陆续闭坑停采[17]。采矿活动破坏了大量耕地和建设用地，采矿诱发地质灾害，采矿造成了矿区水污染问题[18]。对于处于后矿山时代的绿色矿山建设，要根据矿山地质环境影响现状评估和预测评估结果，采用“区内相似，区际相异”原则进行矿山地质环境恢复治理分区，针对不同等级的区域划分采用相应治理措施[19]。企业要在政府指导下，科学规划、采用科学、绿色开采技术，实施无废生产、少废生产，废石充填废弃巷道及塌陷区，废石资源化利用，减少废石堆排形成的问题灾害链[20]。企业排放的污染物质其实就是未能利用的资源。要加强资源综合利用。要制定矿区本底调查技术指南并明确实施要求。通过本底调查，预先查明矿业活动需要保护的敏感目标(地质-文化遗迹、稀有植物资源、受保护的动物等)及分布，为矿山生命周期性环境治理提供基准数据支撑。加强基于矿山生命周期的环境动态监测。建立政府矿山环境监管在线系统，特别是加强矿山建设运营期间的环境管理监督，完善矿业活动环境影响后评价管理体系[20]。

每个矿山都有其生命周期，渣滓溪锑矿从保有的资源量来推算，还有10.9年的矿山周期，虽然进行了边深部勘查工作，证实了深部还有富厚的矿体，但矿产资源开采的外部成本、隐性成本、长期成本和高机会成本在资源价格体系中处于开采综合成本高位状态。政府和企业要从“矿业思维”转变为“后矿山时代发展思维”。所以渣滓溪锑矿绿色发展方式转变要有更高的顶层设计和政策支持。

一方水土养一批人，渣滓溪锑矿现有从业人员1156人，在册职工743人，主要收入来源于矿山经济效益，如果矿山闭坑，一大批人将处于歇岗状态，产业转型思考正当时。政府与企业要从矿山生命周期的后期考虑后矿山时代的转型。

一是政府要对渣滓溪锑矿未来转型提供顶层设计。要利用“黄金十年”的生命周期转型为绿色矿山建设的标杆企业。消化、细化目前专项系统针对绿色矿山建设的国家配套支持政策，在用地、金融等支持政策细化落地；加大资源综合利用增值税优惠范围，实行资源税与资源回采率挂钩，加大企业所得税在环境保护、节能减排等方面的优惠幅度。

二是政府要加大政策调控机制。通过完善外部市场和政府的公共服务体系和技术创新体系，切实提高矿山企业自身的创新能力和合作创新、开放创新能力。要将解决激励问题的结构性政策与提升能力的功能性政策有机结合，相互促进。加大依据产业发展及外在环境变动而进行的政策动态调整机制力度，从后矿业时代企业转型制定扶持政策。通过优先推出、重点推出既有利于保增长又能够促进调结构的相关政策，实现稳增长和调结构的协调推进。

三是企业要有应对后矿业时代企业转型的发展思虑，要积极谋划新时代矿业发展与国家战略及企业

生存的辩证关系中谋划企业发展之路，得到政府的支持和帮助。将矿业绿色发展与高质量发展切实导向“新市场”“新技术”“新业态”“新经济”的研究开发，将政策资源导向通用技术和技术融合领域，引导市场向创新型而不是生产型领域的转型。

## 5.2. 后矿山时代建设建议

渣滓溪锑矿已经步入后矿山时代，产业转型势在必行。笔者做好全县矿业管理之余也经常思考渣滓溪锑矿后续发展，以下几点不成熟的建议能起到抛砖引玉的作用也就深感安慰。

一是定位于“安化县绿色矿山生态公园+”的目标。渣滓溪锑矿前期绿色矿山建设已经处于标杆示范引领地位，无论从矿容矿貌还是资源综合利用、科技创新等方面都已经达到天花板，再投入勘查和深部开发成本太高，重要的是在“黄金十年”期内从“矿业经济”转变为“绿色循环经济”、“低碳经济”。主打“绿色矿山生态公园+”主题目标。主要内容是：规划用地，对矿区周边的林地土壤精心调查，匹配与之相适应的经济林、果园、中药材等等，形成特色种植区域，规模大小要与政府支持力度相匹配，在土地使用和政策优惠要取得政府支持。十年树木，从现在开始就要去行动。利用现有的工程巷道，把渣滓溪锑矿文化、安化红色文化展现在巷道内，为未来红色教育、文化展示打下基础。利用现有的可视化六套管理系统，提高安全性能。

二是加强人才培养。对于未来产业转型，最需要的就是人才，企业要根据 1156 位员工的特长、年龄结构，根据产业发展需要，有意识地培训员工新的技能，为未来产业配套提供新的就业岗位，增强职工的幸福感和获得感。

三是争取政府的政策支持，把企业的税收投入到后矿业时代的产业转型建设中，实现矿社和谐。

## 6. 结论

1) 全产业链思考，一切以人为本，以终为始。绿色矿山建设，主导因素是矿山企业，矿山企业要根据矿山自身的特征和矿山生命周期，做好顶层设计，因地制宜、积极探索，将绿色矿业理念融入到勘查、开发利用与保护、管理各环节和全流程以及后矿山时代，以人为本，以终为始。渣滓溪锑矿是百年历史老矿山，为安化县经济发展和人员就业，无论从经济效益和社会效应以及绿色矿山建设效果，为安化县绿色矿山建设做出了榜样。形成了一套能复制推广的资源绿色开发和产业发展模式，从探矿增储到支撑服务矿山生命周期的资源保障和绿色建设，彰显了矿山企业正面形象，成为体现矿山企业经营管理综合水平的重要品牌和绿色矿山建设示范标杆。

2) 思维创新，技术创新，是绿色矿山建设的灵魂。技术创新是矿山企业实现绿色发展的根本出路，由“要素驱动”向“创新驱动”转变虽然会产生阵痛，但磨刀不误砍柴工，通过技术改造，给企业是几何级数上升的赋能。建设数字化智能矿山，利用信息网络技术、智能控制技术，提高了企业的劳动生产效率，降低了企业生产成本，尤其是安全成本和时间成本，实现了资源和能源高效利用，达到了“无渣”“无害”的要求。

3) 将“后矿山时代”纳入到绿色矿山建设议程，让绿色发展理念贯穿于矿产资源开发全过程，造福社会，造福子孙后代。渣滓溪锑矿绿色矿山建设过程中，已经开始考虑后矿山时代的建设，一方面促进资源开发与生态环境相协调，通过绿色矿山建设，将资源开发对矿区及周边生态环境扰动控制在可控制范围内，努力构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的绿色矿业发展模式。另一方面大幅提高资源利用效率、企业经济效益、社会环境效益，同时，努力促进矿地和谐，与矿区群众共享矿产资源开发收益和发展成果，真正实现开发一方资源，造福一方百姓。把“安化县绿色矿山生态公园+”的目标作为后矿山时代的主题，加强土地规划和产业规划，加强人才培养，加强技能培养，让绿色矿山建设在美丽乡村

村建设、基础设施改善等方面发挥积极作用,矿群和谐关系发生新变化,向社会彰显矿山企业正面形象,造福社会,造福子孙后代。

## 参考文献

- [1] 司芎,张应红,刘立,许书平,罗玲.新时代我国绿色矿山建设与发展的思考[J].中国矿业,2020,29(2):59-64.
- [2] 申文金,张文辉.“标准化”手段助力绿色矿山建设的探讨[J].现代矿业,2018,34(4):1-4+10.
- [3] 张玉韩,侯华丽,聂宾汗.大力发展绿色矿业,助推矿业可持续发展[J].中国国土资源经济,2016,29(11):27-29+15.
- [4] 刘建芬,杨德栋.“十三五”时期绿色矿山建设布局及优化策略[J].国土资源情报,2018(3):3-7.
- [5] 王琼杰.自然资源部发布九大行业绿色矿山建设规范[J].资源导刊,2018(7):37.
- [6] 王琼杰.绿色铺就矿业高质量发展之路[N].中国矿业报,2018-04-21(005).
- [7] 曾志芳,吴梦君,等.湖南省安化县渣滓溪锑矿绿色矿山建设方案(2020-2021)[R].益阳:湖南省安化县渣滓溪锑矿,2020.
- [8] 侯华丽,吴尚昆,蒋芳,等.关于新形势下绿色矿山建设规划的思考建议[J].中国矿业,2019,28(7):81-85+93.
- [9] 国土资源部.国土资源部关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见(国土资发[2010]119号)[Z].
- [10] 国土资源部,财政部,环境保护部,国家质量监督检验检疫总局,中国银行业监督管理委员会,中国证券监督管理委员会.关于加快建设绿色矿山的实施意见(国土资规[2017]4号)[Z].
- [11] 栗欣.国家级绿色矿山模式研究[M].北京:地质出版社,2014.
- [12] 马灿.绿色矿山建设中的企业责任[J].国土资源情报,2019(7):28-34.
- [13] 张英亮,张兄明.绿色矿山建设浅析[J].中国非金属矿工业导刊,2019(2):64-65+63.
- [14] 杨晓波,陈婷玉,杨焯宇,等.关于老工业基地矿业绿色发展的思考[J].国土资源,2019(6):16-19.
- [15] 史京玺.绿色矿山若干相关概念辨析[N].中国矿业报,2019-08-13(003).
- [16] 张宇.我国绿色矿山建设热点问题的实践解析[J].环境保护与循环经济,2019,39(10):3-4.
- [17] 王玉梅.闭坑矿山环境保护与恢复治理方案研究[J].中国资源综合利用,2020,38(10):143-145.
- [18] 刘金平,鞠志立.对我国矿山企业环境管理模式的分析[J].中国矿业,2008,17(6):37-38+48.
- [19] 李澎.闭坑矿山环境影响评价[J].河北化工,2019,42(11):115-118.
- [20] 柴星,王晨昇,王京彬.矿山生命周期性环境治理模式探析[J].中国国土资源经济,2021,34(4):29-33+40.