

绿色矿山设计技术要点研究

赵震宇¹ 王亮² 韩雨³ 王若含²

(1. 宁夏回族自治区国土资源调查监测院, 宁夏银川 750002; 2. 中关村绿色矿山产业联盟, 北京 100089;
3. 中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院, 北京 100083)

[摘要] 为实现从源头上规范绿色矿山建设,将绿色理念融入矿山建设全过程,探索绿色矿山设计的技术要点非常具有现实意义。关于绿色矿山的内容,存在设计范围不具体、设计工作无标准、设计要点不明确等问题。本文提出了绿色矿山设计的基本原则和总体要求,并从资源开发利用、节能降耗、废弃物管理、噪声防治、粉尘治理、生态环境保护等6个方面概述了设计要点;同时为了确保矿山设计的有效落实,从政策保障、人才保障、监管等方面提出保障措施。

[关键词] 绿色矿山; 建设设计; 技术要点; 保障措施

[中图分类号] F426.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-2423(2024)05-0092-05

DOI:10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2024.05.014

0 前言

为贯彻落实生态文明思想、践行绿水青山就是金山银山的理念,我国矿业推进绿色矿山建设以实现转型升级和绿色发展。建设绿色矿山,除了做好前期规划外,把绿色理念融入到设计、施工、监理等每个环节中也是不可或缺的,而绿色矿山设计环节是将建设项目进行全面规划及实施意图具体描述的过程,是保证绿色矿山建设成功的根本所在^[1-2]。

矿山设计是矿产资源开发中的一个阶段,也是矿山建设中的一个重要环节^[3-4],指在取得地质勘查成果的基础上,为保证矿山建设和生产顺利而进行的全面规划工作,根据矿床赋存状况和经济技术条件,选择技术可行、经济合理的矿产资源开发方案。

传统的矿山设计主要需要满足安全性、经济性、建设性、环保性、系统性等要求,因此首先需要确定矿山生产规模、服务年限、工艺流程、产品方案等,其

次要确定矿床开拓方案、采矿方法、矿石洗选加工工艺、主要矿山设备、地面及地下工程布置、动力供应、给排水和施工组织等方面,最后通过核算建设投资、编制单项工程设计和施工图等方面内容确定出合理的方案。传统矿山设计过程并没有从源头上充分融入“绿色”因素,因此建设后的矿山很难达到绿色矿山的全部要求。

绿色矿山不但要全方位考虑经济、社会、可持续发展等方面的因素,还要系统性考虑资源开发与环境保护的协调关系、保护环境所增加的成本以及对资源的综合利用等问题^[5-6]。目前,除九个行业《绿色矿山建设规范》外,绿色矿山规划、设计等标准并不健全,特别是缺少能够指导绿色矿山设计的相关技术要求,因此探索绿色矿山设计的技术要点是绿色矿山建设的当务之急。

绿色矿山的顶层设计使我国绿色矿山的建设取得了卓越的成效,但在矿山的工程设计过程中,关于绿色矿山的内容仍存在设计范围不具体、设计工作无标准、设计要点不明确等问题,本文将重点对绿色矿山设计技术要点进行研究与探讨。

1 绿色矿山设计

1.1 绿色矿山设计的基本原则

- 1) 应遵守国家法律法规和相关产业政策。
- 2) 在设计中应贯彻“绿水青山就是金山银山”“尊重自然、顺应自然、保护自然”“绿色发展、循环

[收稿日期] 2024-07-19

[作者简介] 赵震宇,宁夏银川人,博士,主要研究方向为矿山生态修复、绿色矿山建设。

[引用格式] 赵震宇,王亮,韩雨,等.绿色矿山设计技术要点研究[J].绿色矿冶,2024,40(5):92-96.

ZHAO Zhenyu, WANG Liang, HAN Yu, et al. Research of the technical points of green mine design[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2024, 40(5): 92-96.

发展、低碳发展”的理念。

3) 应坚持生态优先、资源优先的绿色开采理念,在资源开发过程中最大限度地保护环境^[7]。

4) 应按照减量化、再利用、资源化的原则,综合开发利用共生伴生矿产资源,科学利用和处置废弃物,发展循环经济。

5) 应贯彻“边开采、边治理、边恢复”的原则,及时治理恢复矿山地质环境,复垦矿山占用土地和损毁土地。

1.2 绿色矿山设计的总体要求

1) 应对矿产资源进行综合利用、分级利用和优质优用;对暂时不能利用的矿产及有用组分,进行合理保护。

2) 应选用有利于保护生态环境的绿色开采技术,充分考虑资源开发对环境的影响,减少废弃物排放,控制水土流失和地下水污染,预防地质灾害发生,减少土地和植被破坏,以及对生物多样性的影响。

3) 开采回采率应满足自然资源部发布的“三率”最低指标要求,开采回采率设计应统筹考虑环境保护与资源回收、后续生态产业建设之间的关系。

1.3 绿色矿山设计技术要点

1.3.1 资源开发利用

1.3.1.1 露天开采

1) 应按照“边开采、边治理、边恢复”的原则,合理布置采区,优化开采顺序及开采方式。应采用自上而下分台阶开采方式,并坚持“采剥并举,剥离先行,贫富兼采”的原则。露天开采中应科学确定工作面的推进方向,采取延缓外侧山体开采、人造景观遮挡山体创伤面、内凹式开采等措施,减轻开采对可视景观的不利影响。矿山开采与生态恢复应同时设计,开采工艺、采矿与边坡参数等设计应兼顾矿山修复治理设计的需要,充分考虑地形、地貌等因素,为后期生态修复创造条件。

2) 工作面符合质量标准要求,终了平台的留设应规范,为复垦绿化创造条件。

3) 宜考虑矿产资源市场变化的因素,设计低品位共生资源开发和保护方案,实现资源利用最大化。

4) 应采用降低剥采比的措施,提高剥、采、排效率,优化土地利用结构。

5) 应采用先进、精准的爆破技术,优化爆破参数,强化爆破工序与上下游其他工序综合设计,合理控制矿石块度级配。

6) 应采用对环境破坏小的爆破技术,降低爆破产生飞石、冲击波、振动、粉尘、噪声等对环境的影响。在最终边(帮)坡附近爆破时,应采用微差爆破、预裂爆破、光面爆破、定向爆破等方式。

7) 铲装作业应采用大型化、自动化铲装设备、挖掘机或装载机,有供电条件、采场条件的矿山宜采用电动铲装设备。

8) 运输系统设计应少占农田和林草地。综合考虑运输条件、环境影响、节能情况等因素,优先选用皮带廊道运输、溜井平硐等运输方式。

1.3.1.2 井工开采

1) 应采用有效减少大面积地表沉降或均匀沉降的采矿方法,宜选用充填开采、保水开采等开采工艺。

2) 应采用能耗低、噪声小、粉尘产生少、安全保护装置齐全有效的机械化采矿装备。井下生产宜选用电动设备。

3) 应根据矿体赋存条件、开采技术条件等设计安全、高效、节能、环保的开拓运输方案。

4) 初步设计中应根据采矿计划对采空区、塌陷区进行预测,为编写地质环境治理计划提供依据。

5) 应设计矿井水文监测系统,掌握矿井水变化情况。涌水量大的矿山宜采取井下封堵的方式减少矿井涌水量。

1.3.1.3 矿物加工

1) 选矿回收率应满足“三率”最低指标要求,分析同类矿种选矿回收率先进值,进行对标设计。

2) 应采用能耗低、自动化程度高、污染物产生量少的矿物加工工艺、装备。应对先进矿物加工工艺进行技术经济论证,因地制宜采用分级分选、提前抛尾(废)等工艺。

3) 宜在矿石破碎或入磨前采用智能分选技术对矿石进行预先富集。

4) 宜加强尾矿属性分析试验工作,开展尾矿规模化、资源化综合利用。

5) 应减少长链有机物、剧毒及含重金属离子的药剂使用。防止矿物、洗选助剂、污水扩散对环境产生不利影响,并设计相应控制措施。

6) 运输环节宜设计采用管道密闭集输工艺。采用交通工具运输时,应选用密闭的运输及装卸方式。

1.3.1.4 智能矿山建设

1) 应因矿制宜设计建设矿山开采、运输、排土、机电设备管理、后勤保障管理等服务一体化集控中

心,实现各子系统及运行状态集中显示。

2) 矿山宜采用无人驾驶矿车、智能采煤机等先进技术装备,逐步实现采矿、运输系统无人化和机械化。

3) 宜设计建立智能控制模型,实现对各个生产环节(如破碎、筛分、磨矿分级、选别、脱水等)及整个生产工艺指标(如精矿品位和回收率、有害成分控制等)的智能化生产和控制。

4) 应建设地质灾害监测预警系统,对矿山采场边坡稳定性进行实时监测,预防地质灾害发生。

5) 应按照环境监测的相关规定,对排土场、废渣场、废石场环境等进行动态监测。

6) 应设计采空区沉降动态监测方案,明确监测点位、监测方式、监测频次,宜建设自动化监测系统,为沉陷区的及时治理提供参考。

1.3.2 节能降耗

1) 应根据采选工艺的实际情况,分析各工艺过程的能耗情况,提出能耗控制要点,设计能耗控制措施。

2) 应选用高效率、低能耗的工艺技术和装备。优先选用大型化、自动化电液驱动设备和散装物料连续运输设备。

3) 应优化开采、运输、加工、堆存等工艺流程和设备配置,简化工艺线路,缩短工艺链长度。

4) 应充分利用周边条件及地势条件,因地借势,节约集约用地,优化开采、运输、加工、堆存等工艺布置,节约能源、缩短运输距离,避免倒运。选矿厂和排土场应尽量靠近采矿场。

5) 矿区生产、生活设施宜选用风能、光伏、势能等清洁能源。宜设计采用地热、乏风余热为进风井口空气预热热源。

1.3.3 废弃物管理

1.3.3.1 固体废弃物管理

1) 固体废弃物堆场应不占农田,不迁或少迁村庄。

2) 应对固体废弃物进行分类,并针对性设计收集、堆存、处置、利用方案。

3) 应对废石、废渣、废土、废泥的成分加强研究,设计对有用组分进行综合回收利用。

4) 对暂时不利用或者不能利用的固体废弃物,应设计安全分类堆存方案或采取无害化处置措施。

5) 宜设计尾矿堆存场所闭库后的生态修复方案,修复后的场地应与周边环境相协调,保证流域生态安全。

1.3.3.2 水资源保护与利用

1) 应对开采废水按照“监测-收集-回用-处理-排放”次序进行处置和综合利用设计。根据水质特征设计废(污)水处理系统,矿井水、生活污水处理站应具有完备的处理功能。

2) 矿物加工生产废水、生产工艺设备冷却水应全部进行循环利用。研究选矿废水、尾矿库库存水的循环利用系统,优化耗水量大的关键工艺环节,减少新水用量;根据废水水质、处理工艺及回用水点对水质的要求分质回用。

3) 应因地制宜对生活污水进行集中收集和处理设计。

4) 宜设计矿区雨污分流、清污分流系统。对矿区、排土场、煤矸石堆场周围和尾矿堆积坝下游坡与两岸山坡结合处应设截(排)水沟,应设置雨淋水收集池、沉淀池等设施。

5) 应设计完善的矿井排水系统,矿山生产过程中洒水降尘、充填泌水、煤层注水、黄泥灌浆等渗出废水应纳入矿井处理系统。

6) 雨水以及矿井水、疏干水、生活污水处理后应优先用于选矿用水、循环利用水、除尘用水、绿化养护灌溉用水等。

1.3.4 噪声防治

1) 应根据工艺过程梳理和分析噪声排放情况,形成噪声控制清单,根据不同的噪声源设计相应的噪声控制措施,实现对噪声全过程控制。

2) 在建筑平面布局中,应按照《以噪声污染为主的工业企业卫生防护距离标准》(GB/T 18083—2000)考虑噪声卫生防护距离。宜利用山体、建筑物等阻隔声波,降低噪声传播。

3) 高噪声设备宜相对集中地布置在远离管理区和生活区的地段,产生高噪声的车间应与低噪声的车间分开布置。产生高噪声的生产设施周围宜布置对噪声较不敏感、高大、朝向有利于隔声的建(构)筑物等。

4) 在噪声明显的关键部位或厂界附近,设计对高噪声设备采用部分或整体封装,在隔声屏罩、隔声围护结构内加装吸音材料等。对于有更高降噪要求的场合采用消声隔声箱,并在机组与地基之间安置减震器。

1.3.5 粉尘治理

1.3.5.1 凿岩、爆破

1) 应设计采取湿式凿岩、爆破喷雾、装岩洒水

和净化风流等综合防尘措施;在遇水膨胀、强度降低的岩层中掘进不能采用湿式凿岩时,可采用干式凿岩,但须配套一定的负压诱导收尘装备或通风降尘工艺措施;宜选用喷雾洒水和水封爆破技术。

2)井下无轨柴油动力设备排气管应设计废气净化装置。

1.3.5.2 铲装、运输、贮存

1)应设计采用喷雾洒水、密闭抽风等措施,防止铲装过程的粉尘的无组织排放。

2)运输道路宜设计洒水、路面保湿等降尘设施,在矿区出厂(场)处设置车辆冲洗设施。

3)矿石或废石贮存场所应设计建设防(抑)尘网设施或封闭车间。

4)尾矿库宜设计粉尘检测设施。尾矿库坝坡和平台应设计采取种植复绿、砾石覆盖、临时苫盖等措施减少扬尘和风蚀。

5)针对矿山露采工作面、临时表土堆放场等起尘面源,采取洒水、喷洒结膜型抑尘剂、覆盖抑尘等措施。

6)应设计全封闭储煤场,场内设洒水抑尘设施。矸石临时周转场宜设围挡、棚顶,形成半封闭场区,并采取洒水等抑尘措施。

1.3.5.3 矿物加工

1)破碎、筛分车间应根据周边环境设计采取封闭措施,破碎、筛分及输送设备应设计系统化除尘装备。对于破碎产生的粉尘,在设备密闭的基础上可设计采用湿法防尘与机械除尘联合除尘措施。

2)矿物加工采用干法生产时,应配备高效除尘设备,并保持与生产设备同步运行。

3)破碎筛分工段的矿仓顶部、破碎机的受料口及出料口等原料仓、缓冲仓或成品仓大型建筑物内应根据生产工艺的产尘特点,设计合理的除尘方式,配置高效的除尘装备。

1.3.6 生态环境保护

1.3.6.1 矿区生态环境系统

1)应对矿区绿化进行设计,矿区绿化应与周边环境相协调,绿化植物搭配合理。

2)宜利用矿区自然条件、地形地貌,建设花园、绿地等景观设施,因地制宜对矿区进行美化设计。

3)应系统性对采矿造成的地质灾害、地形地貌景观影响、含水层破坏、水环境污染、土地损毁等情况等进行预测评估,并提供处理方案。

4)地质环境治理后矿区的地形地貌应与当地

自然景观相协调。矿区所在流域水系畅通,矿区内外生物生境和景观生态连贯畅通。

5)应在水土流失预测及分析评价基础上,针对矿业活动引发水土流失的特点和造成危害的程度,采取有效的水土流失防治措施,把水土保持工程措施、植物措施和临时措施有机结合起来,把永久措施和临时措施结合起来。

1.3.6.2 矿区土地复垦

1)土地复垦需与当地自然条件相协调,可根据当地经济优势和资源禀赋植入产业,如发展光伏、仓储、旅游、建设用地、精准高标农牧业等。

2)应对矿区周边原始生态进行系统分析,如水文、地质、土壤、植被物种、生物类型、种群结构、特征等,制定自然修复的措施,为自然恢复生态系统创造条件。

3)矿区临时占用及用后归还集体经济组织的土地均应进行复垦建设。须充分考虑土地复垦方向与集体经济组织、当地农牧民的土地利用方向一致。

4)对复垦区的土地损毁、稳定状态、土壤质量、复垦质量等情况进行监测。

2 绿色矿山设计实施的保障措施

在指导设计单位设计绿色矿山时,为确保绿色矿山设计技术要点得到落实和实施,需采取综合措施进行保障。

1)政策保障:为了推动绿色矿山设计的健康发展,必须加强相关的法制化、规范化管理,法律法规的制定应贯彻各基层协调管理,不能出现断层,保障绿色矿山设计各环节有法可依、有章可循。

2)人才保障:为保障矿山设计的顺利进行,必须注重对各相关专业人才的引进,可与相关高校以及科研院所建立紧密的合作关系,一方面可作为设计顾问,另一方面可邀请相关专家做定期培训与不定期讲座,加强对矿山管理人员以及基层从业人员的培训与指导。

3)加强监管:绿色矿山主管部门应积极引导企业开展绿色矿山设计工作,使企业理解从源头上融入“绿色”因素的必要性的重要性。源头设计不但可以系统地将绿色矿山相关内容融入到矿山设计之中,减少后期“打补丁”,降低总体投资,而且还能达到建成便是绿色矿山的效果。

4)正确认识:矿山企业、设计单位都要正确理解绿色矿山设计技术要点的作用,绿色矿山设计技术要点不能代替传统设计,仅是对传统设计的约束

与补充。此外,也可按绿色矿山设计技术要点来检查所设计的矿山是否达到绿色矿山的要求。

5)严格执行:融入绿色矿山设计技术要点的矿山设计方案系统性地考虑了影响绿色矿山的因素,在建设过程中必须按照设计实施,保证设计与执行的一致性。

6)专人管理:建设绿色矿山必须配备专人,绿色矿山设计的执行也需要专人负责;专人管理制度可以明确管理人员的工作范围和职责,避免工作冲突和不必要的重复,同时需要优化管理流程和工作分工,健全评估机制,提高管理效率。

3 结束语

作为绿色矿山建设的“源头”工作,绿色矿山建设的设计不可或缺。本文从绿色矿山设计的重要意义、绿色矿山设计的技术要点、绿色矿山设计实施的保障措施三个方面对绿色矿山设计进行了阐述,使设计单位、矿山企业切实了解绿色矿山设计的必要

性、绿色矿山设计的着手点以及保证绿色矿山设计与执行一致性的方法,从而使矿山落地之日变为绿色矿山建成之时。

[参考文献]

- [1] 李争荣,冯兴隆,刘华武,等. 加强顶层设计创新引领绿色矿山发展[J]. 有色冶金设计与研究, 2019, 40(2): 10-13.
- [2] 张防修,尹有德,蒙涛. 精心设计打造绿色矿山[J]. 露天采矿技术, 2012(S2): 94-95,99.
- [3] 要书其. 浅谈构建绿色矿山的环保设计技术[J]. 河北煤炭, 2012(2): 1-2.
- [4] 王亮,胡婷婷,邓久帅. 绿色矿山评价指标实践研究[J]. 现代矿业, 2023, 39(1): 255-260.
- [5] 王亮,王勇. 从生态环境修复角度浅析矿产资源开发与环境保护关系[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(6): 68-73.
- [6] 邓久帅,王亮,王若舍. 绿色矿山资源与环境平衡体系研究:资源平衡篇[J]. 绿色矿山, 2(2): 130-135.

Research of the Technical Points of Green Mine Design

ZHAO Zhenyu¹, WANG Liang², HAN Yu³, WANG Ruohan²

(1. Ningxia Hui Autonomous Region Land and Resources Survey and Monitoring Institute, Yinchuan 750002, China;

2. Zhongguancun Green Mine Industry Alliance, Beijing 100089, China;

3. School of Chemical & Environmental Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: In order to standardize the construction of green mines from the source, it is of great practical significance to integrate the green concept into the whole process of mine construction and explore the technical points of green mine design. There are some problems in the content of green mine, such as the design scope is not specific, the design work is not standard, and the design points are not clear. This paper put forward the basic principles and general requirements of green mine design, and summarized the design points from six aspects: resource development and utilization, energy saving and consumption reduction, waste management, noise control, dust control and ecological environment protection. At the same time, in order to ensure the effective implementation of mine design, safeguard measures are put forward from the aspects of policy guarantee, talent guarantee and supervision.

Key words: green mine; building design; technical points; safeguard measures