



T/CECS XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

绿色砂石项目智慧化技术规程

Intelligent Technical Specification for Green Manufactured Aggregate
Projects

（征求意见稿）

****出版社

中国工程建设标准化协会标准

绿色砂石项目智慧化技术规程

Intelligent Technical Specification for Green Manufactured Aggregate

Projects

T/CECS-XXX-20XX

主编单位：水电水利规划设计总院有限公司

中国建筑材料工业规划研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2025 年××月××日

XXXX 出版社

2025 北京

前 言

《绿色砂石项目智慧化技术规程》(以下简称规程)是根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》(建标协字〔2024〕15 号)的要求,编制组经深入调查研究,认真总结实践经验,参考国内外先进标准和技术,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分 11 章,主要技术内容包括:总则、术语和缩略语、基本规定、总体架构、基础设施、智能开采、智慧砂石工厂、智能长胶廊道、智慧安防与环境监控、智慧化管理平台。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑材料分会归口管理,由水电水利规划设计总院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处,请将有关资料和建议寄送解释单位(地址:北京市东城区安定门外大街甲 57 号、乙 57 号,邮政编码:100011),以供修订时参考。

主编单位: 水电水利规划设计总院有限公司

中国建筑材料工业规划研究院

参编单位: 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

中国水利水电第八工程局有限公司

北京华科软科技有限公司

青岛颐杰鸿利科技有限公司

中国水利水电建设工程咨询有限公司

中国电建绿色砂石产业技术研究中心

绿色矿山技术与智能装备浙江省工程研究中心

中电建长峽(浠水)新材料有限公司

中电建(台山)绿色建材有限公司

中电建六局（漳州）环保新材料有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总 则	1
2	术语和缩略语	2
2.1	术 语	2
2.2	缩略语	4
3	基本规定	5
4	总体架构	6
5	基础设施	7
5.1	一般规定	7
5.2	通信网络	7
5.3	数据中心机房	8
5.4	监控调度中心	9
6	智能开采	10
6.1	一般规定	10
6.2	资源数字化	10
6.3	智能开采规划	10
6.4	智能爆破	11
6.5	挖装运智能调度	11
6.6	矿山开采无人化	12
7	智慧砂石工厂	13
7.1	一般规定	13
7.2	智能生产	13
7.3	智能仓储	16
7.4	智能发运站	17
8	智能运输廊道	19
9	智慧水运码头	21
9.1	一般规定	21
9.2	船舶调度	21
9.3	自动装船	21
10	智慧安防与环境监控	23

10.1 一般规定 23

10.2 智慧安防 23

10.3 环境监控 25

11 智慧化管理平台26

11.1 一般规定26

11.2 企业数字化管理27

11.3 生产智能化管理28

附录 A 绿色砂石智慧矿山建设等级划分及建设标准要求 30

附录 B 智慧矿山总体架构31

用词说明 32

引用标准名录 33

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and abbreviations.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Abbreviations.....	4
3	Basic requirements.....	6
4	Overall architecture.....	7
5	Infrastructure.....	8
5.1	General provisions.....	8
5.2	Communication networks.....	8
5.3	Data center machine room.....	9
5.4	Monitoring the dispatching center.....	10
6	Intelligence mining.....	11
6.1	General provisions.....	11
6.2	Resource digitization.....	11
6.3	Intelligent mining planning.....	12
6.4	Intelligent blasting.....	12
6.5	Intelligent dispatching of digging, loading and transporting.....	12
6.6	Unmanned mining.....	13
7	Intelligent aggregate production plant.....	14
7.1	General provisions.....	14
7.2	Intelligent production.....	14
7.3	Intelligent storage.....	17
7.4	Intelligent delivery station.....	18
8	Intelligent conveying corridor.....	20
9	Intelligent transport wharf.....	22
9.1	General provisions.....	22
9.2	Vessel dispatching.....	22
9.3	Automatic loading.....	22
10	Intelligent security and environmental monitoring.....	24

10.1	General provisions.....	24
10.2	Intelligent security.....	24
10.3	Environmental monitoring.....	26
11	Intelligent management platform.....	27
11.1	General provisions.....	27
11.2	Enterprise digital management.....	28
11.3	Intelligent production management.....	29
Appendix A	A green sand and stone smart mine construction grade division and construction standard requirements.....	31
Appendix B	Overall structure of smart mine.....	32
	Word description.....	33
	List of quoted Standards.....	34

1 总 则

1.0.1 为规范绿色砂石项目智慧化技术应用与建设要求,提升绿色砂石项目全过程生产管理的智能化水平,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于绿色砂石项目智慧化技术应用。

1.0.3 绿色砂石项目智慧化除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术 语

2.1.1 机制砂石 manufactured aggregate

原矿经机械破碎、筛分、整形等工艺，生产出的建设用砂石产品。

2.1.2 智能开采 intelligent aggregate mine

指利用空间信息技术、地质模型、物联感知设施、无人化挖装运设备，结合智能算法和仿真技术，对矿山开采全过程进行动态管理，实现资源优化配置，提高矿山生产效率，达到少人无人化目的的综合开采技术。

2.1.3 智慧砂石工厂 intelligent aggregate production plant

指通过智能感知实时监测生产过程中的各种数据，结合人工智能、大数据分析等技术对生产过程进行动态调控和优化调度，实现生产过程的自动化、智能化、高效化的现代化工厂。

2.1.4 数据中心 data center

为机制砂石项目集中提供数据治理、存储、发布和管理等服务的中心，包括了支撑数据传输、存储、分析的软硬件以及放置硬件设施的机房。

2.1.5 监控调度中心 monitoring and dispatching center

为机制砂石项目全业务流程集中监控、生产管理、运行调度、决策指挥的综合性功能区域。

2.1.6 资源数字化 resource digitization

指基于矿山测量数据与地质参数，利用专业软件构建矿山的三维数字模型，可进行资源储量的动态追溯和查询，并能进行矿山资源可视化管理的过程。

2.1.7 智能爆破 intelligent blasting

根据爆破岩石特性和火工材料性能，利用新一代信息技术和先进作业设备实现爆破全过程信息深度自感知、智慧优化自决策、精准控制自执行等功能特性的综合集成爆破技术。

2.1.8 智能生产 intelligent production

以绿色砂石矿山工业自动化和信息化为基础，结合物联网、大数据和人工智能等技术，合理优化配置生产资源和生产要素，辅助绿色砂石开采、加

工、运输、发运全流程的智能化运行，实现少人无人、节能减碳、提质增效目标的生产方式。

2.1.9 智能仓储 intelligent storage

利用料位监测、三维成像技术对料仓或堆场的料位和堆料形态进行实时监控，可实现料位智能预警、料堆体积自动计算、料仓自动布料的仓储系统。

2.1.10 智能运输廊道 intelligent conveying corridor

利用智能监控、图像识别、激光扫描、光纤定位、机器人等技术，可实现自主感知、实时诊断、动态调速以及廊道无人巡检的带式输送机智能运输系统。

2.1.11 智慧水运码头 intelligent transport wharf

利用自动化控制、智能感知、空间定位、毫米波雷达、三维点云、AI 图像识别等技术，实现船舶预约、船舶智能调度、自动化装船以及装船过程智能监测的现代化码头。

2.1.12 智慧安防 intelligent security prevention

利用智能监测、图像识别、空间定位、电子围栏、无人机及数字孪生技术，进行实时监控、全域感知、智能分析、超前预警，实现人员、设备、环境安全综合防控的安防系统。

2.1.13 生产线监测 production line monitoring

指对砂石工厂工艺生产线的流程量、产品质量、用电量、用水量等进行在线实时监测。

2.1.14 集中监控 centralized monitoring

指砂石工厂破碎、筛分、整形、制砂、给料、输送、洗砂、除泥、给水、水处理、除尘等生产环节的工艺设备运行参数、状态等实时监测和自动控制的过程。

2.1.15 智能巡检 intelligent inspection

指基于传感器、机器人、AI 视频分析等技术集成，动态采集生产场所的图像、声音、温度、振动等数据，快速确定故障发生的位置和故障类型，并发送预警、预报指令的过程。

2.1.16 智能破碎 intelligent crushing

指基于人工智能、大数据分析、智能算法等技术，通过破碎设备的产量、排料口宽度、负荷率、排料粒度分布以及岩石强度等关联数据模型分析，提出破碎

设备的优化运行参数的技术。

2.1.17 智能制砂 intelligent sand making

指基于人工智能、大数据分析、智能算法等技术，通过制砂设备产量、运行参数、负荷率、机制砂粒度特性等关联数据模型分析，提出制砂设备的优化运行参数的技术。

2.1.18 在线粒度监测 on-line particle size monitoring

利用高速摄像、机器视觉技术，对生产线物料粒度、粒形进行实时监测。

2.1.19 预测性维护 predictive maintenance

通过定期或连续的状态监测和故障诊断，提前发现潜在故障和异常，并在故障发生之前制定相应的维修计划，避免非计划停产的综合维护方法。

2.1.20 生产作业系统 production operation system

指基于控制、监测、检测、遥感、计量、图像识别、人工智能、大数据分析等技术，结合生产作业环节的流程、计划以及之间的关联性，构建的具备自动感知、自动控制、自主保护或具备一定自主决策能力，能相对独立运行的生产体系。

2.1.21 数字化管理 digital management

指基于获取生产、经营过程中产生的数据，结合各管理要素的业务需求和管控目标，通过算法模型和分析统计，实现精准管理、可视化管理和辅助决策。

2.1.22 智慧化管理平台 intelligent management platform

指将多个数字化管理和生产智慧化应用进行集成，提供透明、一致的信息访问和交互手段，实现数据综合应用和各子系统协同管理的综合性平台。

2.2 缩略语

AI Artificial Intelligence 人工智能

APP Application 手机软件

HSE Health、Safety、Environment 职业健康安全环境管理体系

IT Internet Technology 信息技术

LOD Level of Model Definition 模型精细程度

PLC Programmable Logic Controller 可编程逻辑控制器

PID Proportional Integral Derivative 比例-积分-微分

3 基本规定

3.0.1 绿色砂石项目应建立接口兼容、网络集成、数据共享、开放包容的智慧化系统，实现生产智能化、管理数字化、辅助决策智慧化，应符合国家、行业和地方对绿色矿山对信息化、数字化、智能化的有关要求，并满足矿山安全监管要求。

3.0.2 绿色砂石项目智慧化应能够提高生产效率、降低能源消耗、稳定生产运行、提升产品质量、保障安全生产。

3.0.3 绿色砂石项目智慧化建设应遵循统筹规划、统一设计、分步实施、迭代升级的原则。项目实施前应编制智慧化建设整体设计方案。

3.0.4 智慧化设备、仪器仪表、传感器等应安全、可靠，并符合国家、行业的相关标准要求。

3.0.5 生产作业系统的软硬件配置应安全可靠、实用高效，产品技术标准应满足国家、行业的相关标准要求，并能适应机制砂石项目使用场景。

3.0.6 绿色砂石项目智慧化技术应用与智慧化管理平台应通过验收合格后，方可投入运行。

3.0.7 绿色砂石项目应配置专业的智慧化运行机构和人员，按国家、行业相关标准要求对智慧化的基础设施、软硬件及平台系统进行日常维护和定期迭代升级。

3.0.8 智慧化建设信息安全应符合《信息安全技术 工业控制系统网络安全防护指南》GB/Z 41288、《信息安全技术 网络基础安全技术要求》GB/T 20270 的要求。

3.0.9 绿色砂石项目智慧化建设等级应根据矿山砂石工厂生产规模确定，建设等级划分及建设标准要求应符合本规程附录 A 的规定。

4 总体架构

4.0.1 绿色砂石项目宜按照一张网、一个数据中心、一个平台、N 个生产作业系统组成的“1+1+1+N” 智慧化体系建设，并符合下列规定：

1 一张网应按工业控制网、监测监控网、管理办公网等子网进行独立建设。网络结构可采用以太网和无线以太网。

2 一个数据中心宜采用统一的数据标准和协议，应能进行多源异构数据的集中处理、存储、传输、交换、管理等，实现数据共享和融合。

3 一个平台可支撑各功能模块的开发和应用；宜进行统一的身份认证和权限管理，实现各业务系统的集成应用。

4 N 个生产作业系统宜覆盖开采、加工、运输、仓储、销售等全业务流程，宜包括矿山智能开采、智慧砂石工厂、智能运输廊道、智慧水运码头、智慧安防与环境监控等专业系统。

4.0.2 绿色砂石项目智慧化建设总体架构宜包括基础支撑、网络基础、生产作业系统、数据中心、智慧化平台五个层级，总体架构宜按附录 B 拟定。

4.0.3 绿色砂石智慧矿山宜建立完善的传感器、车载终端、三维扫描设备、智能电表、智能水表、摄像头、机器人、定位终端、无人机、计量等信息感知系统。

4.0.4 网络基础应按工业控制网、监测监控网、办公网等子网进行独立建设。网络传输方式可采用以太网和无线以太网。

4.0.5 数据中心宜集成物联及数据中台，宜采用统一的数据标准和协议，应能进行多源异构数据的集中处理、存储、传输、交换、管理等，实现数据共享和融合。服务器、存储系统、网络设备等硬件设备应能支撑数据中心的高效运转。

5 基础设施

5.1 一般规定

5.1.1 绿色砂石项目智慧化建设基础设施应包括通信网络、数据中心和监控调度中心等。

5.1.2 网络安全等级保护应符合现行国家标准《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239 等保 2.0 有关规定。企业应按《信息安全技术信息系统安全等级保护实施指南》GB/T 25058 规定开展定级和备案工作。

5.1.3 工业控制系统信息安全应满足现行国家标准《信息安全技术工业控制系统安全管理基本要求》GB/T 36323 的要求，并不低于现行国家标准《信息安全技术工业控制系统信息安全分级规范》GB/T 36324 第二级工业控制系统的要求。

5.1.4 矿山企业应健全工业互联网安全保障体系，宜实时监测识别网络和系统中潜在、可疑的恶意软件、网络入侵、数据泄露等安全威胁，具有防护解决措施。

5.2 通信网络

5.2.1 网络通信应采用符合国际标准的通用协议，外部网络通信宜对数据进行加密，确保数据安全。

5.2.2 网络安全分区应分为安全Ⅰ区、安全Ⅱ区和安全Ⅲ区，网络安全分区应符合下列规定：

- 1 设备控制柜、PLC 控制站、自动化仪表、工业控制网等应部署在安全Ⅰ区。
- 2 智能化物联感知设备、监测监控网、部署智能生产运行与调度的服务器应部署在安全Ⅱ区。
- 3 智慧化平台、数字孪生和内部办公网等宜部署在安全Ⅲ区。

5.2.3 网络安全隔离应符合下列规定：

- 1 安全Ⅰ区与安全Ⅱ区、安全Ⅲ区之间应通过单向隔离网闸等设备实现各区域隔离。

2 安全Ⅱ区与安全Ⅲ区之间应配置防火墙等网络安全设备。

3 安全Ⅲ区与外部网络之间应配置防火墙等网络安全设备，应通过统一出口连接互联网，可通过符合国家网络安全测评要求的设备连接互联网。

4 安全Ⅰ区、安全Ⅱ区不应与互联网直连。

5.2.4 网络通信应采用有线通信和无线通信，信号应稳定可靠，并能覆盖各区域；矿山开采区宜采用无线通信网络，有线通信宜采用光纤通信网络。通讯网络架构应符合下列规定：

1 工业控制网主干网络宜采用环型或双环网络架构，传输速率不应低于1000Mbps。

2 监测监控网宜采用树形或星型网络架构，主干网络传输速率不应低于10000Mbps。

3 内部办公网宜采用树形或星型网络架构，主干网络传输速率应不低于1000Mbps。

4 矿山无线网宜优先采用5G网，采用无人驾驶技术的矿山无线网络可靠性及安全性应符合《智能网联汽车 自动驾驶系统通用技术要求》GB/T 44721的有关规定。

5.3 数据中心机房

5.3.1 数据中心机房建设应不低于国家标准《数据中心设计规范》GB 50174中C级的有关要求。应根据矿山项目规模和运行安全的重要性，适当提高建设标准。

5.3.2 数据中心机房服务器、存储、网络和安全等IT设备的布设应满足网络安全分区及功能定位要求。

5.3.3 视频监控存储容量应满足不小于1个月的数据存储需求，重点部位数据存储时间不应小于3个月。数据存储和备份应符合《网络安全技术 存储介质数据恢复服务安全规范》GB/T 31500的有关规定。

5.3.4 机房运行维护单位应组建运行维护工作团队，制定日常管理、岗位责任、安全保密、培训和考核等制度，统筹协调与系统运行维护有关的机构、人员等各项资源。

5.4 监控调度中心

5.4.1 监控调度中心建设内容应包括操作平台、大屏系统、终端设备、通信网络、综合布线、空调系统、火灾报警、防雷接地、安防门禁等，监控中心应符合现行国家标准《安全防范工程技术标准》GB 50348 的有关规定。

5.4.2 监控调度中心供配电系统应符合国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的相关要求，所有设备金属外壳、金属线槽、技术管线等应进行等电位联结并可靠接地。

5.4.3 监控调度中心大屏应根据监控调度中心的尺寸合理选择屏幕类型，宜选用无缝拼接屏幕。显示屏安全性能应符合《信息技术设备安全第 1 部分：通用要求》GB 4943.1 的规定。

5.4.4 监控调度中心大屏可实现工业自动化组态、生产数字看板、安全生产监控和生产调度监控等多画面显示和切换，并可满足应急指挥调度的功能要求。

5.4.5 监控调度中心应能监测控制机房的温度、相对湿度等环境参数，当环境参数超出设定值时，应能自动报警并记录。

5.4.6 监控调度中心应设置火灾探测报警系统，并能满足现行国家标准《火灾自动报警系统规范》GB 50116 对火灾探测和联动控制的要求。

6 智能开采

6.1 一般规定

6.1.1 矿山智能开采包括资源数字化、智能开采规划、挖装运智能调度、智能爆破和矿山开采无人化等。

6.1.2 矿山智能开采可基于钻、爆、挖、装、运生产大数据的集成，及时跟踪和掌握矿山开采生产活动状况，动态调整矿山排产计划，达到提升开采效率，降低矿山开采作业综合成本的目标。

6.2 资源数字化

6.2.1 资源数字化可将矿山的物理实体资源通过数字化建模及可视化技术手段转化为数字资源，呈现矿产储量，实现对矿产资源变化情况的更新和动态管理。

6.2.2 资源数字化应构建基于测量数据与地质参数的矿山三维数字模型，模型应符合下列规定：

- 1 地形测量及地质勘察的深度及精度应符合现行行业标准《矿产地质勘查规范 建筑用石料类》DZ/T 0341 勘探阶段的相关要求。
- 2 地质及测量数据应采用行业通用的数据格式。
- 3 应直观反映矿体分布、形态、产状、风化程度等特征。
- 4 应满足分高程、分台阶、分岩性、分区域的储量分析计算要求。
- 5 精度应达到 LOD300。
- 6 可采用无人机倾斜摄影建模、三维激光扫描、地质建模等技术进行定期更新。
- 7 应能对资源变化进行追溯和动态查询管理。

6.3 智能开采规划

6.3.1 智能开采规划通过仿真优化矿山分区分块及开采时序，辅助开采计划、开采过程的优化。

6.3.2 智能开采规划应构建矿山智能开采数字化仿真模型和多参数优化分析算

法模型，并能根据矿山开采调整，定期对模型进行更新。

6.3.3 智能开采规划宜具备下列功能：

- 1** 基于多目标优化算法等原理和方法，根据开采工艺的空间、时序要求，生成技术上可行、经济效益较优的矿山年度开采规划。
- 2** 能对近三年的月开采计划进行仿真推演分析，指导矿山开采作业计划安排。

6.4 智能爆破

6.4.1 智能爆破应具备智能爆破设计、爆破作业智能控制、爆破质量评价、有害效应监测等功能。

6.4.2 智能爆破设计应基于矿山资源数字化的基础数据，自动获取爆区的地质信息、形态分布、物理力学性能参数等信息，确定爆破参数及起爆网路，通过模拟分析爆破预期效果，辅助优化孔位、装药量、爆破网路等参数，自动绘制爆破施工图表。

6.4.3 穿孔钻爆作业设备应具备钻孔参数、装药量等数据自动采集功能。钻机、装药车应安装定位、状态感知等终端，钻机宜配置高精度布孔系统，宜选用远程操控钻机和装药车降低作业风险。

6.4.4 爆破质量评价应建立爆破块度、爆堆形态、炸药单耗等指标自动反馈的智能爆破评价模块，动态分析评价爆破效果，及时反馈爆破评价信息。

6.4.5 有害效应监测应建立对爆破振动、噪声、冲击波、飞散物、粉尘等爆破有害效应指标监测模块，并能自动动态分析评价爆破危害程度。

6.5 挖装运智能调度

6.5.1 挖装运智能调度可对车辆设备的工作状态实时跟踪，并优化调度设备作业，提升车辆设备的使用效率、降低能耗，及时准确地掌握矿山的生产运行情况。

6.5.2 挖装运智能调度应构建矿区导航地图，并进行实时更新管理。地图地理信息应反映矿区、排土场、道路、开采作业面、电子围栏等信息，坐标应统一采用大地 2000 坐标系。

6.5.3 挖装运设备应配置智能终端。智能终端应能采集设备状态实时监测数据，接受调度中心动态监管和调度任务指令。

6.5.4 挖装运智能调度应具备下列功能：

- 1 对矿山挖装运的设备配置进行动态管理，并能实时监测钻机、装药车、挖掘机、装载机、矿卡等设备的位置、工作状态等。
- 2 根据企业生产任务计划，制定矿山开采作业计划。
- 3 提出矿山开采作业面的挖装运设备的配置方案。
- 4 自动生成挖装运设备的调度计划，并根据实际生产状态进行动态调整。
- 5 动态统计挖装运生产数据，自动计量生产作业量，评估矿山开采作业效果。

6.6 矿山无人化开采

6.6.1 矿山无人化开采应基于北斗/GPS 厘米级动态定位、激光雷达/视觉多模态感知融合、5G-C-V2X 通信及深度强化学习算法等，实现钻机自主布孔、电铲智能铲装、矿卡无人运输及多设备协同调度功能。

6.6.2 矿山无人化开采装备可采用无人驾驶矿车、远程操控的钻机、装药车、挖掘机、装载机，设备安全可靠应符合矿山安全生产和国家、行业的相关要求。

7 智慧砂石工厂

7.1 一般规定

7.1.1 智慧砂石工厂宜包括智能生产、智能仓储、智能发运站等生产子系统。

7.1.2 智慧砂石工厂应能实现与自动控制系统、监测软件系统的数据交互。

7.2 智能生产

7.2.1 砂石工厂智慧化宜包括生产线监测、集中监控、智能破碎、智能筛分、智能制砂、机制砂智能分级、智能化水处理、智能除尘、预测性维护、智能巡检、能耗管理等功能。

7.2.2 生产线监测应能动态监测产线流程量、产品质量、能耗和关键部位故障等，并应符合下列规定：

1 产线流程量监测应对生产线瞬时运输量、累计运输量进行监测与分析预警，反馈调节工艺设备运行参数。

2 质量在线监测设备应对各种产品的粒形、级配、含水率等指标进行在线监测与分析预警。

3 能耗监测应能实时监测各工艺设备水耗、电耗等，进行能耗分析统计和能耗异常预警，宜能对峰谷用电进行统计分析。

4 关键部位故障监测应对砂石工厂各车间、工艺设备、转运站、配料仓、溜槽漏斗等关键部位及区域进行监控。

7.2.3 集中监控应符合下列规定：

1 应能实现生产线全流程自动化控制，主要工艺设备应具备联锁启停、自主保护、自动监测等功能。

2 宜采用光纤无源综保系统监测带式输送机跑偏、打滑、撕裂，滚筒异常、损坏，托辊异常振动、异常噪声，电机过载等设备状态，并能实时采集设备状态参数。

3 粗碎进料宜监测进料最大块度，车间宜配置具备远程操作功能的破碎锤对超径块石进行及时处理。

4 破碎设备宜对排料口宽度、设备处理量和设备故障等进行在线监测，具备排料口异常预警功能。

5 破碎车间配料仓应设置料位监测，并能实现高低料位关联启停和报警。

6 宜监测破碎设备负荷率，具备能耗监控、异常预警和统计功能。

7.2.4 智能破碎应符合下列规定：

1 旋回破碎机、液压圆锥破碎机宜采用智能破碎。

2 破碎设备宜能动态调整排料口宽度。

3 破碎设备的给料设备宜能根据破碎机料位自适应调节给料量。

4 应能实时采集破碎设备的产能、排料粒度、负荷率等监测数据。

5 应构建破碎设备给料量、排料口宽度、排料粒度、负荷率等关系数学模型，通过生产数据分析演算提出优化的排料口宽度建议。

7.2.5 智能筛分宜通过分级物料超逊径、筛面监控监测，预测筛网破损，分析筛面堵孔率。

7.2.6 智能制砂应符合下列规定：

1 棒磨机湿法制砂宜对进料量、进料级配、进水量、钢棒量、料浆浓度、机制砂细度模数等数据监测，并能在线调整其进料量、进水量，实现对钢棒量预警分析。

2 立轴冲击式破碎机、柱磨机、高压对辊机、锤式制砂机、柱磨机等干法制砂设备可监测其进料量、进料含水率、进料粒度、排料粒度、石粉比例，自动调节给料量和调整设备运行参数。

3 制砂给料设备宜能根据给料需求自动调节给料量。

7.2.7 机制砂智能分级宜基于机制砂质量在线检测技术，通过调整分级工艺设备运行参数，调整机制砂细度模数和石粉含量。应符合下列规定：

1 机制砂风选分级宜对选粉机进料量、进料含水率和风选后石粉量、机制砂流程量进行监测，并结合机制砂进料产品含粉率检测，构建风机风压、风量参数与进料量、进料含水率的关系模型，可通过智能调节风机风压、风量参数自动调节机制砂石粉比例。采用多级选粉机时宜对选粉机进料量、进料含水率和风选后石粉量、各级物料量进行监测，可通过调节选粉机运行参数有效控制机制砂石粉比例。

2 机制砂淘洗分级宜对洗砂机进料量、矿浆浓度、溢流废水浓度进行监测，可结合对机制砂泥粉含量监测数据，构建进料量、矿浆浓度、机制砂泥粉含量之间的工艺关联分析模型，可根据进料量自动调节料浆浓度。

3 细砂回收宜对旋流器进料量、进料浓度和脱水筛脱水后的物料量等进行监测，通过监测数据分析确定稳定机制砂质量的掺配比例，可根据机制砂瞬时产量自动调整回掺量。

7.2.8 水处理监控应能对进水量、水池水位、加药量、泥沙浓度等数据进行监测，应具备系统运行监测、自动控制、异常预警等功能。并应符合下列规定：

1 给水系统应配置液位计、流量计，宜具备自动启停、液位监测、供水流量、用水量统计等功能。

2 智能加药宜基于沉降速度、进出水水质、加药量等参数建立模型，实时预测出水水质，智能控制加药量。

7.2.9 除尘监控应监测粉尘排放点粉尘浓度，并根据粉尘浓度预警自动启动喷雾设备，调控风机的运行参数。除尘设备宜配置前后压差监测，根据差压阈值报警及时自动清灰。

7.2.10 加工设备监测维护的对象宜包括破碎机、输送机、棒磨机等主要设备，并应符合以下规定：

1 设备预测性维护系统应由监测传感器、信号采集仪、数据通讯基站、上位机服务器和故障监测分析软件等组成。

2 主要设备宜在出厂时加装温度、振动、油液监测传感器及配套的数据采集设备。

3 油液监测宜能监测油液污染度、水分、粘度等，可安装油液精滤系统改善润滑油油质，亦可根据油质污染度提出润滑油更换计划。

4 应能对设备健康状态进行分析诊断，出具诊断报告，提出维修计划。

5 宜对主要主机设备、主要部件磨损及使用寿命进行预测，提出备品备件更换或主机维修保养计划。

6 宜能对破碎及制砂设备衬板磨损进行预测，提出衬板更换计划。

7.2.11 智能巡检宜包括车间三维巡检、移动式巡检、AI 视频及机器人巡检等，并应符合下列规定：

1 车间三维巡检可通过将车间设备状态和故障信息与数字工厂设备三维模型关联，可在三维空间内设定巡检路径，进行多视角查看设备状态和故障信息。

2 车间移动式巡检可通过手机终端扫描设备编码读取或录入设备故障信息，自动向系统派送维修工单。

3 宜在生产车间主要设备、卡堵料点、洒料点等关键部位安装 AI 摄像头或轨道式机器人，通过图像识别和声音监控智能标识故障点并报警。

7.2.12 砂石工厂能耗管理应实时监测产线瞬时流量、累计流量和工艺设备运行瞬时电量、累计电量，能分析单台设备单位产能瞬时能耗和周期性能耗变化，对能耗异常进行预警；能耗管理应能采集砂石工厂的尖峰、高峰、平谷、低谷等时段电量，对用电成本进行分析统计，并提出生产排班建议。

7.3 智能仓储

7.3.1 智能仓储宜包括料位监控、卸料小车自动布料、仓储调度管理等功能。

7.3.2 料位监控应符合下列规定：

1 堆场应实时监测落料点料位高度。

2 筒仓应实时监测仓内料位高度，可采用重锤式料位计或雷达料位计，可采用多点监测提高料位监测精度。

3 仓储监测应根据最大堆料高度和延时停机上料带式输送机带面料量测算高料位，高料位应自动报警并触发进仓带式输送机联锁自动停机；应在最低料位触发出料给料设备联锁停机。

4 仓储料位计可采用重锤式料位计或雷达料位计，测量范围应能覆盖整个堆料高度。

7.3.3 卸料小车自动布料应符合下列规定：

1 应沿卸料小车行进路线分段安装小车定位开关，安装间距应根据现场料堆分布距离确认。

2 卸料小车应安装移动料位计，应在料位达到设定值时停止卸料。

3 自动布料小车应具备自动寻位料位点卸料功能。

4 应与进仓带式输送机及其联动设备实现联锁自动控制。

7.3.4 仓储调度管理应符合下列规定：

1 宜基于三维扫描技术生成料堆三维模型，自动分析计算料堆体积，模型数据更新频率不宜低于 10 分钟一次。

2 宜在仓储进料和出料皮带安装高精度电子皮带秤监测进出料瞬时流量，统计堆场储量变化。

3 应根据生产总调度安排，结合生产平衡、物料转运、成品发运等需要，合理确定仓储调度顺序、仓储堆料量和各个料堆堆存时段。

7.4 智能发运站

7.4.1 发运站智能化应包括车辆调度、智能装车功能，宜对车辆的提货预约、进厂排队、车辆识别、智能引导、车身定位、自动装料、称量结算等全过程进行智能化管控，并应保障车辆调度、自动装车、自动结算等全过程的安全、高效、可靠、精准。

7.4.2 车辆调度应符合下列规定：

1 应建立车辆预约系统，并根据发运计划发布车辆预约通知。

2 应建立进出场门禁系统，通过入场道闸快速准确识别车辆信息，自动关联销售订单记录，未记录车辆应禁止入场；通过出场道闸获取车辆离场信息，限制车辆驻留时间。

3 应建立厂区车辆引导系统，指引车辆按顺序排队等候、装车，并按规定路线行驶。

7.4.3 智能装车应符合下列规定：

1 应设置车辆出入道闸。入口道闸应能准确识别车辆信息，并能将与车辆有关的装运物料品种、数量等信息与装车控制系统进行自动关联；出口道闸应在确认物料装运完成，并复核无异常后，方可自动开启放行。

2 车辆驶入装车台后，应确认车体位置，扫描车厢长度、高度，并经视频监控确认后，方可启动自动装料。装料系统应能一键启动自动装料，突发情况可切换到手动模式。

3 装车计量宜采用电子称量地磅，装料设备应具备可调节给料量的功能，可采用液压控制门精准控制装车量。

4 装车过程应实时监测散装机、溜槽、车厢、除尘设备以及落料状态等，

可采用基于 AI 视频和三维扫描技术对装车过程进行监控。

5 装车台调节料仓应采用料位计实时获取料堆高度，料堆高度数据应与料仓上料输送设备联动，实现自动补料，缺料预警。

6 装车计量系统应具备成品发运量自动统计、自动订单结算等功能。电子称量地磅允许误差应为 $\pm 0.2\%$ 。

8 智能运输廊道

8.0.1 智能运输廊道应包括带式输送机节能调速、带式输送机监测维护、运输廊道智能巡检等功能。

8.0.2 带式输送机节能调速应基于物料输送全过程自动化控制,根据带式输送机输送量的变化,自动反馈调整带式输送机的带速。并应符合下列规定:

1 应能实现物料输送全过程的自动化控制,应具备启停机联锁保护功能。带式输送机输送量和带速应能自动反馈调节,应能根据胶带机长度和带速自动计算分析设备间启停延迟时间。应通过传感器和控制系统实时监测物料的输送量,保持输送过程的连续性和稳定性。

2 运输长胶廊道和与之关联的仓储系统应能实现协同调度,可实现料仓给料、带式输送机输送、仓储布料的联动控制和联合调度,应能实现智能仓储、智能监测、AI 视频监控、智能控制的集成控制调度。

3 带式输送机宜采用永磁调速电机或变频电机驱动,可通过电机电磁调速、变频器控制、PID 控制器对带式输送机带速进行调节。系统可根据数据分析结果自动调整带速,以适应物料输送量的变化。

4 带式输送机宜安装带面料量监测装置,实时监测输送带面料量,应能及时反馈调节起点给料量,保持输送稳定高效。

5 可分析全断面带面物料输送量,反馈调节驱动电机转速和输出功率,可实现“料多快运、料少慢运、无料怠速或停机”智能调速控制;可通过降速运行,减少托辊等辅材消耗,延长设备使用寿命,降低能耗。

6 带式输送机宜在输送机头附近安装带面料量和带速监测装置,根据来料情况、带速以及输送量建立计算模型,精确计算下游带式输送机启动时间和启动速度;停机时可根据上游带面料量变化,自动调节带速,精确控制停机时间。

8.0.3 带式输送机监测维护对象应包括驱动电机、减速箱、驱动滚筒、改向滚筒、张紧装置、皮带、托辊等部位,并应符合下列规定:

1 带式输送机应对驱动装置运行状态、张紧装置状态、皮带撕裂、皮带跑偏、皮带打滑、滚筒过热、托辊异常等重要设备的故障进行监测;应能判别故障等级,并发送停机指令;应能准确定位故障位置,并通知维护人员及时排查故障。

2 带式输送机宜在机头下方、翻带装置、驱动滚筒等附近安装激光器快速

识别皮带撕裂，识别结果应与控制系统联动，发现撕裂时应能够及时报警停机。

3 带式输送机应能快速识别电机及驱动滚筒轴承的振动和温度，提前发现电机、轴承的机械异常征兆。

4 带式输送机预测性维护应能对主要设备健康状态和易损件进行分析诊断，出具诊断报告，提出维修或更换计划。

5 驱动电机可安装油液监测系统，可通过油质污染度预测传动部件寿命，并提出维修及更换计划。

6 改向滚筒可通过激光扫描监测滚筒胶面磨损，预测滚筒使用寿命，提出更换计划。

7 胶带宜对胶带接头进行监测；可通过胶带钢芯状态进行监测提前预测断带风险。

8.0.4 运输长胶廊道智能巡检应能通过图像识别、热成像、声音感应、振动监测等技术，对设备故障、托辊异常、火灾预警、撒落料、人员入侵等进行快速定位巡查和预警，并应符合下列规定：

1 运输长胶廊道巡检宜采用 AI 摄像头对驱动站、转运站、张紧装置、翻带装置进行监视，长距离运输廊道宜采用轨道机器人对运输廊道沿线进行巡检。

2 巡检机器人应具备自主巡检、自主定位、自主充电、自动清洗功能，可在廊道往复巡视，可搭载各类分析仪，可对皮带设备运行过程中出现的落料、撕裂、温度、异响等进行实时监测，并具备自动声光报警功能。

3 线路巡检宜包括定点巡检和定时巡检，定点巡检可基于定位型振动光纤、振动及声音听诊光纤传感技术快速确定运输线路及托辊等部件的声音异常和振动异常位置，通过轨道式巡检机器人移动至指定位置并识别故障信息；定时巡检每个工作班宜巡检 1~2 次。

9 智慧水运码头

9.1 一般规定

9.1.1 砂石骨料水运装船宜实现全自动智能装船，宜对船舶到港、船舶排位、船舶靠泊、装船机定位、带式输送机上料、装船机布料、船舶离港、订单结算等全过程进行智能化管控。

9.1.2 智慧水运码头应具备船舶自动调度、防碰撞、自动装船、自动监控、智能预警、信息发布和共享、线上无纸化交接、智能化决策等功能。

9.2 船舶调度

9.2.1 船舶调度应具备船舶预约、船舶作业进度跟踪、装船称量计量单、货物交接单在线确认等功能。

9.2.2 船舶调度应支持通过移动端对船舶信息、船舶预约、船舶排位等进行审核。

9.2.3 船舶预报应根据船方联系人信息自动生成船方账号，应对入港船舶进行统一管理，船舶离港后账号自动失效。

9.2.4 船舶调度应通过移动端向船方和生产方同时发送各项船舶调度指令，向船方发送入泊指令、离港指令；向生产方发送装船指令、结束装船指令。

9.2.5 船舶调度应获取船舶靠泊安全自检完成信息，通知船方靠泊操作。

9.3 自动装船

9.3.1 自动装船宜基于卫星定位、毫米波雷达、AI 图像识别技术等，实现装船机水平移动及机臂回转、伸缩的高精度定位。

9.3.2 自动装船带式输送机上料系统应与装船机运行实现联动协同控制，并通过船仓料位信息反馈实现连锁启停和自动调节。

9.3.3 装船过程应对装船设备及装运过程进行动态监控；装船设备监控应监控船舶靠泊定位、船仓尺寸、工作状态、装船机位置、溜筒移动区间等，装运过程应监控装运物料品种、放料仓位高度，以及货仓板左前、左后、右前、右后干舷离水面的高度。

9.3.4 装船过程监控应获取船舶名称、船舶吨位、客户信息、泊位、装船机、物

料种类、计划量、称量数据、完成量、剩余量、完成进度、开始装船时间、计划完成时间等数据。

9.3.5 装船机可采用无人值守装船机，应对装船机设备状态进行监测，发现故障应能及时报警和连锁停机。

9.3.6 装船过程应能实时监测关联料堆信息，应能监测装运物料流量、品种，并可根据物料流量波动动态反馈调节装运量，提高装运效率。

9.3.7 装船过程应通过视频监控实时观察装料船舶的船舱及舱内料堆情况，能全局监视码头泊位状态，发现突发情况应能及时预警。

10 智慧安防与环境监控

10.1 一般规定

10.1.1 机制砂石项目应从安全监控和环境监测等方面进行事前预防、动态管理、安全分析，并按照监管部门要求预留监管数据接口。

10.1.2 智慧安防与环境监控的监测等级、监测内容要求和分级预警标准应符合国家现行标准以及行业监管部门的相关要求。

10.2 智慧安防

10.2.1 智慧安防应包括矿山边坡监测、出入口安全管控、人员定位及轨迹查询、全景及安防监控、采场无人机巡检、电子围栏、广播紧急通知、语音对讲等功能。

10.2.2 砂石项目矿山监测内容和分级预警应符合国家现行标准《金属非金属矿山安全规程》GB 16423、《爆破安全规程》GB 6722、《非煤露天矿边坡工程技术规范》GB 51016、《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》KA/T 2063等有关规定，满足行业监管部门安全风险监测预警系统建设及联网工作的要求；并符合下列规定：

- 1** 应构建视频图像监控系统。
- 2** 应建立矿山及排土场边坡监测系统，对矿山及排土场边坡表面变形、视频图像、内部变形、应力、地下水、爆破振动、降雨量等进行监测。
- 3** 应对地下硐室围岩变形、地下水位及渗流量、有毒有害气体等进行安全监测。
- 4** 监测数据和预警信息应能与国家或地方矿山安全生产风险监测预警系统进行交互。

10.2.3 矿区、厂区、廊道和码头等应具备人员安全管控和定位功能，应建立人员定位系统、电子围栏和进出口闸机。并符合下列规定：

- 1** 进出口闸机应能识别和限制人员出入，并能提醒进出人员佩戴安全防护和定位装置。
- 2** 人员定位系统应能进行人员状态巡查、危险警告和轨迹回放，并能覆盖

矿区、厂区、廊道和码头等区域。

3 厂房内和地下硐室宜能实现人员精准定位。

10.2.4 砂石工厂、运输廊道、仓储、发运站和码头等关键部位、重点区域、主要作业地点应进行 24 小时实时监控和视频集中管理，重要作业部位应设置 AI 视频监控。并符合下列规定：

1 主要出入口、车间内部的主要设备、转运站、配料仓及运输廊道沿线等宜设置 AI 视频监控。

2 气膜仓外围应安装 AI 视频监控，监视气膜仓完好性、外部火源威胁或人为破坏，防止气膜仓塌陷或破坏事故发生。

10.2.5 矿山开采工作面、采场边坡、爆破警戒区等宜采用无人机巡检，无人机巡检应符合下列规定：

1 应实现航线规划、自动起降、自主调节。

2 宜配置 AI 智能识别系统。

3 应具备喊话、驱离等功能。

4 爆破安全警戒巡检的无人机宜能与爆破启动装置进行联锁控制。

10.2.6 项目应设置电子围栏，对矿区边界、厂区边界、矿山爆破安全境界和码头待泊及靠泊水域等重点区域进行越界管控。各区域的电子围栏应符合下列规定：

1 矿区边界宜采用 AI 视频监控构建电子围栏，可对越界人员、动物和机械设备等进行动态监测和管控。

2 厂区边界应建立固定电子围栏，电子围栏可采用电子脉冲围栏或定位光纤围栏。

3 爆破安全境界和码头待泊及靠泊水域宜采用虚拟电子围栏，可通过无人机及定位设备对围栏区域进行巡查和监管。

10.2.7 项目应建立安全风险分级管控与隐患排查闭环管控体系，并根据安全监测数据预警等级，快速启动应急预案和处置措施；应建立应急指挥调度系统对项目安全进行动态管控，能对安全事故进行预警和协调处置，并具备语音对讲、广播紧急通知等应急调度功能。

10.2.8 厂区油料或材料仓库、配电室、数据中心、监控调度中心等应安装烟感与火灾智能识别摄像头，及时检测火源、烟雾或危险气体泄漏，消防喷淋应实现

与火灾监测的联动，自动触发警报并采取自动喷淋等紧急措施以防止火灾扩散。

10.3 环境监控

10.3.1 矿区和厂区环境监测应满足环境影响评价文件及其批复等管理文件的要求，并应符合下列规定：

- 1** 应对大气污染物、固废、粉尘、噪声、废水、放射性等进行监测与预警。
- 2** 监测点位信息、监测指标限值和监测频次等应按照要求执行。
- 3** 监测数据存储时间应不少于 3 个月，并向政府监管平台推送主要环境监测数据。

10.3.2 矿山爆破开采作业面应构建智能降尘系统，可自动分析矿山爆破作业喷雾范围和持续时间，雾炮机可自动调整喷雾角度和喷雾作业；车间内部宜设置粉尘浓度智能监控，喷淋系统可根据粉尘浓度指标自动作业。

11 智慧化管理平台

11.1 一般规定

11.1.1 机制砂石项目智慧化建设应建立智慧化管理平台，平台应包括企业数字化管理和生产智能化管理，实现项目全要素、全流程、全业务的智慧化协同管控。

11.1.2 平台应按照标准统一、接口兼容、网络集成、数据共享、开放包容的原则建设，并具有迭代升级能力。

11.1.3 平台应基于数据中心对生产业务数据和企业管理数据进行集中存储、治理和应用，并符合《智能化矿山数据融合共享 数据中台建设与应用规范》KSSJ/YY21 的要求。

11.1.4 平台应能实现数据和功能的融合，具有数据建模、数据挖掘分析、决策判断、智能预警、数据可视化展板等智慧化功能，能够为生产经营活动提供智能分析和决策支持。

11.1.5 平台数据和功能应具有一定的兼容性，应满足国家、行业监管及上级单位的管理要求。

11.1.6 平台门户应集成资源数据、开采数据、生产数据、设备数据、库存数据、销售数据、当日生产看板、发运实时播报、预警实时播报、环境监测数据等，并形成数据可视化。

11.1.7 平台可对矿山开采、砂石工厂、运输廊道、水运码头等全业务进行统一、集中的监控调度和协同管控。

11.1.8 机制砂石项目宜采用专业软件构建矿山、工厂、运输廊道和码头等业务场景与虚拟空间全面数字化映射的数字孪生。数字孪生系统与智慧化管理平台应统一数据体系和数据中心。

11.1.9 智慧化管理平台宜集成企业数字化管理和生产智能化应用，宜进行统一的身份认证和权限管理，并能实现各业务之间的互联互通、交互融合。

11.2 企业数字化管理

11.2.1 企业数字化管理宜涵盖综合管理、生产管理、质量管理、计划经营管理、设备管理、技术管理、HSE 管理等模块。各功能模块应根据项目特点和管理需求进行配置，并符合下列规定：

1 综合管理应具备公文交互与管理数字化、矿山数字档案的收管存用、办公管理自动化等功能。

2 计划经营管理应具备销售计划、客户管理、商机管理、招投标管理、合同管理、订单管理等功能。

3 生产管理应具备生产调度协同、生产计划安排、调度指令下达、交接班管理、生产统计等功能。

4 质量管理应具备实验室检测结果数据采集、质量分析、质量异常处置、质量报告及出厂合格证自动推送等功能。

5 设备管理应具备设备台账、巡检、保养、维修、备品备件管理等功能。

6 技术管理应具备技术改造、技术方案、测量监测、科技创新、标准化管理等功能。

7 HSE 管理应满足生产经营过程中对健康、安全、环境的监管要求，应具备生产行为的全过程监控和各岗位的安全责任落实、应急管理、风险预警、隐患排查等功能。

11.2.2 企业数字化管理亦可涵盖人力资源、财务、党建等管理模块。

11.2.3 企业数字化管理与生产智慧化应用之间数据融合应符合下列规定：

1 生产管理应集成矿山开采、生产、仓储、销售环节的设备运行、产量和销量数据。

2 质量管理应集成碎石粒径、级配、长细比、超逊径和机制砂细度模数、亚甲蓝值、含水率等数据。

3 设备管理应集成设备资产标准化管理、设备运行在线监测和线下巡检、设备保养、维修等数据。

4 计划经营管理应集成智慧装车发运系统和智慧水运码头系统中合同、订单、发运等数据。

11.2.4 机制砂石项目应建立与智慧管理平台配套适宜的组织机构、人员及管理制度。

11.3 生产智能化管理

11.3.1 生产智能化管理宜集成智能开采、智慧砂石工厂、智能运输廊道、智能仓储、智能发运站、智慧水运码头、智慧安防及环境监测等应用。矿山项目可根据项目规模、自身特点和实际需要，对各应用功能进行配置。

11.3.2 智能开采应用应符合下列规定：

1 应汇集三维地理信息、矿体三维地质模型、采区基本数据、开采计划、运输路线、现场收方数据、爆破评价数据、爆破振动信息、车辆信息、终端定位信息等数据。

2 宜集成三维数字模型分析、开采规划仿真、爆破评价分析、地图及路径规划、激光雷达扫描等技术运用。

3 应具备矿山资源数字化动态管理、矿山智能开采规划、爆破参数优化、车辆智能调度和边坡智能监测及预警智能决策等功能。

11.3.3 智慧砂石工厂应用应符合下列规定：

1 应汇聚破碎、制砂、筛分、输送、洗砂、水处理、加药、脱泥、给水、除尘等设备控制单元和工艺仪器、仪表，以及电气控制柜、PLC 子站、控制总站等生产数据。

2 宜集成集中监控、智能破碎、智能制砂、智能化除尘、智能化水处理、设备监测维护、能耗管理等技术运用。

3 应具备砂石工厂态势感知、产线监控、优化控制、智能调度和智能辅助决策的功能。

11.3.4 智能运输廊道应用应符合下列规定：

1 应汇聚给料设备、带式输送机等控制单元，电气控制柜、自动控制总站，带式输送机跑偏、撕裂监测，转运站、分料仓监测，托辊轴承温度、振动、声音传感器，滚筒轴承温度、滚筒振动、滚筒打滑监测，高精度电子皮带秤，智能巡检机器人等生产数据。

2 宜集成节能调速、智能巡检、设备监测维护等技术运用。

3 应具备优化控制、智能调度和智能辅助决策的功能。

11.3.5 智能仓储应用应符合下列规定：

1 应汇聚布料小车、料位计数据、三维点云模型、视频监控、料流信息、库存等生产数据。

- 2 宜集成仓储数字化管理、卸料小车自动布料、仓储智能调度等技术运用。
- 3 应具备仓储联合调度的功能。

11.3.6 智能发运站应用应符合下列规定：

- 1 应汇聚车辆、订单、装车位置、装料控制系统、地磅电子秤、车辆监控、车体监测、视频监控等生产数据。
- 2 宜集成门禁管理、道闸监管、车辆调度、车体识别、智能装料、计量结算等技术应用。
- 3 应具备车辆自动识别、引导、定位、装车、称量、出厂全过程的智能化动态管理的功能。

11.3.7 智慧水运码头应用应符合下列规定：

- 1 应汇聚销售订单、船舶、货主、调度、装船机控制、视频监控、料流信息、生产计量、实时库存，设备监测、电机监测、视频监控，以及智能电表、高精度电子皮带秤等生产数据。
- 2 宜集成船舶智能调度、装船过程控制、无人值守装船、装船安全监控、船舶预约与订单自动结算等技术应用。
- 3 应具备船舶调度指令下达，船舶进港、停靠、离港监管，装料品种、料流实施动态反馈，单吨物料装运能耗、装船计划及完成量统计分析，订单自动关联、自动结算等功能。

11.3.8 智慧安防应用应符合下列规定：

- 1 应汇聚车辆卡口、人脸识别、AI 视频监控、边坡监测、无人机巡检、人员定位终端等生产数据。
- 2 应集成无人化巡检、电子围栏、卡口管理、人员定位管理、安全预警管理等技术运用。
- 3 应具备电子围栏、安全巡查、安全预警、安全预报等功能。

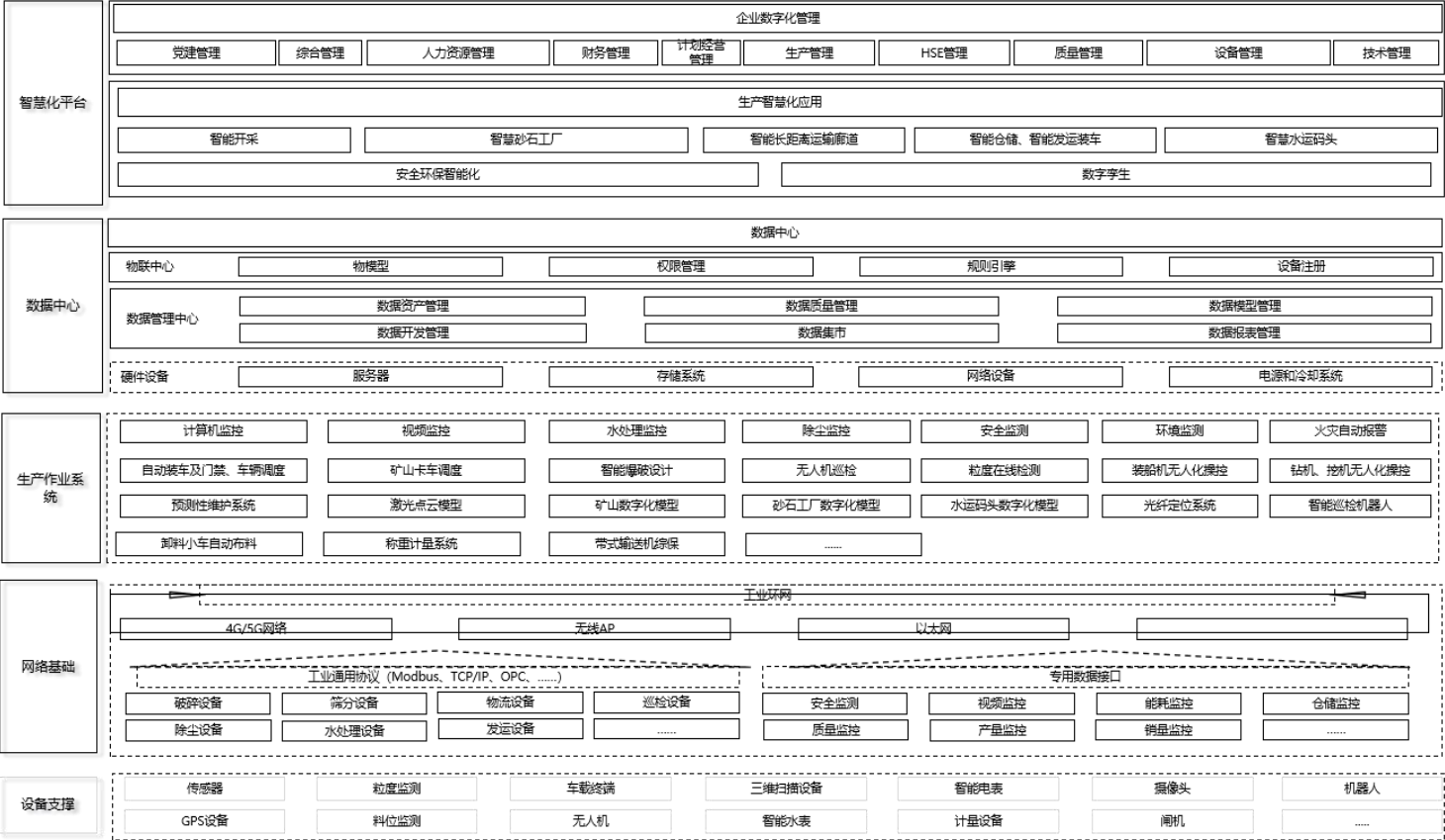
附录 A 绿色砂石智慧矿山建设等级划分及建设标准要求

A.0.1 绿色砂石智慧矿山建设标准等级划分及建设标准要求

智慧矿山建设等级	砂石工厂生产规模	设计产能(万 t/a)	等级阶段	建设标准要求
一级	小型、中型	<500	单项应用	1. 基础自动化控制系统、信息化管理系统得到普遍应用 2. 建设了一个或多个单独应用的智能化系统，系统彼此独立，没有与基础自动化系统或者信息化系统进行集成和融合
二级	大三型	500~1000(含 500)	集成协同应用	1. 智能化系统与基础信息化系统实现集成，成为信息化集成体系中的组成部分 2. 相关联的多个智能化系统能够通过协作实现互动操作和联动运行，达到局部融合的效果
三级	大二型	1000~3000(含 1000)	整体应用	1. 在生产过程中普遍采用智能化技术，所有智能化系统实现联网协作 2. 生产经营数据实现广泛采集，数据通过智能决策系统得到充分利用 3. 实现矿山稳产达产，主要破碎设备的运行负荷率、成品率明显提高；实现人员、综合能耗、生产成本明显降低
四级	大一型	≥3000	整体协同应用	1. 智能化各个子系统实现综合协同调度，多工序作业链协同智能化控制 2. 整个智能化系统可达到智能辅助决策、自主执行的效果 3. 实现矿山稳产达产，主要破碎设备的运行负荷率、成品率显著提高；实现人员、综合能耗、生产成本显著降低

附录 B 智慧矿山总体架构

图 B 智慧矿山总体架构



用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《供配电系统设计规范》GB 50052
- 《数据中心设计规范》GB 50174
- 《安全防范工程技术标准》GB 50348
- 《非煤露天矿边坡工程技术规范》GB 51016
- 《信息技术设备安全第 1 部分：通用要求》GB 4943.1
- 《爆破安全规程》GB 6722
- 《金属非金属矿山安全规程》GB 16423
- 《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239
- 《信息安全技术信息系统安全等级保护实施指南》GB/T 25058
- 《信息安全技术工业控制系统安全管理基本要求》GB/T 36323
- 《信息安全技术工业控制系统信息安全分级规范》GB/T 36324
- 《智能网联汽车 自动驾驶系统通用技术要求》GB/T 44721
- 《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》KA/T 2063
- 《矿产地质勘查规范 建筑用石料类》DZ/T 0341
- 《智能化矿山数据融合共享-数据中台建设与应用规范》KSSJ/YY21

中国工程建设标准化协会标准

绿色砂石项目智慧化技术规程

T/CECS XXX- 202X

条文说明

制 定 说 明

本规程制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国绿色砂石工程项目智慧化建设的实践经验。

本规程编制遵循合规性、系统性、适用性、先进性原则。标准参考了国内智能化装备、智能化成熟技术和最新研究成果，结合绿色砂石矿山项目特点和需求，系统性提出了绿色砂石工程项目全要素、全业务流程的智能化技术要求，具有较强的现实意义和适用性、前瞻性。

关于绿色砂石工程项目智慧化建设，包括总体架构、基础设施、智慧化技术、智慧管理平台等重要问题，编制组给出了具有可操作性的解决措施。对其他尚需深入研究的有关问题，在经多方调查收集项目智慧化相关案例数据，吸纳社会发展的最新成熟经验并进行总结后，可在后续对标准进行补充更新。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《绿色砂石项目智慧化技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握本规程规定的参考。

目 次

2	术语和缩略语	1
2.1	术 语	1
3	基本规定	2
4	总体架构	3
5	基础设施	4
5.1	一般规定	4
5.2	通信网络	4
5.3	数据中心机房	5
5.4	监控调度中心	5
6	智能开采	6
6.1	一般规定	6
6.2	资源数字化	6
6.5	挖装运智能调度	7
6.6	矿山开采无人化	7
7	智慧砂石工厂	0
7.2	智能生产	0
7.3	智能仓储	4
7.4	智能发运站	5
8	智能运输廊道	0
9	智慧水运码头	1
9.1	一般规定	1
9.2	船舶调度	1
9.3	自动装船	1
10	智慧安防与环境监控	2
10.1	一般规定	2
10.2	智慧安防	2
11	智慧化管理平台	4
11.1	一般规定	4
11.2	企业数字化管理	4
11.3	生产智能化管理	5

2 术语和缩略语

2.1 术 语

2.1.4 《数据中心设计规范》（GB 50174-2017）术语 2.1.1 条规定数据中心是指为集中放置电子信息设备提供运行环境的建筑场所，可以是一栋或几栋建筑物，也可以是一栋建筑物的一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。本条术语结合砂石矿山项目智慧化建设实际情况，将数据中心的定义范围规定为数据机房范畴。

2.1.5 基于《安全防范工程技术标准》（GB50348-2019）术语 2.0.36 条规定监控中心是指接收处理安全防范系统信息、处置报警事件、管理控制系统设备的中央控制室，通常划分为值守区和设备区。本条术语结合绿色砂石项目的实际布置情况进行了进一步细化。

3 基本规定

3.0.1 绿色砂石项目智慧化建设需符合《非金属矿行业绿色矿山建设规范》(DZ/T 0312-2018)、《砂石行业绿色矿山建设规范》(DZT0316-2018)以及《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》(自然资规〔2024〕1号)提出的关于数字化、智能化的要求。

3.0.2~3.0.3 《关于深入推进矿山智能化建设促进矿山安全发展的指导意见》(矿安〔2024〕42号)提出,要因地制宜探索各类矿山智能化建设的路径方法,加快形成科学完备的矿山智能化建设架构和技术体系;鼓励地方政府和国有大型矿山企业集团结合自身矿山开采条件、灾害特点和技术装备能力,按照一体设计、分步实施的原则,制定具体实施方案,努力实现由单个系统智能化向矿山整体智能化转型升级。要重点开展人工智能在人员行为规范、工程质量评价、设备运行管控、安全保障、灾害预警分析、工艺参数优化等方面的创新应用。要丰富机器人应用场景,研究应用机器人集群协同调度,鼓励矿山企业逐工种、逐岗位分类制定机器人替代方案。要通过智能化技术推动矿山传统开采工艺变革,实现少人化、无人化开采。

3.0.9 《机制砂石骨料工厂设计规范》(GB 51186-2016)机制砂石工厂按设计规模划分大型、中型和小型,对应设计规模分别为大于或等于 500 万 t/年、100~500 万 t/年和小于 100 万 t/年。随着绿色砂石矿山的大型化发展,目前国内设计规模超过 1000 万 t/年的砂石矿山项目已成为主流,并且超过 3000 万 t/年规模的超大型砂石矿山也越来越多,因此本规程在上述两项标准的基础上,对大型矿山作了进一步细化规定,以更好结合项目实际确定智能化等级;即将大型矿山进一步分为大一型、大二型、大三型,对应设计规模分别为大于或等于 3000 万 t/年、1000~3000 万 t/年和 500~1000 万 t/年。

《智能矿山建设规范》(DZT 0376-2021)将智慧化等级划分为一级、二级和三级三个等别,分别对应单项应用、集成协同应用和整体应用。本规范在此基础上,将智慧矿山建设等级分为四个等级,即增加了整体协同应用等级,重点结合当下国家数据融合和协同管控等要求,强调数据融合和各智能化模块之间协同应用。

4 总体架构

4.0.2 参考谭章禄《智慧矿山信息可视化研究》，智慧矿山总体架构可概括为“四横三纵”，“四横”包括应用层、数据及应用支撑层、网络通信层和感知控制层：

“三纵”分别为信息系统标准化体系、管理运维体系和信息安全体系。本规程将智慧矿山总体架构分为设备支撑层、网络基础层、生产作业系统层、数据中心层、智慧化平台层共五个层级。

4.0.3 参考《有色金属行业智能矿山建设指南（试行）》，鼓励矿山企业加快部署环境感知终端、智能传感器智能摄像机、无线通信终端、无线定位终端等数字化工具和设备，融合图像识别、振动感知、声音感知、射频识别、电磁感应等关键技术，实现矿山环境数据、采矿装备状态信息、工况参数、选矿检测分析数据、移动巡检数据等生产现场数据的全面采集，实时感知生产过程和关键装备运行数据和状态。

4.0.4 根据《智慧矿山信息系统通用技术规范》（GB/T 34679-2017）规定，监测监控系统、传感感知系统、工业自动化系统、无人采矿等系统需逻辑上独立组网运行。在共用基础网络的情况下，各系统间逻辑划分虚拟 VLAN，此时各系统传输的数据宜采用密钥加密传输。

根据《智能矿山建设规范》（DZ/T 0376-2021）规定，需综合规划建设办公网、监控网、控制网、工业物联网以及其他高速工业网络，支持数据采集、信息管理、视频监控、安全监测等信息化应用，保障数据安全可靠传输。

4.0.5 物联中台作为连接物理设备和数据中台的枢纽，负责设备管理、数据采集、消息传递和初步数据分析，为数据中台提供原始数据。可以支持通过主流通讯协议接入不同设备，实现多源数据全面、实时、准确的采集。

数据中台作为数据处理和分析的核心，连接物联中台和智慧化平台，负责数据的集成、存储、处理、分析和共享，支持企业的数据驱动决策。数据中台可以提供数据全生命周期管理，实现数据汇聚、清洗、存储、计算、分析、挖掘等功能。

5 基础设施

5.1 一般规定

5.1.2 等保 2.0 要求包括安全物理环境、安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境、安全管理中心、安全管理制度、安全管理机构、安全管理人员、安全建设管理、安全运维管理。《信息安全技术信息系统安全等级保护实施指南》（GB/T 25058-2019）规定的定级与备案工作流程如图 5.1.3-1 所示。

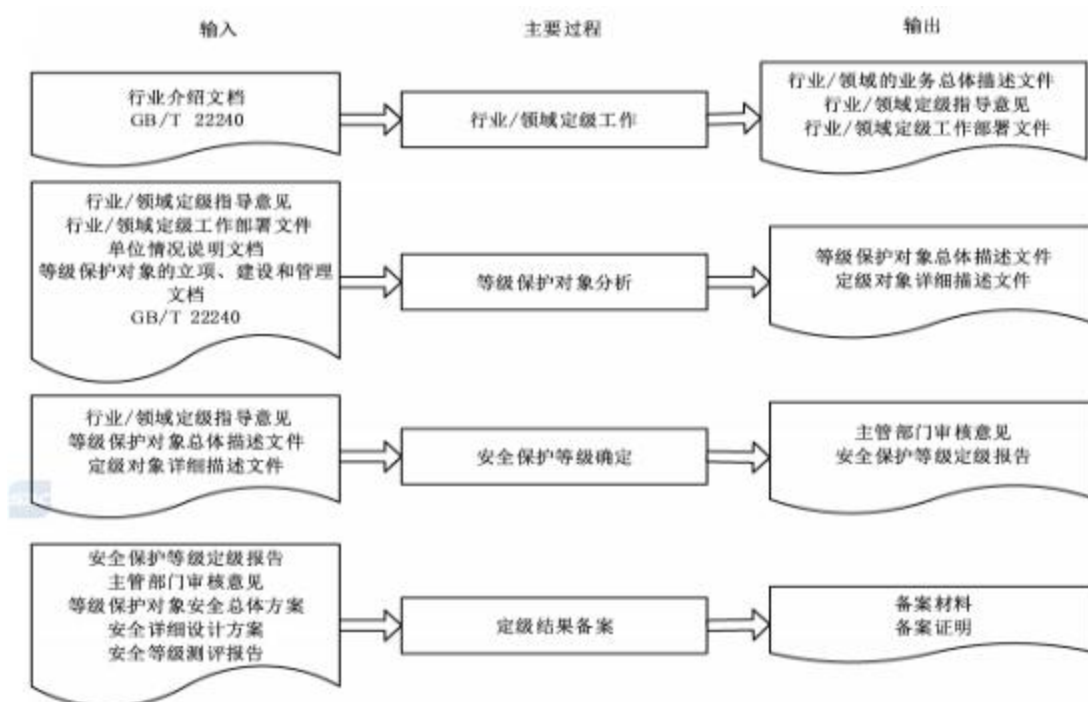


图 5.1.2-1 定级与备案工作流程

5.2 通信网络

5.2.1 通讯接口可以支持多种数据服务、通讯协议和接口，如 TCP/IP、HTTP、FTP、XML、DDS、OPC、MODBUS、PROFINET、MQTT 等。

5.2.2 为建立有效的网络安全“纵深防御”策略，将具备相同功能和安全要求的系统划分不同的安全区域。

5.2.3 工业控制网与监测监控网、管理办公网之间可以采用单向网闸严格控制数据的输入或输出，只允许数据单项流通。监测监控网与管理办公网之间可以采用防火墙进行访问控制；管理办公网与互联网之间采用防火墙进行边界防护。为防止网络攻击直接影响矿山企业安全运行，规程要求工业控制网和监测监控网不与互联网直连。

5.2.4 本条编制参考了《矿用以太网》（MT/T1131-2011）的相关要求和《工业电视系统工程设计标准》（GB/T 50115-2019） 7.2 章节要求。

5.3 数据中心机房

5.3.1 《数据中心设计规范》GB 50174 规定：当电子信息系统运行中断将造成重大的经济损失或电子信息系统运行中断将造成公共场所秩序严重混乱的数据中心机房按 A 级执行；当电子信息系统运行中断将造成较大的经济损失或电子信息系统运行中断将造成公共场所秩序混乱的数据中心机房按 B 级执行；其它按 C 级执行。绿色砂石项目机房不涉及 A 级和 B 级的内容，因此按 C 级确定。

5.4 监控调度中心

5.4.1 《安全防范工程技术标准》（GB50348-2019）规定：监控调度中心需以位置选择、空间布局、环境要求、管线敷设以及自身防护为设计依据，以“以人为本”为设计原则；其建设内容包括：防雷接地、火灾报警、安防门禁、暖通空调、语音调度、大屏展示、通信网络以及综合布线等。

5.4.2 《供配电系统设计规范》（GB 50052-2009）规定：保护性接地和功能性接地宜共用一组接地装置，其接地电阻应按其中最小值确定。对功能性接地有特殊要求需单独设置接地线的电子信息设备，接地线应与其他接地线绝缘。

6 智能开采

6.1 一般规定

6.1.1 砂石矿山智能化各技术之间的相互协同关系如下：

1 砂石矿山资源数字化作为基础数据支撑，为智能开采规划、挖装运智能调度、智能爆破管理及矿山开采无人化技术提供数字化模型并实现数据互联互通，确保信息的准确性、时效性和完整性。

2 智能开采规划为挖装运智能调度、智能爆破管理和矿山开采无人化技术的实施提供明确的区域和方向指引，确保爆破作业、挖装作业、运输作业协同高效。

3 挖装运智能调度作为智能砂石矿山的核心执行环节，衔接智能开采规划成果和智能爆破管理成果，引入开采无人化技术，通过智能化手段优化资源配置，实现挖装运协同调度。

4 智能爆破管理与矿山资源数字化实现数据同步，确保爆破前、爆破后数据更新的时效性。

5 矿山开采无人化技术在爆破作业、挖装作业、运输作业的危险区域引入，确保生产安全，实现减人、少人、无人。

6.2 资源数字化

6.2.2 砂石矿山资源数字化可以为智能开采规划、挖装运智能调度、智能爆破管理及矿山开采无人化等提供数字化模型支持，实现矿山资源储量的可视化动态管理。

参照《建筑信息模型施工应用标准》（GB/T 51235-2017）规定，矿山三维数字模型整体模型精度需达到 LOD300。模型成果可以采用行业通用的三维模型格式，满足模型更新、维护、发布和应用要求，常用交换格式包括.fbx、.x 等。模型更新可以基于矿山现场实际情况进行地形数据更新采集，数据采集可应用倾斜摄影、三维激光扫描等技术，并与上一期模型数据进行运算，生成现状数据。历

史模型可以实现矿山资源变化的追溯和动态查询管理。

6.5 挖装运智能调度

6.5.2 矿区导航地图主要基于地理信息系统技术创建矿山的数字地图，包括地形、道路、设备位置等信息。结合实时设备位置数据，地理信息系统可实现设备路径的动态规划，避免拥堵和冲突，确保挖装运作业的高效协同。

6.5.3 终端设备主要通过安装在挖装运设备上的各类传感器，实时采集设备的工作状态、油耗、故障信息等数据。并将数据传输至中央控制平台，用于实时监控设备状态，预测维护需求，确保设备始终以最佳状态运行，从而提高作业效率并降低故障率。

6.6 矿山开采无人化

6.6.1 无人化开采技术是指通过自动化、智能化设备和技术，实现矿山开采过程中的现场无人操作。该技术主要应用于自动化采掘、智能运输、远程监控等领域，旨在提高开采效率、降低人力成本、增强安全性。

6.6.2 矿山无人化装备主要包括无人驾驶的矿车、装载机、挖掘机等，能够在预设的路径上自主行驶，完成矿石的采集、装载和运输任务。通过集成北斗/GPS导航、激光雷达、摄像头等多种传感器，实现设备的精准定位和避障功能。同时，借助远程控制中心，操作人员可以实时监控设备状态，并在必要时进行远程干预。

7 智慧砂石工厂

7.2 智能生产

7.2.2 参照《智能矿山建设规范》(DZ/T 0376-2021)规定,选别工序能实现智能化控制,控制系统可以根据工艺状态和原料特性自主选定控制策略、自动调节选别工艺控制参数,提高选别效率和回收率,降低工序消耗。工艺流程中的各工艺段成品矿及尾矿能实现计量和品位在线监测,为智能控制参数优化提供数据支持。

可以利用计算机视觉识别技术在线监测粒型、级配等工艺参数,实现精细化控制。立轴破制砂效果对原料的含水率非常敏感,湿法生产系统中对制砂原料含水率的控制就显得尤为重要。由于进料中物料表面含有水分,湿性物料会粘结在破碎腔表面阻隔缓冲物料碰撞,进而影响设备的生产效率。

参照《砂石矿绿色矿山建设规范》(DB 45/T 1945-2019)规定,建立能耗核算体系,采取节能减排措施,可以降低砂石生产能耗和设备损耗,使三废和噪音排放达到环保标准。通过建立矿山开采、砂石生产、产品运输全过程能耗核算体系,可以对各工艺电力消耗、油(气)消耗、水消耗进行单独核算。

参考《水泥行业数字化智能矿山建设规范》(T/CCAS 028-2023)规定,采剥作业和运输作业等能实现全视角覆盖,实现对人员、设备、作业环境和作业过程的实时监控,具备实时视频采集、上传及调看远程视频的功能。

7.2.3 集中监控的主要功能介绍如下:

1 能实现生产线全流程自动化控制,主要工艺设备应具备自动启停、自主保护、自动监测等功能。

2 砂石工厂可以采用光纤无源综保系统监测带式输送机跑偏、打滑、撕裂,滚筒异常、损坏,托辊异常振动、异常噪声,电机过载等设备状态,并能实时采集设备状态参数。

3 粗碎进料可以监测进料最大块度,并在车间配置具备远程操作功能的破碎锤对超径块石进行及时处理。

4 破碎设备可以对排料口宽度、设备处理量和设备故障等进行在线监测,

具备排料口异常预警功能。

5 为了实现高低料位关联启停和报警，破碎车间配料仓需设置料位监测仪。

6 监测破碎设备负荷率可以实现能耗监控异常预警和统计功能。

7.2.4 《破碎设备 安全要求》该标准对破碎设备的安全运行提出了具体要求，适用于智能破碎设备的安全设计和操作。《HL 型破碎机》（四川皇龙智能破碎科技股份有限公司）该企业标准规定了 HL 型智能破碎机的技术要求和操作规范，强调了设备的智能化功能和安全运行。

7.2.5 智能筛分可以基于 AI、传感器、物联网技术对筛网筛面的监测，实现来料级配、含水率、通过量等参数监测；可以基于转速监测、振动监测技术实现筛分效率、筛面堵孔率监测。

7.2.6 生产实践证明，立轴破的产砂率主要和破碎岩石的硬度、叶轮的线速度、破碎腔空间物料颗粒密度、进料量和进料粒径及物料含水量等因素有关。立轴破的产砂率主要和进料量、转子线速度有关；随着进料含水率的增大，产砂率明显降低，而砂子细度模数有所增大。这是由于物料含水率增大，破碎腔四周的“料床”自衬层及颗粒碰撞过程中产生了“地毯效应”，抛出的物料颗粒的动能被吸收而迅速衰减所致；与产砂率类似，砂子细度模数与进料量亦近似呈线性关系。棒磨机制砂通过分析进料量、进料粒度等参数，对棒磨机的长径比、转速率、填充率及衬板结构等进行合理的选型与设计，在产量达标，粒度、质量分数合格的前提下控制能耗水平。

7.2.7 机制砂质量可以基于传感器、视觉分析技术，实时监测机制砂的细度模数和石粉含量，确保产品质量。

智能分级系统可以根据在线检测结果自动调整分级设备的运行参数，如筛网振动频率、筛网倾角等，以优化分级效果。

智能分级系统能够根据产品规格和市场需求，自动调整机制砂的细度模数和石粉含量，以满足不同的应用要求。

7.2.8 矾花图像识别智能加药系统是基于计算机视觉技术和深度学习算法实现的一种智能控制系统。它通过对污水中的矾花进行实时检测、识别和分析，从而实现污水处理过程中药剂的自动加药控制。系统的工作原理是通过安装在水处理设备上的摄像头，对污水中的矾花进行拍摄，并将图像传输到计算机中进行处

理。在计算机中，利用深度学习算法对矾花进行识别和分析，得出药剂加药的具体方案。

7.2.9 智能化除尘系统配备高精度的粉尘浓度传感器，实时监测车间内关键排放点的粉尘浓度，确保粉尘控制在安全范围内。当粉尘浓度达到预警值时，系统能够自动启动喷雾设备，通过增加空气湿度来降低粉尘的飞扬和扩散。智能化除尘系统可以根据粉尘浓度和压差监测结果，自动调整风机的运行参数，以优化除尘效果和能效。在除尘器的进出口安装压差传感器，实时监测压差变化，为系统提供除尘器运行状态的直接反馈。

7.2.10 设备监测维护旨在保障设备的正常运行，避免发生计划外停机事件，保障生产工作正常有序进行。能够查看设备综合健康状态、设备报警处理的及时性、重复报警的设备、设备备件情况，并对设备运行效果进行评价，对监控设备状态评估、故障设备诊断分析、检修设备启机评估；可查看管辖的设备综合健康状态，根据诊断报告和维修建议，及时处理报警；在设备运行时，对其主要部位及磨损情况（动锥、衬板、锤头、抛料头、钢棒等）进行连续的状态监测，判定设备所处的状态，预测设备状态未来的发展趋势；可依据设备的状态发展趋势和可能的故障模式，预先制定维修计划，确定机器应该修理的时间、内容、方式和必需的技术和物资支持；对主机设备轴承和电机进行温度和振动监测，其中每个点位振动监测需监测 xyz 三个方向；对润滑系统进行油液监测和磨粒分析。

1 预测性维护包括破碎机、输送机、棒磨机等关键设备，以及这些设备的易损坏部位，如轴承、齿轮、电机等。

2 故障预判通过构建故障诊断模型，系统能够提前预判故障发生的类型和原因，为维修提供依据。

3 根据故障预测结果，预先制定维修计划，包括维修时间表、所需工具和备件，以及预计的停机时间。

4 通过监测维护可以避免因设备故障导致的计划外停机，减少生产损失。

对于复杂矿用设备，可以基于数字孪生的监测维护系统进行状态监测、故障预警。状态监测是预测性维护系统的基石，承担着数据采集与传输的任务。在状态监测过程中，将设备状态数据通过虚拟交互手段简明直观地显示在其三维模型上，以实现操作人员从整体上把控复杂矿用设备的运行状态。故障预警是预测性

维护系统的关键，在对采集的设备状态数据进行约束简化处理后，对故障预测算法进行优化，以保障预测结果的合理性，进而对下一阶段设备状态进行故障预警预测维护。

智能诊断技术相较于传统技术在状态识别方面有了一定的改进。在识别期间，智能诊断通常根据计算机的智能算法实现对故障信号的识别，从而判断该设备存在的故障问题并进行处理，最常见的有混沌、模糊、神经网络等智能算法。相较于传统技术而言，智能诊断的不同之处在于其诊断出的机电故障并不是单一的，而是给出不同故障的发生概率，这有利于对机电设备进行有针对性的处理。

7.2.11 在实际巡检工作中，对现场发现的安全隐患或者是影响运行的故障性隐患发现不及时，或者对发现的隐患问题处置程序复杂等，以及没有及时与现有的双重预防管控平台等安全管理系统实现优先对接联动，这些现象都会导致隐患排查治理滞后，阻碍了矿山安全管理工作的正常进行。

物联网技术主要是利用信息技术、传感器技术实现感知及控制设备与网络的连接，对连接入网的对象进行标签化处理，实现物的智能化管理操作。基于物联网的智能巡检系统可以实现巡检任务的个性化定制，通过智能终端自动识别完成巡检工作，为巡检工作的管理和考核提供依据。

针对目前砂石矿山巡检过程中存在的问题和任务需求，将智能手持终端引入巡检监测中，实现了基于物联网的智能巡检系统。该系统通过硬件和软件系统的结合，利用三维 GIS 技术、二维码扫描识别技术、大数据分析技术等对砂石矿山智能巡检系统进行构建和支撑，使巡检操作和统计管理更加智能化。

通过研究无人机远程控制、自动起降、数据回传、分析预警等技术，设计一种适用于矿区的无人机自动巡检系统。现场测试表明，无人机自动巡检系统凭借其高效、安全的特点，能够代替人工执行部分危险性较高的巡检作业任务，改善目前矿山人工安全巡检危险性高、时效性差等问题，并降低安全巡检人工成本。

7.2.12 依据《能源管理体系要求及使用指南》（GB/T23331-2020）的规定，破碎设备在运行期间需进行定期的能源消耗监测，确保所有运行参数均在设计范围内，并符合节能降耗的目标要求。

对于大型矿山机械设备，如破碎机、球磨机和提升机等，其电力消耗需尽量控制在设计值的+5%以内，超过此范围需立即进行设备状态的调整。

依据《电机系统能效评价》（GB/T 41013-2021）的规定，定期对设备进行能效测试与评估，确保其在低耗能的状态下高效运行。

7.3 智能仓储

7.3.2 机制砂石项目的仓储物料堆场一般采用气膜仓、钢网架或筒仓结构形式，仓储具有高料堆、高粉尘、温度湿度变化大等特点，工作环境恶劣，存在较多的安全隐患。

料位智能监控技术可采用雷达料位计、重锤式料位计进行料位高度监测，其中雷达料位计适用于干法生产工艺、湿法生产工艺、半干法生产工艺料仓料位监测，其测量固体的距离远（最远能够达到 70m），为非接触式测量。重锤式料位计仅适用于干法生产工艺生产的筒仓料位监测，可以避免仓内的粉尘浓度干扰。

智能仓储料位智能监控技术通过通讯网络与数据处理分站 PLC 自控柜建立数据连接，基于实时监控分析软件，实时获取当前供料带式输送机运行状态和堆场料位高度信息，当发现堆场高低料位超过阈值时，会自动报警并触发供料带式输送机连锁自动停机或启动。

7.3.3 根据现场卸料特点，小车定位系统需在卸料小车移动路径上的堆场桁架轨道两侧，每隔一定距离（一般为 5m~10m）安装行程开关。通过行程开关及时反馈小车位置，小车 PLC 自控系统控制卸料小车行进和精准定位。

料位计安装方式需根据堆场布置和结构物特点确定，卸料小车卸料口应安装移动激光雷达料位计，小车行进过程中能实时测量下料点料位高度，并反馈数据给智能控制子系统，及时进行进仓带式输送机连锁启停控制。

仓储卸料小车自动布料系统通过采集小车位置、堆场料位高度，基于自动布料算法，对小车 PLC 控制系统下达控制指令，实现卸料小车自动寻位低料位点卸料。

7.3.4 激光三维扫描设备需结合堆场布置及设备安装固定条件确定安装方式，扫描范围需覆盖全部料堆，扫描设备垂直角分辨率与水平角分辨率还需满足计量精度需求，通常扫描设备防护等级不小于 IP67（国际防护等级认证（IEC 60529）），

工作环境温度为-30℃~80℃。激光三维扫描技术能实时自动重构三维点云模型，动态分析采集堆场三维模型体积和堆场储量数据。

7.4 智能发运站

7.4.1 智能装车可以精确控制移动皮带的输送速度和启停，根据车辆的装载情况进行动态调整。

8 智能运输廊道

8.0.2 皮带输送机智能控制首先是解决输送量与带速匹配问题,为此需构建皮带输送机输送量、带速和电动机功耗的 BP 神经网络模型,基于遗传算法优化 BP 模型参数,推演出输送量与带速的匹配关系。结合控制算法与匹配结果,采用 PLC 模糊控制器,实现皮带输送机自适应调节控制。常用的智能调速控制方案有 PID 控制、模糊控制等。

带式输送机调速控制装置以 PIC 作为核心控制单元,通过信号量输入模块与综合保护装置进行连接,监测带式输送机实际运行状态,并通过功率监测模块采集电动机实时功率。同时, PIC 控制单元利用通讯模块与变频器进行连接,根据控制中心传来的实时输送量信息,按照调速控制规则调整带式输送机运行速度。

8.0.4 运输廊道智能巡检技术包含带式输送机故障检测、环境感知与监测、巡检机器人系统、数据采集与传输、预测性维护、无人机巡检、故障处理软件等。

带式输送机故障检测通过集成多种传感器和先进技术,建立智能巡检自控系统、故障知识库和维修管理系统以及基于光纤传感技术的皮带机综合保护系统,对带式输送机进行全方位的实时监测和故障排除。

环境感知与监测搭载多种传感器,如激光雷达、摄像头、扫描仪、气体检测仪、粉尘浓度检测仪、温湿度传感器、噪声传感器、红外测温仪等,对运输廊道内的环境状况进行全方位、无死角的感知与监测。

巡检机器人可沿着廊道轨道自动巡检,配备了高清摄像头、红外热成像仪、气体传感器等多种检测设备。利用高清摄像头可以实时获取廊道内部设备的外观状况,如皮带的磨损情况、托辊的运转状态等,通过图像识别技术能够自动判断设备是否存在零件脱落、表面破损等问题。红外热成像仪则可以检测设备的温度分布,及时发现电机、减速机等关键设备的过热现象,提前预警设备故障。气体传感器能够监测廊道内的有害气体浓度,保障工作人员的安全。

预测性维护通过对运输廊道设备状况实施周期性或持续性监视,来评价在役设备状况,从而确定维护的具体时机。这种维护方式主要依赖于先进的传感器技术、数据分析技术和人工智能技术,以实现了对设备状态的实时监测和精准预测。

9 智慧水运码头

9.1 一般规定

9.1.1 利用物联网、大数据、人工智能、自动化等现代信息技术，对码头的管理和服 务进行全面智能化升级。通过高度集成的信息系统和智能设备，实现对船舶 靠离泊、堆场管理、自动装船、安全监控等关键作业环节的高效、精准控制和 优化管理。

9.2 船舶调度

9.2.1 货主与船方支持通过移动端确认船舶信息、装运计划、船舶预约申请。矿 山码头港口方支持线上对固定计划期内船舶预约、船舶排位等进行审核。港口方 根据作业计划周期内的船舶来港信息，通过船舶调度算法技术，制定出船舶调度 计划和泊位分配计划。

9.2.2 当船舶按照约定的预计到港时间到达港口时应获取船舶靠泊安全自检完 成信息，根据船舶参数、装运物料、堆场储量等关键信息，通过船舶调度算法技 术，确认船舶排位并通知船方停靠指定泊位操作。船舶信息包括船舶名称、船舶 证书、船舶尺寸、吨位、水尺等。

9.2.3 船舶离港后，货主支持货物交接单在线确认，查看装船称量计量单等商务 结算事宜。

9.3 自动装船

9.3.1 基于三维激光扫描、仿真模拟和高精度定位等技术，对船舶表面三维点云 数据进行处理，识别出船仓的位置和形状，引导装船机进行自动作业。利用具有 自移、回转、俯仰、伸缩等功能的移动式装船机，适应不同船舶类型和环境条件。 建立设备联锁控制模型和全自动化控制系统，确保堆场取料、胶带机输送、装船 等全过程的作业自动化和集中管控。

10 智慧安防与环境监控

10.1 一般规定

10.1.1 依据《国家矿山安全监察局综合司关于加快推进非煤矿山风险监测预警系统建设及联网工作的通知》（矿安综〔2024〕9号），加快推动非煤矿山企业安全监测监控系统建设及数据联网，实现对非煤矿山重点区域、关键环节的风险感知、识别监测、精准研判和有效处置，提升非煤矿山安全监管监察工作的远程化、信息化和智能化水平，推进非煤矿山安全治理模式向事前预防转型。将各类感知数据联网上传至省级矿山安全监管部门，由省级矿山安全监管部门统一上传至国家矿山安全监察局平台。各省（区、市）对联网方式另有要求的，结合实际情况执行。

10.1.2 依据《矿山安全风险监测预警处置工作管理办法（试行）》要求，监测预警系统对矿山生产建设过程中各类风险监测指标进行监测、识别分析后发出的报警信息。按照报警类型、严重程度、报警时长等因素，将预警信息从高到低划分为红色预警、橙色预警、黄色预警、蓝色预警四个级别。矿山安全风险监测预警处置工作遵循“分级响应、分工协作、及时处置、闭环管理”的原则。矿山应当制定完善“监测预警—响应处置—核查反馈”闭环处置制度，应当按照相关标准规范建设完善各类安全监测监控系统并上传数据。

10.2 智慧安防

10.2.2 依据国家、行业现行标准《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》（KA/T 2063-2018）、《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB 51016-2014）中相关规定，矿山采场和排土场边坡，应依据边坡高度、坡度、地质条件、稳定性等指标确定不同监测等级，并依据监测要求对各指标进行监测。边坡现状高度150米及以上的正常生产建设金属非金属露天矿山（含排土场）按照《国家矿山安全监察局关于开展露天矿山边坡监测系统建设及联网工作的通知》（矿安〔2023〕

119号)要求建设完善边坡监测系统,其中边坡表面变形、视频监控为必须监测联网项。按照现行标准规范开展内部变形、应力、爆破振动、降雨量、地下水、地表水等项目的监测和分级预警。按照《露天矿山边坡感知数据接入规范(试行)》(矿安综〔2023〕59号)将各类感知数据联网上传至省级矿山安全监管部门,由省级矿山安全监管部门统一上传至国家矿山安全监察局平台。

10.2.4 本条文对视频监控和集中管理有关规定进行说明,视频监控联网系统由国家矿山安全监察局、省级矿山安全监管监察部门、露天矿山企业组成,以国家矿山安全监察局为骨干节点,实现露天矿山工业视频的汇聚联网。以省级矿山安全监管监察部门视频管理系统节点为接入节点,实现视频流转,接入露天矿山企业各类图像信息资源,系统逐级级联构成联网系统。应按照《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》(GB/T 28181-2022)要求,将视频监控数据联网上传至省级矿山安全监管部门,由省级矿山安全监管部门统一上传至国家矿山安全监察局平台。

10.2.5 本条文对无人机配置进行说明,无人机巡检系统建设需考虑矿山需求和项目当地无人机空域分类。适飞空域应配置无人机和机场进行自动巡检;管控区域可仅配置无人机,在向当地航空管理部门提前申请,并获得许可后手动操作飞行进行安全巡检和采集数据。禁飞区域可取消建设无人机巡检系统。

10.2.8 火灾监测建设需符合《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116-2013)、《消防控制室通用技术要求》(GB 25506-2010)相关要求,并依据《智慧矿山信息系统通用技术规范》(GB/T 34679-2017),所有数据均能按照各省(区、市)对联网方式要求,发送到矿山数据中心和远程预警服务中心。

11 智慧化管理平台

11.1 一般规定

11.1.1~11.1.2 智慧化管理平台以企业数字化管理为基础，集成生产智慧化管理应用，实现矿山生产数据直观展示，使调度管理功能高度集中，为生产调度管理提供实时准确的现场情况、生产情况、作业情况，数字化应用让生产管理更加的精准，第一时间掌握现场各种突发情况，并可快速响应及采取相应的处理措施。精准的生产管控过程，智慧化的决策，使产品质量得到更加可靠的保障。

11.1.3~11.1.5 《智能化矿山数据融合共享规范》（KSSJ-2023）形成了6个专题40项具体规范，编制成果丰富，建立了统一的智能化矿山数据编码，规范了数据通信接口和协议，具有科学性、指导性和实用性；规范有效解决矿山、装备和通信企业面临的数据编码不统一、传输协议不开放、系统集成难度大、智能化建设成本高等突出问题，打通“数据孤岛”，破除“信息烟囱”，推动智能化矿山各类数据的互联互通、集中集成，为实现生产条件先知先觉、过程可视可控、安全可防可测、要素可调可配的矿山高水平智能化奠定了基础。

11.1.6~11.1.8 依据《智能化矿山数据融合共享导则》（KSSJ/JC11-2023）规定，智慧管理平台应能通过数据中台实现矿山各类感知数据、基础业务数据、管理数据、文本数据、空间数据的统一汇聚、分层管理和数据服务。智慧管理平台应将矿山生产经营数据和设备巡检数据的汇聚、储存和分析，实现矿山设备点巡检的信息透明化、流程清晰化，为智慧矿山风险综合防控管理、决策分析综合管控、精准运维检测打下坚实基础，满足矿山智能化综合管控系统的应用要求。

11.2 企业数字化管理

11.2.1 依据《砂石行业绿色矿山建设规范》（DZ/T 0316-2018）的规定，矿山企业应建立产权、责任、管理和文化等方面的企业管理制度。矿山企业应建立质量管理体系、环境管理体系和职业健康安全管理体系，实现对质量、环境、职业健康与安全的管理。

11.2.3 依据《智能化矿山数据融合共享导则》（KSSJ-JC11-2023）的规定，矿山企业应根据矿山行业智能化数据实际情况，对数据安全运营提出要求，包括预警处理、问题通报、策略优化、人员培训等，建立长期有效的数据安全运营机制。

11.3 生产智能化管理

11.3.1 智慧化管理平台宜集成矿山智能开采、智慧砂石工厂、智慧运输廊道、智能仓储、智能发运站、智慧水运码头、智慧安防及环境监测等生产业务系统。

11.3.2~11.3.8 规定了智慧管理平台集成各业务系统需要汇聚的数据、应用系统和功能等。