ICS 35.240.50
CCS D 04

KA

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T XXXXX—XXXX

金属非金属矿山智能化体系架构要求

Requirements for smart system architecture of metal and nonmetal mines

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

国家矿山安全监察局　　发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　缩略语 2
5　总体架构 2
5.1　基本要求 2
5.2　网络 3
5.3　信息平台 3
5.4　业务应用 3
5.5　管理 4
5.6　应用场景 4
6　网络架构 4
6.1　基本要求 4
6.2　接入层 4
6.3　传输层 5
6.4　汇聚层 5
6.5　业务层 5
7　信息平台架构 5
7.1　基本要求 5
7.2　数据接入及控制层 6
7.3　数据分析与应用层 6
7.4　决策优化层 7
8　业务应用架构 7
8.1　金属非金属露天矿山 7
8.2　金属非金属地下矿山 9
9　管理架构 12
9.1　基本要求 12
9.2　安全管理智能化要求 12
9.3　生产管理智能化要求 12
9.4　运营管理智能化要求 12

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家矿山安全监察局提出。

本文件由矿山安全行业标准化技术委员会信息和智能化分技术委员会归口。

本文件起草单位：矿冶科技集团有限公司、宏大爆破工程集团有限责任公司、中国铜业有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司、北京科技大学、北京北矿智能科技有限公司、东北大学、中国安全生产科学研究院、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、长春黄金研究院有限公司、中国恩菲工程技术有限公司、新疆有色金属工业（集团）有限责任公司、福州大学、广东省大宝山矿业有限公司、中南大学、江西漂塘钨业有限公司、煤炭科学研究总院有限公司。

本文件主要起草人：余乐文、杨小聪、张驰、冀虎、郭利杰、许文远、张元生、郝福来、陈光木、吴仕艳、戴锐、常莹、刘晓明、赵永、张亦海、马朝阳、李兵磊、张兵兵、杨伟、石雅倩、赵玉炜、刘允秋、张晓龙、逄文好、杜锐、任义、李国清、彭平安、曾强、张建中、王佳恒。

本文件为首次发布。

金属非金属矿山智能化体系架构要求

1 范围

本文件界定了金属非金属矿山智能化的术语，规定了总体架构、网络架构、信息平台架构、业务应用架构、管理架构。

本文件适用于金属非金属矿山的智能化规划、建设与升级改造。不适用于煤系金属非金属矿山的开采；不适用于河砂、海砂以及石油、天然气、页岩气、天然矿泉水等液态或气态矿藏的开采；不适用于水力开采、锯切开采等特殊开采方式。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 13908 固体矿产地质勘查规范总则
GB 16423 金属非金属矿山安全规程
GB/T 17766 固体矿产资源储量分类
GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 25070 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求
GB/T 28448 信息安全技术 网络安全等级保护测评要求
GB/T 34679 智慧矿山信息系统通用技术规范
GB/T 37739 信息技术 云计算 平台即服务部署要求
GB/T 46010 信息技术 矿山大数据技术要求
GB 50174 数据中心设计规范
AQ 2031 金属非金属地下矿山监测监控系统建设规范
AQ 2032 金属非金属地下矿山人员定位系统建设规范
AQ 2036 金属非金属地下矿山通信联络系统建设规范
KA/T 2050.1 金属非金属矿山安全标准化规范 导则
KA/T 2050.2 金属非金属矿山安全标准化规范地下矿山实施指南
KA/T 2050.3 金属非金属矿山安全标准化规范露天矿山实施指南
KA/T 2051 金属非金属地下矿山人员定位系统通用技术要求
KA/T 2052 金属非金属地下矿山通信联络系统通用技术要求
KA/T 2053 金属非金属地下矿山监测监控系统通用技术要求
KA/T 2063 金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属非金属矿山智能化 intelligentization of metal and nonmetal mines

以新一代信息技术为驱动，覆盖矿山信息基础设施、网络基础设施与信息平台，部署地质保障、开采设计与生产计划、生产作业、安全监控等核心业务智能化系统及综合管控平台，实现矿山开采、生产、安全、经营全流程全面感知、实时互联、智能决策、精准控制与自主学习运行的一体化技术体系。

3.2

金属非金属矿山智能化总体架构 overall architecture of intelligent systems for metal and nonmetal mines

由网络架构、信息平台架构、业务应用架构和管理架构构成，以网络架构为基础、信息平台架构为中枢、业务应用架构为承载、管理架构为保障，通过数据流与业务流耦合，形成一体化协同运行的矿山智能化总体框架。

3.3

金属非金属矿山智能化网络架构 intelligent network architecture for metal and nonmetal mines

由覆盖矿山的各类有线及无线网络基础设施构成，融合多种新一代通信技术，基于先进网络协议与纵深安全防护体系，形成具备泛在接入、高速传输、弹性扩展、韧性可靠及智能运维能力的矿山智能化网络体系结构。

3.4

金属非金属矿山智能化信息平台架构 intelligent information platform architecture for metal and nonmetal mines

由数据接入及控制层、数据分析与应用层、决策层共同构成，以信息平台为枢纽，通过纵向贯通、协同支撑，形成的具备数据接入、治理、分析、服务及协同控制与智能决策能力的平台框架。

3.5

金属非金属矿山智能化业务应用架构 intelligent mine business application system architecture for metal and nonmetal mines

面向露天与地下两类金属非金属矿山，以地质保障、开采设计与生产计划、生产作业、安全监控等核心业务系统为构成单元，经综合管控平台集成，形成覆盖矿山全业务流程、具备全业务环节智能感知、协同控制与数据驱动能力的业务应用组织框架。

3.6

金属非金属矿山智能化管理架构 intelligent management architecture for metal and nonmetal mines

面向金属非金属矿山智能化建设与运行，以智能化组织体系、责任体系、考核激励体系为组织保障，以安全管理、生产管理、运营管理等核心管理模块为管理内容，形成覆盖生产、安全、销售、成本、效益等管理能力的管理运行框架。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件

CAN：控制器局域网（Controller Area Network）

CPE：客户终端设备（Customer Premises Equipment）

F5G：第五代固定网络（The5thGenerationFixedNetwork）

LoRa：远距离无线电（Long Range）

NB-IoT：窄带物联网（Narrowband Internet of Things）

PROFIBUS：过程现场总线（Process Field Bus）

RF：射频（Radio Frequency）

UWB：超宽带（Ultra-Wideband）

Wi-Fi：无线保真（Wireless Fidelity）

Wi-Fi AP：无线无线接入点（Wireless Fidelity Access Point）

xDSL：不同类型的数字用户线（x Digital Subscriber Line）

5 总体架构

5.1 基本要求

5.1.1 总体架构应指导金属非金属矿山智能化系统的设计、建设、升级和改造；应包括网络架构、信

息平台架构、业务应用架构和管理架构。总体架构如图 1 所示。

5.1.2　总体架构应以网络为基础、信息平台为中枢、业务应用为承载、管理为保障，构建包括生产场景、安全场景与管理场景的各类业务系统与操作平台数据接入，通过大数据、人工智能、云计算等新一代信息技术实现数据互联互通、深度挖掘、分析应用和协同联动，实现矿山生产、安全及管理等应用场景全流程、全要素的智能化运行。

5.1.3　应实现各组成部分有机协同与整体联动，并在数据标准化接入、网络基础条件建设、信息平台搭建、业务应用场景、管理保障等方面满足相关技术要求，指导智能化系统在矿山各管理层级的安全可靠运行。

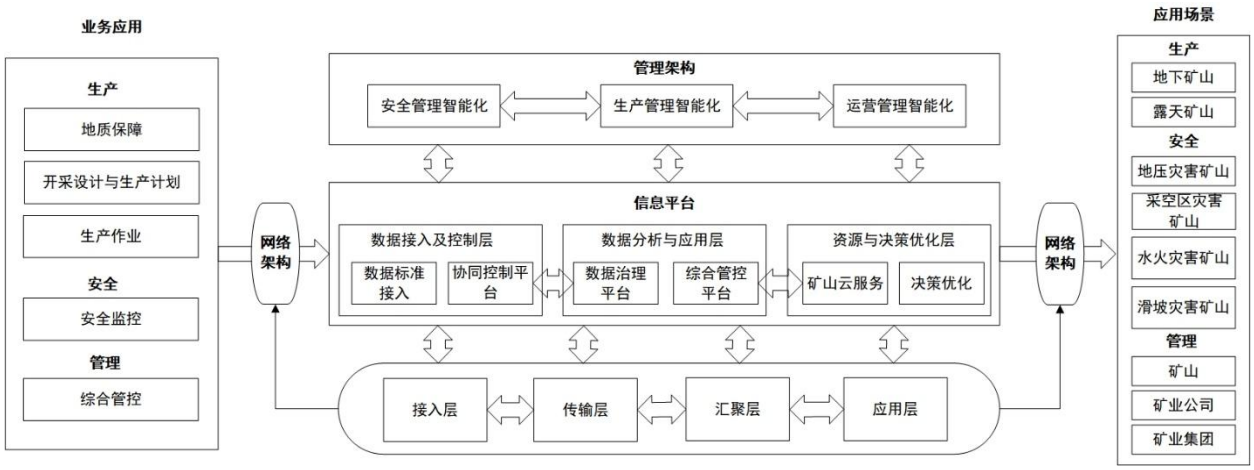


图 1　金属非金属矿山智能化总体架构

5.2　网络

5.2.1　网络应包括接入层、传输层、汇聚层和应用层。

5.2.2　接入层应借助网关网络接入设备实现露天及地下矿山重点区域环境感知、生产装备、音视频、人员定位、通信调度等多源多模态数据全量稳定接入。

5.2.3　传输层传输层应采用有线与无线通信技术，实现多源多模态数据一体化承载与多业务隔离传输。

5.2.4　汇聚层应承担数据集中转发、多业务隔离、优先级调度、网络安全管控、网络冗余保障及运维管理等作用，并满足网络安全等级防护要求。

5.2.5　应用层应按业务属性独立划分控制网、监控网、视频网、办公网等业务网络，建立相互隔离的专属业务通道，实现各类业务数据承载与网络联通。

5.3　信息平台

5.3.1　信息平台应包括数据接入及控制层、数据分析与应用层、资源与决策优化层。

5.3.2　数据接入及控制层应具备数据接入及控制能力，并支持多源异构数据的实时采集、边缘处理与统一接入，以及控制指令的精准下达与执行反馈。

5.3.3　数据分析与应用层应具备数据分析及应用能力，并支持数据治理平台与综合管控平台的协同运行，实现数据集成治理、分析服务与业务管控的有机衔接。

5.3.4　资源与决策优化层应具备智能决策能力，并支持资源建设、模型计算、态势研判与决策方案的下发及反馈机制。

5.4　业务应用

5.4.1　业务应用应支撑金属非金属矿山的生产系统、安全系统和管理系统。

5.4.2　生产系统应涵盖地质保障、开采设计与生产计划、生产作业等业务，满足 GB/T 13908 相关要求，并支持地质模型动态更新、生产计划优化、作业协同控制及远程操控。

5.4.3　安全系统应涵盖安全监控业务，构建人员行为监控、设备状态监控、环境因素监控等系统，满足 AQ 2031 及 KA/T 2053 相关要求，并支持多源信息融合感知、风险识别预警、联动处置及超前干预。

5.4.4　管理系统应涵盖综合管控业务，并支持管理数据与安全生产数据的融通共享、指标动态优化及

辅助决策。

5.5 管理

5.5.1 管理应实现生产管理智能化、安全管理智能化和运营管理智能化。

5.6 应用场景

5.6.1 总体架构的应用场景应支撑生产场景，应涵盖地下矿山、露天矿山的地质资源、采矿设计与生产计划、生产作业等核心场景。

5.6.2 总体架构的应用场景应支撑安全场景，应涵盖地压灾害、采空区灾害、水火灾害和滑坡灾害等监测系统，支持多灾害融合分析、应急救援协调联动等智能化应用。

5.6.3 总体架构的应用场景应支撑管理场景，对矿山、矿业公司和矿业集团的安全管理、生产经营、运营管理等进行调度和优化。

6 网络架构

6.1 基本要求

6.1.1 网络架构应涵盖接入层、传输层、汇聚层和应用层，采用有线通信、无线通信等技术，规划控制网、监控网、视频网、办公网等业务网络，网络架构如图 2 所示。

6.1.2 业务网络配备高系统容量、高传输速率、多容错机制、低网络延时的网络设备，具备带宽演进能力，支持地质保障、开采设计与生产计划、生产作业、安全监控、综合管控等生产、安全及管理类数据网络接入、传输、汇聚及应用，保证通信畅通、网络冗余及网络安全。

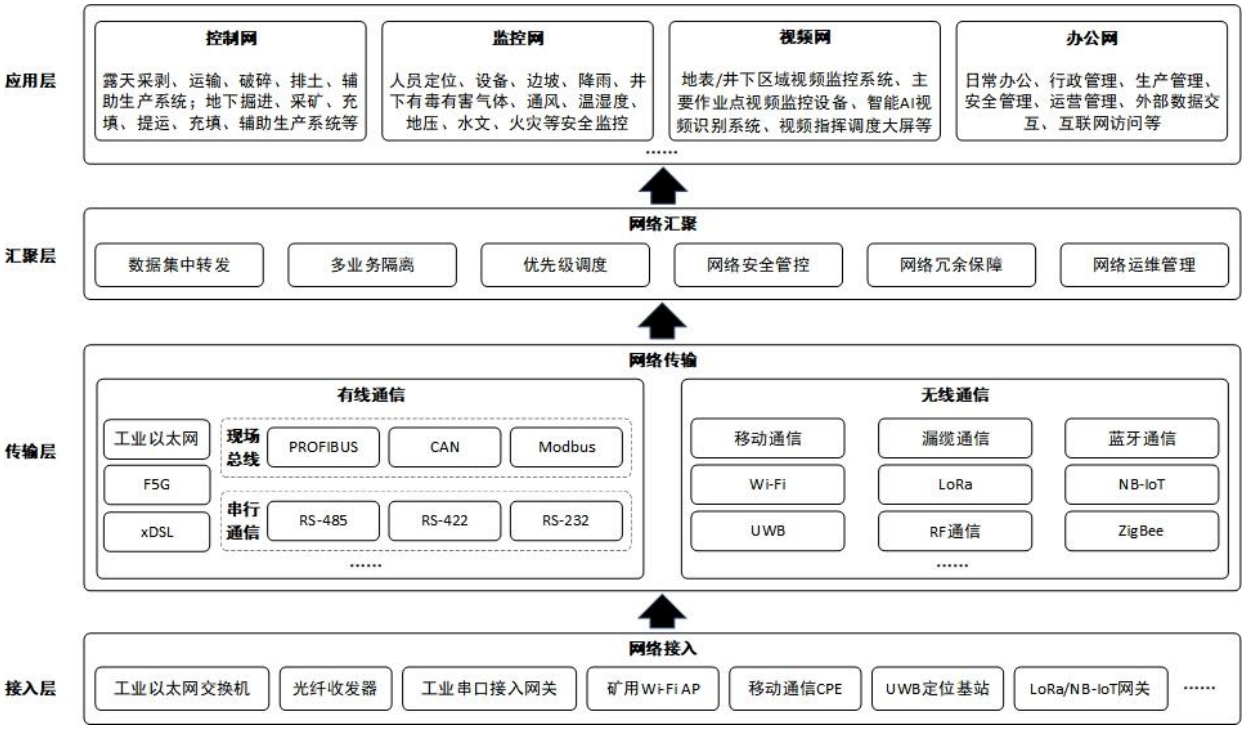


图 2 金属非金属矿山智能化网络架构

6.2 接入层

6.2.1 采用工业以太网交换机、光纤收发器、Wi-Fi AP、移动通信 CPE、物联网等网关网络接入设备，实现环境感知与安全监控、生产装备与辅助生产系统、音视频与可视化、人员定位与智能穿戴、通信联络与调度管理等数据接入。

6.2.2 金属非金属露天矿山实现露天采场、运输道路、排土场、破碎站、办公场所等重点区域的网络全覆盖；金属非金属地下矿山实现采掘工作面、主要巷道、受控区域（水泵房、变电所、炸药库、避灾

硐室、主要通风机房、提升机房等）、办公场所等重点区域的网络全覆盖。

6.3 传输层

6.3.1 采用有线通信、无线通信等技术，建设高系统容量、高传输速率、多容错机制、低网络延时的矿山融合网络，实现多源多模态数据一体化承载与多业务隔离传输。
6.3.2 有线通信采用工业以太网、F5G、串行通信及现场总线等技术，承载多业务数据传输。
6.3.3 无线通信采用移动通信、Wi-Fi、UWB、LoRa、RF 通信、漏缆通信等技术，承载多业务数据传输。

6.4 汇聚层

6.4.1 汇聚层对接应用层、承接传输层，承担数据集中转发、多业务隔离、优先级调度、网络安全管控、网络冗余保障、网络运维管理等作用。
6.4.2 网络安全应符合 GB/T 22239 及 GB/T 25070 相关要求，满足网络安全等级保护二级或以上要求，并按照 GB/T 28448 开展网络安全等级保护测评。

6.5 业务层

6.5.1 按照业务属性独立划分网络，建设控制网、监控网、视频网、办公网等业务网络，建立相互隔离的专属业务通道，各业务流量互不抢占带宽。
6.5.2 控制网实现露天采剥、运输、破碎、排土、辅助生产系统等数据承载，以及地下掘进、采矿、充填、提运、充填、辅助生产系统等数据承载与网络联通。
6.5.3 监控网实现人员定位、设备、边坡、降雨、井下有毒有害气体、通风、温湿度、地压、水文、火灾等安全监控数据承载与网络联通。
6.5.4 视频网实现地表/井下区域视频监控系统、主要作业点视频监控设备、智能 AI 视频识别系统、视频指挥调度大屏等数据承载与网络联通。
6.5.5 办公网实现日常办公、行政管理、生产管理、安全管理、运营管理、外部数据交互、互联网访问等数据承载与网络联通。

7 信息平台架构

7.1 基本要求

7.1.1 信息平台架构应符合 GB/T 34679 中智慧矿山基本架构要求，自下而上应由数据接入及控制层、数据分析与应用层、决策优化层构成，各层通过数据流与业务流纵向贯通、协同支撑，实现对矿山多源数据的采集汇聚、协同控制、智能分析与优化决策，信息平台架构如图 3 所示。
7.1.2 信息平台架构的建设应遵循分层协同、数据贯通、开放扩展、安全可靠原则，实现数据实时采集、控制指令有效执行、数据深度分析、决策模型持续优化。

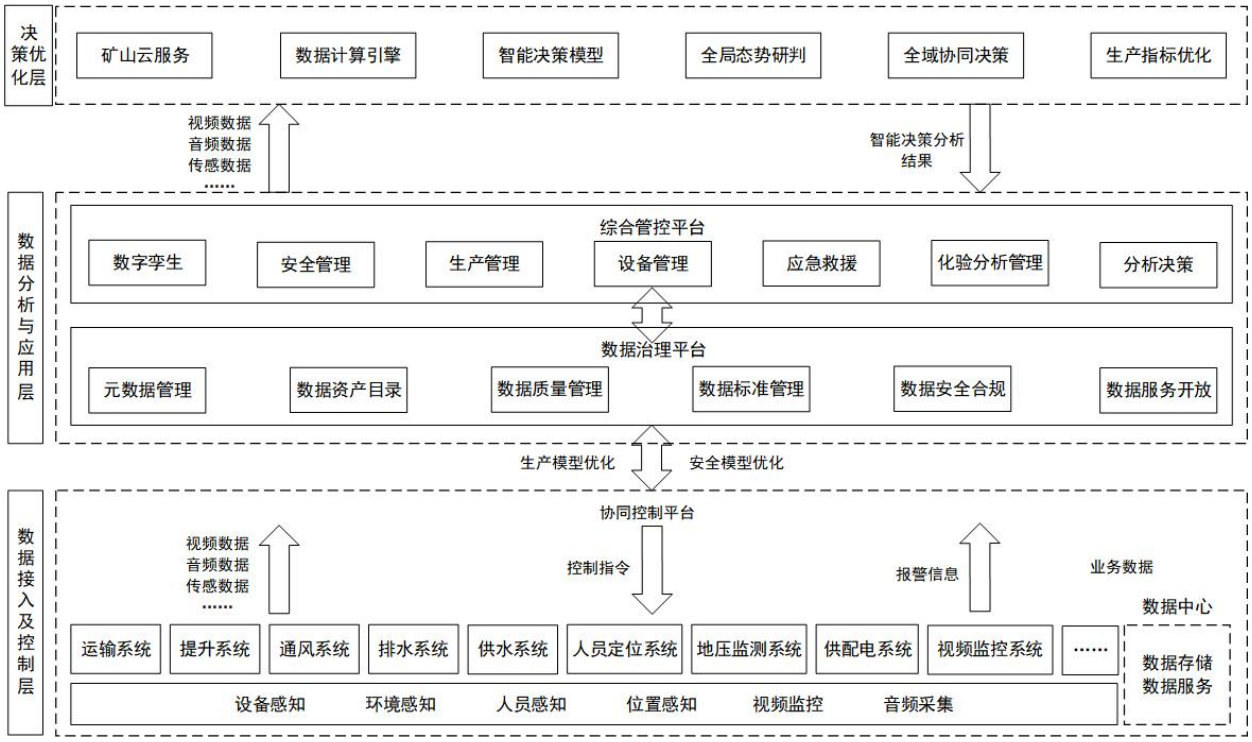


图 3　金属非金属矿山智能化信息平台架构

7.2　数据接入及控制层

7.2.1　传感器应具备设备感知、环境感知、人员感知、位置感知、视频监控及音频采集相关数据的能力。

7.2.2　各生产及辅助系统应满足 GB 16423 相关要求，具备对传感器所采集的设备、环境、人员、位置以及视频音频等数据的处理能力，实现所控设备的远程控制及自动化运行，并支持上传视频、音频传感等原始数据及报警信息，同时接收控制指令，优化过程控制。

7.2.3　数据中心应满足 GB/T 46010 相关要求，具备对设备、环境、人员、位置以及视频音频等数据、报警信息及控制指令进行集中存储，并支持开放数据对外服务接口，实现数据的双向交互。

7.2.4　协同控制平台应支持汇集各生产及辅助系统上传的包括视频、音频、传感等监测及控制数据、报警信息，具备数据协同分析能力，并下发控制指令，支撑生产及辅助系统控制的进一步优化，同时支持将监测和控制数据上传至数据治理平台。

7.3　数据分析与应用层

7.3.1　数据治理平台应符合GB/T 46010中关于信息系统架构与数据治理的相关规定，具备元数据管理、数据资产目录、数据质量管理、数据标准管理、数据安全合规、数据服务开放等功能，实现数据全生命周期规范化管理与跨系统共享。

7.3.1.1　元数据管理应支持技术元数据、业务元数据、管理元数据的统一管理，以及数据关系的自动解析与可视化呈现。

7.3.1.2　数据资产目录应支持数据资产的分类编目、智能检索及标签化管理，应包括数据资产的业务含义描述、数据来源、更新频率、所属部门等信息的统一展示，以及数据资产的申请、审批、订阅等流程化管理。

7.3.1.3　数据质量管理质量规则的配置与自动化稽核，应包括完整性、准确性、有效性、一致性、唯一性、及时性等维度的质量检核，以及质量异常告警、质量问题工单流转、质量报告自动生成与整改闭环跟踪。

7.3.1.4　数据标准管理应支持标准字典的统一定义与发布，应包括数据标准的新增、审核、生效、废止的全生命周期管理，标准与数据元的映射关联。

7.3.1.5 数据安全合规应支持敏感数据的自动识别与分类分级，应包括数据脱敏、访问权限精细化管控、操作行为审计日志、数据加密传输与存储，以及合规风险评估与安全策略统一配置。
7.3.1.6 数据服务开放应支持数据资产的服务化封装与共享开放，应包括 API（应用程序接口）服务的快速生成、发布、上下线管理，服务调用鉴权、流量管控与限流熔断，以及服务调用日志记录与计量统计。
7.3.2 数据治理平台应符合GB/T 37739中平台即服务部署要求,为综合管控平台提供数据与智能支撑，综合管控平台向数据治理平台回馈业务闭环数据，驱动模型与算法的持续迭代优化。
7.3.3 综合管控平台应基于统一的编码体系、数据接口，具备数字孪生、安全管理、生产管理、设备管理、应急救援、化验分析管理、分析决策等模块功能应用服务。
7.3.3.1 数字孪生模块应根据露天矿山和地下矿山的不同分别构建不同场景、设备设施等模型动态更新,设备运行参数及状态实时动态映射。

——露天矿山场景包括矿山地表地形、工业场地、矿体、开挖台阶等；
——地下矿山场景包括矿山地表地形、工业场地、矿体、采场、井巷、采空区等。

7.3.3.2 安全管理模块应具备风险分级管控、隐患排查治理、风险监测预警、安全培训、特种作业管理、事故分析管理等功能。
7.3.3.3 生产管理模块应结合露天矿山和地下矿山不同生产工序，实现的计划管理、智能调度等功能,支持工程量和损失贫化率自动统计分析。

——露天矿山生产工序包括穿孔、爆破、铲装、运输、破碎、排土、辅助作业等；
——地下矿山生产工序包括掘进、采矿、提运、充填、辅助作业等。

7.3.3.4 设备管理模块应具备设备选型、采购计划、投入运行、在线盘点、工况监测、故障自诊断与异常报警、维护维修和报废再生等全生命周期闭环管理功能。
7.3.3.5 应急救援模块应具备应急救援预案自动调用、救援物资自动调配、救援队伍自动调度、避灾路线与救援路径自动规划、救援辅助指挥等功能。
7.3.3.6 化验分析管理模块应具备样品记录、人员信息、仪器设备、标物标液、化学试剂、标准方法等集成管理功能。
7.3.3.7 分析决策模块应具备生产、安全、销售、成本、效益智能分析与辅助决策等功能。
7.3.4 综合管控平台应支持将各层级采集的视频数据、音频数据、传感数据以及处理分析后的结果数据等存储到数据中心，并为决策优化层提供数据支撑。

7.4 决策优化层

7.4.1 资源与决策优化层应符合 GB/T 37739 相关要求，具备数据计算引擎、智能决策模型、全局态势研判、全域协同决策、生产指标优化等功能。
7.4.2 决策优化层应结合矿山规模与业务需求，按照 GB 50174 的相关要求，建设金属非金属矿山云服务，接收数据分析与应用层的数据，训练智能决策模型，并将智能决策分析结果下发至数据分析与应用层，驱动矿山生产与安全管理的持续优化。

8 业务应用架构

8.1 金属非金属露天矿山

8.1.1 基本要求

8.1.1.1 露天矿山智能化业务应用架构应涵盖地质保障、开采设计与生产计划、生产作业、安全监控核心业务应用系统，露天矿山智能化业务应用架构如图 4 所示。
8.1.1.2 露天矿山业务应用架构应围绕露天矿山地质保障、开采设计与生产计划、采剥、运输、破碎、排土、安全监控等环节，以透明地质为基础、智能开采技术与装备为支撑、多工序协同为手段，构建少人化、无人化业务应用体系。



图 4　金属非金属露天矿山智能化业务应用架构

8.1.2　金属非金属露天矿山地质保障

8.1.2.1　地质保障应符合 GB/T 13908、GB/T 17766 相关规定，涵盖地质信息感知、矿山地质数字化及资源储量管理。

8.1.2.2　地质信息感知宜综合采取卫星遥感、倾斜摄影、激光扫描、随钻测量、钻孔成像等先进技术和物探、钻探、化探、槽探、地质填图等传统手段高效获取矿区地形、工业场地、地质体、露天采场、排土场、隐蔽致灾因素等信息数据，并实现及时上传与数字存储。

8.1.2.3　地质数字化宜建立地质信息数据库,实现资源勘查、生产勘探、取样化验等资料与信息的数字化管理；融合实时动态感知数据，构建矿山三维透明地质模型，融合实时动态感知数据，构建矿山三维透明地质模型，实现矿山地质信息直观展示、多源地质数据实时共享与关联分析。

8.1.2.4　资源储量管理宜依托地质信息数据库动态管理矿产资源储量，对资源量、储量、二级矿量（开拓、备采）进行动态估算与统计分析，实现矿体分布、形态、产状、规模、品位（品质）等信息动态更新和三维可视化管理。

8.1.3　金属非金属露天矿山开采设计与生产计划

8.1.3.1　开采设计与生产计划应符合 GB 16423 相关规定，涵盖开采设计与生产计划。

8.1.3.2　开采设计宜依托地质模型数据，在三维可视化环境下，智能规划剥离、采矿、运输、排土等工序流程，自动设计并动态优化穿孔、爆破、铲装等开采作业参数。

8.1.3.3　生产计划宜在三维可视化环境下，编制剥离、采矿、运输、排土等生产计划，并根据施工条件变化，进行自动调整与动态优化。

8.1.4　金属非金属露天矿山生产作业

8.1.4.1　生产作业应符合 GB 16423 相关规定，涵盖采剥作业、运输作业、破碎作业、排土作业以及辅助生产。

8.1.4.2　采剥作业按照工艺环节包括穿孔作业、爆破作业、铲装作业以及二次破碎，其中：

a)　穿孔作业宜采用智能潜孔钻机、牙轮钻机等装备，实现自动找孔、自动穿孔、随钻测量与钻孔评价，具备作业参数动态优化和故障自诊断能力；

b)　爆破作业宜采用智能爆破设计软件与智能装药台车等装备系统，实现爆破设计自动生成与优化、炸药精准混配与自动装填、爆破效果动态评价；

c) 铲装作业宜采用智能挖掘机、装载机等装备，实现矿堆识别、自主导航与自主铲装，具备多装备协同作业和动态避障能力；
d) 二次破碎作业宜采用智能破碎台车等装备，实现大块矿石精准定位与自适应破碎，具备作业参数动态调整与设备故障自诊断能力。

8.1.4.3 运输作业宜结合矿山开采条件合理选用智能矿用卡车、带式输送机、有轨电机车等装备，实现矿石运输、排土排渣全天候条件下无人化作业。

8.1.4.4 破碎作业宜应用智能破碎装备，实现破碎全流程无人化作业。装备应具备远程操控、自动启停、料位判断、物料块度监测、设备运行与周边环境参数实时监控、与运输设备协同联动、故障自诊断与异常报警等功能。

8.1.4.5 排土作业宜应用智能推土机、排土机等装备，实现排土全流程无人化作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自主作业、设备运行与周边环境参数实时监控、与运输设备协同联动、故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

8.1.4.6 辅助生产系统按照矿山安全生产需要包括防排水、供配电及其他辅助作业智能化系统，其中：

a) 防排水应具备水文实时监测、自动启停水泵、自动开闭管路阀门、自动预警等功能；
b) 供配电应具备在线监测变配电站及供电线路等设备设施、遥测遥信遥调遥控遥视、设备故障自诊断与异常报警、自动隔离切换等功能，实现供配电系统远程控制和无人值守；
c) 其他辅助系统根据矿山具体情况可应用智能平路机、洒水车等其他生产辅助装备，实现道路修筑与养护、工作平台整修清扫、洒水降尘等其他辅助作业智能化，装备应具备环境感知、定位导航、自主作业等功能。

8.1.5 金属非金属露天矿山安全监控

8.1.5.1 安全监控应符合 GB 16423、KA/T 2063 相关规定，涵盖人员行为、设备状态以及环境因素。

8.1.5.2 人员行为监控宜通过视频 AI 行为识别、电子围栏、无人机巡查等技术手段，对“三违”行为、防护缺失、人员误入等人的不安全行为进行智能识别与预警。

8.1.5.3 设备状态监控宜通过设备在线监测、AI 视频监控、机器人巡检等技术手段，进行设备智能巡检、故障智能诊断与预警、应急处置。

8.1.5.4 环境因素监测宜通过 AI 视频监控、边坡监测、多源数据融合、无人机巡查等技术手段，对边坡、降雨等环境因素和山洪、泥石流等地质灾害进行实时监测、智能分析与风险预警。

8.2 金属非金属地下矿山

8.2.1 基本要求

8.2.1.1 地下矿山智能化业务应用架构应涵盖地质保障、开采设计与生产计划、生产作业、安全监控核心业务应用系统，地下矿山智能化业务应用架构如图 5 所示。

8.2.1.2 地下矿山业务应用架构应围绕地下矿山地质保障、开采设计与生产计划、掘进、采矿、提运、安全监控等环节，以透明地质为基础、智能开采技术与装备为支撑、多工序协同为手段，构建少人化、无人化业务应用体系。

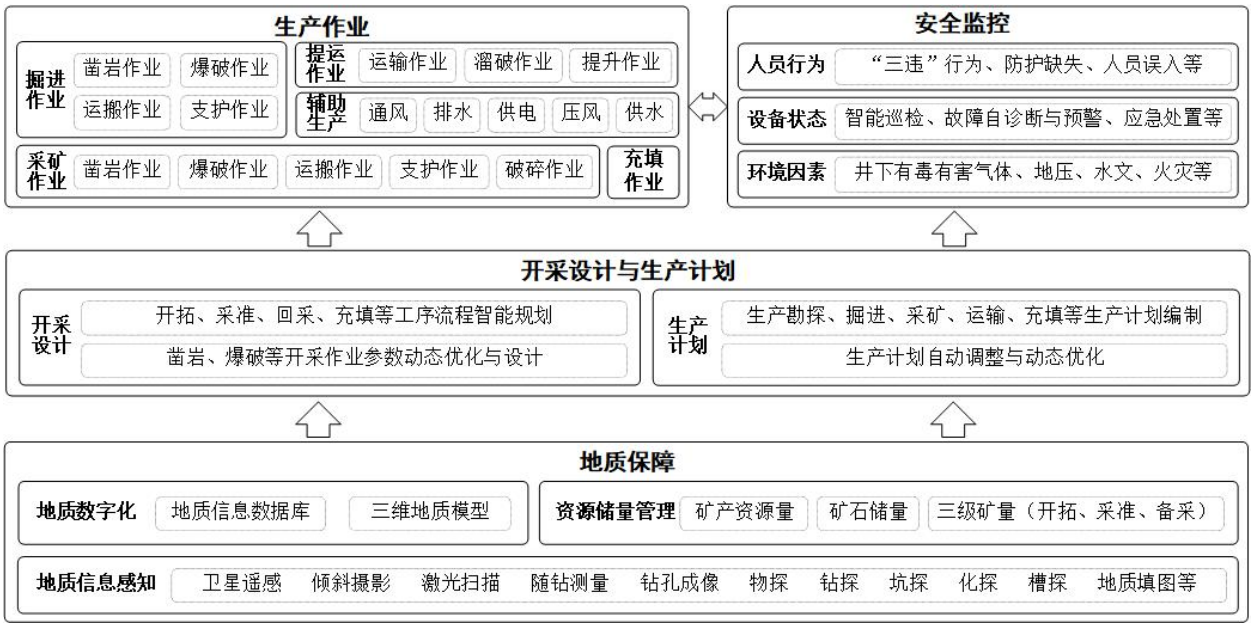


图 5　金属非金属地下矿山智能化业务应用架构

8.2.2　金属非金属地下矿山地质保障

8.2.2.1　地质保障应符合 GB/T 13908、GB/T 17766 相关规定，涵盖地质信息感知、矿山地质数字化及资源储量管理。

8.2.2.2　地质信息感知宜综合采取物探、钻探、坑探等传统手段和卫星遥感、激光扫描、随钻测量等先进技术，高效获取矿区地形、工业场地、地质体、探矿工程、采掘工程、采空区、充填区、积水区、溶洞区、隐蔽致灾因素等信息数据，并实现及时上传与数字存储。

8.2.2.3　矿山地质数字化宜建设地质信息数据库，实现资源勘查、生产勘探、取样化验等资料与信息的数字化管理；融合实时动态感知数据，构建矿山三维透明地质模型，实现矿山地质信息直观展示、多源地质数据实时共享与关联分析。

8.2.2.4　资源储量管理宜依托地质信息数据库动态管理矿产资源储量，对资源量、储量、三级矿量进行动态估算与统计分析，实现矿体分布、形态、产状、规模、品位（品质）等信息动态更新和三维可视化管理。

8.2.3　金属非金属地下矿山开采设计与生产计划

8.2.3.1　开采设计与生产计划应符合 GB 16423 相关规定，涵盖开采设计与生产计划。

8.2.3.2　开采设计宜依托地质模型数据，在三维可视化环境下，智能规划开拓、采准、回采、充填等工序流程，自动设计并动态优化凿岩、爆破等开采作业参数。

8.2.3.3　生产计划宜在三维可视化环境下，编制生产勘探、掘进、采矿、运输、充填等生产计划，并根据施工条件变化，进行自动调整与动态优化。

8.2.4　金属非金属地下矿山生产作业

8.2.4.1　生产作业应符合 GB 16423 相关规定，涵盖掘进作业、采矿作业、提运作业、充填作业及辅助生产系统。

8.2.4.2　掘进作业按照工艺环节包括凿岩作业、爆破作业、运搬作业以及支护作业，其中：

a)　凿岩作业宜采用智能凿岩台车等装备，实现炮孔自主定位、凿岩参数自动匹配与自适应凿岩，具备防卡杆、防偏控制和工况实时监测能力；

b)　爆破作业宜采用智能爆破设计软件与智能装药台车等装备系统，实现爆破设计自动生成与优化、炸药精准混配与自动装填、爆破效果动态评价；

c)　运搬作业宜采用智能铲运机等装备，实现矿堆识别、自主导航与自主铲装卸载，具备多装备协同作业和自主避障能力；

d) 支护作业宜结合矿山条件合理选用智能撬毛台车、智能锚杆(索)台车、智能智能喷浆台车等装备，自动关联地质数据,通过智能算法分析地质构造、围岩强度、地压和变形特征等关键参数,结合风险等级自动生成最优支护方案辅助决策。

8.2.4.3 采矿作业按照工艺流程包括凿岩作业、爆破作业、运搬作业、支护作业以及破碎作业，其中：

a) 凿岩作业宜采用智能凿岩台车、潜孔钻机、中深孔台车等装备，实现炮孔自主定位、自适应凿岩与自动接卸杆，具备防卡杆、防偏控制和工况实时监测能力；

b) 爆破作业宜采用智能爆破设计软件与智能装药台车等装备系统，实现爆破设计自动生成与优化、炸药精准混配与自动装填、爆破效果动态评价；

c) 运搬作业宜采用智能铲运机、矿用卡车等装备，实现矿堆识别、自主导航与自主铲装卸载，具备运量统计、多装备协同作业和动态避障能力；

d) 支护作业宜结合矿山条件合理选用智能撬毛台车、智能锚杆(索)台车、智能智能喷浆台车等装备，自动关联地质数据,通过智能算法分析地质构造、围岩强度、地压和变形特征等关键参数,结合风险等级自动生成最优支护方案辅助决策；

e) 破碎作业宜采用智能破碎台车等装备，实现大块矿石精准定位与自适应破碎，具备作业参数动态优化能力。

8.2.4.4 提运作业按照地下矿山的工序环节包括运输作业、溜破作业和提升作业，其中：

a) 运输作业宜应用信息化、智能化技术，构建包含放矿、有轨运输、无轨运输、连续运输的智能化运输管控体系，实现运输装备的精准管控、自主运行、智能调度与协同作业；

b) 溜破作业宜构建包含主溜井破碎机与分支溜井固定式破碎锤的智能溜破系统，系统应具备溜井料位检测和自适应破碎作业等功能；

c) 提升作业宜建立智能化提升系统，系统应具备远程控制、提升速度、载荷等关键参数，钢丝绳状态，电机和制动系统等运行数据实时监测、基于运行数据优化提升调度方案、设备故障自诊断与异常报警、应急响应等功能，实现提升过程的自主决策与智能控制。

8.2.4.5 充填作业宜建立智能充填系统，配备浓度、流量、料位、压力等多种智能传感器，具备自动制浆、自主充填作业、自适应控制顶板、充填骨料流量、浆体浓度、灰砂比等实时监测与动态优化、给料机、搅拌桶、浓密机、充填泵等设备工况实时监测、故障自诊断与异常报警、管道智能监测与自动清洗、充填质量自动评价等功能，实现充填全流程无人化作业。

8.2.4.6 辅助生产系统按照矿山安全生产需要包括通风、排水、供电、压风、供水等智能化系，其中

a) 通风系统宜配置风速、风量、风压、温湿度、有毒有害气体及浓度等智能传感器和智能控制系统，具备井下通风环境实时监测、通风网络实时解算与动态分析评价、通风设备与通风构筑物远程集中控制和就地控制、风量风速风向按需自动调节、故障自诊断与异常报警、灾变模拟及应急联动控制、三维可视化管理等功能；

b) 排水系统宜配置水位、流量、流速及管道压力等智能传感器和智能控制系统，具备水文参数与排水设备运行状态实时监测、单台水泵和多泵联排的远程启停和就地控制、水泵自动轮换控制、故障自诊断与异常报警、按需智能优化排水参数、三维可视化管理等功能；

c) 供电系统宜具备在线监测变配电站及供电线路等设备设施、遥测遥信遥调遥控遥视、设备故障自诊断与异常报警、自动隔离切换、电网异常精确定位、按需智能调整供电方案、三维可视化管理等功能；

d) 压风系统宜实时采集通风管道压力、空压机运行参数等关键数据，对空压机及冷却系统进行自动联动控制，具备按需自动启停空压机、空压机及冷却水泵（风机）自动轮换、故障自诊断与异常报警、三维可视化管理等功能；

e) 供水系统宜实时采集供水管道压力、流量流速等关键参数，具备水泵、闸阀等智能联动控制、管道泄漏和水泵故障异常报警、三维可视化管理等功能。

8.2.5 金属非金属地下矿山安全监控

8.2.5.1 安全监控应符合 GB 16423、AQ 2031、AQ 2036、KA/T 2051、KA/T 2052、KA/T 2053 相关规定，涵盖人员行为、设备状态以及环境因素。

8.2.5.2 人员行为监控宜通过人员精准定位、视频 AI 行为识别和电子围栏等技术手段，对隐蔽地点作业、“三违”行为、防护缺失、人员误入等人的不安全行为进行智能识别与预警。

8.2.5.3　设备状态宜通过设备在线监测、AI 视频监控、机器人巡检等技术手段，进行设备智能巡检、故障智能诊断与预警、应急处置。
8.2.5.4　环境因素宜通过 AI 视频监控、智能传感、多源数据融合等技术手段，对空气质量、井下有毒有害气体、风速风量风压、温湿度、地压、水文、火灾等环境因素进行实时监测、智能分析与风险预警。

9　管理架构

9.1　基本要求

9.1.1　管理架构应明确企业战略和领导作用，制定智能化发展战略规划，建立健全组织机构，明确各级职责与权限，统筹协调资源配置；应涵盖安全管理智能化、生产管理智能化和运营管理智能化，管理架构如图 6 所示。
9.1.2　管理架构应建立金属非金属矿山智能化组织体系、企业责任体系、考核与激励体系，提高安全、生产、运营管理效率。
9.1.3　组织体系应定期开展评价与持续改进，优化改进智能化组织体系；应围绕企业组织管理责任、运行和考核激励管理，建立企业智能化组织体系落地支持措施，全员参与保障智能化组织体系运行。

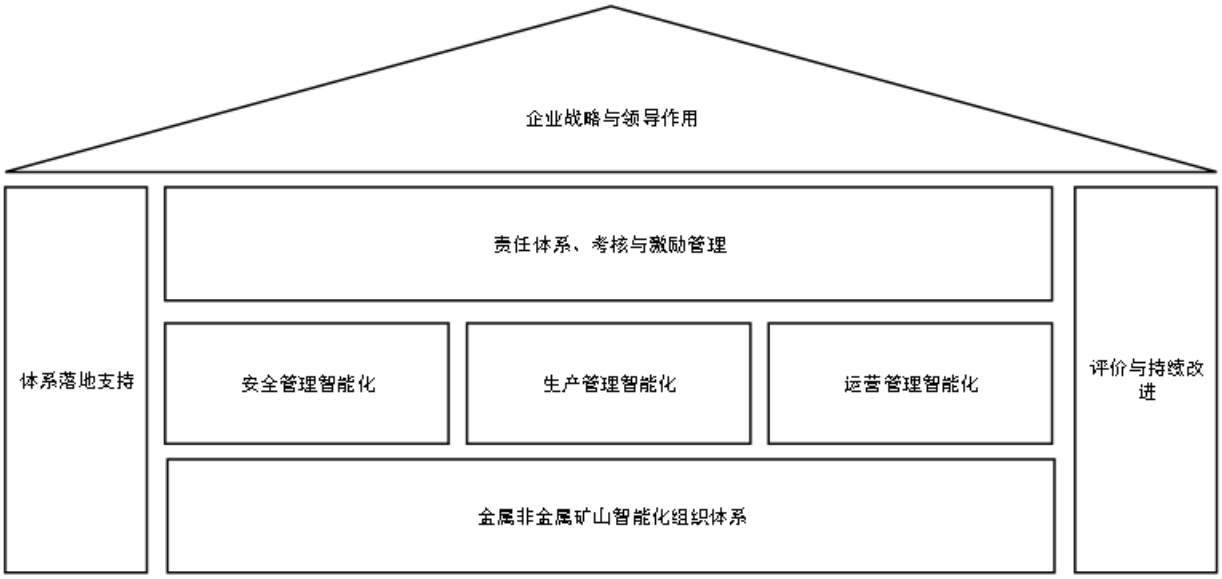


图 6　金属非金属矿山智能化管理架构

9.2　安全管理智能化要求

9.2.1　应设立专门机构进行安全管理，负责智能化安全系统的设计、建立、运行、维护和管理。
9.2.2　应建立覆盖安全风险分级管控、事故隐患排查治理、安全监测预警、安全教育培训、应急救援管理等安全管理系统，实现安全风险的动态管控与闭环管理。

9.3　生产管理智能化要求

9.3.1　应设立专门机构进行生产管理，负责智能化生产系统的设计、建立、运行、维护和管理。
9.3.2　应建立透明地质管理、采矿设计、生产计划、采掘作业、爆破作业、生产运输、辅助作业等生产管理系统，提升资源回收效率与生产运行效能，实现矿山企业智能化生产、全过程管控。
9.3.3　应建立智能化装备全生命周期管理系统，实现设备点检以及信息化、智能化等相关设备与软件的网络化监控、故障在线诊断与预知维护。

9.4　运营管理智能化要求

9.4.1　应设立专门机构进行运营管理，负责智能化运营系统的设计、建立、运行、维护和管理。
9.4.2　应建立销售管理、客户管理、财务管理、人力资源、服务外包、成本管控、工程造价、法律事务、招投标、效益核算、经营决策、审计等企业日常运营管理系统，实现人岗责可视化、数智化辅助决

策落地和运营效益稳步提升。

9.4.3 应建立组织机构管理、员工基本信息管理、日常考勤管理、劳动合同管理、培训管理、绩效考核管理、 薪资管理等信息化系统，实现与安全管理、生产管理和运营管理等系统深度融合，支撑矿山企业智能化转型升级。