

## 煤矿掘进作业智能管控系统建设规范

Code for construction of intelligent control system for coal mine  
excavation operation

2023 - 10 - 08 发布

2024 - 01 - 07 实施

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 ..... 1

5 总体架构 ..... 2

6 技术要求 ..... 3

7 其他要求 ..... 4

## 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这些专利的责任。

本文件由山西省能源局提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：精英数智科技股份有限公司、山西省能源发展中心、山西大数据产业发展有限公司、山西云时代精英智慧煤炭科技有限公司、山西焦煤山煤国际能源集团股份有限公司煤业分公司、中国联通智慧矿山军团（山西）、中国煤炭科工集团太原研究院有限公司、山西天地煤机装备有限公司。

本文件主要起草人：龚大立、赵存会、邵国荣、杜楠、白慧杰、吴喆峰、王学斌、任兴刚、朱晓宁、周佳宇、王海锐、杨林、宋俊生、刘耀宏、康杰、许春、高雪峰、郭泽华、王鹏、赵帅、王瑞军、于涛、幸雨东、张卓、王正达、韩秀光、常浩。

# 煤矿掘进作业智能管控系统建设规范

## 1 范围

本文件规定了煤矿掘进作业智能管控系统（以下简称“系统”）建设的规范性引用文件、术语和定义、缩略语、总体架构、技术要求、设备要求、其他要求。

本文件适用于山西省井工煤矿掘进作业智能管控系统的建设。

## 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 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**煤矿掘进作业智能管控系统** Intelligent Control System for Coal Mine Excavation Operations

围绕煤矿掘进作业的地质模型、作业过程管控、生产数据分析、矿压监测以及掘进设备等内容，构建煤矿掘进作业智能管控模式，实现掘进作业过程的数字化。

### 3.2

**智能联动** intelligent control

通过各个系统协调运作使系统的集成实现数据上的共享、分析、处理，实现多个系统之间的协同工作，使得各个子系统之间进行联动并形成有机整体。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- 4G：第四代移动通信技术（The 4th generation mobile communication technology）
- 5G：第五代移动通信技术（5th-Generation）
- AI：人工智能（Artificial Intelligence）
- EPA：开放性实时以太网标准（Ethernet for Plant Automation）
- Ethernet/IP：以太网工业协议（Ethernet Industrial Protocol）
- IoT：物联网（Internet of Things）
- RTPS：实时传输协议（Real-time Transport Protocol）
- Wi-Fi：无线保真（Wireless Fidelity）

5 总体架构

5.1 系统架构



图 1 系统架构图

- 5.1.1 系统建设应包含数据采集层、数据服务层、应用层，见图 1。
- 5.1.2 数据采集层主要通过数据采集平台对掘进工作面基础信息数据、掘进工作面地质数据、掘进工作面设备数据、掘进巷道环境监测传感器数据、工业视频监控数据、人员定位数据、移动 APP 数据、经营类数据等进行采集。
- 5.1.3 数据服务层主要包含数据治理平台、算法管理模型、统一服务平台。数据治理平台提供对掘进相关数据的数据入湖、数据清洗、数据存储、数据共享的服务；算法模型管理提供系统所需模型的开发、训练、标注以及模型健康状态的监测预警、升级优化，提供感知数据接入，模型配置、模型推理、结果输出以及基于推理结果的报警消息推送，作业任务下发，控制接口适配，控制指令下发；统一服务平台提供数据，感知、控制、统一认证的服务。
- 5.1.4 应用系统层面向用户，移动应用、AI 视频识别、提供作业管理、综合可视化等掘进工作面智能管控业务应用。

5.2 部署架构

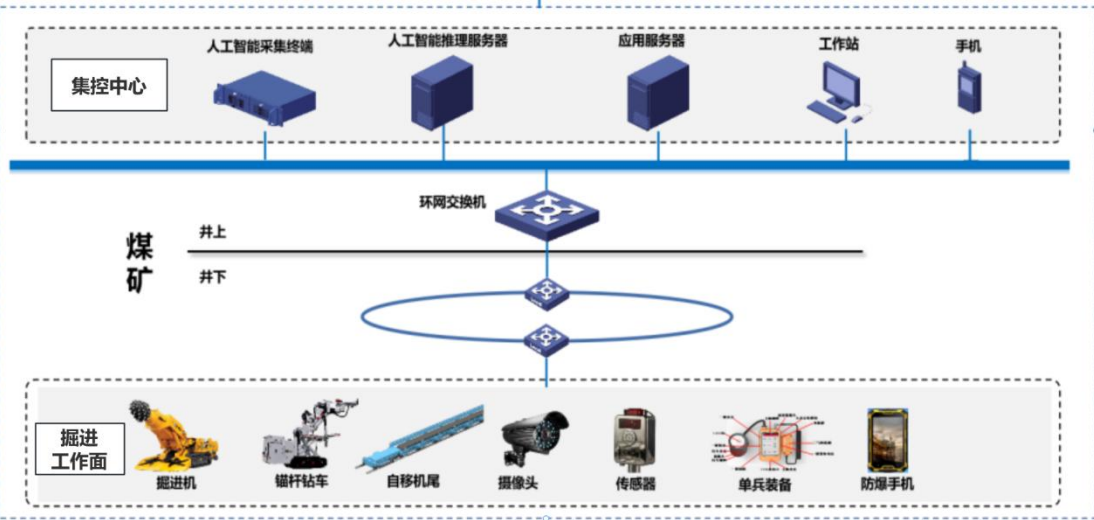


图 2 部署架构图

5.2.1 系统宜采用“集控中心—掘进工作面”部署架构，见图 2。

5.2.2 集控中心侧采用人工智能视频采集终端采集井下视频数据，通过识别模型的训练、管理、运维，为掘进工作面提供数据同步支持。通过对接掘进控制系统、其他系统实时采集掘进工作面人、机、环数据，通过集控中心对所有数据进行智能融合分析、推理，向业务系统输出结果。

5.2.3 掘进工作面侧主要通过接入单兵装备、设备、环境传感器等数据，并通过摄像机采集现场视频数据，上传至集控中心侧数据采集处理设备，通过防爆智能手机终端接收和上传信息，或通过远程控制工作站或服务器接收信息方式，实现井下设备的远程控制与交互操作，脱离地面人员的协助配合，提高工作效率的同时规范了井下作业人员操作。

## 6 技术要求

### 6.1 动态地质模型

6.1.1 宜采用 GIS、3D 仿真等技术，实现掘进工作面的三维地质模型及根据实际进尺及监测数据动态更新地质模型。

6.1.2 宜采用虚拟现实、混合现实等技术对井下巷道与掘进设备进行三维重现，实时反映现场掘进设备的位姿、运行状态以及作业环境信息，进行掘进真实场景再现。

6.1.3 采用钻探、物探等技术与装备，对巷道待掘区域的地质构造、水文地质条件、瓦斯等进行超前探测，结合井田勘探和矿建揭露等地质资料，构建巷道三维地质模型，根据地质装备和掘进过程中揭露的实际地质信息和工程信息对模型进行实时动态修正。

### 6.2 掘进作业管理

掘进作业管理应具备掘进基础信息管理、作业过程智能识别、生产数据分析的能力，具体如下。

#### a) 基础信息管理。

- 1) 具备掘进作业执行的全流程闭环管理，具备掘进计划、任务排程、作业过程、工程验收、质量追溯等管理功能。
- 2) 具备掘进计划和任务排程自动规划，实现实时监测和偏差预警。
- 3) 具备掘进作业规程、技术措施等设计文件的审批、管理。

#### b) 作业过程智能识别。

- 1) 掘进工作面应设置高清透尘或红外热成像摄像仪，转载点应设置高清摄像头，采用 AI 技术识别人员不安全行为。在掘进迎头、转载点应识别掘进作业人员行为和运行状态，实现危险区域人员站位接近与违章作业等行为报警，并可实现联动停机保护。
- 2) 具备作业工序感知能力，利用 AI、IOT 技术感知割煤出煤、敲帮问顶、临时支护、永久支护等掘进作业的关键工序并自动生成掘进正规循环作业图表。
- 3) 具备掘进作业的验收管理。实现施工过程中锚杆（索）孔施工质量、锚固剂填装数量、锚杆预紧力、锚固力和锚索拉拔力等关键环节的智能监测，具备锚杆锚索编号管理，明确支护作业的作业人员、验收时间、验收结果等信息，具备工程质量现场验收以及工程质量追溯功能。
- 4) 具备与智能手机、智能头盔等单兵装备实时互联功能，能够实时推送掘进作业异常报警及工序执行情况。
- 5) 具备与超前探作业联动功能，根据超前探信息及实时进尺数据实时提醒剩余允许掘进距离。

#### c) 生产数据分析。

- 1) 具备数据分析与辅助决策功能，通过分析进尺影响因素、工序衔接、生产工效等数据，优化生产组织和生产计划。
- 2) 具备与生产经营管理系统互联互通，为生产经营管理系统提供掘进作业基础数据。
- d) 掘进作业现场联动控制
  - 1) 环境监测智能分析与联动控制：基于已有的粉尘、瓦斯、水等灾害监测数据，实现掘进工作面环境数据的智能分析、异常报警和掘、支、锚、运工序的智能联动。
  - 2) 人员危险识别与联动保护：识别掘进作业人员行为和设备运行状态，实现危险区域人员接近、违章作业等报警、联动停机保护。

### 6.3 环境及矿压监测

- 6.3.1 具备设备状态监测、联动及故障诊断，能够实现设备之间智能交互与智能联动。
- 6.3.2 具备掘进工作面环境瓦斯、粉尘监测功能。
- 6.3.3 具备矿压监测功能，应具有锚杆（索）应力、顶板离层、巷道变形监测功能，实现锚杆（索）应力、顶板离层位移、顶板下沉速度等报警功能。

### 6.4 移动应用

- 6.4.1 带班队长及岗位工应携带矿用手机，矿用手机应满足满足 GB/T 3836.1 要求，且设备具备安装部署移动 APP 应用软件功能，作业人员可通过移动设备接收作业任务。
- 6.4.2 具备作业情况实时汇报情况功能，带班队长可通过手机实时查看各工序完成情况，辅助其进行现场指挥，验收人员可根据任务完成情况，通过手机进行当班任务验收。
- 6.4.3 具备远程访问功能，可随时随地查看煤矿实时掘进作业情况，并可在手机端完成各项业务审批操作，满足移动应用。

## 7 设备要求

### 7.1 掘进设备智能控制

- 7.1.1 掘进设备智能定位。具备掘进设备惯性导航系统及相关的测距、位移、动态角度等传感器，相关数据可实时传输到地面集控中心上位机。具备长航时角分级航向姿态精度，厘米级定位精度。
- 7.1.2 掘进设备智能截割。具备自动截割功能，可自动完成升刀、扫顶、进刀、割煤、扫底等工序。具备截割断面自主成形，通过多传感器技术融合，自动规划截割滚筒运行轨迹，智能记忆截割。具备自适应截割，根据截割电机负载变化，自动调整截割速度，防止截割系统过载。具备远程控制截割，通过地面或井下集控中心，实现掘进设备远程截割控制。

### 7.2 机载钻机或锚杆钻车

- 7.2.1 具备就地控制或通过地面或井下集控中心实现远程控制。
- 7.2.2 具备工况监测、电液控/电控、支护质量检测、远程控制能力。

### 7.3 设备故障诊断

具备掘进设备、机载钻机、锚杆钻车、带式输送机等相关设备的故障诊断，实时监测电流、电压、温度、震动、液压等参数，构建诊断模型，实现故障的预警、诊断。

### 7.4 设备联动控制

- 7.4.1 具备掘进设备、机载钻机、锚杆钻车、带式输送机等设备的协同控制。
- 7.4.2 具备环境监测数据与设备联动，掘进工作面瓦斯等环境因素发生异常时，可联动停机。
- 7.4.3 具备 AI 识别与设备联动，AI 识别发现不安全行为或安全隐患时，可联动停机。
- 7.4.4 具备环境监测异常和矿压监测异常信息可自动推送至单兵装备及井上、下警示设备功能。

## 8 其他要求

### 8.1 通信网络

- 8.1.1 掘进工作面有线主干网络应采用矿用以太网技术，符合 IEEE 802.3 协议，带宽 1000Mbps 及以上，支持 Ethernet/IP、PROFINET、MODBUS-RTPS、EPA 等工业以太网协议。
- 8.1.2 掘进工作面无线主干网络应采用主流高速带宽 4G、5G、WI-FI6 无线通信技术，WI-FI6 系统宜采用 802.11ax 标准；支持井下移动语音通话、无线数据和视频等信息共网传输。

### 8.2 网络安全

- 8.2.1 网络安全应符合 GB/T 22239、GB/T 22240 要求。
  - 8.2.2 掘进工作面工业控制系统与其他业务系统之间应划分为不同区域，区域之间应设置工业隔离区，并采用隔离技术手段。
  - 8.2.3 保证掘进工作面工业控制网络与企业网、移动互联和远程访问等外部网络之间通过工业隔离区实现边界防护，同时接入全矿级工业控制网络。
  - 8.2.4 对所有参与无线通信的用户（人员、软件进程或者设备）提供唯一性标识和鉴别。
  - 8.2.5 对登录的用户进行身份标识和鉴别，身份标识具有唯一性，身份鉴别信息具有复杂度要求并定期更换。
  - 8.2.6 采用白名单机制对操作员站、工程师站、服务器与客户机进行主机加固，将工业控制系统中的可信应用程序加入到白名单列表中，形成安全可信的应用程序运行环境，只允许经过工业企业自身授权和安全评估的软件运行。
-