

工业互联网产业联盟标准

AII/024-2021

面向矿山的“5G+工业互联网”应用场景及 技术要求

Application scenarios and technical requirements of 5G+ industrial
internet for mine

工业互联网产业联盟
(2021年12月30日发布)

目 次

前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	1
4 矿山应用场景分类原则及业务系统.....	2
4.1 分类原则.....	2
4.2 矿山应用场景分类.....	2
4.3 面向矿山的 5G+工业互联网业务系统.....	2
4.3.1 矿山业务系统简述.....	2
4.3.2 业务系统需求.....	2
4.3.3 业务系统能力要求.....	3
5 典型应用的业务场景及技术要求.....	3
5.1 露天开采设备远程操控业务场景技术要求.....	3
5.1.1 场景描述.....	3
5.1.2 业务能力要求.....	3
5.1.3 网络技术要求.....	4
5.2 地上无人矿卡业务场景技术要求.....	4
5.2.1 场景描述.....	4
5.2.2 业务能力要求.....	4
5.2.3 网络技术要求.....	5
5.3 地下无人化采掘业务场景技术要求.....	5
5.3.1 场景描述.....	5
5.3.2 业务能力要求.....	5
5.3.3 网络技术要求.....	6
5.4 井下 AI 高清视频监控业务场景技术要求.....	6
5.4.1 场景描述.....	6
5.4.2 业务能力要求.....	6
5.4.3 网络技术要求.....	6
5.5 井下设备采集业务场景技术要求.....	7
5.5.1 场景描述.....	7
5.5.2 业务能力要求.....	7
5.5.3 网络技术要求.....	7
附录 A.....	9

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。

本标准由工业互联网产业**联盟**提出并归口。

本文件起草单位：中国移动通信集团有限公司、中国信息通信研究院、华为技术有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、国能信息技术有限公司、中国煤炭科工集团有限公司、华阳新材料科技集团有限公司、中兴通讯股份有限公司、包头钢铁（集团）有限责任公司、河南中煤电气有限公司、山东黄金集团有限公司、普天信息工程设计服务有限公司、北京科技大学、华夏天信（北京）智能低碳技术研究院有限公司、北京紫光展锐通信技术有限公司。

本文件主要起草人：季瓚、杨博涵、马帅、肖善鹏、郝晓龙、杨鹏、冯海荣、李乐田、孔令军、姬海翔、王晓阳、高强、康陈、廖臻、龙翔宇、林传杰、陈晓光、马伯荣、尤文顺、丁震、崔文、徐会军、王晓燕、李永中、李首滨、王凯、程健、李胜军、杨路余、冀杰、楚俊生、杨楠、陈国栋、苗春雷、李国锋、李立霞、许成才、陈玉民、张汉阔、王成龙、李勇、陈昕、李果、郭惠军、张海君、孙雷、李卫、隆克平、王静宜、黄鑫、牛静婕、张伟强。

（本文件历次版本发布情况）



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

引 言

井下生产环境复杂，恶劣封闭，粉尘大，井下线路繁杂、井下各种控制、监控系统较多，容易形成信息孤岛，高清视频回传卡顿，且企业数据安全要求高。为了更好的做好5G在矿山行业的应用，帮助矿山行业快速理解并开展相关场景业务，形成5G在矿山行业整体行业解决方案。解决人员需求大，成本高所造成的生产效率低下，人员素质参差不齐管理困难，掘进面事故多发，人员安全需要保障等问题。

矿山标准化作为矿山行业发展的必然趋势，是通过以智能化、自动化采矿装备为核心，以高速率、大容量、双向数字通信网络为载体，以智能设计与生产管理软件系统为平台，通过对矿山生产对象和过程进行实时、动态、智能化监测与控制，实现矿山开采的安全、高效和经济效益较大化。

5G技术的低时延、高带宽、高可靠、大容量等特性结合基于 5G 矿山专网方案、端到端应用组件，为矿山行业解决好自动化设备的通讯问题提供了全新方案，为“智慧矿山”建设注入了新动力。

尽快制定规范并在全国推进实施，为矿业行业提供标准供给和技术支持。矿山标准能够增强产业链上下游厂商（包括芯片、模组、终端、网络设备商、平台等等）的信心，形成产业链共同推进的良性发展趋势。

本标准面向矿山领域的5G+工业互联网需求规范，明确5G+工业内网端到端的通信技术标准的适应范围、规范性引用文件、术语定义和缩略语，矿山的场景分类，分析五大典型应用场景和业务需求，形成网络需求规范。本标准规定了5G+智慧矿山在露天开采和井下开采两类典型应用场景及业务需求。

本标准适用于5G+智慧矿山应用设计及部署实施。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

面向矿山的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求

1 范围

本标准规定了面向矿山的5G+工业互联网的应用场景分类及各类场景的技术要求。

本标准根据矿山的实际作业过程，分为露天开采和井下开采两个大类，细分为五类典型应用场景及技术要求，为矿山行业的智能化发展提供参考。

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。

引用标准：

YD/T 3804-2020	工业互联网安全防护总体要求
T/CCSA 275—2019	工业互联网 应用场景和业务需求
GB/T 34679-2017	智慧矿山信息系统通用技术规范
GB 3836	爆炸性环境系列标准
MT/T 1081	矿用网络交换机
MT/T 899	煤矿用信息传输装置
MT/T 1004	煤矿安全生产监控系统通用技术条件
MT/T 1115-2011	多基站矿井移动通信系统通用技术条件

3 术语、定义和缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

工业互联网 Industrial Internet

满足工业智能化发展需求，具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，是新一代信息通信技术与先进制造业深度融合所形成的新兴业态与应用模式。

[来源：T/CCSA 275—2019 工业互联网 应用场景和业务需求 术语 3.1.1]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件

5G	第五代移动通信网络	5th Generation mobile networks
AI	人工智能	Artificial Intelligence
VLAN	虚拟局域网	Virtual Local Area Network
WLAN	无线局域网	Wireless Local Area Network
CAN	控制器局域网	Controller Area Network
MQTT	消息队列遥测传输协议	Message Queuing Telemetry Transport
HTTP	超文本传输协议	HyperText Transfer Protocol
GIS	地理信息系统	Geographic Information System
uRLLC	高可靠和低时延通信	Ultra Reliable & Low Latency Communication
eMBB	移动增强宽带	Enhance Mobile Broadband
QPS	每秒查询率	Query Per Second

4 矿山应用场景分类原则及业务系统

4.1 分类原则

5G+工业互联网主要表现为从生产到商业不同层级的应用场景的复杂多样。依照矿藏赋存情况和开采条件，结合矿山的实际作业业务，将矿山的应用场景按照露天和井下的作业环境进行分类，细分为五个面向矿山行业的典型应用场景。

4.2 矿山应用场景分类

露天开采，将表土移除后或从敞露的地表采出矿物的方法。露天开采主要包括两种作业场景：露天开采设备远程操控业务场景，地上无人矿卡业务场景。

井下开采，是地下工作人员使用各种专用的设备，开凿一系列井巷，进入井下进行开采。井下开采主要包括三个应用场景：地下无人化采掘作业场景、井下设备信息采集场景、井下AI高清检测业务场景。

五大应用场景的场景描述、业务需求、通信技术要求将在第五章进行介绍。除了五大分场景之外，矿山行业对于面向5G+智慧矿山服务的业务系统也需要进行统一。

4.3 面向矿山的5G+工业互联网业务系统

4.3.1 矿山业务系统简述

矿山业务系统，是通过对矿山的“人、机、料、法、环”数据进行精准化采集，通过网络化传输、规范化集成，实现矿山可视化展现和智能化服务能力的矿山业务系统。该矿山业务系统可以实现全矿各专业集中统一调度的管理模式，实现生产执行经营管理系统与生产指挥平台系统的信息交互，将“生产资源、生产活动、生产系统”紧密连接，保障矿井安全生产管理的实时性和高效性，形成智能的矿山业务系统。

4.3.2 业务系统需求

- a) 查询响应（50点内） $\leq 3s$ ，响应率 $\geq 99\%$ ；
- b) 系统访问：访问QPS ≥ 1000 ，响应时间 $\leq 100ms$ ，响应率 $\geq 99.9\%$
- c) 报警响应时间 $\leq 2s$ ；数据变化刷新时间 $\leq 3s$ ；

4.3.3 业务系统能力要求

- a) 支持多种工业协议接入，例如Modbus、IEC101、PROFIBUS、MQTT、CoAP、HTTP、BACNet、CAN-bus等通用协议，用于实现矿山设备或上位系统的数据采集与协议解析。
- b) 支持多种数据种类，例如监控数据、环境监测数据、安全警告日志数据、设备信息数据、人员信息数据、GIS数据、人员和车辆定位数据、包含广播、通话和视频的通信数据等。
- c) 应支持危险气体、人员、设备的安全监控。
- d) 具备设备模型库、工艺模型库、安全模型库、行业知识库等模型库以及知识库的分类管理功能。
- e) 具备矿山安全检测类、生产控制类、经营管理类子系统接入能力。
- f) 应支持三维信息管理能力，具备数据可视化能力，用于展示整体矿山运行情况。展示包括但不限于监测信息、预警信息、信息报送、视频监控等内容统一处理，宜实现直观化表达、指标化分析、动态化跟踪、图形化展示。
- g) 宜支持联动与应用支撑平台矿山各层的共性业务、业务应用共性模块，以统一生产调度为基础实现矿山安全生产管理业务。例如如在大面积停电、人员超时、设备故障等重大事件中，具备基于GIS位置信息的人员设备，使用视频、电话、广播等多种通信方式融合实现不同区域的报警联动。
- h) 应支持报警调度功能，能够根据报警任务和标准，对报警的分级、过滤、定位以及分析等功能。
- i) 满足系统安全要求，包括跨级系统间的防护和限制策略、多种接口认证，验证及授权等来实现安全保障、动态配置的权限分配、安全保护与过滤机制等来实现用户级的安全保障。
- j) 应支持5G网络容灾备份功能，当井下与井上5G网络连接中断时，不影响井下业务连续性。可选地，井下部署应急5G控制面，日常主用井上5G控制面，与井上断联时启用井下应急5G控制面，井上网络恢复时自动回切；可选地，井下部署5G控制面，日常主用井下5G控制面，运营商负责用户签约和管理，与井上断联时启用本地用户数据管理，井上网络恢复时自动回切。

5 典型应用的业务场景及技术要求

5.1 露天开采设备远程操控业务场景及技术要求

5.1.1 场景描述

露天开采设备远程操控主要通过通过在设备上安装远程操控系统和监控与感知设备，对露天采矿设备进行远程控制改造，通过控制台实现对机械设备的远程操作、控制。远程操控设备包括但不限于钻机、电铲、液压铲、挖掘机、自卸卡车、平路机、推土机等设备。5G的大范围连接、低时延的通信特性，可以有效地实现露天开采设备远程操控业务。

5.1.2 业务能力要求

对于露天开采设备远程操控业务场景的能力要求如下：

- a) 要求系统在阴天、潮湿、多粉尘的环境条件下进行远程操控作业。
- b) 要求前端摄像头提供实景三维数据素材至远程操控平台供其决策，摄像头应符合《智慧矿山信息系统通用技术规范》(GB/T 34679-2017)的技术要求外，且露天开采设备操作监控摄像头能力宜达到4K（3840×2160，约 830 万个像素）以上，帧速大于30帧/s，保障图像质量。
- c) 具备对视频数据处理能力。
- d) 要求传感器或智能仪表具备对远程机械状态的动态精确采集、融合处理及实时传输功能。

- e) 要求远程控制器具备实现对远程露天开采设备的采集信息和平台控制信息的接收、处理及转发的功能。
- f) 支持多种信号的采集数据，通信方式包括但不限于CAN、RS485、RS232协议通信方式。
- g) 支持定位终端及定位软件接入，以满足精准反馈机械位置及行驶信息，连续化描述机械运行轨迹的需求。
- h) 支持将远端机械驾驶系统、业务操作系统的信息进行解析，并转换成车辆目标位置、目标角度等可识别的控制信息。
- i) 系统上线前需进行协议一致性测试、接口测试、安全性测试、可靠性测试。
- j) 系统应按照YD/T 3804-2020 《工业互联网安全防护总体要求》，具备一个中心管理下的多重安全防护保障体系，包括但不限于物理环境安全、应用系统安全、网络安全、数据安全、应用安全、主机安全、网络通讯安全及备份与恢复等。

5.1.3 网络技术要求

网络技术要求详细参数见下表：

表1 露天开采设备远程操控的网络技术要求表

业务场景	典型业务	上下行速率	端到端时延
露天开采设备远程操控场景（钻机、电铲、液压铲、挖掘机、自卸卡车、平路机、推土机等）	露天开采设备远程操作监控（2-4路摄像头，推荐4K）	上行：≥12Mbps /每路 下行：≥100Kbps/每路	≤100ms
	设备类远程操控	上传：1-2Mbps/每台 下行：≥100Kbps/每路	≤20ms
	车辆类远程操控	上行：≥10-14Mbps/台 下行：≥100Kbps/台	≤20ms

5.2 地上无人矿卡业务场景及技术要求

5.2.1 场景描述

地上矿卡的业务场景主要包括矿卡车辆的无人驾驶系统建设、辅助自动驾驶系统建设，用于实现矿料的自动运输，降低人员的实际参与度，增强员工安全性。在矿山上的无人驾驶矿卡车业务需要超低时延，并且需要5G的大带宽和低时延的能力，满足多台车的通信需求。

5.2.2 业务能力要求

对于地上无人矿卡业务场景的系统能力要求如下：

- a) 需具备实时数据采集、高精度定位、稳定运行性能，
- b) 能在阴天、潮湿环境下进行稳定运行，不可产生因环境影响的长时间停车；
- c) 能在特定多粉尘条件（如车辆交汇处）实现正常运行，不可产生因粉尘影响的停车，能在大雨条件下实现安全停车，不可产生因大雨影响造成的行车事故。

- d) 上线前需进行协议一致性测试、接口测试、安全性测试、可靠性测试，取得露天矿自动驾驶行业应用相关的认证标准。
- e) 车载主控制器M-Box及辅助车辆控制器T-Box需要通过电磁兼容EMC测试及环境试验，并具备合格测试报告。
- f) 需要露天矿无人运输系统运维功能。露天矿无人运输系统在面向操作用户层面，应包含平台首页、智能调度、集成监视、统计分析、基础配置、系统设置等主要功能模块。
- g) 车载无人驾驶硬件（雷达、天线、车载主控制器等）通过自身防水防尘设计或通过安装防水防尘外壳达到IP67级防水防尘。
- h) 车载无人驾驶硬件（雷达、天线、车载主控制器等）通过自身设计实现-40° C~50° C环境温度下工作。

5.2.3 网络技术要求

网络技术要求如表 2 所示：

表2 地上无人矿卡业务的技术要求表

场景类别	端到端时延	上行速率	下行速率
矿卡自动驾驶	≤20ms	≥2-4Mbps/台	≥100Kbps/台

5.3 地下无人化采掘业务场景及技术要求

5.3.1 场景描述

通过在无人化采矿设备上装载远程操控系统、视频监控装置，操作指令到达采矿设备实现矿井的井下开采的远程采掘，降低井下作业面的参与人员，提高井下开采智能性和安全性。在地下无人化采掘场景中需要使用到5G三大场景中的uRLLC和eMBB场景，需要较高的上下行速率的能力。

5.3.2 业务能力要求

- a) 支持矿山用户实现简易的网元设备状态查询和故障查询；
- b) 支持本地设备的简单维护与操作；
- c) 具备井下大容量的视频回传能力；
- d) 当井下与井上5G网络连接中断时，矿区井下5G业务仍然能可靠稳定运行，至少2小时以上。
- e) 需要关键软件、硬件有一定的备份措施，进行冗余备份。
- f) 需要具备运维功能，包括但不限于网管、设别监管、用户管理等管理运维。
- g) 符合 GB 3836.1-2010《爆炸性环境用防爆电气设备 第1部分-通用要求》、MT/T 1115-2011《多基站矿井移动通信系统通用技术条件》安全标准、设备标准、信息安全标准。

5.3.3 网络技术要求

网络技术要求如表3所示：

表3 地下无人化采掘业务的网络技术要求表

场景业务类别	端到端时延	上行速率	下行速率
地下无人化采掘	≤50ms；推荐时延≤20ms	≥4Mbps/路	≥100Kbps/路

5.4 井下AI高清视频监测业务场景及技术要求

5.4.1 场景描述

基于5G采用高清视频对重点区域设备运行状态和人员综合状态进行检测，利用低时延、高带宽的特性，以视频图像为处理单元，实现对井下设备异常工况、人员三违行为（违章指挥、违章作业、违反劳动纪律）的图像识别、自动定位人员及设备隐患并感知预警，从而实现对人、移动设备之间的智能调控和作业流程监管。井下AI高清视频业务需要5G的高速上下行速率的能力，并可以按需增加边缘计算能力。

5.4.2 业务能力要求

对于井下AI高清视频监测业务场景的系统能力要求如下：

- a) 具备集成智能算法的AI摄像头，且支持多种AI算法切换。
- b) 具备边缘推理能力。
- c) 具备GIS自动定位矿用设备及人员安全隐患、感知预警报警功能。
- d) 事件发生到系统检测上报的延时小于200ms；
- e) 具备长时间无故障运行能力，平均无故障时间10000小时。
- f) 符合GB 3836《爆炸性环境》、MT/T 1081《矿用网络交换机》、MT/T 899《煤矿用信息传输装置》、MT/T1004《煤矿安全生产监控系统通用技术》等规范性的要求。
- g) 上线前需进行协议一致性测试、接口测试、安全性测试、可靠性测试。
- h) 具备5G网络容灾备份功能，当井下与井上5G网络连接中断时，不影响井下AI高清视频监测业务连续性，数据支持存储在本地；

5.4.3 网络技术要求

网络技术要求如表4所示。

表4 井下AI高清视频监控业务的网络技术要求表

场景业务类别	端到端时延	上行速率	下行速率	备注
井下AI 高清视频监控	≤20ms	≥8Mbps/路	≥100Kbps/路	1. 宜支持环状组网及网络冗余,支持多基站之间的直连和无线组网。 2. 主干网带宽宜不小于10000Mbps。 3. 宜单独划分 VLAN 或组建监控专网

5.5 井下设备采集业务场景及技术要求

5.5.1 场景描述

井下设备采集业务场景利用5G网络广连接、高带宽的特性,对井下固定设备的设备信息及运行状态检测,对移动装备的位置、状态、安全情况进行状态感知,然后将采集的数据信息上传到数据处理平台,需要用5G能力满足井下设备采集业务场景的需求。

5.5.2 业务能力要求

井下设备采集业务场景的系统能力要求如下:

- a) 要求系统在黑暗、潮湿、多粉尘的环境条件下完成远程井下设备数据采集并实时传输。
- b) 能够对井下固定设备的状态检测,对移动装备的位置、状态、安全情况进行感知和智能调度。
- c) 具备高可靠性,能够实现物理服务器、虚拟机的高可靠使用,当井下设备发生故障时,能够保证业务连续性。
- d) 推荐终端接入成功率不低于98%,数据平均丢包率不超过5%。
- e) 具备系统容错能力,可以检测到井下设备的运行状况,并启用新设备以替换运行状况不佳的实例。
- f) 具备数据容灾备份功能,能够实现对井下设备采集存储数据的周期性全量、增量备份机制。
- g) 具备5G网络容灾备份功能,当井下与井上5G网络连接中断时,不影响井下设备采集业务连续性,数据支持存储在本地。
- h) 具备灵活高效组网能力,支持多种网络类型,如蓝牙、WLAN等。
- i) 系统提供网络接口,可直接与智能矿山网络相连,也可与其它网络内的系统连接。
- j) 具备数据安全能力,提供虚拟防火墙、安全组、VPN等,确保数据通信的隔离和安全。
- k) 具备预防检测服务,对井下设备参数、运行状态的综合分析,增加井下设备批量操作、故障急速定位处理、分钟级算力监测、远程多中心操作等核心功能,保障日常运维操作。
- l) 具备运营管理功能,例如日志系统实时地记录数据中心的每个细节,异常的处理详情。
- m) 符合GB-3836《爆炸性环境》、MT/T-1081《矿用网络交换机》、MT/T-899《煤矿用信息传输装置》、MT/T-1004《煤矿安全生产监控系统通用技术条件》的安全要求。

5.5.3 网络技术要求

网络技术要求如表5所示：

表5 井下设备采集业务的网络技术要求表

场景业务类别	端到端时延	上行速率	下行速率
井下设备采集	$\leq 50\text{ms}$ ；推荐时延 $\leq 20\text{ms}$	$\geq 100\text{Mbps}$	$\geq 450\text{Mbps}$



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

附录 A

案例 1：矿山主运输系统智能安全管理案例

某煤矿智能调速项目于 2020 年部署完成并运行，调速系统通过 AI 摄像头对顺槽胶带机和胶带机的瞬时煤量进行毫秒级识别，并通过 AI 视频识别及胶带机变频器实时调整辅助运输胶带的运行速度；智能调速系统的使用，使辅助运输皮带在空载或轻载时低速运行，有效降低了电能消耗，同时有效延长了皮带及托辊的使用寿命；该项目做到了有效节省人员、能耗 18 个百分点，推动了煤矿企业节能减排，奠定了煤矿智能化转型的基础。

案例 2：矿山 AI 智能视频监控案例

某煤矿于 2019 年部署的智能高速 AI 视频监控和报警平台，通过高速相机抓拍功能，识别异物种类，可以根据需求启停胶带机，避免异物对胶带机造成伤害，保证胶带机的可靠运行。通过激光标定，精确计算出煤量实时数值，根据煤量值进行变频调速，规避了胶带机堆煤，降低能耗。危险区域人员闯入现场语音报警功能可以保证人身安全，减少风险。现场人员开启手势对讲功能可以同调度指挥中心实时对话，告知现场情况及风险；还可读取煤矿现有摄像仪图像，智能分析胶带机跑偏情况、人员在岗状态、安全帽佩戴情况、人员行为规范等。视频智能分析系统操作简单、识别率高、界面清晰、功能完善，对保障主运系统安全运行及人员安全起到了积极的作用，极大提高煤矿智能化水平。

案例 3：基于 5G 通讯的连采机远程控制案例

某煤矿在连掘工作面构建 5G 传输网络，利用惯性导航、激光引导、光学测距技术，实现连采机自主行走、自动截割、视频监控和远程干预控制等功能，基本上实现了智能掘进的常态化生产。将连采机司机从掘进工作面恶劣的工作环境中解放出来，提高了连采机司机的岗位幸福指数，填补了煤矿掘进设备自动化技术的行业空白。采掘工作面 5G 通信网络全覆盖，实现采煤机、连采机等移动设备数据上传和视频传输，搭建了井下数据传输的高速通道。