



中华人民共和国矿山安全行业标准

KA 31—2026

煤矿井下 5G 通信系统技术规范

Technical specification of 5G communication system in underground coal mines

2026-01-25 发布

2026-05-01 实施

国家矿山安全监察局 发布

目 次

前言	III
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 技术要求	3
5.1 一般要求	3
5.2 环境要求	3
5.3 供电电源	4
5.4 基本功能	4
5.5 主要技术指标	4
5.6 电源波动适应能力	6
5.7 工作稳定性	6
5.8 电磁兼容性能	6
5.9 可靠性	7
5.10 防爆性能	7
6 试验方法	7
6.1 试验条件	7
6.2 受试系统的连接与测试准备	8
6.3 基本功能试验	10
6.4 主要技术指标试验	12
6.5 电源波动适应能力试验	15
6.6 工作稳定性试验	16
6.7 电磁兼容性能试验	16
6.8 可靠性试验	16
6.9 防爆性能试验	16
7 现场使用与维护管理	16
8 检验规则	16
8.1 检验分类	16
8.2 出厂检验	16
8.3 型式检验	17
附录 A (资料性) 煤矿井下 5G 通信系统架构及业务场景	18
A.1 系统架构	18
A.2 井下采掘作业远程控制业务场景	18
A.3 井下高清视频监控业务场景	19
A.4 井下设备信息采集业务场景	19

A.5 井下音视频通话业务场景 19

A.6 井下运输车辆自动驾驶业务场景 20

A.7 井下巡检机器人业务场景 20

参考文献 21

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与智能化分技术委员会归口。

本文件起草单位：安标国家矿用产品安全标志中心有限公司、华为技术有限公司、国能榆林能源有限责任公司、国能神东煤炭集团有限责任公司、中煤科工集团常州研究院有限公司、中兴通讯股份有限公司、煤炭科学技术研究院有限公司、重庆安标检测研究院有限公司、大唐移动通信设备有限公司、中国联合网络通信有限公司、山东能源集团有限公司、兖矿能源集团股份有限公司、煤炭科学研究总院有限公司、陕煤集团神木红柳林矿业有限公司、晋能控股煤业集团有限公司、宇祺智能装备有限公司、北斗天地股份有限公司、上海山源电子科技股份有限公司。

本文件主要起草人：孟积渐、齐飞、陈湘源、丁剑明、陈海舰、郭子文、查希平、孟庆勇、曹相春、亓玉浩、张勇、王树立、张安然、陈贺、郑小磊、索智文、张立亚、张宇、许联航、王久红、康丹、张建中、郭奋超、孟祥斌、景杰、谭斌、丁建宽、王金满。

本文件为首次发布。

煤矿井下 5G 通信系统技术规范

1 范围

本文件规定了煤矿井下 5G 通信系统的技术要求、试验方法和检验规则。
本文件适用于煤矿井下 5G 通信系统的设计、制造和检测检验。

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 2887 计算机场地通用规范
GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求
GB/T 3836.2 爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的设备
GB/T 3836.4 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的设备
GB/T 3836.24 爆炸性环境 第 24 部分:由特殊型“s”保护的设备
GB 4824 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法
GB/T 5080.1 可靠性试验 第 1 部分:试验条件和统计检验原理
GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
GB/T 10111 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序
GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 第 2 部分:工业环境中的抗扰度标准
MT/T 772 煤矿监控系统主要性能测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矿井下 5G 通信系统 5G communication system in underground coal mines

部署于地面及煤矿井下,基于 5G 通信技术,采用无线传输或无线与有线传输相结合方式,支持井下无线接入与数据传输的专用通信系统。一般由 5G 通信核心网、传输设备、5G 通信基站控制器、5G 通信基站汇集器、5G 通信基站和 5G 通信终端等设备组成。

3.2

终端 terminal

系统或通信网络中的功能单元,可用于录入或取出数据。

[来源:GB/T 5271.1—2000,1.3.11]

3.3

网络切片 network slicing

提供特定网络能力和网络特征(如资源隔离、服务等级协议保障特性等)、为客户提供多种业务属性的逻辑网络。

[来源:YD/T 3973—2021,3.1.1]

3.4

小区 cell

一个基站或该基站的一部分(扇形天线)所覆盖的区域。

[来源:YD/T 1080—2018,3.4.5]

3.5

优先权 priority

为保证重要用户及时申请到信道,通过对用户设置不同的优先级,用于信道繁忙时选呼、组呼和全呼的排队。

3.6

组呼 group calling

输入组呼编号呼叫该组的所有电话。组呼可同时将有关信息快速通报给许多用户,也可召开多方会议研究工作。

3.7

全呼 general calling

输入全呼编号呼叫系统内全部电话。全呼可同时将有关信息快速通报给许多用户,也可召开多方会议研究工作。

3.8

选呼 selective calling

输入被叫方电话号码呼叫被叫方。

3.9

急呼 emergence calling

当用户遇到紧急情况时,可使用专用键紧急呼叫调度终端,调度终端应能接收内部用户的紧急呼叫,显示紧急呼叫的用户号码,优先处理并自动录音。

3.10

基站控制器 baseband controller

用于5G基带信号处理的通信设备,具有5G基带信号的调制和解调、无线资源管理、信令处理、操作维护、时钟信号同步等功能,具有与传输网络连接的传输接口、操作维护接口、环境监控设备接口等。

3.11

吞吐量 throughput

单位时间内成功处理的数据量或任务数,是衡量系统处理能力的核心指标,反映系统的承载能力和效率。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CPE:用户驻地设备(Customer Premises Equipment)

eMBB:增强移动宽带(enhanced Mobile Broadband)
 FDD:频分双工(Frequency Division Duplexing)
 IMS:IP 多媒体子系统(IP Multimedia Subsystem)
 IP:互联网协议(Internet Protocol)
 LTE:长期演进技术(Long-Term Evolution)
 MIMO:多人多出技术(Multiple Input Multiple Output)
 OTA:空中下载技术(Over The Air)
 RedCap:轻量化(Reduced Capability)
 SA:独立组网(Standalone)
 SUL:辅助上行(Supplementary Uplink)
 TDD:时分双工(Time Division Duplexing)
 5G NR:第五代新无线(5th Generation New Radio)

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 煤矿井下 5G 通信系统(以下简称“系统”)应符合本文件的规定,系统中的设备应符合本文件和相关标准的规定,并按照规定的程序批准备案的图样和技术文件制造和成套。系统架构及业务场景见附录 A。
- 5.1.2 系统应具有防雷电保护,入井电缆和含金属的光缆的入井口处应有防雷措施。
- 5.1.3 系统应符合网络安全相关要求,系统的矿用 5G 核心网和 5G 接入网设备应符合相关电信设备安全规范,并提供相应证明材料。
- 5.1.4 系统应部署独立的煤矿用 5G 通信核心网(以下简称“核心网”),或在煤矿部署支持分布式部署的核心网用户面。
- 5.1.5 系统中的煤矿用 5G 通信基站控制器(以下简称“基站控制器”)、煤矿用 5G 通信基站汇集器(以下简称“基站汇集器”)与煤矿用 5G 通信基站(以下简称“基站”)一体化集成时,集成后的一体化基站应满足基站的要求。

5.2 环境要求

- 5.2.1 系统中用于机房、调度室的设备,应能在下列条件下正常工作:

- a) 环境温度:15℃~30℃;
- b) 相对湿度:40%~65%;
- c) 温度变化率:小于 10℃/h,且不应结露;
- d) 大气压力:80 kPa~106 kPa;
- e) GB/T 2887 规定的尘埃、照明、噪声、电磁场干扰和接地条件;
- f) 无显著振动和冲击。

- 5.2.2 除有关标准另有规定外,系统中用于煤矿井下的设备应在下列条件下正常工作:

- a) 环境温度:0℃~40℃;

注:温度超出上述范围时补充相关要求。

- b) 平均相对湿度:不大于 95%(+25℃);
- c) 大气压力:80 kPa~106 kPa;
- d) 有甲烷、煤尘爆炸危险,但无破坏绝缘的腐蚀性气体的场所。

5.3 供电电源

5.3.1 地面设备交流电源应满足下列要求：

- a) 额定电压:220 V/380 V,允许偏差 $-10\%\sim+10\%$;
- b) 电压总谐波畸变率:不大于 5% ;
- c) 频率:50 Hz,允许偏差 $\pm 5\%$ 。

5.3.2 地面设备直流电源应满足下列要求：

- a) 额定电压:—48 V,允许偏差 $-20\%\sim+20\%$;
- b) 周期与随机偏移(峰—峰值) ≤ 250 mV。

5.3.3 井下设备交流电源应满足下列要求：

- a) 额定电压:127 V/380 V/660 V/1 140 V,允许偏差 $-25\%\sim+10\%$;
- b) 电压总谐波畸变率:不大于 10% ;
- c) 频率:50 Hz,允许偏差 $\pm 5\%$ 。

5.3.4 井下设备直流电源应满足下列要求：

- a) 额定电压:12 V/18 V/24 V/48 V;
- b) 周期与随机偏移(峰—峰值) ≤ 250 mV。

5.4 基本功能

5.4.1 系统应支持多种类型煤矿用 5G 通信终端(以下简称“终端”)的接入,终端类型如手机、视频摄像头、CPE 等。

5.4.2 系统应支持多种类型 5G 模组的接入,模组类型如 eMBB 模组、RedCap 模组等。

5.4.3 系统应具有支持井下视频实时传输的功能。

5.4.4 系统应具有支持井下 5G 设备远程控制的功能。

5.4.5 系统应具有支持煤矿井下作业设备状态信息及多种传感器采集数据实时传输的功能。

5.4.6 系统应具备调度通信功能,具体如下：

- a) 支持与矿用调度通信系统对接;
- b) 支持点对点 and 点对多点的文本、图片、文件等数据业务,对系统终端的语音选呼、组呼、全呼的业务,对系统终端视频选呼业务;
- c) 具有紧急呼叫的功能,并具有通话的强插、强拆功能;
- d) 具有通话录音、通信记录存储和查询功能;

5.4.7 系统应支持端到端网络切片功能,提供不同业务差异化的切片资源分配。

5.4.8 系统应具有终端认证、检查和限制非授权终端接入系统的功能。

5.4.9 系统应支持设备的冗余保护功能,当核心网主设备或主板卡故障时,切换备用设备或备用板卡继续提供服务。

5.4.10 系统应具有 5G 设备管理功能,包括设备状态监测和告警功能。

5.4.11 系统应具有操作权限分级管理功能,对参数设置等应使用密码操作,并具有操作记录。

5.5 主要技术指标

5.5.1 无线信号制式

系统应支持 5G NR 制式。具备制式融合功能的系统,至少应支持 5G NR 和 LTE 两种制式同时工作。

5.5.2 工作模式

系统应支持独立组网(SA)。

5.5.3 工作频段

工作频段优先在下列频段中选取:700 MHz、800 MHz、900 MHz、1.9/2.1 GHz、2.6 GHz、3.3 GHz、3.5 GHz、4.9 GHz、6 GHz 等,准许选取其他频段。

5.5.4 吞吐量

单用户的上行和下行峰值吞吐量应满足表 1 和表 2 峰值吞吐量的 85%。

表 1 单用户的上行和下行峰值吞吐量(TDD 制式)

参考带宽	帧结构	基站通道数	上行峰值吞吐量	下行峰值吞吐量
100 MHz	7D2U1S	4T4R/2T2R	250 Mbps	750 Mbps
100 MHz	5D3U2S	4T4R/2T2R	375 Mbps	660 Mbps
100 MHz	1D3U1S	4T4R/2T2R	750 Mbps	350 Mbps

示例:帧结构 1D3U1S 代表 5G 网络的上下行子帧配比为 DUUUS,S 一般也分配给下行,那么 1D3U1S 上下行的子帧配比是 3:2,即为上行分配较多的频谱资源。

表 2 单用户的上行和下行峰值吞吐量(FDD 制式)

制式	参考带宽	基站通道数	上行峰值吞吐量	下行峰值吞吐量
FDD	2×10 MHz	2T4R/2T2R	55 Mbps	110 Mbps
FDD	2×20 MHz	2T4R/2T2R	110 Mbps	225 Mbps
FDD	2×30 MHz	2T4R/2T2R	175 Mbps	350 Mbps
FDD SUL(如有)	2×30 MHz	2T4R/2T2R	350 Mbps	225 Mbps

5.5.5 平均时延

系统端到端平均时延应不高于 20 ms。

5.5.6 端到端时延稳定性

系统在 20 Mbps 上行业务时,下行控制业务的端到端时延稳定性小于 100 ms 的概率应不低于 99.99%。

5.5.7 丢包率

单用户的丢包率≤0.01%。

5.5.8 双机切换时间

从核心网主设备或主板卡故障到备用设备或备用板卡提供服务时间:手动切换不大于 5 min,自动切换不大于 60 s。

5.5.9 射频发射功率

基站和终端应进行最大射频输出功率测试。当基站或终端的最大射频输出功率高于 GB/T 3836.1—2021 中 6.6.2 规定的数值时,应按照 GB/T 3836.24 的要求对射频电磁能进行防爆特殊型评估,对防爆保护方法进行验证,并进行射频电磁能防爆性能试验。

5.5.10 无线覆盖半径

基站无线覆盖半径应符合表 3 中对应频段的要求。

表 3 基站无线覆盖半径

无线工作频段	边缘速率	无线覆盖半径
1 GHz 以下频段	1 Mbps	≥ 600 m
	20 Mbps	≥ 400 m
1 GHz~6 GHz	1 Mbps	≥ 200 m
	20 Mbps	≥ 150 m
注：边缘速率 1 Mbps 条件下，对应无线覆盖半径内可至少支持语音业务；边缘速率 20 Mbps 条件下，对应无线覆盖半径内可支持控制类业务。		

5.5.11 有线传输距离

基站到基站控制器的有线传输距离 ≥ 10 km。基站以级联方式连接基站控制器时，总传输距离 ≥ 20 km。

5.5.12 MIMO 天线

基站或终端采用 MIMO 天线时，天线两两之间相关性系数应小于 0.1。

5.5.13 接收灵敏度

终端接收灵敏度 ≤ -78.5 dBm，基站接收灵敏度 ≤ -93 dBm。

5.5.14 手持终端工作时间

手持终端连续工作时间应不小于 11 h，其中，通话时间应不小于 2 h。

5.5.15 系统设备备用电源工作时间

电网停电后，备用电源应能保证系统连续工作 4 h 以上。

5.6 电源波动适应能力

供电电压在规定的电压波动范围内变化时，系统的主要功能和主要技术指标应满足 5.4、5.5.1~5.5.7、5.5.10、5.5.11 的规定。

5.7 工作稳定性

系统应进行工作稳定性试验，通电试验时间应不小于 7 d，其主要功能和主要技术指标应满足 5.4、5.5.1~5.5.7、5.5.11 的规定。

5.8 电磁兼容性能

5.8.1 发射限值

5.8.1.1 传导发射限值

系统电源端口和信号端口传导骚扰限值应满足 GB 4824 中 2 组 A 类设备的要求。基站传导发射

的免测频段为基站核准工作频段的中心频率 $\pm 5\%$ 。

5.8.1.2 辐射发射限值

系统基站的电磁辐射骚扰限值应满足 GB 4824 中 2 组 A 类设备的要求。基站电磁场辐射发射的免测频段为基站核准工作频段的中心频率加减 2.5 倍受试设备支持的最大信道带宽。

5.8.2 抗扰度

5.8.2.1 设于地面的设备应能通过 GB/T 17626.2 规定的严酷等级为 3 级的静电放电抗扰度试验。试验中及试验后系统功能与性能正常,评价等级为 B。

注:本部分所述系统功能与性能正常水平:未出现设备死机、复位、掉电现象,数据通信功能正常。

5.8.2.2 系统应能通过 GB/T 17626.3 规定的严酷等级为 2 级的射频电磁场辐射抗扰度试验,频率范围 80 MHz~6 000 MHz 时电场强度 3 V/m,使用 1 kHz 80% 幅度调制;步进 1%;驻留时间 1 s;对样品进行四面照射。试验中及试验后系统功能与性能正常,评价等级为 A。

5.8.2.3 系统应能通过 GB/T 17626.4 规定的严酷等级为 2 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。试验中及试验后系统功能与性能正常,评价等级为 A。

注:本条款不适用于仅由电池供电的端口,同时不适用于规定长度小于 3 m 的电缆固定连接的信号端口。

5.8.2.4 系统交流电源端口应能通过 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 2 级的浪涌(冲击)抗扰度试验;系统直流电源端口和信号端口应能通过 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 2 级的浪涌(冲击)抗扰度试验。试验中系统可出现异常,试验后不经人为干预系统功能和性能可自动恢复正常,评价等级为 B。

注:本条款不适用于仅由电池供电的端口,同时不适用于规定长度小于 10 m 的电缆固定连接的直流电源端口和信号端口。

5.8.2.5 系统交流端口及直流端口应能通过 GB/T 17626.6 规定严酷等级为 2 级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。试验中及试验后系统功能与性能正常,评价等级为 A。

注:本条款不适用于仅由电池供电的端口,同时不适用于规定长度小于 3 m 的电缆固定连接的信号端口。

5.8.2.6 系统外壳端口应能通过 GB/T 17626.8 规定稳定持续磁场严酷等级为 3 级,短时试验等级 4 级的工频磁场抗扰度试验。试验中及试验后系统功能与性能正常,评价等级为 A。

5.9 可靠性

系统设备的平均无故障时间(MTBF)应不小于 40 000 h。

5.10 防爆性能

井下设备的防爆性能应符合 GB/T 3836.1、GB/T 3836.2、GB/T 3836.4 和 GB/T 3836.24 等标准的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境条件

试验应在以下环境条件下进行:

- a) 环境温度:15℃~35℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;

- c) 大气压力:86 kPa~106 kPa。

6.1.2 电源条件

测试用电源应符合以下要求:

- a) 交流供电电源:
- 电压误差: $\leq 2\%$;
 - 频率:50 Hz,其误差应不大于1%;
 - 谐波失真系数: $\leq 5\%$ 。
- b) 直流供电电源:
- 电压误差: $\leq 2\%$;
 - 周期与随机偏移: $\Delta U/U_0 \leq 0.1\%$ (ΔU 为周期与随机偏移的峰到峰值, U_0 为直流供电电压额定值)。

6.1.3 试验仪器设备一般要求

试验仪器和设备应满足以下要求:

- a) 试验仪器和设备的准确度应保证所测性能对准确度的要求,其自身准确度应不大于被测参数1/3 倍的允许误差;
- b) 试验仪器和设备应检定或校准合格;
- c) 试验仪器和设备的配置应不影响测量结果;
- d) 试验仪器和设备的数量根据实际测试需要进行配置。

6.1.4 主要试验仪器设备

主要试验仪器和设备包含:

- a) 5G 信号源;
- b) 5G 频谱分析仪;
- c) 5G 无线通信综合测试仪;
- d) 网络测试仪;
- e) 射频信号衰减器;
- f) 光功率计;
- g) 光衰减器;
- h) 万用表;
- i) 激光测距仪或全站仪;
- j) 专网综测仪服务器或服务端软件;
- k) 专网综测仪用户端或用户端软件;
- l) 射频电磁能防爆试验台。

6.2 受试系统的连接与测试准备

6.2.1 受试系统要求

出厂检验和型式检验时,系统测试至少应具备下列设备:

- a) 网管、核心网、基站控制器1套,可根据具体情况适当增减设备;
- b) 地面调度台1台套(含调度服务器),可根据具体情况适当增加设备;
- c) 基站:出厂检验时,为订货的全部基站;型式检验时应不少于3台;若具备基站电源,应包括在

其中;若有多种型式的基站或具有基站功能的设备,每种至少 1 台;

- d) 终端和模组:出厂检验时,为订货的全部终端和模组;型式检验时应不少于基站内和基站间可同时通信的终端和模组数量;eMBB 或 RedCap 模组,每种至少 1 台;若有其他型式的终端或模组,每种至少 1 台;
- e) 传输设备 1 套,若有多种型式的传输设备,每种至少 1 台;
- f) 构成系统的其他必要设备。

6.2.2 受试系统的连接

受试系统的连接如图 1 所示。其中,专网综测仪服务器或模拟服务端软件,配合专网综测仪用户端或用户端软件完成煤矿的模拟业务测试;专网综测仪用户端或通用计算机加载用户端软件,配合专网综测仪服务器或服务端软件完成煤矿的模拟业务测试。

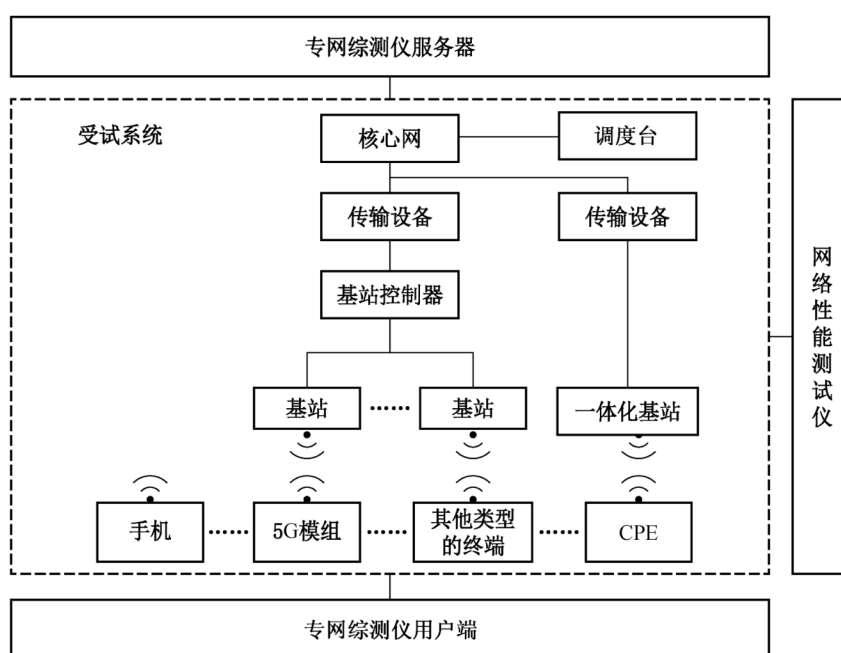


图 1 受试系统连接图

6.2.3 受试系统的测试准备

受试系统的测试准备如下:

- a) 查看 5G 小区正常激活,测试终端配置开户 APN、设置 SA 模式,入网正常;
- b) 测试终端支持通过 Web 页面或相关工具中查看 RSRP、SINR 信息;
- c) 测试服务器通过有线方式连接 5G 网络,配置 5G 网络有效 IP;
- d) 测试工具通过有线方式连接 5G 终端,配置 5G 网络有效 IP;
- e) 切片测试时,5G 网络需开启切片特性和配置切片关键参数;
- f) 依据 RSRP 和 SINR 确定测试点:5G 网络的近点 $RSRP \geq -75$ dBm, $SINR \geq 20$ dB;5G 网络的中点 $RSRP \geq -85$ dBm, $SINR \geq 10$ dB;5G 网络的远点 $RSRP \geq -105$ dBm, $SINR \geq 0$ dB。

6.2.4 受试系统连通性测试

受试系统连通性测试方法如下:

- a) 将专网综测仪用户端通过网线连接到测试终端的以太网口;

- b) 专网综测仪用户端向待测 5G 网络发起 Ping 包指令请求检测网络连通性, Ping 包指令目的 IP 地址为专网综测仪服务器的 IP 地址, 包大小 100 Bytes/次, 发包间隔 1 s, 共进行 10 次;
- c) 专网综测仪服务器向待测 5G 网络设备或测试设备发起 Ping 包指令请求检测网络连通性, Ping 包指令目的 IP 地址为终端业务 IP 地址, 包大小 100 Bytes/次, 发包间隔 1 s, 共进行 10 次;
- d) 查看核心网到终端双向均应全部连通。确保所有参与测试的组件间的通信链路完全畅通。

6.3 基本功能试验

6.3.1 终端接入功能试验

将测试终端置于 5G 网络的近点区域时, 接入系统组成的各类型终端, 均应能实现正常工作并记录终端信息。

6.3.2 5G 模组接入功能试验

不同类型 5G 模组的设备置于 5G 网络中, 如 eMBB 模组和 RedCap 模组设备可接入系统, 且传输数据功能正常。

6.3.3 远程实时视频传输功能试验

远程实时视频传输功能试验方法如下:

- a) 专网综测仪用户端上安装视频服务器并配置标准视频信号发生器或实际视频设备, 分辨率 1 920×1 080 P, 码率上限 2 Mbps, 接收缓存不小于 1 s, 测试服务器上安装媒体播放器;
- b) 启动上行视频播放, 持续 5 min, 查看专网综测仪服务器端的视频, 应流畅无卡顿和花屏。

6.3.4 远程控制功能试验

在调度终端根据相关标准要求下达远程控制指令, 检查被控设备是否按照指令执行相应动作。数据模拟测试方式如下:

- a) 将测试终端置于 5G 网络的远点;
- b) 上行视频播放, 专网综测仪用户端上安装视频服务器并配置标准视频信号发生器或实际视频设备, 分辨率 1 920×1 080 P, 码率上限 2 Mbps, 接收缓存不小于 1 s, 测试服务器上安装媒体播放器;
- c) 下行控制命令下发, 专网综测仪服务器发 Ping 包指令, 包大小 100 Bytes/次, 发包间隔 25 ms;
- d) 同时启动上行视频和下行控制命令下发, 持续 5 min, 在专网综测仪用户端通过模拟视频业务数据在专网综测仪服务器的数据分析, 查看卡顿时长应不超过 200 ms;
- e) 下行控制命令, 丢包不超过 2 次。

6.3.5 数据采集的实时传输功能试验

数据采集的实时传输功能试验方法如下:

- a) 将 10 个测试终端放置于 5G 网络中;
- b) 专网综测仪用户端和专网综测仪服务器完成配置, 并安装相关测试软件;
- c) 从专网综测仪用户端发起上行 Ping 包指令业务, 包大小为 100 Bytes/次, 发包间隔 100 ms;
- d) 同时启动 10 路上行 Ping 包指令测试, 并持续 5 min;
- e) 统计每一路 ping 包指令时延的平均时延、最大值时延、最小值时延;
- f) 专网综测仪用户端时延最大值应不超过 200 ms。

6.3.6 调度通信功能试验

6.3.6.1 集群通信功能试验

调度台与核心网和 IMS 服务器连通,调度员操作调度台的组呼和全呼功能键,分别对部分或全部用户进行语音通话全呼和组呼,此时录音设备按规定方式投入,用户能听到调度员发言,用户发言时,调度和其他授权用户能听到发言;调度员分别操作语音和视频选呼功能键,分别对某一用户进行语音和视频选呼,此时录音和录像设备应按规定方式投入,用户和调度员应能实时接收对方的音视频;调度员进行干预操作,检查能否正确进行。调度员通过调度服务器,分别向用户下发文本、图片、文件等数据,检查用户能否正确接收。用户向调度员和其他用户发送文本、图片、文件等数据,检查调度员或其他用户能否正确接收。

6.3.6.2 紧急呼叫和强插、强拆功能试验

通过任一用户进行急呼操作,检查调度终端上是否有相应的用户急呼显示及声响显示,录音设备是否按规定的方式投入,调度员与用户进行通话。通过调度员对任一个、一组或全部用户进行急呼操作,调度终端上有相应的显示,录音设备按规定方式投入工作,被叫用户有规定的急呼振铃声,被叫摘机后,系统控制器自动截铃,此时可进行通话;或被叫用户不摘机,在规定的时间内用户话机扬声器自动打开,用户能听到调度员声音。

通过调度员呼叫用户,检查该用户在忙、闲各状态下,调度员是否均能与其通话;通过任一用户呼叫调度员,检查调度员是否能优先与其通话,并且调度台上有相应显示。两用户通话时,调度员能进行插入讲话、监听以及将通话拆除操作。

6.3.6.3 通信记录存储、查询、通话录音

在上述功能试验中,调度均可进行通信记录存储、查询和通话录音。

6.3.7 网络切片功能试验

端到端切片功能试验方法如下:

- 测试终端 3 部,终端 1 上传 20 Mbps 视频业务,记录视频速率和视频质量,终端 2 和终端 3 加满灌包增加小区上行负荷,查看终端 1 的视频速率下降和视频卡顿;
- 配置核心网切片,将终端 1 配置为切片 1,为高优先级业务专用切片,将终端 2 和终端 3 配置为切片 2,为普通用户切片;
- 配置基站切片,切片 1 的无线资源预留 20%,切片 2 不做无线资源预留;
- 终端重新入网,重复步骤 a),查看终端 1 的视频速率无下降、视频流畅无卡顿和花屏。

6.3.8 终端认证、检查和限制非授权终端接入系统的功能试验

终端认证、检查和限制非授权终端接入系统的功能试验方法如下:

- 组网如图 1 所示,专网综测仪服务器模拟企业安全认证服务器,核心网配置二次认证;
- 在专网综测仪上设置测试终端可接入待测 5G 系统,测试终端发送访问专网综测仪服务器的业务请求,查看测试终端应能正常访问专网综测仪服务器;
- 在专网综测仪上设置测试终端不可接入待测 5G 系统,测试终端重启,发送访问专网综测仪服务器的业务请求,查看测试终端不能访问专网综测仪服务器。

6.3.9 核心网双设备冗余保护功能及双机切换时间试验

6.3.9.1 核心网双设备冗余保护采用热容灾备份功能时,试验方法如下:

- a) 核心网设备 2 套,配置热容灾备份功能;
- b) 测试终端 3 部,终端 1 和终端 2 支持 5G 语音,专网综测仪连接终端 3(CPE);
- c) 终端 1 向终端 2 发起语音呼叫(或语音 Ping 包),终端 1 与终端 2 可正常互通;
- d) 保持通话状态下,断开主用核心网用户面设备供电;
- e) 终端 1 和终端 2 仍持续进行语音呼叫(或语音 Ping 包),时长大于 30 min,卡顿小于 4 s;
- f) 专网综测仪应 Ping 通,核心网掉电重启后应能成功接入 5G 网络。

6.3.9.2 核心网双设备冗余保护采用冷容灾备份功能时,试验方法如下:

- a) 测试终端 2 部,终端 1 和终端 2 支持 5G 语音通话;
- b) 终端 1 向终端 2 发起语音呼叫,终端 1 与终端 2 正常通话;
- c) 保持通话状态下,断开主用核心网用户面设备供电,并立即手动启动备用核心网;
- d) 使终端 1 不断重新呼叫终端 2,直到重新恢复通话;
- e) 记录从主用核心网断电到重新恢复通话的时间(不含启动时间),应不超过 60 s。

6.3.10 5G 设备管理及操作权限分级功能试验

5G 设备管理功能试验方法如下:

- a) 系统设备已接入网管,并在网管上完成初始配置;
- b) 在网管上查看系统中所有的 5G 设备状态,应显示正常;
- c) 将基站与核心网的连接断开,网管应显示设备的异常告警;
- d) 查看系统操作权限,网管应对用户配置分级管理权限,并对参数设置使用登录密码操作,且具有操作记录。

6.4 主要技术指标试验

6.4.1 无线信号制式和工作频段试验

将 5G 无线通信综合测试仪与终端通过有线或无线方式相连,通过无线通信综合测试仪验证终端的通信类别与制式。

将 5G 信号分析仪调到 NR(5G)挡位,通过射频电缆连接基站,通过观察 5G 信号分析仪能否正确解调 5G NR 信号,并结合波形图、星座图、EVM 等指标来综合判定基站的通信类别与制式以及工作频段。

6.4.2 工作模式试验

系统支持独立组网(SA)按照图 2 进行评定。

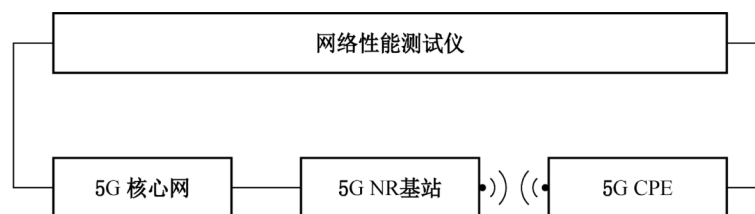


图 2 SA 组网架构示意图

评定方式如下:

- a) 核查系统组成与系统构架图的一致性;
- b) 通过频谱仪、无线通信综合测试仪测试基站、终端等的工作频段及信号制式,以此核实系统为

5G 通信系统；

- c) 通过以上方式对系统组网方式进行综合判定。

6.4.3 吞吐量试验

吞吐量试验方法如下：

- a) 将基站、CPE 终端设备与网络性能测试仪通过网络方式相连，CPE 终端设备正常注册上线；
- b) 配置网络性能测试仪；
- c) 按不同帧长度(64 Bytes,128 Bytes,256 Bytes,512 Bytes,1 024 Bytes,1 280 Bytes,1 518 Bytes)分别对上行和下行进行吞吐量测试，丢包率 $\leq 0.01\%$ ，测试时间 30 s，吞吐量取最大值；
- d) 不同类型的基站，分别测试，最低值应不低于表 1 或表 2 对应数值的 85%。

6.4.4 时延及稳定性、丢包率试验

系统平均时延及端到端时延稳定性、丢包率试验方法如下：

- a) 将基站、CPE 终端设备与网络性能测试仪相连，CPE 终端设备正常注册上线；
- b) 配置网络性能测试仪；
- c) 按不同帧长度(64 Bytes,128 Bytes,256 Bytes,512 Bytes,1 024 Bytes,1 280 Bytes,1 518 Bytes)发起上行业务，吞吐量大小 20 Mbps；
- d) 专网综测仪服务器向 CPE 终端设备发起 30 万次 Ping 包，使用软件进行测试时，需设置包大小 100 Bytes/次，发包间隔 25 ms；
- e) 统计上下行流量，平均时延应小于 20 ms；
- f) 统计下行时延稳定性是 99.99%的时延应小于 100 ms；丢包率应小于 0.01%。

6.4.5 射频发射功率试验

6.4.5.1 最大射频输出功率试验

6.4.5.1.1 基站最大射频输出功率试验

连接外部电源、稳压电源、基站控制器、基站、终端(如适用)及 5G 核心网(如适用)，并确保基站和终端工作模式已正确设置(基站配置为 NR-FR1-TM1.1 测试模式)，确认射频端口能够输出最大射频功率。将接收机信道设置为与基站和终端工作频段一致，并通过同轴电缆将基站射频端口与接收机连接。通过接收机读取基站的射频输出功率 P 。在测试过程中，同轴电缆应进行线损标定；若使用衰减器，其衰减值亦应经过标定。接收机测得的射频输出功率需对同轴电缆的线损和衰减器的衰减值进行补偿，以确保得到精确的读数。

6.4.5.1.2 终端最大射频输出功率试验

终端放置于 OTA 暗室或射频屏蔽箱中，将终端与无线通信综合测试仪通过空口连接，无线通信综合测试仪设置终端处于最大发射功率状态，测试终端最大射频输出功率。

6.4.5.2 射频电磁能防爆性能试验

射频电磁能防爆试验台的系统架构如图 3 所示。

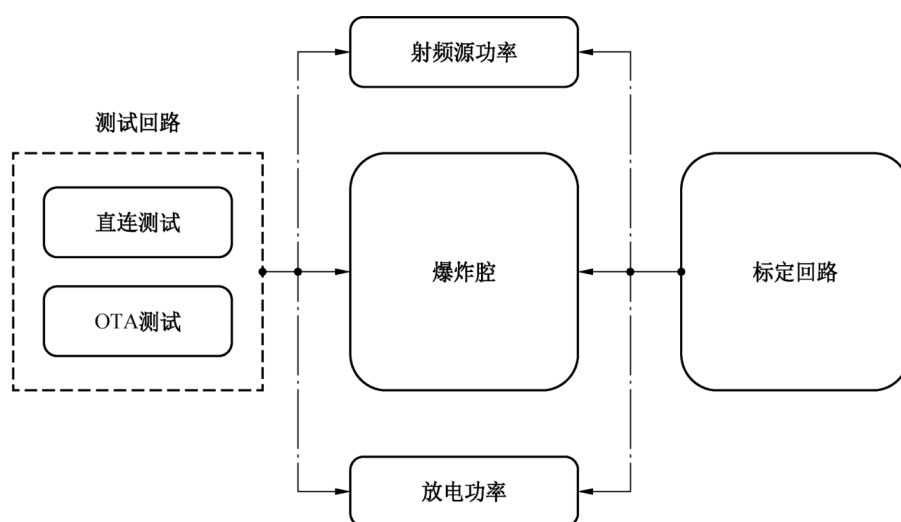


图 3 射频电磁能防爆试验台

试验方法如下：

- 5G 基站和终端采用射频电磁能防爆实验台进行射频防爆测试。连接外部电源、稳压电源、基站控制器、基站、5G 核心网(如适用)及射频电磁防爆试验台,并确保基站和终端工作模式已正确设置(基站配置为 NR-FR1-TM1.1 测试模式),确认射频端口能够输出最大射频功率 P 。将基站某一射频输出端口与试验台的直连接口相连；
- 设置试验台工作频率,使其与基站和终端工作频段一致；
- 配置爆炸腔甲烷气体浓度为 $8.3\% \pm 0.3\%$,设置电机转速为 400 r/min。选择测试回路,试验台工作 6 分钟内无爆炸现象时,初步判定为安全；选择标定回路,保持默认放电功率,启动电机,若爆炸发生,证明初步测试结果无误。重新配置气体,选择标定回路,将原默认放电功率修改放电功率为 $2P$ (P 为 6.4.5.1 测得的最大射频输出功率),启动电机,试验台工作 6 分钟内无爆炸现象时,进一步判定为安全；保持标定回路,切回默认放电功率,启动电机,若爆炸发生,判定基站射频防爆实验通过。测试 2 次,若均通过,则判定为该条款通过。

6.4.6 无线覆盖半径试验

无线覆盖半径试验采用 OTA 暗室测试、地面空旷无遮挡条件下测试或煤矿井下无线覆盖的方式。具体测试方法如下：

——OTA 暗室试验方法

- 终端、基站及天线共同放置于 OTA 暗室中,终端入网,发起上行满灌包业务并保持；
- 计算基站中心频点在无线覆盖半径时对应的理论空气损耗值,终端输入输出天线端口分别增加射频衰减器,当衰减器增加到理论空气损耗值时,测量终端上行吞吐量是否大于或者等于表 3 中规定的边缘速率,当上行吞吐量大于或者等于边缘速率时,无线覆盖半径满足要求。

——地面空旷无遮挡条件下距离试验方法

- 应选择长度满足无线覆盖最远距离的开阔场地,场地内不应有相对于地面高于 0.5 m 的遮挡物。场地环境噪声场强值在系统工作频率范围内低于 $30 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ；
- 在场地布设基站,天线按正常使用高度架设,终端位于覆盖范围最大距离处,发起上行满灌包业务并保持。在最大距离处测量终端上行吞吐量是否大于或者等于表 3 中规定的边

缘速率,当上行吞吐量大于或者等于边缘速率时,无线覆盖半径满足要求。

——煤矿井下无线覆盖距离试验方法

- 1) 在井下大巷中选择左右可视距离满足表 3 要求距离的基站作为测试点;
- 2) 在巷道中间布设基站,天线按正常使用高度架设,终端位于覆盖最大距离处,发起上行满灌包业务并保持。在最大距离处测量终端上行吞吐量是否大于或者等于表 3 中规定的边缘速率,当上行吞吐量大于或者等于边缘速率时,无线覆盖半径满足要求。

6.4.7 有线传输距离试验

有线传输距离测试方法如下:

- a) 基站与基站控制器之间,用 10 km 光纤或 1 台光衰减器进行连接,光衰减器模拟 10 km 光纤衰减,在网管上查看基站的在线状态应正常,并查看小区状态应正常;
- b) 基站控制器与 2 个基站之间,用 2×10 km 光纤或 2 台光衰减器以级联方式连接,模拟 20 km 光纤衰减,在网管上查看基站的在线状态应正常,并查看小区状态应正常。

6.4.8 MIMO 天线试验

天线相关性系数测试方法如下:将两天线在 OTA 暗室中按照设计的相对位置进行布置,确保天线之间的间距和方向与实际使用环境一致;通过信号发生器向天线系统输入信号,测试步长为不高于 2 MHz,并通过矢量网络分析仪测量信号在两天线之间的相关性。或提供具备资质的第三方检测检验机构的报告。

6.4.9 接收灵敏度试验

基站接收灵敏度:正确连接外部电源、稳压电源、基站控制器及 5G 核心网(如适用),并确保基站工作在 NR-FR1-TM1.1 测试模式。启动信号发生器或模拟终端发射信号到与基站相同信道,设置有用信号发生器或模拟终端功率为 -93 dBm,测试吞吐量应大于或者等于参考测试信道最大吞吐量的 95%。

终端接收灵敏度:终端放置于 OTA 暗室或射频屏蔽箱中,将终端与无线通信综合测试仪通过空口连接,降低无线通信综合测试仪发射功率,同时测试丢包率,当丢包率小于或者等于 5%时,无线通信综合测试仪发射功率即为终端接收灵敏度。

6.4.10 手持终端工作时间试验

将手持终端处于充满状态,开始工作并计时,通话时间不小于 2 h。手持终端停止工作,停止计时。手持终端工作时间应不小于 11 h。

6.4.11 系统设备备用电源工作时间试验

使备用电源处于充满状态,断开基站、基站控制器及传输设备外部电源供给,基站、基站控制器及传输设备处于正常工作状态,从备用电源投入起开始计时,查看基站、基站控制器及传输设备在备用电源下连续工作应不小于 4 h。

6.5 电源波动适应能力试验

按 MT/T 772 中电源波动适应性试验的有关规定进行。

6.6 工作稳定性试验

按 MT/T 772 中系统工作稳定性试验的有关规定进行,试验中的测量时间间隔应不大于 24 h。

6.7 电磁兼容性能试验

6.7.1 发射限值试验

发射限值按照 GB 4824 的规定进行。

6.7.2 抗干扰试验

抗干扰试验方法如下：

- a) 静电放电抗扰度试验按 GB/T 17626.2 的规定进行；
- b) 射频电磁场辐射抗扰度试验按 GB/T 17626.3 的规定进行；
- c) 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按 GB/T 17626.4 和 GB/T 17799.2 的规定进行；
- d) 浪涌(冲击)抗扰度试验按 GB/T 17626.5 和 GB/T 17799.2 的规定进行；
- e) 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验按 GB/T 17626.6 的规定进行；
- f) 工频磁场抗扰度试验按 GB/T 17626.8 的规定进行。

6.8 可靠性试验

按 GB/T 5080.7 的有关规定进行,采用定时截尾试验方案。失效判定应符合 GB/T 5080.1 中的有关规定。

6.9 防爆性能试验

按 GB/T 3836.1、GB/T 3836.2、GB/T 3836.4 和 GB/T 3836.24 等标准的规定进行。

7 现场使用与维护管理

7.1 煤矿应定期检查系统中设备的完好性。

7.2 煤矿应定期检查系统的调度通信功能。

7.3 煤矿应定期检查系统中的 MIMO 天线的相对位置,应与产品使用说明书保持一致。

7.4 煤矿应定期检查系统中的终端传输速率,在终端位置处测量终端上行吞吐量是否大于或者等于表 3 中系统工作频段下对应业务的边缘速率。当上行吞吐量大于或者等于边缘速率时,终端可用于该业务。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验一般分出厂检验与型式检验两类。

8.2 出厂检验

8.2.1 系统应进行出厂检验,合格产品应给予合格证。

8.2.2 出厂检验一般由制造厂质检部门负责进行。

8.2.3 检验项目应符合表 4 中出厂检验项目的规定。

8.2.4 出厂检验的各项性能和指标应符合本文件的规定,否则按不合格处理。

8.3 型式检验

8.3.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂定型时;
- b) 正式生产后,系统中设备或系统组成有较大变化,可能影响系统性能时;
- c) 正常生产时每 5 年 1 次;
- d) 停产 1 年恢复生产时;
- a) 国家有关部门提出进行型式检验时。

8.3.2 检验项目应符合表 4 中型式检验项目的规定。

8.3.3 按照 GB/T 10111 规定的方法,在出厂检验合格的产品中抽取受试系统的各组成设备。样品数量应满足试验要求。

表 4 检验项目表

检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
基本功能	5.4	6.3	○	○
无线信号制式	5.5.1	6.4.1	—	○
工作模式	5.5.2	6.4.2	○	○
工作频段	5.5.3	6.4.1	—	○
吞吐量	5.5.4	6.4.3	○	○
平均时延	5.5.5	6.4.4	○	○
端到端时延稳定性	5.5.6	6.4.4	○	○
丢包率	5.5.7	6.4.4	○	○
双机切换时间	5.5.8	6.3.9	○	○
射频发射功率	5.5.9	6.4.5	—	○
无线覆盖半径	5.5.10	6.4.6	—	○
有线传输距离	5.5.11	6.4.7	—	○
MIMO 天线	5.5.12	6.4.8	○	○
接收灵敏度	5.5.13	6.4.9	○	○
手持终端连续工作时间和通话时间	5.5.14	6.4.10	○	○
系统设备备用电源工作时间	5.5.15	6.4.11	○	○
电源波动适应能力	5.6	6.5	—	○
工作稳定性	5.7	6.6	○	○
电磁兼容性	5.8	6.7	—	○
可靠性	5.9	6.8	—	○
防爆性能	5.10	6.9	—	○
注:“○”为必须进行的检验项目,“—”表示不需要进行检验的项目。				

附 录 A

(资料性)

煤矿井下 5G 通信系统架构及业务场景

A. 1 系统架构

煤矿井下 5G 通信系统架构如图 A. 1 所示。

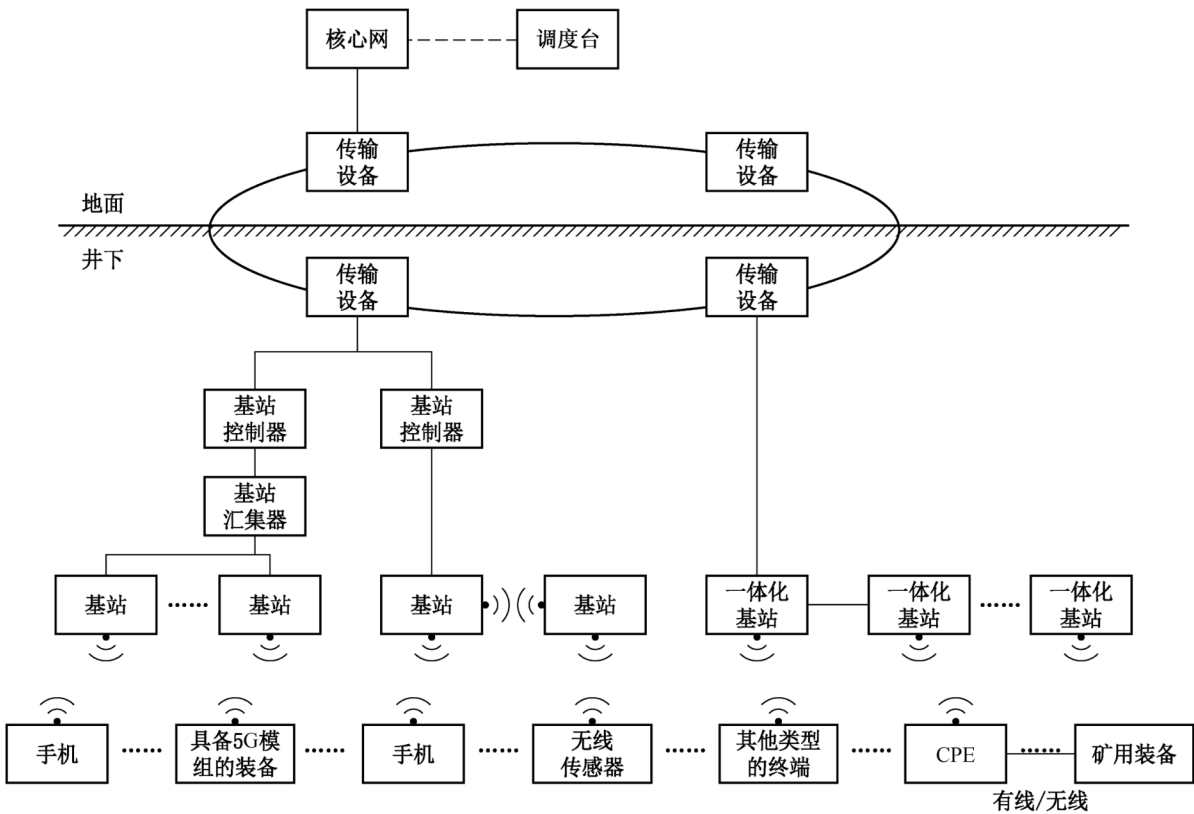


图 A. 1 煤矿井下 5G 通信系统架构示意图

A. 2 井下采掘作业远程控制业务场景

A. 2. 1 场景描述

井下采掘作业远程控制业务场景,是指在采煤机、掘进机等设备上安装远程操作系统、视频监控装置,井下开采过程中,通过控制室下发操作指令的作业方式,该场景需要使用 5G 的超低时延和移动宽带增强特性,需要较高的上行带宽。

A. 2. 2 业务需求

井下采掘作业远程控制业务场景对 5G 网络的业务需求如下:

- a) 应支持井下大容量的视频回传;
- b) 应支持井下设备的状态信息的实时回传和查询;
- c) 应支持井上控制室操控平台对井下设备远程控制类业务的低时延传输,时延符合本文件要求。

A.3 井下高清视频监视业务场景

A.3.1 场景描述

井下高清视频监视业务场景,是指在井下安装的高清视频监视终端、红外摄像头、带有 5G 通信模組的矿灯或其他采集设备,使用 5G 网络对重点区域设备运行状态和人员综合状态进行监视,实现对井下设备异常工况、人员“三违”行为识别(违章指挥、违章作业、违反劳动纪律)、异物识别、输送带堆煤等异常场景识别及设备隐患感知并预警,从而实现对人、移动设备之间的调控和作业流程监管。井下高清视频监视业务需要 5G 的上行大带宽和低时延特性。

A.3.2 业务需求

井下高清视频监视业务场景对 5G 网络的业务需求如下:

- a) 应支持人员违规穿越带式输送机及带式输送机坐人等安全类行为识别数据的传输;
- b) 应支持将所识别的输送带位置形态异常、输送带跑偏,输送带上出现大型异物等视频数据的传输;
- c) 应支持当异常情况突然出现时将报警信息传输至平台;
- d) 应支持统一调度平台对井下人员告警信息的传输;
- e) 应支持统一调度平台对井下设备的控制指令的传输。

A.4 井下设备信息采集业务场景

A.4.1 场景描述

井下设备信息采集业务场景,是指利用 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,也可按需支持平台或者控制系统使用 5G 网络对井下信息采集类设备进行命令控制。

A.4.2 业务需求

井下设备信息采集业务场景对 5G 网络的业务需求如下:

- a) 应支持多类井下设备信息的数据传输功能,井下设备信息包括多种传感器、网关、交换机等多种设备的数据信息;
- b) 应支持对井下固定设备的状态,对井下移动装备的位置、状态、安全等感知数据以及调度命令的传输;
- c) 应支持网络设备运行状态,应支持新旧网络设备发生替换时数据和控制命令的传输;
- d) 宜支持井下设备预防检测和控制服务,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、保障日常运维操作。

A.5 井下音视频通话业务场景

A.5.1 场景描述

井下音视频通话业务场景,是指在日常的工作中,井下人员可以使用矿用手持设备或信息矿灯通过 5G 发起音视频通话,与地面指挥中心、其他区队进行实时交流,对复杂、困难的工作环节进行协同作业,提高工作效率,确保工作安全。在井下发生意外时,井下人员可以通过 5G 发起音视频通话,将现场情况实时传递至地面,救援队可据此快速作出响应和决策。

A.5.2 业务需求

井下音视频通话业务场景对 5G 网络的业务需求如下：

- a) 应支持矿用手持终端设备或信息矿灯的语音通话和视频实时通话；
- b) 具备制式融合的 5G 网络，至少应支持 LTE 手持终端的接入和音视频通话。

A.6 井下运输车辆自动驾驶业务场景

A.6.1 场景描述

井下运输车辆自动驾驶业务场景，是指对运输车辆如有轨电机车、无轨胶轮车等进行线控改造，装备 5G 通信模块、高精定位及环境感知系统，借助自动驾驶算法使运输车辆能够完成循迹行驶、障碍物识别、会车避让、自主装卸料等操作，提升运输效率。当运输车辆自动驾驶出现紧急情况时，应进行远程应急接管，由远程调度室的操作员通过 5G 网络远程控制遥控驾驶舱，保障运输车辆正常运行。

A.6.2 业务需求

井下运输车辆自动驾驶业务场景对 5G 网络的业务需求如下：

- a) 应支持运输车辆的运行状态、行车轨迹等信息的上报；
- b) 应支持运输车辆的远程应急接管，由远程调度室的操作员通过 5G 网络远程遥控驾驶舱，保障车辆正常运行。

A.7 井下巡检机器人业务场景

A.7.1 场景描述

井下巡检机器人业务场景，是指巡检机器人沿巷道、设备作业区等区域自主移动。激光雷达构建三维环境地图，帮助机器人精准定位与避障；高清摄像头实时拍摄设备外观、运行状态；振动传感器监测设备的振动频率，判断设备是否存在异常磨损或故障隐患，并通过气体检测仪对一氧化碳、甲烷等有害气体浓度进行实时监测。在巡检过程中，机器人将采集到的图像、设备参数、环境数据等信息，借助 5G 网络低时延、高带宽、广连接的特性，实时传输至地面监控中心。

A.7.2 业务需求

井下巡检机器人业务场景对 5G 网络的业务需求如下：

- a) 应具备低时延特性，保证地面监控中心对巡检机器人的控制指令能够即时传输，使机器人快速响应操作，实现精准移动和任务执行，避免因延迟导致机器人运行失误；
- b) 应支持巡检机器人与地面监控中心之间的双向高速数据传输，方便监控人员根据实时数据灵活调整巡检任务和路线，同时机器人也能及时反馈执行情况；
- c) 应具备较强的抗干扰能力，在井下复杂的电磁环境和多粉尘、潮湿的物理环境中，确保 5G 网络通信稳定，维持巡检机器人与监控中心的可靠连接，保障巡检工作顺利进行；
- d) 应保障巡检机器人在不同作业区域移动过程中，5G 网络信号无缝切换，数据传输不中断，确保巡检工作的连续性和完整性。

参 考 文 献

- [1] GB/T 5271.1—2000 信息技术 词汇 第1部分:基本术语
 - [2] YD/T 1080—2018 数字蜂窝移动通信名词术语
 - [3] YD/T 3973—2021 5G 网络切片 端到端总体技术要求
-