

KA

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T XXXXX—XXXX

煤矿井下 5G 通信系统技术规范

Technical specification of 5G communication system in underground coal 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 3

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 3

 5.4 系统组成及架构 4

 5.5 基本功能 4

 5.6 主要技术指标 5

 5.7 电源波动适应能力 6

 5.8 工作稳定性 6

 5.9 电磁兼容性能 6

 5.10 可靠性 7

 5.11 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 9

 6.4 主要技术指标试验 11

 6.5 电源波动适应能力试验 14

 6.6 工作稳定性试验 14

 6.7 电磁兼容性能试验 14

 6.8 可靠性试验 14

 6.9 防爆性能试验 14

7 检验规则 15

 7.1 检验分类 15

 7.2 出厂检验 15

 7.3 型式检验 15

附 录 A （资料性） 煤矿应用场景的 5G 业务需求 16

 A.1 井下无人化采掘作业场景 16

 A.2 井下 AI 高清视频监视业务场景 16

 A.3 井下设备传感监控业务场景 16

 A.4 音视频通话业务场景 17

 A.5 运输车辆自动驾驶业务场景 17

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归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

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。

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 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”保护的的设备
- GB/T 3836.3 爆炸性环境 第4部分：由增安型“e”保护的的设备
- GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的的设备
- GB/T 3836.9 爆炸性环境 第9部分：由浇封型“m”保护的的设备
- GBT 3836.24 爆炸性环境 第24部分：由特殊型“s”保护的的设备
- 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 5271.1-2000 信息技术 词汇 第1部分：基本术语
- 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 15663.11-2008 煤矿科学技术语 第11部分：煤矿电气
- 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 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第11部分：对每相输入电流小于或等于16 A设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
- GB/T 17626.29 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- 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 772-1998 煤矿监控系统主要性能测试方法
- YD/T 1080-2018 数字蜂窝移动通信名词术语
- YD/T 3930 5G数字蜂窝移动通信网 6GHz以下频段基站设备测试方法（第一阶段）
- YD/T 3973-2021 5G网络切片 端到端总体技术要求
- YD/T 4002 5G数字蜂窝移动通信网 增强移动宽带终端设备测试方法（第一阶段）

3 术语和定义

GB/T 15663.11-2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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 5271.1-2000，01.03.11]

3.2

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]

3.3

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]

3.4

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。

3.5

排队 Queuing Up

当信道繁忙时，系统可对申请信道的用户按优先权排队，对于同等优先级的用户申请，按先申请先排队的原则排队。

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。组呼可选择实时、等待和中断3种方式。

注1：实时方式就是被呼叫的用户中若有部分用户正在通话将不影响组呼，未通话的用户被呼叫，而当原来通话的用户终止通话时，将自动转入组呼或全呼。

注2：等待方式就是手持终端发起组呼时，被呼叫的小组内的全部电话均不处于通话状态时才能被响应；否则，有一个被呼叫用户处于通话状态，组呼都得不到响应，主呼者将听到忙音。

注3：中断方式就是无论被呼叫的用户是否通话，只要主呼发起组呼，将中断正在通话的用户，无条件地响应主呼；但当前通话为急呼、组呼或全呼时，新的组呼将不被响应，主呼者将听到忙音。

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。全呼可选择实时、等待和中断3种方式。

注1：实时方式就是被呼叫的用户中若有部分用户正在通话将不影响全呼，未通话的用户被呼叫，而当原来通话的用户终止通话时，将自动转入全呼。

注2：等待方式就是手持终端发起全呼时，被呼叫的系统内的全部电话均不处于通话状态时才能被响应；否则，有一个被呼叫用户处于通话状态，全呼都得不到响应，主呼者将听到忙音。

注3：中断方式就是无论被呼叫的用户是否通话，只要主呼发起全呼，将中断正在通话的用户，无条件地响应全呼；但当前通话为急呼、组呼或全呼时，新的全呼将不被响应，主呼者将听到忙音。

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，可使用专用键急呼调度终端，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。紧急呼叫可选择优先排队和中断2种方式。

注1：优先排队就是当用户发起急呼时，若没有空闲信道，则将急呼用户放到排队的队首，当有空闲信道时，将空闲信道分配给急呼用户。

注2：中断方式就是没有空闲信道时，急呼用户可中断正在通话的优先权较低的用户，而强占信道。

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，具有与传输网络的传输接口、操作维护接口、环境监控设备接口等。

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)

IP: 互联网协议 (Internet Protocol)

LTE: 长期演进技术 (Long-Term Evolution)

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

RedCap: 轻量化 (Reduced Capability)

SA: 独立组网 (Standalone)

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 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的和国家授权的检验机构审核备案的图样和技术文件制造和成套。

5.1.2 系统及系统中设备纳入安全标志管理的，应取得矿用产品安全标志。

5.1.3 系统必须具有防雷电保护，入井电缆和含金属的光缆的入井口处必须具有防雷措施。

5.1.4 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网络安全规范，并提供相应证明材料。

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 ℃；
- b) 平均相对湿度：不大于 95 %（+25 ℃）；
- c) 大气压力：80 kPa～106 kPa；

注：当大气压力低于 80 kPa 时，设备相关要求应按国家有关标准规定进行换算。

- 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 %～+10 %；
- b) 电压总谐波畸变率：不大于 5 %；
- c) 频率：50 Hz，允许偏差±5 %。

5.3.2 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 %～+10 %；
- b) 电压总谐波畸变率：不大于 10 %；
- c) 频率：50 Hz，允许偏差±5 %。

5.3.3 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 系统组成及架构

5.4.1 煤矿井下 5G 通信系统（以下简称系统）一般由部署在地面的煤矿用 5G 通信核心网（以下简称核心网）、部署在地面/井下的传输设备、部署在地面/井下的煤矿用 5G 通信基站控制器（以下简称基站控制器）、部署在井下的煤矿用 5G 通信基站（以下简称基站）和煤矿用 5G 通信终端（以下简称终端）组成。煤矿 5G 系统架构示意图如图 1 所示。

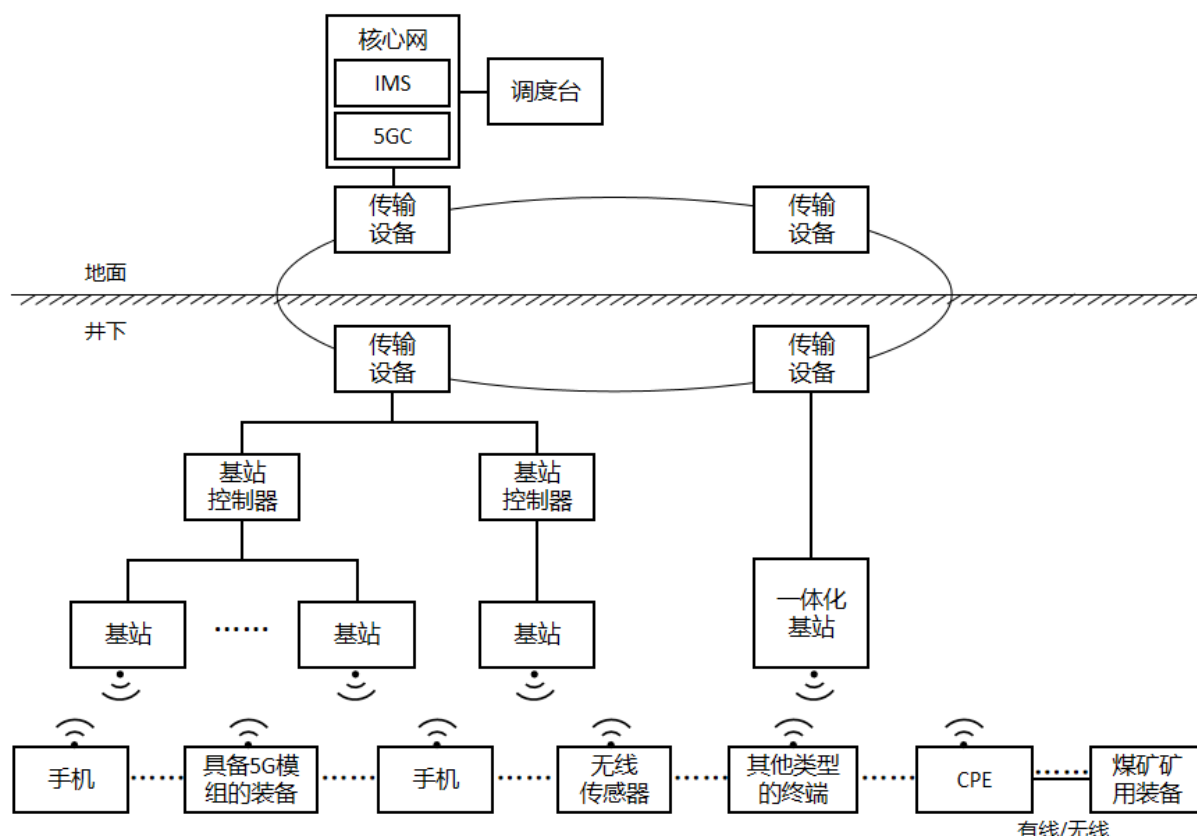


图1 煤矿井下 5G 通信系统架构示意图

5.4.2 系统宜部署独立的核心网设备；也可在煤矿部署核心网用户面；核心网用户面应支持分布式部署。

5.4.3 部署在井下的基站控制器与基站可独立设计部署，也可一体化集成。

5.5 基本功能

5.5.1 系统应支持多种类型终端的接入，终端类型包括但不限于矿用手机、视频摄像头、CPE 等。

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

5.5.3 系统应具有支持井下高清视频实时传输功能。

5.5.4 系统应能支持井下 5G 设备的远程控制功能。

5.5.5 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的实时传输功能。

5.5.6 系统应具备调度通信功能，具体如下：

5.5.6.1 系统应支持与矿用调度通信系统对接。

5.5.6.2 系统应支持点对点和点对多点的文本、图片、文件等数据业务，对系统终端的选呼、组呼、全呼等的语音与视频业务。

5.5.6.3 系统应具有紧急呼叫的功能，并应具有通话的强插、强拆的功能。

5.5.6.4 系统应具有通话录音、通信记录存储和查询功能。

5.5.7 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。

5.5.8 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。

5.5.9 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。

5.5.10 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，宜具备链路监测功能。

5.6 主要技术指标

5.6.1 无线信号制式

应支持5G NR制式，宜支持5G NR、LTE多制式同时工作。

5.6.2 工作模式

应支持独立组网（SA）。

5.6.3 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，也可选取其他频段。

5.6.4 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）

参考带宽	基站通道数	上行峰值吞吐量	下行峰值吞吐量
2*10 MHz	2T4R/2T2R	55 Mbps	110 Mbps
2*20 MHz	2T4R/2T2R	115 Mbps	225 Mbps
2*30 MHz	2T4R/2T2R	175 Mbps	350 Mbps
注：若系统具备 FDD SUL模式，2*30 MHz参考带宽条件下的单用户上行峰值吞吐量宜不低于350 Mbps。			

5.6.5 平均时延

系统平均时延应不高于50 ms。

5.6.6 端到端时延稳定性

系统在20 Mbps上行视频业务时，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 %。

5.6.7 丢包率

单用户的丢包率≤0.01 %。

5.6.8 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。

5.6.9 射频发射功率

基站和终端应进行射频电磁能防爆安全性评估。当最大射频输出功率高于GB/T 3836.1-2021第6.6.2条款的数值时，应通过射频电磁能防爆评估及试验，基站和终端应具备通过硬件确保发射功率不超过预设安全范围的功能。

5.6.10 无线覆盖半径

OTA暗室、地面空旷无遮挡条件下或煤矿井下大巷，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。		

5.6.11 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。

5.6.12 MIMO 天线

基站和终端采用MIMO天线时，天线两两之间相关性系数应小于0.1。

5.6.13 接收灵敏度

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

5.6.14 手持终端连续工作时间和通话时间

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。

5.6.15 系统设备备用电源工作时间

在电网停电后，备用电源应能保证系统连续工作4 h以上。

5.7 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5.5、5.6.1~5.6.7的规定。

5.8 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5.5、5.6.1~5.6.7的规定。

5.9 电磁兼容性能

5.9.1 发射限值

5.9.1.1 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1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加减5 %。

5.9.1.2 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1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。

5.9.2 抗扰度

- 5.9.2.1 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，试验过程中系统工作正常，未出现设备死机、复位、掉电现象；数据通信未见异常。评价等级为 A。
- 5.9.2.2 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，80 MHz~1 000 MHz 10 V/m，1 kHz 80% AM；1 000 MHz~6 000 MHz 3V/m，1 kHz 80% AM；步进 1 %；驻留时间 1 s；对样品进行四面照射。试验过程中系统工作正常，未出现设备死机、复位、掉电现象；数据通信未见异常。评价等级为 A。
- 5.9.2.3 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，试验过程中系统工作正常，未出现设备死机、复位、掉电现象；数据通信未见异常。评价等级为 A。
- 5.9.2.4 系统交流电源端口应能通过 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，评价等级为 B。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，评价等级为 B。试验过程中系统功能和性能水平在试验期间出现下降或失效，但试验结束后系统无需人为干预即可自行恢复正常功能和性能水平。
- 5.9.2.5 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 3 级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验，试验过程中系统工作正常，未出现设备死机、复位、掉电现象；数据通信未见异常。评价等级为 A。
- 5.9.2.6 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，试验过程中系统工作正常，未出现设备死机、复位、掉电现象；数据通信未见异常。评价等级为 A。
- 5.9.2.7 交流端口：电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度限值宜符合 GB/T 17626.11 中的规定；0% UT 持续半个周期；40% UT 持续 10 个周期。试验中允许功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预。
- 5.9.2.8 直流端口：电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度限值宜符合 GB/T 17626.29 中的规定；电压暂降 70 %UT，持续时间 1 s，试验中允许功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预，评价等级为 B；短时中断 高阻抗 0 %UT 持续时间 1 s，功能或性能暂时降低或丧失，但需要操作者干预才能恢复，评价等级为 C；电压变化 85 %和 125 %UT 持续时间 1 s，试验过程中系统工作正常，未出现设备死机、复位、掉电现象；数据通信功能正常，评价等级为 A。

注：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。

5.10 可靠性

系统设备的平均无故障时间（MTBF）应不小于40 000 h。

5.11 防爆性能

用于煤矿井下的设备应满足防爆要求，符合GB/T 3836.1、GB/T 3836.2、GB/T 3836.3、GB/T 3836.4、GB/T 3836.9和GB/T 3836.24等相关标准的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境条件

除另有规定外，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

除非有关标准另有规定，测试用电源应符合以下要求：

- a) 交流供电电源：
 - 1) 电压：误差应不大于 2%；
 - 2) 频率：50 Hz，其误差应不大于 1%；

- 3) 谐波失真系数：应不大于 5%。
- b) 直流供电电源：
 - 1) 电压：误差应不大于 2 %；
 - 2) 周期与随机偏移： $\leq 1\%$ （为周期与随机偏移的峰到峰值，为直流供电电压额定值）。

6.1.3 试验仪器和设备

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。试验用的仪器和工具见表 4；
- 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；
- e) 采用工具/测试软件实现时，应为三方可溯源工具/测试软件。

表4 试验用的仪器和设备

序号	名称	备注
1	5G信号源	
2	频谱分析仪	支持被测5G通信系统频段（或具备5G解调插件）
3	5G无线通信综合测试仪	
4	网络性能测试仪	支持5G网络性能测试
5	射频信号衰减器	
6	光功率计	
7	光衰减器	
8	网络性能测试仪	
9	万用表	
10	激光测距仪	
11	专网综测仪服务器	或服务端软件
12	专网综测仪用户端	或用户端软件
13	射频电磁能防爆试验台	
14	接收机	

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加设备；
- 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2所示：

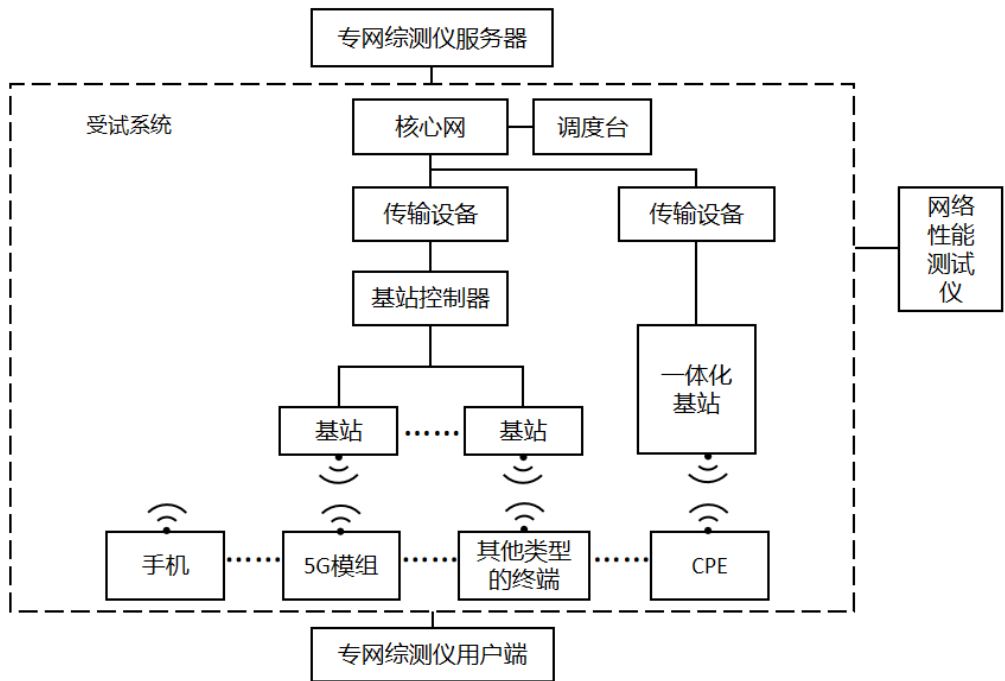


图2 受试系统连接图

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。

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 确定测试点分为 5G 网络的近点 $RSRP \geq -75 \text{ dBm}$ ， $SINR \geq 20 \text{ dB}$ ；5G 网络的中点 $RSRP \geq -85 \text{ dBm}$ ， $SINR \geq 10 \text{ dB}$ ；5G 网络的远点 $RSRP \geq -105 \text{ dBm}$ ， $SINR \geq 10 \text{ dB}$ 。

6.2.4 受试系统连通性测试

- 受试系统连通性测试如图2所示，试验方法如下：
- 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 摄像机音视频的远程实时传输功能试验

摄像机音视频的远程实时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1920*1080 P，码率上限2 Mbit/s，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，专网综测仪用户端通过模拟多个视频业务数据在专网综测仪服务器上查看卡顿时长应不超过200 ms。

6.3.4 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；
- 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。

6.3.5 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) 测试终端置于系统无线工作频段对应边缘速率为20 Mbps的无线覆盖半径最远点；
- 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1920*1080 P，码率2 Mbit/s，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1次。

6.3.6 调度通信功能

6.3.6.1 集群通信功能试验

调度员操作组呼和全呼功能键，分别对部分或全部用户进行语音和视频通话全呼和组呼，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，调度和其它授权用户能听到发言，且调度能看到用户实时视频；调度进行干预操作，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。用户向调度和其他用户发送文本、图片、文件等数据，检查调度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

使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，调度与用户进行通话。使调度对任一个、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，用户能听到调度声音。

使调度呼叫用户，检查该用户在忙、闲各状态下，调度是否均能与其通话；使任一用户呼叫调度，检查调度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

端到端切片功能试验方法如下：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 终端重新入网，重复步骤 a)，查看终端 1 的视频速率无下降和视频流畅无卡顿和花屏。

6.3.8 5G 终端认证、检查和限制非授权终端接入系统的功能试验

5G 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：

- a) 组网如图 2 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；
- b) 在专网综测仪上设置测试终端可接入待测 5G 网络，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；
- c) 在专网综测仪上设置测试终端不可接入待测 5G 网络，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 Ping 包呼叫，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 Ping 包通信，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。

6.4 主要技术指标试验

6.4.1 无线信号制式和工作频段测试

将 5G 无线通信综合测试仪与 5G 手机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手机的通信类别与制式。

将 5G 信号分析仪调到 NR（5G）档位，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 工作模式测试

系统支持独立组网（SA）参照图 3 进行评定。



图3 SA组网架构示意图

评定方式如下：

- 核查系统组成与系统构架图一致性；
- 通过频谱仪、无线通信综合测试仪测试基站、手机等的工作频段及信号制式，以此核实系统为5G通信系统；
- 通过以上对系统组网方式进行综合判定。

6.4.3 吞吐量检验

吞吐量测试方法如下：

- 将基站、被试终端与网络性能测试仪通过TCP方式相连，被测终端置于5G网络近点区域；
- 配置网络性能测试仪；
- 按不同帧长度（64, 128, 256, 512, 1 024, 1 280, 1 518 byte）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；
- 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 网络时延及稳定性、丢包率检验

网络时延及稳定性、丢包率测试方法如下：

- 将基站、被试终端与网络性能测试仪相连，被测终端置于5G网络中点区域；
- 配置网络性能测试仪；
- 按不同帧长度（64, 128, 256, 512, 1 024, 1 280, 1 518 byte）进行时延测试，根据6.4.3测试得到的每个包长的吞吐量大小，使用每个包长的吞吐量结果的90%作为时延测试的流量大小，测试时间30秒，记录平均时延，时延平均值应小于50 ms，丢包率应小于0.01%；
- 按不同帧长度测得的吞吐量结果的90%发起上行灌包业务，测试下行控制业务时延，99.99%的时延应小于100 ms。

6.4.5 射频发射功率测试

6.4.5.1 最大射频输出功率测试

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或终端与接收机连接。通过接收机读取基站和终端的最大射频输出功率 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。

6.4.5.2 射频电磁能防爆性能测试

- 射频电磁能防爆试验台的系统架构示意图如图4所示；

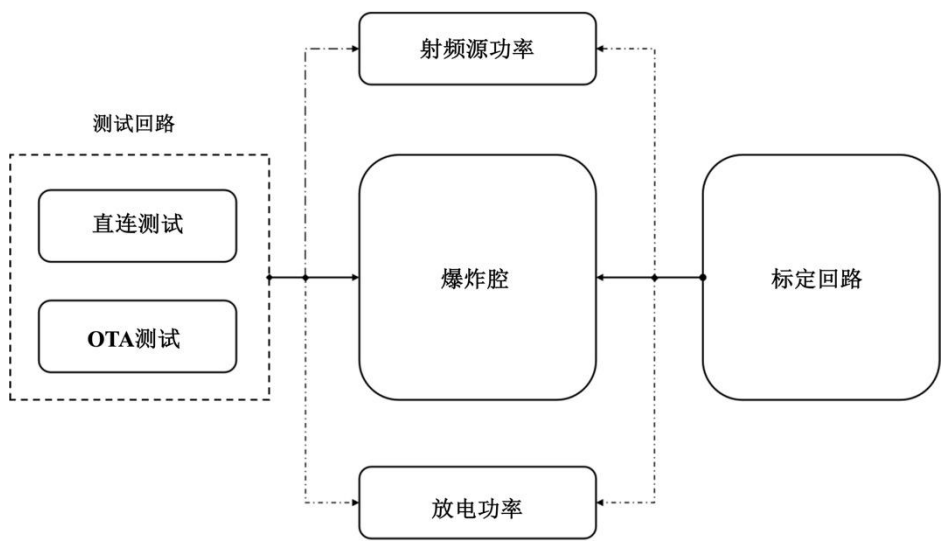


图4 射频电磁能防爆试验台

- b) 5G 基站和终端射频电磁能防爆测试采用直连模式。连接外部电源、稳压电源、基站控制器、基站及 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 P。将基站某一射频输出端口与试验台的直连接口相连；
- c) 设置试验台工作频率，使其与基站和终端工作频段一致；
- d) 配置爆炸腔浓度为 $(8.3 \pm 0.3) \%$ 甲烷气体，设置电机转速 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，设置放电功率为 80W，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，设置放电功率为 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，设置放电功率为 80 W，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 无线覆盖半径检验

无线覆盖半径检验采用 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距离的方式。

——OTA 暗室测试方法：

- a) 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；
- b) 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等于表 3 中规定的边缘速率，当上行吞吐量大于等于边缘速率时，无线覆盖半径满足要求。

——地面空旷无遮挡条件下距离测试方法：

- a) 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 0.5m 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 $30\text{db } \mu\text{V/m}$ ；
- b) 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。在最大距离处测试终端与基站传输速率，应不小于 5.6.10 的要求。

——煤矿井下无线覆盖距离试验方法：

- a) 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；
- b) 在巷道中间布设基站，天线按正常使用高度架设，终端位于覆盖范围最大距离处。在最大距离处测试终端与基站传输速率，应不小于 5.6.10 的要求。

6.4.7 有线传输距离检验

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，模拟总长度 20 km 的光纤，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 天线测试

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2MHz，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 接收灵敏度测试

按YD/T 3930和YD/T 4002中的相关规定进行。

6.4.10 手持终端连续工作时间和通话时间检验

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符合5.6.14的要求。

6.4.11 系统设备备用电源工作时间检验

使备用电源处于充满状态，停止基站、基站控制器及传输设备外部电源供给，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 772-1998 第11章中的有关规定进行。

6.6 工作稳定性试验

按MT/T 772-1998 第10章中的有关规定进行，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；
- g) 交流端口电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验按 GB/T 17626.11 的规定进行；
- h) 直流端口电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验按 GB/T 17626.29 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 5080.1-1986中9.2的有关规定。

6.9 防爆性能试验

按GB/T 3836.1、GB/T 3836.2、GB/T 3836.3、GB/T 3836.4和GB/T 3836.9等相关标准的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验一般分出厂检验与型式检验两类。

7.2 出厂检验

7.2.1 系统应进行出厂检验，合格产品应给予合格证。

7.2.2 出厂检验一般由制造厂质检部门负责进行。

7.2.3 检验项目应符合表 5 中出厂检验项目的规定。

7.2.4 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。

7.3 型式检验

7.3.1 在下列情况之一时，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；
- e) 国家有关部门提出进行型式检验时。

7.3.2 检验项目应符合表 5 中的型式检验项目的规定。

7.3.3 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5 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	5.5	6.3	○	○
无线信号制式	5.6.1	6.4.1	—	○
工作模式	5.6.2	6.4.2	○	○
工作频段	5.6.3	6.4.1	—	○
吞吐量	5.6.4	6.4.3	○	○
平均时延	5.6.5	6.4.4	○	○
端到端时延稳定性	5.6.6	6.4.4	○	○
丢包率	5.6.7	6.4.4	○	○
双机切换时间	5.6.8	6.3.9	○	○
射频发射功率	5.6.9	6.4.5	—	○
无线覆盖半径	5.6.10	6.4.6	—	○
有线传输距离	5.6.11	6.4.7	—	○
MIMO天线	5.6.12	6.4.8	○	○
接收灵敏度	5.6.13	6.4.9	○	○
手持终端连续工作时间和通话时间	5.6.14	6.4.10	○	○
系统设备备用电源工作时间	5.6.15	6.4.11	○	○
电源波动适应能力	5.7	6.5	—	○
工作稳定性	5.8	6.6	○	○
电磁兼容性能	5.9	6.7	—	○
可靠性	5.10	6.8	—	○
防爆性能	5.11	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)
煤矿应用场景的 5G 业务需求

A.1 井下无人化采掘作业场景

A.1.1 场景描述

井下智能化采掘作业场景，是指在井下开采过程中对采矿设备安装远程操控系统、视频监控装置，通过控制室下发操作指令的作业方式。该应用场景可减少井下作业面的参与人员，提高井下开采智能性和安全性。在地下智能化采掘场景中需要使用5G的超低时延和移动宽带增强的能力，需要较高的上下行带宽的能力。

A.1.2 业务需求

井下智慧化采掘作业场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络应支持井下大容量的视频回传；
- b) 5G 网络应支持井下设备的状态信息的实时回传和查询；
- c) 5G 网络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。

A.2 井下 AI 高清视频监视业务场景

A.2.1 场景描述

井下AI高清视频监测业务场景，是指在井下安装隔爆型兼本质安全型高清视频监控终端、红外摄像机、带有5G通信模组的头灯或其他采集设备，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检测，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、堆煤皮带异常场景识别及设备隐患感知并预警，从而实现对人、移动设备之间的智能调控和作业流程监管。井下AI高清视频业务需要5G的上下行大带宽和低时延的能力，并可以按需增加边缘计算能力。

A.2.2 业务需求

井下AI高清视频监测业务场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络应支持人员违规穿越皮带及皮带坐人等安全类行为识别数据的传输；
- b) 5G 网络应支持将所识别的皮带位置形态异常、皮带跑偏，皮带上出现大型异物等视频数据的传输；
- c) 5G 网络应支持当异常情况突然出现时将报警信息传输至平台；
- d) 5G 网络应支持统一调度平台对井下人员告警信息的传输；
- e) 5G 网络应支持统一调度平台对井下设备的控制指令的传输。

A.3 井下设备传感监控业务场景

A.3.1 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，并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，需要用5G能力满足井下设备采集业务场景的需求。

A.3.2 业务需求

井下设备采集业务场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络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) 5G 网络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智能调度命令的传输;
- c) 5G 网络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) 5G 网络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.4 音视频通话业务场景

A.4.1 场景描述

在日常的工作中, 井下工人可以使用矿用手持设备或信息矿灯发起音视频通话, 与地面指挥中心、其他工作队伍进行实时交流, 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, 井下工人可以通过音视频通话, 将现场情况实时传递至地面, 救援队伍可据此快速做出响应和决策, 提高救援效率。

A.4.2 业务需求

井下设备采集业务场景对5G网络的业务需求如下:

- a) 5G 网络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) 5G 网络宜支持 LTE 手持终端的接入和音视频通话。

A.5 运输车辆自动驾驶业务场景

A.5.1 场景描述

运输车辆自动驾驶是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.5.2 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) 5G 网络应支持运输车辆的运行状态、行车轨迹等信息的上报;
 - b) 5G 网络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。
-