

# 5G智慧矿山

## 终端融合白皮书

(2023年6月)





本白皮书结合5G技术、终端融合技术和智慧矿山行业进行深度融合，通过对智慧矿山的场景、终端需求及终端技术要求深入的研究和探讨。

本白皮书由中国电信政企信息服务事业群牵头编制，修改和解释权属中国电信政企信息服务事业群，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本白皮书内容。

## 主要编写单位

中国电信政企信息服务事业群  
煤炭科学技术研究院有限公司  
中国电信研究院  
华为技术有限公司  
中国电信云计算有限公司  
中国通信服务股份有限公司  
中国通信建设集团数智科创分公司  
天津华宁电子有限公司  
上海山源电子科技股份有限公司  
北京慧拓无限科技有限公司

<b>01 概要</b>	<b>04</b>		
<b>02 5G终端融合发展思路</b>	<b>05</b>		
2.1. 终端软硬解耦	06		
2.1.1 软硬解耦技术架构	06		
2.1.2 硬件基础	07		
2.1.3 软件能力	07		
2.2. 设备云化	08		
2.2.1 设备云化架构	08		
2.2.2 矿山场景下设备云化实践应用	09		
<b>03 矿山典型业务场景及终端业务需求</b>	<b>11</b>		
3.1. 矿山典型业务场景	11		
3.1.1 露天矿	11		
3.1.2 井工煤矿	12		
3.1.3 非煤矿场景	14		
3.2. 矿山场景5G终端业务需求	15		
<b>04 终端融合总体要求</b>	<b>16</b>		
4.1. 通信功能要求	16		
4.1.1 模式和频率要求	16		
4.1.2 基本通信功能要求	17		
4.1.3 上行增强功能要求	17		
4.1.4 下行载波聚合要求	17		
4.1.5 语音能力要求	18		
4.1.6 切片能力要求	18		
4.1.7 终端峰值速率	19		
4.1.8 终端业务RTT时延和丢包率要求	20		
4.2. 5G新特性需求	20		
4.2.1 5G LAN	20		
4.2.2 5G高精度定位	21		
4.2.3 5G网络授时功能	21		
4.2.4 超级上行	21		
4.2.5 高功率发射	22		
4.3. 终端维护和管理要求	22		
4.3.1 终端本地维护管理	23		
4.3.2 终端支持平台管理能力	23		
4.3.3 终端支持企业业务管理能力	24		
4.4. 定位能力要求	24		
4.5. 机卡要求	25		
4.6. 安全防护要求	26		
4.7. 终端接入安全	26		
4.8. 电磁兼容性要求	27		
<b>05 智慧矿山终端融合要求</b>	<b>28</b>		
5.1. 5G基础连接终端	28		
5.1.1 工业类模组	28		
5.1.2 工业融合网关	28		
5.1.3 5G工业CPE	29		
5.2. 应用终端	29		
5.2.1 远程控制矿卡	29		
5.2.2 矿山远程控制终端	30		
5.2.3 矿用巡检机器人	31		
5.2.4 5G无人机	31		
5.2.5 矿山智能监控摄像头	32		
5.2.6 矿山智能信息矿灯	33		
5.2.7 智能健康监测设备	34		
<b>06 矿山场景5G终端典型案例</b>	<b>35</b>		
6.1. 5G+无人驾驶系统	35		
6.2. 矿用5G无线转发器	36		
6.3. 5G巡检机器人	36		
6.4. 矿用5G摄像机	37		
6.5. 5G工业融合网关	38		
6.6. 矿用5G智能信息矿灯	38		
6.7. 矿用本安型智能健康监测终端及系统	39		
6.8. 5G组网型政企网关	39		
<b>07 产业展望</b>	<b>40</b>		



能源是工业的粮食、国民经济的命脉。党的十八大以来，习近平总书记提出了“四个革命、一个合作”能源安全新战略，围绕推动能源消费革命、能源供给革命、能源技术革命、能源体制革命，全方位加强国际合作，实现开放条件下能源安全，为新时代我国能源高质量发展指明了方向。国家能源局等8部委联合发布《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，到2035年实现工作面无人化或少人化，我国将实现智能感知、智能决策、自动执行的无人化智慧煤矿生产体系。2021年国家能源局印发《智能化示范煤矿验收管理办法（试行）》的通知，明确5G作为智能化煤矿的基础设施，无线网络覆盖主要运输大巷、进风大巷、采煤工作面、掘进工作面等区域，开展5G+煤矿应用可获得相应加分项。

5G技术具备大带宽、低时延、广覆盖等特性，商用以来应用规模持续扩大，应用探索横向扩展，已从应用试点向行业融合进发。当前5G行业终端面临生产成本高、市场碎片化、产品适配差、行业融合难、跨行业标准缺乏等系列问题，严重影响5G行业应用规模化落地进程。

为促进5G行业规模发展，中国电信结合5G技术演进与细分行业特性提出“网络融合、终端融合、平台融合”策略，终端融合是连接网络基础设施和行业应用平台的桥梁，通过分析行业典型业务及5G终端需求，实现5G终端与行业需求的高度适配，以软硬解耦、设备云化为发展思路，实现5G行业终端的标准化和规模化，降低终端成本，促进5G行业终端市场发展。

随着各行业对5G技术理解和应用的不断深入，越来越多的5G新特性得以应用，5G LAN、5G高精度定位、高精度授时、超级上行等技术逐步得到行业认可，亟待制定符合融合行业特性需求的重点行业5G终端融合标准。

本文针对5G终端融合提出发展思路，对智慧矿山行业进行场景梳理及终端需求分析，融合中国电信现有终端侧创新技术，制定5G+智慧矿山终端融合方案。

“5G发展，终端先行”已成为行业共识。自5G商用以来，经过四年的摸索，5G在垂直行业的应用场景已日渐清晰，从试点探索转入快速推广阶段，随着行业需求的释放及行业应用的铺开，5G行业终端需求和市场空间都已极具规模。但在5G行业的实际落地和使用过程当中，仍存在组网开局难、组网效率低、终端改造难、安全要求高、可靠性要求高、管理运维难在内的6大痛点问题。

### » 01

**组网开局难：**组网开局是行业终端接入5G网络面临的首要问题，终端设备的数量多、类型多、位置分散。传统的行业终端存在安装工期长、部署调试复杂、施工要求多、可扩展性弱的问题。终端在完成物理上的部署后往往还需要各种配置才能接入网络，操作繁琐容易出错，且对人员的专业要求较高，导致组网开局困难。简易灵活的配置、极简自动化部署的网络、自动接入网络平台的能力，能够有效提升终端组网开局的效率，是5G行业终端融合的重要诉求；

### » 02

**组网效率低：**由于传统的OT技术手段不足，规划滞后等原因，传统行业中，大多是各子系统独立建网，系统间信息不共享，数据无法互通，子系统间无法有效配合实现联动。所以新型5G专网建设，需要打破信息孤岛，将数据汇聚在平台统一处理，实现数据共享，放大物联终端的行业价值，实现系统开放性，营造丰富的行业应用环境；

### » 03

**终端改造难：**行业场景中存在大量的OT系统的终端和传感装置，这些终端需要进行数字化、IP化改造，使之可以低成本、高效地接入网络，实现行业终端改造；

### » 04

**安全要求高：**而物联终端分布广，终端CPU处理性能弱等特点，使得行业终端容易成为网络攻击的突破口。对于大多数的行业应用场景，特别是在政府、教育、金融等领域，对于数据安全等级保护有明确要求。行业终端低成本、高效地满足行业应用的场景需求，是5G终端融合需研究的一大课题；

### » 05

**可靠性要求高：**行业场景对于终端的可靠要求更高，特别在工业制造领域，往往都是不间断持续的生产，其中的终端需要更高的可靠性，才能保证业务连续；

» 06

管理运维难：行业终端数量多，线路布线复杂，一旦出现故障，如果没有自动化故障检测和拓扑定位技术，单靠人工排查，工作量大效率低，甚至出现故障后用户无感知，故障恢复时间长。所以对于物联终端，做到管理运维智能化、拓扑呈现、GIS定位、故障预测，能够极大的降低运维管理方面的人力成本，提高行业客户体验。

为应对5G行业终端的痛点问题，解决终端在功能、性能、成本和市场规模上的矛盾，中国电信提出了以终端软硬解耦，能力开放，终端云化为基础的5G终端融合创新发展策略，促进终端与网络 and 平台的融合发展，推动行业场景中端-网-云-用的建设，实现5G终端融合的落地和规模发展，并于2023年2月22日携手终端产业链合作伙伴发布了“中国电信5G Inside合作计划”，以汇聚行业生态，构建5G产业生态核心竞争力，形成更加丰富的5G行业终端产品体系为目标，以软硬解耦、能力嵌入、平台纳管、产品共创为原则，提升5G与行业技术融合能力，驱动行业技术升级，加速5G终端与行业应用深度融合。中国电信5G Inside合作计划为产业合作伙伴提供五大权益，包括合作招募、产品导入、平台推广、方案优选、行业推介，积极为合作伙伴赋能，激发5G生态合作新价值，与合作伙伴共同推进5G+ICT规模发展。

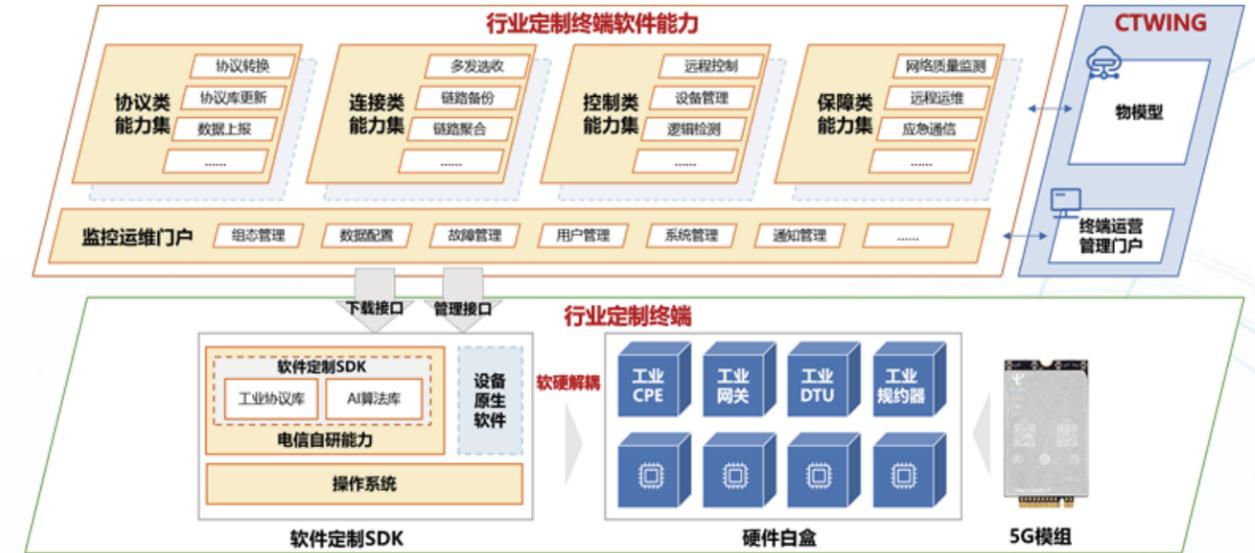


图2-1 终端软硬解耦技术架构

## 2.1. 终端软硬解耦

### 2.1.1 软硬解耦技术架构

从20世纪80年代的计算机产业的软硬解耦推动IT行业的大发展与大繁荣，到21世纪10年代的以SDN/NFV技术为基础重构传统电信网络，软硬解耦的技术贯穿着IT行业的发展，也是推动IT行业持续创新、开放包容的核心技术。在传统的工业场景，软硬一体的终端仍然占据主流，工业协议不统一且数据开放性不够，导致终端成为工业互联网规模化发展的一大瓶颈。通过终端软硬解耦，打破软硬一体化封闭的行业终端体系，实现硬件通用化，服务软件化，提供万物智联的数字化基础。

终端软硬解耦技术是指将终端的硬件部分于软件功能分离，终端硬件上采用更为通用化的解决方案，主要满足终端的通信、计算、存储、供电、防护等通用需求，通过定制化的软件赋能终端，满足各行业的定制化功能需求。通过终端软硬解耦，打造5G行业终端通用硬件，提升终端的行业融合属性。行业终端各种的定制化功能以软件模块、SDK包等方式呈现，定制的能力模块可复用于多种的终端，达到一次开发、重复使用的目的，可以降低5G行业终端的研发周期和生产成本。

中国电信将以开放的态度推动行业终端原子能力共享池的建设，打造包括了组网能力、云端协同能力、数据处理能力、物联能力、安全管控能力等能力模块建设。终端原子能力随用随取，通过标准化接口快速赋能终端，实现终端的快速开发，一同推动5G终端融合的规模发展。

### 2.1.2 硬件基础

行业终端的成本很大程度上取决于硬件的成本，行业场景众多，对于功能的需求也很分散，对于行业终端往往需要定制化设计硬件架构，导致行业终端很难像芯片和模组一样通过规模化的生产降低成本，间接导致了行业终端的价格始终偏高。在终端软硬解耦后，终端硬件只需要满足基本的通信需求、接口要求、计算能力要求、防护要求、功耗等，行业终端硬件设计时可以采用更为通用化的解决方案，适应更多更广泛的业务需求，可以显著提升单一类型的行业终端的市场规模，进而降低研发和生产的成本。

例如在许多行业场景中都有广泛应用的5G网关、5G摄像头或AGV等终端，除个别的行业特性需求外，不同场景对终端大部分硬件的需求基本一致，在设计通用硬件的架构时，在不显著影响终端成本的情况下，可以将不同行业的个性化需求都考虑在内，形成一个满足多行业场景的终端通用硬件基础。

### 2.1.3 软件能力

在终端通用硬件基础之上，定制化的软件是定义终端业务功能的关键。中国电信已开展终端软硬解耦相关的技术实践及原子能力的开发。例如：

» 01

已开发协议库组件，支持超过150种的工业协议，可在OpenHarmony、FreeRTOS、RTThread、linux等系统上编译与适配，提供的对外API接口，目前已完成与传统网关设备和5G CPE的结合，形成具备协议转换功能的5G工业规约器和5G工业CPE。

» 02

提出并开发终端与平台自适应功能。实现物联终端自动接入平台、软件自动更新，解决了物联网终端接入困难，后期维护困难的问题。

» 03

开发探针拨测SDK包，可适配多种类型的终端硬件，快速赋能终端实现拨测功能，提升网络质量的监测与故障定位能力。

设备云化架构分为设备-边缘云-中心云三层，设备能力上移，降低终端硬件要求以及软件复杂度，对于海量终端的场景，在终端成本优化和运维方面会有明显收益，通过边缘云可以支持设备的就近接入，实现数据处理的低时延，中心云负责云设备的资源调配。边缘云包括接入模块、功能模块和管理模块，接入模块负责协议信令的交互以及设备的接入认证；功能模块包括了云化控制、云AI、云计算、云存储等功能，处理各种的设备业务流；管理模块包括了设备的管理、运维的功能。

2.2.2 矿山场景下设备云化实践应用

在工业互联网领域，机器换人是产业数字化的市场刚需，尤其在矿山场景中，存在大量的危险恶劣的生产环境，人员下井需严格控制，通过机器代人的需求尤为强烈。

传统的工业一体化控制系统，通常采用单一总线通信，语言编程和编程系统由供应商定义，底层架构封闭，与设备硬件紧锁定，功能单一，本地算力扩容困难，制约工业设备的数字化升级改造。可以通过5G+云化设备方案对传统的矿山设备进行改造，提供无线数据的传输和工业设备的控制能力，支持远程控制、智能监控等矿山业务场景需求。

(一) 远程控制

安全生产作为矿山场景第一要素，当前亟待研发远程控制系统以取代人员实地控制的高风险生产模式。通过5G+云化设备方案远程控制包括采煤机、掘进机、加渣机械臂、矿卡等典型设备，可广泛应用于工程机械现场施工、机械臂实训及矿卡运输远程控制，实现“少人、无人、安全、高效”的矿山生产。

2.2.设备云化

2.2.1 设备云化架构

随着5G高速网络、高性能算力服务器、云计算/云原生等技术的发展，设备云化技术得以快速发展。设备通过特定的5G网络连接到云平台，将原本终端设备的控制、计算、存储、AI、大数据、安全等能力通过云平台处理，从而提升设备的业务服务能力。

设备云化最大的优势在于可以进一步实现终端硬件解耦，在设备侧可以减少对于控制芯片、CPU、AI芯片、存储模块等硬件的需求。在应用上，云终端的应用开发者无需适配众多的终端操作系统，无需考虑因终端型号与固件版本导致的应用升级难问题，可大幅减少应用安装、升级涉及的适配和测试的工作量。云终端还具备多终端融合的特性，多终端业务体验的一致性 & 业务使用连续性将大大提升。



图2-2 云化设备架构

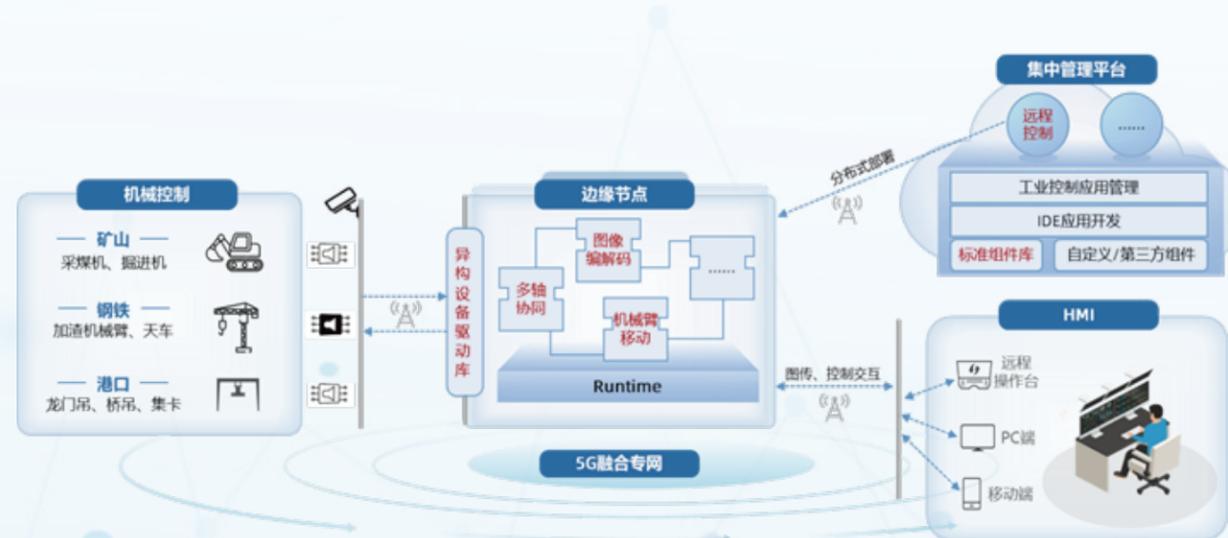


图2-3 矿山场景远程控制框架图