

团 体 标 准

T/CPUMT 051—2026

5G+工业互联网 终端技术要求

5G+ Industrial internet— Technical requirements for terminal

2026 - 03 - 05 发布

2026 - 03 - 05 实施

目 次

前言	II
引言	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	1
5 通信硬件与软件要求	2
5.1 概述	2
5.2 硬件要求	2
5.3 软件要求	2
6 功能要求	2
6.1 网络接口	2
6.2 智能控制	3
6.3 数据管理	3
6.4 兼容与互操作	4
6.5 网络安全与管理	4
7 性能要求	5
7.1 网络接口	5
7.2 智能控制	5
7.3 兼容与互操作	5
7.4 数据管理	6
8 通用安全要求	6
8.1 数据安全	6
8.2 通信安全	7
8.3 设备安全	7
8.4 运行与管理安全	7
附录 A（资料性） 5G+工业互联网终端	8
参考文献	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这些专利的责任。

本文件由中国和平利用军工技术协会提出并归口。

本文件起草单位：海南大学、蓝象标准（北京）科技有限公司、哈尔滨工业大学（深圳）电子与信息工程学院、江阴市军创智澄技术研究有限公司、苏州榧鑫电子科技有限公司、北京中城汇标准化技术院、联通数字科技有限公司、北京嗨标领航科技有限公司、北京众研精诚市场调查有限公司、嵩嘉标准化技术服务（北京）有限公司。

本文件主要起草人：王咸鹏、张德保、段小莉、刘颖、马振翔、唐浩、陈真佳、姚佳、朱旭、刘怀哲、李波、张婧宇、金晔、李龙岩、张红艳、马志强、姜冰、王新亮、徐成利、隋妍、邱天、王致远、乔华阳。

引 言

“5G+工业互联网”利用以5G为代表的新一代信息通信技术,构建与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态,通过5G技术对人、机、物、系统等的全面连接,构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系,为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了新的实现途径,助力企业实现降本、提质、增效、绿色、安全发展。5G与工业互联网的融合将加速数字中国、智慧社会建设,加速中国新型工业化进程,为中国经济发展注入新动能。随着“5G+工业互联网”的应用不断推广,网络技术与组网、网络管理技术、5G多接入边缘计算技术、终端技术、适配增强技术、建设实施等方面需要制定相关标准进行规范和引导。

在5G+工业互联网应用中,终端设备作为数据流通的枢纽,发挥着举足轻重的作用,它们不仅实现了生产现场数据的高速、精准采集,还确保了数据在复杂网络环境中的无缝传输与高效处理,为工业生产的智能化、柔性化提供了有力保障。

本文件的适用对象包括工业自动化设备制造商、系统集成商、通信运营商、工业互联网平台提供商以及终端用户企业等。通过明确5G+工业互联网终端设备的技术要求,可以帮助设备制造商提升产品互操作性和标准化水平,方便系统集成商快速部署与跨厂商兼容,协助终端用户降低运维成本并提高生产效率,同时为运营商和平台方提供统一的接口规范和安全保障。

本文件旨在为行业提供规范化指导,确保终端设备在互操作性、可靠性和安全性方面达到一致性要求,提升整体系统性能,推动工业互联网生态健康有序发展,为制造业数字化转型和产业升级创造可持续的经济与社会效益。

5G+工业互联网 终端技术要求

1 范围

本文件规定了5G+工业互联网终端在工业应用场景下的通信硬件与软件要求、功能要求、性能要求、安全要求等内容。

本文件适用于指导相关企业、科研机构、系统集成商及标准化组织，在5G+工业互联网终端层面开展相关产品与系统的研发、部署、运行与运维工作，也可为政府监管和行业管理提供技术参考。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业互联网 industrial Internet

新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，通过对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系。

[来源：GB/T 42021—2022，3.1]

3.2

终端设备 terminal device

具备5G通信能力，能够接入5G网络，参与工业互联网系统的数据采集、处理和执行的设备，如传感器、执行器、可编程控制器、摄像头等。

3.3

边缘计算 edge computing

在靠近数据源的位置进行数据处理和分析，减少延迟和带宽消耗。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

5G：第五代移动通信技术（5th generation mobile communication technology）

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

ARM：高级精简指令集机器（Advanced RISC Machine）

CoAP：受限应用协议（Constrained Application Protocol）

CPU：中央处理器（Central Processing Unit）

HTTP：超文本传输协议（Hypertext Transfer Protocol）

I2C：集成电路总线（Inter-Integrated Circuit）

MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）

RTOS：实时操作系统（Real Time Operate System）

SA：独立组网（Standalone）

SPI：串行外围设备接口（Serial Peripheral Interface）

TLS：传输层安全协议（Transport Layer Security）

UART：通用异步收发传输器（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter）

5 通信硬件与软件要求

5.1 概述

本文件规定了5G+工业互联网终端通信硬件与软件的基本要求及推荐要求，确保终端在典型工业应用场景中满足高可靠、低时延、大带宽和安全性等关键性能需求。5G工业互联网终端要求参见附录A。

5.2 硬件要求

终端硬件符合下列要求：

- a) 集成应符合 3GPP Release 16 及以上版本标准的 5G NR 模块；
- b) 应支持 sub-6GHz 频段（n41、n78、n79 等）中至少一种频段；
- c) 终端应具备双模或多模兼容能力；
- d) 射频设计应满足工业现场的电磁兼容（EMC）要求；
- e) 天线系统应具备全向或定向收发能力，增益和驻波比应符合通信性能指标要求；
- f) 应具备抗干扰设计，保证在高电磁噪声环境下稳定工作；
- g) 应配备满足工业应用计算需求的处理器（例如多核 ARM/工业级嵌入式 CPU）；
- h) 存储容量应满足协议栈、应用软件及数据缓存的需求，存储容量应 ≥ 4 GB RAM 与 ≥ 32 GB Flash，且应支持扩展存储；
- i) 终端硬件应满足工业级工作温度范围（ $-40^{\circ}\text{C}/+85^{\circ}\text{C}$ ）及湿度要求（5%/95%非凝露）；
- j) 应具备防尘、防水（宜不低于 IP65）、防震设计，电源接口应具备防反接、防浪涌及过压保护。

5.3 软件要求

软件应符合下列要求：

- a) 采用安全、稳定、能长期支持的操作系统；
- b) 提供完整的通信驱动程序，支持 5G NR 协议栈及工业协议驱动；
- c) 支持 TCP/IP、UDP、HTTP/HTTPS、MQTT、CoAP 等基础网络协议；
- d) 支持 TSN 时间同步、流量调度与整形及容错通信协议；
- e) 支持 IPv4/IPv6 双栈及自动切换；
- f) 支持远程配置与远程固件升级（FOTA）；
- g) 具备网络质量监测与链路状态诊断功能；
- h) 支持本地数据处理与边缘计算功能，支持数据加密传输；
- i) 具备身份认证与访问控制功能，支持数字证书管理；
- j) 支持防病毒、防恶意代码、防入侵等安全策略。

6 功能要求

6.1 网络接口

6.1.1 5G NR 接口

5G+工业互联网终端应支持3GPP规定的5G NR接口，具备通过5G公用网络或专用网络接入工业互联网系统的能力。终端应至少支持5G NR的基本接入功能，满足工业应用对无线通信可靠性、时延和带宽的要求。

6.1.2 其他接口

终端宜具备多种通信接入能力，支持以太网、Wi-Fi、蓝牙等通信技术，实现多路径网络接入，在 5G 网络不可用或覆盖不足的场景下应能保障数据传输的连续性。

6.2 智能控制

6.2.1 概述

智能控制通过嵌入式系统技术将计算机硬件和软件高度集成，针对特定应用需求进行优化，从而嵌入到各种设备内部，实现设备智能化控制、管理或执行特定任务，主要包括嵌入式处理器、嵌入式操作系统、嵌入式软件。

6.2.2 嵌入式处理器

嵌入式处理器作为嵌入式系统的核心部件，负责执行程序指令，处理数据，并控制整个嵌入式系统的运行，应符合下列要求：

- a) 支持设备在长时间运行下保持较低能耗，延长使用寿命；
- b) 具备工业设备对数据处理和实时控制的高性能；
- c) 支持持续在恶劣的工业环境中稳定运行，具备低故障率、高可靠性。

6.2.3 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统运行在嵌入式处理器上，负责管理系统的硬件和软件资源，为上层应用提供统一的接口，应符合下列要求：

- a) 支持系统在规定的时间内响应外部事件，工业控制具备实时性；
- b) 支持对操作系统进行修改，适用于其他设备的硬件配置和功能需求，以优化系统性能和资源利用率；
- c) 支持在不同类型的嵌入式处理器和硬件平台上运行，降低系统开发和维护的成本。

6.2.4 嵌入式软件

嵌入式软件运行在嵌入式系统上，用于实现特定的工业控制和管理功能，应符合下列要求：

- a) 支持多个独立的模块，每个模块能完成特定功能，降低软件开发的复杂性；
- b) 提高软件代码的重用率，减少重复开发的工作量，提高开发效率；
- c) 提供清晰的软件结构和文档，方便后续的维护和升级工作。

6.3 数据管理

6.3.1 数据采集

数据采集应符合下列要求：

- a) 采集生产过程中设备运行状态、生产效率、产品质量等数据，采集数据类型包括温度、压力、图像、视频等；
- b) 具备高效的数据采集和传输机制，确保数据的实时性和准确性；
- c) 具备多源数据融合能力，提升数据的完整性和一致性；
- d) 具备多系统数据集成互联，能将不同来源、不同格式的数据进行统一管理和处理，满足不同管理层级的运营管理需求。

6.3.2 数据存储

数据存储应符合下列要求：

- a) 采用高效的数据存储技术，确保数据的安全性和可扩展性；
- b) 具备冗余和备份机制，以防止数据丢失；
- c) 具备数据转换的机制，支持将存储数据转换为适合分析和应用的格式。

6.3.3 数据分析

6.3.3.1 概述

数据分析从存储的海量数据中提取有价值的信息，并以直观易懂的方式呈现出来，从而支持决策制定和优化生产流程，主要包括边缘AI数据处理和边缘计算。

6.3.3.2 边缘计算

边缘计算应符合下列要求：

- a) 具备边缘计算功能，能在本地进行数据预处理和初步分析，减轻云计算压力；
- b) 支持合理分配计算资源，根据实际需求动态调整计算资源和存储资源的分配，确保关键任务优先处理，同时优化能耗和成本；
- c) 具备足够的计算和存储能力，支持实时数据处理和分析，减少对中心云的依赖；
- d) 支持分布式计算框架，提升系统的处理效率和可靠性。

6.4 兼容与互操作

6.4.1 概述

终端制定统一的硬件接口和通信协议标准，可以简化工业终端的接入过程，减少因接口不兼容或协议差异导致的接入障碍，降低单个终端的生产和维护成本，使不同厂商生产的工业终端能相互通信和协作，提高整个系统的集成度和灵活性，主要包括硬件接口、数据格式、通信协议。

6.4.2 硬件接口

硬件接口应符合下列要求：

- a) 支持多种传感器接口，确保能接入各种类型的传感器；
- b) 支持标准化接口，确保设备之间的互操作性；
- c) 采用模块化设计，便于设备的维护和升级。

6.4.3 数据格式

数据格式符合下列要求：

- a) 支持标准化的数据格式，以确保数据的兼容性和互操作性；
- b) 宜支持自定义数据格式，并提供相应的解析工具。

6.4.4 通信协议

通信协议符合下列要求：

- a) 宜对传感器、执行器、分布式控制系统（DCS）等之间的通信制定统一的通信协议标准，确保终端之间的数据传输准确无误；
- b) 应支持常见的工业物联网（IIoT）通信协议，确保数据传输的可靠性和灵活性；
- c) 应设计或集成协议转换网关，实现不同协议之间的无缝转换，增强可扩展性。

6.5 网络安全与管理

6.5.1 概述

终端的安全和管理旨在确保设备本身、数据、网络以及操作环境的安全性，包括网络安全、数据安全、物理安全。

6.5.2 网络安全

网络安全应符合下列要求。

- a) 访问控制：支持采用多层次的访问控制机制，确保只有授权用户和设备才能访问系统资源；支持基于角色的访问控制，提升系统的安全性。
- b) 安全审计：具备全面的安全审计功能，记录系统的访问和操作日志，支持安全事件的追踪和分析；支持定期备份和存档，确保数据的完整性和可追溯性；进行网络隔离和防护，防止外部网络攻击和非法入侵。

6.5.3 数据安全

确保数据的完整性、保密性，确保数据的合法合规使用，并减少数据丢失和泄露的风险，应符合下列要求：

- a) 采用数据匿名化技术，保护用户和设备的隐私；

- b) 支持匿名化技术的动态调整，确保数据在不同应用场景下的隐私保护；
- c) 制定明确的数据使用和共享政策，确保数据的合法合规使用；
- d) 建立数据备份和恢复机制，定期对终端中的数据进行备份，并在需要时能迅速恢复数据，减少数据丢失的风险；
- e) 实施数据审计和监控措施，记录终端中数据的访问、修改和删除等操作，在发生安全事件时能进行追溯和调查。

6.5.4 物理安全

物联网应符合下列要求。

- a) 设备认证：采用可靠的设备认证机制，确保接入系统的设备身份的合法性。
- b) 固件更新和管理：具备安全的固件更新和管理功能，确保设备运行的安全性和稳定性；固件更新应采用加密传输和数字签名验证，防止恶意篡改。
- c) 设备防护：具备坚固的外壳设计，能抵御工业环境中的尘埃、水分、震动和冲击，确保设备在恶劣条件下的稳定运行；采用物理防护设计，确保关键部件在遭受物理攻击时能保持数据的完整性和安全性。
- d) 环境适应性：具备宽温工作范围，能在极端温度条件下正常工作，具备一定的电磁兼容性，以减少电磁干扰对设备性能的影响。

7 性能要求

7.1 网络接口

7.1.1 5G NR 接口

终端的网络接口性能应符合下列要求：

- a) 终端采用的 5G 模块其理论下行/上行峰值速率不低于 1 Gbps 与 100 Mbps；
- b) 终端空口用户面时延（或处理时延）不高于 10 毫秒；
- c) 采用冗余设计以提升可靠性；
- d) 支持 SA 模式；
- e) 支持从 5G 网络接收并同步高精度时间信号。

7.1.2 其他接口

宜支持 I2C、SPI、UART、通用输入/输出口（GPIO）等常见接口，应具备多通道数据采集能力，至少支持 2 个独立通道。

7.2 智能控制

7.2.1 嵌入式处理器

嵌入式处理器性能应符合下列要求：

- a) 支持 CPU 频率不低于 1.5 GHz，多核处理器优先；
- b) 支持内存不低于 4 GB；
- c) 支持存储空间不低于 64 GB，并支持扩展存储；
- d) 支持 ARM、x86、等处理器架构。

7.2.2 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统性能应支持 Linux、或主流的实时操作系统（RTOS）如 uCOS、FreeRTOS 等。

7.3 兼容与互操作

7.3.1 硬件接口

硬件接口性能符合下列要求：

- a) 应支持 I2C、SPI、UART 等标准化接口；

- b) 应支持温度、湿度、压力、加速度、光敏等传感器；
- c) 应规定接口的最大电流限制；
- d) 应规定接口和连接器的尺寸、形状和安装位置；
- e) 宜采用螺纹、卡扣等标准化的紧固方式来固定接口和连接器。

7.3.2 数据格式

应遵循行业或国际标准，支持JS对象简谱（JSON）、可扩展标记语言（XML）、逗号分隔值（CSV）等常见数据格式。

7.3.3 通信协议

通信协议性能应符合下列要求：

- a) 制定莫迪康协议（Modbus）、开放平台通信统一架构（OPC UA）等统一的通信协议标准；
- b) 支持常见 MQTT、HTTP、CoAP 等轻量级物联网通信协议。

7.4 数据管理

7.4.1 数据采集

数据采集性能应符合下列要求：

- a) 数据采集时间在毫秒级或秒级以内；
- b) 数据采集误差控制在微米级或更小；
- c) 具备数据校验机制，确保采集到的数据准确无误；
- d) 具备高并发的数据处理能力。

7.4.2 数据存储

数据存储性能应符合下列要求：

- a) 支持 GB 级甚至 TB 级的数据存储需求；
- b) 支持分布式存储、云存储等存储方式；
- c) 具备数据压缩、索引优化等策略；
- d) 具备结构化数据、非结构化数据等能力。

7.4.3 数据分析

7.4.3.1 边缘 AI 数据处理

边缘AI数据处理性能应符合下列要求：

- a) 数据从采集到处理再到结果输出的总延迟低于几十毫秒至几百毫秒；
- b) 支持常用的常见的算法框架，包括 TensorFlow、PyTorch 和 Keras 等；
- c) 支持常用的算法模型，包括神经网络、随机森林、遗传算法、粒子群优化等。

7.4.3.2 边缘计算

边缘计算性能应符合下列要求：

- a) 支持常用的边缘计算框架，例如 EdgeX Foundry、KubeEdge 等；
- b) 具备本地数据缓存和处理能力，延迟不超过 10 ms。

8 通用安全要求

8.1 数据安全

数据安全符合下列要求：

- a) 终端应支持对存储与传输的数据进行加密，数据传输加密算法应符合国家相关密码管理规定（例如 SM 系列算法或国际主流加密算法 AES、RSA、ECC 等）；
- b) 终端应支持对关键业务数据进行完整性校验，防止数据在传输或存储过程中被篡改；

- c) 终端宜支持本地敏感数据的安全擦除机制，在设备报废、转让或重新部署前，确保数据不可恢复。

8.2 通信安全

通信安全符合下列要求：

- a) 终端应具备身份认证与访问控制机制，确保只有授权用户与设备能接入网络；
- b) 终端应支持端到端加密通信，支持 TLS 1.3 或同等安全等级的通信协议；
- c) 终端宜支持 IPsec、DTLS、VPN 等安全隧道技术，以保障跨公网传输的安全性；
- d) 终端应具备防中间人攻击、防拒绝服务攻击（DoS/DDoS）的安全防护能力。

8.3 设备安全

设备安全符合下列要求：

- a) 终端硬件应具备防篡改设计，例如安全启动（Secure Boot）、可信执行环境（TEE）等功能，防止非法固件加载；
- b) 终端应支持安全的固件和软件升级机制（FOTA/SOTA），升级过程应具备版本验证与签名校验功能；
- c) 终端宜具备物理防护能力，包括防止端口非法接入、防止物理接口调试访问等措施；
- d) 终端可支持安全芯片（SE）或硬件安全模块（HSM）以增强密钥存储与加解密运算安全性。

8.4 运行与管理安全

运行与管理安全符合下列要求：

- a) 终端应具备日志记录与审计功能，能记录关键操作、访问行为和异常事件，并支持远程日志上传，审计日志应至少在本地上保存 90 天；
- b) 终端应支持远程安全管理，包括设备配置、策略下发、访问控制和安全策略更新；
- c) 终端宜支持多级权限管理机制，根据用户角色分配不同的访问权限；
- d) 终端可与工业安全管理平台对接，实现统一的安全监测、告警与事件响应。

附录 A
(资料性)
5G+工业互联网终端

A.1 一般要求

5G+工业互联网终端组成包括5G通信模组、高性能处理器和大容量存储设备、接口、安全防护组件等，符合下列要求。

- a) 5G 通信模组：支持 5G 网络的接入和通信，以满足工业互联网数据传输。
- b) 高性能处理器和大容量存储设备：支持复杂的数据处理和存储需求，提升设备的计算能力和响应速度，确保工业应用的实时性和准确性。
- c) 接口：支持与其他设备和系统进行连接和数据交换。
- d) 安全防护组件：包括防火墙、入侵检测系统等，支持实时的监控和分析，能及时发现并阻止潜在的安全威胁。

A.2 终端外观

5G+工业互联网终端外观符合下列要求：

- a) 具备工业化的外观设计，能适应各种复杂的工业环境，如高温、潮湿、震动等；
- b) 具备防护等级和散热装置，以确保设备在恶劣环境下稳定运行；
- c) 满足小型化和轻量化，减少设备的占用空间，便于安装和部署，降低运输和使用成本；
- d) 明确标识其型号、制造商、生产日期等信息，并配备标准的接口，能与其他设备和系统进行连接和通信。

A.3 终端材质

5G+工业互联网终端材质符合下列要求：

- a) 具备良好的耐腐蚀性能，以防止设备因腐蚀而损坏；
- b) 具备高强度和耐磨性，以确保设备的耐用性和稳定性；
- c) 具备良好的导热和散热特性，以保证设备的正常运行并延长使用寿命。

参 考 文 献

- [1] SJ/T 11925.1 工业互联网平台 工业设备上云通用管理 要求 第1部分：总则
 - [2] YD/T 4670 工业互联网边缘计算 总体架构与要求
 - [3] YD/T 4664 5G通用模组技术要求（第二阶段）
-