



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

工业互联网产业联盟标准

AII/010-2023

面向港口领域的“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 port

工业互联网产业联盟
(2023年09月发布)

目 次

| | |
|-------------------------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语、定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 2 |
| 5 港口领域对 5G 的总体需求及应用场景分类 | 2 |
| 5.1 港口领域对 5G 的总体需求 | 2 |
| 5.2 面向港口领域的“5G+工业互联网”应用场景分类原则 | 3 |
| 6 典型应用的业务场景及技术要求 | 4 |
| 6.1 港机远控业务场景技术要求 | 4 |
| 6.1.1 场景描述 | 4 |
| 6.1.2 业务需求 | 4 |
| 6.1.3 通信技术要求 | 4 |
| 6.2 无人水平运输车辆业务场景技术要求 | 5 |
| 6.2.1 场景描述 | 5 |
| 6.2.2 业务需求 | 5 |
| 6.2.3 通信技术要求 | 5 |
| 6.3 监控与 AI 识别业务场景技术要求 | 6 |
| 6.3.1 场景描述 | 6 |
| 6.3.2 业务需求 | 6 |
| 6.3.3 通信技术要求 | 6 |
| 6.4 智能巡检业务场景技术要求 | 7 |
| 6.4.1 场景描述 | 7 |
| 6.4.2 业务需求 | 7 |
| 6.4.3 通信技术要求 | 8 |
| 6.5 智能理货业务场景技术要求 | 8 |
| 6.5.1 场景描述 | 8 |
| 6.5.2 业务需求 | 9 |
| 6.5.3 通信技术要求 | 9 |
| (资料性) 面向港口的“5G+工业互联网”应用案例 | 10 |

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。

本文件由工业互联网产业联盟提出。

本文件由工业互联网产业联盟归口。

本文件起草单位（排名不分先后）：中国移动通信集团有限公司、中国信息通信研究院、中远海运港口有限公司、中远海运科技股份有限公司、厦门远海集装箱码头有限公司、上海振华重工（集团）股份有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、交通运输部水运科学研究院、北京科技大学。

本文件主要起草人（排名不分先后）：郑成龙、杨博涵、季瓚、马帅、肖善鹏、严茂胜、王一涵、董琦、冯海荣、黄颖、吴晓、吕严、陈菲雨、王瑞、闫卓旭、刘波、李卓、敖婷、王沈元、刘轶、郑桑、刘俊、郭胜军、林建喜、张锦阳、陈建军、严梁、胡冀彦、韩政鑫、贾雪琴、赵军、张永靖、楚俊生、李燕、周盈君、张海君、张晓奇、任勤雷。

（本文件历次版本发布情况）



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

面向港口领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求

1 范围

本文件规定了面向港口的“5G+工业互联网”应用场景分类及各类场景的技术要求。

本文件适用于港口领域的“5G+工业互联网”相关场景。本文件根据港口的实际作业过程，分为港口装卸作业和港口辅助作业两个大类，细分为五类典型应用场景及技术要求，为港口行业的智能化发展提供参考。

港口领域隶属于国家标准GB/T 4754-2017《国民经济行业分类》中的门类G（交通运输、仓储和邮政业），具体面向55大类（水上运输业）的5532小类（货运港口）。

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 4754-2017 | 国民经济行业分类 |
| GB/T 50186-2013 | 港口工程基本术语标准 |
| 3GPP TS 22.104 | Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains |
| 3GPP TS 22.261 | Service requirements for the 5G system |

3 术语、定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 岸边集装箱起重机 Quayside Container Crane

在集装箱码头前沿，可沿岸边移动，以对准船舶货位，进行装卸作业的集装箱起重机。

3.2 集装箱门式起重机 Gantry Crane

在集装箱码头、堆场使用，进行集装箱装卸货的门式起重机。

3.3 码头 Terminal

供船舶停靠、装卸货物或上下旅客的水工建筑物、设施和停泊水域，由一个或多个泊位组成。

[来源：GB/T 50186-2013 港口工程基本术语标准 中术语2.1.4]

3.4 无人水平运输车 Unmanned Horizontal Transporter

能够沿规定的导引路径自动行驶的运输工具，一般具有自主感知、安全防护、移载等多种功能。

3.5 端到端时延 End-to-End Latency

将给定的信息从源地传输到目的地所需的时间，在应用级别上测量时，可测量从源地发出的时刻到目的地接收的时刻作为时延时间。

[来源：3GPP TS 22.261 Service requirements for the 5G system 中术语 3.1]

注：时延是指一个报文或分组从一个网络的一端传送到另一个端所需要的时间，本文件中使用的时延为终端到终端时延，终端到终端时延是指 5G UE 和 5G UE 之间的时延。

3.6 通信可靠性 Communication Service Reliability

5G 网络在给定条件下和规定时间内，完成规定网络业务的能力。

[来源：3GPP TS 22.104 Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains 中术语3.1]

注1：给定条件将包括影响可靠性的方面，如：操作模式、压力水平和环境条件。

注2：可靠性可以使用适当的度量方法来量化，例如平均故障间隔时间，或在指定的时间段内不发生故障的概率。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

| | | |
|-----|---------|-----------------------------|
| AI | 人工智能 | Artificial Intelligence |
| MEC | 多接入边缘计算 | Multi-access Edge Computing |
| TOS | 码头操作系统 | Terminal Operating System |
| V2X | 车联网 | Vehicle to Everything |

5 港口领域对 5G 的总体需求及应用场景分类

5.1 港口领域对 5G 的总体需求

港口应用场景存在独特的带宽、覆盖、时延等性能要求，同时港口企业通常有数据不出港口网络的要求。可通过使用阵列天线技术、5G网络切片技术、5G+云平台等技术满足港口的按需定制、专网隔离、端端互联的需求，为港口打造港机远控业务场景、无人水平运输车辆业务场景、监控与AI识别业务场景、智能巡检业务场景以及智能理货业务场景，满足现代港口的生产、运营、管理的严苛要求，与港口综合物流体系深度融合，打造新一代智慧型港口。

5.2 面向港口领域的“5G+工业互联网”应用场景分类原则

“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。基于港口的定位、布局和发展规划，按照不同区域所包含的不同基础设施的原则，结合涉及技术领域，将港口的应用场景按照港口装卸作业场景和港口辅助作业场景进行分类，细分为五个面向港口行业的典型应用场景。

港口装卸作业场景是港口业务的核心部分，主要涉及货物的装卸以及转运。基于“5G+工业互联网”的港口装卸作业主要包括二种业务场景：港机远控业务场景，无人水平运输车辆业务场景。

港口辅助作业场景是配合港口核心业务运转的辅助部分。基于“5G+工业互联网”的港口辅助作业主要包括三种业务场景：监控与AI识别业务场景，智能巡检业务场景，智能理货业务场景。

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。

表1 面向港口领域的“5G+工业互联网”应用场景分类

| 场景分类 | 场景名称 | 场景描述 |
|--------|--------------|---|
| 港口装卸作业 | 港机远控业务场景 | 港机远控业务场景，是指远程控制集装箱门式起重机或岸边集装箱起重机实现在堆场或岸边的集装箱装卸作业。 |
| | 无人水平运输车辆业务场景 | 无人水平运输车辆业务场景，是指通过无人水平运输车实现集装箱从岸边起重机到集装箱门式起重机的运输。 |
| 港口辅助作业 | 监控与AI识别业务场景 | 监控与AI识别业务场景，是指通过摄像头+5G+AI实现港区内人员监管、作业车辆车牌识别以及集装箱箱号识别、港区内人员异常行为监测等应用。 |
| | 智能巡检业务场景 | 智能巡检业务场景包括地面机器人智能巡检和无人机智能巡检，地面机器人智能巡检是指通过地面机器人实现地面智能巡检（路面油渍、标识标牌信息、堆场货物检查等）；无人机实现空中智能巡检（设备状态巡检、高空皮带廊巡检、港机远控巡检等） |
| | 智能理货业务场景 | 智能理货业务场景，是指依托5G、边缘计算、AI等ICT技术赋能港口货物装卸流程，实现理货作业数据自动导入、理货要素自动识别与比对、货物积载定位、货物残损鉴定、理货结果实时同步与单证自动生成 |

| | | |
|--|--|-----|
| | | 等功能 |
|--|--|-----|

6 典型应用的业务场景及技术要求

6.1 港机远控业务场景技术要求

6.1.1 场景描述

港机远控业务场景主要包括岸边集装箱起重机远程控制与集装箱门式起重机远程控制及相关场地内辅助自动化系统,用于实现远程控制岸边集装箱起重机将集装箱从船上移动到水平运输工具上以及在堆场中远程控制集装箱门式起重机将集装箱移动到水平运输工具上,并包含反向运输。借助5G的大带宽低时延可实现岸边集装箱起重机和集装箱门式起重机远程控制场景中视频回传以及PLC可靠通信,大幅度降低岸边集装箱起重机和集装箱门式起重机远程控制改造成本和改造门槛。

港机远控系统应用5G专网实现港机设备与中控的视频、语音及控制数据的交互,专网可以采用二层控制和三层视频双承载业务传输方案,优先保障控制业务,提升系统可靠性。

6.1.2 业务需求

对于港机远控业务场景的业务需求如下:

- a) 5G网络应支持港机远程控制业务在特定的环境条件下稳定运行,包括高温、低温、高湿、盐雾、雷电、震动等;
- b) 5G网络应支持港机远程控制业务数据的低时延传输,满足控制系统看门狗对数据包丢失时间的阈值控制;
- c) 5G网络应支持容灾备份功能,宜支持多链路冗余连接;
- d) 5G网络应支持控制业务流量与视频流量的独立传输,互不影响;
- e) 5G网络应支持主流工业控制协议的透明传输(如:PROFINET、ETHERNET/IP等工业以太网协议);
- f) 5G工业网关对接现场控制网宜使用数据加密保证数据传输安全;
- g) 5G网络应支持单台港机不少于8路的高清视频流回传;
- h) 5G网络应支持1080P及以上分辨率的视频数据传输。

6.1.3 通信技术要求

通信技术要求详细参数如表2所示:

表2 港机远控业务场景通信技术要求

| 典型场景 | 典型业务 | 上下行速率 | 终端到终端时延 | 通信可靠性 | 优先级 | 安全隔离 |
|------|------|-------|---------|-------|-----|------|
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------|------------|------|
| 港机 半自动/自动/自动远程作业 | 港机半自动/自动远程作业监控（8-30路摄像头） | 1080P 上行：≥4Mbps/每路 下行：≥100kbps/每路 | ≤ 100m s | ≥ 99.9% | - | 本地分流 |
| | 港机远程操控 | 上行：≥100Kbps 下行：≥100Kbps | ≤ 30ms | ≥ 99.99% | 支持控制指令优先传输 | 本地分流 |

6.2 无人水平运输车辆业务场景技术要求

6.2.1 场景描述

集装箱港口无人水平运输车辆业务主要包括集装箱无人水平运输车辆和车辆调度系统及相关场地内辅助自动化系统，用于实现集装箱从岸边起重机到堆场起重机的集装箱运输。主要借助5G的多联接，大带宽，低时延，无缝覆盖等能力实现以下业务，主要包括远程指令下发，单车状态上传，本地实时视频上传，远程实时控制，用于实现自动化业务的实现与单车异常故障的快速修正。

6.2.2 业务需求

对于无人水平运输车辆业务场景的系统能力要求如下：

- 5G网络应支持无人水平运输车辆调度控制业务在特定的环境条件下稳定运行，包括高温、低温、高湿、盐雾、雷电、震动等；
- 5G网络应保障调度系统实时高清地图管理、全局路径规划与局部路径规划业务的数据传输；
- 5G网络应支持无人驾驶系统远程控制业务数据以及监测传感数据的实时传输；
- 5G网络宜支持与第三方感知定位技术的融合，联合实现码头各类交通对象定位（车牌、类型、位置、速度）、交通参数估计（排队、拥堵）和交通安全事件识别（逆行、超速、违停）；
- 5G网络宜结合V2X和其他辅助技术支持无人水平运输小车与港机的对位引导业务，并应在异常状态具备人工远控与近端遥控的模式切换；
- 5G网络应支持容灾备份功能，宜支持多链路冗余连接；
- 5G网络应支持1080P及以上分辨率的视频数据传输且应支持单台无人水平运输车至少4路的高清视频流回传；
- 5G MEC应支持行业应用的部署和运行，形态包括虚拟机、虚拟机容器、裸金属服务器等。

6.2.3 通信技术要求

通信技术要求详细参数如表 3 所示：

表 3 无人水平运输车辆业务场景通信技术要求

| 典型场景 | 典型业务 | 上下行速率 | 终端到终端时延 | 通信可靠性 | 优先级 | 安全隔离 |
|------|------|-------|---------|-------|-----|------|
|------|------|-------|---------|-------|-----|------|

| | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|------------------------|----------|
| 港口 无人 水平 运输 车辆 | 无人驾驶调 度业务 | 上行：≥128kbps/每辆 下行：≥128Kbps/每辆 | ≤ 200m s | ≥ 99.9 % | - | 本地分 流 |
| | 远程控制指 令（车速 <0.5米/秒） | 上行：≥128kbps/每辆 下行：≥128Kbps/每辆 | ≤ 30ms | ≥ 99.9 % | 支持控 制指令 优先传 输 | 本地分 流 |
| | 远程实时视 频 | 1080P 上行：≥ 4Mbps/每路 下行：≥100Kbps/每路 | ≤ 100m s | ≥ 99.9 % | - | 本地分 流 |

6.3 监控与AI识别业务场景技术要求

6.3.1 场景描述

监控与AI识别业务场景主要包括港区监控系统建设、区域人员身份识别系统建设、货运车辆管理系统建设、箱号识别系统建设、港区行人行为监测系统建设、港区司机行为管理系统建设。监控与AI业务依托5G网络，首先保证作业车辆及其余物理连接无法覆盖的视频监控设备能够与后台完成实时通信，同时也保证AI边缘检测模块与前端设备、后台之间大带宽的数据传输。用于实现港区内人员监管功能，提升港区安全性，实现作业车辆的车牌识别功能以及集装箱箱号识别功能，降低人工的介入程度，实现港区内的人员异常行为监测功能，实现作业车辆司机危险行为监测功能，增强日常作业安全性，完善港区管理制度。

6.3.2 业务需求

对于监控与AI识别业务场景的系统能力要求如下：

- 5G网络应支持监控与AI识别业务在特定的环境条件下稳定运行，包括高温、低温、高湿、盐雾、雷电、震动等；
- 5G网络应支持实时传感数据、高清视频以及报警数据的实时回传；
- 5G网络应支持1080P及以上分辨率的视频数据传输；
- 5G网络应支持港区人员身份及集装箱号识别信息的传输；
- 5G网络应支持港区异常行为监测告警信息的优先传输；
- 5G网络应支持港区司机行为管理及货运车辆管理信息的传输；
- 5G MEC应支持行业应用的部署和运行，形态包括虚拟机、虚拟机容器、裸金属服务器等。

6.3.3 通信技术要求

通信技术要求详细参如表4所示：

表4 监控与AI识别业务场景通信技术要求

| 典型场景 | 典型业务 | 上下行速率 | 终端到终端时延 | 通信可靠 | 优先级 | 安全隔离 |
|------|------|-------|---------|------|-----|------|
| | | | | | | |

| | | | | 性 | | |
|------------------------|------------------------|--|------------|----------|-------------|------|
| 港区 监控 及 AI 识别 | 港区人员身份识别（监控摄像头，推荐 4k） | 1080P 上行：≥4Mbps/每路 4K 上行：≥16Mbps/每路 下行：≥100Kbps/每路 | ≤ 200ms | ≥ 95% | - | 本地分流 |
| | 货运车辆管理系统（监控摄像头、前端检测设备） | 1080P 上行：≥ 4Mbps/每路 下行：≥100Kbps/每路 | ≤ 150ms | ≥ 99% | 支持告警事件的优先传输 | 本地分流 |
| | 集装箱箱号识别系统 | 1080P 上行：≥4Mbps/每路 下行：≥100Kbps/每路 | ≤ 150ms | ≥ 99% | - | 本地分流 |
| | 港区异常行为监测（监控摄像头，推荐 4k） | 1080P 上行：≥ 4Mbps/每路 4K 上行：≥ 16Mbps/每路 下行：≥100Kbps/每路 | ≤ 200ms | ≥ 95% | - | 本地分流 |
| | 港区司机行为管理（AI 边缘检测一体机） | 1080P 上行：≥ 4Mbps/每路 下行：≥100Kbps/每路 | ≤ 200ms | ≥ 95% | 支持告警事件的优先传输 | 本地分流 |

6.4 智能巡检业务场景技术要求

6.4.1 场景描述

智能巡检业务场景主要包括地面智能巡检（路面油渍、标识标牌信息、堆场货物检查等）、无人机智能巡检（设备状态巡检、高空皮带廊巡检、岸桥远控巡检、港机远控巡检等），用于信息采集、设备监控和远程巡检，提高巡检中信息传输与处理的效率，实现实时监测与及实时智能化全流程管控，增强人员安全性，节省人力成本，缩减运营成本。智能巡检业务需要5G的大带宽和低时延的能力，融合云计算、AI，实现港口巡检降本增效，满足人机实时交互的需求。

6.4.2 业务需求

对于智能巡检业务场景的系统能力要求如下：

- 5G网络应支持智能巡检业务在特定的环境条件下稳定运行，包括高温、低温、高湿、盐雾、雷电、震动等；
- 5G应支持无人巡检车/机器人、巡检无人机实时反馈运行状态；
- 5G应支持无人巡检车/机器人、巡检无人机接收巡检系统指令并按设定线路开展无人巡检；
- 5G应支持巡检系统实时下发指令，更改巡检计划；
- 5G应支持巡检过程中路面信息及智能识别结果的上行传输；

- f) 5G应支持管理人员对无人巡检车/机器人、巡检无人机的实时监控；
g) 5G网络应支持容灾备份功能，宜支持多链路冗余连接。

6.4.3 通信技术要求

通信技术要求详细参数如表 5 所示：

表 5 智能巡检业务场景通信技术要求

| 典型场景 | 典型业务 | 上下行速率 | 终端到终端时延 | 通信可靠性 | 优先级 | 安全隔离 |
|---------|--------|---|---------------------|---------------|----------------|------|
| 地面智能巡检 | 传感数据传输 | 根据节点数量和需求确定，带宽要求较小 | - | $\geq 95\%$ | - | 本地分流 |
| | 实时视频监控 | 1080P 上行： $\geq 4\text{Mbps}/\text{每路}$ 4K 上行： $\geq 16\text{Mbps}/\text{每路}$ 下行： $\geq 100\text{Kbps}/\text{每路}$ | $\leq 100\text{ms}$ | $\geq 99.9\%$ | 支持异常状态/事件的优先传输 | 本地分流 |
| | 远程控制 | 上行： $\geq 128\text{kbps}/\text{每路}$ 下行： $\geq 128\text{Kbps}/\text{每路}$ | $\leq 30\text{ms}$ | $\geq 99.9\%$ | 支持控制指令优先传输 | 本地分流 |
| 无人机智能巡检 | 实时视频监控 | 1080P 上行： $\geq 4\text{Mbps}/\text{每路}$ 4K 上行： $\geq 16\text{Mbps}/\text{每路}$ 下行： $\geq 100\text{Kbps}/\text{每路}$ | $\leq 100\text{ms}$ | $\geq 99.9\%$ | 支持异常状态/事件的优先传输 | 本地分流 |
| | 远程控制 | 上行： $\geq 128\text{kbps}/\text{每路}$ 下行： $\geq 128\text{Kbps}/\text{每路}$ | $\leq 30\text{ms}$ | $\geq 99.9\%$ | 支持控制指令优先传输 | 本地分流 |

6.5 智能理货业务场景技术要求

6.5.1 场景描述

智能理货依托5G、MEC边缘计算、AI人工智能和云计算等ICT技术赋能港口货物装卸流程，包括集装箱、件杂货、散装货、及装拆箱等理货业务。支持作业数据自动导入、理货要素自动识别与比对、货物积载定位、货物残损鉴定、理货结果实时同步与单证自动生成等。

智能理货在港口装卸操作过程中由安装在岸桥或堆场设备上的多路高清摄像机获取货物外观图像或数据信息，通过5G网络回传至理货控制室边缘计算平台，经过AI视觉分析系统集中处理，完成关键主标志或品类信息的智能识别、积载定位和残损鉴定等。主要包括：集装箱理货的箱号、拖车车顶号、箱门、铅封、危险品、残损等；件杂货理货的合同号主标志、理货数量、货物残损等；散装货理货的货物计量、残损鉴定等。

6.5.2 业务需求

对于智能理货业务场景的系统能力要求如下：

- a) 5G网络应支持智能理货业务在特定的环境条件下稳定运行，包括高温、低温、高湿、盐雾、雷电、震动等；
- b) 5G网络应支持与信息采集设备、货物识别系统、数据传输网络、数据管理系统的互联互通；
- c) 5G网络应支持系统异常告警信息的优先传输；
- d) 5G网络应支持8-20路的高清视频流回传；
- e) 5G网络应支持1080P及以上分辨率的视频数据传输；
- f) 5G网络应支持与码头TOS系统、电子口岸平台、船公司/代理等系统的集成与对接；
- h) 5G MEC应支持行业应用的部署和运行，形态包括虚拟机、虚拟机容器、裸金属服务器等。

6.5.3 通信技术要求

通信技术要求详细参数如表6所示：

表6 智能理货业务场景通信技术要求

| 典型场景 | 典型业务 | 上下行速率 | 终端到终端时延 | 通信可靠性 | 优先级 | 安全隔离 |
|------|-----------------|---|---------------------|-------------|----------------|------|
| 智能理货 | 视频回传 (8~20路) | 1080P 上行: $\geq 4\text{Mbps}/$ 每路 下行: $\geq 100\text{Kbps}/$ 每路 | $\leq 150\text{ms}$ | $\geq 99\%$ | 支持异常状态/事件的优先传输 | 本地分流 |

附录 A

(资料性)

面向港口的“5G+工业互联网”应用案例

案例 1：基于 5G 通讯的电动式集装箱轮胎吊远程控制系统

某基于 5G 通讯的电动式集装箱轮胎吊远程控制系统于 2020 年完成在某集装箱码头的部署及调试，轮胎吊远控系统采用 5G 通讯、GNSS 高精度定位、AI 视频分析及自动化技术，通过 5G 网络完成集装箱轮胎吊本地视频及控制指令与监控中心远程控制操作台的通讯，实现轮胎吊大车、小车及吊具的远程定位功能，保障集装箱轮胎吊自动化作业的安全性、可靠性。同时降低码头基建难度及成本，改善集装箱轮胎吊驾驶人员的工作环境，降低操作人员的工作强度，提高堆场作业设备的自动化水平，为智慧港口港机设备智能化奠定了坚实的基础。

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