

工业互联网产业联盟标准

AIIT/T 011-2023

面向石油化工领域的“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 petroleum refinery industry

（报批稿）

工业互联网产业联盟

（2023 年 9 月发布）

目 次

前 言	III
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 场景分类	2
6 石化上游 5G 应用场景	2
6.1 智能野外勘探场景业务需求及技术要求	2
6.1.1 场景描述	2
6.1.2 业务需求	3
6.1.3 通信技术要求	3
6.2 井场综合数采场景业务需求及技术要求	3
6.2.1 场景描述	3
6.2.2 业务需求	3
6.2.3 通信技术要求	4
6.3 海上平台综合覆盖场景业务需求及技术要求	4
6.3.1 场景描述	4
6.3.2 业务需求	4
6.3.3 通信技术要求	5
6.4 油区治安巡防场景业务需求及技术要求	5
6.4.1 场景描述	5
6.4.2 业务需求	5
6.4.3 通信技术要求	5
7 石化中游 5G 应用场景	5
7.1 炼厂巡检机器人场景业务需求及技术要求	6
7.1.1 场景描述	6
7.1.2 业务需求	6
7.1.3 通信技术要求	6
7.2 炼化设备红外监测场景业务需求及技术要求	6
7.2.1 场景描述	6
7.2.2 业务需求	6
7.2.3 通信技术要求	6
7.3 炼厂无人叉车/牵引车场景业务需求及技术要求	7
7.3.1 场景描述	7
7.3.2 业务需求	7
7.3.3 通信技术要求	7
8 石化下游 5G 应用场景	7

8.1 无人机管线巡检场景业务需求及技术要求	7
8.1.1 场景描述	7
8.1.2 业务需求	8
8.1.3 通信技术要求	8
（资料性） 面向石油化工领域的“5G+工业互联网”应用案例	1

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。

本文件由中国通信标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：中国移动通信集团有限公司、中移（上海）信息通信科技有限公司、中国移动通信集团陕西有限公司、中国移动通信集团辽宁有限公司、中国石油化工集团有限公司、石化盈科信息技术有限责任公司、中国海洋石油集团有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、陕煤集团榆林化学有限责任公司、中国信息通信研究院、浙江大华技术股份有限公司、北京科技大学、飞腾信息技术有限公司、中兴通讯（南京）有限责任公司、华为技术有限公司。

本文件主要起草人：李响、杨博涵、马帅、肖善鹏、郝晓龙、文静、杨鹏、黄迪、何骄阳、陈豫蓉、周威、张昊晔、马朝霞、滑维鑫、李小峰、米政、刘茂、徐海涛、蔡登江、吴刚、张轲、王杰、杨杰、孙惠、王力、杜加懂、杜斌、韩丹涛、王振、郑秋平、武东升、杨钧生、方妙锬、厉明杰、倪伟、张晓奇、李帅杰、楚俊生、崔铎、邓小通、王璐、吕严、吴晓、陈菲雨。

（本文件历次版本发布情况）

面向石油化工领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求

1 范围

本文件规定了面向石油化工的“5G+工业互联网”应用场景分类及各类场景的技术要求。

本文件适用于石油化工领域的“5G+工业互联网”相关场景。本文件根据石油化工的实际作业过程，分为上游、中游、下游三个大类，细分为八类典型应用场景及技术要求，为石油化工领域的智能化发展提供参考。

石油化工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B（采矿业）和门类C（制造业），具体面向07大类（石油和天然气开采业）中的071小类（石油开采）和25大类（石油、煤炭及其他燃料加工业）中的251小类（精炼石油产品制造）。

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。

行业标准：

GB/T 3836	爆炸性环境
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 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传输时延，传输时延是指5G UE和UPF之间的时延。

3.2 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等。

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。

RTU 远程终端单元 Remote Terminal Unit

5 场景分类

根据石油化工的产业链分类，分为上游、中游、下游三大类，并在各大类下细分为智能野外勘探、井场综合数采、海上平台综合覆盖、油区治安巡防、炼厂巡检机器人、炼化设备红外监测、炼厂无人叉车/牵引车、无人机管线巡检等典型应用场景。根据各场景内对象不同，分为不同技术要求。各应用场景连接密度及覆盖范围按每平方公里接入数量进行估算。

表 1 石油化工的“5G+工业互联网”应用场景

5G+石化场景分类	场景名称	场景描述
上游	智能野外勘探	通过人工模拟地震手段，大规模布设采集节点，接收大地回波，分析储油情况
	井场综合数采	在采油区布设传输网关，回传视频监控和开采设备运行状况
	海上平台综合覆盖	指在岸上指挥中心实时监控海上钻井平台多路摄像采集情况
	油区治安巡防	指采油区巡防人员与指挥中心实时交互现场视频和位置信息
中游	炼厂巡检机器人	指采用机器人代替人工巡检，实现安防巡检、环境监测、油气泄露检测等应用
	炼化设备红外监测	指采用高清红外相机实时监控炼化设备的热成像信息，分析、识别设备运行异常状况
	炼厂无人叉车/牵引车	在炼化现场采用无人叉车/牵引车代替人工操作叉车转运原材料和中间产品、成品等物料
下游	无人机管线巡检	指采用无人机及机载摄像头代替人工巡查管线，识别违规施工、违法盗油等危险状况

6 石化上游 5G 应用场景

6.1 智能野外勘探场景业务需求及技术要求

6.1.1 场景描述

在油气勘探行业，地震勘探是钻探前勘测石油、天然气等矿产资源的重要手段，其是利用地下介质弹性和密度的差异，通过观测和分析大地对人工激发地震波的响应，推断地下岩层的性质和形态的物理勘探方法。人工方法采用可控震源产生地震波，可控震源是利用先进的液压系统控制的机械装置，它控制重物连续地夯砸，并在地面上形成向下载射的地震波。采用5G技术进行地震数据收集，在采集节点仪内置5G模组，在勘探工区部署5G车载基站系统和轻量化核心网，利用5G大带宽、大连接、广覆盖的特性，可以快捷、高效地获取精准的地震数据，结合数据本地分流，可以实现边采集、边处理，实时调整作业方案，减少因部署方案不合理导致的时间和经济损失。

6.1.2 业务需求

野外勘探场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络应支持面向勘探设备大范围、高并发数据采集业务的 5G 专网覆盖能力。
- b) 5G 网络应支持复杂地形条件下的 5G 基站布设能力。
- c) 5G 网络应支持采集数据本地卸载处理能力。
- d) 5G 网络应支持专网与公网隔离，避免产生网络干扰，保障数据安全可靠。
- e) 5G 网络设备应支持防尘防震、低功耗、小型化等野外车载要求。

6.1.3 通信技术要求

智能野外勘探场景对5G网络通信要求如表2所示：

表 2 智能野外勘探场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
野外地震勘探	大范围地震数据采集	上行： ≥30kbps 下行： 无特殊要求	≤ 100ms	≥ 99.9%	1000~5000 个/ km ² 的 同时连接管理	本地分流

6.2 井场综合数采场景业务需求及技术要求

6.2.1 场景描述

石油开采往往分布于广阔的采油区，分布范围达上千平方公里，油井、水井数量可达数万口，对进场设备运行状态及周围环境进行实时监测，是采油厂的核心业务要求，但同时由于有线布设成本高、施工难，当前使用的无线网桥存在频率干扰、带宽受限、设备稳定性差等问题，基于 5G 低时延、大连接、高可靠、广覆盖特性，可实现油田各场站、单井、仪表等实时数据的稳定传输，钻井、定向、录井、压裂实时数据和视频数据的统一管理及时传输。

6.2.2 业务需求

井场综合数采场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络应支持视频监控与控制采集数据同步传输。

- b) 5G 网络应支持野外大范围终端覆盖。
- c) 5G 网络应避免产生网络干扰，支持数据本地卸载，不出园区。
- d) 5G 网络应实现专网与石油工控网安全对接能力。
- e) 5G 网络设备应支持防潮、防盐雾能力。

6.2.3 通信技术要求

井场综合数采场景对5G网络通信要求如表3所示：

表 3 井场综合数采场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
设备运行监控	RTU 传感器数据采集	上行： ≥100kbps 下行： 无特殊要求	≤50ms	一天内掉网次数不大于 2 次，掉网后可快速自动连接	≥100 个/km ²	本地分流
高清视频回传	1、场景监控 2、装置运行状态监测	上行： 1080P≥4Mbps 下行： 无特殊要求	≤100ms			

6.3 海上平台综合覆盖场景业务需求及技术要求

6.3.1 场景描述

海上钻井平台是石油开采的重要场景，石油开采平台距离岸边可达数十公里，可用于建设无线通信设备的基础设施间距6-8公里，布设光纤成本高，同时石油开采有海上平台工控设备及监控视频实时回传岸上指挥中心的需求。5G大带宽、大上行、广覆盖的特点，可以满足海上平台远距离、大带宽回传的需求。

6.3.2 业务需求

海上平台综合覆盖场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络设备应支持防潮、防盐雾能力。
- b) 5G 网络应支持公网业务与专网业务的隔离，实现视频监控网与办公网络的隔离。
- c) 5G 网络宜支持无线中继回传能力。

6.3.3 通信技术要求

海上平台实时监控场景对5G网络通信要求如表4所示：

表 4 海上平台综合覆盖场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
海上平台视频监控	海上平台远距离大带宽视频回传	上行： 1080P $\geq$ 4Mbps 下行： 无特殊要求	—	$\geq 99\%$	≥ 200 个/ km^2	本地分流

6.4 油区治安巡防场景业务需求及技术要求

6.4.1 场景描述

采油厂区分布范围广，巡防人员有限，盗油案件时有发生，不仅经济损失严重，还有安全隐患。井场区域虽实现了视频监控覆盖，却无法与巡防人员实现联动，指挥中心难以与巡防一线实现有效联动。5G大带宽、广覆盖的特性，可以实现巡防人员的位置实时上报，实时查看视频监控，高效指挥抓捕犯罪份子，减少经济损失，保障生产安全。

6.4.2 业务需求

油区治安巡防场景对5G网络的业务需求如下：

- 5G 网络宜支持定位能力，并实时回传位置信息到指挥平台。
- 5G 网络应支持公网业务与专网业务的隔离，实现视频监控网与工控网络的隔离。

6.4.3 通信技术要求

油区治安巡防场景对5G网络通信要求如表5所示：

表 5 油区治安巡防场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
油区治安巡防	监控视频聚合下发与巡防视频回传，1080P 视频回传，下行 XX	上行： $\geq 4\text{Mbps}$ 下行： $\geq 10\text{Mbps}$	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	≥ 20 个/ km^2	本地分流

7 石化中游 5G 应用场景

7.1 炼厂巡检机器人场景业务需求及技术要求

7.1.1 场景描述

5G巡检机器人将代替人工完成大部分特殊环境下设备的检测与诊断。5G巡检机器人以自主或遥控的方式，在无人值守或少人值守的环境中进行巡检，应具有安防巡检、环境监测、油气泄露检测等多种功能。通过边缘计算的图像分析可及时发现设备的停摆、漏油、火灾、盗窃等安全隐患并进行报警，同时巡检机器人也需具备图像功能，拍摄并传回关键设备的视频，在云端载入人工智能模型进行处理或交由工作人员进行判断。同时，多个巡检机器人之间也需具备互相交流能力，以不断优化巡检路线。

7.1.2 业务需求

炼厂巡检机器人场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G网络应支持单台巡检机器人四路高清摄像头数据回传。
- b) 5G网络应支持路径规划、自清洁和自清扫、巡检报表、自主充电及智能返回等控制信息下发功能。

7.1.3 通信技术要求

巡检机器人场景对5G网络通信要求如表6所示：

表6 炼厂巡检机器人场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
自动化巡检	4路2k视频数据回传，规划指令下发	上行： ≥30Mbps 下行： ≥100kbps	≤50ms	≥99.9%	-	本地分流

7.2 炼化设备红外监测场景业务需求及技术要求

7.2.1 场景描述

在石化领域，管道、储液罐、以及其他工艺设备部署密集、结构复杂，传统感知技术难以精细到每一个局部位置进行监控。基于5G技术，工业现场可实时回传高清红外视频，对工业现场进行监测。具体应用如输送管线保温层脱落、管道腐蚀、管道结垢、管道破损等情况产生的局部温度异常的监测；检测储油罐、储气罐、炉管等设备外部热成像特征，判断罐内积垢程度、罐体衬里损伤程度、或罐内液面，从而为制定精确的检修方案提供参考；以及实时检测抽油机等设备的整体运行装置，及早发现过热点，防止设备故障，影响生产。

7.2.2 业务需求

炼化设备红外监测场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G网络应支持实时高清红外视频回传功能。
- b) 5G网络应支持实现24小时实时监测数据回传功能。

7.2.3 通信技术要求

炼化设备红外监测场景对5G网络通信要求如表7所示：

表 7 炼化设备红外监测场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
设备状态监控	双目成像数据回传	上行： ≥8Mbps 下行： 无特殊要求	≤50ms	≥99.9%	-	本地分流

7.3 炼厂无人叉车/牵引车场景业务需求及技术要求

7.3.1 场景描述

炼厂无人叉车/牵引车在石油炼化厂的仓库、物料转运车间，以及跨车间物流配送等易燃易爆腐蚀性风险场所实现自动化搬运输送，替代人工作业，配合智能物流系统可以有效地提高工作效率和作业安全。采用 5G 技术进行调度管理的无人叉车/牵引车系统，可以解决网络切换时延不稳定的问题，满足炼化仓储业务要求。

7.3.2 业务需求

炼厂无人叉车/牵引车场景对5G网络的业务需求如下：

- 5G 网络应支持无人叉车调度信息下发功能。
- 5G 网络应支持无人叉车位置、传感等信息回传功能。
- 工作在防爆区内的 5G 网络相关设备应支持 GB/T 3836 标准

7.3.3 通信技术要求

炼厂无人叉车/牵引车场景对5G网络通信要求如表8所示：

表 8 炼厂无人叉车/牵引车场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
石油炼化物资转运	无人叉车/牵引车调度信息下发及位置传感信息上传（本机控制，服务器本地化）	上行： ≥5Mbps 下行： ≥100kbps	≤100ms	≥99.9%	100-1000/km ²	本地分流

8 石化下游 5G 应用场景

8.1 无人机管线巡检场景业务需求及技术要求

8.1.1 场景描述

石化管道一般分布在野外，管理十分不便，管线老化不能及时发现，容易发生爆炸及漏油；偷盗油行为难以管控，而传统的分布式传感器部署成本高，覆盖度低，光纤传感方式误报率高，广域管线人工巡检监管难，违规施工破坏难以及时发现。基于5G无线技术的移动式无人机巡检，可以为传输管线、石化园区提供自动化巡检方案，通过机载摄像头监测管线状态、偷盗油情况，并在火灾发生时前往进行远程遥控救火。通过5G网联无人机执行定期巡检及专项巡检，日常定期巡检管道，排查是否有违建、违法开挖等情况，专项巡检可针对打孔盗油、油气排放，以及地质灾害等进行排查。

8.1.2 业务需求

无人机管线巡检场景对5G网络的业务需求如下：

- a) 5G 网络应支持无人机路径规划数据下发功能。
- b) 5G 网络应支持视频监控、热成像等数据回传功能，以通过图像分析，检查是否存在管道泄露、管线老化等问题。
- c) 5G 网络应支持巡检告警信息回传指挥中心。

8.1.3 通信技术要求

炼厂无人叉车/牵引车场景对5G网络通信要求如表9所示：

表9 无人机管线巡检场景的通信技术要求表

典型场景	典型业务	上下行速率	传输时延	通信可靠性	连接密度	安全隔离
输油管线 巡检	4K 视频数据 回传，路径 规划数据下 发	上行： ≥20Mbps 下行：300kbps	≤100ms	≥99.9%	—	—

(资料性)

面向石油化工领域的“5G+工业互联网”应用案例

案例 1：智能野外油气勘探案例

某油气勘探设备研发单位，通过部署5G智能节点仪和车载5G基站设备，代替有缆地震仪实时野外勘探作业，实现勘探系统快速部署、采集数据实时回传，采集质量实时分析，及时调整部署方案，避免时间、人力、资金损失。采用分时调度方案，解决大规模终端并发问题。采用多频段融合组网方案，扩大单次作业覆盖面积，提高作业效率。

案例 2：炼化设备安全监测案例

某炼化企业利用工业利用工业视频(可见光)、红外光谱成像等图像识别技术，智能识别工艺管道泄漏情况发生。针对装置区高点、不易达点进行泄漏情况不间断监测。基于巡检机器人实现移动监测，通过5G网络回传监测信息。支持人员上报与系统监测自动上报，经过人员审核、现场处置、效果验证等程序实现泄漏闭环化管理。搭建高危工艺装置风险预警模型，通过实时采集高危工艺装置关键工艺参数，依托高危工艺装置风险预警模型，对高危工艺装置实现风险研判及动态预警，主要包含数据监测、风险预警模型、装置风险预警等功能。

案例 3：石化管网无人机巡线案例

某石化管网部署无人机自动巡检系统，实现野外无人值守，一键起飞，自动巡逻，提高了无人机巡逻效率。实现野外无人值守，单天巡检效率较之传统巡检方式，作业效率提高约 10 倍。一键起飞，自动巡逻，提高了无人机巡逻效率。无需专业无人机飞手，极大减轻了巡检作业人员的劳动强度和劳动时间；长输管道巡检，自动充换电，稳定持续作业。全方位监控，高空视野，三维立体监控，及时发现异常情况；自动识别管道泄漏区域，监测偷盗油等违法行为，以及温度异常区域识别报警。巡检结束，自动出具本次巡检结果，一般包括巡检路线总图、巡检路线标识记录，异常点照片，文字描述，单独显示详情。_____