



中国电信RedCap应用场景白皮书

中国电信
2023年11月

目 录

1 RedCap 概述	7
2 RedCap 应用场景	8
2.1 智慧电力	9
2.1.1 数采类场景	9
2.1.1.1 智能台区	9
2.1.1.2 配网 PMU	10
2.1.1.3 线路故障监测	11
2.1.2 视频类场景	13
2.1.2.1 电力巡检	13
2.1.2.2 作业安全管控	16
2.1.3 远控类场景	18
2.1.3.1 配电自动化三遥	18
2.1.3.2 秒级负控	19
2.1.3.3 配网差动保护	20
2.1.3.4 配网自愈	21
2.2 智慧工厂	22
2.2.1 数采类场景	23
2.2.1.1 MES 数据采集	23
2.2.1.2 SCADA 设备联机数采	24
2.2.1.3 AIDC 数据采集	25
2.2.2 视频类场景	26
2.2.2.1 工业视觉	26
2.2.2.2 仪表数据读取	27
2.2.2.3 生产/园区监测	27
2.2.2.4 危险区域巡检	28
2.2.3 远控类场景	29
2.2.3.1 智能物流调度	29
2.2.3.2 设备远程控制	30
2.3 智慧矿山	31
2.3.1 数采类场景	31
2.3.1.1 设备数据采集	31
2.3.1.2 作业人员数据采集	32
2.3.2 视频类场景	32
2.3.3 远控类场景	33
2.3.3.1 电铲远控	33
2.3.3.2 矿区自动驾驶	33
2.4 智慧港口	34
2.4.1 视频类场景	34
2.4.1.1 智能理货	34
2.4.1.2 安全监控	35
2.4.2 远控类场景	36

2.4.2.1 场桥/岸桥远控	36
2.4.2.2 港区智能集卡	36
2.5 智慧城市	37
2.5.1 安防监控	38
2.5.2 城市治理	38
2.5.3 车辆管理	39
2.6 其他场景	40
2.6.1 户外监控场景	40
2.6.2 无人农机	40
2.6.3 河湖监管	40
3 RedCap 适配终端	41
3.1 智慧电力终端	41
3.1.1 数采类终端	41
3.1.2 视频类终端	42
3.1.3 控制类终端	45
3.2 智慧工厂终端	46
3.2.1 数采类终端	46
3.2.2 视频类终端	48
3.2.3 远控类终端	48
3.3 智慧矿山终端	49
3.3.1 数采类终端	49
3.3.2 视频类终端	50
3.3.3 控制类终端	51
3.4 智慧港口终端	51
3.4.1 视频类终端	51
3.4.2 控制类终端	51
3.5 智慧城市终端	51
3.6 其他类终端	52
4 电信策略	53
4.1 整体策略	53
4.2 5G 能力魔方	54

附 图

图 2-1	智能台区示意图	10
图 2-2	配网 PMU 架构图	11
图 2-3	电缆型故障指示器	12
图 2-4	高精度暂态录波故障指示器系统	13
图 2-5	输电线路防外破	14
图 2-6	变电站巡检应用场景	15
图 2-7	摄像头输电线路监测	16
图 2-8	电力系统作业管控架构	17
图 2-9	电力系统现场布控球机和安全帽	17
图 2-10	配网差动保护架构图	21
图 2-11	配网自愈的模式	22
图 2-12	我国设备数字化和联网率的整体水平	22
图 2-13	SCADA 数据采集	24
图 2-14	园区视频安防应用	28
图 2-15	智能行为分析	28
图 2-16	远控天车架构	30
图 2-17	智能理货	35
图 3-1	嵌入式 5G 通信仓	42
图 3-2	PMU 型 FTU 终端	42
图 3-3	配电房巡检机器人	44

附 表

表 2-1	RedCap 三个发力的层级	8
表 2-2	智慧电力 RedCap 原生特性需求概览	9
表 2-3	智能台区通信技术要求	10
表 2-4	配网 PMU 场景的通信技术要求	11
表 2-5	线路故障监测通信技术要求	13
表 2-6	巡检类通信技术要求	14
表 2-7	作业管控通信技术要求	17
表 2-8	配电自动化三遥的通信技术要求	18
表 2-9	秒级负控通信技术要求	19
表 2-10	配网差动保护通信技术要求	21
表 2-11	配网自愈的通信技术要求	22
表 2-12	智慧工厂 RedCap 原生特性需求概览	23
表 2-13	MES 数采通信技术要求	24

表 2-14	SCADA 设备联机数采通信技术要求	25
表 2-15	AIDC 数据采集通信技术要求	25
表 2-16	AIDC 产品分类	25
表 2-17	工业视觉数采的应用场景	26
表 2-18	工业视觉通信技术要求	26
表 2-19	仪表数据读取通信技术要求	27
表 2-20	生产/园区监测通信技术要求	28
表 2-21	危险区域巡检通信技术要求	29
表 2-22	智能物流调度通信技术要求	30
表 2-23	设备远程控制通信技术要求	31
表 2-24	智慧矿山 RedCap 原生特性需求概览	31
表 2-25	设备数据采集通信技术要求	32
表 2-26	作业人员数据采集通信技术要求	32
表 2-27	矿山视频场景通信技术要求	33
表 2-28	电铲远控通信技术要求	33
表 2-29	矿区自动驾驶通信技术要求	34
表 2-30	智慧港口 RedCap 原生特性需求概览	34
表 2-31	智能理货通信技术要求	35
表 2-32	港口安全监控通信技术要求	35
表 2-33	场桥/岸桥远控通信技术要求	36
表 2-34	港区智能集卡通信技术要求	37
表 2-35	智慧城市 RedCap 原生特性需求概览	37
表 2-36	智慧城市不同分辨率下的视频类场景典型通信技术要求	37
表 2-37	典型安防监控的通信技术要求	38
表 2-38	典型城市治理的通信技术要求	39
表 2-39	典型车辆管理的通信技术要求	39
表 2-40	其他场景 RedCap 原生特性需求概览	40
表 3-1	轮式巡检机器人	43
表 3-2	配电自动化终端	45

前 言

本白皮书由中国电信集团有限公司政企信息服务事业群牵头编制，修改和解释权属中国电信集团有限公司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。

主编单位：中国电信股份有限公司政企信息服务事业群

起草单位：天翼物联科技有限公司

参编单位（按拼音首字母）：翱捷科技股份有限公司；北京智芯微电子科技有限公司；成都鼎桥通信技术有限公司；广州通则康威科技股份有限公司；华为技术有限公司；杭州必博半导体有限公司；杭州赋信科技有限公司；杭州海康威视数字技术股份有限公司；利尔达科技集团股份有限公司；联发科技股份有限公司；美格智能技术股份有限公司；南京南瑞信息通信科技有限公司；上海新基讯通信技术有限公司；上海星思半导体有限责任公司；上海移芯通信科技股份有限公司；上海移远通信技术股份有限公司；深圳市广和通无线股份有限公司；深圳市宏电技术股份有限公司；深圳市今天国际物流技术股份有限公司；深圳市三旺通信股份有限公司；深圳市有方科技股份有限公司；芯翼信息科技（上海）有限公司；紫光展锐（上海）科技有限公司；浙江大华技术股份有限公司；中科慧拓（北京）科技有限公司；中兴通讯股份有限公司

1 RedCap 概述

RedCap (Reduced Capability) 即缩减能力, 属于轻量化 5G 的重要组成部分。5G 在 Rel-15/Rel-16 定义了增强型移动宽带 (eMBB), 海量机器类通信 (mMTC) 和超可靠低时延通信 (URLLC) 三大典型应用场景。随着 5G 的不断部署和广泛应用, 中低端物联网方案对设备复杂度、成本、尺寸和功耗等提出了更严苛的要求。

作为“轻量级”5G 技术, R17 版本 RedCap 是一种介于 5G eMBB 与 LTE Cat1/1bis 之间, 在成本与功能特性上取得平衡的技术。

相较于 5G eMBB, RedCap 进行了多项功能特性裁减, 如:

- ✧ 带宽: RedCap 要求支持的频谱带宽更窄, 在 FR1 频段只要求最大 20MHz 带宽, 远小于 5G eMBB 的 100MHz。
- ✧ 天线: RedCap 减少了发射和接收天线的数量, 减少了 MIMO 层数, 降低了终端 RF 收发器和基带处理模块的能力要求。
- ✧ 功耗: RedCap 引入了多项省电措施, 如 e-DRX 功能和 RRM 测量放松机制, 使终端可以降低功耗从而获得更高的续航能力。
- ✧ 调制: RedCap 必选的最高阶调制方式从 256QAM 裁剪到 64QAM, 但终端可以在承担一定的设计复杂度和成本提高的情况下, 根据目标客户需要灵活支持上/下行 256QAM, 以满足不同行业的上下行峰值速率需求。
- ✧ 双工: RedCap 从标准上支持了半双工 FDD 的通信方案。不过经业界充分讨论, 当前基本仍采用全双工 FDD 的端网部署方案。主要理由是支持半双工 FDD 方案时基站调度处理会比较复杂, 而半双工 FDD 的设计对终端成本降低也不够明显。

另外, 根据 3GPP 协议, RedCap 不需支持载波聚合 (CA)、双连接 (MR-DC)、双激活协议栈 (DAPS)、条件主辅小区添加或改变机制 (CPAC)、集成接入回传 (IAB) 的能力, 进一步降低了终端的设计复杂度和成本。

相较于 LTE, 目前 1T2R 的 5G RedCap 产品与 LTE Cat4 双天线产品相比虽然理论速率能力接近, 但是由于 RedCap 具备 5G NR 接入能力, 在时延、可靠性、覆盖增强、节能、切片、授时、5G LAN、定位等方面具备特性优势, 在实际使用体验上相较于 LTE Cat4 会有大幅提高。

目前 R17 标准冻结后的 5G RedCap 基本特性可对标 LTE Cat4, 而 R18 标准推进的 5G RedCap 将在峰值速率、带宽上进一步裁剪, 可直接对标 LTE Cat1/Cat1 bis。

RedCap 终端的规模化应用依赖于 5G 网络的大范围覆盖。鉴于 5G 商用网络覆盖尚未达到 4G 商用网络覆盖的广度和深度，因而在一段时间内终端支持 4G、5G 将成为主要的连接方式。由此，RedCap 终端目前应支持 5G+4G 双模制式，以提高终端的连接能力。

在数据速率上，RedCap 对 5G 的信号带宽、调制方式、MIMO 层数等方面进行了裁剪，不过相比于 LTE Cat4，性能方面仍保持优势，以 FDD 为例在同等带宽下峰值速率上行提升 20%、下行提升 13%。

在时延可靠性上，RedCap 继承了 5G NR 的低时延高可靠特性，相比于 LTE Cat4 和 Cat1/1bis，在低时延特性上可提升近 80%，及复杂工业场景下 RedCap 可保持较高的可靠性。

在功耗电流上，LTE Cat4 工作情况下为 120~160(mA)、待机情况下为 12~22(mA)。RedCap 通过支持新增的节电特性，对标 LTE Cat4 可进一步降低功耗。

在 5G 原生特性方面，RedCap 相比 LTE Cat4 与 Cat1/1bis 拥有切片、5G LAN、高精度授时等新增特性，为特定业务的专用链路、专用局域网等需求提供保障。通过在终端上进行一定的兼容性设计，可以支持 5G 高精度定位的新特性，结合网络能力，提供室内、室外亚米级的高精度定位服务。

2 RedCap 应用场景

RedCap 应用的发力分为三个层级，第一层级为电力、工业数采和安防领域；第二层级为 5G 定制网所覆盖的工业、能源、物流、智慧城市等领域；第三层级为车联网和可穿戴领域。

表 2-1 RedCap 三个发力的层级

三个发力层级
第一层级：电力、工业数采和安防
第二层级：5G 定制网覆盖的工业、能源、物流、智慧城市等领域
第三层级：消费领域的车联网和可穿戴

在 5G 定制网的环境下，RedCap 将基于切片、大带宽、高精度授时、5G LAN、低时延高可靠、定位等特性，以及低功耗、低成本和小体积特点，在 5G 定制网项目中得到广泛应用。中国电信将基于重点应用场景，依托 RedCap 的原生特性和网络基础打造标

杆项目，推动 RedCap 规模商用。

2.1 智慧电力

智慧电力在数采、视频和远控领域都存在重要的应用场景，数采领域主要包括智能台区、配网 PMU、线路故障监测；视频领域主要包括电力巡检、作业安全管控；远控领域主要包括配电自动化三遥、秒级负控和配网差动保护。

表 2-2 智慧电力 RedCap 原生特性需求概览

特性 场景		切片	大带宽	低时延	高可靠	授时	5G LAN	定位	低功耗
智慧电力	智能台区	●			●				
	配网 PMU	●		●	●	●	●		
	线路故障巡检	●							
	电力巡检	●	●						
	作业安全管控	●						●	●
	配电自动化三遥	●							
	秒级负控	●							
	配网差动保护	●		●	●	●	●		
配网自愈	●		●	●	●	●			

2.1.1 数采类场景

2.1.1.1 智能台区

智能台区以优质的供电质量、高效的运营效率和优良的用户体验为目标，采用基于智能融合终端、传感网等多种先进的信息化、智能化技术、设备及运维管理手段，充分融合不同系统、不同设备数据，支撑用电主动运维、全生命周期管理、多元负荷消纳等应用功能，通过低压故障预判、停电事件感知和低压故障定位，提高主动检修、故障抢修工作效率，实现供电质量、运营效率和用户体验的全面提升。智能台区是分

布式新能源并网和充电桩管理的重要环节。

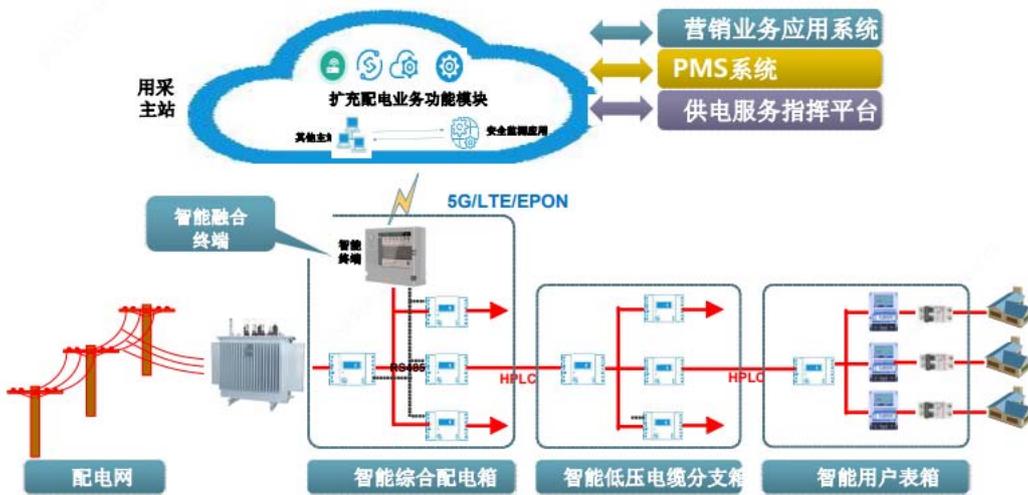


图 2-1 智能台区示意图

表 2-3 智能台区通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
智能台区	≤1s	10k-10Mb ps	99.9%	NA	生产控制大区	1~10 个/km2

2.1.1.2 配网 PMU

随着大规模分布式电源和电动汽车等柔性负荷接入后，配电网电力电子化趋势更加明显，运行状态更加复杂多变，传统测量面临的电气噪声急剧增加，测量装置的准确性面临挑战。用户侧出现电源和负荷交织融合的现象，配电网的潮流变化更加频繁，传统的电网监视、感知和分析手段难以满足实时高效掌控电网状态的要求。相比传统自动化系统，配网 PMU（同步相量测量设备）具有快速性、准确性、可靠性和扩展性。同步相量测量技术可快速准确掌握电网动态运行工况、支持更高效的多方互动，有效提升电网的可测、可观和可控水平。相应的，也对通信提出了更高要求，包括低时延、高可靠以及高精度时间同步等。

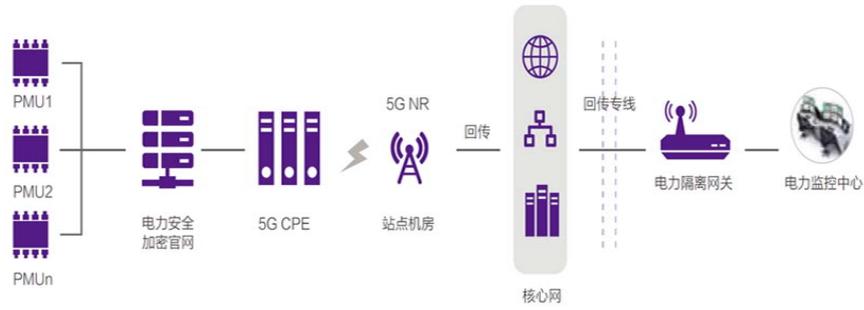


图 2-2 配网 PMU 架构图

配网 PMU 的业务需求包括：

1、业务隔离：配网 PMU 业务属于电力生产控制大区非实时控制类（安全区 II）业务，按照国能 36 号文要求，电力生产控制大区必须和其它行业业务以及电力管理信息大区业务实现物理隔离。

2、终端永久在线：当配网 PMU 装置第一次上线向主站注册时建立通信链路，此后将一直保持该 TCP 连接，以保障双方随时可以通信。

3、通信速率和时延需求：实时数据采集及遥调，上下行应用层速率不低于 107 kbps、非实时数据采集，上下行应用层速率约在 37 kbps，取决于单数据量大小(这里设为 4Byte)；

4、高精时钟同步/授时功能需求：分布式配网 PMU 终端需要根据授予的时标信息，同步获取相量数据，主站获取上传的同步时标和同步相位后，方可开展状态估计、态势感知等高级应用。相对于主网 PMU，在配网环境下，由于线路普遍较短，相角差较小，对时标精度要求较高。配网 PMU 时标信息精度（指标） $< 1\mu s$ 。时标信息可通过 B 码模拟量授予配网 PMU 装置。

5、海量接入需求：10km 半径范围内，接入终端 50-100 个。

表 2-4 配网 PMU 场景的通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
配网 PMU	$\leq 50ms$	$\geq 2Mbps$	99.99%	$1\mu s$	生产控制大区	$X*10$ 个/ km^2

2.1.1.3 线路故障监测

1、电缆型故障指示器

我国配电网错综复杂，容易发生故障，尤其是接地故障，由于其隐性特性，很难

查找。有时不得不通过拉分段开关并试送电来确定故障所在区域，对线路、设备运行的安全性极为不利。利用高集成度的配电终端实现配电网的故障识别、故障隔离、网络重构及配电网的无功/电压控制和优化运行等功能，这种方案当然是配网自动化一个重要选择，但安装运营起来比较复杂，成本较高，目前主要在部分城市重要区域实现。

故障指示器以及基于故障指示器的配电线路故障监测系统成为配电网建设一种经济高效的选择，故障指示器能实时准确地在线监测线路状态，并将所采集到的线路负荷、故障信息、停送电状态等**通过通讯终端发送到主站**；主站对信息进行数据统计、分析、拓扑计算，确定故障区域，从而引导工作人员迅速准确找到故障点，有效提高线路故障检测的自动化水平和工作人员的效率。



图 2-3 电缆型故障指示器

2、暂态录波型故障指示器

暂态录波型故障指示器，通过对线路电流的精确测量及高速录波，可精准检测线路故障类型，并快速定位故障区段，从而缩短线路故障的响应和处理时间，提高供电可靠性。架空暂态录波型远传故障指示器由采集单元、汇集单元等部分组成，配合配电自动化主站构成故障定位系统。其中，汇集单元是核心传感单元与系统主站交互的桥梁，借助短距无线和远程无线混合组网技术，使系统具备通道监视、切换及故障报警能力，支持系统诊断、自愈以及通信中断恢复后数据续传功能。可选采用太阳能板作为主供电源，并辅以可充电电池作为备用电源，保证系统稳定可靠运行，电力工作人员可对线路工况信息和故障信息实时监测。

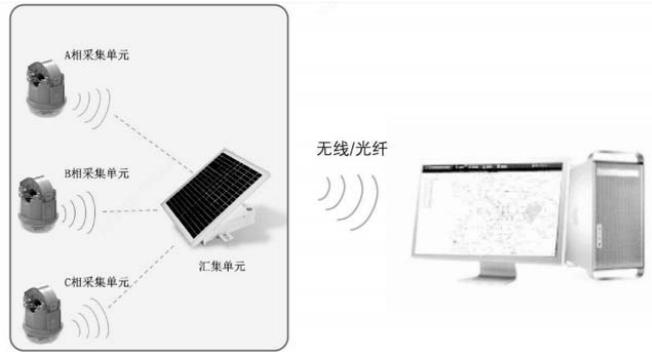


图 2-4 高精度暂态录波故障指示器系统

目前，我国配电网线路长度接近 500 万公里，按照平均每 2-3 公里一套的高水平部署来看，高精度故障指示器的市场空间接近 200 万套，百亿空间，目前渗透率尚不足 30%。

表 2-5 线路故障监测通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
线路故障监测	≤50ms	≥2Mbps	99.99%	NA	生产管理大区	1~2 个/km ²

2.1.2 视频类场景

2.1.2.1 电力巡检

电网巡检、维护从检测对象维度主要可以分为发电设备类、变配电设备类和输电线路类。

发电设备类：分布式电站通常由多个设备组件组成，设备组件故障将影响正常的电力供应，由于分布式电源集中建设于室外，部分位于山地、高原、荒漠之中，自然环境对设备影响较大，需定期巡检，如风机叶片缺损、脱落、裂纹等，光伏组件脱落、异物覆盖等。

变配电设备类：变电和配电设备作为电力系统的关键节点，对电力系统的稳定运行有着至关重要的作用，室外变电站与室内配电设备是监测重点，且容易受极端天气影响，需定期对表计读数、开关位置、设备温度、柜体局部放电等状态进行巡检监控。

输电线路类：输电线路巡检的主要内容包括接地、基础、杆塔、绝缘子、导线、金夹具等线路本体设备；防雷、防鸟、各种监测设备等线路附属实施以及线路通道环境。输电线路的防外破，包括工程车辆识别、覆冰、山火、采挖识别等。



图 2-5 输电线路防外破

从智能运维应用环境与场景来看，智能运维在输电、变电、配电环节均已有应用。输电线路主要结合无人机等巡检装备的巡检视频、图像，开展输电线路、杆塔、金夹具等装备的外观缺陷识别；变电设备主要结合巡检机器人、高清视频等装备的视频、图像，开展变电设备的外观缺陷识别；配电站主要结合室内巡检机器人等设备，对配电站室内运行状况进行状态感知、缺陷识别。

表 2-6 巡检类通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
电力巡检机器人	≤1s	≥4Mbps	99.9%	NA	生产管理大区	≤10 个/km2
输电线无人机巡检	控制≤100ms 采集≤1s	≥2Mbps	控制≥99.99% 媒体≥99.9%	NA	生产管理大区	≤10 个/km2
输电线路状态监测	≤1s	100k-35Mbps	99%	NA	生产管理大区	≤10 个/km2

1、变电站巡检

变电站在线智能巡视系统可利用电力机器人、高清视频设备、红外摄像头等，对主设备、继保室、端子箱、构支架、消防、土建设施及站内环境等进行自主巡视，代替变电站运维人员开展日常巡视、红外测温、表计抄录等大量重复性工作，可替代人员在暴雨、台风等特殊天气下开展设备巡视，为运维人员开展远程无人巡视创造条件，从而提高工作效率，降低现场作业风险。

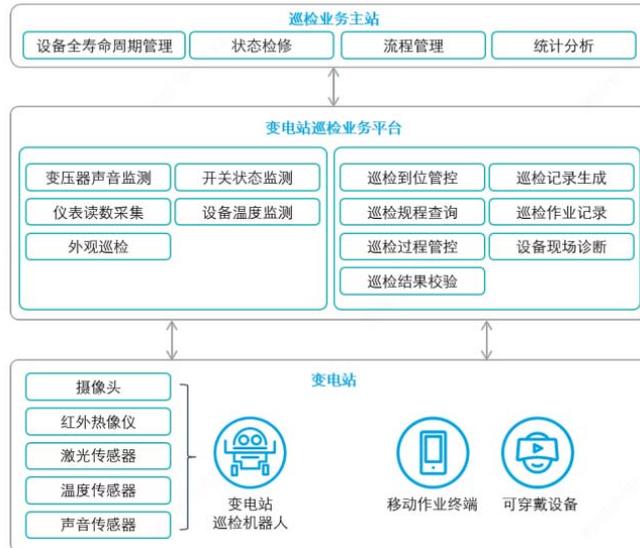


图 2-6 变电站巡检应用场景

根据国网山东电力统计，通过在线智能巡视系统可节约单次巡视时间、增加巡视频率，220kV 变电站现场例行巡视频次可由 1 周 1 次提高为 1 周 7 次，单次整站例行巡视时间由人工巡视 3 小时下降至机器巡视 1 小时；500kV 变电站现场巡视频次由 3 天 1 次提高为 1 周 7 次，单次整站例行巡视时间由人工巡视 4 小时下降至机器巡视 1.5 小时，大幅提高运维效率。

根据国家相关规划，预计到“十四五”末，国家电网现代设备管理体系初步建成，设备智能化升级和业务数字化转型取得突破，设备安全运行水平、质量管控水平、管理精益化水平、供电保障能力持续提升。相比“十三五”末，预计“十四五”期间，国家电网输电线路长度将增长 49%，变电容量增长 39%，配电线路增长 45%，实现 220 千伏及以上轮式巡检机器人全覆盖，并全面推广应用到 110 千伏变电站，全面推动变电站在线智能巡视系统纳入新建变电站典型设计。

2、输电线路巡检

初步统计全国电网 35 千伏及以上输电线路回路长度 198 万千米，比上年增长 3.4%。随着电网快速发展，输电线路、变电站、配电网等存量规模越来越大，相应的设备也越来越多，且分布式电站数量的增多，电力设备运维的工作量越来越繁重，而基层运检部门普遍存在人员配置率偏低、人力资源结构性短缺等问题，运维班组工作负荷不断上升，设备监控集约化与管理精益化之间的矛盾日益凸显，电网运维工作也由传统运维向智能化运维发展。

1、摄像头

通过在摄像头、融合传感终端上加载线路缺陷、故障及通道隐患识别、诊断模组，

实现输配电线路通道隐患和本体缺陷的智能识别及预警，提升输配电线路的实时监测能力。



图 2-7 摄像头输电线路监测

2、无人机

无人机电力巡检是通过无人机巡检代替传统人工的方式，对输电线路设备及周边环境情况进行巡视。早期，我国电力巡检以人力巡检为主，巡检人员通过肉眼观察、望远镜瞭望、红外测温检查和登塔核实等手段了解线路运行健康状况，该方式劳动作业强度大、巡视效率低、作业风险高，对巡检人员个人经验积累情况要求较高。随后国家电网尝试过载人直升机巡线，但仍存在成本高、灵活性不足和人员安全等局限因素。近年来，得益于无人机技术的进步和应用的拓展，为了弥补人力巡检、载人直升机巡检的局限性，无人机电力巡检应运而生。

无人机利用其空中平台的功能，携带高倍照相机、高清摄像机、红外成像仪、激光雷达等多种机载设备，可对输电线路设备及周边环境情况进行全光谱的快速拍摄监测和数据采集。通过人工或智能分析，可快速发现各类设备缺陷、隐患以及线路附近可能对线路造成威胁的各类危险源，大幅度提高巡检质量、实现快速巡检、克服视距限制、保障巡检人员安全。

2.1.2.2 作业安全管控

随着电网规模不断扩大，基建、网改、技改大修等任务越加繁重，作业现场点多面广，一些小型、分散、临时的工作现场安全管控力度薄弱，容易带来监控盲区，人员作业高度依靠经验，现场安全管理难度也在不断增大。电力公司为加强作业现场安全管控，要求设备、配网、基建、营销、通信、信息、后勤专业、送变电公司、外部

2.1.3 远控类场景

2.1.3.1 配电自动化三遥

配电自动化三遥主要包括：

1、遥信：其传输数据是对设备状态信息的监控，如告警状态或开关位置，阀门位置等。由终端上传到配电自动化主站系统(上行方向)；

2、遥测：其传输数据是电网的测量值信息，如被测电流和电压数值等。由终端上传到配电自动化主站系统(上行方向)；

3、遥控：通过与继电保护自动装置配合，实现配网线路区段或配网设备的故障判断及准确定位，其传输数据主要包括远程控制开关完成线路故障定位（定线、定段）、隔离（如断开开关）、恢复（如合拢开关）时的命令。由配电自动化主站下发终端（下行方向）。

三遥是电网自动化的基本动作单元，通过对这三种基本单元的组合，配电自动化系统可以实现对电网运行状态的网络监测，并在此基础上通过对电网负荷、电源、故障等状态的计算分析决策，对配电网进行调度配置类高级业务。

配电自动化（三遥）业务主要分为**总召、遥信、遥测、遥控、监测报文（心跳）**5大业务，总体的数据量较小，以网络连接需求为主。各类子业务的内容为：

总召业务：由主站发起，将目的从站采集的所有设备状态信息、告警信息（遥信）、测试模拟量的信息（遥测）上报到主站，监测网络各个从站的运行状态。

遥信业务：从站设备主动上行传输到主站，主要信息为设备状态信息，如告警状态、开关分合信息等等。

遥测业务：从站设备主动上行传输到主站，主要信息为从站设备采集到的设备模拟量值。

遥控业务：由主站发起，将远程控制指令通过网络传输到从站，控制从站下属设备的状态，如闸刀的分合。

监测报文（心跳）业务：由主站定时下发监测各个从站的在线状态。

总体来看各个业务的通讯量均不大，数据包大小的典型值 $\leq 250B$ ，以连接为主要诉求。

表 2-8 配电自动化三遥的通信技术要求

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
配网自动化三遥	≤1s	≥20kbps	99.9%	生产控制大区	X*10 个/km ²

2.1.3.2 秒级负控

负荷控制，又可称为负荷管理，其主要是用来碾平负荷曲线，从而达到均衡地使用电力负荷，提高电网运行的经济性、安全性，以及提高电力企业的投资效益的目的。电力秒级负荷控制采用集中控制方法，由负荷控制主控站按改善负荷曲线的需求，通过与客户联系的通信装置及装设在客户处的终端装置，对客户可间断负荷进行集中控制，其负荷控制响应时间为秒级。秒级负荷控制系统可以实现电力营销监控、电力营销管理、抄收、数据采集、负控控制等综合目的。

秒级负荷控制应用的产业链成熟。之前秒级负荷控制应用主要用光纤作为通信手段，联系负控终端和负控主站，但由于光纤敷设成本过高，秒级负控应用未能大规模推广。负荷控制终端和负荷控制主站已在电力系统应用多年。随着 5G 硬切片承载电力控制业务的试点开展，秒级负荷控制应用中只需要将 5G 硬切片管道替代原来光纤管道。

秒级负荷控制应用和配电三遥业务基本相同，均采用 IEC104 规约，主要分为总召、遥信、遥测、遥控、监测报文（心跳）5 大业务，总体的数据量较小，以网络连接需求为主。各类子业务的内容包括：

总召业务：由主站发起，将目的从站采集的所有设备状态信息、告警信息（遥信）、测试模拟量的信息（遥测）上报到主站，监测网络各个从站的运行状态。

遥信业务：从站设备主动上行传输到主站，主要信息为设备状态信息，如告警状态、开关分合信息等等。

遥测业务：从站设备主动上行传输到主站，主要信息为从站设备采集到的设备模拟量值。

遥调/控业务：由主站发起，将远程控制指令通过网络传输到从站，控制从站下属设备的状态，如闸刀的分合。

监测报文（心跳）业务：由主站定时下发监测各个从站的在线状态。

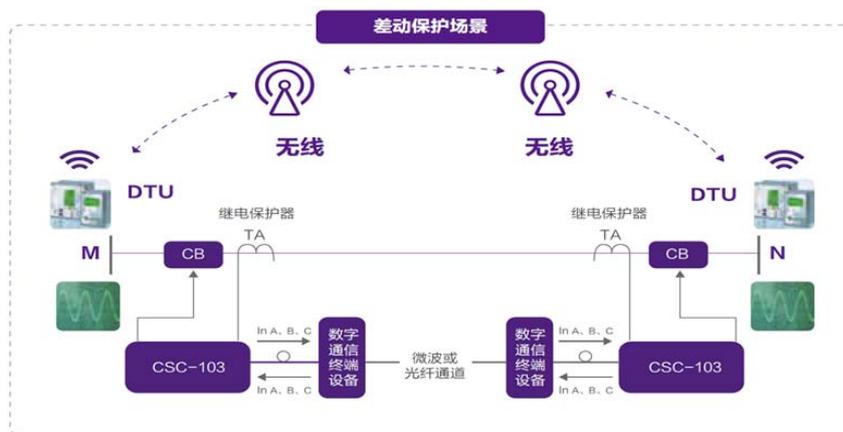
表 2-9 秒级负控通信技术要求

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
秒级负荷控制	≤1s	20kbps	99.9%	生产控制大区	X*10 个/km ²

2.1.3.3 配网差动保护

现有配电网保护配置方式下，线路某处发生故障，将造成变电站出线开关跳闸，整条线路都会停电，然后依靠配电自动化主站进行故障隔离和供电恢复，整个过程往往持续几分钟至几十分钟，严重影响用户用电感受。随着分布式电源接入到配电网中，配电网故障电流等级、潮流方向发生了较大变化，传统的三段式过流保护已经难以满足配电网保护的要求。分布式差动保护能够实现故障区段的快速定位与隔离，但差动保护要求保护装置之间实时快速通信。

配网差动保护的工作机制为：配电自动化终端 DTU 定期（可配置，一般设置为每个工频周期采用 24 次，即 $24/20=0.833\text{ms}$ 发送一次消息）给同一条配网线路上的其它终端发送电流矢量值（Sv 原始值），DTU 终端通过比较两端或多端同时刻的电流矢量值，当电流差值超过门限值时判定为故障发生，并就地执行对应的差动保护动作；每一个保护终端都通过通信通道将本端的电气测量数据发送给对端，同时接收对端发送的数据并加以比较，判断故障位置是否在保护范围内，并决定是否启动将故障切除。



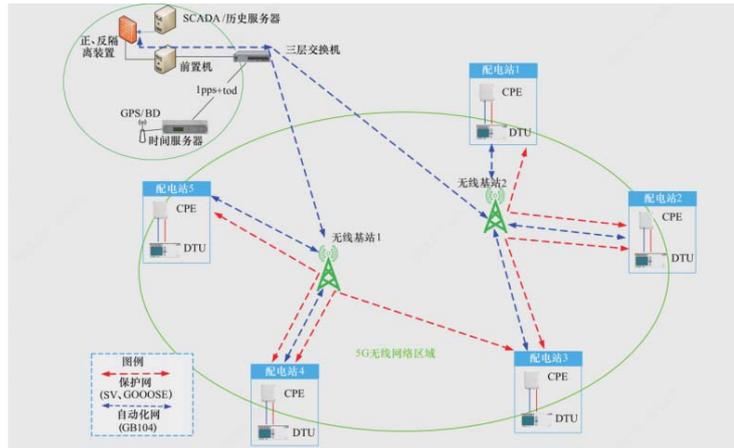


图 2-10 配网差动保护架构图

配网差动保护场景的业务需求包括：

1、业务隔离：智能分布式配电自动化同样属于电力生产控制大区实时控制类（安全区 I）业务，按照国能 36 号文要求，电力生产控制大区必须和其它行业业务以及电力管理信息大区业务实现物理隔离。

2、终端永久在线：智能分布式配电自动化终端同样需要保持永久在线状态，以保障配网线路上终端间随时都能实时发送业务。

3、连续上行带宽需求：保护终端的典型采集频率通常设置为 1200Hz，每隔 0.833ms 发送一次数据，单次数据量为 245Byte，通信带宽需求为 2.36Mbps。由于配网故障发生是随机的，配网差动保护需要持续实时通信传递数据来判断和检测线路是否发生故障，因此具有持续上行带宽流量需求，并且对带宽资源保障要求高。

4、高精时钟同步/授时需求：在差动保护业务中，如果线路两端保护终端不同步将导致线路两端差动电流 $I_A - I_B$ 数值计算不准确，影响差动电流计算和保护逻辑判断的准确性。因此，需要通过高精度授时等技术来实现全网设备和采集量的同步对时。配网差动保护要求对时精度优于 3us。

表 2-10 配网差动保护通信技术要求

业务名称	通信需求					
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	连接数
配网差动保护	≤80ms	≥2.5Mbps	99.99%	3us	生产控制大区	X*10 个/km2

2.1.3.4 配网自愈

配网自愈是指不需要或仅需要少量的人为干预，利用先进的保护、控制手段，出

现故障后能够快速隔离故障、自我恢复，不影响非故障用户的正常供电或将其影响降低至最小。发展到现在，主要有就地控制、集中控制、分布式控制三种模式。



图 2-11 配网自愈的模式
表 2-11 配网自愈的通信技术要求

业务名称	通信需求					
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	连接数
配网自愈	≤200ms	0.5Mbps	99.99%	10us	生产控制大区	X*10 个/km ²

2.2 智慧工厂

在智慧工厂的关键环节中，设备数字化、设备联网、生产数据采集、工艺监测、质量追溯以及物料管理等都可以由 5G RedCap 深度赋能。

其中，根据中国工业和信息化部定期统计和发布的设备数字化率、数字化设备联网率、关键工序数控化率三项反映指标，当前我国的装备数字化水平整体处于 40-50% 的相对较低水平，还有很大提升空间。国内工业企业在工业装备的数字化、联网化方面仍需加大发力，工业数据的全面采集是提升装备数字化的重要手段。

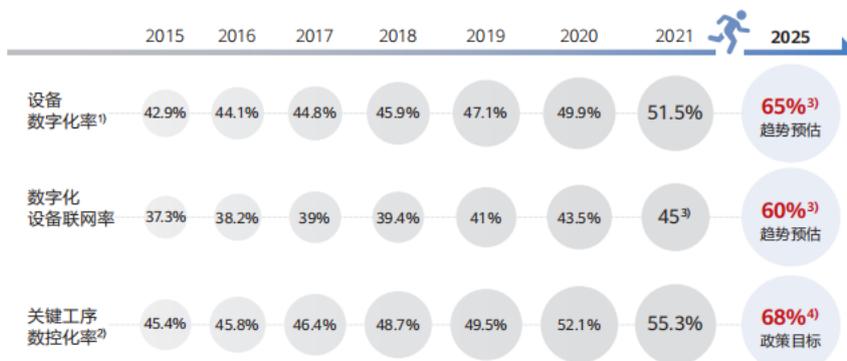


图 2-12 我国设备数字化和联网率的整体水平

表 2-12 智慧工厂 RedCap 原生特性需求概览

特性 场景		切片	大带宽	低时延	高可靠	授时	5G LAN	定位	低功耗
		智慧工厂	MES 数据采集	●					●
SCADA 设备联机数据采集	●			●	●		●		
AIDC 数据采集	●							●	●
工业视觉	●		●	●			●		
仪表数据读取	●						●		●
生产/园区监测	●		●				●		
危险区域巡检	●		●					●	●
智能物流调度	●			●	●		●	●	
设备远程控制	●			●	●	●	●		

2.2.1 数采类场景

工业数据采集是利用泛在感知技术对多源设备、异构系统、运营环境、人等要素信息进行实时高效采集和云端汇聚，是数字化转型的基础。

在人、机、料、法、环、测等全面联网后，便可通过人工输入、系统导入、自动感知、设备读取、视频采集、系统生成等方式，对设备数据、研发数据、生产数据、运维数据、管理数据、外部数据等各类生产运营管理所需的数据进行采集。采集到的数据应包含但不限于海量的关键价值数据、接口数据、信息化数据以及文档、图片、音频、视频等类型数据。

2.2.1.1 MES 数据采集

通过对海量生产数据的采集，形成模型仿真、孪生共智等数字孪生型应用的数据基础，并将相关业务分析在生产看板呈现。此类应用多基于 MES 平台，将产能预测、过程感知、转产辅助等功能与 MES 生产管理业务相结合，实现生产稳定高效运行。将产线设备的 MES 数据通过 CPE/网关接入 5G 网络。在该场景中，多个设备可以共使用 1 台 CPE/网关，先通过交换机连接多台生产看板，再将生产 MES 数据通过 5G 网络与数据中心连接，将**能耗数据、设备运营状况数据、产品生产质量与进度数据、库存实时状况数据**等，通过各类传感器采集后，通过 5G 网络实时呈现。MES 数据采集对带宽、时延要求不高，RedCap 的性能可以满足。

表 2-13 MES 数采通信技术要求

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
MES 数据采集	≤200ms	1Mbps（数采） ≥9 Mbps（文件传输）	99.99%	无	X*100 个 /5000m ²

2.2.1.2 SCADA 设备联机数采

SCADA 数采型应用以生产设备联机为例。车间设备生产数据采集包括**产出数据、工艺参数、设备状态信息、报警信息以及传感器的数字量/模拟量信号**等。采集设备量大，单设备采集点多，有秒级和分级的长周期信号，也有毫秒级高速数据。多样的需求对网络时延和带宽都提出了较高的要求。

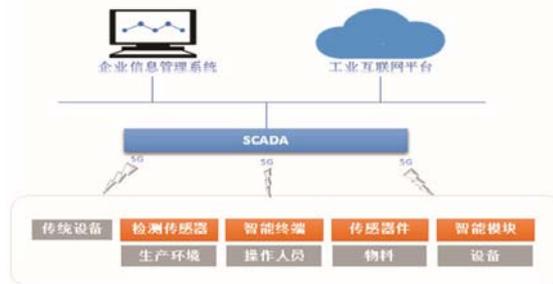


图 2-13 SCADA 数据采集

通过将数据采集终端基于 5G 接入 SCADA 系统，设备采集数据通过 5G CPE/网关传输到工厂的业务平台，有效的减少车间有线网络部署，优化车间布局，同时在云端实施设备状态监控，减少人员干预，降低生产和维护成本。部分 SCADA 联机数据采集对时延较高，RedCap 可以覆盖大部分需求。

表 2-14 SCADA 设备联机数采通信技术要求

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
SCADA 设备联机数据采集	≤200ms (实时采集 ≤100ms; 控制≤50ms)	1Mbps (数采) ≥9 Mbps (文件传输)	99.99%	无	X*10 个/5000m ²

2.2.1.3 AIDC 数据采集

在传统生产制造方式变革推动下，智能制造的发展将扩大对自动识别和数据采集（AIDC）技术设备的需求，通过工业手持智能终端的使用，传统生产制造方式得以变革，生产线实现无纸化作业，车间内工序派工、报工、指导等环节的信息流转效率得到有效提升，生产进度得到实时监控。同时通过扫描记录条形码实时采集、上传数据建立可追溯信息库最终实现成本可控、产品总量可统计、产品档案可溯源等目的。AIDC 在信息采集/追溯、仓储出入库、工艺指导、工序报工、缺陷检验等环节帮助生产制造企业完成信息化布局，提升企业生产效率、订单交付能力、库存周转水准三大智能制造关键指标，加快数字化升级。

表 2-15 AIDC 数据采集通信技术要求

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
AIDC 数据采集	≤200ms	1Mbps	99.99%	无	X*100 个 /5000m ²

表 2-16 AIDC 产品分类

分类	说明
扫描枪、扫码枪	主要用于条形码的扫描录入，是自动识别与数据采集行业条码追溯阶段设备
手持智能数据终端（PDA）	用于数据采集和智能应用，也同属于自动识别与数据采集行业条码追溯阶段设备
条码打印机	用于条形码的打印，是自动识别与数据采集行业条码赋码阶段设备
RFID 无线射频	通常被行业内划定到智能数据终端里面，是配合智能数据终端进行使用的，可以

设备	辅助智能数据终端达成快速扫描的目标
固定设备	主要为工业用固定式读码器

2.2.2 视频类场景

2.2.2.1 工业视觉

工业视觉的应用场景主要为视觉检测与视觉引导，各行业细分应用场景不同，由于场景多变，客户需求具备“小批量、定制化”特点。

表 2-17 工业视觉数采的应用场景

行业	主要应用场景	次要应用场景
3C 电子	视觉在线（在线质检）	视觉引导（自动生成轨迹）
锂电池	3D 缺陷检测	在线质检
纺织等轻工业	视觉检测（质检）	视觉引导（轨迹规划）
仓储物流	视觉引导	视觉识别
金属加工	视觉引导（工件上料）	视觉检测
汽车	3D 视觉检测	视觉引导（工件上料）
半导体	视觉测量	视觉检测
医疗	视觉引导	视觉测量
重工	视觉引导	视觉识别

从工业视觉应用产品分类情况来看，2D 检测类应用产品最多，占比 50%，市场竞争更为激烈；其次是 3D 检测类，占比 20%，应用较少的是 2D 与 3D 引导定位类，占比均为 15%。以 3C、锂电、纺织和半导体行业为例，工业视觉检测的需求各不相同，定制化属性较高。

通过 5G RedCap+AI 的工业视觉解决方案，基于端+5G 网络+边缘云+云服务的协作，已成为未来智能化工厂标配解决方案，设备增加“眼睛”，让工厂质量检查和缺陷识别提升灵活性和零部件高效测量变得简单和高效。

表 2-18 工业视觉通信技术要求

业务名称	通信需求				连接数
	时延	速率	可靠性	安全隔离	
工业视觉检测	100-1000ms	≥ 4 Mbps (单连接)	99.99%	无	X*10 个 /5000m ²

2.2.2.2 仪表数据读取

在制造生产等企业，各位安全监控仪表数据采集和监控是数字化管理的基础，物联网系统的构建可以将设备数据进行实时采集，大大提升整体管理效率，对于异常情况进行及时报警。

在构建物联网进行数据采集的过程中，往往会遇到以下的 3 大类问题，使得物联网监控系统构建受到很大阻碍：

1、设备支持：一些传统指针仪表，并不支持数字化的采集方式，无法将模拟信号转化成数字信号，仅仅能通过仪表盘进行数据读取，无法进行物联网协议对接；**2、协议开放：**设备仪表厂家众多、协议众多，很多厂家协议并不对外开放，往往数据对接要和仪表厂商进行进一步沟通，很难得到有效支持，阻碍了仪表设备数据对接；**3、施工周期和成本：**由于受到设备协议、场地接线等影响，建设完备的物联网体系周期往往较长，由于受到设备协议、场地布线布网难度大等影响，建设完备的物联网体系周期往往较长，如表计设备多设置于管廊、地下室等偏僻地方，改造时布线布网难度较大、成本较高。

通过视觉数采这类非侵入，易安装的方式实现对于各种类型仪表的图像采集，训练深度学习 AI 模型，实现对于仪表的自动化数字识别和传输，在物联网对接条件受到限制情况下，可避开各类复杂协议、网络对接的问题，直接从图像数据中采集仪表数字。

表 2-19 仪表数据读取通信技术要求

业务名称	通信需求				连接数
	时延	速率	可靠性	安全隔离	
仪表数据读取	100-1000ms	≥4 Mbps	99.9%	无	X*100 个 /5000m ²

2.2.2.3 生产/园区监测

制造园区视频监控应用主要面向园区内部道路、园区外部围墙、厂房室内安防等环境，通过视频技术，构建园区数字化管理能力，提升园区道路交通、安全安防、火灾隐患等管理手段。

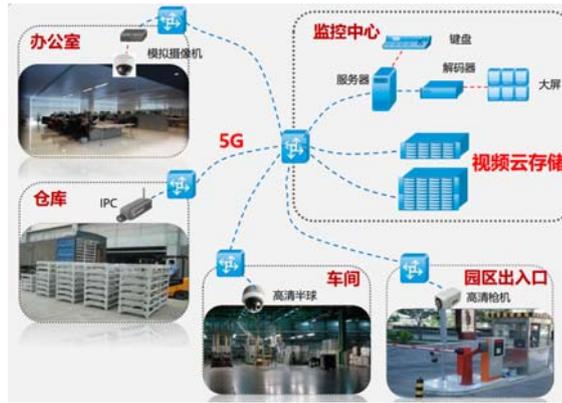


图 2-14 园区视频安防应用

5G RedCap+AI 视频监控，主要场景有园区及车间的安防视频监控，产线工人日常作业规范监控。生产产线工人日常作业中，利用 5G 将产线监控视频回传到企业 AI 平台，对产线关键岗位员工作业行为进行智能分析，如动作是否标准/步骤是否缺失/动作是否超时等，加强对关键岗位作业规范的管控，从而提升产品的合格率及流程的不断优化改进。以某工厂为例，利用 5G 将产线视频监控接入生产内网，用于实时监控产线电子检漏、电气安全检测、运转测试、工序检验等多个关键岗位人员的动作，并从质量控制云进行基于 AI 的工艺行为识别，提升关键岗位工艺质量管控效果，促进生产工艺持续优化改善。

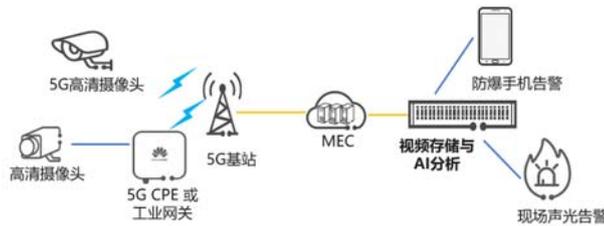


图 2-15 智能行为分析

表 2-20 生产/园区监测通信技术要求

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
生产园区监测	≤300ms	≥ 4 Mbps (单连接)	99.9%	无	X*100 个 /5000m ²

2.2.2.4 危险区域巡检

巡检机器人可对现场设备、温度、环境等信息全方位实时监控，并将监控数据上传后台，经过 5G+AI 大数据分析，将相关结果展示在大屏，重要告警则以短信等方式提醒相关人员处理，从而实现自主巡检、运行数据实时监测、故障报警和应急处理等

功能。巡检机器人搭载有红外热成像功能、摄像机功能和危险气体监测等定制化功能。

基于 RedCap 巡检机器人，利用 5G 网络进行实时数据回传，以智能机器人当前作业视角查看现场影像，同步更新巡检状态和掌握巡检进度情况。异常情况及时弹窗告警，降低安全风险。同时可将机器人获取的高清影像、红外数据以及识别成果进行归档整理，并对识别的表计读数、部件温度进行统计分析。

对于无人机空中巡检，可以利用无人机机动灵活、视野全面、可搭载小型检测设备等特点，对长管廊带、烟囱、火炬、塔、球罐区等难以人工到达的地方进行高空全方位巡检，结合视频 AI 分析，解决人工检查难的问题，可大大提高巡检效率，降低人员巡检安全风险。通过平台设定配送路线，实现无人机远距离配送的功能。全面提高运送效率，降低人工和时间成本。

表 2-21 危险区域巡检通信技术要求

业务名称	通信需求				连接数
	时延	速率	可靠性	安全隔离	
危险区域巡检	≤300ms	≥4Mbps	99.9%	无	X*100 个 /5000m ²

2.2.3 远控类场景

2.2.3.1 智能物流调度

物流环节是生产制造不可或缺的业务场景，包括来料运输存储、生产零配件运输和产品仓存储运输等核心环节。由于物流设备移动性较强，基于 5G 无线通信构建工厂物流通信网络，不仅能实现业务管理扁平化，更进一步提升物流作业效率。

其中，AGV/AMR/叉车是支持厂区物流的重要应用场景，RedCap 可以满足 AGV/AMR/叉车的调度需求，对接 WMS 系统，WCS 系统，实现全流程自动化。AGV 调度系统需要对缓存订单任务、对接设备信息以及系统内的各辆 AGV 状态信息进行实时交互和分析，动态调整 AGV 运行路径和任务，确保 AGV 系统能够以最快效率完成系统订单任务。常规 AGV 运行速度约 0.5-2m/s，叉车运行速度约为 5-10m/s，交互频次周期<500ms，常规数据包包含与远程控制系统服务器 RCS 间关于电池，温度，电压状态以及任务信息的交互。因此，对 AGV/AMR/叉车的作业，需要考虑复杂的环境下全覆盖，并且网络性能要满足待命点接收指令、作业开始，完成搬运、行驶、装卸再回到待命点业务流，

计算支持 AGV/AMR/叉车周期作业所需的网络 RTT 时延和稳定性。企业部署基于 RedCap 的 AGV/AMR/叉车应用，采用 5G 网络可以提供稳定可靠低时延的无线网络，并支持大量终端的并发接入，提升作业效率。

表 2-22 智能物流调度通信技术要求

业务名称	通信需求				连接数
	时延	速率	可靠性	安全隔离	
智能物流调度	50ms	≥2 Mbps	99.99%	无	X*10 个 /5000m ²

2.2.3.2 设备远程控制

现场产线控制，主要包括对产线 PLC、产线 I/O、设备运动控制，其网络流量一般具备周期性特征，根据不同的控制对象，其网络时延和丢包等关键指标参数存在差异化的需求。在实际的工业生产中，有大量设备的生产数据需要通过工业网关服务器作为统一接口处理，实现海量设备协议统一后提交至 SCADA 平台，并作为应用数据计算。

在业务作业的数据交互过程中，存在不同的交互周期，从而带来网络流量的不同业务模型。根据典型的 SCADA 平台配置分析，可将其交互周期归纳为 50ms/100ms/1000ms/3000ms 四类典型档位，同时超时周期可分为 50ms/100ms/1s/3s 四档。该类应用数据包较小但单车间的连接有较高密度。

例如工厂中的远控天车，通过对行车进行视频远控改造，通过行车上安装的摄像头和 PLC，行车司机在中控室观看多路实时视频进行操作，完成行车所有动作如吊车吊具精准移动、抓举废钢等。5G 的大带宽低时延可实现龙门吊远程控制场景中监控视频回传，PLC 可靠通信，大幅度降低行车视频远控改造成本和改造门槛。



图 2-16 远控天车架构

远程控制的应用对带宽要求不高（非高清视频场景），但是对时延和可靠性要求较高，RedCap 可以满足部门远控的需求。通过 5G 高实时、稳时延的通信网络，将现场海量的 OT 数据及时传输，提高了生产稳定性，并为数字孪生构建了良好的数据治理基

础。

表 2-23 设备远程控制通信技术要求

业务名称	通信需求			
	时延可靠性	单连接速率满足度	可靠性	连接数
设备远程控制	≤100ms	≥200 Kbps（下行控制） ≥4 Mbps（上行视频，单路）	99.99%	X 个/万 m ²

2.3 智慧矿山

智慧矿山在数采、视频和远控领域均可使用 RedCap 进行赋能，在数采领域主要包括设备数据采集和作业人员数据采集场景；在视频领域主要包括安全监控场景；在远控领域主要包括电铲远控场景和矿区自动驾驶场景等。

表 2-24 智慧矿山 RedCap 原生特性需求概览

特性 场景		切片	大带宽	低时延	高可靠	授时	5G LAN	定位	低功耗
智慧矿山	设备数据采集	●					●		
	作业人员数据采集	●						●	●
	安全监控	●	●						●
	电铲车远控	●	●	●	●		●		
	矿区自动驾驶	●	●	●	●		●	●	

2.3.1 数采类场景

2.3.1.1 设备数据采集

主要包括对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。要求系统在黑暗、潮湿、多粉尘的环境条件下完成远程设备数据采集并实时传输。能够对固定设备的状态检测，对移动装备的位置、状态、安全情况进行感知和智能调度。具备预防检测服务，对设备参数、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、分钟级算力监测、远程多中心操作等核心功能，保障日常运维操作。

通过 Redcap 终端实现 5G 网络接入，对矿车、挖机、钻机实时监控运行状态、视频数据进行实时采集和监控，并通过遥控驾驶舱下发控制指令，将生产人员从现场撤离，避免作业风险。

表 2-25 设备数据采集通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
设备数据采集	≤200ms	≥256Kbps ≥9 Mbps (文件传输)	99.9%	NA	管理信息大区	按需部署

2.3.1.2 作业人员数据采集

通过嵌入 RedCap 模组的智能终端，对作业人员的位置信息、生命体征信息、作业安全信息进行监测，在采集作业人员信息的同时，还需要对实现视频传输、通话等功能，对作业人员进行更加全面的防护和作业指导。

表 2-26 作业人员数据采集通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
作业人员数据采集	≤200ms	≥256Kbps ≥4 Mbps (视频)	99.9%	NA	管理信息大区	按需部署

2.3.2 视频类场景

利用通过认证的摄像头，对重点区域设备运行状态和人员综合状态进行检测。以视频图像为处理单元，实现对设备异常工况、人员三违行为（违章指挥、违章作业、违反劳动纪律）的图像识别、自动定位人员及设备隐患并感知预警，从而实现对人、移动设备之间的智能调控和作业流程监管。AI 视频业务需要 5G 的高速上下行速率的能力，并可以按需增加边缘计算能力。

利用无人机，对矿山进行巡检，结合 AI 图像识别，对矿区进行日常巡检；爆破期间，爆破区域实现智能化警戒，自动识别人、动物、矿车等后，及时告警。

表 2-27 矿山视频场景通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
矿山视频	≤200ms	≥4Mbps	99.9%	NA	管理信息大区	按需部署

2.3.3 远控类场景

2.3.3.1 电铲远控

电铲是千万吨级露天矿山主要采掘设备之一，生产率高，作业率高，操作成本低，是采矿业公认的机型。采掘工作面环境复杂，地质条件相对而言比较恶劣，水、瓦斯、顶板、粉尘等自然灾害的潜在威胁普遍存在，采掘工作面的少人化、无人化一直是矿山智能化转型的一个重要方面。电铲远控主要由控制流和视频流两种业务流构成，其中控制流需要由低时延高可靠的要求，视频流需要保障多个摄像头的上行容量，维持视频的流畅。电铲车可通过内嵌 RedCap 模组或 CPE 的方式接入 5G 网络。

表 2-28 电铲远控通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时		
电铲远控	≤50ms	≥200 Kbps (下行控制) ≥4 Mbps (上行视频, 单路)	99.99%	NA		按需部署

2.3.3.2 矿区自动驾驶

地上矿卡的业务场景主要包括矿卡车辆的无人驾驶系统建设、辅助自动驾驶系统建设，用于实现矿料的自动运输，降低人员的实际参与度，增强员工安全性。无人矿卡的系统要求包括需具备实时数据采集、高精度定位、稳定运行性能；能在阴天、潮湿环境下进行稳定运行，不可产生因环境影响的长时间停车；能在特定多粉尘条件（如车辆交汇处）实现正常运行，不可产生因粉尘影响的停车，能在大雨条件下实现安全

停车，不可产生因大雨影响造成的行车事故；需要露天矿无人运输系统运维功能。露天矿无人运输系统在面向操作用户层面，应包含平台首页、智能调度、集成监视、统计分析、基础配置、系统设置等主要功能模块；车载无人驾驶硬件（雷达、天线、车载主控制器等）通过自身防水防尘设计或通过安装防水防尘外壳达到 IP67 级防水防尘；车载无人驾驶硬件（雷达、天线、车载主控制器等）通过自身设计实现-40° C~50° C 环境温度下工作等。对于无人矿卡，自动驾驶算法主要是由单车 AI 算法完成。5G 网络用于路径规划，关键数据回传。当自动驾驶算法失效的时候需要利用 5G 进行远程控制。无人驾驶矿卡可通过内置 RedCap 模组或 CPE 的方式接入 5G 网络。

表 2-29 矿区自动驾驶通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时		
自动驾驶	≤50ms	≥2Mbps ≥30Mbps (远程接管状态)	99.99%	NA		按需部署

2.4 智慧港口

智慧港口的 RedCap 主要应用于视频和远控类领域，视频类主要包括智能理货和安安全监控场景；远控类主要包括场桥/岸桥远控和港区智能集卡等场景。

表 2-30 智慧港口 RedCap 原生特性需求概览

特性 场景		切片	大带宽	低时延	高可靠	授时	5G LAN	定位	低功耗
		智慧港口	智能理货	●	●	●			
安全监控	●		●						
场桥/岸桥远程控制	●		●	●	●		●		
港区智能集卡	●		●	●	●		●		

2.4.1 视频类场景

2.4.1.1 智能理货

港口智能理货利用 OCR 技术，在装卸船、堆放、理货、验残、提箱、出关环节，识别集装箱箱号、装卸提箱状态、铅封有无、箱体残损程度等。通过 5G 网络将图像和视频数据快速实时回传至云端 AI 系统，借助智能 AI 系统自动识别与核销箱号、箱损、拖车号等海量人工重复劳动，实现理货作业信息作业自动化采集，提高准确率、效率。通过智能理货，一个理货员可同时监控和操作多个岸桥作业线，并可支持跨船舶作业；提供实时监控摄像机云台控制实时查看现场情况并进行异常介入。

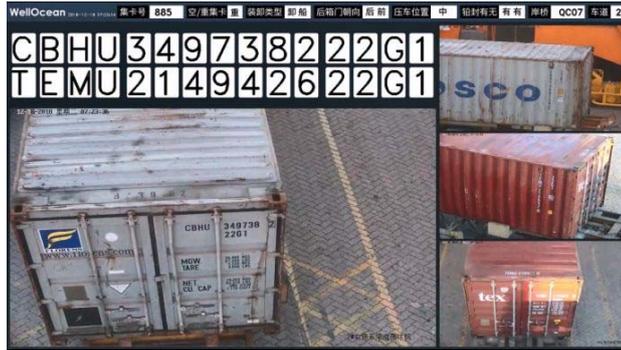


图 2-17 智能理货

表 2-31 智能理货通信技术要求

业务名称	通信需求			
	时延	速率	可靠性	连接数
智能理货	≤200ms	≥4 Mbps (单路)	99.9%	X 个/万 m ²

2.4.1.2 安全监控

港口监控划分为泊位、堆场、闸口、办公等多子区域系统，可实现对人流、物流的监控，及时发现异常行为，避免安全事故和违规操作的发生。摄像头可搭载 AI 功能，对异常行为进行智能识别，并通过 RedCap 上传后台。

表 2-32 港口安全监控通信技术要求

业务名称	通信需求			
	时延	速率	可靠性	连接数
摄像头	≤300ms	≥4 Mbps	99.9%	X 个/万 m ²

2.4.2 远控类场景

2.4.2.1 场桥/岸桥远控

传统场桥/岸桥操控现场作业环境艰苦，人工成本高，安全隐患大，通过场桥/岸桥远控方案，改善工人工作环境，减少司机数量，保证安全生产，同时可以降低港口成本、提高收益。通过 5G RedCap 的改造，于港口中控室（远程控制中心）的操作人员获取 TOS（码头营运系统）下发的调度任务后，根据场桥/岸桥上实时回传的视音频数据，通过操纵杆的 PLC-PLC 通信来远程实时控制场桥/岸桥抓手的移动操作和抓手抓取/放开等操作，实现集装箱的高效、有序堆放与转运。场桥/岸桥实现远程控制后，一个操作人员可以控制多台设备，降低人员空闲时间，提升作业效率，同时可以降低安全风险。

无线化方案需要保证充足的连续覆盖效果，并满足 PLC 控制业务和监控视频回传业务的带宽、时延和包可靠性等诉求，在保证安全生产的前提下提升集装箱作业的效率。

表 2-33 场桥/岸桥远控通信技术要求

业务名称	通信需求			连接数
	时延	速率	可靠性	
场桥/岸桥远控	≤100ms	≥200 Kbps（下行控制） ≥4 Mbps（上行视频，单路）	99.99%	X 个/万 m ²

2.4.2.2 港区智能集卡

港区智能集卡的基本作业流程为：1、基于 TOS 系统的任务安排，智能集卡集群调度中心指定集卡启动作业；2、集卡车辆等待岸桥吊完成集装箱装载；3、集卡车辆按照中控室调度路线行驶并反馈车辆运行信息；4、集卡车辆将集装箱运入堆场交换区；5、轨道吊将集装箱从集卡取下并放置到指定的堆场位置。

其中，AGV（Automated Guided Vehicle）自动导引车是现阶段自动化码头运输集装箱的工业车辆，它可以按设定的路线自动行驶至指定地点，再用自动或人工方式装卸货物。AGV 车辆通过无线网络系统进行集中控制和调度，在全港口铺设了磁钉定位系

统的通道内全自动化运行。AGV 无人驾驶行走控制均由网络调度中心自动化控制。

IGV（无人自动驾驶集卡）是未来港口水平运输工具一个重要发展方向。港口 IGV 无人驾驶集卡利用商用集卡底盘改装，集成毫米波激光、毫米波雷达、摄像头等，利用高精度地图和定位，由控制中心监控 IGV 的位置、姿态、电量、载重等，下发车辆规划信息实现自主行驶，与 AGV 不同，IGV 不需要预埋磁钉，既可以应用于新建港区，也适用于存量港口，成本低。

IGV 应用需要支持车管平台调度和异常工况远程接管，IGV 驾驶对通讯时延要求高，多台 IGV 在远程接管时存在视频回传需求。

表 2-34 港区智能集卡通信技术要求

业务名称	通信需求			
	时延可靠性	速率	可靠性	连接数
港区智能集卡	≤50ms	≥200 Kbps（下行控制） ≥4 Mbps（上行视频，单路）	99.99%	X 个/万 m ²

2.5 智慧城市

智慧城市的 RedCap 主要应用于视频类领域，主要场景包括安防监控、城市治理和车辆管理等。

表 2-35 智慧城市 RedCap 原生特性需求概览

特性 场景		切片	低时延	高可靠	授时	5G LAN	定位	低功耗
		智慧城市	安防监控	●				
	城市治理	●				●	●	●
	车辆管理	●				●	●	

表 2-36 智慧城市不同分辨率下的视频类场景典型通信技术要求

分辨率	编码方式	典型帧率	速率	时延
720P	H264/H265	25	1-3Mbps	1s
1080P	H264/H265	25	2-8Mbps	1s

2K	H264/H265	25	4-10Mbps	1s
4K	H264/H265	30	6-12Mbps	1s

2.5.1 安防监控

视频监控是安防产品的重要组成部分，也是安防行业的核心环节，其产品占整个安防产品的市场比重约为 50%。在政府一系列政策引导与“平安城市”、“雪亮工程”、“智慧城市”等项目的带动下，安防规模迅速扩大。城市安防监控主要是指公共安全和政府监督执法通过安装 5G+AI 摄像头，对公共安全、违规车辆、违规作业等进行智能监控，控制中心可通过视频监控及时准确掌握现场动态，实时预警，提前干预。

表 2-37 典型安防监控的通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
公共安全	小于 1s	4-10Mbps	99%	NA	公安交管单独隔离	大于 100 个 /km2
违规车辆	小于 1s	4-10Mbps	99%	NA	公安交管单独隔离	大于 100 个 /km2
违规作业	小于 1s	4-10Mbps	99%	NA	生产大区隔离	大于 100 个 /km2

2.5.2 城市治理

1、社区治理

社区治理的摄像头监管主要包括机动车/非机动车管理、高空抛物监测、垃圾分类管理、社区安全监管等。在社区治理的场景中，摄像头安装具有分布广和布点复杂等特点。

2、工地管理

通过摄像头在工地的部署，可以实现人员管理、作业现场管理、车辆管理、安全管理、质量管理等，满足各级监管部门、建筑开发商、施工单位和监理单位的需求，提升工地的智能化水平，降低安全风险。

3、移动执法

(1) 城市管理部门的工作人员佩戴具有录像功能的终端，作为执法工作的重要可

穿戴装备以提升执法的智能化水平。（2）在治理过程中，对部分重点区域需要通过搭载摄像头的无人机进行高空巡检，以提高巡检效率。

4、应急管理

通过摄像头，对城市设施的重要区域进行常态化监管，例如重要建筑、易内涝区域、危化品区域等。

表 2-38 典型城市治理的通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
社区治理	小于 1s	>4Mbps	99%	NA	生产大区隔离	30~50 个/km2
工地管理	小于 500ms	4-10Mbps	99%	NA	生产大区隔离	20~30 个/km2
移动执法仪	小于 1s	>4Mbps	99%	NA	公安交管单独隔离	10-20 个/km2
应急管理	小于 500ms	4-8Mbps	99%	NA	生产大区隔离	5 个/km2

2.5.3 车辆管理

1、公交车/班线车

通过车内搭载的摄像头，可实现对司乘的安全监管，有效防止危害公共安全的事件发生。当发生危险事件时，相关信息可立刻上传管理平台，以便快速采取应急措施。

2、急救车

通过 5G 网络实时传输医疗设备监测信息、车辆实时定位信息、车内外视频画面，便于实施远程会诊和远程指导，对院前急救信息进行采集、处理、存储、传输、共享可充分提升管理救治效率，提高服务质量，优化服务流程和服务模式。

表 2-39 典型车辆管理的通信技术要求

业务名称	通信需求					连接数
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	
公交车/班线车	小于 1s	>4Mbps	99%	NA	生产大区隔离	30~50 个/km2
急救车	小于 1s	>4Mbps	99%	NA	生产大区隔离	10 个/km2

业务名称	通信需求					10 个/km2
	渣土车	小于 1s	>4Mbps	99%	NA	

2.6 其他场景

表 2-40 其他场景 RedCap 原生特性需求概览

特性 场景		切片	大带宽	低时延	高可靠	授时	5G LAN	定位	低功耗
		其他场 景	户外监 控						
	无人农 机	●			●			●	

2.6.1 户外监控场景

为了提升农林牧渔等户外偏远地区的智能化管理水平，视频监控成为技术方案的重要组成部分。但是受安装环境所限，其光纤部署和供电较为困难。当前的摄像头工作方式为太阳能电池板结合蓄电池为摄像头供电，通过 5G 网络实现视频传输。但 5G 模组功耗较高，在连续阴雨天气或光照不强的区域，摄像头难以满足 7*24 小时工作。而 RedCap 的低功耗特性可以满足此类场景的需求，降低摄像头功耗，提升工作时间。

2.6.2 无人农机

农业机械是衡量农业现代化发展的水平的主要指标之一，目前中国主要粮食作物基本实现全程机械化，薄弱环节机械化进程也在加快推进。而利用数字化手段来提高中国农业装备的智能化程度，对于推动农业产前环节数字化进程具有重要意义。无人农机不仅可以实现智能互联，将农机工作状态数据上传管理平台，同时还可以实现农机的自动驾驶和远程控制。无人农机可通过内嵌 RedCap 模组的通信单元或外接 DTU 接入 5G 网络。

2.6.3 河湖监管

随着经济社会快速发展，我国河湖管理保护出现了一些新问题，例如一些地区入河湖污染物排放量居高不下，一些地方侵占河道、围垦湖泊、非法采砂现象时有发生。给河湖监管和治理带来难题，而河湖一般在郊区野外，网络和电力部署成本高，通过 5G RedCap 进行传输，同时使用太阳能进行供电，满足用户 7*24 小时对河湖监管的需求。

3 RedCap 适配终端

3.1 智慧电力终端

3.1.1 数采类终端

1、智能台区融合终端

变电台区是智能电网的关键网络节点，配变终端设备（TTU）监测并记录配电变压器运行工况，采样并记录电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率、功率因数等参数，为负荷预测、配电网规划及事故分析提供基础数据，集计量、电能质量监测、配变工况监测、无功补偿功能于一体。在配电台区电力物联网规划提出后，国网内部提出“一台区一终端”规划，部分台区 TTU 与集中器开始融合出现了智能融合终端。智能融合终端归口于国网设备部，其产品定位主要为台区供用电信息采集、电表数据收集、就地化分析决策、协同计算等，标准归口单位是中国智能配电与物联网创新联盟。2021 年下半年，国网发布《台区智能融合终端技术规范》，将远台区智能融合终端和能源控制器（公变）标准归口单位统一为国网科技部，未来智能融合终端和能源控制器（公变）招标有望合二为一。新版智能融合终端和能源控制器（专变）成为国网配电网智能化改造主要终端。

新版智能融合终端（TTU）/能源控制器满足传统用电信息采集、公共事业数据采集、新型电力系统分布式电源接入与监控、充电桩数据采集、需求侧数据采集、企业能效监测、智能家居应用等多种需求，并依托智慧物联体系的“云管边端”架构，具备信息采集和边缘计算功能，支撑营销、配电及新兴业务，集台区供用电信息采集、各采集终端和电能表数据收集、设备状态监测及通讯组网、就地分析决策、协同计算等功能。

智能融合信息终端/能源控制器通过嵌入式 5G 通信仓实现 5G 网络的接入。



图 3-1 嵌入式 5G 通信仓

2、配网 PMU 终端

PMU 型馈线自动化终端 FXU 在传统 FTU 的基础之上增加了广域同步相量测量(PMU)功能，可实现基于相邻终端处同步电流 / 电压的差动原理的故障检测定位。FXU 有效克服了传统 FTU 依据单点电气量研判单相接地故障的算法“死区”，解决了高阻接地或系统电容电流水平低导致的单相接地保护拒动或误动问题，从原理上彻底破解了单相接地故障检测及保护这一难题。FXU 的故障检测具有“绝对选择性“，不存在传统级差保护配合困难、整定配置复杂等问题，可用于实现简单高效的馈线自动化（FA），完成秒级故障自愈。



图 3-2 PMU 型 FTU 终端

所以配网 PMU 为搭载相量测量技术的 FTU 终端，其 5G 网络接入方式与 FTU 一致。

3.1.2 视频类终端

1、电力巡检终端

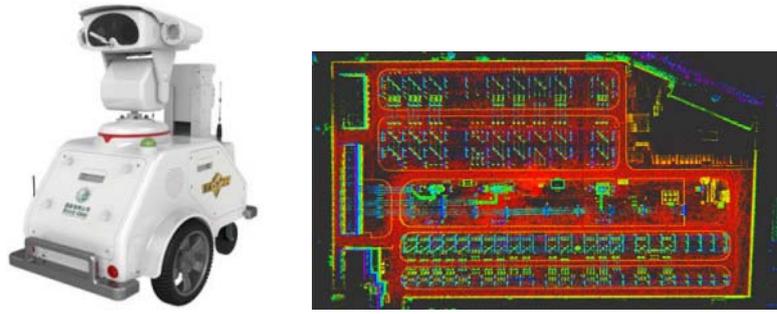


表 3-1 轮式巡检机器人

轮式巡检机器人可搭载可见光摄像机、红外热像仪、日盲紫外成像仪、拾音器等设备，支持全自主巡检。可支持 2D/3D 激光、惯性导航、自主避障及路径规划。机器人通过图像声音检测模组对电力设备温度、外观、放电、噪声等进行非接触信息采集。

巡检机器人主要由智能巡检机器人本体、后台监控系统及故障诊断算法平台构成，巡检机器人本体和后台监控系统通过 WIFI、5G 等无线通信方式进行数据传输，故障诊断算法平台可与后台监控系统合并部署，也可单独部署，通过有线网络与后台监控系统通信。

巡检机器人可通过内嵌 5G 模组、5GDTU 等方式接入 5G 网络。

电力无人机巡检包括通道巡检和精巡检。**精细巡检的对象主要为输电线路本体设备及附属设施，通道巡检的对象主要为线路通道环境**，即架空输电线路路径所占用的土地和线路两侧一定范围内的空间区域。精巡检对输电线路绝缘子伞裙破损、销钉缺失、螺栓螺帽松脱、间隔棒损坏、防震锤移位、线夹发热等细小缺陷进行**可见光拍照或红外检测，精度可达销钉级**。精细巡检按照规范的作业流程和拍摄方法进行多航点路径规划，具有航线路径短、拍摄点位多的特点。单次起降巡检一般 3-5 基杆塔，每基杆塔拍摄点位一般为 20-50 个。

2、配/变电房巡检终端

配/变电所的主控室、通信室等房间内，由于需要监测的电气设备众多，如果采用传统的球形或者筒型的摄像机去完成状态监测，则需要部署大量的摄像机去满足可视角度的要求，而轨道机器人由于其具备轨道，可通过轨道移动加变焦的形式，针对性的观测具体设备表面，具备可视角度好，成像画面清晰，可巡检设备数量多等特点。



图 3-3 配电房巡检机器人

轨道巡检机器人由合金轨道、巡检机器人（控制总程、升降机构、行走机构、旋转机构）、挂载（高清摄像头、红外热像仪、局放传感器、拾音器、SF6 传感器、臭氧传感器）等核心设备和辅助设备组成。

为确保轨道巡检机器人在运行过程中的安全性，轨道巡检机器人搭载了激光避障模块，通过激光传感器实时探测其水平、垂直方向上的障碍物，一旦检测到障碍物，立刻停止运行，待障碍物移走后继续执行巡检任务。

轨道巡检机器人通过轨道精确定位后（运动精度 $\leq 5\text{mm}$ ，升降精度 $\leq 2\text{mm}$ ），配合滑触线取电方式，真正意义上的实现 7*24 小时不间断高频率巡检。利用多节升降模块和双自由度云台，针对变电所内大量预标定采样点进行全覆盖检测；结合智能环境监测系统，全方位、大批量获取设备运行状态、环境信息。

3、作业安全管控终端

在便携摄像头上融合图像分析模块、传输加密模块等采集传输模组，通过作业行为图像识别分析网关，实现作业过程全面可视化，作业现场违章行为的实时分析及预警，提升作业监管的智能化水平。

5G 智能头盔是在传统头盔的基础上集成了录音、录像、高精度定位、语音播报、语音通话、SOS、AI 识别和多传感融合等功能新型安全防护终端。

4、摄像头

线路巡检摄像头，通过在摄像头、融合传感终端上加载的线路缺陷、故障及通道隐患识别、诊断模组，实现输配电线路通道隐患和本体缺陷的智能识别及预警，提升输配电线路的实时监测能力。变电站安防监控摄像头，用于变电站的安全巡防。摄像头可直接嵌入 5G 模组。其中，摄像头也可接入边缘计算设备，通过边缘计算设备进行

数据处理和 5G 上传。

3.1.3 控制类终端

1、配电自动化终端

配电自动化三遥、配网差动保护和配网愈主要由 DTU（配电自动化站所终端）和 FTU（配电自动化馈线终端）实现。PMU 型馈线自动化终端 FXU 在传统 FTU 的基础之上增加了广域同步相量测量（PMU）功能，可实现基于相邻终端处同步电流 / 电压的差动原理的故障检测定位。

表 3-2 配电自动化终端

终端名称	功能分类	结构分类	产品功能	产品应用范围	网络接入方式
DTU(站所终端)	三遥	立式、卧式、组屏式等	控制开关分合闸功能，具备测量数据，状态数据的远传和远方控制功能，可实现监控开关的灵活扩展	开闭所、环网柜、配电室及箱变等	电力专用 CPE/网关
	二遥动作型	嵌入式	开关就地控制功能，符合越限告警上送功能，单相接地故障的检测，告警及动作功能	开闭所、环网柜、配电室及箱变等	
	二遥标准型	立式、壁挂式	故障检测及故障判别	开闭所、环网柜、配电室及箱变等	
FTU(馈线终端)	三遥	箱式、罩式	满足控制开关分合闸，数据远传及远方控制功能	柱上开关、小型环网柜	电力专用无线数据终端和嵌入式无线数据通信模块（板卡级）
	二遥动作型		满足开关就地控制功能，故障自动隔离和切除等	柱上断路器、负荷开关、分段开挂等	
	二遥标准型	罩式	分支开关的遥信和遥测等功能	柱上断路器、负荷开关、分段开挂等	

其中，DTU 通过 5G CPE/网关实现网络连接（电力专用 CPE），电力 FTU 通过无线数传终端或嵌入式无线通信模块（罩式专用）实现无线网络通信。

2、电力负荷终端

负荷管理终端（又称为专变终端）针对大用户用能表具有数据采集、负荷控制、统计数据、越限报警、主动上报、停电管理等功能。上行可通过 5G、4G、RS232/485、Ethernet 等多种方式连接到主站管理系统，与主站前置机交换数据、接收指令。下行通过 RS485 可以同时抄读多种国内外电表，负责抄表过程的控制以及电表数据的接收、存贮、统计与传送。终端可通过内置的 5G 通信模块接入 5G 网络。终端可实现大

用户用电量的统计，为电力营销系统提供各类电量结算数据，对大用户的负荷进行控制和管理，实现“削峰添谷”有序用电，对大用户电能表运行状况进行实时监控，对用电异常，进行实时监控。

3.2 智慧工厂终端

3.2.1 数采类终端

1、工业 CPE/网关

由高性能工业级的微型处理器搭载嵌入式操作系统，以及装载了独立自主 IOT 软件组成的微型主机。它具有 232/485 串口、网口、WIFI 及 GPRS 模块等物理接口，既可与智能仪表、PLC 设备、触摸屏、SCADA/DCS 通讯完成数据的读取及本地存储，也具备通过 HTTP、Socket 和 MQTT 等协议与第三方（SCADA、MES）系统平台集成。

其特点包括，**部署灵活多样**：安装时可采用导轨式，也可采用机架式，还可定位安装。采用工业防护级金属外壳、无风扇散热、电磁兼容性强、抗震抗干扰、宽温宽压设计，能在高温、潮湿、电磁辐射、粉尘、电压不稳等复杂恶劣条件下使用，适用于复杂的工业应用场景。**提供多种物理通讯接口**：且接口扩展性强，能适用和匹配设备的不同通讯方式。**丰富的工业通讯协议**：网关内不仅内置 modbus、modbusTcp、TCP/IP、OPC、DTL645 等常见通讯协议，而且兼具有西门子、三菱、欧姆龙等厂家 PLC 的私有协议。可与现场绝大多数设备控制器实现通讯，具有强大数据采集及传输能力。**网关内置数据库**：支持数据本地存储，可有效预防数据的丢失。具有与第三方系统集成的常见通讯协议及二次开发 API/SDK 接口，可实现与第三方系统（SCADA、MES 等）快速集成。**网络连接可靠性**：工业网关需要保障通信的可靠性，部分场景需要保障低时延。还要设计软件与硬件双重看门狗技术，自动监测上报工作状态，当网关设备偶发异常时，要智能进行软件唤醒或硬件断电重启，保障设备回复正常运行，避免宕机造成的生产延误和损失。同时网关还应该支持多级链路检测机制，自动恢复网络正常。

2、工业 DTU

DTU (Data Transfer unit)，是专门用于将串口/LAN 口数据转换为 IP 数据或将 IP 数据转换为串口数据通过无线通信网络进行传送的无线终端设备，DTU 仅支持数据透传，不做协议和数据解析。DTU 的尺寸较小，重量较轻，可以十分方便的与设备进行融合，使其在不改变硬件结构的情况下，满足嵌入式小型安装需求，以快速实现联网

和数采。当前，DTU 是解决“哑终端”，尤其是具有移动性的“哑终端”联网的重要数采产品。

3、工业 RTU

RTU (Remote Terminal Unit) 满足关键的工业数据数据采集需求，具备**模拟量输入、开关量**、多路 RS232 和 RS485 接口，系统采用安全隔离技术，支持远程管理功能和存储功能。兼容各类流量计、压力、水质分析仪、液位、工业串口摄像机、PLC、智能串口屏等仪器。一个 RTU 可以由几个、几十个或几百个 I/O 点组成，可以放置在测量点附近的现场。有些 RTU 还具备**PID 控制功能或逻辑控制功能**等。由于部分行业的传感器输出的是模拟量，所以需要进行转换才能进行数据分析和传输，而 RTU 就可以实现此功能。

4、边缘计算设备

边缘计算可实现海量、异构的联接，满足业务的实时性要求，实现数据的优化，注重应用的智能性，同时保护安全与隐私。**边缘计算在实时性、短周期数据、本地决策等工业数据采集场景方面有不可替代的作用。**

5、PDA/扫码枪

扫码枪主要用于条形码的扫描录入，是自动识别与数据采集行业条码追溯阶段设备。智能手持 PDA，用于数据采集和智能应用，也同属于自动识别与数据采集行业条码追溯阶段设备

6、对讲机

工业对讲机在一般对讲机的基础上，还有一些更为突出的特点。首先，工业对讲机的频率范围更宽广。由于工业环境的特殊性质，不同设备间的通讯需求也不同，因此工业对讲机拥有更广泛的频率范围，以适应不同场合的通讯需求。

其次，工业对讲机的耐用性和抗干扰能力较强。在工业环境中，设备常常会遭遇到各种恶劣的条件，例如高温、低温、湿度等。而工业对讲机则能够在这些恶劣条件下稳定工作，保证通讯的顺畅进行。同时，它还可以抵抗各种电磁干扰，不易受到干扰的影响。

工业对讲机还具备多信道功能。这一特点可以让用户在同一时间内，在不同的信道中进行通讯，大大提高了通讯的效率。工业对讲机的通讯距离更远。在某些大型工业现场，设备之间的距离较远，一般的对讲机很难实现远距离的通讯。而工业对讲机则能够实现较远的通讯距离，确保了现场通讯的需求。

3.2.2 视频类终端

1、摄像头

普通摄像头用于智慧工厂一般环境下的安防监控、生产监管等场景。摄像头可内嵌 5G 模组或通过边缘计算设备进行 5G 网络接入。

2、特种摄像头

特种摄像头应用于特殊环境，例如危化品区域、易燃易爆区域、粉尘环境、高温高湿环境等，此类摄像头具有三防功能的高 IP 等级。

3、工业相机

工业视觉数采系统分为图像采集部分、图像处理部分和运动控制部分。工业相机与镜头是系统成像器件，通常的视觉系统都是由一套或者多套这样的成像系统组成，如果有多路相机，可能由系统控制切换来获取图像数据，也可能由同步控制同时获取多相机通道的数据。工业相机按照芯片类型、扫描方式、分辨率大小、输出信号方式、输出色彩、输出信号速度、响应频率范围等有着不同的分类方法，种类繁多，需要根据应用需求进行选择。此外还包括光源、控制单元和图像处理计算单元。

4、巡检机器人

巡检机器人主要用于在危险区域代替人工巡检。机器人云台上可搭载摄像头、红外成像仪、气体传感器等装备，可以快速感知危险区域内的基本情况，并将相关数据上传至管理平台。

3.2.3 远控类终端

1、AGV/叉车移动机器人

在工业物流领域，按照应用环节分，具体可分为三大部分：产线物流、仓储物流以及园区物流。产线物流是指原材料、半成品等按照工艺流程在各个加工点之间不停地移动、转移的过程。产线物流规划是为生产作业服务的，必须服从生产作业对物流的整体要求。随着柔性制造能力需求的增强，智能化产线运输成为关键环节，AGV/叉车移动机器人通过智能移动和负载，为产线物流提供了高效的物料搬运能力。在此过程中，AGV/叉车需要与管理系统紧密交互并接受调度，其数据量不大，但对可靠性有一定要求。

2、PLC

PLC，即可编程逻辑控制器，其在微处理器的基础上，融合了计算机技术、自动控制技术和通讯技术，是生产控制中最核心的控制装置，按 I/O 点数可分为小（256 点以下），中（256~2048 点），大（2048 点以上）。

3、边缘计算设备

边缘计算设备除可应用于工业数采外，也可用于低时延应用的边缘端控制场景，通过边缘侧进行 AI 数据分析，并发送控制指令。

边缘计算设备是在网络的边缘进行高效计算，从而解决远离云端服务器带来的数据处理延迟问题。在 AI 边缘计算设备中，最重要的部分是计算单元。这个单元负责处理和分析海量的数据，它包括一些处理器、内存和存储等硬件资源。这些设备也需要配备各种传感器接口，以便与各种传感器进行交互，从而实时获取环境数据。另外，它们也需要有网络接口、WiFi、5G 等，以实现与云端服务器的快速通信。为了保证设备的可控制性，它还配备了一系列输入和输出接口，包括 GPIO、I2C、SPI 等。最后，为了确保设备的稳定运行，它们都配备了电源接口。

3.3 智慧矿山终端

3.3.1 数采类终端

1、CPE/网关/边缘计算设备

矿山内的各类传感器通过 CPE 或网关的形式接入 5G 网络，若在数据侧需要进行分析，则引入边缘计算设备，在边缘侧进行数据处理和分析后，再上传系统平台。

矿山作为工业生产的重要场所，对于工业网关的要求十分严格。在矿山环境中，首先，矿山工业网关必须具备高度的稳定性。由于矿山的工作环境十分恶劣，包括各种复杂的地形地貌和气候条件，因此工业网关必须能够稳定地工作，不受外界环境的干扰，保证数据传输的可靠性和稳定性。其次，矿山工业网关需要具备高效的数据传输速度。在矿山生产过程中，需要实时传输大量的数据，比如监控视频和传感器数据等等。第三，必须具备严格的安全性。由于矿山生产过程中存在各种安全隐患，因此工业网关必须能够保障矿山生产过程的安全可靠，能够实时监测和防范各种安全风险，预防事故的发生。第四，需要具备耐用性。由于矿山环境的特殊性，设备很容易受到磨损和破坏。因此，工业网关必须具备优良的耐用性，能够在长期使用过程中保持稳

定的性能表现，不需要频繁更换和维护。最后针对存在爆炸性气体的矿山，工业网关还需要具备防爆功能，能够保障在易燃易爆环境下的人员和设备安全。通过采用防爆设计和技术手段，工业网关能够在高风险环境下安全运行，从而为矿山安全生产提供有力的支持。

2、智慧安全帽

5G 智能安全帽通过集成智能传感、人工智能、高精度定位等技术，实现对作业人员的安全监管和远程指导，拥有的功能包括智能传感：支持佩戴检测、生命体征检测、高度检测、电压感知、跌落碰撞检测等功能；智能记录：支持录像、拍照、录音、实时视频录制等功能；智能识别：支持二维码识别、射频识别、人脸识别、行为识别等功能；平台联动：支持远程指导、电子围栏、风险预警、大数据分析等功能；安全管理：支持人员绑定、高精度定位、SOS 等功能。

3、智能手表

矿工专用智能手表可以实现生命体征监测、行为监测、实时语音和高精度定位等功能，为矿工提供充分的安全防护。

4、防爆手机

本安防爆手机是一种特殊的手机，它可以在煤矿、化工等危险环境下使用。手机采用了更加坚固的外壳和更加安全的电路设计，能够有效防止因意外碰撞、高温、火花等原因引起的爆炸或火灾事故。防爆手机还可以用在石油化工等危化品生产、运输和仓储等领域。

5、智慧矿灯

集成 Redcap 模组的智慧矿灯不仅是矿工必备的安全照明工具，还可以集人员定位、集群通话对讲、视频记录仪、健康监测、有害气体检测等多功能于一体。从而推动作业标准化，实现作业的可视、可管、可回溯，助力矿山用户解放员工双手，保护员工安全，提高生产效率

3.3.2 视频类终端

1、特种摄像头

智慧矿山由于环境特殊，安装的摄像头需要通过“煤安”/“矿安”认证，拥有一定的三防等级。

2、巡检无人机

巡检无人机搭载摄像头，可以对矿区整体进行巡视，对危险区域进行无人化重点巡视。

3.3.3 控制类终端

1、电铲车

电铲车是矿山采掘的核心装备，智能化是电铲车的重要发展方向。电铲车可以基于 5G 网络条件，通过摄像头、防撞雷达、倾角仪、陀螺仪等设备将电铲的数据信息反馈至远程控制室，再通过控制数据流进行电铲车的远程遥控。

2、无人矿卡/宽体车

无人矿卡/宽体车通过激光雷达、毫米波、相机多传感器深度融合网络技术，实现环境感知。感知系统可确保在矿区粉尘、雨雪雾、剧烈震动和极端低温等恶劣工况的使用需求，实现车辆颠簸行驶过程中的高鲁棒性多目标的检测和跟踪。无人驾驶卡车具备复杂场景智能决策与自主路径规划能力，引导车辆安全完成作业任务，可适用于实际生产中的各种极端装载、卸载道路条件，确保在生产过程中的高效和安全。

3.4 智慧港口终端

3.4.1 视频类终端

港口的视频类终端主要包括摄像头。由于港口的特殊环境，根据工作位置，智慧港口所用的视频类终端需要具备盐雾、高湿、台风、暴雨等气候条件的适应性。

3.4.2 控制类终端

港口控制类终端主要包括智能集卡和场桥/岸桥。智能集卡可以通过 CPE 接入 5G 网络，依托车机进行集卡的远程控制。场桥/岸桥通过 CPE 接入 5G 网络，根据视频的回传信息，通过 PLC 进行远程控制。

3.5 智慧城市终端

1、摄像头

城市安防监控和社区治理的终端主要为摄像头，部分摄像头需要搭载 AI 功能，例如高空抛物、人/车识别、垃圾分类、行为监测等。摄像头可以通过直接内嵌 RedCap 模组或边缘设备接入 5G 网络。公交车/班线车等车辆可通过车载监控主机（MNVR）终

端接入 5G 网络，急救车可通过 CPE 接入 5G 网络。

2、音视频记录仪

音视频记录仪是集超高清视频录制、视频回传、语音对讲、实时定位、轨迹记录、智能巡查等功能于一体的数字化记录设备，可实时捕获工作现场动静态数据。为满足行业客户多样化需求，可选择性提供 AI 智能识别、智能防抖、多业务并发传输等能力。

产品关键功能：

- 1) 智能识别：支持视频智能算法，具有目标识别、目标检测、特征值提取等功能。
- 2) 智能广角：支持广角镜头设计，可提供 4K 高清视频画质传输能力；
- 3) 智能防抖：支持智能防抖算法，视频压缩算法，可提供移动场景下稳定拍摄能力；
- 4) 自动关联：支持通过蓝牙、NFC、二维码等方式的业务单与音视频证据文件自动关联；
- 5) 多端协同：支持协同管理、异设备互通、实时融合指挥调度等功能；
- 6) 安全保障：支持数据加密、安全传输等功能。

应用范围：

适用于市政、交通、能源等多个行业领域。典型应用场景：公安执勤执法、市政执法、危险识别、线路巡检等应用场景。

3、视频 NVR/5G

近年来，安防监控在城市治理及社区安防管控中已有较多的监控设备部署，投入较大，为节省改造时间和改造成本，通过将原有的 IP 有线摄像头接入 5G NVR 或者 AI 视频盒，不仅能最大限度地利旧以节约投入，还能快速地将普通的安防监控设备接入 5G RedCap 网络，实现无线化及智能化改造。

3.6 其他类终端

1、太阳能摄像头

太阳能摄像头搭载光伏板和蓄电池，一般用于户外场景，对 IP 等级有一定要求，同时对功耗要求严格。

2、无人农机

农机种类较多，包括耕整地机械、种植施肥机械、田间管理机械、收获/后处理机械、搬运机械、排灌机械等。通过嵌入 RedCap 通信模组或通信单元，可以对农机实现

智能化管理和控制。

3、安全帽

建筑工地：各省市的工地监管平台要求重要人员上传定位信息考勤，重要事项（如隐蔽工程）需要录像并上传平台集中存储

电网检修：电网临时作业，线路施工要对现场的作业动作进行记录，远程监控

铁路巡检：铁路巡检需要对现场巡检过程进行记录，远程监控

通过在安全帽摄像机嵌入 RedCap 通信模组或通信单元，实现视频的实时查看和回传。

4 电信策略

4.1 整体策略

RedCap 的产业推进将以场景方案为牵引，以生态建设为基础。RedCap 将作为 5G 方案的重要组成部分，以满足场景客户的多样化需求。通过场景方案的牵引，RedCap 可实现快速落地和规模复制，进而推动产业链加速成熟。RedCap 场景方案的规模应用需要产业界通力合作，产业链环节缺一不可，否则将无法形成全栈式解决方案。通过生态建设的夯实，RedCap 可实现芯模端网全栈式协同发展，助力场景方案规模落地。可以看到，场景方案和生态建设相互促进，共同推进产业不断演进。

首先，在场景方案上，形成从场景需求挖掘到场景标杆打造，再到场景规模复制的发展路线，不断推动基于 RedCap 的端到端解决方案与场景应用深度结合。具体而言，在 5G 数字化转型项目的基础上识别和挖掘 RedCap 需求，基于需求在重点场景打造标杆，深度淬炼 RedCap 解决方案，将终端、连接和平台形成标准化产品体系。依托重点场景的标杆效应和方案积累，快速形成规模复制能力，并持续拓展应用场景，将 RedCap 更加广泛地融入到千行百业的 5G 数字化转型项目建设中。

其次，在生态建设上，以检测认证、行解孵化和生态汇聚为抓手，促进产品优化和加强各方深度合作，打造双赢局面。

◇ 对于检测认证，积极制定 RedCap 模组及终端检测标准，按需发布与滚动更新规范，并依托标准组织各方开展多个实网环境下试商用模组和终端的端网兼容性测试，以及围绕重点行业应用场景开展相应终端产品的重要功能、性能试点测试和入库测试认证。同时针对 RedCap 检测展开培训和整改服务，根据测试

过程中发现的问题制定终端侧优化解决方案（包括并不限于产品的标准化、产品的性能）和网络侧优化解决方案，推动 RedCap 终端与平台和解决方案的适配。针对端侧认证入库测试，携手仪表和网络设备商搭建 RedCap 芯片认证和模组/终端入库测试实验室环境及勘测现网测试路线。

◇ 对于行业解决方案孵化，联合生态伙伴进行模组和终端研发以及解决方案打造，形成针对重点行业的全栈 RedCap 解决方案。同时，依托场景客户需求和 5G 数字化转型项目，通过实验室、现网的测试和方案验证，支撑 RedCap 在重点场景的应用落地。

◇ 对于生态汇聚，通过 RedCap 生态平台搭建和活动组织充分为生态伙伴提供交流空间，为产业界的共同发声和方向引导提供支持；通过资源对接和 RedCap 能力输出为合作伙伴赋能；通过生态合作体系的构建，为集团与 RedCap 生态伙伴的合作打通渠道。

4.2 5G 能力魔方

为了满足行业对于 5G 网络定制化程度高、性能差异大的业务需求，进一步释放 5G 应用规模发展的潜能，中国电信发布了 5G 能力魔方，通过拉通 5G 定制网项目六个业务维度，实现行业应用可视、性能需求可读、技术方案可译、商务模式可解的灵活组合业务方案能力；同时，基于 600 余个项目的实践经验，5G 能力魔方归纳提炼远程控制、工业视觉、智能巡检等行业应用场景需求解析模型 40 余个，电子制造、港口、急救等行业及通用场景能力模型 10 余个，以及网络容量、覆盖模型等业务经验模型，可面向 5G 全连接工厂、智能交通、卫健医疗、智慧教育等行业提供更灵活的 5G 定制网项目售前服务和可推广的优秀案例经验，有力的展现出“百案千面”的规模效应。同时，5G 能力魔方积极推进 5G 与行业系统及装备的融合应用能力构建，形成 5G+AGV、5G+AR/VR、5G 双域专网等 5G 融合应用、网络及终端的产品方案体系，促进 5G 在实体经济和民生服务领域中更广范围、更深层次、更高水平的深度融合。

5G 能力魔方包括业务需求面、技术参数面、原子能力面、标准产品面、业务方案面和商业模式面。通过六维积木式组合，实现场景精准适配、能力多维构建以及方案快捷交付，规模复制。RedCap 作为中高速 5G 物联网的重要拼图，将成为 5G 能力魔方的关键组成部分之一。