

ZTE中兴

5G RedCap

技术与实践
白皮书

5G





目录

CONTENTS

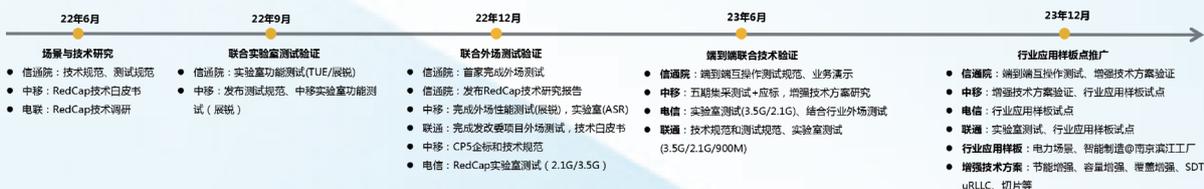
01 PART	前言	02
02 PART	RedCap的产业快速发展	03
	2.1 技术特点、标准发展及规划	02
	2.2 产业发展情况	04
03 PART	行业发展面临的挑战	05
04 PART	RedCap产业实践	09
	4.1 广域网实践	09
	4.2 局域网实践	10
05 PART	构建RedCap能力和生态	12
	5.1 网络能力	12
	5.2 终端能力	13
	5.3 IoT生态验证	18
06 PART	发展路径建议	19
07 PART	总结与展望	20
08 PART	缩略语	21

1 前言

2022年8月，工业和信息化部印发了《5G全连接工厂建设指南》，旨在推动“5G+工业互联网”深度融合，推动新技术新场景新模式向工业生产各领域各环节深度拓展。2023年10月，工业和信息化部正式发布《关于推进5G轻量化（RedCap）技术演进和应用创新发展的通知》，从国家政策层面为RedCap发展注入强心剂，通知中提到，至2025年，RedCap应用规模持续增长，全国县级以上城市实现RedCap规模覆盖，RedCap连接数达到千万级。在政策牵引和需求推动的双侧驱动下，RedCap有望在今年迎来商用规模的大幅增长。

RedCap作为5G时代面向中高速率连接场景定义的物联网技术，是2023年6月全部冻结的3GPP R17标准中业界最为关注的功能之一，通过裁剪终端收发带宽、天线数等手段有效降低5G终端复杂度和成本，同时兼顾大容量、低时延、网络切片等5G原生能力，实现5G应用成本和性能的最佳平衡。其诞生之初就受到运营商以及电力、工业等行业伙伴的关注，2023年以来产业界在5G RedCap的技术、功能和外场性能测试等方面进行了一系列的工作，为RedCap产业链的成熟以及未来规模商用奠定了较好的基础。

本白皮书论述RedCap产业发展以及中兴通讯在RedCap端到端产业链方面的实践与创新，希望为业界RedCap的应用与推广提供有益的参考与帮助。



2 RedCap的产业快速发展

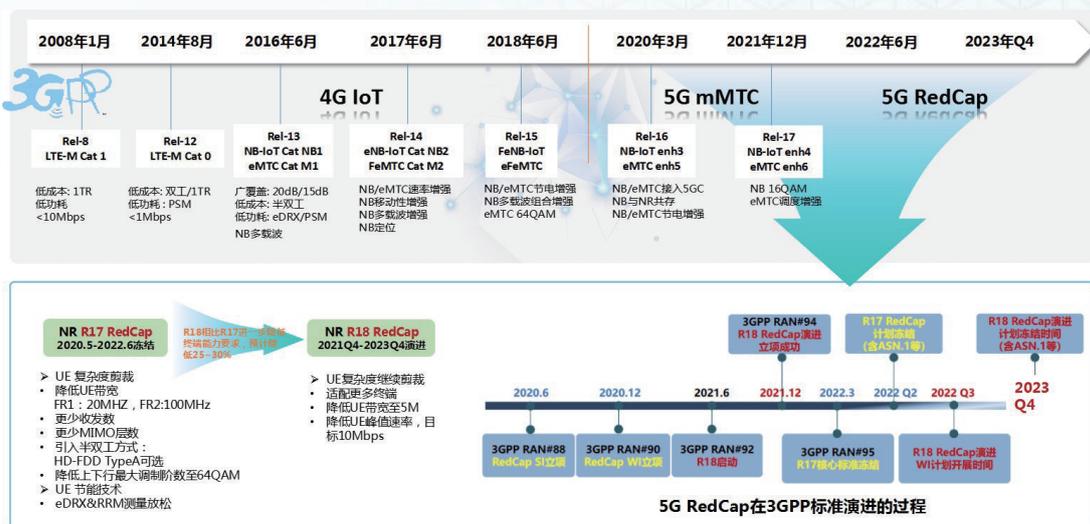
2.1 技术特点、标准发展及规划

RedCap (Reduced Capability), 又称“轻量化5G”, 5G时代面向中高速率连接场景定义, 其能力定位介于5G NR (含eMBB和uRLLC) 和LPWA (如LTE-M和NB-IoT) 之间, 是5G-A千亿物联的关键技术之一。RedCap对终端硬件能力进行裁剪, 通过缩减最大传输带宽至20MHz, 降低收发天线数目及最大调制阶数, 可以将终端复杂度降低60%, 从而获得成本降低、功耗减少、尺寸极致等优势, 同时继承大带宽、低时延、切片等5G代际能力, 使其在满足应用场景需求的前提下, 发挥成本功耗优势, 充分使能中高速物联场景, 助力5G应用复制加速, 推动更大规模5G应用部署。



3GPP R18对RedCap标准进行了增强, 终端复杂度和成本相比R17进一步降低。当前, R18 eRedCap技术标准化讨论已经基本完成, 进入标准维护阶段。相比R17 RedCap, R18 eRedCap主要在两方面做了进一步的降成本和降复杂度设计:

- 1、终端基带带宽降低, R18的上下行数据业务带宽将降为5M, 可以节约终端的数据存储量, 降低内存成本;
- 2、终端峰值速率降低, R18 RedCap单用户最大峰值速率从R17的百兆以上降为10Mbps, 从最大MIMO层数、调制阶数和缩放因子等方面降低终端编译码的复杂度。



5G R17 RedCap作为面向中高速物联网及工业物联网场景的关键技术和解决方案，可以大幅降低终端射频和基带的复杂度，降低终端功耗，从而获得更高的续航能力。同时，5G R17 RedCap结合5G网络切片、5G LAN、高精度授时、高可靠低延迟等优势技术，相对4G物联网技术具有代际优势、在具备更强性能和更丰富功能的同时，又大大降低了成本，有利于推动模组、终端设备在垂直行业更广泛应用。

2.2 产业发展情况

RedCap在3GPP R17引入之后，在中国发展迅速，产业进展全球领先，RedCap系统、终端、模组、芯片等产业关键环节不断成熟，成本持续下降。中国电信、中国移动、中国联通、中广电等各运营商也积极布局RedCap的技术验证，完成端到端的能力测试，并发布白皮书，推动技术发展和成熟。

早在2022年协议冻结之初，IMT-2020(5G)推进组已组织各设备厂商进行基于原型芯片的RedCap技术验证。2023年，运营商联合设备厂商进行RedCap关键技术验证与5G商用网络下端到端外场验证，已取得阶段性成果；同时，面向工业、能源、安防等垂直行业，各运营商均布局RedCap应用试点，进一步推动RedCap商用落地。

2023年底，中国移动率先吹响RedCap商用部署号角，当前在全国范围内已商用部署超十万站。国际市场上，已有来自多个国家的多家运营商完成RedCap关键技术验证，为之后的商用部署奠定基础，2024年将成为国际RedCap商用元年。当前，泰国AIS、马来西亚DNB、新加坡Singtel、韩国SK电信、英国BT、西班牙VDF、美国Verizon、美国AT&T、澳大利亚Telstra、澳大利亚Optus、阿联酋Etisalat、沙特STC、沙特Zain、科威特STC、科威特Zain、巴林STC等领先运营商已完成RedCap技术验证或商用试点。

在RedCap终端芯片方面目前各平台也陆续跟进，高通和海思率先在2023年完成商用芯片的发布，ASR、展锐、MTK也计划在2024年内实现商用发布。目前市场上测试用的RedCap模组产品主要基于高通和海思平台，包括LGA、LCC、M.2、Mini-PCle多种封装形式，和现有4G或5G产品兼容，方便替代。RedCap模组产品尚处于市场初期，目前价格相比4G Cat4/Cat1模组仍然有很大差距，因此在上述应用领域如视频监控、工业传感、电力抄表等目前仍以4G Cat4、Cat1和Wi-Fi为主，模组的成本因素对其规模应用有直接的影响。

3 行业发展面临的挑战

5G网络从建设之初就承担着为数字经济发展筑路的重任，5G ToB的应用实践开展非常广泛，有了5G关键技术如切片资源隔离、低时延、高可靠性、5G LAN、5G定位、节能、电力授时等特性加持，能够更好地满足不同行业的定制性需求，已经在千行百业中树立示范应用。但5G应用的规模化发展进程低于预期，其中一个重要的阻力就是5G通用模组的成本和功耗，从而滞缓5G的行业应用发展的速度。

目前RedCap应用场景主要是协议定义的三大场景，视频监控、工业传感器和可穿戴设备，发展最快的行业是电力行业、其次是智慧工厂对于ToB的电力和工厂场景。

■ 电网领域

电力配电网覆盖广，终端规模大，依托运营商蜂窝网络实现配电网覆盖，有效降低建网成本。电网领域存在着广泛的数采、视频类的需求场景，常见的包括智能台区、配网PMU、线路故障监测、电力巡检、作业安全监控、配电自动化三遥和配网差动保护等。在电力网络中，还存在着部分场景需要授时的特殊要求。部分具体场景的技术要求指标可参见下表所列：

业务名称	通信需求					
	时延	速率	可靠性	授时	安全隔离	连接数
智能台区	≤1s	10kbps~10Mbps	99.9%	N/A	生产控制大区	1~10 个/km ²
配网 PMU	≤50ms	≥2Mbps	99.99%	1μs	生产控制大区	X*10 个/km ²
线路故障监测	≤50ms	≥2Mbps	99.99%	N/A	生产控制大区	1~2 个/km ²
电力巡检机器人	≤1s	≥4Mbps	99.9%	N/A	生产管理大区	≤10 个/km ²
输电线无人机 巡检	控制≤ 100ms 采集≤1s	≥2Mbps	控制≥ 99.99% 媒体≥99.9%	N/A	生产管理大区	≤10 个/km ²
输电线路状态监测	≤1s	100kbps~35Mbps	99%	N/A	生产管理大区	≤10 个/km ²
作业现场语音通信	≤600ms	≥256kbps	99%	N/A	管理信息大区	按需部署
作业现场视频	≤600ms	≥4Mbps	99%	N/A	管理信息大区	按需部署
配网自动化三遥	≤1s	≥20kbps	99.9%	N/A	生产控制大区	X*10 个/km ²
秒级负荷控制	≤1s	20kbps	99.9%	N/A	生产控制大区	X*10 个/km ²
配网差动保护	≤80ms	≥2.5Mbps	99.99%	3μs	生产控制大区	X*10 个/km ²
配网自愈	≤200ms	0.5Mbps	99.99%	10μs	生产控制大区	X*10 个/km ²

从上述电网各场景的通信需求来看，大部分场景应用对速率要求并不太高，对时延要求也不是非常苛刻，但需要比较强的安全隔离性和可靠性要求，对5G网络的切片资源隔离、5G LAN、精准授时有强烈的需求。电网的应用场景分布在电力的发、输、配、用各个环节，涉及定制终端种类比较多，

需要将5G模组融入到能源控制器、融合智能终端、馈线终端、继保装置、负控终端、用电互动终端等各类专用电力终端中；电网各场景中终端规模非常大，中高速率业务场景，对模组的成本比较敏感，因此电网领域是对5G RedCap需求最强烈的领域。

■ 工业领域

工业领域覆盖范围广，包括电子制造、家电制造、汽车制造、钢铁冶金、装备制造、化工、矿山、港口等多个工业领域。工业领域的应用场景多，典型场景如工业数采、工业视觉检测、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、港口智能理货、港口岸桥远控等，部分具体场景的技术要求指标可参见下表所列：

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) ≥9Mbps(文件传输)	99.99%	业务隔离	X*100 个/5000m ²
SCADA 设备数采	≤200ms 实时采集≤100ms 控制≤50ms	1Mbps (数采) ≥9Mbps(文件传输)	99.99%	业务隔离	X*10 个/5000m ²
AIDC 数据采集	≤200ms	1Mbps	99.99%	业务隔离	X*100 个/5000m ²
工业视觉检测	100ms~1000ms	≥4Mbps(单连接)	99.99%	业务隔离	X*10 个/5000m ²
仪表数据读取	100ms~1000ms	≥4Mbps	99.9%	无	X*100 个/5000m ²
生产园区监测	≤50ms	≥4Mbps(单连接)	99.9%	无	X*100 个/5000m ²
危险区域巡检	≤50ms	≥4Mbps	99.9%	无	X*100 个/5000m ²
智能物流调度	50ms	≥2Mbps	99.99%	无	X*10 个/5000m ²
设备远程控制	≤100ms	≥200kbps(下行控制) ≥4Mbps (上行视频, 单路)	99.99%	业务隔离	X 个/10000m ²
港口智能理货	≤200ms	≥4Mbps (单路)	99.9%	业务隔离	X 个/10000m ²
港口岸桥远控	≤40ms	≥200kbps(下行控制) ≥4Mbps (上行视频, 单路)	99.99%	业务隔离	X 个/10000m ²

每个行业的业务场景需求差异性较大，数据采集应用广部署密度大、视觉质检对带宽要求高、远程控制/工业控制对网络确定性要求高；不同业务场景需要进行网络资源隔离、SLA保障，5G网络能够更好地匹配工业领域的定制化需求。除了运动控制的超低时延超高可靠性的需求之外，5G RedCap可以满足工业领域大部分场景需求，5G RedCap的低成本更有利于5G在工业生产域的广泛使用。

■ 视频监控

视频监控在ToG、ToB中都较为普遍存在的场景，比如智慧城市的安防监控、城市治理和车辆管

理，以及化工、矿山等特殊行业的强制安防监控等。其中一些特殊场景对无线化的视频安防比较强烈，例如G端的水务巡查、水库监控、河道监控、高速公路、防溺水、森林防火等特定场景、B端的渔业、矿区、牧场、工地、茶园、养殖基地等相对偏远环境安防需求。部分具体场景的技术要求指标可参见下表所列：

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
安防监控	≤1s	4Mbps~10Mbps	99%	公安交管单独隔离	大于100个/km ²
社区治理	≤1s	4Mbps~10Mbps	99%	无	30~50个/km ²
工地管理	≤500ms	4Mbps~10Mbps	99%	无	20~30个/km ²
移动执法仪	≤1s	4Mbps~10Mbps	99%	公安交管单独隔离	10~20个/km ²
应急管理	≤500ms	4Mbps~10Mbps	99%	无	5个/km ²
公交车/班线车	≤1s	≥4Mbps	99%	无	30~50个/km ²
急救车	≤1s	≥4Mbps	99%	无	10个/km ²
渣土车	≤1s	≥4Mbps	99%	无	10个/km ²
行业高码率视频	≤500ms	7.5Mbps~25Mbps	99.9%	无	X*100个/km ²

视频监控领域对网络连接的性能要求普遍不高，视频分辨率普遍在720P、1080P、2K，带宽要求在10Mbps以内，4G Cat4可以满足此类需求。未来视频监控的发展趋势有两个方面：一是视频分辨率进一步提高，达到4K-8K，对上行流量要求进一步增加；二是AI+视频分析渐渐成为主流，需要边缘侧提供算力，4G网络渐渐难以满足视频监控网络的要求。与此同时，5G网络已经具备提供大上行和边缘计算的能力，但是eMBB的5G终端价格较高，影响了视频网络的规模发展。

■ 可穿戴场景

预计RedCap在一些其他应用场景最终也会得到广泛的应用，典型的如个人穿戴、车载等场景。

可穿戴设备是当前ToC市场的热点，近几年的CAGR达到40%左右，未来将会成为仅次于手机的第二大ToC终端。具体的设备包括智能手表、智能手环、智能眼镜、智能工卡等，部分具体场景的技术要求指标可参见下表所列：

业务名称	通信需求				
	时延	速率	可靠性	安全隔离	连接数
智能手表	≤1s	10Mbps~20Mbps	99.9%	N/A	X*100个/km ²
智能手环	≤1s	5Mbps~10Mbps	99.9%	N/A	X*100个/km ²
智能眼镜	≤1s	20Mbps~30Mbps	99.9%	N/A	X*100个/km ²

可穿戴领域产品的特点是尺寸小，采用电池供电，功耗和成本是最主要的诉求，可以通过在RedCap终端中增加UE节能技术，如寻呼增强(PEI)，PDCCH监听自适应，唤醒信号(WUS)，小数据传输(SDT)等功能进一步降低设备功耗，实现业务需求。

■ 车联网

随着智能网联汽车的日益普及，人们对智能交通基础设施的需求及服务能力要求也越发强烈。一方面智能网联汽车需要智慧城市基础设施来增强感知、提供交通信号、路况数据等信息服务，通过网联赋能，实现高等级自动驾驶；另一方面，解决传统交通系统带来的交通拥堵、安全事故、停车难等问题。5G网络与车路云一体化方案融合，充分发挥5G网络站点多、覆盖广，管理运维、运营方式成熟的优势，同时结合5G-Advanced增强技术，把5G通信网络及智慧路侧基础设施建设方案深度融合，为“车路云一体化”方案落地提供支撑。其中，基于5G网络和车载通信的通信模块，能够实现车辆的数据采集、处理、发送和接收，以及能够实现道路设施的数据采集、处理、发送和接收，其5G终端需求数量大，同时车联网每个终端对时延、带宽要求不高，5G RedCap低成本、低功耗终端催生多样化形态，大大降低成本，助力车联网的进一步发展。

■ 移动宽带

移动宽带（Mobile Broadband），是在移动场景下提供高速无线网络接入的应用，使得用户通过移动设备（如智能手机、平板电脑、笔记本电脑等）随时随地连接到互联网。典型的终端形态是MiFi和USB Dongle。

在5G的上半场，受限于这两类终端的成本、功耗和尺寸，5G eMBB的移动宽带应用未得到较好的普及。RedCap时代，FWA率先以USB Dongle作为商用终端形态集中呈现，主要原因：

1) 对速率的要求不高

相较于CPE，MiFi和USB Dongle不需要承受多用户同时接入宽带。

2) 尺寸精巧，更适合广泛应用

eMBB的MiFi和USB Dongle尺寸都偏大，RedCap在基带和射频上的“减法”使得MiFi和USB Dongle又能回到3G/4G时代的经典尺寸。加之更低的成本，5G RedCap的MiFi和USB Dongle相比5G eMBB能更“符合”更多应用的实际需求。

5G RedCap USB Dongle可满足更多场景的“插入”应用

Dongle采用USB接口，可以灵活适配PC、工控机和机械臂等具备2B领域USB接口的终端；此外，针对家庭宽带，RedCap的USB Dongle还可以帮助固网运营商提升宽带上网的用户体验和服务质量。

4 RedCap 产业实践

在物联网领域，中兴通讯推出RedCap + X方案，可在继承5G代际优势的同时最大化降低终端成本，为千行百业提供可定制的“物美价廉”的5G连接服务。中兴通讯已在全国多张网络实现了RedCap规模商用，并携手行业伙伴完成了多项RedCap典型应用验证。在5G-A阶段，RedCap持续演进，助力万物互联时代的到来。

4.1 广域网实践

面向广域网应用场景，如智慧电网、车联网、可穿戴等，中兴通讯已联合运营商和行业伙伴进行了丰富的RedCap应用探索。

■ 智慧电网

基于5G的智慧电网涉及电力系统发电、输电、变电、配电、用电等多个环节，包含大量终端，尤其是用电环节，大规模的集中器、能源控制器等边缘接入设备广泛分布于用电网络中，可对所有安装在用户侧的底层感知设备进行信息采集、数据诊断、策略生成和下发，实现供能侧的能源协同优化以及以公共用能设备的用能侧负荷控制。RedCap终端较传统5G终端而言，具有成本、功耗减半的优势，且仍可以继承5G网络的切片、低时延、高可靠等特性，更有利于5G应用的规模化部署。对于需要大规模部署的集中器、能源控制器而言，RedCap是一种高性价比的选择。2023年10月，中兴通讯联合山东移动、国家电网山东省电力公司等产业伙伴在济南起步区率先实现全国首个RedCap电力终端现网投产。基于2.6GHz商用频谱，RedCap能源控制器、集中器顺利接入5G电力专网，实现远程抄表终端时间精度提升、传输稳定性提升，让济南起步区成为全国“RedCap电力应用第一区”。根据现场测试和验证，RedCap终端网络接入成功率、数据上报成功率、远程指令下发成功率均达到100%，后台监控电力终端接入时延、数据上传、下载速率等关键指标均满足电力业务需求。本次实践充分证明5G RedCap在用电场景中的可用性，未来RedCap集中器、能源控制器的广泛部署将充分发挥电网在能源汇聚传输和转化中的关键作用，有效提升电网服务质效和管理水平，提高电网设备利用率和全社会用能效率。

■ 智慧停车场

智慧城市是另一种典型的广域应用场景。智慧城市建设包含智慧政务、智慧交通等多个领域。智慧停车是智慧交通的重要组成部分。智慧停车是利用信息和通信技术实现城市停车资源检测、管理、服务的一种智慧应用。随着国家和地方政府的大力支持，预计未来智慧停车项目将日益增多，产业规模有望达到万亿级。对于一个完整的智慧停车系统而言，稳定、可靠的网络通信是不可或缺的组成部分。考虑到城市停车场分布广泛、位置随机，且存在众多存量停车场的智慧化改造需求，泛在、灵活的5G无线网络可为智慧停车网络通信提供一种新选择，其大容量、广连接、高性能的特性可充分使能

智慧停车应用。5G RedCap是5G物联网的新技术，可基于现有5G网络升级部署，相对有线部署而言，成本低且高效，同时可继承5G的大容量、切片等特性，为智慧停车场提供一张满足需求的高性能网络，将助力5G+智慧停车应用规模化发展。2024年4月，中兴通讯携手四川移动等合作伙伴在德阳打造了基于5G RedCap的智慧停车场，可为车主提供高效、流畅的停车体验。5G RedCap技术可将停车场内车位检测摄像机、车位引导屏、LED收费显示屏、道闸等设备连接至停车管理云平台，实现停车资源无人化、精细化的统管统控，助力停车位资源优化配置，促进城市交通资源利用效率的提升，进而推动城市数字化治理的发展进程。

4.2 局域网实践

面向局域网场景，如5G全连接工厂，智慧物流园区等应用场景，中兴通讯也联合运营商和行业伙伴进行了RedCap相关应用探索。

■ 智慧工厂

智慧工厂中存在需要大规模连接的终端，如数据采集设备，安防摄像头等。5G网络可为智慧工厂中的终端提供广连接、低时延、高可靠的连接能力，但考虑到终端的大规模部署，终端成本和功耗也是需要考虑的重要因素。RedCap终端可提供一种更高性价比的选择。2024年5月，中国移动陕西分公司携手中兴通讯、高新兴等产业伙伴在中兴通讯西安智能终端生产基地顺利完成5G RedCap在智慧工厂的应用实践。本次应用示范实现了5G RedCap技术在工业数据采集、工业PDA识读、AGV物料转运、园区智慧安防等多个场景的应用可行性。RedCap为贴片生产线的锡膏检测站位扫描仪提供了高效的数据传输通道，使能生产数据实时上传至数据中心，为生产管理和设备维护提供了重要依据；RedCap的广覆盖特性确保PDA在工厂各处都有稳定、可靠的网络连接；RedCap的低时延、高可靠特性使AGV与云化调度平台的指令传输速度更快，充分使能工厂的自动化、智能化作业。同时，RedCap的低功耗特性也确保了AGV能够长时间稳定运行，减少了维护成本；RedCap基于5G大带宽的特性，为高清安防摄像头保障了清晰、流畅的回传体验。本次实践为RedCap在工业智能制造行业的应用提供了较高的参考价值，将使能5G全连接工厂的全面建设，为RedCap技术的广泛应用打下坚实基础。

■ 智慧园区安防

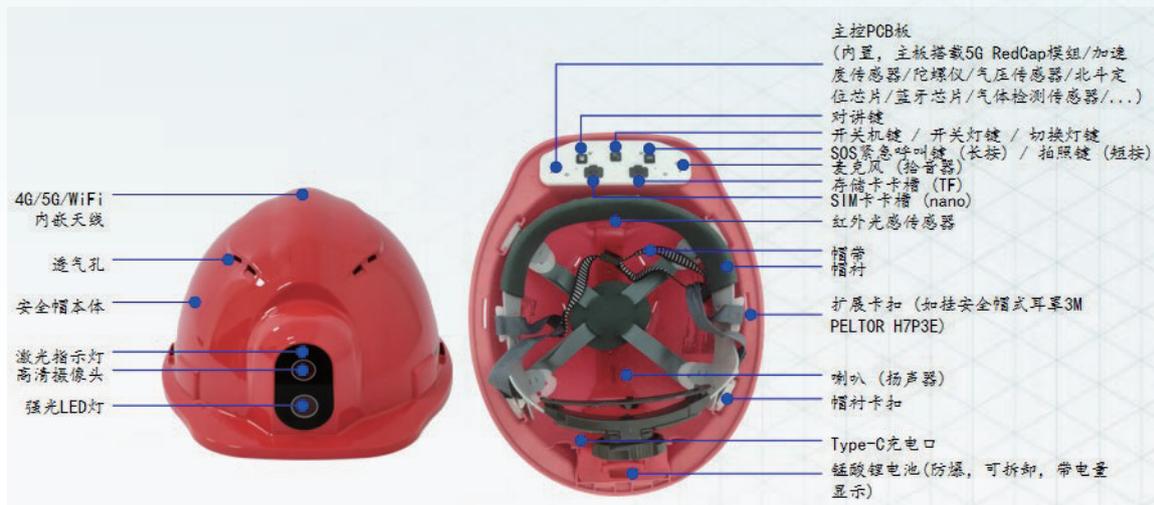
高清视频监控是工业园区最常见的安防措施，如果需要新建高清视频监控链路，采用有线部署时需要考虑“挖沟埋缆”，工程实施成本较高，基于无线蜂窝网络的部署方式则更高效、成本更低。5G网络具备大带宽的特性，可为实时的高清视频回传提供上行并发大容量保障。RedCap终端具备低成本优势，同时可继承5G网络的大容量特性，因此，在智慧工业园区的建设中，可考虑采用RedCap来实现园区安防。2024年4月，中兴通讯携手中国移动德阳分公司、德阳中烟等产业伙伴完成了

RedCap工业园区安防场景下的应用实践，为冷却塔实现了24小时不间断安防保障，回传视频清晰、流畅，充分验证了RedCap技术在智慧安防领域的可用性、可推广性，为无线高清视频监控领域提供了一种更高性价比的解决方案。

智慧建材

智能安全帽是工业领域的典型穿戴设备，除了满足工业领域的业务场景需求外，作为穿戴设备续航时长、重量和散热直接影响使用体验，对RedCap低功耗的需求强烈。2021年，华润建材科技获批承担国家发改委5G新基建重大专项课题项目，专项课题核心建设内容为“一模一网一平台”，其中“一模”即5G模组及5G行业终端研发，关键指标要求“实现轻型化行业5G模组的量产能力和行业5G终端规模化部署，行业终端部署数量不少于1万个。部署行业终端中轻型化5G模组的比例不低于50%，5G模组成本大幅降低”，其中最典型的终端就是5G智能安全帽，从穿戴设备体验出发，也要求基于5G RedCap模组开发智能安全帽。

2022年3月，华润建材科技联合中兴通讯共同成立“5G+智慧建材联合创新实验室”，对5G智能安全帽进行联合研发。研发过程中实现了两次跨越，第一次是2022年中用国产5G模组升级替代了国外5G模组，实现了向“国有化”的重要跨越，第二次是2023年末用国产5G RedCap模组升级替代了国产5G模组，实现了向“轻型化”的重要跨越。这两次的研发成果，有力地保证了课题要求的“国有轻型化5G模组”指标的顺利达成。采用5G RedCap模组的5G智能安全帽在华润建材科技的12个水泥基地的经过使用反馈，相比较之前采用标准5G模组的安全帽，因为5G RedCap模组使得占主要的通信和数据传输带来的功耗降低，所以无需再配备大容量电池，不仅有效地减轻了安全帽的整体重量，更是很好地提升了一线工人安全帽的佩戴体验。



上图为联合创新实验室研发的“软件定义5G智能安全帽”，基于软件定义功能，使传统安全帽具备了AI语音控制、人员实时定位、生命体征监测、集群语音对讲、视频拍照及多种告警等功能，更关注作业人员安全，完全解放作业人员双手，提高生产作业效率。

5 构建RedCap能力和生态

5.1 网络能力

面对5G RedCap应用场景多且杂的特点，考虑到RedCap落地需要，中兴通讯推出了“基础+增强+叠加”高完整度RedCap解决方案，支持RedCap分阶段分场景平滑应用到各场景中，助力RedCap从“能用”到“好用”。

■ RedCap基础功能保障RedCap平滑接入5G现网:

5G RedCap终端作为新类型5G终端接入网络时，系统将对其进行接入控制与用户识别，并对其进行灵活的BWP 带宽策略调整及移动性管理等，最终保障RedCap终端可高效接入并适应5G现网。

■ RedCap增强功能实现网络资源的最大化利用:

RedCap融入5G现网，需考虑与原有网络及终端的兼容共存。中兴通讯考虑从容量、覆盖、节能等方面进行增强。容量增强方面，面向并发大容量场景，如高清视频监控场景下的上行并发视频回传，考虑通过自适应BWP激活与关断、不对齐空分等功能，实现系统频谱效率最大化，同时提升用户体验。覆盖增强方面，由于RedCap终端能力削减，相较原有eMBB终端，其边缘速率会受到影响。中兴通讯支持业务信道重复传输等多项上行覆盖增强功能，可提升RedCap终端上行覆盖能力，使其在网络边缘处亦可满足业务速率需求，最大化利用当前网络规划结果，减少网络变动频次。节能增强方面，考虑RedCap典型应用场景中的业务特点，如可穿戴设备的多次、小包业务上报，中兴通讯支持基于RedCap小包业务传输，从而减少信令开销，延长终端续航时间。

■ RedCap叠加功能助力RedCap深度融合差异化场景需求:

RedCap最终需要落地至千行百业之中，而不同行业有其特有需求，需要差异化网络能力匹配。中兴通讯面向不同行业，支持RedCap网络能力定制。面向电力行业，存在控制类业务与管理类业务隔离的需求，RedCap叠加切片，可更好地满足场景需求。RedCap叠加高精度授时将更好地满足差动保护等电力行业的控制类业务。RedCap叠加NodeEngine，可提供基于基站的边缘算力，支撑AI视频监控场景的实现。RedCap叠加低时延高可靠，可充分使能工业领域例如智能工厂中的远程控制类业务。面向可穿戴设备，RedCap叠加VoNR可满足高清视频通话等基本需求。

■ RedCap移动性增强解决终端移动性问题:

5G站间：R17标准定义了5G基站间基于XN接口的RedCap能力传递，但现网中异厂家之间较少未配置XN接口，可能导致RedCap终端无法向异厂家5G基站切换或切换失败。中兴通讯通过自有的5G移动性增强策略，可以精准控制RedCap终端是否向异厂家基站切换，提升网络切换指标。

45G系统间：具备45G双模能力的RedCap终端，在现网做4G到5G移动性时，由于4G基站不识别终端的RedCap能力，也无法判断5G邻区是否支持RedCap，在默认的重定向策略下可能导致终端重定向失败→重选→重定向死循环，中兴通讯通过自有的4G移动性增强策略，可以精准控制RedCap终端是否向5G邻区进行切换，极大改善用户体验。

中兴通讯积极参与RedCap技术验证、推动产业链成熟及行业试点部署等工作，携手中国移动，已率先吹响RedCap商用号角，开启全国多个主要城市的RedCap商用网络升级计划，当前已完成广州、深圳、佛山、南京等多个城市的RedCap部署，规模已超四万站，进一步推动了经济社会数字化、智能化转型进程。

5.2 终端能力

RedCap终端裁剪5G能力，其中包括最大带宽为20MHz、天线数降为1T2R或1T1R等,主要针对可穿戴设备、工业无线传感器和视频监控等中高速应用场景。RedCap终端相通过降低终端设备（UE）的复杂性，实现比5G终端成本下降2~5倍，比eMBB终端耗电低，功耗可降低50%以上,复杂性更低，比URLLC更广泛的覆盖范围。

RedCap终端上和网络协同功能外，还有：

减少UE RX/TX的天线数降低成本：射频组件成本是UE成本的主要部分（约占40%–50%），减少UE RX/TX天线的数量是降低成本的重要方式，引入单个Rx天线以降低UE成本，显著降低UE的复杂度和成本。

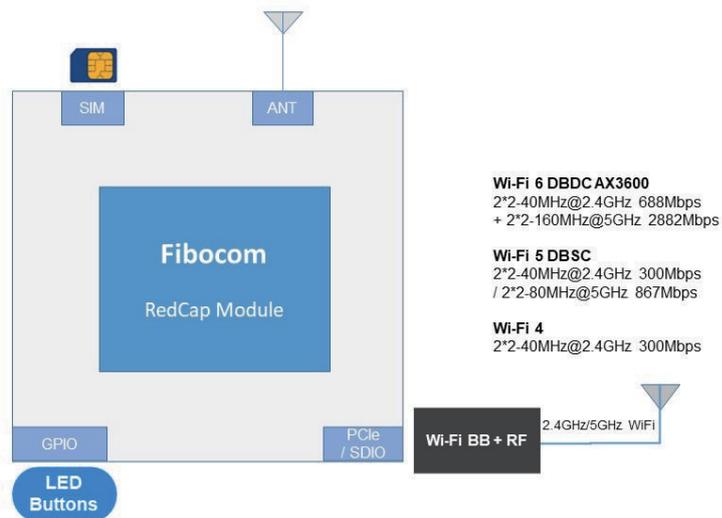
UE带宽降低减少复杂度：UE带宽减少是降低UE复杂度的重要特征。对于性能降低的NR设备，UE带宽减少适用于射频和基带。减少最大UE带宽可以显著降低UE在基带处理方面的复杂性。

■ 中兴通讯RedCap终端产品：

中兴通讯在移动互联网终端方面有着多年的积累，深耕FWA（CPE）&MBB（ufi和数据卡）产品领域，具有丰富全面的平台经验，产品涵盖中兴微电子、高通、MTK、ASR、展锐等多个平台，多次联手高通实现4G&5G Modem新平台的全球首发。中兴FWA&MBB产品在2022和2023连续两年全球市场占有率第一，5G FWA&MBB出货量超过4百万台，海外5G FWA运营商覆盖率77%，达到119个。中兴终端着眼于更务实的产品策略，在RedCap终端产品上始终保持与各芯片平台的沟通，已在2024年4月发布RedCap模组ZM9011R，未来将综合考虑成本、市场成熟度等因素，推动架构更简化、成本更低的国产外围器件趋于成熟，会在2024年下半年开始陆续推出RedCap模组、MBB、FWA等更具竞争力的RedCap终端产品。

■ 广和通已推出基于RedCap模组的MiFi和USB Dongle解决方案，如下图：

MiFi Solution based on RedCap Module



△广和通基于RedCap模组的MiFi解决方案

USB Dongle Solution based on RedCap Module



△广和通基于RedCap模组的USB Dongle解决方案

固移融合

固移融合是将传统的固定通信网络（有线网络）与移动通信网络（5G蜂窝网络）进行融合，以实现更高效、更灵活、更可靠的通信服务。

其有两种工作模式：

1) 蜂窝网络为有线网络提供备份

当有线网络出现故障（断网）的时候，固移融合网关（GPON+5G或DSL+5G）启动内部的蜂窝部分，让局域网的对外连接切换到5G。切换期间全程“无感”，不影响用户上网。

2) 蜂窝网络和有线网络同时工作

固移双网聚合可提供更高的上下行吞吐量。5G时代，固移双网聚合可进一步为用户提供明显优于4G网络的高速体验。

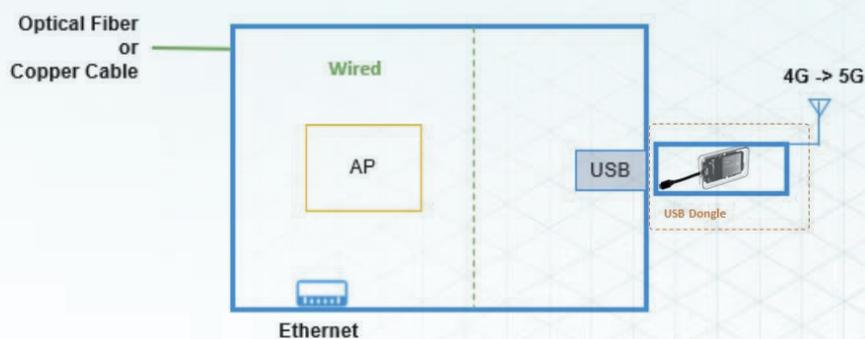
此外，在传统的通信网络中，固定网络和移动网络往往是独立运行的，它们具有不同的架构、管理方式和技术标准。固移融合的目标是实现通信网络的统一管理和资源共享，让用户在固定及移动环境下均能获得更快速、更可靠、高质量的通信服务，同时降低运营成本和提升网络效率。

得益于RedCap的成本优势，固移融合可更广泛应用，并带来了超过4G(Cat.4)的网络体验，尤其是上行，甚至远超过4G+(Cat.6)的能力。

运营商开展固移融合业务可以充分利旧，通过原有固网网关（GPON ONU和DSL Modem）的USB接口外接RedCap的USB Dongle形式，方便灵活升级网关，极大降低运营商的运营成本。

广和通率先洞察RedCap固移融合趋势，已率先推出RedCap USB Dongle的固移融合解决方案，如下图：

External Cellular by USB dongle



△广和通基于RedCap模组的USB Dongle固移融合解决方案

■ 四信工业路由器

在工业物联网（IIoT）持续发展的背景下，稳定、高效的网络连接成为实现智能化、自动化的关键。四信5G RedCap工业路由器作为一种先进的通信设备，结合了5G通信技术和RedCap的优势，为工业应用提供了可靠的通信解决方案。



高性能与稳定性。四信5G RedCap工业路由器采用了高性能工业级微处理器，确保在复杂的工业环境中稳定运行。基于四信在工业物联网领域的深厚技术积累，该路由器搭载了自研的工业级嵌入式系统，进一步增强了设备的可靠性和稳定性。

丰富的工业接口及协议。产品具备丰富的工业接口，便于物联网现场设备接入。它提供1个RS232接口、1个RS485接口、1个以太网LAN接口以及1个以太网LAN/WAN接口。这些接口使得路由器能够同时连接串口和以太网设备，无论是智能仪表、PLC、传感器等串口设备，还是其他以太网设备，都能轻松接入，实现数据的快速传输和交换。而在北向连接能力上，四信5G RedCap工业路由器也有着强大的适配能力。无论是Http、MQTT、Socket、TR069等通用协议还是定制化的专属私有协议，四信工业路由器支持与各类MES、SCADA等控制系统及平台的快速对接。

无线连接支持。四信5G RedCap工业路由器同时支持2.4GHz和5.8GHz的WIFI功能，为物联网项目的快速搭建提供了无线连接的可能性。通过无线方式，用户可以快速构建物联网应用网络，无需复杂的布线工作，极大提升了项目的灵活性和便利性。

安全性与远程管理。路由器内置了高级安全机制，如VPN、防火墙和数据加密等，确保数据传输的安全性和完整性，有效防止网络攻击和数据泄露。通过四信云平台，用户可以实现对设备的远程管理和监控，实时掌握设备状态，方便进行参数配置和故障排查。

除了上述特点外，四信5G RedCap工业路由器还支持5G LAN、高精度授时以及高可靠低时延等特性。这些功能使得路由器在能源受限的应用场景中具有显著优势，并确保在关键应用中时间同步的准确性和数据传输的可靠性。

凭借其高性能、稳定性和安全性，以及丰富的工业接口和无线连接支持，四信5G RedCap工业路由器在智慧工厂、智能电网、交通运输和环境监测等领域展现出良好的应用潜力。它将成为推动工业物联网持续发展的重要力量，助力企业实现智能化、自动化的转型升级。

■ 四信RedCap+AI网络摄像头

随着物联网IoT与人工智能AI技术的深度融合，AIoT（人工智能物联网）已成为推动工业

物联网（IIoT）持续发展的重要力量。四信RedCap+AI网络摄像头正是这一趋势下的杰出代表，它融合了AIoT的核心概念，为工业领域的监控和智能分析带来了全新的解决方案。



人工智能AI能力的集成。RedCap+AI网络摄像头集成了先进的深度学习算法，实现全场景AI监控预警。设备支持智能资源模式切换，Smart事件(警戒)、人脸抓拍、道路监控、热度图、人数统计，多种智能模式可按需切换。支持事件侦测包含，徘徊侦测，人员聚集侦测，快速运动侦测，停车侦测，物品遗留侦测，物品拿取侦测，场景变更侦测，音频陡升侦测，音频陡降侦测，音频有无侦测，虚焦侦测等，并可实现上传中心，Email，报警输出（-S型号支持），录像，抓图，声音报警（-S型号支持），闪光报警（等事件联动）。

物联网IIoT的连接能力。传统的有线数字摄像头，在很多场景下存在布线困难、通信受阻的情况。而5G摄像头无法加入诸如5G LAN、5G专网等面向工业物联网的专有网络中，传统5G摄像头的成本又过高，因此RedCap技术正是最适合应用在需要提供AIoT能力的摄像头上。四信RedCap+AI网络摄像头支持5G RedCap（移动、联通、电信、广电）+ 4G LTE网络接入，具备强大的网络传输能力。同时，它还支持GB28181、ONVIF、四信视频私有协议等多种对接方式，可快速接入各类常见的视频工具及平台，实现高清数据的快速传输和交换。

AIoT带来的优势。智能化升级：通过集成AI技术，RedCap+AI网络摄像头实现了从传统的视频监控向智能化监控的升级。它能够智能地识别和分析监控场景中的目标，自动触发报警、跟踪及设备联动等功能，极大地提高了监控的效率和准确性。

RedCap+AI网络摄像头作为AIoT在工业物联网领域的一个典型应用场景，充分展示了AIoT技术的优势和潜力。作为智能物联网监控系统的主要产品，专为物联网应用而设计。提供无线长距离、低延迟的高清视频。内置高性能工业级CPU，最大支持2T算力，丰富的南北向API接口，支持上百种行业算法，支持采集各类传感器数据并进行基本协议转换，实时在前端进行人工智能视频分析。不仅能够提供高清、稳定的监控画面，还能够实现智能化分析、远程管理等功能，为企业的智能化、自动化转型升级提供了强有力的支持。随着AIoT技术的不断发展和应用场景的不断拓展，相信RedCap+AI网络摄像头将在未来发挥更加重要的作用。

5.3 IoT生态验证

中国移动与中兴通讯等合作伙伴联合打造5G 物联网开放实验室(以下简称5G OPENLAB)联合共建RedCap测试能力,与行业伙伴一起推动 5G 行业终端、应用和方案成熟,加速促进RedCap生态繁荣。5G OPENLAB 定位于面向 5G物联网领域的产品验证中心、创新孵化中心和生态融合中心,打造快速融入5G 行业生态的“一站式产业创新验证平台”。5G OPENLAB 可为RedCap 行业生态伙伴提供开放测试环境,包括RedCap 终端基础功能测试能力、高低温环境下网络可靠性测试能力、行业应用部署环境、行业信道建模能力、应用端到端测试能力等,并提供实验室网络兼容性认证测试服务,发放认证证书。

当前,RedCap终端产业链“芯片-模组-终端”已初具规模,主流芯片/模组/终端具备商用能力。业界推出面向智慧电力、视频监控、工业制造等重点场景的终端产品,预计2024年将孵化更多行业类型RedCap终端,形态日渐丰富。

RedCap 终端介绍				
实物				
名称	数传 DTU	工业网关	工业路由器	RedCap+AI 网络摄像头
介绍	支持 5G LAN、5G 授时、支持 VXLAN、支持串口数据转发、DMZ 端口映射功能	支持 5G LAN、多 DNN、网络切片等 5G 原生能力	支持 5G LAN、高精度授时、高可靠低时延,可供串口和以太网设备同时连接	支持人脸检测、道路监控、通用行为分析等上百种算法及定制化功能、4/5G 双模,支持全频段及多种行业标准
场景	智能制造工厂、智能电力 AGV 等工业应用场景	PLC 协同控制、AGV 物流仓储管理、电力配网与差动保护	智能制造、设备协同、数据采集、智慧仓储、智慧矿山等	工业园区、智慧工地安保系统、学校、商超、医院

6 发展路径建议

作为技术性能、市场需求与价格成本平衡发展的产物，RedCap将成为未来主流的物联网技术，其应用场景将随着产业成熟扩展到ToC等领域，2024年是RedCap发展应用的关键年份，针对RedCap的创新发展与应用落地，我们建议：

1、网络先行，建设一张完整覆盖的RedCap网络

从前面几代物联网发展的经验来看，一张连续覆盖的基础网络是广泛应用的前提，2024年在全国重点城市以及相关物联网应用重点区域建设RedCap连续覆盖网络，逐步延伸扩大其覆盖范围，网络侧在现有5G网络基础上升级RedCap。网络侧可考虑多频协同部署，建设一张兼具覆盖和性能的5G中高速物联网，广域网的连续覆盖可广泛支撑智慧电网、智能安防、车联网、可穿戴等应用场景，促进产业数字化。

中兴通讯作为主要的基础网络供应商，在RedCap系统侧已经支持成熟应用的产品，将积极配合运营商实现RedCap网络的开通与升级，支持RedCap基础网络的调优与运维。

2、特定行业、重点行业RedCap应用落地推广

工业控制、电力能源等领域其需求与RedCap的能力最为匹配，推动在这些场景的示范应用，通过重点行业应用积累经验，解决网络、终端以及应用的协同，为后续全行业规模应用积累基础。

中兴通讯通过5G安全帽等终端形态RedCap项目实践，在相关重点行业验证了RedCap的端到端应用，积累了丰富的经验，希望与相关行业客户一起共同推动RedCap的实际应用。

3、推动RedCap终端、芯片研发，降低终端成本，加大系统、终端互通与适配测试验证力度

RedCap终端种类、数量与成本是制约其发展的主要障碍，2024年预计业界将推出若干RedCap相关终端产品，RedCap终端和模组的价格也将进一步降低。

中兴通讯在RedCap终端、芯片方面有长期积累，将很快推出若干相关RedCap终端；同时中兴通讯成立了RedCap IoT实验室，与业界多家终端伙伴进行了相应的IoT测试工作，也希望与业界更多伙伴一起推动RedCap终端的互通与应用。

7 总结与展望

作为5G时代新的物联网技术，RedCap得到了产业界的广泛关注，RedCap模组和相关终端产品价格的降低，打破了5G大规模进入行业的成本障碍，同时RedCap继承了5G面向行业的关键能力，如切片资源隔离、低时延、高可靠性、5G LAN、5G定位、节能、电力授时等特性，能够更好地满足不同行业的定制性需求。长远来看RedCap将成为主流的中高速率物联网技术选择。综合而RedCap尚在持续发展演进中，成本/功耗将进一步降低；对5G需求强烈成本比较敏感的领域，如电网、工业，将率先应用。视频监控、可穿戴领域是未来5G RedCap规模化应用的领域。短期看，80%使用5G接入的应用（规模较大、速率要求不高），都可以使用RedCap连接替代；中长期看，随着RedCap产业进一步成熟，成本接近4G时，可以承接Cat.4（R17）和Cat.1（R18）的应用。

当前RedCap产业链正在加速成熟中，在中国RedCap的发展处于国际领先地位，从系统侧来看，R17版本的RedCap经过运营商、设备商共同努力已经成熟，随着中国移动在23年底开始开通RedCap网络，预计国内运营商网络将在24年整体支持RedCap；在终端与模组方面，23年已经有若干款RedCap终端和模组发布，预计随着网络侧RedCap的陆续支持，24年RedCap终端和模组的种类和数量会有一个较大的增长；在RedCap产业应用方面，一些对5G切片、低时延等特性有强烈需求的物联网场景已经开始试点应用RedCap，预计24年其场景将会越来越丰富，规模也会有较大增长。

综合来看，我们预计RedCap尚有2-3年的发展期，由于终端和模组的价格等因素，从应用规模上来看短期内4G物联网仍然占据主要位置，随着市场与产品成熟、R18等RedCap标准的进一步演进与落地，预计几年内RedCap将逐步达到与4G物联网相当的价格水平，RedCap也将成为市场上主流的物联网技术选择。

作为全球领先的通讯设备供应商，中兴通讯具备5G RedCap端到端解决方案的能力，在系统侧中兴通讯与运营商进行了一系列的测试和验证工作，目前开始配合运营商进行RedCap的商用开通，并将第一时间根据R18标准的发展情况进行网络版本的支持和升级；在终端、模组和芯片方面，中兴秉持务实的产品策略，与当前主流平台进行密切合作，将推出系列化的RedCap终端产品，同时将根据RedCap产业的发展在RedCap模组和芯片方面适时规划；在RedCap工业应用实践方面，也在进行积极的布局与试点，在工业、电力等产业领域联合行业伙伴，进行RedCap的应用试点。随着5G、物联网技术的普及，RedCap将迎来更广阔的应用前景，中兴通讯将继续深耕RedCap领域，与全球伙伴一起共同推动产业发展，为用户带来更加优质、高效的端到端RedCap服务。

8 缩略语

缩略语	全称	释义
5G	5th Generation	第五代移动通信
5G-A	5G-Advanced	5G 网络的演进和增强版本
5G LAN	5G Local Area Network	5G 局域网
5GC	5G Core Network	5G 核心网
AIDC	Automatic Identification and Data Collection	自动数据捕获和自动数据收集
CAGR	Compound Annual Growth Rate	复合年均增长率
eMBB	Enhanced Mobile Broadband)	增强移动宽带
FWA	Fixed Wireless Access	固定无线接入
IoT	Internet of Things	物联网
MIMO	Multiple Input, Multiple Output	多输入、多输出
LPWA	Low-Power Wide-Area	低功率广域网络
LGA	Land Grid Array	栅格阵列封装
LCC	Leadless Chip Carriers	芯片封装方式
RedCap	Reduced Capability	5G 轻量化
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	即数据采集与监视控制系统
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
ToG	To Government	政府客户
URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communication	超高可靠低时延通信

参编单位

中兴通讯股份有限公司
中移物联网有限公司
福建省四信数字科技集团有限公司
深圳市广和通无线股份有限公司
深圳高新兴物联科技有限公司
华润建材科技有限公司

作者

柏钢、唐雪、刘爽、彭海清、徐方、曹妮、郭婧娜、丁光河、胡浩、黄颖恒、纪中伟、刘君、刘伟刚、刘建业、鲁东海、孟晓斌、倪燕子、秦芳、邱迪、束裕、王红欣、汪竞飞、武向军、肖小珊、熊曼卿、徐法禄、闫丽娟、叶郁文、朱良正

尹燕、李晓磊、何炳楠、郭继伟、黄伟林

张志坤、张宏杰、曾原野、蓝朝斌、杨春宝

陶曦、许良翻、郭建涛、郑银容、陶晓敏

黄兴华、黄靖晶、叶建强

黄凜希、刘辉、王愿杰

安权、卞易翔