



IMT-2030 (6G)推进组
IMT-2030 (6G)Promotion Group

《6G典型场景和关键能力》 白皮书



CONTENTS

01	6G 发展驱动力及典型特征	4
02	6G 市场趋势	6
	（一）6G 市场的主要特征	6
	（二）面向 6G 的新兴业务市场举例	7
03	6G 典型场景和业务应用分析	8
	（一）超级无线宽带	9
	（二）超大规模连接	12
	（三）极其可靠通信	13
	（四）普惠智能服务	14
	（五）通信感知融合	15
	（六）小结	17
04	6G 关键能力	18
	（一）关键性能指标	18
	（二）关键效率指标	20
	（三）关键能力呈现	21
05	总结	22
06	主要贡献单位	23

01 | 6G 发展驱动力及典型特征

面向 2030 年及未来，人类社会将进入智能化时代，数字世界与物理世界将无缝融合，社会服务均衡化、高端化，社会治理科学化、精准化，社会发展绿色化、节能化将成为未来社会发展趋势。经济、社会、环境的可持续发展以及技术的创新演进将驱动移动通信技术持续从 5G 向 6G 迭代升级，推进 6G 向泛在互联、普惠智能、多维感知、全域覆盖、绿色低碳、安全可信等方向拓展。

（一）6G 发展驱动力

一是经济可持续发展驱动力。首先，新一轮科技革命和产业变革加速推进，驱使经济社会生产方式、核心要素和产业形态发生深刻变化，数字化发展成为世界经济的重要议题和增长引擎。产业数字化将推动生产方式向更高质量、更加智能方向转变，需要以 6G 移动通信技术为代表的新型数字技术为全球经济发展注入新动能。**其次**，随着人民收入和生活水平的提高，全息视频、3D 视频、感官互联等更高品质服务将加速普及，极大地满足人们个性化、高端化的生活需求，这对移动通信技术性能提出了更高要求。**最后**，经济全球化已成为经济发展的助推器，全球性的分工协调带来更低的成本和更高的效率。未来 6G 移动通信技术将配合数字孪生、全息感知、沉浸式交互等多类数字技术，进一步降低人与人、人与机、人与物之间的沟通成本，助力国际分工更加协调有效、产业分布更加合理、生产效率进一步提高。

二是社会可持续发展驱动力。首先，未来社会治理

主体将进一步多元化，治理架构和治理过程将更加扁平化，社会管理体系也将呈现全要素网格化发展态势，需要 6G 技术配合其他数字技术共同作用，对科学精准的决策制定和动态实时的事件响应提供有效支撑。**其次**，当前全球正面临人口老龄化、少子化等严峻挑战，新兴经济体在享受人口红利后，逐渐深陷人口数量放缓和经济稳定增长之间的矛盾，世界贫富差距不断拉大，6G 技术将极大提升公共服务的用户体验，增强公共服务能力，成为有效应对收入失衡挑战、助力各群体协同发展、全面提升人类福祉的强大数字工具。

三是环境可持续发展驱动力。首先，降低碳排放、推动碳中和要求提升能效、实现绿色发展。我国“双碳”目标的提出将加速推动移动通信产业的节能和绿色化改造。同时，高耗能行业的绿色低碳转型也亟需 6G 提供更加精准、高效的数字化管理能力。**其次**，极端天气、疫情等重大事件驱动建立更加广泛的感知能力和更加密切的智

能协同能力。“绿天鹅”事件等全球极端气候变化要求移动通信网络实现环境生态预防、监测、保护、救援等管理闭环。全球蔓延的疫情等重大突发性事件亟需 6G 为代表的移动通信技术以更加普惠智能、高效的跨区域协同方式，实现社会资源的密切协同和灵活调度，助力更大范围的密集性动员。

四是技术创新发展驱动力。首先，移动通信技术的创新突破将驱动 6G 总体性能不断提升，超高速率信道编码调制、非正交多址接入、超大规模天线、太赫兹通信等技术的应用，将推动空口接入能力的量级提升，通信技术与人工智能、大数据、先进计算等技术的横向融合，孕育出信息、通信、数据等 ICT 融合新领域，促进网络向开放化、智能化、定制化发展。**其次**，通信新材料突破将助力 6G 实现变革性发展。例如，信息功能材料能加速新一代移动通信系统所需的存储器、光等信息材料进步；碳纳米管材料可制作比硅基芯片体积更小、热导率更高、能耗更低的芯片；石墨烯技术能以更低成本制造太赫兹等更高频段的新型光学器件等。

（二）6G 典型特征

6G 作为新一代智能化综合数字信息基础设施，将与人工智能、大数据、先进计算等信息技术交叉融合，实现

通信与感知、计算、控制的深度耦合，具备泛在互联、普惠智能、多维感知、全域覆盖、绿色低碳、内生安全等典型特征。**一是泛在互联**，6G 将从支持人与人，人与物的连接，进一步拓展到支持智能体的高效联接，构建智能全连接世界。**二是普惠智能**，人工智能将助力 6G 实现网络性能跃升，融合通信、计算、感知等能力支持各类智能化服务。**三是多维感知**，6G 将具有原生的感知能力，可以利用通信信号实现对目标的定位、检测、成像和识别等感知功能，获取周围物理环境信息，挖掘通信能力，增强用户体验。**四是全域覆盖**，6G 将融合地面基站、中高空飞行器、卫星等各类网络节点，实现空天地网络融合以及全球无缝地理覆盖。**五是绿色低碳**，6G 将以绿色低碳作为网络设计的基本准则，通过在技术创新、系统设计、网络运维等多个环节融入节能理念，降低 6G 自身能耗，同时赋能行业低碳发展。**六是内生安全**，6G 将通过构建内生安全机制、增强设备安全能力协同等，有效提升网络安全与数字安全。

总体看，6G 网络将以可持续发展的方式拓展移动通信能力边界，全面引领经济社会数字化智能化绿色化转型，最终实现“万物智联、数字孪生”的 6G 美好愿景。

02 | 6G 市场趋势

随着我国消费互联网和工业互联网的深入发展，ICDT 等数字技术不断融合，移动通信网络内涵进一步丰富，涌现出一批新功能、新业务，加快推动 5G 向 6G 演进和发展。IMT-2030(6G) 推进组预测，面向 2030 年商用的 6G 网络中将涌现出智能体交互、通信感知、普惠智能等新业务新服务，预计到 2040 年，6G 各类终端连接数相比 2022 年增长超过 30 倍（图 1），月均流量增长超过 130 倍（图 2），最终为 6G 带来“**千亿级终端连接数，万亿级 GB 月均流量**”的广阔市场发展空间。

6G 终端连接数 (亿台)

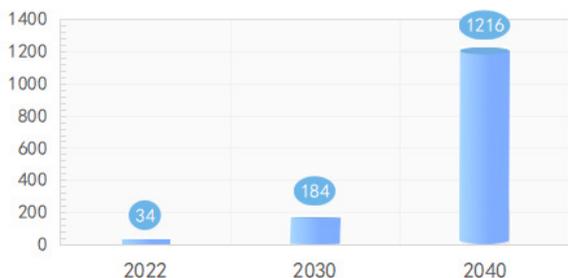


图 1 面向 6G 移动通信市场的终端连接数预测值

6G 月均流量 (亿 GB)

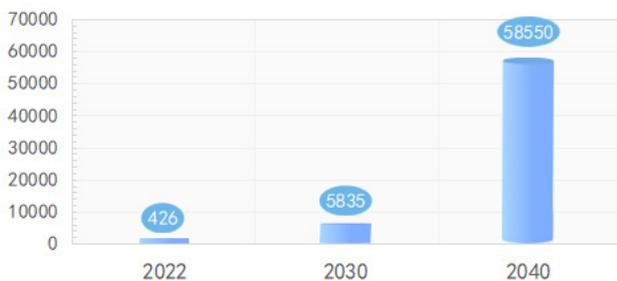


图 2 面向 6G 移动通信市场的月均流量预测值

(一) 6G 市场的主要特征

预测 1: 从终端数量看, 预计 2040 年, 智能手机业务保持稳定增长态势, 物联网终端将呈现千亿级爆发式增长、连接数占比超过 98%。一方面, 传统智能手机业务将在 6G 时期保持稳步增长, 预计到 2040 年, 我国移动用户数约 20 亿, 相比 2022 年增长超过 20%。另一方面, 面向智能生活和面向工业生产的物联网终端设备将呈现爆发式增长, 总体连接规模高达 1187 亿。其中, 面向智能生活的物联网终端将覆盖个人消费、零售支付等应用, 到 2040 年连接规模达 311 亿, 相比 2022 年增长近百倍（图 3）。面向工业生产的物联网终端将融合无线感知、人工智能、数字孪生等新技术, 广泛赋能汽车、能源、医疗、工业、远程监测、智慧城市、交通物流等行业领域, 预计 2040 年连接规模将超过 876 亿（图 4），深层次激发工业互联网发展潜力。

面向智能生活的物联网终端连接数 (台)

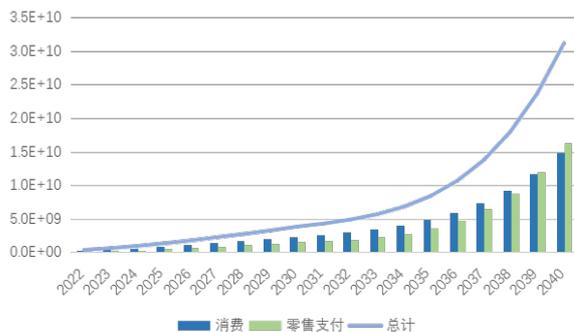


图 3 面向智能生活的物联网终端连接数预测

(二) 面向 6G 的新兴业务市场举例

面向工业生产的物联网终端连接数（台）

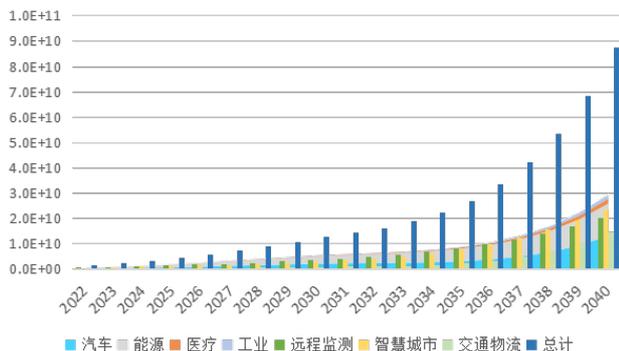


图4 面向工业生产的物联网终端连接数预测

预测 2：从月均流量看，预计 2040 年，基于 XR 设备、全息设备等新型终端设备的沉浸式业务快速发展，有望贡献超过一半的月均流量。 预计到 2040 年，新型终端设备数量规模将接近 7 亿台，其中 XR 设备、全息设备等面向沉浸式业务的产品趋于成熟，月均流量将突破三万亿 GB（图 5），贡献超过一半的 6G 月均总流量。

新型终端月均流量（GB）

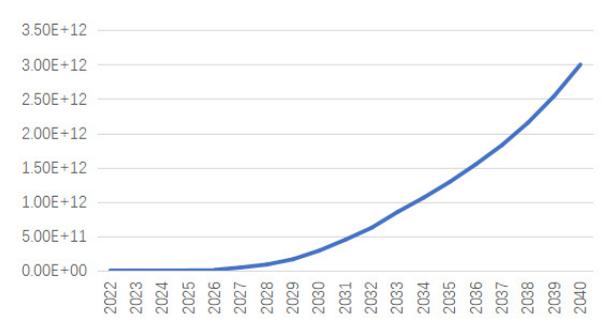


图5 新型终端业务月均流量预测

6G 将构建人机物智慧互联、智能体高效互通的新型网络，智慧内生、多维感知、数字孪生、安全内生等新功能将成为带动终端和流量市场快速增长的重要驱动力。预计到 2040 年，具备 6G 新型感知能力的移动通信设备渗透率将超 10%，实现人、机、物等与环境的深度融合；支持 6G 智能服务的智能体设备在移动通信设备中占比超过 15%，实现普惠智能化服务。

一是通信感知业务市场，无线感知应用走向精细化，到 2040 年通感设备规模将超百亿台，渗透率超过 10%。 通信感知是实现 6G 时代数字孪生愿景的重要基础性技术。**从市场需求看**，一方面，数字化社会转型带来通信感知业务发展机遇，无人机探测、智慧交通等场景需求强烈，市场空间广阔，感知设备数将迎来爆发性增长；另一方面，随着 6G 网络感知能力的不断提高，高精度定位、环境成像、动作及表情识别等各类应用数量及规模也将不断扩大。**预测显示**，到 2040 年，支持 6G 通信感知功能的设备载体将达到 126.9 亿台，设备渗透率超过 10%。

二是智能体业务市场，智能化服务将融入生产生活各领域，到 2040 年智能体设备规模近 200 亿台，渗透率超过 15%。 面向 6G 的智能体是具备人工智能能力，能够与外部交互、自我更新进化的智能实体，涵盖机器人、车、摄像头、专用机械等物理形式。面向 2030 及未来，越来越多的个人和家用设备、各种城市传感器、无人驾驶车辆、智能机器人等都将成为新型智能体设备，将呈现出从“感知、计算、联接、安全、执行”等基础能力向“交流互动、端云协作、自主移动”等高级能力拓展的发展趋势。**从市场需求看**，智能体业务将从个人及家庭类、工业制造类、社会服务类等三大类应用赋能，广泛覆盖教育、娱乐、家务、工业生产、医疗、物流、交通、农业生产等各领域。**预测显示**，到 2040 年，支持智能服务的智能体设备将超过 189.1 亿台，设备渗透率超过 15%。

03 | 6G 典型场景和业务应用分析

增强移动宽带、海量物联网、低时延高可靠是 5G 的三大典型场景，IMT-2030(6G) 推进组认为，面向 2030 年及未来的 6G 将在 5G 三大典型场景基础上深化，构建超级无线宽带、超大规模连接、极其可靠通信能力，并拓展感知和智能服务新场景，即通信感知融合和普惠智能，普惠智能还将赋能其他场景，实现网络性能和服务能力跃升。此外，6G 服务范围将扩展至空天地，实现全球立体覆盖。

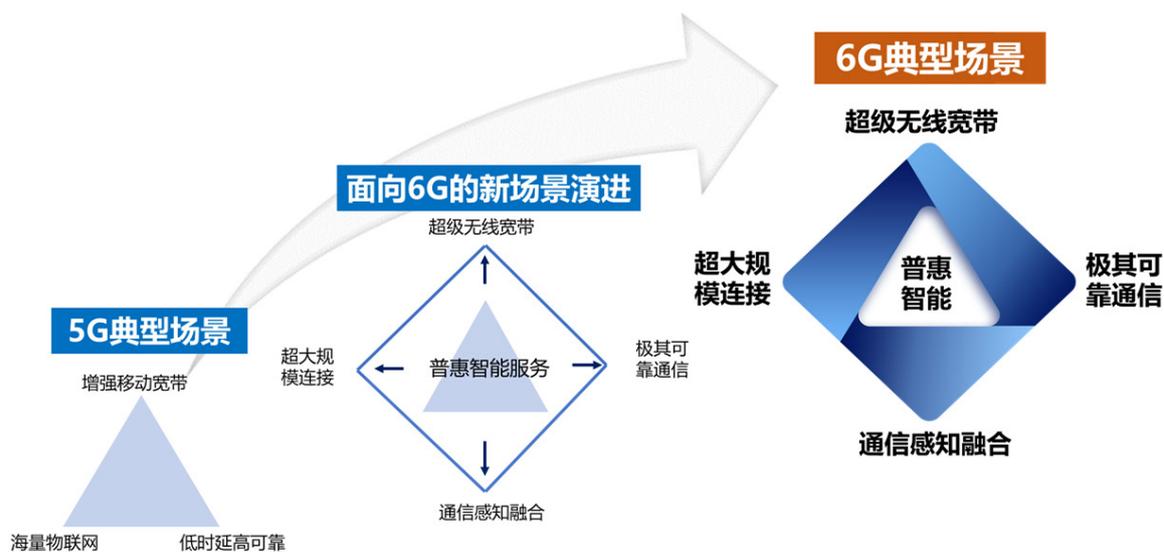


图6 从 5G 到 6G 的典型场景演进

2021年6月，IMT-2030(6G) 推进组发布《6G 总体愿景与潜在关键技术》白皮书，创新提出 6G 潜在业务应用，呈现沉浸化、智能化和全域化特点。本白皮书将结合五大典型场景和 6G 潜在业务应用，分析其对 6G 网络通信、计算、智能、感知、安全等关键能力的全新需求。

（一）超级无线宽带

超级无线宽带是增强移动宽带（enhanced Mobile Broadband, eMBB）的演进和扩展，不仅将极大提升以人为中心的沉浸式通信体验，也将在全球任意地点实现无缝覆盖。超级无线宽带场景将广泛应用于生活、生产、工作、教育、娱乐等多个领域，提升人们的生活质量和工作效率。

在热点部署的场景下，以人为中心的通信（例如，沉浸式 XR、通感互连、全息通信等）和以机器为中心的通信（例如，视频监控控制、工业机器人触觉反馈等）均对峰值速率、用户体验速率、系统容量、频谱效率提出更高的要求。此外，6G 网络还需要提供低时延和高稳定性以保障用户体验。

1、沉浸式云 XR

XR（extended reality, 扩展现实）业务不断向超高清、3D、浸入式、实时交互方向发展。XR 将从信息娱乐、远程教育等切入，替代面对面服务，同时逐步扩展到智慧安防、智慧城市、智慧工厂、数据中心等领域，助力各行业数字化转型。

未来云化 XR 系统将实现用户和环境的语音交互、手势交互、头部交互、眼球交互等复杂业务，需要在相对确定的系统环境下实现低时延与超高带宽，才能为用户带来极致体验。

类型	具体需求
通信需求	体验速率：Gbps 量级，对上行数据速率也提出高要求
	空口时延：<2.5ms
计算 / 智能需求	分布式计算支持云渲染、多触感融合等
感知需求	多维度感知，如位置、动作轨迹、触感等
	高感知精度、低感知信息传输时延等
安全需求	个人隐私需安全网络保障

此外，云化 XR 技术中的内容上云、渲染上云、空间计算上云等将显著降低 XR 终端设备的计算负荷和能耗，XR 终端设备将变得更轻便、更智能、更利于商业化。但同时，终端功率受限问题将更加突出，未来终端需要重点研究绿色低功耗方案。

2、全息通信

预计未来，随着 6G 网络能力的提升，以及高分辨率终端显示设备的发展，全息通信将自然逼真地还原多维度信息，实现人、物及其周边环境的三维动态交互通信，塑造智能沟通、高效学习、协同办公、健康生活、自由娱乐等生活新形态。全息通信将广泛应用于文化娱乐、医疗健康、教育、社会生产等众多领域，使人们不受时间、空间的限制，打通虚拟场景与真实场景的界限，使用户享受身临其境般的极致沉浸感体验。

全息通信要求网络支持实现大尺寸、高分辨率的全息显示数据传输，并行承载上千个并发数据流，同时保证全息交互的实时性，其对峰值速率、低时延等网络指标均提出了较高要求。

类型	具体需求
通信需求	体验速率：用户体验速率可达几十 Gbps 峰值速率：可达 Tbps 量级
	时延：< 亚 ms~10ms
	同步：多维度全息信息（视音频、触觉、嗅觉、味觉等） 需保持严格同步
计算 / 智能需求	全息图算力需求大，采集端需提供大容量通道，传输端需提供高速稳定网络连接
感知需求	多维度感知，如位置、动作轨迹、触感等
安全需求	人脸特征、声音等敏感信息需极高安全的网络保障

为实现大尺寸、高分辨率的全息显示，需要终端设备具备高效的编解码压缩和强大的空间三维显示能力。

3、感官互联

感官信息（即视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉）的有效传输将成为通信业务的重要组成部分，感官互联有可能成为未来通信的重要方式之一，将广泛应用于医疗健康、技能学习、娱乐生活、工业机械、道路交通、办公生产和情感交互等领域。

用于工业场景的远程操控需要非常精确的动作控制，对时延有较高要求。触觉反馈的交互式 VR、UAV 遥控等应用需要与目标物体之间实现频繁交互并同步反馈多感官信息，6G 网络需要为多感官交互应用提供平滑、可靠的连接。

类型	具体需求
通信需求	时延：高动态远程操控的时延要求为 1~10ms，以保证服务体验
	同步：多种感官（如听觉、视觉与触觉）之间的同步非常重要。要获得良好的用户体验，任意两种感官信息之间的相对时延必须低于 20ms
	体验速率：感官信息的吞吐率取决于质量需求，但通常不会大于 100Mbps
	可靠性：99.999%(高可靠的远程操控场景)
计算 / 智能需求	分布式与智能服务支持多感官融合
感知需求	动作识别
安全需求	个人生物特征需安全网络保障

（二）超大规模连接

超大规模连接将在 5G 海量物联网通信（massive Machine Type Communication, mMTC）基础上，拓展全新的应用领域和能力边界。超大规模连接的对象将包括部署在智慧城市、智慧生活、智慧交通、智慧农业、智能制造等场景的各类设备，典型应用包括远程抄表、环境监测、智能灯杆互连等。此外，未来数字孪生世界将通过部署大量传感器，实现对日常生活中各类设备的数据采集及传输，并通过建模、推演、决策等环节与物理世界交互。

超大规模连接的场景特点是连网设备数量巨大，但其中大部分可能仅产生零星散发的流量。与 5G 中仅支持大规模设备的低速率传输相比，6G 超大规模连接设备的传输速率将从低到高不等。数据包的传递频次根据具体应用也存在较大差异，例如从一天一次到几毫秒一次不等。此外，具备不同采集能力的传感器其寿命也存在较大差异。这一场景在某些用例下也需要支持高精度定位、高可靠性和低时延能力。

4、数字孪生

随着感知、通信和人工智能技术的不断发展，物理世界中的实体或过程将在数字世界中得到数字化镜像复制，人与人、人与物、物与物之间可以凭借数字世界中的映射实现智能交互。未来 6G 时代将进入虚拟化的孪生数字世界，应用领域包括：工业领域的数字域优化产品设计，城市领域的城市数据大脑建设，医疗领域的数字孪生人，农业领域的生产过程模拟和推演，网络管理领域的数字孪生网管等。以数字孪生城市为例，基于海量传感器、高清视频监控、无线感知等手段采集数据并进行高精度模拟，能够实现对数字城市的监测、诊断、预测，从而辅助对物理城市的精细化管控，助力构建新型智慧城市。

数字孪生将对 6G 网络的架构和能力提出诸多挑战，需要满足巨大的设备连接数、高吞吐量、低时延传输，以便能够精确实时地捕捉物理世界的细微变化和传输交互信息。在集中式和分布式架构下均可进行数据采集、存储、处理、训练和模型生成。

类型	具体需求
通信需求	体验速率：最高可至 Gbps 量级
	峰值速率：几百 Gbps
	空口时延：亚 ms 级
	区域流量密度：每平方米 0.1~10 Gbit/s
	连接数：每平方公里千万级 - 亿级连接
计算 / 智能需求	海量的数据分析，精准的建模和仿真验证，快速的迭代寻优和决策的集中式或分布式的智能生成模式
感知需求	精准感知辅助完成物理世界的数据采集
安全需求	数据隐私和安全需求

(三) 极其可靠通信

极其可靠通信将在低时延高可靠通信（Ultra Reliable Low Latency Communication, URLLC）的基础上进一步增强能力。典型应用包括智能化工业领域的机器人协作、无人机群和各种人机实时交互操作，智能交通系统中的全功能自动驾驶，精准医疗中的个性化“数字人”及远程医疗手术，以及智慧能源、智能家居领域的应用等。

除更低时延和更高可靠性要求外，机器协同交互类应用对抖动、时间同步、稳定性等确定性指标也提出了极高需求，同时需要具备中高速数据传输和超高精度定位的能力。为此，6G网络设计需要考虑多维度性能需求。

5、机器控制

未来协作式机器控制系统将基于生产作业流程，实现人、物、机、环的多维度协作。协作式机器控制将从智慧工厂切入，逐步扩展到智慧农业、智慧城市、智慧交通、智慧能源等领域，从封闭场景、现场局域范围向开放场景、广域覆盖逐步拓展，助力各行各业提升工作效率，确保工作安全。

协作式机器控制需要更精准的工作环境及机器动作感知，更智能的精细化控制，更准确的控制指令执行。这需要系统能够提供安全可靠的通信服务，以满足超低时延、超高可靠、超高确定性的控制需求。

类型	具体需求
通信需求	用户体验速率：百 Mbps 量级
	空口时延：<0.1ms
	抖动：μs 级
	时间同步：约 100ns
	可靠性：99.99999%
计算 / 智能需求	分布式计算支持感知融合、控制决策
感知需求	对感知精度和可靠性提出高要求
安全需求	链路安全可信

此外，还需考虑物联网终端的能量收集能力和低功耗设计需求。

（四）普惠智能服务

普惠智能服务是 6G 的新增典型场景，依托网络对需要进行高效分布式智能学习或推理的智能化服务提供集成化的通信和 AI 算力。它不仅服务于特定应用服务，还将服务于未来整个通信系统，提高网络整体的性能和效率。在这个典型场景中，网络中的大量智能体将联合执行复杂的 AI 训练和推理任务，从而充分利用移动边缘侧（包括设备中）的智能算力，使快捷和灵活的智能服务覆盖社会各领域。该场景的典型应用包括数字孪生数据训练和推理过程中的图像识别、生成和预测，执行复杂任务的机器人协作，以及智能交互中人和机器之间知识传递和技能模式学习。普惠智能服务以提供 AI 学习和推理为目标，除了通信所需的大容量和低时延要求外，该场景还需要一组与 AI 计算性能直接相关的能力指标，如收敛时间、联合通信和计算的能效、训练效率和准确性、推理效率和准确性等。此外，实现原生可信的网络安全和数据隐私保护也是该场景的重要目标与关键基础条件。

6、智慧交互

未来 6G 网络有望在情感交互和脑机交互（脑机接口）等全新研究方向上取得突破性进展。具有感知能力、认知能力、甚至会思考的智能体将彻底取代传统智能交互设备，人与智能体之间的支配关系将开始向着有情感、有温度、更加平等的类人交互转化。

在智慧交互场景中，智能体将产生主动的智慧交互行为，同时可以实现情感判断与反馈智能，因此，数据处理量将会大幅增加。

类型	具体需求
通信需求	体验速率：百 Mbps-Gbps 量级
	空口时延：基本无感知的使用体验（小于 1ms）
	连接数：分布式学习需要同时支持大量 AI 用户和设备的连接
	区域流量密度：AI 训练需要支持区域内大数据量的上行和下行传输
计算 / 智能需求	未来智能体之间的语音、视觉、体感、情感等交互需要 AI 算力的泛在化
感知需求	精准感知辅助完成物理世界的数据采集
安全需求	用户数据的隐私保护

7、智能互联

在未来 6G 网络中，个人和家用设备、各种城市传感器、无人驾驶车辆、智能机器人等新型智能终端将不仅可以支持高速数据传输，还能够实现智能设备间的协作与学习。6G 将利用智能泛在的网络设计，通过有效连接局部数据，实现特定环境下不同智能终端之间可靠、低时延的通信和协作，并通过大数据学习持续提升工作效率与质量。

6G 网络拥有原生智能架构，将 ICDT 技术以及工业智能深度集成到无线网络，具备大规模分布式训练、实时边缘推理和本地数据脱敏等能力。为此，6G 在性能指标上需要重点考虑传输、分布式连接、智能服务精度、高效算力等方面的能力。

类型	具体需求
通信需求	海量训练数据的传输处理与压缩对区域容量提出高需求
	高效的分布式协同学习架构以降低大规模 AI 训练带来的计算、能源等负荷，连接数达到数万 / 平方公里
计算 / 智能需求	更高效的算力调度以满足高实时高精度的智能服务，需要原生支持通算协同
	AI 服务精度 / 效率：>90%（不同场景需求不同）
感知需求	精准感知辅助完成物理世界的数据采集
安全需求	数据安全保障

（五）通信感知融合

通信感知融合是 6G 新增典型场景。感知和通信的集成将提供高精度定位、环境重构、成像、识别等多元化能力，极大促进超高分辨率和精度的应用需求，如超高精度定位、高分辨率实时无线地图构建、基于设备甚至无设备的被动目标定位、环境重建和监控、手势和动作识别、产品缺陷监控、访客识别等。此外，通信感知融合也将有助于提高通信的性能和效率，例如，通过考虑用户移动轨迹和环境变化来优化无线资源利用率。通信感知融合可以广泛应用于很多领域，为车联网、智能工厂等提供更好的服务。

这一场景增加了新的性能维度要求，例如对距离、速度、角度的感知分辨率、感知精度、检测概率等，其指标需求因应用而异。对于定位和环境重构等功能，需要超高精度和分辨率；对于成像功能，超高分辨率是关键；对于手势和活动识别，检测概率是首要考虑因素。

8、多维感知

未来 6G 网络将可以利用通信信号实现对目标的检测、定位、识别、成像等感知功能，获取周边环境信息，助力完成环境中实体的数字虚拟化。通信感知的典型应用包括精准定位、环境重构、安全成像、无人机送货、自动驾驶等。

6G 网络将能提供更精确的感知精度和感知分辨率，同时需要 AI 服务泛在化的支撑，以及可靠的网络安全保障。

类型	具体需求
通信需求	体验速率：百 Mbps-Gbps 量级
	空口时延：基本无感知的使用体验（小于 1ms）
计算 / 智能需求	未来的环境重构、感知成像、动作识别等场景需要 AI 服务的泛在化
感知需求	感知精度：cm 级 感知分辨率：cm 级
	高检测概率，低虚警概率（具体指标视场景需求而定）
安全需求	网络安全保障

此外，未来移动通信网络需要满足农村和偏远地区、无人区、远洋海域等 5G 无法满足的地区的覆盖需求。地球表面以上，无人机、飞机等飞行器也需要无线宽带连接服务。随着业务的逐渐融合和部署场景的不断扩展，6G 移动通信网络将实现地面蜂窝网络与非地面网络的融合，构建起全球广域覆盖的空天地一体化的三维立体网络，为各类用户提供无盲区的宽带移动通信服务。

全域覆盖业务和场景将呈现出多样性，与智慧城市、新媒体、工业、农业、医疗、教育和能源等各行各业紧密结合。全时全地域的无缝立体宽带接入将为全球非地面网络覆盖地区提供广域物联网接入，提供应急通信、农作物监控、珍稀动物无人区监控、海上浮标信息收集、远洋集装箱信息收集等服务，支持厘米级高精度定位与导航。此外，通过高精度地球表面成像，可实现应急救援、交通调度等服务。

类型	具体需求
通信需求	体验速率：几百 Mbps- 几 Gbps
	空口时延：几 ms~ 上百 ms
	覆盖范围：扩展至全域覆盖
	移动速度：>1000km/h
	链路可用：>90%
计算 / 智能需求	支持服务智能调度与空天地多网融合
感知需求	应急救援、高精度导航、精准农业等服务要求厘米级的高精度定位和高精度地球表面成像
安全需求	链路安全可信

(六) 小结

结合 6G 潜在业务应用和业务挑战分析，6G 典型场景和应用总结如下：

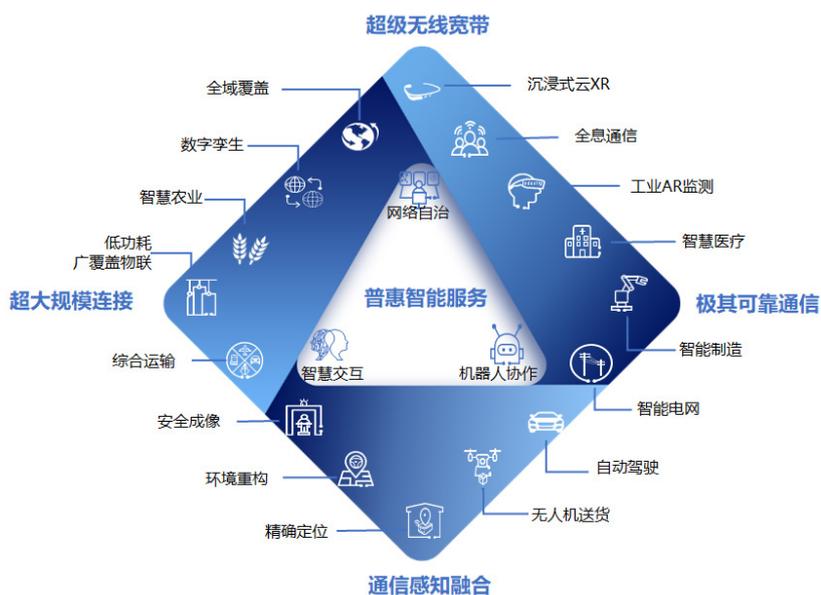


图 7 6G 五大典型场景

04 | 6G 关键能力

6G 关键能力指标可以分为**性能指标**和**效率指标**。性能指标体现为从用户需求的角度出发，需要未来 6G 提供的关键性能水平。效率指标则主要从网络运营和可持续发展需求的角度出发，提出未来 6G 系统需达到的效能指标。

（一）关键性能指标

6G 将渗透于以人为中心的数字生活，包含办公、消费、出行等各种区域，以物为中心的数字化城市和生产，包含交通、医疗、工业、远程监测等行业应用领域，及消除数字鸿沟的普遍覆盖。以室内热点、智慧城市、工厂产线、工业制造区、医院、街道、偏远区域为代表的 6G 典型部署场景，分别具有高流量、高密度、高移动、高精度、高智能、广覆盖等特征，将对 6G 网络设计和部署形成挑战。

综合考虑 6G 典型业务特点、部署场景特征、用户和业务分布特点等，获得典型部署场景下的 6G 关键性能需求，主要包含体验速率、峰值速率、流量密度、空口时延、同步和抖动、连接数密度、移动性、可靠性、覆盖、感知 / 定位精度、AI 服务精度等。

性能指标	定义
用户体验速率	真实网络环境中，在保证用户业务体验的情况下，用户在覆盖区域内可实现的传输速率
区域流量密度	单位面积的平均流量
峰值速率	单用户理论峰值速率
连接数密度	单位面积上支持的各种在线设备总和
空口时延	无线网络中，数据包从发送端发出，到接收端正确接收的时延
抖动	时间参数的变化
移动性	特定移动场景下，满足一定服务质量并实现不同层和 / 或无线接入技术之间无缝切换的最大移动速度
可靠性	在特定时间内正确传输指定数据量的能力
覆盖	满足一定通信能力下的覆盖范围
感知 / 定位精度	感知 / 定位测算值与实际值之间的误差
AI 服务精度	特定智能服务场景（给定时延和智能用户数）下的 AI 服务精度（如推理、学习等）

表 1 6G 关键性能指标

未来 6G 网络需要具备比 5G 更高的性能，支持 Gbps 至几十 Gbps 的用户体验速率，每平方公里千万至上亿的连接数密度，毫秒甚至亚毫秒级的空口时延，每平方米 0.1 至数十 Gbps 的流量密度，每小时 1000km 以上的移动性，数百乃至 Tbps 的峰值速率。以上指标在原有 5G 的基础上将实现 10 至 100 倍的提升。此外，6G 还进一步扩展了新的能力范畴，将需要支持 μ s 级的抖动，覆盖范围也扩展至空天地海的全球覆盖，厘米级的感知和定位精度，人工智能的服务精度和效率也将达到 90% 以上。



► 室内热点

- 峰值速率：Tbps 量级
- 用户体验速率：Gbps~ 几十 Gbps

► 智慧城市

- 流量密度：0.1~10 Gbit/s/m²



► 工厂产线

- 空口时延：<0.1ms
- 抖动： μ s 级
- 可靠性：99.99999%

► 工业设计区

- 连接数密度：10⁷~10⁸/km²



► 医院（智能诊断）

- 可靠性：99.99999%
- AI 服务精度 / 效率：>90%

► 街道

- 感知精度：cm 级
- 感知分辨率：cm 级



► 偏远区域

- 移动性：1000km/h
- 覆盖：扩展到全域覆盖

（二）关键效率指标

6G 需要大幅提高网络部署和运营的效率，支撑可持续性发展。推动绿色低碳转型是全球共同目标，也是 ICT 产业可持续发展的必然趋势。6G 将以绿色低碳作为网络设计的基本准则，既降低 6G 自身能耗，同时赋能行业低碳发展。为此，6G 将在系统设计、技术创新、产品设计、网络运维等多个环节融入节能减排理念，助力绿色可持续发展。结合网络能耗支出和 ICT 技术赋能减排等因素，预计 2040 年 6G 网络的能量效率相比 2022 年移动通信网络提升约 20 倍。

与此同时，信息技术的跨界融合和服务场景多样化对网络可信提出新的挑战，需要从设计初始就构建一张能够满足安全泛在、持久隐私保护、智能韧性的可信网络。可信涵盖了网络安全（Security）、隐私（Privacy）、韧性（Resilience）、功能安全（Safety）、可靠性（Reliability）等多个方面。可信内生即与生俱来的可信，其可信特征与网络、业务同步产生、发展和量身定制，实现 6G 网络的自我免疫、主动防御、安全自治、动态演进等能力，有效满足不同业务场景的差异化安全需求。

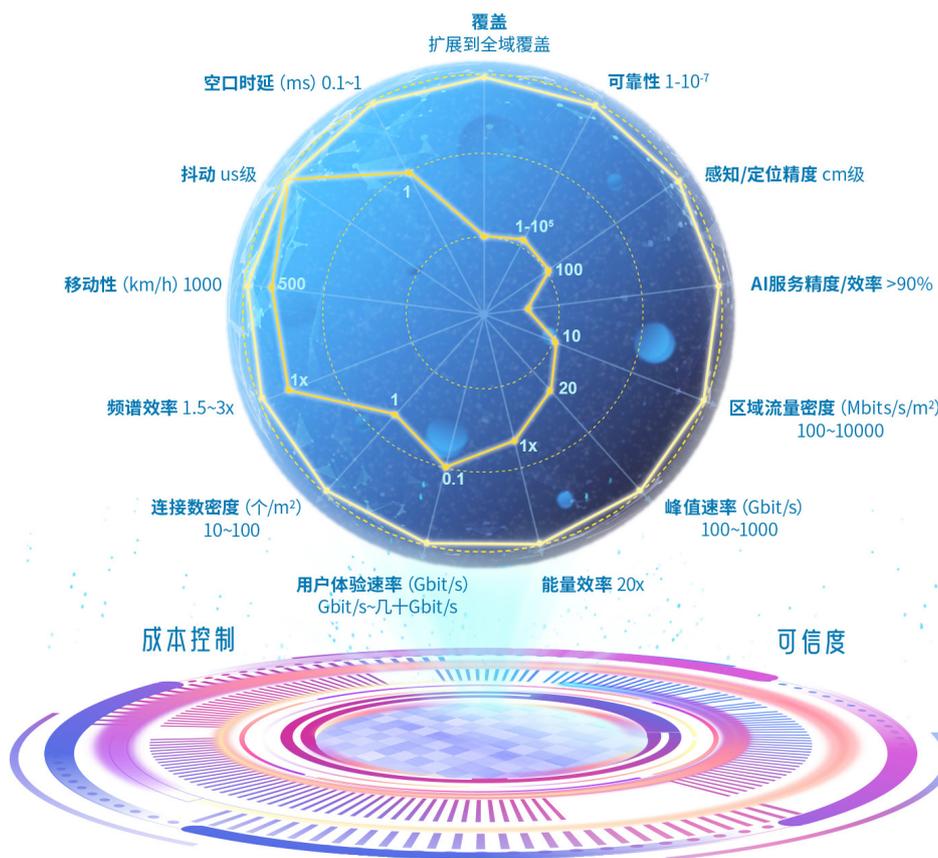
6G 研发的过程中需要考虑网络的运营成本和维护成本，把低成本也作为核心设计目标之一，构建低成本的柔性、至简、孪生自治网络。另，综合考虑网络性能和潜在频谱，相比 5G，预计 6G 频谱效率将提升 1.5 至 3 倍。

效率指标	定义
频谱效率	每小区或单位面积内，每单位频谱提供的吞吐量
能量效率	每焦耳能量支持传输的比特数
可信度	网络安全可信赖水平，包括安全泛在、持久的隐私保护、智能的韧性。
成本控制	将网络建设和运营维护成本支出控制在合理水平

表 2 6G 关键效率指标

(三) 关键能力呈现

6G 作为新一代关键信息基础设施，服务于各行各业，将满足 Gbps 体验速率、千万级连接、亚毫秒级时延、7 个 9 高可靠、厘米级感知精度、超 90% 智能精度等关键性能需求，目标实现“万物智联、数字孪生”的 6G 美好世界。



05 | 小结

从典型场景看，6G 将在 5G 三大场景基础上不断扩展，以可持续发展的方式拓展移动通信能力边界，引入无线感知和人工智能等全新能力维度，创新构建“超级无线宽带、超大规模连接、极其可靠通信、普惠智能服务、通信感知融合”等五大典型场景，且典型场景之间渗透、融合，共创丰富的 6G 业务应用，全面引领经济社会数字化智能化绿色化转型。

从总体性能看，6G 总体性能指标将实现十至百倍提升，提供更高速率、更多连接、更低时延、更高精度、更广覆盖、更高可靠性，融合通信、计算、感知等能力支持各类智能化服务。同时，6G 将构建内生安全机制来提升网络安全水平，在系统设计等环节融入节能理念以实现绿色低碳发展，并将网络建设和运营维护成本控制在合理水平，最终实现“万物智联、数字孪生”的 6G 美好世界。

面向未来，IMT-2030(6G) 推进组将与产学研用各方一道，加快推进 6G 各项研究工作，深化国际合作交流，为全球 6G 创新发展与维护 6G 标准的全球统一贡献力量。

06 | 主要贡献单位



6G



微信公众号

联系方式

邮箱: imt2030@caict.ac.cn

COPYRIGHT@2022 IMT-2030 (6G) PROMOTION GROUP

ALL RIGHTS RESERVED

系统推动中国6G研发与国际合作的重要平台，代表中国6G科技和产业最前沿进展。推进组聚合中国产学研用力量，广泛开展6G愿景需求、关键技术、标准研制、试验验证等工作，深入研究对经济社会的影响，积极推动国际交流与合作。