

2024年03月19日

华为全链通系列深度（五）：华为以星为基蓄势待发，卫星需求端打开空间

——华为产业链专题系列

产业链专题研究小组

中小盘&汽车任浪团队

任浪

执业编号：S0790519100001

电子罗通团队

罗通

执业编号：S0790522070002

计算机陈宝健团队

陈宝健

执业编号：S0790522070002

相关研究报告

任浪（分析师）

renlang@kysec.cn

证书编号：S0790519100001

张越（联系人）

zhangyue1@kysec.cn

证书编号：S0790123090001

● 华为在卫星通信领域具有长期的技术积淀，率先行业发力移动终端卫星通话

卫星通信涉及多方面的技术挑战和难题，具体包括网络架构、星上处理和地面终端等。一体化卫星组网方面，华为发布了不同轨道之间星间链路构建方法专利。卫星频谱利用率方面，华为提出多星协同传输和多波束预编码的解决方案。华为推出全球首款支持卫星通话的智能手机，改进了内部器件堆叠工艺、零部件集成工艺，并针对发热、续航等进行了优化，引领了行业跨越式发展。华为已经完成在 LEO 再生卫星在轨测试验证，测试结果下行吞吐最高达 660Mbps，上行最高达 135Mbps。

● 5G NTN 是实现卫星通信的重要方式，商业化部署进程将于 2024 年迎来提速

目前卫星通信主要有卫星电话连接卫星和 5G NTN 技术两种实现方式，5G NTN 是未来发展的主要方向。5G NTN 网络核心构成要素主要包括网关、馈线链路、服务链路、载体平台、星间链路和用户终端设备。从硬件端来看主要包括芯片、终端模组、网络设备等方面。包括高通、联发科在内的芯片厂商积极与手机厂商开展合作。技术方面，5G NTN 仍存在一些难题，主要体现在传播延迟、链路预算、多普勒频偏等方面。5G NTN 商业部署提速，华为、中兴等通信设备厂商和中国三大运营商都在加速开发相关产品或进行 NTN 地面试验。

● 卫星通信服务分为窄带和宽带业务，手机直连使用的频谱决定了技术路线

窄带和宽带主要区别在于传输速度和带宽。窄带传输只能传输少量数据，技术相对简单，传输速率较慢，无法满足大规模数据传输或高清视频等高速传输需求。2020 年我国建成的北斗三号系统已可为亚太核心区域提供包括短报文在内的通信和导航服务。手机直连卫星中使用不同的频谱资源决定了不同的技术路线和工作模式。第一种是使用卫星移动业务的频率，该方式需要在手机内部集成专用的卫星芯片。第二种是使用地面移动业务的频率，卫星使用已分配给地面移动通信运营商的频率连接手机，工作在该模式的手机不需要做任何修改。模式一对手机天线、芯片的设计和集成工艺提出挑战。华为 mate 60 pro 突破了高性能内置天线、基带射频芯片一体化小型化等关键技术。SpaceX 积极推进模式二下的手机直连卫星，基于 4G LTE 的体制+现存的普通手机。预计 2024 年实现短信发送，2025 年实现语音通话和上网，同年分阶段实现 IOT 物联网。

● **投资建议与受益标的：**关注四条主线，受益标的：（1）“星网”卫星产业链：中国卫星、航天智装、航天环宇等；（2）卫星载荷/平台高价值量核心器件：雷电微力、国博电子、铖昌科技、国光电气、天银机电等；（3）产业链价值量分布较高的地面端运营：震有科技等；（4）手机直连卫星带来芯片端投资机会：华力创通、海格通信等。

● **风险提示：**发射进展不及预期；融资进展不及预期。

目录

1、卫星通信或将成为华为万物互联战略的制高点.....	4
1.1、卫星通信是华为实现千亿互联战略的重要基础.....	4
1.2、华为在卫星通信部分领域具备技术积淀和相对成熟的解决方案.....	5
1.3、地面终端先行，从卫星消息到卫星通话.....	7
1.4、手机直连迎来产业化阶段，应用端多元化打开需求空间.....	8
2、投资建议与受益标的.....	15
2.1、“星网”卫星产业链.....	15
2.2、卫星载荷/平台高价值量核心器件.....	18
2.3、产业链价值量分布较高的环节.....	22
2.4、手机直连卫星带来芯片端投资机会.....	23
3、风险提示.....	26

图表目录

图 1：6G 星地融合互联网络是天基多层次子网和地面蜂窝多层次子网等多个异构网络的一体融合.....	4
图 2：华为于 12 月 22 日申请公布一项卫星通信相关专利.....	5
图 3：卫星移动期间的一个跳波束调度快照.....	6
图 4：多星协同传输中用户接收来自多颗卫星的信号.....	6
图 5：Mate50 借助北斗卫星通过畅联 APP 实现文字信息的发送.....	7
图 6：华为 Mate60 Pro 支持卫星通话，支持双向北斗卫星消息.....	8
图 7：NTN 可再生载荷架构下，卫星和信关站之间的馈电链路类似于基站跟核心网之间的回传网络.....	8
图 8：中国电信 5G NTN 星地融合网络架构的示意图.....	9
图 9：中国移动完成了 NR-NTN 低轨卫星实验室验证.....	10
图 10：北斗卫星区域短报文覆盖了亚太核心区域.....	11
图 11：华力创通卫星通信基带芯片采用 SOC 架构.....	12
图 12：海格通信在 2020 年发布的国内首批支持北斗三号 RX 系列射频芯片.....	12
图 13：北斗、天通以及 NTN 芯片的能力对比.....	12
图 14：马斯克明确将携带 4G 基站入轨，使用星上再生处理模式.....	13
图 15：马斯克初期支持的运营商包括 T-MOBILE、OPTUS、ROGERS、ONE NZ、KDDI、SALT.....	13
图 16：-3dB 和 5dB 轮廓的预期波束覆盖区域.....	13
图 17：星链计划于 2024 年中在南北纬 58 度范围内提供对地球的全面和连续覆盖.....	13
图 18：中国电信表示国产手机厂商将陆续推出直连卫星旗舰机型，2024 年底前上市终端款型不少于 5 款.....	14
图 19：吉利科技集团浙江时空道宇的台州卫星超级工厂.....	14
图 20：卫星应用智能装备产业基地生产试验厂房外景.....	16
图 21：航天器姿轨控系统及其产品研发基地综合研发楼.....	16
图 22：航天环宇宇航产品板块主要的产品分类.....	17
图 23：航天环宇航空产品板块主要的产品分类.....	17
图 24：航天环宇卫星通信及测控设备业务的主要产品.....	17
图 25：航天环宇营业收入结构以宇航产品和航空装备为主.....	18
图 26：航天环宇 2022 年客户结构以航天科技、航天工业为主.....	18
图 27：有源相控阵微系统在相控阵雷达中的位置.....	18
图 28：雷电微力营业收入结构以精确制导类为主.....	18
图 29：国博电子营业收入结构以射频芯片为主.....	20
图 30：国博电子 2022 年客户结构以十大军工集团为主.....	20
图 31：铖昌科技营业收入构成以星载为主.....	20
图 32：铖昌科技 T/R 芯片生产流程.....	20
图 33：行波管靠调制电子注的速度来实现放大功能.....	21
图 34：国光电气营业收入构成以微波器件为主.....	21
图 35：天银机电雷达与航天电子业务部分产品.....	22
图 36：2021 年全球卫星产业市场规模主要分布于地面设备和卫星服务.....	22
图 37：震有科技营业收入构成以指挥调度系统为主.....	23
图 38：华力创通产品矩阵包括芯片模块等.....	24
图 39：华力创通营业收入构成以卫星应用和雷达信号处理为主.....	25

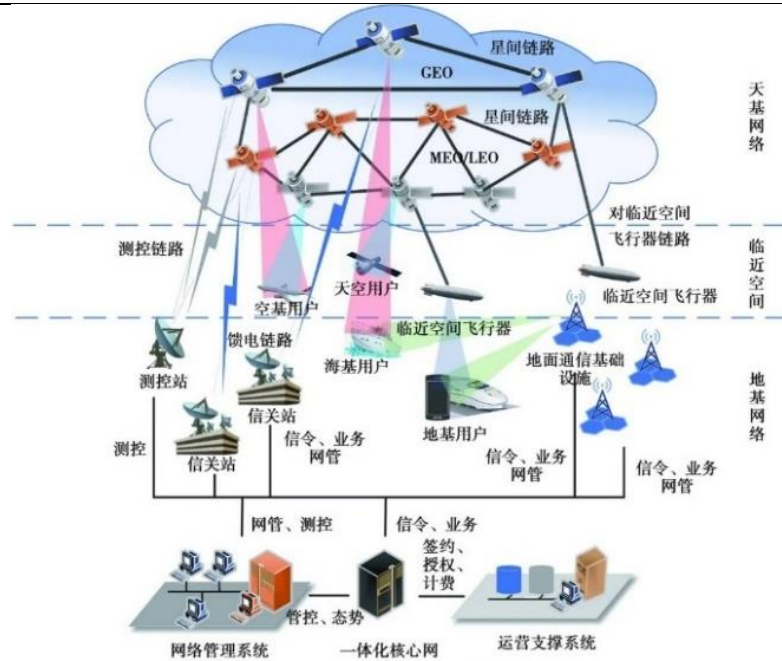
图 40: 海格通信营业收入构成以无线通信为主.....	25
图 41: 海格通信 2022 年客户结构以中国移动为主.....	25
图 42: 海格通信北斗导航系列产品.....	26
表 1: 北斗系统服务规划.....	10
表 2: 手机直连卫星有三种频谱使用模式.....	11
表 3: 航天智装募投项目“顺义航天产业园卫星应用智能装备产业基地项目”.....	16
表 4: 雷电微力核心产品是相控阵系统.....	19
表 5: 国博电子主要产品包括 TR 组件/射频模块以及射频芯片.....	19
表 6: 受益公司盈利预测与估值.....	26

1、卫星通信或将成为华为万物互联战略的制高点

1.1、卫星通信是华为实现千亿互联战略的重要基础

卫星通信是 5G-Advanced 和 6G 的重要组成部分。在 3GPP NTN R14 至 R16 的研究项目中早已考虑在漫游和物联网等 5G 网络中集成卫星接入业务。2019 年基于 5G 新空口的非地面网络和物联网非地面网络的第一个工作项目在 R17 获得批准。预计 R20 会加入对 6G NTN 的支持，包括地面网络与 NTN 的一体化，以及在 5G 和 5G-Advanced NTN 基础上进一步实现频谱效率提升等。具有超高密度 VLEO 星座的 NTN 将成为 6G 网络的一部分。新型高通量卫星的出现以及非地球静止卫星轨道系统的发展，让 VLEO 商业价值愈发凸显。与传统的 LEO 或 GEO 卫星相比，基于 VLEO 巨型星座的通信具有传输时延低、传播损耗小、区域容量高以及制造和发射成本低等显著特点。Oneweb、Starlink 作为先例已逐步实现了成本的大幅下降，以及卫星连接时延的大幅优化。预计 2030 年以后卫星通信将在确保固定和移动用户的数据连接方面发挥至关重要的作用。卫星通信将赋能无网络覆盖地区的移动宽带、移动场景的宽带连接、广域物联网以及高精定位与导航等。

图1：6G 星地融合互联网络是天基多层子网和地面蜂窝多层子网等多个异构网络的一体融合



资料来源：微波射频公众号

在 2023 年华为全球分析师大会上，华为高管表示万兆产业、千亿物联将加速成为现实。万兆商业场景成熟化。以 MR 为代表的沉浸交互式应用推陈出新，家庭大屏走向 3D 高清化，5.5G “下行万兆+上行千兆+确定性体验”为标志的体验 2.0 即将到来。万兆超大带宽频谱和芯片成熟化。对于 Sub6GHz 存量频谱，通过频谱重构可以实现超大带宽。毫米波作为 5.5G 关键频谱，已在 25 个国家得到分配，具备兑现 10Gbps 能力的资源保障，支持 10Gbps 的 5.5G 芯片已发布。Passive IoT 加速成熟，通感一体加速探索。Passive IoT 打造全场景联接底座，终端 Tag 样机已经成熟，频谱、产品形态及商业模式正在加速定义。通信感知一体将提供超越传统联接，从新频毫米波到存量频谱的感知能力在不断探索。

1.2、华为在卫星通信部分领域具备技术积淀和相对成熟的解决方案

卫星通信涉及多方面的技术挑战和难题，具体包括网络架构、星上处理和地面终端等。一体化网络架构方面，需要克服服务质量、可靠控制等挑战；空口技术方面，如何将卫星有限的服务能力（容量密度）提供给需求较高的重点人口区域，从而提升频谱整体利用效率是一个难题。动态拓扑和路由算法方面，巨型星座的规模对路由和转发也有较大影响。由于低轨卫星持续处于运动状态，因此不能采用高动态的子网划分方式，会对数据面产生负面影响。6G 时代对星上处理能力也提出了极大的挑战，主要体现在星上处理器、射频子系统、天线和数据传输算法等方面。除此之外，在卫星终端方面，如何实现卫星天线的小型化、如何在基带芯片上集成卫星通信模块、如何解决卫星通话功能的能耗问题、如何保证卫星通话功能的稳定性和安全性等都是关键的技术挑战。

(1) 一体化网络架构需要平衡覆盖成本和通信质量

一体化网络架构需要实现全球覆盖以及随时随地进行可靠控制，由此带来全球大量地面站的部署，从而提升了网络复杂度和运营成本。核心网功能仅可在少数地面站进行部署，轨道间星间激光链路的通信也会受限，从而导致端到端的时延较高。华为的解决方案包括采用层次化的架构来实现全域网络控制。全域控制由少量地面站和 GEO 卫星实现，局部控制由具备 ISL 能力的 MEO 卫星和 LEO/VLEO 卫星实现。甚至可以将一些核心网的功能部署在卫星上，建设空基核心网实现全球控制，无需通过多跳就可以将控制信令发送至地面站。2023 年 12 月 22 日华为申请公布一项“5G 基站部署在卫星上”、名为《一种星间链路构建方法及通信装置》的发明专利。在 NTN 通信中，大规模通信卫星星座通常采用 Walker 星座来设计。对每颗卫星一般可以与轨道面内的前后两颗卫星建立星间链路，还可以和相邻轨道面的卫星建立星间链路。但是当卫星星座中的不同卫星的轨道是离散的，不在同一个轨道内时，采用 Walker 星座来建立星间链路的方式不再适用。该专利提供一种星间链路构建方法及通信装置，以在轨道离散的卫星星座中建立星间链路。

图2：华为于 12 月 22 日申请公布一项卫星通信相关专利



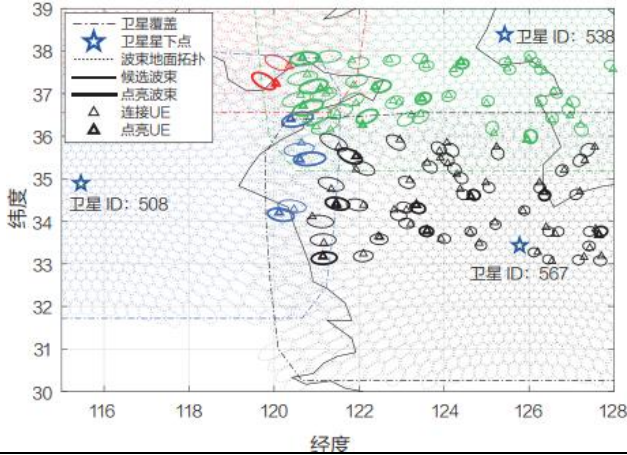
资料来源：天眼查

(2) 多波束预编码等空口技术有望提升卫星星座的频谱利用效率

容量密度低、频谱利用效率低影响卫星星座的服务能力。评估特定星座的服务能力的重要指标之一是地球上任意位置的容量密度。以 Starlink 的 Gen2 星座为例，完全部署后的平均容量密度峰值分布在地表中纬度区域，每平方公里约 3.6Mbit/s，平均容量密度的峰值与蜂窝业务相比仍然很低。导致容量密度低的主要原因是，卫星很大一部分服务能力浪费在海洋和无人区，以及链路预算的不足导致每颗卫星所能提供的单用户吞吐量有限。

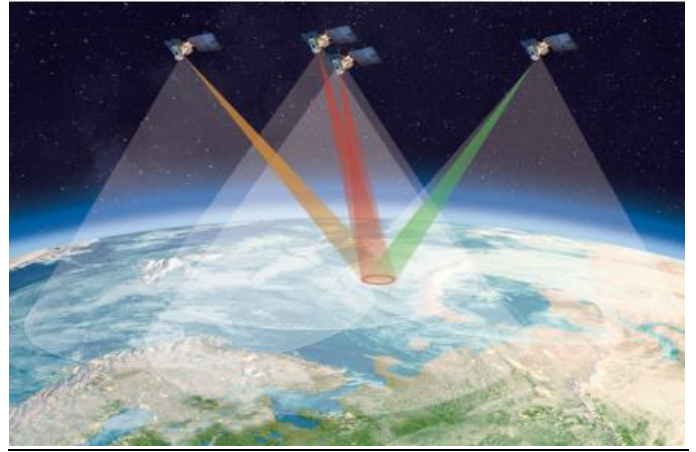
华为的解决方式包括按需覆盖和多波束预编码等。采用跳波束可以解决卫星覆盖区域的供需不平衡问题。跳波束可以利用所有可用的卫星资源为特定地点提供服务。通过调整波束的点亮时长和周期，提供不同的容量值，来平衡不同波束覆盖区的要求。此外跳波束还可以将未点亮的波束位置作为隔离区域以减少同频干扰。

图3：卫星移动期间的一个跳波束调度快照



资料来源：华为《6G 超低轨卫星网络》

图4：多星协同传输中用户接收来自多颗卫星的信号



资料来源：华为《6G 超低轨卫星网络》

多星协同传输作为另一种实现按需覆盖的方式，需要用户同时收发来自多颗卫星的信号。多星协同传输中，用户同时接收来自多颗卫星的信号，或多颗卫星同时接收来自同一用户的信号。数万颗超大卫星星座是多卫星协同传输的基础，在巨型星座中的给定区域可同时部署大量卫星，从显著提升峰值的容量密度。多波束预编码可有效降低同频干扰，提升频谱效率。多波束预编码可以在 VLEO/LEO 卫星通信场景中提供全频复用，实现向多个用户同时发送多个数据流

(3) 星上处理能力和低成本的制造服务

6G 时代的 NTN 通信要求强大的星上处理能力，主要体现在星上处理器、射频子系统、天线和数据传输算法等方面。大规模波束高增益相控阵天线能够有效对抗星地通信的路径损耗。而数字波束赋型 (DBF) 被认为是实现未来相控阵天线阵列非常可行的方案。实现 DBF 需要处理大量的数据，对卫星电力供应能力是一个考验。数字集成电路和混合信号集成电路的发展使 DBF 变成了现实。未来波束数量将扩大到 1000 多个，射频通道将扩大到 4000 多个。射频器件和材料的进步也有助于降低功耗，提高星上处理能力。降低卫星器件的制造成本和卫星通信的服务价格是普及卫星通信的先决条件。航天器的稳定性和商业效益尚待一系列工艺优化，包括选型时对成本和可靠性的平衡、防护罩设计创新以及故障检测和恢复机制等。

(4) 华为致力于智能终端卫星通信解决方案的开发

手机卫星通话的核心难点在于保障通话质量的同时，满足设备的小型化、轻量化。具体难点包括两方面，将卫星电话的大容量电池做小，以及将外置天线装进手机内部。天线方面，日常使用的手机，考虑到电磁和辐射标准、功耗、内部空间大小等因素，天线功率并不高，其信号的传输距离一般也只有几公里，而用于接收卫星通话信号的天通卫星，离地却有 3.6 万多公里。传统卫星手机通过硕大的外置天线来实现信号的放大，将微弱的信号上传至卫星。在手机里内置天线实现卫星通话，是综合科技的成果，包括天线设计水平、集成电路芯片设计水平以及卫星天线技术和集成电路技术水平的提高。华为改进了内部器件堆叠工艺、零部件集成工艺，并针对发热、续航等进行了优化，在没有外置天线、没有增厚机身的情况下实现了直

连卫星通话的功能，引领了行业跨越式发展。

从卫星短信到卫星通话，华为始终走在卫星通信技术的前沿。2022年7月北斗网在发布的《北斗三号短报文通信服务成果正式发布》中表示，中国兵器工业集团有限公司联合中国移动通信集团有限公司、中国电子科技集团有限公司以及华为，攻克多项关键核心技术，完成国内首颗手机北斗短报文通信射频基带一体化芯片研制，创新实现“不换卡、不换号、不增加外设”的大众手机“一号双网”设计，全球首次实现了大众智能手机卫星通信能力，在亚太地区大众用户将享受到北斗三号短报文通信服务。

1.3、地面终端先行，从卫星消息到卫星通话

华为形成了从芯片、硬件、射频、天线、软件、测试到运营的全维度创新矩阵。在 Mate50 系列上全球首发北斗卫星消息功能，并在一年内实现 Mate Xs2、P60、Mate X3、Nova11、WATCH Ultimate 等多平台、多形态产品上快速商用。华为 2022 年 9 月发布的 mate50 是全球首款支持北斗卫星消息的智能手机。华为 Mate50 系列的北斗卫星消息可以在没有地面网络覆盖的环境下，通过畅联 APP，将文字和位置信息对外发出，转送到 36000 公里外的同步轨道卫星。对外发送的信息，卫星会转送到地面站，再由地面站将卫星消息转换成普通短信，即便对方使用的是普通智能手机也能收到信息。

图5: Mate50 借助北斗卫星通过畅联 APP 实现文字信息的发送



资料来源：澎湃新闻

2023 年华为发布的 Mate60Pro 成为全球首款支持卫星通话的智能手机。借助天通卫星和北斗卫星，Mate60Pro 能够实现卫星通话和卫星消息的发送。天通卫星能够实现拨打和接听卫星电话，还可自由编辑卫星消息。北斗卫星能通过畅连应用发送或接收卫星消息。从卫星短信到通话是技术上的跨越，从通话质量来看依然面临技术难题。与短信这一瞬发通信形式相比，卫星通话的时间更长，对手机发射功率、信号传输损耗、天线等的考验更大。目前由天通卫星提供的语音通话，仍然是低速的语音通话，在同一时间能服务的用户数量也有限。经用户测试，拨打卫星电话时依然会有几秒延迟，信号不够稳定，容易受到干扰。丢包率、发热、电量消耗等问题还待后续观察。从目前公开的各项数据来看，一颗天通卫星只能同时容纳 5000 路通话，超出这一数值就可能带来“信道不够用”的问题。在 2023 年 11 月 13 日召开的 ACP2023 大会上，华为还提出了更加宏伟的目标，即“太空宽带计划”。在这套计划的构想中，未来卫星或将成为智能手机通讯的新“底座”，成为更加安全、效率的手机通讯方案。在 2023 年 11 月 20 日首届明月湖空天信息产业国际生态活动中，华为 6G 首席科学家王俊表示华为已经完成在 LEO 再生卫星在轨测试验证，测试结果下行吞吐最高达 660Mbps，上行最高达 135Mbps。

图6：华为 Mate60 Pro 支持卫星通话，支持双向北斗卫星消息

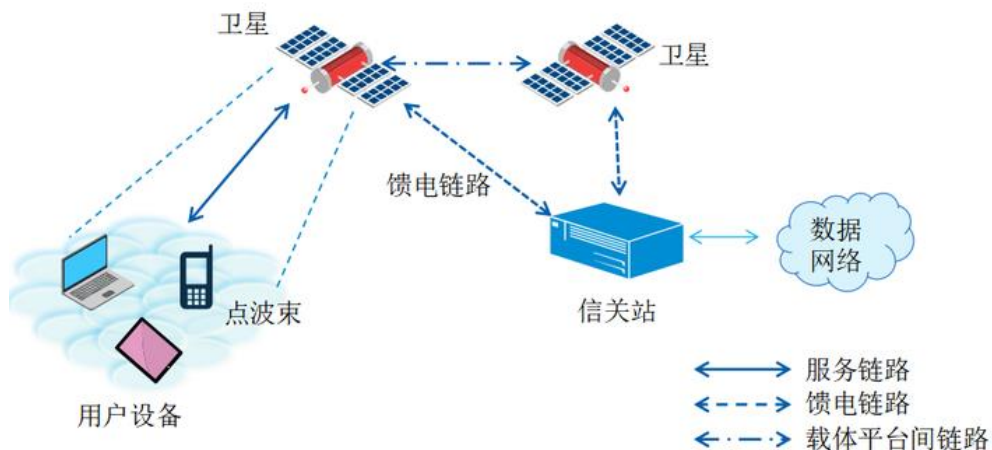


资料来源：IT 商业新闻网

1.4、手机直连迎来产业化阶段，应用端多元化打开需求空间

目前卫星通信主要有卫星电话连接卫星和 5G NTN 技术两种实现方式，5G NTN 是未来发展的主要方向。5G NTN 有 IoT NTN 和 NR NTN 两个技术方向，NR NTN 目标是提供移动宽带服务；IoT NTN 目标是提供窄带低速物联网服务，通过卫星网络扩展物联网连接。NTN 技术下，卫星直接向地面提供 5G 连接服务，实现手机之间互相通信，形成一体化的泛在接入网。NTN 的架构包括透明载荷和可再生载荷，基站上星是组建高质量卫星通信网络的必要手段。当卫星搭载部分基站单元，仅具备射频滤波、频率转换和放大功能时，称为透明载荷模式；当搭载全部基站单元，额外具备调制/编码、解调/解码、交换/路由等功能时，称为可再生载荷模式。基站上星相当于把 5G 基站部署在了卫星上，星间链路类似于地面基站间的 Xn 接口，卫星和信关站之间的馈电链路相当于基站跟核心网之间回传网络的一部分。

图7：NTN 可再生载荷架构下，卫星和信关站之间的馈电链路类似于基站跟核心网之间的回传网络

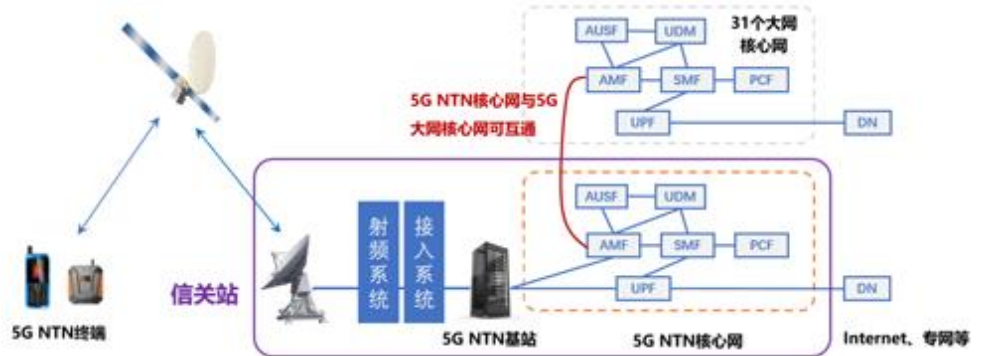


资料来源：中兴通讯

5G NTN 网络核心构成要素主要包括网关、馈线链路、服务链路、载体平台、

星间链路和用户终端设备。网关是非地面网络与公共数据网络之间的参考点，用于连接非地面网络和公共数据网络。馈线链路和服务链路分别为网关和卫星之间的无线电链路、NTN 终端和卫星之间的通信链路。从 5G NTN 硬件端来看主要包括芯片、终端模组、网络设备等方面。芯片方面，包括高通、联发科在内的芯片厂商积极与手机厂商开展合作。高通推出两款支持 5G NTN 卫星通信功能的调制解调器芯片组，计划开展 IoT-NTN 上星试验测试。联发科于 2023 年 2 月推出 MT6825 芯片组，与 Bullitt 合作发布商用智能手机 Motorola Defy2，由卫星运营商 Skylo 提供星地网络连接能力。终端模组方面，移远通信基于联发科、展锐芯片设计出多款卫星物联网终端模组，于 2023 年 7 月推出支持 IoT-NTN 功能的模组 CC950U-LS。

图8：中国电信 5G NTN 星地融合网络架构的示意图

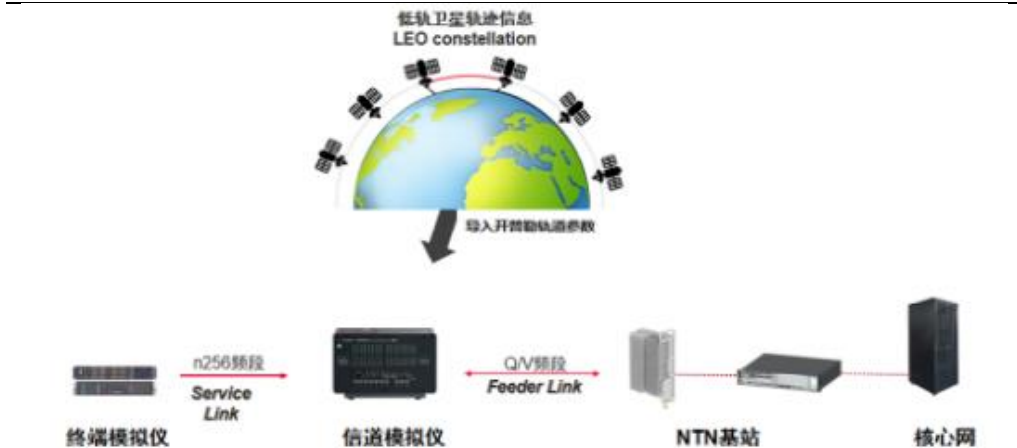


资料来源：中国通信企业协会

5G NTN 在传播延迟、链路预算、多普勒频偏、移动性管理和大半径小区等方面存在着技术挑战。传播时延方面，地面蜂窝网络的单向延迟为 0.033ms，而 GSO 轨道卫星的单向延迟高达 272.4ms。NTN 网络协议层中的重传机制和资源调度响应时间需要进行针对性修改设计。链路预算方面，卫星通信的高传播损耗严重影响了链路预算。多普勒频移方面，对于 LEO 卫星系统，相对地球表面做高速运动会使通信产生较大的多普勒频移。多普勒频移取决于发射器和接收器之间的相对速度以及载波频率。多普勒频移过大会对频率同步及设备性能产生严重影响。移动性管理方面，波束的快速移动、频繁切换为 NTN 终端的移动性管理带来一定挑战。

5G NR-NTN 技术商业化部署进程将于 2024 年迎来提速，华为、中兴等通信设备厂商和中国三大运营商都在加速开发 NTN 相关产品或进行 NTN 地面试验。2023 年 9 月 7 日中国移动研究院携手中兴通讯、是德科技共同完成了 NR-NTN 低轨卫星实验室验证，通过终端仿真和信道仿真的实验室环境来模拟卫星通信，支持手机卫星宽带业务。本次测试验证采用 3GPP R17 NR-NTN 国际标准，采用 S 波段用户链路与 Q/V 频段馈电链路的全链路配置，成功验证了 NR-NTN 透明转发和星上再生两种基本组网模式下的手机直连低轨卫星的技术可行性。根据测试结果，透明转发模式下 5MHz 带宽下用户下载速率可达 5.1Mbps，最大环回时延 15ms，相当于十年前有线网络的水平。VIVO 在 2023 年 6 月举办的 MWC 上海世界移动通信大会上展示了以 vivo X90 Pro+ 为原型改造的卫星通信样机，基于展锐 V8821 芯片实现了手机直连卫星功能。国际方面，海事卫星组织与联发科已经成功进行了大量基于 5G NTN 技术的双向卫星通信试验，并宣布未来将联手打造智能手机、物联网设备、汽车的双向卫星通信功能。

图9：中国移动完成了NR-NTN 低轨卫星实验室验证



资料来源：ZTE 中兴官网

手机卫星通信的服务方式分为电话、短信的窄带业务和支持互联网连接的宽带业务。其中卫星电话，属于窄带业务，类似于星链的卫星互联网服务属于宽带业务。窄带和宽带网络传输技术的主要区别在于传输速度和带宽。窄带传输只能传输少量数据，技术相对简单，传输速率较慢，无法满足大规模数据传输或高清视频等高速传输需求。宽带可以同时传输多种类型的数据，如语音、视频、图像等，适用于在线观看视频、下载文件等高速传输。

窄带通信在远洋航海、应急救援、极地探险等情形下具有广阔的应用空间。国内手机卫星通信服务提供商为北斗和天通卫星。北斗提供短报文服务，天通可提供语音通话和短信服务，北斗卫星的短报文服务较早进入实用化阶段。

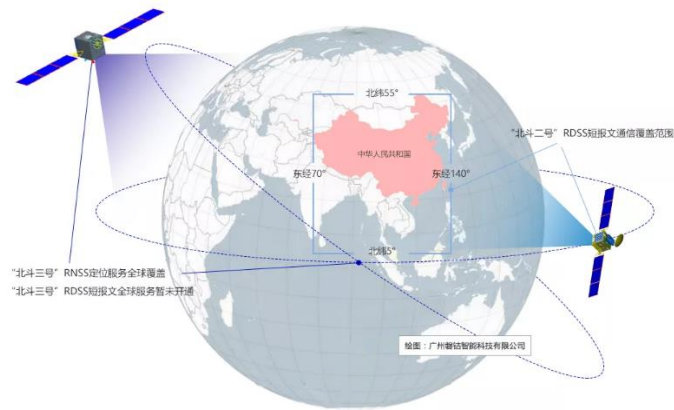
表1：北斗系统服务规划

服务类型	信号/频段	播发手段	
全球范围	定位导航授时	B1I/B3I B1C、B2a、B2b	3GEO+3IGSO+24MEO 3IGSO+24MEO
	全球短报文通信	上行:L	上行:14MEO
		下行:GSMC-B2b	下行:3IGSO+24MEO
	国际搜救	上行: UHF;	上行:6MEO
下行:SAR-B2b		下行:3IGSO+24MEO	
中国及周边	星基增强	BDSBAS-B1C、BDSBAS-B2a	3GEO
	地基增强	2G、3G、4G、5G	移动通信网络; 互连网络
	精密单点定位	PPP-B26	3GEO
	区域短报文通信	上行:L; 下行:S	3GEO

资料来源：《北斗卫星导航系统应用服务体系》、开源证券研究所

2020年建成的北斗三号系统已经具有全球短报文服务能力。2020年6月23日我国发射了北斗三号系统中的最后一颗地球同步静止轨道卫星(GEO-3)。这颗卫星与其他两颗GEO卫星成功组合使用，可为亚太核心区域提供包括短报文在内的通信和导航服务。华为mate50通过使用北斗卫星的频段实现卫星短信发送能力。2019年华为和北斗团队一起制定了新的通信协议，新协议采用了新的通信体制、协议栈和应用层设计，自上而下对北斗短报文通信进行了优化。针对信号衰减，华为重新对手机的天线进行优化布置，并结合了手机UX引导用户手动调整位置对星。在软件层面引入了一个Polar编码，该编码在信道增益上提升了0.8dB，最后增加高效率PA、低损耗射频链路提升信道增益。

图10：北斗卫星区域短报文覆盖了亚太核心区域



资料来源：天地卫通官网

手机直连卫星中使用不同的频谱资源决定了不同的技术路线和工作模式。由于全球手机直连卫星的频谱未确定，各国采取的技术路线和工作模式也未能达成一致。目前，主要在探索三种频谱使用模式。**第一种是使用卫星移动业务的频率，该方式需要在手机内部集成专用的卫星芯片。**手机使用分配给卫星移动运营商的频率连接卫星，工作频段集中在L和S频段。该工作模式需要将传统的MSS（卫星移动业务）技术集成到智能手机中，即需要在手机中集成卫星移动专用芯片。使用该模式的公司主要是手机厂商和卫星公司的组合。比如华为和天通卫星、苹果和全球星、三星和铱星等。Mate 60 Pro连接卫星的频段为上行L频段（1980-2010MHz），下行S频段（2170-2200MHz）。iPhone14连接卫星的频段为上行L频段（1610-1618.725MHz），下行S频段（2483.5-2500MHz）。天通卫星利用其已有MSS业务的L频段资源来连接华为手机。**第二种是使用地面移动业务的频率，卫星使用已分配给地面移动通信运营商的频率连接手机。**工作在该模式的手机不需要做任何修改。卫星公司需要和地面通信运营商合作以获得频率使用权。采用该模式的公司包括SpaceX、AST Space Mobile等。SpaceX与全球六家大型地面移动运营商建立了合作伙伴关系，“星链”将使用其合作伙伴已有的频谱资源开展业务运营。**第三种是使用3GPP正在规划的专用频率。**3GPP正在为卫星直连设备定义全球标准并规划新的频段。R17支持在L和S频段提供卫星接入，R18将频段扩展到Ka频段。美国Omni space公司采用3GPP 5G NTN标准来建设低轨卫星星座（约200颗）以提供5G手机直连卫星服务。

表2：手机直连卫星有三种频谱使用模式

模式一 使用卫星移动业务的频率	模式二 使用地面移动业务的频率	模式三 使用3GPP规划的专用频率
技术路线：延续传统的卫星移动业务，扩展为卫星与智能手机通信的能力	技术路线：卫星公司和地面运营商合作，卫星充当“通用基站”使用不同运营商的频谱在各国开展业务	技术路线：创建全球标准化生态系统，是面向未来6G的解决方案
工作频段：L/S频段	工作频段：LTE频段	工作频段：待定，候选频段为L/S频段、Ku频段、Ka频段
优势：频谱资源相对丰富，部署速度快	优势：手机无需任何更改，向下兼容性好	优势：与普通智能手机完全兼容，干扰风险最小
不足：手机需要修改，必须集成卫星通信专用芯片	不足：必须与地面运营商合作，对卫星改造的难度较大	不足：需要规划新频率新标准，部署周期长
应用场景：适合于快速补充地面通信系统的覆盖	应用场景：适用范围大，应用速度快	应用场景：向下兼容4G LTE，向上兼容6G NTN，向星地融合演进

模式一 使用卫星移动业务的频率	模式二 使用地面移动业务的频率	模式三 使用 3GPP 规划的专用频率
支持的公司：华为公司和天通卫星、苹果公司和全球星、铱星公司和高通等	支持的公司：SpaceX、AST Space Mobile、Lynk Global 等	支持的公司：Omni space、高通、爱立信、三星等

资料来源：中国无线电管理、开源证券研究所

模式一对手机天线的设计和集成工艺提出挑战。根据天线原理，天线的长度为无线电信号波长的 1/4 时，天线的发射和接收转换效率较高，碟状天线比鞭状天线的信号收发能力更强。要想在不显著增加手机厚度、功耗的情况下，将传统专用卫星电话的大天线做到小型化，同时还要保障一定的通信质量，对于天线设计、优化、集成等技术能力提出很大的挑战。华为采用了“多天线圆极化定向拟合”技术。**模式一对卫星通信专用芯片提出挑战。**将卫星通信射频系统集成到手机里需要先进的集成工艺，尽可能将原来的通信模组与卫星模组集成在同一个 SoC。现有芯片功耗大，散热难，需要通过提高工艺制程，基带、射频、存储等集成一体技术，并且使用采用断续收发等新技术降低发热。**华为 mate 60 pro 使用的是天通卫星，其体制协议并非现网手机通用体制协议。**终端配置了专用处理器（华力创通+海格通信），类似于将原来的双模卫星电话做的更小巧。系统从网络侧、终端侧、业务侧齐头并进，先后突破高性能内置天线、基带射频芯片一体化小型化、卫星核心网与移动核心网拉通以及信令协议转换等关键技术

图11：华力创通卫星通信基带芯片采用 SOC 架构

型号	民用通导基带芯片 HTD1001	军用通导基带芯片 HTD2001
支持模式	天通卫星移动常规通信模式、BDS B1、GPS L1	天通卫星移动常规、集群、抗干扰、应急救援通信模式、BDS B1、GPS L1
工艺	40nm	40nm
标准通信接口	SPI、UART、GPIO、I2C、I2S、SD、LCD	SPI、UART、GPIO、I2C、I2S、SD、LCD
封装方式	LFPGA	LFPGA
尺寸	13mm × 13mm × 3mm	16mm × 16mm × 3mm
工作温度	-40℃ ~ +85℃	-40℃ ~ +85℃

资料来源：华力创通官网

图12：海格通信在 2020 年发布的国内首批支持北斗三号 RX 系列射频芯片



资料来源：澎湃新闻

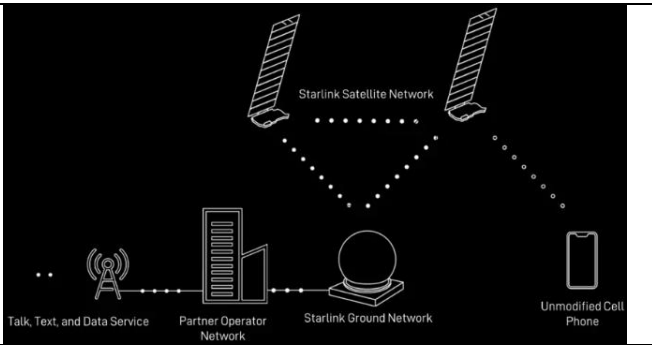
图13：北斗、天通以及 NTN 芯片的能力对比

	北斗短报文芯片	天通芯片	IoT NTN芯片
体制标准	非3gpp标准 (非公开)	非3gpp标准 (非公开)	3gpp标准
芯片厂家	紫光电子、千寻、泰斗微电子	华力创通、中电科54所、中科院上	展锐、MTK
可用卫星	北斗卫星	天通卫星	天通卫星、海事卫星
终端发射功率	2W(33dBm)	2W (33dBm)	0.2W (23dBm)、0.4W (26dBm)
终端天线	华为mate50、P60手机内置天线	华为 Mate60PRO手机内置天线	< 0dB (测试时天线增益为0dB, 匿名化)
下行接收灵敏度	未知	-126dBm	-130dBm (重传机制下)
业务	双向短报文 (参考华为已发布的P60)	语音、短信 (参考已发布的华为Mate60 PRO)	语音、短信、窄带数据
芯片集成度		1颗SoC芯片 (集成了基带、射频、电源管理、存储)	1颗SoC芯片 (集成了基带、射频、电源管理、存储)
芯片工艺	/	40nm	22nm
芯片面积	/	8mm*8mm	5.8mm*5.9mm
成本	中 (进入手机等消费终端后, 成本被拉低)	中 (进入手机等消费终端后, 成本被拉低)	相对低
与主芯片的连接方式	外挂	外挂	外挂
依赖GNSS信号	不依赖	不依赖	依赖, 可共用手机中的GNSS信号
基站	北斗信关站	天通信关站	IoT NTN基站
核心网	北斗专用网络	专用核心网	IoT NTN核心网 (与地面核心网融合)
优缺点	优点: 芯片相对成熟, 有多家供应商; 缺点: 标准私有化, 只支持短报文;	优点: 芯片相对成熟, 可支持语音、短信、数据业务; 缺点: 标准未公开; 芯片工艺可进一步提升。	优点: 标准国际公开, 3GPP演进路线明确; 可支持语音、短信、数据业务; 芯片集成度高、功耗小; 缺点: 当前还没有成熟应用范例

资料来源：2023 年中国无线电大会、开源证券研究所

SpaceX 积极推进模式二下的手机直连卫星，基于 4G LTE 的体制+现存的普通手机。2022 年 8 月 SpaceX 联合运营商 T-Mobile 宣布合作为手机带来 Starlink 卫星网络直连服务，计划在 Starlink 二代上增加一个 L 频段的载荷。2023 年 10 月 Starlink 官网商业服务板块全新推出星链直连手机业务。这一服务可以直接通过消费者的现有手机进行连接，无需更换新机，无需更改硬件、固件或特殊应用程序。最初阶段，直连卫星的服务将仅限于短息和消息类 App 服务。预计 2024 年实现短信发送，2025 年实现语音通话和上网，同年分阶段实现 IOT 物联网。星链此前发射的宽带卫星/高通量卫星所用频段集中在 Ka、Ku、V 这些高频的频段上，空间传播损耗太大，终端天线必须做到 20-30 厘米口径，不适合手机终端。SpaceX 需要发射新的星链卫星 V2.0 并进行组网，该批卫星最初将由 SpaceX 的猎鹰 9 号火箭发射，未来再由星舰发射。V2.0 在原先 Ku、Ka 天线和星间激光链路的基础上，增加一个面积达到 25 平方米的中频 PCS 频谱天线，以实现与地面手机的直接通信。每个中频 PCS 频谱天线将在地面形成一个通信单元格，通信带宽为 2-4Mbits。

图14: 马斯克明确将携带 4G 基站入轨，使用星上再生处理模式



资料来源：三湘无线公众号

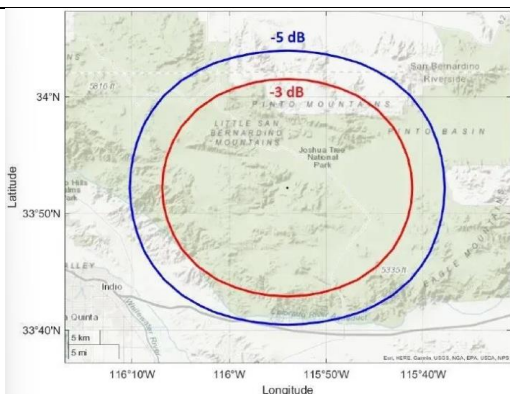
图15: 马斯克初期支持的运营商包括 T-MOBILE、OPTUS、ROGERS、ONE NZ、KDDI、SALT



资料来源：三湘无线公众号

2022 年 SpaceX 向 FCC 申请在星链 V2.0 星座中的 2016 颗卫星上增设手机直连卫星的有效载荷，高度为 525 公里和 530 公里，共 28 个轨道面，每轨 72 颗卫星，轨道倾角为 53 度和 43 度。SpaceX 表示其与 T-Mobile 的 Starlink 服务将能够以高达 3.0 Mbps 或 7.2 Mbps 的上行峰值速度提供语音、消息传递和基本网络浏览，下行链路峰值速度达到 4.4 Mbps 或 18.3 Mbps。具体实现方式为，采用最大的天线增益以及单波束信道带宽分别在 1.4MHz 和 5MHz。SpaceX 预计到 2025 年将消费者终端的速度提高到 500Mbps，方法是安装更多地面站（100 个），而目前在第一年或两年运营中授权的地面站为 51 个。

图16: -3dB 和 5dB 轮廓的预期波束覆盖区域



资料来源：三湘无线公众号

图17: 星链计划于 2024 年中在南北纬 58 度范围内提供对地球的全面和连续覆盖



资料来源：三湘无线公众号

手机直连卫星产业化需要手机厂商、卫星厂商和电信运营商从六个方面发力。首先要优化星载基带。实现星载基带的协议自适应适配与业务功能的自动分割。其次要研发星载相控阵天线。研发星载超大规模阵列天线技术，优化全数字/模数混合赋型架构，以实现地面移动终端的小型化。手机与卫星要实现同等频率的接收，需要卫星具备很强的天线来弥补空间距离增大以后带来的信号路径损耗。具体主要包括使用多波束超宽带的相控阵天线以及大面积展开的相控阵机构等。天线的面积与其接收和发送的信号强度密切相关。一个较大的天线面积可以提供更强的信号增益，从而实现更远距离的通信和更高的数据速率。优化卫星终端天线。使用小阵面相控阵天线与通用基带芯片设计，追求体积小成本低。除此之外，还需要提高星地回传能力、星间路由以及系统软件研发。

图18：中国电信表示国产手机厂商将陆续推出直连卫星旗舰机型，2024 年底前上市终端款型不少于 5 款



资料来源：卫星移动通信产业发展论坛

卫星通信技术搭载终端多元化，由手机端向车载拓展。极氪在 2023 年 9 月 1 日的发布会上官宣卫星通信技术全球首次量产上车，将在新车型极氪 001FR 上提供双向卫星消息、卫星通话等功能，该项车载卫星通信技术或由时空道宇提供。9 月 3 日由吉利交付的超 2000 辆杭州亚运会官方指定用车，配备了时空道宇提供的星基高精定位技术，实现车道级精准定位及车辆管理与调度。极氪车载卫星通信的实现基于吉利集团卫星星座的部署。2022 年 6 月“吉利未来出行星座”首轨九星在西昌卫星发射中心以一箭九星方式成功发射。吉利或将于 2024 年初发射“吉利未来出行星座”02 组 11 颗卫星。车载卫星通信相较于手机的技术和设计门槛较低，未来有望在更多车型上搭载。汽车电池续航能力比手机更长，凭借全向接收天线，接受卫星信号能力也更强。

图19：吉利科技集团浙江时空道宇的台州卫星超级工厂



资料来源：潮新闻

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/918041053106006047>