



# 5G网络升级进行时 独立组网将成未来主旋律

◎本报记者 刘艳

5G技术发展至今，大家对5G的两种组网方式已不陌生，尽管我国5G建设不断跑出新速度、

新高度，但从近日“联通电信辟谣首批5G用户被抛弃”登上微博热搜看，大家仍对独立组网(SA)和非独立组网(NSA)两种5G组网方式关注度不减，而且仍有部分群众对我国的5G建设和业务运营原则存在理解偏差。

2019年，我国所建的5G网络还基本属于非独立组网。2020年11月，中国电信在天翼展上宣布在全球率先商用5G SA网络，覆盖全国300多个城市。前不久，中国移动表示已建成覆盖我

国31个省、337个城市的全球最大5G SA商用网络，SA终端将在2021年全面普及。

新事物的成长总要经历由小到大、由不完善到比较完善的过程，5G建设也是如此。

## 一个是“一网多用”，一个是“专网专用”

SA和NSA的主要区别在于，是否需要依附现有的4G网络进行5G网络部署，反映的是基站和核心网的搭配方式。

从它们的中文释义也能看出其中的差别，NSA是“一网多用”，SA是“专网专用”。

在5G NSA组网方式下，4G、5G共用核心网，直接利用4G基站加装5G基站，即可快速实现5G网络覆盖。作为5G标准的核心网，SA核心网的信令格式、流程及核心网架构都是全新的。

简单地讲，NSA模式的网络就像城市道路，既跑汽车也跑自行车，而独立建设的SA模式网络类似于高速公路，跑的都是5G信号。这也是为什么业界将NSA看作5G的过渡方案。

5G的两个组网选项牵扯着网络时延、上行带宽、网络灵活敏捷性和服务可靠性等一系列

5G性能指标的差异。

相比之下，NSA模式更有利于资源的最大利用，无论对用户还是对运营商来说，时间成本和资源投入都更少。SA模式则更能发挥5G的三大技术优势——增强移动宽带(eMBB)、海量机器连接(mMTC)和超低时延高可靠(URLLC)，并在此基础上支撑实现更为丰富多元的场景业务，提供包括网络切片、超低时延链接、海量链接等诸多NSA模式无法提供的能力。

如工信部前部长苗圩所言，真正要体现5G性能，还得依靠SA模式的5G网络，而不是基于4G核心网上的NSA模式。

中国工程院院士邬贺铨曾坦言，在全球率先启动SA大规模建设，除产品成熟性和稳定性的考验外，SDN、NFV、SRv6、网络切片、SD-WAN等大规模组网技术尚待验证。

## 运营商短期内不会关闭NSA网络

虽然SA模式组网已是5G建设主旋律，但大量4G基站仍会继续存在。从中国电信和中国联通的回应看，目前不存在关闭5G NSA网络一说。

柏松说：“从非独立组网向独立组网的过渡是一个漫长的过程，不会出现一刀切式的直接断网现象。”

资深电信行业咨询师马继华表示，无论是运营商还是用户，尝鲜总要付出代价。技术终有过时而被替代的那一天，建设者和使用者不可能永远停留在某一阶段，这是移动通信代际进步的典型特征，只是时间长短的问题，小灵通、2G、3G手机都走过了同样的历程。

“运营商抛弃原来NSA用户的说法不准确。”马继华强调，目前第一批仅支持NSA的5G手机还可以使用，不排除未来运营商迫于基站资源和运营成本压力拆除或升级NSA的可能，但这也是第一批5G手机使用生命周期

之后的事了。

当然，不管是手机厂商还是运营商，应该告知用户真实情况，让用户理性选择。“科技发展日新月异，迭代速度越来越快，产品的生命周期也越来越短，用户需要合理抉择。”马继华如是说。

“运营商在用户告知上还需要更精心、更详细，手机厂商在产品宣传上也应避免夸大误导。”柏松说，“运营商和厂商应该多加关注那些5G NSA终端用户的合理诉求，他们中有很多人是5G最早的支持者。”

中国电信董事长柯瑞文指出，我们要清醒地认识到，5G仍处在发展初期，全面满足客户期待，进一步孕育成熟还需产业界共同努力。

柯瑞文说：“特别是在提升终端SA支持率、SA行业模组产业化、协同打造SA通用应用、探索总结基于5G的产业互联网解决方案等方面，亟须各位产业伙伴加大投入力度，加快创新步伐。”

## SA/NSA双模已是5G终端标配

非独立组网终究是要向独立组网演进，但谁都无法准确预测这个进程会有多快。明确可知的是，即便是在SA方式的5G网络中，也绝不意味着早期NSA的5G手机就不能用了。

2019年底，5G舆论场上演了仅支持NSA组网的手机是不是真正的5G手机的大论战。那时，5G手机大多数只支持NSA，最早兼容NSA和SA的双模手机出自华为。

那个阶段，我国的电信运营商向5G体验用户发出告知提醒，目前仅支持NSA的单模5G手机，在只有SA模式网络的地方，将无法连接到5G网络。

目前国内仅支持NSA组网的手机为2019年下半年发布的7款机型，大家的争论点都聚

焦在了SA模式网络下早期这批NSA单模手机的命运。

记者从中国电信了解到，即便终端只支持NSA模式，而基站是SA模式，用户也不必惊慌，虽然不能接入5G，但使用4G网络没问题。

只是，仅支持NSA模式的手机终将退出历史舞台，中国联通近日发布的《中国联通5G终端白皮书第四版(2021年度)》中明确提出，5G终端应支持SA/NSA双模。

随着SA模式网络建设和运行的逐步完善，各电信运营商针对终端的规划将越来越明晰，中国移动明确表示，2021年的重要任务之一就是促进5G终端网匹配，将5G用户向5G SA网络牵引。

## SA模式是5G组网的终极方案

在5G网络建设的最初阶段，SA与NSA模式混合并行，但几乎所有的国家都视SA模式为5G组网的终极方案，我国也不例外。

通信行业专家陈志刚介绍，2017年12月，5G NSA核心标准冻结，引起全球广泛关注，由此引发业内对5G组网方式的长期讨论。

早在5G商用发牌前，对我国5G网络部署该走SA模式还是通过NSA模式逐步过渡的争论一直都没有断绝。

大部分运营商之所以选择在4G核心网的基础上采用NSA方案作为过渡，5G建设投资大是众所周知的原因之一。

通信行业分析师柏松说：“节省投资是一方面，更重要的是，从3G、4G的经验看，先拥有网络基础设施，将极大减少后期的过渡成本，为中

国开创性的5G技术探索积累经验。”

但是，NSA模式如同“半个5G标准”，毕竟无法完成发挥5G网络的技术优势。2018年，5G独立组网标准正式冻结，我国各电信运营商开始公布独立组网计划。

2020年3月24日，工信部发布的《关于推动5G加快发展的通知》中提出，“支持基础电信企业以5G独立组网(SA)为目标，控制非独立组网(NSA)建设规模，加快推进主要城市的网络建设，并向有条件的重点县镇逐步延伸覆盖”。

柏松说：“尽管工信部早已明确，SA是我国5G未来主要发展方向，各电信运营商也有积极筹备，但以该通知为标志，运营商新建的基站将全部为SA基站。2020年可以看作是我国5G SA新基建设发展的元年。”

## 实现更广的信号覆盖 降低建网成本

# 700MHz“黄金频段”：5G全覆盖的有力保障

◎本报记者 刘艳

3月25日，中国移动公布2020年全年业绩时透露，2021年拟与中国广电联合采购700MHz基站40万站以上，并将于2021—2022年完成建设。

基于700MHz的4G网络商用，曾在全球拉开了移动通信的商用序幕，以中国移动和中国广电共建共享700MHz为标志，中国5G建设向着实现全国城区、县城、以及重点乡镇全覆盖的目标挺进。

### 700MHz 5G网络共建共享落地实施

700MHz频段具有良好的传播特性，是开展移动通信业务的黄金频段。5G牌照发放初期，我国就确定了由中国移动和中国广电共建700MHz 5G网络，双方的合作进展一直是市场关注的焦点。2020年3月，中国广电制定的700MHz频段2×30MHz/40MHz大带宽技术方案成为全球第一个低频段大带宽5G国际标准。700MHz频段是传统的广播电视系统频

段。2020年4月2日，工信部发布通知，调整700MHz频段频率的使用规划，将其用于5G通信，我国的5G发展因此获得了宝贵的低频段频谱资源，并形成了高、中、低频段协同发展的局面。调整后的700MHz频段频率使用规划与国际主流方案兼容，有利于共享全球产业基础。

根据工信部相关司局的解读，包括我国在内的全球多数国家已经完成或正在进行700MHz频段的广播电视“模数转换”，并将释放出的频谱用于频谱利用率更高的移动通信系统。国内移动通信产业在该频段已形成了较为完备的网络设备和终端产业链，具备了从传统的广播电视服务转向移动通信服务的条件。

2020年5月，中国移动与中国广电签订5G共建共享合作框架协议，中国5G运营商“2+2”格局初定。今年1月26日，中国移动旗下中移通信代表中国移动31家省公司与中国广电签署了一系列协议，就建设、维护、市场和结算等具体问题达成全面共识，双方按1:1比例共同投资的700MHz 5G网络由此正式启动。

赛迪智库无线电磁管理研究所副研究员周钰哲表示，中国移动和中国广电共建共享

700MHz 5G网络，将有效挖掘这段优质资源频谱的价值，使双方获益。

3月10日，中国广电、中国移动联合产业合作伙伴启动700MHz终端生态共建计划，号召终端产业链升级频段能力，并对各品类5G终端提出支持700MHz频段的具体要求。

中国移动对2021年手机市场容量的预判是，我国国内市场手机总销量将达3.5亿部，其中5G手机总销量预计2.8亿部，中国移动网内5G手机总销量将超2亿部。

与中国广电签署共建共享5G网络协议后，中国移动为5G 700MHz终端普及定下了时间表，2021年3月1日起，4000元及以上新终端必选支持700MHz频段；2021年10月1日起，所有价位新终端都必选支持700MHz。

### “黄金频段”是我国今年5G建设主角

700MHz一直被视为“黄金频段”，虽然容量不大，但是作为低频段，其具备传播损耗低、覆盖面广、穿透力强、组网成本低等优势，且这些优势在5G时代显得尤为突出。

## 大规模集成相控阵 解决毫米波传播距离短难题

◎本报记者 金凤

毫米波频段因带宽资源丰富，正逐步成为宽带卫星通信、5G乃至未来6G移动通信发展的“黄金频段”。但毫米波的无线传输距离短，是制约其应用的短板。而集成相控阵则是解决毫米波无线通信传播距离受限的关键技术之一。

传统的毫米波相控阵通常基于化合物半导体芯片加以实现，由于制作成本高昂，极大地限制了其应用范围。6年来，东南大学移动通信国家重点实验室教授肖虎、赵涤葵等学者，联合网络通信与安全紫金山实验室以及天锐星通科技有限公司持续攻关，突破了互补金属氧化物半导体(CMOS)器件固有瓶颈，成功研制出Ka频段毫米波CMOS相控阵芯片，并探索出基于高密度混压PCB工艺的大规模集成相控阵解决方案，具有超高集成度、超低成本等特点。

近期，2020年度“中国高等学校十大科技进展”揭晓，“CMOS毫米波芯片与大规模集成相控阵”研究项目入选。

### 用相控阵可延长毫米波传输距离

毫米波，一般指频率在30GHz至300GHz这段范围内的无线电频谱，跟传统的移动通信无线频谱相比，频率要高得多。毫米波的波长在1毫米到10毫米之间，这也是“毫米波”名称的由来。

“毫米波的带宽非常宽，这相当于在高速公路的车道被拓宽了好几倍，所以能承载的信息传输量更大。但毫米波的一大瓶颈就是波长短，更容易被大气、水吸收，也容易被建筑物遮挡，所以传播距离短。能否解决这个问题，是决定毫米波能否用于5G以及卫星通信的关键点之一。”肖虎介绍，为破解这个难题，科研团队从两个技术方向攻坚克难。

大规模的相控阵便是解决毫米波无线传播距离受限的核心关键技术。相控阵是一个电磁波接收发射系统，电磁波的频率越高、波长越短，其天线单元也就越小，在同样的面积下就可以容纳更多的天线。天线越多，密密麻麻地排成一个方阵，就组成了天线阵列。

肖虎解释：“一般来说，电波是呈球面状传播的，所以信号传输能量相对分散。而使用相控阵，可以让信号沿着某个方向集中传播，将能量集中在相对统一的方向上，从而延长传播距离，就像手电筒一样对目标精确覆盖，传输距离就能与用户手机连接，既解决了传输距离的问题，又解决了信号遮挡问题，同时能够实现大流量传输。”肖虎说。

同时科研团队还努力尝试解决信号辐射遮挡问题，“例如，可以部署多个分布式的毫米波相控阵基站前端，这样在任意位置，都至少会有一个毫米波基站前端能与用户手机连接，既解决了传输距离的问题，又解决了信号遮挡问题，同时能够实现大流量传输。”肖虎说。

### 巧妙设计破解CMOS工艺难题

半导体的生产工艺颇多，包括锗硅工艺、化合物半导体工艺和CMOS工艺。肖虎介绍，在行业发展早期，相控阵都是用化合物半导体材料去做，但最近5年，业界开始重点关注基于CMOS工艺生产的毫米波集成电路。CMOS是行业内应用最广泛的工艺，大部分的手机和电子产品，都是基于CMOS工艺加工的，这也是最容易做到低成本、高集成和大规模量产的工艺。

“但这种工艺模式，在信号传输频率比较高的时候，会有一些负面特性，例如对温度会比较敏感，噪声系数相对较高，很难将发射功率提到非常高。怎么通过巧妙的设计，破解这些难题，是不小的挑战。”肖虎举了个例子，研发团队设计了一系列新型构架的电路，巧妙地利用CMOS晶体管各个电极的固有特性，在减小功耗并提升增益的同时不引入额外噪声，从而破解了这些技术难题。

此外，研发团队还通过运用高密度混压多层电路板技术，形成了一个性能稳定的相控阵系统，攻克了毫米波相控阵大批量生产所面临的技术一致性问题。为了实现大规模批量制造，工艺状态稳定控制、自动化监测与检验、产品良率提升，同时为相控阵产品大规模批量化生产提供保障，研发团队提出了标准化可拼接技术，将小规模的相控阵子阵灵活地拼接为用户所需要的大规模相控阵。

最终，项目组经过长达6年的技术探索与创新，研发成功4096通道收发集成相控阵，这是目前国际上集成度最高、规模最大的CMOS毫米波集成相控阵，其等效全向辐射功率等关键技术指标遥遥领先于国际同类研究。同时，芯片的噪声系数仅为3dB，发射通道效率达到15%，无需校准便可实现精确幅相调控。

### 成果已实现规模性推广应用

日臻成熟的CMOS毫米波芯片与大规模集成相控阵，目前已经走出实验室，正在逐步实现产业化。肖虎介绍，目前，CMOS毫米波芯片与大规模集成相控阵已经在规模性的推广应用了，30多个厂家围绕这项技术在开发各自的产品，成果已在车载、船载和无人机宽带卫星移动通信和毫米波5G领域得到规模性应用。

“现在毫米波终端已经可以装在汽车、轮船、无人机上，实现与卫星的通信，假如开车到非常偏远的地区，这个地区没有移动通信信号，就可以通过车载毫米波终端接收卫星信号，再将接收的信号转换成WiFi。”肖虎畅想，未来还可以将这项技术直接应用到手机中，与低轨卫星互联互通，在地面移动通信系统有信号时，手机可以接收地面信号，而当地面信号弱时，手机可以自动接收卫星信号，确保移动通信随时随地稳定畅通。不过，他坦言，想实现这一愿景，或许还需要5—10年甚至更久的时间。

目前触手可及的5G，距离毫米波时代已经不远了。肖虎介绍，目前我们使用的5G频段属于频率较低的厘米波频段，预计中国将在2022年北京冬奥会之后，进入5G毫米波时代。届时，移动通信基站将增加毫米波无线技术，集成相控阵技术将大有可为，用户可以在城市的各个角落接收毫米波信号，像在使用5G低频段时一样“不掉线”畅快上网。

与中高频段相比，700MHz能够实现更广的5G信号覆盖，相应的能够减少基站部署密度，对有效降低5G网络的建设成本及能耗都有非常积极的作用。在空旷的农村，使用700MHz的单个基站信号的覆盖范围，可以达到移动目前主流5G频段2.6GHz的2倍多，可以达到电信联通的主流5G频段3.5GHz的接近3倍。

中国信息通信研究院副院长王志勤说：“2021年，我国较为科学和审慎地提出再新建60万个5G基站的目标任务，实现地级以上城市5G网络深度覆盖。落实共建共享、公共资源开放等多种措施，持续降低5G建网成本成效显著。”

王志勤强调，网络建设是5G商用和业务发展的基石，且投资巨大，坚持精准化集约化建网，持续降低建网成本是5G行稳致远的有力保障。