

卫星互联网专题研究

卫星互联网——空天地泛在通信的必要环节

西南证券研究发展中心
通信研究团队
2023年6月

核心要点

- **卫星互联网是通过卫星进行全球联网的一套通信系统**，通过一定数量的卫星，向地面、空中、海上用户提供宽带互联网接入服务。卫星互联网通常需要三大部件：卫星、地面站（通常作为网关）、用户终端。
- **我国卫星互联网建设需求较为迫切确定**。其一，卫星互联网在国家安全领域的重要作用在俄乌战争等场景下已得到充分显现，建设自主可控的宽带卫星星座刻不容缓。其二，低轨轨道资源和通信频段资源稀缺，在国际电联“先占先得”规则下，我国需要快速抢占低轨卫星资源。其三，空天地泛在通信是通信技术的必然演进方向，卫星通信已成为移动通信的重要环节，发展卫星互联网具有较高确定性。
- **卫星互联网商业模式已得到初步验证**。铱星、OneWeb和Starlink等低轨宽带星座已逐步开启商业服务，据铱星公司2022年年报，铱星星座的用户数量已达到199.9万，并在22年全年实现了7.2亿美元营收，872万美元利润，已实现盈利。据Starlink官网，截至2023年5月，Starlink用户数已达到150万以上，距21年开启个人宽带商业服务以来实现了爆发式增长。我们认为，在卫星互联网相关商业模式已得到初步验证的情况下，具有一定的可复制性。
- **卫星互联网产业链纵深长，空间广，有望迎来需求爆发**。卫星互联网产业链涵盖了卫星制造、火箭发射、卫星运营、终端设备等多个环节，对相关硬件和软件配套具有较大需求。同时，卫星星座的大批量发射一般都在实验星完成发射后的1-2年内进行，我国低轨卫星星座产业有望迎来爆发增长，卫星互联网全产业链的市场空间或达千亿，建议关注相关投资机会。
- **相关标的**：震有科技、铖昌科技、国博电子等。

风险提示：我国卫星互联网建设不及预期、下游需求不及预期等风险。

目 录

1 卫星互联网——泛在通信的基础设施

- 1.1 卫星互联网基本概念
- 1.2 卫星互联网发展的高确定性
- 1.3 卫星互联网的相关技术
- 1.4 卫星互联网的发展趋势
- 1.5 卫星互联网的应用场景

2 低轨卫星技术高速发展，已能与4G通信媲美

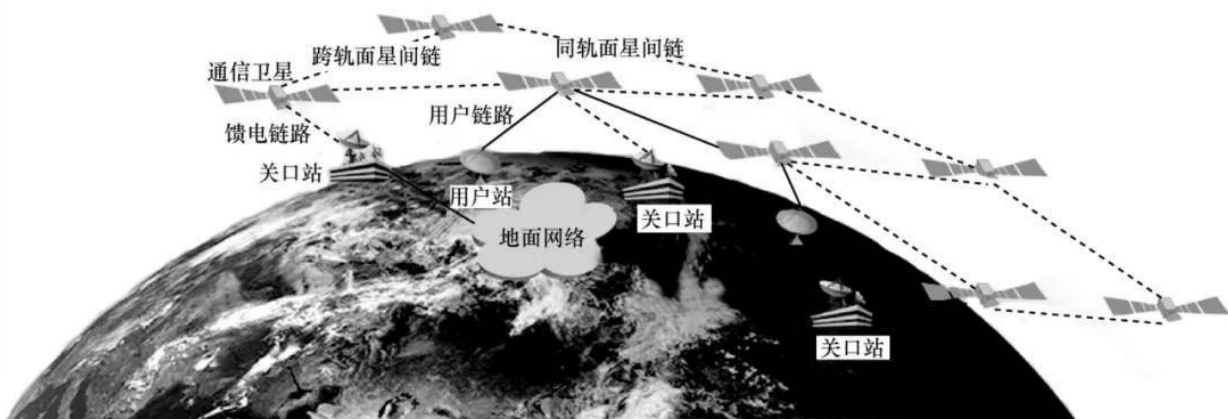
3 卫星互联网产业辐射广，规模或超千亿

4 相关上市公司梳理

1.1.1 卫星互联网基本定义

- **定义**：卫星互联网是通过卫星进行全球联网的一套通信系统，通过一定数量的卫星，向地面、空中、海上用户提供宽带互联网接入服务。卫星互联网通常需要三大部件：卫星、地面站（通常作为网关）、用户终端。卫星上网通信可以分为双通道通信和单通道仅接收通信。
- **发展趋势**：卫星通信从1960s开始发展，从模拟卫星发展到数字卫星，从窄带发展到宽带、高通量卫星。目前的卫星互联网主要是指利用**地球低轨道卫星**实现的低轨宽带卫星互联网。

卫星互联网示意图



1.1.2 卫星按轨道高度可分为3类

从卫星轨道高度来说有高轨同步卫星、中轨卫星、低轨卫星等。高轨卫星和低轨卫星存在互补关系和竞争关系。

互补关系：地球静止轨道卫星和地球自转同步，只对某一固定区域服务，低轨卫星对地面的覆盖是移动的，是高轨卫星的补充。

竞争关系：低轨卫星传输时间低、路径损耗少、卫星终端体积小、成本低、系统容量大，在卫星通信方面具有竞争优势。

不同轨道卫星相关特点

轨道类型	高度	特点	应用领域	通信卫星项目
地球静止轨道卫星 GEO	3.6万千米	优点： 高度高，覆盖范围广 缺点： 时延大，信号衰减严重，需要大功率发射器和大型天线	通信、气象、遥感等	天通卫星等
中轨卫星 MEO	2000千米~2万千米	覆盖范围较大，时延较小，但需要多颗卫星组成星座，轨道控制和维护难度较高	导航、通信等	Orbcomm、北斗、Globalstar等
低轨卫星 LEO	600千米~2000千米	优点： 时延小，信号强 缺点： 覆盖范围小，需要大量卫星组成星座，发射总成本高，寿命短	通信、遥感、科学探测等	Starlink、铱星、OneWeb、鸿雁等

卫星轨道示意图



1.2 卫星互联网发展的较高确定性

- 卫星互联网的发展对国家安全具有重要意义。
- 卫星和频段是稀缺的不可再生资源，申请并发射卫星具有重要战略意义。
- 从通信技术发展趋势来看，卫星互联网通信也是必经之路。

国家安全

- **国家外部安全**：星盾计划、俄乌战争等凸显卫星通信对于国家外部安全的重要意义。Starlink在俄乌战争中成为了乌方重要的通信方式；SpaceX在22年提出“星盾计划”，为美国防务部服务。
- **国家内部安全**：《“十四五”国家应急体系规划》要求发展应急管理指挥调度平台、应急通信产品等新型应急指挥通信和感知产品。卫星互联网的发展为应急通信提供保障，在发生地震、海啸等自然灾害时几乎是唯一的通信方式。

资源稀缺

- 国际电联（ITU）无线电规则中规定，**近地卫星轨道和频率均采用“先登先得”原则，并且后来者在轨道和频段上要规避已发射的卫星。**低轨卫星轨道资源和频谱资源是不可再生资源，相较于高轨卫星轨道，近地轨道资源十分有限，且C、Ku、Ka等黄金频段资源日渐拥挤，因此我国向ITU申请卫星的频谱资源和轨道资源具有一定的紧迫性。

技术发展

- **2G-5G时代：卫星通信是蜂窝的补充。**
- **6G时代：卫星通信是6G的重要组成成分**

1.2 卫星互联网发展的较高确定性

➤ **2G-5G时代：卫星通信是蜂窝的补充**



- **全球蜂窝移动网络仅覆盖了20%的陆地面积、6%的地表面积，航空、远洋、渔业、石油、环境监测、户外越野、军事等特殊区域的通信需求依靠卫星通信满足。**
农村：农村地区建设蜂窝移动网络的电力、塔架和土建工程等部署成本高出城市约三分之一，铺设用于回程的光纤回程成本翻了一番以上，并且由于距离远，微波传输也通常不可行。全球只有75%的农村人口接入4G网络，其中88%处于3G覆盖范围内，12%仍然使用30多年前推出的2G网络。
岛屿：菲律宾群岛、印度尼西亚分别有约2000、6000个岛屿有人居住，在岛屿之间铺设海底光纤难以实现，并且容易因事故或自然事件造成损坏，卫星互联网可解决岛屿上通信问题。
- **在2G-5G时期，卫星通信的首要需求是全球覆盖。**因此，卫星通信以中窄带、中高轨道卫星为主，能够以较少数量的卫星完成全球覆盖，完成对蜂窝网络的补充。此时的卫星通信对于高速率、低时延基本没有需求，卫星通信主要为语言和文本信息服务。

- **6G是一个全域覆盖的立体网络，将涵盖陆空天海的基础设施资源，集高/中/低轨卫星系统、平流层平台、陆地网络和海上船舶通信等于一体，构建星地融合网络，实现自然空间全覆盖和全球全域的“泛在连接”。**6G网络把空天地一体化多接入能力作为关键能力，中国信通院发布的《6G白皮书》提出全球广域覆盖的星地一体化网络将是6G网络的关键技术，星地融合通信已是目前通信技术的重要发展方向。
- **卫星通信也是未来通信的基本环节。**3GPP（第三代伙伴关系项目）已开展对“非地面网络（Non-Terrestrial Network, NTN）”的研究。NTN R14至R16的研究项目考虑在5G网络中集成卫星接入业务。NTN R20和6G NTN的相关研究，包括但不限于地面网络（Terrestrial Network, TN）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。因此，我们认为低轨卫星星座将会是未来通信的必要基建。

➤ **6G时代：卫星通信是6G的重要组成部分**

1.3 卫星互联网的通信技术：按通信介质可分为电磁波通信和光通信

- **卫星的通信方式主要可分为2种，包括使用电磁波进行通信，以及使用光进行通信。**进一步细分又可分为微波通信、太赫兹通信、激光通信和量子通信。**其中，微波通信和激光通信是目前最成熟、最常用的应用于空间的网络手段。**太赫兹是电磁波的一种，相比于量子通信的通信速率，太赫兹通信的通信速率普遍更快。量子通信主要通过光进行信息传播，器件成熟度还未达到可工业使用的要求。
- **目前最成熟的通信方式是微波通信。**微波通信在器件、算法等各方面的发展都已经较为成熟。但同时，微波通信也存在一些不足之处：1) 长距离传输需要较高的功耗，传输速率也会受到限制。2) 由于星际环境复杂多变，微波通信需要申请特定的频段，避免与相邻卫星通信频率重叠，以防止信号干扰。
- **激光通信技术日益成熟，在星间通信中的使用逐步增多。**激光通信受益于地面的光纤通信对产业链的催化，其优势为传输速率高、无频段限制，且对其他任何星间通信不会造成干扰，但其对链路的建立过程有非常高的要求，一般只能一对一的传输。

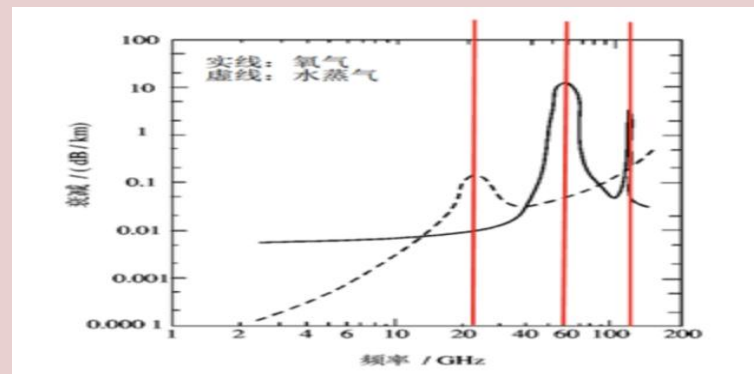


1.3.1 微波通信：通信频段向高频拓展

微波是指频率在0.3~300GHz之间的电磁波，是无线电波中一个有限频带的简称。由于微波的频率高于一般的无线电波，所以微波也被称为超高频的电磁波。国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)和电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)将通信卫星微波频率进行了划分。

通信卫星微波频率划分及常用频段特点

ITU	IEEE	频率/GHz	应用场景	常用频段及其特点
UHF (Ultra High Frequency) 分米波频段	UHF	0.3~1	电视、空间遥测、雷达导航、点对点通信、移动通信	<ol style="list-style-type: none"> 卫星通信常使用L、S、C、X、Ku和K频段的电磁波。低频率的电磁波（如L、S、C频段）的增益低、雨衰小、需要较大天线口径，适用于对通信质量要求较严格的业务场景，比如电视和广播等。然而目前这些频段的空间资源紧张。高频率的电磁波（如Ku和K频段）的增益高、雨衰大、需要较小天线口径，适合于高速数据传输的业务场景。 微波通信具有众多优点，包括：成本低廉、测距方式灵活、组网灵活方便、跟瞄捕获容易、系统可靠性较高等。但随着信息技术的高速发展，微波通信的频段容量已难以满足空间卫星通信需求。同时，随着轨道上卫星数量的增加，微波通信系统之间的干扰问题也日益突出。
	L	1~2		
	S	2~3		
SHF (Super High Frequency) 厘米波频段	S	3~4	微波接力、卫星和空间通信、雷达	
	C	4~8		
	X	8~12		
	Ku	12~18		
	K	18~27		
EHF (Extremely High Frequency) 毫米波频段	Ka	27~40	雷达、微波接力、射电天文学	
	Q	33~50		
	V	50~75		
	其他频段	75~300		

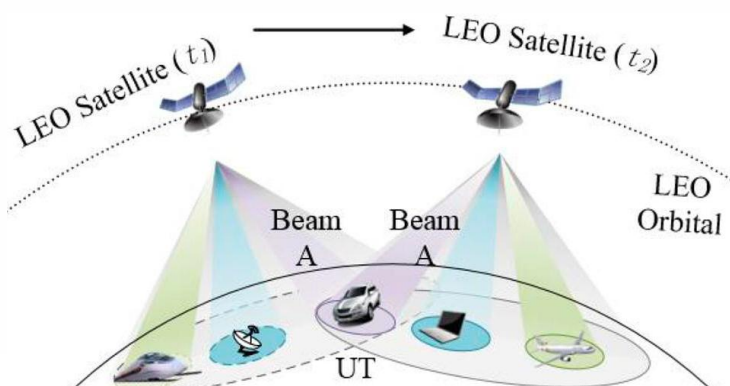


1.3.1 微波通信：多种波束实现地面覆盖

卫星波束的覆盖形式

- **点波束（指向波束）**：基于数字波束成形的指向波束点波束总是指向用户。由于点波束功率远超宽波束，因此点波束能够实现更高效的调制和编码，具有每秒百兆比特的通信容量。
- **宽波束**：固定指向，主要用于传输控制命令。宽波束间支持波束切换，宽波束较大的覆盖范围可以降低不同波束切换频率。

卫星波束覆盖示意图



卫星使用微波通信搭载的设备组件

- **微波通信**：微波通信将微波作为传输的介质，而无需使用固体介质。微波具有频率高、波长短的特点，在空气中直线传播，遇到障碍物会被反射或阻断。
- **微波通信的系统构成**：

系统构成	设备组件
发信机	调制器+上变频器+高功率放大器+滤波器等
收信机	低噪声放大器+下变频器+解调器等
天馈线系统	馈线+双工器+天线等

1.3.2 激光通信：实现星间高速通信的重要方式

激光通信概述：卫星激光通信是利用激光光束在卫星间或者卫星与地面之间传递信号的方式。区别于微波通信，激光光束在空间中充当信息的传输载体。目前，空间激光通信系统主要使用半导体激光器作为光源，而激光通信系统的波长通常选择在0.8~1.0 μ m波段之间。

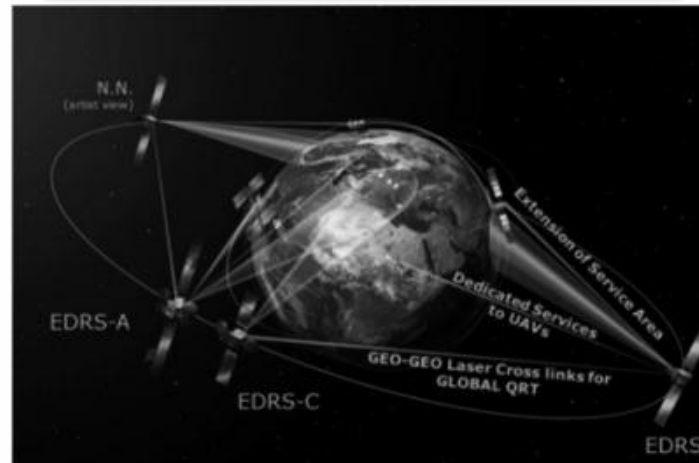
激光通信的技术优势：

- 频带宽度大，链路通信容量较大；
- 波束发散角度小，方向性强，具备良好的抗干扰和防截获性能，系统安全性高；
- 设备之间没有微波信号干扰，无需申请空间频率使用许可证。

然而，由于激光光束较窄，对准、捕获和跟踪是激光通信系统需要应对的重要问题。因此，**激光跟踪技术是星际激光链路的关键技术之一。**

将微波通信技术和激光通信技术相结合已成为星座组网的主流，以满足大规模快速发展的卫星通信星座对更高的测量精度和更快的通信速率的需求。

EDRS星座示意图



激光通信卫星相关指标

指标	Tesat	USA Space Micro	Europe Mynaric
链路距离/km	1500	4000	4500
调制方式	BPSK	BPSK	BPSK
信息速率/Gbps	10	10	10
重量/kg	8	20.9	18
功耗/W	80	150	60

1.3.2 激光通信：通信体制&捕获方式

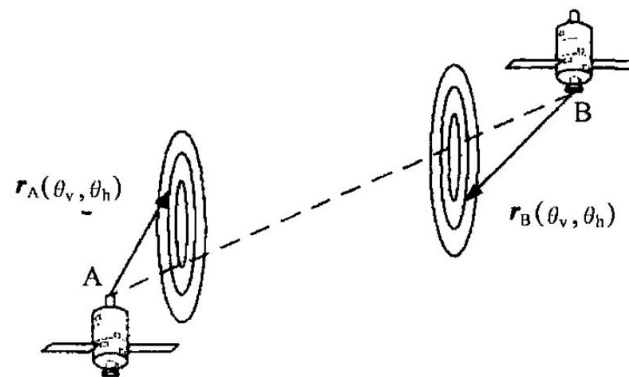
- **通信体制：非相干通信&相干通信：空间激光通信共有两种最常用的通信体制，包括：相干通信、非相干通信。**目前，相干通信和非相干通信都已在国际上完成在轨关键技术验证，并开始了大规模的组网建设部署阶段。相比之下，**在工程应用场景中，相干体制适用于链路距离较远且速率较高的情况，而非相干体制则适用于链路距离较近且速率较低的情况。**

非相干&相干通信对比

关键指标	非相干通信	相干通信
接收灵敏度	低于相干体制20dB,增加低噪放后，仍低于相干接收机6dB以上	比非相干高，相同条件下，终端体积和功耗更有优势
抗干扰	由于是强度探测方式，需要规避空间背景光干扰	抗背景噪声能力强，接收机信噪比高，具备近日凌免疫的能力
系统复杂性	接收机结构简单，易于实现	接收机结构复杂，实现具有较高技术门槛
成本	非相干发射机的激光器和调制有集成芯片的货架产品，接收机直接探测成本较低	相干接收机需增加混频移相器和本振激光器，成本较高

- **对准捕获方式：信标光&非信标光**
- **“信标光+信号光”捕获方案是指激光通信终端使用单独的信标光。**通过使用较宽的信标光束按照一定的扫描方式对不确定区域进行扫描。终端使用大视场的捕获探测器来监测接收信标光的质心位置，以实现对接标光的捕获和跟踪进而将信号光引导至跟踪探测器接收视场，进行精确跟踪，最终实现激光建立通信链路。
- **“非信标光”捕跟方案则是指在工作过程中不使用信标光，直接使用信号光进行扫描，**并通过对接标光进行分光，实现光通信终端之间的捕获和跟踪功能。

非信标光对准示意图



1.3.2 激光通信：关键组件可分为五类

激光通信一般都会包括以下关键组件：激光发射器、发射光学镜头、接收光学镜头、激光接收器、控制硬件。

激光发射器

用于生成和调制激光信号，可以是单个激光器，也可以是多个激光器，也可以是相控阵或泛光面阵等不同结构。激光发射器利用成熟的地面光纤技术，可以提高数据传输速率。

发射光学镜头

发射光学镜头是激光信号从发射器传输到自由空间需要一种装置，它可以是固定的镜头，也可以是可调节的镜头，也可以是可以旋转或者基于微机电系统（MEMS）的镜子。这些发射光学镜头的作用是控制激光束的方向、扩散角度和功率密度。

接收光学镜头

接收光学镜头用于将自由空间中的激光信号集中到接收器上的装置。它可以是固定的镜头，也可以是可调节的镜头，也可以是可以旋转或者基于微机电系统（MEMS）的镜子。接收光学镜头的功能是增加接收器的有效面积，降低背景噪声并提高信噪比。

激光接收器

激光接收器是一种用于探测和增强激光信号的装置，可以是单个探测器，也可以是多个探测器，也可以是阵列或相机等结构。激光接收器通常分为两种类型：直接检测（如PIN二极管）和外差检测（如雪崩二极管或单光子计数器）。

控制硬件

这种设备被用来管理发射器和接收器，处理激光信号，并维护通信链路等任务。通常，控制硬件由数字信号处理器（DSP）、激光驱动器、可变跨导放大器（TIA）等通信接口组成。

1.3.2 激光通信：国内外发展趋势梳理

- **我国进展：2021年，某低轨组网星实现了我国首次低轨星间相干体制的激光星间链路**，是一项具有里程碑意义的成就。随之开展的各项试验工作也为我国的激光通信水平做出了重大贡献。我国进行卫星激光通信的研究机构包括：哈尔滨工业大学、中国科学院上海光学精密机械研究所、中国科学院光电技术研究所、长春理工大学、航天科技集团等。
- **激光通信发展趋势：非相干到相干、信标到非信标、大型到小型芯片化。** 1) 相干光具有更好的接收灵敏度和抗干扰性，随着相关技术的成熟，成本也在逐步降低。2) 采用非信标光能够减少信标光的光学组件，降低成本和重量。3) 随着光电集成技术的成熟光芯片化已经得到逐步实现，小型化能够降低重量，减少体积，利于卫星制造和发射。

激光通信国内外差异

	我国	美国	欧洲		国家或地区			
信号光波长选择方面	选择1550nm附近频点作为信号光工作，空间传输损耗更小	选择1550nm附近频点作为信号光工作，空间传输损耗更小	选择1064nm附近频点作为信号光工作，激光器光电转换效率更高	体制	美国	欧洲	日本	中国
通信体制方面	以BPSK调制/相干接收为主，灵敏度高并具有较强抗干扰性	以OOK/非相干探测为主，适合大规模低成本的生产模式	以BPSK调制/相干接收为主，灵敏度高并具有较强抗干扰性	调制方式	OOK/PPM/DPSK	OOK/PPM/"BIT/SK"	OOK/PPM/DPSK/"BIT/SK"	OOK/PPM/DPSK/"BIT/SK"/QPSK
捕获体制方面	早期均采用信标光和信号光相结合的模式，后期逐渐摒弃信标光			捕获方案	有信标光到无信标光	无信标光	有信标光到无信标光	有信标光到无信标光
				粗指向机构	潜望式	潜望式	经纬仪式	潜望式
				精指向机构	音圈电机	压电陶瓷	压电陶瓷	压电陶瓷

1.3.3 组网方式：主要有三种组网方式，未来逐步向天网地网发展

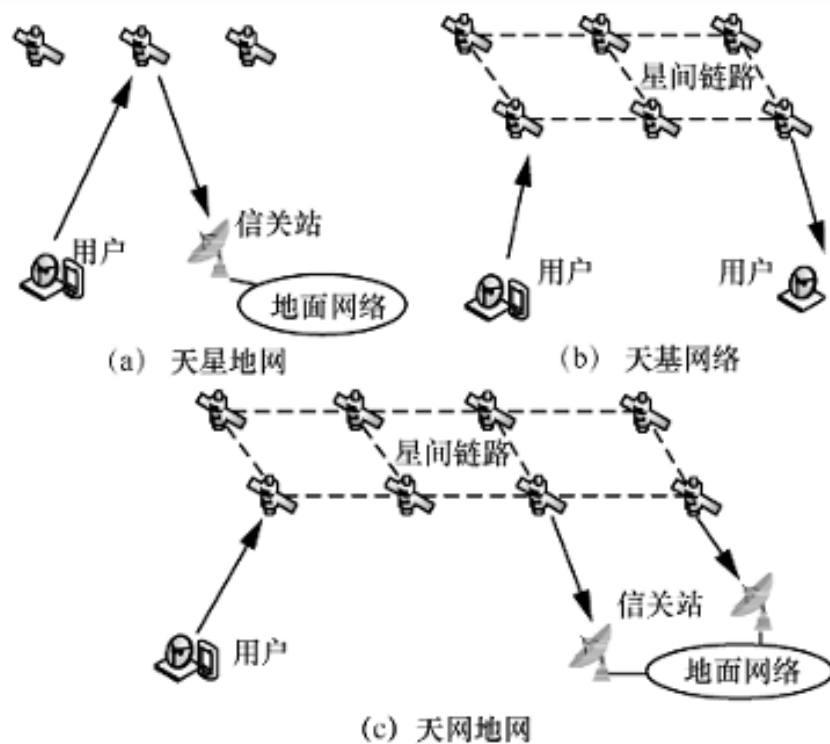
卫星互联网的组网难度非常大，具有较高的进入壁垒。根据空间网络和地面网络之间的关系，卫星互联网的工作模式可以分为三种：**天星地网、天基网络、天网地网**

天星地网：在卫星之间不存在直接的链路连接，而是通过地面信关站、运控站、测控站和控管中心等节点进行联网，卫星仅仅充当中转的角色。这种模式的优点是节点的布设便捷、成本低廉，架构成熟，广泛应用；然而，缺点是全球范围内的节点布设具有很大的困难，单个站点的覆盖效率较低。我国天通卫星和OneWeb均采用此架构

天基网络：用户间通过星间链路连接，无需地面网络参与。在这种模式下，处理、交换和网络控制等功能都由卫星完成，从而提高了系统的抗毁能力。这种方式具有广泛的覆盖范围，不受地理环境和自然灾害的影响，可靠性较高。各种轨道飞行器节点以异构组网的形式运行，具有较高的网络连接率和实时性。该系统能够独立运行，不依赖地面节点。然而，这种技术复杂，卫星设备的维护难度大，并且建设成本较高。

天网地网：卫星之间由卫星间由星间链路连接，地面网络由信关站连接。此方式兼顾了天星地网和天基网络的优势，是未来的发展趋势。

三种组网方式示意图

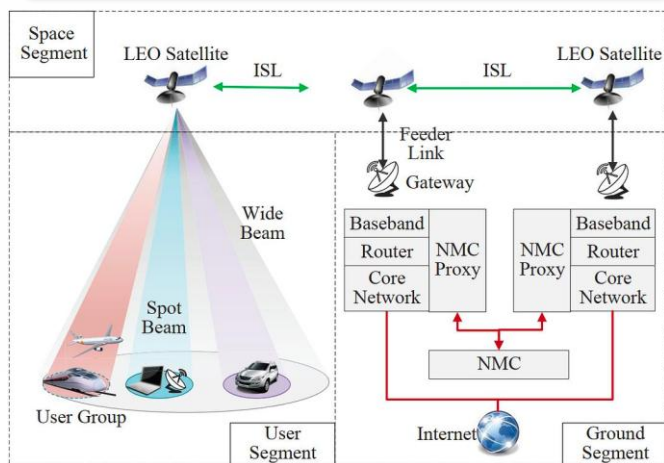


1.3.4 卫星互联网的基本架构：包括卫星段、地面段和用户端

卫星段

- **通信卫星组成可以分为卫星平台和有效载荷**：卫星平台是为了满足卫星正常运作的基本设备，有效载荷是为了满足通信功能而增加的设备，一般包括天线阵列、控制模块、转发器等。
- **星载通信天线由天线面和信号馈源组成**，分为接收天线和发射天线，用于接收和发送放大过的信号。通信天线的性能指标包括工作频段、接收增益、发射增益、极化方式和对地覆盖区等。通信天线的覆盖区可分为宽波束区域和窄波束区域。目前卫星通信系统一般采用宽波束和窄波束相结合的方式，以满足不同应用需求。

卫星组网覆盖示意图



地面段和用户段

- **地面段：地面端是卫星通信系统中的重要组成部分，主要由地面信关站组成。**信关站是地面段的核心组成，其中包括卫星通信系统的地面控制中心（SCC）和跟踪、测控及指令站（TT&C）、数据站。SCC和TT&C的主要职责是在卫星发射阶段跟踪和定位卫星，并下达相应的指令，如变轨、太阳能电池板展开等。此外，它们还负责监测和检测卫星在轨运行期间的轨道状态、干扰和异常问题等。
- **信关站：信关站是一种连接卫星和地面网络的设备，主要由射频分系统和基带分系统组成。**卫星调制解调器、接入服务网、加速器、网络路由和安全系统是基带分系统的主要组件。典型的用户站包括天线、室外单元(ODU)和室内单元(IDU)三个部分，以完成信号的发射接收、网络接入以及核心网控制识别等功能。
- **用户终端：用户终端包括手持卫星电话、固定天线等设备，能够为个人用户满足语言通话和宽带连接需求。**

1.4 卫星互联网的发展趋势

1. 容量：低容量>高容量

➤ **定义：**高通量通信卫星（HTS，High Throughput Satellite），也称高吞吐量通信卫星，主要技术特征包括多点波束、频率复用、高波束增益等。**HTS可提供比常规通信卫星高出数倍甚至数十倍的容量**，传统通信卫星容量不到10Gbit/s，HTS容量可达几十到上百Gbit/s。**HTS带来通信容量跨越式发展，能够支撑更多样的多媒体数据服务；通信成本大幅降低，卫星通信得以走入个人消费市场，得到更大规模应用。**

➤ **发展原因：**通信频段是不可再生资源，随着优质频率资源日益紧张，卫星运营商通过高通量通信卫星技术来提供更大的带宽并降低单位带宽成本。**最早由北方天空研究公司(NSR)于2008年提出高通量卫星(HTS)。**

➤ **技术特点：**高频段(Ku和K频段)、多点波束、频率复用、整星吞吐量一般100Gbit/s以上、透明转发、地面多关口站接入。

➤ **分类：**

基于固定点波束的低轨宽带卫星通信系统：采用固定点波束，转发器天线设计相对简单，卫星质量相对较小，而且可提供较高的传输能力，典型代表是OneWeb，单星质量约150kg，0.3m口径天线终端，支持50Mbit/s互联网接入。

基于可移动点波束的低轨宽带卫星通信系统：波束灵活可调，可以根据业务量进行调节，系统资源利用率高，一般基于相控阵天线技术实现，部署较少的卫星即可实现全球可达服务，如Telesat星座。

应用星座

Telesat：携带具有直接辐射阵列（Direct Radiating Array, DRA）。DRA能在上行链路形成至少16个波束，在下行链路形成至少另外16个波束，其功率、带宽、大小和视轴动态地分配给每个波束，Telesat用户波束重复使用4次，**实现了接近36Gbps的平均数据速率。**

Starlink：采用相控阵天线技术，在上行链路和下行链路信道中使用不同的频谱效率，最大化卫星的总容量，为用户波束动态地分配资源，用户链路频率重复使用4-5次，**实现了接近20Gbps的数据速率。**

OneWeb：卫星天线主要由线型馈源组成，直接对地辐射产生波束覆盖，不采用多反射面天线，也不采用相控阵天线。每颗卫星配置16个固定Ku点波束，共覆盖星下1080km×1080km的范围，**单个波束下行传输速率可达750Mbit/s，上行速率可达375Mbit/s。**

中星26号：2023年2月，我国首颗超百Gbps容量的高通量卫星中星26号成功发射升空，中星26号是一颗全Ka频段高通量通信卫星，**卫星通信容量达100Gbps，能同时满足百万个用户终端使用，最高通信速率可达450Mbps。**

1.4 卫星互联网的发展趋势

2. 轨道高度：高轨>低轨

早期，由于高轨卫星覆盖广（只需要3颗便能实现全球覆盖），通信卫星一般以中高轨为主。但在通信技术追求高速低时延的情况下，卫星轨道逐渐降低，甚至出现超低轨卫星。

高轨卫星不足

- **地球同步轨道资源有限。**随着地球同步轨道卫星的增多，轨道逐渐拥挤，而**两颗卫星之间必须保持1000公里以上的距离，以避免出现碰撞和干扰**，为了寻求更多轨道空间出现了高轨向低轨发展的趋势。
- **传输时延大。**高轨卫星时延一般为500ms左右，新兴低轨通信星座大都能够实现50ms左右的时延，与地面光纤网络相当，**高轨卫星无法支持在线游戏或视频聊天等基于实时或近实时数据传输的应用。**
- **链路损耗大。**高轨卫星链路损耗大，因此对终端机的发射功率要求高，难以用手持机直接通过卫星进行通信。

低轨卫星优势

- **成本低。**单个低轨卫星研发成本和发射成本较低，易于批量生产，可以搭载发射，也可以一箭多星发射，多颗小卫星组网可实现单颗大卫星的功能和性能。
- **信号更强，终端小型化。**链路损耗低，低轨卫星可以增强信号功率，信号更容易被地面小型化终端设备接收，同时地面更小的信号功率就能被低轨卫星正常接收。因此卫星天线尺寸更小，终端设备也更小。
- **定位精度更高。**低轨卫星更高的发射功率让室内定位成为可能；低轨卫星运行速度快，**在相同时间段内划过的轨迹更长，因此高精度定位收敛时间短，可达到1分钟级收敛**，而中高轨卫星星座几何构型变化慢，收敛时间一般为15分钟~30分钟。因此低轨卫星定位精度更高，可作为GNSS（全球卫星导航系统，Global Navigation Satellite System）的补充，也可以播发独立测距信号，形成备份的定位导航能力。

1.4 卫星互联网的发展趋势

3. 小型化

小卫星的优势

技术基础：1990s开始，随着冷战结束，新材料、微电子、MEMS、高效能和计算机、仿真等技术的迅速发展，为卫星小型化奠定了技术基础。

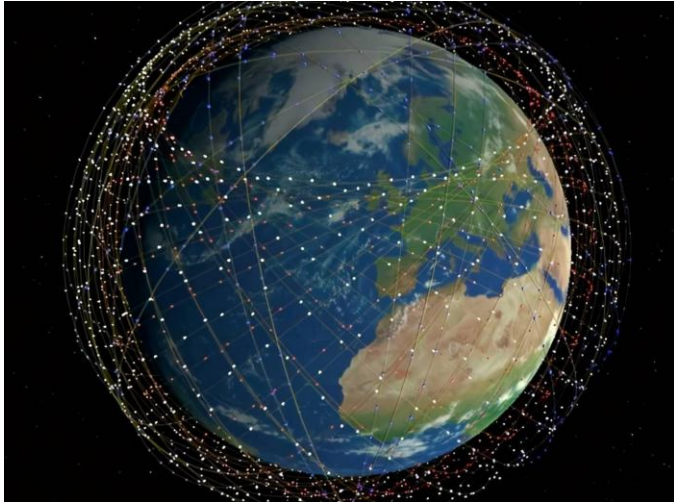
军用推动：2013年，美国太空司令部发布《弹性和分散太空体系》白皮书，最早提出“弹性太空概念”比如将一颗大型卫星拆分成多个小卫星，在战争状态下可以大幅提高卫星的生存能力，避免敌方一发导弹摧毁已方整颗大卫星。

政策支持：2016年10月美国白宫科学与技术政策办公室（OSTP）公布“利用小卫星革命”倡议，促进并支持政府和私营部门利用小卫星执行遥感、通信、科学与空间探索任务。2019年10月新美国安全中心（CNAS）发布了《新兴太空环境下的小卫星：对美国国家安全航天计划与项目的影响》报告，提出使用小卫星的总体成本效益会因发射成本降低而提高更多。

- **开发时间短**：小卫星功能相对简单，尺寸小，因此开发、生产速度更快，使得在轨卫星系统能够快速更新。传统大型卫星设计寿命可能长达10年或更长，而小型卫星通常只运行1-3年，通过对在轨小卫星的不断测试，可促进技术提升，特别适用于军事应用。开发时间短，因此工程师能在其职业生涯中多次参与卫星从设计到运行的全过程，有利于工程师丰富经验并进行改进。
- **成本低**：第一，传统大型卫星结构复杂，通常需要数亿甚至数十亿美元的开发成本，但小型卫星相对简单，建造成本仅需数千万美元甚至更低；第二，由于小卫星个体小，容易批量生产，可使用稳定性稍差但可批产且低成本的商业性质材料，成本进一步降低。例如，重达2500千克的MaxarWorldView-4卫星的建造和发射花了8.5亿美元，Planet开发的每颗Dove卫星重约5千克，成本估计不到100万美元。
- **可批量制造**：小型卫星寿命相对较短，需要快速更新，可使用高效的流水线批量生产小卫星。比如，空客和OneWeb的合资企业OneWeb Satellites将达到每天生产两颗卫星的制造速度。

1.4 卫星互联网的发展趋势

4. 星座化



卫星星座 (Satellite constellation) 定义：指数十颗或数百颗人造卫星构成一个系统，一起协同工作，也称为分布式卫星系统 (Distributed-Satellite System, DSS)。一个完整的卫星星座可以提供永久的全球 (或近似全球) 覆盖范围，对地球上任意一点，在任何时刻至少有一颗卫星是可见的。星座中的卫星放置在不同轨道平面上，并和分散的地面站相连接，星座中的卫星之间可通过星间通信技术进行信息传送。

星座构成：卫星星座由核心卫星、备用卫星和地面控制系统组成。核心卫星负责提供主要的通信、导航或遥感服务，在核心卫星出现故障或需要维护时，备用卫星可以替代核心卫星提供服务，地面控制系统负责监控和控制卫星的运行状态，确保卫星正常运行。

典型代表：导航星座：全球定位系统 (GPS)、格洛纳斯星座 (GLONASS)、伽利略星座 (Galileo)、北斗导航系统 (BDS)。通信星座：星链 (Starlink)、一网 (OneWeb)、铱星 (Iridium)、O3b。遥感星座：吉林一号 (Jilin-1)。

星座化优势：与单个卫星相比功能更强大，即使单个卫星故障，也可实现不间断全球覆盖。

1.4 卫星互联网的发展趋势

5. 星间链路化

星间传输的必要性

星间链路采用较高的微波频段或激光链路，使卫星之间可以进行数据传输。

- 减少低轨卫星移动通信系统对地面网络的依赖，减少了地面信关的数目以及地面段建设开销
- 更加灵活的进行地面站布局，规避雨衰较严重的区域
- 使低轨卫星移动通信系统能够更为灵活地进行路由选择和网络管理
- 减少传输时延，满足多媒体实时业务的要求

星间链路的组成

星间链路包括接收机、发射机、捕获跟踪子系统以及天线子系统。

- **接收机**：对接收信号进行放大、变频、检测、解调和译码等，提供星间链路和卫星下行链路之间的接口。
- **发射机**：从卫星的上行链路中筛选需要在星间链路上传输的信号，完成编码、调制、变频和放大。
- **捕获跟踪子系统**：负责使星间链路两端的天线互相对准（捕获），并使指向误差控制在一定范围内。
- **天线子系统**：负责在星间链路收发电磁波信号

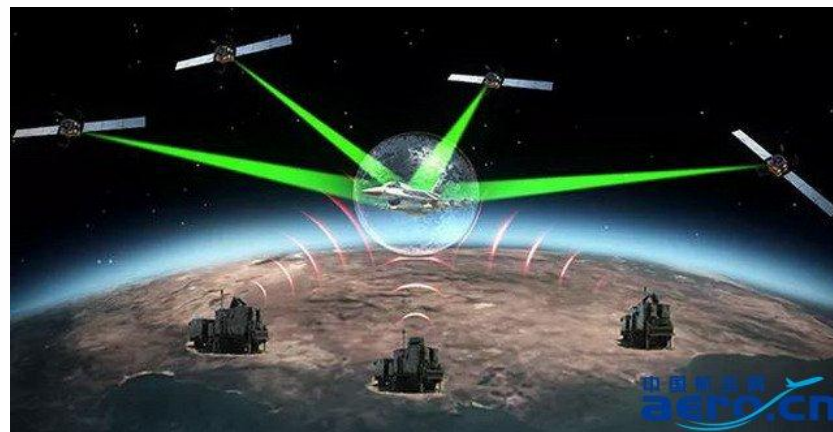
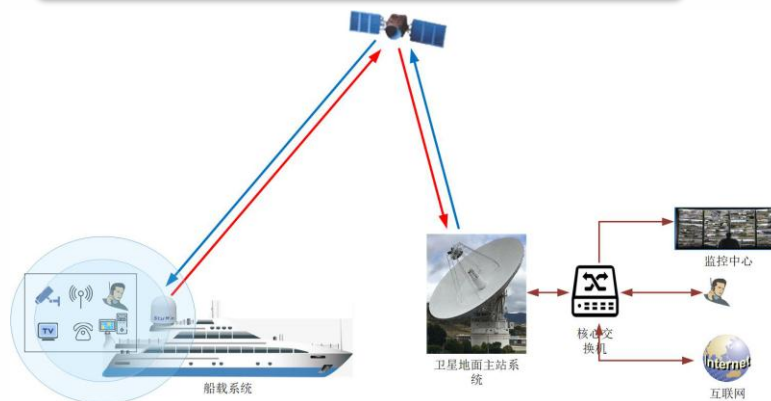
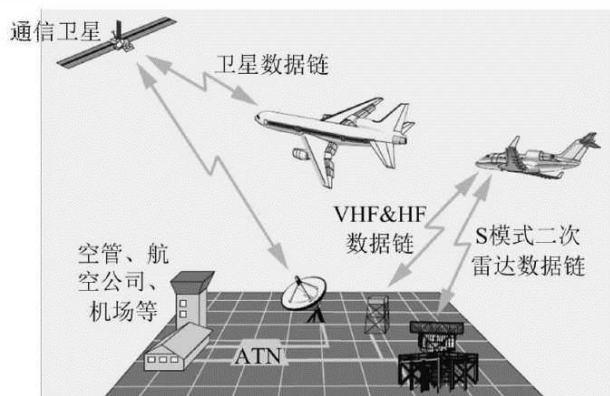
应用的星座

- **Starlink**：1.5版“星链”开始加装激光星间链路，2021年9月，首批1.5版星链卫星由猎鹰-9火箭发射升空。
- **LeoSat星座**：激光星间链路，计划构建由108颗卫星组成的卫星星座，每颗卫星可以实现同时保持4条星间链路。
- **Telesat星座**：每颗星拥有四条激光星间链路
- **Iridium NEXT星座**：Ka微波频段星间链路

1.5 卫星互联网应用场景

卫星互联网在航空、水运、车载、高铁、住宅接入、军事、应急等方面有广泛应用空间。

各应用场景示意图



目 录

◆ 1 卫星互联网——泛在通信的基础设施

◆ 2 低轨卫星技术高速发展，已能与4G通信媲美

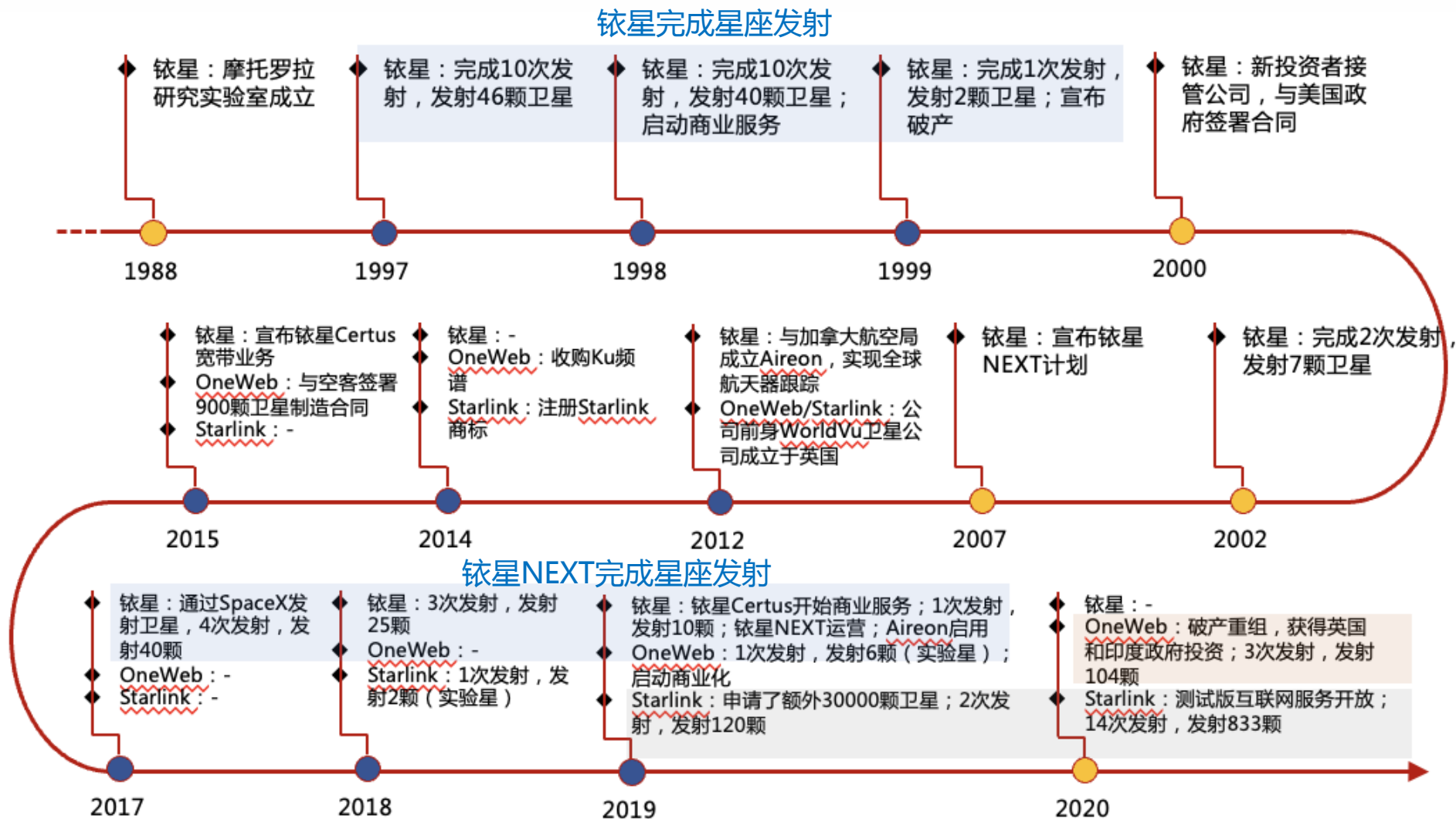
◆ 3 卫星互联网产业辐射广，规模或超千亿

◆ 4 相关上市公司梳理

2.1 全球主要低轨星座发展时间轴

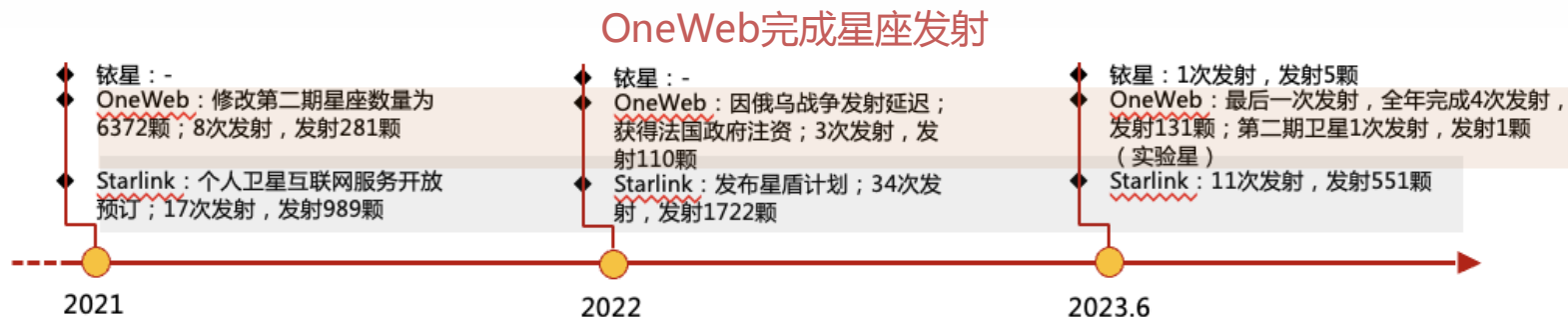
➤ **2000年左右低轨宽带卫星星座进入高潮。**1988年，铱星星座计划在摩托罗拉的一个实验室成立，2014年OneWeb前身WorldVu卫星公司在英国成立，2014年Starlink商标注册。

➤ **在发射实验星后，铱星和OneWeb星座均在5年内完成了发射。**铱星在1997年完成了实验星座的发射，并在1997-1999的3年时间内完成了卫星星座的发射建立（铱星NEXT在2017-2019的3年时间完成发射建立）。OneWeb则在2019年发射实验星后，在2020-2023的3年时间内，完成了632颗卫星的发射组网，并开启商业服务。



2.1 全球主要低轨星座发展时间轴

➤ **Starlink**依托低成本和小卫星优势，实现了年均900颗以上的发射节奏。**Starlink**在2018年发射了2颗实验星“TinTin”后，在2019-2023年6月发射了4595颗卫星进入太空，其中还包括86颗二代卫星。在2019-2022年间，**Starlink**年均发射次数达到16.8次，年均发射颗数达到916颗。



铱星、铱星NEXT、OneWeb、Starlink历史发射节奏梳理

铱星历次发射情况	1997	1998	1999	...	2002
发射次数	10	10	1		2
发射数量	46	40	2		7
总数	46	86	88		95
数量增速		87.0%	-95.0%		
单箭平均搭载	4.6	4	2		3.5

铱星NEXT历次发射情况	2017	2018	2019	...	2023
发射次数	4	3	1		1
发射数量	40	25	10		5
总数	40	65	75		80
增速		62.5%	-60.0%		
单箭平均搭载	10	8.3	10		5

OneWeb历次发射情况	2019	2020	2021	2022	2023
发射次数	1	3	8	3	4
发射数量	6	104	281	110	131
总数	6	110	391	501	632
增速		1733.3%	270.2%	39.1%	119.1%
单箭平均搭载	6.0	34.7	35.1	36.7	32.8

Starlink历次发射情况	2018	2019	2020	2021	2022	2023*
发射次数	1	2	14	17	34	20
发射数量	2	120	833	989	1722	929
总数	2	122	955	1944	3666	4595
数量增速		6000.0%	594.2%	18.7%	74.1%	-68.0%
单箭平均搭载	2.0	60.0	59.5	58.2	50.6	50.1

2.2 星座设计对比：近地轨道、通信频段逐步拥挤

从星座的设计参数来看，卫星星座呈现出大带宽、巨型化、低轨化、高频段的特征：

- 受益于卫星技术和通信技术的提升，低轨卫星星座建设目的从服务于语音文字信息变为了承担高速通信流量和移动基站回传流量。
- 为了保证通信的低时延和大带宽，卫星星座的运行轨道持续降低，星座规模逐步扩大。Starlink提出了超低轨道卫星的计划，卫星高度降低到340km。此外，Starlink二期计划卫星数量达到3万颗，目前规划总数量已达到4.2万颗。超低轨道和巨大的星座数量不仅对卫星的规模化制造提出了要求，并且还对火箭多级回收、一箭多星等能够降低发射成本的环节提出了较大挑战。
- 从频段来看，由于Ka、Ku等高频率频段能够承载更大的带宽，卫星通信频段逐步转向高频化。同时，由于Ka、Ku频段承担了多个星座的通信信道，趋于拥挤，Starlink和我国的GW星座计划还申请了E、Q和V频段进行星地通信。

	铱星	OneWeb	Starlink	中国-GW
星座建设目的	使用卫星技术作为蜂窝设备的替代	建立宽带卫星互联网服务	目标带宽是在高密度城市承载高达50%的所有回程通信流量和高达10%的本地互联网流量	-
星座在轨卫星数量	第一代：72颗（6颗在轨备件）； 第二代：81颗（9颗在轨备件、6颗地面备件）	一期：648颗（48颗在轨备用）；	4595颗（截至6.23）	-
星座计划卫星数量	-	二期：6372颗LEO、1280颗MEO	一期：12000颗； 二期：30000颗	GW-A59：6080颗； GW-2：6912颗
轨道高度	781km	1200km	340km、550km、1150km	GW-A59：508km、590km、 600km GW-2：1145km
通信频段	星间链路：Ka 星地通信：L	卫星与信关站：Ka 卫星与终端：Ku	信关站：Ka、E 星地通信：Ku、V	L、C、Ku、Ka、Q
单星覆盖时间	7分钟	2.5分钟	4.4分钟（计算值）	-

2.3 卫星设计制造对比：重量为功能服务

从卫星设计制造参数来看，卫星制造周期持续缩短、卫星功能逐步丰富、天线普遍采用相控阵阵面，由此带来了一定的重量提升：

- 受益于卫星小型化、标准化和生产技术的革新，卫星的生产效率得到了巨大的提升。摩托罗拉在1997-1998年铱星发射高峰期时，卫星生产周期能够达到每天4.3颗，到2023年，Starlink可以以每天6颗的速度生产V2mini卫星。由此来看，当卫星生产周期达到每天3-4颗时，便能够满足在4年左右建设千颗规模卫星星座的产能需求。
- 卫星能够满足的功能逐步丰富，铱星、Starlink均搭载了星间链路以满足天基通信。此外，铱星NEXT还提供了约50kg的托管载荷，以满足通信之外的其他附加功能需求，Starlink也计划在下一代卫星中搭载约25平方米的巨型天线，以满足和T-mobile提供的“手机直连卫星”服务。我们预计，我国GW巨型星座可能也将搭载激光星间链路以及相控阵天线，以满足“天网地网”的卫星组网需求。
- 卫星功能的增加也增加了需要搭载的硬件设备，OneWeb和Starlink V1卫星不搭载星间链路，卫星重量在150-260kg之间，而铱星和Starlink V2卫星分别搭载了微波和激光星间链路，重量来到了680-1250kg之间。由此，我们预计在搭载激光星间链路和相控阵天线后，我国GW卫星重量可能在800-1000kg左右。

	铱星	OneWeb	Starlink	中国-GW
卫星制造周期	4.3天/颗，准备时间为21天/颗（1997-1998）	2颗/天（2016）	6颗/天（V2 mini）	-
卫星重量	680kg	150kg	V1:227kg V1.5:295kg V2:1250kg V2 mini：830kg	-
星间链路	微波星间链路（4个）	-	激光星间链路（4个）	激光星间链路（预计）
卫星处理器	7颗摩托罗拉/飞思卡尔PowerPC 603E处理器，运行频率约为200MHz，4颗负责星间链路，2颗负责控制，1颗备用	-	-	-
卫星天线	80英寸，相控阵天线（3个）	双反射面天线（6个）	相控阵天线（4个） 25平方米巨型天线（下一代）	相控阵天线（预计）

2.3 通信性能对比：带宽提升，延迟下降，信关站增加

从卫星通信性能来看，单星通信能力持续提升，地面终端通信性能已达4G水平：

- 卫星硬件性能的提升同步增强了单星的通信能力。 Starlink每颗卫星拥有4个相控阵天线，能够赋形并发射48个下行波束和16个上行波束。卫星的单星吞吐能力也从90年代的铱星Mbps水平提升到了数十Gbps的水平。我们预计我国GW星座的单星吞吐能力也将在在数十Gbps的水平。
- 地面通信终端的通信体验已能和4G媲美。 Starlink宣称其卫星互联网下行速率能够达50-500Mbps，时延能够保持在20-40ms之间。据Ookla测试，2022年Starlink实测平均下行速率能达到近百兆，时延约为45ms。据中国信通院和SpeedTest，2022年我国4G下行均值为40.4Mbps，上行均值为23.1Mbps，时延为36ms左右，相比之下，Starlink提供的卫星互联网宽带接入已经基本能够获得和4G网络相似的体验。
- 地面站是提升通信体验的重要环节。 虽然星间链路的建立能够在一定程度上减少地面信关站的需求，但要保证星间信号低延时大带宽地接入地面互联网，则需要密集地增加地面信关站节点的数量。Starlink已与谷歌云与微软达成地面计算和网络服务协议，在谷歌数据中心建立了信关站，从而使用户设备快速接入到地面互联网，将延时降到最低。

	铱星	OneWeb	Starlink	中国-GW
卫星波束	48波束/颗	16用户波束+2馈电波束/颗	48下行+16上行波束/颗	-
卫星吞吐能力	星间链路：10Mbps； 星地通话：2.6Mbps	单个波束下行750Mbps，上行375Mbps	单星2GHz（约20Gbps）下行，上行0.5GHz（约5Gbps）	-
终端通信带宽	Certus宽带，理论：704Kbps	理论：200Mbps下行，上行50Mbps	理论：50-500Mbps下行，10-20Mbps上行； 实际：62-97Mbps下行，7.2-12.9Mbps上行	-
时延	大于100ms	小于100ms（宣称）； 约70ms（宣称）	20-40ms（宣称）；45ms（实测）	-
地面站数量	11个（5个在运行）	50个以上	150个以上	-

2.3 成本价格与商业化程度对比：成本持续降低，商业模式得到初步验证

卫星互联网商业模式已经得到初步验证，铱星公司2022年用户约200万，并已实现扭亏为盈：

- 卫星星座建设成本持续下降。第一代铱星计划成本为50亿美元，包括了60余颗卫星的设计、制造和发射以及地面设施的建设；到第二代铱星，总成本已下降到29亿美元，其中包括21亿美元的卫星设计制造和8亿美元的发射和升级地面设施。Starlink预计其第一期卫星星座建设成本为100亿美元，据其CEO埃隆·马斯克，单星制造成本已下降到50万美元以内。
- 卫星互联网的商业模式包括设备的一次性付费和定期支付的网络订阅费用。铱星、OneWeb和Starlink的基础版个人用户接入天线的价格分别在1499、250和599美元，订阅费用按照固定或移动、带宽大小、使用场景进行分梯度付费，付费区间在数百美元每月到数千美元每月不等。与其他互联网接入方式相比，5G CPE设备的平均售价在500美金左右、美国家庭光纤接入的月服务费约在50-100美元左右，卫星互联网在终端用户支付成本方面没有太大的劣势，反而在灵活性、信号覆盖广度等方面更具优势。
- 卫星互联网的商业模式已得到初步验证。据铱星公司2022年年报，截止到2022年底，铱星终端数量达77万，用户数已达到199.9万，其中78%为IoT用户；营业收入达到了7.2亿美元，利润为872万美元，其中用户设备收入占比20.3%，服务收入占比67.9%。

	铱星	OneWeb	Starlink	中国-GW
星座成本	第一代：50亿美元（设计制造发射） 第二代：共29亿美元（卫星设计制造21亿美元；SpaceX发射合同4.9亿美元；升级地面设施约3.1亿美元）	计划不超过50万美元/颗 测算约138.9万美元/颗	一期预计100亿美元 单星成本宣称50万美元以内	-
服务价格	个人网关（铱星GO）：USD1499 航空服务：与Aireon和Harris公司签订了价值3亿美元的合同 海事C700：终端USD7000，USD150~3000月服务费	个人网关：USD250	个人网关（相控阵天线）：USD599，固定服务费USD120/月，移动服务额外支付USD25；（50-150Mbps） 高性能版本：终端USD2500，USD500/月服务费（150-500Mbps） Maritime海事服务：USD2500终端，USD500/月服务费（220Mbps） Best Effort优先带宽：USD110/月	-
用户数量	199.9万（2022），其中有78%是IoT用户	商业服务未完全开始	150万（2023年5月）	-

2.4 中国低轨星座发展情况：已在2020年完成轨道频段资源申请

- 2021年4月28日，国务院国资委发布关于组建中国卫星网络集团有限公司的公告，由国务院国有资产监督管理委员会代表国务院履行出资人职责。**中国星网的成立，将加速整合我国卫星设计制造、火箭发射、卫星通信、等优质资源，加速我国卫星互联网的建设。**
- 2020年，我国向ITU递交了包含两个名为GW-A59和GW-2的宽带互联网星座计划，计划发射的卫星总数量达到12992颗。其中，GW-A59星座包括了6080颗卫星，GW-2星座包含了6912颗卫星。

GW-A59在ITU的申请公示页面

CHN2020-33636 Details Frequencies

Notice ID	Administration / Network Org.	Satellite Name
120520170	CHN	GW-A59
Submission Reference Number	Act. Code	Type of Submission
CHN2020-33636	A	Coordination Request
Provision	Orbital Position	IFIC No.
9.6	NGSO	2941
IFIC Date	Reference Body	Number of Planes
09.03.2021	T	116
BR registry date	Date of Receipt	Number of satellites
11.09.2020	11.09.2020	6080
Operating Agency		
CHINA TELECOM SATELLITE COMMUNICATIONS		

Document Type	File Name	Size	#	Actions
SNS(MDB) As Received Copy	? GW-A59(590, 600, 508)(CRC)-rev_v9.mdb	4.64 MB	V9	? Remove

GW-2在ITU的申请公示页面

CHN2020-33634 Details Frequencies

Notice ID	Administration / Network Org.	Satellite Name
120520172	CHN	GW-2
Submission Reference Number	Act. Code	Type of Submission
CHN2020-33634	A	Coordination Request
Provision	Orbital Position	IFIC No.
9.6	NGSO	2940
IFIC Date	Reference Body	Number of Planes
23.02.2021	T	192
BR registry date	Date of Receipt	Number of satellites
11.09.2020	11.09.2020	6912
Operating Agency		
CHINA TELECOM SATELLITE COMMUNICATIONS		

Document Type	File Name	Size	#	Actions
SNS(MDB) As Received Copy	? GW-2(1145)(CRC)_v9.mdb	4.47 MB	V9	? Remove

2.4 中国低轨星座发展情况：已在2020年完成轨道频段资源申请

- **ITU要求，卫星星座申请后必须在一定时限内完成星座建设。**根据ITU最新的里程碑规则，在监管日期（regulatory period）之后的2年/5年/7年内，必须将整个星座的10%/50%/100%的卫星发射并正式投入使用，逾期将对星座资源予以削减或取消。
- **根据里程碑规则推算，GW星座有望在10年内建成使用。**根据ITU的申请文件，GW系列在2020年11月9日提交申请，监管日期限制（regulatory date limits）至2027年11月9日。以此日期推断，在2029年GW星座要完成至少1299颗卫星的发射入轨；在2032年完成至少6496颗卫星的发射入轨；并在2034年底，GW星座有望建设完成并投入使用。

ITU的里程碑规则



The UN specialized agency for ICTs

Events Publications Membership News

ITU Members agree to new milestones for non-geostationary satellite deployment

Radiocommunication Conference (WRC-19) in Sharm el-Sheikh, Egypt, to adopt an innovative new milestone-based approach for the deployment of [non-geostationary satellite](#) (NGSO) systems in specific radio-frequency bands and services.

The agreement reached at WRC-19 establishes regulatory procedures for the deployment of NGSOs, including mega-constellations in low-Earth orbit.

Under the newly adopted regulatory regime, these systems will have to deploy 10% of their constellation within 2 years after the end of the current regulatory period for bringing into use, 50% within 5 years and complete the deployment within 7 years.

The milestone-based approach will provide a regulatory mechanism to help ensure that the [Master International Frequency Register](#) reasonably reflects the actual deployment of such NGSO satellite systems in specific radio-frequency bands and services.

GW-A59在ITU的频段监管日期

BR1 Date of receipt	BR47 Frequency band (Mhz)		Regulatory Date Limits No.11.44
	From	To	
11.09.2020	1164	1350	11.09.2027
11.09.2020	1518	1525	11.09.2027
11.09.2020	1559	1626.5	11.09.2027
11.09.2020	1668	1675	11.09.2027
11.09.2020	2483.5	2500	11.09.2027
11.09.2020	5010	5030	11.09.2027
11.09.2020	5091	5250	11.09.2027
11.09.2020	6700	7075	11.09.2027
11.09.2020	7250	7375	11.09.2027
11.09.2020	7900	8025	11.09.2027
11.09.2020	10700	13250	11.09.2027
11.09.2020	13750	14500	11.09.2027
11.09.2020	17700	18600	11.09.2027
11.09.2020	18800	20200	11.09.2027
11.09.2020	27500	30000	11.09.2027
11.09.2020	37500	42500	11.09.2027
11.09.2020	47200	50200	11.09.2027
11.09.2020	50400	51400	11.09.2027

目 录

◆ 1 卫星互联网——泛在通信的基础设施

◆ 2 低轨卫星技术高速发展，已能与4G通信媲美

◆ 3 卫星互联网产业辐射广，规模或超千亿

3.1 卫星产业市场空间

3.2 我国卫星制造发射环节空间测算

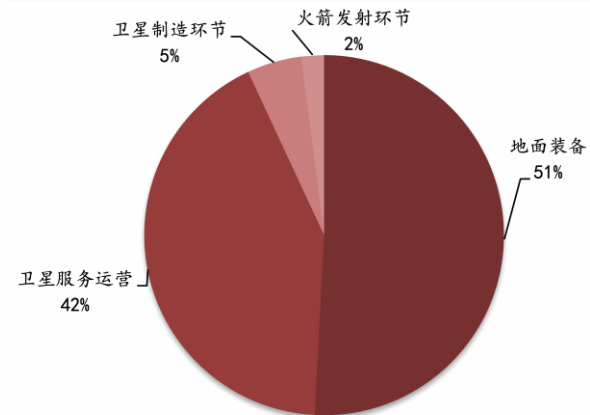
3.3 我国卫星运营应用环节空间测算

◆ 4 相关上市公司梳理

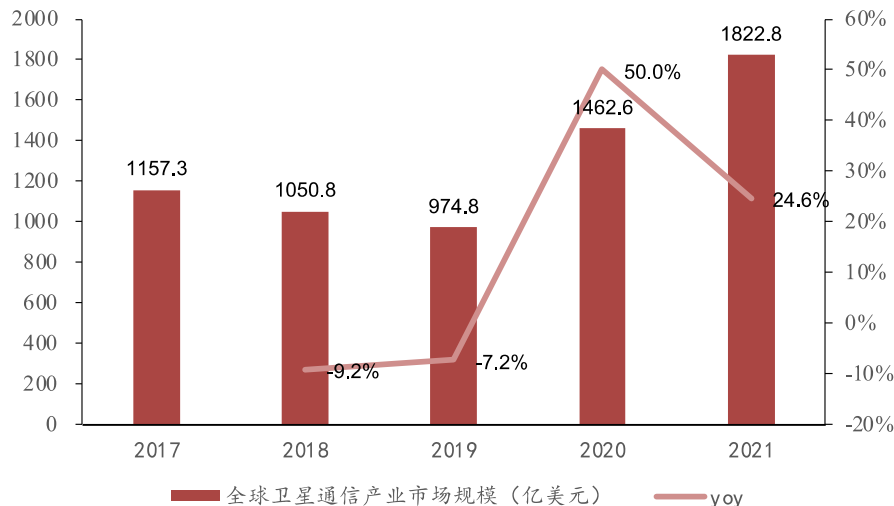
3.1 卫星产业市场空间：低轨卫星组网催化行业爆发

- **全球卫星通信产业市场空间已超千亿，地面装备和卫星服务环节价值量高。**受益于各国低轨星座卫星的大规模发射，全球卫星通信产业市场规模近年呈现快速增长态势。据SIA数据，2021年全球通信卫星产业市场规模达1822.8亿美元，同比增长24.6%。其中，地面装备、卫星服务运营和卫星制造环节的收入占比较高，分别占总市场收入的51%、42%和5%。
- **我国卫星通信产业有望伴随低轨卫星建设而爆发。**据中投产业研究院预计，我国低轨通信卫星建设即将迎来高峰，到2025年我国卫星通信产业市场总规模有望达到2327亿人民币，23-25年cagr预计为37.6%。

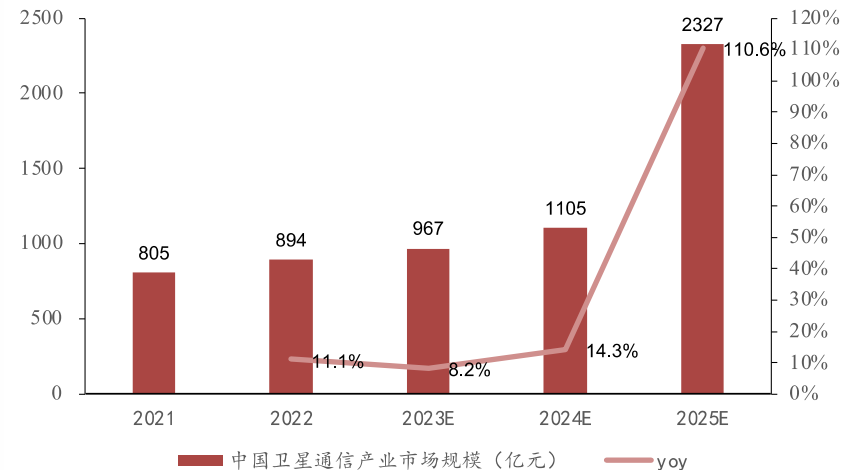
全球卫星分产业环节收入占比（2021）



全球卫星通信产业市场规模



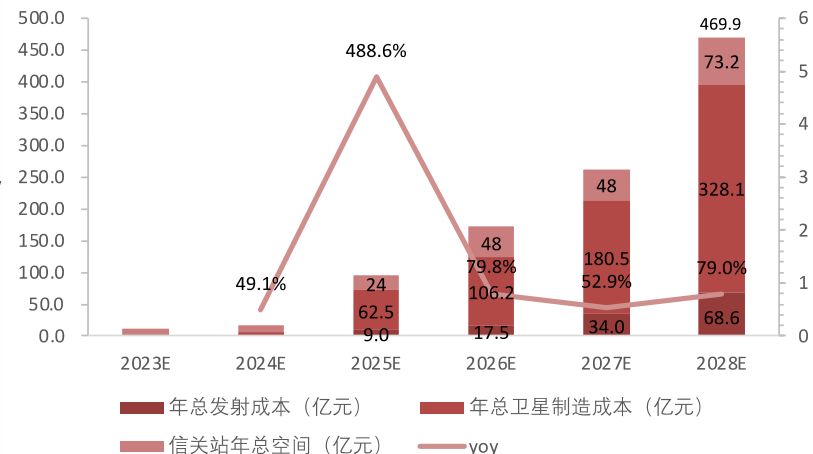
我国卫星通信产业市场规模



3.2 我国卫星制造发射环节空间测算：年均百亿空间的广阔市场

- 参照Starlink的年发射节奏和发射数量，对比中美一箭多星、火箭运载能力、载荷成本、卫星重量等案例资料，我们对GW星座发射节奏进行了预估，并对发射、制造、地面站等环节的成本分别进行了测算。参照上文的星座对比，我们假设我国火箭发射峰值为一年52次（7天一次），单星重量约为800kg，按照长征五号有效LEO载荷计算，一箭多星的峰值预计为一箭24颗卫星。
- 由测算结果来看，我国低轨卫星星座有望在27年前入轨千颗卫星（达到总数的8%）并在2029/32/34年内完成总数的27%/56%/75%，基本达成ITU的里程碑要求。
- 我们预计在24年我国将基本完成实验星的发射测试，并在25-27年逐步提升火箭发射次数和一箭多星运载能力，并在2028年后开始以测算峰值常态化发射。随着规模化效应显现、供应链民营企业占比提升、火箭多级回收技术成熟等因素影响，卫星各环节成本有望持续下降。总的来看，未来5年我国有望进入低轨卫星产业高速增长区间，24-28年5年CAGR有望达到121.1%。

我国GW星座发射成本测算



	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E
发射次数（次）	1	3	10	20	30	52	52	52	52	52	52	52
一箭多星	2	4	15	15	20	24	24	24	24	24	24	24
发射卫星数量（颗）	2	12	150	300	600	1248	1248	1248	1248	1248	1248	1248
星座在轨总数（颗）	2	14	164	464	1064	2312	3560	4808	6056	7304	8552	9800
单星重量（kg）	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
年总发射成本（亿元）	0.1	0.7	9.0	17.5	34.0	68.6	48.0	46.6	45.2	43.8	42.5	41.2
年总卫星制造成本（亿元）	1.2	5.9	62.5	106.2	180.5	328.1	287.0	251.2	220.1	193.0	169.4	148.7
信关站年总成本（亿元）	9.6	9.6	24	48	48	73.2	73.2	73.2	58	58	58	58
发射、制造、地面总成本（亿元）	10.9	16.2	95.5	171.7	262.5	469.9	408.2	371.0	323.3	294.8	269.9	248.0
yoy		49.1%	488.6%	79.8%	52.9%	79.0%	-13.1%	-9.1%	-12.9%	-8.8%	-8.5%	-8.1%

3.3 我国卫星运营应用环节空间测算：千亿蓝海空间徐徐打开

- 参照上文提及的铱星、OneWeb、Starlink的用户终端售价和月服务费，我们对针对个人用户的卫星宽带服务的市场空间进行了估计。当开通宽带服务的用户在总用户数量中占比为30%、终端价格为3500元、窄带和宽带月服务费分别为100和200元/月的情况下，用户数达到150万时，终端和月服务费总市场规模将达39亿元；用户规模达5000万时，总市场规模将超千亿。
- 除个人宽带应用场景外，卫星互联网还可被广泛应用于航天航空、海事船舶、基站回传、偏远地区网络接入等领域。如铱星NEXT提供了多项载荷托管服务，其中包括实时飞机跟踪和监视服务、全球实时AIS船舶跟踪服务以及一项空间天气监测系统。未来，得益于卫星互联网在全球范围内的广泛覆盖，其To B和To C的商业价值将逐步展现。

我国卫星互联网下游C端市场规模测算

用户数量（万）	1	50	100	150	200	300	400	500	1000	5000	10000
终端价格（元）	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
宽带用户占比	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
终端市场空间（百万元）	10.5	525	1050	1575	2100	3150	4200	5250	10500	52500	105000
IoT月服务费（元/月）	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
宽带月服务费（元/月）	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
月服务费空间（百万元）	15.6	780	1560	2340	3120	4680	6240	7800	15600	78000	156000

3.4 我国卫星产业格局：产业辐射广阔，参与企业众多

卫星互联网产业形成了以航天集团和体制内院所为主的国家队主导、民营企业广泛参与的产业格局。依托央企国企在航天领域长时间的技术积淀，在火箭卫星制造、火箭发射等技术密集和资本密集型环节还是以航天集团、科研院所等国家队主导。在星网集团成立后以及国家鼓励民企参与航天领域的相关文件发布后，民营企业市场份额有望持续提升。

卫星制造环节相关企业



卫星发射环节相关企业



地面装备领域相关企业



卫星发射环节相关企业



目 录

◆ 1 卫星互联网——泛在通信的基础设施

◆ 2 低轨卫星技术高速发展，已能与4G通信媲美

◆ 3 卫星互联网产业辐射广，规模或超千亿

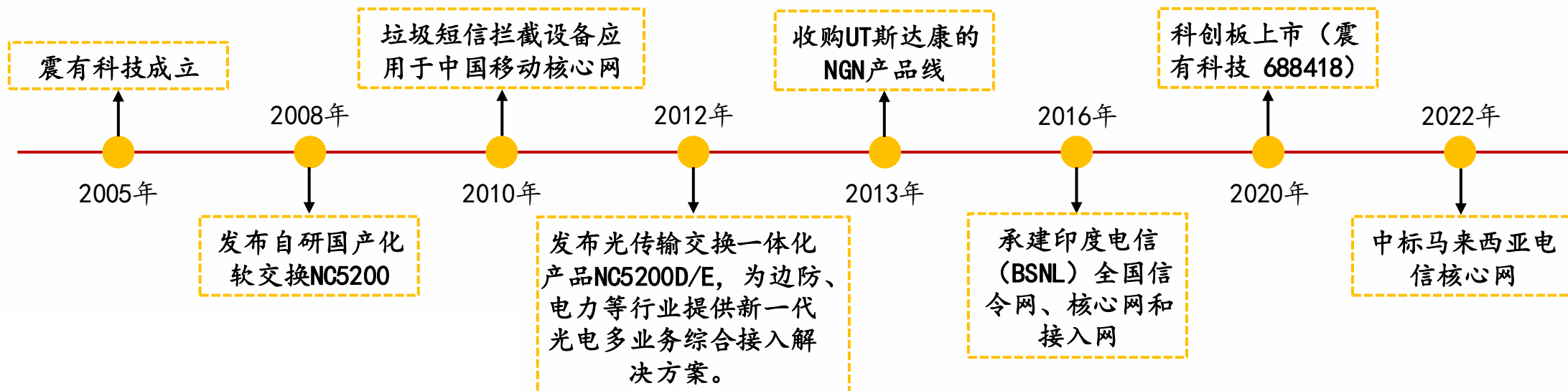
◆ 4 相关上市公司梳理

4.1 震有科技：通信设备领先供应商，低轨卫星组网迎增量

震有科技成立于2005年，主营通信设备覆盖公网、专网及卫星互联网，设备能够应用于接入网、传输网、核心网等环节。是业内少数具备5G核心网+基站端到端解决方案提供能力的供应商，具备通信技术的先进性。公网领域，公司已切入东南亚“一带一路”国家核心网和接入网市场，以及国内第四大运营商中国广电的通信设备招标。未来公司有望通过广电的成功案例，进一步获取三大运营商市场份额。专网领域，公司在多个细分领域具备竞争优势，受益国家应急“十四五”规划以及煤炭、园区等数智化建设加速，公司专网市场有望保持较好增长。卫星互联网领域，公司曾独家承接我国首个卫星移动通信“天通一号”核心网建设项目，在卫星核心网领域具备强竞争优势，具有较高业绩弹性。



震有科技发展历程



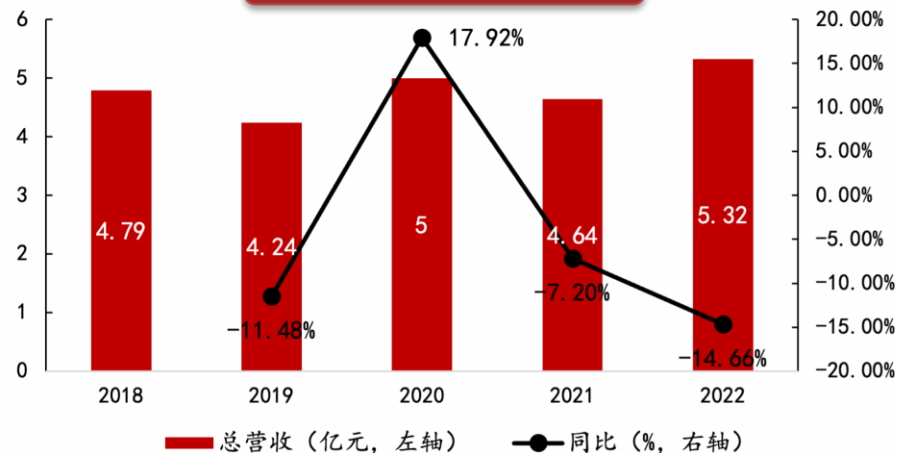
4.1 震有科技：通信设备领先供应商，低轨卫星组网迎增量

➤ 震有科技主营产品为其既重视局端系统、智慧调度系统、核心网络系统及提供少量技术与维保服务，其中指挥调度系统系列产品占主要部分。

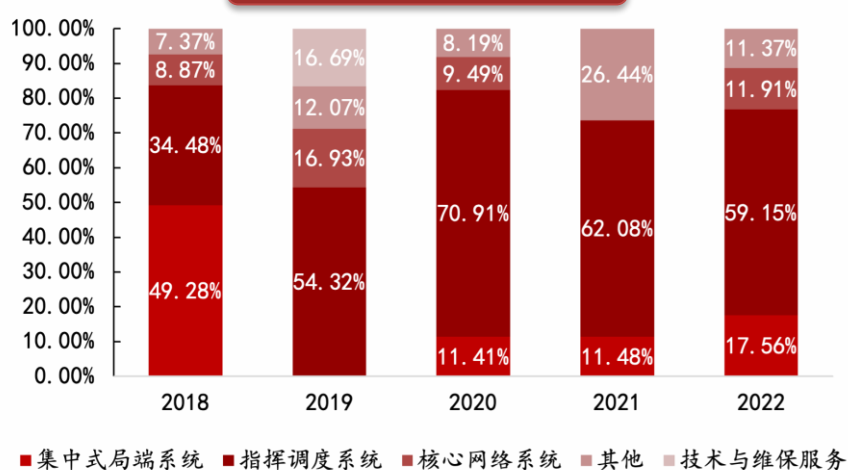
➤ 公司自2018年至2020年总营业收入、归母净利润、毛利率均呈现稳定的发展趋势。2021年及2022年总营收仍呈相对稳定趋势，但归母净利润及毛利率大幅下跌，归母净利润最低跌至-2.15亿元，毛利率最低跌至-29.32%。

➤ 2021年及2022年归母净利润及毛利率大幅下跌的原因为公司大幅增加了研发投入，其2021年的研发费用同比增长79.23%

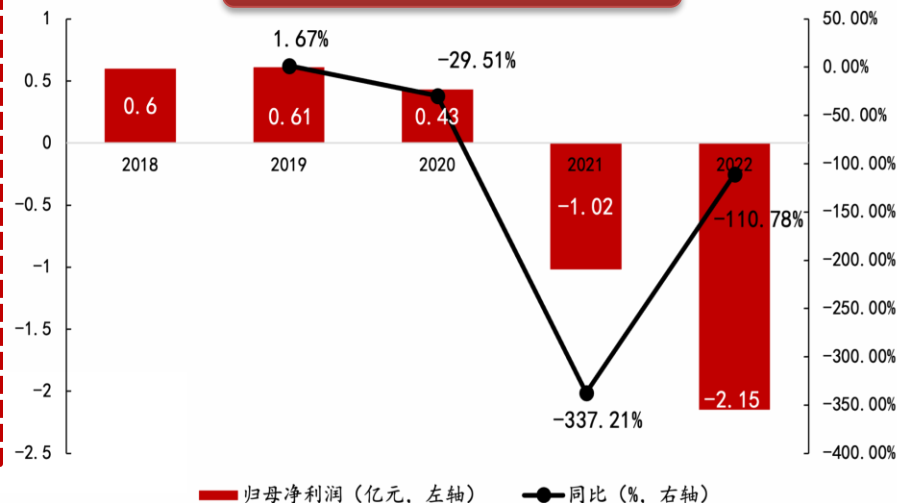
总营收及其增速情况



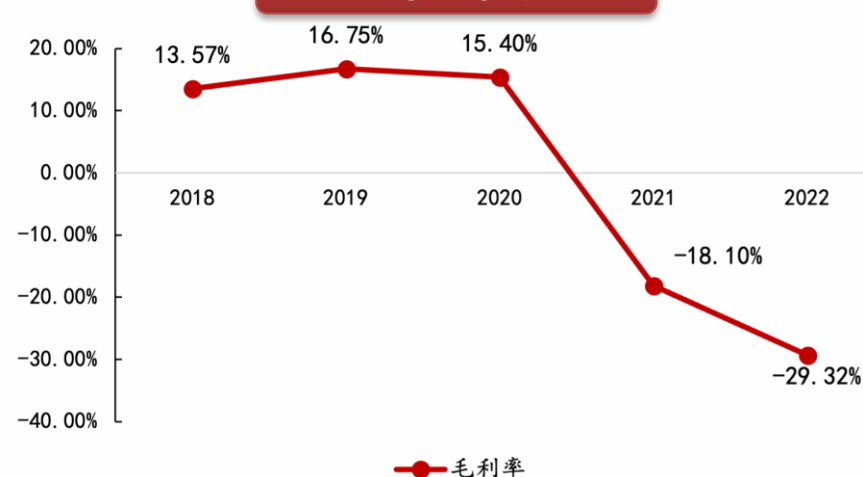
产品分布情况



归母净利润及其增速情况



毛利率情况

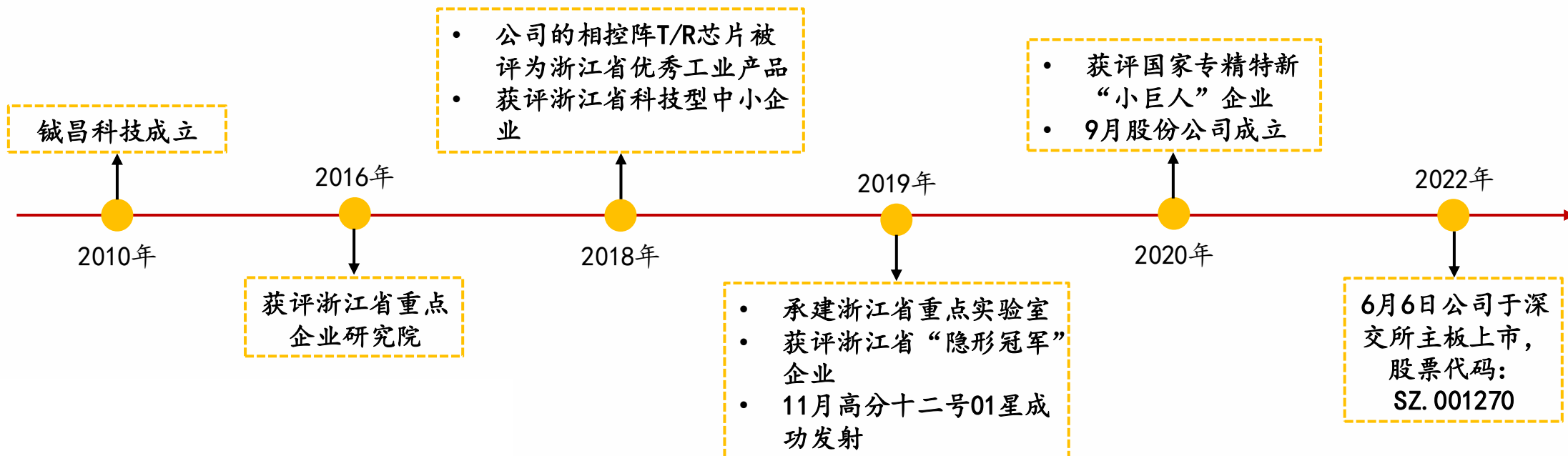


4.2 铖昌科技：相控阵T/R芯片民企龙头，份额有望进一步提升

铖昌科技成立于2010年，公司主营微波毫米波模拟相控阵T/R芯片，主要向市场提供基于GaN、GaAs和硅基工艺的系列化产品以及相关的技术解决方案，是国内少数能够提供相控阵T/R芯片完整解决方案的企业之一，产品已覆盖地面、星载、机载、弹载等领域。公司致力于推进相控阵T/R芯片的自主可控，以及打破高端射频芯片长期以来大规模应用面临的成本高企困局。公司领先推出了星载和地面用卫星互联网相控阵T/R芯片全套解决方案，未来随着低轨卫星星座对于低成本的需求提升，公司市场份额有较大提升空间。



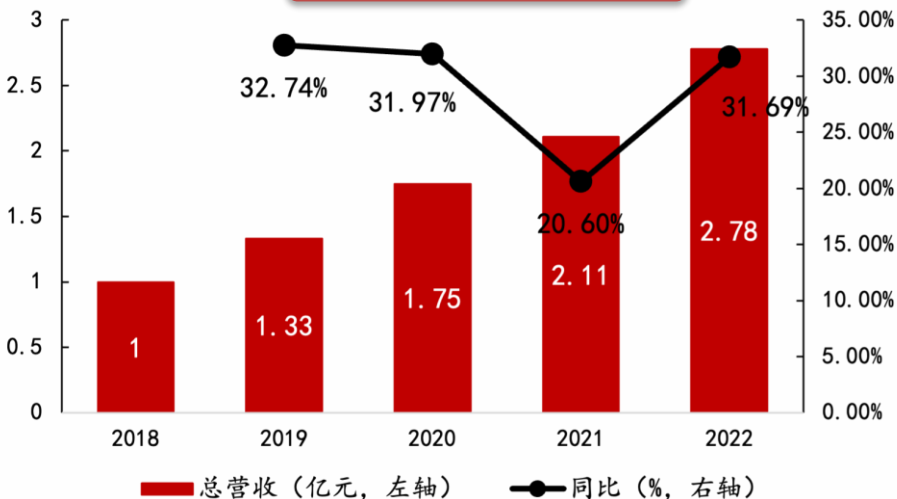
铖昌科技发展历程



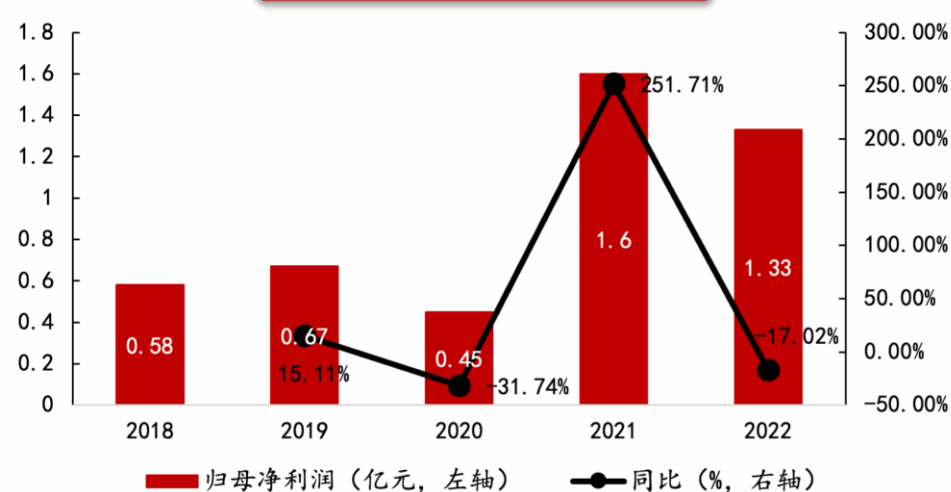
4.2 铖昌科技：相控阵T/R芯片民企龙头，份额有望进一步提升

- 公司盈利能力持续提升，2022年，公司实现营收2.8亿元，同比提升31.7%，实现归母净利润1.3亿元，同比下降17%下降的主要原因系研发投入提升以及所得税率增加。
- 公司近5年毛利率毛利率保持在较高水平均维持在70%以上2022年实现毛利率71.3%，净利率47.8%，毛利率在2022年小幅下滑的主要原因系地面相控阵芯片出货占比提升。

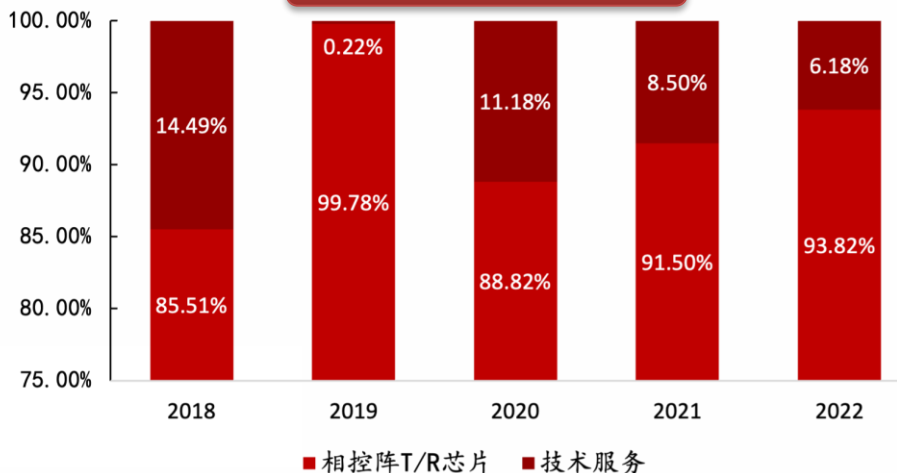
总营收及其增速情况



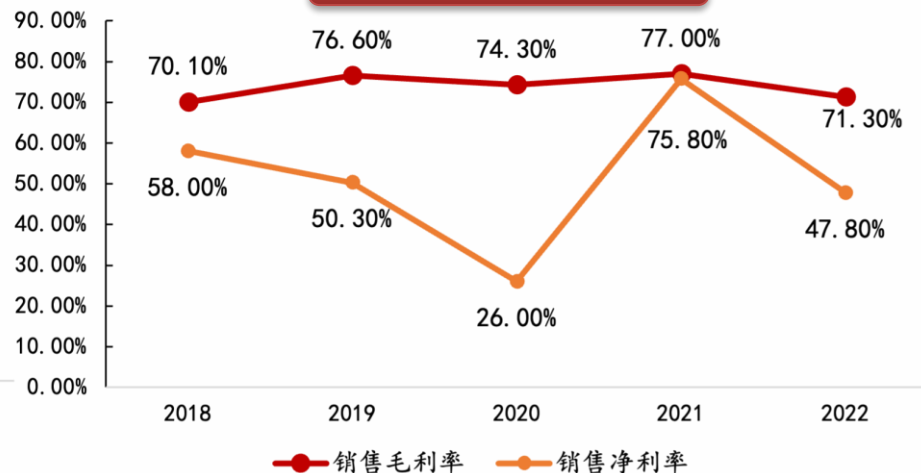
归母净利润及其增速情况



产品结构情况



利润率情况



4.3 国博电子：背靠中电科集团，T/R组件行业龙头

国博电子成立于2000年，公司主要从事有源相控阵T/R组件和射频集成电路相关产品的研发、生产和销售，产品包括T/R组件和射频模块、射频放大类芯片、射频控制类芯片等，覆盖防务与民用领域。公司是参与国防重点工程的重要单位，长期为陆、海、空、天等各型装备提供大量配套产品，产品市场占有率国内领先，是国内面向各军工集团销量最大的有源相控阵T/R组件研发生产平台。公司前三大股东分别为中电国基南方集团、中电科55所、中电科国微，并于2019年整合中国电科55所微系统事业部有源相控阵T/R组件业务。公司背靠中电科集团，拥有强大研发资源，有望充分受益未来相控阵雷达的放量。

南京国博电子股份有限公司
Guobo Electronics Co., Ltd.

国博电子发展历程



第一阶段（设立-2013年）：产品初入市场阶段

第二阶段（2014年-2017年）：产品线扩张和市场开拓阶段

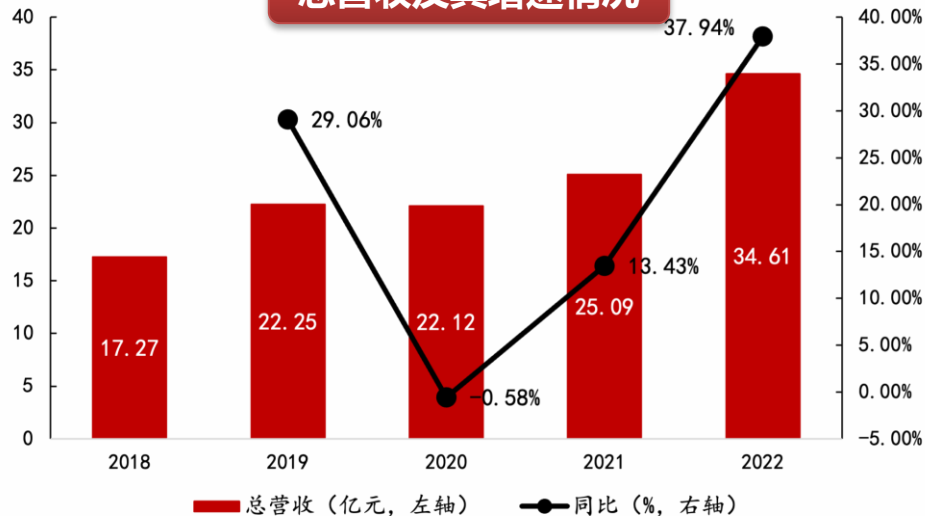
第三阶段（2018年-至今）：综合实力全面提升阶段

4.3 国博电子：背靠中电科集团，T/R组件行业龙头

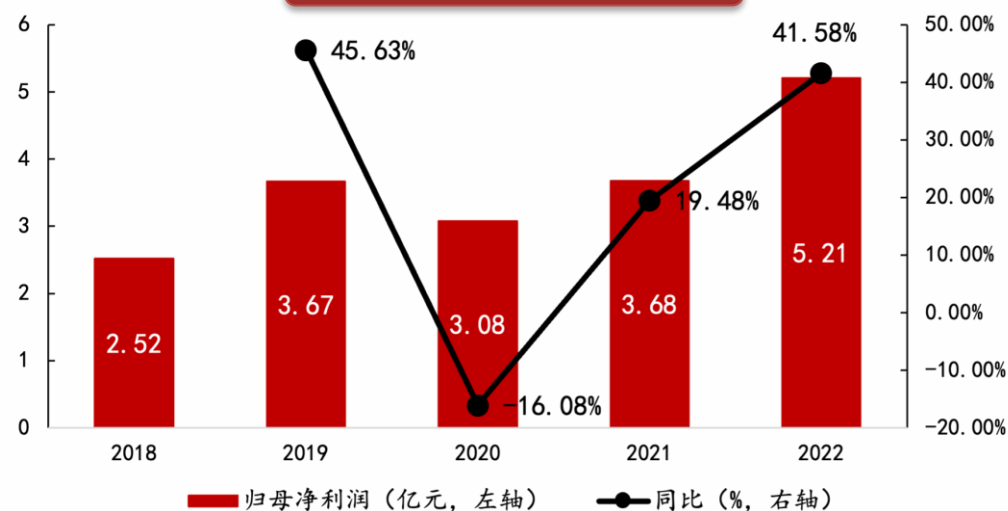
➤ 下游需求充足，公司各业务线均保持快速增长。

➤ 2022年，公司实现营收34.6亿元，同比增长37.9%；实现归母净利润5.2亿元，同比增长41.4%，毛利率和净利率分别为30.7%和15%，基本保持稳定。

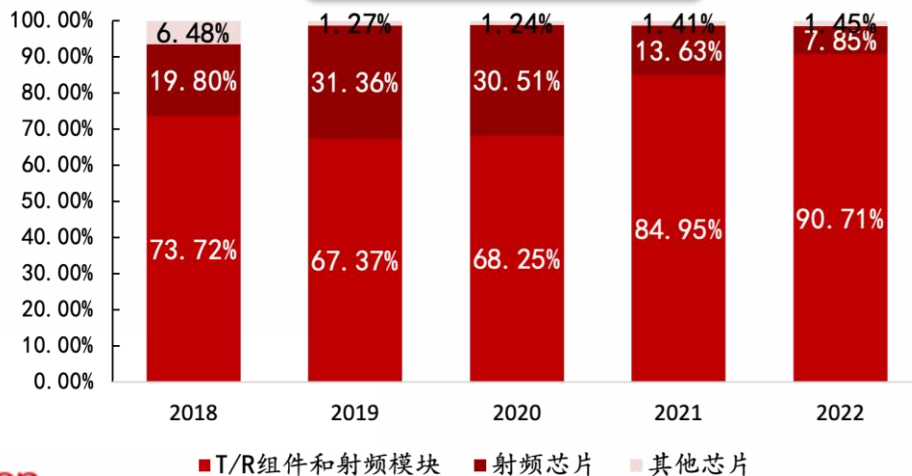
总营收及其增速情况



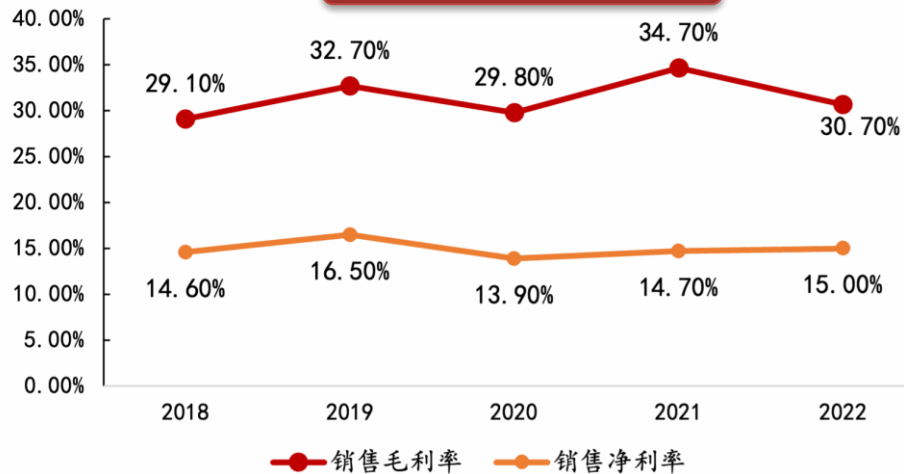
归母净利润及其增速情况



产品占比情况



利润率情况





西南证券

SOUTHWEST SECURITIES

分析师：叶泽佑

执业证号：S1250522090003

电话：18883538881

邮箱：yezy@swsc.com.cn

联系人：曾庆亮

电话：18070350292

邮箱：zqlyf@swsc.com.cn

西南证券投资评级说明

报告中投资建议所涉及的评级分为公司评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6个月内的相对市场表现，即：以报告发布日后6个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。

公司评级	买入：未来6个月内，个股相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在20%以上 持有：未来6个月内，个股相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于10%与20%之间 中性：未来6个月内，个股相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%与10%之间 回避：未来6个月内，个股相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-20%与-10%之间 卖出：未来6个月内，个股相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市：未来6个月内，行业整体回报高于同期相关证券市场代表性指数5%以上 跟随大市：未来6个月内，行业整体回报介于同期相关证券市场代表性指数-5%与5%之间 弱于大市：未来6个月内，行业整体回报低于同期相关证券市场代表性指数-5%以下

分析师承诺

报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，报告所采用的数据均来自合法合规渠道，分析逻辑基于分析师的职业理解，通过合理判断得出结论，独立、客观地出具本报告。分析师承诺不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接获取任何形式的补偿。

重要声明

西南证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会核准的证券投资咨询业务资格。

本公司与作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

《证券期货投资者适当性管理办法》于2017年7月1日起正式实施，本报告仅供本公司签约客户使用，若您并非本公司签约客户，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司也不会因接收人收到、阅读或关注自媒体推送本报告中的内容而视其为客户。本公司或关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行或财务顾问服务。

本报告中的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告，本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，本公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

本报告及附录版权为西南证券所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用须注明出处为“西南证券”，且不得对本报告及附录进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权刊载或者转发本报告及附录的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。



西南证券研究发展中心

西南证券研究发展中心

上海

地址：上海市浦东新区陆家嘴21世纪大厦10楼

邮编：200120

北京

地址：北京市西城区金融大街35号国际企业大厦A座8楼

邮编：100033

深圳

地址：深圳市福田区益田路6001号太平金融大厦22楼

邮编：518038

重庆

地址：重庆市江北区金沙门路32号西南证券总部大楼21楼

邮编：400025

西南证券机构销售团队

区域	姓名	职务	手机	邮箱	姓名	职务	手机	邮箱
上海	蒋诗烽	总经理助理/销售总监	18621310081	jsf@swsc.com.cn	汪艺	销售经理	13127920536	wyyf@swsc.com.cn
	崔露文	销售经理	15642960315	clw@swsc.com.cn	张玉梅	销售经理	18957157330	zmyf@swsc.com.cn
	谭世泽	销售经理	13122900886	tsz@swsc.com.cn	陈阳阳	销售经理	17863111858	cyyyf@swsc.com.cn
	薛世宇	销售经理	18502146429	xsy@swsc.com.cn	李煜	销售经理	18801732511	yfliyu@swsc.com.cn
	刘中一	销售经理	19821158911	lzhongy@swsc.com.cn	卞黎昞	销售经理	13262983309	bly@swsc.com.cn
	岑宇婷	销售经理	18616243268	cyryf@swsc.com.cn	龙思宇	销售经理	18062608256	lsyu@swsc.com.cn
北京	李杨	销售总监	18601139362	yfly@swsc.com.cn	徐铭婉	销售经理	15204539291	xumw@swsc.com.cn
	张岚	销售副总监	18601241803	zhanglan@swsc.com.cn	胡青璇	销售经理	18800123955	hqx@swsc.com.cn
	杨薇	高级销售经理	15652285702	yangwei@swsc.com.cn	王宇飞	销售经理	18500981866	wangyuf@swsc.com.cn
	王一菲	销售经理	18040060359	wyf@swsc.com.cn	路漫天	销售经理	18610741553	lmtyf@swsc.com.cn
	姚航	销售经理	15652026677	yhang@swsc.com.cn	巢语欢	销售经理	13667084989	cyh@swsc.com.cn
广深	郑龔	广深销售负责人	18825189744	zhengyan@swsc.com.cn	张文锋	销售经理	13642639789	zwf@swsc.com.cn
	杨新意	销售经理	17628609919	yxy@swsc.com.cn	陈紫琳	销售经理	13266723634	chzlyf@swsc.com.cn
	龚之涵	销售经理	15808001926	gongzh@swsc.com.cn	陈韵然	销售经理	18208801355	cyryf@swsc.com.cn
	丁凡	销售经理	15559989681	dingfyf@swsc.com.cn				