

# 中信卫星通讯

中信数字媒体网络有限公司卫星通信分公司  
CITIC Digital Media Networks Co., Ltd. Satellite Telecommunications Branch

2018年12月 总第31期



- 中信卫星参加2018CCBN
- 中信卫星参加2018中国国际信息通信展览会
- 未来VHTS系统的信关站网络部署方法全文
- 下一代HTS卫星输出部分设计



航天是我们的出发点



去太空，这就是苏联之路



顽强而又大胆地面对星星，英雄主义是无边无际的



我们在太空取得了伟大的胜利



朋友们，即使是最远的星球，在我们眼里并不遥远



苏联先进的科学，造就了第一位宇航员



友谊与合作的象征



光荣归功于一切苏联科技工作者



让我们出发 这句话是尤里·加加林在历史性升空前说的一句话，它代表了太空时代的开始



太空探索，也要从娃娃的教育抓起。

如您需要多份《中信卫星通讯》或其他关于中信数字媒体卫星分公司和亚洲卫星公司的资料，以及对《中信卫星通讯》有任何建议，请与李可欣女士 (kxli@citicsat.com) 联系。

如果您在阅读过程中发现任何有误之处，欢迎指出，我们将赠送小礼品以感谢您对中信卫星的关注与支持。

中信数字媒体网络有限公司卫星通信分公司  
北京市朝阳区新源南路6号京城大厦1707室  
邮编100004  
电话：(010) 8486 3400  
传真：(010) 8486 5262  
电邮：market@citicsat.com  
网址：www.citicsat.com

技术支持服务  
亚洲卫星有限公司  
香港总部  
香港湾仔港湾道25号海港中心12层  
电话：(852) 2500 0888  
传真：(852) 2805 7038

北京办事处  
北京市朝阳区新源南路6号  
京城大厦1711室  
邮编100004  
电话：(010) 8486 3311  
传真：(010) 8486 5262

# CONTENTS 目录

## 公司新闻

- 02 | 亚洲五号卫星为2018亚洲运动会提供赛事直播传送服务
- 02 | 中信卫星参加2018CCBN
- 03 | 中信卫星参加2018中国国际信息通信展览会
- 04 | 2018中信卫星亚洲卫星通信工程师资格认证培训在南京举办

## 技术园地

- 07 | C波段上行链路超高雨衰的影响及缓解对策
- 10 | 静止轨道卫星通信系统常见干扰载波类型及定位方法分析
- 13 | 未来VHTS系统的信关站网络部署方法
- 17 | 下一代HTS卫星输出部分设计

## 国际视野

- 20 | 星座卫星系统对卫星市场的影响冲击
- 23 | 海报描绘出的前苏联太空梦

## 公司新闻 The company news

### 亚洲五号卫星为2018亚洲运动会提供赛事直播传送服务

第十八届亚运会于2018年8月18日至9月2日由印度尼西亚雅加达和巨港两个城市联合举办，来自亚洲45个国家和地区的1.13万名运动员参加了本次赛事，并在40个大项、67个分项和465个小项的比赛上展开了激烈而精彩的角逐。

亚洲五号卫星C波段转发器全程传送了本次亚运会自开幕式直至闭幕式的高清画面，让观众可以通过电视、网络和移动设备实时欣赏精彩的赛事。

亚洲系列卫星与亚运会的渊源可以追溯到1990年北京第十一届亚运会，这是在中国举办的首个大型国际体育盛会，亚洲一号卫星圆满地完成了现场赛事信号的卫星转播任务，从此开启了中国广播电视节目卫星现场转播应用的新时代。



↑ 1990年北京亚运会的吉祥物  
熊猫盼盼与亚洲一号卫星

### 中信卫星参加2018CCBN

“新智慧、新生态、新视听”第二十六届中国国际广播电视信息网络展览会（CCBN2018）于2018年3月22-24日在北京中国国际展览中心举行。

中信卫星以“服务广电 不忘初心”为主题设立展位。众多来自广播电视领域的领导、专家、传统媒体以及互联网新媒体用户参观了中信卫星展台，详细了解了中信的卫星业务及资源情况、亚洲六号卫星高清节目安全播出传输服务以及中国首个超高清卫星试验频道4K-SAT。

继上海文广互动电视有限公司众多高清电视频道后，国内首个专业足球高清频道——内蒙古足球高清频道也在亚洲六号卫星上进行安全传送。借助本次展会，足球高清频道与中信卫星携手向观众们呈现了精彩的足球赛事。

中信卫星展出的4K-SAT超高清电视平台一如既往聚焦着观众的目光。早在2014年，中信即与多家国际知名的4K电视播出设备制造商在该频道开展4K电视验证性技术测试，并利用亚洲四号卫星推出了国内首个4K超高清电视的卫星试验推广频道。近期又与美国超高清电视频道“4K Universe”合作播出了多套崭新的节目，并以瑰丽的色彩、超高的分辨率、流畅的画质带给观众身临其境的视觉盛宴。

中信卫星将努力向卫星广播电视传输市场提供更多优质的卫星转发器资源，在全力保障节目安全播出的同时，为我国电视节目全面高清化演进以及4K、8K超高清节目探索做出应有的贡献！



## 中信卫星参加2018中国国际信息通信展览会



2018年中国国际信息通信展览会(PT EXPO CHINA 2018, 简称“PT展”)于9月26日-29日在国家会议中心举行。

中信卫星展台精彩亮相此次盛会,展示了中信卫星不断壮大的卫星舰队和全方位的客户服务能力,以及中信集团投资卫星通信产业30年来的辉煌历程,吸引了众多来自政府主管部门及通信行业的领导、专家和用户驻足参观。



2017年PT展期间成功发射的亚洲九号卫星作为目前国内功率最大的卫星,已经开始为国内用户提供了性能更优的通信服务;亚洲七号卫星海洋波束则为我国海域提供了高性能的全面覆盖,为我国智慧海洋的建设保驾护航;中信卫星还与国内电信运营商合作,利用亚洲七号、亚洲九号卫星为国内外民航客机空中上网提供带宽资源,共同架起空中互联的桥梁。

中信卫星将一如既往地以优质的卫星资源和完善的客户服务,与广大客户一起为建设网络强国再立新功。



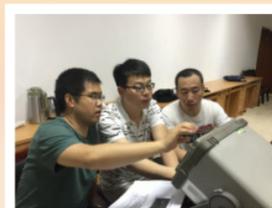
↑前工信部副部长刘利华莅临中信卫星展台



## 2018中信卫星/亚洲卫星通信工程师资格认证培训在南京举办

2018中信卫星/亚洲卫星通信工程师资格认证培训于5月14日至5月25日在南京顺利举行。

来自全国多个行业用户的三十五位培训代表齐聚南京,共同听取由南京通信工程学院卫星重点实验室的教授、讲师所讲授的课程。培训内容涵盖通信基础理论、行业最新发展、运行管理知识,并通过频谱仪操作实习和链路计算等实际操作,将理论与学员的日常工作相结合,力求学以致用。



↑学员参加频谱仪操作实习

↑学员参加频谱仪考试



本项培训至今已连续举办十五届,“南京培训”已经成为了一块金字招牌。课程质量高、教授把关严、学员收获多,使“魔鬼训练营”得到了用户的一致好评。



↑考试完毕,南通院老师进行操作点评

↑参训学员晚间自发学习,探讨问题



↑链路计算软件考试

↑结业理论考试

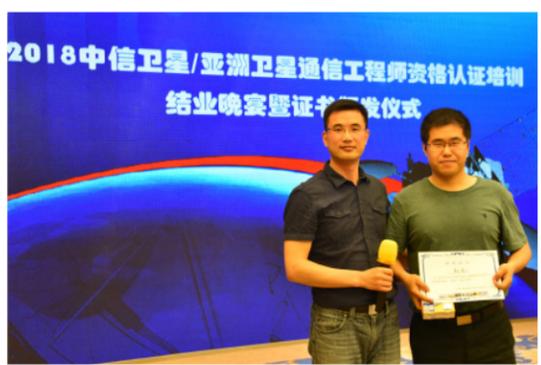


在结业晚宴暨证书颁发仪式上，南京通信工程学院常江副教授和张北江老师为参训代表颁发了资格证书。

考试总成绩前三名的学员还获得了最佳学员奖：第一名，北京信息所 赵龙；第二名，南京协同创新 万扬洋；第三名，国家广播电视总局五四二台 包玮。



培训是学员获取专业知识的重要途径，也是中信卫星/亚洲卫星/用户交流的渠道，更是通信工程师之间沟通的平台。今后，中信卫星、亚洲卫星将与南京通信工程学院继续并肩前行，为用户和行业培养更多的卫星通信人才。



↑南通院李志强教授（左）为赵龙颁发“最佳学员奖第一名”



↑南通院吕晶教授（左）为包玮颁发“最佳学员奖第三名”



↑中信卫星张燕总经理（左）为万扬洋颁发“最佳学员奖第二名”

## 培训感言

转瞬之间，2018中信卫星/亚洲卫星通信工程师资格认证培训已经落下帷幕，回顾这短短的十多天的培训经历，恍惚之间似乎又回到了青涩的学生时代，收获良多。在此，感谢给我们提供这次培训机会的中信卫星公司和培养我的领导们，是你们给了我这样一段宝贵的经历，也感谢十多天来朝夕相对的培训班同学们，是你们留给了我一段珍贵的回忆！

在此次培训的过程中，感触最深的当属卫星通信领域的系统知识的梳理和学习。在这次培训中，学习的内容非常广泛、精辟和实用。不仅能学到微波工程、通信原理、编码技术等通信领域的基础理论知识，也能得到有关卫星通信系统、卫星通信标准、工程建设与维护管理等卫星进阶知识的传授，更能实际的接触到频谱仪、链路计算等与工程使用测量技术息息相关的操作技巧。这些知识的汲取对于从事卫星通信开发相关工作的我是一个极大地提高。这次系统的培训学习，不仅提高了我对通信基带领域的认识，还带领我从更高的层面，全面透彻的了解了卫星通信的相关知识。使我从一个埋头苦干的工具使用和工程实践者变成了对整体框架有着较为清晰认知的卫星通信系统工程师。我相信这些知识的补充将会让我在之后的工作学习中受益匪浅。

除了教授们在学习上给予的指导，这次培训另外一个重大的收获就是认识了很多天南地北的奋斗在卫星行业的可爱的同学们。这次宝贵的培训使我们相聚在南京这个人杰地灵的城市，十多天的朝夕相处，让我们彼此渐渐熟悉，嬉笑怒骂让我们的友谊急剧升温。这些所有的所有让我在学习卫星通信相关知识的同时，收获了更加宝贵的同窗之情。

回顾整个培训的过程，有学以致用沾沾自喜、有初涉卫通的不知所措、有复习冲刺的埋头苦读、有登上考场的忐忑不安，更有公布结果后的喜悦狂喜。人生百味似乎在这短短的十几天中轮番上场，融合交织，汇聚成了一场如梦幻般的培训之旅。

天下无不散之筵席，相信此时此刻如同我一样，培训班的同学们应该都已各自回到自己的工作岗位上，重新操持起放下了两周之久的工作。但是我相信和同样和我一样，这段培训的经历不仅将许许多多的卫星通信的知识镌刻在了我们的脑海之中，随时等待着我们在实践中去提取和使用；也同时将这段旅程沉浸在了我们的记忆之海中，或许渐渐的它会封存会淡化，但我们都不会遗忘这段路程的美好。如果可以，我想说的是这样的培训这样的旅程这样的欢愉，请再给我们来一次！

学员：万扬洋

2018年5月28日

## C波段上行链路超高雨衰的影响及缓解对策

亚洲卫星公司针对东南亚季风季节期间上行站所报告的C波段超高雨衰情况进行了分析研究，并提出了相应的对策。

以下三种方法可以明显的减轻雨衰：

1) 由于馈源膜经过一段时间其防水性能会下降，因此建议定期（最好每年）更换新的馈源膜，以防止雨水积留在馈源口面上。

2) 增加吹雨鼓风机的风速，以减少在天线馈源口的积水。

3) 在大雨来临前一小时，提前将上行链路功率增加3dB，用于补偿大雨导致的功率下降。

### 上行链路传播损耗概述

在卫星通信传输模型中，路径损耗是指电磁波在空间传播时功率谱密度的降低。路径损耗包括自由空间损耗——只与频率和传输距离相关，还包括电磁波在通过发射端和接收端之间各种介质传播时因折射、衍射、反射以及被介质吸收所产生的各种损耗。虽然国际电信联盟（ITU）提供了估算地球站与空间站之间传播损耗的计算模型，以供网络工程师用来计算位于不同地理位置的地球站在相应的链路预算的雨衰余量，但是在实际运行中，亚洲卫星公司观察并收到多起的报告称：一些上行站在暴雨（50mm/h）期间，C波段上行链路传播损耗要高于预先的计算值。通过对比卫星遥测数据和雨衰预测数据之间的差异，可以收集到更详细的研究结果。例如，在暴雨期间，通过卫星遥测数据发现，位于新加坡的某条上行链路的实际传播损耗约为8到11dB，要远高于利用国际电联的降雨预测模型结合新加坡气象机构所提供的实际降雨数据所计算出的雨衰损耗预测值。

通过研究发现，额外的损耗是由于降雨期间在馈源口所形成水膜以及抛物面天线的积水引发的天线积水衰减，由此可见，天线积水衰减是通信链路在降雨期间整体信号衰落的一个重要因素。为此，我们进行了大量测试，以获得在馈源口上存在不同厚度水膜情况下的信号衰减值，以及天线主反射面积水条件下对于天线增益的影响。基于这些测量结果，我们能够更好地理解天线积水衰减对传播损耗的影响，并预估暴雨期间上行链路所需的发射功率。

### 天线积水衰减

中国和东南亚的沿海地区位于国际电联高雨量区。特别是在季风季节，大到暴雨时有发生。根据国际电联的降雨模型，预测的雨衰取决于降雨量、天线仰角、信号频率和信号通过降雨区的路径长度。在降雨量大于120mm/h的暴雨期间，6GHz雨衰值约为4dB。图1显示了在新加坡地区6GHz信号的雨衰预估与降雨量之间的关系。

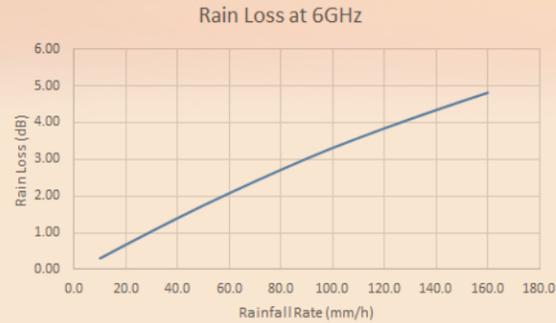


图1 雨衰与降雨量的关系

卫星可以将测量到的星上行波管功率放大器TWTA的输入功率通过卫星遥测数据发回测控站，通过对比晴天和雨天期间的TWTA输入功率差值即可得知新加坡和香港在C波段暴雨期间的上行雨衰约为8至11dB，这与ITU给出的数据之间大约相差6dB。

参考文献[1]中的研究表明，馈源口上0.4mm水膜，天线积水衰减可以高达8dB。

天线积水衰减的大小受到信号频率、天线结构、馈源口和抛物面的材质和天线承受的降雨量的共同影响。导致天线辐射方向性和馈源口反射率产生变化，从而影响了整个天线的效率。

为此我们进行了大量的实验，以测量信号在不同条件下的衰减程度，包括：天线馈源口和反射面在不同水膜厚度、强度和类型等积水条件下的衰减情况。

### 下面讨论三种类型：

#### 1. 馈源口在不同厚度水膜情况下的功率衰减——使用宽边耦合器测量

为了研究不同水膜厚度的馈源口输出功率衰减，使用宽边耦合器来进行前向和反射功率测量。测试装置如图2所示。

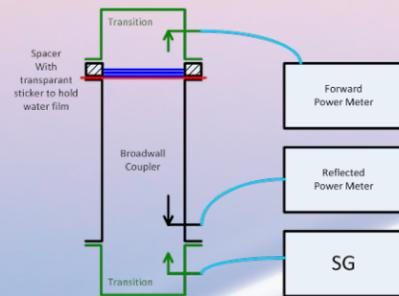


图2 不同水膜厚度下信号功率衰减的测试装置

测试结果表明，当水膜厚度增加时，6GHz的输出信号衰减将加剧。当馈源口上的水膜厚度约为0.1mm时，输出信号衰减约为2dB，但当厚度达到0.2mm时，输出信号衰减将显著增加至约7dB。如果水膜厚度大于0.3mm，输出信号衰减可超过11dB。

信号衰减看起来高于文献[1]中提到的预测数值，因为用于预测计算时所采用的馈源膜和水的介电常数和导电常数与实际不同，特别是在精确测量时，雨水复杂的介电常数更是一个不可忽视的因素。

部分发射功率被反射回信号发射单元也会导致衰减，从而降低总输出功率。馈源口上的水膜将使口面的电场分布变形，对馈源口面驻波比产生干扰，其结果就是反射更多的功率。随着馈源口上的水膜厚度增加，反射功率将增加。输出信号功率衰减与测量数据的水膜厚度之间的关系如图3所示。

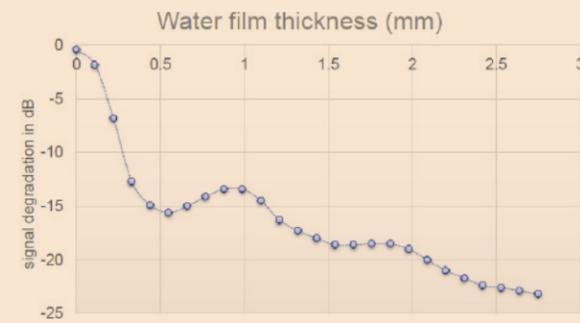


图3 6GHz信号在馈源口处的衰减量与水膜厚度的关系

### 2. 不同积水条件下，馈源口信号衰减的变化

在大雨期间，馈源口的积水条件会不断变化，积水可能全部、部分或者少量地覆盖在馈源口表面，导致不同程度的衰减。为了研究相应的衰减情况，分别将湿纸巾，湿毛巾和一袋水放在馈源口上，模拟不同的积水条件，以测量各自的衰减情况。通过测量SCPC载波上C/N变化来获取测试数据，具体的测试方法如下：

• 将调制波用5米天线传至亚洲7号上的线性转发器上。

• 用9米天线接收信号并送入IRD接收机中。同时使用IRD接收机和频谱分析仪接收载波并获得C/N值，通过观察当改变馈源口积水条件时所接收到的载波C/N的变化，可以更好地理解天线积水衰减的影响。

• 测试现场为晴天。

#### 利用湿纸巾模拟积水

• 现将干燥纸巾放置在馈源口上，接收到的C/N约为19.3dB，IRD余量为5.2dB，HPA反射功率为1W。

• 然后将湿纸巾放置在馈源口上，接收到的C/N降至16.9dB，IRD余量为2.9dB，HPA反射功率为3W。

• 对比结果可知在有湿纸巾时信号衰减将增加2.3dB，同时HPA反射功率可达3W。

馈源口的测试装置如图4a所示。

### 利用毛巾模拟积水

• 先将干燥毛巾放置在馈源口上，接收到的C/N约为18.8dB，IRD余量为5dB，HPA反射功率为1W

• 然后将湿毛巾放置在馈源口上，接收到的C/N降至9.1dB，IRD失锁，HPA反射功率19W

• 对比可见信号有明显衰减，达9.8dB。

馈源口的测试装置如图4b所示。

### 利用水袋模拟积水

• 先在馈源口周围缠绕空的塑料袋，接收C/N约为19.5dB，IRD余量为5.1dB，HPA反射功率为2W。

• 再将塑料袋装满水放在馈源口上，接收C/N约为12.4dB，IRD失锁，HPA反射功率为3W。

• 结果表明，从频谱上看信号衰减约为7.1dB。衰减比湿毛巾小的原因是因为水袋小于馈源口，因此馈源口是部分被水覆盖。

馈源口的测试设置如图4c所示。

### 总体结果

结果表明，水膜比较薄，完全覆盖馈源口，像湿纸模拟的情景，输出信号会降低约2dB。水膜比较厚，并完全覆盖馈源口，像上述湿毛巾模拟的情景，则会导致输出信号大幅降低。如果水膜虽然厚，但没有完全覆盖馈源口，衰减达不到最严重级别，因此使用吹雨机确实有助于减轻衰减，因为它可以防止水膜停留在馈源口表面。

### 结果列表如下



图4a 馈源口上的湿纸巾

测试条件 (实验1)	9m天线C/N (dB)	HPA 输出功率 (W)	HPA反射功率 (W)	IRD C/N余量 (dB)
干燥纸巾	19.25	180	1	5.2
湿纸巾	16.92	179	3	2.9
信号衰减 (dB)	2.3			



图4b 馈源口的湿毛巾

测试条件 (实验2)	9m天线C/N (dB)	HPA输出功率 (W)	HPA反射功率 (W)	IRD C/N余量 (dB)
干毛巾	18.83	177	1	5
湿毛巾	9.08	185	19	失锁
信号衰减 (dB)	9.8			



图4c 馈源口上有一袋水

测试条件 (实验3)	9m天线C/N (dB)	HPA输出功率 (W)	HPA反射功率 (W)	IRD C/N余量 (dB)
空塑料袋	19.5	181	2	5.1
装水塑料袋	12.42	180	3	失锁
信号衰减 (dB)	7.1			

如果水积聚在主反射面上，则天线增益会降低。为了研究相应的损失，我们进行了一项测试，其结果与我们的预测一致。在香港，对准亚洲7号卫星的天线仰角大概为60度，因此雨水很有可能在主反射面上聚集。对于7.3米天线，主抛物面表面上的积水最大直径约为2.6米，约占天线表面积的13%。由于会出现散射，积水将影响对星发射的总功率，从而降低了天线效率。我们估计的最坏情况下增益降低约为0.6dB。

### 3. 天线主反射面积水导致的信号衰减

将塑料布铺在主抛物面上，接收C/N约为19dB，IRD余量

为5.2dB，HPA反射功率为1W。向天线喷水，直至在天线上形成积水，观察到此时接收的C/N约为18.58dB，IRD余量为4.6dB，HPA反射功率为2W。通过比较IRD的C/N可以得知大约有0.6dB的衰减，这与我们的预测一致。

馈源口的测试装置如图5所示。

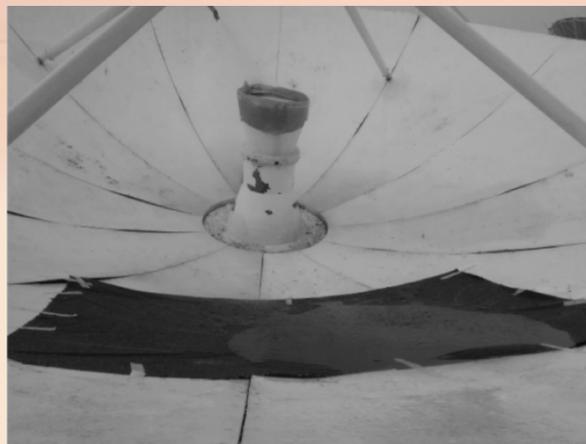


图5 主反射面上的积水

测试条件 (实验4)	9m天线C/N (dB)	HPA输出功率 (W)	HPA反射功率 (W)	IRD C/N余量 (dB)
干塑料布	19	180	1	5.2
积水塑料布	18.58	185	2	4.6
信号衰减 (dB)	0.6			

### 结果和建议

由于下雨而在馈源口和主抛物面上形成的水膜和积水会明显导致输出功率降低。馈源口上的水膜会使电场分布失真并导致信号反射回HPA，这会降低总输出功率，或者如果反射功率大于HPA的门限，甚至可能使HPA损坏或进入保护状态。如果水膜厚度为0.2mm，则会导致信号衰减约7dB。如果水膜厚度大于0.3mm，则信号衰减高达11dB以上。此外，积聚在主反射面上的积水会影响天线效率并降低天线增益。天线的高仰角可能会在主反射面上积聚更多的水，并导致天线增益降低。这解释了前文所述新加坡暴雨期间观测到的极高雨衰，传播损失包括普通雨衰以及由于水膜对馈源口和主反射面的影响造成的额外雨衰。为减轻天线积水衰减，建议采用以下措施：

- 1) 由于馈源膜经过一段时间其防水性能会下降，因此建议定期（最好每年）更换新的馈源膜，以防止雨水积留在馈源口面上。
- 2) 增加吹雨鼓风机的风速，以减少在天线馈源口的积水。
- 3) 在大雨来临前一小时，提前将上行链路功率增加3dB，用于补偿大雨导致的功率下降。

### 参考

[1] "Wet Antenna Effect on VSAT Rain Margin", 作者：Jonathan YC Cheah, 1993年8月IEEE

## 静止轨道卫星通信系统常见干扰载波类型及定位方法分析

### 特别鸣谢

在此特别鸣谢庞京女士（国家无线电监测中心北京监测站）为本平台提供此文！

### 前言

静止轨道卫星通信系统具有通信距离远、通信方式灵活等优点，在日常通信、广播电视等领域得到越来越广泛的应用。由于卫星转发器的开放性、透明性特点，非法用户只要具备发射卫星载波的一整套设备，无需进行入网验证便可向卫星上发射载波，因此针对静止轨道卫星通信系统的干扰时有发生。目前，针对静止轨道卫星干扰上行站定位的常用技术手段包括双星时频差定位、双星分时频差定位以及三星双时差定位方法三种，下面进行具体介绍。

## 1、定位原理及方法

### (1) 双星定位原理及方法

双星时频差定位原理如图1所示。干扰载波由上行站发射天线发射后同时被主星（受扰卫星）和邻星（与主星轨道间隔一定距离用于辅助定位的卫星）转发，由接收站的天线接收。两路载波的传播路径不同，产生TDOA（Time Difference of Arrival，到达时间差）；卫星摄动以及转发器本振漂移等因素，产生FDOA（Frequency Difference of Arrival，到达频率差）。根据TDOA、FDOA在分别在地球上画出一条曲线，两线交点即为干扰上行站位置。

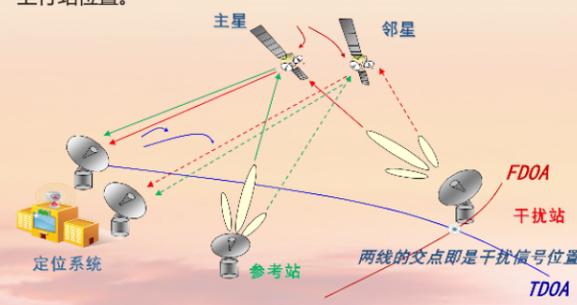


图1 双星定位基本原理图

双星分时频差定位原理图与上图基本一致，唯一不同的是，双星分时频差定位利用了两次定位的FDOA值进行交汇定位，其中两次定位时间应间隔1小时左右，两条频差线的交点即为上行站位置。

在选择双星定位方法时，需要至少4个已知地理位置和发射频点的上行站作为定位参考站，用于抵消由于卫星星历精度差带来的TDOA、FDOA值测量误差。4个参考站的选取要符合一定的规则，确保至少一个参考站地理位置与干扰上行站位置接近，其他参考站均匀分布在干扰上行站周围，参考站位置选择不合理会对结果带来较大误差。

### (2) 三星定位基本原理

三星定位基本原理如图2所示，主要由干扰上行站、受扰主星、两颗邻星、地面接收站以及参考站组成。干扰载波由三颗卫星转发，3个地面接收天线分别接收由受扰卫星和两颗邻星转发的干扰载波，测量出主星与邻星1、主星与邻星2产生的两个TDOA值，两条时差线在地面上的交线即为干扰上行站位置。

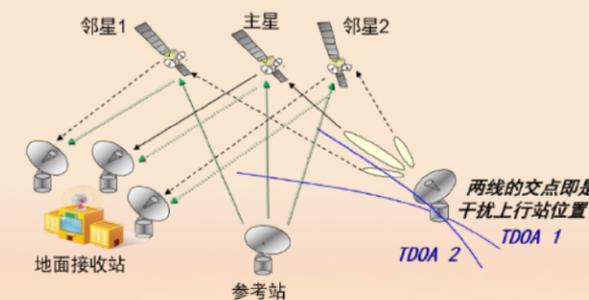


图2 三星定位基本原理图

在选择三星定位方法时，需要两颗邻星以及一个参考站辅助定位。参考站的位置要与干扰上行站尽可能接近；两颗邻星轨道位置存在一定间隔，转发器配置与被干扰转发器相近。

## 2、卫星通信系统常见干扰载波类型及定位方法

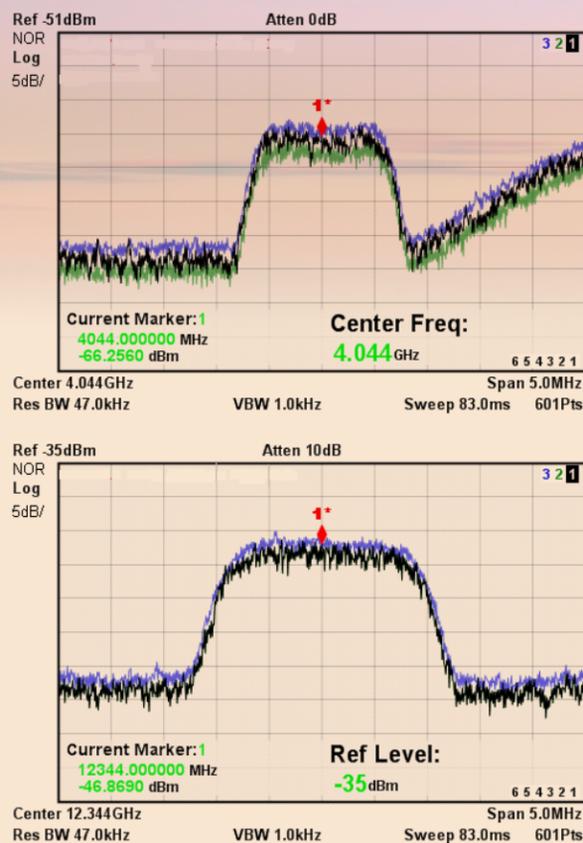
静止轨道卫星通信系统中的干扰来源主要包括人为干扰、设备故障和自然现象干扰。按照载波类型，静止轨道卫星通信常见干扰载波可分为常规调制载波、单载波、扫频、同频干扰、杂散波、时分载波等。

### 2.1 常规调制载波

常规调制波主要是指采用频分多址方式，并通过QPSK、BPSK、MSK等调制方式进行调制的载波。频分多址方式是卫星通信系统中应用最早的一种多址方式，其设备简单、容易实现、载波稳定，仍是卫星通信中使用最多的多址方式。

#### (1) 典型频谱图

典型的常规调制波干扰载波频谱图如图3所示。



△ 图3 常规调制干扰载波典型频谱图

这种干扰载波频点、占用带宽、功率等参数较稳定，通常是某些单位和个人在未取得卫星运营商许可情况下，为实现自己通信等目的，偷用卫星频点造成的干扰；或者是由于卫星合法用户疏忽，在不该发射的频点或时段将载波误发上星，造成对其他合法业务的干扰。

### (2) 定位方法

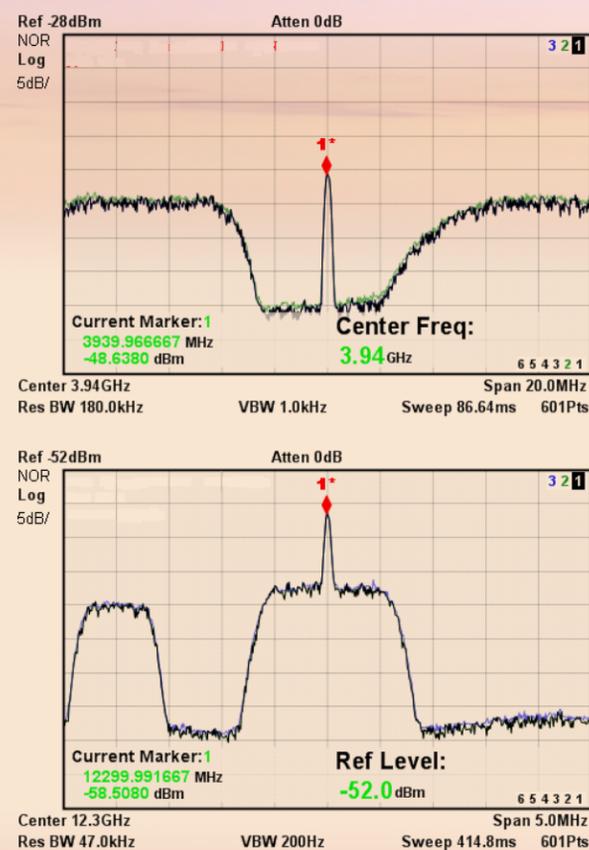
常规调制载波一般采用频分多址方式，并通过QPSK、BPSK等方式进行调制，载波形式稳定，定位难度较小。可以利用其TDOA、FDOA值进行定位计算。可以选择的定位方式为双星TDOA/FDOA、三星TDOA/TDOA定位方法。由于FDOA值受到多普勒频移、卫星本振漂移、定位时刻、卫星星历等因素影响较大，因此FDOA值的测量误差较TDOA值大。三星定位由于避免使用FDOA参数进行计算，定位误差通常较小。

此外，定位时要根据干扰载波频点、带宽、功率大小以及邻星载波情况进行灵活的参数设置。例如，图3所示干扰载波带宽为1~2MHz，功率大小20dB左右，通常可设置采集带宽为300~1000kHz，若所选邻星距离主星较近，采集时长可设置为5~20s。

### 2.2 单载波干扰载波

#### (1) 典型频谱图

卫星上较常见的一类干扰载波为单载波载波，此类载波通常不携带通信内容，一般用于选频测试或对正常业务载波进行干扰和压制。常见的单载波干扰载波如图4所示。



△ 图4 单载波干扰载波典型频谱图

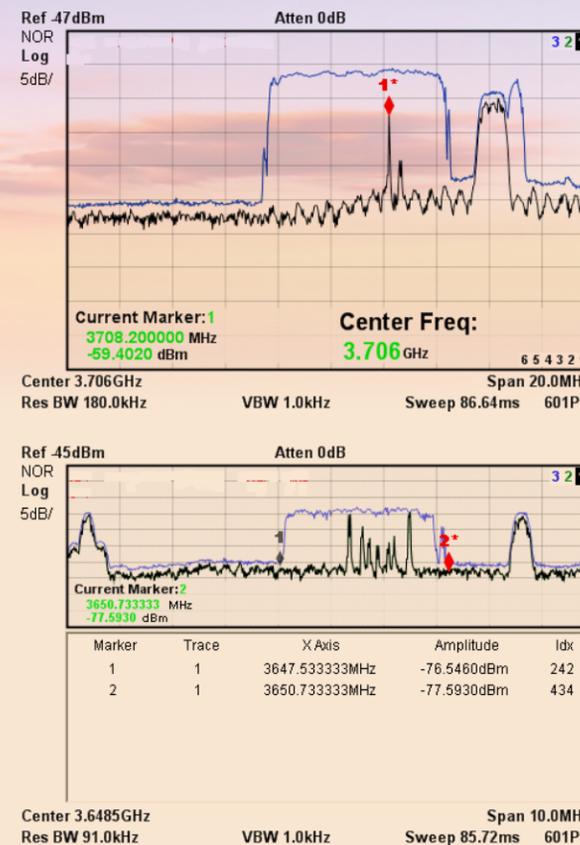
### (2) 定位方法

由于单载波不含有时间分量信息，因此无法获取TDOA参数，只能利用两条FDOA线进行定位，即双星FDOA/FDOA方法。双星FDOA/FDOA原理图与双星TDOA/FDOA原理类似，不同之处在于，双星FDOA/FDOA方法利用两条频差线得到干扰上行站位置。由于一次定位只能得到一条频差线，因此利用该方法时，需要进行两次定位，测量出两条频差线。且两次定位之间需要间隔较长时间。间隔时间越长，两条频差线夹角越大，定位结果越准确。最后综合两次定位结果的频差值进行计算得到上行站位置。

### 2.3 扫频干扰

#### (1) 典型频谱图

扫频干扰在卫星通信中出现较少，一般是由某些单位进行测试产生的，也有个别案例是由设备故障引发的。此类干扰的特点是干扰载波在某个频段内反复快速扫描，通常占用带宽较宽，对正常用户载波危害较大。典型的扫描载波频谱如图5所示。



△ 图5 扫频干扰载波典型频谱图

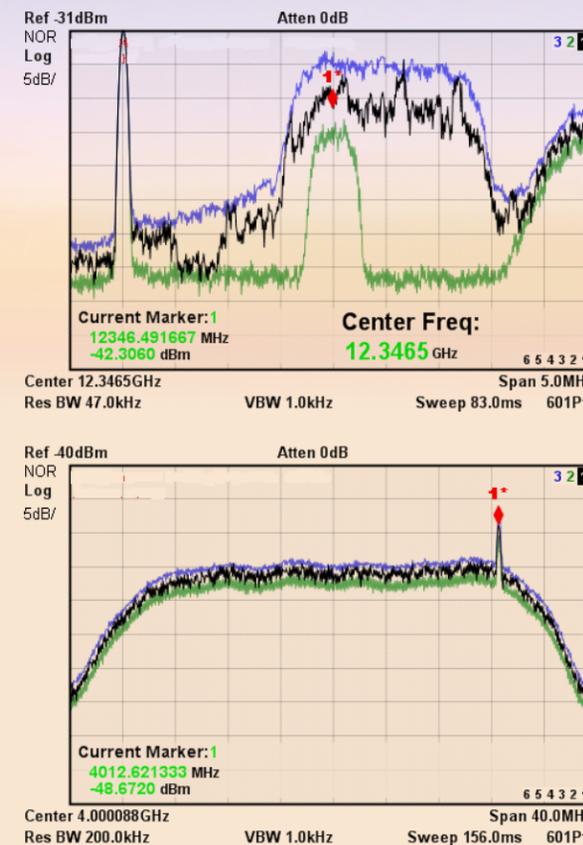
### (2) 定位方法

扫频载波占用带宽较宽，载波扫描速度较快且出现时间较短，因此在定位时，应尽量选择较大的采集带宽，以及延长采集时间，使系统尽可能多地采集到载波信息。对于扫频干扰，由于载波频点变化快且出现时间较短，采用三星定位方式则可以明显节省定位所需时间，提高定位精度。

### 2.4 同频干扰

#### (1) 典型频谱图

卫星上常见的同频干扰如图6所示。左图所示为干扰载波（中心频点12346.5MHz、带宽0.5MHz）完全隐藏在正常业务载波（中心频点12347 MHz、带宽2MHz）下，给监测和定位工作带来较大难度；右图所示为干扰载波（中心频点4012.62 MHz、带宽200kHz）凌驾于正常业务载波（中心频点4000MHz、带宽40MHz）之上，但其功率比业务载波高出6dB左右，给业务载波通信造成明显影响。



△ 图6 同频干扰载波典型频谱图

### (2) 定位方法

对同频干扰载波进行直接定位时，在业务载波正常发射条件下，业务载波和干扰载波被同时采集，导致出现两个定位结果，若业务载波位置已知，则可通过排除法得到干扰上行站位置；但是当业务载波功率较大时，会使得系统采集到的干扰载波分量微弱，无法得到干扰载波上行站结果。这种情况下，可利用定位系统的“同频抵消”功能，生成一个与业务载波中心频点、带宽均相同的调制载波，将业务载波“抵消”，使干扰载波完全“暴露”出来。

若某同频干扰载波为调制波载波，则可采用双星TDOA/FDOA以及三星TDOA/TDOA方法，参考常规调制干扰载波定位方法进行定位；载波若为单载波载波，则采用双星FDOA/FDOA方式进行定位。

### 2.5 杂散波干扰

#### (1) 典型频谱图

杂散载波通常是由于发射站的发射机故障产生的，包括功率放大器产生和放大的热噪声、系统互调产物以及接收频率范围内收到的其他干扰载波等被发射上星，典型载波频谱如图7所示。由于杂散干扰载波频点、带宽、功率等参数不固定，严重干扰正常用户通信、威胁卫星转发器的正常使用。

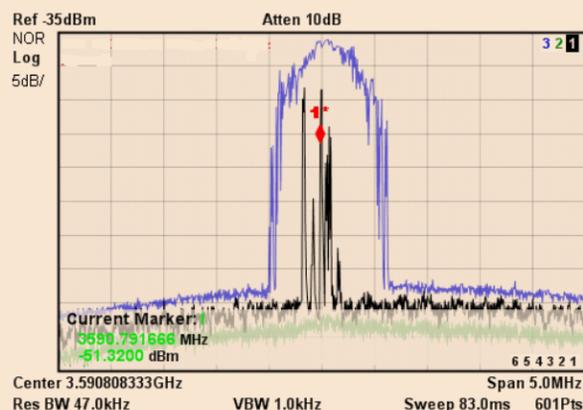
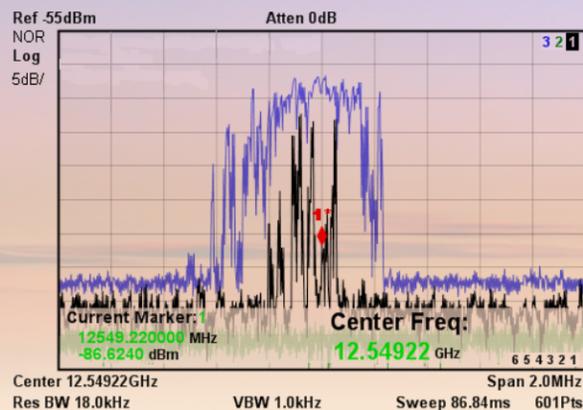


图7 杂散波干扰载波典型频谱图

### (2) 定位方法

杂散载波频点、带宽等参数不稳定，但其经卫星转发器转发且由地面站接收后，存在时间差以及频率差信息，仍可以按照常规调制干扰载波的定位方法，即双星TDOA/FDOA以及三星TDOA/TDOA方法。由于干扰载波频点、带宽等参数不固定，且经卫星转发器转发后有较大的频率偏移，因此定位时需提高采集带宽及采集时长，选用耗时较少的TDOA/TDOA方法进行定位，可以有效避免因频率差引入的较大误差，提高定位结果精度。

### 3、结束语

本文对静止轨道卫星通信中常见干扰载波的定位方法进行了简单分析，在实际定位工作中，要根据实际情况灵活选择邻星、参考站及定位模式等。此外，卫星通信技术的发展会带来更复杂的卫星干扰载波，对卫星所受干扰载波的监测分析仍需要进一步研究。

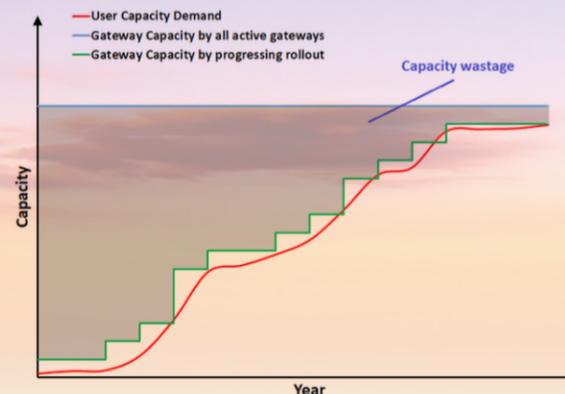


图1 卫星寿命期内容量需求变化趋势

Phase #	Added GW #	Added BW per user beam (MHz)	# of User beams per GW	Added capacity FWD + RTN (Gbps)
1	16	125	32	192
2	16	125	32	192
3	16	125	32	192
4	16	125	32	192
Total	64	500		768

表1 750GbpsVHTS系统频域信关站部署计划

图4说明了每个信关站部署阶段的详细频率规划。在阶段1中，共部署16个信关站以覆盖所有512个用户波束。每个信关站为8组4色复用的用户波束提供服务。图4中的大写字母表示为每组4色复用波束分配的频率。每个用户波束将有125MHz的可用带宽，可提供总吞吐量的四分之一容量。用户波束单元中的数字表示部署阶段。在最后一个阶段，即阶段4中，每个用户波束都将使用500MHz下行带宽和250MHz上行带宽。

这种频域分阶段实施方法可以通过模拟或数字卫星有效载荷来实现。如果是模拟载荷，可以通过使用滤波器组或多路复用器组来实现；如果是数字载荷，则可以通过使用星上数字信道化处理器来实现。图5例举了可行的卫星有效载荷实现方法。

## 二、信关站网络部署方法

### 2.1 频域分配法

这里以一个750Gbps的VHTS系统说明如何在频域进行信关站的部署。在本例中，假设平均频谱效率（SE）为2bps/Hz，并且至少有4GHz的信关站前向带宽，如图2所示。假设前向（FWD）和反向（RTN）业务比率为2：1。

以此计算的结果是，一个信关站的容量为（4+2）\*2=16Gbps，为了实现750Gbps的容量，VHTS运营商必须在卫星发射之前建设大约64个信关站，这将是一笔巨大的CAPEX投资。

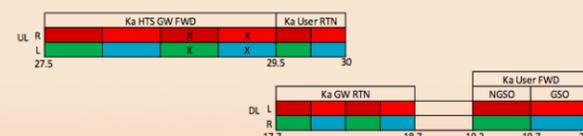


图2 一个典型的Ka频段HTS系统的频率计划

为了最大限度地减少地面设施的初始投资，可以在合理设计的卫星有效载荷系统的情况下考虑信关站在频域的渐进式部署。例如，如图3所示，每个500MHz的用户波束频谱可以细分为4个125MHz的信道。这些子信道可以按照四个不同的阶段顺序部署。在初始阶段（阶段1），只需要16个信关站提供全覆盖，这仅仅是全部信关站设施CAPEX投资的四分之一。在随后的三个阶段中，信关站的数量将逐渐增加。表1说明了750GbpsVHTS系统的部署计划。

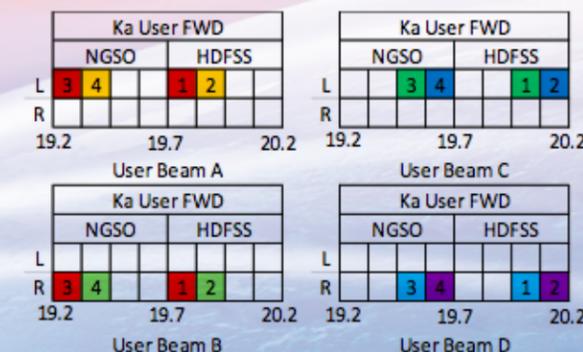


图3 用户波束频率分段（单元格中的数字表示信关站部署的阶段）

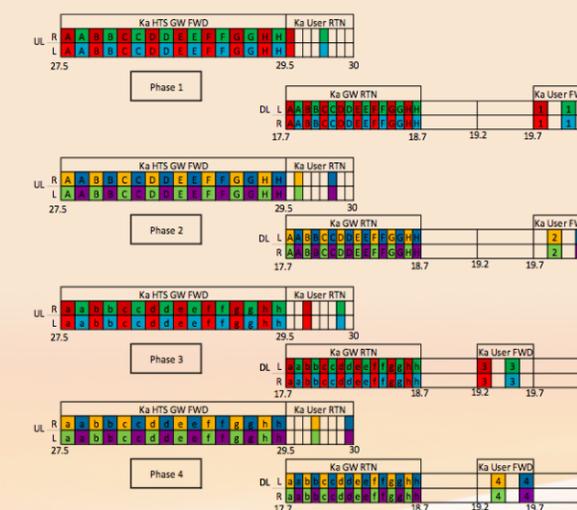


图4 750GbpsVHTS系统部署频率计划

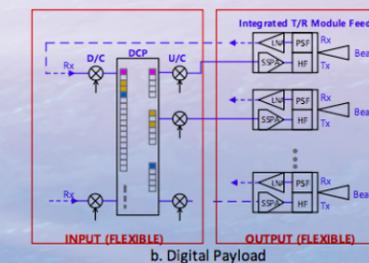
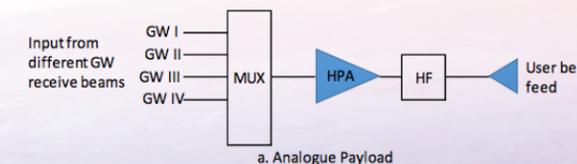


图5 模拟和数字卫星有效载荷设计示例

## 未来VHTS系统的信关站网络部署方法

本文提出了一些关于VHTS信关站部署方案的概念，这些概念的实际应用可能与特定的卫星有效载荷设计和可用的空-地段控制管理系统功能有关。

### 一、概述

随着多波束高吞吐量卫星（HTS）技术的发展，单颗HTS卫星的容量可进一步提高至500Gbps以上，从而成为超高吞吐量卫星（VHTS）系统。为了实现这一系统，地面信关站系统必须经过精心设计和部署。原则上一个VHTS系统的总可用容量与整个网络中在用关口站的总数直接成正比。

当VHTS运营商在考虑实际业务部署时，必须评估和解决以下若干挑战，以确保业务发展和投资收益上的可持续性。

- 用户容量需求在不同时间和不同区域的差异
- 建设全新的网络还是对现有网络进行改造和扩容
- 信关站是否具有可扩展性
- 如何弹性提高系统吞吐量

- 如何合理的分配投资
- 如何降低投资风险
- 服务能力上的灵活性（如覆盖范围、波束容量、信关站的冗余的灵活性）

图1比较了两种情况下卫星容量资源供求的关系：一种是一开始就部署完成全部信关站，另一种是随时间逐步部署信关站。图中红色曲线为容量需求的变化，蓝色为一次性建成所有信关站所能获得的系统容量，绿色则为信关站分期建设所能获得的系统容量，灰色阴影区域为浪费的系统容量。从图中可以看出，如果没有合理考虑用户需求增长，那么在业务发展的初期会有大量的容量浪费。显然，在投资、回报和风险方面，这并非一个理想的状况。

为了解决上述VHTS地面网络部署问题，本文提出了关于VHTS信关站部署的一些概念性方案。这些方案的实际应用需要与之相配合的卫星有效载荷设计和空-地段控制管理系统。

如上所示，通过将频率分段提供了一种实现信关站初始投资最小化的方法。然而，由于Ka频段信关站上行链路频谱的限制（如图2所示，两个正交极化上各有2GHz），为了支持高吞吐量目标，最终必须建设大量的Ka频段信关站。为了进一步减少信关站的总数，我们还可以通过逐步将信关站链路迁移到Q（40 GHz）和V（50GHz）频段等更高频段来部署VHTS。以下说明当信关站采用Q/V频段时，750GbpsVHTS的三阶段部署方法。

如表2所示：

- 阶段1——只有Ka频段频谱被用于信关站链路，通过16个信关站能够全面覆盖256个用户波束，吞吐量为192Gbps。
- 阶段2——V频段被用于信关站上行链路，提供210Gbps的额外容量。
- 阶段3——信关站下行链路被切换到Q频段，这将释放高达2GHz的Ka频段带宽给用户波束使用，从而可以通过12个新建的Q/V频段信关站增加另外的360Gbps容量。阶段3用户波束前向频谱如图6所示。

在这个示例中，750Gbps的目标吞吐量可以通过仅仅35个信关站实现，信关站数量比前面全部采用Ka波段的例子减少了45%。

Phase#	GW FWD		User FWD		Added GW #	# of User Beams per GW	Added capacity, FWD + RTN (Gbps)
	Band	BW (MHz)	Band	BW (MHz)			
1	Ka	2000	Ka	250	16	16	192
2	V	5000	Ka	250	7	40	210
3	V	5000	Ka	500	12	20	360
					Total	35	762

表2 750GbpsVHTS系统Q/V频段信关站部署实现

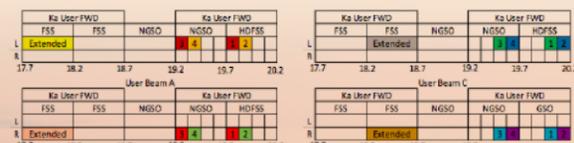


图6 利用Ka波段信关站下行频谱作为用户波束下行频谱的频率规划

这种分阶段部署的方法还可以进一步扩展到用户波束使用V和Q频段，而信关站则采用激光链路。VHTS还可以采用多频段用户波束天线系统。通过对馈源和反射器的适当优化，相同或不同波束宽度的不同频段的点波束可以无缝覆盖同一地理区域[1]。如图7所示，通过使用这种方法，VHTS运营商可以首先部署Ku频段用户点波束容量，然后在5到10年后，根据业务需求和地面用户终端的成熟度，逐步演进到Ka和Q频段用户波束。相应地，运营商和用户可以逐步部署其信关站和终端设备，并逐频段的使用频率，以节省不必要的CAPEX费用，直到将来确实有相应的需求。

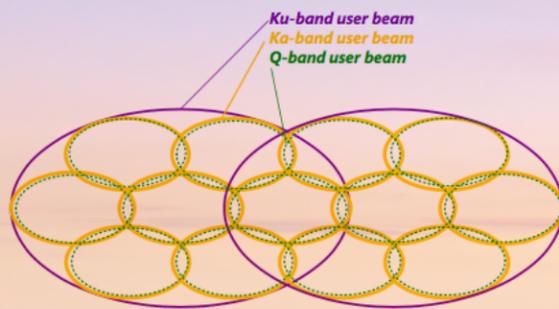


图7 VHTS逐频段部署示意图

## 2.2 空域分配法

为了适应在网络中添加信关站的灵活性和可扩展性，可以考虑采用波束宽度的控制功能。例如，波束成形是一种众所周知的技术，它将不同的单元集成在一个相控阵天线中，通过形成相长或相消干扰抵消信号来控制天线的增益和方向图。该技术被业内认为是下一代HTS的基本要素，并且通常在产品路线图上显示。当它应用于HTS系统时，可以选择性地调整每个点波束的波束大小。具有不同波束宽度的典型点波束天线的增益和方向图可以参考图8。较小的波束宽度可以提供更集中的波束，从而获得更高的增益。在相同的理想覆盖区域内，可以通过减小波束布局中的波束大小来获得更多数量的波束，总吞吐量也可以得到相应的增加。

当容量需求增加时，使用这种方法可以实现信关站的分阶段部署。例如，在初始阶段，当需求最小时，波束成形可以将波束调整为相对较大的尺寸。当需求开始增长时，可以设置更多的信关站来为新增容量服务。这些新增的信关站可以通过波束成形调整以较小的波束宽度来进行定位和调整。从而实现地面网络容量的动态增强，直到达到设计的最大能力。

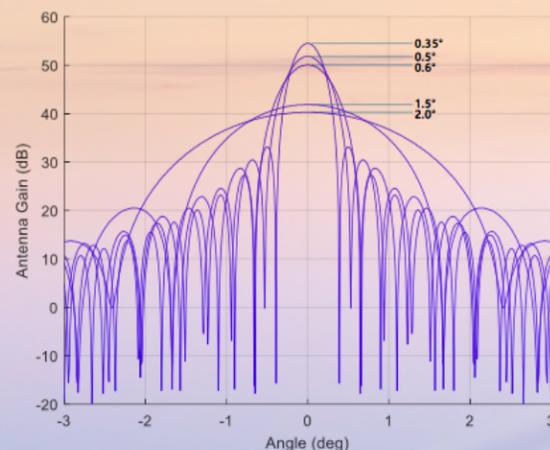


图8 不同天线波束宽度的天线增益和方向图比较

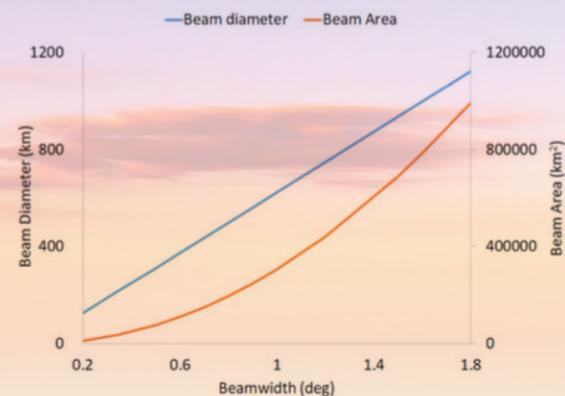


图9 不同波束宽度点波束的直径与覆盖面积比较

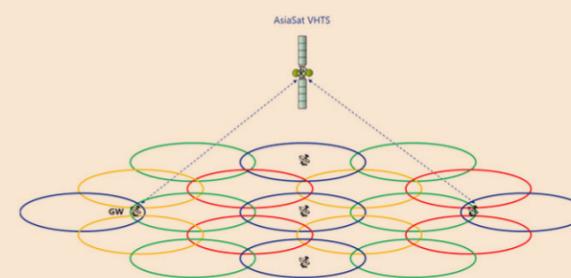


图10 较大波束宽度的波束布局（较少数量的波束和信关站）

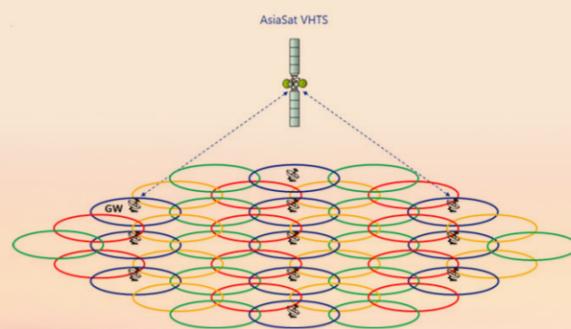


图11 较小波束宽度的波束布局（较多数量的波束，并增加信关站）

参考文献：

[1] AsiaSat, "Dual-band communication satellitesystem and method". Submitted to USPTO at 2016.

## 2.3 时域分配法

借助星载数字信道化处理器（DCP），HTS的容量部署还可以通过时域法有效实现。DCP对输入信号进行数字化和信道化，并在数字域中对其进行处理。在部署过程中，还将使用DCP的多播功能。

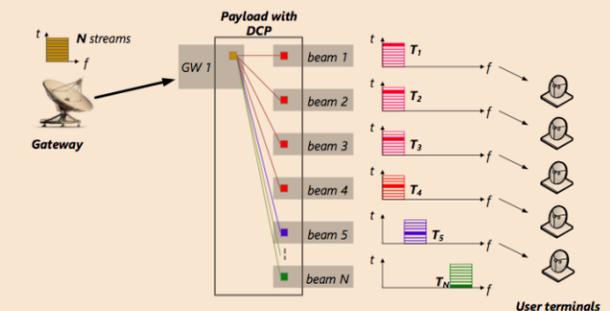
HTS部署的初始状态如图12（a）所示，其中一个TDM（时分复用）载波从唯一的信关站上行传输。然后，该载波被DCP复制并以不同射频频率和极化（即多色重用）多播到所有用户下行链路点波束。不同波束中的用户终端（UTs）将锁定载波，并只

提取指定的数据流。时域数据流的长度可以根据不同的波束而变化，以满足不同水平的需求。

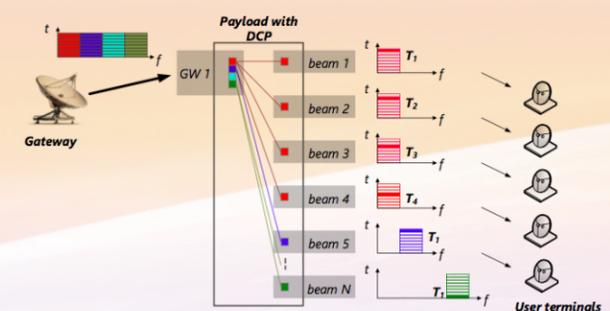
在扩容阶段，可以实施两种方案：

- 第一种是增加信关站的频谱。如图12（b）所示，四个载波从信关站上传，然后多播到所有用户波束，从而为用户波束增加更多的TDM数据流，而系统的总吞吐量也成为原来的四倍。为了实现该方案的实施，信关站频谱可以不限于传统的Ku和Ka频段，而是可以利用诸如Q和V频段甚至光链路等更高频段。该方案的优点是只需要一个或少数几个信关站来为整个HTS系统服务。
- 第二种是增加信关站的数量。通过充分的空间隔离，增加的信关站可以完全重用整个信关站频谱，增加更多TDM数据流容量，以提高HTS系统的吞吐量。该方案如图12（c）所示，其中两个信关站发射8个上行载波，而容量将是初始状态的8倍。随着信关站数量的增加，这个方案的优点是可以降低对每个单独信关站（射频和基带设备）的要求，以降低系统的总成本。

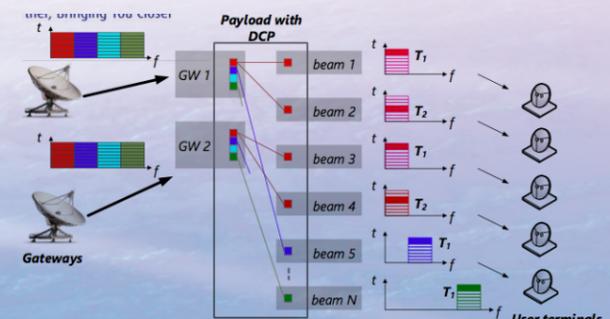
时域部署方案必须得到地面网管系统支持和控制，以便在扩容阶段可以监控信关站和用户波束之间的业务。



12（a）初始阶段



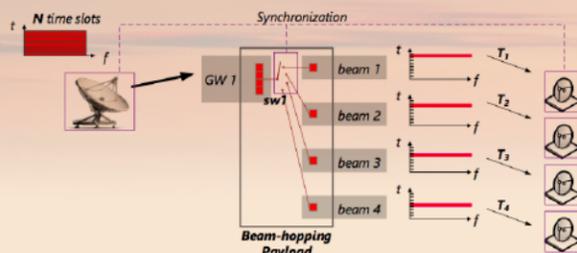
12（b）通过增加信关站频谱（频域）进行容量扩展



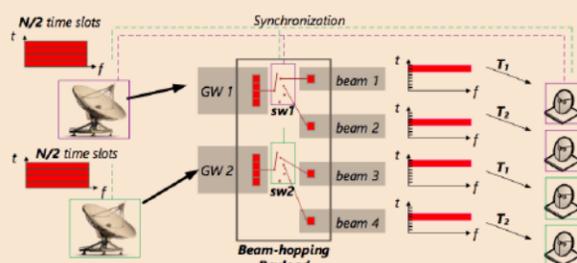
12（b）通过增加信关站频谱（频域）进行容量扩展

## 2.4 跳波束 (Beam-hopping) 分配法

跳波束法是频域、时域和空域的组合用法，也可用于HTS系统信关站的弹性部署过程中。跳波束HTS有效载荷可以通过全模拟射频组件来实现所需的灵活性，但需要更复杂的地面系统与星上有效载荷之间的协同工作。



13 (a) 跳波束HTS部署初始阶段



13 (b) 跳波束HTS多信关站的容量扩展

跳波束HTS信关站部署方案如图13所示。

在初始阶段，信关站将一个业务载波上传到卫星，但是，与TDM HTS系统不同，该载波不会同时被所有波束接收，而是按事先设定的时间顺序和工作周期在多个用户波束之间切换（或“跳变”）。通过控制驻留时间长度和间隔，可以相应地满足来自每个

波束的吞吐量需求。若想增加容量，可以在每个用户波束中使用更多的带宽。为确保用户下行链路和信关站上行链路保持同步，星上的输出切换开关（例如图13 (a) 中的sw1）的驱动必须与信关站发送以及用户波束接收的时间同步。这意味着必须建立一个非常复杂的有效载荷—信关站—用户终端的控制和管理系统，并要严格满足时间同步的要求。现有的DVB-S2X标准具有超帧结构的可选特性，支持实施HTS跳波束功能[2]，可以被HTS设备制造商以及HTS运营商采用。

为了扩大跳波束HTS系统的容量，可以采用多个信关站，如图13 (b) 所示，其中每个信关站服务一部分用户波束。为了减少波束间干扰，可以优化每个信关站的波束跳变顺序，使得没有相邻波束被同时驻留。传统的频率/极化颜色复用方案也可以用于不同的用户波束，使得每个信关站可以同时驻留多个用户波束，并减少同一波束上两个连续驻留之间的时间间隔。

## 三、结论

信关站部署计划对于提高HTS/VHTS的商业经济效率以及提供高质量的用户体验至关重要。本文从适应不同场景的频域、时域和空域等方面讨论了信关站部署的几个思路。我们将与客户、合作伙伴以及供应商密切合作，共同致力于为客户的不同需求提供最佳的HTS卫星解决方案。

参考文献：

- [1] AsiaSat, "Dual-band communication satellitesystem and method". Submitted to USPTO at 2016.
- [2] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB) second generation framing structure channel coding and modulation systems for Broadcasting Interactive Services News Gathering and other broadband satellite applications Part 2: S2-Extensions (DVB-S2X)", Annex E.1, p100, Draft ETSI EN 302 307-2, v1.1.1, Oct, 2014.

## 未来VHTS系统的信关站网络部署方法

近年来发射的多点波束高吞吐量卫星 (HTS) 系统能够提供数十到超过100Gbps的吞吐量，给用户以及卫星运营商提供了一个显著降低卫星数据业务传输成本的机会，而目前的卫星数据业务基本是宽波束固定卫星业务 (FSS) 卫星占主导地位。为了适应将来更高的数据密集型业务，甚至与地面宽带运营商在某些他们提供业务不足的市场进行竞争，需要设计一个更加具有竞争力和更先进的HTS系统，该系统至少可以支持高一个数量级的吞吐量，并可以对载波资源进行完全灵活的再分配。在下一代HTS的路线图中，最关键的部分在于卫星有效载荷输出部分的设计。由于它处理高功率微波信号，其输出性能与卫星大小、频谱效率，以及由此产生的整个吞吐量直接相关。本文阐述和比较了卫星输出部分的几种可行的技术和配置方案，可以切实提高未来HTS的吞吐量和灵活性。

### 未来HTS输出部分的技术

HTS再生中继系统由输入部分和输出部分组成。输入部分主要是HTS的低功率负载，处理来自信关站前向波束和用户反向波束的上行链路信号。它通过接收 (RX) 天线接收到射频 (RF) 载波，对其进行放大、频率变换，并将处理后的信号路由到输出部分。输出部分主要是HTS的高功率负载，它将从输入部分路由来的信号进行功率放大，然后通过发射 (TX) 天线将放大后的信号馈送到指定的下行链路波束。HTS的天线系统通过同一组馈源对同一波束输入、输出信号进行接收和发射。

图1所示是一个覆盖东亚地区的未来Tbps级别的HTS系统波束覆盖图。为了实现如此高的吞吐量，HTS系统的波束数量以及波束容量都必须显著地提高。自从研制HTS系统伊始，国际上的载荷制造行业就在提高馈源簇的集中度以及RF负载性能方面付出了很大努力。在输

入部分，要尽可能将噪声系数降到最低，而在输出部分，则需要将RF输出信号的功率尽可能增加到最高，从而可以将整个链路的载噪比做到较高，这样每个波束以及整个卫星的容量才能得到提高。然而，我们目前需要面对的更具有挑战性的问题是，并非所有的设计容量都能被消耗。随着越来越多的HTS系统加入竞争，对于一个未来的HTS系统设计而言，只是简单的提高吞吐量是不够的。

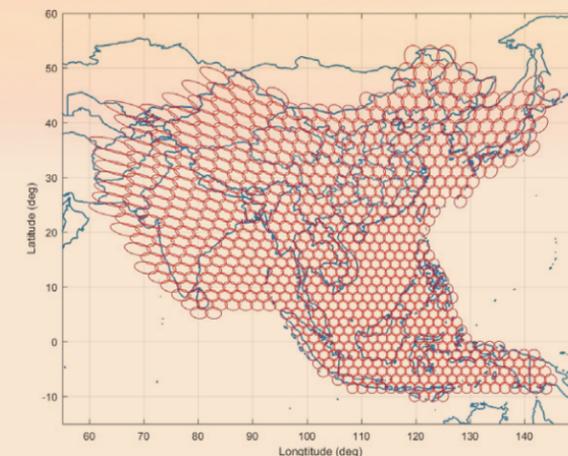


图1 一个可覆盖东亚的未来多波束HTS系统，吞吐量大于1Tbps

HTS运营商希望能实现充分的灵活性，以便在卫星的寿命期内能够随时重新分配有效载荷资源。在输入部分，该灵活性可通过一个数字信道化处理器 (DCP) 来实现。一个典型的星载DCP能够在不同波束之间实现信号载波的数字化、分段、路由、重组和多播，从而能够根据需要轻松实现星形、网格和环回等网络拓扑结构。通过DCP也可以实现星上载波频谱分析、上行拥塞抵消和信关站调度能力提升等许多有用的功能，这将给HTS运营商带来很强的灵活性。目前，DCP开始越来越受流行，并被越来越多的HTS载荷设计所采用，其技术仍朝着超宽处理带宽 (BW)、低直流功耗，甚至更高处理速度的方向快速演进。唯一的限制是，仅凭DCP，如果没有输出部分的设计更改，波束吞吐量的灵活性就无法真正实现。

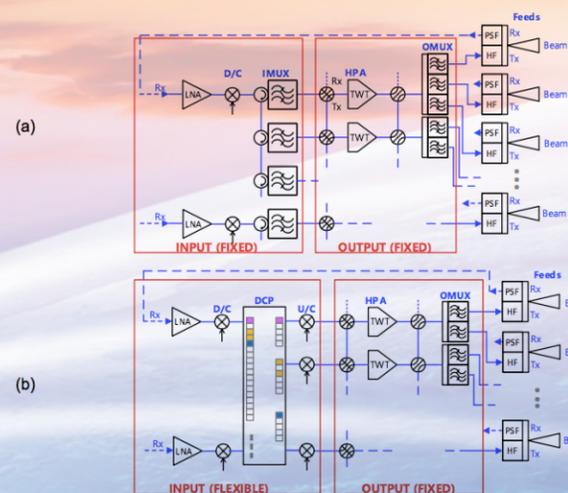


图2 (a) 传统的固定输入输出部分，(b) 具有DCP的灵活输入部分

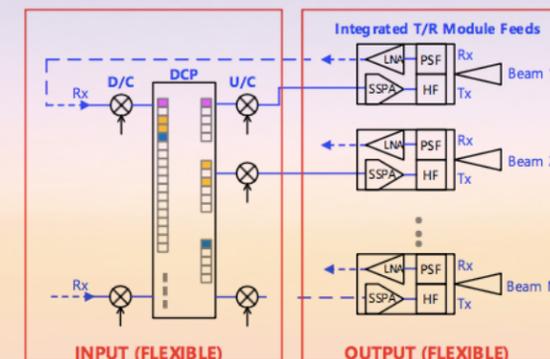


图2 (c) 具有DCP和集成T/R模块的馈电天线的灵活输入，输出部分。

理想的“面向未来的”HTS系统必须具备真正的吞吐量灵活性，包括1) 波束带宽的可调性，2) 波束功率的可调性，以及3) 波束形状的可调性。通过使用DCP，输入波束带宽的可调性可以通过控制载波带宽、锐度和再生频谱来实现。射频模拟输入多工器 (IMUX) 的功能可以由数字处理器实现，如图2 (a) 和 (b) 所示。然而，波束的绝对带宽仍受输出多工器 (OMUX) 的通道带宽限制。目前，大多数商用HTS仍采用OMUX设计 (图2 (a) 和 (b))。这是因为传统的行波管放大器 (TWTA) 仍然被广泛用于微波的高功率放大。TWTA的优点是高输出功率、高功率附加效率 (PAE)、高工作频率和宽的工作带宽，但其重量重，外形庞大和高直流功耗等特性也使其在现实中无法为一个带有数百个点波束的HTS系统的每个点波束配置一个单独的TWTA。当采用多个波束共享一个TWTA输出时，必须在TWTA输出端口后使用定制OMUX，以将放大的微波信号通道化，并传送到指定的下行链路波束。一旦制造并安装了OMUX，卫星输出波束带宽的可调性就受到限制。由于多波束共享一个TWTA，相应的波束功率的可调性也将受到限制。尽管最近提出的可调谐输出滤波器可能有助于波束带宽的灵活性，但其复杂的调谐机制不能保证同传统固定OMUX一样的可靠性。

为了实现输出部分的全面灵活性，必须使用基于单片微波集成电路 (MMIC) 的发射/接收 (T/R) 模块，并将其与HTS的天线馈源集成在一起。每个模块都包含MMIC低噪声放大器 (LNA) 和MMIC固态功率放大器 (SSPA)。与输入和输出部分的传统的分离式对应部件相比，其外形、重量和直流功耗显著降低。如图2 (c) 所示，T/R模块中的LNA和SSPA直接连接到每个馈源的Rx和Tx端口，与传统HTS相比，电缆损耗和电缆重量大大降低。通过这种每个波束配置一个T/R模块的载荷设计，整个微波信号路径中都不需要固定模拟窄带设备。

HTS波束频率的选择完全由输入端的DCP决定，这意味着每个波束可以占用整个可用的下行链路频谱，而无需使用在传统的HTS设计中采用的固定多色方案。波束业务和波束间干扰可以通过地面系统借助星载DCP对载波频率和带宽分配来进行优化，这样就会使波束容量和带宽灵活性得到显著提高。

未来HTS可能会大量用到高频极窄点波束，基于MMIC的有源T/R模块天线馈源将会成为高性价比解决方案。由于极窄点波束的天线增益相对较高，星载SSPA的输出功率要求就可以放宽，从而降低MMIC模块的成本。传统上，砷化镓 (GaAs) 半导体有源T/R天线馈源在低频 (例如L和S频段) 卫星有效载荷中更为常见，更具竞争力。然而，随着业内多年的研究和发展，氮化镓

( GaNg ) MMIC也逐渐在Ku和Ka波段的卫星通信有效载荷中采用。基于GaN的LNA具有高耐用性和更高线性度。 GaN半导体所具备的更宽带隙、更高的连接点工作温度和更高的电子迁移率特性，相比GaAs半导体，更加适合高频星载功率放大器。而且GaN放大器的相对更高的输出阻抗简化了匹配网络的设计，而高漏极电压简化了DC/DC供电网络的设计，所有这些都利于HTS的MMIC集成和封装。 GaN MMIC的使用还有助于有源和无源器件的小型化和集成化，如将增益模块、移相器、衰减器、混频器、振荡器，甚至是再生中继系统需要的倒换开关和隔离器等集成在同一个微波芯片上。

借助DCP中的专用软件和硬件模块，卫星运营商可以轻松配置基于MMIC的有源T/R阵列馈电天线系统，实现数字波束形成( DBF )。DBF功能是电控波束扫描和波束形状调整等先进的波束灵活性的前提，这将为要求高分辨率波束覆盖的未来HTS业务提供便利。

基于MMIC的有源T/R模块配置简化了馈电网络设计。传统HTS中存在的复杂波导馈电网络现在可以通过采用更轻电缆的简单设计而取代，更不用说采用T/R模块本身对于发射端重量减轻的贡献。路径损耗上的减少可以大大改善输入部分噪声系数，并在输出部分转换为更高的下行链路功率。由于采用简化的网络和更小的波束，载荷冗余设计也变得非常简单。如果配备了DBF功能，任何单波束故障都可以通过波束成形来补偿，并且只会带来覆盖性能的柔性降级，而不会像传统的HTS系统那样造成覆盖盲区。

### 输出部分性能比较

为了展示基于MMIC的HTS输出设计的效果，本节将其性能与传统的基于TWTA的HTS设计进行比较。假设一个固定的覆盖区域，以中国为例，假设覆盖波束大小不同，相应的波束数量和下行链路点波束增益如表1的前两行所示。采用5W、7W、10W SSPA和150W TWTA的点波束的下行链路EIRP也如表1所示。SSPA工作在2dB的OBO，并且采用每个放大器1个波束的配置；而TWTA工作在3dB的OBO，并采用每个放大器2个波束的配置。可以发现，当点波束大小减小时，波束天线增益在EIRP中占较大比重。尽管采用TWTA比采用SSPA取得更高的下行链路EIRP，但值得注意的是整个卫星链路的性能不仅受波束EIRP的限制：当波束大小减小时，波束间干扰、交调干扰、邻星干扰、上行链路载噪比等也可能成为链路性能的瓶颈，因此更高的下行链路EIRP并不一定保证波束吞吐量的提高。

当HTS使用更窄的点波束时，波束上行链路G/T值也将增加，这有利于上行链路性能以及HTS的总吞吐量。表2列出了不同波束大小的典型Ka频段波束的G/T峰值，以供参考。

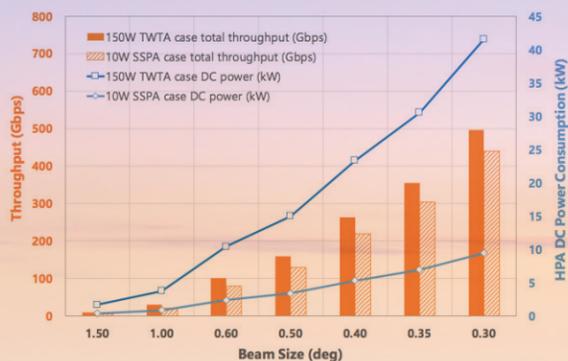


图3 不同波束大小和HPA类型覆盖同一地区的HTS吞吐量和直流功耗趋势图

Beam Size (deg)	1.50	1.00	0.60	0.50	0.40	0.35	0.30
# of beams required	16	36	100	144	224	293	399
DL spot beam peak gain (dB)	42	45	50	51	53	54	56
1 beam per 5W SSPA, DL EIRP (dBW)	46	49	54	55	57	58	60
1 beam per 7W SSPA, DL EIRP (dBW)	47	51	55	57	59	60	61
1 beam per 10W SSPA, DL EIRP (dBW)	49	52	57	58	60	61	63
2 beams per 150W TWTA, DL EIRP (dBW)	54	58	62	64	66	67	68

表1 HTS点波束下行EIRP与波束大小和HPAs不同输出功率水平的均衡

Beam Size (deg)	1.50	1.00	0.60	0.50	0.40	0.35	0.30
UL spot beam peak gain (dB)	44	47	52	53	55	57	58
UL beam G/T (dB/K)	13	17	21	23	25	26	27

表2 HTS点波束上行链路G/T值随波束大小变化比较

在图3中使用表1中所示的波束数量和波束大小对HTS吞吐量和直流功耗进行了比较，并且假定前向链路上每个用户波束的带宽为250MHz。可以很容易地发现，当波束大于0.5度时，基于可实现的直流功率( <20kW )，TWTA解决方案可以产生更多的吞吐量。然而当波束大小持续减小时，TWTA方案将因为卫星总直流功耗太高而无法接受。另一方面，当总吞吐量达到400Gbps ( 399 x 0.3度点波束 ) 时，基于MMIC-SSPA的解决方案也能提供相当的吞吐量，同时大大降低总直流功耗。在本文中，图3仅比较了直流功耗和吞吐量，但其他关键参数，例如有效载荷质量、HPA散热等也同样可以进行比较并得出相同的结论：基于MMIC技术的未来HTS输出端设计更具竞争力和成本效益。如果以60dBW的EIRP作为一个不错的下行链路设计分界线，则HTS波束尺寸与SSPA功率电平之间的最佳平衡点为：0.3度时5W，0.35度时7W和0.4度时10 W。

## 国际视野 International vision

### 星座卫星系统对卫星市场的冲击



世界上大的、知名的卫星运营商都认为宽带服务将是卫星通信市场的一个巨大的商机，但同时也给他们带来了巨大压力。对日益增长的高速互联网宽带连接的需求似乎正将传统的通信卫星加速淘汰出局，并引发了全行业对日益强大的高通量通信卫星( HTS )的热烈追捧。HTS的出现使得宽带的价格下降得如此之快，似乎为整个行业带来了新的发展机会，但同时也引来了各种低轨通信卫星的竞争。据Northern Sky Research的一项研究表明，在过去的两年里，卫星宽带的价格下降了35%到60%，并将持续下降到明年，而且几乎不太可能出现反弹。

在过去，为保证长久的行业领先地位，并使同步通信卫星能够正常在轨运行15年以上，经验丰富的运营商在决定投资2亿或更多美金建造新的同步通信卫星的时候，会非常谨慎，尽量采用各种成熟的技术，再加上从开始建造到发射一颗通信卫星一般需要两到四年的时间，这种谨慎的、长期资产性质的考虑，在某种程度上却使得卫星在入轨之前在技术上就已经过时了。

长期以来，主导着卫星通信业务的一直是这种大型的、技术更新缓慢的同步通信卫星项目。而卫星运营商最大的收入来源则是利用这种卫星在15年里通过不间断地传输电视广播节目获得的。

但是宽带应用则完全是另外一种景象。

大型地球静止卫星的主导地位即将受到新兴的巨型星座卫星的考验——这些巨型星座卫星，是以极低的高度环绕地球运行的，由成百上千颗相对较小的卫星组成。这些由OneWeb、

SpaceX、Telesat和其他公司建造的中、低轨道宽带卫星，建造成本低，即使损失一到两颗也可以接受。并且可以实现全球覆盖范围，并接近光纤通信的传输速度。而位于地球同步轨道的传统卫星系统，由于无线电信号需要传输72000公里往返于卫星和地球之间，会带来一定的传输延迟。虽然这种延迟是以毫秒为单位的，但这种延迟却是自动股票交易、硬核游戏和Skype视频聊天等应用无法接受的。

巨型星座卫星系统自身也需要面对很多挑战，包括快速增长的宽带市场将如何发展、如何降低卫星接收机的成本使得最需要的人也能承受、如何克服数字鸿沟等等一系列不确定性问题。

区别于同步静止轨道，为获得更快的连接，巨型星座轨道卫星将在离地球较近的轨道上运行。这些近距离轨道意味着需要更多数量的卫星以获得同传统通信卫星相同的覆盖面积，从而极大地推动了卫星生产和发射产业的发展。新型的星座运行方式也意味着卫星公司需要在展开业务的国家获得新的监管批准。但这些都阻止不了人们对LEO和MEO宽带卫星业务的热情与投资。

据Northern Sky Research称，至少有10家公司正计划在非同步静止轨道上建造100颗或以上的宽带通信卫星。这些企业大多都预期在未来五年内完成第一代星座卫星通信系统。

分析人士一致认为，在非地球静止轨道上出现的巨型星座，有可能改变卫星互联网的应用模式。但在巨型星座系统建成之前，没有人确切地知道将如何实现。因此，为降低运营上的风险，一些卫星运营商通过持有新星座系统的股份来对冲可能面临

的风险；而另一些公司则通过购买大型的，但是具有更多灵活性以及大吞吐量的通信卫星来应对；有些运营商则两种方式都采用。

### 卫星运营商的动作

传统的卫星回报计算方式可能已经完全不适合现在的形势，有分析家指出：“（技术）变化如此之快，以至于服务期为5、7、10年的宽带卫星基本上都是你想要的，你不希望有一个15或20年的宽带卫星，就像你不想要一台20年前的笔记本电脑一样。

Avanti通信就是一个很好的例子。去年12月，这家陷入困境的英国卫星运营商表示，两颗新的卫星——一颗是在过去五年内发射，另一颗是在过去七年内发射——已经几乎完全无法与稍微新一点点的系统竞争。

WildBlue是另一个例子。2004年Viasat以5.70亿美元的价格收购了该公司，当时该公司的用户约为40万人，营收为2亿美元，而到2014年，用户数字已缩减至 10万人，营收也只有8000万美元。鉴于ViaSat想要进入消费者宽带领域，对WildBlue的收购更多是出于战略意义的考虑，但目前很难看出如何能给公司带来应有的回报。”

一些卫星运营商也在地球同步宽带卫星上加倍投入。

欧洲通信卫星公司正投资于新的名为“量子”的卫星系统，可以通过改变波束覆盖形状、大小和功率等手段以满足用户不断变化的传输容量需求，（上周，欧洲通信卫星公司首次订购了LEO小型卫星系统，但Tyvaki提供的纳星系统主要应用于窄带、物联网应用，而非宽带卫星系统）。

处于竞争中的美国卫星宽带供应商休斯和ViaSat，都计划在2020年后发射大容量的地球同步卫星。——EchoStar 24/木星-3将提供500G的传输能力。而ViaSat-3将至少提高一倍。

其他的一些大型卫星运营商，包括Intelsat、SES和Telesat，正投资于为宽带连接而建的非同步轨道卫星系统。

### 宽带浪潮

OneWeb早期是成立于2012年的WorldVu Satellites公司，2015年公司从空客、可口可乐和维珍集团等重量级公司获得了5亿美元的投资并取得了巨大的发展，并更名为One Web。

2015年，SpaceX因为在西雅图设立了一家工厂以专为“Starlink”星座系统建造了大约4500个宽带卫星而获得了新闻界的广泛关注。

2016年，OneWeb在软银领投又获得了一轮12亿美元投资。SpaceX目前专注于建造和发射火箭，但拒绝透露更多关于星座系统的信息。

与此同时，OneWeb向美国监管机构提交了许可申请，并引发了一大批其他公司的申请热潮，这些公司希望联邦通信委员会知道，他们也有从非同步轨道进行宽带传输服务的计划。

OneWeb的首批卫星将在法国的一个空客工厂组装，而后的900颗卫星的将转移到专门建造的即将开业的位于佛罗里达州OneWeb卫星工厂生产。

SpaceX和Telesat已经在轨道上拥有了LEO原型实验宽带卫星。1月12日，Telesat 1号卫星在印度的PSLV火箭发射。2月22日，SpaceX在一枚猎鹰9号火箭上，将两颗实验卫星——Tintin A和Tintin B发射升空。

而OneWeb则宣布将利用阿利亚纳斯的联盟号火箭于今年5月发射第一颗卫星。

到2019年，SpaceX和OneWeb预计将进行定期发射，不断地将卫星送入轨道。

Telesat计划在今年晚些时候为其120颗卫星的星座选择一家制造商，并在2020年开始发射。

LeoSat正在与泰利斯阿莱尼亚空间公司合作，计划生产一个78到108颗卫星的网络。

此外，还有更多的互联网星座，比如中国的300颗卫星的鸿雁星座，以及波音的近3000颗卫星。

### 对成功的渴望

没有人认为每一个计划中的星座都将进入轨道，但大多数分析人士认为，一个或多个宽带星座最终将会成功。但人们对谁会笑到最后意见不一。

电信分析集团TMF Associates的总裁Tim Farrar认为目前由SES拥有的中地轨道O3b系统，是第一个成功的现代非同步轨道宽带系统。

O3b的第一颗卫星是在2013年发射升空，领先于其他系统。

OneWeb五月将发射的替代原型星的运营卫星，使它的排名位居第二。

Telesat、LeoSat和SpaceX正在争夺第三名的位置。结果很快就会在接下来的12个月里见分晓。

O3b的第一代系统中规划的20颗卫星中最后的四颗卫星将于2019年在阿丽亚娜号的联盟号上发射。第二代系统mPower是一个由7颗卫星组成的系统，它的吞吐量约为10T，预计于2021年开始发射。

OneWeb预计将在2019年从阿拉斯加开始推出其全球宽带服务。SpaceX的目标是在2020年提供有限的服务，而Telesat将在2021年发射。

### 先到未必先得

分析师表示，尽管OneWeb似乎是领头羊，但首先进入市场有其优势和劣势。“作为第一个推出新的LEO宽带星座的公司有很多优势，可能是为了吸引那些没有宽带连接的农村客户，或者是没有高质量互联网接入的家庭。但它也有风险，比如LTE覆盖扩张，或者未来5 G网络的可能性。” AT&T、T-Mobile和Sprint在上个月的世界移动通信大会上宣布，他们将在今年晚些时候开始向有限的美国城市推出5 G或第五代无线网络。人们期待已久的升级预计将比目前的4 G服务快100到1000倍。今年早些时候，美国第二大有线电视运营商Charter Communication公司宣布，它将测试向农村地区提供5 G服务，这些都是LEO宽带星座计划服务的目标市场。

正如ICO和Teledesic在上世纪90年代不幸的卫星宽带淘金热中发生的那样，对市场规模和设备成本的误判是会导致致命结果的。

在为商务旅行人员配备可随时随地使用的卫星电话竞赛中，铱星击败了竞争对手Globalstar，比它提前一年完成了卫星的部署。但也更早地进入了破产，铱星公司在1999年申请破产保护。而Globalstar也只坚持到2002年。

后来铱星和Globalstar最终都摆脱了破产。Globalstar在2013年完成了其第二代“星座”计划。铱星也在这之后没多久进行了第二代卫星的发射，将在年底前将所有的新卫星送入轨道。而Teledesic和ICO没那么幸运，两家公司都没坚持到最后，没能实现凤凰涅槃，浴火重生。

分析家认为：“这种先到先得的想法有点夸张，它在某些消费品市场中会起作用，比如在社区里抢先开一家麦当劳，但我不认为这在卫星行业是一个优势。”

先行者们也许可以在技术和规则方面的引领性来加速他们自己的系统，并领先于其他竞争者，但不足以成为一个优势。

### 如何看待星座系统

关于谁将成功的更大问题在于：人们对巨型星座系统将会有多大的需求？

“如果你与上世纪90年代进行比较，最大的问题是市场预测是严重错误的。” 法勒说“技术被充分利用并发挥了作用，失败的原因不是不能制造卫星或手机，而是没有找到他们所期望的市场。这对新事物来说这一直是个挑战，实际上无论是建造LEOs系统还是GEOs系统，都是无关紧要的，当你试图踏入一个新的市场时，都很难对市场做出准确的预测。”

目前，OneWeb和SpaceX都强调了消费者宽带，重点是广泛的、未覆盖的人群连接到互联网，作为他们星座的中心目标。但这些人需要的低成本、易于安装的用户终端，而过高的价格极有可能丧失这些潜在客户。

而当时铱星和“全球之星”在建立大型独立的卫星电话市场上押下重注，由于当时地面网络覆盖的不完善，很多地区不能得到有效覆盖，这个市场看起来像是个非常大的市场，但是地面网络的快速扩张很快就提升了这些地区的通信服务水平，所谓的巨大市场也相应地消失了。

同时，Euroconsult USA公司的总经理Fishman说，现在的LEO星座热潮如同九十年代时一样，各种雄心勃勃的计划引来了无数投资机构的蜂拥而至，并带来了研发可重复使用运载火箭的追捧，这些公司仅仅通过存在于精美的PPT 和不具法律约束力的各种意向书上的产品就获得了巨额的回报。

她说：“从我们的角度来看，真实有效的市场需求一定是建立在相应的价格基础上的。”

而在计算需求时，最大的变数可能是需要准确计算出消费者愿意为用户终端（天线和接收器等必要设备支付多少钱）。

与接收地球同步卫星信号使用单一指向固定天线相比，由于星座的卫星是在特定轨道上不断运动的，因此接收宽带星座需要能够不断切换跟踪多个不同卫星的天线。这样的天线的确是存在

的，而且是经过多年实际运行验证的，但代价却是高昂的，那就是相控阵天线，相控阵天线指的是通过控制阵列天线中辐射单元的馈电相位来改变方向图形状的天线。控制相位可以改变天线方向图最大值的指向，以达到与卫星进行通信的目的。

为了获得成功，低成本的卫星宽带需要廉价但有效的天线。Kymeta和Phasor Solutions 等公司表示，更便宜的平板天线即将推出，但分析师很快指出，目前它们还没有出现——至少在普通消费者可以接受的价格点上。

### 星座系统已经产生的影响

无论非地球静止轨道（NGSO）星座是否成功，它们已经对卫星产业产生了巨大的影响。从2014年到2017年，地球同步卫星的订单就远低于平均水平，在继去年下降到十几颗之后，今年全球只有7个订单，主要的卫星运营商们也并开始以各种形式投资星座系统以对冲可能的风险，SES和Telesat公司参与了非同步轨道系统的风险投资，Sky Perfect JSAT去年也入股了LeoSat。与此同时，ViaSat已经提交了FCC文件，用于在中地球轨道运行的24颗卫星。

“许多卫星运营商都被到底什么是正确的选择所困扰，大部分采用跟风的方式，谨慎地参与到非同步轨道系统的建设中，”Quilty说。“只有少数几家公司似乎采取了继续等待和观望的态度。”

而在卫星制造商方面，他们正通过推广新的小型卫星平台来谋求星座建设合同。卫星发射机构也正在为星座系统设计适配器和部署器，或者建造专门用于小型卫星发射任务的新火箭。

地面卫星网关的运营商也正在世界各地安装新的天线，为星座运营商提供关口站的解决方案。

然而，就在整个卫星产业围绕着LEO宽带开展各项活动，并把它作为下一个卫星通信里程碑来对待的时候，实际上到目前为止，并没有人确切地将来会走到哪一步。

**“这不是一件容易的事，” Farrar说。“牵扯到的所有事情都很复杂。”**

**（本文最初发表于2018年3月《SpaceNews》杂志上，作者Caleb Henry。）**



1957年10月4日，世界上第一个人造航天器Sputnik 1号，从拜科努尔航天发射场的1号站台升空。自此之后的10年，苏联进入了一个航空航天的黄金时代，美苏的太空竞赛也由此而起。

那个年代航天所使用的计算机的计算能力，尚不及我们现在的一台普通手机。但在短短的十年内，苏联创造了许多个让人目不暇给的“第一”——第一个人造航天器，第一个真正的航天员，第一个飞入太空的女人，第一次太空行走……

在整个世界被意识形态割裂的冷战年代，苏联和美国也用不同的词汇称呼航天员：Cosmonauts，和Astronauts。Cosmonauts，直译为“宇航员”（现在也频繁用于非正式的称呼中），背负的不仅仅是太空探索本身，而是民族、祖国和他们的共产主义理想——当然，还有他们自己无法左右命运的政治。

如今的苏联已经不复存在，疯狂的航天竞赛也已成为历史。然而，在这些色彩鲜明的航天海报中，那些被一再使用的视觉符号，却依然昭示着往日的热情、辉煌，和它们背后的人类不可承受之伟大和渺小。



↑ человеку путь открыт, "The Path for Human is Open", 来源: visualnews.com

这幅海报名为“为人类的路打通了”（“The Path for Humans is Open”）。画中人手中拿的火箭里面，是两条登上轨道并成功返回的狗。这一切都是为了载人航空做准备，这两条狗（Belka和Strelka）被安置在了全套的生命维持系统中，于1960年8月19日被送上太空，环绕地球8圈之后安然无恙地返回。



被做成纪念品的“Space Dog”，摄于伦敦科学博物馆。

这两条狗成为了当时的明星狗，它们可爱、亲和的形象也受到了全世界的欢迎。Strelka后来生下的小狗，被赫鲁晓夫送给了肯尼迪夫人，作为当时美苏关系缓和的外交礼物。不过，这两条狗的“前任”Laika，却在火箭发射中有去无回（当时还未能设计返回系统），不幸成为了牺牲者，燃尽在太空中。



← сказка стала былью, "The Fairy Tale Became Truth", 童话成真

这是第一个飞上太空的宇航员尤里·加加林（Yuri Gagarin），关于他的事迹想必不用赘述。1961年4月12日，加加林乘坐Vostok 1号（东方一号），在远地点为301公里的轨道上绕地球一周，并安全着陆。

对于当时的人类来说，航天飞行几乎是一个奇迹，而海报中的加加林，则是掌握这个奇迹“火种”的人。这种带有几分浪漫色彩的“英雄现实主义”（Heroic Realism），成为了许多宣传海报创作的主题——加加林在这幅海报里的意象，和希腊神话中的火神普罗米修斯有几分相似。

而值得注意的是，这幅海报中，加加林的装备实际上更像是飞行员。



加加林出身于贫苦农民家庭，年纪轻轻便进入工厂工作，勤勉、成绩优异。他业余时间学习飞行，之后应征加入航天学校，随后参军。加加林个人的努力历程，再加上他“具有代表性”的出身，乃至端正英俊的相貌和个人魅力，被苏联选中成为第一个宇航员。在冒着生命危险成功返航之后，加加林被塑造成了当之无愧的航天英雄。他的形象，被一次又一次使用在海报中。

英雄的塑造还在继续。加加林（Gagarin），季托夫（Titov），尼古拉耶夫（Nikolayev），波波维奇（Popovich），四个航天先驱频频并列出现在海报中，背后是苏共的旗帜，以及东方1-4号飞船/火箭。“他们将人民带上轨道，他们是无价珍宝的创造者，是新的史诗中的骑士”。



↑ КПСС слава, 苏联共产党！光荣！。russiatrek.org

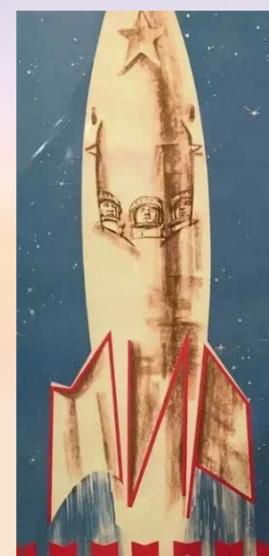


← "We were born to make the fairy tale come true!" 来源: russiatrek.org

火箭+镰刀锤子，表示苏联领导下的成就；

→ навигация в космосе открыта, "在开放空间中航行"。来源: russiatrek.org

指向太空的，是苏联国旗，和加盟共和国的国旗，表示“牢不可破的联盟”。



这一幅里面的三个人，是第一次作为“小分队”进行航天飞行的三个人，1964年随东方4号升空，一个机长、两个“乘客”：科马洛夫（Komarov）、叶戈罗夫（Yegorov）和费奥基茨托夫（Feoktistov）。三人挤在狭小的飞船舱内，甚至都没有办法挪动身体，也没法穿宇航服（所以海报里面的样子并不真实）。

（后来，科马洛夫在联盟号的任务中因为降落伞故障而失事身亡。）



← гордись, советский человек, ты к звездам путь открыл с земли, "苏联人民的骄傲，你打开了从地球通往星际的通路！" 来源: russiatrek.org

或者，用一句很时髦的词，“征途”。

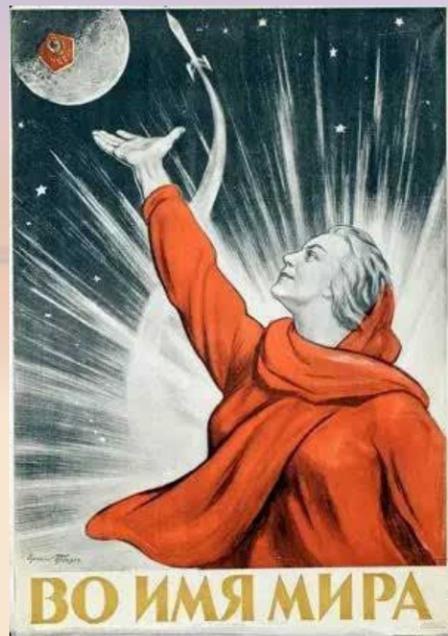
1960年中期以后，这种风格的海报通常都有着强烈的“想象”的印迹，抽象元素的叠加，让主题变得十分隽永。下图是由Miron Lukianov和Vasily Ostrovsky所设计，加入了西方电影海报的构图元素。

确实，对于整个人类而言，那一段征途，就像一部电影剧本一样——超越“不可能”的冒险与辉煌，但也有让人痛心的失败与迷茫。

对于苏联而言，这一切又不仅仅是“理想”。占领太空探索的高地，这是一个国家倾其所有追求的目标之一，其中浓厚的政治符号也是无处不在的。这是一段特殊历史的表象，很难用“对”或者“错”下判断。



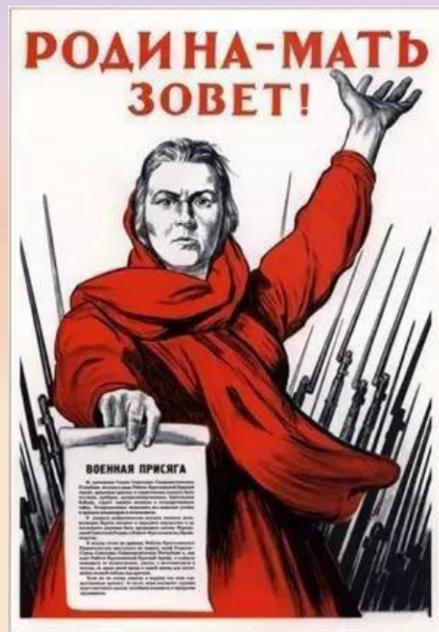
↑ через миры и века, "穿过世界和岁月"。Through the worlds and ages. 来源: NASA



↑ во имя мира, "In the Name of Peace" © The Memorial Museum of Cosmonautics

这是苏联第一张以航天为主题的宣传海报，“以和平之名”（во имя мира，“In the Name of Peace”）。这位女性，实际上并非任何与航天相关的具体人物，而是整个苏联的化身——Mother Russia。她身穿象征革命政权的红色上衣和围巾，举起右手伸向月球，背后是一个奔向月球的火箭的抽象画。

这幅画创作于1959年。当时，Sputnik 1号的横空出世，给全世界——特别是美国——带来了巨大的冲击；苏联载人航空和登月计划，也在紧锣密鼓地筹备中。这一切都是军事机密，所以不能有任何具体的宇航员的形象，或者飞船的设计信息。火箭和月球，象征1959年Luna 1号飞掠月球（但没有着陆），但它的形象却和任何一个登月器或者火箭（当时用的R7）都没有关系。



↑ родина-мать зовёт, "The Motherland is Calling!" 来源：sciencemuseum.org.uk

这幅海报的作者是Iraklii Toidze，另一幅著名的战时宣传海报“祖国在召唤！”（родина-мать зовёт，“The Motherland is Calling!”）的作者。Toidze被苏联政府选中，进行航天宣传海报的创作。

苏式的宣传海报始于十月革命时期，目的是在文化程度比较低的群众民众中进行简单、有力的鼓动和号召。这种功能性，也造就了海报的独特美学：大胆、鲜明的颜色，简洁有力的线条，形象突出的人物或者符号。这些符号也是经过挑选和设计的，它们具有强烈的象征意味。

而在航天海报中，飞天的火箭、航天英雄（不仅仅是人）成为了重点描绘的对象，这些符号拥有强大的冲击力，也在所有人心中留下了不可磨灭的烙印。

另一个英雄式的形象，是第一名女性宇航员，瓦莲京娜·捷列什科娃（Valentina Tereshkova）。她甚至是迄今为止，人类唯一一位独立驾驶宇航飞船完成太空飞行的女性。

1963年乘坐Vostok 6号（东方6号）升空的捷列什科娃，是降落伞跳伞员出身，代号“海鸥”（Chaika）。航天飞行时才仅仅26岁。她在太空中飞了3天，还完成了与另一个飞船的通信交会，比当时所有美国航天员加起来的总飞行时间还长，但因为宇航服中并没有为女性设计排泄功能，她必须不饮不食。



↑ 海报上写的是捷克语，“Long Live the First Woman Cosmonaut”；版权©Science & Society Picture Library

年轻的捷列什科娃和加加林一样，十分具有个人魅力，出身平凡但却善于言谈，“在人群中很有感染力”（当时的航天总设计师Korolev语）。这也是她被选中的原因之一。当时将女性宇航员送上太空，是苏联的一个政治任务，向世界展示社会主义国家中女性的平等地位，以及在科技科学方面的成就。

确实，她的航天飞行，也激励了整整一代苏联女性。海报和宣传中的她，目光坚毅而自信，一只白色的海鸥伴她飞翔。

捷列什科娃在返回地球之后，她在政治道路上平步青云，先后在政府和军队担任要职；而后进入空军学院深造，攻读工程学位。

但她却无法重返太空。她曾不止一次向有关部门提出再次进行飞行的愿望，但是苏联的航天事业在短时间内都不再考虑女性作为宇航员参与。直到19年后的1982年，第二位女性宇航员才得以再次飞向太空——这次，斯维特兰娜·萨维茨卡娅（Svetlana Savitskaya）不必再不饮不食了……



↑ 1963年的纪念邮票，первая в мире женщина-космонавт，世界上第一位女性宇航员。来源：Wikipedia



↑ 图中文字：ура! советской героине-дочери великого народа!万岁！苏维埃的女英雄，伟大人民的女儿！摄于伦敦科学博物馆



← слава героев космоса-слава советского народа，“宇宙英雄们的荣光，苏联人民的荣光”，来源：technopat.net

这幅海报创作于1963年，作者是Boris Berezovsky。和英雄相对的，航空航天也是一个国家的集体成就——工人、农民、技术设计师、科学家，当然还有男女宇航员们。

最后一名苏联宇航员，谢尔盖·克里卡列夫，1991年5月离开地球前往和平空间站。原本即将结束的任务，却因苏联的不复存在而被迫搁置。1992年3月，终于返回地球的他，已经成为了一名俄罗斯公民。他和另外一名宇航员沃尔科夫，被戏称为“最后的苏联人”。

摄于伦敦科学博物馆。

结语：英雄和理想，是海报中永恒不变的主题。星辰与太空是永恒的背景。这也使苏联的航天宣传海报主题永远鲜明。黄金年代之后的苏联，没能在登月上“战胜”美国人，后来转而投入昂贵的空间站的建设。军备竞赛与太空竞赛，大量的资源投入让苏联不堪重负，导致最后内忧外患，分崩离析。

但那一阶段对于航天事业的追逐，却留给了人类难以想象的丰富遗产，和这些鲜明的海报一起，依然出现在人们的记忆里。我们走向太空的征程，是他们迈出了0到1的艰难一步。

