

# NGSO遥感卫星监测方法

纽莉荣, 陈媛

(国家无线电监测中心陕西监测站, 陕西 西安 710200)

**摘要:** 遥感卫星具有技术要求低、成本低、发射简单、无轨位限制等特点,可广泛应用于各种领域,目前我国已建成陆地观测、海洋观测和大气观测等多领域的遥感观测。遥感卫星大部分属于非静止轨道(NGSO)卫星,数量庞大的NGSO遥感卫星不断涌现和部署,对卫星业务及频率轨道资源的监管带来严峻挑战,为促进无线电频率轨道资源的有效使用,开展NGSO遥感卫星的监测迫在眉睫。

**关键词:** 非静止轨道;遥感卫星;无线电监测

doi: 10.3969/J.ISSN.1672-7274.2022.02.006

中图分类号: TN 972

文献标识码: A

文章编号: 1672-7274(2022)02-0019-04

## The Monitoring Method of NGSO Remote Sensing Satellite

NIU Lirong, CHEN Yuan

(Shaanxi Radio Monitoring Station, State Radio Monitoring Center, Xi'an 710200, China)

**Abstract:** Remote sensing satellites have the characteristics of low technical threshold, low cost, simple launch, and flexible orbital position. They can be widely used in various fields. At present, China has established three-dimensional observations in multiple remote sensing fields such as terrestrial observation, ocean observation, and atmospheric observation. Most of the remote sensing satellites are non-geostationary orbit (NGSO) satellites. A large number of NGSO remote sensing satellites are deployed. This has brought challenges to the supervision of satellite services and frequency orbit resources. In order to promote the effective use of radio frequency orbit resources, it is urgent to carry out NGSO satellite monitoring.

**Key words:** non-geostationary orbit (NGSO); remote sensing satellite; radio monitoring

## 0 引言

目前,世界主要国家都很重视遥感卫星的发展,努力通过政策引导和资金支持,逐步扩展遥感卫星的应用范围。遥感卫星具有技术要求低、成本低、发射费用低、无轨位限制、用途广泛等特点<sup>[1]</sup>,因此近几年商业遥感卫星数量迅速增加。目前,我国遥感卫星已进入体系化发展和全球化服务的新阶段,建成了陆地观测、海洋观测和大气观测等多领域的立体观测,广泛应用于基础设施、灾害管理、气象业务、海洋业务、资源管理、国防安全、地理位置服务等领域<sup>[2]</sup>。

随着遥感卫星应用领域的不断扩展,卫星应用行业和部门对卫星无线电频率和轨道资源的需求日益迫切。为促进无线电频率轨道资源的有效使用,同时为避免卫星频率轨道资源的干扰冲突,开展遥感卫星监测技术成为亟需解决的问题。大部分的遥感卫星为NGSO卫星,只有少数的气象卫星为静止轨道卫星,本文重点研究NGSO遥感卫星的监测。

## 1 遥感卫星介绍

空间对地观测系统通常包含遥感卫星和地面站两部分,工作原理是观测系统利用卫星上加载的各类遥感设备来获取目标辐射或反射回来的电磁波信息,然后把这些信息传送到地面站进行处理和应用。当前我国已经广泛应用的遥感卫星有资源卫星、气象卫星、海洋卫星、侦查卫星和测绘卫星。遥感卫星的地面站分为测控站和信关站<sup>[3]</sup>。测控站主要是完成对遥感卫星的跟踪测量、遥控、遥测与通信,并将接收到的信息传送至控制中心,然后配合控制中心完成对遥感卫星的控制<sup>[4]</sup>。信关站承担遥感卫星观测数据的接收与处理,可以进行数据的接收、处理、传输、存档、发布和产品处理等多个环节,有些信关站也有测控站的功能<sup>[5]</sup>。

我国的遥感卫星地面测控站主要以航天测控网为主,还建设了一些行业测控站与民营测控站。航天测控网由测控中心和分布在全球的固定站、机动站、远望

作者简介: 纽莉荣(1989-),女,硕士,工程师,主要从事无线电监测及卫星监测技术研究。

陈媛(1989-),女,硕士,工程师,主要从事无线电监测及电磁兼容的研究。

号测量船、测量飞机等组成<sup>[6]</sup>,可完成中低轨、地球同步轨道等不同类型卫星的发射测控、在轨测控和离轨测控。航天测控网固定站由西安测控中心,以及喀什、厦门、青岛、长春、佳木斯、北京密云、三亚、昆明、广州等测控站组成。另外还建成了8个海外航天测控站:巴基斯坦(卡拉奇站)、肯尼亚(马林迪站)、西南非洲(纳米比亚站)、南美洲(圣地亚哥站)、澳大利亚(当加拉站)、巴西(阿尔坎特拉站)、阿根廷(内乌肯站)和法国(奥赛盖尔站)。由海基测控船(远望号)、国内与国外陆地基站点及“天链”中继卫星(天链一号)组成的强大测控网,正在加速布局完善。一些行业用户如二十一世纪公司、中国卫通集团建设了针对特定卫星的地面测控站。另外,南京航空航天大学、西北工业大学和欧比特宇航科技有限公司等根据承担的科研及商业项目需求建设了U/V频段的地面测控站。2015年以后,国内多家民营测控公司建设部分测控站为微小卫星提供测控支持。

我国的遥感卫星地面信关站在1986年建设完成并投入使用,承担了我国全部的民用观测卫星及空间科学卫星的数据接收,同时还能够接收部分国外的观测卫星数据。目前已经积累了丰富的遥感卫星资源,能够为行业提供基础的卫星观测数据,并为国家经济建设、科学研究和社会发展做出了重大贡献。经过这30多年的发展,我国遥感卫星地面信关站系统以北京总部为中心,包括密云、喀什、昆明、三亚、北极5个卫星接收站<sup>[7]</sup>,能够覆盖我国全部领土以及亚洲70%的陆地地区,形成了空间科学卫星和观测卫星的数据接收网系,所能承载的卫星任务、数据规模和体量都位居世界前列,具备全球数据的快速处理能力。

遥感卫星使用的无线电频率主要包括遥测遥控频率(简称测控频率)和数据传输频率(简称数传频率或业务频率)。测控频率是遥感卫星与测控站进行通信使用的频率,数传频率是遥感卫星与信关站之间进行数据传输使用的频率。测控频率应使用《无线电频率划分规定》中空间操作业务划分的频率,同时可以根据卫星载荷的业务频率来开展测控任务,各个国家都鼓励采用测控与数传频率一体化设计来开展测控任务。目前,S频段的测控频率首先要保障国家卫星的测控任务,其次支持商业卫星的发射、入轨、维护以及应急管理测控任务需求。X频段的测控频率主要用于空间研究业务和卫星地球探测业务的测控任务。目前各个国家鼓励采用Ka、Q/V等更高频段作为测控频率,可以满足未来大规模星座、互联网卫星等复杂卫星系统的测控任务。我国的卫星遥感测控频率主要采用的是S频段。

目前,数传频率使用的是卫星间业务、卫星地球探测业务和空间研究业务等业务的频率。大气探测卫星的数传频率,除了可使用上述业务频率,还可以使用卫星气象业务的频率。对于中低速的数传任务一般选择X频段(8025~8400 MHz或8400~8500 MHz),高速的数传任务一般使用Ka频段(25.5~27 GHz)。各个国家都鼓励数传频率和测控频率的一体化设计,采用数传下行频率来传输遥感卫星的测控信号,有效提高频谱的利用率。

遥感卫星和地面测控站或信关站之间通信,进行数据交换必不可少,通信信号按用途分为测控和数传信号,数传信号调制方式包括BPSK、QPSK、8PSK、16QAM、16APSK等,测控信号一般由多种功能信号复合调制而成,常常由跟踪测轨信号、遥测信号、遥控信号及通信功能信号组成。目前遥感卫星测控和数传频率涉及UHF、VHF、L、S、X、Ka等频段,未来会向Q/V等更高频段发展,因此需针对这些频段的NGSO遥感卫星信号进行监测分析。

## 2 监测方法

遥感卫星所有的下行信号都与测控站或信关站进行通信,为实现NGSO遥感卫星的监测,必须在遥感卫星覆盖范围内架设NGSO遥感卫星监测系统。NGSO遥感卫星监测系统由天线接收、测量分析、数据管理和辅助配套系统组成。相比于静止轨道(GEO)卫星监测系统,该系统最大差别在于天线接收系统的不同。当天线实时跟踪到卫星时,卫星下行信号到达天线口面,经过天线接收并放大,通过接收链路传输至宽带测量接收机和频谱仪,由软件完成射频参数测量,自动存储至数据库并进行比对。

(1) 天线接收系统。天线接收系统的功能是接收卫星空间信号,并传输给测量分析系统。天线通过伺服系统实现指向或跟踪不同轨道卫星,调整接收天线极化方式,接收卫星下行信号,对射频信号进行放大,经过下变频器变频为中频信号进行传输。该系统主要由天线、极化调整装置、下变频器、波导传输装置、跟踪接收机、切换矩阵和伺服控制系统组成。

(2) 测量分析系统。测量分析系统的功能是实现射频信号的采集,指定频段信号的载波数量和参数测量,时间和频段占用度的统计分析支持卫星的过境预测、跟踪参数计算等功能,并能够实现以上测量分析结果及计算参数的显示。该系统主要由变频单元、中频预处理单元、信号采集单元、宽带测量接收机、频谱分析仪、测量识别软件、显示终端和时频系统组成。宽

带测量接收机实现对目标频段内所有卫星信号的射频参数和测量次数的实时测量输出, 频谱分析仪实现目标频段的全景频谱抓取。

(3) 数据管理系统。数据管理系统可实现卫星数据、监测采集数据、测量分析数据、任务数据的存储备份、导入导出、查询修改等操作, 支持数据离线处理, 并能够与台站数据库和频率数据库进行比对, 如有异常发出告警。通过数据分析工具和手段对数据比对分析, 完成对目标频段、目标卫星频谱资源的评估和分析。支持远程数据传输, 可以将所有数据传输给控制中心。该系统主要由数据传输单元、数据存储单元和数据处理单元组成。

(4) 辅助配套系统。辅助配套系统主要包括时间频率同步单元、配电单元、监控单元。时间频率同步单元包括高稳时钟源和时钟分配设备, 实现整个卫星监测系统时间和频率基准统一。配电单元为整个系统提供可靠、充足、安全的电力供应。监控单元实现对室内外环境的监控。

NGSO遥感卫星信号的监测和测量不同于GEO卫星。主要是因为NGSO遥感卫星对地不是静止的, 卫星与地面的相对运动产生多普勒频移, 导致收发频率不同而引起接收频率变化; 地面上的固定监测点接收到近地轨道遥感卫星信号的时间有限且可视时间相对较短; 另外距离远, 发射机功率小, 地面接收点上的功率通量密度很小, 因此针对NGSO遥感卫星的监测需要监测天线方向必须连续可调而且方向性很强。以下详细介绍具体的监测方法, 可以按照图1的流程对NGSO遥感卫星进行监测。

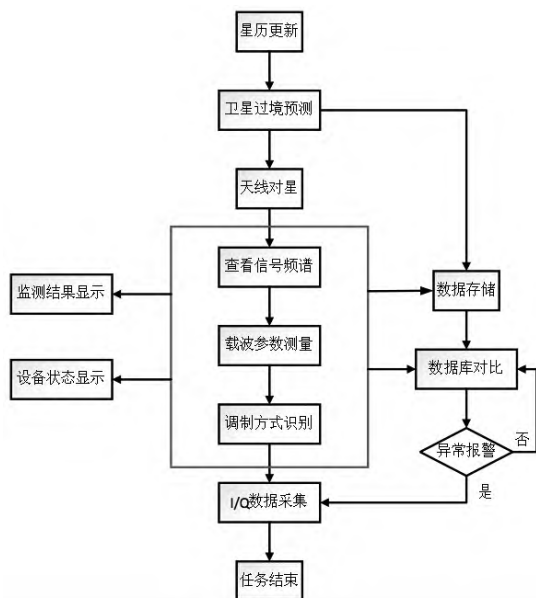


图1 遥感卫星监测流程

(1) 星历获取, 过境预测。卫星星历以开普勒定律的6个轨道参数之间的关系确定飞行体的时间、坐标、方位和速度等参数。星历具有极高的精度, 能够精确计算、预测、描绘、跟踪卫星的时间、位置、速度等运行状态。通过及时更新的公开卫星星历和监测站经纬度, 可以计算并预测卫星过境该监测站的时间以及天线的方位角和俯仰角。具体预测内容包括过境起始时间、结束时间、起始方位、结束方位、起始仰角、结束仰角, 最大方位、最大仰角。

(2) 跟踪卫星(天线对星)。在预测的过境时间段开始之前, 天线伺服控制系统启动, 将天线预置到计算好的天线方位角和俯仰角, 开始扫描卫星信号(可以调整极化方式), 当能捕获到目标卫星时, 自动跟踪卫星对准天线波束, 使天线对卫星进行精确指向。另外, 系统也支持手动控制对星。NGSO遥感卫星与GEO遥感卫星监测的最大不同在于跟踪卫星, 由于卫星相对监测站是不断运动的, 需要天线不断连续转动, 才能实现对卫星的不间断跟踪。采用程序跟踪和自动跟踪相结合的方法实现对NGSO遥感卫星的跟踪。程序跟踪能够快速捕获目标, 但跟踪精度较低。自动跟踪精度高、速度快, 但大范围内捕获目标比较困难。

(3) 信号监测。设置目标卫星的频段、参考电平、RBW、天线极化方式等参数, 对卫星下行信号频谱进行显示, 包括宽带和窄带监测, 实时监测多个频点的情况。显示扫描信号的频谱图和瀑布图, 可以查看信号强弱。若信号为跳频信号, 需要选择最大保持, 可根据监测需求下达任务实现自动化监测。

(4) 信号采集与测量。设置频率、带宽、采集时长等参数, 可以对指定频率和带宽信号进行采集存储, 包括异常信号采集, 采集数据可用于离线分析和处理。根据频谱监测结果, 测量卫星下行的载波频率、带宽、载波功率、功率通量密度、推算卫星的EIRP值, 并分析获取载波的调制方式、码元速率等信息。

(5) 结果显示。实时显示卫星下行信号频谱图, 以图形或列表形式详细给出信号测量分析结果, 如包含的载波个数, 载波的频率、带宽、功率通量密度、极化方式、调制方式等结果。可以对信号的监测时间、监测次数以及时间占用度、频段占用度等统计报表进行显示。另外可以显示系统内设备和软件的工作状态、技术状态、网络状态。

(6) 数据存档与备份。在监测过程中, 对原始数据和样本数据进行存储和入库, 包含卫星数据、任务数据、测量数据等。可以对发现的非法信号、不明信号

进行标注入库,并能与现有无线电台站数据库以及频率数据库进行比对,给出相关的告警信息。实现各种数据的回放、导入导出、报表打印等。可以对已测量分析的卫星下行信号进行离线数据处理分析。

### 3 结束语

本文介绍了遥感卫星的工作原理和具体的监测方法,提出了NGSO遥感卫星监测系统的组成,该系统支持对遥感卫星信号进行识别和提取,能够对过境的NGSO遥感卫星的频率和轨道资源进行全面的监测,提高监测的时效性和准确性。■

(上接第18页)

(1) 第一层级:业务层面的数据挖掘。这是条件最为具备的一个层级。通过对客户内部业务种类和消费数据进行打标、数据挖掘和建模,就可以根据重点营销活动拉取精确目标客户清单,比如哪些客户在业务升级方面是中高概率类客户、哪些客户有业务融合空间、哪些是提前预警客户、哪些客户受过网络攻击需要加装安全类业务、哪些客户是流量超标客户需要进行提速等,再在数据中台配置相应的营销指导类策略,一线客户经理可以不用自己去提数分析就知道开展业务精确营销的方向。在这个层级,实施的关键点一是打标和建模,二是营销策略匹配。实际营销工作中,策略匹配通常并不是按单个业务进行的,而是根据客户的情况融合各类业务进行一户一案式营销,就需要根据实际情况决定是在省公司层面、还是地市分公司层面、还是在区县层面进行策略配置。通常建议数据中台可以配置多级权限。

(2) 第二层级:全量市场空间挖掘。这个层级由业务级进入到了客户级。将客户内部消费数据、营销数字化过程中收集到行为数据、从外部抓取的市场空间数据等进行对应,根据不同的营销主题和目的,通过多维度关键信息的聚合分类等分析,可以勾画出不同的客户画像。这个阶段对于客户画像、策略匹配的要求很高,但仍然非常值得去尝试。

(3) 第三层级:营销行为的主动触发。这一层级的主动触发包含两方面的内容:其一,是系统直接明确并触发,各分公司营销经理和客户经理基本不需要分析就能直接执行的触发,比如内容的分发。根据客

### 参考文献

- [1] 李德政. 低轨遥感卫星组网关键技术研究[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2020.
- [2] 薛毅, 李博, 张广科. 浅谈我国卫星遥感应用现状与发展[J]. 中国航天, 2020(04): 51-53.
- [3] 胡佳臣, 刘炎. 海洋遥感卫星地面站的建设与教学探讨[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(02): 67-68.
- [4] 昂正全, 赵京广, 李一超. 卫星测控站频谱监测系统设计方案及实现[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(11): 3466-3469.
- [5] 李安, 黄鹏, 石璐, 等. 中国遥感卫星地面站卫星地面系统的发展[J]. 遥感学报, 2021, 25(01): 251-266.
- [6] 郭夏锐. 商业卫星测控发展现状及趋势[J]. 国际太空, 2019(10): 44-48.
- [7] 云菲. 中国遥感卫星地面站简介[J]. 卫星应用, 2015(05): 49-50.

户的不同兴趣特点、业务特点、所处生命周期等特征,直接PUSH相应的业务信息展示给客户,做到千人千面。在这部分,其实内容支持相当重要,也是需要花大力气进行积累的一件事情。其二,针对相对复杂的营销方案的执行触发,要设计好按需展示的客户特征界面,供地市、区县客户经理进行灵活调用,为针对性营销方案设计赋能。

(4) 第四层级:再深入一层,为客户赋能。C端客户是作为个体特征的圈层化,B端客户则是处于行业发展进程的圈层化,金字塔特征明显。不管客户处于业务价值圈层,还是组织价值圈层、行业价值圈层,抑或是国家价值圈层<sup>[1]</sup>,客户的关键联系人、关键决策人关注的视角就不同。客户关键人就是行业内的KOL,KOL更关注的是自身权威性的加强。因此,找到关键的KOL,让KOL和运营商彼此赋能,也能在B端客户侧促进裂变式营销执行<sup>[2]</sup>。

### 4 结束语

总之,针对B端客户的数字化营销仍然是所有B端营销人的全新课题,尝试的过程要比C端长得多,反哺效果也可能慢得多。但只要着手逐步去尝试、总结、提炼、提升,相信2B的数字化营销也不会是玄学。■

### 参考文献

- [1] 田原. 一万字重新思考数字营销[Z]. 《TO B CGO》公众号, 2021.10.19.
- [2] 数字化营销+数字化转型常见痛点+成熟度评估模型+数字化工厂规划+智能工厂十个路径+可视化解决方案. 《全息生态管理咨询》公众号, 2021.11.22.