

# 中国新一代大型地球同步轨道卫星公用平台 ——东方红五号卫星平台

■ 李峰 (中国空间技术研究院通信卫星事业部)

为提升中国在国际通信卫星市场的竞争力, 满足对地球同步轨道卫星公用平台的更高需求, 中国空间技术研究院开发了中国新一代大型地球同步轨道卫星公用平台——东方红五号卫星平台(简称东五平台)。本文介绍了东五平台的技术特点和能力, 简要概述了平台技术方案及其特点, 并介绍了东五平台研制进展与试验验证情况。东五平台性能指标先进, 可满足通信和遥感等领域卫星需求。

## 1 引言

进入 21 世纪后, 各主要卫星研制厂商已经在政府的主导下建立了较为完善的平台型谱, 发展超大型平台成为当前趋势<sup>[1-2]</sup>。其中, 在欧洲航天局 (ESA) 和法国空间研究中心 (CNES) 主导下, 由阿斯特留姆公司 (Astrium) 和泰雷兹-阿莱尼亚航天公司 (TAS) 联合研发的“阿尔法平台”(Alphabus)<sup>[3-4]</sup> 载荷承载能力达到了 1500kg, 载荷功率 18kW, 服务寿命 15 年; 美国波音公司 (Boeing) 的 BSS-702 平台, 载荷承载能力达到 1200kg, 载荷功率 12 ~ 18kW, 服务寿命 15 年。国际卫星平台发展呈现超大型化、整星功率与有效载荷承载能力显著提高、多载荷适应以及升级与换代同步进行的趋势。

随着中国国民经济发展、国防现代化建设和国际市场竞争需要, 对地球同步轨道卫星公用平台提出了更高的要求, 为满足国际竞争和未来市场发展需求,

亟需开发中国新一代超大型地球同步轨道卫星公用平台——东五平台, 以填补中国 12kW 以上卫星平台型谱空缺, 实现平台技术国际一流, 系统提升中国卫星整体水平。目前, 东五平台已完成开发。

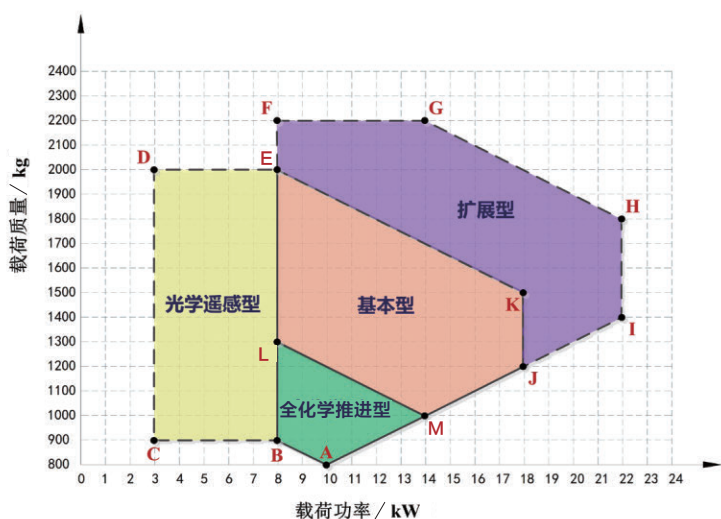
## 2 东五平台技术特点及能力

东五平台为换代型平台, 充分继承现有产品、技术成果与经验, 满足典型通信与遥感载荷的应用需求, 主要具有以下五大特点:

**1) 高承载。**整星发射质量 8000kg, 有效载荷承载质量 1500kg, 有效载荷功率 18kW, 有效载荷布局能力达到 120 路以上(等效 C 频段透明转发器)。

**2) 大功率。**东五平台采用二维二次展开半刚性太阳翼、锂离子蓄电池等技术, 整星寿命末期功率达到 28kW 以上。

**3) 高散热。**平台采用主动热控、被动热控结合



东五平台能力包络图

的手段,实现有效载荷散热能力9kW以上。

4) **长寿命**。平台具备提供在轨服务16年的能力。

5) **可扩展**。卫星平台设计预留承载、供电、姿轨控以及热控等扩展能力。以典型通信卫星为例,扩展后整星发射质量9000kg,有效载荷质量1800kg,载荷功率22kW,布局转发器150路(等效C频段透明转发器)以上。

东五平台设计充分考虑后续的升级需求和多载荷适应性需求,按照族谱设计,包括基本型、全化学推进型、光学遥感型以及扩展型。通信类卫星在轨服务寿命按照16年考虑,遥感类载荷在轨服务寿命按照12年考虑。

### 3 东五平台技术方案

#### 平台总体设计

东五平台可采用中国新一代大型运载火箭——长征五号运载火箭发射,并且具备使用国际主流运载火箭发射的能力。平台由供配电、测控、综合电子、姿轨控、化学推进、电推进、结构和热控八个分系统组成,采用分舱段模块化设计,包括推进舱、服务舱以及有效载荷舱,其中推进舱与服务舱组成平台的公用舱段部

分,采用桁架式主承力结构,大幅降低公用舱段的高度,并为不同形式载荷舱提供多个硬点连接的统一接口形式,实现公用舱段与有效载荷舱并行研制、快速连接。

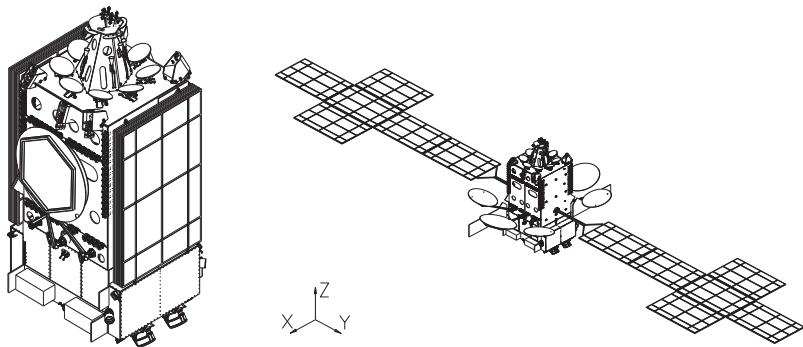
东五平台在配置化学推进分系统的基础上,采用电推进技术,实现卫星在轨全电推进位置保持与角动量卸载,大幅减少卫星推进剂携带量,提高有效载荷承载效率。同时,基于东五平台的卫星可以采用化学推进分系统的轨控发动机实现轨道转移,也可以采用轨控发动机与电推力器联合变轨的入轨策略。

平台采用智能化、自主化设计,采用高轨自主导航系统实现了卫星在轨自主姿态和轨道控制,并通过在轨自主的星务、能源、热控管理以及在轨故障诊断、隔离与恢复设计,将大幅提升卫星的好用性和易用性,减少地面操作,提高用户使用体验。

基于东五平台的典型通信卫星整体呈长方体构型,卫星南北面为散热面,东西面和对地面安装通信天线,南北面安装太阳翼和热辐射器。

#### 高承载、多适应桁架式结构

为实现多载荷适应性以及高承载能力,东五平台采用桁架式主承力结构形式,主承力结构由“W”型梁板复合结构以及对接环组成。针对不同有效载荷形式,载荷舱可采用桁架式、箱板式承力结构形式,具有载荷适应能力强特点。载荷舱力载荷通过两



东五平台典型通信卫星构型

舱接口向下传递，并通过桁架结构传递至星箭对接环，具有传力路径简单的特点。平台结构承载能力为 8000kg，在卫星平台构型不变的情况下，具备扩展到 9000kg 的能力。

### 体分布、万瓦级高效热控系统

热控分系统充分借鉴东四平台卫星的热控技术，以主动热控结合被动热控技术作为热控手段，利用卫星南北板作为散热面，设计可展开式热辐射器作为扩展散热面。载荷舱采用三维热管网络、单相流体回路等技术，实现载荷舱等温化设计，散热能力达到 9kW。

### 先进综合电子系统

东五平台综合电子分系统采用以星务管理单元为控制中心，1553B 总线为信息网络，综合业务单元等为下位机的集散型分布式网络系统，提供标准的电气接口和总线网络通信模式，按照模块化的设计思路进行功能整合。综合电子分系统是平台实现智能化设计的核心系统，通过星务管理单元实现卫星星箭分离后的程控、高精度时间管理、整星 FDIR、在轨自主星务管理、自主能源管理等功能。

### 20kW 级超大功率供配电系统

东五平台供配电分系统基于“太阳能电池阵—蓄电池组”设计架构，采用全调节统一母线，母线电压 100V。平台采用绷弦式二维二次展开半刚性太阳翼、高光电转换效率的太阳能电池片、大功率太阳帆板驱动机构、大功率电源控制器、大容量高比能量锂离子电池组等先进技术，实现整星寿命末期分点 28.4kW 大功率供电能力。

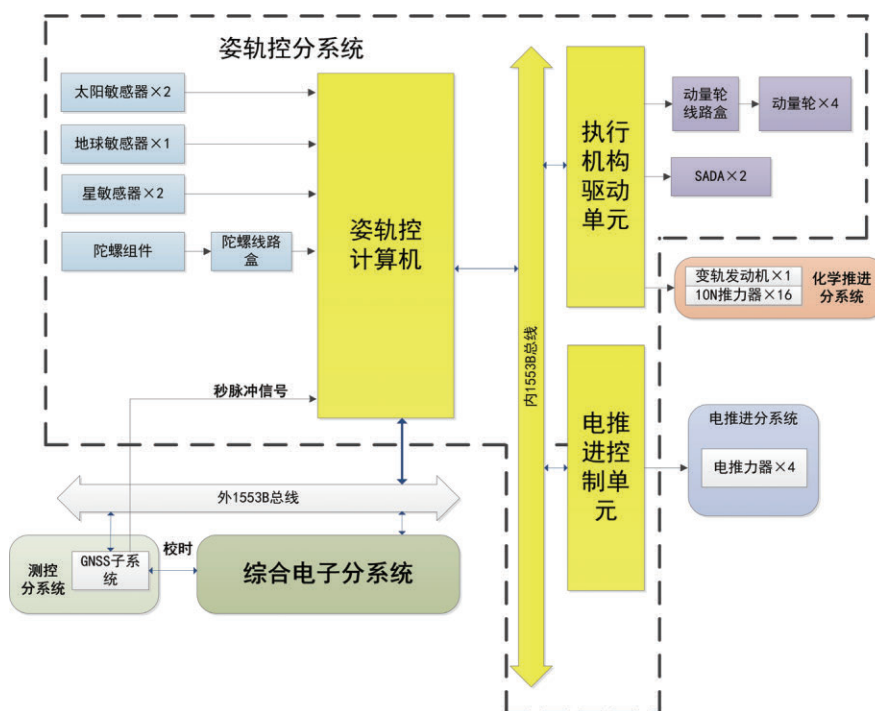
### 高精度姿轨控系统

东五平台卫星在轨三轴稳定，姿轨控分系统采用“姿轨控计算机为处理中心、执行机构驱动单元和电推进控制单元为驱动控制中心”设计。整星配置星敏感器、

太阳敏感器、地球敏感器以及长寿命陀螺等姿态敏感器，具备多种姿态确定组合。在正常模式下，卫星采用长寿命半球谐振陀螺+星敏感器组合定姿、整星零动量控制等技术，实现三轴 0.03° 的姿态控制精度。姿轨控分系统通过高轨自主导航子系统以及光学敏感器实现在轨自主导航，具备长期在轨自主运行能力。

### 高效并联排放化学推进系统

东五平台采用统一双组元推进系统，配置 4 个并联布置的板式全管理贮箱，能够装填超过 3900kg 的化学推进剂，具备将整星从地球同步转移轨道变轨至地球同步轨道的能力。通过配置高精度压力传感器、高精度超声波流量计等设备，并结合热容法，实现在轨推进剂剩余量高精度测量、高精度推进剂混合比以及平衡排放主动控制，系统混合比控制误差优于 1%。化学推进分系统设备全部布置在推进舱，便于整星模块化设计与研制流程优化。此外，化学推进分系统还采用了推进剂大流量可重复加排技术，大幅减少卫星加注时间。



东五平台姿轨控系统框图

大推力、多模式电推进系统

电推进分系统采用高比冲、可变推力的新一代电推进系统，配置 LIPS-300 多模式离子推力器及矢量调节机构。在 5kW 大功率模式下，具有大推力的特点，推力 200mN，比冲 3500s，实现卫星转移轨道后期变轨任务；在 3kW 小功率模式下，具有高比冲的特点，单台推力器推力 100mN，比冲 4000s。实现卫星全寿命周期在轨全电推进南北、东西位保以及动量轮角动量管理。

4 东五平台研制进展及试验验证

试验验证概况

中国空间技术研究院在东五平台工程研制的同时，结合新技术试验卫星——实践二十号卫星的研制，对东五平台功能、性能进行了全面的验证工作，其中，实践二十号卫星采用东五平台基本配置，重点对东五平台各分系统功能、性能以及关键技术进行验证。

整星结构验证

为验证东五平台全新的结构设计，研制了推进服务舱结构与典型通信载荷舱结构，分别进行了结构静力试验，并顺利通过所有工况验收级和鉴定级试验。验证了结构设计的合理性，确认了结构部装的工艺性与可行性，平台结构满足运载火箭发射载荷下的强度要求，结构承载能力具有扩展到 9000kg 的潜力。通过东五平台结构星整星满箱、空箱情况下的鉴定级力学环境试验，验证了结构设计的合理性，星上大部件（重叠压紧天线、可展开式热辐射器、太阳翼）接口设计的正确性。

推进系统验证

(1) 化学推进系统验证

按照化学推进分系统在轨工作模式和工况，完成了东五平台化学推进分系统整星级地面点火试车试验。点火试验过程中，化学推进分系统的系统匹配性良好。通过试验，全面获取了东五平台化学推进分系

东五平台主要试验验证项目情况

试验验证项目	备注
推进服务舱结构静力试验验证	鉴定级试验
典型通信载荷舱结构静力试验验证	鉴定级试验
东五平台结构星生产与部装	—
东五平台结构星整星力学试验以及部件展开试验	鉴定级试验
东五平台电性星整星电性能测试、电磁兼容性测试	—
东五平台化学推进分系统整星热试车试验	—
东五平台电推进分系统系统级地面热试车试验	—
东五平台试验卫星（实践二十号卫星）整星力学试验以及部件展开试验	准鉴定级试验
东五平台试验卫星（实践二十号卫星）整星电性能测试、电磁兼容性测试	—
东五平台试验卫星（实践二十号卫星）整星热平衡与热真空试验验证	准鉴定级试验
整星运输试验验证	—
东五平台试验卫星（实践二十号卫星）推进剂加注工作	—
东五平台试验卫星（实践二十号卫星）与发射场、运载火箭等接口验证	—
东五平台试验卫星（实践二十号卫星）在轨飞行验证	—



统真实推进剂下的系统性能参数,验证了化学推进分系统的系统匹配性、稳定性等功能和性能,全面验证了东五平台化学推进分系统地面加注流程,验证了平衡排放控制方案以及混合比主动控制策略的有效性。

## (2) 电推进系统验证

按照电推进分系统在轨工作模式和工况,完成了东五平台电推进分系统系统级地面点火试车试验。试验过程中,电推进分系统的匹配性良好。在东五平台试验卫星实践二十号卫星正样研制过程中,完成了东五电推进分系统的集成与测试,并通过了整星鉴定级力学试验、热试验等,并在真空罐中完成了电推进分系统真空点火试验验证,试验结果正常。

## 热设计验证

在完成实践二十号卫星整星总装、集成、电性能测试、力学试验后,进行了整星热平衡试验验证。试验中热控产品(热管、加热器、多层隔热组件、流体回路)工作性能良好,验证了东五平台热控设计的合理性,星上设备温度余量满足要求,载荷舱散热能力满足 9kW 的要求。

## 电性能验证

实践二十号卫星开展了电性能综合测试,整星电测加电时间共计 1500 余小时,各阶段的测试过程中,对整星设备间的遥测遥控接口、数据信息进行了全面的测试。测试过程卫星功能性能良好。

## 运输匹配性验证

整星采用空运的运输方式,并在实践二十号卫星整星运输过程中进行了全面的验证。到达发射场后,

卫星状态正常,卫星检漏结果正常。表明该卫星与整星包装箱兼容性良好,整星包装箱与运输飞机、运输车兼容性良好。

## 大系统匹配性验证

通过实践二十号卫星研制过程,验证了东五平台卫星在发射场的技术流程、计划流程的合理性;验证了东五平台对海南发射场环境、地面工装设备的适应性;验证了东五平台卫星与长征五号运载火箭接口设计、与测控系统接口设计的正确性。大系统匹配性验证为后续东五平台卫星的研制提供了基础。

## 鉴定件研制

东五平台各新研单机陆续开展了鉴定件研制工作,已完成包括锂离子蓄电池、二维二次展开半刚性太阳翼、大功率太阳帆板驱动机构、板式全管理贮箱、氦气瓶、氙气瓶等在内的所有鉴定件的研制与鉴定试验,确定了平台产品技术状态基线。

# 5 应用前景

东五平台作为中国换代发展的地球同步轨道卫星平台,在充分继承成熟技术的基础上,采用了大量新技术,牵引了卫星平台共性技术的发展,能满足中国 2030 年前地球同步轨道通信和遥感领域卫星需求,平台性能指标达到国际一流水平。目前,东五平台已完成所有关键技术攻关、分系统级和整星级的试验验证,基于该平台研制的实践二十号卫星已于 2019 年 12 月 27 日成功发射,卫星在轨飞行状态良好。东五平台即将全面推入卫星市场,将为中国航天事业作出贡献!

## 参考文献

- [1] 周志成. 沿自主创新道路前行乘国际发展风帆远航——我国通信卫星领域发展回顾与展望[J]. 国际太空, 2013(6):4-13.
- [2] 周志成, 王敏. 性能优异的尼日利亚通信卫星-1[J]. 国际太空, 2007(11):7-10.
- [3] Michel Roux, Philippe Bertheux. Alphasat, the European Platform for Large Communications Satellites[R]. AIAA 2007-3121.
- [4] 王敏, 周志成. Alphasat 卫星平台研制进展及技术特点分析[J]. 航天器工程, 2010, 19(2):99-105.