

纵观经纬 直播天地

广电系统卫星地球站技术培训

--- 卫星星体概述



中国直播卫星有限公司
CHINA OBSAT LIMITED



主要内容提要



- 卫星基本情况
- 卫星在轨情况
- 卫星分系统特性



主要内容提要



- 卫星基本情况
- 卫星在轨情况
- 卫星分系统特性

卫星基本情况

和广电业务相关的3颗星：

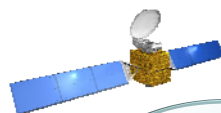
- 中星-6B
- 中星9号
- 鑫诺3号



中星6B



中星9号



鑫诺三号



卫星基本情况

- 中星-6B和中星9号卫星均由法国泰雷兹阿莱尼亚宇航公司研制生产
- 基于SB4000卫星平台，三轴稳定，设计寿命15年
- 轨道位置：
 - CH6B：东经115.5 °
 - CH9：东经92.2 °
- 发射时间
 - CH6B：2007年7月5日 西昌卫星发射中心
 - CH9：2008年6月9日 西昌卫星发射中心



卫星基本情况-CH6B、CH9星体参数

星体参数	CH6B	CH9
设计制造	法国泰雷兹阿莱尼亚宇航公司	
卫星平台	SB4000	
稳定方式	三轴稳定	
设计寿命	≥15年	
卫星总功率	10KW (BOL) /8KW (EOL)	13KW (BOL) /10KW (EOL)
发射日期	2007年7月5日	2008年6月9日
卫星重量	4.516吨	4.5吨
极化方式	正交双线性极化	双圆极化
轨道位置	东经115.5°	东经92.2°
运载火箭	长征三号乙	

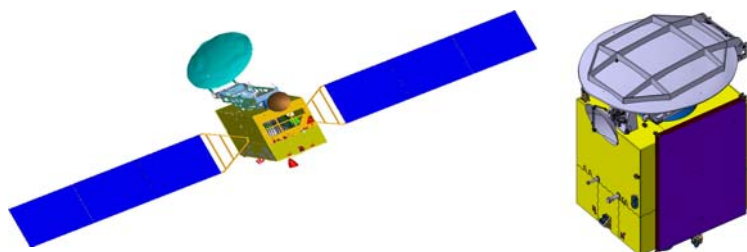


卫星基本情况- CH6B、CH9有效载荷参数

有效载荷参数	CH6B	CH9
工作频段	接收5850-6665MHz 发射3400-4200MHz	接收17.3~17.8 GHz 发射11.7~12.2 GHz
极化方式	正交双线性极化	双圆极化
转发器	38×36MHz，放大器功率82W	4×54MHz + 18×36MHz，放大器功率195W
转发器备份	2组24备19	2组14备11
接收机备份	6备4	6备4
极化隔离度	≥33dB	≥33dB
信标频率	3701MHz (V)，4199MHz (H)	左旋12199MHz，右旋11701MHz

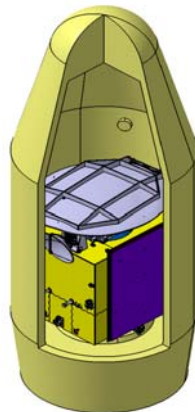
卫星基本情况- 鑫诺3号卫星

- 鑫诺3号卫星由我国长征三号甲运载火箭于2007年6月1日在西昌卫星发射中心发射，并成功定点于东经125度上空。



卫星基本情况- 鑫诺3号卫星

- 设计制造：中国空间技术研究院
- 卫星平台：东方红三号
- 稳定方式：三轴稳定
- 设计寿命：8年
- 极化方式：单线性极化
- 控轨精度： ± 0.1 度(南/北、东/西)
- 轨道位置： 125° E
- 覆盖范围：中国及周边国家和地区
- C频段转发器： $10 \times 36\text{MHz}$



主要内容提要



- 卫星基本情况
- 卫星在轨情况
- 卫星分系统特性



卫星在轨情况

- 发射和早期轨道阶段
- 在轨长期管理阶段



卫星在轨情况-发射和早期轨道阶段

LAUNCH

- 卫星被火箭送入转移轨道：
 - 近地点 ~ 200 Km
 - 远地点 ~ 50000 Km
 - 轨道倾角: 24.3°

EARLY ORBIT PHASE

- 星箭分离后，在转移轨道要进行4次轨道调整，使卫星进入圆形静止轨道
 - 3AMF + 1 PMF
 - 帆板、天线反射面展开
 - 完成在轨配置
 - IOT

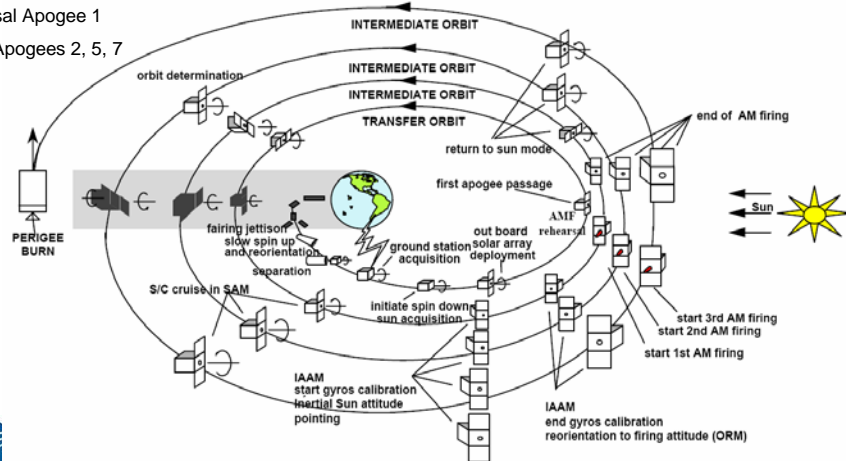


卫星在轨情况-LEOP操作

AMF Sequence

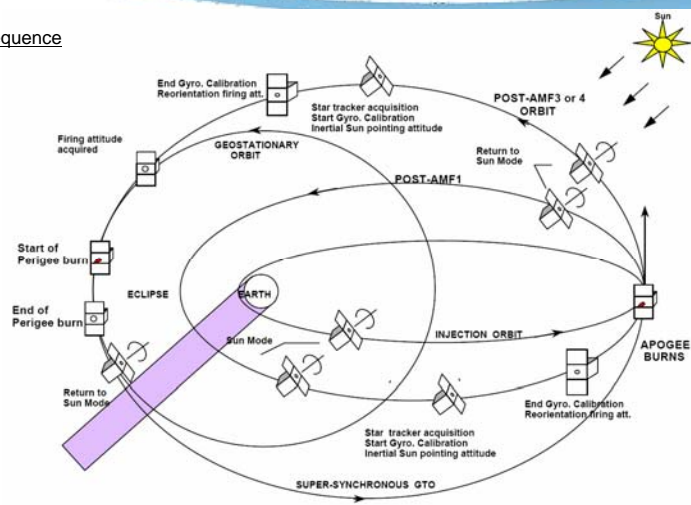
Rehearsal Apogee 1

3 AMF Apogees 2, 5, 7



卫星在轨情况-LEOP操作

PMF Sequence



卫星在轨情况-LEOP操作

- 星箭分离后，要进行如下操作：
 - 卫星健康检查
 - 推进系统排气和加压
 - 1st 太阳捕获
 - 帆板部分展开
 - 进入惯性姿态捕获模式
 - 陀螺仪校准
 - 转到远地点点火模式进行轨道调整
 - 重新回到太阳捕获模式
 - 转移轨道星蚀进入和退出
- 3次远地点点火和1次近地点点火都要重复进行如下操作：
 - 进入惯性姿态捕获模式
 - 陀螺仪校准
 - 转到点火模式进行轨道调整
 - 重新回到太阳捕获模式
- 实现静止轨道配置通过如下操作实现：
 - 远地点发动机隔离
 - 帆板完全展开，相应的温控系统参数配置
 - 天线反射面展开
 - 最终地球捕获，动量轮启动，3轴 Normal Mode捕获
 - 帆板正常转动



卫星在轨情况-在轨长期管理阶段

卫星在轨长期管理：

- 轨道管理（测轨、定轨、轨道机动、轨道事件预报、燃料管理）
- 卫星平台管理（姿态与动量保持、星载设备管理、特殊时期管理、异常情况处理）
- 有效载荷的管理
- 手段：遥测监视、数据分析、指令控制与数据上载、测距



主要内容提要



- 卫星基本情况
- 卫星在轨情况
- 卫星分系统特性



卫星分系统特性-分系统组成

- 有效载荷分系统 (PAYLOAD Subsystem)
- 平台部分
 - 遥测、跟踪和指令分系统 (TTC-RF)
 - 电源分系统 (Electrical Power Subsystem)
 - 姿态和轨道控制分系统 (Attitude and Orbit Control Subsystem)
 - 推进分系统 (Unified Propulsion Subsystem)
 - 温度控制分系统 (Thermal Control Subsystem)
 - 指令控制和星载软件 (Command Control and On Board Software)



卫星分系统特性-TTC-RF分系统

- TTC-RF的主要功能是为卫星与地面的通信提供通道，同时提供跟踪卫星所需的信号、测量卫星轨道所需的测量路径。
 - 指令：接收、解调来自地面的指令信号；
 - 遥测：调制TM副载波（相位调制）、功率放大、通过定向天线发送到空间（地面）；
 - 测距：利用指令和遥测信道，接收并转发测距信号，由地面设备计算出卫星与地面站天线之间的直线距离；
 - 信标：发射信标信号，用于地面站天线跟踪。
- 主要器件：
 - 指令接收机
 - 信标发射机
 - 天线



卫星分系统特性-TTC-RF分系统

中星-6B TTC-RF分系统设备状态：

- 2个C波段接收机（常开）
- 2个C波段信标发射机（常开）
 - TM1 频率：3701MHz
 - TM2 频率：4199MHz
- 天线：
 - 上行TC：
 - ◆ LEOP或应急情况下，OMNI天线（2个，对地板和背地板）
 - ◆ 在轨运行中，区域波束通信天线 (Rx C-Band)
 - 下行TM：
 - ◆ LEOP或应急情况下，OMNI天线（2个，对地板和背地板）
 - ◆ 在轨运行中，Horn天线 (Tx C-Band)



卫星分系统特性-TTC-RF分系统

中星-9号 TTC-RF分系统设备状态:

- 2个C波段接收机（常开）
- 2个C波段信标发射机（常开）
 - TM1 频率：4190.4MHz
 - TM2 频率：4195MHz
- 天线：
 - 上行TC：
 - ◆ OMNI天线（2个，对地板和背地板）
 - 下行TM：
 - ◆ LEOP或应急情况下，OMNI天线（2个，对地板和背地板）
 - ◆ 在轨运行中，Horn天线



卫星分系统特性-EPS分系统

电源分系统:

- 主要任务：
 - 能量的产生、存贮、调节和分配。
 - 在正常状况下，卫星帆板指向太阳，将接收到的光能转化成电能，一方面提供给星上负载，满足星上器件工作需求，另一方面将多余的电能储存在星上的化学电池里，一旦卫星进入星蚀期，太阳光线被地球或者月球遮挡时，电源分系统将控制化学电池进行放电，给负载进行不间断的能量供应。



卫星分系统特性-EPS分系统

电源分系统:

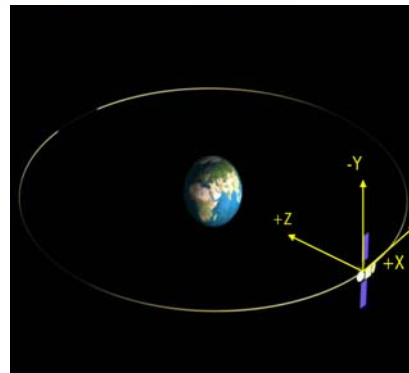
- 100V功率总线
- 太阳帆板
 - CH6B: 南北2块太阳帆板, 4 panels/帆板
 - ◆ 10KW功率 (分点, BOL)
 - ◆ 8KW功率 (至点, EOL)
 - CH9: 南北2块太阳帆板, 6 (5 used) panels/帆板
 - ◆ 13KW功率 (分点, BOL)
 - ◆ 10KW功率 (至点, EOL)
- 太阳帆板驱动器
- 功率调节单元完成电能分配, 控制电能的存储和释放
- 电池
 - CH6B: 2个57 cell镍氢电池
 - ◆ 97AH容量
 - ◆ 预计最大放电深度为60%
 - CH9: 2个60cell镍氢电池
 - ◆ 97AH容量
 - ◆ 预计最大放电深度为72%
- 电池管理软件 (Battery Management Software)
- 星蚀期能量管理



卫星分系统特性-AOCS分系统

姿态和轨道控制分系统

- 保证卫星3轴姿态稳定
- 传感器:
 - 地球敏感器 (Infra Red Earth Sensors)
 - 太阳敏感器 (Coarse Sun Sensors)
 - 三轴陀螺仪 (IMUs)
 - 星跟踪仪 (Star Trackers)
- 执行机构:
 - 推进器 (属于推进分系统)
 - 动量轮
- 在正常模式下, 动量轮控制卫星3轴姿态, 推进器仅用于动量卸载和轨道机动。



卫星分系统特性-推进分系统

- 推进分系统的作用是为改变卫星在轨道中的位置提供 ΔV 以及为调整卫星姿态提供转矩。它主要应用于以下一些轨道任务中：
 - 轨道转移：将卫星从初始轨道转移至预定最终工作轨道。
 - 轨道机动：使卫星保持在预定的工作轨道控制窗口内。
 - 姿态控制：为保持卫星指向指定方向提供转矩。
 - 动量轮卸载
 - 卫星重定轨
 - 寿命结束使将卫星推离原轨道位置。



卫星分系统特性-推进分系统

推进分系统主要的功能：

- 压力剂储存：
 - 由三个独立的He箱来储存
- 压力控制：
 - 在转移轨道、在轨、加压阶段控制压力
- 推进剂储存：
 - 燃烧剂：甲基肼（MMH）
 - 氧化剂：混合了1%氧化氮的四氧化二氮。
- 推进器及发动机：
 - 推进器：16个10N双燃料推进器。在轨道机动期间，为速度的变化（ ΔV ）提供推力，并为姿态控制提供转矩。
 - 远地点液体发动机，400N，双燃料，为速度变化比较大的轨道（转移轨道）的调整提供推力。



卫星分系统特性-温控分系统

- 温控分系统的任务是保持卫星各部分工作在安全的温度范围内以保证其正常可靠的运行。温控分系统是基于卫星的任务、环境、设备等的需要设计的。
 - 温度变化的原因：温度环境、热量来源和热交换方式、不同工作阶段、日/年变化、器件工作状态和老化、星蚀期等
 - 约束条件：不同器件、不同部分对工作温度的要求不同、涉及各个分系统、不可修复性
- 如何实现：
 - 被动式热控制：开环控制，被控对象的温度没有反馈作用。
 - ◆ 热管、光学太阳能反射器（OSR）、多层屏蔽隔热层（MLI）、表面涂层、热防护罩等。
 - 主动式热控制：闭环控制
 - ◆ 热敏电阻、加热器



卫星分系统特性-指令控制和星载软件

指令控制和星载软件

分系统组成：

- 1个中央处理器单元，称为卫星管理单元（SMU），包括2个处理器模块（PM），保证整个卫星的管理
- 数据总线网络（DBN），实现SMU与不同类型的SDIU、PCU和Payload器件的连接
- 卫星数据接口单元（SDIU），给所有需要指令控制和获取数据的Payload和平台器件提供接口，通过数据总线实现和SMU的通信
 - PFDIU
 - PLDIU



卫星分系统特性-指令控制和星载软件

指令控制和星载软件

提供以下功能：

- 遥测和指令处理功能
 - 对从TTC-RF接收机来的地面上行指令信息进行解码，之后送到不同的执行方（卫星硬件或者应用软件）
 - 生成直接指令（由地面上行，不需要星载软件处理的指令）给相应的设备
 - 收集遥测数据，并打包成帧
 - 管理定时指令和Event Sequence
- 卫星姿态和轨道控制功能
 - 在TO和GO的各个阶段以及轨道机动期间保持卫星姿态
 - 控制推进器点火
- 电源功率分配和监视功能
 - 保护电源功率的提供，避免不正常的过载
 - 测量单个或者成组功率线的电流消耗
 - 分配电功率到一些设备



卫星分系统特性-指令控制和星载软件

指令控制和星载软件

提供以下功能（续）：

- 温度控制功能
 - 通过控制加热器的开关，执行有效的温度控制，保持器件工作在正常的温度范围内
 - 优化功率消耗，如星蚀期
- 电源功率管理功能
 - 控制帆板的转动和帆板位置
 - 电池充电控制
- Payload管理功能
 - 所有Payload器件的遥测指令介入
- 释放、展开和火工品控制功能
 - 控制帆板的部分展开和全部展开
 - 天线反射面的展开
 - 控制推进系统的火工品装置



卫星分系统特性-指令控制和星载软件

指令控制和星载软件

提供以下功能（续）：

- 卫星健康监测和处理功能
 - 处理所有重要的系统告警，保证卫星安全和恢复配置
 - SGM (Safeguard Memory) 管理
 - FDIR下卫星模式管理
- On-Board Processing
 - 为星载软件功能提供CPU和Memory
 - 软件更新、升级
- 数据总线网络 (DBN)
 - 在SMU和平台、payload设备之间提供通信数据总线
 - 同步设备
 - 保护数据正确传输



卫星分系统特性-指令控制和星载软件

指令控制和星载软件

- 指令的分类 (ESA标准)
 - Time-Tag指令
 - HPTC
 - Software TC
 - Data Bus TC
- 遥测的几种格式 (ESA标准)
 - HK
 - ◆ 下行传输速率4096bit/s
 - ◆ 打包下传，每个定义好的包都可以被开启和关闭
 - ◆ 遥测包被装配到1024byte数据帧中，每2秒向地面下传一次
 - DWELL
 - DUMP
 - FHB

