



航天器控制原理

第三讲 航天器控制的基本概念


主讲：周 军

西北工业大学 精确制导与控制研究所






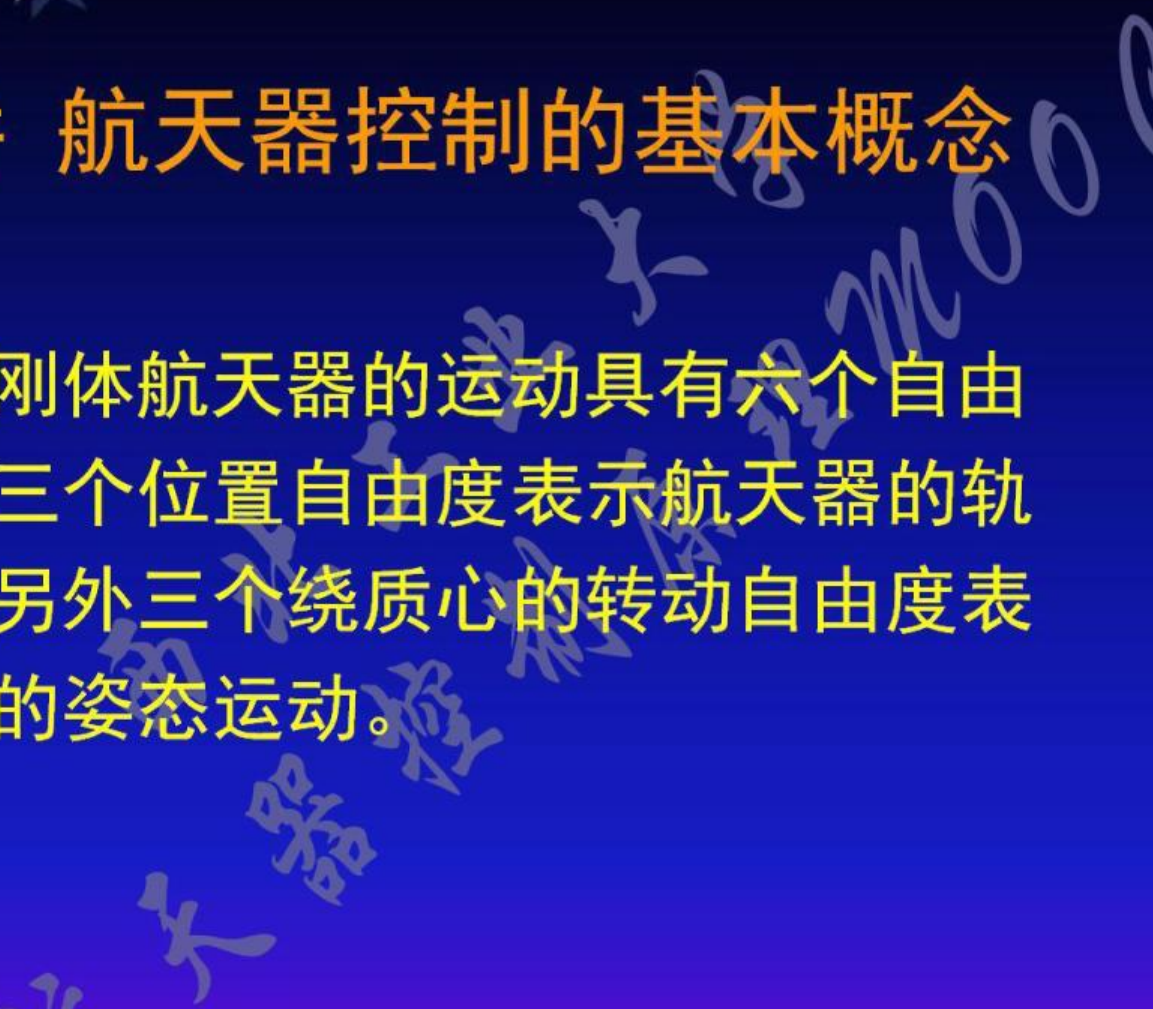
第三讲 航天器控制的基本概念

- 1、轨道控制
 - 2、姿态控制
 - 3、被动控制与主动控制
 - 4、课程的内容安排
- 



第三讲 航天器控制的基本概念

一个刚体航天器的运动具有六个自由度，其中三个位置自由度表示航天器的轨道运动，另外三个绕质心的转动自由度表示航天器的姿态运动。





第三讲 航天器控制的基本概念

位置和速度描述航天器的质心运动，
这属于航天器的轨道问题。

姿态和姿态运动描述航天器绕质心的
转动，属于姿态问题。





1、轨道控制

定义：对航天器的质心施以外力，以有目的地改变其运动轨迹的技术。

轨道控制包括轨道确定和轨道控制两方面内容。






轨道确定：

定义：研究如何确定航天器的位置和速度，亦称空间导航，简称导航。

轨道控制：

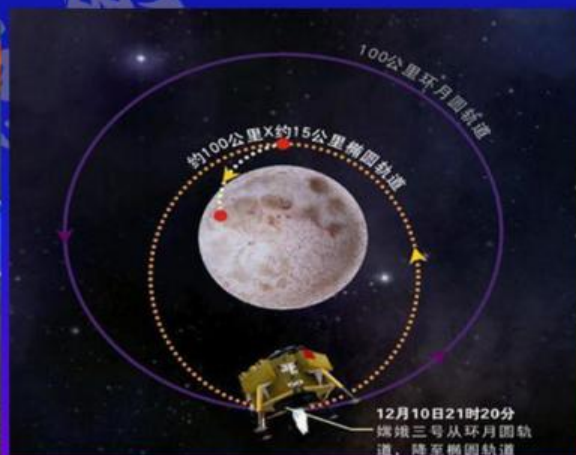
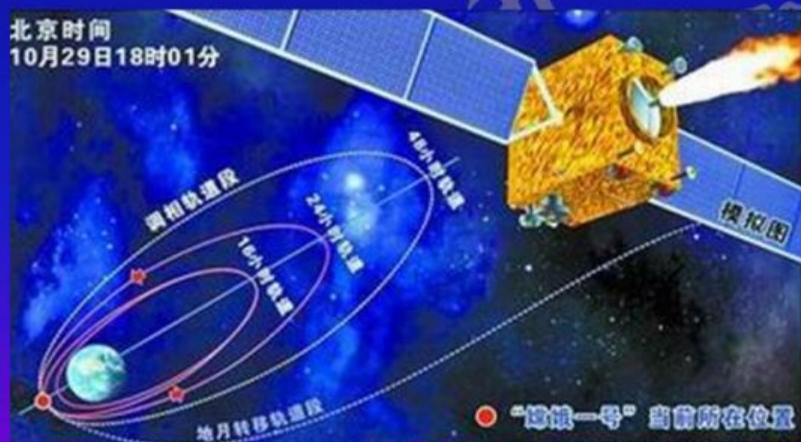
定义：根据航天器现有位置、速度、飞行的最终目标，对质心施以控制力，以改变其运动轨迹的技术，亦称制导。



轨道控制按应用方式可分为四类。

1) 轨道机动：

使航天器从一个自由飞行段轨道转移到另一个自由飞行段轨道的控制。





轨道控制按应用方式可分为四类。

1) 轨道机动：

使航天器从一个自由飞行段轨道转移到另一个自由飞行段轨道的控制。

2) 轨道保持：

克服摄动影响，使航天器轨道的某些参数保持不变的控制。



3) 轨道交会：

航天器能与另一个航天器在同一时间以相同速度达到空间同一位置而实施的控制过程。



天宫1号与神州8号对接



航天飞机与空间站对接

4) 再入返回控制:

指使航天器脱离原来的轨道，返回进入大气层的控制。



“神舟”飞船返回舱



2、姿态控制

定义：对航天器绕质心施加力矩，以保持或按需要改变其在空间定向的技术。

姿态控制是获取并保持航天器在空间定向的过程。例如：


- 卫星对地进行通信或观测；
 - 天线或遥感器要指向地面目标；
- 



2、姿态控制

定义：对航天器绕质心施加力矩，以保持或按需要改变其在空间定向的技术。

姿态控制是获取并保持航天器在空间定向的过程。例如：


- 卫星进行轨道控制时，发动机要
对准所要求的推力方向；
- 



2、姿态控制

定义：对航天器绕质心施加力矩，以保持或按需要改变其在空间定向的技术。

姿态控制是获取并保持航天器在空间定向的过程。例如：

- 卫星再入大气层时，要求制动防热面对准迎面气流这些都需要使星体建立和保持一定的姿态。
- 



姿态控制包括姿态确定和姿态控制两方面内容：

姿态确定：

定义：研究航天器相对于某个基准的确定姿态方法。这个基准可以是惯性基准或者人们感兴趣的某个基准，例如地球。





姿态控制：

定义：航天器在规定或预先确定的方向（可称为参考方向）上定向的过程，它包括姿态稳定和姿态机动。

姿态稳定：使姿态保持在指定方向。

姿态机动：航天器从一个姿态过渡到另一个姿态的再定向过程。



姿态控制通常包括以下几个具体类型。

1) 定向:

航天器的本体或附件（如太阳能电池阵、观测设备、天线等）以单轴或三轴按一定精度保持在给定参考方向上。



对地遥感卫星



姿态控制通常包括以下几个具体类型。

2) 再定向:

航天器本体从对一个参考方向的定向改变到对另一个新参考方向的定向。
它是通过连续的姿态机动控制实现的。

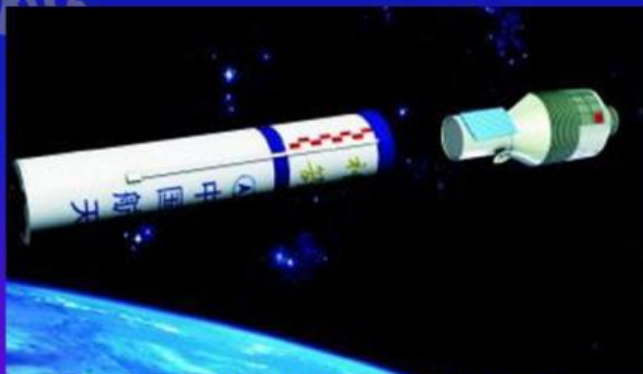


姿态控制通常包括以下几个具体类型。

3) 捕获:

亦称初始对准, 是指航天器由未知不确定姿态向已知定向姿态的机动控制过程。

比如航天器入轨时, 星箭分离, 航天器从旋转翻滚等不确定姿态进入对地对日定向姿态。






姿态控制通常包括以下几个具体类型。

捕获一般分粗对准和精对准两个阶段。


粗对准：指大致对准，通常须用较大的控制力矩以缩短机动的的时间，但不要求很高的定向精度。

精对准：指粗对准后由于精度不够而进行的精确修正，以保证定向的精度要求。
精对准一般用较小的控制力矩。

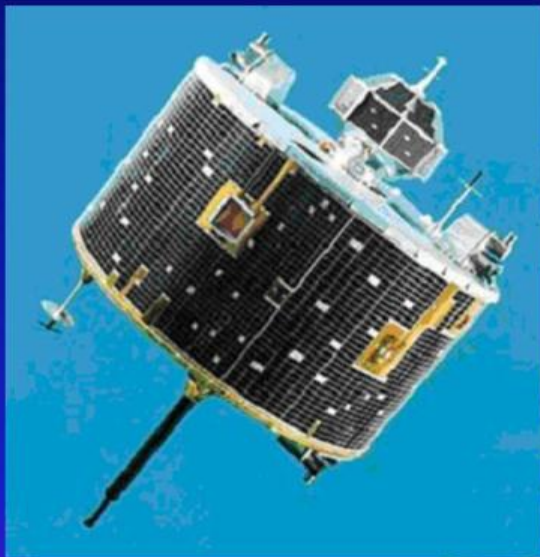




姿态控制通常包括以下几个具体类型。

- 4) **搜索**：指航天器改变本体或附件指向，发现其它活动目标的过程。
 - 5) **跟踪**：指航天器本体或附件保持对活动目标的定向。
- 
- 航天器姿态控制

航天器姿态稳定方式按其姿态运动形式大致分为两类：自旋稳定和三轴稳定。



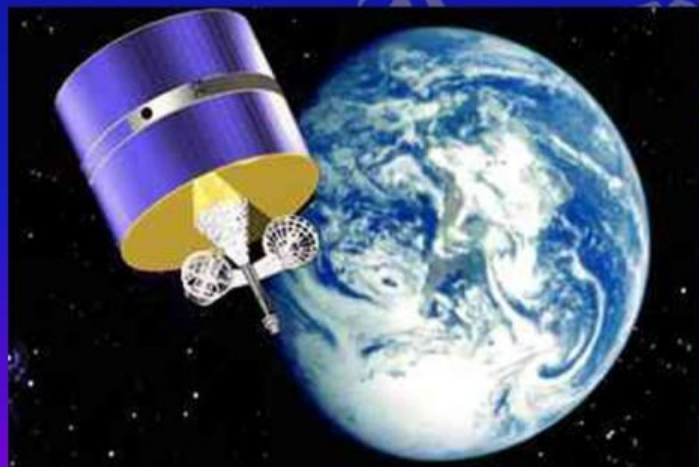
自旋稳定



三轴稳定

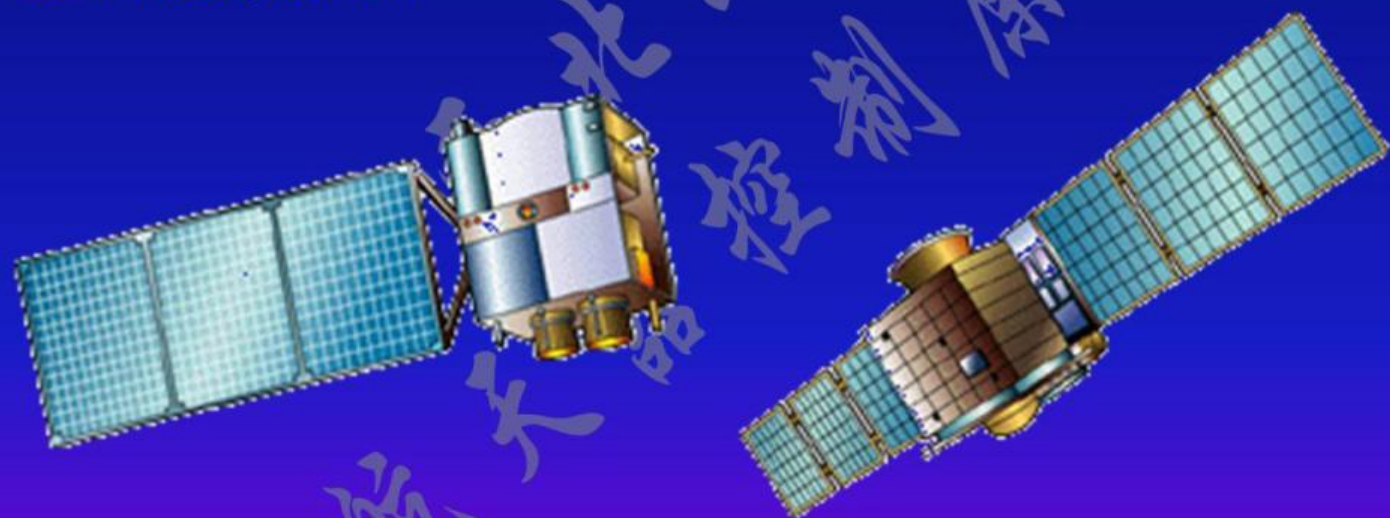
1) 自旋稳定

卫星等航天器绕其一轴（自旋轴）旋转，依靠转动动量矩保持自旋轴在惯性空间的指向。自旋稳定常辅以主动姿态控制来修正自旋轴指向误差。



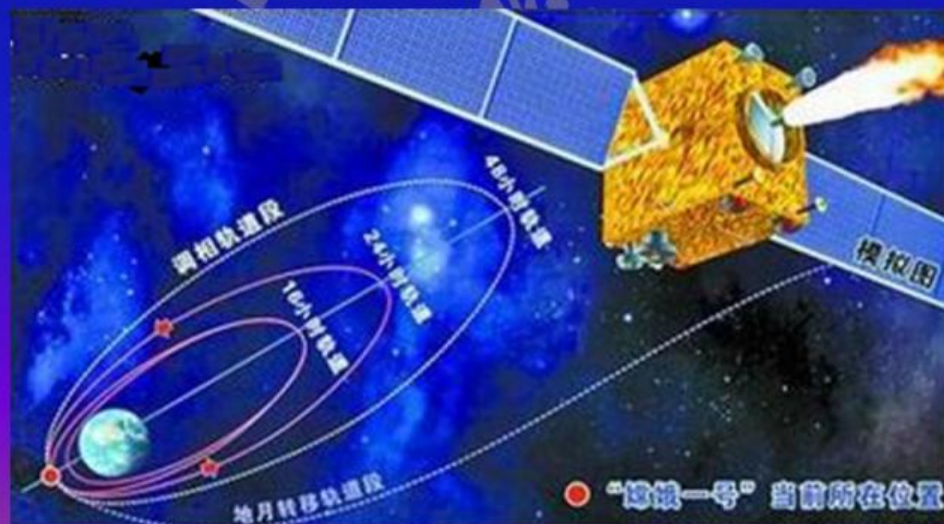
2) 三轴稳定

依靠主动姿态控制或利用环境力矩，
保持航天器本体三条正交轴线在某一参考
空间的方向。



姿态控制与轨道控制的关系

轨道控制与姿态控制密切相关。为实现轨道控制，航天器姿态必须要符合要求。即当需要对航天器进行轨道控制时，同时也要求进行姿态控制。






姿态控制与轨道控制的关系

轨道控制与姿态控制密切相关。为实现轨道控制，航天器姿态必须要符合要求。即当需要对航天器进行轨道控制时，同时也要求进行姿态控制。

在某些具体情况或某些飞行的过程中，可以把姿态控制和轨道控制分开来考虑。某些应用任务对航天器的轨道没有严格要求，而对航天器姿态却有要求。



3、被动控制与主动控制

航天器控制按控制力和力矩的来源可以分为两大类：被动控制和主动控制。

(1) 被动控制：


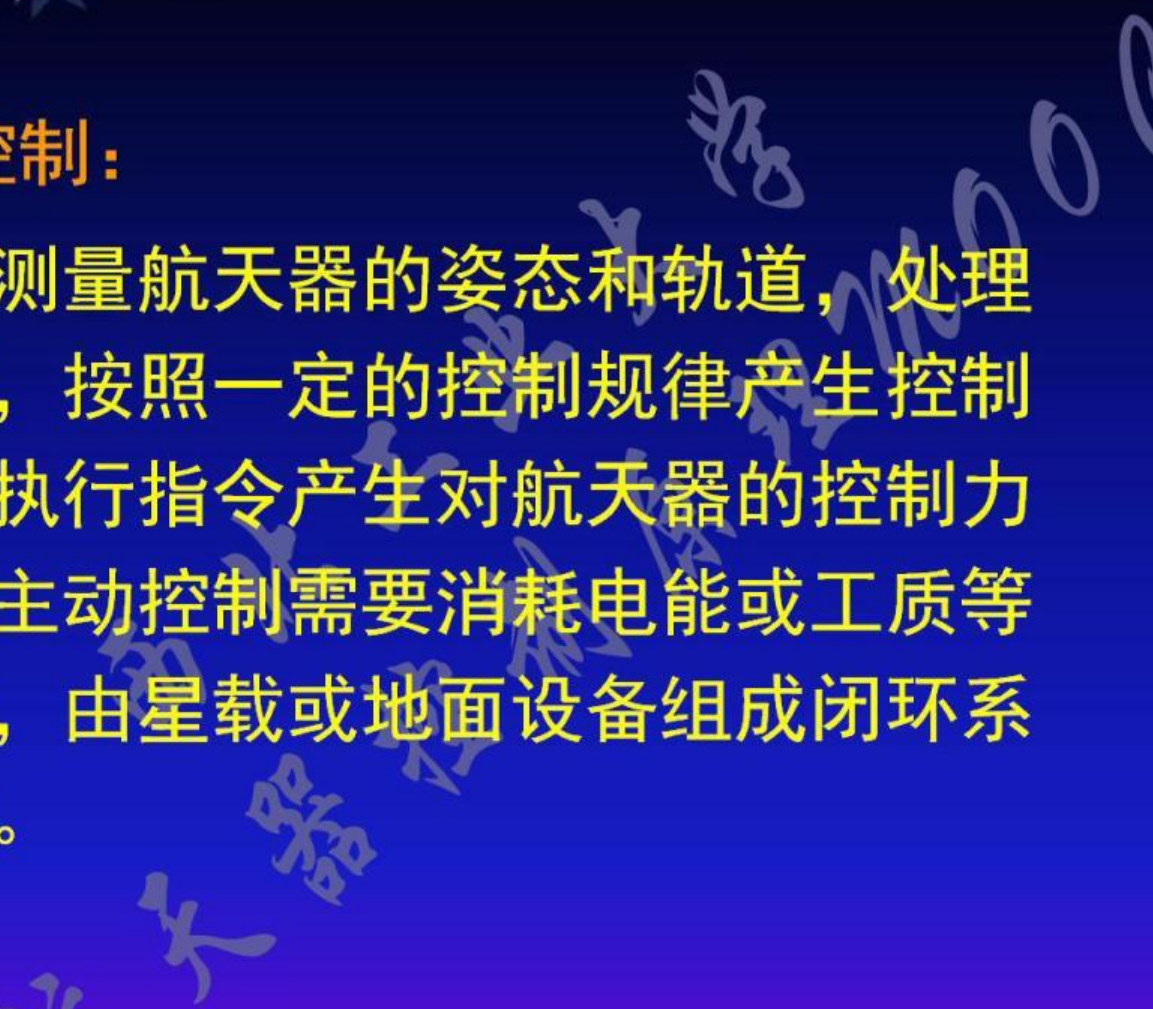
控制力或力矩由空间环境和航天器动力学特性提供，不消耗星上能源。

空间环境产生的控制力或力矩包括：大气阻力/矩、磁力/矩、太阳光压和重力梯度力矩等。



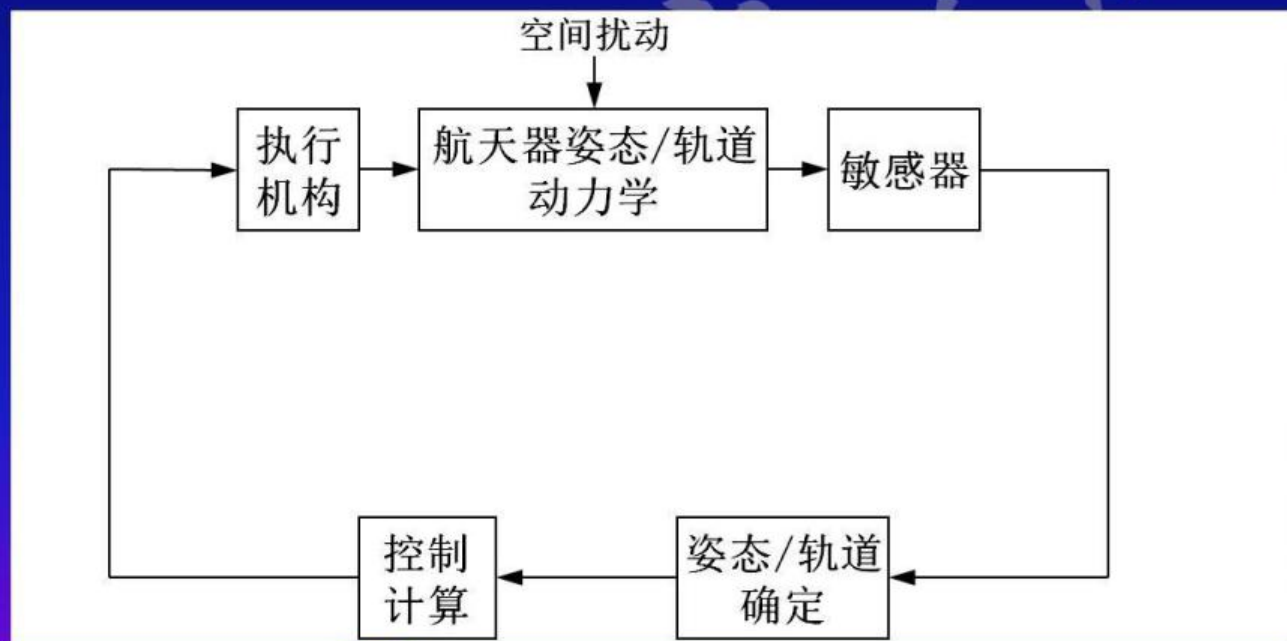
(2) 主动控制:

包括测量航天器的姿态和轨道，处理测量数据，按照一定的控制规律产生控制指令，并执行指令产生对航天器的控制力或力矩。主动控制需要消耗电能或工质等星上能源，由星载或地面设备组成闭环系统来实现。



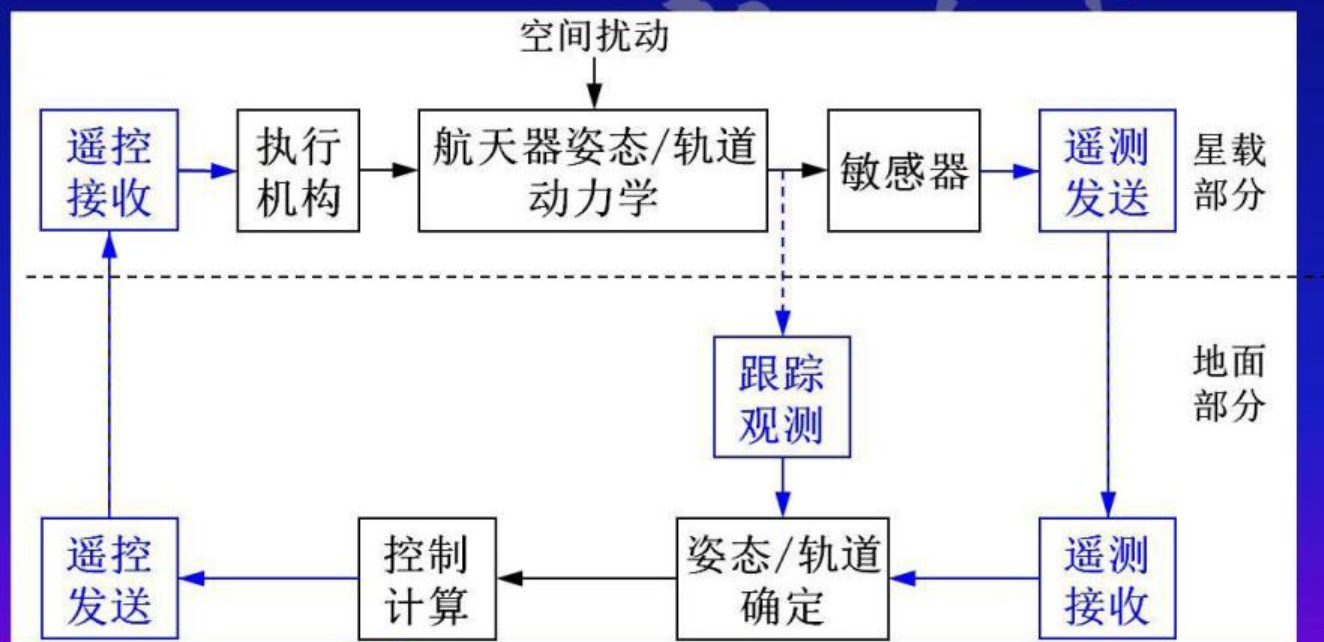
航天器主动控制系统有两种组成方式：

(1) 星上自主控制：指不依赖于地面干预，完全由星载仪器实现的控制。



星上自主控制方框图

(2) 地面控制：或称星一地大回路控制，指依赖于地面干预，由星载仪器和地面设备联合实现的控制。



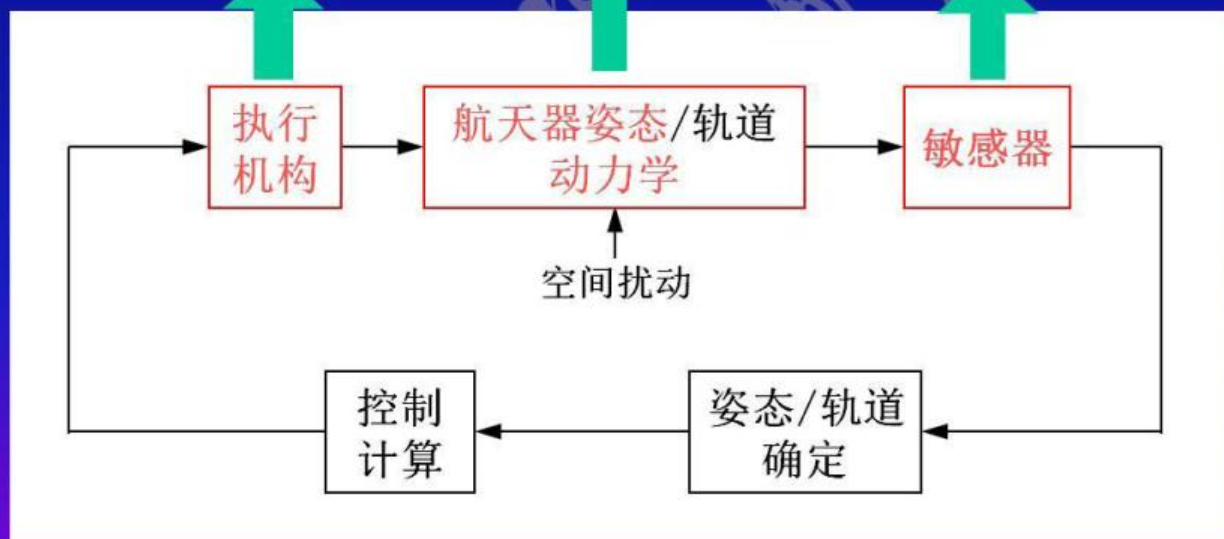
星地大回路控制方框图

4、课程的内容安排

第 2-3 周：航天器轨道与轨道力学

第 4 周：航天器姿态运动学和动力学

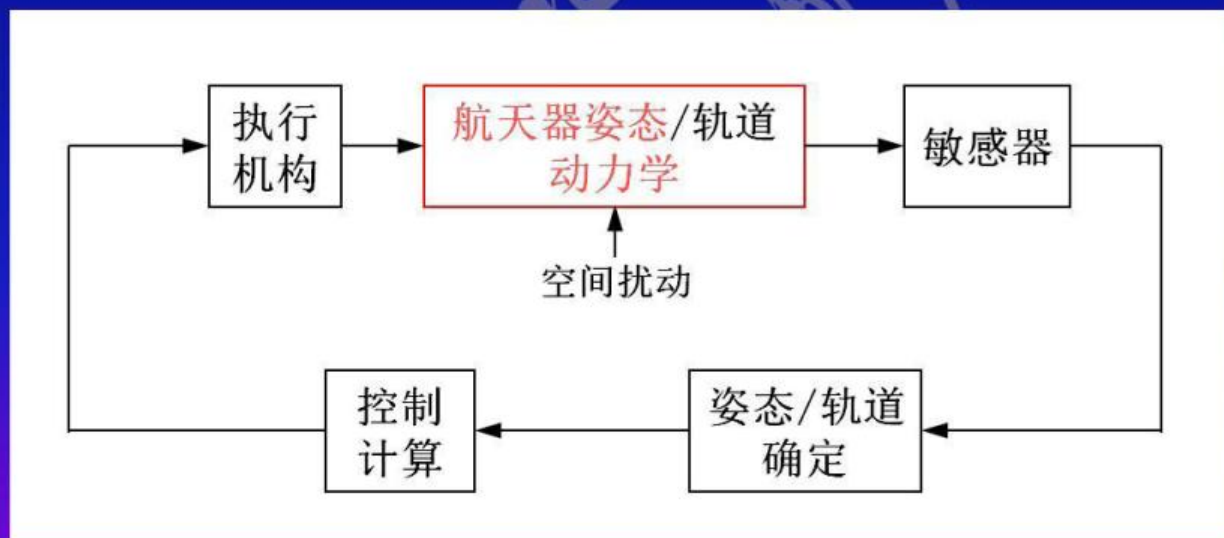
第 5-6 周：姿态控制系统的组成与分类



4、课程的内容安排

第7-10周：被动与主动姿态控制系统

第 11 周：姿态控制系统物理仿真实验



4、课程的内容安排

第12-13周：航天器的导航与制导

第14-15周：飞船、航天飞机、空间站、
微小卫星控制技术

