

# 卫星通信第二次作业

2021 年 6 月 1 日

作业题目：

第三章：3, 5, 6, 8, 11, 18

第七章：1, 7, 18

第八章：1, 2

**3-3 用与卫星精度的相对值表示地球站经度，地球站天线仰角最小值为  $5^\circ$ 。假定地球半径  $6371km$ 。地球同步轨道为半径为  $42164km$ ，求存在能连接到对地静止卫星的最北地球站的经、纬度。**

解：

仰角计算公式

$$El = \sqrt{R^2 + a_{GSO}^2 - 2Ra_{GSO} \cos b}$$

最小仰角  $5^\circ$

$$\sigma_{min} = 90^\circ + El_{min}$$

卫星到地球站以及卫星到地心两条射线之间的夹角  $S$

$$S = \arcsin\left(\frac{R}{a_{GSO}} \sin \sigma_{min}\right) = 8.657^\circ$$

地球中心到地球站的半径与地球中心到子卫星点半径的夹角  $b$

$$b = 180^\circ - \sigma_{min} - S = 180 - 95 - 8.657 = 76.343^\circ$$

$$b = \arccos(\cos B \cos \lambda_E)$$

地球站与子卫星点的经度差  $B$

$$B = \arccos\left(\frac{\cos b}{\cos \lambda_E}\right)$$

纬度  $\lambda_E$ ，经度差  $B$ ，夹角  $b$  的关系

$$\cos(B) \cos(\lambda_E) = \cos(b) = 0.236^\circ$$

可见赤道上地球站能见度极限最大，随着纬度上升，能连接到卫星的可能性越低。纬度  $90^\circ$  时，等式不成立， $B=0$ ，即卫星与地球站经度差为零时，允许地球站链接的纬度最高，为  $76.343^\circ$ 。

综上，得到能连接到对地静止轨道卫星的地球站的最高纬度和相对经度分别为  $\pm 76.343^\circ$  和  $0^\circ$

**3-5 已知某对地静止卫星与一个地球站能进行直线通信，求他们的最大经度差，假设地球站最小仰角为  $5^\circ$ ，同时计算地球站的纬度。**

解：

若存在最大经度差，地球站一定在赤道上，纬度为  $0$ 。

$$S = \arcsin\left(\frac{R}{a_{GSO}} \sin \sigma_{min}\right)$$

$$b = 180^\circ - \sigma_{min} - S = 76.34^\circ$$

$$B = \arccos\left(\frac{\cos b}{\cos \lambda_E}\right) = \arccos\left(\frac{\cos 76.34^\circ}{\cos 0^\circ}\right) = 76.34^\circ$$

$$B = \phi_E - \phi_{ss} = 76.34^\circ$$

所以最大经度差为  $76.34^\circ$ ，地球站在赤道上，纬度为  $0$

### 3.6 某地球站西经 $100^\circ$ ，北纬 $35^\circ$ ，求西经 $67^\circ$ 卫星天线视角

解：

$$\phi_{ss} = -67^\circ \quad \phi_E = -100^\circ \quad \lambda_E = 35^\circ$$

$$B = \phi_E - \phi_{ss} = -33^\circ$$

$$b = \arccos(\cos B \cos \lambda_E) = 46.61^\circ$$

$$A = \arccos\left(\frac{\sin |B|}{\sin b}\right) = 48.547^\circ$$

方位角  $A_z = 180^\circ - A = 131.453^\circ$

求出卫星到地球站的距离  $d$

$$d = \sqrt{R^2 + a_{GSO}^2 - 2Ra_{GSO} \cos b} = 38069.5km$$

求仰角

$$El = \arccos\left(\frac{a_{GSO}}{d} \sin b\right) = 36.404^\circ$$

### 3.8 地球站东经 $65^\circ$ 度，北纬 $35^\circ$ 度，卫星东经 $19^\circ$ 度，求天线视角

解：

$$\phi_{ss} = 19^\circ \quad \phi_E = 65^\circ \quad \lambda_E = 35^\circ$$

$$B = \phi_E - \phi_{ss} = 46^\circ$$

$$b = \arccos(\cos B \cos \lambda_E) = 55.32^\circ$$

$$A = \arccos\left(\frac{\sin |B|}{\sin b}\right) = 28.99^\circ$$

方位角  $A_z = 180^\circ + A = 208.99^\circ$

求出卫星到地球站的距离  $d$

$$d = \sqrt{R^2 + a_{GSO}^2 - 2Ra_{GSO} \cos b} = 38893.43km$$

求仰角

$$El = \arccos\left(\frac{a_{GSO}}{d} \sin b\right) = 26.94^\circ$$

**3.11 地球站仰角  $5^\circ$ ，美国本土的纬度范围 25 到 49；经度范围-130 到-70。将美国本土建模为填充满该区域的长方形，求该对地静止轨道卫星覆盖美国本土所需要的的对地静止轨道弧度。**

地球站仰角 5 度，得到

$$\sigma_{min} = 90^\circ + El_{min}$$

$$S = \arcsin\left(\frac{R}{a_{GSO}} \sin \sigma_{min}\right) = 8.657^\circ$$

$$b = 180^\circ - \sigma_{min} - S = 180 - 95 - 8.657 = 76.343^\circ$$

$$\cos(B) \cos(\lambda_E) = \cos(b) = 0.236$$

$\lambda_E = 25^\circ$  时, 可见经度差  $B = 74.9^\circ$

$\lambda_E = 49^\circ$  时, 可见经度差  $B = 68.9^\circ$

为求能覆盖美国本土的轨道范围，两个边界条件：

1. 最东边的卫星能联系到西边纬度最高的地球站  $-130 + 68.9 = -60.9^\circ$

2. 最东边的卫星能联系到西边纬度最高的地球站  $-70 - 68.9 = -138.9^\circ$

所以西经 138.9 度到西经 60.9 度一定能覆盖美国本土。由于美国本土并不是严格的长方形，所以最后的准确范围与上面这个估计值范围不同，是西经 55 度到西经 136 度。

**3.18 某国家边界近似三角形，前经后纬 A(39,33.5),B(43.5,37.5),C(48.5,30)，天线最小仰角  $5^\circ$  某卫星在该国任何地方都可见，求能见度极限。**

地球站与子卫星点的经度差  $B$

$$B = \arccos\left(\frac{\cos b}{\cos \lambda_E}\right)$$

A 点 (39,33.5):  $B = 73.56^\circ$

B 点 (43.5,37.5):  $B = 72.69^\circ$

C 点 (48.5,30):  $B = 74.186^\circ$

三者能见度范围取交集：

能见度极限东经  $112.56^\circ$  到西经  $25.686^\circ$

**7.1 描述 TT&C，他是空间部分还是地面部分呢？**

空间部分

TT&C 三个功能，遥测，遥控和跟踪。设备有卫星上的 TTC 子系统，也有专门的地面设施。

**7.7 描述位置保持中的东西和南北位置保持机动。解释位置保持必须达到的角容限**

东西位置保持机动：地球的赤道椭圆率会使得对地静止卫星沿轨道向  $+75$  和  $-105$  两个固定点缓慢偏移。为应对偏移，通过喷射器将一个反向速度分量施加卫星上，使卫星恢复到额定的轨道位置

南北位置保持机动：由于太阳和月球的重力牵引，卫星轨道倾角发生变化，适时启动喷射器使倾角为零

角容限：经度角容限  $\pm 0.05^\circ$  与发射频率有关 纬度角容限  $\pm 0.5^\circ$

### **7-18 定义和解释 1dB 压缩点，相对于 TWTA 工作点的重要性**

TWT 在输入功率较低时，输出功率与输入呈线性关系，输入功率较大时输出功率饱和。以饱和点作为 0dB 参考点，输入功率达到 1dB 该点输入输出功率达到 1dB 压缩点。1dB 压缩点区分了线性区域和非线性区域，划分了热噪声的限制区域。描述了 TWT 的功率转移特性。

为了减小互调失真，TWT 工作点必须接近移到曲线的线性部分

### **8-1 解释 DBS 业务，与 C 频段卫星电视的不同**

DBS(direct broadcast satellite) 是直播卫星电视业务。在 Ku 频段，家庭电视接收机能直接接收广播。

与 C 卫星电视的不同：室外装置的工作频率不同。由于频率上升，DBS 天线尺寸更小。

### **8-2 极化交错的意思，ku 频段 32 个电视信道的分配**

12.2GHz 到 12.7GHz 下行频带跨度 500MHz，可容纳 32 个信道，每个信道 24MHz，一定会有信道间重叠，交叠产生左旋圆极化和右旋圆极化或者垂直/水平极化，可以把干扰减少到可以接受的程度，这个叫极化交错。接收喇叭要求极化岂可以通过室内控制单元切换成期望的极化。

可能的的方法是 12.2GHz 到 12.7GHz, 从 12.36GHz 开始每隔 16.13MHz 作为一个频段的中心频率, 两边频率各扩展 12MHz, 从而得到中心频率均匀排列的 32 个频段，在两个相邻频段之间有频谱交叠，在交叠的频段使用极化交错技术，使两个载波极化失配。在天线原理中，两个垂直的线极化电磁波失配因子为 0，水平极化天线不能接受垂直极化的电磁波。从而配置两个天线的极化方向即可减少其他频段电磁波的影响。