

毛主席提出“我们也要搞人造卫星”的伟大号召实现了！

## 我国第一颗人造地球卫星发射成功

卫星重一百七十三公斤，用二〇·〇〇九兆周的频率，播送《东方红》乐曲

这是我国人民在伟大领袖毛主席和以毛主席为首 [REDACTED] 的党中央领导下，高举“九大”团结、胜利的旗帜，坚持独立自主、自力更生方针，贯彻执行鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线，以实际行动抓革命，促生产，促工作，促战备所取得的结果

这是我国发展空间技术的良好开端，是毛泽东思想的伟大胜利，是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利，是无产阶级文化大革命的又一丰硕成果

中国共产党中央委员会向从事研制、发射卫星的工人、人民解放军指战员、革命干部、科学工作者、工程技术人员、民兵以及有关人员，表示热烈的祝贺

新华社四月二十五日讯 新闻公报

我们的伟大领袖毛主席提出：**我们也要搞人造卫星**。在全国人民迎接伟大的七十年代的进军声中，我们怀着喜悦的心情宣布：毛主席的这一伟大号召实现了！一九七〇年四月二十四日，我国成功地发射了第一颗人造地球卫星。

卫星运行轨道，距地球最近点四百三十九公里，最远点二千三百八十四公里，轨道平面和地球赤道平面的夹角六十八点五度，绕地球一周一百一十四分钟。卫星重一百七十三公斤，用二〇·〇〇九兆周的频率，播送《东方红》乐曲。

我国第一颗人造地球卫星发射成功，是中国人民在伟大领袖毛主席和以毛主席为首 [REDACTED] 的党中央领导下，高举“九大”团结、胜利的旗帜，坚持**独立自主、自力更生**方针，贯彻执行**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**总路线，以实际行动**抓革命，促生产，促工作，促战备**所取得的结果。

这次卫星发射成功，是我国发展空间技术的一个良好开端，是毛泽东思想的伟大胜利，是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利，是无产阶级文化大革命的又一丰硕成果。

中国共产党中央委员会向从事研制、发射卫星的工人、人民解放军指战员、革命干部、科学工作者、工程技术人员、民兵以及有关人员，表示热烈的祝贺。希望同志们更高地举起马克思主义、列宁主义、毛泽东思想伟大红旗，突出无产阶级政治，活学活用毛主席著作，不断提高阶级斗争、路线斗争觉悟，谦虚谨慎，戒骄戒躁，再接再厉，为进一步发展我国科学技术，加速社会主义建设，为人类做出更大的贡献而努力奋斗！

## 卫星通信

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 国际通信卫星Ⅲ号                | 1   |
| 国际通信卫星Ⅲ号的中继器            | 7   |
| 卫星通信用地面站的现状             | 8   |
| 卫星通信电路的设计               | 14  |
| 附：标准地面站电气性能一览表          | 28  |
| 地面站设备                   | 31  |
| 低噪声天线                   | 42  |
| 卫星通信系统中的天线操纵            | 52  |
| 宇宙通信用的天线驱动控制装置          | 63  |
| 卫星地面站接收机                | 67  |
| 采用非致冷参量放大器的超高频低噪声接收机    | 72  |
| 卫星通信地面接收装置中的超低噪声前置放大器   | 77  |
| 宇宙通信地面站用的致冷参量放大器        | 82  |
| 通信卫星地面站用的宽频带调制器和门限扩展解调器 | 86  |
| 卫星通信系统基本频带多路传输和转换的要求    | 92  |
| 装有自动跟踪天线的卫星接收装置         | 97  |
| 宇宙通信用的4千兆赫跟踪装置          | 113 |
| 4千兆赫角座标和极化跟踪接收机         | 118 |
| 氮致冷器                    | 124 |
| 卫星地面站的维修和备件             | 126 |
| 同步卫星的地面轨迹               | 130 |
| 山口卫星通信所的设施概要            | 136 |
| 富西诺地面站                  | 171 |
| 贡希利地面站的二号天线系统           | 173 |
| 日本胜浦电波跟踪所自动跟踪装置介绍       | 177 |
| 各国第一颗人造地球卫星比较表          | 13  |
| 人造卫星发射状况按年统计表           | 51  |
| 成功的人造卫星统计表              | 76  |
| 各型国际通信卫星比较表             | 172 |
| 地面站一览表                  | 181 |

# 毛主席语录

我們中华民族有同自己的敌人血战到底的气概，有在自力更生的基础上光复旧物的决心，有自立于世界民族之林的能力。

## 国际通信卫星 III 号\*

[日本] 齐藤高次

### 前 言

国际商业卫星通信组织 (Intelsat) 的卫星通信，在大西洋区域利用 1965 年 4 月发射的国际通信卫星 (Intelsat) I 号 (“晨鸟”)，在太平洋区域利用 1966 年 12 月发射的卫星 II 号。

该组织为了建立世界性的卫星通信网，确定了将 III 号卫星安置在大西洋、太平洋、印度洋上空的计划，并于 1968 年 12 月发射了大西洋上空的卫星 F-2，1969 年 2 月发射了太平洋上空的卫星 F-3 (以代替从前的卫星)，同时开展了业务工作。

1969 年 5 月，又在太平洋上空发射了卫星 F-4 替代 F-3，6 月下旬将卫星 F-3 移置在印度洋上空。因此，通过上述三个卫星即可完成国际商业卫星通

信机构想要建立的全球性系统。

### 1. 国际通信卫星 III 号概况

国际通信卫星 III 号的外形，如照片所示为圆筒形。上部装有无方向性天线及机械回旋天线。圆筒的外侧是太阳电池的配电盘，内侧装有中继器、电池、喷射槽、远地点发动机等。图 1 为国际通信卫星 III 号的内部结构。

圆筒的直径为 140 厘米，高度 (包括天线) 为 200 厘米。为了减轻重量，材料多用铝和铝合金；需要增加强度的地方，使用了钢材。

III 号卫星总重 282 公斤，其中圆筒底部的远地点发动机就占去了 160 公斤 (燃料 140 公斤)。

表 1 列出了该卫星的大概性能。中继能力为 1200 路多路电话信号，或者 4 路彩色电视信号。

表 1 国际通信卫星 III 号的性能概况

|                 |  |
|-----------------|--|
| 通信容量            | 1200 路双向电话或 4 路电视  |
| 频 率             | 上行无线电微波接力<br>(接收) 5930~6420 兆赫<br>下行无线电微波接力<br>(发送) 3705~4195 兆赫 |
| 中继器带宽           | 225 兆赫   |
| 总 增 益           | 约 130 分贝   |
| 天 线 增 益         | 13.5 分贝  |
| 中 继 器<br>有效发射功率 | ≥22 分贝瓦  |
| 太阳电池容量          | 最初 0.1 年为 161 瓦，5 年后最小功率为 131 瓦                                  |
| 远地点发动机          | 总重 160 公斤，燃料 140 公斤<br>$\Delta V = 1900$ 米/秒                     |
| 姿态、位置控制用喷气装置    | $\Delta V = 350$ 米/秒，最小脉动 180 克-秒                                |
| 卫 星 重 量         | 122 公斤 (远地点发动机除外)  |
| 尺 寸             | 直径 140 厘米，高度 200 厘米  |
| 自 转 率           | 65~120 转/分钟  |
| 设计寿命            | 5 年  |
| 发 射 火 箭         | 装有副油箱的改型 Sodelta 火箭  |



国际通信卫星 III 号

\* 译自“放送技术”，1969 年，№8，59~66 页。有删节。

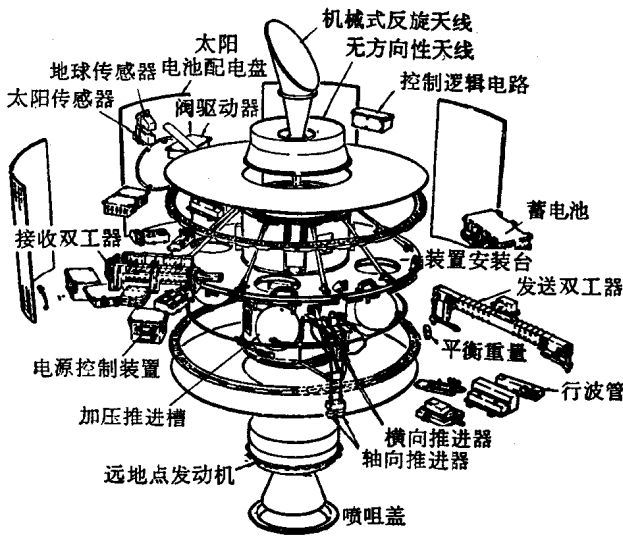


图1 国际通信卫星III号的内部结构

卫星接收用6千兆赫频带，发送用4千兆赫频带，并通过225兆赫带宽的两个中继器复盖了约500兆赫的通信频带。两只中继器仅是工作频带不同，结构是相同的。通信电路用的天线是球状射束反旋天线，遥测、指令用的天线是无方向性天线。

为稳定卫星本身的姿态，采用了自旋方式。电源除太阳电池外，还有镍-镉电池。

## 2. 姿态控制和位置控制

在通信卫星上，要求天线射束指向地球，或使太阳能电池的配电盘面对太阳。为此，必需控制卫星本身的姿态。另外，为把静止卫星保持在给定的位置上，需要位置控制。

### 2.1 姿态控制

国际商业卫星通信机构的I号至III号卫星，均

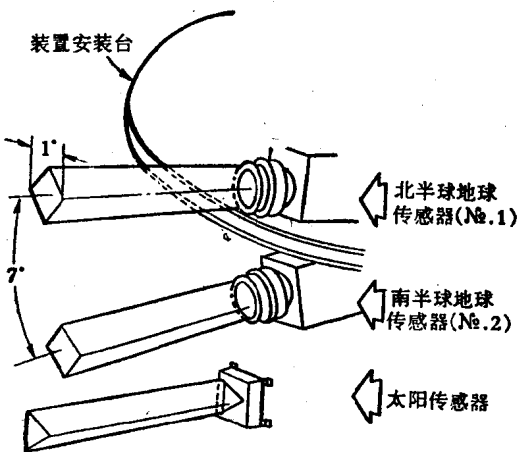


图2 地球传感器和太阳传感器

用自转稳定的方法进行姿态控制。这种方法是，使卫星象陀螺那样以一定的角速度自转，此时，由于转轴固定在宇宙空间的一定方向上，故安置姿态就能稳定。卫星离开火箭后即获得自转，自转轴在赤道同步轨道上同轨道面成直角，致使天线射束经常能够指向地球。

由于干扰转矩的影响，自转稳定卫星的自转速度在衰减，或者引起使自转轴倾斜的进动。这是由于指向性的锐方向性射束发生变化之故，所以，使用了喷气装置以改变自转轴。

### 2.2 传感器

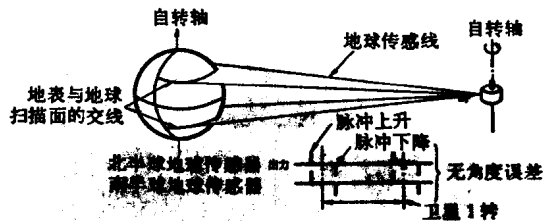
这是检测卫星姿态是否正常的装置，在国际通信卫星III号上使用了地球传感器和太阳传感器。

#### 2.2.1 地球传感器

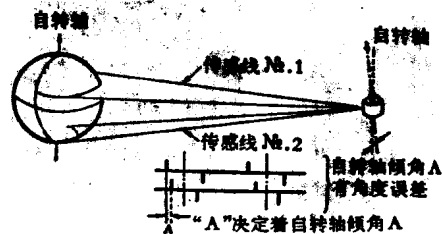
它是用来检测地球辐射的红外线及地平线的。国际通信卫星III号使用的传感器如图2所示。卫星主体的南北两侧各置一只传感器，并以7度的夹角分别扫描地球的南北。

自转轴与地轴的方向一致或不一致时，传感器的动作如下：

在图3(a)的情况下，两条传感线同时扫描地球的边缘，所以同时产生地球标准脉冲。若两个地球扫描面对称于赤道面时，则反旋天线正确地指向地球的中心。若象图3(b)那样，自转轴同地轴的方向不一致时，则反旋天线的射束方向不能正确地指向地球中心。这时，来自两只传感器的脉冲相位



(a) 姿态正确时



(b) 姿态不正确时

图3 地球传感器及倾角的检测

不吻合，在地面上测量此间隔并供给与此量成比例的修正推力，就可控制卫星的姿态。

### 2.2.2 太阳传感器

为地球传感器的辅助装置，主要用于转移轨道。

此传感器利用太阳方向作安置姿态的基准。在国际通信卫星Ⅲ号上，利用一对依据传感器方向与太阳方向之差变化的检测器的输出差来确定安置姿态。检测器使用太阳能电池。

### 2.3 位置控制

静止卫星因地球形状的影响在经度方向移动，又受月球、太阳引力的作用在纬度方向移动，因此，有必要把静止卫星保持在给定的位置上。

为了进行位置控制或姿态控制，卫星备有推进装置。国际通信卫星Ⅲ号的推进装置示于图4，它的结构是双重的，燃料用联氨。

为了调整纬度方向的变化，当卫星横穿赤道时，给一只轴向推进器连续点火，使轨道倾角为零。

经度方向的变化，即速度的调整，用脉动法进行。根据卫星横向推进器的点火计时和持续时间，可使卫星在轨道面上的速度加快或放慢。

### 3. 中继器

表2和图5分别示出了国际通信卫星Ⅲ号上中继器的性能概况和结构。

500兆赫的通信频带分为二部分。中继器由分

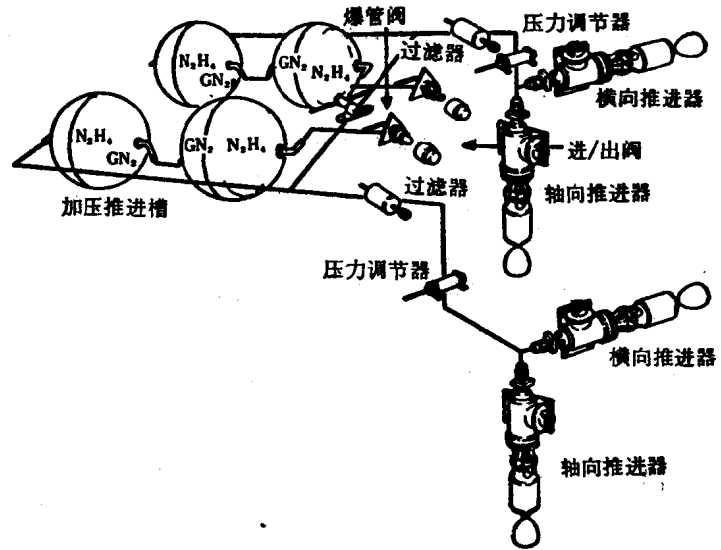


图4 联氨推进装置

成低频带和高频带的两个系统A、B组成。

表2 中继器性能概要

|              |             |
|--------------|-------------|
| 接收频率         | 5930~6420兆赫 |
| 发射频率         | 3705~4195兆赫 |
| 中继器总增益       | 约130分贝      |
| 1个中继器的有效发射功率 | ≥22分贝瓦      |
| 1个中继器的带宽     | 225兆赫       |
| 接收灵敏度        | 77.3分贝/赫    |
| 串音比          | 53分贝        |
| 3次交扰调制分量     | 10分贝(两个等幅波) |

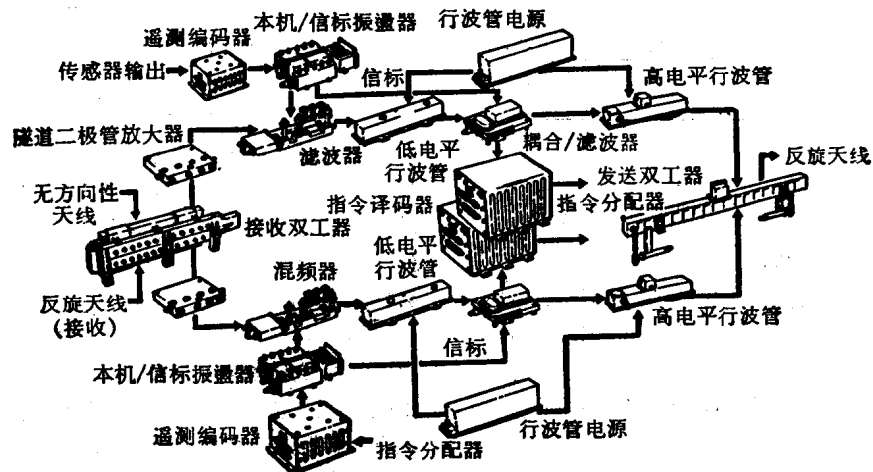


图5 通信、遥测、指令系统的结构

Ⅲ号卫星的中继器，除指令和遥测系统外，设计上是很简单的。一个中继器只有一个行波管。其主要部分概述如下。

### 3.1 接收双工器

接收双工器如图6所示，由单向滤波器和双工器组成。单向滤波器用来合成反旋天线的通信信号和无方向性天线的指令信号；而双工器则把通信信号分配给两个中继器。双工器还把具有图7所示振幅特性的指令信号（6175兆赫）均衡地分配给A、B两个中继器。

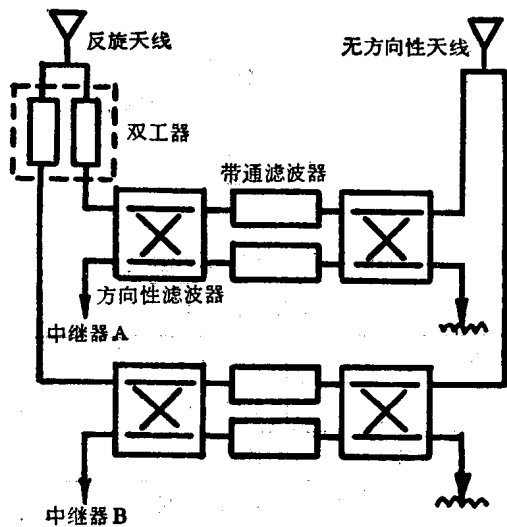


图6 接收双工器

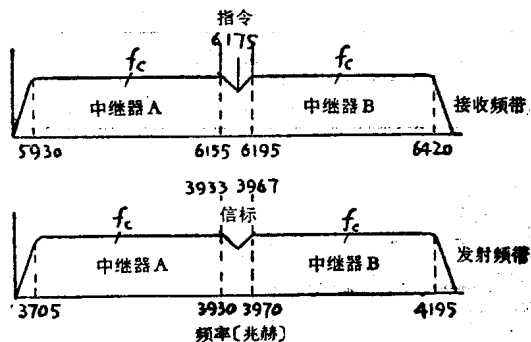


图7 通信信标频率配置及频率响应

### 3.2 隧道二极管放大器

此放大器应具有能接收微弱信号的优良性能。Ⅲ号卫星的噪声系数为5.3分贝，总增益为31分贝。

图8所示的2级结构中，装有延迟式自动增益控制，输入电平比普通电平高20分贝，而且工作在不饱和状态。

为了不致使温度变化影响增益，在偏压电路上

使用了热敏电阻，即使温度变化 $17^{\circ}\text{C}$ ，增益则可控制在0.2分贝以内。

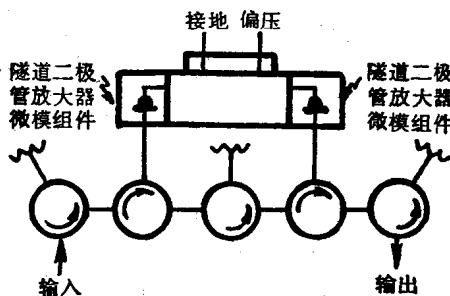


图8 隧道二极管放大器

### 3.3 功率放大器

由低电平行波管放大器和高电平行波管放大器组成，每个行波管都有高压电源装置。高电平行波管用的高压直流输出，用地上的指令信号来控制开关。当卫星电源的母线电压在23伏以下时，可自动切断功率放大器的电源。

图9是功率放大器的构成图。高电平行波管的输出功率为10瓦，用高频输出与直流输入之比为30%以下的低效率进行工作，可工作10万小时。在功率放大器上，应减少因振幅及相位的非线性所引起的交扰调制失真、调幅/调相变换失真等缺陷。

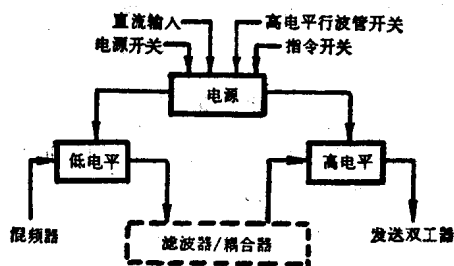


图9 行波管放大器的构成

## 4. 反旋天线

国际通信卫星Ⅲ号通信电路的天线，是所谓的反旋天线。它与卫星本身姿态控制的自转反方向旋转，天线的射束指向地球的中心。此天线用机械系统驱动。

### 4.1 漏斗形反射天线

如图10所示，漏斗轴与卫星转轴一致，漏斗前面的平板反射器与轴呈 $45^{\circ}$ 斜角。因此，电波在与轴成 $90^{\circ}$ 的方向上。用短的圆形波导管和无接触双频带旋转扼流凸缘接头同中继器连接。此天线的射束宽度为 $19^{\circ}$ ，射束在3.7兆赫上的增益为14分贝。 $19^{\circ}$ 射束虽比球形射束宽，但在设计时要考虑

到, 卫星寿命末期姿态控制准确度会恶化, 即使出现若干指向误差也无妨碍。

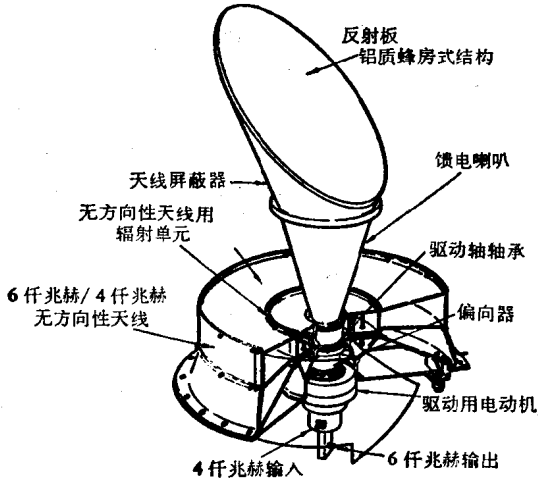


图 10 机械式反旋天线的结构

#### 4.2 反旋装置

使用的电动机是无整流滑环的非接触型同步磁滞式电动机。此电动机也是 1 转有 128 个脉冲的数字式电动机, 其转速为 100 转/分, 同一般电动机差不多。图 11 为反旋控制系统示意图。直接与天线轴连接的电动机轴上装有脉冲编码器, 提供表示天线轴旋转角度的数据 (天线位置脉冲)。如果天线未指向地面中心, 则卫星侧面地球传感器的输出脉冲同天线位置脉冲之间就出现时差 (图 12)。控制系统根据检出的时差控制电动机的转速和相位, 以便消除这一误差。

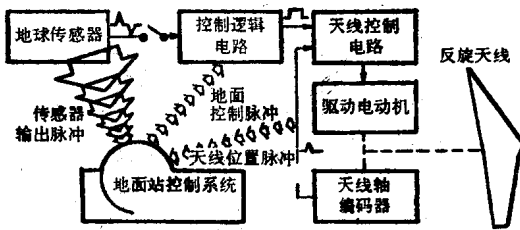


图 11 天线指向控制系统

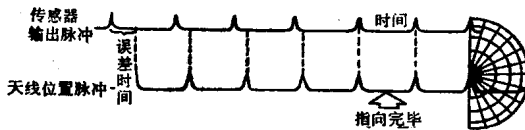


图 12 控制脉冲信号的时间关系

### 5. 遥测和指令

为了充分利用卫星本来的性能, 必须监视卫星各装置的工作状态, 必要时还要进行控制。监视由

遥测系统担任, 控制由指令辅助系统担任。由于各种遥测信息载于信标上, 故通过接收信标可监视卫星状态, 并可了解卫星的位置、距离及速度等, 也能取得修正轨道的信息。

#### 5.1 遥测

卫星内各种装置的工作状态及其他各种数据, 通过下列四种电信号送来:

- (1) 表示卫星状态的模拟信息 (电源电压、本身温度)
- (2) 指令证实信号
- (3) 卫星识别信号
- (4) 实际时间数据
  - (a) 太阳传感器脉冲
  - (b) 地球传感器脉冲 №1
  - (c) 地球传感器脉冲 №2
  - (d) 天线位置脉冲
  - (e) 指令执行信号

用上述信号即可通过相位幅度调制/调频/调相系统调制若干副载波。图 13 所示为遥测装置的结构。

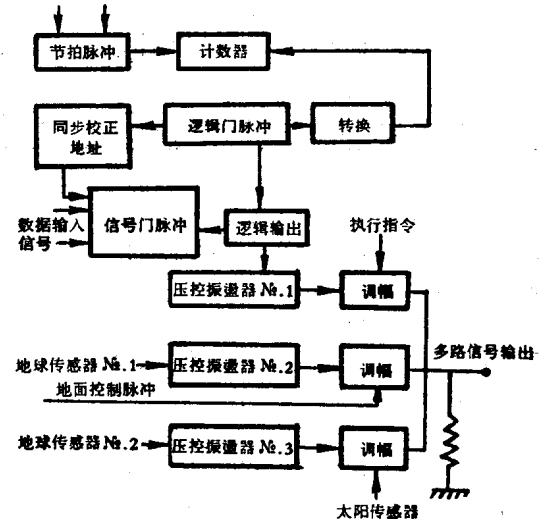


图 13 遥测编码器

#### 5.2 指令

卫星姿态控制及位置修正用的喷气, 以及行波管电压的开关等等, 均需要各种控制指令。指令辅助系统由高频耦合部分和指令译码器组成。耦合部分位于低电平行波管的输出端, 指令信号在此分离。指令信号分为准备、指令、执行三种信号。先发准备信号, 使译码器处于准备状态。接着, 指令信号被译码并储存起来。指令信号译码后, 仍通过遥测系统作为“指令证实信号”送回地面, 经检查、校对后, 地面站才发送执行信号。执行信号检测后,

各种指令才开始用于控制。

## 6. 电 源

要求体积小、重量轻、效率高、寿命长、可靠性好。由于宇宙空间的气压在  $10^{-10}$  毫米汞柱左右，容器需要严格密封。另外，卫星本身的温度范围为  $-70^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ ，在此情况下，电源也应能正常工作。

Ⅲ号卫星同时使用太阳电池和化学电池。

### 6.1 太阳电池

在地球周围的宇宙空间，太阳的光能是 2 卡/厘米<sup>2</sup>/分钟，即 1400 瓦/米<sup>2</sup>。利用此能量可用效率高的光电转换法。光电转换元件装在  $2\times 2$  厘米<sup>2</sup> 的金属薄板上，5 只一串联，然后再几组并联构成一个微型组件。组件的大小约为  $30\times 40$  厘米<sup>2</sup>，底板为蜂房式结构的铝板。表 3 所示为国际通信卫星Ⅲ号上太阳电池的性能。

表 3 Ⅲ号卫星太阳电池的规格

|             |     |                   |
|-------------|-----|-------------------|
| 输出          | 发射时 | 161.0瓦            |
|             | 五年后 | 131.0瓦            |
| 可靠性(5年后)    |     | 0.996             |
| 总面积         |     | 3.9米 <sup>2</sup> |
| 总重量         |     | 11.8公斤            |
| 配电盘数量       |     | 4                 |
| 元件数量        |     | 9648个             |
| 每配电盘的平均元件数量 |     | 2412个             |

太阳电池的缺点是长期使用后会老化，这一现象在宇宙空间更为显著。其原因在于太阳及宇宙的辐射线、宇宙尘埃、元件温度变化、太阳巨大光斑的影响等。

为了尽力防止太阳电池的老化，在元件上盖以石英，或者加盖滤光器，或者在元件表面涂复敷层。

### 6.2 化学电池

卫星进入地球背阴(日蚀)时，太阳电池不再工作，此时要用化学电池。卫星脱离日蚀时，太阳电池又开始工作，化学电池再充电。

表 4 所示是Ⅲ号卫星上化学电池的性能。这种电池充电效率高，耐过充电；几乎不排气，能密封，无需补充液体；液体是碱性液体，也不会腐蚀其他

表 4 Ⅲ号卫星化学电池的规格

|          |   |                               |
|----------|---|-------------------------------|
| 类        | 型 | 镍-镉                           |
| 容        | 量 | 6.0安培小时                       |
| 电        | 压 | 23.6~29.4伏                    |
| 平均放电电流   |   | 4.15安                         |
| 最大瞬时电流   |   | 60安                           |
| 可靠性(5年后) |   | 0.954                         |
| 电 池 数 量  |   | 20                            |
| 尺 寸      |   | 25.4×15.3×10.2厘米 <sup>3</sup> |
| 重 量      |   | 6.67公斤                        |

装置。产生的气体少，尤其适用于宇宙空间，把电池完全密封于真空中是没有问题的。

## 7. 卫星的发射和远地点发动机

卫星发射后，先在转移轨道上迥转几圈，然后在远地点上启动远地点发动机，之后进入静止轨道。图 14 所示为卫星发射后进入静止轨道的过程。

远地点发动机一般为固体燃料火箭，图 15 所示为其结构。

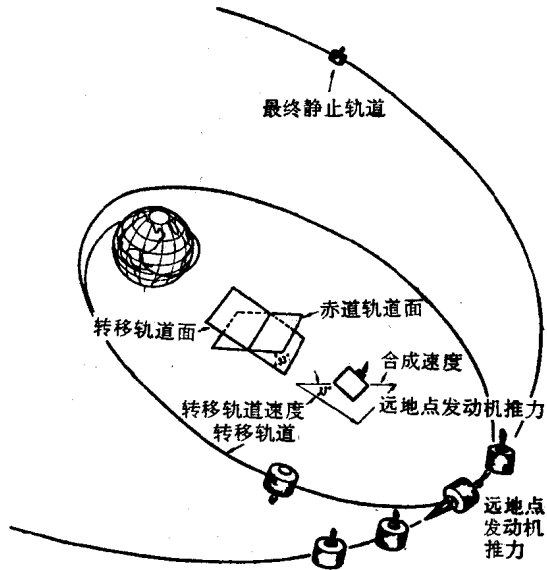


图 14 卫星发射至进入静止轨道的过程

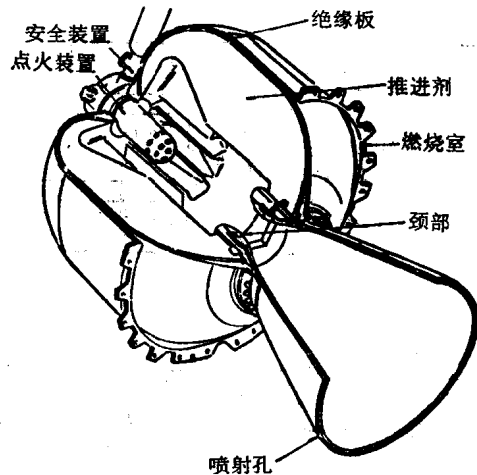


图 15 远地点发动机

卫星从转移轨道进入静止轨道时，由于转移轨道有倾角，因而转移轨道上卫星速度与远地点发动机产生的附加速度之合成矢量，应正好等于静止轨道速度，据此即可调整远地点发动机的推力方向。



# 国际通信卫星III号的中继器\*

[美国] F. A. Gicca

摘要：本文报导了国际通信卫星III号上二个中继器的一些转播数据：发射频段 3.705—3.930 千兆赫和 3.970—4.195 千兆赫；无线电遥测及自动跟踪用信标是频率为 3.967 千兆赫的调相信号；接收国际通信卫星III号信号的地面站天线直径在 85 呎以上，接收机的噪声温度为 55°K。国际通信卫星III号中三个卫星的方位分别在东经 174°（太平洋上空），东经 62.5°（印度洋上空）以及西经 31°（大西洋上空）。自动跟踪系统可以跟踪卫星至 0.04° 的任一微小移动。

国际通信卫星III号的总有效频带为 450 兆赫，由二个 225 兆赫宽的中继器配给。500 兆赫频带的 90% 配给卫星通信用。反旋天线和 6 瓦行波管放大器从每个中继器产生 +22 分贝瓦（158 瓦）的发射功率。这个功率和频带适宜于 4 路电视波道，或二个各自满载有 1200 路电话波道的载波，或相近于各自载有 24 路电话波道的 90 个多路载波，或任何一种等效的组合通信量。

晨鸟（国际通信卫星 I 号——译者注）计划的有效寿命是一年半，而国际通信卫星 II 号是 3 年，国际通信卫星 III 号固有的最低限度寿命为 5 年。这表明，从 1965 年到现在，电路年（Circuit-Years）几乎增长了 20 倍。这种增长主要是由于日益相信通信卫星元件的可靠性的缘故。虽然晨鸟的计划寿命仅为 18 个月，但在四年之后仍能良好地工作。下一次发射的通信卫星（国际通信卫星 IV 号）计划有 70000 电路年的寿命，超过了晨鸟 100 倍。

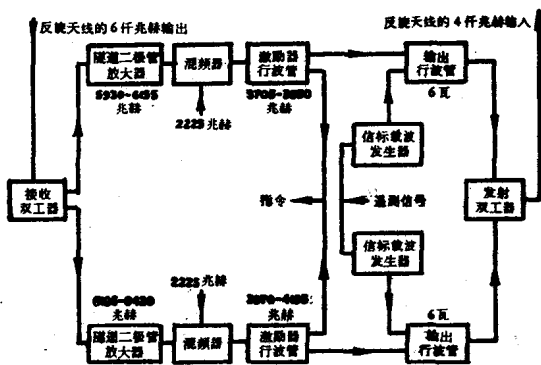
国际通信卫星 III 号通信部分的简化方框图见附图。从地面站到达卫星的通信信号在二个 225 兆赫带宽之中的一个，或者在 5930—6155 兆赫中，或者在 6195—6420 兆赫中。遗留下来的为二个 5 兆赫的外侧防护频带和一个 40 兆赫的中心防护频带。中心防护频带也能容纳多余的卫星指令信号。

信号经反旋天线接收之后，由一个滤波器双工器使其分离进入二个中继器波道频带。线性射频放大用串联的低噪声宽频带隧道二极管放大器来完成。到隧道二极管放大器的输入为 -65 分贝毫瓦，可以使行波管产生 6 瓦的饱和输出；中继器的净增益为 +103 分贝。

然后，信号在宽频带混频器中被 2225 兆赫进行下变频。所形成的二个波道是属于下接电路的，频带为 3705~3930 兆赫和 3970~4195 兆赫。

主射频放大由激励器功率行波管的级联对来完成。在每个激励器行波管之后其余部分的指令信号被滤除，并被清除出通信波道。遥测信号在二个信

标信号上被相位调制，然后检入到前面的 6 瓦功率行波管的 40 兆赫中心防护频带中。这些多余的信标信号可以让地面控制站跟踪进入轨道的卫星。放大到 6 瓦电平之后，二个中继器波道在发射双工器中重新混合，并由反旋天线发射。



附图：国际通信卫星III号的简化方框图

国际通信卫星III号的方框图是人为地简单化了。卫星只有在其容量被它的发射功率限定以及有效利用频带限定时才有效。前者通常受卫星的重量（以及随之而来的成本）的限制，后者受频带分配约束（现为 500 兆赫）的限制。这表明了，此系统在经济上不允许由卫星引起任何重大的质量恶化。这意味着，中继器的全部失真必须极低，最典型者为 56 分贝的信噪比，这决非如这样一个宽频带中继器那样简单。

在中继器中主要的失真源包括：1. 可懂串话（中继器中任意的幅度变化使调频转变为调幅，同时行波管使其变回到调频，这对原始信号是可懂干扰）；2. 延迟失真（是因相位线性不够而产生的，使一些频率的延迟比另一些大，产生了一个失真信号）；3. 多载波之间的互调（主要是由行波管的幅

\* 摘译自“Electronics World”，1969年8月，44~46页。

# 卫星通信用地面站的现状\*

[日本]富田正义 永田秀夫

## 前言

1965年4月,首次用大西洋上空国际通信卫星I号(即“晨鸟”)的卫星通信电路进行商业通信时,卫星通信用的地面站只有美国的安多佛站、英国的贡希利站、法国的帕洛马站、西德的莱斯汀站,还有稍迟一些的意大利富西诺站而已。

从1966年12月起,太平洋上空的国际通信卫星II号的商用电路开始使用,相应的地面站初期只有美国的布鲁斯特站、夏威夷的跑马鲁站、日本的茨城站等三个地面站,而且各站的电气特性也各不相同。

其后,随着卫星通信电路使用技术的确立、电路可靠性的提高以及对其重要性的认识,各国开始了地面站的建设工作。

另一方面,国际商业卫星通信组织(INTELSAT)制订了世界卫星通信网的建设计划,规定了国际通信卫星III号的规格并进行其制造,同时还决定了对应地面站的性能。

截止1969年7月,利用国际通信卫星的地面站共计28个,其中16个站利用大西洋卫星,9个站利用太平洋卫星,3个站利用印度洋卫星。

### 1. 国际商业卫星通信组织的标准地面站

国际商业卫星通信组织规定的标准地面站的详细特性,参看文献<sup>[1]</sup>。特性中最重要的项目是G/T(天线在接收频率上的增益与接收系统的噪声温度之比)。由此设计卫星电路时,即可决定卫星需要的输出。根据地面站的G/T,可决定卫星的电路容

量。假若地面站的 $G/T \geq 40.7$ 分贝,那么,国际通信卫星III号的电话通路容量为1200路。

决定着G/T的天线大小,表示了地面站性能的大致情况,所以,表1至表3的地面站一览表中,也列出了天线的直径。

下面略提一下地面站的经济问题。图1是电话通路的年平均经费与通路数的情况<sup>[2]</sup>。可以看出,随着通路数量的增多,大型站在经济上更加合算。

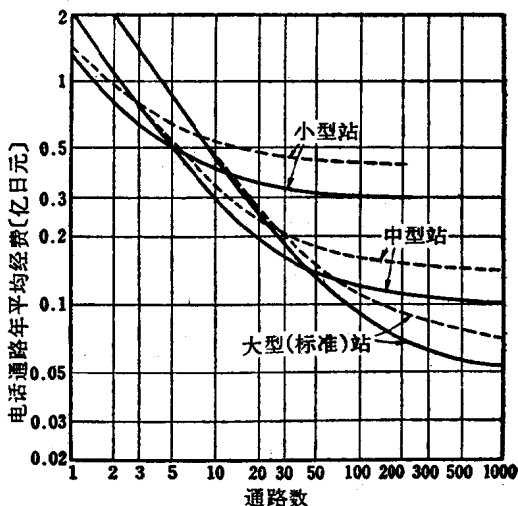


图1 静止卫星通信的通路数与年平均经费的关系

实线: 每年使用费 500 万日元  
虚线: 每年使用费 700 万日元

\* 译自“放送技术”,1969年,№8,67~71页。有删节。

度非线性,加上地面站上的幅度非线性所引起的);

4. 多载波之间的幅度串话(多载波形成一个改变幅度的混合信号,行波管的调幅-调相特性又把此混合信号转换成一个干扰信号)。

除非极其当心,中继器的各个单元都能产生失真。用作双工器的微波滤波器必须有极高的带外衰减(以便消除能产生互调和幅度串话的信号),而

且在带内必须十分平坦(为了防止可懂串话),并有线性相位特性(以便防止延迟失真)。行波管是有效的(意即饱和运用),而且必须有一个低的调幅-调相特性(需要其工作在远离饱和点以下的线性部分)。中继器设计者的工作是:使这些失真源互相抵消,从而造出一个具有最低限度总失真的中继器。

表1 用太平洋卫星通信的地面站

| 站名               | 现状       | 天线直径<br>[米]  | 开始工作日期               | 位置                      | 备注              |
|------------------|----------|--------------|----------------------|-------------------------|-----------------|
| 茨城(日) №1<br>№2*  | 工作       | 22.0<br>27.5 | 1967年1月<br>1968年3月   | 东经 140°42'<br>北纬 36°42' | 在茨城高茨市附近        |
| 布鲁斯特(美)          | 工作       | 26.0         | 1966年12月             | 西经 119°41'<br>北纬 48°08' | 在斯波坎和西雅图之间      |
| 跑马鲁(美) №1<br>№2* | 工作<br>工作 | 26.0<br>29.5 | 1966年12月<br>1968年11月 | 西经 158°02'<br>北纬 21°40' | 还有12.8米的天线      |
| 詹姆士堡(美)*         | 工作       | 29.5         | 1968年12月             | 西经 121°39'<br>北纬 36°24' | 加利福尼亚州关特雷东南56公里 |
| 卡纳尔文(澳) №1<br>№2 | 工作<br>建设 | 12.8<br>29.6 | 1967年2月<br>1969年8月   | 东经 113°42'<br>南纬 24°52' |                 |
| 摩利(澳)*           | 工作       | 27.5         | 1968年5月              | 东经 149°49'<br>南纬 29°23' | 在悉尼以北           |
| 塔奈(菲律宾) №1*      | 工作       | 29.6         | 1968年4月              | 东经 121°17'<br>北纬 14°35' | 在马尼刺东48公里       |
| 萨勒契(泰国) №1*      | 工作       | 29.6         | 1968年4月              | 东经 100°56'<br>北纬 13°06' | 离曼谷80公里         |
| 香港 №1            | 建设       | 26.0         | 预定69年中               | 东经 114°13'<br>北纬 22°12' | Stanley 半岛      |
| 台湾 青山里           | 建设       | 30.0         | 预定69年中               | 东经 121°33'<br>北纬 25°09' |                 |
| 汉城               | 建设       | 28.0         | 预定70年初               | —                       |                 |

表注: №1、№2为天线代号。

\* 表示用Ⅲ号卫星通信的天线。

表2 用印度洋卫星通信的地面站

| 站名           | 现状 | 天线直径<br>[米] | 开始工作日期  | 位置                      | 备注          |
|--------------|----|-------------|---------|-------------------------|-------------|
| 山口(日)        | 工作 | 27.5        | 1969年7月 | 东经 131°33'<br>北纬 34°12' | 离山口市10公里    |
| 贡希利(英) №2    | 工作 | 26.0        | 1969年7月 | 西经 5°10'<br>北纬 50°03'   |             |
| 巴林           | 工作 | 27.0        | 1969年7月 | 东经 50°37'<br>北纬 26°04'  |             |
| 加迪鲁赫尔(印尼) №1 | 建设 | 27.5        | 预定69年中  | 东经 107°14'<br>南纬 6°31'  |             |
| 捷拉(科威特)      | 建设 | 30.5        | 预定69年中  | 东经 47°42'<br>北纬 29°41'  | 在科威特市以北46公里 |
| 莱斯汀(西德) №2   | 建设 | 28.5        | 预定69年中  | 东经 11°07'<br>北纬 47°54'  |             |
| 塞杜纳(澳)       | 建设 | 29.6        | 预定69年中  | 东经 122°42'<br>北纬 32°07' |             |
| 富西诺(意) №2    | 建设 | 27.5        | 预定69年中  | 东经 13°36'<br>北纬 41°58'  | 罗马以东10公里    |
| 阿尔维(印)       | 建设 | 27.5        | 预定70年初  | 东经 73°57'<br>北纬 19°09'  | 在普纳以北80公里   |
| 萨勒契 №2       | 建设 | 29.6        | 预定70年中  | 东经 100°56'<br>北纬 13°06' |             |
| 布特拉哥(西班牙) №2 | 建设 | 28.0        | 预定70年中  | 西经 3°36'<br>北纬 41°00'   |             |

表3 用大西洋卫星通信的地面站

| 站名                | 现状       | 天线直径<br>[米]                 | 开始工作日期              | 位置                     | 备注             |
|-------------------|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------|----------------|
| 安多佛(美)            | 工作       | 口径<br>340米 <sup>2</sup>     | 1965年6月             | 西经 77°42'<br>北纬 44°38' |                |
| 埃当(美)             | 工作       | 29.5                        | 1968年10月            | 西经 79°44'<br>北纬 36°16' |                |
| 凯叶(美)             | 工作       | 29.5                        | 1968年10月            | 西经 66°07'<br>北纬 18°08' | 波多黎哥           |
| 莱斯汀 №1            | 工作       | 25.0                        | 1965年6月             | 东经 11°07'<br>北纬 47°54' | 慕尼黑西南32公里      |
| 帕洛马(法) №1<br>№2   | 工作<br>建设 | 口径340米 <sup>2</sup><br>27.0 | 1965年6月<br>1965年10月 | 西经 3°31'<br>北纬 48°47'  |                |
| 贡希利 №2            | 工作       | 27.5                        | 1968年11月            | 西经 5°10'<br>北纬 50°03'  |                |
| 阿森松岛(英)           | —        | 12.8                        | 1969年4月             | 西经 14°23'<br>北纬 5°57'  |                |
| 富西诺 №1            | 工作       | 27.5                        | 1965年6月             | 东经 13°36'<br>北纬 41°58' |                |
| 磨坊村(加拿大) №1<br>№2 | 工作<br>工作 | 25.9<br>27.5                | 1966年10月<br>1969年1月 | 西经 64°40'<br>北纬 44°11' |                |
| 布特拉哥 №1           | 工作       | 26.0                        | 1967年4月             | 西经 3°36'<br>北纬 41°00'  | 马德里以北80公里      |
| 加拿利(西班牙) №1       | 工作       | 12.5                        | 1968年7月             | 西经 15°36'<br>北纬 27°45' |                |
| 曼利匹拉(智利)          | 工作       | 29.5                        | 1968年7月             | 西经 71°24'<br>南纬 33°57' | 圣地亚哥以南         |
| 杜朗西诺(墨西哥)         | 工作       | 31.0                        | 1968年10月            | 西经 99°30'<br>北纬 20°10' |                |
| 乌蒂夫(巴拿马)          | 工作       | 29.0                        | 1968年9月             | 西经 79°20'<br>北纬 9°09'  | 巴拿马市以北48公里     |
| 巴尔卡尔塞(阿根廷)        | 工作       | 29.9                        | 1969年4月             | 西经 58°04'<br>南纬 37°52' | 布宜诺斯艾利斯以南400公里 |
| 唐关(巴西)            | 工作       | 30.0                        | 1969年2月             | 西经 42°46'<br>南纬 22°44' | 里约热内卢以北32公里    |
| 秘鲁                | 建设       | 30.0                        | 预定69年中              | —                      |                |
| 黎巴嫩               | 建设       | 30.0                        | 预定69年中              | —                      |                |
| 伊朗                | 建设       | —                           | 预定69年中              | —                      |                |
| 摩洛哥               | 建设       | 30.0                        | 预定69年中              | —                      |                |

表 4 1970 年及以后将要建成的地面站

| 1970年内计划完成的地面站 | 1971年以后计划完成的地面站 |
|----------------|-----------------|
| 站 名            | 国 名             |
| 头顿             | 尼日利亚            |
| 关丹(马来亚)        | 埃塞俄比亚           |
| 塔奈 №2          | 印尼 №2           |
| 香港 №2          | 赞比亚             |
| 米里加马(锡兰)       | 瑞典              |
| 卡拉奇            | 象牙海岸            |
| 加拉加斯(委内瑞拉)     | 塞内加尔            |
| 关岛 Apra 高地     | 阿尔及利亚           |
| 阿拉斯加           | 南非              |
| 加拿利 №2         | 刚果              |
| 奥克兰(新西兰)       | 苏丹              |
| 加买加            | 马达加斯加           |
| 喀土穆(苏丹)        | 以色列             |
| 吉达(沙特阿拉伯)      | 土耳其             |
| 雅典             | 南斯拉夫            |
| 阿斯马拉(埃塞俄比亚)    | 瑞士              |
| 马扎勒特山(东非)      | 荷兰              |
| 肯尼亚            |                 |
| 杜阿拉(喀麦隆)       |                 |
| 安曼             |                 |
| 波哥大            |                 |
| 基多(厄瓜多尔)       |                 |
| 新加坡            |                 |

## 2. 世界上的地面站

目前, 国际商业卫星通信组织正在使用的卫星有: 大西洋 III 型卫星 F-2, 太平洋 III 型卫星 F-4, 印度洋 III 型卫星 F-3。另外, 大西洋 II 型卫星 F-3, 太平洋 II 型卫星 F-2 及 F-4, 还有大西洋上空的国际通信卫星 I 号, 几乎还未利用。

表 1 所示为 1969 年 7 月同太平洋卫星通信的地面站, 包括已工作的和正在建设的。其中, 有 6 个站是同 III 型卫星 F-4 通信。在太平洋区域, 香港和台湾的地面站不久即将建成, 拟与 III 号卫星通信; 澳大利亚的卡纳尔文第 2 套天线预计在 1969 年 10 月份竣工。

表 2 所示为同印度洋卫星通信的地面站, 包括已工作的和正在建设的。日本和英国之间、巴林岛和英国之间, 已建立了通信电路。不久的将来, 印尼、科威特、西德、澳大利亚、意大利即在年内建成地面站。泰国的第二套天线和印度的地面站已开始建设, 预计在 1970 年完工。

表 3 所示为同大西洋卫星通信的地面站, 包括已工作的和正在建设的。秘鲁地面站不久将竣工。

计划筹建的地面站列于表 4。图 2 是世界地面站的分布情况。

## 3. 地面站的趋向

标准地面站的天线, 其直径过去多为 27~28 米。但最近逐渐出现了直径在 30 米以上的大型天线。这种倾向, 估计在以后的商业通信卫星, 即国际通信卫星 IV 号的年代, 将会继续下去。

此外, 最近正在建设中的地面站, 其倾向有如下特点:

(1) 天线多用喇叭形反射器馈电式卡塞格伦型。

(2) 天线与中央控制室的收发信号传输, 采用波导管的微波传输。

(3) 大功率放大器装有饱和输出为 6~8 瓦的行波管, 来放大电话及电视信号。此外, 有的用两个中等输出的行波管分别放大电话及电视信号, 然后用滤波器合成器合成输出。

(4) 接收系统的低噪声放大器, 所有的地面站均用氦致冷参量放大器。

(5) 天线的驱动多用电动机驱动系统。

最后, 介绍一个典型的地面站, 供参考。

### 詹姆斯堡地面站

天 线: 直径为 29.5 米的卡塞格伦天线

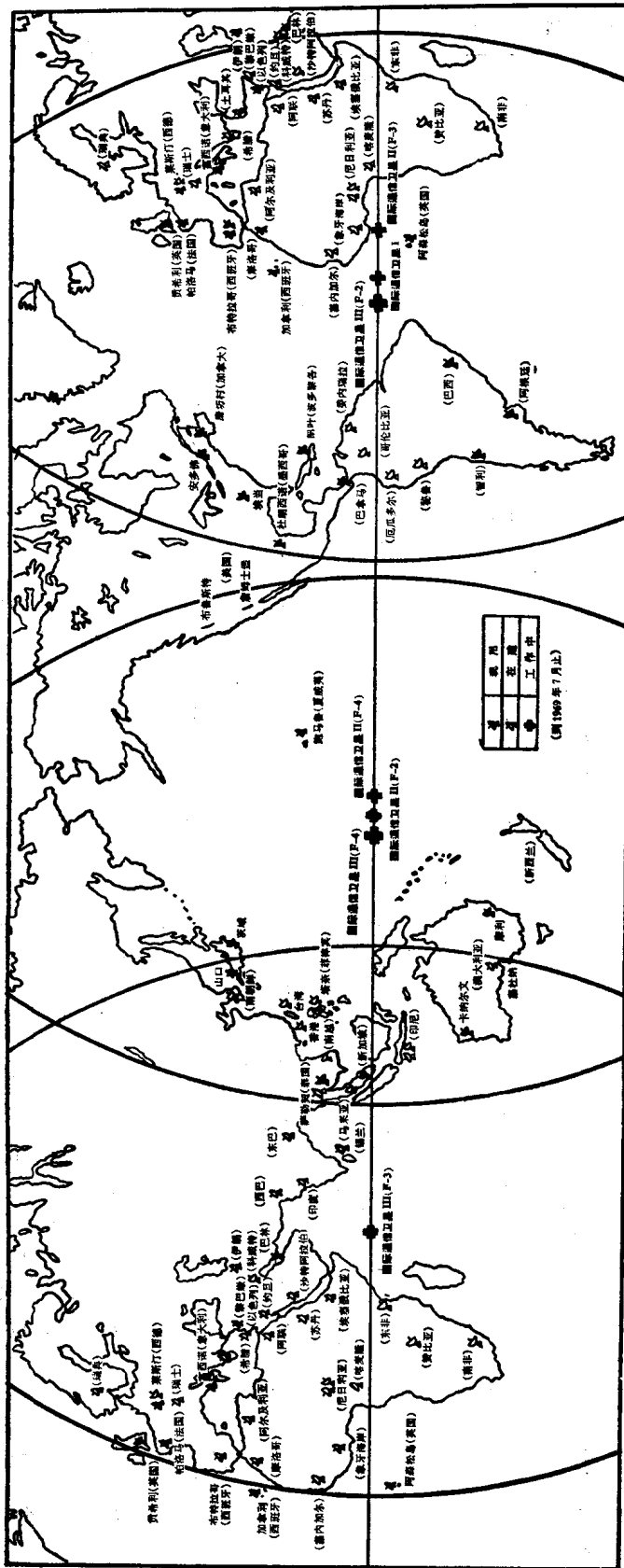


图 2 静止卫星的通信范围及各国地面站的准备状况  
(例 1969 年 7 月止)

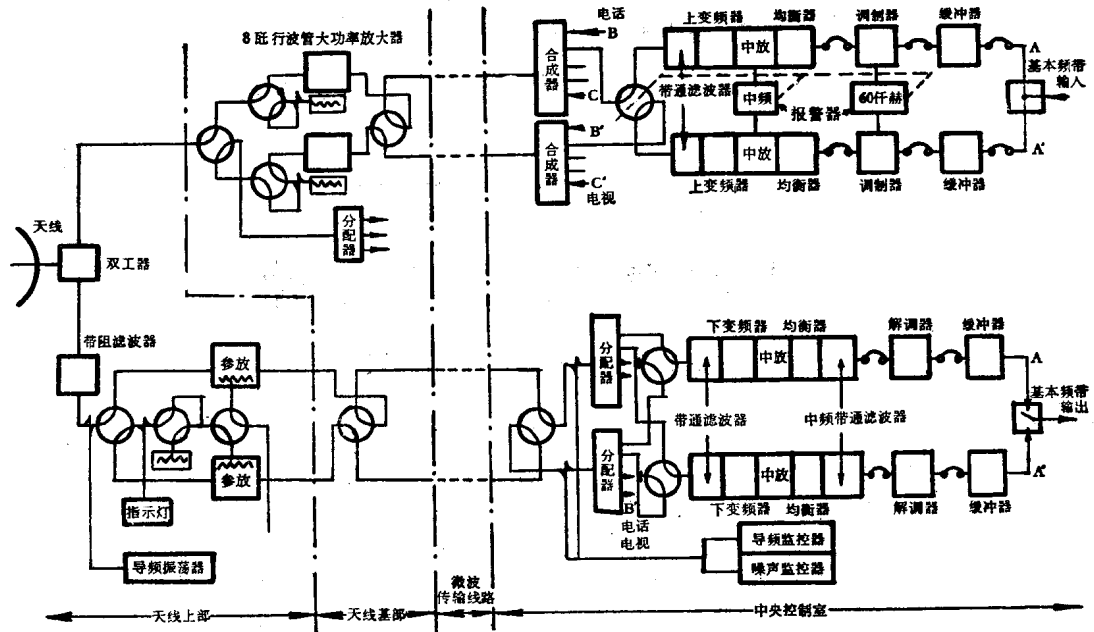


图3 詹姆斯堡地面站的组成

发射增益: 63.5 分贝  
 指向性: 全天  
 跟踪系统: 自动、手动  
 联络线: 约 200 公里  
 工作仰角: 11°  
 收发装置: 图 3

久的将来, 即可建成世界性通信网。

参考文献

- [1] 国际通信の研究; № 55, 昭 43—1, 58 ページ
- [2] [ 卫星通信工学; 官编, 36 ページ, 昭 44, 丸善。
- [3] ITU-Telecom. Journal; vol. 35, VIII/'68.
- [4] Comsat 资料; March, 69, 表 1~3。

结束语

近一二年, 建设了许多地面站。由此估计, 不

各国第一颗人造地球卫星比较表

| 国家 | 卫星名称   | 发射时间<br>(当地时间) | 重量<br>[公斤] | 近地点<br>[公里] | 远地点<br>[公里] | 运行周期<br>[分钟] | 倾角<br>[度] | 备注                    |
|----|--------|----------------|------------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------------------|
| 中国 | 人造地球卫星 | 1970.4.24      | 173        | 439         | 2384        | 114          | 68.5      | 以20,009兆赫的频率播送《东方红》乐曲 |
| 苏联 | 卫星—1   | 1957.10.4      | 83.6       | 228.5       | 946.1       | 96.17        | 65        |                       |
| 美国 | 探险者—1  | 1958.1.31      | 8.22       | 360.4       | 2531.4      | 114.80       | 33.34     | 用丘辟特III型火箭            |
| 法国 | A—1    | 1965.11.26     | 38.0       | 526.24      | 1808.85     | 108.61       | 34.24     |                       |
| 日本 | 大隅号    | 1970.2.11      | 9.4        | 351         | 5142        | 144.36       | 31.18     | 陀螺仪是美国货               |

另有加拿大、英国、意大利、澳大利亚、西德等国以及欧洲空间研究组织和北大西洋公约集团用美国的火箭发射过人造地球卫星或通信卫星。

# 毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

## 卫星通信电路的设计\*

[日本] 梶浦 颯 岩崎欣二

### 1. 前言

国际通信卫星Ⅱ号在太平洋地区开始商业通信以来，已有一年了。不久的将来，即可通过国际通信卫星Ⅲ号建立世界商业卫星通信网。在此期间，临时通信卫星委员会(ICSC)也明确了国际商业卫星通信机构(INTELSAT)标准地面站应具备的条件，还确定了利用国际通信卫星Ⅲ号进行卫星通信的线路参数。

本文将介绍标准地面站所需的各种条件，综述国际通信卫星的各种通信参数及其线路设计的各种条件。

设计卫星通信线路时遇到的关键问题，大体上分为两种。第一种是：卫星区间（从地面站经卫星到地面站）容许的线路标准值，以及这些值如何在地面站各设备和卫星中继站上进行分配的问题。第二种是：如何用发射功率和频带宽度给定的卫星中继站组成符合上述标准的线路，换句话说，就是如何有效地利用上述卫星中继站的问题。

关于第一个线路标准值问题，国际无线电通信谘询委员会(CCIR)确定了用于卫星线路的电话电路和电视电路的标准模拟线路，并给出了相应的噪声标准。而且，ICSC还规定了卫星发射功率的分配，以便电话电路能满足CCIR的规定。对于电视电路来说，有必要大幅度地增加卫星的发射功率，以满足CCIR的噪声标准。为满足图象质量要求，ICSC设置了三级标准（从最高的CCIR规定质量，至最低的“晨鸟”卫星图象质量），并合理地分配了卫星的发射功率，以满足所需的图象质量。

关于第二个问题，即卫星中继站的有效利用率问题，有两个方面：一个是在给定卫星中继站上尽可能通过较多的地面站发射波，即所谓多路通信问题；一个是由频率划分调制-调频系统构成线路时，寻求每一载波通信能最有效地利用卫星发射功率及

卫星带宽的调制度问题。关于多路通信问题，最适合的调制方式，包括时间划分多路传输制，目前正在研究<sup>[1]</sup>。寻求各载波最适合的调制度问题，以美国通信卫星公司(COMSAT)为中心进行讨论，来确定国际通信卫星Ⅱ号及Ⅲ号的各种通信参数，并以获取的结果为基础决定卫星发射功率的每一路利用单位，以及与各通路数有关的频偏量。为了有效地利用发射功率和带宽给定的卫星中继站，有必要在一定程度上统一地面站的特性。决定国际通信卫星Ⅱ号及Ⅲ号的通信参数时，地面站的标准，应是具有天线增益与系统噪声温度比( $G/T$ )符合规定的天线、低噪声接收机以及具有给定改善门限的调频解调装置。但是，要建造满足上述标准的地面站决非容易，设计地面站是个关键问题。

### 2. 标准地面站的特性

#### 1. 标准地面站的组成

地面站通常由下列装置组成：

- 1台或2台以上的天线
- 馈电系统
- 1台或2台以上的射频发射机
- 1台或2台以上的低噪声射频接收机
- 基本频带→射频变换装置
- 射频→基本频带变换装置
- 天线控制装置

为此，

(1)天线的数量由卫星系统及同时被使用的卫星数目决定。

(2)馈电系统应能满足接收和发射的500兆赫整个射频频带，并能对圆极化波和直线极化波进行转换。

\* 译自“国际通信の研究”，1968年，№55，42~59页。有删节。



(3) ICSC 决定使用静止卫星, 同时兼顾其他轨道的卫星。因此, 天线控制装置必须设计得既能适应静止卫星, 也能适应中等高度的卫星。

(4) 射频发射机及低噪声射频接收机各一台, 最好能在 500 兆赫的整个频带内正常工作。

(5) 基本频带-射频互换装置的数量与特性, 取决于给定的通信线路数量和类别。

## 2. 标准地面站的电气性能

标准地面站的电气性能示于附表。

标准地面站的电气性能分必备特性、推荐特性、自选特性三种。必备特性是为标准地面站规定的特性; 推荐特性是为有效利用卫星并考虑到地面站的发展而要达到特性; 自选特性是各通信地面站协商确定的特性。

## 3. 线路标准

### 1. 多路电话电路标准

#### A. 标准模拟电路

CCIR 确定由一对调制解调装置、收发装置及一个卫星中继站组成的卫星中继区间(图 1), 作为卫星电路的标准模拟电路。容许的电路噪声值规定如下:

(1) 1 小时平均值在 10000 微微瓦(估计值)以内。

(2) 1 分钟平均值是: 一个月内的 20% 不超出 10000 微微瓦(估计值); 一个月的 0.3% 不超出 50000 微微瓦(估计值)。

(3) 一个月的 0.03% 不超出 1000000 微微瓦(积分时间 5 毫秒, 无估计值)。

正如图 1 所示, 这个标准模拟电路的范围, 由地面站调制装置经卫星中继站到地面站解调装置。此区间的噪声有如下几种。

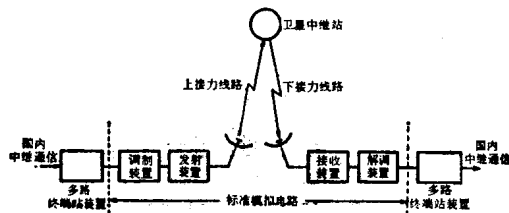


图 1 使用卫星的标准模拟电路

(1) 地面站收发装置的内部热噪声及交扰调制噪声。

(2) 卫星中继站内部热噪声造成的上接力线路的热噪声。

(3) 卫星中继站的交扰调制噪声。

(4) 地面站接收系统的噪声造成的下接力线路的热噪声。

(5) 地面其他微波通信系统对卫星通信系统的干扰噪声。

#### B. 标准值的分配

ICSC 对国际通信卫星 III 号进行的卫星电路噪声分配是: 1000 微微瓦为地面站收发装置的内部噪声, 1000 微微瓦为地面微波通信系统的干扰噪声。留下的 8000 微微瓦分配给上接力线路及下接力线路的热噪声和卫星中继站的交扰调制噪声。其中, 上接力线路的热噪声根据卫星中继站的噪声系数决定, 而卫星中继站的交扰调制噪声根据中继载波的数量决定。这三者之间的分配, 根据用于卫星电路的卫星种类而有所不同。表 1 列出了据国际通信卫星 II 号及 III 号算出的分配数值<sup>[3][4]</sup>。

表 1 噪声分配表

|                  | 国际通信卫星-II | 国际通信卫星-III |
|------------------|-----------|------------|
| 上接力线路热噪声 [微微瓦]   | 1500      | 1410       |
| 卫星交扰调制噪声 [微微瓦]   | 1600      | 2340       |
| 下接力线路热噪声 [微微瓦]   | 6400      | 4250       |
| 地面站设备内部噪声[微微瓦]   | 500       | 1000       |
| 其他微波系统干扰噪声 [微微瓦] |           | 1000       |

表注: 噪声值均为估计值。

分配给地面站收发装置的 1000 微微瓦, 如下所述, 再细分给各个装置。

卫星电路的特点虽是衰减非常少, 但遇下雨时, 地面站接收系统的噪声温度会增加, 所以, 电路噪声有所增加。若要满足 CCIR 的噪声标准, 必须使一个月占 0.3% 以上的降雨所增加的电路噪声, 低于 50000 微微瓦。ICSC 把 50000 微微瓦电路噪声的接收信号功率与噪声之比, 定为接收系统的门限电平。下面取 6 分贝的裕控边界(Rein Margin)作门限电平。所谓裕控边界, 就是正常接收状态下, 接收功率有所减少, 或者地面站接收系统的噪声温度有所增加时, 接收信号与噪声之比( $C/N$ )低于门限电平的数值, 用分贝表示。相应地, 接收载波的  $C/N$  值对规定门限电平的界限, 称为门限边界, 用分贝表示。和  $C/N$  有关的噪声, 除地面站接收系统噪声( $T_D$ )外, 还有上接力线路的噪声( $T_U$ )和卫星的交扰调制噪声( $T_{SI}$ ), 所以, 门限边界通常比裕控边界小。6 分贝的裕控边界是否适合 CCIR 的噪声标准, 要看各地面站的气候条件或者要看是否使用了