

# 走近业余卫星通信

——揭开业余卫星神秘面纱 开启业余卫星通信之旅

《监测时报》 Keith Baker, KB1SF/VA3KSF, kb1sf@amsat.org

国家无线电监测中心 翻译

## 关于作者

Keith Baker 于 1976 年首次获得业余无线电操作认证，呼号为 KB1SF/VA3KSF，持美国高级执照和加拿大高级执照，担任北美 AMSAT 组织前任主席和现任财务总监。1994–1998 年任 AMSAT 执行副总裁，1994–2003 年任 AMSAT 董事会成员。除《AMSAT 期刊》，在《ARRL 手册》《ARRL 卫星选集》《QST 杂志》《CQ 杂志》《CQ VHF》《CQ-Ham 电台（日本）》和《OSCAR 新闻（英国）》上也发表文章和图像资料。曾出版专著《How to Use the Amateur Radio Satellites》，该著作自 1990 年以来由北美 AMAST 组织出版数个版本，之后 Keith Baker 将此书的成果捐赠予世界其他 AMAST 组织。目前，该著作已被翻译成五种语言出版发行。

Keith Baker 现为《监测时报》撰写“sky surfing”季度专栏，并为北美 AMAST 组织的出版物《AMSAT: The First Forty Years》撰写部分内容，同时担任 ARRL 新版《卫星手册》编辑。现与妻子（KB1OGF/VA3OGF）、女儿 Emily 居住于加拿大安大略省科伦纳小镇。

## 引言

当前，卫星互联网、天地融合通信被普遍认为是未来 6G 网络的核心内容，全球掀起了卫星通信技术研究的新热潮。无线电爱好者利用卫星通信已有 60 余年的历史。美国著名无线电爱好者 Keith Baker 在《监测时报》上发表的《走近业余卫星通信》系列文章，是市面上为数不多较为系统的介绍业余卫星通信的相关著作。该系列文章涵盖了业余卫星通信的基本概念、搭建个人电台的实践经验、寻星和跟星的基本技巧等内容。

长期以来，国家无线电监测中心作为国家无线电管理技术机构，在深耕业务技术工作的同时，始终高度重视科普工作，推广科学知识、倡导科学方法、传播科学思想。在卫星通信重磅拓荒的当口，十余位专家悉心整理翻译完成该系列文章，供业余无线电爱好者交流，或者无线电技术工作者启迪参考使用。

译文所含信息的所有权、使用等归原发布平台《监测时报》所有。中文版可以在署名“国家无线电监测中心 翻译”的情况下转载。

## 目 录

1. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（一）
2. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（二）
3. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（三）
4. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（四）
5. 业余卫星线性转发器
6. 业余无线电和载人航天
7. 聚焦日本业余卫星通信
8. 聚焦 OSCAR-7 业余卫星
9. 聚焦 VUSAT OSCAR 52

1. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（一）

兴趣爱好的广泛涉及是业余无线电通信最显著的特点之一。如果你对其中某一类探索失去了兴趣，总会对其他新领域产生尝试的兴趣。六十年转瞬即逝，业余无线电新技术层出不穷，但业余卫星通信始终是最有趣的事。

刚开始接触业余卫星通信之前（爱好者们通常称业余卫星为“鸟”），了解如何发现和跟踪卫星是很重要的。作者发表系列文章旨在简要介绍跟踪和操作卫星的基本概念、业余无线电爱好者操作卫星通信的方式，并对如何开展业余卫星通信提供指导和帮助。对于初学者，本文将以太空实验室 AO-51 业余卫星为例（爱好者们称相对容易跟踪的通信卫星为 easier-to-operate 卫星，缩写为 EZ sats），带您走进最活跃、最精彩、最具挑战的业余卫星通信领域。

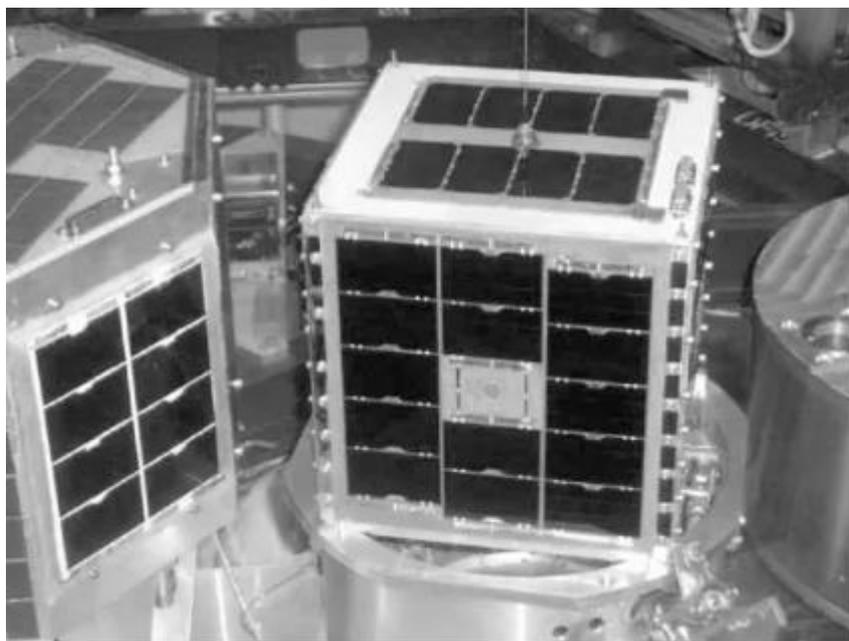


图 1 被称为“Echo”的 AO-51 放置在运载火箭前级  
地点：拜科努尔发射场。（AMSAT 提供）

爱好者们既会对利用无线电设备通过卫星收听信号或交谈感到神秘和敬畏，也会因为错误操作或者无法通信等问题产生担忧。早期，仅有一两颗业余卫星（OSCARs, Orbiting Satellites Carrying Amateur Radio）在轨运行，爱好者们需要花费大量时间和精力发现、跟踪卫星的运行轨迹。

截至 2010 年，轨道上已有 20 多颗活跃的业余卫星，国际空间站（ISS）在轨实验室也搭载了业余无线电设备，许多新一代的业余卫星正在研发或制造、测试中。可以肯定地说，现在利用业余卫星实现通信的机率比以往更大。

## 跟踪业余卫星

---

想要收听业余卫星或利用它进行通信，首先需要知道跟踪的卫星何时在地面站可视范围出现。目前，业余卫星爱好者们都可以接入互联网，直接通过数字终端跟踪卫星。

各种操作系统都有共享或付费的卫星跟踪软件，许多业余无线电网站还提供在线跟踪，跟踪卫星变得轻而易举。但精确掌握卫星运行轨迹，则需要爱好者对源于卫星运行轨迹的观测数据，熟练使用开普勒轨道根数（简称“Keps”）。北美防空司令部（NORAD）承担跟踪在轨卫星工作，并授权美国国家航空航天局（NASA）定期公布非涉密卫星轨道信息（信息按卫星编号排列，包含用于描述并确定卫星运动轨道的形状、大小、轨道面的空间位置以及卫星在其轨道上位置的参数）。现在，爱好者不需要掌握轨道力学（开普勒定律）的复杂细节，通过在卫星跟踪软件中输入所在位置的经纬度、当前时间和开普勒轨道根数后，程序将解决复杂的轨道运算，实现实时轨道预报和卫星跟踪。开普勒轨道根数会随时间变化而失效，因此可靠获取最新轨道根数是爱好者的首要任务。业余无线电网站大都会发布 Keps。例如，AMSAT 网站可以下载各种格式 Keps 文件，网址：[www.amsat.org/amsat-new/tools](http://www.amsat.org/amsat-new/tools)。对于 AO-51 和 ISS 这种容易跟踪的“EZ sats”而言，一些网站甚至会提供嵌入式在线跟踪功能，即输入地球站经纬度或 Maidenhead 区块坐标（Maidenhead Grid Square），就能提供被关注卫星进入地球站可视范围的时间信息。



图 2 Chuck Green (N0ADI) 正在做 AO-51 发射准备  
地点: 拜科努尔发射场 (N0ADI 提供)

## 信标

掌握被关注卫星进入地球站可视范围时间信息后, 下一步是接收该卫星信标。卫星信标大多包括一个或多个频率、幅度固定的信号, 主要功能是显示卫星在空间中自身位置, 以利地球站对卫星进行搜索、捕获和跟踪, 以及轨道测量。

卫星信标有莫尔斯电码, 各类数字信号等多种信号模式。一般情况下, 信标频率大多以固定功率在卫星下行频段的低端或高端发射。设置和校准地球站天线及其他设备时可作为绝佳参考值。

大多数卫星通过信标向地球站既发送卫星状态信息，又发送遥测信号，有些卫星还能够发送转发器时间信息。大多数 FM 卫星（包括 AO-51）的单通道下行链路就是信标本身。

## 转发器

---

通信卫星转发器是用于接收和转发卫星通信地球站发来的无线电信号，实现地球站之间或地球站与卫星之间通信的设备，可对接收的信号进行放大、变频，并再次发射回各卫星通信地球站或卫星，其功能类似于调频中继器。与地面调频中继器不同的是，大多数业余卫星转发器有严格对应的上下行频率，在完全不同的业余频段上接收和转发信号。简言之，业余卫星类似“挂在天上的变频中继器”。

卫星轨道运行使其转发的信号带有显著的多普勒效应。就像火车驶来时，鸣笛声的波长被压缩，频率变高，因而声音听起来纤细；火车远离时，声音波长被拉长，频率变低，声音听起来雄浑。通信期间，当卫星接近时，上、下行频率大于标称值；当卫星过顶后，上、下行频率逐渐降低。

例如 AO-51，采用弯管转发器，在某个频率上接收信号并即时在另一个频率上通过下行信号转发回地面。AO-51 搭载有不同类型的转发器，本文将以调频语音转发器为例，指导初学者进行业余卫星通信。

## 通信模式

---

业余卫星运行早期，常用一个或几个字母来表示卫星转发器的模式。例如，卫星的上行频率波长 2 米，下行频率波长为 70 厘米，则该卫星的工作模式被称为“模式 J”；上行频率波长 70 厘米，下行频率波长为 2 米，则称为“模式 B”。

目前，很多卫星都搭载了多模式的转发器，会出现类似用频段首字母的代号体系。例如，卫星的上行频率在 UHF 频段，下行频率在 VHF 频段，原来的“模式 B”变为“模式 U/V”。同理，原来的“模式 J”现在变成了“模式 V/U”。AO-51

的转发器上行频率波长 2 米，下行频率波长 70 厘米，属于“模式 V/U”或“模式 J”。



图 3 作者夫人 Kate Baker (KB10GF/VA30GF) 使用建伍 TH-78A 双频段对讲机和 MFJ 1717 扩展型“rubber duck”天线，通过 AO-51 开展通信。在卫星过顶时段，对讲机输出功率 5 瓦，能完成通信。

地点：密歇根休伦湖畔。

### 转发时间表

通常业余卫星管理者会提供转发时间表。例如，AO-51 有多个转发器，通信前核对时间表尤为重要。可在 AMSAT 网站 AO-51 主页查询，点击“查询时间表”链接并查找“FM 转发器”频率，网址：[www.amsat.org /amsat-new /echo / index.php](http://www.amsat.org /amsat-new /echo / index.php)。转发器大多转发的是 FM 语音，慢扫描电视 (SSTV) ，

低功率 (QRP) 调频或数字通信信号。通过查看时间表, 爱好者可以确定转发时间、发射频率、解调模式。此外, 在时间表中还能发现其他安排。例如, “大学卫星之夜”或 AO-51 的管理者何时调整卫星角度更好覆盖南半球等。

表 1 部分“EZ-sats” FM 卫星上、下行频率

卫星名称	上行	下行	备注
A0-51 (ECHO)	145.920MHz 145.880MHz	435.300MHz 435.150MHz	调频语音
A0-27 (Eyesat)	145.850MHz	436.795MHz	白天过境
S0-50 (SaudiSat 1-C)	145.850MHz	436.795MHz	需要 67Hz CTCSS 系统信 令

## 设备

开展业余卫星通信既不需要超级强大的 FM 收发信机, 也不需要大尺寸天线。爱好者有时仅用双频段对讲机和“rubber duck”天线就能成功实现业余卫星通信。“EZ sats”这类卫星 UHF 频段转发器下行输出功率很低 (通常小于 1 瓦), 爱好者可以采用提高天线接收增益的方式, 有效提升下行链路信号接收的成功率。

一些爱好者用金属衣架安装在木头上制作八木卫星天线。但大多数 AO-51 通信爱好者, 都在使用“Arrow II”型手持式卫星天线。



图 4 作者正用一台建伍 TH-78A 双频段对讲机和一副轻量化天线通过 AO-51 进行通信。在空旷、无遮挡的地带，只输出功率 5W 也能在 FM 卫星刚出现在地平面以上进行通信。

地点：密歇根州休伦湖畔 (KB1OGF 提供)

大多数业余卫星采用“全双工”传输通信方式，通信数据可以上行接收和下行转发同时传输，地球站采用这种方式通信同样便于通信传输。例如，全双工模式下，地球站发射的上行信号，可以立刻在下行链路接收。

即使没有全双工电台，爱好者仍然可以通过使用两部电台的方式开展卫星通信：一部电台向卫星发射上行信号，另一部电台接收卫星下行信号。如果天线接收增益高，甚至可以考虑使用对讲机或 VHF / UHF 频段扫描式接收机接收下行信号。

## 设置电台

为解决多普勒频移的影响，还需要考虑设置电台频率。如果电台有编辑存储功能，建议先存储一、两个略高于和稍低于卫星管理者发布的上下行信号频率，当卫星靠近和远离地球站时可以使用。

例如，AMSAT 网站发布的 AO-51 转发器下行信号频率 435.300 MHz，建议先编辑存储两个略高的频率 435.320 MHz、435.310 MHz 和两个稍低的频率 435.290 MHz、435.280 MHz；同样如果时间表中上行信号频率为 145.920MHz，建议先编辑存储上行信号频率略高的 145.925MHz、145.930 MHz 和稍低的 145.915 MHz、145.910 MHz。

类似地面中继器，部分 FM 卫星上行链路信号输入卫星转发器时，要求发送 CTCSS 系统信令。所以，在发射信号前，一定要明确通信卫星是否需要发送 CTCSS 系统信令。目前，AO-51 需要 67 Hz 的 CTCSS 系统信令。

随着频率的升高，多普勒频移效应更加明显。在运动的波源前面，波被压缩，波长变得较短，频率变得较高（蓝移 blue shift）；在运动的波源后面时，波长变得较长，频率变得较低（红移 red shift）。根据经验，波源速度越高，产生的多普勒效应越大。因此，在已设定频率上切换接收频率就能保证卫星靠近和远离地面站时持续接收下行信号。

**功率：多大就够了？**

---

功率大小是相对的，取决于使用同一转发器的用户数量、天线系统的上行增益，以及卫星过顶或刚出地平线时与地面站的距离。通常情况下，5 瓦功率的对讲机和本文图片中的天线能够在“无竞争”的条件下有效和 AO-51 通信。

“无竞争”是因为卫星更像是安装在 800 公里高塔上的地面中继器，因为一个卫星转发器只有一个频率，通信可能异常繁忙。用户数量不多时，5 瓦功率双频段对讲机和扩展型“rubber duck”天线足以在卫星接近过顶时实现快速通信，但周末可能 50 瓦发射功率电台配八木卫星天线都无法覆盖大功率上行信号。

**卫星覆盖区**

---

理论上卫星处于地平线时，可以实现通信，但需要更大功率的电台，更高增益的天线。“卫星覆盖区”是指卫星信号所覆盖地面的区域。对低轨卫星（LEO）而言，地

面上两点能同时观察到同一颗卫星的区域范围可能是整个北美的地理面积。

例如，美国东海岸的一些业余通信爱好者可以利用 AO-51 和西欧进行通信，或者在美国西海岸和夏威夷通信。但这种情况只有在一方处于卫星覆盖区边缘，而另一方处于覆盖区的另一边缘时才能成功，并且因覆盖区移动速度过快，无法维持稳定通信。极轨卫星通常有三次操作机会，可实现一天两次通信。过境时间（处于卫星覆盖区的时间）7-15 分钟不等，具体通信时长取决于卫星过境时，地球站是在覆盖区还是部分在覆盖区范围。很多卫星可以覆盖整个大西洋。一些卫星通信爱好者，使用厂家出售或自制的手持式八木天线，配合对讲机，在轮船甲板上实现通信。

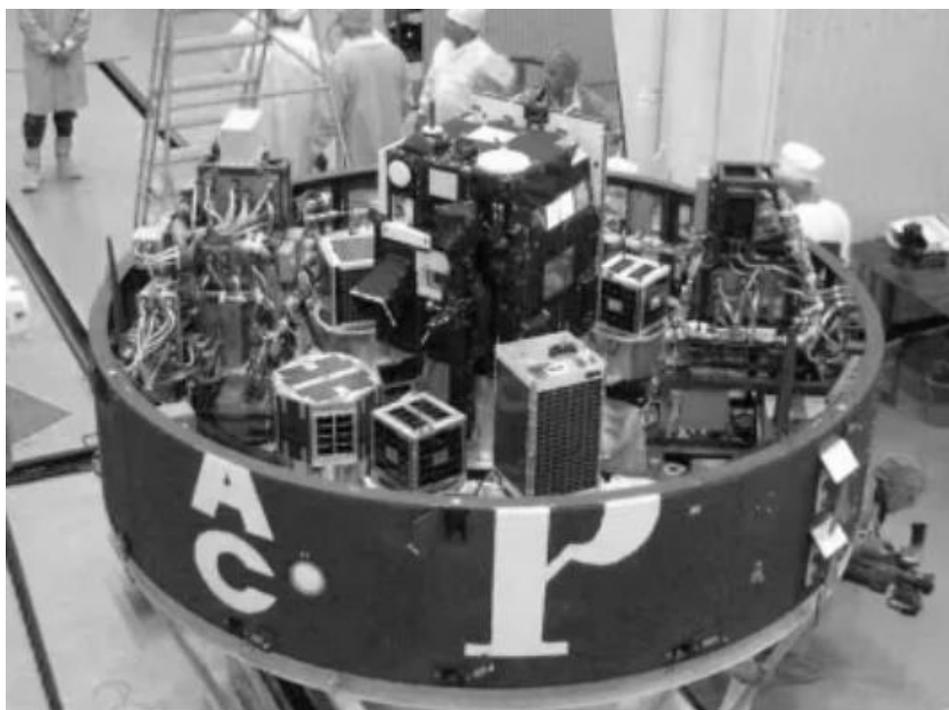


图 5 发射前夕，AO-51 和其他卫星置于运载火箭前级。AO-51 为图片下方的立方体卫星，两边是六棱柱形的意大利 UniSat-3 卫星和长方形 SaudiSat-2 卫星。（AMSAT 提供）

## 过境预测

访问 AMSAT 网站，可以下载 AO-51 过境时间在线预测数据，网址：

[www.amsat.org/amsat-new/tools/predic](http://www.amsat.org/amsat-new/tools/predic)。选择 AO-51，输入经纬度或 Maidenhead

区块坐标，点击“预测”按钮，过境时间（UTC）和过境方向就会呈现出来。点击 AO-51 位置链接，可以查看其基于地图的运行轨迹。

表格中缩写 AOS 表示“Acquisition of Signal”，指卫星第一次出现在地平线；LOS 表示“Loss of Signal”，指卫星消失在地平线。方位角和仰角都基于 360 度罗盘表示。观察运行轨迹发现 AO-51 会重复、规律地经过地球站所在位置。当卫星在近极地轨道（卫星轨道通过地球南北极）运行时，随着地球缓慢旋转，一天内卫星多次覆盖到地球上每个点。观察 AO-51 和其他极轨卫星的运行轨迹能发现卫星连续三次，每间隔 90 分钟从北向南或从南向北过境，一次偏东，一次接近过顶，一次偏西。12 小时后，相同的三次连续过境将从相反方向再次运行。第一次尝试业余卫星通信，先在列表中选择超过 45 或 50 度的卫星通信成功概率较大。



图 6 2004 年 6 月 29 日, AO-51 搭载的改造版俄罗斯 ICBM 火箭发射升空。

地点：拜科努尔发射场（AMSAT 提供）

收听什么？

根据 AOS 时间，在空旷地带打开电台，将其频率设置为稍高于所公布的卫星上、下行信号频率，然后等待卫星出现在地平面上。如果使用八木天线，在水平方向瞄准预测的 AOS 方向，前后水平移动天线，开启电台静噪，电台安静时，意味着爱好者能够收听到 800 公里外的 AO-51 了！

卫星不仅由于快速接近和远离导致多普勒频移，它在轨道上还会缓慢旋转导致交叉极化现象，信号会显著衰减。当卫星信号衰减或语音模糊时，尝试调高或调低下行频率、旋转或移动天线，获得更好的极化匹配。卫星过境时，可能听到业余无线电爱好者说“你好”，或者交换他们的 Maidenhead 区块坐标。大部分 AO-51 的对话都是类似于高频远距离通信（HFDX）的“你好-再见”，长时间占用上行链路在 FM 卫星通信中是不受欢迎地。

### **表演时间！**

---

使用全双工电台尝试业余卫星通信时，需要确保扬声器与麦克风分离。全双工模式下，当麦克风和扬声器距离很近会产生啸叫，并通过卫星传播！

准备好尝试卫星通信后，只需等待卫星语音暂停的瞬间，飞快按下呼号，注意避免发射 CQ 信号。等待在下行链路收听到自己发出的信号，表示爱好者已经建立起卫星通信连接。

### **附录：使用正确的天线**

---

一部电台，功能与价格成正比，爱好者并不需要投入过多资金成本，有些关于天线的小知识，可以帮助你更高效地与“EZ sats”通信。

“EZ sats”输出功率一般仅有 1 瓦多。为了延长卫星电池的使用寿命，卫星管理者经常将其下行输出功率降至 0.5 瓦以内。为了更高增益，特别是卫星通信位于地平线附近时，可以使用 VHF/UHF 垂直天线。另一种高可靠性的天线是 FM 卫星通信者使用的双频段可旋转 3~4 单元八木天线。当卫星从地平面出现时，将天线波束对准卫星并随之转动；当卫星过顶后，反转天线跟踪卫星，这种操作适用于卫星过境

俯仰角在 45 度左右时的情况。安装在方位俯仰旋转器上的高增益、3~4 单元八木天线适用于卫星过境全程通信。但与“EZ sats”通信时，并不需要这种天线。

**(编译：李英华、纽莉荣、戴慧玲、张宁)**

## 2. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（二）

### 业余卫星通信系统的基本组成

欢迎再次来到“开启业余卫星通信之旅”专栏。本人发表系列文章的目的是分享接收和应用不断发展壮大的 OSCAR（支持业余无线电的在轨卫星）系列卫星的实操方法，以帮助卫星操作初学者以及准初学者揭开业余卫星通信的神秘面纱。并对当前在轨卫星，以及仍然处于规划或预备发射阶段的卫星信息开展研讨。以下，分享一些需要考虑的细节及技巧，便于成功通信“EZ sats”。

#### 关于手持天线的补充注意事项

卫星通信中，天线是地面电台最重要的组成部分。因为绝大部分业余卫星的输出功率不超过 1~2W，而 AO-51 和 AO-27 的常规输出功率仅 0.5W 左右，SO-50 的输出功率甚至更低。

这些卫星通过单根 1/4 波长鞭状天线，或由 4 根这样的天线组成所谓的“旋转栅极”天线阵来发射信号。波长为 2m 或 70cm 的 1/4 波长鞭状天线在卫星底部以 45° 角向内或向外倾斜。即使采用天线阵列，实际增益也趋近于 0。如果低功率发射不足为惧，试想这些低轨卫星与地球站的通信距离，即便在过顶时段，也至少相距 800 公里；接近地平面时，距离地球站就有 3200 公里之多。所以，业余卫星通信爱好者需要一个好的接收机和高增益的天线，才能实现可靠的卫星信号接收。大部分对讲机配备的“rubber duck”天线除非处于“理想环境”（指卫星恰好过顶，而且只有少数几个人在同时使用这颗卫星的转发器），否则并不能满足业余卫星的接收或通信。



图1 作者的“手持式卫星地球站”

### 严酷的太空环境

另外一个必须要考虑的因素是严酷的太空环境。当太阳光直射时，卫星要忍受  $250^{\circ}\text{C}$  的烘烤。当卫星绕到地球后面，不被太阳光直射时，它的外部环境温度将迅速降低到接近零下  $250^{\circ}\text{C}$ 。如果卫星内部不采取散热措施，快速的温度变化将直接摧毁脆弱的电子器件。

众所周知，高温极易摧毁设备里的半导体器件。因此大部分业余电台都安装有风扇或金属散热片，但散热工作需要空气，宇宙的近似真空状态，无法通过安装风扇和散热片来给卫星降温，所以需要其他形式来驱散太阳直射带来的高温。同样，电池之类的器件在寒冷环境下也不能良好工作。在零度以下的室外使用数码相机的人都知道，如果希望多拍几张照片，就必须用温暖的口袋多装几组电池。可以想象，阳光直射时卫星电池和其他电子设备在金属盒中忍受  $250^{\circ}\text{C}$  烘烤，日食期间又经受  $-250^{\circ}\text{C}$  冷冻。这就是大多数卫星都被设计为在绕地球公转同时，绕垂直方向轴自旋的原因：有助于设备内部冷热均匀（一般通过内部组件与外壳的直接接触来实现），

让电池和卫星内部的其他电子设备保持在正常运行的温度范围。所以，简易“拼凑而成”的卫星可能能够在轨运行一时，但肯定不会长期保持良好的运行状态！



图2 2m/70cm 型天线将一个 10W 的双工器塞在泡沫把手内 (KB1SF 提供)

### 卫星姿态的偏转

为保持下行链路天线正确指向地球，卫星从南向北（或从北向南）飞过地球时，将会缓慢偏转。这种翻转一方面有助于平衡由太阳辐射引起的冷热快速交替，另一方面也有助于保持发射天线指向地球方向，以保住其微弱的发射增益。

但这种连续的翻转意味着当卫星过顶时，其接收和发射天线的极化方式是不断变化的。由于卫星工作模式是“直射路径”，除非能够保持自己天线的极化方式与卫星在整个过境期间的同步，否则由于天线的交叉极化将导致接收信号深度衰落（有时高达 5~6 dB）。由于卫星翻转过境时，垂直天线通常不能轻易（或快速）地倾斜以匹配卫星极化方式的不断变化。因此，地球站能否接收到卫星下行信号要看运气。经验表明，大多数固定或移动的垂直天线结构过于简单，不足以克服这些局限条件。

同理，一般对讲机配备的  $1/4$  波长和  $5/8$  波长鞭状天线也不能适应这种需求。且由于与卫星天线之间的交叉极化频繁出现，大部分对讲机无法提供天线完全生效所需的接地面。大多数卫星的下行信号刚开始很微弱，具有扫描功能的接收机通常无法用鞭状天线（即使是外接天线）可靠地接收下行链路信号，没有安装放大器的接收机增益通常不够高。究其根本，卫星通信就是“微弱信号通信”。尽管小型鞭状天线或“rubber duck”天线适用于大多数地面应用，但通常不能提供足够的下行链路增益，无法提高卫星通信的可靠性，继而摆脱“靠运气”通联的情况。

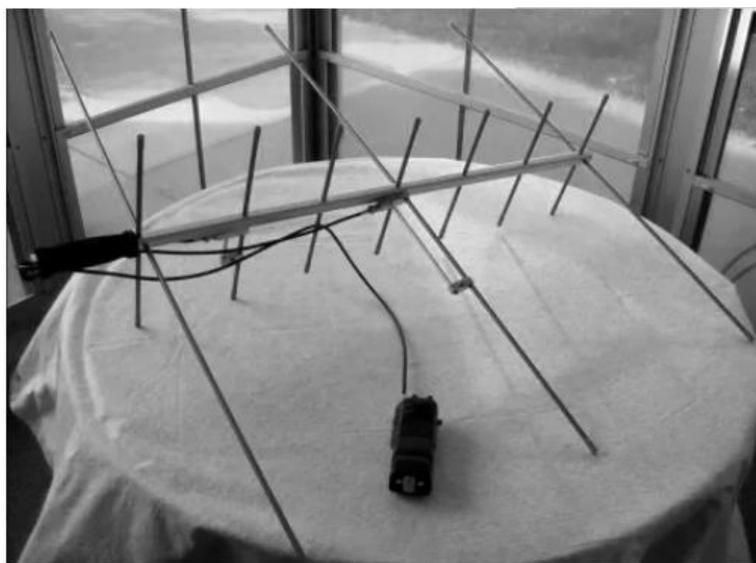


图3 作者组装的天线 (KB1SF 提供)

以下，介绍一个经过改造的小型且相对便宜的八木天线。它能提供更多的上、下行链路增益，从而使对讲机成为一个能够和业余卫星有效通信的地面站！

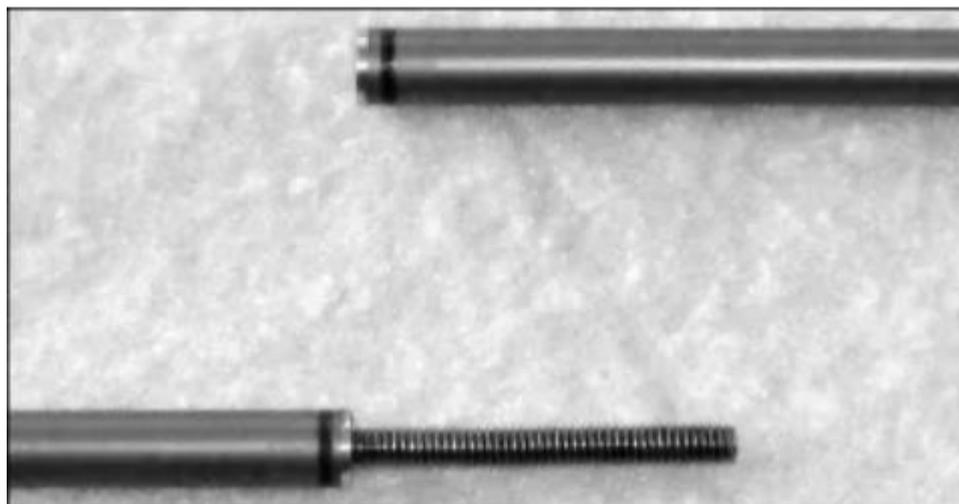


图4 箭牌天线 (KB1SF 提供)  
手持八木天线

要使用对讲机规律收听或开展 FM 卫星通联,就需要使用某些特定形式的手持式八木天线来获取足够有效的上行链路发射功率和下行链路接收增益。

多年来,很多业余卫星爱好者自制的手持式八木天线专门用于低轨卫星通信。例如,来自英国的资深 VHF 频段“火腿” Kent Britain (WA5VJB),在互联网上免费分享了使用常见材料自制 2m 波段和 70cm 波段手持式八木天线的方案。Kent Britain 的文章《业余卫星通信的廉价天线》展示了如何简单制造一个用于 FM 卫星通联的双频段手持式八木天线。AMSAT 网站给初学者提供了自制天线方案,网址

[www.amsat.org/amsat-new/information/faqs](http://www.amsat.org/amsat-new/information/faqs)。很多公司也为爱好者提供了用于低轨业余卫星通信的手持天线。Arrow 146/437-10 型手持式双频段天线,Elk 2m/440L5 型天线都是认可度很高的产品。使用 3~5 瓦发射功率的双频段对讲机开展 FM 卫星通信,或使用 VHF/UHF 扫描式接收机接收信号时,两幅天线均能提供足够的增益。

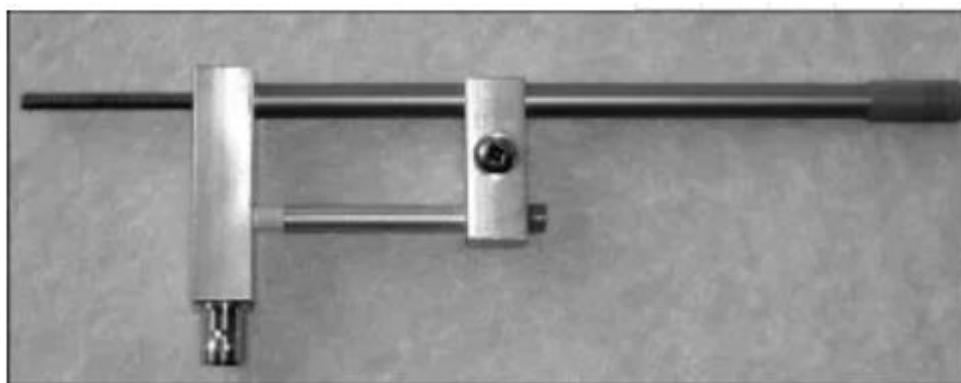


图5 70cm波段天线连接结构 (KB1SF 提供)

### 其他有用的操作提示

与业余卫星通信时，要牢记卫星在轨道上不停的自旋和翻转，上、下行链路天线的极化处于不断的变化中。若仅用对讲机连接一根鞭状天线接收卫星信号，那么在卫星过境时，不断移动对讲机将会有益于接收效果。这种移动可能使得你和卫星的天线极化在某些时候能够相互匹配。另外，导体表面（如汽车车身）的反射有时会有助于改善接收或发射信号。



图6 卸下双工器和泡沫把手，将天线安装到三脚架 (KB1SF 提供)

使用对讲机与业余卫星通联，还需要一个麦克风。有了头戴式麦克风，就不用一手拿天线，一手拿对讲机，尽管都是由轻量化材料制成，但在卫星过境的 15 分钟内举着它们也会感觉费力。

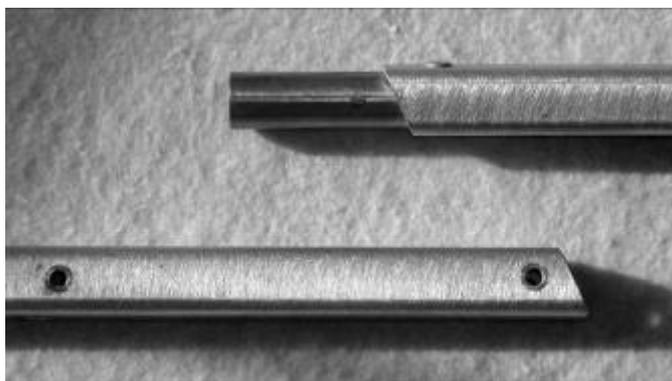


图7 天线的两个连接臂

使用麦克风或头戴式耳机的另一个好处是避免啸音。如果使用全双工对讲机开展卫星通信，把麦克风和扬声器放在同一个单元里，通常会在传输的时候产生啸叫。



图8 Craig Wolsey (AC8EJ/VA3ICW)，通过 A0-51 进行通联

由于 AO-51、AO-27 和 SO-50 下行链路信号太弱，难以触发大多数 FM 接收机的静噪。在开始接收之前，要确保接收机静噪开启，直到听到噪音。当卫星覆盖区进入地球站位置时，噪音会“安静”下来，这是一个明确的提示：你确实“捕捉”到了业余卫星下行链路信号。

### 和“鳄鱼”一起游泳

---

调频信号具有非常明显的捕获效应 (capture effect)，当很多用户同时使用这颗卫星通信时，可能会出现无论如何努力都无法接入转发器的情况。偶尔也会遇到大功率用户，即所谓的“短吻鳄”。这些用户通常采用“只说不听”的操作方式，通过大功率发射最终霸占了业余卫星的上行链路。

遇到这种情况，爱好者需要在传输间隙不断尝试呼叫或者期望卫星下一次过境时，

“鳄鱼”离开了卫星覆盖区。如果在距离海岸几百英里以内的区域进行操作，可能会发现，低功率卫星飞越海洋上空时实现通信，要比飞越北美或欧洲时容易。这是因为，此时覆盖区内地球站很少，而且大多数竞争站与卫星的距离都比你远。

### 如果接收不到卫星信号呢？

---

首先在业余无线电爱好者网站重新核对卫星转发器时间表，确保在正确的频率上收听和发射。也可能是跟踪软件提供了错误的过境数据。仔细检查卫星跟踪程序，确保加载了最新的开普勒轨道根数、正确的位置文件(经纬度或 Maidenhead 区块坐标)，以及正确的格林尼治标准时间与本地时间之间的时差。此外，要考虑所在地的夏令时。



图9 可将收集天线零件的便携布袋 (KB1SF 提供)

需要注意的是，卫星的转发器时间表和过境时间都是用格林尼治标准时间表示的，每天都会有所不同，需要使用卫星跟踪软件进行跟踪。

为了获得最佳效果，应至少每月更新一次开普勒轨道根数文件。如果还未安装跟踪程序，可以访问 AMSAT 网站上的软件跟踪页面 [www.amsat-na.com/store/category.php?c=Software](http://www.amsat-na.com/store/category.php?c=Software)，获取 SAT-PC32 软件。

此外, AMSAT 网站对许多 AMSAT 卫星(包括 AO-51、AO-27 和 SO-50)进行了在线追踪展示。在地图显示界面下，使用下拉菜单选择要跟踪的卫星。

### 展望未来

---

希望未来可以通过“EZ-sats”通信取得联系。在之后的专栏，将讨论一些优化天线和馈电线路的创新方法，同时介绍一些其他的“小技巧”，使爱好者与卫星的接触更加频繁和愉快。



图 10 Kent Britian 的“LEO”天线 (WA5VJB 提供)



图 11 LEO 天线通联 (WA5VJB 提供)

**(编译: 杨旭、戴慧玲、纽丽荣、刘明星、张宁)**

### 3. 你的第一次业余卫星通信: 它比你想象中更简单 (三)

#### 业余卫星通信天线 (上)

通过前面两篇文章的介绍, 很多业余无线电爱好者对卫星通信应该已经熟悉了。或许, 他们开始尝试“打卡”每一个没有通联的 Maidenhead 区块坐标或者像短波爱好

者一样尝试远距离通信。长时间的卫星通信，爱好者会越来越感到既举着天线，又拿着对讲机的辛苦。因此，建议经常通信的爱好者为自己的地球站搭建一个固定天线阵列，预算有限的初学者可以考虑使用全向天线。地球站使用全向天线可以省去天线驱动装置，也可以简化天线旋转器。在卫星迅速过境期间，爱好者就能集中精力去寻找和跟踪下行信号，但不是所有的全向天线都适用于卫星通信，所以本文将侧重介绍如何选择合适的地球站天线。**卫星天线**在不具备“终极”装备：一个或多个安装在玻璃纤维架上配有方位俯仰角驱动的圆极化八木天线阵列的情况下，下文将介绍如何投入更少的成本，建立低轨卫星良好通信。大多数架设的方向性天线习惯指向地平线方向，这时卫星距离最远，下行信号最弱。当卫星运行超出天线接收范围时，即使卫星过顶时段也无法通信。并且，卫星为保持天线指向地球将持续缓慢偏转，连续的偏转，使其接收和发射天线的极化方式不断变化。这意味着，卫星翻转过境时，如果地球站天线不能匹配卫星极化方式不断变化，即使是大功率的上、下行信号也无法被接收。为了减少这些问题，卫星通信通常使用圆极化天线，便于极化方式切换。使用圆极化天线接收线极化，右旋圆极化 (RHCP) 与左旋圆极化 (LHCP) 接收损耗只有 3dB。虽然这个损耗约占上、下行链路信号功率的一半，但是使用线极化天线接收卫星信号的损耗大约有 30-40dB。所以，很多相对简单的全向天线也被设计成具有高角度、圆极化的特性。**打蛋器天线**

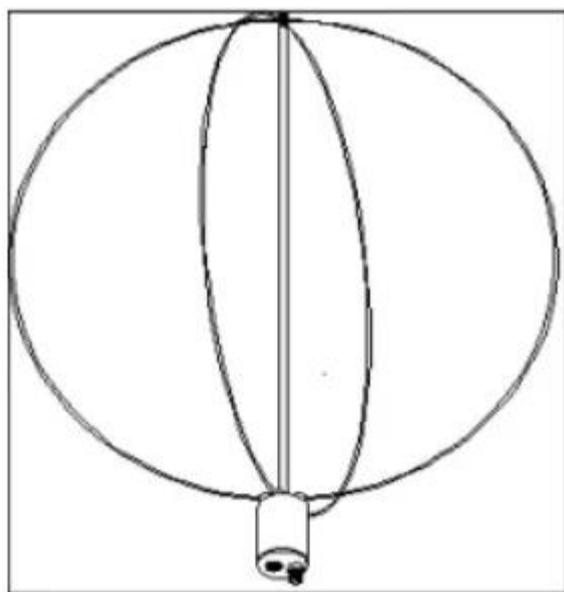


图1 打蛋器天线是一种适合低轨卫星通信的全向天线

打蛋器天线由2个全波长刚性金属丝或管状金属环组成，互成90度接入，这样的结构会产生一个圆极化的辐射图。在金属环下，可以使用一个或者多个无源反射振子，使辐射图更大幅度地向上调整。经验表明，当反射振子安装在金属环正下方时，天线垂直方向增益最高；在水平方向，天线呈现出水平线性极化，可以接收地面VHF/UHF频段的微弱信号。随着仰角增加，辐射图呈现出更明显的右旋圆极化，这使得打蛋器天线成为卫星通信的理想天线。

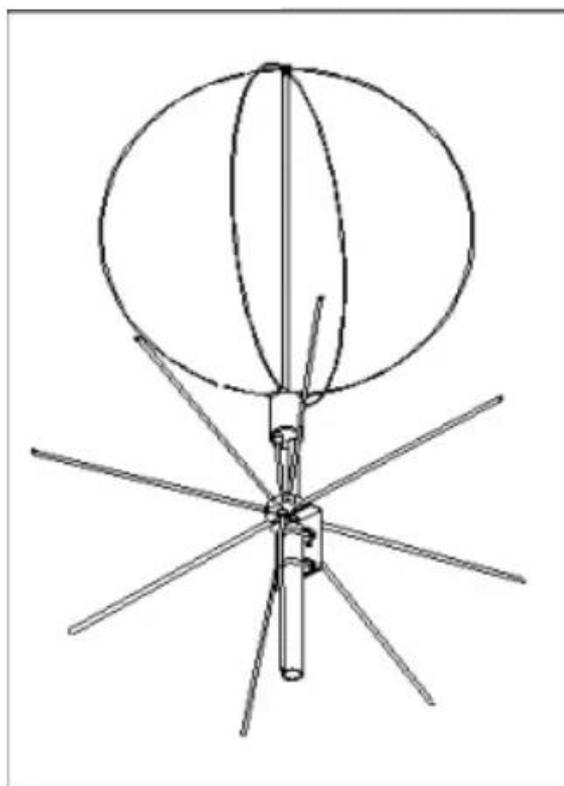


图2 在打蛋器下加入反射振子会增加天线增益



图3 作者架设的打蛋器天线 (KB1SF 提供)

卫星通信就是微弱信号下的通信。打蛋器天线虽然不能像长臂八木天线在水平方向上接收或发射最高强度 (S9) 信号。但采用较为合理的上行链路发射功率 (通常低于 25 瓦) 和安装在天线桅杆上的下行链路前置放大器 (或者安装在室内, 此时你使用高质量且足够短的馈线), 在大多数卫星过顶 (或临近过顶时) 可以取得良好效果。卫星运行高出地球站地平线  $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$  度时, 可以尝试使用打蛋器天线与卫星通信。

**四臂螺旋天线** 卫星天线系统自旋, 以及法拉第旋转效应, 导致卫星信号极化不可测。这种情况下, 采用线极化天线将会出现深衰落, 但采用螺旋天线, 这种衰落基本上可以得到消除。螺旋 (helical) 天线是一种具有螺旋形状的天线, 它由导电性能良好的金属螺旋线组成。螺旋天线的辐射方向与螺旋线圆周长有关。当螺旋线的圆周长比一个波长小很多时, 辐射最强的方向垂直于螺旋轴; 当螺旋线圆周长为一个波长的数量级时, 最强辐射出现在螺旋轴方向上。这种天线有两个特性使得它在卫星通信非常有吸引力, 第一个是天线为圆极化; 第二个是在相当宽的频段内, 具有可以预测的辐射图、增益和特征阻抗。四臂螺旋 (Quadrafilar Helicoidal) 天线是美国约翰普金斯大学应用物理实验室博士 Kilgus 于 1968 年提出的, 最初是为早期太空探索的航天器设计的, 之后人们对其进入了深入的研究。该天线具有心型方向图、良好的前后比及优异的圆极化特性, 因此被广泛应用于卫星通信系统。四臂螺旋式天线 (Quadrifilar Helix Antenna) 一般由四条按特定规则弯曲的金属线条镶于圆柱形基材上, 无需任何接地。每根螺旋臂的长度为四分之一波长的整数倍, 天线可以看作是两股相互垂直于轴线的双臂螺旋线组成, 其馈电相位相差  $90^{\circ}$ ; 四根

螺旋臂馈电端的电流幅度相等，具有心形方向图、良好的前后比及优异的宽波束圆极化特性，波束宽度通常大于 90 度，由于处在谐振状态，螺旋线上的电流分布近似认为是正弦分布，电流零点位于螺旋线中间。所以，其中一条双臂螺旋线可以看作是一根线偶极子及一根半环偶极子组成，十分适合用作卫星通信的接收天线。天线体积相对较小，很容易用普通材料如铜管和 PVC 管建造。但是，器件的长度和间距必须非常精确，方能实现优异的圆极化特性。



图 4 四臂螺旋天线

一些业余无线电爱好者（以及其他对气象卫星接收感兴趣的人）在很多网站详细介绍四臂螺旋天线的设计和构造细节，和在线计算器，可以通过输入所需的谐振频率来计算天线的元件长度和间距。**林登布莱德天线**美国无线电公司的Nils Lindenblad是林登布莱德天线的发明者。大约在 1940 年，他设计出采用 4 个同相等效接入的偶极子振子，每根振子与水平方向倾斜  $30^\circ$ ，等距安放在  $1/3$  波长直径的圆内。这种天线极化方式为圆极化，它的大部分增益出现在小仰角上，因此非常适合低轨卫星通信。



图5 林登布莱德天线

由于该天线是一种全向天线，因此不必将天线对着卫星，也不必使用天线旋转器。鉴于此，林登布莱德天线在便携式或临时卫星通信中特别有用。网上有大量关于林登布莱德天线的文章。Howard Sodja (W6SHP) 在上世纪 90 年代初撰写了针对接收卫星信号而对林登布莱德天线进行优化设计的系列文章：<http://www.amsat.org/amsat/articles/w6shp/lindy.html>。此外，Tony Monteiro (AA2TX) 也介绍了他所设计的天线构造细节。网址：<http://www.qsl.net/nwlarn/sat/70ParaLindy.pdf>。

编译：魏梅英 王孟 杨娟 张磊 马晓莹

#### 4. 你的第一次业余卫星通信：它比你想象中更简单（四）

##### 业余卫星通信天线（下）

在前面几个章节，我们为大家介绍了业余卫星通信概述、业余卫星通信系统的基本组成等内容。本章将延续前一章节，接续介绍业余卫星通信天线有关内容。后续文章中，我们也将继续讨论业余卫星线性转发器、载人航天，以及更多如何寻找和跟踪业余卫星的技巧。**定向天线**定向天线最主要的优点是有很好的增益和方向性，能

将射频能量集中在一个方向。只要天线指向正确的方向，天线不仅能把信号发射到距离很远的卫星上去，同样也可以帮助我们接收微弱的卫星信号。对接收者来说，通过优化接收设备从而改善对弱信号的接收能力是很有意义的一件事。低轨卫星通信中，最常用的定向天线是八木天线。这种定向天线一种端射多单元阵列，由一个偶极子振子（驱动振子），和多个紧密的耦合寄生振子（通常是一个反射器和一个或者多个引向器）组成。反射器在偶极振子的后面，引向器放在偶极振子的前面，平行排列。八木天线可以是线性极化，也可以是圆极化。仅有一行振子的八木天线的线极化（无论是水平极化还是垂直极化）取决于振子的固定方式。当两个八木天线安装在同样的支撑杆上，安放成水平或者垂直极化，用正确的相位差（ $90^\circ$ ）结合起来，就是圆极化模式。八木天线的引向器越多，方向性越强，增益越高。但爱好者需要在增益和波束宽度间折中，增益越高，方向性越好，波束越窄。虽然 40 个单元的八木天线可能提供很高增益，但要它持续指向过境卫星就很困难。圆极化八木天线非常适合各种卫星通信，但不是不可替代。低轨卫星通信中，不论是线极化八木天线还是打蛋器天线，都能获得稳定的通信效果。但在高轨道（HEO）卫星通信中，要获得可靠的通信，则要求增益比较高，因此从 VHF 波段到 1.2GHz 和 2.4GHz，通常使用由 2 副、4 副、8 副或更多副八木天线构成的，方位和垂直位置可控的天线阵列。用线极化八木天线能够成功是因为大多数卫星在下行链路使用圆极化天线，且运行姿态不断偏转，所以交叉极化的实际影响被这两个因素部分弱化了。你可以在网上找到便宜和简易的八木天线设计和组装细节。Richard Crow (N2SPI) 发表过 3 篇文章，网址：[www.amsat.org/amsat-new/information/faqs/crow/index.php](http://www.amsat.org/amsat-new/information/faqs/crow/index.php)。



图1 一对安装在木质横杆上，由铁丝和木头自制的垂直极化八木天线

**碟形天线**碟形天线是八木天线的进一步发展。爱好者对它的兴趣几乎没有天线可以与之相比，因为碟形天线有3个部件：抛物面反射器、梁和馈源。制作者有多少，碟形天线的构建方法就有多少，这对爱好者来说是一个试验和修改现有设计的大好机会和重大挑战。但低轨卫星通信中不需要使用碟形天线，除非高轨道卫星（HEO）通信中，上、下行信号的频率都位于微波波段。比这低的VHF/UHF频段上，八木天线是更现实的选择。例如，要实现400MHz频段通信，碟形天线的直径最小要达到4.8米，风载和冰载对这种尺寸的系统安装和放置都提出了很高的要求；针对不同用途，爱好者还需要手动调整碟形天线的馈源和反射器。



图2 碟形卫星天线

**馈线**馈线在地球站通信系统中起传输信号的作用，通过它将天线接收的信号传给前端系统，前端输出的信号也是由馈线传输到天线；它的唯一目标是尽可能有效地把射频功率从一端传到另一端。因此馈线的质量和型号直接影响地球站通信系统收发效果和信号传输质量。尽管地面 VHF 中继器或扫描式接收机使用质次的馈线也能正常工作，但业余卫星通信功率微弱，馈线的损耗又随着频率的升高而增加，这些馈线用在卫星通信频段损耗非常大，所以地面通信可以使用的很多馈线类型不适合地球站通信系统。馈线的主要问题是损耗。每条馈线都会有一些固有损耗，一方面是因为导体的阻抗，另一方面是因为能量被用于使导体绝缘的电介质所消耗，还有一些损耗是因为小部分能量以辐射的形式从传输线以热能形式消耗了。馈线上的损耗随频率和长度正比例增长而增加。馈线的能量损耗并不直接与馈线的长度成比例，而与长度成对数变化关系。如果有 3% 的能量在确定长度的一段馈线损失了，那么剩下能量的 3% 会在下一段同样长度的馈线中损失，依此类推。同时，随着频率增长，导体损耗（趋肤效应）和电介质损耗的增加，馈线的功率使用容量相应减少。如果电台输出 50 瓦功率，天线发射功率总会小于 50 瓦；天线接收的信号到达电台时也会减弱。



图3 射频同轴电缆

所以有经验的爱好者使用低损耗的同轴电缆。这种馈线，特别是在 VHF/UHF 频段的损耗要比用于其他（主要是 HF）业余通信活动的损耗低得多。在挑选馈线时一定要牢记馈线每百米的衰减值。因为，信号每衰减 3 dB，大约一半的信号能量被馈线消耗掉了。虽然一定程度上行信号馈线损耗可以通过增大发射功率来补偿，但下行链路的微弱信号，馈线损耗无法弥补。

**编译：张宁 李英华 王孟 马晓莹**

## 5. 业余卫星线性转发器

### 业余卫星线性转发器

by Keith Baker, KB1SF/VA3KSF, kb1sf@amsat.org

本文原题为《如何使用业余卫星线性转发器》发表于《监测时报》

(Brasstown, NC 28902)

之前的文章讨论了如何发现、跟踪、收听业余卫星及如何开展卫星通信。本文将介绍一种非调频类卫星转发器即线性转发器，以及 OSCAR 卫星的命名方式。通信卫星转发器是用于接收和转发卫星通信地球站发来的无线电信号，实现地球站之间或地球站与卫星之间通信的设备，可对接收的信号进行放大、变频，并再次发射回各卫星通信地球站或卫星，其功能类似于调频中继器。线性转发器通过接收无线电频谱的一小段信号，转换频率，线性地放大信号，然后把这一小段信号完整地发送出去，

也称为“模拟”转发器。线性转发器有反相和非反相两种工作模式。非反相模式是指经过转发器后，信号的相对位置不变。反相模式是指经过转发器后，原本位于高端的上行信号移至下行频率低端，原本位于低端的上行信号移至下行频率高端，意即下行信号相对上行信号产生镜像翻转。因此，一个边带调制信号经由非反相转发器转发后，它的调制模式不变；而经过反相转发器转发后，上边带调制会变成下边带调制，下边带调制会变成上边带调制，后者也是业余卫星通信爱好者经常使用的模式。但 CW（摩尔斯电报）信号经由两种转发器转发后不会改变。目前，在轨业余卫星大都使用反相线性转发器，例如 FO-29、VO-52 和 HO-6。1974 年发射的 AO-7 是仍在运转的最古老的业余卫星，使用非反相线性转发器，当它运行到能被太阳照射的地方时还能通信。

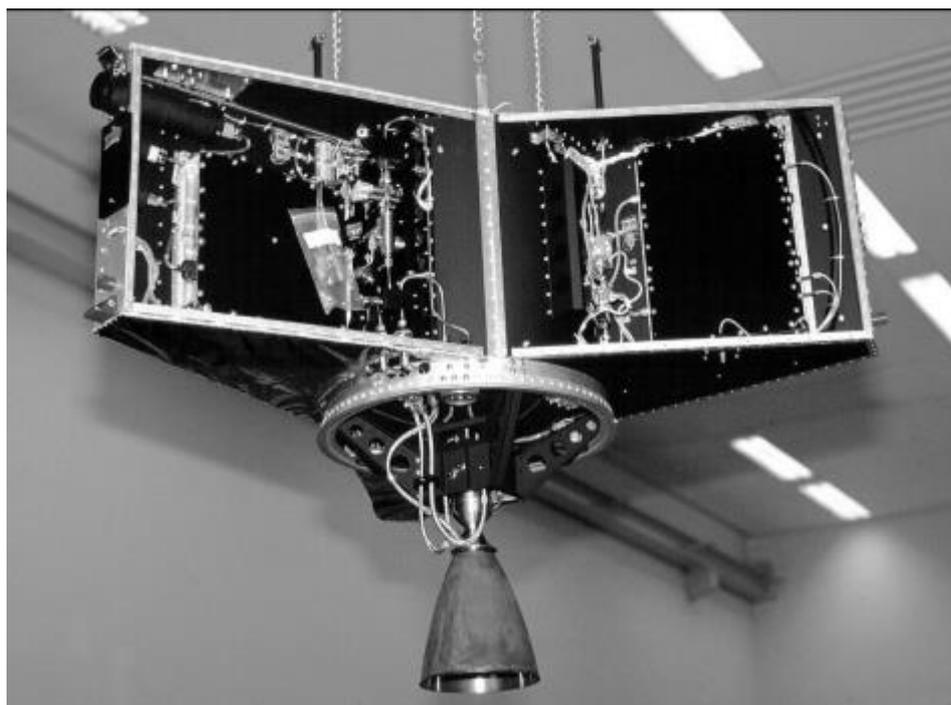


图 1 Phase 3-B (AO-10)，是迄今为止 AMSAT 最成功的配备线性转发器的高轨业余卫星。它为全球用户提供了长时远距业余卫星通联服务。悬挂于科鲁乌发射场 (AMSAT-DL 提供)

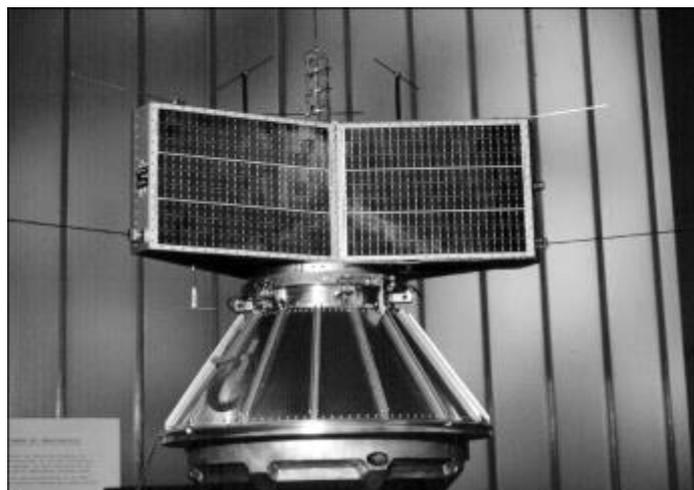


图2 Phase 3-B (AO-10) 位于运载火箭前级 (AMSAT 提供) 如前所述, 卫星转发器是全双工操作模式, 爱好者 FM 卫星通信一般从接收自己的信号开始, 在接收自己的上行信号时, 别人也可以收听到你的信号。最开始从卫星线性转发器下行链路中找到自己的信号会比较困难。可以先将上行频率设置为转发器的中心频率, 断续发射 CW 信号, 以定位相应的下行信号频率, 然后尝试开展通联。配备线性转发器的业余卫星与 FM 卫星的区别是可以进行 CQ 呼叫。与高频 (HF) 业余无线电通联惯例相同, 一般在频段低端开展 CW 通联, 在频段高端开展语音通联。考虑到卫星运行中, 下行信号有明显多普勒频移。因此, 在过去没有系统辅助进行频率控制的时候, 如果卫星的上行频率高于下行频率, 就要在通联期间不断调整发射频率; 如果卫星的上行频率低于下行频率, 则要不断调整接收频率。也就是说, 在 U/V 模式下应调整发射频率, 而在 V/U 模式下应调整接收频率, 避免在不经意间插入到他人通话之中。**降低发射功率**卫星的能量是由太阳能电池板提供的, 因此非常有限。业余卫星通信不像地面业余无线电通联, 并不是功率越大越好。超功率发射会触发卫星的自动增益控制, 不仅会消耗更多卫星电量, 有损卫星电池寿命, 还会压低其他通联者的下行功率。爱好者应该控制发射的上行功率, 习惯在微弱的卫星信号下工作, 使其刚好能够生成可用的下行信号。超功率发射爱好者被称为“鳄鱼”。**不受欢迎的 FM 模式**由于卫星电量十分有限, 我们通常使用单边带 (SSB) 语音、莫尔斯电报 (CW) 这类更高效的调制方式。与 SSB 和 CW 信号相比, FM 信号占用更大带宽和更多输出

功率。如果有人使用对讲机经由线性转发器开展通联，将会产生超宽的、跳跃着的 CW 下行信号，从而占用大量的下行功率。因此，使用线性转发器开展通联时，应避免使用 FM 信号。**线性 vs 调频** FM 转发器和线性转发器各有所长。FM 模式通信门槛较低，非常适合爱好者入门，仅需要一部双频段对讲机搭配一副手持式天线就可开展卫星通信。但在吸引众多用户的同时，不能同一时间进行多个通信的单信道通信缺点导致信道过度拥挤，爱好者需要压缩通信时间，对话内容也仅限于“hello”“good bye”此类。



图3 技术人员对 JAS-1B (FO-20) 进行发射前检查 (JAMSAT 提供) 线性转发器支持多用户同时通信，即便仅仅使用简陋的装备，例如，打蛋器天线，也能与使用装载线性转发器的业余卫星开展通联，并和对方“高谈阔论”。但从通联经验看，装载线性转发器的业余卫星很少被爱好者选择，基本处于空转状态。

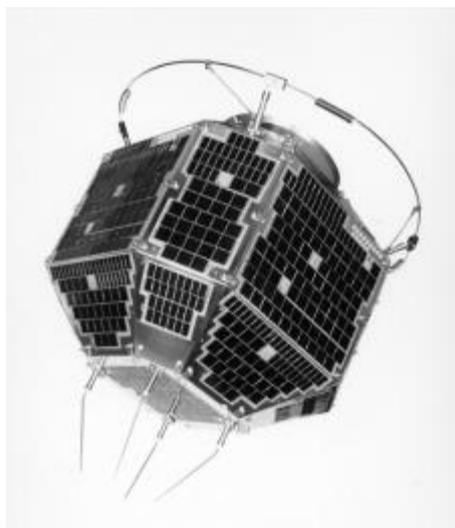


图4 JAS-1B (FO-20) 的在轨状态。(JAMSAT 提供) **OSCAR 卫星命名**读者都知道业余卫星被称为“OSCARs”，但少有人知道后面的编号从何而来。信不信由你，这些编号是有通盘考虑的！自1961年以来，各业余无线电组织已经制造和发射了大约60多颗“OSCAR”卫星，一颗卫星是否能被称作“OSCAR”卫星，有一套严格的流程和标准（OSCAR是Orbital/Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio的缩写，意思是携带业余无线电设备的在轨卫星）。



图5 1996年发射前，一名技术人员对JAS-2 (FO-29) 卫星进行最后调整，这颗卫星至今仍处于“半运行”状态。(JAMSAT 提供) 大多数业余卫星在发射之前都有其他的名字，像北美AMSAT组织按字母顺序为其命名。例如，AO-51卫星在发射之前被称为“OSCAR-E”、“AMSAT OSCAR Echo”或“Echo”。因此，本系列的下一颗卫星将被称为“AMSAT-Fox”或“Fox”。AMSAT-Fox是一个小小的“1U立方体”卫星。

同样，在发射之前，德国 AMSAT 也用字母来表示他们的 Phase 3 系列高轨卫星，例如 Phase 3-B 是后来的 OSCAR-10 (AO-10)，Phase 3-C 是 OSCAR-13 (AO-13)，Phase 3-D 变成 OSCAR-40 (AO-40)。其他 AMSAT 组织在卫星发射和在轨激活之前，也给他们的业余卫星赋予不同的名称。JARL (日本业余无线电联盟) 和 JAMSAT 将他们的卫星称为“日本业余卫星”(缩写为“JAS”)，并以数字编号。例如，FO-29 在发射前被称为 JAS-2。一旦业余卫星成功发射，为避免命名混乱应以国际惯例进行命名。但在最终被称为“OSCAR”卫星之前，这些卫星还需通过“最终试炼”：首先，卫星必须能够在业余无线电频段发射和接收；其次，还必须成功地进入轨道并可以使用；最后，卫星资助者提出申请 OSCAR 编号才会被派出。根据 AMSAT 组织和 OSCAR 项目初始团队(制造并发射了第一颗 OSCAR 卫星的西海岸团队)之间的协议，这些正式请求都将提交给 AMSAT 的创始成员、前任总裁 Bill Tynan (W3XO)，由他判定该卫星是否属于“业余卫星”范畴，并给予正式编号。



图6 JAS-2 (FO-29) 与运载火箭。从日本南部种子岛航天中心发射的日本 H-II 火箭成功地将该卫星送入低轨卫星轨道。(JAMSAT 提供)

一般情况下，在轨卫星名称中的“O”代表“OSCAR”，其后的数字由 Bill 按顺序分配，具体取决于卫星转发器的在轨启用时间。但卫星名称中的第一个字母意义更为

丰富，通常指代卫星的制造者或赞助商。例如，FO-29 中的“F”代表“Fuji”，而 AO-51 中的“A”代表“AMSAT”。

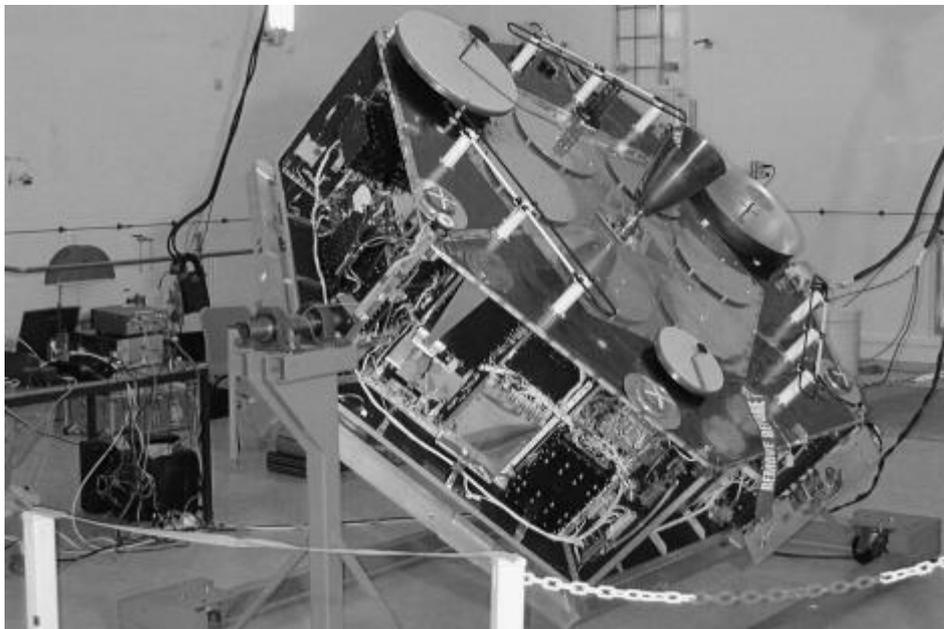


图7 2000年11月，Phase 3-D 卫星（AO-40）等待最终装配。地点：法属圭亚那库鲁的阿丽亚娜航天中心（AMSAT 提供）但“A”不总是代表 AMSAT。例如，AO-27 中的“A”代表“AMRAD”，这是华盛顿特区的业余无线电组织，他们于1993年制造了这颗卫星载荷，并装载在 EYESAT 卫星平台上发射升空。SO-50 中的“S”代表“沙特（Saudi）”，因为沙特阿拉伯的一个大学赞助了该卫星的制造和发射。而 SO-67 中的“S”却代表“SumbandilaSat”。Sumbandila 是南非文达语，翻译成英文意为“探路者”，意思是后面还会有系列卫星制造计划。

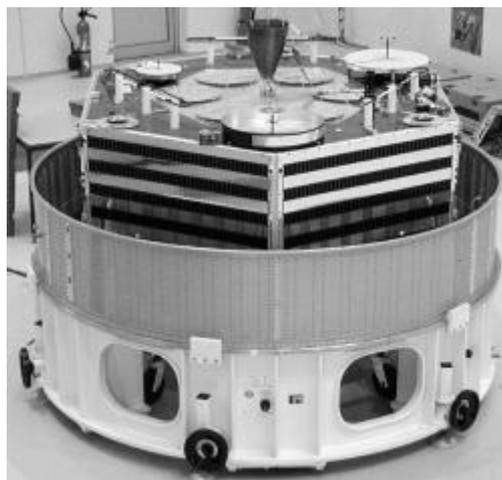


图 8 2000 年, Phase 3-D 卫星 (AO-40) 及其承载装置。无线电爱好者设计、制造、测试了这套装置, 并将其设计方案免费提供给欧洲航天局, 以换取发射费用减免。(AMSAT 提供) 之后专栏将介绍更多业余无线电的知识, 以及在轨卫星的历史和现状, 包括国际空间站搭载的业余无线电设备。

编译: 李安平 李英华 张宁 赵千里 徐国强

## 6. 业余无线电和载人航天

### 载人航天和业余无线电

除卫星通信之外, 很多人没有想到业余无线电还有着载人航天的丰富历史。目前, 业余无线电通信已经成为美国航天飞机, 俄罗斯 MIR 空间站以及国际空间站 (ISS) 航天通信的一部分。实际上, 在各个国家的载人航天飞行中使用业余无线电可以追溯到 38 年前! 上世纪 60 年代末 70 年代初, AMSAT 无线电爱好者产生了创造性的想法: 把业余无线电装置带上载人航天飞行器。美国国家航空航天局 SKYLAB 空间站宇航员 Owen Garrett (W5LFL) 第一次尝试提出携带业余无线电台的请求, 但申请时间太短, NASA 来不及在火箭发射前携带额外设备。用“土星 5 号”运载火箭发射的 SKYLAB “太空实验室” 是美国第一个环绕地球的空间站, 也是当时曾经运行在地球轨道上的最大的航天飞行器。在 AMSAT 和美国广播转播联盟 (ARRL) 努力下, 1983 年秋, Owen 获得 STS-9 飞行任务期间在航天飞机上操作业余无线电台呼叫地球站的许可。这是一次巨大成功! 为期 10 天的航行中, Owen 在航天飞机上与许多业

余无线电爱好者进行了通信，其中包括一些知名人物，例如，约旦国王侯赛因（JY1）和美国参议员巴里·戈德沃特（K7UGA）。SAREX 的诞生这次尝试让 NASA 认识到，携带业余无线电台对 NASA 和业余无线电发展具有很大推动作用。之后，载人航天器通常考虑携带业余无线电设备进入太空。



图1 AMSAT 的长期会员，前 NASA 宇航员 Ron Parise (WA4SIR) 在 90 年代航天飞行中，进行了一次与 SAREX 联系。（AMSAT 提供）业余无线电爱好者不仅有可能偶尔联系上空间轨道飞船上的业余无线电爱好者宇航员，而且从 1990 年 STS-35 开始，AMSAT 就在航天飞机业余无线电实验（SAREX）中获得了新的角色。SAREX 为宇航员和学校的交流带来机会，使学校里的学生（和普通业余无线电爱好者）能够与绕地球飞行的宇航员直接进行语音通信，让学校直接接触到宇航员和太空计划。业余无线电爱好者和俄罗斯空间站 MIR 经过成功案例，其他国家也开始尝试携带业余无线

电设备进行太空航行。例如，苏联迅速建立载人航天项目与业余无线电组织的合作，在 MIR 空间站携带业余无线电设备。1988 年末，指挥官 Vladimir Titov 和 Valeri Poliakov 博士在 MIR 上与爱好者进行了多次通信。MIR 空间站携带了 2m 波长的语音收发器、分组无线转发器和公告板系统（BBS）。分组广播 BBS 类似我们现在互联网社交网站的早期无线电版本。甚至慢速扫描电视（SSTV）系统也曾被带上航天器。业余无线电台在 MIR 上运行了 10 多年，这不仅被（当时）苏联的业余无线电爱好者宇航员使用，还被日本、英国、奥地利、法国和美国有业余无线电执照的航天员使用，这些人无形中成为 MIR 的永久成员。

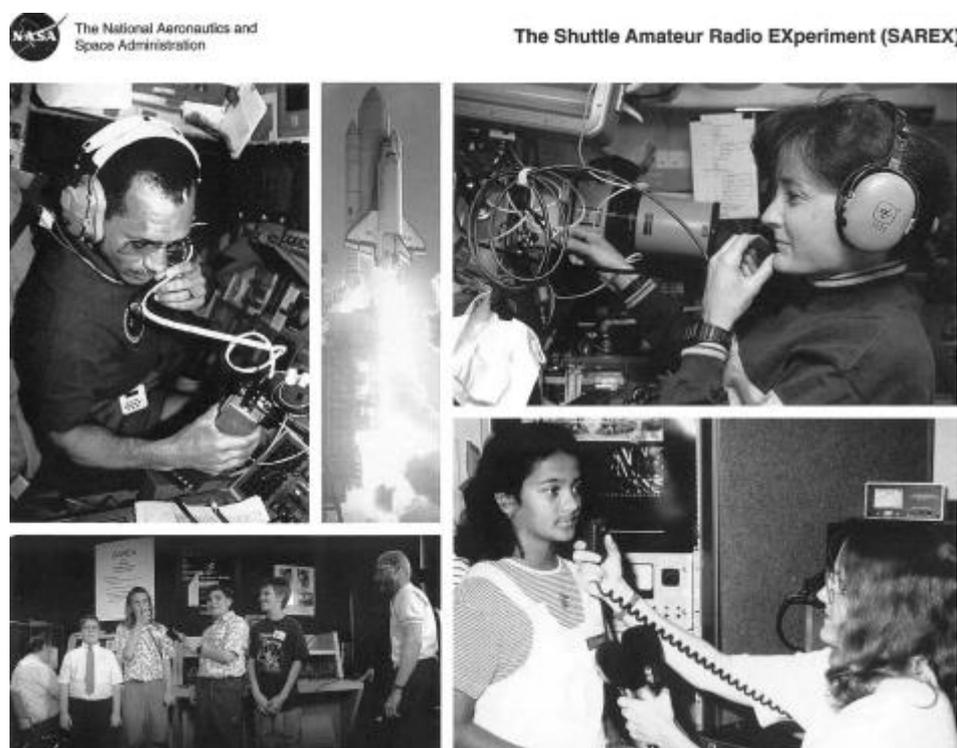


图 2 早期的 NASA SAREX 项目海报。（由 NASA 提供）

**ARISS 的诞生** 1986 年末，Roy Neal (K6DUE) 召集了 NASA、AMSAT 和 ARRL 的代表组织会议，针对“业余无线设备搭载到新的国际空间站(ISS)”这一论题共同研讨。会议借此成立正式工作组，并制定出“国际空间站搭载业余无线电装置”方案提交 NASA。基于此次会议，国际空间站业余无线电委员会 (ARISS) 成立，该组织成为“业余无线电台搭载国际空间站”事业的重要推力。



图3 AMSAT 前运营副总裁 Stacey Mills (W4SM)，在 2001 年 9 月 ARISS 组织的学校活动中，帮助 WesternAlbemarle 高中的学生与 FrankCulbertson (KD50PQ) 进行通话（由 ARISS 和 NASA 提供）

**什么是 ARISS?** 随着业余无线电的发展，ARISS 项目逐渐发展成一项志愿者计划，其主要目的是通过提供与国际空间站（ISS）进行业余无线通信的机会，启发全世界的学生（普通无线电爱好者）进入科学、技术、工程和数学领域的项目。学生可以了解到国际空间站上的生活，并通过课堂参与太空探索，例如轨道跟踪和无线电波传播研究等实践活动。



图4 2003年7月，ISS第7次飞行任务中，参加比利时欧洲航天中心太空营的学生聚集在礼堂内与宇航员Ed Lu交谈。（NASA提供）



图5 ARISS组织的学校活动，宇航员Sunita Williams通过ISS的业余无线电设备与比利时布鲁塞尔国际学校的学生进行通信（NASA提供）目前，ARISS工作组代表

主要来自 9 个国家，包括部分欧洲国家，以及日本、俄罗斯、加拿大和美国。内部工作由来自各国的 AMSAT 志愿者组织运营。鉴于 ARISS 的国际性，其团队与各国航天部门（例如 ESA，NASA，JAXA，CSA 和俄罗斯航天局）建立本地协调机制，例如，ARRIS 工作组会议、电话会议和电子邮件等方式。在业余无线电俱乐部志愿者的协助下，ARRIS 团队积极协调。项目研究中能够实现让 ISS 机组人员在各种大型论坛与听众进行“语音对话”，学生、老师、父母和各个社区都可以学习到有关太空和太空技术的知识，以及获得业余无线电台的相关信息。ARRIS 更多相关信息可以在 <http://www.rac.ca/ariss/> 查看。

<b>ARRIS Operating Frequencies (Call Sign: NA1SS)</b>	
<b>2m Crew Contact (ITU Regions 2 &amp; 3):</b>	
Uplink:	144.4900 MHz FM
Downlink:	145.8000 MHz FM
<b>2m Crew Contact (ITU Region 1):</b>	
Uplink:	145.2000 MHz FM
Downlink:	145.8000 MHz FM
<b>2m APRS (Worldwide APRS Digipeater):</b>	
Simplex:	145.8250 MHz FM 1200 BPS
Downlink:	145.8250 MHz FM 1200 BPS
<b>2m Imaging:</b>	
Downlink:	145.8000 MHz SSTV
<b>70Cm/2m FM Voice Repeater (Worldwide):</b>	
Uplink:	437.8000 MHz FM
Downlink:	145.8000 MHz FM

图 6 ARISS 上、下行链路通信频率表

学校通信活动之外在激发学生的科学兴趣同时，ISS 上的 ARISS 设备还为 NASA 提供紧急备用通信功能，便于 ISS 官方通信中断时使用。尽管这种情况很少发生，但实际在 ISS 上已经至少有两次因为通信中断使用 ARRIS 设备。而且，ARRIS 为机组人员提供了一种非官方的通信方式，让他们在下班时间能直接与亲朋好友以及地球上其他业余无线电操作者交谈。ARRIS 还为 ISS 乘员提供了一种更好的方式，使他们在 ISS 上隔离数月期间可以与其他人（除

了其他机组之外)保持联系。这也可能就是为什么现在有将近75%的NASA宇航员持有FCC颁发的业余无线电执照,以及许多在ISS上度过漫长时光的工作人员对此表示诚挚谢意的原因。可以说,ARISS设备的使用完全为ISS工作人员在太空轨道上增添了生活气息。为了帮助业务无线电爱好者更好地了解业余无线电台在轨道上的运行情况,ARISS的AMSAT项目工程师Ken Ransom(N5VHO)近期在互联网上发布了展示ISS远征25号指挥官Doug Wheelock(KF5BOC)在ISS上操作ARISS设备的精彩视频。在国际空间站越过北美期间,Doug通过业余无线电台进行广播。



图7 学生与ISS国际空间站上的—名机组人员通话

(ARISS和NASA提供)听什么?如前所述,ISS上的ARISS设备已经能够以多种频率、不同模式下在2m到70cm波长的业余频带中运行。使用ISS官方指定的FCC呼叫符号NA1SS,可以实现的操作模式包括FM语音、慢速扫描电视(SSTV)、自动分

组报告系统 (APRS) 跟踪和 70cm 至 2m 的跨频带中继。尽管 NASA 已经批准在哥伦布新的实验舱模块上增加第二个业务无线电台, 但目前只有一个业余无线电台 (由 Kenwood D-700 业余收发器组成) 可以完全运行 (请参阅 ISS 频率表)。**什么时间听?** 国际空间站处于非常低的地球轨道上, 在任何一个 ISS 经过的地点, 可用的“通话时间”明显比大多数业余无线电卫星通信时间短。而且, 由于该电台需要进行大量的在轨操纵, 因此在尝试与 ISS 联系时, 提前将新的轨道参数加载到计算机的跟踪程序中尤为重要。要注意的是, 除了与学校的通信外, 机组人员使用 ARISS 设备主要在下班时间。因此, 当 ISS 飞过爱好者所在位置时, 机组人员有可能正在睡觉, 这意味着与 ISS 机组人员进行不定期通信是一种罕见且难得的待遇。多年来, 作者发现与 ISS 通信的最佳方法是提前将所有 ARISS 2m 波长的下行链路 (和/或上行链路) 频率 (加上一些频率以解决多普勒频移) 编入收音机的内存当中。然后, 当 ISS 越过你的位置时, 快速切换 (或扫描) 这些频率, 以此能够得知哪些 ARISS 下行链路处于活动状态。如果有业余无线电执照, 并想要尝试通信, 那么一旦找到有效的 ISS 频率和模式, 通常做法是在机组人员完成一次 CQ 呼叫 (或完成另一个联系) 后, 快速地将呼号放到 ISS 的上行链路上。在此期间, 肯定有许多其他电台在呼叫它们 (你可能听不到的呼叫), 所以保持较短的通话时间会显著提高他们听到你的声音的机率。不幸的是, 调频的“捕获”效应意味着国际空间站上的操作员有时只能听到“白噪声”——夹杂着呼号的小片段, 尤其是经过地球上人口密集地区 (例如北美和欧洲)。因此, 除非听到 ISS 操作员接听其他人的声音, 否则就要连续不断 (经常中断) 地重复你的呼号, 并准备再次 (或多次) 重复完整呼号。另一方面, 如果机组人员接听另一个电台的呼号, 请保持礼貌和耐心等待下一次机会。**展望未来**之后专栏将详细介绍目前在轨的其他一些业余无线电卫星的历史和运行特性, 以及目前正在开发的一些卫星。 编译: 张宁 林辉 王本超 李英华

## 7. 聚焦日本业余卫星通信

### 聚焦日本业余卫星通信

之前的系列文章中，向业余卫星通信爱好者展示了如何安装架设自己的地球站，以及观测、跟踪和实际通过我们在轨的各种业余卫星进行工作。本章将关注重点转向由日本制造、发射和控制的一系列业余卫星。其中部分卫星直到现在仍然维持半运作状态。**富士卫星**日本首颗业余卫星 JAS-1a(后来成为在轨的 Fuji-Oscar 12), 1986年8月12日, FO-12 作为搭载载荷的一部分, 由日本国家太空发展局(NASDA)研发的 H-I 运载火箭在其第一次试验飞行任务中发射。FO-12 是日本业余无线电联盟(JARL)研发, 日本电气股份有限公司(NEC)进行系统设计和集成的第一颗日本业余卫星, 由 26 面多面体组成(大约中型沙滩球的大小和形状), 重量约 50 公斤, 被发射到近圆的  $1497 \times 1479$  公里近地轨道, 一同发射的还有一颗名为 AJASAI (EGS) 的大地测量试验卫星。日食导致 FO-12 不能产生足够的电力让它在轨时一直开启, 1989年11月5日当电池损坏时停止运行。



图1 技术人员对 JAS-1b 发射流程做最后的准备, 卫星装有线性转发器, 在轨后命名 FUJI-OSCAR 20 (FO-20) (JAMSAT 提供)

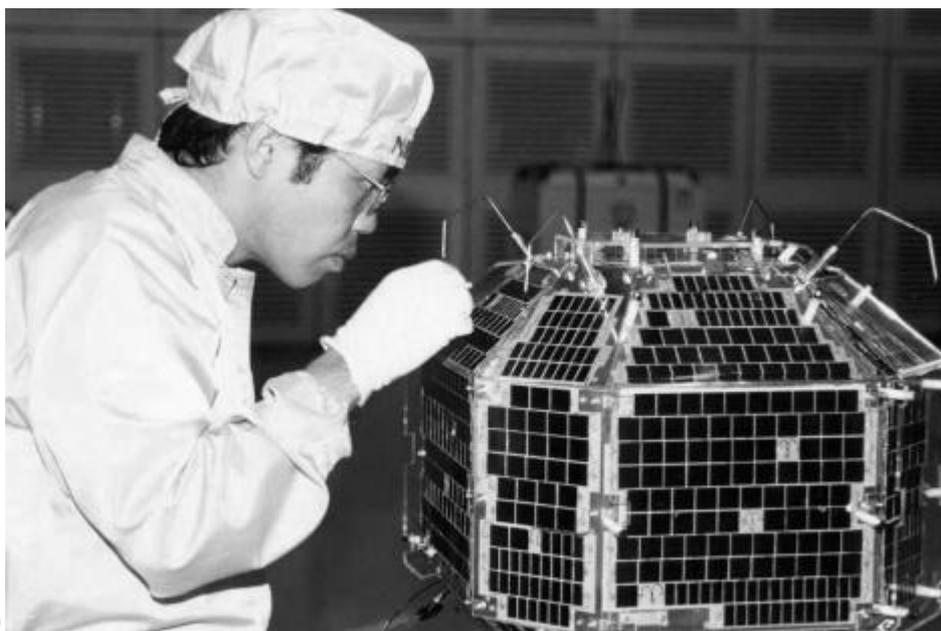
**JAS-1b (Fuji-Oscar 20)** 日本业余无线电爱好者在 FO-12 关掉的三个月后, 有了准备发射的替代星。1990年2月7日, 由 NASDA 提供的 H-I 火箭将 50 公斤的 JAS-1 运送到 1200 公里高度的轨道。H-I 火箭同时搭载了两颗政府卫星 MOS-1b 和 Debut,

它标志着日本第一次实现一次多于2颗卫星的发射。FO-20有许多良好的轨道特征。它的轨道比大多数的低轨业余卫星更椭圆，可以在远地点提供一个更大的覆盖，因此，拥有一个更大区域的潜在通联。



图2 在轨转态的 JAS-1b (FO-20) (JAMSAT 提供)

**“模式J”的好处** FO-20 通过提升转发器下行链路频率，发射的70厘米波长信号有效避免了10米和2米波段固有人为噪声。世界上的许多地区，2米波段太拥挤（充满了电子和其他噪声），使得微弱的卫星信号几乎不可能通信。类似干扰大部分在435 MHz 不存在，而且70厘米波段不那么拥挤。因此FO-20使用“模式J”（2米上行/70厘米下行）转发信号，而不是“模式A”（2米上行/10米下行），或“模式B”（70厘米上行/2米下行）。目前，FO-20也处于报废状态。JAS-2 (Fuji-Oscar



29) 图3 技术人员

对 JAS-2 卫星做发射前最后调整。(JAMSAT 提供)

1996 年 8 月, NASDA 在日本南部的种子岛航天中心成功发射由 JARL 设计 NEC 研制的 JAS-2, 它是 1996 年第一颗发射成功在轨运行的业余卫星。JAS-2 成功进入轨道后不久, JARL 申请了一个 OSCAR 编号 FO-29, 其搭载一个反线性器和分组无线电转发器, 还包含使卫星稳定在与轨道平面垂直预定姿态的磁转矩系统。FO-29 除了稳定系统还有其他许多电子方面的改进。最明显的是, 增加 1200 bps 的 AX.25 调制解调器、BBS 系统和 9600 波特率的 FSK 转发器; 搭载控制台用来存储和重复大约 25 秒 “数字对讲”, 用来在 435.91 MHz 调频下行链路的 “广播”, 当 “数字对讲” 被激活时, 转发器会在过境时段用数字化女性声音重复 “这里是 JAS 2”。另一个不太明显的改进是使用比同时期卫星能效率更高(17%)的砷化镓太阳电池。



图

- 4 JAS-2 (FO-29) 受其携带结构影响而被矮化。日本在日本南部的种子岛航天中心发射 H-II 火箭，成功将其送入轨道。(JAMSAT 提供)

FO-29 FREQUENCY AND MODE DATA		
MODE	UPLINK (MHz)	DOWNLINK (MHz)
SSB/CW - JA	145.900 - 146.000	435.900 - 435.800

表1 FO-29 频率和调制模式

在轨运行后，操作者开启了“模式J”线性转发器，并得益于 FO-29 下行链路天线强烈的左旋或右旋圆极化，卫星向业余爱好者提供了非常强的下行信号。 编译：

张磊 赵哲

## 8. 聚焦 OSCAR-7 业余卫星

### 聚焦 OSCAR-7 业余卫星

本文将把目光聚焦在一颗古老的业余卫星，一颗迄今持续在轨（半操作状态）近 47 年的业余卫星 OSCAR-7（以下缩写为 AO-7）。开始 1974 年 11 月 15 日，AO-7 作为

Delta 2310 火箭的第二载荷与 ITOS-G (NOAA 4) 卫星、及西班牙的 INTASAT 卫星一起，在加利福尼亚州隆波克附近的范登堡空军基地发射升空。AO-7 是第二颗业余卫星，因此被称为“Phase II”系列卫星 (Phase II-B)。“Phase II”系列卫星不像之前在轨时间较短的业余卫星那样只携带了信标发射机，它们搭载了业余无线电频段射频转发器。



图1 早期，爱好者经常在他们的地下室或花园里建造业余卫星，图中是 Dick Daniels (W4PUG)，正将电子元器件焊接到 AO-7 的电子设备模块 (AMSAT 提供) 这颗重量约 30 公斤的八面体卫星 (高 360mm，直径 424mm) 被发射至倾角为 101.7 度，近地点和远地点分别为 1444km 和 1459km 的近似圆轨道。卫星天线阵由倾斜可旋转的圆极化 VHF/UHF 频段天线系统和 HF 频段偶极子天线组成。



图2 AO-7 的总装“净室”是用钉木和塑料布制成，尽管简陋，AMSAT 从未有一颗卫星因为污染而被发射机构拒绝。(AMSAT 提供) 与 AO-6 类似，AO-7 由多个国家 (德国、加拿大、美国和澳大利亚) 爱好者在 AMSAT-NA 指导下共同建造。卫星搭载非反向 A 型 (V/A 型) 和反向 B 型 (U/V 型) 线性转发器。10m 波段和 2m 波段的遥测信标以组件的方式附着在圆形卫星的表面。遗憾的是，AO-7 的 2304.1MHz 实验信标因国际频率划分的原因，从未被激活。



图3 AO-7 项目成员和他们的成果 (AMSAT 提供)

四根天线以 90 度的间隔安装在底部，两个实验性的 Morse 和电传电报 (teletype messages) 中继器系统，在卫星绕地球轨道运行时为其提供存储和转发能力。B 型转发器由 Karl Meinzer (DJ4ZC) 教授和 Werner Haas (DJ5KQ) 教授设计并建造。B 型转发器是第一次使用“HELAPs”（基于参数合成的高效线性放大）技术，这项技术的一部分在 Meiner 教授的博士论文中提出。“HELAPs”在后续的业余卫星中被证实是非常有效的。

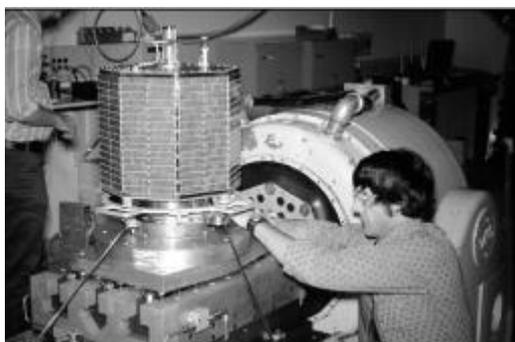


图4 Jan King (W3GEY) 在准备 AO-7 卫星的振动试验 (AMSAT 提供)

两个转发器通过定时器装置交替操作，但转发器选择和输出功率控制也可以通过地面命令完成。每个转发器在下行链路通带的上边缘包括一个键控遥测信标，以提供内务数据以及一个参考标记，帮助业余爱好者设置其上行链路功率。第一次尝试设计两个转发器的频带交叉，允许业余爱好者监测自己的下行信号，以帮助他们补偿不断变化的路径损耗、转发器负载和多普勒频移。

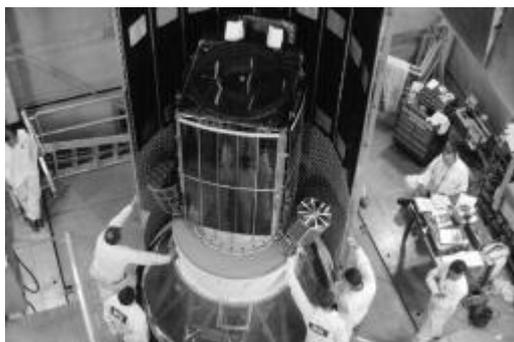


图5 A0-7 与 Delta 火箭的上一级匹配。A0-7 位于右下角（AMSAT 提供）



图6 1974年11月15日，A0-7由Delta2310火箭在加利福尼亚州隆波克附近的范登堡空军基地发射升空（NASA 提供）

### 失而复得

A0-7 在轨工作了近7年，1981年年中，因电池失效停止工作。2002年6月21日，Pat Gowen (G3IOR) 在2米波段搜寻所谓的“闯入者”时，偶然发现一个频率145.973MHz的信标信号以8-10字符/秒速率缓慢发送Morse码。信号完全消失前，缓慢地向下漂移到145.970MHz。卫星信标在S9达到峰值，有时它呈现出较差的质量，在频率上抖动，然后又恢复较高水平，且相当稳定。令人惊讶的是，后来发现

搜索到的是 AO-7。原项目经理 Jan King (W3GEY) 后来指出, AO-7 有一套非常好的太阳能电池板。当电池发生故障时, 一个或多个单独的电池单元出现“短路”故障。让 AO-7 的实验者没有想到的是, 失效的电池“短路”, 电池电路变成了“开路”, 所有航天器负载(包括转发器)都可以从高效的太阳能电池板中获取电力。AO-7 由此将拥有足够的太阳能, 成为“白天专用”卫星。事实上, 这就是导致 AO-7 在休眠多年后奇迹般地复活的原因。这颗现在“只在白天使用”的卫星的唯一缺点是, 每次太阳光照射到航天器上, 它在离开遮挡后就会通电, 而卫星转发器在“模式 V/U”或“模式 U/V”随机切换。当前状态随后的分析显示, 即使在轨道上运行了近 30 年(除了现在“开放”的电池外), AO-7 仍然保持着令人惊讶的良好状态。太阳能电池板、BCR、仪器开关调节器, 以及“模式 B”和“模式 A”转发器似乎都工作得很好。更重要的是, Morse 码遥测编码器和电压参考电路以及其他星载电子设备仍在为 AO-7 的地面处理人员提供有用的数据。对于一颗卫星来说, AO-7 已经成为了一个遗迹, 它是由一群“业余爱好者”在地下室和车库里建造的(相当准确地说), 并在近 30 年前发射到地球轨道上。



图 7 AO-7 在轨道上的渲染图 (AMSAT 提供)

AO-7 FREQUENCY AND MODE DATA			
MODE	UPLINK (MHz)	DOWNLINK (MHz)	BEACONS (MHz)
VIA (Mode A)	145.850 - 145.950	29.400 - 29.500	29.502
U/V (Mode B)	432.125 - 432.175	145.975 - 145.925	145.975
			435.100

表 1 AO-7 卫星的频率和模式数据

**收听的时间和地点**自从 AO-7 起死回生，它再次成为 AMSAT 最受欢迎的线性（模拟）通信卫星之一，当阳光充足 AO-7 能提供惊人的强下行信号。要确定 AO-7 第一次出现在地平线上是处于哪种模式，还需要一点耐心。首先要将下行频率设置在任何一个通带的中间，例如 29.450 MHz 或 145.950 MHz；然后，在上行发送几个间隔很宽的 CW 信号，同时调整上行信号的频率。一旦听到发送的 CW 信号在下行链路回复，就能知道卫星处于哪种模式，然后就可以开始通信。**操作小贴士**由于 AO-7 具有相对高功率（2-8 瓦）的下行发射机，在地面应该能够听到非常微弱的信号，从而不需要上行信号高功率发射。事实上可以在 5 瓦或更小的功率下，用小的打蛋器天线与 AO-7 通信。如果卫星在地球站远端，可能需要增加功率，但是当卫星过顶时，功率可以降到很低。有一点需要注意的是，AO-7 的“B 模式”上行链路也处于非正式的 70cm 波段，所谓的“弱信号”地面频段的中间位置，该频段是在 AO-7 首次沉默后建立的。上行链路功率过高可能会干扰频带中的其他业务，并且可能会被认为是虚假的带外发射。此外，如果听到下行信号开始迅速改变频率（由“颤音”表示），这意味着上行信号功率过大，降低发射功率，这种情况会改善。更重要的是，由于最强的信号在通带的中间，因此需要更小的发射功率才能收到下行信号。还要记住，语音信号对 AO-7 的功率系统的压力最小。因此，如果使用的是 CW，请格外警惕上行功率，功率尽量不要太大。希望在爱好者的正确操作下，AO-7 有很多年的“半操作”寿命。

## 9. 聚焦 VUSAT OSCAR 52

### 聚焦 VUSAT OSCAR 52

2005 年 5 月 5 日，印度空间研究组织 (ISRO) 研发的“微卫星”42.5 公斤的 VO-52 与 1,560 公斤的遥感卫星 CARTOSAT-1，搭载印度极地卫星运载火箭 (PSLV-6) 发射成功，VO-52 被发射到倾角 97° 度太阳同步极地轨道。VO-52 是印度对国际业余卫星通信爱好者做出的首次贡献，目的是使 ISRO 的卫星业务更贴近生活，向大众普及空间技术。此外，VO-52 满足了南亚地区业余卫星通信爱好者的长期需求。

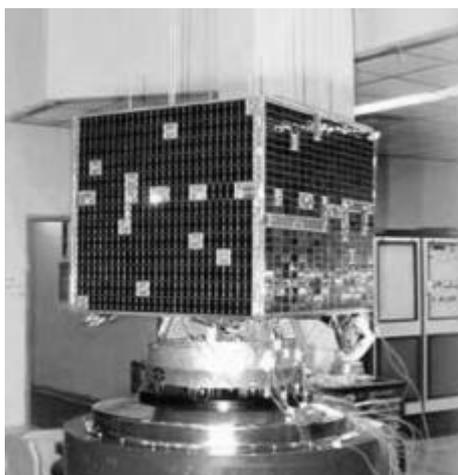


图1 V0-52 集成到 PS LV-6 运载火箭上的结构图(AMSAT-India 提供)

**什么是太阳同步轨道?** V0-52 (和其他很多业余卫星) 共同运行在太阳同步轨道。太阳同步轨道是一种将高度和倾角相结合的轨道, 在这种轨道中运行的物体每天在几乎相同的当地太阳时间出现在地球表面的同一点。卫星需要连续的太阳光照射。例如, 那些用可见光或红外波长(如对天气预报和间谍卫星)对地球表面进行成像或其它遥感目的(如携带海洋或大气遥感仪器)的卫星通常被发射到太阳同步轨道。在运载遥感卫星的火箭上作为二次有效载荷发射的 V0-52, 最终与主要有效载荷处在同一相对太阳同步轨道上。**结构** V0-52, 是长 630 毫米、宽 630 毫米、高 550 毫米的立方体结构, 主要材料为铝蜂窝。为保持卫星在太空正确姿态, 被动热控制装置约以 4RPM 速度在 $\pm 3$  度自转轴方向绕卫星旋转; 带有太阳传感器和磁转子的三轴磁强计作为执行器, 为卫星的机载电子设备提供信号输入。机身安装的太阳能电池板和锂电池作为机载电源的主要来源; 多元旋转天线与 V0-52 共享转发器发送下行遥测信号。

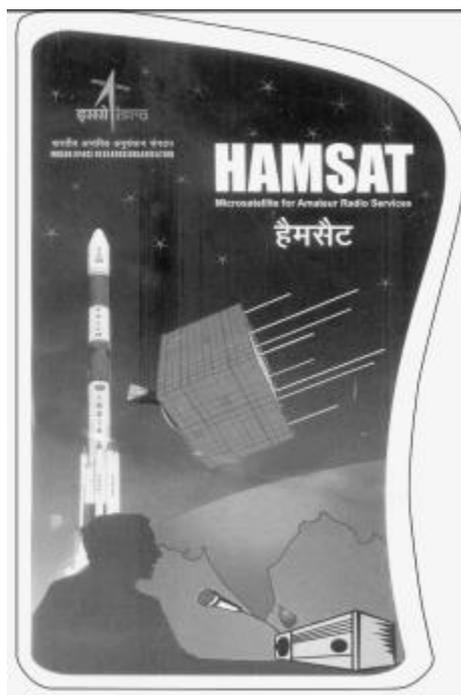


图2 V0-52 纪念发射贴纸 (AMSAT-India 提供提供)

**转发器** V0-52 携带两个线性（模拟）反向转发器。一名荷兰芬洛高级技术研究院工程专业研究生兼业余无线电爱好者，制作了 William Leijenaar 转发器；ISRO 和业余无线电爱好者共同研制了 PE1RAH 转发器。



图3 发射前 VO-52 及其 PS LV-6 运载火箭 (AMSAT-India 提供提供) 两个转发器都以“U/V 模式”工作, 上行链路为 435MHz, 下行链路为 145MHz。在 145.936MHz 上的未调制载波是用来识别印度转发器, 而荷兰的转发器在 145.860MHz 发射 CW 信号。两个转发器的输出功率约为 1 瓦。印度的转发器带宽约为 60KHz, 荷兰转发器的带宽约为 50KHz。没有足够的功率来同时运行两个转发器, 因此一次只能激活其中的一个。**怎么接收、何时接收、在哪接收** 2005 年发射以来, VO-52 已成为一颗受欢迎的线性 (模拟) 转发器卫星。通过 1 瓦转发器和旋转天线, 即使用最简单的阵列天线, 也能提供惊人的高功率下行信号。然而, 由于 VO-52 处于相对较低的轨道 (646Km×607Km), 移动速度比大多数低轨卫星要快得多, 地球站覆盖区略小, 过境时间大约 15 分钟左右, 上行和下行信号多普勒频移明显。这需要重新设置一组新的轨道根数在卫星跟踪软件中运行, 以确保获取卫星通过地球站的准确时间。

VO52 FREQUENCY AND MODE DATA:			
MODE	UPLINK (MHz)	DOWNLINK (MHz)	BEACONS (MHz)
U/V (Indian)	435.220 - 435.280	145.930 - 145.870	145.936 MHz (Carrier)
U/V (Dutch)	435.225 - 435.275	145.925 - 145.875	145.860 MHz (CW)

表1 VO-52 频率和数据模式 和操作其它在线性转发器卫星一样, 当 VO-52 出现在地平线, 可以将下行链路频率设置在通带的中心频率例如, 145.9MHz; 然后在上行链路上发送几个宽间隔的 CW 信号, 同时调整上行链路信号的频率。一旦听到信号经过下行链路返回, 就可以开始卫星通信了。

编译: 王孟 刘明星 杨娟