

# 移动接收卫星电视的天线自动跟踪系统

赵会平

（中国科学院国家天文台，北京 100012）

**摘要：**本文主要叙述利用卫星姿态测量和导弹制导技术中的陀螺传感器，电子罗盘，GPS 模块等的组合，对行驶中的车载卫星电视天线接收方向的变化，作出敏感的反映，然后通过伺服驱动系统和伺服马达来控制天线的转动，使得天线中心轴在汽车行驶过程中始终对准卫星，并采取适当的方法对长时间行驶产生的累积误差进行修正，确保移动接收卫星电视正常工作。这样的设计广泛地应用在任何载体上（包括汽车，火车，轮船，飞机）。

**关键词：**陀螺传感器，电子罗盘，姿态测量，卫星电视，天线自动跟踪系统。

## 1 综述

移动卫星多媒体业务的应用，主要朝着 3 个方向发展。

### 1.1 移动卫星电视系统（Sat Vision）

在美国福特汽车公司从 2002 年开始将实施移动卫星电视接收系统的标准化，到 2004 年在每辆新出厂的汽车上都将配置移动卫星电视接收系统。波音公司也宣布到 2004 年将实现每架波音飞机上装备 1 套移动卫星电视接收系统。

### 1.2 移动卫星通信系统（Sat Com）

实现移动卫星通信，它的通话费用每分钟只有人民币 1 元，而目前使用的海事卫星组织的卫星通信每分钟要 2.5 美元（高速数据通信每分钟高达 7.5 美元），因此远距离移动卫星通信具有无比优越性。

B. 看来，你们这两年的收获是不小的。

A. 能不能谈谈在耕耘终于有所收获时的心得？

C. 两年以前，我们确有一种“昨夜秋风凋碧树，独上高楼，望断天涯路。”的感觉。但自从我们提出“数字电视传输结构扁平化”的概念以后，我们得到总局科技委无线传输覆盖专委会的全力支持，也得到电子科技大学和省内电信专家的热心帮助。我们自己的职工对我们支持就不说了，那真是令人十分感动。尤其是省内的电子工业和主管单位，特别是前锋数字公司的倾情相助。还有省政府主管信息产业的副省长多次关心。否则我们很难坚

### 1.3 移动卫星网络接入系统（Sat Net）

由于移动卫星网络接入系统的发展，大大地加快了“数字地球”的进程，同时也促进了全球信息化的形成。

国内市场需求进展也很迅速，除广电，交通，铁路，渔业，地矿，测绘，旅游，石油外在军事，公安，医疗上也有强烈地需求。历届奥运会上，一些运动员反映在从宾馆到比赛场馆路途的大巴上，看不到当时体育实况比赛直播，深感遗憾。如果在豪华的客车上安装有移动卫星电视系统，那将为 2008 年北京的科技奥运增光添彩。目前一些新闻采访车都是固定转发节目，如果有了移动接收卫星电视的天线自动跟踪系统，只须要增加收发双工器就能实现，实时采访新闻，实时转发新闻增加新闻的快捷时效性。作到那儿有新闻，那儿就能转播出

持到取得成果的今天。

B. 那您现在的心情应当是：“蓦然回首，那人却在，灯火阑珊处”。（众笑。）

C. 我真希望，此时是我们广电微波网共同的心情。

A. 今天的访谈真是太好了。谢谢大家！▲

**编后语：**数字电视传输结构扁平化为广电网络建设提供了新的发展思路。目前，很多省区对这个项目都表示出了很大的兴趣，希望了解有关情况。为此，我刊将继续跟踪关注此项目的应用及发展情况，并及时向广大读者介绍。

去。

“十五”期间我国将成为大型豪华客车的生产基地，世界各大豪华客车厂商已经进入中国市场，但它们的车上都没有配备移动卫星电视接收系统，只能收看影碟，所以这是一个很大的潜在市场。

现在技术条件业已成熟，因为在20世纪80年代末期，世界两大阵营冷战对峙状态结束后，导致兵器工业的萎缩，一些军用高新技术纷纷转向民用领域，利用卫星姿态测量和导弹制导技术，建立一个稳定的平台，用来实时隔离运动载体的摇摆和航向角变化，确保接收卫星电视天线的波束中心快速、准确、简便地对准卫星，从而实现“驶中通”，已成现实<sup>[1]</sup>。

## 2 天线自动跟踪系统的组成与工作原理

亚太地区上空，已有70多颗不同类型、不同功能的卫星，在静止的轨道上运行，它们能够提供电视、通信、广播、因特网、多媒体等项服务，我国已使用了11颗卫星转播电视节目，所以在海陆空移动的载体上接收这些卫星上的节目前景十分看好，以鑫诺1号（Sino Sat—1）卫星为例：它载有14个Ku波段和24个C波段转发器，卫星寿命15年，正好为2008年北京奥运服务。

天线自动跟踪系统主要由：陀螺传感器，电子罗盘，16bit的CPU微处理器（因为陀螺传感器是16bit的数据串行输出，所以微处理器也选用16bit的CPU，这样数据可以一次性地由数据总线读入），伺服系统（包括伺服驱动器和伺服马达），1.2m横置偏馈抛物面天线（或者微带线阵平面天线，单层裂缝平面天线<sup>[2][3]</sup>以便降低高度），卫星电视接收机，电压/频率（V/F）转换器，GPS接收机模块和GPS天线，15英寸TFT—LCD液晶显示器，预留USB接口等组成，见图1。

2.1 陀螺传感器 主要是用来测量汽车行驶的航向角变化，考虑到性能价格比，一般都选用俄罗斯生产的全固体光纤陀螺传感器，或者选用美国生产的微电子机械系统（MEMS）的惯性陀螺传感器，它们都具有体积小，重量轻，功耗低，启动快等特点。随机漂移<1°/h；动态范围在±60°/s；标度因子的误差<2%；因为陀螺传感器是以16bit数字信号形式输出运动载体航向角变化的角速率，

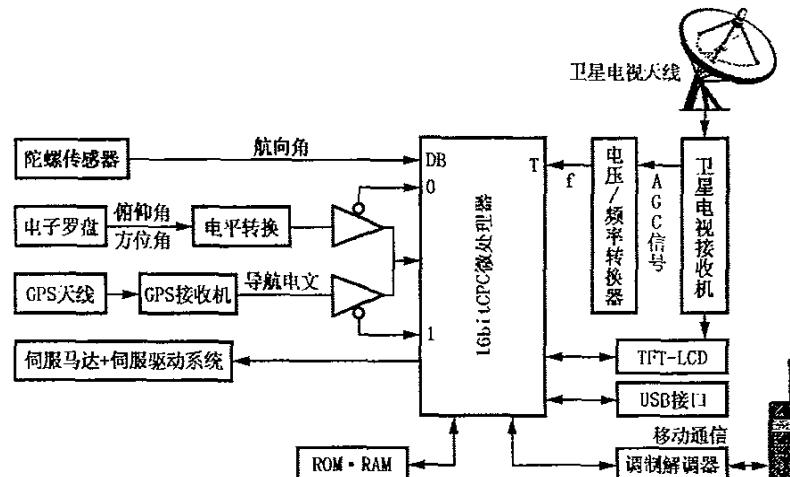


图1 天线自动跟踪系统方框图

通过对该信号的积分就能得到汽车在行驶中的航向角变化量 $\Delta\theta^{(4)}$

$$\Delta\theta = \theta_0 + \int_{i}^{i+1} K (M_{i+1} - M_0) dt$$

其中：

$K$  为陀螺传感器的标度系数（查手册）；

$M_{i+1}$  为陀螺传感器在 $i+1$ 时间内角速率的输出量；

$M_0$  为陀螺传感器在静止状态时角速率的输出量；

$\theta_0$  为起始状态时航向角；

2.2 电子罗盘 主要是用来测量卫星电视天线跟踪系统的俯仰角和方位角的传感系统，我们选用的是美国霍尼威尔公司生产的电子罗盘，它是以NMEA格式，通过RS232串口提供出俯仰角，方位角和航偏变化量输出的，它具有快速响应时间最高可达20Hz，响应时间为0.1s，航向精度为±0.5°，分辨率为0.1°，倾斜角（俯仰，方位）在±40°，精度为±0.1°，可在恶劣环境中长时间工作。见图2<sup>[5]</sup>。

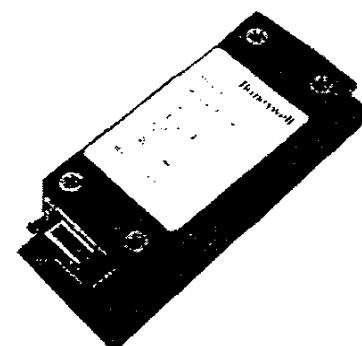


图2 电子罗盘

**2.3 伺服系统** 它包括了伺服驱动器和伺服马达，考虑到车载移动接收须长时间免维护工作，我们选用英国 CT 公司的微型交流无刷伺服马达和伺服驱动系统，它的驱动器是带有微处理器来控制所有功能的，并具有能够形成可调脉冲宽度 PWM 变频器的专用 ASIC 芯片，用 ASIC 芯片产生的稳定的电压脉冲宽度调制输出，控制 IGBT（双门隔离变换器）逆变器驱动电动机，它们是封装在一起的，同时能进行单轴和多轴控制，工作可靠。

全数字化可以消除模拟量控制存在的漂移，还能承受启动时负载的冲击。采用直流伺服马达和直流驱动器，虽然能够提供线性控制，角速度控制，拉伸速度等各部份之间的良好同步，但是伺服马达的电刷（即使是长寿命的）须经常更换，这给售后服务，维修，备份带来困难。

**2.4 GPS 接收机模块** 它是用来测量汽车当前经纬度定位坐标的，因为陀螺传感器长时间工作它的零点漂移和随机漂移会产生累积误差，从而影响天线的跟踪精度，所以每工作 1~2h，就要用 GPS 接收机给出的汽车当前经纬度定位坐标和卫星电视接收机输出的自动增益控制（AGC）信号，来校正一次天线的位置，修正其误差使它重新对准卫星。如果汽车行驶在隧道，高层楼群，高架桥下，密集森林等地段时，由于遮挡会使 GPS 定位失效，导致更大的误差，这时就要采取推算定位（Dead Reckoning）进行自律导航<sup>[6]</sup>。有了 GPS 给出的汽车当前经纬度定位坐标，再利用同步卫星轨道的坐标，通过计算公式<sup>[4]</sup>就可以推导出卫星电视天线应该保持的航向角和俯仰角：

航向角

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} K (A - \delta)}{\operatorname{tg} B}$$

俯仰角

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\cos B \cos (1 - \delta) - 0.151}{\sqrt{1 - [\cos B \cos (1 - \delta)]^2}}$$

其中：

A 为汽车当前的经度。

B 为汽车当前的纬度。

δ 为卫星的经度。

由此给出的航向角范围在 0~360°，俯仰角的范围在 0~90°。详细的推算方法请参阅参考文献<sup>[4]</sup>这里不再赘述。

**2.5 对卫星电视天线的选择** 我们选择的是单偏置抛物面天线，因为这种天线的馈源及其支撑

遮挡最小，并且有较大的焦距直径比 (f/D)，从而使天线纵向尺寸变大，短径降低，横向安装在车顶上有利于降低车高，它还能降低天线旁瓣电平和改善馈源的极化辐射电平。为满足小型化的需求，可以选择微带线阵平面天线和单层裂缝天线<sup>[2][3][7][8]</sup>。

整个系统的工作原理：它的初始化条件是以电子罗盘数据的输出为最高级别中断，并且选择最高响应频率 20Hz 的串行输出俯仰角和方位角的变化量，来保持与陀螺传感器测量到的航向角变化量同步，并送微处理器 CPU 处理后，以 20Hz 频率送伺服驱动系统，驱动伺服马达控制卫星电视天线的转动方向，实时对准卫星，从而实现移动接收。

卫星电视接收机输出的模拟 AGC 信号，经 V/F 模块转换成频率后也送微处理器，经微处理器处理后以 50ms 定时中断，开始对 V/F 输出的频率计数。当信号最大时表示重新又捕获到卫星。

**2.6 其它** 对 TFT—LCD 液晶显示器的选择，小型轿车选择的是 8 英寸 16:9 的，大型客车安装的是 15 英寸的。我们还预留了 USB 接口，目的是为了联结数码摄像机记录和识别道路。ROM 和 RAM 是用来存储中国已使用的 11 颗卫星轨道坐标的，是作为卫星智能识别，卫星快速动态截获，实现一键选星和遥控选频道用。

### 3 结束语

实现移动卫星电视的接收，关键在于能设计出移动接收卫星电视的天线自动跟踪系统。正在研制中的一种很具有开发价值的有源相控阵天线，由于低噪音场效应晶体管技术的进步，不久即将面市，到那时天线自动跟踪系统的体积会更小型化，轻便化。利用卫星姿态测量技术和导弹制导技术设计出的天线自动跟踪系统，不仅只应用在卫星电视接收上，它在卫星通信，卫星多媒体业务上也有着广阔市场。

我们不仅实现了卫星电视接收的“村村通”还要扩大到车载的“驶中通”，把卫星电视接收水平普及起来。▲

### 参考文献

- [1] 以光衡·惯性导航原理·北京航空工业出版社·1987
- [2] 赵会平·微带线阵天线·中国电子学会论文集·1995 年天线年会
- [3] 赵会平编译·带有屏蔽板的小口径单层结构的经向线裂缝天线·内部资料·1992
- [4] Yilin Zhao·Vehicle Location and Navigation Systems·P43~78 Artech House·Ihc Beston·London

# 扩大覆盖，让电视走进千家万户

张 锐

(宁夏电视台，宁夏 银川 750021)

**摘要：**本文就宁夏微波电路现状，对微波电路整治及改造措施，做了较为详细的介绍。

**关键词：**覆盖 传输 模拟微波 数字微波

广播电视台是现代化的大众传媒，广播电视台节目被广大观众接收，必须通过采编、制作、传输等技术环节。传输方式可以是卫星、有线、无线和网络等技术。对地域辽阔的我国，无线技术仍不失为扩大覆盖的一个重要手段。宁夏虽然属于小省份，但南部地区却山多人口居住分散，属于老少边穷地区。卫星地面接收和有线网只能解决人口较为集中的城镇，对山区仍存在收视盲点。根据广电总局：“广播电视台事业发展重点是扩大有效覆盖，覆盖的重点是农村，特别是老少边穷地区，覆盖的重点节目是中央和省级广播电视台第1套节目”精神。结合宁夏现有状况，宁夏电视台公共频道节目作为省级电视节目，不断扩大有效覆盖是电视事业发展的一个重点。

宁夏地区公共频道节目的覆盖主要是通过2个途径进行传输。一是采用开路发射，银川市周围的县市（如贺兰县、平罗县、陶乐县、永宁县、青铜峡市等）通过接收或差转由本台10kW发射机发送的信号，这些地区因是川区，覆盖情况一直很好。另一途径是利用微波干线将信号传输到各县转播台（站），各转播台（站）再将信号送到发射机发射出去或送到有线网内进行传输。这部分地区主要包括银北地区石嘴山市（大武口区和石嘴山区）和银南地区的吴忠、中卫、中宁，固原山区的固原、隆德、彭阳、西吉、泾源等各县。全区微波电路示意图如图1。

在整个区内微波线路中，主干线银川至罗山和

罗山至六盘山由于传输距离都在100km以上，因此采用的是2GHz和1.4GHz微波设备，微波功率都在2W以上。主干线银川至石嘴山、支干线罗山至银南1市2县，六盘山至山区5县用的都是8GHz微波设备，微波功率在1W左右。这些设备大多是1977~1987年期间北京和西安等地生产的模拟微波设备，目前还在使用这些设备的确已经滞后于当今的数字技术发展，但要改造成数字微波电路，却面临着一些实际困难。首先，主干线3个微波站站距都属于超长距离传输，在不增加中继站的情况下，以目前的传输距离改造成数字微波在技术上就无法实现，如果在2站之间加中继站不仅工程大而且费用高。另外，宁夏又是一个经济不发达地区，要在2~3年实现数字微波改造，可能性不大。根据这一现状，为了合理利用现有的微波资源，使其仍发挥作用为广播电视台服务。只能在现有的模拟微波基础上，对设备进行必要的调整改造，保证电路正常运行，使各市县和广大山区人民群众收看好宁夏公共频道电视节目。

2000年初为配合广电总局“村村通”工程，我台开始对全区微波电路进行整治。在整治之前，首先对全区的微波电路进行了认真的分析，对公共频道节目的收视情况作了调查。

银南地区和固原山区，这几个县市都是通过微波电路接收宁夏公共频道节目然后再进行转发。银南地区的同心县是靠接收罗山转发的开路信号，固原地区的固原、盐池县是接收六盘山转播台发射的

[5] 传感器手册·北京联合欣华科技公司·2001

[6] 赵会平·GPS民间应用的一个最大市场——汽车导航系统·中国工程院院刊·中国工程科学·2001·8·P64~69

[7] 杨可忠·杨智友·章日荣·现代面天线新技术·人民

邮电出版社·1993

[8] Handbook of Microstrip Antennas Vol: 1·2·Edited by J R James & PS Hall. 1990

(收稿日期：2002—01—25)

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

---



### 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

### 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

### 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>