

# 一种新型车载卫星通信天线控制装置的设计

袁德龙

(南京中网通信有限公司,江苏 南京 210036)

**摘要:**设计了一种新型的车载卫星通信天线控制装置。提出了一种新的卫星搜索定位方法,并计算了该车载卫星天线的防风能力。给出了该新型车载卫星通信控制装置硬件设计方法,该方法改变原有的齿轮传动方式,使用钢丝绳作为替代工具,作为步进电机与天线之间的传动装置,消除了原有动力传动中的回差现象。

**关键词:**车载卫星天线;偏置抛物面;传动装置

**中图分类号:**TH122

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-1616(2008)09-0050-03

卫星通信就是地球上(包括地面、水面和低空域)的无线电通信站(包括固定台站,车载、船载、机载、手持终端等)之间利用人造地球卫星作中继站进行的通信<sup>[1]</sup>。近年来,作为一种小型卫星地球站,车载卫星站以体积小、成本低、智能化、可维护性高等特点备受青睐<sup>[2]</sup>。目前,车载卫星天线一般采用偏置抛物面。偏置抛物面没有馈源阴影的影响,在天线面积、加工精度、接收频率相同的前提下,偏馈天线的增益大于正馈天线。由于车载卫星天线地址不固定,每到一个地点都需要重新定位对星,以建立通信通道。因此,能否快速准确地对星就成了衡量车载卫星站应用性能的重要指标。

## 1 车载卫星天线控制装置工作原理

当车辆到达现场后,需要及时展开天线,并调整天线使其主波束中心对准要与之通信的地球同步卫星,即所谓的对星过程。对于地球同步卫星来讲,只要地球站位置确定以后,调节天线的俯仰角和方位角就可以完成对星,在此基础上再调整馈源极化方向就可以使天线系统效果达到最佳<sup>[3]</sup>。

俯仰角为:

$$E = \arctan \frac{\cos \theta \cos \Delta \theta - \frac{R_E}{R_E - H_E}}{\sqrt{1 - (\cos \theta \cos \Delta \theta)^2}} \quad (1)$$

方位角为:

$$A = \arctan \frac{\tan \Delta \theta}{\sin \theta} \quad (2)$$

式中:  $R_E$  为卫星所在地地球半径;  $H_E$  为同步卫星

到地球表面的距离;  $\theta$  为车载卫星天线所在地纬度;  $\Delta \theta$  为卫星与车载卫星天线的经度差,  $\Delta \theta = \theta_{\text{星}} - \theta_{\text{车}}$ , 其中  $\theta_{\text{星}}$  和  $\theta_{\text{车}}$  分别为卫星及车载卫星天线所在位置的经度。

理论上按照式(1)、(2)调节后便可将车载卫星完全对准地球同步卫星。但一般来讲,由于车载卫星天线水平、侧倾的误差以及信号长距离传输所积累的误差,理论值与实际值之间存在一定的误差,即信号不能达到最佳,因此需要一定的微调过程。

由于无法得到信号强度与角度的关系式,并基于信号值只有一个峰值且两侧均为单调递减的假设,本文寻星过程采用以下方法,其中方位角的搜索范围为  $\pm 15^\circ$ , 俯仰角为  $\pm 5^\circ$ 。

设信号强度  $f = f(\theta)$ , 为角度的函数。同时设搜索范围为  $(\theta_{\text{low}}, \theta_{\text{up}})$ 。迭代过程如下:

第1步:令  $\theta_1 = \frac{1}{3}(\theta_{\text{up}} + \theta_{\text{low}})$ ,  $\theta_2 = \frac{2}{3}(\theta_{\text{up}} + \theta_{\text{low}})$ 。

第2步:若  $f(\theta_1) > f(\theta_2)$ , 则令  $\theta_{\text{low}} = \theta_1$ , 转第1步;若  $f(\theta_1) < f(\theta_2)$ , 则令  $\theta_{\text{up}} = \theta_2$ , 转到第1步。

第3步:当  $\theta_2 - \theta_1 < \epsilon$ , 迭代停止,  $\theta_1$  即为信号峰值所在位置, 其中  $\epsilon$  为根据精度要求设定的阈值。

由假设可知, 第2步中经过迭代能够保证峰值一直位于  $(\theta_{\text{low}}, \theta_{\text{up}})$  内, 从而能够保证得到正确的答案。本算法不要求得到具体的函数关系式, 计算简单, 速度较快。

收稿日期:2008-01-21

作者简介:袁德龙(1955-),男,江苏南京人,南京中网通信有限公司工程师,主要研究方向为天控系统设计。

## 2 天线传动系统最大力矩的计算

天线在展开与回收过程中,需要在水平方向和垂直方向上进行转动。在工作状态时,为了不受系统自身重力以及自然风力所产生的力矩影响,传动系统必须提供足够的输出力矩  $T$ 。

如图1所示,考虑所受力矩最大的极端情况。此时,天线平面逆风向抬起,并假设风向为水平。

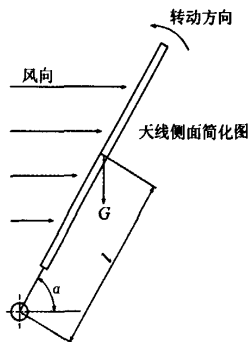


图1 卫星天线受力示意图

设天线及其附属装置自重为  $G$  (N), 为定值; 设风速为  $v$  (m/s) (且  $v \neq 0$ ), 天线中心到转轴的距离为  $l$  (m), 天线在其口平面上的投影面积为  $S$  (m<sup>2</sup>), 并假设力作用点均为天线展开面中心。

设风力为  $f_1$ , 其经验计算公式为:

$$f_1 = 9.8/16 C_b A v^2 \quad (3)$$

式中:  $C_b$  为阻力系数, 通常取值 1.3 ~ 1.4;  $A$  为受力面积。

当天线抬起与水平面夹角为  $\alpha$  时, 天线受力面积  $A = S \sin \alpha$ , 则可得到风力对天线造成的转矩为:

$$T_1 = f_1 l \sin \alpha = 9.8/16 C_b S v^2 l \sin^2 \alpha \quad (4)$$

同理, 可得到天线自重所造成转矩为:

$$T_2 = G l \cos \alpha \quad (5)$$

此时, 总的负载转矩为:

$$T = T(\alpha) = T_1 + T_2 \quad (6)$$

计算上式极值, 可使上式对  $\alpha$  求导得到:

$$\frac{dT}{d\alpha} = l \sin \alpha (2 \times 9.8/16 C_b S v^2 \cos \alpha - G) \quad (7)$$

令其为 0, 可推出:

$$\alpha_1 = 0 \quad (8)$$

或

$$\alpha_2 = \arccos \frac{G}{2 \times 9.8/16 C_b S v^2} \quad (9)$$

式(8)表示天线刚刚抬起时转矩存在一个峰值:

$$T = G l \quad (10)$$

由式(9)可知, 在一定的风速下, 天线在转动过程中, 当转动角度达到  $\alpha_2$  时, 转矩存在一个峰值。其值为:

$$T = l(9.8/16 C_b S v^2 \sin^2 \alpha_2 + G \cos \alpha_2) \quad (11)$$

设计天线传动系统时, 要考虑天线在多大风速下可以保证正常工作, 因此, 风速的大小是预先设定的, 即“设计风速”。根据风速计算力矩, 并取式(10)、(11)中的较大值, 即为最大的负载转矩。此时, 只需所设计传动系统提供的力矩大于该值即可。

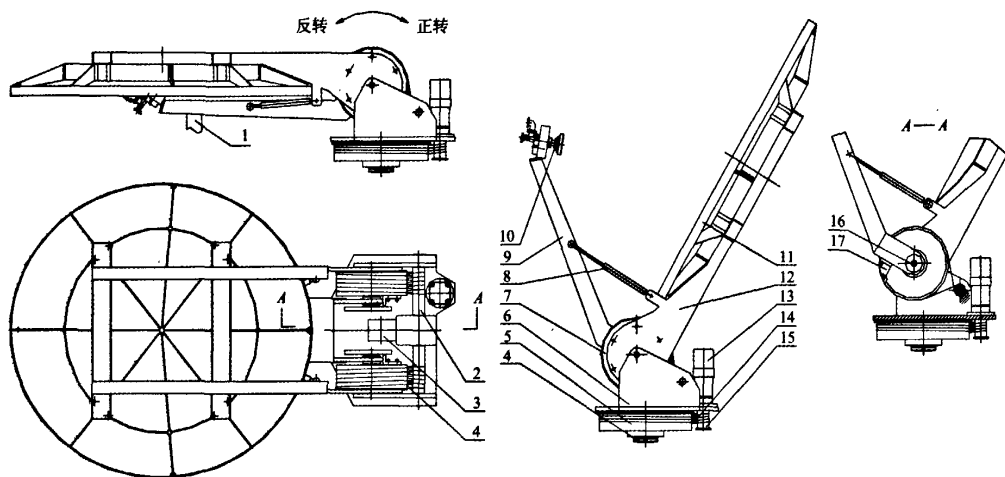
## 3 车载卫星天线硬件设计

该装置除了包括传统天线控制装置中的天线组件、馈源组件、机座组件以及电机外, 最突出的地方是使用了钢丝绳作为电机和机械组件之间的传动装置。如图2所示, 该装置工作过程如下:

天线展开前, 天线口平面处于水平状态, 开口朝下, 压缩空气弹簧处于被压缩状态。启动第一电机, 在摩擦力的作用下, 第一钢丝绳拉动滚轮绕轴转动。此时, 滚轮的转向为正转, 天线逐渐仰起, 馈源支架保持原位置不动。当天线仰起到一定的角度时, 馈源与天线的相对位置正好使馈源波导口中心在天线的焦点上时, 随滚轮转动的挡块也恰好托住馈源支架的下端, 使馈源支架与天线一并转动。通过第一电机的动力输出轴的正反转可调整天线的俯仰角。启动第二电机, 在摩擦力的作用下, 钢丝绳拉动方位轮转动。由于方位轮底平面固定在车顶上, 根据相对运动原理, 底座就绕底座连接轴的轴心线转动。通过第二电机的动力输出轴的正反转可以调整方位角。回收天线时, 启动第二电机使底座回转到原位置。启动第一电机, 天线下俯, 当馈源支架与运输车上设置的垫块接触后, 停止转动, 天线继续下俯, 压缩空气弹簧被压缩, 直至天线的口平面成水平状态时, 完成回收。天线展开和回收过程中, 可以同时启动第一、第二电机调节天线的俯仰角和方位角。

## 4 本装置的优点

与现有技术相比, 本文所提出的控制装置具有如下优点: (1) 电机的动力输出轴与滚轮的外轮轂通过钢丝绳交叉缠绕连接, 这消除了动力传动中的回差, 增强了天线的稳定性, 当遇到较大风力(8~10级风)时, 天线不会晃动, 从而提高了通信的可



1—垫块;2—第一电机动力输出轴;3—第一电机;4—第一钢丝绳;5—底座连接轴;6—方位轮;7—底座;8—滚轮;9—压缩空气弹簧;10—馈源支架;11—馈源;12—天线;13—天线支架;14—第二电机;15—第二钢丝绳;16—第二电机动力输出轴;17—挡块

图2 车载卫星通信天线控制装置

靠性;(2)在天线未使用时,天线口朝下,减小了在行进过程中给车带来的风阻。由于空气压缩弹簧的作用,不会因为车在行进中的颠簸使馈源支架产生向上的跳动。

## 5 结束语

本文提出的寻星定位搜索算法不需要具体的函数公式,计算过程避免了求导计算,算法简单,计算速度快;同时还给出了车载卫星防风能力计算方法并设计了一种新型车载卫星通信天线控制装置。

实践证明,该装置达到了设计目的,具有很高的实用价值。目前该装置设计方法已申请专利,并已形成产品。

### 参考文献:

- [1] 周晓光,黄如慧,魏世民,等. 车载式卫星天线的设计及运动仿真[J]. 设计与研究,2006,33(11):11-13.
- [2] 江 涛,董海瑞. 车载卫星通信站天线自动控制系统设计[J]. 电视广播与传输,2001(11):34-35.
- [3] 董 颖,肖 峻,柴小波,等. 车载卫星天线伺服控制系统的研究[J]. 电子机械工程,2006,22(3):22-24.

## Design of the Control System of a New Vehicle Satellite

QIU De-long

(Nanjing China - spacenet Telecom Co., Ltd., Jiangsu Nanjing, 210036, China)

**Abstract:** It proposes a new control system of the vehicle satellite aerial communication, presents a new searching and positioning method of the vehicle satellite, calculates the anti-wind ability. This control system uses a new driven pair instead of the gear, takes the steel wire between the step motor and the antenna, eliminates the backlash of the conventional method.

**Key words:** Vehicle Satellite Aerial; Offset Parabolic; Drive Set

## 欢 迎 投 稿

《中国制造业信息化》杂志(原《机械设计与制造工程》)是中国制造业信息化研究、开发、推广、应用、服务的综合性技术期刊,旨在推动信息技术在中国制造业的应用,提升中国制造业的竞争力。学术版特点鲜明,学术性和政策指导有机结合突出创新。

投稿须知:文稿应有创新,立论科学,主题明确,论据充足,层次清楚,叙述要有条理,文字简练,数据可靠,图表清晰;遵从国家法定计量单位。

(下转第55页)

## 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,一直致力和专注于微波、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>