

卫星导航转台天线旋转关节时延特性分析

王 宇, 黄旭峰

(北京环球信息应用开发中心, 北京 100094)

摘 要: 为确保卫星导航系统星地时间同步精度, 要求转台天线旋转关节具有良好的时延特性。通过对非接触式、接触式和电缆替代式三种旋转关节时延特性的分析和比较, 结合典型关节的时延测试试验, 结果表明: 电缆替代式旋转关节具有更好的时延特性。

关键词: 卫星导航; 旋转关节; 时延

中图分类号: P2284; TN820 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-9268(2011)03-0033-03

0 引 言

转台式抛物面天线是卫星导航系统完成星地时间同步、建立卫星导航系统时间基准的基础设备, 天线时延特性会影响导航系统提供服务的精度。旋转关节是转台式抛物面天线的关键部件, 且旋转关节是随天线转动时延值易发生变化的结构件, 有必要研究并掌握旋转关节的时延特性, 确保导航系统提供服务的精度。

旋转关节是转台天线系统中保证射频信号连续的装置^[1], 它是各类转台天线馈线段的一个关键性微波器件^[2]。根据旋转关节动环和定环^[3]的接触方式可分为非接触式和接触式, 对于满足使用需要的限动天线(如方位可在 $-320^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 之间旋转), 为改善其时延特性, 使用电缆替代旋转关节, 可称为电缆替代式限动旋转关节。

1 旋转关节时延特性分析

1.1 非接触式旋转关节

非接触式旋转关节主要包括有内导体刨开式圆环同轴关节、同轴线非接触式关节、电容耦合式同轴关节、绕柱式同轴关节^[4], 虽然它们的设计方案各有不同, 但均通过设置微波扼流耦合槽实现信号连续传输。非接触式旋转关节的动环信号传输口可以灵活设置在内壁上, 方便进行多路旋转关节的叠加^[5], 可满足天线系统对多路信号的需求。非接触式旋转关节采用内外两层同轴线嵌套结构,

内外导体机械加工精度不高及其装配同心度差, 均会造成动环激励探针相对定环微波扼流耦合槽位置的变化, 从而影响其时延的稳定性。

1.2 接触式旋转关节

接触式旋转关节, 其动环与定环之间通过触点滑动连接保持信号的连续传输。根据动环与定环间触点连接方式不同还可细分为触点滑环电刷式关节、同轴线直接接触式关节^[4], 接触式旋转关节要求动环与定环间的缝隙尽可能小, 必须有良好的电接触, 使接触损耗降低, 减少电磁能量在接触处的反射而引起能量损失。这类旋转关节因为动环与定环间有滑动摩擦所以旋转关节的转速不能太高, 并且滑动摩擦会产生磨损, 使电性能可靠性下降。由于其电信号传输方式不是靠耦合传递而是直接物理接触, 所以这类旋转关节信号传输带宽非常容易达到宽频带的要求。接触式旋转关节调试简单, 只要保证关节部件结构加工精度, 设计出合理的旋转关节动环、定环触点类型, 就可保证旋转关节的时延稳定特性。

1.3 电缆替代式限动旋转关节

转台式天线旋转关节可作无障碍旋转, 但在一些特定情况下, 不需要天线作无障碍旋转, 例如天线方位转动范围仅在 $-320^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 之间的限动天线, 可使用宽温、稳相、低损耗、柔软电缆随卷绕装置完成天线方位平台动环与天线立柱内定环的连接, 每个电缆组件代替一路关节, 用来获得更好的关节电气指标。线缆替代式限动关节结构简单, 易

收稿日期: 2011-03-11

联系人: 王宇; E-mail: wangyugood@sina.com

于调试与更换,多路关节之间电性能一致性好。电缆替代式旋转关节的电性能由关节内部电缆本身电特性以及电缆随卷绕装置转动受力情况决定,只要电缆在卷绕装置上均匀受力,就可获得良好的时延特性。

通过上述分析,非接触式旋转关节是应用最广泛的旋转关节,可靠性高,时延稳定性和一致性较差;接触式旋转关节可用于大功率信号传递,使用寿命较短,时延稳定性较好;电缆替代式限动旋转关节只能用于低功率信号传递,转动范围受限,时延稳定性优异。

2 旋转关节时延特性测试试验

旋转关节时延特性测试需要使用矢量网络分析仪(以下简称矢网)、辅助电缆等建立测试环境,如图1所示,为构成测试回路,需引入测试辅助电缆连接发射俯仰关节与接收俯仰关节。其测试信号流程为:矢网发端口→发射方位关节→发射俯仰关节→接收俯仰关节→接收方位关节(矢网收端口)。测试回路中所有测试线缆均保持固定,可以避免测试中电缆甩动造成的时延抖动,提高时延的测试精度。

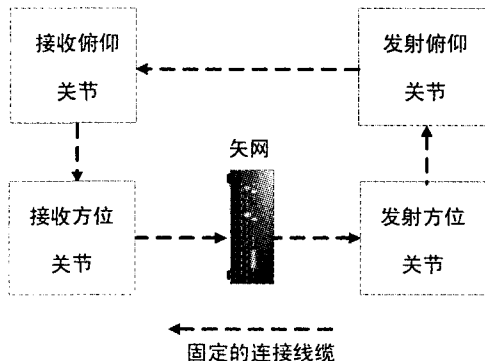


图1 旋转关节时延特性测试连接图

测试频点选择通用导航L频段,选择1.2 GHz频点,使用矢量网络分析仪作为测试工具。天线方位和俯仰同时保持匀速转动,矢网每秒记录一次回路时延变化值。不同类型旋转关节其时延特性结果分别如下所述。

2.1 非接触式旋转关节

选用同轴线非接触式旋转关节分别作发射关节和接收关节构成测试回路,进行旋转关节时延特性测试,其测试结果如图2所示:横坐标为测试时间、纵坐标为归一后的时延变化值。

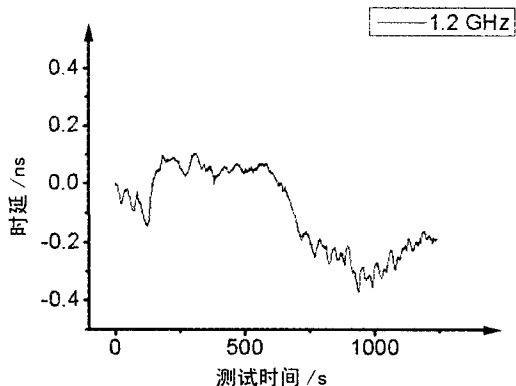


图2 非接触式旋转关节转动时的时延稳定性

从图2中可以看到耦合式旋转关节转动时的时延特性较差,时延变化范围在0.6 ns以内,随着旋转关节的转动,其时延会作随机的跳动,任何微小的震动均会引起时延的变化。

2.2 接触式旋转关节

选用触点滑环电刷式关节旋转关节分别作发射关节和接收关节构成测试回路,进行旋转关节时延特性测试,其测试结果如图3所示。

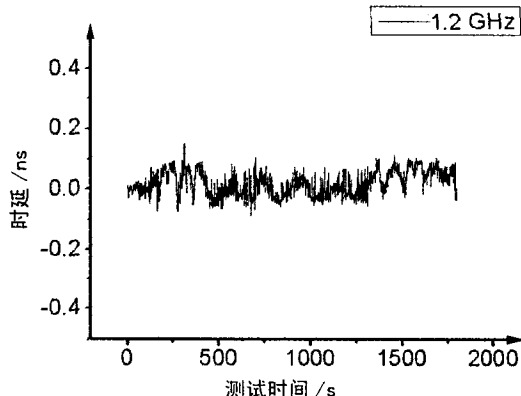


图3 接触式旋转关节转动时的时延特性

从图3中可以看到接触式旋转关节转动时延特性稳定性较好,时延变化范围在0.2 ns以内,但随着旋转关节转动会出现时延值突跳、毛刺现象。

2.3 电缆替代式限动旋转关节

选用电缆替代式限动旋转关节分别作发射关节和接收关节构成测试回路,进行旋转关节时延特性测试,其测试结果如图4所示。

从图4中可以看到电缆替代式限动关节的时延特性非常好,时延变化范围在0.05 ns以内,较前两种类型的旋转关节时延特性更好。

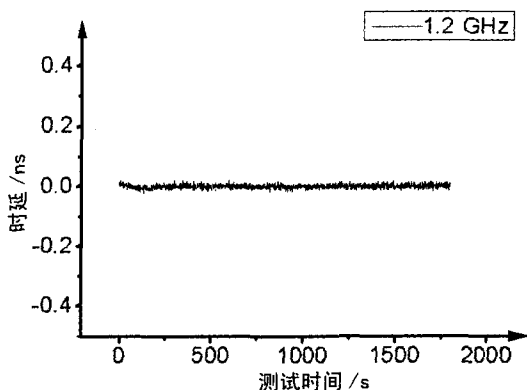


图4 电缆替代式限动关节转动时的时延特性

3 结 论

旋转关节信号传递的方式决定了它们的时延稳定特性:电缆替代式旋转关节的时延稳定性最好,其次是接触式旋转关节,非接触式旋转关节较

差。因此我们建议卫星导航转台天线旋转关节选用接触式旋转关节作为发射关节,电缆替代式旋转关节作为接收关节。

参考文献

- [1] 汤长岭. 旋转关节结构设计探讨[J]. 电子机械工程, 2002(1):32-34.
- [2] 彭天杰. L波段二维高功率旋转关节结构设计[J]. 电子机械工程, 2008(2):41-43.
- [3] 唐 波. L频段双通道旋转关节的研制[J]. 电讯技术, 2007, 47(4):172-173.
- [4] 孙国强, 平铁君. 非接触式 L 波段双路旋转关节[J]. 火控雷达技术, 2008, 37(3):69-71.
- [5] 王群杰, 汪 伟, 李 磊, 等. 可堆积饼式旋转关节的设计[J]. 雷达与对抗, 2006(4):42-44.

作者简介

王 宇 (1975—), 男, 辽阳人, 硕士工程师
长期从事卫星导航技术研究。

Analysis on Time-Delay Characteristic of the Satellite Navigation System Antenna Rotatory Joint

WANG Yu, HUANG Xu-feng

(Beijing Global Information Center of Application and Exploitation, Beijing 100094, China)

Abstract: In order to keep the precision of time synchronization between satellite and ground for the satellite navigation system, the time-delay characteristic of antenna rotatory joint is required to be well. Three types of rotatory joint including of non-osculating, osculating and cable substituted are analyzed with the representative time-delay test. The result shows that the fashion of cable substituted has better character.

Key words: Satellite navigation; rotatory joint; time-delay

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)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)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)，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>