

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 5/02 (2006.01)

G01S 5/14 (2006.01)

B64G 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710063696.2

[43] 公开日 2008年8月13日

[11] 公开号 CN 101241175A

[22] 申请日 2007.2.7

[21] 申请号 200710063696.2

[71] 申请人 中国科学院国家授时中心

地址 710600 陕西省西安市临潼区书院东路

共同申请人 中国科学院国家天文台

[72] 发明人 李志刚 施浒立 艾国祥 杨旭海

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 周国城

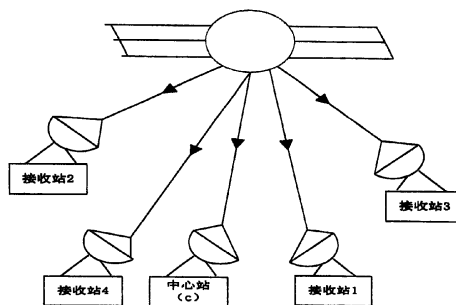
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

转发式一站发多站收卫星测轨方法

[57] 摘要

本发明转发式一站发多站收卫星测轨方法，涉及深空跟踪技术，仅需有一个地面测轨站具有信号收发功能，其它地面测轨站均为接收站。战时，发射站可以根据需要变更，甚至发射站在运动中发射而不损失精度，从而使整个系统隐蔽性好，有效地防止敌方发现测轨站，提高了整个系统的抗摧毁能力和抗干扰能力。



1. 一种转发式一站发多站收卫星测轨方法，使用卫星、深空飞行器和多数个地面测轨站；其特征在于，只有一个测轨站发射测量信号，为发射台站，发射台站配置发射信号和接收信号设备，其它测轨站不发射信号，仅接收信号；这样不但简化了测轨站设备配置，而且提高了系统隐蔽性，增强了系统的抗干扰和抗摧毁能力。
2. 根据权利要求1所述的转发式一站发多站收卫星测轨方法，其特征在于，所述发射测量信号的发射台站，为中心测轨站，以便于测轨系统管理与数据处理，有利于测轨定轨；在战时，变更发射台站或启用流动发射台站为中心测轨站，流动发射台站在运动中工作而观测精度不受影响，这样有利于系统的隐蔽性和抗干扰能力。
3. 根据权利要求1所述的转发式一站发多站收卫星测轨方法，其特征在于，适用于C波段卫星，同时适用于L、S、X、Ku、Ka的多种频段转发器的测轨定轨。

转发式一站发多站收卫星测轨方法

技术领域：

本发明转发式一站发多站收卫星测轨方法，涉及深空跟踪技术领域，适用于卫星的测轨技术和深空飞行器的测轨。

背景技术

2003年12月30日，李志刚等申请了《转发器卫星测轨定轨方法》，2006年7月5日已获批准（专利申请号：200310102197.1）。这是一种利用转发器进行卫星测轨定轨的方法，适用于装有转发器的卫星或航天器的测轨定轨。其特点是，各站通过接收发射信号，测定信号从发射站到卫星或其它测站的时间间隔，实现卫星或航天器的精密测轨。该方法需要在地面建立三个以上的测轨站，每个测轨站配置原子钟，并使各站时钟精确同步；每个测轨站发射有高精度测距码的微波载波信号，信号经卫星转发器转发后，由测轨站接收解调，测量由发射站经卫星转发至接收站的时延，扣除传输过程中的各种时延，如仪器时延、电离层时延和大气时延，得到路经时延，将路经时延乘以电磁波传播速度，得到电磁波传播路径的距离或得到发射信号的地面站至卫星，经卫星转发器转发到接收信号地面站间的距离；根据几个台站的多站同步观测交会得到卫星或航天器的轨道。

本发明与专利 200310102197.1 不同点在于，原专利申请要求每个测轨站都要发射信号，也同时接收信号。当每个测轨站都发射信号时，容易暴露测轨站的位置，在战时容易遭受打击或摧毁，为此，本发明提出改善测轨系统隐蔽性和提高抗打击、抗摧毁能力的新方法、新技术和新系统。

发明内容：

为了克服所有台站均发射信号，容易暴露测站位置，遭到打击不足之处，本发明提出了一种转发器卫星测轨定轨方法的修正和补充方法。其特征是仅有一个发射站，理论上只要有一个发射站就行，考虑到战时抗打击能力，可以建备份发射站或副发射站，或用车载移动站。新系统适用于装置有转发器的卫星或航天器。

本发明的测轨方法，是通过测时延达到测距的目的，从而实现卫星或航天器的精密测轨定轨。本方法需要在地面建立一个中心发射站，三个以上的接收测轨站，每个测轨站的时间要求同步。中心发射站发射有测距码的微波载波信号，经卫星转发器转发后，再由本站和其它测轨站接收解调，得到由发射站经卫星转发至接收站的时延，将时延乘以电磁波传播速度，便得到电磁波传播的路径距离；该路径代表了中心发射站至卫星，卫星转发至有接收功能的地面接收站的距离。测量得到伪距后，可以交会得到卫星或航天器的轨道位置。

卫星测轨站要求配置原子钟，各站间时间同步精度优于 0.2ns；从而使距离测量内部精度达到厘米级，使卫星测轨、定轨精度达到米级。

转发式一站发多站收卫星测轨方法，是从卫星双向时间比对中引伸出来的，本身可以实现高精度时间同步，并可高精度测定卫星位置和轨道，双频观测模式可以建立电离层改正模型，实现测定电离层时延误差，为电离层研究提供新途径。

所述的转发式一站发多站收卫星测轨方法，时间同步和测轨为独立观测量，测轨站的时间同步误差不影响测轨。该方法利用微波作为载波，可全天候全天时工作，不受天气影响。在这方面优于光学测轨和激光测轨方法与技术。

所述的转发式一站发多站收卫星测轨方法，实现发射站至卫星、卫星至接收站的高精度伪距测量，从而可以获得转发式卫星高精度位置和轨道数据。

所述的转发式一站发多站收卫星测轨方法，其可以通过一站至多站的距离测量，测量出转发器时延和发射站时间同步误差。

所述的转发式一站发多站收卫星测轨方法，其所述的测轨接收站，由具有接收功能的小型卫星地面站天线、低噪声放大器（LNA）、接收机、

计算机、高精度原子钟及各测轨站之间的通信传输网络组成。通信链路按标准方式连接，设备的选取根据所测卫星转发器的功率、载噪比、载波情况而定。进行通信链路计算，以保证整个通信链路能完成传输功能。

所述的发射站可以选择其中一个测轨站，以中心测轨站为最宜，这样便于整个系统管理和数据处理。这个测轨站应具有实时或定时进行收发通道时延测试的功能，一般是收发复用站，这样便于对发射信号实行监测，发射站可以有备份站。备份发射站可以是固定站，也可以是移动站。

本发明基于多通道卫星单向时间传递技术，实现双频一台站发射信号，多台站同时接收信号。系统只要一个扩频码，把时间信号调制后发送给卫星，经卫星转发器转发后，各接收地面站接收信号解调后求得本地台站至中心测轨站之间的传输时延。在路径时延计算时，还应消除各种系统误差的影响，从而实现转发式卫星的高精度测轨，这是一种一站发多站收测时延得距离的测轨定轨技术，具有高精度、较隐蔽、能全天候工作等特点。

附图说明

图 1 是本发明的一发一收卫星转发式测轨基本原理图；

图 2 是本发明的一发多收卫星转发式测轨原理图；

图 3 发射站设备框图；

图 4 接收站设备框图；

图 5 是一发多收测轨系统组成示意图。

具体实施方式：

请参照图 3 至图 5，本发明在地面段装置一个发射站和三个以上地面卫星接收站。本发明系统只要求一个测轨站发射信号，其它台站同时接收该发射台站的信号，原则上其它台站只要求具有接收功能。接收站内除包括天线、低噪声放大器（LNA）、接收机、电源等常用设备外，还必须配置高精度原子钟作为频率和时间基准，要求精度优于 1×10^{-12} 秒。有了高精度的时钟，并利用高精度测距码，通过伪码相关，可以实现高精度的时间差测量,实现高精度的距离测量。

本系统必须精确测定接收站的地理坐标和实现接收站间的时间同步，要扣除电波上行的电离层时延影响和对流层时延影响、下行的电离层时延影响和对流层时延影响以及接收机时延影响等，从而准确求得上行线路时延和下行线路时延，精确地进行距离测量。得到中心测轨站至各接收站的距离测量值以后，可以求得卫星的空间位置，从而实现卫星的精确测轨。

为了精确求解卫星的空间位置，必须重视测轨站的布局，因为测轨站的位置布局会直接影响测轨的精度，不同的测轨站布局有不同的几何精度衰减因子（GDOP），最终影响卫星测轨的精度（ $\sigma = GDOP * \sigma_m$ ）。

下面介绍转发式卫星定轨原理，请参照图 1、图 2：

发站时间基准的秒脉冲（1pps）经终端调制成中频（70M），由发射站上变频发射送至卫星，卫星转发器把信号转换成下行频率送至接收站，测得发射站（C 站）至接收站（J 站）的总时延，其关系可表示为

$$R_{cj} = T_j - T_c + \tau^U + \tau_j^D + \tau_s + \tau_c^T + \tau_j^R$$

其中，

R_{cj} —接收站接收到发射站信号时的时间间隔计数器读数；

T_j —发射信号时接收站的钟面时刻；

T_c —发射信号时发射站的钟面时刻；

τ^U —从发站到卫星间信号时延；

τ_j^D —卫星到接收站间信号时延；

τ_s —卫星转发器的时延；

τ_c^T —发射站仪器的发射时延；

τ_j^R —接收站仪器的接收时延。

设：

$$\Delta T_j = T_j - T_c$$

ΔT_j —接收站原子钟相对于发射站原子钟的钟差。

式中，未计入相对论效应，称作 Sagnac 效应，其改正量为 $-2\omega A/C^2$ 。

其中 C —光速；

ω —地球旋转角速度；

A —是卫星、地心与两站之间连线围成面积在赤道上的投影面积。

在路径传播时延中，应考虑大气对流层时延和电离层时延。对流层

时延可采用微波辐射计或根据地面气象资料用模型计算后扣除；电离层时延与频率平方成反比，相同的路径、不同的上行和下行频率，其时延是不同的。对于 Ku 波段，其上下行电离层差异小，影响可以忽略；C 波段要考虑上行和下行因频率不同引起的影响。

一发多收也可以实现多站交会测量，一种方法是在发站设接收装置，从而可以求得发站至卫星的时延。知道了发站至卫星的时延 R^U ，则由发射站经卫星至接收站的时延 R_{cj} 中减去卫星转发器时延 τ_s 和发站至卫星的时延 R^U ，就能得到卫星至每个接收站的传输时延 R_j^D ，这样可以实现多站交会测量。

在上面观测原始方程中，包括四种类型的未知量：1、原子钟不同步引起的时钟钟差，包括发射站时钟不同步误差和各接收站间的同步钟差；2、仪器发射通道传输引起的时延和接收通道传输仪器接收引起的时延；3、路径引起的时延；4、卫星转发器引起的时延。其中，路径引起的时延是最为关心的时延，其它时延如卫星转发器时延或仪器误差，希望能抵消或直接测定。

先讨论中心站接收能力。如果中心站接收信号，那么观测方程为

$$R_{cc} = \tau^U + \tau_c^D + \tau_s + \tau_c^I + \tau_c^K$$

这时，其它接收站接收中心站发射经卫星转发的下行信号，其时延为

$$R_{jc} = \tau^U + \tau_j^D + \tau_s + \tau_c^I + \tau_j^K + \Delta T_j$$

若由 R_{jc} 减去 R_{cc} ，并有 $\tau_c^U = \tau_c^D$ （要考虑相对论效应），则二个原始观测式相减得：

$$R_{jc} - \frac{R_{cc}}{2} = \tau_j^D + \tau_j^K + \frac{1}{2}\tau_s + \frac{1}{2}\tau_c^I - \frac{1}{2}\tau_c^K + \Delta T_j$$

上面观测方程中仪器误差可直接测定，因此，上面四个方程就能求解卫星轨道和转发器时延。

系统组成及主要设备：

本发明的整个系统由一个收发测轨站和多个测轨接收站构建而成（见图 5），收发测轨站装置有（见图 3）：

- (1) 小型卫星通信天线
- (2) 低噪声放大器
- (3) 高功率放大器
- (4) 下变频器

- (5) 上变频器
- (6) 调制解调器
- (7) 计算机及基带设备
- (8) 高精度原子钟；
- (9) 时间和频率分配器
- (10) 气象设备
- (11) 微波辐射计
- (12) 其他传感器

接收测轨站装置有（见图 4）：

- (1) 小型卫星地面站天线
- (2) 低噪声放大器（LNA）
- (3) 下变频器
- (4) 解调器
- (5) 计算机
- (6) 高精度原子钟
- (7) 时间和频率分配器
- (8) 气象设备
- (9) 微波辐射计

设备的选取必须根据所测卫星转发器的功率、载噪比、载波情况等，并进行通信链路计算，从而保证整个通信链路能完成传输功能。

本测量方法，在 C 波段应用时，时间测量精度已可达到 0.1~0.2ns，所以距离测量内部精度已能实现厘米级测量精度。

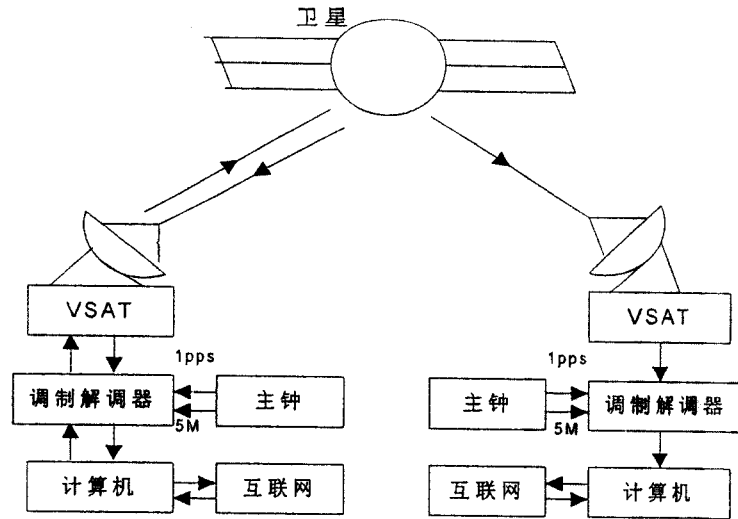


图 1

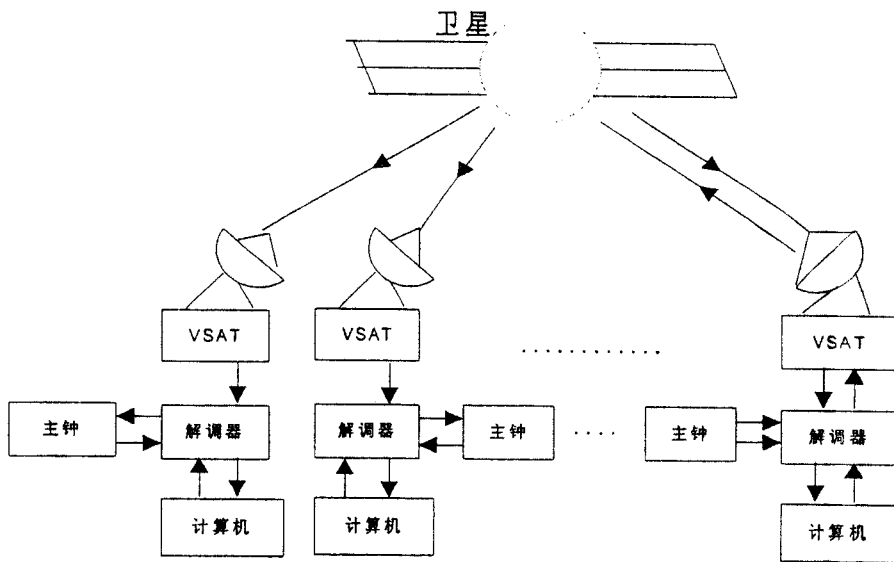


图 2

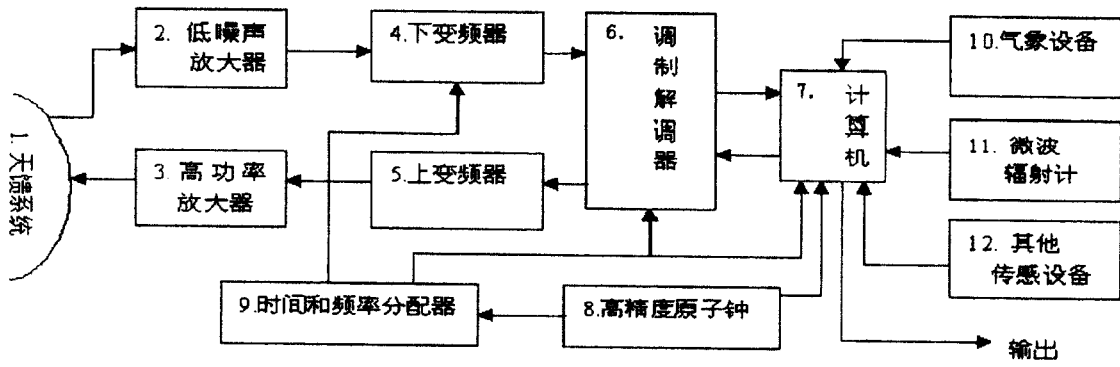


图 3

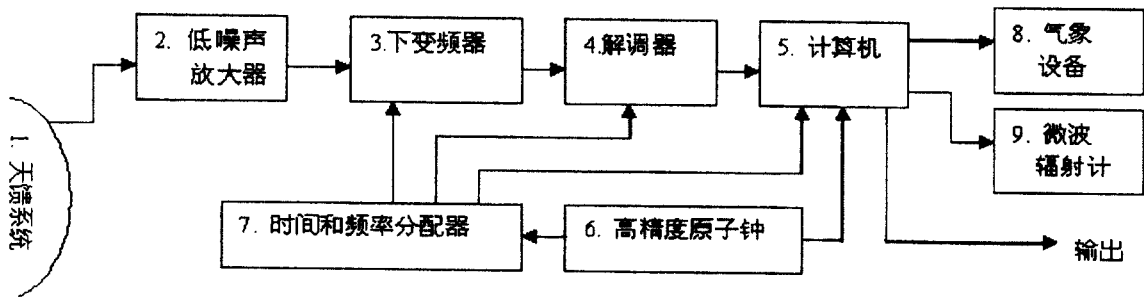


图 4

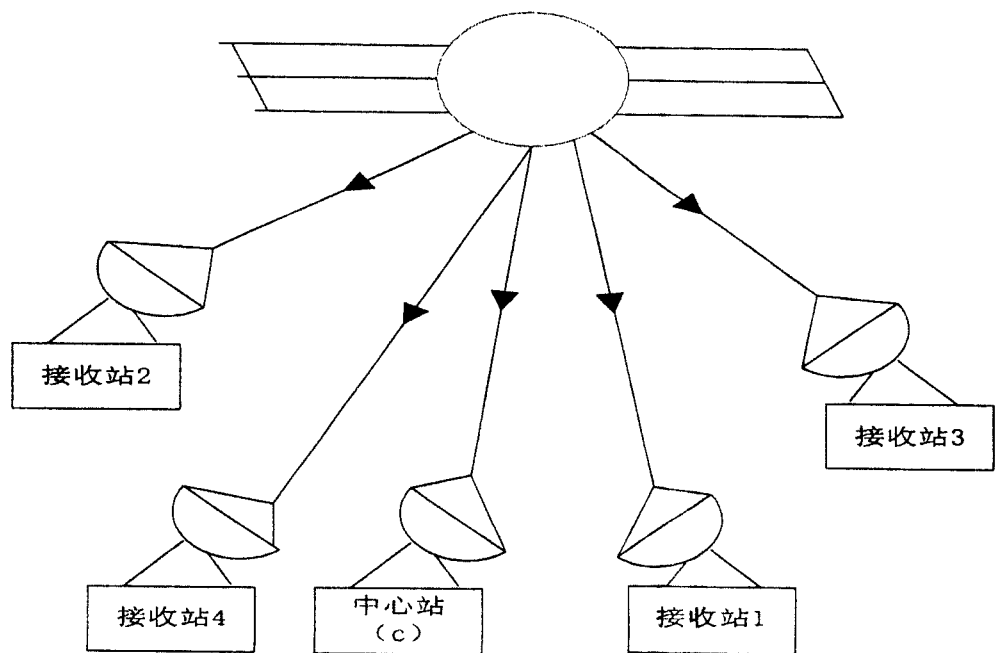


图 5