



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110988822 B

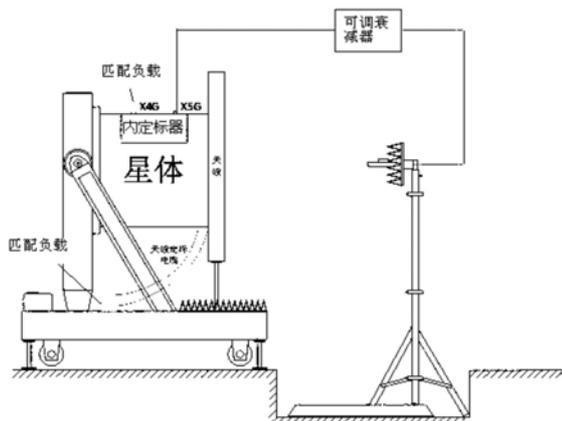
(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 201911150553.4  
 (22) 申请日 2019.11.21  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 110988822 A  
 (43) 申请公布日 2020.04.10  
 (73) 专利权人 上海卫星工程研究所  
 地址 200240 上海市闵行区华宁路251号  
 (72) 发明人 巩彪 崔雷 王艳军 孙永岩  
 信太林 於伟民 张伟 李东霖  
 (74) 专利代理机构 上海段和段律师事务所  
 31334  
 代理人 李佳俊 郭国中  
 (51) Int. Cl.  
 G01S 7/40 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 108899632 A, 2018.11.27  
 CN 110146856 A, 2019.08.20

CN 103630761 A, 2014.03.12  
 CN 207249107 U, 2018.04.17  
 KR 101938778 B1, 2019.04.10  
 US 9103855 B2, 2015.08.11  
 US 2016209500 A1, 2016.07.21  
 CN 105610504 A, 2016.05.25  
 CN 103472315 A, 2013.12.25  
 Laskowski P 等. “Multi-Channel SAR Performance Analysis in the Presence of Antenna Excitation Errors”. 《2013 14th International Radar Symposium (IRS)》. 2013,  
 高峰 等. “时域光学拓扑成像方法的模拟和实验研究”. 《天津大学学报(自然科学与工程技术版)》. 2014,  
 席沛丽 等. “星载SAR方位多通道收发天线尺寸优化方法研究”. 《上海航天》. 2014,  
 审查员 朱仲艳  
 权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称  
 基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法

(57) 摘要  
 本发明提供了一种基于无线单TR (Transmitter and Receiver) 定标的多通道SAR (Synthetic Aperture Radar) 天线性能检测方法, 为了验证卫星SAR天线在长途运输和振动试验前后, 对多通道SAR天线性能变化的影响。本发明极大降低卫星转场试验成本和天线收拢展开可能带来技术风险, 简单快速的对运输和振动试验后SAR天线性能进行检测, 同时相比传统方向图复测方法, 提出了一种新的多通道SAR天线检测方法, 提高了检测效率。



1. 一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:使用近场探头对多通道SAR天线进行无线单TR定标测试,包括天线完整主通路的信号进行测试,以此检测SAR天线的性能状态;

步骤2:根据SAR天线工作频段及几何尺寸,以及近场探头与SAR天线几何关系,确定测试时所需要的三脚架、手持式激光仪和相应频段的近场探头设备;

步骤3:将手持式激光测距仪固定在近场探头天线上,并测量出激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系,以计算出近场探头与阵面的具体位置关系;用水平仪测量激光测距仪与探头的平行度;

步骤4:将内定标系统连接天线定标网络端口断开,接上保护头然后与一定长度的地面高频测试电缆相连接,再接上可调衰减器后,通过另一根一定长度的地面高频测试电缆将衰减器和近场探头相连接;

步骤5:打开激光测距仪并调节三脚架的高度,使激光的光斑正好位于SAR天线通道1阵面波导距离向的中心位置处,并锁定三脚架的高度位置,其次调节三角架的旋转关节寻找激光测距仪的距离最小值所对应的角度,此时为近场探头与阵面相垂直的角度,锁定三脚架的旋转关节,然后调节三脚架的前后位置使探头距离阵面的位置正好处于步骤3计算出的位置,最后将三脚架进行方位向移动使激光正好位于通道1的波导阵面中心处;

步骤6:将近场探头进行架设所使用的工具全部撤离天线阵面正前方,检查地面电缆连接关系,确认内定标系统与天线定标网络电缆是否断开并连接匹配负载;确认无误后,SAR天线加电,并进行单TR定标测试;

步骤7:使用卷尺测量三脚架三个支撑脚在方位向延伸到SAR天线第二个通道的位置,并做好标记;然后,将三脚架整体移动到标记的位置处;然后,使用激光测距仪测量波导探头与阵面在X、Y、Z三个方向上的位置关系,保持三脚架所有的活动关节处于锁定状态,通过微调整个三脚架使激光的光斑位于所需的位置处;调整到位后,检查电缆连接状态,然后天线加电,并进行SAR天线第二个通道测试;以此类推直至多通道SAR天线所有通道全部完成测试。

2. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,步骤1中所述天线完整主通路包括延时放大组件、TR组件、辐射波导、功分器以及高频电缆中的任一种或任多种组合。

3. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,所述近场探头类型和近场探头相对天线的距离匹配于待检测雷达的工作频段。

4. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,在测量激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系时,设计测量误差不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,所述近场探头包括带吸波材料的近场测试系统专用波导探头。

6. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,近场探头与波导缝隙天线处于远场条件,波导缝隙天线的主瓣位置匹配于近场探头。

7. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在

于,SAR天线阵面大至设定范围和/或通道数多至设定范围时,为了减少测试次数,根据远场方向图调整波导探头距离阵面的距离。

8. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,在每个探头架设位置处使用无线单TR定标,对天线全阵面进行单TR定标测试,得到若干组定标数据,然后将近场探头重复移动到每个通道处,再次进行单TR定标测试,并将相同位置处的定标数据进行比对分析,分析定标测试结果幅度和相位的一致性以及数据的测量精度和误差,最终达到对多通道SAR天线性能变化进行检测的目的。

9. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,步骤3中,近场探头与阵面的具体位置关系满足如下第一公式:

$$R > \frac{2 \times D^2}{\lambda}$$

其中,R为波导探头距离阵面的距离;D为天线尺寸, $\lambda$ 为天线频段波长。

10. 根据权利要求1所述的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,其特征在于,为了减少测试次数,设定波导探头距离阵面的距离为R,方位向方向图主瓣内的波束宽度在设定误差范围内记为 $\theta$ ,天线阵面单根波导缝隙天线的方位向长度为d,则一次测试可以测量的T/R组件个数N满足如下第二公式:

$$N = 2 \times \frac{R \times \tan \theta}{d}。$$

## 基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及多通道SAR天线性能测试技术领域,具体地,涉及一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,尤其涉及一种适用于所有采用大量TR组件的、基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法。

### 背景技术

[0002] SAR天线,如专利文献CN108899632A公开的一种基于形状记忆聚合物复合材料可展开星载合成孔径雷达天线,包括多个上部桁架、底座和若干个天线单元,多个上部桁架并排平行安装在底座上,每个上部桁架上沿其长度方向设有多个所述天线单元,若干个所述天线单元呈矩阵状排列组成一个长方形板体。

[0003] SAR天线随载荷舱经过长途运输及整星振动试验后,需对所有TR通道以及TR与裂缝波导之间的收发通道性能进行诊断,确保SAR天线TR通道与裂缝波导之间的收发通路性能不会因为振动等外界因素发生变化。随着SAR天线技术的不断发展,天线TR通道数量在不断的增加,已经达到成千上万,任何部分TR通道的故障,都会导致整个SAR天线性能指标发生变化,因此多通道SAR天线性能检测技术对解决上述问题具有重要意义。

[0004] 对于传统的SAR天线性能检测方法,是通过将SAR天线置于大型的、专用的微波暗室中,通过地面工装及SAR天线地面展开设备,将SAR天线展开置于气浮平台上,然后调整微波暗室中SAR天线扫描架探头与天线阵面的距离,设置扫描探头移动的距离和方向,按照发射和接收状态分别对星上和扫描探头进行连接确认,最后分别对发射和接收方向图进行波位扫描测试,由于不同SAR天线功能不同,所设计的波位也不一样,一般都在几百到几千个波位,进行一次SAR天线方向图复测至少需要两周时间,且由于SAR天线具有体积大、系统构成复杂等特点,天线展开和收拢过程中会使用到各种吊装工具和大量工装,尤其是收拢过程中需要对电机进行反转,操作和收拢时间的控制非常严格,稍有不慎就会过收拢,对天线框架及阵面波导造成严重影响,因而SAR天线方向图复测实施过程复杂,风险控制难度极大。另外,随着SAR天线TR组件使用规模的不断增加以及通道数的增多,SAR天线方向图性能复测一次所需时间,少则数周,多则一个月以上,极大影响到了卫星研制进度。

[0005] 在此背景下,本发明公布了一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,通过在一般卫星洁净厂房内即可开展测试,无需专用的微波暗室和近场扫描系统对几百个波位进行扫描,也无需频繁的对SAR天线进行收拢展开,利用近场探头和三脚架等简单的设备即可快速、高效、安全的对多通道SAR天线性能完成检测。目前没有发现同本发明类似技术的说明或报道,也尚未收集到国内外类似的资料。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法。

[0007] 根据本发明提供的一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,包括

如下步骤：

[0008] 步骤1：使用近场探头对多通道SAR天线进行无线单TR定标测试，包括天线完整主通路的信号进行测试，以此检测SAR天线的性能状态；

[0009] 步骤2：根据SAR天线工作频段及几何尺寸，以及近场探头与SAR天线几何关系，确定测试时所需要的三脚架、手持式激光仪和相应频段的近场探头等设备；

[0010] 步骤3：将手持式激光测距仪固定在近场探头天线上，并测量出激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系，以计算出近场探头与阵面的具体位置关系；用水平仪测量激光测距仪与探头的平行度；

[0011] 步骤4：将内定标系统连接天线定标网络端口断开，接上保护头然后与一定长度的地面高频测试电缆相连接，再接上可调衰减器后，通过另一根一定长度的地面高频测试电缆将衰减器和近场探头相连接；

[0012] 步骤5：打开激光测距仪并调节三脚架的高度，使激光的光斑正好位于SAR天线通道1阵面波导距离向的中心位置处，并锁定三脚架的高度位置，其次调节三角架的旋转关节寻找激光测距仪的距离最小值所对应的角度，此时为近场探头与阵面相垂直的角度，锁定三脚架的旋转关节，然后调节三脚架的前后位置使探头距离阵面的位置正好处于步骤3计算出的位置，最后将三脚架进行方位向移动使激光正好位于通道1的波导阵面中心处；

[0013] 步骤6：将近场探头进行架设所使用的工具全部撤离天线阵面正前方，检查地面电缆连接关系，确认内定标系统与天线定标网络电缆是否断开并连接匹配负载；确认无误后，SAR天线加电，并进行单TR定标测试；

[0014] 步骤7：使用卷尺测量三脚架三个支撑脚在方位向延伸到SAR天线第二个通道的位置，并做好标记；然后，将三脚架整体移动到标记的位置处；然后，使用激光测距仪测量波导探头与阵面在X、Y、Z三个方向上的位置关系，保持三脚架所有的活动关节处于锁定状态，通过微调整个三脚架使激光的光斑位于所需的位置处；调整到位后，检查电缆连接状态，然后天线加电，并进行SAR天线第二个通道测试；以此类推直至多通道SAR天线所有通道全部完成测试。

[0015] 优选地，步骤1中所述天线完整主通路包括延时放大组件、TR组件、辐射波导、功分器以及高频电缆中的任一种或任多种组合。

[0016] 优选地，所述近场探头类型和近场探头相对天线的距离匹配于待检测雷达的工作频段。

[0017] 优选地，在测量激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系时，设计测量误差不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。

[0018] 优选地，所述近场探头包括带吸波材料的近场测试系统专用波导探头。

[0019] 优选地，近场探头与波导缝隙天线处于远场条件，波导缝隙天线的主瓣位置匹配于近场探头。

[0020] 优选地，SAR天线阵面大至设定范围和/或通道数多至设定范围时，为了减少测试次数，根据远场方向图调整波导探头距离阵面的距离。

[0021] 优选地，在每个探头架设位置处使用无线单TR定标，对天线全阵面进行单TR定标测试，得到若干组定标数据，然后将近场探头重复移动到每个通道处，再次进行单TR定标测试，并将相同位置处的定标数据进行比对分析，分析定标测试结果幅度和相位的一致性以

及数据的测量精度和误差,最终达到对多通道SAR天线性能变化进行检测的目的。

[0022] 优选地,步骤3中,近场探头与阵面的具体位置关系满足如下第一公式:

$$[0023] \quad R > \frac{2 \times D^2}{\lambda}$$

[0024] 其中,R为波导探头距离阵面的距离;D为天线尺寸, $\lambda$ 为天线频段波长。

[0025] 优选地,为了减少测试次数,设定波导探头距离阵面的距离为R,方位向方向图主瓣内的波束宽度在设定误差范围内记为 $\theta$ ,天线阵面单根波导缝隙天线的方位向长度为d,则一次测试可以测量的T/R组件个数N满足如下第二公式:

$$[0026] \quad N = 2 \times \frac{R \times \tan \theta}{d}。$$

[0027] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0028] 极大降低卫星转场试验成本和天线收拢展开可能带来技术风险,简单快速的对运输和振动试验后SAR天线性能进行检测,同时相比传统方向图复测方法,提出了一种新的多通道SAR天线检测方法,提高了检测效率。具体地:

[0029] (1) 提供了一种新的多通道SAR卫星天线性能检测方法,无需在大型微波暗室对SAR天线进行大规模、长周期、高风险的SAR天线方向图性能测试,可直接在洁净厂房内通过无线单TR定标进行天线性能检测;

[0030] (2) 极大降低了卫星转场试验成本和SAR天线收拢展开可能带来的技术风险,本方法简单快速的对运输和振动试验后SAR天线性能进行检测;

[0031] (3) 本方法相比于传统SAR天线方向图性能检测方法,提出了一种新的多通道SAR天线检测方法,提高了SAR天线性能检测精度;

[0032] (4) 本方法适用于所有采用大型相控阵天线的多通道SAR天线性能检测。

## 附图说明

[0033] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0034] 图1为近场测试探头与SAR天线阵面架设示意图。

[0035] 图2(a)为近场测试探头的装配方式与架设示意图、(b)为激光测距仪与近场测试探头之间的位置关系示意图。

## 具体实施方式

[0036] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0037] 根据本发明提供一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,包括如下步骤:

[0038] 步骤1:使用近场探头对多通道SAR天线进行无线单TR定标测试,包括天线完整主通路的信号进行测试,以此检测SAR天线的性能状态;

[0039] 步骤2:根据SAR天线工作频段及几何尺寸,以及近场探头与SAR天线几何关系,确定测试时所需要的三脚架、手持式激光仪和相应频段的近场探头等设备;

[0040] 步骤3:将手持式激光测距仪固定在近场探头天线上,并测量出激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系,以计算出近场探头与阵面的具体位置关系;用水平仪测量激光测距仪与探头的平行度;

[0041] 步骤4:将内定标系统连接天线定标网络端口断开,接上保护头然后与一定长度的地面高频测试电缆相连接,再接上可调衰减器后,通过另一根一定长度的地面高频测试电缆将衰减器和近场探头相连接;

[0042] 步骤5:打开激光测距仪并调节三脚架的高度,使激光的光斑正好位于SAR天线通道1阵面波导距离向的中心位置处,并锁定三脚架的高度位置,其次调节三角架的旋转关节寻找激光测距仪的距离最小值所对应的角度,此时为近场探头与阵面相垂直的角度,锁定三脚架的旋转关节,然后调节三脚架的前后位置使探头距离阵面的位置正好处于步骤3计算出的位置,最后将三脚架进行方位向移动使激光正好位于通道1的波导阵面中心处;

[0043] 步骤6:将近场探头进行架设所使用的工具全部撤离天线阵面正前方,检查地面电缆连接关系,确认内定标系统与天线定标网络电缆是否断开并连接匹配负载;确认无误后,SAR天线加电,并进行单TR定标测试;

[0044] 步骤7:使用卷尺测量三脚架三个支撑脚在方位向延伸到SAR天线第二个通道的位置,并做好标记;然后,将三脚架整体移动到标记的位置处;然后,使用激光测距仪测量波导探头与阵面在X、Y、Z三个方向上的位置关系,保持三脚架所有的活动关节处于锁定状态,通过微调整个三脚架使激光的光斑位于所需的位置处;调整到位后,检查电缆连接状态,然后天线加电,并进行SAR天线第二个通道测试;以此类推直至多通道SAR天线所有通道全部完成测试。

[0045] 步骤1中所述天线完整主通路包括延时放大组件、TR组件、辐射波导、功分器以及高频电缆中的任一种或任多种组合。

[0046] 所述近场探头类型和近场探头相对天线的距离匹配于待检测雷达的工作频段。

[0047] 在测量激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系时,设计测量误差不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。

[0048] 所述近场探头包括带吸波材料的近场测试系统专用波导探头。

[0049] 近场探头与波导缝隙天线处于远场条件(直接测量待测天线的远场数据的条件,目的是减少耦合和多径效应),波导缝隙天线的主瓣位置匹配于近场探头。

[0050] SAR天线阵面大至设定范围和/或通道数多至设定范围时,为了减少测试次数,根据远场方向图调整波导探头距离阵面的距离。

[0051] 在每个探头架设位置处使用无线单TR定标,对天线全阵面进行单TR定标测试,得到若干组定标数据,然后将近场探头重复移动到每个通道处,再次进行单TR定标测试,并将相同位置处的定标数据进行比对分析,分析定标测试结果幅度和相位的一致性以及数据的测量精度和误差,最终达到对多通道SAR天线性能变化进行检测的目的。

[0052] 步骤3中,近场探头与阵面的具体位置关系满足如下第一公式:

$$[0053] \quad R > \frac{2 \times D^2}{\lambda}$$

[0054] 其中,R为波导探头距离阵面的距离;D为天线尺寸, $\lambda$ 为天线频段波长。

[0055] 为了减少测试次数,设定波导探头距离阵面的距离为R,方位向方向图主瓣内的波束宽度在设定误差范围内记为 $\theta$ ,天线阵面单根波导缝隙天线的方位向长度为d,则一次测试可以测量的T/R组件个数N满足如下第二公式:

$$[0056] \quad N=2 \times \frac{R \times \tan \theta}{d}。$$

[0057] 进一步地,本发明优选例提出了一种基于无线单TR(Transmitter and Receiver)定标的多通道SAR(Synthetic Aperture Radar)天线性能检测方法,为了验证卫星SAR天线在长途运输和振动试验前后,对多通道SAR天线性能变化的影响,本发明包括:使用近场探头对多通道SAR天线的辐射波导进行无线单TR定标测试,以此检测SAR天线的性能状态;根据SAR天线工作频段及几何尺寸,以及近场探头与SAR天线几何关系,确定测试时所需要的三脚架、手持式激光仪和相应频段的近场探头等设备;将手持式激光测距仪固定在近场探头天线上,并测量出激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系,以计算出近场探头与阵面的具体位置;将内定标系统连接天线定标网络端口断开,接上保护头然后与一定长度的地面高频测试电缆相连接,再接上可调衰减器后,通过另一根一定长度的地面高频测试电缆将衰减器和近场探头相连接;打开激光测距仪并调节三脚架的高度,使激光的光斑正好位于SAR天线通道1阵面波导距离向的中心位置处,并锁定三脚架的高度位置,其次调节三角架的旋转关节寻找激光测距仪的距离最小值所对应的角度,此时为近场探头与阵面相垂直的角度,锁定三脚架的旋转关节,然后调节三脚架使探头距离阵面处于合适的位置,最后将三脚架进行方位向移动使激光正好位于通道1的波导阵面中心处;将近场探头进行架设所使用的工具全部撤离天线阵面正前方,检查地面电缆连接关系,确认内定标系统与天线定标网络电缆是否断开并连接匹配负载。确认无误后,SAR天线加电,并进行单TR定标测试;使用卷尺测量三脚架三个支撑脚在方位向延伸到SAR天线第二个通道的位置,调整到位后,检查电缆连接状态,然后天线加电,并进行第二个通道单TR定标测试,以此类推直至多通道SAR天线所有通道全部完成测试。

[0058] 卫星采用本发明方法进行多通道SAR天线性能检测时,无需在大型微波暗室对SAR天线进行大规模、长周期、高风险的SAR天线方向图复测,可直接在洁净厂房内通过无线单TR定标进行天线性能检测,大大降低卫星转场试验成本和天线收拢展开可能带来技术风险,快速简单的对运输和振动试验后SAR天线性能进行检测,同时相比传统方向图复测方法,提出了一种新的多通道SAR天线检测方法,提高了检测效率。本发明的方法对多通道SAR天线性能检测,非常重要和有意义的。

[0059] 本发明优选的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,包括如下步骤:

[0060] 步骤1:使用近场探头对多通道SAR天线进行无线单TR定标测试,包括天线完整主通路(延时放大组件、TR组件、辐射波导、功分器、高频电缆等)的信号进行测试,以此检测SAR天线的性能状态;

[0061] 步骤2:根据SAR天线工作频段及几何尺寸,以及近场探头与SAR天线几何关系,确定测试时所需要的三脚架、手持式激光仪和相应频段的近场探头等设备;

[0062] 步骤3:将手持式激光测距仪固定在近场探头天线上,并测量出激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系,以计算出近场探头与阵面的具体位置关系。同时用水平仪

测量激光测距仪与探头的平行度；

[0063] 步骤4:将内定标系统连接天线定标网络端口断开,接上保护头然后与一定长度的地面高频测试电缆相连接,再接上可调衰减器后,通过另一根一定长度的地面高频测试电缆将衰减器和近场探头相连接；

[0064] 步骤5:打开激光测距仪并调节三脚架的高度,使激光的光斑正好位于SAR天线通道1阵面波导距离向的中心位置处,并锁定三脚架的高度位置,其次调节三角架的旋转关节寻找激光测距仪的距离最小值所对应的角度,此时为近场探头与阵面相垂直的角度,锁定三脚架的旋转关节,然后调节三脚架的前后位置使探头距离阵面的位置正好处于步骤3计算出的位置,最后将三脚架进行方位向移动使激光正好位于通道1的波导阵面中心处；

[0065] 步骤6:将近场探头进行架设所使用的工具全部撤离天线阵面正前方,检查地面电缆连接关系,确认内定标系统与天线定标网络电缆是否断开并连接匹配负载。确认无误后,SAR天线加电,并进行单TR定标测试；

[0066] 步骤7:使用卷尺测量三脚架三个支撑脚在方位向延伸到SAR天线第二个通道的位置,并做好标记。然后,将三脚架整体移动到标记的位置处。然后,使用激光测距仪测量波导探头与阵面的位置关系(X、Y、Z三个方向),保持三脚架所有的活动关节处于锁定状态,通过微调整个三脚架使激光的光斑位于所需的位置处。调整到位后,检查电缆连接状态,然后天线加电,并进行SAR天线第二个通道测试。以此类推直至多通道SAR天线所有通道全部完成测试。

[0067] 本方法针对雷达工作C频段进行设计,其它频段SAR天线通过改变近场探头类型以及天线的距离即可完全适用。

[0068] 在测量激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系时,设计测量误差不应大于 $\pm 1\text{mm}$ ,需进行多次测量估算误差。

[0069] 在选择近场探头时,应采用带吸波材料的近场测试系统专用波导探头,以C波段近场探头为例,应选择BJ48标准波导探头,目的是为了消除探头周围环境对探头电性能的影响。

[0070] 由于阵面波导缝隙天线的方向图在零点处下降较快,因此为了提高架设精度的容忍度,在进行天线性能检测时,需要近场探头与天线波导缝隙天线处于远场条件,将波导缝隙天线的主瓣对准近场探头。

[0071] SAR天线阵面较大,通道数较多时,为了减少测试次数,以C波段为例,设定波导探头距离阵面的距离为波束主瓣内,其他频段可根据远场方向图原理适当调整距离。

[0072] 在每个探头架设位置处使用无线单TR定标,对天线全阵面进行单TR定标测试,得到若干组定标数据,然后将近场探头重复移动到每个通道处,再次进行单TR定标测试,并将相同位置处的定标数据进行比对分析,分析定标测试结果幅度和相位的一致性以及数据的测量精度和误差,最终达到对多通道SAR天线性能变化进行检测。

[0073] 更进一步地,本发明优选例提供的基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,包括如下步骤:

[0074] 步骤1:使用近场探头对多通道SAR天线进行无线单TR定标测试,包括天线完整主通路(延时放大组件、TR组件、辐射波导、功分器、高频电缆等)的信号进行测试,以此检测SAR天线的性能状态；

[0075] 步骤2:根据SAR天线工作频段及几何尺寸,以及近场探头与SAR天线几何关系,确定测试时所需要的三脚架、手持式激光仪和相应频段的近场探头等设备;

[0076] 步骤3:将手持式激光测距仪固定在近场探头天线上,并测量出激光测距仪与近场探头天线之间的相对位置关系,以计算出近场探头与阵面的具体位置关系满足如下第一公式:

$$[0077] \quad R > \frac{2 \times D^2}{\lambda}$$

[0078] 同时利用水平仪测量激光测距仪与探头的平行度。为了提高架设精度的容忍度,在进行中场定标测试时,需要将波导缝隙天线的主瓣对准近场探头天线。并且在测试总所使用的主瓣范围越小其架设引入的误差也越小。为了减少测试次数,设定波导探头距离阵面的距离为R,方位向方向图主瓣内的波束宽度约为 $\theta$ ,天线阵面单根波导缝隙天线的方位向长度为d,因此一次测试可以测量的T/R组件个数N满足如下第二公式:

$$[0079] \quad N = 2 \times \frac{R \times \tan \theta}{d}$$

[0080] 步骤4:将内定标系统连接天线定标网络端口断开,接上保护头然后与一定长度的地面高频测试电缆相连接,再接上可调衰减器后,通过另一根一定长度的地面高频测试电缆将衰减器和近场探头相连接;

[0081] 步骤5:打开激光测距仪并调节三脚架的高度,使激光的光斑正好位于SAR天线通道1阵面波导距离向的中心位置处,并锁定三脚架的高度位置,其次调节三角架的旋转关节寻找激光测距仪的距离最小值所对应的角度,此时为近场探头与阵面相垂直的角度,锁定三脚架的旋转关节,然后调节三脚架的前后位置使探头距离阵面的位置正好处于步骤3确定的位置,最后将三脚架进行方位向移动使激光正好位于通道1的波导阵面中心处;

[0082] 步骤6:将近场探头进行架设所使用的工具全部撤离天线阵面正前方,检查地面电缆连接关系,确认内定标系统与天线定标网络电缆是否断开并连接匹配负载。确认无误后,SAR天线加电,并进行单TR定标测试;

[0083] 步骤7:使用卷尺测量三脚架三个支撑脚在方位向延伸到SAR天线第二个通道的位置,并做好标记。然后,将三脚架整体移动到标记的位置处。然后,使用激光测距仪测量波导探头与阵面的位置关系(X、Y、Z三个方向),保持三脚架所有的活动关节处于锁定状态,通过微调整个三脚架使激光的光斑位于所需的位置处。调整到位后,检查电缆连接状态,然后天线加电,并进行第二个通道单TR定标测试。以此类推直至多通道SAR天线所有通道全部完成测试。优选地,微波吸波材料的吸波性能设计主要针对雷达工作频段设计,其它频段可根据具体使用情况适当降低要求。

[0084] 综上所述,本方法作为一种基于无线单TR定标的多通道SAR天线性能检测方法,极大降低卫星转场试验成本和天线收拢展开可能带来技术风险,简单快速的对运输和振动试验后SAR天线性能进行检测,同时相比传统方向图复测方法,提出了一种新的多通道SAR天线检测方法,提高了检测效率。

[0085] 在本申请的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须

具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。

[0086] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改,这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下,本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

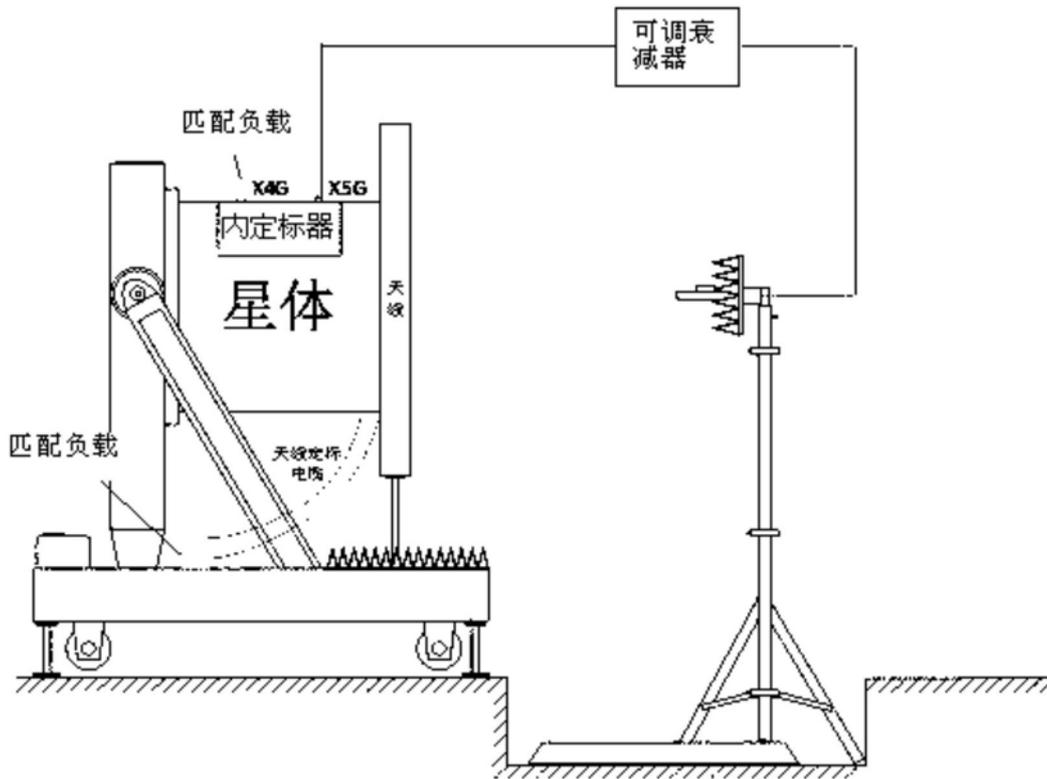


图1

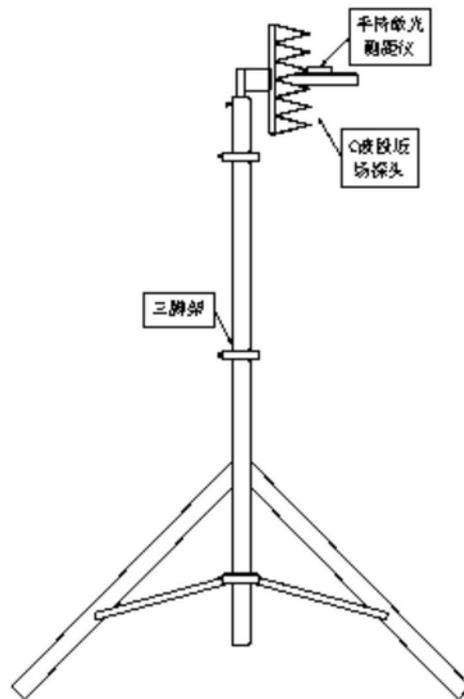


图2(a)

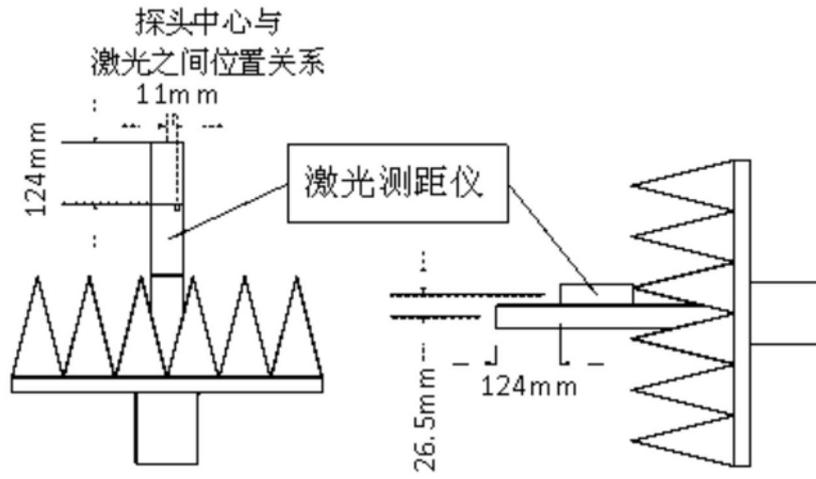


图2 (b)