



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111273281 B

(45) 授权公告日 2021.12.07

(21) 申请号 202010082603.6
 (22) 申请日 2020.02.07
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111273281 A
 (43) 申请公布日 2020.06.12
 (73) 专利权人 北京环境特性研究所
 地址 100854 北京市海淀区永定路50号
 (72) 发明人 候浩浩 高超 吕鸣 张秋梅
 刘芳
 (74) 专利代理机构 北京格允知识产权代理有限公司 11609
 代理人 周娇娇
 (51) Int. Cl.
 G01S 13/86 (2006.01) (续)

CN 107085150 A, 2017.08.22
 CN 107290598 A, 2017.10.24
 CN 108061920 A, 2018.05.22
 CN 108303600 A, 2018.07.20
 CN 108445303 A, 2018.08.24
 CN 109696585 A, 2019.04.30
 US 5119105 A, 1992.06.02
 高超等. 一种RCS近场测量中天线方向图补偿方法.《北京理工大学学报》.2019,第39卷(第1期),第58-63页.
 桂客. 平面近场天线测量中的探头补偿技术研究.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士) 信息科技辑(月刊)》.2018,(第5期),第I136-8页. (续)

审查员 易锋

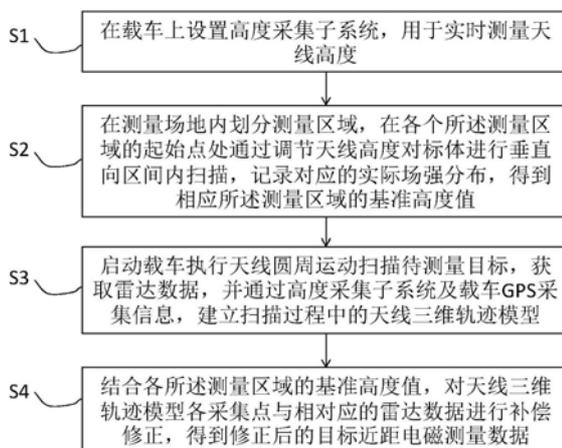
(56) 对比文件
 JP 2007163236 A, 2007.06.28
 CN 103078690 A, 2013.05.01
 CN 103257340 A, 2013.08.21
 CN 103630759 A, 2014.03.12
 CN 106486734 A, 2017.03.08

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称
 一种近距电磁测量方法及系统

波在目标所处空间的辐射增益进行补偿,提高测量的准确度。

(57) 摘要
 本发明涉及一种近距电磁测量方法及系统,该方法包括:设置高度采集子系统,用于实时测量天线高度;在测量场地内划分测量区域,在各个所述测量区域的起始点处通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到相应所述测量区域的基准高度值;启动载车执行天线圆周运动扫描待测量目标,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型;结合各所述测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距电磁测量数据。本发明可对测量过程天线所发出的电磁



CN 111273281 B

[接上页]

(51) Int.Cl.

G01S 13/88 (2006.01)

G01S 15/08 (2006.01)

(56) 对比文件

王建.探地雷达高辐射效率天线与目标检测.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(博

士) 信息科技辑(月刊)》.2015,(第11期),第 I136-26页.

Weidong Hu等.Radar Target Signature Processing While Measuring in Near Field.《2006 8th international conference on signal processing》.2007,第1-4页.

1. 一种近距电磁测量方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、在载车上设置高度采集子系统,用于实时测量天线高度;

S2、在测量场地内划分测量区域,在各个所述测量区域的起始点处,根据实际测量环境计算天线理论高度,通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,使得垂直向扫描范围覆盖计算得到的天线理论高度,记录对应的实际场强分布,并根据对应的实际场强分布修正天线理论高度与实际高度之间的偏差,得到相应所述测量区域的基准高度值;

S3、启动载车执行天线圆周运动扫描待测量目标,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型;

S4、结合各所述测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距电磁测量数据。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:

所述步骤S1中设置高度采集子系统时,所述高度采集子系统包括四个超声波测距模块、一个单片机和一个数据采集计算机;

四个所述超声波测距模块分别设于天线平台底部四角,用于利用回声定位法测量其到地面的距离数据;

所述单片机与各所述超声波测距模块均电连接,用于根据外部输入的外触发信号,向各所述超声波测距模块发送相应的工作触发信号,接收各所述超声波测距模块实时测量的距离数据,向所述数据采集计算机发送;

所述数据采集计算机与所述单机电连接,用于接收并处理各所述超声波测距模块测得的距离数据,得到天线高度并显示。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于:

所述步骤S2中在测量场地内划分测量区域时,根据地面平整度进行划分,同一测量区域内,地面不平整度差值不超过5mm。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于:

所述步骤S2中在测量场地内划分测量区域时,同一测量区域内,地面倾斜度不超过 3° 。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:

所述步骤S2还包括在各个所述测量区域内分别设置至少一个扫描验证点,在各所述扫描验证点处通过调节天线高度进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到天线高度值,并与该测量区域的基准高度值进行比较;若二者的差值超过预定阈值,则进一步划分该测量区域。

6. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于:

所述步骤S3中建立扫描过程中的天线三维轨迹模型时,设所述高度采集子系统中四个所述超声波测距模块分别为第一测距模块、第二测距模块、第三测距模块和第四测距模块,测得到地面的距离数据分别为 h_a 、 h_b 、 h_c 和 h_d ,则天线高度 $h_A = (h_a + h_b + h_c + h_d) / 4$ 。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于:

所述步骤S3中建立扫描过程中的天线三维轨迹模型时,设所述第一测距模块和所述第四测距模块分设于接收天线和发射天线两侧,所述第二测距模块设于所述第一测距模块对侧,则补偿天线姿态的横滚角 $roll = ((\arctan((h_a - h_d) / L)) + (\arctan((h_b - h_c) / L))) / 2$,俯仰角 $pitch = ((\arctan((h_a - h_b) / W)) + (\arctan((h_d - h_c) / W))) / 2$,L为天线平台的长度,W为天

线平台的宽度。

8. 一种近距电磁测量系统,包括雷达测量系统,其特征在于,还包括:

高度采集子系统,设于雷达测量系统中的载车,用于实时测量天线高度;

分区模块,用于对测量场地内划分测量区域,在各个所述测量区域的起始点处,根据实际测量环境计算天线理论高度,通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,使得垂直向扫描范围覆盖计算得到的天线理论高度,记录对应的实际场强分布,并根据对应的实际场强分布修正天线理论高度与实际高度之间的偏差,得到相应所述测量区域的基准高度值;

建模模块,用于在载车执行天线圆周运动扫描待测量目标过程中,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型;

拟合模块,用于结合各所述测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距电磁测量数据。

9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于:

所述高度采集子系统包括四个超声波测距模块、一个单片机和一个数据采集计算机;

四个所述超声波测距模块分别设于天线平台底部四角,用于利用回声定位法测量其到地面的距离数据;

所述单片机与各所述超声波测距模块均电连接,用于根据外部输入的外触发信号,向各所述超声波测距模块发送相应的工作触发信号,接收各所述超声波测距模块实时测量的距离数据,向所述数据采集计算机发送;

所述数据采集计算机与所述单机电连接,用于接收并处理各所述超声波测距模块测得的距离数据,得到天线高度并显示。

10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于:

所述分区模块还用于在各个所述测量区域内分别设置至少一个扫描验证点,在所述扫描验证点处通过调节天线高度进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到天线高度值,并与该测量区域的基准高度值进行比较;若二者的差值超过预定阈值,则进一步划分该测量区域。

一种近距离电磁测量方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁测量技术领域,尤其涉及一种近距离电磁测量方法及系统。

背景技术

[0002] 近距离电磁测量系统属于车载测量系统,测量方式为载车搭载雷达测量系统,执行天线圆周运动扫描待测量的目标。测量时电磁波受天线高度影响,在目标处垂直地面方向上的辐射增益呈余弦分布,频率不同垂直向变化不同。图1描述了目标空间垂直向场强分布,由图1可以看出某频点下高度差0.02m时,场强差达到3.12dB。图2描述了理论与实际天线高度变化造成目标区增益对比,通过图2可以看出,相同高度下,场强相差3.144dB,所以天线高度、场地不同都会使目标受到辐射增益不同,最终影响测量数据。在实际测量过程中,由于载车圆周运动轨迹中难免存在部分路面起伏,造成天线起伏变动,从而导致目标受到辐射增益不同,影响最终测量数据的准确性。

发明内容

[0003] (一)要解决的技术问题

[0004] 本发明要解决的技术问题是解决近距离电磁测量中,由于天线动态圆迹扫描过程中高度不一致而导致目标所受辐射增益不同的问题。

[0005] (二)技术方案

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种近距离电磁测量方法,该方法包括如下步骤:

[0007] S1、在载车上设置高度采集子系统,用于实时测量天线高度;

[0008] S2、在测量场地内划分测量区域,在各个所述测量区域的起始点处通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到相应所述测量区域的基准高度值;

[0009] S3、启动载车执行天线圆周运动扫描待测量目标,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型;

[0010] S4、结合各所述测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距离电磁测量数据。

[0011] 优选地,所述步骤S1中设置高度采集子系统时,所述高度采集子系统包括四个超声波测距模块、一个单片机和一个数据采集计算机;

[0012] 四个所述超声波测距模块分别设于天线平台底部四角,用于利用回声定位法测量其到地面的距离数据;

[0013] 所述单片机与各所述超声波测距模块均电连接,用于根据外部输入的外触发信号,向各所述超声波测距模块发送相应的工作触发信号,接收各所述超声波测距模块实时测量的距离数据,向所述数据采集计算机发送;

[0014] 所述数据采集计算机与所述单机电连接,用于接收并处理各所述超声波测距模

块测得的距离数据,得到天线高度并显示。

[0015] 优选地,所述步骤S2中在测量场地内划分测量区域时,根据地面平整度进行划分,同一测量区域内,地面不平整度差值不超过5mm。

[0016] 优选地,所述步骤S2中在测量场地内划分测量区域时,同一测量区域内,地面倾斜度不超过3°。

[0017] 优选地,所述步骤S2还包括在各个所述测量区域内分别设置至少一个扫描验证点,在各所述扫描验证点处通过调节天线高度进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到天线高度值,并与该测量区域的基准高度值进行比较;若二者的差值超过预定阈值,则进一步划分该测量区域。

[0018] 优选地,所述步骤S3中建立扫描过程中的天线三维轨迹模型时,设所述高度采集子系统中四个所述超声波测距模块分别为第一测距模块、第二测距模块、第三测距模块和第四测距模块,测得到地面的距离数据分别为 h_a 、 h_b 、 h_c 和 h_d ,则天线高度 $h_A = (h_a + h_b + h_c + h_d) / 4$ 。

[0019] 优选地,所述步骤S3中建立扫描过程中的天线三维轨迹模型时,设所述第一测距模块和所述第四测距模块分设于接收天线和发射天线两侧,所述第二测距模块设于所述第一测距模块对侧,则补偿天线姿态的横滚角 $roll = ((\arctan((h_a - h_d) / L)) + (\arctan((h_b - h_c) / L))) / 2$,俯仰角 $pitch = ((\arctan((h_a - h_b) / W)) + (\arctan((h_d - h_c) / W))) / 2$,L为天线平台的长度,W为天线平台的宽度。

[0020] 本发明还提供了一种近距离电磁测量系统,包括:

[0021] 高度采集子系统,设于雷达测量系统中的载车,用于实时测量天线高度;

[0022] 分区模块,用于对测量场地内划分测量区域,在各个所述测量区域的起始点处通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到相应所述测量区域的基准高度值;

[0023] 建模模块,用于在载车执行天线圆周运动扫描待测量目标过程中,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型;

[0024] 拟合模块,用于结合各所述测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距离电磁测量数据。

[0025] 优选地,所述高度采集子系统包括四个超声波测距模块、一个单片机和一个数据采集计算机;

[0026] 四个所述超声波测距模块分别设于天线平台底部四角,用于利用回声定位法测量其到地面的距离数据;

[0027] 所述单片机与各所述超声波测距模块均电连接,用于根据外部输入的外触发信号,向各所述超声波测距模块发送相应的工作触发信号,接收各所述超声波测距模块实时测量的距离数据,向所述数据采集计算机发送;

[0028] 所述数据采集计算机与所述单机电连接,用于接收并处理各所述超声波测距模块测得的距离数据,得到天线高度并显示。

[0029] 优选地,所述分区模块还用于在各个所述测量区域内分别设置至少一个扫描验证点,在所述扫描验证点处通过调节天线高度进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到天线高度值,并与该测量区域的基准高度值进行比较;若二者的差值超过预定阈

值,则进一步划分该测量区域。

[0030] (三)有益效果

[0031] 本发明的上述技术方案具有如下优点:本发明通过高度采集子系统对天线平台进行测高,将实时测高结果与GPS数据相结合,拟合得到天线三维空间扫描轨迹,并对测量期间天线所发出的电磁波在目标所处空间进行增益补偿,实现优化测量数据,提高测量数据的准确性。

附图说明

[0032] 图1示出了近距电磁测量目标空间垂直向场强分布;

[0033] 图2示出了理论与实际天线高度变化造成目标区增益对比;

[0034] 图3是本发明实施例中近距电磁测量方法步骤示意图;

[0035] 图4是本发明实施例中高度采集子系统的结构示意图;

[0036] 图5是本发明实施例中高度采集子系统与天线排布示意图;

[0037] 图6是本发明实施例中触发信号测距时序图。

[0038] 图中:100:超声波测距模块;200:单片机;300:数据采集计算机;400:接收天线;500:发射天线。

具体实施方式

[0039] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 如图3至图6所示,本发明实施例提供的一种近距电磁测量方法,包括如下步骤:

[0041] S1、在载车上设置高度采集子系统,用于实时测量天线高度。

[0042] 近场电磁测量通常基于车载雷达测量系统实现,在载车上设置高度采集子系统,能够实时获取天线高度数据。

[0043] 优选地,如图4所示,步骤S1中设置高度采集子系统时,高度采集子系统包括四个超声波测距模块100、一个单片机200和一个数据采集计算机300。其中,四个超声波测距模块100分别设于搭载发射天线和接收天线的天线平台底部四角,用于分别利用回声定位法测量其到地面的距离数据。单片机200与各超声波测距模块100均电连接,用于根据外部输入的外触发信号,向各超声波测距模块100发送相应的工作触发信号,并接收各超声波测距模块100实时测量的距离数据,向数据采集计算机300发送。数据采集计算机300与单片机200电连接,用于接收并处理各超声波测距模块100测得的距离数据,实时得到天线高度并显示。

[0044] 进一步地,如图4至图6所示,高度采集子系统实时测量天线高度时,首先单片机200收到外触发信号后,发送各个超声波测距模块100工作触发信号,然后各个超声波测距模块100的发射探头循环发出超声波脉冲,超声波脉冲经地面反射后被各超声波测距模块100的接收探头接收,从而得到发射与接收的时间差;同时超声波脉冲在空气中的传播速度受空气温度影响,通过超声波测距模块100内置的温度传感器获取温度数据,以此校正脉冲

时间差,得到更准确的距离数据,如图6所示(其中图6中为便于区分,分别在触发信号、发射脉冲信号、接收脉冲信号、启动温度传感器信号及校正后信号前加了序号)。单片机200收到各个超声波测距模块100的距离数据后,按一定格式传输给数据采集计算机300。最终由数据采集计算机300实时采集四个超声波测距模块100到地面的距离数据并显示。

[0045] S2、在测量场地内划分测量区域,在各个测量区域的起始点处通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到相应的测量区域的基准高度值。

[0046] 根据目标(标体)高度、测量圆迹半径可得到某频点下天线理论高度。通过对标体的垂直向区间内扫描可确定某频点下实际场强分布。通过图1可以看出,理想情况下,当天线处于理论高度时,目标所受某频点的增益最大,进而根据此时的高度可以确定扫频范围内其他频点增益。但实际高度与理论高度会产生差异,如无法确定中心频点天线高度,会影响扫频范围内频点增益补偿。

[0047] 此步骤S2在各测量区域的起始点处,根据实际测量环境计算天线理论高度,调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,使得垂直向扫描范围覆盖计算得到的天线理论高度,进而根据对应的实际场强分布,修正天线理论高度与实际高度之间的偏差,得到该测量区域对应的基准高度值。

[0048] 优选地,步骤S2还包括在各个测量区域内分别设置至少一个扫描验证点,在各个扫描验证点处,通过调节天线高度进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到天线高度值,并与该测量区域的基准高度值进行比较。若扫描验证点通过进行垂直向区间内扫描得到的天线高度值与该测量区域的基准高度值这二者的差值不超过预定阈值,则表明该测量区域内实时高度、测高状况基本不发生变化,无需调整该测量区域的基准高度值。若二者的差值超过预定阈值,则应进一步划分该测量区域。进一步将该测量区域划分为至少两个测量区域后,分别通过同样的方式确定划分后各测量区域的基准高度值。针对测量场地具体情况,分区域进行多组定点扫描可以补充场地基本情况,保证天线测量基准高度真实有效,减少因引入实时高度引起二次误差。

[0049] 考虑到实际测量场地并非总是理想场地,路面状况往往存在不同,例如可能包括水泥路面、柏油路面、方砖路面等平整度不相同的路面中的两种或两种以上,或路面发生明显倾斜,而路面平整度影响其对超声波的反射率(一般根据实际对标体测量值反推反射率,再对目标数据补偿)。因此为获得更为准确的测量结果,就需要分区域调整测量状态。优选地,步骤S2中在测量场地内划分测量区域时,根据地面平整度进行划分,同一测量区域内,地面不平整度差值不超过5mm。进一步地,地面倾斜度不超过 3° 。在每个测量区域内,标体回波幅值的阈值在 $\pm 0.5\text{dB}$ 以内。

[0050] S3、启动载车执行天线圆周运动扫描待测量目标,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型。

[0051] 此步骤S3对待测量的目标进行圆迹扫描,扫描时高度采集子系统收到外触发信号,由单片机200控制四个超声波测距模块100工作、接收并处理天线平台四角与地面的距离数据,经处理后发送给数据采集计算机300记录天线平台四角离地高度,从而得到此时刻天线高度。待测量完成后,结合车载GPS装置采集的位置信息,拟合天线三维空间轨迹,建立天线三维轨迹模型,包括拟合某方位角下天线高度、姿态、实时天线与目标距离等。

[0052] 进一步地,可同时用三通转换头为雷达测量系统、载车GPS系统、高度采集子系统统一外触发信号,确保各项数据间的对应关系。雷达测量系统为现有技术,再次不再赘述。

[0053] 优选地,如图4和图5所示,步骤S3中建立扫描过程中的天线三维轨迹模型时,为便于表述,设高度采集子系统中四个超声波测距模块100分别为第一测距模块、第二测距模块、第三测距模块和第四测距模块(在图5中分别表示为测距模块a、测距模块b、测距模块c和测距模块d),测得其与地面的距离数据,即距地面高度分别为 h_a 、 h_b 、 h_c 和 h_d ,则天线高度 $h_A = (h_a + h_b + h_c + h_d) / 4$ 。

[0054] 进一步地,如图5所示,步骤S3中建立扫描过程中的天线三维轨迹模型时,设第一测距模块和第四测距模块沿天线平台长度(L)方向设置,分设于接收天线400和发射天线500两侧,第二测距模块设于第一测距模块对侧,第三测距模块设于第四测距模块对侧,则补偿天线姿态的横滚角 $roll = ((\arctan((h_a - h_d) / L)) + (\arctan((h_b - h_c) / L))) / 2$,俯仰角 $pitch = ((\arctan((h_a - h_b) / W)) + (\arctan((h_d - h_c) / W))) / 2$,L为天线平台的长度,W为天线平台的宽度。

[0055] S4、结合各测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距离电磁测量数据。

[0056] 此步骤S4即根据实际场强分布测量得到的各个测量区域的基准高度值,对各个测量区域内的天线轨迹进行修正,使其能反映出各时刻因天线高度所造成的增益值,最后将天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿,从而实现优化测量数据。该方法得到的修正后的目标近距离电磁测量数据也可为其他雷达信号处理作参考数据。

[0057] 在一些优选的实施方式中,本发明还提供了一种近距离电磁测量系统,包括雷达测量系统,还包括高度采集子系统、分区模块、建模模块和拟合模块。雷达测量系统通过载车及天线(发射天线500、接收天线400)实现,为现有技术,在此不再赘述。

[0058] 其中,高度采集子系统设于雷达测量系统中的载车,用于实时测量天线高度。

[0059] 分区模块用于对测量场地内划分测量区域,在各个测量区域的起始点处通过调节天线高度对标体进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到相应测量区域的基准高度值。

[0060] 建模模块用于在载车执行天线圆周运动扫描待测量目标过程中,获取雷达数据,并通过高度采集子系统及载车GPS采集信息,建立扫描过程中的天线三维轨迹模型。

[0061] 拟合模块用于结合各测量区域的基准高度值,对天线三维轨迹模型各采集点与相对应的雷达数据进行补偿修正,得到修正后的目标近距离电磁测量数据。

[0062] 优选地,本发明提供的近距离电磁测量系统中,高度采集子系统包括四个超声波测距模块100、一个单片机200和一个数据采集计算机300;其中,四个超声波测距模块100分别设于天线平台底部四角,用于利用回声定位法测量其到地面的距离数据;单片机200与各超声波测距模块100均电连接,用于根据外部输入的外触发信号,向各超声波测距模块100发送相应的工作触发信号,接收各超声波测距模块100实时测量的距离数据,向数据采集计算机300发送;数据采集计算机300与单片机200电连接,用于接收并处理各超声波测距模块100测得的距离数据,得到天线高度并显示。

[0063] 优选地,分区模块还用于在各个测量区域内分别设置至少一个扫描验证点,在扫描验证点处通过调节天线高度进行垂直向区间内扫描,记录对应的实际场强分布,得到天

线高度值,并与该测量区域的基准高度值进行比较;若二者的差值超过预定阈值,则进一步划分该测量区域。

[0064] 综上,本发明提供了一种近距电磁测量方法及系统,通过建立天线扫描三维空间轨迹与理论研究相结合,对测量期间天线所发出的电磁波在目标所处空间的辐射增益进行补偿,实现了优化雷达测量数据,提高近距电磁测量的准确性。

[0065] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

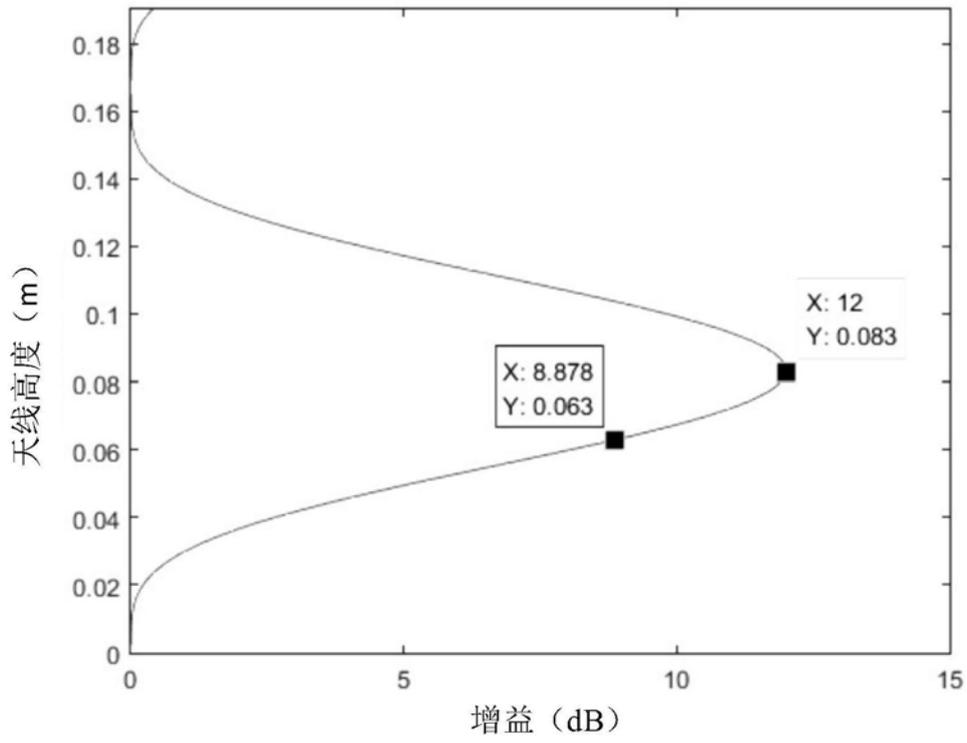


图1

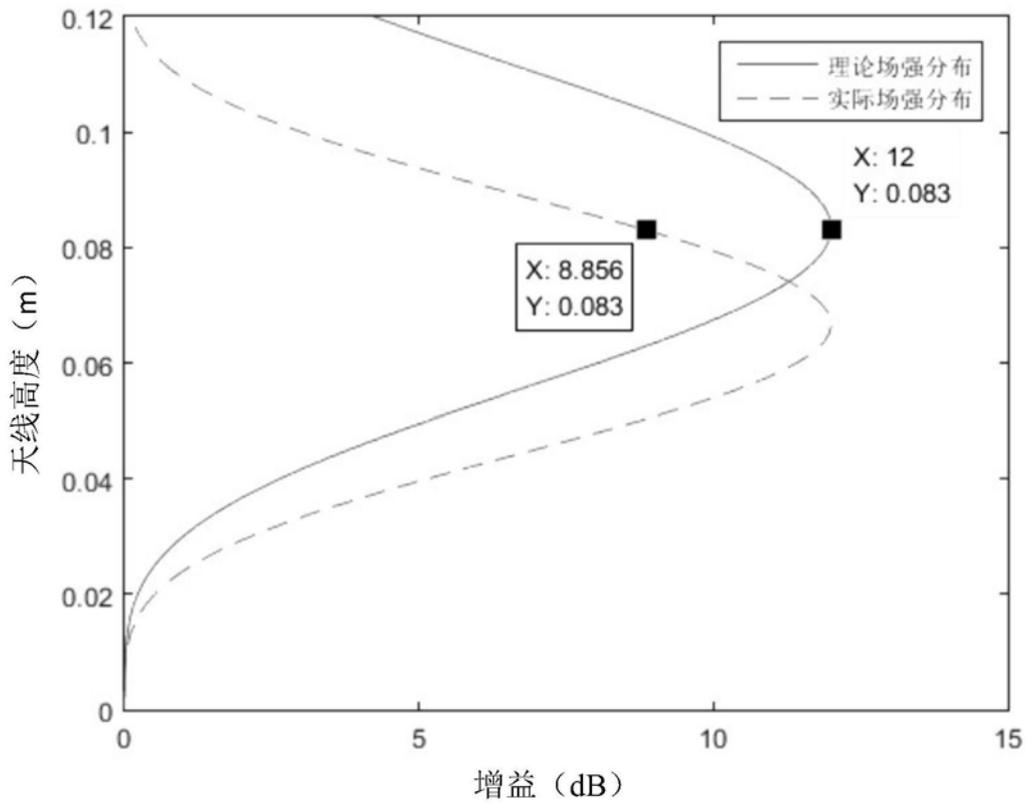


图2

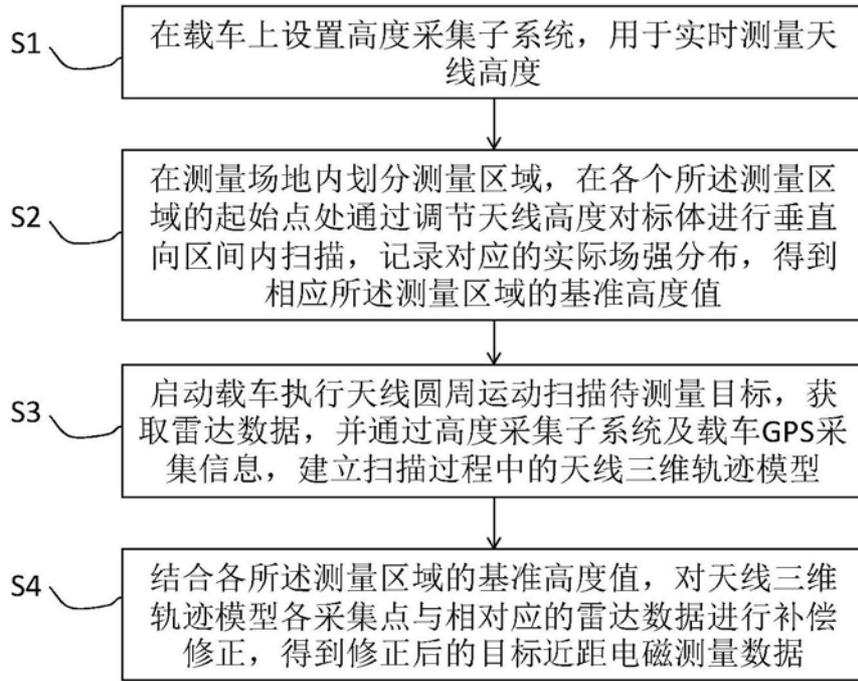


图3

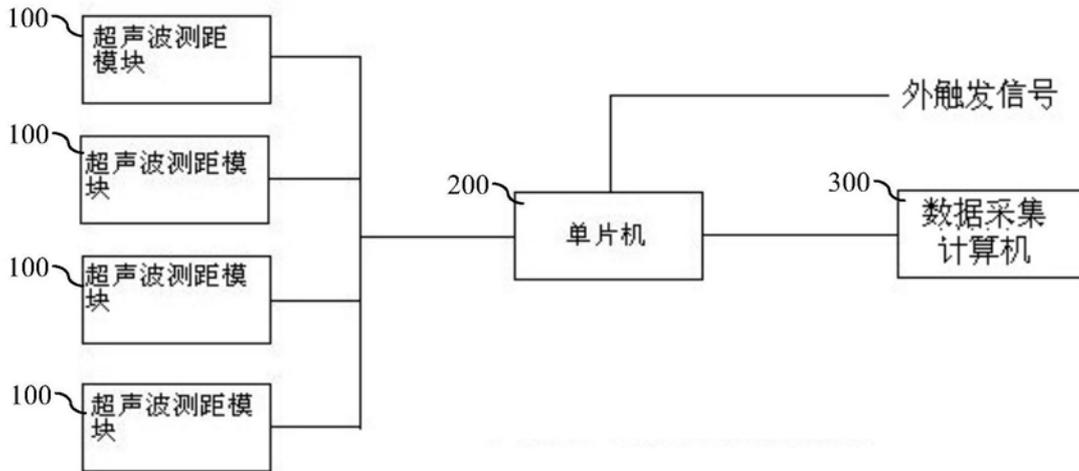


图4

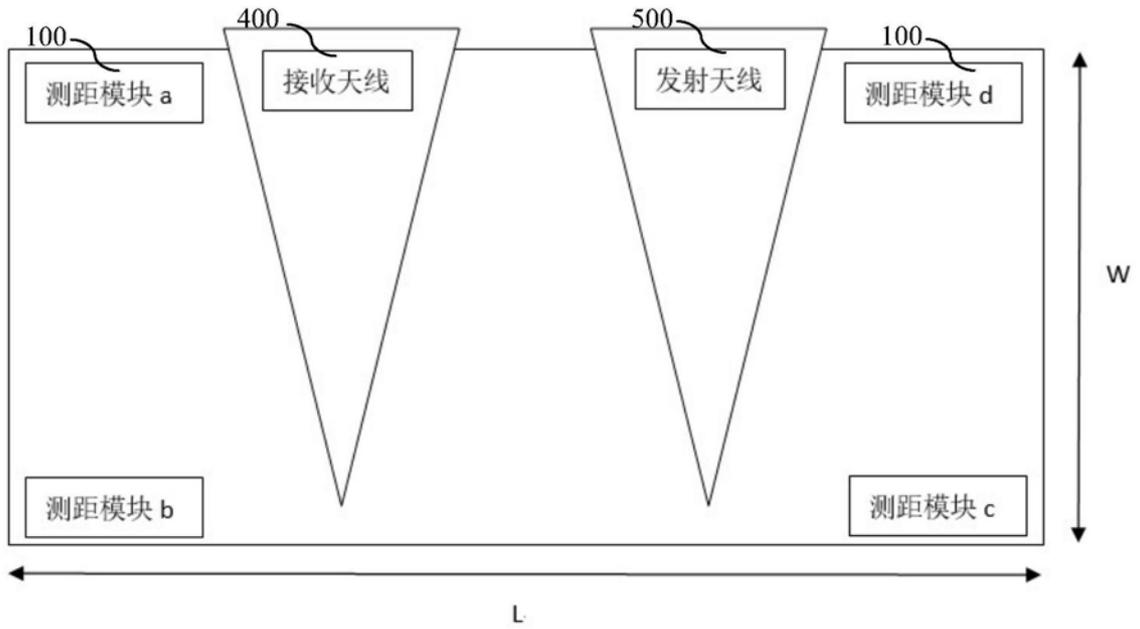


图5

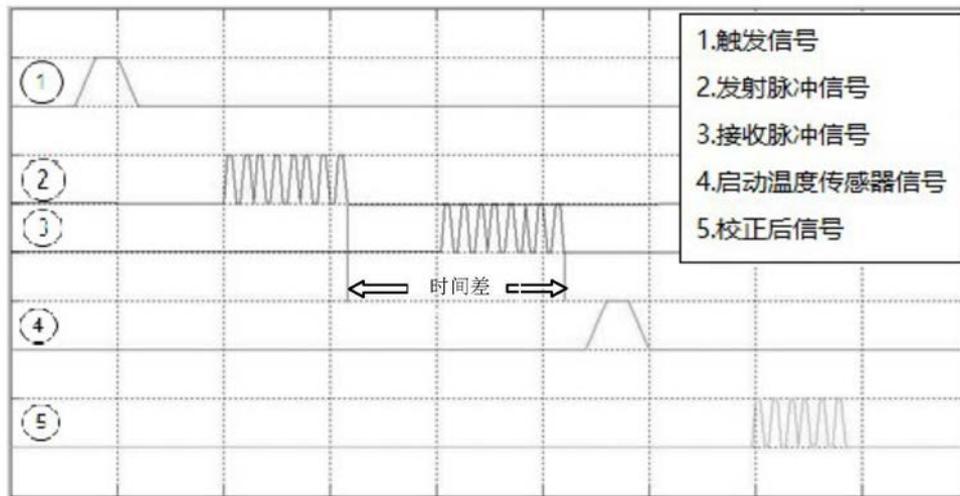


图6