



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117590090 B

(45) 授权公告日 2024.04.02

(21) 申请号 202410069897.7

(22) 申请日 2024.01.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 117590090 A

(43) 申请公布日 2024.02.23

(73) 专利权人 中国计量科学研究院
地址 100029 北京市朝阳区北三环东路18号

(72) 发明人 刘科 郭晓涛 王少华 刘天鑫
张昊民 鲁万阳 王维龙

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
专利代理师 袁晓哲

(51) Int. Cl.
G01R 29/08 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 103743959 A, 2014.04.23
- CN 103760445 A, 2014.04.30
- CN 106483485 A, 2017.03.08
- CN 111337758 A, 2020.06.26
- CN 112415280 A, 2021.02.26
- CN 113804985 A, 2021.12.17
- CN 114034950 A, 2022.02.11
- CN 114487617 A, 2022.05.13
- CN 115542026 A, 2022.12.30
- KR 20190022960 A, 2019.03.07
- US 2010231232 A1, 2010.09.16
- WO 2013175263 A1, 2013.11.28
- WO 2020053537 A1, 2020.03.19

审查员 姜佩杰

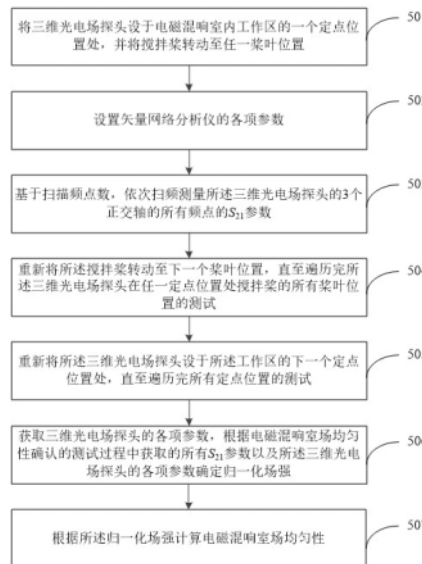
权利要求书3页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

一种电磁混响室场均匀性快速确认装置、方法及设备

(57) 摘要

本发明提供了一种电磁混响室场均匀性快速确认装置、方法及设备,涉及电磁混响室场均匀性确认领域,方法包括:将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置,将搅拌桨转动至任一桨叶位置;设置矢量网络分析仪的各项参数;依次扫频测量3个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数;将搅拌桨转动至下一个桨叶位置,直至遍历完所有桨叶位置的测试;重新将三维光电场探头设于工作区的下一个定点位置处,直至遍历完所有定点位置的测试;根据所有 S_{21} 参数以及三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;根据归一化场强计算电磁混响室场均匀性。本发明能够缩短全频点场强测量的时间成本,提高场均匀性确认效率。



1. 一种电磁混响室场均匀性快速确认装置,其特征在于,包括:电磁混响室、矢量网络分析仪以及光电转换控制器;

所述矢量网络分析仪的端口1,通过所述电磁混响室的穿墙射频线缆与发射天线相连接,用于通过发射天线向所述电磁混响室发射激励信号;所述矢量网络分析仪的端口2,与所述光电转换控制器相连接,用于接收从所述光电转换控制器发出的射频信号;

所述光电转换控制器,与所述电磁混响室内的三维光电场探头相连接,用于将所述三维光电场探头感应电场后产生的光信号转换为射频信号;所述三维光电场探头放置在所述电磁混响室内工作区的一个定点位置;所述电磁混响室内的搅拌桨安装在非工作区,所述搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点;

根据所述矢量网络分析仪的发射功率、接收功率以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数;根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

2. 根据权利要求1所述的电磁混响室场均匀性快速确认装置,其特征在于,还包括:功率放大器以及定向耦合器;

所述矢量网络分析仪的端口1与所述功率放大器的输入端相连接;所述功率放大器的输出端与所述定向耦合器的输入端相连接;所述定向耦合器的耦合端与所述矢量网络分析仪的端口3相连接;所述定向耦合器的输出端通过所述电磁混响室的穿墙射频线缆与发射天线相连接。

3. 一种电磁混响室场均匀性快速确认方法,其特征在于,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法应用于权利要求1所述的电磁混响室场均匀性快速确认装置,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法包括:电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程以及电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程;

电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程:将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置处,并将搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点位置;

设置矢量网络分析仪的各项参数;各项参数包括带宽、扫描频点数、发射功率以及中频带宽;

基于扫描频点数,依次扫频测量所述三维光电场探头的3个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数; S_{21} 参数是根据所述矢量网络分析仪的端口1的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口2的接收功率确定的;

重新将所述搅拌桨转动至下一个桨叶位置,直至遍历完所述三维光电场探头在任一定点位置处搅拌桨的所有桨叶位置的测试;

重新将所述三维光电场探头设于所述工作区的下一个定点位置处,直至遍历完所有定点位置的测试;

电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程:

获取三维光电场探头的各项参数,根据电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程中获取的所有 S_{21} 参数以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的

修正系数；

根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

4. 根据权利要求3所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法,其特征在於, S_{21} 参数为:

$$S_{21,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{21,i,j,k}$ 为第*i*个正交轴方向上第*j*个定点位置第*k*个桨叶位置对应的 S_{21} 参数; $P_{i,j,k}^{r,2}$ 为第*i*个正交轴方向上第*j*个定点位置第*k*个桨叶位置对应的端口2的接收功率; $P_{i,j,k}^{t,1}$ 为第*i*个正交轴方向上第*j*个定点位置第*k*个桨叶位置对应的端口1的发射功率。

5. 根据权利要求4所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法,其特征在於,所述归一化场强为:

$$\vec{E}_{i,j,k} = S_{21,i,j,k} + AF + CH_i - 13;$$

其中, $\vec{E}_{i,j,k}$ 为归一化场强; AF 为天线系数; CH_i 为修正系数。

6. 一种电磁混响室场均匀性快速确认方法,其特征在於,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法应用于权利要求2所述的电磁混响室场均匀性快速确认装置,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法包括:

电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程以及电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程;

电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程:将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置处,并将搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点位置;

设置矢量网络分析仪的各项参数;各项参数包括带宽、扫描频点数、发射功率以及中频带宽;

基于扫描频点数,依次扫频测量所述三维光电场探头的3个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数以及 S_{31} 参数; S_{21} 参数是根据所述矢量网络分析仪的端口1的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口2的接收功率确定的; S_{31} 参数是所述矢量网络分析仪的端口1的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口3的接收功率确定的;

重新将所述搅拌桨转动至下一个桨叶位置,直至遍历完所述三维光电场探头在任一定点位置处搅拌桨的所有桨叶位置的测试;

重新将所述三维光电场探头设于所述工作区的下一个定点位置处,直至遍历完所有定点位置的测试;

电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程:

获取三维光电场探头的各项参数以及定向耦合器的耦合系数,根据电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程中获取的所有 S_{21} 参数、所有 S_{31} 参数、所述耦合系数以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数;

根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

7. 根据权利要求6所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法, 其特征在于, S_{21} 参数为:

$$S_{21,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{21,i,j,k}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的 S_{21} 参数; $P_{i,j,k}^{r,2}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口2的接收功率; $P_{i,j,k}^{t,1}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口1的发射功率;

S_{31} 参数为:

$$S_{31,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,3} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{31,i,j,k}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的 S_{31} 参数; $P_{i,j,k}^{r,3}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口3的接收功率。

8. 根据权利要求7所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法, 其特征在于, 所述归一化场强为:

$$\vec{E}_{i,j,k} = S_{21,i,j,k} - S_{31,i,j,k} + AF + CH_i - C_f - 13;$$

其中, $\vec{E}_{i,j,k}$ 为归一化场强; AF 为天线系数; CH_i 为修正系数; C_f 为所述定向耦合器的耦合系数。

9. 一种电子设备, 其特征在于, 包括存储器及处理器, 所述存储器用于存储计算机程序, 所述处理器运行所述计算机程序以使所述电子设备执行如权利要求3-7中任一项所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法。

10. 根据权利要求9所述的电子设备, 其特征在于, 所述存储器为非暂态计算机可读存储介质, 所述非暂态计算机可读存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求3-7中任一项所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法。

一种电磁混响室场均匀性快速确认装置、方法及设备

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁混响室场均匀性确认领域,特别是涉及一种电磁混响室场均匀性快速确认装置、方法及设备。

背景技术

[0002] 电磁混响室通常是一种内含机械搅拌桨的金属屏蔽腔体,通过机械搅拌改变腔体内的电磁边界条件,从而在划定的工作区内产生统计意义上均匀、各向同性的场强。电磁混响室腔体内存在电磁波多次反射叠加的特点,使得其可以用较小的功率放大器即可推动产生较大的场强。混响室场强统计均匀和小功放产生大场强的优点,使得其在国防军工、通信电子、新能源汽车等领域应用越来越广泛深入,特别是在产品EMC、无线终端OTA测试等方面。

[0003] 电磁的混响室的应用离不开对电场性能的确证,主要证证的核心参数是场均匀性,场均匀性证证的限值规定如表1所示。

[0004] 表1混响室场均匀性限值表

频率范围	标准差限值要求
80MHz~100MHz	4dB
100MHz~400MHz	100MHz时为4dB, 随频率增加线性减小至400MHz的3dB
400MHz以上	3dB

[0005] 传统的场均匀性证证方法采用“信号源+功率放大器+场强探头(含场强读数装置)”的配置方式,使用的是点频设置和读数的方式,非常耗时。按照如图1所示的基本配置,工作区8个顶点位置、20个桨叶位置、1200个频点、3轴场强分量,按照平均每个场强分量读数0.5s估算,传统的场均匀性证证方法的遍历关系如图2所示,那么完成这样一次场均匀性的证证需要的总时间为: $T=8 \times 20 \times 1200 \times 3 \times 0.5s=288000s=80h$ 。

[0006] 一次场均匀性证证需要80个小时,约10天;如果考虑到混响室测试前的布置、调试等因素,一次测试可能需要两周的时间。而且,通常场均匀性证证不只做一次,测试至少需要包括如下两种配置。

[0007] 1) 空腔状态:清空电磁混响室,移除电磁混响室中包括测试桌在内的各种支撑物、测试辅助件等。

[0008] 2) 最大加载状态:在电磁混响室中安装放置足够多的吸波材料,模拟极端测试加载情况。

[0009] 如果如上述做两次场均匀性的证证,就大概需要1个月的时间。如果再涉及到调整不同的工作区,那么需要测试更多的次数,时间成本会非常高。

发明内容

[0011] 本发明的目的是提供一种电磁混响室场均匀性快速确认装置、方法及设备,以解决现有的场均匀性确认方式时间成本高、场均匀性确认效率低的问题。

[0012] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案。

[0013] 一种电磁混响室场均匀性快速确认装置,包括:电磁混响室、矢量网络分析仪以及光电转换控制器。

[0014] 所述矢量网络分析仪的端口1,通过所述电磁混响室的穿墙射频线缆与发射天线相连接,用于通过发射天线向所述电磁混响室发射激励信号;所述矢量网络分析仪的端口2,与所述光电转换控制器相连接,用于接收从所述光电转换控制器发出的射频信号。

[0015] 所述光电转换控制器,与所述电磁混响室内的三维光电场探头相连接,用于将所述三维光电场探头感应电场后产生的光信号转换为射频信号;所述三维光电场探头放置在所述电磁混响室内工作区的一个定点位置;所述电磁混响室内的搅拌桨安装在非工作区,所述搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点。

[0016] 根据所述矢量网络分析仪的发射功率、接收功率以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数;根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

[0017] 可选的,还包括:功率放大器以及定向耦合器。

[0018] 所述矢量网络分析仪的端口1与所述功率放大器的输入端相连接;所述功率放大器的输出端与所述定向耦合器的输入端相连接;所述定向耦合器的耦合端与所述矢量网络分析仪的端口3相连接;所述定向耦合器的输出端通过所述电磁混响室的穿墙射频线缆与发射天线相连接。

[0019] 一种电磁混响室场均匀性快速确认方法,包括:电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程以及电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程。

[0020] 电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程:将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置处,并将搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点位置。

[0021] 设置矢量网络分析仪的各项参数;各项参数包括带宽、扫描频点数、发射功率以及中频带宽。

[0022] 基于扫描频点数,依次扫描测量所述三维光电场探头的3个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数; S_{21} 参数是根据所述矢量网络分析仪的发射端口的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口2的接收功率确定的。

[0023] 重新将所述搅拌桨转动至下一个桨叶位置,直至遍历完所述三维光电场探头在任一定点位置处搅拌桨的所有桨叶位置的测试。

[0024] 重新将所述三维光电场探头设于所述工作区的下一个定点位置处,直至遍历完所有定点位置的测试。

[0025] 电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程:获取三维光电场探头的各项参数,根据电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程中获取的所有 S_{21} 参数以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头

的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数。

[0026] 根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

[0027] 可选的, S_{21} 参数为:

$$S_{21,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{21,i,j,k}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的 S_{21} 参数; $P_{i,j,k}^{r,2}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口 2 的接收功率; $P_{i,j,k}^{t,1}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口 1 的发射功率。

[0028] 可选的, 所述归一化场强为:

$$\vec{E}_{i,j,k} = S_{21,i,j,k} + AF + CH_i - 13;$$

其中, $\vec{E}_{i,j,k}$ 为归一化场强; AF 为天线系数; CH_i 为修正系数。

[0029] 一种电磁混响室场均匀性快速确认方法, 包括以下步骤。

[0030] 电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程以及电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程。

[0031] 电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程: 将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置处, 并将搅拌桨转动至任一桨叶位置; 所述定点位置为所述工作区的顶点位置。

[0032] 设置矢量网络分析仪的各项参数; 各项参数包括带宽、扫描频点数、发射功率以及中频带宽。

[0033] 基于扫描频点数, 依次扫频测量所述三维光电场探头的 3 个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数以及 S_{31} 参数; S_{21} 参数是根据所述矢量网络分析仪的端口 1 的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口 2 的接收功率确定的; S_{31} 参数是所述矢量网络分析仪的端口 1 的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口 3 的接收功率确定的。

[0034] 重新将所述搅拌桨转动至下一个桨叶位置, 直至遍历完所述三维光电场探头在任一定点位置处搅拌桨的所有桨叶位置的测试。

[0035] 重新将所述三维光电场探头设于所述工作区的下一个定点位置处, 直至遍历完所有定点位置的测试。

[0036] 电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程: 获取三维光电场探头的各项参数以及定向耦合器的耦合系数, 根据电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程中获取的所有 S_{21} 参数、所有 S_{31} 参数、所述耦合系数以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强; 所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数。

[0037] 根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

[0038] 可选的, S_{21} 参数为:

$$S_{21,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{21,i,j,k}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的 S_{21} 参数; $P_{i,j,k}^{r,2}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口 2 的接收功率; $P_{i,j,k}^{t,1}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口 1 的发射功率。

[0039] S_{31} 参数为:

$$S_{31,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,3} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{31,i,j,k}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的 S_{31} 参数; $P_{i,j,k}^{r,3}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置第 k 个桨叶位置对应的端口 3 的接收功率。

[0040] 可选的,所述归一化场强为:

$$\vec{E}_{i,j,k} = S_{21,i,j,k} - S_{31,i,j,k} + AF + CH_i - C_f - 13;$$

其中, $\vec{E}_{i,j,k}$ 为归一化场强; AF 为天线系数; CH_i 为修正系数; C_f 为所述定向耦合器的耦合系数。

[0041] 一种电子设备,包括存储器及处理器,所述存储器用于存储计算机程序,所述处理器运行所述计算机程序以使所述电子设备执行上述电磁混响室场均匀性快速确认方法。

[0042] 可选的,所述存储器为非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述电磁混响室场均匀性快速确认方法。

[0043] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:本发明实施例采用矢量网络分析仪+三维光电场探头+光电转换控制器的硬件配置方案,使用矢量网络分析仪扫频测量的方式测量功率相关的参数进而计算场强,相比于传统的场强探头读取每个频点的每个场强分量的读数时间,本发明完成一次全频点场强测量仅需要 10s 以内,大大缩短了全频点场强测量的时间成本,提高了场均匀性确认效率。

附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0045] 图 1 为传统电磁混响室场均匀性确认装置结构图。

[0046] 图 2 为传统电磁混响室场均匀性确认方法遍历关系示意图。

[0047] 图 3 为本发明实施例一所提供的电磁混响室场均匀性快速确认装置结构图。

[0048] 图 4 为本发明实施例一所提供的电磁混响室场均匀性快速确认方法遍历关系示意图。

[0049] 图 5 为本发明实施例二所提供的电磁混响室场均匀性快速确认方法流程图。

[0050] 图 6 为本发明实施例三所提供的电磁混响室场均匀性快速确认装置结构图。

[0051] 图 7 为本发明实施例四所提供的电磁混响室场均匀性快速确认方法流程图。

[0052] 图8为本发明实施例五所提供的传统电磁混响室场均匀性方法与本发明所提供的电磁混响室场均匀性方法的测量结果对比图。

[0053] 图9为本发明实施例六所提供的传统电磁混响室场均匀性方法与本发明所提供的电磁混响室场均匀性方法的测量结果对比图。

具体实施方式

[0054] 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,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,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。

[0055] 本发明的目的是提供一种电磁混响室场均匀性快速确认装置、方法及设备,能够缩短全频点场强测量的时间成本,提高场均匀性确认效率。

[0056] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0057] 实施例一:如图3所示,本发明提供了一种电磁混响室场均匀性快速确认装置,包括:电磁混响室、矢量网络分析仪以及光电转换控制器;所述矢量网络分析仪的端口1,通过所述电磁混响室的穿墙射频线缆与发射天线相连接,用于通过发射天线向所述电磁混响室发射激励信号;所述矢量网络分析仪的端口2,与所述光电转换控制器相连接,用于接收从所述光电转换控制器发出的射频信号。

[0058] 所述光电转换控制器,与所述电磁混响室内的三维光电场探头相连接,用于将所述三维光电场探头感应电场后产生的光信号转换为射频信号;所述三维光电场探头放置在所述电磁混响室内工作区的一个定点位置;所述电磁混响室内的搅拌桨安装在非工作区,所述搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点。

[0059] 根据所述矢量网络分析仪的发射功率、接收功率以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数;根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

[0060] 在实际应用中,图3中的三维光电场探头通过穿墙光纤与腔体外的光电转换控制器相连接,该光电转换控制器为光电转换装置,实现把三维光电场探头感应电场后产生的光信号转换为射频信号,光电转换控制器的射频输出可以与功率计或接收机等读数装置相连接,通过功率计或接收机的读取的电平值计算得到对应的场强值。

[0061] 矢量网络分析仪是由信号源、接收机等组成的一个综合性分析仪器,其端口1(即发射端口)的信号源发射激励信号、端口2(即第一个接收端口)的接收机进行信号接收,接收信号和发射信号的线性值之比为 S_{21} 参数。图3中,矢量网络分析仪的端口1通过穿墙线缆连接至腔体内的发射天线,端口2与光电转换控制器的射频接口相连接。由于矢量网络分析仪集成了信号源、接收机模块,对二者进行高效同步,从而可实现宽频带、多频点数的快速扫频测量。

[0062] 本发明采用三维光电场探头与光电转换控制器组合的方案进行电场测量,将其视作接收天线,如图4所示,采用矢量网络分析仪扫频的方式进行测量,每次扫频获得一个轴

的全频点数据,测试效率提升10倍以上,极大节省了混响室场均匀性确认的时间和人力成本;特别适宜不同加载状态、不同尺寸工作区划分等需要多次场均匀性确认的应用场景。

[0063] 实施例二:如图5所示,本发明将矢量网络分析仪的快速扫频的特点与三维光电场探头的高效的光电转换功能相结合,提出了一种电磁混响室场均匀性快速确认方法,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法应用于上述电磁混响室场均匀性快速确认装置,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法包括:电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程以及电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程。

[0064] 电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程如下。

[0065] 步骤501:将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置处,并将搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点位置。

[0066] 步骤502:设置矢量网络分析仪的各项参数;各项参数包括带宽、扫描频点数 N_{freq} 、发射功率以及中频带宽。在本实施例中 $N_{\text{freq}}=1200$ 。

[0067] 步骤503:基于扫描频点数,依次扫频测量所述三维光电场探头的3个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数; S_{21} 参数是根据所述矢量网络分析仪的端口1的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口2的接收功率确定的。

[0068] 步骤504:重新将所述搅拌桨转动至下一个桨叶位置,直至遍历完所述三维光电场探头在任一定点位置处搅拌桨的所有桨叶位置的测试;桨叶位置即为搅拌桨的步进位置,桨叶位置的数量为 N_{stirrer} ,在本实施例中 $N_{\text{stirrer}}=20$ 。

[0069] 步骤505:重新将所述三维光电场探头设于所述工作区的下一个定点位置处,直至遍历完所有定点位置的测试;定点位置的数量为 N_{position} , $N_{\text{position}}=8$,遍历过程如图4所示。

[0070] 电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程如下。

[0071] 本发明的测试时长预估:工作区8个定点位置、20个桨叶位置、1200个频点、3轴场强分量,按照1200个频点一次扫频测量10s估计(实际测试时间会远远小于10s),那么完成这样一次场均匀性的确认需要的总时间为: $T=8 \times 20 \times 3 \times 10\text{s}=4800\text{s}=1.4\text{h}$ 。

[0072] 一次场均匀性确认只需要不到1.5小时,相较于传统方法而言,测试效率提升几十倍;即使考虑到混响室测试前的布置、调试等因素,半天甚至1天完成场均匀性确认,效率也相当可观。这对于混响室工作区尺寸调整、不同加载等需要多次做场均匀性确认的应用场景来说,效率提升节省的时间成本是相当巨大的。

[0073] 步骤506:获取三维光电场探头的各项参数,根据电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程中获取的所有 S_{21} 参数以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数。

[0074] 步骤507:根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

[0075] 将归一化场强转成线性值后计算场均匀性过程如下。

$$[0076] \quad \vec{E}_{i,j} = \text{Max}_k(\vec{E}_{i,j,k}),$$

其中, $\vec{E}_{i,j}$ 为第i个正交轴方向上第j个定点位置所有桨叶位置对应的归一化场强的最大值,

$\vec{E}_{i,j,k}$ 为第i个正交轴方向上第j个定点位置第k个桨叶位置对应的归一化场强,V/m;

$Max_k()$ 为对在所有桨叶位置下求最大值。

[0077] 本发明得到每个测量频点的24个(8个定点位置乘以3个正交轴方向)最大值。

[0078] 然后对这24个最大值,计算标准差,即为场均匀性。
$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^3 \sum_j^8 (\vec{E}_{i,j} - \bar{E})^2}{24-1}}$$

[0079] 其中,s为场均匀性; \bar{E} 为24个最大值的平均值,
$$\bar{E} = \frac{\sum_i^3 \sum_j^8 \vec{E}_{i,j}}{24}$$

[0080] 场均匀性的结果通常用对数表示,单位dB,转换成对数的计算公式如下:

$$s_{dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{\bar{E} + s}{\bar{E}} \right),$$

S_{dB} 为场均匀性的对数表示。

[0081] 本发明测量的是 S_{21} 参数,不是直接得到场强,因而需要先进行数据处理计算出场强值。

[0082] 三维光电场探头的场强是根据测量的接收功率进行计算的,计算公式为:

$$E_{i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} + AF + CH_i - 13;$$

其中, $E_{i,j,k}$ 为三维光电场探头的场强计算值,dBV/m, i 表示各个场强分量,即三维光电场探头的X、Y、Z三个正交轴方向, j 表示三维光电场探头放置的定点位置,对应工作区的8个顶点, k 表示搅拌桨的各个步进位置; $P_{i,j,k}^{r,2}$ 为第*i*个正交轴方向上第*j*个定点位置第*k*个桨叶位置对应的所述端口2的接收功率,单位dBm;AF为场强探头的天线系数,可以查询厂家的数据,也可以通过校准得到,单位dB/m; CH_i 为三维光电场探头控制器通道的修正系数,三个通道分别对应三维光电场探头的X、Y、Z三个正交轴,单位dB。

[0083] 如果矢量网络分析仪端口1发射信号的功率为 $P_{i,j,k}^{t,1}$,那么对应的归一化场强为:

[0084]
$$\vec{E}_{i,j,k} = E_{i,j,k} - P_{i,j,k}^{t,1} = (P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1}) + AF + CH_i - 13。$$

[0085] 对于矢量网络分析来说,测量的 S_{21} 即为端口2的接收功率与端口1发射功率的线性值之比,由于线性比值与对数差值相等,因此,当用对数形式表示时,

$$S_{21,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

其中, $S_{21,i,j,k}$ 为第*i*个正交轴方向上第*j*个定点位置第*k*个桨叶位置对应的 S_{21} 参数; $P_{i,j,k}^{t,1}$ 为第*i*个正交轴方向上第*j*个定点位置第*k*个桨叶位置对应的所述端口1的发射功率。

[0086] 所以,归一化的场强为:

$$\vec{E}_{i,j,k} = S_{21,i,j,k} + AF + CH_i - 13。$$

[0087] 该归一化场强为对数单位,将其转换成线性场强后,按照实施例二所提供的电磁混响室场均匀性快速确认方法分析电磁混响室场均匀性。

[0088] 本发明充分利用矢量网络分析仪内部既有信号源又有多接收机的特点,可以同时替代传统测量方案中的信号、功率计等设备,减少了设备体积便于运输;而且 S_{21} 参数定义为端口2的接收与端口1发射的线性值之比,相当于已经做了归一化,那么在测量过程中只需记录 S_{21} 参数就可进行后续的归一化场强计算,而传统的方法需要同时记录功率监测到的功率值和场强读数装置的数据,后面再用监测功率进行归一化场强计算;相比较而言,本方法测量复杂度更低、记录数据量更少、结果更稳定可靠。

[0089] 实施例三:由于矢量网络分析仪具有一定的动态范围(通常厂家会给出60dB动态范围内的指标,该范围内测量的 S_{21} 参数稳定可靠;大多数矢量网络分析仪动态范围超过90dB的时候信噪比会比较差),如果混响室尺寸比较大导致插损比较大的话,在采用实施例一所提供的技术方案进行场均匀性确认的准确性会受到影响,为了能够获得更加普适的快速确认方法,本发明对实施例一进行改进,增加功率放大器对输入信号放大,从而提高测量的动态范围。

[0090] 如图6所示,相比与实施例一所提供的电磁混响室场均匀性快速确认装置来说,实施例三所提供的电磁混响室场均匀性快速确认装置还包括:功率放大器以及定向耦合器;所述矢量网络分析仪的发射端口与所述功率放大器的输入端相连接;所述功率放大器的输出端与所述定向耦合器的输入端相连接;所述定向耦合器的耦合端与所述矢量网络分析仪的端口3相连接;所述定向耦合器的输出端通过所述电磁混响室的穿墙射频线缆与发射天线相连接。

[0091] 矢量网络分析仪的端口1作为输出,连接到功率放大器的输入端;功率放大器的输出端连接到定向耦合器的输入端,定向耦合器的耦合端连接到矢量网络分析仪的端口3(即第二个接收端口);定向耦合器的输出端通过穿墙射频线缆连接至发射天线;三维光电场探头与光电转换控制器的连接、光电转换控制器与矢量网络分析仪的连接方式不变。

[0092] 实施例四:如图7所示,本发明提供了一种电磁混响室场均匀性快速确认方法,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法应用于实施例三所提供的电磁混响室场均匀性快速确认装置,所述电磁混响室场均匀性快速确认方法包括:电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程以及电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程。

[0093] 步骤701:电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程:将三维光电场探头设于电磁混响室内工作区的一个定点位置处,并将搅拌桨转动至任一桨叶位置;所述定点位置为所述工作区的顶点位置。

[0094] 步骤702:设置矢量网络分析仪的各项参数;各项参数包括带宽、扫描频点数、发射功率以及中频带宽。

[0095] 步骤703:基于扫描频点数,依次扫频测量所述三维光电场探头的3个正交轴的所有频点的 S_{21} 参数以及 S_{31} 参数; S_{21} 参数是根据所述矢量网络分析仪的端口1的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口2的接收功率确定的; S_{31} 参数是所述矢量网络分析仪的端口1的发射功率以及所述矢量网络分析仪的端口3的接收功率确定的。

[0096] 步骤704:重新将所述搅拌桨转动至下一个桨叶位置,直至遍历完所述三维光电场探头在任一定点位置处搅拌桨的所有桨叶位置的测试。

[0097] 步骤705:重新将所述三维光电场探头设于所述工作区的下一个定点位置处,直至

遍历完所有定点位置的测试。

[0098] 电磁混响室场均匀性快速确认的分析过程如下。

[0099] 步骤706:获取三维光电场探头的各项参数以及定向耦合器的耦合系数,根据电磁混响室场均匀性快速确认的测试过程中获取的所有 S_{21} 参数、所有 S_{31} 参数、所述耦合系数以及所述三维光电场探头的各项参数确定归一化场强;所述三维光电场探头的各项参数包括所述三维光电场探头的天线系数以及三维光电场探头的控制器通道的修正系数。

[0100] 步骤707:根据所述归一化场强计算电磁混响室场均匀性。

[0101] 由于本发明测量的是 S_{21} 参数、 S_{31} 参数,不是直接得到场强,因而需要先通过数据分析处理计算出场强值。

[0102] 三维光电场探头的场强是根据测量的接收功率进行计算的,如下式:

$$E_{i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} + AF + CH_i - 13;$$

其中, $P_{i,j,k}^{r,2}$ 为矢量网络分析仪端口2接收机的接收功率,即第i个正交轴方向上第j个定点位置第k个桨叶位置对应的所述端口2的接收功率,dBm;如果矢量网络分析仪端口1发射信号的功率为 $P_{i,j,k}^{t,1}$,即第i个正交轴方向上第j个定点位置第k个桨叶位置对应的所述端口1的发射功率,端口3的接收机接收的功率为 $P_{i,j,k}^{r,3}$,即第i个正交轴方向上第j个定点位置第k个桨叶位置对应的所述端口3的耦合功率,则有

$$S_{21,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

$S_{21,i,j,k}$ 为第i个正交轴方向上第j个定点位置第k个桨叶位置对应的 S_{21} 参数。

$$[0103] \quad S_{31,i,j,k} = P_{i,j,k}^{r,3} - P_{i,j,k}^{t,1};$$

$S_{31,i,j,k}$ 为第i个正交轴方向上第j个定点位置第k个桨叶位置对应的 S_{31} 参数。

[0104] 功率放大器的输出信号强度为:

$$P_{i,j,k}^{PA} = P_{i,j,k}^{r,3} + C_f;$$

其中, C_f 为定向耦合器的耦合系数,单位dBm。

[0105] 那么对应的归一化场强为:

$$\vec{E}_{i,j,k} = E_{i,j,k} - P_{i,j,k}^{PA} = (P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{PA}) + AF + CH_i - 13$$

$$[0106] \quad = (P_{i,j,k}^{r,2} - P_{i,j,k}^{r,3}) + AF + CH_i - C_f - 13 \quad \circ$$

$$= S_{21,i,j,k} - S_{31,i,j,k} + AF + CH_i - C_f - 13$$

[0107] 该场强为对数单位,按照实施例二所提供的由归一化场强计算场均匀性的方法分析电磁混响室场均匀性。

[0108] 本发明实施例需要4端口的矢量网络分析仪,能够同时测量 S_{21} 参数、 S_{31} 参数。由于功率放大器的使用,可以有效提高测量的动态范围,增强快速确认方法的普适性。

[0109] 本发明同时测量 S_{21} 、 S_{31} 参数,用 S_{31} 对 S_{21} 进行归一化,从而得到归一化的场强。本

发明是对实施例二所提供的电磁混响室场均匀性快速确认方法的完善补充,测量时间相当,但是扩展了测量的动态范围,增加了场均匀性确认的普适性,适用于各种大型电磁混响室的场均匀性确认。

[0110] 下面用两个实施例说明实施例二所提供的电磁混响室场均匀性快速确认方法,针对同一个电磁混响室、划定不同尺寸的工作区、选取不同的搅拌步数。工作区1:3m(长)×2m(宽)×3m(高);工作区2:2.5m(长)×1.7m(宽)×2m(高)。

[0111] 实施例五:混响室场均匀性确认(大工作区,多搅拌步数)。

[0112] 对任一电磁混响室划定工作区,进行场均匀性确认。工作区尺寸定为3m(长)×2m(宽)×3m(高)的长方体区域,工作区距地面1m,距离墙壁、桨叶大于0.5m。首先用传统的电磁混响室场均匀性确认方法进行场均匀性确认,采用的设备主要为信号源、功率放大器、定向耦合器、功率计、场强探头及场强读数装置。做场均匀性确认时,探头通过手动移动分别放置于长方体工作区的8个顶点处,8个顶点分别命名为P1~P8,定义1m高处东南、西南、西北、东北四个点分别为P1、P2、P3、P4,4m高处东南、西南、西北、东北四个点分别为P5、P6、P7、P8。200MHz~1GHz频段范围内选取70个频点,转动桨叶100步进行场均匀性确认。

[0113] 传统的电磁混响室场均匀性确认方法如下。

[0114] 1) 将场强探头放置在工作区的一个顶点处。

[0115] 2) 将搅拌桨转动至一个桨叶位置处。

[0116] 3) 设置信号源的一个频率。

[0117] 4) 读取此时的功率计读数,并依次读取场强读数装置的3个正交轴(XYZ)的场强值。

[0118] 5) 重复步骤3)、4),直至遍历完所有 N_{freq} 个频点的测试。

[0119] 6) 重复步骤2)~5),直至遍历完所有 N_{stirrer} 个桨叶位置的测试;在混响室确认的过程中,需要控制搅拌桨转动不同的角度,通常是等角度间隔的转一周,例如一周转20个位置,即每18度定义一个桨叶位置。

[0120] 7) 重复步骤1)~6),直至遍历完成所有 N_{position} 个工作区顶点的测试。

[0121] 至此,完成了场均匀性确认的测试过程,测试过程中除了场强探头位置挪动需要手动实现以外,其余三个参数的遍历均是通过计算机程控实现自动化测试。然后通过分析计算场均匀性的结果,判断结果是否满足限值要求。分析计算场均匀性的方法如下。

[0122] 首先按照如下公式计算归一化场强,即用相应的功率计监测的输入功率对测量的场强值做归一化处理。

$$[0123] \quad \vec{E}_{i,j,k} = \frac{E_{i,j,k}}{\sqrt{P_{i,j,k}}}。$$

[0124] 其中, $E_{i,j,k}$ 为三维光电场探头(场强探头)第i个正交轴方向上第j个顶点位置第k个桨叶位置的测量场强,V/m; $P_{i,j,k}$ 为功率计在第i个正交轴方向上第j个顶点位置第k个桨叶位置测量场强时的监视功率,W; $\vec{E}_{i,j,k}$ 为第i个正交轴方向上第j个顶点位置第k个桨叶位置的归一化场强值,V/m。

[0125] 然后,按照实施例二提供的归一化场强计算场均匀性的方法分析电磁混响室的场

均匀性。

$$[0126] \quad \vec{E}_{i,j} = \text{Max}_k (\vec{E}_{i,j,k}).$$

[0127] 其中, $\text{Max}_k ()$ 为对在所有桨叶位置下求最大值, $\vec{E}_{i,j}$ 为第 i 个正交轴方向上第 j 个定点位置所有桨叶位置对应的归一化场强的最大值。

[0128] 本发明得到每个测量频点的24个(8个顶点位置乘以3个正交轴方向)最大值。

[0129] 然后对这24个最大值,计算标准差,即为场均匀性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^3 \sum_j^8 (\vec{E}_{i,j} - \bar{E})^2}{24-1}}.$$

[0130] 其中, s 为场均匀性; \bar{E} 为24个最大值的平均值,

$$\bar{E} = \frac{\sum_i^3 \sum_j^8 \vec{E}_{i,j}}{24}.$$

[0131] 场均匀性的结果通常用对数表示,单位dB,转换成对数的计算公式如下:

$$s_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \left(\frac{\bar{E} + s}{\bar{E}} \right),$$

S_{dB} 为场均匀性的对数表示。

[0132] 然后,采用快速混响室场均匀性确认方法进行工作区均匀性的确认。主要采用的设备为矢量网络分析仪、三维光电场探头及光电转换控制器。同样尺寸的工作区,200MHz~1GHz频段范围内选取2046个频点,转动桨叶100步进行场均匀性确认。

[0133] 两种方法进行的场均匀性的结果如图8所示,图8表示100步场均匀性对比,即本发明所提供的2046频点对比传统方法的70频点。可以看到二者确认的结果有较好的一致性,二者曲线在300MHz以下整体小于2.5dB,300MHz以上主要在2dB以下,均低于IEC标准的限值。同时可以看到,本发明测量的频点数更加密集,是传统方法频点数的20倍以上,而测量的时间更短:本发明测量实际用时约6小时,传统方法测量实际用时约21小时,效率提升非常明显。

[0134] 实施例六:电磁混响室场均匀性快速确认(小工作区,少搅拌步数)。

[0135] 与实施例五同样的电磁混响室,分别采用传统方法和本发明所提供的确认方法进行场均匀性确认,两种方法各自采用的设备及连接方式保持不变。工作区尺寸定为2.5m(长)×1.7m(宽)×2m(高)的长方体区域,工作区距地面1m。搅拌桨转动10步,传统方法在200MHz~1GHz频段范围内选取101个频点,本方法在200MHz~1GHz频段范围内选取801个频点。测量的结果如图9所示,图9表示10步场均匀性对比,即本发明的801频点对比传统方法的101频点,与实施例五类似,两种方法有较好的一致性,相较于传统的场均匀性确认方法,本发明提出的电磁混响室场均匀性快速确认方法测量的频点数更多(8倍)、用时更短(传统方法约3.5小时,本方法约1小时)。

[0136] 基于实施例五和实施例六的对比结果可知,针对传统的混响室场均匀性确认方法存在测试效率低、时间长的问题,本发明可以实现测试效率的十倍以上提升,解决国防军

工、新能源汽车等行业EMC领域混响室场均匀性快速有效确认的难题。

[0137] 1) 提出采用三维光电场探头与光电转换控制器组合的电场测量方案,该方案使用外接功率计或接收机进行功率接收,接收功率再通过天线系数、通道系数修正计算,获得场强数值。三维光电场探头体积小、灵敏度高,感应电场信号后转化为光信号传出腔体外,对混响室内本身的电场分布扰动小,测试准确可靠;光电转换控制器将三通道光接口转换成一路射频接口,内置切换开关可通过程控或手动方式进行通道切换,转成射频接口的好处是可以选取各种接收机,以便于使用特定接收机(如矢量网络分析仪的接收机)来提高测量速度。

[0138] 2) 提出将采用三维光电场探头与光电转换控制器组合视作接收天线,将矢量网络分析仪的端口1、端口2两个端口分别连接发射天线和接收天线,通过扫频测量一次性完成设置的所有频点的 S_{21} 参数。利用矢量网络分析仪的端口1发射功率、端口2的接收功率与 S_{21} 的关系,推导出归一化的场强测量值。该方法适用于中小型混响室(如插入损耗60dB以下)的场均匀性确认。

[0139] 3) 在2)的基础上,提出采用矢量网络分析仪、功率放大器、三维光电场探头与光电转换控制器组合的混响室快速场均匀性确认方法,要求矢量网络分析仪至少为四端口,其中端口1作为发射接入到功放的输入端,端口2接光电转换控制器的射频输出端,端口3接定向耦合器耦合输出端,该方法同时获取 S_{21} 、 S_{31} 参数, S_{21} 参数用于测量混响室内部场强, S_{31} 用于监测功率放大器的输出功率,二者结合来推导出归一化的场强值。该方法适用于大型混响室(如插入损耗60dB以上)的场均匀性确认。

[0140] 实施例七:一种电子设备,包括存储器及处理器,所述存储器用于存储计算机程序,所述处理器运行所述计算机程序以使所述电子设备执行实施例二或实施例四所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法。

[0141] 一种计算机可读存储介质,其存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现实施例二或实施例四所述的电磁混响室场均匀性快速确认方法。

[0142] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0143] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

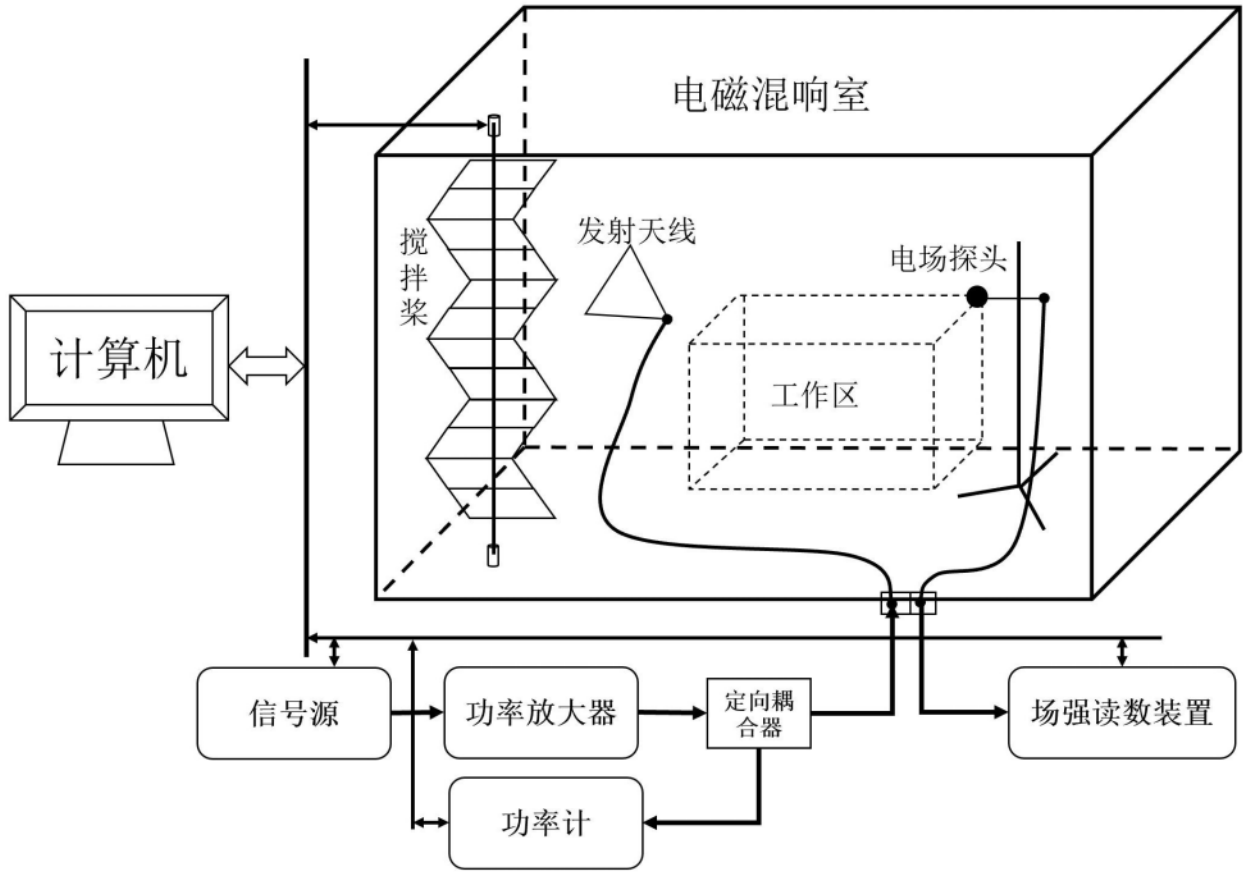


图 1

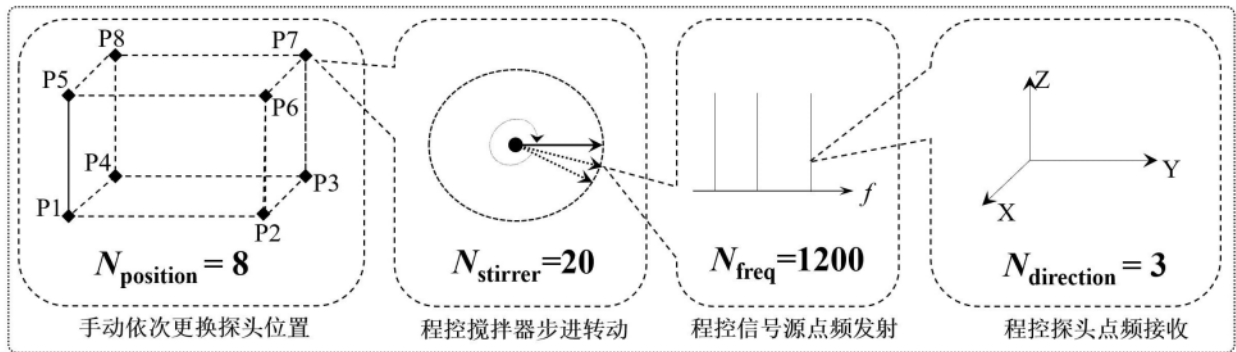


图 2

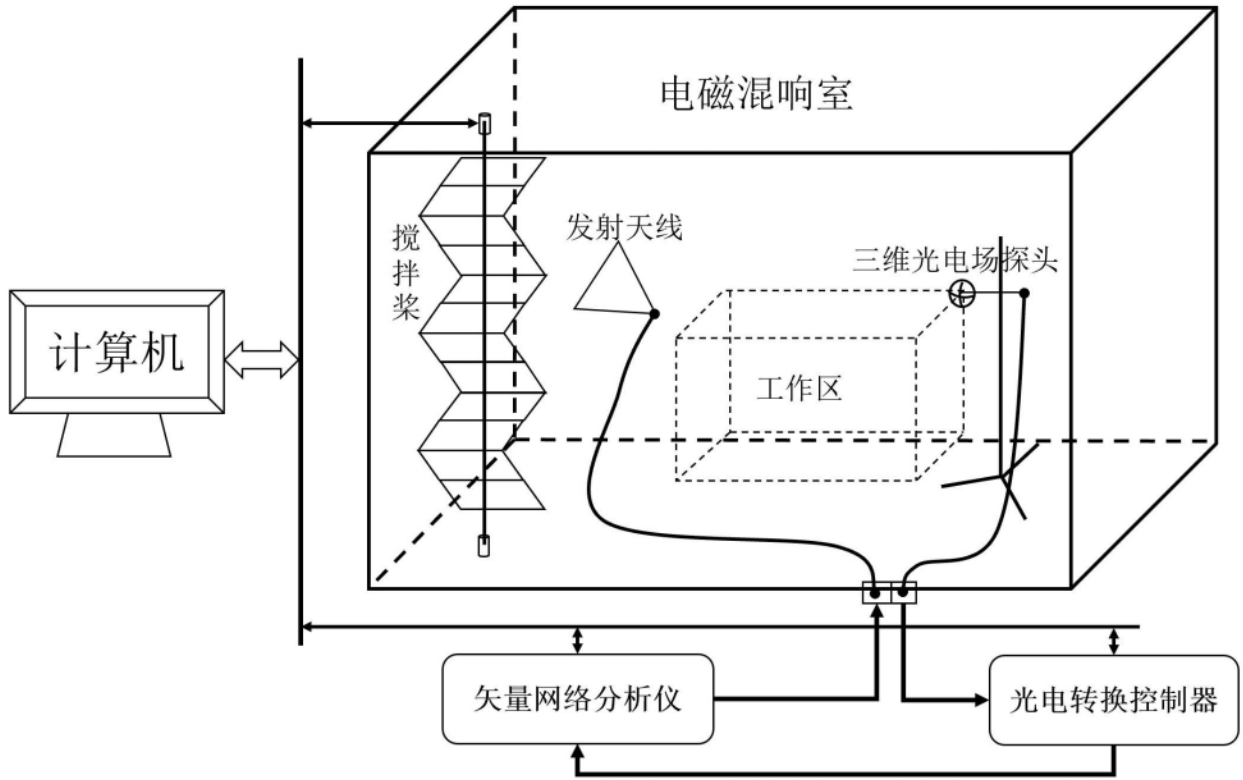


图 3

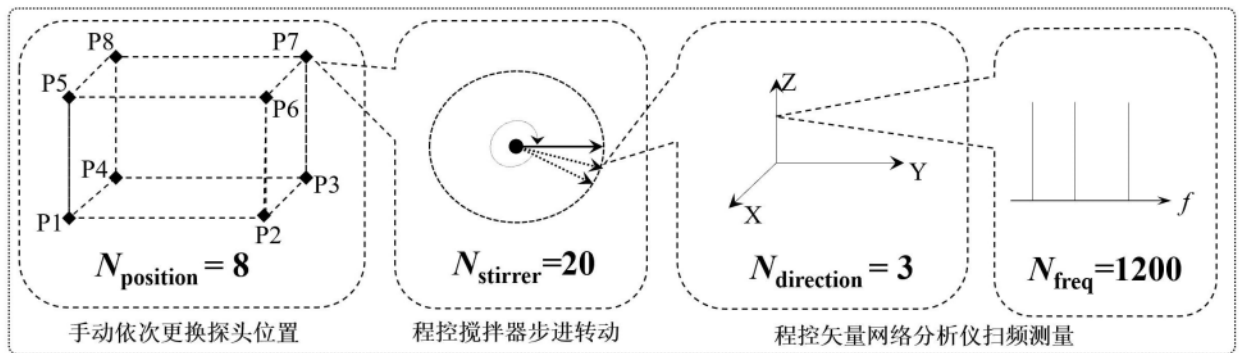


图 4

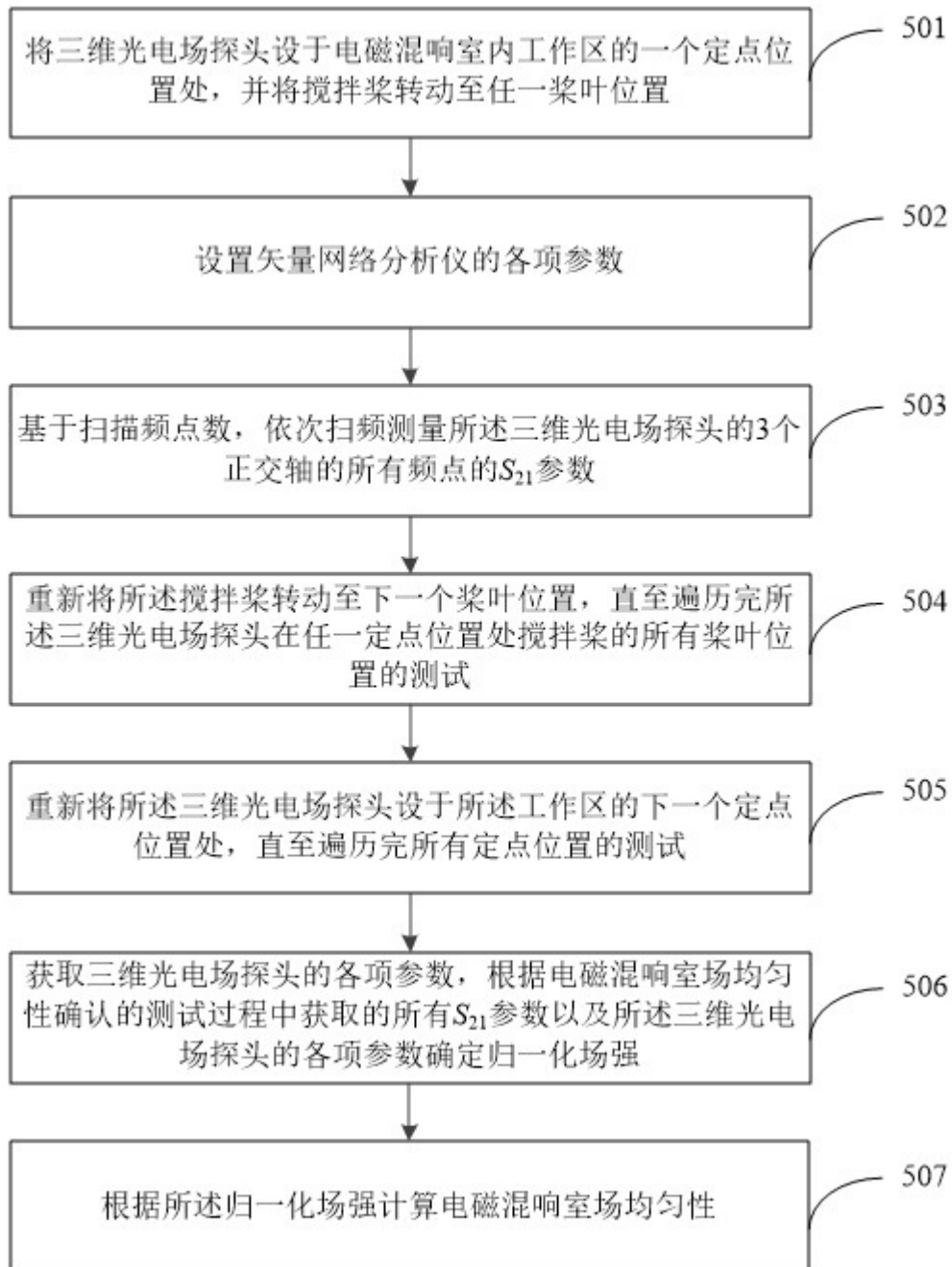


图 5

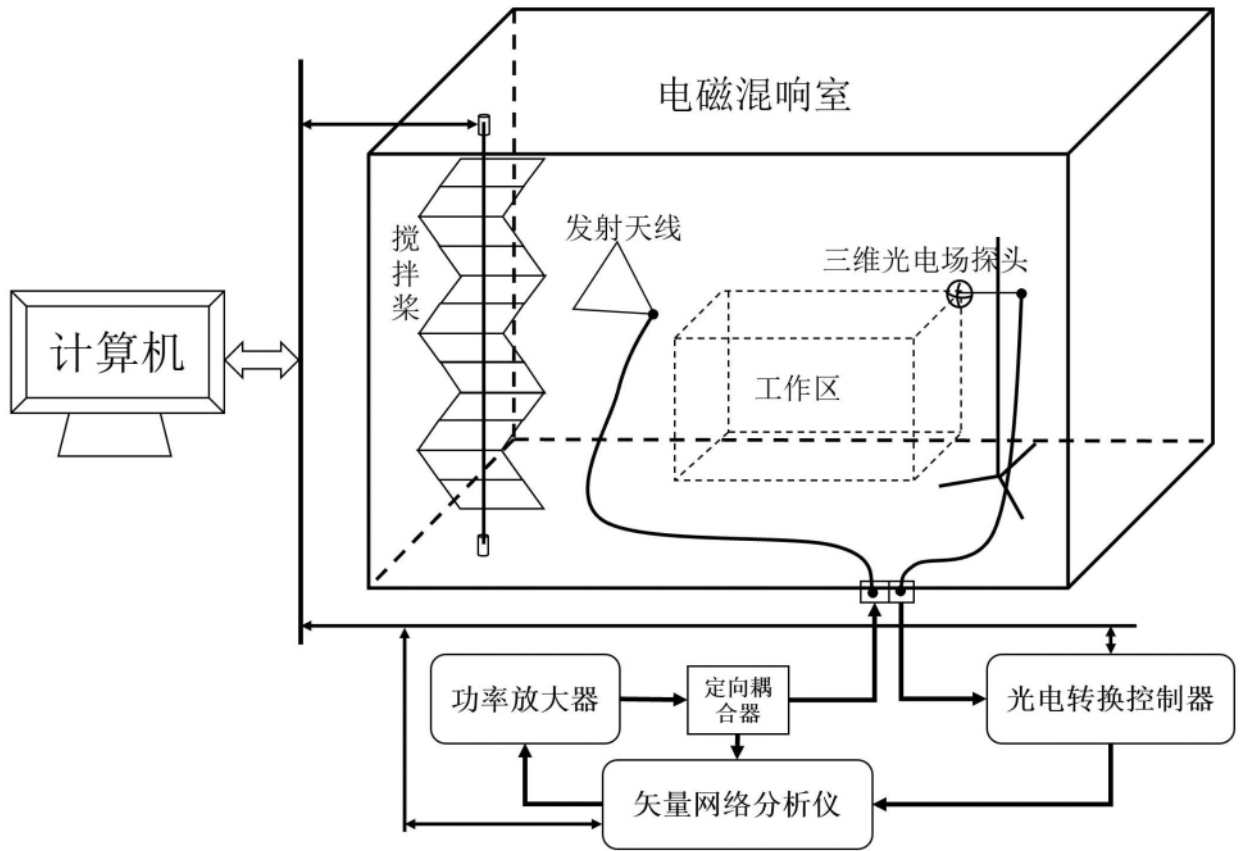


图 6

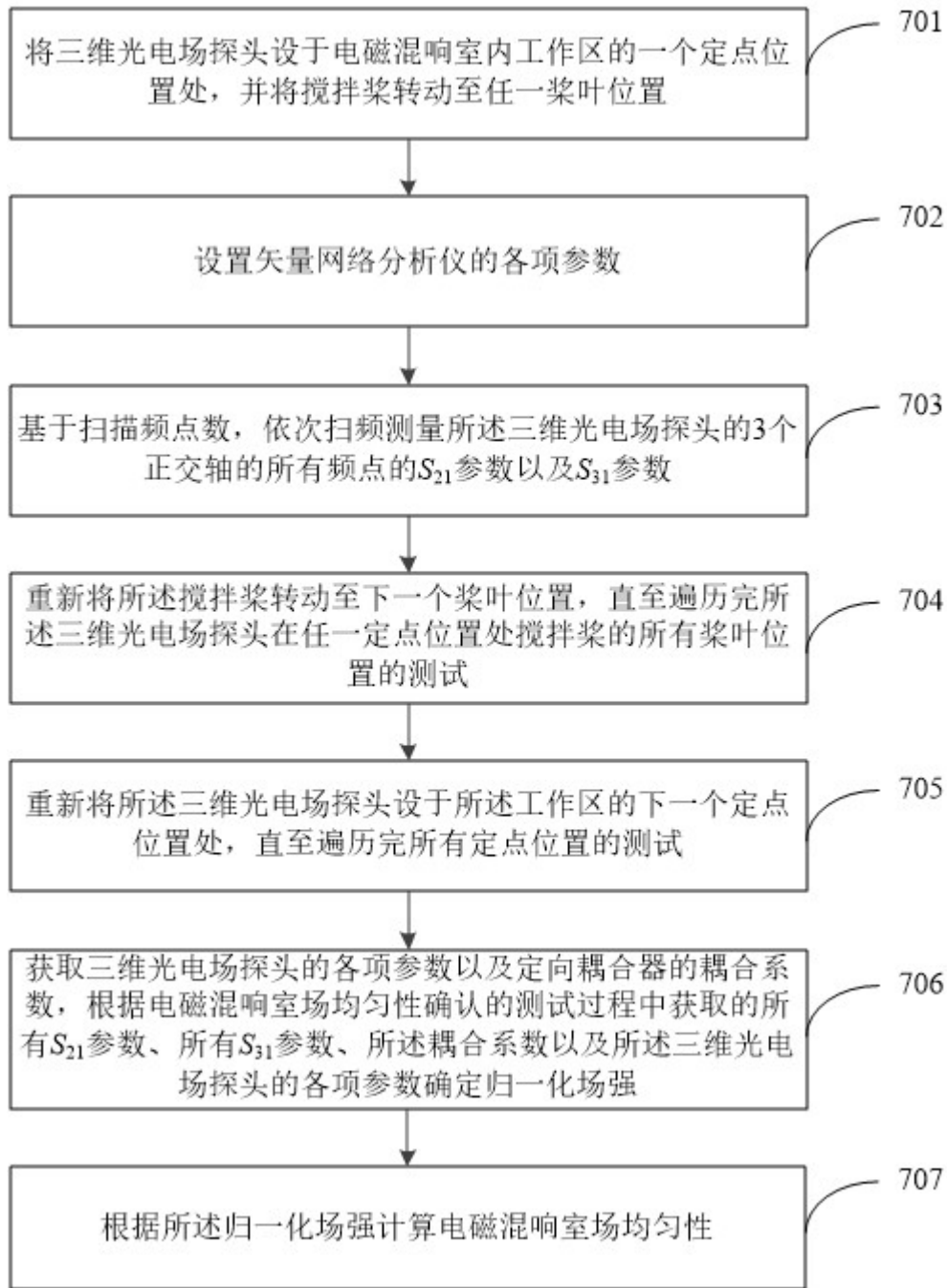


图 7

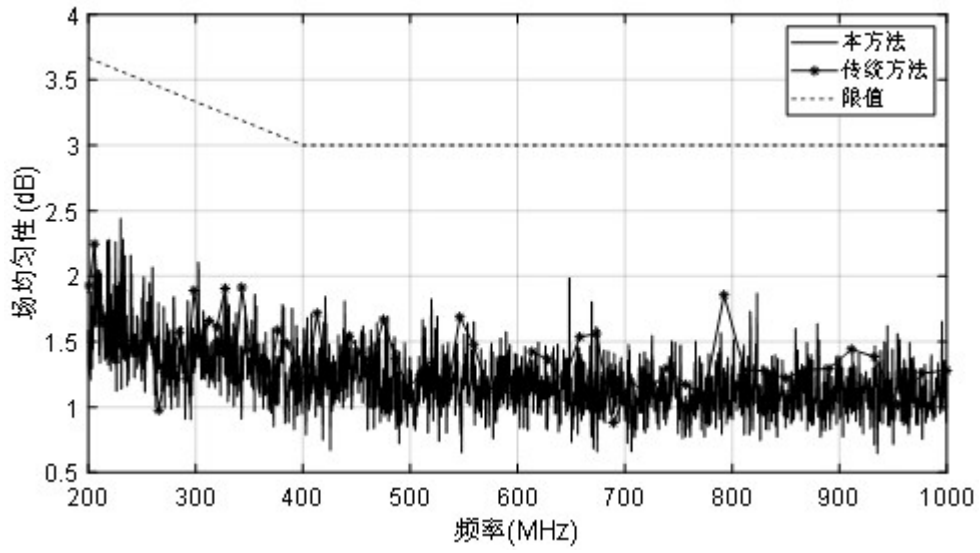


图 8

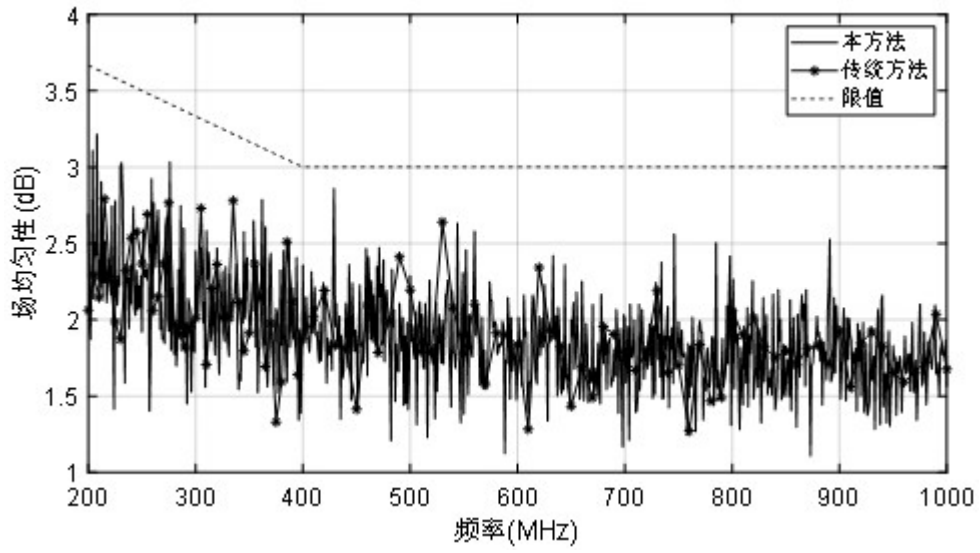


图 9