

小型微波暗室的静区分析

刘汝兵 刘海涛

(福建省等离子体和磁共振重点实验室、厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 静区性能是微波暗室综合性能的体现, 也是暗室设计的关键。影响微波暗室静区性能的因素有暗室形状、吸波材料的布局及特性、天线辐射特性 3 个方面。利用几何光学方法, 以电偶极子天线作为激励源, 分析了矩形微波暗室静区电平分布规律。根据某厂家提供的 4 个频率(1GHz、2GHz、4GHz 和 8GHz)下吸波材料垂直入射反射率, 对矩形暗室的静区电平分布进行了仿真计算。仿真结果表明, 采用此方法能快速并准确的适用于矩形微波暗室静区的性能分析。

关键词: 微波暗室; 静区; 几何光学方法

中图分类号: TM973.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-4801(2011)03-092-02

微波暗室又称无回波室, 是一个用能吸收高频电磁能, 而反射、散射及透射都极小的材料覆盖在房间的各个面上所构成的空间。由于它有效地模拟了自由空间无电磁回波的条件, 因而, 可以用来进行各种类型的微波测量, 更重要的是能大大提高测试精度和工作效率。目前, 各种飞机和其他航空航天的无线电通讯设备等都是通过微波暗室来进行无线电工程的综合性试验的。微波暗室具有无可比拟的优越性, 但是其建设费用相当昂贵, 因此, 在建设之前对其进行性能预测是很重要的^[1]。

预测方法中最精确的方法是数值计算法, 但是其实现过程复杂, 实现周期长, 且对计算机资源的需求巨大, 因此本文利用了一种分析暗室性能的简单方法, 即几何光学法, 以电偶极子作为激励源, 给出了矩形暗室静区电平计算模型, 并根据某厂家吸波材料反射率, 对该暗室的静区电平分布进行了仿真计算。

1 理论分析

暗室静区电平是评价暗室性能的重要指标之一, 它定义为目标天线发射的电磁波经过各墙壁反射到达静区的反射波能量总和与直达波能量之比, 通常结果用 dB 值来表示。不同用途的暗室对静区电平指标的要求不同。一般而言, 暗室性能的好坏与作为暗室主体的屏蔽室反射路径损耗、暗室内壁所铺设吸波材料的吸收性能以及目标天线波束宽度等因素有关^[2]。

实践证明, 如果铺设的吸波材料性能良好, 分布均匀、连续, 并且铺覆壁面足够大, 则空间

中除一次反射波外, 经过二次及以上反射后再入射到静区的场的分量很小, 可不予考虑, 能够满足工程需要^[3-4]。在计算中, 对于某个面上的入射场, 可以分解成为 x 、 y 、 z 三个分量, 认为切向分量相位改变 180° , 法向分量相位不改变, 接收点处在天线辐射场的远区。

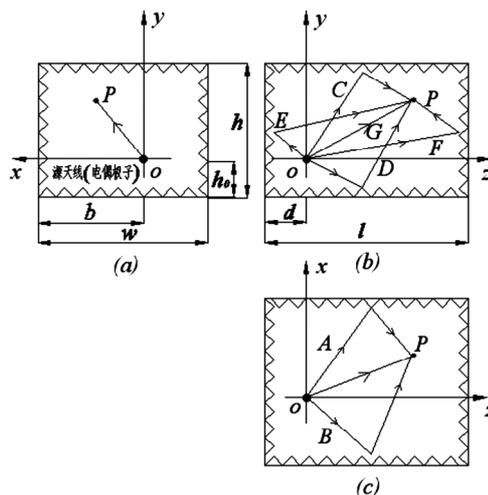


图 1 暗室几何模型

图 1 所示为矩形暗室几何模型, 其长为 l , 宽为 w , 高为 h 。源天线为电偶极子, 并位于原点 o , 其中 b 为源天线与 $x=b$ 墙面的距离, h_0 为源天线与 $y=-h_0$ 面的距离, d 为源天线与 $z=-d$ 墙面的距离。暗室六个面均安装高度相同的吸波材料。利用几何光学方法, 暗室静区中任一点 $P(x, y, z)$ 处的电平可表示为:

$$R_{db} = 20 \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^6 E_{DRi}}{E_{Fs}} \quad (1)$$

其中: E_{DRi} 为暗室六个面的反射波场强(图 1

作者简介: 刘汝兵 (1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 电磁场及微波暗室。

中所示的 A, B, C, D, E, F), E_{F_s} 为直达波场强(图 1 中所示 G)。

2 仿真分析

根据静区电平的计算模型, 以电偶极子天线为激励源, 结合厂家的吸波材料的垂直入射发射率, 对尺寸为 $l=5\text{ m}$ 、 $w=5\text{ m}$ 、 $h=4\text{ m}$ 的暗室, 在 4 个频率下(1GHz, 2GHz, 4GHz 和 8GHz)的静区电平进行了仿真计算。

2.1 吸波材料性能

仿真中所使用的吸波材料的垂直入射反射率如表 1 所示。

由于仿真计算时, 需吸波材料在其他入射角下的反射率, 而厂家一般只提供垂直入射情况下的反射率, 所以在计算时采用了一下估算模型:

$$R_{\theta} = R_N \cos \theta \quad (2)$$

其中: R_N 为垂直入射反射率, R_{θ} 为入射角为 θ 时的反射率^[5]。

表1 吸波材料性能

频率/GHz	垂直入射最大反射率/dB
1	-35
2	-42
4	-50
8	-50

2.2 仿真结果

假设电偶极子沿 y 方向放置, 位置为: $d=1\text{ m}$, $b=2.5\text{ m}$, $h_0=2\text{ m}$ 。计算静区区域: $y=0\text{ m}$ 、 $x=-0.5\text{ m} \sim +0.5\text{ m}$ 、 $z=2.5\text{ m} \sim 3.5\text{ m}$ 。4 个频率的计算结果如图 2 所示。静区电平的平均值见表 2。

参考文献:

[1] 徐宏伟,王天顺.大型屏蔽暗室静区静度测试初探[J].飞机设计, 2003 (2): 64-66.
 [2] S. V. K. Shastry, S. K. Nagesh, and D. Biri. Reflectivity level of RF shielded anechoic chamber[C]. Proc. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1995: 578-583.
 [3] M. R. Gillette. RF Anechoic Chamber Design Using Ray Tracing[C]. Proc. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 1977: 246-249.
 [4] L. H. Hemming. Electromagnetic Anechoic Chambers A Fundamental Design and Specification Guide[M]. New York: IEEE Press, John Wiley & Sons, 2002.
 [5] S. R. Mishra, and T. Pavlasek. Design of Absorber-lined Chambers for EMC Measurements Using a Geometrical Optics Approach[J]. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 1984, vol. EMC-26, No.3. 111-119.

表2 静区电平平均值

频率/GHz	静区电平/dB
1	-32.3704
2	-39.09843
4	-45.71061
8	-44.95033

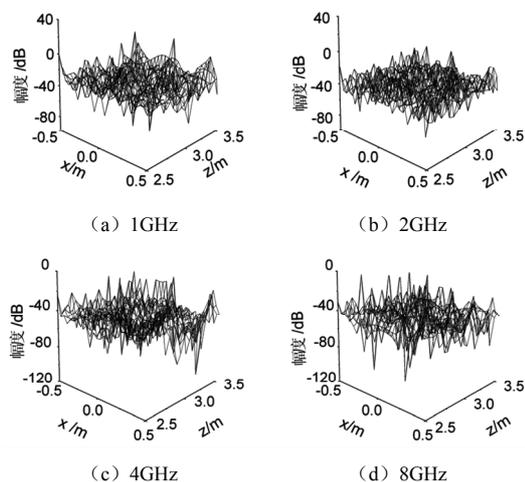


图 2 静区电平分布

3 结论

本文利用几何光学方法, 以电偶极子天线为激励源, 建立了矩形微波暗室静区电平计算模型, 并计算出了 $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 4\text{ m}$ 的小型微波暗室的静区电平分布情况, 仿真结果表明:

- (1) 该暗室的静区电平在 1GHz~8GHz 平均优于 -30dB。
- (2) 频率越高, 静区电平越低, 暗室性能越好。
- (3) 几何光学方法能够快速而准确的计算出微波暗室静区电平。