

# 检验非常近场天线测量：算法评估

## Verifying Very-Near-Field Antenna Measurements: Algorithm Evaluation

作者：Ruska Patton, Ning Yang EMSCAN 公司

**本**文证实可从非常近场测量获得精确的天线远场预测。从近到远场基于平面波谱方法的运算法则获得的结果，精确地与全波仿真和吸波暗室测量的远场结果相关。通过比较距离为 25 mm 与 80 mm 得到的测量结果，

显示了在极近距离测量的优点。用扫描仪器从非常近场测量预测的远场结果与传统的吸波暗室的测量结果进行了比较。本研究建立了非常近场的天线测量提供了有根据的远场结果。与传统的平面近场方法相比，非常

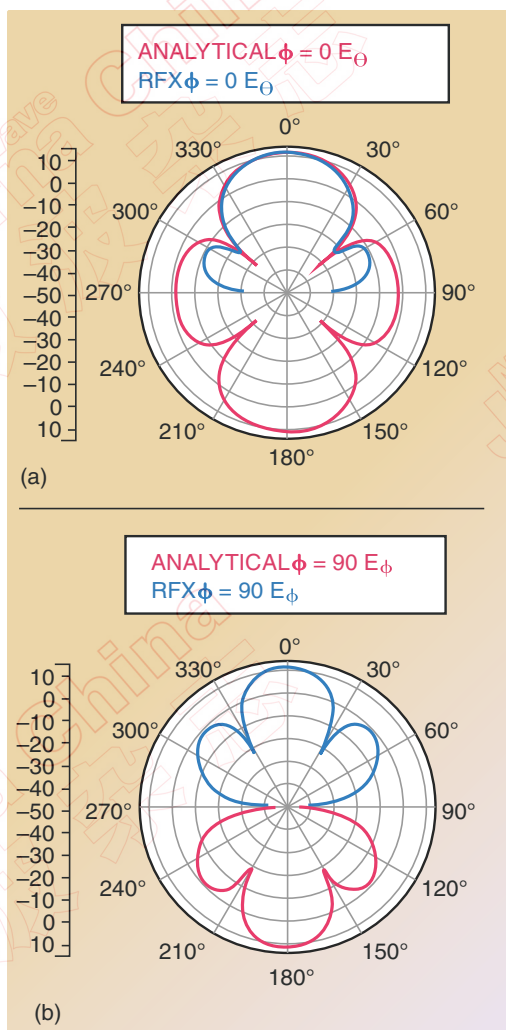


图 1. 在 2.5 GHz 下理论和实测非常近场扫描辐射方向图：(a)  $\phi=0^\circ$  面，(b)  $\phi=90^\circ$  面。

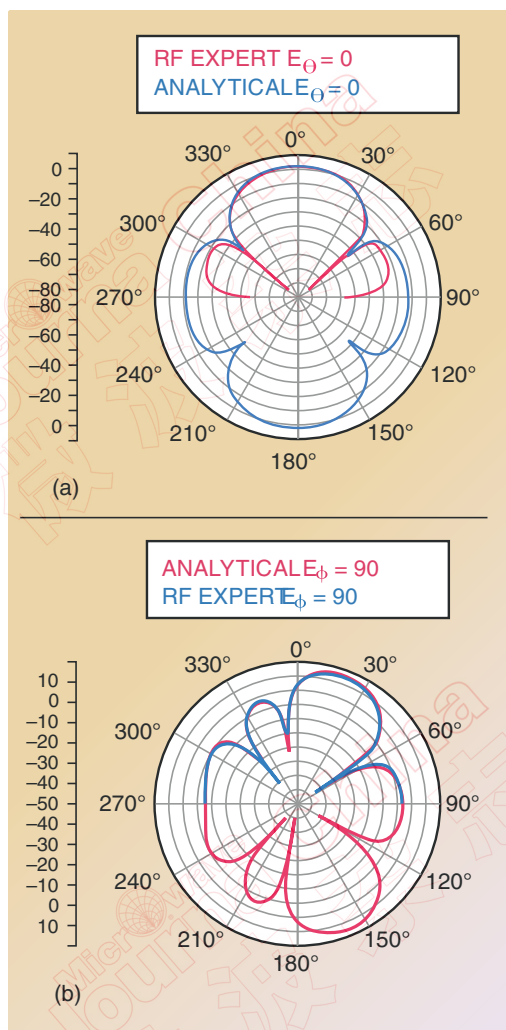


图 2. 在 2.5 GHz 下理论和实测非常近场投影的辐射方向图：(a)  $\phi=0^\circ$  面，(b)  $\phi=90^\circ$  面。

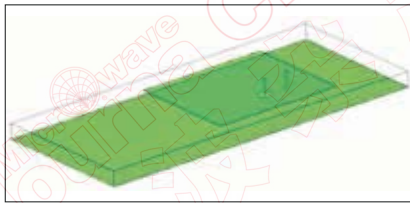


图 3. 1.8 GHz 辐射贴片天线示意图。

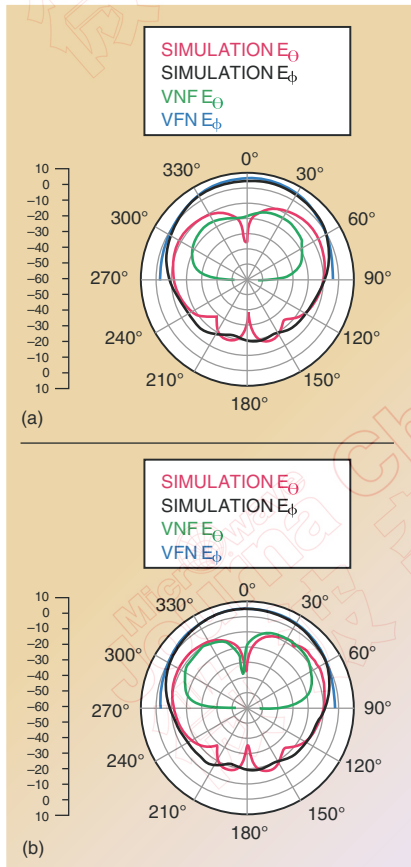


图 4. 从非常近场扫描投射的远场方向图。(a)  $\phi=0^\circ$  面, 非常近场在 80 mm 测量, (b)  $\phi=0^\circ$  面, 非常近场在 25 mm 测量。

近场测量技术具有覆盖更宽的角度, 使小区域扫描平面成为可能, 这降低了设备的尺寸和成本, 也大大加快了测量速度。

远场辐射方向图通常在远场区域 (这里具有理想的平面波场), 以相应的坐标为轴通过机械地旋转被测天线 (AUT) 测量接收的幅度和相位。通常在一个吸波暗室中进行, 暗室大而且昂贵, 而且因为机械的限制测量要花费较长的时间。远场测量的另一个选择是在近场区域测量天线。近场

测量系统最初由空军剑桥研究中心的 Barrett 和 Barnes 在 1950 年建立<sup>1</sup>。多数现在的近场测量仪器是基于在辐射近场区域测量近场。这个要求意味着即使近场系统比远场系统小, 近场系统扫描表面的尺寸, 即整个系统可能还是相当大。在本文, 描述了非常近场测量技术, 这个技术使扫描系统变得紧密、轻便, 而且没有任何传感器的机械移动, 使测量在在短时间内完成。

因为传感器可能影响 AUT 的性能, 以前尽量避免在非常近场测量天线的性能。<sup>2</sup> 虽然不是正式定义, 但是这里描述非常近场是要比传统的近场测量更加接近传感器。本文中大部分测量中与 AUT 的距离为 25 mm。依赖于频率, 这个距离甚至进入电抗近场区, 对于小的辐射体数学

上对电抗近场区定义为  $d < \lambda/2\pi$ <sup>3</sup>。虽然通常假设测量在电抗近场区不能进行, 但没有任何在近场转换限定到测量平面的距离<sup>3-7</sup>。

这里描述的非常近场测量在非常近的距离下进行以至于 AUT 和测量探针间的耦合不可避免。测量过程中一个重要的部分是减小耦合效应并使之可预测。这个实现的选择方法是有探针的静态排列。这个方法的优点是对于所有的测量探针的位置耦合严格相同。用于这些测量的探针阵列的第二个优点是没有机械移动, 因此非常近场数据测量能够进行得令人难以相信的快。即使用这个方法, 因为耦合依赖于 AUT 和测量探针, 因此没有对耦合问题单独的解决办法, 但是可以对未知的天线做耦合效应的

无源元件的领先制造者

## 成立于 1974 年

电阻  
负载器  
衰减器  
宽带功分器  
宽带适配器  
热量解决方案  
分配器  
滤波器

### 特色产品

贴片衰减器特性 DC-40GHz

- 额定功率 to 90W
- 尺寸 0402 - 3725
- 衰减变化 00-70dB
- 焊接, 环氧或接线端子
- 现货多

贴片负载 to 380W

- 特性 DC-40GHz
- 尺寸 0505 - 3725
- 阻抗 50Ω
- 焊接, 环氧或接线端子
- 货期短

更多信息和案例请查看 [www.ims-resistors.com](http://www.ims-resistors.com)

合理近似。

实行这个方法是用探针耦合效应测量磁场 (H 场), 并用平面孔径分布到角度谱变换或平面波谱 (PWS) 变换将数据投影到远场<sup>4,5</sup>。第二个通常的运算法则是调节远场投射, 消除测量阵列的可预测耦合效应。这会产一些与 AUT 形式依赖的小的但不可预测的误差。

### 非常近场到远场算法的验证

第一步是验证实现 PWS 变换是准确的。这是通过产生理想场数值来做, 它可以是在一个天线非常近场产生的, 应用 PWS 变换到理想场数值以得到投射远场结果, 将这些远场方向图形状与从同样理想分布的理论结果相比较。

#### 具有均匀非常近场的 Y 极化

用一个均匀的 H 场分布进行测试。场数值在  $16 \times 24$  cm 的孔隙产生, 每隔 1 cm 取样, 产生一个总共  $16 \times 24$  的测量阵列。这些值的选择与后续将讨论的进行非常近场测试系统相匹配。为模拟全面的辐射孔隙, 这些测量的幅度均匀地设置为 1 A/m, 所有相位设置为 0 度。极化沿 Y 轴或沿  $\Phi=90^\circ$ 。近场测量被植入到非常近场测量系统的代码中, 在两个主方向 ( $\Phi=0^\circ$  和  $\Phi=90^\circ$ ) 预测远场辐射方向图与理论结果相比较, 如图 1 所示。对于  $\Phi=0^\circ$  平面的方向图, 扫描仪的尺寸限制了精确性在从  $0^\circ$  到大约  $\pm 60^\circ$ ; 而对于  $\Phi=90^\circ$  的图案在全部角度都几乎完美匹配。

#### Y 极化束偏转非常近场

数据还是采用  $16 \times 24$  二维排列, 孔隙尺寸与前述描述相同。幅度均匀设定为 1 A/m, 为得到  $21^\circ$  的最大辐射相位设定有  $10.8^\circ$  正向相位偏移 (在 Y 方向)。图 2 为从理论分析和非常近场

仪器测量得到辐射方向图比较的结果。

理论结果与投射远场结果符合非常好。可以看到: 由于扫描仪的尺寸限制了精确性, 在从  $0^\circ$  到大约  $\pm 60^\circ$ , 在  $\Phi=0^\circ$  平面上有同样的变化, 而对于  $\Phi=90^\circ$  两者结果完美匹配。

### 25和80mm测量投射到远场的比较

在这部分, PWS 变换应用于从仿真辐射结构产生的理想非常近场值。选择的结构是一个在自由空间辐射的 1.8 GHz 的贴片天线。天线如图 3 所示。顶上的辐射片是  $44 \times 46$  mm, 在贴片的背面接地面最大尺寸是 110 mm。

进行全波仿真后, H 场在距离为 80 和 25 mm 进行测量。两种情况下, 测量面积与前面提到的相同为  $16 \times 24$  阵列。25mm 得到的值在电抗近场区, 80mm 的应该在电抗近场区外。仿真数据输入非常近场测量系统的软件以预测远场辐射方向图, 并与全波仿真结果比较 (见图 4)。

不仅从 25 mm 非常近场扫描得到的远场结果与仿真结果相符非常好, 与 80 mm 扫描结果相比更为接近仿真结果。这个结果是由于在相同尺寸的扫描区域下, 与 80 mm 相比, 25 mm 扫描具有更宽的角度范围。因此, 在非常小的扫描区域, 25mm 扫描能产生非常好的方向图准确性。从 25 mm 非常近场扫描投射的方向性为 6.0 dBi, 这非常接近仿真的方向性 5.7 dBi。80 mm 扫描投射的方向性是 7.8 dBi。

### 贴片天线测量的比较: 仿真、非常近场和暗室结果

前两个部分的方向图用通过全波仿真得到的理想非常近场数据产生的。在本部分中, 结果由全部非常近场测量系统测试产生的。探针阵列为提供场数值测量。探针为排列在平面

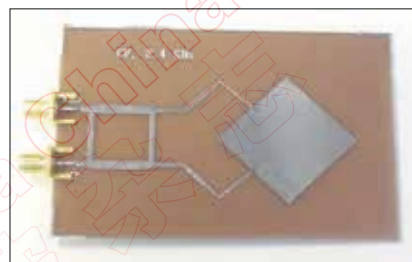


图 5. 圆极化贴片天线。

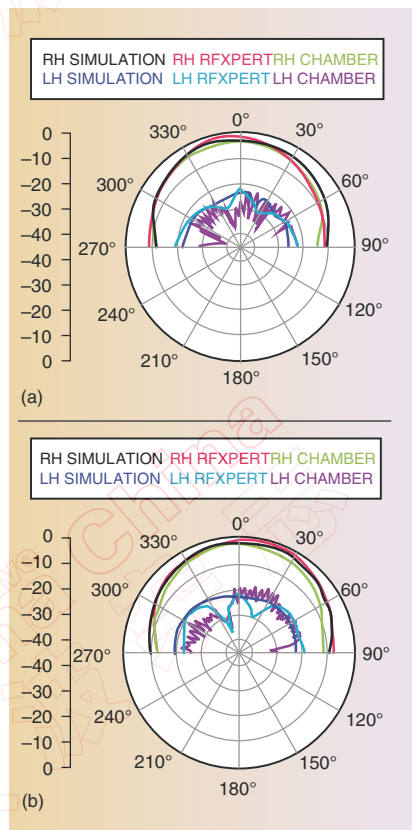


图 6. 圆极化贴片天线的仿真和测量的辐射方向图。(a)  $\Phi=0^\circ$  面, (b)  $\Phi=90^\circ$  面。

上两个极化线性极化环。

这部分选择测试的天线为如图 5 所示的圆极化贴片。测试中右手极化设立贴片天线。结果显示线性极化的非常近场测量可用于测量圆极化天线的性能。非常近场测量系统能指出旋转方向 (右手或左手), 绘制右手和左手圆极化方向图, 并提供所有角度的轴比。

图 6 所示的结果表明右手方向图和左手方向图都有很好地符合。采用非常近场系统产生的方向图标为 RFXpert。对低级左手方向图, 两个

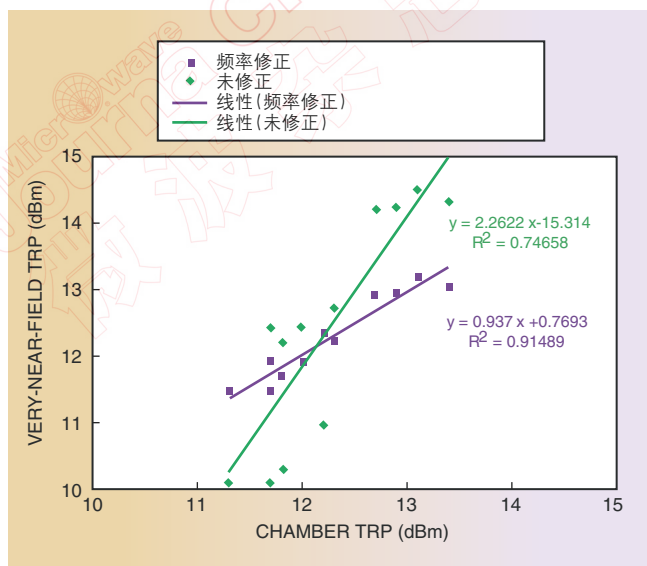


图7. 暗室结果 (绿色) 和在 2.4 GHz 的非常近场扫描系统非常近场结果的比较。

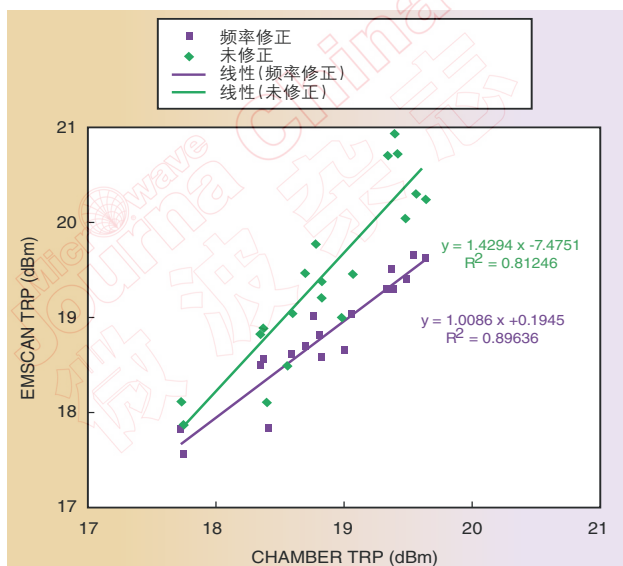


图8. 暗室结果 (绿色) 和在 WCDMA 带 5 和 6 频率的非常近场扫描系统非常近场结果的比较。

测量结果在 340° 附近探测一个小无效值，而仿真结果没有出现。

### 商用结果比较非常近场扫描和暗室测量

到目前给出的结果都与远场方向图相关。除了方向图，非常近场测量也能产生如总辐射功率 (TRP) 等其他参数的绝对值。图 7 和图 8 即是不同参数的变化。

得到的结果为非常近场测量系统在商用环境下的数据汇总。这个系统用于测量一批相同的模型移动器件。这里显示的两套结果对耦合效应进行了通用补偿。这是一个未知的 AUT，标为“未修正”。第二套结果对特有的器件变化进行了修正，只有在一些测量汇总后才确定的。

这些结果证明当对可预测的耦合效应修正时，在非常近场进行的测量能用于预测 TRP。通过大的数据组，差别小于 ±1.5 dB。这些结果还表明对通用的耦合补偿的改进可以通过认识器件特定的耦合因子来进行。有这个附加的补偿，能够看到非常强的确定的相关性。

### 结论

在非常近场扫描天线，并用数据产生远场投影获得的测量证明方向图和在吸波暗室得到的直接测量参数密切相关。这证明运算法则的实施是精确的，即使测量点位于电抗近场区在 25 mm 非常近场扫描能给出精确的远场投影。非常近场测量系统的第二个优点是表明用一个非常小的扫描区域即有好的方向图精度。从实际的非常近场测量得到的远场辐射方向图与在吸波暗室测量的结果和对圆极化 (RH) 贴片天线的全波仿真得到的结果进行了比较。比较证实了暗室结果和实现的非常近场扫描系统得到的结果密切相关。在这种情况下，仅需要对可预测的耦合效应进行补偿，这表明可对未知 AUT 测量精确的方向图。这也证明非常近场测量也能精确地得到如总辐射功率和辐射效率等其他天线参数的直接测量结果。■

### 参考文献

1. R.M. Barrett and M.H. Barnes, "Automatic Antenna Wavefront Plotter," Electronics, Vol. 25, January 1952, pp. 120-125.

2. A.D. Yaghjian, "An Overview of Near-field Antenna Measurements," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 34, No. 1, January 1986, pp. 30-45.
3. C.A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design 3rd Edition, John Wiley & Sons, Somerset, NJ, 2005.
4. H.G. Booker and P.C. Clemmow, "The Concept of an Angular Spectrum of Plane Waves, and its Relations to that of Polar Diagram and Aperture Distribution," Proceedings of the Institute of Electrical Engineering, Part III, Vol. 97, January 1950, pp. 11-17.
5. P.C. Clemmow, The Plane Wave Spectrum Representation of Electromagnetic Fields, Pergamon Press, London, 1966.
6. D. Slater, Near-Field Antenna Measurements, Artech House, Norwood, MA, 1991.
7. S. Gregson, J. McCormick and C. Parini, Principles of Planar Near-field Measurements, Institution of Engineering and Technology, Electromagnetic Waves Series, London, UK, 2008.