

# 两种测量环境电磁场方式的分析

蒋云平, 范磊

(江苏省辐射环境监测管理站, 江苏 南京 210036)

**摘要:** 从仪器性能、电磁发射体特点分析了非选频式宽带和选频式测量电磁场结果存在较大偏差的原因。通过实验分析测量结果, 确定了偏差产生的因素, 并且提出改进测量方法的建议。

**关键词:** 环境电磁场; 非选频式宽带测量; 选频式测量; 频谱分析

**中图分类号:** X831.1      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1006-2009(2010)03-0065-03

环境电磁场有两种测量方式: ①非选频式宽带测量; ②选频式测量<sup>[1]</sup>。分别对应的测量仪器为综合场强测量仪和频谱分析仪。在同时、同地、同条件下, 对稳定的环境电磁场进行测量, 两种方式的测量结果理论上应基本一致, 但实际结果往往差异较大。

## 1 环境电磁场

环境电磁场的组成是多样的, 主要包括: 移动通信信号、广播电视信号、卫星信号及各种特殊用途的信号。各种电磁发射体在不同的时间、不同的地点对周围环境发射电磁波, 形成电磁场。

电磁发射体的种类很多, 发射时间也不一定相同, 但在一定时间内形成的远场是稳定的, 因此理论上环境电磁场的测量值也应稳定一致。

## 2 监测方法

### 2.1 测点布置

现选取江苏省某城市中的 2 个典型区域<sup>[2]</sup>, 测量时天线周围为空旷地带, 主要电磁发射体为广电发射台和移动通信基站, 频率分布范围见表 1。

表 1 电磁发射体的发射频率范围

Table 1 Radiating range of electromagnetic frequency

发射体所处地区	发射体类型	发射频率范围 $f$ /MHz
发信区	广电	45~715
市内任意地点	移动通信	870~880
		935~960
		1840~1850

### 2.2 监测仪器

非选频式宽带测量仪器<sup>[3]</sup>: 选用 Narda 公司生

产的 EMR-300 电磁辐射分析仪, 配 18 号探头, 频带宽度为 100 kHz~3 GHz。选频式测量仪器: 选用 Agilent 公司生产的 E7405A 电磁兼容频谱分析仪, 配 11966P 型宽带天线, 频带宽度为 30 MHz~1 GHz, 分辨带宽为 200 kHz~5 MHz。仪器均在检定有效期内。

## 3 测量结果

EMR-300 测试结果表明, 闹市区和发信区不同; E7405A 测试结果为将各频点的能量值标量相加, 闹市区测量值为 1.29, 发信区测量值为 22.2。EMR-300 与 E7405A 的测量值存在明显偏差。测量结果见表 2。

表 2 EMR-300 和 E7405A 环境电磁场测量结果

测试地点	E7405A		EMR-300
	$f$ /MHz	测定值	
	$10^{-4} \text{ W/m}^2$		
闹市区	45~715	0.010	26.5
	870~880	0.21	
	935~960	0.87	
	1840~1850	0.20	
发信区	45~715	21.0	537
	870~880	0.20	
	935~960	0.90	
	1840~1850	0.18	

收稿日期: 2010-04-08 修订日期: 2010-05-07

作者简介: 蒋云平 (1975-), 男, 江苏丹阳人, 工程师, 学士, 从事核与辐射监测管理工作。

#### 4 偏差原因分析

在同一段时间内客观上电磁能量稳定, 两种测量方式符合规范, 但测量方式的结果存在明显偏差。

##### 4.1 测量仪器

EMR-300 电磁辐射分析仪是一款广泛用于环境电磁场测量的非选频式宽带测量仪器。安装不同型号的探头可以测量不同频段电磁场的综合场强。18号探头采用 3 个正交偶极子天线, 无方向性, 对频段内信号无选择性, 能对三维空间直接进行测量。EMR-300 的测量结果为所测环境频段内电磁场强度的 3 个方向的均方根 (RMS) 值, 通过电场能量公式转化为电磁能量值。

E7405A 电磁兼容频谱分析仪是针对频谱进行详细分析的选频式测量仪器。其主机根据不同的天线及电缆可以在不同频段内对频谱情况详细分析。11966P 型宽带天线是一个以对数周期天线为主体, 辅以三角翼扩展频带宽度的天线。对数周期天线有很强的方向性和信号选择性。E7405A 结果可根据需要取峰值、准峰值和平均值。根据需要所取的是准峰值, 通过电场能量公式转化为电磁能量值。

通过比较, 发现 EMR-300 与 E7405A 主要存在的区别。

##### (1) 天线测量的方向性

在环境电磁场测量中, 由于电磁发射体并不一定可见, 很难确定电磁波发射方向。对数周期天线方向性很强, 对其他方向电磁信号有较强的衰减。天线方向的选择性会较大影响测量结果。

##### (2) 测量结果的针对性

EMR-300 的结果是所测量频段内电磁场的电场强度矢量和转化为能量所得; E7405A 的结果是将各频点的测量值转化为能量值后标量相加所得。在 E7405A 的测试结果中, 忽略了其他较小杂波, 由于任一信号都不可能做到频谱纯净, 都是连续谱, 可能导致能量分散, 这部分能量, 没有被累加到结果中。

在频谱测试结果中, 测试所记录的谱峰场强超过杂波 30 dB, 杂波能量可以忽略。任一信号都是连续谱, 即  $f(\omega)$  只有  $\omega_0$  频率是不可能, 但其 99% 以上能量集中在主频点, 其他等同于可以忽略的杂波。这两部分能量不会对结果产生影响。

##### 4.2 电磁发射体分析

广电信号的特点为不论数字信号还是模拟信号, 其信号传输仍然为通过模拟信号电磁传播完成信号传输。声音、图像信号作为基带信号, 频率很低不能进行直接传输, 需要经过调制后, 将基带信号附着到高频信号上进行传输。一般模拟调制方式有幅度调制和角度调制。

幅度调制包括常用的标准调幅 (AM)、单边带调幅 (SSB) 和残留单边带调幅 (VSB); 角度调制分为相位调制 (PM) 和频率调制 (FM)。广播主要利用 FM 和 AM 方式, 电视采用 SSR、VSB 和 FM 方式<sup>[4]</sup>。

移动通信基站分为 GSM 基站和 CDMA 基站<sup>[5]</sup>。GSM 基站利用时分多址方式传输信号, 每个信号有 8 个用户, 8 个时隙为 1 个周期, 即每个用户使用 1/8 周期, 等待 7/8 周期, 依次使用这个频率。如果仅 1 个用户通话, GSM 基站一个载频只有 1/8 时间发射, 7/8 时间不发射<sup>[6]</sup>。

CDMA 基站利用码分多址方式传输信号, 其发射时间是任意的, 一个载频对应 1 个用户, 可以根据使用者的远近调节发射功率。如果只有 1 个用户在相对固定的地点通话时, CDMA 基站的 1 个载频发射功率也会保持 1 个相对固定的值。

##### 4.3 信号特点对测量方式的影响

由于频谱分析仪进行信号测量, 是从信号中提取频谱信息, 如信号的频率、电平、带宽等, 在频域上对信号分析; 综合场强测量仪则是在时域上进行测量。GSM 信号由于其时隙特性, 对两种测量方式可能造成差异。

GSM 信号每个时隙的频谱特性一样, 对于信号 1 个时隙工作或者 8 个时隙工作, 频域完全一致; 在时域上, 1 个时隙工作或是 8 个时隙工作则意味着发射体是间歇工作还是连续工作, 对能量的累加有影响。

#### 5 针对分析结果的实验

##### 5.1 天线方向性的实验

为了避免其他电磁发射体的影响, 选择在广电信号停止发送的时间, 远离广电发信区的区域楼房屋顶进行测量。可避免广电信号能量过大掩盖了移动通信信号能量和偶发电磁信号的干扰, 分析环境电磁场中移动通信信号。

采用 SMR-3000 选择性电磁辐射测量仪, 配无方向性的 3501/01 探头代替 E7405A 进行频谱测量。SMR-3000 频带宽度为 100 kHz~3 GHz,

分辨带宽为 1 kHz~ 5 MHz 仪器在检定有效期内。

EMR-300 和 SMR-3000 环境电磁场测量结果见表 3。

表 3 EMR-300 和 SMR-3000 环境电磁场测量结果

测试地点序号	SMR-3000		EMR-300	比值 %
	f/MHz	测试值		
1	870~880	120	963	99.1
	935~960	557		
	1840~1850	277		
	小计	954		
2	870~880	750	1552	86.9
	935~960	176		
	1840~1850	423		
	小计	1349		
3	870~880	155	4749	88.2
	935~960	2398		
	1840~1850	1636		
	小计	4189		

## 5.2 GSM 信号的实验

在微波暗室中, 将 GSM 信号源打开 1 个载频, 时隙数目从 1 设到 8 逐步递增, 用 EMR-300 测量电场强度。测量结果见图 1。

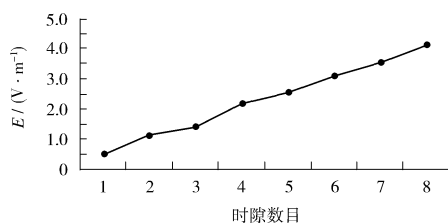


图 1 时隙数与电场强度的关系

Fig 1 Relation of slots and electric field intensity

固定时隙数目, 分别取为连续时隙和非连续时隙。如设定时隙数目为 4 连续时隙为 1—4 发射, 5—8 不发射; 不连续时隙为 1, 3, 5, 7 发射, 2, 4, 6, 8 不发射。排列组合方式很多, 实验结果表明, 开启的时隙个数相同, 无论是连续的还是非连续的时隙, 测量结果都相同<sup>[7]</sup>。

## 5.3 结果分析

由表 3 可见, 综合场强仪和频谱仪的测量结果吻合较好, 两者之间偏差为 0.9%~13.1%<sup>[8]</sup>。表明全向天线能更多捕捉电磁信号, 可克服环境电磁场中电磁发射体不确定因素。

随着时隙数目增加, 测量结果也随之线性增加, 综合场强仪反映了所测试频段单位时间内所发射的总能量。实际测量时, 每个载频的 8 个时隙不可能全部工作, 每个载频也不可能同时工作, 综合场强仪测量结果显示为 GSM 基站开通时隙的总辐射功率, 与频谱仪频域特性显示不完全一致。

由于频域与时域不同特性, 以及环境电磁场中复杂电磁信号因素, 两者测量结果存在偏差, 测量频段更宽综合场强仪的结果要大于频谱仪的结果。

## 6 结语

环境电磁场测量时, 应考虑天线方向性及电磁发射体的特点, 选用相应电磁场监测仪器。

一般环境电磁场测量时, 应选用全向探头; 在针对特定电磁发射体测量时, 可选用方向性较强的天线; 在测量时, 需考虑电磁发射体工作模式对测量方式结果的影响。

### [参考文献]

- [1] 国家环境保护局. HJ/T 10.2-1996 电磁辐射监测仪器和方法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- [2] 国家环境保护局. HJ/T 10.3-1996 辐射环境保护管理导则[S]. 电磁辐射 环境影响评价方法与标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- [3] 王凤英, 周杨, 张蕊雪, 等. 中波发射台电磁辐射环境影响理论预测与模拟类比方法的比较分析[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(4): 31-33
- [4] 孙学军, 王秉钧. 通信原理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001: 44-54.
- [5] 姜维国, 卜立军, 王学诚. GSM 移动通信基站电磁辐射污染状况研究[J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(5): 35-38
- [6] 孙孺石, 丁怀元, 穆万里. GSM 数字移动通信工程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998
- [7] 刘志杰, 刘景莉, 李申颖, 等. 基站电磁环境测试方法的比较与分析[J]. 安全与电磁兼容, 2007, 19(6): 71-73
- [8] 陈守建. 测量不确定度及其估算[J]. 环境监测管理与技术, 2002, 16(5): 38-43

本栏目责任编辑 薛光璞