5G通信系统的电磁兼容性测试标准与测量方法

恩宁安全技术（上海）有限公司　徐强华

目　录

一、什么是5G通信

二、5G基站的电磁频谱特征

三、信息类产品的电磁兼容性要求
1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求
2. 信息类产品的电磁兼容性EMS要求
3. 5G通信系统的电磁兼容的电磁兼容性要求

四、对5G通信系统电磁环境的电磁兼容性要求
1. 5G基站的内电磁环境
2. 5G基站的外电磁环境
3. 三大运营商分配的试商用频段

五、5G通信系统的电磁兼容性测量方法
1. 5G通信系统的电磁兼容性EMI测量方法
2. 5G通信系统的电磁兼容性EMS测量方法

一、什么是5G通信

5G，全称第五代移动电话行动通信标准，也称第五代移动通信技术。

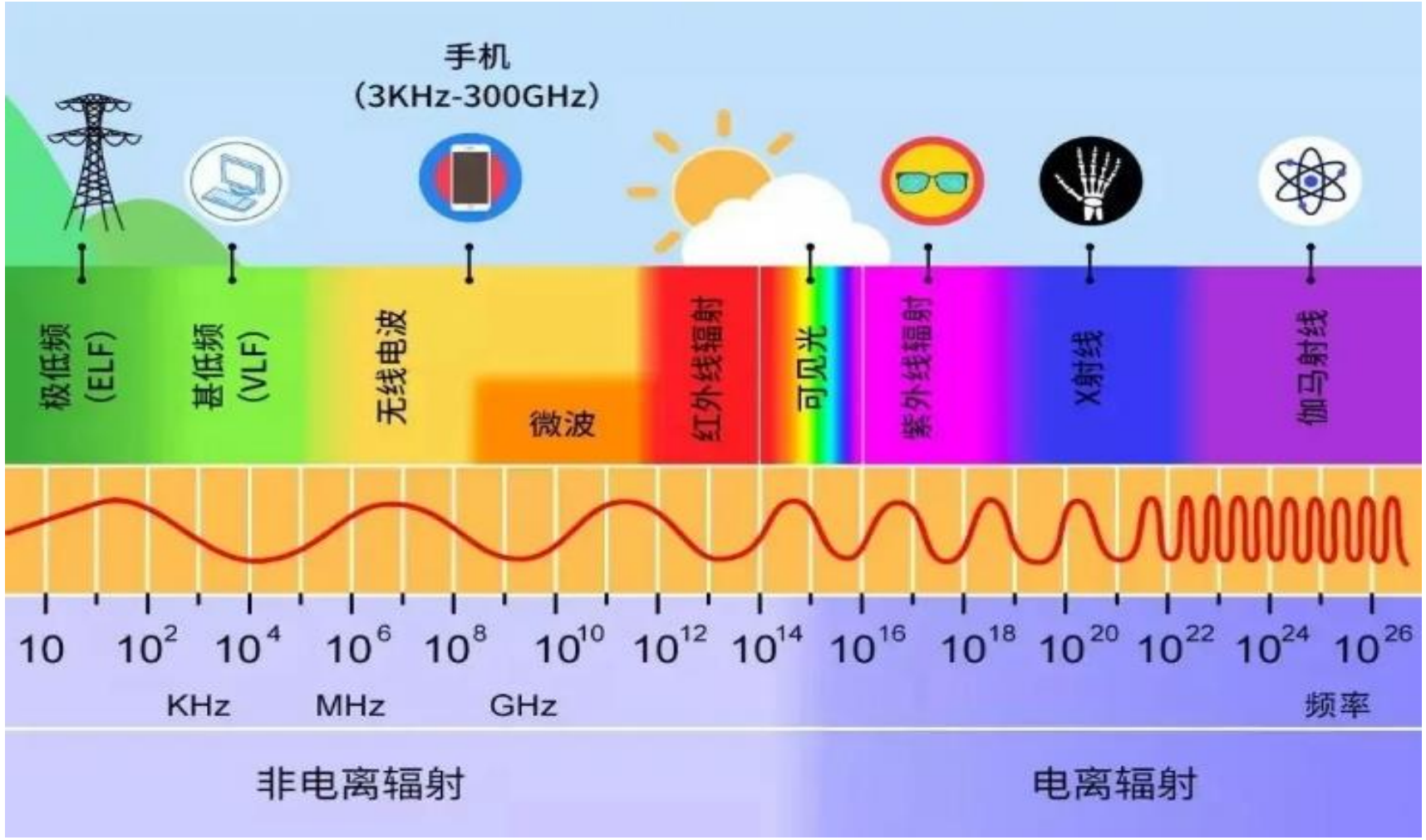
第五代移动通信技术简称5G或5G技术，是最新一代蜂窝移动通信技术，也是即4G、3G和2G系统之后的延伸，5G的性能目标是高数据速率、减少延迟、节省能源、降低成本、提高系统容量和大规模设备连接，5G网络的峰值理论传输速度可达每8秒1GB，比4G网络的传输速度快数百倍。

空间中存在着不同形式的电磁波，5G基站系统可能会与其他设备产生同频干扰、邻频干扰和减敏干扰。

二、5G基站的电磁频谱特征

1. 1G（语音通话）：第一代(1G)于20世纪70年代末推出，80年代初投入使用。1G网络是利用模拟信号使用类似AMPS和TACS等标准在分布式基站(托管在基站塔上)网络之间“传递”蜂窝用户。
2. 2G（消息传递）：在20世纪90年代，2G移动网络催生出第一批数字加密电信，提高了语音质量、数据安全性和数据容量，同时通过使用GSM标准的电路交换来提供有限的数据能力。
3. 3G（有限数据：多媒体、文本、互联网）：20世纪90年代末和21世纪初，3G网络通过完全过渡到数据分组交换，引入了具有更快数据传输速度的3G网络，其中一些语音电路交换已经是2G的标准，这使得数据流成为可能，并在2003年推出了第一个商业3G服务，包括移动互联网接入、固定无线接入和视频通话。3G的四种标准和频段：CDMA2000、WCDMA、TD-SCDMA、WiMAX，1880MHz-1900MHz和2010MHz-2025MHz。
4. 4G和LTE（真实数据：动态信息接入，可变设备）：4G充分利用全IP组网，并完全依赖分组交换，数据传输速度是3G的10倍。由于4G网络的大带宽优势和极快的网络速度提高了视频数据的质量。LTE网络的普及为移动设备和数据传输设定了通信标准。4G的频率和频段是：1880-1900MHz、2320-2370MHz、2575-2635MHz。
5. 5G相比于4G则增加了高速率、泛在网、低功耗、低时延的特点，从而具备超大网络容量，提供千亿设备的连接能力，满足物联网通信。5G的频率和频段频段：3300-3400MHz（原则上限室内使用）、3400-3600MHz和4800-5000MHz。

二、5G基站的电磁频谱特征



三、信息类产品的电磁兼容性要求

1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求
2. 信息类产品的电磁兼容性EMS要求
3. 5G通信系统的电磁兼容的电磁兼容性要求

1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求

GB 9254 《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》该标准等同于CISPR22。

骚扰电压限值

1）电源端子传导骚扰限值

A级ITE电源端子传导骚扰限值

	频率范围MHz	限值dBμV	
		准峰值	平均值
电源线传导骚扰	0.15-0.5	79	66
	0.5-5	73	60
	5-30	73	60
注：在过渡频率处（0.5 MHz）应采用较低的限值。			

B级ITE电源端子传导骚扰限值

	频率范围MHz	限值dBμV	
		准峰值	平均值
电源线传导骚扰	0.15-0.5	66~56	56~46
	0.5-5	56	46
	5-30	60	50
注：1.在过渡频率处（0.5 MHz）应采用较低的限值。 2.在0.15 MHz-0.5 MHz频率范围内，限值随频率对数呈线性减小。			

1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求

2）电信端口的传导共模骚扰限值

A级电信端口的传导共模（非对称）骚扰限值

电信端口的传导共模骚扰	频率范围MHz	电压限值dBμV		电流限值dBμA	
		准峰值	平均值	准峰值	平均值
	0.15-0.5	97-87	84-74	53-43	40-30
	0.5-30	87	74	43	30
注：1.在过渡频率处（0.5 MHz）应采用较低的限值。2.在0.15 MHz-0.5 MHz频率范围内，限值随频率对数呈线性减小。3.电流和电压的骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（ISN）的条件下导出的，该阻抗稳定网络相对于受试的电信端口呈现150Ω的共模（非对称）阻抗（转换因子为20lg150=44dB）。					

B级电信端口的传导共模（非对称）骚扰限值

电信端口的传导共模骚扰	频率范围MHz	电压限值dBμV		电流限值dBμA	
		准峰值	平均值	准峰值	平均值
	0.15-0.5	84-74	74-64	40-30	30-20
	0.5-30	74	64	30	20
注：1.在过渡频率处（0.5 MHz）应采用较低的限值。2.在0.15 MHz-0.5 MHz频率范围内，限值随频率对数呈线性减小。3.电流和电压的骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（ISN）的条件下导出的，该阻抗稳定网络相对于受试的电信端口呈现150Ω的共模（非对称）阻抗（转换因子为20lg150=44dB）。4.对于在该频段内具备有效频谱密度的快速业务目前暂定允许在6 MHz ~30 MHz频段内放宽限值10 dB，但也仅限于通过电缆由有用信号转换成的共模骚扰。					

1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求

2）电信端口的传导共模骚扰限值

A级电信端口的传导共模（非对称）骚扰限值

电信端口的传导共模骚扰	频率范围MHz	电压限值dBμV		电流限值dBμA	
		准峰值	平均值	准峰值	平均值
	0.15-0.5	97-87	84-74	53-43	40-30
	0.5-30	87	74	43	30

注：1.在过渡频率处（0.5 MHz）应采用较低的限值。2.在0.15 MHz-0.5 MHz频率范围内，限值随频率对数呈线性减小。3.电流和电压的骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（ISN）的条件下导出的，该阻抗稳定网络相对于受试的电信端口呈现150Ω的共模（非对称）阻抗（转换因子为20lg150=44dB）。

B级电信端口的传导共模（非对称）骚扰限值

电信端口的传导共模骚扰	频率范围MHz	电压限值dBμV		电流限值dBμA	
		准峰值	平均值	准峰值	平均值
	0.15-0.5	84-74	74-64	40-30	30-20
	0.5-30	74	64	30	20

注：1.在过渡频率处（0.5 MHz）应采用较低的限值。2.在0.15 MHz-0.5 MHz频率范围内，限值随频率对数呈线性减小。3.电流和电压的骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（ISN）的条件下导出的，该阻抗稳定网络相对于受试的电信端口呈现150Ω的共模（非对称）阻抗（转换因子为20lg150=44dB）。4.对于在该频段内具备有效频谱密度的快速业务目前暂定允许在6 MHz ~30 MHz频段内放宽限值10 dB，但也仅限于通过电缆由有用信号转换成的共模骚扰。

1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求

GB 9254 《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》该标准等同于CISPR22。
辐射发射限值

A级ITE在10m测量距离处的辐射骚扰限值

	频率范围MHz	准峰值限值dB（μV/m）
辐射骚扰	30-230 230-1000	40 47
注：1.在过渡频率处（230 MHz）应采用较低的限值。 2.当环境出现干扰时，可以采取附加措施。		

B级ITE在10m测量距离处的辐射骚扰限值

	频率范围MHz	准峰值限值dB（μV/m）
辐射骚扰	30-230 230-1000	30 37
注：1.在过渡频率处（230 MHz）应采用较低的限值。 2.当环境出现干扰时，可以采取附加措施。		

1. 信息类产品的电磁兼容性EMI要求

A级环境条件：

指主要与低压非公用电网或工业场所和装置等有关的环境，包括强骚扰源。

B级环境条件：

指主要与低压公用电网如居住、商业和轻工业等场所和装置有关环境，不考虑如弧焊机等设备的强骚扰源。

2. 信息类产品的电磁兼容性EMS要求

GB/T 17618《信息技术设备抗扰度限值和测量方法》该标准等同于CISPR24。

标准规定的ITE产品最低抗扰度要求

机箱端口抗扰度

	环境现象	试验规范	基础标准	性能判据	说明
1	工频磁场	50或60Hz1A/m	GB/T 17626.8	A	1)*
2	射频电磁场	80-1000MHz3 V/m（rms未调制）幅度调制80%AM（1kHz）	GB/T 17626.3	A	2）、3)
3	静电放电	接触放电4kV（充电电压）空气放电8kV（充电电压）	GB/T 17626.2	B	

注：1）仅适用于对包括对磁场敏感装置（如CRT监视器、霍尔器件、电动麦克风、磁场传感器等）的设备。

2）在频率范围内按规定进行扫描。然而，当GB/T17618-1998附录A有规定时，还应在有限频率点增加综合性功能试验。选择的频率点为：80，120，160，230，434，460，600，863和900 MHz（±1%）。

3）起始试验频率可从低于80 MHz开始，但不低于26 MHz。

2. 信息类产品的电磁兼容性EMS要求

GB/T 17618《信息技术设备抗扰度限值和测量方法》该标准等同于CISPR24。

标准规定的ITE产品最低抗扰度要求

信号端口和电信端口抗扰度

	环境现象	试验规范	基础标准	性能判据	说明
1	射频电磁场	80-1000MHz3 V/m（rms未调制）幅度调制80%AM（1kHz）	GB/T 17626.6	A	1）、3)、4)
2	浪涌（冲击）	1.5kV（峰值）4 kV（峰值）10/700 Tr/Th μs	ITU-TK系列	见ITU-TK系列	2)、5）
3	电快速瞬变	0.5kV（峰值）5/50 Tr/Th ns5kHz（重复频率）	GB/T 17626.4	B	3）

注：1）在频率范围内按规定进行扫描。然而，当GB/T17618-1998附录A有规定时，还应在有限频率点增加综合性功能试验。选择的频率点为：80，120，160，230，434，460，600，863和900 MHz（±1%）。

2）仅适用于根据制造厂规范可能直接与室外电缆连接的那些端口。

3）仅适用于根据制造厂规范规定的、超过3m长的电信电缆。

4）如果辐射试验已在较低频率进行，则此试验的频率范围仅进行到该频率。

5）如果端口按要求设置了第一级保护，则试验时应施加4 kV浪涌电压到所设置的保护器上，否则，对无保护的端口施加1.5 kV的试验电压。

2. 信息类产品的电磁兼容性EMS要求

GB/T 17618《信息技术设备抗扰度限值和测量方法》该标准等同于CISPR24。

标准规定的ITE产品最低抗扰度要求

DC电源输入端口抗扰度（不包括连同AC/DC电源转换器一起销售的设备）

	环境现象	试验规范	基础标准	性能判据	说明
1	射频连续波传导	0.15-80MHz3 V/m（rms未调制）幅度调制80%AM（1kHz）	GB/T 17626.6	A	1）、3）
2	浪涌（冲击）	0.5kV（峰值）1.2/50（8/20）Tr/Th μs	GB/T 17626.5	B	在线到地之间试验见2）
3	电快速瞬变	0.5kV（峰值）5/50 Tr/Th ns5kHz（重复频率）	GB/T 17626.4	B	
注：1）在频率范围内按规定进行扫描。然而，当GB/T17618-1998附录A有规定时，还应在有限频率点增加综合性功能试验。选择的频率点为：80，120，160，230，434，460，600，863和900 MHz（±1%）。2）仅适用于根据制造厂规范可能直接与室外电缆连接的那些端口。3）如果辐射试验已在较低频率进行，则此试验的频率范围仅进行到该频率。					

2. 信息类产品的电磁兼容性EMS要求

GB/T 17618《信息技术设备抗扰度限值和测量方法》该标准等同于CISPR24。

标准规定的ITE产品最低抗扰度要求

AC电源输入端口抗扰度（包括连同独立AC/DC电源转换器一起销售的设备）

	环境现象	试验规范	基础标准	性能判据	说明
1	射频连续波传导	0.15-80MHz3 V/m（rms未调制）幅度调制80%AM（1kHz）	GB/T 17626.6	A	1）、3）
2	电压暂降	＞ 95 %降低　0.5周期	GB/T 17626.11	B	2）
		30 %降低　　25周期		C	
3	电压短时中断	＞ 95 %降低　250周期	GB/T 17626.11	C	
4	浪涌（冲击）	1kV（峰值）　线——线2kV（峰值）　线——地1.2/50（8/20）Tr/Th μs	GB/T 17626.5	B	4）
5	电快速瞬变	1kV（峰值）5/50 Tr/Th ns5kHz（重复频率）	GB/T 17626.4	B	

注：1）在频率范围内按规定进行扫描。然而，当GB/T17618-1998附录A有规定时，还应在有限频率点增加综合性功能试验。选择的频率点为：80，120，160，230，434，460，600，863和900 MHz（±1%）。

2）在电压波形0°交叉点发生变化。

3）如果辐射试验已在较低频率进行，则此试验的频率范围仅进行到该频率。

4）当制造厂规定了保护措施，但在试验期间无法模拟这些措施时，则施加的试验电压应降到0.5kV和1kV

3. 5G通信系统的电磁兼容的电磁兼容性要求

3.1 EMI要求：GB 9254 《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》

3.2 EMS要求：GB/T 17618《信息技术设备抗扰度限值和测量方法》

3.3 电磁环境要求：GB 8702《电磁环境控制限值 》

四、对5G通信系统电磁环境的电磁兼容性要求

1. 5G基站的内电磁环境
2. 5G基站的外电磁环境
   2.1 基站的辐射
   2.2 电磁环境控制标准及限值
3. 三大运营商分配的试商用频段

1. 5G基站的内电磁环境

由企业标准制订：如华为公司控制。

2. 5G基站的外电磁环境

2.1 基站的辐射
2.2 电磁环境控制标准及限值

2.1 基站的辐射

宏基站

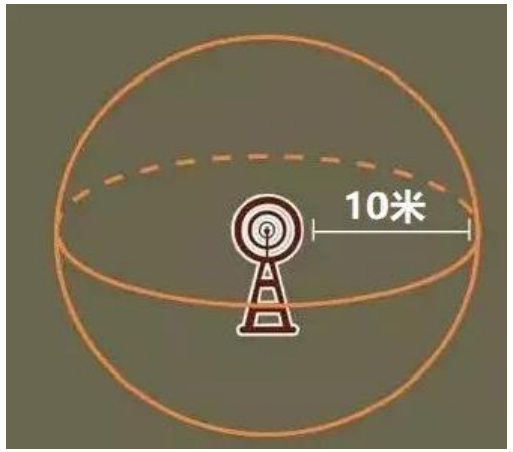
微基站

2.1 基站的辐射

5G基站的辐射电磁场功率密度计算：

正常情况下，一个宏基站的功率是40W（微基站的功率1-0.1W）。基站向外辐射信号，不是点对点，而是点对面的，看上去像一个球体。

如果按照球面来算，距离10米，能形成的球面面积是$4\pi R^2$，等于1256平方米。



宏基站10米功率密度值为：

$$40/1256 = 0.0318W/m^2$$

$$(40\times10^4) / (1256\times10^4)$$

$$= 3.18\mu W/cm^2;$$

GB 8702《电磁环境控制限值 》中规定，电磁辐射量的等效平面波动功率密度限值为：$0.4W/m^2$（也就是：$40\mu W/cm^2$）。

2.1 基站的辐射

基站发出的电磁波，随着距离的增加，基站辐射衰减率很大，基站辐射值为：

10米电场功率密度值为：0.003W/m^2；

5米电场功率密度值为：0.005W/m^2；

2米电场功率密度值为：0.019W/m^2；

正下方电场功率密度值为：0.078W/m^2。

2.2 电磁环境控制限值

国际上国家或地区的电磁环境控制限值

地域	国家或地区	标准体系	C频段与毫米波限值（功率密度W/m^2）
亚太	中国大陆	特殊	0.47W/m^2 @3500MHz 2W/m^2 @28GHz
	澳大利亚	特殊	2W/m^2
	中国台湾、日本、韩国	IEEE	6W/m^2 @3500MHz 22W/m^2 @28GHz
	中国香港、新西兰	ICNIRP	10W/m^2 @3500MHz 10W/m^2 @28GHz
欧洲	绝大部分国家	ICNIRP	同ICNIRP
北美	美国、加拿大	IEEE	同IEEE
南美	巴西	ICNIRP	同ICNIRP
非洲	南非	ICNIRP	同ICNIRP
中东	以色列、土耳其	ICNIRP	同ICNIRP
ICNIRP: International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection 国际非电离无线电保护委员会			
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers 美国电气和电子工程师协会			

GB 8702电磁环境控制限值

国家环境质量标准GB 8702《电磁环境控制限值 》中规定，电磁辐射量的等效平面波动功率密度限值为：

频率范围	电场强度（V/m）	磁场强度（A/m）	功率密度（W/m^2）（等效平面波）	功率密度（$\mu W/cm^2$）（等效平面波）
0.1MHz-3MHz	40	0.1	4	400
3MHz-30MHz	$67/f^{1/2}$	$0.17/f^{1/2}$	12/f	1200/f
3MHz-3GHz	12	0.032	0.4	40
3GHz-15GHz	$0.22f^{1/2}$	$0.00059f^{1/2}$	f/7500	f/75
15GHz-300GHz	27	0.073	2	200

《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）指出，通信频段功率密度应≤47μW/cm²。

3. 三大运营商分配的试商用频段

国内5G频段大致分为两段：

①低频段的Sub 6G（FR1：450 MHz-6GHz）；

②高频段的毫米波 （FR2：24250 MHz-52600 MHz）。

Sub 6G频段就是6GHz以下频段，相对毫米波频率更低，是常规的无线通信频段。

目前工信部给三大运营商分配的5G基站试商用频段如下：

中国移动：2515~2675 MHz、4800~4900 MHz，两段共260MHz；

中国电信：3400~3500 MHz，共100MHz;

中国联通：3500~3600 MHz，共100MHz。

考虑到基站信号会有相互叠加的水平出现，现在移动通信基站建设时执行的都是国标五分之一的标准，即小于8μW/cm^2（0.08W/m^2）。

举例：某国内运营商5G的频段为3.5GHz，则满足国标的电磁辐射限值为：

（1）电场强度：≤13V/m;

（2）功率密度：≤47μW/cm^2（0.47W/m^2）。

五、5G通信系统的电磁兼容性测量方法

1. 5G通信系统的电磁兼容性EMI测量方法
2. 5G通信系统的电磁兼容性EMS测量方法

1. 5G通信系统的电磁兼容性EMI测量方法

GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流≤16A)

GB 17625.2 电磁兼容 限值 对每相额定电流≤16A且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

2. 5G通信系统的电磁兼容性EMS测量方法

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 第2部分： 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 第4部分：电快速瞬变脉冲群抗扰度
GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 第5部分：浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 第6部分：射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 第8部分：工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第11部分：电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

总结

A级环境条件：

指主要与低压非公用电网或工业场所和装置等有关的环境，包括强骚扰源。

B级环境条件：

指主要与低压公用电网如居住、商业和轻工业等场所和装置有关环境，不考虑如弧焊机等设备的强骚扰源。

总结

性能判据：

性能判据A：在试验期间和试验后，设备应按定方式连续工作。

性能判据B：杂试验之后，设备应按定方式连续工作。

性能判据C：允许暂时丧失功能，只要这种功能可自行恢复或者是通过操作控制器或按使用说明书规定进行操作来恢复。

恩宁 EN NING

谢谢大家

徐强华

- 13621858185
- 13621858185@139.com
- 恩宁安全技术（上海）有限公司