



智慧城市系列- 5G基站的电磁环境及电 磁兼容性

恩宁安全技术（上海）有限公司 徐强华

目 录

- 1 什么是5G?
- 2 5G基站的电磁频谱特征
- 3 5G基站的电磁环境
 - 3.1 5G基站的内电磁环境
 - 3.2 5G基站的外电磁环境
 - 3.2.1 基站的辐射
 - 3.2.2 电磁环境控制标准及限值
 - 3.2.3 日常电器功率密度比较
 - 3.3 三大运营商分配的试商用频段
- 4 5G基站的电磁兼容性
 - 4.1 基站内部的电磁兼容性
 - 4.2 基站资源的电磁兼容性
 - 4.3 基站外界的电磁兼容性
- 5 总结

1 什么是5G?

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。

2 5G基站的电磁频谱特征

2.1 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。

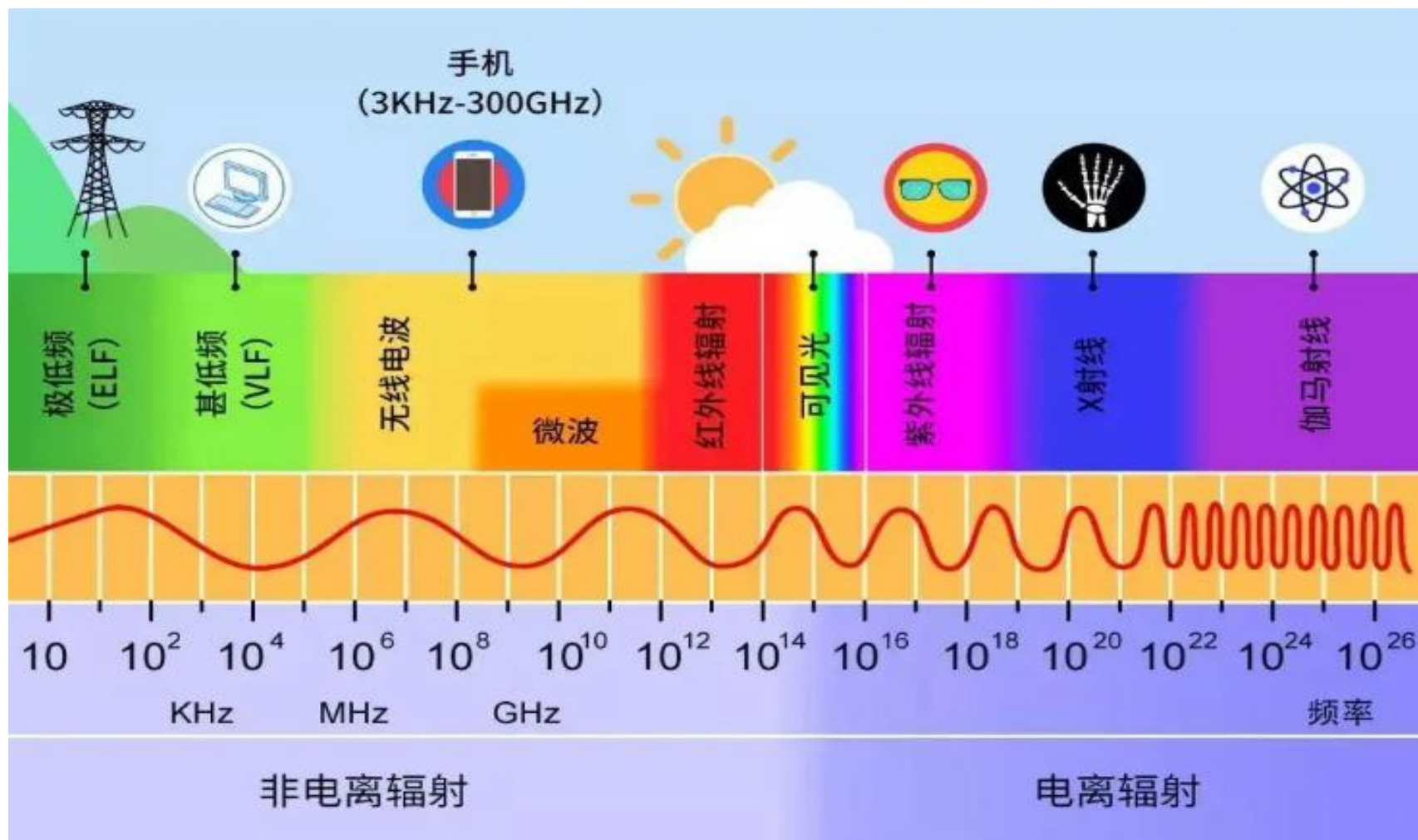
2.2 2G（消息传递）：在20世纪90年代，2G移动网络催生出第一批数字加密电信，提高了语音质量、数据安全性和数据容量，同时通过使用GSM标准的电路交换来提供有限的数据能力。

2.3 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。

2.4 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。

2.5 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：3300-3400MHz（原则上限室内使用）、3400-3600MHz和4800-5000MHz。

2 5G基站的电磁频谱特征



3 5G基站的电磁环境

3.1 5G基站的内电磁环境

3.2 5G基站的外电磁环境

3.2.1 基站的辐射

3.2.2 电磁环境控制限值

3.2.3 日常电器功率密度比较

3.3 三大运营商分配的试商用频段

3.1 5G基站的内电磁环境

由企业标准制订：如华为公司控制。

3.2 5G基站的外电磁环境

3.2.1 基站的辐射

3.2.2 电磁环境控制标准及限值

3.2.3 日常电器功率密度比较

3.2.1 基站的辐射

5G基站长什么样？

任正非在深圳华为总部接受媒体采访时：“5G基站只有一点点大，20公斤，就像装文件的手提箱那么大，不需要铁塔了，可以随意装在杆子上、挂在墙上；我们还有耐腐蚀材料，几十年不会腐蚀，可以把5G装在下水道里。”

3.2.1 基站的辐射



宏基站



微基站



3.2.1 基站的辐射

我们生活的地球就是一个大磁场，很多天然物质本身就会产生辐射，比如太阳辐射、大理石辐射等。日常家用电器也会产生辐射，比如手机、电视机、电脑、电吹风、微波炉等。

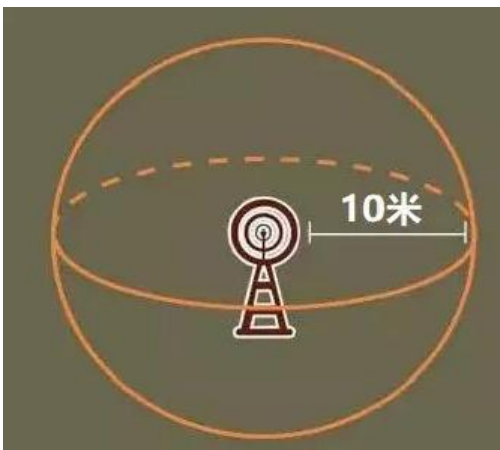
基站需要使用电，电会发射电磁波，也会有一定的辐射。那么，大家最担心的基站辐射到底有多大呢？

3.2.1 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：

$$\begin{aligned} 40/1256 &= 0.0318\text{W/m}^2 \\ (40 \times 10^4) / (1256 \times 10^4) \\ &= 3.18\mu\text{W/cm}^2; \end{aligned}$$

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： $40\mu\text{W/cm}^2$ ）。

3.2.1 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： $0.003\text{W}/\text{m}^2$ ；

5米电场功率密度值为： $0.005\text{W}/\text{m}^2$ ；

2米电场功率密度值为： $0.019\text{W}/\text{m}^2$ ；

正下方电场功率密度值为： $0.078\text{W}/\text{m}^2$ 。

3.2.2 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 (μW/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 $\leq 47\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

3.2.3 日常电器功率密度比较

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：
 0.4W/m^2 。

电视机功率密度值为： 0.037W/m^2 ；

电脑功率密度值为： 0.12W/m^2 ；

路由器（1米）功率密度值为： 0.6W/m^2 ；

电吹风功率密度值为： 0.87W/m^2 ；

微波炉功率密度值为： 5.972W/m^2 ；

某手机待机功率密度值为： 0.172W/m^2 ；

某手机通话时功率密度值为： 0.931W/m^2 ；

基站的辐射，还不如家电辐射大。

3.3 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：2515~675 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 $8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ （ $0.08\text{W}/\text{m}^2$ ）。

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： $\leq 13\text{V}/\text{m}$ ；
- （2）功率密度： $\leq 47\mu\text{W}/\text{cm}^2$ （ $0.47\text{W}/\text{m}^2$ ）。

4 5G基站的电磁兼容性

4.1 基站内部的电磁兼容性（生产商关心的问题）

4.2 基站资源的电磁兼容性（运行商关心的问题）

4.3 基站外界的电磁兼容性（社会关心的问题）

4.1 基站内部的电磁兼容性

此类问题由生产商解决

4.2 基站资源的电磁兼容性

4.2.1 由于为了2G、3G、4G、5G基站系统兼容，导致基站天线需共存使用，由此引起资源（基站天线、站址资源）紧张；

4.2.2 为了实现5G信号的高效覆盖，基站天线是采用大模MIMO阵列，需要在有限的空间布置上百个天线单元。势必会导致基站运成本的增加。为了减少基站的数量，并降低基站的运营成本，业内一个有效的方法是使用多频段多阵列共口径基站天线；即通过紧凑的阵列布局，把2G、3G、4G、5G频段的的天线阵列一体化、公用一个反射板和天线罩，该方法实现了多个网络式的信号覆盖与通信，并能充分利用原有的基站站址资源。但随之而来的问题是，多个频段的的天线阵列置于一个有限的空间之内，势必引起严重的电磁干扰问题。

4.2.3 此类问题由运营商协商解决。

4.3 基站外界电磁兼容性

4.3.1 基站符合国家（国际）标准

4.3.2 为电子电器产品列出安全距离

4.3.1 基站符合国家（国际）标准

- 1、国家标准GB 8702-2014 《电磁环境控制限值》
- 2、HJ 972-2018 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》
- 3、HJ/T 10.3-1996 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》
- 4、美国电气和电子工程师协会IEEE Std C.95.1]IEEE Std C.95.1-2005, IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz
- 5、国际非电离无线电保护委员会ICNIRP Guidelines]International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz).

4.3.2 为电子电器产品列出安全距离



城市5G基站分布假想图



5 总结

5G基站相关的射频电磁辐射关键信息小结如下：

- 1、现有的《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）不针对特定技术，适用于5G基站电磁辐射限值；
- 2、5G宏基站周边的电磁辐射水平远低于ICNIRP标准规定的限值，不会对公众健康造成不利影响；
- 3、5G微基站电磁辐射水平及电磁辐射特性不会与现有Wi-Fi有显著差异；
- 4、依据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），等效辐射功率低于100W的5G小站和物联网（可穿戴）设备，免于电磁环境管理；
- 5、为基站系统以外的电子电器产品列出安全距离，如：10米。



谢谢大家

徐强华

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