

定向天线电磁辐射数据分析

Analysis of Electromagnetic Radiation Data of Directional Antenna

祁征¹,钟志刚²,马红兵³,张方建⁴,史庆飞⁵(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;3. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;4. 中国铁塔股份有限公司河南省分公司,河南 郑州 450000;5. 中兴通讯股份有限公司,广东 深圳 510000)

Qi Zheng¹, Zhong Zhigang², Ma Hongbing³, Zhang Fangjian⁴, Shi Qingfei⁵(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China; 2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 3. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 4. China Tower Co., Ltd. Henan Branch, Zhengzhou 450000, China; 5. ZTE Corporation, Shenzhen 510000, China)

摘要:

通过建立定向天线电磁辐射数据模型,对基站电磁辐射进行数据分析。同时通过对基站电磁辐射的测试和对测试结果的分析,探索基站电磁辐射超标的解决方案,指导各通信运营商的基站建设,减少因电磁辐射测量值超标产生的纠纷。

关键词:

定向天线;电磁辐射;数据分析

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.11.007

文章编号:1007-3043(2022)11-0039-04

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

It analyzes the electromagnetic radiation of the radio base station by establishing the data model of the electromagnetic radiation of the directional antenna. At the same time, through the test of the electromagnetic radiation of the base station and the analysis of the test results, it explores the solution of the electromagnetic radiation of the base station exceeding the standard to guide the construction of the radio base station of each communication operator, and reduce the disputes caused by the electromagnetic radiation measurement value exceeding the standard.

Keywords:

Directional antenna; Electromagnetic radiation; Data analysis

引用格式:祁征,钟志刚,马红兵,等. 定向天线电磁辐射数据分析[J]. 邮电设计技术,2022(11):39-42.

1 概述

基站电磁辐射对公众人身安全的影响一直是国际国内研究热点,移动通信基站由于信号覆盖的要求,在居民区建设密集度不断增加,电磁波辐射被越来越多的人了解并感到恐惧,国内已发生多起居民要求运营商拆除所在小区基站的事件,小区居民通过砍断通信馈线阻止运营商再设新的基站。为保护公众健康,防止电磁辐射对环境产生污染,美国、中国、国际非电离辐射委员会(ICNIRP)都制定了相应的安全

标准,但这些标准之间安全限值相差甚大,美国的安全卫生标准的规定:正常环境条件下任何6 min内,平均功率密度不能超过 10 mW/cm^2 ;国际非电离辐射委员会(ICNIRP)制定的标准将受众分为职业群体和公众群体,对于公众暴露限值,在2 000 MHz的以上功率密度限值为 $50 \mu\text{W/cm}^2$ 。我国也发布了国家标准《电磁环境控制限值》(GB8702-2014),规定了相关限值来限制电磁辐射可能超标的问题,在30~3 000 MHz范围内的控制限值为 $40 \mu\text{W/cm}^2$ 。

本文以国家标准《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)为依据,以现场测量的基站电磁辐射数据为研究对象,通过大量的数据分析,对基站天线方向、角度

收稿日期:2022-09-15

等提出合理化建议,以减小对附近居民造成的电磁辐射超标影响,并指导各运营商的基站建设,减少因电磁辐射测量值不合格产生的纠纷。

2 基站天线

2.1 天线增益

天线的方向性越好,增益越高,波瓣越窄,能量也越集中。天线增益是指在相同输入功率下,理想天线与参考天线在空间同一点处的功率密度之比。

一般移动基站常见天线的增益如表1所示。

表1 移动基站常见天线的增益

天线类型		增益/dBi	天线类型		增益/dBi
板式天线(定向)	高增益天线	18~21	非板式天线	全向天线	11
	中等增益天线	15~17		定向室分天线	4~8
	低增益天线	< 15		全向室分天线	0~3

2.2 天线的方向性

天线辐射电磁场分布在以天线为中心某一距离为半径的球面上,其随空间角度分布的图形称为辐射方向图。在天线方向图中,通常都有2个或多个瓣,其中最大的称为主瓣。主瓣的2个半功率点(3 dB点)间的夹角被定义为天线方向图的波瓣宽度,也称为半功率(角)瓣宽(见图1)。

目前移动基站使用最多的定向天线就是水平半功率角为60~65°的板式天线,通常基站天线由一组3

个方向角间隔120°的板式天线组成,正前方功率最大,任意2个天线过渡区的功率比正前方低10 dB。

基站电磁辐射测量通常在主波瓣范围内进行。

3 基站天线电磁场的衰减与叠加

3.1 基站天线电磁辐射的衰减

天线周围的空间电磁场根据特性不同又可划分为3个不同区域:电抗性近场、辐射近场和辐射远场,在进行基站电磁辐射检测时,通常只考虑远场情况。

远场电磁波功率密度计算公式如下:

$$S(\mu\text{W}/\text{cm}^2) = \frac{P \times G}{4\pi \times r^2} \times 100 \quad (1)$$

式中:

P ——发射功率(W)

G ——天线增益(dBi)

r ——天线与被测点的距离(m)

典型基站主波瓣方向的辐射计算结果如表2所示。

常见的65°板式天线,在水平方向由主发射方向左右偏转32.5°正好是天线的半功率点,该点的功率密度为主方向的1/2,而在120°的扇区边缘,衰减为10 dB,只有主发射方向的1/10。

65°板式天线典型的垂直半功率角为14°,主发射方向向下偏转7°为半功率点,向下偏转15°为1/10点。

以上计算结果均不超过国家标准《电磁环境控制

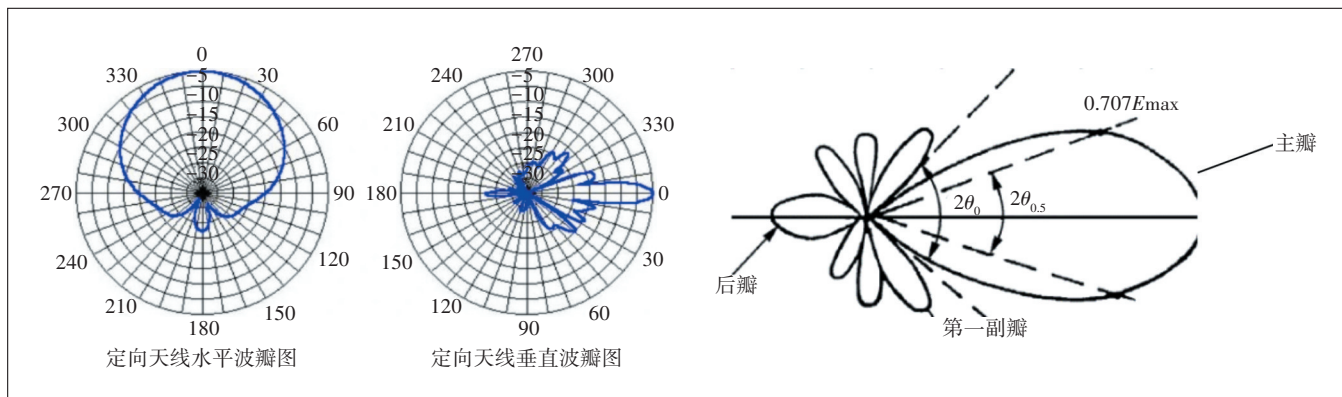


图1 天线方向图每个天线都有垂直及水平2个方向的半功率角

表2 天线增益为17 dBi,不同发射功率情况下典型基站主波瓣方向辐射计算(单位:μW/cm²)

发射功率/W	与基站的距离/m											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	-	-	9.4	6.9	5.3	4.2	3.4	2.8	2.3	2.0	1.7	1.5
20	-	-	18.8	13.8	10.6	8.4	6.8	5.6	4.6	4.0	3.4	3.0
40	-	-	37.6	27.6	21.2	16.8	13.6	11.2	9.2	8.0	6.8	6.0

限值》(GB8702-2014)规定的对应限值 $40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。计算天线不同方向不超过 $8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的距离如表3所示。

表3 不同方向不超过 $8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的距离值

方向	发射功率为 10 W	发射功率为 20 W	发射功率为 40 W
主发射方向/m	14	20	28
半功率点/m	< 8	12	20
10 dB 边界/m	< 8	< 8	10

3.2 基站天线多系统信号的叠加

很多基站内分别安装有多套系统,如 2G (900 MHz、1 800 MHz)、3G、4G 等,也常有多运营商共站或相邻的情况,这时基站周围电磁场是多系统信号相互叠加在一起。

根据电磁波理论,多信号电波在空间叠加时形成复合场强,总功率密度等于各信号功率密度之和,总场强的平方等于各信号场强平方和。

即总功率密度:

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n \quad (2)$$

总场强:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2} \quad (3)$$

常见计量单位换算及导出如下。

a) 场强与功率密度的导出关系为:

$$S = \frac{E^2}{377} \quad (4)$$

式中:

S——功率密度(W/m^2)

E——电场强度(V/m)

b) 磁场强度与功率密度的导出关系(远场):

$$S = 377H^2 \quad (5)$$

式中:

S——功率密度(W/m^2)

H——磁场强度(A/m)

以上电磁波的能量叠加关系也在实际测试中得到验证。例如:某地区选取了 30 多个运营商共站或相邻的站址,用选频场强仪同步检测各系统信号功率密度和 800~2 400 MHz 带宽内的总功率密度;除一列因带内有较强其他干扰信号外,其余 29 处空间各通信信号功率密度之和是总功率密度的 98%~100%。以上测试中各运营商信号包含 GSM、WCDMA、CDMA2000、TD-CDMA、LTE 等不同制式,但叠加效果并没有区别。

以某站测试数据为例(见表4),该站天线高度为 12 m,检测距离为 10~20 m。分别测试了 8 个频段的功

表4 基站分频段与总频段测试对比

频率编号	频率类型	频率频段/MHz	场强最大平均值/(V/M)	功率密度最大平均值/(mW/m^2)
2	中国电信 CDMA 下行	870~880	0.33	0.29
5	中国移动 GSM900 下行	935~954	0.81	1.76
10	中国移动 GSM1800 下行	1 805~1 820	0.87	2.01
11	中国联通 GSM1800 下行	1 840~1 850	0.33	0.28
12	中国电信 FDD~LTE	1 850~1 880	0.23	0.13
17	中国移动 TD~SCDMA	2 010~2 025	0.33	0.29
19	中国联通 WCDMA 下行	2 130~2 145	0.44	0.51
20	中国联通 FDD~LTE	2 145~2 170	0.25	0.16
分频段合计			-	5.43
总频段			1.44	5.47

率密度值和总频段的功率密度值,8 个分频段的功率密度值相加为 $5.43 \text{ mW}/\text{m}^2$,总频段的功率密度值为 $5.47 \text{ mW}/\text{m}^2$ 。

4 测试方法及标准依据

4.1 测试方法

测试人员乘坐高空作业车,首先在正对天线处,在天线等高面上分别测量与天线距离 5、10、15 m 等处的辐射值,然后下降一段距离,比如下降 3 m,在此高度处再分别测量与天线距离为 5、10、15 m 等处的辐射值,依次下降直到接近地面。

测试采用 2 种仪表。

a) narda 公司生产的 NBM550 宽带辐射测量仪,采用 100 kHz~3 GHz 的专用探头,可测试辐射的电场强度和功率密度。宽带辐射测量仪的测试主要是了解基站周边电磁辐射的分布,测量方式与《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》一致。

b) narda 公司生产的 SMR3006 型选频式辐射测量仪,可以分别(或同时)测量现有移动通信频段内各频段辐射值。选频式辐射测量仪的测试主要研究多系统信号叠加及背景辐射源等。

4.2 测试标准

4.2.1 测试依据

测试依据《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》(HJ/T10.3-1996)中 4.1 条和 4.2 条。

4.2.2 辐射限值

GB8702-2014 标准中对公众照射的要求为:在 1 天 24 h 内,环境电磁辐射场的参数在任意连续 6 min

内的平均值应满足如表5所示要求。

表5 环境电磁辐射场公众暴露控制限值

频率范/(MHz)	电场强度/(V/m)	磁场强度/(A/m)	功率密度/(W/m ²)
0.1~3	40	0.1	4
3~30	67	0.17	12/f
30~3 000	12	0.032	0.4
3 000~15 000	0.22	0.001	f/7 500
15 000~30 000	27	0.073	2

5 基站电磁辐射的数据分析

通过对测试数据的筛选,选择最高值作为功率基准,计算各测试点相对于基准值比值的对数来表示信号功率变化情况,并对数据结果计算取平均值,得出定向天线电磁场空间分布规律如表6所示,衰减曲线如图2所示。

表6 定向天线电磁场的空间分布

偏离主轴 距离/m	衰减/dB			
	水平 5 m	水平 10 m	水平 15 m	水平 20 m
0	0	0	0	0
3	-18.6	-17.0	-11.5	-6.0
6	-22.5	-18.9	-15.3	-9.9
9	-23.3	-21.9	-15.2	-13.3
12	-23.0	-21.5	-16.7	-13.3
15	-27.8	-24.9	-22.2	-14.7

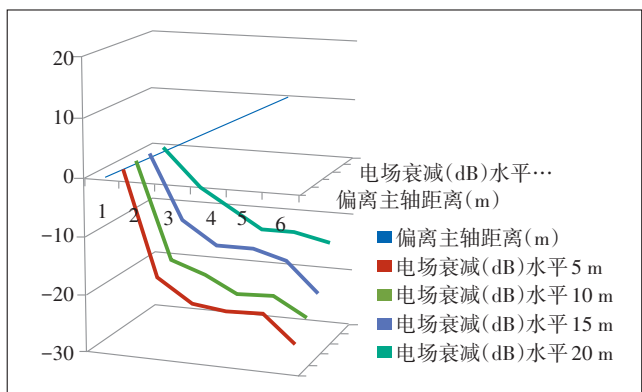


图2 电磁场空间分布衰减曲线示意图

从图2可以看出,靠近天线距离越近,电磁辐射随偏离主轴距离衰减越快,距离天线越远,随偏离主轴距离衰减越慢。

6 结论

通过对基站定向天线的选频测量分析,发现电磁辐射超标的现象只在小范围内出现,小范围通常指近

场区域或人群很难接触到的区域,人群能接触的高度的测量值都很小。天线下方是辐射死角,衰减很大,因此靠近天线下方反而电磁辐射值很小。

通过对空间磁场实测数据进行分析,得出了定向天线电磁场空间分布衰减趋势。与理论计算的绝对值有较大差异,实际辐射测量值由于传输或者线缆的衰减小于理论计算值,但是衰减规律与理论计算相符,靠近天线距离越近,电磁辐射随偏离主轴距离衰减越快,距离天线越远,随偏离主轴距离衰减越慢,通信运营商可参考以上衰减关系根据现场情况调整天线方向,减少因电磁辐射测量值超标产生纠纷。

参考文献:

- [1] 国家质量监督检验检疫总局,环境保护部. 电磁环境控制限值: GB 8702-2014[S]. 北京:中国环境科学出版社,2015.
- [2] 国家环境保护局. 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:HJ/T 10.3-1996[S]. 北京:中国环境科学出版社,1996.
- [3] 国家环境保护局. 电磁辐射防护规定:GB 8702-1988[S]. 北京:中国标准出版社,1988.
- [4] 中华人民共和国卫生部. 环境电磁波卫生标准:GB 9175-1988[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [5] 邹澎. 电磁辐射环境影响预测与测量——理论、技术和方法[M]. 北京:科学出版社,2013.
- [6] 童创明. 电磁散射与辐射问题仿真理论与方法[M]. 西安:西北工业大学出版社,2010.
- [7] 殷际杰. 微波技术与天线:电磁波导行与辐射工程(第2版修订版)[M]. 北京:电子工业出版社,2012.
- [8] 王一平. 电磁波——传输·辐射·传播[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006.
- [9] 祁征,马娜. 基站电磁辐射测试及环境影响评估[J]. 邮电设计技术,2015(9):84-87.
- [10] 张海鹏,祁征. 移动通信基站电磁辐射的测试[J]. 邮电设计技术,2017(2):89-92.
- [11] 袁佩佩,祁征. 国内外电磁辐射标准综述[J]. 邮电设计技术,2017(2):86-88.
- [12] 邮电部电信传输研究所. 900MHz TDMA 数字公用陆地蜂窝移动通信网技术体制:TZ 019-1995[S]. 北京:中华人民共和国邮电部,1995.

作者简介:

祁征,高级工程师,硕士,主要从事通信防护、防雷及电磁兼容相关的咨询、设计、检测及研究工作;钟志刚,教授级高级工程师,硕士,主要从事无线通信的研究、咨询工作;马红兵,教授级高级工程师,硕士,主要从事无线通信的研究与应用工作;张方建,高级工程师,硕士,主要从事无线基站规划、建设、研究等工作;史庆飞,资深工程师,学士,主要从事无线通信设备的研究与评估工作。