



蜂窝通信基站在线射频指标检测分析与研究

张 宸

(青海省无线电监测站 西宁 810001)

摘 要:介绍了公众通信基站设备结构、频率配置的特点,讨论了公众通信基站检测方法和故障解决方案,详细评价了公众通信基站射频指标的测试结果,分析了公众通信基站实际检测工作中遇到的难点和困难,最后对未来的公众通信基站检测工作进行了展望。

关键词:无线电;蜂窝基站;检测;在线射频指标

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.04.023

Research on Online RF Index Test Method of Cellular Mobile Communication Base Station

Zhang Chen

(Radio Monitoring Station of Qinghai Province, Xining 810001, China)

Abstract: The structures of all types of cellular mobile communication base station equipment and the frequency configuration characteristics were briefly introduced, and the online RF index test method and solution of test failures were discussed. Then the test results and emphasized difficulties in practical work were analyzed and evaluated. Finally, the online RF index test of cellular mobile communication base station equipment in the future was prospected.

Key words: radio, cellular base station, test, online RF index

1 引言

在各类无线电发射设备中,公众通信基站类型繁杂,为数众多,在无线通信行业得到广泛应用,为促进国民经济发展和加速社会信息沟通发挥了重要的作用。然而公众通信基站在一定区域内的大量密集建设,给空中无线电波秩序的维护带来极大的压力。一些公众通信基站网络因组网不当和疏于维护造成的基站间和对其他无线电发射设备的干扰时有发生。为了规范公众通信基站的建设,加强对公众通信基站的管理,从源头上防止该类无线电设备产生有害干扰,开展公众通信基站射频指标在用设备检测十分必要,如何全面、系统地掌握公众通信基站在用设备检测的原理和方法成为无线电检测工程师关注的焦点。

2 蜂窝通信基站设备的结构特点

目前国内在用公众通信基站按网络类型划分,可分为2G(GSM 900 MHz/1 800 MHz)、3G(cdma2000、WCDMA、TD-SCDMA)基站;按设备结构划分,可分为宏基站、微基站、射频拉远站、直放站和室内分布站(以下简称室分站),各类基站的主流设备商有中兴通讯、华为、大唐电信,早期还有阿朗、诺西、摩托罗拉和爱立信等。

2G和3G宏基站一般安装在正规无线机房内,有专用的机柜和机架,容量大、可靠性高和维护方便的特点使其成为开展基站在用设备测试的重点对象。2G宏基站可细分为900 MHz单站、1 800 MHz单站和900 MHz/1 800 MHz共站。900 MHz单站设备和1 800 MHz单站设备的特点



是射频收发端口相互分离,信号收发指配在使用前固定,常见的射频接口有N型连接头和DIN型连接头两种;900 MHz/1 800 MHz共站的特点是在一个机柜内容纳900 MHz和1 800 MHz两套设备(模块)。3G宏基站设备常见的制式有cdma2000和WCDMA两种,其特点是射频收发端口分离固定,体积更趋小型化。

2G和3G微基站是将基站所有部件压缩在较小的机箱内,在楼宇中或密集区安装,其特点是覆盖小、用户量低。由于其并非安装在电气设备较为配套的机房内,开展在用设备测试时存在接电不便的问题。

2G和3G射频拉远站的基带处理部分(BBU)布置在机房,射频处理部分(RRU)布置在天线附近,机房内的设备部分只有光传输接口,如测试人员和设备不能到达RRU,不具备在用设备检测条件。

2G和3G直放站是一种信号中继器,其对基站发出的射频信号进行放大,本身不提供容量,主要解决前述基站的边缘覆盖问题。2G和3G室分站通过将宏基站、微基站和直放站的射频输出信号作为信源引入需要覆盖的室内环境,提高室内覆盖性能,其本身不提供容量。直放站和室分站类型较为复杂,有些类型不具备在用设备检测条件。

3 公众通信基站设备频率使用特点

公众通信基站设备检测的测试项目围绕基站使用频率展开。各类公众通信基站设备频率使用方面的特点如下。

中国移动和中国联通GSM基站900 MHz下行分别使用935~954 MHz、954~960 MHz频段,GSM基站1 800 MHz下行分别使用1 805~1 815 MHz、1 840~1 850 MHz频段。GSM基站以小区制进行划分,每个小区配置一个长发载波信道,带宽为200 kHz。

对于中国电信cdma2000基站,国家无线电管理委员会于2009年为中国电信分配了2 110~2 125 MHz频段(下行),但到目前为止,中国电信实际使用的仍为分配给CDMA基站的频率,即870~880 MHz(下行),其配置以小区制划分,每个小区在870~880 MHz低段配置最多3个cdma2000 Ev-Do载波信道,高段配置最多4个语音载波信道,带宽为1.25 MHz。中国联通WCDMA基站配置以小区制进行划分,使用下行频率为2 130~2 145 MHz,每个小区最多可配置3个长发语音载波信道,带宽为5 MHz。对于中国移动的TD-SCDMA基站,国家无线电管理委员会为其分配了1 880~1 920 MHz、2 010~2 025 MHz、2 300~2 400 MHz共

3个频段,但实际使用2 010~2 025 MHz最多。

在测试中,运营商基站维护人员通常对各类基站载频使用频率(点)较为陌生,而对载频对应的信道号比较熟悉。各制式频点与信道号的转换公式及常用信道号如下。

- 中国移动、中国联通GSM 900 MHz基站:频点=信道号 $\times 0.2 + 935$,中国移动常使用的信道号为37~59,中国联通常使用的信道号为96~124。
- 中国移动、中国联通GSM 1 800 MHz基站:频点=(信道号-512) $\times 0.2 + 1\,710.2 + 95$,中国移动常使用的信道号为550~561、587~598、512~526,中国联通常使用的信道号为658~783。
- 中国联通WCDMA基站:信道号=频点 $\times 5$,常用信道号为10663、10688、10713。
- 中国移动TD-SCDMA基站:频点=信道号 $\times 0.2$,常用信道号为10080、10055、10096、10071、10063、10112、10088、10055、10104、10120。
- 中国电信cdma2000基站:频点=信道号 $\times 0.03 + 869$,常用信道号为37、78、119、160、201、242、283。

4 公众通信基站测试方法

公众通信基站在在用设备测试一般可采用两种方法:一种是手动测试方法,用手动操作频谱仪测量通过衰减器衰减后的基站射频口信号,测试连接如图1所示;另一种是自动测试方法,使用基站自动测试系统软件自动控制频谱仪测量经过控制箱衰减后的基站射频口信号,测试连接如图2所示。

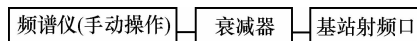


图1 手动测试方法连接示意

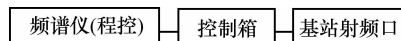


图2 自动测试方法连接示意

手动测试方法的优点是测试过程的每一个步骤可以直观显示,测试时能够及时发现错误和问题并能够及时纠正;缺点是需要频谱仪面板上进行较多的按键操作,操作过程比较繁琐,只能同时测试频差、载波功率、占用带宽和杂散等指标。自动测试方法的优点是只需要连接好测试系统,轻点几下鼠标,测试便可以由软件自动控制完成,测试项目比较完整,并能自动导出测试报告;缺点是测试时对发射的载波信号有一定要求,只能对基站发出的单一载波信号进行测试,因此需要频繁地联系网管后台进行载波

信号的切换。在实际工作中,为了对被测基站射频性能指标进行较全面和客观的评价,并对部分指标测试结果进行参照比对,可将两种测试方法结合使用。

5 测试过程故障问题和解决方案

5.1 基站自动测试系统自检不通过

原因一:基站自动测试系统 USB 接口通信线连线错误,DC 基站自动测试系统配置的一根 USB 线缆用于频谱仪与控制箱通信,该线缆连接控制箱的一端为六边形,在连接时线缆接头极易倒置插入,导致频谱仪连接控制箱失败。

解决方法:检查连接该线缆的接头是否连接正确。

原因二:USB 接口通信线接到了频谱仪前端前面板 U 口,因前面板 U 口电压不足,线缆驱动失败。

解决方法:将通信线频谱仪端接头接 N9020 后面板的 USB 接口。

5.2 测试时频谱仪收不到载波信号

测试时,运营商维护人员已反复确认网管后台已发出载波信号,但频谱仪却收不到目标信号或收到的目标信号极其微弱,同时基站设备面板发生驻波告警。发生此类问题的原因是测试通道中的射频电缆接头松动。

解决方法:需仔细检查测试通道中的射频电缆接头是否拧紧,特别是基站设备处的 DIN 型射频输出口需要使用扳手拧紧。

5.3 测试时频谱仪发生过载告警

在测试前应预估基站发射功率,确保增加的外置衰减器能够将基站发射的射频信号衰减到 30 dBm 以下。即使如此,在测试时经过衰减的射频信号有可能超过参考电平值而使得频谱仪显示屏右下角有可能显示 status:power overload 或伴随蜂鸣音。发生此类问题的原因是测试通路衰减量不足。

解决方法:立即增加频谱仪内置衰减倍数,直至告警消失。稳妥起见,联系网管后台停止发射,待增加外置衰减后恢复测量。

5.4 cdma2000 和 TD-SCDMA 基站部分测试项目结果不合格

原因:cdma2000 基站 PN 码和 TD-SCDMA 基站扰码信息输入不准确。在采用软件自动测试上述基站时,测试人员需要从运营商维护人员处得到 PN 码和扰码信息,该信息如不准确,会导致所有同类型 cdma2000 基站波形质量和 TD-SCDMA 基站向量误差幅度指标测试结

果不合格。

解决方法:联系后台网管获得准确的 PN 码和扰码信息。

5.5 载波输出功率测试结果整体偏小

原因一:在测试前未加入合适的损耗值对测试链路进行补偿。基站检测损耗的主要来源为测试线缆损耗和测试接头的插入损耗,在使用控制箱或衰减器时,测试通路中会使用两根射频电缆,并用 4 个接头进行转接,由线缆和连接器造成的损耗在测量高频段时是不能忽略的,特别是有时会使用长度较长的射频电缆,如果不对测试链路的所有损耗进行补偿,测试结果必然整体偏小。

解决方法:查询线缆接头的数据表单并算出损耗数值,在测试前即补偿到测试链路中。

原因二:功率测试的方法有误。需要注意的是,在手动测试 GSM 基站和 TD-SCDMA 基站载波输出功率时,需要测试载频的突发功率(burst power),而测试 cdma2000 基站和 WCDMA 基站时,需要测试载频的通道功率(channel power)。如果测试工程师在手动测试 GSM 基站和 TD-SCDMA 基站载波输出功率时仍用通道功率,得出的功率值就会偏小。

解决方法:需要将突发功率与通道功率进行转换,可以利用的转换公式为突发功率=通道功率+10log(1/占空比),在转换时需要获得准确的占空比参数。

5.6 TD-SCDMA 基站杂散发射测试项目不合格

在测试 TD-SCDMA 基站某小区时,如果每个通道杂散发射测试项目在 1 850~1 880 MHz 和 1 880~1 920 MHz 均超过限值,显示不合格,这种测试结果可能是有问题的。原因:虽然中国移动目前只使用 2 010~2 025 MHz 频段用于 TD-SCDMA 网,但后台网管在 1 880~1 920 MHz 频段仍配有数据,导致在 1 880~1 920 MHz 频段仍测到略高于底噪的微弱信号。

解决方法:在测试前向运营商后台维护人员核实清楚。

5.7 某类型基站几乎全部测试项目均不合格

在使用基站自动测试系统对基站进行测试时,几乎全部测试项目均不合格是一个极小概率事件。如果出现这种测试结果,需要考虑使用 DC 自动测试系统进行测试的基本条件是否满足:只能在基站只发射一个载频的条件下测试。如果在测试各类基站时,运营商网管后台发出多于一个信号而被测试系统捕获,则极易出现几乎全部测试项目均不合格的情况。

解决方法:联系运营商网管后台关闭其他信道或其他



信道信号远离主载频信号。

6 测试结果的评价与分析

6.1 频率测试结果

从频率测试结果看,各运营商均能够依照国家对移动通信业务的频率划分进行信道指配,在测试中没有发现违规占用其他业务信道的情况。各类公众通信基站频率测试结果如图3~图6所示。

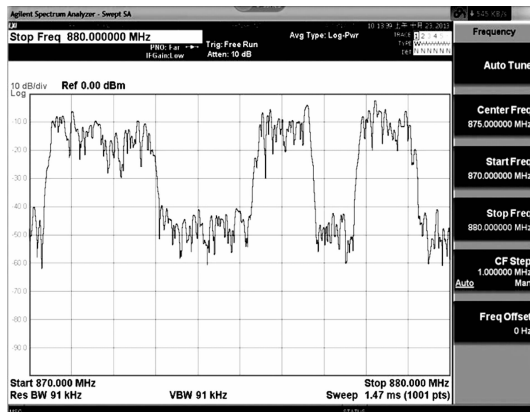


图3 cdma2000 基站频率测试

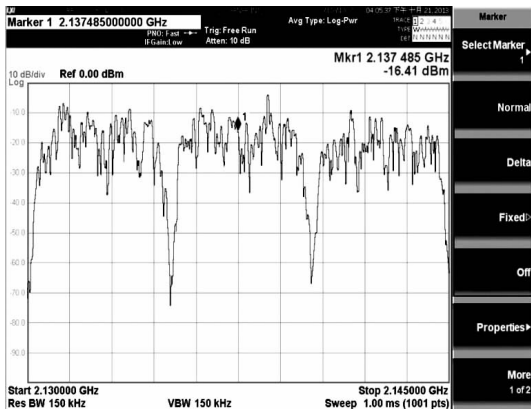


图4 WCDMA 基站频率测试

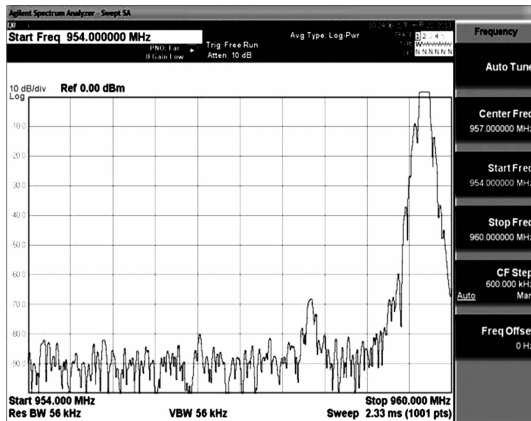


图5 GSM 基站频率测试

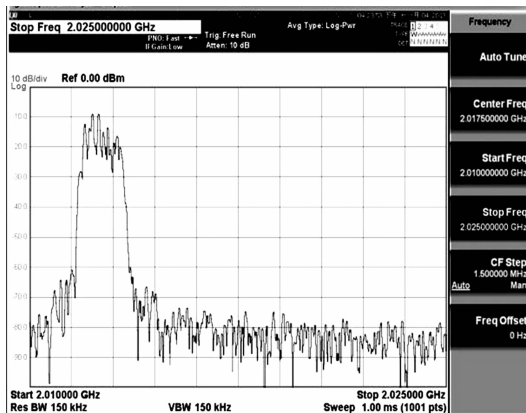


图6 TD-SCDMA 基站频率测试

6.2 功率测试结果

以城区宏基站为例,各类基站载波输出功率测试结果详见表1~表5,各类公众通信基站载波输出功率基本在20~25 W。比对各类公众通信基站电台执照,由此推算在

表1 WCDMA 基站载波输出功率测试结果(一小区)

频点(信道号)	手动测试结果/dBm	自动测试结果/dBm
2 142.6 MHz(1)	37.1	36.6
2 137.6 MHz(2)	37.2	37.5
2 132.6 MHz(3)	37.3	37.5
	Σ42.0	Σ42.0

表2 GSM 900 MHz 基站载波输出功率测试结果(三小区)

频点(小区号)	手动测试结果/dBm	自动测试结果/dBm
944.2 MHz(1)	44.2	43.3
946.4 MHz(2)	40.9	40.0
943.8 MHz(3)	44.1	43.3

表3 GSM 1 800 MHz 基站载波输出功率测试结果(三小区)

频点(小区号)	手动测试结果/dBm	自动测试结果/dBm
1 814.6 MHz(1)	40.2	39.6
1 815 MHz(2)	41.6	41.3
1 813.8 MHz(3)	40.1	40.5

表4 TD-SCDMA 基站载波输出功率测试结果(一小区)

频点(信道号)	手动测试结果/dBm	自动测试结果/dBm
2 012.6 MHz(1)	29.9	30.7
2 012.6 MHz(2)	31.8	32.5
2 012.6 MHz(3)	35.5	35.7
2 012.6 MHz(4)	32.9	35.1
2 012.6 MHz(5)	31.3	36.5
2 012.6 MHz(6)	32.9	31.4
2 012.6 MHz(7)	30.6	33.4
2 012.6 MHz(8)	30.0	30.2
	Σ40.9	Σ42.8

表 5 cdma2000(语音 &cdma2000 Ev-Do)
基站载波输出功率测试结果(一小区)

频点(信道号)	手动测试结果/dBm	自动测试结果/dBm
871.11 MHz(1)	38.3	39.4
872.34 MHz(2)	37.6	38.1
876.03 MHz(3)	34.8	35.4
878.49 MHz(4)	38.7	37.8
	$\Sigma 43.6$	$\Sigma 43.9$

忙时话务量时,各运营商基本能够依照各级无线电管理机构核定的功率参数进行发射。

6.3 其他测试项目

GSM 基站的其他测试项目有 RF 载波发射功率时间包络、RMS 相位误差、峰值相位误差、平均频率误差、杂散辐射、频谱和切换瞬态频谱。测试中主要不合格项集中为切换瞬态频谱,个别基站发射机天线接头的杂散辐射在 GSM 900 MHz 分配频段附近超标。

cdma2000 基站的其他测试项有占用带宽、波形质量、频率容限、载波抑制、导频功率、带内传导杂散发射、带外传导杂散发射。测试中的不合格项有带外传导杂散发射和频率容限。带外传导杂散发射不合格频段集中在 CDMA 网分配频段附近。WCDMA 基站其他测试项目有占用带宽、向量误差幅度、频率容限、峰值码域误差、频谱发射模板、邻道泄漏抑制比和杂散辐射。TD-SCDMA 基站其他测试项目有占用带宽、向量误差幅度、载波频率误差、峰值码域误差、频谱发射模板、邻道泄漏功率比和杂散发射,由于 WCDMA 和 TD-SCDMA 基站建网时间较短,在检测中基本没有发现其他测试项目超标的情况。

7 测试工作遇到的主要问题

目前公众通信基站在线设备检测主要以按台站申报并取得执照数量的 3%抽检的形式开展,即便如此,实际需要检测的台站数量也相当庞大。就实际检测经验看,如采用基站自动测试系统检测,对每一个基站所有小区的载频信号进行一次射频指标的全面检测,GSM 基站一般要测 3 遍,cdma2000 基站最多要测 21 遍,WCDMA 基站要测 9 遍,TD-SCDMA 基站要测 24 遍。在这种情况下,测试工程师依规范检测流程在每个工作日最多能够测试 2 个基站,最少无法测完一个基站。为了提高检测效率,测试工程师只能采用抽测的办法,首先抽选基站所属的某一个小区,然后在小区内抽测某个载频。

然而在实际工作中,测试工作遇到的困难远不止这些,

首先,各运营商所属无线机房不易到达,此类机房不是设置在城市建筑物顶部,就是在郊区偏僻的活动板房内,即便携带便携式测量仪表,测试工程师从沟通物业、打开门禁到抵达测试地点要花费大量的时间;其次,到达机房后测试需要得到运营商后台网管的配合与支持,如果协调沟通不给力,要耽误大量时间;第三,存在一些运营商将基站交由第三方代维公司维护的情况,如果运营商基站维护人员对基站的地理位置十分生疏,测试工作还要耽误大量时间。因此测试工作效率的提升依赖以上 3 方面问题的有效解决。

8 结束语

公众通信基站检测是无线电发射设备检测工作中一项十分重要的内容,由于公众通信基站制式繁多,检测内容广泛,设备数量庞大,需要检测工程师积累丰富的经验才能完成好检测工作。随着无线通信技术的飞速发展,公众通信基站检测工作在今后还将面临新的问题和挑战。当前宽带无线通信应用已经迈入 4G 时代,公众通信基站设备一体化、小型化趋势步伐加快,大型机柜式基站今后会逐步退出运营商机房,取而代之的是小型壁挂式基站。此类基站的功放部分会更加靠近天线,光缆将代替天线到机房的馈线,机房内不再保留射频接口。应这种趋势,未来公众通信基站检测工作如何开展,如何最大限度地保留现有的基站检测设备的使用价值,稳定性、可靠性更高的辐射式公众通信基站测试方法能否在未来得到推广应用,需要无线电管理部门和无线电检测设备生产商加紧思考应对。

参考文献

- 1 崔志峰. 浅谈蜂窝移动通信基站检测工作中常见的问题. 中国无线电, 2010(12)
- 2 陈秋遐, 周立强, 杨文栋. 移动通信基站电磁环境监测浅析. 环境科学导刊, 2012, 31(4)
- 3 张晓天, 范云杰. 年度移动通信基站检测中的一点体会. 中国无线电, 2011(4)

[作者简介]



张宸,男,青海省无线电监测站工程师,现主要从事无线电专业设备检测技术工作,主要研究方向为无线电设备检测、电磁环境兼容分析、电子对抗。

(收稿日期:2014-01-13)