

智能家电的 Wi-Fi 射频性能测试方法分析

余旦

杭州九阳小家电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i5.5966

[摘要] 近年来,随着科技的不断发展,越来越多的家庭智能家电开始连接 Wi-Fi 网络。为了确保智能家电的无线网络性能和质量,需要进行 Wi-Fi 射频性能测试。本文将介绍智能家电的 Wi-Fi 射频性能测试方法,并对测试结果进行分析和评估。

[关键词] 智能家电; 射频性能测试; 总全向辐射功率; 总全向辐射灵敏度

Problems and treatment countermeasures in the operation of Texaco coal water slurry pressurized gasification technology

vast

CNOOC Huaye Coal Chemical Co., LTD., Hegang City, Heilongjiang Province 154100

[Abstract] Coal gasification technology plays a pivotal role in industrial production, and the corresponding technology is also constantly improved and improved. Through the gasification process of Texaco coal slurry, the specific process system is analyzed in detail. At present, China has introduced this technology, and some of the product supporting stoves are developed by the domestic major scientific research units, in the practical application has also shown a good effect. Therefore, it is necessary to further understand and master the gasification technology of Texaco coal to ensure the safety of production. Although the gasification technology of Texaco coal slurry has been quite mature and has been promoted in the world, its long-term and stable production has been affected by its quality, process burner, system erosion and dirt. According to the coal quality and the problems encountered in the actual operation, constantly summarize, improve and upgrade to improve the operation stability and operation cost of the device.

[Key words] coal water slurry; technical transformation; gasification unit

引言:

随着物联网的发展,智能家电已经成为了现代家庭的标配。智能家电通过连接互联网,使得家庭更加智能化、舒适化和便捷化。其中,Wi-Fi 技术是智能家电中最为常用和重要的通信方式之一。Wi-Fi 可以使得智能家电之间相互连接,同时也可以与用户的手机、平板电脑等设备进行交互和控制。然而,智能家电的 Wi-Fi 性能和质量却是影响智能家电用户体验的重要因素之一。为了确保智能家电的无线网络性能和质量,需要进行 Wi-Fi 射频性能测试。Wi-Fi 射频性能测试是一种对智能家电无线网络性能进行测量和评估的方法,通过对智能家电的信号强度、信道干扰、天线方向和距离等因素进行测试和评估,从而优化智能家电的 Wi-Fi 性能。

1 概述

1.1 智能家电的定义及其射频性能检测的必要性

《智能家电通用技术要求》是对智能家电提出的标准化要求,其中包括两个方面的要求。第一个要求是智能家电能够为用户带来新的感受和体验,这种体验是传统非智能产品所无法提供的。第二个要求是智能家电能够使用户更省心、省时、省力、节省成本,或者能够替代人类完成某些难以完成的任务。同时,智能家电也是将传感器技术、数字化技术、计算机技术和网络通信技术应用于传统家电产品,使得家电设备具备了交互智能化和网络通信功能。

在本文中,我们将重点介绍应用 Wi-Fi 无线通信技术的智能家电产品。这类智能家电产品具备远程控制功能,能够实现

用户对家电设备的远程控制和操作。在智能家电产品中,Wi-Fi 技术是其中最为重要和常用的通信方式之一。

近年来,随着信息技术水平的不断提高以及消费者对高品质生活的需求不断增长,智能家电逐渐成为千家万户的选择。智能电视机、智能冰箱、智能洗衣机、智能电饭煲等产品已经普及,但是智能家电产品的无线传输和接收性能却直接影响着消费者的使用体验。如果产品的无线传输和接收性能较差,就会出现影视加载缓慢、远程控制命令失败等问题,使得消费者对产品不满意,投诉率增加。此外,由于消费者的房屋结构和智能家电的放置位置不尽相同,远程控制功能也会受到挑战。因此,对智能家电的无线传输和接收性能进行测试非常重要。

测试智能家电无线传输和接收性能的项目包括总全向辐射功率、总全向辐射灵敏度和吞吐量。总全向辐射功率是指智能家电发射信号的功率,用于评估智能家电的无线信号强度和范围。总全向辐射灵敏度是指智能家电接收信号的能力,用于评估智能家电接收信号的质量。吞吐量是指智能家电通过无线通信传输数据的速度和能力,用于评估智能家电的无线通信速度和效率。

因此,本文将从测试智能家电的无线传输和接收性能的角度出发,对智能家电的 Wi-Fi 射频性能进行分析和研究,旨在为智能家电产品的性能提升和用户体验的改善提供有效的技术支持。

1.2 OTA 的定义及其检测项目

OTA(Over the Air)是一种空口测试技术,它利用 OTA 暗

室来测试待测物在电磁波的作用下在空气中的无线性能。OTA暗室是一个有限的空间,可以消除外部干扰并提供标准化的测试环境。OTA暗室分为全电波暗室和混响室两种类型。

其中,全电波暗室根据定位系统的不同又分为OTA组合轴全电波暗室和OTA分布轴全电波暗室。OTA组合轴全电波暗室是OTA暗室的一种常见形式,它可以提供精确的空间测量和控制环境,确保测试的准确性和可靠性。通过在OTA暗室中进行测试,可以评估无源测试、有源测试和吞吐量测试等指标,从而得出待测物在空气中的射频性能。

无源测试是一种通过测算天线增益、效率和方法系数来评估天线性能的测试方法。在无源测试中,不需要对待测物进行电源供给或控制信号的输入,只需要在待测物与测试仪器之间建立一个连接,通过这个连接来测量待测物的天线性能。

有源测试包括总全向辐射功率和总全向辐射灵敏度两个项目。其中,总全向辐射功率(Total Isotropic Radiated Power)是指整机在空间三维球面上的射频辐射功率的积分值,它反映了整机在所有方向上的辐射特性。功率的大小与Wi-Fi信号的强弱直接相关,功率越大,信号越强,覆盖的范围也越广。

另外一个有源测试项目是总全向辐射灵敏度(Total Isotropic Radiated Sensitivity),它是指整机在空间三维球面上的接收灵敏度的积分值,反映了整机在所有方向上的接收特性。接收灵敏度的大小直接影响着Wi-Fi接收信号的质量,绝对值越大,接收弱信号的能力就越优秀。因此,这些测试项目可以帮助我们更全面地评估待测物的无线性能,从而指导产品的研发和生产。

空间射频测试方法可以更准确地模拟实际使用环境,从而验证无线产品在不同条件下的性能表现。通过在OTA暗室中进行Wi-Fi射频性能测试,可以评估产品的内部辐射干扰、结构设计、天线性能以及射频芯片收发算法对性能的影响。

2 Wi-Fi 射频性能测试标准

2.1 主要标准

在Wi-Fi移动设备的空间射频性能测量中,主要参考的国内标准为YD/T2193《移动用户终端无线局域网空间射频辐射功率和接收机性能测量方法》[3],而国外标准则为《Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi®Mobile Converged Devices V2.2.1》[4]。这些标准提供了相应的测试流程和规范,以确保测试的准确性和可比性。在实际测试中,参考这些标准可以更好地评估Wi-Fi移动设备的性能表现。

2.2 OTA暗室要求

根据《Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi®Mobile Converged Devices V2.2.1》[4]的规定,2.4 GHz和5 GHz Wi-Fi的测试需要在OTA暗室中进行,并且测试时需要满足LTE Band41和Band46的最小测量距离要求。同时,静区纹波测试应该覆盖2,450±1 MHz和5,500±1 MHz这两个频点。因此,OTA暗室的要求包括满足以上频率要求和最小测量距离要求。

2.3 测试仪表参数配置

根据《移动用户终端无线局域网空间射频辐射功率和接收机性能测量方法》[3],在测试TIRP时,可以使用ACK或ICMP中的任意一种方式进行测试,测试仪表的配置参数按照表1来设置。根据《Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi®Mobile Converged Devices V2.2.1》[4]的规定,测试仪表的配置参数应该按照表2来设置,但是只有在待测物不支持ICMP的情况下,才允许使用ACK方式进行测试。

表1 YD/T 2193 仪表参数配置

测试项目	参数	值
总全向辐射功率	发包数量	ACK: ≥ 100 ICMP: ≥ 100
	数据包大小(字节)	ACK: 200 ICMP: 1 000
总全向辐射灵敏度	速率(帧/秒)	50
	发包数量	ACK: ≥ 100
总全向辐射灵敏度	数据包大小(字节)	ACK: 200
	速率(帧/秒)	50

表2 CTIA Wi-Fi 仪表参数配置

测试项目	参数	值
总全向辐射功率	发包数量	ACK: 100 ICMP: 10
	数据包大小(字节)	ACK: 60 ICMP: 1 000**
总全向辐射灵敏度	发包间隔时间(毫秒)*	10
	数据包有效载荷	伪随机
总全向辐射灵敏度	发包数量	ACK: ≥ 100
	数据包大小(字节)	ACK: 1 000
	发包间隔时间(毫秒)*	1

2.4 待测物配置

在《移动用户终端无线局域网空间射频辐射功率和接收机性能测量方法》[3]中,提出了以下四点要求:第一,关闭Wi-Fi搜索功能;第二,如果可行,关闭省电模式;第三,在信号降低导致待测物与测试仪表断开连接时,待测物应尝试重新连接测试仪表;第四,如果可行,关闭蓝牙功能。

根据《Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi®Mobile Converged Devices V2.2.1》[4]的要求,待测物的配置需要满足以下四点要求:第一,关闭Wi-Fi搜索功能;第二,如果可行,关闭省电模式;第三,如果可行,关闭蓝牙功能;第四,除非测试减敏性能,否则应关闭待测物的蜂窝模块。

注:根据待测物的响应时间,可以调整发送数据包的间隔时间;如果待测物不支持所要求的数据包大小,则测试时应该使用被测物支持的最大数据包大小。

2.5 总全向辐射功率测试要求

《移动用户终端无线局域网空间射频辐射功率和接收机性能测量方法》[3]规定需要按照表3的要求来测试指定频率和速率下待测物的总全向辐射功率,以及按照表4的要求来测试指定频率和速率下待测物的单点辐射功率。在测试单点辐射功率时,应该设置单点位置,使其与最近频点总全向辐射功率结果中的最佳辐射功率测量点相同。

另外,《Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi®Mobile Converged Devices V2.2.1》[4]规定需要按照表5的要求来测试指定频率和速率下待测物的TIRP。

表3 YD/T 2193 TRP 测试信道

模式	信道号	频率(MHz)	数据速率(Mbit/s)
GB 15629.1102	6	2 437	11
GB 15629.1104	6	2 437	6
GB 15629.1101	149	5 745	6
GB 15629.1101	161	5 805	6
GB 15629.1101	165	5 825	6

表4 YD/T 2193 TRP 单点测试信道

模式	信道号	频率 (MHz)	数据速率(Mbit/s)
GB 15629.1102	1	2 412	11
GB 15629.1102	6	2 437	11
GB 15629.1102	13	2 472	11
GB 15629.1104	1	2 412	6
GB 15629.1104	6	2 437	6
GB 15629.1104	13	2 472	6
GB 15629.1101	149	5 745	6
GB 15629.1101	157	5 785	6
GB 15629.1101	161	5 805	6
GB 15629.1101	165	5 825	6

表5 CTIA Wi-Fi TRP 测试信道

模式	信道号	频率 (MHz)	数据速率(Mbit/s)
IEEE 802.11b	6	2 437	11
IEEE 802.11g	6	2 437	6
IEEE 802.11n	6	2 437	6.5
IEEE 802.11a	44	5 220	6
IEEE 802.11a	60	5 300	6
IEEE 802.11a	120	5 600	6
IEEE 802.11a	157	5 785	6
IEEE 802.11a	165	5 825	6
IEEE 802.11n	44	5 220	6.5
IEEE 802.11n	60	5 300	6.5
IEEE 802.11n	120	5 600	6.5
IEEE 802.11n	157	5 785	6.5
IEEE 802.11n	165	5 825	6.5

2.6 总全向辐射灵敏度测试要求

《移动用户终端无线局域网空间射频辐射功率和接收机性能测量方法》^[3]中规定需按照表6所示,测试指定频率和速率下待测物的总全向辐射灵敏度;按照表7所示,测试指定频率和速率下待测物的单点接收灵敏度。设置单点位置,使之与最近频点总全向辐射灵敏度结果中的最佳接收灵敏度测量点相同。《Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi®Mobile Converged Devices V2.2.1》^[4]规定按照表8,测试指定频率和速率下待测试物的 TIRS。

表6 YD/T 2193 TIS 测试信道

模式	信道号	频率 (MHz)	数据速率(Mbit/s)
GB 15629.1102	6	2 437	11
GB 15629.1104	6	2 437	54
GB 15629.1101	149	5 745	54
GB 15629.1101	161	5 805	54
GB 15629.1101	165	5 825	54

表7 YD/T 2193 TIS 单点测试信道

模式	信道号	频率 (MHz)	数据速率(Mbit/s)
GB 15629.1102	1	2 412	11
GB 15629.1102	6	2 437	11
GB 15629.1102	13	2 472	11
GB 15629.1104	1	2 412	54
GB 15629.1104	6	2 437	54
GB 15629.1104	13	2 472	54
GB 15629.1101	149	5 745	54
GB 15629.1101	157	5 785	54
GB 15629.1101	161	5 805	54
GB 15629.1101	165	5 825	54

表8 CTIA Wi-Fi TIS 测试信道

模式	信道号	频率 (MHz)	数据速率(Mbit/s)
IEEE 802.11b	6	2 437	11
IEEE 802.11g	6	2 437	54
IEEE 802.11n	6	2 437	65
IEEE 802.11a	44	5 220	54
IEEE 802.11a	60	5 300	54
IEEE 802.11a	120	5 600	54
IEEE 802.11a	157	5 785	54
IEEE 802.11a	165	5 825	54
IEEE 802.11n	44	5 220	65
IEEE 802.11n	60	5 300	65
IEEE 802.11n	120	5 600	65
IEEE 802.11n	157	5 785	65
IEEE 802.11n	165	5 825	65

3 智能家电 Wi-Fi 射频性能测试步骤

3.1 总全向辐射功率测试 TIRP

(1) 测试布置

在 OTA 暗室中,智能家电应按照自由空间的方式放置,并且其三维几何中心应与测试区域的中心对齐。测试时,需要使用测试夹具将待测物固定在指定位置上。测试应该在智能家电处于典型工作状态下进行。如果由于 OTA 暗室环境的限制,智能家电无法处于完整的工作状态,则需要尽可能模拟其典型工作状态。

(2) 测试配置

关闭智能家电的 Wi-Fi 搜索功能、省电模式、蓝牙功能和蜂窝模块。如果智能家电支持 ICMP 测试方式,则应在 ICMP 模式下进行总全向辐射功率测试,否则应在 ACK 模式下进行测试。

(3) 测试步骤

测量智能家电的辐射发射特性需要在不同球面位置上采集辐射功率数据,并通过分析这些数据来计算有效的空间三维辐射功率特性。测试流程包括以下步骤:设置测量仪器和接收端的衰减;在指定信道、调制方式和数据速率下,使用测量仪器向智能家电发送信号并建立连接;按照指定的发包方式向智能家电发送数据包,智能家电回复环回数据包;测量仪器对返回的数据包进行测量,得出功率值。然后,通过在球坐标的 Theta 轴和 Phi 轴上分别间隔 15° 取一个测量点,并在每个极化方向上重复测试流程,共测试 264 个点。最终,通过将采集到的数据应用公式计算,可以得出智能家电的总全向辐射功率。请注意,在 Theta=0° 和 Theta=180° 不进行测试。

$$TIRP \approx \frac{\pi}{2NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [EIRP_{\theta}(\theta_i, \phi_j) + EIRP_{\phi}(\theta_i, \phi_j)] \sin(\theta_i)$$

(1)

(4) 测试结果

测试结果按照如表9格式进行记录,并保存其3D图形。

表9 TRP 记录表

待测物编号				
测试制式	测试带宽	测试信道	测试速率	总全向辐射功率

(5) 性能改进

按照(1)、(2)、(3)步骤,测试智能家电在待机模式下的 TIRS,将待机模式下测得的 TIRP 值与典型工作模式下的 TIRP 值进行比较,分析差异产生的原因,进而减小工作电路对

TIRP 的影响。

3.2 总全向辐射灵敏度测试 TIRS

(1) 测试布置

为了进行智能家电的测试,需要将其放置在 OTA 暗室中,并确保其三维几何中心与静区中心对齐。同时,测试夹具也应该能够稳固地固定住待测物。在测试过程中,智能家电需要处于典型工作状态或模拟该状态。如果由于 OTA 暗室的环境限制而无法完全模拟典型工作状态,智能家电应尽可能保持最完备的功能状态。

(2) 测试配置

在进行总全向辐射灵敏度测试时,需要关闭智能家电的 Wi-Fi 搜索模式、省电模式、蓝牙功能以及蜂窝模块,以确保测试结果的准确性。测试应在 ACK 模式下进行,以测量智能家电在特定频率和速率下的辐射功率水平。

(3) 测试步骤

智能家电的辐射接收性能是通过测量其周围不同球面位置的接收灵敏度数值计算得出的。通过分析采样球面上各个采集点的接收灵敏度数据,经过计算得到家电产品的有效接收灵敏度,从而获得智能家电的空间三维辐射接收特性。

测试流程如下:设置测量仪器的衰减值;设置接收端的衰减;设置测量仪器在指定信道、调制方式、数据速率下发射信号;智能家电与测量仪器建立连接;测量仪器以指定的发包方式向智能家电发送数据包;智能家电收到数据包后回复 ACK 给测量仪器;测量仪器计算误包率,并增加测量仪器的衰减,直至误包率降至 90%以下;转换测量点,重复测试流程。

在球坐标的 Theta 轴和 Phi 轴分别间隔 30° 取一个测量点,在 Theta=0° 和 Theta=180° 不用测试,每个极化方向共计测试 90 个点。将每个点采集到的数据通过特定的公式计算,即可得出智能家电的总全向辐射灵敏度。

$$TIRS \approx \frac{2NM}{\pi \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left[\frac{1}{EIS_{\theta}(\theta_i, \phi_j)} + \frac{1}{EIS_{\phi}(\theta_j, \phi_j)} \right] \sin(\theta_i)} \quad (2)$$

(4) 测试结果

测试结果应按照表格 10 的格式记录,并生成相应的三维

图形进行保存。

表 10 TIS 记录表

待测物编号				
测试制式	测试带宽	测试信道	测试速率	总全向辐射灵敏度

(5) 性能改进

按照 (1)、(2)、(3) 步骤,测试智能家电在待机模式下的 TIRS,并将测试结果与典型工作模式下的 TIRS 进行比较,分析产生差异的原因,并采取措施减小工作电路对 TIRS 的影响。

4 结语

综上所述,目前智能家电仅将 Wi-Fi 传导射频测试纳入国内市场准入测试要求,相较于空间射频测试方法,传导射频测试更多是评估无线模块的性能,并不能反映智能家电在实际工作中的射频性能。采用本文提出的在 OTA 暗室中测试智能家电 Wi-Fi 的射频性能的方法,可以模拟智能家电工作环境,有效评估产品结构、天线位置、内部电路辐射对 Wi-Fi 射频性能的影响,根据其测试结果,可以为家电厂商对产品的改造升级提供思路并加以验证。随着更多智能无线通信产品进入居家环境,各设备间的无线共存干扰将对智能家电产品的射频性能提出更高要求,在智能家电产品投入市场前,对其进行空间射频性能测试将比以往任何时候更加重要。

[参考文献]

- [1]《智慧家庭空间分类及设计导则》标准解读[J]. 胡亚欣;焦利敏;亓新;黄橙;刘冬阳.中国标准化,2021(22)
- [2]GB/T 28219-2018. 智能家用电器通用技术要求[S]. 2018
- [3]一种无线通信系统性能测试方法[J]. 任学敏,卢莉萍. 纺织高校基础科学学报,2002(03)
- [4]对 IEC 60335-16.0 版本附录 U 的分析[J]. 卜宏泽;程儒;胡湘洪;彭琦. 电子产品可靠性与环境试验,2021(06)
- [5]智能家居产品通信可靠性测试评价标准解读[J]. 陈丽芬;赵鹏;亓新. 标准科学,2021(04)

上接第 229 页

严重磨损;最后,油尘混合物长时间粘壁容易致使废锅的换热效率进一步降低,严重的还会致使设备管道出现堵塞。以上问题常见于煤制天然气的相关项目中,但是对应的方法也只有对入炉的煤粒径进行严格控制,应对的措施相对单一,很难提升生产期间的稳定性以及操作弹性。

此时就可以通过旋风分离器来脱除液滴以及粉尘颗粒等,其可以高效去除超过 5 μm 大小的固体颗粒,且对于液滴整体的分离效率也相对较高,所以该设备常被应用于气流床、流化床的气化工艺中进行粗煤气的净化^[5]。当通过旋风分离器来净化粗煤气时,粉尘颗粒以及焦油液滴就会在分离器的流畅内进行聚并和碰撞,有助于两者的合成以及分离,实现协同促进脱除的良好效果。同时,焦油液滴能够促使入口的颗粒浓度进一步增大,促进整个分离器的压降不断降低,增大分离的效率;此时在分离器壁面附着的含尘焦油有一定的粘性,能够促使粉尘颗粒以及焦油液滴被高效捕捉;在此过程中,如果焦油淤积于分离器的器壁上,可以借助刮刀来进行刮除,或者使用加热夹套的形式来促使焦油粘度进一步降低,从而增强其流动性并进行排出。

结束语

总而言之,旋风分离器对于焦炉煤气的净化有着极其重要

的价值,其不仅代替了传统的过滤罐净化方式,还提升了焦炉煤气的整体净化工艺,优势如下:首先,促使焦炉煤气整体净化效果得到提升,高效分离了焦炉煤气内含有的各种杂质以及焦油等;其次,旋风分离器内有助于降低外部焦炉管网进行抽水作业的物力和人力消耗;最后,尽可能的减少密封部件、滤芯以及气阀等部件的检修次数和消耗,促进活塞机的运行周期得以有效延长。

[参考文献]

- [1]王智微,任海,张晓康,朱大立,华海峰,张建东.循环流化床锅炉旋风分离器对物料平衡的影响分析及应用[J]. 锅炉制造,2022(06):9-12.
- [2]谭卫川,吕国强,杜树忠,杜汕霖,马文会,顾光凯,付博强.基于有机硅单体合成反应器的旋风分离器性能优化的模拟研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版),2022,47(06):61-67+86.
- [3]白长盛.催化裂化沉降器顶旋风分离器直连改造后料腿结焦原因分析[J]. 炼油技术与工程,2022,52(06):19-22.
- [4]胡璐,徐勋达,潘威,吴宏观,余国贤.焦炉煤气络合铁净化及源头消除脱硫废液的研究[J]. 化工设计通讯,2021,47(03):151-153.
- [5]段一凡.焦炉煤气净化工序 VOCs 废气综合利用的探索[J]. 内蒙古煤炭经济,2021(12):135-136.