

ICS 33.120.99

L 99

团体标准

T/CIESC XXXX-2020

工业微波源能效等级标准

Energy efficiency rating standards for industrial microwave
sources

(征求意见稿)

2020-xx-xx 发布

2020-xx-xx 实施

中国化工学会 发布

目录

前 言.....	3
1 范围和目的.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语与定义.....	4
4 技术要求.....	5
5 实验测试方法.....	7
附录 A（规范性附录）工业微波源效率测试方法	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准的是推荐性的。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国化工学会提出并归口。

本标准起草单位：四川大学、电子科技大学、中国测试技术研究院、烟台北方微波技术有限公司、深圳麦格米特电气股份有限公司、南京三乐微波技术发展有限公司、京信通信系统控股有限公司、四川宏图普新微波科技有限公司、成都沃特塞恩电子技术有限公司

本标准主要起草人：黄卡玛、张兆镗、季天仁、王佑铭、朱铎丞、刘长军、杨阳、曾葆青、林先其、李兴兴、王爱华、官继红、王荣川、樊奇彦、李俊宏

工业微波源能效等级标准

1 范围和目的

本标准规定了应用于工业微波领域的磁控管微波源和固态微波源的能效等级、能效试验方法和检验规则。

本标准适用于利用频率在 300MHz~6GHz 范围内的微波能量来激励或加热的工业微波设备，包括微波单功能的工业设备、与其他形式能量源组合激励以及加热的工业设备。

本标准不适用于家用领域的微波设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文。

本文件没有规范性引用文件。

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业磁控管微波源 Industrial magnetron microwave source

应用在工业微波能应用领域，交流电供电，采用磁控管产生微波能量的设备单元。

3.2

工业固态微波源 Industrial solid state microwave source

应用在工业微波能应用领域，交流电供电，采用半导体固态有源器件，产生微波能量的设备单元。

3.3

微波能效合格值 Minimum allowable values of energy efficiency for microwave generator

本标准规定测试条件下微波源的最低允许效率值，单位为百分数（%）。

3.4

微波功率计 Microwave Power Meter

主要用于计量和测量功率。通过功率测量可以获得功率、衰减、增益、电压、电流、介电常数、相位角、复反射系数等参数。

3.5

交流电功率计 Alternating current power meter

用于测量交流电功率的仪器。

3.6

波导定向耦合器 Waveguide directional coupler

是一种波导系统通用的微波/毫米波部件，可用于信号的隔离、分离和混合，如功率的监测、源输出功率稳幅、信号源隔离、传输和反射的扫频测试等。主要技术指标有方向性、驻波比、耦合度、插入损耗。

3.7

同轴衰减器 Coaxial attenuator

一种能量损耗性射频/微波元件，元件内部含有电阻性材料。

4 技术要求

4.1 功率等级

据工作频段，将工作在 433MHz、915MHz、2450MHz 和 5800MHz 频段的工业磁控管微源的输出功率等级做相应的功率范围划分，如表 1 所示。

表 1 工业磁控管微波源的输出功率等级

频率 功率	433MHz	915MHz	2450MHz	5800MHz
功率范围 1	50kW < P ≤ 75kW	P ≤ 30kW	P ≤ 1kW	P ≤ 1kW
功率范围 2	75kW < P ≤ 100kW	30kW < P ≤ 75kW	1kW < P ≤ 5kW	1kW < P ≤ 2kW
功率范围 3		75kW < P ≤ 100kW	5kW < P ≤ 15kW	
功率范围 4			15kW < P ≤ 30kW	

据工作频段，将工作在 433MHz、915MHz、2450MHz 和 5800MHz 频段的工业固态微波源的输出功率等级做相应的功率范围划分，如表 2 所示。

表 2 工业固态微波源的输出功率范围

频率 \ 功率	433MHz	915MHz	2450MHz	5800MHz
功率范围 1	$P \leq 2\text{kW}$	$P \leq 2\text{kW}$	$1\text{kW} < P \leq 5\text{kW}$	$P \leq 200\text{W}$
功率范围 2	$2\text{kW} < P \leq 10\text{kW}$	$2\text{kW} < P \leq 10\text{kW}$	$5\text{kW} < P \leq 10\text{kW}$	$200\text{W} < P \leq 1\text{kW}$
功率范围 3	$10\text{kW} < P \leq 15\text{kW}$	$10\text{kW} < P \leq 15\text{kW}$	$P > 10\text{kW}$	$P > 1\text{kW}$
功率范围 4	$P > 15\text{kW}$	$P > 15\text{kW}$		

4.2 能效等级

4.2.1 工业磁控管微波源能效等级

工业磁控管微波源能效等级分为 3 级，该能效为交流电到微波的转换效率，其中 1 级能效最高。各等级产品所对应的能效要求不应低于表 3 的规定。

表 3 磁控管微波源各等级能效要求

等效等级		能效等级 1	能效等级 2	能效等级 3
频率功率范围				
433MHz	功率范围 1	$\eta \geq 84\%$	$84\% > \eta \geq 79\%$	$79\% > \eta \geq 72\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 87\%$	$87\% > \eta \geq 82\%$	$82\% > \eta \geq 75\%$
915MHz	功率范围 1	$\eta \geq 80\%$	$80\% > \eta \geq 75\%$	$75\% > \eta \geq 66\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 82\%$	$82\% > \eta \geq 77\%$	$77\% > \eta \geq 70\%$
	功率范围 3	$\eta \geq 85\%$	$85\% > \eta \geq 80\%$	$80\% > \eta \geq 73\%$
2450MHz	功率范围 1	$\eta \geq 63\%$	$63\% > \eta \geq 58\%$	$58\% > \eta \geq 51\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 65\%$	$65\% > \eta \geq 60\%$	$60\% > \eta \geq 53\%$
	功率范围 3	$\eta \geq 68\%$	$68\% > \eta \geq 63\%$	$63\% > \eta \geq 56\%$
5800MHz	功率范围 1	$\eta \geq 58\%$	$58\% > \eta \geq 53\%$	$53\% > \eta \geq 46\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 60\%$	$60\% > \eta \geq 55\%$	$55\% > \eta \geq 48\%$

4.2.1 工业固态微波源能效等级

工业固态微波源能效等级分为 3 级，该能效为交流电到微波的转换效率，其中等级 1 的能效最高。工业固态微波源产品所对应的的能效要求不应低于表 4 的规定。工业固态微波源产品的能效要求所对应的工作频率均需按照表 4 进行设定与标注。

表 4 工业固态微波源各等级能效要求

能效等级		能效等级 1	能效等级 2	能效等级 3
频率功率范围				
433MHz	功率范围 1	$\eta \geq 70\%$	$70\% > \eta \geq 60\%$	$60\% > \eta \geq 55\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 65\%$	$65\% > \eta \geq 58\%$	$58\% > \eta \geq 53\%$
	功率范围 3	$\eta \geq 63\%$	$63\% > \eta \geq 55\%$	$55\% > \eta \geq 50\%$
	功率范围 4	$\eta \geq 60\%$	$60\% > \eta \geq 52\%$	$52\% > \eta \geq 47\%$
915MHz	功率范围 1	$\eta \geq 65\%$	$65\% > \eta \geq 55\%$	$55\% > \eta \geq 50\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 63\%$	$63\% > \eta \geq 53\%$	$53\% > \eta \geq 48\%$
	功率范围 3	$\eta \geq 60\%$	$60\% > \eta \geq 50\%$	$50\% > \eta \geq 45\%$
	功率范围 4	$\eta \geq 57\%$	$57\% > \eta \geq 47\%$	$47\% > \eta \geq 42\%$
2450MHz	功率范围 1	$\eta \geq 60\%$	$60\% > \eta \geq 52\%$	$52\% > \eta \geq 47\%$
	功率范围 2	$\eta \geq 58\%$	$58\% > \eta \geq 50\%$	$50\% > \eta \geq 45\%$
	功率范围 3	$\eta \geq 55\%$	$55\% > \eta \geq 47\%$	$47\% > \eta \geq 42\%$
	功率范围 4	$\eta \geq 50\%$	$50\% > \eta \geq 45\%$	$45\% > \eta \geq 40\%$
5800MHz	功率范围 1	/	/	$\eta \geq 35\%$
	功率范围 2	/	/	$\eta \geq 30\%$
	功率等级 3	/	/	$\eta \geq 25\%$

4.3 能效限定值

微波源的能效合格值为能效等级要求表中的能效等级 3（磁控管微波源的能效等级要求见表 3，固态微波源的能效等级要求见表 4）。

5 实验测试方法

微波源能效按照附录 A 的要求进行试验测试

附录 A
(规范性附录)

工业微波功率源效率测试方法

A.1 测试的一般条件

除非另有规定，测量在下述条件下进行。

A.1.1 试验环境

试验在无强制对流空气且环境温度为 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 45%~75%的场所进行。

A.1.2 试验电源参数要求

市电 $220\text{V} \pm 1\%$ 电压，交流频率 $50\text{Hz} \pm 1\%$ ，交流谐波失真不能超过 5%。

工业用电 $380\text{V} \pm 1\%$ 电压，交流频率 $50\text{Hz} \pm 1\%$ ，交流谐波失真不能超过 5%。

A.1.3 试验仪器

微波功率计：频率范围 50MHz 到 18GHz、功率测试准确度： $\pm 0.5\%$ ；

交流电功率计：测试 220V 市电输入功率或者 380V 工业用电输入功率、功率测试准确度： $\pm 1\%$ ；

波导定向耦合器：采用波导射频接口，用于对输出微波信号进行耦合取样（注：433MHz 频段对应波导接口为 BJ5、915MHz 频段对应波导接口为 BJ9、2450MHz 频段对应波导接口为 BJ22、5800MHz 频段对应波导接口为 BJ58），详细要求如下：

耦合度 $\geq 40\text{dB}$ ；

耦合方向性 $\geq 20\text{dB}$ ；

插入损耗 $\leq 0.25\text{dB}$ ；

大功率同轴衰减器：承受通过功率 $\geq 2\text{kW}$ 、DC-6GHz(或以上)、 $\text{VSWR} \leq 1.2:1$ 、衰减量 $\geq 50\text{dB}$ ，测试频段衰减平坦度 $\leq \pm 0.1\text{dB}$ ；

大功率水负载：承受吸收微波功率大于系统的输入功率、对应测试频率 $\text{VSWR} \leq 1.2:1$ 。

A.2 试验方法

A.2.1 测试系统搭建

工业微波源输出接口为射频同轴接口，能效测试采用同轴测试系统，按照图 1 连接测试系统；

工业微波源输出接口为波导接口，能效测试采用波导测试系统，按照图 2 连接测试系统。

A. 2. 2 实验步骤

按照测试系统连接好，检查无误后，打开电源；

首先使用网络分析仪校准连接待测器件的线缆、转换器等器件，获得连接使用的所有连接件的插损参数。

设置微波源输出功率至额定功率，待微波源稳定工作 5 分钟后，从微波功率计读取微波源的输出功率值，并考虑连接器件的插损参数，获得实际输出功率记为 P_{MW} ，从交流功率计读取交流电的输入功率值记为 P_{AC} 。

微波源的效率用式 (A. 1) 计算：

$$\eta = \frac{P_{MW}}{P_{AC}} \quad (\text{A. 1})$$

式中：

P_{AC} ——交流电的输入功率，W；

P_{MW} ——微波源的输出功率，W。

效率采用百分数表示，精确至小数点后 1 位。

A. 3 测试系统框图

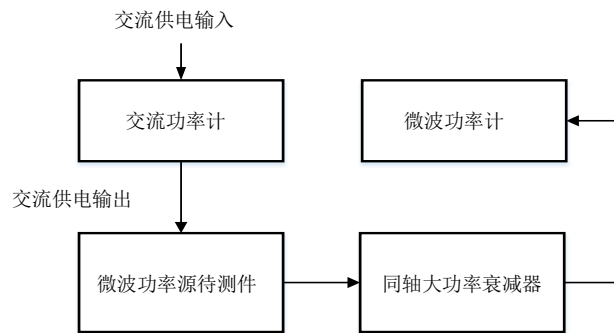


图 1 同轴测试系统框图（适用于同轴接口微波源测试）

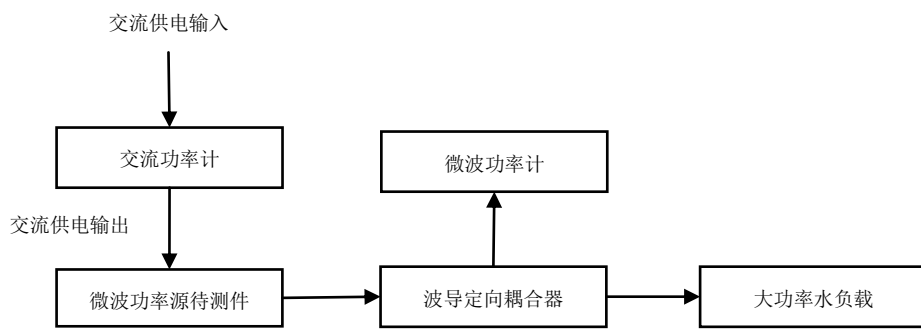


图 2 波导测试系统框图（适用于波导接口微波源测试）