

ICS 33.120.99

CCS L 99

CIESC

中国化工学会团体标准

T/CIESC 0014—2021

工业微波源能效等级标准

Energy efficiency rating standards for industrial microwave
generators

2021-02-04 发布

2021-04-01 实施

中国化工学会 发布

目 次

| | |
|------------------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语与定义 | 1 |
| 4 技术要求 | 2 |
| 5 试验方法 | 4 |
| 附录 A（规范性）工业微波功率源能效试验方法 | 5 |



前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国化工学会提出并归口。

本文件起草单位：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、成都沃特塞恩电子科技有限公司。

本文件主要起草人：黄卡玛、张兆镛、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

本文件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。

本文件适用于利用频率在 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。

本文件不适用于家用领域的微波设备。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语与定义

下列术语及定义适用于本文件。

3.1

工业磁控管微波源 Industrial magnetron microwave generator

应用在工业微波能应用领域,交流电供电,由磁控管、电源、控制电路等组成产生微波能量的设备单元。

3.2

工业固态微波源 Industrial solid state microwave generator

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、电源、控制电路等组成产生微波能量的设备单元,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

本文件规定测试条件下可以接受的微波源最低能量转换效率值,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。用于测量微波功率的一种仪器。

3.5

电参数测试仪 Digital power meter

用于测量交流电功率、功率因素的谐波失真的仪器。

3.6

波导定向耦合器 Waveguide directional coupler

是一种通用的微波/毫米波部件，可用于信号的隔离、分离和混合，如功率的检测、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

工作在频率范围 $433.92 \pm 0.87\text{MHz}$ 、 $915 \pm 15\text{MHz}$ 、 $2450 \pm 50\text{MHz}$ 和 $5800 \pm 75\text{MHz}$ 频段的工业磁控管微波源的输出功率等级的功率范围划分见表 1。

表 1 工业磁控管微波源的输出功率范围

| 输出功率(P)范围 | 工作频率范围 | | | |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | $433.92 \pm 0.87\text{MHz}$ | $915 \pm 15\text{MHz}$ | $2450 \pm 50\text{MHz}$ | $5800 \pm 75\text{MHz}$ |
| 功率范围 1 | $50\text{kW} < P \leq 75\text{kW}$ | $P \leq 30\text{kW}$ | $P \leq 1\text{kW}$ | $P \leq 1\text{kW}$ |
| 功率范围 2 | $75\text{kW} < P \leq 100\text{kW}$ | $30\text{kW} < P \leq 75\text{kW}$ | $1\text{kW} < P \leq 5\text{kW}$ | $1\text{kW} < P \leq 2\text{kW}$ |
| 功率范围 3 | - | $75\text{kW} < P \leq 100\text{kW}$ | $5\text{kW} < P \leq 15\text{kW}$ | - |
| 功率范围 4 | - | - | $15\text{kW} < P \leq 30\text{kW}$ | - |

工作在频率范围 $433.92 \pm 0.87\text{MHz}$ 、 $915 \pm 15\text{MHz}$ 、 $2450 \pm 50\text{MHz}$ 和 $5800 \pm 75\text{MHz}$ 频段的工业固态微波源的输出功率等级的功率范围划分见表 2。

表 2 工业固态微波源的输出功率范围

| 输出功率(P)范围 | 工作频率范围 | | | |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 433.92±0.87MHz | 915±15MHz | 2450±50MHz | 5800±75MHz |
| 功率范围 1 | $P \leq 2\text{kW}$ | $P \leq 2\text{kW}$ | $P \leq 1\text{kW}$ | $P \leq 200\text{W}$ |
| 功率范围 2 | $2\text{kW} < P \leq 10\text{kW}$ | $2\text{kW} < P \leq 10\text{kW}$ | $1\text{kW} < P \leq 5\text{kW}$ | $200\text{W} < P \leq 1\text{kW}$ |
| 功率范围 3 | $10\text{kW} < P \leq 15\text{kW}$ | $10\text{kW} < P \leq 15\text{kW}$ | $5\text{kW} < P \leq 10\text{kW}$ | $P > 1\text{kW}$ |
| 功率范围 4 | $P > 15\text{kW}$ | $P > 15\text{kW}$ | $P > 10\text{kW}$ | - |

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，分别为 E1、E2 和 E3，该能效为交流电到微波的转换效率，其中 1 级能效（E1）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

| 工作频率范围 | 输出功率(P)范围 | 能效等级 (E) | | |
|----------------|-----------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 能效等级 1 (E1) | 能效等级 2 (E2) | 能效等级 3 (E3) |
| 433.92±0.87MHz | 功率范围 1 | $\eta \geq 84\%$ | $84\% > \eta \geq 79\%$ | $79\% > \eta \geq 72\%$ |
| | 功率范围 2 | $\eta \geq 87\%$ | $87\% > \eta \geq 82\%$ | $82\% > \eta \geq 75\%$ |
| 915±15MHz | 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 | $\eta \geq 85\%$ | $85\% > \eta \geq 80\%$ | $80\% > \eta \geq 73\%$ |
| 2450±50MHz | 功率范围 1 | $\eta \geq 61\%$ | $61\% > \eta \geq 56\%$ | $56\% > \eta \geq 49\%$ |
| | 功率范围 2 | $\eta \geq 63\%$ | $63\% > \eta \geq 58\%$ | $58\% > \eta \geq 51\%$ |
| | 功率范围 3 | $\eta \geq 65\%$ | $65\% > \eta \geq 60\%$ | $60\% > \eta \geq 53\%$ |
| | 功率范围 4 | $\eta \geq 68\%$ | $68\% > \eta \geq 63\%$ | $63\% > \eta \geq 56\%$ |
| 5800±75MHz | 功率范围 1 | $\eta \geq 58\%$ | $58\% > \eta \geq 53\%$ | $53\% > \eta \geq 46\%$ |
| | 功率范围 2 | $\eta \geq 60\%$ | $60\% > \eta \geq 55\%$ | $55\% > \eta \geq 48\%$ |

4.2.2 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

| 工作频率范围 | 输出功率 (P) 范围 | 能效等级 (E) | | |
|-------------|-------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 能效等级 1 (E1) | 能效等级 2 (E2) | 能效等级 3 (E3) |
| 433±0.87MHz | 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 | $\eta \geq 60\%$ | $60\% > \eta \geq 52\%$ | $52\% > \eta \geq 47\%$ |
| 915±15MHz | 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 | $\eta \geq 57\%$ | $57\% > \eta \geq 47\%$ | $47\% > \eta \geq 42\%$ |
| 2450±50 MHz | 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 | $\eta \geq 50\%$ | $50\% > \eta \geq 45\%$ | $45\% > \eta \geq 40\%$ |
| 5800±75 MHz | 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 能效合格值

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 试验方法

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)

工业微波功率源能效试验方法

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、环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 并且相对湿度为 45%~75%的场所进行,排除其他电磁辐射干扰。

A.1.2 试验电源参数要求

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

工业用电 $380\text{V} \pm 5\%$ 电压,交流频率 $50\text{Hz} \pm 1 \text{ Hz}$,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 6GHz,功率测试准确度: $\pm 0.5\%$;

电参数测试仪: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 $\leq -60\text{dB}$;

耦合方向性 $\leq -30\text{dB}$;

插入损耗 $\leq 0.01\text{dB}$ 。

大功率同轴衰减器:承受通过功率 $\geq 2\text{kW}$,DC-6GHz(或以上),并且对应测试频率 $\text{VSWR} \leq 1.1:1$,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,并且对应测试频率 $\text{VSWR} \leq 1.2:1$ 。

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 A.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 A.2 连接系统。

A.2.2 试验步骤

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；

然后按照测试系统框图搭建好系统，检查无误后，打开电源；

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，并扣除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(η)用式 (A.1) 计算：

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

式中：

η ——微波源的效率，采用百分数表示，精确至小数点后 1 位；

P_{AC} ——交流电的输入功率，单位为瓦 (W)；

P_{MW} ——微波源的输出功率，单位为瓦 (W)。

A.3 测试系统框图

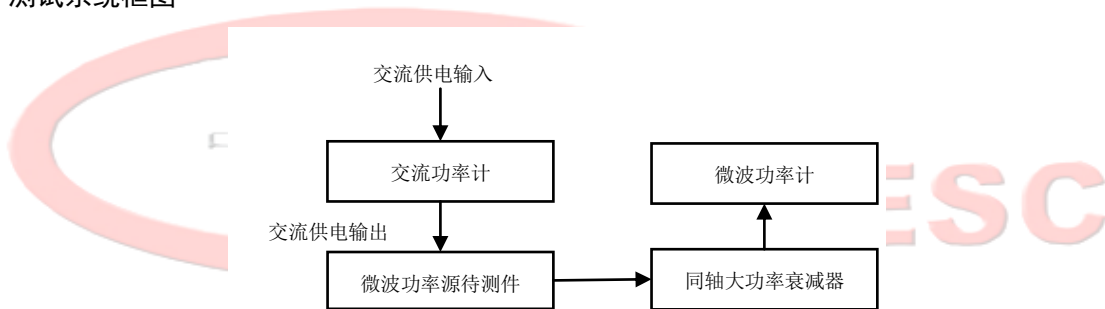


图 A.1 同轴测试系统框图 (适用于同轴接口微波源测试)

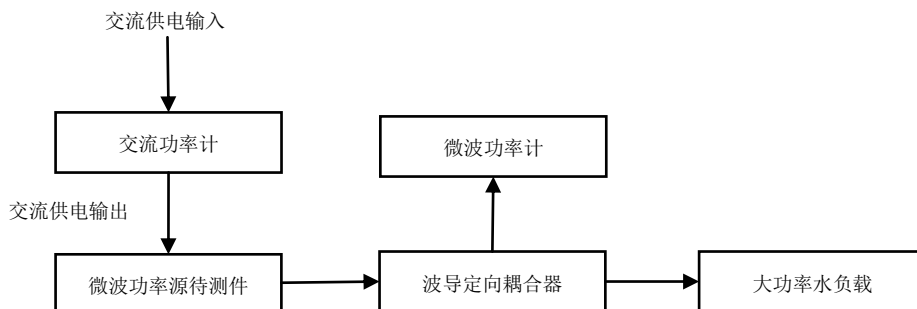


图 A.2 波导测试系统框图 (适用于波导接口微波源测试)