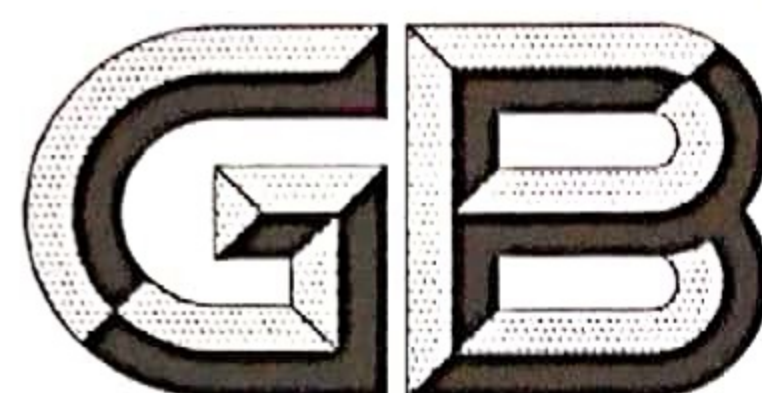




中华人民共和国国家标准

GB/T 10066.6—2018
代替 GB/T 10066.6—2008

电热和电磁处理装置的试验方法 第6部分：工业微波加热装置输出功率 的测定方法

Test methods for electroheating and electromagnetic processing installations—
Part 6: Test methods for the determination of power output of industrial
microwave heating installations

(IEC 61307:2011, Industrial microwave heating installations—
Test methods for the determination of power output, MOD)

2018-12-28 发布

2019-07-01 实施



国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 微波功率测量方法	4
4.1 概述	4
4.2 可用微波输出功率	4
4.3 微波工作负载功率	4
4.4 有效微波功率和效率	5
5 量热式功率测量	5
5.1 概述	5
5.2 直接水负载的功率测量	5
5.3 假负载功率测量	6
6 微波工作负载功率测定	6
7 有效微波功率的测定	6
7.1 概述	6
7.2 开口容器水负载测定法	7
7.3 开口容器水负载升温 and 汽化测定法	7
7.4 使用其他液体的试验	8
8 效率的测定	9
8.1 可用微波输出功率测量	9
8.2 装置输入总功率测量	9
8.3 微波加热设备电效率	9
8.4 微波加热装置加热效率	10
9 待机功率消耗	10
附录 A (资料性附录) 本部分与 IEC 61307:2011 相比的结构变化情况	11
附录 B (资料性附录) 水的热力性质	13
参考文献	15

前 言

GB/T 10066《电热和电磁处理装置的试验方法》现有 12 个部分：

- 第 1 部分：通用部分；
- 第 3 部分：有心感应炉和无心感应炉；
- 第 31 部分：高频感应加热装置发生器输出功率的测定；
- 第 4 部分：间接电阻炉；
- 第 5 部分：电热和电化学用等离子体设备；
- 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法；
- 第 7 部分：具有电子枪的电热装置；
- 第 8 部分：电渣重熔炉；
- 第 9 部分：高频介质加热装置输出功率的测定；
- 第 10 部分：直接电弧炉；
- 第 11 部分：埋弧炉；
- 第 12 部分：红外加热装置。

本部分为 GB/T 10066 的第 6 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 10066.6—2008《电热装置的试验方法 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法》。与 GB/T 10066.6—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 标准的名称和范围扩大至包括材料的电磁处理装置和设备；
- 增加了“微波加热装置”“真空微波干燥装置”等 22 个术语；
- 删除了“设备类型及输出功率”“5 输出功率试验负载”和“6 试验说明”，调整为新的章节及内容“4 微波功率测量方法”“5 量热式功率测量”“6 微波工作负载功率测定”“7 有效微波功率的测定”“8 效率的测定”“9 待机功率消耗”；
- 增加了“附录 A 水的热力性质”。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 61307:2011《工业微波加热装置 输出功率的测定方法》。

本部分与 IEC 61307:2011 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本部分与 IEC 61307:2011 的章条编号对照一览表。

本部分与 IEC 61307:2011 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 2900.23 代替了 IEC 60050-841；
 - 用等同采用国际标准的 GB 5959.6 代替了 IEC 60519-6；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 14733.2 代替了 IEC 60050-726；
- 为了便于理解本部分，增加了“微波加热装置”等 6 个术语；
- 根据国内开口容器常用测定方法，增加了“7.3 开口容器水负载升温 and 汽化测定法”；
- 为便于理解本部分，增加了“8.3 微波加热设备电效率”“8.4 微波加热装置加热效率”。

本部分还做了下列编辑性修改：

- 修改了标准名称；
- 在“范围”中增加了注；

——增加了资料性附录 A“本部分与 IEC 61307:2011 相比的结构变化情况”；

——增加了资料性附录 B“水的热力性质”；

——增加了参考文献 IEC 60398:2015。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位：贵阳新奇微波工业有限责任公司、昆明理工大学、西安电炉研究所有限公司、鹰领航空高端装备技术秦皇岛有限公司、国家电炉质量监督检验中心。

本部分主要起草人：吴能福、彭金辉、袁芳兰、杨育林、葛华山、吴琦、童斌斌、张利波、郑晓强、胡途。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 18662—2002；

——GB/T 10066.6—2008。

电热和电磁处理装置的试验方法

第6部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法

1 范围

GB/T 10066 的本部分规定了测定工业微波加热装置的微波可用输出功率、工作负载功率和有效功率,以及微波加热设备电效率和微波加热装置加热效率的试验方法。

本部分仅适用于频率在 300 MHz~300 GHz 范围内的工业微波加热设备和装置。

注：国际上规定的微波加热专用频率是(915±25) MHz、(2 450±50) MHz、(5 800±75) MHz 以及(22 125±125) MHz,常用的是前两个频段。

本部分涉及的工业微波加热设备需在正常负载下运行。

本部分不适用于家用或类似用途的(包含在 GB 4706.21)、商用的(包含在 GB 4706.90)或实验用(包含在 GB 4793.6)的电器。

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)适用于本文件。

GB/T 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置(IEC 60050-841:2004, IDT)

GB 5959.6 电热装置的安全 第6部分：工业微波加热设备的安全规范(GB 5959.6—2008, IEC 60519-6:2002, IDT)

GB/T 14733.2—2008 电信术语 传输线和波导(IEC 60050-726:1982, IDT)

IEC 60050-221:1990 国际电工词汇 第221章：磁性材料和元件(International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 221: Magnetic materials and components)

修改单 1(Amendment 1)(1993)

修改单 2(Amendment 2)(1999)

修改单 3(Amendment 3)(2007)

3 术语和定义

GB 5959.6 和 GB/T 2900.23—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微波加热设备 microwave heating equipment

用来产生微波能并将其传送给微波工作负载进行加热的设备。

通常包括具有环形器(如使用)的微波发生器或微波发生器组件、微波应用器或微波谐振腔、内部连接电缆和波导等。

注：GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-06, 有修改。

3.2

微波加热装置 microwave heating installation

由微波加热设备及其在操作和使用中所必需的电气和机械附属设备所组成的成套装置。

3.3

真空微波干燥装置 vacuum microwave drying installation

在真空状态下,对微波工作负载进行干燥的微波加热装置。

注:真空微波干燥装置能对中草药、烟叶、水果等物料进行低温、快速干燥,具有明显的节能和保鲜作用。

3.4

量热式功率计 calorimetric power meter

量热仪功率计 calorimeter power meter

利用介质温升作为测量吸收功率方法的功率计。

注:这种介质通常是水,或作为功率吸收剂或让热量从功率吸收体传递给它。

[GB/T 14733.2—2008,定义 726-21-10]

3.5

环行器 circulator

具有三个或更多端口的无源器件,输入其任一端口的功率按照确定的顺序被传送到下一个端口。

注1:环形器的典型形式是T形接头(见GB/T 14733.2—2008,726-17-12)或Y形接头(见GB/T 14733.2—2008,726-17-13)的接头式环行器(见IEC 60050-221:1990,221-05-14)。

注2:IEC 60050-221:1990,定义 221-05-11,有修改。

3.6

交叉耦合(在发生器之间) cross coupling(between generators)

由一个或多个其他微波发生器或微波发生器组件引起的在微波发生器内或微波发生器组件的传输线输出端口出现的不希望有的微波能。

3.7

插入损耗 insertion loss

由某网络插入传输系统造成的损失,即网络插入前传递到该系统的该网络插入处后的那部分的功率与插入后传递到那部分的功率之比。

注1:插入损耗通常用分贝表示。

注2:GB/T 14733.2—2008,定义 726-06-07,有修改。

3.8

隔离(三端口环形器的) isolation(of a three-port circulator)

主输出端口和主输入端口之间的反向衰减,所有端口呈阻抗匹配状态。

注1:隔离不宜与相邻端口之间发生的反向损失混淆。

注2:隔离是环行器交叉耦合的一种特殊情况[GB/T 14733.2—2008,726-16-06]。

3.9

应用器门 means of access

微波加热设备的不用工具就能打开或卸掉以供进出微波应用器或微波谐振腔内部的所有结构件。

3.10

微波应用器 microwave applicator

把微波能施加到负载的结构件。

[GB/T 2900.23—2008,定义 841-29-11]

3.11

微波谐振腔 microwave cavity

由金属内壁和门或进出口所包围的放置微波负载的空间。

注:GB/T 2900.23—2008,定义 841-29-19,有修改。

3.12

微波外罩 microwave enclosure

用于把微波能限制在规定区域的结构件。

注 1: 如腔体、门密封结构和波导。

注 2: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-20, 有修改。

3.13

微波发生器 microwave generator

用来产生频率范围从 300 MHz~300 GHz 的电磁能的源。

注 1: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-16, 有修改。

注 2: 在本部分中, 微波发生器只是频率转换发生的组件。

3.14

微波发生器组件 microwave generator assembly

由微波发生器及其相关传输线输出端口组成的微波加热设备的一部分。

注 1: 该组件包括微波发生器、微波发生器的电源及其辅助和控制电路。如果使用了环形器, 也包括环形器。

注 2: 在本部分的前版本中, 含有微波发生器组件的微波加热设备被归为 A 类设备; 无传输线输出端口的设备被归为 B 类设备。

3.15

微波负载 microwave load

放进微波应用器或谐振腔中, 或放在开口微波应用器附近指定位置的物体 (包括盛放物料的容器等)。

注: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-12, 有修改。

3.16

微波透射性 microwave transparency

几乎不吸收和反射微波的材料特性。

注 1: 通常, 微波透明材料的相对介电常数小于 7, 损耗因数小于 0.015。然而, 如果微波工作负载的损耗因数低, 则需有更严格的要求。

注 2: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-14, 有修改。

3.17

微波工作负载 microwave workload

由微波处理的物料。

注 1: 工作负载容器不是微波工作负载的一部分, 而是微波负载的一部分。

注 2: GB/T 2900.23—2008, 定义 841-29-13, 有修改。

3.18

正常负载 normal load

制造商文件规定的在满微波功率输出时的标称微波负载。

3.19

正常运行 normal operation

制造商文件规定的, 在微波加热设备的允许工作条件下具有正常负载的微波输出功率范围的运行状态。

3.20

待机运行 standby(mode of) operation

允许立即正常运行的状态。

注 1: 这种运行模式通常发生在正常运行前后。

注 2: 如果工作负载的处理需要非环境条件, 如需提升温度, 则保持在这较高温度状态。

注 3: “立即”是指与正常的装载、卸载或更换工作负载相符的一个时间段。

注 4: 在该运行模式中, 磁控管阴极加热器电路可通电。

3.21

可用微波输出功率 available microwave power output

在微波发生器组件的输出端口测得的微波输出功率。

3.22

微波工作负载功率 microwave workload power

固定时间段内在微波工作负载内实现目标焓变所需的功率。

注：微波工作负载功率不包括盛装微波工作负载的任何容器的功率损失。

3.23

有效微波功率 effective microwave power

用模拟工作负载代替微波工作负载所测得的微波工作负载功率。

3.24

微波加热设备的电效率 electrical efficiency of microwave heating equipment

在规定的可用微波输出功率运行情况下,可用微波输出功率与微波加热设备主电路供电电源输入端的功率之比。

3.25

微波加热装置的加热效率 heating efficiency of microwave heating installation

在正常运行的功率设置条件下,微波工作负载功率或有效微波功率与微波加热装置输入功率之比。

4 微波功率测量方法

4.1 概述

本部分描述了三种不同的微波功率测量方法。它们的适用性取决于微波频率和功率等级,以及设备是否包括微波发生器组件。

注 1: 由于频率在 20 GHz 以上的波长是非常短的,持续施加功率可能成为具有短穿透深度的辐照类型,水不可能用于量热法,且本部分中一些测量微波功率沉积的方法可能不适用。在 300 MHz 的微波频带的低端,加热过程中负载的微波吸收能力可能是变化很大,可能需要大的负载质量,且代表性的人造液体负载对量热法可能难以使用。

注 2: 微波负载的微波吸收能力可变,特别是负载加热不均匀时。因此,宜小心处理按本部分获得的微波工作负载功率数据或具有替代液体负载的有效微波功率数据。无论如何,功率数据是重要的并且由此有关整体能源利用效率某些客观因数也成为一性能因数。

注 3: GB/T 18800 规定了一种测量家用微波炉的微波输出功率的方法。它使用大量的水负载,来补偿容器的热容量和与环境的热交换。从技术上讲,该方法给出了本部分定义的可用微波输出功率。

4.2 可用微波输出功率

可用微波输出功率在微波发生器组件的输出端口进行测量(见第 5 章)。

4.3 微波工作负载功率

用正常负载的量热测量可测定微波工作负载功率(见第 6 章)。

微波工作负载功率取决于微波工作负载的类型、工作负载的复杂介电常数随温度的变化、任何工作负载容器或支撑件以及微波应用器或谐振腔的设计。

由于部分或全部下列功率损失机制,可用微波输出功率总是大于微波工作负载功率:

- 微波发生器的阻抗不匹配;
- 微波外罩的金属表面损失;

- 由在微波外罩中盛装微波工作负载容器的微波透射性有瑕疵以及任何其他辅助件所产生的微波吸收；
- 微波外罩的微波泄漏；
- 交叉耦合造成的功率损失。

4.4 有效微波功率和效率

通常,实际微波工作负载不能很好的适用于量热测量。因而在量热测量中一般用液体替代物,并给出有效微波功率(见第7章和第8章)。

5 量热式功率测量

5.1 概述

本部分只给出量热式测量的原理。所采用的测量仪器和使用方法应符合已知的工程技术要求。水作为直接或间接吸收功率的物质。

5.2 直接水负载的功率测量

重要的是,任何直接吸收功率的水,其微波吸收能力和负载几何形状在实际使用的温度范围内均能提供具有良好的和基本上与温度无关的阻抗匹配。单位电导率在 $200\ \mu\text{S}/\text{cm} \sim 600\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 之间的氯化钠溶液应被用于频率低于 $900\ \text{MHz}$ 的直接吸收。

功率计通常由一段波导组成,波导内装有其内通水并可以使微波穿透的管子。水应充分混和。建议的水流量约为 $1\ \text{L}/(\text{min} \cdot \text{kW})$,但不小于 $0.5\ \text{L}/(\text{min} \cdot \text{kW})$ 。进出水温差应至少为 $10\ \text{K}$ 。

水的进口温度不应超过 $35\ ^\circ\text{C}$,出口温度不应超过 $60\ ^\circ\text{C}$ 。然而,当微波功率等级小于 $3\ \text{kW}$ 时,水的进出口温度应在环境温度的两侧,以减少热损失误差。

运行条件下,在上述规定的水温区间内,用具有匹配波导转换的网络分析仪或替代微波发生器组件的等效测量装置测得的电压驻波比(VSWR)不应超过 1.25。

如使用环形器,其隔离应大于 $20\ \text{dB}$,且与具有耗散终端的环形器的阻抗匹配应符合本条款的规定。

为避免形成可能导致喷发的蒸汽,应对水流量进行监控,例如使用水流量联锁开关。

水中消耗的功率可直接测量或与经校准的热水标准比较而得。

测量只应在水流量稳定,且微波发生器和负载运行在稳定的条件下进行。应使用高精度的温度计和流量计,以保证输出功率的测量准确度不差于 5% 。

可用微波功率输出 P 按式(1)计算:

$$P = \frac{4\,187 \cdot Q \cdot \Delta T}{60} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P ——可用微波输出功率,单位为瓦特(W);

Q ——水流量,单位为千克每分(kg/min);

4 187——水的比热,单位为焦耳每千克开尔文[$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];

60 ——所用单位导致的因数;

ΔT ——进出水温差,单位为开尔文(K)。

注:如果微波发生器组件包含用于保护微波发生器的具有耗散终端的环形器,则这可通过短路负载端口用作功率计。需注意该测量中插入损耗为 2 倍,但不适应于可用微波输出功率的测定评估。

5.3 假负载功率测量

假负载是一种与发生器匹配的低电抗电阻器,用于功率衰减,它可用空气自然对流冷却、强迫风冷或水冷。假负载通常用 50 W 的同轴馈线或 TE10 波导管与微波发生器或发生器组件连接。低功率等级时使用空气自然对流,较高功率(高至 2 kW)时可使用强迫风冷。

注:适用的两端口假负载市场上有售,供有经校正的插入损耗为 $-30\text{ dB} \sim -60\text{ dB}$,适用于市售功率计在假负载的输出端口使用。

有必要使用高精度的元件和仪器,以确保输出功率测量的准确度不差于 5%。

6 微波工作负载功率测定

本试验仅适用于试验过程中正常负载的比热和温升严格按照规定。另外,应能准确地测量处理后的平均温升。如果怀疑试验的最终结果的准确度差于 5%,则应采用第 5 章或第 7 章中规定的方法。

注:通常情况下,按本条规定的准确试验只能在连续处理可泵抽的工作负载过程中实施。只有当这些负载微波特性类似于正常负载时,它们才具有代表性。

要对微波工作负载的输入温度 $T_{\text{in}}(^{\circ}\text{C})$ 进行测量。在稳态处理过程中,将在微波加热设备中处理了预定时间 $t(\text{s})$ 的合适长度的微波工作负载快速取出作为样品,并提供热保温。然后通过强迫对流(搅拌或搓揉样品)或内部热传导达到温度平衡,之后测量样品的输出温度 T_{out} 和质量 m 。其比热 c 已被预先测定。

微波工作负载功率 P_{w} 根据式(2)计算:

$$P_{\text{w}} = \frac{(T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \cdot c \cdot m}{t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P_{w} ——微波工作负载功率,单位为瓦特(W);

T_{out} ——输出温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

T_{in} ——输入温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

c ——工作负载的比热,单位为焦耳每千克开尔文 [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];

m ——样品质量,单位为千克(kg);

t ——处理时间,单位为秒(s)。在该时间段后把质量为 m 的样品从微波加热设备中取出。

7 有效微波功率的测定

7.1 概述

本条规定的试验适用于当正常负载的比热不好确定、由不同物料组成或因其他原因其处理过程不适合根据第 6 章的规定进行功率测定的情况。为了得到合理的类似于正常负载微波吸收特性的介电性能和几何形状,正常负载被模拟负载代替。

在对所选择的模拟负载的代表性不能确定时,应用网络分析仪来确定其与正常负载的阻抗不匹配情况或应使用合适的替代品分别作为微波工作负载和模拟负载。除非在处理过程中正常负载的微波吸收能力很难表征或变化显著,由此引起的反射功率的计算偏差不宜超过被传输功率的 10%。估算的准确度应与计算的有效微波功率一起提出。

除非有明确规定或制造商同意,测量装置,包括工作负载容器,不应受电磁场的影响。应参考本部分,应在文件中详述选择的测量方法和结果。在预期使用期间,加载条件的变化通常会影响微波加热设备的效率,对此应给出说明。

7.2 开口容器水负载测定法

水应放置在薄壁开口容器中,容器由微波透射材料制成。

水量应以其所暴露的每千瓦微波发生器功率至少 0.5 L 计,水柱的高度应至少为 25 mm。除非制造商规定了特定模式,容器宜间距分布,使微波外罩内至少 40% 的可用区域被覆盖。

由于多个微波发生器或微波发生器组件之间交叉耦合的可能影响,试验应在许多微波发生器或微波发生器组件同时运行时进行,且微波外罩内大量面积被容器覆盖,任何这样的影响都被包括在测试结果中。

注:间歇式设备以及具有多种模式或辐照特性的和用于处理明显高于 50 mm 的负载的设备,可用单个或多个容器(每个盛几升水)进行试验。

由于每吸收 1 kW 微波功率时,每升水每分钟大约升温 14 K,试验的处理时间通常比正常负载的要短很多,这是为了避免对环境的热损失,尤其是通过蒸发的热损失。应注意有可能无法获得稳定状态,应对由此产生的任何可能误差进行记录。

由水加热的容器某些部分的热容量应用于修正有效微波功率的计算,可用储存在容器中的热能进行修正。

7.3 开口容器水负载升温 and 汽化测定法

本方法适用于在水负载功率测定过程中水的汽化无法避免的情况,如在真空微波干燥设备中或在高原地区进行水负载试验。试验的基本要求同 7.2,但补充如下:

在试验期间,水从起始温度升至沸点以及随后部分水汽化总共所需有效微波功率 P_e 。按式(3)计算:

$$P_e = \frac{(c \times \Delta T \times m_s) + (m_s - m_r) \times Q_s}{860 \times t} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

P_e ——有效微波功率,单位为千瓦(kW);

c ——液态水的比热, $c = 1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

ΔT ——水的沸点温度与水的初始温度之差,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

m_s ——初始装入的总水量,单位为千克(kg);

m_r ——剩余水量,单位为千克(kg);

Q_s ——水在沸点温度的汽化热,单位为千卡每千克(kcal/kg);

860 ——热能转换为电能的系数,单位为千卡每千瓦时[kcal/(kW · h)];

t ——试验时间,单位为小时(h)。

注 1: 在不同气压(不同海拔高度和不同腔内真空度)下,水的沸点是不同的,水的热力性质参见附录 B。常压下水的沸点是 100 $^\circ\text{C}$ 。

注 2: 水在不同沸点时的汽化热也是不同的。常压下水的沸点(100 $^\circ\text{C}$)汽化热是 539 kcal/kg。

试验应在微波加热设备正常运行在额定功率条件下进行。

试验时间约 30 min~60 min。

试验用总水量约按 2 kg/kW 计,每个开口容器的装水量应相同,其摆放位置应根据设备腔体进行合理布置。

在真空状态下,水的沸点很低,如真空度为 0.008 MPa 状态下水的沸点约 41.5 $^\circ\text{C}$,这就大大减少了试验期间微波加热设备的积蓄热和对环境的热损失,有利于测量准确度的提高。但腔内气压的高低会对汽化量有一定的影响,试验期间宜将抽气量维持在能及时排出水蒸气的最低值。有效微波功率测定的准确度应不差于 10%。

示例：在某企业进行的“真空状态下开口水负载升温 and 汽化升温测定试验”。

试验条件：

- 腔体体积： $\phi 500 \text{ mm} \times 830 \text{ mm}$ ；
- 容器材料：PP；
- 容器个数：2 个；
- 容器尺寸：见图 1，单位为毫米(mm)；
- 容器布置方式：见图 2。

单位为毫米

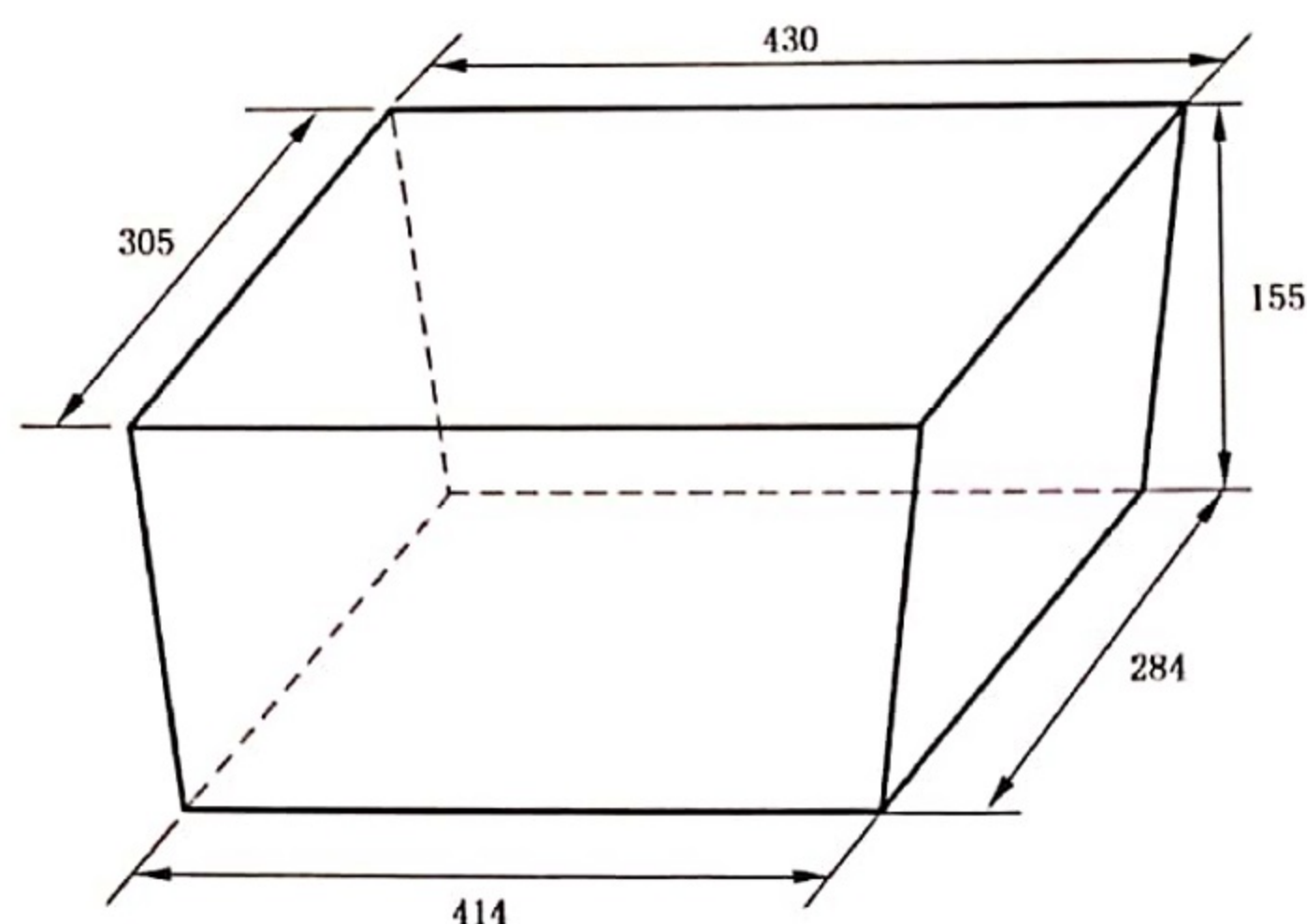


图 1 容器尺寸

单位为毫米

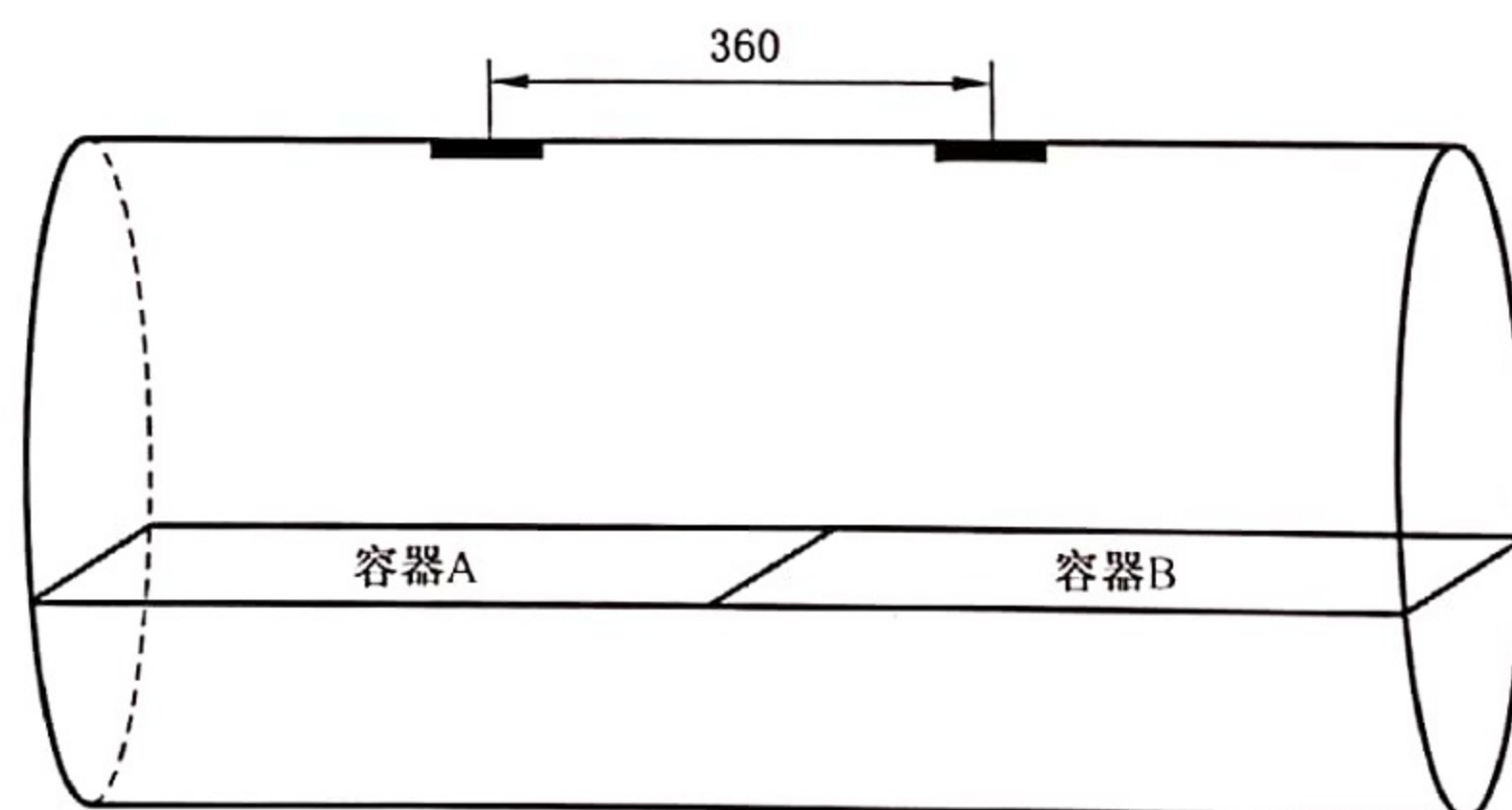


图 2 容器布置方式

设备在真空度 0.007 MPa 情况下启动 1 h；

c ——液态水的比热, $c = 1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

ΔT ——水的沸点温度与水的初始温度之差, $38.4 - 24 = 14.4 (^\circ\text{C})$ ；

m_s ——初始装入的总水量, $2 + 2 = 4 (\text{kg})$ ；

m_r ——剩余水量, $1.12 + 1.10 = 2.22 (\text{kg})$ ；

Q_s ——水在沸点温度下的汽化热, 查表为 $2\,410.6 \text{ kJ/kg} = 576.699 \text{ kcal/kg}$ ；

t ——试验时间, $t = 1 \text{ h}$ ；

根据式(3)计算有效微波功率 $P_e \approx 1.26 (\text{kW})$ 。

7.4 使用其他液体的试验

如果微波加热设备是用于处理低水分含量的正常负载如木材、某种类型的陶瓷、树脂或纸张, 或有小的或不均匀颗粒结构的正常负载, 水的介电性能就可能不具足够的代表性。

注 1: 在频率低于或甚至在工业、科学和医疗(ISM)频率 2 450 MHz 时,水的实际介电常数很高且其损耗因子可能太低而不宜作为正常负载功率吸收特性的代表。在 2 450 MHz 时,添加氯化钠可能会导致边缘过热和随后由蒸发引起的功率损失。此外,相比具有较低的实际介电常数和更不平整的顶表面的微波工作负载,水的高实际介电常数可能会由于在其表面更强的波反射而导致减少功率吸收。

特别是在微波加热设备具有分离的多个微波应用器且每个应用器有一个或几个微波发生器或微波发生器组件为其传送几千瓦的可用微波输出功率以及用于小型微波工作负载的干燥或类似处理时,建议使用具有低实际介电常数和良好微波吸收能力的液体。

注 2: 可使用甘油。工业甘油约含 15% 的水,可被接受,但宜检查其热参数。

在对频率从 434 MHz~5 800 MHz 的全部 ISM 频段且温度高达 50 °C 时,异丙醇具有良好的微波性能(低的实际介电常数、高的微波吸收率)。其在常压下的沸点为 32 °C,比热 c 为 2 560 J/(kg·K)。由于其闪点低,需小心使用。

可用每个盛装合适量的损耗性介电液体的,较为平坦、薄壁和密封的塑料袋来代替开口容器。建议的液体平均高度为 15 mm~30 mm,且袋中的空气尽可能少。在 2 450 MHz,每袋的液体容量应至少约 200 mL;发生器频率为 5 800 MHz 时容量应少一些,发生器频率低于 1 000 MHz 时容量应多一些。

袋的温度应被冷却到 5 °C~10 °C 之间。在即将被放入微波外罩之前,对其进行揉合并用一个被折叠袋覆盖的小传感器测量其输入温度 T_{in} 。

微波加热的最高温度约为 40 °C;建议进行预测试。然后将袋从微波外罩中取出,和之前一样对袋再次揉合并测量输出温度 T_{out} 。

然后用式(2)计算有效微波功率 P_e 。

8 效率的测定

8.1 可用微波输出功率测量

可用微波输出功率的测量应根据第 5 章的规定,如果微波加热设备没有从微波发生器的传输线输出端口,该发生器应单独进行试验。

注 1: 第 5 章的测量结果不包括任何由于微波发生器的阻抗不匹配引起的显著微波损失以及应用器或谐振腔的金属壁上的损失。因此,微波工作负载功率(第 6 章),尤其是有效微波功率(第 7 章)将较低。

注 2: 磁控管生产商供有一些用于磁控管测试和性能评估的规程,要使用特定的标准波导作过渡。然而,与实际微波加热设备的电源相比,在生产商规程中规定的电源可能具有不同的输出电流曲线。这可能会导致不同的磁控管效率。

8.2 装置输入总功率测量

微波加热装置输入总功率的测量,应在规定的可用微波输出功率运行情况下,分别在下列微波加热设备主电路以及附属设备的供电电源的输入端测量:

- 微波加热设备主电路,提供主电路给微波发生器供电的曲线;
 - 阴极灯丝加热电路(其功率可能会随输出功率的设置而变化);
 - 任何发生器运行所需的其他直接电路,如电磁体;
 - 所有控制电路,包括接触器;
 - 额外的电力消耗,如微波工作负载传送设备、照明、水泵、真空泵、空气冷却风扇和阀门。
- 其他消耗单独列出,但不包括在效率值中。

8.3 微波加热设备电效率

微波加热设备电效率为按 8.1 测得的可用微波输出功率与按 8.2 测得的微波加热设备主电路供电电源输入端测得的功率之比。

8.4 微波加热装置加热效率

微波加热装置加热效率为按第 6 章测得的微波工作负载功率或按第 7 章测得的有效微波功率与按 8.2 测得的微波加热装置的输入总功率之比。

9 待机功率消耗

本条适用于下列用途的微波加热设备：

- 间歇式作业时，打开应用器门时停止微波发生器或微波发生器组件并且微波加热设备进入待机运行；
- 连续式作业时，负载流中断时自动停止微波发生器或微波发生器组件同时微波加热设备进入待机运行。

在预定程序时间周期后，待机运行可自动发生在附加电源和其他消耗的二次关停后，那时需要手动重启或导致延迟重启微波加热设备。这种二次模式被标记为休眠模式。

待机模式下的功耗测量应包括第 8 章的所有项目。另外，在运行时，传送机电机和负载泵的功率消耗也应包括在内。

如果预定时间后设备自动关停或进入休眠模式，对此应作记录并测量这种模式下的上述各种电功率。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 61307:2011 相比的结构变化情况

本部分与 IEC 61307:2011 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本部分与 IEC 61307:2011 的章条编号对照情况

本部分章条编号	对应的 IEC 61307:2011 章条编号
1	1
2	2
3.1	3.13
3.2	—
3.3	—
3.4	3.1
3.5	3.2
3.6	3.3
3.7	3.5
3.8	3.6
3.9	3.7
3.10	3.8
3.11	3.9
3.12	3.10
3.13	3.11
3.14	3.12
3.15	3.14
3.16	3.15
3.17	3.16
3.18	3.17
3.19	3.18
3.20	3.19
3.21	—
3.22	—
3.23	—
3.24	3.4
3.25	—
4	4
5	5

表 A.1 (续)

本部分章条编号	对应的 IEC 61307:2011 章条编号
6	6
7.1	7.1
7.2	7.2
7.3	—
7.4	7.3
8.1	8.1
8.2	8.2
8.3	—
8.4	—
9	9
附录 A	—
附录 B	—

附 录 B
(资料性附录)
水的热力性质

水的热力性质见表 B.1。

表 B.1 水的热力性质

压力/MPa	沸点温度/℃	汽化热/(kJ/kg)
0.001	6.949 1	2 484.1
0.002	17.540 3	2 459.1
0.003	24.114 2	2 443.6
0.004	28.953 3	2 432.2
0.005	32.879 3	2 422.8
0.006	36.166 3	2 415
0.007	38.996 7	2 408.3
0.008	41.507 5	2 402.3
0.009	43.790 1	2 396.8
0.01	45.798 8	2 392
0.015	53.970 5	2 372.3
0.02	60.065	2 357.5
0.025	64.972 6	2 345.5
0.03	69.104 1	2 335.3
0.04	75.872	2 318.5
0.05	81.338 8	2 304.8
0.06	85.949 6	2 293.1
0.07	89.955 6	2 282.8
0.08	93.510 7	2 273.6
0.09	96.712 1	2 265.3
0.1	99.634	2 257.6
0.12	104.81	2 243.9
0.14	109.318	2 231.8
0.16	113.326	2 220.9
0.18	116.941	2 210.9
0.2	120.24	2 201.7
0.25	127.444	2 181.4
0.3	133.556	2 163.7
0.35	138.891	2 147.9

表 B.1 (续)

压力/MPa	沸点温度/℃	汽化热/(kJ/kg)
0.4	143.642	2 133.6
1.4	195.078	1 959.1
1.5	198.327	1 946.6
1.6	201.41	1 934.6
1.7	204.346	1 923
1.8	207.151	1 911.7
1.9	209.838	1 900.7
2	212.417	1 890
2.2	217.289	1 869.4
2.4	221.829	1 849.8
2.6	226.085	1 830.8
2.8	230.096	1 812.6
3	233.893	1 794.9
3.5	242.597	1 752.9
4	250.394	1 713.4
5	263.98	1 639.5
6	275.625	1 570.5
7	285.869	1 504.8
8	295.048	1 441.2
9	303.385	1 378.9
10	311.037	1 317.2
11	318.118	1 255.7
12	324.715	1 193.8
13	330.894	1 131
14	336.707	1 066.7
15	342.196	1 000.2
16	347.396	930.8
17	352.334	857.1
18	357.034	777.4
19	361.514	688.9
20	367.789	585.9

参 考 文 献

- [1] GB 4706.21 家用和类似用途电器的安全 微波炉,包括组合型微波炉的特殊要求
 - [2] GB 4706.90 家用和类似用途电器的安全 商用微波炉的特殊要求
 - [3] GB 4793.6 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第6部分:实验室用材料加热设备的特殊要求
 - [4] GB/T 18800 家用微波炉 性能试验方法
 - [5] IEC 60398:2015 Installations for electroheating and electromagnetic processing—General performance test methods
-