

槽式超声波清洗机通用技术规范

1 范围

本文件规定了槽式超声波清洗机的功能、性能、安全等要求,描述了对应的试验方法。

本文件适用于超声输入功率小于1 000 W,工作频率19 kHz~200 kHz,清洗液温为0℃~95℃的槽式超声波清洗机(以下简称清洗机)。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 3785.1 电声学 声级计 第1部分:规范

GB/T 4128 声学 标准水听器

GB/T 4214.1 家用和类似用途电器噪声测试方法 通用要求

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求

GB/T 11606—2007 分析仪器环境试验方法

GB/T 16839.1 热电偶 第1部分:电动势规范和允差

GB/T 18268.1 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分:通用要求

GB/T 22264.1 安装式数字显示电测量仪表 第1部分:定义和通用要求

GB/T 22778 液晶数字式石英秒表

GB/T 30121 工业铂热电阻及铂感温元件

JB/T 20007.2—2021 口服液玻璃瓶超声波清洗机

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超声波发生器 ultrasonic power generator

用于产生高频电振荡信号的装置。

3.2

超声换能器 ultrasonic transducer

将超声波发生器产生的高频电振荡信号转换为高频机械振动,实现两者能量转换的器件。

3.3

槽式超声波清洗机 trough type ultrasonic cleaning machine

一种采用超声空化原理达到清洗、乳化、混匀、脱气、消泡的目的,具有超声清洗槽体,超声换能器是胶粘耦合式或直接插入液体中的棒式的清洗设备。

3.4

清洗架 stainless steel basket

用于放置待清洗物品进行超声清洗的支架。

3.5

超声介质有效容积 ultrasonic medium volume

超声液位以下的超声清洗槽体的容积。

3.6

超声功率容积比 ultrasonic power to volume ratio

超声波发生器输入总功率与超声介质有效容积的比值。

3.7

实际功率 actual power

清洗机正常工作时,超声波发生器输入有效电功率的实际值。

3.8

标称功率 nominal power

清洗机正常工作时,超声波发生器输入有效电功率的最大值。

注:对于采用耦合式换能器结构的清洗机,以单个换能器输入电功率乘以并联的数量计算值表示。对于采用棒式结构的清洗机,以振动棒体输入电功率的最大脉冲值表示。

3.9

超声空载 ultrasonic no-load

超声波清洗槽内只有溶液和清洗架,不放清洗物品时的超声工作状态。

3.10

最佳液位 optimal liquid level

水或溶液在对应工作频率时半波长的整数倍。

3.11

超声输出声强 ultrasonic output sound intensity

超声波发生器产生的高频电振荡信号通过超声换能器转换成高频机械振动,在超声波清洗槽清洗介质内产生的单位时间通过垂直于换能器振动方向单位面积的声波能量。

注:超声输出声强的单位为瓦每平方米(W/cm^2)。

4 工作条件

4.1 正常工作环境条件

清洗机在下列条件下应能正常工作:

- a) 环境温度: $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $\leq 80\%$;
- c) 大气压强: $86\text{ kPa}\sim 100\text{ kPa}$;
- d) 工作环境应无强电磁场干扰源;
- e) 工作环境应清洁无腐蚀性气体。

4.2 供电条件

供电误差应不大于制造商供电标称值的10%。

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 功能要求

清洗机应符合下列功能要求:

- a) 具备液位保护功能,可设定超声、加热、过滤等功能进行液位保护,对液位容量有要求的清洗机应具有液位容量显示功能;
- b) 清洗槽体上具有明显的最低、最高液位标识;
- c) 清洗机具有定时功能;
- d) 清洗机具有便于搬运的把手。

5.1.2 接口要求

清洗机若有接口,符合下列要求:

- a) 硬件接口宜采用通用接口,如串行数据接口(RS-485/RS-232)、以太网(RJ45)、USB(Type-C)、无线接口(Wi-Fi)等;
- b) 软件接口宜采用标准通信协议,如串口(Modbus RTU)、以太网(TCP/IP)、USB(USB2.0/USB3.0)、无线接口(IEEE 802.11)等;
- c) 接口应采用防止液体进入清洗机内部的方式。

5.2 性能要求

5.2.1 超声波输入功率相对偏差

超声波输入功率相对偏差符合下列要求:

- a) 对于采用耦合式换能器结构的清洗机,在额定电压和最佳液位下,清洗机的超声波输入功率相对偏差应不大于15%;
- b) 对于采用棒式换能器结构的清洗机,在额定电压和最佳液位下,清洗机的超声波输入功率相对偏差应不大于20%。

5.2.2 加热或制冷输入功率相对偏差

加热或制冷输入功率相对偏差符合下列要求:

- a) 在额定电压下,清洗机的加热输入功率相对偏差的绝对值应不大于10%;
- b) 在额定电压下,清洗机的制冷输入功率相对偏差的绝对值应不大于10%。

5.2.3 工作频率的相对偏差

清洗机的工作频率的相对偏差的绝对值应不大于10%。

5.2.4 工作时间

工作时间符合下列要求。

- a) 清洗机的工作时间应为可调式。
- b) 对于数控控制的清洗机,其工作时间的相对偏差的绝对值应 $\leq 5\%$;对于非数控控制的清洗机,其工作时间的相对偏差的绝对值应 $\leq 10\%$ 。
- c) 清洗机单次连续无故障工作时间应不小于8 h。

5.2.5 溶液温升

溶液温升符合下列要求:

- a) 超声功率面密度小于或等于 0.6 W/cm^2 的清洗机,槽内溶液在最佳液位最高点的情况下,超声空载1 h后,其溶液的温升不应超过 15°C ;
- b) 超声功率面密度大于 0.6 W/cm^2 且小于 0.75 W/cm^2 的清洗机,槽内溶液在最佳液位最高点

的情况下,超声空载 1 h 后,其溶液的温升不应超过 20 ℃。

注:采用耦合式换能器的清洗机,超声功率面密度是指超声换能器前质量块耦合后的有效辐射面积的功率;采用棒式换能器的清洗机,超声功率面密度是指超声振动棒体表面的有效辐射面积的功率。

5.2.6 温度控制及偏差

清洗机的槽内若设置了辅助电热管及具有显示槽内水温的温度控制仪,其温度偏差的绝对值不大于 2 ℃。

5.2.7 超声功率面密度

超声功率面密度符合下列要求:

- a) 采用耦合式换能器的清洗机,超声换能器前质量块耦合后面积的实际功率范围应为 $0.25 \text{ W/cm}^2 \sim 0.75 \text{ W/cm}^2$;
- b) 采用棒式换能器的清洗机,超声振动棒体表面有效辐射面积的实际功率范围应为 $0.30 \text{ W/cm}^2 \sim 0.75 \text{ W/cm}^2$ 。

5.2.8 超声功率容积比

清洗机的超声功率容积比应在 $15 \text{ W/L} \sim 50 \text{ W/L}$ 范围内。

5.2.9 超声输出声强

清洗机的超声输出声强与制造商标称值的比值不小于 90%。

5.2.10 噪声

清洗机在正常工作时,其左、右、前、后 4 个方向的噪声应 $\leq 65 \text{ dB(A)}$ 。

5.3 安全要求

清洗机的电气安全应符合 GB 4793.1 的要求。

5.4 电磁兼容性

清洗机的电磁兼容性要求应符合 GB/T 18268.1 的要求。

5.5 环境适应性

按 GB/T 11606—2007 中第 4 章~第 9 章的要求选取试验条件,分别对仪器进行温度上限、温度下限、恒定湿热试验和交变湿热试验。试验后,仪器应符合 5.2.1~5.2.3 中仪器制造商标称的性能指标要求。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

除特殊注明外,试验应在清洗机正常工作环境条件下进行。

6.2 试验设备

6.2.1 功率计

应采用符合 GB/T 22264.1 的规定且准确度等级不低于 1.0 级的功率计。

6.2.2 计时器

应采用符合 GB/T 22778 中非专业型液晶数字式石英秒表,测量范围不小于 8 h,测量精度不大于 0.4 s。

6.2.3 温度传感器

应采用符合 GB/T 30121 中 B 类铂电阻传感器,也可以采用符合 GB/T 16839.1 规定的 2 级允差的热电偶,或经证明准确度相等或更优的其他装置。温度传感器的性能特性不应受环境影响。

6.2.4 标准水听器

应采用符合 GB/T 4128 规定的标准水听器。

6.2.5 超声波声强测试仪

应采用分辨率不大于 1 W/cm^2 ,测量频率为 19 kHz~200 kHz,测量精度不小于 0.01 W/cm^2 的超声波声强测试仪。

6.2.6 声级计

应采用符合 GB/T 3785.1 中 A 类声级计且测量等级不低于 2 级。

6.3 一般要求试验

6.3.1 功能要求试验

清洗机正常运转后,通过模拟故障检验,验证清洗机的液位保护功能。其他功能用目视和手感等方法检查。

6.3.2 接口检查(若有)

目测或串口助手测试。

6.4 性能试验

6.4.1 超声波输入功率相对偏差

使清洗机在额定电压下和最佳液位下工作,关闭加热开关或其他功能开关,稳定后,使用功率计或交流安培表和电压表测量超声波发生器的输入功率,按公式(1)计算超声波输入功率相对偏差。

$$P_i = \frac{P - P_h}{P_h} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P_i ——超声波输入功率相对偏差;

P ——超声波输入功率,单位为瓦特(W);

P_h ——超声波标称功率,单位为瓦特(W)。

6.4.2 加热或制冷输入功率相对偏差

使清洗机在额定电压下和最佳液位下工作,稳定后,关闭超声波,开启加热开关,使用功率表或交流安培表和电压表,读出稳态电流和电压,或将清洗机输入端接入功率计及其他仪器进行测试,按公式(1)计算加热输入功率相对偏差。

使清洗机在额定电压下和最佳液位下工作,稳定后,关闭超声波和加热开关,开启制冷开关,使用有效功率表或交流安培表和电压表,读出稳态电流和电压,或将清洗机输入端接入功率计及其他仪器进行测试,按公式(1)计算制冷输入功率相对偏差。

6.4.3 工作频率及相对偏差

在额定电压工作条件下,开启超声波开关,使用示波器或数字式频率计在超声波发生器的振荡输出端进行测量或使用水听器直接测试清洗槽内溶液。

6.4.4 工作时间偏差

任选一段时间,使用计时器测量从开始超声到自动关机的时间。

使用计时器,设定计时器时间为 8 h,开启超声波开关使超声波发生器运行行为最大功率,同时计时器开始计时,观察清洗机工作状态,应无故障。

6.4.5 溶液温升

清洗槽内放入水或水溶液,使清洗机在额定电压下和最佳液位下工作,将 2 个温度传感器分别布置在溶液底层和表层的几何中心位置,另外使用 4 个温度传感器分别布置在清洗架左右两侧平面上下层的对称端点位置,示意图如图 1 所示。

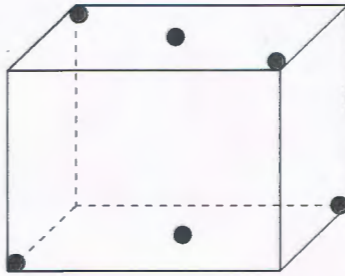


图 1 温度传感器位置示意图

记录 6 个点的温度值,取平均值 T_1 。清洗机在超声空载 1 h 后,读出 6 个点的温度值,取平均值 T_2 。计算 $T_2 - T_1$ 的值即是溶液的温升。

6.4.6 温度控制及偏差

6.4.6.1 使清洗槽内进液至最高液位,取不少于高、中、低三个点的温度设定值,例如:设定温度分别为 20 ℃、50 ℃、80 ℃。

6.4.6.2 先设定温度为 20 ℃,开启加热装置。当加热装置停止工作时,将温度传感器放置在最高最佳液位的一半,在清洗槽体对角线的任意位置取三点进行实测,将三点数据取平均值,计算单次测量值与平均值之差。再分别设定温度为 50 ℃、80 ℃,最后按照设定温度为 20 ℃时的试验方法,计算在设定温度分别为 50 ℃、80 ℃时的单次测量值与平均值之差。

6.4.7 超声功率面密度

按 JB/T 20007.2—2021 中 5.3.8 规定的方法进行试验,使清洗机在额定电压和最佳液位下工作,关闭加热或其他功能开关,只开启超声波开关,稳定后,使用功率计或交流安培表和电压表测量超声波发生器的输入功率,按公式(2)计算超声功率面密度。

$$T = \frac{P \times \eta}{S} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- T —— 超声功率面密度,单位为瓦特每平方米(W/cm^2);
- P —— 超声波输入功率,单位为瓦特(W);
- η —— 超声波电功率转换效率;
- S —— 超声换能器前质量块耦合后的辐射面积,单位为平方厘米(cm^2)。

注: 超声波电功率转换效率由换能器厂家提供。

6.4.8 超声功率容积比

清洗机在额定工作电压和最佳液位下工作,关闭加热开关和其他功能开关,只开启超声波开关,稳定 1 min 后,使用有效功率计或交流安培表和电压表测量超声波发生器的输入功率,按公式(3)进行计算超声功率容积比。

$$P_D = \frac{P}{L}$$

.....(3)

式中:

- P_D —— 超声功率容积比,单位为瓦特每升(W/L);
- P —— 超声波输入功率,单位为瓦特(W);
- L —— 超声介质有效容积,单位为升(L)。

6.4.9 超声输出声强

清洗槽内放入水或水溶液至最佳液位的最高点,使清洗机在额定电压下工作,不放置清洗架和清洗物品,当溶液温度为 50 ℃时,使用超声波声强测试仪,在最高液位线下约 2 cm,以及沿中心位置任取 4 点测量声强,如图 2 所示。4 个点测量的声强取平均值,计算平均值与制造商标称值的比值。

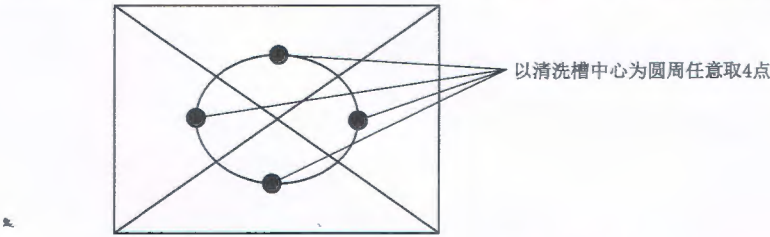


图 2 超声输出声强测量布置图

6.4.10 噪声

按照 GB/T 4214.1 的有关规定进行试验,超声清洗机工作期间,距离清洗机表面 1 m,离地面高度 1 m 处,用声级计在左、右、前、后 4 个方向测量其正常工作的噪声。

6.5 安全试验

按照 GB 4793.1 的有关规定进行试验。

6.6 电磁兼容性试验

按照 GB/T 18268.1 的有关规定进行试验。

6.7 环境适应性试验

6.7.1 温度上限按照 GB/T 11606—2007 中第 4 章进行试验。