

《超声波清洗设备 第 1 部分：碳氢清洗剂用标准编制 (草案)》

编制说明

1、任务来源

通过借鉴和研究国外技术标准和目前国内相关行业成熟应用经验，经深圳市鑫承诺环保产业股份有限公司组织专家研讨，形成了标准建议书，并报经中国工业清洗协会标准化技术委员会 2021 年工作会议讨论，予以批准立项（项目编号为 2021-003T-QX）。

2、标准编写工作过程

起草计划下达后标准起草单位成立了由专业技术人员、标准管理人员等组成的修标课题组，积极开展工作。通过各种途径进行标准检索工作，查找了相关标准化网站及标准资料，没有找到与“超声波清洗设备 第 1 部分：碳氢清洗剂用”各项指标相对应的产品标准，查找到日本、德国等相关标准，仅形式上有一定借鉴意义，其余指标因用途的不同不具有参考意义。

在 2021 年 11 月 26 日、2022 年 7 月 13 日、2022 年 9 月 2 日，分 3 次召开起草工作组标准意见稿研讨会议，听取了华阳新兴科技（天津）集团有限公司、诺尔曼环保科技（江苏）有限公司、江西瑞思博新材料有限公司、深圳市科伟达超声波设备有限公司等行业内相关公司专家代表的建议，与会专家对《超声波清洗设备 第 1 部分：碳氢清洗剂用》标准意见稿的内容条款及技术指标进行了逐条研讨对意见和建议进行了汇总处理。在 2021 年 11 月 26 日第一次研讨会中确定了标准草案的目的和意义及适用范围，在此基础上形成标准草案的初稿；在 2022 年 7 月 13 日进行第二次研讨会，对标准草案初稿进行审稿讨论，对标准草案的设备型式、安全要求、技术要求参数等进行了讨论修改；2022 年 9 月 2 日进行第三次研讨会，为方便 2 种型式的碳氢超声波清洗设备区分决议增加设备型式分类、设备编号规则要求相关条款并与设备功能技术要求合并成新章节，并在此基础上形成了本标准草案。

3、标准编制的工作原则和依据

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准主要根据最新公布的 GB38508、GB37822、GB16297、GB50058 等标准文件规定的基础上进行，并借鉴了实际生产过程中的相关工艺指标并把相关要求纳入了本标准中。对超声波清洗机设备在设计、生产、使用中的安全、环保排放、关键功能参数等进行统一的要求规定，使各项标准更加符合实际应用。

4、标准主要内容说明

4.1 标准适用范围

本标准规定了使用碳氢清洗剂的超声波清洗设备的型式、组成、技术要求、检测方法、测试要求、包装和贮存。

本标准适用于使用碳氢清洗剂为清洗介质的超声波清洗设备或同类清洗装置。

目前在工业生产中使用碳氢清洗剂作为清洗介质的设备型式有很多，如：开放式的手动清洗/烘干设备（单个清洗槽或多个清洗槽）、半开放式的真空清洗/烘干设备（单个清洗槽或多个清洗槽）、通过式喷淋清洗设备、单工位、多工位喷淋清洗设备等。上述型式的清洗

设备在使用时对碳氢清洗剂挥发的碳氢气体均不能有效管控,不符合 GB37822 挥发性有机物无组织排放标准中对 VOCs 废气收集的要求,所以本标准只针对在相对密闭环境下的“半密闭式真空碳氢超声波清洗设备”及在全密闭环境下的“全密闭式碳氢超声波清洗设备”两类设备作出明确的标准要求。

4.2 标准结构框架

- 4.2.1 范围
- 4.2.2 规范性引用文件
- 4.2.3 术语和定义
- 4.2.4 设备型式分类及功能要求
- 4.2.5 技术要求
- 4.2.6 试验方法
- 4.2.7 检验规则
- 4.2.8 标志、包装和贮存

4.3 术语和定义

本标准分为术语和定义两大类,统一规范《超声波清洗设备 第1部分:碳氢清洗剂用》定义内容。

4.3.2 超声波清洗设备

“超声波清洗设备”定义根据“GBT39293-工业清洗术语和分类”第2.2.4条摘录。

本标准所涉及超声波清洗设备特指采用碳氢溶液为清洗介质的超声波清洗设备,按其内部的清洗环境可分为半密闭式碳氢超声波清洗设备、全密闭式碳氢超声波清洗设备 2 种型式。

目前,国内采用碳氢溶剂作为清洗剂的清洗设备可分为两个不同的技术路线。

一种是以从日本清洗设备厂家为代表的半密闭式流水线作业形式的超声波清洗设备,也是国内清洗设备厂家大部分采用的“半密闭式碳氢超声波清洗设备”,真空清洗、真空漂洗、真空干燥等工艺过程分别对应不同的工位,清洗过程采用流水线式作业,内部配置清洗对象搬运装置。特点是生产效率高,生产节拍可达 3~5 分钟,适合大批量生产的场合,缺点是因其流水线式的布局,在工艺过程中物料需要在不同工位间转运,而物料转运的过程中碳氢清洗剂会暴露在大气环境中,因此对设备的电气设计的安全防护有要求;碳氢清洗剂因有敞口排放的工况,VOCs 气体收集难度比较高,因此 VOCs 排放控制难度较高。

另一种是以德国清洗设备厂家为代表的少部分厂家采用的“全密闭式碳氢超声波清洗设备”,其真空清洗、真空漂洗、真空干燥等工艺过程在同一个工位内进行,因此在工艺过程中碳氢清洗剂可完全避免暴露在大气中,只有真空泵末端排气口是 VOCs 废气排口,收集处理比较容易。其优点是:安全性高,VOCs 控制难度低,其缺点是生产效率低,生产节拍一般在 15~30 分钟,适合用于小批量的产品清洗场合。

4.3.2.1 半密闭式碳氢超声波清洗设备

清洗对象需顺序进入 2 个以上的密闭腔室才能完成清洗、干燥作业;由多个功能槽组成,清洗对象在相对密闭环境下进行清洗、干燥作业的设备或组件。

由清洗烘干系统、抛动系统、循环过滤系统、真空系统、蒸馏再生系统、废气收集处理系统、设备安全保护系统、电气控制系统、物料搬运系统等组成。

4.3.2.2 全密闭式碳氢超声波清洗设备

清洗对象可在一个完全密闭的腔室内完成全部的清洗、干燥作业；由单个或多个功能槽组成，清洗对象在完全密闭环境下进行清洗、干燥作业的设备或组件。

由清洗烘干系统、抛动系统、循环过滤系统、真空系统、蒸馏再生系统、废气收集处理系统、设备安全保护系统、电气控制系统、物料搬运系统等部分组成。

4.3.4 抛动系统

抛动系统是超声波清洗设备的关键装置之一；“抛动系统”并没有相关标准化的定义，“抛动”一词也是行业内根据动作形象化的一个口语，意为把物体抛起、落下的动作。

实际上“抛动系统”是根据清洗对象的清洗需求，使清洗对象在槽体内按一定规律运动的装置，清洗过程中主要起如下作用：

—使作用在清洗对象表面的超声波空穴作用更均匀；

—加速清洗对象表面的污染物脱离；

—有内表面的零件（如流道交叉孔内表面、螺纹孔等）需通过特定的角度摆放结合抛动系统使得清洗对象在槽内做一定规律的移动才可以把污染物清除。

—在蒸汽浴洗时使零件受热更均匀的同时让冷凝在零件表面的清洗液更顺畅的排走，以提高烘干效果。

通常情况下，半密闭式碳氢超声波清洗设备中，抛动功能一般为上下移动、左右角度摆动、旋转、或上下移动+旋转等几种方式。

全密闭碳氢超声波清洗设备则是采用旋转、左右角度摆动 2 种方式较多。

4.3.6 搬运系统

搬运清洗对象，把需要清洗的对象运送到清洗设备内的各工序位置中的装置。

半密闭式碳氢超声波清洗设备中搬运系统通常指在清洗设备内部清洗作业区把清洗对象按规定的工艺顺序搬运到对应的工位的功能槽内进行清洗或烘干作业。

4.3.7 真空系统

真空系统是碳氢超声波清洗设备重要配置之一，实现使设备内部对应的密闭槽体、罐体、管路形成真空环境的功能。形成真空环境的主要有 3 大目的：

通过降低压力对应的降低碳氢清洗剂的沸点，使碳氢清洗剂在低于 15KPa 时，沸点范围控制在 85℃~130℃之间，从而降低蒸馏回收时的加热温度。

通过对清洗槽体抽真空，对槽体中的碳氢清洗剂进行脱气，减少超声波在碳氢液体中传递时的衰减，从而加强超声波清洗作用力。

通过对清洗槽/烘干槽进行抽真空，把“爆炸三要素”之一的空气中的氧气抽走，使其内部形成安全的作业环境。

4.4 设备型式分类及功能要求

半密闭式碳氢超声波清洗设备与全密闭式碳氢超声波清洗设备采用的清洗、烘干工艺原理相同即：

4.4.1、2 种型式的超声波清洗设备都是利用碳氢清洗剂的溶解力对污垢进行清洗，对矿物油的溶解性的脱脂机理是：相似相溶原则。

4.4.2、2 种型式的清洗过程均是基于把被清洗对象浸泡在装有碳氢清洗剂的密闭腔室中（即清洗槽体），抛动系统配合超声波的空穴作用，使被清洗对象表面的污染物剥离的过

程。

4.4.3、2种型式的烘干方式均采用蒸汽浴洗+真空干燥的工艺。

半密闭式碳氢超声波清洗设备与全密闭式碳氢超声波清洗设备的差异点：

半密闭式碳氢超声波清洗设备必须配置2个或以上的功能槽（清洗/烘干）；清洗烘干过程需要把被清洗对象转换至不同的槽体中进行。

全密闭式碳氢超声波清洗设备可以只配置1个功能槽（清洗/烘干）被清洗对象在清洗烘干过程无需进行槽体转换即可完成。

全密闭式碳氢超声波清洗设备的碳氢清洗剂在清洗全过程不与大气环境接触，因此可以把清洗温度设置在碳氢清洗剂的闪点以上，通常为了减少碳氢清洗剂的挥发，建议清洗温度设置低于85℃。

半密闭式碳氢超声波清洗设备和全密闭式碳氢超声波清洗设备2种型式实现清洗的基本工作原理一致，因此需增加对比表进行2种型式设备作为区分参考。

4.5 技术要求

技术要求包含半密闭式、全密闭式等2种型式碳氢超声波清洗设备；除特别说明的条目，所有技术要求条目2种型式碳氢超声波清洗设备均需满足下述技术要求，其中全密闭式碳氢超声波清洗设备内部无需配搬运系统的则无对应要求。

4.5.1 一般要求

4.5.1.5 超声波清洗设备应按其型式及槽体数量、槽体大小、蒸馏再生能力配置冷却水源，冷却水源可用冷水塔、或冷水机提供。

碳氢超声波清洗设备在清洗工艺过程中，碳氢清洗剂需在线蒸馏回用，为保证碳氢清洗剂在清洗过程中的清洁，对设备配置的蒸馏回收系统能力需做出一定要求；在回用过程中需要冷却源，绝大部分情况下采用循环水作为冷却源，因各厂家蒸馏回收的加热方式不同，对冷却源功率无法做统一要求，原则上保证冷却能力大于蒸馏系统的发热功率即可。

4.5.2 设备技术参数

设备技术参数的确定：

1、温度控制：设备内采用间接加热或间接冷却的方式对相关的罐体或槽体进行温度控制；因为半密闭式碳氢超声波清洗设备的运行过程中清洗槽破真空开密封盖时槽体内的碳氢清洗剂会短暂与大气接触，因此清洗槽的温度必须控制在低于碳氢清洗剂闭口闪点10℃以下；全密闭式碳氢超声波清洗设备因工作过程中碳氢清洗剂不会和大气环境接触，无爆炸风险则无此项要求。

2、真空指标：碳氢超声波清洗设备中，真空度直接影响以下几个方面：

A. 超声波清洗的效果，设备在进行真空超声波清洗时其真空度一般控制在5000Pa~50000Pa之间

B. 蒸馏回收装置工作时的蒸馏釜真空度控制在500~20000Pa之间

C. 真空干燥时分两个阶段控制烘干槽内的真空度，第一阶段为蒸汽预热时的真空度控制在15000pa~5000Pa之间；第二阶段为真空干燥，此时烘干槽内真空度越高里面的碳氢清洗剂的沸点就越低，在温度不变的情况下挥发速度就会越快，干燥效果就越好；从设备清洗的节拍及真空度实现的经济型考虑，规定真空烘干时其极限压力达到500Pa即可。

3、VOCs排放：因碳氢清洗剂挥发的的气体属VOCs废气，因此设备的排气筒VOCs气体浓度控制需按GB16297-1996中规定小于或等于120mg/m³标准；无组织排放则按GB 37822要求执行。

4.5.4 超声波清洗设备主要组成部分功能技术要求：

4.5.4.1 清洗烘干系统

清洗烘干系统是超声波清洗设备的核心组成部分，是清洗设备实现把清洗对象清洗干净并干燥的功能组件，在工艺过程中其槽体内部需要形成真空环境，根据清洗、烘干的工艺要求不同，需要配置对应的真空系统。槽体以及跟槽体相连的管路、运动部件均需要考虑密封性。因清洗对象物料进出的需要，槽体需要配置机械式密封门。

清洗对象浸泡在清洗槽内，通过超声波结合抛动系统把清洗对象表面的污染物剥离；常用的碳氢溶剂因其密度在 0.7~0.8 之间，超声波在常压环境下的碳氢清洗剂内传递时衰减太大，导致传递在清洗对象表面的作用力不足，影响清洗效果。因此，需要对碳氢清洗剂进行脱气处理。经试验，脱气效果在 40kPa 的压力环境下，超声波的效果最佳，因此在清洗时需要清洗槽体内部空间进行抽真空使清洗槽内部环境压力保持小于 40kPa。

槽液因在连续清洗过程中会积存污染物，因此需要配置槽液循环过滤系统，实时对槽液进行循环过滤，防止污染物对清洗对象造成二次污染。

清洗对象在进行浸泡超声波清洗后表面会残留大量碳氢清洗剂，需要将其烘干；因碳氢清洗剂在常压下的沸点一般在 150℃~190℃之间，所以在常压下想把碳氢溶剂完全烘干所需温度较高一般大于其沸点，碳氢清洗剂在此温度环境中有一定的危险性，因此在烘干工艺过程中采用对烘干槽抽真空的工艺，其作用有 2 点，1 是降低环境压力后，碳氢清洗剂的沸点也随之降低，从而降低烘干温度，清洗对象表面残留的碳氢清洗剂在温度高于 85℃、压力低于 1kPa 的环境中可快速挥发（即突沸效应），缩短烘干时间；2 是把烘干槽内的爆炸三要素之一的氧气抽走保证在烘干过程中槽体内部无法形成危险环境。

4.5.5 超声波清洗设备总体排放及环保控制要求：

根据最新公布的 GB38508 的定义，碳氢清洗剂属比重不高于 0.8 的 VOCs 物质，本标准对使用碳氢清洗剂的清洗设备应做相应的 VOCs 排放处理措施要求且符合 GB 37822 中的相关规定。

4.5.6 超声波清洗设备安全保护措施要求

4.5.6.1 清洗设备内部电气设计要求

根据《GB20581 化学品分类、警示标签和警示性说明安全规范 易燃液体》第 4 项，表 1 中规定，闪点不小于 23℃和闪点不大于 60℃属第 3 类易燃液体和气体危化品；闪点大于 60℃和闪点不大于 93℃属第 4 类可燃液体不属于危化品类别。

因此，当半密闭式碳氢超声波清洗设备的清洗工艺需要采用闪点不小于 23℃和闪点不大于 60℃的碳氢清洗剂时，需要对设备内部的电气设计需达到“GB50058 爆炸危险环境电力装置设计规范”中，危险区域 1 区对应的电气设备保护级别。

当半密闭式碳氢超声波清洗设备的清洗工艺采用闪点大于 60℃和闪点不大于 93℃的碳氢清洗剂时，原则上可不对设备内部电气设计作安全防护要求，但其属于可燃液体，因此出于安全考虑建议对设备内部的电气设计要求需达到“GB50058 爆炸危险环境电力装置设计规范”危险区域 2 区对应的电气设备保护级别。

全密闭碳氢超声波清洗设备的清洗工艺过程中，其碳氢清洗剂储存在密封的真空环境中，设备运行过程中碳氢清洗剂不与大气接触，缺少“爆炸三要素”之一的氧气条件，因此设备的安全性比较高，故对全密闭超声波清洗设备安全防护要求只需符合“GB50058 爆炸危险环境电力装置设计规范”危险区域 2 区对应的电气设备保护级别。

4.5.6.2 关于超声波清洗设备配置自动灭火系统：

市面上大部分碳氢清洗剂属 3 类易燃液体，设备使用过程中有爆炸起火的可能，本标准中对设备电气设计安全防护作了相应的要求，但不排除安全防护有失效的可能，因此，需要

在设备电气设计安全防护的基础上增加自动灭火系统。根据碳氢清洗剂的特性，设备应配置气体灭火系统标准参考 GB25972-2010；市面上的碳氢超声波清洗设备配置的自动灭火系统基本都是二氧化碳灭火系统标准参考 GB50193-93 2010 版。

4.5.6.3 超声波清洗设备配置可燃气体探测器技术要求：

在设备进行清洗工艺的过程中可能会有碳氢气体挥发到设备内部空间，设备内部空间的碳氢气体达到一定浓度值时会有发生爆炸的可能；以 PRIME3201 碳氢清洗剂为例，其爆炸浓度范围是：0.6%~8.0%，因此，需要配置符合标准的气体浓度检测仪对设备内部进行实时监控，按照 GB50058 中第 3.1.3 条第 3 项，设定报警值为爆炸下限的 50%，从安全角度考虑本标准规定设定值为爆炸下限的 10%。

4.5.6.7 超声波清洗设备的静电接地要求：

静电起火是其中在爆炸危险区域内，发生爆炸事故须具备三个条件：1) 可燃物的浓度在爆炸极限以内；2) 存在足以点燃可燃物的火花、电弧或高温；3) 空气或氧气。静电起火属于条件 2 的因素之一，所以需要碳氢超声波清洗设备中对静电起火防护作出相应的接地保护要求。

4.6 试验方法：

碳氢超声波清洗设备的工作过程中真空度、温度、液位、蒸馏回收量等是影响清洗效果或设备正常运行的关键参数，因此在设备出厂前应对这些关键参数采用合适的检测工具进行试验，保证其满足标准要求及设计要求。

4.7 检验规则

碳氢超声波清洗设备因为需要定制化的性质，在出厂检验时首先需要对型式进行确认是否满足与购买方签订的相关技术要求；在此基础上开展设备各项功能和性能参数的检验原则上需要在设备正常运行后对各功能参数进行检验，其制造工艺过程中的检验在本标准中暂时不作详细要求。

4.8 标志、包装和贮存

标准中统一规定了碳氢超声波清洗设备的标志内容要求、包装及运输要求；因碳氢超声波清洗设备属定制类设备，在标志内容中除了必要的信息作统一要求外，还留有设备生产自行增加的内容。

5 相关试验方法的确定及验证过程（有则写，无可略）

碳氢超声波清洗设备各项技术参数的试验方法在标准第 6 章中做出详细描述和要求。

6 预期达到的经济效果

《超声波清洗设备 第 1 部分：碳氢清洗剂用》标准实施对国内工业超声波清洗行业的规范起积极的引导作用，特别对于采用碳氢清洗剂的超声波设备来说本标准的实施可进一步规范设备的设计、制作，防止因低价竞争导致交付到使用方的设备出现偷工减料或者货不对版的情况发生。

7 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准中所述“碳氢清洗剂”采用 HG/T 5532 相关规定；在标准中有关清洗设备名词参考引用了 GBT39293 标准中的相关规定；在环保方面采用最新公布的 GB38508、GB37822、GB16297 等标准文件规定；在安全控制方面采用和参考了 GB50058、GB20581、GB 15322.1 等标准文件规定。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见

9 对标准性质的建议说明和依据

建议申请为推荐性国家标准。

10 贯彻本标准的要求和措施

建议本标准在批准发布 6 个月后实施。

本标准发布后，应向超声波清洗设备生产单位进行宣传、贯彻，向所有从事安监环保工作的相关人员推荐执行本标准。

11 废止现行有关标准的建议

无

12 其他应予说明的事项

无