

换热器气相超声波清洗机

设计方案及说明

无锡市声达科技有限公司

2006年11月



设备原理概述

选用三氯乙烯作为换热器翅片的除油清洗液，出于以下几点考虑：

三氯乙烯具有极强的溶脂能力，贝壳松脂丁醇值为 1300。溶脂能力在常温下为汽油的 4 倍，在 50℃ 时为汽油的 7 倍。

在常温下无可燃性和无可爆性，使用安全。

三氯乙烯不属于“消耗臭氧层物质（ODS Ozone Depleting Substance）”，不属于《蒙特利尔议定书》限制范围。

蒸汽密度大，在沸点下为 4.45g/l，使用过程中，蒸汽可以保持一层水平的界面，便于掌握和控制。气相状态下，蒸汽一般不会随便扩散。

蒸汽潜热低，为 239.5j/g。在使用过程中，蒸汽在金属工件表面大量冷凝，能够起到良好的清洗作用，相应的，除油清洗及溶剂回收所需要的热量和冷凝回收需要的冷量都比较少。

沸点低，为 86.9℃。热源容易选择，同时容易从混着杂质的溶剂中再生。

表面张力低，容易渗透到清洗的金属工件的各个部分，即使是缝隙，孔眼，凹槽等部位都能清洗到。

在 120℃ 以下，三氯乙烯对一般金属工件的腐蚀作用极小。如果添加合适的稳定剂，对铝，镁等金属也没有腐蚀作用。

采用三氯乙烯气相清洗方式，它的沸点相对较低，易于气化，及冷凝，蒸汽密度大，并且不易扩散。当三氯乙烯的蒸汽与相对温度较低的工件表面接触，在工件表面冷凝成液体，将工件表面所沾附的油脂污垢溶解和冲洗掉，工件的温度不断上升，直到与蒸汽温度接近，蒸汽不再在工件表面冷凝，清洗结束，在这个过程中，工件接触到的始终是纯净的三氯乙烯蒸汽，冷凝出纯净的三氯乙烯清洗液，可以避免常规清洗中随着工件清洗的进行，清洗液被到一定程度后无法保证工件清洁度的现象。

超声波的作用

超声波清洗的原理是由超声波发生器发出的高频振荡信号，通过换能器转换成高频机械振荡而传播到介质 -- 清洗溶剂中，超声波在清洗液中疏密相间的向前辐射，使液体流动而产生数以万计的微小气泡。这些气泡在超声波纵向传播的负压区形成、生长，而在正压区迅速闭合。在这种被称之为“空化”效应的过程中，气泡闭合可形成超过 1000 个气压的瞬间高压，连续不断地产生瞬间高压就象一连串小“爆炸”不断地冲击物件表面，使物件的表面及缝隙中的污垢迅速剥落，从而达到物件表面净化的目的。

超声波清洗的作用机理主要有以下几个方面：因空化泡破灭时产生强大的冲击波，污垢层的一部分在冲击波作用下被剥离下来，分散，乳化，脱落。因为空化现象产生的气泡，由冲击形成的污垢层与表层间的间隙和空隙渗透，由于这种小气泡和声压同步膨胀，收缩，像剥皮一样的物理力反复作用于污垢层，污垢层一层层被剥开，气泡继续向里渗透，直到污垢层被完全剥离。这是空化二次效应。超声波清洗中清洗液超声震动对污垢的冲击。超声波加速化学清洗剂对污垢的溶解过程，化学力与物理力相结合，加速清洗过程。

综合了超声和气相清洗的优点，因而清洗效果显著，清洗液可循环使用，并且配置有机械自动传动装置，减轻了清洗劳动强度，改善了清洗工作环境和条件。

设备设计说明

换热器清洗项目，经过某换热器公司一段时间的使用，客户根据使用中的情况提出了一些中肯的意见和要求，现在根据实际使用中反馈出来的问题，对第二台气相清洗设备的技术方案作了一些修改，力求解决以下几项问题：

1. 溶剂用量，应该比目前设备有较大的降低
2. 总功率，尽量降低设备总功率
3. 提高产品清洗的清洁度。
4. 改善设备的操作性。

第二台设计过程中，根据保留成熟设计和工艺，改进不完善的设计和工艺的原则，尽量保留原有设备的成功之处，力求在原有设备基础上有一个比较大的提高。

设备综述

本设备为封闭式自动气相超声波清洗机，采用机械手传动输送结构，采用工艺料筐装料，步进输送清洗工艺，采用升降平台配合液压搬运车直接进行上下料操作。

采用有机溶剂三氯乙烯作为清洗介质，对工件表面进行除油处理，冷冻干燥，适用于大批量零件的连续清洗处理。

工艺流程

上料——热浸超声粗洗——溶剂浸浴鼓泡精洗——蒸浴清洗——冷冻干燥——下料

设备操作过程

将工件放入工艺料筐，用液压搬运叉车搬运工艺料筐放置进出料升降平台，由平台自动上升，由传动挂钩带入各个清洗工位，各个清洗工位步进输送，清洗时间按照工艺要求调节，时间范围可以从 100 秒— 600 秒，完成全部工艺流程后，工艺料筐送到出料口平台上，自动下降将料筐放置在液压搬运叉车上，拉出工艺料筐下料即可。

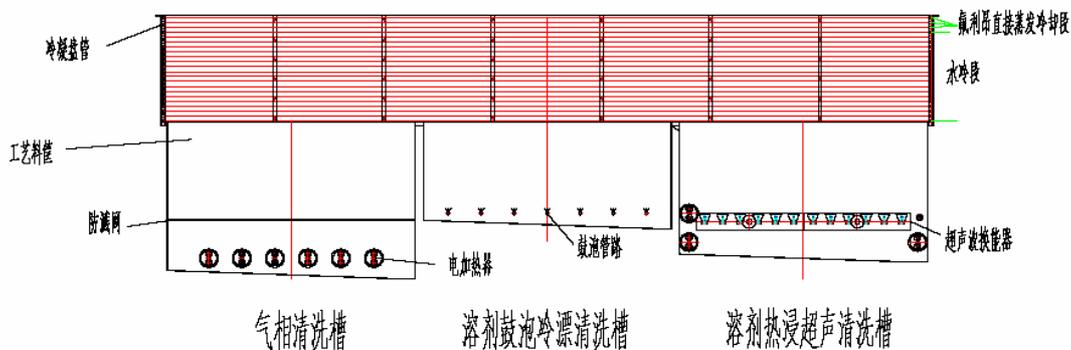
结构组成

设备主要由，上下料升降平台，热浸超声粗洗槽，溶剂浸浴精洗槽，蒸浴清洗槽，水份分离器，冷凝盘管，机械手传动机构，电气控制柜，机架，支架及整机封板，超声波发生器，换能器，工业冷水机组，蒸馏回收塔等部分组成。

设备机架

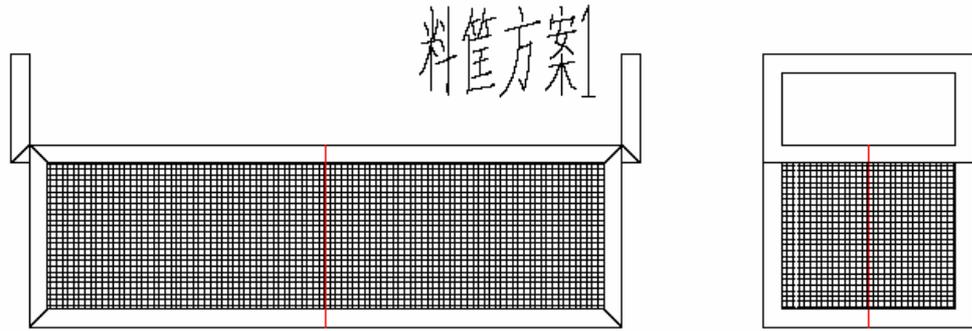
设备机架为 A3 型钢焊接而成，部分承重立柱支架采用工字钢，双面涂防锈漆，机架外表面喷漆，（按照客户色版）封板全部用 1.5mm 双面，A3 板喷塑装饰。机器后立面中间位置设置有铝合金设备检修移动门，前立面安装有透明观察窗。

清洗槽体的设计说明



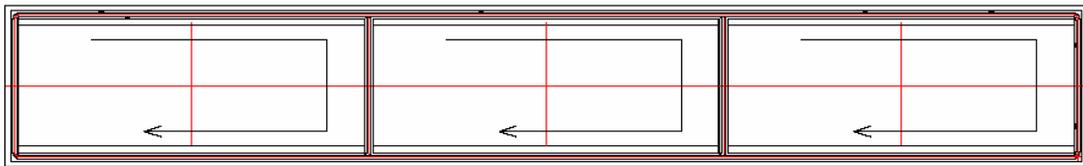
清洗槽体：采用 sus304 不锈钢板经氩弧焊焊接成形。清洗槽体由上半部分和下半部分组成。上半部分槽体由不锈钢冷凝盘管、回液槽、水分离器及上槽体组成，负责清洗剂的冷凝回收，防止外溢。下半部分槽体按清洗工艺分成：热浸超声粗洗槽，溶剂浸浴精洗槽，（ 3 ）蒸浴清洗槽，（ 4 ）冷冻干燥工位。

由于第二台设备拟直接采用生产线上已经大量采用的不锈钢周转料筐作为清洗料筐，根据现场测量的情况，周转料筐的尺寸如图所示



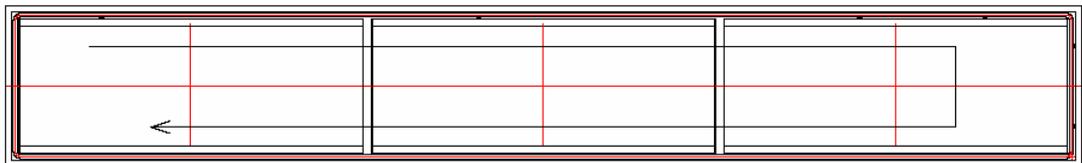
根据气相清洗清洗槽的设计要求,清洗槽的长宽尺寸约每边比料筐尺寸大约50-80mm,间距过大造成清洗槽开口过大,造成溶剂挥发加剧,过小在料筐进出时候容易形成“活塞效应”造成蒸汽不必要逃逸损失。

综合其他情况,决定将清洗槽的开口尺寸定为600mm宽,这个尺寸料筐有一定的余地进出,冷凝盘管也能够起到比较好的作用。



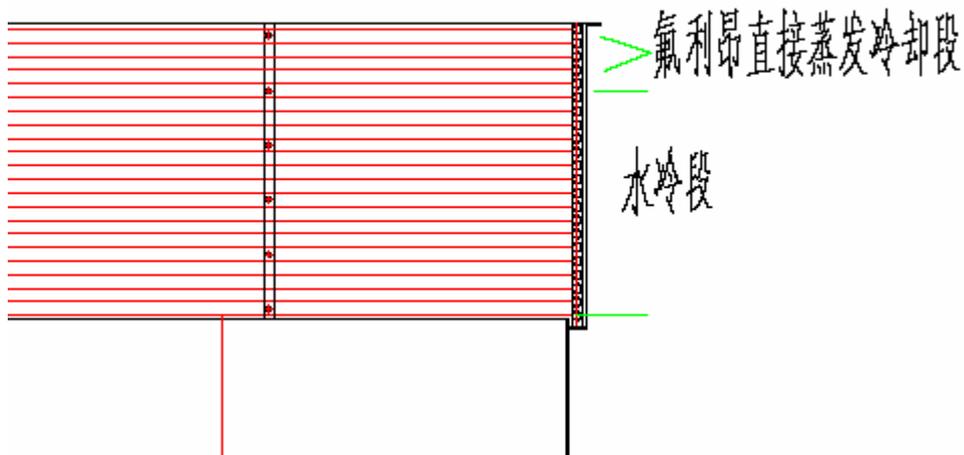
上图是1号机冷凝盘管的循环水循环示意图,可以看到各个清洗槽的上部区域分别盘绕着冷凝盘管,整个清洗槽上部区域由冷凝盘管分割成三个大小一致的区域。

2号机由于传动方式作了一些修改,为了配合料筐运转空间,冷冻盘管采用通长盘绕方式,为了提高冷凝效果,盘管段高度与开口宽度之比增加到1:1.2。



在气相槽根据设备正式设计图纸情况在槽内先盘绕2-3圈盘管以控制蒸汽高度。

冷凝盘管



本机适用的清洗液加热后极易挥发，故在槽的上部设置有冷凝排管，冷凝盘管采用 2 层设置，上层为氟利昂直接蒸发制冷，下层由工业冷水机提供的冷水通过冷凝盘管冷却，在各槽的上部形成冷冻区域，清洗剂蒸汽及空气中的水蒸气在冷冻区同时被冷凝，经过集液槽流入水分分离器，分离出纯净的清洗液直接补充进入清洗槽，完成清洗液的再生循环，减少清洗液的损耗。冷凝盘管由不锈钢管制作而成。

工业冷水机组为 5 匹 3 台，配置大容量循环水箱。

直接冷却机组为 5 匹 1 台。

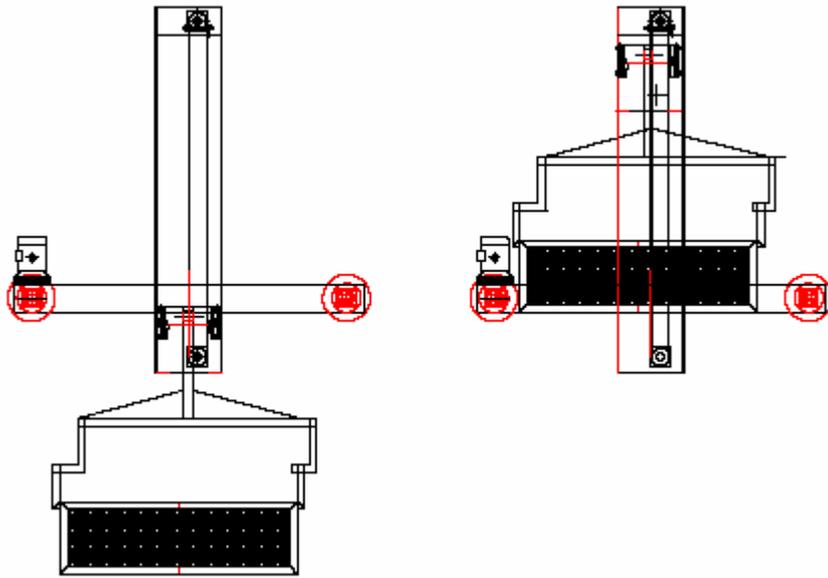
由于本台设备盘管开口面积较大，采用这种双层冷却方式，可以充分发挥水冷环境适应性好，直接制冷机组冷却温度低的长处，有效控制蒸汽层，防止溶剂蒸发逃逸。

传动机构

采用两台单梁自动小车的传动方式。（参考方案图）

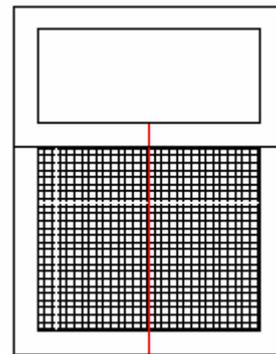
这种传动方式具备以下几点优点：

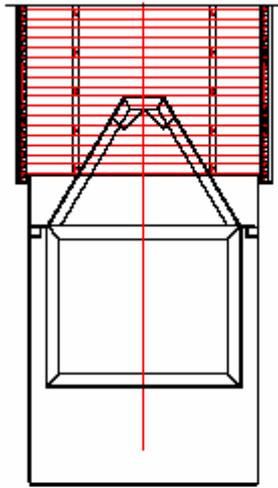
1. 移动机构简单，节省材料。
2. 设备整体结构要求降低，降低了造价。
3. 采用两台单梁自动小车，工艺配置比较灵活。可以减少工艺时间，提高清洗效率。



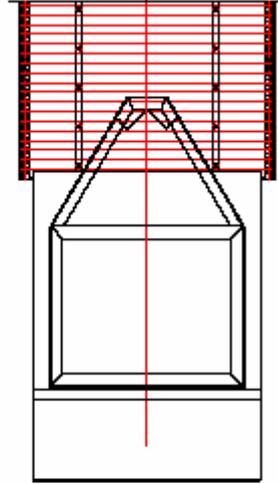
这个传动机构充分利用非接触传感器精确定位，刹车电机直接通过减速机驱动小车移动，料框上下移动通过链条传动，通过特别设计工艺料框和挂钩的配合，简化了输送结构，并能有效防止料框晃动。

作为传动系统改进的另外一个方面，清洗料筐在清洗槽中的固定全部采用底托方式固定，避免因为原来采用的篮筐边沿悬挂固定方式，篮筐边沿与槽体制间隙不能过大，由于吊钩的传输误差，料款容易卡在盘管段的故障。





边沿固定



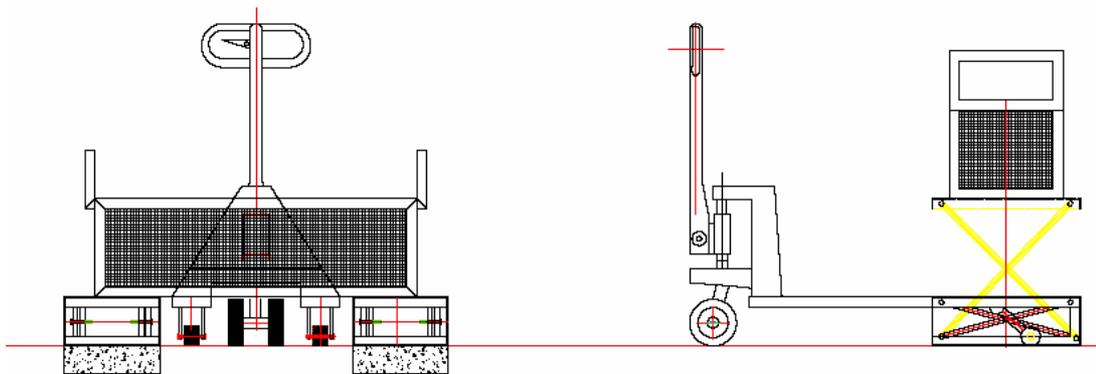
底部固定

平移机构部分承重部分采用钢管制作。

上下料平台

上下料平台设置自动升降平台，使用液压搬运车直接上下料。

用推高叉车将工艺料筐推进到进出料升降平台上，设计离地面高度 200mm），由自动装置推送到上料平台，自动上升到位，完成清洗作业后料筐放置在出料滚道平台上，自动下降，利用液压搬运车下料。（滚道设计离地面高度 200mm）



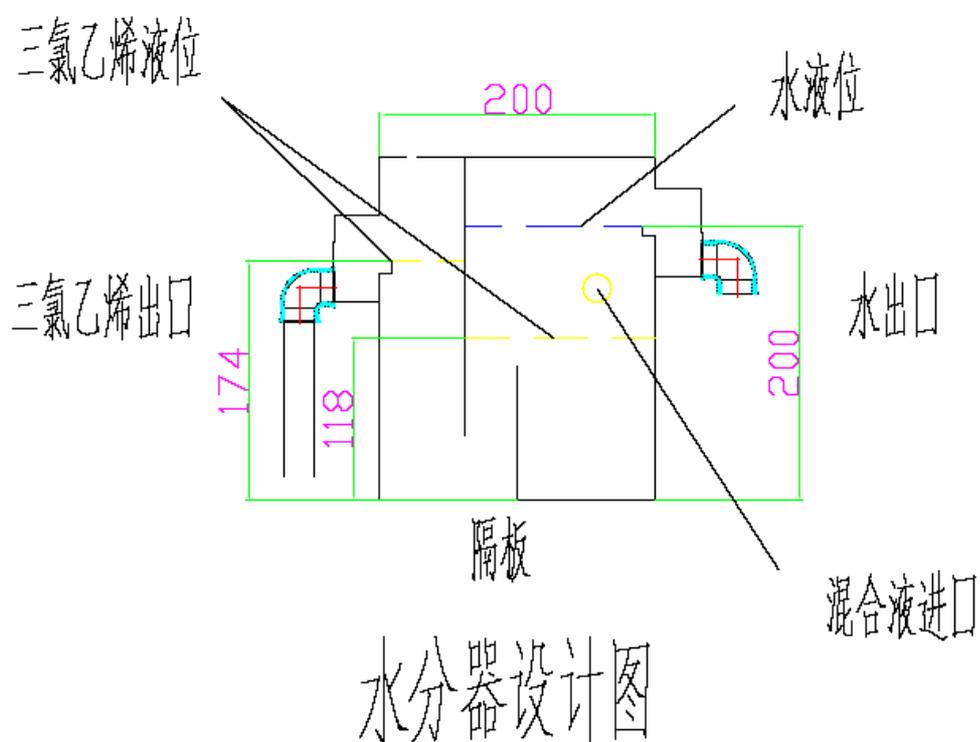
清洗上下料示意图

设备进出料口设计有不锈钢拉索配重门，可以轻松开关。

水分分离器

利用不相溶的两种液体自然分层的原理（水的比重小于有机溶剂的比重）将收集进入水分分离器的水和有机溶剂分离开。

详细参见附图



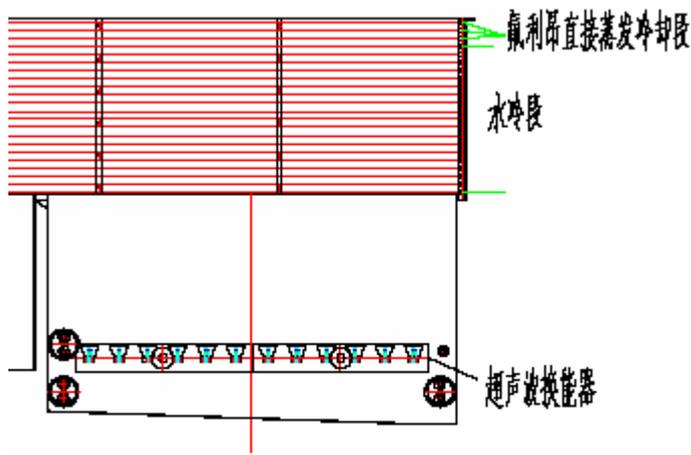
实际是利用精确计算三氯乙烯与水出口的液位高差，将分层后的三氯乙烯和水由出口分别流出。

水分器的容积应该是每分钟流入液体容积的 2 倍以上的，，上面水分器设计用于蒸馏回收机，清洗槽的水分器容积为上图的 4 倍。

回收机 1，2 和蒸浴槽回液部分安装水分分离器。

水分分离器内部放置两层隔板。

热浸超声粗洗槽



溶剂热浸超声清洗槽

被清洗工件在此槽进行热浸超声波粗洗，可将工件表面及缝隙内脏物清洗干净。

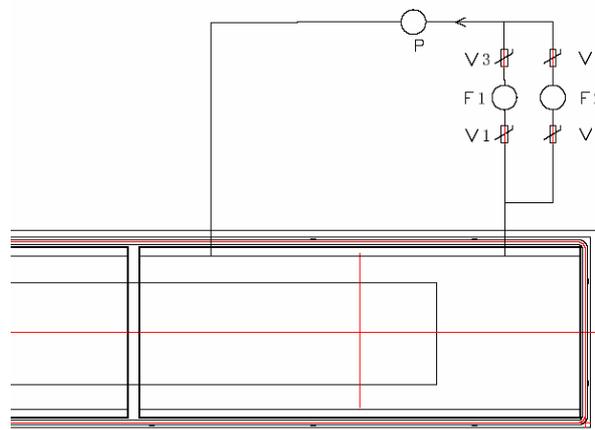
清洗槽内部尺寸为：1500 × 600 × 735mm。采用 2mm 厚度进口 304 不锈钢板氩弧焊接而成。槽内设置不锈钢液位传感器监视设备运行中液位情况，并在液位不足的情况下给出报警信号并关闭加热及超声波输出。槽内设置 4000W 浸没式超声波换能器，

将超声波发生器产生的超声波电能转换为高频机械振动并传入清洗液中，在清洗液中产生空化振动，从而达到超声波清洗的目的。

超声波与清洗步序同步间歇工作。

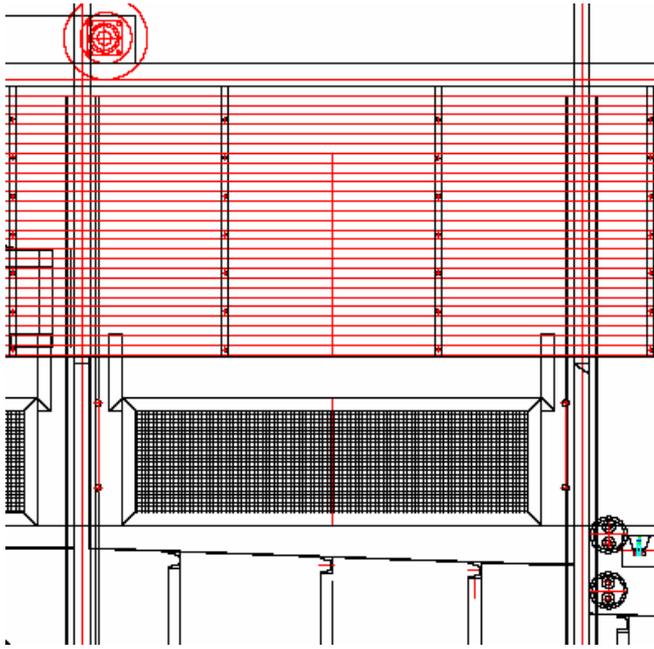
设置热浸超声清洗温度为 65 。槽内设置 18+12kw 不锈钢电加热管，设置自动温控加热系统，采用智能温度控制器自动控制清洗槽中的温度及加热情况。

为了尽可能延长清槽时间，在槽外侧设置两套并行的布袋式过滤器，采用轮换工作方式，一套清理时不影响另一套工作。



溶剂浴洗槽

被清洗工件在此槽进行浴洗，可对工件进一步清洗干净。



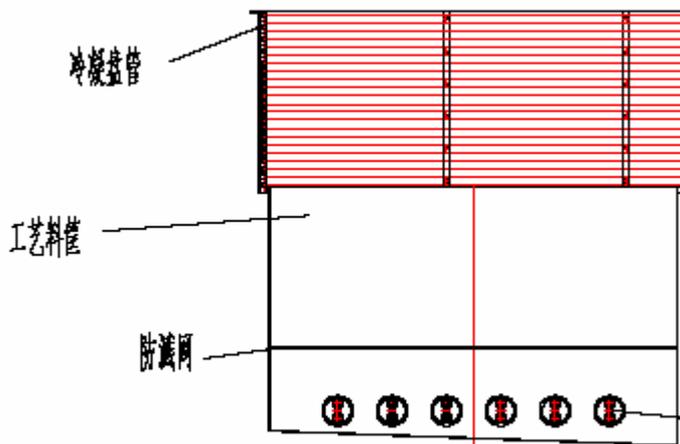
将工件冷却至常温，拉大与蒸汽温度的差别，便于后道的气相清洗作业。

清洗槽内部尺寸为：1500 × 600 × 735mm。采用 2mm 厚度进口 304 不锈钢板氩弧焊接而成。

槽内设置不锈钢液位传感器监视设备运行中液位情况，并在液位不足的情况下给出报警信号并关闭加热及超声波输出。

冷却水管通入冷漂清洗槽里环绕 2 圈以控制清洗液温度。

气相清洗槽



气相清洗槽

被清洗工件在此槽进行溶剂蒸汽浴洗。通过槽底设置的不锈钢电加热管将清洗溶剂加热至其沸点

(87.3)，产生的蒸汽在槽的上部形成冷冻区域，与相对温度较低的工件接触后蒸汽冷凝而成纯净的液态溶剂，再次清洗工件。

清洗槽内部尺寸为：1500 × 600 × 955mm。采用 2mm 厚度进口 304 不锈钢板氩弧焊接而成。

该槽设置自动温控加热系统，采用智能温度控制器自动控制清洗槽中的温

度及加热情况。

槽内设置不锈钢液位传感器监视设备运行中液位情况，并在液位不足的情况下给出报警信号并关闭加热输出。

蒸浴槽采用 2 组加热装置，为 21kw+9kw，采用梯级加热方式，必要时可以关闭一组加热以节约能源。

超声槽，蒸浴槽设置一周为单位的循环定时加热装置，可以设定提前加热时间，每天提前开启加热装置，缩短清洗准备时间。

为了便于清槽，在气相槽底设置一层过滤筛网，清理槽底时可以拿出清理。

工业冷水机组，直接冷却机组

工业冷水机组为设备主体及蒸馏回收塔提供冷却水。由压缩机，换热器，冷水箱，循环水泵，控制电器等组成，冷水箱采用不锈钢制作，冷却水循环泵采用不锈钢冲压泵。压缩机采用美国谷轮产品，采用板式蒸发器。

冷水机组采用 3 台 5p 机组。

冷水机组采用水箱及压缩机组分体结构，冷水机组与设备冷凝盘管，水箱与压缩机组之间分别设置独立的循环管路系统。

冷水水箱容积为 150L。

为解决各个冷水机组的热负荷平衡问题，将 3 台冷水机组的循环水箱合并共用，通过冷却水主管道连接到各个冷却分管。

冷却水管采用主管—分管连接方式，全部采用硬管连接，外敷保温材料。保证走管整齐美观。

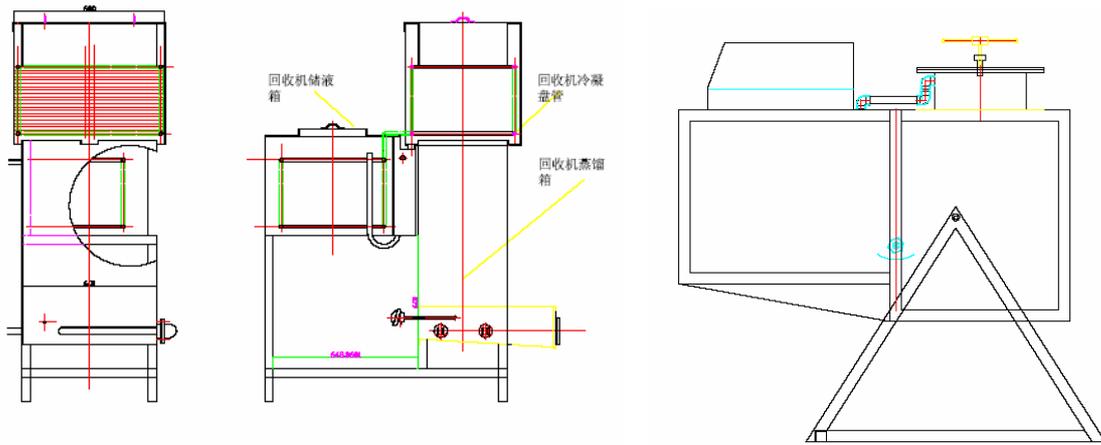
管路里面为了防止水垢产生，可以设备调试完毕后使用去离子水解决。

本机适用的清洗液加热后极易挥发，清洗槽的上部设置有冷凝排管，冷凝盘管采用 2 层设置，上层为氟利昂直接蒸发制冷，下层由工业冷水机提供的冷水通过冷凝盘管冷却，在各槽的上部形成冷冻区域，清洗剂蒸汽及空气中的水蒸气在冷冻区同时被冷凝，经过集液槽流入水分分离器，分离出纯净的清洗液直接补充进入清洗槽，完成清洗液的再生循环，减少清洗液的损耗。冷凝盘管由不锈钢管制作而成。

直接冷却机组为 5 匹 1 台。

由于本台设备盘管开口面积较大，采用这种双层冷却方式，可以充分发挥水冷却环境适应性好，直接制冷机组冷却温度低的长处，有效控制蒸汽层，防止溶剂蒸发逃逸。

蒸馏回收塔



电炉蒸馏箱

定期使用，可以对使用过的清洗溶剂进行清洁再生处理。全不锈钢结构。蒸馏回收箱排渣口设置排渣（液）泵，便于排除废液，废渣。

蒸馏回收机组由蒸馏箱，冷凝盘管/回收槽，水分分离器，储液箱等构成，蒸馏箱外表面设置保温材料层，蒸馏箱上部设置防止冲料的不锈钢细网。

设计 2 台回收机组一次可以回收任何一个清洗槽中的全部溶剂。

排液泵控制电器在设备上就近设置。

蒸馏回收机（独立运作）

作为蒸馏回收塔的补充，可以将蒸馏回收塔的回收废液再次蒸馏回收（一般情况下可以回收 1/3 的纯净溶剂）。

采用油浴加热，升温均匀，多重保护，使用经济性好。

管路系统

采用干净液体和脏液完全分开的两套管路系统，分别控制，避免相互间窜扰。

容易窜扰部分全部采用电磁阀控制。

进液管路延伸出来到方便进液位置（超过冷水机组）。

3 套磁力循环泵

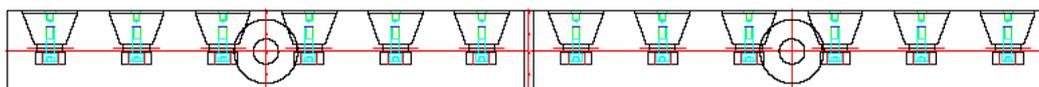
1. 超声槽循环过滤
2. 抽脏液
3. 抽清洁液体进入清洗槽。

超声波系统

超声波电源产生与换能器匹配的超声波信号并传入换能器,将超声波发生器产生的超声波电能转换为高频机械振动并传入清洗液中,在清洗液中产生空化振动,从而达到超声波清洗的目的。

本设备采用 tmu-4000 型电脑超声波发生源。该型超声波电源采用单片机控制,日本原装保护电路组件及德国西门子公司功率器件,技术处于目前国内较为领先地位。

超声波换能器换能器为浸没式结构,采用 6850-28H 型振子,该型振子基本参数如下:



超声波换能器 28KHz 4KW

型号：6850-28H
 辐射面直径：68 (mm)
 高度：78 (mm)
 功率：60 (W)
 谐振频率：28 (KHz)
 谐振阻抗：10-20 ()
 电容量：4200 (PF)

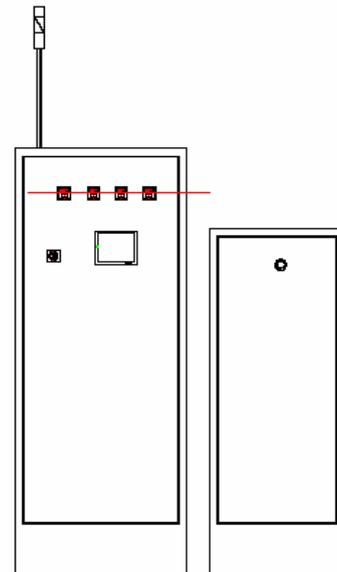
超声波换能器工作面全部采用特殊工艺镀硬铬,可以有效延长换能器使用寿命。

超声波系统间歇工作。

电气控制

设备设置独立电气控制柜，超声波电源柜，与设备主体通过架空桥架连接，控制电器及超声波电源放置在该电器控制柜上。

1. 面板采用三菱人机对话的触控面板（6"彩色，AS951GOT-QSBDM3）。
2. 采用三菱公司可编程控制器（plc）FX2中心控制。
3. 接触器，空气开关全部采用施耐德公司产品
4. 液位传感器采用法国西格姆公司产品，关键部位双备份。
5. 温度控制器采用欧姆龙公司产品。
6. 其他电器控制件均采用国产优质产品。
7. 定位采用光电开关。
8. 设置预加热定时装置,以周为单位循环设定，每天。
9. 各槽液位直观由人机对话界面直观指示。
10. 在活动吊架上安装摄像头，操作位置安装监视器。
11. 电源设置三相电度表。



设备电功率组成一览表

序号	工作状态	超声槽加热	气相槽加热	冷水机组 3台	冷却机组 1台	回收机组	其他（）约	峰值功率
1	待机状态	0	0	10kw(间歇)	3kw(间歇)	0	0	13kw (间歇工作)
2	加热准备状态	30	30			0	0	73kw
3	正常清洗	18(间歇)	21			3	52kw	
4	回收溶剂	0	0			24	37kw	

设备质量及售后服务承诺

本公司设备参照产品质量标准及与用户签订的技术协议生产制造,并保证符合上述文件要求。

本设备的质量保证期为壹年。

本公司对质量保证期内发生由于设计,工艺或者制造材料缺陷造成的故障负责并承担费用,本公司承诺在接到通知后 24 小时内响应并提供免费现场维修服务。

设备安装使用条件：

- 1.安装场地应平整、无倾斜、地坪坚固。
- 2.用户须配三相四线电源，总功率不低于 100KW。

设备附件

设备提供设备操作，维护说明书及可供维修保养之用的电器，机械原理图各 2 套及关键外购件的使用说明书。

提供机械及电器易损件一套。（详见清单）

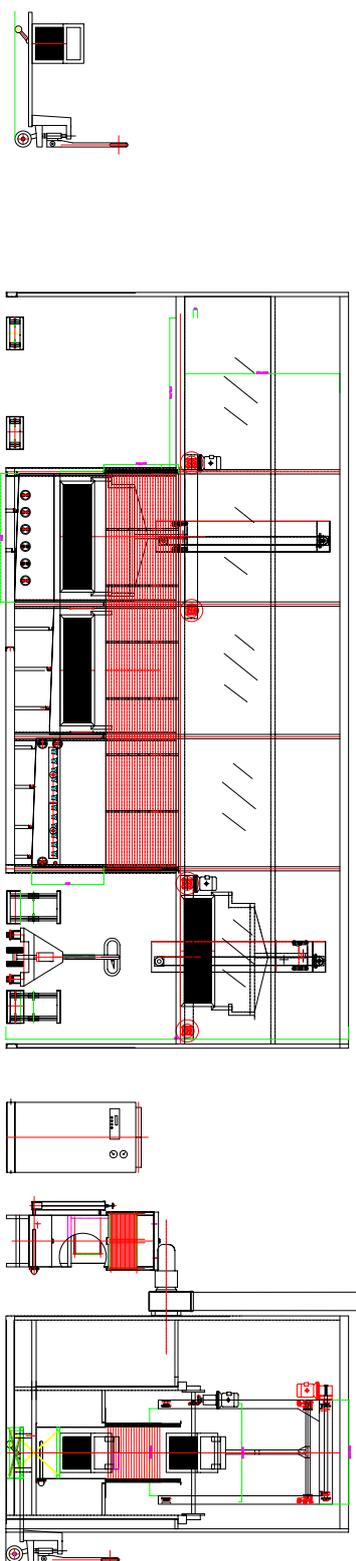
设备验收标准

设备按照技术协议项目验收，符合各个部分描述。
产品按照正常清洗作业后采用黑光灯照射目视无油脂。

设备制作周期

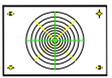
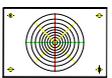
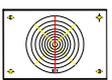
90 日。

备注：

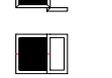


下料升降平台 3 气相蒸汽槽 2 漂洗槽 1 超声热浸清洗槽 上料平台

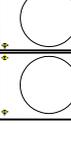
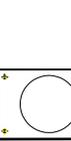
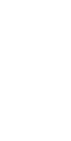
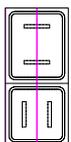
工业冷水机组-压缩机



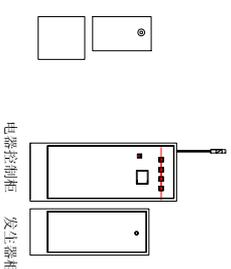
工业冷却机组



工业冷水机组



工业冷水机组-循环水箱



电器控制柜 发电机柜

材料规格表 2024.04.01

框

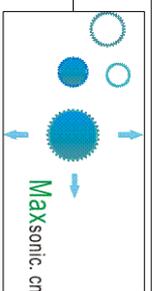
旧底图总号

底图总号

签字

日期

超声清洗设备方案图



标志	外数	更改文件号	签字	日期	图	样	标	记	重	量	比	例
设计	校对	工艺审查	日期	共								
主管设计	审核	工艺审查	日期	共	页	第	页					