

目次

目次	1
1 绪论	2
1.1 机电一体化系统的发展	2
1.2 超声波清洗机的发展	2
1.3 PLC 的发展现状	3
1.4 本文的主要工作	3
2 超声波清洗机的总体设计	4
2.1 超声波清洗工艺	4
2.2 精密零件清洗机的基本要求	7
2.3 超声波清洗机的工艺流程设计	7
2.4 超声波清洗装置的设计	9
2.5 传送机构的设计	12
2.6 超声波清洗机的总体结构图	14
3 超声波清洗机控制系统设计	16
3.1 超声波清洗机电气原理图	16
3.2 PLC 控制系统的设计	17
3.3 触摸屏选型、特点，与 PLC 连接	24
3.4 触摸屏操作界面	25
3.5 变频器的说明	27
3.6 本章小结	27
4 系统运行常见问题及注意事项	28
4.1 使用设备前的确认	28
4.2 电源投入	28
4.3 关机后操作	29
4.4 长期不使用设备时的保养	29
4.5 长期停用设备重新开机。	29
4.6 常见故障及其处理方法	30
4.7 保养点检	31
5 总结	32
致 谢	34
参考文献	35

1 绪论

1.1 机电一体化系统的发展

机电一体化 (mechatronics)这一概念是于 1971 年由日本学者首次提出来的,在几十年的发展,其内涵在不断变化更新。起初,机电一体化主要是指机械和电子的简单结合,产品也比较简单,主要涉及高性能的伺服技术等。在 20 世纪 80 年代,高性能微处理器在机电一体化产品中的应用,提高了机电一体化产品自动化和智能化程度,数控机床、工业机器人等获得很大发展。到 20 世纪 90 年代,计算机网络通信技术在机电一体化系统中的应用,使机电一体化成为机械学科信息学科的高度融合。进入 21 世纪,机电一体化产品也更加多样个性化、柔性化、智能化,应用更加广泛。一方面借助现场的总线等技术,资源共享,使机电一体化系统越来越大,另一方面,通过机械和微电子的交叉融合微型性而形成微机电系统 (MEMS)。

现代科技的发展对机电一体化系统的发展起到巨大的推动作用,其中影响较大的包括微计算机、微控制器及数字信号处理 (DSP),网络通信技术,自动控制技术,现代机构学, MEMS 技术等。

机电一体化技术是微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术相结合的综合性高新技术,是机械技术与微电子技术的有机结合。

1.2 超声波清洗机的发展

自 1951 年第一台超声波清洗机问世以来,超声波清洗技术作为多种学科知识和技术的综合,经历了应用研究的发展阶段。目前,超声波清洗已成为国内外最有效的清洗手段,并逐步深入到科技领域的方方面面和多种生产环节。特别在汽车工业领域的应用更为普遍。伴随应用领域的不断扩大,超声波清洗设备正朝着大规模高效率 and 自动化的方向发展。

超声波清洗是一种效果显著的强化清洗法，易于实现机械化、自动化，对于形状复杂和多孔的零件，与其它精洗方法相比有无可比拟的优越性。随着生产力的提高、环保意识的加强以及人们对超声波技术认识的深化，超声波清洗的应用领域一定会迅速拓展，在国民经济建设中发挥越来越重要的作用。

1.3 PLC 的发展现状

上世纪 60 年代末 PLC 产生于美国马萨诸塞州，MODICON084 是世界上第一种投入生产的 PLC。PLC 崛起于 70 年代，首先在汽车流水线上大量应用。80 年代 PLC 走向成熟，全面采用微电子处理器技术，得到大量推广应用，年销售始终以高于 20% 的增长率上升，奠定了其在工业控制中不可动摇的地位。90 年代，随着工控编程语言 IEC 61131-3 的正式颁布，PLC 开始了它的第三个发展时期，在技术上取得新的突破。PLC 在系统结构上，从传统的单机向多 CPU 和分布式及远程控制系统发展；在编程语言上，图形化和文本化语言的多样性，创造了更具表达控制要求、通信能力和文字处理的编程环境；从应用角度看，除了继续发展机械加工自动生产线的控制系统外，更发展了以 PLC 为基础的 DCS 系统、监控和数据采集系统（SCADA）、柔性制造系统（FMS）、安全连锁保护系统（ESD）等，全方位地提高了 PLC 的应用范围和水平。

1.4 本文的主要工作

- 1) 超声波清洗机的清洗工艺设计。
- 2) 超声波清洗机的总体结构设计。
- 3) 清洗机的 PLC 自动控制系统设计。
- 4) 触摸屏人机界面设计。

2 超声波清洗机的总体设计

影响精密零件清洗的五个要素是污染物、零件、清洗介质、清洗工艺和清洗设备。

污染物分析具体指分析其具有的性质，属于有机污染还是无机污染，是水溶性的还是油溶性的，是极性污染还是非极性污染，污染物与零件表面粘附的程度是否牢固，是属于机械性粘附、物理性粘附还是化学性粘附等。

零件分析具体指分析要清洗的零件的材料，是金属还是非金属，是否容易受腐蚀或受溶胀、溶裂，表面的保护层的特殊要求等。

清洗介质选择则是要根据污染物的性质及与零件表面粘附的情况，是用有机溶剂还是用水基溶剂，极性溶剂还是非极性溶剂，应对清洗介质的溶解力、表面活性力、化学反应力、零件材料的腐蚀性、相容性以及所使用的经济性、安全性和对环境的影响等因素，进行综合分析。

清洗工艺指清洗精密零件的工艺方法，使用有机溶剂、半水溶剂清洗，或水基清洗，用浸洗还是用喷洗、擦洗、刷洗、超声波清洗或用多种组合清洗，用高压喷洗还是用低压喷洗，在清洗过程中是否需要附加振动、抖动、转动等，需要常温清洗还是加热清洗，

清洗的工艺流程是分几次清洗，几次漂洗；清洗零件的干燥形式等。

清洗设备决定了用批次式清洗还是用通过式清洗以及零件的传送机构；用电加热还是用蒸气加热；超声波清洗参数；清洗时零件的机械力如摇动、抖动、转动等，清洗过程中清洗介质的循环再生，清洗节拍的控制，以及采用的安全防护措施等。

作为 ODS（破坏臭氧层物质）清洗剂替代品之一的碳氢溶剂将逐步成为当今清洗剂的主流，采用碳氢溶剂清洗时，为提高清洗效果往往需要各种物理清洗手段相配合，超声波清洗就是最有效的一种。

2.1 超声波清洗工艺

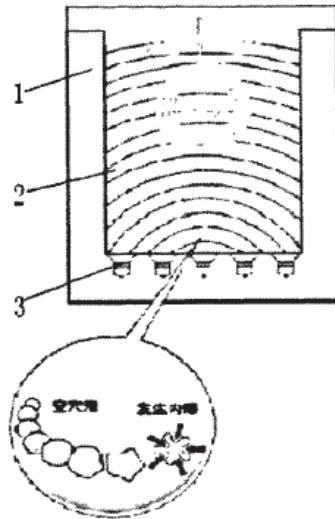
超声波是一种频率超出人类听觉范围 20kHz

以上的声波。超声波的传播要依靠弹性介质，在传播时使弹性介质中的粒子振荡，并通过介质按超声波的传播方向传递能量，这种波可分为纵向波和横向波。在固体内，两者都可以传送，而在气体和液体内，只有纵向波可以传送。

超声波在液体中的应用机理主要是声空化现象，于 1894 年第一次被 O. Reynolds 观察到。1919 年 Rayleigh 提出声空化泡理论模型来预计空化泡崩溃时所产生的压力。1944 年 E.N.Hazvey,及其合作者做了重要的研究，确定空化产生所必须的空化核。Noltingk 和 Neppiras 于 50 年代初在空化理论方面取得重大进展，建立了气泡动力学模型。60 年代，H.G.Flynn 将超声空化分为稳态空化和瞬态空化来描述。稳态空化和其产生的微声流可以在工件表面处提供一种溶解机制而使污染物溶解，在污染层与工件表面之间形成的稳态空化泡则会使污层脱落。瞬态空化则会产生冲击波，可以击碎污物层而将其剥落。Naud 和 Ellis 用高速摄影观察到液-固相介质中，超声空化泡崩溃时，向固体表面喷射高速（100m/s）微射流，它能够除去或削弱边界污层，腐蚀固体表面，增加搅拌作用，加速可溶性污物的溶解，强化碳氢清洗剂的清洗作用。

超声技术的不断发展渗透解决了大量的日常生活和生产技术中的难题，超声波清洗正是超声技术的发展带来的重要应用之一，在我国清洗业正在得到广泛的应用。超声波清洗的特点是速度快、质量高、易于实现自动化，特别适合于形状复杂的工件，如对精密零件上的空穴、狭缝、凹槽、微孔及暗洞等处，通常的刷洗难于奏效。因此，超声波清洗技术作为一种先进、高效、符合可持续发展战略的现代清洗技术，以其具有诸多传统清洗技术所不具备的独特优势已开始应用于机械制造业的各个领域，在未来的制造业将得到越来越更广泛的应用。

超声波清洗装置主要由超声波发生器(包括超声电源和超声换能器)和清洗液槽构成清洗原理如图 2.1 所示。由于超声波在液体中的纵向传播，使其传播时能使液体出现稀疏状态和密集状态，在密集状态区、液体承受正压力，而在稀疏状态区则承受拉力，由于非线性作用，液体会产生大量的非稳态的微小气泡和空泡（直径约 50~500 μm ），



1.清洗液槽 2.清洗液 3. 超声波换能器

图 2.1 超声波清洗原理图

这些气泡和空泡随超声波的振动反复生成，闭合并迅速变大，闭合时会产生压强高达几百乃至几千帕的微激波，因剧烈碰撞导致突然爆裂，使气泡周围产生上千个大气压力，即超声空化作用。由于空化作用极易在固体与液体交界面进行，并且空化瞬间在局部产生 5000K 以上的热点和上千个大气压，一方面破坏污物与清洗件表面的吸附，另一方面也会引起污物层的破坏而脱离清洗件表面并使它们分散到清洗液中。气泡的振动也能对固体表面进行擦洗。气泡还能“钻入”裂缝中做振动，使污物脱落。

影响精密零件超声波清洗的因素主要有：

1) 超声波的声压强度.

超声波清洗的空化作用与其声压强度有关，如果声压强度达不到一定的值，就不能发生空化作用，这个值就叫空化阈值。

超声空化阈值随不同液体而不同；同一种液体，随温度、压力状态、含气量以及空化核半径的大小和分布的不同而不同。因此，声压强度越高，功率密度越大，空化效应也越明显。但是，声压强度也不能过大，否则有可能对零件表面产生空化腐蚀。一般在超声清洗槽中的声强选择在 $1\sim 2\text{W} / \text{cm}^2$ 的范围。

2) 超声波频率

超声波的频率与空化作用有关，超声频率越高，空化阈值越大，产生空穴所需的声压强度也越大。超声频率低时，产生的空穴大而数量少，爆破力强；超声频率增加时，空穴小而数量多，爆破力小而范围广，清洗比较精细。但如果频率增加到超高频近 1000kHz 时将不再产生空化作用，其清洗能量主要是靠加速度的能量，将达到重力加速度的 10^5 倍，用以去除亚微米粒子污染。对于精密零件的超声波清洗，超声波频率在 40-50kHz。

3) 清洗液的性质

清洗剂的选择要从两个方面考虑，一方面从清洗件污物的性质来选择作用效果好的清洗剂；另一方面要选择表面张力、蒸气压及黏度合适的清洗剂。因为这些特性与超声空化强弱有关。液体的表面张力大则不容易产生空化，但是当声强超过空化阈值时，空化泡崩溃释放的能量也大，有利于清洗。

同时，清洗液的温度对含气量和流动速度超声波空化效果有着重要的影响，清洗液温度升高，对空化有利，但温度过高时，气泡中蒸气压增大，因此气泡闭合期增强了缓冲作用而使空化减弱。如果清洗液的流速过快，有些空化核在没有达到生长闭合运动整个过程时就离开声场，因而使总的空化强度降低。

2.2 精密零件清洗机的基本要求

设计制造精密零件超声波清洗机首先要保证以下几点要求：

- 1) 必须满足清洗的工艺要求，保证零件达到规定的清洁度要求。
- 2) 必须满足生产批量和进度的要求，具有比较高的清洗效率与质量可靠性。
- 3) 对操作者使用比较安全，工作场所容许的气体浓度符合规定要求，对易燃、易爆类溶剂有温度和浓度等控制，极限情况有报警和紧急停车装置。
- 4) 清洗液的排放符合环境保护法规的要求。
- 5) 操作简单方便，使用成本比较低，经济合理，性价比高。

2.3 超声波清洗机的工艺流程设计

精密马达的壳体和转子等精密零部件的盲孔、狭缝之间附着加工粉末、加工油以及工序之间搬运和保存时的粉尘灰和微粒。如果清洗工艺或清洗设备选择不当，这些油污杂质残留或啮入转子与狭缝之间，会对精密马达整机造成不良影响。

碳氢溶剂属非极性有机溶剂，对油污清洗能力强，渗透性好，不会造成金属生锈腐蚀，是替代 ODS 物质清洗壳体和转子的理想清洗剂。

根据精密零件清洗机的基本要求及特点，将零件定量装入清洗筐中进行批次式清洗，为保证零件清洁度要求，确定本设备的清洗工艺流程为：

人工上料→超声清洗 1→超声清洗 2→喷淋漂洗/吹干→浸泡防锈→吹干→人工出料。

本设备的清洗工艺流程如图 2.2 所示。

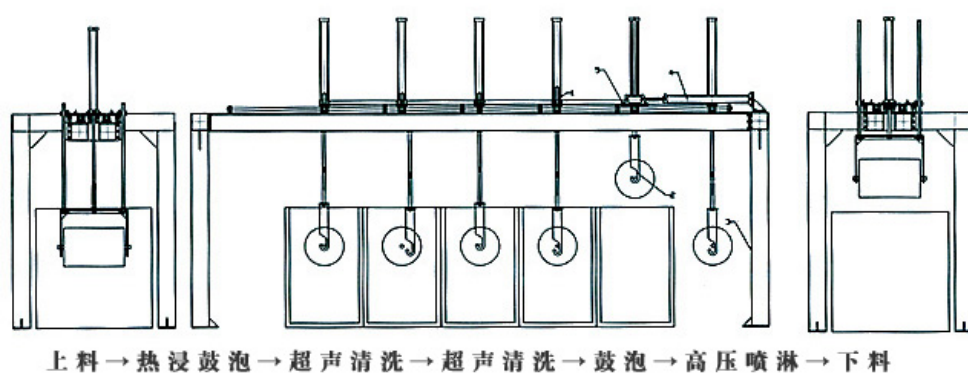


图 2.2 超声波清洗机工艺流程示意图

工件用篮筐盛放，多件一次清洗。带吊钩篮筐通过横杆悬挂在双链式清洗传动链上，清洗传动链由电动机、减速器、链轮、链条传动，完成工件在各清洗工作槽间的传送。清洗完的工件自动输送到烘道传动链上，烘干后自动输出。

温热浸洗槽、超声粗清洗槽中盛有清洗液，清洗液为循环式，分别由泵将各自贮液槽中的清洗液经过滤器过滤后由管道送到工作槽中。为使清洗槽液面上的浮动油脂和污物排出槽外，清洗槽上部设有溢流槽，且底部设有排水坡度。为增加清洗效果，各工作槽底装有电加热装置；使清洗液在一定温度下完成清洗，温度由温度控制器控制并显示，当温度到达设定值时，自动停止加热。

各清洗工艺说明如下：

1) 温热浸洗

工件在 50~60℃清洗液中浸泡完成工件的初洗，其目的是缩短超声波清洗时间，提高清洗质量。

2) 超声清洗

清洗槽底部装换能器，外接超声波发生器，使清洗液在 40~50℃下对工件进行超声清洗。

3) 防锈液喷淋清洗

泵将喷淋贮液槽内的防锈液（70~80℃）抽出，通过喷嘴喷洗工件，一是去除工件表面的清洗液，二是对工件进行防锈处理。

4) 强风吹干

喷淋清洗后的工件表面有大量水珠，若直接放入烘道烘干，则时间过长，同时水珠烘干后在工件表面会留下水印，因而在吹干槽内由风机吹干工件表面水分，再进入烘道烘干。

5) 烘道烘干

烘道内设电加热管，外敷保温材料。通过离心风机底部送风，顶部吸风，形成热风循环，使烘道内的温度匀布，温度 30~120℃可调（根据工件而定），由温度控制器自动控制。

在多步超声波清洗剂上，工件的上料、下料为手动操作，工件在悬挂式传送链上和烘道传动链上按一定的生产节拍在清洗工位间自动传送，由 PLC 控制完成从清洗到烘干的全过程。

2.4 超声波清洗装置的设计

超声波清洗装置主要由清洗液槽和超声波发生器构成。清洗槽分为两个超声波清洗槽和一个漂洗槽。清洗槽需要采用强度高、能抗一般化学腐蚀的不锈钢材料制成，本设备采用材料 0Cr19Ni9(SUS304)，具有良好的耐蚀性、耐热性、低温强度和机械性能，冲压弯曲等热加工性好，无热处理硬化现象，无磁性。同时由于超声空化腐蚀的问题，所以超声槽的槽壁总是或多或少有一定的损耗，虽然这种损耗比较小，但长期以来是会影响超声波清洗的一些参数变化，因此在设计中选用壁厚为 3mm。

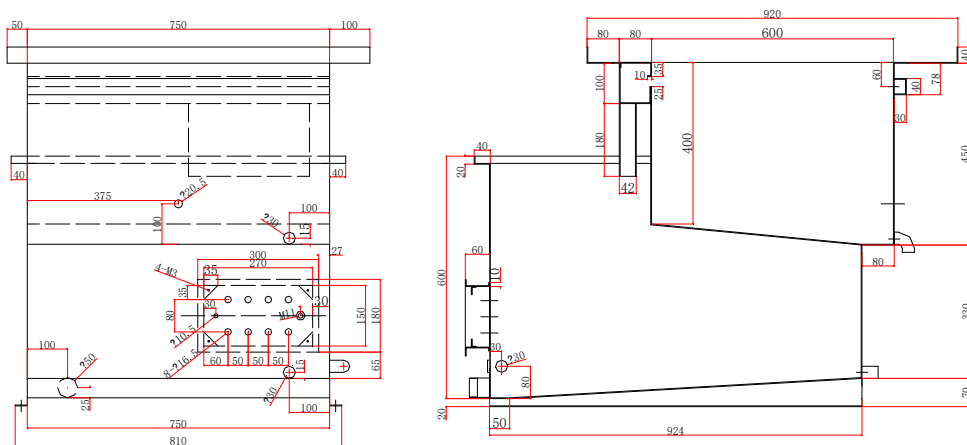
对于超声波清洗槽涉及到超声波换能器的安装问题。超声波换能器在清洗槽中的安装有两种方式，一种是将单个换能器固定的粘贴在清洗槽的底部或侧面，这种方式要求与清洗液接触的槽面要抛光，以减少空化腐蚀；另一种是把多个换能器共同粘结在一块辐射板上，并密封成为一个外形象盒子的换能器组合体，称为振子，可以浸入装有清洗液的清洗槽的任意位置，以取得最佳的清洗效果，这种方式称沉浸式安装，此时换能器是独立的一个部件，沉浸式换能器维修比较方便，能快速更换

。因此，在设计中采用沉浸式的安装方式，根据对超声波原理的分析结果，清洗机选择功率 1500W，频率为 40KHz 的必能信 8500 超声波发生器，每台超声波发生器各带有一个装有 36 个换能器的盒装振子，如图 2.3 所示。



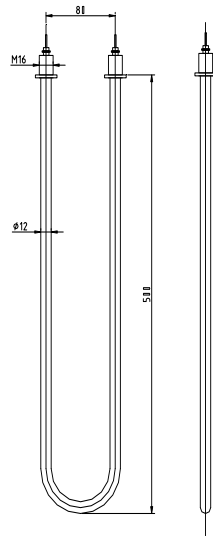
图 2.3 超声波换能器振子

超声波清洗槽的结构如图 2.4，超声波换能器振子安装在清洗槽的底部。由于碱氧溶剂微带气味，为了保持良好的工作环境，在清洗槽上边缘设计了通风槽，并通过末端通风口与清洗机风道相连，以便将空气中的碳氧溶剂即时排走。漂洗槽结构与超声波清洗槽相似，只是由于底部无超声波换能器振子而高度减少。



2.4 超声波清洗槽结构图

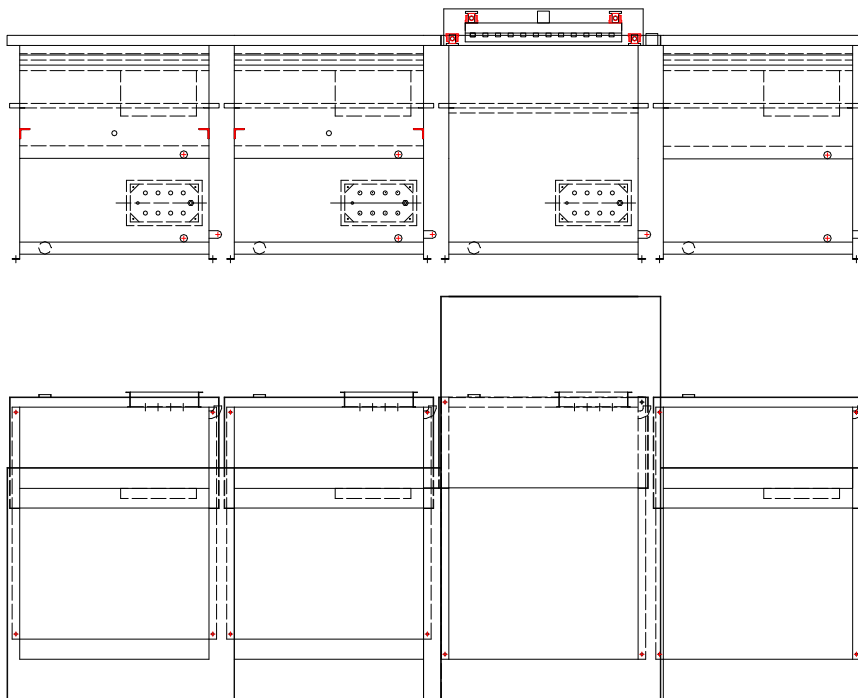
与其他水槽相比，电阻加热槽具有发热部分简单、对槽料种类的限制少、水槽温控精度高、容易实现在真空或控制气氛加热等特点。



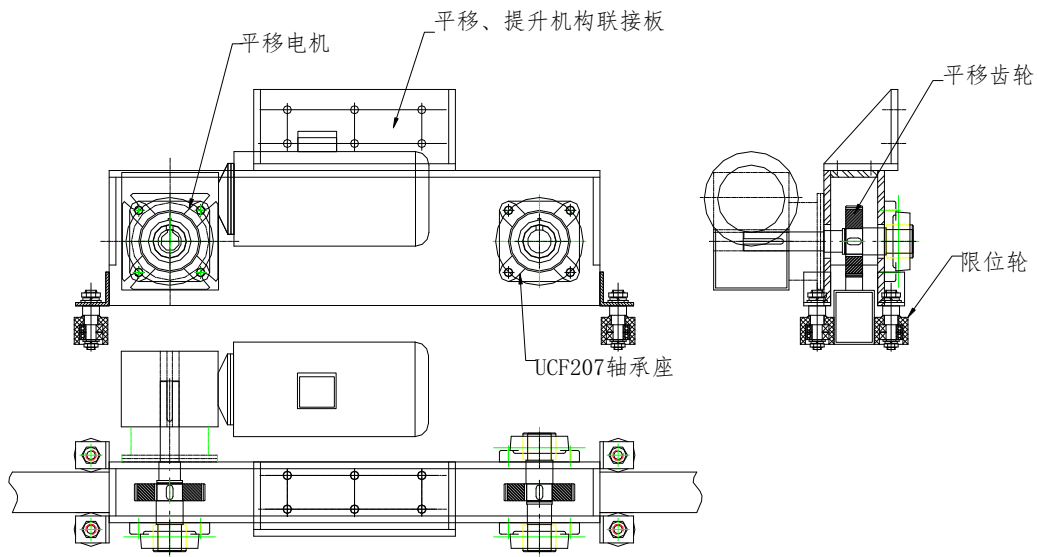
2.5 超声波清洗槽电阻加热管

电阻加热主要是根据清洗需要，它是由不锈钢管制成的，因为长时间的放置在清洗液体，所以对结构的抗腐蚀性比较高，其接口焊接要在水槽的外面，接上电源。

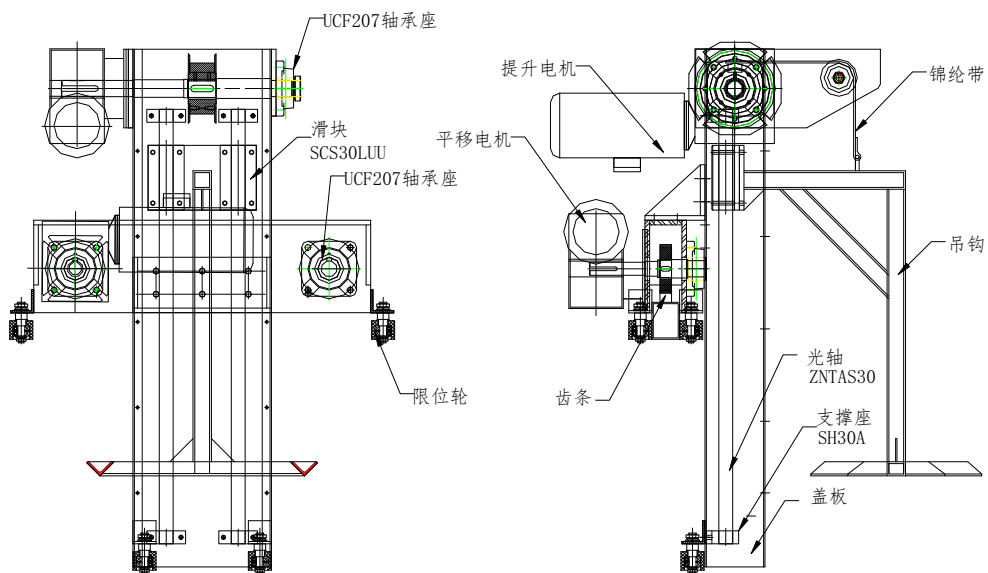
本超声波清洗机为机械臂传动的多功能超声波清洗流水线，设有 1 个超声粗洗、1 个超声清洗、1 个喷淋冲洗（吹干）、1 个浸泡脱水防锈共四个工位。通过超声波振荡原理，在液体中产生空化作用，使浸入超声清洗区域内的工件与其表面的粘合物剥离。超声波清洗机的清洗槽及工位如图 2.5 所示。



2.6 超声波清洗机工位图



2.8 超声波清洗机的平移机构图



2.9 超声波清洗机的传送机构图

所设计的传送机构根据精密零件的清洗工艺需求，主要具有以下特点：

- 1) 清洗区机械臂架采用一体形式，便于对各清洗槽内零件进行统一操作；
- 2) 进给各部均使用线性滑轨，便于生产和安装；
- 3) 各个部件动作统一由 PLC 进行协调控制。

机械臂平移及升降均有 PLC 控制并经触摸屏交互操作，具体步骤为：

轻触“上升”键，按键变为状态，机械臂开始上升，当机械臂上升到最高位置后，就会自动停止上升；

轻触“下降”键，按键变为状态，机械臂开始下降

，当机械臂下降到最低位置后，就会自动停止下降；

当机械臂在最高位置时，轻触“左移”键，按键变为状态，小车开始左移；轻触“停止”小车停止左移，当小车已经停在进料端时，请不要再向左移动；

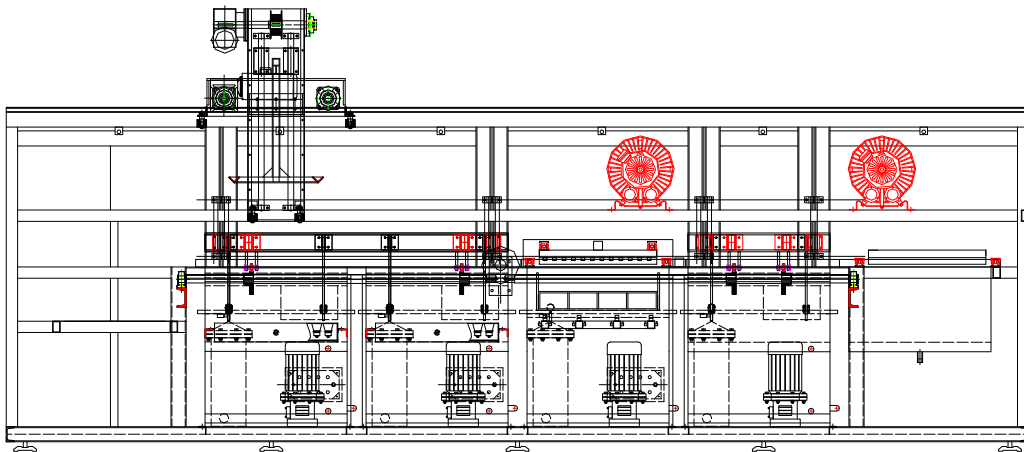
当机械臂在最高位置时，轻触“右移”键，按键变为状态，小车开始右移；轻触“停止”小车停止右移，当小车已经停在出料端时，请不要再向右移动；

当机械臂把清洗物从前一个工位搬运到后一个工位时，轻触“左移脱钩”键，按键变为状态，小车开始左移；当小车左移到相应的位置后，就会自动停止；然后手动将机械臂升起；

当机械臂从从前一个工位搬运清洗物到后一个工位时，轻触“右移挂料”键，按键变为状态，小车开始右移；当小车右移到相应的位置后，就会自动停止；然后手动将机械臂升起。

2.6 超声波清洗机的总体结构图

本文设计的为机械臂传动多功能超声波清洗机，设有 1 个超声粗洗、1 个超声清洗、1 个喷淋冲洗（吹干）、1 个浸泡脱水防锈共四个工位。该设备清洗速度快，清洁度高，可降低劳动强度，减少中间环节。其总体结构如图 2.8 所示。



2.8 超声波清洗机的总体机构图

该超声清洗机有如下特点：

1) 清洗工件自动传送，采用可变频控制器、变频器控制运行节拍，清洗运行节拍可调（时间设定在触摸屏上设置）；

2)

超声波采用底侧辐射式清洗，换能器采用德国赛琅泰克的压电陶瓷晶片（Ceram Tec），发生器采用功率模块电源；

3) 清洗线上所有清洗槽底做成船形，便于刷洗清底，配有高位溢流、低位自动报警添液装置；

4) 超声、喷淋（吹干）槽配有加热温控装置；

5) 设备为敞开式结构，便于维护保养；

6) 整套设备采用 MITSUBISHI PLC 控制，设有自动、手动两种操作方式，自动操作只需合上控制断路器，按下自动运行键，设备即按设定程序运行，操作工只需负责进出料的装卸工作即可。

7) 设备具有故障报警功能，确保设备免受损坏和及时排除故障；在进出料端装有急停按钮，可在非正常运行时及时切断控制回路电源，保护设备。

3 超声波清洗机控制系统设计

3.1 超声波清洗机电气原理图

超声波清洗机是由工业用电直接接入电路，先接总断路器，控制整个电路的通断，然后接系统的各个电器，例如超声波发生器，加热管，传动电机，循环电机等，但是为了系统安全每个电器都要加上必要保护的断路器，对于部分电机还要加上熔断器，为了方便 PLC 控制也要加上必要的交流接触器。然后根据不同电器的耗电情况即功耗多少分别用不同规格的电线接入，为保安全，例如加热管要用 6.0 平方的，发生器要用 2.5 平方的等等。最后每个电线都接上一盏工业小灯，可以很直观的看清这个电路的通关情况。其主电气原理如图 3.1 所示。

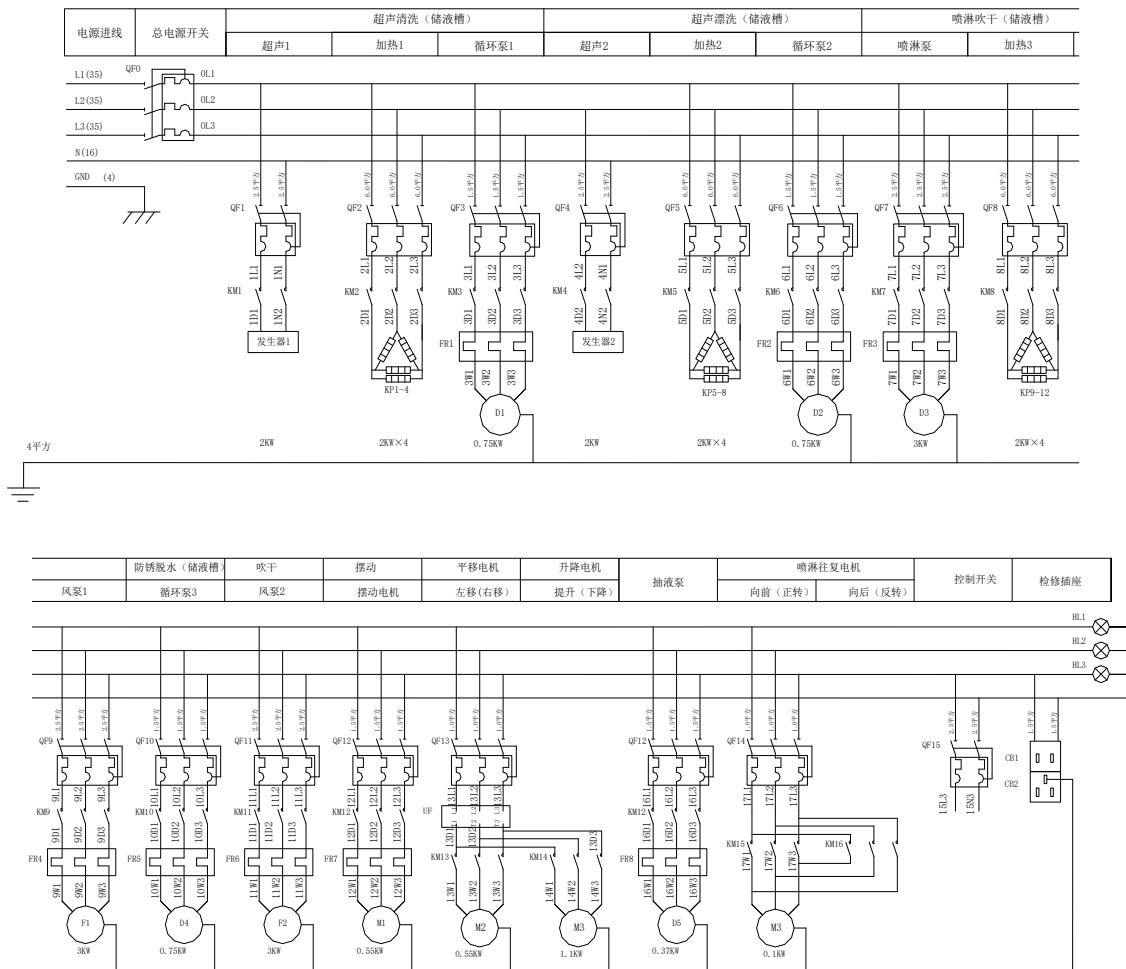


图 3.1 超声波清洗机主电气原理图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/187102161145006114>