

摘 要

心脏冠状动脉支架植入是治疗心脏冠状动脉狭窄的通用手段之一，为了降低再狭窄率，提高治疗效果，国际上最新的解决办法是对冠状动脉支架表面涂敷一层药物涂层，即药物洗脱支架，控制再狭窄形成可能。

本课题的目的就是设计和制造一套合适的设备和方法，对冠状动脉支架表面进行药物涂敷。通过对不同涂敷工艺的了解和比较，最后选用通过超声波进行雾化喷涂，实现支架表面药物涂层的涂敷。

论文详细介绍了如何利用 KEYENCE 公司 KV-1000 系列 PLC 的逻辑控制功能和精确定位功能，Hitech 公司 PWS 触摸屏，ADP6.0 操作系统，以及 YASKAWA 公司的 Σ -II 系列 AC 伺服单元，Park 公司的三维坐标平台，设计开发出喷涂定位操作系统。同时，还具体描述了在超声波雾化技术基础上，如何设计制造出的超声波喷头，以及该喷头在 PLC 控制的喷涂定位操作系统支持下，如何实现支架表面的精确涂敷。

本论文率先将超声波对液体的雾化功能使用在喷涂工艺中，并通过 PLC 和触摸屏技术进行精确定位，实现对精密器械的超薄精确涂敷。进一步丰富了喷涂方法，同时解决了天津百畅公司面临的现实问题。

关键词： 冠状动脉支架 超声波雾化 触摸屏 喷涂
可编程逻辑控制器 人机界面

ABSTRACT

Implant coronary stent is the main solutions to cure the disease of coronary. For decrease the rate of restenosis and improve the curative effect, there is a new solutions that is coating some drug on the surface of the coronary stent. That is drug-eluting stent.

This project purpose is design and process an equipment system to coating the drug on the surface of the coronary stent. By compare with some kinds coating technology, I choose the ultrasonic atomize coating process to produce the drug coat on the stent surface.

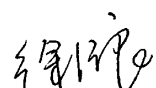
This dissertation introduces how design and process the operation system control the four axis orientation by the KEYENCE's KV-1000 PLC, HITECH's PWS3261 touch screen and YASKAWA's Σ -II series AC serve unit. It describes how design the ultrasonic atomizing nozzle system base on the theory of the ultrasonic atomizing and how realize the precision coating on the stent by the four axis orientation system with the PLC control.

The dissertation is implement the ultrasonic atomizing in the coating process, and realizes the precision coating by the PLC and touch screen technology. It's expanded the coating process and accomplishes the requirement of Tianjin Bestchance co., ltd.

Key Words: Program Logic Control (PLC) Ultrasonic Atomizing Coating
Touch Screen Coronary Stent Human Machine Interface (HMI)

独创性声明


本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 天津大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 签字日期：2007 年 1 月 15 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期：2007 年 1 月 15 日

签字日期：2007 年 1 月 15 日

第一章 概述

1.1 课题来源

本课题来源于生产实践中,是为了解决天津百畅医疗器械公司现在正面临的实际生产困难。

天津百畅医疗器械科技有限公司是一家专业生产冠状动脉心脏支架厂商,为了提高冠状动脉支架系统治疗效果,现需要对冠状动脉支架表面涂敷一层极薄的药物涂层,用来降低冠状动脉再狭窄问题,该涂敷工艺主要面临的问题有:

1. 冠状动脉支架是网状结构,网丝直径约 0.1mm 左右,网间距离也约 0.1mm,在如此密集的网状表面进行涂敷,要求在 100 倍显微镜下观察,不得有粘连,桥接,橘皮等现象。
2. 药物涂层材料价格昂贵,每千克达 100 万人民币,且不可受热。
3. 需要在洁净环境下操作,保证产品不受其它灰尘等粒子影响。
4. 对涂层厚度有严格要求,由于无法直接对厚度进行测量,因此,对涂层重量进行控制,要求可控制在正负 40 微克范围内。

由于冠状动脉支架生产历史很短,而且产量也很低,特别是对其表面进行药物涂敷,国内外还没有专用现成设备,因此,只能自己进行研制,解决面临的困难,实现生产。

1.2 课题主要任务

本课题主要任务是为了解决天津百畅医疗器械科技公司面临的实际问题,保证涂敷过程中,涂层重量能精确控制,而且表面不会产生粘连,桥接等现象,实现冠状动脉支架药物涂敷的工厂化生产。

为此,首先,需要选择一种合适的涂敷方式,然后,根据确定的涂敷方式,设计 PLC 控制系统实现整个涂敷工艺,所以本课题主要工作内容有:

- 确定合适的涂敷方式
- 设计涂敷工艺过程
- 设计并确定涂敷工艺外围输入/输出设备
- 设计涂敷系统的 PLC 控制系统
- 设计涂敷系统的人机操作界面
- 硬件实现
- 涂敷系统安装调试

经过近一年时间的开发与试验,本课题最终完成以下内容:经过对表面处理工艺

的充分的比较，最终确定并设计了超声波喷头系统。利用 PLC 技术和触摸屏人机界面技术，完成 KV-1000 系统结构设计，开发和程序编写，以及 PWS3261 触摸屏操作界面的设计与开发，通过对外围设备的设计，成功实现“PLC 控制的超声波喷涂系统”，目前，该系统已应用于生产实践中，运行良好。

1.3 课题的研究成果

PLC 控制的超声波喷涂系统，将超声波对液体的雾化功能使用在喷涂工艺中，进一步丰富喷涂方法，并通过使用 KV-1000 系列 PLC 作为系统控制，同时使用 PWS3261 触摸屏作为人机操作界面，成功地解决了微量涂料进行薄层涂敷的技术难题，实现了超薄精确喷涂。解决了百畅医疗器械公司面临的实际困难，并为类似的产品或工艺提供了一种科学的解决办法。

第二章 涂敷方式的选择与确定

2.1 涂敷工艺要求

根据公司所面临的实际问题，即在直径 1.5 毫米，长度 20 毫米的网状冠状动脉支架表面精确涂上一层贵重的药物控制层。要求在涂敷过程中，一方面要保证涂层质量，不要出现粘连，桥接，橘皮等现象，同时，还要求涂敷时，能精确控制药物溶液用量，保证每次涂敷后，各支架之间药物增重相近。由于药物很贵重，还需要尽可能降低浪费，控制成本。另外，药物不适合长时间在高温或有氧环境中保存，因此，涂敷过程中，尽可能避免空气或高温与药物长时间接触。

2.2 常见的几种涂敷工艺介绍

真空气象沉积法进行涂敷：虽然可以精确控制涂层厚度和涂层表面质量，但不论是化学气相沉积还是物理气相沉积都对涂敷的成膜原料有要求，而且还需要通过高温将成膜原料气化，而我公司喷涂的成膜原料不能受热，因此这类涂敷方式不适合我公司的产品涂敷。

浸涂和刷涂：都是一种粗放式涂敷方式，我公司产品冠状动脉支架表面是由直径为 0.1 毫米的细丝围城孔径为 0.1 毫米×0.1 毫米的网状结构，而涂敷原料有一定黏度，在浸涂和刷涂中，很容易导致网孔成膜，表面质量不合格。另外，浸涂和刷涂也很不利于涂层的厚度和重量控制，而且，由于我公司产品是三类医疗器械，成品将植入人体心脏的血管中，需要对涂层中杂质及其它种类的污染进行严格控制，而这两种涂敷方式都不利于这方面控制，因此，这两种涂敷方式都不适合我公司产品涂敷。

喷涂：一般都是通过气体，将涂料雾化，使其附着在被涂物体表面。作为表面处理技术一种，喷涂种类繁多，已广泛应用于工业生产中的各行各业，包括航空、航天、钢铁、石化、钢结构防腐、机械、轻工、纺织、造纸、能源、船舶等领域。由于原料通过雾化后随气体到达基体表面后进行涂敷，一般不会对原料性能有太多改变，而且，涂敷的表面质量也可以控制。

2.3 喷涂技术及工作原理介绍

根据喷涂过程中的喷涂工艺方法不同，喷涂又可细分为多种，主要是热喷涂，静电喷涂，高压无气喷涂，高流量低压喷涂及超声波喷涂等。各种喷涂的工作原理如下：

2.3.1 热喷涂

热喷涂技术是材料科学领域内表面工程学的重要组成部分,它是一种表面强化和表面改性的技术,通过在金属基体表面喷涂一层涂层使金属具有耐磨、耐蚀、耐高温氧化、电绝缘、隔热、防辐射、减磨和密封等性能。主要应用于高温、耐磨、耐腐蚀等部件的预保护、功能涂层的制备及对失效部件的修复等。

自 1908 年瑞士工程师发明热喷涂以来,该工艺得到不断完善和发展。目前,根据喷涂过程中利用的热源不同,热喷涂种类主要有等离子喷涂、电弧喷涂及火焰喷涂等。同时,热喷涂作为一项高科技工艺已广泛应用于航天、汽车、能源、钢铁、冶金、造纸、机械维修、市政建设等诸多领域。

这种喷涂,虽然有很多优点,主要是针对特殊的涂层原料进行特殊的原料处理,但我们的涂敷原料可通过有机溶剂进行溶解后喷涂,因此,没有必要使用热熔进行喷涂。

2.3.2 静电粉末喷涂

静电粉末喷涂从 1965 年开始到现在已有 36 年历史。具有成本低、生产效率高、有利于改善生态环境和节约能耗等特点。

该种喷涂主要是依靠粉末涂料分子结构中含有极性基团,外电场作用下,依靠输送气压力的推动,雾化后的涂料微粒沿着电力线方向飞向工件,并按工件表面电力线的分布密度排列,从而使涂料牢牢地吸附在工件表面。一般只需几秒钟就得到 50~100 μm 的涂层厚度。涂敷后的工件可送到烘箱内烘烤,粉末经过受热熔融、流平、交联,固化成膜。由于涂料颗粒在工件上快速沉积时储存的大量负电荷将导致自持厚度效应,保持涂敷时涂层控制在一定厚度范围。

这类喷涂适合于一些大部件的喷涂,如汽车等,不是很适合对小部件表面进行涂敷。

2.3.3 高压无气喷涂

高压无气喷涂的原理是通过一增压泵(一般为柱塞泵),使涂料增压(高达 210KG/CM² 甚至更高),并从特殊的喷嘴释放压力并达到分散雾化,高速地涂在被涂物上。由于涂料雾化不需压缩空气,所以称之为无空气喷涂。这种喷涂技术主要应用于建筑行业,如乳胶漆、油性漆、水性漆、树脂漆等的喷涂。并在国外得到普及。具有极佳的表面质量。涂装效率高。即使是拐角和间隙也能很好的上漆。

2.3.4 高流量低压喷涂

高流量低压力空气喷涂，简称 HVLP，High Volume Low Pressure 的缩写，是美国环保署（EPA）所制定的一项环保喷涂标准，全球很多国家均采用此项标准。即喷涂设备或喷枪的传递效率（即利用率）必须高于 65%，喷嘴处空气出口压力等于或小于 10PSI（0.68 巴），才能称之为 HVLP 喷涂设备。

HVLP(高流量低压力空气喷涂)利用涡轮机产生的高流量空气，通过与喷枪之间的空气管，当高流量的空气在到达特别设计的喷枪空气帽上时，就可以得到很低的雾化压力进行喷涂。还可通过专用喷枪，将普通的压缩空气转化为低压力雾化空气，从而实现低压喷涂。

HVLP 喷涂技术是一种先进的表面处理技术，为喷涂领域带来了新的思路。其低压喷涂的原则比较接近我公司的喷涂要求。但涂层表面质量及厚度的精确控制方面还有很多欠缺需要解决。而且，对原料的节约和我们实际要求还有很大差距。因此，还是无法直接采用。

2.3.5 喷涂方式的设计与确定

通过对上述几种涂敷方式的研究与比较，相对而言，喷涂更有可能实现我公司产品的表面涂敷。如果使用喷涂方式涂敷冠状动脉支架的表面涂敷，则要求喷涂雾化过程中，喷涂原料的雾化颗粒要足够小，喷射直径也要求在 1--2mm 左右，同时喷涂流量低，精确可控，浪费少，喷涂传递效率高。但当前常用的几种喷涂方式都是通过压力和流量的变化将喷涂原料雾化的，不能实现小流量，高传递效率的雾化。必须要解决雾化问题。

我们知道超声波具有雾化功能，超声波雾化主要是通过换能器将中超声能量转换为机械振动，振动将液体切成细小的雾滴，从而使液体雾化。因此，这种雾化不再受溶液流量和空气压力限制，可以对极少量的液体或极小的流量进行雾化，并可以保证雾化效果。如果将喷涂中雾化改为超声波雾化，不再通过空气或压力将涂敷原料雾化，这样，就可以避免空气雾化的不稳定性。使得雾化更可控。再通过低压，低流量的气流，将雾化后的涂敷原料送达基体表面，实现工件表面涂敷。由于使用超声波对液体的雾化，该喷涂将具有以下特点：

1. 喷涂的雾化颗粒直径分布均匀
2. 涂敷原料的流量范围大，理论上可无限大，一般也可达到最大流量：最小流量为 5: 1
3. 雾化效果稳定，涂敷原料流量变化对雾化效果影响却很小
4. 可在低速下进行雾化，喷涂。一般喷射速度可控制到 300mm/s，而普通的压

缩空气喷涂，其喷射速度一般只能控制在 10m/s 到 20m/s 之间。

5. 不会发生飞雾及反弹。传统喷涂中喷枪的传递效率大约在 30%左右，而另外 70%左右的涂料随着飞雾散布到周围环境当中，即增加成本，也污染环境。而超声波喷涂中，原料的利用率很高，浪费很少，因此，特别适合喷涂一些贵重原料，不会产生太多浪费。

另外，超声喷涂在整个雾化过程中对环境扰动小，其低流量，低喷射速度涂敷特点，使得其在喷涂过程中，传递效率在 90%以上，这些都是超薄精确喷涂的基本条件，因此，我们将要利用超声波雾化进行喷涂实现冠状动脉支架表面药物涂层涂敷。

第三章 PLC 控制超声波喷涂系统基本结构设计

3.1 PLC 控制超声波喷涂系统基本组成

为了利用超声波雾化功能，我们一方面要进行超声波喷嘴设计，同时还需要设计加工一套控制系统，用于安装固定并控制超声波喷头及其他辅助部件，共同组成超声波喷涂系统，实现冠状动脉支架的表面喷涂。

超声波喷涂系统将采用 PLC 作为控制系统，触摸屏作为人机操作界面，驱动一套三维坐标定位系统，并依靠精确计量泵实现支架表面的超薄精确喷涂。因此，整套 PLC 控制的超声波喷涂系统将包括以下五部分：

1. 执行机构：超声波雾化系统（包括超声波发生器和超声波喷嘴），三维坐标定位平台，四组伺服电机及电机控制器，真空泵，原料注射泵，读码器，电磁阀等
2. 传感器：温度传感器，湿度传感器，行程开关，编码器等
3. 控制器系统：PLC 控制器
4. 操作界面：HMI 触摸屏
5. 外罩及其他辅助设施

本课题将根据超声波喷涂系统的基本组成开发设计整个喷涂系统。

3.2 PLC 超声波喷涂系统控制结构示意图

超声波喷涂系统控制结构如图 3-1

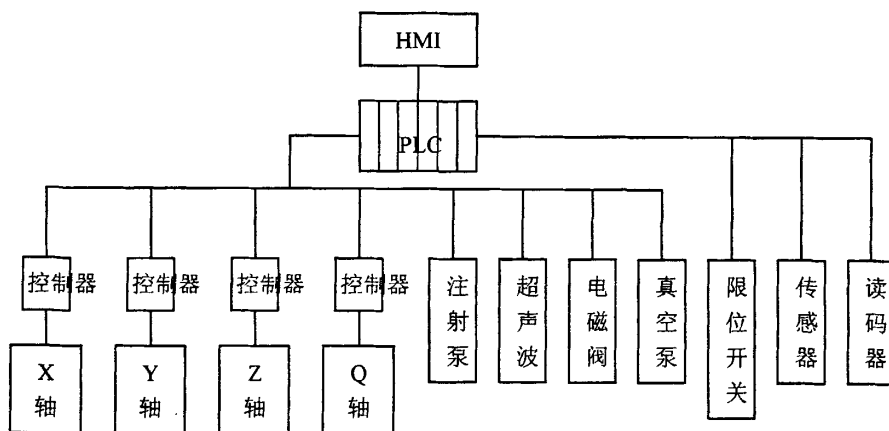


图 3-1 系统控制示意图

第四章 系统输入/输出设备设计与选型

4.1 超声波雾化器设计与选型

4.1.1 超声波基本原理

一、超声波定义：

当声音的频率高到超过人耳听觉的频率极限(20000 赫)时,人们就觉察不出声的存在,因而称这种高频率的声音为“超”声,也叫超声波。

二、超声波特点:

1. 束射特性

由于超声波的波长短,超声波射线可以和光线一样,能够反射、折射,也能聚焦,而且,遵守几何光学上的定律。

2. 吸收特性

声波在各种物质中传播时,随着传播距离的增加,强度会渐进减弱,这是因为物质要吸收掉它的能量。对于同一物质,声波的频率越高,吸收越强。对于一个频率一定的声波,在气体中传播时吸收最强,在液体中传播时吸收比较弱,在固体中传播时吸收最小。

3. 超声波的能量传递特性

当超声波作用于某一物质时,能使物质中的分子也跟着振动,振动的频率和超声波频率一样,超声波的频率愈高,物质分子获得能量越多。因此,超声波可以供给物质足够多的能量。

4. 超声波的声压特性

当超声波通入某物体时,由于超声波振动使物质分子产生压缩和稀疏的作用,将使物质所受的压力产生变化。这种由于超声波振动引起附加压力现象叫声压作用。

例如水中通过超声波时,当超声波振动使液体分子压缩时,好像分子受到来自四面八方的压力;当超声波振动使液体分子稀疏时,好像受到向外散开的拉力,对于液体,它们比较受得住附加压力的作用,所以在受到压缩力的时候;不大会产生反常情形。但是在拉力的作用下,液体就会支持不了,在拉力集中的地方,液体就会断裂开来,产生许多气泡状的小空腔,形成空化现象。这也是超声波雾化原因。

三、典型超声波发生器种类

超声波发生器(或称功率源)用于产生并向超声换能器提供超声能量。

超声波发生器的激励方式有两种:一种是他激式,另一种是自激式。如果按末级功放管所采用的器件类型,可分四种:电子管式超声发生器;可控硅逆变式超声发生器;晶体管式超声发生器及功率模块超声发生器。电子管式与可控硅逆变式目前基本

已淘汰，当前广泛使用的是晶体管式发生器。

他激式超声发生器主要包括两部分，前级是振荡器，后级是放大器。一般通过输出变压器耦合，把超声能量加到换能器上。而自激式超声发生器是把振荡、功放、输出变压器及换能器集为一体，形成闭环回路，回路在满足幅度、相位反馈条件，组成一个有功率放大的振荡器。并谐振于换能器的机械共振频率上。

衡量超声波发生器性能，除了考虑发生器的功率，频率，最重要的考核指标即是谐振，即频率自动跟踪。

所谓谐振就是要求发生器的输出信号频率能对在工作中变化的换能器谐振频率进行跟踪，也即称频率自动跟踪。目前常用的频率自动跟踪大致有以下几种方法：

1) 声跟踪

以声耦合方式，从换能器上采集谐振频率的电讯号，然后反馈至前级放大器，使形成自激振荡器。其原理框图如图 4-1 所示。

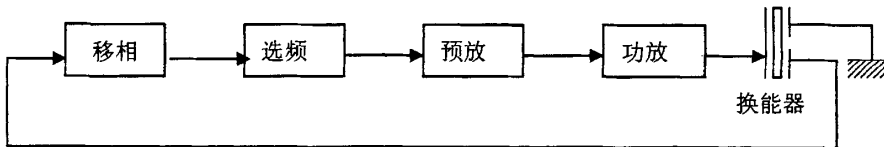


图 4-1 声跟踪超声波发生器原理框图

由图 4-1 看出，电路是个闭环系统，电路在通电的瞬间产生一个冲击脉冲，此脉冲经预放、功放去激励换能器，换能器按自身固有频率振动。从而在反馈的声波接收器上得到相同频率的电讯号。经过电路的移相、选频、预放及功放再去激励换能器，如果满足振荡器的相位，幅度条件，系统将自激振荡，且振荡频率跟踪在换能器的共振频率上。

2) 电跟踪

所谓“电跟踪”又称反馈自激式振荡器。大致有以下几种形式

(1) 阻抗电桥形式的动态反馈系统

阻抗电桥形式的动态反馈系统组成的频率自动跟踪电路原理为：利用电桥平衡原理补偿换能器电学臂的无功与有功分量，借助于差动变量器提取与换能器机械振荡电流成正比的反馈电压，使闭环系统在换能器机械共振频率上自振。因为换能器电参数的补偿能做到与频率无关，因而在较宽频段内跟踪良好。

(2) 负载分压方式的反馈系统。

本系统如图 4-2 所示，图中的整个电路形成闭环回路。电路在通电的瞬间产生一个电脉冲，经功放加至换能器两端，于是换能器受激振动。其振动频率为换能器本身

的固有频率，在换能器两端的振荡信号，经分压后送至可调移相器上，再送至功放。当可调移相器调至相位满足自激条件时，系统自激于换能器的固有频率上。换能器谐振频率的微小变化，电路系统均能及时跟踪使工作始终处于最佳状态。

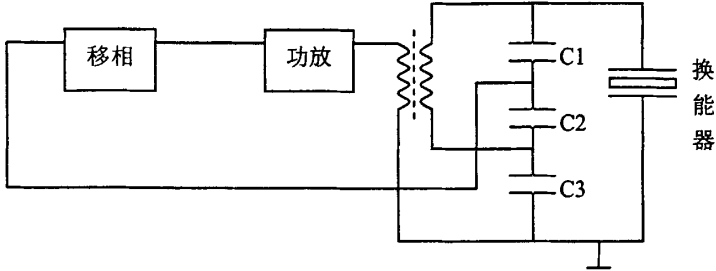


图 4-2 分压反馈振荡器

(3)锁相式频率自动跟踪

锁相式频率自动跟踪系统与前两种自激系统相比，电路要复杂得多，但能获得较好的频率自动跟踪性能。

锁相式频率自动跟踪系统电路框图如图 4-3。图中由相位比较器、电压比较器、低通滤波器、压控振荡器、激励放大器，功率放大器、电流取样及电压取样等组成。形成一个闭环系统。将末级换能器上的电压和电流之间的相位差，经相位比较后，获得相位误差信号，再经低通滤波之后，去控制压控振荡器的输出信号的频率。使之保持与振动系统机械谐振频率一致。

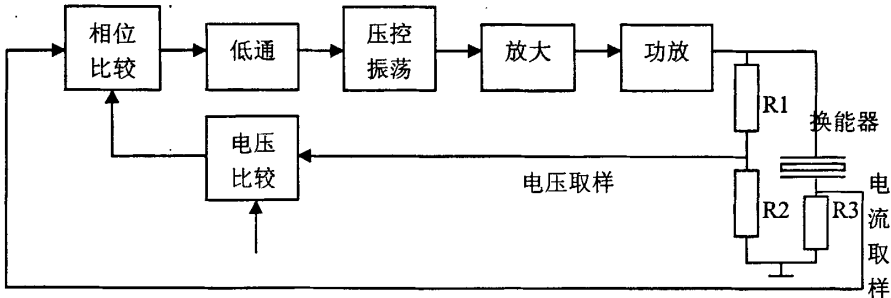


图 4-3 锁相式频率自动跟踪电路框图

尽管频率与相位之间有依存变换关系，但两者构成的反馈系统，从控制结果看，是不相同的。频率反馈结果，会导致使输入与输出信号之间的频率差尽可能小，而相位反馈结果使两信号之间相位差尽可能小。根据频率与相位所构成的微分——积分关系，相位反馈系统最终导致两信号频率差为零。

锁相式频率自动跟踪系统具有如下特点：

(1)由于锁相环是一个极好的带通滤波器，因此，不会产生系统误跟到非谐振的其它频率之上；

- (2)频率自动跟踪系统的控制信号与取样的电压、电波波形之好坏，关系并不大；
- (3)输出功率相对较稳定。不会因为负载的变化而发生显著变化
- (4)由于控制系统工作在小信号状态下，所以能长时间连续地工作。

因此，采用锁相式频率自动跟踪方式实现谐振，非常适合对频率要求高，性能稳定的工作场合。

4.1.2 超声波雾化器基本组成

超声波雾化器主要由超声波发生器和换能器两部分组成。

市场上有很多超声波雾化器，利用电子高频震荡，通过陶瓷雾化片的高频谐振，将液态分子结构打散而雾化，一般为加湿器、熏香器、美容机、消毒机、浴缸造雾机、盆景、工艺品等提供配套。另外，市场上还销售一些雾化片，种类有：覆不锈钢、玻璃釉，镀钛或镀镍。一般都是圆形的，也是同上面描述的雾化器配套。而我们需要通过雾化器将药物溶液雾化，同时，为了保证雾化后的液体颗粒因此，市场上销售的雾化器无法满足我们要求。需要进行设计，再委托加工。

4.1.3 超声波雾化器设计要求

超声波雾化器，主要功能是通过超声波换能器将超声波发生器中超声能量转换为机械振动，振动频率和超声波频率相同，如果这种振动作用在液体上，将使得液体产生一层液膜，液膜继续被振动成极细的雾滴，从而将液体雾化。因此，液体雾化颗粒最小直径将取决于超声波频率，而每次能雾化溶液量将受控于超声波功率。在设计选择超声波雾化器时，将重点解决以下三个问题：

1. 确定超声波频率范围及频率的稳定性，以保证被雾化的液滴颗粒直径稳定在40微米以下
2. 确定超声波功率范围，使得其适应流量调整，保证工作时即可雾化，又不会对涂敷原料产生损害
3. 设计超声发生器通讯方式，使得超声波发生器在控制系统下统一工作。

4.1.4 超声波发生器的选择

随着超声波的应用越来越广泛，超声波发生器，已作为一种成熟的独立产品，国内外市场上有很多专业厂商生产。各厂商根据不同的使用场合，推出不同种类和规格的超声波发生器。为了保证我们设备在喷涂过程中，对涂敷原料的雾化颗粒保证一致，受外界及其它因素影响较小，需要选择功率、频率可调，性能稳定的超声波发生器。另外，由于需要同其它组件配合，因此，还需要能进行远程启动/停止等控制功能。

通过对多家厂商的产品选择，最终选择美国 sono-tek 公司生产的 Free-standing

(P/N06-05108) 超声发生器作为超声喷涂系统中超声波发生源。其功能及产品质量完全满足现场喷涂的需求。

4.1.5 Sono-tek 超声波发生器介绍

一、Sono-tek 超声波发生器特点：

1. 操作控制方式：即可通过简单的面板操作，也可通过远程控制，实现远程输入功率调整，输出故障报警及启动/停止
2. 采用先进的锁相式频率控制技术，自动控制超声发生器的工作频率
3. 自调整技术保证输出功率稳定可靠
4. 系统故障时提供报警
5. LCD 功率表可显示和控制输出功率

二、主要性能参数：

频率：120KHz

输出功率：间歇工作 $\leq 20W$ ，连续工作 $\leq 15W$

工作温度：32-105°F (0-40°C)

三、面板结构

超声波发生器面板布局如图 4-4

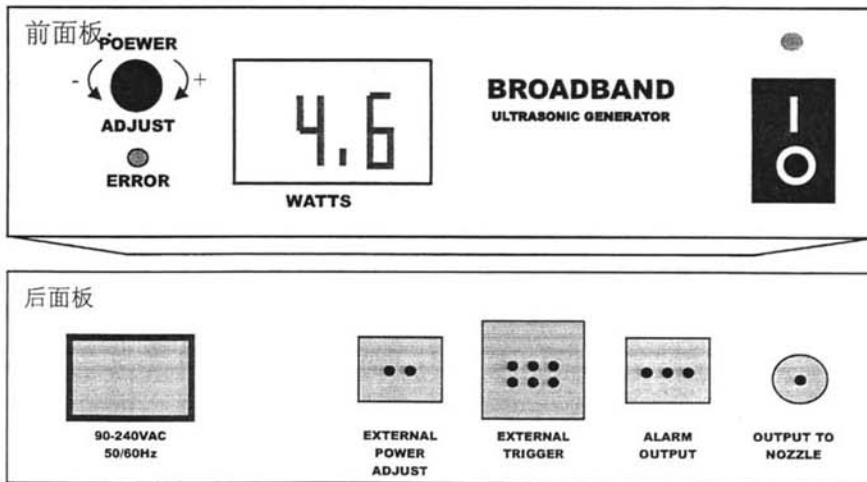


图 4-4 超声波发生器面板布局图

四、超声波频率设定

我们知道，喷涂原料液体颗粒雾化直径主要受超声波频率，即喷头振动频率，表面张力及喷涂原料液体的密度影响。其中频率是主要影响因素。中间的颗粒雾化直径

和频率成反比，较高的频率会得到较小的中间颗粒雾化直径。喷嘴喷出的雾化颗粒的直径分布和频率呈对数曲线分布，或者说，在对数坐标上成正态分布。120KHz 的超声波雾化纯水时，直径 40 微米以下的颗粒占约 90%以上。

五、超声波输出功率设定

超声波功率可调，具体设定值将通过实验确定，主要是根据流量，调整超声功率，保证雾化和喷涂效果。

六、超声波发生器的远程控制设置

通过专用连接线，接到 PLC 控制端口，再通过 PLC 控制程序，控制超声波发生器的启动和停止，其他功能如功率调整，在超声波发生器上直接设定完成。

4.1.6 超声喷头设计

一、设计要求

超声喷头，即换能器，和超声波发生器共同组成超声波雾化器。它是整个超声喷涂系统中关键环节，喷涂原料将通过原料输送系统，送达超声喷头中，同时将超声波发生器送达的电能转换为机械振动，使得喷涂原料雾化，再通过低流量，低压的洁净气体，将雾化后的原料送达被涂物体表面。由于市场上的超声波雾化器的换能器无法直接用于我们的超声喷头，因此，我们需要在超声喷头设计中解决以下问题：

1. 避免超声波对喷涂溶液的过分加热
2. 喷涂原料液体雾化颗粒直径小于 40 微米
3. 液体流量可控
4. 喷头喷出的雾柱直径小于 1.5mm
5. 喷头应远离超声雾化器

二、设计方案

根据以上要求，进行如下设计：

1. 为了避免超声波对溶液的过分加热，我们将溶液通过独立的外部管路送达喷头喷嘴处，使其在雾化前，不受超声波影响
2. 液体流量控制可通过原料输送系统的设计进行控制，喷头上溶液的独立管路应足够细，喷头孔径应足够小，以保证在较低的流速和流量下，液体流量稳定。

三、超声喷头结构设计

1. 整个超声波喷头分为两个部分，一部分实现喷涂液体微量输送，另一部分为换能器，将超声波发生器中的高频电能转换为同样频率的机械振动，同时将这机械振动引到喷嘴表面，然后，将喷涂溶液送达这表面进行雾化。

2. 机械振动转换部分，主要使用一组圆柱状陶瓷压电式换能器，将其激励电极通过同轴电缆和超声波发生器连接起来，再用两块圆柱状钛金属环将换能器夹在中

间。当超声波发生器的高频电能通过同轴电缆到达陶瓷压电换能器时，换能器将该电能转化为同频率的机械振动。由于钛具有良好的声学特性，而且耐腐蚀性能和机械强度都特别好，该机械振动通过圆柱状钛环集中和放大，传递到喷嘴头，在喷嘴前端形成雾化面。整个换能器被安装在一个圆柱状腔室中，腔室由前盖和后盖共同组成。喷嘴位于换能器中间，喷嘴中央也设计一组重要通道，用来通过氮气，将雾化的溶液送达支架表面。

3. 为了降低高频机械振动对药物原料的影响，设计一套独立的管路输送喷涂溶液原料。因为流量很小，所以，管道直径较小，但为了防止堵塞，而且保证足够的药物原料溶液送达喷嘴前端雾化表面，孔径要求在 1mm 左右。

4. 超声波喷头结构设计

超声波喷头结构如图 4-5 所示：

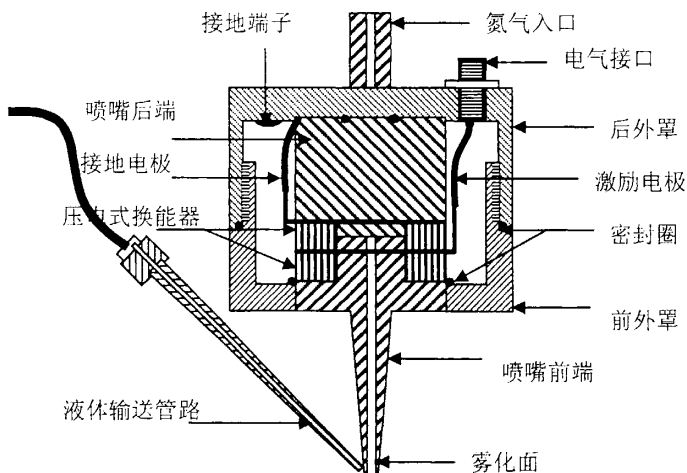


图 4-5 超声波喷头结构原理图

5. 超声波喷头外形结构设计

为了便于安装和实际使用，根据上述设计思想，超声波喷头整体外形结构如图 4-6 所示。

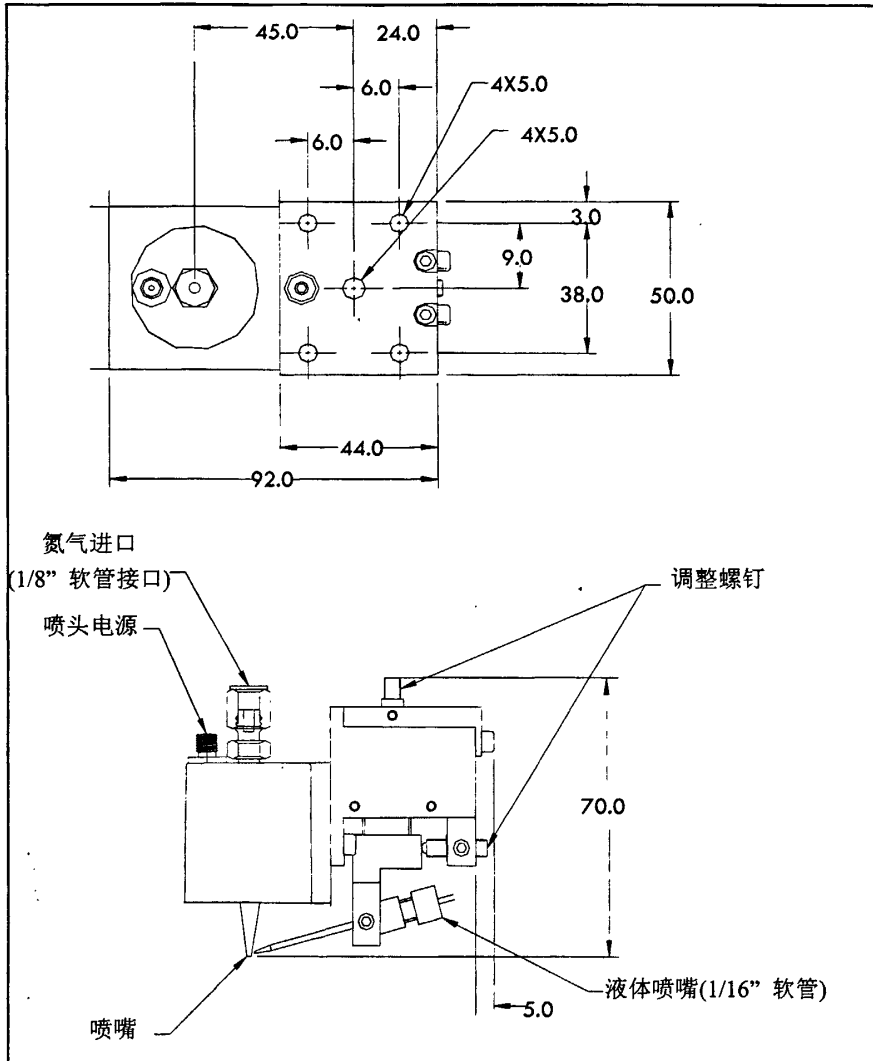


图 4-6 超声波喷头外观结构图

4.2 原料输送系统设计

4.2.1 原料输送功能要求

1. 将喷涂原料从容器中按固定的流量和流速，送达超声波喷头雾化器表面，进行雾化

流量范围：0.001ml/min 到 1ml/min 内

流量调整精度：0.001ml

流量波动范围：小于±1%

整个输送部件，特别是和原料直接接触部件，包括原料存储容器及输送管路应易于清洁

2. 将高纯氮气送达超声波喷头，用于带动雾化后的涂料到达工件表面

压力调整范围：2PSI—20PSI（压力单位）

4.2.2 喷涂原料输送泵选择

根据原料用量及输送精度要求，确定采用微量计量泵作为原料输送动力源。目前市场上，各种微量计量泵很多，如齿轮泵，隔膜泵，柱塞泵，蠕动泵，注射泵等，但其中齿轮泵，隔膜泵和柱塞泵都是液体经过泵体内部，从泵头流过，不易于清洁，因此不适合采用。蠕动泵，虽然通过独立管道输送，但对于微量低流速，低压力输送，存在脉冲问题，因此，也不适合使用。

注射泵，工作原理很简单，微处理器控制马达和精密的齿轮，驱动导轨，使得固定在导轨上的注射器推送杆精确移动，将注射器内部液体送出。调整导轨速度和注射器直径，可调整注射泵输出流量。因为注射器都是经过验证的标准容器，因此，向注射泵操作面板中输入导轨速度和注射器容量，注射泵将自动显示当前流量。

由于注射泵精度高，流量调整范围大，一般都用于医疗行业，作为定时定量或连续给药设备，精确控制给药量。当注射泵用于一般生产或检测行业时，由于不再属于医疗器械，价格相对较低，同时，注射器也无需无菌，密封性能及可重复使用方面也更符合生产现场要求。

美国 Cole-Parmer 公司生产的非医疗器械的仪器类注射泵（Model1997E），具有医疗注射泵的可靠性，同时，还配置标准的 RS232 通讯端口。很适合本设计使用。

4.2.3 Model1997 注射泵基本参数

注射器规格范围：10 微升—60 毫升

机械驱动方式：微处理器控制步进电机通过皮带和滑轮驱动丝杠

推进器每步位移：0.165 微

最大移动速度：800 步/秒

最小流量：0.01 微升/小时

最大流量：70ml/min（60ml 注射器）

精度：1%

重复性：0.1%

4.2.4 Model 1997 注射泵基本操作

该规格注射泵采用微处理器控制，配置液晶显示面板及功能键，可直接设置运行参数，包括启动，停止，输出速度，流量，容量调整以及故障，安全报警等信息显示。操作面板如下图 4-7 所示：

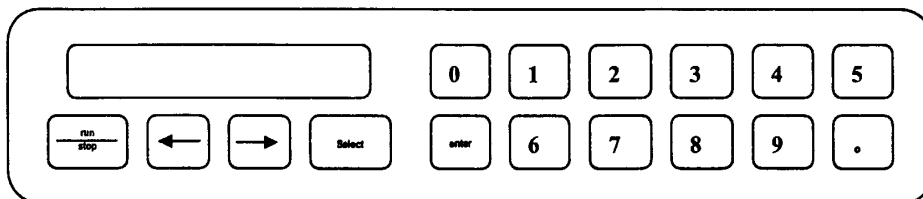


图 4-7 Model 1997 注射泵操作面板

主要参数设定方法：

1. 设置注射器直径设置：通过选择键，选择到 DIA 界面，即可设置。
2. 注射器规格选择，仪器中存储有国内外主要注射器生产厂商及产品规格，通过选择键进入本界面，选择所用的注射器厂商及规格。

4. 设置流量：进入该界面，设置所需要流量。

5. 体积设定：进入该界面，根据需要，设定需要输送的体积。

微处理器将根据上三种参数设置，自动计算注射泵运行速度。

6. 运动方式选择：进入该界面，选择需要三运行方式。

共有五种运行方式：

Inf infusion：灌输，即泵在设定的流量下运行到设定的体积后自动停止

Wdrw withdrawal：回收，功能同 Inf 一样，只是方向相反

I/W infusion/withdrawal：先用 Inf 方式运行，再用 Wdrw 方式运行，流量可分别设定

W/I withdrawal/infusion：先用 Wdrw 方式运行，然后再用 Inf 方式运行，流量分别设定

Cont continuous：以 Inf 和 Wdrw 方式循环运行，但流量或体积一样

4.2.5 RS323 接口参数设定

波特率：9600，数据格式：8 data bits, No parity, 1 stop

注射泵地址：1, (1-99)

接线方式：三芯，分别为 ground, transmit, receive。

使用 9 针连接器, pin2---data IN, pin3---data OUT, pin5---ground

命令与响应句法:

Commands 句法: address<空格> command<回车><换行>

Responses 句法: <回车><换行>address<不空格>说明

主要远程控制命令有:

启动注射泵运行命令: 1 run

该命令要求注射泵启动运行, 如果注射泵已启动, 该命令忽略, 设备保持运行状态不变

停止注射泵运行命令: 1 stop

同样, 该命令要求注射泵停止运行, 如果注射泵已停止, 该命令忽略

询问注射泵工作状态: 1 run?

其它功能不再通过通讯口进行远程设置。直接在操作面板上设置。

4.2.6 喷涂原料输送部件参数设置与组装

将 10ml 注射器安装在注射泵的导轨上, 并将注射器推杆固定在注射泵的导轨挡板上, 出口端连接 1/16 英寸特氟龙软管, 而特氟龙软管的另一端连接在超声波喷头的喷头原料输入口, 设定运行方式为 Cont, 流量为 0.05ml/min。

4.2.7 高纯氮气输送设计

高纯氮气源使用美国北方气体公司生产的瓶装 99.999% 液态氮气, 通过两级调压, 将氮气压力调整到 20PSI, 通过 1/4 英寸的 EP (电子抛光) 不锈钢管道, 送达设备操作区外。通过分流阀, 将氮气分成三路, 分别为保护氮气, 干燥氮气和聚焦氮气, 各自进行第三次压力调整, 主要是减压。然后通过电磁阀开关。

保护氮气主要是对喷涂工作区 (设备主操作室) 充氮气, 并在该区域形成正压, 保证药物喷涂在低氧, 洁净的环境下进行。保护氮气主要是在设备喷涂程序启动后开始, 当工作区域压力监视表显示为正压时, 按喷涂运行, 保护氮气将停止, 充气结束。充气压力一般保持 20PSI。

干燥氮气主要是在喷涂过程中, 对冠状动脉表面涂层进行干燥, 保证喷涂效果。要求流量和压力都较低, 因为压力过高, 流量过大, 在喷涂过程中会影响雾化颗粒的喷射方向和涂敷范围的。主要是通过实验, 观察流量和压力对喷涂的影响, 保证既要提高喷涂干燥速度, 又不能影响雾化颗粒路径。

聚焦氮气, 主要用来将超声波喷头雾化的药物原料颗粒聚集在直径为 1mm 左右范围内, 并送冠状动脉支架表面。其流量和压力大小将直接影响喷涂效果, 一般控制在 5PSI 左右, 具体值将通过实验, 根据喷涂效果调整。

4.3 三维坐标定位平台设计

4.3.1 三维坐标定位平台主要功能及基本参数

三维驱动平台主要功能是安装超声波喷头，并根据设计好工作流程，进行运动，使得超声波喷头在喷涂时匀速移动，同时，冠状动脉支架均匀旋转，以保证支架表面被均匀涂上药物涂层，不产生粘连，桥接等问题。因此，需要 X, Y, Z 三组坐标轴驱动超声波喷头，同时，还需要 Q 轴驱动冠状动脉支架旋转。各轴要求如下：

X 轴, Y 轴:

有效行程: 300mm,

重复定位精度: <0.01mm

运行速度: 10mm/s---300mm/s

洁净度: 1000 级

功能: 驱动超声波喷头在 X(水平左右)和 Y(水平前后)方向进行往复运动

Z 轴:

有效行程: 100mm,

重复定位精度: <0.01mm

运行速度: 10mm/s---300mm/s

洁净度: 1000 级

功能: 带动超声波喷头在 Z 方向(垂直上下)进行往复运行

Q 轴:

旋转速度: > 360 度/s

冠状动脉支架安装卡具，用于固定冠状动脉支架，进行喷涂。由于该卡具结构涉及公司技术秘密，本论文中不再详述。

4.3.2 三维坐标定位平台各驱动轴及 Q 轴型号选择

根据坐标定位平台功能要求，各工作轴运行速度及负载都较低，所以，各轴应擅长在低速运行而不会产生爬行，而且是小型丝杠，保证运行精度同时，不需要大型丝杠，但。虽然各工作轴方向的行程都不大，但在工作过程中往返很频繁，这要求各轴质量可靠，运行稳定。另外，作为医疗器械制造的最大特点，所有设备和部件应符合净化区使用要求，不产尘，不积尘，密闭。因此，各轴的内部丝杠应避免维护或尽可能少维护，避免对工作区域的污染。满足在万级净化车间使用要求。

X, Y, Z 轴使用 Park 公司生产的净化区域专用小型坐标轴丝杠，型号 404XR，组成三维坐标平台，通过伺服电机驱动，编码器反馈进行闭环控制。Q 轴为旋转结构，通过步进电机，灵活控制转速。

4.3.3 三维坐标定位平台驱动电机及控制器的选择

三维坐标定位平台各轴负载都比较小，而对运行速度和重复定位要求较高，因此，选择 AC 伺服电机作为驱动装置。比较各家公司产品，日本 YASKAWA 公司生产的 Σ -II 系列 AC 伺服电机及驱动器比较适合。该系列产品采用了高分辨率串行编码器(16, 17bits)，灵活的在线自动调整功能，并可利用参数切换可分别使用转矩、位置、速度控制。可实现高速，高精度驱动。参数设定简单，性价比高，而且可以和美国 Park 公司 404XR 小型丝杠配套安装。

具体型号选择如下：X，Y 轴负载偏高，使用 Σ -II 系列中 100W，型号为 SGMAH-01AAA41 的 AC 伺服电机，配单项 AC200V，型号 SGDM-01ADA 电机伺服单元，而 Z 轴和 Q 轴负载较小，使用该系列中 50W，型号为 SGMAH-A5AAA41 的 AC 伺服电机，配单项 AC200V，型号 SGDM-A5ADA 电机伺服单元。

伺服单元基本性能参数：

SGDM-A5A：最大适用电机容量[kW]： 0.05；连续输出电流[Arms]： 0.64；最大输出电流[Arms]： 2.0。

SGDM-01A：最大适用电机容量[kW]： 0.1；连续输出电流[Arms]： 0.91；最大输出电流[Arms]： 2.8。

伺服单元配置标准的电缆和接线方式，可进行简单的连接，即可实现同 PLC 和电机之间的速度，位移等控制。

4.4 其他输入/输出设备设计

整个系统除了上述几种主要部件外，还应用了一些其他输入/输出设备，传感器和开关，阀门等，包括真空泵，条形码读码器，电磁阀，压力调节阀，安全限位开关，行程开关，温湿度传感器等，虽然都是一些常用工业控制元件，但也比较了很多厂商的产品，最后，选择如下公司的产品，由于篇幅所限，各部件的具体性能不再描述。

真空泵：选择德国 Vacuubrand 公司生产的无油防化学腐蚀隔膜真空泵，型号：MZ2C。

条形码读码器：选择日本 KEYENCE 公司

温/湿度传感器：选择日本欧姆龙公司

行程开关：美国 Park 公司丝杠上自己配套的感应式开关

电磁阀和氮气压力调节阀：选择 SMC 公司洁净室专用低压调节阀和电磁阀，杜绝各个环节对洁净氮气可能产生的二次污染

第五章 PLC 控制系统设计

5.1 PLC 技术介绍

PLC (Programmable Logic Controller) 即可编程逻辑控制器, 由于其具有很强的通用性, 而且方便、可靠, 抗干扰能力强, 现广泛应用于各生产领域, 如: 冶金、化工、制造业等。特别是近几年人机界面软件的高速发展, 更使得 PLC 控制系统的应用如虎添翼, 这也造就了它在如今的自动化控制领域中无人可替的霸主地位。

PLC 控制主要是通过编写梯形图程序对 I/O 口进行输入/输出信号控制, 从而完成控制设备运行目的。下面简单介绍 PLC 控制基本原理和使用方法。

5.1.1 PLC 系统基本组成

1. CPU: 系统的运算和控制中心
2. 存储器: 分为系统程序存储器和用户存储器。

系统程序存储器用以存放系统程序, 包括管理程序, 监控程序以及对用户程序做编译处理的解释编译程序。由只读存储器、ROM 组成。一般厂家使用的, 内容不可更改, 断电不消失。

用户存储器分为用户程序存储区和工作数据存储区。由随机存取存储器 (RAM) 组成。用户使用的。断电内容消失。常用高效的锂电池作为后备电源, 寿命一般为 3-5 年。

3. 输入/输出接口

(1) 输入接口: 采用光电耦合器, 由两个发光二极管管和光电三极管组成。

(2) 输出接口: 三种类型:

继电器输出: 有触点、寿命短、频率低、交直流负载

晶体管输出: 无触点、寿命长、直流负载

晶闸管输出: 无触点、寿命长、交流负载

4. 编程器等外围设备

按编成方式分为两种, 一种是手持编程器, 直接编程。另一种是 Windows 操作系统下的编程软件, 在 PC 机上编写, 并通过 RS232 或 USB 接口同 PLC 相连。

5. PLC 系统结构

整个 PLC 系统主要由上述四部分组成, 各部分之间协调工作, 共同实现系统控制功能, 图 5-1 是目前 PLC 系统基本组成方法。

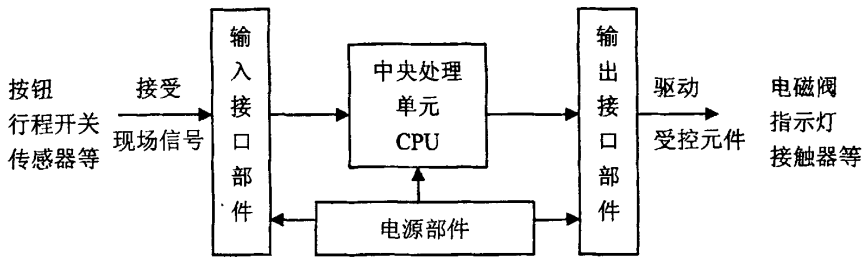


图 5-1 PLC 系统结构图

5.1.2 PLC 的基本工作原理

一、PLC 工作方式：“顺序扫描，不断循环”

1. 每次扫描过程。集中对输入信号进行采样。集中对输出信号进行刷新。
2. 输入刷新过程。当输入端口关闭时，程序在进行执行阶段时，输入端有新状态，新状态不能被读入。只有程序进行下一次扫描时，新状态才被读入。
3. 一个扫描周期分为输入采样，程序执行，输出刷新。
4. 元件映像寄存器的内容是随着程序的执行变化而变化的。
5. 扫描周期的长短由三条决定。(1) CPU 执行指令的速度 (2) 指令本身占有的时间 (3) 指令条数
6. 由于采用集中采样，集中输出的方式。存在输入/输出滞后的现象，即输入/输出响应延迟。

二、PLC 与继电器控制系统区别

工作方式区别：PLC 工作方式是“串行”，继电器控制系统工作方式是“并行”。

系统实现方式：PLC 通过“软件”实现控制，继电器控制系统“硬件”实现控制。

PLC 最突出的优点采用“软继电器”代替“硬继电器”。即用“软件编程逻辑”代替继电器控制系统的“硬件布线逻辑”。

5.1.3 PLC 基本技术性能

PLC 主要的性能技术指标有：存储容量，I/O 点数，扫描速度，指令的功能和数量，内部元件的种类与数量，主要用来存放变量，中间结果，数据保持，定时计数，模块设置等信息及可扩展能力等

5.1.4 PLC 通讯知识

一、PLC 主要通讯方式：

1. 数据通信主要以字节或字为单位的并行通信和以位 (bit) 为单位的串行通信

2. 串行通信按信息在设备间的传送方向分单工和双工两种方式
3. 串行通信还可按发送和接收直接速率关系分异步通信和同步通信
4. 按数字型号调整方式还分基带传输和频带传输，但在 PLC 通信中，一般距离较近，因此多采用基带传输

二、PLC 常用通信接口标准

RS-232: 美国电子工业协会 EIA 1969 年公布的通信协议，传输速率低，距离短

RS-422: 美国电子工业协会 EIA 1977 年推行全双工

RS-485: RS-422 变形，半双工通信

5.1.5 PLC 分类

PLC 产品种类繁多，其规格和性能也各不相同。对 PLC 的分类，通常可根据其结构形式的不同、功能的差异和 I/O 点数的多少进行分类。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式，可将 PLC 分为整体式和模块式两类。

1) 整体式 PLC 整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用这种整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元（又称主机）和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口，以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源等，没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使其功能得以扩展。

(2) 模块式 PLC 模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分，分别作成若干个单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块（有的含在 CPU 模块中）以及各种功能模块。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成。模块装在框架或基板的插座上。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活，可根据需要选配不同规模的系统，而且装配方便，便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

2. 按 I/O 点数分类

根据 PLC 的 I/O 点数的多少，可将 PLC 分为小型、中型和大型三类。

(1). 小型 PLC——I/O 点数 < 256 点；单 CPU、8 位或 16 位处理器、用户存储器容量 4K 字以下。

(2). 中型 PLC——I/O 点数 < 256~2048 点；双 CPU，用户存储器容量 2~8K

(3). 大型 PLC——I/O 点数 > 2048 点；多 CPU，用户存储器容量 8~16K

5.1.6 PLC 机型的选择原则

PLC 机型选择的基本原则是在满足功能要求及保证可靠、维护方便的前提下, 力争最佳的性能价格比。选择时主要考虑以下几点:

1. 合理的结构型式

PLC 主要有整体式和模块式两种结构型式。

整体式 PLC 的每一个 I/O 点的平均价格比模块式的便宜, 且体积相对较小, 一般用于系统工艺过程较为固定的小型控制系统中; 而模块式 PLC 的功能扩展灵活方便, 在 I/O 点数、输入点数与输出点数的比例、I/O 模块的种类等方面选择余地大, 且维修方便。

2. 安装方式的选择

PLC 系统的安装方式分为集中式、远程 I/O 式以及多台 PLC 联网的分布式。

集中式不需要设置驱动远程 I/O 硬件, 系统反应快、成本低; 远程 I/O 式适用于大型系统, 系统的装置分布范围很广, 远程 I/O 可以分散安装在现场装置附近, 连线短, 但需要增设驱动器和远程 I/O 电源; 多台 PLC 联网的分布式适用于多台设备分别独立控制, 又要相互联系的场合, 可以选用小型 PLC, 但必须要附加通讯模块。

3. 相应的功能要求

一般小型 PLC 具有逻辑运算、定时、计数等功能, 对于只需要开关量控制的设备都可满足。

对于以开关量控制为主, 带少量模拟量控制的系统, 可选用能带 A / D 和 D / A 转换单元, 具有加减算术运算、数据传送功能的增强型 PLC。

对于控制较复杂, 要求实现 PID 运算、闭环控制、通信联网等功能, 可视控制规模大小及复杂程度, 选用中、大规模的 PLC 控制系统。

4. 响应速度要求

PLC 是为工业自动化设计的通用控制器, 不同 PLC 的响应速度一般都能满足其应用范围内的需要。

5. 系统可靠性的要求

对于一般系统 PLC 的可靠性均能满足。对可靠性要求很高的系统, 应考虑是否采用冗余系统或热备用系统。

5.1.7 PLC 的容量选择原则

应从 I/O 点数和用户存储容量两个方面考虑

1. I/O 点数的选择

应该合理选用 PLC 的 I/O 点的数量, 在满足控制要求的前提下力争使用的 I/O 点

最少，但必须留有一定的余量。通常 I/O 点数是根据被控对象的输入、输出信号的实际需要，再加上 10%-15% 的余量来确定。

2. 存储容量的选择

用户程序所需的存储容量大小不仅与 PLC 系统的功能有关，而且还与功能实现的方法有关。需要在存储容量估算时多留余量。另外，PLC 的 I/O 点数在很大程度上反映了 PLC 系统的功能要求，因此可在 I/O 点数确定的基础上，按下式估算存储容量后，再加 20%-30% 的余量。

存储容量（字节）= 开关量 I/O 点数 × 10 + 模拟量 I/O 通道数 × 100

存储容量选择时，还应注意对存储器的类型的选择。

5.1.8 I/O 模块选择原则

PLC 的 I/O 模块有开关量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块及各种特殊功能模块等。不同的 I/O 模块，其电路及功能也不同，直接影响 PLC 的应用范围和价格，应当根据实际需要加以选择。

1. 开关量 I/O 模块的选择

1) 开关量输入模块的选择

开关量输入模块是用来接收现场输入设备的开关信号，将信号转换为 PLC 内部接受的低电压信号，并实现 PLC 内、外信号的电气隔离。选择时主要应考虑输入信号的类型及电压等级，输入接线方式，注意同时接通的输入点数量。

2) 开关量输出模块的选择

开关量输出模块是将 PLC 内部低电压信号转换成驱动外部输出设备的开关信号，并实现 PLC 内外信号的电气隔离。选择时主要应考虑输出方式，输出接线方式，驱动能力及接通的输出点数量。

2. 模拟量 I/O 模块的选择

PLC 模拟量 I/O 模块的主要功能是数据转换，并与 PLC 内部总线相连，同时为了安全也有电气隔离功能。模拟量输入（A / D）模块是将现场由传感器检测而产生的连续的模拟量信号转换成 PLC 内部可接受的数字量；模拟量输出（D / A）模块是将 PLC 内部的数字量转换为模拟量信号输出。

典型模拟量 I/O 模块的量程为 -10V~+10V、0~+10V、4~20mA 等，可根据实际需要选用，同时还应考虑其分辨率和转换精度等因素。

一些 PLC 制造厂家还提供特殊模拟量输入模块，可用来直接接收低电平信号（如 RTD、热电偶等信号）。

3. 特殊功能模块的选择

目前，PLC 制造厂家相继推出了一些具有特殊功能的 I/O 模块，有的还推出了自

带 CPU 的智能型 I/O 模块，如高速计数器、凸轮模拟器、位置控制模块、PID 控制模块、通信模块等，可根据需要选择使用。

5.1.9 PLC 电源模块及其它外设的选择原则

1. 电源模块的选择

电源模块选择仅对于模块式结构的 PLC 而言，对于整体式 PLC 不存在电源的选择。电源模块的选择主要考虑电源输出额定电流和电源输入电压。电源模块的输出额定电流必须大于 CPU 模块、I/O 模块和其它特殊模块等消耗电流的总和，同时还应考虑今后 I/O 模块的扩展等因素；电源输入电压一般根据现场的实际需要而定。

2. 编程器的选择

对于小型控制系统或不需要在线编程的系统，一般选用简易编程器。对于复杂系统或需要在线编程的 PLC 系统，可以选配功能强、编程方便的智能编程器。现在一般都选用 PLC 的编程软件，在计算机上实现编程器的功能。操作简单，方便，而且功能完善。

3. 写入器的选择

为了防止由于干扰或锂电池电压不足等原因破坏 RAM 中的用户程序，可选用 EPROM 写入器，通过它将用户程序固化在 EPROM 中。现在有些 PLC 或其编程器本身就具有 EPROM 写入的功能。

5.2 超声波喷涂系统中 PLC 控制器选择

5.2.1 超声波喷涂系统外围设备组成特点

1. 工作任务相对不是很复杂，主要是定位控制，属于小型设备，
2. I/O 数量并不大，但既有开关量输入/输出，又有模拟量输入/输出
3. 需要对四组电机进行位移和速度控制，虽然不要求负载，但要求重复定位精度比较高，运行速度较慢。
4. 每天需要对所有运行参数进行保存。

5.2.2 PLC 机型选择

通过对多家厂商的 PLC 控制系统的比较，日本 KEYENCE 公司生产的 KV-1000 系列 PLC 控制系统在性能和价格上都比较适合控制超声波喷涂系，KV-1000 系列 PLC 擅长对电机的速度和位移的控制，不但 CPU 本身具有独立两轴马达控制功能，而且还有专门的扩展单元----定位单元 KV-H20S/KV-H40S 和参数监控软件 MOTION BUILDER，用于控制马达驱动。

5.2.3 可编程逻辑控制器 KV-1000 系列介绍

可编程逻辑控制器 KV-1000 为日本 KEYENCE 公司推出的超高速，多功能应用 PLC，具有梯形图和脚本两种语言编程方式。其外观结构如图 5-2：



图 5-2 KV-1000 外观图

5.2.4 KV-1000 系列 CPU 单元特点

1. 基本性能

扫描时间：30K 步时 1ms

PCMIX 值：24.2（指 $1\mu\text{s}$ 内可执行的平均指令数）

基本指令处理：LD25ns OUT25ns

应用指令处理：25ns

浮点运算：加减运算 $0.28\mu\text{s}$ ，乘法运算 $0.33\mu\text{s}$

最短扫描时间： $80\mu\text{s}$

2. 超级访问窗口

具有“CPU 监控功能”，无需个人电脑或编程器，即可显示和改变 CPU 内部信息与软元件，同时还具有“单元监控功能”，可以监控各个单元的动作情况和出错内容。对使用时调试和故障排除非常有效

3. 配置 SD 存储卡插槽

同行业内首先对应 SD 存储卡，配置 SD 存储卡插槽，具有高速，大容量，使用简便的特点。不使用梯形图，只是通过简单的设定，即可进行历史数据存款，还可以通过使用存储卡专用指令，进行 CPU 和存储卡之间程序和数据读/写操作

4. 标准配置：USB/串行接口

可以向个人电脑传递高速数据，实现“超高速时间图表监控”和“高速程序传送”。

5. 160K 步的大容量

由于使用个人电脑主内存的 SDRAM 卡, 进行梯形图存储, 标准内置 160K 步大容量, 可满足大部分用户需求

6. 内置高速 I/O 和 I/O 监视器

标准内置 24 点高速 I/O 口 (输入 16 点/输出 8 点), 中断响应时间速度达到 30 微秒。快速响应输入的变化, 实现瞬间高速控制, 另外, 通过 I/O 监视器可以监视内置 I/O 以及由直接访问开关所选择的 I/O 单元的 ON/OFF 状态。

7. 内置两通道马达控制功能

使用专用的定位指令可以通过简单地进行梯形图编程, 不需要追加定位单元即可以通过位置控制或速度控制实现高精度的马达控制。特别适合控制多轴运动。

5.2.5 KV-1000 CPU 单元技术参数

1. 一般技术参数:

项目	技术参数				
电源电压	DC 24 V ($\pm 10\%$)				
消耗电流	320 mA 以下				
环境温度	0 ~ +50°C (无冻结)				
环境湿度	35~85%RH (无凝结)				
耐电压	AC1500V 施加 1 分钟, 在电源端子和输入输出端子之间, 以及全部外部端子和外壳之间				
耐振动性	依据 JIS B 3502 IEC61131-2	间隙性振动			摆动次数 X、Y 及 Z 方向各 10 次 (80 分 钟)
		频率	加速度	振幅	
		10-57Hz	---	0.075mm	
		57-150Hz	9.8 m/s ²	---	
		连续性振动			
		频率	加速度	振幅	
		10-57Hz	---	0.035mm	
57-150Hz	4.9 m/s ²	---			
耐冲击性	加速度 150 m/s ² 、动作时间 11 ms X、Y、Z 方向各 2 次				
绝缘电阻	50 MW 以上				
操作环境	灰尘和腐蚀性气体不严重的地方				
污染度	2 (使用 KV-U7 时)				

2. 性能参数:

项目		规格	
运算控制方式		存储程序方式	
输入输出控制方式		更新方式	
程序语言		梯形图+脚本语言方式	
指令种类		基本指令:68 种 151 指令 应用指令:35 种 36 指令 运算指令: 83 种 185 指令 扩展指令:74 种 106 指令	
指令执行速度		基本指令最小 25 ns 应用指令最小 25 ns	
程序容量		约 160 k 步	
最大单元装载数量		16 台连接扩展单元时 48 台	
最大 I/O 点数		扩展时最大 3096 点	
软 元 件	输入继电器	合计 9536 点 1 比特 R00000~R59915 (R00100~R00415 除外)	
	输出继电器		
	内部辅助继电器		
	内部辅助继电器 MR	16000 点 1 比特(MR00000~MR99915)	
	磁保持继电器 LR	16000 点 1 比特(LR00000~LR99915)	
	控制继电器 CR	640 点 1 比特(CR0000~CR3915)	
	计时器·计数器 T/C	合计 4000 点 32 比特(T0000~T3999)/(C0000~C3999)	
字 软 元 件	数据内存 DM	65535 点 16 比特(DM00000~DM65534)	
	控制器内存 CM	11999 点 16 比特(CM00000~CM11998)	
	扩展数据内存	EM	65535 点 16 比特(EM00000~EM65534)
		FM	32767 点 16 比特(FM00000~FM32766)
	暂存数据内存 TM	512 点 16 比特(TM000~TM511)	
	高速计数器 CTH	2 点 32 比特(CTH0~CTH1) 自动重设计数器(输入响应 100 kHz /单相、50 kHz /相位差)线路驱动器输入时	
	高速计数比较器 CTC	4 点 32 比特(每个高速计数器各配备 2 点)	
索引存储器 Z	12 点 16 比特(Z01~Z12) (Z11~Z12 为系统保留)		
定位脉冲输出		2 点(最高输出频率为 100 kHz)	
CPU 单元输出		输入: 16 点、输出: 8 点	
注释/标	软元件注释	约 27000 个(只有软元件注释、没有标签时)	

签保存	标签	约 44000 个(只有标签、没有软元件注释时)
停电保	程序内存	闪存 ROM 可以 10 万次改写
持功能	软元件	因锂电池而异 5 年(环境温度+25℃停电保持状态时)
自我诊断功能		CPU 异常、RAM 异常、其他

5.2.6 KV-1000 CPU 扩展单元介绍

在 KV-1000 系列产品中，满足各种要求的单元模块有二十多种，包括：

1. 电源单元模块
2. 开关信号 I/O 单元模块，如：KV-B16XA 16 点输入单元，KV-B16TA/TAP 16 点 NPN 晶体管/PNP 晶体管输出单元，KV-B16RA 16 点继电器输出单元，以及 32 点，64 点输入/输出单元模块等。
3. 定位控制单元模块，如 KV-H25S 两轴控制定位单元，KV-H40S 四轴控制定位单元，同步凸轮运动控制单元等。
4. A/D 信号转换单元模块，如 KV-AD40 A/D 转换单元，KV-DA40 A/D 转换单元等
5. 通信/网络功能单元模块，如多功能串行单元模块 KV-L20R，以太网单元模块 KV-LE20A 等
6. 温度控制单元模块，如温度调节单元模块 KV-TF40
7. 高速计数单元模块，等等

5.2.7 梯形图支持软件 KV STUDIO 和 MOTION BUILDER 介绍

一、KV STUDIO 软件介绍

作为 KEYENCE 公司最新推出的新版编程软件，用于替代编程器，编写，仿真和监控程序。同其他公司编程软件相比，KV STUDIO 软件具有以下特点：

1. 可以在同时使用梯形图语言和脚本语言两种语言编写程序。梯形图编程，控制流程直接明了，适合编写 I/O 口逻辑控制，而对于一些复杂的演算处理和文字列处理等，使用脚本语言，则可简化程序，例如，将 3 个数字开关作为 3 位数据读取时，即 1+2+3----“123”，如果使用梯形图，将需要编写很长一段复杂转换程序，而且还需要特别注意顺序和保存，否则，就得不到正确计算结果。而使用 KV 脚本语言编写，通过使用常用的公式和 ()，一段公式： $DM2000 = (DM1002 * 100) + (DM1001 * 10) + DM1000$ 即可表达完成。削减从程序设计到排除错误所需要的时间。

KV STUDIO 将脚本语言与梯形图语言混在一起记述，使编程变得更直观。梯形

图中难于记述的处理，通过脚本补充完整，使整个程序非常易懂，记述简化，是新的编程方式。

2. 对于编写大型或比较复杂的控制程序时，可进行结构化编程。首先按功能分类，将梯形图进行分割，形成各种功能的程序模块，通过模块可以非常简单地把握程序整体结构，如果需要对装置进行改造时，只要更换对应的模块就可以了，而且梯形图资源也可以很简单地重复利用。

3. KV STUDIO 还通过导入“局部软元件”概念提高模块的移用性。“局部软元件”与一般的软元件不同，是指只可以在功能程序模块内部使用的虚拟软元件，其构成方法是在软元件的开头加上@，如：@MR0。相对局部软元件，所有程序统一的实际软元件称为“全局软元件”。通过使用局部软元件，当重复利用梯形图模块时，不再需要重新手动编写软元件编号，各个局部软元件被自动分配到指定的局部软元件区域的实际软元件中。即使是完全不同的编程方法编写的梯形图程序，也可以简便地重复利用。在提高编程效率同时，避免了模块之间的软元件冲突。

4. 设置了程序模块库提高程序模块的利用率，只要通过简单的鼠标拖放，就可简便地将创建的程序模块注册到模块库，然后按照功能，处理方法或选项进行程序保存。需要使用时，通过程序库管理，再进行简单的鼠标拖放就可以进行重复利用。

5. KV STUDIO 软件专门是件的功能单元模块编辑器，使用菜单直接地对各个扩展单元进行详细的设定，并通过图像确认单元结构。用框架显示后，各个单元的继电器分配将一目了然。包括系统各个功能单元模块清单，注释，连接图，并可进行打印，作为设备说明书。

6. 在程序调试方面，KV STUDIO 也进行了多方面的功能强化。主要有：在线编辑，可以在梯形图监控画面上直接修改或更改程序，而且有梯形图更改显示功能，可以将更改过的梯形图一目了然地展现在桌面上。

设置暂停点功能，当暂停条件成立时，程序将停止执行，并且可以用监控器确认软元件值。而步进功能和仿真调试功能，使得复杂的逻辑程序的机器调试变得轻松、简易、安全。

7. 该软件在过程监控方面，设置了专门视窗，可对所有功能模块单元进行监控。例如，I/O 单元监控，可确认每个口的 ON/OFF 状态，定位单元模块的监控，可确认定位运转需要的输入/输出继电器状态和位置数据，对于其他功能单元模块，都可以查看和确认当前工作状态。

二、 MOTION BUILDER 介绍

KV STUDIO 软件的配套软件，可通过 KV STUDIO 进行调用。是专用的参数设定监控软件，用来设定标准的定位单元模块 KV-H20S/KV-H40S 中驱动伺服电机的各种运行参数，包括定位坐标参数和速度参数，如：运行模式，目标坐标，速度，返回动

作和连续动作等等，简化了 PLC 梯形图主程序，使得 PLC 对伺服电机的驱动直接简单。还可以在各种监控窗口对定位运行的状态进行实时确认。

5.3 KV-1000 PLC 控制系统功能单元模块配置设计

5.3.1 PLC 控制超声波喷涂系统工作流程图

在设计完成前面的超声波喷头和相关外围部件后，现在需要设计中央控制系统，将所有部件组织在一起，协调工作，驱动超声波喷头，按照设定的步骤，对支架表面进行多次重复喷涂，以实现支架表面涂敷。

整个喷涂过程为：先手动将冠状动脉支架安装在 Q 轴上，然后，超声波喷嘴从原点启动，定位，保证喷射出的药物溶液颗粒准确覆盖在冠状动脉支架表面后，开始按设定的速度和行程路线对冠状动脉支架表面进行喷涂，每喷涂一遍，Q 轴转动一定角度，通过喷涂遍数，用来控制涂层厚度和重量，当完成设定的喷涂遍数后，整个喷涂过程结束，喷头回到原点，手动取出冠状动脉支架

整个工作流程如图 5-5 所示

本流程图，仅仅是主工作循环，没有包括工作区域温度和湿度控制及其他保护装置的控制。工作区域的温度和湿度仅仅进行显示和简单控制，是开环控制，无加湿/除湿或加热/冷却设备。即当温度和湿度出现异常时，传感器将信号送达 PLC 时，如果温度和湿度超出正常许可范围，设备将停止喷涂，并报警，但自我不进行调整，设备处于待机状态，待温度和湿度自然恢复正常后，再重新启动喷涂。主要是因为生产中，如果对工作区域进行湿度和温度调节，一般都需要介质，空气（冷气或热风）和水（雾化水汽），而这很可能对工作区域造成污染。所以，尽可能减少这些环节。另外，洁净车间温度湿度本身都有控制，以保证在大范围不会有很大波动，而且喷涂区域有高纯氮气保护，因此，喷涂区域的温度湿度应比较平稳，而且，喷涂区域也仅仅是对极限温湿度进行控制，一般情况的波动应是在许可范围内。

温度，湿度具体控制流程为，在 PLC 程序每圈循环时，都对温度和湿度输入信号进行比较，确定是否超出设定范围，决定是否停机。

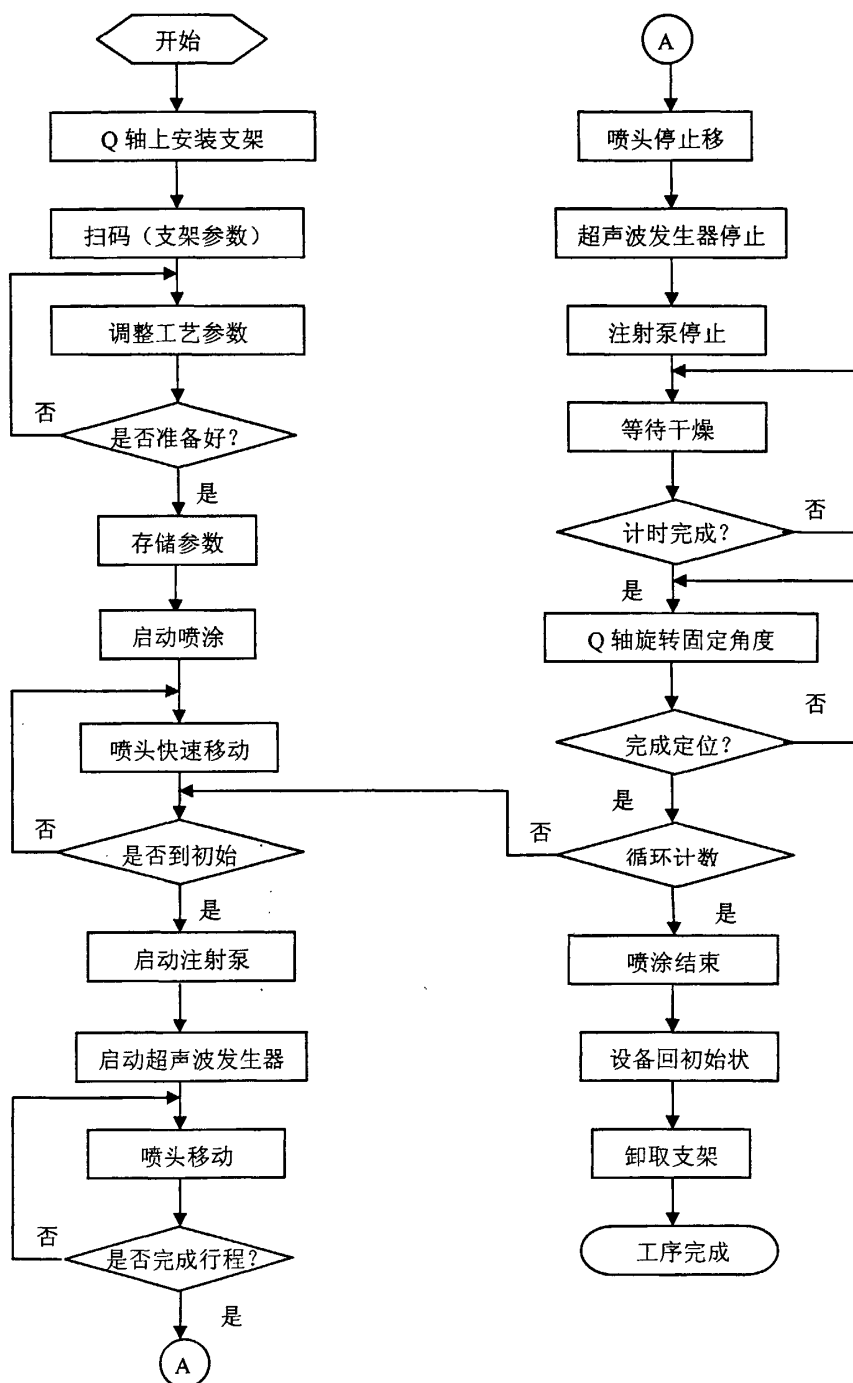


图 5-3 流程图

5.3.2 PLC 控制系统单元设计

1. 功能单元模块选择

CPU 单元：作为 PLC 控制系统中央处理单元，该单元将控制整个系统的程序运行和各种参数处理，KV-1000 CPU 单元，其内置的两组电机控制功能，可通过简单的梯形图编写实现精确的电机控制，特别适合本项目的喷头运行控制。

I/O 单元：系统需要外接各种辅助设备，包括注射泵，超声波发生器，真空泵，电磁阀，报警器等，因此需要开关量的输入/输出，根据输入/输出信号数量，选用 16 位 I/O 单元即可满足，因此，选择 KV-B16X*16 位开关信号输入单元和 KV-B16T*16 位开关信号输出单元。

温度调节单元：系统需要检测超声波喷头的温度，一方面保护超声波喷头不要空振，烧毁换热器，同时也保护喷涂溶液不要再过高温下雾化，影响喷涂溶液的质量，因此，选用温度调节单元模块 KV-TF40。

定位控制单元：系统需要驱动四组电机，其中三组为 X，Y，Z 坐标轴，另一组 Q 轴为旋转轴，CPU 本身具有两通道电机控制功能，因此，只需要两通道电机控制功能即可。选择 KV-H25S 两轴控制定位单元

通讯单元：条形码读码器是通过串行口将数据输入到 PLC 控制器中，因此，需要使用一组通讯单元模块，多功能串行单元模块 KV-L20R

另外，还应配置电源单元模块 KV-U7，终端单元模块等

因此，本系统主要应用的功能单元组成的控制模块，如图 5-4

	0	1	2	3	4	5	
KV-U7	KV-1000	KV-H20S	KV-B16X*	KV-B16T*	KV-TF40	KV-20R	end
	30000	31200	31300	31400	31800		uni
							t
	31115	31215	31315	31715	34515		

图 5-4 系统主要功能单元模块

2. 各功能单元模块继电器及数据存储器地址设定

NO.	单元型号	单元详细描述	继电器编号	DM 编号
0	KV-1000	CPU 单元	0-15 500-507	

1	KV-H20S	定位单元	30000-30515 30600-31115	DM10000-DM10319
2	KV-B16X*	16 点扩展输入单元	31200-31215	
3	KV-B16T*	16 点扩展输出单元	31300-31315	
4	KV-TF40	温度调节单元	31400-31715	DM10400-DM10457
5	KV-20R	多路通信单元	31800-34515	DM10500-DM14500
	KV-U7	电源		
		终端单元		

5.4 PLC 控制程序设计

通过上节设计，我们已完成对超声波喷涂系统中 PLC 控制部分的配置，现需要对 PLC 进行编程，使得喷涂系统中所有传感器，电磁阀以及外围配套设备连接起来，并按设定的步骤进行启动和停止，同时保证设备安全运行，共同完成对冠状动脉支架的表面喷涂。整个控制过程主要是超声波喷头运行定位的过程，夹杂在运行过程中，需要进行一些其它配套部件输入/输出控制，因此，本系统中 PLC 控制程序的设计主要在系统定位功能的设计上，当完成该部分的设计，其它部分程序设计相对比较简单些，唯一需要注意的是各输入/输出条件之间的逻辑关系要理清楚。

5.4.1 系统定位控制功能设计

本项目中，共要对四组电机进行定位控制，分别为 Q 轴，Z 轴，X 轴，Y 轴。

我们知道，KV-1000 CPU 单元具有两组用于定位控制的脉冲输出功能。而且，这两组输出脉冲不受扫描时间影响。使用该脉冲，通过梯形图控制方式，可以对步进电机以及脉冲输入型 AC 伺服电机等实施控制。实现 2 个轴的定位控制。因此，Z 轴和 Q 轴将由 KV-1000 CPU 的定位控制功能进行控制

KV-1000 系列 PLC 扩展单元有多种专门用于定位控制的单元模块，KV-H20，KV-H20S，KV-H40S 等，并通过 MOTION BUILDER 功能软件进行简单参数设定，即可通过梯形图实现对电机的定位控制，因此，X，Y 轴通过扩展单元 KV-H20S 定位单元实现电机控制。

一、Z 轴和 Q 轴运动控制功能设计与实现

Z 轴主要功能是负责超声波喷头上下移动。当喷涂开始时，Z 轴将超声波喷嘴向下送达合适的位置，保证雾化的药物颗粒聚焦后焦点正好在支架表面。要求，定位精度高，在整个喷涂过程中，Z 轴位置都保持不变，当喷涂结束后，超声波喷头需要回到

原点。另外，在一些特殊情况时，需要 Z 轴可以实现手动，包括上下移动和复位。而 Q 轴主要功能是负责将冠状动脉支架以固定的速度旋转，当喷涂开始时，Q 轴旋转，当结束时，Q 轴停止。为了通过梯形图实现 Z 轴和 Q 轴的定位控制，先需要根据控制目标的要求，在 KV STUDIO 软件中，对两路定位控制功能进行点参数和系统参数设定，然后，再进行梯形图设计。最后才可能实现需要的定位控制功能。

1. 点参数设计：

点参数是梯形图控制的基本参数，用于设定移动目标点（位置）、运转 / 起动速度、以及加速 / 减速时间等，设定完成后，将被存在选择好的控制存储器中。

1) Z 轴参数及存储器地址设定如下：

参数名称	设定值	控制存储器 (CM)
Z 轴点编号：	2	
动作模式	增量式定位	CM02086
目标位置/移动量	通过面板设定	CM02080/02081
启动速度	200	CM02082
加/减速时间	500	CM02083
运转速度	面板设定	CM02084/02085
停止传感器使用	无	CM02086
停止传感器规定脉冲数	0	CM02087

2) Q 轴参数及存储器地址设定如下：

参数名称	设定值	控制存储器 (CM)
Q 轴点编号：	1	
动作模式	增量式定位	CM02076
目标位置/移动量	通过面板设定	CM02070/02071
启动速度	200	CM02072
加/减速时间	500	CM02073
运转速度	面板设定	CM02074/02075
停止传感器使用	无	CM02076
停止传感器规定脉冲数	0	CM02077

2. 系统参数设计：

系统参数设计主要对 I/O，原点复位和 JOG 功能参数进行设计

1) I/O 参数设定：

参数名称	Z 轴	Q 轴
原点传感器	CR3002	CR3102

原点传感器极性	N. 0	N. 0
正向限位开关	CR3000	CR3100
正向限位开关极性	N. 0	N. 0
反向限位开关	CR3001	CR3101
反向限位开关极性	N. 0	N. 0
输出方式	单脉冲输出方式	单脉冲输出方式

2) 原点复位参数设定:

a) Z轴参数和控制存储器地址设定:

参数名称	设定值	控制存储器 (CM)
起动速度	1000 Hz	CM02006
加/减速时间	50 ms	CM02007
运转速度	20000 Hz	CM02008/02009
原点复归方向	CCW	CM02000
原点复归详细位置	原点传感器上升沿	CM02018
偏差计数器清除	输出 OFF	CM02018
自动移动到初始位置	移动 OFF	CM02018
起始点坐标	0	CM02026/02027

b) Q轴参数和控制存储器地址设定

参数名称	设定值	控制存储器 (CM)
起动速度	200 Hz	CM02036
加/减速时间	500 ms	CM02037
运转速度	50000 Hz	CM02038/02039
原点复归方向	CCW	CM02030
原点复归详细位置	原点传感器上升沿	CM02048
偏差计数器清除	输出 OFF	CM02048
自动移动到初始位置	移动 OFF	CM02048
起始点坐标	0	CM02056/02057

3) JOG功能参数设定

a) Z轴参数和控制存储器地址设定

参数名称	设定值	控制存储器 (CM)
起动速度	1000 Hz	CM02010
加/减速时间	50 ms	CM02011
运转速度	10000 Hz	CM02012/02013

当前值更改	0 PLS	CM02014/02015
运转速度更改	0 Hz	CM02016/02016

b) Q轴参数和控制存储器地址设定

参数名称	设定值	控制存储器 (CM)
起动速度	500 Hz	CM02040
加/减速时间	50 ms	CM02041
运转速度	100000 Hz	CM02042/02043
当前值更改	0 PLS	CM02044/02045
运转速度更改	0 Hz	CM02046/02046

3. 控制梯形图设计与编写

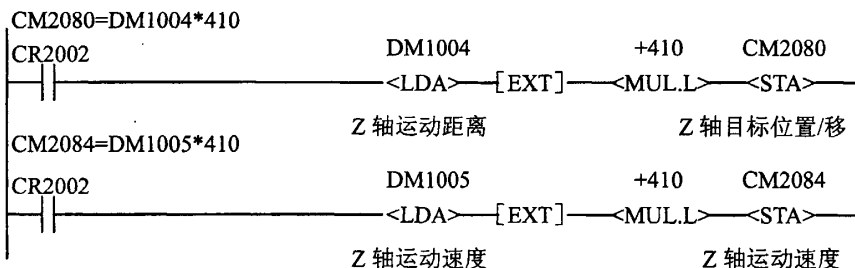
因为CPU控制的两路定位控制系统,其起始位置及速度等参数已经在参数设置中完成,因此,整个控制梯形图主要实现以下三方面功能:

1) Z轴和Q轴运动速度和距离数据的设定和读取

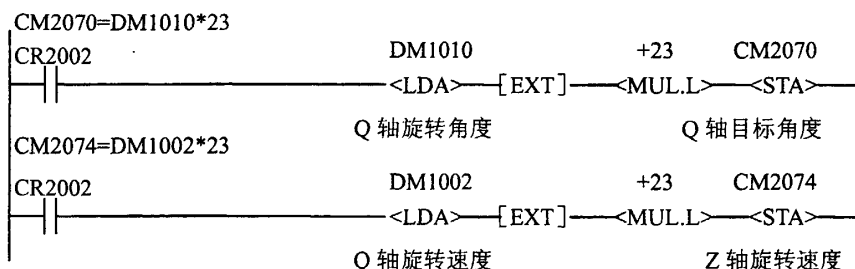
喷涂系统在实际使用中,将会由于针对不同支架产品,调整Z轴和Q轴的运行速度和移动距离,因此,这两组参数应可以通过触摸屏操作面板进行调节。

通过触摸屏设计,将从触摸屏上输入Z轴和Q轴速度和位移参数,这两组参数将通过通讯口,送达KV-1000 CPU的DM数据寄存器中,再通过LDA指令和EXT指令,扩展后转存到CM控制存储器中,寄存器地址已在上节设定。其脚本程序及梯形图如下:

a) Z轴运动距离和速度:

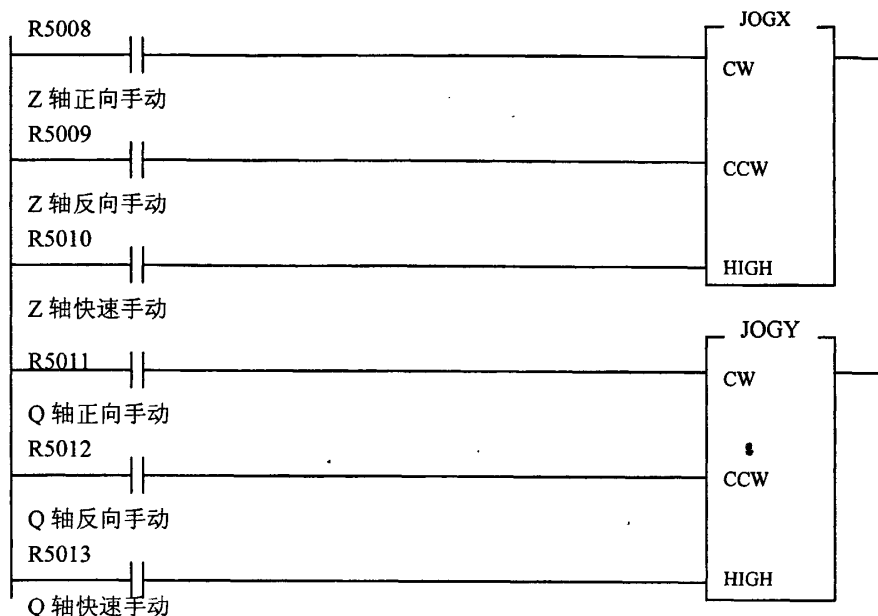


b) Q 轴旋转角度和速度



2) 手动驱动功能

通过KV-1000 CPU的位定位控制功能中JOG功能实现手动功能，在触摸屏上手动界面内设计Z轴和Q轴手动操作按钮，及DM内部数据存储，控制梯形图如下：



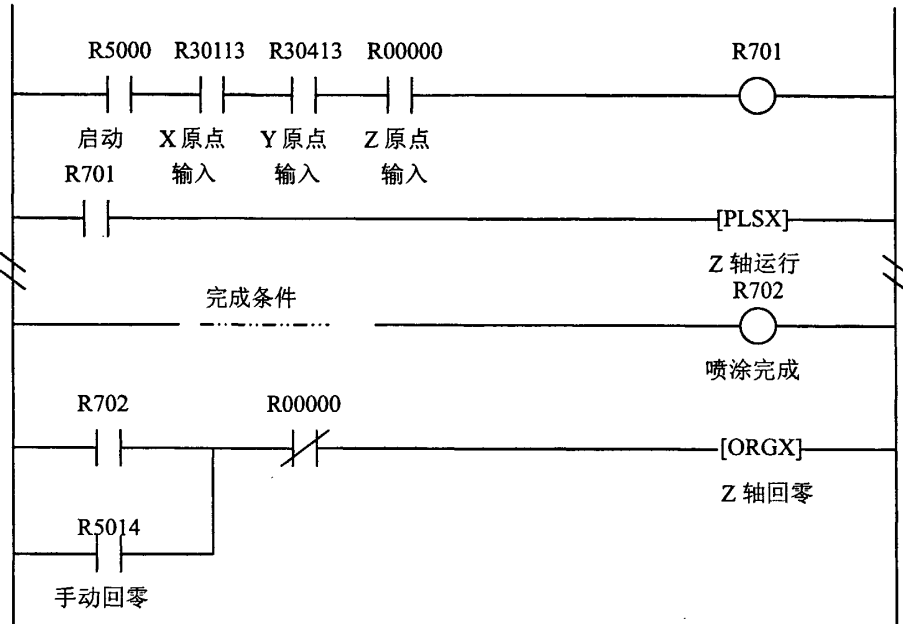
在手动过程中，Z轴和Q轴运动速度为固定的，而且，不可从面板中设定。同时，为了便于调整，各轴限位保护无效。

3) 自动运行功能

在喷涂系统自动运行过程中，Z轴的主要运行步骤：当按下“开始”键后，喷头将在X，Y，Z三轴共同作用下，被送达预先设定的位置，启动喷涂后，Z轴不再运动，当喷涂全部完成，喷头再次由X，Y，Z轴共同作用回到原点。Q轴主要运行步骤是当喷涂启动后，每循环一遍，支架干燥后，Q轴即按设定的速度和角度旋转一次。在实际本节控制时，我们知道，在前面，Z轴和Q轴的运行参数已存储在CM控制存储器，因此，只需要设计梯形图，保证Z轴和Q轴启动条件满足后，根据预定的参数运行即可。

这段梯形图中，使用R5000通过触摸屏操作面板进行启动运行喷涂程序，X，Y，Z三轴原点传感器输入信号等所有条件成立，PLSX指令将根据Z轴点参数设定值，包括运行速度，位移，加减速度时间等参数，控制Z轴运动，并输出运行状态标志。回零条件中喷涂完成条件没有详述，在整体梯形图中进行编制。手动回零请求R5014来源于触摸屏操作面板，Z轴通过ORGX指令驱动回零，ORGX指令将根据Z轴系统参数中设定的原点信息控制Z轴回零。

梯形图如下：



Q轴为旋转轴，因此，没有设定零点，无需进行回零操作。自动运行也比较简单，本论文不再详述。

二、X轴和Y轴运动定位功能设计与实现

X、Y轴主要功能是负责喷头实现左右和前后运动的。喷涂系统中，冠状动脉支架被沿着X轴方向安放成三排，喷涂时，喷头先运行到开始位置进行等待，然后，启动运行，喷头按顺序对三排支架进行涂敷，先对第一排支架进行喷涂，启动超声波和注射泵后，喷头沿X轴方向运行预先设定的距离，完成第一排喷涂后，喷头再沿Y轴方向运行预先设定的位移，到达第二排支架位置，再沿X轴负方向进行喷涂，完成后，喷头再沿Y轴方向运行，到达第三排支架位置，喷头沿X轴正方向运行，对第三排支架进行喷涂。当三排都完成后，喷头回到开始位置，等待支架干燥后再进行第二遍喷涂，直到喷涂完设定的喷涂遍数。喷涂过程中，运动路线如图5-5所示：

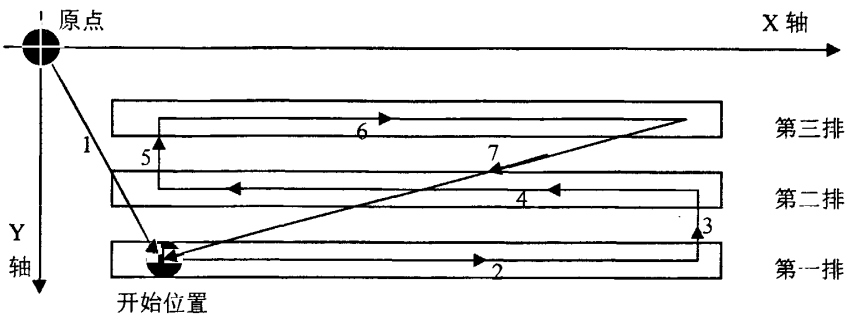


图 5-5 喷涂过程路线示意图

为了实现上述移动线路,采用定位控制单元模块 KV-H20S 实现对 X, Y 轴的定位控制。先在 KV STUDIO 软件中,通过 MOTION BUILDER 功能软件进行点参数和系统参数设定,然后编写梯形图,完成对 X, Y 轴伺服电机的定位控制。从而,实现喷头按路线移动。

1. X, Y 轴点参数设计

根据喷涂路线, X, Y 轴运动共由七段位移组成,因此,点参数将根据这连续的七段位移设定七组参数。由于参数较多,分两表记录。

点参数表一

	No.1		No.2		No.3		No.4
	X	Y	X	Y	X	Y	X
运行模式	独立/位移相对						
目标坐标	DM10040	DM10044	DM10042	0.00	0.00	DM10046	DM10048
速度	DM10050	DM10050	DM10052	---	---	DM10060	DM10052
停止传感器	使能						
停止移动量	0						
返回/连续	待机不返回		连续 1		连续 1		连续 1
下一点	0		3		4		5

点参数表二

	No.4	No.5		No.6		No.7	
	Y	X	Y	X	Y	X	Y
运行模式	独立/位置/相对						
目标坐标	0.00	0.00	DM10046	DM10042	0.00	DM10048	DM10056
速度	0.00	0.00	DM10060	DM10052	0.00	DM10052	DM10060
停止传感器	使能						
停止移动量	0						
返回/连续	连续 1	连续 1		连续 1		待机不返回	
下一点	5	6		7		0	

在点参数设计中,运动模式的“独立/位移/相对”是指使用独立运行,相对位置增量来确定位移。“目标坐标和速度”都从各数据存储器中读取,这些存储器的参数值由触摸屏操作面板输入,再通过程序转移到这些存储器中,存储器地址如上表中设定。“停止移动量”是指停止传感器使坐标轴停止后,坐标轴还移动多少脉冲值。“返回/连续”是指定运转结束达到目标坐标之后的动作。“待机不返回”是指运行完达到

目标坐标后，不返回到原来的坐标，而是减速后待机，当取消待机继电器 ON，则执行“下一点编号”中指定的动作。“连续 1”，达到目标坐标后，减速停止到“起动速度”，并且连续移动直到达到下一点 No.中设定的“目标坐标”。而“连续 2”指达到目标坐标后，不停止，而是连续移动直到达到“下一个点编号”中指定的目标坐标。“下一点”指当本段运行结束后，将继续运行的下一段坐标目标。

2. X, Y 轴系统参数设计

X, Y 轴系统参数主要是对各坐标参数，包括单位，运行速度，JOG 速度，原点复位，输入信号及其他一些参数的设定。

1) 单位:

项目	X	Y
坐标单位	mm	mm
小数点位置	0.12	0.12
坐标变换分子	5.00	5.00
坐标变换分母	8192	8192
速度单位变换	ON	ON

2) 运行速度和 JOG 速度

项目	运行速度		JOG 速度	
	X	Y	X	Y
起动速度	0.00		25.00	
最高速度	300.00		50.00	
加速度	500.00		100.00	
加速曲线	Sin		Sin	
S 形加速斜率	100		100	
减速度	500.00		100.00	
减速曲线	Sin		Sin	
S 形减速斜率	100		100	
JOG 点动脉冲数	---		1PLS	

3) 原点复位

项目	X	Y	项目	X	Y
起动速度	10.00		S 形减速斜率	100	
高速速度	50.00		原点复位方向	CCW	

寸动速度	25.00	原点复位模式	通常
加速度	100	原点传感器检测方法	通常
加速曲线	Sin	原点坐标	0.00
S形加速斜率	100	初始位置坐标	0.00
减速度	100.00	原点高级位置	传感器中间点
减速曲线	Sin		

3. X, Y 轴梯形图设计与编写

同Q轴和Z轴相似，都是预先通过KV-1000设置运行参数，但X, Y轴是通过定位控制单元KV-H20S进行驱动控制的，因此，在对轴运行方式的控制和回零方式都不相同。整个控制梯形图也主要实现三方面功能，触摸屏面板参数输入控制，坐标轴手动运行和自动运行控制。

1) X, Y 轴操作面板参数输入控制

X, Y轴将通过触摸屏操作面板，在参数输入界面，向系统输入各自的起始运行速度，起始位移（起动点坐标），以及喷涂中，X, Y轴的运行速度和距离。这些参数通过运算，转换为32位有符号二进制数据，通过LDA.L指令，从指定的DM存储器中，存储到32位内部寄存器中，然后，再由STA.L指令，将32位内部寄存器中的这些二进制数据存储到目标DM存储器，即X, Y轴点参数中设置的DM存储器中。同时，在自动运行界面上，通过程序，将X, Y轴当前的运行速度和位置显示在触摸屏上。

KV-1000具有两种语言编写程序功能，脚本程序特别适合进行运算编写，下面就是面板参数向点参数存储器中读入的脚本程序，其中，“*”号后面常数为调整系数，主要是根据现场需要的精度，计算出来的。即将面板输入的数值经过放大后，再转存到目标存储器中。说明中不再描述。同时由于篇幅所限，不在画梯形图程序。

X, Y 轴运行参数输入程序：

DM10040.L=DM1040.L*100	将 X 轴初始位置存储到 DM10040 中
DM10042.L=DM1042.L*100	将 X 轴运动距离存储到 DM10042 中
DM10044.L=DM1044.L*10	将 Y 轴初始位置存储到 DM10044 中
DM10046.L=-(DM1046.L*10)	将 Y 轴运动距离存储到 DM10046 中
DM1048.L=-(DM1042.L*100)	将 X 轴运动距离负值存储到 DM10048 中
DM10048.L=DM1048.L	
DM10050.L=DM1050.L*100	将 X/Y 轴起始速度存储到 DM10050 中
DM10052.L=DM1052.L*10	将 X 轴运行速度存储到 DM10052 中
DM10060.L=DM1060.L*100	将 Y 轴运行速度存储到 DM10060 中
DM1056.L=DM1046.L*10*2	将 Y 轴运行距离存储到 DM10056 中

DM10056.L=DM1056.L

X, Y 轴运行参数显示程序:

DM1104.L=DM10004.L 将 X 轴当前坐标存储到 DM1104 中

DM1106.L=DM10006.L 将 X 轴当前速度存储到 DM1106 中

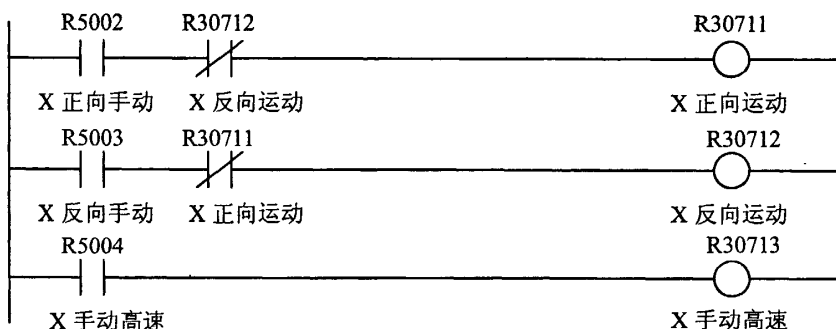
DM1116.L=DM10016.L 将 Y 轴当前坐标存储到 DM1116 中

DM1118.L=DM10018.L 将 Y 轴当前速度存储到 DM1118 中

2) X, Y 轴手动运行控制

X, Y 轴的手动运行也是通过单元 KV-H20S 的 JOG 运动功能实现的。其运行参数, 包括速度, 加速度等, 都通过设定系统参数中 JOG 参数实现。

X 轴手动控制梯形图:



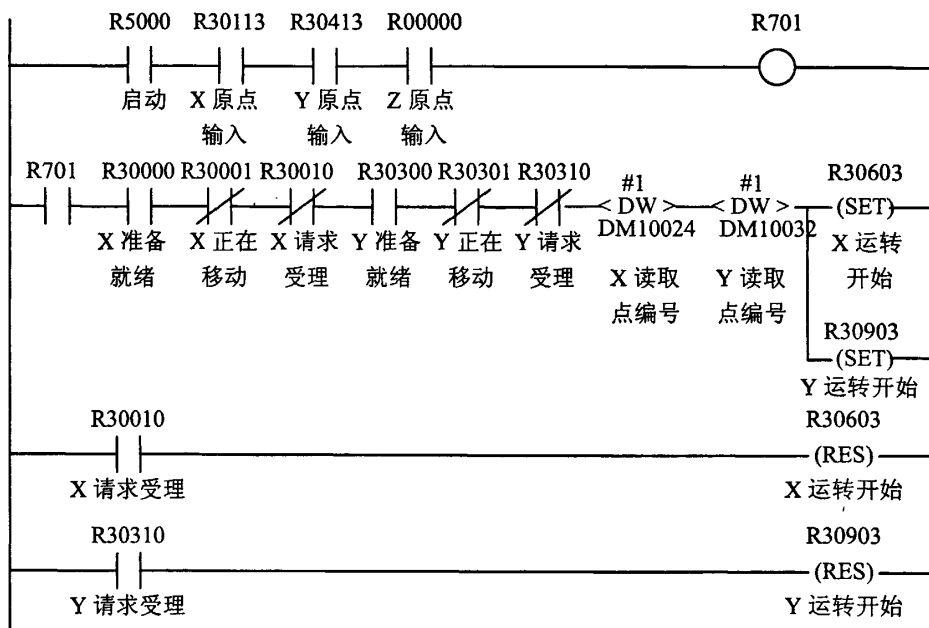
手动运行速度设两档, 一般速度和高速运动。操作面板不再设计手动运行速度等参数输入。同时, 在手动过程中, 为了便于维护, 各类限位开关均无效。

程序中, R5002, R5003, R5004 都是触摸屏上按钮中设定的内部继电器地址, 当触摸相应的按钮后, 该按钮对应的继电器置位, 运行条件为真, JOG 继电器为 ON, 电机运转。其中, R30711 为 X 轴 JOG 正向运动继电器, R30712 为 X 轴 JOG 反向运动继电器, R30713 为 X 轴 JOG 高速继电器,

Y 轴手动运行梯形图控制程序同 X 轴完全一致, 仅仅是寄存器地址不同罢了, 触摸屏地址在程序编写时统一设定。Y 轴 JOG 继电器地址分配为: R31011---Y 轴 JOG 正向, R31012---Y 轴 JOG 反向, R31013---Y 轴 JOG 高速。

3) X, Y 轴自动运行控制

超声波喷涂系统在自动运行时, 分为两步骤, 先按开始按钮, 喷头在 X, Y, Z 轴共同作用下, 移动到开始位置进行准备, 当按下运行按钮后, 设备才正式喷涂。因此, 在设计 X, Y 轴自动运行时, 须分成两部分。首先, 设计喷头准备阶段运行程序。这段程序逻辑应与 Z 轴相同, 区别在于由于使用不同的定位单元控制驱动, 因此, 运行条件不相同, 具体逻辑如下程序描述:



其中，SET 指令是置位指令。当 X、Y 轴运转开始继电器 R30603 和 R30903 被置位后，即使条件 OFF，这两个继电器状态也保持。直道使用 RES 复位指令，将这两个继电器状态复位。DM10024 和 DM10032 两个数据存储器，用来存储各轴点参数编号的，通过 DW 指令，将点参数编号#1，写入该存储器。

对于按下运行按钮后的 X、Y 轴的自动运行程序，同上面的程序几乎相同，区别在于 R701 启动条件不同，另外，通过 DW 向 DM10024 和 DM10032 两个数据存储器中存储的常数（X、Y 轴点参数编号）为#2。至于，X、Y 轴喷涂过程中的运行路线，将通过点参数设定值进行控制，不需要再编写梯形图程序。

5.4.2 其它输入/输出信号控制程序设计

本系统除了四轴定位控制外，其它输入/输出信号主要是对一些外围设备的运行控制，包括注射泵，超声波发生器，干燥氮气，聚焦氮气，保护氮气，排气等仪器的启动，停止，以及一些外围设备及生产条件的过程监测。

对外围设备的控制和监测程序在编写过程中，主要分为两部分，手动运行控制程序和自动运行控制程序。

1. 外围设备的手动控制程序设计

所有外围设备，包括注射泵，超声波发生器，三路氮气以及排气的手动控制程序都很相似。在手动状态下，这些设备都将通过触摸屏操作面板上手动界面中的启动/停止按钮来驱动运行。因为手动是无条件运行，所以控制程序比较简单，直接通过触

摸屏面板上按钮控制的继电器触发这些仪器运行和停止。因为注射泵和超声波发生器都有远程控制口，因此，直接将驱动信号输出送达设备远程口即可实现对设备的程序自动控制。而氮气及排气都是通过电磁阀控制，因此，用输出信号驱动这些电磁阀即可实现对这些外围设备的。由于各程序都相似，因此，下面仅仅列出超声波发生器的手动控制程序，其它仪器的手动控制程序直接可类推。



2. 外围设备的自动控制程序设计

外围设备在自动运行时，超声波发生器，注射泵及聚焦氮气的控制条件几乎相同，都是当系统运行启动后，这些辅助设备也几乎同时启动。启动条件和 X、Y 轴相似，停止时间是当 X、Y 轴喷涂一遍后，到达第三排最后位移点后，这三组仪器也将自动停止。对超声波发生器和注射泵，由于设备配置远程控制端口，可以向 PLC 提供设备自检信号，因此自动运行条件上增加设备自检合格条件。控制这些外围设备的继电器在设备运行过程中，需要一直为 ON 状态，即使启动条件已 OFF，因此，使用 (SET) 设置指令和 (RES) 复位指令。整个程序编制没有特别要求，只是根据流程图，调整好设备运行逻辑即可，具体控制程序本论文不在进行详细描述

5.4.3 PLC 系统程序整体设计

完成了四轴定位控制和外围输入/输出设备及传感器的控制程序设计后，开始对 PLC 控制系统进行整体程序设计。先对各功能单元进行设置，并将各输入/输出口及内部地址进行统一分配，然后，根据已完成的程序设计内容，通过 KV-STUDIO 和 MOTION BUILDER，系统地将所有程序组合起来，并对内部地址进行注释，方便以后生产和维护，最后，将编写完成的控制程序在 PC 机上进行仿真调试。整个过程分以下几步：

1. 对各功能单元进行定义和参数设置

根据控制系统功能单元设计中的单元配置方案，在单元编辑器中设置功能单元，并为每个功能单元进行参数设定，如图 5-6

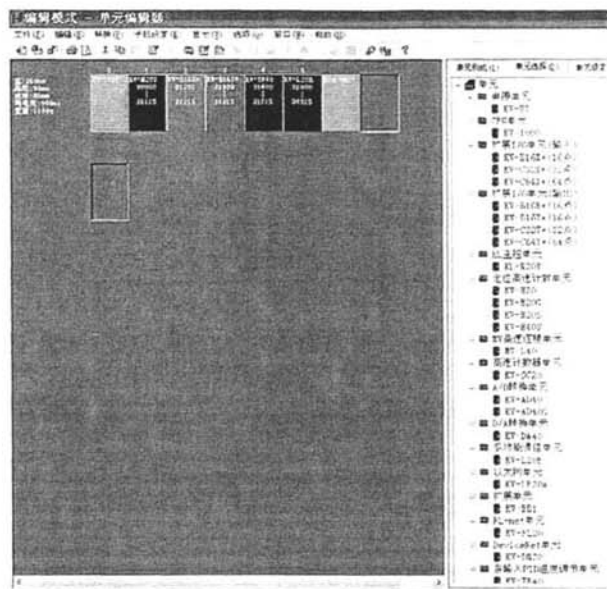


图 5-6 单元编辑器

各功能单元的具体设定，本论文不再详述。

2. 各功能单元的针脚定义

由于篇幅所限，本论文只列出两个重要模块 KV-H20S 定位单元和 KV-B16T* 16 点扩展输出单元的针脚定义。

1) KV-H20S 定位单元

X1/Y1 针编号	软元件编号/信号名	软元件注释
1	R30014	X 正向限位开关状态
2	R30015	X 反向限位开关状态
3	R30113	X 原点传感器输入状态
4	R30114	X 停止传感器输入状态
5	X_ZERO_ST	
6	X_Z+	
7	X_Z-	
8	R30011	X 伺服结束输入状态
9	R30013	X 伺服就位输入状态
10	R30012	X 驱动器报警输入状态
11	R30611	X 驱动器报警复位
12	R30610	X 伺服 ON
13	X_CLR	

14	X_CW+	
15	X_CW-	
16	X_CCW+	
17	X_CCW-	
18	NC	
19	+5V OUT	
20	+COM (24V)	
21	R30314	Y 正向限位开关状态
22	R30315	Y 反向限位开关状态
23	R30413	Y 原点传感器输入状态
24	R30414	Y 停止传感器输入状态
25	Y_ZERO_ST	
26	Y_Z+	
27	Y_Z-	
28	R30000	Y 伺服结束输入状态
29	R31201	Y 伺服就位输入状态
30	R31202	Y 驱动器报警输入状态
31	R31203	Y 驱动器报警复位
32	R31204	Y 伺服 ON
33	Y_CLR	
34	Y_CW+	
35	Y_CW-	
36	Y_CCW+	
37	Y_CCW-	
38	EMG	
39	-COM(0V)	
40	-COM(0V)	

2) KV-B16T* 16 点扩展输出单元

引脚编号	软元件编号/信号名	软元件注释
0	R31300	
1	R31301	手动氮气保护
2	R31302	手动超声波发生器

3	R31303	自动超声波发生器
4	R31304	
5	R31305	自动氮气干燥
6	R31306	自动排气
7	R31307	自动聚焦喷涂氮气
C0	COM0	
8	R31308	手动氮气干燥
9	R31309	自动氮气保护
10	R31310	
11	R31311	手动排气
12	R31312	自动注射泵
13	R31313	手动聚集喷涂氮气
14	R31314	手动注射泵
15	R31315	
C1	COM1	

3. PLC 控制程序编制和离线仿真

当 PLC 控制单元定义和单元模块的针脚设定完成后,可以通过梯形图程序编辑器进行离线程序编辑。先创建扫描模块,然后通过将各控制功能程序进行统一编写,再增加一些保护程序,如紧急停机,重新启动复位等。具体控制程序比较长,而且涉及公司工艺,本论文不再详细描述。当整体程序设计编写完成后,通过 KV-STUDIO 软件在 PC 上对程序进行离线仿真调试,整个调试过程中,只是出现了很少的几个地址错误,修改后,离线程序编辑就全面完成。剩下的就是等完成喷涂系统的其它组件设计和整体安装后,进行在线编辑调试。

第六章 人机界面操作系统设计

为了便于生产操作和过程监控，本项目的人机界面采用触摸屏系统，包括硬件和软件两部分。通过串行口和 PLC 控制器进行通讯，实现对喷涂系统的操作控制。

6.1 触摸屏工作原理

6.1.1 触摸屏基本定义

触摸屏，其实就是一套透明的绝对定位系统。首先它是透明的，一般都通过材料科技来保证透明；其次它是绝对坐标，手指直接定位，不需要第二个动作，不像鼠标，是相对定位的一套系统，所以，触摸屏软件都不需要光标。再其次就是能检测手指的触摸动作并且判断手指位置，各类触摸屏技术就是围绕“检测手指触摸”而展开的。

6.1.2 触摸屏主要技术指标

一、图像的视觉效果

主要包括四个方面：透明度、色彩失真度、反光性和清晰度。

透明度，红外线技术触摸屏和表面声波触摸屏只隔一层纯玻璃，透明程度最高。其它类型触摸屏，由于使用多层的复合薄膜，在没有完全解决透明材料科技之前，多层复合薄膜的触摸屏在各波长下的透光性还不能达到理想的一致状态。

由于透光性与波长曲线图的存在，通过触摸屏看到的图像不可避免的与原图像产生了色彩失真，静态的图像感觉还只是色彩的失真，动态的多媒体图像感觉就很差，图像中的最大色彩失真度是越小越好。而平常所说的透明度是指图像中的平均透明度，要求越高越好。

反光性，主要是指由于镜面反射造成图像上重叠身后的光影，如人影、窗户、灯光等。反光是触摸屏带来的负面效果，要求越小越好，它会影响用户的浏览速度，严重时甚至无法辨认图像字符，反光性强的触摸屏使用环境受到限制，现场的灯光布置也被迫需要调整。对于存在反光问题的触摸屏可以进行表面处理，即磨砂面触摸屏，也叫防眩型，防眩型反光性明显下降，适用于采光非常充足的大厅或展览场所，不过，防眩型的透光性和清晰度也随之有较大幅度的下降。

清晰度，即图像清晰程度，多层复合薄膜结构的触摸屏易存在清晰度问题主要是由于薄膜层之间光反复反射折射而造成的，此外防眩型触摸屏由于表面磨砂也造成清晰度下降。如果清晰度不好，眼睛容易疲劳，对眼睛也有一定伤害。

二、绝对坐标系统

绝对坐标定位，与鼠标这类相对定位系统的本质区别是一次到位的直观性。其特点是每一次定位坐标与上一次定位坐标没有关系。触摸屏在物理上是一套独立的坐标定位系统，每次触摸的数据通过校准数据转为屏幕上的坐标，这样，就要求触摸屏这套坐标不管在什么情况下，同一点的输出数据是稳定的，如果不稳定，就不能保证绝对坐标定位，点不准，这是触摸屏最大的问题：漂移。技术原理上凡是不能保证同一点触摸每一次采样数据相同的触摸屏都免不了漂移这个问题，目前有漂移现象的只有电容触摸屏。

三、检测触摸并定位

各种触摸屏技术都是依靠各自的传感器来工作的，甚至有的触摸屏本身就是一套传感器。各自的定位原理和各自所用的传感器决定了触摸屏的反应速度、可靠性、稳定性和寿命。触摸屏的传感器方式还决定了该触摸屏如何识别多点触摸的问题。

触摸屏应用在各个领域，还要经受千触万摸，因此选用材料的耐用性，反应速度，控制卡、驱动程序和校准程序的技术水平，都是触摸屏重要技术指标。

6.2 触摸屏基本类型介绍

6.2.1 电阻触摸屏

电阻触摸屏的屏体部分是一块与显示器表面非常配合的多层复合薄膜，由一层玻璃或有机玻璃作为基层，表面涂有一层透明的导电层，上面再盖有一层外表面硬化处理、光滑防刮的塑料层，它的内表面也涂有一层透明导电层，在两层导电层之间有许多细小(小于千分之一英寸)的透明隔离点把它们隔开绝缘。如图 6-1 所示

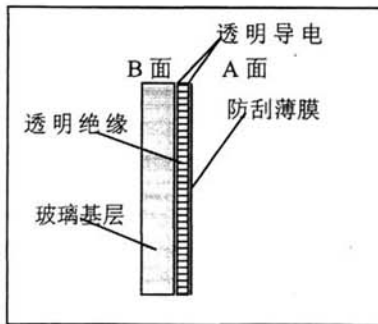


图 6-1 电阻触摸屏体结构示意图

当手指触摸屏幕时，平常相互绝缘的两层导电层就在触摸点位置有了一个接触，因其中一面导电层接通 Y 轴方向的 5V 均匀电压场，使得侦测层的电压由零变为非零，控制器侦测到这个接通后，进行 A/D 转换，并将得到的电压值与 5V 相比即可得触摸点的 Y 轴坐标，同理得出 X 轴的坐标，这是所有电阻技术触摸屏共同的最基本原理。

电阻类触摸屏的关键技术在于材料。常用的透明导电涂层材料有：

ITO, 氧化铟, 弱导电体, 特性是当厚度降到 1800 个埃 (埃=10⁻¹⁰米) 以下时会突然变得透明, 透光率为 80%, 再薄下去透光率反而下降, 到 300 埃厚度时又上升到 80%。ITO 是所有电阻技术触摸屏及电容技术触摸屏都用到的主要材料, 实际上电阻和电容技术触摸屏的工作面就是 ITO 涂层。

镍金涂层, 五线电阻触摸屏的外层导电层使用的是延展性好的镍金涂层材料, 外导电层由于频繁触摸, 使用延展性好的镍金材料目的是为了延长使用寿命, 但是工艺成本较为高昂。镍金导电层虽然延展性好, 但是只能作透明导体, 不适合作为电阻触摸屏的工作面, 因为它导电率高, 而且金属不易做到厚度非常均匀, 不宜作电压分布层, 只能作为探层。

如果电阻触摸屏内层 ITO 一般有四条引线, 外层作导体仅一条, 引出线共有 5 条。又称为 5 线式电阻触摸屏。

在实际使用中, 电阻触摸屏的 A 面是导电玻璃而不是导电涂覆层, 使得 A 面的寿命得到极大的提高, 并且可以提高透光率。而且, 工作面的任务都由寿命长的 A 面完成, 而 B 面只用来作为导体, 因此, B 面的寿命也极大的提高。

电阻触摸屏一般都通过精密的电阻网络来校正 A 面的线性问题, 补偿工作面有可能的线性失真。

6.2.2 表面声波触摸屏

表面声波触摸屏的触摸屏部分是一块平面、球面或是柱面的玻璃平板, 安装在 CRT、LED、LCD 或是等离子显示器屏幕的前面。这块玻璃平板只是一块纯粹的强化玻璃, 区别于其他类触摸屏技术是没有任何贴膜和覆盖层。

玻璃屏的左上角和右下角各固定了竖直和水平方向的超声波发射换能器, 右上角则固定了两个相应的超声波接收换能器。玻璃屏的四个周边则刻有 45°角由疏到密间隔非常精密的反射条纹。工作时发射换能器把控制器通过触摸屏电缆送来的电信号转化为声波能量, 并由玻璃板下边的一组精密反射条纹把声波能量反射成均匀面传递, 声波能量经过屏体表面, 再由上边的反射条纹聚成向右的线, 传播给接收换能器, 接收换能器将返回的表面声波能量变为电信号。

发射信号与接收信号波形在没有触摸的时候, 接收信号的波形与参照波形完全一样。当手指或其它能够吸收或阻挡声波能量的物体触摸屏幕时, X 轴途经手指部位向上走的声波能量被部分吸收, 反应在接收波形上即某一时刻位置上波形有一个衰减缺口, 计算缺口位置即得判定 X 坐标。Y 轴以同样方法判定出触摸点的 Y 坐标。最终确定触摸点位置。

表面声波触摸屏主要特点:

1. 抗暴，因为表面声波触摸屏的工作面是一层看不见、打不坏的声波能量，触摸屏的基层玻璃没有任何夹层和结构应力，因此非常抗暴
2. 清晰美观，因为结构少，只有一层普通玻璃，透光率和清晰度都比电容，电阻触摸屏好得多。
3. 反应速度快，是所有触摸屏中反应速度最快的，使用时感觉很顺畅。
4. 性能稳定，因为表面声波技术原理稳定，而表面声波触摸屏的控制器靠测量衰减时刻在时间轴上的位置来计算触摸位置，所以表面声波触摸屏非常稳定，精度也非常高。

其缺点是触摸屏表面的灰尘和水滴影响表面声波的传递，虽然控制卡能通过压力轴响应和触摸压力变化分辨出来尘土，水等干扰物，但尘土积累到一定程度，信号也就衰减得非常厉害，从而，影响触摸屏反应速度甚至正常工作。

6.2.3 电容触摸屏

电容技术的触摸屏是一块四层复合玻璃屏，玻璃屏的内表面和夹层各涂有一层 ITO 导电层，最外层是只有 0.0015 毫米厚的矽土玻璃保护层。内层 ITO 作为屏蔽层，以保证良好的工作环境，夹层 ITO 涂层作为检测定位的工作层，在四个角或四条边上引出四个电极。

电容屏工作面通有一个很低的电压，当触摸屏幕时，人手指头吸收走一个很小的电流，这个电流分从触摸屏四个角或四条边上的电极中流出，并且理论上流经这四个电极的电流与手指到四角的距离成比例，控制器通过对这四个电流比例的精密计算，得出触摸点的位置。

由于透明导电材料 ITO 非常脆弱，触摸几下就会损坏，还不能直接用来作工作层。因此，在外部增加一层非常薄的坚硬玻璃。但这层玻璃是不导电的，所以，使用高频交流信号，靠人的手指头与工作面形成的耦合电容来吸走一个交流电流，实现定位。由于耦合电容不稳定，它直接受温度、湿度、手指湿润程度、人体体重、地面干燥程度影响，受外界大面积物体的干扰也非常大，这些都直接违背了作为触摸屏这种绝对坐标系统的基本要求，不可避免的要产生漂移。

另外，电容触摸屏的线性失真也非常厉害，主要是因为电容屏的计算建立在四个电流量与触摸点到四电极的距离成比例的理想状态上，而实际这种比例关系不可能是完全线性的。目前，消除坐标对应的线性失真一般采用多点校准法。

6.2.4 红外触摸屏

红外触摸屏是在紧贴屏幕前密布 X、Y 方向上的红外线矩阵，通过不停的扫描是否有红外线被物体阻挡检测并定位用户的触摸。

这种触摸屏是在显示器的前面安装一个外框，外框里设计有电路板，从而在屏幕四边排布红外发射管和红外接收管，一一对应形成横竖交叉的红外线矩阵。

每扫描完一圈，如果所有的红外对管通达，绿灯亮，表示一切正常。

当有触摸时，手指或其它物就会挡住经过该位置的横竖红外线，触摸屏扫描时发现并确信有一条红外线受阻后，红灯亮，表示有红外线受阻，可能有触摸，同时立刻换到另一坐标再扫描，如果再发现另外一轴也有一条红外线受阻，黄灯亮，表示发现触摸，并将两个发现阻隔的红外对管位置报告给主机，经过计算判断出触摸点在屏幕的位置。

红外触摸屏分外挂式和内置式两种。外挂式的安装方法非常简单，是所有触摸屏中安装最方便的，只要用胶或双面胶将框架固定在显示器前面即可。但不美观。内置式红外触摸屏性能更加稳定，外观也比较美观。

红外触摸屏的优点是可用手指、笔或任何可阻挡光线的物体来触摸。但缺点是在球面显示器上使用时感觉不好，这是因为赖以工作的红外光栅矩阵要求保证在同一平面上。因此，在平面显示器上使用，红外触摸屏具有相当的优势。

红外线检测技术用于触摸屏技术主要有 3 个技术难点：

1. 环境光因素，红外接收管有最小灵敏度和最大光照度之间的工作范围，但是触摸屏产品却不能限制使用范围，作为产品，它必须适应。

2. 快速检测，红外触摸屏一般尺寸最少也有 64 套红外对管，也就是说至少要求在 0.4 毫秒内就要完成一条红外线的检测。

3. 红外对管的性能和质量，红外触摸屏靠多对红外发射和接收对管来工作，数目将近 100 对，并且共用外围电路，这就要求传感器不仅本身性能好，还要求将近 100 对的红外二极管“光-电阻特性”和“结电容”都保持一致。如果没有很好的质量，将近 100 对的传感器，很快就会出故障，总体寿命也就难以保证。

6.2.5 触摸屏选型

比较现在常用的几种触摸屏，电阻触摸屏，表面声波触摸屏，电容触摸屏，以及红外触摸屏。其中表面声波触摸屏和红外触摸屏透明度比较好，抗暴性能也强，但都存在一些技术难点，实现较为困难。而电容触摸屏的漂移问题是无法克服的，直接影响触摸屏定位精度和稳定性。

电阻触摸屏，价格便宜，性能可靠，虽然透明度比表面声波触摸屏和红外触摸屏差，但随着触摸屏技术的发展，在新材料和新工艺的支持下，触摸屏图像的视觉效果以及绝对坐标系统定位的准确性和稳定性都有了很大提高。广泛应用于军事，医疗等领域。比较适合本系统使用。

国内外触摸屏生产厂商较多，比较各厂商产品性能和价格，选择台湾泉毅电子公

司 (Hi-tech) 出品的 10 英寸彩色电阻触摸屏, 型号为 PWS3261, 性价比高, 操作方便, 可以和国际上大多数厂商生产的 PLC 直接通讯, 兼容性很强, 便于系统实现。

6.3 PWS3261 触摸屏介绍

6.3.1 PWS3261 基本性能参数:

PWS3261 基本性能参数如下表

项目		参数指标
显示器 功能	型号	彩色 DSTN LCD
	颜色	256 色
	像素	640×480 像素
	尺寸	10.4" (对角)
CPU		32 位 指令 (206 MHz)
闪存 (总量/使用量)		4096K/3712K
RAM (总量/使用量)		1024K/768K
触摸屏		模拟电阻式触摸屏
I/O	通讯端口	COM1 & COM2 (RS232,RS422,RS485)
	辅助 I/O 口	USB
	打印机端口	Centronics compatible
电气	电源	24VDC±10%
	消耗功率	20W 之下
	电磁波辐射	CISPR 22, Class A
	静电消除	IEC 61000-4-2(EN 55024/1998)
	电磁波磁化系数	IEC 61000-4-3(EN 55024/1998)
	高频突波	IEC 61000-4-4(EN 55024/1998)
环境	操作温度	0~+50 °C
	储存温度	-10~+60 °C
	环境湿度	20-90% RH (无冷凝)
	耐振动	0.5m 位移, 10-55Hz, X, Y, Z-axis 每轴单一运动 2 小时
	前面板防护等级	IP 65 / NEMA 4
	散热	自然冷却
结构	外形尺寸 (mm)	309.0×235.0×82.5
	开孔尺寸 (mm)	286.0×211.0

6.3.2 PWS3261 外形结构

PWS3261 外形结构如图 6-2 所示

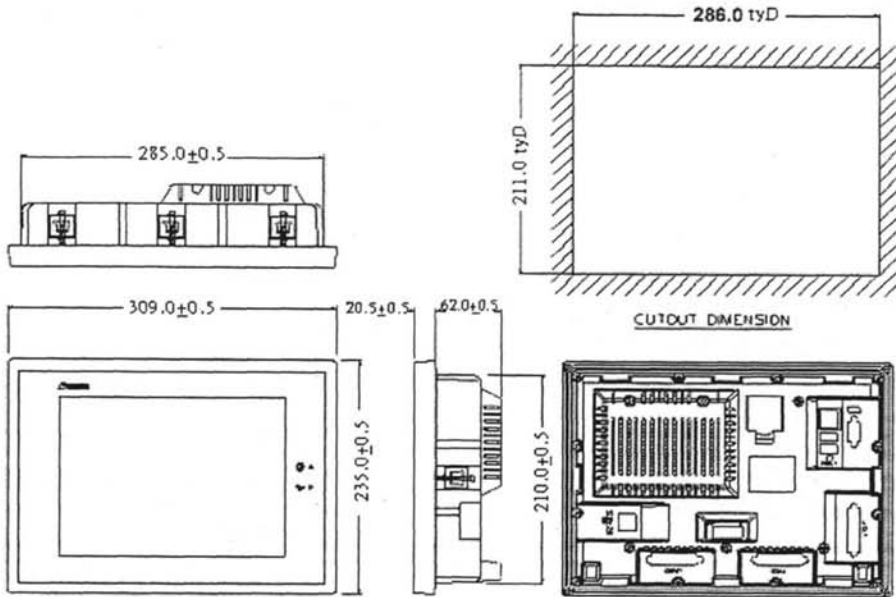


图 6-2 PWS3261 外形结构图

6.3.3 PWS3261 触摸屏特点

1. 在 ADP6.0 屏幕编辑软件支持下, PWS3261 触摸屏可以通过以太网和 PLC 进行通讯, 完成数据交换。同时还可完成多组 HMI 之间通讯及远程通讯。

2. 多通道通讯: PWS3261 触摸屏提供 COM1, COM2 和 Ethernet 三种接口方式, 保证 HMI 同 PLC 或其他设备进行连接, 在 HMI 上共享不同 PLC 的数据, 充分利用资源, 降低使用费用。

3. PWS3261 触摸屏可通过 USB 或 Ethernet 进行 Upload/Download over, 提高通讯速度。

4. PWS3261 触摸屏兼容性能极强, 可同多种外围设备进行通讯, 并兼容多厂商产品, 只要在设备中直接设定, 无需软件安装。主要外围兼容设备有:

1) 电机控制器, 主要厂商及产品有 MITSUBISHI 公司 FX-10GM/20GM; Parker Automation 公司 6K Universal Controller 和 Servo Dynamics 等

2) 变频器, 主要厂商及产品有 Allen-Bradley 公司 IQ Master; Danfoss 公司 VLT Series; MITSUBISHI 公司 Freqrol-A500 Series 等

3) 温度控制器, 主要厂商及产品有 ERO 公司 ERO TFS/THS/LFS, Shinko 公司 CxT 系列, PC-900 系列等

4) PLC, 主要有 ABB 公司 COMLI(Slave; Binary), Allen-Bradley 公司 MicroLogix 1000/1500, PLC-5, SLC 5/03, 5/04, KEYENCE 公司 KV Series, GE FANUC 公司 Series 90 CCM, Series 90 SNP 等十几家公司几十种 PLC。

5) 其他设备, 如作为主机的计算机, 通讯模块和一些终端设备

6.3.4 屏幕编辑软件——ADP6.0 介绍

在各种计算机软件的发展中, WINDOWS 窗口软件无疑地已成为主流, 其特点就是让使用者可直观地由菜单列或识别图标(ICONS), 利用鼠标直接点取所需功能指令或识别图标按钮即可。Hitech ADP6.0 采用“所视即所得”的先进观念, 使用时可立即在屏幕上看到画面设计的实际结果, 如各种字形大小、颜色、组件位置、图形、刻度、底方块等等, 在屏幕上的显示都会与实际人机接口所显示的画面一样。而在编辑操作方法上, Hitech ADP6.0 更以“对象导向”的理念设计, 达到“拖曳式”编辑, 让使用者可将画面设计工作区中的组件, 随意以鼠标拖曳到其它位置, 或改变其外形、大小

在功能上, Hitech ADP6.0 软件的菜单列中共规划了十三个菜单: [档案]、[编辑]、[检视]、[画面]、[绘图]、[组件]、[数据库]、[应用]、[工具]、[选项]、[阶梯帮手]、[窗口] 及 [说明], 进行屏幕编辑设计时, 可轻松完成各种工作任务。

6.4 超声波喷涂系统 HMI 设计

6.4.1 应用设定

在进行 PLC 控制超声波喷涂系统的人机界面屏幕的编辑设计时, 首先需要在 Hitech ADP6.0 软件中建立一新档案, 并在新档案应用设定中进行工作参数设定。包括一般工作参数设定, 联机参数设定。

1. 一般工作参数设定:

一般工作参数设定内容主要包括:

应用程序名称: 超声波喷涂系统; 人机界面型号: PWS3261 标准型;

编程类型: 宏; PLC 种类: Keyence KV Series;

控制区地址: DMO; 状态区地址: DM10;

2. 连线参数设定

主要设定连线装置名称及种类, 通讯端口及联机方式, 装置的预设地址等

连线装置: Connection 1; 装置种类: Keyence KV Series;

PWS 地址: 0; 通讯方式: COM2; 传输速率: 9600; 资料位: 8; 校验位: Even;

停止位: 1;

6.4.2 操作界面设计

根据操作要求,共设计四组操作界面,分别为:启动界面,自动运行界面,手动运行界面和参数设置界面,为了醒目,所有界面的底色为黄色,注释为中文。各按钮的外形,状态,内文,内图,都是根据个人喜好,没有特殊意义。所以,在界面设计中,也就不再强调。

1. 启动界面

也是密码输入界面,触摸屏通电启动后的进入的第一个界面,主要功能是输入操作密码然后进入第二界面,界面外形如图 6-3。

界面中只有密码输入按钮,由两组画面组成,按钮画面和动画画面共同组成。上层是动画画面目的是美化界面,画面的设计比较简单,从视觉效果考虑即可。下层是按钮画面,实现密码输入控制功能。其参数设定为主要包括画面特性,外形,内文及内图四方面进行,由于本功能画面是第二层画面,因此外形,内文和内图都不需要,只是进行画面特性设定。参数设定为:按钮编号:BTN00002;功能:打开/切换画面 2;执行:压下按钮时执行;安全控制:使用者级别为 1。



图 6-3 密码输入界面

2. 自动运行界面

自动运行界面主要是对喷涂系统进行自动运行操作控制,界面内容包括:包括“开始”,“运行”,“复位”和“停止”四组功能性按钮画面以及 X, Y, Z, Q 轴的运行速度和目标距离的显示画面,另外,还包括当前循环编数显示。

其中,“开始”,“运行”,“复位”和“停止”四组画面使用的是 ON/OFF 按钮画面,“开始”画面特性参数设计为:变量写至/读取继电器为 R5000,功能为保持型;最小

按压时间 1 秒。“运行”画面特性参数设计为：变量写至/读取继电器为 R5001，功能为保持型，最小按压时间 1 秒。“停止”和“复位”按钮画面的基本特性参数和前两组相似，只是写至和读取继电器地址不同，分别为 R5101 和 R5102。

对于 X, Y, Z, Q 四轴的运行速度和距离的显示画面的设计，主要是使用“数值显示”按钮画面编制。各画面的基本特性参数相同，读取变量范围为双字，格式为无符号二进制数，显示格式为四位十进制整数。各显示画面的变量读取地址分别为：X 轴距离：DM1042，速度：DM1052；Y 轴距离：DM1046，速度：DM1060；Z 轴距离：DM1004，速度：DM1005；Q 轴距离：DM1010，速度：DM1002；当前循环遍数：DM1007。

本界面还设置两组界面转换按钮，用于转换界面。设计方法同启动界面中密码输入按钮一样，使用两组画面按钮共同组成。上层为动画画面，目的是美化操作界面，下层是执行按钮，实现按钮使用功能。具体参数设计为：左边画面转换按钮的打开/切换功能为退回画面 1，压下时执行，使用者级别 1。右边画面转换按钮的打开/切换功能为进入画面 3，也是压下时执行，使用者级别为 3。具体的自动操作界面外观布局设计见图 6-4

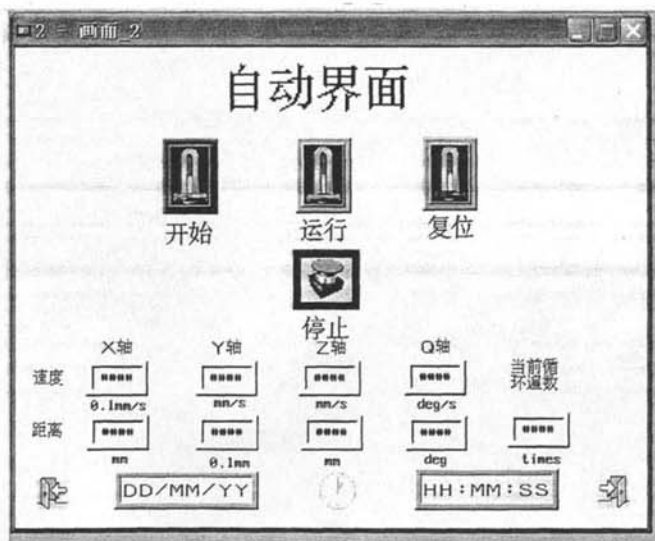


图 6-4 自动界面布局图

3. 参数调整界面

本界面的主要功能是实现生产工艺的调整。主要包括喷涂前 X, Y, Z, Q 轴到达起始位置运行速度和距离参数的设定，喷头运行中，X, Y 轴的运行速度，位移以及喷涂循环遍数和干燥氮气通入时间等参数设定。另外，还有界面转换和条形码读入按钮设定。

喷头从原点运行到起始位置时，需要输入 X, Y, Z 和 Q 轴的速度和距离参数，

这些参数输入按钮的特性参数基本相同，都使用数值输入按钮，输入变量格式为单字节无符号二进制数，在写入后生效。显示格式为 4 位十进制整数。使用者级别为 5。

其中 X 轴起始速度参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1052 数据存储器，数据输入安全范围为 0-2500。X 轴起始距离参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1042 数据存储器，数据输入安全范围 0-200。

Y 轴起始速度参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1060 数据存储器，数据输入安全范围为 0-250。Y 轴起始距离参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1046 数据存储器，数据输入安全范围 0-1200。

Z 轴起始速度参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1005 数据存储器，数据输入安全范围为 0-100。Z 轴起始距离参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1004 数据存储器，数据输入安全范围 0-70。

Q 轴起始速度参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1002 数据存储器，数据输入安全范围为 0-720。Q 轴起始距离参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1010 数据存储器，数据输入安全范围 0-720。

喷涂系统在喷涂过程中，只有 X 和 Y 轴运动，运行参数主要是 X，Y 轴的距离和速度，而 Z 轴在整个喷涂过程中，都是相对静止的，所以，速度和距离都是 0，不需要进行单独设置。对 X，Y 轴两轴四个按钮的特性参数设定时，数值输入格式和显示格式同初始设置的参数输入按钮相同，输入变量格式为无符号二进制的单字节，在写入后生效。显示格式为 4 位十进制整数。使用者级别为 5 级。按钮的其他属性分别为：

X 轴距离参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1040 数据存储器，数据输入安全范围 0-200。X 轴速度参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1050 数据存储器，数据输入安全范围为 0-250。

Y 轴起始距离参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1044 数据存储器，数据输入安全范围 0-1200。Y 轴速度参数输入按钮将变量写至 PLC 的 DM1050 数据存储器，数据输入安全范围为 0-250。

运行中喷涂循环次数和干燥时间也需要通过界面输入，这两组按钮的参数设计为：

喷涂循环次数参数输入按钮是数值输入型按钮，每次将四位十进制的输入参数调整为单字节无符号二进制变量写入 PLC 的 DM1003 数据存储器，使用者级别为 5。

氮气干燥时间参数输入按钮为数值输入型按钮，每次将四位十进制的输入参数调整为单字节无符号二进制变量写入 PLC 的 DM1500 数据存储器，使用者级别为 5。

参数存储按钮是一 ON/OFF 开关按钮，目的是激活 PLC 将输入的工艺参数存入闪存卡中。参数存储按钮的特性参数为使 PLC 的 R5103 继电器 On/OFF，并保持。最少按压 1 秒时间才有效。

界面转换按钮同自动界面相同，为两层画面组成，上层为动画画面，目的是美化

操作界面，下层是执行按钮，实现按钮使用功能。具体参数设计为：左边画面转换按钮的打开/切换功能为退回画面 2，压下时执行，使用者级别 1。右边画面转换按钮的打开/切换功能为进入画面 4，也是压下时执行，使用者级别为 5。参数调整界面的整个体布局，如图 6-5 所示

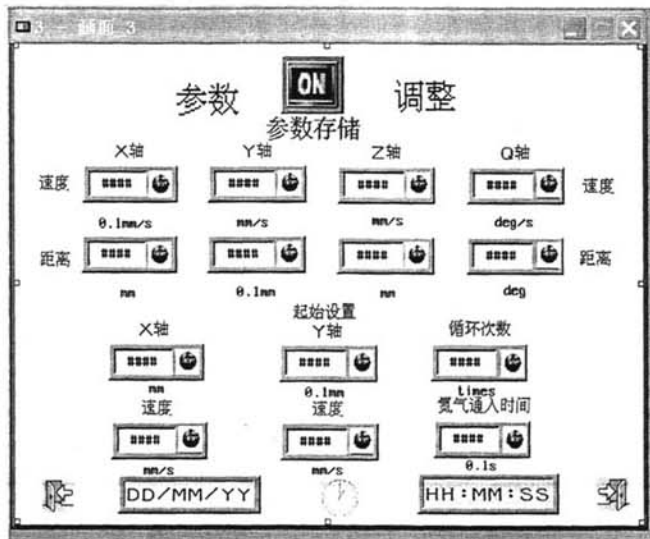


图 6-5 参数调整界面布局图

4. 手动运行界面

本界面主要是对主要部件进行手动操作，一般用于对喷涂系统进行维护保养，检查维修，也可以在一些特殊卫生清洁时使用。由于是使用手动驱动，所有保护都无效，因此，需要操作者对系统有足够的了解，同时需要小心操作。

本界面的操作按钮包括：X，Y，Z，Q 四驱动轴的正负两方向运行和回零。超声波发生器，注射泵，排气真空泵，保护氮气，干燥氮气以及喷涂时的聚焦氮气的启动和停止。因此，所有按钮都选用 ON/OFF 开关按钮。先对 X，Y，Z，Q 四驱动轴的操作按钮进行设计。

X 轴：“回零”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5015 内部继电器进行置位，“正向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5002 内部继电器进行置位，“反向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5003 内部继电器进行置位。

Y 轴：“回零”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5100 内部继电器进行置位，“正向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5005 内部继电器进行置位，“反向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5006 内部继电器进行置位。

Z轴：“回零”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5014 内部继电器进行置位，“正向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5008 内部继电器进行置位，“反向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5009 内部继电器进行置位。

Q轴：因为 Q轴没有设定零点，“回零”操作按钮没有实际意义，只是为了界面美观，“正向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5011 内部继电器进行置位，“反向运行”操作按钮为保持型 ON/OFF 按钮，每次对 PLC 的 R5012 内部继电器进行置位。

超声波发生器，注射泵，排气，氮气保护，氮气干燥和氮气聚焦共六组按钮，都是保持型 ON/OFF 按钮，各自写至 PLC 内继电器地址不同，分别为：

超声波发生器按钮对 PLC 内部继电器 R1013 置位。

注射泵按钮对 PLC 内部继电器 R1014 置位。

排气按钮对 PLC 内部继电器 R1015 置位。

氮气保护按钮对 PLC 内部继电器 R1100 置位。

氮气干燥按钮对 PLC 内部继电器 R1012 置位。

氮气聚焦按钮对 PLC 内部继电器 R1101 置位。

界面转换按钮同其他界面相同，为两层画面组成，下层是执行按钮具体参数设计为：左边画面转换按钮的打开/切换功能为退回画面 3，压下时执行，使用者级别 1。右边画面转换按钮的打开/切换功能为进入画面 1，也是压下时执行，使用者级别为 1。手动界面的画面布局如图 6-6 所示

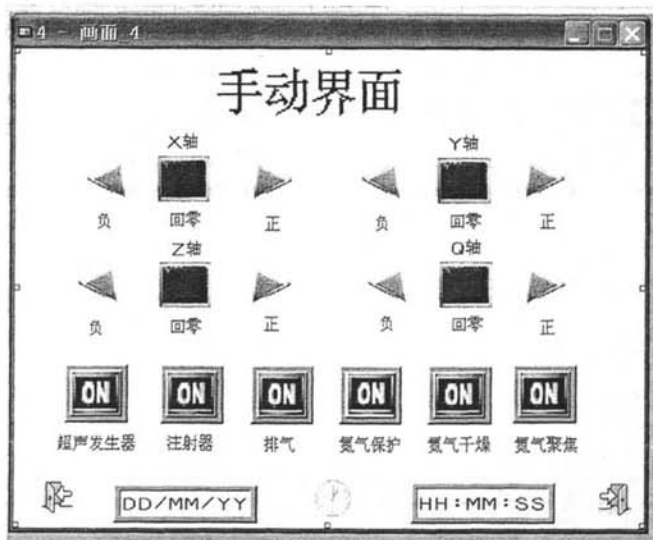


图 6-6 手动界面布局图

完成手动界面设计后,整个HIM操作界面的设计基本完成,后面工作就是在Hitech ADP6.0软件上进行调整,编译,离线模拟,保证HIM界面控制程序自身正常。

6.4.3 离线模拟

完成各界面页面设计后,对整个操作界面进行编译。启动Hitech ADP6.0软件,打开已设计完成的超声波喷涂系统操作界面文档“超声波喷涂系统.V6F”,点击“应用”菜单下的“编译”栏,计算机将开始对文档进行编译,同时出现一小画面,反映编译情形,主要显示被编译文档的一些统计结果,包括文件大小,画面数量,错误数,检验和,内存使用率以及一些数据,包括固定字体,图像等。当编译完成,计算机将提示,编译完成。

编译完成后,即可进行离线模拟。点击“工具”菜单下的“离线模拟”,计算机即开始进入离线模拟,在PWS Simulator文件下,出现启动界面,通过点击密码输入,进入自动操作界面,再点击界面转换按钮,即可进入参数调整界面和手动界面。各界面中的功能按钮也都可以进行模拟操作。离线模拟整个界面都和实际界面很相似,如图6-7,自动界面离线模拟显示图。

完成离线编译,就可以等待超声波喷涂系统安装完成后,进行在线模拟。

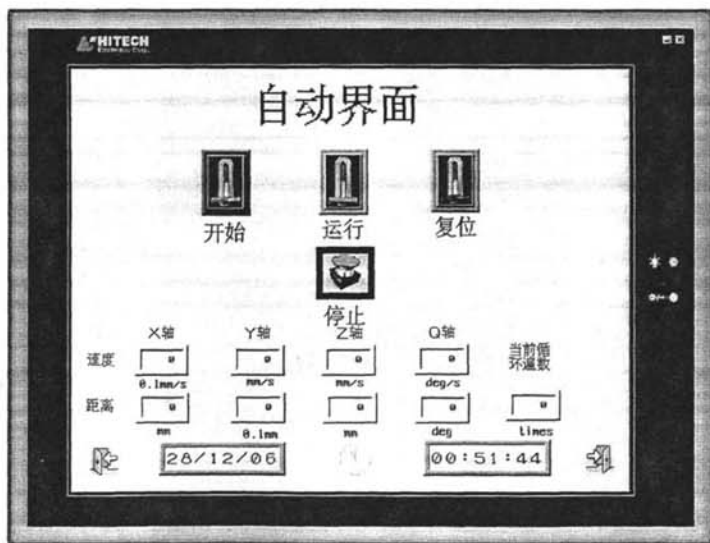


图 6-7 自动界面离线模拟显示图

第七章 PLC 控制超声波喷涂系统安装调试

7.1 超声波喷涂系统外罩设计加工

一、外罩结构基本要求

1. 操作室密封独立，不产尘，不积尘，可冲洗，控制柜不会对操作室产生污染
2. 整体框架结构采用 304 不锈钢
3. 操作室内尺寸： $\geq 800*800*500$ （长*宽*高）
4. 设备整体尺寸： $\geq 1200*800*1500$ （长*宽*高）
5. 操作室应有照明及温湿度及空气压力显示
6. 应有排尘装置，将多于的原料雾化颗粒排出。
7. 操作面板上预留触摸屏安装孔
8. 控制柜内预留出足够空间放置超声波发生器
9. 注射泵独立安放，便于清洁和更换喷涂原料

二、外罩结构设计

喷涂系统外罩结构如图 7-1 所示：

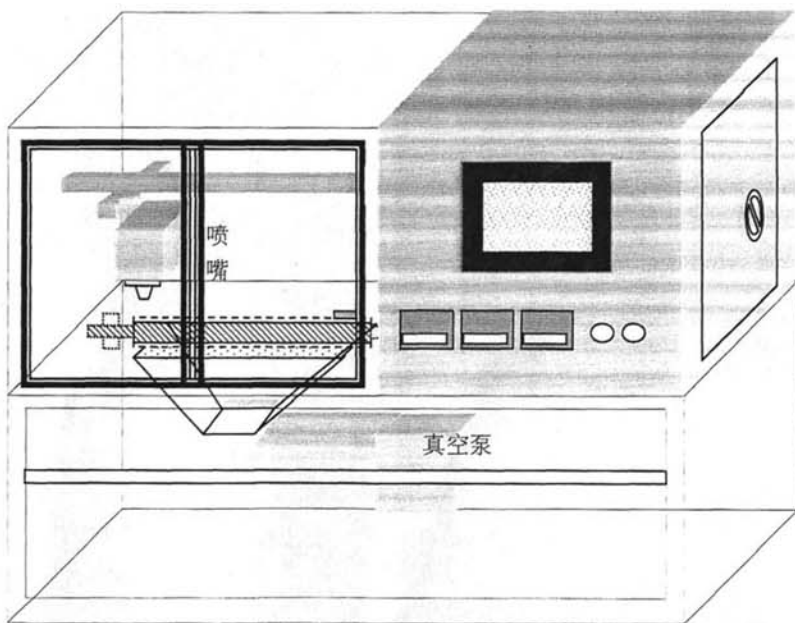


图 7-1 喷涂系统外罩结构示意图

喷涂系统外罩按要求，使用 2.5mm 厚的 404 拉丝不锈钢板焊接而成，整个外罩的制作加工对外委托一家专业不锈钢设备制造公司生产。

7.2 系统安装

整个系统的安装分机械方面的部件装配和配套仪器的组装以及电气方面的电器柜布线和连接

7.2.1 机械部件组装

1. 三维坐标定位平台及 Q 轴机械安装

整个三维坐标定位平台和 Q 轴都将安装在不锈钢外罩内部底架上。三维坐标定位平台及 Q 轴是本套喷涂系统的关键运行部件，控制着喷头和支架之间的定位精度，其安装及运行精度将直接影响系统喷涂质量，因此，这两组部件的安装需要采用专用工具，以保证安装精度要求。我公司没有相应的专业设备，特委托不锈钢设备制作公司协作安装，采用专用调整和检测设备，控制各轴水平和垂直度，保证设备基本定位精度。

2. 外接设备设施的安裝

外接设备主要包括超声波发生器，喷头，注射泵，真空泵以及各种管路和阀门。另外，还有外罩上的触摸屏操作面板，按钮，指示灯等零件的安装。所有安装工作都比较简单，但琐碎，因此，花费了近两周的时间才完成各部件的安装。

7.2.2 电气控制柜设计和电路连接

本系统的电气元件接线分两部分，一部分是电气柜内各元器件的连接，另一部分和外围设备连接。

在对整套系统准备进行电气实现过程中，首先需要根据电气原理图画接线图，然后，根据接线图准备各种接线端子和电线电缆，并在电气柜中做好规划。打孔安装各种线槽，接线端子以及一些需要单独固定的电气部件。另外，根据外围设备安装的位置，主要是三维坐标工作平台，超声波发生器，注射泵以及一些传感器，电磁阀等，在电气柜上预留一些电线孔。因为是在净化车间使用，电气柜属于污染环境的部件，因此，要做好密封，保证和工作区域不直接相通。所有这些都准备完成后，开始根据接线图，对电气柜内部进行布线，接线。要保证电线的布局和走向横平竖直，每个接线端子都做好标示，便于调试中故障检查和以后的日常维修。

电气柜内接线完成后，要对每组线路使用万用表进行检查，开始对外围设备进行连接，一般设备都有接线说明，结合设备的接线图，进行布线。

整套系统的电气连接都将根据接线图进行。端子比较多，容易混乱，因此，接线过程中，一定要细心，按顺序进行接线。接线完成后，用万用表进行对每条线路进行检查，验收，保证将接线故障降到最低。

由于接线图比较零乱，列出也没有实际意义，因此，本论文不再对其进行描述，

而喷涂系统的电气原理图较大，我将其缩小，粘贴在本节后面以供参考，见图 7-2。

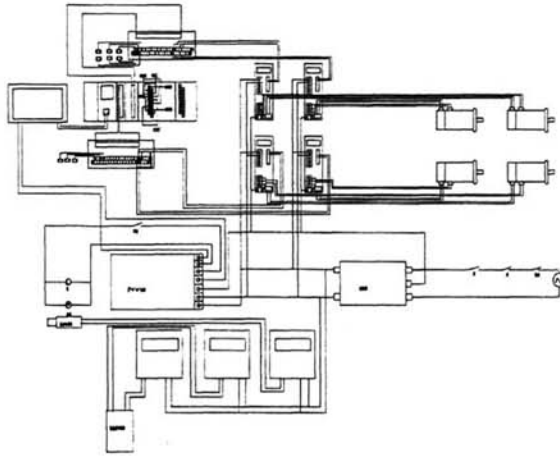


图 7-2 PLC 控制喷涂系统电气原理图

系统完成硬件及机械部件的安装和电气线路的连接后，就可以开始对系统进行部件和整体运行试验。

7.3 系统调试

7.3.1 PLC 在线调试

当 PLC 控制程序在 PC 机上完成离线仿真后，也安装完成，即可对 PLC 进行在线调试。首先将输入输出信号端子排拔除，保证系统安全。将离线调试合格的 PLC 控制程序 Download 到 PLC 存储器中。

通过 KV STUDIO 软件在线监控，单步运行，并对各功能单元模块进行监控，同时，检查输出信号是否正确。当所有输出都正确后，将外围设备连接起来，进行连续运行，并检查各个设备是否按设定的程序运行；

7.3.2 HIM 在线调试

完成 HIM 的离线模拟后，可通过 RS485 口同 PLC 进行在线模拟，通过 PC 机直接和 PLC 通讯，模拟实际操作，检查操作界面编制是否有问题，没有问题，即可通过 USB 接口将程序从 PC 机上 Download 给 PWS3261 触摸屏上。完成通讯后，即可以通过 PWS3261 触摸屏在线进行设备调试。

先对各外置设备，仪器及传感器进行单机手动调试，调试通过后，开始对系统进行整机调试

7.3.3 系统整体调试

PLC 控制的超声波喷涂系统，作为公司需要使用的生产设备，满足生产需要是本项目能否成功的关键指标。系统的整体调试主要考核程序运行是否流畅，编写是否有逻辑死角，当运行过程中出现问题时，设备能否进行自我保护，当故障报警解除后，能否轻松恢复等等。

在整机调试过程中，常常能发现问题，从而解决问题，如，刚开始进行整机调试时，当设备已到达起始位置后，无意中再次按下启动按钮，设备从起始位置以起始参数继续运行，差点将喷头撞上，这就是保护设置不完善导致的。后来，通过对控制程序的调整，使得重复操作无效，将安全隐患排除。

当然，这些问题，不一定都能立即发现和解决，但在设备使用之前，尽可能通过系统调试做到完善，保证设备使用中，能快速，准确，安全的完成喷涂过程。

第八章 项目总结

前前后后通过近一年多的设计和安装，调试实验，PLC 控制超声波喷涂系统终于可以按照原先设定的要求启动运行。由于选用了超声波雾化技术为喷涂雾化，根本上解决了低流量，低压力的微量涂敷中的难题，另外，PLC 的定位控制和触摸屏的使用，使得设备非常适合冠状动脉支架表面的药物涂层的涂敷，因此，比较轻松地生产实现。整个系统的喷涂效果和稳定性都很好，在完成设备验证后，公司开始使用本系统进行冠状动脉支架药物涂敷工艺实验，经过一段时间的摸索，寻找出一套合适的工艺参数，使得药物喷涂的表面质量非常好，在 100 倍放大镜下观察，没有粘连，桥接等现象，涂层厚度和增重也完全能满足要求。

为了比较公司产品质量，特从市场上购买了一些国内外知名生产厂商的产品进行比较，在显微镜和影像测量仪下观察，使用 PLC 控制的超声波喷涂系统加工完成的我公司药物涂敷支架表面质量完全可以和国际上药物涂敷支架的巨头强生公司的 Cyphy 支架相媲美，比国内厂商包括上海微创，北京乐普和山东维高的药物涂敷支架的表面质量都要强。

参 考 文 献

- [1] 徐滨士, 朱少华等, 表面工程与维修, 北京: 机械工业出版社, 1996
- [2] 袁易全, 陈思忠等, 近代超声原理与应用, 南京: 南京大学出版社, 1996
- [3] 聪慧网, 涂装表面处理行业频道, 2006
- [4] 冯若等, 超声手册, 南京: 南京大学出版社, 1999
- [5] 林育兹, 鲍平等, 可编程序控制器原理及逻辑控制, 北京, 机械工业出版社, 2005
- [6] 施光林, 刘利等, 可编程控制器通信与网络, 北京, 机械工业出版社, 2006
- [7] 李国厚, PLC 原理与应用设计, 北京: 化学工业出版社, 2005
- [8] Keyence, KV-1000 选型指南, 2005
- [9] Keyence, KV-1000/700 Instruction_c, 2005
- [10] Keyence, KV-1000_700 Specialunit Instruction_c, 2005
- [11] Keyence, KV-1000 编程手册, 2005
- [12] Keyence, KV-1000 脚本编程手册, 2005
- [13] Keyence, KV-1000 脚本函数编程手册, 2005
- [14] Keyence, KV-1000 软件安装手册, 2005
- [15] Keyence, KV-1000 用户手册, 2005
- [16] Keyence, KV-1000 指令参考手册, 2005
- [17] Keyence, KV STUDIO Ver2.0 用户手册, 2005
- [18] YASKAWA, Σ -II 系列 SGM□H/SGDM 用户手册, 2004
- [19] 触摸屏资讯网, 触摸屏技术原理, 2005
- [20] HITECH, ADP6.0 Manuals, 2004
- [21] HITECH, PWS3261 USB User Manual, 2004
- [22] HITECH, PWS3261 User Guide, 2004

发表论文及参加科研情况说明

由于是在职申请硕士学位，这几年，我一直工作在生产前线，先后在天津百事食品公司，天大天财光通信中心和天津百畅医疗器械科技有限公司担任电气工程师和设备经理等职务，针对公司实际需求，多次参加并组织相关技术人员，进行生产，检测等设备的研究开发和技术改造工作。其间，还去德国和日本完成了相关的科研考察任务，为公司创造了良好的经济效益。

2004 年至 2006 年期间，在由天津百畅医疗器械科技有限公司承担的天津市科技攻关项目---“载药冠状动脉支架关键技术与临床研究”项目中，负责整个项目生产工艺的研究与实现，以及生产方案的实施与验证。该项目目前进展顺利，并将于 2007 年完成。

在学术方面，做了两次学术报告：

1. 2006.4.20 超声喷涂系统设计
2. 2006.9.8 人机界面的 PLC 控制系统设计

最后，我撰写的论文《虚拟仪器在汽车制造中的应用》将于 2007 年 7 月在《自动化与仪表》上发表。

致 谢

本论的所有工作都是在我的导师赵振业教授的指导下完成的。赵老师不辞辛苦地指导我进行毕业设计和编写论文，对此我深表感谢！这几年，如果没有赵老师的督促，我几乎无法坚持完成硕士学位的攻读，在这里，我再次感谢赵老师这几年对我的关心和指导！

此外，我还要感谢杨文兴高工对我的帮助以及百畅公司全体员工对我的支持，他们在相应学科的专业知识，使我受益非浅，眼界更开阔，思维也更活跃。同时，他们在工作中的大力支持，也是本项目最后能够获得成功的关键所在。