

2019 年全国职业院校技能大赛

现代电气控制系统安装与调试

(总时间：240 分钟)

工 作 任 务 书

场次号_____ 工位号_____

注意事项

一、本任务书共 16 页，如出现缺页、字迹不清等问题，请及时向裁判示意，进行任务书的更换。

二、在完成工作任务的全过程中，严格遵守电气安装和电气维修的安全操作规程。电气安装中，低压电器安装按《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范（GB50254-96）》验收。

三、不得擅自更改设备已有器件位置和线路，若现场设备安装调试有疑问，须经设计人员（赛场评委）同意后方可修改。

四、竞赛过程中，参赛选手认定竞赛设备的器件有故障，可提出更换，器件经现场裁判测定完好属参赛选手误判时，每次扣参赛队 3 分；若因人为操作损坏器件，酌情扣 5-10 分；后果严重者（如导致 PLC、变频器、伺服等烧坏），本次竞赛成绩计 0 分。

五、所编 PLC、触摸屏等程序必须保存到计算机的“D:\场次号-工位号”文件夹下，场次号和工位号以现场抽签为准。

六、参赛选手在完成工作任务的过程中，不得在任何地方标注学校名称、选手姓名等信息。

七、比赛结束后，参赛选手需要将任务书以及现场发放的图纸、资料、草稿纸等材料一并上交，不得带离考场。

请按要求在 4 个小时内完成以下工作任务：

一、按“自动涂装系统控制说明书”，设计电气控制原理图，并按图完成器件选型计算、器件安装、电路连接（含主电路）和相关元件参数设置。

二、按“自动涂装系统控制说明书”，编写 PLC 程序及触摸屏程序，完成后下载至设备 PLC 及触摸屏，并调试该电气控制系统达到控制要求。

三、根据赛场设备上所提供的故障考核装置，参考 X62W 铣床电气原理图，排除机床电气控制电路板上所设置的故障，使该电路能正常工作，同时完成维修工作票。

本次工作任务请在 YL-158GA1 型现代电气控制系统安装与调试实训考核装置上完成，该装置的结构介绍及使用方法请参考用户说明书。操作过程中，须遵守安全操作规程和职业素养要求的相关规定。

自动涂装系统

一、自动涂装系统运行说明

在工件涂装过程中,有很多环节如涂料混合、涂料传输、工件涂装等环节,大多存在易燃易爆、有毒有腐蚀性的介质,对人体健康有不同程度的危害,不适合由人工现场实时操作。本系统设计借助 PLC 来控制涂料混合、传输及定点涂装等工序,对提高企业生产和管理自动化水平有很大的帮助,同时又提高了生产效率、使用寿命和质量,减少了企业产品质量的波动。

自动涂装系统的结构及组成如图 1 所示,包括 A 阀、B 阀、搅拌机、供料阀、储存罐、喷涂进料泵、喷涂高度控制电机、转盘电机、排风扇、排料阀。

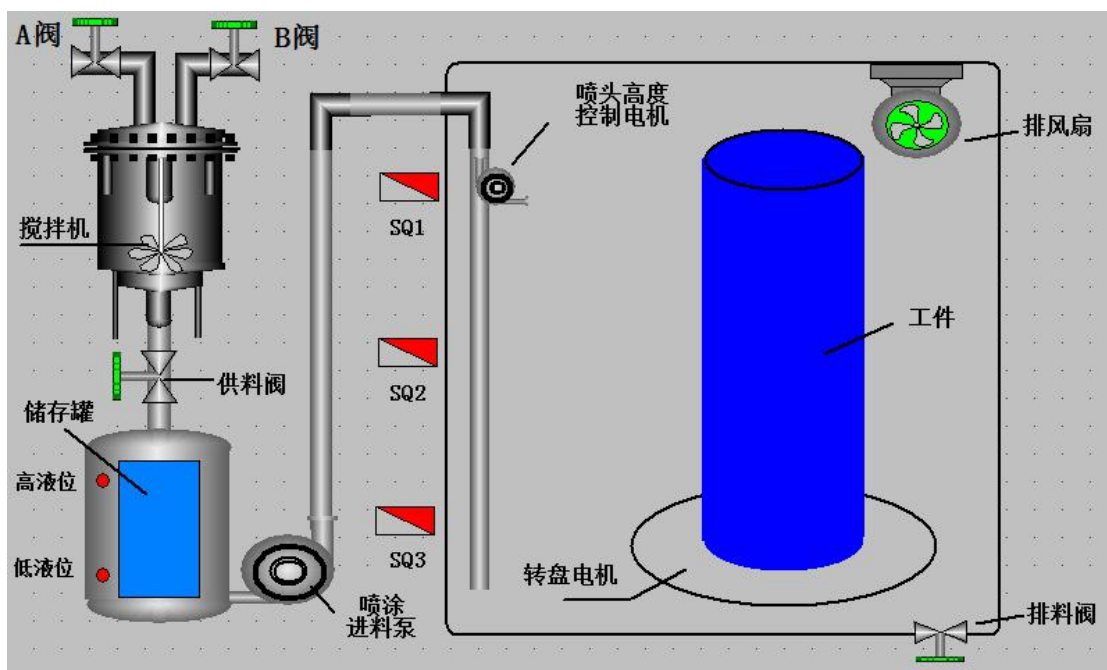


图1 自动涂装系统

由图可知,自动涂装系统整体由三部分组成,分别为进料、混料工段,储料工段,涂装工段三部分组成。系统自动运行过程如下:首先按照被加工工件要求对供料阀 A 与供料阀 B 控制,并在混料罐中进行搅拌,搅拌完成后,根据储料罐液位情况控制供料阀状态以及涂装

工段运行情况,涂装工段需顺序完成先后两部分动作,具体动作如下:

①:喷涂高度控制电机定位在 SQ2 处,并转盘电机定位在起始喷涂位置后,启动喷涂进料泵开始对工件涂装,同时转盘电机从起始位置转至结束位置(参数 HMI 设定),动作结束。②:喷涂高度控制电机定位在 SQ1 处,并转盘电机定位在零点位置后,开始喷涂作业,喷涂高度控制电机从 SQ1 运行 SQ3 处,同时转盘电机旋转 360° 后,涂装工段动作结束。结束后涂装高度电机与转盘电机自动恢复初始位置。

在涂装工段运行期间排风扇保持低速或高速运行,排料阀同时打开。

自动涂装系统由以下电气控制回路组成:混料搅拌电机由搅拌电机 M1 驱动【M1 为三相异步电机,只进行单向正转运行,需考虑过载保护】。喷涂泵电机 M2 驱动【M2 为三相异步电动机由变频器进行无级调速控制;变频器输出频率与工件直径对应关系如下:工件直径 $D < 60\text{cm}$ 时,变频器输出 $f = 50\text{Hz}$;工件尺寸直径 $60\text{cm} \leq D \leq 120\text{cm}$ 时,变频器输出频率 $f = 50 - (D - 60) / 2$,电机加速时间 1.5 秒,减速时间 0.5 秒】。喷头高度位置由喷涂高度电机 M3 驱动【M3 为步进电机带动丝杠运行,已知直线导轨的螺距为 4mm,并使用旋转编码器对小车位置进行检测,步进电机参数设置为:步进电机旋转一周需要 4000 个脉冲】。工件旋转台由转台电机 M4 驱动【M4 为伺服电机;伺服电机参数设置如下:伺服电机旋转一周需要 2000 个脉冲,减速比为 36:1】。工件涂装仓排风扇由排风电机 M5 驱动【M5 为双速电机】。

其中搅拌电机 M1 与排风电机 M5 所使用的接触器 KM 需由 PLC 输出经中间继电器 KA 进行控制以实现控制回路的交直流隔离。

储存罐有效储液高度为 0-1 米,使用投入式液位传感器进行液位

高度测量（以控制柜正面的模拟量 0-10V 模拟，0~10V 对应 0~1 米）；
喷头高度控制电机由三个位置预置点（SQ1~SQ3）控制喷涂位置；混料罐 A、B 料进料累计重量由重量传感器确定（传感器量程为 0-30Kg，以模拟量 4-20mA 模拟输入）。

电动机旋转以“由转轴方向确认时，顺时针旋转为正向、逆时针旋转为反向”为准。

二、控制系统安装方案要求

1、本系统使用三台 PLC，网络指定 QCPU/S7-300/S7-1500 为主站，2 台 FX3U/S7-200Smart/S7-1200 为从站，分别以 CC_Link 或工业以太网的形式组网。

2、MCGS 触摸屏应连接到系统中主站 PLC 上（三菱系统中触摸屏连接到 QPLC 的 RS232 端口；西门子系统中触摸屏连接到 S7-300/S7-1500 的以太网端口，不允许连接到交换机）。

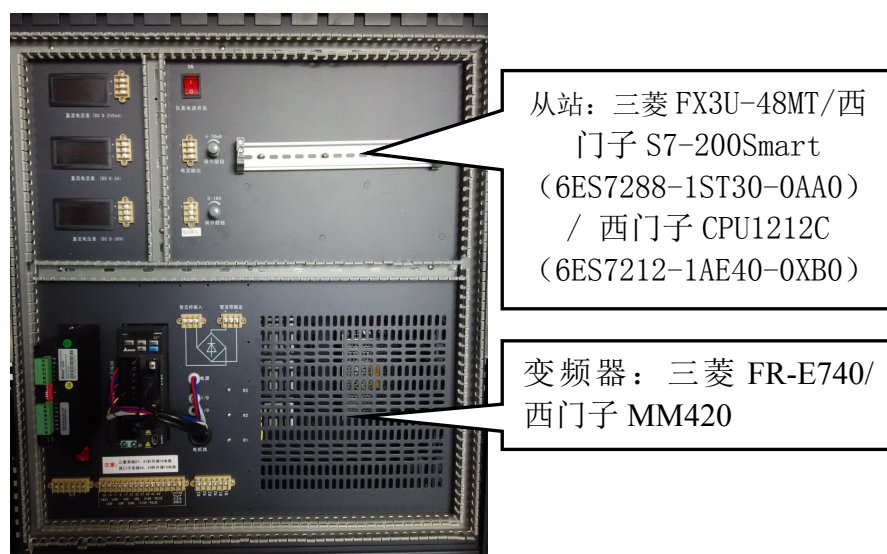
3、电机控制、I/O、HMI 与 PLC 组合分配方案（其余自行定义）：

电机 \ 方案	三菱 Q 系列 +FX3U 系列方案	西门子 S7-300 +S7-200Smart 方案	西门子 S7-1500 +S7-1200 方案
HMI SB1~SB2	Q00UCPU	CPU314C-2PN/DP	CPU 1511
M1、M5 HL1、HL2、HL4	FX3U-48MR	S7-200Smart 6ES7288-1SR40-0AA0	CPU 1212C 6ES7212-1BE40-0XB0
M2、M3、M4、 编码器 SQ1~SQ5	FX3U-48MT	S7-200Smart 6ES7288-1ST30-0AA0	CPU 1212C 6ES7212-1AE40-0XB0

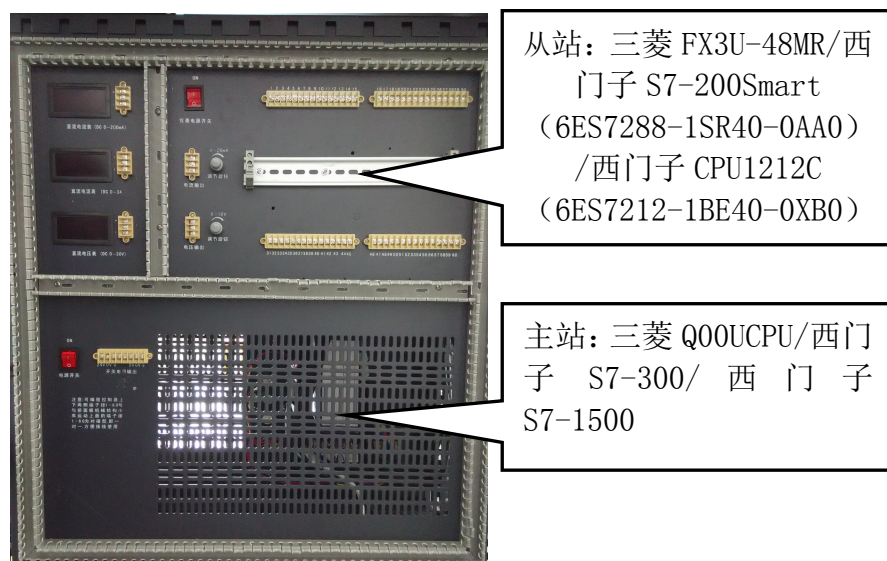
电流及电压模拟量输入以及急停按钮 SA1 可以自行定义。所有按钮及指示灯应使用控制柜正面元件。

4、根据本说明书设计电气控制原理图，根据所设计的电路图连接电路，不允许借用机床考核单元电气回路。参照所给定的图纸格式把系统电气原理图以及各个PLC的I/O接线图绘制在标准图纸上，在“设计”栏中填入选手工位号，在“制图”栏中填入PLC品牌型号。

5、三台PLC和变频器安装位置要求如图2所示,不允许自行定义位置,不得擅自更改设备已有器件位置和线路,其余器件位置自行定义。



(a) 正面



(b) 背面

图2 PLC和变频器安装位置示意图

三、系统控制要求

自动涂装控制系统设备具备两种工作模式，模式一：调试模式；模式二：自动涂装模式。设备上电后触摸屏显示用户登录界面，设置用户权限；输入用户名 Admin 及密码 123 后进行登录，触摸屏即进入模式选择界面，可以选择进入调试及自动运行模式；输入用户名 User 及密码 321 进行登录后，触摸屏只能进入自动涂装模式。

图 3 用户登录界面

图 4 用户操作界面

1、调试模式

触摸屏进入调试画面后，指示灯 HL1、HL2 以 0.5Hz 频率闪烁点亮，等待选择电机调试。触摸屏调试界面可以参考图 5 进行制作：通

过按下“调试选择按钮”，可依次选择需要调试的电机 M1~M5，对应电机指示灯亮，HL1、HL2 停止闪烁。按下调试启动按钮 SB1，被选中的电机进入调试运行。每个电机调试完成后，触摸屏上对应的指示灯熄灭。（M1~M5 电机未调试完，“自动模式”按钮处于红色状态，即无法进入自动模式）

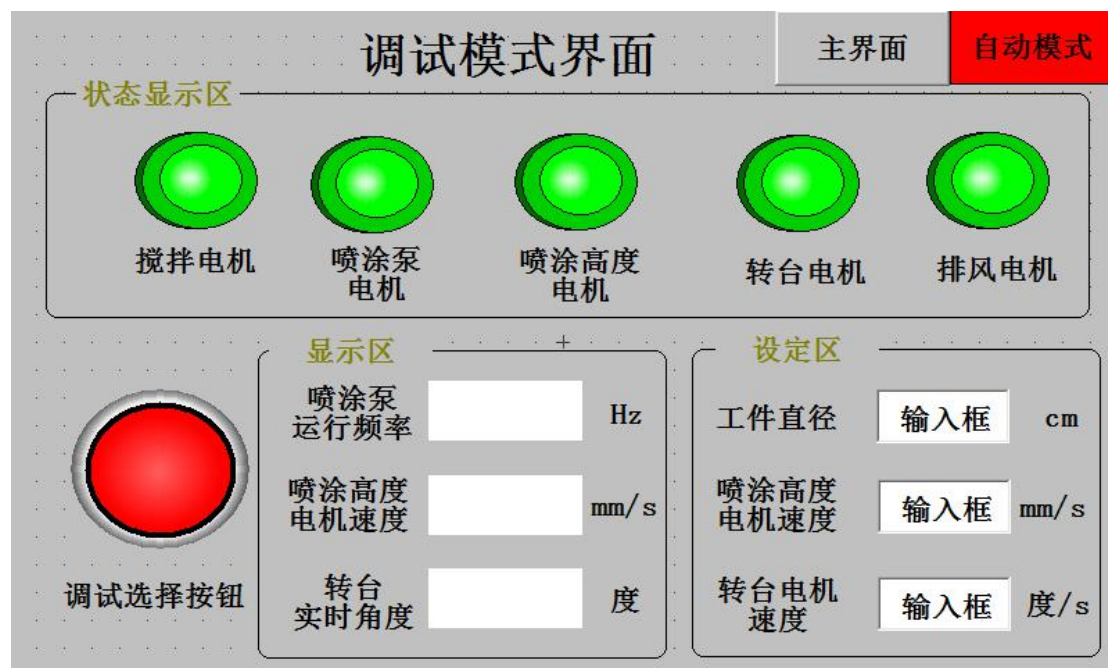


图 5 调试模式参考画面

（1）搅拌电机 M1 调试过程

按下启动按钮 SB1 后，电机 M1 启动运行，运行 4 秒—停止 2 秒，运行 3 个周期后停止；电机 M1 调试结束。M1 电机调试过程中，HL4 长亮，调试完成后 HL4 熄灭。

（2）喷涂泵电机（变频电机）M2 调试过程

由触摸屏输入工件直径（工件直径数值应在 40cm-120cm）后按下启动按钮 SB1，电机 M2 正向运行 4 秒，变频器输出频率按照工件直径与频率对应关系确定（工件直径 $D < 60\text{cm}$ 时，变频器输出 $f = 50\text{Hz}$ ；工件尺寸直径 $60\text{cm} \leq D \leq 120\text{cm}$ 时，变频器输出 $f = 50 - (D - 60) / 2$ ），运行过程中按下停止按钮 SB2，电机 M2 停止运行；再按下启动按钮 SB1

时，电机 M2 继续之前的状态运行直至电机运行时间到达。M2 电机调试过程中，HL4 以亮 1Hz 的周期闪烁，调试结束后 HL4 熄灭。

喷涂泵电机运行频率应在触摸屏相应位置显示(保留一位小数)。

(3) 喷涂高度电机 M3(步进电机)调试过程

首先调试前将电机 M3 手动调至 SQ2 与 SQ3 之间，然后在触摸屏上设置步进电机的运行速度（设定范围为 4.0-12.0mm/s，精确到小数点后一位），按下启动按钮 SB1，电机 M3 自动回到初始位置 SQ1，到达后由 SQ1 位置开始运行，运行过程如下：在 SQ1 位置等待 2 秒开始向 SQ2 运行，在 SQ2 位置停止 2 秒后运行至 SQ3，在 SQ3 位置停止 2 秒后，返回 SQ1，返回速度为设定运行速度的 1.5 倍；在动作过程任意时间按下停止按钮 SB2，电机 M3 在当前位置停止运行，HL4 以 2Hz 的频率闪烁；再按下启动按钮 SB1 后电机 M3 继续当前动作直至 M3 电机调试过程结束。电机 M3 调试过程中，当电机 M3 由 SQ1 向 SQ3 运动时 HL1 长亮，返回 SQ1 的过程中 HL2 长亮，调试结束后 HL1、HL2 均熄灭。

步进电机运行速度应在触摸屏中显示（单位：mm/s）。

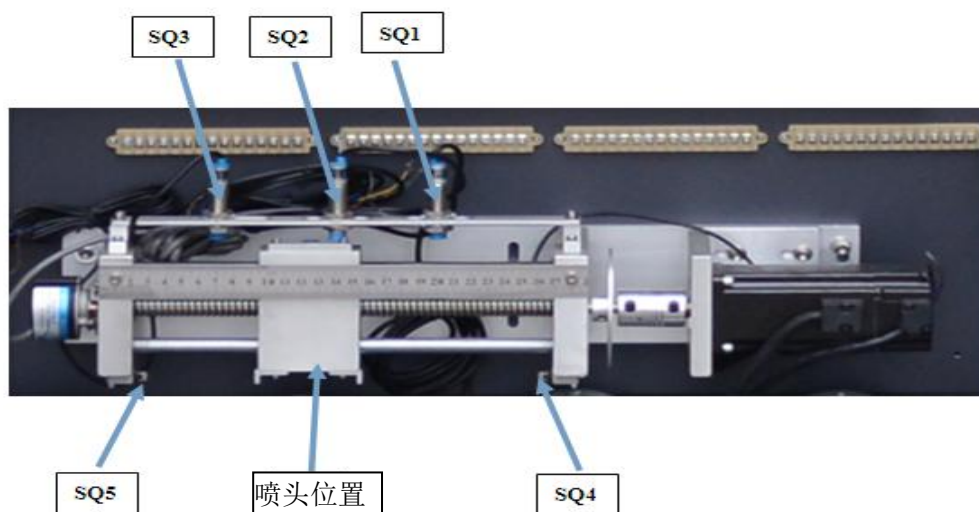


图 5 喷涂高度电机 M3 结构示意图

(4) 转台电机 M4(伺服电机) 调试过程

首先在触摸屏上设置转台的旋转速度（设定范围为 6.0~12.0 度/s，精确到小数点后一位），按下启动按钮 SB1，转台正向运行 10 度，停止 2 秒；再正向运行 20 度，停止 2 秒；然后反向运行 30 度回到起始位置，电机 M4 调试结束，此过程中转台电机 M4 按照设定的速度沿要求方向旋转相应角度（需要考虑减速比 36:1）。电机 M4 调试过程中，HL4 以亮 2S 灭 1S 的周期闪烁，调试结束后 HL4 熄灭。

转台实时位置应在触摸屏中显示（单位：度）。

(5) 排风扇电机（双速电机）M5 调试过程

按下启动按钮 SB1，M5 电机以低速运行 3 秒后转换到高速运行，高速状态运行 5 秒后停止，电机 M5 调试结束。电机 M5 调试过程中，当 M5 处于低速状态时，HL4 以 1Hz 的频率闪烁；当 M5 处于高速状态时，HL4 以 2Hz 的频率闪烁；当调试结束后 HL4 熄灭。

所有电机（M1~M5）调试完成后（此时触摸屏中“自动模式”按钮由红变绿），然后按下“自动模式”按钮，将进入自动涂装模式。在未进入自动涂装模式前，单台电机可以反复调试。

2、自动涂装模式

进入自动涂装模式后，触摸屏进入自动涂装运行模式画面，可参考图 6 进行设计。画面要求：

- ① 触摸屏画面有主界面和复位按钮；
- ② 工件设置区，选择工件类型，设置工件直径以及喷涂带区域起始位置以及结束位置；
- ③ 参数显示区，显示混料罐混合涂料实时重量；转盘的实时位置；喷涂泵电机运行频率；喷涂高度电机速度

- ④ 喷头位置显示区，实时显示喷头的位置情况
- ⑤ 储存罐显示区，实时显示储存罐中液位状态变化情况；
- ⑥ 状态显示区，显示阀门和各个电机的动作运行状态。

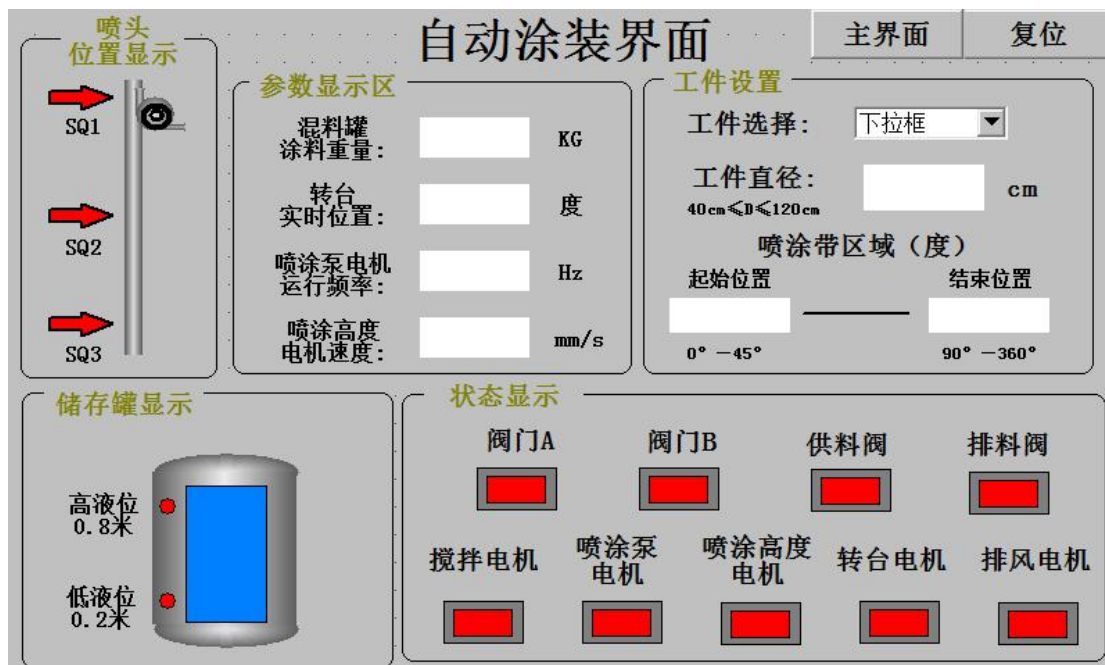


图6 自动涂装模式参考画面

自动涂装工艺流程与控制要求：

(1) 系统初始化状态：

进入自动涂装模式后，按下复位按钮，喷头高度电机 M3 自动回到初始位置 SQ1，触摸屏转盘实时角度数值清零，储存罐中液位为零，混料罐中涂料重量为零，各电动机处于停止状态，完成以上动作后 HL4 以 1Hz 的频率闪烁表示系统已满足自动运行的初始条件。

(2) 运行操作：

HL4 以 1Hz 的频率闪烁的状态下进行工件选择(从下拉菜单中选择甲类或乙类工件，工件选择菜单初始状态为空白状态)，输入工件直径(工件直径数值应在 40cm-120cm 之间)和喷涂带区域起始位置(起始位置应在 0° - 45° 之间，结束位置应在 90° - 360° 之间)。按下开始按钮 SB1，系统开始自动运行，自动运行过程中运行指示灯 HL4

长亮。

（3）进料及混料流程：

当混料罐中混合涂料剩余重量小于 0.2Kg 时，供料阀关闭，进料阀 A 和进料阀 B 依次打开，AB 两种涂料开始依次进入混料罐：涂料进料量以混料罐底部安装的重量传感器(传感器感应重量为 0-30Kg，由模拟量电流 4-20mA 模拟输入)感应结果进行控制。甲类工件所需涂料中 B 涂料重量为 A 涂料重量的 1.5 倍；乙类工件所需涂料中 B 涂料重量为 A 涂料的 0.75 倍。涂料 A 进料开始后，当重量传感器感应重量达到 10Kg 时进料阀 A 关闭，涂料 A 停止进料；同时进料阀 B 打开，涂料 B 开始进料，当重量传感器感应罐内涂料总重量重量达到要求(根据配方重量关系)时进料阀 B 关闭，涂料 B 停止进料。然后搅拌电机 M1 开始运转，搅拌 6 秒后，M1 停止运行。当进料阀 A 开启之后，直至混料电机动作完成的过程中，供料阀保持关闭状态。

此过程中混料罐涂料重量、阀门 A、阀门 B、供料阀以及搅拌电机动作状态应在触摸屏中实时显示。

（4）供料及储料流程：

当储料罐中所储存的混合涂料液位低于高液位，且混料罐中混料电机完成混料操作的状态下，供料阀打开，涂料由混料罐进入储料罐；当混合涂料液位高于高液位时，供料阀关闭，混合涂料停止进入储料罐；当储料罐中混合涂料的液位高于低液位时，自动喷涂流程开始运行，当低于低液位时，自动涂装流程停止运行，待混合涂料液位高于低液位后，各电机自动恢复停止前的状态继续运行。

此过程中储料罐液位、进料阀、喷涂泵电机、喷涂高度控制电机以及转台电机运行状态应在触摸屏中实时显示。

(5) 自动喷涂流程:

涂装过程为: 首先进行一条带状涂装, 涂装高度为 SQ2 所确定的位置, 带状涂装起始位置及涂装区域(工件固定在旋转台, 转台带动工件旋转)由 HMI 输入(起始位置及结束位置均由所输入的角度值确定, 起始位置范围为 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$; 结束位置为 $90^{\circ} \sim 360^{\circ}$, 输入值精确到个位)。首先, 喷涂高度控制电机 M3 由初始位置 SQ1 移动到 SQ2, 电机运行速度为 10mm/s; 然后转台电机 M4 旋转至喷涂起始位置(由 HMI 输入数值决定, 旋转速度为 10 度/s); 喷涂泵电机 M2 开始运行, 同时转台电机 M4 继续旋转至喷涂结束位置(由 HMI 输入数值决定)后停止, 转台旋转速度为 10 度/s; 到达结束位置后, 喷涂泵电机 M2 停止运行; 完成带状涂装任务后, 高度控制电机 M3 自动回到 SQ1 位置, 转台电机 M4 反向旋转, 旋转角度为结束位置设定角度值; 此过程中高度控制电机 M3 运行过程中喷涂泵电机 M2 停止动作。

高度控制电机与转台电机 M4 均回到初始位置等待 2 秒后, 高度控制电机 M3 与转台电机 M4 同时开始运行, 喷涂泵电机 M2 开始持续运行, 高度控制电机 M3 由 SQ1 运行至 SQ3, 转台电机 M4 正向旋转 360 度, 运行周期为 20 秒, 高度控制电机 M3 与转台电机 M4 应同步运行完成(高度控制电机 M3 与转台电机 M4 同时开始运行, 且同时到达结束位置), 同时 M2 停止运行; 运行完毕后高度控制电机 M3 返回初始位置 SQ1、转台电机 M4 反向旋转 360° 。

此过程中喷头高度位置、转台实时位置、喷涂泵电机运行频率、喷涂高度电机速度、喷涂泵电机、喷涂高度电机及转台电机应在触摸屏中实时显示。

(6) 排风及排料流程:

为避免排风气流对涂装质量产生影响,在喷涂泵电机 M2 工作时,排风电机 M5 处于低速运行状态;喷涂泵电机 M2 停止工作时排风电机 M5 切换至高速运行状态,全部涂装过程完成后排风扇电机 M5 继续保持高速运行 10s 后停止。

同时为防止涂装室因积液过多造成工件质量下降,排水阀在自动运行状态下动作,动作要求如下:当自动喷涂过程开始时排水阀启动,全部涂装过程完成后继续保持开启状态 10s 后关闭。

此过程中排风电机以及排水阀状态应在触摸屏中实时显示。

(7) 停止操作

① 系统自动运行过程中,按下停止按钮 SB2,系统完成当前涂装动作后停止运行,HL1 长亮。当停止后再次启动运行时,HL1 熄灭,系统保持上次运行的记录。

② 系统发生紧急事件旋转急停按钮时(SA1 闭合),系统立即停止,HL1 以 1Hz 的频率闪烁;急停恢复后(SA1 断开),再次按下 SB1,触摸屏工件设置区域所有设定参数清零,所有阀门以及电机恢复到初始状态;将所有参数重新设定后系统从初始状态重新开始运行。

3、非正常情况处理

(1) 当电机 M3 出现越程(左、右超行程位置开关分别为两侧微动开关 SQ4、SQ5),伺服系统自动锁住,并在触摸屏自动弹出报警画面“报警画面,设备越程”,点击触摸屏上任意位置解除报警后,系统重新恢复到初次登录后状态,点复位按钮后所有设置参数置零且全部电机恢复到初始状态,需重新在 HMI 上设置参数后再次运行。

维修工作票

工作票编号 NO: _____

发单日期: 20 年 月 日

工位号			
工作任务	X62W 铣床电气线路故障检测与排除		
工作时间	自 ____ 年 ____ 月 ____ 日 ____ 时 ____ 分至 ____ 年 ____ 月 ____ 日 ____ 时 ____ 分		
工作条件	登陆学号: (即两位数的工位号, 如: 01、10、20 等) 登陆密码: 无 观察故障现象和排除故障后试机 通电 ; 检测及排故过程 停电 。		
工作许可人签名			
维修要求	1. 在工作许可人签名后方可进行检修; 2. 对电气线路进行检测, 确定线路的故障点并排除调试填写下列表格; 3. 严格遵守电工操作安全规程; 4. 不得擅自改变原线路接线, 不得更改电路和元件位置; 5. 完成检修后能恢复该铣床各项功能。		
故障现象描述			
故障检测和排除过程			
故障点描述			

注: 选手在“工位号”栏填入工位号, 裁判在“工作许可人签名”栏签名。