

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 15 页，另附维修工作票及排故机床图纸 2 页、I/O 分配表 2 页和 A3 版空白图纸 2 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 1 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:\工位号”文件夹下，例如第 5 号工位命名为“5”，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“数控加工中心控制系统说明书”，设计电气控制原理图，并按图完成器件选型、器件安装、电路连接（含主电路）和相关元件参数设置。

二、按“数控加工中心控制系统说明书”，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 T68 镗床电气原理图，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。

数控加工中心控制系统说明书

一、数控加工中心系统控制说明

数控加工中心由工作台、主轴箱、换刀机构、冷却系统等结构组成。工作时先将预加工工件夹紧，工作台移动到刀头下方，刀头旋转并向下运动，在加工件规定位置钻孔或铣槽。其中工作台进给运动由 X 轴进给电机和 Y 轴进给电机驱动，刀头向上或向下运动由主轴箱 Z 轴进给电机驱动，刀头旋转由主轴旋转电机驱动，换刀机构由刀架换刀电机驱动，刀头旋转时需冷却泵电机运行。

数控加工中心控制系统由以下电气控制回路组成：

工作台 X 轴进给电机 M1 控制回路【M1 为步进电机，连接滚珠丝杆机构（螺距为 4mm），步进电机参数设置如下：步进电机每旋转一周需要 600 个脉冲，并使用旋转编码器对工作台 X 方向进行检测】。工作台 Y 轴进给电机 M2 控制回路【M2 为伺服电机，模拟连接滚珠丝杆机构（螺距为 5mm），伺服电机参数设置如下：伺服电机旋转一周需要 800 个脉冲】。主轴箱 Z 轴进给电机 M3 控制回路【M3 为三相异步电动机（带速度继电器），采用变频器模拟量控制，已知速度 v 与变频器的运行频率 f 之间的关系为： $v=0.3 \times f$ ，速度 v 需从触摸屏上设定并要求在触摸屏上实时显示运行频率，M3 从 0mm/s 加速到 9mm/s 需要用时 0.3 秒，从 9mm/s 减速到 0mm/s 需要用时 0.3 秒】。主轴电机 M4 控制回路【M4 为双速电机，要求考虑过载保护，低速时热继电器的整定电流为 0.25A，高速时热继电器的整定电流为 0.3A】。冷却泵电机 M5 控制回路【M5 为三相异步电动机，只进行单向正转运行】。刀架换刀电机 M6 控制回路【M6 为三相异步电动机，只进行单向正转运行】。

X 轴进给电机以向右运行为正向，Y 轴进给电机以向下运行为正向，电动

机旋转以“顺时针旋转为正向，逆时针旋转为反向”为准。（工作台的移动方向以图 1 所示 X 轴、Y 轴箭头所指方向为正向，不考虑与主轴箱的相对运动）

系统的控制要求如下：

要求在一块长方形铝制肋板上加工 5 个沉头孔和一个三角形通槽，图 1 为肋板上孔和槽的加工位置示意图，图 2 为沉头孔加工尺寸示意图。其中 L1 为刀头到工件表面距离，L2 为工件厚度，L3 为沉孔深度。

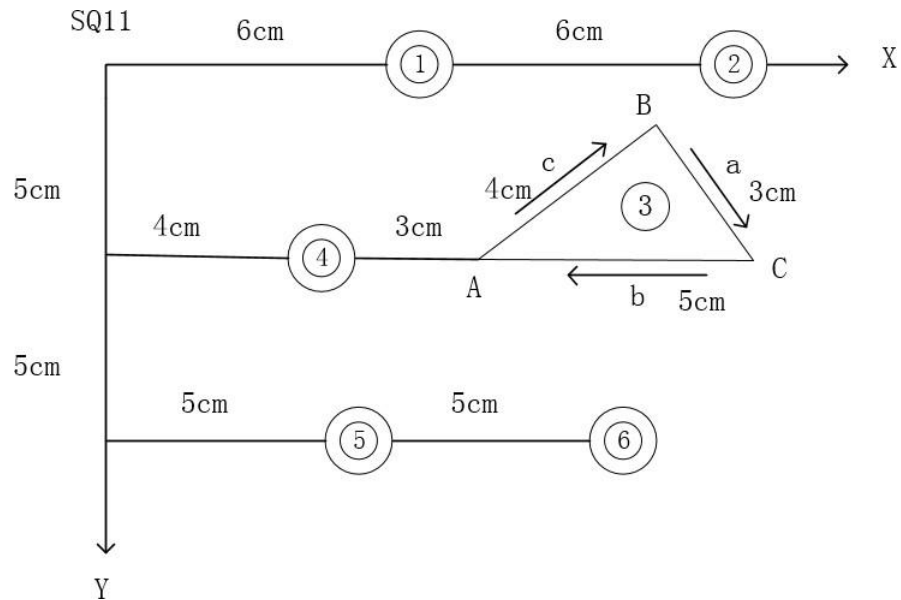


图 1 孔和槽加工位置示意图（图中标注的线段尺寸为两孔中心距）

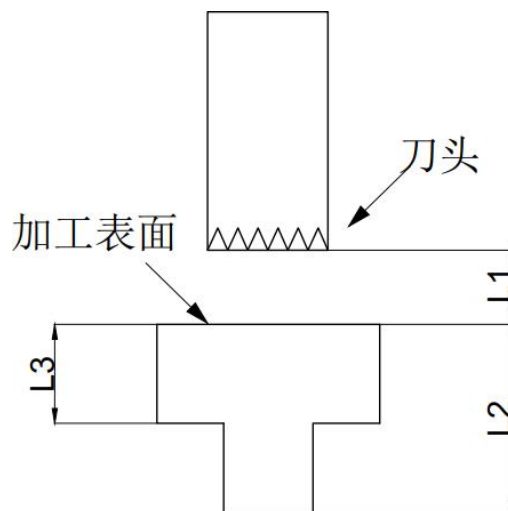


图 2 沉头孔加工尺寸示意图

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~SB6	Q00UCPU	CPU314C-2PN/DP	CPU1511
M4、M5、M6 SA1 HL1~HL6	FX3U-32MR	S7-200Smart 6ES7288-1SR40-0AA0	CPU1212C 6ES7212-1BE40-0XB0
M1、M2、M3 SQ11~SQ14 温控器（热电阻 K 型）	FX3U-32MT	S7-200Smart 6ES7288-1ST30-0AA0	CPU1212C 6ES7212-1AE40-0XB0

4、根据本说明书控制要求，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。在标准图纸上绘制 6 台电动机主电路，以及 3 台PLC 电气原理图，并标注 I/O 定义功能和变频器、伺服驱动器、步进驱动器、热继电器主要参数及功能。在设计栏填写工位信息。

5、三台 PLC 和变频器安装位置要求如图 3 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。

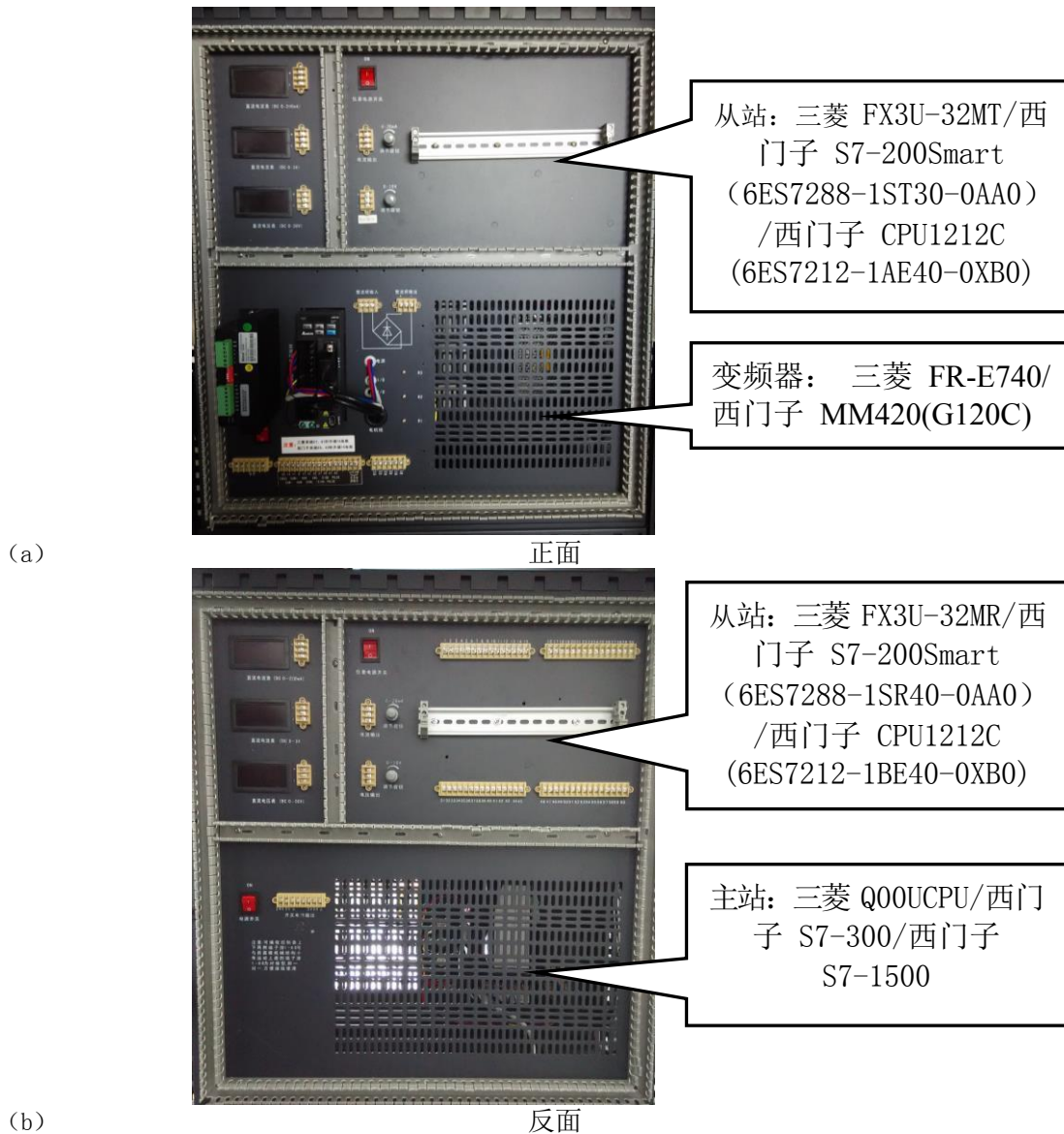


图3 PLC和变频器安装位置示意图

三、数控加工中心系统控制要求

数控加工中心系统具备三种工作模式，模式一：通信测试模式；模式二：设备调试模式；模式三：自动运行模式。设备上电后触摸屏首先显示用户登录界面；当输入用户名 Admin 及正确密码“2019”后，触摸屏即进入模式选择界面，此时可以选择进入任意一种模式；当输入用户名 User 及正确密码（密码为工位号）后，触摸屏只能进入自动运行模式，当按下另两种模式时，弹出对话框提示“User 用户禁止进入该模式！”，点击任意位置该对话框消失；当输入密

码错误时，弹出密码错误提示对话框。



图 4 用户登录界面



图 5 弹出对话框

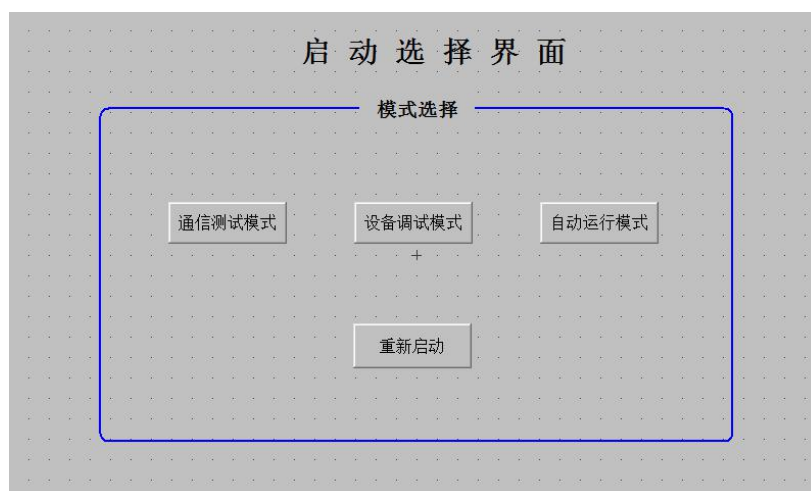


图 6 启动选择界面

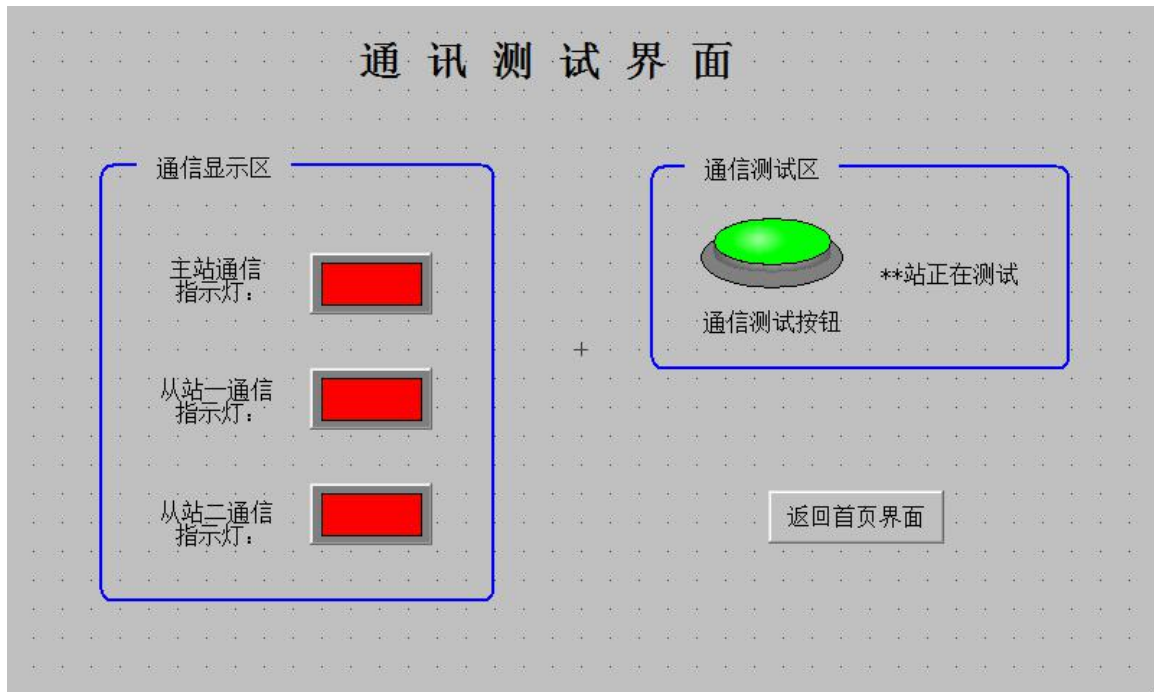


图 7 通讯测试界面

1、通信测试模式

触摸屏进入通讯测试画面后（界面可以参考图 7 进行制作），模式指示灯 HL4 以 1Hz 频率闪烁。此模式下可检测触摸屏与三台 PLC 及三台 PLC 之间的通信情况，如图 7 所示，当三台 PLC 上电后处于运行状态时，若系统网络连接正常，则触摸屏中对应的通信指示灯点亮。此外，每一台 PLC 需要分配一个输出点，作为通信测试灯。分两种情况测试：

① 三台 PLC 之间通信测试：按下 SB1 按钮（主站），从站一 PLC 输出点的通信测试灯闪烁；再按下 SB1 按钮，从站一 PLC 输出点的通信测试灯保持闪烁，从站二 PLC 输出点的通信测试灯闪烁；再按下 SB1 按钮，从站一、二 PLC 输出点的通信测试灯 2 秒后熄灭，第一种通信测试完成。

② 触摸屏与三台 PLC 之间通信测试：第一次按下触摸屏“通信测试按钮”，触摸屏上显示“主站正在测试”，主站 PLC 输出点的通信测试灯闪烁；第二次按下触摸屏“通信测试按钮”，触摸屏上显示“从站一正在测试”，主站、从

站一 PLC 输出点的通信测试灯闪烁；第三次按下触摸屏“通信测试按钮”，触摸屏上显示“从站二正在测试”，主站、从站一、从站二 PLC 输出点的通信测试灯闪烁；第四次按下触摸屏“通信测试按钮”，2 秒后所有通信测试灯熄灭。

按下“返回首页界面”按钮系统将切换至启动选择界面，模式指示灯 HL4 熄灭。

2、设备调试模式

触摸屏进入设备调试画面后（触摸屏设备调试界面可以参考图 8 进行制作），模式指示灯 HL4 以 2Hz 频率闪烁，等待选择电机调试。通过点击下拉框，可选择需要调试的电机 M1～M6，触摸屏中对应调试指示灯以 1Hz 频率闪烁，并显示“**电机调试”，调试完成后指示灯常亮表示该电机调试成功。按下调试按钮 SB4，被选中电机进入调试运行（具体调试要求见每个电机的调试说明），电机运行指示灯 HL1 按照要求运行（见每个电机的运行指示灯说明）。

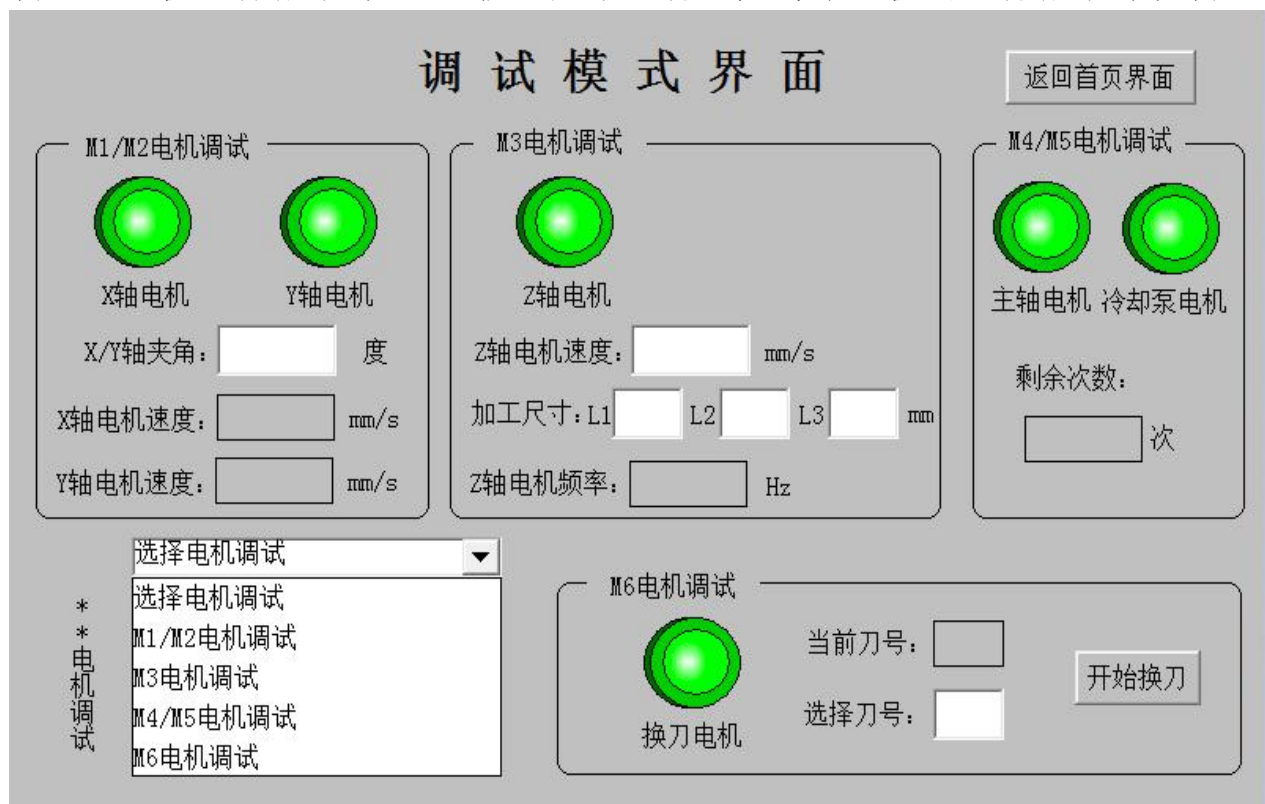


图 8 调试模式触摸屏画面

① 工作台 X 轴进给电机 M1 和 Y 轴进给电机 M2 调试过程

该调试过程主要目的是对工作台进行直线校准。电机 M1 调试前，工作台在 SQ11 与 SQ12 之间的任意位置。首先设定工作台 Y 轴进给速度（用控制柜正面的模拟量 0-10V 模拟 5-15mm/s）以及 X 轴与 Y 轴之间夹角（设定范围为 0-90°）。按下按钮 SB4，X 轴进给电机 M1 以 4mm/s 速度回原点 SQ11；再次按下按钮 SB4，两电机按照设定角度走斜线；运行过程中按下按钮 SB4，工作台停止，再次按下按钮 SB4，工作台继续运行，按下按钮 SB2 调试完成。工作台运行时，指示灯 HL1 以 1Hz 频率闪烁，停止时常亮，调试完成后熄灭。M1 电机的运行速度应在触摸屏上显示（用滚珠丝杆末端的编码器测的，单位为 mm/s，精确到小数点后一位）。光电开关位置如图 9 所示。

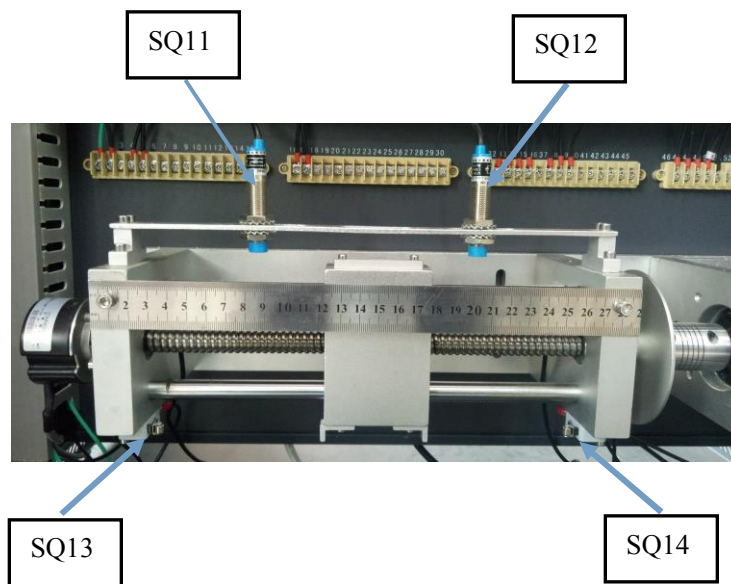


图 9 工作台 X 进给电机光电开关位置示意图

② 主轴箱 Z 轴进给电机 M3 调试过程

该调试过程模拟加工沉头孔。首先在触摸屏中设置 Z 轴电机的速度 V（速度设定范围为 3.0-15.0mm/s，保留小数点后 1 位）和 L1、L2、L3 的距离（设定范围为 5-100mm/s）。按下按钮 SB4，如设定 L2 距离小于 L3，则弹出报警

画面（如图 10 所示，按下“重新输入”按钮则返回调试模式界面重新设定距离，按下“对调确认”按钮则返回调试模式界面的同时 L2 和 L3 距离对调）。如满足启动条件，主轴箱 Z 轴进给电机首先以速度 V 移动 L1 停止 2 秒后移动 L2 停止；再次按下按钮 SB4, 反向移动 L2 停止；再次按下按钮 SB4, 正向移动 L3 停止 2 秒后再反向移动 L3+L1 停止运行，M3 电机调试完成。电机 M3 正转时指示灯 HL1 以 0.5Hz 频率闪烁，反转时以 2Hz 频率闪烁，停止时常亮，调试完成后熄灭。M3 电机运行的实时频率应在触摸屏上显示（反转时频率值为负，精确到小数点后一位）。



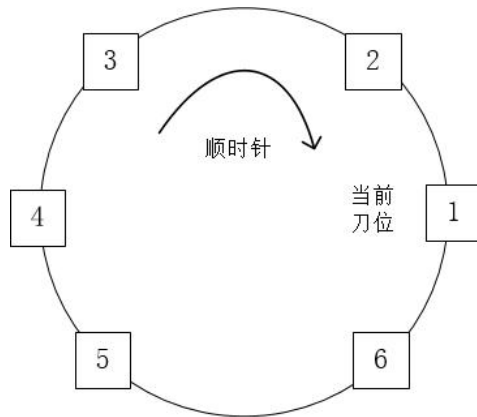
图 10 M3 电机报警画面

③ 主轴电机 M4 和冷却泵电机 M5 调试过程

按下启动按钮 SB4，主轴电机 M4 以△型运行 6 秒-停 2 秒-YY 型运行 6 秒-停 2 秒的规律循环 3 次后停止，冷却泵电机 M5 在主轴电机△型运行时以正转 1 秒停 2 秒的规律运转，YY 型运行时以正转 2 秒停 1 秒的规律运转；运行过程中按下按钮 SB2, 电机立即停止运行当前次，再次按下按钮 SB4, 电机继续运行剩余次数后停止。M4 和 M5 电机同时运转时指示灯 HL1 以 1Hz 频率闪烁。电机运行的剩余次数应在触摸屏上显示。

④ 刀架换刀电机 M6 调试过程

选中电机 M6 后，触摸屏调试画面上显示当前刀架号（初值为 1），首先在触摸屏中设置要换刀的刀号后，按下触摸屏“开始换刀”按钮，换刀电机 M6 开始进刀。换刀机构每转过一个刀位就会发出一个刀位到位信号，该信号由 SB4 按钮手动按下给出。当转过相应刀位数后，电机停止，当前刀号变为选刀刀号，进刀结束。进刀结束 3 秒后，换刀电机继续正转，选中刀回到原刀架位，退刀结束，M6 电机调试完成。换刀和退刀时电机 M6 均正转运行，进刀时指示灯 HL1 以 1Hz 频率闪烁，退刀时以 2Hz 频率闪烁，调试完成后熄灭。刀架换刀



结构示意图如图 11 所示。

图 11 刀架换刀机构结构示意图

所有电机（M1~M6）调试完成后（触摸屏上六个电机调试指示灯均点亮），点击“返回首页界面”按钮系统将切换至启动选择界面，模式指示灯 HL4 熄灭。在未切换回启动选择界面前，单台电机可以反复调试。

3、自动运行模式

系统切换进入自动运行模式后，模式指示灯 HL4 常亮。触摸屏进入自动运行模式画面（参见图 12），画面自行设计，设计要求如下：

- ①触摸屏画面应有返回首页按钮；
- ②触摸屏画面应有显示夹具及各个电机运行状态的指示灯；

③触摸屏画面中有显示当前运行模式指示灯、X 轴电机位置、X 轴电机速度、Y 轴电机位置、Y 轴电机速度、Z 轴频率以及当前刀位号的参数信息；

④在选择加工模式下，有 6 个孔或槽的选择按钮和指示灯（选择某个孔或槽时点亮，加工完成后熄灭），以及显示在该模式下的加工顺序。

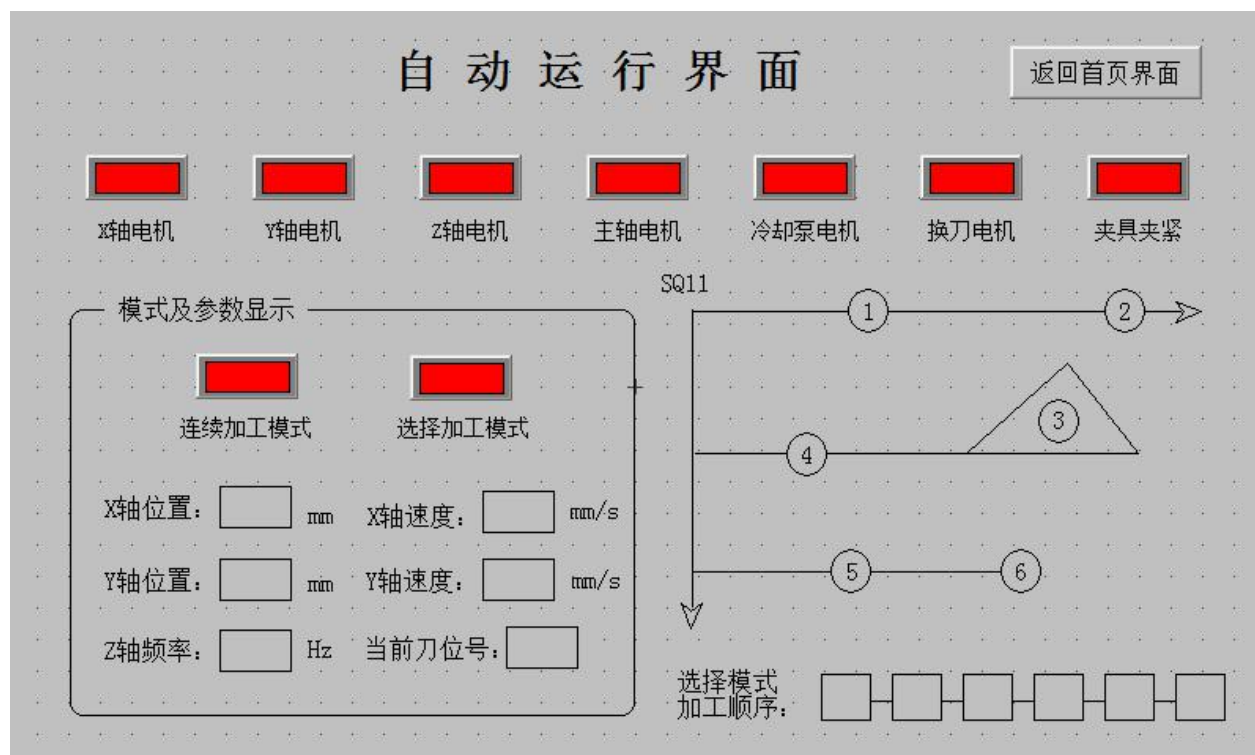


图 12 自动模式参考画面

数控加工中心控制系统工艺流程与控制要求：

(1) 系统初始化状态

进入自动运行界面后，系统处于停止状态，HL2 停止指示灯亮；按下复位按钮 SB5，执行复位操作，HL2 停止指示灯灭，HL3 复位指示灯闪烁，工作台执行回原点操作（X 轴进给电机回原点 SQ11 处、Y 轴进给电机回到手动调试前初始位置），各电机处于停止状态，夹紧装置处于松开状态，复位完成后 HL3 复位指示灯亮。

(2) 系统启动

按下启动按钮 SB6，系统开始运行，HL3 复位指示灯熄灭，HL5 运行指示灯亮。

(2) 运行模式 (**自动模式运行时，加工孔以及铣 b 边时X 轴进给电机的速度与 Y 轴进给电机速度一致，铣 c 边和 a 边的速度由Y 轴进给电机速度计算而来，Z 轴电机进给速度及加工尺寸均与手动调试时一致**)

①**加工模式选择**：首先选择加工模式（SA1 左档位为模式一，SA1 右档位为模式二）。模式一为连续加工模式，为了提高加工效率，首先加工通孔（深度为 L2 的孔），加工顺序为 1-2-4-5-6；然后加工沉孔（深度为 L3 的孔），加工顺序为 6-5-4-2-1；最后铣三角形通槽；加工完成后工作台返回原点。模式二为选择加工模式，按照点按孔或槽按钮的先后顺序加工（点按的先后顺序在触摸屏上显示），选择的数量不受限制，此模式下加工某一孔应先加工通孔再加工沉孔，加工完成所选的孔槽后工作台返回原点。

②**换刀操作**：加工通孔用 1 号刀位上的刀，加工沉孔用 2 号刀位上的刀，加工三角形通槽用 3 号刀位上的刀。自动换刀与手动换刀的方法和步骤一致。

③**加工通孔过程（以加工 2 号孔为例）**：首先夹紧机构将工件固定（HL6 灯亮），等待 1 秒后，换刀机构为主轴换上 1 号刀头；换刀完成后X 轴、Y 轴进给电机开始运行至 2 号孔位置，等待 1 秒后，主轴箱Z 轴进给电机下降 L1 到加工件表面，主轴电机开始低速旋转并下降 L2，等待 1 秒后，主轴电机开始高速旋转上升L1+L2 到Z 轴初始位置后两电机停止。

④**加工沉孔过程（以加工 2 号孔为例）**换刀机构为主轴换上 2 号刀头；换刀完成后X 轴、Y 轴进给电机开始运行至 2 号孔位置；等待 1 秒后，主轴箱Z 轴进给电机下降 L1 到加工件表面，主轴电机开始低速旋转并下降 L3，等待 1 秒后，主轴电机开始高速旋转上升 L1+L3 到Z 轴初始位置后两电机停止。

④加工三角形通槽过程：换刀机构为主轴换上 3 号刀头；换刀完成后 X 轴、Y 轴进给电机开始运行至 3 号槽 A 点位置，等待 1 秒后，主轴箱 Z 轴进给电机下降 L1 到加工件表面，主轴电机开始低速旋转并下降 L2，等待 1 秒后，X 轴、Y 轴进给电机沿图 1 所示方向先铣 c 边，到达 B 点时停 1 秒，再铣 a 边，到达 C 点时停 1 秒，再铣 b 边，到达 A 点时停 1 秒，主轴电机开始高速旋转上升 L1+L3 距离到 Z 轴初始位置后两电机停止。

⑤冷却泵电机运行过程：冷却泵电机与主轴电机同时运行，同时停止。

(3) 停止操作

①系统自动运行过程中，按下停止按钮 SB3，系统加工完成当前孔或槽后工作台返回原点停止运行，停止指示灯 HL2 闪烁。停止后按下启动按钮 SB6，停止指示灯 HL2 熄灭，并保持上次运行的记录。

②模式一或模式二加工完成后，工作台返回原点，夹紧装置打开（HL6 灯熄灭），运行指示灯 HL5 灭，停止指示灯 HL2 亮。此时点击“返回首页按钮”系统将切换至启动选择界面，模式指示灯 HL4 熄灭。

4、非正常情况处理

当工作台 X 轴进给电机出现越程（左右超行程位置开关分别为两侧微动开关 SQ13、SQ14），步进电机自动锁住，并在触摸屏自动弹出报警画面“设备越程”，解除报警后，系统需重新初始化后再启动。

在自动运行过程中，若温控器检测刀头温度超过 30° ，5s 后系统停止。温度降至 30°C 以下后。按下启动按钮 SB6，系统自动从之前状态启动运行。