

哈尔滨理工大学

认识实习报告

课程名称 认识实习

学 院 自动化学院

班 级

姓 名

日 期 2023 年 12 月 25 日--2024 年 1 月 5 日

报告得分	合计 (100 分)	科目一	科目二	科目三	科目四
答辩得分	合计 (100 分)	科目一	科目二	科目三	科目四
总成绩					
答辩记录：（重点记录优秀、不合格和 0 分情况）					

实验室安全管理个人注意事项

1.进入实验室工作、实验和研究人员必须进行实验室安全承诺，务必遵守学校及实验室各项规章制度和仪器设备操作规程。

2.熟悉紧急情况下的逃离路线和紧急应对措施，清楚急救箱、灭火器材、紧急洗眼装置和冲淋器的位置。

3.进行实验操作时，在做好个人防护的同时，要根据实验风险需要选择合适的实验个体防护用品。使用前应确认其使用范围、有效期及完好性等，熟悉其使用、维护和保养方法。

不得在实验室吸烟、饮食、储存食品、饮料等个人生活物品；不得做与实验、研究无关的事情。

4.触电事故特点：

4.1 被电击会导致人身伤害，甚至死亡；

4.2 短路有可能导致爆炸和火灾；

4.3 电弧或火花会点燃物品或者引燃具有爆炸性的物料；

4.4 冒失地开启或操作仪器设备可能导致仪器设备的损坏，使身体受伤；

4.5 电器过载会令其损坏、短路或燃烧。

5.触电事故的预防：

5.1 检查电线、插座和插头，一旦发现损坏要立即更换。

5.2 仪器设备开机前要先熟悉该仪器设备的操作规程，确认状态完好后方可接通电源。

5.3 当手、脚或身体沾湿或站在潮湿的地上时，切勿启动电源开关或接触电器用具。

6.触电事故应急措施：

6.1 使触电者脱离电源：应立即切断电源，可以采用关闭电源开关，用干燥木棍挑开电线或拉下电闸。救护人员注意穿上绝缘靴或站在干燥木板上，尽快使伤员脱离电源。

6.2 检查伤员：触电者脱离电源后，应迅速将其移到通风干燥的地方仰卧，并立即检查伤员情况。

6.3 急救并求医：根据受伤情况确定处理方法，对心跳、呼吸停止的，立即就地采用人工心肺复苏方法抢救，并及时拨打 120 急救电话。应坚持不懈地做心肺复苏，直到医生到达。

上述注意事项请仔细阅读后签字确认！

参加实验人员：_____（签名）

日 期： 年 月 日

科目 1 实习报告

实习项目	汇川变频器原理及应用				
课程目标	学习电机变频控制的基本知识，通过面板和按钮形式操作汇川 MD500 系列变频器控制电机转速控制。				
分值	100	实验类型	认识	项目编号	
实践学时		实践时间		实习地点	B301
同组同学					

一、预习报告

● 电机变频控制的基本知识

电机变频控制基于变频器（变频驱动器）的使用，它是一种能够改变电源频率并输出相应电压的设备。其基本原理是通过调整电源频率，控制电机的旋转速度，从而实现对电机的精确控制。电机的运转速度与电源的频率直接相关。通常情况下，电机的转速（N）与电源的频率（f）之间的关系由下式表示：

$$N = \frac{120 \times f}{P}$$

其中，N 为电机的转速（单位：转/分钟），f 为电源的频率（单位：赫兹），P 为电机的极数。这个关系式表明，电机的转速是与电源频率成正比的。当电源频率增加时，电机的转速也会增加，反之亦然。

变频器用于改变电源提供给电机的频率。通过调整变频器的输出频率，可以在不改变电源频率的情况下改变电机的运转速度。这种控制方式使得电机可以适应不同的工作要求，提高了系统的灵活性和效率。控制器通常包括一个用于设定所需电机转速的接口。通过调整控制器上的参数，可以实现对电机转速的精确控制。这样的调整通常涉及到变频器的输出频率设定。

电机的转速与电源频率之间的关系有以下三点：①频率影响转矩：提高电源频率会增加电机的输出转矩。这是因为电机在变频控制下可以保持较高的效率，并在高频率下提供更多的输出功率。②稳定运行范围：电机有一个稳定运行的频率范围，在这个范围内，电机可以以较高的效率和输出功率运行。超出这个范围，电机可能会失去稳定性。③转速调节范围：通过调整电源频率，可以实现电机较宽的转速调节范围。这对于需要在不同负载条件下运行的应用非常有用。

● 汇川 MD500 系列变频器的基本特点

MD500 变频器是一款通用高性能电流矢量变频器，主要用于控制和调节三相交流异步电机的速度和转矩。MD500 采用高性能的矢量控制技术，低速高转矩输出，具有良好的动态特性、超强的过载能力，具备用户可编程功能及后台软件监控、通讯总线功能，支持多种编码器类型，组合功能丰富强大，性能稳定。可用于纺织、造纸、拉丝、机床、包装、食品、风机、水泵及各种自动化生产设备的驱动。如下图 1 所示。



图 1 MD500 变频器外观图

在使用时，有一些注意事项需要注意：①接线前，切断所有设备的电源。切断电源后设备内部电容有残余电压，等待产品上警告标签规定的时间（10min）再进行接线等操作。②保证设备和产品的良好接地，否则会有电击危险。③严禁将输入电源连接到设备或产品的输出端，否则会引起设备损坏，甚至引发火灾。④严禁在通电或运行状态下打开产品柜门或产品防护盖板、触摸产品的任何接线端子、拆卸产品的任何装置或零部件，否则有触电危险。⑤严禁触摸设备外壳、风扇或电阻等以试探温度，否则可能引起灼伤。

运行指令可通过操作面板给定、控制端子给定、串行通讯口给定，多种方式切换。MD500 变频器主要控制方式有两种：开环矢量控制（SVC），V/F 控制。面板控制电机可设置的点动频率范围：0.00Hz~50.00Hz。MD500 变频器功能强大，可通过内置 PLC 或控制端子实现最多 16 段速运行，内置 PID 还可方便实现过程控制闭环系统。

MD500 变频器的前面板可拆卸，按住两侧豁口可轻松拆下，拆下后注意在断电情况下进行接线操作，不要用手直接触摸金属端子，在断电后 10 分钟内也不要拆上下盖板，变频器在断电 10 分钟内仍有电流。在操作面板下方有一排金属端子分别是 DI\DO\AI\AO 以及 COM 端，可通过连线实现变频器端子控制。变频器最下方左侧两个端子对应 220V 输入与接地，右侧三个端子对应 380V 的 U\V\W。

● 面板和按钮操作

LED 操作面板可以显示运行状态，进行参数设置，故障信息等，操作面板如下图 2 所示。

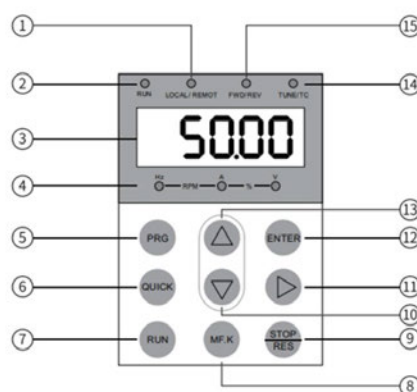


图 2 操作面板示意图

其中 1 代表命令源指示灯，灯亮为面板控制，灯灭为端子控制，闪烁为通讯控制。2 是运行指示灯，当变频器运行指令时亮起。3 为数据显示区域，在这里调节模式、输入指令显示电机频率。4 表示单位指示灯，Hz、A、V 闪烁分别表

示频率、电流及电压单位，Hz 与 A 同时闪烁代表转速单位，A 与 V 同时闪烁表示百分数单位。5PRG 代表编程键，可进入一级菜单与返回上一级。6 是菜单键，根据 FP-03 设定值切换菜单。7 和 9 表示运行键和停止键。8MF.K 是多功能选择键，根据 F7-01 的设定值切换功能。10、11 和 13 为移位键，进行指令调节操作。12 为确认键，进入下一级菜单。14 是故障指示灯，灯灭是正常运行，灯亮为转矩控制模式，慢闪表示调谐模式，快闪为故障状态。15 是正反转指示灯，FWD 表示正转 REV 表示反转，灯灭正转运行，灯亮反转运行。

基本操作流程包括：①启动变频器：按下启动按钮，变频器开始工作，电机开始转动。②调整频率：使用频率调节按钮，逐步调整输出频率，控制电机的转速。在不同的应用场景中，可能需要调整到不同的频率值。③停止变频器：按下停止按钮，变频器停止工作，电机停止转动。

还可以通过面板按钮进行基本参数的调整：①进入参数设定模式：通常通过按下参数设定按钮，进入参数调整模式。此时，显示屏上可能会显示相关的参数设置菜单。②选择参数：使用相关的按钮选择需要调整的参数。这些参数可能包括输出频率、电流限制、过载保护等。③调整数值：选定参数后，通过相应的按钮进行数值的增减或调整。这些按钮可能包括上升和下降按钮，用于调整数值。④确认设置：在完成参数调整后，通过确认按钮或相应操作确认设置，使参数生效。⑤退出参数设定模式：调整完成后，通过相应按钮退出参数设定模式，回到正常运行模式。

● 控制器与电机的连接

MD500 系列变频器与电机的接线方式：①电源接线：首先，确保变频器和电机的电源参数匹配。将电源线正确连接到变频器的电源输入端，并确保极性正确。②输出接线：连接电机的输出线到变频器的输出端子。通常，这涉及到连接电机的三个相线（U、V、W）到相应的输出端子。再次，确保连接的正确性。③接地：确保系统中的接地是正确连接的，以确保安全性和设备的正常运行。

控制信号的传输方式有：①模拟信号：MD500 系列变频器通常支持模拟信号输入，通过这种方式，可以使用模拟信号（例如 0-10V 或 4-20mA）来调整变频器的输出频率。这样的接口常用于需要连续调整的应用。②数字信号：另一种常见的方式是使用数字信号进行控制。这可能包括使用数字输入来选择预设的频率或启停信号。这通常通过数字输入端子来实现。

控制器通过以下四个步骤向变频器向电机发送控制信号：①设定参数：在变频器的控制器上，可以设定不同的参数，包括运行频率、启动/停止时间、加减速时间等。这些参数的设定会影响变频器的输出。②控制信号输入：通过控制信号输入端口，控制器可以向变频器发送信号。这可能是一个模拟信号（如调整频率的信号）或数字信号（如启动/停止信号）。③实时调整：在运行中，控制器可以通过不断地调整控制信号来实现对电机的实时控制。例如，通过改变模拟信号的电压或数字输入的状态，控制器可以实时调整电机的运行状态。④反馈系统：对于闭环控制，系统可能还包括一个反馈系统，例如编码器，用于实时监测电机的运行状态。这样的反馈可以帮助控制器更精确地调整控制信号，以使电机达到期望的运行状态。

二、实习内容

本次科目 1 共包含 4 个子实验，分别是①变频器面板控制电机运行②电机调谐③变频器 I/O 控制④变频器多段速运行。

● 实验 1：变频器面板控制电机运行

(1) 实验目标

熟练使用变频器面板操作。要求按操作面板上的 MF.K 键，对电机进行正转点动、反转点动的运行，按 RUN/STOP 键对电机进行启动、停止的运行控制。并通过变频器面板，掌握电机的基本控制操作，包括点动控制实现正反转，以及设置特定频率让电机运行。

(2) 实验操作步骤

- 把旋钮打到右边（旋钮在丝杆上方），操作面板设置 FP-01 为 001，恢复所有参数为出厂设置。
- 设置参数让电机正转，操作面板设置 F7-01 为 3，设置完成后，按住 MF.K 键，可以观察到电机正转点动。
- 设置参数让电机反转，操作面板设置 F7-01 为 4，设置完成后，按住 MF.K 键，可以观察到电机反转点动。
- 进入 F0-08 频率调节模式，设置数值为 30HZ。按下 RUN 键，启动电机，电机开始加速旋转，同时面板按两下 PRG 显示当前运行频率：30.00Hz，按下 STOP 键，电机将减速停机。

下图 3 为实验中操作面板的过程。

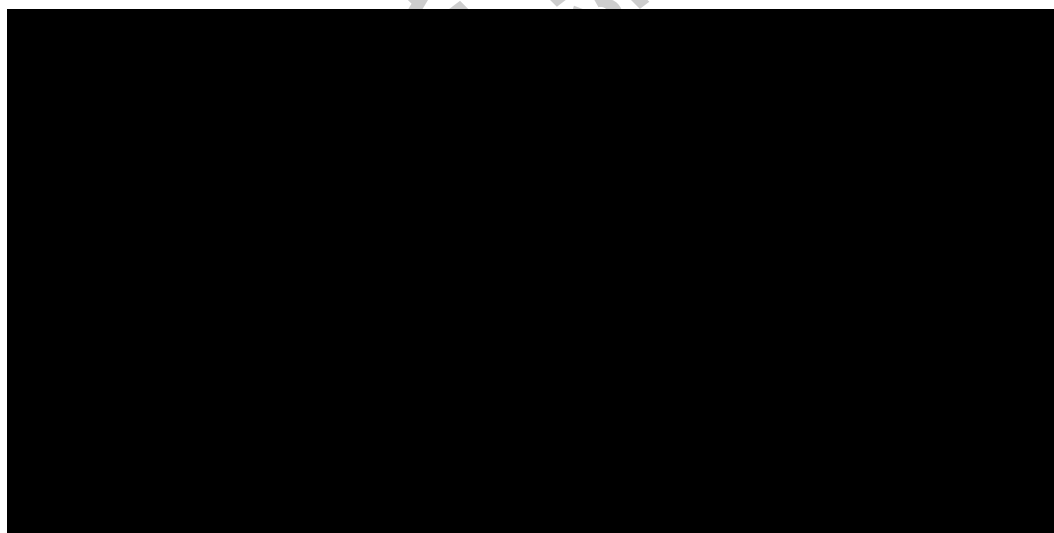


图 3 实验操作过程

(3) 实验结果与分析

通过面板点动按钮，发送正转信号至电机。可以观察电机按照预期方向正常转动。同理，通过相同的操作界面不同的参数设置，发送反转信号至电机。观察电机方向反转，表明成功实现了正反转点动控制。通过设定特定频率参数 30.00Hz，成功启动电机并观察到其在设定频率下稳定运行。按下 STOP 键，电机将慢慢地减速停机。

通过点动按钮实现电机正反转的背后原理是变频器通过接收相应的控制信号，改变电机的输出频率和相序，从而实现方向的变换。在正转时，变频器增加电机的输出频率和对应的相序；在反转时，则减小频率和调整相序。这是电机正反转控制的基本原理。设置特定频率实现电机运行的核心在于变频器能够调整输出频率，使其与设定值匹配。

通过面板设置特定频率，变频器会调整其输出频率，然后将这个频率传递给电机。电机随后以这个频率运行，实现了通过变频器控制电机的转速。

● 实验 2：电机调谐

(1) 实验目标

了解变频器调谐电机过程，并利用变频器，根据电机铭牌数据设置电机参数，分别使用 VF 模式（电压-频率控制模式）和 SVC 模式（电压-电流控制模式）进行电机调谐。

(2) 实验操作步骤

VF 调谐过程：

- 遵守安全措施，接通电源和确认显示状态，操作面板设置 FP-01 为 001，恢复所有参数为出厂设置。
- 设置控制模式为 VS 模式，操作面板设置 F0-01 为 2。
- 根据电机铭牌数据，操作面板进入 F1-00~F1-05 模式，设置电机基本参数，这其中包括设置电机额定功率为 22KW、设置电机额定电压 380V、设置电机额定电流 45A、设置电机额定频率 50HZ、设置电机额定跑速 1460rpm。
- 进入 F1-37 模式设置为 2，让电机进行动态自主学习。
- 长按下 RUN 键 3 秒以上再松手，等待一分钟之后，等待面板上显示 50 就表示调谐成功了。

SVC 调谐过程：

- 遵守安全措施，接通电源和确认显示状态，操作面板设置 FP-01 为 001，恢复所有参数为出厂设置。
- 设置控制模式为 SVC 模式，操作面板设置 F0-01 为 0。
- 根据电机铭牌数据，操作面板进入 F1-00~F1-05 模式，设置电机基本参数，这其中包括设置电机额定功率为 22KW、设置电机额定电压 380V、设置电机额定电流 45A、设置电机额定频率 50HZ、设置电机额定跑速 1460rpm。
- 进入 F1-37 模式设置为 2，让电机进行动态自主学习，按 ENTER 键确认，键盘显示 TUNE。
- 长按操作面板上 RUN 键 3 秒以上，开始进行电机调谐。此过程中，RUN 指示灯长亮，TUNE/TC 指示灯闪烁表示进入调谐模式，变频器使电机通电。约 1 分钟后，面板显示 50.00，表示调谐完成，如下图 4 所示。



图

(3) 实验结果与分析

现象：在调谐刚开始的过程中，观察到电机初始状态为不转动，随着调谐的进行，电机逐渐开始转动。在调谐的最后阶段，电机再次停止转动。

分析：在开始调谐时，电机处于初始状态，可能由于控制信号未能达到启动电机的要求，或者电机受到保护机制的限制而暂时不转动。随着调谐的进行，控制信号逐渐调整到电机启动的条件，电机开始受到控制信号的驱动，逐渐加速转动。在调谐的最后阶段，可能是由于某些参数设置或控制信号不适配，导致电机不能稳定运行，最终停止。电机的启动通常需要达到一定的电压、频率和电流条件。在调谐过程中，这些参数逐渐被调整，以满足电机启动的要求。VF 模式和 SVC 模式的调谐过程涉及到对电机输出电压和频率（VF 模式）或电压和电流（SVC 模式）的调整，这是为了使电机在额定条件下稳定运行。在调谐的最后阶段，电机停止可能是由于某些参数未正确设置，或者控制信号不适配，导致电机无法继续稳定运行。

● 实验 3：变频器 I/O 控制

(1) 实验目标

了解变频器的端子启停，频率控制。利用 MD500 端子启停、面板调节频率（端子和面板启停切换）。通过按下按钮 1 来让电机正转，通过按下按钮 2 来让电机反转。

(2) 实验操作步骤

a. 按照要求把 DI1/DI2 分别接到试验台自带的第 1/第 2 个按钮，接线图如下图 5 所示。操作面板设置 FP-01 为 001，恢复所有参数为出厂设置。



图 5 接线图

b. 设置控制模式为 VF 模式，操作面板设置 F0-01 为 2。进入 F0-02 运行指令选择模式设置为 1，对端子启停进行控制。

c. 进入 F0-03 主频率指令输入选择模式设置为 0，设 0 代表数字设定且掉电不记忆。进入 F0-07 频率指令叠加选择模式设置为 0，设 0 为主频率指令。进入 F0-08 模式设置为 20，表示把预设频率设为 20HZ。

d. 设置对应端子，进入 F4-00 模式设置为 1，让 DI1 端子控制正转运行。进入 F4-01 模式设置为 2，选择 DI2 端子控制反转。

e. 进入 F7-01MF.K 键功能选择模式，设 2 为正反转切换。进入 F7-02 模式，设置为 1 表示面板 STOP 键有效。

f. 在面板上按两下 PRG 显示当前运行频率，先按下按钮 1，再按下按钮 2，观察电机的变化。

(3) 实验结果与分析

现象：按下按钮 1 后，电机开始正转。这表明按钮 1 与电机正转的控制信号相关联。按下按钮 1 触发了某个操作，使变频器产生正转的控制信号，导致电机正转。按下按钮 2 后，电机开始反转。按钮 2 与电机反转的控制信号有关。按下按钮 2 触发了某个操作，使变频器产生反转的控制信号，导致电机反转。

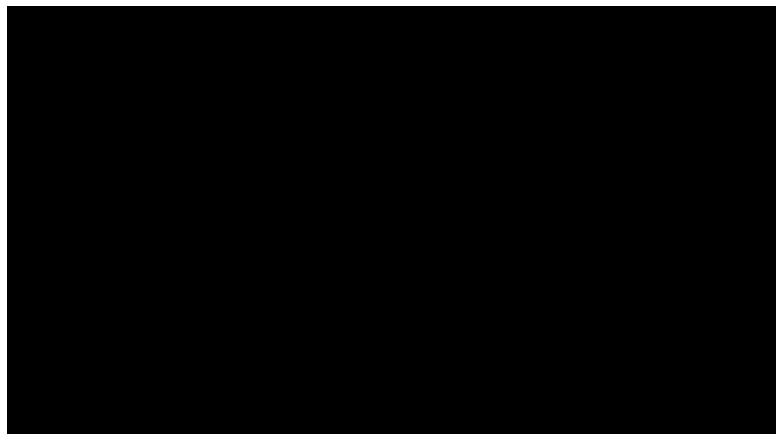


图 6 实验现象图

分析：实验中的按钮 1 和按钮 2 连接到变频器的输入端口，触发按钮时产生的信号通过变频器控制电机的运行方向。变频器根据接收到的控制信号调整输出频率、电压和电流，从而影响电机的运行状态。按钮的按下触发了相应的控制逻辑。此实验演示了通过简单的 I/O 控制方式，即通过按钮输入信号来实现对电机运行方向的控制。这种手动控制方式在我们日常生活中很常见，例如用于紧急停车或特定操作场景。

● 实验 4：变频器多段速运行

(1) 实验目标

掌握变频器的 DI 端子多段速切换应。通过端子正转运行启停变频器，由端子 DI2/DI3/DI4 可实现 8 段速再加端子 DI5 可实现 16 段速。

(2) 实验操作步骤

a. 按照要求把 DI1\DI2\DI3\DI4 分别接到试验台自带的第 1/第 2/第 3/第 4 个按钮，操作面板设置 FP-01 为 001，恢复所有参数为出厂设置。

b. 设置控制模式为 VF 模式，操作面板设置 F0-01 为 2。进入 F0-02 运行指令选择模式设置为 1，对端子启停进行控制。

c. 进入 F0-03 主频率指令输入选择模式设置为 6，设置多段速频率源。设置对应端子，进入 F4-00 模式设置为 1，让 DI1 端子控制正转运行。进入 F4-01 模式设置为 12，设置 DI2 为多段速端子 1。进入 F4-02 模式设置为 13，设置 DI2 为多段速端子 2。进入 F4-03 模式设置为 14，设置 DI2 为多段速端子 3。

d. 进入 F0-07 模式，设 00 为主频率源 X 有效。进入 F0-08 模式，设置为 50，表示设定预置频率 50Hz。进入 F0-10 模式，设置为 100，表示最大频率 100Hz。

e. 进入 FC-00 模式，设置为 0，即多段速 0=0%，进入 FC-01 模式，设置为 50，即多段速 1=20%，进入 FC-02 模式，设置为 30，即多段速 2=30%，进入 FC-03 模式，设置为 10，即多段速 3=10%，进入 FC-04 模式，设置为 15，即多段速 4=15%。

f. 在面板上按两下 PRG 显示当前运行频率，按下 KEY1 和 KEY2，实现变频器 50HZ 运行，按 KEY1 和 KEY3，实现变频器 30HZ 运行，按 KEY1 和 KEY4，实现变频器 15 HZ 运行。如下图 7 所示。



图 7 变频器多段速运行操作图

(3) 实验结果与分析

现象：同时按下按钮 1 和按钮 2，变频器以 50HZ 运行。通过按下按钮 1 和按钮 3，变频器以 30HZ 运行。按下按钮 1 和按钮 4，变频器以 15 HZ 运行。

分析：按下按钮 1 时，触发了变频器正转的运行状态，应该是按钮 1 连接到了变频器的控制输入，触发了正转的基本控制信号。按钮 2、3、4 可能连接到变频器的控制输入，分别触发 50HZ、30HZ 和 15HZ 的频率控制信号。并且通过不同按钮的组合按下，实现了变频器在不同频率下的运行。这反映了变频器的灵活性，可以通过组合按钮来实现多种运行状态，说明变频器可以根据需求动态调整输出频率。

在实习过程中，若发现某参数不能设定指定值，例如 F4-01 不能直接设置为 12，按到 11 下一位突然变 14，请查看该参数系列是否有其他参数设定了该值，例如 F4-03 默认值是 12 这样 F4-01 就不能设 12，需要先把 F4-03 设置为 0 即无定义，再回去设置 F4-01。同理 F4-04 初始默认占用 13，在设置 F4-02 时也要注意该问题。

三、实习收获

在完成这四个关于变频器原理及应用的实验中，我获得了许多宝贵的经验和知识。由于我选的小方向是人工智能，之前几乎没有接触过 PLC，这让我在最初实验理论知识理解和实际操作上带来不小挑战，好在后面通过与同组同学交流合作以及询问老师，这些困难也一一被攻克了。

对于这四个实验，每个实验都为我提供了独特的学习机会。首先，在实验一中，我通过面板控制电机运行，学会了如何通过点动实现电机的正反转，同时也学到了如何设置特定的频率来实现电机的运行。这一实验为我打开了变频器操作的大门，使我对变频器的基本操作有了初步的认识。这对于理解变频器的工作原理和掌握其基本功能起到了奠基的作用。

实验二，即电机调谐，是对电机参数调整的深入学习。通过设置电机的额定功率、电压、电流、频率和跑速，我深入了解了如何调整变频器的参数以适应不同的工作条件。这一实验不仅强化了我对电机调谐步骤的掌握，还让我对不同参数调整对电机性能的影响有了更为清晰的认识。这对于未来在实际工程中根据具体需求调整电机参数具有重要的指导作用。

实验三聚焦于变频器 I/O 控制，通过按下按钮 1 和按钮 2 来实现电机的正转和反转。这一实验进一步加深了我对变频器的输入输出控制逻辑的理解。了解变频器如何响应外部输入，掌握变频器与外部设备交互的方式，这对于后续在工业

应用中设计复杂控制系统提供了基础。

最后，实验四涉及变频器的多段速运行，通过按下不同按钮来实现变频器在不同频率下的运行。这一实验拓展了我对变频器应用场景的认识，使我能够更灵活地控制电机在不同工况下的运行状态。通过这个实验，我对于如何根据具体需求实现电机多段速运行有了更为清晰的认识。

这次实习让我深入学习了汇川变频器的原理和应用。每个实验都是理论知识与实际操作相结合的有益尝试，不仅加深了我的理论基础，也培养了我在实际工程中运用这些知识的能力。通过这一系列实验，我为未来在电机变频控制领域的研究和应用打下了坚实的基础。

除此之外，我还体会到了理论知识与实际操作相结合，并且在这个过程中还提高了我问题解决与调试的能力，实验中涉及到了系统控制理论，如按键控制、频率控制等，都加深了我对这些理论的理解。我也能感受到我的团队合作与交流技能在此次实习中也得到了锻炼。我将从以下几个方面来展开叙述我的具体收获。

● 问题解决与调试能力

在实验初期，由于我对电路连接的理解还不够深刻，出现了一些电路连接错误的情况。起初我并不清楚到底是哪里出了问题，我首先仔细阅读了技术手册和实验指导书，确保了理论上的正确性。然后，我在实验室中与同学和老师进行了讨论，进行了电路连接的检查和调试，最终找到并解决了连接错误。正确的电路连接是实验成功的基础，也是将理论知识应用到实际中的第一步，所以应当更加细心谨慎。

在实验中期，我还出现了由于对按钮的操作理解不够清晰，导致实验中无法实现预期的按钮控制效果。我向老师请教，观察了其他同学的操作，并进行反复实践，逐渐熟悉了按钮的操作流程，最终成功实现了按钮控制电机的目标。这让我认识到对实验设备的操作流程要有清晰的认识，并且在实验中操作的细节和步骤的熟练程度对于实验结果至关重要。

在理论知识与实际操作融合的过程中，我深感理论学习和实际应用相辅相成。通过多次实验和观察实验现象，我更好地理解电机变频控制的原理，并且更加深刻地认识到理论知识在实际中的应用价值。这也让我更有信心去面对未来更为复杂的实际工程问题。

● 团队合作与交流技能

在参与变频器原理及应用的实习项目中，团队合作与交流技能成为我经验丰富的收获之一。通过积极与同学和老师的交流，我意识到了共享经验和知识的重要性。在团队中，我们不仅能分享彼此在实验过程中的经验，而且能从不同的思考方式中学到新知识，这大大拓宽了我的视野，提高了问题解决的多样性。同时，及时的问题解决也得益于团队中的合作和交流，大家能够快速分享解决方案，有效地缩短了解决问题的时间。团队合作中，我们可能拥有不同的思考方式和角度，这让我学到了更多解决问题的途径，也使我更全面地理解问题的本质。在建立信任与支持的基础上，团队的凝聚力得以提升，使得工作更为愉快而高效。通过团队合作，我还提高了自己的沟通技能，学到了更好地表达和解释自己想法的方法。这次实习让我深刻地感受到，团队的力量远大于个体的努力，而团队合作和良好的交流技能是取得成功的重要保障。

● 理论知识与实际操作相结合

首先，通过实际操作，我更加深刻地理解了理论知识的应用。在实验过程中，我不仅仅是通过书本上的知识来操作设备，更是亲自动手去连接电路、调整参数，

亲身感受到理论知识在实际中的具体运用。这种实践操作让我更加牢固地掌握了电机变频控制的基本原理，理论知识在实际应用中的运作方式也变得更加清晰。

其次，我在实际操作中遇到问题时，能够更灵活地运用理论知识进行解决。理论知识作为指导，使得我能够更有针对性地分析问题，并通过实验验证来找到解决方案。这种理论与实际的结合，提高了我的问题解决能力，使我在面对实际工程问题时更加从容。

在汇川变频器原理及应用的实验中，我们进行了多个实验，包括用面板控制电机运行、电机调谐、变频器 I/O 控制以及变频器多段速运行等。这一系列实验使我对汇川变频器的原理和应用有了更深刻的理解。

在实验一中，通过使用面板控制电机运行，我学会了如何通过变频器的面板进行基本的电机控制操作，包括正反转、点动、设置特定频率等。这为我理解变频器的基本工作原理奠定了基础。在实验二的电机调谐中，我通过设置电机的额定功率、电压、电流、频率以及跑速，深入了解了变频器是如何通过调整这些参数来实现电机的精准控制的。

实验三中的变频器 I/O 控制使我学会了如何通过按钮来控制电机的正反转，这是在实际应用中常见的场景，例如通过按钮控制机械设备的启停。最后，在实验四的多段速运行中，我通过按不同按钮实现变频器在不同频率下的运行，这帮助我理解了变频器在实际工程中如何应用于多段速运行的场景。

相较于之前的理论学习，通过这些实验，我更直观地感受到了变频器在实际控制中的应用。我了解到变频器可以通过调整输出频率来控制电机的转速，实现对电机的精准控制。同时，实验中遇到的一些问题和解决过程，如电机调谐中的参数设置，也让我更深刻地理解了变频器的工作原理。

此外，通过实际操作，我不仅更加深入地理解了电机变频控制的原理，还学到了许多书本上未能详细涉及的实际操作技巧。这些技巧包括连接电路的注意事项、参数调整的细节等，这些实际经验是纸上谈兵无法代替的。这也使我认识到，理论知识和实际经验相结合，才能使工程技术更为全面、完善。

总的来说，理论知识与实际操作的结合让我受益匪浅。这次实习不仅加深了我对电机变频控制理论的理解，更培养了我运用理论知识解决实际问题的能力，使我更具备在工程领域中独立思考和操作的能力。这是一次理论与实践相结合的有益经历，为我未来的学习和工作打下了坚实的基础。

科目 2 实习报告

实习项目	汇川伺服器原理及应用				
课程目标	学习伺服控制的基本原理，通过面板和上位机软件分别操作汇川 SV660P 和 SV660N 系列伺服控制器控制伺服电机，完成传送带和丝杠定位的控制任务。				
分值	100	实验类型	认识	项目编号	
实践学时		实践时间		实习地点	B302
同组同学					

一、预习

● 伺服控制基本原理

伺服控制是一种通过不断监测和调整系统状态以实现目标位置或状态的精确控制的技术。其核心概念涉及闭环控制、反馈系统和误差信号处理。在这个实习中，我们将学习伺服系统的闭环控制原理，包括反馈传感器、误差信号和控制器的作用。因此理解伺服系统的基本结构，以及如何通过调整控制器参数来实现系统的稳定性和精确性是预习的核心内容之一。

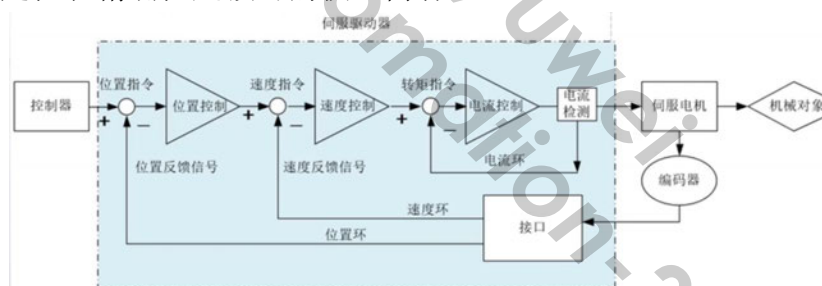


图 1 伺服驱动原理

伺服系统采用闭环控制，意味着系统不仅仅根据输入信号执行动作，还实时地通过反馈信号调整输出，以使系统稳定并准确追踪目标。这种反馈机制有助于系统对外部扰动和变化做出及时响应，提高了系统的鲁棒性和精确性。反馈系统是伺服控制的关键组成部分。在伺服系统中，传感器负责实时测量实际输出与期望输出之间的差异，这个差异即为误差信号。常用的反馈传感器包括编码器、位置传感器、速度传感器等。通过获得这些反馈信号，控制系统可以及时纠正输出，使实际输出更好地接近期望输出。

● 汇川 SV660P 和 SV660N 系列伺服控制器

通过研究汇川 SV660P 和 SV660N 系列伺服控制器的技术手册，我们可以了解到更详细的硬件结构、功能和性能特点。这一系列的产品基于欧洲研发设计平台，拥有 625KHz 电流环刷新和 3KHz 速度环带宽。同时可以采用多种控制方式，比如脉冲/CAN/EtherCAT，能匹配各类控制器。插拔式接线端子+内置 STune/Etune 易用性功能，使得调试高效便捷。全新向导式后台更易用，支持 EtherCAT 多轴参数读取和下载。全系列标配内置动态制动，故障及异常时快速停机保证安全。

● 面板和上位机软件操作

SV660P 伺服驱动器的面板由显示器（5 位 7 段 LED 数码管）和按键组成。可用于伺服驱动器的各类显示、参数设定、用户密码设置及一般功能的执行。按键常

规功能有：MODE 键（用于各模式间切换或者是返回上一级菜单）、UP 键（增大 LED 数码管闪烁位数值）、DOWN 键（减小 LED 数码管闪烁位数值）、SHIFT 键（变更 LED 数码管闪烁位或者查看长度大于 5 位的数据的高位数值）、SET 键（进入下一级菜单并执行存储参数设定值等命令）。常见显示有 Reset 伺服初始化、Nrd 伺服未准备好、Rdy 伺服准备完毕、Run 伺服正在运行、Jog 点动运行，详细介绍如下图 2。

显示	名称	显示场合	表示含义
	Reset 伺服初始化	伺服上电瞬间。	驱动器处于初始化状态或复位状态。 等待初始化或复位完成，自动切换为其他状态。
	Nrd 伺服未准备好	伺服初始化完成，但驱动器未准备好。	因主回路未上电，伺服处于不可运行状态，具体请参考“ 第 8 章 故障处理 ”。
	Rdy 伺服准备完毕	驱动器已准备好。	伺服驱动器处于可运行的状态，等待上位机给出伺服使能信号。
	Run 伺服正在运行	伺服使能信号有效。 (S-ON 为 ON)	伺服驱动器处于运行状态。
	Jog 点动运行	伺服驱动器处于点动运行状态。	可参考第“ 4.5.1 点动运行 ”，进行点动运行设置。

图 2 常见显示简介

● 传送带和丝杠定位控制任务

在预习传送带和丝杠定位控制任务时，了解传送带和丝杠的工作原理以及在伺服控制下如何完成定位任务是至关重要的。

传送带是一种用于输送物体的机械装置，其主要由带状的橡胶、塑料或金属材料制成。这个带子通常由两个或多个滚筒支撑，并通过这些滚筒的旋转来推动带子的运动。传送带的驱动可以通过电机、液压系统或气动系统来实现。电机通常连接到一个或多个滚筒，通过滚筒的旋转来传递动力给传送带。电机的运动通过滚筒传递给传送带，带动物体沿着传送带的方向移动。传送带的速度和方向可以通过控制电机的转速和方向来调整，从而实现对物体的输送。

丝杠是一种将旋转运动转换为线性运动的机械装置。它主要由螺杆和螺母组成，其中螺杆是一个螺旋形的轴，而螺母则是与螺杆螺旋匹配的零件。当螺杆旋转时，螺母会沿着螺杆的螺旋轨迹移动，从而产生线性运动。这使得丝杠能够实现在螺杆轴向上的精确位置调整，使负载能够按照螺杆轴的方向进行定位。丝杠的工作原理具有高精度，适用于需要准确定位的应用。其效率较高，能够提供较大的力矩，并且通常用于需要负载持续运动或定位的场合。

在伺服控制下，这些装置可以通过伺服电机和相应的控制器来实现更加精准和可控的运动。伺服系统通过实时监测反馈信号并调整输出，确保传送带和丝杠能够达到期望的位置或速度，从而完成定位任务。

● 故障排除和调试

在预习阶段，了解伺服系统常见的故障原因和排除方法是非常重要的。以下是一些可能的故障和相应的排除方法：①电源问题：电源不稳定、电源线路接触不良等问题可能导致伺服系统不稳定或无法启动。当出现问题后，应该先检查电源连接，确保电源供应稳定。使用电压表检测电源电压，查找电源线路问题，并及时修复。②反馈系统问题：编码器、传感器或反馈线路故障可能导致系统无法准确感知位置或速度。当出现问题后，检查反馈传感器连接，确认线路是否受损。校准或更换故障的传感器，确保反馈系统正常工作。③机械问题：传动部件、轴承或丝杠等机械元件损坏或不良可能导致伺服系统运动异常。当出现问题后，进行机械结构的检查，确保所有的传动和支持部件都处于良好状态。修复或更换受损的部件。④过热问题：长时间运行或环境温度过高可能导致伺服系统过热。当

出现问题后，检查冷却系统，确保正常运转。调整工作周期或增加散热设备以降低温度。⑤负载问题：过重的负载或负载变化较大可能导致伺服系统无法正常工作。当出现问题后，检查负载的重量和惯性，确保在伺服系统的额定范围内。调整控制器参数以适应负载变化。⑥通信问题：控制器与上位机或其他设备之间的通信问题可能导致指令无法正常传递。当出现问题后，检查通信线路，确保连接稳定。确认通信协议和参数设置是否正确。尝试重新连接或更换通信设备。⑦控制器参数配置错误：不正确的参数配置可能导致伺服系统运动不稳定或不准确。当出现问题后，仔细检查伺服控制器的参数设置，确保与具体应用相匹配。根据技术手册调整和优化参数配置。

通过以上预习，我们能够在实际操作中更加顺利地运用伺服控制的基本原理，操作汇川SV660P和SV660N系列伺服控制器，完成传送带和丝杠定位的控制任务。在实习过程中，我们还需要及时总结和反思实际操作的经验，不断优化控制参数，这将有助于更好地掌握伺服控制技术。

二、实习内容

本次科目2共包含2个子实验，分别是①软件控制伺服控制器点动②软件对伺服控制器调速，实验操作过程如图所示。



图3 实验操作过程

● 实验1：软件控制伺服控制器点动

(1) 实验目标

科目2的第一个实验旨在通过软件控制伺服控制器，具体目标包括设计一个面板，利用该面板实现对传送带的使能、正向和反向运动的控制，并在自定义面板上显示轴的实际速度。这个实验，旨在让我们学到以下几个关键目标：

- a. 软件设计与编程：我们需要学会使用Autoshop软件进行PLC（可编程逻辑控制器）编程和ITP软件设计，这其中包括制作一个面板，设置按钮和显示区域，以实现伺服控制器的操作和监测。
- b. 控制器与电脑连接：我们需要了解如何通过水晶头线将伺服控制器与电脑进行连接。这涉及到硬件连接的基本知识和以太网的内容，确保控制器与计算机能够进行有效的通信。
- c. 伺服控制器指令的应用：我们将学会使用伺服控制器的各种指令，如使能指令、点动指令、读取轴状态和停止指令。这些指令是实现运动控制和状态监测的关键工具。
- d. 自定义面板的设计：通过实验，我们将获得设计和创建自定义面板的经验，这在工业自动化领域中是非常实用的技能。能够直观地掌握和操作控制界面

对于工业设备的运行和监控至关重要。

- e. 实时速度显示： 学生需要实现在自定义面板上实时显示轴的实际速度。这需要了解伺服系统的速度反馈，并能够将实时数据准确地显示在面板上。

(2) 实验操作步骤

- a. 下载并安装实验所需要的软件：AutoShop、InoTouchPad。
- b. 将水晶头线正确连接伺服控制器和电脑。确保连接的稳固性和正确性，以便进行数据通信。将 RJ45 转 RS232 线与 RS232 转 USB 线连接到一起，将 RJ45 水晶头端插入到伺服控制器的顶部网口 CN2 中，将另一端 USB 插入电脑的常规串口，此时转接线连接出亮起红灯，打开设备管理器，找到端口，若出现了新设备则连接成功。
- c. 打开 AutoShop 软件和 InoTouchPad，分别创建一个新的项目，选择汇川 SV660P 或 SV660N 系列伺服控制器作为目标设备。在 AutoShop 软件中，进入 PLC 编程界面。创建一个新的程序，该程序将用于实现控制传送带的功能。
- d. 在 PLC 编程界面中，设计一个面板，包括控制按钮和显示区域。按钮可以包括使能按钮、正向运动按钮、反向运动按钮和停止按钮。设置按钮的属性，如触发条件、动作和反馈。确保按钮的设置与实际控制需求一致。如下图所示。

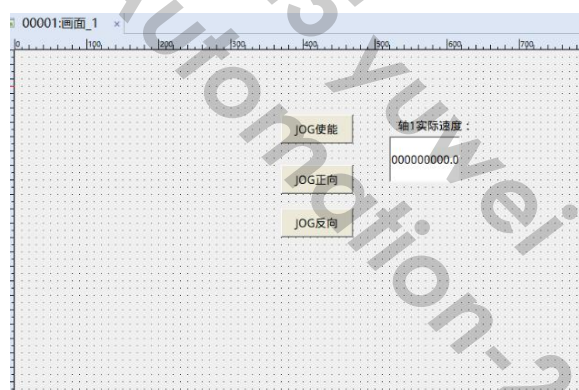


图 4 面板设计

- e. 在 PLC 编程界面中，使用相应的指令（使能指令、点动指令、读轴状态、停止指令）来实现设计的功能。这些指令将直接影响伺服控制器的运动和状态。编写使能指令，使伺服电机处于可控状态；编写点动指令，使传送带实现正向和反向运动；编写读轴状态指令，以获取伺服轴的实际速度；编写停止指令，以在需要时停止传送带的运动。
- f. 在编写完程序后，将程序上传到伺服控制器中，确保上传成功并无错误。
- g. 启动自定义面板，测试使能、正向、反向运动按钮的功能。确保按钮按下时，伺服控制器能够正确响应。监测自定义面板上实时显示的轴速度，确保速度信息准确反映伺服电机的实际运动状态。

(3) 实验过程和结果

经过精心的操作和调试，实验取得了还不错的结果。实验结果表明，通过 AutoShop 软件和自定义面板，成功实现了对传送带的精确控制。这将在实际工程中提供更为灵活和高效的伺服控制手段。自定义面板上的按钮响应迅速，指令执行效果良好。这确保了在实际应用中，操作人员可以迅速、准确地控制伺服电机的运动。通过使能、点动、读取轴状态和停止等指令的合理组合，实验设计的自定义面板具备了完备的控制和监测功能，满足了实际工程应用的要求。实验过

程中的操作流程清晰，Autoshop 软件提供了友好的界面和丰富的功能，使我们能够迅速上手，并在实践中深入理解伺服控制的原理。

以下是实验过程和取得的主要成果：

①使能与轴控制：首先，通过在自定义面板上点击使能按钮，成功使伺服电机处于可控状态。在伺服控制器的支持下，可以通过自定义面板上的按钮实现传送带的正向和反向运动。

②轴速度显示：实验中设计的自定义面板不仅能够控制传送带的运动，还实现了实时显示轴的实际速度。这一功能通过读取轴状态并在面板上显示速度信息来实现。

③正向和反向运动：通过设计的按钮，成功实现了传送带的正向和反向运动。操作人员可以灵活地控制传送带的运动方向，符合实际工业应用中的需求。

④停止功能：设计了停止按钮，确保在需要时能够迅速停止传送带的运动。这是一个关键的安全功能，确保在紧急情况下能够立即切断电机的运动。实验结果如下图所示。



图 5 实验结果

（4）实验分析

实现伺服电机对传送带的精确控制基于伺服系统的闭环控制原理。伺服系统通过不断地检测实际位置与目标位置的差异（误差），并通过控制电机输出来消除这一误差，从而实现对传送带位置的精准调节。闭环控制的原理确保了系统的稳定性和高精度。

速度显示一致性的实现源于伺服系统对轴速度的实时监测。伺服电机内置有编码器等反馈装置，能够提供准确的轴速度信息。通过读轴状态指令获取这一信息，确保了面板上显示的速度与实际运动状态的一致性。这也反映了伺服系统中反馈控制的原理。

按钮的迅速响应基于 PLC 程序中对输入信号的即时处理。PLC 程序中的循环扫描机制能够迅速检测到按钮触发信号，从而立即执行相应的控制指令。这体现了 PLC 作为实时控制设备的工作原理。

InoTouchPad 软件提供了直观的图形化编程界面，使得 PLC 编程变得直观易懂。通过对程序的逐步设计和调试，我更深入理解了伺服系统的控制逻辑。这也加深了我对 PLC 编程原理的理解。

通过对实验进行深入地分析，我不仅仅是完成了实验，更深入地理解了伺服系统的运行原理和控制机制。这种理论与实践相结合的学习方式使我在将来应对类似问题时更具有思考和解决问题的能力。

● 实验 2：软件控制伺服控制器点动

(1) 实验目标

- 虚轴速度控制：通过设置主轴即虚轴的速度，实现其他两个轴以虚轴为参考运转。这一目标旨在展示伺服系统中主轴的关键作用，通过虚轴的设定，实现对其他轴的同步控制。
- 电子凸轮启用：引入电子凸轮的概念，通过在面板上新增的按钮，实现电子凸轮的启用。电子凸轮是一种通过软件实现的控制方式，可以模拟传统机械凸轮的功能，提供更灵活的控制方式。
- 虚轴速度运行：在面板上以输入框或者滚按钮的方式改变虚轴的速度，实现对虚轴速度的灵活调节。这一目标旨在展示伺服系统中对于虚轴速度的实时调整和控制。
- 虚轴停止：实现通过面板上的按钮实现虚轴的停止。这一功能对于在实际工程中需要紧急停止虚轴运动的情况具有重要意义，展示了伺服系统的安全性和可靠性。

(2) 实验操作步骤

- 设计虚轴运动：在实验 1 的基础上，在软件中设计虚轴运动，设置虚轴的速度和方向。这一步通过软件的图形化界面完成，可以直观地设计虚轴的运动轨迹。
- 设置电子凸轮：新增按钮用于电子凸轮的启用。通过 PLC 编程，在 Autoshop 软件中设置按钮功能，使其能够启用电子凸轮的模拟控制。
- 调整虚轴速度：在面板上的输入框或滚按钮中调整虚轴的速度。这一步用于展示在运行过程中，可以实时调整虚轴的速度，灵活控制系统。
- 运行实验：点击启用按钮，观察实验的运行情况。验证虚轴速度的设定是否影响其他两个轴的运动，以及电子凸轮是否能够正确启用。
- 停止虚轴：通过面板上的按钮实现虚轴的停止。验证该功能是否能够迅速停止虚轴的运动，保证系统的安全性。
- 记录实验数据：记录虚轴速度的设定值、实际运动情况以及电子凸轮的启用和停止状态。这一步用于后续实验结果的分析和总结。

(3) 实验过程和结果

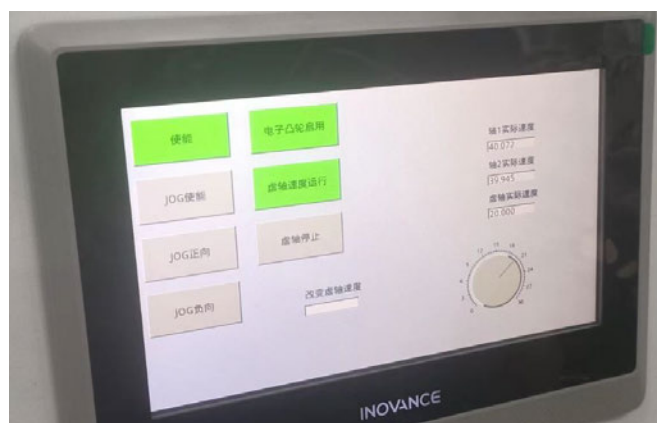


图 6 实验面板

上图为实验 2 设计的操作面板，在改变虚轴速度这里，我们在原来输入框的基础上，创新地加入了一个旋转按钮来控制虚轴速度。只不过核心思想仍然不变，变的只是表现形式而已。以下是实验过程和取得的主要成果：

① 虚轴速度控制：设计虚轴的速度和方向后，通过启用按钮，观察到其他两个轴按照虚轴的参考进行运动。这验证了虚轴在伺服系统中的关键作用，通过虚轴的速度设定，实现了对其他轴的同步控制。

② 电子凸轮启用：新增的按钮成功启用了电子凸轮的模拟控制。电子凸轮的启用使得伺服系统具有更高的灵活性，可以通过软件模拟实现机械凸轮的功能，适应不同的运动轨迹需求。

③ 虚轴速度调整：在实验过程中，通过面板上的输入框或滚按钮灵活调整虚轴的速度。观察到系统能够实时响应，验证了在运行过程中可以实时调整虚轴速度，确保了系统的可调性。

④ 虚轴停止：通过面板上的停止按钮，成功停止了虚轴的运动。这一步验证了在实际工程应用中，能够迅速停止虚轴运动，确保了系统的安全性。下图展示的是实验所获得的波形图。

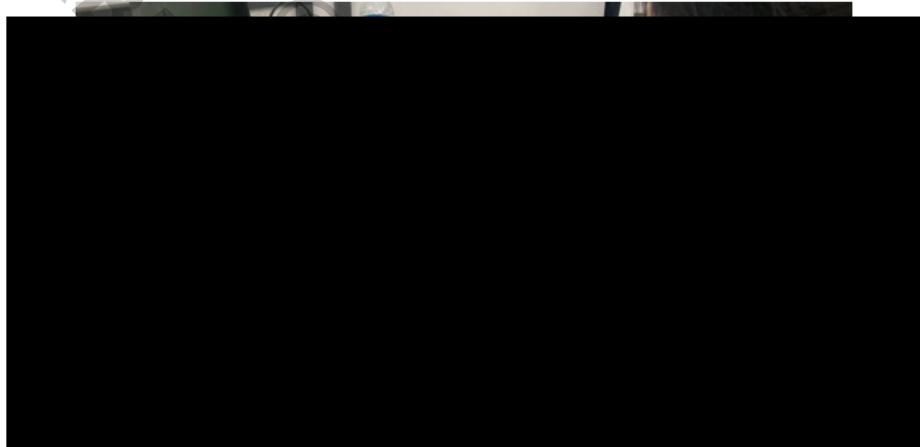


图 7 实验结果

(4) 实验分析

虚轴在伺服系统中起到了主轴的关键作用。通过设定虚轴的速度，实际上是在指导其他轴按照虚轴的速度进行运动。这背后的原理是通过编码器等反馈设备实时监测虚轴的运动状态，然后通过控制算法调整其他轴的输出，以实现同步运动。虚轴的速度设定直接关系到系统整体的运动状态，这反映了伺服系统中各轴之间相互耦合的控制原理。

电子凸轮的启用是通过软件实现对某一轴运动规律的模拟。这其实是在伺服系统中引入了更灵活的运动控制方式。相比于传统的机械凸轮，电子凸轮可以根据实际需求实时调整，无需更换物理部件。这背后的原理是通过软件算法模拟了机械凸轮的运动规律，实现了对轴的更为灵活的控制。

在实时调整虚轴速度的过程中，其背后的原理是伺服系统能够实时接收并响应操作者的指令。这涉及到伺服系统中的实时控制算法，包括速度环、位置环等的协同作用。通过面板上的操作，实际上是改变了虚轴速度设定值，系统迅速做出了相应的调整。这展示了伺服系统在实际运行中的快速响应性。

停止虚轴的运动是通过下发停止指令实现的。在伺服系统中，停止指令会迅速切断电机的供电，使得虚轴的运动迅速停止。这背后的原理是在接收到停止指令后，系统迅速采取措施切断电机电源，确保了系统的安全性。这也体现了伺服系统对于紧急情况快速响应机制。

通过对实验结果的原理性思考，我更深刻地理解了伺服系统中各个元素之间的相互作用和控制原理。这些原理在实际应用中能够指导我们更好地设计和调整

伺服系统，使其更适应不同的工况和任务需求。

三、实习收获

这次关于汇川伺服原理及应用的实验为我提供了深刻的学习体验。通过两个实验，我全面了解了伺服系统的基本原理和高级控制功能。

在第一个实验中，通过软件设计面板，我学会了如何通过 Autoshop 软件对伺服控制器进行编程，掌握了使能指令、点动指令、读轴状态、停止指令等基本指令的使用。通过操作面板，成功实现了对传送带的使能、正向和反向运动的控制，同时在自定义面板上实时显示了轴的实际速度。这一实验让我对伺服系统的基本控制有了清晰的认识。

接着，第二个实验在第一个实验的基础上进一步探讨了伺服系统的高级控制功能。我们通过设置主轴即虚轴的速度，使其他两个轴以虚轴为参考进行协同运动。新增的功能包括电子凸轮的启用，实时调整虚轴速度，以及迅速停止虚轴运动。这一实验使我更深刻地理解了虚轴在伺服系统中的关键作用，以及电子凸轮的灵活控制方式。

在实验结果的分析中，我结合了每个实验现象背后的原理性思考。虚轴的速度控制涉及了伺服系统中各轴之间相互耦合的控制原理，而电子凸轮的启用则通过软件模拟了机械凸轮的功能，体现了系统的灵活性。实时调整虚轴速度和迅速停止虚轴运动展示了伺服系统对实时性和安全性的关注。这些原理性思考让我更深入地理解了伺服系统的运作机制，为将来在工程应用中更好地应用这些知识打下了坚实的基础。

● 实际操作锻炼技能

在这次实验中，我获得了丰富的实际操作锻炼，提升了多方面的技能，主要涉及到硬件连接、Autoshop 软件编程、实时调试与参数调整、面板设计与用户界面方面的。首先，在硬件连接与调试方面，学到了如何通过水晶头线正确连接伺服控制器和电脑，这为实验的顺利进行打下了基础。在连接过程中遇到问题时，我学到了快速排查和解决问题的方法，培养了我的问题解决能力。

其次，在 Autoshop 软件的应用方面，我通过实验学到了如何使用该软件进行 PLC 编程。具体来说，我学会了创建面板、添加按钮、设计控制逻辑等操作，这锻炼了我在工业控制软件中进行编程的技能。实时调试和调整参数的环节使我更熟练地运用了软件来实现预期的控制效果，提高了我的实际调试能力。

在面板设计与用户界面方面，我学到了如何设计一个用户友好的面板，使得控制功能更加直观和方便。这涉及到用户交互的方方面面，包括按钮设计、信息显示等，提升了我的用户界面设计能力。

● 深入理解伺服系统原理

本次实验对我在理解伺服系统原理方面提供了显著的帮助，相较于以往，我获得了很多新的认识。通过硬件连接和 Autoshop 软件编程，我亲身体验了理论知识在实际操作中的应用。这种实际操作让我更深刻地理解了理论原理在实际系统中的运作方式，使得抽象的理论变得更加具体和实用。

在实验中，我学习了伺服系统的具体操作步骤，包括连接硬件、编写控制程序、调试参数等。这些步骤的实际操作使我对伺服系统的工作流程有了更清晰的认识，提高了我在实际应用中的操作能力。通过实时调试与参数调整，我更深入地理解了伺服系统是如何通过不断监测反馈信号并调整输出信号，以实现电机的精确控制。这对我理解伺服系统闭环控制的原理提供了更为具体的实践经验。

在 Autoshop 软件中设计面板，我体会到了用户界面设计对于系统操作的重要性。这让我认识到，一个合理设计的用户界面可以提高系统的易用性和操作效率，对于工业自动化控制系统的设计至关重要。

通过这次实验，我不仅深化了对伺服系统原理的理论认识，更通过实际操作获得了对伺服系统实际运作的深刻了解。这为我将来在工程领域中更加熟练地应用伺服系统提供了坚实的基础。

● 问题解决与调试

在使用 Autoshop 软件进行 PLC 编程时，我遇到了一些语法和逻辑方面的困难。特别是在设计面板、设置指令和调试程序的过程中，有时候难以理解某些指令的具体作用。为克服这个问题，我主动寻求帮助，向同学、老师请教，同时利用在线资源进行学习。通过不断尝试和深入理解 PLC 编程语言，我逐渐掌握了编写控制程序的技能。

在本次实验中，我们在设计面板的过程中遇到了一个小挑战，老师建议我们做一个拓展功能，那就是增加一个能够改变虚轴速度的功能。在尝试使用滚动旋钮时，我们发现这个旋钮只能输出整数，而速度变量是浮点数，导致了无法直接将滚动旋钮的值应用于虚轴速度。这个问题带来了一些困扰，但我们小组并没有畏难，而是迎难而上。

首先，我们意识到问题的核心在于数据类型不匹配。于是，我们主动寻求解决方案。通过询问老师，我们得知 PLC 编程中存在数据类型转换的功能。这为我们提供了一条解决之道，即使滚动旋钮只输出整数，我们可以通过数据类型转换将其转换为浮点数，以满足速度变量的要求。

有了解决方案后，我们迅速付诸实践。我们将滚动旋钮输出的整数值送入控制程序，并通过适当的数据类型转换，成功将其转换为浮点数，最终用于控制虚轴的速度。这个实际的操作过程中，我们遇到了一些技术细节上的挑战，但通过团队合作和积极探讨，我们最终成功实现了目标。

这次经历不仅解决了具体的问题，更培养了我们对于 PLC 编程中数据类型转换的实际应用的认识。通过团队的协作和与老师的沟通，我们对控制系统的理解更为深入。这次解决问题的过程不仅锻炼了我们的实际操作技能，还培养了我们解决问题时的独立思考和创新能力。这是一次宝贵的经验，使我们更加熟练地运用理论知识解决实际工程问题。

● 团队协作与交流

在本次实验中，我在团队协作与交流方面获得了丰富的经验和收获。首先，团队成员之间的紧密合作使我们能够充分发挥各自的优势，共同应对实验中的各种挑战。通过分工合作，我们有效地完成了实验任务，并且在解决问题的过程中形成了密切的协作关系。

在实验的初期，我们需要共同商讨并明确实验的目标和步骤。这阶段，我们小组充分表达了各自的意见和建议，确保大家对实验有一个一致的理解。通过与团队成员的充分沟通，我们成功制定了实验计划，为后续操作奠定了基础。

在团队交流方面，我们注重互相之间的沟通和信息共享。每当遇到问题或取得进展时，我们会及时在团队内进行交流，分享观点和经验。这种开放的沟通氛围有助于及时发现问题并迅速采取解决措施。团队成员之间形成了积极向上的互动，使得团队整体的执行效率得到提升。

在实验进行的过程中，遇到了一个关键问题，即在设计面板时需要添加一个能够改变虚轴速度的功能。团队成员们通过充分讨论，发现了一个滚动旋钮，但

它只能控制整数，而我们的速度变量是浮点数。在这个关键时刻，团队成员们积极分享自己的想法，通过询问老师和共同研究 PLC 编程手册，最终找到了解决方案。我们采用了数据类型转换的方法，将整数送入旋钮进行控制，然后再将其转换为浮点数的速度变量，成功实现了滚动旋钮改变虚轴速度的功能。

这个问题的解决过程中，团队成员们展现了良好的合作与交流技能。大家在问题发生时能够迅速形成共识，通过有效的沟通协同解决问题。这次经历不仅提升了团队合作的默契度，还让我意识到在解决问题时，充分沟通和分享思路是确保团队协作高效运转的重要因素。

通过这次实验，我深刻认识到在团队中，合作与交流是取得成功的关键。每个团队成员的贡献都是不可替代的，通过互相协助，我们不仅解决了问题，更在合作中收获了更多的理解和技能。这对我的团队合作与交流技能提升起到了积极的推动作用。

此外，通过与老师的沟通，我们不仅解决了实验中的技术问题，还对伺服系统的原理有了更深入的理解。老师在团队讨论中提供了指导和建议，帮助我们更好地理解课程内容。这种师生之间的良好沟通为我们在实验中遇到的问题提供了更多的解决思路，也促使我们更深入地思考问题的本质。

总体而言，通过本次实验，我不仅学到了伺服系统原理及应用方面的知识，还培养了在团队中协助与交流的能力。这对我未来在工程领域中与团队协作的能力提供了宝贵的锻炼，使我更具备面对实际问题时的团队合作和沟通能力。这是一次全面提升的实践经验，对我的专业发展具有积极的影响。

科目 3 实习报告

实习项目	电动机常用启动运行方式及 PLC 控制				
课程目标	了解电动机启动运行方式，了解 PLC 的特点和使用方法，用 PLC 搭建电动机启停的实验装置。				
分值	100	实验类型	认识	项目编号	
实践学时		实践时间		实习地点	B413
同组同学					

一、预习

● 电动机控制基本原理

电动机控制基本原理涉及电动机的工作原理以及点动、连续、正反转控制方法。

■ 电动机的工作原理

电动机的工作原理基于电磁感应和洛伦兹力等物理学原理。在电动机中，通常包含定子和转子两个部分。定子是静止的，包含产生磁场的线圈，而转子则是可旋转的，并带有电流。当通过定子的线圈通入电流时，产生的磁场会与转子上的电流相互作用。这个相互作用导致了洛伦兹力的产生，使得转子发生机械运动。

具体而言，电动机的工作可以分为直流电动机和交流电动机两类。在直流电动机中，电流通常通过用刷子连接的旋转部分（换向器）实现，使得电流方向可以定期改变，从而维持转子的旋转。而在交流电动机中，通过产生交变电流，定子和转子的磁场也随之交变。当转子试图跟随这个旋转磁场时，洛伦兹力的作用推动了转子的运动。不同类型的电动机，如交流异步电动机和交流同步电动机，有着不同的工作原理。在异步电动机中，转子的运动相对于交变磁场是异步的，而同步电动机则要求转速与电流的频率相同以保持同步。

■ 电动机的点动控制

电动机的点动控制是一种常见的控制方法，它主要用于在电动机启动时，通过逐步增加电压或电流的方式，使电动机缓慢启动，从而避免因突然启动引起的机械冲击和电流冲击。

在点动控制中，通常通过逐步增加电源的电压或电流，以实现电动机的逐步启动。这个过程可以通过控制系统中的相关元件来完成，如使用可编程逻辑控制器（PLC）或专门的电机驱动器。首先，系统会施加一个较低的电压或电流，以启动电动机的运动。一旦电动机开始旋转，系统逐步增加电源的输出，逐渐提高电动机的运行速度。这样的逐步启动过程有助于减小启动时的机械和电气冲击，同时提高了系统的可靠性。

点动控制不仅适用于启动电动机，还可以在需要精确位置控制的应用中使用。通过逐步增加电源输出，可以确保电动机在启动和运行时更加平稳，减少了与传动系统和负载相关的问题。电动机的点动控制是一种有效的启动方法，通过逐步提高电源输出，实现了平稳、可控的电动机启动过程，适用于各种需要精密控制和较小启动冲击的应用场景。

■ 电动机的连续控制

电动机的连续控制是一种用于调整电动机运行速度和方向的控制方法。与点动控制不同，连续控制允许电动机在一个范围内实现平滑而连续的速度调整，并支持正反转。这种控制方式通常通过电机驱动器或可编程逻辑控制器（PLC）来实现。

在连续控制中，操作者可以通过控制系统中的调速装置或面板，直接设置所需的运行速度。系统会根据设定值来调整电动机的电源输出，从而改变电动机的转速。这种方式使得电动机可以在不同的工作条件下实现灵活的速度调整，适应不同的生产需求。

此外，连续控制还允许电动机实现正向和反向旋转，从而满足不同应用场景下对运动方向的要求。通过改变电源的相序或其他控制信号，可以轻松实现电动机的正反转切换。电动机的连续控制提供了更为灵活和精确的运行调整方式，适用于需要频繁变换速度和方向的工业应用。通过现代化的控制系统，操作者可以方便地调整电动机的运行参数，实现更高效、精准的生产过程。

■ 电动机的正反转控制

电动机的正反转控制是一种重要的运行方式，允许在需要时改变电动机的旋转方向。这一控制方式通常通过电气控制系统来实现，例如可编程逻辑控制器（PLC）或专用的电机驱动器。

首先，正反转控制的基本原理是通过改变电动机的电源相序或切换相位来实现。在电机工作时，不同相之间的相位差会导致电动机的旋转。通过调整相序或相位，可以改变电动机的旋转方向。这可以通过控制电源供电的方式来实现，使电动机正转或反转。

其次，正反转控制通常需要一个中间设备，如 PLC 或电机驱动器，来接收操作者的指令并将其转化为相应的控制信号。这个过程中，可能需要使用接触器、继电器或其他控制元件来实现电源相序的切换。

正反转控制在实际应用中非常常见，特别是在需要改变工作方向的设备和机械系统中。例如，输送带、风扇、电动车等都可能需要正反转控制以适应不同的工作场景。这种控制方式使得电动机在实际运用中更加灵活和多功能。电动机的正反转控制通过智能化的电气控制系统，使得电动机在正向和反向之间能够轻松切换，为工业生产提供了更大的灵活性和便利性。

● PLC 元件基础知识

PLC（可编程逻辑控制器）是一种广泛应用于自动化控制领域的电气设备，它的基本组成包括输入模块、输出模块和中央处理器。首先，输入模块用于接收外部传感器或开关等设备的信号，将这些信号转化为数字信号并传递给中央处理器。而输出模块则负责接收中央处理器的指令，将数字信号转化为相应的控制信号，通过继电器或其他输出元件控制外部执行器，如电动机或阀门。

PLC 的工作原理基于这样的设计思想：通过输入模块采集外部环境的信息，经过中央处理器的处理，最终通过输出模块对外部执行器进行控制。这种方式使得 PLC 成为一个灵活、可编程、易于调试的自动化控制工具。

■ 交流接触器

交流接触器是一种电气控制设备，广泛用于工业领域，特别是电动机的起停控制。它在电路中起到电流的开关和控制的作用，能够实现设备的启动、停止以及不同运行状态之间的切换。交流接触器通常由电磁铁、触点组、辅助触点等组成。

首先，电磁铁是交流接触器的核心元件之一。通过在电磁铁中通电，产生磁

场，从而使得触点组产生吸引或释放的效果。这种机械运动在控制电流的过程中非常关键。触点组则分为主触点和辅助触点。主触点用于承载较大电流，直接连接电源和电动机，实现电流的切换。而辅助触点则通常用于控制信号电路，例如与 PLC（可编程逻辑控制器）连接。

在使用交流接触器时，正确的接线至关重要。主触点要正确连接到电源和电动机，而辅助触点则通常与控制设备如 PLC 相连，实现远程控制。这样的设计使得交流接触器在工业自动化系统中能够更加灵活地被运用。

特别是在电动机的点动和连续控制中，交流接触器发挥了关键作用。通过控制电磁铁的通断，它可以实现电动机的瞬时启动（点动）和持续运行（连续控制）。这样的控制方式在工业生产中非常常见，因为它不仅能够确保电动机的安全启停，还能够调整电动机的运行状态以适应不同的生产需求。

■ 热继电器

热继电器是一种常用于电动机起动和保护的电气设备，其主要功能是通过测量电流流过的时间来检测电动机的工作状态，并在电流异常时切断电源以保护电动机。热继电器通常由热敏元件、电磁系统和触点组成，结合了热学和电磁学原理。

首先，热继电器中的热敏元件是其核心部分之一。这个元件通常是一个热响应较慢的双金属片或双金属弹簧。当电流通过电动机时，热敏元件会受到加热，由于金属的热胀冷缩性质，导致双金属片或弹簧弯曲。这种变形通过机械传动作用于电磁系统。

其次，电磁系统是热继电器的另一重要组成部分。电磁系统中的电磁铁会受到双金属片或弹簧的机械力作用而产生动作。当电流正常时，电磁系统的触点保持闭合状态，电动机正常运行。但是，当电流异常，例如过载时，热敏元件的变形会导致电磁铁失去磁性，触点瞬间打开，切断电源，从而实现对电动机的保护。

热继电器在电动机的起动和运行中扮演了重要角色。起动阻力是电动机启动时电流较大的阶段，而热继电器通过测量这个阶段的时间来判断电动机的启动状态。如果启动时间过长，可能意味着电动机存在问题，热继电器会切断电源以避免进一步损坏。

■ PLC

PLC 中央处理器是可编程逻辑控制器（PLC）的核心组件，负责执行控制系统中预先编写好的程序，实现自动化控制的各种功能。PLC 的中央处理器通常采用高性能的微处理器或微控制器，具有强大的计算和处理能力。

PLC 中央处理器的主要功能包括接收输入信号、执行用户编写的程序、产生输出信号，以及对整个控制系统进行实时监控和调度。在控制系统中，输入信号通常来自各种传感器，例如温度传感器、压力传感器、开关传感器等，而输出信号则驱动执行器，如电动机、阀门、泵等，以实现对工业过程的控制。

PLC 中央处理器的操作基于用户编写的程序，这些程序使用专门的编程语言，最常见的是梯形图（Ladder Logic）编程。程序中定义了各种逻辑和控制规则，包括条件判断、循环控制等，由中央处理器按照程序的顺序逐步执行。这种灵活的编程方式使得 PLC 可以适用于各种工业自动化场景。

在运行时，中央处理器会不断地扫描输入信号的状态，根据编写的程序逻辑判断，然后产生相应的输出信号，控制执行器的动作。由于其高效、可靠的运算能力，PLC 中央处理器能够实现快速的响应和准确的控制，广泛应用于工业自动化领域。

在控制电动机的运行方面，PLC 可以通过输入模块接收来自电动机传感器的反馈信号，经过处理后，通过输出模块产生控制信号，实现对电动机的点动、连续、正反转等控制。这种可编程的特性使得 PLC 在工业生产中广泛应用，为自动化控制提供了高效而灵活的解决方案。

■ 空气开关

空气开关作为电气系统中的自动控制设备，扮演着监测气压变化、控制电路开关状态的关键角色。其结构主要包括感应元件和控制开关两部分。感应元件通常采用弹簧负载的膜片，而控制开关通过机械传动与感应元件相连。在电气系统中，空气开关的应用范围广泛，涵盖空压机、水泵、空调等各类设备。

在结构工作原理上，空气开关通过感应元件的变形来响应气压变化。当气压达到预设值时，感应元件发生相应的位移，启动机械传动，从而改变控制开关的状态，实现电路的断开或闭合。这样的设计使得空气开关能够在保证系统稳定运行的同时，防止因过压或欠压而对设备造成损害。

应用领域方面，空气开关在空压机控制中常用于监测压缩机的气压。一旦气压达到上限，空气开关会自动切断电路，以避免过压带来的危险。在水泵控制中，空气开关则用于检测水泵的水压，实现对水泵的智能启停。在空调系统中，通过监测冷凝器或蒸发器的压力，空气开关保障制冷剂在合适的压力范围内运行，确保系统的正常工作。

● 接线原理

在电动机与 PLC 之间的接线过程中，关键的目标是确保信号的正确传递，以实现对电动机的有效控制。首先，输入模块与传感器之间的连接是实现信息传递的起点。传感器通过采集电动机运行状态等信息，并将模拟信号转换为数字信号，将这一数字信号传递给 PLC 的输入模块。这种连接方式实现了从外部环境到 PLC 系统的信息输入。

接下来，PLC 的中央处理器对输入模块接收到的信号进行处理，根据预设的程序逻辑进行判断和计算。然后，通过输出模块，PLC 将处理后的信号转换为控制信号，传递给电动机。这一过程确保了 PLC 对电动机的准确控制。

在电动机与 PLC 之间的连接中，输出模块与电动机的连接方式也至关重要。根据控制的需要，输出模块可以通过继电器等元件，将控制信号传递给电动机，实现对电动机的点动、连续、正反转等控制功能。正确的接线方式不仅确保了信息传递的准确性，也确保了控制信号的有效执行。

通过学习电动机与 PLC 之间的接线方式，我们可以深入理解输入模块与传感器、输出模块与电动机之间的关联，从而更好地掌握不同接线方式对电动机控制的影响。这为我们在实际工程中选择适当的接线方式提供了基础。

二、实习内容

(1) 电路工作原理分析

闭合 QF1、QF2 和 QF3 的空气开关，使主电路与 PLC 连接供电。SB1 作为起动按钮，按下起动按钮后电动机按规定程序起动。SB2 是停止按钮，按下 SB2，电机就全停止工作。FR1 和 FR2 为热继电器，用于在子电路里采用过载保护。SA 作为模式选择开关、SA1 实现自动控制，SA2 实现连续控制。SB3 与 SB4 是电动机 M1 与 M2 点动开关，实现了分别控制电动机 M1 与 M2 点动，按下点动按钮电动机旋转，松开点动按钮电动机停止旋转。SB 是急停按钮，按下急停按钮后，不管电路处于何种工作状态下均直接停机，KM1 与 KM2 分别是控制电机

M1 与 M2 接触线圈 HL1, HL2 分别是电源指示灯, 电机过载指示灯。下图 1 为电路原理图。

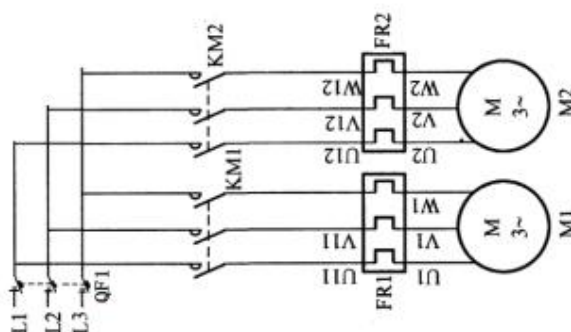


图 1 实验原理图

电路原理分析电路分为 PLC 控制电路与电动机运行控制主电路。

- A. PLC 控制电路:选用的 PLC 的型号为 CPLE-40DR-A,24V 直流电流正极与 COM1 相连, 负极与常开开关 000-0.08 相连接。接通电源后若 HL 灯亮, 则能够正常的运行。将 SB1, SB2, SB3, SB4 按下, 对应 PLC 上的红灯亮起。继电器通过电磁原理实现触点的闭合与断开, 从而实现对电机的控制。
- B. 电动机运行控制主电路: L1、L2、L3 接入三相交流电源, 输出端与三相空气开关相连, 经过热继电器之后, 实现对交流电机的控制与过载保护。

(2) 实验要求

设计两台电动机控制程序, 具体要求如下:

- ①各个电动机均能实现单独的点动控制。
- ②各个电动机均能实现单独的连续控制。
- ③自动工作启动时, 先起动 M1 的电动机, 30s 后再依次起动 M2 的电动机, 其顺序为 M1、M2 依次启动。
- ④自动工作停止时, 要求按一定时间间隔顺序停止, 先停止最初的电动机, 20s 后再停止 M2 的电动机, 其顺序 M1、M2 依次停止。
- ⑤当运行中发生过载故障时, 两个电动机应立即同时停止工作。
- ⑥当运行中发生紧急故障时, 按下急停按钮, 两个电动机应立即同时停止工作。

(3) 注意事项

- ◆ 在进行电器元件的安装时, 要确保按照电路图和接线图正确连接各个元件。仔细检查电气元件的接线, 确保连接牢固, 避免产生松动或接触不良。
- ◆ 在启动实验前, 先验证按钮的功能。确保每个按钮按下时, 相应的指示灯亮起, 并产生相应的控制信号。这有助于在后续实验中准确控制电机的启停和运动方向。
- ◆ 在进行 PLC 控制信号的接线时, 要仔细核对 PLC 硬件接线图。确保输入输出信号与控制逻辑一致, 防止因接线错误导致的功能异常或故障。
- ◆ 对于电机的接线, 确保符合电机连接要求, 注意电机的额定电流、电压等参数的设置。合理设置电机的参数有助于实验的正常进行。
- ◆ 急停按钮是实验中的紧急制动装置, 确保急停按钮的设置符合安全规范。在紧急情况下, 急停按钮应立即切断电源, 确保设备和实验者的安全。
- ◆ 在进行过载保护测试时, 需注意模拟过载的情况不要过于极端, 以免损坏电机。同时, 对过载保护装置的性能进行验证, 确保在过载时能够及时切断电

源。

- ◆ 在实验过程中，确保实验环境的安全，避免水或其他液体进入电气设备，以防短路或电气故障。实验者要注意穿戴相关的安全防护设备。
- ◆ 记录每个步骤的操作，包括按钮按下、电机启停等操作的时间点。观察电机的运行状态，注意是否有异常声音或震动，及时发现并解决问题。

(4) 实验操作过程

① 搭建电路——电器元件布置与确认

电器元件布置与确认是电动机常用起动运行方式及 PLC 控制实验中至关重要的环节，其正确性直接关系到实验的顺利进行。首先根据实验指导书上面的电器元件布置安放位置，确定每一个元件的位置，用滑轨等方式将元件进行相应的固定。

首先，根据电路图，合理布置空气开关和热继电器，确定它们的安装位置。热继电器通常用于电动机的过载保护，可以防止电机因长时间过载而损坏。这通常涉及将它们安装在电路中的适当位置，以确保在电动机的起动和运行中能够正常工作。安排交流接触器，确保其正确连接，包括电源输入、输出到电动机的导线等。检查接触器的触点，确保接触器的触点干净、无损，接线牢固。按照电路图的要求，连接接触器的控制线圈，通常通过空气开关进行控制。安装空气开关和按钮，使其易于操作且符合安全标准。这些开关在实验中起到了控制和保护的作用。将空气开关安装在控制电路的电源输入位置。通常，这是电路的首要元件，控制整个系统的通断。急停按钮应布置在易于操作的位置，确保在紧急情况下能够迅速切断电源。它通常是整个电路系统的保护开关。

② 搭建电路——按钮部分接线

在电动机常用起动运行方式及 PLC 控制的实验中，按钮部分是控制电动机的关键组成部分，具体包括了起动按钮、停止按钮、点动按钮以及急停按钮。下图 2 为按钮部分的示意图。



图 2 按钮部分示意图

起动按钮通过连接到空气开关或者交流接触器的控制线圈，实现对电动机的起动。起动按钮用于启动电动机，通过按下按钮，使得电路闭合，电机开始运行。停止按钮通常连接到交流接触器或者直接连接到电动机的控制线路，用于停止电动机的运行。停止按钮用于切断电机的电源，实现电机的停止运行。点动按钮连接到电机 1 的控制线路，通过按下按钮，电机 1 可以实现点动运行，即短暂的正转或反转。点动按钮用于临时性地改变电机 1 的运行方向，通过按下按钮使电机短时间内正转或反转。类似于点动按钮控制电机 1，SB4 连接到电机 2 的控制线路，通过按下按钮，电机 2 可以实现点动运行。点动按钮用于临时性地改变电机 2 的运行方向，通过按下按钮使电机短时间内正转或反转。急停按钮连接到整个

电路的急停回路，按下急停按钮可以迅速切断整个电路的电源。急停按钮是整个系统的紧急切断装置，一旦发生紧急情况，通过按下按钮可以迅速停止电机运行，确保安全。

③ 搭建电路——PLC 控制输入回路接线

在电动机常用起动运行方式及 PLC 控制的实验中，PLC 的输入回路是控制电机的关键组成部分。输入回路通过接线连接到各种传感器、按钮和其他控制设备，实现对电机的监测和控制。传感器通常用于监测电机运行过程中的各种参数，比如温度、速度等。将传感器连接到 PLC 的输入回路，可以实时地反馈这些参数，从而实现对电机运行状态的监控。不同按钮如起动按钮（SB1）、停止按钮（SB2）、点动按钮（SB3、SB4）、急停按钮（SB5）等连接到 PLC 的输入回路，通过按下按钮改变相应的输入信号状态，从而触发 PLC 的逻辑控制。

急停按钮（SB5）是紧急切断电路的设备，将急停按钮连接到 PLC 的输入回路，一旦按下急停按钮，PLC 可以迅速感知到信号变化，执行相应的紧急停止措施，确保系统安全。

连接交流接触器，交流接触器是控制电机启停的关键设备，通过连接到 PLC 的输入回路，PLC 可以实时感知交流接触器的状态，从而进行逻辑控制，确保电机的正常启停运行。热继电器是用于过载保护的装置，通过连接到 PLC 的输入回路，PLC 可以实时监测电机运行状态，一旦发生过载，热继电器会引起输入信号的变化，PLC 可以及时做出响应，停止电机工作。

④ 搭建电路——PLC 控制输出回路接线

在电动机常用起动运行方式及 PLC 控制的实验中，PLC 的输出回路是将逻辑控制结果转化为具体动作的关键部分。通过输出回路的合理接线，可以实现电动机的单独点动控制和连续控制，同时满足实验中其他运行要求。通过合适的接线方式，将 PLC 的输出回路连接到交流接触器。交流接触器作为电动机启停的关键部分，通过 PLC 输出信号控制接触器的通断，从而实现电机的启停。过载保护装置，如热继电器，连接到 PLC 的输出回路。当电机发生过载时，PLC 通过输出信号控制过载保护装置的动作，实现及时停机，保护电机。确保输出元件的连接符合电路图的设计，避免接触不良或错误连接。采用合适的电缆和连接器，确保电气信号传递的稳定性和可靠性。经过我们小组的努力，最后连接好后的硬件电路如下图 3 所示。

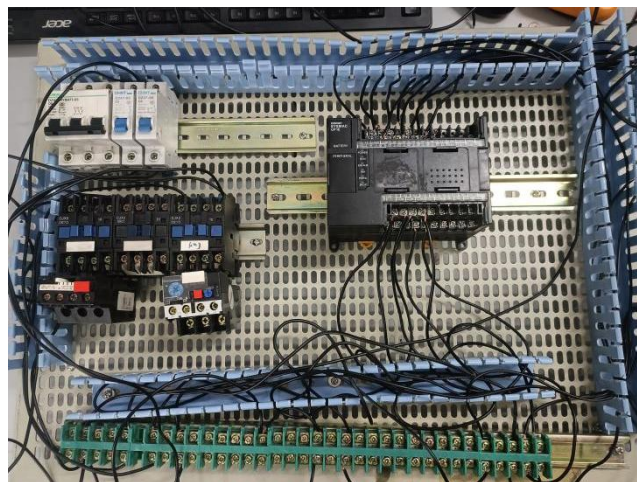


图 3 PLC 接线图

⑤ 电路测试

在电动机常用起动运行方式及 PLC 控制的实验中,电路测试是确保整个系统正常运行的重要环节。通过仔细的电路测试,可以验证接线的正确性,排除潜在问题,确保电机的安全、稳定运行。

首先,进行各个按钮的功能测试。通过按下起动按钮、停止按钮、点动按钮等,观察电机的相应动作。确保各个按钮在按下时能够触发正确的操作,例如电机的启动、停止等。针对点动控制,逐一测试每个电机的点动功能。按下相应的点动按钮,观察电机是否按照预期进行点动,确保点动控制灵活可靠。对于连续控制,测试电机的连续启动和停止功能。通过按下启动按钮,观察电机的启动过程;再按下停止按钮,观察电机的停止过程。确保连续控制符合实验要求。针对实验要求中的顺序启停功能,测试系统是否能够按照设定的顺序启动和停止。按照设定的时间间隔,观察电机的启动和停止顺序,确保顺序运行正常。进行急停按钮的测试,确保在紧急情况下,按下急停按钮后电机能够立即停止。这是关键的安全功能,需要确保在任何时候都能够迅速切断电机的电源。对于过载保护装置,进行测试确保它能够在电机过载时及时切断电源,防止损坏电机。通过模拟过载情况,观察系统的响应。最后,进行整体系统测试。通过综合测试,确保各个功能协调运作,系统稳定可靠。检查电路的整体性能,确保系统达到设计的控制效果。

接通电源,关闭空气开关 QF1、QF2 与 QF3,给电动机,PLC 供电。SB1 为自动方式的启动开关,SB2 是停止开关,SB3 是控制电动机 M1 的起动,SB4 是 M2 电动机的点动按钮,SB5 为急停按钮,SA-1 为自动连续控制选择开关,SA-2 为连续控制选择开关。PLC 一通电,HL 灯亮。当 SA 拨到连续控制形成,闭合 SB3,则电动机 M1 转动,按下 SB5,则 M1 停止。闭合了 SB4,电动机 M2 开始转动,按下 SB5, M2 电动机停止。实现了对 M1、M2 电动机的控制。

(5) 实验结果分析

通过电动机常用起动运行方式及 PLC 控制的实验,我们得到了一系列的实验结果,下面进行对这些结果的分析:

功能测试是首要的一步,通过按下起动按钮、停止按钮、点动按钮等,我们确认了各个按钮的功能正常。电机在启动按钮按下后能够启动,停止按钮按下后能够停止,点动按钮按下后电机能够做出相应的点动动作。

在点动测试中,我们验证了每个电机的点动功能。实验结果表明,每个电机都能够按照预期进行点动,点动控制灵活且可靠。这对于需要逐步调试和检查电机运行状态的场景非常重要。

连续控制测试主要验证电机的连续启停功能。我们观察到在按下启动按钮后,电机能够顺利启动;而在按下停止按钮后,电机能够平稳停止。这表明系统的连续控制功能正常。

顺序启停测试是验证系统是否能够按照预定的顺序启动和停止。实验结果表明,在自动工作启动时,电机按照规定的顺序启动,而在自动工作停止时,也按照规定的时间间隔顺序停止。系统运行顺序良好。

急停测试主要验证紧急情况下的停机功能。结果显示,在按下急停按钮后,两个电机能够迅速停止工作,确保了系统在紧急情况下的安全性。

通过模拟过载情况,我们验证了过载保护装置的性能。实验结果表明,在发生过载时,系统能够及时切断电源,有效防止电机受损。

最后的整体系统测试是对所有功能的综合验证。实验结果显示,整个系统在不同工作模式下能够协调运作,各个功能得到了充分的验证。综上所述,实验结

果符合预期，各个功能都经过了充分的测试和验证。系统在启动、停止、点动、连续控制等方面表现良好，达到了实验设计的要求。这为后续的实际应用提供了有力的基础。

三、实习收获

本次实验是关于电动机常用起动运行方式及 PLC 控制的实验，虽然遇到了一些挫折，但在失败中积累了许多宝贵的经验和教训。

首先，实验中的元件布置和电路连线环节是至关重要的，而且细节决定成败。我们通过实际操作深刻认识到每一个环节都需要高度的仔细和严谨，否则可能导致整个实验失败。这使我明白到在进行实验前，必须审慎检查每一步操作，确保每个连接都正确无误。

其次，实验中遇到的问题和挑战为我提供了一次难得的学习机会。在电源接错、空气开关异常的情况下，我学到了如何迅速找出问题的症结所在，以及如何解决问题。这让我对实验装置的运行机理有了更深入的理解。

在团队合作和沟通方面，实验中的失败也反映出我们在这方面存在一些不足。团队成员之间的沟通和理解是成功的关键。通过这次经历，我们更加明白了沟通的重要性，以及每个成员都应该充分理解并同意每一步操作，以避免类似的错误再次发生。

- 实际操作锻炼技能

在本次实验中，我在实际操作中获得了明显的技能提升。首先，通过元件布置和电路连线的实际操控，我对电动机的常用起动运行方式及 PLC 控制有了更深刻的理解。这不仅是理论知识的延伸，更是通过亲身操作获得的实际经验。

在元件布置阶段，我学会了如何根据电路图正确地放置各个元件，确保电路的连接是清晰而无误的。这包括了对不同元件的特性和作用的熟悉，以及在实际布置中考虑到空间和电气安全等因素。

而在电路连线的阶段，我深刻体会到了操作的细致性和耐心的必要性。正确连接电路需要一步步仔细审查，确保每根线都连接到了正确的位置。遇到问题时，我学会了如何快速定位和解决问题，这提高了我的问题解决能力。

此外，在设备调试的过程中，我对 PLC 控制的调试和操作也有了更为熟练的掌握。通过不断调整参数、检查电路连接，我成功地使电动机实现了点动和连续控制，这让我更加自信地应对实际工程中的类似问题。

- 团队协作与交流

在本次实验中，我在团队协作与交流方面获得了丰富的经验和收获。首先，团队成员之间的紧密合作使我们能够充分发挥各自的优势，共同应对实验中的各种挑战。通过分工合作，我们有效地完成了实验任务，并且在解决问题的过程中形成了密切的协作关系。

在实验的初期，我们需要共同商讨并明确实验的目标和步骤。这阶段，我们小组充分表达了各自的意见和建议，确保大家对实验有一个一致的理解。通过与团队成员的充分沟通，我们成功制定了实验计划，为后续操作奠定了基础。

在团队交流方面，我们注重互相之间的沟通和信息共享。每当遇到问题或取得进展时，我们会及时在团队内进行交流，分享观点和经验。这种开放的沟通氛围有助于及时发现问题并迅速采取解决措施。团队成员之间形成了积极向上的互动，使得团队整体的执行效率得到提升。

在本次实验中，尽管遭遇了失败，我深感这是一次宝贵的经验。首先，我们

深刻认识到在电路连线的过程中，每一个细节都至关重要。就像交流接触器接错线这样微小的错误也可能导致整个实验失败。这让我明白到在进行任何实验之前，细致入微地检查每一步操作是不可或缺的。失败并不等同于无法挽回，而是一个宝贵的教训。在实验中出现问题，尤其是接错线导致设备故障时，我们不能气馁，而是要冷静地分析问题，找出失败的原因。这次失败教会了我更加仔细地审视电路，养成细致入微的习惯。

在团队合作和沟通方面，我们也有收获。实验中我们是一个团队，而失败也在一定程度上反映了我们在团队合作和沟通上的不足。通过这次经历，我们更加明白了沟通的重要性，要确保每个成员都理解并同意每一步操作，以防止类似的错误再次发生。

最后，老师的鼓励让我深感被理解和支持，这激发了我对实验的更大兴趣。失败并不是终点，而是学习道路上的一个坎，通过持之以恒的努力，我们可以更好地克服问题，取得更好的成绩。通过这次失败，我对实验的要求和对团队协作的认知都得到了更深一步的提升。

科目 4 实习报告

实习项目	过程控制及智能数显表的应用				
课程目标	了解智能数显表的配置和使用方法，用智能数显表搭建烤箱温度控制装置。				
分值	100	实验类型	认识	项目编号	
实践学时		实践时间		实习地点	A401
同组同学					

一、预习

● 过程控制系统认知

过程控制系统是一种用于监测、测量和控制工业过程的复杂系统。它的基本原理是通过对系统内各种参数的实时监测和调整，确保工业过程能够稳定运行，达到预期的生产目标。在过程控制系统中，关键的组成部分包括传感器、控制器和执行器。过程控制系统是一种关键的自动化系统，其基本原理涵盖了感知、比较和调整过程中的变量，以便维持或改变该过程的状态。

首先，传感器在过程中起到了采集实时数据的关键作用。它们能够感知工业过程中的各种参数，如温度、压力、流量等。通过将这些参数转化为电信号，传感器为控制系统提供了必要的输入信息。该系统依赖于传感器，这些传感器负责感知与监测过程中的关键参数。这可能涉及温度、压力、流量等方面的测量。这些传感器将采集到的信息传递给控制器。

其次，控制器则是过程控制系统的大脑，负责对传感器采集到的数据进行分析 and 处理。PID 控制是其中常用的一种控制方式，即通过比例、积分、微分三个部分的综合作用，调整系统的输出，使其接近设定值。这种控制方式既能快速响应系统的变化，又能保持系统的稳定性。控制器是过程控制系统的智能核心，它接收传感器提供的实时数据，并根据预设的设定值进行比较。在比较的基础上，控制器采用算法进行计算，决定是否需要调整执行器以改变过程的状态。这种反馈循环使得系统能够自动调整以适应变化的条件。执行器是系统的执行部分，它负责实际改变过程的状态。它可能是控制阀、电机或其他能够执行物理调整的设备。

最后，执行器是根据控制器的指令，实际执行对系统进行调整的部件。它可以是阀门、马达、加热元件等，根据具体的工业过程而定。执行器的动作直接影响着系统的实际运行状态。执行器的操作是通过控制器的指令进行的，以确保系统能够按照预期的方式做出响应。

这三个主要组成部分——传感器、控制器和执行器——形成了过程控制系统的闭环。这个闭环使系统能够不断地感知、比较和调整，以维持或改变过程状态。在实际操作中，我们将通过这个原理体系来实现烤箱温度的精确控制，从而理解过程控制系统的实际应用。这一理论基础将为我们更深入地理解仪表的使用和温度传感器的工作原理奠定基础。

通过了解这些基本原理，我们可以更好地理解过程控制系统的工作机制，明白控制系统是如何通过不断调整输入和输出来维持工业过程的正常运行。PID 控

制的比例、积分、微分三个参数的作用，使得系统能够在保持稳定性的同时，适应不同的工况和变化，实现高效的生产控制。这为后续的仪器仪表使用提供了重要的理论基础。

- 仪表的基本使用

过程仪表在工业自动化中扮演着至关重要的角色，用于监测、测量和显示关键的过程参数。首先，我们有指示仪表，它们主要用于显示某个过程变量的数值或状态。这可以包括温度计、压力表、流量计等。这些仪表提供直观的数值信息，使操作人员能够实时了解系统状态。

其次，记录仪表承担着记录过程参数变化的任务。它们可以用于创建过程数据的历史记录，以便后续分析和报告。记录仪表对于监测系统的长期性能和检测潜在问题非常有用。

此外，调节仪表用于调整或控制系统中的某些参数。例如，PID 控制器就是一种常见的调节仪表，它能够根据与设定值的偏差来调整执行器，以维持或调整过程状态。

在过程控制系统中，这些仪表之间相互协作，通过传感器获取实时数据，通过控制器进行比较和调整，最终通过执行器改变系统状态。这种联动关系形成了一个完整的反馈环路，确保系统能够按照预期的方式运行。

通过理解过程仪表的基本使用，我们可以更好地操作和监测工业过程，提高系统的可靠性和效率。在烤箱温度控制实验中，我们将应用这些仪表，具体了解它们在实际操作中的应用和效果。通过预习这些内容，我们可以更好地理解不同类型仪表的作用和应用场景。指示仪表适用于快速实时的参数监测，记录仪表对于长时间跟踪参数变化非常有用，而调节仪表则直接参与工业过程的控制。对仪表的读数、单位和精度的了解，则有助于我们正确解读仪表提供的信息，确保工业过程的准确监测和调控。

- 热电偶和热电阻传感器原理

热电偶和热电阻是常见的温度传感器，它们分别基于热电效应和电阻温度特性，通过不同的原理实现温度的测量。

- 热电偶的原理

热电偶传感器是一种常见的温度传感器，其原理基于热电效应。热电偶由两种不同金属或合金的导线焊接在一起组成，这两种导线分别被称为热电偶的两个引线。当热电偶的一端与被测物体接触时，如果两种金属之间存在温度差异，就会产生热电势。

具体而言，热电偶原理基于塞贝克效应和皮尔逊效应。当两种不同金属形成闭合回路时，如果回路中存在温度梯度，金属中的自由电子就会在金属中移动，形成电流。这个电流称为热电流，同时也会在闭合回路中形成热电势差。

在热电偶的实际应用中，我们通常使用标准温度表（比如国际温标的 ITS-90）来校准测量。这是因为不同金属组合产生的热电势是非常微小的，需要通过标准曲线或特定的校准表进行解释和转换。

将热电偶连接到读数仪表或控制系统后，通过测量热电势的变化，我们可以准确地推导出被测物体的温度。在过程控制中，热电偶传感器常用于监测和控制温度，确保工业过程在适宜的温度范围内运行。在实验中，我们将深入了解和应用热电偶传感器，实现对烤箱温度的精确控制。

- 热电阻的原理

热电阻传感器是一种常用于测量温度的传感器，其工作原理基于金属电阻随温度变化而变化的特性。一般情况下，热电阻的感温元件是由纯金属或合金制成的细丝或薄膜。

根据温度变化，金属电阻会发生相应的变化。热电阻的核心是根据温度-电阻关系的可预测性，通过测量电阻值的变化来确定环境温度。在常见的热电阻中，铂元素是最常用的感温材料，因为铂元素的电阻-温度关系相对线性，而且在较宽的温度范围内都能提供高精度的测量。

当热电阻暴露在被测物体中时，被测物体的温度变化会导致热电阻的电阻值发生变化。通过连接热电阻到一个测量电路中，我们可以通过测量电阻的变化来计算温度。

在实验中，我们将深入了解和应用热电阻传感器，通过连接到智能数显表等设备，实现对烤箱温度的准确监测和控制。通过掌握热电阻的原理，我们能够更好地理解和应用这一传感器在工业自动化和过程控制领域中的重要性。

总的来说，热电偶和热电阻在不同的应用场景中都扮演着关键的角色，选择使用哪种传感器通常取决于具体的测量要求和环境条件。

- AI-526 系列数显仪

AI-526 系列数显仪与各类模拟量输出的传感器、变送器配合，完成温度、压力、液位、成分等物理量的测量、变换、显示和控制。示意图如下图 1 所示。



图 1 AI-526 系列数显仪

- 1) 输入采用测量精确稳定的数字校正系统；
- 2) 支持多种热电偶与热电阻规格，最高分辨率达 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 3) 采用先进的 AI 人工智能 PID 调节算法，无超调，具备自整定功能；
- 4) 允许自编辑操作权限及界面，并可自设定密码，形成“定制”自己的仪表；
- 5) 通用的 100-240VAC 电源供电；
- 6) 人性化设计的操作方法，易学易用。

输入规格：热电偶：K、B、S、R 等型号；热电阻：Cu50、Pt100。线性电压：0-5V、0-100mV、0-20mV\0-500mV 等。测量范围：K ($-50\sim 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$)、B ($200\sim 1800\text{ }^{\circ}\text{C}$)、S ($-50\sim 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$)、R ($-50\sim 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$)、Cu50 ($-50\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$)、Pt100 ($-200\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$) 测量精度：0.25%FS ± 1 个测量单位。采样周期：每秒采样 8 次。控制周期：0.24-300.0 秒可调。调节方式：位式调节方式：回差可调 AI 人工智能调节，包含模糊逻辑 PID 调节及参数自整定功能的先进控制算法。

- 烤箱温度控制

过程烤箱温度控制是一种重要的自动化控制应用，其原理基于反馈控制系统，旨在维持烤箱内部的温度在设定值范围内。该系统的核心部分包括温度传感器（如热电偶或热电阻）、控制器和执行器（如电热器）。这三者协同工作，通过实时监测和调整系统来确保温度的稳定性。

首先，温度传感器负责感知烤箱内部的实际温度。在实验中，我们使用热电偶或热电阻作为传感器，根据物体温度变化引起的电阻变化来测量温度。传感器将获取的实际温度信息传递给控制器。

其次，控制器是系统的智能部分，根据预设的目标温度值和实际温度之间的差异，采取相应的控制策略。控制器通过比较两者的差异，计算出误差信号，然后采取相应的控制动作来调整系统。最常见的控制方法是 PID 控制（比例-积分-微分控制），通过调整比例、积分和微分参数，控制系统可以更精确地维持设定温度。

最后，执行器负责执行控制器下达的命令，以实现温度的调节。在烤箱温度控制中，执行器通常是电热器，通过控制电热器的通断来调整烤箱内部的温度。这样的闭环反馈系统使得系统能够持续监测并自动调整，以保持烤箱温度在所需范围内。

通过实践过程烤箱温度控制实验，我们将深入理解这一自动化控制系统的原理和工作机制，为将来在工业自动化领域中应用这些知识打下坚实的基础。

二、实习内容

(1) 实操仪器与设备

- AI-526 系列数字显示与调节仪表；
- 热电偶；
- 热电阻；
- 温度计；
- 固态继电器；
- 烤箱；
- 报警器和电源线若干；
- 直流稳压源。

(2) 实验接线

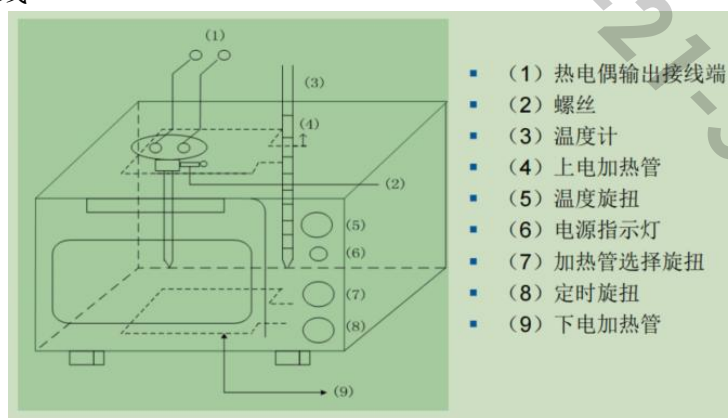


图 2 实验接线图

(3) 实验说明

■ 数显表面板说明

①上显示窗，显示测量值 PV、参数名称等② 下显示窗，显示给定值 SV、报警代号、参数值等③ 设置键，用于进入参数设置状态，确认参数修改等④数据移位(兼定点控制操作)⑤数据减少键(兼运行/暂停操作)⑥ 数据增加键(兼停止操作)⑦10 个 LED 指示灯，其中 MAN 灯本系列产品不用；PRG 灯亮表示处

于控制运行状态；MIO、OP1、OP2、，AL1、AL2、AU1、AU2 等等分别对应模块输入输出动作；COM 灯亮表示正与上位机通讯。

■ 显示状态

仪表上电后进入基本显示状态,此时仪表上、下显示窗分别显示测量值(PV)和给定值(SV),下显示窗还可交替显示以下字符表示状态:①“orAL”,表示输入的测量信号超出量程;②“HIAL”、“LoAL”、“HdAL”或“LdAL”时,分别表示发生了上限报警、下限报警、偏差上限报警、偏差下限报警;③“StoP”表示处于停止状态;“HoLd”和“rdy”分别表示暂停状态和准备状态(仅 AI-526P 程序型仪表使用)。注:若有必要也可关闭第②项报警字符闪动功能以避免过多的闪动(将 ADIS 参数设置为 OFF)。

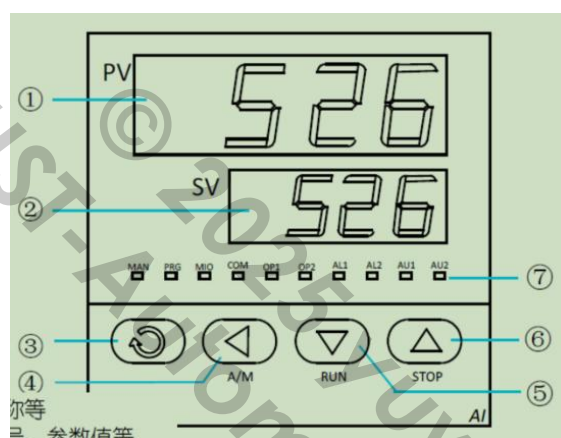


图 3 显示面板

■ 设置参数

在基本显示状态下按键并保持约 2 秒钟即可进入自定义的现场参数设置状态。可直接按 0、回、@等键修改参数值。按回键减小数据,按 键增加数据,所修改数值位的小数点会闪动(如同光标)。按键并保持不放,可以快速地增加/减少数值,并且速度会随小数点的右移自动加快。也可按 键来直接移动修改数据的位置(光标),操作更快捷。按 0 键可保存被修改的参数值并显示下一参数,持续按 0 键可快速向下;按 0 键并保持不放 2 秒以上,可返回显示上一参数;先按 0 键不放接着再按 0 键可直接退出参数设置状态;如果没有按键操作,约 25 秒钟后也会自动退回基本显示状态。

■ 自定义参数表

AI-526/526P 的参数表可编程定义功能,能为你自定义仪表的参数表,为保护重要参数不被随意修改,我们把在现场需要显示或修改的参数叫现场参数,现场参数表是完整参数表的一个子集并可由用户自己定义,能直接调出供用户修改,而完整的常数表必须在输入密码的条件下方可调出。参数锁 Loc 可提供多种不同的参数操作权限及进入完整参数表的密码输入操作,其功能如下: Loc=0,允许修改现场参数、允许全部快捷方式操作,如修改给定值 SV 及程序值(时间及温度值)等; Loc=1,允许修改现场参数,允许用快捷方式修改给定值及程序值,但禁止程序运行/暂停/停止/定点控制/自整定等快捷操作; Loc=2,允许修改现场参数,禁止用快捷方式修改给定值、程序值及自整定操作,但允许程序运行/暂停/停止/定点控制等快捷操作; Loc=3,允许修改现场参数,禁止全部快捷方式操作; Loc=4-255,不允许修改 Loc 本身以外的任何参数,也禁止全部快捷操作; 设置 Loc=密码(密码可为 256-9999 之间的数字,初始密码为 808)并按 0 确认,可进入显示及修改

完整的参数表,一旦进入完整参数表,则除只读参数除外,其余所有的参数都是有权修改的。参数 EP1-EP8 可让用户自己定义 1-8 个现场参数,如果现场参数小于 8 个,应将没用到的第一个参数定义为 nonE,例如:我们需要的参数表有 HIAL, HdAL, At 等三个参数,可将 EP 参数设置如下: EP1=HIAL、EP2=HdAL、EP3=At、EP4=nonE。

参数	参数含义	说 明	设置范围
HIAL	上限报警	测量值PV大于HIAL值时仪表将产生上限报警;测量值PV小于HIAL-AHYS值时,仪表将解除上限报警。 注:每种报警可自由定义为控制AL1、AL2、AU1、AU2等输出端口动作,也可以不做任何动作,请参见后文报警输出定义参数AOP的说明。	-9990~ +32000单 位
LoAL	下限报警	当PV小于LoAL时产生下限报警,当PV大于LoAL+AHYS时下限报警解除。 注:若有必要,HIAL和LoAL也可以设置为偏差报警(参见AF参数说明)。	
HdAL	偏差上限报警	当偏差(测量值PV-给定值SV)大于HdAL时产生偏差上限报警;当偏差小于HdAL-AHYS时报警解除。设置HdAL为最大值时,该报警功能被取消。	
LdAL	偏差下限报警	当偏差(测量值PV-给定值SV)小于LdAL时产生偏差下限报警,当偏差大于LdAL+AHYS时报警解除。设置LdAL为最小值时,该报警功能被取消。 注:若有必要,HdAL和LdAL也可设置为绝对值报警(参见AF参数说明)。	
AHYS	报警回差	又名报警死区、滞环等,用于避免报警临界位置由于报警继电器频繁动作,作用见上。	0~2000单 位
AdIS	报警指示	OFF,报警时在下显示不显示报警符号。 on,报警时在下显示器同时交替显示报警符号以作为提醒,推荐使用。	

图 4 完整参数表

(5) 实验注意事项

在进行过程控制及智能数显表应用的实验时,需要特别注意一些关键的事项,以确保实验的顺利进行和安全性。以下是一些可能的注意事项:

安全操作: 在进行实验前,必须熟悉所有相关的电气设备和仪器。确保所有设备的电源已正确连接,并遵循安全操作规程,如正确使用绝缘手套和穿戴相关的防护装备。

仪器校准: 在使用智能数显表和其他测量仪器之前,务必检查其校准状态。校准不准确可能导致实验结果的误差。

电路连接: 注意检查电路连接的准确性,确保所有元件按照实验要求正确连接。特别关注接线的颜色和位置,以防止错误的连接。

设备检查: 在开始实验之前,检查烤箱、热电偶、热电阻传感器等设备的状态。确保它们处于良好工作状态,没有损坏或故障。

温度控制: 在进行烤箱温度控制实验时,确保设定的温度范围是安全的且符合实验要求。避免设定过高或过低的温度。

实验环境: 确保实验环境通风良好,以防止可能产生的有毒气体。在进行高温实验时,特别注意防止烫伤和热源辐射。

急停按钮: 确保急停按钮的位置容易访问,并且在需要时能够立即切断电源。在实验过程中,随时准备应对紧急情况。

(6) 实验一 热电阻的定标实验

热电阻的定标实验是通过对热电阻的一系列测量和数据采集,建立热电阻电阻值与温度之间的关系曲线,从而对热电阻进行定标,使其能够准确测量温度。

准备实验设备和材料: 确保所有实验所需的设备和材料都已经准备就绪。这可能包括热电阻、温度控制系统、电流源、电压表、连接线等。

建立实验电路: 将热电阻连接到实验电路中,通常与电流源和电压表相连接。确保电路连接正确,检查电阻和电压的测量点。

设定温度控制系统: 使用温度控制系统设定一系列不同的温度值,覆盖热电阻可能应用的温度范围。这可以通过调整加热元件或冷却系统来实现。

采集数据： 在每个设定的温度下，测量热电阻的电阻值，并记录相应的温度和电阻数据。这些数据将用于建立热电阻的电阻-温度关系曲线。

绘制曲线： 使用采集到的数据，绘制电阻-温度关系的曲线。这可以是线性或非线性的，具体形式取决于热电阻的特性。

拟合曲线： 对实验得到的数据进行曲线拟合，以得到一个数学模型。这个模型将用于校准热电阻，使其能够准确地转换电阻值为温度。

定标结果验证： 验证定标结果的准确性，可以使用其他温度测量设备与热电阻同时测量同一温度下的数值，进行比对。

调整和修正： 如果存在与标准值有较大差异的情况，可以通过调整电路、修正测量误差等方式对定标进行调整。

(7) 实验二 热电阻的定标实验

热电偶的定标实验是通过一系列测量和数据采集来建立热电偶电压与温度之间的关系曲线，从而准确测量温度。以下是热电偶的定标实验的一般步骤：

准备实验设备和材料： 确保所有实验所需的设备和材料都已经准备就绪。这可能包括热电偶、温度控制系统、电压测量仪、连接线等。

建立实验电路： 将热电偶连接到电路中，通常与电压测量仪相连接。确保电路连接正确，检查电压测量点。

设定温度控制系统： 使用温度控制系统设定一系列不同的温度值，覆盖热电偶可能应用的温度范围。通过调整加热元件或冷却系统来实现温度的变化。

采集数据： 在每个设定的温度下，测量热电偶的电压值，并记录相应的温度和电压数据。这些数据将用于建立热电偶的电压-温度关系曲线。

绘制曲线： 使用采集到的数据，绘制电压-温度关系的曲线。这个曲线可能是线性的，也可能是非线性的，具体取决于热电偶的特性。

拟合曲线： 对实验得到的数据进行曲线拟合，以得到一个数学模型。这个模型将用于校准热电偶，使其能够准确地转换电压为温度。

定标结果验证： 验证定标结果的准确性，可以使用其他精密温度测量设备与热电偶同时测量同一温度下的数值，进行比对。

调整和修正： 如果存在与标准值有较大差异的情况，可以通过调整电路、修正测量误差等方式对定标进行调整。

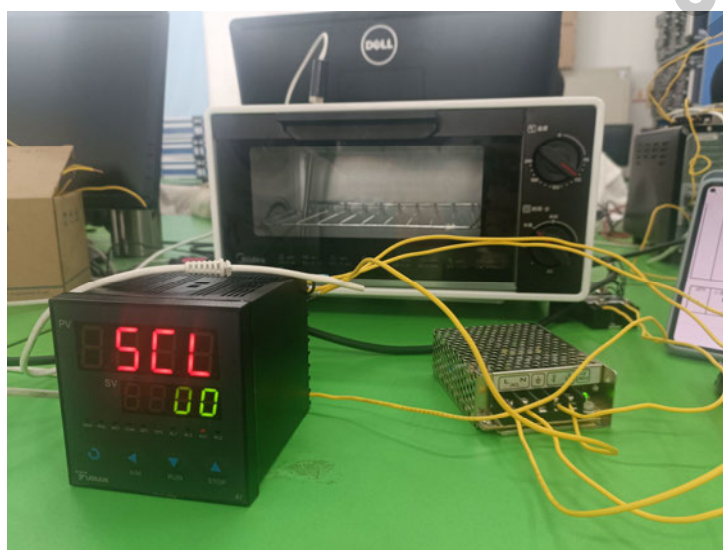


图 5 实验操作过程

三、实习收获

在进行“过程控制及智能数显表的应用”实验中，我获得了丰富的实践经验和深刻的学习。首先，通过实际操作过程控制系统和仪表，我成功将理论知识转化为实际技能。这一过程不仅使我更深刻地理解了课堂上学到的知识，还显著提升了我的实际操作技能。通过操作各种仪表，如数显表和温度控制系统，我对仪表读数、单位、精度等方面有了更为深刻的认识，为未来实际工作打下了坚实的基础。

在实验中，我还深入学习了热电偶和热电阻传感器的原理，这为我理解温度传感器的工作机制提供了清晰的认识。这对于未来从事与温度控制和测量相关的工作具有实际应用的价值。通过实际操控温度控制系统，我成功实现了对烤箱温度的精确控制，这为我将来在相关工业领域从事温度控制工作提供了宝贵的实践经验。

在实验过程中，我不仅学到了如何采集实验数据，还学会了如何运用数显表等工具进行数据分析。这为我今后从事科学研究和实际工程项目中的数据处理提供了宝贵的指导。最后，在与队友的紧密合作中，我们共同解决了一些实际问题，锻炼了我的团队协作和沟通能力，使我更好地适应未来的团队工作。

这次实验为我提供了一个全面的学习平台，通过理论知识和实际操作的结合，我更深刻地理解和应用了过程控制及智能仪表的相关内容。这样的实践经验将对我的专业发展和未来的工作产生积极的影响。

● 实际操作锻炼技能

在进行“过程控制及智能数显表的应用”实验的实际操作中，我收获颇丰，尤其在实际操作锻炼技能方面得到了明显提升。首先，通过仔细的电器元件布置和电路连线，我更加熟练地掌握了电气元件的安装和接线方法。这一过程让我更加熟悉各种电器元件的功能和用途，提高了我的电路设计和布局能力。

在实验中，我们不仅学习了热电偶和热电阻传感器的原理，还亲自操控这些传感器进行测量。这种实际操作使我对传感器的使用和调试有了更加深入的了解。通过不断调整和观察仪表的变化，我培养了对实验现象的敏感性，提高了我的实际问题解决能力。

在进行烤箱温度控制实验时，我掌握了位式控制的原理和应用。通过调整控制参数，我成功地实现了对烤箱温度的精准调节。这让我更加熟悉了控制系统的调试和优化过程，为将来从事自动化控制工作奠定了基础。

通过这次实验，我不仅在理论知识上有了更深层次的理解，更在实际操作中不断锤炼和提高了自己的技能水平。这对我的专业发展和未来的工作都具有重要的推动作用。

● 团队协作与交流

在“过程控制及智能数显表的应用”实验中，我获得了许多关于团队协作与交流方面的宝贵经验。首先，通过与队友的合作，我学到了如何在团队中高效地分工合作。我们在实验过程中能够明确每个人的任务和责任，充分发挥各自的专业优势，从而提高了整个团队的工作效率。

在交流方面，我们在遇到问题时能够及时沟通，共同商讨解决方案。通过开展小组讨论，我学到了在团队中分享自己的观点和意见的重要性。这种相互交流的过程不仅促进了问题的及时解决，也拓展了我的思维，从不同角度看待问题。

在面对挑战和困难时，我们能够共同保持积极的态度。通过相互之间的支持和鼓励，我们能够更好地克服各种问题，推动实验顺利进行。这一过程培养了我的团队协作和应变能力，使我更具信心地面对未来可能遇到的各种挑战。

在实验中，我还学到了如何有效地与老师进行沟通。在遇到不明确或疑惑的问题时，我们能够及时向老师请教，获得了及时的指导和反馈。这种与老师之间的积极互动促使我更好地理解实验内容，也使整个实验过程更为顺利。

通过这次实验，我不仅提升了自己的团队协作和交流技能，也培养了在团队中与他人协同工作的能力。这对我未来的学业和职业发展都具有积极的影响。在团队合作方面，通过与队友的密切配合，我学到了如何与他人有效沟通、协作解决问题。共同面对实验中出现的挑战，我们通过相互讨论和合理分工，最终取得了实验的成功结果。这锻炼了我的团队协作和危机应对能力，为未来工作中的团队合作奠定了基础。

● 过程控制系统的认识

通过参与“过程控制及智能数显表的应用”实验，我对过程控制系统有了更深刻的认识。首先，我理解到过程控制系统是一种用于监测、管理和调整工业过程的自动化系统。它通过感知、测量和控制各种参数，以确保工业过程能够按照既定的标准和要求进行运行。

在实验中，我们学到了过程控制系统中的关键组成部分，包括传感器、控制器和执行器。传感器负责采集过程中的各种参数，控制器根据这些参数进行计算和判断，然后通过执行器对工业过程进行调整。这个系统的自动化性质使得生产过程更为高效、稳定和可控。

通过实验，我还深入了解了 PID 控制（比例-积分-微分控制）的基本原理。PID 控制是一种常用的控制方法，通过不断调整输出来维持系统的稳定性。这使我对控制系统中参数调整和优化的重要性有了更清晰的认识。

另外，实验中的智能数显表应用让我认识到，数字化技术在过程控制系统中的广泛应用。数显表能够直观地显示和记录关键参数，使操作人员更容易监测和调整系统状态。

相比于以前，我对过程控制系统的认识更加全面，明白了其在工业生产中的重要性。这次实验为我提供了一个实际操作的机会，使我更深入地理解了自动化控制系统的原理和应用。这些新的认识将对我的专业学习和未来工作中的实际应用产生积极影响。