

## 基于 PLC 控制的伺服电机调速系统设计

**摘要：**在本次实习过程中，每位同学独立研究、学习运动控制实验室中伺服电机控制系统，了解伺服电机的工作原理，以及控制方法，并独立设计伺服电机调速系统。以伺服电机、伺服电机驱动器、可编程逻辑控制器为核心元件，通过可编程逻辑控制器输出模拟电压信号输入伺服驱动器，伺服驱动器设定出伺服电机所需的各项参量，来达到对伺服电机的调速控制，并设计 wincc 组态画面监控伺服电机实时转速，最终实现基于 PLC 控制的伺服电机调速系统设计。实习项目采用西门子 s7-300 系列 PLC，伺服电机为 UG-KP 系列，伺服驱动器为众辰电子公司 US-100 系列，通过 PLC 给出控制信号，在实验平台上实现对伺服电机的调速控制。

**关键词：**伺服电机；伺服电机驱动器；可编程序控制器

## 目录

一、实习目的.....	3
二、实习班级.....	3
三、实习地点.....	3
四、实习所需设备.....	3
五、实习内容.....	4
5.1 实习综述.....	4
5.2 伺服电机试运行学习 .....	4
5.2.1 伺服电机运行原理 .....	4
5.2.2 伺服电机 UG-KP43 技术参数 .....	5
5.2.3 驱动器介绍.....	5
5.2.4 试运行准备.....	6
5.2.5 试运行学习步骤: .....	7
5.3 PLC 模拟信号控制学习 .....	8
5.3.1 控制方式选择.....	9
5.3.2 用户参数设定.....	9
5.3.3 伺服 ON 的设定 .....	10
5.3.4 PLC 模拟电压信号的产生: .....	11
5.4 Wincc 组态画面设计 .....	13
六、实习感想.....	23
七、参考文献.....	24

## 一、实习目的

本次实习为安徽工业大学电气与信息工程学院自动化卓越工程师班培养方案的重要部分，将部分课内理论学习环节调整为实践项目锻炼，把我们所学的专业理论知识，通过独立设计一个具体的伺服电机调速系统，将理论在该实践中运用起来，理论联系实际，达到培养我们工程实践能力的目的，并使我们具备成为自动化工程师的潜质。

学习使用 UG-KP 系列伺服电机，了解伺服电机运行原理；掌握 US100 系列伺服电机驱动器的使用，能够对型号 UG-KP43 伺服电机进行参数设定并达到试运行调试目的；熟练使用 s7-300 系列 PLC，掌握可编程逻辑控制器工程建立、软件编程、硬件电气连接和运行仿真等；学习使用 WINCC 组态软件，独立设计 wincc 组态画面对伺服电机运行状态进行监控。

## 二、实习班级

2014 级自动化卓越工程师班

## 三、实习地点

电气与信息工程学院电气楼 331（运动控制实验室）

## 四、实习所需设备

S7-300 系列 PLC 一套

UG-KP 系列伺服电机一台

US-100 系列伺服电机驱动器一台

带有 STEP7 以及 WINCC 组态软件的电脑一台

相关配置线及接口器件若干。

## 五、实习内容

### 5.1 实习综述

整个实践环节贴近于生产实际。实习项目中伺服电机及其驱动器、s7-300 系列 PLC、wincc 组态软件等由我们自己独立研究，根据伺服电机以及伺服电机驱动器配套的说明书进行学习和使用，设定出伺服电机所需的各项参量，达到对伺服电机的调速控制；学习 PLC 可编程逻辑控制器的编程，以及硬件电气输出连接；学习 wincc 组态软件，与 plc 进行通信连接，设计组态画面监控伺服电机运行状态，并最终达到基于 PLC 控制的伺服电机调速系统设计基本要求。

该实践项目可分为三个学习过程：伺服电机试运行学习、PLC 模拟信号控制学习、Wincc 组态画面设计。

### 5.2 伺服电机试运行学习

#### 5.2.1 伺服电机运行原理

伺服电机是指在伺服系统中控制机械元件运转的发动机，是一种辅助马达间接变速装置。可使控制速度，位置精度非常准确，可以将电压信号转化为转矩和转速以驱动控制对象。转子转速受输入信号控制，并能快速反应，在自动控制系统中作执行元件，且具有机电时间常数小、线性度高。产生电磁干扰，对环境有要求。因此它可以用于对成本敏感的普通工业和民用场合。伺服系统是使物体的位置、方位、状态等输出被控量能够跟随输入目标（或给定值）的任意变化的自动控制系统。

伺服电动机定子的构造基本上与电容分相式单相异步电动机相似。其定子上装有两个位置互差  $90^\circ$  的绕组，一个是励磁绕组  $R_f$ ，它始终接在交流电压  $U_f$  上；另一个是控制绕组  $L$ ，联接控制信号电压  $U_c$ 。所以交流伺服电动机又称两个



伺服电动机。

5.2.2 伺服电机 UG-KP43 技术参数

2.5.1 UG-KP 系列伺服电机规格

伺服电机系列		UG-KP 系列（低惯量、小容量）				
型号参数	伺服电机型号	UG-KP053(B)	UG-KP13(B)	UG-KP23(B)	UG-KP43(B)	UG-KP73(B)
	伺服驱动器型号	US100-20A-2			US100-40A-2	US100-70A-2
连续运行特性	额定输出 (W)	50	100	200	400	750
	额定转矩 (N·m)	0.16	0.32	0.64	1.27	2.4
伺服电机	额定转速 (r/min)	3000				
	最大转速 (r/min)	4500				
	额定电流 (A)	0.7	0.7	1.34	2.73	4.8
	最大电流 (A)	1.4	1.4	3.0	5.6	9.8
	转动惯量 J (10 <sup>-4</sup> kg·m <sup>2</sup> )	0.045	0.077	0.22	0.37	1.26
编码器线数		2500				
绝缘等级		F 级				
结构		全封闭、自冷却（保护等级 IP65）				

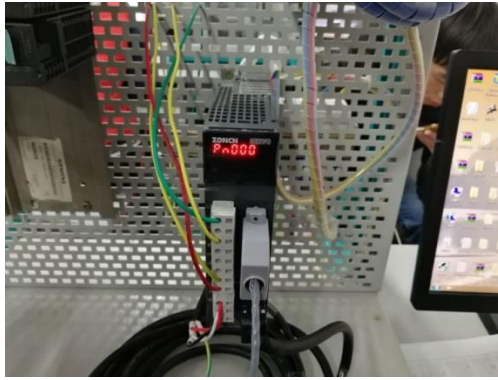
伺服电机系列		UG-KP 系列（低惯量、小容量）					
伺服电机	环境	周围环境	0 ~ 40℃（不结冰），保存：-15 ~ 70℃（不结冰）				
		周围湿度	80%RH 以下（不凝结），保存：90%RH 以下（不凝结）				
		环境条件	室内（不直接接受阳光照射），远离腐蚀性气体、可燃气体、油滴、灰尘等				
		海拔	海拔 1000 米以下				
	重量（kg）		0.34	0.54	0.85	1.4	2.8

5.2.3 驱动器介绍

US100 系列伺服系统采用最先进的电机控制算法，实现了电流环，速度环，位置环的闭环伺服控制，具备良好的自适应能力，可以配合多种规格的伺服电机。该伺服系列专精于高精度与快速反应的应用场合。适用于数控机床、印刷机械、包装机械、造纸机械、纺织机械、工业机器人、自动化生产线等行业。

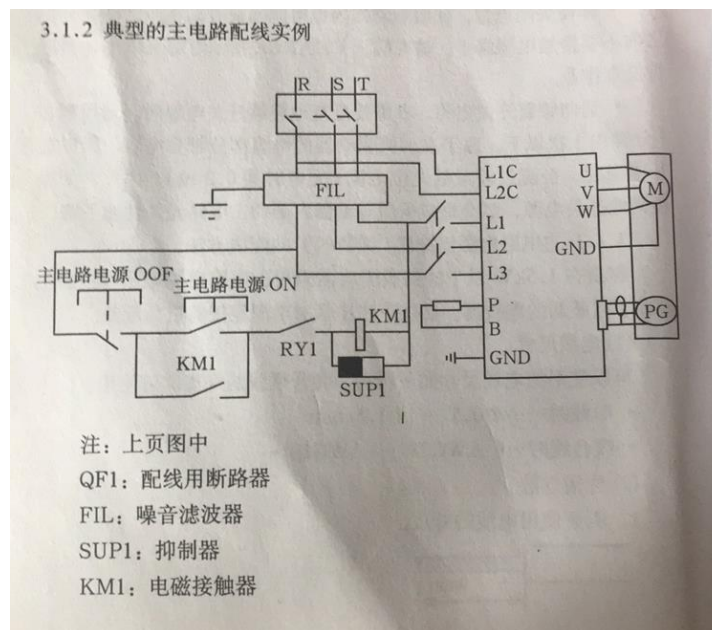
US100 系列伺服驱动器支持位置、速度、力矩以及组合式控制方式，产品紧凑灵活，帮助用户实现高速度、高精度的控制需求

一般是通过位置、速度和力矩三种方式对伺服电机进行控制，实现高精度的传动系统定位。

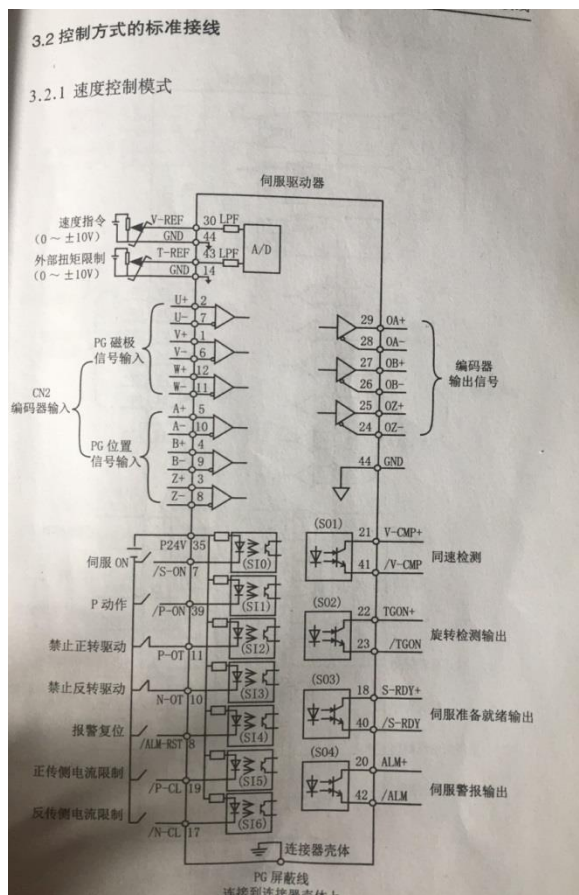


## 5.2.4 试运行准备

电源配置：



本次伺服驱动器控制方式采用速度控制模式，该模式标准接线为：

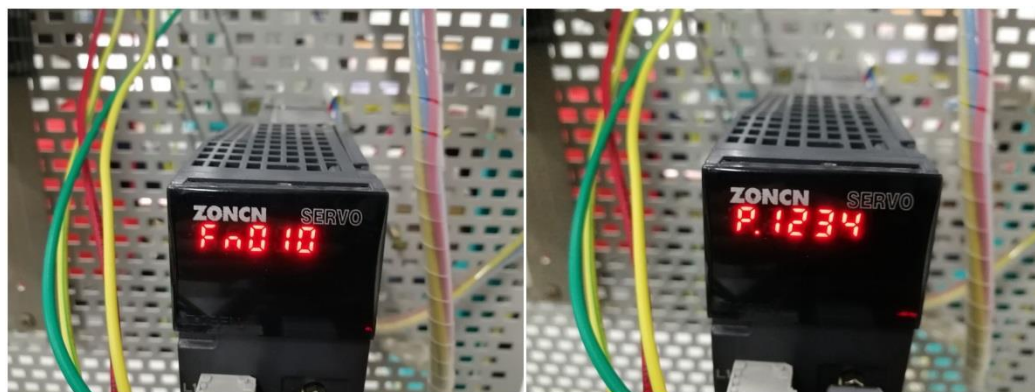


### 5.2.5 试运行学习步骤:

配线结束后进行试运行。

#### (1) 解锁

进入解锁参数 Fn010 显示 00001，按下按键设置为 1234，



长按 date 确认，这样进入 Pn6 组参数，注意电机参数设置好后掉电，参数才能生效。



	电周期脉冲数	电机电流	最大电流	额定转矩	额定惯量
电机参数	Pn603	Pn60A	Pn60B	Pn60D	Pn60E
0.4KW	3333	396	1188	130	37
0.75KW	2000	680	2040	240	126
1.0KW	2500	740	2220	480	1160
1.5KW	2500	1080	3240	720	1600
2.0KW	2000	530	1590	950	1650



## (2) 学习过程:

进入参数 Fn003 显示 csr, 按下 MODE, 可听见继电器吸合的声音, 这时按下 UP, 电机逆时针运行, 长按 UP, 逆运行三周, 学习完成, 显示 P.END, 断电。



## (3) 试运行:

上电, 进入参数 Fn002 然后按下 MODE, 可听见继电器吸合的声音, 这时按下 UP, 电机运行, 微动 JOG 状态, 可进入 Pn304 更改运行速度。



# 5.3 PLC 模拟信号控制学习

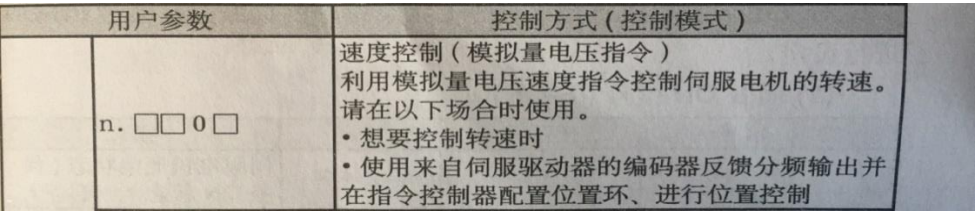
US100 系列伺服驱动器可进行的控制方式有三种: 速度控制 (模拟量电压指



令)、位置控制 (脉冲列指令)、扭矩指令 (模拟量电压指令)。本次实习项目中, 可以使用 plc 输出模拟电压信号来控制伺服驱动器, 所以我选择使用速度控制方式。

5.3.1 控制方式选择

进入 Pn000 参数设定, 如下图



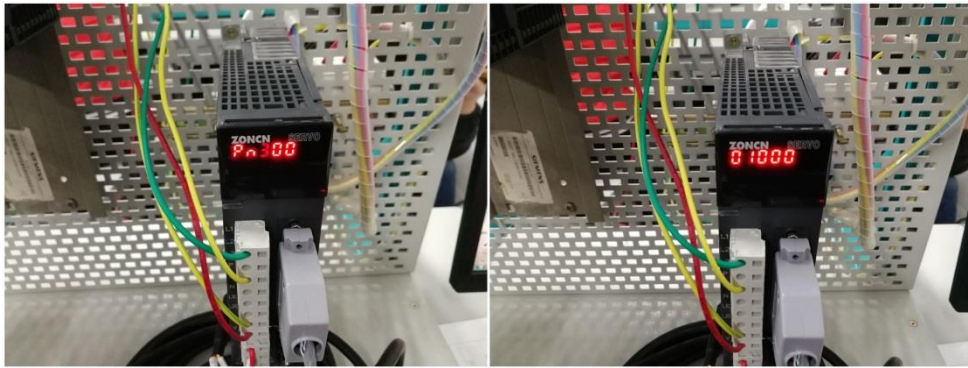
选择控制方式为速度控制 (模拟量电压指令)



在该控制方式下, CN30 与 CN44 两线经由 PLC 控制产生模拟电压信号, 输入伺服驱动器对应端口。

5.3.2 用户参数设定

考虑到 PLC 模块输出模拟电压为 0-10V, 故用户参数设定 Pn300 设定为 1000;



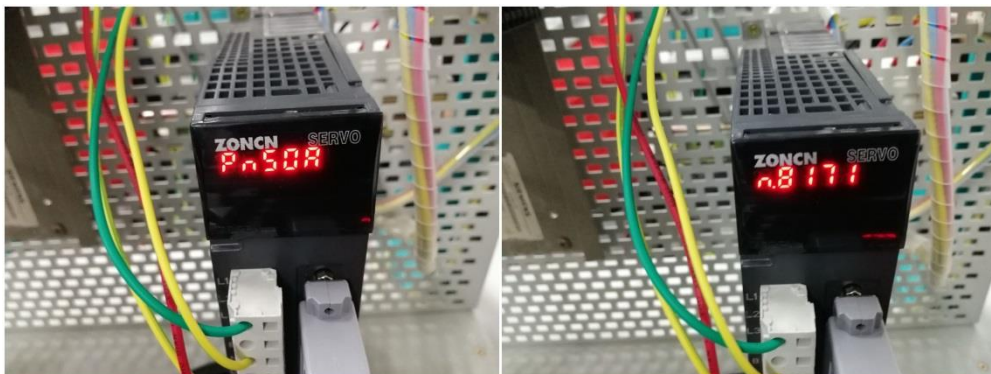
Pn300	速度指令输入增益			
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动
	150 ~ 3000 (1.50 ~ 30.00V/额定速度)	0.01V/额定速度	600 (6V/额定速度)	不需要

设定以额定转速运行伺服电机所需的速度指令 (V-REF) 的模拟量电压电平。

■例  
Pn300=600: 表示设定为 6V 输入时使用的电机额定速度 (出厂时的设定)  
Pn300=1000: 表示设定为 10V 输入时使用的电机额定速度  
Pn300=200: 表示设定为 2V 输入时使用的电机额定速度

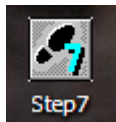
### 5.3.3 伺服 ON 的设定

对发出的伺服电机通电/非通电状态指令的伺服 ON 指令进行设定, 选择使用/不使用伺服 ON 信号, 此时不需要/s-ON 配线, 进入 Pn50A 参数设定。这里有两种设定方式: 一种是从输入端子 CN1-7 输入/s-ON 信号 (出厂时的设定), 还有一种是将该信号固定为长时有效。这里选择第二种方式, 只需要 CN30-44 两根线即可。



### 5.3.4 PLC 模拟电压信号的产生：

该信号通过编程实现，输出 0-10v 可控制的模拟电压信号，作为伺服控制器速度控制输入信号。首先进行 S7-300 系列 PLC 硬件配置。



桌面打开 STEP7 软件，新建一个工程项目，命名该项目并选择保存的路径，点击 OK 后进入新建的项目文件。

插入一个 S7-300PLC，双击 Hardware 进入硬件配置界面。

300 系列所需的模块在 SIMATIC 300 库中寻找，根据实际模块的型号、序列号、版本号进行配置。分别加入机架 (RACK)、电源模块 (PS)、CPU 模块 (CPU)、输入输出模块 (SM)，若机架上有以太网通讯模块 (CP) 也必须加入，且模块的配置顺序必须和实际的模块顺序相一致。

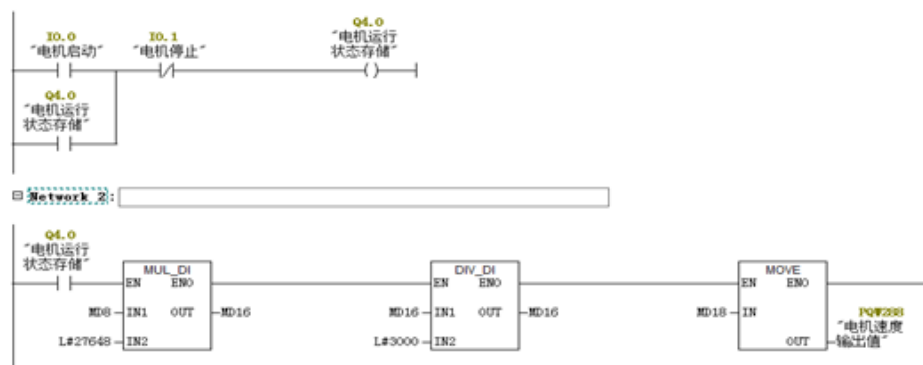
硬件添加完成后，设置 DI 模块的输入地址为：0...1，DO 模块的输出地址为：4...5，AI/AO 模块的输入/输出地址为 288...295/288...291，若默认地址与要求地址不符，双击对应的模块，将“系统默认”选项的勾去除，即可自行配置需要的地址。

配置完成后，选择“编译并保存”(Save and compile) 按钮进行编译保存。

编译通过并且保存后，回到 STEP7 主界面，此时 PLC 300 中已经包含所配置的 CPU，在其中的程序块(Blocks)中可生成正确的系统信息数据块(System data)。

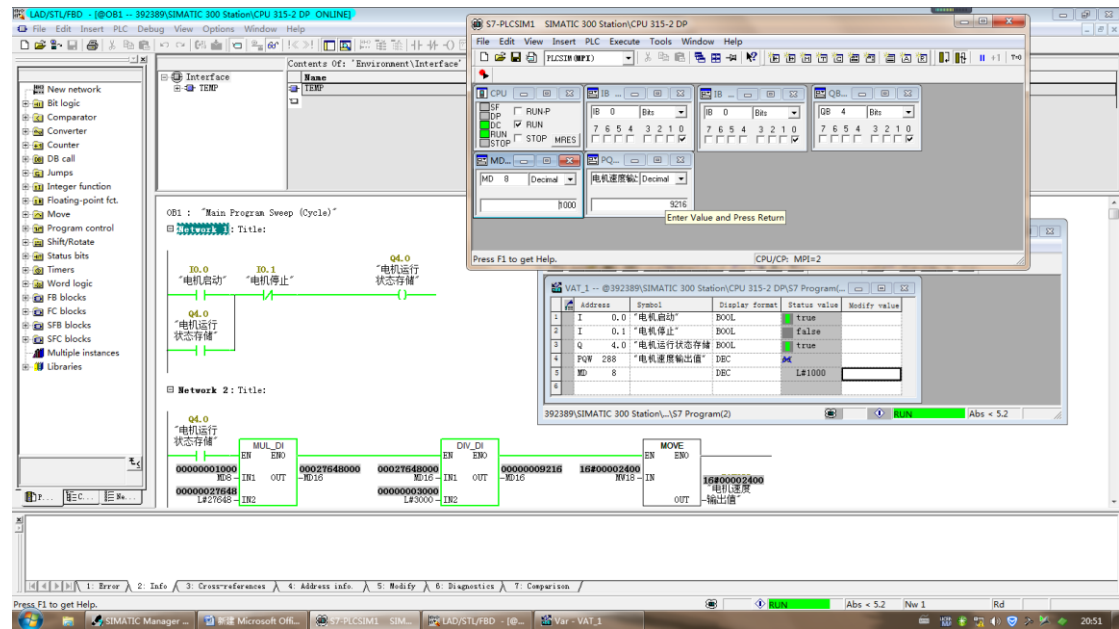
选择 S7 Program(1)，编辑其中的符号表，将所需的 I/O 表复制进去，以便编程及读程序时，更容易理解。所需的四列为符号名、地址、数据类型、注释。完成后保存符号表。

在 ob1 中进行编程，仿真，然后下载。程序如下：

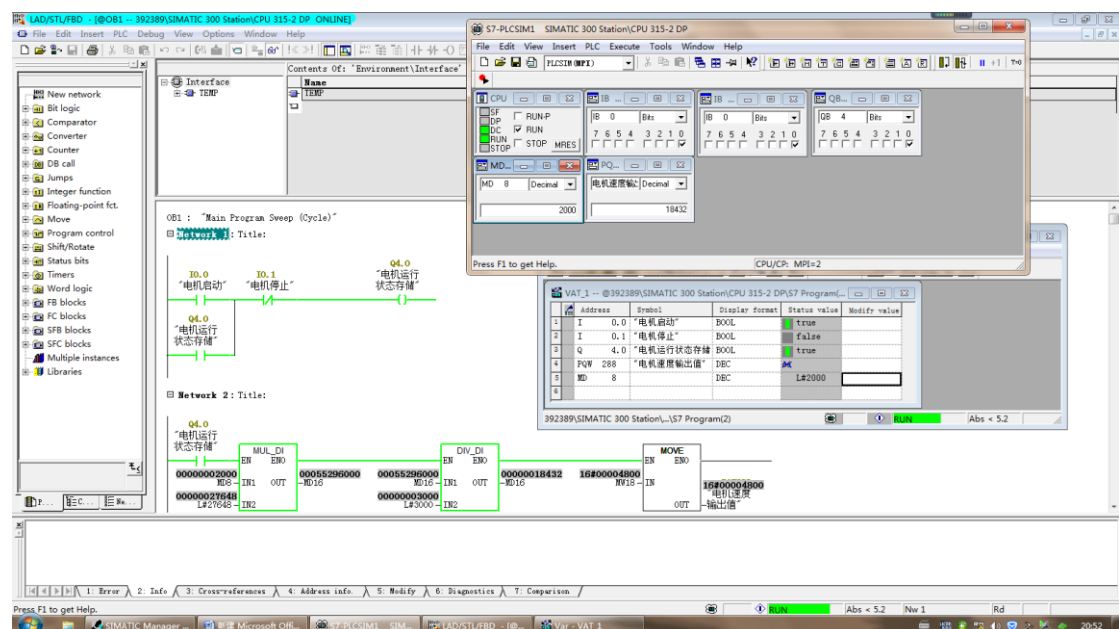


其中 MD8 为转速设定输入值，PQW288 为电机速度输出值，对应 0—27648，根据 MUL\_DI 模块和 DIV\_DI 模块进行乘除运算，得到输入输出换算关系。

转速为 1000 时系统仿真如下：

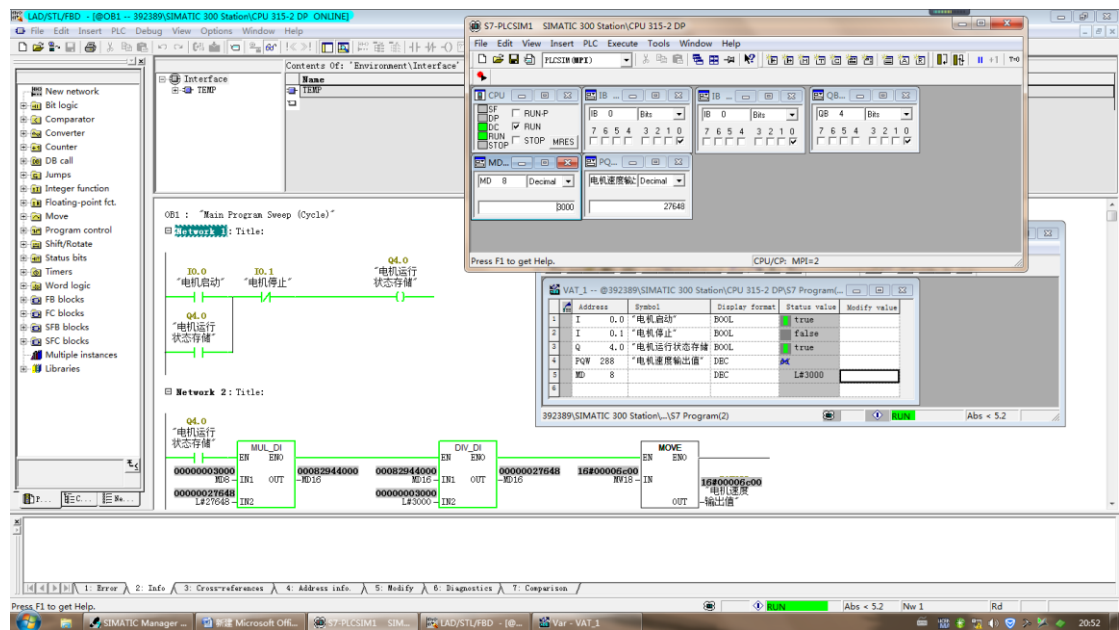


转速为 2000 时系统仿真如下：

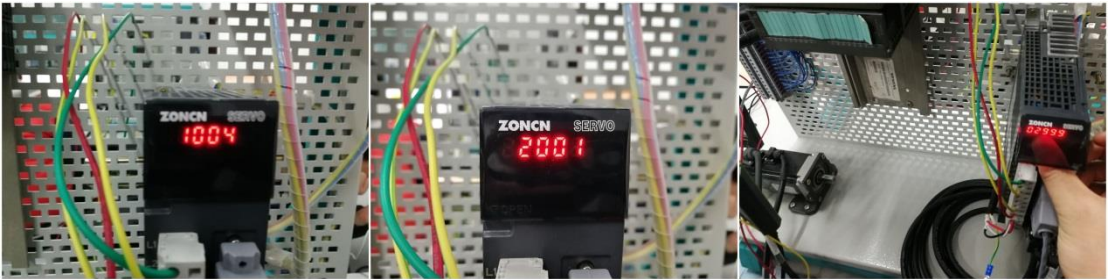




转速为 3000 时系统仿真如下：



仿真结果分析可知，仿真现象与预测调速输出值相同，将该程序下载到 PLC 中，并将硬件连接，观察现象。



实验现象分析可知，基于 PLC 控制的伺服电机调速系统设计要求基本完成。

### 5.4 Wincc 组态画面设计

WinCC 是 SIMATIC PCS 7 过程控制系统及其它西门子控制系统中的人机界面组件，WinCC 集生产自动化和过程自动化于一体，实现了相互之间的整合，这在大量应用和各种工业领域的应用实例中业已证明，包括：汽车工业、化工和制药行业、印刷行业、能源供应和分配、贸易和服务行业、塑料和橡胶行业、机械和设备成套工程、金属加工业、食品、饮料和烟草行业、造纸和纸品加工、钢铁行

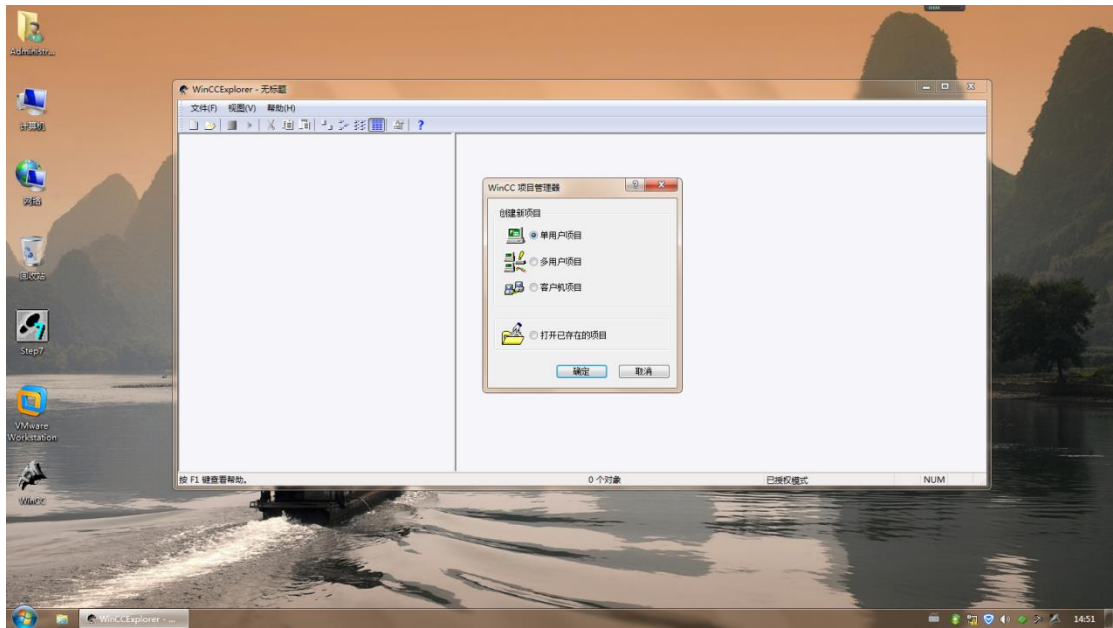


业、运输行业、水处理和污水净化。

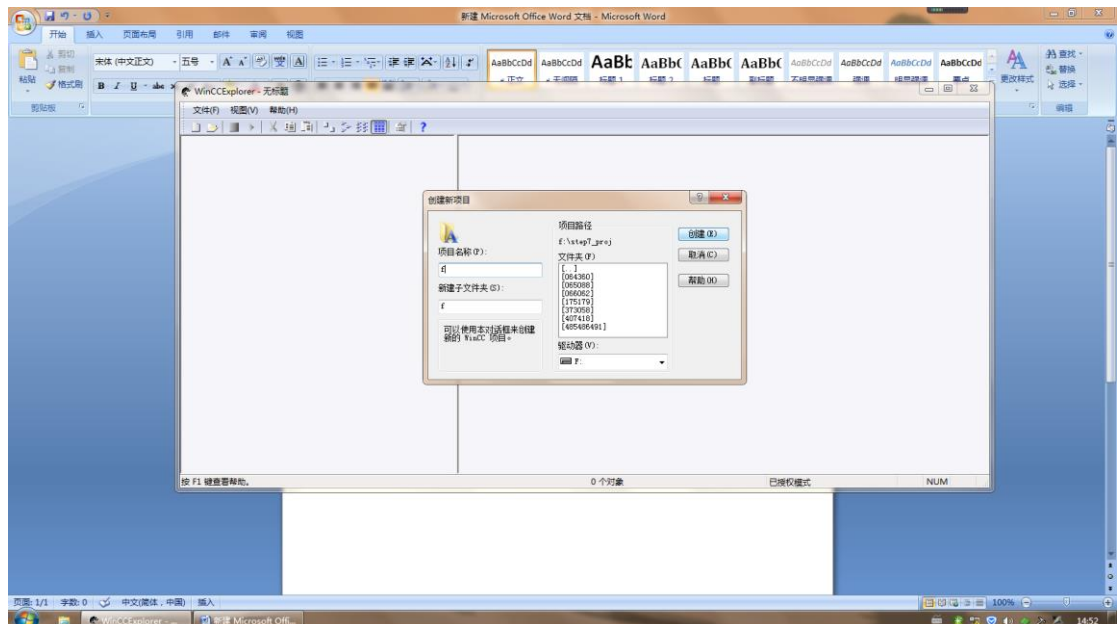
本次实习应实现伺服电机调速系统在线监控，选择 s7-300 系列 PLC 作为控制器，故可以选择使用 wincc 组态软件，完成上位机的设计。

Wincc 要完成与 PLC 的通信设置，设计步骤如下：

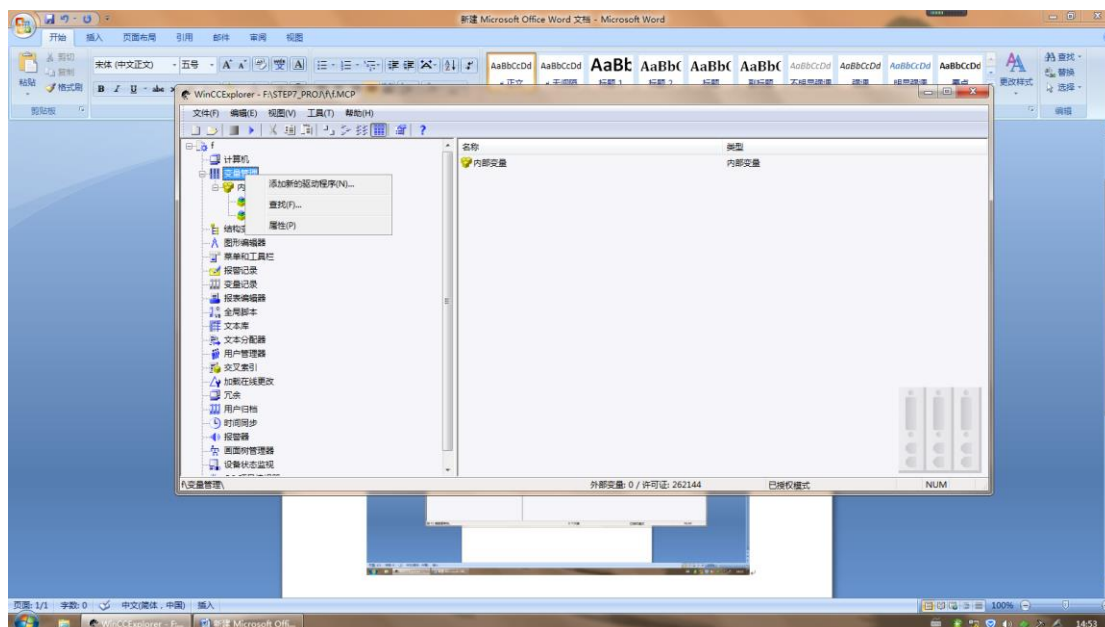
1 打开 wincc 组态软件，点击工具栏处新建按钮，选择单用户项目并确认。



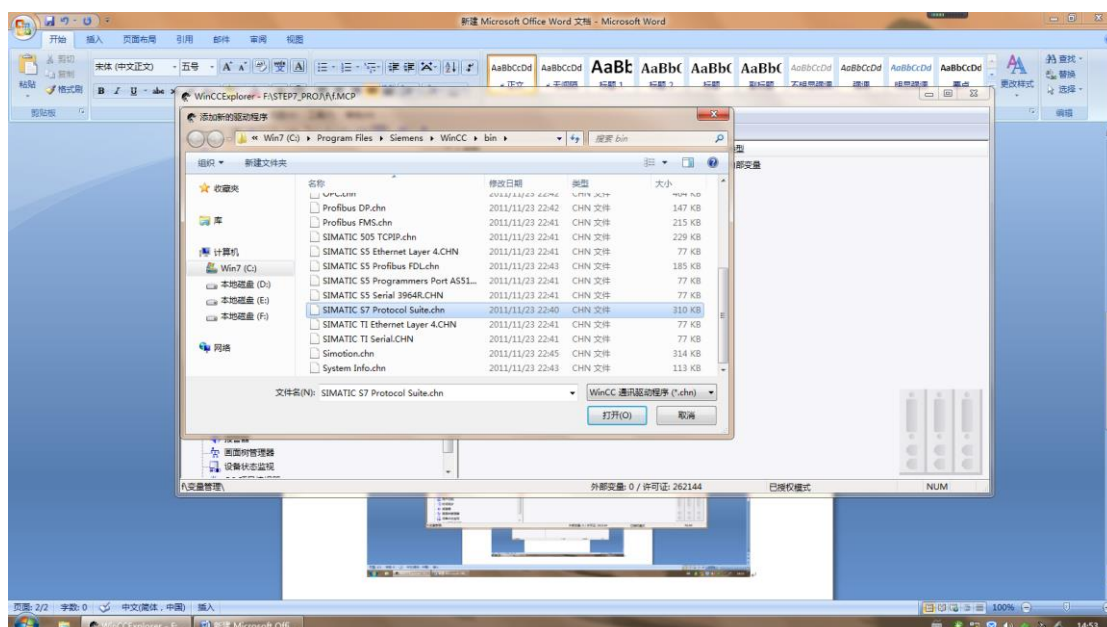
2 选择新建文件的保存路径（保存路径不可以出现中文）



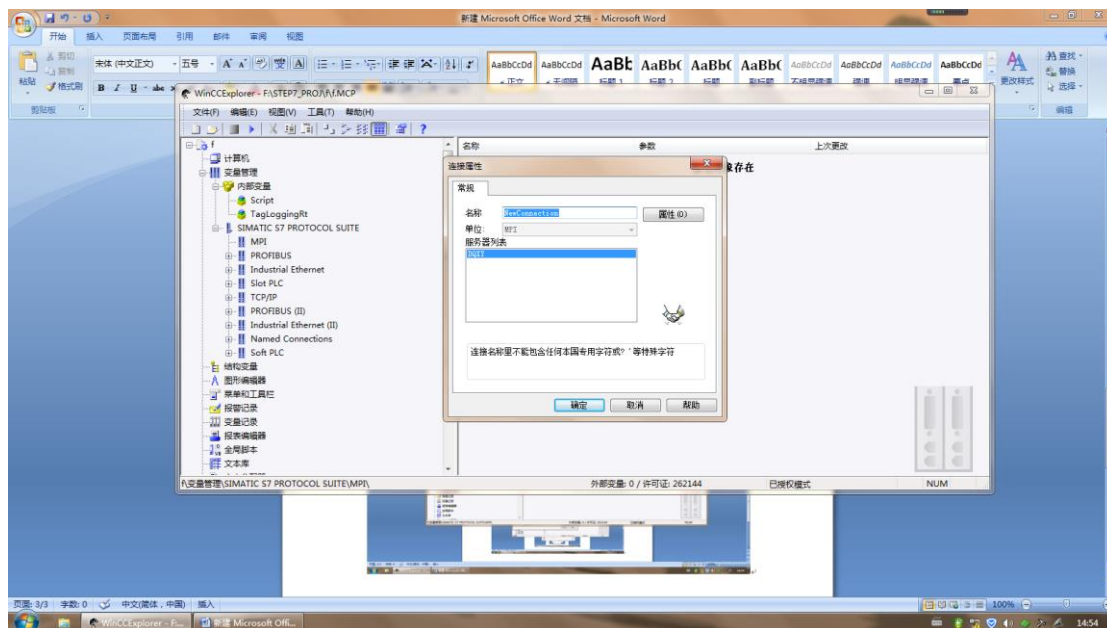
3 在 WinCC 项目中添加通讯驱动程序。打开 WinCC 软件，在项目管理器窗口中选中“变量管理”，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“添加新的驱动程”



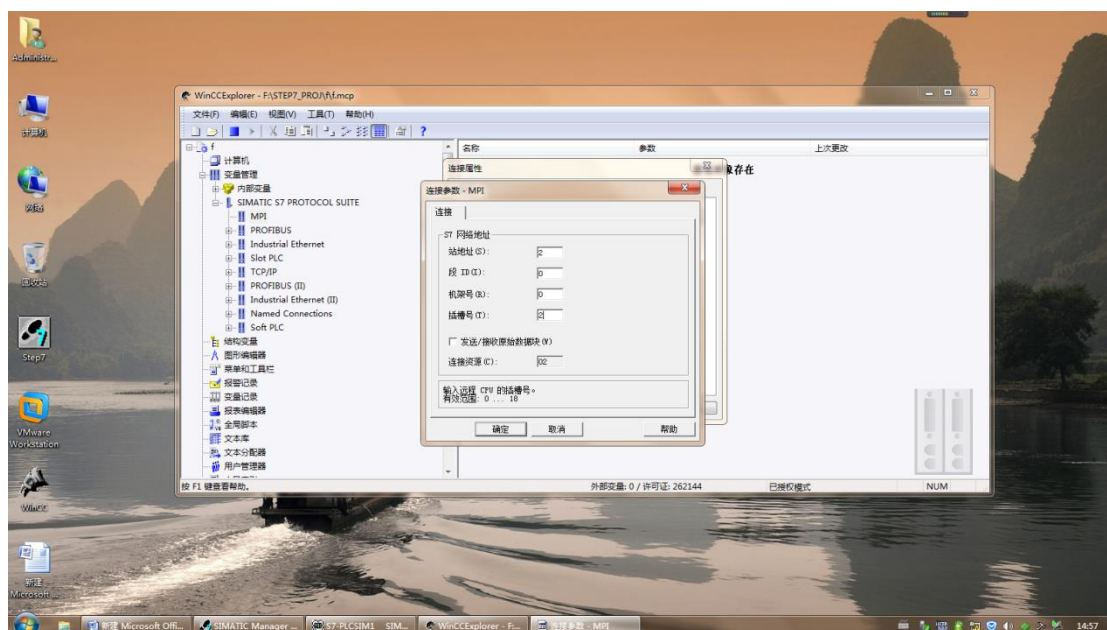
4 在弹出的“添加新的驱动程序”对话框中找到“SIMATIC S7 Protocol Suite.chn”文件，选中该文件，单击“打开”，如下图



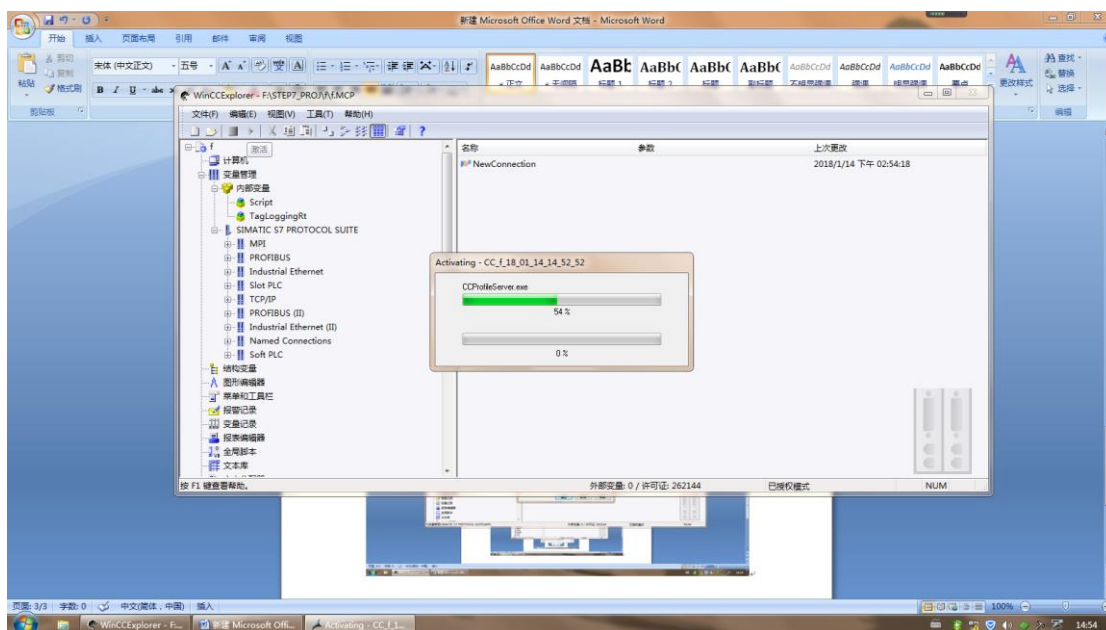
5 在变量管理目录下新增一个“SINMATIC S7 Protocol Suite”子目录，在其中找到“MPI”，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“新驱动程序的连接”，在弹出的“连接属性”对话框中可以为新建的逻辑连接输入一个名称，单击“属性”按钮会弹出“连接参数--MPI”对话框。



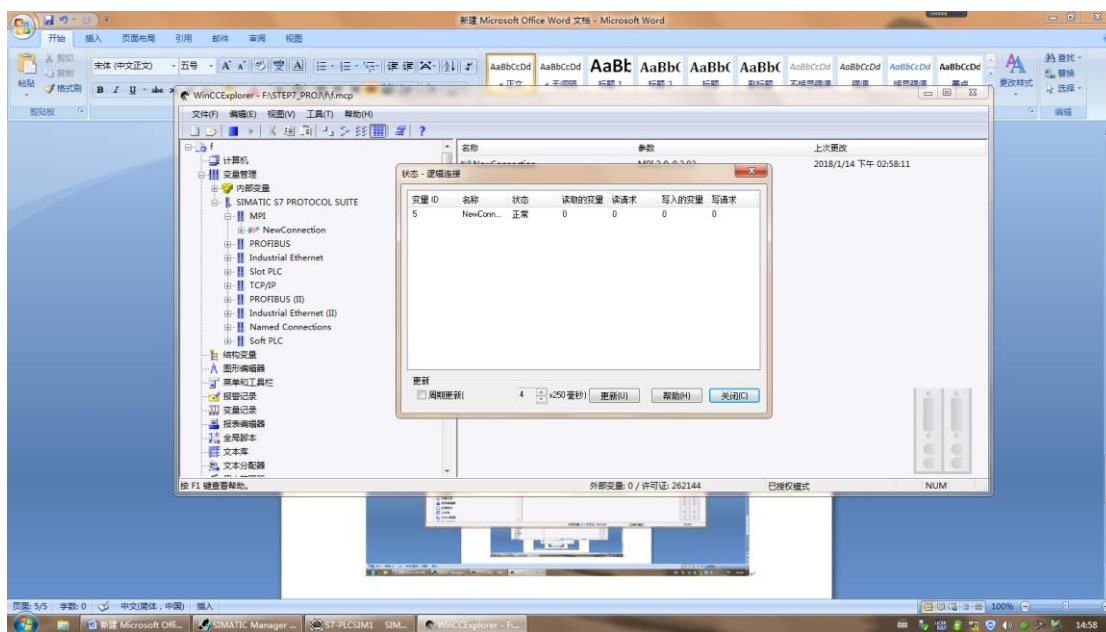
6 在“连接参数--MPI”对话框中可以输入对应 CPU 的“站地址”、“段 ID”、“机架号”和“插槽号”，如下图，设置好后单击确定按钮



7 完成之后，点击激活按钮，自动搜索设备



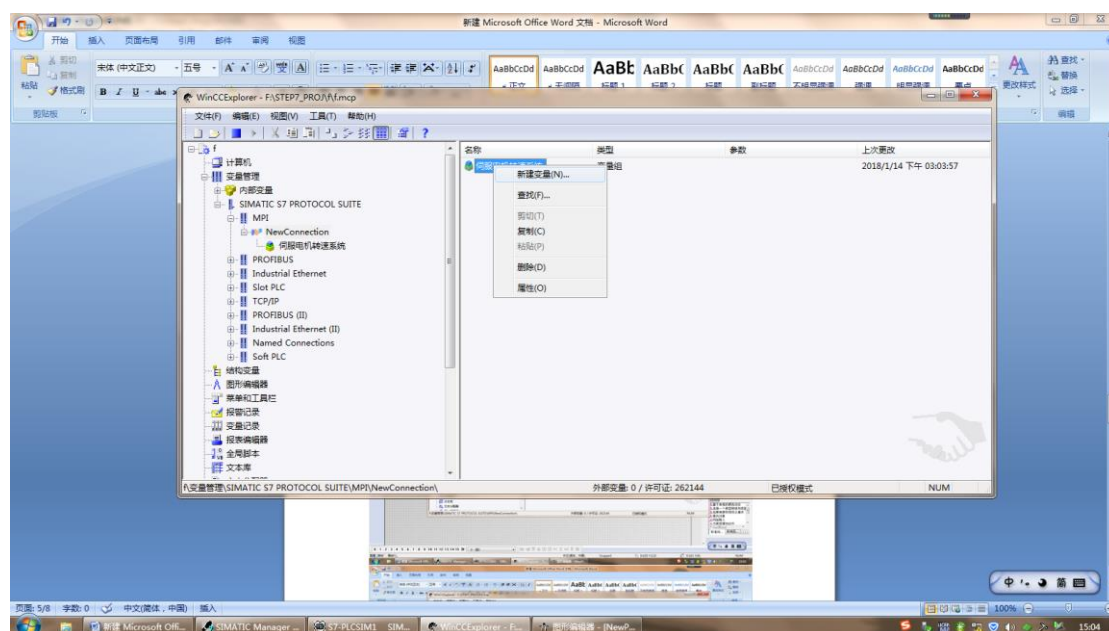
8 完成通信设置



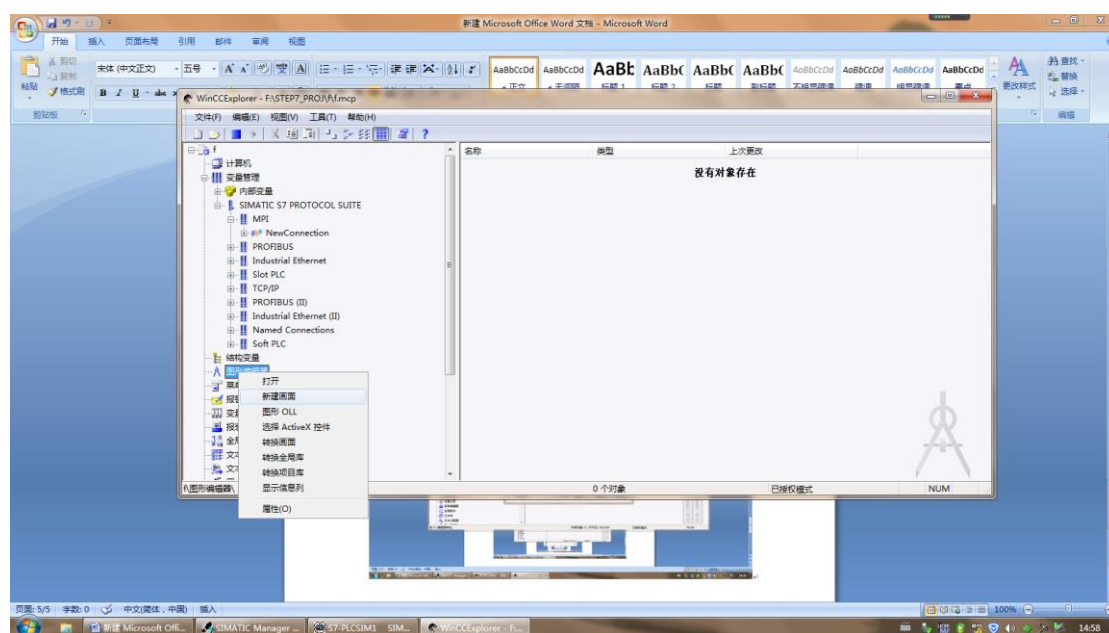


然后进行 wincc 组态画面设计，步骤如下：

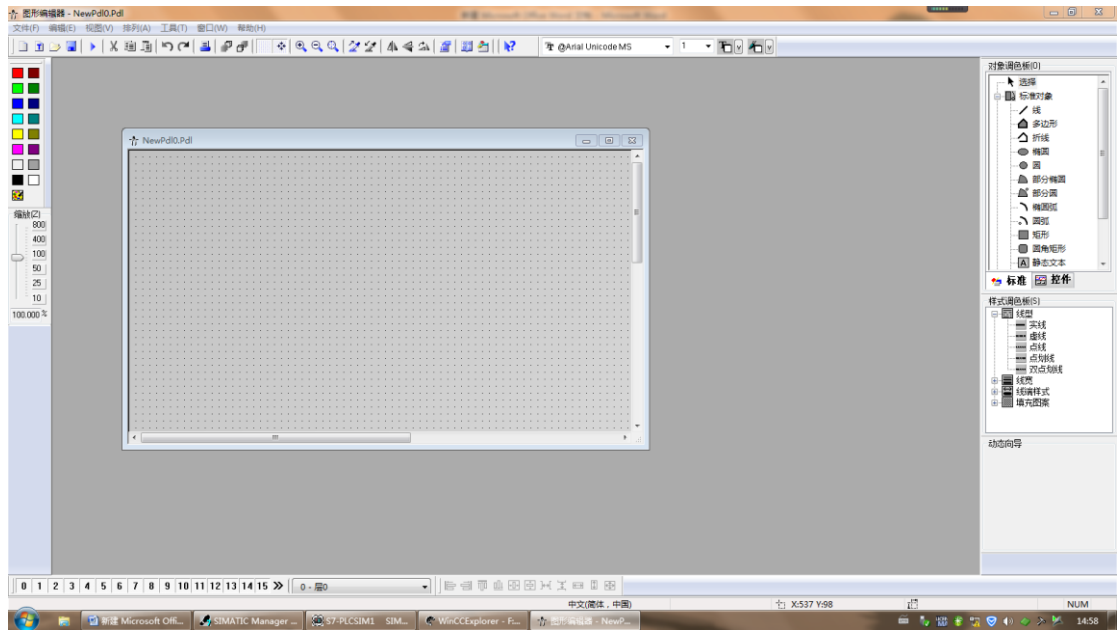
1 进行变量组、变量的定义（与 PLC 间进行通信）



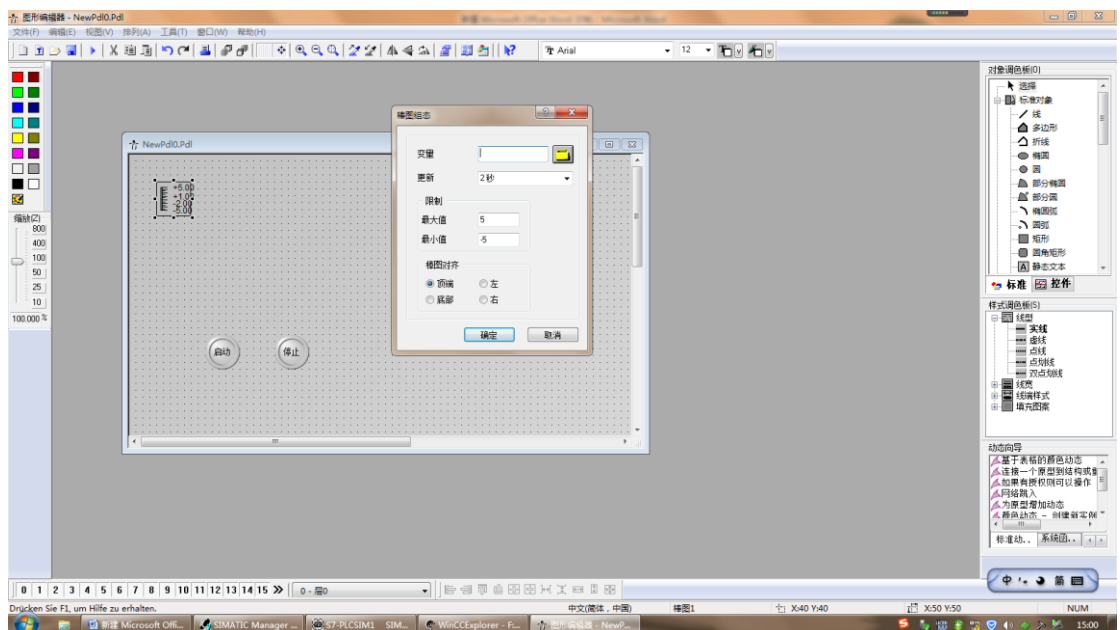
2 右击图形编辑器，点击新建画面，进行画面设计



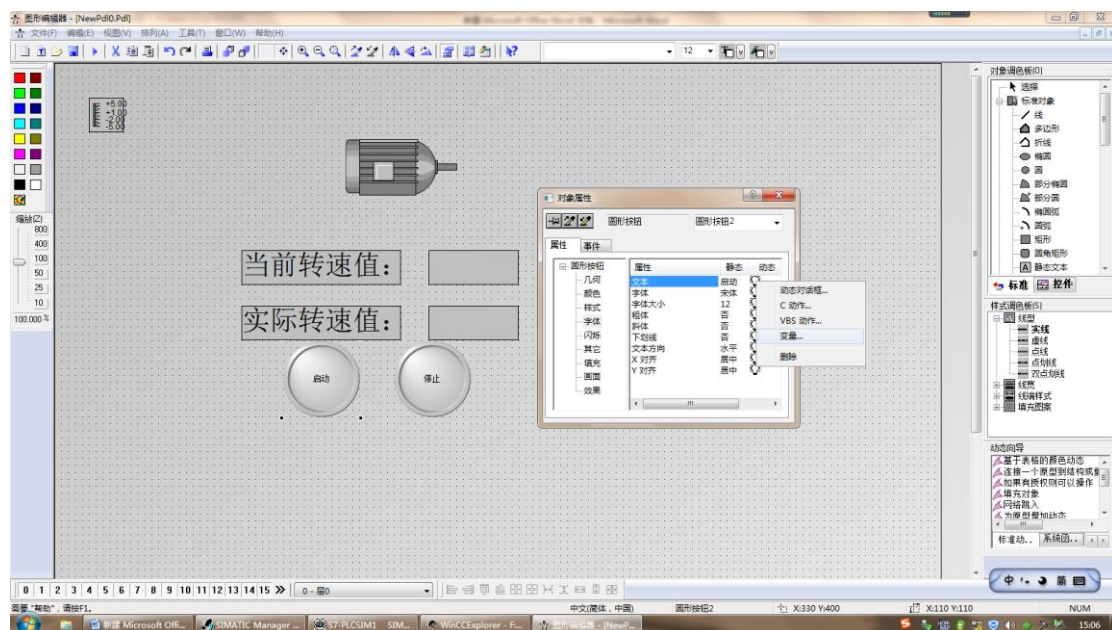




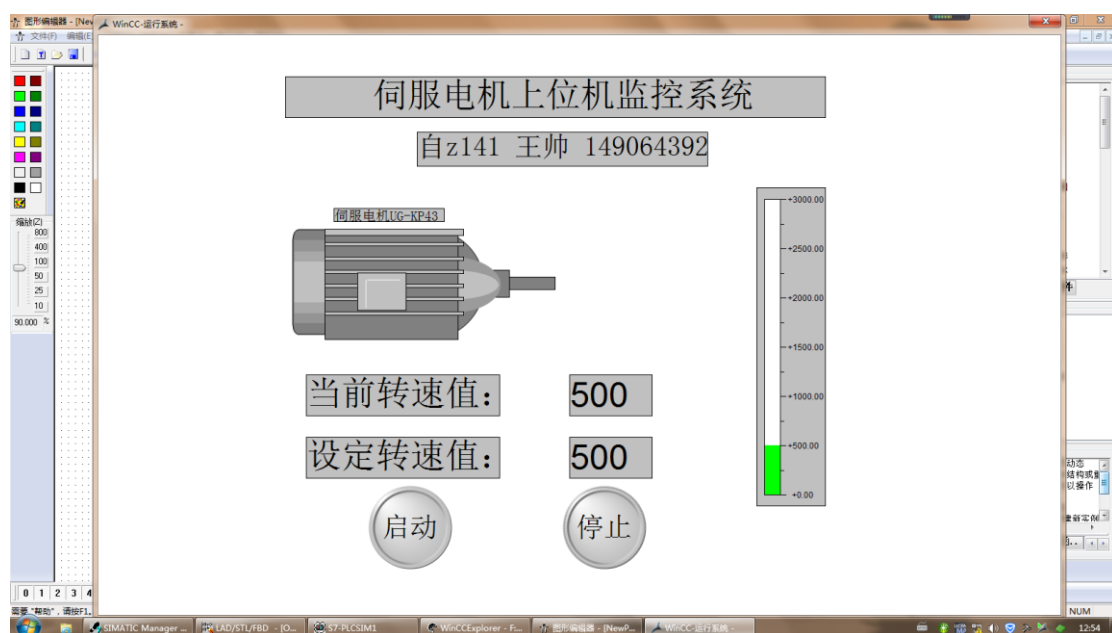
3 拖动相关控件，如按钮，棒图等，进行设计



#### 4 将控件与变量进行关联链接

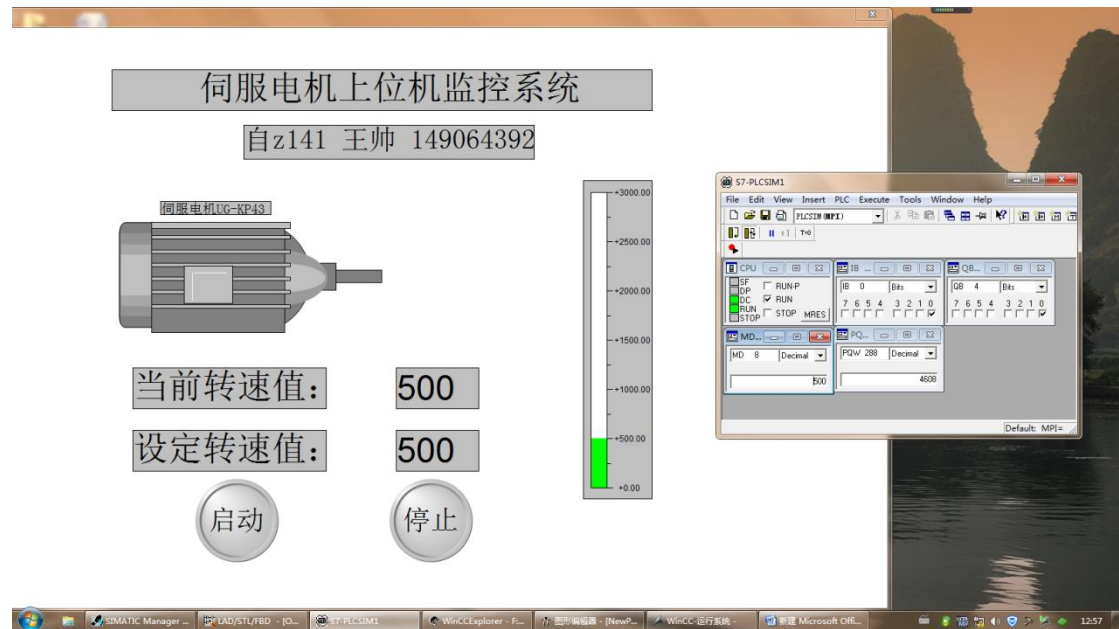


#### 5 设计完成，点击保存并运行查看组态画面

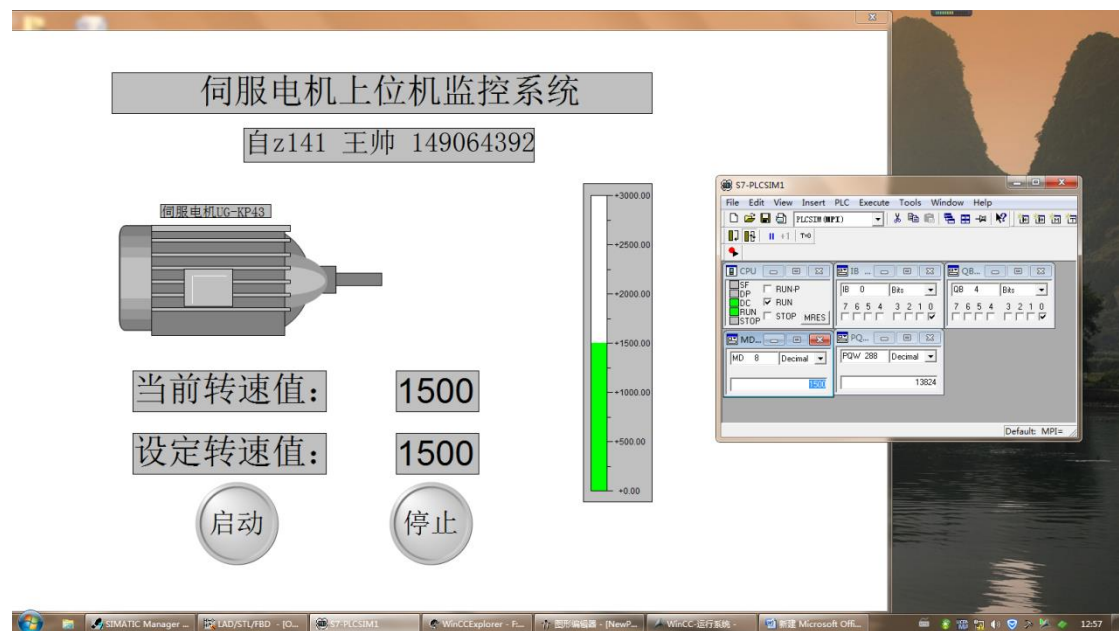


Wincc 组态画面设计完成，选择 PLCSIM 方式在线进行仿真验证：

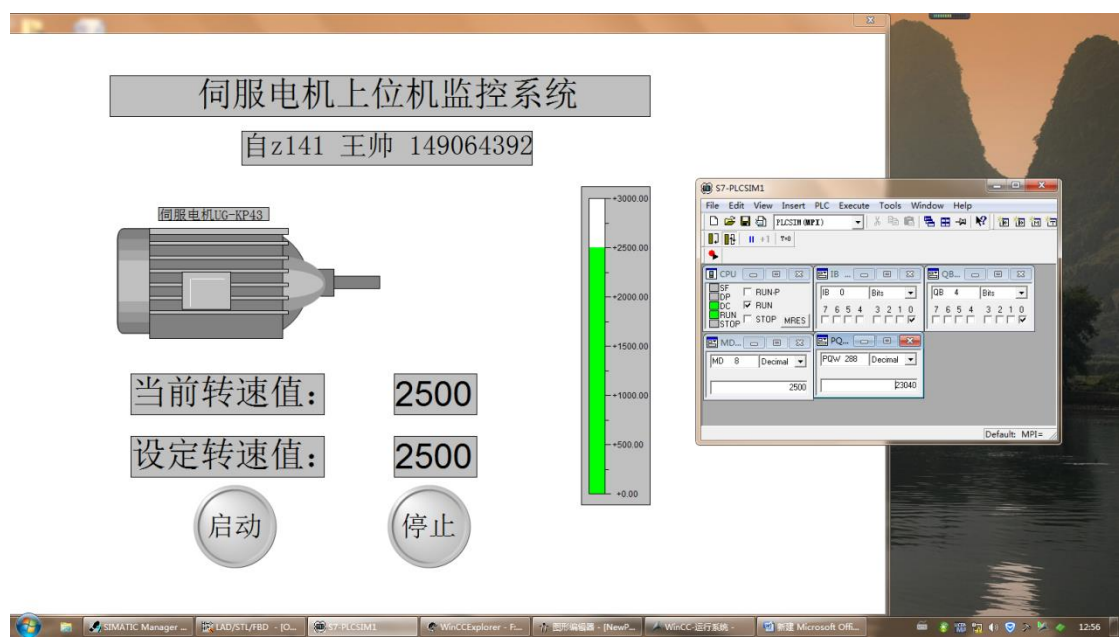
转速为 500 时：



转速为 1500 时：



转速为 2500 时：



仿真结果分析可知，wincc 组态画面设计完成，能够对伺服电机转速状态实时监控。

## 六、实习感想

这里，我首先感谢方炜、刘一帆等自动化专业老师们为我们提供这一次宝贵的实践项目锻炼机会。我们在实习过程中，运动控制实验室全天开放，伺服电机系统随时供我们学习、研究。这样的实践训练，不仅能够锻炼我们动手能力，还能培养我们的自学能力、团队合作能力。在这次实践中，我们将专业课所学的知识如 PLC、电机拖动等理论联系实际，对专业知识有了更深入的理解，贴近于生产实际。

记得实习第一次踏入 331 运动控制实验室的时候，我既兴奋又忐忑不安，兴奋是因为自己接触到了伺服电机、变频器等自动化设备，这些平时只在书本理论上才会出现的专业名词，无一不激起我的求知欲与好奇心。忐忑是因为与以往上实验课不同，我不知道自己最终能不能完成这次实习项目。这次项目老师不会手把手教，需要我们根据所学的专业知识和设备说明书，自己研究学习，并要求完成伺服电机调速系统设计。这是一项很艰巨的项目任务。作为一名即将本科毕业的卓越工程师班学生，我也想通过这次实践项目来检验自己的专业水平含金量，找出自己的不足。于是，我便积极接受这次项目“挑战”。

在接下来的十几天里，我和我的卓越班同学们坚持每天去实验室学习控制伺服电机系统，遇到不懂的地方，我们一起讨论，一起进步。记得我在伺服电机转速试运行调试阶段，因为搞错了一个面板指令，而卡在这里很久，经过三天时间的反思学习，仍然没有解决这个问题，隔壁组的路广林同学便很热心的来帮助我，一步步分析、解答我的困惑点，我也虚心向他请教电机参数设置的相关细节，最终我们发现了 Pn6 组指令错误，修改过来后，我成功的将伺服电机试运行！看到电机转起来的一刹那，我不禁在实验室中“啊”的喊了一声，还吓到了其他同学~这是工程实践过程中不可言喻的魅力！

我这次成功完成实践项目--基于 PLC 控制的伺服电机调速系统设计，实践动手能力也得到了锻炼，但是，我深感自己的专业水平仍然很有限，自己的专业素养水平不够， 希望自己在接下来的本科时间里能够着手更多类似的实践项目来锻炼自己、提升自己。



## 七、参考文献

- 《可编程逻辑控制器原理及应用》
- 《西门子 WINCC 组态软件工程应用技术》
- 《US100 伺服驱动器补充说明》
- 《伺服驱动器说明书》