

《石油仪表及自动化》（第三版）云资料

练兵场

《石油仪表及自动化》（第三版）是为高职高专院校石油工程、炼油化工、燃气工程等专业量身打造的核心课程教材。聚焦石油化工行业智能化转型需求，服务“岗课赛证融通”人才培养目标，旨在培养具备智能仪表安装调试、工业控制系统运维等岗位核心能力的复合型技术人才。

《石油仪表及自动化》（第三版）深度融合行业新技术与新标准，进行了结构性重大修订。教材结构突破传统的按测量参数为主线编写的模式，打破了常规“测量基础-测量仪表-控制系统”的编写体系。教材结构采用项目驱动方式、模块化教学模式编写。通过从生产实际测控需求提炼出来的多个项目单元将各个测控仪表模块融合在一起。按解决生产测控需求这一主线组织教学内容，使仪表自动化教学真正贴近生产实际，增强高职教育解决生产实际问题的能力。内容设计践行“做中学”理念，构建“三新三实”体系：一是对接新技术，新增智能仪表、工业物联网等前沿技术，同步更新油田信息化、炼化企业数字化车间案例；二是突出实用性，精选 200 余幅设备结构图、工艺流程图，采用“问题引导-原理剖析-实操训练”三段式教学法，降低非专业学生入门难度；三是强化实战性，设置“仪表选型挑战赛”“系统调试排障”等情景任务，融入全国职业院校技能大赛标准，全面支撑“课堂-实训-岗位”的能力递进培养。通过“项目引领、任务驱动”的教学设计，实现知识传授、技能训练与职业素养培育的有机统一，为培养适应智慧石油化工产业需求的高素质技术技能人才提供有力支撑。

此云资料“练兵场”是为《石油仪表及自动化》配套的实训资源，通过广泛调研及多年教学实践总结，结合近年来石油行业仪表自动化系统的新技术、新应用、新设备，精心组织了 18 个实践训练项目以【实践课题】的形式，按《石油仪表及自动化》（第三版）教学项目体系编写，供读者在学习过程中参考，以支持“教、学、做”一体化训练任务。

各高职院校、培训机构和学习者个人可以结合石油仪表及自动化科目教学进程，自主选择相应的实践课题组织进行实践训练，以达到提高学习效果，解决实际生产问题，训练实践能力的目的。

实践课题 1.1 单容对象特性的测试

实训目的

1. 掌握单容水箱阶跃响应的测试方法，并记录水箱液位的响应曲线。
2. 根据实验得到的液位阶跃响应曲线，确定被测对象的特征参数。

实训设备

1. 天煌 TKGK-1 型过程控制实验装置：计算机控制屏 GK-03、控制器 GK-04、变频器 GK-07 挂箱。
2. 计算机及万用表。

实训原理

单容水箱特性测试系统如图 1.1-1 所示

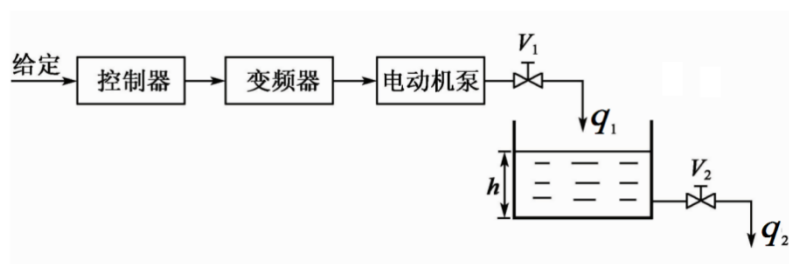


图 1.1-1 单容水箱特性测试系统

对象的被控变量（输出量）为水箱的液位 h ，操纵变量（输入量）是水箱的进水量 q_1 ，由手动阀 V_1 控制。手动阀 V_2 固定于某一开度值，水箱的出水量 q_2 随液位而变。

若迅速改变手动阀 V_1 、使进水流量产生阶跃变化 $\Delta q_1 = A$ （常量），根据水箱物料平衡关系，得到液位 h 变化的时域方程为：

$$\Delta h(t) = KA \left(1 - e^{-\frac{1}{T}t} \right)$$

当 $t \rightarrow \infty$ 时， $\Delta h(\infty) = KA$ ，即对象放大系数为 $K = \frac{h(\infty)}{A}$

当 $t = T$ 时，则有： $\Delta h(T) = KA(1 - e^{-1}) = 0.632KA = 0.632\Delta h(\infty)$

单容水箱的响应曲线是一单调上升的指数函数，当由实验求得图 1.1-2 所示的阶跃响应曲线后，该曲线上升到稳态值的 63.2% 所对应的时间，就是水箱的时间常数 T ， T 的另外一种求取方法是通过坐标原点对响应曲线作切线，该切线与稳态值交点所对应的时间就是时间常数 T 。

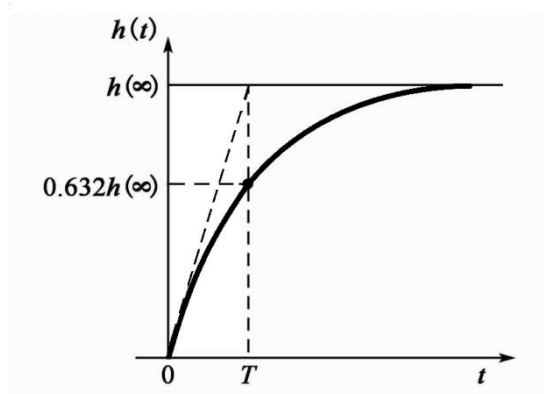


图 1.1-2 单容水箱的单调上升指数曲线

实训内容与步骤

1. 对水箱液位传感器进行零点与增益的调整。
2. 按照图 1.1-1 的结构框图，完成系统接线，把阀 V_1 和 V_2 开至某一开度，且使 V_1 的开度大于 V_2 的开度，并把控制器的“手动/自动”开关置于“手动”位置，此时系统处于开环状态。
3. 将单片机控制屏 GK-03 的输入信号端“LT1. LT2”与水箱液位传感器的输出端“LT1. LT2”对应连接；用配套通讯线将 GK-03 的“串行通信口”与计算机的 COM1 连接；启动单片机控制屏 GK-03，然后用上位机控制监控软件对液位进行监视并记录过程曲线。
4. 利用控制器的手动旋钮调节控制器的输出，通过变频水泵，上、下改变进水流量 q_1 ，将被控参数液位稳定控制在 4cm 左右。
5. 观察水箱的水位是否趋于平衡状态。若已平衡，记录此时变频器输出频率 f 、水箱水位的高度 h 和显示仪表 LT1 的读数值、电磁流量计指示流量值。
6. 迅速增调“手动调节”电位器，使控制器的输出阶跃增加约 10%，通过变频器改变水泵流量，使 q_1 增加约 10%。记录过渡过程中各参数（变频器输出频率 f 、水箱水位的高度 h 和显示仪表 LT1 的读数值、电磁流量计指示流量值）填写到表 1.1-1 中。利用上位机监控软件也可以自动记录阶跃响应的过程曲线。

表 1.1-1 水位记录表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
t (s)																
水箱水位h(cm)																
LT1读数(cm)																
变频器频率 (Hz)																
电磁流量计流量 (L/min)																

7. 等到液位经一定时间调节进入新的平衡状态后，记录变频器输出频率 f 、水箱水位的高度 h 和显示仪表 LT1 的读数值、电磁流量计指示流量值。填写到表 1.1-1 中。

根据过渡过程前后两个平衡状态所记录的液位、流量变化即可根据上述公式计算放大系数 K 和时间常数 T 。

实践课题 1.2 智能仪表位式温度控制系统

实训目的

1. 了解智能仪表的使用及参数的自整定。
2. 设计温度二位控制系统。

实训设备

1. 天煌 THKGK-1 过程制实验装置
2. AI-708 智能控制器（GK-01 面板上）

实训原理

1. AI-708 智能控制器功能

AI-708 智能控制器是天煌 THKGK-1 过程制实验装置 GK-01 面板上的一块数字控制仪表。通过参数设置即可选择热电偶、热电阻、线性电阻和电压（电流）的输出，具备位式调节、AI 人工智能调节、通讯、变送和上限、下限、正偏差、负偏差等报警功能，具有 0.2 级精度。

2. AI-708 作为二位控制器时的参数设置

控制方式：Ctrl=0（表明采用位式调节，只适合要求不高的场合）

输入规格：SN=21（表明是 PT100 热电阻输入）

输入下限值和输入上限值：dIL=0 dIH=100（百分比显示）

输出方式：OP1=0（高低电平两位输出，控制固态继电器开、关）

输出下限值和输出上限值：OPL=0 OPH=100（百分比显示）

回差：dF=0.3

系统功能选择：CF=4

通讯地址：Addr=00

通讯波特率：BAUD=100

运行及上电信号处理：RUN=1

3. AI-708 作为二位控制器时的工作原理：

AI-708 作为控制器的二位控制系统结构如图 1.2-1 所示

控制器输出的电压直接控制固态继电器的通断，以控制加热器是否加热，从而达到控制复合水箱对象温度的目的。

当 PV（测量温度）减小到小于 $SV-dF$ （设定温度减回差）时，控制器输出 DC12V，固态继电器通电接通加热电源；当 PV 增大到大于 $SV+dF$ （设定温度加回差）时，控制器输出控制电压为 0V，固态继电器断电断开加热电源。

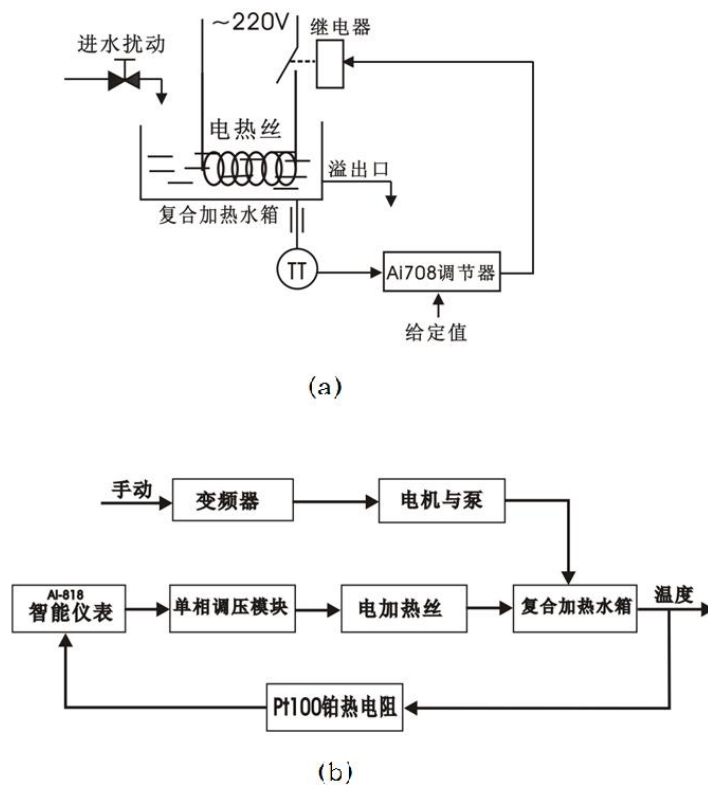


图 1.2-1 智能仪表温度控制系统结构图

实训步骤

1. 按图 1.2-1 (b) 所示的方块图，完成系统的连线工作。
2. 参照实训原理中的说明，先对 AI-708 智能仪表进行参数和给定值的设置，然后打开 GK-01 上的加热开关，使系统投入自动运行。
3. 以复合加热水箱作为被控对象，手动控制交流电机使之恒速往复合加热水箱内套加水。
4. 用上位机采集实时数据并显示过渡过程曲线：将 AI-708 的温度检测信号输出端“TT”接单片控制 GK-03 的信号输入端“TT”；设置单片机回路 5 参数 $St=2$ 、 $CH=100$ 、 $CL=0$ ；用串行通信线将 GK-03 与上位机相连，以便实验时观察过程的曲线。
5. 改变设定温度值，记录在不同温度下的过程曲线。
6. 用直流电机驱动泵向加热水箱打水作为扰动，并记录过程曲线。
7. 记录控制系统过渡过程曲线。
8. 画出加冷却水时被控量的动态响应曲线，并比较振荡周期和振荡幅度大小。

实践课题 1.3 液位串级控制系统的特性

实训目的

1. 熟悉串级控制系统的结构与控制特点。
2. 研究阶跃扰动分别作用在副对象和主对象时对系统主被控量的影响。

实训设备

1. TKGK-1 型过程控制实验装置：变频调速器(GK-07-2)、直流调速器(GK-06)、 模拟 PID 控制器（GK-04）两台、单片机控制屏(GK-03)。
2. 万用电表一只。
3. 计算机系统。

实训原理

液位串级控制系统的结构图和方框图见图 1.3-1 和图 1.3-2。该系统有两个主、副控制器和主、副两个被控对象。

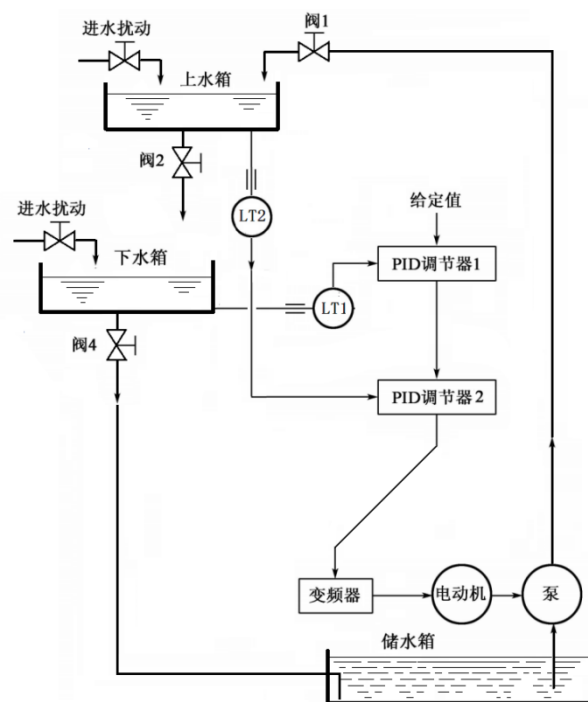


图 1.3-1 液位串级控制系统结构图

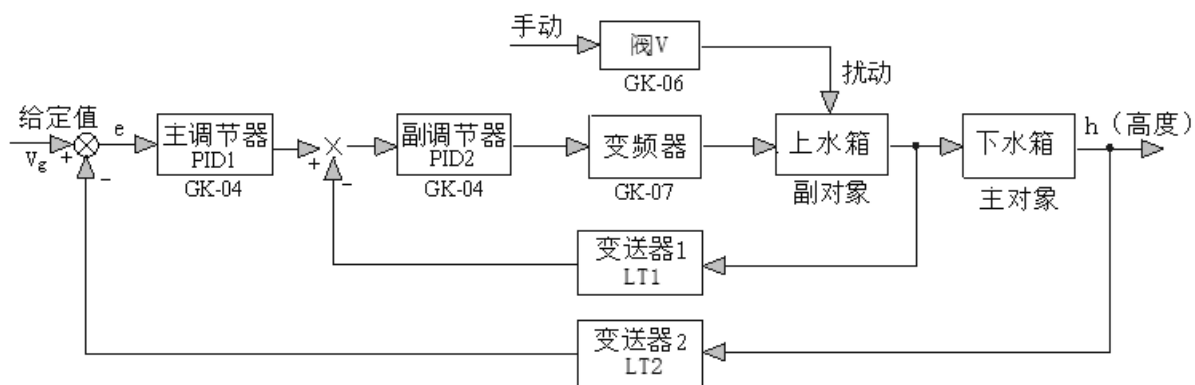


图 1.3-2 液位串级控制系统方框图

实训步骤

1. 按图 1.3-1 和图 1.3-2，连接好实验线路，并进行零位与增益的调节。

2. 正确设置 PID 控制器的开关位置：

副控制器：纯比例（P）控制，反作用，自动，副回路的开环增益 K_{c2} 较大。

主控制器：比例积分（PI）控制，反作用，自动，主回路开环增益 $K_{c1} < K_{c2}$ 。

3. 先将主、副控制器均置于纯比例 P 调节，并将副控制器的比例度 δ 调到 30% 左右。

将主控制器置于手动，副控制器置于自动，通过改变主控制器的手动输出值使下水箱液位达到设定值。

将主控制器置于自动，调节比例度 δ ，使输出响应曲线呈 4:1 衰减，记录过程曲线和 δ_s 值、 T_s 值，据此查表求出主控制器的 δ 值和 T_i 值。

实验中要注意的是阀 4 的开度必须小于阀 2 的开度实验才能成功。

实践课题 2.1 热电阻的安装实训

实训目的

1. 学会使用热电阻进行温度测量。
2. 掌握热电阻的安装方法。
3. 掌握热电阻与二次仪表的连接方法。

实训设备

1. 普通热电阻 WZP240 (M27×2 螺纹安装, 插入深度 100、150、200mm 多种)。
2. 带金属保护套的玻璃液体温度计、双金属温度计 (测温范围多种)。
3. 模拟工艺管道 (带安装短接、法兰等)。
4. 安装工具、电缆穿线器材 (金属护管及挠性软管等)。

实训要求

对热电阻的安装, 应注意有利于测温准确, 安全可靠及维修方便, 而且不影响设备运行和生产操作。要满足以上要求, 在选择热电阻的安装部位和插入深度时要注意以下几点:

1. 为了使热电阻的测量端与被测介质之间有充分的热交换, 应合理选择测点位置, 尽量避免在阀门、弯头及管道和设备的死角附近装设热电阻。
2. 带有保护套管的热电阻有传热和散热损失, 为了减少测量误差, 热电阻应该有足够的插入深度。
3. 对于测量管道中心流体温度的热电阻, 一般都应将其测量端插入到管道中心处 (垂直安装或倾斜安装)。如被测流体的管道直径是 200 毫米, 那热电阻插入深度应选择 100 毫米。
4. 当测量原件插入深度超过 1m 时, 应尽可能垂直安装, 或加装支撑架和保护套管。

实训步骤

1. 按工艺介质性质、测量显示远传要求、压力、温度范围、管线尺寸选择测温元件类型 (玻璃液体温度计、双金属温度计、热电偶、热电阻、一体化温度变送器)。
2. 根据工艺要求确定安装方式 (法兰、螺纹)、插入深度、工作压力等。
3. 选择合适密封垫片 (聚四氟乙烯、紫铜、铅铝、钢丝), 将测温元件安装到安装短接上。
4. 需要远传时, 按照接线图将热电阻或一体化温度变送器的接线盒接好线, 并与表盘上相对应的显示仪表连接。做好出线电缆密封、电缆护管及挠性软管的连接。
5. 通电、通水、加热, 观察密封情况, 显示情况、信号传输效果。

实践课题 2.2 扩散硅压力变送器校验调试

实训目的

1. 通过实训掌握压力变送器校验方法。
2. 了解压力变送器校验步骤。
3. 熟悉校验设备使用及维护。
4. 规范压力变送器校准的操作，确保压力变送器的校准结果真实、可靠。

实训设备

1. 标准压力校验仪。
2. 精密压力表。
3. 标准电流表。
4. 24V DC 电源。
5. 连接件、导线等。

实训要求

1. 压力变送器与压力校验器紧密连接后，要进行密封性检测。
2. 反复零点和满程调整直到满足精度要求，变送器的基本误差值、变差值应满足其出厂要求。

实训步骤

1. 回零检查：检查仪表零位，若超差调整零位。

2. 变送器零位、量程校验：

① 把标准压力表和扩散硅压力变送器装到压力校验仪上。

② 按图 2.2-1 所示电路接线，根据实验电路为扩散硅压力变送器提供直流 24V 电源，并将标准电流表串联在电路中。

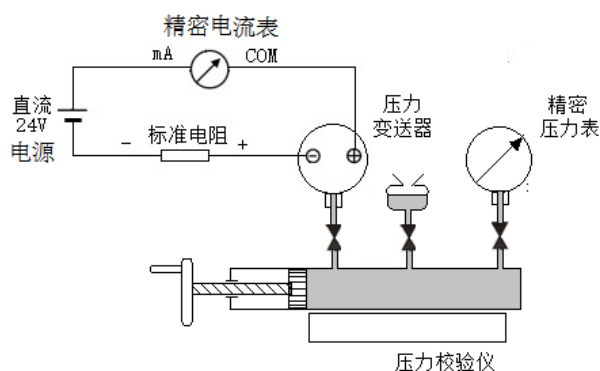


图 2.2-1 压力变送器校验原理示意图

③ 零点调校：不加压，将压室通大气，接通电源稳定 5min 后，将阻尼时间调最小，观察标准电流表的指示值应为 4mA；若不是，调整变送器的零点螺钉直至电流表指示值为 4mA，即此时变送器输出为零点 4mA。

④ 量程调校：缓慢地给变送器增加压力，使压室输入满量程信号，观察标准电流表的指示值应为 20mA；若有偏差，调整变送器的量程螺钉直至电流表输出为 20mA，即此时变送器输出为满量程 20mA。

⑤ 反复重复操作步骤 3、4 直到量程、零点误差均符合要求为止。

⑥ 将测量范围分为五点，按 0%、25%、50%、75%、100%，按上行程及下行程分别进行逐点校验，记录电流表的上行、下行输出数值，观察五点的电流值是否为 4mA、8mA、12mA、16mA、20mA。

3. 将实训数据填入表格 2.2-1 中：计算变送器的引用误差和变差，分析变送器的输出值是否在允许范围内，给出校验结论。

4. 卸压断电，将仪表归位，整理台面清洁现场。

表 2.2-1 扩散硅压力变送器调校记录

输入校验值		标准输出 I_t	输出实测值 I_x , mA				
%	m	mA	上行输出	引用误差 %	下行输出	引用误差 %	变差 %
0		4					
25		8					
50		12					
75		16					
100		20					
最大引用误差:			最大变差:				
检验结论:							

实践课题 3.1 电容式液位变送器调校

实验目的

1. 了解电容式差压变送器的结构。
2. 掌握电容式差压变送器的性能测定。
3. 掌握电容式差压变送器的零点量程调校。

实验设备

1. 1151DP4S 差压变送器一台；
2. 标准电流表一块；
3. 扳手、螺丝刀等工具。
4. SLZK-II 型技能训练鉴定实验台。

实验原理

1151 电容式变送器由测量部分、转换部分组成。测量部分其核心部件——电容膜盒，两边焊接隔离膜片，隔离被测介质，内充硅油，中间测量膜片与绝缘体上的正负压侧球冠状金属镀膜（固定电极）形成两个电容，在压差作用下，测量膜片向变形，两侧电容改变。转换部分将两电容转换为 4-20mA 电流信号输出。

校验时将被校差压变送器的负压室通大气，正压室接入可调气源产生的压力，则被测差压就等于压力源的表压力。用标准压力表的示值作为真值，比较被校差压变送器的示值，即可确定被校表的误差、精度、变差等性能（见图 3.1-1）。

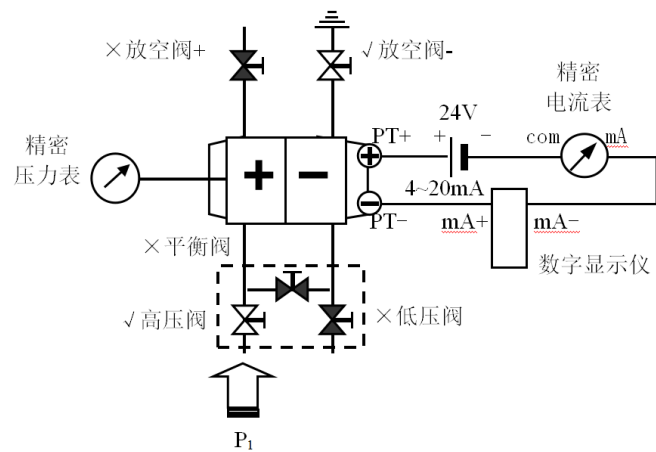
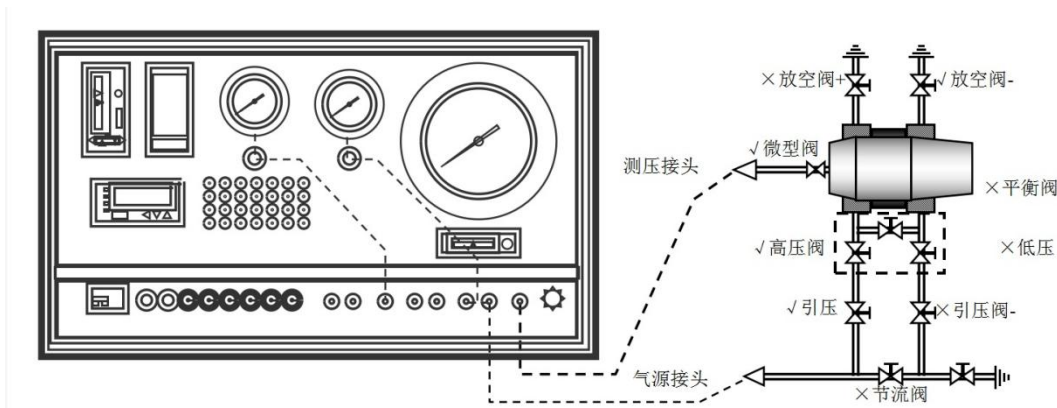


图 3.1-1 实验原理图

差压变送器在实验装置的连接如图 3.1-2 所示。（注：图中标√号的阀开启，标×号的阀关闭）



图图 3.1-2 实训装置连接图

校验时，所选标准压力计一般为精密压力表，或数字压力计。标准表的选择应能满足允许最大绝对误差小于被校表允许最大绝对误差的三分之一。

实验步骤

1. 准备工作：

① 根据实验原理电路为差压变送器提供 24V 电源，并将标准电流表串接在电路中。

即 24v+ → PT+ → PT- → mA+ → mA- → 电流表 mA → 电流表 COM → 24v-。

② 各阀门在正常校验时的状态如图所示（√号表示开，×号表示关）。即关闭差压变送器的负引压阀、节流阀、放空阀+和三阀组的低压阀、平衡阀，打开差压变送器的正引压阀、放空阀-和三阀组的高压阀，使负压室通大气。

③ 将气源接头插入 0~100kPa 气源接口 7，变送器正压室测压接头接标准压力表接口 8，打开正压室输出管接头上的微型阀。

④ 经检查无误后，打开三阀组的平衡阀，调节过滤减压阀 2，使面板上的压力表指示为 0.14MPa。

⑤ 打开总电源开关。

2. 零点校验与调整

关闭三阀组的高压阀。平衡阀处于打开状态下，差压变送器 $P_1=P_2=0$ ($\Delta P=0$) 观察电流表指示值是否为 4mA，标准表是否为 0，差压变送器显示是否 0%，如果是说明零点准确。

如果零点误差大于“允许最大绝对误差”，应进行零点调整。

注：本实验中所用 1151DP4S 差压变送器为智能变送器，实验时可通过变送器后盖内的“零点”、“量程”按钮调节就地调节零点和量程，其他指标一般通过具有 HART 协议的 Rosemount 公司 275 型手持通信器设置。当仪表初始上电时，“零点”、“量程”按钮处于休眠状态，需要激活后才能使其起作用。方法是在仪表正常工作状态下，同时按住“零点”、“量程”按钮 10 秒钟即可激活，重新通电后需重新激活。

在 $\Delta P=0$ 时，按住“零点”调整按钮保持 5 秒，变送器输出即可自动调整为 4mA。

3. 量程校验与调整

打开三阀组的高压阀，关闭平衡阀，此时差压变送器负压室通大气 $P_2=0$ ，正压室通气源调节压力 P_1 ，压差 Δ

$P=P_1 - P_2=P_1$ ，调节遥控板给变送器输入满量程压差（ $\Delta P=40\text{kPa}$ ），如果电流表指示 20mA，变送器显示 100%说明量程准确。

如果指示误差大于“允许最大绝对误差”应进行量程调整。
在 $\Delta P=40\text{kPa}$ 时，按住“量程”调整按钮保持 5 秒，变送器输出即可自动调整为 20mA。

- 注意：**
- ① 不同的差压变送器的零点和量程调整螺钉（按钮）位置及调节方式不同。
 - ② 因为调整量程会影响零点输出。所以量程调整好后再返回调整零点，如此反复直到满足精度要求。

4. 线性校验
按量程分别输入 0%、25%、50%、75%、100%的测量压力差（0kPa、10 kPa、20kPa、30kPa、40kPa），观察输出电流的变化，并记入下表计算误差，得出结论。

- 5. 零点迁移**
- ① 在上述已调整零点和量程的基础上，进行零点迁移。
 - ② 设置正迁移量为 10kPa，变送器量程 40kPa 不变，测量范围变成成为 10kPa~50kPa。
 - ③ 向变送器正压室输入正迁移压力 10kPa，按住“零点”调整按钮保持 5 秒，变送器输出即可自动调整为 4mA。
 - ④ 向变送器正压室输入压力 50kPa，按住“量程”调整按钮保持 5 秒，变送器输出即可自动调整为 20mA。
 - ⑤ 分别输入迁移后 0%、25%、50%、75%、100%的测量压力差（即 10kPa、20 kPa、30kPa、40kPa、50kPa），观察输出电流的变化，是否分别为 4mA、8mA、12mA、16mA、20mA。
 - ⑥ 迁移调整完成后，调回原零点与量程。方法同步骤 2、3。

6. 数据处理
将以上校验数据填入校验表中，计算误差，给出校验结论。

引用误差：
$$E_q = \frac{e_a}{S_p} \times 100\% = \frac{I_x - I_t}{16} \times 100\%$$

变差：
$$E_h = \frac{e_h}{S_p} \times 100\% = \frac{I_{\text{上}} - I_{\text{下}}}{16} \times 100\%$$

表 3.1-1 差压变送器校验数据表

仪表名称		仪表型号		仪表位号	
制造厂家		出厂编号			
量程范围		精度等级		允许误差	
输出信号		迁移量			
标准仪表	仪表名称		仪表名称		
	量程精度		量程精度		

输入校验值		标准输出It	输出实测值mA				
%	kPa	mA	上行 输出	引用 误差%	下行 输出	引用 误差%	变差%
0	0	4					
25	10	8					
50	20	12					
75	30	16					
100	40	20					
最大引用误差:			最大变差:				
检验结论:							
实校零点: kPa 量程: kPa 迁移量: kPa							
最大变差: 出现在 处。							
最大引用误差: 出现在 处。							
本仪表经校验合格/不合格。							

实践课题 3.2 电动浮筒液位变送器的校验

实验目的

1. 了解浮筒式差压变送器的结构。
2. 掌握浮筒式差压变送器的性能测定。
3. 掌握浮筒式差压变送器的零点量程调校。

实验设备

1. 电动浮筒液位变送器一台；
2. 标准电流表一块；
3. 钢卷尺一根、扳手、螺丝刀等工具。
4. SLZK-II 型技能训练鉴定实验台。

实验原理

UTD 系列电动浮筒液位变送器，当浮筒不受外力作用时，浮筒与扭力管通过杠杆保持平衡。浮筒受到的浮力小与浮筒自身重力，使杠杆始终受到一向下的力作用。不管是干校法、还是灌水法，只要保证校验液位下，对杠杆的力与实际液位下的力相同即可完成校验。

本实验利用 SLZK-II 型技能训练鉴定实验台提供的 24V 电源及水泵采用灌水湿校法进行校验，实验装置如图 3.2-1 所示。

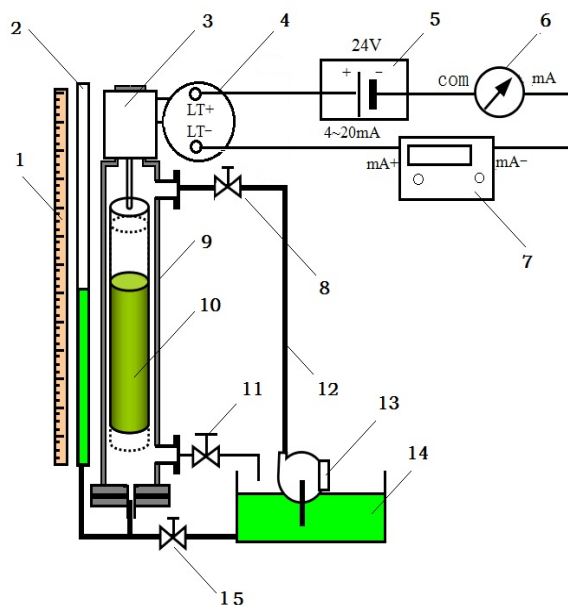


图 3.2-1 电动浮筒液位变送器水校法校验接线图

1—钢板尺；2—玻璃管；3—浮筒液位变送器；4—接线盒；5—直流稳压电源；6—精密直流电流表；7—标准电阻箱；8—上连通阀（打开）；9—钢筒；10—浮筒；11—下连通阀（关闭）；12—上水管；13—水泵；14—储水池；15—排污阀；

实验步骤

1. 连接电路

按如图所示进行接线,根据实验原理电路为液位变送器提供 24V 电源,并将标准电流表串接在电路中。即 24v+
→ LT+ → LT- → mA+ → mA- → 电流表 mA → 电流表 COM → 24v-。

LT+、LT-、mA+、mA-均为实验台中插线孔。

2. 校验零点:

打开进水阀(已开,注意开度不能太大)、关闭放水阀,启动水泵(左起第一按钮 ZK6),使浮筒水位达到玻璃管下限刻度(0%),关闭水泵(可将水位超高,打开排水阀精细调节)。观察电流表的指示是否为 4mA,若不是则调整零点电位器螺钉(表头下方标 Z 螺钉)使电流表输出为 4mA。

3. 校验量程

打开进水阀(已开)、关闭放水阀,启动水泵,使浮筒水位达到玻璃管上限刻度(100%)后,关闭水泵(可将水位超高,打开排水阀精细调节)。观察电流表的指示是否为 20mA,若不是则调整量程电位器螺钉(表头下方标 S 螺钉)使电流表输出为 20mA。

反复操作步骤 2, 3, 直到量程、零点误差均达到精度等级要求。

4. 校验线性

根据液位计量程(60cm),使水位逐渐上升至 0%、25%、50%、75%、100%(即液位高度 0cm、15cm、30cm、45cm、60cm)处,检查各点的电流值是否为 4 mA、8 mA、12 mA、16 mA、20mA,记录电流表的上行输出数值,计算误差是否满足精度要求。

使水位逐渐下降至 100%、75%、50%、25%、0%,检查各点的电流值是否为 20 mA、16 mA、12 mA、8 mA、4 mA,记录电流表的下行输出数值,计算误差是否满足精度要求。

5. 非水被测介质时的校验

① 假定被测介质为机油,介质密度 $\rho_1=0.8\text{g/cm}^3$,小于水的密度,按以下各式计算出注水高度:

考虑到水的密度 $\rho_w \approx 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$,则

被测介质液位零点时:注水高度 $h_0 = 0$

被测介质液位满度时:注水高度 $h_{100} = \frac{\rho_1}{\rho_w} \cdot L \approx \rho_1 L = 48(\text{cm})$

② 校验零点:

打开进水阀(已开)、关闭放水阀,启动水泵,使浮筒水位达到 h_0 刻度。关闭水泵。观察电流表的指示是否为 4mA,若不是则调整零点电位器螺钉使电流表输出为 4mA。

③ 校验量程

启动水泵,使浮筒水位达到 h_{100} 刻度后,关闭水泵。观察电流表的指示是否为 20mA,若不是则调整量程电位器螺钉使电流表输出为 20mA。

反复操作步骤 2, 3, 直到量程、零点误差均达到精度等级要求。

④ 校验线性

使水位逐渐上升至量程范围 $h_{100}-h_0$ 的 25%、50%、75%刻度(即液位高度 12cm、24cm、36cm)处,检查三点的电流值是否为 8 mA、12 mA、16 mA,记录电流表的上行输出数值,计算误差是否满足精度要求。

使水位逐渐下降至量程范围 $h_{100}-h_0$ 的 75%、50%、25% 刻度（即液位高度 36cm、24cm、12cm）处，检查三点的电流值是否为 16 mA、12 mA、8 mA，记录电流表的下行输出数值，计算误差是否满足精度要求。

6. 数据处理

将以上校验数据填入校验表中，计算误差，给出校验结论。

$$\text{引用误差: } E_q = \frac{e_a}{S_p} \times 100\% = \frac{I_x - I_t}{16} \times 100\%$$

$$\text{变差: } E_h = \frac{e_h}{S_p} \times 100\% = \frac{I_{\text{上}} - I_{\text{下}}}{16} \times 100\%$$

实践课题 4.1 流量计的结构认识

实训目的

- 1、认识各种流量计。
- 2、通过实训加深对各种流量计结构、原理和特点的理解。
- 3、学习流量计的安装和使用方法。

实训设施

孔板、喷嘴、文丘里管标准节流装置，玻璃转子流量计、金属转子流量计、电磁流量计、涡轮流量计、涡街流量计、旋进旋涡流量计、腰轮流量计、刮板流量计、超声波流量计等。可根据实际情况，选择实验用流量计，可将流量计串、并联到实训流程上，完成实际流量测量。

实训步骤

- 1、分组参观实训仪表，动手操作、拆装，熟悉已学流量仪表的结构，理解流量计原理。
- 2、记录实验用流量计铭牌上的名称、型号、规格、性能，观察各种流量计的基本组成、结构特点。通过对仪表结构的认识，理解工作原理。
- 3、对于已经在实训流程上安装好的流量计，启动实训设备，改变流量，观察流量计传动机构、指示流量及输出信号的变化情况。
- 4、根据所学流量计知识，填写如下实训报告记录表。

表 4-1 流量计铭牌结构原理记录表

1	仪表名称:	输出信号:	
	仪表型号:	量程范围:	电源:
	仪表规格:	精度等级:	厂家:
	基本组成结构:		
	工作原理简述:		
	安装注意事项:		
2	仪表名称:	输出信号:	
	仪表型号:	量程范围:	电源:

	仪表规格:	精度等级:	厂家:
	基本组成结构:		
	工作原理简述:		
	安装注意事项:		
3	仪表名称:	输出信号:	
	仪表型号:	量程范围:	电源:
	仪表规格:	精度等级:	厂家:
	基本组成结构:		
	工作原理简述:		
	安装注意事项:		
4	仪表名称:	输出信号:	
	仪表型号:	量程范围:	电源:
	仪表规格:	精度等级:	厂家:
	基本组成结构:		
	工作原理简述:		
	安装注意事项:		
5	仪表名称:	输出信号:	
	仪表型号:	量程范围:	电源:
	仪表规格:	精度等级:	厂家:
	基本组成结构:		

	工作原理简述:		
	安装注意事项:		
6	仪表名称:	输出信号:	
	仪表型号:	量程范围:	电源:
	仪表规格:	精度等级:	厂家:
	基本组成结构:		
	工作原理简述:		
	安装注意事项:		

实践课题 4.2 孔板流量计的实操训练

实训目的

- 1、熟悉差压式流量计的组成结构，理解差压式流量计的工作原理。
- 2、学习差压式流量计的安装和使用方法。
- 3、掌握如何正确操作三阀组。
- 4、能够正确连接差压式流量计的气管路和电路。

实训设施

- 1、孔板流量计（节流装置 LGB 型孔板，差压变送器 3151DP 型）。
- 2、直流稳压电源：规格 0~30V DC，可调。
- 3、标准电阻箱：规格为 0~500 Ω ，分档可调，精度为 0.01%。
- 4、高精度数字电压表、高精度数字电流表各一台（或高精度数字万用表）。
- 5、空压机一台（带减压阀）。

实训原理

空压机给管道提供气源，在管道中安装一个标准孔板节流装置，因为孔板使管道的流通面积突然变小，流体受阻产生一定能量损耗，造成孔板前后有一定压力差，并且孔板前后的压差与流经孔板的流量有一定关系，流量越大，压差越大，具体来说根据节流原理流过孔板的流量与孔板前后压差的开根号成一定正比关系。通过引压管路以及三阀组将孔板前后的压差值引入给差压变送器，在本实训项目中通过给差压变送器 24V 直流电源供电以及接上数字电流表和电压表，可以测得差压变送器的输出电流，差压值也可从变送器表头读出，从而可以观察记录分析差压式流量计的流量与差压值之间的关系，理解差压式流量计测量流量的原理。

实训步骤

- 1、气管路的连接：观察差压变送器和三阀组的高低压侧接口，分别将引压管和三阀组、三阀组和差压变送器进行正确地管路连接。
- 2、电路连接：按图 4.2-1 进行电气连接，检查无误后将标准电阻箱调成 250 Ω 电阻值，数字电压表可调至直流 20V 档位，数字电流表可调至直流 20mA 档位，然后接通总电源并将直流稳压电源输出调节到直流 24V。

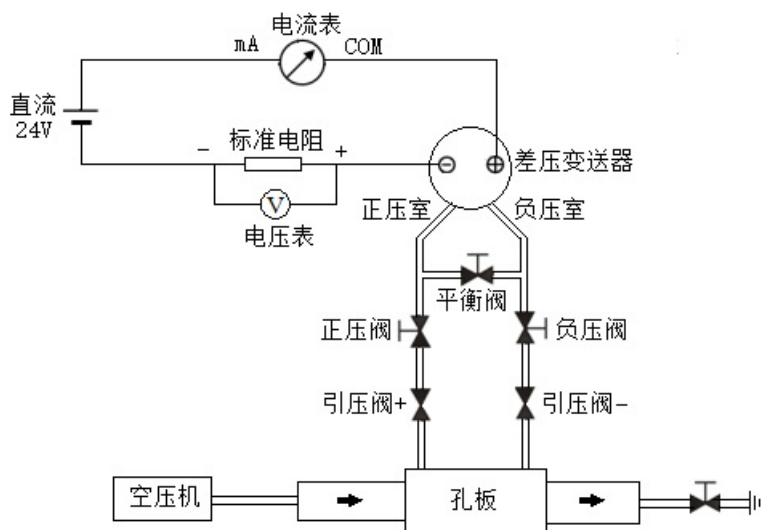


图 4.2-1 实训原理示意图

3、启动空压机，正确开启操作三阀组，逐渐增加空压机的供气量，记录差压变送器的差压和电流值填入表 4.2-1 中，分析比较数据并得出结论。

表 4.2-1 孔板流量计实训数据

节流装置型号: 公称压力: 公称通径:			
气流量	差压变送器差压值 (kPa)	差压变送器输出电流值 (mA)	电压表显示值 (V)
由小 到大 增加			

4、结束工作：实训项目做完后正确操作关闭三阀组，停泵卸压，然后再断开总电源，最后拆除管路、拆除各种仪表并拆除接线，收拾整理实训台。

实践课题 5.1 可燃气体报警器的调校

训练目的

- 1. 了解可燃气体报警器的校验、标定方法。
- 2. 掌握可燃气体报警器的安装、使用和日常维护方法。

实训设备

- 1. JKB-C-0C2 可燃气体报警器一台。
- 2. JKB-02Bd 可燃气体探测器一台。
- 3. 标准电流表一台，精度优于 0.1 级。
- 4. 万用表一台。
- 5. 标准气：甲烷

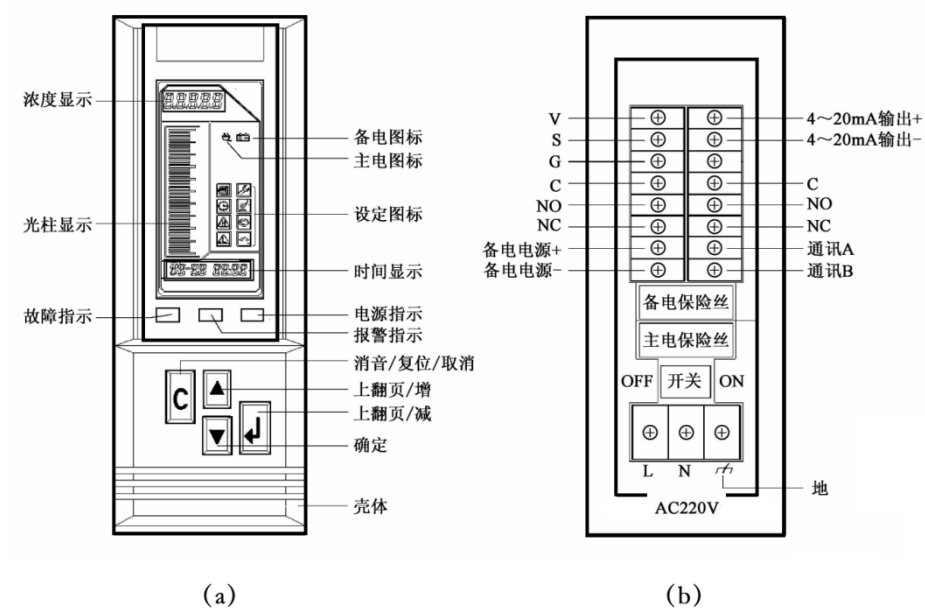


图 5.1-1 可燃气体报警器面板及背面接线

可燃气体报警器面板及背面接线如图 5.1-1 所示。实验装置连接如图 5.1-2 所示。

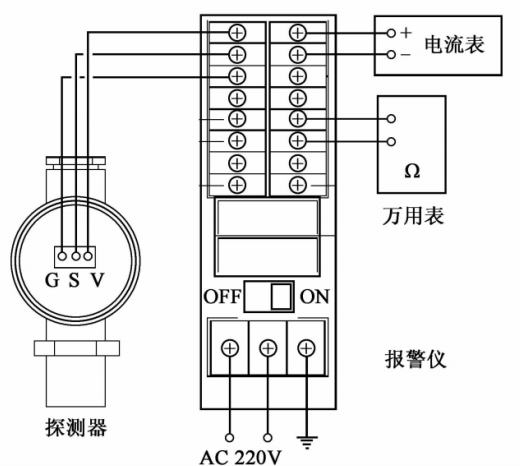


图 5.1-2 校验线路连接图

JKB-C-OC2 型单路可燃气体报警器采用分线制连接，在接线端子上一组接头(V, S, G)，用于连接探测器。引脚 V 为+24 伏直流供电；S 为探测器的信号输入；G 为地。

训练步骤

1. 开机延时

为保证系统正常工作，每次开机，系统都首先进入 60 秒延时程序。打开电源，指示灯和液晶显示全部点亮。保持 2 秒后，浓度显示区显示 60 秒倒计时。

2. 系统的设置

首先进入设置选择界面，在监测状态下，5 秒内依次按△，▽，← 键，可进入设置选择界面。液晶屏右侧 8 个图标点亮，此时按△，▽ 键选择设置项（被选中项闪烁），按← 键即进入该项的设置。在设置过程中，如连续 60 秒无按键操作，系统自动返回监测界面。

其次进行报警上下限设置（根据所准备的标准气浓度设置），在设置选择界面选择“报警下限”设置图标，按← 键进入。此时只有下限设置图标点亮，浓度显示区显示当前的报警门限。按△，▽ 键改变门限值。设置好后，按← 键保存设定值并返回设置选择界面。操作过程中按 C 键则不保存设定值返回选择界面。上限设置方法相同。

3. 参数设置

在系统设置选择界面选中“设置”项，按← 键进入设置状态。设置图标点亮，其它图标熄灭。浓度显示区显示设置参数，共五位：前两位表示设置项，后三位表示设置内容。按← 键选择设置项并保存上一项，按△，▽ 键编辑设置内容。所有项设置结束，按← 键返回到选择界面。

系统参数设置共包含 7 项，依次为：

- ① 报警模式：01 递增报警，02 递减报警，03 段外报警。本实验取默认值 01。
- ② 气体浓度单位：01：LEL%；02：ppm；03：VOL%。本实验取默认值 01。
- ③ 零点：0~900。本实验取默认值 0。

- ④ 量程：0~255。本实验取默认值 100。
- ⑤ 满量程系数：本实验取默认值 1。
- ⑥ 备电监测：本实验没接备用电源，故取默认值 00，系统不检测备电。
- ⑦ 通讯地址：地址范围 1-170，默认为 01。

4. 查询

可查询上电时间，掉电时间，上限报警，下限报警，故障报警五项信息。

进入查询选择界面，查询图标点亮，其它图标熄灭，同时查询项“上电时间”字段闪烁，其余字段常亮。按△，▽键选择查询项，按←键进入所选择的查询项，其余字段熄灭。浓度显示区显示查询项条数：前两位显示总条数，后两位显示第几条。中间一位为“—”。时间显示区显示选择项的事件的发生时间。按△，▽键选择事件条数（每项共 5 条）。按←键返回选择查询项，按 C 键返回设置选择界面。

5. 调零

使探测器处于正常环境下，进入调零界面，显示区显示浓度值。按←键系统调零，显示区显示“0”，显示前闪三下。调零后按 C 键返回选择界面。

6. 标定

向探测器通满量程标定气体，显示区显示浓度值。按←键系统标定，显示区显示标定气体浓度值，显示前闪三下。标定后按←键。

实践课题 6.1 智能差压变送器维护及调试

训练目的

1. 掌握智能差压变送器量程设定的方法。
2. 掌握 HART 手操器的参数设置方法。
3. 了解智能差压变送器维护方法。

巡练设施

1. 智能差压变送器, 1 台。
2. HART 手操器, 1 个。
3. 电流表 (万用表), 1 个。
4. 扳手, 若干把。
5. 十字、一字螺丝刀, 各 1 把。
6. 绝缘胶带, 若干。
7. 生料带, 若干。

训练原理

采用高精度压力校验仪压力源作为智能差压变送器正压室的输入, 负压室通大气的方法, 获得压力差。用手操器完成零点修正。通过改变压力源压力, 校验压力变送器量程精度等性能。见图 6.1-1

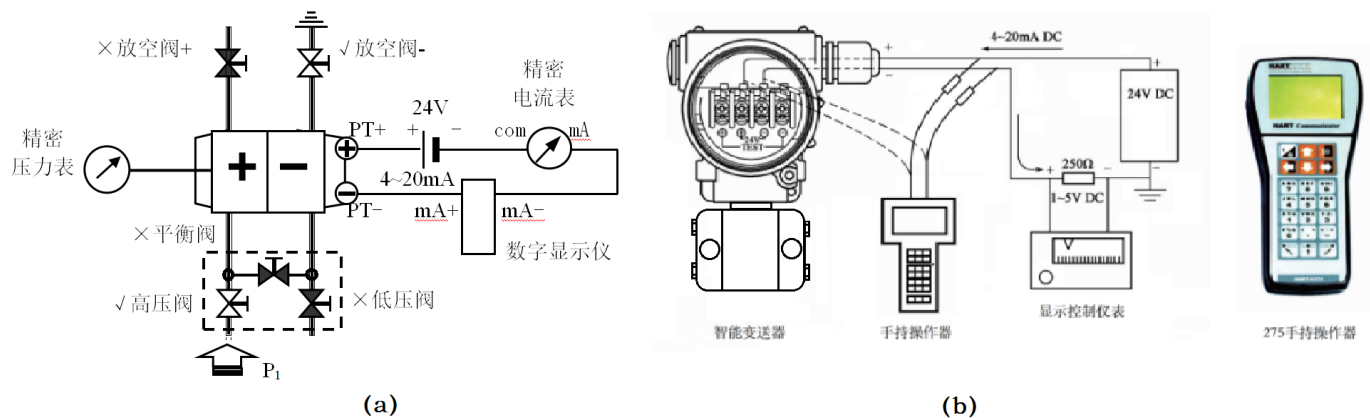


图 6.1-1 实训原理示意图

(a) 实训原理; (b) 手操器

训练步骤

1. 准备工作。
 - ① 在智能变送器输出电路中接入 24VDC 精密电源、标准电流表(电压表)、275 型手持操作器。
 - ② 智能差压变送器连接三阀组。将三阀组的高压阀、底压阀关闭, 打开平衡阀。
 - ③ 接入压力校验仪输出气源 P1 到高压阀, 进入正压室。打开放空阀使负压室通大气。

④ 慢慢打开高压阀、关闭平衡阀，引入 P1 至高压室。

2. 零点修正调试

具体操作按照下述步骤进行。

① 松开电子壳体上防爆牌的螺钉，旋转防爆牌，露出零点调节按钮。

② 给变送器加压，压力值等于 4mA 输出对应的零点压力值（下限压力）。

③ 按下零点调节按钮 2 秒钟，检查输出是否变成 4mA。如果上述步骤操作完全正确，这时带有表头的变送器会显示 “ZERO PASS”。

3. 重定量程调试

① 首先做一次 4-20mA 微调，用以校正变送器内部的 D/A 转换器，由于其不涉及传感部件，无需外部压力信号源。

② 然后做一次全程微调，使 4-20mA、数字读数与实际施加的压力信号相吻合，因此需要压力信号源。

③ 最后做重定量程，通过调整使模拟输出 4-20mA 与外加的压力信号源相吻合，其作用与变送器外壳上的调零 (Z)、调量程 (R) 开关的作用完全相同。

④. 校验测试

重复多次在测量上限和下限值之间给定压力值，测量对应的输出。并选取几点测量其线性度，重复性等参数。

实践课题 6.2 泄漏监测系统使用

训练目的

1. 掌握泄漏监测系统的使用方法。
2. 掌握历史数据分析与泄漏手动定位。
3. 了解系统维护方法。

巡练设施

调控中心输油管道泄漏监测系统

训练步骤

1. 参数设置
 - ① 设置压力变送器、流量计量程。
 - ② 设置管道长度、负压波速度等相关参数。
2. 曲线分析
 - ① 调取历史数据，分析系统运行是否正常。
 - ② 对站内操作、泄漏案例进行手动定位分析。
 - ③ 对系统报警进行分析，确定报警原因，判断是否误报。

实践课题 7.1 雷达物位计参数设置与调校

训练目的

1. 掌握雷达物位计的安装及接线。
2. 掌握雷达物位计的使用及调校方法。

实训设备

1. YJ-4 可调稳压电源 (0~30V) 1 台。
2. E+H 公司 FMP40 导波雷达物位计 1 台。
3. 0~20mA 精密数字电流表 1 台。
4. HART 协议手操器或调制解调器 1 台。
5. 可调电阻箱一台。

训练步骤

1. 设备安装、接线

按图 7.1-1 安装，旋开液位计的接线后盖，按图示接线。稳压电源电压调整为 $24V \pm 0.1V$ ；电阻箱模拟负载电阻调整为 $250\Omega \pm 0.1\Omega$ 。

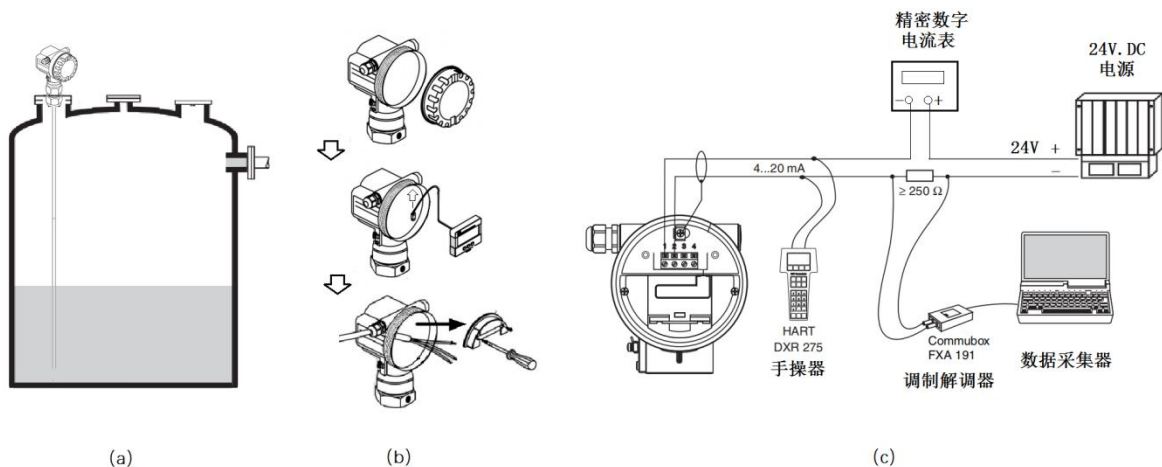


图 7.1-1 FMP40 导波雷达物位计安装接线图

(a) 储罐安装；(b) 接线步骤；(c) 接线原理

在将 FMP40 雷达物位计按要求装到实验罐体测量孔法兰上后，按下述步骤接线。

- ① 拧下表头外壳的前盖。
- ② 将方形显示模块从表壳中取出。
- ③ 用螺丝刀拧下端子盖板螺丝、取出盖板。
- ④ 将屏蔽双绞线电缆穿过表头引线孔胶塞接到表内接线端子排上。正极（红线）接端子①，负极（黑线）接端子②。将电缆屏蔽层接地③。
- ⑤ 盖上端子盖板、将显示模块插回表壳。旋紧表前盖，拧紧电缆密封螺帽。

⑥ 24VDC 电源通电，如果接线无误，FMP40 导波雷达物位计显示模块亮起，自检完成后，进入测量值显示状态。如果是第一次上电，会要求选择语言（选 English 或中文）、选择显示单位（选 m），之后进入进入测量值显示状态。如图 7.1-2 所示。

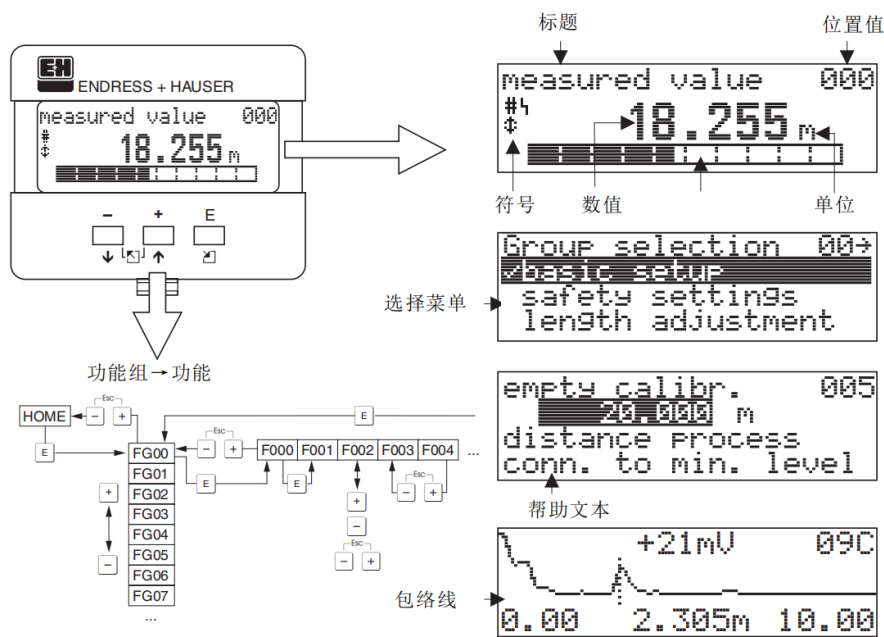


图 7.1-2 FMP40 导波雷达物位计显示

2. 调试步骤

FMP40 导波雷达液位计主要设置参数及设置步骤汇总如下，见图 7.1-3：

参数设置顺序:002 罐特性→003 介质性质→004 过程速度→030 探头底部→032 探头→033 探头长度→034 长度决定→005 空标→006 满标→008 显示(空高对、测量值错时检查 005)→051 检测距离→052 抑制曲线范围→053 开始抑制曲线→008 显示(空高对、测量值错时检查 005; 空高、测量值都错设置 051)。

最后直到空高、测量值都没有问题了, 按 E 键确认返回到测量状态。设置完成。

实践课题 7.2 射频导纳式物位变送器的调校

训练目的

1. 掌握 CTS-DLQ 型射频电容式物位变送器的结构和工作原理。
2. 掌握 CTS-DLQ 型射频电容式物位变送器的使用及调校方法。

实训设备

1. YJ-4 稳压电源 (0~30V) 一台。
2. CTS-DLQ 型射频电容式物位变送器一台。
3. 0~20mA 标准电流表一块。

实训原理

用电容法可以测量液体、固体颗粒及粉料的料位。电容物位计首先将液位的变化转换为电容容量的变化，再经转换电路转换为 4~20mA 的电流信号输出。

训练步骤

CTS-DLQ 型射频导纳式物位变送器与端子接线图如图 7.2-1 所示。

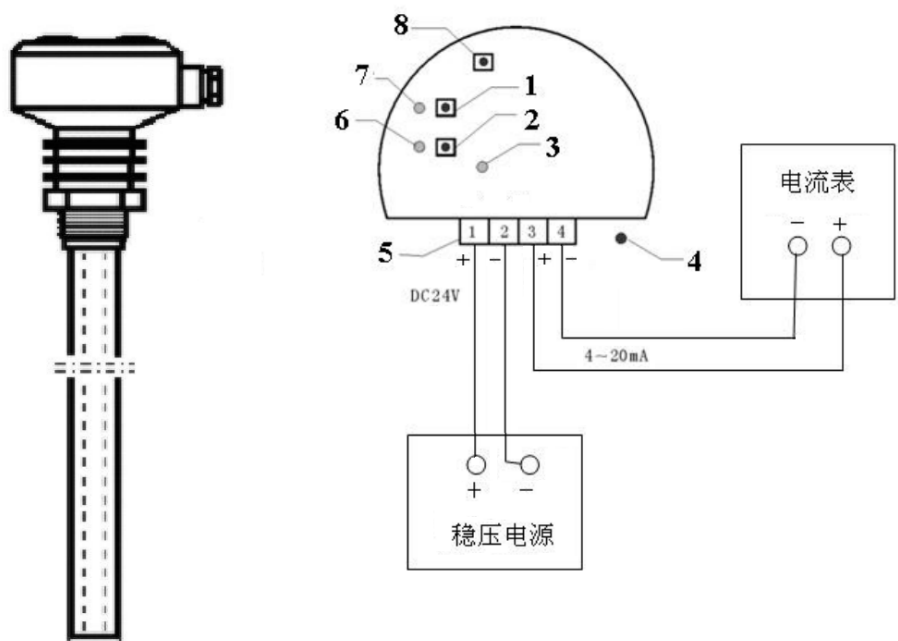


图 7.2-1 CTS-DLQ 型射频导纳式物位变送器端子图

1-满仓键；2-空仓键；3-运行状态指示灯；4-电源指示灯；5 接线端子；6-空仓标定指示灯；7-满仓标定指示灯；8-清除键

1. 校验接线

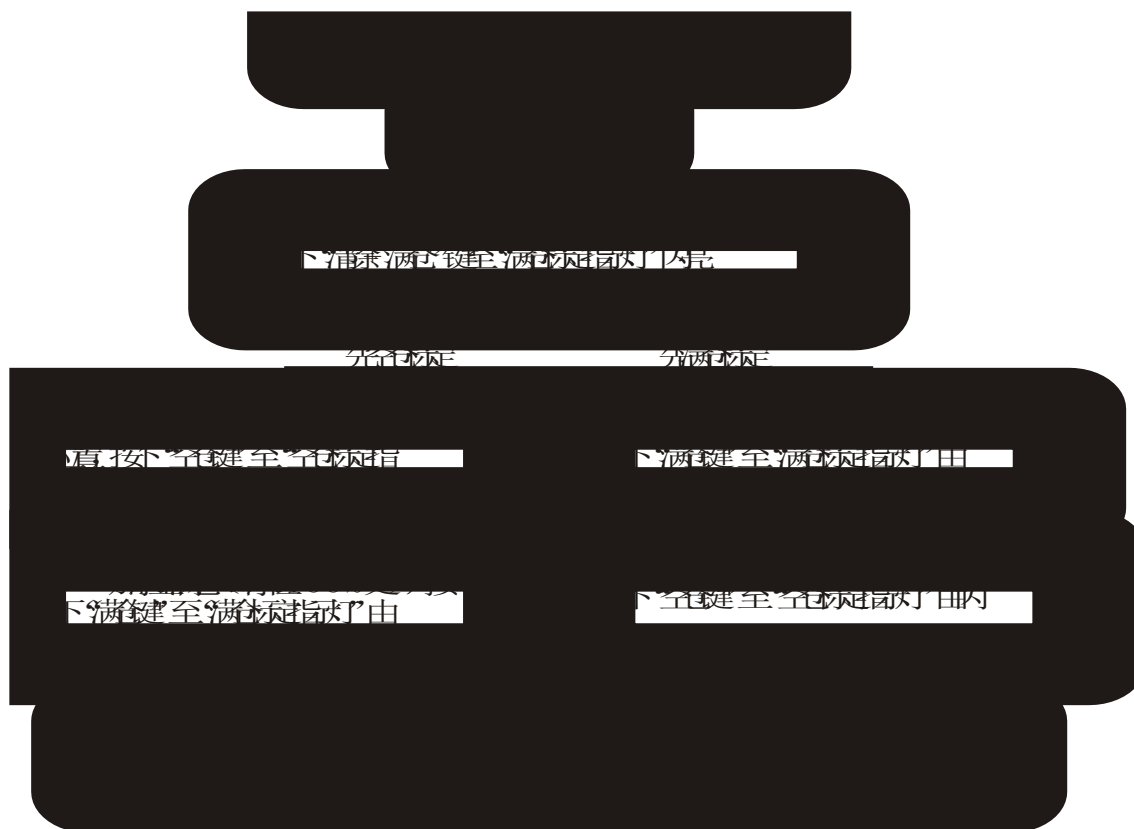
旋开变送器的前盖，按图接线。

2. 仪表工作状况检查

- ① 把物位变送器放桌上，接上稳压电源和标准毫安表，通电预热 10 分钟。
- ② 按下“清除+空仓”键至“空仓标定指示灯”闪亮；再按下“清除+满仓”键至“满仓标定指示灯”闪亮。
- ③ 按下“空仓键”至“空仓标定指示灯”变长亮，
- ④ 用手握住探极不放，同时按下“满仓键”至“满仓标定指示灯”变长亮。此时输出电流约为 20mA 。放开握住探极的手，电流约 4mA。——物位变送器功能正常。
- ⑤ 按下“清除+空仓”键至“空仓标定指示灯”闪亮；再按下“清除+满仓”键至“满仓标定指示灯”闪亮，清除原标定数据。断电，准备到现场使用。

3. 投运及校验方法

本物位变送器必须用水（不能用油水混和物）作物料，进行空仓和满仓两次标定以后才能正常运行，可先标定空仓，再标定满仓，也可先标定满仓，再标定空仓，过程如下：



如果进行了不满意的标定，想清除，可按下“清除+空仓”键至“空仓标定指示灯”闪亮，清除原空仓标定数据；按下“清除+满仓”键至“满仓标定指示灯”闪亮，清除原满仓标定数据。

实践课题 8.1 S7-200 SMART PLC 实现 PID 控制

实训目的

- 1.掌握 S7-200 SMART PLC 的硬件接线方法；
- 2.熟悉 STEP-7/MicroWin SMART 编程软件，并掌握利用 PID 指令向导生成 PID 程序的方法；
- 3.掌握 PLC 程序上载/下载和运行调试的方法。

实训设备

- 1.图 8.1-1 所示模拟脱水器液位控制系统，1 套；
- 2.计算机，1 台；
- 3.STEP-7/MicroWin SMART 编程软件，1 套。

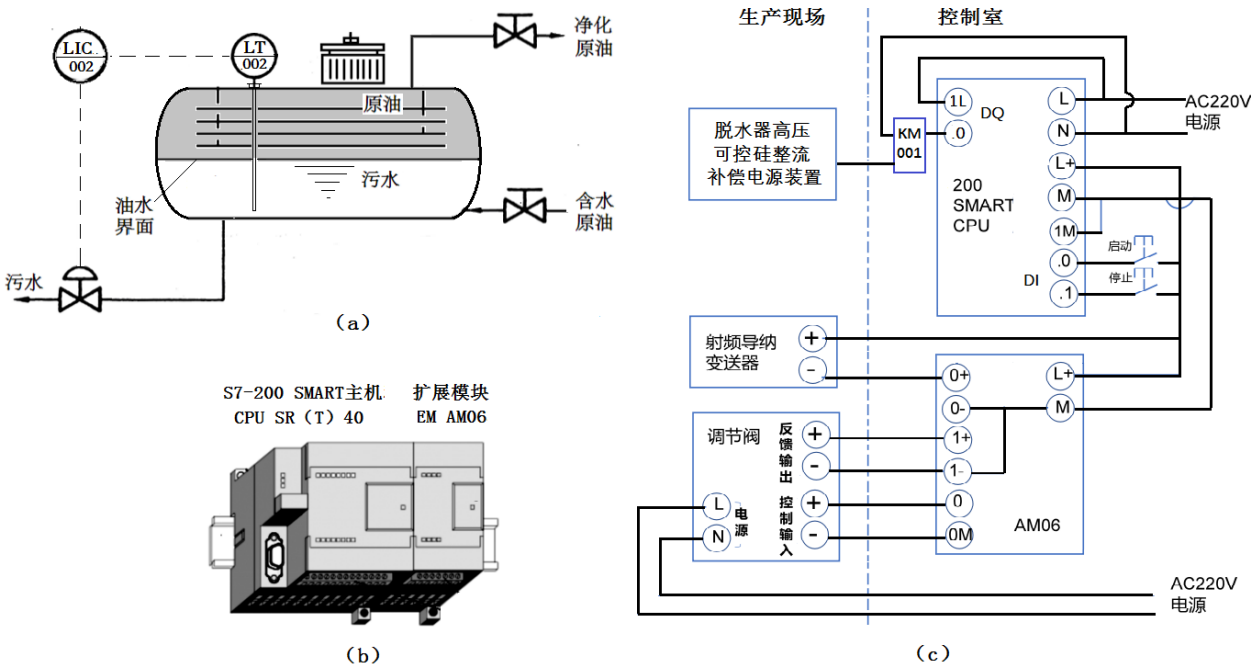


图 8.1-1 电脱水器油水界位 PLC 控制系统组成

实训步骤

- 1.完成系统硬件接线。
- 2.采用网线将计算机和 S7-200 SMART PLC 连接起来，并在计算机中安装 STEP-7/MicroWin SMART 编程软件。
- 3.利用 STEP-7/MicroWin SMART 编程软件中的指令向导生成 PID 控制程序，具体方法如下：
打开 STEP-7/MicroWin SMART 软件，系统会自动创建一个名称为“项目 1”的项目文件。
选择“工具”菜单中的“PID”向导，出现“PID 回路向导”对话框（见图 8.1-2）。



图 8.1-2 “PID 回路向导”对话框

勾选 LOOP 0, 确定 PID 回路号。S7-200 SMART 中设置了 8 个 PID 回路供用户选择, 此处回路号选择默认“0”, 单击“下一步”出现“LOOP 0”设置 (见图 8.1-3), 用于更改回路名称。



图 8.1-3 “LOOP 0”对话框

单击“下一步”出现“参数”设置 (见图 8.1-4), 用于更改回路初始参数。这些参数也可以通过程序更改。



图 8.1-4 “参数”对话框

接着下两步出现图 8.1-5 所示的输入输出设置界面，需要设置回路的输入输出值。由于本控制系统中，输入输出信号均为 4-20mA，所以此处“回路输入选项”中“标定”选择“单极性”，并选中“使用 20%偏移量”复选框；“回路输出选项”中“输出类型”选择“模拟量”，“标定”选择“单极性”，并选中“使用 20%偏移量”复选框；其它参数保持默认。单击“下一步”出现“回路报警”设置界面，此处不设置报警，直接单击存储器分配选项出现图 8.1-6 的设置界面。

PID 回路向导

回路

Loop 0

参数

输入

输出

报警

代码

存储器分配

组件

完成

指定回路过程变量 (PV) 的标定方式。回路 PV 是为向导生成的子程序所指定的参数。

类型

过程变量标定

单极

标定

过程变量	回路设定值
下限: 0000	0.0
上限: 27648	100.0

< 上一个

下一个 >

生成

取消

PID 回路向导

回路

Loop 0

参数

输入

输出

报警

代码

存储器分配

组件

完成

指定回路输出的标定方式。回路输出是为向导生成的子程序所指定的参数。

类型

模拟量

模拟量

标定

单极

范围

下限: 0000

上限: 27648

< 上一个

下一个 >

生成

取消

图 8.1-5 “输入输出设置”对话框

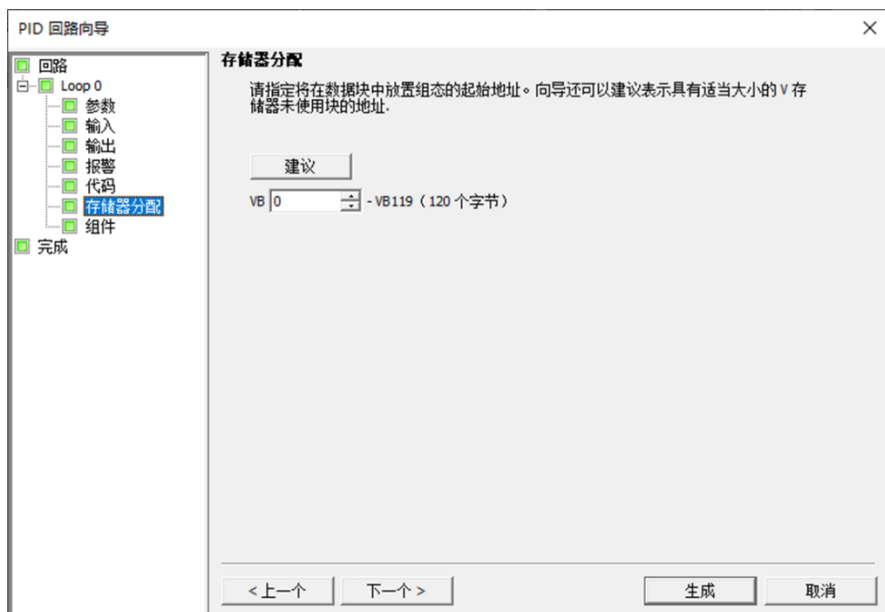


图 8.1-6 “存储器分配”对话框

在图 8.1-6 所示界面中，需要确定 PID 回路表的存储区域，这里保持默认（即从 VB0 开始的 120 个字节），直接单击“下一步”出现图 8.1-7 的组件界面，显示定义 PID 初始化子程序和中断程序名。直接单击“完成”出现图 8.1-8 的设置界面，再单击“生成”按钮结束 PID 指令向导配置。

在主程序中调用生成的 PID 子程序，如图 8.1-9 所示。

单击工具栏中  按钮，进行程序编译。编译没有错误后，单击工具栏中  按钮，出现程序“下载”对话框，下载程序至 PLC；如有需要，也可单击工具栏中  按钮，出现程序“上载”对话框，将 PLC 中程序上传至计算机。

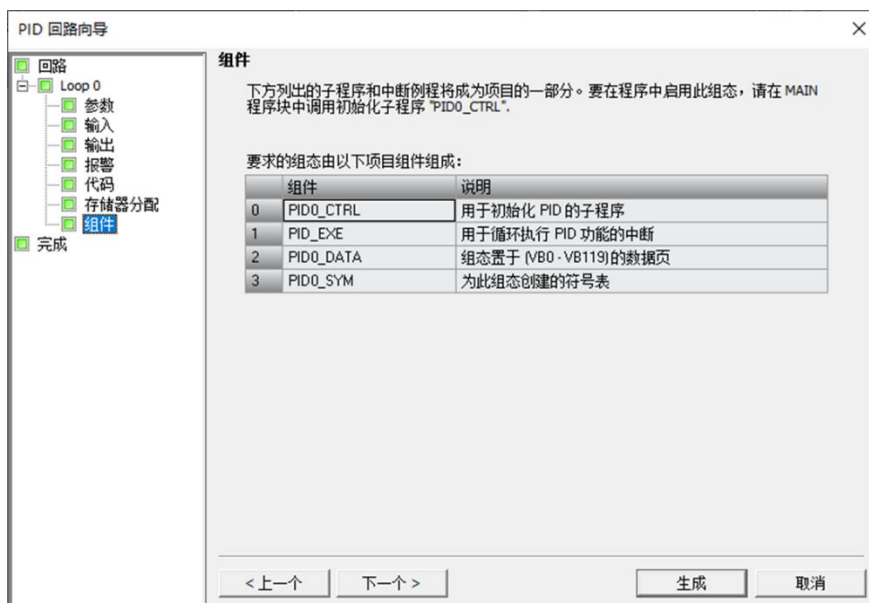


图 8.1-7 “组件”对话框



图 8.1-8 “完成”对话框

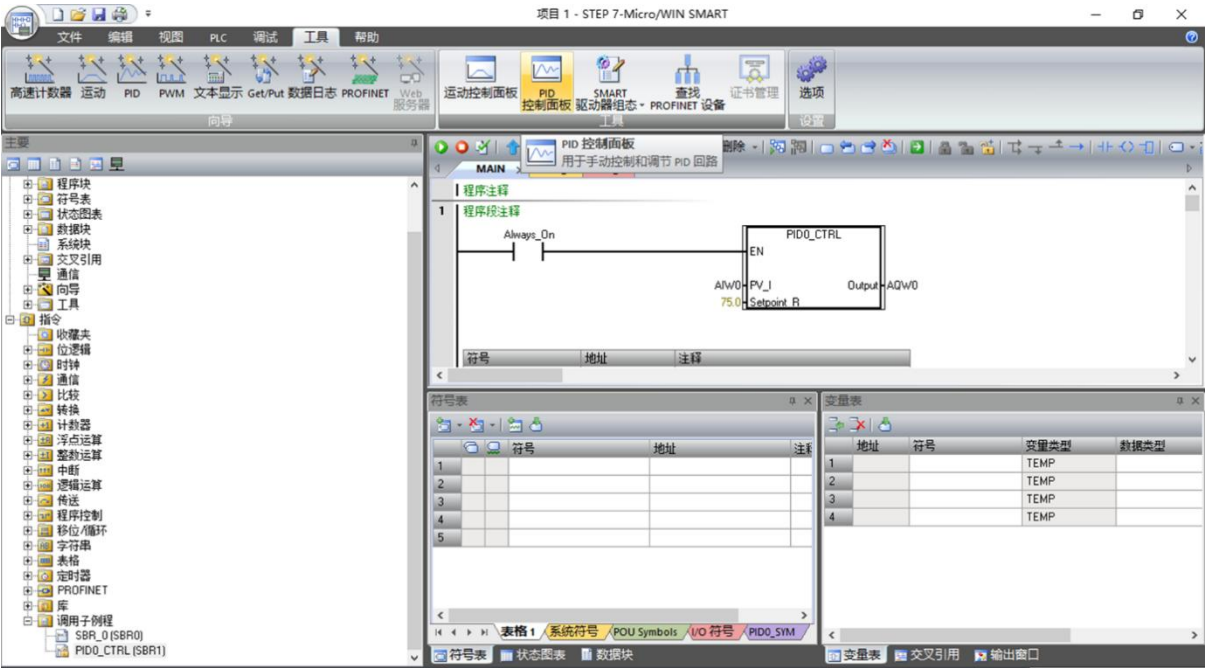


图 8.1-9 调用 PID 子程序

4.实际运行调试

PID 子程序中给定值参数 Setpoint 设置为 75.0，表示液位控制目标值为过程变量量程（液位变送器量程）的 75%。启动运行水罐液位控制系统，观察系统运行情况。如果液位调节效果不理想，可通过编程反复修改比例增益、积分时间和微分时间三个参数值（向相应的数据区传送参数值），直至控制效果满足要求。也可以在连接 PLC 的条件下，点击 PID 控制面板工具，手动调试，找出最佳 PID 参数。

实践课题 9.1 一体化热电偶温度变送器校验

训练目的

- 1、仪表使用前对仪表的基本性能进行定期校验，以确定其误差范围。
- 2、仪表使用前对仪表的基本性能进行定期校验，以确定其精确度。

巡练设施

- 1、直流电位差计，1 台。
- 2、五位数字电流表，1 个。
- 3、直流 24V 电源，1 台。
- 4、数字显示仪，1 台。
- 5、一体化温度变送模块，一个。

巡练原理

用手动电位差计输出标准电势代替热电势，作为变送器输入，以检查变送器输出。通过调节零点电位器、量程电位器使变送器的输出满足要求，再按温度变送器量程（800℃）的 0%、25%、50%、75%、100% 五处检验点校验线性。以便确定其性能。

训练步骤

- 1、校验接线。

按图 9.1-1 所示的校验接线图接好线，由实验台为一体化温度变送器提供 24V 电源，并将标准电流表、数字显示仪（负载）串接在电路中。即稳压电源 24V+ → 电流表 mA → 电流表 COM → 变送器 V+ → 变送器 V- → 数显仪表 mA+ → 数显仪表 mA- → 稳压电源 24V-。

检查正确后通电预热 10 分钟后，就可进行校验。

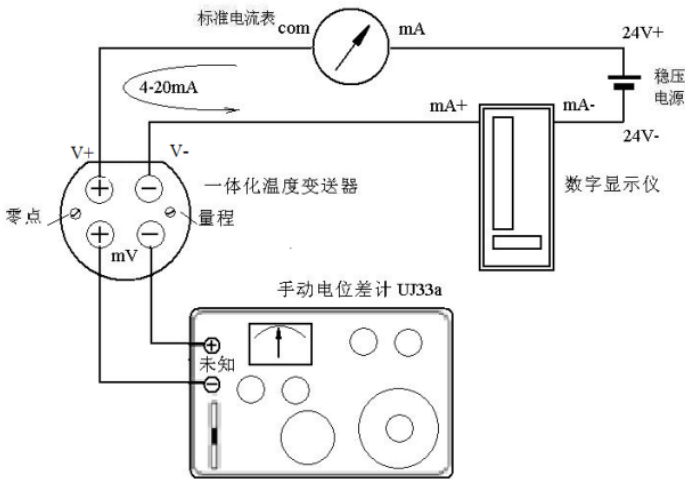


图 9.1-1 热电偶温度变送器校验接线图

- 2、热电偶变送器校验。

(1) 查热电偶所对应分度的分度表，列出温度-毫伏对照表，用精密玻璃温度计测量环境温度 T_0 ，并查出对应毫伏值 $E(T_0,0)$ （对于 K 型热电偶 $T_0=25^{\circ}\text{C}$ 时为 1mV）。将变送器量程上限温度按 0%、25%、50%、75%、100% 五档确定校验温度 T_n （即 0°C 、 200°C 、 400°C 、 600°C 、 800°C ）。查热电势分度表得到冷端为零度时的校验电势 $E(T_n,0)$ （对于 K 型热电偶分别为 0mV、8.137mV、16.395mV、24.902mV、33.277mV），减去环境温度对应毫伏值，得到各校验温度下的输入毫伏值 $E_x = E(T_n, T_0) = E(T_n, 0) - E(T_0, 0)$ ，填入校验表中。

(2) 校验零点：输入零点信号，观察电流表的示值是否为 4mA，调节零点电位器使输出为 4mA

(3) 校验量程：输入满度信号，观察电流表的示值是否为 20mA，调节量程电位器使输出为 20mA。

反复调节零点、量程电位器使输出均满足精度要求。

(4) 线性校验：分别输入满量程的 25%、50%、75%所对应的毫伏信号，记录输出电流值，计算测量误差。

数据处理

表 9.1-1 温度变送器调校记录									
输入校验值				标准输出 I_t	输出实测值 I_x , mA				
%	℃	$E(T_n,0)$	E_x	mA	上行 输出	引用 误差%	下行 输出	引用 误差%	变差%
0	0	0		4					
25	200	8.137		8					
50	400	16.395		12					
75	600	24.902		16					
100	800	33.277		20					
最大引用误差:					最大变差:				
检验结论:									
实校零点:		量程:							
最大变差:		出现在 处。							
最大引用误差:		出现在 处。							
本仪表经校验合格/不合格。									

将以上校验数据填入校验表 9-3 中，计算误差，给出校验结论。

引用误差：
$$E_q = \frac{e_a}{S_p} \times 100\% = \frac{I_x - I_t}{16} \times 100\%$$

变差：
$$E_h = \frac{e_h}{S_p} \times 100\% = \frac{I_{\text{上}} - I_{\text{下}}}{16} \times 100\%$$

实践课题 9.2 智能电-气阀门定位器的操作

训练目的

1. 掌握 SIPART PS 智能电-气阀门定位器参数设置的方法。
2. 掌握 SIPART PS 智能电-气阀门定位器调试的方法和技能。

训练设施

1. SIPART PS2 智能电-气阀门定位器, 1 台。
2. 气动薄膜直通单座调节阀, 1 台。
3. 气源系统 (包括空气压缩机、过滤减压器和输送管路), 1 套。
4. 可调 4-20mA 电流信号源, 1 台。

训练步骤

1. 准备工作。

- (1) 将定位器、调节阀及其它气路元件用管线连接好, 并通上气源。
- (2) 将定位器的信号线和反馈线连接完毕。
- (3) 连接 4-20mA 可调电流信号源。
- (4) 现在定位器处于“P manual”方式。在显示屏上一行显示当前电位计的百分比电压值(P), 例如“P 37.5”, 显示屏下行“NOINI”在闪烁。显示如图 9.2-1 (a)。

(5) 通过  和  键移动执行机构达到每一个最终位置, 来检查机械装置是否可在全部调整范围内自由移动 (当按住其中一个方向键的同时再按住另一个方向键就可以快速移动执行机构)。

(6) 现在移动执行机构, 使杆达到水平位置, 显示屏将显示一个介于 P 48.0 到 P 52.0 之间的值。如果不是这种情况, 调整磨擦夹紧单元, 直到连杆水平并显示 “P 50.0”, 以使定位器能测定的位移更加精确。

2. 参数设置。

- (1) 长按模式键  5 秒钟后进入参数设置状态。
- (2) 定位器共有 36 组参数, 可以根据现场的实际情况进行设置。用  和  键可以在一组参数中进行选择, 选择完后可以按一下  键进入第二组参数设置, 若上一个参数设置有误, 可以同时按住  键和  键, 返回上一个参数重新进行设置。

3. 调试 (直行程执行机构的初始化)。

正确移动执行机构, 离开中心位置, 开始初始化。

- (1) 长按模式键  5 秒钟以上, 进入组态方式。显示屏显示上行 “WAY”, 下行 “YFCT”, 如图 9.2-1 (b)。
- (2) 通过短按模式键 , 切换到第二个参数。显示屏显示上行 “30° ” 或 “90° ”, 下行 “YAGL”, 如图 9.2-1 (c)、(d)。

注: 根据阀芯的行程, 而不是执行机构的。若行程 $\leq 20\text{mm}$, 设定为 33° ; 若行程 $> 20\text{mm}$, 设定为 90° ; 若采

用 35mm 的行程杆，则两种转角（33° 和 90° ）都可以。

（3）按模式键切换到下列显示如图 9.2-1（e），显示屏显示上行“OFF”，下行“WAY”。

注：如果希望在初始化阶段完成后，计算的整个冲程量用 mm 表示，这一步必须设置。为此，需要在显示屏上选择与刻度杆上驱动钉设定值相同的值。

（4）按模式键切换到如下显示图 9.2-1（f），显示屏显示上行“NO”，下行“INITA”。

（5）长按键超过 5 秒钟，初始化开始显示如图 9.2-1（g），显示屏显示上行“Strt”，下行“INITA”。

初始化进行时，“RUN1”至“RUN5”一个接一个出现于显示屏下行，见图 9.2-1（j）。

注：初始化过程依据执行机构自动进行，可持续 15 分钟。

有下列显示如图 9.2-1（h）时，表示初始化完成。显示屏上行无显示，下行“FINSH”。

短按模式键后，显示如图 9.2-1（i），显示屏上行无显示，下行“INITA”。

通过长按模式键超过 5 秒钟，退出组态方式。约 5 秒钟后，软件版本显示。松开模式键后，处于手动模式，再按模式键切换到自动模式，此时可以远控操作。

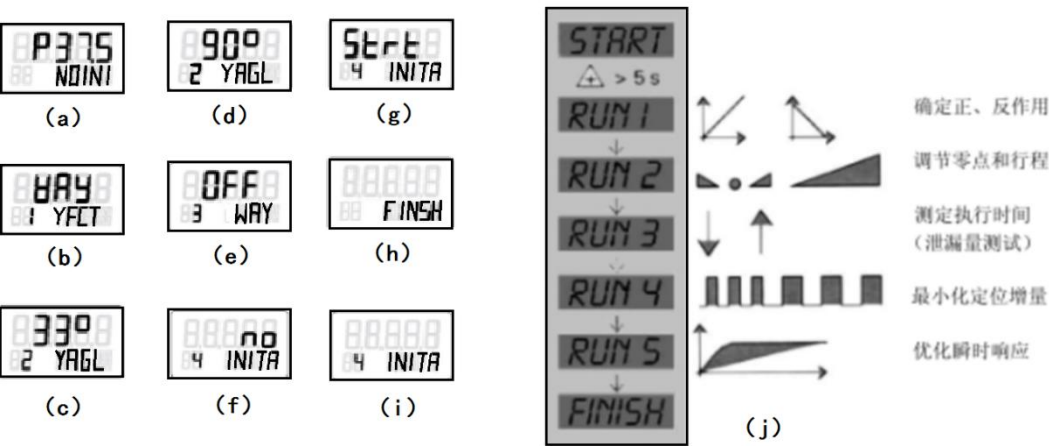


图 9.2-1 参数设置与自动初始化过程

实训项目 10.1 脱硫工艺 DCS 系统的开发与实现

实训目的

1. 熟悉 DCS 系统的硬件安装和软件系统组成。
2. 掌握 DCS 系统项目实施的步骤。

实训步骤

项目要求建立三个小组，分属于不同岗位；分别是工程师、操作小组 1、操作小组 2。按不同的小组登录时分别显示和岗位相关的画面。工程师小组能浏览所有画面并能进行所有操作，操作小组 1 能完成除离心机外的所有显示和操作，操作小组 2 能完成与离心机相关的显示和操作。

1. 分析控制要求，列出测控数据清单

控制系统监控数据见表 10.1-1、表 10.1-2、表 10.1-3。

表 10.1-1 控制系统监控数据 1

序号	位号	用 途	测量范围	工程单位	控制设定值	报警值设定				阀正反作用	输入信号	其它要求					输出信号	输入/输出类型
						高高	高	低	低低			处理	记录	趋势	累计	报表		
1	FIT-003	天然气进脱硫塔流量	1000~5000	Nm ³ /h							4~20mA		√	√	√	√		AI
2	FIT-004	鼓风机出口流量		Nm ³ /h							4~20mA		√	√	√	√		AI
3	LT-001	脱硫塔液位	0~2.0	m			1.8	0.8	0.4		4~20mA	√	√	√		√		AI
4	LIC-001	脱硫塔液位控制调节阀LV001		m	1.2					正			√				4~20mA	AO
5	LT-002	富液槽液位	0~2.0	m			1.8	0.5			4~20mA		√	√		√		AI
6	LT-003	再生塔液位	0~1.0	m			0.4	0.1			4~20mA		√	√		√		AI
7	LT-004	硫泡沫槽液位	0~0.6	m		0.6	0.4	0.1			4~20mA		√	√		√		AI
8	LT-005	地下槽液位	0~1.7	m		1.4	1.2	0.5	0.3		4~20mA		√	√		√		AI
9	LT-006	贫液槽液位	0~2.0	m			1.8	0.5	0.3		4~20mA		√	√		√		AI
10	TIT-001	贫液温度	0~100	℃							4~20mA	√	√	√		√		AI
11	TIC-001	贫液温度控制调节阀TV-001开度		℃	40					反			√				4~20mA	AO
12	FIT-001	再生塔进口富液流量	0~50	m ³ /h							4~20mA	√	√	√	√	√		AI
13	FIC-001	再生塔进口富液流量控制富液泵变频		m ³ /h	20					反			√				4~20mA	AO
14	FIT-002	贫液泵出口流量	0~50	m ³ /h							4~20mA	√	√	√	√	√		AI
控制系统监控数据表																	项目号:	
																	文件号:	
																	第 1 页 共 3 页	

表 10.1-2 控制系统监控数据 2

序号	位号1	用 途	测量范围	工程单位	控制设定值	报警值设定				阀正反作用	输入信号	其它要求					输出信号	输入/输出类型
						高高	高	低	低低			处理	记录	趋势	累计	报表		
15	FIC-002	贫液泵出口流量 控制贫液泵变频		m3/h	20					反			√				4~20mA	AO
16	FIT-004	鼓风机出口流量	50~150	m3/h							4~20mA	√	√	√	√	√		AI
17	LY-001	LV-001 阀位反馈	0~100	%							4~20mA		√	√				AI
18	TY-001	TV-001 阀位反馈	0~100	%							4~20mA		√	√				AI
19	TIT-015	加热炉区温度检测	0~100								4~20mA		√	√		√		AI
20	HSC-P001A	停富液泵P001A										√	√			√	无源触点	DO
21	HSC-P001B	停富液泵P001B										√	√			√	无源触点	DO
22	HSC-P002A	停贫液泵P002A										√	√			√	无源触点	DO
23	HSC-P002B	停贫液泵P002B										√	√			√	无源触点	DO
24	HSC-P003A	停补液泵P003A										√	√			√	无源触点	DO
25	HSC-P003B	停补液泵P003B										√	√			√	无源触点	DO
26	HSC-BL001	停鼓风机										√	√			√	无源触点	DO
27	HSO-P003A	启补液泵P003A										√	√			√	无源触点	DO
28	HSO-P003B	启补液泵P003B										√	√			√	无源触点	DO
29	HSO-BL001	启鼓风机										√	√			√	无源触点	DO
30	HSO-P001A	启富液泵P001A										√	√			√	无源触点	DO
31	HSO-P001B	启富液泵P001B										√	√			√	无源触点	DO
32	HSO-P002A	启贫液泵P002A										√	√			√	无源触点	DO
33	HSO-P002B	启贫液泵P002B										√	√			√	无源触点	DO
34	HSO-P002B	启贫液泵P002B										√	√			√	无源触点	DO
控制系统监控数据表																项目号:		
																文件号:		
																第 2 页 共 3 页		

表 10.1-3 控制系统监控数据 3

序号	位号1	用 途	测量范围	工程单位	控制设定值	报警值设定				阀正反作用	输入信号	其它要求					输出信号	输入/输出类型
						高高	高	低	低低			处理	记录	趋势	累计	报表		
35	XL-P001A	富液泵P001A运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
36	XL-P001B	富液泵P001B运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
37	XL-P002A	贫液泵P002A运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
38	XL-P002B	贫液泵P002B运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
39	XL-P003A	补液泵P003A运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
40	XL-P003B	补液泵P003B运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
41	XL-BL001	鼓风机BL-001运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
42	XL-001A	1#循环水泵运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
43	XL-001B	2#循环水泵运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
44	XA-001A	1#循环水泵故障									无源触点	✓	✓			✓		DI
45	XA-001B	2#循环水泵故障									无源触点	✓	✓			✓		DI
46	XL-002A	1#补给水泵运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
47	XL-002B	2#补给水泵运行状态									无源触点	✓	✓			✓		DI
48	1#全自动离心机										RS485	✓	✓			✓		CIO
49	2#全自动离心机										RS485	✓	✓			✓		CIO
50	GIA-001~GIA-003	脱硫装置区可燃气体浓度报警									无源触点		✓			✓		3DI
51	GIA-004	净化分离器区可燃气体浓度报警									无源触点		✓			✓		DI
52	GIA-005	加热炉区可燃气体浓度报警									无源触点		✓			✓		DI
53	AIA-001~AIA-005	脱硫装置区H ₂ S气体浓度检测									无源触点		✓			✓		5DI
控制系统监控数据表																项目号:		
																文件号:		
																第 3 页 共 3 页		

2. 通过控制系统监控数据表，统计出 I/O 点数如下：

DI 状态触点 24VDC，23 点；DO 继电器/无源触点，14 点；AI 模拟量输入 4~20mA，14 点；AO 模拟量输出 4~20mA，4 点；CIO 通讯 RS485，2 点。

3. 依据 I/O 统计表，并结合一定的点数余量后，卡件选型如下：

主控制卡（冗余）XP243，2 块；数据转发卡（冗余）XP233，2 块；DI 卡，触点型开关量输入 XP363，4 块；DO 卡，晶体管触点开关量输出 XP362，3 块；AI 卡，模拟量电流输入 XP313，3 块；AO 卡，模拟量输出 XP322，2 块，以及串口通信卡件 XP244，1 块。

4. 设置网络结构

如图 10.1-1 所示。

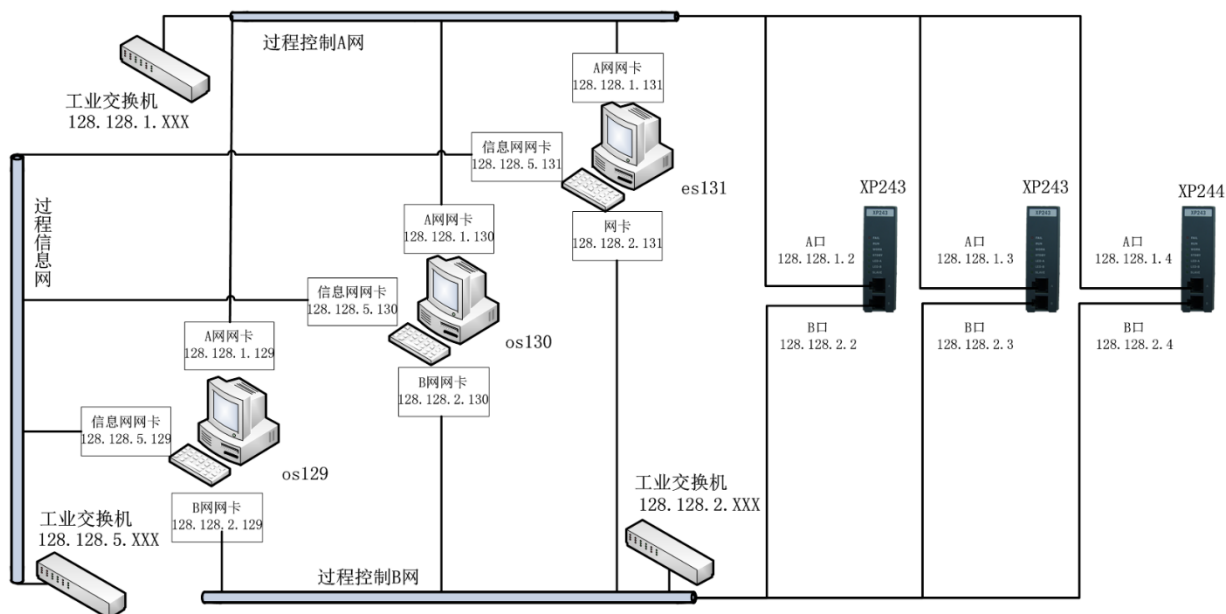


图 10.1-1 网络结构图

5. 根据点位和硬件配置

参考硬件 I/O 卡件说明，画出硬件接线。将各卡件拨码开关或跳线置于相应位置后按次序安装在主控机笼内。

6. 安装完组态软件 AdvanTrol-Pro2.65 软件包

打开后建立新项目。新建 os129、os130、es131，如图 10.1-2。

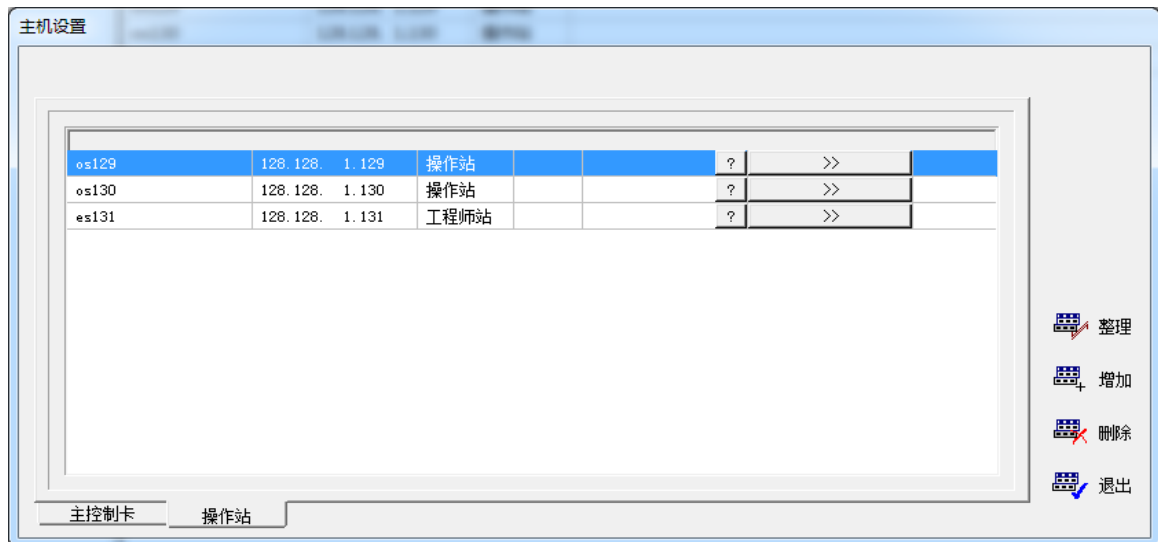


图 10.1-2 建立操作站

7. 打开用户授权界面，先建立所需角色，再建立用户。图 10.1-3 为建立的工程师角色。

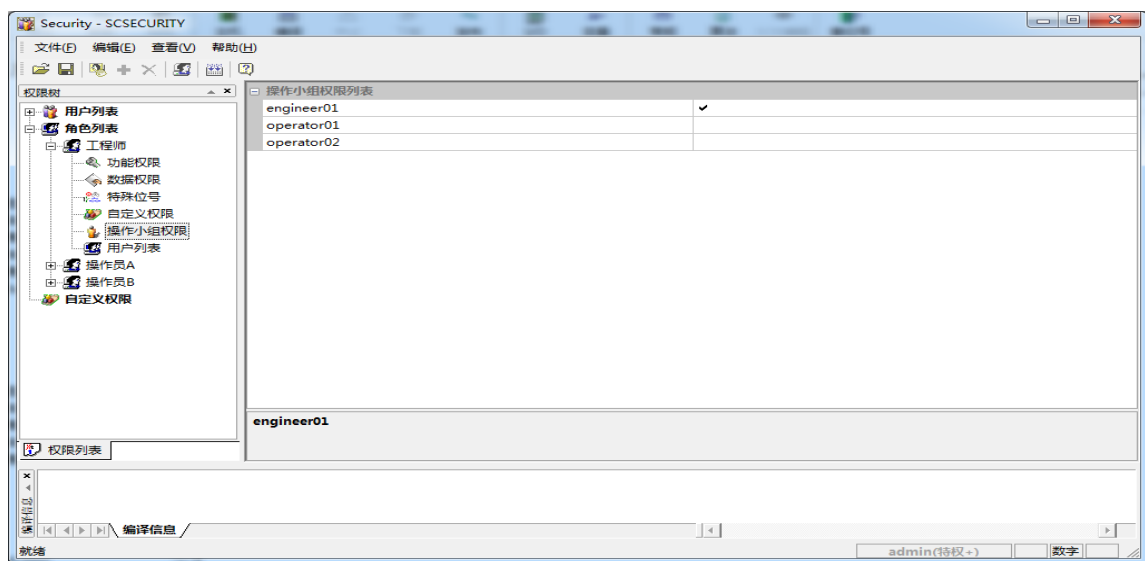


图 10.1-3 工程师角色

8. 按图 10.1-4 设置主控卡。

如图 10-22 依次在主控卡[2]上配置数据转发卡、I/O 卡件、I/O 点。

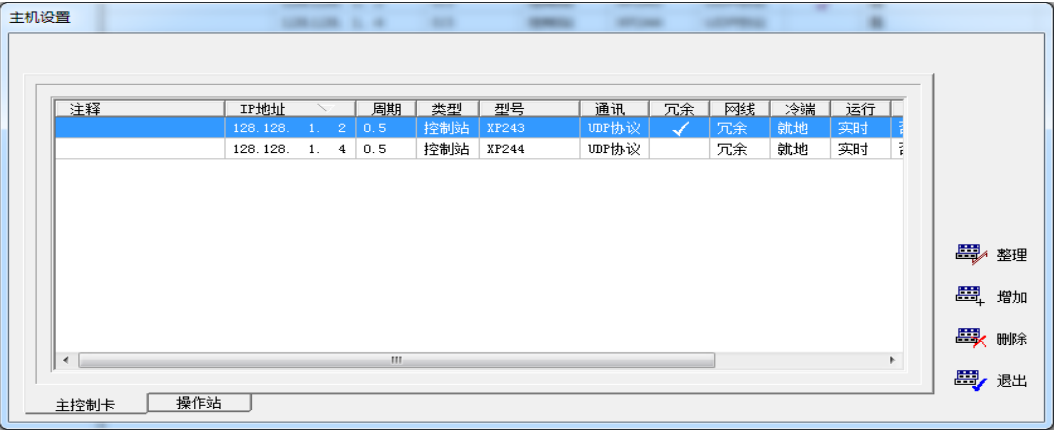


图 10.1-4 主控卡设置

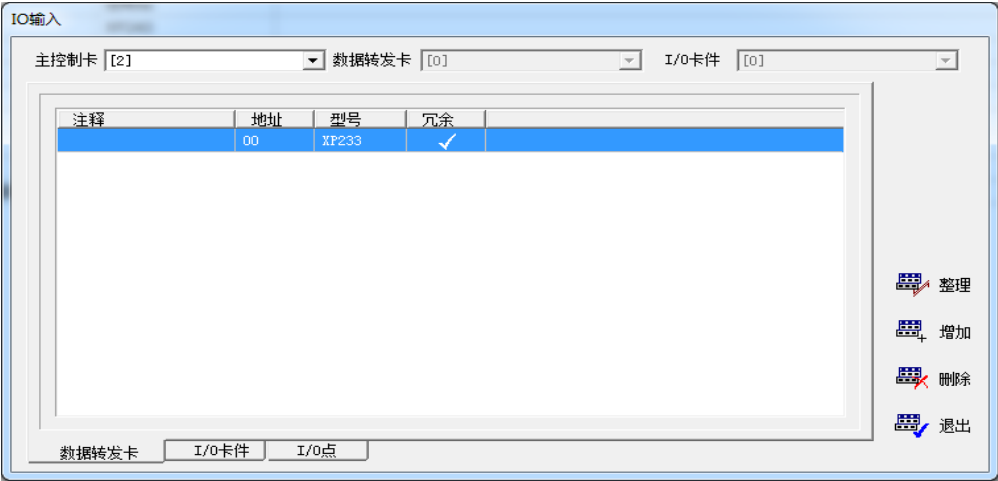


图 10.1-5 数据转发卡、I/O 卡件、I/O 点设置

9. 打开[2]常规回路或自定义回路定义项目所需的 PID 回路

如图 10.1-6。自定义回路比常规回路更加灵活，并且易于在程序中使用，所以在实际应用中，更多使用自定义回路，但当回路简单时用常规回路更能节省开发时间。

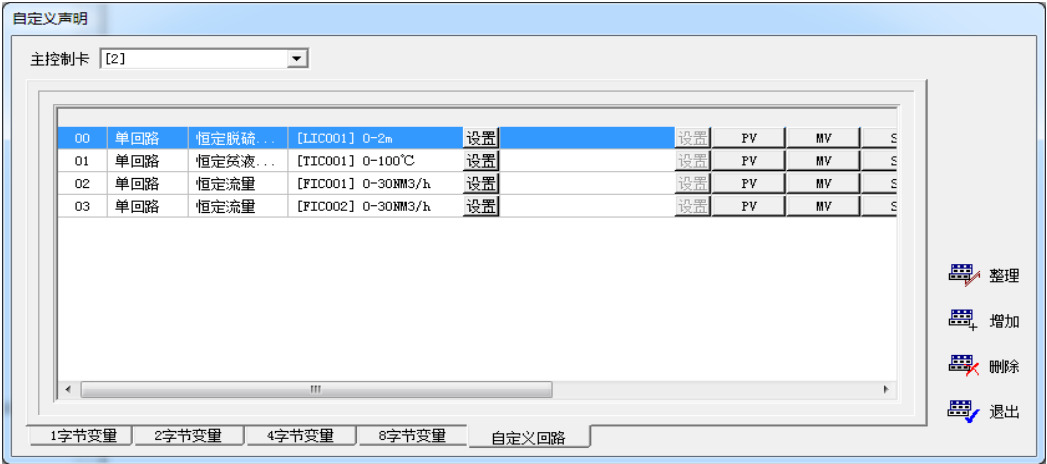


图 10.1-6 自定义回路

10. 分别打开[2]、[4]主站的算法界面

如图 10.1-7 所示。[2]站使用图形编程，[4]站由于和 ModBus RTU 从站通讯，需要使用 SCX 语言编程。（也可使用 ModBus 数据连接软件 AdvMBLink，这样不须使用 XP244）

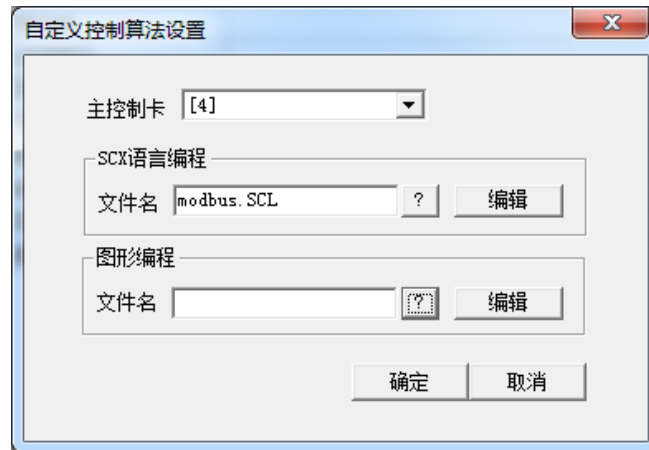


图 10.1-7 算法界面

11. 完成各小组的总貌、流程画面和报表

完成的操作小组内容如图 10.1-8 所示，工艺流程总貌画面如图 10.1-9 所示。

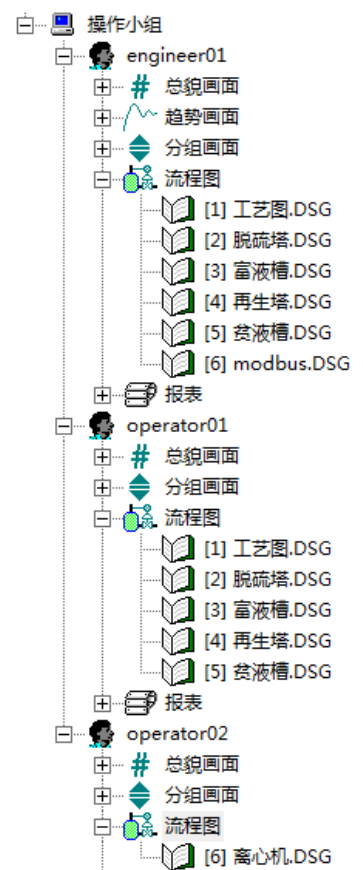


图 10.1-8 操作小组内容

12. 编译、发布和调试。结合校验仪、万用表调试 PID 回路。结合按钮、指示灯调试 DI、DO。ModBus 调试时可用另外一台微机安装 ModBus slave 模拟器充当 MODBUS 从站。

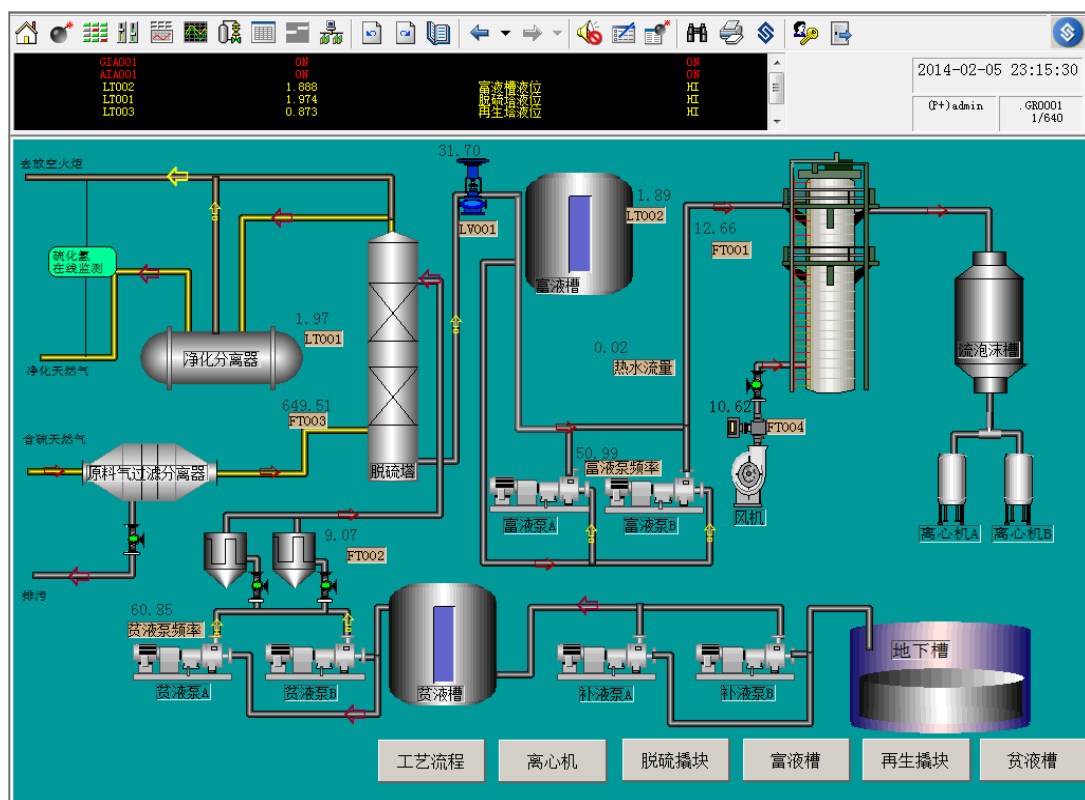


图 10.1-9 工艺流程总貌画面

注意事项

1. 工程师站必须安装工程师站软件狗才能完成组态编译和下载。
2. SCX 程序编写前需安装工程师站软件狗。
3. 工程师站编写完组态后要通过点击《发布》按钮传送到操作员站，不要拷贝到操作员站。
4. 使用时注意三个网络的网段区别。
5. 软件组态时应与硬件实际安装顺序相符。

实训报告

1. 写出 DCS 组态详细步骤。
2. 写出在组态软件中配置硬件建立位号的步骤。
3. 提交实验成果（即组态工程项目文件）。
4. 写出在调试过程中遇到的故障和解决方法。

实践课题 12.1 载荷传感器的配置及安装

训练目的

1. 熟悉无线载荷传感器从参数配置到上井安装、维护保养的程序。
2. 掌握无线载荷传感器参数配置方法与步骤，学会使用通用手操器 APP 的使用。
3. 掌握无线载荷传感器在抽油机上的安装方法、了解维护保养要点。

巡练设施

1. 游梁式抽油机（不限型号）
2. 标准协议转换器（胜利油田通用）
3. 无线载荷传感器（北京安控 SZ908-SL、丹东华通 PDM800ZD）
4. RTU（北京安控 SL304；丹东华通 PDM2000R+CS）

训练步骤

1. 无线载荷传感器的参数配置

无线载荷传感器的参数配置系统组成如图 12.1-1 所示。通过（胜利油田）标准协议转换器，能够把无线井场仪表发出的 ZigBee 协议信号转化为 WiFi 协议信号，供通用手操器（或手机）上的参数配置软件 SL-ZIGBEE.APP 调用，实现参数读取及写入，完成参数配置任务。



图 12.1-1 井场无线仪表参数配置系统示意图

载荷传感器在安装前，需要提前配置好工作参数。

手操器（可用普通手机代替）安装通用手操器软件 SL-ZIGBEE.APP。按照它所工作的油井的“井号”对其进行参数的配置，包括代表通讯地址的“通道号、网络号、仪表组号、仪表编号”，还有代表工作模式的“模式编号、工作周期、休眠时间、传输功率”等进行设置。由于无线载荷传感器通常时间都处于休眠状态，因此要对其进行参数配置时，必须用一强磁铁在外壳的磁控开关处（有“激活点”标志）刷（吸）一下，以便唤醒传感器并使其复位，进入设置状态。通过 ZigBee 连接手操器、接受手操器设置参数写入指令。激活成功时，内

部蜂鸣器会响 3 声，约 30s 后又响 1 声。此时就可以用手操器进行设置了。

设置步骤（参见图 12.1-2）：

① 按下协议转换器电源开关，信号转换指示灯亮起。

② 打开手操器（安装有通用手操器软件 SL-ZIGBEE • APP 的手机）、扫描 WIFI 连接到该协议转换器信道 SL-ZIGBEE-[XX]（用户需通过胜利油田信息化部门申请登录权限，其中[XX]为你所使用的协议转换器编号）。点击图标运行“通用手操器”软件，输入用户名、密码，点击【登录】，进入“通用手操器”画面。

③ 点击【开始仪表扫描】搜索周围无线 ZigBee 仪表，或点击【标准仪表】进入“仪表类型列表”界面。

④ 在“仪表类型列表”选择仪表厂家或【标准仪表】，点击【确定】进入“仪表设备列表”。若找不到需要配置的仪表，可能是仪表进入了休眠状态，可用磁铁复位所需配置的仪表。

⑤ 点击载荷传感器图标，进入“仪表设备配置”界面，显示当前仪表配置参数。

⑥ 点击【修改配置】按钮，进入“仪表设备配置”属性编辑画面。

⑦ 在参数“井名”处输入该井标准井名，软件根据 CRC16 校验规则自动计算“通道号”、“网络号”。“仪表组号”填写 0。“仪表编号”填写 1（无线载荷传感器编号规定为 1）。“地址号”自动计算不用更改。“最大休眠时间”填写为 1800 秒（半小时）。

配置完成后点击右上角【确定】后，点击【返回】两次，回到步骤⑤“仪表设备列表界面”，再点击载荷传感器图标下面的【退出配置】按钮，退出配置状态，进入正常工作模式。

至此，仪表所有修改的配置将写入所配置的载荷传感器（如果不执行“退出配置”操作，则仪表的配置不会写入）。



图 12.1-2 载荷传感器参数配置步骤

2. 无线载荷传感器安装

- ① 检查所安装载荷传感器型号规格配置参数与该井要求一致。
- ② 将抽油机停在下死点稍偏上一点位置，拉上手刹。
- ③ 将方卡子固定在光杆的下部、井口盘根盒上，防止光杆下滑。
- ④ 松手刹继续使抽油机驴头向下死点位置慢慢下移，卸掉载荷，拉上手刹，断开电控柜空气开关。
- ⑤ 将载荷传感器填进悬绳器与光杆方卡子之间。光杆必须处于传感器 U 型缺口正中央，使载荷传感器上的两个凸出承力点与悬绳中心冲齐，防止偏载。注意载荷传感器的安装方向（有箭头标记，承力点向下），不能倒置。
- ⑥ 为防止悬绳器在工作过程中，因偏载挤飞伤人，安装 U 型口锁销（螺栓或固定片），有 U 型口滑块的，拧紧顶丝、压紧光杆。
- ⑦ 检查 RTU 与载荷传感器的通讯情况（ZigBee 通讯指示灯闪烁）
- ⑧ 卸掉下方卡子，慢慢松开手刹、使驴头慢慢下移，光杆上方卡子慢慢压上载荷传感器承力点。切勿猛松刹车，使方卡子撞碎载荷传感器弹性体柱。
- ⑨ 按照抽油机开机程序启动抽油机。观察 RTU 上的调试状态指示灯 L6 在采集工图时闪

烁指示。说明无线载荷传感器与 RTU 通讯及功图采集功能正常，设备安装成功。