

# 邵阳职业技术学院

## 毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目： 高温杀菌机控制系统的设计

学生姓名： 黄伟

学 号： 201810300213

系 部： 电梯工程学院

专 业： 电梯工程技术

班 级： 电梯 1181

指导老师： 何可人

二零二一年六月一日

# 目 录

一、设计要求.....	1
(一) 设计的背景及意义.....	1
(二) 高温杀菌机现状和发展趋势.....	1
二、方案设计整体思路.....	2
(一) 高温杀菌机的工艺流程.....	2
(二) 控制方案的选择.....	3
三、硬件方案电气设计.....	4
(一) 电气控制系统设计概况.....	4
(二) 高温杀菌机电控系统的主电路.....	5
(三) 高温杀菌机电控系统的控制电路.....	6
(四) PLC 输入输出接线图的设计.....	8
四、软件方案设计.....	10
(一) PLC 程序设计.....	10
(二) 梯形图设计.....	11
五、调试与测试.....	14
六、成果.....	15
参考文献.....	16
致谢.....	17

# 高温杀菌机控制系统的设计

## [摘要]

超高温杀菌机广泛应用于牛奶、果汁、茶饮料、含乳饮料等，本设计针对饮料加工厂牛奶生产车间的杀菌机设计了一个具有成套自动启停装置的牛奶超高温杀菌机自动控制系统，实现了生产过程的全自动。对于牛奶生产车间存在着大量干扰的情况，对杀菌温度的控制采用了串级控制系统，串级控制能够有效地克服外界干扰。整个控制系统以三菱公司 FX2N-48MR 型可编程序控制器（PLC）为控制核心，以套管式热交换器为外设中心，实现物料的超高温杀菌。PLC 除了主控模块外，还可以配接各种高功能模块，可以进行开关量的开环控制，也可以进行模拟量的闭环控制，能进行精确定位和温度控制，该自动控制系统完全满足牛乳生产杀菌工艺的技术要求。

本设计以 PLC 为控制中心，实现超高温杀菌机的自动控制与监视。系统包括温度控制、流量控制等，具有过流、短路、超温等保护措施，并实现故障报警。经过适当地改进，还可以推广应用到各种饮料的杀菌过程控制，具有一定的应用前景。

**[关键词]** 超高温杀菌机 成套自动启停 串级控制 PLC 控制

# 一、设计要求

## （一）设计的背景及意义

本设计是一个具有成套的自动启停装置的饮料杀菌机控制系统。提高杀菌装置的自动化程度及采用合理的杀菌工艺成为解决杀菌过程问题的关键。目前超高温杀菌设备是饮料生产中常用的杀菌设备，根据食品的商业无菌要求，饮料超高温杀菌温度应为 90~140℃，杀菌时间为 2-15 秒。温度过高，会破坏饮料的营养成分，而温度过低又会杀菌不完全。采用人工控制的方式虽然能完成控制要求，但控制精度不高，需要依靠自动控制系统，并配以 PID 控制算法来保证控制精度。在工业现场中，通常有大量的强电设备，电源和电磁环境有时非常复杂，采用单片机为核心的自动控制系统可能因为无法适应这样的环境而发生死机，可靠性很难满足要求。同时单片机自身性能上的局限性，所以无法满足控制要求。由于可编程逻辑控制器可靠性高、环境要求低，有多种输入、输出开关量点数组合，开关量和模拟量有良好的可扩展性，在较完善的杀菌装置控制系统中大量采用。本设计则主要针对超高温杀菌设备，为其设计一个完善的自动控制系统。从而降低了工人的劳动强度，能够提高企业的生产效益。

## （二）高温杀菌机现状和发展趋势

随着我国工业化进程的推进，自动化水平不断提高，各种形式高温杀菌机源源不断地推向市场。早期传统的继电器控制，安装繁琐、体积大、不稳定、不易维修等缺点。随着科技的飞速发展，自动化技术日益成熟，老式的继电器控制已被逐渐淘汰，而随之诞生的是采用 PLC 控制的杀菌机。PLC 具有可靠性高、抗干扰能力强、功能完善、适应性强、系统设计工作量小、维护方便、体积小、能耗低等优点。采用 PLC 作为控制器，能大大提高杀菌机的稳定性和性价比。

对于高性能基于 PLC 自动控制系统的杀菌机来说，主要是解决杀菌过程中的问题，它普遍采用 PID 控制系统。由于种种原因，在杀菌的过程中，一方面会由于温度过高，会破坏饮料的营养成分，而另一方面温度过低又会杀菌不完全，从而带来经济上的巨大损失，使经济效益下降。

PLC 自动控制是一种基于语言规则、推理的高级控制技术，是智能控制领域最活跃、最重要的分支之一。当今，PLC 自动控制技术已广泛应用于工业、农业、国防、医学等诸多行业。

然而，高温杀菌机的基本目标是保持杀菌过程稳定的前提下，以最低的杀菌成本和能耗得到杀菌最优的杀菌品质。杀菌过程是典型的非线性、多变量、大滞后、参数关联耦合的非稳态传热传质过程，牛奶本身又是一种复杂的生物化学物质，为达到上述目标，在杀菌过程中必须不断地调整温度参数，对杀菌机工作过程进行控制。杀菌过程的自动控制是实现杀菌机优质、高效、低耗、安全作业的有效手段。实现杀菌过程的自动控制，实现高温杀菌机的自动控制，减轻操作人员劳动强度及充分发挥高温杀菌机生产能力等具有重要意义。

### （三）设计任务与基本要求

本设计针对饮料加工厂牛奶生产车间的杀菌机设计一个具有成套自动启停装置的牛奶超高温杀菌机自动控制系统，实现了生产过程的全自动。对于牛奶生产车间存在着大量干扰的情况，对杀菌温度的控制采用了串级控制系统，串级控制能够有效地克服外界干扰。整个控制系统以三菱公司 FX2N-48MR 型可编程序控制器（PLC）为控制核心，以套管式热交换器为外设中心，实现物料的超高温杀菌。PLC 除了主控模块外，还可以配接各种高性能模块，可以进行开关量的开环控制，也可以进行模拟量的闭环控制，能进行精确定位和温度控制，该自动控制系统完全满足牛乳生产杀菌工艺的技术要求。以 PLC 为控制中心，实现超高温杀菌机的自动控制与监视。系统包括温度控制、流量控制等，具有过流、短路、超温等保护措施，并实现故障报警。

## 二、方案设计整体思路

### （一）高温杀菌机的工艺流程

水进入各换热器，排水阀处有水排出时，原料乳从平衡槽中用泵抽出加压至预热板式热交换器与杀菌热牛乳热交换而升温至 85℃，送入贮槽并保持几分钟，稳定牛乳蛋白质，以防止在高温加热区段内产生过多的沉淀物。经稳定处理的牛乳经泵打入均质机中均质处理，再送至高温板式热交换器被加热到杀菌温度 138℃—150℃，并视需要保温 2-15 秒。

有牛乳流出且浓度符合要求时，排水阀关闭。如果温度等于或高于杀菌温度，热乳流入第一冷却段与冰水热交换至 100℃，再进入热回收段与冷牛乳热交换进一步冷却，经第二冷却段再次与冰水热交换而使灭菌乳冷却到 20℃左右，送入无菌包装机包装。如果加热牛乳未被加热到杀菌所需温度，要流入辅助冷却段被冷却后再流回平衡槽，重新进行加工处理。图 2.1 所示的是牛乳的灭菌时间-温度曲线。

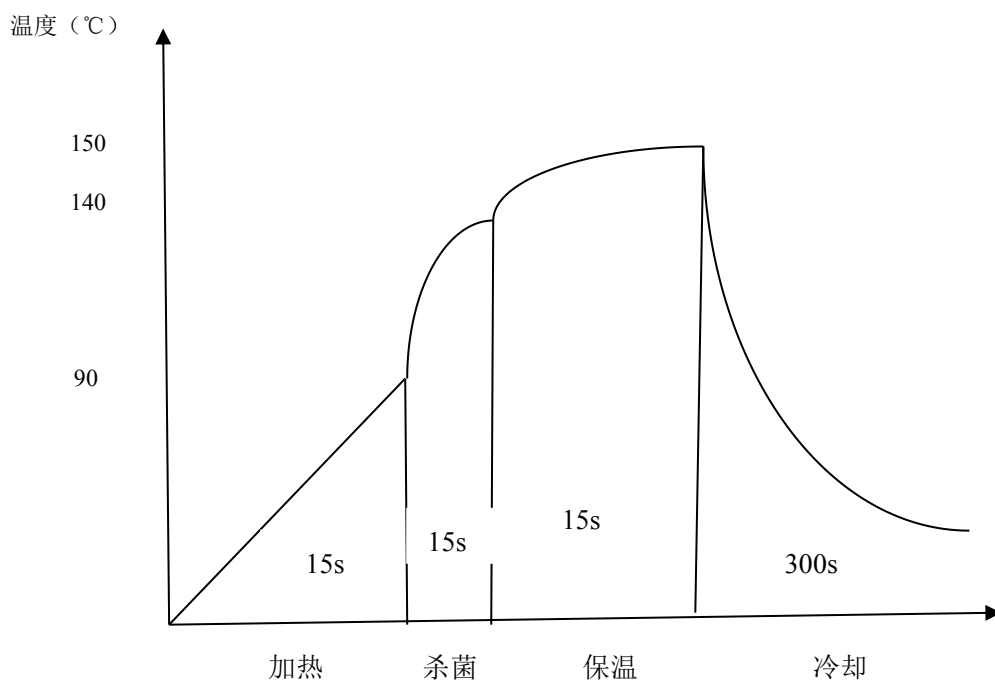


图 2.1 超高温瞬时杀菌牛乳的灭菌时间-温度曲线

## (二) 控制方案的选择

方案一：简单控制系统，实现对换热器出口牛乳温度的控制，如图 2.2 所示：

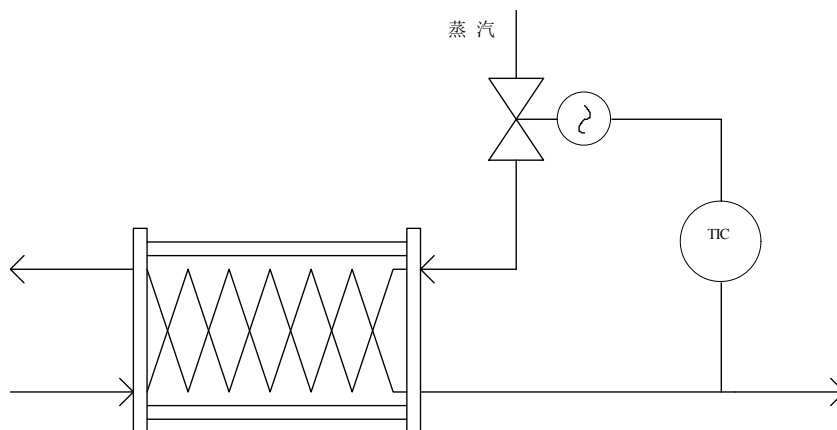


图 2.2 控制系统方案一：简单控制系统

## 方案二：串级控制系统

图 2.3 是串级控制系统，流量控制器的设定值由温度控制器的输出决定，这样既能迅速克服影响流量的扰动作用，又能使温度在其它扰动作用下也保持在设定值。其调节过程为：当蒸汽流量波动时，换热器出口牛乳温度还没有变化，因此主控制器输出不变。蒸汽流量控制器因扰动的影响，使蒸汽流量值变化，按定值控制系统的调节过程，副控制器改变调节阀开度，使蒸汽流量稳定。与此同时，蒸汽流量的变化也影响换热器出口饮料温度，使主控制器输出，进一步加速了控制系统克服扰动的调节过程，使主被控变量回复到设定值。当换热器出口牛乳温度和蒸汽流量同时变化时，主控制器通过主环及时调节副控制器的设定，使蒸汽流量变化保持换热器出口温度恒定，而副控制器一方面接收主控制器的输出信号，同时根据蒸汽流量测量值的变化进行调节，使蒸汽流量跟踪设定值变化，并根据换热器出口牛乳温度及时调整，最终换热器出口温度迅速回复到设定值。

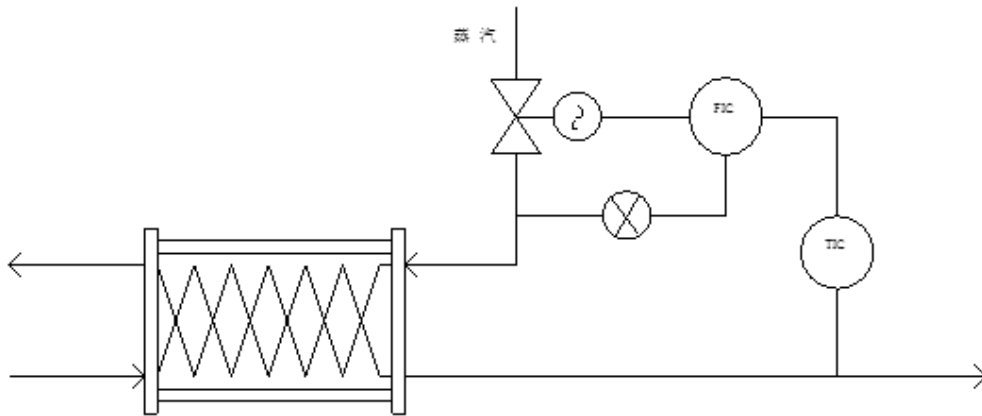


图 2.3 控制系统方案二：串级控制系统

比较方案一和方案二可知，串级控制能有效地克服干扰，具有实际的应用价值。因此，本设计中采用了串级控制方案。

## 三、硬件方案电气设计

### （一）电气控制系统设计概况

目前国内市场上有很多种类的高温杀菌机，采用的控制系统也各不相同，基于学习与实际的情况，本设计中选用 PLC 来实现高温杀菌机的各项控制要求，此设计以 PLC 为主体，系统通过 PLC 控制，配以各种控制电路、构成的高温杀菌机自动控制系统并配合手动调试系统。程序控制系统接受来自操作面板的动作指令，送出相应的执行命令，使动作按程序运行；同时还可以监测和显示杀菌机的工作状态，并判断工作是否正常，一旦出现异常，

会立即送出停止命令，发出声光报警声。控制系统的这些功能是由它的各种控制电路相互配合工作来实现的。

系统的设计内容主要包括，控制各个电磁阀的运行状态，以及通过对蒸汽流量和换热器出口温度这些参数进行检测来控制蒸汽调节阀的运行状态，操作员在值班室就能对整个超高温杀菌过程进行监视和控制。在了解杀菌工艺要求和实际的情况下，综合考虑目前工业过程控制、顺序控制系统的主流趋势和特性，本设计采取了基于 PLC 为控制单元的设计方案。控制系统主要包括：PLC 可编程控制器，按钮开关，交流电机，电磁阀及操作面板。PLC 作为系统的控制单元，按钮开关是用来实现系统手动模式及控制电机的启停，交流电机主要来控制泵的启动以及物料传送电机的启动，通过控制电磁阀的运行状态及对各个参数的检测来调节比例阀的开度，利用 PLC 输出端的指示灯对超高温杀菌机进行监视和控制，而操作面板是实现人机的界面，且使操作人员很方便操作，同时也可以发生在发生故障时，可以及时防止意外事故的发生，系统控制结构框图如图 3.1 所示。

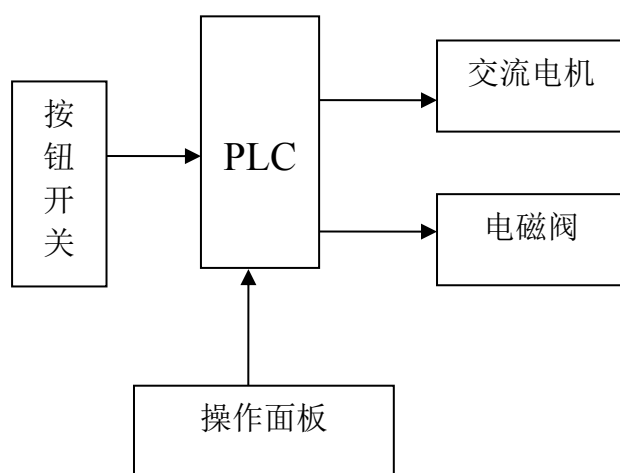


图 3.1 牛乳高温杀菌机电气控制系统框图

## (二) 高温杀菌机电气控制系统的主电路

据高温杀菌机的电气控制系统框图，设计出系统的电气原理图，主电路如图 3.2 所示。主电路的分析：电源采用的是常用的三相四线制380V交流电源，频率为50Hz，由A、B、C三相和中线N组成。QF1为总电源的手动断路器，当有报警信号发出时，切断QF1可断开电源。本系统分为：物料运送电机电路、加热电路这两部分组成。

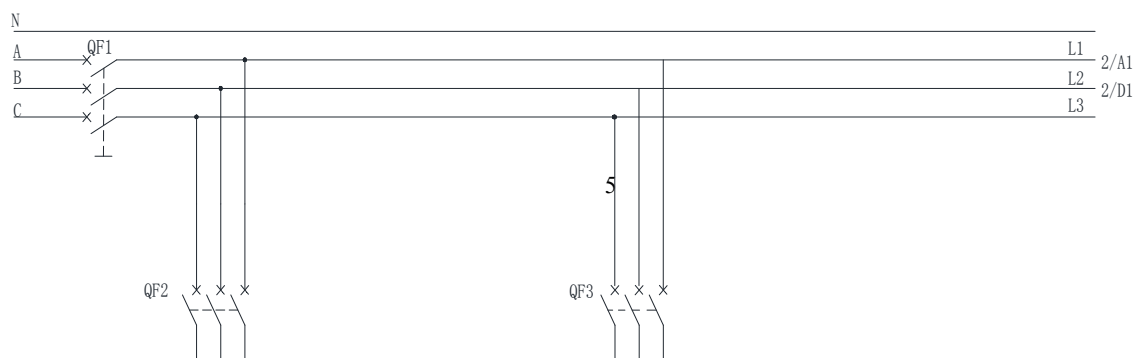




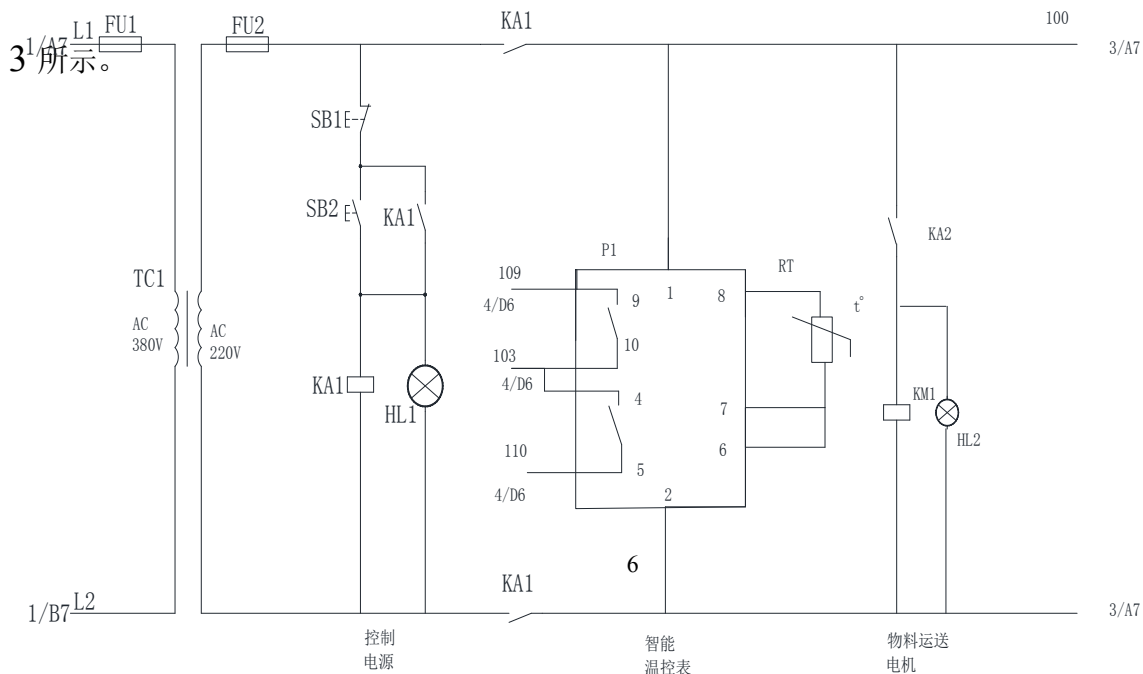
图 3.2 高温杀菌机的主电路图

(1) 物料电机电路：QF2 为断路器，合上后即可上电工作，对物料电机电路起到短路、过载、过流保护等作用。为 FR 热继电器，通过它可以用于这个回路的过载保护、断相等保护，其常闭触点与 PLC 的 X12 相连实现报警输入

(2) 加热电路：QF3 为断路器，合上后即可上电工作，对牛奶加热电路起到短路、过载、过流保护等作用。SSR 为固态继电器减少电路开关瞬态效应。EH 为加热电阻丝。

### (三) 高温杀菌机电气控制系统的控制电路

根据高温杀菌机的电气控制系统框图，设计出了系统的电气原理图，控制电路如图 3.



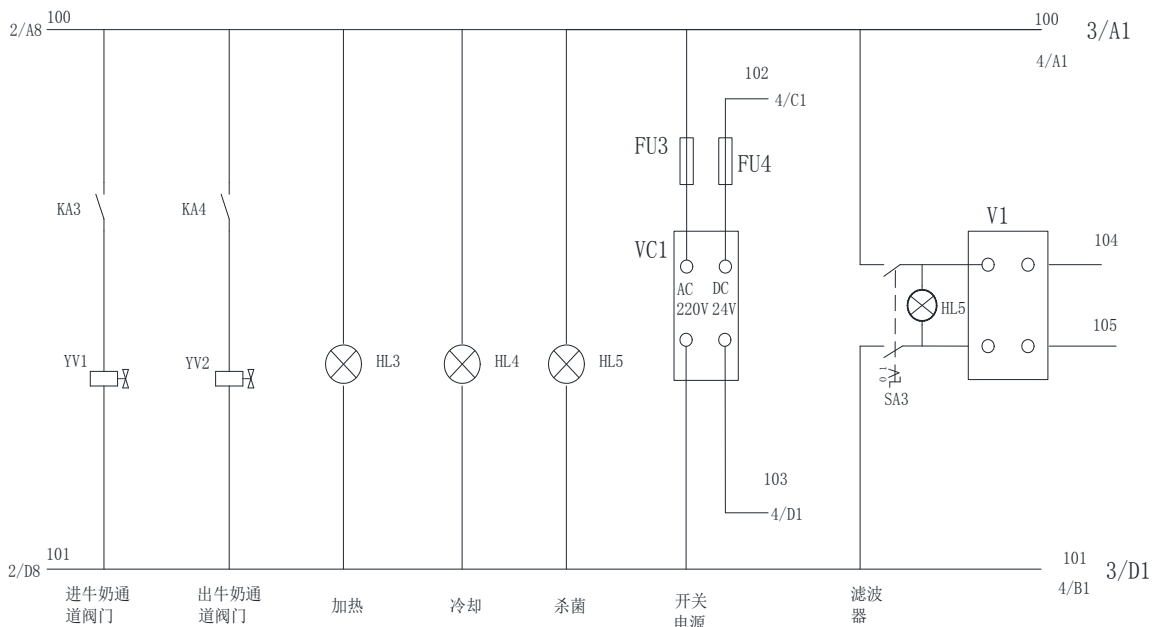


图 3.3 高温杀菌机的控制电路图

对控制电路的分析：在主电路中使用的是三相四线制的 380V 交流电源，而控制电路需要 220V 的交流电源和 24V 的直流电源，因此必须对主电路中的电源进行电压的交换。TC1 为 380V~220V 变压器，具有电气隔离的作用，次线圈通过熔断器 FU1 接入单相电源的 L1 线，二次线圈通过熔断器 FU2 为 PLC、电磁阀、智能温控器等设备提供电源 220V，50HZ 的交流电源。SB1 和 SB2 为控制电路电机的关和开按钮，KA1 为辅助继电器线圈--它的作用是电气自锁，HL1 为电源指示灯。P1 为智能温控表，通过它对热电阻进行温度检测，当热电阻温度升高到设定值时，开关 1 断开即 109 号线信号为 0，热电阻断开；当热电阻温度降到设定值时，开关 1 闭合即 109 号线信号为 1，热电阻通电，开始加热；当热电阻温度超过最大设定值时，开关 2 闭合即 110 号线信号为 1，发出报警信号；VC1 为开关电源 220V 电源通过熔断器 FU3 输入，24V 电源通过熔断器 FU4 输出到 PLC 设备。V1 为滤波器，PLC 是一个用弱电控制强电的电气设备，对电源要求较高，电网电压的波动和高次谐波的干扰都可能对 PLC 产生影响，造成 PLC 的误动作。因此在 PLC 的电源端加上一个滤波器 V1，防止电源对 PLC 的干扰。SA3 为 PLC 的电源开关，HL2 为 PLC 电源指示。其中 HL1 和 HL2 都为绿灯。

通过KA2辅助继电器来控制物料传送电机的开关，HL2为物料传送电机指示灯；通过KA3辅助继电器来控制YV1进牛奶通道阀门；通过KA4辅助继电来控制YV2出牛奶通道阀门；HL3为牛奶加热指示灯；HL4为牛奶冷却指示灯；HL5为牛奶杀菌指示灯，且都为绿灯。

#### （四）PLC 输入输出接线图的设计

高温杀菌机电气控制系统以 PLC 为主控器,根据控制要求得出 PLC 的 I/O 接线图,如图 3.4 所示。

对图 3.4 的分析：本次设计采用的 PLC 是三菱 FX2N-48MR。输入输出共计 48 个，其中输入输出各 24 个。设计输入采用的是 24V 直流电源，输出采用的是 220V 交流电源。通过输入点 PLC 接收来自外部的一切数据后做出相应的采集、分析、处理；通过输出点将输出映像寄存器中的 0/1 状态传送到输出锁存器，信号经输出模块隔离和功率放大后，继电器输出模块中对应的硬件继电器的线圈通电，其常开触点闭合，使外部负载通电工作。

SA1 为手动、自动模式选择输入，SB2 和 SB3 自动启动和停止；SB4，SB5，SB6，SB7 为手动控制相设备的启动和停止；FR 为物料传送电机热继电器，SB10 和 SB11 分别为系统复位和系统急停。109 号线为温控信号线即决定电热丝是否加热，110 号线为温控表的过温报警线，即温度超过上限值信号为 1。

相应的输入控制相应的输出状态，当 PLC 的输出端口 Y0~Y16 有信号时，KA1 接通通电后，物料传送电机开始工作。自动、手动模式指示灯 HL6、HL7。HA1、HL8 和 HL9 分别为报警电铃、故障报警指示灯和过温报警指示灯，当系统出现故障时，通过它们发出报警信号。其中 HL8 和 HL9 设置为红灯，HL6 和 HL7 设置为绿灯。其中热水阀使用比例阀来控制，当温控表检测到牛奶杀菌度和牛奶出口温度已达到时，热水比例阀开度和冷水比例阀开度保持不变，当温度未达到设定温度时，通过适当调节热水阀开度和冷水阀开度控制热水出口和冷水出口的流量，从而达到要求。



X0	SA1	自动选择开关	X7	SB10	出牛奶开关
X1	SA1	手动选择开关	X10	SB11	系统复位
X2	SB3	自动启动	X11	SB12	系统急停
X3	SB4	自动停止	X12	FR	物料电机继电器
X4	SB5	物料电机启动	X13		温控表 P1
X5	SB6	物料电机停止	X14		温控表 P2
X6	SB7	进牛奶开关	X15		过温报警

表 3.2 PLC 输出点分配表

输出端子	电气符号	功能	输出端子	电气符号	功能
Y0	HL6	自动指示	Y10	HL12	加热
Y1	HL7	手动指示	Y11	HL13	杀菌
Y2	KA1	物料电机	Y12	HL14	冷却
Y3	HA1	电铃	Y13	YA1	进牛奶阀
Y4	HL8	故障报警	Y14	YA2	出牛奶阀
Y5	HL9	过温报警	Y15	YA3	热水阀开度
Y6	HL10	热水出口	Y16	YA4	冷水阀开度
Y7	HL11	冷水出口			

## 四、软件方案设计

### (一) PLC 程序设计

高温杀菌机的操作要求既有手动操作又有自动操作，因此 PLC 程序必须包括手动程序和自动程序。但在这里只画出自动顺序功能图，如下图 4.1 所示：

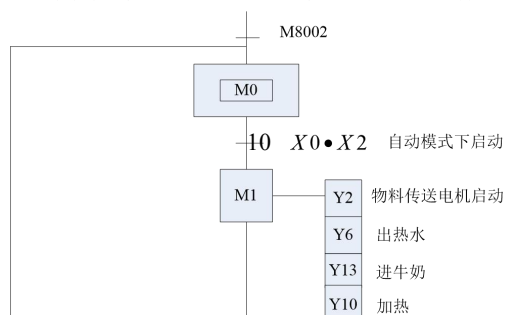


图 4.1 系统顺序功能图

## (二) 梯形图设计

### (1) 自动程序

在操作面板选择自动模式下，按自动启动系统激活 M1，物料电机启动，同时进热水和进牛奶，给牛奶加热，加热指示灯亮，当温度达到杀菌设定温度值 SV 时 X13 清零，此时 M2 为活动步，在继续出热水的同时杀菌指示灯亮，并定时 15s；当杀菌的过程中，温

度低于 SV 值，X13 置 1，M3 为活动步--热水阀开度调大，继续加热，杀菌；在杀菌时间到后，M4 为活动步出--牛奶开始冷却；当冷却时间到，且达到冷却温度，M5 为活动步--出牛奶；在冷却的过程中，当牛奶出口温度还未达到时，调大冷水阀开度，牛奶继续冷却，再次达到冷却温度时，出牛奶。当按下自动停止按钮 SB4，物料传送电机停止，牛奶停止加热，杀菌，冷却，牛奶杀菌机的自动程序如下图 4.2 所示。

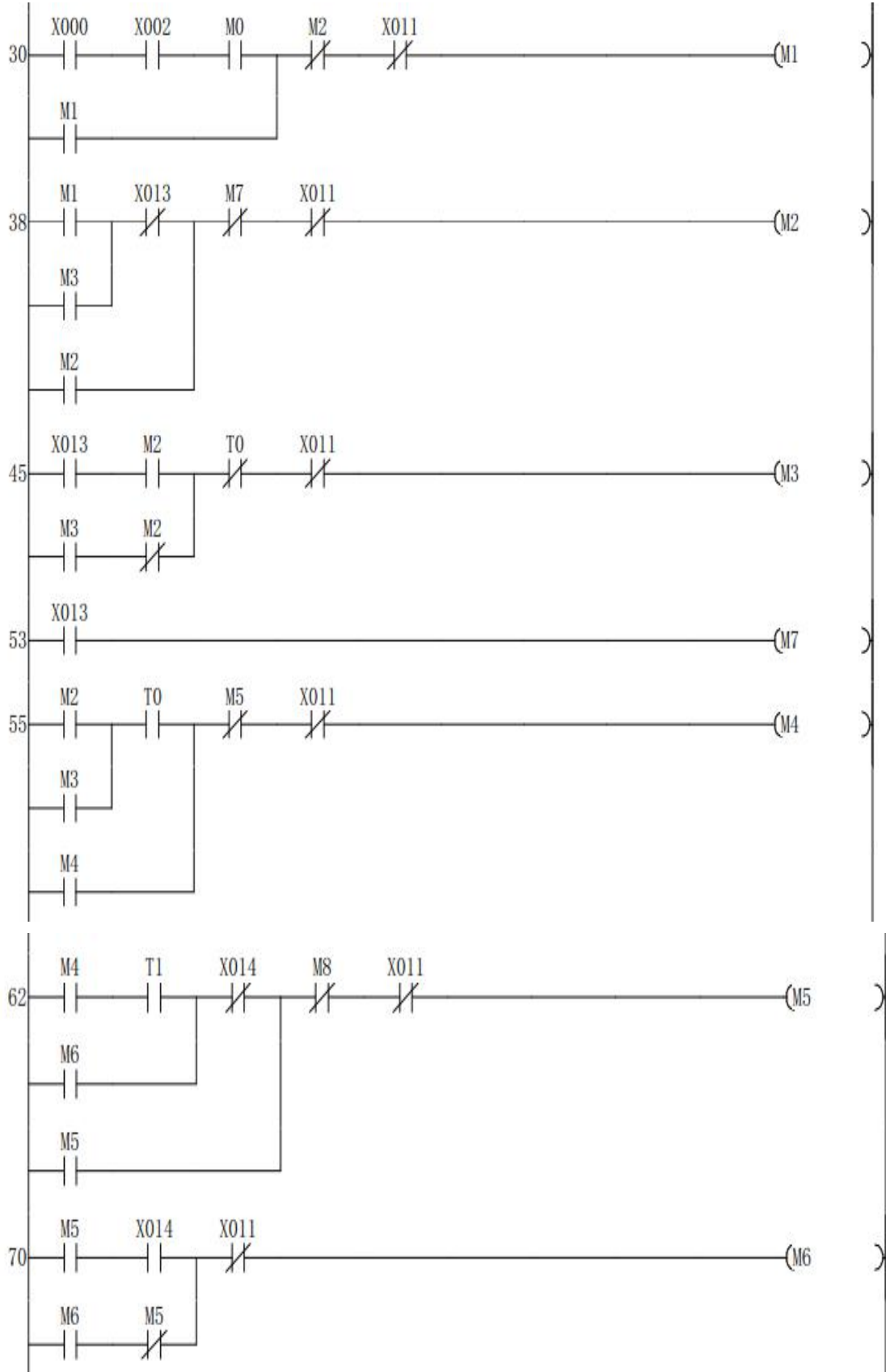


图 4.2 牛奶高温杀菌机的自动程序

### (2) 手动程序

手动程序按下物料传送电机启动按钮--物料电机运行，按下物料传送电机停止按钮--物料电机停止。手动牛奶停止加热和冷却类似，如果温度达到设定值时 X13，X14 清零。牛奶停止杀菌，冷却，手动程序如图 4.3 所示。

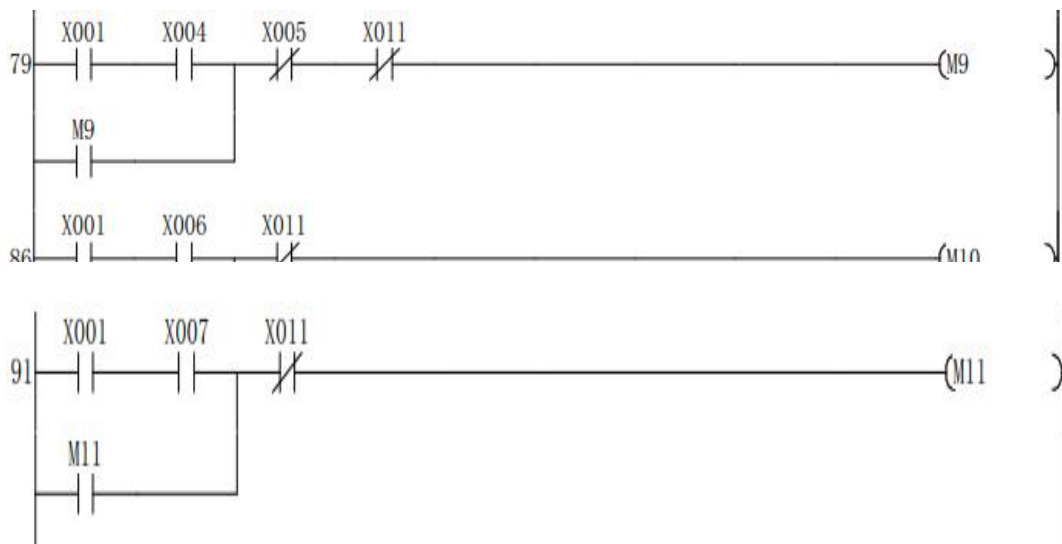


图 4.3 牛奶杀菌机的手动程序

### (3) 公用程序

公用程序如下图 4.4 所示：



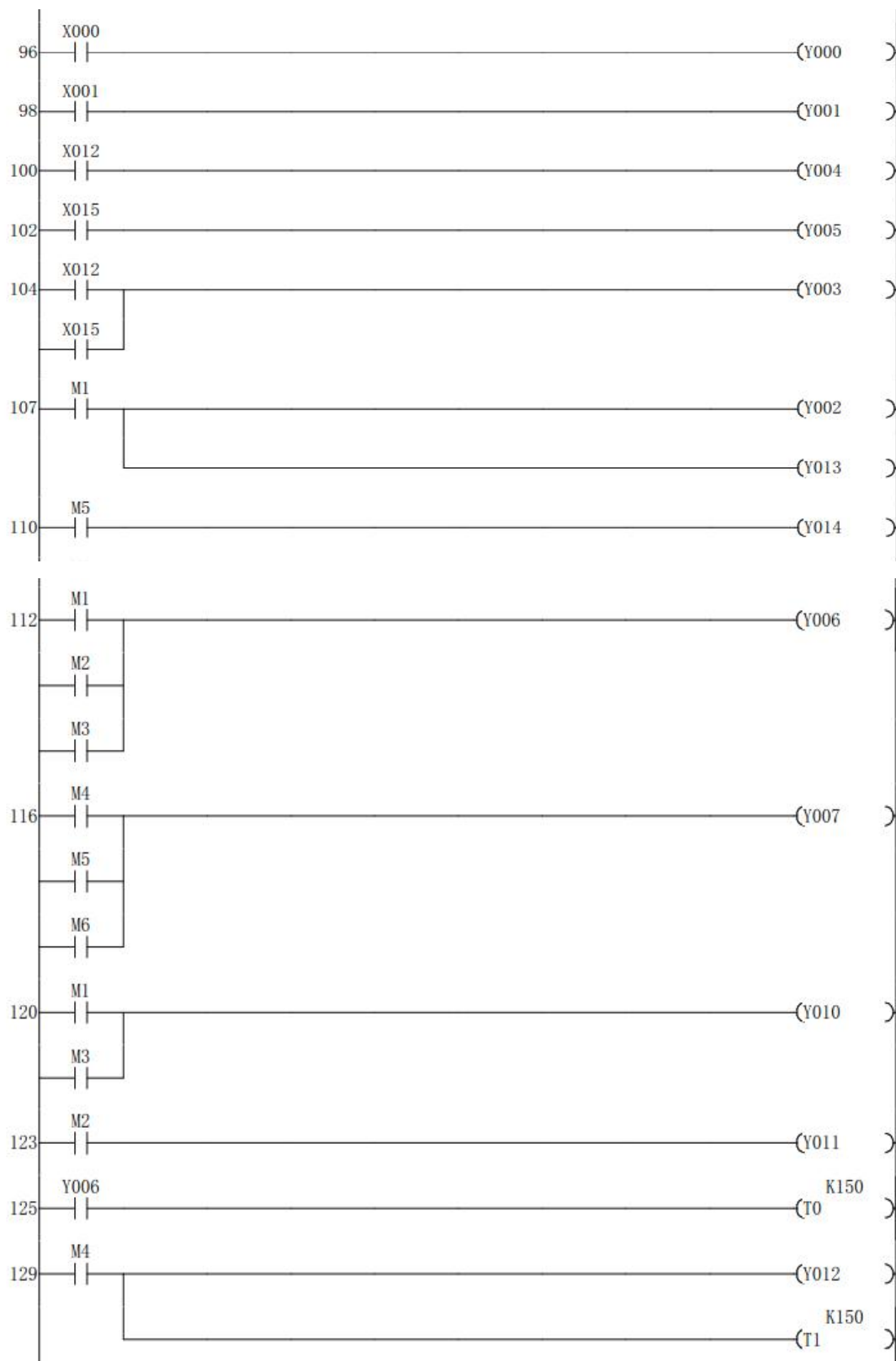


图 4.4 牛奶高温杀菌机的公用程序

## 五、调试与测试

系统软件调试有模拟调试和联机调试，本设计采用的是模拟调试。软件部分的模拟调

试可借助模拟开关和 PLC 输出端的指示灯。调试时将 PLC 程序梯形图通过编程器输入到 PLC 中。观察 PLC 的逻辑输出端是否存在错误，若存在错误，则反复修改和调试，最终得到需要的逻辑输出量。

在此设计中主要是运用 PLC 编程仿真软件对系统进行调试。经下载 PLC 编程软件 GX-developer version7 和 PLC 仿真软件 GX-simulator6-C，运用仿真软件进行调试时，需要启动、停止或自动运行的触点则通过强制 ON 的方式使其接通。经调试可知，此程序能正常运行。

经过以上章节的具体设计后，完成了高温杀菌机系统电气原理图，元件明细表，顺序功能图，PLC 编写程序，且在 PLC 实验室进行软件现场调试仿真，经过老师的指导，PLC 程序完全满足超高温杀菌机的电气控制系统设计的要求。

## 六、成果

毕业设计可以说是大学生三年里对自我专业知识掌握的检验。通过本次毕业设计，我可以将大学三年学习到的理论知识合理的运用到课题的实践当中去，让我摆脱了单纯的学

习课本知识以及提高了解决实际问题能力，思考问题经验得到丰富。

同时按时的完成本次毕业设计提高了不少自我自信心，让我在掌握专业知识的同时懂得了更好地运用于实际。虽然在此过程中遇到了不少的问题，但也正是在不断地问题中学会了思考解决问题的方法与培养思考问题的思维，让我在以后的工作中有一个自我应变的能力。

由于自我水平有限和材料的准备，本设计满足高温杀菌机的电气控制系统设计的要求，但只是简单地实现了部分功能，其中的其他功能也有待完善。对于这自己还是需要不断的学习、总结，为以后做得更加的完美。总的来说，在做这次毕业设计的过程中，既复习了已学的专业知识，又学到了实际经验，是我人生中一次难得的学习经历，更是对自己综合能力的考验和提高。

## 参考文献

- [1]邵裕森, 戴先. 过程控制工程[M]. 中国防工业出版社, 2014: 1-50
- [2]廖常初. 可编程控制器应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015:23-36
- [3]廖常初. PLC 基础及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015:25-69

- [4]周继明. 传感器及其应用[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2015:25-63
- [5]左健民. 液压与气压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015:14-64
- [6]齐卫红. 过程控制系统[M]. 电子工业出版社, 2017:103-136
- [7]龚仲华. 三菱 FX 系列 PLC 应用技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012:101-120
- [8]程子华, 刘小明. PLC 原理与编程案例分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013:21-36

## 致谢

随着毕业设计尾声的临近, 我的大学生活也即将画上句号。在这里, 首先感谢我的指导何可人老师, 老师给予我的悉心指导和严格要求。在我毕业设计写作期间, 老师不仅给我提供了专业知识上的指导, 而且给予我日常生活上的关怀。没有您这样的帮助和关怀, 我不会这么顺利的完成毕业设计, 借此机会, 向您表示由衷的感激!

其次, 感谢同学和身边的朋友。是他们给我生活上和精神上的支持, 三年里我们相互

勉励，相互支持，渡过一个一个难关，克服了一个一个难题。没有他们的支持，我走不到现在。现在我们即将毕业，面对不远的分离，感慨万千，在这里我谨代表自己向三年的同窗们说声谢谢，一路顺风！

最后，还要感谢学校和图书馆给我提供的丰富资源。免费而广博的资源，优越的条件，舒适的环境，无疑为我顺利完成毕业设计提供了坚实的后盾。谢谢母校！