



高等职业教育“十三五”规划教材



电气控制系统设计 ——PLC基于三菱系统

戴琨 主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

高等职业教育“十三五”规划教材

前言 (III) 目录 (IV) 第一章 (V)

电气控制系统设计

(PLC 基于三菱系统)

主 编 戴 琨

副主编 王震生 张雨新 常燕臣



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制系统设计: PLC 基于三菱系统/戴琨主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2017. 1

高等职业教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5019-8004-8

I. ①电… II. ①戴… III. ①电气控制系统—系统设计—高等职业教育—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 307489 号

责任编辑: 张文佳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
责任校对: 晋洁 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 北京君升印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 16

字数: 370 千字

书号: ISBN 978-7-5019-8004-8 定价: 35.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

160587J2X101ZBW

前 言

本书根据高等职业院校高素质技术技能人才培养目标的要求,按照“以职业活动的工作任务为依据,以项目与任务作为能力训练的载体,以‘教、学、做一体化’为训练模式,用任务达成度来考核技能掌握程度”的基本思路进行编写。从设计电气控制系统角度出发,既有典型继电器-接触器控制系统的设计,又重点讲述应用可编程控制器完成的典型电气控制系统的设计以及变频调速控制系统设计等,展现了电气控制技术综合化和开放性的发展趋势,具有应用价值。

本书在编写过程中注重学生基础理论知识的学习以及实践能力的培养,是编者们在充分研究了国内外现行众多教材的基础上,结合自己多年的教学经验完成的,全书共分为四个项目,具体内容安排如下:

项目一为典型继电器-接触器控制系统的设计,包括三个任务:锅炉上煤机电气控制系统的设计、高压离心风机电气控制系统的设计和皮带运输机控制系统的设计。主要介绍继电器-接触器控制系统设计的内容及继电器-接触器控制系统设计的原则,用典型项目任务引领学生使用正确的设计方法,完成电气控制系统的设计。

项目二为典型 PLC 控制系统的设计,包括四个任务:锅炉上煤机 PLC 控制系统的设计、高压离心风机 PLC 控制系统的设计、皮带运输机 PLC 控制系统的设计和搬运机械手 PLC 控制系统的设计。主要介绍 PLC 的控制与应用,用典型项目任务引领学生使用正确的设计方法,完成用 PLC 实现控制的电气控制系统设计。

项目三为典型 PLC 与变频器控制系统的设计,包括两个任务:物料分拣控制系统的设计和恒压供水控制系统的设计。主要介绍变频器的控制与应用,用典型项目任务引领学生使用正确的设计方法,完成 PLC 与变频器控制的综合电气控制系统设计。

项目四为典型 PLC 与人机界面控制系统的设计,包括两个任务:电镀生产线控制系统的设计和金属热处理电阻炉控制系统设计。主要介绍人机界面的使用以及 PLC 与人机界面的通信,用典型项目任务引领学生使用正确的设计方法,完成用 PLC 与人机界面控制的综合电气控制系统设计。本书中每个任务后均设有问题研讨或训练小课题,便于读者检验知识掌握程度,做到触类旁通、举一反三。

本书内容丰富、全面系统、思路清晰、涉及范围广,具有较强的实用性和先进性。本书既可以作为高等职业院校动车组检修技术、机电一体化技术、电气自动化技术等专业相关课程的教材或参考书,同时对电气控制系统方面的实践性课程的开设也具有应用指导意义。

本书主编为戴琨,副主编为王震生、张雨新、常燕臣。其中,戴琨、张雨新编写项目一;戴琨、常燕臣编写项目二;王震生编写项目三、项目四。在编写过程中参考了有关专业书籍和资料,在此向原作者表示最诚挚的谢意!

本书“*”号部分为选学内容。

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

编 者

2016年11月

一、前言

二、第一章 绪论

三、第二章 电路的基本概念和基本定律

四、第三章 电阻电路的分析和计算

五、第四章 正弦交流电路

六、第五章 三相电路

七、第六章 非正弦周期电流电路

八、第七章 动态电路分析

九、第八章 变压器和耦合电感

十、第九章 运算放大器电路

十一、第十章 二端口网络

十二、第十一章 反馈放大电路

十三、第十二章 功率放大电路

十四、第十三章 集成运算放大器

十五、第十四章 模拟集成电路

十六、第十五章 数字集成电路

十七、第十六章 数字逻辑电路

十八、第十七章 时序逻辑电路

十九、第十八章 组合逻辑电路

二十、第十九章 数制和码制

二十一、第二十章 半导体器件

二十二、第二十一章 二极管和整流电路

二十三、第二十二章 三极管和放大电路

二十四、第二十三章 场效应管和放大电路

二十五、第二十四章 功率半导体器件

二十六、第二十五章 集成运算放大器

二十七、第二十六章 模拟集成电路

二十八、第二十七章 数字集成电路

二十九、第二十八章 数字逻辑电路

三十、第二十九章 时序逻辑电路

三十一、第三十章 组合逻辑电路

三十二、第三十一章 数制和码制

三十三、第三十二章 半导体器件

三十四、第三十三章 二极管和整流电路

三十五、第三十四章 三极管和放大电路

三十六、第三十五章 场效应管和放大电路

三十七、第三十六章 功率半导体器件

三十八、第三十七章 集成运算放大器

三十九、第三十八章 模拟集成电路

四十、第三十九章 数字集成电路

四十一、第四十章 数字逻辑电路

四十二、第四十一章 时序逻辑电路

四十三、第四十二章 组合逻辑电路

四十四、第四十三章 数制和码制

四十五、第四十四章 半导体器件

四十六、第四十五章 二极管和整流电路

四十七、第四十六章 三极管和放大电路

四十八、第四十七章 场效应管和放大电路

四十九、第四十八章 功率半导体器件

五十、第四十九章 集成运算放大器

五十一、第五十章 模拟集成电路

五十二、第五十一章 数字集成电路

五十三、第五十二章 数字逻辑电路

五十四、第五十三章 时序逻辑电路

五十五、第五十四章 组合逻辑电路

五十六、第五十五章 数制和码制

五十七、第五十六章 半导体器件

五十八、第五十七章 二极管和整流电路

五十九、第五十八章 三极管和放大电路

六十、第五十九章 场效应管和放大电路

六十一、第六十章 功率半导体器件

六十二、第六十一章 集成运算放大器

六十三、第六十二章 模拟集成电路

六十四、第六十三章 数字集成电路

六十五、第六十四章 数字逻辑电路

六十六、第六十五章 时序逻辑电路

六十七、第六十六章 组合逻辑电路

六十八、第六十七章 数制和码制

六十九、第六十八章 半导体器件

七十、第六十九章 二极管和整流电路

七十一、第七十章 三极管和放大电路

七十二、第七十一章 场效应管和放大电路

七十三、第七十二章 功率半导体器件

七十四、第七十三章 集成运算放大器

七十五、第七十四章 模拟集成电路

七十六、第七十五章 数字集成电路

七十七、第七十六章 数字逻辑电路

七十八、第七十七章 时序逻辑电路

七十九、第七十八章 组合逻辑电路

八十、第七十九章 数制和码制

八十一、第八十章 半导体器件

八十二、第八十一章 二极管和整流电路

八十三、第八十二章 三极管和放大电路

八十四、第八十三章 场效应管和放大电路

八十五、第八十四章 功率半导体器件

八十六、第八十五章 集成运算放大器

八十七、第八十六章 模拟集成电路

八十八、第八十七章 数字集成电路

八十九、第八十八章 数字逻辑电路

九十、第八十九章 时序逻辑电路

九十一、第九十章 组合逻辑电路

九十二、第九十一章 数制和码制

九十三、第九十二章 半导体器件

九十四、第九十三章 二极管和整流电路

九十五、第九十四章 三极管和放大电路

九十六、第九十五章 场效应管和放大电路

九十七、第九十六章 功率半导体器件

九十八、第九十七章 集成运算放大器

九十九、第九十八章 模拟集成电路

一百、第九十九章 数字集成电路

一百零一、第一百章 数字逻辑电路

一百零二、第一百零一章 时序逻辑电路

一百零三、第一百零二章 组合逻辑电路

一百零四、第一百零三章 数制和码制

一百零五、第一百零四章 半导体器件

一百零六、第一百零五章 二极管和整流电路

一百零七、第一百零六章 三极管和放大电路

一百零八、第一百零七章 场效应管和放大电路

一百零九、第一百零八章 功率半导体器件

一百一十、第一百零九章 集成运算放大器

一百一十一、第一百一十章 模拟集成电路

一百一十二、第一百一十一章 数字集成电路

一百一十三、第一百一十二章 数字逻辑电路

一百一十四、第一百一十三章 时序逻辑电路

一百一十五、第一百一十四章 组合逻辑电路

一百一十六、第一百一十五章 数制和码制

一百一十七、第一百一十六章 半导体器件

一百一十八、第一百一十七章 二极管和整流电路

一百一十九、第一百一十八章 三极管和放大电路

一百二十、第一百一十九章 场效应管和放大电路

一百二十一、第一百二十章 功率半导体器件

一百二十二、第一百二十一章 集成运算放大器

一百二十三、第一百二十二章 模拟集成电路

一百二十四、第一百二十三章 数字集成电路

一百二十五、第一百二十四章 数字逻辑电路

一百二十六、第一百二十五章 时序逻辑电路

一百二十七、第一百二十六章 组合逻辑电路

一百二十八、第一百二十七章 数制和码制

一百二十九、第一百二十八章 半导体器件

一百三十、第一百二十九章 二极管和整流电路

一百三十一、第一百三十章 三极管和放大电路

一百三十二、第一百三十二章 场效应管和放大电路

一百三十三、第一百三十三章 功率半导体器件

一百三十四、第一百三十四章 集成运算放大器

一百三十五、第一百三十五章 模拟集成电路

一百三十六、第一百三十六章 数字集成电路

一百三十七、第一百三十七章 数字逻辑电路

一百三十八、第一百三十八章 时序逻辑电路

一百三十九、第一百三十九章 组合逻辑电路

一百四十、第一百四十章 数制和码制

一百四十一、第一百四十一章 半导体器件

一百四十二、第一百四十二章 二极管和整流电路

一百四十三、第一百四十三章 三极管和放大电路

一百四十四、第一百四十四章 场效应管和放大电路

一百四十五、第一百四十五章 功率半导体器件

一百四十六、第一百四十六章 集成运算放大器

一百四十七、第一百四十七章 模拟集成电路

一百四十八、第一百四十八章 数字集成电路

一百四十九、第一百四十九章 数字逻辑电路

一百五十、第一百五十章 时序逻辑电路

一百五十一、第一百五十一章 组合逻辑电路

一百五十二、第一百五十二章 数制和码制

一百五十三、第一百五十三章 半导体器件

一百五十四、第一百五十四章 二极管和整流电路

一百五十五、第一百五十五章 三极管和放大电路

一百五十六、第一百五十六章 场效应管和放大电路

一百五十七、第一百五十七章 功率半导体器件

一百五十八、第一百五十八章 集成运算放大器

一百五十九、第一百五十九章 模拟集成电路

一百六十、第一百六十章 数字集成电路

一百六十一、第一百六十一章 数字逻辑电路

一百六十二、第一百六十二章 时序逻辑电路

一百六十三、第一百六十三章 组合逻辑电路

一百六十四、第一百六十四章 数制和码制

一百六十五、第一百六十五章 半导体器件

一百六十六、第一百六十六章 二极管和整流电路

一百六十七、第一百六十七章 三极管和放大电路

一百六十八、第一百六十八章 场效应管和放大电路

一百六十九、第一百六十九章 功率半导体器件

一百七十、第一百七十章 集成运算放大器

一百七十一、第一百七十一章 模拟集成电路

一百七十二、第一百七十二章 数字集成电路

一百七十三、第一百七十三章 数字逻辑电路

一百七十四、第一百七十四章 时序逻辑电路

一百七十五、第一百七十五章 组合逻辑电路

一百七十六、第一百七十六章 数制和码制

一百七十七、第一百七十七章 半导体器件

一百七十八、第一百七十八章 二极管和整流电路

一百七十九、第一百七十九章 三极管和放大电路

一百八十、第一百八十章 场效应管和放大电路

一百八十一、第一百八十一章 功率半导体器件

一百八十二、第一百八十二章 集成运算放大器

一百八十三、第一百八十三章 模拟集成电路

一百八十四、第一百八十四章 数字集成电路

一百八十五、第一百八十五章 数字逻辑电路

一百八十六、第一百八十六章 时序逻辑电路

一百八十七、第一百八十七章 组合逻辑电路

一百八十八、第一百八十八章 数制和码制

一百八十九、第一百八十九章 半导体器件

一百九十、第一百九十章 二极管和整流电路

一百九十一、第一百九十一章 三极管和放大电路

一百九十二、第一百九十二章 场效应管和放大电路

一百九十三、第一百九十三章 功率半导体器件

一百九十四、第一百九十四章 集成运算放大器

一百九十五、第一百九十五章 模拟集成电路

一百九十六、第一百九十六章 数字集成电路

一百九十七、第一百九十七章 数字逻辑电路

一百九十八、第一百九十八章 时序逻辑电路

一百九十九、第一百九十九章 组合逻辑电路

二百、第二百章 数制和码制

目 录

项目一 典型继电器 - 接触器控制系统的设计	1
任务一 锅炉上煤机电气控制系统的设计	1
任务二 高压离心风机电气控制系统的设计	18
任务三 皮带运输机控制系统的设计	36
项目二 典型 PLC 控制系统的设计	52
任务一 锅炉上煤机 PLC 控制系统的设计	52
任务二 高压离心风机 PLC 控制系统的设计	75
任务三 皮带运输机 PLC 控制系统的设计	101
任务四 搬运机械手 PLC 控制系统的设计	136
项目三 典型 PLC 与变频器控制系统的设计	161
任务一 物料分拣控制系统的设计	161
任务二 恒压供水控制系统的设计	196
项目四 典型 PLC 与人机界面控制系统的设计	209
任务一 电镀生产线控制系统的设计	209
* 任务二 金属热处理电阻炉控制系统设计	230
参考文献	249

项目一 典型继电器 - 接触器 控制系统的设计

【项目内容】

- ※ 锅炉上煤机电气控制系统的设计、安装与调试。
- ※ 高压离心风机电气控制系统的设计、安装与调试。
- ※ 皮带运输机电气控制系统的设计、安装与调试。

【学习目标】

- ※ 能够掌握典型继电器 - 接触器控制系统的控制原理。
- ※ 能够掌握典型继电器 - 接触器控制系统的分析方法。
- ※ 能够根据控制要求, 完成典型继电器 - 接触器控制系统的设计。
- ※ 会进行典型继电器 - 接触器控制系统的安装、调试、维护与故障检修。

任务一 锅炉上煤机电气控制系统的设计

一、任务目标

1. 了解锅炉上煤机的电气控制过程及控制要求。
2. 熟悉三相交流异步电动机正反转控制线路及限位控制线路的特点。
3. 学会根据电气控制要求完成锅炉上煤机的继电器 - 接触器控制系统设计。
4. 掌握继电器 - 接触器控制系统的典型控制环节及电气控制系统设计的方法。

二、任务描述

工业锅炉一般通过燃烧煤加热, 锅炉上煤机是专门将煤运送到锅炉加热器中的设备, 也可以设计成为锅炉设备的一部分。工作过程如下: 下煤时, 空煤斗下降, 到达下煤预定位置时, 煤斗压迫行程开关而停止运行。由人工或装煤机械往煤斗中装煤, 装煤完成后等待上煤。上煤时, 煤斗上升, 到达预定位置时, 煤斗自动翻斗卸料, 将煤卸入锅炉加热器中, 随后通过行程开关控制自动反向下降。工作示意图如图 1-1-1 所示。

本任务要求完成锅炉上煤机电气控制系统的设计。锅炉上煤机由一台电动机实现对煤斗爬升与下降的控制。

三、任务要求

1. 工作流程

煤斗由电动机 M1 拖动, 按下启动按钮, 电动机 M1 将装满煤的煤斗提升到上限后, 由行程开关 SQ1 控制自动翻斗卸料, 随后反向下降, 到达下限 SQ2 位置, 煤斗压迫行程开关而停止运行, 由人工或装煤机械往煤斗中装煤, 装煤完成后, 需要按下启动按钮, 才可

以进行下一次的上煤。

2. 设计要求

- (1) 电动机 M1 为三相交流异步电动机，功率 4kW。
- (2) 锅炉上煤机电气控制系统应按照上述工作流程顺序实现控制，煤斗可以停在任意位置，启动时可以使煤斗随意从上升或下降开始运行，到达预定位置自动停止。
- (3) 系统要具有短路、过载、失压、欠压、电气联锁等必要的电气保护措施。

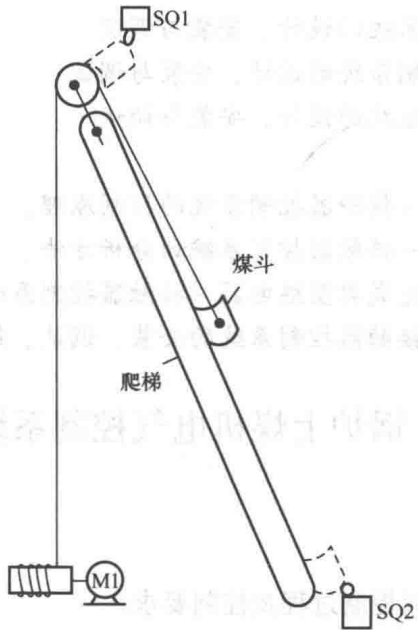


图 1 - 1 - 1 锅炉上煤机工作示意图

四、预备知识

继电器 - 接触器典型控制环节

1. 三相交流异步电动机正反转控制线路

许多生产机械的运动部件往往要求实现正、反两个方向的运动，如机床主轴正转和反转，起重机吊钩的上升与下降，机床工作台的前进与后退，机械装置的夹紧与放松等。这就要求拖动电动机实现正、反转来控制。

根据三相交流异步电动机工作原理可知，只要将电动机主电路三相电源线的任意两根对调，改变电源相序，改变旋转磁场方向，就可以实现电动机的正反转。

根据单向连续控制线路的控制原理，要实现正反转运行可用两只接触器来改变电动机电源的相序，但是它们不能同时得电动作，否则将造成电源相间短路事故。常用的电动机正反转控制线路有以下几种：

(1) 按钮联锁的正、反向控制线路。按钮联锁的正、反向控制线路原理图如图 1 - 1 - 2 所示。

图中 SB2 与 SB3 分别为正、反向启动按钮，每只按钮的常闭触点都与另一只按钮的常

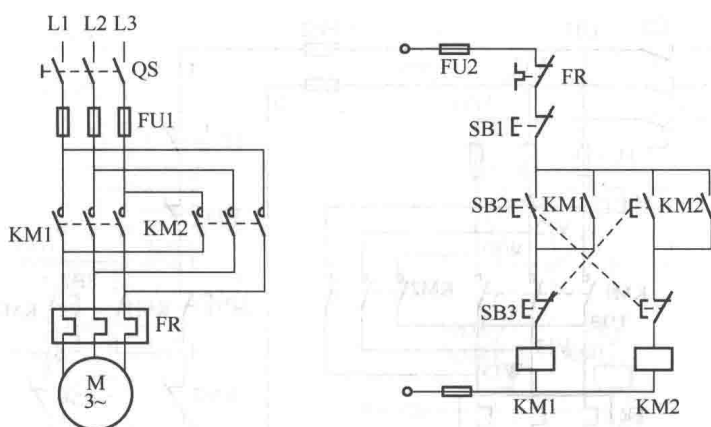


图 1-1-2 三相交流异步电动机按钮联锁正反转控制线路的电气原理图

开触点串联，此种接法称为按钮联锁，或叫按钮互锁。这种由按钮的常闭触点构成的联锁也称为机械联锁。每只按钮上起联锁作用的常闭触点称为“联锁触点”。当操作任意一只按钮时，其常闭触点先分断，使相反转向的接触器断电释放，可防止两只接触器同时得电造成电源短路。

线路工作原理：

电动机正向启动时，合上电源开关 QS，按下按钮 SB2，其常闭触点先分断，使 KM2 线圈不得电，实现联锁。同时 SB2 的常开触点闭合，KM1 线圈得电并自锁，KM1 主触点闭合，电动机 M 得电正向启动运转。

电动机反向启动时，如果此时电动机处于正传运行，可以直接按下 SB3，其常闭触点先分断，KM1 线圈失电，解除自保，KM1 主触点断开，电动机正传停转。同时 SB3 常开触点闭合，KM2 线圈得电并自保，KM2 主触点闭合，电动机反转。

电动机需停转时，只需按下停止按钮 SB1 即可，电动机 M 失电停止运行。

按钮联锁正、反转控制线路的优点是，电动机可以直接从一个转向过渡到另一个转向而不需要按停止按钮 SB1，但存在的主要问题是容易产生短路事故。例如，电动机正转接触器 KM1 的主触点因弹簧老化或剩磁的原因而延迟释放时、因触点熔焊或者被卡住而不能释放时，如此时按下 SB3 反转按钮，会造成 KM1 因故不释放或释放缓慢而没有完全将触点断开，KM2 接触器线圈又通电使其主触点闭合，电源会在主电路出现相间短路。可见，按钮联锁正、反转控制电路的特点是方便但不安全，运行状态转换是“正转→反转→停止”。

(2) 接触器联锁的正、反向控制线路。为防止出现两个接触器同时得电引起主电路电源相间短路，要求在主电路中任意一个接触器主触点闭合时，另一个接触器的主触点就不能够闭合，即任何时候在控制电路中，KM1、KM2 只能有其中一个接触器的线圈通电。将 KM1、KM2 正、反转接触器的常闭辅助触点分别串接到对方线圈电路中，形成相互制约的控制，这种相互制约的控制关系也称为联锁，或叫互锁，这两对起联锁作用的常闭触点称为联锁触点。由接触器或继电器常闭触点构成的联锁也称为电气联锁。

接触器联锁电动机正、反转线路原理图，如图 1-1-3 所示。

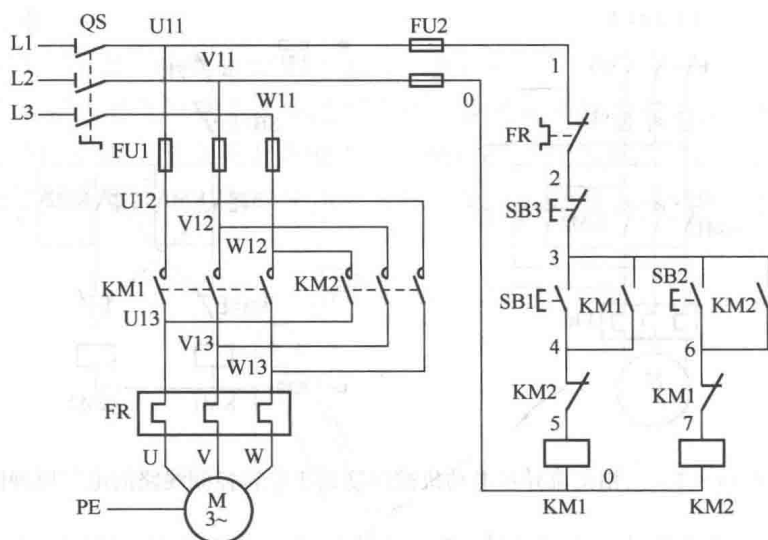


图 1-1-3 三相交流异步电动机接触器联锁正反转控制线路的电气原理图

线路工作原理:

电动机正向启动时,合上电源开关 QS,按下正转启动按钮 SB1,正转接触器 KM1 线圈通电,一方面主电路中 KM1 的主触点和控制电路中 KM1 的自锁触点闭合,使电动机连续正转;另一方面 KM1 的常闭联锁触点断开,切断反转接触器 KM2 线圈回路,使得它无法通电,实现联锁。此时即使按下反转启动按钮 SB2,反转接触器 KM2 线圈因 KM1 联锁触点断开也不会通电。要实现反转控制,必须先按下停止按钮 SB3,切断正转接触器 KM1 线圈回路,主电路中 KM1 的主触点和控制电路中 KM1 的自锁触点恢复断开, KM1 的联锁触点恢复闭合,解除对 KM2 的联锁,然后按下反转启动按钮 SB2,才能使电动机反向启动运转。

电动机反向启动时,按下反转启动按钮 SB2,反转接触器 KM2 线圈通电,一方面主电路中 KM2 的主触点闭合,控制电路中 KM2 的自锁触点闭合,实现反转;另一方面 KM2 的反转互锁触点断开,使正转接触器 KM1 线圈回路无法接通,进行联锁。

电动机需停转时,只需按下停止按钮 SB3 即可,电动机 M 失电停止运行。

接触器联锁正、反转控制电路的优点是可以避免由于误操作以及因接触器故障引起的电源短路事故发生,但存在的主要问题是,从一个转向过渡到另一个转向时要先按停止按钮 SB3,不能直接过渡,显然这是十分不方便的。可见接触器互锁正、反转控制电路的特点是安全但不方便,运行状态转换必须是“正转→停止→反转”。

(3) 双重联锁的正、反向控制线路。采用复式按钮和接触器复合联锁的正、反转控制电路如图 1-1-4 所示。

双重联锁的正、反向控制线路可以克服上述两种正、反转控制线路的缺点,图中 SB2 与 SB3 是两只复合按钮,它们各具有一对常开触点和一对常闭触点,该电路具有按钮和接触双重联锁作用。

线路工作原理:

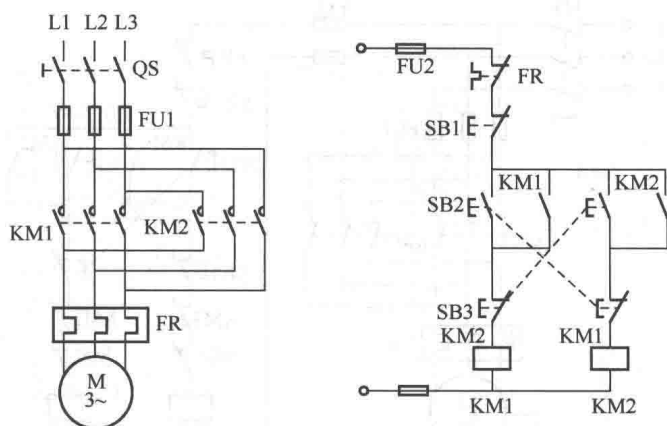


图 1-1-4 三相交流异步电动机采用复式按钮和接触器复合联锁正反转控制线路原理图

电动机正向启动时，合上电源开关 QS，按正转按钮 SB2，正转接触器 KM1 线圈通电，KM1 主触点闭合，电动正转启动运转。与此同时，SB2 的联锁常闭触点和 KM1 的联锁常闭触点都断开，双双保证反转接触器 KM2 线圈不会同时获电。

欲要反转，只要直接按下反转复合按钮 SB3，其动断触点先断开，使正转接触器 KM1 线圈断电，KM1 的主、辅触点复位，电动机停止正转。与此同时，SB3 动合触点闭合，使反转接触器 KM2 线圈通电，KM2 主触点闭合，电动机反转启动运转，串接在正转接触器 KM1 线圈电路中的 KM2 常闭辅助触点断开，起到联锁作用。

电动机需停转时，只需按下停止按钮 SB1 即可，电动机 M 失电停止运行。

2. 三相交流异步电动机的行程控制

在实际应用中，有一些电气设备，要根据可移动部件的行程位置控制其运行状态，如电梯行驶到一定位置要停下来，起重机将重物提升到一定高度要停止上升，停的位置必须在一定范围内，否则可能造成危险事故；还有些生产机械，如高炉的加料设备、龙门刨床等设备需自动往返运行等。电动机的停可以通过控制电路中的停止按钮 SB1 停，这属于手动控制，也可用行程开关控制电动机在规定位置停则属于按照行程原则实现的自动控制。

实现行程位置控制的电器主要是行程开关，即用行程开关对机械设备运动部件的位置或机件的位置变化来进行控制，称为按行程原则的自动控制，也称为行程控制。行程控制是机械设备中应用较广泛的控制方式之一。

行程控制根据其控制特点，可以分为限位保护控制与自动循环控制。

(1) 三相交流异步电动机的限位保护控制。如图 1-1-5 所示，某小车在规定的轨道上运行时，可用行程开关实现终端限位保护，控制小车在规定的轨道上的安全运行。小车在轨道上的向前、向后运动可利用电动机的正、反转实现。若需要限位保护时，则在小车行程的两个终端位置各安装一个行程开关，将行程开关的触点接于线路中，当小车碰撞行程开关后，使拖动小车的电动机停转，就可达到限位保护的目。用来实现终端限位保护的行程开关通常被称为限位开关。

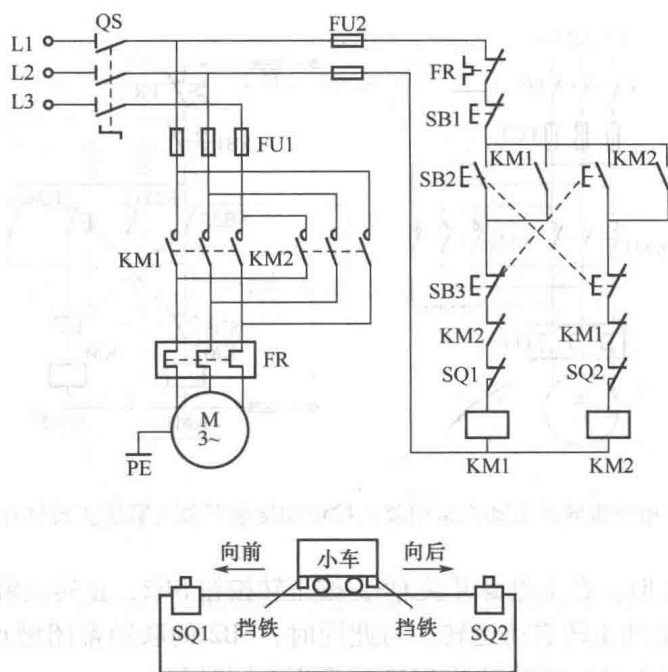


图 1-1-5 三相交流异步电动机正反转限位控制线路的电气原理图

线路工作原理:

小车向前运行控制, 合上电源开关 QS, 按下正传启动按钮 SB2 后, KM1 线圈通电并自锁, 联锁触点断开对 KM2 线圈进行联锁, 使其不能得电, 同时 KM1 主触点吸合, 电动机正转, 小车向前运动。运动一段距离后, 小车挡铁碰撞到行程开关 SQ1, SQ1 常闭触点断开, KM1 线圈失电, KM1 主触点断开, 电动机断电停转, 同时 KM1 自锁触点断开, KM1 联锁触点恢复闭合。

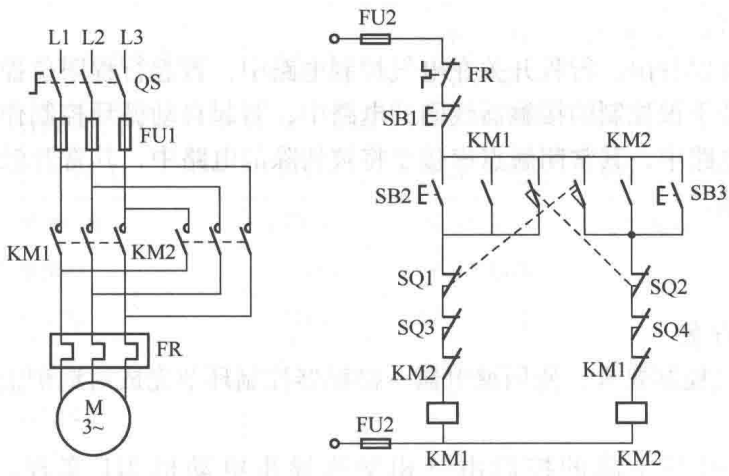
小车向后运行控制, 按下反转启动按钮 SB3 后, KM2 线圈通电并自锁, 联锁触点断开对 KM1 线圈进行联锁, 使其不能得电, 同时 KM2 主触点吸合, 电动机反转, 小车向后运动。运动一段距离后, 小车挡铁碰撞到行程开关 SQ2, SQ2 常闭触点断开, KM2 线圈失电, KM2 主触点断开, 电动机断电停转, 同时 KM2 自锁触点断开, KM2 联锁触点恢复闭合。

停止控制, 无论小车是在向前还是在向后的运行过程中, 如果需要小车停在当前位置, 按下停止按钮 SB1 即可。

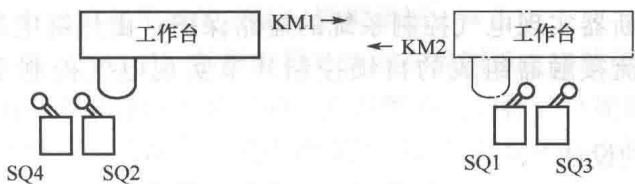
(2) 三相交流异步电动机的自动循环控制。在许多生产机械的运动部件往往要求在规定的区域内实现正、反两个方向的循环运动, 例如, 生产车间的行车运行到终点位置时需要及时停车, 并能按控制要求回到起点位置; 铣床要求工作台在一定距离内能做自由往复循环运动, 以便对工件进行连续加工。这种特殊要求的行程控制, 称为自动循环控制。

如图 1-1-6 所示, 图 (a) 为三相交流异步电动机自动往复循环控制线路电气原理图, 图 (b) 为位置示意图, 行程开关 SQ1、SQ2 为实现自动往复循环控制的行程开关, 工作台向右运行由接触器 KM1 控制电动机正转实现, 工作台向左运行由接触器 KM2 控制

电动机反转实现。行程开关 SQ3、SQ4 分别为正反向限位保护用行程开关。



(a)三相交流异步电动机自动往复循环控制线路的电气原理图



(b)三相交流异步电动机自动往复循环控制线路位置示意图

图 1-1-6 三相交流异步电动机自动往复循环控制线路

线路工作原理：

需要工作台电动机启动运行时，合上电源开关 QS，按下正转启动按钮 SB2，接触器 KM1 线圈通电，其自锁触点闭合，实现自锁，联锁触点断开，实现对接触器 KM2 线圈的联锁，主电路中的 KM1 主触点闭合，电动机通电正转，拖动工作台向右运动。到达右边终点位置后，安装在工作台上的限定位置的撞块碰撞行程开关 SQ1，使其常闭触点先断开，切断接触器 KM1 线圈回路，KM1 线圈断电，主电路中 KM1 主触点分断，电动机断电停止正转，工作台停止向右运动。控制电路中，KM1 自锁触点分断解除自锁，KM1 的常闭触点恢复闭合，解除对接触器 KM2 线圈的联锁。SQ1 的常开触点后闭合，接通 KM2 线圈回路，KM2 线圈得电，KM2 自锁触点闭合实现自锁，KM2 的常闭触点断开，实现对接触器 KM1 线圈的联锁，主电路中的 KM2 主触点闭合，电动机通电，改变相序反转，拖动工作台向左运动。到达左边终点位置后，安装在工作台上的限定位置的撞块碰撞行程开关 SQ2，其常闭和常开触点按先后动作，常闭先断开，使电动机停止向左运行；常开后闭合，让电动机开始向右运行，开始重复上述过程，即工作台在 SQ1 和 SQ2 之间做周而复始的往复循环运动，直到按下停止按钮 SB1 为止，整个控制电路失电，接触器 KM1（或 KM2）主触点分断，电动机断电停转，工作台停止运动。

工作台运行过程中，如果控制自动往复循环的行程开关 SQ1 或 SQ2 失灵，则由限位保护行程开关 SQ3、SQ4 动作，实现终端位置的限位保护。此电路采用接触器的常闭触点实

现电气联锁，所以电动机在运行过程中，不可以利用按钮实现直接反向。如果需要此项控制内容，线路则应该在接触器联锁正反转控制的基础上，增加按钮联锁，就可以通过按钮实现直接反向运行。

由以上分析可以看出，行程开关在电气控制电路中，若起行程限位控制作用时，总是用其常闭触点串接于被控制的接触器线圈的电路中；若起自动循环控制作用时，总是以复合触点形式接于电路中，其常闭触点串接于将被切除的电路中，其常开触点并接于将待启动的换向按钮两端。

五、任务实施

1. 制定设计方案

(1) 根据电气控制要求，使用继电器－接触器控制环节完成对锅炉上煤机电气控制系统的设计。

(2) 煤斗上升与下降的控制由三相交流异步电动机 M1 实现，分别由接触器 KM1、KM2 控制电动机 M1 的正、反转；行程开关 SQ1 为煤斗上限位的限位开关；行程开关 SQ2 为煤斗下限位的限位开关；煤斗的上升与下降分别由上升启动按钮与下降启动按钮控制；由熔断器实现电气控制系统的短路保护；由热继电器实现电气控制系统的过载保护；由交流接触器组成的自锁控制环节实现电气控制系统的失压、欠压保护。

2. 电气控制系统的设计

(1) 锅炉上煤机电气控制系统的控制线路设计。根据电气控制要求及设计方案，设计锅炉上煤机电气控制系统的控制线路原理图。参考电气原理图如图 1-1-7 所示。

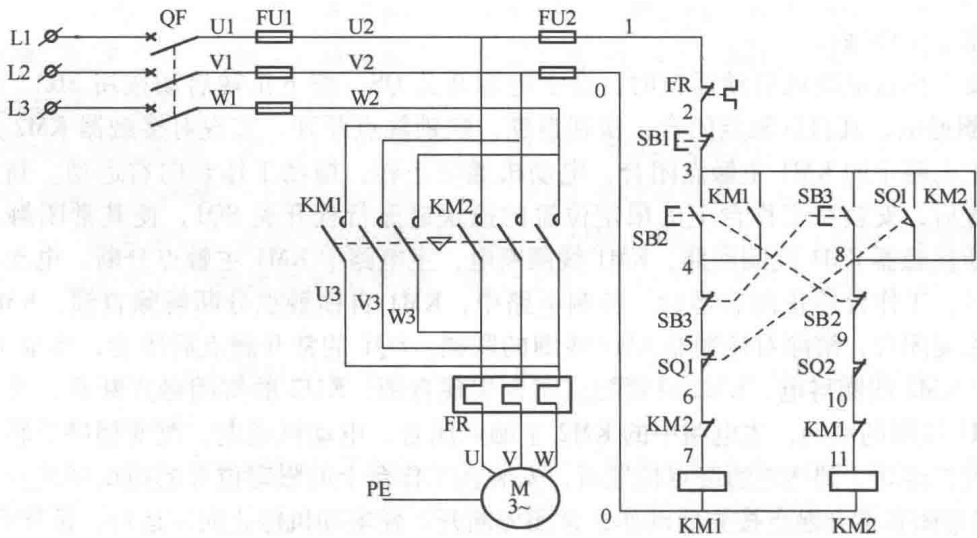


图 1-1-7 锅炉上煤机电气控制系统的电气原理图（参考）

(2) 元器件的选择。根据电气原理图列出锅炉上煤机电气控制系统元器件明细表，如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1

锅炉上煤机电气控制系统元器件明细表

序号	符号	名称	型号	规格	数量	备注
1	M	三相交流异步电动机	Y132S-4	功率：5.5kW；额定电压：380V； 额定电流：11.6A；转速：1460r/min	1	
2	QF	自动空气开关	DZ47-63	3P；20A	1	
3	KM	交流接触器	CJX1-32	线圈工作电压 AC380V	2	
4	FR	热继电器	JR36-20/3	额定电流 20A，整定电流 12A	1	
5	FU1	熔断器	RT18-32	1P，配熔体 25A	3	
6	FU2	熔断器	RT18-32	1P，配熔体 5A	2	
7	SB1	控制按钮	LA38-11	红色	1	
8	SB2、SB3	控制按钮	LA38-11	绿色	2	
9	SQ1、SQ2	行程开关	LX19-121	单轮，自复位	2	
10	XT	接线端子排	TD-3015		1	

3. 锅炉上煤机电气控制系统的安装与模拟调试

(1) 元器件安装工艺要求。根据电器布置图在控制板上安装所用电器元件，要求：

- 1) 控制板上的电器元件应安装牢固，排列整齐、匀称、合理和便于更换元件。
- 2) 紧固电器元件应用力均匀、紧固程度适当，以防止损坏元件。
- 3) 走线槽板布置合理，平直、整齐、紧贴敷设面。

(2) 布线工艺要求。按原理图进行槽板布线，要求：

- 1) 走线合理，接点不得松动，不露铜过长、不压绝缘层、没有毛刺等。
- 2) 布线时，严禁损伤线芯和导线绝缘。
- 3) 布线一般按照先主电路，后控制电路的顺序。主电路和控制电路要尽量分开。
- 4) 一个电器元件接线端子上的连接导线不得超过两根。每节接线端子板上的连接导线一般只允许连接一根导线。
- 5) 布线时，严禁损伤线芯和导线绝缘，不在控制板（网孔板）上的电器元件，要从端子排上引出。布线时，要确保连接牢靠，用手轻拉不会脱落或断开。

(3) 安装与模拟调试的步骤。基本操作步骤描述：选用电器元件及导线→电器元件质量检查→固定安装元器件→布线→线路检查→连接电动机与电源线→自检→通电试车。

1) 电器元件检查。将所需元器件配齐并检验元件质量，检验元件要在不通电的情况下进行，若有损坏应立即向指导教师报告。

- ①电器元件的技术数据（如型号、规格、额定电压、额定电流等）应完整并符合要求，外观无损伤，备件、附件齐全完好。
- ②电器元件的电磁机构动作灵活，无衔铁卡阻等不正常现象。用万用表检查电磁线圈的通断情况以及各触点的分、合情况。
- ③接触器线圈额定电压与电源电压应一致。
- ④对电动机的质量进行常规检查。

2) 根据元器件布置图固定安装元器件。在控制板（网孔板）上按布置图安装电气元

器件，并贴上醒目的文字符号。

3) 按照布线工艺要求进行布线。

①画出安装接线图。根据所设计的锅炉上煤机电气原理图画出其安装接线图，如图 1-1-8 所示。

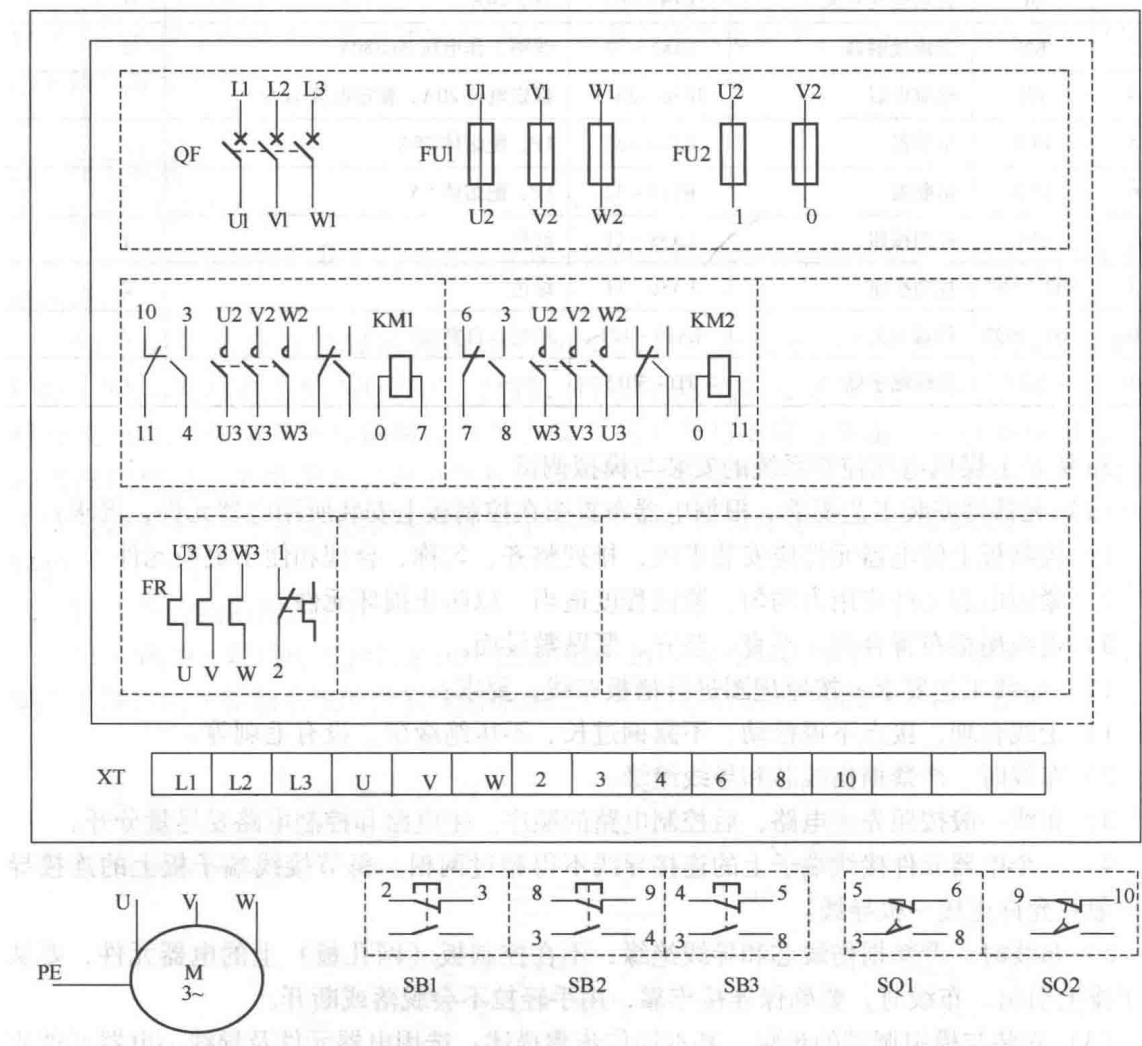


图 1-1-8 锅炉上煤机电气控制系统的安装接线图

②在控制板（网孔板）上完成配线。先进行主电路配线，再进行控制电路配线。

4) 根据电气原理图及安装接线图，检验网孔板（控制板）内部布线的正确性。

5) 安装电动机，连接电源、电动机、按钮等控制板（网孔板）外部的导线。要可靠连接电动机和各电器元件金属外壳的保护接地线。

6) 自检。安装完毕的控制电路板，必须经过认真检查后，才允许通电试车，以防止接错、漏接造成不能正常运转和短路事故。

①按电气原理图或接线图从电源端开始，逐段核对连线是否正确，连接点是否符合要求。

②用万用表进行检查时，应选用电阻挡的适当倍率，并进行校零，以防错漏短路故障。

③检查主电路时，可以用手动来代替接触器受电线圈励磁吸合时的情况。

④用兆欧表检查电路的绝缘电阻应不得小于 $1\text{M}\Omega$ 。

7) 通电试车。检查无误后方可通电试车。

①试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全因素存在，若检查出应立即整改，然后方能试车。试车时，要认真执行安全操作规程的有关规定，一人监护，一人操作。

②通电试车前，必须经过指导老师的许可，并由指导老师接通三相电源 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ ，同时在现场监护。

③学生合上电源开关 QS 或者 QF 后，用验电笔检查熔断器出线端，氖管亮说明电源接通。按下启动按钮，观察接触器情况是否正常，是否符合功能要求，观察元器件动作是否灵活，有无卡阻及噪声过大等现象，观察电动机运行是否正常，观察中若有异常现象应立即停车。当电动机运转平稳后，用钳形电流表测量三相电流是否平衡。

④试车成功率以第一次按下按钮时计算。

⑤出现故障后，学生应独立进行检查。若需带电检查时，教师必须到现场进行监护。检修完毕后，若需再次通车，也应有指导老师在现场进行监护，并做好本项目课题的事件及时间记录。

⑥通电试车完毕，停转，切断电源。先拆除三相电源线，再拆除电动机线。

六、任务评价

本项任务的评价标准如表 1-1-2 所示。任务评价由学生自评、小组互评与教师评价相结合，其中学生自评占总成绩的 20%，小组互评占总成绩的 30%，教师评价占总成绩的 50%。

表 1-1-2 继电器-接触器电气控制系统的设计、安装与调试的评价标准

考核项目	考核内容	考核要求	评分要点及得分（最高为该项配分值）	配分	得分		
					自评	互评	教师评价
职业能力	电路设计	1. 理解电气控制系统的控制特点与实现方法，能够根据提出的电气控制要求，正确绘出继电器-接触器电气控制系统原理图 2. 各电器元件的图形符号及文字符号要求按照国标符号绘制 3. 能够根据电气原理图列出主要元器件明细表	1. 主电路设计 1 处错误扣 5 分 2. 控制电路设计 1 处错误扣 5 分 3. 图形符号画法有误，每处扣 1 分 4. 元器件明细表有误每处扣 2 分	30			