

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



# 电气控制与PLC实训教程

邹金慧 祝晓红 车国霖 编著

清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息

---



# 电气控制与PLC实训教程

邹金慧 祝晓红 车国霖 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是《电气控制与 PLC 应用技术》(2010 年 7 月由电子工业出版社出版,黄宋魏、邹金慧主编)的补充教材,内容取材广泛,集实验、工程实训、设计和调试于一体,强调应用能力、工程设计能力和创新开发能力的培养。全书共 6 章,内容包括电气图的阅读、绘制与故障检修方法,PLC 的接线方法,变频器、触摸屏的原理及其应用,电气控制线路的设计与调试,三菱 GX Developer 和西门子 STEP 7 编程软件的使用法,三菱 GX Simulator 和西门子 S7-PLCSIM 仿真软件的使用法,各种典型 PLC 控制系统的工程实训,电气控制与 PLC 综合应用典型案例的设计与实现等,附录中列出了三菱 FX PLC 的指令一览表。

本书强调理论与实践结合,各章所附参考程序均经过联机调试或仿真调试,语言通俗易懂。本书可作为自动化、测控技术与仪器、电气自动化、机电一体化等相关专业的本科电气控制与 PLC 课程的实训教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 实训教程/邹金慧等编著. --北京:清华大学出版社,2012.9

21 世纪高等学校规划教材·电子信息

ISBN 978-7-302-29113-8

I. ①电… II. ①邹… III. ①电气控制—高等学校—教材 ②plc 技术—高等学校—教材  
IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 132046 号

责任编辑:魏江江 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:张雪娇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.5

字 数:335 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版

印 次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:26.00 元

---

产品编号:045678-01

# 编审委员会成员

---

东南大学  
南京大学  
南京航空航天大学  
解放军理工大学

上海大学  
上海交通大学

华中科技大学

华中师范大学  
武汉理工大学

宁波大学  
天津大学

中国科学技术大学

苏州大学  
山东大学  
山东科技大学  
东北师范大学  
沈阳工业学院  
长春大学  
吉林大学  
湖南大学  
长沙理工大学  
华南理工大学

|     |     |
|-----|-----|
| 王志功 | 教授  |
| 王新龙 | 教授  |
| 王成华 | 教授  |
| 邓元庆 | 教授  |
| 刘景夏 | 副教授 |
| 方 勇 | 教授  |
| 朱 杰 | 教授  |
| 何 晨 | 教授  |
| 严国萍 | 教授  |
| 朱定华 | 教授  |
| 吴彦文 | 教授  |
| 刘复华 | 教授  |
| 李中年 | 教授  |
| 蒋刚毅 | 教授  |
| 王成山 | 教授  |
| 郭维廉 | 教授  |
| 王煦法 | 教授  |
| 郭从良 | 教授  |
| 徐佩霞 | 教授  |
| 赵鹤鸣 | 教授  |
| 刘志军 | 教授  |
| 郑永果 | 教授  |
| 朱守正 | 教授  |
| 张秉权 | 教授  |
| 张丽英 | 教授  |
| 林 君 | 教授  |
| 何怡刚 | 教授  |
| 曾喆昭 | 教授  |
| 冯久超 | 教授  |

西南交通大学

冯全源 教授

金炜东 教授

重庆工学院

余成波 教授

重庆通信学院

曾凡鑫 教授

重庆大学

曾孝平 教授

重庆邮电学院

谢显中 教授

张德民 教授

西安电子科技大学

彭启琮 教授

樊昌信 教授

西北工业大学

何明一 教授

集美大学

迟 岩 教授

云南大学

刘惟一 教授

东华大学

方建安 教授

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版



社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

**清华大学出版社教材编审委员会**

**联系人:魏江江**

**E-mail: weijj@tup. tsinghua. edu. cn**

# 前言

“电气控制与 PLC(Programmable Logic Controller, 可编程逻辑控制器)”是自动化、机电一体化、电子信息及数控技术等电类专业的重要专业必修课。以前很多工科院校的培养方案一般是理论教学加实验,往往是学了一大堆理论却不会应用。现在各大工科院校已经开始重视此问题,增加了相关专业的“专业实训”课程。为帮助学生进一步学好“电气控制与 PLC”的理论知识,提高其工程实践能力和创新应用能力,我们编写了此书。

本书是与《电气控制与 PLC 应用技术》(2010 年 7 月由电子工业出版社出版)教材配套的实训教材,是《电气控制与 PLC 应用技术》的补充。根据教育部本科应立足于应用型人才培养目标,为了满足本科电类相关专业对电气控制与 PLC 实训和工程实践能力培养的需要,教程的内容取材广泛,由浅入深,着重培养学生实际动手能力和工程实践问题的分析解决问题的能力,加强控制系统 PLC 程序的阅读分析能力与程序设计、调试能力的培养。同时用实例的方式详细介绍了三菱 PLC 和西门子 PLC 编程软件和仿真软件的使用方法,以方便学生在没有 PLC 设备的情况下进行学习。在编写过程中,编者努力做到理论与实践紧密结合,注重实践操作,尤其是本教程的第 5 章和第 6 章详细介绍了大量的应用实例,旨在提高学生的综合分析设计和调试能力,从而进一步培养学生的创新能力。

本教程共 6 章,第 1 章以实例的方式介绍电气原理图、电气接线图和元件布置图的绘制与阅读方法,电气配线方法,电气控制线路图的故障分析与排除方法,PLC 的接线要领等基础知识;第 2 章简述变频器及触摸屏的原理及应用;第 3 章介绍三相异步电动机的起/停、正反转控制、Y/ $\Delta$ 降压起动控制及多台电机的自动顺序控制线路的分析、设计、安装与调试方法;第 4 章以实例的方式系统全面地介绍三菱 GX Developer 编程软件和西门子 STEP 7 编程软件的主要功能、使用方法和编程步骤,同时介绍三菱 GX Simulator 仿真软件和西门子 S7-PLCSIM 仿真软件的使用方法、仿真内容及仿真步骤等;第 5 章介绍 12 个典型的 PLC 控制系统实训项目、实训目的、预备知识、实训器材、实训内容、实训步骤和实训总结思考,部分实训项目还提供了 PLC 的 I/O 接线图和参考程序等;第 6 章详细介绍 5 个工程应用实例,每个实例包括控制要求、硬件配置、软件设计及工程总结与思考等。尤其是 6.1 节以带倒计时功能的交通灯控制系统为实例,全面详细地介绍同一个工程采用多种不同方式和不同 PLC 来实现的方法,包括上位监控和下位控制软件的设计与实现过程及设计结果。

本书的第 1 章、4 章、6 章由邹金慧编写,第 3 章和第 5 章的 5.1~5.8 节由祝晓红编写,第 2 章和第 5 章的 5.9~5.12 节由车国霖编写,全书由邹金慧负责组织、统稿和定稿。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。编者的电子邮箱: km.zjh@163.com。

编者

2012 年 7 月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 电气控制与 PLC 实训基础 ..... | 1  |
| 1.1 电气图的绘制与阅读 .....        | 1  |
| 1.1.1 电气原理图 .....          | 1  |
| 1.1.2 电器元件布置图 .....        | 4  |
| 1.1.3 电气安装接线图 .....        | 4  |
| 1.1.4 电气图的阅读和分析方法 .....    | 6  |
| 1.2 电气配线 .....             | 7  |
| 1.2.1 绝缘导线的种类及连接方法 .....   | 7  |
| 1.2.2 布线的基本要求及方法 .....     | 8  |
| 1.3 电气故障的检修方法 .....        | 9  |
| 1.3.1 电阻测量法 .....          | 9  |
| 1.3.2 电压测量法 .....          | 10 |
| 1.4 PLC 的接线方法 .....        | 11 |
| 1.4.1 供电电源的接线 .....        | 11 |
| 1.4.2 PLC 输入信号的接线 .....    | 12 |
| 1.4.3 PLC 输出信号的接线 .....    | 15 |
| 1.4.4 PLC 输入/输出接口的保护 ..... | 16 |
| 1.4.5 端子排的接线 .....         | 17 |
| 第 2 章 变频器、触摸屏及其应用 .....    | 20 |
| 2.1 变频器的原理 .....           | 20 |
| 2.1.1 变频器概述 .....          | 20 |
| 2.1.2 变频器的工作原理 .....       | 25 |
| 2.1.3 变频器的控制方式 .....       | 26 |
| 2.2 变频器的安装和接线 .....        | 28 |
| 2.2.1 AMP1000 变频器的特点 ..... | 28 |
| 2.2.2 变频器的安装 .....         | 29 |
| 2.2.3 变频器电气线路连接 .....      | 30 |
| 2.2.4 变频器运行线路连接 .....      | 30 |
| 2.2.5 变频器线路连接注意事项 .....    | 33 |
| 2.3 变频器的使用 .....           | 33 |
| 2.3.1 变频器的选择 .....         | 33 |

|            |                                  |           |
|------------|----------------------------------|-----------|
| 2.3.2      | 变频器的使用方法 .....                   | 35        |
| 2.3.3      | 变频器在卷扬机调速系统中的应用 .....            | 39        |
| 2.4        | 触摸屏 .....                        | 41        |
| 2.4.1      | 触摸屏概述 .....                      | 41        |
| 2.4.2      | 触摸屏的应用 .....                     | 43        |
| <b>第3章</b> | <b>电气控制线路的设计、安装与调试实训</b> .....   | <b>45</b> |
| 3.1        | 三相异步电动机的起停与正反转控制 .....           | 45        |
| 3.1.1      | 三相异步电动机的单向起停控制 .....             | 45        |
| 3.1.2      | 三相异步电动机的正反转控制 .....              | 47        |
| 3.1.3      | 实训总结与思考 .....                    | 48        |
| 3.2        | 三相异步电动机的Y/ $\Delta$ 降压起动控制 ..... | 48        |
| 3.3        | 三相异步电动机的自动顺序控制 .....             | 50        |
| <b>第4章</b> | <b>PLC编程及仿真软件的使用</b> .....       | <b>54</b> |
| 4.1        | GX Developer 编程软件的使用 .....       | 54        |
| 4.1.1      | 软件概述 .....                       | 54        |
| 4.1.2      | GX Developer 编程软件的安装 .....       | 55        |
| 4.1.3      | 工程项目 .....                       | 56        |
| 4.1.4      | 梯形图编程 .....                      | 59        |
| 4.1.5      | 梯形图程序的注释 .....                   | 62        |
| 4.1.6      | PLC 参数的设置 .....                  | 66        |
| 4.1.7      | GX Developer 的其他功能 .....         | 67        |
| 4.1.8      | PLC 的运行监控 .....                  | 68        |
| 4.1.9      | 顺序控制的编程 .....                    | 69        |
| 4.2        | GX Simulator 仿真软件的使用 .....       | 74        |
| 4.2.1      | 梯形图仿真 .....                      | 75        |
| 4.2.2      | 时序图仿真 .....                      | 78        |
| 4.2.3      | 软元件数字仿真 .....                    | 80        |
| 4.3        | STEP 7 编程软件的使用 .....             | 81        |
| 4.3.1      | 软件概述 .....                       | 81        |
| 4.3.2      | 硬件组态及参数设置 .....                  | 83        |
| 4.3.3      | 用户程序中的块 .....                    | 85        |
| 4.3.4      | 符号表和变量表 .....                    | 87        |
| 4.3.5      | STEP 7 的编程实例 .....               | 89        |
| 4.4        | S7-PLCSIM 仿真软件的使用 .....          | 97        |
| 4.4.1      | 概述 .....                         | 97        |
| 4.4.2      | PLCSIM 的主要功能及与真实 PLC 的区别 .....   | 97        |
| 4.4.3      | PLCSIM 仿真软件的应用实例 .....           | 98        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第 5 章 PLC 控制系统实训 .....          | 106 |
| 5.1 艺术彩灯的 PLC 控制 .....          | 106 |
| 5.2 LED 数码显示的 PLC 控制 .....      | 110 |
| 5.3 多种液体自动混合的 PLC 控制 .....      | 115 |
| 5.4 抢答器的 PLC 控制 .....           | 119 |
| 5.5 花式喷泉的 PLC 控制 .....          | 122 |
| 5.6 水塔水位的 PLC 控制 .....          | 125 |
| 5.7 机械手的 PLC 控制 .....           | 127 |
| 5.8 多条传送带的 PLC 控制 .....         | 132 |
| 5.9 自动送料小车的 PLC 控制 .....        | 134 |
| 5.10 自动售货机的 PLC 控制 .....        | 136 |
| 5.11 自动车库的 PLC 控制 .....         | 139 |
| 5.12 步进电机的 PLC 控制 .....         | 142 |
| 第 6 章 电气控制与 PLC 综合应用典型案例 .....  | 146 |
| 6.1 带倒计时功能的交通灯监控系统的设计 .....     | 146 |
| 6.1.1 系统概述及控制要求 .....           | 146 |
| 6.1.2 用 FX2N PLC 实现下位控制 .....   | 148 |
| 6.1.3 用 S7-300 PLC 实现下位控制 ..... | 154 |
| 6.1.4 用组态王实现上位监控 .....          | 159 |
| 6.1.5 用 WinCC 实现上位监控 .....      | 164 |
| 6.1.6 实训总结与思考 .....             | 168 |
| 6.2 3 层电梯 PLC 控制系统的设计 .....     | 169 |
| 6.2.1 3 层电梯的工作原理和控制要求 .....     | 169 |
| 6.2.2 控制系统的硬件配置 .....           | 170 |
| 6.2.3 控制系统的软件设计 .....           | 171 |
| 6.2.4 实训总结与思考 .....             | 174 |
| 6.3 全自动洗衣机 PLC 控制系统的设计 .....    | 175 |
| 6.3.1 全自动洗衣机的工作原理和控制要求 .....    | 175 |
| 6.3.2 控制系统的硬件配置 .....           | 176 |
| 6.3.3 控制系统的软件设计 .....           | 177 |
| 6.3.4 实训总结与思考 .....             | 180 |
| 6.4 变频调速恒压供水 PLC 控制系统的设计 .....  | 180 |
| 6.4.1 系统概述及控制要求 .....           | 180 |
| 6.4.2 控制系统的硬件设计 .....           | 183 |
| 6.4.3 控制系统的软件设计 .....           | 186 |
| 6.4.4 实训总结与思考 .....             | 187 |
| 6.5 PLC 在恒温控制系统中的应用 .....       | 188 |

|                               |                 |     |
|-------------------------------|-----------------|-----|
| 6.5.1                         | 工艺过程及控制要求 ..... | 188 |
| 6.5.2                         | 控制系统的硬件配置 ..... | 190 |
| 6.5.3                         | 控制系统的软件设计 ..... | 191 |
| 6.5.4                         | 实训总结与思考 .....   | 192 |
| 附录 A 三菱 FX 系列 PLC 指令一览表 ..... |                 | 194 |
| 参考文献 .....                    |                 | 200 |

# 电气控制与PLC实训基础

## 1.1 电气图的绘制与阅读

电气图主要有电气原理图、电器元件布置图和电气安装接线图 3 种。由于其用途不同, 绘制原则也有差异。

### 1.1.1 电气原理图

电气原理图是用图形和文字符号表示电路中各个电器元件连接关系和电路工作原理的图形。其目的是为了便于阅读和分析控制线路, 应根据结构简单、层次清楚的原则, 采用电器元件展开形式进行绘制。它包括所有电器元件的导电部分和接线端子, 但并不按照电器元件的实际布置位置来绘制, 也不反映电器元件的实际大小。

下面以图 1-1 所示的某机床的电气原理图为例, 来说明绘制电气原理图应遵循的基本原则和方法。

#### 1. 绘制电气原理图应遵循的基本原则

(1) 电气原理图中所有电器元件都应采用国家标准中统一规定的图形符号和文字符号来表示。

(2) 电气原理图一般分为主电路、控制电路和辅助电路 3 部分。主电路是强电流通过的部分, 包括从电源到电动机的电路, 一般由组合开关、熔断器、接触器的主触点、热继电器的热元件和电动机等组成, 画在图的左边, 如图 1-1 中的 1、2、3 区所示。控制电路和辅助电路通过的电流较小, 控制电路一般为继电器、接触器的线圈电路, 通常由按钮、行程开关等主令电器、继电器和接触器的吸引线圈和辅助触点、热继电器的触点等组成, 如图 1-1 中的 4、5 区所示。辅助电路一般指照明、信号指示、检测等电路, 如图 1-1 中的 6、7、8 区所示。各电路应按功能布置, 尽可能地按动作顺序从上到下、从左到右进行布局。

(3) 在电气原理图中, 当同一电器元件的不同部件(如线圈和触点)分散在不同位置时, 为了表示是同一元件, 要在电器元件的不同部件处标注同一文字符号。对于几个同类电器, 可在表示名称的文字符号后面加数字序号来区分。例如图 1-1 中的两个按钮, 可用 SB1、SB2 文字符号来区别。

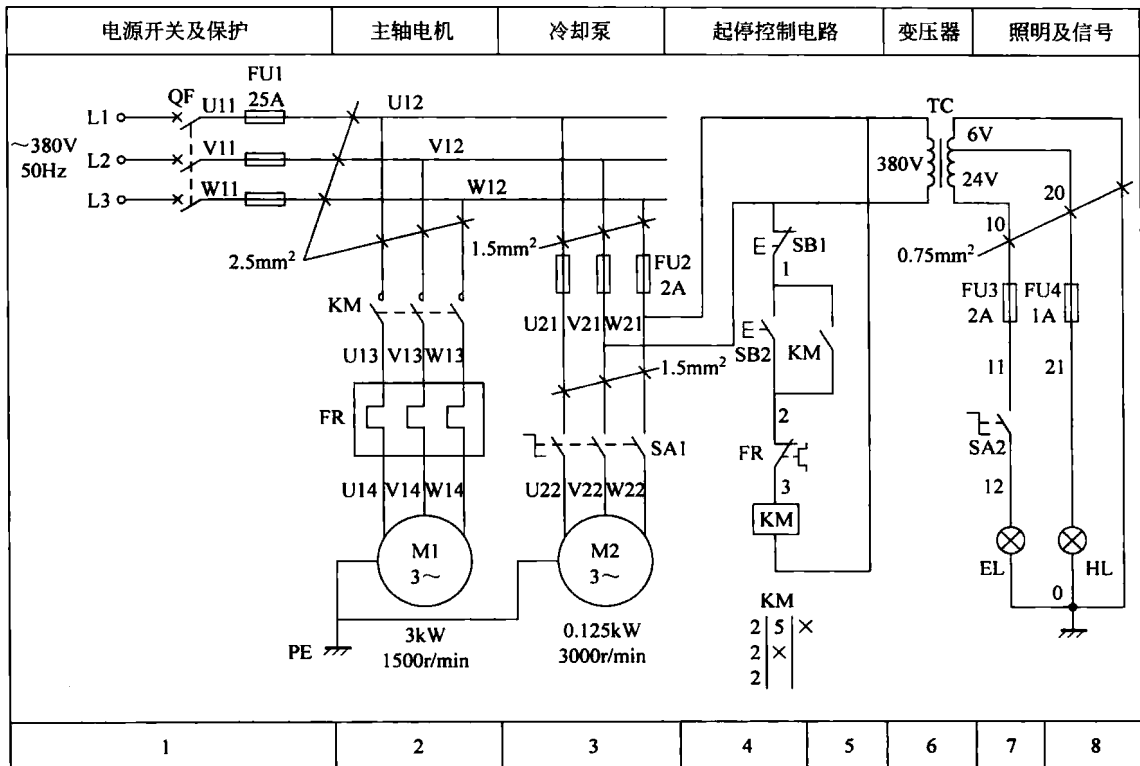


图 1-1 某机床的电气原理图

(4) 在电气原理图中,所有电器的可动部分均按没有通电或没有外力作用时的自然状态(也称为原始状态、常态等)画出。比如,电磁式继电器、接触器等触点,应按其线圈不通电时的状态画出;按钮、行程开关等主令电器的触点,应按其未受外力作用时的状态画出;万能转换开关、控制器等非电的或人工操作的触点,应按其手柄处于零位时的状态画出,通常采用图形、操作符号及触点闭合表表示,如图 1-2 和表 1-1 所示。图 1-2 和表 1-1 表示当多位置转换开关或控制器的操作手柄打到中间位置时,触点 1-2 接通(用“+”表示);当操作手柄打到“Ⅰ”位置时,触点 3-4 接通(用“+”表示);当操作手柄打到“Ⅱ”位置时,触点 5-6 接通(用“+”表示)。

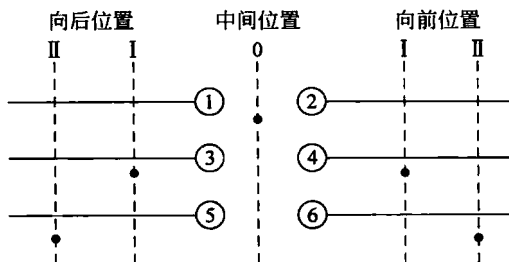


图 1-2 多位置控制器或转换开关的图形表示

表 1-1 触点闭合表

| 触 点 | 向后位置 |   | 中间位置 | 向前位置 |   |
|-----|------|---|------|------|---|
|     | Ⅱ    | I | 0    | I    | Ⅱ |
| 1-2 | —    | — | +    | —    | — |
| 3-4 | —    | + | —    | +    | — |
| 5-6 | +    | — | —    | —    | + |

(5) 动力电路的电源线应水平画出，主电路应垂直于电源线画出，控制电路和辅助电路应垂直于两条或几条水平电源线之间。耗能元件(如线圈、电磁阀、指示灯等)应接在一条支路的最下面。

(6) 电气原理图上应尽量减少线条数量，尽量避免线条交叉。各导线之间有电的联系时，应在导线的交叉处画一个圆点。根据图面布置的需要，可以将图形符号旋转绘制，一般按逆时针方向旋转 90°，但文字符号不可倒置。

(7) 在电气原理图上应标出各电源的电压值、极性 or 频率及相数，对电阻、电容等元器件还应标出其特性(如电阻、电容的数值)，对位置传感器、手动开关等不常用的电器还要标出其操作方式及功能等。

(8) 在电气图的分支、元件前后及接点处，一般都要加上标号(即接线端子号)。主电路的标号由文字和数字组成，文字用来表明元件或线路的主要特征，数字用来区分电路的不同线段。例如，图 1-1 中，三相交流电源的引入端采用 L1、L2、L3 标号；电源开关之后的三相交流电源主电路到负载分别标 U、V、W，其数字下标表示主电路中的不同接点。控制电路的标号一般由不超过 3 位的数字组成，且按从上到下、从左到右的顺序编号。

2. 图面区域的划分

为了方面阅读分析和查找，可将电气原理图的图纸分成若干个图区。图区的行代号(一般标在原理图的左边)用英文字母 A、B、C…表示，一般省略；图区的列代号(一般标在原理图的下面)用阿拉伯数字 1、2、3…表示，同时在原理图的上面用文字标明各图区电路的作用和功能，如图 1-1 所示。

3. 符号位置的索引

在继电器、接触器线圈的下方均列有触点表，用来说明该线圈和触点的从属关系，即“符号位置索引”。也就是在相应线圈的下方，给出触点的图形符号(有时也可省略)，并在下面标明相应触点的索引代码，对未使用的触点用“×”表示，有时也可采用省略的方法表示，如图 1-1 所示。

对接触器，上述表示方法中各栏的含义如表 1-2 所示。

表 1-2 接触器触点表各栏的含义

| 左 栏       | 中 栏          | 右 栏          |
|-----------|--------------|--------------|
| 主触点所在的图区号 | 辅助常开触点所在的图区号 | 辅助常闭触点所在的图区号 |

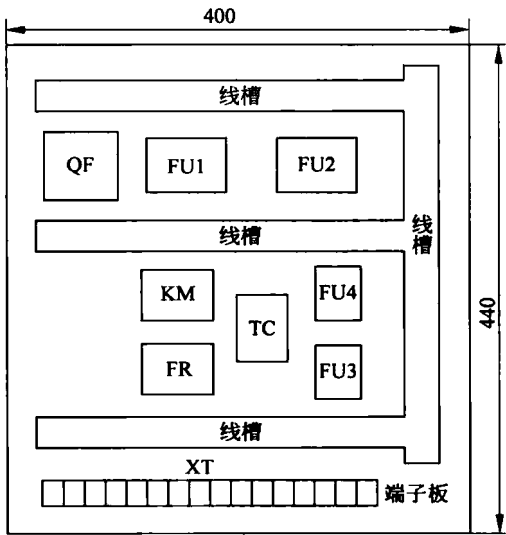
对继电器，各栏的含义如表 1-3 所示。

表 1-3 继电器触点表各栏的含义

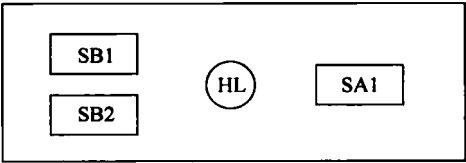
| 左 栏        | 右 栏        |
|------------|------------|
| 常开触点所在的图区号 | 常闭触点所在的图区号 |

1.1.2 电器元件布置图

电器元件布置图主要用来表示各个电器元件的实际安装位置。根据设备的复杂程度，可分别绘制控制柜和操作台的电器元件布置图，也可将两者绘制在一张图上。在电器元件布置图中，用粗实线表示电器元件的简单外形轮廓，且文字代号必须和相关电气图及电器元件清单保持一致。在布置图中，常常还要留出导线槽的位置和 10% 以上的备用空间，以供走线和改进、扩展设计时使用。此外，还需标出必要的尺寸。与图 1-1 对应的某机床的电器元件布置图如图 1-3 所示。



(a) 内部(控制柜)元件布置图



(b) 面板(操作台)元件布置图

图 1-3 某机床的电器元件布置图

1.1.3 电气安装接线图

电气安装接线图反映的是电气设备各控制单元内部元件之间的接线关系，是按照电器元件的实际位置和实际接线绘制的。它为电气设备的安装、电器元件之间的配线及电气故障的检修等提供了必要的依据。图 1-4 为图 1-1 所对应的电气安装接线图。

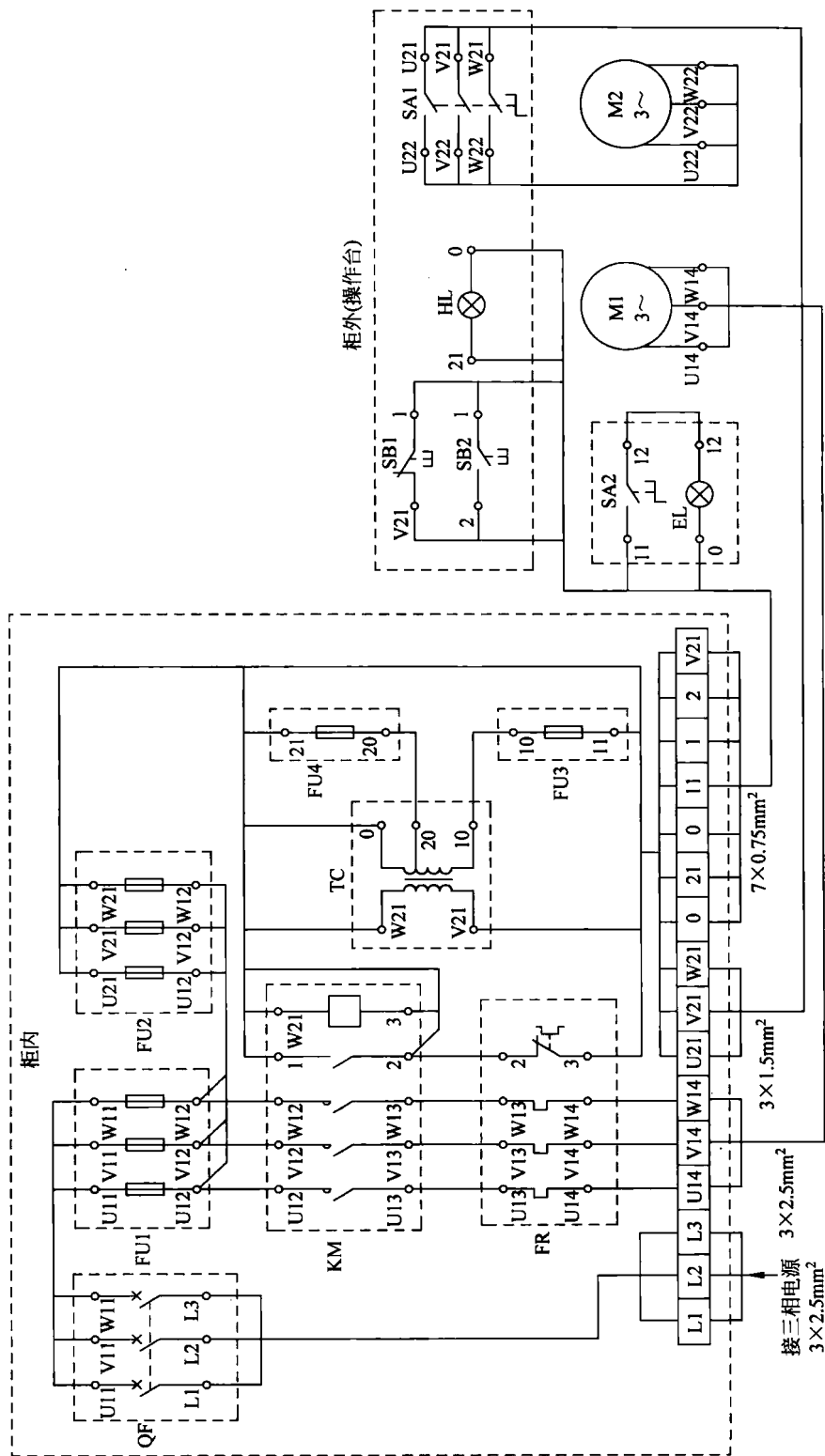


图 1-4 某机床的电气安装接线图