



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

PLC 综合实训教程

黄 超 张元涛 主编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

PLC 综合实训教程

黄超 张元涛 主 编

郭利霞 宋乐鹏 副主编

北京
冶金工业出版社

2019

内 容 提 要

本书内容涵盖 PLC 基础知识和应用技术两部分。第一部分内容主要介绍了 PLC 的基础知识以及涉及的相关自动化装置；第二部分内容以在冶金和石油行业中占主导地位的西门子 S7-200 系列和 S7-300 系列 PLC 为例，围绕 PLC 实训项目，阐述了 PLC 控制系统的设计方法，且在基础实训项目中，读者可参考详细的设计步骤，便于学习和掌握 PLC 应用技术。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及相近专业的本科实训阶段教材，也可供从事电气控制系统设计、调试的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 综合实训教程 / 黄超, 张元涛主编. —北京:
冶金工业出版社, 2019. 1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7853-7

I. ①P… II. ①黄… ②张… III. ①PLC 技术—
高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 012145 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 吕欣童 版式设计 禹蕊

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7853-7

冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销；三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2019 年 1 月第 1 版，2019 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16；19 印张；458 千字；293 页

39.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题，本社营销中心负责退换)

前 言

PLC 综合训练是普通高等院校自动化相关专业的核心实践课程之一。PLC 技术从产生到现在,得到了飞速发展,在冶金、化工、电力、机械制造、交通运输等领域的应用越来越广泛,在实现工业自动化的进程中起到了重要的推动作用。编者结合多年的工程经验和在自动化方面的教学经验,以市场主流机型西门子 S7-200 系列和 S7-300 系列 PLC 为主编写了本实训教程,帮助学生或具备一定自动化基础的工程技术人员快速掌握 PLC 应用技术。

本书从实际工程应用出发,以西门子 S7-200 系列和 S7-300 系列 PLC 为背景,遵循“结合工程实际,突出技术应用”的编写思想,介绍 PLC 控制系统的实用技术,从应用、实际操作的角度进行分析讲解,理论紧密结合实际,以实际应用为出发点,定性地进行理论分析,在内容安排上侧重于介绍实际应用与调试方法,充分体现科学性、实用性和可操作性。全书内容分为两部分,共 9 章。第 1 部分(第 1~4 章)介绍 PLC 的基础知识,主要包括常用电气技术、西门子 S7-200 系列和 S7-300 系列 PLC 的硬件系统和软件系统、自动化仪表及装置。第 2 部分(第 5~9 章)在介绍编程软件 STEP 7 和人机界面组态软件 WinCC 等的基础上,分析基础实训项目和综合实训项目的设计。

本书由重庆科技学院黄超负责策划,并执笔编写了第 5~9 章,张元涛编写了第 1~4 章,郭利霞、宋乐鹏对全书进行了统审和校订。本书在编写过程中得到了王华斌、李正中、汤毅和任国梅等老师的大力支持,他们提供了部分资料,同时参考了西门子工业支持中心等网上的部分资料,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,尽管付出了很大的努力,但书中仍难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

作者

2018 年 10 月

目 录

第一部分 基础知识

1 绪论	1
1.1 常用电气技术基础	1
1.1.1 常用低压电器	1
1.1.2 电气图基础知识	4
1.1.3 电气控制线路的分析方法	11
1.2 PLC 应用基础知识	13
1.2.1 可编程序控制器的产生	13
1.2.2 可编程序控制器的定义	14
1.2.3 可编程序控制器的特点	14
1.2.4 可编程序控制器的应用	16
1.2.5 可编程序控制器的分类	16
1.2.6 可编程序控制器的发展	17
1.2.7 可编程序控制器的基本结构	17
2 西门子 S7-200 系列 PLC	20
2.1 S7-200 系列 PLC 的硬件系统	20
2.1.1 S7-200 系列 PLC 的硬件构成	20
2.1.2 S7-200 系列 PLC 的系统配置	24
2.2 S7-200 系列 PLC 的软件系统	26
2.2.1 S7-200 系列 PLC 的编程基础	26
2.2.2 S7-200 系列 PLC 的指令系统	30
3 西门子 S7-300 系列 PLC	54
3.1 S7-300 系列 PLC 的硬件系统	54
3.1.1 S7-300 系列 PLC 的硬件构成	54
3.1.2 S7-300 系列 PLC 的系统配置	61
3.2 S7-300 系列 PLC 的软件系统	64
3.2.1 S7-300 系列 PLC 的编程基础	64
3.2.2 S7-300 系列 PLC 的指令系统	76

4 自动化仪表及装置	114
4.1 控制仪表	114
4.1.1 控制仪表概述	114
4.1.2 模拟控制器	120
4.1.3 数字控制器	123
4.2 检测仪表	135
4.2.1 检测仪表概述	135
4.2.2 温度检测仪表	136
4.2.3 压力检测仪表	141
4.2.4 液位检测仪表	146
4.2.5 流量检测仪表	150
4.2.6 成分检测仪表	156
4.3 执行器	158
4.3.1 执行器概述	158
4.3.2 气动执行器	158
4.3.3 电动执行器	161
4.3.4 执行器的选择	162
4.4 变频器	163
4.4.1 变频调速概念及原理	163
4.4.2 变频器控制方式	164
4.4.3 变频器的选用	164
第二部分 应用技术	
5 PLC 编程软件及使用	167
5.1 STEP 7-Micro/WIN 软件	167
5.1.1 硬件连接	167
5.1.2 软件基本设置	168
5.2 PC Access 软件	171
5.3 STEP 7 软件	171
5.3.1 创建项目	172
5.3.2 硬件组态	174
5.3.3 程序编写和下载调试	176
5.4 S7-PLCSIM 仿真软件	178
6 组态软件——WinCC 及使用	180
6.1 WinCC 概述	180
6.1.1 WinCC 的结构	180

6.1.2 WinCC 设计和组态项目的步骤	181
6.2 创建和编辑项目	182
6.2.1 项目类型	182
6.2.2 创建项目	182
6.2.3 编辑项目	183
6.2.4 启动和退出运行系统	186
6.3 WinCC 与 S7-300 系列 PLC 的通信组态	186
6.4 变量组态	190
6.4.1 变量类型	191
6.4.2 变量的建立	191
6.5 画面组态	194
6.5.1 图形编辑器	194
6.5.2 对象动态连接	194
6.6 报警组态	197
6.7 过程值归档	198
6.8 变量模拟器	198
6.9 WinCC 和 STEP 7 的集成	200
7 PLC 基础训练	202
7.1 基于 S7-200 系列 PLC 的走廊灯两地控制系统	202
7.1.1 控制要求	202
7.1.2 I/O 信号定义	202
7.1.3 硬件电路设计	202
7.1.4 设计 S7-200 PLC 控制程序	203
7.1.5 编译和下载程序	205
7.1.6 监控和调试程序	205
7.2 基于 S7-200 系列 PLC 的彩灯控制系统	207
7.2.1 控制要求	207
7.2.2 I/O 信号定义	207
7.2.3 硬件电路设计	207
7.2.4 设计 PLC 控制程序—模块化结构	208
7.2.5 编译和下载程序	209
7.2.6 监控和调试程序	211
7.3 基于 S7-300 系列 PLC 的电动机控制系统	214
7.3.1 控制要求	214
7.3.2 I/O 信号定义	214
7.3.3 硬件组态	214
7.3.4 设计 PLC 控制程序—线性化结构	216
7.3.5 下载程序	217

7.3.6	监控和调试程序	220
7.4	基于 S7-300 系列 PLC 的水箱控制系统	224
7.4.1	控制要求	224
7.4.2	I/O 信号定义	225
7.4.3	硬件组态	225
7.4.4	设计 PLC 控制程序—模块化结构	226
7.4.5	下载程序	228
7.4.6	监控和调试程序	230
7.5	PLC 与传动装置 (6RA70) 的通信控制	232
8	WinCC 基础训练	238
8.1	PC Access 与 S7-200 系列 PLC 的通信组态	238
8.2	基于 S7-200 系列 PLC 和 WinCC 的走廊灯两地监控系统	240
8.2.1	下位机 PLC 程序编写	240
8.2.2	PC Access 与 S7-200 系列 PLC 的通信组态	240
8.2.3	PC Access 与 WinCC 的通信组态	241
8.2.4	图形编辑与对象动态连接	245
8.2.5	运行监控系统	248
8.3	基于 S7-200 系列 PLC 和 WinCC 的彩灯监控系统	250
8.3.1	下位机 PLC 程序编写	250
8.3.2	PC Access 与 S7-200 系更 PLC 的通信组态	250
8.3.3	PC Access 与 WinCC 的通信组态	251
8.3.4	图形编辑与对象动态连接	251
8.3.5	运行监控系统	254
8.4	基于 S7-300 系列 PLC 和 WinCC 的电动机监控系统	255
8.4.1	下位机 PLC 程序编写	255
8.4.2	PLC 与 WinCC 的通信组态	255
8.4.3	创建 WinCC 变量	255
8.4.4	设计和组态监控画面	258
8.5	基于 S7-300 系列 PLC 和 WinCC 的水箱监控系统	260
8.5.1	下位机 PLC 程序编写	260
8.5.2	PLC 与 WinCC 的通信组态	261
8.5.3	创建 WinCC 变量	262
8.5.4	设计和组态监控画面	265
8.5.5	组态报警	268
8.5.6	过程值归档	271
8.5.7	画面切换	273
8.6	STEP 7 和 WinCC 的集成	276

9 综合训练任务书	283
9.1 电梯控制系统	283
9.2 液压站控制系统	286
9.3 高压水除鳞控制系统	290
参考文献	293

第一部分

基础知识

1 绪论

1.1 常用电气技术基础

电器是能够根据外部信息，自动或手动接通或断开局部或全部电路，以达到改变电路的参数和状态，实现人们对控制对象的控制、保护、调节及传递信息所使用的电气装置。电气控制技术是应用电气设备（包括电器）对生产机械实现控制的一种电气自动化技术，是学习和掌握 PLC 应用技术必需的基础。

1.1.1 常用低压电器

低压电器是指使用在交流额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以下的电路中，根据外界施加的信号和要求，通过手动或自动方式，断续或连续地改变电路参数，以实现电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电器，低压电器广泛应用于工业、农业、交通、国防以及人们日常生活中。

1.1.1.1 低压电器的分类

低压电器的种类繁多，按其结构、用途及所控制的对象不同，可以有不同的分类方式，常用的有以下三种分类方式。

（1）按用途和控制对象不同，可将低压电器分为配电电器和控制电器。

1）用于低压电力网的配电电器。这类电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是断流能力强、限流效果在系统发生故障时保护动作准确，工作可靠，有足够的热稳定性和动稳定性。

2）用于电力拖动及自动控制系统的控制电器。这类电器包括接触器、启动器和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高，寿命长，有相应的转换能力。

（2）按操作方式不同，可将低压电器分为自动电器和手动电器。

1）自动电器。通过电磁（或压缩空气）操作来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

2）手动电器。通过人力做功直接操作来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作

的电器称为手动电器。常用手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

(3) 按工作原理可分为非电量控制电器和电磁式电器。

1) 非电量控制电器。非电量控制电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

2) 电磁式电器。电磁式电器是根据电磁感应原理来工作的电器，如接触器、各类电磁式继电器等。电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位，在电气控制系统中应用最为普遍。

另外，低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类，对不同类型低压电器的防护形式，耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

1.1.1.2 低压电器的基本用途

电器是构成控制系统的最基本元件，它的性能将直接影响控制系统能否正常工作。电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变系统的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。它的工作过程是将一些电量信号或非电信号转变为非通即断的开关信号或随信号变化的模拟量信号，实现对被控对象的控制。常用低压电器的主要种类及用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	主要用途
1	断路器	框架式断路器	主要用于电路的过负载、短路、欠电压、漏电保护，也可用于不需要频繁接通和断开的电路
		塑料外壳式断路器	
		快速直流断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
2	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负载，切断带负荷电路
		直流接触器	
3	继电器	电磁式继电器	主要用于控制电路中，将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		时间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
		速度继电器	
		干簧继电器	
4	熔断器	瓷插式熔断器	主要用于电路短路保护，也用于电路的过载保护
		螺旋式熔断器	
		有填料封闭管式熔断器	
		无填料封闭管式熔断器	
		快速熔断器	
		自复式熔断器	

续表 1-1

序号	类别	主要品种	主要用途
5	主令电器	控制按钮	主要用于发布控制命令，改变控制系统的工作状态
		位置开关	
		万能转换开关	
		主令控制器	
6	刀开关	胶盖闸刀开关	主要用于不频繁地接通和分断电路
		封闭式负荷开关	
		熔断器式刀开关	
7	转换开关	组合开关	主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路切换
		换向开关	
8	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
9	起动器	电磁起动器	主要用于电动机的启动
		星/三角起动器	
		自耦减压起动器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场合
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

1.1.1.3 低压电器的全型号表示法及代号含义

为了生产、销售、管理和使用方便，我国对各种低压电器都按规定编制型号，即由类别代号、组别代号、设计代号、基本规格代号和辅助规格代号几部分构成低压电器的全型号，每一级代号后面可根据需要加设派生代号。产品全型号的意义如图 1-1 所示。

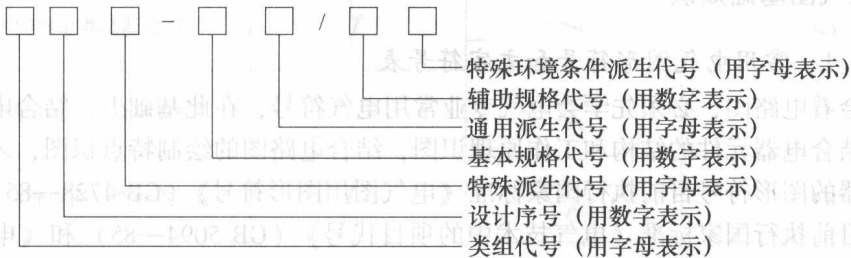


图 1-1 低压电器全型号的意义

低压电器全型号各部分必须使用规定的符号或数字表示，其含意如下。

- (1) 类组代号：包括类别代号和组别代号，用汉语拼音字母表示，代表低压电器元件所属的类别，以及在同一类电器中所属的组别。
- (2) 设计代号：用数字表示，表示同类低压电器元件的不同设计序列。
- (3) 基本规格代号：用数字表示，表示同一系列产品中不同的规格品种。
- (4) 辅助规格代号：用数字表示，表示同一系列、同一规格产品中的有某种区别的不同产品。

其中，类组代号与设计代号的组合表示产品的系列，一般称为电器的系列号。同一系列的电器元件的用途、工作原理和结构基本相同，而规格、容量则根据需要可以有多种。

1.1.1.4 低压电器的主要技术指标

为保证电器设备安全可靠地工作，国家对低压电器的设计、制造规定了严格标准，合格的电器产品具有国家标准规定的技术要求。在使用电器元件时必须按照产品说明书中规定的技术条件选用。低压电器的主要技术指标有以下几项。

- (1) 绝缘强度：指电器元件的触头处于分断状态时，动静头之间耐受的电压值（无击穿或闪络现象）。
- (2) 耐潮湿性能：指保证电器可靠工作的允许环境潮湿条件。
- (3) 极限允许温升：电器的导电部件，通过电流时将引起发热和温升，极限允许温升指为防止过度氧化和烧熔而规定的最高温升值（温升值=测得实际温度-环境温度）。
- (4) 操作频率：电器元件在单位时间（1h）内允许操作的最高次数。
- (5) 寿命：电器的寿命包括电寿命和机械寿命两项指标。电寿命指电器元件的触头在规定的电路条件下，正常操作额定负荷电流的总次数。机械寿命指电器元件在规定使用条件下，正常操作的总次数。

1.1.1.5 低压电器的结构要求

低压电器产品的种类多、数量大，用途极为广泛。为了保证不同产地、不同企业生产的低压电器产品的规格、性能和质量一致，通用和互换性好，低压电器的设计和制造必须严格按照国家有关标准，尤其是基本系列的各类开关电器必须保证执行三化（标准化、系列化、通用化）、四统一（型号规格、技术条件、外形及安装尺寸、易损零部件统一）原则。我们在购置和选用低压电器元件时也要特别注意检查其结构是否符合标准，防止给今后运行和维修工作留下隐患和麻烦。

1.1.2 电气图基础知识

1.1.2.1 常用电气图形符号和文字符号表

要学会看电路图，必须先学会电气专业常用电气符号，在此基础上，结合电气基础理论识图，结合电器元件的结构和工作原理识图，结合电路图的绘制特点识图，才能理解电路图。电器的图形符号目前执行国家标准《电气图用图形符号》（GB 4728—85），电器的文字符号目前执行国家标准《电气技术中的项目代号》（GB 5094—85）和《电气技术中的文字符号制定通则》（GB 7159—87），这三个标准都是根据 IEC 国际标准而制定的。下面给出常用的电气图形符号和文字符号表供实训过程中参考，见表 1-2。

表 1-2 常用电气图形符号和文字符号

序号	名 称	图形符号		文字符号
		形式一	形式二	
1	普通三相刀开关			QK

续表 1-2

序号	名 称	图形符号		文字符号
		形式一	形式二	
2	三相隔离开关			QS
3	三相负荷开关			QL
4	三相断路器			QF
5	三相熔断式刀开关			QFS
6	接触器动合主触点			KM
7	接触器动断主触点			KM
8	接触器动合辅助触点			KM
9	接触器动断辅助触点			KM
10	中间继电器动合触点			KA
11	中间继电器动断触点			KA
12	热继电器动合触点			FR
13	热继电器动断触点			FR
14	熔断器			FU
15	急停按钮			SB
16	按钮动合触点 (启动按钮)			SB
17	按钮动断触点 (停止按钮)			SB

续表 1-2

序号	名 称	图形符号		文字符号	
		形式一	形式二		
18	(得电) 延时闭合的动合触点			KT	
19	(得电) 延时断开的动合触点			KT	
20	(断电) 延时断电的动断触点			KT	
21	(断电) 延时闭合的动断触点			KT	
22	行程开关动合触点			SQ	
23	行程开关动断触点			SQ	
24	无自复位转换开关			SA	
25	接近开关动合触点			SQ	
26	接近开关动断触点			SQ	
27	压力开关动合触点			SP	
28	压力开关动断触点			SP	
29	液位开关动合触点			SV	
30	液位开关动断触点			SV	
31	指示灯 (信号灯)			HL	红色-HR 绿色-HG 黄色-HY 蓝色-HB 白色-HW
32	闪光型信号灯			HL	

续表 1-2

序号	名 称	图形符号		文字符号	
		形式一	形式二		
33	具有动合触点 钥匙操作的按钮开关			SB	
34	电压表			PV	
35	电流表			PA	
36	电度表 (瓦时计)			PJ	
37	单相插座			XS	1P: 单相插座 3P: 三相插座 1C: 单相 3C: 三相 1EX: 单相防爆 3EX: 三相防爆 1EN: 单相密闭 3EN: 三相密闭
38	单相带保护接点电源插座			XS	
39	三相插座			XS	
40	带接地插孔的三相插座 (三相四孔插座)			XS	
41	电抗器			L	
42	电流互感器			TA	
43	电压互感器			TV	
44	带灯按钮				
45	空气加热器				
46	流量变送器			FT (* 为位号)	
47	液位变送器			LT (* 为位号)	

续表 1-2

序号	名 称	图形符号		文字符号
		形式一	形式二	
48	压力变送器			PT (* 为位号)
49	温度变送器			TT (* 为位号)
50	电流变送器			IT (* 为位号)
51	电压变送器			XT (* 为位号)
52	电能变送器			ET (* 为位号)
53	压力表			PI (* 为位号)
54	压力表 (带报警)			PIA (* 为位号)
55	热电阻、热电偶			TE (* 为位号)
56	温度表			TI (* 为位号)
57	温度表 (带报警)			TIA (* 为位号)
58	流量积算仪表 (带调节 C、报警 A)			FQCA (* 为位号)
59	压力信号配电器位号			PX * (* 为位号)
60	温度信号配电器位号			TX * (* 为位号)
61	流量信号配电器位号			FX * (* 为位号)
62	电动执行机构配电器位号			HX * (* 为位号)
63	流量测量元件			FE (* 为位号)