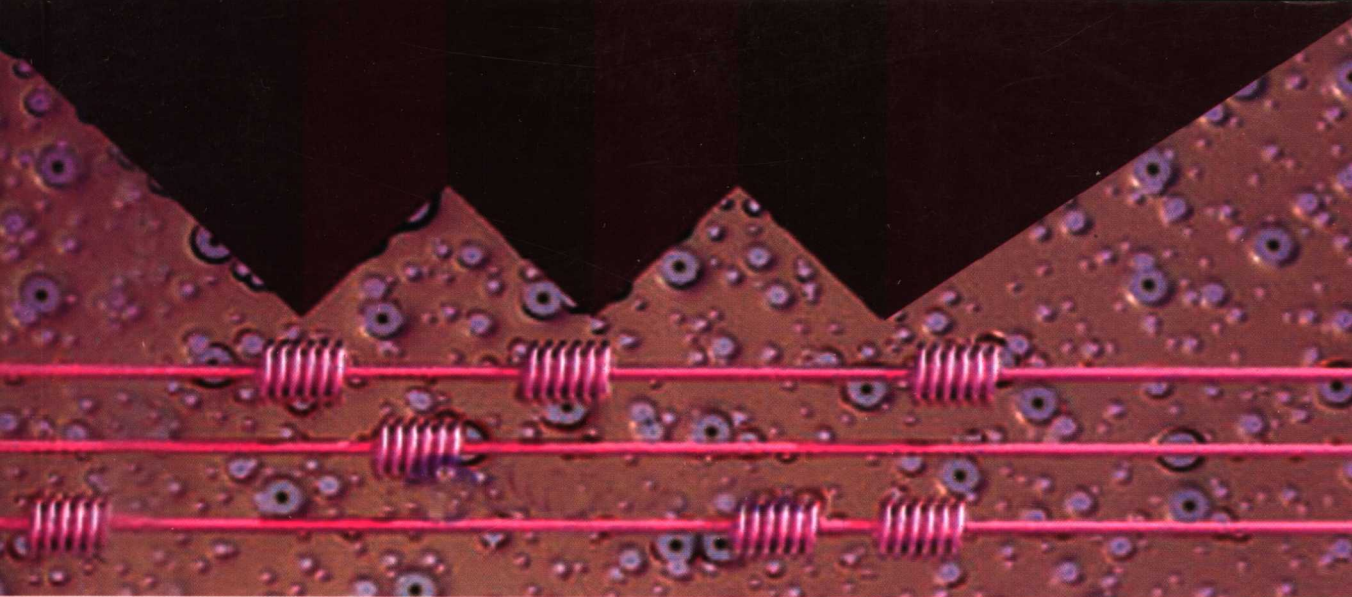




低压电器、控制线路 和网络通信

杨兴瑶 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

低压电器、控制线路 和网络通信

主 编：杨兴瑶

参编人员：李 伟 杨绪东

吴瑞峰



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书将电气控制与自动化的三大部分：低压电器、控制线路和网络通信系统而有机地结合在一起，为广大从事电气技术工作的人员提供了较全面的理论和实践知识。

全书共分8章。第1章主要概述电气控制系统的构成及线路图绘制与阅读原理。第2~6章分别介绍线路保护和保护电器（熔断器、断路器、漏电保护器）、开关控制电器（接触器、继电器、起动器）、主令和传感电器（按钮、开关、信号与显示装置、执行和驱动电器）等装置的原理、构造和选用原则。第7章叙述了有触点和无触点电器控制线路，其中对可编程程序控制器作了较详细的介绍。第8章用较大篇幅详细论述了计算机网络与通信在低压电器控制领域的应用。

全书内容比较新颖，适合从事电器使用和控制的工程技术人员、技术工人以及各类工科院校广大师生阅读、参考。

图书在版编目（CIP）数据

低压电器、控制线路和网络通信/杨兴瑶主编.
—北京：中国电力出版社，2006

ISBN 7-5083-3688-7

I. 低... II. 杨... III. ①低压电器-基本知识②电气控制：自动控制-电路图-基本知识③计算机网络-计算机通信-基本知识 IV. ①TM52
②TM762③TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 148170 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006年4月第一版 2006年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 25.25印张 618千字

印数 0001—3000册 定价 39.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

（本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换）

前言

随着电气控制器件、装置和线路的发展,特别是计算机技术的发展,电气控制设备和自动生产线也发生了巨大的变革。过去庞杂和繁琐的线路,现在可以“集成”在一个装置内;过去一条生产线或一个车间内的电气设备往往是孤立的或由一个庞大的总站集中控制,现在则可以通过网络将他们联系起来,实现各层次的独立分散控制和上一级的智能化管理。可以说,数字化、智能化和网络化是现代电气控制的重要标志。

本书集中地将低压电器、控制线路和网络通信这三部分内容系统、紧凑和简捷地作了较全面的介绍。

本书第1章首先概述了电气控制线路的组成、电气设备图纸读绘的方法以及低压电器的分类和国家标准等内容。第2章则介绍了有关电气保护和供电电网等用电人员必备的基本知识。在随后的第3~6章中则分门别类地介绍了各种常用低压电器的结构、原理,特别是选用的原则和使用注意事项。同时也结合当前技术的发展介绍了一些新型电器元件,如固态继电器、软起动器以及各种数字输入和输出装置等。

第7章是本书的重点之一。这里从传统的有触点电器控制线路分析开始,逐步过渡到无触点即所谓逻辑或可编程序控制线路的分析和设计,同时尽可能将这两部分联系起来,使读者在掌握传统控制线路的同时,能较容易地深入理解现代控制线路。

计算机控制是现代化生产发展的趋势。从简单的家用智能电器到整个工厂自动生产线的控制与管理,从楼宇自动化到企业的全球化管理,都离不开网络与通信。因此本书最后一部分即第8章,从介绍基本的数字通信理论开始,逐步介绍计算机网络的组成,分析了电气控制通信网络——现场总线和工业以太网的发展和应用,这其中也包括智能开关柜的开发。

本书在多年教学、科研的基础上参阅了大量的期刊资料,并结合了与南京中达公司合作的经验编写而成。书中第2~4章初稿由国电自动化研究院李伟编写,第8章初稿由南京理工大学机械学院研究生杨绪东编写,实例资料由南京科普自控设备有限公司吴瑞峰编写,其余部分和全书统稿由南京理工大学计算机学院杨兴瑶完成。书中难免有漏误之处,欢迎读者批评指正。

作者

2005.4

目 录

前言

第1章 概论 1

- 1.1 电气控制线路和系统的基本组成和作用 1
 - 1.1.1 断续控制线路和系统 1
 - 1.1.2 连续和数字调节系统 2
 - 1.1.3 综合自动化系统与通信网络 3
- 1.2 电气设备图纸文件的阅读和编制 6
 - 1.2.1 电气图的类型和符号 6
 - 1.2.2 项目代号和电路图的阅读与编制 10
 - 1.2.3 电器控制接线图和电器控制原理图 13
- 1.3 低压电器的分类和标准 13
 - 1.3.1 低压电器的分类 13
 - 1.3.2 低压电器的标准 17

第2章 电气保护措施与保护系统 18

- 2.1 电气保护的范畴和措施 18
 - 2.1.1 触电事故的产生和人员救护 18
 - 2.1.2 直接接触保护措施 19
 - 2.1.3 间接接触保护措施 20
 - 2.1.4 安全标志 23
 - 2.1.5 相线、中性线、零线和地线 26
- 2.2 保护接地系统 26
 - 2.2.1 工作接地与保护接地——IT系统 26
 - 2.2.2 电网工作接地与负载保护接地——TT系统 27
- 2.3 保护接零系统 29

- 2.3.1 保护接零的概念 29
- 2.3.2 三种保护接零——TNS、TNCS和TNC系统 29

- 2.4 保护接地、工作接地、保护接零与工作接零的比较及应用注意事项 30
- 2.5 IP防护等级 34

第3章 主电路保护电器 36

- 3.1 熔断器 36
 - 3.1.1 熔断器的结构、原理与分类 36
 - 3.1.2 熔断器的主要参数和特性曲线 38
 - 3.1.3 熔断器的常用产品型号 41
 - 3.1.4 熔断器的选用 48
- 3.2 断路器 53
 - 3.2.1 断路器的分类 54
 - 3.2.2 断路器的基本结构和工作原理 55
 - 3.2.3 断路器的保护特性及其与负载特性的配合——保护匹配 58
 - 3.2.4 断路器与其他保护电器之间特性的配合——动作匹配 59
 - 3.2.5 断路器的主要技术参数和产品型号 66
 - 3.2.6 断路器的选用 72
- 3.3 漏电保护器 78
 - 3.3.1 漏电保护器的基本工作原理和分类 78
 - 3.3.2 漏电保护器的主要参数和型号 81
 - 3.3.3 漏电保护器的选用 84

3.3.4 漏电保护器在防止火灾中的作用	86
3.3.5 漏电保护器的安装、接线和使用问题	87
第4章 开关控制电器	93
4.1 接触器	93
4.1.1 接触器的分类、结构和工作原理	93
4.1.2 接触器的特性和主要技术参数	95
4.1.3 常用交流接触器的产品特点 and 型号	98
4.1.4 常用直流接触器的产品分类和型号	109
4.1.5 接触器的选用	112
4.2 继电器	118
4.2.1 继电器的分类	118
4.2.2 电磁继电器的结构和工作原理	119
4.2.3 电磁继电器的主要技术性能参数	120
4.2.4 电磁继电器的产品型号	122
4.2.5 电磁继电器的选用	128
4.2.6 时间继电器	129
4.2.7 热继电器	135
4.2.8 温度继电器	142
4.2.9 固态继电器	144
4.3 起动器	149
4.3.1 起动器类型和特点	149
4.3.2 异步电动机全压直接起动器	151
4.3.3 异步电动机的降压起动器	153
4.3.4 异步电动机星-三角形起动器	154
4.3.5 变频变速异步电动机的起动和变速	155
4.3.6 绕线转子异步电动机的起动	156
4.3.7 异步电动机的软起动器	157
4.3.8 同步电动机的起动线路	167
4.3.9 直流电动机的起动	167

第5章 主令电器和信号显示与变换电器	169
5.1 控制按钮、控制开关和键盘	169
5.1.1 控制按钮	169
5.1.2 触摸开关和触摸屏	172
5.1.3 小型开关	175
5.1.4 拨码盘、按键开关和键盘电路	176
5.2 信号和显示电器	179
5.2.1 指示灯和音响报警电器	179
5.2.2 显示电器	180
5.3 过程开关	188
5.3.1 行程和位置开关	188
5.3.2 接近开关	191
5.4 互感器和变换器	200
5.4.1 交流电流互感器	200
5.4.2 交流电流变换器	203
5.4.3 饱和电抗器式直流电流变换器	204
5.4.4 霍尔效应直流电流变换器	204
5.4.5 电压互感器	205
5.4.6 电压变换器	206
第6章 执行和驱动电器	209
6.1 电磁铁	209
6.1.1 电磁铁的分类和型号	209
6.1.2 牵引电磁铁	210
6.1.3 阀用电磁铁	211
6.1.4 制动电磁铁	212
6.1.5 起重电磁铁和电磁吸盘	213
6.2 电磁离合器和制动器	214
6.2.1 牙嵌式电磁离合器	215
6.2.2 摩擦片式离合器	215
6.2.3 磁粉式电磁离合器	216
6.2.4 电磁转差离合器	217
6.3 驱动电动机	218
6.3.1 电动机的基本类型、结构、	

特点和应用	218	指令和指令表 (STL)	278
6.3.2 电动机运行的基本原理	221	7.5.9 可编程序控制器的程序 控制指令	285
6.3.3 电动机的基本特性	223	7.5.10 可编程序控制器的 功能指令	289
6.3.4 电动机的主要产品型号和 基本技术参数及公式	224	7.5.11 可编程序控制器的顺序控制 指令和顺序功能图 (SFT) ...	312
第7章 断续程序控制线路	228	第8章 工业控制通信网络	320
7.1 概述	228	8.1 数据通信与网络的 基本概念	320
7.1.1 连线编程	228	8.1.1 数据通信的分类	320
7.1.2 存储编程	230	8.1.2 数据通信中的码制	323
7.2 基本和常用逻辑单元线路	231	8.1.3 串行通信的标准接口	325
7.2.1 基本逻辑单元	231	8.2 计算机通信网络的基本 概念和类型	330
7.2.2 常用逻辑单元线路	233	8.2.1 通信网络的基本概念和作用 ...	330
7.3 逻辑函数和线路的变 换与化简	235	8.2.2 计算机通信网络的基本类型 ...	331
7.3.1 布尔代数的基本定律 和规则	235	8.2.3 企业网络的基本类型	334
7.3.2 逻辑函数的变换与化简	237	8.3 网络体系结构和数据 通信协议	335
7.4 继电—接触器电器控制线路 的分析和设计	238	8.3.1 分层和协议的基本概念	335
7.4.1 电器控制线路的组成	238	8.3.2 开放系统互联 (OSI) 参考模型	336
7.4.2 电器控制典型线路和 基本概念	238	8.4 局域网的特点、组成和应用	338
7.4.3 电器控制线路的设计 和绘制原则	246	8.4.1 局域网的网络硬件	339
7.4.4 电器控制线路转换成逻辑 电路的方法	249	8.4.2 局域网的网络软件	340
7.5 可编程序控制器应用线路	257	8.4.3 局域网标准和协议	341
7.5.1 可编程序控制器的组成和 工作原理	258	8.5 以太网的类型、特点 及应用	341
7.5.2 可编程序控制器的编程 语言类型	261	8.5.1 10Mbps 以太网的分类和站点 连接方式	341
7.5.3 梯形图的绘制规则	262	8.5.2 10Mbps 以太网的拓扑结构	343
7.5.4 可编程序控制器的扩展 接口模块和扩展配置	269	8.5.3 以太网的工作方式和 参考模型	345
7.5.5 梯形图的经验设计法	272	8.5.4 快速以太网	347
7.5.6 可编程序控制器的指令操作 ...	275	8.6 交换式以太网	350
7.5.7 可编程序控制器的存储器和 寻址方式	277	8.6.1 以太网交换机的基本 工作原理	351
7.5.8 可编程序控制器的基本逻辑		8.6.2 交换式以太网的结构	352

8.7 令牌环网和令牌总线网	354	8.9.2 通过分布式 I/O 连接的低压 电器控制线路	375
8.7.1 令牌环网	354	8.9.3 采用 AS-I 总线的低压电器 控制系统	377
8.7.2 令牌总线网	355	8.9.4 低压电器控制系统中的智 能型开关柜	378
8.8 现场总线控制系统	356	8.10 现场总线控制系统与工业 以太网控制系统的发展	381
8.8.1 现场总线的基本概念和特点 ..	356	8.10.1 以太网和现场总线控制 系统的应用限制	381
8.8.2 现场总线的类型	357	8.10.2 网络集成的概念和现场总 线控制系统与集散控制 系统的集成	382
8.8.3 现场总线的系统配置	357	8.10.3 OPC 技术及其在控制系统 集成中的应用	386
8.8.4 PROFIBUS 的协议结构	358	8.10.4 现代工业控制嵌入式网络	389
8.8.5 PROFIBUS 的总线存取协议	360	8.10.5 TCP/IP 协议和现代工业 控制以太网系统的组成	390
8.8.6 现场总线控制系统的主站 功能及配置方案	361	8.10.6 现代工业控制网络的发展	393
8.8.7 现场总线控制系统的从站 功能及配置方案	365	参考文献	395
8.8.8 现场总线控制系统的 网络部件	369		
8.8.9 现场总线控制系统的 软件组成	371		
8.9 低压电器现场总线控制系统	373		
8.9.1 不带总线接口的低压电器 控制线路	373		

第 1 章

概 论

电气技术人员的主要技能在于掌握各种电器元件、装置和设备的基本原理,熟悉有关装置和设备的技术文件,特别是图纸资料,进而会独立组合、设计和构成所要完成的控制和操作任务。随着科学技术的飞速发展,各种电器元件、装置和设备日新月异。它们不仅在性能上大大提高,功能上更加完善,而且还出现了很多智能化、灵活通用的控制产品,这一方面为我们设计新系统提供了更多的方便和更大的选择空间,同时也要求我们应具备更广泛的知识。

本章主要对有关电气控制的基础内容加以介绍,为下面进一步的学习打下基础。

1.1 电气控制线路和系统的基本组成和作用

根据控制装置的作用和控制对象的动作在时间上连续与否,可将电气控制分成断续控制和连续控制。前者作用和动作仅在某些个离散点上进行,是用开关量进行控制的;后者则是不间断地进行,是用模拟量进行控制的。实际上在很多线路和系统中既有断续控制又有连续控制。如果采用数字装置或计算机进行控制,则必须把各物理量在时间上离散,在数值上量化(采用0和1二进制数),此时即为数字控制系统。

1.1.1 断续控制线路和系统

最简单的控制线路就是通过按钮或简单开关操作的线路,如图1.1-1(a)所示。如果操作部分放置在远离用电电器的地方,则可构成远距离或远动控制线路。有时在操作按钮旁还要设置应答部分。当用电电器电路通电时该指示灯亮,告之操作人员,该电器已接通[图1.1-1(b)]。

上述线路都是手动操作的。要想实现自动控制,就需要能自动产生控制信号的装置,如自动启动夜晚照明的辉光敏感元件、自动控制加热的温度传感器、自动控制液面的浮子开关等。图1.1-2为采用行程开关和浮子开关组成的控制线路,在这里,检测元件等取代了操作人员的作用,实现无人直接参与的自动控制。

实际的电气设备往往是由具

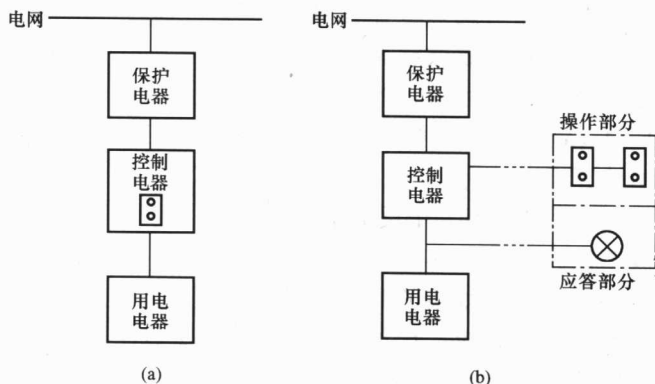


图 1.1-1 手动控制线路组成
(a) 本地操作线路; (b) 远动操作线路

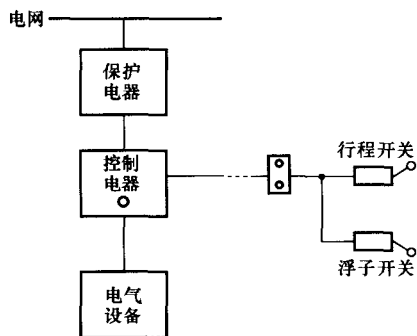


图 1.1-2 自动断续控制线路组成

有多重保护和多重控制的复杂线路系统。图 1.1-3 为大功率晶闸管整流装置的保护电路和主控制电路。之所以要多重保护，主要是考虑到，当一个故障出现后有可能造成后续或相邻设备故障或停电。为了保持工艺过程的连续性需要采用具有不同保护级别的防护措施，例如在过载情况下只需要发出一个报警信号而不必切断电路。下级的故障尽可能不影响同级或上级其他设备的运行等。图 1.1-3 中整流装置控制部分这里仅示出主电路，亦即功率或能量控制和转换电路，不包括辅助或控制电路，如晶闸管触发电路等。

1.1.2 连续和数字调节系统

如果通过电器开关和起动器控制电动机直接或分级起动，则即为前面所述的断续控制方式。如果在起动过程中不断地检测电动机的电流并反馈至误差检测与调节器中去，通过功率驱动器（如软起动器）连续控制电流使之保持不变，则为连续调节系统，如图 1.1-4 (a) 所示。连续调节系统是通过传感器检测到输出量再反馈至输入端并与给定值（比如电动机起动电流的大小）进行比较而产生控制信号的，可以实现精确的调节。其中传感器用于检测反馈量。如要稳定和调节压力，就需要压力传感器，要稳定和调节温度就需要温度传感器。此外也需要有相应的压力调节器、温度调节器以及相应的功率驱动器等。

如果通过模-数转换器将给定量和反馈量转换为数字量，并且误差计算与调节也让计算机来承担，则构成数字调节系统或计算机控制系统，此时图 1.1-4 (a) 中虚线所框部分即可由计算机来取代。

上述系统仅有一个反馈量，构成单回路系统。实际上很多调节对象是一个复杂的具有很多惯性环节的系统。比如电动机速度调节系统，它具有由于电动机绕组电感和电阻引起的电磁惯性和内阻压降，还有由

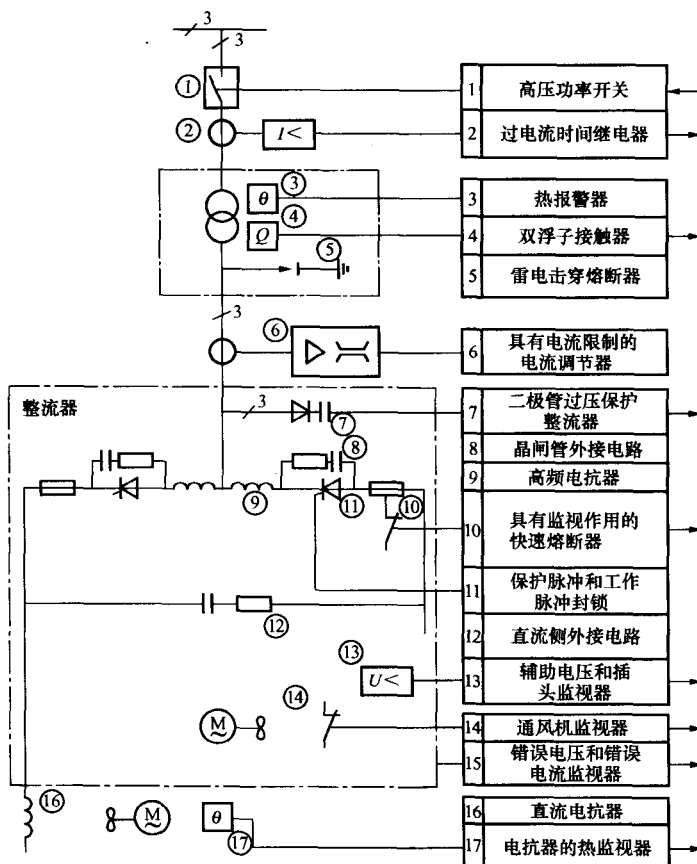


图 1.1-3 整流装置的保护和控制线路

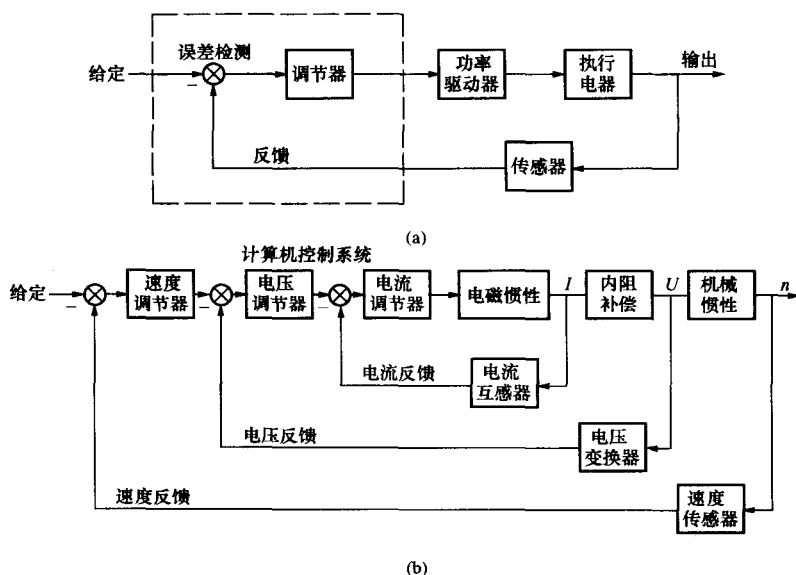


图 1.1-4 连续和数字调节系统
(a) 单回路系统; (b) 多回路系统

于机械旋转质量引起的机械惯性。如果采用多个调节器构成多回路系统，如图1.1-4 (b)所示，则系统的静态和动态性能就会明显优于单回路系统。因为内部事先已被电流反馈回路和电压反馈回路调节好了，最后的闭环调节也就容易实现。或者说，内部已调节好的系统更容易实现外部调节。

典型的具有电流、电压和速度反馈和调节的计算机控制系统的组成如图 1.1-5 所示。它除有模拟量输入通道和输出通道外，还有断续控制的开关量输入和输出通道。此外还有一些外部设备和接口，以便实现人-机通信和与其他计算机或设备之间的通信。

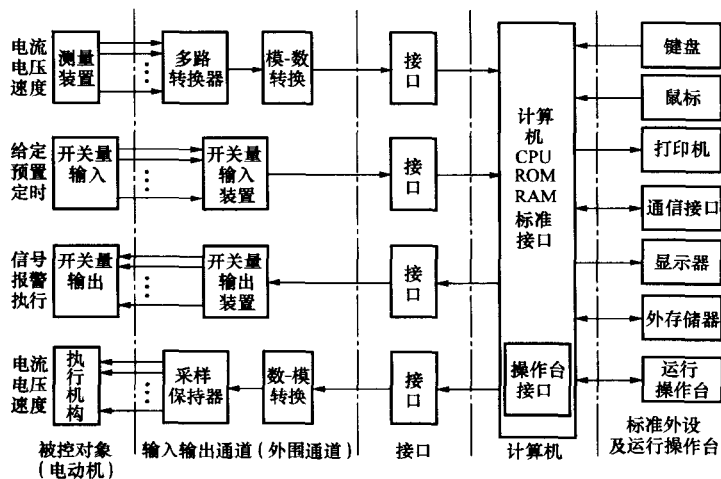


图 1.1-5 计算机控制系统的组成

1.1.3 综合自动化系统与通信网络

实际的工业控制系统常常包含很多电气设备，组成自动生产线并控制生产过程。这些电气设备互相联系、彼此协调，共同完成物料的加工和再加工以及输送和分配，产品的生产、制造和包装等等一整套任务。这就需要成套设备，此时的系统可以称为综合自动化系统。

综合自动化系统可以采用分散控制方式，即各个设备具有自治控制能力，中央控制计算机完成综合和协调工作；此外也可以采用集中控制方式，即所有设备的运行都由中央控制计算机来控制。集中控制的缺点是显而易见的，因为庞大的控制工作会降低总的生产效能，而且一旦某一局部环节发生故障，整个系统就会瘫痪。因此，广泛应用的是所谓集中与分散相结合的系统，简称集散控制系统，图 1.1-6 所示为其典型的结构。系统共分 5 级：过程管理级、过程控制级、功能组控制级、基层控制级和过程级。其中第 4 级即基层控制级如变频器等，可以和过程级如电动机等合并为一级，称为现场设备级。该级也可以和功能组控制级合并在一起，构成控制级。第 2 级即过程控制级也称监控级或车间级。有时把第 1 级和第 2 级合并为一级，称为管理级，这时的系统即为 3 级结构。

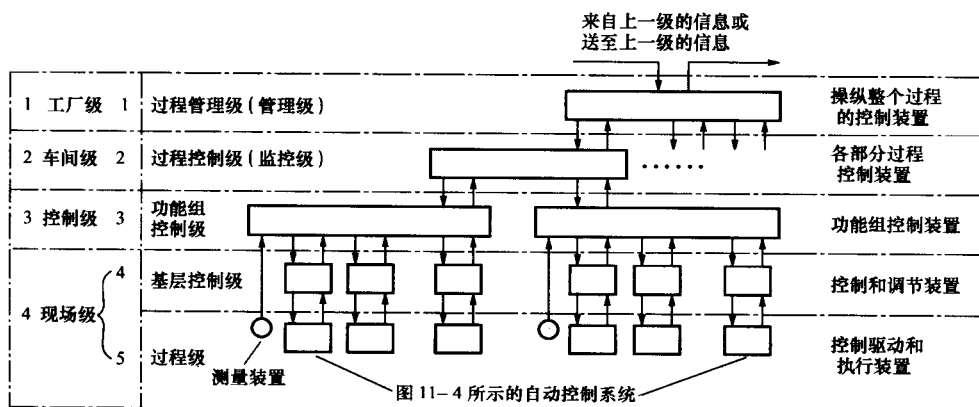


图 1.1-6 集散控制系统的分级结构

对照图 1.1-4 (b) 和图 1.1-6，我们会发现一个有趣的事实，即由多个调节器分散控制多个惯性环节组成的串联系统，与由多个控制器分散控制多台现场设备组成的并联系统，在拓扑结构上存在着对偶的关系。随着计算机计算能力的提高，这种“任务分散”不仅不会给系统造成大的时延和脱节，而且会使系统更加灵活和快速。工业控制系统的发展越来越趋于分散。现场总线控制系统和以太网控制系统的出现和推广，极大地促进了综合自动化系统的发展（详见第 8 章）。

下面以现代化生产塑料薄膜的工艺过程为例，说明综合自动化系统的应用。整个薄膜制造工艺包括三套生产设备，即制膜机、分切机和造粒机。制膜机用于把塑料加热熔化，多次碾压、展平，最后制成 5 米长的薄膜辊卷。分切机用于将长卷分切成数段成品卷。造粒机将边角料和废卷回收重新制成颗粒状塑料。一个工厂可能有上述 2~3 条生产线。在分级系统中最高级为工厂管理级，它负责整个工厂内部的计划管理、调度和生产。如果它是分厂的话，它还要与总厂或其他分厂联系、协调。第 2 级为过程控制级，这一级实际上就是一个大车间，它负责管理制膜机、分切机和造粒机三套设备。每套设备又分别控制下属的多套传动装置。最后一级为过程级，即将分切好的成品卷通过传输设备传送到检验、包装车间，直至出厂。

图 1.1-7 为其中分切机的电气传动线路简图。5 米长的半成品薄膜被装进右侧的放卷辊轴中，经摆轮调节张力、输送辊 4-1~4-3 及展平辊送至切刀辊，在切刀辊上根据需要

由切刀将薄膜长卷分切成2~6段，再分别经过前后输送辊4-4和4-5送至收卷辊9-1和9-2，制成成品卷。多余的薄膜通过活套调节气缸调节张力，由整边收卷机收卷，作为废料回收。

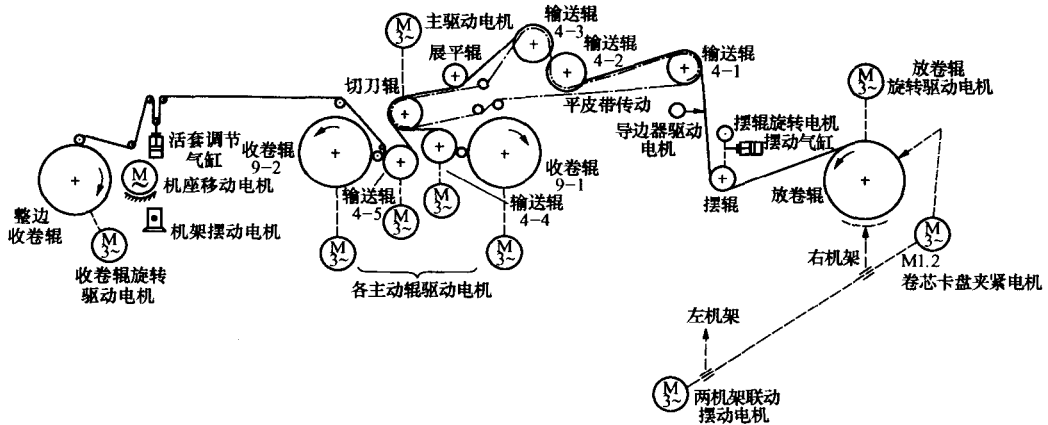


图 1.1-7 分切机电气传动线路简图

图 1.1-8 为其相应的控制系统组成。其中工业控制计算机（PC）担任整个综合自动化系统主控任务，通过人机界面可以显示生产流程和数据，操作人员可以通过键盘设定和修改相关运行参数，显示器也可显示故障产生来源。可编程控制器（PLC）作为另一个主站通过双绞线与各传动部分通信。形成现场总线拓扑结构。这里，所有的工作从站都连接到总线上，形成巨大、复杂的局域网。总线承载了所有站与站之间的通信。网络中每个站（主站 PLC 和从站 DTE）只需要一个通信处理器。这种简单的连接方式所用设备和传输介质最少，

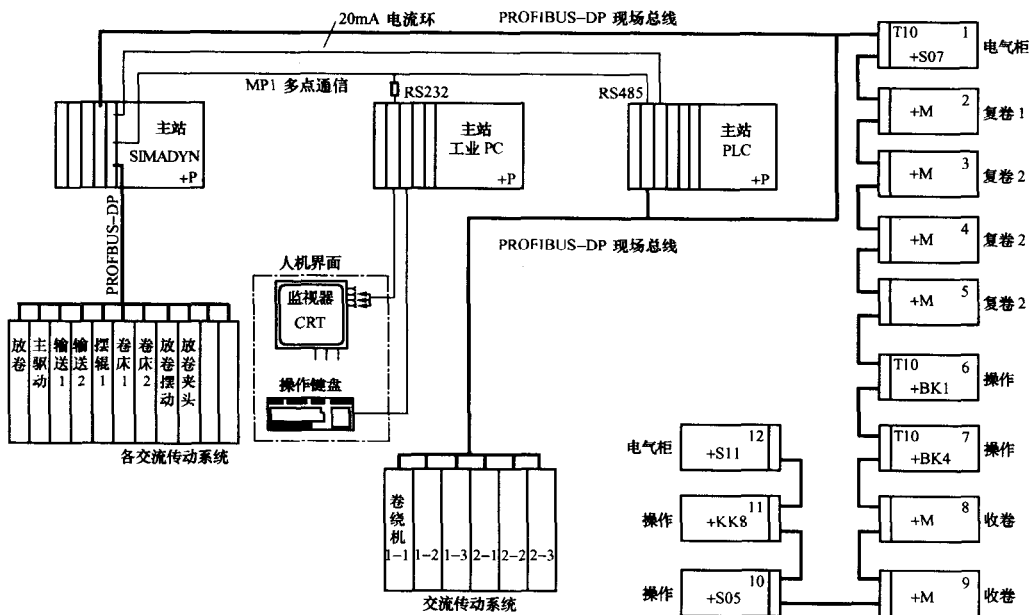


图 1.1-8 分切机现场总线控制系统组成

所有站共享同一个通信链路，便于系统改造和扩展。有关现场总线和网络通信的内容将在第 8 章中作进一步介绍。

1.2 电气设备图纸文件的阅读和编制

电气设备制造、试验、投入运行、操作和使用与维护等的技术文件是设备配套不可缺少的组成部分。这其中最重要的系统文件是线路图及其相关原理的说明。一个成套设备的图纸可能有数本至数十本甚至更多，掌握与领会这些图纸并相应地补充或改绘部分图纸是电气工程技术人员面临的重要任务。

1.2.1 电气图的类型和符号

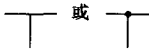
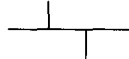
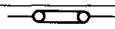
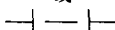
图 1.2-1 为国家标准规定的几种电气图的特点和应用场合。其中电路图和程序图应用最广，也是本书主要涉及的电气图。这些图中的常用图形符号和文字符号规定见表 1.2-1 和 1.2-2。文字符号可以根据需要附加第二个字母以作进一步区别，如 KA 表示继电器，KM 表示接触器等等。



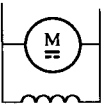
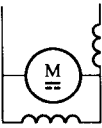
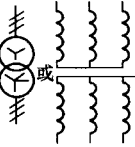
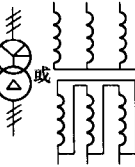
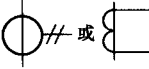
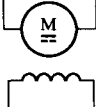
图 1.2-1 几种电气图的特点和应用场合

表 1.2-1

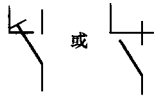
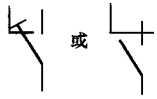
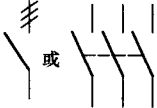
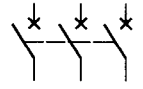
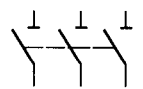
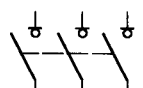
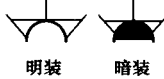
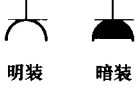
电气图常用图形符号 (摘自 GB 4728—1996 ~ 2000)

序号	名 称	新标准规定的符号	序号	名 称	新标准规定的符号
1	直 流	— 或 ==	14	导线的连接	 或 
2	交 流		15	导线的多线连接	
3	交直流				或 
4	接地一般符号		16	导线的不连接	
5	无噪声接地 (抗干扰接地)		17	接通的连接片	
6	保护接地		18	断开的连接片	或 
7	接机壳或接底板		19	电阻器一般符号	
8	等电位		20	电容器一般符号	
9	故 障		21	极性电容器	
10	闪络、击穿		22	半导体二极管 一般符号	
11	导线间绝缘击穿		23	光电二极管	
12	导线对机壳 绝缘击穿		24	电压调整二极管 (稳压管)	
13	导线对地 绝缘击穿		25	晶体闸流管 (阴极侧受控)	
			26	PNP 型 半导体三极管	
			27	NPN 型 半导体三极管	

续表

序号	名 称	新标准规定的符号	序号	名 称	新标准规定的符号
28	换向绕组		43	并励直流电动机	
29	补偿绕组		44	复励直流电动机	
30	串励绕组		45	铁 芯 有间隙的铁芯	
31	并励或他励绕组		46	单相变压器	
32	直流发电机		47	有中心抽头的 单相变压器	
33	交流发电机		48	三相变压器星形 - 有中性点引出线 的星形连接	
34	直流电动机		49	三相变压器有中 性点引出线的星 形 - 三角形连接	
35	交流电动机		50	电流互感器 脉冲变压器	
36	直线电动机		51	动合（常开） 触点	
37	步进电动机		52	动断（常闭） 触点	
38	手摇发电机		53	先断后合的 转换触点	
39	三相鼠笼式 感应电动机				
40	三相绕线式转子 感应电动机				
41	串励直流电动机				
42	他励直流电动机				

续表

序号	名 称	新标准规定的符号	序号	名 称	新标准规定的符号
54	先合后断的 转换触点	 或 	69	热继电器的 动断触点	
55	中间断开的 双向触点		70	接触器的 动合触点	
56	延时闭合的 动合触点 (常开触点)		71	接触器的动断触点	
57	延时断开的 动合触点 (常开触点)		72	三极开关	
58	延时闭合的 动断触点 (常闭触点)		73	三极断路器	
59	延时断开的 动断触点 (常闭触点)		74	三极隔离开关	
60	延时闭合和延时 断开的动合触点		75	三极负荷开关	
61	延时闭合和延时 断开的动断触点		76	操作线圈	
62	带动合触点的按钮		77	热继电器的 驱动器件	
63	带动断触点的按钮		78	灯	
64	带动合和动断 触点的按钮		79	电抗器	
65	位置开关的 动合触点		80	带接地插孔的 三相插座	
66	位置开关的 动断触点		81	单极开关	
67	单相插座	 明装 暗装			
68	带接地插孔的 单相插座	 明装 暗装			