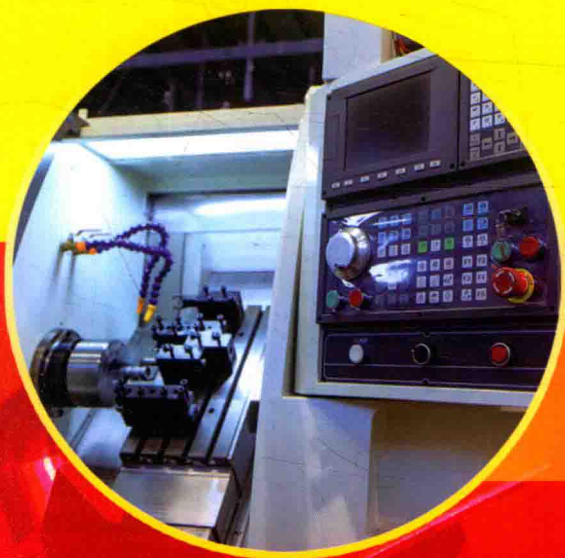


识图技巧丛书

机床电气控制 线路图识图技巧

屈刚 何志伟 编

升级版



融入思维导图——易读易懂
对比生活场景——易学易用



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

识图技巧丛书

机床电气控制线路图识图技巧 升级版

屈 刚 何志伟 编



机械工业出版社

本书作者从多年工作和教学实践经验出发,依据国家职业技能标准和电气工程施工与验收规范,选择机床电气控制线路图识读作为切入点,致力于激发电工初学者的学习兴趣并帮助他们扫清学习道路上可能遇到的障碍和困难,逐步引领他们进入电气领域知识殿堂。

本书主要包括:机床电气控制线路图识图基础、机床电气控制线路常用低压电器、机床电气控制线路基本单元电路、典型机床电气控制线路图的识读、PLC与变频器控制机床电气控制线路图的识读等。

本书可作为电工初学者入门自学或上岗培训用书,也可作为电气工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制线路图识图技巧:升级版/屈刚,何志伟编.

—2版. —北京:机械工业出版社,2016.11

(识图技巧丛书)

ISBN 978-7-111-55096-9

I. ①机… II. ①屈… ②何… III. ①机床-电气控制-控制电路-识图-基本知识 IV. ①TG502.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第244968号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林运鑫 责任编辑:王振国 责任校对:樊钟英

封面设计:马精明 责任印制:李洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2017年1月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·9印张·217千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-55096-9

定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

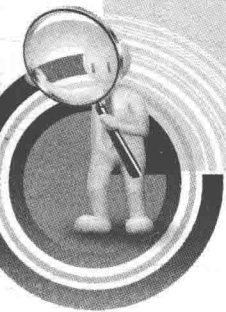
机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com



前言



刚刚步入电工行业的初学者，大多希望自己能够尽快掌握电工行业基本技能，尽快胜任所从事的工作并发挥自己的潜质。达到这一要求的前提是拥有扎实的基础知识，而识读电路图则是必须要掌握的技能。

本书作者从多年的电气工程设计、安装、运行、维修、调试和教学经验出发，参考国家职业技能标准和电气工程施工与验收规范，选择机床电气控制线路图识读作为切入点，从基础知识介绍开始，涵盖电气图的组成、分类、特点及常用符号，识读和绘制电气图的基本方法和规则，同时，对构成电气设备的常用元器件进行了基础性介绍，对构成复杂电路的基本单元电路进行了架构性和功能性介绍，在激发读者学习兴趣的同时帮助他们扫清学习道路上经常遇到的障碍和困难，以便逐步引领他们进入电气领域知识殿堂。

本书编写特点主要体现在以下几个方面：

第一，融入思维导图，图文并茂理解。

以往的电气专业书籍大多采用一张电气原理图配以大段文字说明的方式编写，对初学者来说往往存在理解上的诸多困惑和差异，学习难度较大。本书以思维导图的形式将复杂概念简单化、形象化，增强读者的阅读理解力及条理性，循序渐进提升初学者图样识读能力。

第二，设计场景案例，激发学习兴趣。

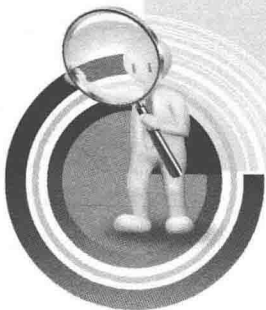
本书另一特色是将生活场景及工作案例引入专业知识的讲解，方便读者进行横向类比，以更好地同化知识，提升重点知识的理解程度，同时增强读者的生活体验感和职业代入感，进一步加强读者的阅读兴趣。

第三，反映技术发展，涵盖进阶拓展。

根据电气技术的最新发展，更新图样识读内容，充实了 PLC、变频器、触摸屏改造机床的新知识和新技术，以方便读者更好地适应时代的发展，为后续高阶专业学习打下良好的基础。

由于时间和作者的水平有限，书中错误和不足在所难免，敬请广大读者和同仁批评指正。

编 者



目录



前言

第1章 机床电气控制线路图识图

基础 1

- 1.1 电气图的基本组成 1
- 1.2 电气图的分类及主要特点 5
- 1.3 电气图的常用符号 20
- 1.4 识读机床电气控制线路图的基本
要求和步骤 26
- 1.5 绘制电气图的一般规则和方法 30

第2章 机床电气控制线路常用低压

电器 39

- 2.1 熔断器 39
- 2.2 断路器 42
- 2.3 主令电器 45
- 2.4 接触器 48
- 2.5 继电器 51

第3章 机床电气控制线路基本单元

电路 55

- 3.1 起动、保持、停止电路 55
- 3.2 正反转控制电路 59
- 3.3 多地控制电路 64
- 3.4 互锁控制电路 70

- 3.5 顺序起动控制电路 73

- 3.6 定时控制电路 78

- 3.7 手动和自动控制电路 82

- 3.8 安全保护电路 84

第4章 典型机床电气控制线路图的

识读 88

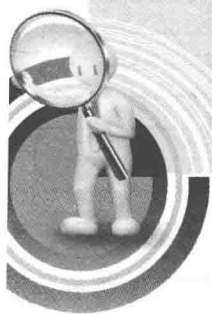
- 4.1 C6140 型卧式车床电气控制系统 88
- 4.2 Z3050 型摇臂钻床电气控制系统 92
- 4.3 M7130 型平面磨床电气控制系统 98
- 4.4 T68 型卧式镗床电气控制系统 101
- 4.5 X62W 型万能铣床电气控制系统 106

第5章 PLC 与变频器控制机床电气

控制线路图的识读 111

- 5.1 PLC 控制电动机电路 111
- 5.2 C6140 型卧式车床 PLC 与变频器改造
控制电路 119
- 5.3 T68 型卧式镗床 PLC 与变频器改造
控制电路 121
- 5.4 X62W 型万能铣床 PLC 与变频器改造
控制电路 129

参考文献 138



第1章



机床电气控制线路图识图基础

电路图样是所有电气设备的原始技术档案,能够识读电气电路图样就能够掌握电气设备的主要性能、工作原理,以及设备安装、调试、保养、检修和测试操作方法。因此,学习电气设备电路图样的识读技巧是从事电气设备生产、安装、调试及检修的关键环节。

本章重点内容有:掌握电气图的常用符号,能够识读国内外不同样式的电气图形符号;熟悉电气图的分类及主要特点,能够正确区分并合理应用日常所遇到的电气图样;深刻理解绘制电气图的一般规则;运用电气图绘制规则设计电气图样。本章的难点就是识读机床电气控制线路图的基本要求和步骤,只有不断地识读训练并实践应用,才能掌握机床电气控制线路图的识读技巧。

1.1 电气图的基本组成

相对于严格按照尺寸、绝对位置绘制的机械图,电气控制线路图是描述电气控制系统工作原理的电气图样,是用各种电气符号、带注释的围框、简化的外形表示系统、设备、装置、元件的相互关系或连接关系的一种简图,广义地用以说明系统、成套装置或设备中各组成部分的相互关系或连接关系,或者用以提供工作参数的表格、文字等,也属于电气图之列。电气图是用来沟通电气设计人员、生产制造人员、安装调试人员、操作运行人员和检修维护人员的工程语言,是进行技术交流不可缺少的重要工具。

按国际电工委员会(IEC)现行标准的规定,电路图的基本组成包括:图形符号、连接线、参照代号、端子代号、用于逻辑信号的电平约定、电路寻迹必需的信息(信号代号、位置检索)以及了解项目功能必需的补充信息。从另一种角度来讲,我国电气图样一般由电路图、技术说明、主要电气设备(或元器件)明细表、标题栏和会签表等部分组成。

【场景案例】

生活场景:小明在少年宫国画班学画画,老师讲一幅国画的组成除了有主体图案(山水、花鸟、人物)外,还要有表明画中图案主旨及绘画意境的题目,可以题画赞、题诗词、题画记、题画跋等;还有在画上記年月、签署姓名、签署别号和钤盖印章等,称为“款”。图案、题、款是国画的重要组成部分。

工作场景:大明是一家制造厂的设备工程师,近期大明所做的重点工作是整理老旧机床



设备的技术档案资料,其中档案归集核心的内容就是机床电气图样。每张电气图样上都有电路图、技术说明和标题栏,大明分类整理图样时所依据的内容即这三样。

不难看出,生活场景与工作场景的对比情况如图 1-1 所示。

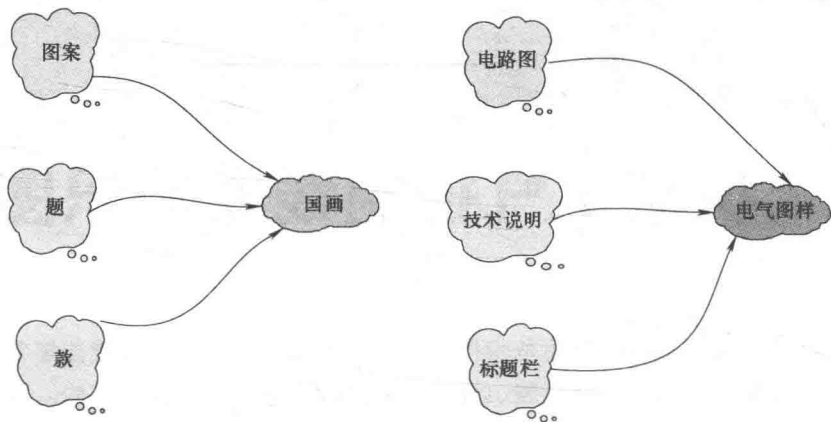


图 1-1 生活场景与工作场景的对比

【电路图】

(1) 电路的概念 用导线将电源、负载、相关控制元件按一定要求连接起来构成闭合回路,能够实现电气设备的预定功能,这个电气回路就称为电路。如果将电源、负载、开关等看成元件,则电路就是由元件和连接线组成的。

实际应用中的电路因结构的不同所能实现的功能也不尽相同,通常认为电路的功能可分两种:一是电能的传输、分配和转换;二是信息的传送和处理。

(2) 电气图的分类 针对不同的应用场合和电气设备,电气图可大致分为概略图、功能图、电路图、接线图。更为详细的电气图分类将在本章第二节中加以介绍(如:电力系统概略图、逻辑信号功能图、等效电路图)。

(3) 机床电路的分类 机床电路一般可分为两类:主电路和辅助控制电路。主电路也叫作一次回路,是电源向负载输送电能的电路;辅助控制电路又称为二次回路,是对主电路进行控制、保护、监测、指示的电路。主电路电流大,导线线径粗,辅助电路电流小,导线细。

电路图是反映电路构成的,由于电路元器件的外形和结构差别较大,所以通常采用国家统一规定的电气图形符号和文字符号表示电路中的元器件,由此形成相互连接及安装方式的图形称为电路图。

图 1-2 所示的电动机串联电阻起动电路就是典型机床基本单元电路。

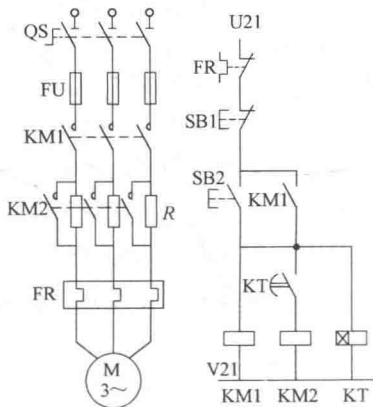


图 1-2 电动机串联电阻起动电路

【技术说明】

技术说明也叫作技术要求,即电气图中的文字说明,包括用以注明电气接线图中有关要



点、安装要求及未尽事项等，其书写位置通常在电路图的右上方，若说明较多，也可另附页说明。技术说明示例如下：

	A	B	C	D	E
1	SA 触点说明				
2	编号	触点位置	- 45°	0	+ 45°
3	1	1 - 2	×		
4	2	3 - 4			×
5	3	5 - 6	×		
6	4	7 - 8			×

【元器件明细表】

元器件明细表用以注明电气接线图中主要电气设备及材料的代号、名称、型号、规格、数量和说明等。元器件明细表不仅有助于识图，而且是设备订货、安装、维护时的重要依据。元器件明细表以表格形式写在标题栏的上方，明细表中序号自下而上编排。示例如下：

电动机串联电阻起动电路主要元器件明细表

元件名称	规格型号	单位	数量	备 注
主电动机	Y132M—4B3, 7.5kW, 1440r/min	台	1	
V 带	B2240	根	1	
组合开关	HZ10—25/3	只	1	
按钮	LA4—3H	只	2	
热继电器	JR16—20/3	只	1	过载保护
熔断器	RL1—60/25	个	3	短路保护
时间继电器	JS7—2A	只	1	时间控制
交流接触器	CJX2—12	只	2	
端子板	JX2—1015	个	1	
主电路导线	BVR—1.5, 7 × 0.25mm	m	若干	
控制电路导线	BVR—1.0, 7 × 0.43mm	m	若干	

【标题栏】

标题栏画在电路图的右下角，具有该图样简要说明书的作用，用于标注工程名称、设计类别、设计单位、图名、图号、比例、尺寸单位及设计人、制图人、审核人、批准人的签名和日期等。标题栏是电路图的重要技术档案，各栏目中的签名者对图中相应的技术内容负责。标题栏示例如下：

某机电设备有限公司					
审定		图样名称	电气控制原理一次回路图	项目编号	
审核				图别	
设计负责人				图号	
专业负责人		安装地点		比例	
校对				日期	
设计		数量		共 7 张	第 1 张
绘图					



另外,涉及多个相关专业的电气图样,还列有会签表,由相关专业(如土建、管路、信号、空调等)技术人员会审认可后签字,以便统筹协调分工责任明确。会签表示例如下:

图样会审会签表

项目工程		单位工程名称	
会审时间		会审地点	
建设单位			
设计单位			
监理单位			
施工单位			
主持人		记录人	
建设单位: (公章)	设计单位: (公章)	监理单位: (公章)	施工单位: (公章)
代表:	代表:	代表:	代表:

【知识拓展】

电气图样档案归集

电气竣工图样是建筑工程竣工或机床设备安装调试通过验收后,真实反映建筑工程或机床设备安装项目电气施工及走线回路实际的图样,是工程和设备技术档案的核心内容,是电气工程施工成果在档案图样上的体现。电气竣工图样往往要比原设计图完整、准确得多,对产品的使用、维护、检修、改建、扩建等都起到十分重要的作用。所以及时有效地做好电气图样档案归集工作,是现代工程及设备管控的必然要求,在日常工作中需要注意以下几个方面:

(1) 注意电气竣工图样的分类及构成 电气竣工图样分为强电图和弱电图,强电图包括高压、低压、供配电、照明、动力等图;弱电图包括控制信号、消防报警及联动系统、电视通信系统、防盗监视系统、计算机联网管理等图。电气图样由图样目录、设计说明、总平面图、系统图、电路原理图、接线图和大样图等构成。建立图样技术档案时可按上述类别设立装订成册,方便后续管理维护。

(2) 掌握电气竣工图样的绘制方法和要素 电气竣工图样编制方法有两类:一是以电气设计施工图样直接代替,二是依据施工过程中的变更文件由设计院重新绘制。含有变更内容的文件有:电气设计交底记录、图样会审记录、电气设计变更通知和现场变更会审记录等。

(3) 掌握电气工程变更的表达形式

1) 文字形式:将文字、数据变更的主要内容以标注形式记录在相应电气图样的空白

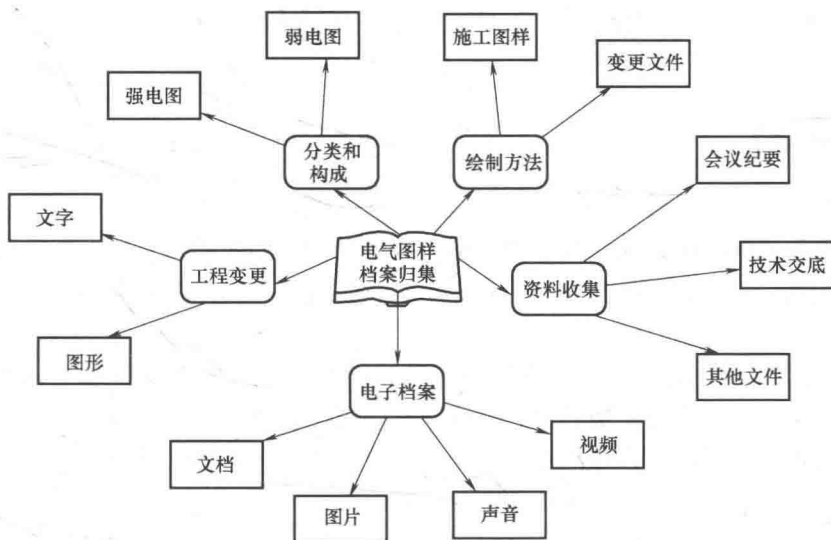
处,原数据及文字一定要划去。

2) 图形形式:有些是以变更图替代原电气图样,有些是电气设计补充图。电气设计补充图是由于工艺、设备、使用功能等在技术要求上提供较晚而后产生的补图。

(4) 注意过程资料收集中的问题 涉及电气竣工图样的各种会议纪要、交底或其他变更文件,必须由建设单位、设计单位、施工单位、监理单位专业技术人员根据实际情况加以签字确认。特别是无变更通知和变更图、其他专业的变更涉及电气变更却没有明确指出等情况造成竣工图样与实际不符的,应由建设单位、监理单位重新确认后签字。

(5) 建立多媒体形式的电子档技术资料库 当今是信息社会,技术档案已不仅仅局限于纸质档案,且从保护环境、保存便利方面考量,纸质档案都不如电子档案。可以采用电子文档、图片、声音、视频等多媒体形式纳入计算机管理方法来建立电气竣工图样档案。

综上所述,电气图样档案归集如下:



1.2 电气图的分类及主要特点

电气图是产品制造商、销售商、用户、技术服务等部门进行沟通、交流信息的载体,一般根据表示对象的类别、对象的工作原理及功能、对象的规模大小、使用场合等表达方式的不同来分类,按照最新的国家标准《工业机械电气设备 电气图、图解和表的绘制》(GB/T 24341—2009)可分为35类,本节作重点介绍。

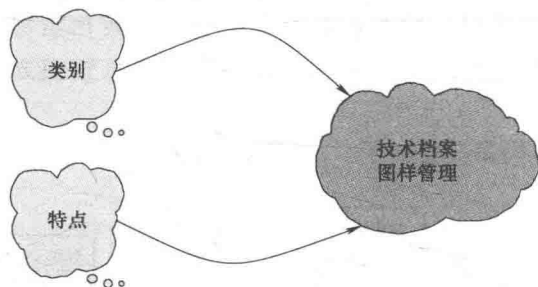
电气图种类繁多也可按绘制方式分成两大类:第一类为图样,它基本上是运用正投影法绘制的,例如:零件图、装配图、外形图、安装图、线扎图、包装图、改制件图和集成电路图等;第二类为简图,它是以图形符号或轮廓外形图为主,按国家标准《电气制图》标准的规定绘制的,用以说明各种电原理图、产品的电气连接等,例如:系统图和框图、电路图、接线图和逻辑图等。



【场景案例】

生活场景：小明的妈妈是个勤劳而又心细的家庭主妇，她专门为家里所有电气设备建立了档案袋：购物的发票、产品说明书、售后质保卡及维修记录卡等。在产品说明书中一般有设备外观说明图、操作及维护保养说明、设备工作流程框图、电路接线简图等，广义地讲这些均属于电气图的范畴。

工作场景：大明负责工厂里一台生产机台的维护保养，该生产机台的技术档案里电气图样占了很大比例。装订成册的电气图样里有：图样总目录、技术说明、电气设备平面布置图、电气系统图、电气原理图、电气设备操作使用说明书和电气设备维护保养说明书等。



【电气图的分类】

1. 系统图 (overview diagram)

系统图也称为概略图，通过展示项目的主要成分和它们之间的关系来提供项目的总体描述，是表示系统、分系统、成套装置、软件、设备等项目之间主要关系和连接的相对简单的简图。

系统图可分不同层级绘制，较高层级的系统图可反映对象的整体概况，低层级的系统图可将对象描述得更详细。系统图包含非电气的组成部分，可作为教学、训练、操作和维修的基础文件，也可作为进一步设计编制逻辑图、功能图、电路图和接线图等的依据。

系统图示例如图 1-3 所示。

2. 框图 (block diagram)

框图是指用来描述程序的处理、判断、输入输出、起始或终结等基本功能的执行逻辑过程的概念模式，已经广泛应用于算法、计算机程序设计、工序流程的表述、设计方案的比较等方面，也是表示数学计算与证明过程中主要逻辑步骤的工具，并将成为日常生活和各门学科中进行交流的一种常用表达方式。也可看作采用矩形框符号的系统图。示例如图 1-4 所示。

3. 功能图 (function diagram)

功能图是表示理论的或理想的电路而不涉及实现方法的一种图。其用途是提供绘制电路图或其他有关图的依据。功能图示例如图 1-5 所示。

4. 逻辑功能图 (logic-function diagram)

逻辑功能图主要是指使用二进制逻辑元件符号或单元图形符号绘制的功能图。其中只表

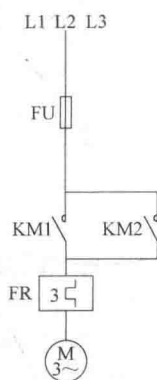


图 1-3 电动机
起动电路

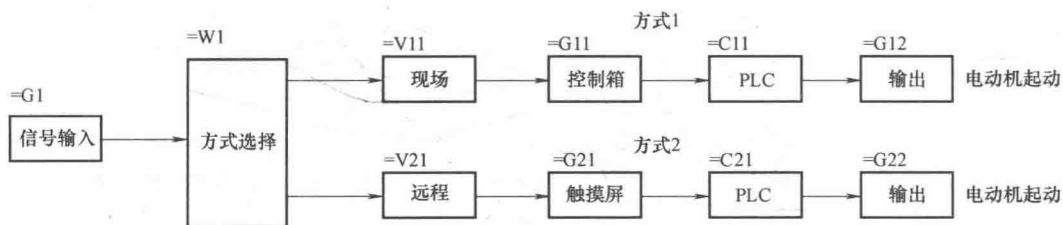


图 1-4 电动机起动输入方式框图

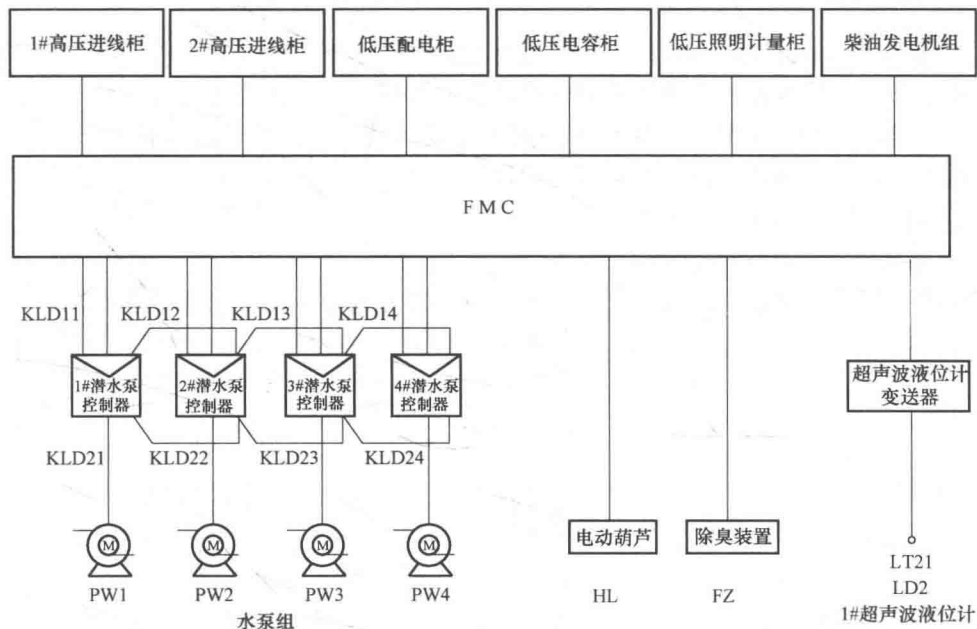


图 1-5 FMC 控制功能图

示功能而不涉及实现方法的逻辑图叫作纯逻辑图。逻辑功能图示例如图 1-6 所示。

5. 等效电路图 (equivalent-circuit diagram)

等效电路图就是将一个复杂的电路通过适当的方法改画出简单的串联、并联的电路，表示理论的或理想的元件（如 R 、 L 、 C ）及其连接关系的简单电路。这种图样叫作原复杂电路的等效电路图。等效电路图示例如图 1-7 所示。

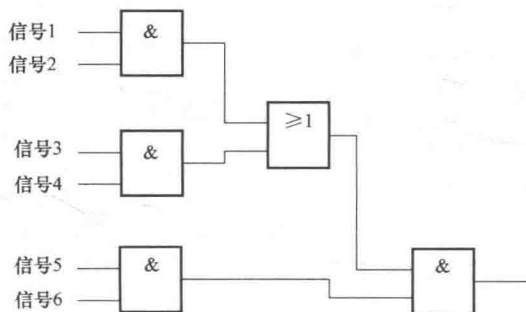


图 1-6 逻辑功能图示例

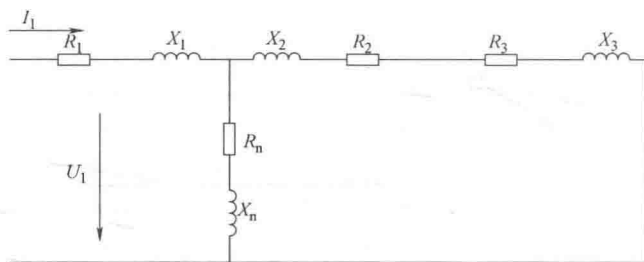


图 1-7 等效电路图示例

6. 功能表图 (function chart)

功能表图是指用步和转换描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形，也称为状态转移图，是设计 PLC 的顺序控制程序的有力工具。功能表图并不涉及所描述的控制功能的具体技术，它是一种通用的技术语言，可以用于进一步设计和不同专业的人员之间进行技术交流。功能表图示例如图 1-8 所示。

7. 顺序图 (sequence chart)

顺序图是将交互关系表示为一个二维图，表示系统各个单元工作次序或状态的图，各单元的工作或状态按一个方向排列，并在图上按直角绘出过程步骤或时间。示例如图 1-9 所示。

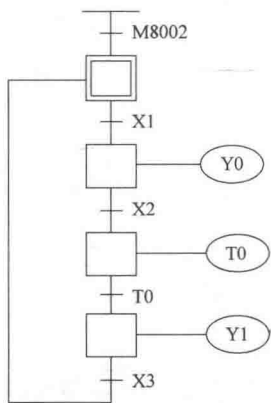


图 1-8 PLC 状态转移图

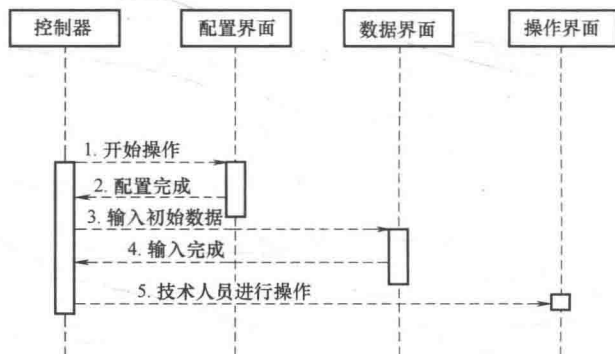


图 1-9 顺序图示例

8. 时序图 (time sequence chart)

按比例绘出时间轴的顺序表图称为时序图，又叫作序列图或循序图，是一种 UML 交互图。时序图示例如图 1-10 所示。

9. 电路图 (circuit diagram)

电路图也叫作原理图，表示系统、分系统、装置、部件、设备和软件等实际电路的简图，采用按功能或工作顺序排列的图形符号来表示元件和连接关系，以表示功能而不需考虑

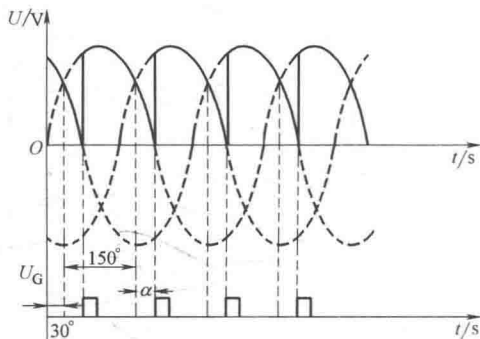


图 1-10 时序图示例



项目的实体尺寸、形状和位置。目的是便于理解电路的原理、分析和计算电路特性。电路图示例如图1-11所示。

10. 端子功能图 (terminal-function diagram)

端子功能图是表示功能单元各端子接口连接和内部功能的一种简图，可以利用简化的电路图、功能图、功能表图、顺序表图或文字来表示其内部的功能。端子功能图示例如图1-12所示。

11. 程序图 (program diagram)

程序图是详细表示程序单元、模块及其互连关系的简图，其布局应能清晰识别其相互关系。以特定的图形符号加上说明，表示工艺流程或者程序算法的图称为程序流程图。在工程领域，它是进行PLC程序设计中顺序控制分析过程中最基本的工具。程序图示例如图1-13所示。

12. 程序表 (program chart)

程序表是详细表示程序单元、模块及其互连关系的表格。示例如下：

步骤 状态	按下 SB1	按下 SB2	FR1 闭合	FR2 闭合	按下 SB3	FR1 断开	FR2 断开
KM1 吸合	1		1	1			
KM2 吸合		1	1	1			
KM3 吸合			1	1			
KM1 断开					1		
KM2 断开					1		
KM3 断开						1	1

13. 程序清单 (program list)

程序清单是详细表示程序单元、模块及其互连关系的清单。示例如下：

: * 电动机正向启动/停止

```
0    LD      X0000
      X000    = 正转启动
1    OR      M1
```

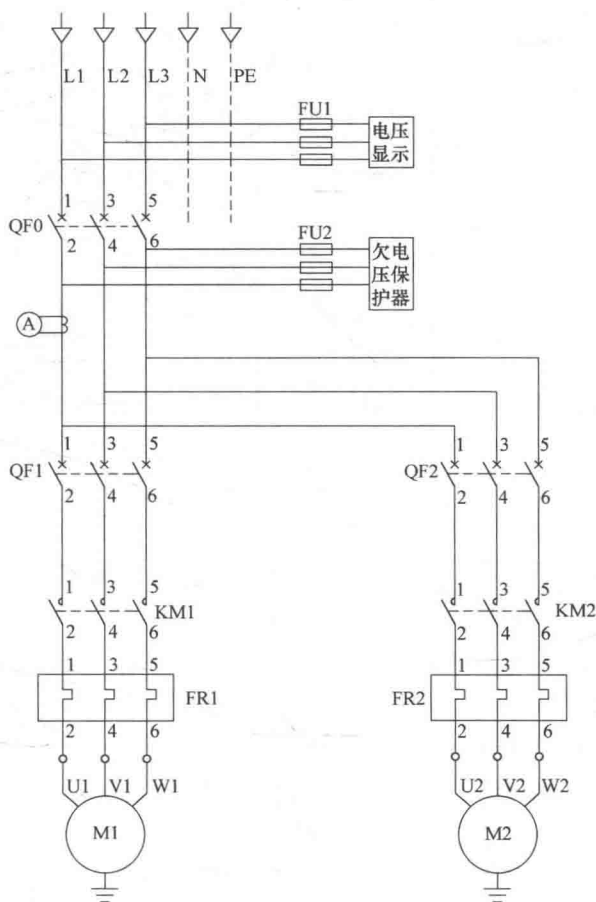


图 1-11 电路图示例

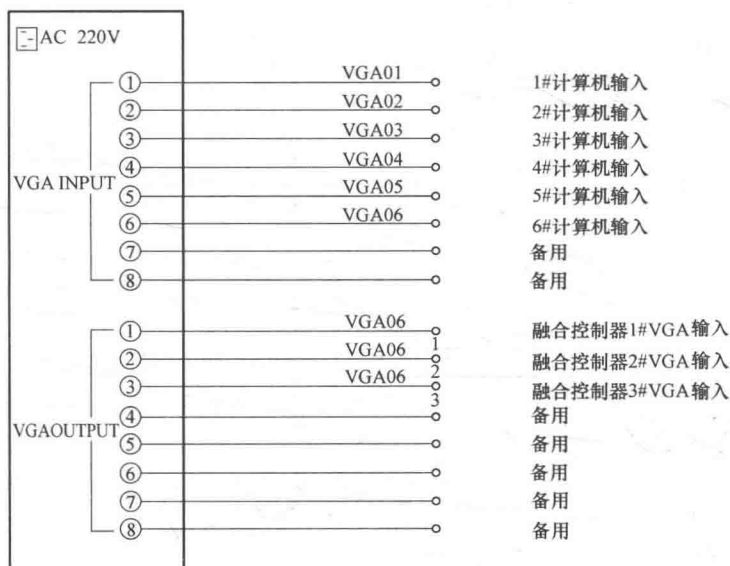


图 1-12 端子功能图示例

```

: * 电动机正转起动/停止
0  LD      X0000
   X000    = 正转起动
1  OR      M1
   M1      = 正转辅继
2  ANI     X001
   X001    = 反转起动
3  ANI     X002
   X002    = 停止
4  ANI     X003
   X003    = 热保护
5  ANI     M2
   M2      = 反转辅继
6  OUT     M1
   M1      = 正转辅继
; * 电动机反转起动/停止
7  LD      X001
   X001    = 反转起动
8  OR      M2
   M2      = 反转辅继
9  ANI     X000
   X000    = 正转起动
10 ANI     X002
   X002    = 停止
11 ANI     X003
  
```

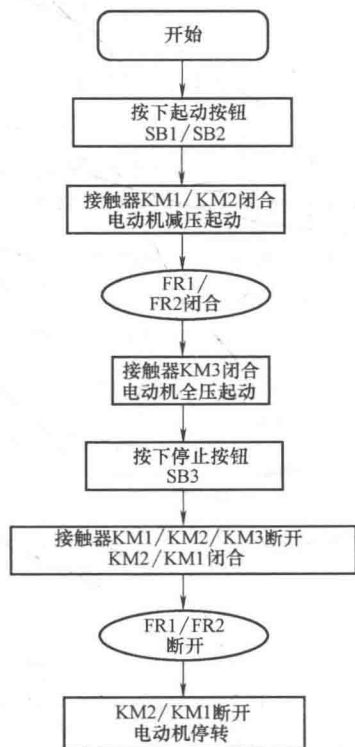


图 1-13 程序图示例



- X003 = 热保护
- 12 ANI M1 = 正转辅继
- 13 OUT M2 = 反转辅继

14. 安装图 (installation diagram)

安装图是表示各项目安装位置及要求的图。示例如图 1-14 所示。

15. 平面图 (installation plan)

平面图是地图的一种，在电气工程领域是各设备或元器件沿铅垂线方向投射到平面上，按规定的符号和比例缩小而构成的相似图形，称为平面图。电气平面图表示电气工程中电气设备、装置和线路的平面布置，一般在建筑平面图中绘制出来。

根据用途不同，电气平面图可分为供电线路平面图、变电所平面图、动力平面图、照明平面图、弱电系统平面图和防雷与接地平面图等。

平面图示例如图 1-15 所示。

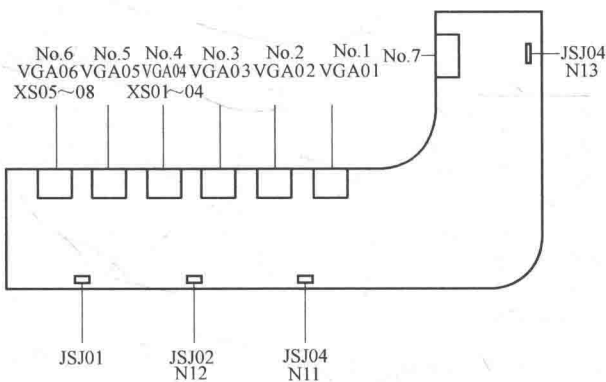


图 1-15 平面图示例

16. 安装简图 (installation diagram)

安装简图是表示各项目之间连接的安装图。安装简图示例如图 1-16 所示。

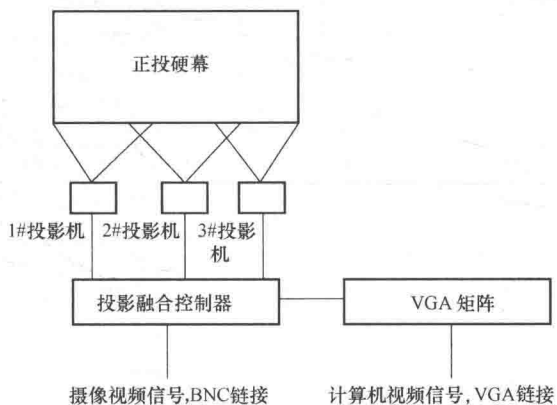


图 1-16 安装简图示例

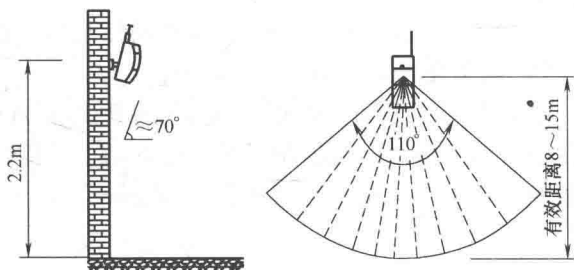


图 1-14 红外探测器的安装

17. 装配图 (assembly drawing)

装配图是指按比例表示一组装配部件的空间位置和形状的图。示例如图 1-17 所示。

18. 布置图 (arrangement drawing)

布置图用于表示各种电气设备和装置的布置形式、安装方式及相互位置之间的尺寸关系，通常由平面图、立面图、断面图和剖面图等组成。这种图按三视图原理绘制，与一般的机械图没有大的区别。示例如图 1-18 所示。

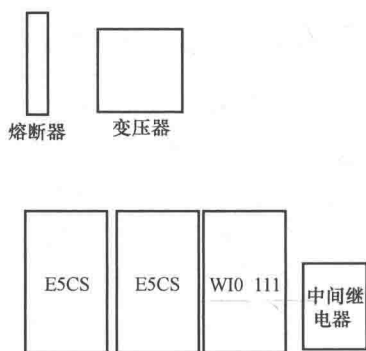


图 1-17 装配图示例

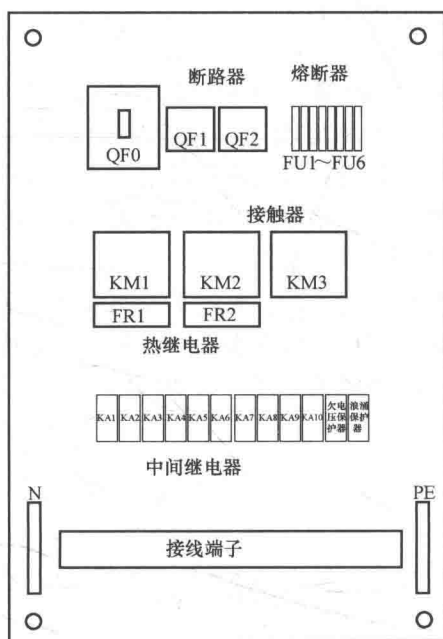


图 1-18 布置图示例

19. 接线图 (connection diagram)

接线图是表示或列出一个装置或设备的连接关系的简图，电气接线图是为安装电气设备和元器件进行配线或检修电器故障服务的。在图中可显示出电气设备中各元器件的空间位置和接线情况，实际工作中接线图常与电气原理图结合使用。示例如图 1-19 所示。

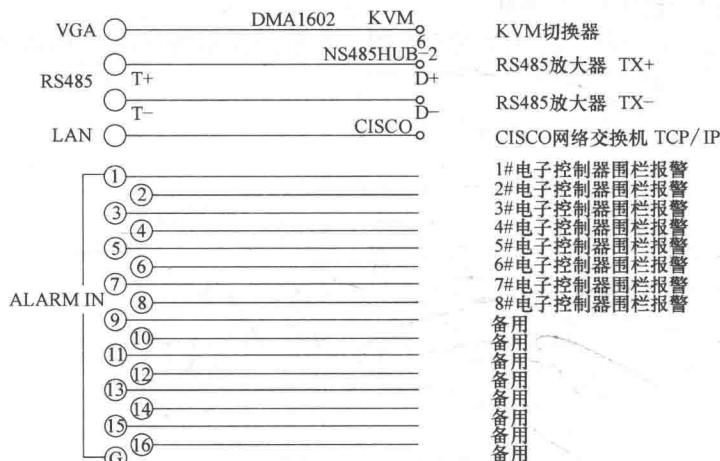


图 1-19 接线图示例