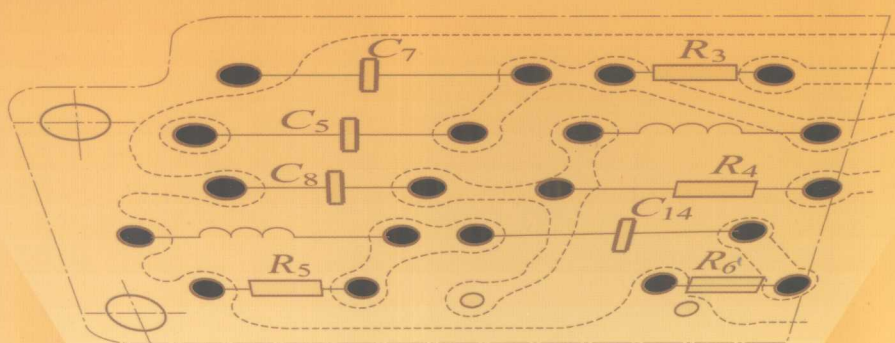


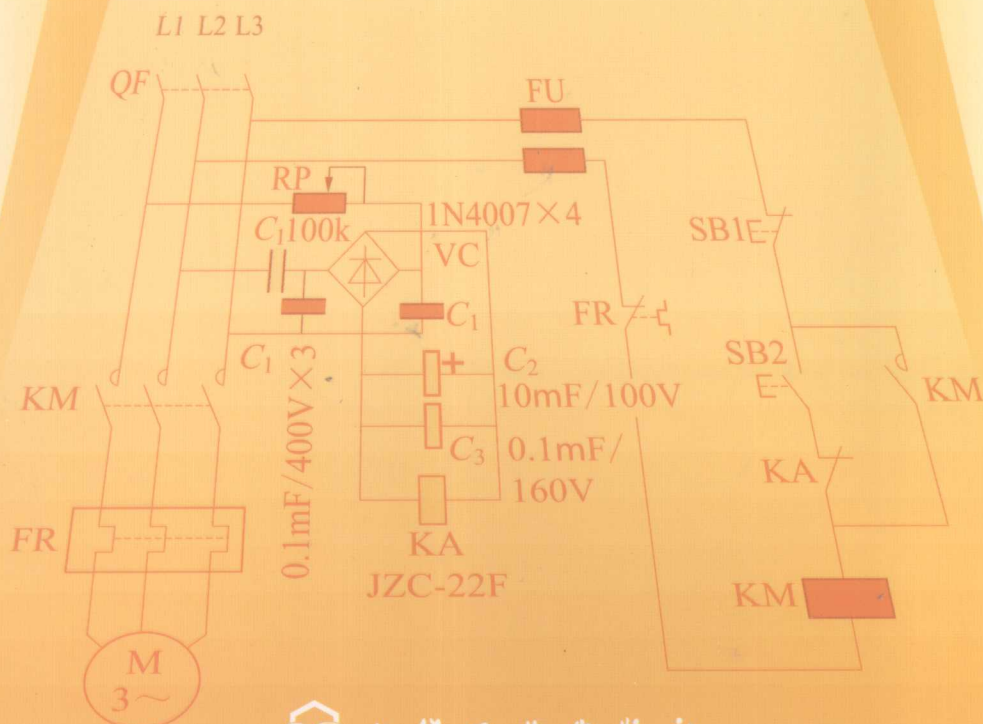


电气识图

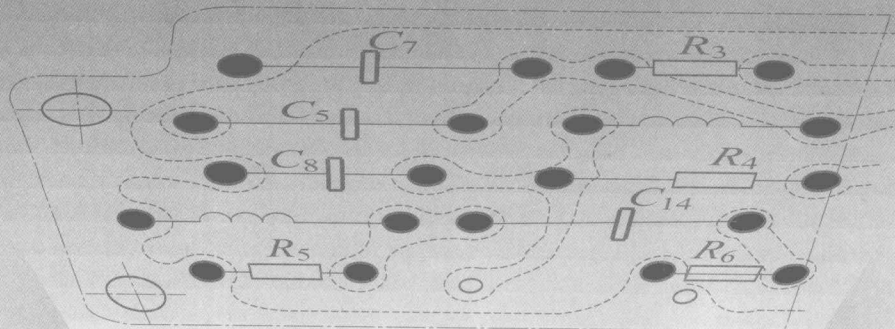
及其新标准解读

DIANQI SHITU JIQI XINBIAOZHUN JIEDU

张宪 郭振武 主编



化学工业出版社

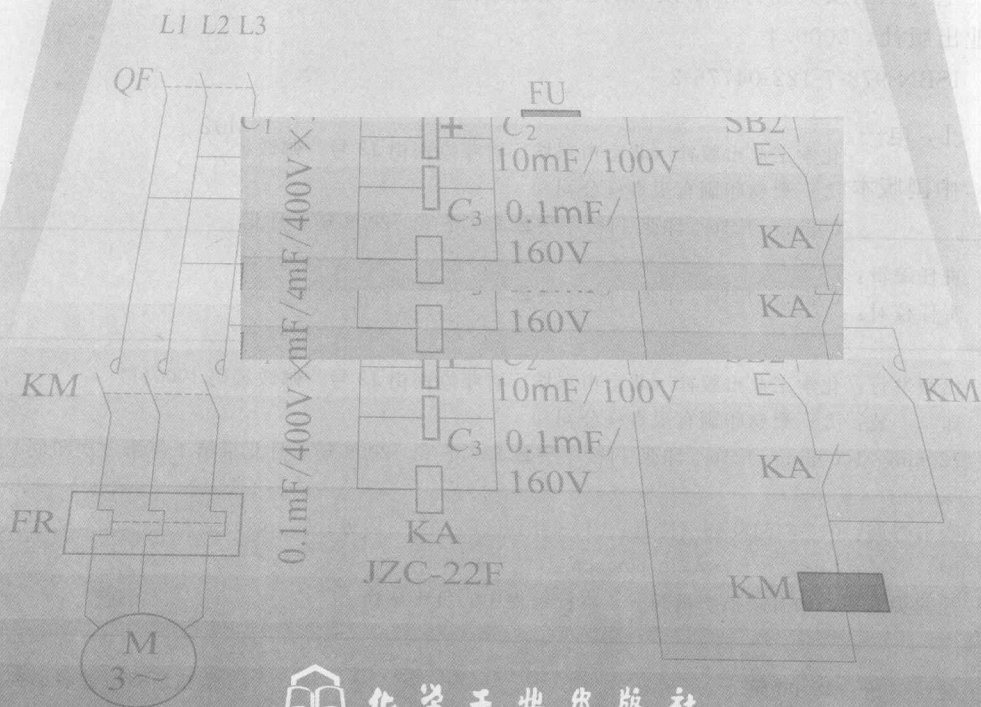


电气识图

及其新标准解读

DIANQI SHITU JIQINXINBIAOZHUN JIEDU

张宪 郭振武 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电气识图及其新标准解读/张宪, 郭振武主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-122-04776-2

I. 电… II. ①张…②郭… III. 电路图-识图法 IV. TM02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016990 号

责任编辑: 刘 哲

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 战河红

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 228 千字 2009 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国工农业生产的迅速发展,各种电气设备也随之增加,各种电子电路越来越复杂,技术含量也越来越高,看图的难度越来越大。

电气图形是电气技术人员和电工进行技术交流和生产活动的“语言”,是设计、生产、维修人员进行技术交流不可缺少的工具。通过对电气图的识读、分析,能帮助人们了解电气设备的工作过程及原理,从而更好地使用、维护这些设备,并在故障出现的时候能够迅速查找出故障的根源,进行维修。

本书从识图的角度出发,以常用的电气图为实例,介绍识读电气图的方法和技巧,以帮助广大电工提高识读电气图的能力。本书适用于具有一定电工知识的青年电工自学,也可作为本科、高职、中职相关专业的教学参考书,亦可供电气技术人员作参考。

识读电气图应掌握以下几点。

① 结合电工、电子技术基础知识识读电气图。要想准确、迅速地看懂电气图,必须具备一定的电气制图和电工、电子技术基础知识。

② 结合电气元件的结构和工作原理识读电气图。电路是由各种电气设备、元器件和装置组成的,如生产实际中常见的用继电器、接触器、按钮等有触点电器组成的控制线路。因此,只有熟悉这些有触点电器的结构、工作原理、用途及其与周围器件的关系以及在整个电路中的地位 and 作用,才能正确识读继电器-接触器控制线路图。

③ 结合典型电路识读电气图。无论电路有多么复杂,都是由典型电路组成、派生的,因此,熟悉各种典型电路,掌握识读电气图的方法和技巧,在识读分析时,就可以迅速分清主次以及它们之间的联系,抓住主要矛盾,从而达到正确识图的目的。

④ 本书所有电气图均采用新的国家标准绘制。文字精练、通俗易懂,内容丰富,分析详细、清晰,在内容上力求简明实用,并采用深入浅出、图文并茂的表达方式,适合广大初、中级电工阅读。给出的识图示例实用性强、覆盖面宽,通过识图示例的引导,可达到举一反三、触类旁通的目的,使读者通过识图练习,能够读懂更多、更新的电气图。

本书共分七章,内容包括电气识图的基本知识、新国标常用电气图用图形符号、电气识图与制图、解读电动机控制线路图、解读电气图、解读电路图、解读电

子电路图等。

本书从生产实际出发，从电气识图的基础知识讲起，逐步深入地介绍学看电气图的方法和步聚，内容力求由浅入深，通俗易懂，突出实用性和可操作性，兼顾覆盖面，并注意培养读者分析问题和解决问题的能力，可供电气设备维修时参考。

鉴于实践经验和学识水平所限，书中所列电路图仅供参考。书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

本书由张宪、郭振武主编，张大鹏、李良洪、李志勇副主编，参加本书编写工作的人员还有赵慧敏、赵建辉、韩凯鸽、林秀珍、孙昱、付兰芳、沈虹、安居等，全书由付少波、李长娜主审。

编者

目 录

第一章 电气识图的基本知识	1
第一节 电气图的组成	1
第二节 电气图的分类	2
第三节 电气图的主要特点	7
第四节 电气制图与电气图形符号国家标准	10
第五节 新旧国标电气图举例	13
第二章 新国标常用电气图用图形符号	17
第一节 电路图常用文字符号	17
第二节 常用电气图用图形符号	22
第三节 部分新旧电路图形符号对照	31
第四节 常用电气设备用图形符号	34
第五节 电气图常用名词术语	48
第三章 电气识图与制图	53
第一节 电气识图的基本要求和基本步骤	53
第二节 电气制图的一般规则	56
第四章 解读电动机控制线路图	71
第一节 控制线路的基本概念	71
第二节 控制线路中的保护	75
第三节 三相异步电动机控制线路图	79
第四节 电动机降压启动控制线路图	87
第五节 三相异步电动机制动控制线路图	93
第六节 直流电动机控制线路图	98
第五章 解读电气图	103
第一节 工厂供电系统电气图	103
第二节 照明和动力工程图	112
第三节 常用机床控制线路	116
第六章 解读电路图	123
第一节 电路图的组成	123
第二节 电路图的绘制原则和方法	124

第三节	电路图的简化画法	132
第四节	电路图示例	135
第七章	解读电子电路图	143
第一节	电子电路图的构成和特点	143
第二节	电子设备电路图	147
第三节	印制板电路图	158
第四节	逻辑功能图	162
第五节	二进制逻辑单元图形符号及其应用	166
第六节	逻辑功能图举例	174
	主要参考文献	179

第一章 电气识图的基本知识

电气制图时必须遵守制图的规则和表示方法,读图者掌握了这些规则和表示方法,就能读懂制图者所表达的意思,所以不管是制图者还是读图者,都应当掌握电气线路图的制图规则、电气图的组成与分类、电气图的主要特点和电气制图与图形符号国家标准和表示方法。

第一节 电气图的组成

电气图一般由电路接线图、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。

一、电路及电路图

1. 电路

由电源、负载、控制元件和连接导线组成的能实现预定功能的闭合回路,称为电路。

电路通常分为主电路和副电路(又称一次回路和二次回路)两类。

主电路是电源向负载输送电能的电路,即发、输、变、配、用电能的电路。它通常包括发电机、电力变压器、各种开关、互感器、接触器、母线、导线及电力电缆、熔断器、负载(如电动机、照明及电热设备)等。副电路是为保证主电路安全、正常、经济合理运行而装置的控制、保护、测量、监察、指示电路。它一般包括控制开关、继电器、脱扣器、测量仪表、指示灯、音响灯光信号设备等。

主、副电路中的电气设备分别称作一次设备和二次设备。电流互感器 TA 和电压互感器 TV 的一次侧装接在主电路,二次侧接继电器和测量仪表,因此,它们属于一次设备,但在主、副电路图中应分别画出一、二次侧接线。熔断器 FU 在主、副电路中都有应用,按其所装设的电路不同,分别归属于一、二次设备。避雷器 F 虽然是保护(防雷)设备,但由于并联在主电路中,因此它属于一次设备。

2. 电路图

用国家统一规定的电气图形符号和文字符号表示电路中电气设备（或元器件）相互连接顺序的图形，称为电路图。电路接线图详细表达了电路中各设备或元器件的相互连接顺序。

二、技术说明

技术说明或技术要求，用以注明电气接线图中有关要点、安装要求及未尽事项等。其书写位置通常是：在主电路（一次回路）图的图面右下方，标题栏的上方；在副电路（二次回路）图中的图面右上方或下方。

三、主要电气设备材料（元件）明细表

主要电气设备材料（元器件）明细表用以注明电气接线图中电路主要电气设备（或元器件）及材料的代号、名称、型号、规格、数量和说明等，它不仅便于识图，而且是订货、安装时的重要依据。

明细表的书写位置通常是：主电路图中，在图面的右上方，由上而下逐项列出；副电路图中，则在图面的右下方，紧接标题栏之上，自下而上逐项列出。

四、标题栏

标题栏又称“图标”，具有该图样简要说明书的作用。标题栏在图面的右下角，用于标注电气工程名称、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、描图人、审核人、批准人的签名和日期等。

标题栏是电气设计图的重要技术档案，各栏目中的签名人对图中的技术内容承担相应责任。识图时首先应看标题栏。

此外，有些涉及相关专业的电气图样，紧接在标题栏左下侧或图框线以外的左上方，列有会签表，由相关专业（如电气、土建、管道等）技术人员会审认可后签名，以便互相统一协调，明确分工及责任。

第二节 电气图的分类

对于用电设备来说，电气图主要是主电路图和控制电路图；对于供配电设备来说，电气图主要是指一次回路和二次回路的电路图。但要表示清楚一项电气工程或一种电气设备的功能、用途、工作原理、安装和使用方法等，光有这两种图是不够的。电气图的种类很多，下面分别介绍常用的几种。

一、系统图或框图

系统图或框图就是用符号或带注释的框概略表示系统或分系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图。例如，电动机的主电路如图 1-1 所示，它表示了主电路的供电关系，它的供电过程是电源三相交流电→开关 QS→熔断器 FU→接触器 KM 主触点→热继电器热元件 FR→电动机 M。又如，某供电系统如图 1-2 所示，表示这个变电所把 10kV 电压通过变压器变换为 380V 电压，经断路器 QF 和母线后通过 FU-QK₁、FU-QK₂、FU-QK₃ 分别供给三条支路。系统图或框图常用来表示整个工程或其中某一项目的供电方式和电能输送关系，也可表示某一装置或设备各主要组成部分的关系。

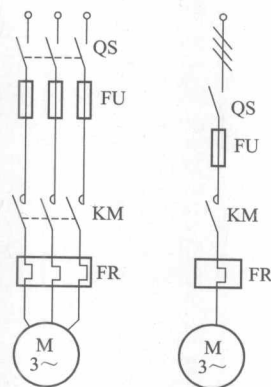


图 1-1 电动机供电系统图

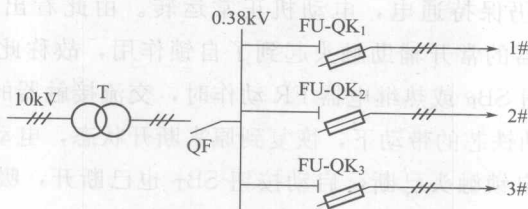


图 1-2 某变电所供电系统图

二、电路图

电路图就是按工作顺序用图形符号从上到下、从左到右排列，详细表示电路、设备或成套装置的全部组成和连接关系，而不考虑其实际位置的一种简图。其目的是便于详细理解设备工作原理、分析和计算电路特性及参数，所以这种图又称为电气原理或原理接线图。

例如，电动机的控制线路原理图如图 1-3 所示，就表示了系统的供电和控制关系。

它的主电路供电过程如下：

主电路电流从三相交流电源开始依次经过三相电源开关 QS→三相熔断器 FU→接触器 KM 的主触点→热继电器 FR 的热元件，最后到达电动机 M 绕组。

控制线路的工作原理如下：

接通闸刀开关 QS，按下启动按钮 SB_T，交流接触器 KM 的吸引线圈通电，铁芯吸合，所有的常开触头都闭合，其中三对主触头将电动机的主电路接通，电

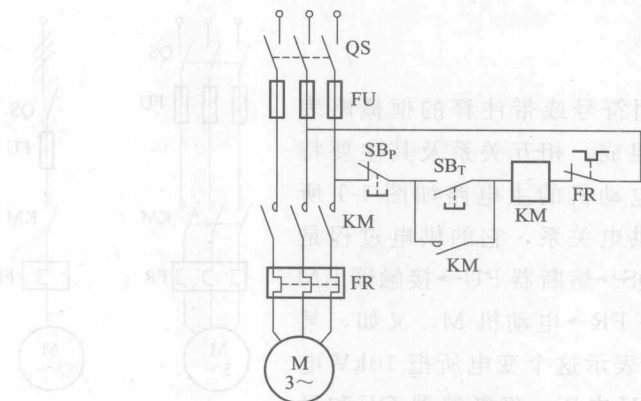


图 1-3 电动机控制线路原理图

动机 M 启动。当松开启动按钮 SB_T 后，启动按钮在弹簧作用下复位，此时由于交流接触器的常开辅助触头和启动按钮 SB_T 相并联，而且已经闭合，所以交流接触器的吸引线圈仍保持通电，电动机正常运转。由此看出，与启动按钮 SB_T 相并联的交流接触器的常开辅助触头起到了自锁作用，故称此触头为自锁触头。

当按下停止按钮 SB_P 或热继电器 FR 动作时，交流接触器的吸引线圈断电，主触头和辅助触头在动铁芯的带动下，恢复到原来断开状态，电动机停转。当松开停止按钮 SB_P 后，因自锁触头已断，启动按钮 SB_T 也已断开，吸引线圈断电，电动机不能接通。可见它表示了电动机的操作控制原理。

三、接线图

接线图主要用于表示电气装置内部元件之间及其与外部其他装置之间的连接关系，它是便于制作、安装及维修人员接线和检查的一种简图或表格。图 1-4 就是电动机控制线路的主电路接线图，它清楚地表示了各元件之间的实际位置和连接关系：电源 (L_1 、 L_2 、 L_3) 由 $BX-3 \times 6$ 的导线接至端子排 X 的 1、2、3 号，然后通过熔断器 $FU_1 \sim FU_3$ 接至交流接触器 KM 的主触点，再经过继电器的发热元件接到端子排的 4、5、6 号，最后用导线接入电动机的 U、V、W 端子。

1. 画电气接线图时应遵循的原则

- ① 电气接线图必须保证电气原理图中各电气设备和控制元件动作原理的实现。
- ② 电气接线图只标明电气设备和控制元件之间的相互连接线路而不标明电气设备和控制元件的动作原理。
- ③ 电气接线图中的控制元件位置要依据它所在实际位置绘制。
- ④ 电气接线图中各电气设备和控制元件要按照国家标准规定的电气图形符号

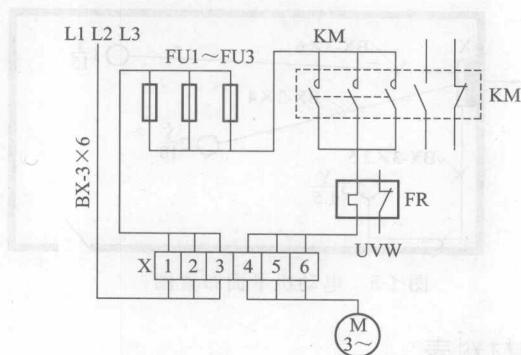


图 1-4 电动机控制线路的主电路接线图

绘制。

⑤ 电气接线图中的各电气设备和控制元件，其具体型号可标在每个控制元件图形旁边，或者画表格说明。

⑥ 实际电气设备和控制元件结构都很复杂，画接线图时，只画出接线部件的电气图形符号。

2. 其他接线图

当一个装置比较复杂时，接线图又可分解为以下几种。

① 单元接线图。它是表示成套装置或设备中一个结构单元内各元件之间连接关系的一种接线图。这里所指“结构单元”是指在各种情况下可独立运行的组件或某种组合体，如电动机、开关柜等。

② 互连接线图。它是表示成套装置或设备的不同单元之间连接关系的一种接线图。

③ 端子接线图。它是表示成套装置或设备的端子以及接在端子上外部接线（必要时包括内部接线）的一种接线图。

④ 电线电缆配置图。它是表示电线电缆两端位置，必要时还包括电线电缆功能、特性和路径等信息的一种接线图。

四、电气平面图

电气平面图是表示电气工程项目的电气设备、装置和线路的平面布置图。

例如，为了表示电动机及其控制设备的具体平面布置，可采用图 1-5 所示的平面布置图。图中示出了电源经控制箱或配电箱，再分别经导线 BX-3×6、BX-3×4、BX-3×2.5 接至电动机 1、2、3 的具体平面布置。

除此之外，为了表示电源、控制设备的安装尺寸、安装方法、控制设备箱的加工尺寸等，还必须有其他一些图。不过，这些图与一般按正投影法绘制的机械图没有多大区别，通常可不列入电气图。

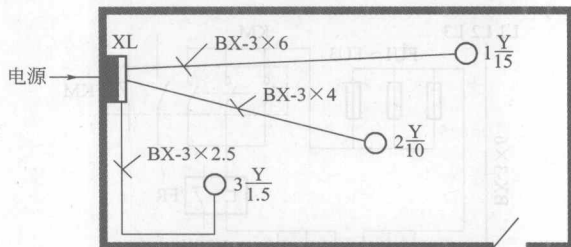


图 1-5 电动机平面布置图

五、设备元件和材料表

设备元件和材料表就是把成套装置、设备中各组成部分和相应数据列成表格，来表示各组成部分的名称、型号、规格和数量等，便于读图者阅读，了解各元器件在装置中的作用和功能，从而读懂装置的工作原理。设备元件和材料表是电气图中重要组成部分，它可置于图中的某一位置，也可单列一页。表 1-1 是 Z3040 型摇臂钻床控制线路元器件明细表。

表 1-1 Z3040 型摇臂钻床控制线路元器件明细表

符 号	名称及用途	符 号	名称及用途
M1	主轴及进给电动机	SQ3	摇臂夹紧信号行程开关
M2	摇臂升降电动机	SQ4	主轴箱与立柱夹紧行程开关
M3	液压泵电动机	T	控制变压器
M4	冷却泵电动机	QS	电源开关
KM1	主电动机启动接触器	FR1、FR2	热继电器
KM2、KM3	M2 电动机正反转接触器	FU1~FU3	熔断器
KM4、KM5	M3 电动机正反转接触器	SA1、SA2	转换开关
KT	断电延时时间继电器	EL	照明灯
SB2、SB1	主轴电动机启动、停止按钮	HL1、HL2	主轴箱和立柱松开、夹紧指示灯
SB3、SB4	摇臂升降按钮	HL3	主电动机工作指示灯
SB5、SB6	主轴箱及立柱松开、夹紧按钮	YA	控制用电磁阀
SQ1	摇臂上升、下降限位开关	PE	保护接地线
SQ2	摇臂松开信号行程开关		

六、产品使用说明书上的电气图

生产厂家往往随产品使用说明书附上电气图，供用户了解该产品的组成和工作过程及注意事项，以达到正确使用、维护和检修的目的。

七、其他电气图

上述电气图是常用的主要电气图，但对于较为复杂的成套装置或设备，为了便于制造，有局部的大样图、印刷电路板图等；而为了装置的技术保密，往往只给出装置或系统的功能图、流程图、逻辑图等。所以，电气图种类很多，但这并不意味着

着所有的电气设备或装置都应具备这些图纸。根据表达的对象、目的和用途不同,所需图的数量和种类也不一样,对于简单的装置,可把电路图和接线图二合一,对于复杂装置或设备应分解为几个系统,每个系统也有以上各种类型图。总之,电气图作为一种工程语言,在表达清楚的前提下,越简单越好。

第三节 电气图的主要特点

电气图之所以能构成一大类专业技术图,是因为电气图与机械图、建筑图及其他专业技术图相比,有着本质区别,它表示系统或装置中的电气关系,所以具有其独特的一面,有一些明显的特点。

一、电气图的简图

电气图的主要作用是阐述电气设备及设施的工作原理,描述产品的构成和功能,提供装接和使用信息的重要工具和手段,因而电气图的种类很多。

为了表示变电所的电气设备构成及其连接关系,可绘制成图 1-6 所示的电气系统图。这个图具有以下特点:各种电气设备和导线用图形符号表示,而不用具体的外形结构表示;各设备符号旁标注了代表该种设备的文字符号;按功能和电流流向表示各电气设备的连接关系和相互位置;没有标注尺寸。

类似于图 1-6 的图称为简图。简图是用图形符号、带注释的围框或简化外形表示系统或设备中各组成部分之间相互关系及其连接关系的一种图。很显然,绝大部分电气图都是简图,如系统图、框图、电路图、功能图、逻辑图、程序图等均属于简图,即使是安装接线图,也仅仅表示了各设备间的相对位置和连接关系,也属于简图。所以,简图是电气图的主要表达形式。

这里应当指出的是,简图并不是简略的图,而是一种术语。采用这一术语是为了把这种图与其他的图(如机械图中的各种视图、建筑图中的各种平面布置图等)加以区别。

二、电气图的元件和连接线

一个电路通常由电源、开关设备、用电设备和连接线四个部分组成。如果将电

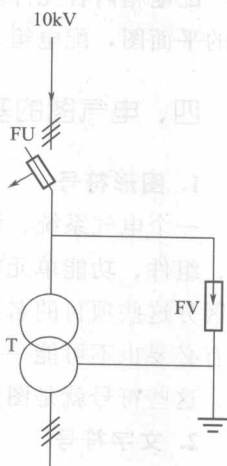


图 1-6 变电所电气系统图示例

源设备、开关设备和用电设备看成元件，则电路由元件与连接线组成，或者说各种元件按照一定的次序用连接线连接起来就构成了一个电路。因此，元件和连接线是电气图所描述的主要对象，也就是电气图所要表达的主要内容。

实际上，由于采用不同的方式和手段对元件和连接线进行描述，从而显示出了电气图的多样性。例如，在电路图中，元件通常用一般符号表示，而在系统图、框图和接线图中通常用简化外形符号（圆形、正方形、长方形）表示。

三、电气图的布局方法

功能布局法是指电气图中元件符号的布置，只考虑便于看出它们所表示的元件之间功能关系，而不考虑实际位置的一种布局方法。电气图中的系统图、电路图都是采用这种布局方法。例如有的电路图中，各元件按供电顺序（电源—负荷）排列，有的电路图中，各元件按动作原理排列，至于这些元件的实际位置怎样布置则不予表示。

位置布局法是指电气图中元件符号的布置对应于该元件实际位置的布局方法。电气图中的接线图、位置图、平面布置图通常采用这种布局方法。例如有的电路图中，配电箱内各元件基本上都是按元件的实际相对位置布置和接线的，有的电路图上的平面图，配电箱、电动机及其连接导线是按实际位置布置的。

四、电气图的基本要素

1. 图形符号

一个电气系统、设备或装置通常由许多部件、组件、功能单元等组成。这些部件、组件、功能单元等被称为项目。在主要以简图形式表示的电气图中，为了描述和区分这些项目的名称、功能、状态、特征及相互关系、安装位置、电气连接等，没有必要也不可能一一画出各种元器件的外形结构，一般是用一种简单的符号表示的。这些符号就是图形符号。

2. 文字符号

显然，在一个图中用一个符号来表示还是不严格的，还必须在符号旁标注不同的文字符号（严格地讲，应该是项目代号），以区别其名称、功能、状态、特征及安装位置等。这样，图形符号和文字符号的结合，就能使人们一看就知道它是不同用途的器件，并且，由于在同一图中文字符号的唯一性，这样，描述同一对象的各种图样和技术文件中，其对应关系就明确了。所以，图形符号、文字符号（或项目代号）是电气图的主要组成部分，制图与读图过程中都必须很好运用。

当然，为了更具体地加以区分，在一些图中除了标注文字符号外，有时还要标注技术数据，如型号、规格等。

五、电气图的特征

1. 清楚易懂

电气图是用图形符号、连线或简化外形来表示系统或设备中各组成部分之间相互电气关系及其连接关系的一种图。

如某一变电所电气图如图 1-7 所示, 10kV 电压变换为 0.38kV 低压, 分配给 4 条支路, 用文字符号表示, 并给出了变电所各设备的名称、功能和电流方向及各设备连接关系和相互位置关系, 但没有给出具体位置和尺寸。

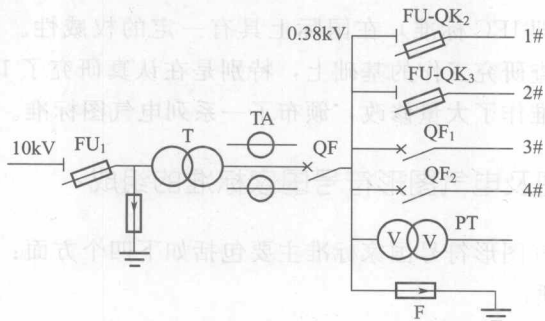


图 1-7 变电所电气图

2. 简单明了

电气图是采用电气元器件或设备的图形符号、文字符号和连线来表示的, 没有必要画出电气元器件的外形结构, 所以对于系统构成、功能及电气接线等, 通常都采用图形符号、文字符号来表示。

3. 特性鲜明

电气图主要是表示成套装置或设备中各元器件之间的电气连接关系, 不论是说明电气设备工作原理的电路图、供电关系的电气系统图, 还是表明安装位置和接线关系的平面图和连线图等, 都表达了各元器件之间的连接关系。

4. 布局合理

电气图的布局依据图所表达的内容而定。电路图、系统图是按功能布局, 只考虑便于看出元器件之间的功能关系, 而不考虑元器件实际位置, 要突出设备的工作原理和操作过程, 按照元器件动作顺序和功能作用, 从上而下、从左到右布局。而对于接线图、平面布置图, 则要考虑元器件的实际位置, 所以应按位置布局。

5. 形式多样

对系统的元件和连接线描述方法不同, 构成了电气图的多样性, 如元件可采用集中表示法、半集中表示法、分散表示法, 连线可采用多线表示、单线表示和混合表示。同时, 对于一个电气系统中各种电气设备和装置之间, 从不同角度、不同侧

面去考虑,存在不同关系。

第四节 电气制图与电气图形符号国家标准

绘制电气图、阅读电气图的基本依据是电气制图与电气简图用图形符号的国家标准。

国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, 简称 IEC) 是国际标准化组织(ISO)的成员组织,专门负责电力和电子工业领域标准化的问题,它所颁布的标准(即 IEC 标准)在国际上具有一定的权威性。近年来,我国有关部门在作了大量调查研究工作的基础上,特别是在认真研究了 IEC 标准的基础上,对电气图原有的标准作了大量修改,颁布了一系列电气图标准。

一、电气制图及电气图形符号国家标准的组成

电气制图及电气图形符号国家标准主要包括如下四个方面:

电气制图 4 项;

电气简图用图形符号 13 项;

电气设备用图形符号 2 项;

主要的相关国家标准 13 项。

1. 电气制图国家标准 GB/T 6988

GB/T 6988 等同或等效采用国际电工委员会 IEC 有关的标准。这个标准的前三部分等同采用 IEC 1082 的第 1~3 部分,而第四部分等效采用 IEC 848(1988)的《控制系统功能表图的绘制》。

GB/T 6988—1997《电气技术用文件的编制》,发布于 1997 年,对应于 GB 6988,主要包括以下几个分标准:

- ① GB/T 6988.1《电气技术用文件的编制 第 1 部分:一般要求》;
- ② GB/T 6988.2《电气技术用文件的编制 第 2 部分:功能性简图》;
- ③ GB/T 6988.3《电气技术用文件的编制 第 3 部分:接线图和接线表》。

电气制图国家标准还有 GB 7356《电气系统说明书用简图的编制》和 GB 5489《印制板制图》。

2. 《电气简图用图形符号》国家标准 GB/T 4728

GB/T 4728《电气简图用图形符号》国家标准共有 13 项,发布于 1996~2005 年,是 GB 4728《电气图用图形符号》的修订版,属于国家推荐标准。这 13 项国标都是等同采用最新版本的国际电工委员会 IEC 617 系列标准修订后的新版国家标准。