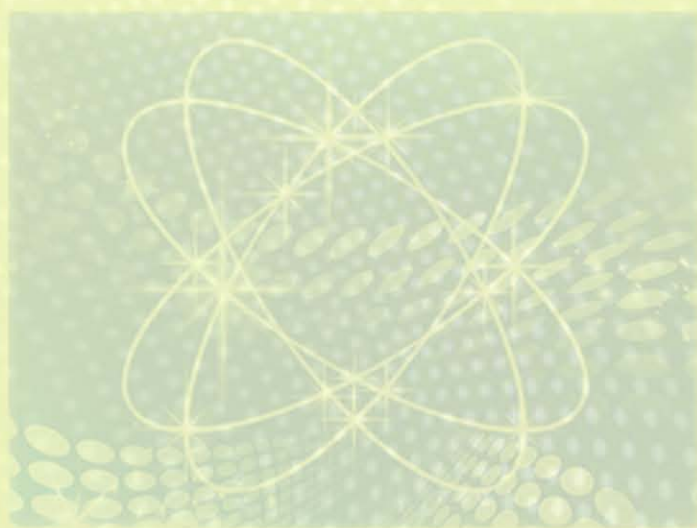


电气 CAD 实例绘图教程



中国水电七局高级技工学校
国家中职示范校重点支持电气自动化设备
安装与维修专业建设教材
编审委员会

主任 黄 健

副主任 鲁煜鹏

委员 王莉萍 代 军 汪柳琼

前 言

中国水电七局高级技工学校是首批国家重点技工学校、国家级重点中等职业学校，是教育部、人社部和财政部批准的国家级中等职业教育改革发展示范校建设单位。为积极推进教育内容创新，以人才培养对接用人需求、专业对接产业、课程对接岗位、教材对接技能为切入点，我们组织教学经验丰富的骨干教师与行业、企业的一线技术能手，共同编写了电气自动化设备安装与维修专业的《电气 CAD 实例绘图教程》一书。

电气制图与识图是电气工程技术人员典型工作任务的，是电气自动化技术高技能人才必须具备的基本技能，也是电气自动化设备安装与维修专业学生的一门重要的专业基础课程。本书以训练读者的电气识图与制图技能为目标，重点介绍目前电气制图中应用较为广泛的 AutoCAD 2012 中文版的基本操作方法和技巧，以及电气工程涉及的常用电气图的基本知识、典型电气元件及电气图的绘制方法。

本书编写中，内容由浅入深，各模块相对独立又前后关联，适用于电气专业各阶段学生的教学，也可作为工程技术人员的参考书。全书分为十个模块，分别介绍了电气图制图规则和表示方法、AutoCAD 绘图软件入门、基本电气图形的绘制、电气图形的编辑、电气图形的标注等基本电气识图与绘图实例，以及机械电气图的绘制、电力工程图的绘制、电子电路图的绘制、建筑电气工程图的绘制等综合绘图实例，并对电子设计自动化软件 Protel DXP 2004 的应用做了介绍。以电气图实际绘制过程为导向，采用任务驱动式教学方式组织内容，每个模块由若干典型任务构成，任务载体来源于典型电气工程实例，以任务实施带动相关知识点的学习。通过对典型任务的绘制分析，使学生清楚电气制图规范工艺要求，掌握利用 Auto CAD 2012 简体中文版软件绘制电气工程图的过程和方法，突出学以致用。在掌握二维平面绘图知识的基础上，能掌握技巧，熟练进行运用。

本书在编写过程中，得到了中国水电七局有限公司机电安装分局、五分局等企业专家的大力支持，在此表示衷心的感谢。限于时间和编者水平，书中疏漏之处在所难免，不当之处恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 7 月

目 录

模块一 电气图制图规则和表示方法	(1)
任务一 电气工程图的分类及特点	(1)
任务二 电气制图的一般规则	(6)
任务三 电气技术中的符号	(12)
任务四 电气图的表示方法	(17)
任务五 电气图的布局	(23)
模块二 AutoCAD 绘图软件入门	(26)
任务一 AutoCAD 操作界面	(26)
任务二 建立第一个绘图文件	(33)
任务三 绘制第一幅图形	(37)
模块三 基本电气图形的绘制	(48)
任务一 二极管与避雷器符号的绘制	(48)
任务二 外壳符号的绘制	(57)
任务三 电缆密封终端符号的绘制	(65)
任务四 暗装插座的绘制	(68)
模块四 电气图形的编辑	(74)
任务一 多极开关的绘制	(74)
任务二 点火分离器的绘制	(83)
任务三 变压器图形绘制	(89)
任务四 绘制三相绕线转子电动机	(96)
任务五 局部照明灯符号	(101)
模块五 电气图形的标注	(104)
任务一 标注元件名称及施工说明	(104)
任务二 电线杆组装图的尺寸标注	(113)
任务三 变电站防雷平面图尺寸标注	(124)
模块六 机械电气图的绘制	(135)
任务一 电气图框的绘制	(135)
任务二 电动机供电系统图的绘制	(148)
任务三 电动机控制电路图的绘制	(161)

任务四 电动机控制接线图的绘制	(175)
任务五 车床电气图绘制	(179)
模块七 电力工程图的绘制	(185)
任务一 输电工程图的绘制	(185)
任务二 变电工程图的绘制	(190)
任务三 架空线路电线杆的绘制	(197)
模块八 电子电路图的绘制	(208)
任务一 微波炉电路图的绘制	(208)
任务二 自动抽水机电路图的绘制	(213)
模块九 建筑电气工程图的绘制	(218)
任务一 照明配电系统图的绘制	(218)
任务二 基本建筑电气元件的绘制	(222)
任务三 民用住宅电气平面图绘制	(225)
模块十 Protel 电路设计软件	(238)
任务一 认识 Protel DXP 2004	(238)
任务二 模拟放大器电路图的绘制	(245)
任务三 实用门铃电路的绘制	(257)
任务四 模/数转换电路的绘制	(268)
附 录	(277)
附录 A AutoCAD 主要命令一览表	(277)
附录 B AutoCAD 常用快捷键	(283)
附录 C 常用电气图形符号	(284)
附录 D 常用电气文字符号	(286)
参考文献	(294)

模块一 电气图制图规则和表示方法

AutoCAD 电气设计是计算机辅助设计与电气设计结合的交叉学科。本模块将介绍电气工程制图的有关基础知识,包括电气图的分类、特点以及电气图 CAD 制图的相关规则,并对电气图的符号、基本表示方法和连接线的表示方法、电气图的布局加以说明。

任务一 电气工程图的分类及特点

学习目标

1. 了解电气工程图的分类和特点。
2. 能分辨电气图的类型和作用。

任务描述

电气工程图是用电气图形符号、带注释的围框或简化外形表示电气系统或设备中组成部分之间相互关系及其连接关系的一种图,是电气工程领域中提供信息的最主要方式,提供的信息内容可以是功能、位置、设备制造及接线等,也可以是提供工作参数的表格、文字。主要用以说明电气工程系统、成套装置或设备中各组成部分的相互关系或连接关系,描述各种电气设备的工作原理,提供安装接线和维护的依据。

知识链接

一、电气工程概述

电气工程包含的范围很广,如电力、工业控制、建筑电气等,不同的应用范围工程图的要求大致是相同的,但也有其特定要求,规模也大小不一。根据应用范围的不同,电气工程大致可分为以下几类:

1. 工业控制电气

工业控制电气主要用于机械、车辆及其他控制领域的电气设备，包括机床电气、电机电气、汽车电气和其他控制电气。

2. 电力工程

电力工程包括发电工程、输电工程、变电工程三类。

发电工程：根据不同的电源性质，发电工程主要分为水电、火电、核电3大类。发电工程的电气工程是指发电厂电气设备的布置、接线、控制及其他附属项目。

输电工程：用于连接发电厂、变电站和各级电力用户的输电线路。

变电工程：升压变电站将发电站发出的电能进行升压，以减少远距离输电电能的损失；降压变电站将电网中的高压电降为各级用户能使用的低压电。

3. 电子工程

电子工程主要是应用于计算机、电话、广播、闭路电视、通信等众多领域的弱电信号设备和线路。

4. 建筑电气工程

建筑电气工程主要是指应用于工业和民用建筑领域的动力照明、电气设备、防雷接地等，包括各种动力设备、照明灯具、电器以及各种装置的保护接地、工作接地、防静电接地等。

二、电气工程图的分类

一个工程项目的电气图通常装订成册，包括图册目录和前言、电气系统图、电路图、接线图、位置图、项目表、说明文件等，有时还要使用一些特殊的电气图，如逻辑图、功能表图、程序图、印制电路图等，以对必要的局部工程做细节补充和说明。

1. 系统图或框图（概略图）

系统图或框图就是用符号或带注释的线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，电动机的主电路图（如图1-1所示）就表示了它的供电关系，其供电过程是由电源L1、L2、L3三相→熔断器FU→接触器KM→热继电器FR→电动机。又如，某供电系统图（如图1-2所示）表示该变电所把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FU1、FU2、FU3分别供给3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。

系统图与框图的共同点都是用符号或带注释的框来表示。它们的区别是系统图通常用于表示系统或成套装置，而框图通常用于表示分系统或设备；系统图若标注项目代号，一般为高层代号，框图若标注项目代号，一般为种类代号。

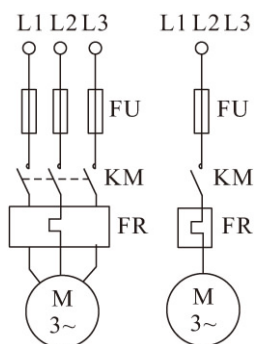


图 1-1 电动机供电系统图

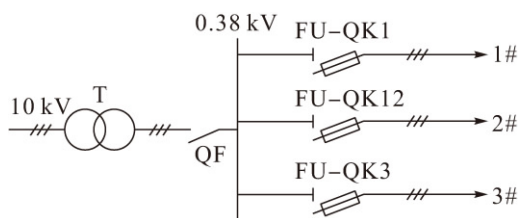


图 1-2 某变电所供电系统图

2. 电路图

电路图也叫电气原理图，是用图形符号按照电路工作原理顺序排列，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。目的是便于详细理解作用原理、分析和计算电路特性。如图 1-3 所示。

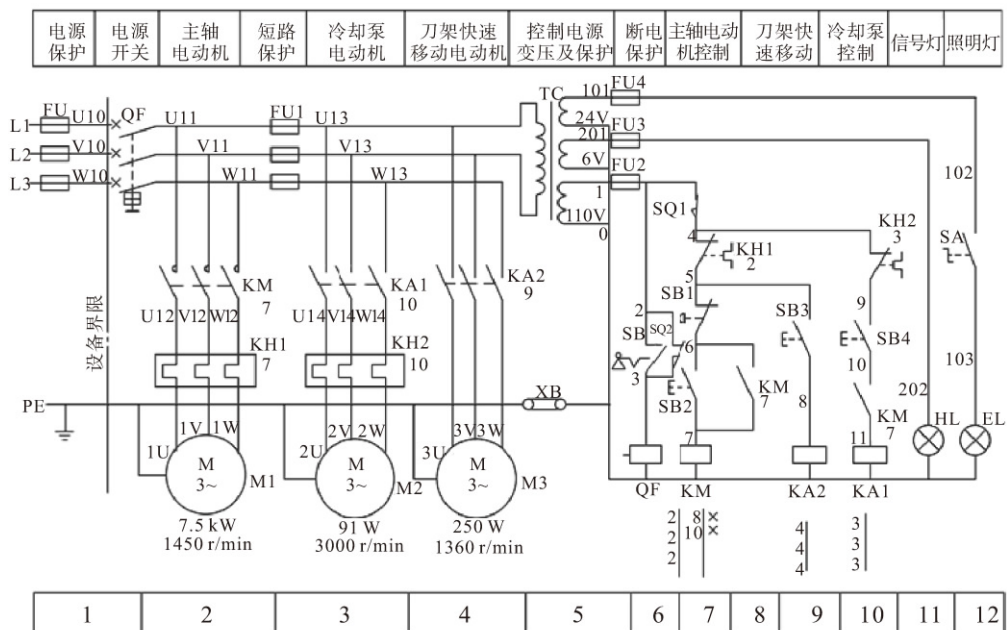


图 1-3 CA6140 车床电气原理图

3. 功能表图

功能表图又称状态转移图，它是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形，它并不涉及所描述的控制功能的具体技术，是一种通用的技术语言，其用途是提供绘制电路图或其他有关图的依据，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。常用于设计 PLC 的顺序控制程序。如图 1-4 所示。

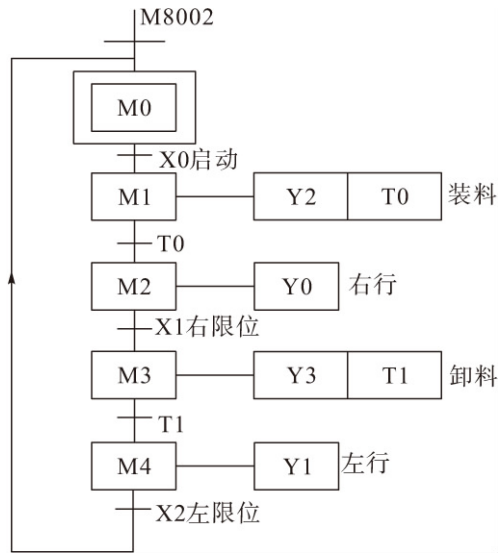


图 1-4 功能表图示例

4. 逻辑图

逻辑图是用线条把二进制逻辑（与、或、异或等）单元图形符号按逻辑关系连接起来而绘制的一种简图，用来说明各个逻辑单位之间的逻辑关系和逻辑功能。如图 1-5 所示。

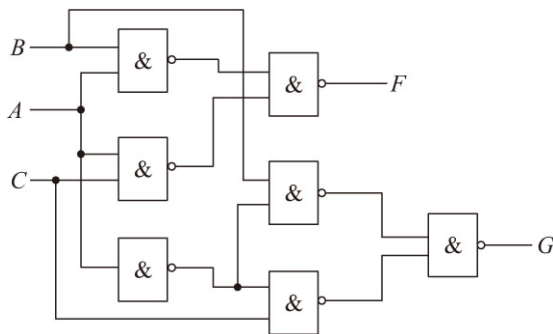


图 1-5 逻辑图示例

5. 接线图或接线表

接线图或接线表是表示成套装置、设备、元器件的连接关系，用以进行电气设备安装接线、电路检查、电路维修和故障处理的一种简图或表格。其包含电气设备和电气元件的相对位置、项目代号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积、屏蔽和导线绞合等情况，如图 1-6 所示。

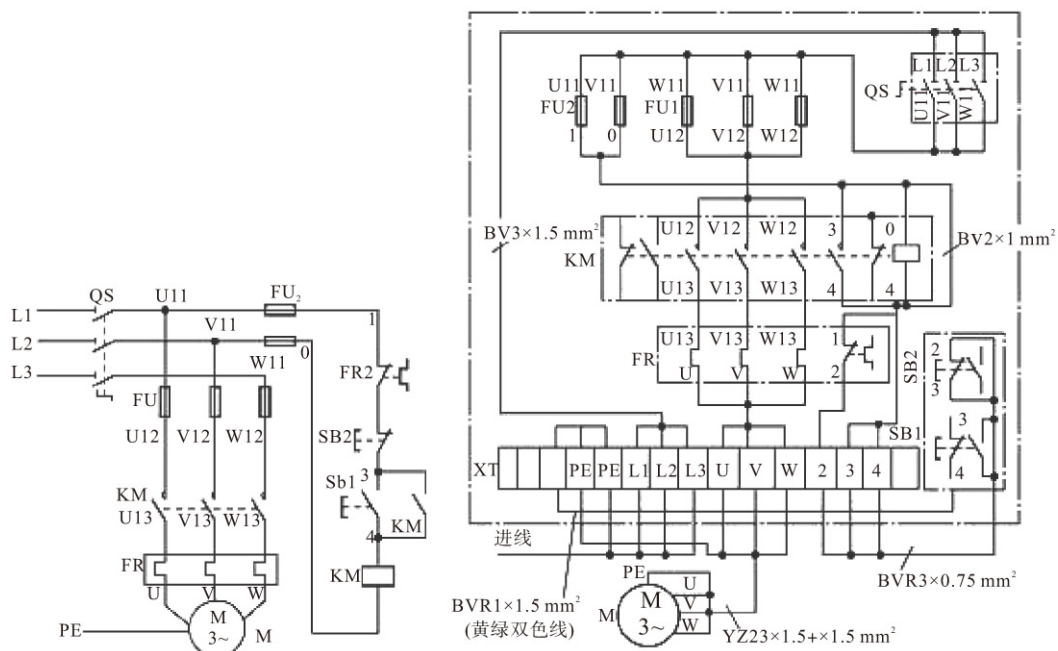


图 1-6 接线图示例

6. 位置图

位置图是表示成套装置、设备或装置中各个项目的布局、安装位置的一种简图，包括总平面图、安装图、安装简图、装配图、布置图。

三、电气工程图的特点

1. 电气工程图的作用

电气工程图是阐述电气装置的工作原理，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。

2. 电气工程图的主要表达方式

电气简图是电气图的主要表达方式，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示形式。电气工程中绝大部分采用简图的形式。

电气简图具有如下特点：

(1) 各组成部分或电器元件用电器图形符号表示，而不具体表示其外形及结构等特征；

(2) 在相应的图形符号旁标注文字符号、数字编号；

(3) 按功能和电流流向表示各装置、设备及电器元件的相互位置和连接顺序；

(4) 没有投影关系，不标注尺寸。

3. 电气图的主要表达内容

元件和连接线是电气图的主要表达内容。

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一个电路。

4. 电气图的主要组成部分

图形符号、文字符号（或项目代号）是电气图的主要组成部分。一个电气系统或一种电气装置由各种元器件组成，在主要以简图形式表达的电气图中，无论是表示构成，表示功能，还是表示电气接线等等，通常用简单的图形符号表示。

电气图中的元件都是按正常状态绘制的。

电气图往往与主体工程及其他配套工程的图有密切关联。

5. 电气图的多样性

对能量流、信息流、逻辑流、功能流的不同描述构成了电气图的多样性。一个电气系统中，各种电气设备和装置之间，从不同角度、不同侧面存在着不同的关系。

- (1) 能量流——电能的流向和传递。
- (2) 信息流——信号的流向和传递。
- (3) 逻辑流——相互间的逻辑关系。
- (4) 功能流——相互间的功能关系。

拓展训练

1. 电气工程图分为哪几类？具有什么特点？
2. 在你的周围找出一张电气图纸，描述它属于哪一种类型，具有什么特点。

任务二 电气制图的一般规则

学习目标

1. 熟悉电气工程制图规范。
2. 能根据需要确定图纸的幅面、格式、图线、字体、标注、比例。

任务描述

电气工程设计部门设计、绘制图样，施工单位按图样组织工程施工，所以图样必须有设计和施工等部门共同遵守的一定的格式和一些基本规定。电气图是一种特殊的专业技术图，除了必须遵守《电气技术用文件的编制》（GB 6988）、《电气简图用图形符

号》(GB 4728)、《电气技术中的项目代号》(GB 5094—85) 等标准外, 还要严格遵照执行机械制图、建筑制图等方面的有关规定。由于相关标准或规则很多, 这里只能简单地介绍一些与电气图制图有关的规则和标准。

本任务中我们了解国家标准 GB/T 18135—2000 《电气工程 CAD 制图规则》中常用的有关规定。

知识链接

一、图纸幅面和格式

1. 图纸的幅面

电气图的基本图纸幅面一般分为 0 号图纸、1 号图纸、2 号图纸、3 号图纸和 4 号图纸五种, 分别用 A0、A1、A2、A3 及 A4 表示, 各基本幅面的相应尺寸关系如图 1-7 所示。

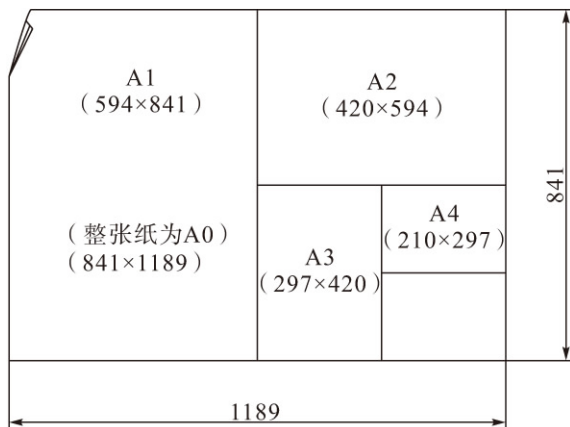


图 1-7 基本幅面的尺寸关系 (单位: mm)

如有特殊要求, 也可以选择表 1-1 中列出的加长幅面。A0~A2 号图纸一般不得加长。A3、A4 号图纸可根据需要, 沿短边加长。加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边或整数倍增后得出的。

表 1-1 加长幅面尺寸的规定 (单位: mm)

幅面	A3×3	A3×4	A4×3	A4×4	A4×5
长 (ⓂLⓂ)	891	1189	630	841	1051
宽 (ⓂBⓂ)	420	420	297	297	297f

2. 图框线

图框线表示绘图区域, 必须用粗实线画出, 其格式分为留装订线边和不留装订线边两种, 根据装订方式又可分为横装和竖装两种。外框线为 0.25 mm 的实线, 内框线根据图幅由小到大可以选择 0.5 mm、0.7 mm、1.0 mm 的实线。

留装订线边的图框格式如图 1-8 所示，边线距离 \textcircled{a} （包含装订尺寸）为 25 mm， \textcircled{c} 的尺寸在 A0、A1、A2 图纸中为 10 mm，在其他尺寸图纸中为 5 mm。不留装订线边的图框格式如图 1-9 所示，四边边线距离一样，在 A0、A1 图纸中 \textcircled{e} 为 20 mm，其他尺寸图纸中 \textcircled{e} 为 10 mm。

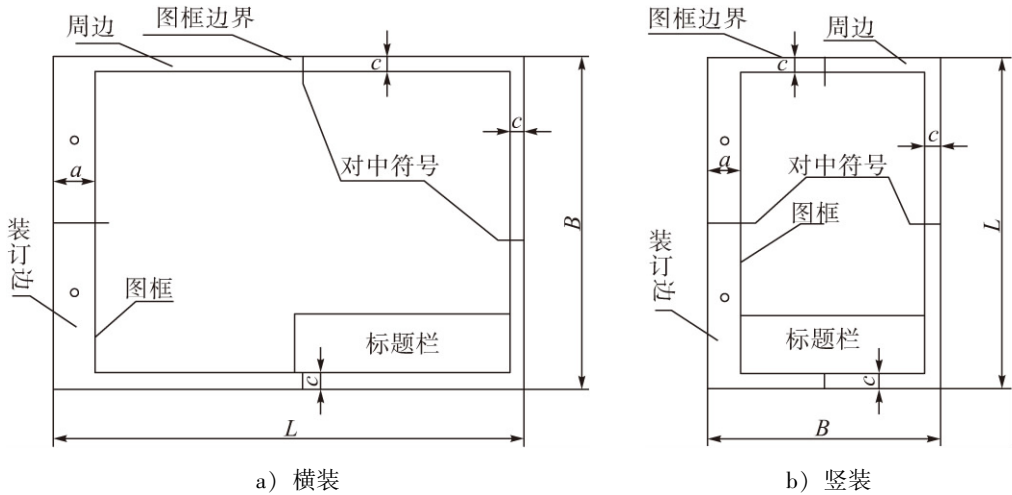


图 1-8 留有装订边的图框格式

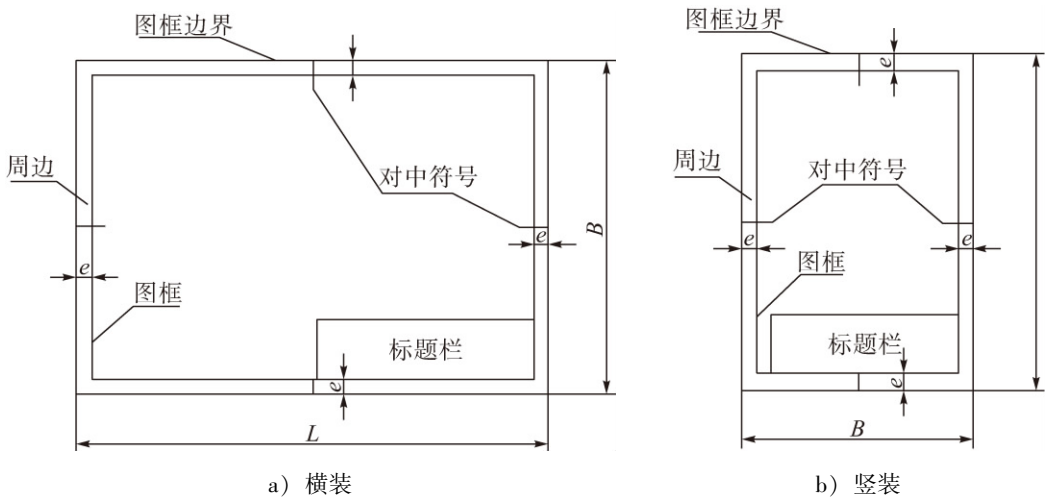


图 1-9 不留装订边的图框格式

3. 图幅分区

图幅分区是为了在图上的内容很多时，能迅速找到图上的某内容而采取的一种方法，在一些幅面较大、内容复杂的电气图绘制中常见。图幅分区可采用细实线在图纸周边画出分区。如图 1-10 所示。

图幅分区用分区代号的方法来表示，采用行与列两个编号组合而成，编号从图纸的左上角开始。图幅分区数一般为偶数，并按图的复杂性选取，每个分区长度不大于



75 mm，不小于 25 mm。

分区的编号，沿上下方向（按看图方向确定图纸的上下和左右）用大写拉丁字母从上到下顺序编写，沿水平方向用阿拉伯数字从左到右顺序编写。当分区数超过拉丁字母的总数时，超过的各区可用双重字母依次编写，例如 AA、BB、CC 等。拉丁字母和阿拉伯数字应尽量靠近图框线。

区代号表示方法为字母+数字，如 B4 表示 B 行和第 4 列所形成的矩形区域，结合图纸编号信息则可以表示某图中的指定区域信息。如 22/C6 表示图纸编号为 22 的单张图中 C6 区域。

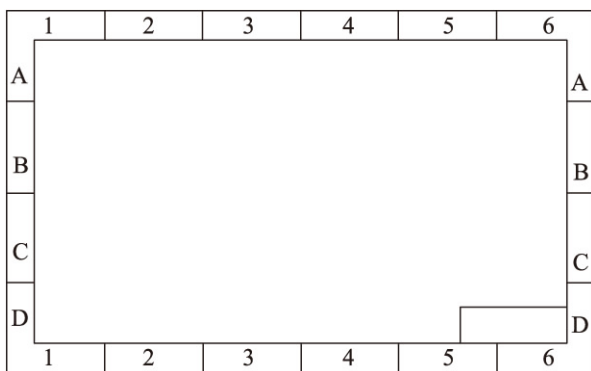


图 1-10 图幅分区

4. 标题栏

一张完整的图纸还应包括标题栏。标题栏用来反映图样的名称、图形比例、图号、单位名称等相关设计信息及设计、审核、批准等有关人员的签字。标题栏位于每张图纸的右下角，方向一般为看图的方向。电气工程图中的说明、符号均应以标题栏的文字方向为准。

目前我国尚没有统一规定标题栏的格式，各设计部门标题栏格式不一定相同。通常采用的标题栏格式应有以下内容：设计单位名称、工程名称、项目名称、图名、图别、图号等。电气工程图中常用图 1-11 所示标题栏格式。

××电力勘察设计院			××区域 10 kV 开闭及出线电缆工程		施工图
所长		校核	10 kV 配电装备电缆联系及屏顶小母线布置图		
主任工程师		设计			
专业组长		CAD 制图			
项目负责人		会签			
日期	年 月 日	比例	图号	B812S-D01-14	







图 1-11 标题栏一般格式

二、图线

电气图中绘图所用的各种线条统称为图线，图线的宽度按照图样的类型和尺寸大小

在 0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm 中选择，同一图样中粗线、中粗线、细线的比例为 4 : 2 : 1。国家标准中规定了常用的八种图形用线，即粗实线、细实线、波浪线、双折线、虚线、细点画线、粗点画线、双点画线。电气图中使用较多的是粗实线、细实线、虚线和细点画线（如表1-2所示）。

表 1-2 常用图线的类型、宽度和主要用途

图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		$\textcircled{b} = 0.5 \sim 2 \text{ mm}$	电气线路、一次线路
细实线		约 $\textcircled{b}/3$	一般线路、二次线路
虚线		约 $\textcircled{b}/3$	屏蔽线、机械连线、电气暗敷线
细点画线		约 $\textcircled{b}/3$	控制线、信号线、围框线
粗点画线		\textcircled{b}	有特殊要求线
双点画线		约 $\textcircled{b}/3$	原轮廓线

三、字体

在图样和技术文件中书写的汉字、数字和字母，都必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

1. 基本规定

字体的号数代表字体高度（用 \textcircled{h} 表示）。字体高度的公称尺寸系列为：1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。如需更大的字，其字高应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体大小选择视图纸幅面大小而定，其最小高度如表 1-3 所示。

表 1-3 最小字符高度

字符高度	图幅 (mm)				
	A0	A1	A2	A3	A4
汉字	5	5	3.5	3.5	3.5
数字和字母	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5

汉字应采用长仿宋体字，并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 \textcircled{h} 应不小于 3.5 mm，其字宽一般为 $\textcircled{h}/\sqrt{2}$ 。字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 $\textcircled{d} = \textcircled{h}/14$ ，B 型字体的笔画宽度 $\textcircled{d} = \textcircled{h}/10$ 。在同一张图样上，只允许选用一种类型的字体。字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。

2. 字体示例

汉字示例：

横 平 竖 直 注 意 起 落 结 构 均 匀 填 满

字母示例：

A B C D E F G H I J K L M N

罗马数字：

I II III IV V VI VII VIII IX X

数字示例：

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

四、标注

尺寸标注是设备制造加工和工程施工的重要依据。标注尺寸时，一般需要有尺寸线、尺寸界线、尺寸起止点的箭头或45°短画线、尺寸数字和尺寸单位几部分。

如图1-12所示为建筑物定位轴线，是根据载重墙、柱、梁等主要载重构件的位置所画的轴线，有了定位轴线，就可确定图上所画的设备位置，计算出电气管线长度，便于下料和施工。

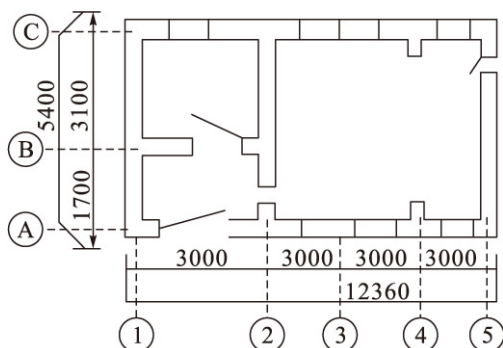


图 1-12 定位轴线标注方法示例

五、图样比例

图样的比例是指图形与实际物件大小的比值。电气工程图常用比例一般在 1 : 10、1 : 20、1 : 50、1 : 100、1 : 200 及 1 : 500 中选用, 如果需要用其他比例, 应按国家有关标准选用。需要注意的是, 不论采用何种比例, 图样所标注的尺寸数值必须是实物的实际大小尺寸, 而与图形比例无关。

设备布置图、平面图、结构详图需按比例绘制, 而系统图、电路图、接线图等多不按比例画出。这些图中反应系统功能、电路原理、电气元件功能、接线关系等信息, 绘制的是电气图形符号, 而非电气元件、设备的实际形状与尺寸。

拓展训练

用一张 A4 纸尝试按照电气图制图规范要求绘制一张电路草图。

任务三 电气技术中的符号

学习目标

1. 掌握电气图形符号的组成、分类, 能在实际绘图中应用。
2. 掌握电气技术中的文字符号和项目代号。

任务描述

电气图为电气工程的组织和实施提供必要的信息。为了让电气图具备通用性, 便于被技术人员识读, 有利于技术交流, 电气图的绘制必须采用国家统一的标准、图形符号、文字符号和项目代号。要准确识读电气图必须了解图纸所用的标准, 熟悉国家统一的图形符号、文字符号和项目代号, 知道各种电气图的关系。

我国现行的主要相关标准有 GB/T 6988—2008 《电气技术文件的编制》、GB/T 4728—2008 《电气简图用图形符号》、GB/T 18135—2008 《电气工程 CAD 制图规则》等。

知识链接

一、电气图形符号

图形符号是指用来表示一个设备或一个概念的图形、标记或字符的符号。电气图中用以表示电气元器件、设备及线路等的图形符号称为电气图形符号。