



电工彩虹桥



全彩速学

Full Color

电工识图

- ❖ 本书最大特点是“全彩”与“图解”的完美结合
- ❖ “全彩”将电工实际工作中的情景和状态“真实还原”
- ❖ “图解”使思路更清晰，学习更便捷

► 蔡杏山 蔡玉山 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电工彩虹桥

全彩速学电工识图

蔡杏山 蔡玉山 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 提 要

本书是一本以全彩形式介绍电工识图的图书，主要内容有电工识图入门、认识低压电器、学会识读三相异步电动机的控制线路、学会变频器的使用及控制线路的识读、学会 PLC 的使用及软硬件线路的识读、学会识读常用机床电气线路、学会识读电工测量电路、学会识读照明与动力配电线路、学会识读供配电系统电气线路。

本书具有起点低、由浅入深、语言通俗易懂的特点，内容结构安排符合学习认知规律。本书适合作为电工识图的自学图书，也适合作为职业学校和社会培训机构的电工识图教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

全彩速学电工识图 / 蔡杏山, 蔡玉山编著. — 北京: 电子工业出版社, 2015.1

(电工彩虹桥)

ISBN 978-7-121-25129-0

I . ①全… II . ①蔡… ②蔡… III . ①电路图—识别 IV . ① TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 294346 号

策划编辑: 柴 燕 (chaiy@phei.com.cn)

责任编辑: 夏平飞 特约编辑: 郭茂威

印 刷: 北京千鹤印刷有限公司

装 订: 北京千鹤印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 17 字数: 466 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版

印 次: 2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 59.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

电工技术和电子技术的区别在于，电工技术是强电技术，处理的电压高、电流大；而电子技术属于弱电技术，主要处理电压低、电流小的电信号。电工技术和电子技术在以前的区分还比较明显，但在现代社会，两种技术融合越来越紧密，大量的电气设备操作既需要有电工技术，又需要有电子技术。当今社会既需要电工技术人才和电子技术人才，更需要同时掌握电子、电工技术的复合型人才。

为了让读者能够轻松快速地掌握电工、电子技术，我们推出了“电工彩虹桥”丛书，既适合作自学图书，也适合作培训教材。本套丛书主要有以下特点：

1. 章节安排符合人的认识规律。读者只需从前往后逐章阅读本书，便会水到渠成地掌握书中内容。

2. 起点低，语言通俗易懂。读者只需有初中文化程度便可阅读本书，语言通俗易懂，阅读时会感觉很顺畅。

3. 全彩印刷，并采用大量的图片，配以详细的文字进行说明，特别适合初学者阅读。

4. 知识要点重点标注。为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中突出显示知识要点，指示学习重点。

5. 免费网络答疑。如果读者在学习过程中遇到疑难问题，可以登录易天教学网 (www.eTV100.com) 进行提问，也可以观看网站上与图书有关的辅导材料，还可以在该网站了解本套丛书的新书信息。

本书在编写过程中得到了许多教师的支持，其中，詹春华、何慧、黄晓玲、蔡春霞、李清荣、黄勇、刘凌云、朱球辉、刘海峰、邵永明、刘元能、邵永亮、蔡任英等参与了资料的收集和部分章节的编写工作，在此一并表示感谢。由于我们水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编著者

目录 Contents

第1章 电工识图入门	1
1.1 电气图的分类	1
1.1.1 系统图	1
1.1.2 电路图	1
1.1.3 接线图	2
1.1.4 电气平面图	3
1.1.5 设备元件和材料表	3
1.2 电气图的制图与识图规则	5
1.2.1 图纸格式、幅面尺寸和图幅分区	5
1.2.2 图线和字体等规定	6
1.2.3 电气图的布局	9
1.3 电气图的表示方法	11
1.3.1 电气连接线的表示方法	11
1.3.2 电气元件的表示方法	13
1.3.3 电气线路的表示方法	17
1.4 电气符号	20
1.4.1 图形符号	20
1.4.2 文字符号	22
1.4.3 项目代号	22
1.4.4 回路标号	26
第2章 认识低压电器	29
2.1 开关	29
2.2 熔断器和断路器	37
2.3 接触器	42
2.4 继电器	44
第3章 学会识读三相异步电动机的控制线路	53
3.1 正转控制线路的识读	53
3.1.1 简单的正转控制线路	53
3.1.2 点动正转控制线路	54

目录



3.1.3	自锁正转控制线路	56
3.1.4	带过载保护的自锁正转控制线路	57
3.1.5	连续与点动混合控制线路	58
3.2	正反转控制线路的识读	59
3.2.1	倒顺开关正反转控制线路	59
3.2.2	接触器连锁正反转控制线路	60
3.2.3	按钮连锁正反转控制线路	61
3.3	限位控制线路的识读	63
3.3.1	行程开关	63
3.3.2	限位控制线路	64
3.4	自动往返控制线路的识读	65
3.5	顺序控制线路的识读	67
3.6	多地控制线路的识读	68
3.7	降压启动控制线路的识读	69
3.7.1	定子绕组串接电阻降压启动控制线路	69
3.7.2	自耦变压器降压启动控制线路	71
3.7.3	星形 - 三角形降压启动控制线路	74
3.8	绕线式电动机启动控制线路的识读	77
3.8.1	绕线式电动机的调速与启动方式	77
3.8.2	转子绕组串接电阻启动控制线路	79
3.8.3	转子绕组串接频敏变阻器启动控制线路	80
3.8.4	凸轮控制器启动、调速和正反转控制线路	82
3.9	制动控制线路的识读	84
3.9.1	机械制动线路	84
3.9.2	电力制动线路	88
第 4 章	学会变频器的使用及控制线路的识读	95
4.1	变频器的原理、结构和使用	95
4.1.1	变频器的调速原理与基本组成	95
4.1.2	变频器的结构与接线说明	97
4.1.3	变频器操作面板的使用	101
4.1.4	变频器的使用举例	105
4.2	变频器正转控制线路的识读	109
4.2.1	开关控制式正转控制线路	109

Contents

4.2.2 继电器控制式正转控制线路	110
4.3 变频器正反转控制线路的识读	112
4.3.1 开关控制式正反转控制线路	112
4.3.2 继电器控制式正反转控制线路	113
4.4 工频与变频切换控制线路的识读	114
4.4.1 变频器跳闸保护线路	114
4.4.2 工频与变频的切换线路	115
4.5 变频器多挡转速控制线路的识读	118
4.5.1 变频器的多挡转速控制端子	118
4.5.2 多挡控制参数的设置	119
4.5.3 多挡转速控制线路	119
第5章 学会 PLC 的使用及软硬件线路的识读	121
5.1 PLC 基础知识	121
5.1.1 什么是 PLC	121
5.1.2 PLC 控制与继电器控制的比较	122
5.1.3 PLC 的组成	123
5.1.4 PLC 的工作方式	127
5.1.5 PLC 用户程序的执行过程	128
5.2 PLC 编程软件的使用	129
5.2.1 软件的安装和启动	129
5.2.2 程序的编写	131
5.2.3 程序的转换与传送	132
5.3 PLC 应用系统的开发流程及举例	135
5.3.1 PLC 应用系统的一般开发流程	135
5.3.2 PLC 控制电动机正反转的开发举例	136
5.4 PLC 基本控制线路与梯形图的识读	139
5.4.1 启动、自锁和停止控制的 PLC 线路与梯形图	139
5.4.2 正反转连锁控制的 PLC 线路与梯形图	140
5.4.3 多地控制的 PLC 线路与梯形图	141
5.4.4 定时控制的 PLC 线路与梯形图	142
5.4.5 定时器与计数器组合延长定时控制的 PLC 线路与梯形图	144
5.4.6 多重输出控制的 PLC 线路与梯形图	145
5.4.7 过载报警控制的 PLC 线路与梯形图	146

目录



5.4.8 闪烁控制的 PLC 线路与梯形图	147
第 6 章 学会识读常用机床电气线路.....	149
6.1 车床控制线路的识读	149
6.1.1 CA6140 车床简介	149
6.1.2 CA6140 车床的控制线路	150
6.2 磨床控制线路的识读	152
6.2.1 M7130 型磨床介绍	152
6.2.2 M7130 型磨床的控制线路	153
6.3 钻床控制线路的识读	155
6.3.1 Z3050 型钻床介绍	156
6.3.2 Z3050 型钻床的控制线路	156
6.4 铣床控制线路的识读	159
6.4.1 X62W 型铣床介绍	159
6.4.2 X62W 型万能铣床的控制线路	160
6.5 镗床控制线路的识读	164
6.5.1 T68 型镗床介绍	164
6.5.2 T68 型镗床的控制线路	165
6.6 刨床控制线路的识读	170
6.6.1 常见刨床的特点	170
6.6.2 B690 型刨床的控制线路	170
第 7 章 学会识读电工测量电路.....	172
7.1 电流和电压的测量电路的识读	172
7.1.1 电流测量电路	172
7.1.2 电压测量电路	175
7.2 功率和功率因数的测量电路的识读	177
7.2.1 功率的类型与基本测量方法	177
7.2.2 单相和三相功率测量电路	177
7.2.3 功率因数测量电路	180
7.3 电能的测量电路的识读	181
7.3.1 电能表的结构与原理	181
7.3.2 单相有功电能的测量电路	182

Contents

7.3.3	三相有功电能的测量电路	184
7.3.4	三相无功电能的测量电路	185
第8章	学会识读照明与动力配电线路	187
8.1	基础知识	187
8.1.1	照明灯具的标注	187
8.1.2	配电线路的标注	188
8.1.3	用电设备的标注	190
8.1.4	电力和照明设备的标注	190
8.1.5	开关与熔断器的标注	190
8.1.6	电缆的标注	191
8.1.7	照明与动力配电电气图常用电气设备符号	191
8.2	住宅照明配电电气图的识读	192
8.2.1	整幢楼总电气系统图的识读	192
8.2.2	楼层配电箱电气系统图的识读	194
8.2.3	户内配电箱电气系统图及接线图的识读	194
8.2.4	住宅照明与插座电气平面图的识读	196
8.2.5	住宅照明线路接线图的识读	199
8.2.6	住宅插座线路接线图的识读	200
8.3	动力配电电气图的识读	201
8.3.1	动力配电系统的三种接线方式	201
8.3.2	动力配电系统图的识图实例	202
8.3.3	动力配电平面图的识图实例	203
8.3.4	动力配电线路图和接线图的识图实例	205
第9章	学会识读供配电系统电气线路	208
9.1	供配电系统简介	208
9.1.1	供配电系统的组成	208
9.1.2	变电所与配电所	209
9.1.3	电力系统的电压规定	209
9.2	变配电所主电路的接线形式	211
9.2.1	无母线主接线	212
9.2.2	单母线主接线	214

目录



9.2.3 双母线主接线	216
9.3 供配电系统主接线图的识读	219
9.3.1 发电厂电气主接线图的识读	219
9.3.2 35kV/6kV 大型工厂降压变电所电气主接线图的识读	226
9.3.3 10kV/0.4kV 小型工厂变电所电气主接线图的识读	226
9.4 供配电系统二次电路的识读	230
9.4.1 二次电路与一次电路的关系说明	230
9.4.2 二次电路的原理图、展开图和安装接线图	231
9.4.3 直流操作电源的识读	238
9.4.4 断路器控制和信号电路的识读	239
9.4.5 中央信号电路的识读	240
9.4.6 继电器保护电路的识读	243
9.4.7 电测量仪表电路的识读	245
9.4.8 自动装置电路的识读	247
9.4.9 发电厂与变配电所电路的数字标号与符号标注规定	248
附录 A 常用电气图用图形符号	251
附录 B 常用电气设备用图形符号	257
附录 C 电气设备基本文字符号	259
附录 D 电气设备辅助文字符号	262

第 1 章 电工识图入门

电气图是一种用图形符号、线框或简化外形来表示电气系统或设备各组成部分相互关系及其连接关系的一种简图，主要用来阐述电气工作原理，描述电气产品的构造和功能，并提供产品安装和使用方法。

1.1

电气图的分类

电气图的分类方法很多，如根据应用场合不同，可分为电力系统电气图、船舶电气图、邮电通信电气图、工矿企业电气图等。按最新国家标准规定，电气信息文件可分为功能性文件（如系统图、电路图等）、位置文件（如电气平面图）、接线文件（如接线图）、项目表、说明文件和其他文件。

1.1.1 系统图

系统图又称概略图或框图，是用符号和带注释的框来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。图 1-1 为某变电所的供电系统图，该图表示变电所用变压器将 10kV 电压变换成 380V 的电压，再分成三条供电支路，图（a）是用图形符号表示的系统图，图（b）是用带文字的框表示的系统图。

1.1.2 电路图

电路图是按工作顺序将图形符号从上到下、从左到右排列并连接起来，用来详细表示电路、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。通过识读电路图可以详细了解设备的工作原理、分析和计算电路特性及参数，所以这种图又称为电气原理图、电气线路图。

图 1-2 为三相异步电动机的点动控制电路，该电路由主电路和控制电路两部分构成，其中主电路由电源开关 QS、熔断器 FU1 和交流接触器 KM 的 3 个主触点和电动机组成，控制电路由熔断器 FU2、按钮开关 SB 和接触器 KM 线圈组成。

供电系统图

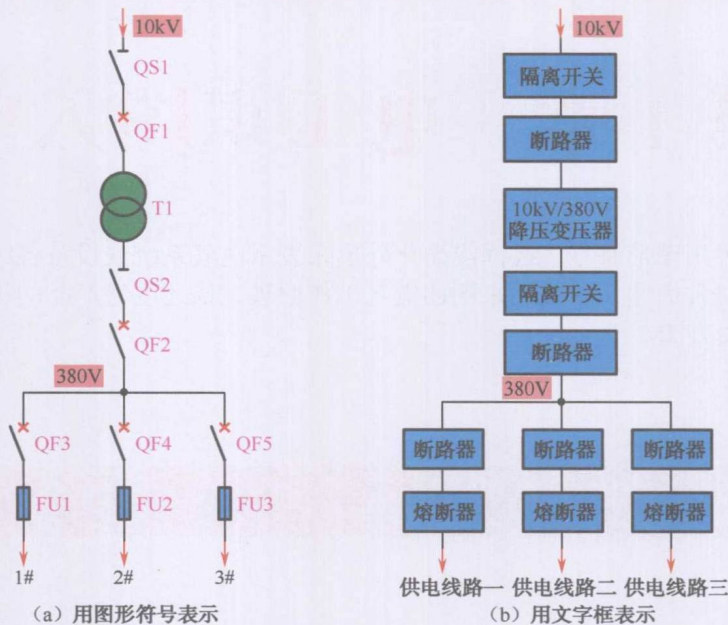


图 1-1 某变电所的供电系统图

控制电路

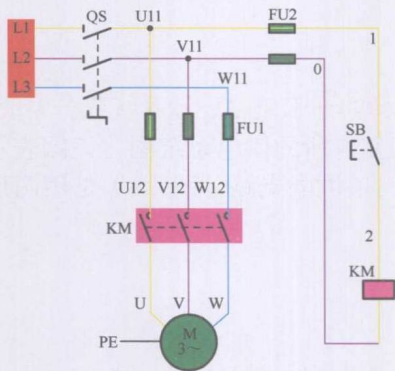


图 1-2 三相异步电动机的点动控制电路

点动控制过程

当合上电源开关 QS 时，由于接触器 KM 的 3 个主触点处于断开状态，电源无法给电动机供电，电动机不工作。若按下按钮开关 SB，L1、L2 两相电压加到接触器 KM 线圈两端，有电流流过 KM 线圈，线圈产生磁场吸合接触器 KM 的 3 个主触点，使 3 个主触点闭合，三相交流电源 L1、L2、L3 通过 QS、FU1 和接触器 KM 的 3 个主触点给电动机供电，电动机运转。此时，若松开按钮开关 SB，无电流通过接触器线圈，线圈无法吸合主触点，3 个主触点断开，电动机停止运转。

1.1.3 接线图

接线图是用来表示成套装置、设备或装置的连接关系，用以进行安装、接线、检查、实验和维修等的一种简图。图 1-3 是三相异步电动机的点动控制电路（见图 1-2）的接线图，从图中可以看出，接线图中的各元件连接关系除了要与电路图一致外，还要考虑实际的元件，如 KM 接触器由线圈和触点组成，在画电路图时，接触器的线圈和触点可以画在不同位置，



而在画接线图时，则要考虑到接触器是一个元件，其线圈和触点是在一起的。

控制电路接线图

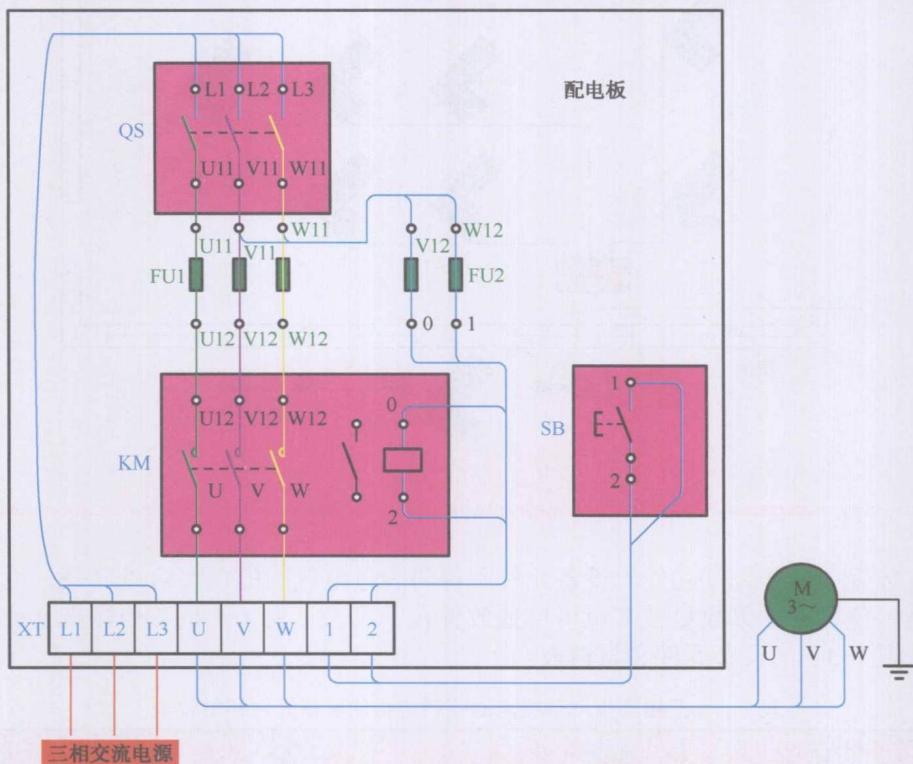


图 1-3 三相异步电动机点动控制电路的接线图

1.1.4 电气平面图

电气平面图是用来表示电气工程项目的电气设备、装置和线路的平面布置图，它一般是在建筑平面图的基础上制作出来的。常见的电气平面图有电力平面图、变配电所平面图、供电线路平面图、照明平面图、弱电系统平面图、防雷和接地平面图等。

图 1-4 是某工厂车间的动力电气平面图。图中的 BLV-500 (3×35-1×16) SC40-FC 表示外部接到配电箱的主电源线规格及布线方式，其含义为：BLV- 布线用的塑料铝导线；500- 导线绝缘耐压为 500V；3×35-1×16-3 根截面积为 35mm² 和 1 根截面积为 16mm² 的导线；SC40- 穿直径为 40mm 的钢管；FC- 沿地暗敷（导线穿入电线管后埋入地下）。图中的 1、2/5.5+0.16 意为 1、2 号机床的电动机功率均为 5.5kW，机床安装离地 16cm。

1.1.5 设备元件和材料表

设备元件和材料表是将设备、装置、成套装置的组成元件和材料列出，并注明各元件和材料的名称、型号、规格和数量等，便于设备的安装和维修，也能让读图者更好地了解各元



动力电气平面图

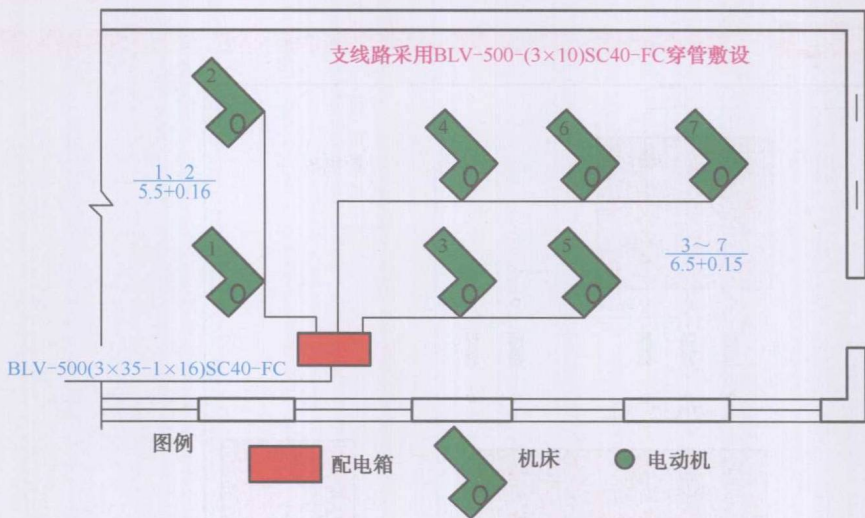


图 1-4 某工厂车间的动力电气平面图

器件和材料在装置中的作用和功能。设备元件和材料表是电气图的重要组成部分，可将它放置在图中的某一位置，如果数量较多也可单独放置在一页。（表 1-1 是三相异步电动机点动控制电路（见图 1-3）的设备元件和材料表。）

表 1-1 三相异步电动机点动控制电路的设备元件和材料表

符号	名称	型号	规格	数量
M	三相笼型异步电动机	Y112M—4	4kW、380V、△接法、8.8A、1440r/min	1
QF	断路器	DZ—20/330	三极复式脱扣器、380V、20A	1
FU1	螺旋式熔断器	RL1—60/25	500V、60A、配熔体额定电流 25A	3
FU2	螺旋式熔断器	RL1—15/2	500V、15A、配熔体额定电流 2A	2
KM	交流接触器	CJT1—20	20A、线圈电压 380V	1
SB	按钮	LA4—3H	保护式、按钮数 3（代用）	1
XT	端子板	TD—1515	15A、15 节、660V	1
	配电板		500mm × 400mm × 20mm	1
	主电路导线		BV1.5mm ² 和 BVR1.5mm ² （黑色）	若干
	控制电路导线		BV1mm ² （红色）	若干
	按钮导线		BVR0.75mm ² （红色）	若干
	接地导线		BVR1.5mm ² （黄绿双色）	若干
	紧固体和编码套管			若干

电气图种类很多，前面介绍了一些常见的电气图，对于一台电气设备，不同的人接触到的电气图可能不同，一般来说，生产厂家具有较齐全的设备电气图（如系统图、电路图、印制板图、设备元件和材料列表等），为了技术保密或其他一些原因，厂家提供给用户的往往只有设备的系统图、接线图等形式的电气图。



1.2

电气图的制图与识图规则

电气图是电气工程通用的技术语言和技术交流工具,它除了要遵守国家制定的与电气图有关的标准外,还要遵守机械制图、建筑制图等方面的有关规定,因此制图和识图人员有必要了解这些规定与标准,限于篇幅,这里主要介绍一些常用的规定与标准。

1.2.1 图纸格式、幅面尺寸和图幅分区

1. 图纸格式

电气图图纸的格式与建筑图纸、机械图纸的格式基本相同,一般由边界线、图框线、标题栏、会签栏组成。电气图纸的格式如图 1-5 所示。

电气图应绘制在图框线内,图框线与图纸边界之间要有一定的留空。标题栏相当于图纸的铭牌,用来记录图样的名称、图号、张次、更改和有关人员签署等内容的栏目,位于图纸的下方或右下方,目前我国尚未规定统一的标题栏格式,图 1-6 是典型的标题栏格式。会签栏通常用作水、暖、建筑和工艺等相关专业设计人员会审图纸时签名,如无必要,也可取消会签栏。

图纸格式

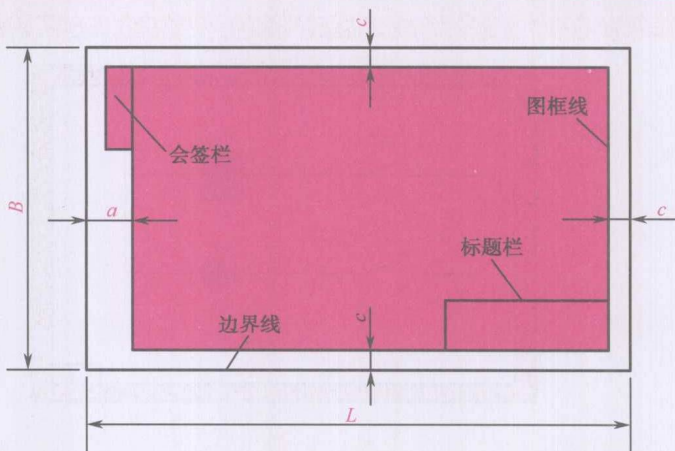


图 1-5 电气图图纸格式

设计单位名称				工程名称	设计号	页张次
总工程师		主要设计人		项目名称		
设计总工程师		技核				
专业工程师		制图				
组长		描图		图号		
日期		比例				

图 1-6 典型的标题栏格式



2. 图纸幅面尺寸

电气图图纸的幅面一般分为五种：0号图纸（A0）、1号图纸（A1）、2号图纸（A2）、3号图纸（A3）、4号图纸（A4）。电气图图纸的幅面尺寸规格见表1-2，从表中可以看出，如果图纸需要装订时，其装订边宽（ a ）·留空要多一些。

表 1-2 电气图图纸的幅面尺寸规格

（单位：mm）

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽 × 长($B \times L$)	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
边宽(c)	10			5	
装订侧边宽(a)	25				

3. 幅面分区

对于一些大幅面、内容复杂的电气图，为了便于确定图纸内容的位置，可对图纸进行分区。分区的方法是将图纸按长、宽方向各加以等分，分区数为偶数，每一分区的长度为25~75mm，每个分区内竖边方向用大写字母编号，横边方向用阿拉伯数字编号，编号顺序从图纸左上角（标题栏在右下角）开始。

图纸分区的作用相当于在图纸上建立了一个坐标，图纸中的任何元件位置都可以用分区号来确定，如图1-7所示，接触器KM线圈位置分区代号为B4，接触器KM触点的分区代号为C2。分区代号用该区域的字母和数字表示，字母在前，数字在后。给图纸分区后，不管图纸多复杂，只要给出某元件所在的分区代号，就能在图纸上很快找到该元件。

图纸分区示例

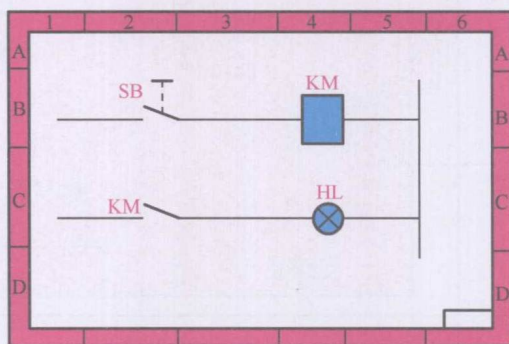


图 1-7 图纸分区示例

1.2.2 图线和字体等规定








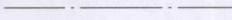
1. 图线

图线是指图中用到的各种线条。国家标准规定了8种基本图线，分别是粗实线、细实线、



中实线、双折线、虚线、粗点画线、细点画线和双点画线。8种基本图线形式及应用见表1-3。图线的宽度一般为0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1.0mm、1.4mm。在电气图中绘制图线时，以粗实线的宽度为 b 为基准，其他图线宽度应按规定，以 b 为标准按比例（1/2、1/3）选用。

表 1-3 8种基本图线形式及应用

符号	名称	形式	宽度	应用举例
1	粗实线		b	可见过渡线，可见轮廓线，电气图中简图主要内容用线，图框线，可见导线
2	中实线		约 $b/2$	土建图中门、窗等的外轮廓线
3	细实线		约 $b/3$	尺寸线，尺寸界线，引出线，剖面线，分界线，范围线，指引线，辅助线
4	虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线，不可见过渡线，不可见导线，计划扩展内容用线，地下管道，屏蔽线
5	双折线		约 $b/3$	被断开部分的边界线
6	双点画线		约 $b/3$	运动零件在极限或中间位置时的轮廓线，辅助用零件的轮廓线及其剖面线，剖视图中被剖去的前面部分的假想投影轮廓线
7	粗点画线		b	有特殊要求的线或表面的表示线，平面图中大型构件的轴线位置线
8	细点画线		约 $b/3$	物体或建筑物的中心线，对称线，分界线，结构围框线，功能围框线

2. 字体

文字包括汉字、字母和数字，是电气图的重要组成部分。根据国家标准规定，文字必须做到字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。其中汉字采用国家正式公布的长仿宋体，字母可采用大写、小写、正体和斜体，数字通常采用正体。

字号（字体高度，单位：mm）可分为20号、14号、10号、7号、5号、3.5号、2.5号和1.8号8种，字宽约为字高的2/3。

3. 箭头

电气图中主要使用开口箭头和实心箭头，如图1-8所示，开口箭头常用于表示电气连接上电气能量或电气信号的流向，实心箭头表示力、运动方向、可变性方向或指引线方向。

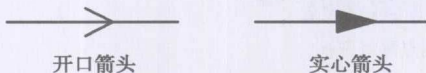


图 1-8 两种常用箭头

4. 指引线

指引线用于指示注释的对象。指引线一端指向注释对象，另一端放置注释文字。电气图中使用的指引线主要有三种形式，如图1-9所示，若指引线末端需指在轮廓线内，可在指引