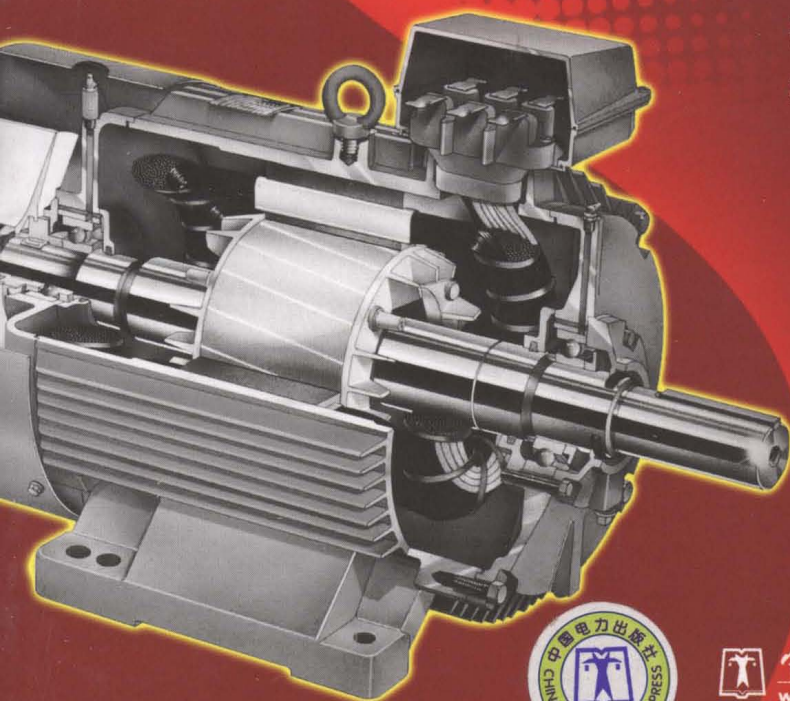


CHANGYONG DIANDONGJI
XUANYONG KONGZHI YU GUZHANG PAICHU

常用电动机 选用 控制与故障排除

孙克军 主 编
郝亚贤 副主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

常用电动机 选用 控制与故障排除

孙克军 主 编

郝亚贤 副主编

王忠杰 崇海泽 霍军军 参 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

全书共 7 章, 内容包括电气工程图识图基本知识、三相异步电动机、变极多速三相异步电动机、直流电动机、单相电动机、常用电动机的选择、常用电气控制线路。书中介绍了各种常用电动机的基本结构, 工作原理, 启动、调速、制动的计算方法及实例, 还介绍了电动机的选择使用及维护方法。

本书密切结合生产实际, 图文并茂、深入浅出、通俗易懂, 书中列举了大量实例, 具有实用性强, 易于迅速掌握和运用的特点。

本书可供从事电力拖动、电气控制的工程技术人员及电机维修人员使用, 可作为高等职业院校及专科学校有关专业师生的教学参考书, 也可作为职工培训用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

常用电动机选用、控制与故障排除/孙克军主编.
北京:中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-9419-0

I. 常… II. 孙… III. 电动机-基本知识
IV. TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162685 号

常用电动机选用、控制与故障排除

*

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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

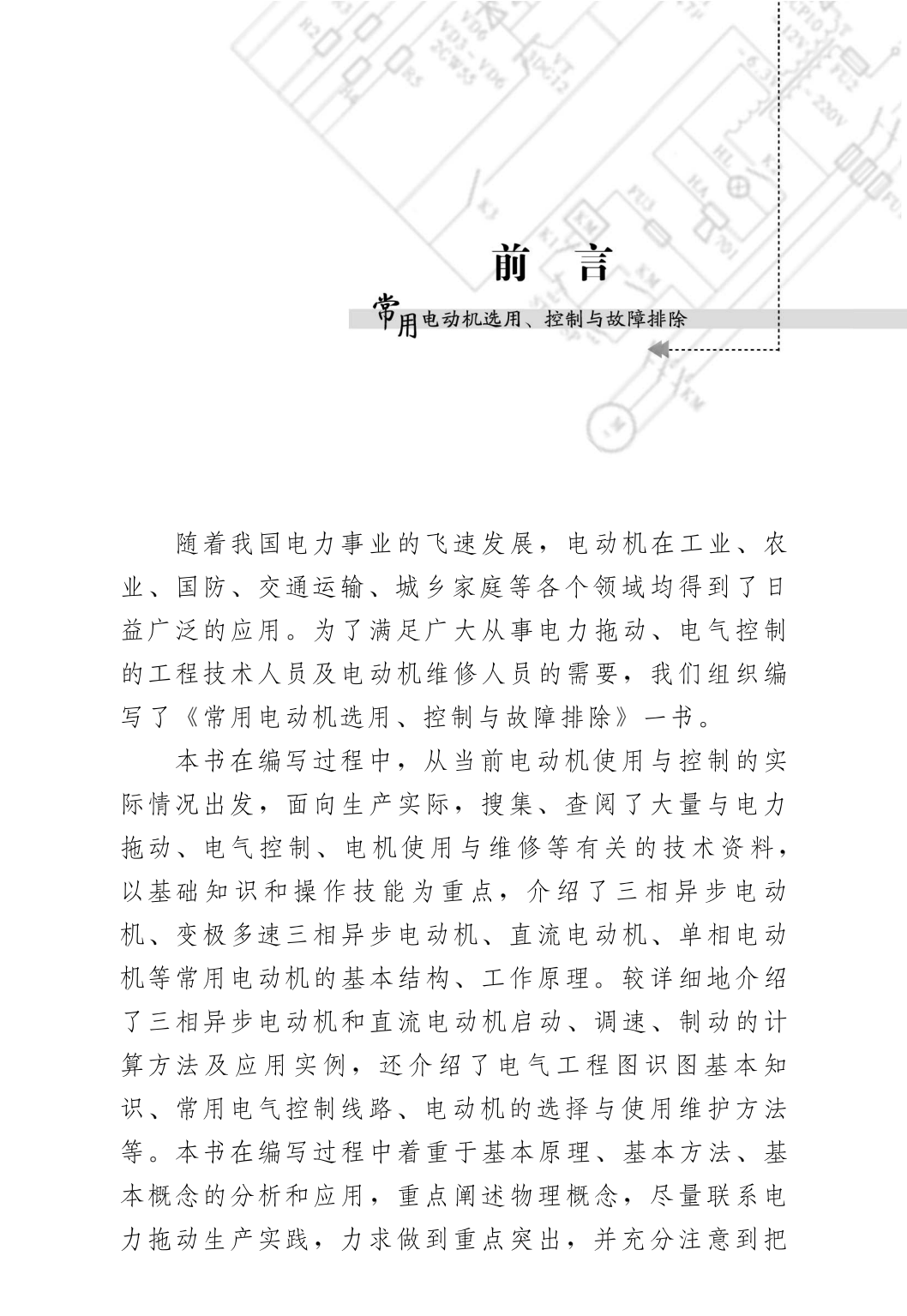
*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.375 印张 190 千字
印数 0001—3000 册 定价 15.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

常用

电动机选用、控制与故障排除

随着我国电力事业的飞速发展，电动机在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。为了满足广大从事电力拖动、电气控制的工程技术人员及电动机维修人员的需要，我们组织编写了《常用电动机选用、控制与故障排除》一书。

本书在编写过程中，从当前电动机使用与控制的实际情况出发，面向生产实际，搜集、查阅了大量与电力拖动、电气控制、电机使用与维修等有关的技术资料，以基础知识和操作技能为重点，介绍了三相异步电动机、变极多速三相异步电动机、直流电动机、单相电动机等常用电动机的基本结构、工作原理。较详细地介绍了三相异步电动机和直流电动机启动、调速、制动的计算方法及应用实例，还介绍了电气工程图识图基本知识、常用电气控制线路、电动机的选择与使用维护方法等。本书在编写过程中着重于基本原理、基本方法、基本概念的分析和应用，重点阐述物理概念，尽量联系电力拖动生产实践，力求做到重点突出，并充分注意到把

交、直流两大拖动系统在形式上和方法上予以统一，前后呼应，以利读者类比和对照，以帮助读者提高解决实际问题的能力，而且在编写体例上尽可能适合自学的形式。

本书由孙克军主编，郝亚贤担任副主编。第 1、3 章由郝亚贤编写，第 2 章由孙克军编写，第 4 章由梁昆编写，第 5 章由王忠杰编写，第 6 章由刘宝坤编写，第 7 章由崇海泽和霍军军共同编写。编者对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

常用

电动机选用、控制与故障排除

前言

第 1 章 电气工程图识图基本知识	1
1.1 阅读电气工程图的基本知识	1
1.1.1 图纸的幅面	1
1.1.2 标题栏	2
1.1.3 比例	2
1.1.4 字体	2
1.1.5 图线	3
1.1.6 方位	3
1.1.7 安装标高	3
1.1.8 定位轴线	3
1.1.9 图幅分区	4
1.1.10 详图	4
1.2 常用电气图形符号和文字符号	5
1.2.1 常用电气图形符号	5
1.2.2 常用电气文字符号	9
1.2.3 常用辅助文字符号	10
1.3 绘制电气工程图的一般原则	10
1.3.1 连接线的表示法	10
1.3.2 项目的表示法	12
1.3.3 电路的简化画法	13

1.3.4	绘制电气工程图应遵循的原则	14
1.3.5	绘制电气原理图的有关规定	17
1.4	阅读电气工程图的方法步骤	18
1.4.1	电气原理图的阅读步骤	18
1.4.2	建筑电气工程图的特点与阅读	19
1.5	机床电气控制线路实例	20
第2章	三相异步电动机	23
2.1	三相异步电动机的基本结构和工作原理	23
2.1.1	三相异步电动机的基本结构	23
2.1.2	三相异步电动机的工作原理	27
2.1.3	旋转磁场的产生及特点	28
2.2	三相异步电动机的启动、调速与制动	33
2.2.1	三相异步电动机的转差率	33
2.2.2	三相异步电动机的机械特性	34
2.2.3	笼型三相异步电动机的启动	35
2.2.4	绕线转子三相异步电动机的启动	42
2.2.5	三相异步电动机的调速	49
2.2.6	三相异步电动机的制动	64
2.3	三相异步电动机的使用与维护	74
2.3.1	电动机的额定值及接法	74
2.3.2	三相异步电动机的运行	76
2.3.3	三相异步电动机的维修	81
第3章	变极多速三相异步电动机	88
3.1	变极多速异步电动机常用的变极方法	88
3.1.1	反向变极法	89
3.1.2	换相变极法	92
3.1.3	不同节距变极法	92
3.2	变极多速三相异步电动机三相绕组的连接	95
3.2.1	单绕组双速电动机 2Y/ Δ 连接	96

3.2.2	单绕组双速电动机 2Y/Y 连接	96
3.3	变极多速三相异步电动机的使用与维护	98
第 4 章	直流电机	99
4.1	直流电机的基本结构与工作原理	99
4.1.1	直流电机的基本结构	99
4.1.2	直流电机的工作原理	103
4.1.3	直流电机的励磁方式	105
4.2	直流电动机的启动、调速与制动	107
4.2.1	直流电动机的机械特性	107
4.2.2	直流电动机的启动	109
4.2.3	直流电动机的调速	119
4.2.4	直流电动机的制动	130
4.3	直流电动机的使用与维护	143
4.3.1	直流电动机使用前的准备及检查	143
4.3.2	直流电动机运行中的维护	144
4.3.3	常见故障及排除方法	144
第 5 章	单相电动机	149
5.1	单相异步电动机	149
5.1.1	单相异步电动机的基本结构	149
5.1.2	单相异步电动机的工作原理	150
5.1.3	单相异步电动机的机械特性	152
5.1.4	单相异步电动机的调速	153
5.2	单相串励电动机	156
5.2.1	单相串励电动机的基本结构	156
5.2.2	单相串励电动机的工作原理	158
5.3	单相电动机常见故障及排除方法	159
5.3.1	分相式单相异步电动机常见故障及排除方法	159
5.3.2	罩极式单相异步电动机常见故障及排除方法	161
5.3.3	单相串励电动机常见故障及排除方法	162

第 6 章 常用电动机的选择	167
6.1 电动机种类的选择	167
6.1.1 常用电动机的种类及性能特点	167
6.1.2 选择电动机的种类时应考虑的主要内容	180
6.2 电动机防护形式的选择	184
6.2.1 电动机绝缘等级和防护等级	184
6.2.2 电动机防护形式的选择	187
6.3 电动机额定电压的选择	190
6.4 电动机额定转速的选择	191
6.5 电动机额定功率的选择	192
6.5.1 电动机的工作制	192
6.5.2 负载功率的简易计算	193
6.5.3 电动机额定功率的选择	194
第 7 章 常用电气控制线路	200
7.1 常用电动机控制线路	200
7.2 常用电动机启动控制线路	211
7.3 常用电动机调速控制线路	216
7.4 常用电动机制动控制线路	218
参考文献	225

第 1 章

电气工程图识图基本知识

1.1 阅读电气工程图的基本知识

电气工程图是根据国家颁布的有关电气技术标准和通用图形符号绘制而成的。它是电气工程的“语言”，可以简练而直观地表明设计意图。

电气工程图种类很多，各有其特点和表达方式，各有规定画法和习惯画法，但有一些规定则是共同的，还有许多基本的规定和格式是各种图纸都应共同遵守的。

1.1.1 图纸的幅面

图纸的幅面是指短边和长边的尺寸。一般分为 6 种。即 0 号、1 号、2 号、3 号、4 号和 5 号。具体尺寸见表 1-1。表中代号的意义如图 1-1 所示。

表 1-1	图 幅 尺 寸						(mm)
幅面代号	0	1	2	3	4	5	
宽×长 ($B\times L$)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210	
边宽 (c)	10	10	10	5	5	5	
	(10)	(20)	(20)	(20)	(10)	(10)	
装订侧边宽 (a)	25	25	25	25	25	25	

表 1-1 括号中的数字为图纸不需装订时的边宽 c 的数值。这时图纸的 4 个边宽尺寸均相同，即 a 和 c 一样。

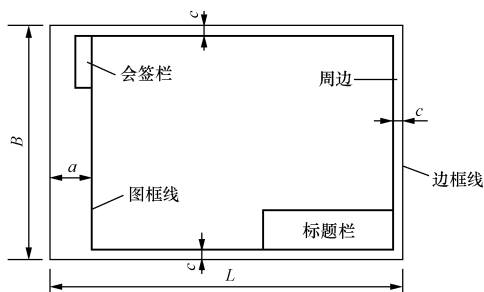


图 1-1 图面的组成

1.1.2 标题栏

用以标注图样名称、图号、比例、张次、日期及有关人员签署等内容的栏目，称为标题栏。标题栏的位置一般在图纸的右下方。标题栏中的文字方向为看图的方向。图 1-2 所示为图纸标题栏示例，其格式目前我国还没有统一规定。

40 7	设计单位名称			×××工程	
	总工程师		主要设计人	(图名)	
	设计总工程师		校核		
	专业工程师		制图		
	组长		描图		
	日期		比例	图号	电×××
180					

图 1-2 标题栏格式（单位 mm）

1.1.3 比例

比例即工程图样中的图形与实物对应线性尺寸之比。大部分电气工程图不是按比例绘制的，只有某些位置图按比例绘制或部分按比例绘制。常用的比例一般有 1 : 10，1 : 20，1 : 50，1 : 100，1 : 200，1 : 500。

1.1.4 字体

工程图纸中的各种字，如汉字、字母和数字等，要求字体端

正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀，以保证图样的规定性和通用性。汉字应写成长仿宋体，并采用国家正式公布的简化字。字母和数字可以用正体，也可以用斜体。字体的高度（单位为 mm）分为 20、14、10、7、5、3.5 等几种，字体的宽度约等于字体高度的 2/3。

1.1.5 图线

绘制电气工程图所用的各种线条统称为图线。工程图纸中采用不同的线型、不同的线宽来表示不同的内容。电气工程图样中常用的图线名称、图线形式和用途见表 1-2。

表 1-2 图线形式及应用

图线名称	图线形式	图线应用	图线名称	图线形式	图线应用
粗实线	——	电气线路，一次线路	点画线	- · - · - ·	控制线，信号线， 围框线
细实线	——	二次线路，一般线路			辅助围框线， 36V 以下线路
虚线	·····	屏蔽线，机械连线	双点画线	- · - · - ·	

1.1.6 方位

电气工程图一般按上北下南，左西右东来表示建筑物和设备的位置和朝向。但在许多情况下都是用方位标记表示。方位标记如图 1-3 所示，其箭头方向表示正北方向（N）。

1.1.7 安装标高

电气工程图中用标高来表示电气设备和线路的安装高度。标高有绝对标高和相对标高两种表示方法，其中绝对标高又称为海拔；相对标高是以某一平面作为参考面（零点）而确定的高度。建筑工程图样一般以室外地平面为 ±0.00mm。

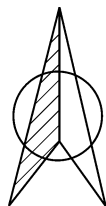


图 1-3 方位标记

在电气工程图上有时还标有另一种标高，即敷设标高，它是电气设备或线路安装敷设位置与该层地坪或楼面的高差。

1.1.8 定位轴线

建筑电气工程图通常是在建筑物断面上完成的。而建筑平面

图中,建筑物都标有定位轴线。凡承重墙、柱子、大梁或屋架等主要承重构件,都应画出定位轴线并对轴线编号确定其位置。定位轴线编号的原则是:在水平方向采用阿拉伯数字,由左向右注写;左垂直方向上采用汉语拼音字母由下向上注写,但其中字母

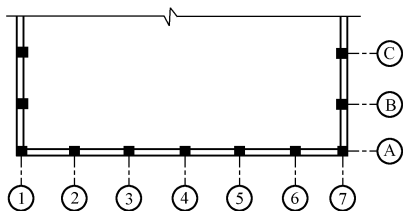


图 1-4 定位轴线的标注方法

I、Z、O 不得用作轴线编号,以免与阿拉伯数字 1、2、0 混淆。数字和字母用点画线引出,通过定位轴线可以很方便地找到电气设备和其他设备的具体安装位置。图 1-4 所示

为定位轴线的标注方法。

1.1.9 图幅分区

电气图上的内容有时是很多的,对于幅面大且内容复杂的图,需要分区,以便在读图时能很快找到相应的部分。图幅分区的方法是将相互垂直的两边框分别等分,分区的数量视图的复杂程度而定,但要求必须为偶数,每一分区的长度一般为 25~75mm。分区线用细实线。每个分区内,竖边方向分区代号用大写拉丁字母和数字表示,字母在前,数字在后,如 B4、C5 等。图 1-5 所示为图幅分区示例。

1.1.10 详图

电气设备中某些零部件、连接点等的结构、做法、安装工艺

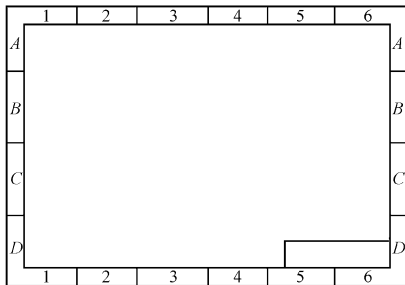


图 1-5 图幅分区法示例

要求无法表达清楚时，通常将这些部分用较大的比例放大画出，称为详图。详图可以画在同一张图纸上。也可以画在另一张图纸上。为便于查找，应用索引符号和详图符号来反应基本图与详图之间的对应关系，见表 1-3。

表 1-3 详图的标示方法

图 例	示 意	图 例	示 意
	2 号详图与总图画在一张图上		5 号详图被索引在第 2 号图样上
	2 号详图画在第 3 号图样上		图集代号为 D×××，详图编号为 4，详图所在图集页码编号为 6
	5 号详图被索引在本张图样上		图集代号为 D×××，详图编号为 8，详图在本页（张）上

1.2 常用电气图形符号和文字符号

1.2.1 常用电气图形符号（见表 1-4）

表 1-4 常用电气图形符号

符 号 名 称	图形符号	符 号 名 称	图形符号
直流		接机壳或接底板	形式1
直流 若上面符号可能引起混乱用本符号		形式2	
交流		导线	
交直流		柔软导线	
正极	+	导线的连接	●
负极	-	端子（必要时圆圈可画成圆黑点）	○ •
接地一般符号		可拆卸的端子	
		预调电位器	

续表

符 号 名 称	图形符号	符 号 名 称	图形符号
具有固定抽头的电阻		可变电阻器	
分流器		可调电阻器	
电容器一般符号 注：如果必须分辨同一电容器的电极时，弧形的极板表示：①在固定的纸介质和陶瓷介质电容器中表示外电极；②在可调和可变的电容器中表示动片电极；③在穿心电容器中表示低电位电极	优选形	滑动触点电位器	
	其他形	N 型沟道结型场效应半导体管	
		P 型沟道结型场效应半导体管	
		光敏二极管	
		光电电池	
		三极晶体闸流管	
导线的交叉连接 (1) 单线表示法		极性电容器	优选形
			其他形
导线的交叉连接 (2) 多线表示法		可变电容器	优选形
		可调电容器	其他形
导线的不连接 (1) 单线表示法		电感器	
导线的不连接 (2) 多线表示法		带磁心的电感器	
不需要示出电缆芯数的电缆终端头		半导体二极管	
		PNP 型半导体管	
		NPN 型半导体管	
电阻器		他励直流电动机	

续表

符 号 名 称	图形符号	符 号 名 称	图形符号
电抗器、扼流圈		三相笼型异步电动机	
双绕组变压器		串励直流电动机	
电流互感器 脉冲变压器		动合（常开）触头 开关一般符号， 两种形式	
三相变压器星形- 三角形连接		动断（常闭） 触头	
电机扩大机		先断后合的转换 触头	
原电池或蓄电池		中间断开的双向 触头	
旋转电机的绕组 (1) 换向绕组或 补偿绕组 (2) 串励绕组 (3) 并励或他励 绕组		当操作器件被吸 合时，延时闭合的 动合触头形式	
集电环或换向器 上的电刷 注：仅在必要时 标出电刷		当操作器件被释 放时，延时断开的 动合触头形式	
旋转电机一般 符号 符号中的星号必 须用下述字母代替： C 同步变流机；G 发电机；GS 同步发 电机；M 电动机； MS 同步电动机； SM 伺服电机；TG 测速发电机		三极开关单线 表示	
		三极开关多线 表示	
		接触器（在非动 作位置触头闭合）	
		断路器	
		隔离开关	

续表

符 号 名 称	图形符号	符 号 名 称	图形符号
接触器（在非动作位置触头断开）		吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合触头	
操作器件一般符号		带复位的手动开关（按钮）形式	
熔断器一般符号		双向操作的行程开关	
熔断式开关		热继电器的触头	
熔断式隔离开关		手动开关	
火花间隙		电压表	
避雷器		转速表	
缓慢吸合继电器的线圈		灯	
位置开关的动合触头		电喇叭	
位置开关的动断触头		信号发生器 波形发生器	
当操作器件被释放时,延时闭合的动断触头形式		电流表	
当操作器件被吸合时,延时断开的动断触头形式		脉冲宽度调制	
		放大器	