

全国电力技能人员培训用书



全国电力继续教育规划教材

电气二次回路识图

全国电力继续教育规划教材编委会 组 编
王 宇 黄院臣 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



全国电力继续教育规划教材

电气二次回路识图

全国电力继续教育规划教材编委会 组 编

王 宇 黄院臣 主 编

韩 丽 副主编

刘娟根 王 艳 石长法 延 勇 牛胜利 编 写



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为全国电力继续教育规划教材，共九章。其主要内容包括二次回路概述、互感器二次回路、高压断路器二次回路、主变压器相关的二次回路、隔离开关二次回路、220kV线路保护二次回路、自动装置二次回路、发电机励磁回路和大型电动机控制、智能化变电站二次回路。

本书内容新颖且实用性强，同时为方便读者学习，每章均附有思考题。本书既可作为电力员工培训教材，也可作为高职高专院校电力技术类专业的教材，以及其他学生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气二次回路识图/王宇，黄院臣主编；全国电力继续教育规划教材编委会组编. —北京：中国电力出版社，2015.7

全国电力继续教育规划教材

ISBN 978-7-5123-7159-0

I. ①电… II. ①王…②黄…③全… III. ①二次系统-电路图-识别-继续教育-教材 IV. ①TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 018487 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015年7月第一版 2015年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 10.25印张 246千字

定价 21.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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

全国电力继续教育规划教材编委会

(排名顺序不分先后)

主任 赵建国

副主任 张薛鸿 刘广峰 陶明 文海荣 董传敏

朱光辉 张炯明 辛志杰 陈明祥 罗福书

赵文建 赵斌 杨建华 张全元 李洪波

秘书长 李建强

委员 王立新 陈华贵 丁树文 章志刚 黄益华

李吉鹏 张红飞 罗红星 余建华 李建华

赵连政 李晓峰 高虹亮 马振良 王志平

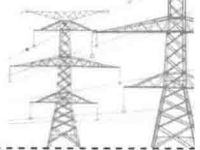
时伟光 肖艳萍 郭敏 徐明 郜勇琴

王宇 黄院臣 贺令辉 陈力耕 宋志明

霍永红 谢伟宏 孟应平 张永健 席晋鹏

常湧 杨龙 常勇 周孝法 宋守信

王天君 李国胜 祝红伟



前言

本书为全国电力继续教育规划教材。

为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020）》要求加快发展继续教育的文件精神，满足电力行业产业发展对高技术技能型人才的需求，在中国电力企业联合会、国家电网公司领导下，全国各电力高职高专院校、电力培训中心、电力企业与中国电力出版社共同参与，深入探讨新形势下电力企业专业技术人员拓展专业知识、提升专业素质的问题，以编写继续教育通用教材为契机，交流合作、集思广益，充分发挥校企各自的优势，组织编写全国电力继续教育规划教材，全面提升电力企业人才职业技能水平。

本书坚持继续教育教材主旨，紧密结合我国电气技术发展现状，着重体现当前电力技术发展主流，以目前主要采用的综合自动化技术为主要内容，并紧跟时代发展前沿的智能化变电站新技术，重点讲述二次回路的基本知识、构成规律及基本识图方法。

本书在编写原则上，以岗位能力为核心，力求拓宽读者专业知识，提高专业素质和实际工作能力；在内容定位上，突出针对性、实用性和可操作性，体现理论与实际相结合。以设备为单元重点讲述主体二次回路，并始终贯穿如何识图；在写作方式上，力争做到注重实用、主线突出、结构清晰、深入浅出、简明扼要。

本书在编写过程中力求从电力生产实际出发，深入生产现场及设备厂家等进行多方调研，以最新的国家标准、行业标准、专业性文件和有关的技术资料为指导，尽可能体现当前的新设备、新知识、新技术，采用的图大多来自现场工程用图，同时融入了编者多年的实际工作经验。

本书共九章，主要内容包括二次回路概述、互感器二次回路、高压断路器二次回路、主变压器相关的二次回路、隔离开关二次回路、220kV线路保护二次回路、自动装置二次回路、发电机励磁回路和大型电动机控制、智能变电站二次回路。

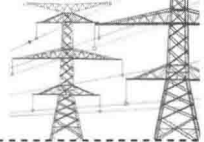
本书由长沙电力职业技术学院王宇、山西阳泉供电公司黄院臣主编，阳泉供电公司韩丽为副主编。其中第一、二章由长沙电力职业技术学院王宇编写，第三、四章由山西阳泉供电公司刘娟根编写，第五、六章由山西阳泉供电公司石长法编写，第七、八章由长沙电力职业技术学院王艳编写；第九章由山西阳泉供电公司延勇、牛胜利编写。

山西省电力公司经济技术研究院黄河、山西阳泉供电公司张瑞杰参与审核，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者批评指正。

编 者

2014. 12



目 录

前言

第一章 二次回路概述	1
第一节 二次回路的基本知识.....	1
第二节 二次回路的组成方法及标号原则.....	4
第三节 二次回路图	13
第四节 二次回路识图的基本方法	16
思考题	25
第二章 互感器二次回路	26
第一节 常规式电流互感器二次回路	26
第二节 常规式电压互感器二次回路	29
第三节 电子式互感器二次回路	36
思考题	43
第三章 高压断路器二次回路	44
第一节 断路器控制回路	44
第二节 断路器厂方控制回路图纸	45
思考题	50
第四章 主变压器相关的二次回路	51
第一节 变压器电量保护	51
第二节 冷却器控制回路	54
第三节 有载调压控制回路	56
第四节 非电量装置的二次回路	59
思考题	64
第五章 隔离开关二次回路	65
第一节 隔离开关、接地开关控制回路.....	65
第二节 隔离开关的电气五防闭锁控制回路	67
思考题	74
第六章 220kV 线路保护二次回路	75
第一节 RCS - 931 和 WHX - 802 线路保护	75
第二节 保护装置与断路器操作箱的二次回路	83
第三节 线路保护的二次回路	84
思考题	95
第七章 自动装置二次回路	96
第一节 同期回路	96
第二节 备用电源自动投入回路	99

第三节	低频减载回路	105
第四节	稳定装置回路	107
第五节	故障录波装置二次回路	109
	思考题	111
第八章	发电机励磁回路和大型电动机控制	113
第一节	发电机的励磁回路	113
第二节	大型电动机的控制回路	117
第三节	大型电动机的启动回路	118
	思考题	121
第九章	智能化变电站二次回路	122
第一节	智能变电站的基本概念及特点	122
第二节	智能变电站与常规变电站的区别	124
第三节	智能变电站过程层典型配置及工程实例	129
第四节	智能变电站二次回路特点及配置文件介绍	150
	思考题	153
附录 A	新旧符号对照表	154
参考文献	155

第一章 二次回路概述

本章主要讲述二次回路的基本知识、二次回路的组成方法及标号原则、二次回路图和二次回路识图的基本方法。

第一节 二次回路的基本知识

一、二次回路的基本概念

在电力系统中,根据电气设备的作用将其分为一次设备和二次设备。直接生产、输送、分配电能的高电压、大电流的设备,称为一次设备,如发电机、变压器、断路器、隔离开关、电抗器、互感器、母线、输电线路等,是构成电力系统的主体。由一次设备连接组成的电路称为一次回路或称电气主接线。而对一次设备进行监视、测量、控制、调节和保护的设备,称为二次设备,二次设备包括测量仪表、控制及信号设备、继电保护装置、自动装置、操作电源、控制电缆和熔断器等。由二次设备相互连接构成的电路称为二次回路,它是确保电力系统安全生产、经济运行和可靠供电不可缺少的重要组成部分。

二、二次回路的分类

1. 按二次回路的功能分类

二次回路根据完成的功能不同分为测量及计量回路、继电保护和自动装置回路、控制回路、调节回路、信号回路、操作电源回路、同期回路。各回路的组成和作用如下:

(1) 测量及计量回路。由各种测量仪表及相关回路组成,用于指示或记录一次设备的运行参数,以掌握一次设备的运行状态。

(2) 继电保护和自动装置回路。由测量部分、逻辑分析部分和执行部分组成,用于自动、快速、有选择性地切除故障设备,并尽快恢复系统的正常运行,保证电力系统的稳定性。

(3) 控制回路。由控制开关、控制对象(断路器、隔离开关)的传递机构、操作或执行机构组成,用于对控制对象进行“跳闸”或“合闸”的控制。按控制距离可分为就地控制和远方控制;按自动化程序可分为手动控制和自动控制;按控制方式可分为集中控制和分散控制;按电源电压和电流大小可分为强电控制和弱电控制。

(4) 调节回路。由测量机构、传送机构、调节器和执行机构组成,用于根据一次设备参数的变化,实时在线调节一次设备的工作状态,以满足运行要求。

(5) 信号回路。由信号发生机构、传送机构及信号器具组成,用于反映一、二次设备的运行状态,为运行人员提供操作、调节和处理故障的依据。

(6) 操作电源回路。由电源设备和供电网络组成,为控制、信号、继电保护和自动装置等提供工作电源。

(7) 同期回路。在需要经常解列、并列的发电厂和变电站,用于电力系统的并列。

2. 按二次回路的供电电源分类

二次回路要实现各自的功能，通常都需接入提供一次设备运行状态的信息源和保证二次设备工作的控制或操作电源等。按照二次回路供电电源的性质，其又可分为交流回路和直流回路两大类。

(1) 交流回路。由电流互感器和电压互感器供电的回路，为二次设备采集相关一次设备的电流、电压等交流状态运行参数，以实现对其一次系统设备运行工况的监视、测量、控制、调节和保护等功能。

(2) 直流回路。由直流电源正极到负极之间连接的回路，主要为二次装置提供电源、指示所有设备的运行状态和提供开关设备的操作电源等。

三、装置内部与外部的二次回路连接

随着计算机、通信技术的发展，电力系统的自动化水平越来越高，自动化设备的种类越来越多，二次回路间的分界越来越模糊，范围也越来越宽泛。如变电站综合自动化系统使测量、保护及控制等功能得到集成，二次回路大大简化。电网安全稳定实时预警及协调防御系统(EACCS)通过通信系统将整个或局部电网控制系统连接为一个整体。如图1-1所示为分层分布式集中组屏的变电站综合自动化系统结构图。但是就某一个二次装置而言，内部与外部的二次回路连接，目前仍然包含以下几个分回路的部分或全部。

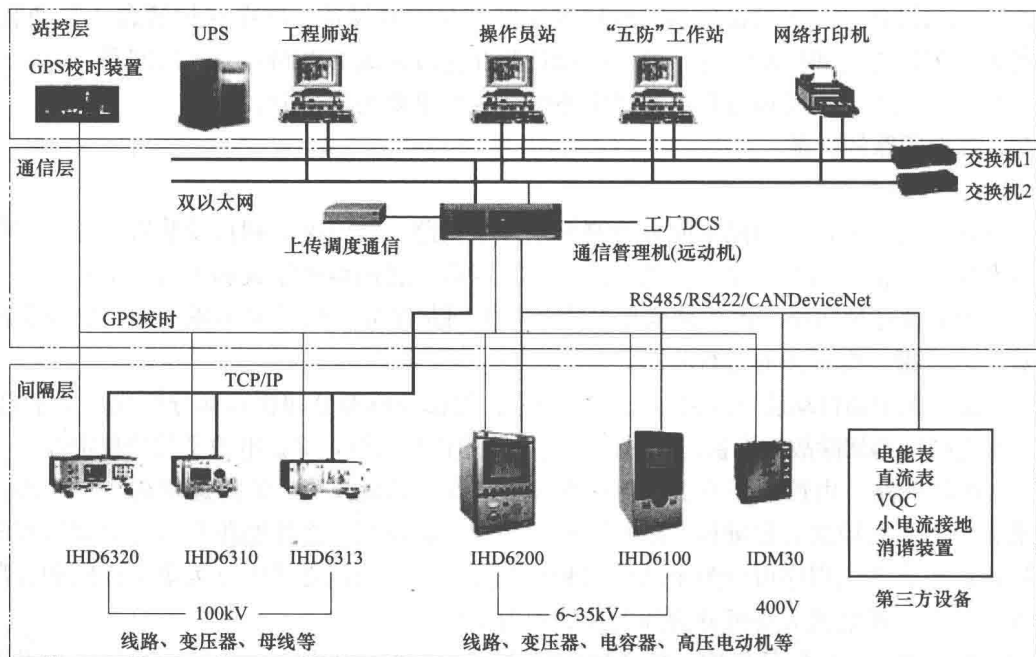


图 1-1 分层分布式集中组屏的变电站综合自动化系统结构图

(1) 模拟量输入回路。模拟量输入回路有为装置提供的工作电源的直流电源回路，以及为装置提供测量元件所需的被测设备的交流电流和交流电压（或直流信号）回路。如图1-2所示为目前微型保护装置典型的交流模拟量的输入回路，其包含电流和电压输入回路。

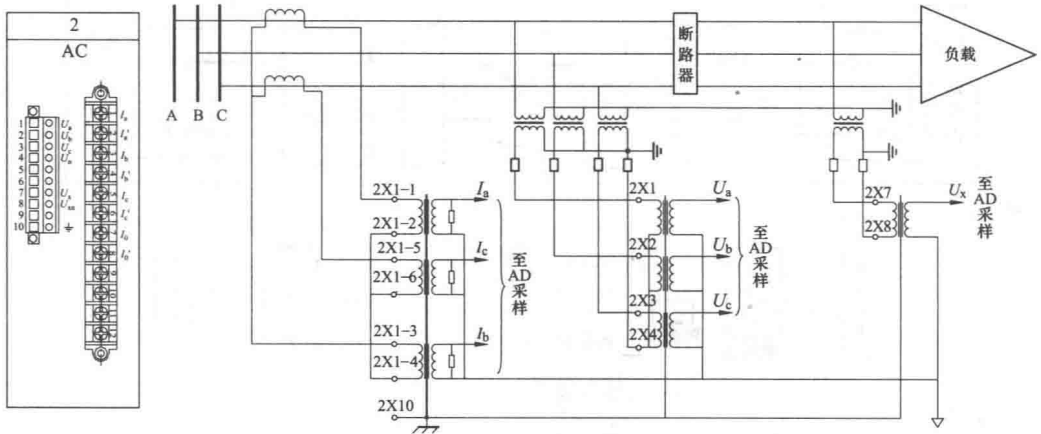


图 1-2 微机保护装置典型交流模拟量输入回路

(2) 外部开关量输入回路。外部开关量输入回路提供装置逻辑回路用外部开关量辅助判断信号等，包括本屏或者相邻屏上其他装置引入的弱电开入量信号以及从较远处电气一次设备引入的强电开入量的信号。如图 1-3 所示为微机型装置光电耦合式开入回路。

(3) 开关量输出回路。开关量输出回路提供各继电器引出的空触点，至相应的电气设备二次回路。如图 1-4 所示为微机型装置常用继电器触点输出回路。

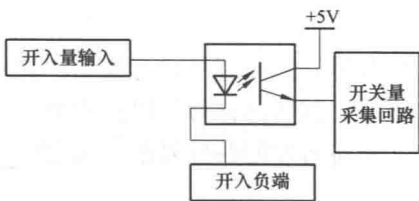


图 1-3 微机型装置光电耦合式开入回路

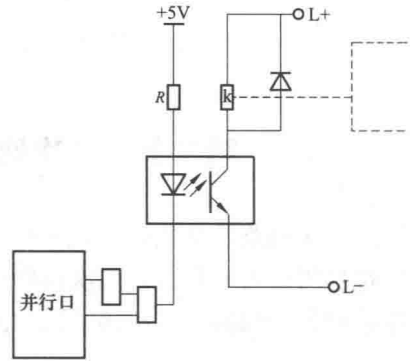


图 1-4 微机型装置常用继电器触点输出回路

(4) 纵联保护信号传输回路。纵联保护信号传输回路包括高频信号传输回路、光信传输回路等。如图 1-5 所示为光信传输回路，其中图 (a) 为专用光纤连接方式传输回路，图 (b) 为复用光纤连接方式传输回路，图 (c) 为高频信号连接方式传输回路。

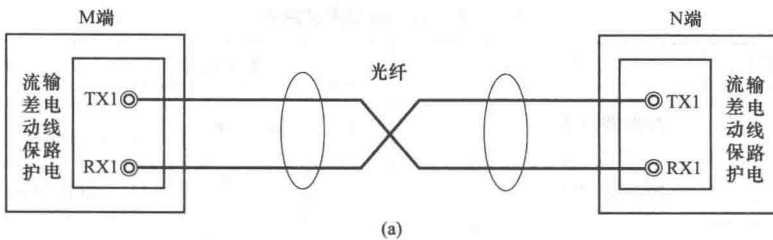


图 1-5 光信传输回路 (一)

(a) 专用光纤连接方式传输回路

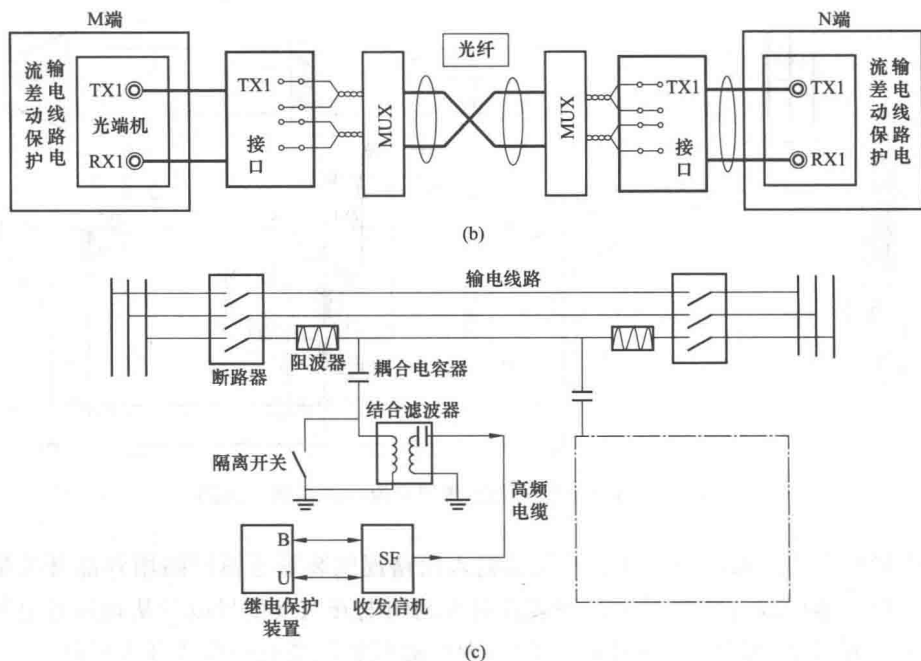


图 1-5 光信传输回路(二)

(b) 复用光纤连接方式传输回路；(c) 高频信号连接方式传输回路

第二节 二次回路的组成方法及标号原则

在绘制二次回路的接线时，必须用图形符号、文字符号、回路标号进行说明。其图形符号和文字符号用以表示和区别二次回路中的各个电气设备，其回路标号用以区别电气设备之间互相连接的各个回路。二次接线图中的图形符号、文字符号和回路标号都有国家标准和国际标准。

一、二次回路的图形符号、文字符号

1. 图形符号

图形符号用来直观地表示二次回路图中任何一个设备、元件、功能单元等，目前国内规定使用的是 2009 年 1 月 1 日开始实施的 GB/T 4728—2008《电气简图用图形符号》。常见的图形符号见表 1-1~表 1-8。

表 1-1 常见开关电器的限定符号

序号	图形符号	说明	序号	图形符号	说明
1	□	接触器功能	5	■	由内装的测量继电器或脱扣器启动的自动释放功能
2	×	断路器功能	6	▽	位置开关功能
3	—	隔离开关功能	7	◁	自动返回功能
4	○	负荷开关功能	8	○	无自动返回功能

表 1-2

其他常用符号


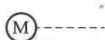

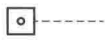










序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1		手动控制操作件	8		电动机操作
2		旋转操作	9		计数器操作
3		按动操作	10		延时动作（但运动方向从圆弧指向圆心时动作被延时）
4		储存机械能操作	11		延时动作（但运动方向从圆弧指向圆心时动作被延时）
5		电磁效应操作	12		自动复位
6		电磁器件操作，如过电流保护	13		自锁
7		热器件操作，如过电流保护	14		机械联锁

表 1-3

常用电力开关器件图形符号











序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1		开关	6		隔离开关
2		接触器（主动合触点）	7		具有中间断开位置的双向隔离开关
3		具有由内装的测量继电器或脱扣器触发的自动释放功能的接触器	8		负荷开关
4		接触器（主动断触点）	9		具有由内装的测量继电器或脱扣器触发的自动释放功能的负荷开关
5		断路器	10		自由脱扣机构

表 1-4 常见操作器件图形符号


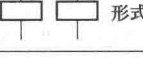
序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1	 形式1	操作器件一般符号、继电器线圈一般符号	8		缓慢吸合继电器的线圈
2	 形式2		9		快速继电器（快吸快放）的线圈
3	 形式1	具有两个独立绕组的操作器件的组合表示法	10		机械保持继电器的线圈
4	 形式2		11		
5	 形式1	背有两个独立绕组的操作器件的分立表示法	12		极化继电器的线圈。其中极性圆点（·）用以表示通过极性继电器绕组的正电流自下而上激励线圈时，动触点与标有极性圆点的静触点闭合
6	 形式2		7		

表 1-5 常见触点图形符号


序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1		动合（常开）触点 本符号也可为开关的一般符号	9		当操作器件被释放时，暂时闭合的过渡动合触点
2			10		当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点
3		动断（常闭）触点	11		当操作器件被释放时延时断开的动合触点
4		先断后合的转换触点	12		当操作器件被吸合时延时断开的动断触点
5		中间断开的双向转换触点	13		当操作器件被释放时延时闭合的动断触点
6	 形式1	先合后断的双向转换触点	14		有自动返回的动合触点
7	 形式2		8		

表 1-6 常用测量继电器的限定符号





序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1		对机壳故障电压 (故障时的机壳电位)	6		对地故障电流
2	U_{rsd}	剩余电压	7	I_N	中性线电流
3	$I \leftarrow$	反向电流	8	I_{N-N}	两个多相系统中性线之间的电流
4	I_d	差动电流	9		定时限延时特性
5	I_d/I	差动电流百分比	10		反时限延时特性

表 1-7 常用测量继电器图形符号







序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1		零电压继电器	4		延时过电流继电器
2		逆电流继电器	5		瓦斯保护器件
3		欠功率继电器	6		自动重合闸器件 自动重合闸继电器

表 1-8 常用熔断器、间隙和避雷器图形符号

序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
1		熔断器的一般符号	5		熔断器式开关
2		熔断器烧断后仍可使用, 一端用粗线表示的熔断器	6		熔断器式负荷开关
3		带机械连杆的熔断器 (撞击式熔断器)	7		火花间隙
4		具有独立报警电路的熔断器	8		避雷器

2. 文字符号

文字符号可作为限制符号与一般图形符号组合使用，成为新图形符号。按照国家标准 GB 5094.3—2005《工业系统、装置与设备以及工业产品结构原则与参照代号 第3部分：应用指南》和 DL 5028—1993《电力工程制图标准》，对常用的电气设备的代号进行编制。其一般规律是，同一设备（元件）的不同组成部分必须采用相同的文字符号。文字符号按有关电气名词的英文术语缩写而成，采用该单词的第一位字母构成文字符号，一般不超过三位字母。同一电气单元、同一电气回路中的同一种设备的编序，用阿拉伯数字表示，放在设备文字符号的前面。常见的文字符号见表 1-9、表 1-10。

表 1-9 已标准化的各类代号用单字母码

字母码	项目种类	字母码	项目种类
A	组件 部件	N	模拟集成电路
B	变换器 (从非电量到电量或相反)	P	测量设备 试验设备
C	电容器	Q	电力电路的开关
D	二进制单元 延迟器件 存储器件	R	电阻器
E	杂项	S	控制电路的开关、选择器
F	保护器件	T	变压器
G	电源、发电机	U	调制器
H	信号器件	V	电真空器件、半导体器件
J	—	W	传输通道、波导、天线
K	继电器、接触器	X	端子、插头、插座
L	电感器 电抗器	Y	电气操动的机械装置
M	电动机	Z	终端设备、混合变压器、滤波器、 均衡器、限幅器

表 1-10 已标准化的各类代号用双字母码

项目类别	器件举例	双字母码	项目类别	器件举例	双字母码
A	电桥 晶体管放大器 集成电路放大器 磁放大器 电子管放大器 印刷电路板 抽屉柜 支架盘	AB AD AJ AM AV AP AT AR	B	压力变换器 位置变换器 旋转变换器（测速发电机） 温度变换器 速度变换器	BP BQ BR BT BV

续表

项目类别	器件举例	双字母码	项目类别	器件举例	双字母码						
C	—	—	Q	断路器 电动机保护开关 隔离开关	QF						
D	—	QM									
		QS									
E	发热器件 照明灯 空气调节器	EH EL EV	R	电位器 测量分流器 热敏电阻器 压敏电阻器	RP						
		RS									
F	具有瞬时动作的限流保护器件 具有延时动作的限流保护器件 具有延时和瞬时动作的限流保护器件	FA FR FS	S	控制开关 选择开关 按钮开关 液位传感器 压力传感器 位置传感器（包括接近传感器） 转数传感器 温度传感器	RV						
		熔断器 限压保护器件			FU FV	SA SA SB SL SP SQ SR ST					
G	同步发电机、发生器 异步发电机 蓄电池 变频器	GS GA GB GF	T	电流互感器 控制电路电源用变压器 电力变压器 磁稳压器 电压互感器	TA						
					TC						
					TM						
					TS						
H	声响指示器 光指示器 指示灯	HA HL HL	U	—	—						
					V	电子管 控制电路用电源的整流器	VE				
							VC				
							W	—	—		
									X	连接片 测试插孔 插头 插座 端子板	XB
											XJ
											XP
											XS
											XT
											Y
	YB										
	YC										
	YH										
K	瞬时接触继电器 瞬时有或无继电器 交流继电器 闭锁接触继电器 双稳态继电器 接触器 极化继电器 簧片继电器 延时有或无继电器 逆流继电器	KA KA KA KL KL KM KP KR KT KR	Z	—	—						
L	—	—									
M	同步电动机 可做发电机或电动机用的 电机力矩电动机	MS MG MT									
N	—	—									
P	电流表 （脉冲）计数器 电能表 记录仪器 时钟、操作计时器 电压表	PA PC PJ PS PT PV									

二、回路标号法

二次回路接线中的各个电气设备，都按一定要求进行连接。展开图中一些数字或数字与文字的组合，称之为回路标号。回路标号按“等电位”的原则，即回路中连于一点（即等电位点）上的所有导线都标以相同的回路标号。回路标号以一定的规则反映了回路的特征，使工作人员能对该回路的用途和性质一目了然，便于二次回路缺陷查找和故障分析。