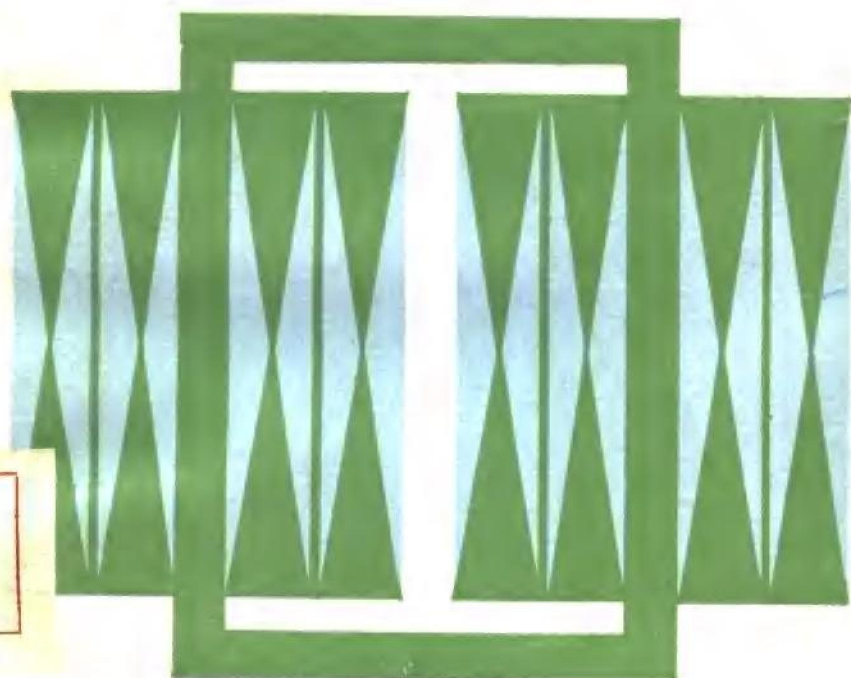


工农业变电所 的控制与保护

刘丛爱 编



山东科学技术出版社

责任编辑 原式溶 李 青

工农业变电所的控制与保护

刘从爱 编

山东科学技术出版社出版
(济南市南郊宾馆西路中段)

山东省新华书店发行
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

787×1092毫米32开本 印张287千字
1985年11月第1版 1985年11月第1次印刷
印数：1—13,800

书号 15195·175 定价 2.50元

前 言

我国的电力工业，近年来有了较大发展，中、小型工农业变电所遍及各地，正在为工农业生产的持续发展，提供着强大的能源。广大电气职工迫切需要学习和掌握继电保护与自动控制方面的专业知识，以提高生产技术水平。为此，特编写了《工农业变电所的控制与保护》一书。

本书包括电工基础知识、常用继电器、电压互感器、电流互感器、变电所控制与信号系统、输配电线路的继电保护、电力变压器和电动机保护、移相电容器的保护和自动投切装置、变电所常用自动装置和操作电源等。编写时特别注意理论联系实际，深入浅出，尽量适合电气职工学习和培训教学。对于生产现场经常遇到的一些理论和技术知识，作了较详细的阐述。另外，本书介绍了一些整定计算例题和部分电气试验方法。

本书可供中、小型工农业变电所及小型电厂职工和生产管理人员学习或作为培训教材，亦可作为中等技术学校的教学参考书，对部分工程技术人员也有参考价值。

对本书的错误和不当之处，热诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

一九八五年四月

目 录

第一章 概述	1
第二章 基础知识	14
第一节 电路分析基本知识	14
第二节 交流电路的向量分析法	17
第三节 短路电流实用计算	35
第四节 对称分量法	48
第三章 常用继电器	55
第一节 电磁型继电器	55
第二节 电磁型电流继电器	60
第三节 电磁型电压继电器	63
第四节 电磁型时间继电器	66
第五节 电磁型中间继电器	68
第六节 信号继电器	70
第七节 感应型继电器	73
第八节 反时限特性电流继电器	76
第九节 感应型功率方向继电器	81
第四章 电压互感器	88
第一节 电压互感器的基本知识	88
第二节 电力系统中性点的运行方式	97
第三节 电压互感器的接线方式	104

第四节	电压互感器型式和变比的选择	113
第五节	电压互感器额定容量的选择	120
第六节	电压互感器二次回路的断线闭锁和 断线信号装置	125
第七节	电压互感器运行中的几个问题	130
第八节	电压互感器二次回路接线图	135
第五章	电流互感器	145
第一节	电流互感器的基本知识	145
第二节	电流互感器的接线方式	153
第三节	电流互感器的二次负载	157
第四节	电流互感器的 10% 误差曲线	169
第五节	电流互感器运行中的几个问题	174
第六节	电流互感器的二次回路接线	176
第七节	电流互感器的型式	179
第六章	变电所的控制系统	185
第一节	断路器操作机构及其接线	186
第二节	断路器防跳跃装置	191
第三节	带信号的断路器控制电路	195
第四节	采用直流操作的断路器控制电路	200
第五节	采用交流操作的断路器控制电路	209
第六节	隔离开关的闭锁电路	212
第七章	变电所信号系统	217
第一节	冲击继电器	217
第二节	闪光装置	222

第三节	简易中央信号装置	224
第四节	重复动作的中央信号装置	229
第五节	交流操作电源的中央信号装置	234
第八章	输配电线路的继电保护	238
第一节	定时限过电流保护的工作原理	238
第二节	过电流保护的接线方式	240
第三节	定时限过电流保护的整定计算	252
第四节	无时限电流速断保护	258
第五节	带时限电流速断保护	263
第六节	三段式过电流保护	265
第七节	反时限过电流保护	273
第八节	电流电压连锁速断保护	277
第九节	电流电压保护的评价和应用	282
第十节	输电线路相间短路的方向电流保护	284
第十一节	小接地电流系统的单相接地保护	292
第十二节	输配电线路继电保护的装设原则	297
第九章	电力变压器和电动机保护	301
第一节	变压器的瓦斯保护	301
第二节	变压器的电流速断保护	307
第三节	变压器的差动保护	309
第四节	变压器的过电流保护	331
第五节	变压器的过负荷保护	336
第六节	变压器保护接线全图	337
第七节	电动机保护	340

第十章	移相电容器的保护和自动投切装置	353
第一节	用移相电容器进行无功补偿的有关 知识	353
第二节	移相电容器的自动保护装置	366
第三节	移相电容器组的自动投切装置	378
第十一章	变电所常用自动装置	385
第一节	备用电源自动投入装置	385
第二节	自动重合闸装置	399
第三节	自动按频率减负荷装置	411
第十二章	变电所的操作电源	420
第一节	蓄电池	420
第二节	蓄电池组直流系统	425
第三节	硅整流电容储能装置直流系统	434
第四节	复式整流装置直流系统	442
第五节	直流系统绝缘监视	452

第一章 概 述

电力工业是国民经济的重要部门，能源是社会主义经济建设重点，它对工农业生产、人民生活和社会开发有着极大的影响。电能生产具有一个鲜明的特点，其生产过程和消费过程同时进行，因为人们至今还没有找到一种大量贮存电能的好办法。因此，既要保证安全可靠地供电，又要保证电能的质量。为了达到上述要求，尽管电力系统中已经采取了多种措施，但对工农业降压变电所来说，仍有大量工作要做，仍有许多技术问题应予重视。例如，设计方案的合理性，施工安装的质量，运行维护和管理水平等等。仅就变电所的电气部分来说，既有一次回路的问题，又有二次回路的问题。本书主要是介绍二次回路方面的有关知识。为便于讨论和分析问题，先介绍以下几个基本概念。

一、变电所二次回路

变电所的电气部分分为两大类：即一次回路和二次回路。一次回路包括电力变压器、断路器、隔离开关、母线、电压互感器、电流互感器、避雷器、电力电容器和电力电缆等主要电气设备；二次回路包括各种测量表计、继电保护及自动装置、控制开关与信号设备、操作电源和控制电缆等辅助电气设备。一次回路是变电所的主体，二次回路是一次回路的

辅助，具有眼睛和哨兵的作用。二者相辅相成，缺一不可。二次回路对变电所一次回路的正常工作和安全经济运行起着十分重要的作用。

二次回路中的电气设备类型和数量比较多，装设地点分散，各个设备和元件之间均用导线或电缆连接起来，所以图纸多，安装和维护的工作量较大。按二次回路的作用，通常分为测量表计回路（简称测量回路）、继电保护和自动装置回路（简称保护回路）、开关控制和信号回路（简称控制回路）、断路器和隔离开关的电气闭锁回路、操作电源回路等。按二次回路电源的性质，可分为交流回路和直流回路两类。而交流回路又分为交流电流回路和交流电压回路；直流回路又分为操作回路和信号回路。尽管分类的着眼点不同而能分成许多类别，但在实际生产现场上却是相互交错结合在一起的，它们共同组成统一的二次回路。继电保护回路和控制回路是整个二次回路的主体。

二、二次回路接线图

二次回路接线图是用来表示二次回路各个设备和元件相互连接的电气线路图，广泛应用于变电所的设计、安装、调试、运行与维修等方面。它是从事上述各项工作人员必须熟悉的一种图纸。由于这种接线图不仅要说明电气装置的工作原理，而且要用来指导安装接线、调试和运行维修，因此对它的要求是严密而又具体的。二次回路接线图通常分为原理图、展开图和安装图三种，各有特点，各有其不同的用途。

1. 原理图（又称原理接线图）

原理图用来表明二次回路的构成原理。为了能够说明电气装置的工作原理，往往将二次回路和一次回路中的有关部分一并画出。原理图的主要特点是，二次回路中的设备以整体形式表示，而每种设备本身的电气连接图并不绘出，但与其相互联系的交流电流、交流电压和直流回路，均综合画在一起，以便对整个装置的工作原理有一个较明确的整体概念。

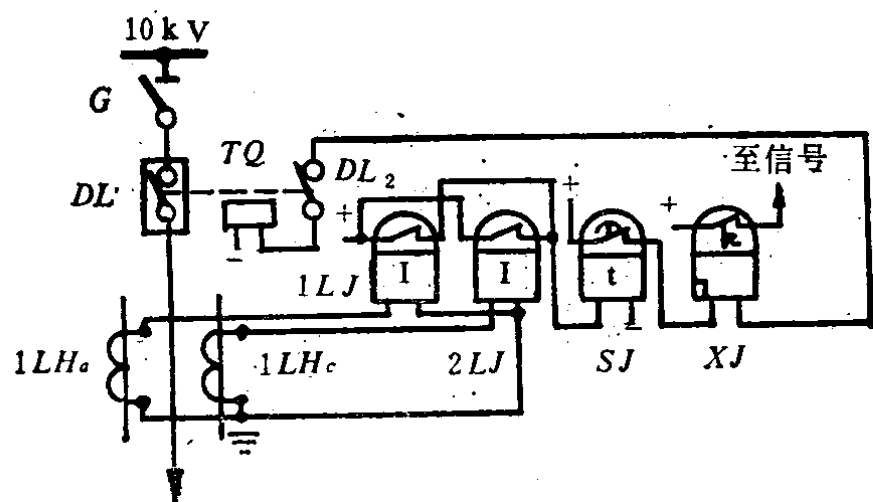


图 1—1 为 10kV 架空线路的两相式过电流保护原理图。我们以该图为例，进一步说明原理图的用途和特点。由图可知，整套保护装置由四只继电器组成，1~2LJ 为电流继电器，它的电流线圈（图中未画出）接入 A、C 两相电流互感器的二次回路中。当一次回路（10kV 线路）因发生相间短路故障而出现过电流时，电流互感器 1LHa 和 1LHc 的二次回路电流随之增大。当该电流大于 1~2LJ 的动作值时，电流继电器动作，它的常开接点闭合，将直流电源回路接通。由于直流电源电压全部加在时间继电器 SJ 的电压线圈（图

中未画出)上,于是该继电器动作,经过一定时间后,它的延时接点闭合。此时,直流电源经 SJ 延时接点、信号继电器 XJ 的电流线圈(图中未画出)、断路器的辅助接点 DL_2 和断路器的跳闸线圈 TQ 而接通。由于 XJ 和 TQ 线圈中有足够的电流通过,因此几乎同时动作,于是断路器 DL 自动跳闸,信号继电器发出相应信号。断路器完全跳闸后,它的辅助接点 DL_2 随之断开,从而将跳闸线圈回路中的电流切断,以免使该线圈因长时间通过较大电流而烧毁。

原理图的缺点是对某些细节很难表达清楚,如每条回路的详细路径,接线端子及设备内部的连接情况等。假如继电保护或自动装置比较复杂,仅用原理图表达不明白,此时需要采用另一种形式的图纸,叫展开图。

2. 展开图(又称展开接线图)

展开图主要用来表达二次回路的构成原理,但又可在生产现场用来核对二次回路接线是否正确和寻查故障,因此展开图用途较广。它的特点是把有关电气设备中的各个部分解体开来,按供电给二次回路的各个独立电源分别画出,即将每种装置的交流电流回路、交流电压回路和直流回路分开来表示。因此,属于同一种装置的不同线圈和接点,将分别画在不同的二次回路中。同时,为了避免混淆,把同一种装置或元件的线圈和接点采用相同的文字符号标出。此外,展开图画图时的排列顺序,多按装置的动作顺序由上而下、由左至右地逐行排列,所以读图和寻查回路时比较方便。

图 1—2 是图 1—1 所示线路定时限过电流保护装置的展

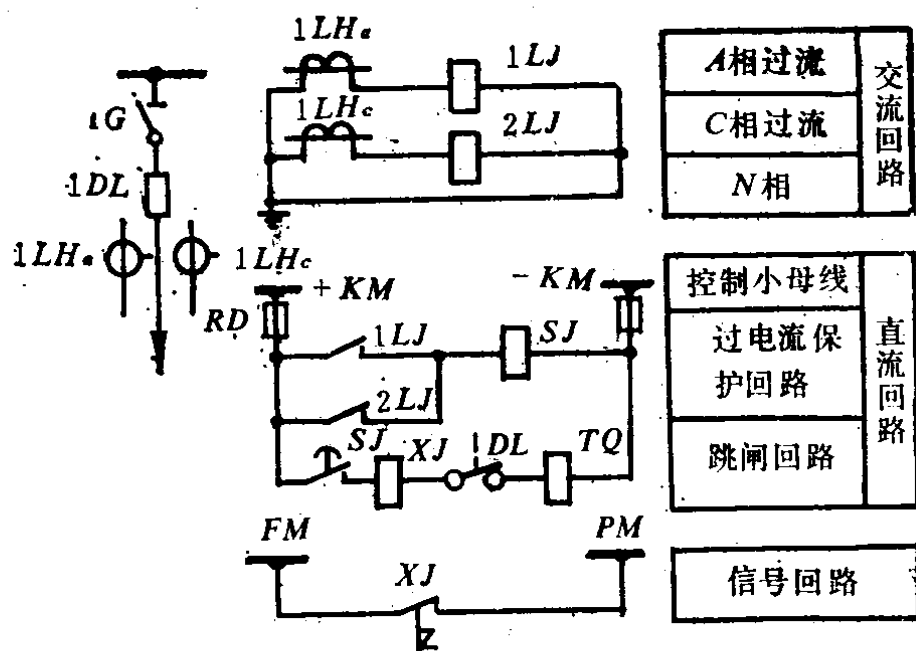


图 1—2 10kV 线路过电流保护展开图

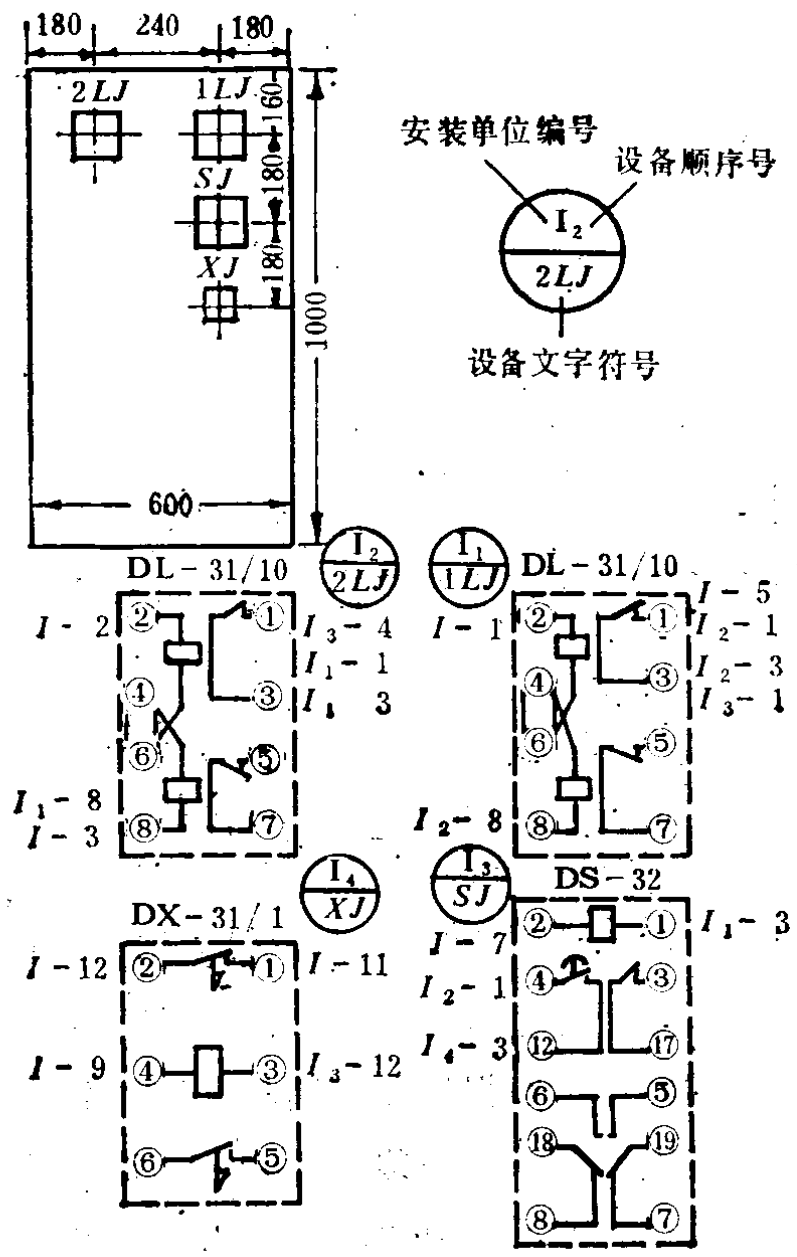
开图。左侧为一次回路接线示意图，表示一次回路中有关部分的相互位置和设备编号，右侧为展开图。交流电流回路由电流互感器 $1LH_a$ 和 $1LH_c$ 的二次绕组供电，每一相中分别串接一只电流继电器的线圈，尔后用一根公用中性线连接成不完全星形接线方式。直流回路两侧的竖线条（+KM、-KM），表示控制电源小母线的正、负极，RD 表示熔断器。直流回路中横向最上面两行为时间继电器的起动回路，第三行为跳闸回路，第四行为定时限过电流保护的信号回路。整个装置的动作过程如下：当被保护的 10 千伏线路发生相间短路时，由于线路中出现过电流而使电流继电器 1~2LJ 中的任一个或同时动作，它的常开接点闭合，直流电源电压完全加在时间继电器 SJ 的电压线圈上（第一行的 SJ 线圈）。于是，时间继电器开始起动，经整定时限后它的延时接点（第

三行的 SJ 接点) 闭合。由于断路器在合闸位置时它的常开辅助接点 (第三行中的 DL 接点) 处于闭合状态, 而信号继电器的线圈又是一个电流线圈 (第三行的 XJ 线圈), 阻抗很小, 因此直流电源电压几乎全部加在断路器跳闸线圈 TQ 上, TQ 线圈产生足够大的电磁力而使断路器自动跳闸。在跳闸过程中, 因 XJ 线圈中有电流通过, 于是信号继电器动作并掉牌, 它的常开接点 (第四行的 XJ 接点) 闭合, 从而将辅助小母线 FM 和 “掉牌未复归” 小母线 PM 接通。由于 FM 小母线与正电源相接, 而 PM 小母线经光字牌的信号灯而与负电源相接, 因此光字牌内的信号灯亮, 给运行值班人员显示出相应信号。

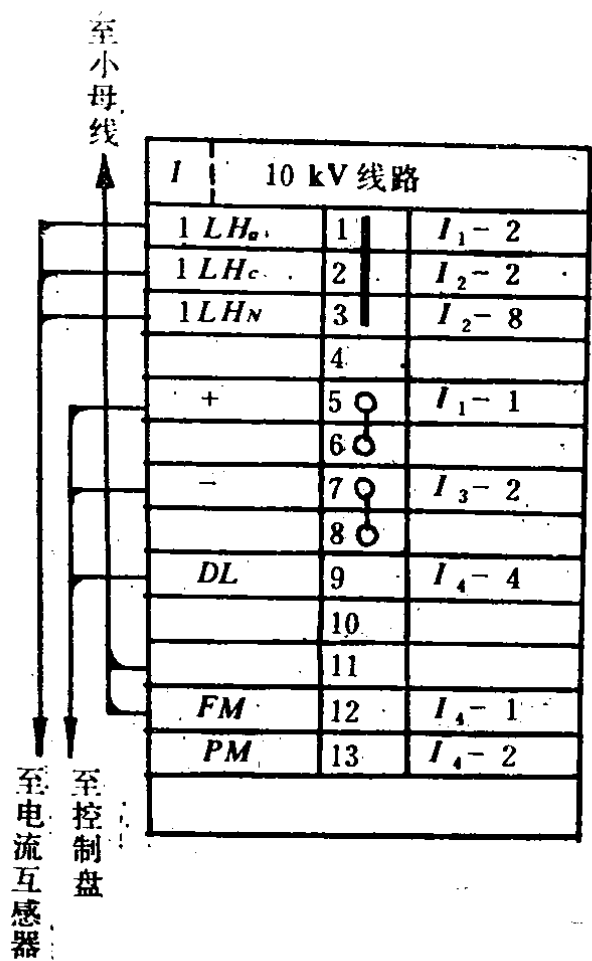
3. 安装图(又称安装接线图)

安装图是设备制造厂和变电所进行现场施工安装时用的一种图纸, 也是运行调试和检修过程中的主要参考图纸。安装图通常包括配电盘 (保护盘、控制盘等) 的盘面 (又称屏面) 布置图、盘后 (又称盘背面) 接线图和端子排图三部分, 绘图时往往把端子排图和盘后接线图画在同一张图纸上。盘面布置图用来表示各个元件在配电盘上的安装位置。因此要注明各元件相互间的距离尺寸, 要求按一定的比例尺绘制, 其尺寸均以毫米 (mm) 为单位标注。盘后接线图是进行二次配线的依据, 除了回路及元件编号必须与展开图完全对应一致外, 对各个接线端子亦应标明具体编号, 并注明该端子上的连接导线是由哪里来的, 到哪里去的。端子排图主要用来说明配电盘上的设备与盘外设备的连接关系, 也有盘内设

备经过端子排而进行连接的情况。



(a) 盘面布置及盘后接线图



(b) 端子排图

图 1—3 10kV 线路过电流
保护安装图

图 1—3 是图 1—2 的安装图。在图 1—3 (a) 中，各个接线端子的编号均采用“相对编号法”。相对编号法可以这样来解释：如果有甲、乙两个设备需用导线相互连接起来，就在甲设备端子的旁边写上乙设备的端子编号，而在乙设备端子的旁边写上甲设备的端子编号，即两个设备端子上的编号相互对应。这样，在配线时可以根据盘后接线图上的端子编号很快找到与它连接的对象。如果在

某一设备端子的旁边没有编号，则表明该端子是空着不用的；假如在某端子旁边有两个编号，则说明该端子有两个连接对象，配线时需用两根导线分别与另外两个端子相连接。例如，电流继电器 1LJ 的安装编号为 I₁，其本身端子②的编号为 I₁-2；同理，I₂-2 即表明电流继电器 2LJ 的第②号端子，I₃-4 为时间继电器 SJ 的第④号端子。图中 2LJ 的③端子旁边标有 I₁-3。说明该端子与 1LJ 的③端子相接；而 1LJ 的③端子旁边标有 I₂-3，说明该端子与 2LJ 的

③端子相接，二者完全对应一致。另外，在1LJ②端子旁边标有I—1，说明该端子与端子排的1号端子相接；而端子排的1号端子右边标有I₁—2，说明该端子与1LJ②端子相接，二者同样对应一致。其他端子的编号依此类推。安装图在读图时比较繁杂，在安装接线时需要仔细认真，否则易出差错，从而在运行时造成故障。

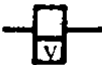
三、二次回路常用图形和文字符号

变电所二次回路图中的各种设备和元件，国家都有规定的图形符号和文字符号，以便在阅读图纸时一目了然，不致反复推敲猜测而搞不准确。由于世界各国的图形符号和文字符号均不统一，我国的二次回路图形符号和文字符号也几经变动，因此新老图纸的差别较大。本书用到的图形符号见表1—1。

表 1—1 二次接线图中常用图形符号

序号	元 件 名 称	图 形 符 号
1	继电器的一般符号	 
2	信号继电器	
3	瓦斯继电器	
4	中间继电器	
5	差动继电器	
6	继电器、接触器和操作机构的跳、合闸线圈	

(续)

序号	元 件 名 称	图形符号
7	双线圈继电器的电压线圈	
8	双线圈继电器的电流线圈	
9	继电器的动合(常开)接点	
10	继电器的动断(常闭)接点	
11	继电器延时闭合的动合(常开)接点	
12	继电器延时开启的动合(常开)接点	
13	继电器延时闭合的动断(常闭)接点	
14	继电器延时开启的动断(常闭)接点	
15	继电器延时闭合的滑动接点	
16	继电器动合(常开)保持接点	
17	自动复归按钮的动合(常开)接点	
18	自动复归按钮的动断(常闭)接点	
19	瓦斯或温度继电器的接点	
20	断路器或隔离开关的动合(常开)辅助接点	
21	断路器或隔离开关的动断(常闭)辅助接点	
22	带灭弧装置的动合(常开)接点	