

发电厂和变电所 电气设备的自动控制和信号装置

4
水利电力出版社



内 容 提 要

本书叙述的主要内容是发电厂和变电所中高压断路器的机电式自动控制与信号装置的基本知识。同时还介绍了有关二次回路、防止隔离开关误操作的闭锁装置、交直流操作电源回路的一般工作原理。对控制室的布置和运动装置的概念等方面，也作了一些简要的叙述。

本书可供发电厂和变电所中的青年电气运行工人自学用，也可供从事这方面工作的其他同志参考。

发电厂和变电所 电气设备的自动控制与信号装置

王 树 南

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂排版

天水新华印刷厂印刷

*

1975年8月北京第一版

1975年11月兰州第一次印刷

印数 00001—37213 册 每册 0.41 元

书号 15143·3115

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，经过无产阶级文化大革命和目前正在全国普遍开展的批林批孔运动，我国电力工业战线的革命和生产形势，同其他各条战线一样，也是一派大好。社会主义革命是使社会生产力发展的强大推动力。一九七四年的发电量比一九六四年增长了两倍，大容量发电机组不断投产，自动化水平日益提高。

随着批林批孔运动普及、深入、持久地开展，我国电业工人坚持党的基本路线，坚持自力更生的方针，进一步狠批了洋奴哲学、爬行主义等修正主义货色，在工业学大庆的群众运动中，总结先进经验，大搞技术革新，在各个不同的技术专业中，都取得了可喜的成就。

本书根据实践中积累的资料，对发电厂、变电所电气设备自动控制与信号装置的基础知识加以整理编写，作为本专业同志共同总结经验的一部分，可供本专业青年工人自学参考。但由于水平所限，书中缺点错误在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

在编写过程中，承上海供电局和一些电厂的许多同志提供了不少宝贵意见，在此谨致谢意。

编 者

一九七五年一月于上海

目 录

前 言

第一章 概 述	1
第一节 二次回路的基本概念	1
第二节 自动控制与信号装置在发电厂和变电所中的 应用与发展	9
第三节 实现自动控制和信号回路的基本要求	13
第四节 自动控制和信号回路的主要元件	17
第二章 高压断路器的自动控制	33
第一节 高压断路器的操作机构及其接线	33
第二节 高压断路器的防跳跃装置	45
第三节 具有一般灯光位置信号和事故音响信号的 断路器自动控制接线	50
第四节 具有灯光监视和闪光信号的断路器自动控制接线	56
第三章 信号装置	74
第一节 高压隔离开关的位置信号装置	74
第二节 指挥信号和安全信号装置	77
第三节 具有简单集中音响的事故和预报信号装置	82
第四节 具有集中灯光信号及中央解除重复动作的事故 和预报信号装置	93
第四章 防止隔离开关误操作的闭锁装置	100
第一节 机械闭锁装置	100
第二节 电气闭锁装置	102

第三节	电锁和电钥匙的运行和维护	111
第五章	操作电源回路和控制电缆	113
第一节	交、直流操作电源回路和事故照明	113
第二节	整流操作电源回路	120
第三节	直流电源绝缘监视装置	128
第四节	控制电缆与合闸电缆的选择	136
第六章	配电盘的结构与控制室的布置	141
第一节	配电盘的一般装置情况	141
第二节	配电盘的结构和盘面布置的一般要求	142
第三节	控制室的布置	147
第七章	远动装置概念	149
第一节	概 述	149
第二节	遥测系统的一般原理	157
第三节	遥控和遥信系统的一般原理	163
附 录		172

第一章 概 述

第一节 二次回路的基本概念

一、二次回路的定义及分类

现代发电厂和变电所的电气装置，通常可把它分成两类，即一次回路及二次回路。其中一次回路包括发电机、变压器、断路器、隔离开关、母线及电力电缆等主要电气设备；而二次回路则包括监视及测量用仪表、继电保护及自动装置用电器、开关控制和信号设备以及操作电源和控制电缆等一系列辅助电气设备。虽然一次设备是主体，它担负着完成电力系统发、送、变、配电的基本任务，但是，二次回路在近代发电厂和变电所中，也被人们重视起来，并把它看做电气装置的一个不可缺少的重要组成部分。因为它在保证一次设备正常工作、安全经济运行和管理等多方面起着重要的作用。

由于二次回路设备的使用范围广、元件多、安装分散，而且在元件之间都是用接线连成回路后再使用，因此，为了管理和使用上的方便，我们又把它分成几类。

目前的分类方法一般有以下两种：

1. 按二次回路电源的性质来分

(1) 交流电流回路，由电流互感器 (LH) 二次侧供电的全部回路。

(2) 交流电压回路，由电压互感器 (YH) 二次侧及三相五柱电压互感器开口三角侧供电的全部回路。

(3) 直流回路，由直流电源正极到负极，包括直流控制操作及信号等的全部回路。

2. 按二次回路的用途来分

- (1) 测量仪表回路；
- (2) 继电保护和自动装置回路；
- (3) 开关控制和信号回路；
- (4) 断路器和隔离开关的电气闭锁回路；
- (5) 操作电源回路。

上面所谈第一种分类方法的优点，主要是在二次线的安装工作中以及在运行中检查故障时查对方便，对交流和直流回路可以区别得清清楚楚；而第二种分类方法，具有进一步表达出回路的作用，并帮助说明动作原理的优点。因此，在实际生产中，上述两种分类方法一般都是结合在一起使用的。

二、二次回路接线图及其表示方法

二次回路接线图是用来表达二次回路各设备之间电气联接的图纸。因为此种图纸不仅可以用来说明原理，而且它的接线也可以画得非常具体，并可以按照各个二次设备端子上的联接顺序，逐一地把它按实际排列顺序画出来，因此在发电厂和变电所中对于此种二次回路图纸的实际应用是很广泛的。可以说是从设计、安装、运行以至调试检修各工种都需用到它。

上面已经谈过，断路器控制和信号回路是属于二次回路的一部分，因此为了以后叙述方便，在这里先来介绍一下二次回路接线图的分类及接线图中各元件符号的一般表示方法。

二次回路接线图按用途通常可分为原理图、展开图、安

装图三种:

1. 原理图 (又称原理接线图)

原理图是表示二次回路构成原理的最基本的图纸, 在图纸上所有的二次回路设备都用整体的图形表示并和一次回路画在一起, 以便能表达出一个简单明了的总概念。

图 1-1 是 10 千伏架空线路的二相定时限过电流保护原理图示例。图中继电器用整体的图形表示, 一次回路与二次回路画在一起, 其回路动作顺序是这样的: 当线路在工作中发生过电流时, 电流继电器 $5LJ$ 与 $6LJ$ 先动作, 常开接点闭合, 这样就起动了时间继电器 $7SJ$, 经过一定时限后, 时间继电器 $7SJ$ 的接点闭合, 这样就又经过信号继电器 $8XJ$, 和

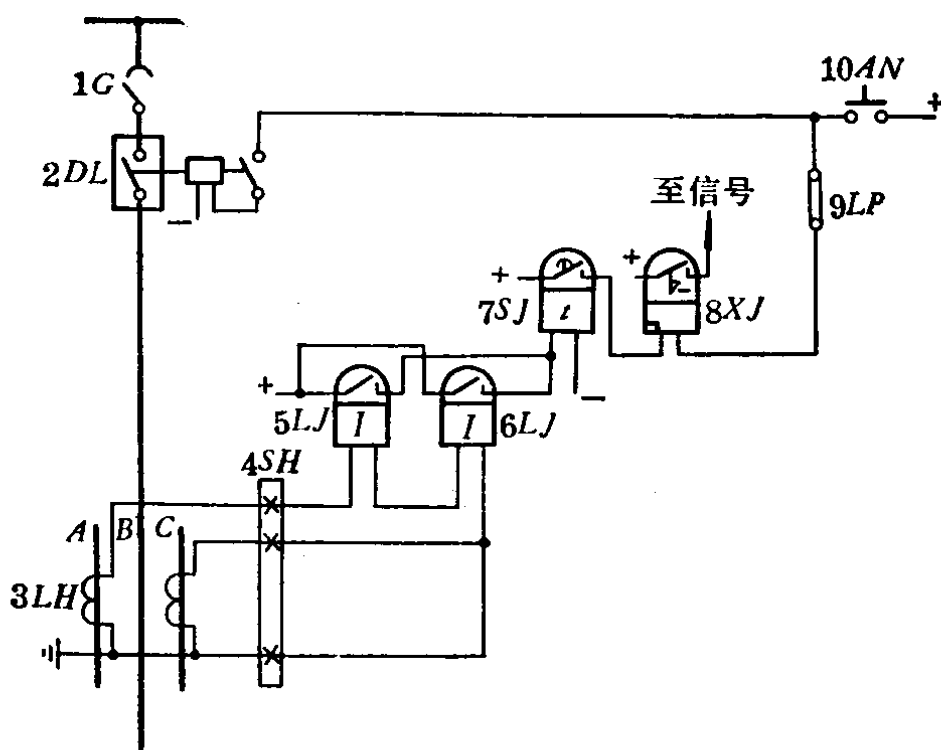


图 1-1 线路定时限过电流保护原理图

1G—隔离开关; 2DL—断路器; 3LH—电流互感器; 4SH—试验端子; 5LJ、6LJ—电流继电器(DL-11型); 7SJ—时间继电器(DS-112型); 8XJ—信号继电器(DX-11型); 9LP—连接片(Y Y1-D型); 10AN—按钮(LA-2型)

连接片 9LP 最后接通跳闸线圈，实现继电保护自动跳闸。如果线路需要停电检修，那么手动操作按钮 10AN，同样可以直接接通跳闸线圈，实现远方手动控制跳闸。

原理图虽然有上述优点，但是在图纸上对某些细节是表示得不全面的，特别是回路的详细路径、接线端子以及设备的内部接线等等，因此当装置比较复杂时，用原理图表示就不一定方便，这样就用上了另外一种图纸，即展开图。

2. 展开图（又称展开接线图）

展开图虽然也是用来表达二次回路构成的基本原理，但是与原理图的表达方式有不同的地方，它的特点是把二次回路设备展开表示，即把线圈和接点按交流电流回路、交流电压回路和直流回路为单位分开表示，同时为了避免回路的混淆，对属于同一线圈作用的接点或同一元件的端子，用相同字母代号表示。此外回路的排列还按动作次序由左到右，由上到下逐行顺序地排列着，因此回路次序明显，阅读和查对回路比原理图来得方便，所以在现场生产运行中常用作核对回路和寻查故障等用。

图 1-2 是前述线路定时限过电流保护展开图示例。我们对展开图的阅读次序，一般是先交流电流回路，后交流电压回路，最后再看直流回路。图中各元件的名称，常用适当字母代号表示，例如电流互感器用“LH”，电流继电器用“LJ”，同时对接在不同相的元件，还在符号右下角加上一个字母来表示相位。例如接在 A 相的电流互感器及电流继电器可写成“ LH_A ”及“ LJ_A ”。又为了区别同一回路的各元件，包括相同元件，则在符号前加一个数字符号，此数字符号同时也与原理图及实际安装图的元件编号相一致，例如“5LJ_A”及“6LJ_C”即表示编号 5 电流继电器接在 A 相回

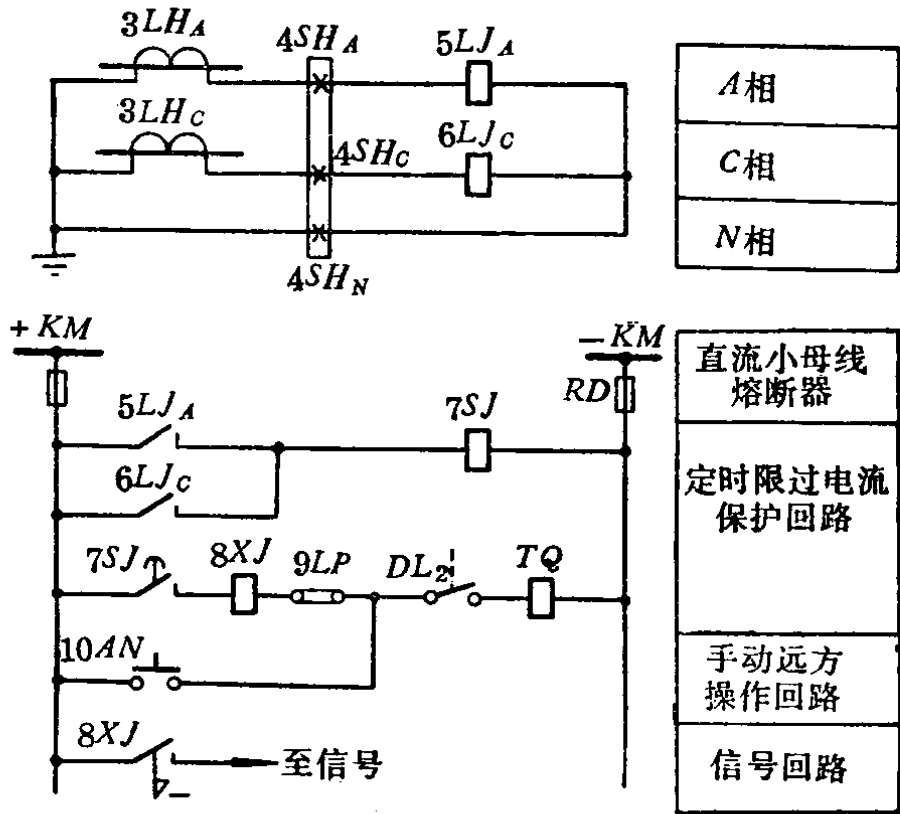


图 1-2 线路定时限过电流保护展开图

3LH—电流互感器；4SH—试验端子；5LJ、6LJ—电流继电器（DL-11型）；7SJ—时间继电器（DS-112型）；8XJ—信号继电器（DX-11型）；9LP—连接片（YY1-D型）；10AN—按钮（LA2型）；DL₂—断路器辅接点（无电常开）；TQ—跳闸线圈

路中及编号6电流继电器接在C相回路中等等。

下面我们继续阅读展开图，并先看交流电流回路，由图可见，交流回路是按A、B、C、N顺序自上向下地逐行排列着，回路的构成是由3LH_A和3LH_C分别经过4SH_A和4SH_C，接向5LJ_A和6LJ_C的线圈，然后并联起来，经过4SH_N后回到3LH_N。这里两只电流继电器线圈中所通过的电流将决定于A、C相两只电流互感器所供给的电流。

再看直流回路，直流回路的构成也有一定顺序。通常是按作用区别及动作顺序自左至右及自上向下逐行地画，并从

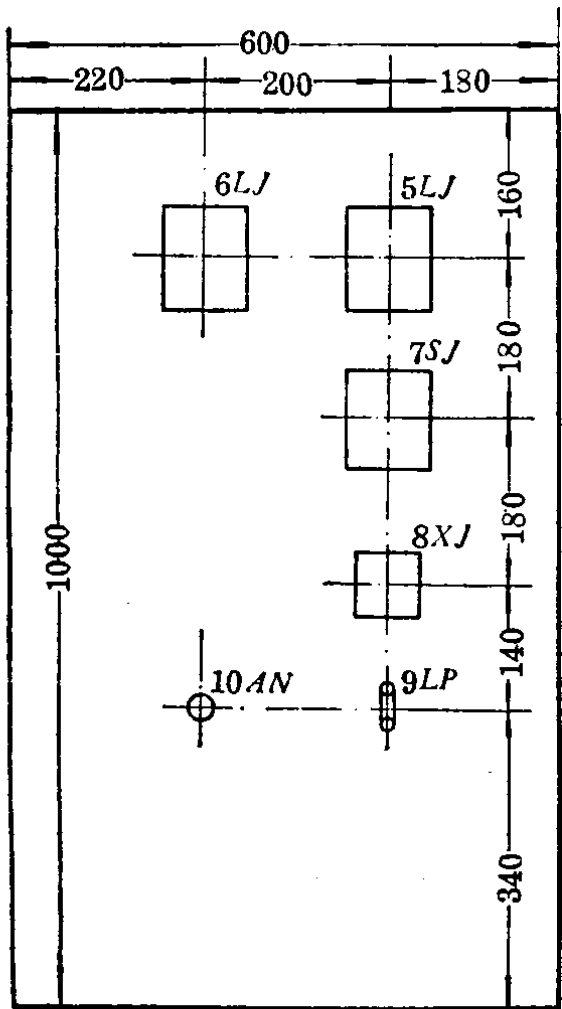
+KM (直流小母线正极) 起到 -KM (直流小母线负极) 为止, 构成一个完整的直流回路。

由图可见, 第一个直流回路是由 +KM 经 $5LJ_A$ 和 $6LJ_C$ 二个并联接点, 再经 $7SJ$ 线圈接到 -KM 构成。再由 +KM 经过 $7SJ$ 接点, $8XJ$ 线圈, $9LP$ 接向断路器辅接点 DL_2 和跳闸线圈 TQ 直至 -KM 构成第二个直流回路。此后由 +KM 经过 $10AN$ 与保护装置自动跳闸回路并联接向断路器辅接点 DL_2 构成了第三个直流回路。由图可知, 当线路由过电流引起 $5LJ_A$ 及 $6LJ_C$ 两只继电器中任何一个动作时, 都将立即起动 $7SJ$, $7SJ$ 经过一定时限后, 即动作自动跳闸, 并通过 $8XJ$ 接点发出跳闸信号, 再如果按动 $10AN$ 也可直接接通跳闸线圈 TQ 实现远方手动控制跳闸。

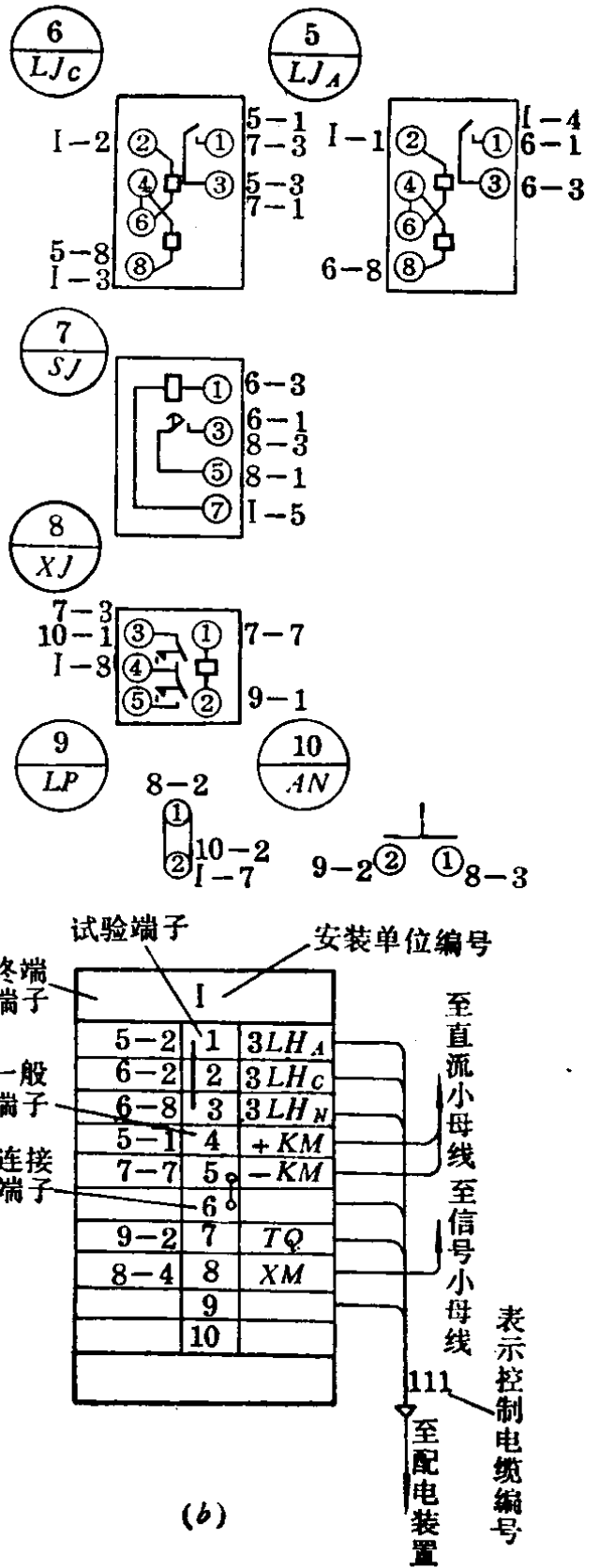
3. 安装图

此种图纸按照它的名称含义来讲也可知道是作具体二次回路施工用的, 安装图通常还包括有配电盘盘面布置图及盘后接线图二部分。盘面布置图是用来决定各元件在盘上的排列和安装位置, 因此要注有各元件相互间距离尺寸, 以便于在盘上安装设备; 而盘后接线图则是安装配线的依据, 除了回路及元件编号必须与展开图完全对应一致外, 对各接线端子 (桩头) 上也都要有更具体的端子编号, 说明端子上的接线由那里来到那里去。此外, 为了便于配电盘外的接线, 还需在端子排外引线侧, 画出至各安装单位的控制电缆去向。

图 1-3 是前面所举线路定时限过电流保护安装图示例, 图中盘面及盘后元件的编号与前述原理图及展开图全都一一对应。接线端子编号为简明起见, 采用“相对编号法”。所谓“相对编号法”可以这样来解释: 即如果有甲、乙两个设备要连接起来, 我们可在甲设备的端子上写上乙设备的端子编



(a)



(b)

图 1-3 线路定时限过电流保护安装图
(a)一盘面布置图, (b)一盘后接线图

号，同时在乙设备的该端子上又写上甲设备的端子编号，即两个端子上的编号相对应。这样在实际配线时，配线工就可根据端子上编号马上可找到与它连接的对象。因此，这种编号方法，在目前的二次回路安装接线图上，应用得也比较广泛。

现在我们按图来试读一段回路，譬如先看到Ⅰ安装单位端子排，中间接线端子共有10块，在编号端子两侧的方框即相当于具体接线端子上的号码套圈。现在先看上面几块端子排的接线，在端子排的右侧写着 $3LH_A$ ， $3LH_C$ ， $3LH_N$ 等字样，这也就是说该三个接线头是从配电装置内的电流互感器用控制电缆接来，再看端子排的左侧（即接向盘内的一侧），则可看到在方框内写着5—2，6—2，6—8等字样，也就是说此三个端子应分别接在5号元件的2端子及6号元件的2、8端子上。如果先找到5号元件的2端子及6号元件的2、8端子，则可见到上面分别写的端子符号为Ⅰ—1，Ⅰ—2，Ⅰ—3，这就告诉我们该三个端子是应接到Ⅰ号端子排上的1、2、3端子上的。

由此可见，任何两个端子之间的连线，对编号来讲是来去相对应的，这样就大大便利了配线工作，而只要图纸正确就能充分保证接线的正确无误，因此这也是近来大家都乐于采用相对编号的一个原因。

由于安装图的阅读比较繁复，因此在这里也就不再一一叙述了，读者可以参考展开图阅读顺序，逐一对照着练习下去。

三、二次接线图中常用的图形、字母代号及回路标号

1. 原理图及展开图中的常用图形

在原理图或展开图中所采用的设备及元件图形，通常都

要求它具有一定的特征，以使人们一看到图形便能联想到它所代表的特性，例如电阻与线圈、按钮与控制开关、继电器的瞬动接点与延时接点等等都应该有不同的图形，给以明显的区别。

在二次接线图中常用的图形如附录中的表1和表2所示。

2. 字母代号

为了便于阅读和记忆二次回路图纸，在设备或元件图形的上方通常还惯用元件的字母代号来加以识别。附录中的表3及表4列出了一般常用二次设备及元件和各种小母线回路的字母代号。

3. 二次回路标号

对于大中型发电厂和变电所的二次回路，由于回路比较复杂，因此，经常还在回路内加注数字标号，以便工作人员进一步区分和识别回路的工作特点，如附录中的表5及表6所示。

第二节 自动控制与信号装置在发电厂和变电所中的应用与发展

1. 自动控制和信号装置的应用

在发电厂和变电所的日常运行中，经常需要对断路器、隔离开关和接触器等电气设备进行切换操作，而其中断路器的操作又是最普遍的。对于断路器的这种操作通常是依靠专用的操作机构来完成，此种操作机构在目前应用比较多的有下面几种：

- (1) 直接手动操作机构（如CS型）；
- (2) 电磁操作机构（如CD型）；

- (3) 弹簧储能操作机构(如CT型);
- (4) 重锤式重合闸操作机构(如CZ型);
- (5) 电动机操作机构(如CJ型);
- (6) 压缩空气操作机构(如CQ型)。

利用直接手动操作机构来进行操作时,操作人员必须就在被操作设备的近旁就地用手执行。因此,这种操作机构仅能适用于小型发电厂和变电所或用户配电装置中。对于近代的发电厂和变电所则一般都专设有中央控制室(或值班室),值班人员发布合闸或切断操作命令的地点与被操作设备之间的距离往往至少有几十米,甚至几百米。因此,就需要利用电动或气动的操作机构来完成断路器的跳合闸。又对于有些发电厂和变电所,为了实现交流操作,也常采用弹簧储能操作机构或重锤式重合闸操作机构。因为利用这种机构除了可以远方控制外,还可实现重合闸或备用电源自动投入,而且无论用直流或交流电源操作都能可靠工作。

从控制室或值班室的控制盘到被控制的断路器设备之间是靠控制电缆把它联系起来的,因此,我们把由控制开关到断路器操作机构之间整个电气回路叫做控制电路。

实现开关的控制电路一般也有两种方法。第一种方法是远方手动控制,就是由值班人员在控制室或值班室中用手操作控制开关或按钮,把电脉冲传送到被控制的断路器操作机构上去。这种方法虽然由控制开关到断路器能有一定的距离,但是发出电脉冲还是依靠手动操作的,因此我们把它叫做远方手动控制。第二种方法是自动控制,即利用继电保护装置或自动装置的接点去代替控制开关或按钮的接点来发出控制电脉冲,这样当线路上继电保护装置或自动装置动作时,便能自动发出开关跳合闸控制命令而完成自动控制跳合

闸。

实现断路器自动控制的优点，除了可以自动快速隔离开事故线路或设备外，还能对已停电的线路或设备快速自动恢复供电。因此，断路器自动控制回路的完整性，经常维护工作及检修质量的好坏，对于保证电力系统的安全可靠运行及不间断发供电是有着密切关系的。

此外，在近代发电厂和变电所的控制室或值班室中所设置的各种信号装置也是非常重要的。这些信号装置从它的用途来分一般有以下几种：

- （1）位置信号；
- （2）事故信号；
- （3）预报信号；
- （4）继电保护及自动装置的动作信号；
- （5）指挥信号；
- （6）安全信号。

位置信号是用来表示由相隔一定距离进行控制的断路器和隔离开关等电气设备的通、断位置的一种信号。此种信号一般是利用装置在控制室或值班室控制盘上的信号灯或信号指示器来完成。

事故信号和预报信号通常都是将集中音响和灯光信号两种装置结合使用来实现的。当发生设备事故跳闸或正常运行的设备出现不正常运行情况时，都将发出声、光信号。这两种信号装置在大中型厂、所中也经常是把它们分开使用的，事故警报器及预告警报器的音、色具有明显的区别，以便值班人员能够迅速区别与及时处理。

继电保护及自动装置的动作信号，通常是由掉牌信号继电器来指示，当继电保护及自动装置动作时，掉牌即自动落

下给出指示，而当动作的原因被查明后，这些掉牌又都可以用手把它复置在原位。

指挥信号装置一般用于发电厂中，是传达由主控制室通向各车间的命令、与各车间值班人员取得联系用的。对于大型变电所，或另设有调相机车间的变电所，这种信号装置也同样得到应用。

此外，还有安全信号，即当发电厂发生重大事故时，负责发出全厂性的报警信号，以通知各值班人员注意安全。

归纳以上所述，信号装置起着自动报知或直接指示设备事故及不正常运行情况的作用。这样就大大地提高值班人员管理电气设备正常运行的工作效率和确保安全生产的能力范围。因此，信号装置在电业生产中也是重要的一环。

2. 自动控制和信号装置的发展

随着我国社会主义建设事业的迅速发展，发电厂和变电所容量的增加、设备的日渐扩充和电气配电装置规模的不断扩大，作为值班人员集中管理、监视和操作电气设备的控制室也就愈来愈庞大，就以目前系统上已经投入运行的变电所来讲，最大的控制室就设有100多块配电盘。至于大型发电厂的控制室就可能达200块以上，对于这样大规模的控制回路，给值班人员的运行管理就会造成一定的困难。为了改善这种情况，目前正在进行着控制回路弱电化和选线化的研究，通过试点实践，现已逐渐积累起经验。在国内制造厂中已开始有“弱电选线集中控制装置”的成套设备生产。

因此，在今后变电所的二次回路中，当技术经济指标合理时，也可考虑采用弱电选线装置。

所谓弱电化，就是以48~60伏电压代替目前一般采用的110~220伏电压，并以0.5~1安的电流代替目前5安的电流