

实用变电所二次接线

熊 森

.2

科学普及出版社

内 容 提 要

本书用通俗的语言论述了变电所二次接线的原理和特点，以及运行、检修方面的技术问题，并从总结实践经验入手，提出了在运行中常遇到的问题和解决方法；从标准二次接线谈起，结合分析变电所容易出现的故障情况，解决实际问题，使读者了解和掌握变电所二次接线的规律。书中介绍了一些行之有效的二次接线的改进接线或简化接线，以使读者加以对比，触类旁通，更有利于掌握二次接线；书中还介绍了利用气相色谱分析方法鉴定变压器潜伏性故障的原理和变电所的主要故障类型及其处理方法，以及倒闸操作等运行常识，可供读者参考。

本书是一本通俗介绍二次接线原理和运行问题的实用书籍。

实用变电所二次接线

熊 森

责任编辑：高宝成

封面设计：王序德

*

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
河北保定科技印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：6 字数：128千字

1984年6月第1版 1984年6月第1次印刷

印数：1—31,900册 定价：0.58元

统一书号：15051·1096 本社书号：0785

前 言

在实现四个现代化的新长征中，迅速发展电力工业是一项迫切任务。电能是电力工业的产品，而电能生产的最大特点是连续性，一时一刻也不能中断。要保证电能连续生产，二次接线占有特殊的地位。它是实现安全、可靠、优质、经济的生产和输配电能的重要组成部分，而且随着电力系统容量的增大和自动化水平的提高，二次接线将起越来越重要的作用。但是，二次接线不是直观的，而且，在电力系统中往往又是不被重视的环节。此书的编写，正是为了帮助各地在供、用电部门变电所中从事电气运行和检修工作的工人及技术人员熟悉掌握二次接线的规律，保证电能的安全生产。

书中主要论述变电所的二次接线原理及运行检修方面的技术问题；介绍变电所二次接线的特点；总结在运行中常遇到的一些故障问题，并结合对变电所容易出现的故障情况分析，介绍解决实际问题的方法，使广大读者了解和掌握变电所二次接线的规律，以保证安全生产。

本书还择优介绍一些行之有效的二次接线的改进接线或简化接线，以及利用气相色谱分析方法鉴定变压器潜伏性故障的原理和变电所的主要故障类型及其处理方法，还有倒闸操作等运行常识，以供读者参考。

由于作者水平有限，书中缺点和错误可能不少，恳请广大读者批评指正。

作 者

一九八三年夏

目 录

前 言

第一章 二次接线概述	1
第一节 二次接线的基本概念	1
第二节 二次接线的图纸分类	3
第二章 开关设备的控制信号回路及运行中的问题	25
第一节 概述	25
第二节 断路器的控制回路	28
第三节 与断路器分合闸相关联的问题	41
第四节 操动机构与断路器控制回路的关系	47
第五节 隔离开关控制回路	57
第六节 隔离开关的闭锁接线和电磁锁	59
第七节 运行中应注意的问题	61
第三章 变电所的信号回路	65
第一节 中央信号系统的构成	65
第二节 继电保护和自动装置动作信号	77
第三节 运行中应注意的问题	80
第四章 电流互感器和电压互感器的二次接线	82
第一节 电流互感器	82
第二节 电压互感器	87
第三节 变电所的绝缘监视	91
第四节 运行中应注意的问题	99
第五章 自动按周波减负荷装置 (ZPJH)	107
第一节 负荷与周波的关系	107
第二节 电力系统静态频率特性	119

第三节	电力系统的动态频率特性	114
第四节	自动按周波减负荷装置的几个技术问题	115
第五节	自动按周波减负荷装置的动作原理	119
第六节	运行中应注意的问题	124
第六章	备用电源自动投入装置 (BZT)	126
第一节	概述	126
第二节	对备用电源自动投入装置的要求	130
第三节	备用电源自动投入装置的接线和原理	132
第四节	晶体管备用电源自动投入装置	135
第五节	运行中应注意的问题	141
第七章	自动重合闸装置 (ZCH)	144
第一节	对自动重合闸的技术要求	145
第二节	电容式重合闸的动作原理	147
第三节	晶体管三相一次自动重合闸	152
第四节	运行中应注意的问题	155
第八章	变电所的运行与操作	158
第一节	对电气值班人员的技术要求	159
第二节	变压器的运行及异常情况	161
第三节	变压器油的气相色谱分析	168
第四节	变电所最常见的操作	171
第五节	变电所的常见事故处理	176

第一章 二次接线概述

二次接线作为一个技术分类来说，理论和实践性都很强，内容非常丰富。它是电气设备的重要组成部分，与电气设备的运行有着十分密切的关系。如果我们从二次接线的整体入手，掌握二次接线各个部分的原理和解决运行中容易出现的问题，那么就能使二次接线在保证安全供电上，发挥出最大的作用。

第一节 二次接线的基本概念

我们生活中使用的电能来自于发电厂。由发电厂、变电所、电力线路及电能用户组成统一的电力系统。

在电力系统中，由变电所和各种不同电压等级的送电线路连接起来的部分，叫做电力网络。它的作用是把电能从电源送到用户。在电力网络中，变电所是中心环节，是主要部分。

变电所是由若干电气设备构成的。

变电所的电气设备可以分为一次设备和二次设备两大类。

直接生产、输送和分配电能的设备称为一次设备。在变电所中，属于一次设备的有变压器、断路器、隔离开关、母线、电力电缆和输电线路等。

对一次设备的工作进行控制、保护、监察和测量的设备称为二次设备。在变电所中的二次设备是指测量表计、控制

及信号器具、继电保护装置、自动装置、远动装置等。根据测量、控制、保护和信号显示的要求，表示二次设备互相连接关系的电路，称为二次回路，又叫做二次接线。

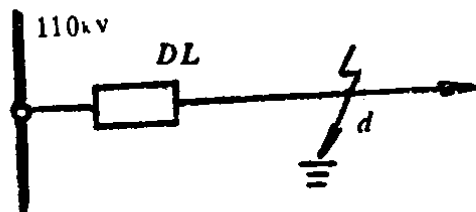


图 1-1 输电线路
接地短路示意图

在变电所中，虽然一次接线是主体，但要确保安全供电和投切电气设备，则要通过二次接线。一次接线和二次接线的关系可以用一个简单的例子来说明，见图1-1。DL是变电

所一条输电线路的断路器；d是发生接地短路的故障点。

断路器DL属于一次接线的设备。当这条输电线路送电时，DL手动合闸；当线路出现短路故障时，则DL应自动跳闸；当输电线路正常工作时，则要经常监视负荷电流。

要实现上述功能，断路器DL必须装设一套控制它跳、合闸的设备；但这还不够，断路器还应配备相应的继电保护装置以实现自动切除故障；装设电流表以监视输电线的负荷电流。

控制回路、继电保护装置和电流表是属于二次接线设备。

由此可见，为了保证断路器DL的正常运行和具备自动切除故障的功能，必须配以相应的二次接线设备。否则，输电线路是无法投入运行的。这就是一次接线和二次接线相互依存的关系。

需要指出的是：变电所的自动装置和继电保护都属于二次接线的范畴，但在习惯上，却往往把它们单独看待。

变电所的自动装置最常用的有：按周波自动减负荷装置(ZPJH)，备用电源自动投入装置(BZT)和自动重合闸装置(ZCH)。这些将在后面分别介绍。

变电所的继电保护内容很多，自成一个体系，已有许多专门书籍论及，本书就不介绍了。

第二节 二次接线的图纸分类

变电所二次设备互相之间的关系和电气联系不是直观的，很难从设备外部看出它们的关系。二次设备之间的相互联系，一般是用二次接线的图纸来表示的。

在安装变电所的二次设备时，需根据二次接线图来接线；当运行试验时，则需根据二次接线图来查线。二次接线图纸是运行、维护变电所二次设备的重要工具。要学习二次接线，首先要能看懂二次接线的图纸。

二次接线图纸一般分为原理接线图、展开接线图和安装接线图三种。对于继电保护，三种图都要有；而控制和测量回路一般只画展开接线图和安装接线图。

一、原理接线图

表示继电保护、测量仪表和自动装置工作原理的一种二次接线图。它以元件的整体形式表示二次设备间的电气联系。通常是对各个一次设备分别画出，并且和一次接线的有关部分综合在一起。例如，图1-2是35千伏线路保护原理图。从图中可以看出，电流互感器是连接成不完全星形接线。它的保护分为两个部分：电流速断和过电流保护。

电流速断保护：

由电流继电器1LJ、2LJ、中间继电器ZJ、信号继电器1XJ、压板1LP构成。

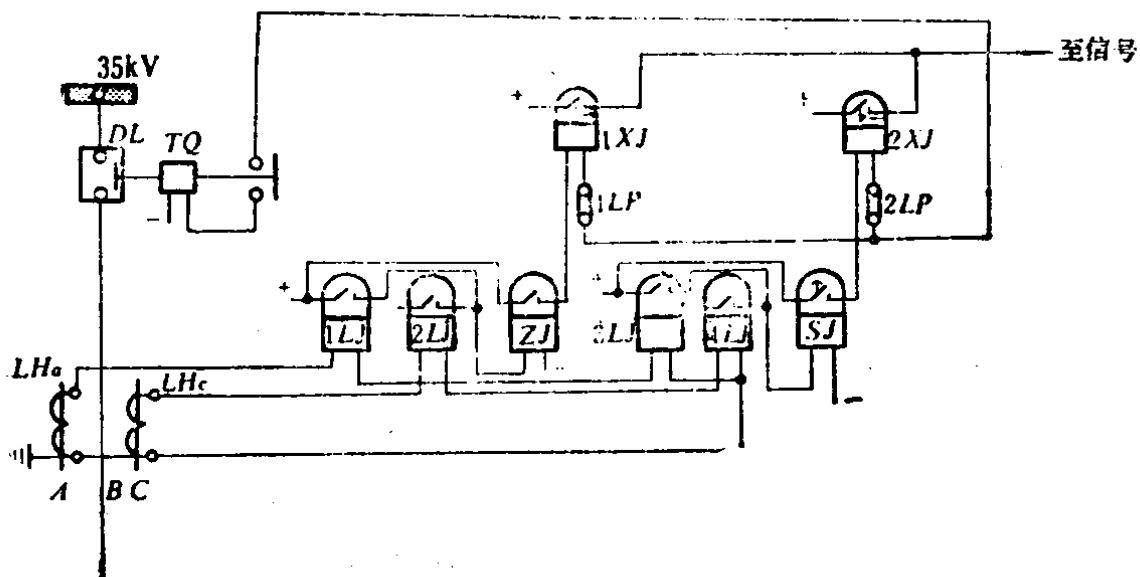


图 1-2 35千伏线路保护原理图

过电流保护：

由电流继电器3LJ、4LJ、时间继电器SJ、信号继电器2XJ、压板2LP构成。

正常时，由于流过电流互感器的电流小于电流继电器的整定值，继电器不动作。

在短路时，设：

1. **故障发生在速断保护范围内** 这时1LJ和2LJ动作。由于速断的整定值比过流的大得多，3LJ和4LJ早已动作。直流操作正电源经1LJ和2LJ的常开接点，起动中间继电器ZJ，ZJ的常开接点起动信号继电器1XJ，同时经过压板1LP、断路器DL的跳闸线圈TQ至操作负电源。1XJ起动后，常开接点接通信号回路，发出断路器跳闸的光字牌信号。跳闸线圈TQ带电后，使断路器跳闸，切除故障。

从上述动作过程可以看出，中间继电器ZJ带电后，立即使TQ带电，发出跳闸脉冲，因没有经过延时，故称为瞬

时速断保护。

2.故障发生在过流保护范围 这时，3LJ、4LJ动作，1LJ和2LJ不动作。操作正电源经3LJ和4LJ的常开接点，起动时间继电器SJ、SJ经过整定的延时后，延时常开接点闭合，起动信号继电器2XJ，并发出跳闸脉冲。

为了实现与上一级之间的时限配合，过流保护的跳闸脉冲都是在线路发生短路后，经过一定的延时才发出的。

压板1LP和2LP是投入或切除速断和过流保护用的。1LP在打开位置，速断保护切除，线路只有过电流保护；2LP在打开位置，过电流保护切除，线路只有速断保护。

看原理接线图的要领：

1.电源的通路 操作正、负电源以哪些继电器的接点和线圈为通路，一步一步地走通，并用铅笔标出流通方向，以便于分析。

2.继电器的起动顺序 哪些继电器先起动，哪些继电器后起动，弄通它们之间的关系。

3.信号继电器回路 要弄清发信号的地方，有时只在一个地方发信号，有时需要几个地方同时发信号。

4.闭锁回路 有时保护起动后，需要闭锁其它回路。要弄清闭锁什么回路，怎样闭锁。这个问题，在看原理接线图时，往往容易忽略，应引起注意。在图1-2中，因没有闭锁回路，故未表示。但有许多原理图是有闭锁关系的，在看图时要特别留意。

原理接线图的应用范围：

原理接线图主要供设计和制造部门使用，而运行、安装、调试人员用得不多。设计院提供的施工图中，控制部分一般没有原理接线图；比较复杂的保护，比如整流型距离保

护、高频保护等，才提供原理接线图

原理接线图的特点：

原理接线图比较形象和直观，能清楚地看出某个一次电气设备上装有什么继电保护及其如何构成和动作。它容易表现出各元件的整体特点和它们相互连接情况，给人一个完整的概念，便于研究和分析其工作原理。

原理接线图的应用也有其局限性。在一些比较复杂的装置中，例如适用于220千伏系统的三段式整流型距离保护、综合重合闸等，如果仍用原理接线图的方式表示，由于连接线很多，阅读起来非常困难，而且，原理接线图上没有回路标号，图上的错漏难于发现和寻找。在这些场合，原理接线图就无能为力了，只有借助于展开接线图。

二、展开接线图

展开接线图简称展开图。它不是就整个元件而是以电路的种类集中。在展开图上的仪表、继电器等各组成部分，分别表示在对应电路的展开图内。例如，电流线圈绘制在电流回路的展开图内；电压线圈绘制在电压回路的展开图内；而直流继电器和其它电器的线圈和一些接点，以及断路器的跳、合闸线圈，则绘制在直流回路的展开图内。

在同一展开图内，仪表和电器的对应组成部分，按电流通过的方向顺序连接构成各自回路。在同一回路里，继电器的线圈和接点按照电流通过的顺序依次连接成行。各行的排列又按元件动作的先后次序从上到下垂直排列。各行的右面还用文字说明回路的名称。这样全图从左到右，从上到下，层次清楚，动作先后次序分明，使人看起来一目了然。展开

图中各行还根据等电位原则，进行编号。由于展开图中有回路编号，故便于查找和校对。同时，可以根据回路编号和展

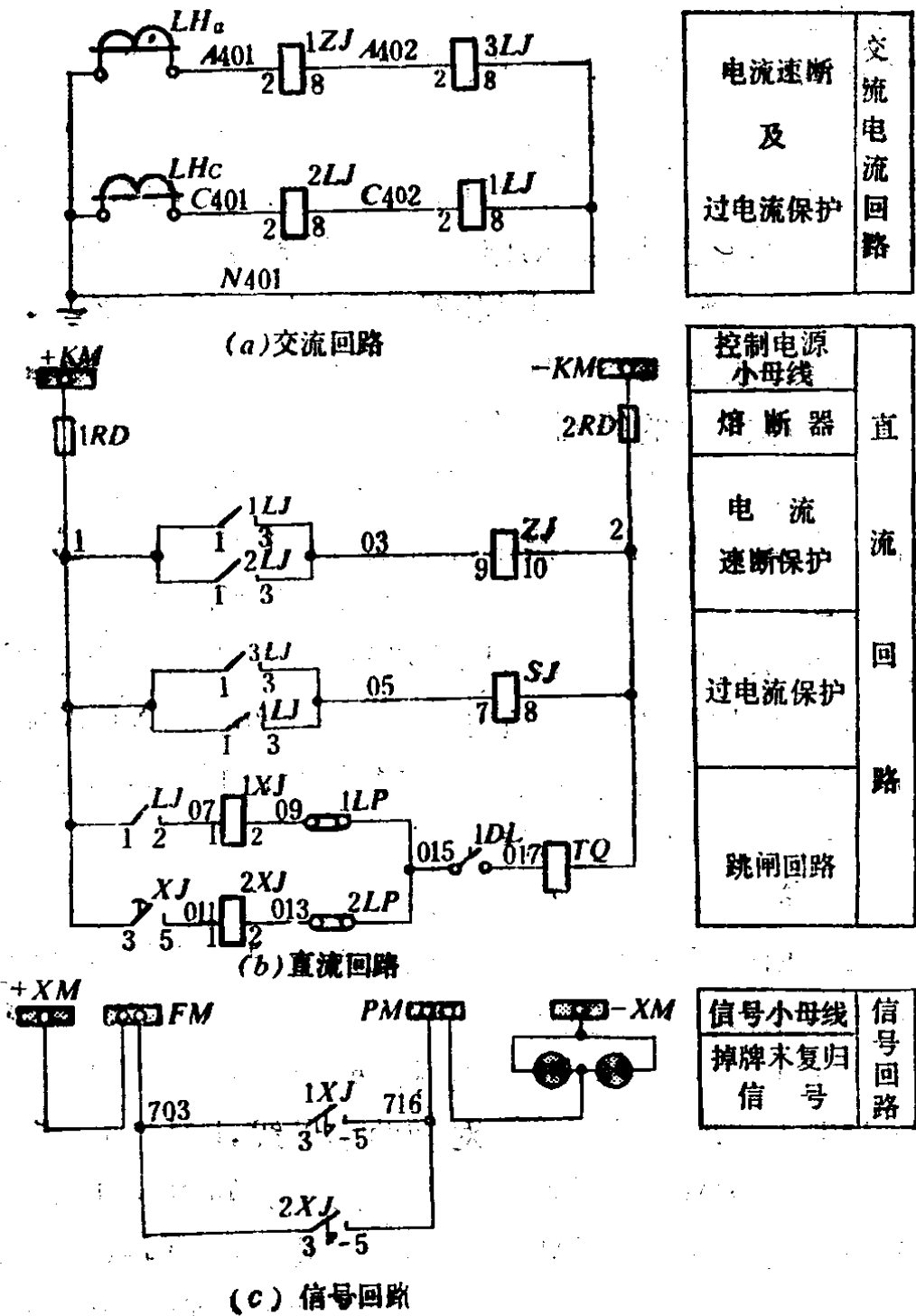


图 1-3 35kV 线路保护回路展开图

开图的连接关系绘制端子排图和安装接线图。

图1-3为35千伏线路保护回路展开图。图1-3(a)是交流电流回路。在电流互感器LHa和LHc的次级线圈电流回路接入相应的电流继电器1LJ~4LJ的线圈。

图1-3(b)是直流回路。直流操作电源由直流屏上直流馈线引出，构成操作电源的正电源小母线(+KM)，负电源小母线(-KM)，经熔断器1RD, 2RD引下，所有回路分列于正、负电源之间，其动作顺序从左到右，从上到下。第一横行表示，电流继电器1LJ和2LJ动作后，1LJ和2LJ的常开接点闭合，正电源经过1LJ、2LJ的闭合后的常开接点，通过中间继电器ZJ的线圈到负电源，ZJ励磁，ZJ的常开接点闭合。ZJ的常开接点在第三行。对于第三行来说，这时断路器在合闸状态，断路器常开辅助接点1DL在闭合位置，这时只要ZJ常开接点闭合，正电源即可经过ZJ常开接点→信号继电器1XJ线圈→压板1LP→断路器常开辅助接点1DL→断路器跳闸线圈TQ到达负电源。信号继电器1XJ和跳闸线圈TQ均励磁。TQ励磁后，断路器跳闸；1XJ动作后，接通信号回路，发出相应的信号。

以上就是速断保护动作过程。

第二行和第三行另一支路是过电流保护，其动作过程与上面分析的相似，不再重述。

图1-4(c)是信号回路，由“掉牌未复归”光字牌小母线FM和PM引下。FM和PM是一对辅助小母线，FM接于信号正电源(+XM)，PM经“掉牌未复归”光字牌的两只并联灯泡后接至信号负电源(-XM)。当信号继电器1XJ或2XJ的常开接点闭合后，回路接通，点亮“掉牌未复归”光字牌。

这里所谓掉牌是指信号继电器1XJ、2XJ动作后，在

继电器内有一个机械牌子落下，使它的常开接点保持在闭合位置，而与信号继电器的线圈是否带电无关。只有运行人员用手把它恢复到原来位置，信号继电器的常开接点才断开，熄灭“掉牌未复归”光字牌。这样做的目的是告诉运行人员故障发生在哪一条线路。处理完故障后，还要记住手动复归信号继电器，如果忘记复归，“掉牌未复归”光字牌就一直点亮，直至手动复归为止。

看展开图的要领：

1. 根据展开图右侧文字说明，从上到下，一个回路一个回路地看通。有时性质不同的回路是交错画在一起的，就要跳过无关的回路，找到有关系的回路。在整张展开图中，把与这个回路有关联的所有回路都找到。例如，合闸回路，有手动合闸，还有重合闸合闸，或者是备用电源自动投入合闸；跳闸回路，有手动跳闸，还有继电保护跳闸，保护跳闸又分若干种，一般说来是本断路器保护动作跳闸。还可能是母线差动保护跳闸，或者是断路器失灵保护动作跳闸，或者是联动跳闸等。

2. 在看每个具体回路时，要先找到继电器线圈的起动回路，然后寻找该继电器的接点回路。一个继电器接点回路往往是有好几对常开接点或常闭接点，所有与该继电器有关的接点回路都要找全。一个回路一个回路地找下去，一个继电器一个继电器地走通。

展开图的特点：

在展开图中，表示出了线圈和电器的端子号，即图中各元件旁的数字号码；还表示了连接导线的回路编号，即图中各段连接线上方的文字和数字号码。同时，在展开图的右侧有文字说明元件的用途，有时还在图上画出主令电器如按钮

或转换开关的接点位置图表。此外，为了表明该展开图与一次设备的关系，有时还在展开图中单独示出一次设备接线。

展开图的应用范围：

由于展开图把直流回路和交流回路分开来表示，看起来非常清晰。回路又根据规定的原则编号，从编号就能了解回路的用途和进行正确的连接。这些特点，使得展开图比原理图有更为广泛的用途。它不但便于安装施工和接线，在正常运行时，查线、维护和检修同样离不开它。因此，不论是变电所的运行值班人员还是安装队的接线工，都要学会看展开图，并且要熟练地掌握。

特别是变电所的调试人员和值班人员，更要加倍熟悉展开图，对它做到了如指掌。这样，在设备出问题或是变电所发生故障时，才能迅速地找到问题所在，正确判断故障和处理事故，使变电所尽快恢复正常运行。

三、安 装 接 线 图

它是制造厂加工制造变电所的控制屏、继电保护屏和现场施工安装接线所依据的主要图纸，也是变电所建成投入运行后，正常的维护、试验、检修的主要参考图。

在安装接线图中，各种仪表、继电器以及连接导线和端子排，都是按照它们的实际图形、位置和连接关系绘制的。为了便于安装接线和运行中检查，所有设备的端子和导线都加上走向标志。

二次接线安装接线图一般分为两类。一类是屏背面接线图；一类是变压器、断路器、隔离开关的二次线安装图。

屏背面接线图：根据屏面布置图、展开图和端子排图

绘制。

变压器、断路器、隔离开关二次线安装图：根据制造厂附来的变压器、断路器、隔离开关的端子箱或控制箱接线图和相应的端子排图绘制。

展开图前面已作介绍，现在来谈屏面布置图和端子排图。

(一) 屏面布置图

用于变电所的屏的类型主要有：

1. **直立屏** 变电所的控制屏、继电保护屏、远动屏、电度表屏等都用这种直立屏，型号为PK-1、尺寸是：高2,360mm，深550mm，宽分为800mm和600mm两种，其中800mm应用最多。

2. **直流屏** 型号是BZ，外型尺寸与PK-1屏相同。

3. **同期小屏** 型号是PT，高600mm，宽400mm。根据需要可以左右各转90°。它专为同期表计用。同期小屏一般只用于发电厂和枢纽变电站。

屏面布置图就是指上述几种屏的布置图。

(二) 端子排图

表示屏后端子与屏外设备联系的图就是端子排图。

一般控制屏和保护屏的端子排是垂直布置，分列于屏左右两侧。

端子按用途可以分以下几种类型：

一般端子B₁-1型，用于连接屏内、外导线。

试验端子B₁-2型，用于需要接入试验仪表的电流回路中。

连接型试验端子B₁-3型,用于在端子需要彼此连接的
电流试验回路中。

连接端子B₁-4型,连接端子用。

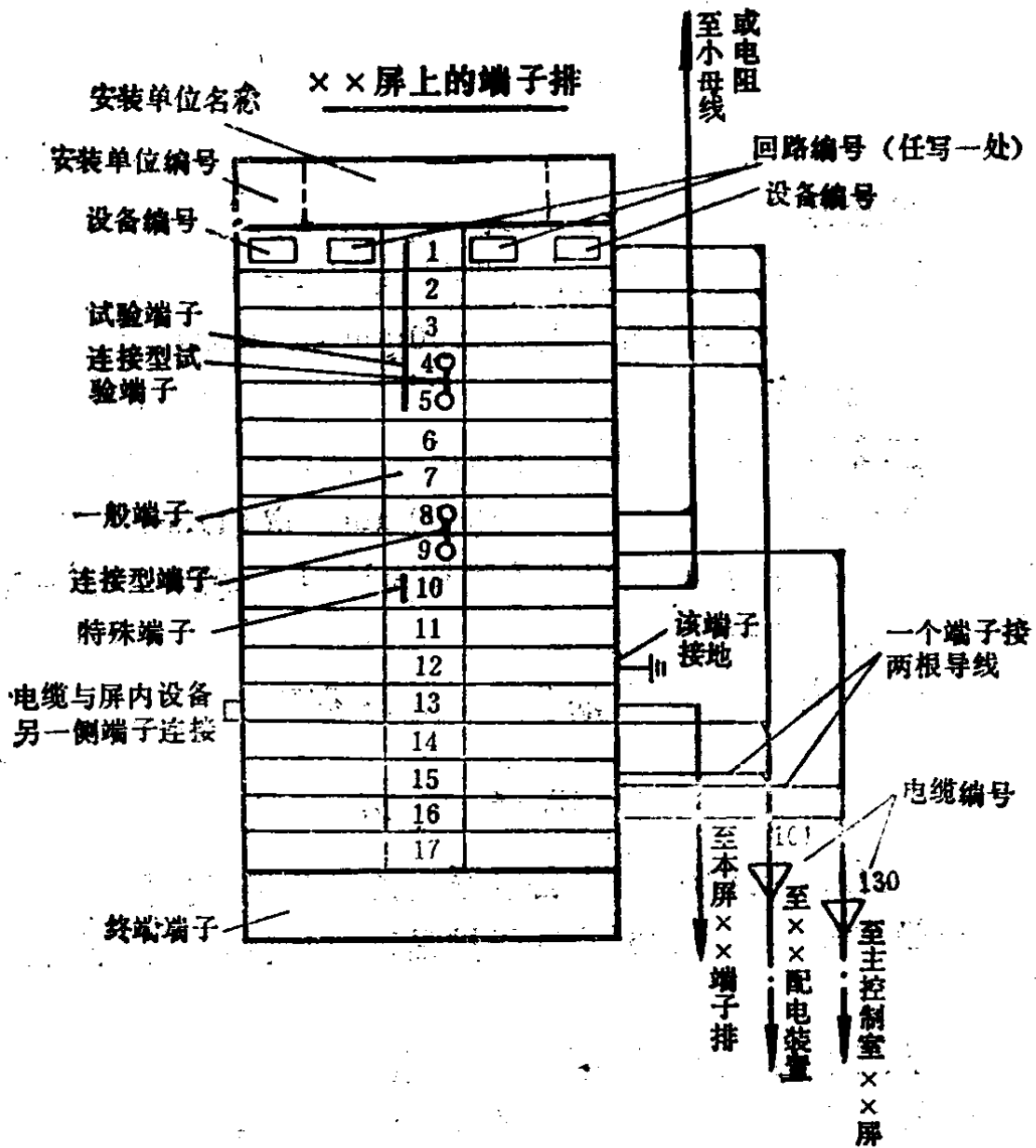


图 1-4 端子排表示方法