

电气二次回路 及其故障分析

DIANQI
ERCI
HUILU
JIQI
GUZHANG
FENXI

史国生 主编



化学工业出版社

电气二次回路 及其故障分析

DIANQI
ERCI
HUI LU
JI QI
GUZHANG
FENXI



www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

销售分类建议：电气工程

ISBN 978-7-122-05495-



9 787122 054951 >

定价：25.00元

电气二次回路 及其故障分析

DIANQI
ERCI
HUI LU
JI QI
GUZHANG
FENXI

史国生 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分七章，主要内容包括电气二次回路概述、互感器二次回路、断路器控制回路、变压器保护的二次回路、母线差动及失灵保护的二次回路、中央信号及其他信号系统、二次回路操作电源系统。

全书内容理论联系实际，由浅入深，通俗易懂，图文并茂，可供从事电气二次回路运行、检修的电工及厂矿企业、电力系统电工和农村电工阅读，也可供电力系统及其自动化和电气技术专业的大、中专学生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气二次回路及其故障分析/史国生主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6.

ISBN 978-7-122-05495-1

I. 电… II. 史… III. 二次系统-基本知识
IV. TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 065571 号

责任编辑: 廉 静 王丽娜
责任校对: 蒋 宇

文字编辑: 徐卿华
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

720mm×1000mm 1/16 印张 9/34 字数 175 千字 2009 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

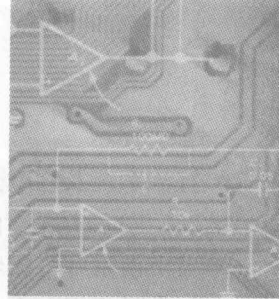
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究



前 言

FOREWORDS

电力工业的任务是安全、可靠、方便、优质、经济地向社会输送电能，满足国民经济和人民生活的需要，它是现代社会不可或缺的公用事业，是国民经济发展战略中的重点和先行产业。电力工业中用于发电、变电、输电、配电、用电的系统称为电力系统。发电、变电、输电、配电、用电等主设备构成电力系统的主系统，也称一次系统；用于测量、监视、控制、继电保护、安全自动装置、通信以及各种自动化系统等用于保证主系统安全、可靠、稳定运行的设备称为二次设备，由二次设备构成的系统称为辅助系统，也称为二次系统，或叫二次回路。

电气二次回路是发电厂、变配电所安全生产、运行维护的重要组成部分，对电力系统安全、可靠运行有着极其重要的作用。实践证明，技术先进的电气二次回路对电气一次系统进行监测、报警、控制、保护，是快速、准确、可靠地预报和切除故障，使电气一次系统安全、可靠、经济运行的重要保证。

发电厂、变配电所的二次回路内容相当广泛，它包括互感器二次电路、控制系统、信号系统、测量系统、同步系统、保护系统、直流系统等。而在技术领域方面，二次回路在近几十年发生了较大变化，如发电厂、变电所的控制，由最初的单一强电控制发展到今天的强电、弱电、计算机控制多种控制方式并存，其中的控制开关由原来的多触点的万能开关，逐步被结构简单的控制开关或切换开关代替。发电厂、变电所的保护装置也由最初的电磁继电器构成发展到由整流元件、晶体管、集成电路、微型计算机构成。近年来随着计算机技术、通信技术、自动控制技术、电子技术在发电厂、变电所二次回路的应用，以微机为核心，将控制、测量、信号、保护、远动、管理融为一体的功能统一、信息共享的计算机监控及综合自动化系统已广泛应用于发电厂、变配电所，彻底改变了常规二次回路功能独立、设备庞杂、接线及安装调试复杂的局面，使发电厂、变配电所的技术和管理水平大大提高。

本书介绍了一些电气科普基础知识，对常规的二次回路概念、基本读图方法、故障查找方法和步骤作了较系统的介绍，对发电厂、变配电所二次回路的互感器二次回路、断路器控制回路、变压器保护、母线差动及失灵保护、中央信号

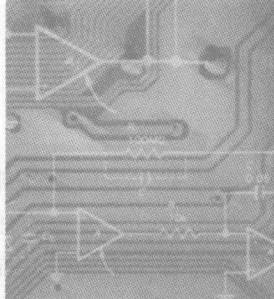
系统、直流系统及故障分析进行了全面的阐述。力求做到图文并茂、内容新颖、概念准确、联系实际、由浅入深、通俗易懂。

本书由南京师范大学电气与自动化工程学院史国生主编，孙红艳、李波、胡鹏霞老师参加编写，全书由史国生统稿。本书的出版得到了南京师范大学泰州学院的大力支持和关心，在此深表感谢！

由于编者水平和条件有限，书中疏漏和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2009年1月



目 录

contents

第一章	1
电气二次回路概述	1
第一节 电气二次回路的概述	1
第二节 二次回路图的种类及基本阅读方法	3
第三节 二次回路故障查找的方法和步骤	9
第二章	15
互感器二次回路	15
第一节 电压互感器二次回路	15
第二节 电流互感器二次回路	27
第三节 互感器二次回路常见故障查找与处理	31
第三章	38
断路器控制回路	38
第一节 断路器及控制开关	38
第二节 断路器的基本控制回路	44
第三节 实用的断路器控制回路	49
第四节 断路器常见故障及其处理	56
第四章	63
变压器保护的二次回路	63
第一节 变压器内部的瓦斯保护	63

第二节	变压器外部的二次保护	64
第三节	三绕组变压器保护装置二次回路分析举例	68
第四节	主变压器瓦斯继电器故障分析	74

第五章

76

母线差动及失灵保护的二次回路

第一节	母线差动保护简述	76
第二节	单、双母线差动电流保护	77
第三节	电流相位比较式母线差动保护	81
第四节	断路器失灵保护的二次回路	85
第五节	35kV 母线差动保护端子排烧坏故障实例分析	89
第六节	一次设备缺陷引起 35kV 母线差动保护动作故障的实例分析	92

第六章

95

中央信号及其他信号系统

第一节	概述	95
第二节	中央事故信号回路	96
第三节	中央预告信号回路	105
第四节	继电保护装置和自动重合闸动作信号	112
第五节	典型回路故障及其分析	113

第七章

118

二次回路操作电源系统

第一节	概述	118
第二节	蓄电池直流电源系统	120
第三节	硅整流电容储能直流电源系统	127
第四节	直流电源系统绝缘监察装置	131
第五节	直流操作电源系统常见故障及处理	135

附录一

143

电气二次接线常用新旧文字符号表

附录二

145

小母线新旧文字符号及其回路标号

147

参考文献

第一章

电气二次回路概述

第一节 电气二次回路的概念

一、电气设备的划分

电能的生产、输送和分配，需要大量的电气设备，以构成电力发、输、配电的主系统。为了使主系统安全、稳定、连续、可靠地向用户提供充足的、合格的电能，系统的运行方式需经常进行改变，并应随时监察其工况。当某一设备发生故障时，应尽快地、有选择性地切除故障，以保证电气设备和电力系统的安全运行。这些功能是由电力主系统以外的其他电气设备来完成的。因此，电气设备可根据它们在电力生产中不同的作用分成一次设备和二次设备。

一次设备是指直接参加发、输、配电系统中使用的电气设备，如发电机、变压器、电力电缆、输电线、断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、避雷器等。由这些设备连接在一起构成的电路，称为一次接线或主接线。

二次设备是指对一次设备的工况进行监测、控制、调节、保护，为运行人员提供运行工况或生产指挥信号所需要的电气设备，如测量仪表、继电器、控制及信号器具、自动装置等。由这些设备通过电流互感器和电压互感器的二次绕组的出线以及直流回路，按一定的要求连接在一起构成的电路，称为二次接线或二次回路。描述二次回路的图纸称为二次接线图或二次回路图。

二、二次回路的重要性

在发电厂或变电所中，一次设备是重要的，二次设备同样也是重要的。因为一次设备和二次设备构成一个整体，只有二者都处于良好的状态，才能保证电力生产的安全，尤其是在大型的、现代化的电网中，二次设备的重要性显得更突出。

二次回路的故障常会破坏或影响电力生产的正常运行。例如，某变电所差动

保护的二次回路接线有错误,则当变压器带的负荷较大或发生穿越性相间短路时,就会发生误跳闸;若线路保护接线有错误,一旦系统发生故障,则会出现断路器该跳闸的不跳闸,不该跳闸的却跳闸,就会造成设备损坏、电力系统瓦解的大事故;若测量回路有问题,就将影响计量,少收或多收用户的电费,同时也难以判定电能质量是否合格。因此,二次回路虽非主体,但它在保证电力生产的安全、向用户提供合格的电能等方面都起着极其重要的作用。所以,从事二次回路施工及运行维护的工作人员,不仅要熟悉二次回路的原理,充分理解设计图纸的意图,同时也必须掌握查找二次回路故障的方法要领,确保二次回路的正确,这是用好、管好电力设备、确保电力生产安全的重要环节。

三、二次回路包含的内容

二次回路的内容包括发电厂和变电所以对一次设备的控制、调节、继电保护和自动装置、测量和信号回路以及操作电源系统等。

1. 控制回路及其分类

控制回路是由控制开关和控制对象(断路器、隔离开关)的传递机构及执行(或操作)机构组成的。其作用是对一次开关设备进行“跳”、“合”闸操作。控制回路按自动化程度可分为手动控制和自动控制两种;按控制方式可分为分散控制和集中控制两种,分散控制均为“1对1”控制,集中控制有“1对1”、“1对N”的选线控制;按操作电源性质可分为直流和交流操作两种;按操作电压和电流大小可分为强电和弱电控制两种。

2. 调节回路

调节回路是指由调节型自动装置构成的回路。它由测量机构、传送机构、调节器和执行机构组成。其作用是根据一次设备运行参数的变化,调节一次设备的工作状态,以满足电力运行的要求。

3. 继电保护和自动装置回路

继电保护和自动装置回路是由测量、比较、逻辑判断部分和执行部分组成。其作用是自动判断一次设备的运行状态,在系统发生故障或异常运行时,自动跳开断路器,切除故障或发出故障信号,故障或异常运行状态消失后,快速投入断路器,恢复系统正常运行。

4. 测量回路

测量回路是由各种测量仪表及其相关回路组成。其作用是指示或记录一次设备的运行参数,以便运行人员掌握一次设备运行情况。它是分析电能质量、计算经济指标、了解系统潮流和主设备运行工况的主要依据。

5. 信号回路及信号的分类

信号回路是由信号发送机构、信号传送机构和信号器具构成的。其作用是反映一、二次设备的工作状态。信号回路按信号性质可分为事故信号、预告信号、指挥信号和位置信号四种；按信号显示方式可分为灯光信号和音响信号两种；按信号复归方式可分为复归和自动复归两种。

6. 操作电源系统

操作电源系统是由电源设备和供电网络组成的，它包括直流和交流电源系统，其作用是供给上述各回路工作电源。发电厂和变电所的操作电源多采用直流电源系统，简称直流系统，对小型变电所也可采用交流电源或整流电源。

第二节 二次回路图的种类及基本阅读方法

二次回路图按其不同的绘制方法可分为三大类，即原理图、展开图、安装接线图。应根据二次回路各部分不同的特点和作用，绘制不同的图。

一、原理接线图

二次接线的原理接线图是用来表示二次接线各元件（二次设备）的电气连接及其工作原理的电气回路图，是二次回路设计的原始依据。

1. 原理接线图的特点

① 原理接线图是将所有的二次设备以整体的图形表示，并和一次设备画在一起，使整套装置的构成有一个整体的概念，可以清楚地了解各设备间的电气联系和动作原理。

② 所有的仪表、继电器和其他电器，都以整体的形式出现。

③ 其相互连接的电流回路、电压回路和直流回路，都综合画在一起。

下面以图 1-1 所示的 6~10kV 线路的继电保护装置为例加以说明。

从图 1-1 中可知，整套保护装置包括：时限速断保护（由电流继电器 1KA、2KA，时间继电器 1KT 及信号继电器 1KS，连接片 1XB 所组成），过电流保护（由电流继电器 3KA、4KA，时间继电器 2KT，信号继电器 2KS，连接片 2XB 所组成）。当线路发生 U(A)、V(B) 两相短路时，其动作如下。

若故障点在时限速断及过电流保护的保护区内，因 U(A) 相装有电流互感器 1TA，其二次反映出短路电流，使时限速断保护的电流继电器 1KA 和过电流保护的电流继电器 3KA 均动作。1KA、3KA 的常开触点闭合，使时限速断保护时间继电器 1KT 和过电流保护时间继电器 2KT 的线圈均通以直流电源而开始计时。由于时限速断保护的動作时间小于过电流保护的動作时间，所以 1KT 的

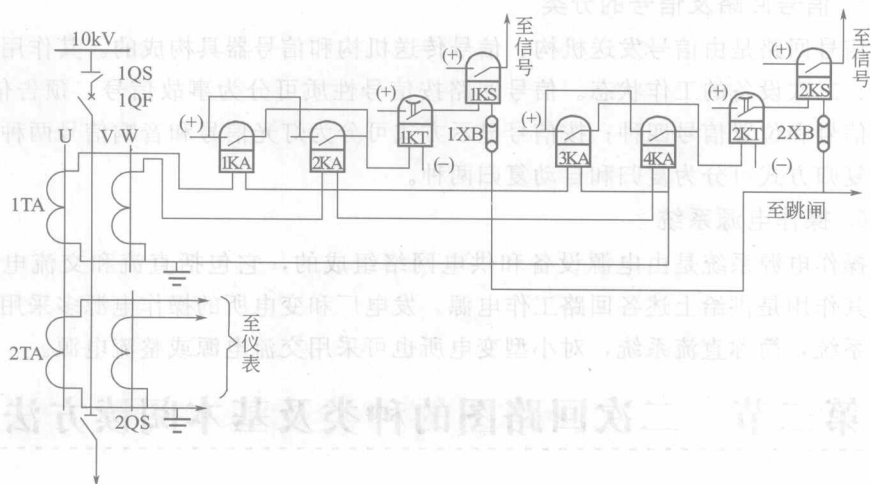


图 1-1 6~10kV 线路继电保护原理接线图

延时闭合的动合触点先闭合，并经信号继电器 1KS 及连接片 1XB 到断路器 QF 线圈，跳开断路器，切除故障。

从图 1-1 中可以看出，一次设备（如 QF、TA 等）和二次设备（如 1KA、1KT、1KS 等）都以完整的图形符号表示出来，能对整套继电保护装置的工作原理有一个整体概念。

2. 原理接线图的缺点

- ① 接线不清楚，没有绘出元件的内部接线。
- ② 没有元件引出端子的编号和回路编号。
- ③ 没有绘出直流电源具体从哪组熔断器引来。
- ④ 没有绘出信号的具体接线，故不便于阅读，更不便于指导施工。

二、展开接线图

二次接线的展开接线图是根据原理接线图绘制的，展开图和原理图是一种接线的两种形式，如图 1-2 所示。展开接线图可以用来说明二次接线的动作原理，使读者便于了解整个装置的动作程序和工作原理。它一般是二次回路的每一个独立电源来划分单元而进行编制的。根据这个原则，必须将属于同一个仪表或继电器的电流线圈、电压线圈以及触点，分别画在不同的回路中，为了避免混淆，属于同一个仪表或继电器、触点，都采用相同的文字符号。

1. 展开图的特点

- ① 直流母线或交流电压母线用粗线条表示，以区别于其他回路的联络线。

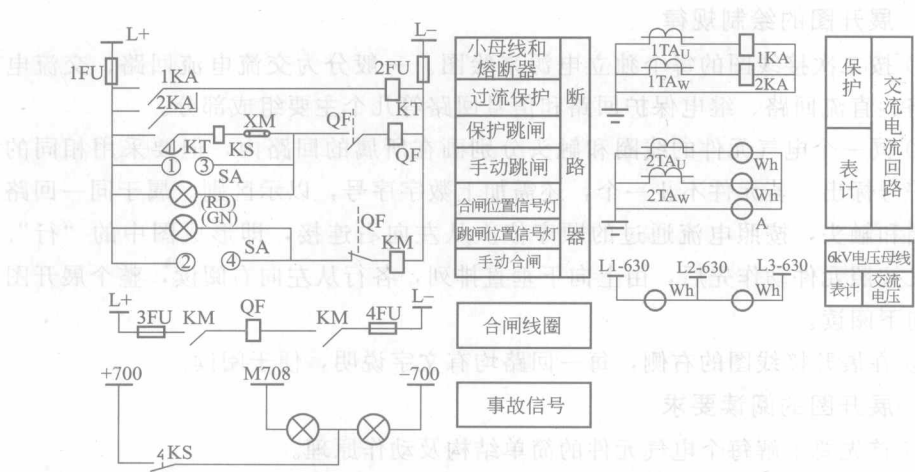


图 1-2 二次接线的展开接线图

- ② 继电器和每一个小的逻辑回路的作用都在展开图的右侧注明。
- ③ 继电器和各种电气元件的文字符号和相应原理接线图中的文字符号一致。
- ④ 继电器的触点和电气元件之间的连接线段都有数字编号（称回路标号）。
- ⑤ 继电器的文字符号与其本身触点的文字符号相同。
- ⑥ 各种小母线和辅助小母线都有标号，见附录二。
- ⑦ 对于展开图中个别的继电器，或该继电器的触点在另一张图中表示，或在其他安装单位中有表示，都在图纸上说明去向，对任何引进触点或回路也说明来处。
- ⑧ 直流正极按奇数顺序标号，负极回路则按偶数顺序编号。回路经过元件（如线圈、电阻，电容等）后，其标号也随着改变。
- ⑨ 常用的回路都是固定的编号，如断路器的跳闸回路是 33 等，合闸回路是 3 等。
- ⑩ 交流回路的标号除用三位数外，前面加注文字符号，交流电流回路使用的数字范围是 400~599，电压回路为 600~799；其中个位数字表示不同的回路；十位数字表示互感器的组数（即电流互感器或电压互感器的组数）。回路使用的标号组，要与互感器文字符号前的“数字序号”相对应。如：U(A) 相电流互感器 1TA 的回路标号是 U411~U419；U(A) 相电压互感器 2TV 的回路标号为 U621~U629。

展开图上凡与屏外有联系的回路编号，均应在端子排图上占据一个位置。单纯看端子排图是看不出究竟的，它仅是一系列的数字和符号的集合，把它与展开图结合起来看，就知道它的连接回路了。

2. 展开图的绘制规律

① 按二次接线图的每个独立电源来绘图。一般分为交流电流回路、交流电压回路、直流回路、继电保护回路和信号回路等几个主要组成部分。

② 同一个电气元件的线圈和触头分别画在所属的回路内，但要采用相同的文字符号标出。若元件不止一个，还需加上数字序号，以示区别。属于同一回路的线圈和触头，按照电流通过的顺序依次从左向右连接，即形成图中的“行”。各行又按照元件动作先后，由上向下垂直排列，各行从左向右阅读，整个展开图从上向下阅读。

③ 在展开接线图的右侧，每一回路均有文字说明，便于阅读。

3. 展开图的阅读要求

① 首先要了解每个电气元件的简单结构及动作原理。

② 图中各电气元件都按国家统一规定的图形符号和文字符号标注，应能熟悉其意义。

③ 图上所示电气元件触头位置都是正常状态，即电气元件不通电时触头所处的状态。因此，常开触头是指电气元件不通电时，触头是断开的；常闭触头是指电气元件不通电时，触头是闭合的；另外还要注意，有的触头具有延时动作的性能，如时间继电器，它们的触头动作时，要经过一定的时间（一般几秒）才闭合或断开。这种触头的符号与一般瞬时动作的触头符号有区别，读图时要注意区分。

4. 展开图的优点

① 展开图的接线清晰，易于阅读。

② 便于掌握整套继电保护装置的動作过程和工作原理，特别是在复杂的继电保护装置的二次回路中，用展开图绘制，其优点更为突出。

三、安装接线图

二次接线的安装接线图是制造厂加工制造屏（台）和现场安装施工用的图纸，也是运行试验、检修等的主要参考图纸，它是根据展开接线图绘制的。安装接线图包括屏面布置图、屏背面接线图和端子排图几个组成部分。

1. 安装接线图的特点

安装接线图的特点是各电气元件及连接导线都是按照它们的实际图形、实际位置和连接关系绘制的。为了便于施工和检查，所有元件的端子和导线都加上走向标志。

2. 安装接线图的阅读方法和步骤

阅读安装接线图时，应对照展开图，根据展开图阅读顺序，全图从上到下，

每行从左到右进行。导线的连接应该用“对面原则”来表示。阅读步骤如下。

① 对照展开图了解由哪些设备组成。

② 看交流回路。每相电流互感器通过电缆连接到端子排试验端子上，其回路编号分别为 U411、V411、W411，并分别接到电流继电器上，构成继电保护交流回路。

③ 看直流回路。控制电源从屏顶直流小母线 L+、L- 经熔断器后，分别引到端子排上，通过端子排与相应仪表连接，构成不同的直流回路。

④ 看信号回路。从屏顶小母线 +700、-700 引到端子排上，通过端子排与信号继电器连接，构成不同的信号回路。

3. 屏面布置图

开关柜的屏面布置图是加工制造屏、盘和安装屏、盘上设备的依据。上面每个元件的排列、布置，都是根据运行操作的合理性，并考虑维护运行和施工的方便而确定的，因此要按照一定的比例进行绘制，如图 1-3 所示。

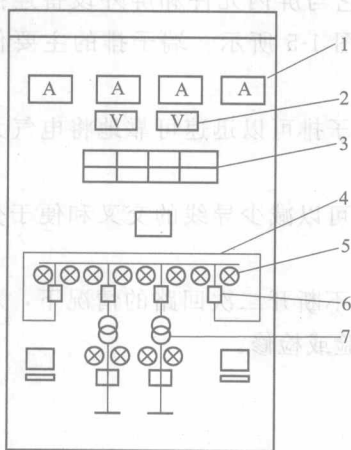


图 1-3 某屏面布置图

1—电流表；2—电压表；3—光字牌；4—一次
母线；5—指示灯；6—断路器；7—变压器

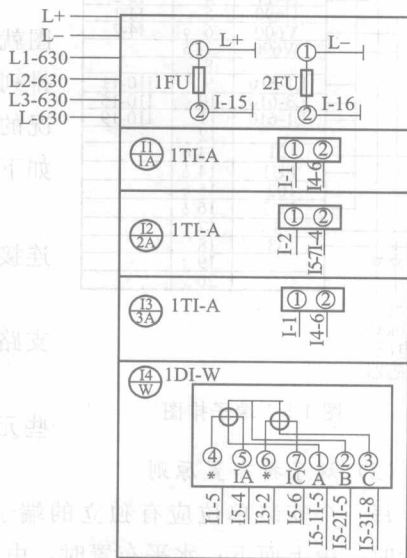


图 1-4 某控制屏的屏背面接线图

屏内的二次设备应按国家规定，按一定顺序布置和排列。

① 电器屏上，一般把电流继电器、电压继电器放在屏的最上部，中部放置中间继电器和时间继电器，下部放置调试工作量较大的继电器、压板及试验部件。

② 在控制屏上，一般把电流表、电压表、周波表和功率表等靠屏的最上部，光字牌、指示灯、信号灯和控制开关放在屏的中部。

4. 屏背面接线图

屏背面接线图是以屏面布置图为基础，并以展开图为依据而绘制成的接线图。它是屏内元件相互连接的配线图纸，标明屏上各元件在屏背面的引出端子间的连接情况，以及屏上元件与端子排的连接情况，如图 1-4 所示。为了配线方便，在这种接线图中，对各设备和端子排一般采用“对面原则”进行编号。

5. 端子排图

(1) 端子排的作用

端子是二次接线中不可缺少的配件。虽然屏内电气元件的连线多数是直接相连，但屏内元件与屏外元件之间的连接，以及同一屏内元件接线需要经常断开时，一般是通过端子或电缆来实现的。

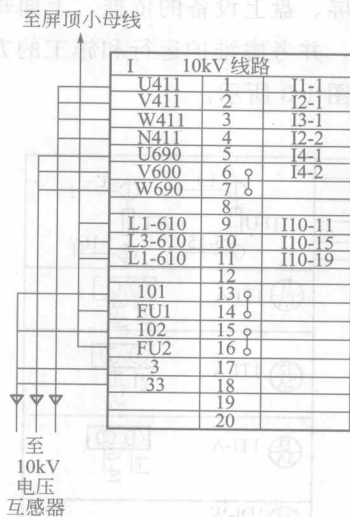


图 1-5 端子排图

许多接线端子的组合称为端子排。端子排图就是表示屏上需要装设的端子数目、类型、排列次序以及它与屏内元件和屏外设备连接情况的图纸，如图 1-5 所示。端子排的主要作用如下。

① 利用端子排可以迅速可靠地将电气元件连接起来。

② 端子排可以减少导线的交叉和便于分出支路。

③ 可以在不断开二次回路的情况下，对某些元件进行试验或检修。

(2) 端子排布置原则

每一个安装单位应有独立的端子排。垂直布置时，由上而下；水平布置时，由左至右按下列回路分组顺序地排列。

① 交流电流回路（不包括自动调整励磁装置的电流回路），按每组电流互感器分组。同一保护方式的电流回路一般排在一起。

② 交流电压回路，按每组电压互感器分组。同一保护方式的电压回路一般排在一起，其中又按数字大小排列，再按 U、V、W、N、L（A、B、C、N、L）排列。

③ 信号回路，按预告、指挥、位置及事故信号分组。

④ 控制回路，其中又按各组熔断器分组。