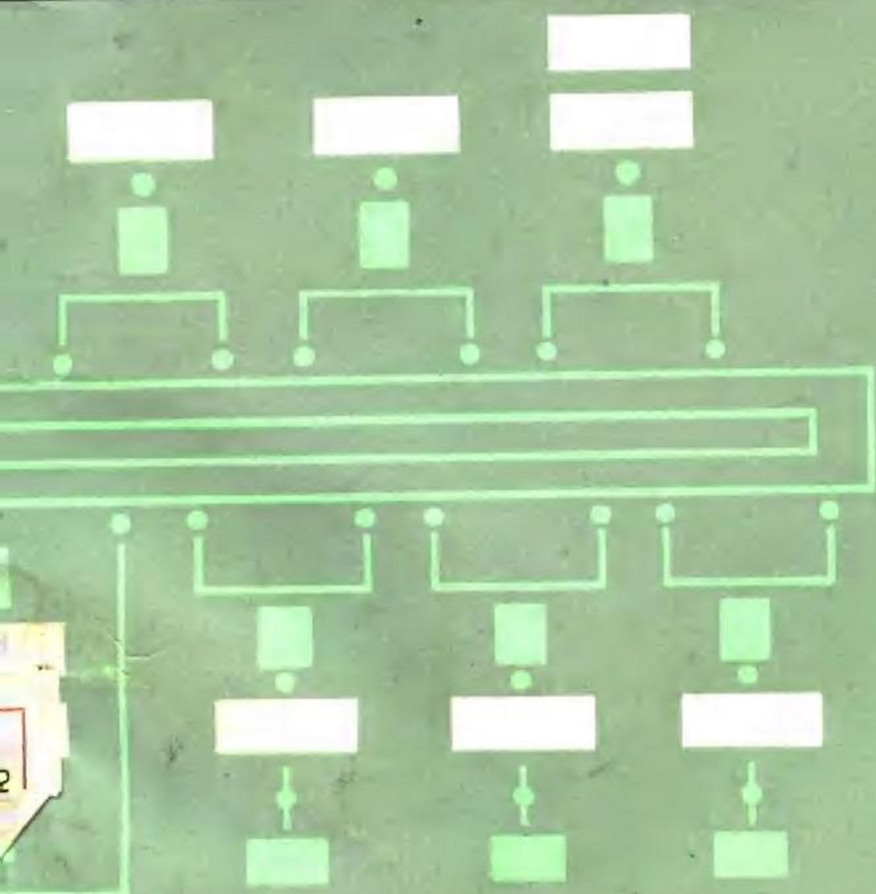


强电监控技术

二次接线原理和技术

戴树梅 编著



福建科学技术出版社

【内 容 简 介】

本书论述了发电厂及变电所二次接线强电部分的原理和设计、安装、运行等方面的技术问题。主要内容包括：操作电源系统；互感器的二次回路；高压断路器控制系统；信号系统；测量与监察系统；隔离开关控制接线；同期系统；励磁控制系统；二次接线图的设计等。

本书重点在于讲述二次接线中各环节的基本原理和基本方法。内容紧密结合实际，深入浅出，文字叙述尽量做到准确、清晰，便于学习。

本书是一个系统性、实践性较强的技术书，可供从事发、变电工程设计、安装、运行和检修等工程技术人员学习与参考，并可作为高等院校发电厂及电力系统，电力系统及其自动化，电力系统继电保护等专业的参考教材。

二次接线原理和技术

强电监控部分

戴 树 梅 编著

*

福建科学技术出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 22.5印张 562千字

1986年11月第1版

1986年11月第1次印刷

印数：1—3,940

书号：15211·86

定价：4.75元



前 言

二次接线是发电厂及变电所电气接线的重要组成部分。它对于实现发电厂及变电所安全、优质、经济地生产和电能输配具有重要作用。随着发电厂及变电所容量的增大,以及自动化水平的提高,二次接线技术是越来越复杂,越来越显得重要。

为了满足广大从事发、变电工程的设计、安装、运行和检修等工程技术人员学习的需要,以及大专院校发电厂及电力系统专业、电力系统及其自动化专业学生生产实习与设计等需要,笔者根据在教学与生产实践中的体会,并参阅了大量工程图纸,现行《规程》和有关资料写成了这本书。

本书在编写中注意了系统性、理论性和实用性;内容紧密结合生产实际;在论述和分析具体技术问题时,注意了基本概念、基本原理和基本方法;叙述方式一般按照“实践——理论——实践”的原则,即从实际要求出发,阐明接线的构成原理,最后再用实际图例加以说明。

本书承蒙成都科技大学范锡普教授作了全面而详细的审核,并提出了很多宝贵意见;福州大学电力系统及其自动化教研室,福建省水利水电勘测设计院不少同志在收资及编写过程中也给予大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,加以时间仓促,书中难免有不少缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

1985年冬于福州大学

目 录

前言

绪论	(1)
第一章 操作电源系统	(8)
第一节 概述	(8)
第二节 蓄电池组的直流系统	(9)
第三节 电源变换式直流系统	(27)
第四节 复式整流的直流系统	(31)
第五节 硅整流电容储能的直流系统	(37)
第六节 直流供电网络	(45)
第七节 直流系统的二次接线	(47)
第二章 互感器的二次接线	(49)
第一节 概述	(49)
第二节 电流互感器的二次接线	(49)
第三节 电压互感器的二次接线	(84)
第三章 高压断路器控制系统	(114)
第一节 概述	(114)
第二节 主令开关和操动机构	(115)
第三节 电磁操动机构的断路器控制回路	(123)
第四节 弹簧操动机构和液压操动机构的断路器控制回路	(135)
第五节 分相操作机构的断路器控制回路	(137)
第四章 信号系统	(140)
第一节 概述	(140)
第二节 位置信号	(142)
第三节 事故信号	(144)
第四节 预告信号	(152)
第五节 指挥信号	(157)
第六节 闪光装置	(161)

第七节	接地检查音响信号.....	(163)
第五章	测量与监察系统.....	(165)
第一节	概述.....	(165)
第二节	发电厂及变电所常用仪表的接线.....	(165)
第三节	测量仪表的选择.....	(178)
第四节	发电厂测量仪表的配置.....	(180)
第五节	绝缘监察装置和电压监察装置.....	(185)
第六章	隔离开关的控制及闭锁接线.....	(195)
第一节	概述.....	(195)
第二节	隔离开关的控制接线.....	(195)
第三节	机械闭锁装置.....	(196)
第四节	电气闭锁装置.....	(197)
第七章	同期系统.....	(204)
第一节	概述.....	(204)
第二节	同期方式及同期点的选择.....	(206)
第三节	手动准同期.....	(207)
第四节	自动准同期.....	(232)
第五节	自同期.....	(235)
第六节	同期系统图.....	(252)
第八章	励磁控制系统.....	(254)
第一节	概述.....	(254)
第二节	继电强行励磁及强行减磁接线.....	(263)
第三节	同步发电机的灭磁装置.....	(265)
第四节	直流励磁机励磁系统控制接线.....	(276)
第五节	交流励磁机励磁系统控制接线.....	(283)
第六节	静止可控硅整流励磁系统的控制接线.....	(286)
第九章	二次接线图设计技术.....	(292)
第一节	概述.....	(292)
第二节	控制方式及中控室的布置.....	(295)
第三节	控制屏的型式及其安装的设备.....	(302)
第四节	屏面布置图及背面接线图.....	(304)
第五节	小母线的配置与敷设.....	(308)
第六节	端子排.....	(310)
第七节	二次接线图中的图形符号、文字符号和回路标号原则.....	(314)

附录

附录一	二次接线图中常用的设备文字符号.....	(324)
附录二	原理图上常用的图形符号.....	(328)
附录三	展开图上常用的图形符号.....	(329)
附录四	小母线符号和回路标号.....	(331)
附录五	小母线的色别.....	(333)
附录六	控制屏(屏台)上模拟母线的色别.....	(333)
附录七	二次直流回路数字标号.....	(334)
附录八	二次交流回路数字标号.....	(335)
附录九	二次回路保护设备的配置和选择.....	(335)
附录十	控制、信号回路设备的选择.....	(340)
附录十一	控制电缆的选择.....	(345)
附录十二	断路器合闸电缆的选择.....	(349)
附录十三	电缆数字标号组.....	(351)

绪 论

一、二次接线的基本概念

发电厂及变电所电气设备可分为一次设备和二次设备。一次设备是直接生产、输送和分配电能的高压电气设备，它包括发电机、变压器、电力开关（如断路器和隔离开关）、电力电缆、母线和输电线路等。二次设备是对一次设备进行监察、控制、测量、调整和保护的低电压设备，它包括测量仪表、继电保护装置、自动装置、远动装置、操作电源、控制和信号器具，以及控制电缆等。

表示一次设备电气连接关系的电路称为一次回路，从接线角度讲常称电气一次接线或主接线。表示二次设备互相连接关系的电路称为二次回路，它包括电气设备的操作、保护、测量、信号等回路和这些回路中的操动机构的线圈，接触器继电器、仪表、互感器线圈等（不包括电子元件回路）。二次回路不包括励磁系统的高电压大电流回路。

现将二次回路主要内容分述如下：

1. 控制系统

它是由控制开关、控制对象（断路器，隔离开关等）、传送机构、执行机构等组成的系统。其作用是对开关设备或机组进行操作与控制，使之“开”或“关”、“启”或“停”、“增”或“减”。控制系统按自动化程度，可分为手动操作和自动、半自动控制三种；按控制距离可分为就地控制（操纵）和远方控制（操纵）两种；按控制方式可分为分散控制和集中控制两种。分散控制均是一对一控制，集中控制有一对一按对象分别控制和一对 N 的选线控制；按控制回路电流大小及电压高低可分为强电控制和弱电控制两种。强电指的是直流100伏或220伏，交流100伏5000毫安。弱电指的是直流12、24、48或60伏，交流1、5、50或100伏500、1、10毫安；按电源性质可分为直流操作和交流操作两种。

2. 测量系统

它是由测量发送机构、传送和变送机构，以及显示仪表等组成的系统。其作用是监视一次回路设备的工作状态，并作为分析电能质量、经济指标及分析事故用。

3. 信号系统

它是由信号的发送机构、传送机构及报警或灯光指示装置等组成的系统。其作用是反映一次回路及二次回路的工作状态。信号系统按信号性质可分为事故、预告（警告）、联系（指挥）、开关位置等四种信号；按信号显示方式可分为灯光信号和音响信号；按动作时间可分为瞬时动作和延时动作信号；按接线原理可分为重复动作和不重复动作，自动复归或手动复归等几种。

4. 调节系统

它是由测量机构，传送（包括变送）机构，调节器和执行机构组成的系统。其作用是根据运行参数（电压、电流、功率、频率、温度、压力、水位和流量等）的变化调节伺服机构，改变一次回路的工作状态，以满足运行的要求。调节方式有手动调节和自动调节两种。

5. 继电保护

它是由测量、发送机构，继电器和执行机构等组成的系统。其作用是自动判别一次回路的运行状态，并在发生故障或不正常运行状态时，发出启动信号装置及使断路器跳闸的脉冲。

6. 操作电源系统

它是专供二次回路中的控制、信号、继电保护装置、自动装置、远动装置和断路器合闸等用的电源。发电厂和变电所的操作电源目前较多采用直流电源系统，简称直流系统。中小型变电所也有采用交流电源或整流电源（如复式整流、电容储能、电源变换装置）。

7. 通信系统

它是运行调度和行政联系的重要工具。通信系统可分为厂内通信及系统通信。厂内通信目前较多是用电话通信；系统通信一般用载波或微波通信。

水电站中电气二次回路通常还包括水轮机和水工设施、船闸和开航机等监视、控制和保护系统。但火电厂中的二次回路却不包括对汽轮机，锅炉设备及其它动力设备等进行监视、控制和保护的系统，这是由于火电厂中动力设备的监控比较复杂，并已形成了较完整、独立的学科与专业——热工仪表及热力过程自动化。随着自动化水平的提高和计算机技术的应用，水电站动力设备的监控也逐渐形成独立专业。但中、小型水电站动力设备的监控目前仍然属于二次回路部分。

二次回路的接线称为二次接线（常简称为二次线）。具体地说，二次接线是以一定图形符号和文字符号表示二次设备互相连接关系的接线。二次接线只是描述控制、信号、测量和保护装置及电源系统等的外部接线及控制、信号、测量装置等的原理接线，而不阐明继电保护、自动装置及远动装置的接线原理。

二、二次接线图的分类

图纸是工程的语言。如何通过图纸来表达比较复杂的发电厂及变电所的二次接线，这是设计部门应该探讨的问题，国际上有IEC (International Electrotechnical Commission) 标准，国内目前基本上是仿苏方式。如何组织二次接线图纸时，应考虑便于运行、施工安装，便于调试及屏（台）的制造；应该有利于计算机辅助设计（Computer Aided Design 简称CAD）的采用，并逐渐向IEC标准靠拢。我国目前习惯采用的有以下三种类型的图纸：

1. 原理接线图

原理接线图用来表示二次回路各元件（如仪表、继电器、信号装置、控制开关辅助接点等）的电气联系与它们之间的动作顺序及原理。

原理接线图有两种形式：归总式及展开式。

(1) 归总式原理图：归总式原理图又称收束式原理图，简称原理图。它是二次回路的原始图纸。原理图是和一次回路接线画在一起的。在原理图上所有仪表、继电器和其它电器元件（包括线圈、接点及各种附件）都以整体形式表示。

在原理图上画一次回路时，仅在与二次接线直接联结部分的一次接线画成三线形式，其余部分的一次线则以单线表示。例如，图0-1中隔离开关及电流互感器 LH_a 、 LH_b ，断路器1DL等组成的一次回路，只是将一次回路中的电流互感器部分画成三线形式，而其余的三相元件都是用单线表示。

归总式原理接线图主要特点是以收缩的形式给出保护装置、自动装置，测量仪表等的总体工作概念，它能较明显地表明二次设备中各元件的形式、数量及其电气连接情况、结构原理。比较形象直观，便于初学者阅图，也便于分析和研究其工作原理。但是，对于一些细节

它并未清楚表明,例如信号继电器4XJ的接点只标明“至信号”,而具体接线并未画出;其次,没有画出元件的内部接线、元件端子的标号和回路的标号;导线的表示也不完整,直流电源也只标明其极性,没有标明其接线方法。由于这些原因,在线路支路多,二次回路较复杂时,其动作顺序较难看出,对回路中的缺陷和错误也不容易发现和寻找。因此,仅有归总式原理图,还不能对二次回路进行安装接线。由于这原因,归总式原理图在设计、运行及安装部门使用较少,只有一些较复杂的保护(例如,整流型距离保护、高频保护等)及有些初步设计中为便于审查设计方案才采用。在教科书中为便于学生学习动作原理,通常采用归总式原理图。

以下我们以35千伏线路保护为例来说明归总式原理图的构成特点及阅读方法。

图0-1中所示的35千伏线路保护包括电流速断保护(由电流继电器1LJ,中间继电器ZJ和信号继电器1XJ构成)和过电流保护(由电流继电器3LJ、4LJ,时间继电器SJ和信号继电器2XJ构成)。

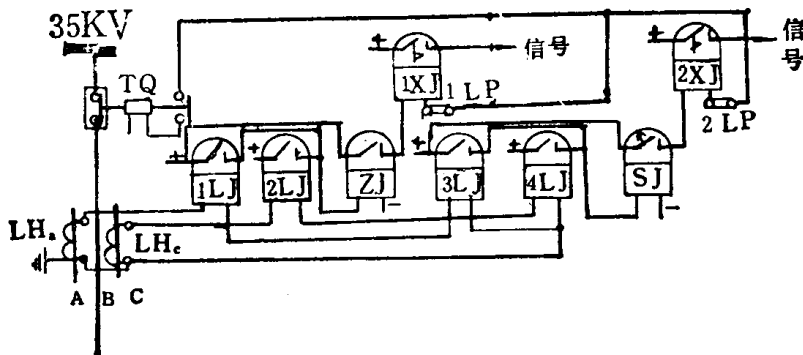


图0-1 35千伏线路保护归总式原理图

当35千伏线路在速断保护范围内发生短路时,该短路电流流过装在一次回路中A、C相的电流互感器的一次线圈,则在其二次线圈将出现大大超过正常值的二次电流。这二次电流分别经电流互感器的一端出发,分别流经电流继电器1LJ和2LJ的线圈而流向电流互感器二次线圈的另一端,从而形成一闭合回路。由于短路电流引起的二次电流比正常值大很多,因此电流继电器1LJ和2LJ线圈所产生的吸力足以使其接点闭合。当电流继电器1LJ、2LJ的接点闭合后,直流就由正极出发,一路经A相电流继电器1LJ接点,一路经C相电流继电器2LJ接点,并接后再经中间继电器ZJ的线圈至负极,使中间继电器ZJ的常开接点闭合。中间继电器ZJ的接点闭合后,起动信号继电器1XJ,发出光字牌信号,同时经过压板1LP,断路器DL的辅助接点和跳闸线圈TQ,接通负电源。当断路器线圈通电后,断路器立即跳闸,切断故障线路。

当故障发生在过电流保护范围内,电流速断保护拒绝动作时,3LJ、4LJ动作,起动时间继电器SJ,经过一段延时后,起动信号继电器2XJ,发出光字牌信号,同时接通断路器跳闸线圈,使断路器跳闸,切断故障线路。

由图0-1可见,归总式原理图比较形象、直观,但当接线较复杂时,阅读起来较困难,安装接线时容易出错误。

(2) 展开式原理图:展开式原理图简称展开图,国外称为EWD图(Elmentary Wiring Diagram)。展开图是绘制二次回路安装图的主要依据,也是制造、安装、运行重要图纸。展开图是把所有电器设备和器具分成许多元件(如线圈和接点等),组成很多独立的回路,即将交流回路与直流回路分开来画。交流回路又分为电流回路和电压回路,直流回路又分为

控制回路、合闸回路、信号回路、测量回路和保护回路等。例如仪表和继电器的电流线圈画在交流电流回路的展开图内；电压线圈画在电压回路的展开图内；继电器的接点，直流辅助继电器线圈和断路器的跳、合闸线圈则画在直流回路的展开图内。

在交、直流回路中，属于同一回路图内的线圈和接点按照电流通过的顺序自左而右互相联接形成的各条电路称为展开图的“行”。整个展开图由许多“行”组成，各“行”按动作先后顺序由上而下垂直排列。为了避免混淆，属于同一元件的线圈和接点采用相同的表示符号。为便于阅图，展开图的右侧还用文字说明各元件或回路的用途。由于展开图中各回路动作的顺序较明显，这为设计安装接线图提供了较便利的条件，同时容易检查和发现接线的差错，因此展开图在设计、安装、运行中得到广泛的应用。但只有展开图而没有原理图是不易得到各电器和仪表之间互相联结的整体概念。

由于在展开式接线图中，各电器元件和各器具分成许多部分零星分布在不同的回路，因此，对元件必须以一定的图形符号及文字数字标号加以区别，以便确定这些部分（线圈、接点等）的归属，并对各回路也进行标号，以区分各回路的性质和用途，以便于安装、施工及运行检修。

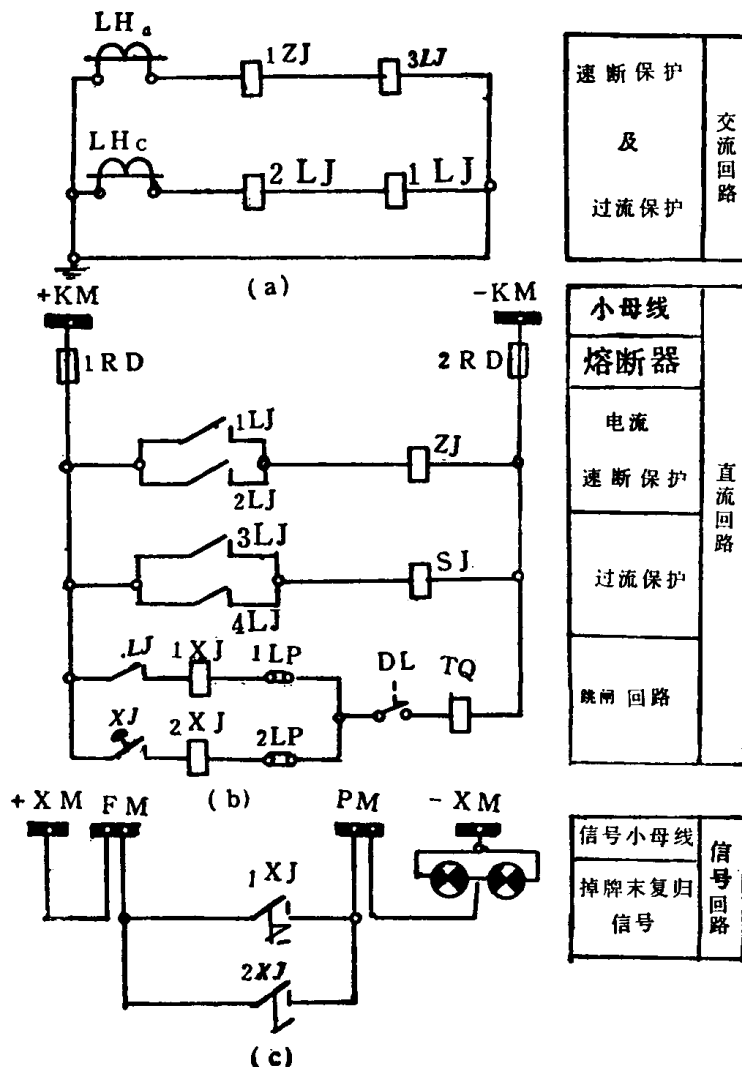


图0—2 35千伏线路保护回路展开图

由图0—2可见，展开图将直流与交流回路分开表示，阅图和接线比较清晰、方便。由于展开图上各元件均以一定图形符号及文字、数字标号表示，并且每一回路均按一定规则进行

编号，从符号及编号可以了解各回路性质及用途，因此便于安装接线和运行、维修查线。

查阅展开图的基本方法是：

①首先找出继电器线圈的起动回路，然后找该继电器的所有接点有关的回路；

②先看交流回路，后看直流回路、合闸回路。查阅展开图时可根据展开图右侧文字说明，由上而下，找出相关的接点回路。现以图0-2为例，当线路发生三相短路时，在电流互感器LHa, LHc次级回路内有较大电流。当此电流大于1LJ和2LJ整定值时，图0-2(a)中1LJ和2LJ动作，其常开接点即由断开状态变为闭合状态。从图0-2(b)可见，当1LJ、2LJ的接点闭合后，中间继电器ZJ启动，ZJ的常开接点闭合，通过信号继电器1XJ线圈接通跳闸线圈TQ，使断路器跳闸。信号继电器1XJ起动后，点亮光字牌。当过电流继电器3LJ、4LJ动作后，其常开接点闭合，起动时间继电器回路，经过一段延时后，其接点闭合，接通信号继电器2XJ和跳闸线圈TQ使断路器跳闸，同时点亮光字牌。

2. 安装接线图

(1) 屏面布置图：屏面布置图主要表明屏（台）正面所装设的开关设备、继电器、测量仪表、信号灯。屏面布置图不仅表示了屏上所装设的上述设置布置情况，而且是设计背面接线图及端子图的主要依据。

在屏面布置图中的二次设备，均按规定的符号表示，以便能查出该设备的名称、型号、规范，以及其安装单位。

(2) 背面接线图：背面接线图主要表明屏内各设备间的连线关系，它是制造厂进行控制屏、保护屏安装接线的主要图纸。背面接线图的表现形式是将屏体向上、左、右三方展开成三个部分。

①屏体部分：装设各种控制、监视和保护设备。例如，仪表、控制开关、信号设备和继电器等。

②屏侧部分：主要装设端子排。在不影响端子排排列与接线的原则下，有时也可装设部分设备。

③屏顶部分：主要装设熔断器，附加电阻，警铃和蜂鸣器等设备。

在屏的顶层，需要时可装设各种控制小母线和信号小母线。

(3) 端子排图：端子排图是屏内设备和屏外电缆连接的接口。在必要时，屏内设备间有些也要经过端子排连接。详见第九章。

(4) 二次线单元安装接线图：上面谈的收束式和展开式原理图，都是表示某一部分二次回路的接线全图，而二次回路中的设备都不是集中于一处的。例如，电流互感器、油开关和隔离开关的辅助接点等装在配电装置内，而测量表计、控制及信号器具装于控制盘上，保护继电器与自动装置装于继电器屏上，这些分散在各地而又互相连接的设备是通过二次电缆来连接的。因此，只有展开图还不便于进行施工和安装接线，还必须绘制各个屏（或各端子箱）与各设备间的安装接线图。如发电机、变压器二次安装图等，以说明二次电缆如何经端子箱与一次设备发生联系的。

3. 解释性图纸

(1) 示意图：表示工艺流程等的示意性图纸。

(2) 逻辑框图：表示操作（动作）过程的逻辑关系。

(3) 设备配置图：表示继电保护装置或表计等配置情况。

(4) 电缆联系图及外部接线图：表明二次电缆或外部接线的连接关系。

(5) 小母线配置图：表示小母线在控制屏上或配电装置屏上的配置情况。

(6) 系统图：如表示同期装置如何取得电压信号及各种同期方式连接关系的同期系统图；表示励磁调节装置各环节连接关系的励磁系统图等。

必须指出，上述二次接线图纸的分类情况是目前国内惯用出图方式。随着单机容量的增大及引进、涉外工程的需要，特别是计算机辅助设计的采用，预计不久我国惯用的传统模式将会有所突破。国际上IEC标准的图纸组织，主要的有屏内单元接线图，原理展开图(Elementary Wiring Diagram简称EWD)，控制接线图(Control Wiring Diagram简称CWD)，ECWD图和程序图表等。

三、二次回路设备文字符号及回路编号

设备文字符号及回路编号是表达、传递二次图纸语言信息的重要工具。在五十年代，我国基本采用了苏联的图形符号及文字符号。六十年代后，我国采用了汉语拼音，并在图形上作了些改动。至今国内在实际采用时还没有完全统一，各个国家也有各自的习惯与规定，较典型的有IEC标准、Calma标准等。我国目前也有国家标准，经国家批准的图例符号和文字符号有：GB312-64《电工系统图图形符号》，GB315-64《电工设备文字符号编制通则》，GB316-64《电力系统图上的回路标号》，GB1434-78《物理量符号》(试行)及水利电力部颁布的标准《电力系统图上的回路标号》(初稿)等。

四、二次回路图形符号中的触点状态

在二次回路中，继电器及其它电器元件(如断路器辅助触点)触点位置均以一定的工作状态表示。

电器元件通常有以下几种工作状态：

1. 失势状态

电器元件的线圈尚未通电的状态。

2. 原始状态

电器元件的线圈已投入工作，但尚未使电器动作的状态。例如，电流互感器回路中的电流继电器在正常工作时属于此状态。

3. 工作状态

电器元件动作时的状态。例如，一次系统发生短路时电流继电器动作。

在图形中继电器或其它电器触点的位置，是用动合和动断触点表示的。所谓“动合”，即指继电器线圈励磁后继电器动作，其接点闭合，而未动作时，其触点断开。所谓动断触点，就是继电器动作时，其触点断开，而未动作时其触点是闭合的。

我国过去习惯是按失势状态作为继电器与电器的“正常状态”，亦即继电器线圈内没有通过电流和电气设备断开(如断路器跳闸)时作为“正常状态”。所谓“常闭接点”，系指在继电器线圈没有通过电流或电器断路时，其触点处于“闭合”状态，而当继电器线圈(或电器)通过电流时，其接点即断开。“常开接点”，是在继电器线圈没有通电流或电器断路时，其触点处于断开状态；而当继电器线圈(或电器)通过电流时，其触点即闭合。例如，中间继电器的线圈不带电不动作时，其常闭接点闭合，常开触点断开；而当中间继电器线圈带电动作时，其常闭接点断开，常开接点闭合。对于断路器辅助触点的状态，则取断路器分闸状态为正常状态，在分闸时，常闭接点闭合，常开接点断开；而合闸时，常闭触点断开，

常开触点闭合。但是，按失势状态作为正常状态，对阅读低继电器或非电量继电器的接线图有些不便。例如低电压继电器在图上表示的常闭接点，该线圈平时是励磁的，但只有在低电压时，其触点才闭合。有些国家以整个二次接线正常运行状态作为正常状态，来表示各个继电器触点位置状态的，这种表示法阅读图纸比较方便。

本书考虑到国内过去习惯，称动断触点，即为常开接点；称动合触点，即为常闭接点。

五、发电厂和变电所监控技术及二次接线技术的发展

随着机组容量的增大，自动化水平的提高，以及计算机技术的应用，三四十年来发电厂和变电所的监控技术及二次接线技术有很大发展。

从监控方式及其自动化水平的进展过程看，发电厂及变电所的监控技术是一个从简单到复杂，从单项到综合，从低级到高级的过程；二次接线技术是从分散控制到集中控制，又从高度集中转向分层分级控制。

发电厂的监控技术及二次接线技术的发展可概略分为三个阶段：

1. 分散控制

分散控制就是运行人员在被控对象(开关、设备或阀门)前就地进行监视、控制与调节。采用分散控制时，所有设备的监视与控制都是各自独立地进行，因此须就地设置一套控制、测量仪表屏及指示信号。监控设备一般装设在高压开关柜上。采用分散控制，不但需要较多运行人员，而且各机组、设备之间的运行调节的协调、配合比较困难。因此，分散控制方式只在机组容量很小的小型电站才采用。

2. 集中控制

随着机组台数增多及单机容量的增大，在四十年代就开始采用集中控制，将主要控制仪表屏、保护屏布置在一个集中控制室内进行监控。采用集中控制不但改善了运行条件，而且提高了运行的安全性。但是集中控制室与被控对象一般相距几十至几百米，需要增加大量控制电缆及一些二次转换设备。目前国内绝大部分发电厂及变电所(包括小型水电站，小型火电厂)均采用此种控制方式。

集中控制按控制电源电压及电流的大小可分为强电控制和弱电控制两种方式。

强电集中监控就是监控系统及其设备采用较高的电压(直流110伏或220伏，交流100伏)及较大的电流(交流5安)。这种监控方式需要控制屏数量较多，运行监视面较大，占地面积大，电缆截面大，因而设备投资也较大。

弱电集中监控就是监控系统及其设备采用较低的电压(60伏以下)及较小的电流(交流0.5~1安)。

集中控制按控制开关，仪表对被监控对象的监控方式可分为一对一控制及一对N的选线控制。五十年代，在国内外就开始采用电磁型有触点的弱电选线装置。六十年代国内外开始研制无触点逻辑选线装置。随着电子技术的发展，无触点弱电选线监控装置目前正由晶体管型向集成电路发展，逻辑电路正由固线逻辑向可编程序控制器发展。

3. 综合控制

由于机组容量的增大，对监控技术要求也更高。七十年代后，开始采用以计算机为核心的综合控制。它能同时实现控制、监视、保护、分析、判断、计划、决策等功能，能更好实行各单元的协调配合，从而使运行达到最优化。

第一章 操作电源系统

第一节 概 述

发电厂及变电所各种设备的操作、控制、信号、保护以及自动装置、远动装置都需要供电电源。这电源由于极为重要，因此必须专设，通常统称为操作电源。

一、操作电源的主要功用

1. 在发电厂及变电所正常运行时，供给保护、信号、自动、远动、通信、断路器跳闸、合闸以及其它机电设备的操作电源。
2. 在发电厂及变电所或电力系统发生事故时，供给保护、断路器跳闸及其它设备（例如，直流事故油泵、机组刹车、阀门关闭等）的事故操作电源。
3. 在事故发生后，交流厂用电源中断时，供给载波通信电源及一定的事故照明。

二、对操作电源系统的基本要求

1. 操作电源必须充分可靠，以保证对重要用户不间断供电。
2. 在发电厂正常或事故情况下，均应保证各类负荷的电压在允许的范围内。各类直流负荷对电压的要求见表1—1所示。

表1—1 各类直流负荷对电压的要求

负 荷 名 称	允 许 电 压 波 动 范 围
光字牌，信号灯	85~105% U_e
直流照明灯	90~105% U_e
逆变装置	85~110% U_e
断路器跳闸线圈	65~120% U_e
断路器合闸操作回路	85~110% U_e
断路器合闸线圈	80~110% U_e
晶体管继电器	80~110% U_e
电磁型继电器	70~110% U_e

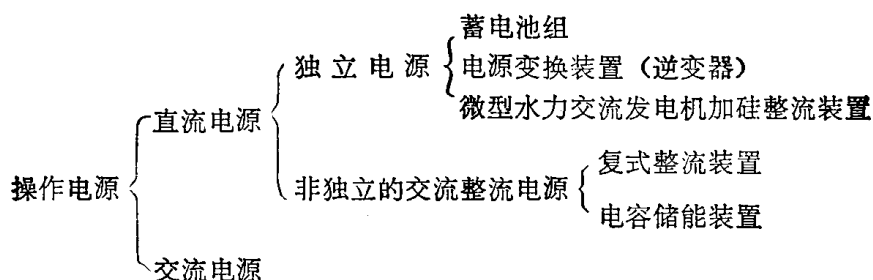
由上表可见，在正常运行时，必须保证母线电压在额定值的100~105%范围内，在事故情况下，不应低于额定值的90%。

3. 当蓄电池进行充电或核对性放电时，应保证不破坏用户的供电。
4. 能迅速、可靠地找到设备及线路绝缘损坏的地点。
5. 运行条件良好，噪音干扰小；使用寿命长；维护工作量少；设备投资省；布置面积小。

三、操作电源的分类

发电厂及变电所的操作电源，按其电压等级可分为：220伏，110伏，48伏和24伏；按供电

电源的性质可分为下表所列几种类型，



本章重点讲述蓄电池组,复式整流装置,电容储能装置及电源变换装置等操作电源系统。

四、发电厂的直流负荷

发电厂及变电所直流负荷,按其用电特性可分为经常负荷、事故负荷和冲击负荷三种。

1. 经常负荷

经常性负荷系指在所有运行状态下,由直流母线不间断地供电的负荷。它包括以下内容:

(1) 由直流母线供电的经常带电的继电器、信号灯、位置指示器和经常性的直流照明灯等的功率消耗,以及由直流母线经常供电的自动装置、运动装置的正常直流功率消耗。

(2) 当电子计算机、巡回检测装置经常由逆变电源供电时,则该逆变装置的功率消耗应列入经常负荷。

2. 事故负荷

事故负荷系指在发电厂及变电所失去交流电源后,或全厂停电的状态下,应由直流系统供电的负荷。它包括机组刹车,阀门关闭,事故照明,润滑系统、冷却系统以及由厂用交流供电的通信载波设备、自动装置、运动装置、计算机、巡检装置等负荷,其中以事故照明最多。

3. 冲击负荷

冲击负荷系指蓄电池所承受的短时冲击电流。它包括断路器合闸时的短时冲击电流和此时直流母线所承受电流(包括经常和事故负荷在内)的总和。

冲击负荷应按全厂中合闸电流最大的一台断路器的合闸电流进行统计,并考虑同时合闸的断路器合闸电流的总和。对于采用可控硅励磁而其起励使用直流电流的发电厂,当起励电流大于断路器合闸电流时,则应按起励电流进行统计。

第二节 蓄电池组的直流系统

蓄电池组的直流系统是一种与电力系统运行方式无关的独立电源系统。在电力系统发生故障而失去电源的情况下,它仍然能可靠运行,因此它具有较高的供电可靠性。此外,由于蓄电池电压平稳,容量较大,因此它还可作为厂、站附属设备的备用电源。

蓄电池组式直流系统主要缺点是:运行维护工作量较大,寿命较短,价格昂贵,并且需要许多辅助设备和专用房间,从而增加了基建投资。由于发电厂及变电所对操作电源要求有较高可靠性,因此目前在发电厂及变电所中仍广泛使用蓄电池组的操作电源。

一、蓄电池的种类与型号

1. 蓄电池的种类

根据电极和电解液所用物质的不同，蓄电池可以分为酸性蓄电池和碱性蓄电池两种。

(1) 酸性蓄电池：酸性蓄电池的优点是端电压较高（2.15伏），冲击放电电流大，因此适用于断路器跳、合闸的冲击负荷。其主要缺点是电池寿命较短，充电时会逸出有害的硫酸气体；蓄电池室需作较复杂的防酸和防爆建筑处理。

酸性蓄电池只有铅——二氧化铅一种，因此酸性蓄电池一般称为铅酸蓄电池。它的电解液是27~37%的硫酸水溶液，电极是二氧化铅（ PbO_2 ），负极板是绒状铅（Pb）。

常用的铅酸蓄电池有两种：一种是固定式蓄电池，其容量大，寿命长（若按浮充电方式运行，一般可用6~8年以上）；另一种是起动用铅酸蓄电池，较多用于汽车上，因此通常称为汽车蓄电池，其体积较小，布置方便，低压电池组可以不建筑蓄电池室，而把它放在通风的木箱内，但是起动用铅酸蓄电池寿命短，一般只能使用1~2年，所以发电厂及变电所应采用固定型。只有当条件限制时，低压电池组才采用汽车蓄电池。

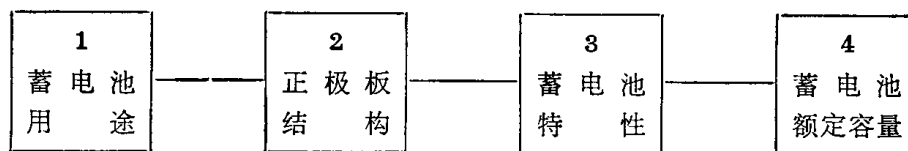
固定型铅酸蓄电池有开口式、防酸隔爆式和消氢式等类型。发电厂及变电所中，目前较多采用防酸隔爆式，它具有性能好，维护方便等优点。

(2) 碱性蓄电池：碱性蓄电池无酸气腐蚀、不需要专门蓄电池室、维护简便、寿命长，但事故放电电流较小，可在中、小型发电厂和110KV及以下变电所使用。

碱性蓄电池有铁镍、镉镍等几种。它的电解液是20%的氢氧化钾（KOH）水溶液。用氢氧化镍〔 $Ni(OH)_2$ 〕作正电极，用铁（Fe）作负电极时叫铁镍蓄电池；用镉（Cd）作负电极时叫镉镍蓄电池。此外，还有锌银、镉银碱性蓄电池。

2. 蓄电池的型号

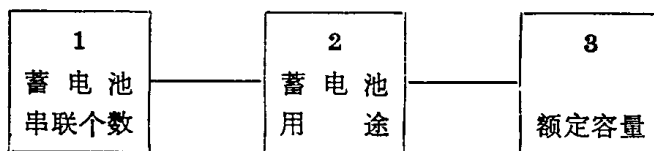
(1) 铅酸蓄电池的型号：国内铅酸蓄电池的型号是用汉语拼音字母及数字的组合来表示。固定型铅酸蓄电池的型号是由三部分或四部分组成，即



例如，GGF-500表示固定型防酸隔爆式蓄电池，此型号第一字母“G”表示“固定型”，第二字母“G”表示正极板为“玻璃丝管式”，第三字母“F”表示特殊性能是“防酸隔爆式”；第四部分“500”表示十小时率的额定容量为500安时。又如GGX-100中的X表示“消氢式”。固定型开口式铅酸蓄电池一般由三部分组成，如GG-24表示固定型正极板为管式、额定容量为24安时。

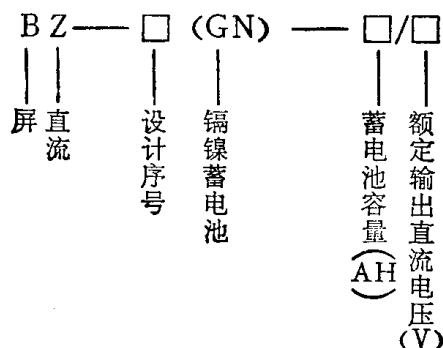
蓄电池型号的习惯叫法，有的以极板总数叫，有的以正极板数叫，有的又以相当于Ⅰ类（即1K）极板一片的倍数叫。例如，GG-720电池有的叫2K-21（以极板总数），有的叫2K-10（以正极板数），有的叫2K-20（相当Ⅰ类极板的倍数）。Ⅰ类极板每片36安时，若容量为720安时，则型号数或电池数为 $\frac{720}{36} = 20$ 。由电池型号数也可求出正极板片数：Ⅰ类极板除以1，Ⅱ类极板除以2，Ⅳ类极板除以4，如 $\frac{20}{4} = 5$ 片正极板。

移动型铅蓄电池型号常用DG及DT两种，其中字母“D”表示用途（“电瓶车”的“电”字），G表示正极板为管式，T表示正极板为涂膏式。例如DG-232，代表蓄电池车用，管式正极板，容量为232安时（5小时率）。另一种型号标法为：



例如，6-QB-56。表示6个电池串联起动用，薄型极板，容量为56安时。

(2) 碱性蓄电池的型号：镉镍蓄电池型号一般按如下表示：



二、铅酸蓄电池的结构及其工作原理

常用的铅酸蓄电池是固定型防酸隔爆式的。防酸隔爆式的铅酸蓄电池是由正、负极板，微孔隔板，容器（电槽）和电解液等组成。

固定型铅酸蓄电池的正极板是采用玻璃丝管式极板，其板栅上用铅锑合金铸成许多凸起的栅筋，并在栅筋上套上玻璃丝纤维编织的套管，灌入氧化铅粉，用铅锑合金或塑料封底后充电化成。由于玻璃丝管表面具有许多细缝，使管内活性物质能和管外电解液充分接触。负极板采用涂膏式极板，其板栅用铅锑合金制成，以加强栅格的机械强度和防止栅格被腐蚀。涂在阴极板栅的阴铅膏是由铅粉、稀硫酸和少量的硫酸钡、腐植酸、松香等拌合成浆状混合物。涂膏后的极板经浸酸、烘干，再经电化的氧化——还原反应，使极板上的铅膏变成活性物质，负极板还原成多孔性的绒状铅。

铅酸蓄电池的每一电极是由若干块极板并联组成的，正、负极板是交错地排列放置的。负极板总比正极板多一块。极板数目依容量而定。对于Ⅰ类极板的正极板数为总容量除以每片容量12安时，Ⅱ类极板则除以36安时，Ⅲ类极板则除以72安时，Ⅳ类极板则除以144安时。极板类型是按总容量选取的：60安时以下用Ⅰ类极板；72~180安时的用Ⅱ类极板；216~720安时的用Ⅲ类极板；864安时以上的用Ⅳ类极板。例如，容量为288安时的电池用Ⅲ类极板，其正极板数为 $\frac{288}{72} = 4$ 片，负极板数则为5片。

正、负极板浸于电解液中，并用木板或微孔型塑料将正、负极板隔开，以防短路。极板与容器之间用铅或塑料弹簧支撑。

铅酸蓄电池的容器常用玻璃缸。其优点是耐酸强、绝缘好、外巡方便。其缺点是机械强度差、不耐震、易破裂，玻璃缸适用于容量720安时以下。864安时以上的大容量铅蓄电池，一般用铅衬木槽。

为了防止灰尘杂物落入和充电时蒸发硫酸气体，蓄电池上有玻璃盖板，采用单面麻盖。

极板利用特殊的耳柄挂在容器边缘。电解液应该比极板高10mm，比容器顶低15~20mm，极板的下边与容器底有足够距离。

铅酸蓄电池的电解液是稀硫酸溶液，它由高纯度硫酸和纯水配制而成。因此使用时应掌