

城镇(农村) 工矿企业电工培训教材

(高级工)

内线工程
安装
和检修

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

城镇(农村)工矿企业电工培训教材

内线工程安装和检修

(高级工)

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是城镇(农村)工矿企业电工培训配套教材之一。

书中着重讲述了低压二次回路知识,电气照明及动力线路设计和审查,复杂电能计量表的安装及错接线判断,内线工程缺陷故障处理,低压无功补偿,内线安装检修工程安全措施的编制。本书对二次回路知识、端子排的绘制、怎样看二次回路图作了较明确的说明。每一章之后还附有复习题,以便对电工培训考核之用。

本书适用于城镇(农村)工矿企业电工培训之用,也适用于电力部门有关专业及其他有关人员学习之用。

图书在版编目(CIP)数据

内线工程安装和检修/山西省电力局编.-北京:中国电力出版社,1999

城镇(农村)工矿企业电工培训教材

ISBN 7-80125-979-3

1. 内… Ⅱ. 山… Ⅲ. ①输电导线,室内-安装-技术培训-教材②输电导线,室内-检修 技术培训-教材
N. TM756

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 04225 号

内线工程安装和检修 (高级工)

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999 年 6 月第一版 1999 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 10 印张 220 千字

印数 0001—5000 册 全三册定价 46.00 元 (本册 15.00 元)

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

城镇(农村)工矿企业电工培训教材

编 审 委 员 会

名 誉 主 任：卞学海 李振生

主 任：刘润来

常务副主任：郭连邦

副 主 任：程忠智 宗 健 徐 奇 贺至刚

张克让 王靖中 杨定鑫 程纪奎

顾希衍 王文杰 郑承平 刘玉柱

委 员：周 新 郭林虎 李 禄 阎刘生

乔文普 李 波 吴秀初 杨 忠

卫克俭 苑连池 杨德水

办公室主任：杨定鑫（兼）

办公室副主任：乔文普 陈 涛 姜丽敏 郭林虎

办公室工作人员：曹 璘 王荣辉 罗 琳

《内线工程安装和检修》高级工编写人员

主 编：杨守辰

参 编：王雁宾 曹福成 张艳艳 任 斌

张明生 赵清芳 袁晓东 张雅明

张力强 白 洁 顾 涛 任 忠

主 审：赵宝权

前 言

根据原电力部教育工作会议的精神和中电联教培部《关于电力工业培训教材建设工作的意见》，在部领导的关怀下，山西省电力工业局和中国电力出版社经协商研究后，决定编写出版这套《城镇（农村）工矿企业电工培训教材》。

我国工矿企业和农村，目前约有 300 万电工在从事电力设施的安装、检修、运行维护和试验工作，他们是建设和发展供用电事业，维护供用电设施安全的一支重要生力军。随着我国电力事业的不断发展和电力科学技术的进步，对这支生力军的整体素质也相应地提出了更高的要求。为此，编写一套适用于城镇（农村）工矿企业电工培训学习的教材，是当务之急，也是我们电力管理和电力出版部门义不容辞的责任。

本套丛书的内容覆盖了变配电设备运行、检修、安装，供电路施工、运行、检修，电机检修，电气试验，电气仪表及内线工程施工和检修等 8 个工种对初、中、高级工的技术要求，每个工种分初、中、高级工 3 个分册出版，共 24 个分册。

在编写本套丛书的过程中，着重根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿。

和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的培训教材，深信是紧扣工人技术等级标准的实用性教材。

城镇（农村）工矿企业电工培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法，其内容涉及电压等级从高压 110kV 到 3kV，低压 500V 及以下电工所需的技术基础知识和技能知识。与每一工种对应的初、中、高级工 3 个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。

本分册是《内线工程安装和检修》高级工培训教材。全书由杨守辰主编，赵宝权主审。

在编写这套丛书的过程中，得到了原电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或有需要修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1998 年 4 月

目 录

前 言

第一章 低压电气二次回路	1
第一节 二次回路的基本知识	1
第二节 常用低压电气二次回路	13
第三节 直流操作电源简介	38
第四节 低压回路常用继电器	46
复习题	52
第二章 照明及动力线路的设计	55
第一节 照明及动力线路的一般要求	55
第二节 电线及电缆类型的选择	59
第三节 电线及电缆截面选择	64
第四节 接地接零系统	92
复习题	105
第三章 复杂电能计量装置的安装及循	
接线判断	109
第一节 复杂电能表的安装	109
第二节 电能表错接线	121
复习题	164
第四章 内线工程缺陷故障处理	176
第一节 内线工程缺陷原因	176
第二节 缺陷故障种类及处理	177

复习题	216
第五章 内线工程预算及审查	222
第一节 内线工程预算	222
第二节 内线工程预算编制的依据	223
第三节 内线工程预算费用的组成	224
第四节 内线工程预算编制的程序和方法	229
第五节 如何审查工程预算	234
复习题	236
第六章 低压电网无功补偿	238
第一节 无功补偿的概念	238
第二节 低压无功补偿方式	245
第三节 无功补偿容量的计算	246
第四节 电容器组的接线	250
第五节 电容器组的安装	252
第六节 电容器组的测量、信号和保护	255
第七节 电容器的运行	272
第八节 电容器检修	278
第九节 无功补偿成套装置	280
第十节 电容器投运	280
复习题	282
第七章 内线安装检修工程安全措施编制	291
第一节 各类工作的一般安全技术措施	291
第二节 保证内线安装、检修的组织措施	300
第三节 保证在停电设备上工作安全的技术措施	304
第四节 内线工程施工安全措施编制	306
复习题	309

低压电气二次回路

第一节 二次回路的基本知识

一、二次回路

1. 定义

由二次设备相互连接而构成对一次设备进行监测、控制、保护、调节的电气回路称之为电气二次回路。

二次回路一般包括：控制回路、监测回路、保护回路、信号回路、励磁回路、调节回路、操作回路、电源等。

2. 作用

二次回路的作用是检查、控制、指挥和保护主系统中各个电气设备的运行。电能不能大量储存的特点决定了电能的生产、输送、分配、使用是同时进行和完成的，因此二次回路间接地检查、控制和指挥了一次系统的正常运行和故障的切除。

二、低压电气二次回路的符号

电气二次回路的符号包括图形符号、文字符号和回路标号三种，由国家统一规定。

依据各类开关电器和继电器内部构造的特点，在二次回路接线图中所有的触点，均按正常状态时的位置来表示。也

就是说开关电器是在断开位置，继电器线圈是在不带电的情况下触点和辅助触点所处的状态。因此，常开触点和常开辅助触点是指继电器或开关电器在正常位置时该触点是断开的；常闭触点或常闭辅助触点则反之。

1. 图形符号

二次回路接线图中的图形符号是指在此回路中用较简单的图形来表示母线、断路器、继电器的线圈和触点、信号灯、电阻、晶体管元件等符号，国家对此类符号有统一的标准和规定，详见 DL5028—93《电力工程制图标准》的要求。

2. 文字符号

文字符号一般由基本符号、辅助符号、数字符号和附加符号组成。

基本符号：对电气设备的基本名称加以标明，例如：按钮用“S”、表计用“P”、继电器用“K”表示。

辅助符号：对电气设备的基本特性，主要作用加以阐述，如：电流用“A”、时间用“T”表示，白色用“WH”表示。

数字符号：用以区分出现在图纸上的许多相同电气设备或相同安装单位的顺序号码，例如：第一组电流互感器的数字是“1”。

附加符号：用以标明同一电气设备或回路中某些元件的附加特性，或区分特征相同组出现在不同电气设备或回路中的元件。

当回路较为简单，用基本符号不至引起混淆的情况下，允许省略掉其他符号，只要确保接线图准确、明了、简单就行。

文字符号按 GB7159—87《电气技术中文字符号制定通则》编制。

3. 回路标号

电路图中的回路都注有文字和数字标号，统称为回路标号。回路标号主要用来区别连接各个电气的二次回路的种类和特征等。

回路标号一般按照“等电位”的原则进行标注，即无论回路中有多少导线连于一点，只要电位是相同的，回路标号就应相同（由其他设备引入系统中的联锁回路，允许按原引入设备的回路特征进行标号）。由电气设备的线圈、绕组、触点或电阻、电容等元件所分隔开的线段，即视为不同的线段（电位不相等），则标注不同的回路标号。

回路标号一般由3位或3位以下的数字组成。当需要标明相别或某些主要特征时，可以在数字标号的前面或后面增注文字标号，文字标号一般常用汉语拼音字母。

回路标号按照功能，可以分成直流回路标号、交流回路标号和各种小母线等部分。其组成如下：

(1) 直流回路的标号：在直流二次回路中，从正极回路的线段编起，按照奇数顺序，如：1, 3, 5, 7, …。从负极回路的线段编起依次以偶数标号标注回路，如：2, 4, 6, 8, …。

在同一个回路中，回路中电源每经过压降元件（如绕组、线圈、电容、电阻等）时，若极性改变，回路标号应相应改变；若未改变极性，回路标号依次编写，对于一些不能明确标明极性的线段（如线圈、绕组、电阻、电容等元件之间的连接导线）可任意选标奇数或偶数。

在直流二次回路中，用个位数字的奇偶数区分回路的极性，用十位数字的顺序区分回路中不同线段，如用1, 11, 21, 31, …，顺序标注正极回路；用2, 12, 22, 32, …顺序标注负极回路。用百位数字来区分不同供电电源的回路，如A电

源的正极回路顺序标注为 101, 111, 121, 131, …; A 电源的负极回路顺序标注为 102, 112, 122, 132, …; B 电源的正极回路顺序标注则为 201, 211, 221, 231, …; B 电源的负极回路顺序标注则为 202, 212, 222, 232, …。

发电厂与变电所电路图上的直流回路数字标号组如表 1-1 表示。

表 1-1 直流回路数字标号表

回 路 名 称	数 字 标 号 组			
	I	II	III	IV
(+) 电源回路	1	101	201	301
(-) 电源回路	2	102	202	302
合闸回路	3~31	103~131	203~231	303~331
跳闸回路	33~49	133~149	233~249	333~349
绿灯或合闸回路监视回路	5	105	205	305
红灯或跳闸回路监视回路	35	135	235	335
备用电源自动合闸回路	50~69	150~169	250~269	350~369
开关器具的信号回路	70~89	170~189	270~289	370~389
事故跳闸音响信号回路	90~99	190~199	290~299	390~399
保护及自动重合闸回路	01~099 (或 J1~J99)			
机组自动控制回路	401~599			
励磁控制回路	601~649			
发电机励磁回路	651~699			
信号及其他回路	701~999			

(2) 交流回路的标号：交流二次回路的标号原则与上述直流二次回路的相似，各回路的线圈、绕组、电阻、电容等主要压降元件两侧的不同线段，分别按奇数和偶数的顺序标号。串联连接的线圈、绕组、电阻、电容等元件间的导线段可任意选标奇数或偶数，但一定要满足从正极开始按照奇数顺序标号、负极开始按照偶数顺序标号的要求。

表 1-2

交流回路数字标号表

回路名称	互感器的 文字符号	回路标号组			
		A 相	B 相	C 相	中性线
保护装置及测量表 计的电流回路	TA	A401~A409	B401~B409	C401~C409	N401~N409
	1TA	A411~A419	B411~B419	C411~C419	N411~N419
	2TA	A421~A429	B421~B429	C421~C429	N421~N429
	...	...	...	...	...
	9TA	A491~A499	B491~B499	C491~C499	N491~N499
保护装置及测量仪 表的电压回路	10TA	A501~A509	B501~B509	C501~C509	N501~N509
	19TA	A591~A599	B591~B599	C591~C599	N591~N599
	TV	A601~A609	B601~B609	C601~C609	N601~N609
	1TV	A611~A619	B611~B619	C611~C619	N611~N619
	2TV	A621~A629	B621~B629	C621~C629	N621~N629
在隔离开关辅助触 点和隔离开关位置继 电器触点后的电压回 路	110kV	A (B, C, N, L, X) 710~719			
	220kV	A (B, C, N, L, X) 720~729			
	35kV	A (B, C, N, L) 730~739			
	6~10kV	A (B, C) 760~769			

与直流二次回路相似，交流二次回路中用个位数字的顺序区分回路的相别，用十位数字的顺序区分回路中不同导线段，如：A相回路按1，11，21，31，…顺序标号；B相回路按2，12，22，32，…顺序标号；C相按3，13，23，33，…顺序标号。当回路供电的电源不同时也可采用百位数字的顺序进行区分。

发电厂与变电所电路图中的交流回路数字标号组列表1-2所示。

(3) 各种小母线标号：小母线的文字标号组列于表1-3中。

表 1-3 小母线的文字标号组列表

小 母 线 名 称		文 字 符 号	
直流控制和信号的电源及辅助小母线			
控制回路电源小母线		+WCL	-WCL
信号回路电源小母线		+WS	-WS
事故音响信号小母线	用于不发遥远信号者	WTS	
	用于直流屏	1WTS	
	用于配电装置	2WTS	
	用于发遥远信号者	3WTS	
预告信号小母线	用于配电装置（瞬时动作）	WPS	
	瞬时动作的信号	1WPS	2WPS
	延时动作的信号	3WPS	4WPS
	用于直流屏（延时动作信号）	5WPS	6WPS
控制回路断线预告小母线		WCPS I WCPS II WCPS III	
灯光信号小母线		WS	
配电装置内的信号小母线		WS _柜	
闪光信号小母线		+WFS	
合闸小母线		+WOM	-WOM
“掉牌未复归”光字牌小母线		WAUX	

在控制和信号回路中，一些辅助小母线和交流电压小母

线，除常用文字符号表示外，还有固定的数字编号，但都服从于上述标号原则。常见小母线的固定编号如表 1-4 所示。

表 1-4 常见小母线的固定编号表

小母线符号	数字符号	小母线符号	数字符号
直流电源辅助小母线		交流电压及同期小母线	
+WFS	100	1VBa	A630
WTS	708	1VBc	C630
1WTS	728	1VBN	N630
2WTS	727	1VBL	L630
3WTS	808	2VBa	A640
1WPS	709	2VBc	C640
2WPS	710	2VBN	N640
3WPS	711	2VBL	L640
4WPS	712	VBb	B600
WAUX	703		

三、读电气二次图的方法

二次接线图是用二次设备特定的图形符号和文字符号，表示二次设备互相连接的电气接线图。

二次接线图的表示法有三种：①原理接线图；②展开接线图；③安装接线图。

1. 读二次回路图的基本方法

(1) 结合电路图的绘制特点看图。二次回路图的逻辑性很强，在绘制时遵循着一定的规律和原则，看图时若能抓住这些规律和原则就很容易看懂了。

(2) 结合典型电路看图。所谓典型电路，就是指常用的基本电路。一张复杂的电路图，细分起来不外乎是由几个典型电路组成的，熟悉和掌握了各种典型电路，对于看复杂的电路图会有很大帮助，不仅在看图时很快能抓住主要矛盾，分

清主次环节，而且不易搞错。

(3) 结合电器元件的结构和工作原理看图。每个电路都是由各种电器元件构成，如：各种继电器、控制开关、接触器。在看电路图时，首先要搞清这些电器元件的性能、相互控制关系以及在整个电路中的地位和作用，才能看懂电流在整个回路中的流动过程即工作原理，否则电路图是无法看懂的。

结合电工基础知识看图，电气控制等电路无不建立在电工学的理论上。因此，要想搞清电路的电气原理，离开电工知识是不行的，熟练掌握电工学原理是看懂电气二次接线图的基本条件。

2. 基本步骤

(1) 看图纸说明。图纸说明包括图纸目录、技术说明、元件明细表和施工说明书等。识图时，首先看图纸说明，搞清设计思想、设计内容和施工要求，理解图纸的大体概况，抓住识图重点。

(2) 看电气原理图、展开图。阅图前首先应弄通该张图纸所绘制的继电保护装置的动作原理及其功能和图纸上所标符号代表的设备名称，然后再看图纸，阅读比较复杂的二次接线图时，一定要注意读图顺序。在阅读中有个别问题一时难于弄清楚，可暂时留下，待阅读其他电路后可能就清楚了，切忌“眉毛胡子一把抓”。

看图的要领可归纳为下述顺口溜：

“先交流，后直流；交流看电源，直流找线圈；抓住触点不放松，一个一个查得清”。

所谓“先交流，后直流”，是指先把二次接线图的交流回路看懂吃透，再进一步着手了解、分析直流回路。一般来说，

二次接线图中的直流回路比较复杂，交流回路比较简单，容易看得懂。由浅入深，根据交流回路的电气量以及在系统中发生故障时这些电气量的变化特点，向直流逻辑回路推断，直流回路就不是太抽象、太难懂的了。

“交流看电源，直流找线圈”，也就是讲交流与电源，直流与线圈，分别是两个回路的关键。交流回路由电流回路和电压回路两部分组成，首先找出它们是由哪些电流互感器（电压互感器）来的，在互感器中传输的电流或电压量起什么作用。然后再看与直流回路有什么联系关系，这些电气量是由哪些继电器反应出来的，它们的符号是什么？动作情况如何？进一步再找与其相应的触点回路，到此就把每组电流互感器（电压互感器）的二次回路中所接的每个继电器一个个的分析完，总结它们都用在什么回路？与哪些回路有关？在头脑中有个大轮廓，往后看就会容易些。

“抓住触点不放松，一个一个全查清”，就是说继电器的触点的状态很重要，很关键，找到继电器的线圈后，再找出与之相应的触点，根据触点的状态引起回路变化的情况，进一步分析回路的动作情况，直至查清整个逻辑回路的动作过程。

为了帮助读者进入角色，现将展开图中的规律列举出来以便于读者看二次图。

1) 为区别于其他回路的联络线，将直流母线或交流电压母线用粗线条表示。

2) 在展开图的右侧注明了每个逻辑回路的作用，这是看懂图的关键所在。

3) 展开图中各电气元件的文字符号与相应原理图中的文字符号一致。