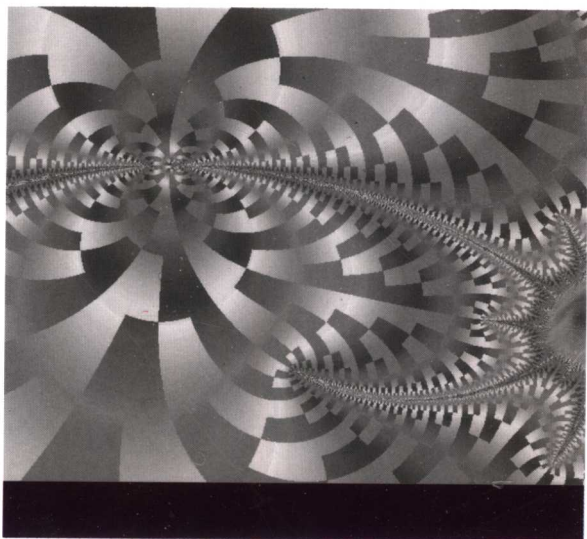


职业技能鉴定培训读本

中级工

变配电室值班电工

盛占石 尤德同 主编



化学工业出版社

本书为技术工人技能鉴定培训教材。主要内容包括：变压器、断路器、高压隔离开关和负荷开关、重合器和自动分段器、避雷器与消弧线圈、互感器等一次设备的结构、特点、工作原理、一次设备的日常巡视检查内容、日常维护工作内容、操作工作中的注意事项、异常运行时的特征及应对方法，以及电力系统的倒闸操作，对倒闸操作中可能出现的问题提出了警示。

本书的主要特点是密切结合值班电工的日常工作，实用性强。可作为变配电站（所）值班电工（中级工）的培训教材，也可供具有初中以上文化的工人自学。

图书在版编目（CIP）数据

变配电室值班电工/盛占石，尤德同主编. —北京：
化学工业出版社，2006.12
职业技能鉴定培训读本（中级工）
ISBN 978-7-5025-9861-7

I. 变… II. ①盛…②尤… III. 变电所-配电系统-
电工-职业技能鉴定-教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 161399 号

责任编辑：李玉晖
责任校对：宋 玮

文字编辑：廉 静
装帧设计：于 兵

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 刷：大厂聚鑫印刷有限责任公司
装 订：三河市前程装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 12½ 字数 331 千字
2007 年 2 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

《职业技能鉴定培训读本（中级工）》编委会

编委会主任：李金伴

编委会副主任：戈晓岚 王维新

编委会委员：卢章平 陆一心 李金伴 王特典

阳名沅 戈晓岚 王维新

序

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实践经验的技术工人是不可或缺的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏，已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出“科教兴国”战略方针的重要举措，也是我国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家确定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业等级标准相适应，实行学历证书、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势，江苏大学（原机械部所属江苏理工大学）工业中心受化学工业出版社的委托，根据2000年3月2日国家劳动和

社会保障部部长令（第6号）发布的就业准入的相关职业（工种），组织编写了职业技能鉴定培训读本（中级工），包括《机械制图》、《机械制造基础》、《金属材料与热处理》、《车工》、《铸造工》、《电工》、《钎焊复合工》、《金属切削工》、《热处理工》、《刨插工》、《钳工》、《模具工》、《锻造工》、《镗工》、《铣工》、《磨工》、《冷作钣金工》、《组合机床操作工》、《加工中心操作工》、《电气设备安装工》、《高低压电器装配工》、《电机装配工》、《变电设备安装工》、《仪表维修工》、《电子仪器仪表装配工》、《起重工》、《电机检修工》、《变压器、互感器装配工》、《变配电室值班电工》等29种，以满足培训市场的需要。

本套丛书由江苏大学工业中心戈晓岚、李金伴和陆一心等教授担任主编，组织有高级职称且业务水平较高，机械制造工程培训经验丰富，了解机械行业情况，熟悉工程培训规律的教师、实验室主任、工厂高级技术人员等参加编写。

本套丛书是针对中级技术工人和操作工编写的，在内容上注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要，对基本理论部分以必需和够用为原则，注重能力的培养，并从当前机械行业技工队伍素质的实际出发，努力做到理论与实践并重，理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂，体现面向生产实际，突出职业性的精神。在强调应用、注重实际操作技能的同时，反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书注意与初级、高级技工要求之间的合理衔接，便于在职技术工人学习。书中基本术语、材料牌号、设备型号等采用了新标准。

本套丛书既可作为中级工的培训教材，也可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的实习教学参考书。

本套丛书在编写过程中，得到江苏大学工业中心和老科技协会的支持、指导和帮助，在此一并表示感谢。

丛书主编

2006年6月

前 言

变电站（所）运行值班电工属于电力系统中的“智能”型工种，是供电企业主要工种之一。变电站运行稳定与否，直接影响到电网安全运行。变电站（所）值班电工的技术素质将直接影响电网运行的质量。为了提高变配电值班电工的技术素质，编写了本教材。

由于值班电工平时要大量接触一次设备，因此本教材在编写过程中，始终围绕值班电工的日常工作，本着值班电工“干什么、学什么”的原则，重点介绍了变配电系统一次设备的结构、特点，对一次设备的完好标准、日常检查维护的内容、故障判断等作了详细的介绍。

本教材共分 11 章。第一章叙述了电工基础的一些基本知识，包括直流电路、单相正弦交流电路和三相交流电路，这些均为中级以上值班电工岗位培训的考核内容；第二章简单介绍了变电站（所）的常用主接线；第三章讲述了变配电站（所）常用的安全工具和测量仪表，叙述了安全工具和测量仪表的正确使用方法和日常注意事项；第四章至第九章详细讨论了一次设备（包括：变压器、断路器、高压隔离开关和负荷开关、重合器和自动分段器、避雷器与消弧线圈、互感器）的结构、特点、工作原理，以及对这些一次设备的日常巡视检查内容、日常维护工作内容、操作工作中的注意事项以及异常运行时的特征及应对方法；第十章主要叙述了电力系统的倒闸操作，对在倒闸操作中可能出现的问题提出了警示；第十一章简单介绍了变配电站（所）的常规管理要求。

全书由盛占石、尤德同主编，负责全书内容与章节的确定以及全书的统稿。本书第四章、第五章由江苏大学盛占石副教授编写：

第二章、第三章由尤德同高级工程师编写；第六章、第七章由周新云副教授编写；第一章由江苏大学谭斐编写；第八章、第九章由黄丽老师和康梅老师编写；第十章、第十一章及附录由谭延良副教授和中国人民解放军镇江船艇学院电工基础教研室张芊老师编写。全书由江苏大学李金伴教授主审，李教授在审阅过程中，对初稿提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。同时对所引用参考文献的各位作者也表示衷心感谢。

由于编者水平有限，时间又十分仓促，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2006年9月于江苏大学

欢迎加入化学工业出版社读者俱乐部

您可以在我们的网站 (www.cip.com.cn) 查询、购买到数千种化学、化工、机械、电气、材料、环境、生物、医药、安全、轻工等专业图书以及各类专业教材,并可参与专业论坛讨论,享受专业资讯服务,享受购书优惠。欢迎您加入我们的读者俱乐部。

两种入会途径 (免费)

- ◇ 登录化学工业出版社网上书店 (www.cip.com.cn) 注册
- ◇ 填写以下会员申请表寄回 (或传真回) 化学工业出版社

四种会员级别

- ◇ 普通会员 ◇ 银卡会员 ◇ 金卡会员 ◇ VIP 会员

化学工业出版社读者俱乐部会员申请表

姓名:	性别:	学历:
邮编:	通讯地址:	
单位名称:		部门:
您从事的专业领域:		职务:
电话:		E-mail:

◆ 您希望出版社给您寄送哪些专业图书信息? (可多选)

☐ 化学 ☐ 化工 ☐ 生物 ☐ 医药 ☐ 环境 ☐ 材料 ☐ 机械 ☐ 电气 ☐ 安全 ☐ 能源 ☐ 农业
☐ 轻工 (食品/印刷/纺织/造纸) ☐ 建筑 ☐ 培训 ☐ 教材 ☐ 科普 ☐ 其他 ()

◆ 您希望多长时间给您寄一次书目信息?

☐ 每月 1 次 ☐ 每季度 1 次 ☐ 半年 1 次 ☐ 一年 1 次 ☐ 不用寄

◆ 您希望我们以哪种方式给您寄书目? ☐ 邮寄纸介质书目 ☐ E-mail 电子书目

此表可复印,请认真填表后发传真至 **010-64519686**,或寄信至:北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社发行部 读者俱乐部收 (邮编 100011)

联系方式:

热线电话: 010-64518888, 64518899 E-mail: hy64518888@126.com

目 录

第一章 电工基础	1
第一节 直流电路	1
一、电路的基本概念	1
二、欧姆定律及其应用	4
三、电阻的串联、并联和混联	5
四、电功、电功率	8
第二节 电磁与电磁感应	10
一、磁场的基本概念	10
二、载流导体的磁场	12
三、电磁感应及其应用	13
四、自感、互感及应用	15
第三节 正弦交流电路	17
一、交流电的基本概念	17
二、正弦交流电的表示方法	19
三、单一参数的正弦交流电路	22
四、 R 、 L 、 C 串联正弦交流电路	31
五、交流电路中的谐振及功率因数的提高	35
第四节 三相交流电路	40
一、三相交流电路的一般概念	40
二、三相电源的连接	41
三、三相负载的连接	42
四、三相功率的计算	45
第二章 变电所电气主接线	47
第一节 设计原则	47
第二节 设计要求	48
第三节 几种常用的主接线	49

一、母线的分类	49
二、几种常用的主接线	50
第四节 变电所一次系统防误操作装置	53
一、变电所的五防要求	53
二、常用的闭锁装置	54
三、解锁操作	58
第三章 变电所的安全操作与电气测量	59
第一节 安全操作	59
一、电工绝缘安全用具	59
二、验电操作	61
三、装设和拆除接地线	64
四、标示牌和遮栏	69
五、电气火灾的处理	72
第二节 常用电气测量仪表	74
一、电气测量仪表的基本要求	74
二、手持式仪表	74
三、指示（测量）式仪表	85
四、仪表的维护与保管	92
第四章 变压器	93
第一节 变压器结构与工作原理	93
一、电力变压器基本结构	93
二、变压器的工作原理	93
三、变压器的型号和技术参数	95
四、变压器的极性	97
五、变压器的接线组别	99
第二节 变压器的运行方式和中点接地方式	101
一、单台运行方式	101
二、分列运行方式	101
三、并列运行方式	102
四、变压器中点接地方式	103
第三节 变压器的过负荷运行	105
第四节 变压器的运行与维护	108
一、投运前的准备与检查	108

二、变压器的操作原则	110
三、变压器调压分接开关的运行维护	111
四、对冷却装置的检查维护	119
五、净油器的运行维护	120
六、气体继电器的运行维护	120
七、瓦斯保护装置	120
八、变压器的巡视检查	121
第五节 干式变压器的运行与维护	123
一、日常的维修检查	123
二、运行初期的检查	126
三、维修和检查时的注意事项	126
四、定期检查	127
第六节 变压器异常运行与故障处理	127
一、变压器异常运行与分析	127
二、故障检查处理方法	130
第七节 自耦变压器	139
第五章 断路器	141
第一节 少油断路器	141
一、SW 系列少油断路器	141
二、SN 系列少油断路器	144
第二节 真空断路器	146
第三节 六氟化硫断路器	148
一、SF ₆ 气体特性	148
二、SF ₆ 断路器特点	149
三、SF ₆ 断路器结构	150
四、SF ₆ 断路器密封措施	152
第四节 操动机构	152
一、手动操动机构 (CS)	153
二、电磁操动机构 (CD)	155
三、弹簧操动机构 (CT)	156
四、液压操动气动机构 (CY)	164
五、气动操动机构 (CQ)	171
第五节 高压断路器的操作	173

一、断路器操作基本要求	173
二、断路器操作	174
三、操作注意事项	176
第六节 断路器的运行与维护	177
一、断路器的运行条件	177
二、断路器的正常巡视检查	181
三、断路器的特殊巡视	185
四、故障断路器紧急停用处理	186
第七节 断路器的运行故障及处理	186
一、断路器拒绝合闸	186
二、运行中的断路器发生拒绝跳闸	190
三、运行中断路器发生“误跳闸”	194
四、断路器发生“误合闸”	198
五、SF ₆ 断路器本体的故障原因及处理方法	199
六、真空断路器的真空度下降	199
七、断路器操动机构的常见故障及处理	199
八、断路器的过热及分合闸线圈故障	205
九、高压断路器安装交接及检修验收要求	205
第六章 高压隔离开关和负荷开关	208
第一节 高压隔离开关	208
一、高压隔离开关的类型和用途	208
二、高压隔离开关的组成与安装	210
三、高压隔离开关的操作要求	213
四、高压隔离开关的运行与维护	215
五、高压隔离开关的误操作处理	216
六、高压隔离开关操作故障及处理	218
第二节 负荷开关	223
一、负荷开关的类型	224
二、负荷开关的用途	227
三、对负荷开关的要求	228
四、负荷开关的安装与调整	228
第七章 重合器与自动分段器	229
第一节 重合器	229

一、概述	230
二、重合器的分类及用途	231
三、重合器的主要参数	232
四、真空重合器	239
五、SF ₆ 重合器和电子重合器	243
六、重合器的应用	246
七、重合器的其他配合方式	254
第二节 自动分段器	259
一、自动分段器的特点与分类	259
二、分段器的结构、工作原理与应用	260
第八章 避雷器和消弧线圈	263
第一节 避雷器	263
一、避雷器的工作原理与结构	264
二、避雷器的种类和用途	266
三、避雷器的运行维护	269
四、金属氧化物避雷器	272
五、避雷器的故障处理	273
第二节 消弧线圈	275
一、消弧线圈的结构、工作原理和接线	275
二、消弧线圈的运行	279
三、消弧线圈的故障处理	285
第九章 互感器	290
第一节 电压互感器	290
一、电磁式电压互感器的工作原理	290
二、电容式电压互感器的工作原理	295
三、电压互感器的精度等级	297
四、电压互感器的接线	297
五、互感器的安装验收	300
六、电压互感器的运行	302
七、电压互感器的故障处理	307
第二节 电流互感器	313
一、电流互感器的工作原理	313
二、电流互感器的精度等级	319

三、电流互感器的接线	319
四、电流互感器的运行	321
五、电流互感器的故障处理	326
第十章 变电所的倒闸操作	331
第一节 概述	331
第二节 倒闸操作管理	333
一、操作票制度	334
二、监护人职责要求	336
三、操作人职责要求	337
四、倒闸操作中的技术管理	339
第三节 倒闸操作	341
一、填写工作票	341
二、倒闸操作现场必须具备的条件	344
三、倒闸操作顺序	345
四、倒闸操作综合举例	348
第十一章 变电所管理与综合技能要求	352
第一节 变电所的管理制度	352
一、变电所各级人员岗位责任制	352
二、变电运行管理制度	353
三、设备管理制度	354
四、技术管理制度	356
第二节 变电所安全工作规程	356
一、高压设备工作的基本要求	356
二、保证安全的组织措施	357
三、保证安全的技术措施	357
附录 I 电气设备倒闸操作规范	360
附录 II 操作术语表	374
附录 III 主要电气设备完好标准	375
参考文献	380

第一章 电工基础

第一节 直流电路

电路是由若干电器元件或设备组成的，用来传输、转换能量或采集、传递和处理电信号的有机整体。根据电路中电源的不同，电路分为直流电路和交流电路。直流电路在电路稳态时，各元件上的电流、电压的大小和方向均不随时间而变化的物理量，而交流电路中，电流、电压的大小及方向则会随时间的变化而变化。本节讨论的是直流电路。

一、电路的基本概念

1. 电路及其组成

电流所流经的路径称为电路。一般电路由四个基本部分组成。

(1) 电源 电路的能源，其作用是将非电能（如机械能、热能、化学能和原子能）转变为电能。

(2) 负载 即用电设备，其作用是将电能转换成所需形式的能量，如照明灯、电动机、电炉、电磁铁等。

(3) 控制装置 其作用是根据负载的需要，对电路实行控制、管理，如开关、接触器、断路器以及其他控制元件。

(4) 连接导线 其作用是把电源、负载、控制装置连接成电路，用来传递能量或信号。

2. 电路模型

电路模型是将实际电路中的各个元件按其主要物理性质分别用一些理想电路元件来表示所构成的电路图。理想电路元件是指只进行某一种能量转换的元件，这些理想电路元件有电阻、电感、电

容、电压源和电流源。如图 1.1 所示。

(1) 电阻 电阻是一种将电能转换成热能的元件，它是一种耗能元件。电阻的文字符号为“R”，电路符号如图 1.1 (a)，电阻的单位为欧姆 (Ω)。

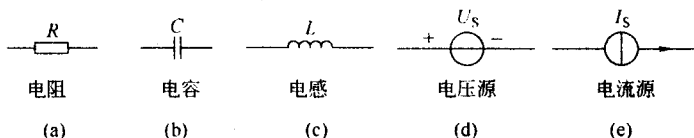


图 1.1 电路的基本模型

设加在某导体两端的电压是 1V，产生的电流是 1A，则该导体的电阻为 1Ω 。

$$1\Omega = 10^{-3} \text{ k}\Omega$$

(2) 电容器 也称为电容，它用来表征电路中电场能储存这一物理性质的理想元件，它是一种储能元件。电容的文字符号为“C”，电路符号如图 1.1 (b)，单位为法拉 (F)。工程上法拉的单位太大，因此常采用微法 (μF)、皮法 (pF) 来表示。

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{ pF}$$

(3) 电感 电感是一种用来表征电路中磁场能储存这一物理性质的理想元件，也是一种储能元件。电感的文字符号为“L”，电路符号如图 1.1 (c)，单位为亨利 (H)。

$$1\text{H} = 10^3 \text{ mH}$$

(4) 理想电压源 简称恒压源。理想电压源的特点是：输出电压 U 是由它本身确定，与外电路无关，而输出电流 I 与外电路有关。实际的电源，如蓄电池当忽略其内部的功率损耗，就可以用理想电压源来代替。理想电压源的电路符号如图 1.1 (d) 所示，文字符号为“ U_s ”，单位为伏特 (V)。

$$1\text{V} = 10^{-3} \text{ kV} = 10^3 \text{ mV}$$

(5) 理想电流源 理想电流源简称恒流源。理想电流源的特点是：输出电流 I 由它本身确定，与外电路无关，而输出电压 U 与

外电路有关。理想电流源的电路符号如图 1.1 (e) 所示, 文字符号为 “ I_S ”, 单位为安培 (A)。

$$1\text{A}=10^{-3}\text{kA}=10^3\text{mA}$$

3. 电路的状态

电路在不同的工作条件下, 会处于不同的状态, 并具有不同的特点。电路的状态主要有以下三种。

(1) 通路 当电源与负载接通, 例如图 1.2 (a) 中的刀开关 S 闭合时, 电路中有了电流及能量的传递和转换, 电路的这一状态称为通路, 而电源这时的状态称为有载。

(2) 开路 当某一部分电路与电源断开, 该部分电路中没有电流, 也无能量的输送和转换, 这部分电路所处的状态称为开路。例如图 1.2 (b) 中, 当开关 S_1 单独断开时, 电阻 R_1 所在的支路开路; 当开关 S_2 单独断开时, 电阻 R_2 所在的支路开路。

开路处的电流为零, 电压应视电路情况而定。

如果开关 S_1 、 S_2 全部断开, 即电源与负载全部断开, 这时电源的工作状态称为空载。

(3) 短路 当某一部分电路的两端用电阻可以忽略不计的导线或开关连接起来, 使得该部分电路中的电流全部被导线或开关所旁路, 这一部分电路所处的状态称为短路或短接。例如图 1.2 (c) 中, 当开关 S_1 单独闭合时, 电阻 R_1 被短路; 当开关 S_2 单独闭合时, 电阻 R_2 被短路。短路处的电压等于零, 短路处的电流视电路而定。

如果图 1.2 (c) 中的开关 S_1 和 S_2 全部闭合, 即所有负载全

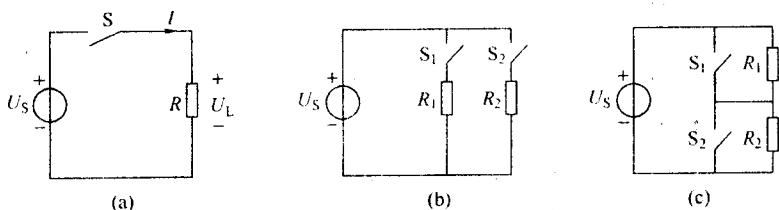


图 1.2 电路的通路、开路和短路