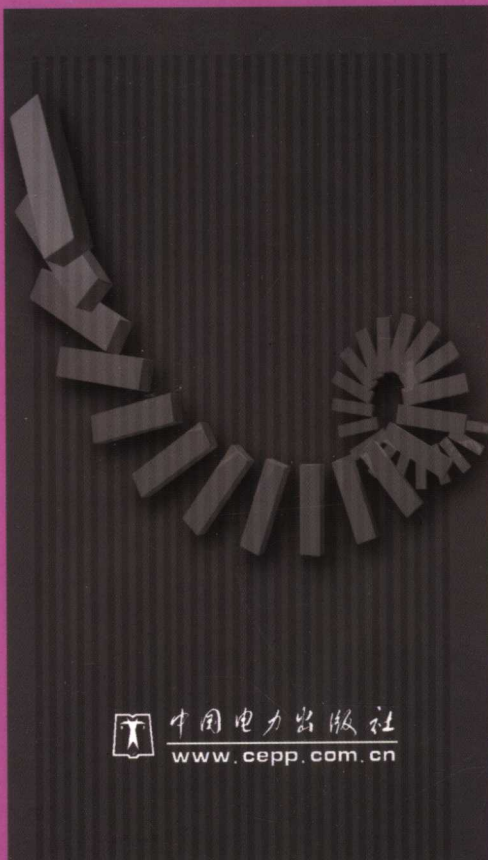


供用电工人职业技能培训教材

变电运行

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
陈庆红 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

供用电工人职业技能培训教材

变电运行

中国电机工程学会城市供电专业委员会管理体制和技能培训专家工作组 组编

陈庆红 主编 查复 主审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·变电站值班员》和《职业技能鉴定指导书·变电值班员》对职业技能培训的要求,针对我国目前变电运行的生产实际进行编写。编写中力求理论联系实际,学以致用,满足不同级别变电值班员提高生产技能的需求。

全书共分八章,主要内容包括:变电所安全生产管理,电力系统运行知识,变压器运行技术,配电装置运行技术,继电保护运行知识,直流系统,变电所综合自动化,运行管理等。

本书可作为各级变电值班员的技能培训教材及现场生产技能培训用书,可供从事变电运行的技术人员在工作中参考,也可供有关专业院校作为教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

变电运行/陈庆红主编;中国电机工程学会城市供电委员会组编. —北京:中国电力出版社,2005
供用电工人职业技能培训教材
ISBN 7-5083-3645-3

I.变... II.①陈... ②中... III.变电所-电力系统运行-技术培训-教材 IV.TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第115974号

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>)
北京市同江印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2006年2月第一版 2006年2月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 11.5印张 304千字
印数0001—3000册 定价22.00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)

《供用电工人职业技能培训教材》

编 委 会

主任委员：宗 健 曾德君 廖泽龙

副主任委员：朱良镠 秦继承 陈金玉 孙秉正

肖 兰

委 员：(按姓氏笔画排序)

王 炜 付迎拴 刘忠浦 李天友

李兆华 李海星 徐景国 曹文华

黄奇峰 鲁 鹏

前 言

为配合供用电工人职业技能鉴定培训的需要，中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组和中国电力出版社组织编写了《供用电工人职业技能培训教材》。本套培训教材共 14 本，包括线路运行与检修专业 5 个工种，变电运行与检修专业 10 个工种，营业用电专业 5 个工种。《带电检修》一书包括“变电线路带电检修”。电能表修理工和电能表校验工合为《电能表修校》。总体涵盖了供用电职业的主要知识内容。

1. 本套教材的编写指导思想。1999 年，劳动和社会保障部正式颁发施行电力行业《国家职业技能鉴定规范》（以下简称《规范》）。《规范》对职业培训从内容和要求上都有较大的改革。本套教材的编写指导思想就是按照《规范》和配套复习题与题解（14 本）中对供用电职业技能鉴定培训的要求，以《规范》体现出的新的培训内容和新的模式体系为指导，以实际生产中成熟的规程、制度为依据，按《职业技能鉴定指导书》（以下简称《指导书》）中“职业技能培训”的要求编写。

2. 本套教材的编写要求。教材紧扣《指导书》中“职业技能培训大纲”来编写。体现模块技能培训法（MES）的基本模式，采用职业功能分析和职业工作分析相结合的理论方法，密切结合生产实际，突出实际操作技能，以本职业技能为主线，以实际操作步骤为序，理论知识为提高技能服务，确定模块—学习单元的教学文件体系。教材力求体现实用性、先进性，吸收新知识，介绍新技术、新工艺、新设备，符合现代电力工业的生产要求。

以技能培训大纲中的“职业技能模块”（MU）设章及章序。也可根据生产实际及培训的可操作性的需要，对模块进行调整设

章并调整章序。要将相关专业理论知识和工作标准融入技能要求的模块中。以培训大纲中的“学习单元”(LE)设节及节序。每节前要讲清本节的“学习目标”，应包括操作步骤、注意事项(含工作态度、安全环境等)、工作实例、相关知识等。

以培训大纲的“学习内容”分列的点作为培训的重点内容叙述，完整系统地涵盖了《指导书》中对各等级工的培训相应要求不再明确分割各等级的培训内容。各章后对本章的重点内容适应等级予以提示。

3. 各本教材的编写人员。为了保证本套教材的编写质量，根据中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组的推荐，由各编写单位挑选了有丰富实践经验的一线生活人员直接参加编写，编写单位给予了大力支持，编写提纲和初稿均由编写单位组织审定，又经全国性的专家审稿会审议，最后每本书均配合有丰富实践经验的专家作为主审，并组成了每本书的编写人员，从而保证了本书稿的技术质量和本套教材的权威性。

4. 本教材是《变电运行》分册。全书共分八章，主要内容包括：变电所安全生产管理，电力系统运行知识，变压器运行技术，配电装置运行技术，继电保护运行知识，直流系统，变电所综合自动化，运行管理等。

5. 本套教材的读者对象。除作为供用电专业有关工种的培训使用外，还可供其他相关人员学习参考。

本书在编写过程中得到中国电机工程学会城市供电专委会与各级组织的领导、各编者所在单位、各主审所在单位的大力支持和热诚帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2005年1月

编者的话

本教材以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·变电站值班员》和《职业技能鉴定指导书·变电值班员》为依据，以电力系统变电值班及管理人員的实际需要为目的，为求达到科学性、实用性、先进性相结合，以满足不同程度变电值班员的需要，使他们在理论上和实际技能上有所提高。

本教材的主要内容包括：变电一、二次设备及运行，变电所设备倒闸操作，设备异常及事故处理，变电站的设备管理、安全管理、技术管理等。每章结束有对本章内容的“教学提示”，指出了不同级别变电值班员相应的学习内容。

本教材由福建泉州电业局陈庆红主编，由泉州电业局许俊泗、陈建平、郑子炳、俞赐湖共同进行编写。其中：第1章、第3章由陈建平编写；第2章、第6章由郑子炳编写；第5章、第7章、第8章由俞赐湖编写；第4章由许俊泗编写。上海超高压输电变电局查复高级工程师审核了本教材，提出了许多宝贵的修改意见和建议，在此也表示衷心的感谢。

由于编者水平有限、经验不足，本书的编写中难免有漏误之处，诚恳希望广大读者批评指正。

编者

2005年8月

目 录

前言

编者的话

第一章 变电所安全生产管理	1
第一节 变电所标志牌和标志色	1
第二节 变电所日常安全管理	3
第三节 变电所安全危险点分析和预防	11
第二章 电力系统运行知识	18
第一节 调度管辖设备的划分	18
第二节 电网的电压、频率、无功、谐波管理	20
第三节 变电所主接线和运行方式	25
第四节 倒闸操作	38
第五节 电力系统事故处理	51
第三章 变压器运行技术	67
第一节 变压器主要部件及技术规范	67
第二节 变压器运行与维护	84
第三节 变压器运行中的异常与分析	106
第四章 配电装置运行技术	126
第一节 断路器	126
第二节 隔离开关	153
第三节 并联电容器和滤波器	167
第四节 电抗器、消弧线圈、阻波器	180
第五节 互感器	192

第六节	电力电缆	210
第七节	过电压保护装置	220
第八节	防误装置	231
第九节	所用电系统	246
第五章	继电保护运行知识	255
第一节	变电设备保护装置的原理和配置	255
第二节	变电设备安全自动装置的配置	270
第三节	继电保护装置的运行维护	276
第六章	直流系统	287
第一节	直流系统的技术规范	287
第二节	直流系统的运行维护	301
第三节	直流系统的事故处理	312
第七章	变电所综合自动化系统	317
第一节	变电所自动化监控系统基本构成	317
第二节	网络连接	321
第三节	测控装置	326
第四节	后台机功能介绍	328
第五节	综合自动化监控系统运行规定	334
第六节	综合自动化系统的异常处理	337
第八章	运行管理	340
第一节	设备管理	340
第二节	技术管理	353

第一章

变电所安全生产管理

第一节 变电所标志牌和标志色

一、概述

为了使进入生产现场的有关人员能够迅速发现、认定或分辨安全标志和提醒人们注意,以防止事故的发生,在国标 GB 2893—1982 中,规定了传递安全信息的颜色,即通常说的安全色。安全色规定为红、蓝、黄、绿四种颜色,分别表示禁止、指令、警告、提示的安全信息。此外,黑色一般用于安全标志的文字、图形等符号和警告标志的几何图形;白色作为安全标志红、蓝、绿的背景色,也可用于安全标志的文字和图形符号。

1. 变电所安全标志牌的主要种类

(1) 变电所内的禁止标志牌主要有:禁止合闸有人工作、禁止合闸线路有人工作、禁止吸烟、禁止带火种、禁止攀登高压危险、禁止使用无线通信、禁止通行等。

(2) 变电所内的警告标志牌主要有:止步高压危险、当心触电、上方有电、当心腐蚀等。

(3) 变电所内的指令标志牌主要有:必须戴安全帽、必须系安全带、注意通风、必须戴防护眼镜等。

(4) 变电所内的提示标志牌主要有:从此上下、在此工作、由此进出等。

2. 标志牌的制作和管理

标志牌可以采用坚固耐用的材料制作,如金属板、阻燃的塑料板、搪瓷板等,用于室内的可用粘力强的不干胶材料,直接粘贴在安装地点;但有触电危险场所使用的标志牌,应当使

用绝缘材料制作；对于照明条件差的场所，标志牌可用荧光材料制作。

变电所内的标志牌一般应一年至少全面检查一次。如发现变形、破损或图形符号脱落以及发生变色致颜色不符合安全色规定的要求，应及时修整或更换。安全标志牌暂不使用的，应存放在室内专用柜中。

二、变电所常用安全标志牌的悬挂和临时遮栏的安放

1. “在此工作”标示牌悬挂位置

“在此工作”标示牌应挂在以下位置：

(1) 在一个设备上工作，应在该检修设备上悬挂“在此工作”牌。

(2) 在几个设备上工作，应在遮栏入口处悬挂“在此工作”牌。

(3) 在带电盘上工作，应在盘前、后各挂一块“在此工作”牌（还应将停电部分与运行设备用明显的标志隔开）。

2. 导线颜色的规定

规定如下：

(1) 三相交流母线：A相为黄色、B相为绿色、C相为红色。

(2) 直流母线：正极为褐色、负极为蓝色。

(3) 电路中的中性线的颜色为淡蓝色；保护中性线为竖条间隔淡蓝色；接地保护线为绿黄双色线；接地线明敷部分为深黑色。

(4) 封闭母线：母线外表面为无光泽黑色；外壳的表面为无光泽灰色。

3. 模拟母线颜色的规定

变电所的模拟屏、控制屏、综合自动监控屏上的模拟母线的色标规定见表1-1。

表1-1 模拟母线颜色标志

电压等级 (kV)	0.22	0.38	3	6	10	13.8
颜色	深灰	黄褐	深绿	深蓝	绛红	浅绿

续表

电压等级 (kV)	36	60	110	154	220	330 500
颜色	鲜黄	橙黄	朱红	天蓝	紫	白

第二节 变电所日常安全管理

一、概述

电力企业生产必须坚持“安全第一，预防为主”的方针，坚持保人身、保电网、保设备、确保电力安全生产，更好地为用户服务。因此要做好电业安全生产工作，必须做好以下几个方面工作：

- 1) 安全目标管理；
- 2) 工作票、操作票管理；
- 3) 防误闭锁装置管理；
- 4) 消防保卫管理；
- 5) 防盗窃管理；
- 6) 防破坏管理；
- 7) 防汛、防风、防寒工作管理；
- 8) 防小动物管理；
- 9) 安全工器具管理；
- 10) 安全设施及交通标志的规范化管理；
- 11) 危险品管理；
- 12) 外来人员、施工人员安全管理。

二、安全目标管理

(1) 变电所应结合本所的实际情况和本年度设备检修、操作计划，制订出安全管理目标和控制异常未遂措施，并上报主管部门。

(2) 安全管理目标应结合本变电所的设备、人员和工作实际，提出实现安全管理目标的组织、技术措施。

(3) 按期对年度安全管理目标的完成情况进行小结和分析,对存在的问题提出改进措施。

三、工作票、操作票管理

变电所两票的管理可参阅各省公司和本单位两票的管理规定。

四、防误闭锁装置管理

(1) 防误闭锁装置包括微机防误、电气闭锁、电磁锁、机械联锁、机械程序锁、机械锁、带电显示装置。

(2) 防误闭锁装置应保持良好的运行状态,变电所现场运行规程中对防误装置的使用应有明确规定,电气闭锁装置应有符合实际的图纸;运行巡视同主设备一样对待,发现问题应记入设备缺陷记录并及时上报;防误闭锁装置的检修维护工作,应有明确分工并由专门单位负责。

(3) 解锁钥匙应封存管理。

(4) 解锁钥匙只能在符合下列情况并经变电所负责人(所长、副所长、技术员)批准后方可开封使用。

1) 确认防误装置失灵、操作无误;

2) 紧急事故处理时(如人身触电、火灾、不可抗拒自然灾害)使用,事后立即汇报;

3) 变电所已全部停电,确无误操作的可能,履行规定程序后使用。

(5) 防误装置整体停用应经本单位主管领导的批准,并报省公司安监部备案。同时,要有相应的防止电气误操作的有效措施,并加强操作监护。

(6) 解锁钥匙每次使用后,应立即封存,并填写记录,说明使用人、使用时间、使用原因、批准人。

(7) 在倒闸操作中防误闭锁装置出现异常,必须停止操作,应重新核对操作步骤及设备名称编号的正确性,查明原因,确系装置故障且无法处理时,在履行审批手续后应再次核对操作步骤及设备名称编号的正确性,方可解锁操作。

(8) 以变电所为单位, 建立防误装置的台账, 台账的内容应包括防误主机、电脑钥匙、编码锁具、通信设备等硬件设备的型号、数量, 防误装置的竣工图; 软件部分应包括防误主机运行软件版本、防误逻辑的软件版本, 防误装置投运后的维护、检修记录、故障记录等。

(9) 对新建、扩建、改建工程的电气设备, 防误装置必须同步设计、同步施工、同步投运。

五、消防保卫管理

(1) 按照国家、地方颁发的消防法规及行业的消防典型设计规程, 制定本单位消防制度并认真落实。

(2) 变电所消防器材的设置应符合消防部门的规定, 定期检查消防器材的放置、完好情况并清点数量, 记入相关记录。

(3) 变电所的电缆隧道和夹层应有消防设施, 控制盘、配电盘和开关场区的端子箱等电缆孔应用防火材料封堵。

(4) 变电所设备室或设备区不得存放易燃、易爆物品, 因施工需要放在设备区的易燃、易爆物品, 应加强管理, 并按规定要求使用, 施工后立即运走。

(5) 变电所内易燃易爆区域禁止动火作业, 特殊情况需要到主管部门办理动火手续, 并采取安全可靠的措施。

(6) 运行人员应学习消防知识和消防器材的使用方法, 定期进行消防演习。

(7) 运行人员应熟知火警电话及报警方法。

六、防盗窃管理

(1) 变电所围墙的高度符合规定, 市区变电所因特殊规定不设围墙的, 必须制定有效的防护措施, 报有关部门审查。

(2) 220kV 及以上变电所应设警卫室, 生活设施不得与运行人员混用。变电所的大门正常应上锁。

(3) 应制定变电所安全保卫制度, 建立外来人员进入变电所登记簿。

(4) 外来人员进入变电所必须到有关部门办理相关手续、出

示有关证件，经变电所人员核实后方可进入，并做好登记。

(5) 装有防盗报警系统的变电所应定期检查、试验报警装置的完好性，存在故障的要及时处理。

(6) 运行人员在巡视设备时，应兼顾安全保卫设施的巡视。

(7) 变电所的专职保卫人员每日必须对变电所大门、围墙、重要设备周围及其他要害部位进行巡视，发现问题及时采取措施处理。

(8) 变电所围墙不得随便拆除，因工作需要确需拆除的，必须事先与有关部门联系，征得同意，制定出有效的防盗措施后方可拆改。

七、防破坏工作

(1) 变电所要根据所处的位置和重要性，制定具体的、有针对性的防止外人破坏设备的措施。

(2) 重要节假日、活动、会议等保电期间，要加强对设备区的巡视和保卫工作。

八、防汛、防风、防寒工作管理

(1) 变电所应根据本地区的气候特点和设备实际，制订相应的防高温、防寒和防风措施。

(2) 变电所内应根据需要配备适量的防汛设备和防汛物资。防汛设备在每年汛前进行全面的检查、试验，应处于完好状态。防汛物资要专门保管，并有专门的台帐。

(3) 定期检查断路器、气体继电器等设备的防雨罩应扣好，端子箱、机构箱等室外设备箱门应关闭，密封良好。

(4) 雨季来临前对可能积水的地下室、电缆沟、电缆隧道及场区的排水设施进行全面检查和疏通，做好防进水和排水措施。

(5) 下雨时对房屋渗漏、下水管排水情况进行检查。

(6) 雨后检查地下室、电缆沟、电缆隧道等积水情况，并及时排水，设备室潮气过大时做好通风。

(7) 变电所应根据本地气候条件制订出切实可行防风管理措施，刮大风时，应重点检查设备引流线、阻波器、气体继电器的防雨罩等是否存在异常。

(8) 定期检查和清理变电所设备区、变电所围墙及周围的漂浮物等，防止被大风刮到变电所运行设备上造成故障。

(9) 冬季气温较低时，应重点检查开关机构内的加热器运行是否良好，发现问题及时处理，对机构箱要采取防寒保温措施。

九、防小动物管理

(1) 变电所应有防小动物措施，定期检查落实情况，发现问题及时处理并做好记录。

(2) 各设备室的门窗应完好严密，出入时随手将门关好。

(3) 设备室通往室外的电缆沟、道应严密封堵，因施工拆动后应及时堵好。

(4) 各设备室不得存放粮食及其他食品，应放有鼠药或捕鼠器械。

(5) 各开关柜、电气间隔、端子箱和机构箱应采取防止小动物进入的措施，高压开关室、低压配电室、电缆层室、蓄电池室出入门应有防鼠板或网门。

十、安全设施及交通标志的规范化管理

(1) 变电所内设备及设施应符合安全生产有关规定的要求，按照《电力生产企业安全设施规范手册》（修订版）要求进行双重编号标示。

(2) 变压器和设备架构的爬梯上应悬挂“禁止攀登，高压危险”标示牌。

(3) 蓄电池室的门应有“禁止烟火”标志。

(4) 停电工作使用的临时遮栏、围网、布幔和悬挂的各种标示牌应符合现场情况和安全规程的要求。

(5) 继电保护室（以下简称继保室）门口应有“禁止使用无线通信”标志。

(6) 主变压器排油出口及排油坑有标志。

(7) 变电所内道路的交通标志应符合有关交通法规的要求。

(8) 变电所门口应有限速 5km 的标示。

十一、安全工器具的管理

1. 常用安全用具

常用安全用具包括接地线、绝缘操作杆、验电器、绝缘手套、绝缘靴、安全帽、安全带、标示牌、围栏绳等。

2. 常用安全工具的使用和检查

(1) 接地线。使用前应检查接地线是否完好，即接地端和导体端的螺栓是否齐全、有无断股现象、接地线截面是否合格。在验明导体无电后挂接地线时应先用螺栓将接地端固定在接地网上，然后用绝缘杆将导体端固定在导体上（如果是 10kV 及以下设备可在穿绝缘靴的情况下，戴绝缘手套将导体端固定在导体上）。拆除接地线时应先拆导体端，后拆接地端。接地线的试验周期为 4 年。

(2) 绝缘操作杆。使用前应检查操作杆是否清洁完好，有无受潮现象，试验期（一年）是否超过，如果没有试验标签不得使用。不得将低电压等级的绝缘操作杆用于高一电压的设备。

(3) 验电器。验电器使用前应检查外观是否合格，声光信号是否正常，试验标签是否过期，电压等级是否相符。检查合格后，先在设备的有电部分验证验电器完好，再在停电设备进出线两端三相分别验电，作为判定设备是否停电的依据。

(4) 绝缘手套。绝缘手套使用前应充气检查是否漏气，外观是否完好，试验期是否已过，检查合格后方可使用。使用时不能接触尖硬及过热物体，使用后应放回原处，高温季节应涂抹一定的滑石粉以防粘连。

(5) 绝缘靴。使用前应检查外观及试验有效期，并使用适当大小的靴子。使用完后应保持清洁，放回原处。

(6) 安全帽。使用前应检查外观及试验有效期（安全帽应做力学试验，一般塑料帽的使用期为 2.5 年），使用时应选用适当的号码并将带子系好。