



电力企业复转军人培训系列教材

# 变电站运行

电力企业复转军人培训系列教材编委会 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电力企业复转军人培训系列教材

# 变电站运行

电力企业复转军人培训系列教材编委会 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

目前, 电力企业复转军人众多, 如何加强引导复转军人的成长和成才, 对于提升整个电力企业职工整体素质影响重大, 《电力企业复转军人培训系列教材》针对已经入职和新入职青年军人的整体情况, 以培养、提高复转军人的技术能力和技能操作能力为目的, 按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》规定的各工种能力描述等级要求的培训内容而编写, 内容通俗易懂, 实用性强。

本系列培训教材共包括 15 册, 本书为《变电站运行》分册。针对复转军人的基础知识情况, 按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》规定的各工种能力描述 I 级要求培训内容而编写, 主要内容有电力生产过程、变电站主接线、电气设备、继电保护、电网自动装置的配置、电网运行管理、变电站安全管理、倒闸操作、异常分析及事故处理。在每章后酌情附有一定数量的练习题。最后还附有与职业技能鉴定相适应的技能操作题。

本书适用于电力企业复转军人, 同时可供相关专业技术人员学习参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

变电站运行 / 《电力企业复转军人培训系列教材》编委会编. —北京: 中国电力出版社, 2012.4  
电力企业复转军人培训系列教材  
ISBN 978-7-5123-2859-4

I. ①变… II. ①电… III. ①变电所—电力系统运行—技术培训—教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 056469 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月北京第一次印刷  
710 毫米×980 毫米 16 开本 10.25 印张 187 千字  
印数 0001—3000 册 定价 24.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 《电力企业复转军人培训系列教材》

## 编 审 委 员 会

主 任	王凤祥				
副 主 任	梁德勇	薛 凯	马明洋	穆炳刚	杨立新
	李 欣				
委 员	高艳华	于万祥	王秋波	王雅民	李 平
	卢心海	康炳杰	朱明利	孙兴成	隋凤国
	赵雪明	宋凯军	郎培明	王金笙	
主 审	薛 凯				
副 主 审	李 欣				
审 核 人 员	孙兴成	隋凤国	李铁滨	卢心海	何 莉
	段林英	张 莉	张宝全	王金笙	
主 编	王金笙				
编 写 人 员	李铁滨	贾建夫	刘月君	赵光艳	孙建民
	王 玲	何 莉	张宝全	张 军	杨 松
	宋嘉鹏	王秀明	胡忠国	杨德平	田莉华
	张 莉	宋凯军	李井阳	胡文琦	肖洪光
	焦日升	强红梅	高 伟	李鸿博	刘春辉
	郭红军	张万蓉	贾 艳	李 楠	王 野
	安昕洋	韩晓男	林逢春	许晓辉	

## 《变电站运行》编审人员

编写人员 贾建夫 李井阳 肖洪光 焦日升 李鸿博

刘春辉

审核人员 李 欣 王金笙



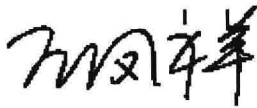
# 序

得到《电力企业复转军人培训系列教材》即将出版的消息，确实令人高兴。一批致力于电力企业复转军人培训事业的教师和专业人员经过两年多的努力，成就了一套专门针对电力企业复转军人培训的系列教材，是电力系统实施人才强企、努力提高员工素质过程中的一项开拓性工作。

离开部队进入电力企业工作的复转军人是一个特殊的群体，部队经历练就了他们坚强的意志、钢铁的纪律和不屈不挠的精神，但面对电力企业高技术技能的要求，他们急需学习，弥补短板，尽快地适应岗位要求。

多年来，针对如何更有效地开展好复转军人岗前培训，各地电力企业的培训机构都进行了大量的探索和实践，积累了丰富的经验，成效显著，很多复转军人已经成为电力企业一线岗位的骨干力量。复转军人的培训方式和培训内容不同于任何学历教育，针对性和实效性更为重要，技术技能的掌握更为关键。培训过程中，各地培训机构都要编写一些参考资料发给大家，但一直没有系统全面的培训教材。今天，这种局面即将被打破了，两年前成立的电力企业复转军人培训系列教材编审委员会经过不懈的努力，编写工作即将收关，推出成果。这支编审团队由长期工作在电力企业员工培训一线的教师和专业人员组成，具有丰富的培训经验和教材编写经验，他们当中的许多人出版过大学、中专、技校教材和电力企业员工岗位培训教材，特别是该系列教材的主编王金笙老师先后主编过由原国家劳动和社会保障部、中国电力企业联合会组织出版的《国家职业标准 农网配电营业工》、《职业技能鉴定指导书 变压器检修工》、《农网配电营业技师培训教材》等多本教材，经验丰富，功底深厚。我们有理由相信，这样一支团队量身订做打造出的系列

教材一定会符合复转军人岗前培训需要，系列教材的出版发行，必将为电力企业开展复转军人岗前培训提供极大帮助和便利。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王建华' (Wang Jiahua). The characters are stylized and fluid.

2011年12月于长春

# 前 言

多年来，各省电力企业复转军人的培训一直缺少一套系列培训教材，严重影响了教育培训质量。为此，在国家电网公司的支持下，电力企业复转军人培训系列教材编委会组织部分专家和教师编写了此系列教材。系列教材包括《数学》、《计算机应用》、《电气识绘图》、《电工基础知识》、《电工基本技能》、《低压电器和内线安装》、《高压电器》、《变压器和电动机》、《变电站运行》、《电能计量》、《电力营销》、《电力线路基础知识》、《配电线路》、《输电线路》、《电力安全》。

在编写这套系列教材时，力求体现以下原则：

(1) 通俗性。考虑复转军人的知识结构，在教材编写过程中力求复杂问题简单化，难深语言通俗化。

(2) 针对性。针对复转军人将要从从事的工作岗位，以技能培训为主，理论满足技能训练为度，依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》各工种的能力描述 I 级要求的培训内容编写。

(3) 实用性。针对复转军人将要参加的实际工作，组织编排内容。教材各章后酌情附有与之内容相配套、题型与职业技能鉴定要求相一致、适用于鉴定考核的标准试题及答案，便于组合成试卷。

(4) 广泛性。编者主要来自复转军人培训一线的专家和教师，有多年复转军人培训的经验，掌握生产现场对复转军人的技能需求情况。在教材编写过程中，编者曾多次到一些省、市电力系统培训中心和供电企业进行了广泛深入的调研，编写思路突破了地域界限，尽可能地考虑了各省、市电力企业的可用性。

一本好的教材，在人才培养方面的作用是难以估量的。真诚地希望得



到电力企业广大读者的关心和支持，并及时将此系列教材在使用中遇到的问题和改进意见反馈给编者，以供修订时参考。

本系列教材在编写过程中，得到了各省、市电力培训中心和从事职业技能鉴定工作同行们的大力支持和帮助，在此一并致谢！

**编 者**

2011年8月 于长春

# 目 录

序  
前言

<b>第一章 电力生产过程</b> .....	1
第一节 火力发电厂概述.....	1
第二节 电力系统基本知识.....	6
第三节 电力系统中性点的运行方式.....	10
练习题.....	13
<b>第二章 变电站主接线</b> .....	15
第一节 电气主接线及其基本要求.....	15
第二节 电气主接线形式.....	15
练习题.....	19
<b>第三章 电气设备</b> .....	21
第一节 断路器、熔断器和避雷器.....	21
第二节 隔离开关.....	24
第三节 变压器.....	26
第四节 互感器.....	30
第五节 消弧线圈及电抗器.....	35
练习题.....	37
<b>第四章 继电保护</b> .....	39
第一节 电力系统继电保护的概念与作用.....	39
第二节 继电保护的基本原理、构成与分类.....	40
第三节 对继电保护的基本要求.....	42
第四节 电网的电流保护和方向电流保护.....	44

第五节	相间短路的方向电流保护	53
第六节	输电线路的接地保护	55
第七节	距离保护原理	58
第八节	距离保护的整定计算及评价	61
第九节	变压器保护	64
	练习题	71

## 第五章 电网自动装置的配置

第一节	自动重合闸装置	74
第二节	备用电源自动投入装置	78
第三节	自动减负荷装置	82
	练习题	83

## 第六章 电网运行管理

第一节	变电站值班人员的职责	85
第二节	变电站值班工作的内容及制度	86
第三节	电网调度管理	89
	练习题	93

## 第七章 变电站安全管理

第一节	防误操作闭锁装置	95
第二节	微机防误装置的使用及规定	97
第三节	防止误操作的规定	100
第四节	安全用具	102
	练习题	105

## 第八章 倒闸操作

第一节	倒闸操作要求	106
第二节	倒闸操作	112
第三节	操作票管理	117
	练习题	118

## 第九章 异常分析及事故处理

第一节	变电设备巡视	120
-----	--------	-----

第二节	事故处理的一般原则 .....	124
第三节	线路事故的处理 .....	125
第四节	变压器事故处理 .....	128
第五节	66kV 变电站全停电的事故处理 .....	128
第六节	高压断路器异常故障及事故处理 .....	129
	练习题 .....	132
<hr/>		
附录	变电站值班员职业技能鉴定技能操作题例 .....	134
<hr/>		
	参考文献 .....	151



## 第一章

# 电力生产过程

## 第一节 火力发电厂概述

火力发电厂是利用化石燃料燃烧释放的热能发电的动力设施，包括燃料燃烧释热，热能转换电能，电能输出的所有设备、装置、仪表器件等，以及以此目的设置在特定场所的建（构）筑物和所有有关生产和生活的附属设施。火力发电厂主要有蒸汽动力发电厂、燃气轮机发电厂、内燃机发电厂三种类型。

### 一、基本原理

电磁感应理论：任何变化的电场都要在其周围空间产生磁场，任何变化的磁场都要在其周围空间产生电场。

热力学第一定律：热可以变为功，功也可以变为热。消耗一定热量时，必产生相当数量的功；消耗一定量的功时，必出现相应数量的热。

热力学第二定律：高温物体的热能可以自动传递给低温物体，而低温物体的热能却不能自动地传递给高温物体。机械能可以自动转化为热能，而热能却不能自动转化为机械能。

### 二、主要生产过程简述及设备简介

储存在储煤场（或储煤罐）中的原煤由输煤设备从储煤场送到锅炉的原煤斗中，再由给煤机送到磨煤机中磨成煤粉。煤粉送至分离器进行分离，合格的煤粉送到煤粉仓储存（仓储式锅炉）。煤粉仓的煤粉由给粉机送到锅炉本体的喷燃器，由喷燃器喷到炉膛内燃烧（直吹式锅炉将煤粉分离后直接送入炉膛）。燃烧的煤粉放出大量的热能，将炉膛四周水冷壁管内的水加热成汽水混合物。混合物由锅炉汽包内的汽水分离器进行分离，分离出的水经下降管送到水冷壁管继续加热，分离出的蒸汽送到过热器，加热成符合规定温度和压力的过热蒸汽，经管道送到汽轮机作功。过热蒸汽在汽轮机内作功推动汽轮机旋转，汽轮机带动发电机发电，

发电机发出的三相交流电通过发电机端部的引线经变压器升压后引出送到电网。在汽轮机内作完功的过热蒸汽被凝汽器冷却成凝结水，凝结水经凝结泵送到低压加热器加热，然后送到除氧器除氧，再经给水泵送到高压加热器加热后，送到锅炉继续进行热力循环。再热式机组采用中间再热过程，即把在汽轮机高压缸作功之后的蒸汽，送到锅炉的再热器重新加热，使汽温提高到一定（或初蒸汽）温度后，送到汽轮机中压缸继续作功。图 1-1 所示为火力发电厂生产过程。

### （一）锅炉

#### 1. 锅炉本体

锅炉设备是火力发电厂中的主要热力设备之一。它的任务是使燃料通过燃烧将化学能转变为热能，并且以此热能加热水，使其成为一定数量和质量（压力 and 温度）的蒸汽。由炉膛、烟道、汽水系统（包括受热面、汽包、联箱和连接管道）以及炉墙和构架等部分组成的整体，称为“锅炉本体”。

#### 2. 锅炉主要系统

（1）汽水系统。主要功用是接受燃料的热能，提升介质的热势能，增压增温，完成介质的状态转换。

（2）烟风系统。提供锅炉燃烧的氧气，带动干燥的燃料进入炉膛，维持炉膛风压以稳定燃烧。

（3）制粉系统。完成燃料的磨碎、干燥，使之形成具有一定细度和干燥度的燃料，并送入炉膛。

（4）其他辅助系统。包括燃油系统、吹灰系统、火检系统、除灰除渣系统等，具体功能不做介绍。

#### 3. 锅炉主要设备

（1）一次风机。干燥燃料，将燃料送入炉膛，一般采用离心式风机。

（2）送风机。克服空气预热器、风道、燃烧器阻力，输送燃烧风，维持燃料充分燃烧。

（3）引风机。将烟气排除，维持炉膛压力，形成流动烟气，完成烟气及空气的热交换。

（4）磨煤机。将原煤磨成需要细度的煤粉，完成粗细粉分离及干燥。

（5）空气预热器。利用锅炉尾部烟气热量来加热燃烧所需空气的一种热交换装置，可以提高锅炉效率，提高燃烧空气温度，减少燃料不完全燃烧的热损失。空气预热器分为导热式和回转式。回转式空气预热器是将烟气热量传导给蓄热元件，蓄热元件将热量传导给一、二次风，其漏风系数在 8%~10%。

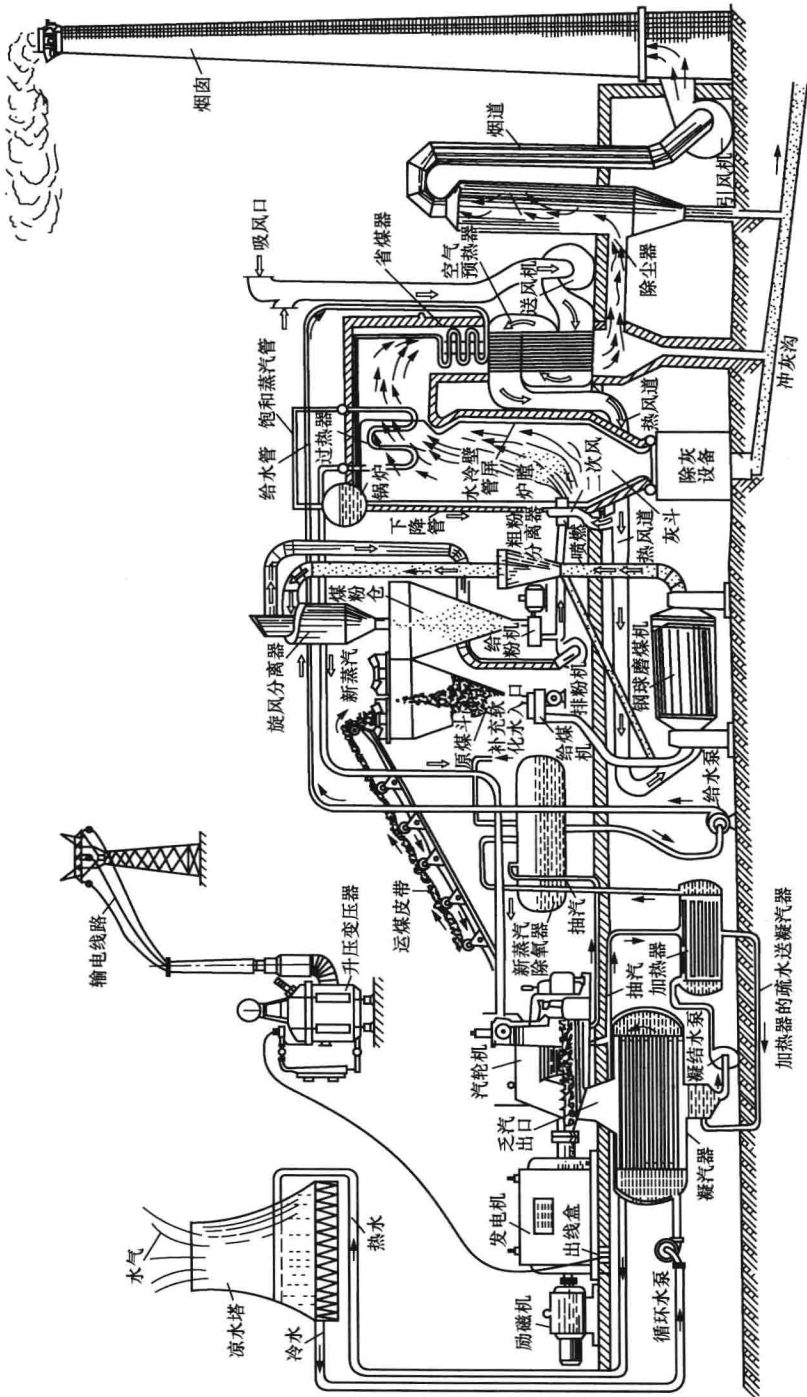


图 1-1 火力发电厂生产过程

(6) 炉水循环泵。建立和维持锅炉内部介质的循环，完成介质循环加热的过程。

(7) 燃烧器。将携带煤粉的一次风和助燃的二次风送入炉膛，并组织一定的气流结构，使煤粉能迅速稳定地着火，同时使煤粉和空气合理混合，达到煤粉在炉内迅速完全燃烧。煤粉燃烧器可分为直流燃烧器和旋流燃烧器两大类。

### (二) 汽轮机

#### 1. 汽轮机本体

汽轮机本体是完成蒸汽热能转换为机械能的汽轮机组的基本部分，即汽轮机本身。它与回热加热系统、调节保安系统、油系统、凝汽系统以及其他辅助设备共同组成汽轮机组。汽轮机本体由固定部分（定子）和转动部分（转子）组成。固定部分包括汽缸、隔板、喷嘴、汽封、紧固件和轴承等。转动部分包括主轴、叶轮或轮鼓、叶片和联轴器等。固定部分的喷嘴、隔板与转动部分的叶轮、叶片组成蒸汽热能转换为机械能的通流部分。汽缸是约束高压蒸汽不得外泄的外壳。汽轮机本体还设有汽封系统。

#### 2. 汽轮机主要系统

(1) 主蒸汽系统。吹动汽轮机旋转，带动发电机做功，是发电厂主要的做功介质通过的系统。

(2) 再热蒸汽系统。辅助主蒸汽系统做功，提高机组热效率。

(3) 回热抽汽系统。尽量减少进入凝汽器的无用能量，提高机组热效率。

(4) 轴封系统。防止汽轮机内部高压蒸汽向外泄漏，保证汽轮机效率，保持真空系统严密性。

(5) 真空系统。维持汽轮机的低背压和凝汽器真空。

(6) 凝结水系统。将凝结水输送到除氧器，完成加热、除氧、化学处理和剔除杂质。

(7) 给水系统。提高给水压力，加热后为锅炉提供给水。

(8) 主机油系统。包括润滑油系统、顶轴油系统和调节、保安系统。

(9) 汽轮机调节、保安系统。协调各系统同步地按照要求进行工作。

(10) 润滑油系统。为汽轮机提供润滑、冷却用油。

(11) 发电机冷却系统和密封系统。冷却系统的功能是冷却发电机，带走发电机工作时的热量。密封系统的功能是密封冷却介质的外泄。

(12) 工业水系统。提供冷却介质，冷却各种辅助设备。

(13) 其他系统。包括压缩空气系统、旁路系统、减温水系统、精处理系统、



胶球系统等。

顶轴油系统由于不是所有机组都有，所以不做介绍。液压油系统划归调节、保安系统，所以不做介绍。

### 3. 汽轮机主要设备

(1) 汽轮机。汽轮机是一种将蒸汽的热能转换成机械能的旋转原动机，分为冲动式和反动式两种。

(2) 给水泵。将除氧水箱的凝结水通过给水泵提高压力，经过高压加热器加热后，输送到锅炉省煤器入口，作为锅炉主给水。

(3) 高低压加热器。利用汽轮机抽汽，对给水、凝结水进行加热，其目的是提高整个热力系统的经济性。

(4) 除氧器。除去锅炉给水中的各种气体，主要是水中的游离氧。

(5) 凝汽器。使汽轮机排汽口形成最佳真空，使工质膨胀到最低压力，尽可能多地将蒸汽的热能转换为机械能，将乏汽凝结成水。

(6) 凝结泵。将凝汽器的凝结水通过各级低压加热器补充到除氧器。

(7) 油系统设备。一是为汽轮机的调节和保护系统提供工作用油；二是向汽轮机和发电机的各轴承供应大量的润滑油和冷却油。主要设备包括主油箱、主油泵、交直流油泵、冷油器、油净化装置等。

### (三) 发电机

(1) 发电机本体。在发电厂中，同步发电机是将机械能转变成电能的唯一电气设备。将一次能源（水力、煤、油、风力、原子能等）转换为二次能源的发电机，现在几乎都是采用三相交流同步发电机。发电厂中的交流同步发电机电枢是静止的，磁极由原动机拖动旋转。其励磁方式为发电机的励磁线圈 FLQ（即转子绕组）由同轴的并励直流励磁机经电刷及集电环来供电。

同步发电机由定子（固定部分）和转子（转动部分）两部分组成。定子由定子铁芯、定子绕组、机座、端盖、风道等组成。定子铁芯和绕组是磁和电通过的部分，其他部分起着固定、支持和冷却的作用。转子由转子本体、护环、心环、转子绕组、集电环、同轴励磁机电枢组成。

(2) 主变压器。利用电磁感应原理，可以把一种电压等级的交流电能转换成同频率的另一种电压等级交流电能的一种设备。

(3) 6kV、380V 配电装置。完成电能分配、设备控制的装置。

(4) 电机。将电能转换成机械能或将机械能转换成电能的电能转换器。