



国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材

电气设备运行与维护

DIANQI SHEBEI YUNXING YU WEIHU

主 编◎郑国山 副主编◎赵岱平 主 审◎吴儒生



合肥工业大学出版社
HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



国家骨干高等职业院校
业(电力技术类)“十二五”规划教材

电气设备运行与维护

主 编 郑国山

副主编 赵岱平

参 编 陈 青 杨道君

主 审 吴儒生

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书共分为6个学习领域,包含了18个项目、41个学习任务。主要包括:电气设备认知,电力系统中性点运行方式,发电厂、变电站电气主接线,配电装置识图,电气倒闸操作,电气设备检修管理等。本书以培养电力电气行业的高端技能人才为编写目标,因此内容选择遵循“知识够用、为技能服务”的原则,突出针对性、实用性。

本书为高职高专电力电气类及相关专业的教材,也可作为电力电气行业职工培训教材和有关人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备运行与维护/郑国山主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2013.4

ISBN 978-7-5650-1290-7

I. ①电… II. ①郑… III. ①电气设备—运行②电气设备—维修 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 067329 号

电气设备运行与维护

郑国山 主编

责任编辑 汤礼广 王路生

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 理工编辑部:0551—62903087
市场营销部:0551—62903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版 次 2013 年 4 月第 1 版
印 次 2013 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 21.5
字 数 479 千字
印 刷 安徽江淮印务有限责任公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1290-7

定价: 43.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

国家骨干高等职业院校

重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材建设委员会

主 任 陈祥明

副主任 朱 飙 夏玉印 王广庭

委 员 许戈平 黄蔚雯 张惠忠

朱 志 杨圣春 彭 云

丛 山 孔 洁 何 鹏



序 言

为贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要》(2010—2020)精神,培养电力行业产业发展所需要的高端技能型人才,安徽电气工程职业技术学院规划并组织校内外专家编写了这套国家骨干高等职业院校重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材。

本次规划教材建设主要是以教育部《关于全面提高高等教育质量的若干意见》为指导;在编写过程中,力求创新电力职业教育教材体系,总结和推广国家骨干高等职业院校教学改革成果,适应职业教育工学结合、“教、学、做”一体化的教学需要,全面提升电力职业教育的人才培养水平。编写后的这套教材有以下鲜明特色:

(1)突出以职业能力、职业素质培养为核心的教学理念。本套教材在内容选择上注重引入国家标准、行业标准和职业规范;反映企业技术进步与管理进步的成果;注重职业的针对性和实用性,科学整合相关专业知识,合理安排教学内容。

(2)体现以学生为本、以学生为中心的教学思想。本套教材注重培养学生自学能力和扩展知识能力,为学生今后继续深造和创造性的学习打好基础;保证学生在获得学历证书的同时,也能够顺利地获得相应的职业技能资格证书,以增强学生就业竞争能力。

(3)体现高等职业教育教学改革的思想。本套教材反映了教学改革的新尝试、新成果,其中校企合作、工学结合、行动导向、任务驱动、理实一体等新的教学理念和教学模式在教材中得到一定程度的体现。

(4)本套教材是校企合作的结晶。安徽电气工程职业技术学院在电力技术类核心课程的确定、电力行业标准与职业规范的引进、实践教学与实训内容的安排、技能训练重点与难点的把握等方面,都曾得到电力企业专家和工程技术人员的大力支持与帮助。教材中的许多关键技



术内容,都是企业专家与学院教师共同参与研讨后完成的。

总之,这套教材充分考虑了社会的实际需求、教师的教学需要和学生的认知规律,基本上达到了“老师好教,学生好学”的编写目的。

但编写这样一套高等职业院校重点建设专业(电力技术类)的教材毕竟是一个新的尝试,加上编者经验不足,编写时间仓促,因此书中错漏之处在所难免,欢迎有关专家和广大读者提出宝贵意见。

国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材建设委员会



前 言

本教材编写是以高职高专办学思想为指导,以着力电力电气行业的高端技能人才的培养为目标,结合国家职业技能标准,以岗位能力培养为核心,遵循“知识够用、为技能服务”的原则,突出针对性、实用性。根据发电厂及电力系统专业、供用电技术专业的人才培养方案及电气设备运行与维护课程标准,本教材在内容选取上尽量覆盖发电厂和变电站电气一次系统,以求知识的完整性;辅以必要的实物图片,增强学生感性认识;注意突出理论研究的结论在工程实践中的应用,从生产现场的案例分析引出相关的技术知识,尽量做到理论联系实际。在编写中尽力介绍电力行业的最新标准、规程和规范,并将其作为向学生推荐的课外阅读资料,旨在提高学生的自主学习意识及培养学生自主的学习能力,同时增强学生严谨求实的职业素养。

本教材在结构形式方面,确定了6个学习领域,共包含18个项目、41个学习任务。

关于学习任务内容的编写,本教材为每个学习任务设计了五个部分:

第一部分是“阅读资料”,介绍生产现场的案例、技术资料、技术标准、技术规程等,引出本学习任务所涉及的应用领域。

第二部分是“思考问题”,提出思考题,通过问题引出本学习任务的重点知识,即学生应掌握的职业技术基本知识要点,引导学生带着问题进入学习领域。

第三部分是“学习必读”,即知识内容,它既是要求学生掌握的基本知识,也是学生回答上述思考题的必读内容。

第四部分是“继续探讨”,即提出引申思考题,引导学生继续探究问题、拓展知识。

第五部分是“延伸拓展”,即对电力生产新设备、新技术进行了切合实际的介绍,对专业知识进行必要的拓展。

安徽电气工程职业技术学院郑国山担任本书的主编,并编写了“学



习领域一”；安徽电气工程职业技术学院赵岱平担任副主编，并编写了“学习领域二”、“学习领域三”、“学习领域五”，还承担了全书的统稿工作；安徽电气工程职业技术学院陈青编写了“学习领域四”；安徽省电力公司杨道君编写了“学习领域六”。全书由安徽省电力公司吴儒生担任主审。

在教材编写中，我们以现行的国家标准、规范和规程为依据，参阅和引用了许多同行专家的著作、文献等，在此谨对原作者表示诚挚的感谢。另外，在教材编写中，电力生产一线的许多专家曾给予大力指导和提出了许多宝贵建议，亦对其表示谢意。

本教材可供电力电气类专业使用。在教学中，教师可根据学校的特点和专业的具体要求对内容作适当调整或增减。

教材建设作为高职教育教学改革的一部分，是一项长期而艰巨的任务。本教材是对高职教学改革实践的一次总结，编写模式及内容编排均属于新的尝试。由于作者的经验和水平有限，加之成书时间仓促，书中难免有错误和疏漏之处，恳请各位专家和读者不吝指正，以帮助我们做好后续修订工作。

使用本书的单位或个人，若需要与本书配套的教学资源，可发邮件至 guoshanzheng@163.com 索取，或通过 www.hfutpress.com.cn 下载。

作 者



目 录

学习领域一 电气一次设备

项目一 电力系统高压电气设备	(3)
任务 电气设备认知	(3)
项目二 电气设备运行维护相关的电器原理	(30)
任务一 电气设备动稳定知识	(30)
任务二 电气设备热稳定知识	(38)
任务三 断路器电弧的熄弧知识	(47)
任务四 高压电气设备的使用环境条件	(63)
项目三 开关设备	(73)
任务一 高压断路器基本知识	(73)
任务二 六氟化硫断路器及其运行	(86)
任务三 真空断路器及其运行	(94)
任务四 高压隔离开关及运行	(106)
任务五 高压熔断器、负荷开关及运行	(113)
项目四 载流导体	(129)
任务 母线及运行维护	(129)
项目五 互感器及其运行维护	(144)
任务一 电流互感器及运行维护	(144)
任务二 电压互感器及运行维护	(158)

学习领域二 电力系统中性点运行方式

项目一 电力系统中性点概述	(175)
任务 电力系统中性点基本概念及分类	(175)



项目二 中性点非有效接地系统及其特点	(178)
任务 中性点非有效接地系统分析	(178)
项目三 中性点有效接地系统及其特点	(184)
任务 中性点有效接地系统分析	(184)

学习领域三 发电厂、变电站电气主接线

项目一 电气主接系统基本知识	(189)
任务一 电气主接系统概述	(189)
任务二 单母线接线	(192)
任务三 双母线接线	(197)
任务四 无母线类主接线	(201)
项目二 发电厂电气主接线	(207)
任务一 中型热电厂电气主接线	(207)
任务二 大型凝汽式火电厂电气主接线	(210)
项目三 火电厂的厂用电系统	(216)
任务一 火电厂厂用电系统概述	(216)
任务二 中型热电厂厂用电系统	(224)
任务三 大型火电厂厂用电系统	(227)
项目四 变电站电气主接线	(236)
任务一 220kV 地区变电站电气主接线	(236)
任务二 终端变电站和用户变电站电气主接线	(241)
任务三 变电站站用电系统	(243)

学习领域四 配电装置识图

项目一 敞开式配电装置	(249)
任务一 屋外配电装置辨识及识图	(249)
任务二 屋内配电装置辨识及识图	(261)
任务三 配电装置设计安全净距	(267)



项目二 成套式配电装置	(272)
-------------------	-------

任务 成套配电装置辨识及识图	(272)
----------------------	-------

学习领域五 电气倒闸操作

项目一 电气倒闸操作基础知识	(287)
----------------------	-------

任务一 倒闸操作的基本概念	(287)
---------------------	-------

任务二 电气主接线运行方式	(294)
---------------------	-------

项目二 主要电气设备及线路倒闸操作	(299)
-------------------------	-------

任务一 开关类设备停送电操作	(299)
----------------------	-------

任务二 变压器停送电操作	(303)
--------------------	-------

任务三 母线停送电操作	(307)
-------------------	-------

任务四 线路停送操作	(311)
------------------	-------

项目三 电网倒闸操作	(316)
------------------	-------

任务一 电磁环网及其对操作的影响	(316)
------------------------	-------

任务二 并解列与合解环操作	(318)
---------------------	-------

学习领域六 电气设备检修管理

项目 电气设备检修管理	(323)
-------------------	-------

任务 电气设备检修管理	(323)
-------------------	-------

参考文献	(333)
------------	-------

学习领域一

电气一次设备



项目一 电力系统高压电气设备

任务 电气设备认知

阅读资料

一、三相电力系统结构示意图

三相电力系统结构示意图如图 1-1-1 所示。

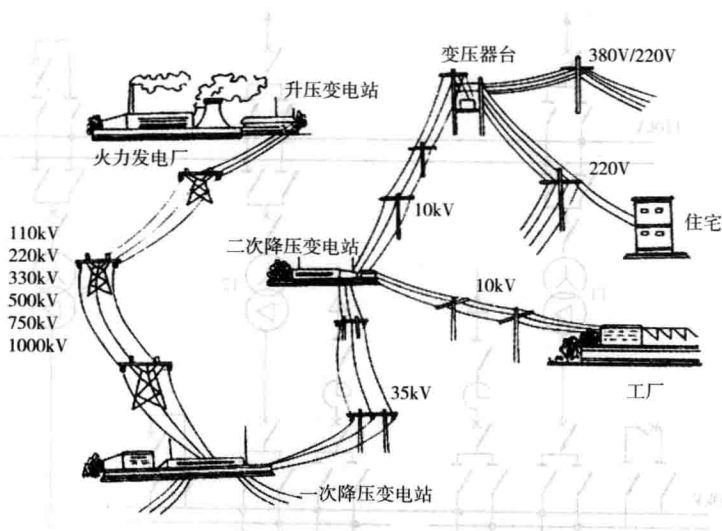


图 1-1-1 三相电力系统结构示意图

二、三相电力系统单线示意图

三相电力系统单线示意图如图 1-1-2 所示。

三、发电厂电气一次系统图

发电厂电气一次系统图如图 1-1-3 所示。

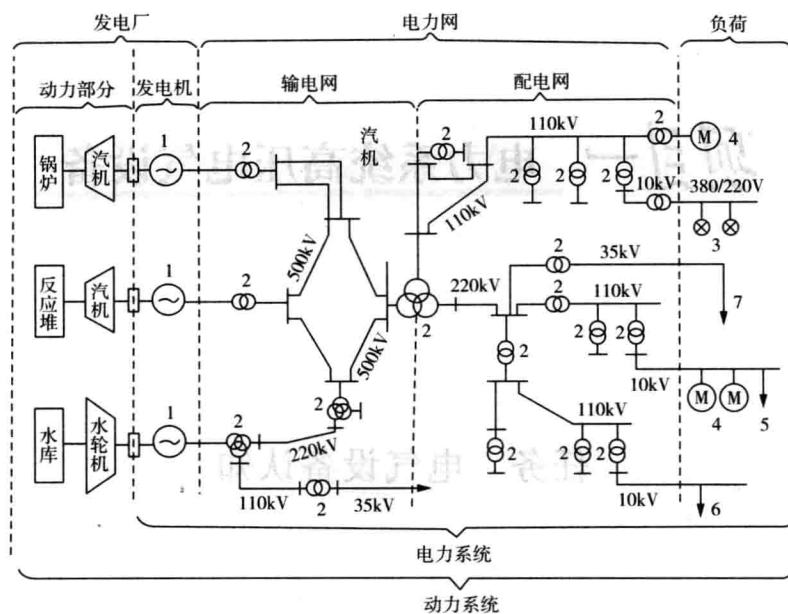


图 1-1-2 三相电力系统单线示意图

1—发电;2—变压器;3—电灯;4—电动机;5、6、7—其他电力负荷

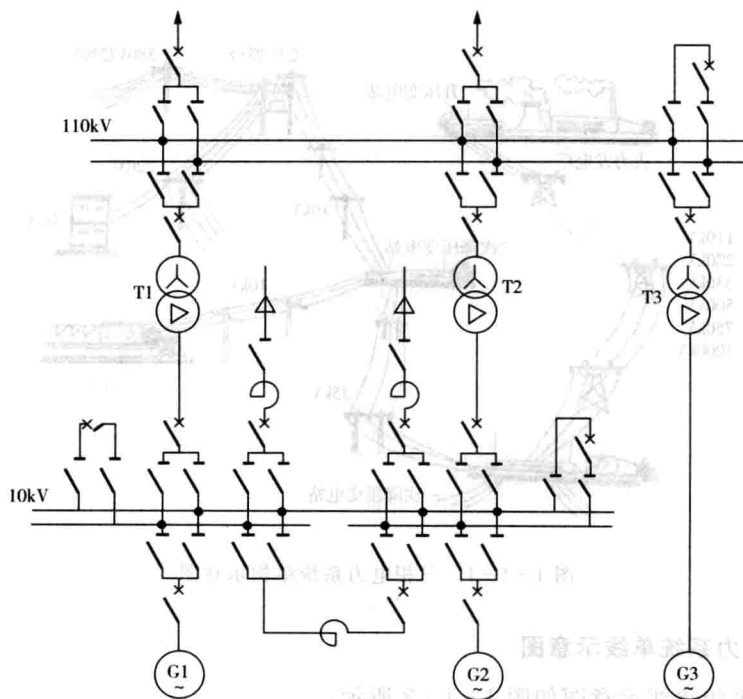


图 1-1-3 发电厂电气一次系统图



四、国家标准 GB156—2003 规定发电机的额定电压

(注:本教材所引用的标准均要求学生阅读原版,若标准重新修订则应以新版本为准。)

国家标准规定的发电机额定电压见表 1-1-1 所示。表 1-1-2 还给出了我国大容量发电机组的案例。

表 1-1-1 发电机的额定电压

交流发电机额定电压/V	直流发电机额定电压/V
115	115
230	230
400	460
690	—
3150	—
6300	—
10500	—
13800	—
15750	—
18000	—
20000	—
22000	—
24000	—
26000	—

注:与发电机出线端配套的电气设备额定电压可采用发电机的额定电压,并应在产品标准中加以具体规定

表 1-1-2 我国大容量发电机组案例

案例	案例特点	单机额定功率 (MW)	发电机端 额定电压 (kV)	发电机额定 输出电流 (A)	发电机额定 功率因数
火电	安徽淮南平圩发电厂一期工程 $2 \times 600\text{MW}$, 1989 年 11 月投产	600	20	19250	0.9
	广东大唐潮州三百门电厂二期工程 $2 \times 1000\text{MW}$, 2009 年和 2010 年上半年两台机组分别并网发电	1000	27	23760	0.9



(续表)

案例		案例特点	单机额定功率 (MW)	发电机端 额定电压 (kV)	发电机额定 输出电流 (A)	发电机额定 功率因数
水电	湖北宜昌三峡水电站 26 × 700MW, 2003 年开始蓄水 发电, 于 2009 年全部完工	当今世界装 机容量最大的 水电站	700	20	22453	0.9
	云南、四川金沙江水电 基地向家坝水电站 8 × 750MW, 2012 年上半 年投产	采用目前国 际上额定容量 最大的水轮发 电机组	750	20	24057	0.9
核电	广东深圳大亚湾核电站 2 × 900MW, 1994 年投入 商业运行	中国第一座 大型商用核 电站	900	26	22206	0.9
	江苏田湾核电站是中国和 俄罗斯技术合作项目。一期 工程是两台装机容量 1060MW 的压水堆核电机 组。1、2 号机分别于 2007 年 5 月 17 日和 8 月 16 日正式 投入商业运行。远期规划是 8 台核电机组, 总容量达到 800 万~1000 万千瓦	将成为中国 大陆单机容量 最大及总装机 容量最大的核 能发电站	1060	—	—	—

思考问题

◆ 电能从发电厂输送到我们身边的用电设备都经过了哪些环节? 这些环节都有哪些电气设备?

◆ 电气设备通常如何分类?

◆ 什么叫电气一次设备? 什么叫电气二次设备?

◆ 什么叫电气一次系统图?

◆ 电气一次设备图形符号是如何规定的?

学习必读

一、电力传输环节

电能从发电厂传送到用电设备经过的环节如图 1-1-4 所示。

由阅读资料可见现代大容量发电机的机端电压并不高(最高 27kV), 因此发电机的输出