



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 电气运行

(第二版)

电厂及变电站电气运行专业

主编 廖自强(第二版) 潘龙德(第一版)



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为中等职业教育国家规划教材。

全书共分为 10 单元，主要内容包括电力系统运行及监控方式，电气运行的任务及管理，同步发电运行，变压器运行，电动机运行，配电装置运行，直流系统及交流不停电电源（UPS）运行，无功补偿装置运行，继电保护、自动装置及二次回路运行，发电厂与变电站典型操作及常见事故处理。

本书为中等职业学校电厂及变电站电气运行专业的教材，也可作为电力系统的培训教材，并可供电力系统工程技术人员参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

电气运行/廖自强主编. —2 版. —北京：中国电力出版社，2007

中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5083-5418-7

I. 电... II. 廖... III. 电力系统运行—专业学校—教材 IV. TM732

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 045482 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2002 年 1 月第一版

2007 年 5 月第二版 2007 年 7 月北京第十一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 400 千字

印数 46001—51000 册 定价 21.50 元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
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

# 电力中等职业教育国家规划教材

## 编委会

主任 张成杰

副主任 杨昌元 宗健 朱良镭

秘书长 尚锦山 马家斌

委员 丁雁 王玉清 王宝贵 李志丽 杨卫民

杨元峰 何定焕 宋文复 林东 欧晓东

胡亚东 柏吉宽 侯林军 袁建文 涂建华

梁宏蕴

# 中等职业教育国家规划教材

## 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

# 前 言

《电气运行》是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一，是根据教育部最新颁布的中等职业学校电厂及变电站电气运行专业“电气运行”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点，以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业、教育发展和构建人才成长“立交桥”的需要，使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习的能力和适应职业变化的能力。

中等职业教育国家规划教材《电气运行》一书自 2001 年出版以来，受到各学校师生及电力系统工程技术人员的好评，并有一些读者对本教材的有关内容提出了许多很好的意见，对本书的修改完善有很大帮助，在此表示感谢。

本书的编写工作，在保留第一版注重实际、突出生产技能要求的基础上，对书中部分内容进行了修订和补充，如增加了电厂、变电站监控系统的介绍，增加了第九单元继电保护、自动装置和二次回路部分的运行知识，以使读者对电气运行技术有更全面的了解。

本书第一、二、四、五、七、十单元由武汉电力职业技术学院高级工程师廖自强修订，第三单元由成都电力职业技术学院副教授肖艳萍修订，第六、八、九单元由上海电力工业学校高级讲师田继修订。

本书可作为中等职业学校（普通中专、成人中专、技工学校、职业高中）教材，也可作为职工培训用书或发电厂及变电站电气运行人员参考。

由于编者水平有限，错谬之处恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 4 月

# 第一版前言

《电气运行》是电力工业学校电厂及变电站电气运行专业（三年制）的主干专业课程，是按照国家教育部 2000 年 9 月颁布的教学计划（试行）和中等职业技术教育电力行业指导委员会审定的教学大纲为依据进行编写的。

本书遵照电力职业技术教育课程改革的原则和基本思路，力求贯彻以能力为本位的思想。全书共十章，主要讲述电力运行基本知识、电力系统和主要电气设备的运行方式、操作、维护、运行分析、异常运行和事故处理。本教材的特点是：内容新颖、反映当前电厂及变电站采用的新设备、新技术，突破了传统教材的体系，以现场规程、规范、标准等内容为主线，按岗位、按设备、按现场需要组编教材内容，从而突出生产技能，专业理论与实际相结合，具有较强的针对性和实用性，能最大限度满足学生从业能力、综合职业能力和专业水平等全面素质培养的需要，充分体现了教材内容的“宽、浅、用、新、能、活”六字原则。本书力求传授知识和培训技能相结合，融讲授、演练为一体，边讲边练，因此，教材安排了“理论教学和实践教学”内容，其比例接近 1:1。

参加本教材编写的有：武汉电力学校高级讲师、电气工程师潘龙德（第一、二、三、五、六、八、九章），成都水力发电学校高级讲师肖艳萍（第四章），上海电力工业学校讲师田继（第七、十章）。全书由高级讲师潘龙德主编，并对全书进行修改和补充，上海电力工业学校副教授邵子刚担任主审。

书中难免有些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

2001 年 9 月

# 目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明	
前言	
第一版前言	
<b>第一单元 电力系统运行及监控方式</b> .....	1
课题一 电力系统运行及特点 .....	1
课题二 电气主接线及运行方式 .....	3
课题三 电厂主接线和厂用电接线运行 .....	8
课题四 变电站主接线和站用电接线运行.....	26
课题五 发电厂及变电站运行监视和控制.....	29
小结 .....	33
习题 .....	33
<b>第二单元 电气运行任务及管理</b> .....	35
课题一 电气运行任务及运行组织 .....	35
课题二 电气运行制度 .....	37
课题三 电气设备倒闸操作 .....	40
课题四 事故处理原则 .....	47
小结 .....	49
习题 .....	49
<b>第三单元 同步发电机运行</b> .....	51
课题一 发电机运行方式和要求 .....	51
课题二 发电机励磁系统运行 .....	57
课题三 发电机与励磁系统监视和维护 .....	59
课题四 发电机与励磁系统操作 .....	63
课题五 发电机与励磁系统异常运行及事故处理 .....	74
小结 .....	92
习题 .....	93
<b>第四单元 变压器运行</b> .....	95
课题一 变压器运行方式和要求 .....	95
课题二 变压器正常运行监视与维护 .....	107
课题三 变压器操作 .....	111

课题四 变压器异常事故处理 .....	118
小结 .....	124
习题 .....	125
<b>第五单元 电动机运行</b> .....	127
课题一 电动机运行方式和要求 .....	127
课题二 电动机操作、运行监视与维护 .....	130
课题三 电动机异常运行及事故处理 .....	133
小结 .....	135
习题 .....	136
<b>第六单元 配电装置运行</b> .....	138
课题一 高压断路器运行 .....	138
课题二 母线及隔离开关运行 .....	155
课题三 互感器运行 .....	161
课题四 消弧线圈运行 .....	165
课题五 电抗器运行 .....	171
课题六 电力电缆运行 .....	176
小结 .....	178
习题 .....	179
<b>第七单元 直流系统及交流不停电电源(UPS)运行</b> .....	181
课题一 蓄电池直流系统及运行方式 .....	181
课题二 蓄电池直流系统运行维护和事故处理 .....	184
课题三 UPS 运行 .....	189
小结 .....	195
习题 .....	196
<b>第八单元 无功补偿设备运行</b> .....	198
课题一 电力系统无功及无功平衡 .....	198
课题二 调相机运行 .....	198
课题三 电力电容器的运行 .....	204
课题四 静止无功补偿器(SVC)的运行 .....	211
小结 .....	216
习题 .....	217
<b>第九单元 继电保护、自动装置及二次回路运行</b> .....	219
课题一 二次回路运行要求 .....	219
课题二 输电线路继电保护运行 .....	222
课题三 发电机保护运行 .....	224
课题四 变压器保护运行 .....	226
课题五 母线保护运行 .....	227



课题六 安全自动装置运行 .....	229
小结 .....	230
习题 .....	231
<b>第十单元 发电厂与变电站典型操作及常见事故处理</b> .....	<b>232</b>
课题一 发电厂典型操作 .....	232
课题二 变电站典型操作 .....	237
课题三 发电厂常见事故处理 .....	244
课题四 变电站常见事故处理 .....	249
小结 .....	252
习题 .....	252
参考文献 .....	254

# 电力系统运行及监控方式

## 内 容 提 要

本单元主要介绍电力系统运行的基本概念，发电厂、变电站与电力系统的关系及运行特点，发电厂、变电站主接线运行以及自用电接线运行方式，发电厂、变电站的运行监视控制等内容。

## 课题一 电力系统运行及特点

发电厂将一次能源转化为电能，通过输电线路、升压和降压变电站输送给电力用户。为了提高供电可靠性和经济性，发电厂、变电站及输电线路需要并联连接构成一个统一的电力系统。电力系统中的变电站和输电线路称为电力网。发电厂电气部分、电力网是电力系统的主要组成单位。

电气运行，是电力调度、发电厂电气运行和变电运行的统称。电力调度的任务是保障电力系统安全、优质、经济运行，并对电力系统运行进行组织、指挥、指导和协调；电厂电气运行和变电运行的任务则是维持电厂、变电站的生产，保证电厂、变电站电气设备的正常运行，并在调度的统一指挥下完成电气设备的各种操作、控制和异常处理，共同维护电力系统安全、稳定运行。

### 一、电力生产的特点和要求

电力生产的最基本的特点就在于电能不能大量储存，电能的生产、输送、分配和使用同时进行，电力系统中发电负荷的多少决定于用户的需要，生产和消费要时刻保持平衡；而且，电力系统的电磁变化过程非常快，发电机、电力系统的稳定性在故障时可以很快丧失；同时电能与国民经济各部门以及人民生活密切联系，因此电力系统的各个环节形成了一个紧密的有机整体，要求发供电有计划性和较高的自动化水平，这对电力系统的管理、运行和维护人员的素质也提出了较高的要求。本书主要介绍发电厂与变电站的电气运行知识。

为保证对用户稳定可靠地供电，对电力系统的运行有下列基本要求：

- (1) 保证安全、可靠、连续地对用户供电；
- (2) 保证电能的良好质量；
- (3) 保证电力系统运行的经济性。

### 二、电力系统的运行参数和电能质量

电压、频率和波形是衡量电力系统电能质量的三个重要参数，电气运行的主要任务就是维持电压和频率在规定的范围内。

#### 1. 额定电压及电压质量

除西北电网采用 330/220/110kV 系列电压等级外，其他均采用 500/220/110kV 系列。

我国规定的标准电压等级分别为3 (6)、10、35、110、220kV 和 500kV。目前,西北电网 750kV 电压等级已投入运行,我国 1000kV 特高压正处于试验阶段。国家标准规定的电压偏差允许值为:

- (1) 35kV 及以上电压供电的,电压允许偏差为额定电压的  $\pm 10\%$ ;
- (2) 10kV 及以下三相供电的,电压允许偏差为额定电压的  $\pm 7\%$ ;
- (3) 220V 单相供电电压允许偏差为额定电压的  $+7\%$ 、 $-10\%$ 。

电压在某一个时段内电压变化而偏离额定值的现象,称为电压波动。电压波动是由负荷变动或系统发生故障时所引起的,电压波动可使电动机不能正常启动运转,引起发电机振动,使电子设备及计算机和控制设备无法正常工作,严重影响生产、工作和学习。我国国家标准对电压波动允许值有以下规定:

- (1) 220kV 及以上为  $1.6\%$ ;
- (2) 35~110kV 为  $2\%$ ;
- (3) 10kV 及以下为  $2.5\%$ 。

## 2. 额定频率及频率标准

我国技术标准规定电力系统的额定频率为 50Hz,频率偏差用实际频率与额定频率之差  $\Delta f$  与额定频率  $f_N$  之比的百分数用  $\Delta f\%$  表示,即

$$\Delta f\% = (f - f_N) / f_N \times 100\%$$

系统频率偏离额定值过大将严重影响电力用户的正常工作,频率偏差会影响电动机的转速及机械出力、影响产品质量;频率偏差会影响发电机及发电厂厂用电,严重时影响系统稳定,给用户造成危害。因此我国电力系统规定的频率变动容许偏差是:电网容量在 3000MW 以下的为  $\pm 0.2\text{Hz}$ ,电网容量在 3000MW 以上的为  $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

## 三、电厂电气运行的特点

发电厂是将其他形式的能量转化为电能的工厂,根据发电利用能源形式的不同分为火力发电厂、水力发电厂和原子能发电厂。此外还有部分潮汐发电厂、风力发电厂、太阳能发电厂等。

发电厂按发电机的容量不同,又分为 5 万 kW 发电机组、10 万 kW 发电机组、20 万 kW 发电机组、30 万 kW 发电机组、60 万 kW 发电机组及 100 万 kW 发电机组等。

电厂电气设备主要有发电机及其辅助设备、变压器、断路器、隔离开关、厂用电系统及高低压电动机等。其中发电机、电动机均为大型电力旋转设备,其结构及辅助系统构成复杂,维护、操作工作量较大;厂用电系统包括了高压、低压及负荷,层次多,分布广,运行中要与其他系统紧密配合,才能保证电厂的正常发电、安全稳定运行。

## 四、变电运行的特点

为把电能输送到较远的用户,需要变压器将电压升高传送到用户地区,再经降压变压器逐级降压后分配给用户使用。因此,变电站的主要任务是变换电压、集中和分配电能、控制电能的流向、对电压进行调整和补偿。

变电站按变换的额定电压的最高等级分为 500kV 变电站、220kV 变电站、110kV 变电站、35kV 变电站等。

变电站按其在电力系统中的地位和作用不同,又可以分为以下四种类型。

- (1) 枢纽变电站:在系统中处于枢纽地位,其作用是汇集多个大电源和大容量联络线,

交换系统间巨大的功率潮流，输送大量电能。

(2) 开关站（开闭站）：是为系统的稳定性要求而设的，其作用是将长距离输电线路分段，以降低工频过电压，提高系统运行的稳定性，提高供电能力和送电质量。

(3) 地区枢纽变电站：区域电网中处于枢纽地位，其作用主要是为地区或中小城市分配电能。

(4) 终端变电站：为用户提供供电的变电站，电压等级较低，接线简单。

此外，输电线路的作用是输送电能，将发电厂、变电站与用户连接起来构成电力系统。一般将 35kV 以下向用户单位供电的线路称为配电线路，35kV 及以上的线路统称为输电线路。

根据经济技术比较及总结多年的运行经验，各级额定电压与线路输送功率及输送距离的关系为：10kV 线路输送功率约为 100~2000kW，输送距离约为 6~10km；35kV 线路输送功率约为 2~10MW，输送距离约为 20~50km；110kV 线路输送功率约为 10~50MW，输送距离约为 50~150km；220kV 线路输送功率约为 100~500MW，输送距离约为 200~300km；500kV 线路输送功率约为 1000~1500MW，输送距离约为 250~1000km。

变电站的主要设备有主变压器、断路器、隔离开关、补偿装置等，虽多为静态设备，但由于变电站的运行直接关系到电网、用户的供电可靠性，因此变电站的各项操作必须严格按照规程规范要求，在调度的统一指挥下进行。

## 五、现代电力系统的发展

现代电力系统已进入超高压、长距离、大容量和高度自动化的时代。随着电力工业的发展，规模的不断扩大、以及能源资源的综合开发利用，电力系统将打破地方疆域，逐步连成大区域或跨区域的现代电网，实现将水力、煤炭、石油、天然气和核能等发电方式有机地联系在一起，合理分配，互相协调，获得最大的经济效益。

现代电力系统的另一个发展趋势是大机组不断增多。单机容量的提高降低了机组的投资，减少了运行费用，提高了电力生产的经济效益。

现代电力系统的第三个发展趋势是自动化程度越来越高。随着电网调度自动化、电厂分散控制系统及变电站综合自动化系统的广泛应用和不断发展，计算机监控电力系统运行的自动化水平将不断提高。这就对电气运行人员的技术水平提出了更高的要求。

我国电力系统的发展目标：一是优先开发水电，二是优化发展火电，三是积极发展核电，四是因地制宜发展新能源，同步发展电网，使电力系统形成低能耗结构、低环境污染、高效运营的格局。

## 课题二 电气主接线及运行方式

### 一、运行方式的概念

电气主接线有多种典型接线形式，它们都有相应的运行方式。所谓运行方式，系指电气主接线中各电气元件实际所处的工作状态（运行、备用、检修）及其相连接的方式。运行方式分为正常运行方式和非正常运行方式。

正常运行方式指正常情况下，电气主接线经常采用的运行方式。电气主接线的正常运行方式包含两个方面，即，母线及其接线的运行方式、系统中性点的运行方式。电气主接线正

常运行方式一经确定,其母线接线的运行方式、发电机和变压器中性点的运行方式也随之确定,且继电保护和自动装置的投入也随之确定。电气主接线的正常运行方式只有一种,各厂(站)电气主接线正常运行方式一经确定,任何人不得随意改变。

非正常运行方式系指在事故处理、设备故障或检修时,电气主接线所采用的运行方式。由于事故处理、设备故障和设备检修的随机性,发电厂、变电站电气主接线的非正常运行方式有多种。

## 二、运行方式的安排

运行方式直接影响发电厂、变电站及电力系统的安全和经济运行,各发电厂、变电站均应安排本厂、站电气主接线的正常和非正常运行方式,并编入本厂、站电气运行规程中。安排电气主接线的运行方式时应遵守以下原则:

(1) 合理安排电源和负荷。在双母线接线中,电源(发电机、变压器、电网联络线)接入每组母线上的数量要相当,电源容量基本平分,双回联络线分开接入两组母线;负荷安排要合理,双回线路分开接入两组母线,使两组母线上的电源容量与负荷容量基本平衡,通过母联断路器的交换功率(即电流)为零或尽量小。

(2) 变压器中性点接地满足要求。大电流接地系统中,电源变压器中性点的接地要分配合理,当电网需要本厂(站)的高压母线有两个接地中性点时,运行方式的安排应考虑电源变压器的中性点在每一组母线上均有一个接地中性点,而不应集中在同一组母线上。否则,一旦母联断路器跳闸,将会使其中一组母线失去接地中性点,从而影响电网零序保护的正确配合。如果电网只需要一个接地中性点,则无需对此专门考虑。

(3) 厂用电安全可靠。为了保证厂用电供电可靠,厂用工作变压器和厂用备用变压器应引接在不同电源母线上。对于发电机—变压器组单元接线,高压工作厂变引接在主变的低压侧,而高压备用变(起备变)的引接,应与厂用电需要备用的发电机—变压器组不在同一组母线上(如220kV系统,厂用电需要备用的发电机—变压器组接入某一母线,则高压备用变接入另一母线),以免母线故障时失去厂用电源。

(4) 运行方式便于记忆。各厂(站)不同电压等级的母线,电气元件的分配方法(包括设备编号及所在母线的位置)要有一定的规律性,便于运行人员掌握和记忆。

## 三、典型电气主接线的运行方式

下面介绍几种常用的、典型的电气主接线正常运行方式,各典型电气主接线非正常运行方式有多种,在电气主接线运行方式实例中再加以介绍。

### (一) 单母线接线

单母线接线如图1-1所示。这种接线的特点是:整个配电装置只有一组母线,所有电源进线和引出线都经断路器和隔离开关接在同一组母线上。

该接线的正常运行方式为:母线和所有接入母线上的电源进线及引出线、母线电压互感器均运行,各继电保护按规定均投入。

### (二) 单母线分段接线

单母线分段接线如图1-2所示。该接线的特点是:用断路器QFs将母线分段,通常分成两段,电源和出线经断路器和隔离开关分别接在两组分段母线上。

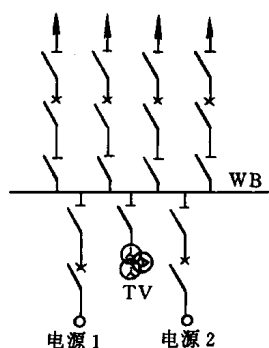


图 1-1 单母线接线

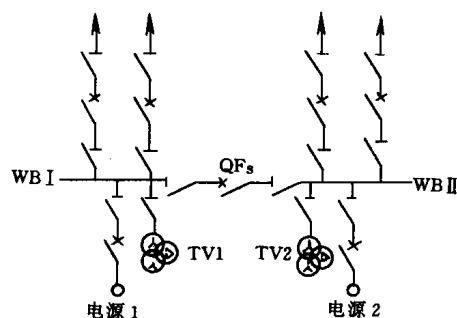


图 1-2 单母线分段接线

该接线的正常运行方式为：两分段母线 WB I 和 WB II、分段断路器 QFs 及其两侧隔离开关、两分段母线上的电源进线和引出线、母线电压互感器 TV1 和 TV2 均运行，各继电保护按规定均投入。

### (三) 双母线接线

双母线接线如图 1-3 所示。该接线的特点是：母线有两组，每一回路都通过一台断路器和两组母线隔离开关分别接到两组母线上，两组母线通过母联断路器及母联隔离开关相连。

该接线的正常运行方式为：两组母线 WB I 和 WB II 运行，母联断路器 QFc 及其两侧隔离开关均合上，电源进线和引出线按容量和负荷大小基本平均分配在两组母线上，并固定接于相应母线运行，两组母线上的电压互感器 TV1、TV2 均运行，各元件继电保护按规定均投入。

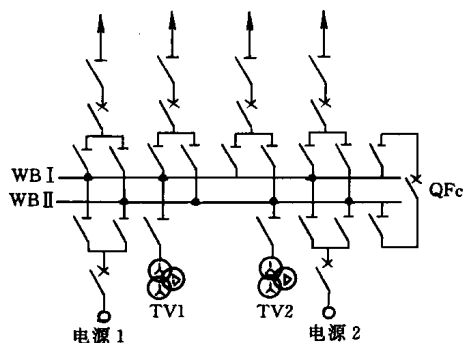


图 1-3 双母线接线

### (四) 双母线四分段接线

双母线四分段接线如图 1-4 所示。该接线通过两台分段断路器 QFs1、QFs2 将双母线四分段（有的将双母线通过断路器六分段），每一回路都通过一台断路器和两组母线隔离开关分别接到对应的工作母线上，分段双母线分别装有母联断路器 QFc1、QFc2。

该接线的正常运行方式为：四组工作母线 WB I、WB II、WB III、WB IV 运行，分段断路器 QFs1 和 QFs2 及其两侧隔离开关、母联断路器 QFc1 和 QFc2 及其两侧隔离开关均合上。各电源进线和线路出线经断路器和其中一组母线隔离开关分别接到相应母线上运行，母线电压互感器 TV1、TV2、TV3、TV4 均运行，继电保护按规定均投入。

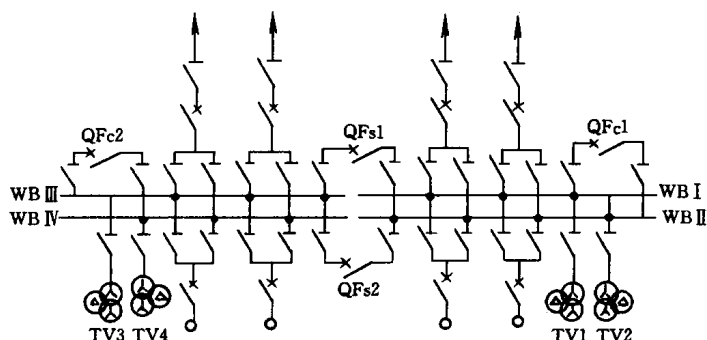


图 1-4 双母线四分段接线

该接线的正常运行方式为：四组工作母线 WB I、WB II、WB III、WB IV 运行，分段断路器 QFs1 和 QFs2 及其两侧隔离开关、母联断路器 QFc1 和 QFc2 及其两侧隔离开关均合上。各电源进线和线路出线经断路器和其中一组母线隔离开关分别接到相应母线上运行，母线电压互感器 TV1、TV2、TV3、TV4 均运行，继电保护按规定均投入。

(五) 带旁路母线的接线

带旁路母线接线如图 1-5 所示。图 1-5 (a) 为双母线带旁路母线的接线，它是在双母线接线的基础上，加装了一组旁路母线 WBb、一台旁路断路器 QFb 及相应隔离开关。

该接线的正常运行方式为：母线 WB I、WB II 运行，母联断路器 QFc 及其两侧隔离开关均合上，所有电源进线及引出线分别固定接于 WB I、WB II 母线上运行，旁路断路器 QFb 及其两侧隔离开关断开备用，旁路母线 WBb 备用，与 WBb 相连的各线路旁路隔离开关断开备用，电压互感器 TV1、TV2 均投入运行，各继电保护按规定均投入。

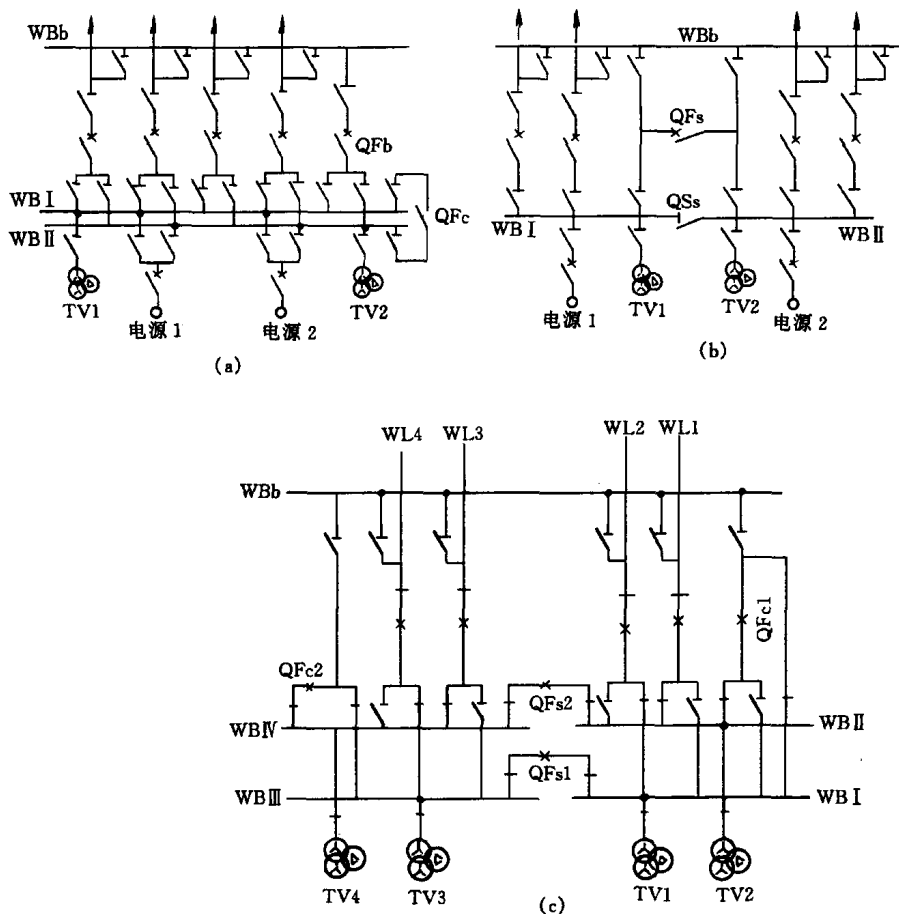


图 1-5 带旁路母线的接线

- (a) 双母线带旁路母线接线；
- (b) 单母线分段带旁路母线接线；
- (c) 双母线四分段带旁路接线及正常运行方式

图 1-5 (b) 为单母线分段带旁路接线，它是在单母线分段接线的基础上加装了一组旁路母线 WBb 及一些旁路隔离开关，单母线分段断路器 QFs 兼作旁路断路器。

该接线的正常运行方式为：母线 WB I、WB II 运行，分段断路器 QFs 及其两侧至母线的隔离开关均合上，旁路母线 WBb 备用，与 WBb 相连的旁路隔离开关断开备用，WB I、WB II 母线上的电源进线及引出线、TV1、TV2 均运行，各继电保护按规定均投入。

图 1-5 (c) 为双母线四分段带旁路母线的接线。该接线是在双母线四分段接线的基础上，加装了一组旁路母线 WBb 和相应的旁路隔离开关，并将双母线四分段接线中的一台母

联断路器 QFc1 接成旁路兼母联接线形式，将另一台母联断路器 QFc2 接成母联兼旁路接线形式。

该接线的正常运行方式为：四组母线 WB I、WB II、WB III、WB IV 运行，母联断路器 QFc1、QFc2 及其两侧隔离开关和分段断路器 QFs1、QFs2 及其两侧隔离开关均合上，旁路母线 WBb 备用，与 WBb 相连的旁路隔离开关断开备用，每条引出线经过断路器和其中一组母线隔离开关分别接到相应母线上运行，TV1、TV2、TV3、TV4 均运行，继电保护按规定均投入。正常运行方式接线见图 1-5 (c)。

(六) 3/2 接线

3/2 接线如图 1-6 所示。该接线是从双母线双断路器接线演变改进而成的。该接线的特点是每一回路经一台断路器接至母线，两回路之间设 1 台联络断路器，形成两回路有 3 台断路器的双母线接线，即所谓 3/2 接线，也称为一个半断路器接线。

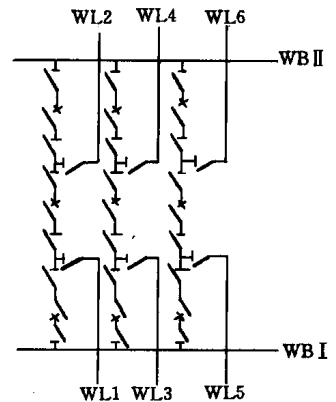


图 1-6 3/2 接线

该接线的正常运行方式为：两组母线同时运行，所有断路器和隔离开关均合上(形成多环状网络供电)。

(七) 桥式接线

桥式接线如图 1-7 所示。当有两台变压器和两回线路时，在变压器—线路接线的基础上，在中间加一连接桥，便成桥式接线。桥式接线有内桥和外桥之分。内桥接线的特点是，连接桥 (QS1—QF1—QS2) 在内侧靠近变压器，两回线路上各有一台断路器，线路切换操作方便，而变压器的投入与切换操作较复杂。外桥的接线特点是，连接桥在外侧靠近线路，两台变压器回路各接有一台断路器，变压器切换操作方便，而线路切换操作较复杂。

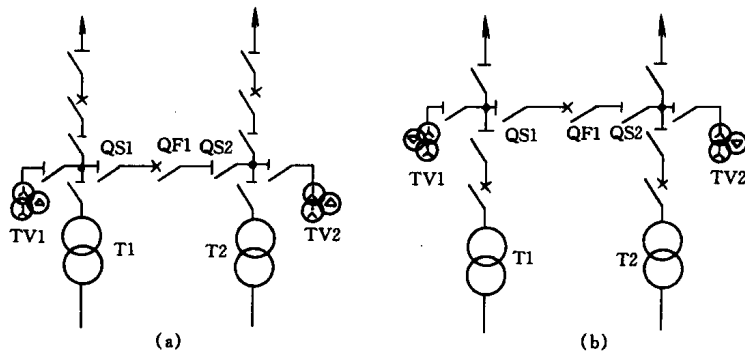


图 1-7 桥式接线

(a) 内桥；(b) 外桥

内桥和外桥接线的正常运行方式为：两台变压器、两回线路、连接桥均运行，所有的断路器及隔离开关均合上，TV1、TV2 运行，继电保护按规定均投入。

(八) 角形接线

角形接线如图 1-8 所示。该接线相当于将单母线用断路器按电源和引出线路数目分段，然后连接成环形的接线。角形接线一般以采用三角或四角形为宜，最多不超过六角形。该接线的特点是：断路器数与回路数相等，各断路器通过隔离开关互相连接成闭合的环状(单



环),每一回线路接于两台断路器之间,实现了一回线路经双断路器的双重连接。

角形接线的正常运行方式为:变压器、线路均运行,所有的断路器及隔离开关均合上,TV1、TV2均运行,继电保护按规定均投入。

### (九) 单元接线

单元接线如图1-9所示。图1-9(a)为发电机—变压器组单元接线;图1-9(b)为发电机—变压器组扩大单元接线;图1-9(c)为变压器—线路及发电机—变压器—线路单元接线。单元接线的特点是,几个电气元件直接单独连接,无横向联系(厂用电除外)。

单元接线的正常运行方式是:串联的各电气元件同时运行,串联回路各断路器和隔离开关均合上,继电保护按规定均投入。

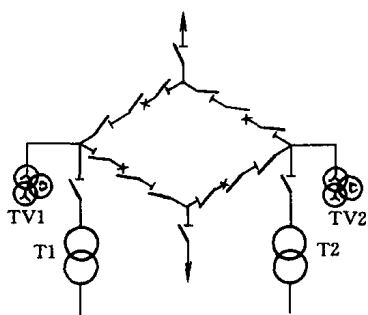


图 1-8 角形接线

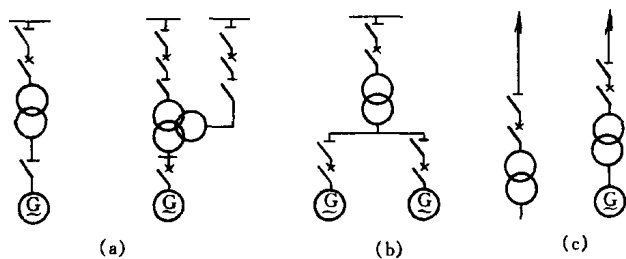


图 1-9 单元接线

(a) 发电机—变压器组单元接线; (b) 发电机—变压器组扩大单元接线; (c) 变压器—线路及发电机—变压器—线路单元接线

## 课题三 电厂主接线和厂用电接线运行

### 一、电厂电气主接线的运行特点

#### (一) 大型发电厂电气主接线及运行方式

单机容量在 200MW 及以上,装机总容量在 1000MW 及以上的发电厂,称为大型发电厂。

#### 1. 电气主接线

图 1-10 为某大型火电厂的电气主接线。在图中,发电机和变压器采用发电机—变组单元接线,分别接入 220kV 和 500kV 系统;220kV 系统采用双母线带旁路接线,并设置专用旁路断路器 QFb;500kV 系统采用  $\frac{3}{2}$  接线,用自耦变压器 T 作 220kV 与 500kV 系统间的联络变压器。自耦变压器 T 的低压绕组兼作厂用电的起动和备用电源。所以,该电气主接线采用了双母线带旁路接线、 $\frac{3}{2}$  接线、发电机—变压器组单元接线等三种常用典型接线形式。

#### 2. 电气主接线运行方式

(1) 正常运行方式。如图 1-10 所示,该接线示出了 6 台 300MW 机组电气主接线的正常运行方式。现分述如下。

220kV 系统: