



电子·教育

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 电气自动化技术专业

# 工厂供配电技术

· 张莹 主编

· 唐冬雷 张焕丽 副主编 · 汪晓凌 主审

7.3



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业

# 工厂供配电技术

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以适合高等职业教育需要为原则,注重工厂供配电技术的实用性,围绕着工厂供配电系统的整体功能及相关实用技术进行了系统论述。全书主要内容有:工厂供配电系统的组成,工厂的电力负荷分析及短路故障对系统的影响,变配电所主接线,工厂变配电网路及其运行维护,工厂供配电系统的防雷与接地保护,工厂供配电系统二次回路实用技术分析,电力系统计算机控制简介,工厂供配电质量的提高与实用节电技术等。各章均附有习题。

本书在论述工厂供配电系统的基本原理、运行维护基本知识的同时,特别注重系统的整体性和实用性,并较多地关注供配电系统运行故障处理的问题。注重这些内容与高等职业教育的方向相吻合。

本书除可作为高职高专教学用书外,也可供从事电力系统运行管理的技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

工厂供配电技术/张莹主编. —北京:电子工业出版社, 2003.8  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业  
ISBN 7-5053-8954-8

I. 工… II. 张… III. ①工厂—供电—电力系统—高等学校:技术学校—教材②工厂—配电系统—高等学校:技术学校—教材 IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 065005 号

责任编辑:洪国芬

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:11.25 字数:288 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:15.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。  
联系电话:(010) 68279077

# 出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来，高等职业教育发展迅猛，其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要，高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革，高职教材也必须与之相适应，进行重新调整与定位，突出自身的特色。为此，在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下，电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”，下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月，“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是：

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向，摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导，采用阶跃式、有选择的编写模式，强调实践和实践属性，精炼理论，突出实用技能，内容体系更加合理；

2. 注重现实社会发展和就业需求，以培养职业岗位群的综合能力为目标，充实训练模块的内容，强化应用，有针对性地培养学生较强的职业技能；

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习；着力于培养和提高学生的综合素质，使学生具有较强的创新能力，促进学生的个性发展；

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种，将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望：希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力，使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意，突出高等职业教育的特点，满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务，不会一蹴而就，而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世，还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化，我国经济和科学技术的不断发展，高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下，我们将一如既往地依靠本行业的专家，与科研、教学第一线的教研人员紧密联系，加强合作，与时俱进，不断开拓，逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材，为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿，提出选题建议，并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外，我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务，为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组  
电子工业出版社

## 参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

|              |                |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院    | 广州大学科技贸易技术学院   |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院     |
| 江西蓝天职业技术学院   | 江西工业工程职业技术学院   |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院     |
| 保定职业技术学院     | 广东轻工职业技术学院     |
| 安徽职业技术学院     | 西安理工大学         |
| 杭州中策职业学校     | 辽宁大学高职学院       |
| 黄石高等专科学校     | 天津职业大学         |
| 天津职业技术师范学院   | 天津大学机械电子学院     |
| 福建工程学院       | 九江职业技术学院       |
| 湖北汽车工业学院     | 包头职业技术学院       |
| 广州铁路职业技术学院   | 北京轻工职业技术学院     |
| 台州职业技术学院     | 黄冈职业技术学院       |
| 重庆工业高等专科学校   | 郑州工业高等专科学校     |
| 济宁职业技术学院     | 泉州黎明职业大学       |
| 四川工商职业技术学院   | 浙江财经学院信息学院     |
| 吉林交通职业技术学院   | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院    | 南京金陵科技学院       |
| 天津滨海职业技术学院   | 无锡职业技术学院       |
| 杭州职业技术学院     | 西安科技学院         |
| 重庆职业技术学院     | 西安电子科技大学       |
| 重庆工业职业技术学院   | 河北化工医药职业技术学院   |

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

# 前 言

近几年来,我国对高等职业教育培养的各类人才有相当大的需求,要求培养出实际动手能力强,能综合运用知识、技能的高水平技术应用型人才。为了适应高等职业教育培养的需要,我们编写了《工厂供配电技术》这本教材。

在本教材中,充分体现了“淡化理论,够用为度,培养技能,重在应用”的编写原则,淡化了本科教材中强调系统设计的原则,只简单介绍了负荷计算,基本删除了短路计算,将重点由系统设计转为对电力系统运行常见问题的分析,从用户的角度出发,真正体现了知识的实用性,突出了实用技术和能力的培养。另外在本教材中还介绍了较新的电力系统自动控制的知识,结构分明,实用性强。

本教材由湖南铁道职业技术学院的张莹担任主编,柳州职业技术学院的唐冬雷、绵阳职业技术学院的张焕丽担任副主编,黄冈职业技术学院的汪晓凌担任主审。其中,张莹编写第1、4、6章,唐冬雷编写第2、3章,张焕丽编写第5、7章,由张莹统编全稿。

在本书的编写过程中,柳树林、舒振均、唐建国教授和朱洪求硕士对本书担出了宝贵建议并审阅了部分章节。扬瀛瑜、李新文高级工程师提供了部分资料,谨在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者及同行批评指正。

编 者  
2003年5月



## Contents

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....         | (1)  |
| 1.1 电力系统的基本概念 .....           | (1)  |
| 1.1.1 发电厂 .....               | (1)  |
| 1.1.2 变配电所 .....              | (3)  |
| 1.1.3 电力网 .....               | (3)  |
| 1.1.4 高压直流输电 .....            | (3)  |
| 1.1.5 电能用户 .....              | (4)  |
| 1.1.6 电力系统的中性点运行方式 .....      | (5)  |
| 1.2 工厂供配电系统 .....             | (6)  |
| 1.2.1 工厂降压变电所 .....           | (6)  |
| 1.2.2 车间变电所 .....             | (6)  |
| 1.2.3 工厂配电线路 .....            | (6)  |
| 1.3 工厂供配电电压 .....             | (7)  |
| 1.3.1 额定电压的国家标准 .....         | (7)  |
| 1.3.2 工厂供配电电压的选择 .....        | (8)  |
| 1.4 供电质量的主要指标 .....           | (9)  |
| 1.4.1 电压 .....                | (9)  |
| 1.4.2 频率 .....                | (10) |
| 1.4.3 可靠性 .....               | (10) |
| 本章小结 .....                    | (11) |
| 思考题和习题 1 .....                | (12) |
| <b>第 2 章 工厂的电力负荷及短路</b> ..... | (13) |
| 2.1 工厂的电力负荷和负荷曲线 .....        | (13) |
| 2.1.1 工厂常用的用电设备 .....         | (13) |
| 2.1.2 工厂用电设备的工作制 .....        | (15) |
| 2.1.3 负荷曲线 .....              | (17) |
| 2.2 工厂计算负荷的确定 .....           | (18) |
| 2.2.1 概述 .....                | (18) |
| 2.2.2 用电设备组计算负荷的确定 .....      | (20) |
| 2.2.3 全厂计算负荷的确定 .....         | (23) |
| 2.2.4 工厂的功率因数及无功补偿 .....      | (24) |





|              |                  |             |
|--------------|------------------|-------------|
| 2.3          | 工厂的电气照明负荷        | (26)        |
| 2.3.1        | 照明的基本知识          | (26)        |
| 2.3.2        | 照明设备容量及照明计算负荷的确定 | (29)        |
| 2.4          | 短路故障的原因、种类和危害    | (31)        |
| 2.4.1        | 短路故障的原因          | (31)        |
| 2.4.2        | 短路故障的种类          | (31)        |
| 2.4.3        | 短路参数和短路计算的基本概念   | (32)        |
| 2.4.4        | 短路的效应及危害         | (33)        |
|              | 本章小结             | (34)        |
|              | 思考题和习题 2         | (35)        |
| <b>第 3 章</b> | <b>工厂变配电所</b>    | <b>(36)</b> |
| 3.1          | 工厂变配电所的作用、类型和位置  | (36)        |
| 3.2          | 工厂变配电所常用的高、低压电器  | (37)        |
| 3.2.1        | 工厂变配电所常用的高压电器    | (37)        |
| 3.2.2        | 电流互感器和电压互感器      | (41)        |
| 3.2.3        | 工厂变配电所常用的低压电器    | (48)        |
| 3.2.4        | 避雷器              | (50)        |
| 3.3          | 电力变压器            | (50)        |
| 3.3.1        | 工厂变电所常用电力变压器的类型  | (50)        |
| 3.3.2        | 工厂变电所中变压器的选择     | (51)        |
| 3.3.3        | 变压器的运行维护和故障检修    | (53)        |
| 3.4          | 工厂变配电所的电气主接线     | (55)        |
| 3.4.1        | 对电气主接线的基本要求      | (55)        |
| 3.4.2        | 主接线的基本接线方式       | (57)        |
| 3.4.3        | 车间变电所的电气主接线      | (58)        |
| 3.4.4        | 变配电所电气主接线的读图     | (62)        |
| 3.5          | 配电装置             | (63)        |
| 3.5.1        | 配电装置分类与特点        | (63)        |
| 3.5.2        | 高压成套配电装置(高压开关柜)  | (63)        |
| 3.5.3        | 低压成套配电装置         | (64)        |
| 3.5.4        | 动力配电箱和照明配电箱      | (65)        |
| 3.5.5        | 变配电所配电装置图的读图     | (65)        |
| 3.6          | 工厂变配电所的布置与结构     | (67)        |
| 3.6.1        | 工厂变配电所总体布置要求     | (67)        |
| 3.6.2        | 变配电所中的布置与结构      | (68)        |
| 3.6.3        | 组合变电所            | (70)        |
|              | 本章小结             | (70)        |
|              | 思考题和习题 3         | (71)        |



|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第 4 章 工厂电力网路</b> .....     | (72)  |
| 4.1 工厂电力网路的基本接线方式 .....       | (72)  |
| 4.1.1 高压配电线路的接线方式 .....       | (72)  |
| 4.1.2 低压配电线路的接线方式 .....       | (74)  |
| 4.2 工厂架空线路 .....              | (75)  |
| 4.2.1 工厂架空线路的结构 .....         | (75)  |
| 4.2.2 工厂架空线路的运行管理和检修 .....    | (78)  |
| 4.2.3 低压架空绝缘线路 .....          | (79)  |
| 4.3 工厂电缆线路 .....              | (79)  |
| 4.3.1 电缆的结构、型号及敷设 .....       | (79)  |
| 4.3.2 电缆线路的运行维护 .....         | (82)  |
| 4.3.3 电缆故障的确定 .....           | (83)  |
| 4.4 车间内配电线路 .....             | (87)  |
| 4.4.1 车间线路的结构和敷设 .....        | (87)  |
| 4.4.2 车间动力电气平面布线图 .....       | (89)  |
| 4.4.3 车间内照明供电方式 .....         | (91)  |
| 4.4.4 车间配电线路的运行维护 .....       | (91)  |
| 4.5 线路运行时突然停电的处理 .....        | (92)  |
| 4.6 供电线路导线和电缆的选择 .....        | (92)  |
| 4.6.1 导线和电缆型号的选择 .....        | (92)  |
| 4.6.2 导线和电缆截面的选择 .....        | (93)  |
| 本章小结 .....                    | (100) |
| 思考题和习题 4 .....                | (100) |
| <b>第 5 章 工厂供配电系统的保护</b> ..... | (101) |
| 5.1 供配电系统保护装置的作用和要求 .....     | (101) |
| 5.2 工厂高压线路继电保护 .....          | (103) |
| 5.2.1 电流互感器与电流继电器的接线方式 .....  | (103) |
| 5.2.2 线路过电流保护 .....           | (107) |
| 5.2.3 电流速断保护 .....            | (112) |
| 5.2.4 单相接地保护 .....            | (114) |
| 5.3 电力变压器的保护 .....            | (115) |
| 5.3.1 电力变压器保护装置的设置 .....      | (115) |
| 5.3.2 变压器的继电保护 .....          | (116) |
| 5.3.3 变压器的单相接地保护 .....        | (121) |
| 5.4 工厂低压供电系统的保护 .....         | (122) |
| 5.4.1 熔断器保护 .....             | (122) |
| 5.4.2 低压断路器保护 .....           | (123) |
| 5.5 电气设备的防雷与接地 .....          | (124) |
| 5.5.1 过电压与防雷 .....            | (124) |

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 5.5.2 接地 .....                      | (128)        |
| 本章小结 .....                          | (134)        |
| 思考题和习题 5 .....                      | (135)        |
| <b>第 6 章 工厂供配电系统二次接线与自动装置 .....</b> | <b>(137)</b> |
| 6.1 二次接线的概念和二次回路图 .....             | (137)        |
| 6.2 断路器控制回路信号系统与测量仪表 .....          | (140)        |
| 6.2.1 控制回路 .....                    | (140)        |
| 6.2.2 信号电路 .....                    | (143)        |
| 6.2.3 测量仪表 .....                    | (143)        |
| 6.3 绝缘监视装置 .....                    | (146)        |
| 6.4 备用电源自动投入装置及自动重合闸装置 .....        | (147)        |
| 6.4.1 备用电源自动投入装置 (APD) .....        | (148)        |
| 6.4.2 自动重合闸装置 (ARD) .....           | (149)        |
| 6.5 计算机在工厂供电中的应用 .....              | (155)        |
| 6.5.1 计算机在工厂供电设计计算中的应用 .....        | (155)        |
| 6.5.2 工厂供电系统的计算机实时监控 .....          | (155)        |
| 6.5.3 计算机在继电保护及自动装置中的应用 .....       | (156)        |
| 本章小结 .....                          | (157)        |
| 思考题和习题 6 .....                      | (157)        |
| <b>第 7 章 工厂的节约用电 .....</b>          | <b>(159)</b> |
| 7.1 节约用电的意义、方法及途径 .....             | (159)        |
| 7.1.1 节约用电的意义 .....                 | (159)        |
| 7.1.2 节约用电的科学管理方法 .....             | (159)        |
| 7.1.3 节约用电的一般措施 .....               | (160)        |
| 7.2 提高功率因数的方法 .....                 | (160)        |
| 7.2.1 提高自然功率因数 .....                | (160)        |
| 7.2.2 采用人工补偿装置提高功率因数 .....          | (162)        |
| 本章小结 .....                          | (165)        |
| 思考题和习题 7 .....                      | (166)        |
| <b>参考文献 .....</b>                   | <b>(167)</b> |

# 第 1 章 绪 论



## 内容提要

本章概述供电系统的一些基本知识和基本问题。首先,简要说明电力系统的构成,介绍发电厂、变配电所、电力网、直流输电和电能用户的基本知识,并介绍了电力系统的几种中性点运行方式。其次,说明了工厂供电系统的构成,各种工厂变配电所的功用。然后,重点论述了工厂供电系统中不同设备和线路的供配电电压标准及其电压等级的选择。最后,简要介绍了关系到工厂供电系统质量的电压、频率和可靠性问题。

## 1.1 电力系统的基本概念

一切大规模现代化工农业生产、交通运输和人民生活都需要电能。电能是由发电厂生产的,但发电厂往往距离城市和工业中心很远,这就需要将电能经过线路输送到城市或工业企业。为了减少输电时的电能损耗,输送电能时要升压,采用高压输电线路将电能输送给用户,同时为了满足用户对电压的要求,输送到用户之后还要经过降压,而且还要合理地将电能分配到用户或生产车间的各个用电设备。

为了提高供电的可靠性和经济性,将各发电厂通过电力网连接起来,并联运行,组成庞大的联合动力系统。将各种类型发电厂中的发电机、升压降压变压器、输电线路以及各种用电设备组联系在一起构成的统一的整体就是电力系统,用以实现完整的发电、输电、变电、配电和用电,图 1.1 为电力系统的示意图(本书 380/220V 即为 380V/220V)。

发电机生产的电能受发电机制造电压的限制,不能远距离输送。因此,通常使发电机的电压经过升压达 220~500kV,再通过超高压远距离输电网送往远离发电厂的城市或工业集中地区,通过那里的区域降压变电所将电压降到 35~110kV,然后再用 35~110kV 的高压输电线路将电能送至工厂降压变电所降至 6~10kV 配电或终端变电所,如图 1.2 所示。

下面简要介绍一下电能的生产、变压、输配和使用等几个环节。

### 1.1.1 发电厂

发电厂是生产电能的工厂。它把其他形式的能源,如煤炭、石油、天然气、水能、原子核能、风能、太阳能、地热、潮汐能等,通过发电设备转换为电能。我国以火力发电为主,其次是水力发电和原子能发电。

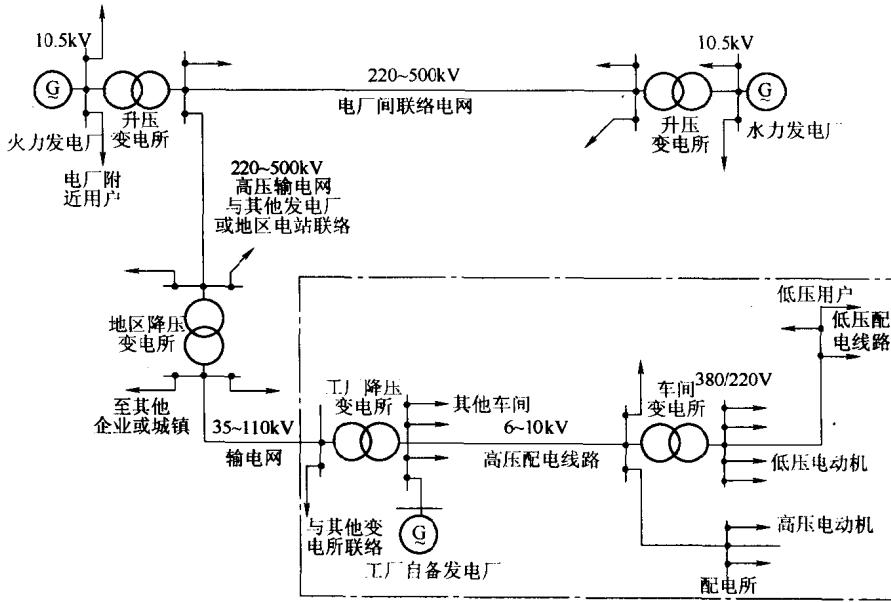


图 1.1 电力系统示意图

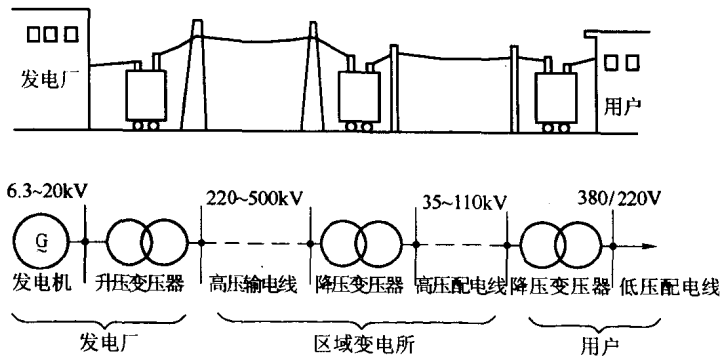


图 1.2 从发电厂到用户的送电过程示意图

### 1. 火力发电厂

火力发电厂是指用煤、油、天然气等为燃料的发电厂。将燃料燃烧，加热锅炉中的水，利用高温、高压的水蒸气推动汽轮机，带动与它连轴的发电机发电。

### 2. 水力发电厂

水力发电厂是把水的位能和动能转变成电能的发电厂，主要分为堤坝式水力发电厂和引水式水力发电厂。如正在建设中的三峡水电站即为堤坝式水力发电厂，建成后坝高185m，水位175m，总装机容量为1768万千瓦，年发电量可达840亿千瓦时（度），居世界首位。

### 3. 原子能发电厂

原子能发电厂又称核电站，如我国秦山、大亚湾核电站，是利用核裂变能量转化为热



能, 再按火力发电厂方式发电的, 只是它的“锅炉”为原子核反应堆。

### 1.1.2 变配电所

变电所起着变换电能电压、接受电能与分配电能的作用, 是联系发电厂和用户的中间环节。如果变电所只用以接受电能和分配电能, 则称为配电所。

变电所有升压和降压之分。升压变电所多建在发电厂内, 把电能电压升高后, 再进行长距离输送。降压变电所多设在用电区域, 将高压电能适当降低电压后, 对某地区或用户供电。降压变电所又可分为以下三类。

#### 1. 地区降压变电所

地区降压变电所又称为一次变电站。位于一个大用电区或一个大城市附近, 从 220~500kV 的超高压输电网或发电厂直接受电, 通过变压器把电压降为 35~110kV, 供给该区域的用户或大型工厂用电。其供电范围较大, 若全地区降压变电所停电, 将使该地区中断供电。

#### 2. 终端变电所

终端变电所又称二次变电站, 多位于用电的负荷中心, 高压侧从地区降压变电所受电, 经变压器降到 6~10kV, 对某个市区或农村城镇用户供电。其供电范围较小, 若全终端变电所停电, 则只是该部分用户中断供电。

#### 3. 工厂降压变电所及车间变电所

工厂降压变电所又称工厂总降压变电所, 与终端变电所类似, 它是对企业内部输送电能的中心枢纽。车间变电所接受工厂降压变电所提供的电能, 将电压降为 220/380V, 对车间各用电设备直接供电。

### 1.1.3 电力网

电力系统中各级电压的电力线路及与其连接的变电所总称为电力网, 简称电网。电力网是电力系统的一部分, 是输电线路和配电线路的统称, 是输送电能和分配电能的通道。电力网是把发电厂、变电所和电能用户联系起来的纽带。

电网由各种不同电压等级和不同结构类型的线路组成, 按电压的高低可将电力网分为低压网、中压网、高压网和超高压网等。电压在 1kV 以下的称低压网, 1~10kV 的称中压网, 高于 10kV 低于 330kV 的称高压网, 330kV 及以上的称超高压网。电网按电压高低和供电范围大小可分为区域电网和地方电网。区域电网的供电范围大, 电压一般在 220kV 及以上; 地方电网的供电范围小, 电压一般为 35~110kV。电网也往往按电压等级来称呼, 如说 10kV 电网或 10kV 系统, 就是指相互连接的整个 10kV 电压的电力线路。根据供电地区的不同, 有时也将电网称为城市电网和农村电网等。

### 1.1.4 高压直流输电

电能的输送方式有交流和直流两种, 直流输电主要用于下列几个方面:

(1) 远距离输电及跨海输电。跨海输电及远距离输电容量大, 如果采用交流输电, 由于



距离长, 线路感抗也将增大, 从而限制了输送容量, 而且造成运行不稳定。另外, 由于交流线路存在分布电抗和对地分布电容, 会引起线路电压在很大范围内发生变化, 必须投入无功补偿设备, 投资增加。若采用直流输电, 则不存在此类问题。

直流输电线路具有架设方便、能耗小、导线截面可得到充分利用及绝缘强度高等优点, 使其更适宜于远距离、大容量输电。

(2) 连接两个不同频率的电网, 并可实现定电流控制, 限制短路电流。

直流输电一般由整流站、直流线路和逆变站三部分组成。在输送电能的过程中, 整流站把送端系统的三相交流电变为直流电, 通过直流电路送到用户, 再通过逆变站把直流电转变为交流电, 供给用户。

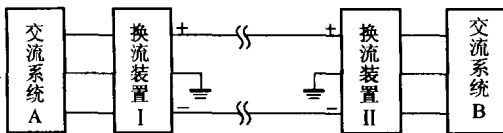


图 1.3 直流输电系统结构示意图

如今天的直流输电以交流电力系统为基础, 在直流输电网的两端是两个换流站和交流系统, 如图 1.3 所示。若将电能从交流系统 A 输送到交流系统 B, 则换流装置 I 把交流整流成直流, 通过直流电网输送给换流装置 II, 换流装置 II 再把直流逆变为与交流系

统 B 同频率、同相位的交流电馈送给交流系统 B。

直流系统存在换流装置昂贵、产生高次谐波及直流开关制造困难等缺点。

### 1.1.5 电能用户

所有的用电单位均称为电能用户, 其中主要是工业企业。我国工业企业用电占全年总发电量的 60% 以上, 是最大的电能用户。

工业企业的电力负荷种类多, 容量相差悬殊, 运行特征也各种各样。用电设备的这些不同特征关系到供电技术措施的确定。

工厂内广泛使用的空压机、通风机、水泵、破碎机、球磨机、搅拌机、制氧机以及润滑油泵等机械的拖动电动机, 不论其功率大小 (从不足一千瓦到几千千瓦) 及电压高低 (从 380V 到 10kV), 一律为三相交流电动机, 它们都是恒速持续运行工作的用电设备。这些设备在正常运行时, 负荷基本上均匀而且三相对称, 功率因数也很稳定, 一般可达 0.8~0.85。

有一些生产机械, 如烧结机、连续铸管机、卷取机、回转窑等, 它们的拖动电机也是持续运行的, 负荷性质基本上稳定。但是这些机械在运转中要求调速, 多采用易调速的直流电机拖动系统, 因此这些设备要增加变流环节, 而且功率因数也会降低。

提升机、高炉卷扬机、各种轧钢机以及工厂大量使用的各类吊车、起重机等的拖动电机, 工作运转时间与停转或空转时间交互更替, 这类设备呈周期性工作, 其负荷时刻在变化, 是供电系统的不稳定负荷, 经常处于低负载状态, 功率因数也偏低, 一般在 0.5~0.6 以下。这类用电设备属于供电系统的不良用户。

工业用电炉分为电弧炉、电阻炉和感应电炉。电弧炼钢炉是工厂常用的一种大容量用电设备, 单台容量可达 10 000~20 000kW。在精炼期间, 三相负荷均匀对称。在起始熔炼期间, 由于受炉内原料堆积不均匀及熔融差别等因素的影响, 每相负荷波动很大, 电流可达其额定值的 3.0~3.5 倍, 以致引起很大的网路电压波动。电弧炉的负荷性质基本上接近于阻性, 功率因数也很高, 一般可达 0.85 以上。

电解设备是提炼有色金属的主要设备，容量可达数万千瓦，是工业中耗用电能最大的用户。工作时负荷均匀稳定，功率因数较高（0.8~0.9），且不允许停电。

电焊设备分为交流电焊和直流电焊两种，交流电焊有单相和三相之分，常用的交流电焊设备是工频单相电焊机，它主要用做弧焊和点焊。交流电焊设备的供电电压为 380V 或 220V，工作时负荷情况不匀称，功率因数很低。电焊设备为移动性设备，使用时皆为临时接线供电。

工厂的照明设备有固定式和移动式之分，但均为单相而恒定的负荷。照明负荷的功率因数很高，通常为 0.95~1.0。照明负荷虽然属于稳定负荷，但整个地区或企业的照明设备同时集中接电也会造成系统出现尖峰负荷，故应重视节约照明用电。

### 1.1.6 电力系统的中性点运行方式

在电力系统中，当变压器或发电机的三相绕组为星形连接时，其中性点可有两种运行方式：中性点接地和中性点不接地。中性点直接接地系统常称为大电流接地系统，中性点不接地和中性点经消弧线圈（或电阻）接地的系统称为小电流接地系统。

中性点运行方式的选择主要取决于单相接地时电气设备绝缘要求及供电可靠性。图 1.4 列出了常用的中性点运行方式，图中电容 C 为输电线路对地分布电容。

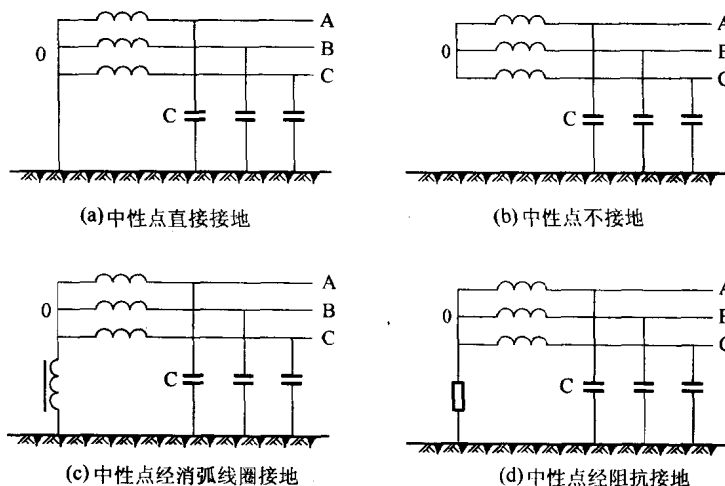


图 1.4 电力系统中性点运行方式

#### 1. 中性点直接接地方式

中性点直接接地方式发生一相对地绝缘破坏时，就构成单相短路，供电中断，可靠性会降低。但是，这种方式下的非故障相对地电压不变，电气设备绝缘按相电压考虑，降低设备要求。此外，在中性点直接接地的低压配电系统中，如为三相四线制供电，可提供 380V 或 220V 两种电压，供电方式更为灵活。

#### 2. 中性点不接地方式

在正常运行时，各相对地分布电容相同，三相对地电容电流对称且其和为零，各相对地



电压为相电压。这种系统中发生一相接地故障时，线间电压不变，非故障相对地电压升高到原来相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，故障相电容电流增大到原来的3倍。因此，对中性点不接地的电力系统，注意电气设备的绝缘要按照线电压来选择。

目前，在我国电力系统中，110kV以上高压系统，为降低设备绝缘要求，多采用中性点直接接地运行方式；6~35kV中压系统中，为提高供电可靠性，首选中性点不接地运行方式。当接地电流不满足要求时，可采用中性点经消弧线圈或电阻接地的运行方式；低于1kV的低压配电系统中，考虑到单相负荷的使用，通常均为中性点直接接地的运行方式。

## 1.2 工厂供配电系统

工厂供电系统由工厂降压变电所、高压配电线路、车间变电所、低压配电线路及用电设备组成，如图1.1的点划线框内部分所示。工厂供电系统的电源绝大多数是由国家电网供电的。如果企业距离系统很远，而所在地区有可供利用的能源时，也可建立自用发电厂。工厂供电系统的供电电压一般在110kV以下。

### 1.2.1 工厂降压变电所

一般大型工业企业均设工厂降压变电所，把35~110kV电压降为6~10kV电压向车间变电所供电。为了保证供电的可靠性，工厂降压变电所大多设置两台变压器，由单条或多条进线供电，每台变压器容量可从几千伏安到几万伏安。供电范围由供电容量决定，一般在几千米以内。

### 1.2.2 车间变电所

车间变电所将6~10kV的高压配电电压降为380/220V，对低压用电设备供电。供电范围一般只在500m以内。

在一个生产厂房或车间内，根据生产规模、用电设备的布局及用电量大小等情况，可设立一个或几个车间变电所。几个相邻且用电量都不大的车间，可以共同设立一个车间变电所。车间变电所的位置可以选择在这几个车间的负荷中心附近，也可以选择在其中用电量最大的车间内。车间变电所一般设1或2台变压器，单台变压器的容量通常为1000kVA及以下，最大不宜超过2000kVA。

### 1.2.3 工厂配电线路

工厂内高压配电线路主要作为工厂内输送、分配电能之用，通过它把电能送到各个生产厂房和车间。为减少投资，便于维护与检修，工厂高压配电线路以前多采用架空线路。但架空敷设的各种管线在有些地方纵横交错，并受潮湿气体及腐蚀性气体的影响，可靠性大大下降。另外由于电缆制造技术的迅速发展，电缆质量不断提高且成本不断下降，同时为了美化厂区环境，工厂内高压配电线路已逐渐向电缆化方向发展。

工厂内低压配电线路主要用以向低压用电设备供电。在户外敷设的低压配电线路目前多采用架空线路，且尽可能与高压线路同杆架设，以节省建设费用。在厂房或车间内部则应根据具体情况确定，或采用明线配电线路，或采用电缆配电线路。在厂房或车间内，由动力配