

国家示范校建设成果教材
中等职业学校项目化教学改革教材

电气设备安装与运行维护

主 编 汪春艳
副主编 欧效超 张松松



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家示范校建设成果教材
中等职业学校项目化教学改革教材

电气设备安装与运行维护

主 编 汪春艳
副主编 欧效超 张松松



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书将水利电力类中职毕业生就业岗位所需要的电气设备安装与运行维护知识与实践编排成城市用电分析, 开关电器运行及维护, 互感器、载流导体的运行及维护, 电气主接线及倒闸操作, 水电站、变电站高压设备安装与维护, 低压开关设备安装与维护, 过电压保护, 电气二次回路的运行八个模块。各模块结合相应视频、动画及实际设备进行各知识点相应任务的实施。

本书在教学过程中作为知识点引导, 在相应任务的实施过程中, 教师作有针对性讲解和技术指导。

本书适用于中等职业学校发电厂及电力系统、供用电技术专业, 也可供从事电气设备安装及运行维护等职业的技术人员作基础知识的参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

电气设备安装与运行维护 / 汪春艳主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2015.5
国家示范校建设成果教材. 中等职业学校项目化教学
改革教材
ISBN 978-7-5170-3276-2

I. ①电… II. ①汪… III. ①电气设备—设备安装—
中等专业学校—教材②电气设备—维修—中等专业学校—
教材 IV. ①TM05②TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第134691号

书 名	国家示范校建设成果教材 中等职业学校项目化教学改革教材 电气设备安装与运行维护
作 者	主编 汪春艳 副主编 欧效超 张松松
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 8.5印张 202千字
版 次	2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

贵州省水利电力学校

校本教材编写委员会成员名单

主 任 陈海梁 卢 韦

副主任 刘幼凡 严易茂

成 员 刘学军 朱晓娟 程晓慧

邹利军 吴小兵 唐云岭



前言

PREFACE

中共中央办公厅下发的文件《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》中明确指出：调整 and 改革课程体系、结构、内容，建立新的基础教育课程体系，试行国家课程、地方课程和学校课程的三级课程管理体制。这也是我国职业院校在新课程改革中的一项重要任务。

本书的编写立足我国电力工业发展实际，在学习课改政策和研究中职学校学生情况的基础上，依据开发方案要求，总结了以往的教学经验、汲取了优秀经典教材的优点，并听取了多位经验丰富的工程技术人员的宝贵意见。本书比较准确地把握了校本课程的特征，突出了实践性、灵活性、校本性、选择性，符合新课程理念，对学生素质的全面健康发展也会产生积极的作用。

限于编者理论水平和实践能力，教材的部分内容还不够成熟，书中存在不足之处，恳请专家和读者提出宝贵意见，使之不断完善。

编者

2015 年 3 月



目 录

CONTENTS

前言	1
模块一 城市用电分析	1
知识点一 电力工业发展概况及前景	1
知识点二 发电厂和变电站类型	2
知识点三 电力系统基本概念	5
知识点四 电力系统中性点运行方式	9
思考题	13
模块二 开关电器运行及维护	15
知识点一 短路电流概述	15
知识点二 电弧及电气触头	18
知识点三 断路器	21
知识点四 隔离开关	25
知识点五 高压熔断器	28
知识点六 高压负荷开关	30
知识点七 重合器和分段器	31
思考题	33
模块三 互感器、载流导体的运行及维护	34
知识点一 电流互感器	35
知识点二 电压互感器	39
知识点三 母线	42
知识点四 绝缘子	44
知识点五 电力电缆	46
思考题	47
模块四 电气主接线及倒闸操作	49
知识点一 电气主接线基本知识	49
知识点二 电气主接线的基本形式	49
知识点三 短路电流的限制措施	56
知识点四 厂用电及厂用负荷	57
知识点五 电气设备倒闸操作	59
知识点六 工作票制度	63
思考题	66

模块五 水电站、变电站高压设备安装与维护 67
 知识点一 配电装置 67
 知识点二 箱式变电站 75
 知识点三 成套配电装置 75
 思考题 81
 模块六 低压开关设备安装与维护 82
 知识点一 低压电器 82
 知识点二 电力电容器 91
 思考题 94
 模块七 过电压保护 95
 知识点一 雷电、过电压概述 95
 知识点二 过电压保护设备 97
 知识点三 接地装置 102
 思考题 106
 模块八 电气二次回路的运行 107
 知识点一 操作电源 107
 知识点二 二次回路 111
 知识点三 控制回路和信号回路 113
 知识点四 同期回路 117
 知识点五 测量监察回路 120
 思考题 121
 附录一 纯电阻、电感、电容线路相关参数 122
 附录二 倒闸操作票样票 123
 附录三 电力电缆第一种工作票 124
 参考文献 127

模块一 城市用电分析

知识点一 电力工业发展概况及前景

电力是现代工农业及整个社会生活中最重要的能源之一，绝大部分是由发电厂提供。在我国，水能资源和煤炭储量广泛而丰富，发电厂以火电、水电、核电为主。另外，在我国的一些地区风能、太阳能等资源也很丰富，开发前景广阔。这些优越的资源条件为我国电力工业的发展奠定了良好的物质基础。

由于具有易于由其他形式的能量转化、可进行远距离输送、集中和分配自由，能够满足各生产工艺过程、传输速度快（30 万 km/s），能量大，可以约时停送等优点，电能得到了广泛应用。科技的快速发展和人们生活水平的提高，对电能的需求也越来越大。目前，我国电力工业已开始进入“大机组”“大电网”“超高压”“高度自动化”的发展新阶段，随着科技水平的不断提高，调度自动化、光纤通信、计算机控制等高新技术已广泛应用于电力系统中。

截至 2013 年年末，全国发电装机总量达 12.47 亿 kW，同比增长 9.3%。其中，水电装机 2.8 亿 kW，同比增长 12.3%；火电装机 8.6 亿 kW，同比增长 5.7%，核电装机 1461 万 kW，同比增长 16.2%；并网风电装机 7548 万 kW，同比增长 24.5%；并网太阳能发电装机 1479 万 kW，增长 3.4 倍。新能源和可再生能源发电装机占比 31%，较上年提高 5.76 个百分点。

知识扩展：

法拉第（Michael Faraday, 1791—1867），英国著名物理学家、化学家。在化学、电化学、电磁学等领域都做出过杰出贡献。他幼年家境贫寒，未受过系统的正规教育，但却在众多领域中做出惊人成就，堪称刻苦勤奋、探索真理、不计个人名利的典范。

他最出色的工作是电磁感应的发现和场的概念的提出。经过 10 年探索，历经多次失败后，1831 年 8 月 26 日终于获得成功。这次实验因为是用伏打电池在给一组线圈通电（或断电）的瞬间，在另一组线圈获得的感生电流，他称之为“伏打电感应”。同年 10 月 17 日完成了在磁体与闭合线圈相对运动时在闭合线圈中激发电流的实验，他称之为“磁电感应”。经过大量实验后，他终于实现了“磁生电”的夙愿，宣告了电气时代的到来。后世的人们，在享受他带来的文明的时候，没有忘记这位伟人，人们选择了“法拉”作为电容的国际单位。



知识点二 发电厂和变电站类型

一、发电厂的类型

发电厂是电力系统的中心环节，它是将各种天然的一次能源转换为电能的工厂。根据一次能源的不同，发电厂可分为火力发电厂、水力发电厂、风力发电厂、核能发电厂等。按发电厂的规模和供电范围不同，又可分为区域性发电厂、地方发电厂和自备专用发电厂等。

(一) 火力发电厂

火力发电厂是将燃料（如煤、石油、天然气、油页岩等）的化学能转化为电能的工厂。

它的基本生产过程是：燃料在锅炉中燃烧加热水使之成为蒸汽，将燃料的化学能转变成热能，蒸汽压力推动汽轮机旋转，热能转换成机械能，然后汽轮机带动发电机旋转，将机械能转变成电能。

1. 凝汽式火力发电厂

凝汽式火电厂只向用户提供电能，热效率只有 30%~40%。一般情况下，大型的凝汽式发电厂一般建在煤矿基地及其附近，通常被称为坑口电站。凝汽式燃煤电厂生产过程示意图如图 1-1 所示。

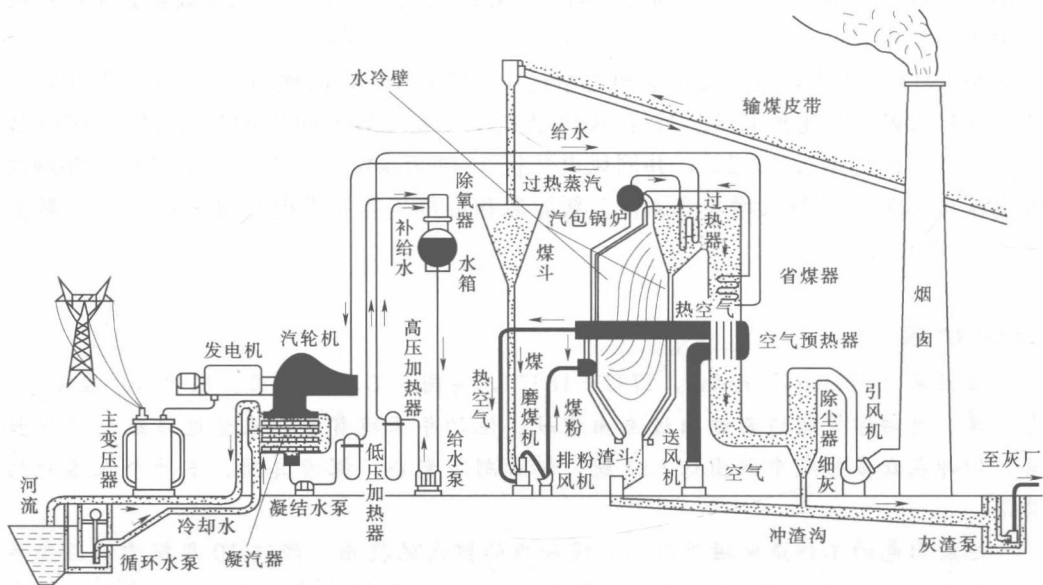


图 1-1 凝汽式燃煤电厂生产过程示意图

2. 热电厂

热电厂与凝汽式火电厂的功能有所不同，它既能够向用户提供电能，又能向用户提供热能，热效率高达 60%~70%。考虑到供热压力和温度参数的要求，热电厂一般要建在热力用户附近。火电厂平面布置图如图 1-2 所示。

(二) 水力发电厂

水力发电厂是将水的位能转换为电能的工厂。它的基本生产过程是：从河流高处或其

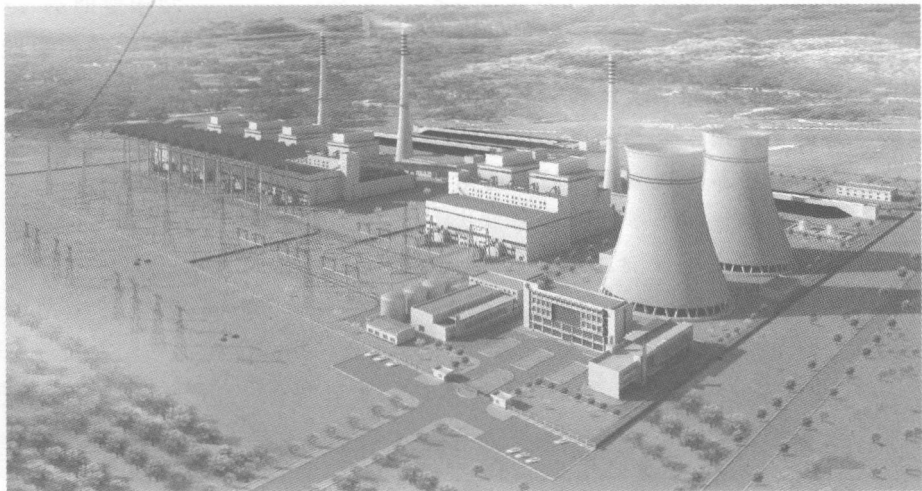


图 1-2 火电厂平面布置图

他水库内引水，利用水的压力或流速冲动水轮机旋转，将重力势能和动能转变成机械能，然后水轮机带动发电机旋转，将机械能转变成电能。水力发电厂原动机是水轮机。

水力发电厂的容量大小取决于上下游的水位差（简称水头）和流量的大小。常见的水电厂类型有坝后式水电厂、河床式水电厂、引水式水电厂。坝后式水电厂厂房建在大坝的后面，不承受水的压力，适用于高、中水头的水电厂；河床式水电厂的厂房与大坝联合成一体，厂房是大坝的一个组成部分，要承受水的压力，故适用于中、低水头的水电厂。引水式水电厂建在河道坡降较陡的河段或大河湾处，在河段上游筑坝引水，用引水渠道、隧洞、压力水管等将水引到河段下游，用以集中水头发电。这类水电厂大都为高水头水电厂。

三峡水电站发电原理图如图 1-3 所示。

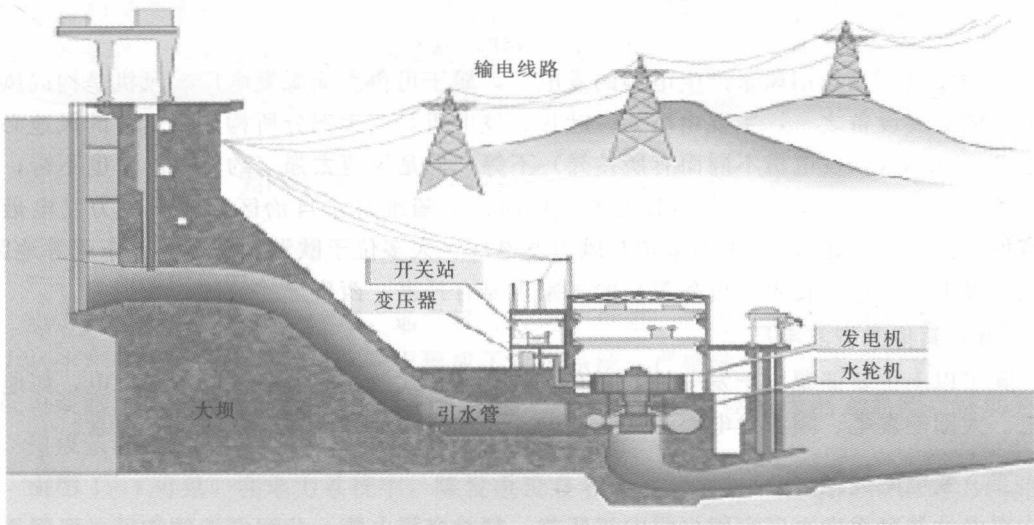


图 1-3 三峡水电站发电原理图



知识扩展：

长江三峡水电站又称三峡工程、三峡大坝。位于湖北省宜昌市的三斗坪镇，三峡水电站和下游的葛洲坝水电站构成梯级电站。

三峡水电站是世界上规模最大的水电站，也是中国有史以来建设最大型的工程项目。三峡水电站的功能有十多种，包括航运、发电、种植等。三峡水电站 1994 年正式动工兴建，2003 年 6 月 1 日下午开始蓄水发电，于 2009 年全部完工。

三峡水电站大坝高程 185m，蓄水高程 175m，水库长 600 多 km，总投资 954.6 亿元人民币，安装 32 台单机容量为 70 万 kW 的水电机组。三峡水电站最后一台水电机组于 2012 年 7 月 4 日投产，这意味着，装机容量达到 2240 万 kW 的三峡水电站，现为全世界最大的水力发电站和清洁能源生产基地。

(三) 核电厂

核电厂又称原子能发电厂，主要是利用原子核的裂变能来生产电能。生产过程同火电厂基本相同，主要区别是以核反应堆代替燃煤锅炉，以少量的核燃料代替了大量的煤炭。核电具有以下优点：

(1) 核能发电不像化石燃料发电那样排放巨量的污染物质到大气中，因此核电不会造成空气污染。

(2) 核能发电不会产生加重地球温室效应的二氧化碳气体。

(3) 核燃料能量密度比化石燃料高几百万倍，故核能电厂所使用的燃料体积小，运输与储存都很方便。

(4) 核能发电的成本中，燃料费用所占的比例较低，核能发电的成本不易受到国际经济情势影响，故发电成本比其他发电方法稳定。

(四) 风力发电厂

风力发电厂是利用风来产生电力的发电厂，属于可再生能源发电厂。风机是构成风力发电厂的必要设备之一，主要由塔架、叶片、发电机等三大部分所构成。运转的风速必须大于 $2\sim 4\text{m/s}$ （依发电机不同而有所差异）不等，但是风速太强（约 25m/s ）也不行，当风速达 $10\sim 16\text{m/s}$ 时，即可以满载发电。目前，新疆维吾尔自治区为我国风力发电最大的省份。世界上有超过 40 个国家建有风力发电厂，大多位于欧洲、北美洲、东亚等地区；而风力发电较发达（技术、设备等）的国家主要有丹麦、西班牙、德国、美国等。

(五) 其他类型发电厂

除了以上主要能源用于发电外，还有一些其他形式的一次能源可以用来发电，如地热发电、太阳能发电、潮汐发电等，这些发电方式在我国都有极其广阔的发展前景。

二、变电站类型

变电站是联系发电厂和用户的中间环节，起着变换电能、分配电能的作用。根据变电所在电力系统中的地位和作用，一般可以分成以下几类。



(一) 枢纽变电站

枢纽变电站位于电力系统的枢纽点，汇集多个电源，连接电力系统高压和中压的几个部分，电压等级一般为 330kV 及以上。枢纽变电站一旦停电，将造成大范围的断电，导致电力系统解列，甚至造成整个电力系统瘫痪。

(二) 中间变电所

中间变电站的电压等级一般为 220~330kV，汇集 2~3 个电源和若干线路，在系统起中间环节作用。全所停电后，将引起区域电网的解列。

(三) 地区变电站

地区变电站的电压等级一般为 110~220kV，主要向一个地区的用户供电，是一个地区或一座中小城市的主要变电所，一旦停电，将造成该地区或城市用电紊乱，甚至中断供电。

(四) 企业变电站

企业变电站是企业为满足自身生产等需要而建立的专用变电站，电压等级一般为 35~220kV。

(五) 终端变电站

终端变电站位于配电线路的末端，接近负荷处，电压等级一般为 35~110kV，经降压直接供电给用户。

知识扩展：

无人值班变电站是变电站一种先进的运行管理模式。它是指借助微机运动等自动化技术，值班人员在远方获取相关信息，并对变电站的设备运行进行控制和管理。

无人值班变电站站内不设置固定的运行维护值班岗位，其运行管理工作由变电运维操作站负责。新投运的 220kV 变电站试运行 24h 正常后即按无人值班模式运行。但变电站投产前应按无人值班技术规范进行完整的试验和验收，并保存好试验、验收记录和资料。不满足无人值班要求的，不得投产送电。

知识点三 电力系统基本概念

一、电力系统及电力网

电力从生产到供给用户使用，通常经过发电、供电、输电、配电、用电等 5 个环节。电力从生产到使用的全过程，客观上形成了电力系统。严格地说，由发电厂的发电部分、输配电线路、变配电所及用电用户的各种用电设备所组成的整体称为电力系统，常简称系统，组成示意如图 1-4 所示。

由图 1-4 可见，在电力系统中，除发电设备和用电设备外，各级电压的电力线路及其所联系的变电所，称为电力网，简称电网。电力网按其在电力系统中的作用，分为输电网和配电网，输电网以输电为目的，由高压或超高压输电线路将发电厂、变电所或变电所

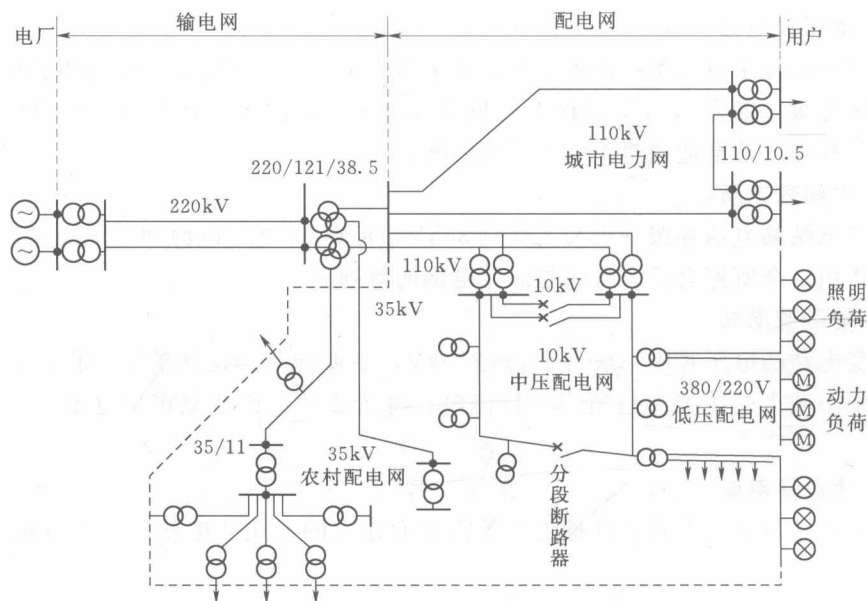


图 1-4 电力系统与电力网示意图

之间连接起来的送电网络；直接将电能送到用户去的网络称为配电网或配电系统，它以配电为目的。

二、对电力系统的基本要求

由于电力系统与国民经济各部分及人民生活间的关系非常密切，所以对其运行要求很高，基本要求如下。

(一) 保证运行安全可靠

供电中断将使生产停顿、混乱，甚至危及人身和设备的安全，造成十分严重的后果。停电给国民经济造成的损失远超过电力系统本身的损失，因此电力系统运行首先要满足安全供电的要求。通常根据负荷对可靠性的要求及中断供电在政治上、经济上所造成的损失和影响程度，将负荷分为三级。

1. 一级负荷

一级负荷为中断供电将造成人身伤亡或在政治和经济上造成重大损失者。如大型医院、炼钢厂、石油提炼厂或矿井等。为了保证一级负荷的正常供电，一级负荷应由两个电源供电。

2. 二级负荷

二级负荷为中断供电将在政治和经济上造成较大损失或造成公共场所秩序混乱者。如铁路枢纽等，二级负荷宜由两个电源供电。当地区供电条件困难或负荷较小时，二级负荷可由一条 6~10kV 以上的专用线路供电。如采用电缆时，应敷设备用电缆并经常处于运行状态。

3. 三级负荷

三级负荷为一般的电力负荷，所有不属于上述一级、二级负荷者。

当系统发生故障时，出现供电不足的情况时，应首先切除三级负荷，以保证一级和二



级负荷的正常供电。

(二) 保证良好的电能质量

对于电网系统，衡量电能质量的主要指标是电压、频率和波形。

电压的允许变化范围见表 1-1。

我国规定的电力系统的额定频率为 50Hz，大容量系统允许频率偏差±0.2Hz，中小容量系统允许频率偏差±0.5Hz。电力系统的供电电压（或电流）的波形为严格的正弦波形。

表 1-1 电压的允许变化范围

线路额定电压	正常运行电压允许变化范围
35kV 及以上	$\pm 5\%U_e$
10kV 及以下	$\pm 7\%U_e$
低压照明及农业用电	$(+5\% \sim -10\%)U_e$

电力系统的频率主要取决于有功功率的平衡，电压主要取决于无功功率的平衡，可通过调频、调压和无功补偿等措施来保证频率和电压的稳定。

三、电气设备概述及额定参数

(一) 主要电气设备简介

1. 一次设备

一次设备是指直接生产、变换、输送和分配电能的电气设备。

生产电能的设备：发电机。

接通和开断电路的开关设备：断路器、隔离开关、负荷开关等。

交换设备：电力变压器、电压互感器、电流互感器等。

保护设备：用来对水电站电气系统进行过电流和过电压等的保护，如电抗器、熔断器、避雷器等。

输送设备：电力线路等。

主要电气设备图形符号及文字符号见表 1-2。

表 1-2 主要电气设备图形符号及文字符号

序号	设备名称	图形符号	文字符号	序号	设备名称	图形符号	文字符号
1	交流发电机		G 或 GS	10	输电线路		WL
2	双绕组变压器		G 或 GD	11	母线		W8
3	三绕组变压器		T 或 TV	12	电缆终端头		W
4	电抗器		T 或 TM	13	隔离开关		Q 或 QS
5	避雷器		L	14	断路器		Q 或 QF
6	火花间隙		F	15	接触器		K 或 KM
7	电流互感器		TA	16	熔断器		FU
8	双绕组电压互感器		TV	17	跌落式熔断器		FU
9	三绕组电压互感器		TT	18	接地		PE



2. 二次设备

二次设备是对一次设备、其他设备的工作进行监测和控制保护的设备。

继电保护和自动装置：用于反映不正常工作状态或故障，如继电器等。

测量仪表：测量电气参数的设备，如仪表电压表、功率表、示波器、录波器等。

直流设备：供给保护、操作、信号及事故照明等设备的直流用电，如直流发电机、蓄电池等。

信号设备及控制电缆：信号装置、控制电缆、小母线等。

(二) 电气设备的额定参数

1. 额定电压 (U_e)

电气设备在额定电压下工作时，其技术性能与经济性能最佳。

我国额定电压按电压等级及使用范围可分为三类：

第一类是 100V 及以下的电压等级，主要用于安全动力、照明、蓄电池及其他特殊设备。

第二类是 100~1000V 之间的电压等级，它应用最广、数量最多，如电动机、工业、民用、照明、普通电气、动力及控制设备都采用此类电压。

第三类是 1000V 及以上的电压等级。电力系统的发、供、输、配、用电都采用这个电压等级。

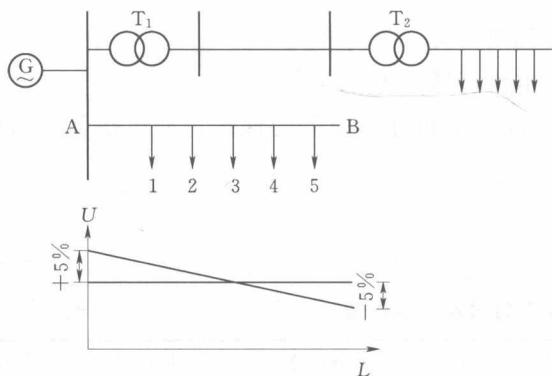


图 1-5 额定电压解释图

在实际运行中，同一电压等级下，各电气设备的额定电压不尽相同，故可分为用电设备、电力网、发电机和变压器等四种额定电压。

(1) 电力网和用电设备的额定电压。

如图 1-5 所示，设发电机在额定电压下运行，给电力网 AB 部分供电。由于线路有电压损失，所以负荷 1~5 点所受的电压各不相同，线路首端电压 U_A 大于末端电压 U_B ，若负荷沿线路分布均匀，电压沿线路分布情况大致如坐标系中斜线

所示。各处用电设备所受的电压不同。电气设备的电压水平也不可能按上述分布电压制造，而且电力网各点的电压也是经常变化的，所以用电设备的额定电压只能力求接近于实际工作电压。通常用线路首、末端端电压的算术平均值 $\frac{1}{2}(U_A + U_B)$ 作为用电设备的额定电压，这个电压是电力网的额定电压，用电设备的额定电压就等于其所在电力网的额定电压。

电力网的额定标准电压：0.22kV、0.38kV、3kV、6kV、10kV、35kV、60kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV、1000kV。

一般城市对中、小企业的供电，可采用 10kV 电压等级的配电网络。对大、中企业的供电，可采用 35~110kV 电压等级的配电网络。35kV、110kV 电压等级，适用于中距离输电 220~500kV 电压等级，适用于远距离大容量的输电。



(2) 发电机的额定电压。

发电机额定电压比其所在电力网的额定电压高 5%。一般考虑电力网的电压损失为 10%，如果线路首端电压比电力网高 5%，则到末端，电压比电力网的额定电压会低 5%，从而保证末端用电设备的工作电压的偏移不会超过允许的范围，一般为 ±5%。

(3) 变压器的额定电压。

变压器一次绕组的额定电压根据是升压变压器还是降压变压器而有所不同。一般升压变压器是与发电机电压母线或与发电机直接相连接，如图 1-5 所示，所以升压变压器的一次绕组的额定电压应高出其所在电力网额定电压的 5%。降压变压器对电力网而言相当于用电设备，所以降压变压器一次绕组的额定电压等于所接电力网的额定电压。但厂用变压器一次绕组的额定电压取所接电力网额定电压的 1.05 倍。

2. 额定电流 (I_e) 和额定容量 (S_e)

额定电流是电气设备在额定电压下工作的电流，是指在基准环境温度下，在额定电压工作条件下，发热不超过长期发热允许温度时所允许长期通过的最大电流。

发电机、变压器、电动机是用于转换功率的，所以都相应规定有额定容量，其规定条件与额定电流相同。

$$S_e = \sqrt{3} U_e I_e \quad (\text{kVA})$$

$$P_e = \sqrt{3} U_e I_e \cos \varphi \quad (\text{kW})$$

$$Q_e = \sqrt{3} U_e I_e \sin \varphi \quad (\text{var})$$

知识扩展：

中国目前只有两家经营电网的公司，分别为国家电网公司和南方电网公司。

国家电网公司成立于 2002 年 12 月 29 日，是经国务院同意进行国家授权投资的机构和国家控股公司的试点单位，以建设和运营电网为核心业务，承担着保障更安全、更经济、更清洁、可持续的电力供应的基本使命，经营区域覆盖全国 26 个省（自治区、直辖市），覆盖国土面积的 88%，供电人口超过 11 亿人，公司用工总量超过 186 万人。

中国南方电网公司于 2002 年 12 月 29 日正式挂牌成立并开始运作。公司经营范围为广东、广西、云南、贵州和海南，负责投资、建设和经营管理南方区域电网，经营相关的输配电业务，参与投资、建设和经营相关的跨区域输变电和联网工程；从事电力购销业务，负责电力交易与调度；从事国内外投融资业务；自主开展外贸流通经营、国际合作、对外工程承包和对外劳务合作等业务。南方电网覆盖五省（自治区），面积 100 万 km^2 ，供电总人口 2.3 亿人，占全国总人口的 17.8%。

知识点四 电力系统中性点运行方式

电力系统的中性点是指三相系统做星形连接的变压器和发电机的中性点。目前我国电

电力系统常见的中性点运行方式可分为中性点非有效接地和有效接地两大类。中性点非有效接地包括中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点经高阻抗接地。中性点有效接地包括中性点直接接地、中性点经低阻抗接地。

中性点采用不同的接地方式,会影响到电力系统许多方面的技术经济问题,如电网的绝缘水平、供电可靠性、对通信系统的干扰、继电保护动作特性等,因此,选择电力系统中性点运行方式是一个综合的问题。

一、中性点不接地三相系统

各相对地电容电流的数值相等而相位相差 120° ，其向量和等于零，地中没有电容电流通过，中性点对地电位为零，即中性点与地电位一致。这时中性点接地与否对各相对地电压没有任何影响。纯电阻、电感、电容线路计算参见附录一。

中性点不接地的电力系统正常运行电路图如图 1-6 所示。

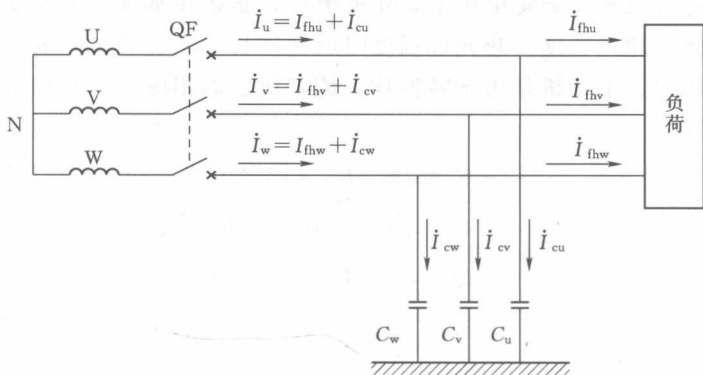


图 1-6 中性点不接地的电力系统正常运行电路图

中性点不接地系统一相接地电路图如图 1-7 所示。

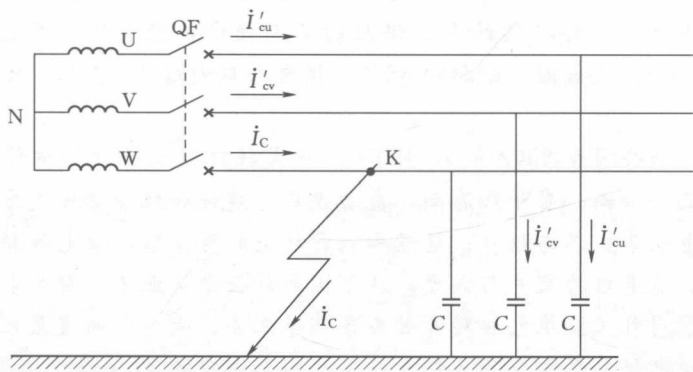


图 1-7 中性点不接地系统一相接地电路图

在中性点不接地的三相系统中，当一相发生接地时的特点如下：

(1) 电压是未接地两相的对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍,即等于线电压,在这种系统中,设备相对地的绝缘水平应根据线电压来设计。