

发电厂及变电站 电气设备

FADIANCHANG JI BIANDIANZHAN
DIANQI SHEBEI

■ 主编 周 详



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

发电厂及变电站电气设备

主编 周 详



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

发电厂及变电站电气设备/周详主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-307-15443-8

I. 发… II. 周… III. ①发电厂—电气设备—中等专业学校—教材
②变电所—电气设备—中等专业学校—教材 IV. ①TM62 ②TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 056787 号

责任编辑: 郭芳 王小倩 责任校对: 李嘉琪 装帧设计: 吴极

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件: whu_publish@163.com 网址: www.stmpress.cn)

印刷: 虎彩印艺股份有限公司

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.75 字数: 215 千字

版次: 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15443-8 定价: 22.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购买我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

本书是针对凉山地区变电站和小水电站电气运行、电气安装、电气检修、运行维护一体化的校本教材。

在本书编写前期，编写组成员深入凉山地区小水电厂、变电站，调研中职生可能就职的电气安装、电气运行、电气值班、电气检修等岗位应知、应会的知识与技能。针对发电厂、变电站的具体设备，拟订“发电厂及变电站电气设备”课程的教学内容。全书介绍了电力系统基本知识，以及目前发电厂、变电站采用的电气设备的结构、原理和运行维护典型操作任务。

本书采用“岗位导向，学练一体”的教学模式进行教学，依照“先易后难，先简单后复杂”的教学要求，精心安排工作任务，利用校内实训设施或校外实训基地对学生进行技能训练，重视过程考核、多元考核、量化指标和感性指标相结合，切实推进对学生能力的培养。

本书由凉山州职业技术学校周详担任主编，凉山州职业技术学校袁文华、周应康、王庆菊、韩奇、罗毅、付建琿等参与编写。

在调研搜集发电厂及变电站电气设备相关资料时，得到国家电网四川省电力公司会理供电分公司刘萍、刘达明、魏伟、魏曙光、饶朝阳、梁昌美、王建康、龙常明、杨葵、山美莲、林攀吉、段晓明、张雪梅、苏昌平、甘玉轩等的大力支持。在统稿和编写过程中，国家电网四川省电力公司凉山供电公司陈平副总工程师、周伦高级工程师、张家芬高级工程师、林柱工程师，大桥水电漫水湾供水公司陈顺权厂长、苏林副厂长、黄保坤总工程师，西昌水电设计院张天华副总工程师，德昌三棵树电站邵尤贵厂长等为本书提供了大量的宝贵意见和珍贵资料，西华大学电气信息学院张彼德教授对本书进行了审阅。在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，加之时间仓促，虽多次修改，但书中仍难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2015年1月

目 录

| | |
|--|----|
| 任务一 初步构建电力系统概念、发电厂和变电站电气设备及元件的识读 | 1 |
| 一、电力工业发展的现状与前景 | 1 |
| 二、电力系统概述 | 1 |
| 三、发电厂、变电站电气设备概述 | 7 |
| 四、电气设备及其额定参数 | 9 |
| 任务二 消弧线圈试验 | 15 |
| 一、中性点不接地系统 | 15 |
| 二、中性点经消弧线圈接地系统 | 16 |
| 任务三 断路器主回路电阻测量 | 21 |
| 一、高压开关电器概述 | 21 |
| 二、高压断路器的类型及基本要求 | 21 |
| 三、高压断路器的表示符号、型号含义及技术参数 | 22 |
| 任务四 真空断路器的巡检 | 24 |
| 任务五 SF ₆ 气体定性检漏和 SF ₆ 断路器的巡检 | 28 |
| 一、SF ₆ 断路器的结构 | 28 |
| 二、SF ₆ 断路器的工作原理 | 29 |
| 三、SF ₆ 断路器的特点 | 30 |
| 四、SF ₆ 断路器的运行维护 | 30 |
| 任务六 断路器操动机构的检查 | 35 |
| 一、操动机构的基本要求 | 35 |
| 二、操动机构的分类 | 35 |
| 三、操动机构的检查 | 37 |
| 任务七 隔离开关导电回路检查维护和隔离开关的停电清扫 | 40 |
| 一、隔离开关的作用 | 40 |
| 二、隔离开关的型号含义、类型与特点 | 40 |
| 三、隔离开关的操作原则 | 43 |
| 四、隔离开关的运行维护 | 43 |
| 五、隔离开关主回路电阻的测量 | 43 |
| 任务八 10kV 跌落式熔断器的操作 | 47 |
| 一、高压熔断器的作用、表示符号及型号含义 | 47 |
| 二、高压熔断器的分类 | 47 |
| 三、熔断器的基本结构、熔件特性、工作原理和技术参数 | 49 |
| 四、跌落式熔断器的操作及维护 | 50 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 任务九 电流互感器的停电外观清扫、检查、补漆 | 56 |
| 一、电流互感器的型号和类型 | 56 |
| 二、电流互感器的工作特性 | 58 |
| 三、电流互感器的运行维护 | 58 |
| 任务十 电压互感器的停电外观清扫、检查、补漆 | 63 |
| 一、电压互感器的型号和类型 | 63 |
| 二、电压互感器的工作特性 | 64 |
| 三、电压互感器的运行维护 | 65 |
| 任务十一 母线专业巡检 | 71 |
| 一、母线的材料 | 71 |
| 二、母线的截面形状与排列 | 71 |
| 三、母线的定相与着色 | 73 |
| 四、母线专业巡检的工艺标准与巡检步骤 | 74 |
| 五、母线的异常运行及处理 | 74 |
| 任务十二 熟悉主接线形式及线路停、送电倒闸操作 | 80 |
| 一、电力系统接线方式 | 80 |
| 二、电气主接线的一般知识 | 82 |
| 任务十三 厂(站)用电专业巡检 | 95 |
| 一、厂用电及厂用负荷 | 95 |
| 二、厂用电接线原则 | 96 |
| 三、站用电专业巡检 | 97 |
| 任务十四 识读配电装置 | 101 |
| 一、配电装置概述 | 101 |
| 二、屋内配电装置 | 104 |
| 任务十五 使用接地电阻测试仪测试接地电阻 | 112 |
| 一、接地概述 | 112 |
| 二、接地的类型 | 112 |
| 三、电气设备接地技术原则 | 113 |
| 四、接地装置运行 | 113 |
| 五、各种电气设备接地装置的接地电阻值 | 114 |
| 任务十六 避雷器的停电清扫、维护、检查 | 116 |
| 一、雷电过电压 | 116 |
| 二、避雷器 | 116 |
| 任务十七 操作电源 | 127 |
| 一、操作电源概述 | 127 |
| 二、直流装置测试 | 128 |
| 三、直流系统专业巡检 | 131 |
| 参考文献 | 133 |

任务一 初步构建电力系统概念、发电厂和变电站电气设备及元件的识读

一、电力工业发展的现状与前景

改革开放以来，我国电力工业以世界罕见的发展速度，在电源、电网、电力装备制造、清洁能源发展等多个领域不断实现新跨越，整体满足了经济社会发展的电力需求。截至2009年年底，我国电网规模超过美国，跃居世界第一位。220kV及220kV以上输电线路回路长39.97万千米，公用变电容量规模16.5亿千伏安，最高输电电压等级不断提升，先后建成了750kV、1000kV特高压、 ± 800 kV直流输电线路。全国发电总装机容量达到8.74亿千瓦，装机容量和发电量已经连续14年居世界第二位。水电装机容量1.97亿千瓦，稳居世界第一。水电开发水平、发电设备技术和坝工技术均进入国际先进行列。在基础产业和公用事业领域率先引入了现代监管制度。政企分开、厂网分开改革基本实现，发电领域竞争态势已经形成。

新能源发展迅猛。风电装机连续四年翻番，2009年并网风电、太阳能发电装机分别达到1758万千瓦和23万千瓦；核电发展进入快车道，我国是目前世界上核电在建规模最大的国家。

技术装备水平显著提高。特高压输电技术取得重大突破；直流输电、灵活交流输电技术达到国际先进水平，超临界机组、大型风冷、循环流化床、大型脱硫脱硝等先进技术进一步推广，核电技术装备自主化不断实现重大突破，电力装备制造业的国产化率大幅提升。

我国电力行业供电煤耗水平已达世界先进水平，电网线损处理技术已经处于世界先进水平。国家电网、南方电网、华能集团跨入世界500强行列，大唐集团已接近500强的门槛。

但是，近年来随着我国国民经济的高速发展与人民生活用电的急剧增长，电力工业的发展仍不能满足整个社会的需要，仅以2004年夏季的供电负荷高峰期为例，全国总缺电30000MW左右，有24个省区先后出现了拉闸限电的现象。另外，我国人口众多，在发展中国家中，人均用电量也只处于中等水平，尚不及全世界人均用电量的一半。因此，要实现在21世纪全面建设小康社会的目标，我国电力工业还必须持续、稳步、大力发展。一方面要大力加强电力工程建设，搞好“西电东送”，以确保电力先行；另一方面，要继续深化电力体制改革，打破垄断，引入竞争，建立与社会主义市场经济体制相适应、开放有序的电力市场体系。

二、电力系统概述

1. 电力系统相关概念

电力系统是发电、输电、变电、配电、用电，以及储电、储能设备协调运行的有机总和，当然，也包括它们的有关管理、控制、调节、保护、测量、自动化和通信系统。它的

功能是将自然界的一次能源通过发电动力设备转化成电能，再经输电、变电和配电将电能供应到用户。如图 1-1 所示。

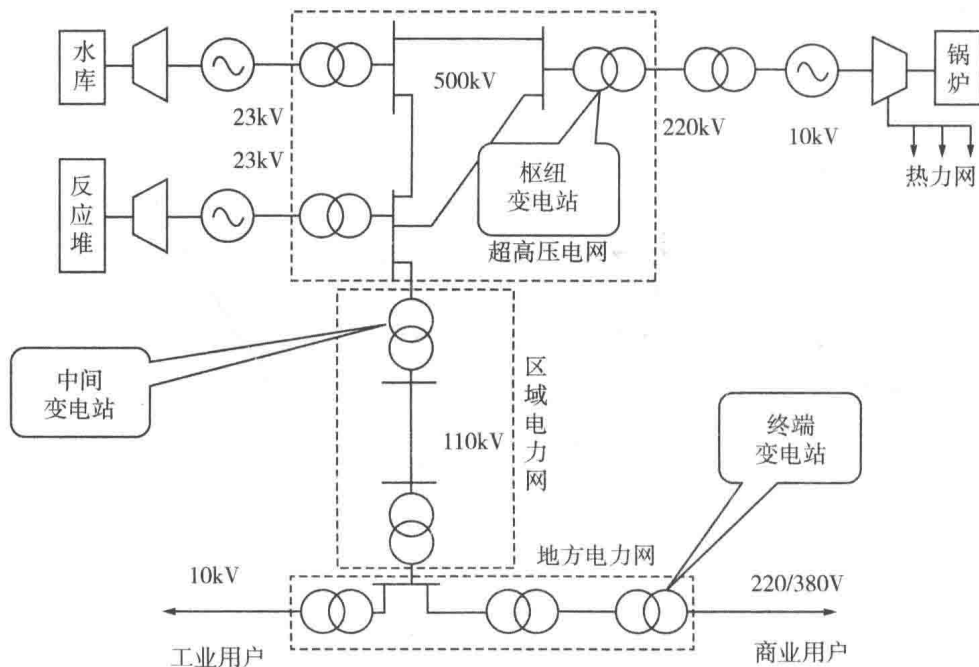


图 1-1 电力系统与电力网示意图

2. 电力系统的优越性

随着电力工业的不断发展，电力系统的容量不断增加，电压等级不断提高，所跨的区域不断扩大，现已形成强大的联合电力系统。联合电力系统具有以下优越性：

- ①提高供电的可靠性和电能质量。
- ②可减少系统的装机容量，提高设备利用率。
- ③充分利用各种动力资源，提高运行的经济性。

3. 电力系统运行的特点及基本要求

与其他工业相比，电能的生产、传输、分配和消费具有如下三个特点。

①重要性：电能在国民经济和人民生活中起着极其重要的作用，电能供应的中断或减少将影响国民经济的各个部门，造成巨大的损失。

②快速性：由于电能的传播速度接近光速，因而它从一处传至另一处所需的时间极短，电力系统从一种运行方式转变到另一种运行方式的过程非常快，电力系统中的事故从发生到引起严重后果所经历的时间也非常快，常以秒甚至毫秒计，以致人们往往来不及作出反应。

③同时性：由于电能不能大量储存，因而电能的生产、传输、分配和消费实际上是同时进行的，即所有发电厂任何时刻生产的电能必须与该时刻所有负荷所需的电能与传输分配中损耗的电能之和相平衡。

电力系统运行的基本要求。

①安全、可靠、持续供电：供电的中断将造成生产停顿、生活混乱，甚至危及设备和人身的安全，引起十分严重的后果。因此，电力系统的运行首先必须满足安全、可靠、持续供电的要求。

②优质：主要是维持电压、频率及波形偏差不超出一定的范围，如额定电压的 $\pm 5\%$ ；频率 $\pm(0.05\sim 0.2)\text{Hz}$ 。

③经济：电能生产的规模很大，如我国现在的年发电量达数万亿千瓦时，因此，提高电能生产的经济性具有十分重要的意义。这包括尽量降低每千瓦时电所消耗的能源(即设法降低煤耗率、水耗率、厂用电率等)，尽量降低传输和分配过程中的损耗(其指标为网损率，定义为整个电力网传输过程中损耗的电能与电源发出的总电能之比)，尽量提高用电设备的效率等。

4. 发电厂、变电站的类型及生产过程简介

发电厂是将各种天然的一次能源转换成电能的工厂，变电站是变换电压和分配电能的场所。下面简要叙述发电厂、变电站的类型及生产过程。

(1) 发电厂

发电厂是电力系统的中心环节，根据一次能源的形式不同，可以分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂及其他类型的发电厂；根据电厂的装机容量及在电力系统内地位的不同，又分为区域性发电厂、地方性发电厂及自备专用电厂等。

①火力发电厂。

火力发电厂是把化石燃料(煤、石油、天然气、油页岩等)的化学能转换成电能的工厂，简称火电厂，如图 1-2 所示。



图 1-2 火力发电厂

火电厂的原动机大都为汽轮机，也有用燃气轮机、柴油机等。火电厂又可分为凝汽式火力发电厂和供热式火力发电厂，其生产过程是：煤粉在锅炉炉膛中燃烧，使锅炉中的水加热变成过热蒸汽，经管道送到汽轮机，推动汽轮机旋转，将热能变为机械能。汽轮机带动发电机旋转，再将机械能变为电能。在汽轮机中做过功的蒸汽排入凝汽器，循环水泵打

入的循环水将排入的蒸汽迅速冷却而凝结，由凝结水泵将凝结水送到除氧器中除氧(清除水中的气体，特别是氧气)，而后由给水泵重新送回锅炉。在凝汽器中，大量的热量被循环水带走，因而凝汽式火力发电厂的效率较低，只有 30%~40%。为了降低循环水带走的热量以提高火力发电厂的热效率，可将部分做了功的蒸汽从汽轮机中段抽出供给电厂附近的热用户，以减少凝汽器中的热量损失，使电厂的效率提高到60%~70%，这种既发电又供热的火力发电厂称供热式火力发电厂。

②水力发电厂。

水力发电厂是把水的位能和动能转换成电能的工厂，简称水电厂，也称水电站。水电站的原动机为水轮机，通过水轮机将水能转换为机械能，再由水轮机带动发电机将机械能转换为电能。水电站的装机容量与水头、流量、水库容积有关。按集中落差的方式，水电站一般分为堤坝式(图 1-3)、河床式(图 1-4)和引水式(图 1-5)三种。

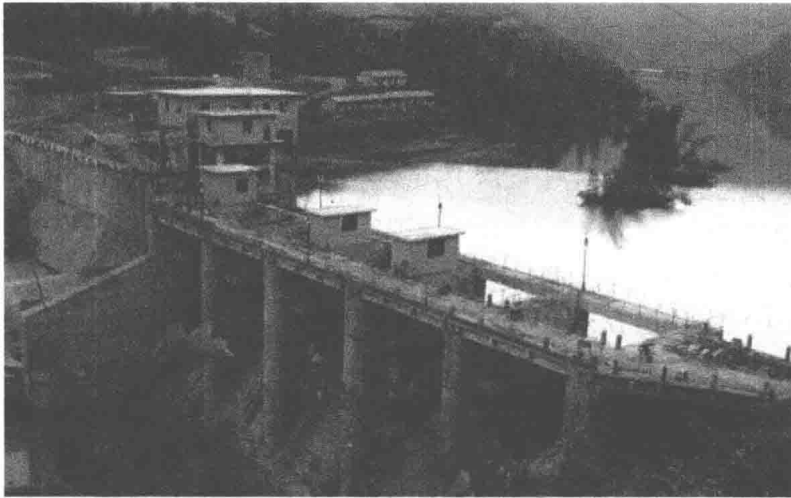


图 1-3 堤坝式水电站



图 1-4 河床式水电站

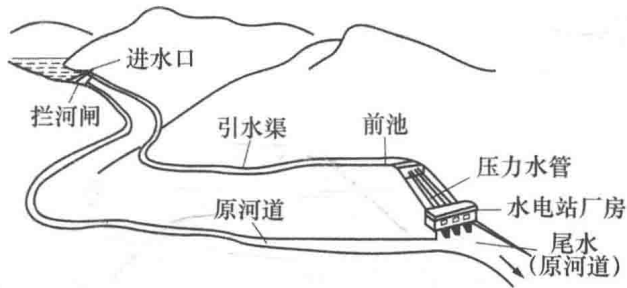


图 1-5 无压引水式水电站

抽水蓄能水电站是利用电力系统低谷负荷时的剩余电力抽水到高处蓄存，在高峰负荷时放水发电的水电站，如图 1-6 所示。抽水蓄能水电站是电力系统的填谷调峰电源。当电力系统处于低谷负荷时，其机组以电动机-水泵方式工作，吸收电力系统的有功功率将下游的水抽至上游水库蓄存起来，把电能转换为势能，这时它是用户；当电力系统处于高峰负荷时，其机组按水轮机-发电机方式运行，使所蓄的水用于发电，以满足调峰需要，这时它是发电站。

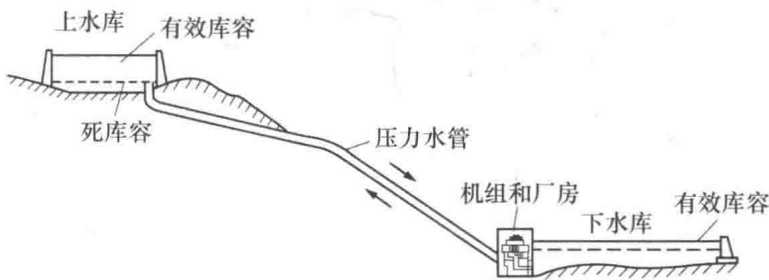


图 1-6 抽水蓄能水电站

③核能发电厂。

核能发电厂是将原子核的裂变能转换为电能的发电厂，图 1-7 所示为核能发电厂外景图，图 1-8 所示为核能发电厂生产过程示意图。核能发电厂的燃料主要是 U235，U235 容易在慢中子的撞击下裂变，释放出巨大能量，同时释放出新的中子。核能发电厂的生产过程与一般火电厂相似，它是以核反应堆来代替火电站的锅炉，以核燃料在核反应堆中发生特殊形式的“燃烧”产生热量，来加热水使之变成蒸汽，使核能转变成热能。蒸汽通过管路进入汽轮机，推动汽轮发电机发电，使热能转变为机械能继而转变成电能。

除了以上三种主要能源的利用外，其他形式的一次能源也逐步得到了利用，如风力发电、地热发电、潮汐发电、太阳能发电、沼气发电、生物发电、海水的波浪发电及卫星电站等。

(2)变电站

变电站是联系发电厂和用户的中间环节，起着变换和分配电能的作用。变电站有多种分类方法，可以根据电压等级、升压或降压及在电力系统中的地位分类。根据变电站在系

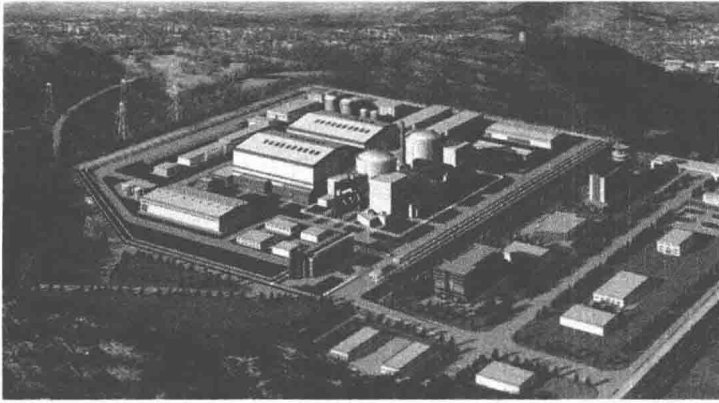


图 1-7 核能发电厂外景图

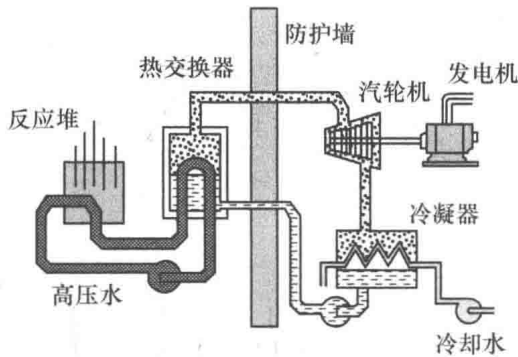


图 1-8 核能发电厂生产过程示意图

统中的地位，其可分为以下几类。

①枢纽变电站。枢纽变电站位于电力系统的枢纽点，连接电力系统高、中压的几个部分，汇集有多个电源和多回大容量联络线，变电容量大，电压(指其高压侧，以下同)等级为 330~500kV。全站停电后将造成大面积停电或系统瓦解。

②中间变电站。中间变电站一般位于系统的主要环路线路中或系统主要干线的接口处，汇集有 2~3 个电源，高压侧以交换潮流为主，同时降压供给当地用户，主要起中间环节作用，电压等级为 220~330kV。全站停电后将引起区域电网的解体。

③地区变电站。地区变电站以对地区用户供电为主，是一个地区或城市的主要变电站，电压等级一般为 110~220kV。全站停电时，仅使该地区中断供电。

④企业变电站。企业变电站是供大、中型企业专用的终端变电站，电压等级一般为 35~110kV，进线为 1~2 回。

⑤终端变电站。终端变电站位于配电线路的终端，接近负荷处，高压侧 10~110kV 引入线，经降压后向用户供电。

思考与练习

1. 什么是电力系统和电力网？建立电力系统有哪些优越性？我国电力网的额定电压

等级有哪些？

2. 发电厂和变电站各有哪些类型？变电站的作用是什么？

三、发电厂、变电站电气设备概述

根据发电厂、变电站电能的生产、变压、输送、分配和使用的安全、优质、可靠，以及经济运行的要求，其主要有下列电气设备。

1. 一次设备

直接参与生产、输送和分配电能的电气设备称为一次设备，包括以下几个部分，如图 1-9 所示。

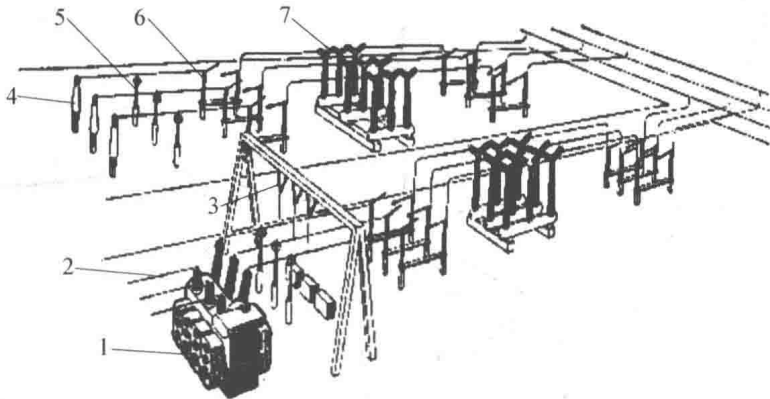


图 1-9 变电站一次设备示意图

1—变压器；2—导线；3—绝缘子；4—互感器；5—避雷器；6—隔离开关；7—断路器

①能量转换设备。如将机械能转换成电能的发动机，变换电压、传输电能的变压器，将电能转换成机械能的电动机。

②开关电器。如高低压断路器、负荷开关、熔断器、隔离开关等。

③载流导体。如传输电能的软、硬导线及电缆等。

④互感器。其分为电压互感器和电流互感器。

⑤保护地电气设备。如限制短路电流的电抗器、防御过电压的避雷器等。







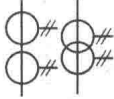
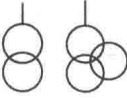




⑥接地装置。

通常，一次设备用规定的图形和文字符号表示，如表 1-1 所示。







表 1-1 常用一次设备图形和文字符号

| 设备名称 | 图形符号 | 文字符号 | 用途 |
|-------|------|------|-----------|
| 交流发电机 | | GS | 将机械能转变为电能 |

续表

| 设备名称 | 图形符号 | 文字符号 | 用途 |
|-------|---|------|--------------------|
| 直流发电机 |  | GD | 将机械能转变为电能 |
| 交流电动机 |  | MS | 将电能转换成机械能 |
| 直流电动机 |  | MD | 将电能转换成机械能 |
| 变压器 |  | T | 电压变换, 电流变换, 阻抗变换 |
| 电抗器 |  | L | 限制短路电流 |
| 分裂电抗器 |  | L | 限制短路电流 |
| 电流互感器 |  | TA | 测量电流 |
| 电压互感器 |  | TV | 测量电压 |
| 高压断路器 |  | QF | 投、切高压电路 |
| 电容 |  | C | 隔直, 耦合, 旁路, 滤波, 调谐 |
| 隔离开关 |  | QS | 隔离电源 |
| 熔断器 |  | FU | 短路保护 |

续表

| 设备名称 | 图形符号 | 文字符号 | 用途 |
|------|--|------|------------|
| 避雷器 |  | F | 过电压保护 |
| 保护接地 |  | PE | 保护人身安全 |
| 接地 |  | E | 安全保护 |
| 母线 |  | W | 传输、汇集、分配电能 |
| 消弧线圈 |  | L | 减小单相接地电流 |
| 负荷开关 |  | QL | 投、切电路 |

2. 二次设备

对上述一次设备进行测量、控制、监视和起保护作用的设备统称二次设备，包括以下设备：

①仪用互感器。如电压互感器和电流互感器，可将电路中的电压或电流降至较低值，供给仪表和保护装置使用。

②测量表计。如电压表、电流表、功率因数表等，用于测量电路中的参量值。

③继电保护及自动装置。这些装置能迅速反映不正常情况并进行监控和调节。

④直流电源设备。其包括直流发电机、蓄电池等，供给保护和事故照明的直流用电。

⑤信号设备及控制电缆等。信号设备给出信号或显示运行状态标志，控制电缆用于连接二次设备。

四、电气设备及其额定参数

用于表明电气设备在一定条件下长期工作的最佳运行状态的特征量的值称为额定参数。各类电气设备的额定参数主要有额定电压、额定电流和额定容量等。

1. 额定电压

电网电压是有等级的，电网的额定电压等级是根据国民经济发展的需要、技术经济的合理性及电气设备的制造水平等因素，经全面分析论证，由国家统一制定和颁布的。我国交流电力网和电气设备的额定电压如表 1-2 所示。

表 1-2 我国交流电力网和电气设备的额定电压

| | 电力网和用电设备额定电压 | 发电机额定电压 | 电力变压器额定电压 | |
|-------|--------------|---------------------|---------------------|------------|
| | | | 一次绕组 | 二次绕组 |
| 低压/V | 220/127 | 230 | 220/127 | 230/133 |
| | 380/220 | 400 | 380/220 | 400/230 |
| | 660/380 | 690 | 660/380 | 690/400 |
| 高压/kV | 3 | 3.15 | 3 及 3.15 | 3.15 及 3.3 |
| | 6 | 6.3 | 6 及 6.3 | 6.3 及 6.6 |
| | 10 | 10.5 | 10 及 10.5 | 10.5 及 11 |
| | — | 13.8, 15.75, 18, 20 | 13.8, 15.75, 18, 20 | — |
| | 35 | — | 35 | 38.5 |
| | 63 | — | 63 | 69 |
| | 110 | — | 110 | 121 |
| | 220 | — | 220 | 242 |
| | 330 | — | 330 | 363 |
| 500 | — | 500 | 550 | |
| 750 | — | 750 | — | |

①用电设备的额定电压。用电设备的额定电压和电网的额定电压一致。实际上，由于电网中有电压损失，致使各点实际电压偏离额定值。为了保证用电设备的良好运行，国家对各级电网电压的偏差均有严格规定。显然，用电设备应具有比电网电压允许偏差更宽的正常电压范围。

②发电机的额定电压。发电机的额定电压一般比同级电网额定电压高5%，用于补偿电网上的电压损失。

③变压器的额定电压。如图 1-10 为一电力变压器铭牌，变压器的额定电压分为一次

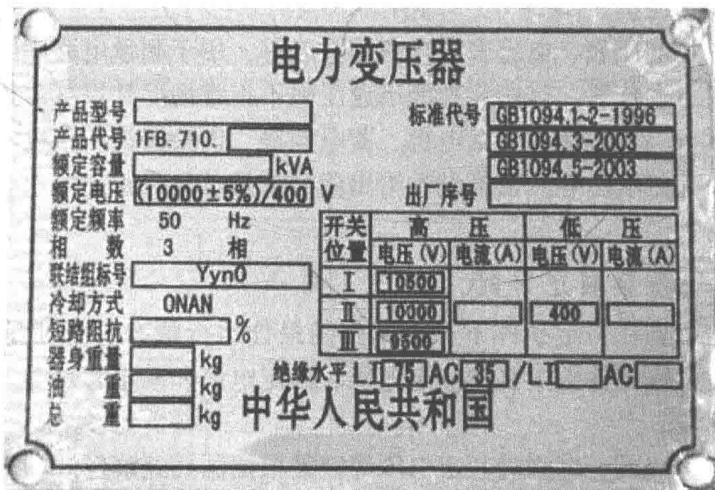


图 1-10 电力变压器铭牌

绕组和二次绕组。对于一次绕组，当变压器接于电网末端时，性质上等同于电网上面的一个负荷(如工厂降压变压器)，故其额定电压与电网一致；当变压器接于发电机引出端时(如发电厂升压变压器)，则其额定电压应与发电机额定电压相同。对于二次绕组，额定电压是指空载电压，考虑到变压器承载时自身电压损失(按5%计)，变压器二次绕组额定电压应比电网额定电压高5%，当二次侧输电距离较长时，还应考虑线路电压损失(按5%计)，此时，二次绕组额定电压应比电网额定电压高10%。

2. 额定电流

电气设备的额定电流是指周围介质在额定环境温度时，其绝缘体和载流导体及其连接设备的长期发热温度不超过极限值所允许长期通过的最大电流值。

我国采用的周围介质额定温度如下：

①电力变压器和大部分电气设备(如断路器、隔离开关、互感器等)的额定周围空气温度取为40℃；

②敷设在空气中的母线、电缆和绝缘导体等的额定空气温度为25℃；

③埋在地下的电力电缆的额定泥土温度为25℃。

3. 额定容量

额定容量的规定条件与额定电流相同。变压器额定容量用视在功率($kV \cdot A$)表示；发电机的原动机只能提供有功功率，所以用有功功率(kW)表示。当其额定容量用视在功率表示时，需表明功率因数($\cos\phi$)。电动机由于铭牌上指的是输出轴功率，所以用有功功率表示。

【技能训练】

110kV 变电站电气设备外形认识、参数解读

1. 实训目的

能够正确认识发电厂、变电站各种电气设备；理解铭牌参数的含义。

2. 实训要求

①利用手机、相机拍摄110kV变电站电气设备外形，画出图形和文字符号。

②记录110kV变电站各电气设备铭牌参数，相关参数含义依照前面所学加以理解，通过小组讨论，查找资料完成所有参数的解读。

3. 实训器材

110kV变电站电气设备。

4. 实训步骤

①现场安全操作规程教育，穿戴安全防护护具。

②分组进入现场，拍摄照片，记录铭牌参数。

③编辑照片，整理参数，画出各电气设备图形及文字符号。

5. 注意事项

严格按安全操作规程进行巡视、记录；服从带队教师安排。