

最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南

水电站电气设备 运行与维修

《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》编写组 编

陈化钢 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南

水电站电气设备 运行与维修

《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》编写组 编

陈化钢 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》中的《水电站电气设备运行与维修》分册，主要针对小型机组，参考水利和电力系统工人职业技能鉴定的内容，从培训和学习角度出发，精心编写而成。

全书共分13章，主要内容包括：概论；水轮发电机；电力变压器、开关电器、互感器、电力电缆线路等设备的运行和检修；电气主接线及站用电接线；水电站防雷与接地；电气设备预防性试验；继电保护基础；电力变压器与小型水轮发电机的继电保护；小型水电站二次回路等。

本书在编写过程中，密切结合我国小水电发展技术水平的实际，并采用当前执行的规程、规范、标准与名词、术语，力求图文并茂、语言精练、通俗易懂，着重说明概念和应用，对理论公式不作深入推导，重点揭示公式、参数和概念的物理意义及其应用中需要解决的问题。

本书可作为小型水电站在职职工和新上岗职工的岗位技术培训、等级考试教材及日常工作的必备工具书、并且可作为中专及高职高专水电类相关专业的参考教材，也可供初中以上文化水平的技术工人学习、阅读，还可供有关技术人员查阅、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水电站电气设备运行与维修/陈化钢主编；《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》编写组编。

北京：中国水利水电出版社，2006

最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南

ISBN 7-5084-2728-9

I. 水... II. ①陈... ②最... III. ①水力发电站—电气设备—运行—技术培训—教材②水力发电站—电气设备—维修—技术培训—教材 IV. TV734

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 016328 号

书 名	最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南 水电站电气设备运行与维修
作 者	《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》编写组 编 陈化钢 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 27印张 636千字
版 次	2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷
印 数	0001—5100册
定 价	43.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

党中央、国务院十分重视农村水电及电气化事业。上世纪八十年代初，在邓小平同志亲自倡导下，国务院决定在农村水电资源丰富的地区，开发农村水电，推动具有中国特色的农村电气化建设。“七五”至“九五”期间全国共建成了653个农村水电初级电气化县，有力地促进了农村经济发展和社会进步。2001年国务院批准在农村初级电气化县建设的基础上，建设更高标准的水电农村电气化县。“十五”期间，全国共建成410个水电农村电气化县，累计完成投资1151亿元，新增农村水电装机1060万千瓦，占同期全国农村水电新增装机的2/3。在电气化建设的带动下，农村水电快速发展，截至2005年底，全国农村水电装机容量达到4309万千瓦，占全国水电装机的37%，年发电量1357亿千瓦时，占全国水电发电量的34%。四川、云南、湖南、广西等省区，农村水电发电装机和年发电量均占所在省区电力总量的1/4以上。全国共建成了近800个县级电网和40多个区域性电网，近1/2的地域、1/3的县、1/4的人口主要靠农村水电供电。农村水电累计解决了3亿多无电人口的用电问题。

通过电气化建设，开发农村水电资源，形成了广大山区农村的发电和供电生产力，带动了其他资源的开发以及农村产品加工业、山区特色产业的发展，把山区的资源优势变成了经济优势；引导了农村劳动力的转移，增加了农民收入，促进了农村产业结构优化调整；带动了乡村公路、防洪灌溉设施、人畜用水设施以及广播、电视设施的建设，改善了农村基础设施、公共设施和生产生活条件，提高了农民的生活质量，促进了农村经济与人口、资源、环境协调发展。因此，水电农村电气化建设在水能资源丰富的广大山区、贫困地区的社会主义新农村建设中具有不可替代的作用。

在全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化建设新的历史时期，党中央、国务院将农村水电列为覆盖千家万户、促进农民增收效果更显著的农

村中小型基础设施和公共设施，并要求放在更加重要的位置，增加投资规模，充实建设内容，扩大建设范围。根据全国“十一五”水利发展规划和农村水电“十一五”及2020年发展规划，“十一五”期间将继续建设400个水电农村电气化县，扩大小水电代燃料生态工程建设的规模和范围，实施农村水电扶贫解困工程等，到2010年全国农村水电装机将达到5900万千瓦左右，再经过10年的努力，全国农村水电装机容量将达到1亿千瓦左右。

发展农村水电人才是关键。要保证农村水电事业的快速、健康发展，离不开成千上万的各类专业技术人才和管理人才。随着科学技术的迅猛发展，农村水电技术进步进一步加快，单机容量、变压器容量的不断增大，新技术、新产品的大量采用，特别是计算机自动化技术和网络技术的广泛应用，都给广大水电职工提出了新的更高的要求。为适应新时期加速培养水电专业人才，满足农村水电各专业、各层次职工的岗位培训需要，中国水利水电出版社组织全国小水电领域的专家学者，编写、出版了这套《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》（一套五本）。我希望全国农村水电行业以科学发展观为指导，认真贯彻落实中央关于建设社会主义新农村的战略部署，下大力气抓好职工的岗位培训工作，不断提高职工队伍的整体素质，保障农村水电及电气化事业的健康发展，为建设社会主义新农村做出新贡献。

水利部副部长

2006年7月

《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》 编写组成员名单

水轮发电机组及辅助设备运行与维修

主编 单文培 刘孟桦 洪余和
参编 单欣安 王 兵 艾水平 罗雪斌 王善书 孙玉民

水电站电气设备运行与维修

主编 陈化钢
参编 汪永华 储成流 彭 伟

水电站运行规程与设备管理

主编 刘洪林 肖海平
参编 秦 云 章香保 蔡华平 黎晓莉

水电站计算机监控技术

主编 谢云敏
参编 胡孝贵 孙振辉 吴永辉

低压水轮发电机组运行与维修

主编 桂家章
参编 尹学勇 文红民 洪余和

前 言

随着改革开放以来，我国的小水电事业得到了迅速发展，为我国广大农村，特别是边远山区提供了清洁、廉价的能源，有力地促进了这些地区的经济发展和两个文明建设，极大地改变了当地的经济和社会生活的落后状况。尤其是20世纪90年代末期以来，我国小水电投资的体制发生了根本变化，实现了多元化，进一步促进了小水电事业的蓬勃发展，可以说是新中国成立50多年来第二个建设高峰时期，对促进我国水力资源的开发和充分利用，缓解电力能源的紧张局面，改善农村生态环境和流域水土条件，发展当地经济等，都起到了积极的推动作用。

原全国政协副主席钱正英同志曾指出：“发展小水电的关键是培训人才”。如何把已建和在建的水电站管理好、用好，使其充分发挥作用，提高利用率和保证安全经济运行，是我国小水电事业的一项艰巨而长期的任务。由于小水电事业的迅速发展和水电技术水平的不断提高，对职工技能的要求也越来越高，因此急需对大批在职职工和新上岗职工进行技术培训。

为适应我国小水电发展新形势的需要，大力加强对小水电运行维护和管理人员的培训，中国水利水电出版社组织编写了这套《最新统一编写小水电培训教材暨岗位必备指南》。本套教材内容简明扼要、图文并茂、实用性强，并采用了我国当前执行的最新规程、规范、标准与名词、术语，力争反映我国21世纪初小水电行业的新技术和新水平。

这本《水电站电气设备运行与维修》，主要针对小型机组，参考水利和电力系统工人职业技能鉴定的内容，从培训和学习角度出发，精心编写而成。

本书可作为小型水电站在职职工和新上岗职工的岗位技术培训、等级考试教材及日常工作的必备工具书，并且可作为中专及高职高专水电类相关专业的参考教材，也可供初中以上文化水平的技术工人学习、阅读，还可供有关技术人员查阅、参考。

本书共分13章，其中，第一章、第二章、第九章由陈化钢编写，第三章、第四章、第五章、第六章、第七章由汪永华编写，第八章由储成流编写，第十章、第十一章、第十二章、第十三章由彭伟编写，全书由陈化钢任主编并统稿。

本书在编写过程中，查阅了大量的文献、资料，参考和引用了有关书籍的部分内容，并且得到了各级水电管理部门和一些科研、设计、设备及运行单位的指导和大力支持，在此一并表示衷心地感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作者

2006年5月

目 录

序	
前 言	
第一章 概论	1
第一节 电力系统基本知识	1
第二节 水电站的电气设备类型	15
第三节 电力系统的中性点运行方式	17
本章小结.....	21
复习思考题	21
第二章 水轮发电机	23
第一节 同步发电机的基本结构和工作原理	23
第二节 水轮发电机的基本结构与运行	25
第三节 水轮发电机维护	33
第四节 水轮发电机检修	37
第五节 水轮发电机干燥	51
本章小结.....	54
复习思考题	54
第三章 变压器运行与检修	56
第一节 变压器的运行	56
第二节 变压器的巡视检查	64
第三节 变压器的异常运行分析及事故处理	66
第四节 变压器的检修	73
第五节 变压器油的处理	77
第六节 变压器的干燥	80
第七节 变压器渗漏油处理	85
本章小结.....	89
复习思考题	90
第四章 开关电器运行与检修	91
第一节 电弧的基本概念	91
第二节 高压断路器运行与检修	95
第三节 高压隔离开关运行与检修	111
第四节 高压负荷开关运行与检修	117

第五节 高压熔断器运行与检修	122
第六节 低压一次设备运行与检修	128
第七节 成套电气设备的运行与检修	142
本章小结	147
复习思考题	148
第五章 互感器运行与检修	150
第一节 概述	150
第二节 电压互感器运行与检修	150
第三节 电流互感器运行与检修	154
本章小结	159
复习思考题	159
第六章 电力电缆运行与检修	160
第一节 概述	160
第二节 电力电缆的敷设及要求	162
第三节 电力电缆线路的运行维护	166
第四节 电力电缆检修	171
本章小结	174
复习思考题	175
第七章 电气主接线及站用电接线	176
第一节 概述	176
第二节 小型水电站电气主接线基本形式	179
第三节 小型水电站典型主接线方案分析	185
第四节 小型水电站的站用电	187
本章小结	194
复习思考题	195
第八章 水电站防雷与接地	196
第一节 过电压及其分类	196
第二节 雷电及其参数	198
第三节 防雷保护装置	202
第四节 水电站的防雷保护	213
第五节 接地装置	218
第六节 防雷与接地装置的维护	227
本章小结	228
复习思考题	229
第九章 电气设备预防性试验	231
第一节 预防性试验及其分类	231
第二节 预防性试验的基本方法	232
第三节 主要电气设备的预防性试验	274
本章小结	290

复习思考题	291
第十章 继电保护基础	293
第一节 继电保护预备知识	293
第二节 继电保护的基本知识	298
第三节 常用的电磁式继电器	304
第四节 输电线路的电流保护	312
第五节 方向电流保护	325
第六节 交流绝缘监察和接地保护	328
本章小结	333
复习思考题	333
第十一章 电力变压器继电保护	334
第一节 概述	334
第二节 电流保护	335
第三节 瓦斯保护与温度保护	337
第四节 纵联差动保护	341
第五节 变压器保护接线全图	348
本章小结	352
复习思考题	352
第十二章 小型水轮发电机继电保护	353
第一节 概述	353
第二节 发电机纵联差动保护	355
第三节 发电机的电流电压保护	357
第四节 发电机接地保护	358
第五节 发电机失磁保护	361
第六节 发电机保护接线全图	362
本章小结	366
复习思考题	367
第十三章 小型水电站二次回路	368
第一节 二次回路概述	368
第二节 二次回路的操作电源	368
第三节 高压断路器控制和信号回路	371
第四节 中央信号装置	382
第五节 电气测量仪表回路	387
第六节 同期回路	390
第七节 二次回路接线图	399
第八节 二次回路接线的运行与维护	405
本章小结	415
复习思考题	416
参考文献	418

第一章 概 论

第一节 电力系统基本知识

一、电力系统

现代工农业及整个社会生活中所应用的电力，绝大部分是由发电厂发出来的。电力从生产到供给用户应用，通常都要经过发电、输电、配电、用电等5个环节。电力从生产到应用的全过程，客观上就形成了电力系统。严格地说，由发电厂的发电部分、输配电线路、变电所及用电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，其示意图分别如图1-1和图1-2所示。

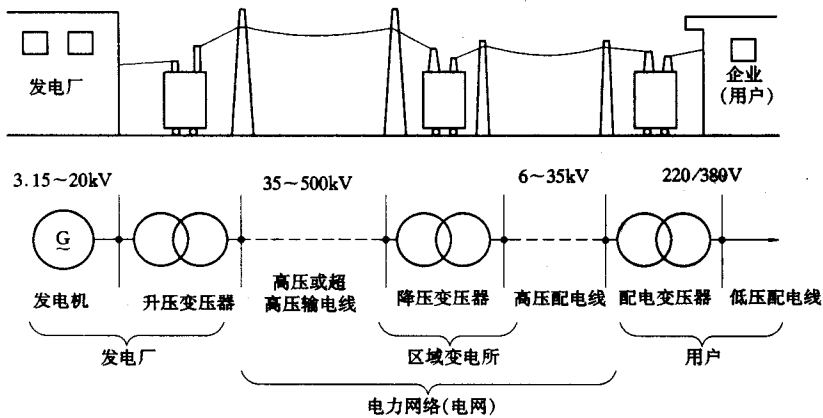


图 1-1 电力系统示意图

由图 1-2 可见，若电力系统再加上发电厂的动力部分（包括原动机及原动机的力能部分等），则称为动力系统。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。它是电力系统的一个重要组成部分，承担了将电力由发电厂发出来之后供给用户的工作，即担负着输电、变电与配电（统称为供电）的任务。

电力网按其电力系统中的作用，分为输电网和配电网，如图 1-2 所示。输电网是以输电为目的，采用高压或超高压将发电厂、变电所或变电所之间连接起来的送电网络，它是电力网中的主网架。直接将电能送到用户去的网络称为配电网或配电系统，它是以配电为目的的。配电网的电压由系统及用户的需要而定，因此配电网中又分：高压配电网（通常指 35kV 及以上的电压，目前最高为 110kV）、中压配电网（通常指 10kV、6kV 和

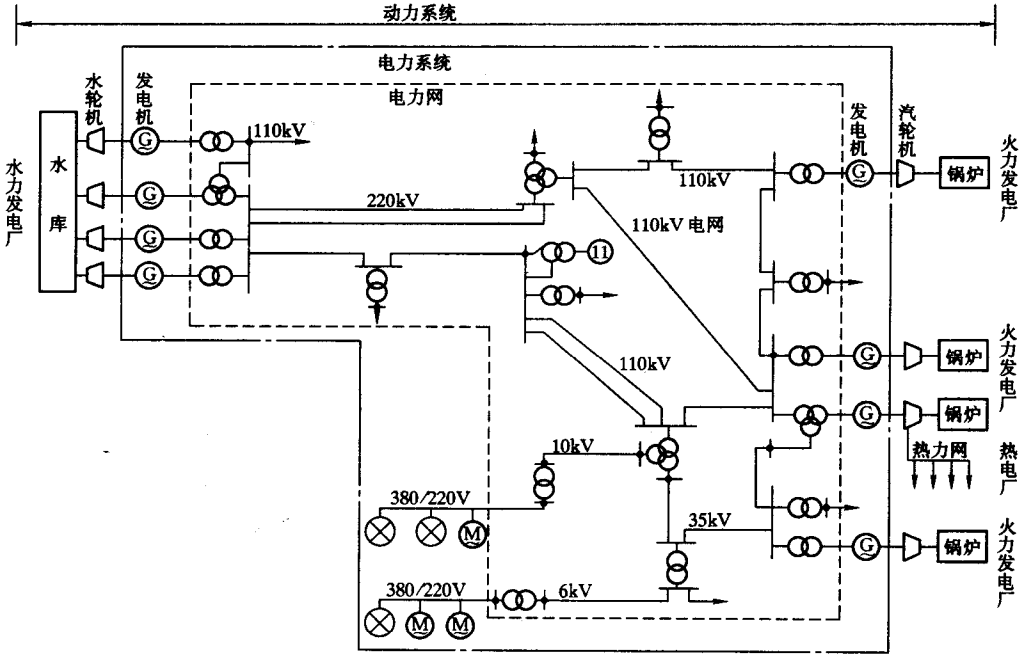


图 1-2 动力系统电力系统和电力网示意图

3kV) 及低压配电网 (通常指 220V、380V)。

电力网按其电压高低和供电范围大小分为区域电网和地方电网, 如图 1-3 所示。区域电网的范围大, 电压一般在 220kV 及以上。地方电网的范围小, 电压一般为 35~110kV。企业供配电系统属于地方电网的一种。

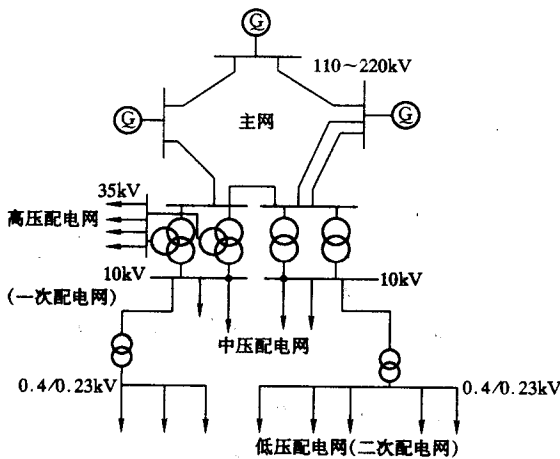


图 1-3 电力网示意图

应当指出, 电力网或系统, 往往按电压等级来区分, 如说 10kV 电网或 10kV 系统。这里所说的电网或系统, 实际上指的是某一电压级的相互连接的整个电力线路。

在电力系统中, 电力是由发电厂生产的, 它是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能 (二次能源) 的工厂。发电厂按所使用的能源不同, 可分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂以及风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等。

1. 火力发电厂

火力发电厂简称火电厂, 它是利用煤、石油、天然气等燃料的化学能来生产电能的。我国的火电厂主要是燃煤。煤粉在锅炉的炉膛内充分燃烧, 将锅炉内的水烧成高

温高压的蒸汽，推动汽轮机转动，使与它联轴的发电机旋转发电。其能量转换过程是：燃料的化学能 $\xrightarrow{\text{锅炉}}$ 热能 $\xrightarrow{\text{汽轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能。图 1-4 给出火力发电厂的生产过程示意图。

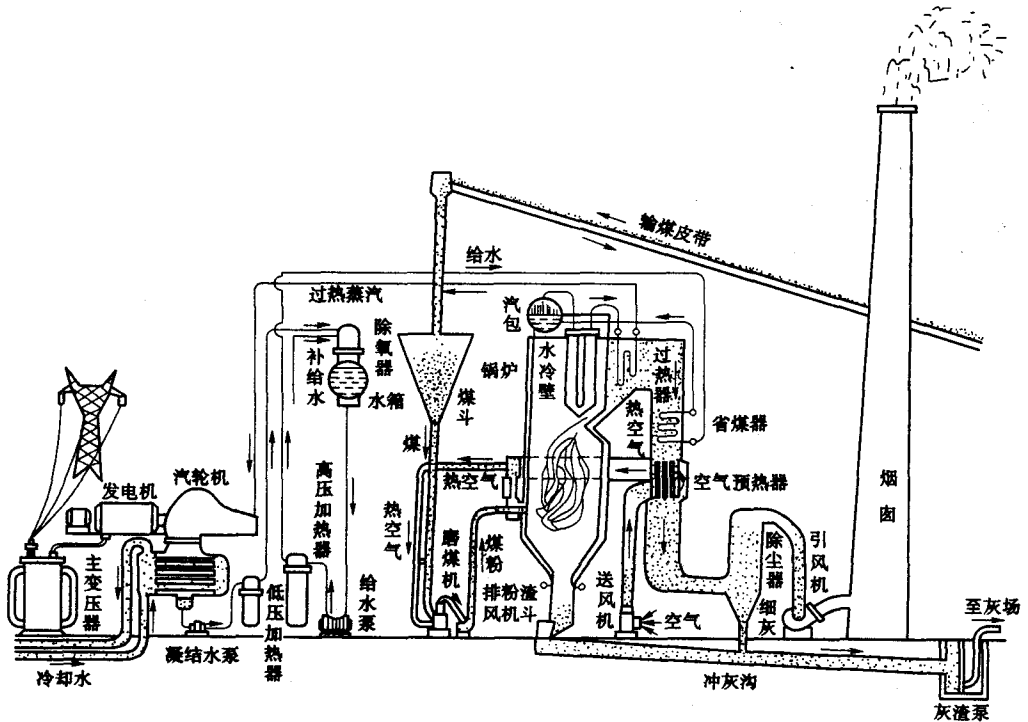


图 1-4 火力发电厂生产过程示意图

火力发电厂按其作用可分为单纯发电的和既发电又兼供热的两种类型。前者指一般的火力发电厂，后者指供热式火力发电厂，或称热电厂。一般火力发电厂应尽量建设在燃料基地或矿区附近。将发出的电，用高压或超高压线路送往用电负荷中心。通常把这种火力发电厂称为“矿口电厂”。矿口电厂是当前和今后建设大型火力发电厂的主要发展方向。热电厂的建设是为了提高热能的利用效率。由于它要兼供热，所以必须建设在大城市或工业区的附近。

目前，在世界上的绝大多数国家中，火力发电厂在电力系统中所占的比重都是较大的。

2. 水力发电厂

水力发电厂简称水电厂或水电站。它是利用水流的位能来生产电能的。当控制水流的闸门打开时，水流沿进水管进入水轮机蜗壳室，冲动水轮机，带动发电机发电。其能量转换过程是：水流位能 $\xrightarrow{\text{水轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能，图 1-5 给出水力发电厂生产过程示意图。

水力发电厂的容量大小决定于上下游的水位差（简称水头）和流量的大小。因此，水

力发电厂往往需要修建拦河大坝等水工建筑物以形成集中的水位差，并依靠大坝形成具有一定容积的水库以调节河水流量。根据地形、地质、水能资源特点的不同，水力发电厂可分为坝式水电站、引水式水电站、混合式水电站。坝式水电站的水头是由挡水大坝抬高上游水位而形成的。若厂房布置在坝后，称之为坝后式水电站。若厂房起挡水坝的作用，承受上游水的压力，称之为河床式水电站。引水式水电站的水头由引水道形成。这类水电站的特点是较长的引水道。混合式水电站的水头由坝和引水道共同形成。这类水电站除坝具有一定高度外，其余与引水式水电站相同。

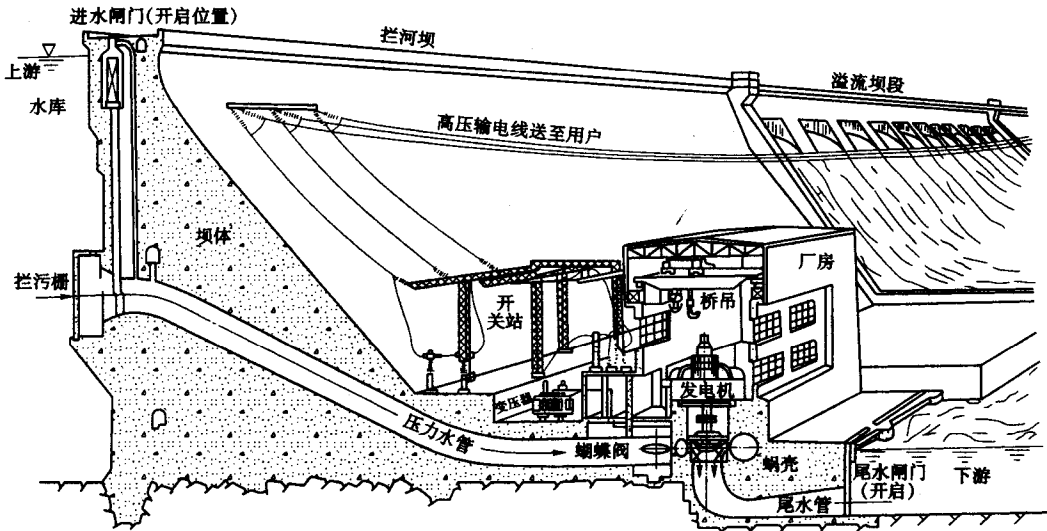


图 1-5 水力发电厂生产过程示意图

3. 核能发电厂

核能发电厂又称为原子能发电厂，简称为核电厂或核电站。它主要是利用原子核的裂变能来生产电能。它的生产过程与火电厂基本相同，主要区别是以核反应堆（俗称原子锅炉）代替了燃煤锅炉，以少量的核燃料代替了大量的煤炭。其能量转换过程是：核裂变能

核反应堆 → 热能 → 汽轮机 → 机械能 → 发电机 → 电能。图 1-6 给出核能发电厂的生产过程示意图。其中图 1-6 (a) 为沸水堆型反应堆。在这种反应堆内，水被直接变成蒸汽，它的系统构成较为简单，但有可能使汽轮机等设备受到放射性污染，以致使这些设备的运行、维护和检修复杂化。为了避免这个缺点，可采用图 1-6 (b) 所示的压水堆型反应堆。这种类型的反应堆增设了一个蒸汽发生器，从反应堆里引出的高温水在蒸汽发生器内将热量传给另一个独立回路的水，使之加热成高温蒸汽以推动汽轮发电机组旋转。由于在蒸汽发生器内两个回路的水是安全隔离的，所以就不会造成对汽轮机等设备的放射性污染。

核能发电厂的主要优点如下：

核能发电厂的主要优点如下：

(1) 节省燃料。例如，一座装机容量为 500MW 的火力发电厂每年至少要烧掉 150 万 t 煤；而同容量的核能发电厂每年只消耗 600kg 的铀燃料。

(2) 燃烧时不需要空气助燃。由于这样，核能发电厂可以建设在地下、山洞里、水下

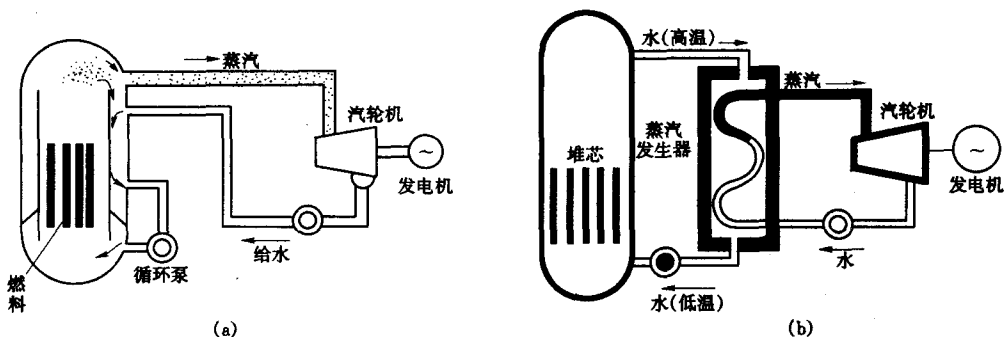


图 1-6 核能发电厂生产过程示意图
(a) 沸水堆型反应堆; (b) 压水堆型反应堆

或空气稀薄的高原地区。

目前，世界上有很多国家都很重视核能发电厂的建设，我国已建成浙江秦山核电站和广东大亚湾核电站，并计划建设其他核电站。

由上述可知，电能生产的特点如下。

(1) 电能不能大量储存。电能的生产、输送、分配和消费是在同一时间完成的。在任何时刻发电厂所发出的功率必须等于用电设备所需要的功率（包括厂用电及各种功率损耗），始终保持平衡。电能不能大量储存是电能生产的最大特点。为了保证对用户不间断地供电，电力系统各组成部分必须紧密联系、互相协调、可靠工作。系统中无论哪一部分损坏，都将影响整体。规划设计时要求确保电力先行，否则其他工厂将无法建成和投产。

(2) 电能生产与国民经济各部门和人民生活有着极密切的关系。由于电能可以方便地转换成其他各种形式的能量，便于大量生产、集中管理、远距离输送和自动控制，使用电能较使用其他能量有显著优点，因此各部门都广泛使用电能。现代化工业、农业、交通运输业等都用电作为动力来进行生产，人民日常生活中还广泛使用着各种电器。因此，电能供应的中断或不足，将影响各个部门的生产，造成人民生活的紊乱。

(3) 过渡过程十分迅速。电是以光速传播的，所以运行情况发生变化所引起的电磁方面和机电方面的变化过程是十分迅速的。电力系统中的正常操作，如变压器、输电线路的投入或切除，用户用电设备（如电动机、电热器和照明器等）的投入或切除都是瞬时完成的。电力系统中的故障，如线路发生短路故障和并联的发电机失去稳定等过程也都是十分短暂的。因此，不论正常情况的操作和故障情况的切除，或将故障限制在一定范围内来迅速恢复供电所进行的一系列调整和操作，仅靠人工手动是不能达到满意的效果的，甚至是不可能的，所以必须采用各种自动装置来迅速而准确地进行各项调整和操作。电力系统的这个特点给运行和操作带来许多复杂的课题。

(4) 电力系统是不断发展的系统。工农业生产和人民生活的电气化程度日益提高，电力系统的容量势必逐年增大。工业发达国家的电能年平均增长率为 6%~7%，即 10 年左右便翻一番，个别国家的增长率达 13%~14%。

(5) 电力系统的地区性特点较强。电力系统的能源结构与资源分布情况和特点有关，

而负荷结构与工业布局、城市规划、电气化水平等有关，至于输电线路的电压等级、线路配置等则与电源和负荷间的距离、负荷集中程度等因素有关，因此各个电力系统的组成将不尽相同。例如，有的系统是以水力发电厂为主，电源与负荷相距较远，联系弱。有的系统则以火力发电厂为主，电源与负荷距离较近、联系紧密。小水电资源丰富的地县，形成以小水电站为主要能源的地方电力系统等。因此，作为系统规划设计与实施运行管理时，必须针对本系统的特点从实际出发。

二、对电力系统的基本要求

由于电力系统与国民经济各部门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

供电的中断将使生产停顿、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发供电的要求。

运行经验表明，电力系统中大的事故。往往是由小事故引起的。整体性事故往往是由局部性事故发展扩大而造成的。据统计，事故原因由于设备质量差引起的占 32%；自然灾害引起的占 16.6%；继电保护误动作引起的占 13.2%；人员过失引起的占 17%；运行管理水平低引起的占 21.2%。所以，为保证供电可靠性，首先，要保证系统各元件的工作可靠性，加强对设备运行的监控，搞好设备的正常运行维护和定期检修，逐步向状态维修过渡；其次，要保证一定的备用容量；再次，要提高运行水平，防止误操作的发生，在事故发生后应尽量采取措施以防止事故扩大等。

各种用户对供电可靠性的要求是不一样的。供电中断后，有的会造成恶劣的政治影响，有的会影响人身和设备的安全，有的则影响较小。因此，必须根据实际情况区别对待这些不同类型的用户。通常根据负荷对可靠性的要求及中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响的程度，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者；或在政治、经济上将造成重大损失者，如重大设备损坏、重大产品报废、用重要原料生产的产品大量报废、国民经济中重点企业的连续生产过程被打乱需要长时间才能恢复等。

在一级负荷中有特别重要的负荷，它中断供电将发生爆炸、火灾、中毒、混乱等，如正常电源中断时处理安全停产所必需的事故照明、通信系统、火灾报警设备，保证安全停产的自动控制装置、执行机构和配套装置等。

(2) 二级负荷。二级负荷为中断供电将在政治、经济上造成较大损失者，如主要设备损坏、大量产品报废、连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复、重点企业大量减产等。

(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、二级负荷者。

当系统发生事故，出现供电不足的情况时，应首先切除三级负荷，以保证对一级和二级负荷的供电。通常对一级负荷都设置两个或两个以上的电源，以保证其供电的可靠性。

(二) 保证良好的电能质量

衡量电能质量的基本指标是电压和频率。

电压是电能的主要质量指标之一。衡量电压质量的指标是电压偏差、电压波动、电压