

供电企业技能岗位培训教材

GONGDIAN QIYE JINENG GANGWEI
PEIXUN JIAOCAI

贵州电网公司 组编

变电检修



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

职业技能等级认定题库

职业技能等级认定题库
职业技能等级认定题库

职业技能等级认定题库

变电检修



职业技能等级认定题库

供电企业技能岗位培训教材

GONGDIAN QIYE JINENG GANGWEI PEIXUN JIAOCAI

变 电 检 修

贵州电网公司 组编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为更好地将员工培训与人才评价相结合,提升供电企业员工岗位胜任能力,贵州电网公司人事部特组织有关专业技术、技能人员编写了《供电企业技能岗位培训教材》,由若干分册组成。本套教材紧扣生产实际,以中、高级技能人才培养为主,是一线员工的培训、自学用书。

本书是《供电企业技能岗位培训教材 变电检修》分册。全书由知识部分、技能部分两部分组成。知识部分分专门知识、相关知识两篇,其中专门知识有电力系统基础、电气设备两章;相关知识有母线、电力电缆、直流融冰装置三章。技能部分分基本技能、专门技能两篇,其中基本技能有电力工程识图、安全工器具使用、钳工及焊接基础知识三章;专门技能有高压隔离开关检修与维护、LW6 系列断路器检修与维护、10kV 中置式开关柜检修与维护三章。

本书是变电检修作业员(中级工)培训、自学用书,也可作为变电检修专业技术人员、技能人员和大专院校相关专业师生的阅读参考书。

2216047

图书在版编目(CIP)数据

变电检修 / 贵州电网公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2011.7

供电企业技能岗位培训教材
ISBN 978-7-5123-1915-8

I. ①变… II. ①贵… III. ①变电所—检修—岗位培训—教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 142006 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 291 千字
印数 0001—3000 册 定价 40.00 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

《供电企业技能岗位培训教材 变电检修》

主要编审人员

(以姓氏笔画为序)

王永洪 邓昭辉 张堂松

陈 林 黄贵云 程 鸿



前 言

为了更好地贯彻中国南方电网有限责任公司的培训、评价、使用和待遇一体化机制，贵州电网公司（简称公司）探索出双元驱动提升员工岗位胜任能力的新途径。一方面是加强员工培训，提高培训的针对性和实效性，以员工岗位培训为核心，明确岗位培训标准，制定培训方案，有针对性地开展一线员工的在岗培训、转岗培训和岗前培训。另一方面是抓好人才评价，以岗位胜任能力要求为着力点，制定岗位评价标准，与培训工作有机结合，实现评价标准与培训标准的同步，把人才评价的结果与薪酬待遇有机衔接起来，建立清晰的人才素养要求与培养路径，充分调动员工学习的主观能动性，激发员工学习的内生动力。为给一线员工提供培训、自学用书，公司人事部组织有关专业技术、技能人员编写了有关岗位的胜任力模型、培训与评价标准（简称标准），并以此为依据编写了一套贴近生产实际的《供电企业技能岗位培训教材》。本套教材由变电运行（110、220、500kV）、配电线路运行与检修、变电检修、继电保护等三十余个作业员（中级工）、高级作业员（高级工）岗位的培训教材以分册形式构成，内容紧扣岗位胜任力模型和标准的要求，目的在于培养适合国家、企业发展需要的中、高级技能人才。本套培训教材内容深入浅出，联系现场实际；文字通俗易懂，便于阅读自学；在对理论问题的阐述方面，主要从物理意义上进行定性分析，尽量避开繁杂的数学推证。

本书是《供电企业技能岗位培训教材 变电检修》分册。全书由知识部分、技能部分两部分组成。知识部分分专门知识、相关知识两篇共五章。技能部分分基本技能、专门技能两篇共六章。每章文后均配有练习题，供读者检查自身对该章知识和技能的掌握情况。

本分册由贵州电网公司人事部组织编写，其中第一章由贵州省电力职工教育培训中心黄贵云编写，第二章第一节、第二节和第五章、第十章由贵阳供电局陈林编写，第二章第三节、第四节和第十一章由安顺供电局邓昭辉编写，第二章第五节、第六节以及第三篇由都匀供电局张堂松编写，第二章第七节和第九章由铜仁供电局程鸿编写，第三章、第四章由遵义供电局王永洪编写。贵州省电力职工教育培训中心黄贵云负责该分册整体策划和审稿。该分册编写过程中引用了贵州电网公司曾编写的有关变电检修岗位培训教材。本分册编写过程中得到了贵州电网公司所属各供电局的大力支持，贵州电网公司有关培训教师、专家对本分册的编写也提出了许多宝贵的建议和意见，在此表示衷心的感谢！

尽管各方面对本分册的编写作了相当大的努力，仍难免存在不妥或错误，恳请读者提出宝贵意见。

编 者
2011年3月



目 录

前言

第一部分 知 识 部 分

第一篇 专门知识	3
第一章 电力系统基础	3
第一节 电力系统概述	3
第二节 电力系统的故障	16
第三节 电力系统潮流与稳定性的概念	20
第二章 电气设备	23
第一节 变压器	23
第二节 互感器	38
第三节 断路器	46
第四节 高压开关设备	58
第五节 电容器	64
第六节 避雷器	67
第七节 隔离开关	70
第二篇 相关知识	80
第三章 母线	80
第一节 基本知识	80
第二节 母线检修与试验	83
第三节 母线常见故障及其处理	84
第四章 电力电缆	87
第一节 电力电缆基本知识	87
第二节 电力电缆的试验	90
第三节 电缆热缩终端头的制作	91
第四节 电缆常见故障原因分析及处理方法	93
第五章 直流融冰装置	97
第一节 直流融冰装置概述	97
第二节 移动式直流融冰装置	97
第三节 固定式直流融冰装置	98

第二部分 技能部分

第三篇 基本技能	103
第六章 电力工程识图	103
第一节 电气制图的一般要求	103
第二节 常见高压设备电气符号	104
第三节 控制线路的绘制规则	105
第四节 二次回路图	107
第七章 安全工器具使用	117
第一节 绝缘安全工器具	117
第二节 辅助绝缘安全工器具	119
第三节 一般安全防护用具	121
第八章 钳工、焊接基础知识	123
第一节 钳工基础知识	123
第二节 电火焊操作技能	126
第四篇 专门技能	132
第九章 高压隔离开关检修与维护	132
第一节 各型系列高压隔离开关的结构原理	132
第二节 高压隔离开关的检修试验项目	137
第三节 常见高压隔离开关的检修工艺标准	139
第四节 高压隔离开关的标准化检修	143
第五节 高压隔离开关的常见故障及处理	145
第十章 LW6 系列断路器检修与维护	157
第一节 断路器的作用及种类	157
第二节 SF ₆ 断路器主要技术参数	160
第三节 SF ₆ 断路器及 SF ₆ 气体简介	161
第四节 LW6 系列 SF ₆ 断路器本体结构及工作原理	163
第五节 LW6 系列 SF ₆ 断路器液压操动机构的结构及动作原理	171
第六节 平开生产的 LW6 系列 SF ₆ 断路器的检修维护	183
第十一章 10kV 中置式开关柜检修与维护	190
第一节 概述	190
第二节 KYN28-12 型铠装式金属封闭开关设备	192
附录 A 设备检修试验现场作业指导书	201
附录 B 变电检修作业员岗位常用法律法规一览	204
参考文献	205



第一部分

知识部分





第一篇

专门知识

第一章 电力系统基础

目的和要求:

1. 熟悉电力系统的组成及其作用;
2. 了解电力系统中性点的运行方式;
3. 了解对电力系统的基本要求;
4. 熟悉电力系统故障的基本概念;
5. 了解电力系统潮流与稳定性的概念。

第一节 电力系统概述

一、电力系统的组成及其作用

电力系统是由发电厂、输电网、配电网和电力用户组成的整体,是将一次能源转换成电能并输送和分配到用户的一个统一系统。输电网和配电网统称为电网,是电力系统的重要组成部分。电力系统还包括保证其安全可靠运行的继电保护装置、安全自动装置、调度自动化系统和电力通信等相应的辅助系统(称为二次系统)。

(一) 发电厂

发电厂是生产电能的核心,担负着把不同种类的一次能源转换成电能的任务。依据使用的一次能源的不同,发电厂被分成许多类型,如燃烧煤、石油、天然气发电的火力发电厂,利用水能发电的水力发电厂,利用核能发电的核动力电厂等。目前全世界的电源构成中,火力发电设备容量占的比重最大,超过 70%,水力发电设备容量约占 20%,核能发电设备容量大约为 10%,火力发电是主要的发电方式。

1. 火力发电厂

火力发电消耗的煤、石油、天然气是几亿年形成的矿物资源,它们不仅是能量的提供者,而且还是很珍贵的化工原料。为了节约这些有多种用途的重要资源,除了积极发展水力发电、核动力发电之外,还正在开发和再建新的能源电厂,如潮汐发电、地热发电、太阳能发电、风力发电等方面都取得了有成效的进展。目前全世界的地热发电设备容量已达到 200 多万 kW,潮汐发电厂的单机容量也达到 20 万 kW 以上,我国也投产了

容量较大的潮汐电厂，利用太阳能、风能的小容量试验电厂近年也投入了运行，并取得了良好的经济效益。除了传统的发电方式外，为了提高能源资源的利用率，正在开展新型发电方式的研究，比较引人注意的有磁流体发电机、燃料电池等。当然，用新能源发电和新的发电方式在技术上尚不成熟，在经济上花费也太昂贵，因此尚不能与传统的发电方式媲美。但是，随着技术的不断进步和能源资源构成的不断改变，它们必将逐步被用于生产。

火力发电厂分为燃烧煤、燃烧石油和燃烧天然气的电厂，欧美国家燃油电厂较多，但受世界石油危机和油价波动等影响，建设燃煤电厂的数量也日趋增多。从目前我国能源资源的实际构成情况以及为了发挥资源的最佳经济效益出发，一般不建燃油电厂，而尽量发展燃煤电厂和水电厂。

火电厂又可分为凝汽式火电厂和热电厂，凝汽式火电厂是单一生产电能的火电厂，而热电厂是既生产电能、又向用户提供热能。热电厂由于供热距离不能很远，一般建在邻近热负荷的地区，容量也不大。凝汽式火电厂则可建在燃料基地，称为坑口电厂。

下面以燃煤电厂为例，阐明火电厂的生产过程和使用的设备。图 1-1 为一个凝汽式火电厂生产过程示意图。

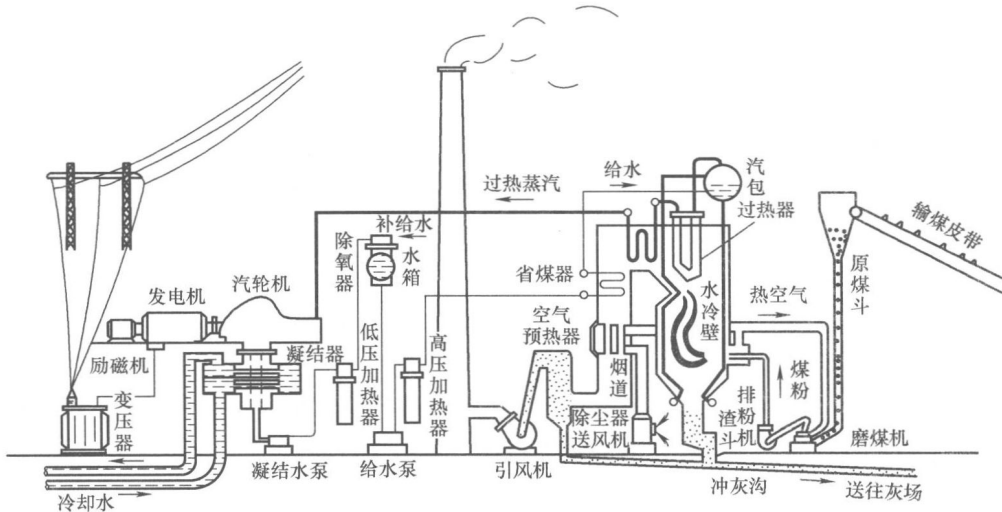


图 1-1 凝汽式火电厂生产过程示意图

原煤从煤矿运到电厂后，先进入原煤仓，随后由输煤皮带运进原煤斗，从原煤斗落入球磨机中被磨成很细的煤粉，再由排粉机抽出，随同热空气送入锅炉的燃烧室进行燃烧。燃烧放出的热量一部分被燃烧室的水冷壁吸收，一部分加热燃烧室顶部和烟道入口处的过热器中的蒸汽，余下的热量则被烟气携带穿过省煤器、空气预热器传递给这两个设备内的水和空气。烟气经过除尘器净化处理，由吸风机导入烟囱，并被排入大气。燃烧时生成的灰渣和由除尘器收集下来的细灰，用水冲进灰沟排出厂外。燃烧用的助燃空气，经送风机进入空气预热器中加热，加热后，一部分被送往磨煤机作为干燥和运送煤粉的介质，大部分送入燃烧室参与助燃。水、蒸汽是把热能转化成机械能的重要工质。净化后的给水，先送进省煤器预热，继而进入汽包后再降入水冷壁管中吸收燃烧室的热

能后蒸发成蒸汽。蒸汽通过过热器时再次被加热，变为高温高压的过热蒸汽，以后经主蒸汽管道进入汽轮机膨胀做功，推动汽轮机转子转动将热能转变为机械能。做完功的蒸汽在凝结器中被冷却凝结成水，凝结水经除氧器去氧、加热器加热后再用给水泵重新送入省煤器预热，以便作为工质继续循环使用。

凝结器需要的冷却水由循环水泵送入，冷却水在凝结器中吸热以后，流回冷却塔散热，然后再进入循环水泵。

汽轮机转子转动带动发电机转子旋转，在发电机中把机械能转换成电能。发电机发出的电能经过变压器升高电压后送入高压电力网。

在凝汽式火电厂中，由于做过功的蒸汽（称为乏汽）中仍含有热量，被凝结成水时，这些热量基本上被循环水带出变成热损失，因而这种类型电厂效率不高，先进的电厂其效率也不过 37%~40%。

热电厂效率较高，可达 60%~70%，但是受热负荷等条件的限制，建热电厂的数量有限。提高凝汽式电厂效率的有效途径是尽量采用高温、高压力的蒸汽参数和大容量的汽轮机—发电机组。

2. 水力发电厂

由于水能不仅是价廉的能源，又是一种用之不竭的可再生能源，因此建设水力发电厂用水的位能发电，可给国民经济带来巨大效益。

水电厂的发电容量（功率） P 与河流上、下游的水位差（落差） H 和水的流量 Q 成正比，可用下式表示

$$P=9.81\eta QH \quad (1-1)$$

式中 P ——发电容量，kW；

Q ——水流量， m^3/s ；

H ——水的落差，m；

η ——水轮机组的效率。

为了充分利用水能，人们针对河流的自然条件建造适合于河流特点的水工建筑物，以便能得到尽可能大的水的落差。按集中落差方式不同，水电厂的开发方式分为堤坝式、引水式及混合式三类。

堤坝式水电厂是用拦河筑坝方式建成水库以维持高水位。堤坝式水电厂又可分为坝后式和河床式两种型式。

坝后式水电厂单独筑坝，坝身高，水位也高，厂房建在坝后，不承受水压。堤坝式水电厂示意图见图 1-2。坝后式在我国应用较多，如三门峡、刘家峡、白山、丹江口等水电厂均属此类。

河床式水电厂适用于河床平缓地区，由于落差小，将厂房和坝建在一起，构成拦河建筑物的一个组成部分。葛洲坝水电厂、西津电厂属于这一类。

在河流上游，当河床坡度较大时，宜于修建隧洞和渠道以获取最大落差，利用这种方式修建的水电厂称为引水式水电厂，其枢纽布置图见图 1-3。引水式水电厂不建坝或只建低坝，该坝只起壅水作用，落差靠引水渠道或隧洞形成。

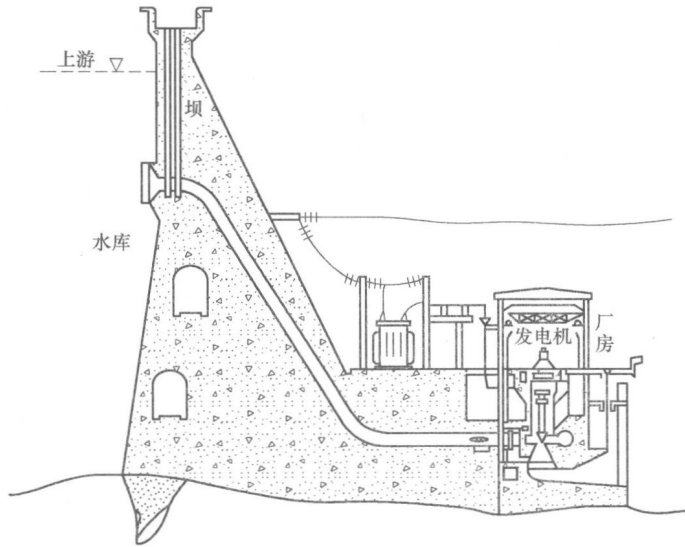


图 1-2 堤坝式水电厂示意图

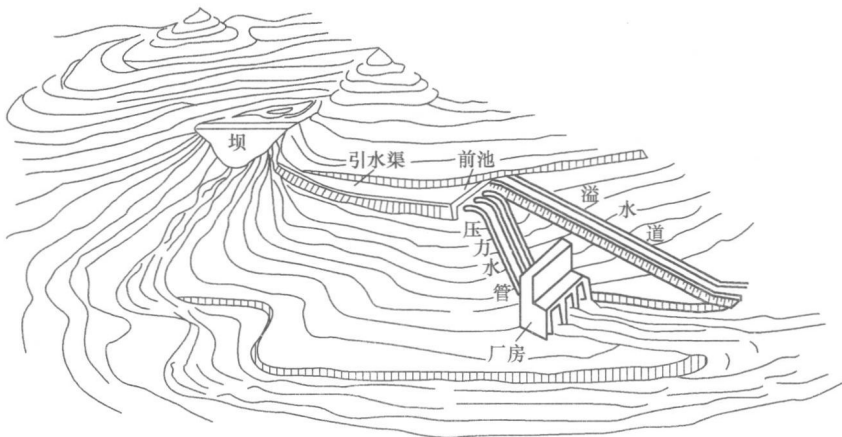


图 1-3 引水式水电厂枢纽布置图

根据河流特点也可建造兼有堤坝式和引水式两种特点的水电厂,称为混合式水电厂。

无论哪一类水电厂,均是通过压力水管把水引入水轮机的螺旋形蜗壳,推动水轮机转子旋转,带动发电机转动,把机械能变为电能。由上可见,水电厂的生产过程远比火力发电厂简单。有时根据自然条件将河流分成若干段,每段各自建立水电厂,上游的水发电后放入下游,供下游各水电厂继续发电,这种电厂称为梯级水电厂。有些水电厂在下游增设一个大的储水池,白天电力系统负荷处于高峰时电厂发电,并把发过电的水存入储水池,夜间低负荷时把储水池内的水再抽回水库,这一过程是把电能(耗电)再变成水的位能,以备下一天白天负荷高峰时再发电。这种可起调峰作用的水电厂称为抽水蓄能电厂。

我国水利资源丰富,据调查全国水利资源蕴藏量用于发电可达 6.8 亿 kW。特别是黄河、长江水系集中了我国的主要水利资源,仅就三峡而言,水位可达 200m,年平均流

量 $14300\text{m}^3/\text{s}$ 。现建成的三峡水利枢纽工程，坝高 185m，水头 175m，在防洪、通航、发电等方面都有重大效益。三峡水力发电厂装设 26 台水轮发电机组，每台额定容量 700MW，总装机容量 18.2GW，为国民经济建设提供巨大电力。

3. 核能电厂

核能是一种新的能源，也是可望长期使用的能源。所以，自 1954 年世界上第一座核电厂投入运行以来，许多国家纷纷建设核电厂，与其他类型的电厂比较，核电厂建设投产的速度较快。

核能的获得有两个途径：一是用带有一定能量的中子撞击重金属元素的核，如铀、钚的核。核吸收中子之后变为具有激发能的复合核。激发能使复合核中的静电斥力大于核引力时，原子核就发生分裂，因此要放出裂变能，产生 2~3 个新中子，并放射出射线。如果产生的新中子至少有一个再能引起其他核也发生裂变，裂变就能持续进行，形成所谓链式反应。裂变过程中放出的裂变能就是可利用的核能。另外一种是用不同的轻元素的原子核进行聚合，形成一个新原子核，在聚合过程中要放出所谓聚合能，例如氘和氦聚合生成氦放出能量。

反应堆是核电厂的核心，它是一个可以被控制的核裂变装置。若反应堆以铀 235 为燃料，用减速后的低中子（热中子）撞击原子核产生裂变时，称为热中子反应堆，这是目前应用较普遍的核能发电型式。当以铀 238 或钚 239 为燃料，用裂变产生的高速高能中子引起原子核裂变时，则称为快中子反应堆。利用快中子反应堆能节省大量核燃料，效率比热中子反应堆高约 100 倍，个别国家已建成此类型式的可供工业使用的电厂。

核裂变时产生的是快速、高能中子，为了使其变成慢中子，需要慢化剂将其减速。根据采用的慢化剂的不同，热核反应堆可分为许多种，使用最多的有两种：①利用高压水做慢化剂的压水堆，压水堆核电厂示意图见图 1-4；②利用沸腾水做慢化剂和冷却剂的沸水堆，沸水堆核电厂示意图见图 1-5。

按照把热量从反应堆导入汽轮机的方式不同，该电厂又分为单回路系统与双回路系统两种。图 1-5 为单回路系统核电厂，水在反应堆内被加热后，沸腾并被蒸发成压力为 $6.86 \times 10^6 \sim 7.85 \times 10^6 \text{Pa}$ 、温度为 $280 \sim 290^\circ\text{C}$ 的蒸汽，经过管道直接送入汽轮机做功。做功之后的乏汽在凝结器中冷却成水后，再用水泵送回反应堆。为防止水汽化后造成污染，除反应堆设有混凝土防护层外，全部热力设备及管道也用防护层屏蔽。图 1-4 所示为双回路系统核电厂，它由一回路及二回路两部分组成，各自独立循环。一回路的冷却水在堆内不汽化，出口压力保持为 $1.47 \times 10^7 \sim 1.57 \times 10^7 \text{Pa}$ 、温度为 $310 \sim 320^\circ\text{C}$ ，蒸汽发生器中的汽压为 $4.90 \times 10^6 \sim 5.88 \times 10^6 \text{Pa}$ 、温度为 $250 \sim 260^\circ\text{C}$ 。一回路用防护层严格屏蔽，二回路无活性污染不加屏蔽。

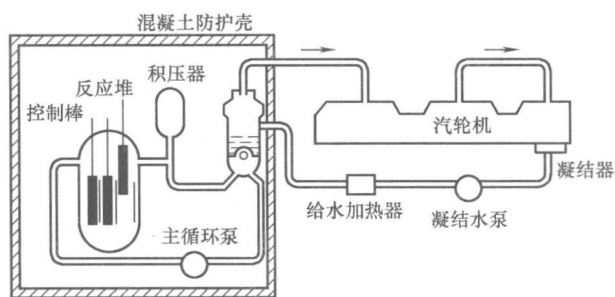


图 1-4 压水堆核电厂示意图

图 1-4 所示为双回路系统核电厂，它由一回路及二回路两部分组成，各自独立循环。一回路的冷却水在堆内不汽化，出口压力保持为 $1.47 \times 10^7 \sim 1.57 \times 10^7 \text{Pa}$ 、温度为 $310 \sim 320^\circ\text{C}$ ，蒸汽发生器中的汽压为 $4.90 \times 10^6 \sim 5.88 \times 10^6 \text{Pa}$ 、温度为 $250 \sim 260^\circ\text{C}$ 。一回路用防护层严格屏蔽，二回路无活性污染不加屏蔽。

人们普遍担心核电厂的放射性污染，世界各国几百座核电厂和我国秦山及大亚湾核电站的实际运行经验表明，如安全防护措施搞得不好，放射污染是可有效避免的。

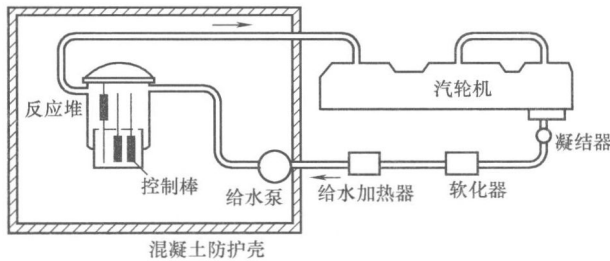


图 1-5 沸水堆核电厂示意图

1kg 标准煤含的热量是 $3 \times 10^4 \text{J}$ ，而 1kg 铀 235 裂变产生的热能为 $7.95 \times 10^{10} \text{J}$ ，相当于 2700t 标准煤，可见用核能电厂代替火力发电厂将能大量节约煤炭。

4. 地热电厂

地下水在地表深处被加热成蒸汽或热水即构成了地热资源。根据地质条件不同，热水温度约在几十至几百度，如我国西藏羊八井地热电厂水温约 150°C 。

利用这种低温热能发电有以下两种方式：

(1) 通过减压扩容法将地下水变为低压蒸汽，供汽轮机做功。地下水经除氧器除氧后，送至第一级扩容器扩容，产生的蒸汽送入汽轮机高压级，未被汽化的水再进入二级扩容器，由于产生的蒸汽压力低于第一级，所以送入汽轮机的中压级做功。两级扩容地热发电系统见图 1-6。

(2) 用地下水加热低沸点的特殊工质，使其变成气体对汽轮机做功。低沸点工质有氟里昂 12（常压下沸点为 11.7°C ）、异丁烷等。图 1-7 是异丁烷做工质的两级双流地热发电系统。

地球内部蕴藏的热能极大，估计全世界可开采的地下热能就相当于几万亿吨煤，开发利用地热资源的前景是非常广阔的。

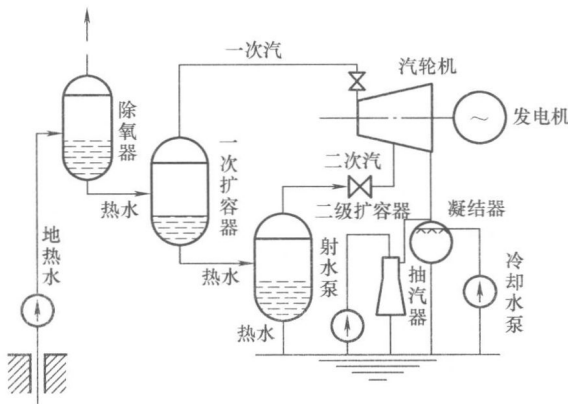


图 1-6 两级扩容地热发电系统

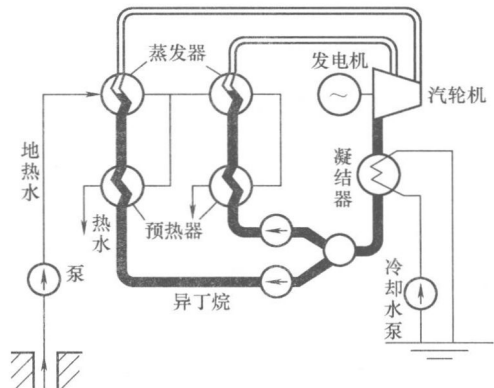


图 1-7 异丁烷做工质的两级双流地热发电系统

5. 潮汐电厂

海水涨潮、落潮包含着巨大的动能和势能。估计世界上这一能量的发电储备有 10 亿 kW，我国也有 1.1 亿 kW。利用这种能量发电就是所谓潮汐电厂。潮汐发电厂需要建设拦潮堤坝，因而要求一定的地形条件、足够的潮汐潮差和较大的容水区。理想的建厂

地点是海岸边或河口地区，可以拦蓄较大水量，少花费投资。

图 1-8 是一个仅有一个水库的双向潮汐电厂示意图，涨潮时及退潮时均可发电。涨潮时打开闸门 A、B 潮水引入厂内发电。当涨潮将结束前，开启所有闸门储水，让水库储满。退潮后只开 C、D 闸门放水进行发电。

6. 风力发电

国外比较重视风能发电，100kW 以下的风力发电机组已有成熟的制造技术和运行经验。我国自 20 世纪 60 年代开始，研制风力发电机组，现已能做 10kW 以下的定型产品。风能取之不尽，但质量差、调速困难。为了取得稳定的电能，一般与蓄电池并联运行，大型风力发电机的研制方向是提高运行可靠性和降低成本。

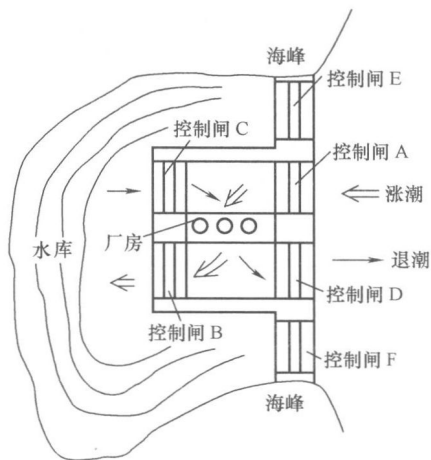


图 1-8 单水库双向潮汐电厂示意图

(二) 电力系统

电力系统的负荷是指电力系统中所有用电设备消耗的功率。电力系统中接有为数众多、千差万别的用电设备，它们大致可分为异步电动机、同步电动机、各类电炉、整流设备、电子仪器、电灯等。它们分属于不同的工厂、企业、机关、居民区等，统称为电力系统的用户。用户是电力系统服务的对象，电力系统运行的好坏，归根到底要看对用户供电的质量如何而定。

用电设备从电力系统中取用的功率（有功与无功）称为负荷，因为用户用电设备的投入或停运对电力系统而言完全是随机的，所以用电负荷的大小是随时间而变化的。对一大批用电设备，其负荷的变化虽仍有随机性，但却能显示出某种程度的规律性，这一规律性通过负荷曲线的描述可以看得比较清楚。所谓负荷曲线就是指在某一段时间内用电负荷大小随时间变化的曲线图。

用电设备的负荷包括有功负荷和无功负荷，因而负荷曲线也分成有功负荷曲线和无功负荷曲线。每类负荷曲线按时间段划分的不同还可以分为日负荷曲线、年负荷曲线。按描述的负荷范围不同还可分为用户的负荷曲线、地区电网的负荷曲线以及电力系统的负荷曲线。实际的负荷曲线是一条不间断的连续曲线，但在实际绘制时由于只能得到离散时间的实测（或估计）值，一般用折线法或阶梯法描绘，图 1-9 及图 1-10 分别表示出了用这两种方法绘成的日有功负荷曲线。横坐标以 h 为单位，长度为 $24h$ ，表示一天之内有功负荷的变化情况。日有功负荷曲线应用最广，故把它简称为负荷曲线。负荷曲线的最高点和最低点分别代表日最大负荷和日最小负荷，是电力系统运行中必须掌握的重要数据。日负荷曲线随着时间延伸到 $8760h$ ，就构成了年有功负荷曲线。

与有功负荷相似，无功负荷也在一天中不断变化，但变化较平缓，因为像电动机和变压器这类设备，其励磁所需的无功功率仅与电压有关，并不随有功功率变化。