

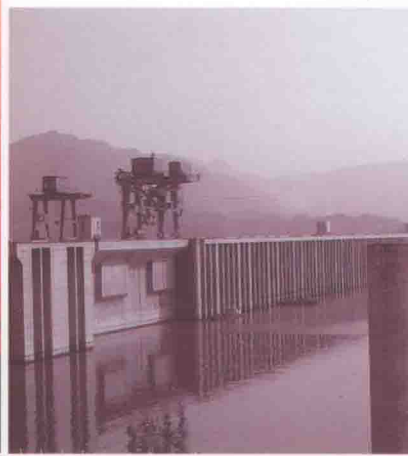
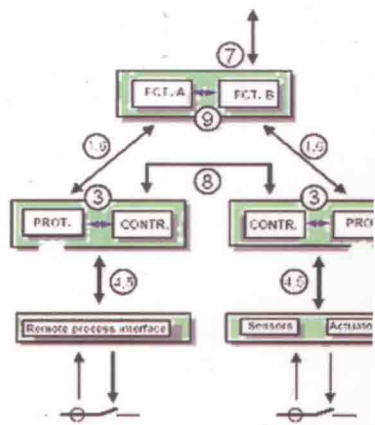


普通高等教育“十二五”规划教材
高等职业教育电气类专业系列教材

发电厂及变电站电气设备

FADIANCHANG JI BIANDIANZHAN DIANQISHEBEI

主 编 李家坤 朱华杰
主 审 陈光会



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

普通高等教育“十二五”规划教材
高等职业教育电气类专业系列教材

发电厂及变电站电气设备

主 编 李家坤 朱华杰
副主编 王卫卫 余海明 陈子文
刘姣姣 汪 锋 张 争
主 审 陈光会

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

《发电厂及变电站电气设备》是高职高专电气类专业系列教材之一,主要介绍发电厂及变电站电气一次设备部分的知识。全书共 11 章,内容包括绪论、电力系统中性点的运行方式、电弧及电气触头、电气设备与载流导体、电气主接线、自用电接线、配电装置、短路电流计算、电气设备选择、防雷与接地、电气总布置。

本教材在编写过程中充分考虑到高职高专教育的特点,对一些理论性强、计算复杂的内容进行了适当取舍,强调实践性、应用性,并注重新技术、新设备的介绍,图文并茂,例题和习题经典,有利于培养高技能应用型人才。

本教材可作为高职高专电气类专业教学用书,也可作为发电厂及变电站从事电气运行与检修的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂及变电站电气设备/李家坤,朱华杰主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5629-3267-3

I. ①发… II. ①李… ②朱… III. ①发电厂—电气设备 ②变电站—电气设备
IV. ①TM62 ②TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 153606 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

E-mail:yangxuezh@wutp.edu.cn

ruozhang1122@163.com

印 刷:湖北睿智印务有限公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:20.5

字 数:512 千字

版 次:2010 年 8 月第 1 版

印 次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:33.00 元

凡使用本教材的老师,可拨打 13971389897 索取电子教案。

如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,盗版必究。

前 言

本书是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》和教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,组织有经验的老师编写的。

本课程是电气类专业的一门主干专业课程,是一门理论与实际紧密结合的课程。通过本课程的学习,可使学生深入了解发电厂及变电站电气一次设备的基本理论,具备电气运行、安装、检修的能力,为学习后续专业课、强化职业技能、增强工作能力打下坚实的基础。

为满足高职院校电气类专业的教学、就业和岗位要求,加快高职应用型人才的培养,本书在编写过程中注重学生应用能力、分析能力和基本技能的培养,突出高职教育的职业性,符合当前高职教育的要求。本书具有如下特点:

(1)强调实践性、应用性,对一些理论性强、计算复杂的内容进行了适当取舍,并简化公式推导。

(2)注重新技术、新设备的介绍,有利于培养高技能应用型人才。

(3)图文并茂,并配有典型例题,每章后还附有小结、思考题与习题,便于学生总结和复习。

本书由长江工程职业技术学院李家坤副教授、朱华杰副教授任主编,湖北水利水电职业技术学院余海明和长江工程职业技术学院王卫卫、陈子文、刘姣姣、汪锋、张争任副主编。其中,第1、2、8章由李家坤编写,第3章由余海明编写,第4章由朱华杰编写,第5章由陈子文编写,第6、9章由王卫卫编写,第7章由刘姣姣编写,第10章由张争编写,第11章由汪锋编写。李家坤、朱华杰负责全书的统稿工作。本书由广西水利电力职业技术学院陈光会担任主审。

本书在编写过程中参阅了许多同行专家编著的教材和资料,得到了不少启发和教益,在此致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者指正。

编 者

2010年5月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 电力工业发展概况及前景	(1)
1.1.1 电力工业发展概况	(1)
1.1.2 电力工业发展前景	(2)
1.2 电力系统基本概念	(3)
1.2.1 电力系统	(3)
1.2.2 电力系统的优越性	(9)
1.3 电气设备概述	(9)
1.3.1 一次设备	(9)
1.3.2 二次设备	(11)
1.4 电气设备的额定参数	(11)
1.4.1 额定电压	(11)
1.4.2 额定电流	(12)
1.4.3 额定容量	(12)
思考题与习题	(13)
2 电力系统中性点的运行方式	(14)
2.1 中性点不接地系统	(14)
2.1.1 正常运行	(14)
2.1.2 单相接地故障	(15)
2.2 中性点经消弧线圈接地系统	(16)
2.2.1 消弧线圈的结构及工作原理	(16)
2.2.2 消弧线圈的补偿方式	(17)
2.3 中性点直接接地系统	(18)
2.3.1 中性点直接接地系统的工作原理	(18)
2.3.2 中性点直接接地系统的特点	(18)
2.4 中性点不同接地方式的应用范围	(19)
思考题与习题	(20)
3 电弧及电气触头	(21)
3.1 电弧的基本问题	(21)
3.1.1 电弧的形成	(21)
3.1.2 电弧的熄灭	(24)
3.1.3 电弧的危害	(25)
3.2 直流电弧的特性和熄灭	(25)
3.2.1 直流电弧的特性	(25)

3.2.2	直流电弧的灭弧方法	(27)
3.3	交流电弧的特性和熄灭	(28)
3.3.1	交流电弧的伏安特性	(28)
3.3.2	交流电弧的熄灭	(29)
3.3.3	交流电弧的灭弧方法	(31)
3.4	电气触头	(34)
3.4.1	电气触头概述	(34)
3.4.2	触头的接触电阻	(35)
3.4.3	触头的分类及其结构	(36)
3.4.4	电气设备中的常见触头	(37)
	思考题与习题	(40)
4	电气设备与载流导体	(41)
4.1	熔断器	(41)
4.1.1	熔断器概述	(41)
4.1.2	高压熔断器	(43)
4.1.3	低压熔断器	(47)
4.2	高压开关电器	(50)
4.2.1	高压断路器的一般知识	(50)
4.2.2	油断路器	(52)
4.2.3	真空断路器	(55)
4.2.4	六氟化硫断路器	(60)
4.2.5	高压断路器的操动机构	(67)
4.2.6	隔离开关	(77)
4.2.7	负荷开关	(85)
4.3	低压开关电器	(90)
4.3.1	低压开关电器概述	(90)
4.3.2	刀开关	(90)
4.3.3	接触器	(92)
4.3.4	低压断路器	(95)
4.4	互感器	(98)
4.4.1	互感器的作用	(98)
4.4.2	电磁式电流互感器	(99)
4.4.3	电压互感器	(108)
4.4.4	数字式互感器	(117)
4.5	母线、电力电缆及绝缘子	(119)
4.5.1	母线	(119)
4.5.2	电力电缆	(125)
4.5.3	绝缘子	(131)
4.6	电抗器	(135)

4.6.1	电抗器的分类和作用	(135)
4.6.2	限流电抗器	(136)
	思考题与习题	(141)
5	电气主接线	(143)
5.1	电气主接线概述	(143)
5.1.1	电气主接线的概念及其重要性	(143)
5.1.2	电气主接线的主要作用	(144)
5.1.3	对电气主接线的基本要求	(144)
5.2	电气主接线的基本形式	(145)
5.2.1	单母线接线	(145)
5.2.2	双母线接线	(148)
5.2.3	无母线接线	(155)
5.3	主变压器的选择	(159)
5.3.1	主变台数的选择	(159)
5.3.2	主变容量的选择	(160)
5.3.3	主变型式的选择	(161)
5.4	电气主接线设计	(163)
5.4.1	电气主接线设计的地位及步骤	(163)
5.4.2	电气主接线的设计原则	(164)
5.4.3	电气主接线方案的技术比较	(164)
5.4.4	主接线方案的经济比较	(166)
5.5	典型电气主接线方案	(168)
5.5.1	水力发电厂的电气主接线	(168)
5.5.2	火力发电厂的电气主接线	(170)
5.5.3	变电站电气主接线	(173)
	思考题与习题	(175)
6	自用电接线	(176)
6.1	概述	(176)
6.1.1	自用电的作用	(176)
6.1.2	厂用电率	(176)
6.1.3	自用负荷的分类及供电要求	(177)
6.1.4	自用电供电电源	(179)
6.2	自用电接线	(181)
6.2.1	发电厂的厂用电	(181)
6.2.2	变电站的自用电接线	(183)
6.3	发电厂、变电站自用电接线举例	(186)
6.3.1	火电厂自用电接线实例及分析	(186)
6.3.2	水电厂自用电接线实例及分析	(187)
6.3.3	变电站自用电接线实例及分析	(188)

6.4	厂用变压器的选择	(188)
6.4.1	厂用电负荷的计算	(189)
6.4.2	厂用变压器的选择	(190)
	思考题与习题	(192)
7	配电装置	(193)
7.1	配电装置概述	(193)
7.1.1	配电装置的类型及基本要求	(193)
7.1.2	配电装置的最小安全净距	(194)
7.2	户内配电装置及 SF ₆ 组合电器	(197)
7.2.1	户内配电装置的结构型式	(197)
7.2.2	户内低压成套配电装置	(198)
7.2.3	户内高压成套配电装置	(200)
7.2.4	SF ₆ 全封闭组合电器	(202)
7.3	户外配电装置	(204)
7.3.1	户外配电装置的布置型式	(204)
7.3.2	户外配电装置的布置	(204)
7.3.3	户外配电装置布置实例	(206)
	思考题与习题	(209)
8	短路电流计算	(210)
8.1	概述	(210)
8.1.1	短路的概念和类型	(210)
8.1.2	短路发生的原因和后果	(211)
8.1.3	计算短路电流的目的	(212)
8.1.4	短路电流实用计算的基本假设	(212)
8.1.5	短路电流计算的一般规定	(212)
8.2	标么值	(213)
8.2.1	标么值	(213)
8.2.2	基准值的选择	(213)
8.2.3	不同基准值的标么值之间的换算	(214)
8.2.4	标么值换算为有名值	(214)
8.3	电力系统各主要元件的电抗	(215)
8.3.1	发电机	(215)
8.3.2	电力变压器	(215)
8.3.3	电抗器	(216)
8.3.4	架空线路和电缆线路	(216)
8.4	计算电路图和等值电路的化简	(216)
8.4.1	计算电路图	(216)
8.4.2	等值电路的拟制和化简	(217)
8.4.3	等值电源的归并	(220)

8.5	无限大容量电源供电电路内三相短路	(220)
8.5.1	无限大容量电源的概念	(220)
8.5.2	短路电流的变化过程	(221)
8.5.3	短路电流各量点的计算	(221)
8.6	有限容量电源供电电路内三相短路	(223)
8.6.1	短路电流的变化情况	(223)
8.6.2	周期分量有效值的实用算法——运算曲线法	(224)
8.6.3	短路电流其他量的计算	(225)
8.7	多电源系统用运算曲线计算短路电流	(226)
8.7.1	同一变化法	(226)
8.7.2	个别变化法	(228)
8.8	对称分量法在与不对称短路计算中的应用	(230)
8.8.1	对称分量的概念	(230)
8.8.2	对称分量的性质	(231)
8.8.3	对称分量法在不对称短路计算中的应用	(231)
8.9	元件的序电抗和系统序网络图的拟制	(233)
8.9.1	元件的序电抗	(233)
8.9.2	系统序网络图的拟制	(236)
8.10	不对称短路时短路点的电流和电压计算	(239)
8.10.1	不对称短路时短路点的电流计算	(239)
8.10.2	不对称短路时网络中任一点电压的计算	(240)
	思考题与习题	(241)
9	电气设备选择	(243)
9.1	电气设备选择的一般条件	(243)
9.1.1	电气设备的长期与短时发热	(243)
9.1.2	电器和载流体的电动力效应	(247)
9.1.3	电气设备选择的一般原则	(249)
9.1.4	电气设备选择的一般条件	(249)
9.2	高压开关电器的选择	(253)
9.2.1	高压断路器的选择	(253)
9.2.2	隔离开关的选择	(254)
9.2.3	负荷开关的选择	(255)
9.2.4	高压熔断器的选择	(255)
9.3	互感器的选择	(257)
9.3.1	电流互感器的选择	(257)
9.3.2	电压互感器的选择	(260)
9.4	支柱绝缘子和穿墙套管的选择	(263)
9.5	母线和电缆的选择	(264)
9.5.1	母线的选择与校验	(264)

9.5.2 电缆的选择与校验	(268)
思考题与习题	(269)
10 防雷与接地	(270)
10.1 雷电的基本概念	(270)
10.1.1 雷电的产生及放电过程	(270)
10.1.2 雷电参数	(271)
10.1.3 雷电的危害	(272)
10.2 发电厂的防雷保护装置	(272)
10.2.1 避雷针和避雷线	(272)
10.2.2 避雷器	(274)
10.3 接地技术与接地装置	(277)
10.3.1 人体触电	(277)
10.3.2 接地装置的作用及分类	(278)
10.3.3 保护接地	(278)
10.3.4 保护接零	(280)
10.4 接地装置的要求及敷设	(281)
10.4.1 接地系统的构成	(281)
10.4.2 电气装置中必须接地和不接地的部分	(282)
10.4.3 对接地电阻的要求	(282)
10.4.4 接地装置的敷设	(283)
10.4.5 接地装置的检查与维护	(284)
思考题与习题	(285)
11 电气总布置	(286)
11.1 主变场地布置	(286)
11.1.1 主变压器的起吊与搬运	(286)
11.1.2 主变的进出线方式	(287)
11.2 电气总布置	(289)
11.2.1 电气总布置的原则	(289)
11.2.2 电气总布置	(290)
11.3 发电厂(变电站)电气总布置实例	(292)
11.3.1 水电站总体及电气设备的布置	(292)
11.3.2 火电厂总体及电气设备的布置	(292)
11.3.3 变电站电气设备总体布置实例	(294)
思考题与习题	(297)
附录一 短路电流运算曲线	(298)
附录二 短路电流运算曲线数字表	(304)
附录三 高压断路器技术参数	(308)
附录四 隔离开关技术参数	(309)
附录五 电流互感器技术参数	(310)

附录六	电压互感器技术参数	(311)
附录七	矩形母线导体技术参数	(312)
附录八	常用仪表的技术参数	(313)
附录九	裸导体载流量在不同海拔高度及 环境温度下的综合修正系数	(314)
参考文献		(315)

1 绪 论

【知识目标】

1. 了解世界电力工业和我国电力工业的发展概况及发展前景；
2. 理解电力系统、电力网和动力系统的定义；
3. 了解发电厂及变电站的基本型式；
4. 了解电气设备的分类、概念，掌握电气一次设备的额定参数。

【能力目标】

1. 能够解释电力系统、电力网和动力系统的定义；
2. 能够区别电气设备的分类和用途；
3. 能够确定电气设备的额定电压。

电能具有许多优点，它可以方便地转换为其他形式的能量（如光能、热能、机械能等）；可以大规模生产，远距离输送和分配；易于调节、操作和控制；使用十分方便和经济，在终端使用时是最清洁的能源。电能已成为现代社会使用最广、需求增长最快的能源，在技术进步和社会经济发展中起着极其重要的作用。电力工业是国民经济的一项基础工业，它是一种将煤、石油、天然气、水能、核能、风能、太阳能等一次能源转换成电能这种二次能源的工业，是国民经济发展的先行产业，其发展水平是反映一个国家经济发展程度的重要标志。

本章主要介绍我国电力工业发展的历程、现状和前景，发电厂和变电站的类型和生产过程，主要电气设备的种类和作用以及电气设备的额定参数。

1.1 电力工业发展概况及前景

1.1.1 电力工业发展概况

1875年，世界上最早的发电厂——巴黎北火车站电厂建成，用于照明供电；1878年，法国建成第一座水电站；1879年，美国旧金山实验电厂开始发电，成为世界上最早出售电力的电厂；1882年，法国开始进行远距离高压直流输电。同一时期，英国、日本、苏联也相继修建了发电厂。

自1882年建立第一个火电厂起，中国电力工业至今已经走过100多年的发展历程。新中国成立之前，我国电力工业的发展十分缓慢。从1882年在上海建立第一个火电厂、1912年在昆明滇池石龙坝建立第一座水电站开始，至1949年全国解放，60多年来全国总装机容量仅为185万kW，居世界第二十一位；年发电量43亿kW·h，居世界第二十五位；110kV电力系统仅在东北有两个，总容量不超过72万kW。这一时期的发电厂大部分集中在东北和沿海城

市,且设备陈旧,效率低,安全可靠性很差。

新中国的建立为我国电力工业的发展创造了有利条件,电力生产和建设发展迅速。1950年至1978年期间,国产10万、12.5万、20万、30万kW汽轮发电机组和国产15万、22.5万、30万kW水轮发电机组相继制成并投产。1960年,全国发电装机容量突破1000万kW,居世界第九位。至1978年底,全国发电装机容量达到5712万kW,年发电量达到2566亿kW·h,居世界第七位。与此同时,东北、京津唐、华中、华东电网形成了220kV主干网架。

1978年改革开放后,我国电力工业持续以年均10%以上的速度发展,取得了举世瞩目的成就。1987年,全国发电装机容量突破 1×10^4 万kW,居世界第五位;1995年3月,全国发电装机容量达到 2×10^4 万kW,居世界第四位;1996年,全国发电装机容量达到 2.37×10^4 万kW,发电装机容量和发电量跃居世界第二位;到2000年3月,全国发电装机容量又跨上 3×10^4 万kW的新台阶,长期严重缺电的状况得到相对缓解,基本上适应了国民经济和社会发展的需要。2005年,全国发电装机容量突破 5×10^4 万kW;2006年,全国发电装机容量达到 6.22×10^4 万kW;2008年底,全国发电装机容量达 7.9×10^4 万kW,年发电量达34334亿kW·h;2009年底,全国发电装机容量达到 8.7×10^4 万kW,其中火电达到65205万kW,水电达到19679万kW,发电装机容量和年发电量跃居世界第二位,我国已成为世界电力大国。

在水电方面,我国取得了骄人的成绩,有许多世界之最,1994年12月开工、2009年建成的长江三峡工程是世界上最大的电站,总装机容量为18200MW,是此前世界上最大的巴西伊泰普水电站的1.4倍;已建成的装机容量为240万kW的广州抽水蓄能电站是世界最大的抽水蓄能电站;西藏的羊卓雍湖水电站是世界上海拔最高的电站等。目前,我国水电总装机容量跃居世界第一。

1994年,浙江秦山核电厂一期30万kW国产机组和广东大亚湾核电厂(装机容量为 2×90 万kW)的投产运行实现了我国核能发电零的突破。

改革开放以来,我国的大区联网和西电东送联网建设不断提速,与之相配套的城乡电网也得到了改造和加强。经过多年建设,除我国台湾省和香港、澳门地区外,全国已经形成华北、东北、华东、华中、西北、川渝和南方联营七个跨省区电网,及山东、福建、海南、乌鲁木齐和拉萨五个独立的省级电网,并在跨省电网和部分独立省网中形成了500kV(或330kV)的骨干网架。

1.1.2 电力工业发展前景

我国电力工业发展的基本方针是:优先开发水电,大力发展火电,适当发展核电,积极发展新能源发电,加强电网发展,重视生态环境保护,提高能源效率,深化体制改革,实现电力、经济、社会、环境统筹协调发展。

目前我国电力工业已进入了大机组、大电厂、大电网、超高压、自动化、信息化和水电、火电、核电、新能源发电全面发展的新时期。

但是,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发展的需要;由于我国人口众多,因此在人均用电指标等方面还远远落后于一些发达国家。我国的电力工业必须持续、稳步地大力发展。

展望未来,中国电力工业必将持续、高速地发展,展现出更加美好的前景。

1.2 电力系统基本概念

1.2.1 电力系统

为了提高供电的可靠性和经济性,目前广泛地将分散于各地区的众多发电厂用电力网连接起来并联工作,以实现大容量、远距离的输送,将电能输送到远方的电力负荷中心。这些由发电厂、升压变电站、输电线路、降压变电站及电力用户所组成的统一整体,称为电力系统。电力系统加上带动发电机转动的动力装置构成的整体称为动力系统。其中,由各类升压变电站、输电线路、降压变电站组成的电能传输和分配网络称为电力网。动力系统、电力系统、电力网三者的联系与区别如图 1.1 所示。

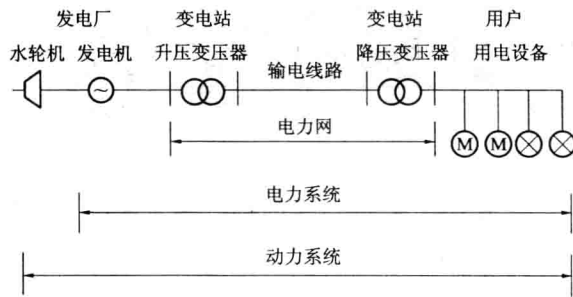


图 1.1 动力系统、电力系统、电力网关系示意图

1.2.1.1 发电厂

发电厂是电力系统的中心环节,它是把各种天然能源(化学能、水能、原子能等)转换成电能的工厂。按使用能源不同或转换能源特点,发电厂有火力发电厂、水力发电厂、核电厂、新能源发电厂等类型。

(1)火力发电厂

火力发电厂是把化石燃料(煤、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。火电厂的原动机大都为汽轮机,也有用燃气轮机、柴油机等作原动机的。火电厂可分为凝汽式火电厂、热电厂和燃气轮机发电厂。我国火力发电厂所用的能源主要是煤,且主力电厂是凝汽式火电厂。

①凝汽式火电厂

凝汽式火电厂生产过程如图 1.2 所示。整个生产系统可分为燃烧系统、汽水系统和电气系统。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。

由于在凝汽器中大量的热量被循环水带走,因此,凝汽式火电厂的能量转换效率较低,只有 30%~40%。

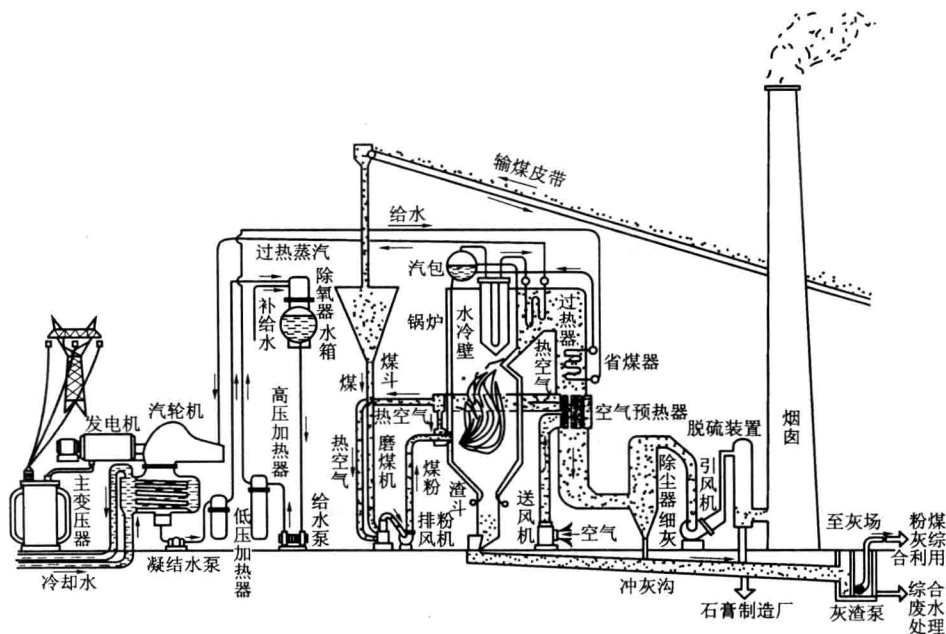


图 1.2 凝汽式火电厂生产过程示意图

②热电厂

热电厂与凝汽式火电厂的不同之处是将汽轮机中一部分做过功的蒸汽从中段抽出来直接供给热用户,或经加热器将水加热后把热水供给用户,这样便可减少被循环水带走的热量,提高效率。现代热电厂的能量转换效率达 60%~70%。

因为供热网络不能太长,所以热电厂总是建在热力用户附近。此外,为了维持较高的效率,热电厂一般采用“以热定电”的运行方式,即当热力负荷增加时,热电机组相应地多发电;当热力负荷减少时,热电机组相应地少发电。因而,其运行方式不如凝汽式发电厂灵活。

③燃气轮机发电厂

用燃气轮机或燃气-蒸汽联合循环中的燃气轮机和汽轮机驱动发电机的发电厂,称为燃气轮机发电厂。前者一般用作电力系统的调峰机组,后者则用来带中间负荷和基本负荷。这类发电厂可用液体燃料或气体燃料。

以天然气为燃料的燃气轮机可联合循环发电,具有效率高、污染物排放低、初期投资少、工期短和易于调节负荷等优点,近年来在北美、欧洲得到迅速发展。目前燃气轮机的单机容量已发展到 30 万 kW。

燃气轮机的工作原理与汽轮机相似,不同的是其工质不是蒸汽,而是高温高压气体。空气经压气机压缩增压后送入燃烧室,燃料经燃料泵打入燃烧室。燃烧产生的高温高压气体进入燃气轮机中膨胀做功,推动燃气轮机旋转,带动发电机发电。做过功的尾气经烟囱排出,或分流部分用于制热、取冷。这种单纯用燃气轮机驱动发电机的发电厂,热效率只有 35%~40%。

为提高热效率,采用燃气-蒸汽联合循环系统,燃气轮机的排气进入余热锅炉,加热其中的给水并产生高温高压蒸汽,送到汽轮机中去做功,带动发电机再次发电。联合循环系统的热效率可达 56%~85%。

(2)水力发电厂

水力发电厂简称水电厂,也称水电站,是把水的位能和动能转换成电能的工厂。水电厂的原动机为水轮机,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。

因为水的能量与其流量和落差成正比,所以利用水能发电的关键是集中大量的水和造成大的水位落差。我国是世界上水能资源最丰富的国家,蕴藏量为 6.76 亿 kW。

水电厂(站)的装机容量与水头、流量及水库容积有关。按集中落差的方式,水电厂一般分为堤坝式、引水式和混合式三种;按主厂房的位置和结构,又可分为坝后式、坝内式、河床式、地下式等几种;按运行方式,则分为有调节水电站、无调节(径流式)水电站和抽水蓄能电站。这里主要介绍堤坝式水电厂、引水式水电厂、抽水蓄能水电厂。

①堤坝式水电厂

在河流上的适当地方建筑拦河坝,形成水库,抬高上游水位,使坝的上、下游形成大的水位差,这种水电厂称为堤坝式水电厂。堤坝式水电厂适宜建在河道坡降较缓且流量较大的河段。这类水电厂按厂房与坝的相对位置又分为坝后式水电厂和河床式水电厂。

坝后式水电厂断面如图 1.3 所示。其厂房建在拦河坝非溢流坝段的后面(下游侧),不承受水的压力,压力管道通过坝体,适用于高中水头。这是我国最常见的水电厂形式。

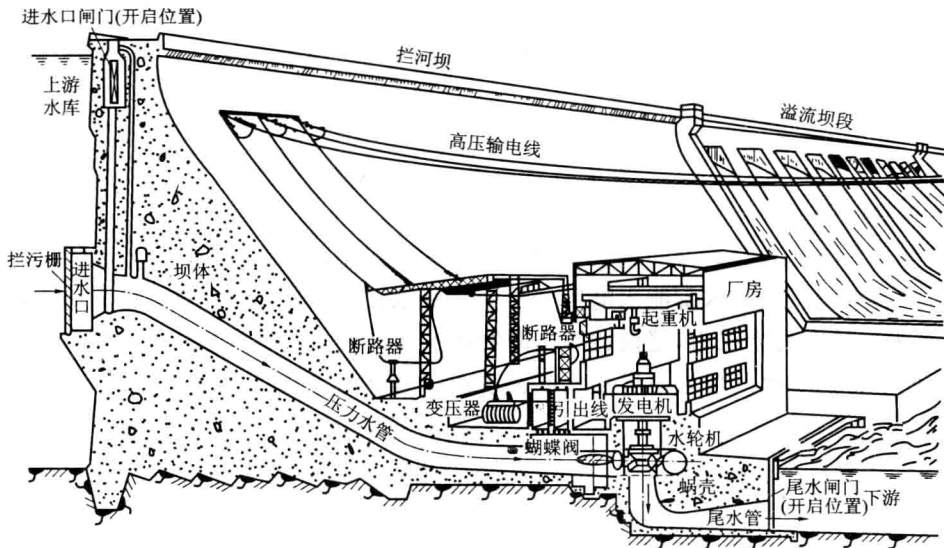


图 1.3 坝后式水电厂示意图

河床式水电厂如图 1.4 所示。其厂房与拦河坝相连接,成为坝的一部分,厂房也承受水的压力,适用于水头小于 50m 的水电厂。

②引水式水电厂

由引水系统将天然河道的落差集中进行发电的水电厂,称为引水式水电厂。引水式水电厂适宜建在河道多弯曲或河道坡降较陡的河段,用较短的引水系统可集中较大的水头;也适用于高水头水电厂,以避免建设过高的挡水建筑物。

引水式水电厂如图 1.5 所示。在河流的适当地段建低堰(挡水低坝),水经引水渠和压力水管引入厂房,从而获得较大的水位差。

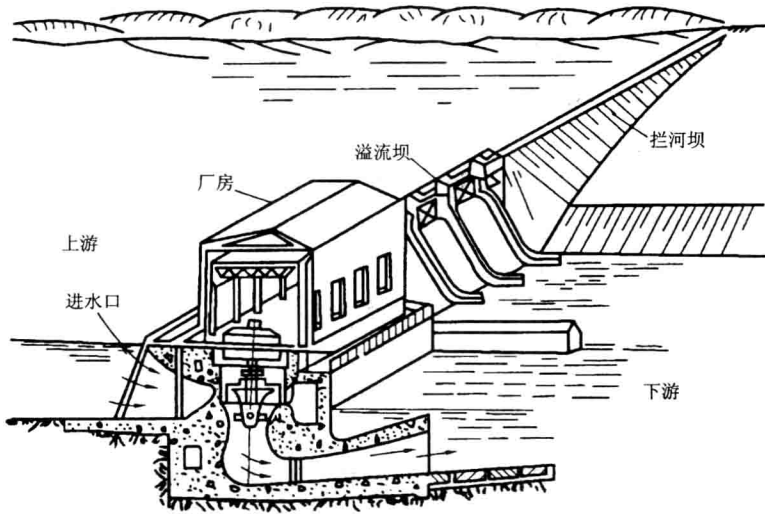


图 1.4 河床式水电厂示意图

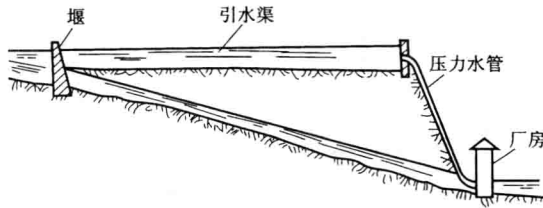


图 1.5 引水式水电厂示意图

③抽水蓄能水电厂

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厂,称为抽水蓄能水电厂。抽水蓄能水电厂如图 1.6 所示,它是电力系统的填谷调峰电源。在以火电、核电为主的电力系统中,建设适当比例的抽水蓄能水电厂可以提高系统运行的经济性和可靠性。抽水蓄能水电厂可采用堤坝式或引水式。当电力系统处于低谷负荷时,其机组以电

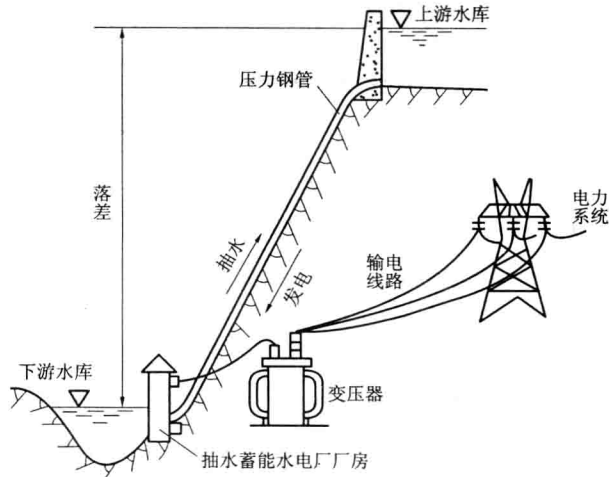


图 1.6 抽水蓄能水电厂示意图