

机电专业“十三五”规划教材

电力系统安装与调试

主编◎杨一平 穆亚辉 薛海峰

主审◎杨富营 李 娜



选题策划 章银武
责任编辑 张彦
封面设计 赵俊红

 正章文化
ZhengZhang Culture

ISBN 978-7-5661-2190-5



9 787566 121905 >

定价：45.00元

机电专业“十三五”规划教材

电力系统安装与调试

主 编 杨一平 穆亚辉 薛海峰
副主编 刘煜辉 张芝雨 毋丽丽
张 婧 兰如波
主 审 杨富营 李 娜

 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内容简介

本书在编写过程中,注重理论联系实际的原则,在总结、吸取国内外同类教材经验的基础上,更加注重理论上的系统性和工程上的实用性,采用项目式的方法编写,介绍了电气工程采用的最新设备、最新知识,并把现代供电技术的最新应用融入其中。本书在内容编排上,注重理论教学和工程实际相结合,力求做到重点突出,实践性强。

本书可作为应用型本科、职业院校机电类和电类相关专业及成人高校相应专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书,以及作为岗前培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统安装与调试 / 杨一平, 穆亚辉, 薛海峰主
编. — 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2018.12
ISBN 978-7-5661-2190-5

I. ①电… II. ①杨… ②穆… ③薛… III. ①电力系
统一安装—高等学校—教材②电力系统—调试方法—高等
学校—教材 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 295865 号

选题策划 章银武
责任编辑 张彦
封面设计 赵俊红

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 廊坊市广阳区九洲印刷厂
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 15
字 数 366 千字
版 次 2018 年 12 月第 1 版
印 次 2018 年 12 月第 1 次印刷
定 价 45.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本书在编写中,遵循理论联系实际的原则,在总结、吸取国内外同类教材经验的基础上,更加注重理论上的系统性和工程上的实用性。在内容编排上,注重理论教学和工程实际相结合,力求做到重点突出,实践性强,介绍了大量电气工程采用的最新设备、最新知识,并把现代供电技术的最新应用融入其中。通过学习,学生能够掌握电力系统的基本知识和理论,初具供配电系统的运行、管理和工程设计能力,以及分析和解决问题的能力。本书的特点如下。

(1) 本书重视基础知识和基本原理的阐述,理论知识以“必须、够用”为度,强调实际应用。

(2) 本书叙述简明扼要,深入浅出,富于启发性、实用性。

(3) 本书内容叙述结合形象的图片,通俗易懂。

(4) 本书介绍了大量的工程实例,非常贴近实际。

(5) 本书的电器元件图形和文字符号都采用最新国家标准。

本书计划讲授 72 学时,由于各学校培养方案不同,对学生的供配电知识和能力的要求也不同,各校可根据教学要求做相应增减,有些章节和内容可通过自学、参观、实习或课程设计完成。

本书由许昌职业技术学院的杨一平、穆亚辉和包头铁道职业技术学院的薛海峰担任主编,由许昌职业技术学院的刘煜辉、张芝雨、毋丽丽、张婧和广西电力职业技术学院的兰如波担任副主编。其中,杨一平编写了项目 1、项目 7 和项目 9,穆亚辉编写了项目 5、项目 14 和项目 16,薛海峰编写了项目 10,刘煜辉编写了项目 8,张芝雨编写了项目 3 和项目 4,毋丽丽编写了项目 2 和项目 15,张婧编写了项目 6、项目 12 和项目 13,许昌市建安区农机局韩阿丽工程师编写了项目 11,兰如波编写了项目 17。本书由杨一平负责统稿和编写组织工作,由许昌职业技术学院杨富营、李娜担任主审工作,国家电网杜剑波高级工程师对本书的编写工作提出了很多宝贵的意见。

本书可作为应用型本科、职业院校机电类和电类相关专业及成人高校相应专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书,以及作为岗前培训教材。

本书在编写过程中,难免有疏漏和不当之处,敬请各位专家及读者不吝赐教。

编者

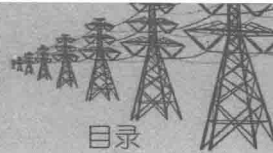
2018 年 10 月

目 录

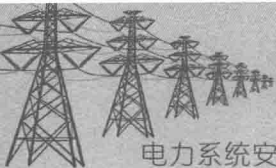
项目 1 电力系统基本知识	1
知识目标	1
技能目标	1
1.1 项目导入	1
1.2 项目分析	1
1.3 知识链接	2
1.3.1 动力系统、电力系统、电力网	2
1.3.2 发电厂及发电厂的分类	3
1.3.3 输配电线路和变电所	6
1.3.4 电力系统的参数额定值	9
1.3.5 电力系统的主要参数指标	12
1.4 项目实施	15
1.5 知识拓展	16
1.5.1 高压直流输电技术	16
1.5.2 柔性直流输电技术	16
项目小结	17
项目练习	17
项目 2 高低压电力线路	18
知识目标	18
技能目标	18
2.1 项目导入	18
2.1.1 高压电力线路的结构	18
2.1.2 高压电力线路接线	18
2.1.3 低压电力线路的结构	19
2.1.4 低压电力线路接线	19
2.2 项目分析	20
2.3 知识链接	20
2.3.1 架空电力线路	20
2.3.2 车间线路的结构和敷设	25
2.3.3 架空导线截面的选择	26
2.3.4 电缆线路的结构	31
2.3.5 电缆线路的敷设	35
2.4 项目实施	37
2.5 知识拓展	38
2.5.1 超高压输电线路	38
2.5.2 特高压输电线路	38



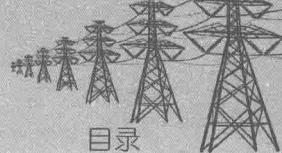
项目小结	39
项目练习	39
项目 3 10kV/380V、220V 变电所电源引入装置	40
知识目标	40
技能目标	40
3.1 项目导入	40
3.2 项目分析	41
3.3 知识链接	41
3.3.1 高压熔断器	41
3.3.2 母线、绝缘子	43
3.3.3 限流电抗器	44
3.3.4 避雷器	46
3.4 项目实施	49
3.5 知识拓展	50
3.5.1 只装有一台主变压器的小型变电所主电路图	50
3.5.2 装有两台主变压器的小型变电所主电路图	51
项目小结	52
项目练习	52
项目 4 企业变电所	53
知识目标	53
技能目标	53
4.1 项目导入	53
4.1.1 企业变电所(站)外观	53
4.1.2 企业变电所(站)内部组成	54
4.1.3 企业变电所(站)中央控制室	54
4.1.4 企业箱式变电站	54
4.2 项目分析	55
4.3 知识衔接	55
4.3.1 企业变电所的组成	55
4.3.2 变电所的布置	57
4.3.3 变电所的结构	58
4.3.4 高压开关柜	63
4.3.5 低压配电柜	69
4.4 项目实施	70
4.5 知识拓展	71
项目小结	71
项目练习	72
项目 5 进线柜	73
知识目标	73
技能目标	73



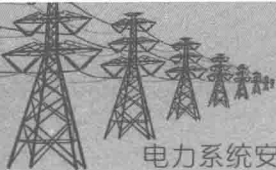
5.1 项目导入	73
5.1.1 进线柜结构	73
5.1.2 进线柜主接线	74
5.1.3 进线柜控制回路	74
5.2 项目分析	75
5.3 知识链接	76
5.3.1 高压断路器	76
5.3.2 高压负荷开关	79
5.4 项目实施	81
5.5 知识拓展	81
5.5.1 高压断路器选择原则	81
5.5.2 高压断路器的常用标准	82
项目小结	82
项目练习	83
项目 6 计量柜 (CT 柜)	84
知识目标	84
技能目标	84
6.1 项目导入	84
6.1.1 计量柜 (CT 柜) 结构	84
6.1.2 计量柜 (CT 柜) 主接线	85
6.1.3 计量柜 (CT 柜) 二次接线	85
6.2 项目分析	87
6.3 知识链接	87
6.3.1 互感器	87
6.3.2 电气测量仪表	92
6.4 项目实施	94
6.5 知识拓展	95
6.5.1 电能表分类	95
6.5.2 机械式电能表原理	96
6.5.3 电子式电能表和感应式电能表工作原理	96
项目小结	96
项目练习	97
项目 7 电压互感器柜 (PT 柜)	98
知识目标	98
技能目标	98
7.1 项目导入	98
7.1.1 电压互感器柜 (PT 柜) 结构	98
7.1.2 电压互感器柜 (PT 柜) 主接线	99
7.1.3 电压互感器柜 (PT 柜) 二次接线	99
7.2 项目分析	101
7.3 知识链接	101



7.3.1	三相五柱式电压互感器接线图	101
7.3.2	绝缘监察装置	103
7.4	项目实施	104
7.5	知识拓展	105
7.5.1	电压互感器的异常与处理	105
7.5.2	电压互感器的特殊作用——消除铁磁谐振	105
	项目小结	106
	项目练习	106
项目8	出线柜	107
	知识目标	107
	技能目标	107
8.1	项目导入	107
8.1.1	出线柜结构	107
8.1.2	出线柜主接线	108
8.1.3	出线柜二次接线	108
8.2	项目分析	111
8.3	知识链接	111
8.3.1	接地开关简介	111
8.3.2	接地开关的功能	112
8.3.3	接地开关的类型	112
8.3.4	接地开关使用注意事项	113
8.3.5	操作试验	113
8.4	项目实施	113
8.5	知识拓展	114
8.5.1	常见的真空开关柜	114
8.5.2	真空开关柜的技术要求	115
	项目小结	119
	项目练习	119
项目9	联络柜	120
	知识目标	120
	技能目标	120
9.1	项目导入	120
9.1.1	联络柜结构	120
9.1.2	联络柜主接线	121
9.1.3	联络柜二次接线	121
9.2	项目分析	123
9.3	知识链接	124
9.3.1	采用双回路电源原因	124
9.3.2	双电源供电和双回路供电的区别	124
9.4	项目实施	125
9.5	知识拓展	125



9.5.1	备用电源的供电方案	125
9.5.2	备用电源选择	126
9.5.3	应急电源分析	128
9.5.4	配电方案	128
项目小结		129
项目练习		129
项目 10	隔离柜	130
知识目标		130
技能目标		130
10.1	项目导入	130
10.1.1	隔离柜结构	130
10.1.2	隔离柜主接线	131
10.1.3	隔离柜二次接线	131
10.2	项目分析	132
10.3	知识链接	132
10.3.1	高压隔离开关	132
10.3.2	常见的高压隔离开关	133
10.4	项目实施	134
10.5	知识拓展	134
10.5.1	高压隔离开关的工作机理	134
10.5.2	高压隔离开关的特点	135
项目小结		135
项目练习		135
项目 11	低压馈线柜	136
知识目标		136
技能目标		136
11.1	项目导入	136
11.1.1	低压馈线柜结构	136
11.1.2	低压馈线柜主接线图	137
11.1.3	低压馈线柜控制原理图	138
11.2	项目分析	138
11.3	知识链接	138
11.2.1	低压熔断器	138
11.2.2	低压刀开关	140
11.2.3	低压断路器	141
11.4	项目实施	142
11.5	知识拓展	143
11.5.1	低压配电柜操作的基本规定	143
11.5.2	低压配电柜的检查	143
11.5.3	低压配电柜的送电	143
11.5.4	低压配电柜的停电过程	144



11.5.5	低压配电柜操作的巡检	144
11.5.6	检修	144
项目小结		144
项目练习		144
项目 12 补偿柜		145
知识目标		145
技能目标		145
12.1 项目导入		145
12.1.1	补偿柜结构	145
12.1.2	补偿柜接线	146
12.2 项目分析		147
12.3 知识链接		147
12.3.1	功率因数和无功功率补偿	147
12.3.2	并联电容器补偿	150
12.4 项目实施		154
12.5 知识拓展		155
12.5.1	电力电容器使用注意事项	155
12.5.2	电力电容器操作规程	156
项目小结		156
项目练习		156
项目 13 低压负荷柜		157
知识目标		157
技能目标		157
13.1 项目导入		157
13.1.1	低压负荷柜结构	157
13.1.2	低压负荷柜接线	157
13.2 项目分析		158
13.3 知识链接		158
13.3.1	低压配电柜的基本结构	159
13.3.2	低压配电柜的保养的内容及步骤	159
13.3.3	变电柜的检修	159
13.3.4	变电柜检修的注意事项	160
13.3.5	变电柜的检验过程	160
13.3.6	变电柜的布线	160
13.3.7	常见的低压开关柜	160
13.4 项目实施		162
13.5 知识拓展		162
13.5.1	电气间隙	162
13.5.2	爬电距离	163
项目小结		163
项目练习		163



项目 14 防雷和接地	164
知识目标	164
技能目标	164
14.1 项目导入	164
14.1.1 防雷和接地结构	164
14.1.2 防雷和接地接线	165
14.2 项目分析	165
14.3 知识链接	165
14.3.1 电气安全、防雷和接地	165
14.3.2 过电压和防雷	166
14.3.3 防雷设备	168
14.3.4 防雷保护	169
14.3.5 电气装置的接地	174
14.3.6 接地装置	180
14.4 项目实施	182
14.5 知识拓展	183
14.5.1 接地线的注意事项	183
14.5.2 接地电阻	184
项目小结	186
项目练习	186
项目 15 变电所倒闸操作	187
知识目标	187
技能目标	187
15.1 项目导入	187
15.1.1 变电所倒闸操作的室外操作方法	187
15.1.2 变电所倒闸操作的室内操作方法	188
15.1.3 变电所倒闸操作的仿真	188
15.2 项目分析	188
15.3 知识链接	189
15.3.1 供电系统的倒闸操作。	189
15.3.2 变配电所的送电操作	194
15.3.3 变配电所的停电操作	195
15.4 项目实施	196
15.5 知识拓展	197
15.5.1 倒闸操作必须具备的六个必要条件	197
15.5.2 保障安全措施的实施流程	198
项目小结	198
项目练习	199
项目 16 电力变压器	200
知识目标	200



技能目标	200
16.1 项目导入	200
16.1.1 电力变压器结构	200
16.1.2 电力变压器接线	201
16.2 项目分析	201
16.3 知识链接	201
16.3.1 变压器概述	201
16.3.2 变压器工作原理	202
16.3.3 变压器型号含义	203
16.3.4 变压器常用类型	204
16.3.5 电力变压器的结构	205
16.4 项目实施	208
16.5 知识拓展	209
16.5.1 控制变压器使用时的注意事项	209
16.5.2 控制变压器的结构特征	209
16.5.3 控制变压器的安全要求	210
项目小结	210
项目练习	210
项目 17 继电保护智能柜	211
知识目标	211
技能目标	211
17.1 项目导入	211
17.1.1 继电保护柜	211
17.1.2 继电保护原理图	212
17.2 项目分析	212
17.3 知识链接	213
17.3.1 继电保护基础	213
17.3.2 常用的保护继电器	214
17.3.3 电流保护的接线方式	223
17.3.4 电网相间短路的电流电压保护	223
17.4 项目实施	224
17.5 知识拓展	225
17.5.1 新型智能变电站继电保护	225
17.4.2 微机保护	226
项目小结	227
项目练习	227
参考文献	228

项目 1 电力系统基本知识

知识目标

- 了解电力系统的基本结构；
- 掌握电力系统中的发电厂、电力线路、供电所、变电所、配电所的电压变化关系；
- 熟悉电力系统的组成、功能。

技能目标

- 对实际电力系统形成感性认识；
- 识读电力系统图。

1.1 项目导入

一个完整的电力系统如图 1-1 所示，主要组成部分是变电站和电力线路，变电站又分为升压变电站和降压变电站，电力线路又分为输电线路和配电线路，本项目以图片的形式说明了电力系统的设备之间的电压变换关系。

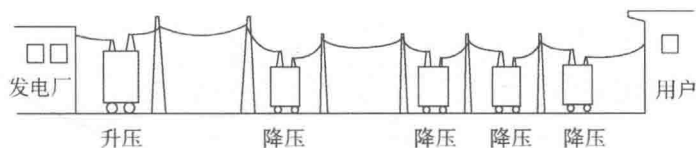


图 1-1 电力系统的结构与组成

1.2 项目分析

图 1-2 直观地说明了电力系统的电压变化关系是先升压、后降压的过程，通过电压变化，把电能输送给用户。

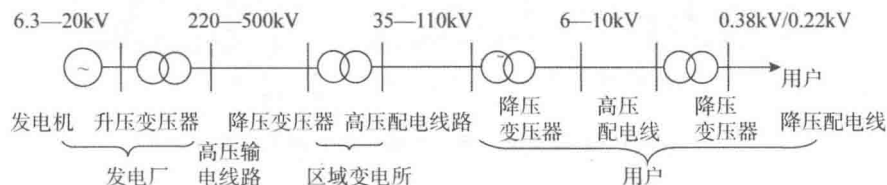


图 1-2 电力系统的电压变化关系



与本项目相关的知识分别有发电过程、变电过程、输电过程、配电过程及电压变化情况。

1.3 知识链接

为了充分利用动力资源，降低发电成本，发电厂往往远离城市和电能用户，因此，这就需要输送和分配电能，将发电厂发出的电能经过升压、输送、降压和分配，最终送到用户，即构成了一个完整的电力系统。

1.3.1 动力系统、电力系统、电力网

电能的生产、输送、分配和使用的全过程，实际上是同时进行、在同一时间完成的，但不能大量储存，因此各环节必须连成一个整体，即发电厂任何时刻生产的电能等于该时刻用电设备消耗的电能与输送、分配中损耗的电能之和。

动力系统是指电力系统加上发电厂的“动力部分”。所谓“动力部分”，包括水力发电厂的水库、水轮机，火力发电厂的锅炉、汽轮机、热力网和用电设备，以及核电厂的反应堆，等等，它是将电能、热能的生产与消费联系起来的纽带。

电力系统是由发电厂的发电部分、变电所、电力线路和电能用户组成的一个整体，它的功能是完成电能的生产、输送和分配。电力系统的发电厂并列运行，共同向电力系统提供电能。

电力网是电力系统的一个组成部分，而电力系统又是动力系统的一个组成部分，这三者的关系，如图 1-3 所示。

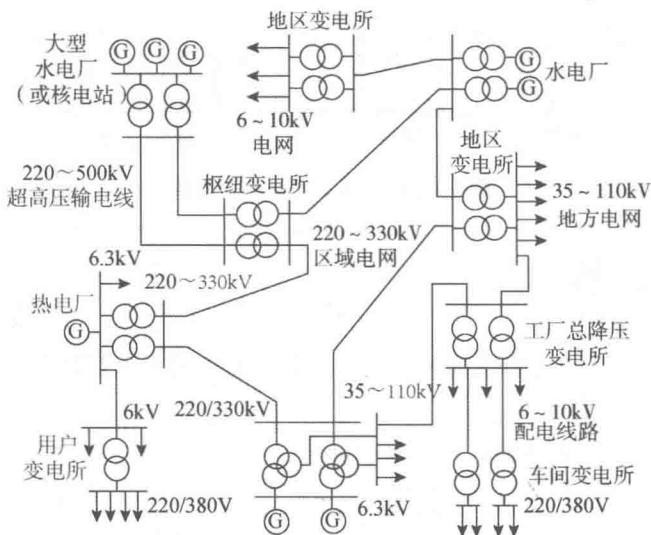


图 1-3 动力系统、电力系统、电力网关系图

1.3.2 发电厂及发电厂的分类

发电厂又称发电站，是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能（二次能源）的企业。

发电厂根据所利用的一次能源的不同，可分为火力发电厂、水力发电厂和核能发电厂，此外，还有风力发电厂、地热发电厂、潮汐发电厂和太阳能发电厂等类型。

1. 火力发电厂

火力发电厂简称火电厂，它利用燃料的化学能来生产电能。我国的火电厂以燃煤为主。为了提高燃煤效率，都将煤块粉碎成煤粉燃烧。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，推动汽轮机叶片旋转，带动发电机旋转发电，煤产生的废气从烟囱排出，火力发电厂的发电设备如图 1-4 所示。

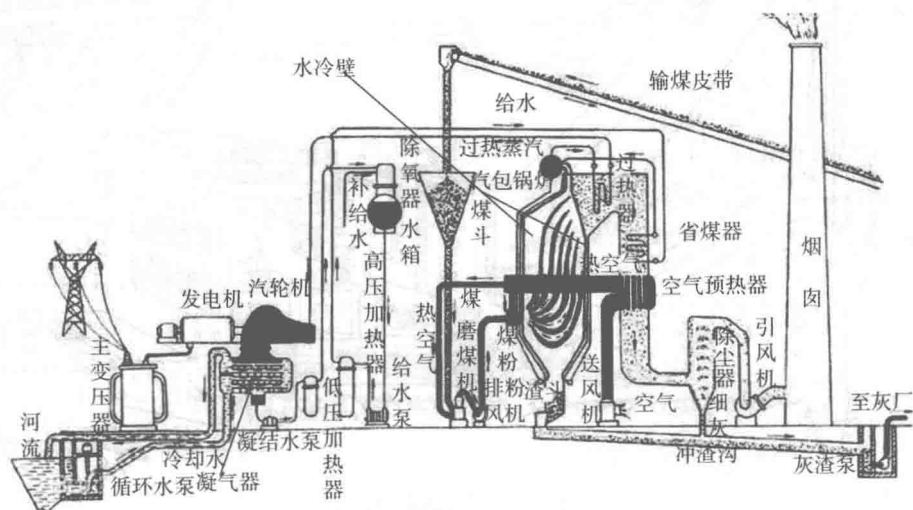
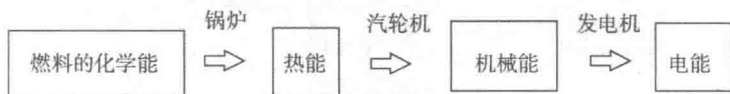


图 1-4 火力发电的过程

火力发电能量转换过程如下：



火力发电能量转换过程，如图 1-5 所示。



图 1-5 火力发电能量转换过程

现代火电厂一般都根据环保要求，考虑了“三废”（废水、废汽、废渣）的综合利



用；有的不仅发电，而且供热。兼供热能的火电厂，称为热电厂。

2. 水力发电厂

水力发电厂简称水电厂或水电站，是把水的位能和动能转换成电能的企业，它利用水流的位能来生产电能。基本生产过程：从河流较高处或水库内引水，利用水的压力或流速带动水轮机旋转，将水能转变成机械能，然后由水轮机带动发电机旋转，将机械能转变为电能，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，其发电方式常见的有坝后式发电和河床式发电两种，如图 1-6 和图 1-7 所示。

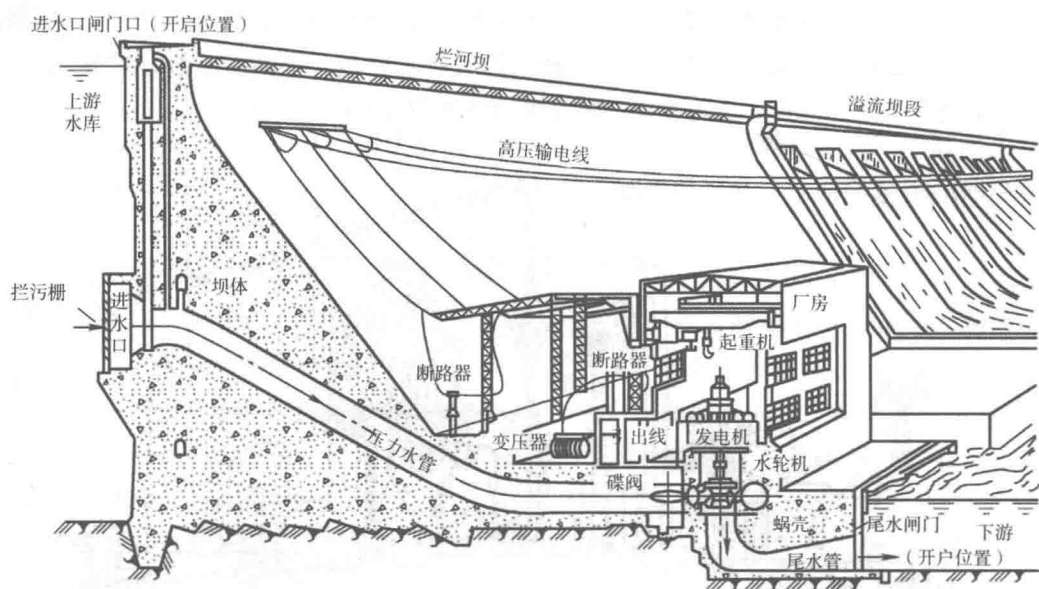


图 1-6 坝后式水电厂

河床式水电厂如图 1-7 所示。

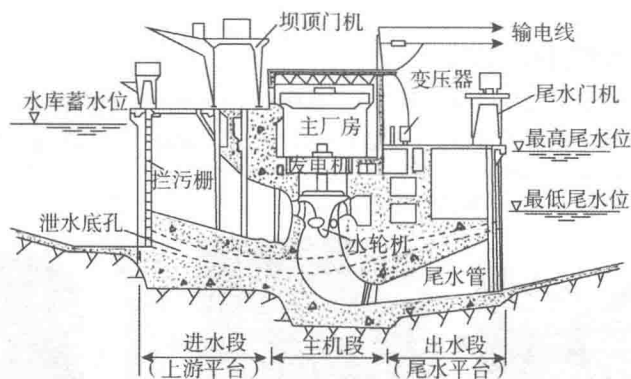


图 1-7 河床式水电站厂

3. 核能发电厂

核能（原子能）发电厂通称核电站，它主要是利用原子核的裂变能来生产电能。其能量转换过程如下：