

函授大学教材



水电站

河海大学 史海珊 主编



74

54

PDG

ISBN 7-120-01775-6/TV · 635

定价：~~19.80~~元

函授大学教材

水电站

河海大学 史海珊 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书为高等学校农田水利工程专业函授教材。全书除总论外,共分三篇十四章。第一篇为水轮机,阐述水轮机的类型、构造、工作原理、特性曲线、选型及其调速设备。第二篇为水电站引水建筑物,阐述水电站各种进水及引水建筑物,重点讲述了压力前池、露天钢管及水击,还介绍了调压室及调压阀。第三篇为水电站厂房,重点阐述水电站厂房的布置设计及结构设计原理。本书的最后一章扼要介绍了水电站运行管理。书中还附有计算实例及各种图表。

本书也可供其他水利水电类专业师生和从事小水电规划设计的工程技术人员参考。

函授大学教材

水 电 站

河海大学 史海珊 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

(农业出版社印刷厂印刷)

*

787×1092毫米 16开本 19.25印张 438千字

1993年6月第一版 1993年6月北京第一次印刷

印数0001—3100册

ISBN 7-120-01775-6/TV·635

定价19.8元

前 言

本书根据1987年原水利电力部关于高等学校函授教材编审出版规划及农田水利工程专业“水电站”函授教学大纲要求组织编写。该书着力体现农田水利工程专业的性质、小型水电站规划设计的要求、函授教学的特点以及总学时为120学时的安排原则。

全书由河海大学与华北水利水电学院共同编写。华北水利水电学院王成西副教授编写第十二章、第十三章及第十四章；河海大学黄炳照副教授编写第四章、第六章、第七章、第八章及第十章；华北水利水电学院郭雪菲讲师编写第九章；河海大学史海珊副教授担任本书的主编，并编写总论、第一章、第二章、第三章、第五章及第十一章。

全书由河海大学陈崇仁副教授主审。本书在编写过程中得到了河海大学函授部和华北水利水电学院函授部的全力支持和关心，有关院校及生产单位给予了大力协助，在此一并表示衷心感谢。

由于我们水平有限，对编写函授教材缺乏经验，书中会存在不少缺点、错误和问题，恳切希望使用本书的师生和读者给予批评指正。

编 者

1992年7月

目 录

前言

总论

第一节	我国的水电事业	1
第二节	水力发电基本原理	2
第三节	水电站开发的基本方式	4
第四节	本课程的内容、特点和要求	6

第一篇 水 轮 机

第一章	水轮机基本类型及构造	7
第一节	水轮机基本类型和型号	7
第二节	反击式水轮机的引水室	14
第三节	反击式水轮机导水机构	23
第四节	反击式水轮机的转动部件	25
第五节	水轮机的尾水管	29
第六节	冲击式水轮机的构造	33
第二章	水轮机工作原理及相似理论	36
第一节	水轮机工作原理	36
第二节	水轮机的基本方程	38
第三节	水轮机的效率及其最优工况	40
第四节	水轮机相似理论及单位参数	43
第五节	水轮机效率、单位转速和单位流量的修正	48
第三章	水轮机特性曲线	51
第一节	水轮机模型试验	51
第二节	水轮机特性曲线分类	54
第三节	主要综合特性曲线的绘制	60
第四节	水轮机运转综合特性曲线的绘制	61
第五节	水轮机的气蚀现象、吸出高度及安装高程的确定	70
第四章	水轮机选型设计	74
第一节	水轮机选型设计的原则、资料和内容	74
第二节	水轮机机组台数确定及型号选择	75
第三节	用系列应用范围图选择水轮机的主要参数	78
第四节	用模型综合特性曲线选择水轮机的主要参数	80
第五节	水斗式水轮机的主要参数确定	84
第六节	水轮机选型设计方案的综合分析	86

第五章	水轮机的调速设备	89
第一节	水轮机调节的任务	89
第二节	调速设备及其分类	90
第三节	自动调速器的工作原理	91
第四节	调速器及油压装置的系列型谱	95
第五节	调速器选择	97

第二篇 水电站引水建筑物

第六章	水电站布置型式及其组成建筑物	99
第一节	坝式水电站水利枢纽	99
第二节	引水式水电站水利枢纽	101
第三节	水电站的组成建筑物	102
第七章	水电站无压引水建筑物	104
第一节	无压进水口	105
第二节	引水渠道	108
第三节	压力前池	113
第四节	日调节池	122
第五节	无压引水隧洞	123
第八章	水电站有压引水建筑物	126
第一节	深式进水口	127
第二节	有压引水隧洞	131
第九章	水电站压力水管	134
第一节	压力水管的功用和类型	135
第二节	压力水管的线路选择及布置方式	137
第三节	压力水管的敷设方式	138
第四节	压力水管尺寸的拟定	140
第五节	作用在露天钢管上的力	141
第六节	露天钢管的镇墩及支墩	145
第七节	压力钢管的阀门及附件	150
第八节	露天钢管应力计算和稳定分析	153
第九节	算例	165
第十章	水电站调节保证计算	176
第一节	概述	176
第二节	水击及其传播速度	177
第三节	水击基本方程和边界条件	180
第四节	简单管水击简化计算	184
第五节	复杂管水击近似公式	191
第六节	水击图解法	193
第七节	机组转速变化的计算	198

第八节 调节保证计算标准及改善调节保证的措施	200
第十一章 调压室及调压阀	205
第一节 调压室的功能	206
第二节 调压室的工作原理	207
第三节 调压室的基本类型及基本方程	209
第四节 圆筒式及阻抗式调压室水力计算的解析法	211
第五节 圆筒式调压室水力计算的图解法	214
第六节 调压室水位波动的稳定问题	215
第七节 调压阀	216

第三篇 水电站厂房

第十二章 水电站厂房布置设计	220
第一节 水电站厂房的功能及其构造	221
第二节 水轮发电机及其布置	231
第三节 水电站厂房内的辅助设备	235
第四节 立式机组主厂房布置	242
第五节 立式机组主厂房轮廓尺寸的确定	244
第六节 卧式机组厂房布置	248
第七节 副厂房	256
第八节 厂区布置	257
第十三章 水电站厂房结构设计	261
第一节 水电站厂房的结构特点	261
第二节 厂房整体稳定及地基应力	265
第三节 发电机机墩结构设计	268
第四节 蜗壳结构设计	276
第五节 尾水管结构设计	280
第六节 厂房上部结构设计	285
第七节 卧式机组厂房的结构设计	291
第十四章 水电站运行管理	292
第一节 水电站的试运行	292
第二节 水电站的正常运行	293
第三节 发电机的运行调整	295
第四节 水电站的事故分析和处理	295
第五节 水电站各种参数测试	296
第六节 水电站的经济运行	297
参考文献	302

总 论

[学 习 指 导]

总论部分学习要求和内容有如下几点:

①要求了解我国水能资源蕴藏情况、水力发电建设概况以及水电建设中主要存在的科学技术问题; ②在学习本课程前要求掌握水力发电的基本知识, 如水能利用原理、水电站的出力、发电量和装机容量等; ③关于水电站开发的基本方式部分要分清坝式水电站、引水式水电站以及混合式水电站的基本概念, 以便为学习水电站引水建筑物及厂房布置设计打下基础; ④大致了解本课程的内容、特点和如何学好本课程的要求。

第一节 我国的水电事业

水电工程建设是一项改造自然的宏伟工程, 也是国民经济获得能源动力的重要途径。为保证我国到本世纪末实现工农业总产值翻两番的战略目标, 大力开发水能资源, 积极加强农村电源及电气化建设具有重要意义。

我国幅员辽阔, 江河纵横, 水能资源的开发前景广阔。据查, 除台湾外, 全国水能总蕴藏量6.76亿kW (其中小水电1.5亿kW), 折合年发电量5.93万亿kW·h; 技术可开发的总装机容量为3.8亿kW (其中小水电7000万kW), 年发电量1.92万亿kW·h。

我国水能资源虽然丰富, 但在建国前, 水电建设几乎是空白, 至1949年, 全国水电装机容量仅为16.3万kW, 年发电量7.1亿kW·h。建国40年来, 在党的领导下, 充分发挥了社会主义制度的优越性, 我国的水电建设取得了辉煌的成就。我们依靠自己的力量, 设计和建造了一大批具有世界先进技术水平的大中型水电站。装机容量66.25万kW的新安江水电站于50年代末期, 仅用三年时间就建成了; 在长江中游修建的举世闻名的葛洲坝水电站, 装机容量达271.5万kW, 是目前国内最大的水电站; 贵州乌江渡水电站的建成, 为在岩溶发育地区修建大型水电站开创了先例; 在海拔2600m以上, 地质条件又极为复杂的青海高原, 建造了坝高178m, 总库容为247亿m³的龙羊峡大坝; 在湖南来水建造了高达157m拱坝的东江水电站; 装机容量为330万kW, 坝高240m的四川二滩水电站, 目前正在施工, 它将成为我国坝最高, 容量最大的水电站。截止1990年年底, 全国水电装机已达3550万kW, 年发电量已达1184亿kW·h, 分别占全国总发电量的28.6%与20%。

在大力进行大中型水电站建设的同时, 积极加速了小水电的开发, 尤其是近十年来, 小水电建设事业遍地开花, 推动了农村电气化建设事业的蓬勃发展。截止1989年年底, 全国已建成小水电装机容量达1235.6万kW, 年发电量352.5亿kW·h, 100个以小水电供电为主的“初级农村电气化试点县”, 已全部达到标准, 全国乡、村、户的通电率分别达到

92%、78%及75%，已有6亿多农民不同程度地用上了电。

为了实现我国经济建设战略目标，电力建设必须先行。水电不仅是再生能源，而且结合水力发电可以综合利用，成本低、效率高、运行灵活、对环境不污染。初步规划到2000年我国水电装机将达到8000万kW，年发电量增至2400亿kW·h，其中小水电分别为2100万kW和690亿kW·h。

为了加快我国水电建设，需要解决以下一系列主要科学技术问题。①首先要进一步摸清水能资源，提高水能利用率和解决污染问题；②提高工程的勘测设计和施工进度，降低原材料消耗提高劳动生产率；③提高试验研究、勘测设计、施工和管理等各个环节的机械化和自动化水平；④高水头、大流量、复杂地基及高地震烈度条件下的筑坝技术问题；⑤大型高效率水力发电机组的制造、安装及运行中的有关技术问题以及基本理论研究和原型观测工作的加强和提高问题等。此外，在小水电建设方面，还要认真作好中小河流的梯级开发的统一规划、综合利用及综合治理；加速修建有调节能力的骨干电站；积极创造条件建设中小型抽水蓄能电站；提高机组设备效率和自动化水平以及提高供电的可靠性等。

第二节 水力发电基本原理

一、水能利用原理

现代化社会最显著的特点之一，是人们在从事一切生产活动中和日常生活中，广泛地使用电能。电能的生产一般都是由各种原动机带动交流发电机发送出来。根据能量守恒原理，要原动机连续不断地带动发电机发电，必须有其它形式的能量作为“原料”连续不断地输送到原动机中去。随着“原料”的不同，发电的方式也就不同。若人们在天然的河流上，修建不同的水工建筑物，集中水头，通过一定的流量，便取得了水能。用这种方式作为“原料”，将其输送到水轮机中，让它旋转做功，带动发电机，这种发电方式，就称其为水力发电。这是现代电力生产的重要方式之一。

如图0-1所示，高处水池1中的水体，具有较高的势能，当水池中的水由压力水管2流

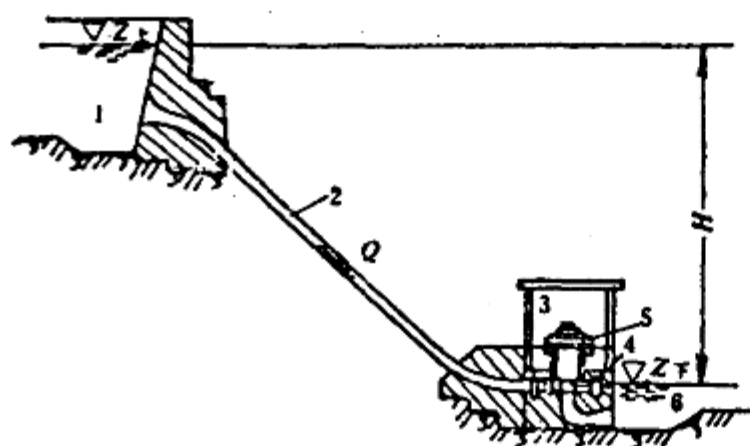
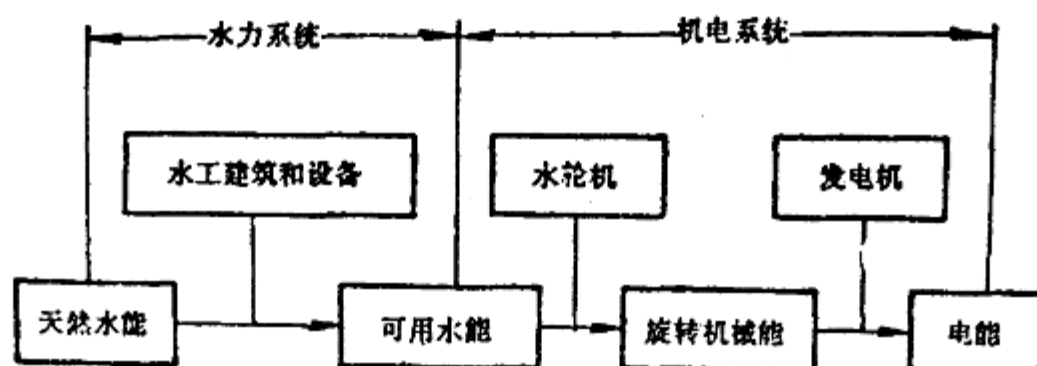


图 0-1 水电站示意图

1—水池；2—压力水管；3—水电站厂房；4—水轮机；5—发电机；6—尾水渠道

过安装在水电站厂房3内的水轮机4而排至水电站下游的尾水渠6时，水流带动水轮机的转轮旋转，使水能转换为旋转的机械能，水轮机转轮又带动发电机转子5旋转，在发电机的定子绕组上产生感应电势，当和外电路接通后，便产生了电流，发电机就向外供电了。这就是水能转换为机械能然后再转换为电能的全过程，即水力发电（水能利用）的全过程。在水力发电的全过程中，为了实现电能的连续生产而修建的一系列水工建筑物，所安装的水轮发电机组及其附属设备和变电站的总体，称为水电站。

将以上水能转换原理用框图综合表达如下:



二、水电站出力、发电量和装机容量

1. 水电站的出力

通常把水流在单位时间内作功的能力, 叫做水流出力。水电站所利用的水流出力, 简称为水电站出力, 其大小与所取得的水头 (H) 和流量 (Q) 之间的关系为:

$$N = 9.81 \eta Q H (\text{kW}) \quad (0-1)$$

式中 N ——水电站出力, kW;

H ——水头, m;

Q ——流量, m^3/s ;

η ——水电站效率, %。

水电站效率 η 是考虑到引水系统、水轮机、发电机和传动设备都存在能量损失而采用的系数。该值一般随水头和流量的变化而改变, 常以设计工作状态下的数值为计算值。若设

$$K = 9.81 \eta$$

则由 (0-1) 式得:

$$N = K H Q (\text{kW}) \quad (0-2)$$

式中 K ——水电站出力系数。

在规划水电站时, 对于大中型水电站一般采用 $K = 7.5 \sim 8.5$, 对于小型水电站取 $K = 6.0 \sim 7.5$ 。

2. 水电站发电量

水电站的发电量是指在某一段时间 (T) 内, 水电站所发出的电能总量, 单位是 $\text{kW} \cdot \text{h}$, 其计算方法, 对于较短的时段如日、月等, 发电量 E 可由该时段内电站的平均出力 $\bar{N}$ 和该时段的小时数 T 相乘得出。

$$E = \bar{N} T (\text{kW} \cdot \text{h}) \quad (0-3)$$

式中 E —— T 时段内发电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$;

T ——计算时段内小时数; h;

$\bar{N}$ —— T 时段内平均出力, kW。

对于较长时段，如季、年等，由式(0-3)先计算该季或年内各日(或月)的发电量，然后再总加得出。

3. 水电站装机容量

水电站的出力和发电量是有一定内在联系的两个不同含义的概念，也是水电站的两个重要的动能指标。水电站装机容量是指电站所有机组额定容量的总和，这是表示水电站规模大小和生产能力的重要指标。所谓机组额定容量是指发电机的铭牌出力，即水电站机组的单机容量。水电站装机容量决定了它在正常工作情况下的最大出力，是表示水电站发电能力的又一个重要的动能指标。

第三节 水电站开发的基本方式

由式(0-1)~(0-3)知，水电站的发电量大小与水头和流量成正比。因此，要充分利用河流的水能资源，首先要在水电站的上、下游集中一定的落差，构成发电水头。所以，按照集中落差的方式，水电站的开发可以分为坝式、引水式和混合式三种基本方式。

一、坝式水电站

在河道上修建坝(或闸)拦蓄河水，使上游水位抬高，形成水库。这样，坝上游水库水面与坝下游河流的水面之间形成了水头，在坝址处，用输水管或隧洞，引取上游水库中的水通过设在水电站厂房内的水轮机，发电后将尾水引至坝下游原河道。这种用坝(或闸)来集中水头的水电站称为坝式水电站。按照坝和水电站厂房相对位置的不同，坝式水电站

又可分为河床式和坝后式两种。

1. 河床式水电站

河床式水电站，一般修建在平原河段上，为避免造成大量淹没而修建低坝，适当抬高水位，由于水头不高，所安装的水轮发电机组的厂房和坝并排建造在河道中，厂房本身承受上游的水压力而成为挡水建筑物的一部分。如图0-2所示。因所引用的流量较大，河床式水电站又称为低水头大流量水电站。对于大中型水电站水头

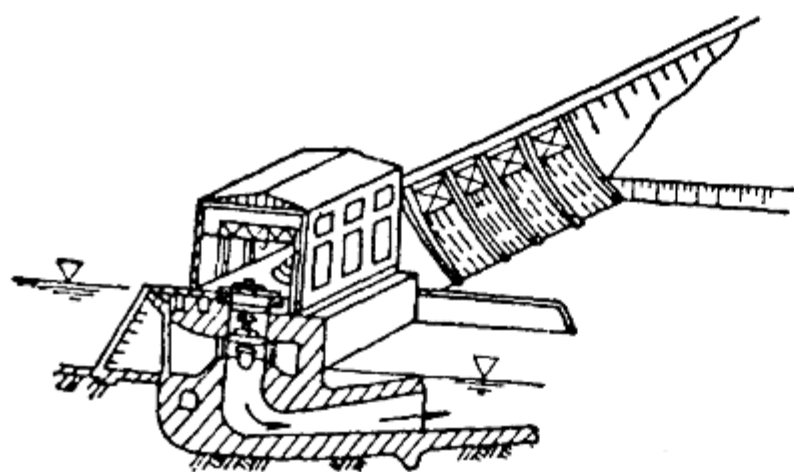


图 0-2 河床式水电站布置示意图

范围一般在25m以下。对于小型水电站的水头，一般在8~10m左右。

2. 坝后式水电站

水头较高的坝式水电站，因厂房本身不挡水，常布置在坝的后面，厂房建筑与坝分开，故称为坝后式水电站。其特点，水头较高，厂房本身不承受上游水压力。如图0-3所示。

二、引水式水电站

在河道坡降较陡的河段上游，修筑低坝(或无坝)取水，通过人工建造的引水道(如明渠、隧洞或管道等)，引水至河段下游集中落差，再由高压管道引水至厂房进行发电，

这种用引水道集中水头的电站称为引水式水电站。

引水道可以是无压的（如明渠、无压隧洞等）。如图0-4所示，这可称为无压引水式水电站。

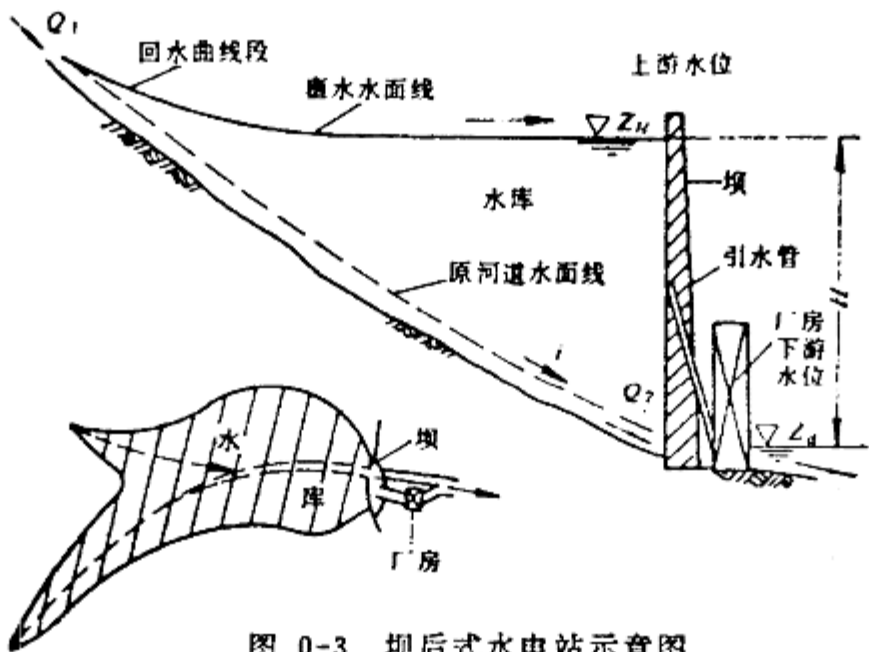


图 0-3 坝后式水电站示意图

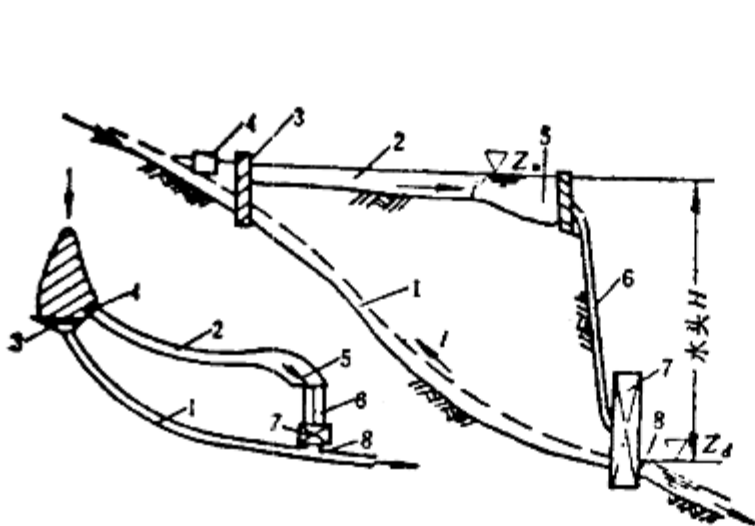


图 0-4 无压引水式水电站

1—原河道；2—明渠；3—取水坝；4—进水口；5—前池；
6—高压管道；7—水电站厂房；8—尾水渠

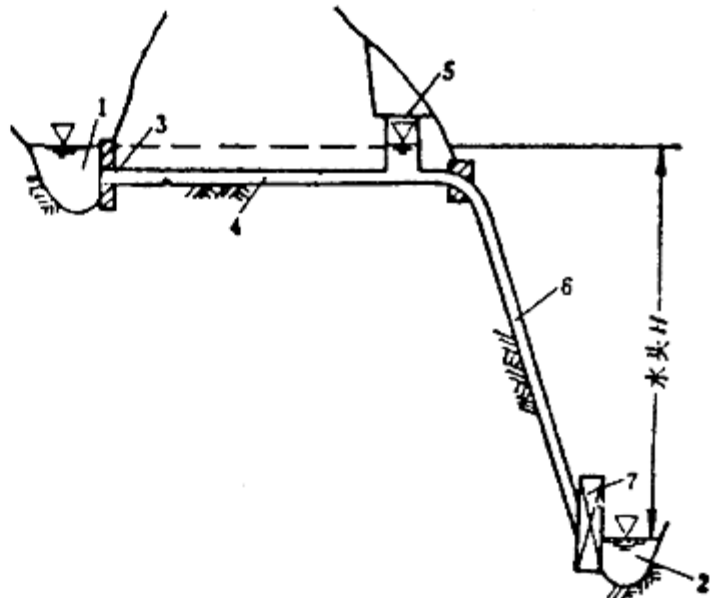


图 0-5 有压引水式水电站

1—高河(或河湾上游)；2—低河(或河湾下游)；3—
进水口；4—有压隧洞；5—调压井；6—高压管道；
7—水电站厂房

引水道也可以是有压的（如有压隧洞、压力管道等），如图0-5所示，称为有压引水式水电站。

三、混合式水电站

在一个河段上，同时采用坝和有压引水道共同集中落差的开发方式所建立的水电站，称为混合式水电站。在这种开发方式下，先由坝集中一部分落差后，再通过有压引水道（如有压隧洞或有压管道）集中坝后河段上另一部分落差，形成了电站的总水头。如图0-6所示，由坝1集中水头 H_1 ，然后由隧洞3集中水头 H_2 ，形成总发电水头 $H=H_1+H_2$ ，压力水流由高压管道6引至地下厂房7，进行发电。

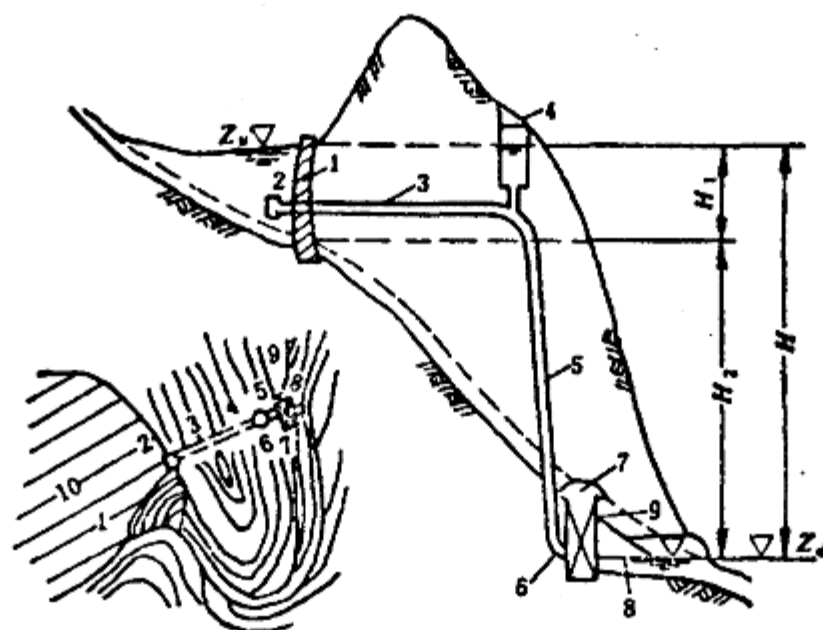


图 0-8 混合式水电站

1—坝；2—进水口；3—隧洞；4—调压井；5—斜井；6—高压管道；7—地下厂房；8—尾水洞；9—交通洞；10—蓄水库

第四节 本课程的内容、特点和要求

本教材是在总结经验的基础上，结合地方中小型水电站规划设计的要求，并考虑到函授教学的特点编写的。全书除总论外，分为三篇，第一篇水轮机、第二篇水电站引水建筑物，第三篇水电站厂房。为适应水电建设事业发展要求，在本书最后还编进了水电站的运行管理。

《水电站》是一门综合性较强的专业课。其任务是使学生获得有关水电站的基本理论、基本知识和基本技能，训练和培养学生综合的思维方法及分析问题和解决问题的能力，为今后从事水电站工程的规划设计、施工、管理和科学研究工作打下基础。

根据本课程的内容和特点，在学习过程中必须做到理论与实践相结合；学习与创造相结合；定性分析与定量分析相结合。以掌握本课程的内容与精神实质。

思考复习题

1. 我国水能资源的蕴藏概况？
2. 我国水电建设事业的成就、发展前景、以及在科学技术上需解决哪些主要问题？
3. 试阐述水能利用原理？
4. 什么是水电站的出力、发电量及装机容量？
5. 按照集中落差的方式的不同，水电站的开发可分为几种基本方式？什么是坝式水电站、引水式水电站和混合式水电站？
6. 本课程的内容、特点和学习要求？

第一篇 水 轮 机

第一章 水轮机基本类型及构造

[学 习 指 导]

本章着重阐述水轮机的种类及其结构型式。

在学习第一节时，主要搞清楚水轮机是根据什么特征分类的，水轮机的型号是如何标称的。水轮机按水流能量转换的特征，可分为反击式和冲击式两大类。反击式水轮机利用水流在轮叶正反面所产生的压力差而使转轮旋转做功。它按水流流入流出转轮的方向分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式。冲击式水轮机利用喷嘴射出的自由射流冲击转轮，使转轮旋转而做功。它按转轮的结构、喷嘴的装置位置和水流冲击转轮的次数分为水斗式、斜击式和双击式。

第二节至第五节，分别介绍反击式水轮机的构造。这是本章学习的重点内容。

在学习第二节反击式水轮机引水室这一部分时，要掌握引水室的类型、各种类型引水室的结构型式及适用范围。搞清楚金属蜗壳和混凝土蜗壳尺寸拟定的方法。

第三节为反击式水轮机导水机构。要了解导水机构的作用、装置型式、导水机构的组成部件及其工作原理等。

第四节反击式水轮机的转动部件。水轮机的转动部件主要有转轮、主轴、联轴器和飞轮。而转轮是水轮机的核心部件，它担负着将水能转变为机械能的任务，转轮的性能对水轮机起着决定性作用，是水轮机划分类型的基本依据。学习中要掌握各种类型转轮的结构型式及其特点；水轮机主轴的作用和轴承的类别及受力特征；飞轮和联轴器的作用等。

第五节反击式水轮机的尾水管。通过学习要具体弄明白尾水管的作用、尾水管的能量平衡方程、尾水管的种类以及尾水管轮廓尺寸的拟定方法。

第六节扼要介绍冲击式水轮机的构造。应基本掌握冲击式水轮机由喷嘴、针阀、转轮、机壳及折向器等部件所组成和各部件的作用与工作方式。

第一节 水轮机基本类型和型号

一、水轮机的基本类型

水轮机是将水能转换为旋转的机械能的机器。利用它带动发电机，使转轮的旋转机械能转变为电能。

水轮机的种类很多，按水流能量转换特征，可将水轮机分为反击式和冲击式两大类。

反击式水轮机的特征是将水流的位能、压能和动能转换为旋转的机械能。它利用水流在轮叶正反面所产生的压力差而使转轮旋转做功。如图1-1及图1-3所示。此式水轮机在工作时，转轮室内充满水流。

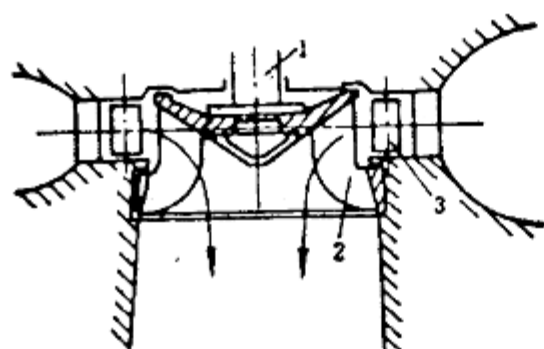


图 1-1 混流式水轮机
1—主轴；2—转轮；3—导水叶

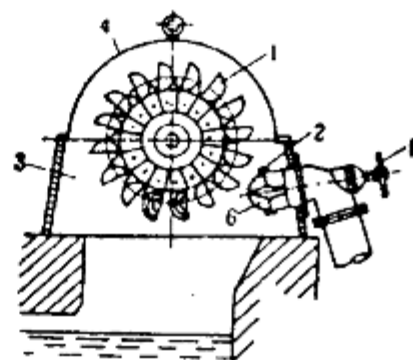
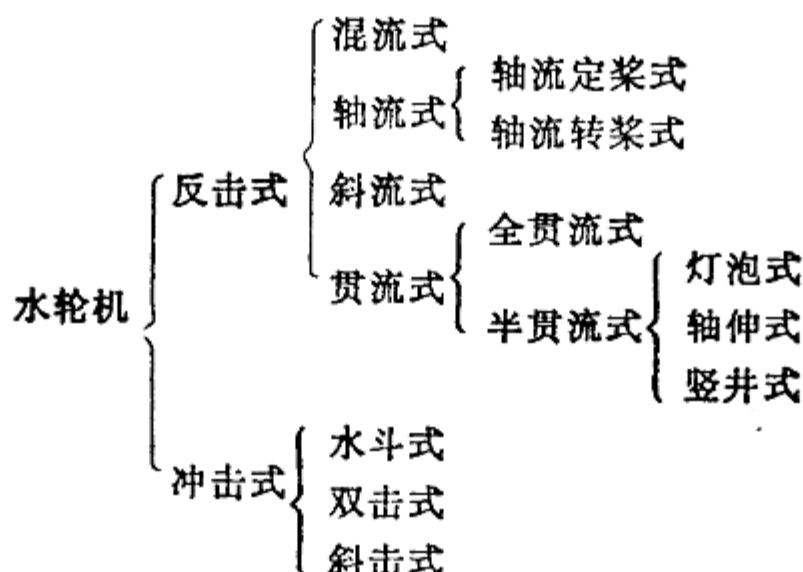


图 1-2 冲击式水轮机
1—转轮；2—喷嘴；3—转轮室；4—机壳；5—调节手轮；6—针阀

反击式水轮机按水流流入流出转轮的方向又分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式等。

冲击式水轮机的特征是将水流的动能转换成旋转的机械能，如图 1-2 所示。它利用喷嘴射出的水流冲击转轮，使转轮旋转而做功。它在工作时，转轮室内仅部分充水，射流在冲击和离开转轮时均可与大气相接触，转轮的能量是由射流的流速大小和方向变化而产生的。根据转轮的进水特点冲击式水轮机又分为水斗式、斜击式和双击式等不同型式。

近代水轮机基本类型汇总如下：



水轮机除了按上述水流特征进行分类外，现在生产上经常按水轮机转轮直径及其出力大小分为大、中、小型三类。这种划分方法，一般采用的界限为：大型水轮机是指出力大于 3 万 kW，转轮直径大于 3m 的轴流式水轮机和转轮直径大于 2.25m 的混流式水轮机；中型水轮机是指出力小于 3 万 kW，大于 1000 kW 转轮直径小于 3m，大于 1.2m 的轴流式水轮机及转轮直径小于 2.25m 大于 1m 的混流式水轮机；小型水轮机是指出力小于 1000 kW，转轮直径小于 1.2m 的轴流式水轮机和转轮直径小于 1.0m 的混流式水轮机。

此外，根据主轴装置方式可将水轮机分为卧轴和立轴两种。转轮直径小于 1.0m 的一般作成卧轴，直径大于 1.0m 的作成立轴。

二、各类水轮机特点及其应用范围

1. 混流式水轮机

混流式水轮机，如图 1-1 所示，又称辐轴流式水轮机，水流从辐向进入转轮，基本上

沿着轴向流出。适用水头范围为2~700m，单机出力自几十千瓦到几十万千瓦。它的结构简单，运行可靠，效率高，是现代应用最广泛的水轮机之一。

2. 轴流式水轮机

轴流式水轮机，如图1-3所示，水流进出转轮方向始终为轴向。

轴流式水轮机按照转轮的构造特点又可分转桨式如图1-3(a)和定桨式如图1-3(b)两种。轴流转桨式水轮机的转轮叶片可以自由转动，以适应负荷变化的要求，其平均效率一般高于混流式水轮机，尤其在低负荷区运行更为明显。它适用于水头低和负荷变化较大的水电站，最大使用水头不超过80m。机组容量变化范围可自几十千瓦至几十万千瓦。轴流定桨式水轮机转轮的叶片是固定的，其特点是构造简单，制造方便，但不能适应水头和负荷变化较大的工况，最大使用水头不超过50m。

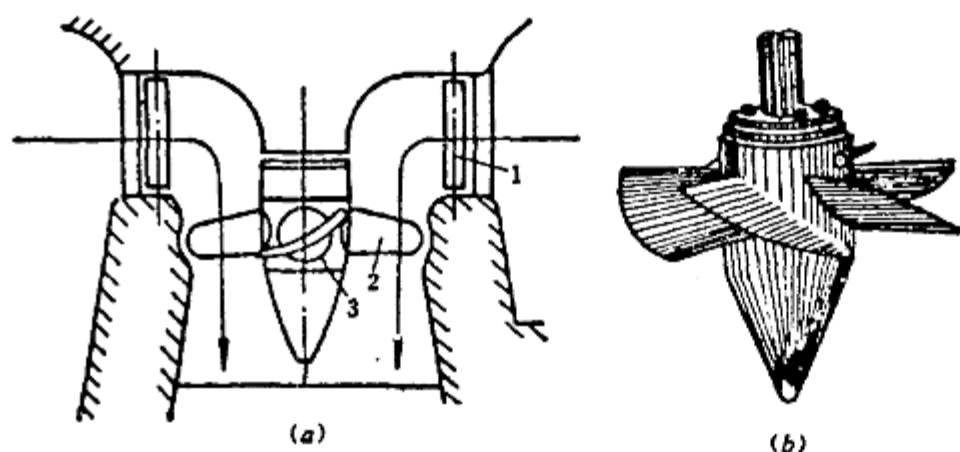


图 1-3 轴流式水轮机
(a)轴流转桨式；(b)轴流定桨式转轮
1—导水叶；2—轮叶；3—轮毂

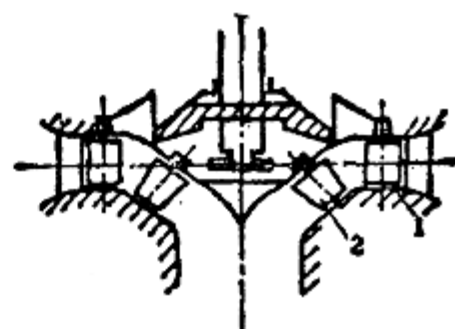


图 1-4 斜流式水轮机
1—导叶；2—轮叶

3. 斜流式水轮机

斜流式水轮机，如图1-4所示，是由于轮叶轴线与主轴斜交，进出轮叶的水流沿轴线斜向流动。它是近期发展起来的机型，兼有轴流转桨式水轮机运行效率高及混流式水轮机汽蚀性能好的优点。应用水头范围约为40~200m，转轮结构也可做成定桨式和转桨式。斜流转桨式水轮机又称可逆式机组，能作水泵——水轮机运行，在抽水蓄能电站中使用。

4. 贯流式水轮机

贯流式水轮机，如图1-5所示，是一种适用于低水头水电站的新型机组，适用水头一般在25m以下，高的可达50m。它的转轮与轴流式的完全相同，其主要区别在于它整个机组为卧轴或斜轴装置，水流由水轮机进口到尾水管出口基本上是轴向的，具有水力损失小、过流能力大、效率高、结构紧凑和厂房及水工结构简单等优点。

贯流式水轮机组按照发电机转子安装的位置划分，可分为全贯流式，如图1-5所示及半贯流式两类。全贯流式水轮发电机的转子安置在水轮机转轮外圈，由于叶片外缘线速度大，并要求有可靠的旋转密封装置，技术上较为困难，影响了它的推广使用。目前国内正在研究采用新的结构和新的材料来解决存在的问题。

半贯流式水轮机组有灯泡式、轴伸式和竖井式等结构形式。灯泡贯流式如图1-6及图1-7所示，发电机放在和水轮机连在一起的灯泡形壳体内，目前被广泛采用。轴伸贯流式，