

高等学校教材

水 电 站

河海大学 张洪楚 主编

TV7
5

高等学校教材

水电站

河海大学 张洪楚 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的通用教材。全书共分十一章，主要内容包括水电站规划（第一、二、三章），水轮机及调速器（第四、五、六章），水电站引水建筑物、压力水管及调节保证计算（第七、八、九章），水电站厂房布置及结构（第十、十一章）。

本书也可供其他水利水电类专业师生和小水电工程技术人员参考。

高等学校教材

水 电 站

河海大学 张洪楚 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

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 16.25印张 367千字

1994年10月第一版 1994年10月北京第一次印刷

印数 0001—3010 册

ISBN7-120-02024-2/TV·750

定价9.25元

前 言

本教材是根据1988年“农田水利工程专业”教学计划进行编写的教课书。

全书分为水电站规划、水轮机和水电站建筑物三大部分，共十一章，按60个学时编写。本教材内容属小水电范畴，主要适用于单机容量为500~6000kW的水电站。在使用本教材时，可根据各地区、各院校的特点，对书中内容有所取舍。

河海大学张洪楚担任主编，并编写了绪论、第九章、第十一章；合肥工业大学庄淑贞编写了第一章、第二章、第三章；北京农业工程大学杜贵霞编写了第四章、第五章、第六章；合肥工业大学吴天柱编写了第七章、第八章；河海大学陈崇仁编写了第十章。

承蒙大连理工大学博士导师董毓新教授对本教材进行了详细审阅，并提出了许多宝贵意见，谨在此表示衷心感谢。

全书在编写过程中得到了兄弟单位及有关院校、人士的大力协助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，错误缺点在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

1991年1月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 水力发电的基本原理及开发方式	3
第一节 水资源的综合利用及水力发电的基本原理	3
第二节 水力资源的开发方式和水电站的基本类型	5
第二章 小型水电站水库的兴利调节与洪水调节	11
第一节 水库特性	11
第二节 设计保证率	14
第三节 兴利调节计算的时历列表法	15
第四节 洪水调节的列表试算法与简化计算法	17
第三章 小型水电站的水能计算和装机容量选择	21
第一节 小型水电站的水能计算	21
第二节 电力系统及水电站在电力系统中的作用	26
第三节 小型水电站装机容量的选择	30
第四节 小型水电站的经济分析和财务分析	37
第四章 水轮机的基本类型、组成和安装高程	41
第一节 水轮机的基本类型和型号	41
第二节 水轮机的主要组成部分及其作用	46
第三节 反击式水轮机进出水流道的型式及其主要尺寸的确定	57
第四节 水轮机的汽蚀及安装高程	62
第五章 水轮机的工作原理、特性及选择	68
第一节 水轮机的工作原理	68
第二节 相似理论在水轮机中的应用	71
第三节 水轮机模型试验概述	78
第四节 水轮机特性曲线	81
第五节 水轮机的选择	89
第六章 水轮机的调速设备	100
第一节 水轮机调节的任务和调速设备的分类	100
第二节 水轮机自动调速器工作原理简述	101
第三节 中小型调速设备系列型谱及选择	103
第七章 水电站引水建筑物	106
第一节 水电站进水口	106
第二节 深式进水口	108
第三节 水电站的引水渠道	115
第四节 压力前池和日调节池	118
第五节 水电站引水隧洞	123

第八章 水电站压力管道	125
第一节 压力管道的功用和类型	125
第二节 压力管道的布置	125
第三节 压力管道尺寸的拟定	126
第四节 钢筋混凝土管	127
第五节 钢管的材料、容许应力和管身构造	130
第六节 露天钢管	132
第七节 露天钢管管身设计	140
第八节 分岔管	147
第九章 水击及调节保证	156
第一节 概述	156
第二节 水击现象、水击波传播速度及水击基本方程式	157
第三节 简单管水击简化公式	162
第四节 复杂管水击近似公式	169
第五节 水击图解法	170
第六节 机组暂态不平衡率 β 的计算	173
第七节 调节保证电算数学模型	177
第八节 改善调节保证的措施	182
第九节 调压室	184
第十章 水电站厂房布置	192
第一节 水电站厂房简介	192
第二节 水电站厂房设备的组成	197
第三节 水力机组辅助设备	204
第四节 立式机组厂房布置	208
第五节 立式机组主厂房轮廓尺寸的拟定	213
第六节 卧式机组厂房布置的特点	217
第七节 贯流式机组厂房布置的特点	221
第八节 副厂房布置	223
第九节 水电站的防洪、采光、通风、防潮、防火	224
第十节 厂区布置	226
第十一章 水电站厂房结构	228
第一节 主厂房结构概述	228
第二节 水轮发电机机座的结构计算	234
第三节 蜗壳的结构计算	246
第四节 尾水管的结构计算	249

绪 论

电力工业是发展国民经济的基础工业、先行工业。发展电力工业对实现国家现代化建设有着十分重要的作用。

水力发电作为一种技术成熟而又清洁、廉价的再生能源，日益为世界各国特别是发展中国家所重视。世界各国基于水资源条件和发展阶段的差异，对小水电范畴有不同规定。1980年在联合国工业发展组织召开的第二次国际小水电会议上规定：单站容量为1000~12000kW的，称为小水电（small）；单站容量为100~1000kW的，称为小小型水电（mini）；单站容量在100kW以下的，称为微型水电（micro）。我国20世纪70年代以来一般把单站容量在12000kW以下、单机容量在6000kW以下的水电站称为小水电。1986年有关部门曾规定单站容量25000kW以下的水电站，均可按小水电政策进行建设和管理。

我国水力资源极其丰富，仅河川水力资源，理论蕴藏量就达6.8亿kW，其中可能开发兴建的500kW以上的水电站总装机容量为3.78亿kW，年发电量为1.92万亿kW·h，居世界首位。此外，我国大陆海岸线长达18000km以上，可能开发的潮汐动力资源约2100万kW，年发电量约580亿kW·h。

我国小水电资源理论蕴藏量约1.5亿kW，其中可开发的资源约0.71亿kW。全国小水电资源不仅蕴藏量丰富，而且分布面广，在全国2300多个县中，有1100多个县小水电的可开发资源超过10000kW。截至1986年底，全国已开发的小水电资源占可开发资源的13%左右。初步预测，到2000年小水电装机容量将达2500万kW左右，约占可开发资源的1/3。

1949年新中国成立前夕，我国水电站总装机容量仅36万kW，年发电量仅12亿kW·h，其中12000kW以下的小水电40处，共装机11500kW。随着社会主义建设的发展，小水电建设速度逐步加快，特别是中国共产党十一届三中全会以来，平均每年新增小水电装机容量70多万kW，发展最快的1979年达106万kW。到1987年底，全国地方水利系统管理的水电站装机容量达1215万kW，其中装机容量在25000kW及以下的水电站63254座，总容量1110万kW，年发电量290亿kW·h。广东、四川、湖南、福建、浙江、云南、湖北、江西、广西、贵州、新疆、西藏等省、自治区的小水电，已成为农村、乡镇用电的主要能源。全国有1/3的县主要由小水电供电；主要靠小水电供电的乡近2万个，约占全国乡数的42%。小水电运行方式已发展到县与县联成区域性小电网，输送电压由35kV发展到110kV。

通过小水电的建设，我国已培养出一批能从事小水电规划、设计、施工、生产和管理方面的技术队伍，不仅满足了国内小水电建设的需要，而且还支援了第三世界的小水电建设。在设备制造方面，全国有近百家小水电专业设备制造厂，每年可生产小水电机组100万kW以上。我国生产的小型水轮发电机组远销第三世界及欧美国家，在国际市场上，具有相当的竞争能力。

我国小水电在建站座数和总装机容量方面均居世界首位，在国际上享有盛誉。1980年

我国政府和联合国有关机构联合在杭州筹建了“亚太地区小水电研究培训中心”。

国外对中小河流的开发利用，近百年来得到了相当广泛的发展，日本1977年运行的小水电站总装机容量为700万kW。在美国、德国、法国、瑞典等国家也修建了大量的小水电站。20世纪30年代后，发达国家为满足大工业和大城市电力的需要，开始侧重于建造大型水电站和火电站。由于小水电难以满足大电网负荷要求和单位千瓦造价高等原因，在发达国家已逐渐被淘汰，许多已建小水电甚至被废弃。20世纪50~60年代，一些发达国家的水力资源大部分得到开发，某些发展中国家着手发展水电。20世纪70年代中期石油价格飞涨而引起的能源危机，对世界能源经济和电力发展产生了很大影响。为摆脱此困境，许多国家在建核电站的同时，又重新重视水资源的开发、利用。与大型水电站和燃油电厂相比，小水电具有一次性投资小、工期短、淹没问题少，电能成本低以及对环境的消极影响小等优点，从而再一次出现发展小水电的世界性高潮。

小水电建设加速了农村电气化的进程，为我国广大农村提供了廉价的电力，使得电力在农业、地方工业和乡镇企业中得到广泛的应用。它不但促进了工农业生产的飞跃发展，而且有力地推动了农业的技术改造，提高了劳动生产率，节约了大量农村劳动力，减轻了劳动强度，改善了劳动条件，同时也加快了地方工业和乡镇企业的发展，搞活了地方经济，提高了城乡人民物质文化生活水平，加强了精神文明建设。小水电事业对实现我国四个现代化建设，尤其是农村的四个现代化建设有着十分重要的意义。

第一章 水力发电的基本原理及开发方式

第一节 水资源的综合利用及水力发电的基本原理

一、水资源的综合利用

水资源开发利用所涉及的国民经济部门较广，包括水力发电、灌溉排涝、工业供水、生活用水、改善航运、渔业养殖、环保生态以及洪水控制等。在江河湖泊上兴建工程时必须全面考虑上述各方面要求，以取得国民经济最大综合效益。

上述各部门中，各有其自身特点，对水资源的利用方式各不相同，例如灌溉、给水要消耗一定水量；发电只利用水能；航运利用水的浮载能力；渔业利用水面面积和水体空间。同一水资源同时满足不同部门的需要，并将防洪除涝与兴利结合起来统一解决，这种开发水资源的方式称为水资源的综合利用。综合利用开发水资源往往会碰到多方面的矛盾，例如一座综合利用的水库，其防洪与兴利之间存在着库容划分和运用上的矛盾，发电与灌溉也存在着供水时间和数量上的矛盾。此外，在河流上下游之间、左右岸之间以及干支流之间也有各种各样的矛盾，例如提高下游的防洪标准往往会增加上游的淹没损失；上游多供水势必减少下游的供水等。为了妥善地解决各部门之间的矛盾，就需要制定流域(或地区)水资源综合利用的全面规划，这方面的内容请见有关方面书籍。本课程仅介绍水力发电的开发利用问题。

二、水力发电的基本原理

利用天然水资源中的水能（亦称水力），输入水轮机，并让它带动发电机发电，这种发电方式就称水力发电。它是现代电力生产的重要方式之一。

图1-1是水电站示意图，在水库中的水体具有较高的位能，当水体通过隧洞、压力水管

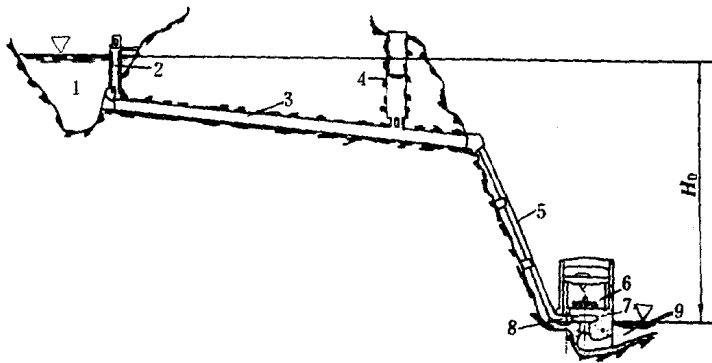


图 1-1 水电站示意图

1—水库； 2—进水建筑物； 3—隧洞； 4—调压室； 5—压力钢管； 6—发电机；
7—水轮机； 8—蝶阀； 9—泄水道

流经安装在水电站厂房内的水轮机时，水流将带动水轮机转轮旋转，此时水能转变为旋转的机械能。水轮机转轮带动发电机转子旋转切割磁力线，在发电机的定子绕组上就产生了感应电动势，一旦发电机和外电路接通就可供电，这样旋转的机械能又转变为电能。

水电站就是为了实现上述能量的连续转换而修建的水工建筑物及其所安装的水轮机发电设备和附属设备的总体。

水电站在某时刻输出的电功率称为水电站在该时刻的出力，它决定于该时刻水电站上下游的水位差和通过水轮机的流量，其关系推导如下。

如图1-1所示，假设某时刻上游水位为 Z_u ，下游水位为 Z_d ，在时间 t 内有体积 V 的水体经水轮机排入下游。在不考虑进出口水流动能变化和能量损失的情况下，水体减少的位能即是水电站在时间 t 内可以发出的电能，其相应的出力称为水电站的理论出力 N_t (kW)为

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{\gamma V (Z_u - Z_d)}{t} \\ &= \gamma Q (Z_u - Z_d) \\ &= 9.81 Q H_0 \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中 γ —— 水的容重， $\gamma = 9.81 \text{ kN/m}^3$ ；

Q —— 水轮机流量， m^3/s ， $Q = V/t$ ；

H_0 —— 上下游水位差，称为水电站静水头， m ， $H_0 = Z_u - Z_d$ 。

水头和流量是构成水能的两个基本要素，它们是水电站动力特性的重要表征。

实际上，在由水能到电能的转变过程中，不可避免地会产生能量损失。这种损失表现在两个方面：一方面，在水流自上游引到下游的过程中，由于存在水力损失 ΔH ，故需从水头 H_0 中扣除水力损失 ΔH 后才是作用在水轮机上的有效水头，称为净水头 H ；另一方面，在水轮机、发电机和传动设备中也将损失一部分能量，其有效利用的部分分别用其效率 η 、 η_g 、 η_d 来表示。因此水电站的实际出力要小于由式(1-1)算出的理论出力。水电站的实际出力 N 由式(1-2)计算，即

$$N = 9.81 \eta_T Q (H_0 - \Delta H) = 9.81 \eta_T Q H \quad (1-2)$$

式中， η_T 为水轮发电机组的总效率， $\eta_T = \eta \eta_g \eta_d$ 。

η_T 值的大小与设备类型、性能、机组传动方式、机组工作状态等因素有关，同时也受设备生产和安装工艺质量的影响。在初步计算中可近似地认为总效率 η_T 是一个常数，若令 $k = 9.81 \eta_T$ ，则式(1-2)可写为

$$N = k Q H \quad (1-3)$$

式中， k 为水电站的出力系数。

对于大中型水电站， k 值可取为8.0~8.5；对于中小型水电站， k 值一般取为6.5~8.0。

式(1-3)中， $H = H_0 - \Delta H$ ，其中 H_0 是已知的，而水头损失 ΔH 常与流道长度、截面形状和尺寸、构造材料、铺设方式、施工工艺质量等因素有关，必须在电站的总体布置完成后才能作出比较精确的计算。在初步计算时，可以参照已建同类型电站暂估一个 ΔH 值，以后再作校核。根据一些工程单位的经验， ΔH 可估为 H_0 的3%~10%，输水道长的取大值，输水道短的取小值。若在初步计算中用 H_0 代替 H ，亦即略去 ΔH 不计，这时出力系数 k 值应

减小，否则计算的结果偏大。

水电站的发电量 E 是指在一定时段内发出的电能总量，单位是 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。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 N 和该时段的小时数 T 相乘得出，即

$$E = \overline{NT} \quad (1-4)$$

对于较长的时段，如季、年等，可由式 (1-4) 先计算该季或年内各日（或月）的发电量，然后再相加得出。

第二节 水力资源的开发方式和 水电站的基本类型

一、河段水力资源的开发方式和水电站的基本类型

由上节可知，构成水能的两个基本要素是水头和流量。水电站的水头一般是通过适当的工程措施，将分散在一定河段上的自然落差集中起来而构成的。由于集中落差的方式不同，水电站可分为坝式、引水式和混合式三种基本类型。

(一) 坝式开发和坝式水电站

在河道上拦河筑坝抬高上游水位，造成坝上、下游水位差，这种开发方式称为坝式开发。

采用坝式开发修建的水电站统称为坝式水电站。按照坝和水电站厂房相对位置不同分类，坝式水电站又可分为河床式、闸墩式、坝后式、坝内式、溢流式等，在中小型水电站中最常见的是河床式水电站和坝后式水电站。

1. 河床式水电站

河床式水电站多建造在中、下游河道纵坡平缓的河段上，为避免大量淹没，坝建得较低，故水头较低。大中型河床式水电站水头约为 25m 以下，中小型河床式水电站水头约为 $8\sim 10\text{m}$ 以下，其引用流量一般都较大。河床式水电站属低水头大流量型水电站，其厂房和坝（或闸）并排建造在河床中，厂房本身承受上游水压力而成为挡水建筑物的一部分，如图1-2(a)所示。

2. 坝后式水电站

坝后式水电站一般建造在河流的中、上游，由于在这种河段上允许一定程度的淹没，坝可建造得较高，水头也较高，在坝的上游形成了可以调节天然径流的水库，有利于发挥防洪、灌溉、航运及水产等多方面的综合效益，并给水电站运行创造了十分有利的条件。由于水头较高，厂房不能承受上游水压力而建在坝后（坝下游），如图1-2(b)所示。

如果坝后式水电站的拦河坝是土坝或堆石坝等当地材料坝，其发电用的压力管道可以埋设在坝基内，如图1-3(a)所示。采用这种埋设方法，当水管由于某种原因破裂时，不易检修，自管中漏出的水将直接威胁大坝安全。所以大多数情况下压力管道采用隧洞，而将厂房布置在河流一岸，如图1-3(b)所示，这种布置方式称为河岸式。

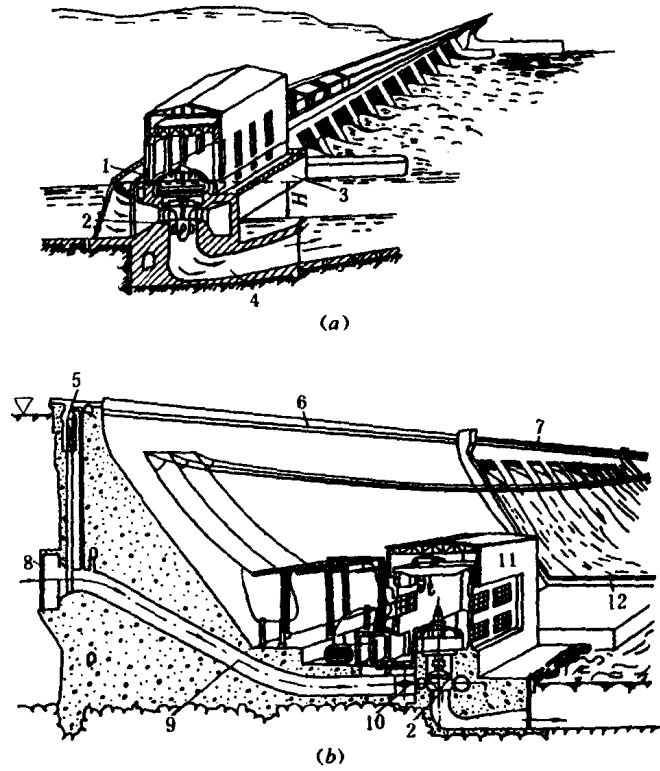


图 1-2 坝式开发和坝式水电站

(a) 河床式水电站; (b) 坝后式水电站

1—发电机; 2—水轮机; 3—厂房; 4—尾水管; 5—闸门; 6—挡水坝;
7—溢流坝; 8—拦污栅; 9—水轮机管道; 10—蝶阀; 11—厂房; 12—导流墙

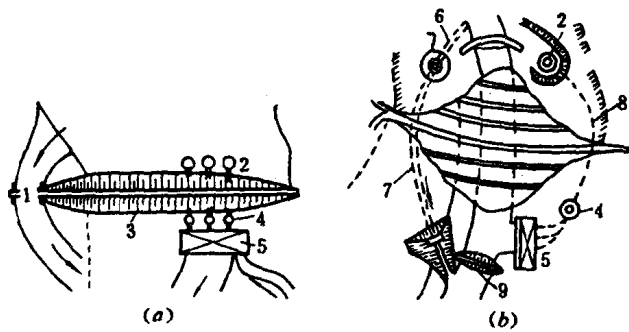


图 1-3 坝后式水电站平面布置示意图 (当地材料坝)

(a) 坝后式水电站; (b) 河岸式水电站

1—溢洪道; 2—进水闸; 3—土坝或堆石坝; 4—调压室; 5—厂房;
6—直井式溢洪道; 7—泄水隧洞; 8—压力隧洞; 9—围堰

(二) 引水式开发和引水式水电站

在河道上游坡度较陡峻的河段上, 由于地形、地质条件的限制, 不宜采用堤坝式开发时常采用引水式开发, 用坡度比河道坡度缓的渠道取得水头, 如图1-4 (a) 所示。此外,

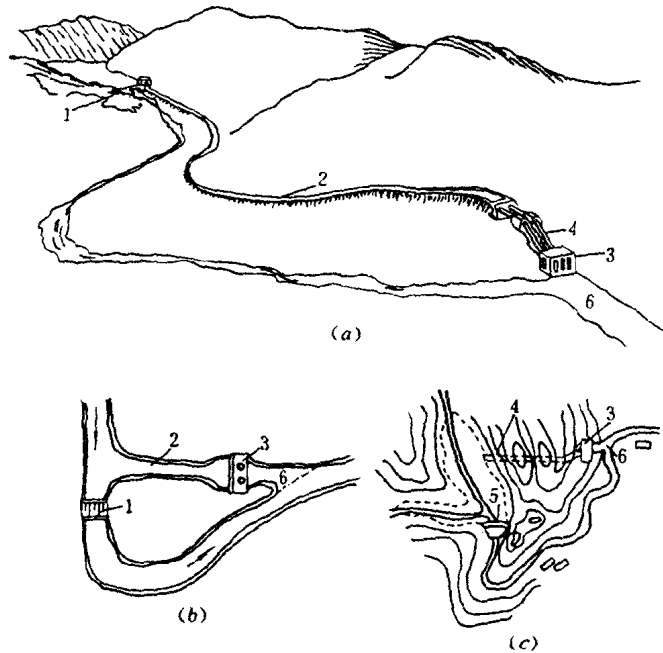


图 1-4 引水式开发和引水式水电站

(a) 无压引水式水电站; (b) 用渠道截弯无压引水式水电站;

(c) 用有压隧洞截弯有压引水式水电站

1—溢流坝; 2—引水渠; 3—厂房; 4—压力水管; 5—坝; 6—泄水道

当遇有大河湾时, 则可通过渠道或隧洞将河湾截直获得水头, 如图1-4(b)、(c)所示。

在小型水电站中, 引水式水电站比坝式水电站更为普遍, 与坝式水电站相比, 由于不存在淹没和筑坝技术上的限制, 其水头常可达到极高数值, 但是发电引用流量一般比较小, 如湖南省崇山水电站, 水头高达612m, 而单机引用流量仅 $0.124\text{m}^3/\text{s}$ 。

引水式水电站又可分为无压引水式水电站和有压引水式水电站两种类型。

1. 无压引水式水电站

无压引水式水电站的引水建筑物是无压的, 如明渠、无压隧洞等, 图1-4(a)为典型山区无压引水式水电站布置示意图。在低丘区和平原地区, 无压引水式水电站水头很小, 一般在6~10m以下, 这时发电用水由渠道直接引入厂房水轮机室, 如图1-4(b)所示。

灌溉渠道上的跌水也可用来建造水电站, 称为灌溉跌水式水电站, 它也属无压引水式水电站。

2. 有压引水式水电站

有压引水式水电站的引水建筑物是压力隧洞或压力水管, 如图1-4(c)所示。如果水电站主要利用有压引水建筑物来集中水头, 那么, 这个水电站就可以看成是有压引水式水电站。

(三) 混合式开发和混合式水电站

混合式水电站常建造在上游具有优良库址, 适宜建库, 而紧接水库以下河道坡度突然

陡，或有大河湾的河段上。它的水头一部分由坝集中，一部分由引水建筑物集中，因而具有坝式水电站和引水式水电站两个方面的特点。图1-5所示的安徽省毛尖山水电站就是一座混合式水电站。它通过拦河建造的土石混合坝取得20m的水头，又通过压力引水隧洞取得120m左右的水头，电站总净水头达138m，装机25000kW。该水电站由于压力隧洞很长，为了减少因电站突然丢弃负荷而产生的水击压力和改善水电站的运行条件，在隧洞末端与压力水管的连接处设置了调压井。在工程实践中很少采用混合式水电站这个名称，常将具有一定长度引水建筑物的水电站通称为引水式水电站。

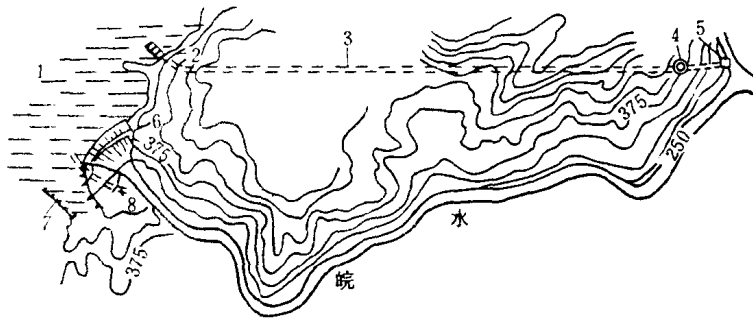


图 1-5 安徽省毛尖山水电站总体布置图

1—水库；2—进水口；3—发电引水洞；4—调压井；5—地面厂房；
6—大坝；7—溢洪道；8—导流洞

二、无调节水电站和有调节水电站

水电站按其是否有调节天然径流的能力，可分为无调节水电站和有调节水电站。无调节水电站没有水库，或虽有水库却不能用来调节天然径流。凡具有水库，并能在一定限度内按照负荷的需要对天然径流进行调节的水电站，统称为有调节水电站。根据调节周期的长短，有调节水电站又可分为日调节、年调节及多年调节水电站。无调节和日调节水电站又称径流式水电站；年调节及多年调节水电站则称为蓄水式水电站。

在前面所讲过的水电站中，坝后式和混合式水电站一般都是有调节的；河床式和引水式水电站则常是无调节的，或具有较小的调节能力，如日调节。

应该指出，水电站的调节能力，对天然径流的充分利用和水电站运行方式有着决定性的作用，采用水能计算的方法和选择装机容量的方法也不一样，这一点将在第三章里详述。

三、梯级开发和梯级水电站

前面讲的是一个河段水力资源的开发方式。由于自然的、技术的或经济的原因，一个水电站所能开发利用的河段是有一定限度的，对于小型水电站来说，一般约在10km以内。为了充分开发利用一条河流的资源，就必须将全河流分成若干个河段来开发利用。呈阶梯状分布的、一个河段接着一个河段的水利开发系列，称为河流的梯级开发。一条河流上一连串的水电站系列，称为梯级水电站。

在河流梯级开发规划中，最重要的是梯级的布置和分期、分批实施计划的安排。一条河流应划分成多少个梯级，每个梯级采取什么方式开发、规模多大等，应作为整个流域规划的重要组成部分。对它们必须统一考虑、统筹安排和综合利用，并按局部和整体、远景

和近期相结合的原则，确定整个河流各枢纽的布局，在此基础上选择一期工程和制定分段、分期的开发计划。图1-6是梯级开发和梯级水电站的例子。图中一级电站于1973年发电，落差36m，装机525kW；二级电站于1971年发电，落差220m，装机2400kW；三级电站落差205m，装机3200kW；四级电站落差100m，装机2000kW；五级电站落差29m，装机640kW；六级电站落差28m，装机500kW。

四、水力资源的几种特殊开发方式

(一) 跨流域引水开发和跨流域引水式水电站

若相邻两条河流有局部河段靠得很近而又一高一低，就可以考虑穿过两条河流的分水岭开挖一条隧洞，将高河的水引入低河来发电，这种开发方式涉及相邻两个流域，故称跨流域引水开发，如图1-7所示。

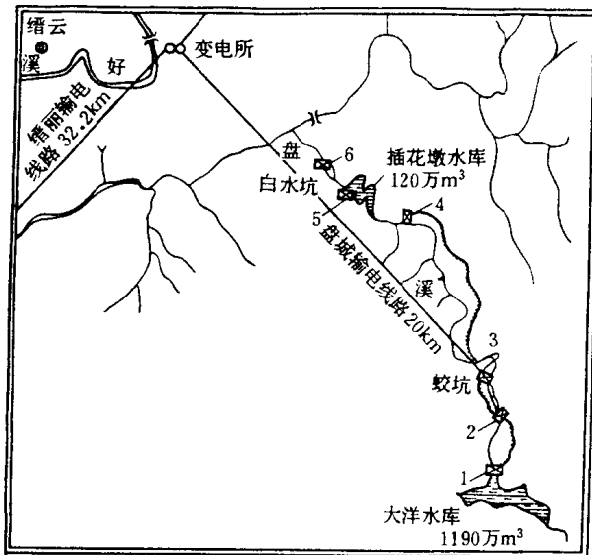


图 1-6 浙江省盘溪流域梯级电站布置示意图

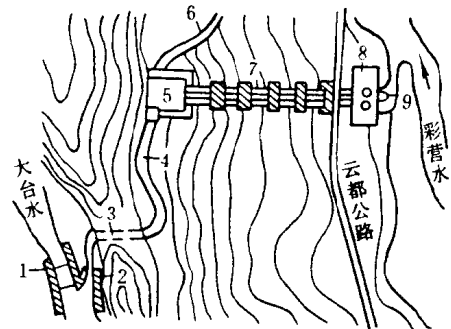


图 1-7 广东大台水电站布置示意图

1—坝；2—进水口；3—隧洞；4—引水渠；5—前池；6—溢洪道；7—压力水管；8—厂房；9—尾水渠

(二) 潮汐能的开发和潮汐发电站

海洋水面在太阳和月亮的引力作用下发生周期性涨落的现象，叫做潮汐。从涨潮到涨潮（或落潮到落潮）之间的间隔时间叫潮汐运动的周期，约为12h25min，每一全潮水位升降的幅度称为潮差，其大小因时因地而异，一般为数米。若在沿海的港湾或河口建造围坝，构成水库，利用潮差形成的水头来发电，这就是潮汐能的开发，这种电站称为潮汐发电站，如图1-8所示。

五、抽水蓄能电站

抽水蓄能电站的作用不是开发水能资源，而是以水体为介质，对电力系统起调节电能的作用。抽水蓄能电站的工作过程是：在夜间电力系统有多余电能时，利用这部分电能带动水泵，将低水池中的水抽到高水池中，即以水的势能形式将电能贮存起来；当电力系统中出力不能满足用电要求时，再将高水池中的水放下，带动水轮发电机发电，此时又将水能变为电能。抽水蓄能电站往往与大型火电厂、核电站配合使用，以保证它们能维持较稳定的运行状态。

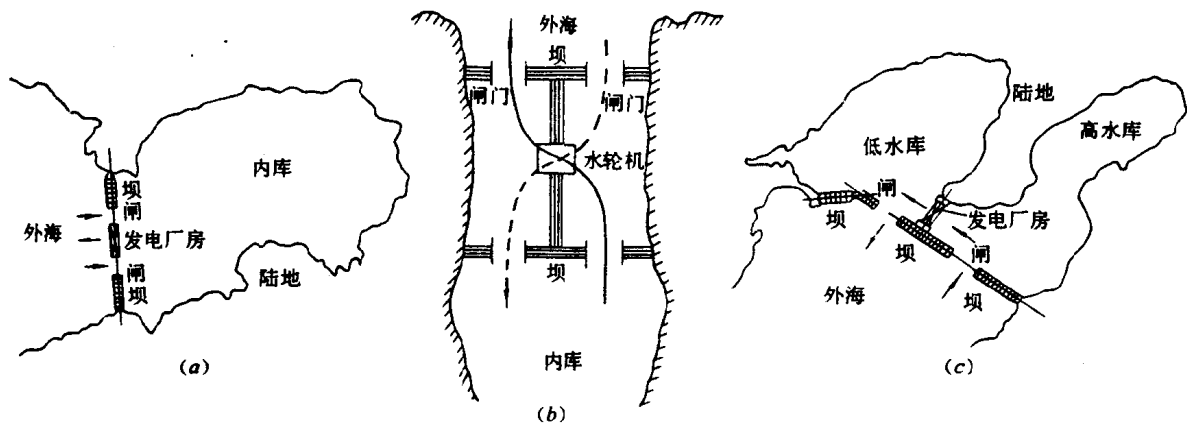


图 1-8 潮汐发电站布置示意图

(a) 单水库单向发电; (b) 单水库双向发电; (c) 双水库潮汐电站

第二章 小型水电站水库的兴利 调节与洪水调节

我们知道，河流天然来水在年内和年际的分布是很不均匀的，为了利用河水水力资源发电，需要改变河川径流的自然变化规律，按照人们的意愿控制径流，这就必须利用水库进行径流调节。

第一节 水库特性

一、水库的面积特性和容积特性

水库的水面面积和容积取决于库区的地形条件，当水库的坝址确定后，随着坝的增高，水库面积和容积也相应增大，对天然径流的调节能力也相应提高。水库水位与水面面积关系曲线称水库面积特性曲线；水库水位与容积关系曲线称容积特性曲线。它们在水库的规划设计和管理运用中都是不可缺少的基本资料。

1. 水库面积特性

坝址确定以后，就可在库区地形图上用求积仪或数方格的方法，测算出一定间隔等高线与坝轴线所包围的面积，再以水位高程和相应的面积为纵横坐标，即可点绘出水库水位—水面面积关系曲线，如图2-1所示的Z-A曲线。

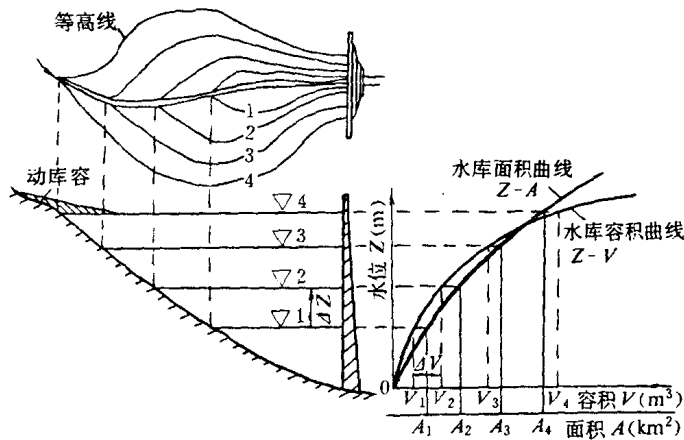


图 2-1 水库面积特性曲线与水库容积特性曲线

2. 水库容积特性

水库的容积曲线可直接由面积曲线来推算。每相邻两条等高线之间水层的容积 ΔV 为

$$\Delta V = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) \Delta Z \quad (2-1)$$

或用较精确公式