



高等学校教材

小型水电站

武汉水利电力学院 王永年 主 编
河 海 大 学 张洪楚 副主编



高等学校教材

小型水电站

武汉水利电力学院 王永年 主 编
河 海 大 学 张洪楚 副主编

水利电力出版社

高等学校教材

小型水电站

武汉水利电力学院 王永年 主 编

河 海 大 学 张洪楚 副主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路六号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15印张 338千字

1990年4月第一版 1990年4月北京第一次印刷

印数0001—3630册

ISBN 7-120-01053-0/TV·352

定价3.05元



内 容 提 要

本书为高等学校农田水利工程专业的通用教材。全书共十章，第一章讲述水能资源的开发方式；第二、三、四、五章讲述小型水电站水轮机的类型、构造、工作原理、特性、选择和调速设备；第六、七、八章讲述小型水电站各种进水和引水建筑物以及引水系统的水力过渡过程，其中以压力水管、水击及调节保证为重点；第九、十章讲述小型水电站厂房的布置和结构。

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。

2W65/37 08

前 言

本教材是根据水利电力部1983年下达的“1983~1987年高等学校水利电力类专业教材编审出版规划”编写的，供农田水利工程专业使用。该专业教育计划中设置有《水利计算》课程，为此，有关“小型水电站的水能计算”内容，已归入《水利计算》课程。1983年水利电力类专业教材编审委员会《水电站》编审小组在天津大学召开的扩大会上，讨论通过了本教材的编写大纲。

本教材共十章，按50学时编写。本教材内容力求少而精，既重视基本概念和基本理论的阐述，又紧密联系小水电建设的实践。

武汉水利电力学院王永年教授担任本教材的主编，并编写第二章、第三章、第四章和第五章；河海大学张洪楚副教授担任副主编，并编写第八章和第十章；河海大学陈崇仁副教授编写绪论、第一章和第九章；合肥工业大学倪景贤副教授编写第六章和第七章。

承蒙浙江大学汪如泽教授对本教材进行了详细审阅，他对书稿提出了许多宝贵意见，谨在此表示衷心感谢。

我们诚恳地希望读者对本书存在的缺点和问题提出宝贵意见，以便改进。

编 者

1989年5月

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 水能资源的开发方式	(3)
第一节 河段水能资源的开发方式及水电站的基本类型	(3)
第二节 河流的梯级开发和梯级水电站简介	(7)
第三节 潮汐能的开发方式	(9)
第二章 水轮机的类型和构造	(11)
第一节 水轮机的基本类型	(11)
第二节 反击式水轮机的构造	(14)
第三节 冲击式水轮机的基本构造	(27)
第四节 水轮机的工作参数、牌号和装置型式	(30)
第三章 水轮机的工作原理和特性	(37)
第一节 水轮机的工作原理	(37)
第二节 水轮机的相似律	(41)
第三节 水轮机模型试验概述	(46)
第四节 水轮机特性	(48)
第五节 水轮机的汽蚀	(53)
第六节 水轮机的汽蚀系数及吸出高	(56)
第四章 水轮机选择	(60)
第一节 水轮机选择的原则和内容	(60)
第二节 机组台数和机型的选择	(60)
第三节 按水轮机应用范围图选择水轮机	(62)
第四节 按模型综合特性曲线选择水轮机的主要参数	(69)
第五节 水斗式水轮机的参数选择	(74)
第五章 水轮机的调速设备	(78)
第一节 水轮机调节的基本概念	(78)
第二节 水轮机自动调速器的工作原理	(79)
第三节 中小型调速设备及其选择	(82)
第六章 水电站的进水及引水建筑物	(85)
第一节 进水及引水建筑物的功用和类型	(85)
第二节 有压进水口	(86)
第三节 无压进水口	(91)
第四节 水电站引水渠道	(92)
第五节 压力前池和日调节池	(95)
第六节 水电站引水隧洞	(99)

第七章 水电站的压力水管	(100)
第一节 压力水管的功用和类型	(100)
第二节 压力水管的线路布置及直径的确定	(100)
第三节 钢筋混凝土压力水管	(102)
第四节 压力钢管	(104)
第五节 明钢管的镇墩和支墩	(108)
第六节 明钢管管身设计	(113)
第七节 岔管	(122)
第八章 水击及调节保证	(127)
第一节 概述	(127)
第二节 水击现象、水击波传播速度及水击基本方程式	(128)
第三节 简单管水击简化公式	(133)
第四节 复杂管水击近似公式	(141)
第五节 机组暂态不均衡率 β 的计算	(142)
第六节 调节保证电算数学模型	(146)
第七节 改善调节保证的措施	(151)
第八节 调压室的作用、要求及设置条件	(155)
第九节 “引水道—调压室”系统的水力现象、水力基本方程式 及调压室基本类型	(156)
第十节 圆筒式和阻抗式调压室水位波动计算的解析法	(159)
第十一节 “引水道—调压室”系统的波动稳定性	(161)
第九章 水电站厂房布置	(163)
第一节 水电站厂房简介	(163)
第二节 水电站厂房内的设备	(169)
第三节 装设立式机组的厂房布置	(173)
第四节 装设卧式机组的厂房布置	(195)
第五节 装设贯流式机组的厂房布置特点	(199)
第六节 副厂房布置	(200)
第七节 水电站厂房的防洪及采光、通风、防潮	(202)
第八节 厂区布置	(204)
第十章 水电站厂房结构	(206)
第一节 主厂房结构概述	(206)
第二节 水轮发电机机座的结构计算	(212)
第三节 蜗壳的结构计算	(225)
第四节 尾水管的结构计算	(229)
参考文献	(233)

绪 论

一、国内外小水电发展概况

小水电作为一种技术成熟而又清洁的可再生能源,日益为世界各国、特别是发展中国家所重视。

我国水能资源丰富,理论总蕴藏量达6.8亿kW,其中小水电资源有15000万kW,可开发的7100万kW。我国在发展小水电方面已累积了丰富的经验,到1987年底,全国地方水利系统管的电站拥有装机容量1215万kW,其中装机容量在2.5万kW及以下的小水电站63254座,总容量1110万kW,年发电量290亿kW·h。预计到2000年,小水电装机容量和年发电量将有成倍的增长。

我国小水电的发展经验,引起了国际上的十分重视。自1980年以来,多次在我国杭州等地召开了国际小水电会议,联合国在我国杭州建立了亚太地区小水电研究培训中心。

我国的农村电气化是一个长远宏伟的目标,必须分阶段逐步进行。第一阶段是与小康水平相适应的初级电气化。初级电气化县的主要标准是:①全县有90%以上的家庭用上电;②人均年用电量达到200kW·h,初步满足工农业生产及人民生活的用电需要。1983年初国务院决定建设100个中国式农村电气化试点县以来,到1988年底已有47个县实现了初级农村电气化。

我国发展小水电的政策是实行“统一计划,集中调度,分级管理”。依靠县、乡、村各级办电,执行“自建、自管、自用”为主的方针和“以电养电”的政策。实行“大中小并举,全面规划,防洪、灌溉、发电、航运、水产、给水等综合利用,合理开发利用水力资源;大小电网团结办电,有条件的要并网运行,相互支持,相互补充”等政策。建设小水电的投资,主要依靠地方、乡、村自筹,农民集资和劳务投资来解决,国家用长期低息贷款、农田水利事业费和地方建设投资给予适当补助和择优扶持。有了发展小水电的正确方针政策,发动群众,紧紧依靠群众,小水电建设就会象雨后春笋般地蓬勃发展起来。

国外对中小河流的开发利用,近百年来得到相当广泛的发展。日本1977年运行的小水电站的总装机容量为700万kW。西德目前大约有3万座用于农业的小水电站。在美国、法国、瑞典等国家也修建了大量小水电站。60~70年代,国外许多国家曾认为小水电经济效益低而出现减少开发的情况。但在80年代初,由于世界石油价格上涨,又重新引起开发利用小河流的兴趣,开展了一系列科研和勘测设计工作,以弄清开发小水电的经济条件和正确建设途径。在进行小水电建设的同时,还研究扩建已有工程的可能性。目前,国外一些工业发达国家发展小水电的主要趋向是:

- (1) 重新估价目前条件下可能开发的水能资源的效益;
- (2) 从水资源综合利用的角度去研究开发水能资源;
- (3) 改进小水电站的设计与施工组织,大力降低造价;

(4) 广泛利用无发电设施的已建水利工程修建小水电站;

(5) 改造现有的小水电站, 充分发挥其作用, 同时恢复一些以前已废弃的小水电站;

(6) 统一设备标准, 修建自动化的小水电站。

在国外, 小水电站的设计和建设正在大力开展, 其规模日益扩大。

二、小水电在我国农业现代化建设中的作用

建国以来, 我国农业用电有了很大发展, 全国一半以上的农户在粮食加工、生活照明、农业排灌以及乡、自然村工业生产等方面用上了电, 这对促进农业生产发展、提高农民生活水平、加强精神文明建设, 都起到了显著的作用。但应看到, 原来的基础薄弱, 再加上受到各种干扰, 全国还有些自然村没有用上电, 已经用上电的乡、自然村用电水平也较低。农业是国民经济基础, 要发展农业生产, 加速实现农业现代化, 需要更多的电力。但是, 广大农村单纯依赖大、中型电站或国家电网来满足迅速增长的农业用电要求, 在相当长的一个时期内是有困难的, 而且也是不经济的。特别对偏僻的山区, 更是无法办到的。小水电是一种廉价、对环境无污染的再生能源, 它具有许多优点: 投资小、建设期短、收效快、设备简单, 便于利用当地材料, 能与农田水利建设紧密结合, 实现水资源的综合利用, 同时成本低廉、运行灵活, 可改善联合运行的其他电站的运行条件。我国石油、煤炭储量按人均计算不是很多, 对潮汐、风力、地热、太阳能的开发和利用, 目前国内还处在试验研究阶段。因此, 因地制宜, 全面规划, 合理开发小水电, 是解决广大农村用电的重要途径之一。

小水电的建设, 对加速农村电气化的进程, 促进当地工农业生产的发展, 加快地方工业和乡、镇企业的发展, 搞活地方经济, 改善城乡人民物质文化生活和加强精神文明建设都起着十分重要的作用。同时, 在农村试行“以电代柴”, 这对保护森林, 保护水土, 保持生态平衡有着重要的现实意义。

三、本课程的目的、任务和内容

本课程是农田水利工程专业的专业课之一。开设本课程的主要目的, 是使学生掌握小型水电站设计的基本理论、基本知识和基本技能, 为今后从事小水电建设和科研工作打下基础。考虑到与教学计划中《工程水文学》、《水利计算》、《水力学》、《电工及电气设备》、《水工建筑物》、《建筑结构》等课程的分工和联系, 本课程着重介绍水轮机、进水及引水建筑物和水电站厂房三部分内容。水轮机是将水流能量转换为旋转机械能的一种动力机械, 本课程介绍它的主要类型、基本构造、工作原理、基本特性以及合理选型的基本知识。将水能转变为电能的全过程中, 还需进水及引水建筑物(进水口、引水渠道、隧洞、调压室、前池、压力水管等)和水电站厂房。本课程将系统介绍各建筑物的结构形式及其布置, 水力条件、强度及稳定等问题, 与其它课程紧密配合, 以使学生掌握有关水电站建筑物设计的基本理论、基本知识和设计方法。

第一章 水能资源的开发方式

第一节 河段水能资源的开发方式及水电站的基本类型

构成河流水能的两个基本要素，是河中流量和河段落差。在天然状态下，河段落差是沿河分散的，成为水流克服摩阻、挟带泥沙、冲刷河床等方面的沿程消耗，属潜在能量。因此，要利用河流的潜在水能，必须采取技术措施，将分散的落差集中，形成可利用的水头。由于河中的天然流量变化甚大，要采取技术措施（建造水库）来加以调节，才能充分地利用。由此可见，开发水能时要解决的基本问题是集中落差和调节流量。

当然，自然界也有一些天然集中的落差，如瀑布所在地，高溶洞出水口和急滩处等都可加以利用，但在绝大多数情况下，需用技术措施集中落差。由于各处资源条件不同，各河段所采取的集中落差措施也不同，但归纳起来，基本上可有三种开发方式，即坝式、引水式和混合式。按不同开发方式修建起来的水电站，其枢纽布置和建筑物组成等也不同，故水电站也就分为坝式、引水式和混合式三种基本类型。

一、坝式开发和坝式水电站

在河道上靠拦河筑坝（或水闸）来抬高上游水面，把整个开发河段的水面自然坡降集中起来，构成水电站的水头 H ，这种水能开发方式称为坝式开发。靠坝（或闸）集中水头的水电站，称为坝式水电站。坝式开发所集中水头的大小取决于坝高，坝高受地形、地质、水库淹没、工程投资等条件限制。

坝式开发的特点是可用形成的蓄水库来调节流量，使水能利用程度较充分。蓄水库可同时解决防洪和其它兴利部门的水利问题，综合利用效益高。但是，由于坝的工程量大，而且会带来淹没问题，造成库区土地、森林、矿藏等的淹没损失和移民安置的困难，故坝式水电站一般投资大、工期长。坝式开发适用于河道坡降较缓、流量较大，并有筑坝建库条件的河段。

坝式水电站视水头大小可有以下两种基本形式。

（一）河床式水电站

河床式水电站大多建筑在河流中下游的平原河段上。由于地形、地质条件或坝上游淹没损失大，不允许筑高坝，仅筑低坝或闸来获得较低水头（大中型水电站一般在25m以下，小型水电站上约在8~10m以下），因而水电站厂房可以承受上游水压力，与挡水建筑物一起直接建在河床或渠道中起挡水作用。整个枢纽的主要建筑物都布置在河床（或渠道）中（图1-1, a），故称河床式水电站。

河床式水电站所包括的建筑物较少，一般有挡水坝，溢流坝（或闸）和厂房。

（二）坝后式水电站

当开发河段允许筑较高的坝蓄水来获得较大的水头时，由于上游水压力较大，水电站

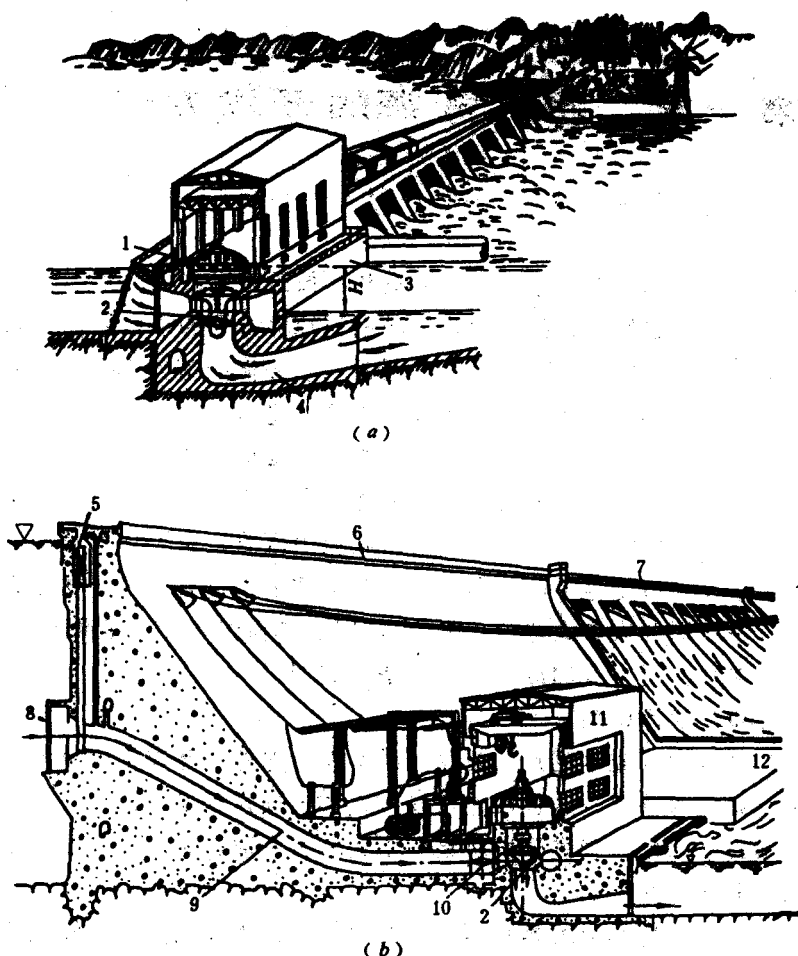


图 1-1 坝式开发和坝式水电站

(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

厂房本身的结构和重量已不足以维持稳定, 无法挡水, 只好将厂房布置在坝的下游侧, 这种布置称为坝后式水电站。整个枢纽的主要建筑物都集中在挡水坝近旁 (图 1-1, b)。

当坝后式水电站的拦河坝是土坝或堆石坝时, 有些电站将引水发电的压力管道敷设在坝基内 (图 1-2, a)。但当压力管道因某种原因而破裂时, 坝基内的管道不易检修, 渗出来的水会直接影响大坝的安全, 所以在多数情况下, 采用隧洞引水发电, 而将厂房布置在河流的一岸 (图 1-2, b), 这种布置方式称为河岸式。

二、引水式开发和引水式水电站

在河流中上游或坡度较陡的山区河流上, 常靠沿河修建坡度平缓的引水道 (渠道、隧洞或管道), 来把开发河段的坡降集中起来, 形成水电站的水头, 这种开发方式称为引水式开发。用引水道集中水头的水电站, 称为引水式水电站。

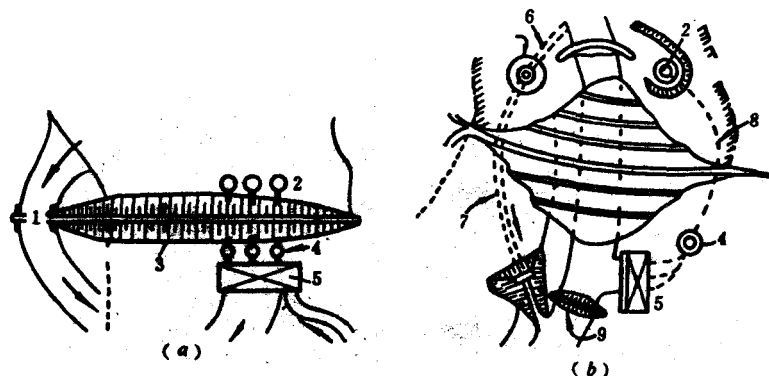


图 1-2 坝式开发及坝式水电站（当地材料坝）

(a) 坝后式水电站；(b) 河岸式水电站

1—溢水道；2—进水闸；3—土坝或堆石坝；4—调压塔；5—厂房；6—直井式溢水道；
7—泄水隧洞；8—压力隧洞；9—尾渠

图 1-3 (a) 所示为一坡降较陡峻的河段，在沿着河道的方向修筑一条渠道，其坡降较河道坡降为小，经过相当长的距离后，渠道中的水位就要比原河道中水位高，这样即可取得集中的水头。河流坡降愈陡，每公里引水道所能集中的水头愈大。

此外，当遇到大的河湾时，可挖隧洞或开渠道将河湾截直，这样也能够集中一定的水头。图 1-3 (b) 所示为河北省水胡同水电站布置示意图，它在 7km 长的河湾处，开凿一条 1580m 长的隧洞，获得约 85m 的水头，装机容量 1375kW。

引水式布置由于不存在淹没和筑坝技术的限制，引水式水电站的水头往往可达很高的数值，目前世界上最高的已达 2000m 以上。但因受当地天然径流或引水建筑物截面尺寸的限制，它的利用流量一般比较小，又因无水库调节径流，水量利用率较低，电站规模相对较小。引水式水电站的主要建筑物分布在引水道的首部和尾部以及它的线路上。根据引水建筑物中水流状态的不同，又可分为以下两种基本形式：

(一) 无压引水式水电站

由低坝截水，水面进水，水流在大气压力下流经进水口和无压引水道，然后由压力管道引水到厂房，在集中的水头下发电。图 1-3 (a) 为无压引水式小型水电站的典型布置示意图。

(二) 有压引水式水电站

主要利用有压引水建筑物来集中水头，引水系统一般采用深式进水和有压引水，图 1-3 (c) 为这种水电站的布置示意图。

灌溉渠道上的较大跌水处，一般也可修建水电站。这种水电站称为灌溉渠道跌水式，它实质上是一种特殊形式的无压引水式水电站，利用灌溉渠道上跌水（或陡坡）处的落差。这种水电站虽然水头较低，但它利用原有水工建筑物取得水头，仅需新建厂房，因而一般是经济的。因为总干渠或干渠所通过的流量较大，过水时间较长，所以渠道跌水处常可修建跌水式水电站。水电站站址应尽可能靠近渠首，以利用较大的流量。

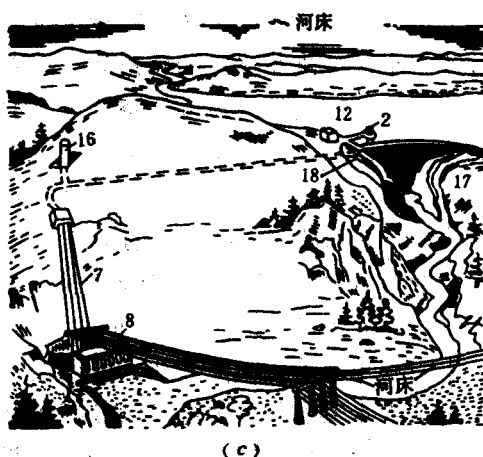
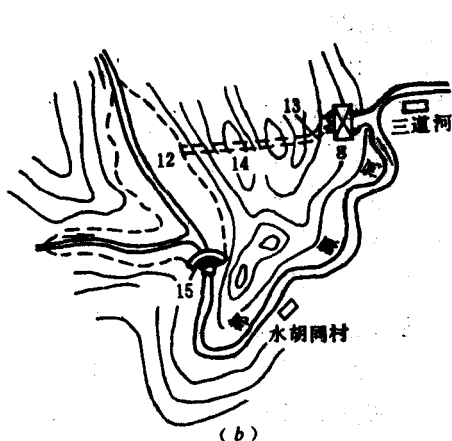
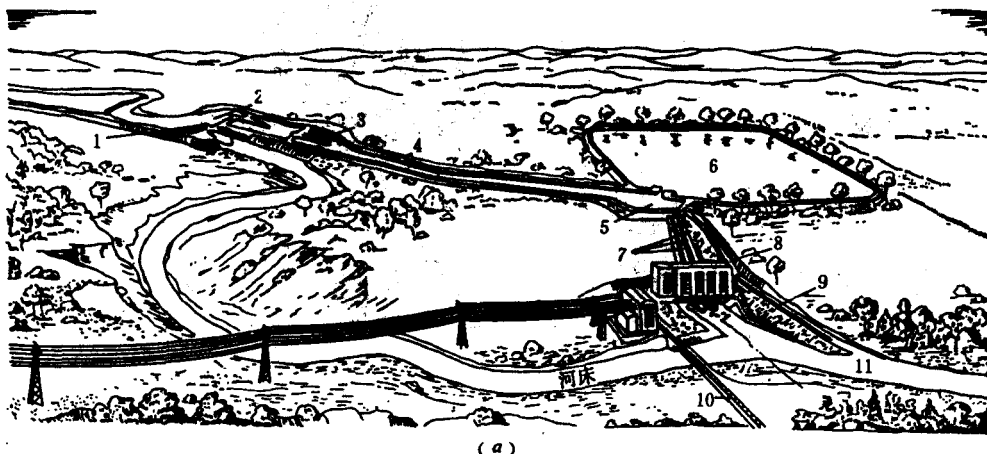


图 1-3 引水式开发和引水式水电站

(a) 无压引水式水电站; (b) 水闸调水水电站布置图 (截闸引水); (c) 有压引水式水电站
1—溢流坝; 2—进水口; 3—沉沙池; 4—引水渠; 5—压力前池; 6—日调节池; 7—水轮机引水管; 8—水电站厂房; 9—泄水道; 10—对外交通线; 11—尾水渠; 12—水库; 13—压力管道; 14—隧洞;
15—砌石拱坝; 16—调压塔; 17—溢洪道; 18—大坝

灌渠跌水式水电站的布置有两种形式,发电用水直接自灌渠引入厂房(相当于河床式),或经引水短渠引入厂房。

三、混合式开发和混合式水电站

混合式开发是坝式和引水式开发的组合。采用这种开发方式的水电站,称为混合式水电站。其总的水头的一部分,由拦河闸、坝集中,另一部分由引水道集中(图1-4)。

混合式开发因有蓄水库调节径流,兼有坝式开发和引水式开发的优点。若河段上游地形较平坦,且允许淹没,适于筑坝建库,下游坡降大(如有急滩或大河湾),就宜于采用混合式开发。例如,安徽省毛尖山水电站,该站通过拦河建坝(土石混合坝)取得20m左

右水头，又通过开挖压力引水隧洞用截弯取直引水方式集中120m许水头，电站总净水头达138m，装机2.5 万kW。

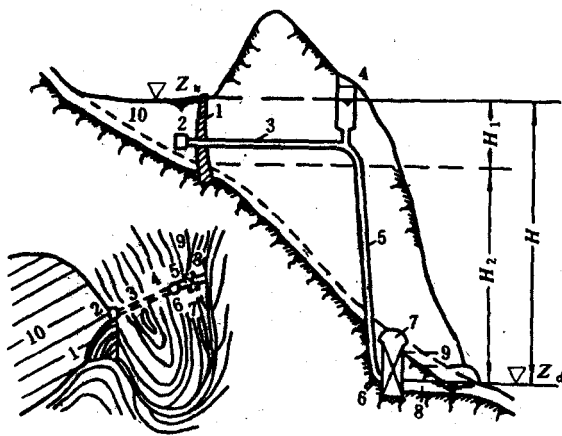


图 1-4 混合式水电站

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

混合式水电站和有压引水式水电站之间的主要区别是：混合式水电站的总水头由坝和引水道共同集中，且坝可形成水库。而有压引水式水电站大部分水头由引水道形成，坝主要起截水作用。在工程实践中，常将用一定长度引水道来集中水头的水电站统称为引水式水电站，很少用混合式水电站这个名称。

上述三种开发方式及水电站分类，是依据集中水头方式和水电站建筑物特点来区分的，若从取得流量方式和水电站调节性能来分，基本上可分为以下两种。

一、蓄水式开发和有调节水电站

蓄水式开发，靠拦河筑坝形成水库，储蓄余水，提高枯水季节发电流量。水库根据需要对天然径流进行调节的水电站，称为有调节水电站。根据调节周期的长短，一般分为日调节、周调节、年调节和多年调节水电站。

二、径流式开发和无调节水电站（径流式水电站）

当为低坝的坝式开发和引水式开发时，往往只依靠天然径流供给发电流量，就称为径流式开发。这种电站称为径流式水电站，也称无调节水电站。

第二节 河流的梯级开发和梯级水电站简介

为了最大限度地、有计划地利用中小河流的水能资源，在开发和治理任一河段之前，首先必须根据全河流的自然特征（水文、地形和地质条件等）和社会经济特征（如居民点的分布情况，工农业、交通运输业的布局等），以及地区国民经济发展对综合利用该河流水资源的要求，进行河流的综合利用规划。对于以发电为主的河流，流域规划中，一般将

水利枢纽一个接一个地安排在河上，成为一系列的梯级枢纽，这种开发方式称为河流的梯级开发。梯级开发中的一系列水电站，称为梯级水电站。

研究梯级开发方案时，在地形、地质和淹没限制等条件许可的情况下，应尽可能使各枢纽的首尾衔接，以便充分利用落差。遇到不允许淹没的河段，尽可能插入引水式或低坝河床式的枢纽来利用该河段落差。最上的一个梯级最好具有较大的水库。这样经水库调节后的径流还可供以下几级电站使用，并改善下游灌溉、航运、供水等条件，做到“一库建成，多站受益”。关于河流梯级的具体划分，需根据自然、技术和经济条件，经方案比较后决定。

在选定河流的梯级开发方案后，必须根据统一规划、分期兴建的原则，确定开发程序，正确选出近期工程，以解决当前国民经济发展对开发河流所提出的迫切要求。近期工程应当是全河流梯级开发中比较关键性的、开发条件较优的工程，最能满足当前迫切的综合利用要求。一般情况下，河流中上游具有修建较大水库的优良坝址时，最好先建设中、上游的工程。这种水利枢纽的首先建成，不仅对本梯级有好处，同时将改善下游电站的水利、动力特性，提高动能指标。有了调节水库，还能兼收防洪、航运、灌溉和供水之利。首先建设上游水库，还能大大削减施工期流量，改善所有下游水利枢纽的施工条件，缩短工期，降低造价。但是也要看到，上游水电站的日调节，往往对下游河段的通航及灌溉、给水等的取水不利。这时，如先建下游的水利枢纽，则由其所形成的壅水，可能使上游电站进行日调节所引起的下游水位变幅大大减小。总之，近期工程选择，必须因时因地制宜，经分析比较后妥善做出决定。图 1-5 是河流梯级开发方案之例。

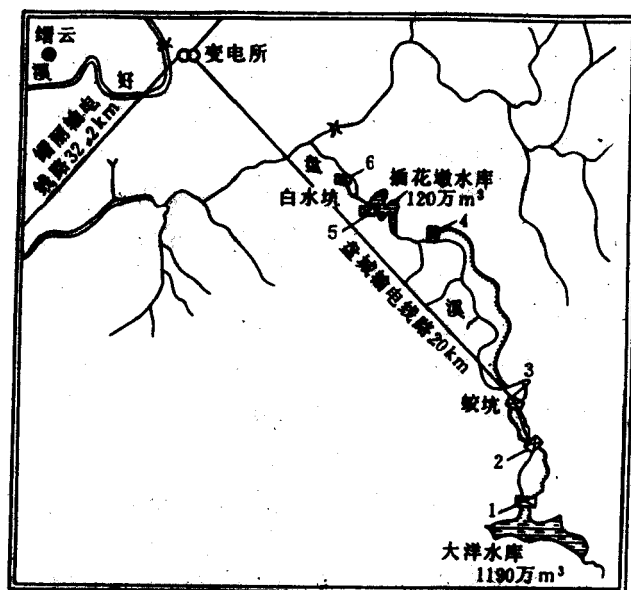


图 1-5 浙江省盘溪流域梯级电站布置示意图

- 1—一级电站，1973年发电，落差36m，装机525kW；2—二级电站，1971年发电，落差220m，装机2100kW；
3—三级电站，落差205m，装机3200kW；4—四级电站，落差100m，装机2000kW；5—五级电站，
1972年建成，落差29m，装机610kW；6—六级电站，落差28m，装机500kW

第三节 潮汐能的开发方式

潮汐现象是地球表面之海水因受日、月引力而产生的周期性升降运动。从这次涨潮到下次涨潮（或落潮到落潮）之间相隔的时间约为12h 25min，这时间称为潮汐运动的周期（或称潮期）。每一全潮水位升降的幅度，称为潮差（图1-6, a），其大小因时因地而异。

利用海洋涨、落潮所形成的水位差来引海水发电，称为潮汐发电。潮汐能的开发方式，有单库单向、单库双向和双库等多种，需结合具体地形、潮差等条件决定开发方式。现以最常见的单库双向式潮汐电站为例，说明其总体布置和工作原理。

图1-6(b)为浙江江厦潮汐试验电站布置示意图，它以发电为主兼有海涂围垦、水产养殖、航运等效益。电站装有6台500kW灯泡贯流式机组，机组以双向（涨、落潮）发电和双向泄水共四种工况运行。年发电量为1070万kW·h。

在江厦港处修筑海堤，将海和港湾隔开，并设泄水闸和水电站。涨潮时，海面潮位高于湾内水位，这时可引海水入湾发电；退潮时，海面潮位下降，低于湾内水位，这时可放湾中的水入海发电。海潮为半日潮，每昼夜涨落两次，因此，类似调节水库的海湾每昼夜充水和放水也是两次。

图1-6(c)为江厦潮汐电站双向运行工作过程图。它是以落潮为主的正向发电，涨潮为反向发电，并能双向泄水，以起水闸充水作用，使能提前发电。

涨潮时，从 t_1 时刻起，机组及泄水闸均关闭，库水位维持不变，海水位逐渐上涨。到 t_2 时刻，海水位与库水位的差达到水轮机最小工作水头，即可开机发电（反向发电），这时引海水入库，随着海水入库，库水位亦逐渐上涨。到 t_3 后水位差减到小于水轮机最小工作水头，电站不能发电。这时开闸开机组让海水进入水库，水库水位仍继续上升。到 t_4 时，海水位与库水位齐平，此时立即关闭机组。 t_4 后库水位不变，而海水位随着退潮而逐渐下降。到 t_5 时，库水位与海水位之差达到水轮机最小工作水头，可再次开机发电（正向发电），库水入海。此后，库水位及海水位均逐渐下降。到 t_6 后，水位差又减小到小于水轮机最小工作水头，机组再次停止发电，并开闸开机组泄水，让库水流入外海，库水位逐渐下降。到 t_7 时，库水位与海水位齐平，随即关闭机组，以后库水位不变，直到 t_8 时刻，水位差又达到水轮机最小工作水头，又可继续发电。这样，在一次全潮中，电站可以发电两次。

上述过程表明，潮汐水电站利用的水头仅为潮差的一部分，而潮差一般不过几米，所以潮汐水电站水头很低，但引用的流量可以很大。

因为修建潮汐电站须横跨海湾或河口建坝形成湾内水库，所以投资较大，施工较难，工期也较长。截至目前，潮汐电站的建设仍处在试点阶段。

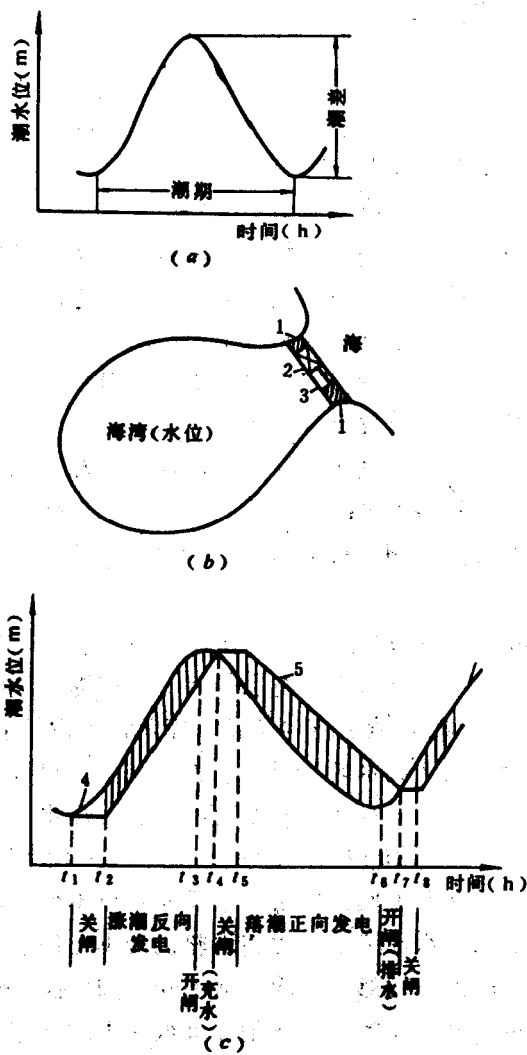


图 1-6 潮汐发电示意图

(a) 潮汐水位变化过程线; (b) 江夏潮汐电站布置示意图; (c) 双向运行潮汐电站的运行过程线
1—坝; 2—电站; 3—水闸; 4—潮水位过程线; 5—库水位过程线