

水电站概论

广东省水利电力学校 陈可一 主编

中等专业学校教材

水电站概论

广东省水利电力学校 陈可一 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书为中等专业学校水电站电力设备专业及水电站动力设备专业的教材，并可供从事水电站规划设计、运行管理的工程技术人员参考。

全书除绪论外，分为三篇。第一篇水能利用，叙述了水能的开发利用和工程水文学的基本知识，径流调节、水能计算及水电站装机容量选择的原理和方法；第二篇水电站的水工建筑物，介绍了各种水工建筑物的型式及作用，重点讨论了立式机组水电站厂房的布置原则和方法；第三篇水电站经济运行，介绍了水电站厂内经济运行、短期经济运行和长期经济运行。

前 言

本书根据水电站电力设备专业《水电站概论》教学大纲及水电站动力设备专业《水电站》教学大纲进行编写，作为中等专业学校的通用教材。

《水电站概论》是一门专业课。根据教学计划的规定，它的任务是：对于水电站电力设备专业的学生，是要使他们对水电站有比较全面的了解，具有水能利用的基本知识，了解水电站各种建筑物的组成和作用，而对水电站厂房的组成和布置则有较深的认识，以便在毕业后能与水工专业人员配合，参加水电站的规划和厂房布置设计工作；对于水电站动力设备专业的学生，除应了解水电站规划和厂房布置设计的一般方法外，还要通过本课程的学习，获得水电站经济运行的基本知识，为毕业后能参加水电站的运行管理工作准备条件。本书内容主要是介绍水电站规划、厂房布置和水电站经济运行的基本知识。而有关水电站水力机械和电气设备的结构、性能及工作原理，设备布置、操作及维修等方面的基本知识，则将在其它课程中学习。至于水电站各种建筑物的结构设计和施工知识，则是水工专业的学习内容，本书不作介绍。

本书分水能利用、水电站的水工建筑物及水电站经济运行三篇。为了便于学生自学，在水能利用篇有关基础理论部分中，编排了一定数量的算例，但书中引用的一般计算公式，均不作详细推导；在水电站的水工建筑物篇中，选编了一些比较典型的工程图例，供学习时参考、分析、比较；在水电站经济运行篇中，则引入了求水库最优运行方式的算例。此外，在每章的末尾，还拟出了一些思考题，以帮助学生复习、思考。

本书适用于上述两个专业。但是，两个专业的教学大纲所规定本课程的讲授学时数相差较大，为了互相照顾，本书各篇的篇幅按学时数较多的专业要求控制。各校在使用本书时，可适当增删其讲授内容。

参加本书编写的有广东省水利电力学校陈可一（绪论及第一篇）、傅章吉（第二篇）和湖北省电力学校陆仕镇（第三篇）。全书由陈可一主编，由福建水利电力学校温信文主审。

本书编写中的不足之处，恳请读者批评指出。

编 者

1985年5月

目 录

前 言

绪 论	1
-----------	---

第一篇 水 能 利 用

第一章 水能的开发利用	4
-------------------	---

第一节 水电站出力 and 发电量的计算	4
----------------------------	---

第二节 水电站集中水头的方式	6
----------------------	---

第三节 水电站的基本类型	9
--------------------	---

第四节 水资源的综合利用和河流的梯级开发	14
----------------------------	----

思考题	16
-----------	----

第二章 工程水文学基本知识	17
---------------------	----

第一节 径流的形成与影响因素	17
----------------------	----

第二节 年径流量的频率分析计算	21
-----------------------	----

第三节 设计年径流	32
-----------------	----

第四节 推求设计洪水的途径与方法概述	37
--------------------------	----

思考题	39
-----------	----

第三章 径流调节	40
----------------	----

第一节 利用水库调节径流	40
--------------------	----

第二节 水库特性	43
----------------	----

第三节 设计保证率 and 设计代表年	50
---------------------------	----

第四节 径流调节计算	52
------------------	----

第五节 洪水调节计算	62
------------------	----

思考题	67
-----------	----

第四章 水能计算	68
----------------	----

第一节 水能计算的目的和任务	68
----------------------	----

第二节 水电站的水头	69
------------------	----

第三节 水能计算的基本方法	71
---------------------	----

第四节 无调节水电站 and 日调节水电站的水能计算	82
----------------------------------	----

第五节 年调节水电站 and 多年调节水电站的水能计算	85
-----------------------------------	----

思考题	88
-----------	----

第五章 水电站装机容量的选择	88
----------------------	----

第一节 电力系统及其容量组成	88
----------------------	----

第二节 各类电站的基本技术经济特性和水电站在系统中的工作方式	93
--------------------------------------	----

第三节	水电站最大工作容量的确定	96
第四节	水电站的经济计算和经济比较	103
第五节	水电站的重复容量	111
第六节	水电站装机容量的选择	113
第七节	水电站装机容量选择的简化方法	116
第八节	水电站水库正常蓄水位和死水位的选择概述	118
第九节	水电站水库调度图	122
思考题		129

第二篇 水电站的水工建筑物

第六章	水电站的水工建筑物	130
第一节	水电站枢纽	130
第二节	挡水建筑物	131
第三节	泄水建筑物	138
第四节	进水建筑物	141
第五节	引水建筑物	145
第六节	平水建筑物	151
思考题		155
第七章	水电站厂房布置	156
第一节	水电站厂房的组成和基本类型	156
第二节	封闭式蜗壳立轴机组地面厂房布置	161
第三节	明槽水轮机室立轴机组厂房布置	178
第四节	卧轴机组厂房布置	181
第五节	厂区布置	189
第六节	特种型式厂房的布置特点	193
思考题		197

第三篇 水电站经济运行

第八章	水电站厂内经济运行	199
第一节	水电站经济运行概述	199
第二节	水电站的动力特性	202
第三节	用微增率法进行机组间有功负荷的最优分配	213
第四节	机组最优投入次序及工作台数的确定	216
第五节	机组间无功负荷和随机负荷的最优分配	219
第六节	水电站厂内经济运行总图	220
思考题		223
第九章	电力系统中水电站的日最优运行方式	223
第一节	水电站在电力系统中日运行方式的最优化条件	223
第二节	火电站的动力特性及火电站间的负荷最优分配	228
第三节	水电站动力特性曲线的修正	230

第四节	水、火电站间日负荷最优分配的方法	233
第五节	水电站上、下游水位变化对最优日运行方式的影响	238
第六节	关于调频任务在各电站间的最优分配问题	239
思考题		240
第十章	水电站长期最优运行方式	240
第一节	水电站长期最优运行概述	240
第二节	水电站长期保证运行方式	242
第三节	水电站发电量最大的长期运行方式	243
第四节	水、火电站系统的长期最优运行方式	255
思考题		258
附表 1	皮尔逊III型曲线的离均系数 ϕ_p 值表	259
附表 2	皮尔逊III型曲线的模比系数 K_p 值表	261

绪 论

在人类与自然界作斗争的长期过程中,随着生产力的发展和人类对自然规律认识的不断提高,水能越来越成为一种重要能源。水能广泛地蕴藏在水流之中,是人类的宝贵财富。如何最有效和最经济地开发利用水能资源,为发展生产和提高人民生活水平服务,这是水电工作者肩负着的光荣而艰巨的任务。

一、水能利用的发展概况

人类利用水流能量已有悠久历史。我国是世界上利用水力最早的国家之一。还在两千多年前,黄河沿岸就出现了木制水车,利用水流的冲力使水车旋转,汲水上岸;同时也借助于水轮取得动力,带动石碓、石碾和石磨等,用以对农产品进行加工。到大约四世纪末,欧洲国家也陆续制成这一类水力机械,以代替体力劳动。到十五世纪,由于手工业的发展,水力的利用日益普遍。十六世纪,英国制成铁质水轮,借水力转动桨叶用以汲水。

十八世纪欧洲产业革命之后,大量使用机器,迫切需要动力,水力机械作为原动机得到了较大发展,不过它的使用只限在江河两岸。虽然十九世纪人们已在水车和旧式水轮的基础上创造了水轮机,但由于工业基地与水能地点往往不在同一处,所以水能利用的进一步发展仍不得不暂时受到限制。直到十九世纪末叶,这个情况才有了根本的改变。随着电力工业技术的发展,特别是高压输电技术的出现,水能的开发方式就进而为利用水力来发电了。从此以后,水能利用事业进入了稳定发展的时代。

由于水力发电具有许多优点,如电力成本低,运行管理简单,适于调峰、调频,对环境不会产生污染等,使得二十世纪以来水能利用事业有了飞速的发展,世界各国水电站容量不断增加,水电站规模不断扩大,单机容量不断提高。当前,全世界已建成的水电站容量超过4亿kW,单机容量在200万kW以上的已建和在建水电站有40多座。由巴西与巴拉圭合建的世界上最大的伊泰普水电站,容量达1260万kW。单机容量最大的是美国大古力水电站的机组,达70万kW;国外还有单机容量120~150万kW的水电机组正在设计中。

全世界已经开发的水能资源只占蕴藏量的20%左右。目前,国外在建设水电站方面的发展趋势是:提高单机容量和扩大水电站规模,提高水电站自动化和运行管理水平,大力发展抽水蓄能电站,提高水电容量比重,运用系统分析方法研究水电站群与水电资源系统的规划设计和控制,以及研究利用新的水能资源例如海浪能等。

欧洲和日本一些水能资源开发利用程度较高的国家,对大、中、小型水电站的建设都比较重视,特别是自从七十年代石油危机以来,过去认为不经济的小型水电站也在大力提倡兴建。一些发展中国家,考虑到中、小型水电站建设投资少,工期短,技术比较简单,所以在注意兴建大型水电站的同时,尤其重视中、小型水电站的建设。1980年,在我国杭州和菲律宾马尼拉召开了国际性的小型水电站建设会议,肯定了小型水电站建设的广阔前景,交流了经验,对促进小型水电站建设有一定作用。

二、我国的水能资源及水电事业发展情况

我国幅员广大，江河纵横，湖泊星罗棋布，是世界上水能资源最丰富的国家。根据普查成果，全国（未包括台湾省，下同）水能资源蕴藏量按多年平均流量计算为6.8亿kW，年发电量为5.9万亿kW·h，其中可开发利用的、单站500kW以上的为3.7亿kW，年发电量为1.9万亿kW·h。

解放前由于社会制度落后，严重阻碍了生产力的发展，致使我国丰富的水能资源长期得不到开发利用。解放时全国的水电站容量只有16万kW，年发电量只有7亿kW·h，水电站容量和年发电量分别居世界第25位和第23位。

优越的社会主义制度，为发展我国水电事业开创了广阔的前途。建国以来，党和政府对水电建设十分重视。从五十年代至今，已分别编制了长江、黄河、淮河、海河、珠江、辽河及松花江等江河的开发规划报告；先后成功地兴建了新安江、三门峡、丹江口、刘家峡、龚咀、乌江渡等大型水电站，还有长江干流上的葛洲坝水电站、黄河上游的龙羊峡水电站等大型水电站正在建设中。据统计，到1983年底，全国已建成大、中、小型水电站近9万座，总装机容量达2400万kW，年发电量864亿kW·h，占全国总发电量的24%；水电站容量和年发电量已分别进至世界第6位和第8位。此外，在建的水电站容量约有1000万kW。我国水电建设的成就，不仅在建站规模和数量上取得了可喜成绩，而且科学技术水平也有很大提高，建设队伍不断壮大。

能源建设是我国经济发展的战略重点之一。按照经济发展规律，电力工业要做到先行。水电是可再生的、用之不竭的能源。我国水能蕴藏量极为丰富，目前已建成和在建的水电站容量还不到可开发利用的水能资源的10%。我国电力工业的建设方针是：要因地制宜地发展火电和水电，逐步把重点放在水电上。因此，加速水电站建设，对我国经济发展有着重要的意义。无疑，广大水电建设者肩负着的任务是十分艰巨、但又是极其光荣的。

三、水力发电的特点

水电站是将水能转变为电能的企业。水力发电具有以下特点：

1. 水能资源是可再生资源

地球上江河湖海的水在太阳辐射作用下，蒸发到空中，并随气流运行。在一定条件下，水汽凝结下降为雨或雪，再回到江河湖海。这就是自然界的水在大气中的循环，所以水能资源是一种再生能源。而火电站所用的燃煤或石油，核电站所用的稀有金属原料，都是要消耗掉而不能再生的。因此，水能的再生性这个特点在能源意义上看就显得更为重要。

2. 水资源的综合利用

水资源具有多方面的使用价值，除发电外，常可同时取得防洪、灌溉、航运、供水、养殖以及改良环境和旅游等多方面的效益。河流的水资源还可以梯级开发利用：水流经过上游水电站发电后，仍可为下游各级水电站再利用来发电。

3. 水电站的生产成本低，效率高

水电站不耗用燃料，运行人员常比火电站少好几倍，又由于水电站的机组设备简单，年维护费用较低，所以通常水电站的电能成本只有火电站的五分之一至八分之一。水电站

的能源利用效率也比较高，火电站烧煤的热能效率一般只有40%左右，而水电站的水能效率可达85%以上。

4. 水能可以贮蓄和调节

电能是不能大量贮蓄的，必须生产与消费同时完成。而水电站可以借助于水库，贮蓄水能，以代替贮蓄电能，有利于电力系统容量和电能的供求平衡，提高供电的灵活性和经济性。同时，利用水库调节水能，可以提高水能资源的利用程度。

5. 水力发电的可逆性

火电站只能利用燃料生产电能，而不能利用电能再生产燃料。水力发电则有可逆性：位于高处的水可引向低处转动水轮发电机组，使水能转变为电能；位于低处的水可通过电动抽水机组提送到高处，使电能转变为水能。利用水力发电的这种可逆性，可以在电力系统内建造抽水蓄能电站，达到贮蓄和调节电能的目的。

6. 水电站运行的灵活性

水电站具有机组设备简单、运行操作灵活、易于实现自动化等优点。机组可以在几分钟内启动，投入运行，增、减负荷十分方便。因此，水电站最适于承担电力系统的调峰、调频任务和用作事故备用容量。火电站虽然也可承担这些任务，但因其设备复杂，启动不灵活，要经常处于热备用状态，浪费一定燃料。

7. 水电站不产生污染

水电站既无烟气，又无废渣，废水也极少，故不会引起污染问题。相反，由于建成水库后，还可以改善环境，水库周围常常是建设疗养区和开展旅游的良好场所。

8. 水电站电能生产的不均衡性

由于河川径流的多变性与不重复性，使水电站的电能生产具有不均衡性，给水电站和电力系统的运行带来一定困难。

9. 水电站的建设较之火电站更多地受限于自然条件

水电站必须建在水能地点，受地形、地质、交通等条件限制较大，并要引起或多或少的淹没损失。所以建筑物往往比较复杂，施工困难也较多，工程量和投资较大，工期较长。

四、本课程的性质和任务

水电站既是一个生产企业，又是各种建筑物和设备的综合体。把水电站看作是生产企业时，要着重研究它的生产能力——容量，它的产量——发电量，以及经济效益。涉及这些内容的学科分支，称为水能利用，主要阐述径流调节、水能计算、水电站在电力系统中的工作、经济计算和水电站参数选择等问题。把水电站看作是建筑物和设备的综合体时，要着重研究各种建筑物和设备的工作原理、构造、材料、选型、性能、结构安全和土建施工等问题。这些问题分别在水利水电工程建筑专业、水电站电力设备专业和水电站动力设备专业的有关课程中阐述。

本课程在内容上涉及的面较广，概念较多，故除扼要介绍一些必要的计算原理与方法外，更多地是综合性的分析、论述，学生学习时要注意这一特点。

第一篇 水 能 利 用

第一章 水 能 的 开 发 利 用

第一节 水电站出力和发电量的计算

一、水流出力和能量的计算

水流凭借重力作用蕴藏着水能。天然河流中的水能消耗在克服水流的摩阻、冲刷河床和挟带泥沙等方面，而白白地浪费掉。

河流蕴藏的水能可用水力学公式进行计算。如图1-1，在河流上取两个断面1-1和2-2，水面高程分别为 Z_1 和 Z_2 m，平均流速分别为 v_1 和 v_2 m/s。设在 ts 时间内有水量 Wm^3 流过河段的两断面，则断面1-1处水流所具有的能量为：

$$E_1 = \gamma W \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) \quad (N \cdot m) \quad (1-1)$$

式中 Z_1 、 $\frac{p_1}{\gamma}$ 、 $\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ ——单位水重的位能、大气压能、动能，

γ ——水的容重(N/m^3)。

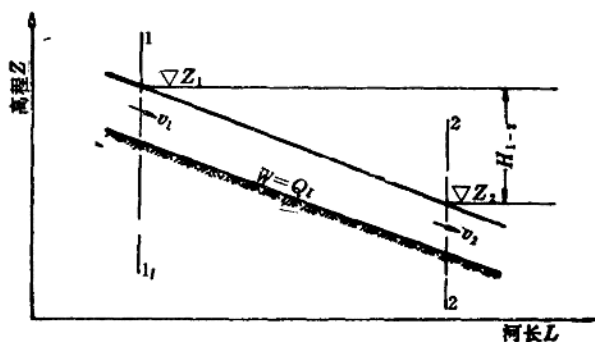


图 1-1 河段示意图

若河段中间无支流汇入，则同样的水量 Wm^3 通过断面2-2时所具有的能量为：

$$E_2 = \gamma W \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) \quad (N \cdot m) \quad (1-2)$$

两断面水流能量之差，即该河段的潜在水能 E ，也就是水体 Wm^3 从断面1-1流到断面2-2所消耗了的能量，其值为：

$$E = E_1 - E_2 = \gamma W \left(Z_1 - Z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g} \right) = \gamma W H_{1-2} \quad (N \cdot m) \quad (1-3)$$

式中 H_{1-2} ——两断面单位水重的能量差(m)，其余符号同前。

考虑到两断面的大气压差和动能差数量很小,可略去不计。所以通常以两断面处河流水面的高程差或称落差(Z_1-Z_2),来代替两断面单位水重的能量差,记作 H_{1-2} 。

式(1-3)中的能量 E ,是 t s时间内流过 Wm^3 水量的作功能力。单位时间内的作功能力即功率,工程上常称作出力或容量。由式(1-3)可知,河段水流的出力 N 为:

$$N = \frac{E}{t} = \gamma W H_{1-2} \frac{1}{t} = \gamma Q H_{1-2} \quad (N \cdot m/s) \quad (1-4)$$

式中 Q ——河段流量(m^3/s),其余符号同前。

工程上出力的单位常用“千瓦”(kW),能量的单位常用“千瓦时”(kW·h)。因为 $1kW = 102 \times 9.81 N \cdot m/s$, 水的容重 $\gamma = 1000 \times 9.81 N/m^3$, 代入式(1-4)得河段的水流出力为:

$$N = 9.81 Q H_{1-2} \quad (kW) \quad (1-4)'$$

能量为:

$$E = 9.81 Q H_{1-2} \left(\frac{t}{3600} \right) = \frac{1}{367} W H_{1-2} = 0.00272 W H_{1-2} (kW \cdot h) \quad (1-3)'$$

二、水电站出力和发电量的计算

为了利用河段的水能,常借助于水工建筑物将天然落差 H_{1-2} 集中起来,形成水电站的水头。然后使水流转动水轮机,从而带动发电机,将水能变为电能。例如在图1-2中,在断面2-2处建筑拦河坝,坝前和坝后的水位差即为水电站的静水头 H_0 。从上游将水引入水电站厂房内的水轮机,使水轮机转动,即可带动发电机发出电能。应注意,水从断面1-1流至拦河坝前,由于有水头损失 ΔH ,故能集中得到的水电站静水头 H_0 总是小于河段的天然落差 H_{1-2} 的: $H_0 = H_{1-2} - \Delta H$ 。此外,水从坝前进至水轮机,以及水轮机的尾水流回下游时,也还有水头损失,所以水电站的净水头,即作用在水轮机上的工作水头 H ,应等于静水头 H_0 减去水电站的进水损失 ΔH_1 和尾水损失 ΔH_2 : $H = H_0 - \Delta H_1 - \Delta H_2$ 。再考虑到水轮机内和发电机内的能量损失,水电站实际的出力 N 和发电量 E 应为:

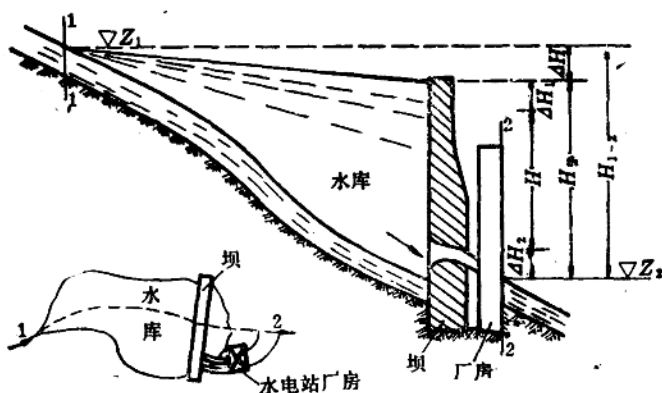


图 1-2 坝式开发平、剖面示意图

$$N=9.81QH\eta(\text{kW}) \quad (1-5)$$

$$E=0.00272WH\eta(\text{kW}\cdot\text{h}) \quad (1-6)$$

式中 Q ——通过水轮机的流量(m^3/s);

W ——一定时段内通过水轮机的水量(m^3);

H ——作用在水轮机上的工作水头(m);

η ——水轮发电机组的效率。

水轮发电机组的效率 η 是一个小于1的系数;等于水轮机效率与发电机效率的乘积,如果水轮机与发电机之间装有传动设备,还应乘上传动设备的效率。 η 值在小型水电站上约为0.65~0.8,在中型水电站上约为0.80~0.85,在大型水电站上可达0.9。

在初步估算水电站的出力时,常用下列近似公式:

$$N=\alpha QH(\text{kW}) \quad (1-7)$$

式中的 H 可近似地用静水头 H_0 代替;系数 α 对大型水电站可采用8.0~8.5,中型水电站7.5~8.0,小型水电站6.0~7.5。

第二节 水电站集中水头的方式

为了利用某一河段的水能,必须把这一河段的天然落差集中起来,形成水电站的水头。

根据河流条件的不同,集中水头的方式可以有三种情况:

(1) 建造拦河坝抬高上游水位,形成水电站的水头,如图1-2所示。这种集中水头的方式称为坝式开发。

(2) 沿河建造纵坡降比较平缓的引水道例如渠道或隧洞,将河水引至河段的末端,即可把河段的天然落差集中起来,形成水电站的水头,如图1-3和图1-4所示。这种集中水头的方式称为引水式开发。

(3) 部分水头用坝集中,部分水头用引水道集中,称为混合式开发。图1-5所示为一混合式开发的例子,在河段中部用拦河坝抬高水位,回水至断面1-1,同时用压力隧洞来集中坝址至断面2-2之间的天然落差。

下面对水电站集中水头的方式作一般性的分析。



图 1-3 用渠道引水来集中水头

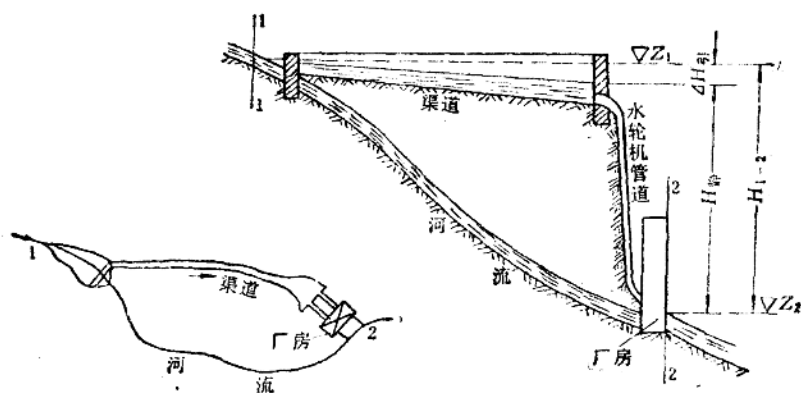


图 1-4 引水式开发平、剖面示意图

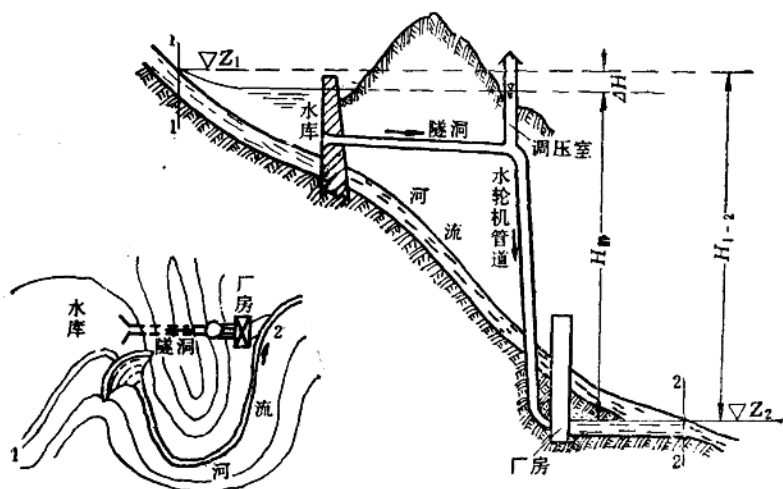


图 1-5 混合式开发平、剖面示意图

拦河筑坝来集中水头，不可避免地要引起上游两岸的淹没。我国人多地少，筑坝建库往往受淹没损失的限制，特别在人口密集地区问题更为突出。当上游有大片农田，或有重要的矿藏、工矿企业、交通线路和居民点时，常要放弃用坝来集中水头的方式，或者要限制筑坝的高度。采用引水式开发或混合式开发来集中水头，可以减免库区的淹没。关于淹没损失问题，往往是在拟定集中水头方式时应予首先研究的问题。

某些已建成的水电站，集中水头的方式主要决定于水资源综合利用的要求。例如丹江口水电站、大伙房水电站为了满足防洪和灌溉的需要，官厅水电站为了满足防洪、灌溉和供水的需要，都必须筑坝形成水库，用以拦蓄洪水，同时也就为水电站集中了水头，因此它们都是坝式水电站。又如模式口水电站，是利用从三家店供水至北京市的渠道来集中水头的，故属于引水式水电站。

对于以发电为主的水利工程，应根据水电建设的方针政策和按照河流的具体条件，来

选定合理的集中水头方式。从建筑工程量看,一般说来,在流量大、坡降小的平原河流上,比较适宜采用建坝集中水头;对流量小、坡降大的山区河流,比较适于用引水道来集中水头。例如西津、刘家峡、丰满、新安江和桓仁等水电站,都在平原大河或比较大的河流上,流量大和坡降小(多年平均年径流量和坡降分别为:西津 504 亿 m^3 , 0.1%;刘家峡 261 亿 m^3 , 0.2%;丰满 144 亿 m^3 , 0.8%;新安江 117 亿 m^3 , 0.58%;桓仁 49 亿 m^3 , 0.9%),而且优良坝址,河谷狭,地质条件好,因而都是筑坝集中水头。而古田溪、以礼河梯级和长白十三道沟梯级水电站的流量较小(多年平均年径流量分别为 15.8 亿 m^3 、5.6 亿 m^3 、0.5 亿 m^3),同时河流坡降大,用引水道集中水头的条件比较优越。古田溪河流坡降为 10%,而且有 19km 的弯段,利用 2km 隧洞就可集中 90m 水头;以礼河是金沙江的支流,在相距 12km 处,两河水位相差 1400m,可用较短的引水道集中很高的水头;长白十三道沟坡降为 25%~60%,并有天然瀑布可以利用。所以古田溪、以礼河梯级和长白十三道沟梯级水电站均用引水道集中水头。

为什么集中水头方式的选定,同河流的流量和坡降有着这样的一般性关系呢?这主要是因为坝的工程量只同河谷宽狭和坝高有关,而引水道的工程量则是由其长度和过水断面大小决定的。

这也就是说,从流量来看,当用坝来集中水头时,坝的工程量并不取决于流量的大小。虽然一般说来,河流流量大时河谷亦较宽,但是河谷宽狭并不仅是由于河水的冲刷作用,还往往取决于两岸的地质构造。例如黄河刘家峡的流量远远大于北京十三陵水库的流量,但刘家峡坝址处的河宽仅五十多米,而十三陵水库坝址处的河宽达六百多米。可见流量大小同坝体工程量没有直接关系。至于如果用引水道来集中水头,则由于过水断面主要因流量而定,流量大小直接影响引水道的过水断面和工程量,流量越大,引水道的工程量也就越大。

从河流坡降来看,为集中某一定水头,河流坡降越大,由于引水道的长度可随而缩短,所以其工程量也就越小。实践证明,对于某一定河段的开发,如果河流的坡降很大,可以利用的落差很大,当用坝来集中水头时,随着坝高的增加将要使坝体工程量显著增加,因为一般说来坝体工程量是同坝高的 2~3 次方成正比的(参见图 1-6);而用引水道来集中水头时,并不会因为所集中的水头很大而增加引水道的工程量。在河流坡降非常平缓的情况下(例如长江下游等平原大河的坡降仅几万分之一),若用引水道集中水头不仅是不合理,而且也往往是难于实现的。

因此,在流量大、坡降小的平原河流上比较宜于用坝来集中水头,而在流量小、坡降

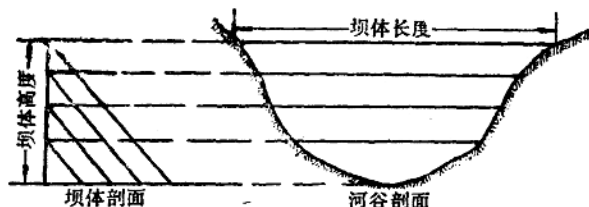


图 1-6 坝体工程量与坝高的 2~3 次方成正比

大的山区河流上则比较宜于用引水道来集中水头。用坝集中水头时，水头常受淹没损失和坝高的限制（目前世界上已建成的最高的坝为300m左右），但引用流量可以很大。用引水道集中水头时，引用流量不能太大，但集中的水头可以很高（例如意大利劳累斯引水式水电站的水头达2030m）。

有时，根据河流的自然条件，例如河流的上半部分坡降平缓，宜于用坝集中水头并形成水库；而下半部分坡降较陡，宜于用引水道集中水头，则往往采用混合式开发较为合适。因为在这种条件下，如果全部水头都用坝来集中，将会使坝高及坝的工程量大大增加；如果全部水头都用引水道来集中，引水道长度将要增加很多，而且缺少能调节径流的水库。这时采用混合式开发则可因地制宜，避免这些缺点。例如龙溪河上的狮子滩水电站，河段的上半部分坡降平缓，约为1%，用坝集中水头约50m，河段的下半部分坡降较陡，约为10%，用压力隧洞集中水头20m左右，而成为混合式水电站。

第三节 水电站的基本类型

一、坝式、引水式和混合式水电站

水电站是借助于建筑物和机电设备将水能转变为电能的企业。水电站包括哪些建筑物以及它们之间的相互关系，主要取决于集中水头的方式。所以按集中水头的方式来对水电站进行分类，最能反映出水电站建筑物的组成和布置特点。

与上述集中水头的方式相应，水电站可分为坝式水电站、引水式水电站和混合式水电站三种基本类型。

（1）坝式水电站，它的水头是由坝抬高上游水位而形成。水电站建筑物例如水电站厂房、输水至厂房的水轮机管道和高压开关站等，与坝及泄洪建筑物共同组成为水力枢纽。图1-7所示是某坝式水电站的水力枢纽。靠左岸为溢流坝，水电站厂房建在靠右岸的挡水坝的后面。坝上游的水，经由埋在坝体内的水轮机管道，进入厂房内的水轮机。水流转动水轮机后，泄回下游河道。为避免溢流坝下泄的水流对从厂房泄回下游的尾水发生干扰，故设有导流墙将它们互相隔开。水轮机管道在坝上游的进水口处装有闸门和拦污栅，操作这些闸门和拦污栅的启闭机架设在坝顶上（图上未表示出）。闸门可用来控制进入水电站厂房的流量，以及当检修水轮机管道和水轮机时用以截断水流；拦污栅则用于拦阻漂浮物进入水轮机管道。高压开关站布置在厂房和坝之间，高压电流从这里输出。

这个水电站的厂房在布置上有一重要的特点，就是厂房建在坝的后面，上游水压力由坝承受，不传到厂房上来。对于水头较高的坝式水电站，为了不使厂房承受上游的水压力，一般采用这种布置方式。这时，厂房设在坝后，水流经由埋藏于坝体内的或绕过坝端的水轮机管道（埋藏于坝体内的常采用钢管，绕过坝端的常采用隧洞）进入厂房。这一类的坝式水电站称为坝后式水电站。

图1-8所示者是另外一类坝式水电站，所有的建筑物也是集中成为一个水力枢纽。在这种布置中，水电站厂房代替一部分坝体作为抬高水位的建筑物，直接承受着上游水压力。它没有专门的水轮机管道，水流由上游进入厂房，转动水轮机后泄回下游。这类以厂

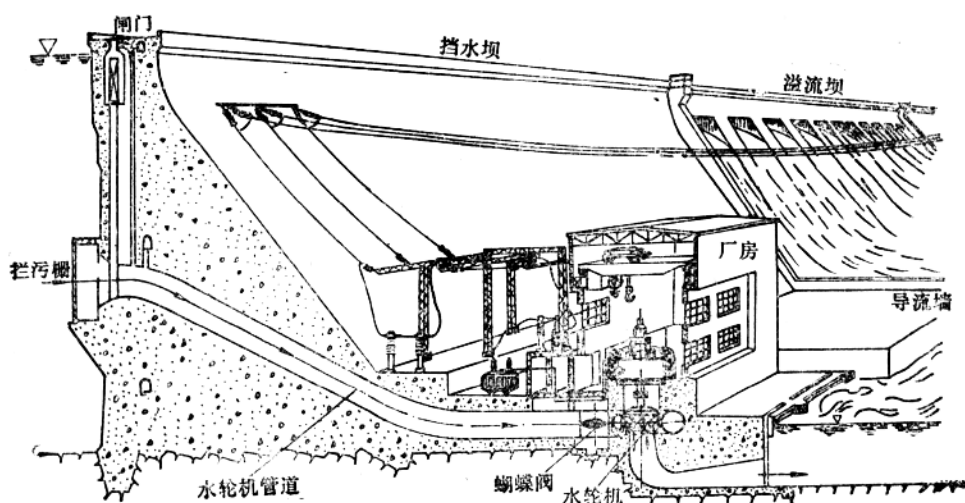


图 1-7 坝后式水电站

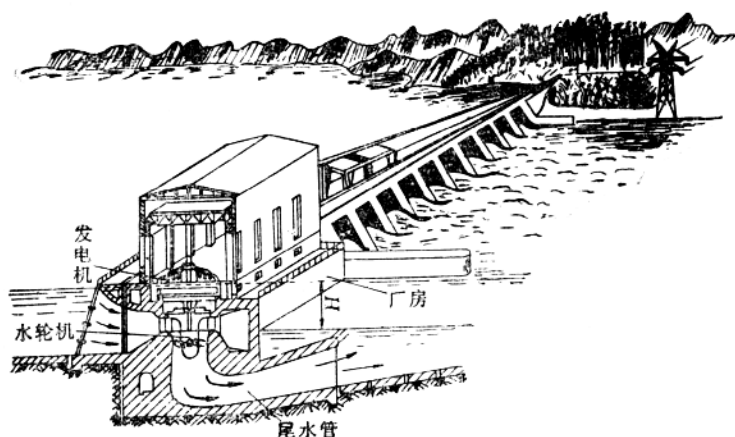


图 1-8 河床式水电站

房承受上游水压力为特点的坝式水电站，称为河床式水电站。河床式水电站水头较低，一般不超过30m。某些灌溉渠道上为了利用跌水而建造的小型水电站，如果是由厂房来承受上游水压力的（图1-9），也属于河床式水电站。此外，在海湾筑坝使与海洋隔开，利用涨潮、落潮时的水位差发电的潮汐水电站，由于水头不高，通常将厂房建成为坝体的一部分，所以也属于河床式水电站这个类型。

（2）引水式水电站，水头由引水道形成。这类水电站在布置上的特点是具有较长的引水道，水电站建筑物比较分散。图1-10是奶道河水电站的示意图。奶道河是三道白河的一条支流，在建站处奶道河距三道白河约1km，两河高差达二十多米。为了拦引奶道河