

水力发电夏令科普丛书



中国水力发电工程学会 主编

水电站建筑物

李浩钧

水利电力出版社



内 容 提 要

为了使广大青少年对水力发电站建筑物有一个初步认识,本书在内容上全部取材于国内大中型水力发电站的实例,着重介绍主要概念和内容,很少涉及深奥理论和公式,还适当介绍了我国历史上的水利建设业绩和当前我国的水电站建设成就。

本书可做为青少年课外读物及具有中等文化水平的同志阅读。

水力发电夏令营科普丛书

水 电 站 建 筑 物

李 浩 钧

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

外文印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 3.125印张 66千字
1986年6月第一版 1986年6月北京第一次印刷
印数00001—10000册 定价 0.75元
书号 15143·6306X

编 者 的 话

我们可爱的祖国拥有世界上最丰富的水力资源。解放后，水力发电建设取得成绩不小，现在一年的水力发电量比解放初期增加了七十多倍，占全部水火电总发电量的五分之一以上。我国水电开发的潜力很大，又是清洁、廉价，而且能够再生的能源，目前仅仅开发了占全部可能开发的7%，大大落后于世界先进的国家。希望青少年同学们、同志们立志成为祖国开发水电的尖兵和战士，把蕴藏着的水电潜力开发出来，为四个现代化做出巨大贡献。

为了帮助大家学习了解水力发电科学技术知识，我们编写了一套《水力发电夏令营科普丛书》。除供参加夏令营的青少年阅读外，凡具有初中以上文化程度的同志也可做为科普读物阅读。

本册《水电站建筑物》，由李浩钧同志编写，经刘颂尧同志审核。由于时间较短，水平所限，书中会存在不少缺点和错误，请读者指正。

本丛书在组织编写、审核、出版、发行工作中，得到有关单位及同志的大力支持，特表感谢。

中国水力发电工程学会

1986年3月

目 录

编者的话

第一章 水电站枢纽	(1)
第一节 水力发电的基本原理.....	(1)
第二节 水电站枢纽布置.....	(3)
第三节 水电站工程等级和防洪标准.....	(10)
第二章 挡水建筑物——坝	(13)
第一节 概述.....	(13)
第二节 土石坝.....	(16)
第三节 混凝土坝.....	(32)
第四节 拱坝.....	(43)
第三章 泄水建筑物	(49)
第一节 概述.....	(49)
第二节 泄水建筑物分类.....	(49)
第三节 溢洪道.....	(52)
第四节 泄洪洞.....	(56)
第四章 引水和发电建筑物	(66)
第一节 概述.....	(66)
第二节 进水建筑物.....	(66)
第三节 有压引水隧洞.....	(71)
第四节 调压室.....	(72)
第五节 压力管道.....	(77)
第六节 发电厂房.....	(81)

第五章 过船、过木和过鱼建筑物.....	(86)
第一节 概述.....	(86)
第二节 通航建筑物.....	(87)
第三节 过木建筑物.....	(91)
第四节 过鱼建筑物.....	(93)

第一章 水电站枢纽

第一节 水力发电的基本原理

我国江河众多，水力资源丰富，全国水能总蕴藏量达6.8亿kW，占世界首位，其中可开发利用的约3.7亿kW。建国以来，我国兴建了数量众多的大、中、小型水电站，其中有荣获国家科技进步特等奖的葛洲坝水电站；荣获国家科技进步一等奖的乌江渡水电站。据1985年统计：我国已建水电站总装机为2626万kW，占可开发利用量的7.1%。一些水能开发先进的国家，已开发50~90%。相比之下，当前我国水能开发率很低。丰富、珍贵的水能资源年复一年地白白流入海洋，十分可惜。另一方面，我国艰巨的四化建设任务，又急需大量能源。尽快地加速我国水能资源开发——修建水电站，让丰富的水能资源为四化建设服务，是全国水电建设者，包括为四化献身的广大青年的光荣责任。

水流为什么能发电？水电站是怎样发电的呢？下面就来谈谈水力发电的基本原理。

众所周知：“水向低处流”，是水体在地心引力作用下的基本特性。从物理学做功的概念以及能量转换定律得知：物体从某一高度自由下落时，其位能转变成动能并可转换成“功”。因而，当河流从海拔高的上游流向海拔低的下游时，就具有做功的能力，其高差越大、流量越多，则做功的能力也就越大。按物理学规定，单位时间（秒）内所作的功叫功率。功率以瓦特（W）或千瓦特kW，（通常称千瓦）表示。1kW功率相当于10盏100W灯泡点燃1秒钟所耗的电

能。在水力发电工程中，通常称功率为“出力”。

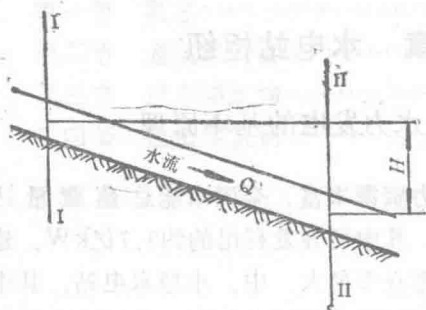


图 1-1 计算河流出力示意图

怎样计算出力呢？我们先看看图1-1，当河流由断面I-I流至断面II-II，其间降落的垂直高度（通常称“落差”或“水头”）为 H ，单位时间（以秒计）内流过断面I-I或II-II的水量

（通常称之为“流量”）为 Q ，则可按式计算水流出力：

$$N = \eta \frac{\gamma Q H}{102} = 9.8 \eta Q H$$

式中 N —— 出力 (kW)；

γ —— 水的容重 (kgf/m^3)；

Q —— 流量 (m^3/s)；

H —— 落差 (m)；

η —— 效率，一般可用0.75~0.80估算。

在天然河道中，水流的功通常是消耗于冲刷河床、输送泥沙以及水流与河床间、水流之间的摩阻作用，属于无效的功。在某些情况下，还会引起灾害，如冲刷河岸、淤积河床等。如果我们因势利导，修建水电站，有效地利用水力做功发电，就可将滔滔不绝的水能资源开发出来，成为电力，造福于人类。

其次，再谈谈水电站是怎样发电的。一般必须修建工程设施，造成一个使水流集中的落差，然后将具有位能的水流引入水轮发电机组，水流推动水轮发电机转换成为电能。图

1-2是丹江口水电站，它是在汉江上建坝蓄水发电，坝上、下游水位间有一落差 H ，水流通过坝内引水管道引入坝后厂房的水轮发电机发电，再经过变压器把电压升高，由输电线将电流送出。

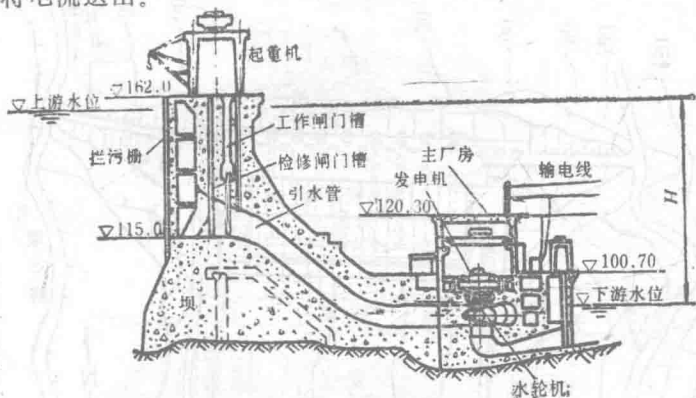


图 1-2 丹江口水电站

第二节 水电站枢纽布置

一、布置形式

水电站是由若干建筑物组成的，按集中水头的方式、地形和厂房位置等，有四种基本布置形式，即：坝后式水电站；引水式水电站；河床式水电站以及兼有两种基本布置特点的混合式水电站。

1. 坝后式水电站布置

在峡谷河流上修建拦河大坝，壅高水位形成水库，水电站厂房一般布置在大坝的背后河床处，也可布置在坝内、坝附近的地下或坝下游不远处的岸边（采用压力管道或隧洞引水）。这种布置的特点：坝可以修得很高，库容可以很大，

往往修建在河道的上、中游。我国有很多水电站是属于此种布置，如我国自己设计、施工的第一个大型水电站——新安江水电站（图1-3），坝高105m，装机66.25万kW；黄河上

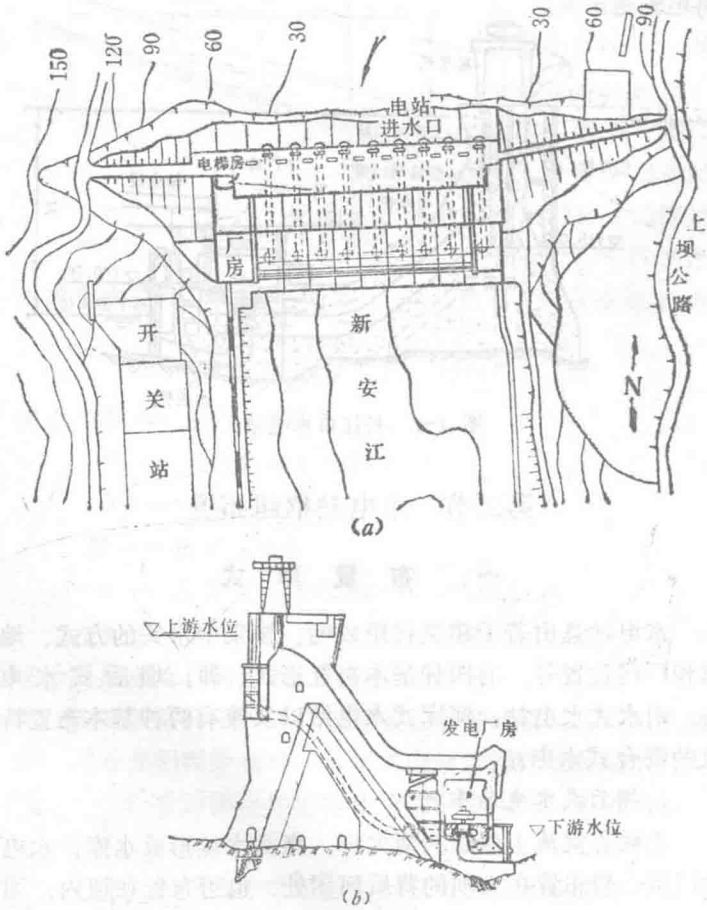


图 1-3 新安江水电站
(a) 平面布置图, (b) 剖面图

游的刘家峡水电站（图1-4），坝高147m，装机122.5万kW。

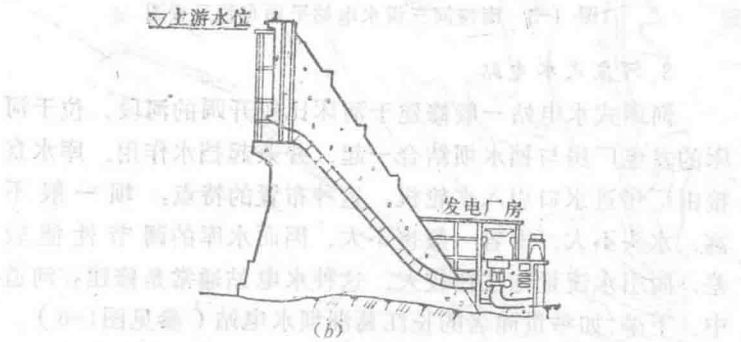
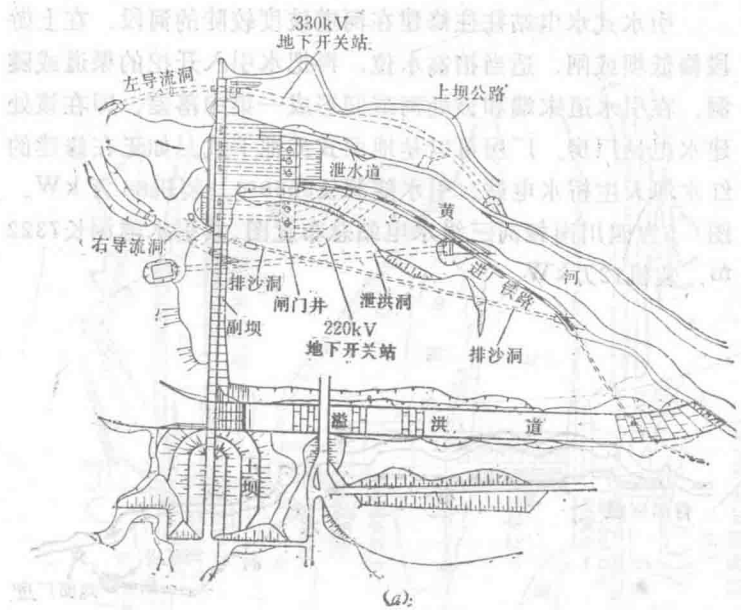


图 1-4 刘家峡水电站
(a) 平面布置图；(b) 剖面图

2. 引水式水电站

引水式水电站往往修建在河道坡度较陡的河段，在上游段修低坝或闸，适当抬高水位，再把水引入开挖的渠道或隧洞。在引水道末端和该处河道间形成一集中落差，即在该处建水电站厂房。厂房可以是地面式或地下式。如正在修建的红水河天生桥水电站，引水隧洞长9555m，装机88万kW。图1-5为四川南桧河三级水电站总布置图，其引水隧洞长7322m，装机12万kW。



图 1-5 南桧河三级水电站平面布置示意图

3. 河床式水电站

河床式水电站一般修建于河床比较开阔的河段，位于河床的发电厂房与挡水坝结合在一起，并兼起挡水作用。库水直接由厂房进水口引入水轮机。这种布置的特点：坝一般不高，水头不大，库容一般也不大，因而水库的调节性能较差，而引水流量则往往较大。这种水电站通常是修建在河道中、下游，如举世闻名的长江葛洲坝水电站（参见图1-6），装机271.5万kW。广西郁江西津水电站也为河床式水电站，装机23.44万kW。

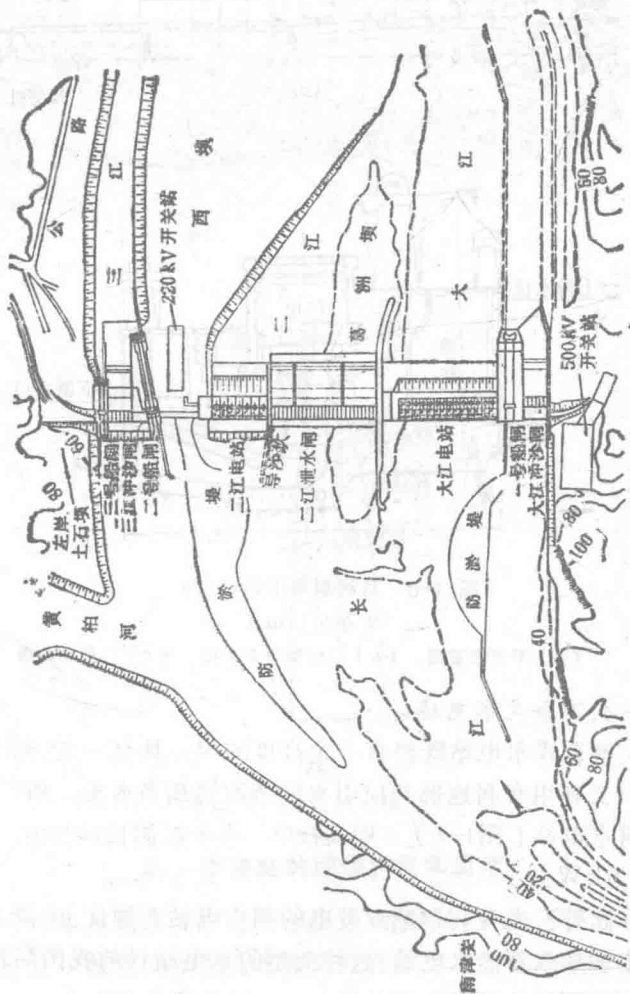


图 1-6 葛洲坝水电站(a)

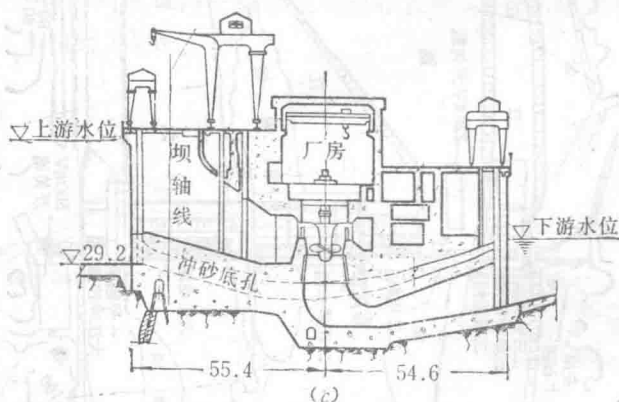
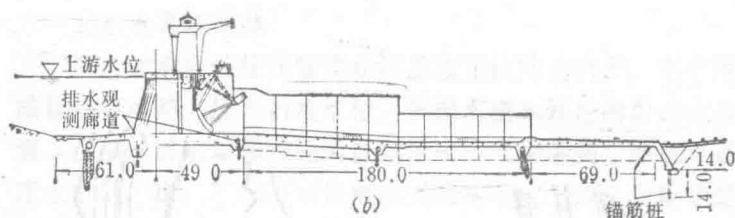


图 1-6 葛洲坝水电站(b,c)

(单位: m)

(a) 平面布置图; (b) 二江闸纵剖面图; (c) 厂房剖面图

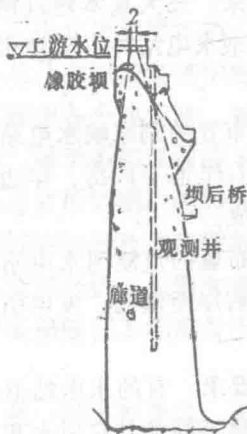
4. 混合式水电站

混合式水电站既修有一定高度的坝, 具有一定调节库容, 又利用有利地形开挖引水隧洞取得相当水头。如广东流溪河水电站(图1-7) 坝高75m, 引水隧洞长1928m, 装机4.2万kW。

此外, 尚有利用潮汐发电的潮汐电站(如江夏潮汐电站)和抽水蓄能水电站。这种类型的水电站目前我国尚很少, 这里就不作介绍了。



(a)



(b)

图 1-7 流溪河水电站

二、水电站的综合利用和组成

一个水电站除要求有一个集中水头外，一般还要求有一个水库，以便把丰水期的水量部分调蓄起来，留待枯水期发电时用，从而使水电站可以比较均匀地发电，满足用电户常

年用电的需要。集中水头和调蓄水量这二个要求，通常可以建坝来实现。既然建坝蓄水，便需要考虑经济而有效地利用水库，发展其它国民经济部门或当地的需要，诸如预防洪水、农业灌溉、城市和工业供水、水运、养殖、旅游及环境卫生等，这就是通常所说的综合利用。一个水电站水库往往具有综合利用效益，所以在进行水电站的经济分析和评价时，要考虑它的综合利用效益。

水电站枢纽是由若干不同功用的建筑物组成，由哪些建筑物组成则要根据水电站的基本形式、地形条件和综合利用要求而定。一般说来，三大基本建筑物总是不可少的，即：壅水坝（除少数小型水电站外，无坝引水者极少）、泄水建筑物和发电厂房。

例如，坝后式布置的刘家峡水电站（图1-4），由拦河大坝、坝后厂房和右岸地下厂房、岸边溢洪道和二条泄洪洞、一条排沙洞组成。

又如，混合式布置的流溪河水电站（图1-7），由具有坝顶溢洪的拱坝、右岸泄洪洞、发电引水隧洞、地下厂房等建筑物组成。

根据综合利用要求，有的水电站枢纽还有过木建筑物、过鱼建筑物、过船建筑物及其它引水和放水建筑物等。

第三节 水电站工程等级和防洪标准

如前所述，大、中型水电站工程往往具有综合利用效益，除害兴利，造福人民，对国计民生有巨大作用。但是，如果工程出了事故，即使是停电、停水、断航，也将对国民经济产生严重后果。万一水库失事，库水倾泻而下，则更将

给下游的生命财产造成毁灭性灾难，这种灾祸，国内外都有惨痛教训。

水电站工程的安全，主要与水文、地质等复杂的自然因素有关，而我们对这些因素的认识是有一定限度的；另外，设计、施工质量和管理运用中的问题也是影响工程安全的重要因素。因此，在考虑水电站工程的安全度时，要充分估计到上述各种不易确定的因素，并留有一定的安全裕度。然而，一项大、中型水电站的建设，往往要上亿元、甚至几十亿元投资，不适当地加大安全度意味着支付巨额费用。为了使工程的安全性和造价的经济性统一起来，就要有一个相对的标准，在我国采取了工程分等和建筑物分级的规定。首先，按工程的规模、效益及其在国民经济中的重要性划分等别；然后再对组成枢纽工程中各个建筑物，按其在工程中的作用和重要程度划分级别。对于不同级别的建筑物，在设计、施工和材料要求方面也有所区别。这种分等、分级并区别对待的规定，是我国经济政策和技术政策相统一的具体体现。

根据国内外有关资料分析，大坝失事的主要原因为：基础处理不当；防洪标准偏低；工程质量不好；运用管理不妥。

河流发生洪水，是一种自然现象，当洪水特别大时，泛滥成灾，泽国千里，历史上是有不少记载的。但是，大凡自然现象是有其固有规律，并可加以认识的。一旦认识其客观规律后，我们就可以驾驭并控制它。认识洪水规律的科学就是气象学和水文学。

在我国广袤的国土上，江河纵横，水流密布。为收集和研究河流的水文特性，国家布设了大量的水文站、气象站，持续地收集、观测和记录有关水文、气象资料，诸如：河流

流量、水位、泥沙，地区的雨量、风、温度、湿度及蒸发等。我们可以应用水文学和气象学的方法研究有关河流和地区的水文、气象资料，推测各种频率的洪水、洪峰流量等。此外，我国有悠久的历史记载，广泛的地方志、县志等地方记载，都有关于洪水的记录和描述。在一些江河上，还有记录洪水、枯水的刻痕，如涪陵县长江和乌江会合处江中礁石上，自唐代宗广德元年（公元763年）以来，宋、元、明、清历代都刻有记录枯水位的石鱼，即著名的“涪陵石鱼”，在各条大江大河上都有关于历史上发生洪水水位的刻痕。这些珍贵的历史材料，也是分析、估算洪水的重要资料。

目前我国对洪水的估算，通常采用概率的概念，即常说的频率洪水，如百年一遇、千年一遇或万年一遇洪水。所谓多少年一遇洪水，并不是说要等多少年以后才发生，只是认为这样的洪水在多少年内可能发生一次，或者说每年可能发生这样的洪水的机会是多少分之一。如千年一遇洪水，即认为每年可能发生如此量级的洪水有千分之一的机会；也即认为，这样的洪水，在一千年中可能发生一次。一次洪水的发生和終了必有其过程，洪水流量由小到大，然后又逐渐减小，最后恢复正常。我们称这一过程中流量的最大值叫“洪峰流量”。

永久性水工建筑物的防洪标准，通常按水工建筑物的级别和运用条件（正常运用或非常运用）采用不同的标准。对于一些重要的大坝，其防洪标准要达到能防御千年一遇到万年一遇的洪水。当失事后将对下游造成较大灾害的坝、特别是土石坝，要以可能最大洪水作为非常运用的防洪标准。所谓可能最大洪水，如前所述，即采用水文、气象资料分析推测可能发生的极限洪水，按一般情况，比万年一遇的洪水还要大。