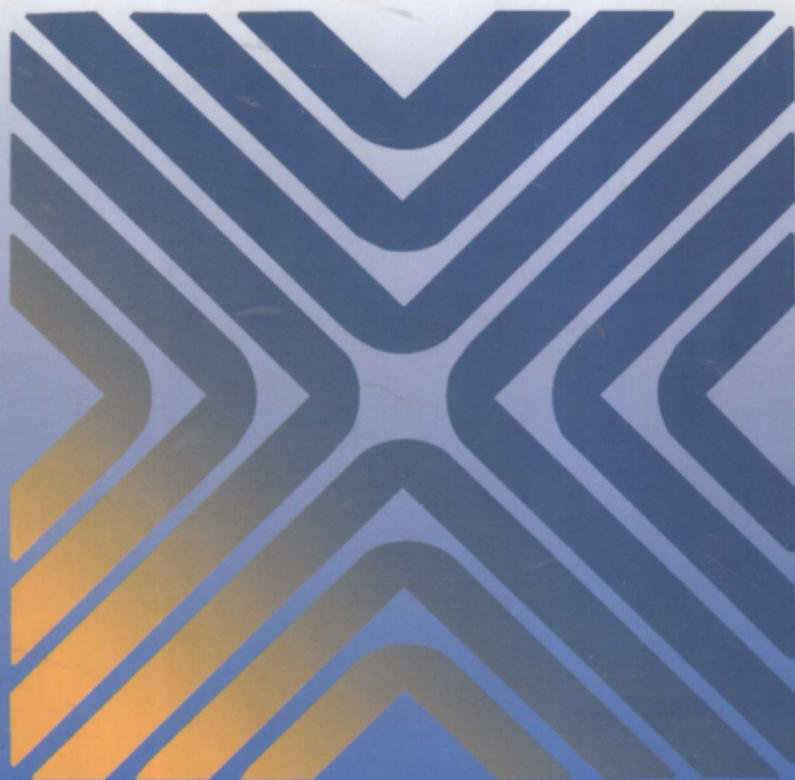


高等职业技术学院
高等专科学校 教材



水电站

袁俊森 主编



黄河水利出版社

水电站

S H U I D I A N Z H A N

责任编辑 吕洪予 责任监制 温红建
封面设计 朱 鹏 责任校对 裴 惠

ISBN 7-80621-573-5



9 787806 215739

ISBN 7-80621-573-5/TM · 8

定价：33.00 元

高等职业技术学院 教材
高等专科学校

水 电 站

主编 袁俊森
ISBN 7-80621-156-2

定价：20.00元

黄河水利出版社

Ad / 85VT

黄河水利出版社
黄河水利出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水电站/袁俊森主编. —郑州: 黄河水利出版社,
2002.7

ISBN 7-80621-573-5

I. 水… II. 袁… III. ①水力发电—高等学校: 技
术学校—教材②水力发电站—建筑设计—高等学校: 技
术学校—教材 IV. ①TM612②TN74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031388 号

出版社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话及传真: 0371-6022620

E-mail: yrcp@public2.zz.ha.cn

承印单位: 黄河水利委员会印刷厂

开本: 787 毫米×1 092 毫米 1/16

印张: 20.5

字数: 471 千字

印数: 1—3 100

版次: 2002 年 7 月第 1 版

印次: 2002 年 7 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-80621-573-5/TM·8 定价: 33.00 元

前 言

本教材是根据教育部《关于加强高职、高专教育人才培养工作的意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,在财政部支持示范性职业技术学院建设专项资金支持下编写的。

在编写过程中,针对高等职业技术教育特点,按照突出实用性、突出理论知识的应用和有利于实践能力培养的原则,对内容进行了重组和调整。为使本教材具有较强的实用性,编写时力求做到:基本概念准确;设计方法、步骤清楚;各部分内容紧扣培养目标;注重学生实践能力的培养和智力开发;文字通俗易懂,便于自学;适当反映水电建设新科技和符合国家有关现行规范。

本书由袁俊森担任主编,陶永霞担任副主编。参加编写工作的还有周志琦、邢广彦、李道平、白鸿林、陈诚、陈顺胜。黄河水利职业技术学院黄新、杨邦柱担任本书的主审工作。

在编写过程中,承蒙有关院校和生产单位给予大力支持,并引用了其他院校教材中的部分有关资料,在此一并表示感谢。

限于编者水平,我们诚恳地希望读者对本书存在的缺点和错误给以指正,提出宝贵意见,以期进一步提高本教材的质量。

编 者

2001 年 10 月

目 录

前 言	
第一章 绪论	(1)
第一节 水能资源概况	(1)
第二节 水力发电的基本原理及其特点	(3)
第三节 水能资源的开发方式及水电站的基本类型	(6)
第二章 水轮机类型与构造	(13)
第一节 水轮机基本类型、特点、适用条件	(13)
第二节 反击式水轮机的主要过流部件	(16)
第三节 冲击式水轮机的主要过水部件	(37)
第四节 水轮机的参数、牌号、标称直径	(38)
第三章 水轮机的工作原理	(43)
第一节 水轮机的基本方程式	(43)
第二节 水轮机的能量损失及效率	(44)
第三节 水轮机汽蚀、吸出高度与安装高程	(45)
第四章 水轮机的特性曲线与选型	(52)
第一节 水轮机的相似律	(52)
第二节 模型水轮机的修正	(58)
第三节 水轮机特性曲线	(60)
第四节 水轮机的选择	(67)
第五章 水轮机调速设备	(87)
第一节 水轮机调节基本概念	(87)
第二节 水轮机调速设备的特性及基本原理	(88)
第三节 水轮机调速设备的选择	(91)
第六章 水电站进水建筑物	(95)
第一节 进水建筑物的功用及要求	(95)
第二节 潜没式进水口	(96)
第三节 无压进水口	(107)
第七章 引水建筑物	(112)
第一节 引水建筑物的功用与设计要求	(112)
第二节 引水渠道	(112)
第三节 压力前池的作用、组成及布置方式	(120)
第四节 压力前池各组成部分的构造、尺寸及结构设计原则	(122)
第五节 水电站引水隧洞	(127)
第八章 水电站的压力水管	(130)

第一节	压力水管的功用与结构型式	(130)
第二节	压力水管的路线和布置型式选择	(134)
第三节	压力水管的水力计算与经济直径	(136)
第四节	明钢管的构造、附件及敷设方式	(137)
第五节	明钢管的结构计算	(142)
第六节	明钢管的支承结构	(162)
第七节	钢岔管	(166)
第八节	钢筋混凝土管	(171)
第九章	水电站的水击与调节保证计算	(175)
第一节	水击现象和研究水击的目的	(175)
第二节	水击的连锁方程与边界条件	(179)
第三节	水击计算的解析法	(182)
第四节	水击计算的图解法	(197)
第五节	机组调节保证计算	(201)
第十章	调压室	(208)
第一节	调压室的功用、要求及设置条件	(208)
第二节	调压室的工作原理和基本方程	(209)
第三节	调压室的基本类型	(212)
第四节	简单圆筒式和阻抗式调压室水位波动计算	(215)
第五节	引水道—调压室系统的波动稳定性	(222)
第六节	调压室水力计算条件的选择	(224)
第七节	调压室结构设计概述	(225)
第十一章	水电站厂房的基本类型与厂区布置	(229)
第一节	水电站厂房的功用、组成与基本类型	(229)
第二节	厂区布置	(236)
第十二章	地面厂房布置设计	(242)
第一节	立式机组厂房设备布置	(242)
第二节	立式机组地面厂房主要尺寸的确定	(268)
第三节	卧式机组厂房的设备布置及尺寸拟定	(274)
第四节	水电站副厂房	(279)
第十三章	地面厂房的结构设计原理	(282)
第一节	厂房的分缝和混凝土的分期	(282)
第二节	厂房整体稳定及地基应力计算	(284)
第三节	吊车梁及构架	(287)
第四节	机墩与风罩的结构设计	(292)
第五节	蜗壳的结构设计原理	(311)
第六节	尾水管的结构设计原理	(316)
参考文献		(319)

第一章 绪 论

第一节 水能资源概况

一、我国水能资源蕴藏量

在江河海洋的水流中,蕴藏着巨大的水能资源。我国幅员辽阔,江河纵横,是世界上水能资源最丰富的国家,且具有发展水电事业的优越自然条件。根据 1980 年水能资源普查(不含台湾省),我国各水系水能资源理论蕴藏量按多年平均流量计算为 6.76 亿 kW,相当于年发电量 5.92 万亿 kW·h。其中,技术上可开发量为 3.79 亿 kW,相当于年发电量 1.92 万亿 kW·h,水能资源蕴藏量居世界首位。我国不仅有得天独厚的大江大河水能资源,而且还具有丰富的小水电资源和潮汐水能资源。据普查统计,全国小水电资源理论蕴藏量为 1.57 亿 kW,相当于年发电量 1.37 万亿 kW·h。其中,可开发的小水电资源为 0.7 亿 kW,相当于年发电量 0.25 万亿 kW·h。我国小水电资源,不仅蕴藏量大,而且分布面广,全国 2 300 多个县中,有 1 104 个县的小水电可开发资源超过 1 万 kW。其中,有 470 个县有 1 万~3 万 kW,有 500 个县可达 3 万~10 万 kW,有 134 个县达 10 万 kW 以上,这些小水电资源多集中于国家电网供电范围以外的地方,开发条件非常有利。我国大陆海岸线,北起辽宁的鸭绿江口,南至广西的北仑河口,全长约 18 000km,分属辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西等省、市、自治区,可开发的潮汐水能资源约 2 100 万 kW,相当于年发电量 580 亿 kW·h。

我国各水系水能资源蕴藏量见表 1-1。

表 1-1 全国各水系水能资源统计

水 系	理论水能蕴藏量		可开发的水能蕴藏量	
	装机容量 ($\times 10^4$ kW)	年发电量 ($\times 10^8$ kW·h)	装机容量 ($\times 10^4$ kW)	年发电量 ($\times 10^8$ kW·h)
长江	26 801.77	23 478.4	19 724.33	10 274.98
黄河	4 054.80	3 552.0	2 800.39	1 169.91
珠江	3 348.37	2 933.2	2 485.02	1 124.78
海河、滦河	294.40	257.9	213.48	51.68
淮河	144.96	127.0	66.01	18.94
东北诸河	1 530.60	1 340.8	1 370.75	439.42
东南沿海诸河	2 066.78	1 810.5	1 389.68	547.41
西南国际诸河	9 690.15	8 488.6	3 768.41	2 098.68
雅鲁藏布江及西藏其他河流	15 974.33	13 993.5	5 038.23	2 968.58
北方内陆及新疆诸河	3 698.55	3 239.0	996.94	538.66
全国	67 604.71	59 220.9	37 853.24	19 233.04

二、我国水能资源特点

从我国水能资源蕴藏分布及开发利用的现状来看,我国水能资源具有以下特点:

(一)蕴藏丰富,分布不均

我国水能资源蕴藏量世界第一,但特殊的地形条件使得其在时空的分布上很不均衡。在时间上,夏秋季4~5个月的径流量占全年的60%~70%,冬春季径流量很少;在空间上,水能资源大部分集中在西部。全国分区技术可开发水能资源见表1-2。

除西藏外,云、贵、川三省蕴藏的水能资源占全国的50%以上,而华东、华北和东北三大区共占全国水能资源的6.8%,70%以上的大型水电站和80%以上的特大型水电站集中分布在云、贵、川、藏西南四省。

表 1-2 全国分区技术可开发水能资源

分 区	技术可开发水能资源		
	装机容量 ($\times 10^8$ kW)	年发电量 ($\times 10^{12}$ kW·h)	电量占全国比重 (%)
西 南	2.33	1.3	67.8
中 南	0.67	0.3	15.5
西 北	0.42	0.19	9.9
华 东	0.18	0.07	3.6
东 北	0.12	0.04	2.0
华 北	0.07	0.02	1.2
全 国	3.79	1.92	100

(二)开发率低,发展迅速

由于种种原因,我国水能资源开发利用程度与世界其他国家相比较低。按1996年常规水电站发电量统计,世界其他国家的利用程度远远高于我国,法国74%,瑞士72%,日本66%,巴拉圭61%,挪威60%,英国58%,瑞典56%,芬兰、美国55%。而我国到1995年底水能资源的开发利用程度按发电量统计仅为9.75%。显然,我国水能资源的开发利用程度与世界其他国家相比是很低的。虽然我国水能资源开发利用程度较低,但其发展是非常迅速的。我国第一座水电站建于1912年,在昆明石龙坝装机1440kW。1949年,全国水电站装机容量仅36万kW,年发电量12亿kW·h。新中国成立后,在中国共产党的英明领导下,水电事业得到了蓬勃发展,特别是中共十一届三中全会以来,水电发展的速度更快,全国装机容量由1978年的1728万kW增长到1995年的5208万kW,建成了一大批大中型水力发电站。目前在建的三峡水电站,装机容量1820万kW,单机容量70万kW,第一批机组将于2003年发电,是目前世界上最大的水利水电工程。在开发建设大中型水电站的同时,小水电事业也得到了迅猛发展。据统计,截至1992年底,全国已建成小水电站6万多座,总装机容量1442万kW,占全国水电总装机容量的35.5%。

水 (三) 前景宏伟

利用自然界可再生的水能进行发电,为工农业服务,可节省大量的一次能源(如煤、天然气、石油等)。由于我国水能资源丰富,开发利用程度较低,所以水能开发利用有着宏伟的前景。据 1977~1980 年第三次水能资源普查,把水量丰富、水能集中的河流作为水电开发的重点基地,我国近期和远期规划可开发的水电基地有 12 个:

(1) 黄河上、中游水电基地。黄河上游,从龙羊峡至青铜峡全长 918km,水流落差 1 317m,可建 15 座水电站,总装机 1 246 万 kW;黄河中游可建 10 座水电站,装机 600 万 kW。

(2) 红水河水电基地。红水河属于珠江水系的西江上游,可建 10 座水电站,装机 600 万 kW。

(3) 长江上游水电基地。长江上游规划 4 座水电站,已建成葛洲坝水电站,装机 271.5 万 kW;三峡水电站正在建设之中,第一批机组将于 2003 年开始发电。

(4) 金沙江水电基地。可建 8 座水电站,装机 5 100 万 kW,其中有 4 座是 500 万~1 000 万 kW 的巨型水电站。

(5) 雅砻江水电基地。可建 11 座水电站,装机 1 910 万 kW。

(6) 大渡河水电基地。可建 16 座水电站,装机 1 760 万 kW。

(7) 乌江水电基地。可建 8 座水电站,装机 624 万 kW。

(8) 澜沧江水电基地。可建 15 座水电站,装机 2 073 万 kW。

(9) 湘、鄂、赣水电基地。湖南规划 73 座水电站,装机 841 万 kW;湖北规划 27 座水电站,装机 523 万 kW;江西规划 37 座水电站,装机 366 万 kW。

(10) 浙闽地区水电基地。浙江规划 22 座水电站,装机 313 万 kW;福建规划 43 座水电站,装机 467 万 kW。

(11) 东北水电基地。规划 67 座水电站,可装机 1 024 万 kW。

(12) 雅鲁藏布江墨脱水电基地。位于墨脱县境内的大河湾,若用 40km 的隧洞引水,可装机 4 000 多万 kW,是世界第一大水电站。

在环境问题日益受到全球重视的今天,水电的开发利用更加受到重视,即使是水能资源开发充分的国家,也都又重新研究过去认为不值得开发的水能资源。显而易见,对于水能资源蕴藏丰富的我国来说,水力发电事业任重道远,有着宏伟的发展前景。由于我国目前水能资源开发利用程度还比较低,大量的天然水能资源还在年复一年地白白流失,因此这就需要我们理想的年轻建设者去为之拼搏奋斗。

第二节 水力发电的基本原理及其特点

一、水力发电的基本原理

水电站相当于将水能转变成电能的一个工厂,水能(水头和流量)相当于这个工厂的生产原料,电能相当于其生产的产品,水轮机和发电机是水电站的最主要设备。

水电站生产电能的过程是有压水流通过水轮机,将水能转变为旋转机械能,水轮机又

带动水轮发电机转动,再将旋转机械能转变为电能。水轮机和发电机合起来称为水轮发电机组,简称机组。其生产电能的过程如下:



水轮机 + 水轮发电机 = 水轮发电机组 (机组)

利用天然水资源中的水能进行发电的方式就称为水力发电,它是现代电力生产的重要方式之一,也是开发利用天然水能资源的重要方式。

如图 1-1 所示,在水库中的水体具有较大的位能,当水体通过隧洞、压力水管流经安装在水电站厂房内的水轮机时,水流带动水轮机转轮旋转,此时水能转变为旋转机械能,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发电设备和附属设备的总体。

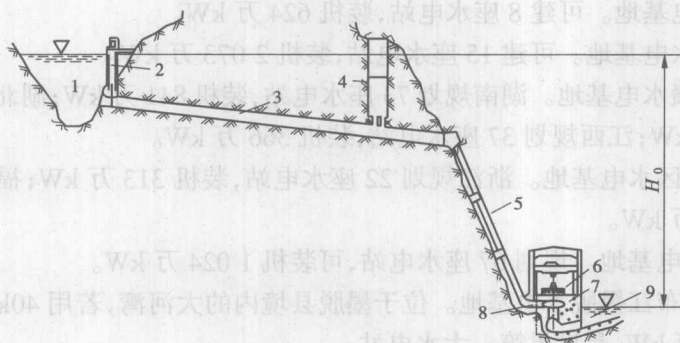


图 1-1 水电站示意图

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

二、水电站的出力及发电量计算

如图 1-1 所示,水电站上、下游水位差 H_0 称为水电站的静水头,设水电站某时刻的静水头为 H_0 ,在时间 t 内有体积 V 的水体经水轮机排入下游。若不考虑进出口水流动能变化和能量损失,则体积为 V 的水体在时间 t 内向水电站供给的能量即是水体所减少的位能。单位时间内水体向水电站所供给的能量称为水电站的理论出力 N_t ,水电站出力的单位用 kW 表示。

$$N_t = \gamma V H_0 / t = \gamma Q H_0 = 9.81 Q H_0 \quad (1-1)$$

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

Q ——水轮机流量, $Q = V/t, \text{m}^3/\text{s}$;

H_0 ——水电站上、下游水位差,称为水电站的静水头, $H_0 = z_{\text{上}} - z_{\text{下}}, \text{m}$ 。

水头和流量是构成水能的两个基本要素,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,一方面作用于水轮机上的水头并非水电站的静水头 H_0 ,而是水电站的静水头 H_0 扣除水轮机前引水系统的水头损失 Δh 后的水头,该水头称为水轮机的工作水头;另一方面,还不可避免地会产生各种能量损失,包括水头损失、水量损失和机械损失。因此,水电站的实际出力要小于理论出力,若设水电站实际出力为 N ,水轮发电机组的总效率为 η_T ,则水电站实际出力 N 应由下式计算

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

式中 H ——水轮机的工作水头, m ;

η_T ——水轮发电机组总效率。

η_T 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:

$$N = KQH \quad (1-3)$$

式中, K 称为水电站的出力系数,对于大中型水电站, K 值可取为 $8.0 \sim 8.5$;对中小型水电站, K 值一般取为 $6.5 \sim 8.0$ 。

水电站的发电量 E 是指水电站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 $\bar{N}$ 和该时段的小时数 T 相乘得出,即

$$E = \bar{N}T \quad (1-4)$$

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。

三、水力发电的特点

水力发电供应电能区别于其他能源,具有以下特点:

1. 水能的再生

水能来自河川天然径流,而河川天然径流主要是由自然界气、水循环形成的,水的循环使水能可以再生循环使用,故水能称为“再生能源”。“再生能源”在能源建设中具有独特的地位。

2. 水资源可综合利用

水力发电只利用水流中的能量,不消耗水量。因此,水资源可综合利用,除发电以外,可同时兼得防洪、灌溉、航运、供水、水产养殖、旅游等方面的效益,进行多目标开发。

3. 水能的调节

电能不能储存,生产和消费是同时完成的。水能则可存在水库里,根据电力系统的要求进行生产,水库相当于电力系统的能量储存仓库。水库的调节提高了电力系统对负荷的调节能力,增加了供电的可靠性与灵活性。

4. 水力发电的可逆性

把位于高处的水体引向低处的水轮机可进行发电,将水能转换成电能;反过来,把位于低处的水体通过电动抽水机吸收电力系统电能送到高处的水库储存,将电能又转换成了水能。利用水力发电的这种可逆性修建抽水蓄能电站,对提高电力系统的负荷调节能力具有独特的作用。

5. 机组工作的灵活性

水力发电的机组设备简单,操作灵活可靠,增减负荷十分方便,可根据用户的需要,迅速启动或停机,易于实现自动化,最适于承担电力系统的调峰、调频任务和完成事故备用、负荷调整等功能,可增加电力系统的可靠性,动态效益突出。水电站是电力系统动态负荷的主要承担者。

6. 水力发电生产成本低、效率高

水力发电不消耗燃料,不需要开采和运输燃料所投入的大量人力和设施,设备简单,运行人员少,厂用电少,设备使用寿命长,运行维修费用低,所以水电站的电能生产成本低廉,只有火电站的 $1/5 \sim 1/8$,且水电站的能源利用率高,可达 85% 以上,而火电厂燃煤热能效率只有 40% 左右。

7. 有利于改善生态环境

水力发电不污染环境,广大的水库水面面积调节了所在地区的小气候,调整了水流的时空分布,有利于改善周围地区的生态环境;而燃煤火电厂,每燃烧 1t 原煤需排放 SO_2 30kg 左右,排放颗粒粉尘 30kg 以上,据全国 50 座大中型燃煤电厂统计,90% 的电厂排放 SO_2 的浓度超过 $860\text{mg}/\text{m}^3$,污染非常严重。在越来越重视环境问题的今天,加快我国水电建设,提高水电比例,对减少环境污染有着极其重要的意义。

第三节 水能资源的开发方式及水电站的基本类型

水资源的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、生活供水、航运、水产养殖、环境生态及洪水控制等。在江河上兴建工程时必须全面考虑各方面的要求,以取得国民经济最大综合效益。其他方面的内容请参考有关文献,本课程仅介绍水能资源的开发利用问题。

一、水能资源的开发方式

由上节内容可知,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形成的。就集中落差形成水头的措施而言,水能资源的开发方式可分为坝式、引水式和混合式三种基本方式。此外,还有开发利用海洋潮汐水能的潮汐开发方式。

(一) 坝式开发

在河流峡谷处,拦河筑坝,坝前壅水,在坝址处集中落差形成水头,这种水能开发方式称为坝式开发。坝式开发的基本原理在于:筑坝挡水,汇集水量,形成水库,坝前壅水水面线的坡降远小于原河道天然水面线的坡降,因而库内水流速度变得甚小,水流流动过程中

的能量损耗大减,原河段的水流势能得到恢复,分散的落差积聚起来,在坝址处形成水电站的集中水头,在坝址处引取水库上游的水通过水电站厂房里的水轮发电机组发电后将尾水引至坝下游原河道。

坝式开发的水头取决于坝高。显然,坝越高,水头也越大。但坝高常受地形、地质、水库淹没、工程投资等条件的限制。目前,坝式开发的最大水头只接近于 300m。

坝式开发的显著优点是由于形成蓄水库,可以用来调节流量,水电站引用流量大,电站规模也大,水能利用程度也较充分。此外,坝式开发因有蓄水库,故综合利用效益高,可同时解决防洪和其他兴利部门的水利问题。目前,世界上装机规模超过 200 万 kW 的巨型水电站大都是坝式开发。

当然,由于坝的工程量一般较大,尤其是形成蓄水库会带来淹没问题,造成库区土地、森林、矿产等的淹没损失和城镇居民搬迁安置工作的困难,所以坝式开发的水电站一般投资大,工期长,造价高。

坝式开发方式适用于河道坡降较缓、流量较大、有筑坝建库条件的河段。

(二)引水式开发

在河流坡降较陡的河段上游,通过人工建造的引水道(明渠、隧洞、管道等)引水到河段下游来集中落差,再经高压管道,引水至厂房。这种水能开发方式称为引水式开发。用来集中落差形成水头的引水道可以是无压的(如明渠、无压隧洞等),也可以是有压的(如压力隧洞、压力管道等)。引水式开发由于引水道的坡降(或流速)小于原河道的坡降(或流速),因而随着引水道的延长,逐渐集中水头。显然,引水道越长、坡降越小,集中的水头也越大。当然,引水道坡降不宜太小,否则引水流速过小,引取一定流量时就要求很大的过水断面,从而造成引水建筑物造价的不经济。

与坝式开发相比,引水式开发集中落差形成的水头相对较高,目前最大水头已达 2 030m(意大利劳累斯引水式水电站);由于引用流量一般较小,又无蓄水库调节径流,故水量利用率及综合利用价值较低,装机规模相对较小(最大达几十万千瓦)。由于无水库,不存在淹没损失,工程量又较小,所以单位造价也往往较低。

引水式开发适用于河道坡降较大、流量较小的山区河段。裁弯引水和跨流域引水常采用有压引水隧洞集中落差。

(三)混合式开发

在一个河段上,同时采用坝和有压引水道共同集中落差形成水头的开发方式称为混合式开发。坝集中一部分落差后,再通过有压引水道(隧洞)集中坝后河段的另一部分落差。

混合式开发因有蓄水库可调节径流,所以具有坝式开发和引水式开发的优点,但必须具备合适的条件。一般来说,河段前部有筑坝建库条件,后部坡降大(如有急流或大河湾),宜采用混合式开发。

抽水蓄能发电是水能利用的另一种形式。它不是为开发水能资源向系统提供电能,而是以水体为储能介质,起调节电能的作用。

(四)潮汐水能开发

潮汐现象是地球表面之海水因受太阳、月球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 12 小时 25 分钟,该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,其大小因时因地而异。利用海洋涨、落潮所形成的水位差引海水发电的方式称为潮汐开发。

潮差一般只有几米,水头很低,引用的流量可以很大。潮汐开发方式由于需横跨海湾或河口建坝形成湾内水库,所以一般投资较大,施工较难,工期也较长。

潮汐水能的开发有单库单向、单库双向和双库等多种,需要结合具体地形、潮差等条件进行开发。

二、水电站的基本类型

根据水能开发方式的不同,水电站有不同的类型。

(一)坝式水电站

采用坝式开发修建的水电站称为坝式水电站。坝式水电站按大坝和水电站厂房相对位置的不同又可分为河床式、闸墩式、坝后式、坝内式、溢流式等。在实际工程中,较常采用的坝式水电站是河床式水电站和坝后式水电站。

1. 河床式水电站

如图 1-2 所示,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,故水头较小。大中型河床式水电站水头一般为 25m 以下,不超过 30~40m;中小型水电站水头一般为 10m 以下。其引用流量一般都较大,属于低水头大流量型水电站。其特点是:厂房与坝(或闸)一起建在河床上,厂房本身承受上游水压力,并成为挡水建筑物的一部分,一般不设专门的引水管道,水流直接从厂房上游进水口进入水轮机。多建于平原河段或灌溉渠道上。我国广西大化、浙江富春江、甘肃八盘峡、湖北葛洲坝及灌溉渠道上的许多小型水电站,都属于此种类型。当挡水建筑物为水闸、厂房建在闸墩上时,称为闸墩式水电站。

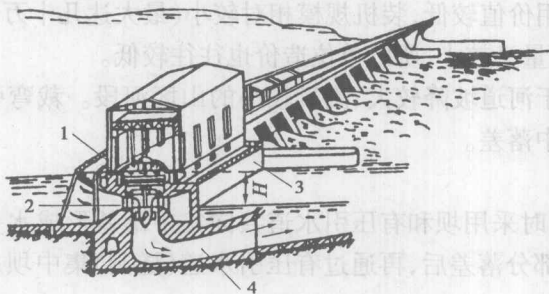


图 1-2 河床式水电站

1—发电机;2—水轮机;3—厂房;4—尾水管

2. 坝后式水电站

坝后式水电站一般修建在河流中、上游的山区峡谷地段,由于在这种河段上允许一定程度的淹没,所以坝可建得较高,水头也较大,在坝的上游形成了可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,厂房不能承受上游过大水压力而建在坝后(坝下游)。如图 1-3

所示。其特点是:水电站厂房布置在坝后,厂坝之间常用缝分开,上游水压力全部由坝承受。拦河坝可能是重力坝、支墩坝、拱坝或土石坝。坝后式水电站厂房的布置型式很多,当厂房布置在坝体以内时,称为坝内式水电站;当厂房布置在溢流坝段之后时,通常称为溢流式水电站。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,其发电用的引水管道可以埋设在坝基内,如图 1-4(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 1-4(b)所示。这种布置方式称为河岸式。

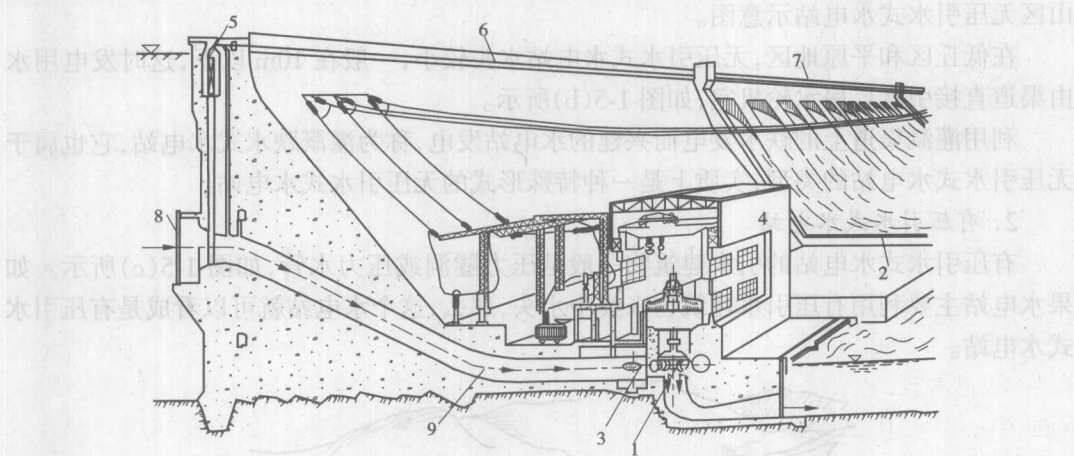


图 1-3 坝后式水电站

- 1—水轮机;2—导流墙;3—蝶阀;4—厂房;5—阀门;
6—挡水坝;7—溢流坝;8—拦污栅;9—压力管道

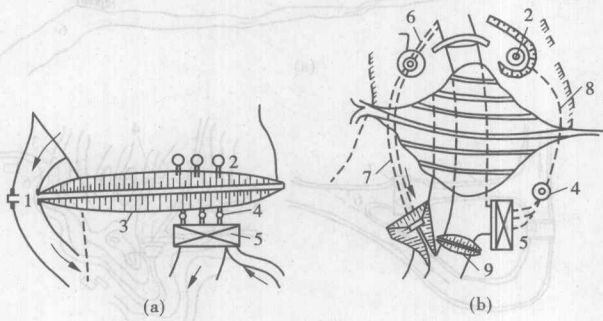


图 1-4 当地材料坝的坝式水电站

(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)引水式水电站

在河道上游坡度较陡的河段上,不宜修建较高的拦河坝,用坡度比河道坡度缓的渠道集中水头,如图 1-5(a)所示。此外,当遇有大河湾时,通过渠道或隧洞将河湾截直获得水

头,所修建的水电站称为引水式水电站,如图 1-5(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,引水式水电站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,但发电引用流量一般比较小。如湖南崇山水电站,水头高达 612m,而单机引用流量仅为 $0.124\text{m}^3/\text{s}$ 。引水式水电站据引水建筑物的不同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 1-5(a)为典型的山区无压引水式水电站示意图。

在低丘区和平原地区,无压引水式水电站水头较小,一般在 10m 以下,这时发电用水由渠道直接引入厂房水轮机室,如图 1-5(b)所示。

利用灌溉渠道上的跌水发电而兴建的水电站发电,称为灌溉跌水式水电站,它也属于无压引水式水电站的类型,实质上是一种特殊形式的无压引水式水电站。

2. 有压引水式水电站

有压引水式水电站的引水建筑物一般是压力隧洞或压力水管,如图 1-5(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。

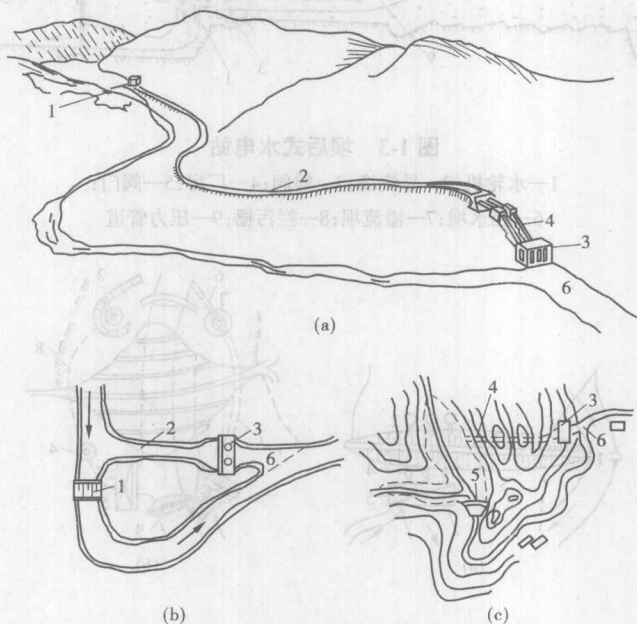


图 1-5 引水式水电站

(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

(三)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变陡,或有大河湾的河段上,水电站的水头一部分由坝集中,一部分由引水建筑物集中,因