



教育“十一五”国家级规划教材

水 电 站

(第二版)

主编 侯才水

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

水电站

(第二版)

主编 侯才水



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写完成的。全书共分9章，主要内容包括水力发电概述、水电站进水和引水建筑物、水电站压力管道、水电站水锤及调节保证计算、调压室、水电站主要机电设备、水电站厂房布置设计、地面厂房结构布置、地下厂房及抽水蓄能电站等内容。

本书的编写，突出实用性和特色性，力求课程内容精炼，基本概念准确，强调理论知识的应用和实践技能的锻炼，注重职业岗位能力的培养，并全面采用新规范、新标准。

本书主要作为高等职业技术学院、普通高等专科学校水利水电建筑工程、水利工程、水利工程管理、水利工程监理等专业的教材，也可作为其他相关专业和水利水电工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水电站 / 侯才水主编. -- 2版. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2011.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-5084-8646-8

I. ①水… II. ①侯… III. ①水力发电站—高等学校—教材 IV. ①TV7

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第100108号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 水电站 (第二版)
作 者	主编 侯才水
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 368千字
版 次	2005年8月第1版 2011年5月第2版 2011年5月第6次印刷
印 数	18101—22200册
定 价	32.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神，以及教育部对普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的具体要求组织编写的。

全书共9章，主要内容包括水力发电概述、水电站进水和引水建筑物、水电站压力管道、水电站水锤及调节保证计算、调压室、水电站主要机电设备、水电站厂房布置设计、地面厂房结构布置、地下厂房及抽水蓄能电站等。

本书在编写过程中，编者根据高等职业教育工学结合人才培养要求，针对水利水电工程设计和施工单位生产第一线技术人员开展了广泛调查和研讨，遵循高等职业教育教学规律，重点突出工学结合特色，注重学生实践能力培养，对课程内容进行了调整和优化，并参照现行技术规范进行编写，力求深入浅出，概念清晰准确，文字通俗易懂，便于读者学习。

本书由福建水利电力职业技术学院侯才水副教授担任主编并负责统稿，中国水利水电第十六工程局吕孟静教授级高级工程师和中国水电顾问集团华东勘测设计研究院陈丽芬教授级高级工程师担任主审。参加本书编写的有：福建水利电力职业技术学院侯才水（编写第1章、第3章、第4章、第6章和第7章）；湖南水利电力职业技术学院廖金彪（编写第2章）；华北水利水电学院水利职业学院杨慧丽（编写第5章）；四川水利职业技术学院由金玉（编写第8章）；福建水利电力职业技术学院李雪娇（编写第9章）。

本书在编写过程中，得到水利水电工程设计和施工单位生产第一线技术人员的热情帮助与大力支持；引用了大量的规范和文献资料，参考了有关院校编写的教材，未在书中一一注明出处，在此对有关作者表示衷心感谢。

由于编者学识水平有限，书中难免有不妥或错误之处，敬请读者批评指正。

编者

2011年1月

第一版前言

本书是根据2004年12月在北京召开的《全国高职高专水利水电类精品规划教材》编审会会议精神组织编写的。

在本书编写过程中,根据高等职业教育的特点和专业需要,突出实用性和特色性,强调理论知识的应用和实践技能的锻炼,注重学生就业能力的培养;结合高职高专教学改革的实践,尤其是考虑学制三年改为两年的需要,对课程内容进行了调整与优化,力求课程内容精炼,基本概念准确,文字通俗易懂,叙述条理清晰,便于读者学习;全面采用新规范、新标准,适当反映水电建设新技术。

本书由福建水利电力职业技术学院侯才水担任第一主编,湖北水利水电职业技术学院胡天舒担任第二主编,武汉大学水利水电学院程永光教授担任主审。参加本书编写的有:福建水利电力职业技术学院侯才水(编写第1章、第2章和第7章);湖北水利水电职业技术学院胡天舒(编写第3章第4~5节、第5章);黑龙江大学水利电力学院于奎(编写第3章第1~3节、第8章);福建水利电力职业技术学院罗绍蔚(编写第4章);湖北水利水电职业技术学院刘能胜(编写第6章)。全书由侯才水负责统稿和核对工作。

本书在编写过程中,引用了大量的规范和文献资料,参考了有关院校编写的教材,未在书中一一注明出处,在此对有关作者表示衷心感谢。

由于编者学识水平有限,且时间仓促,书中难免有不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2005年6月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 水力发电概述	1
1.1 水力发电的基本原理及特点	1
1.2 水能资源的开发方式及水电站的基本类型	5
1.3 水电站的组成建筑物	11
1.4 水电开发的环境保护与可持续发展	12
小结	14
习题及思考题	14
第 2 章 水电站进水和引水建筑物	15
2.1 进水口的功用、要求及类型	15
2.2 有压进水口	15
2.3 无压进水口	21
2.4 引水建筑物	23
2.5 压力前池与日调节池	28
小结	35
习题及思考题	35
第 3 章 水电站压力管道	36
3.1 压力管道的功用与类型	36
3.2 压力管道的线路选择和布置方式	38
3.3 明钢管的构造、附件及敷设方式	40
3.4 压力管道的水力计算与尺寸拟定	47
3.5 明钢管的结构分析	50
3.6 钢岔管	67
小结	71
习题及思考题	71
第 4 章 水电站水锤及调节保证计算	73
4.1 水锤及其传播速度	73

4.2 水锤基本方程和边界条件	76
4.3 简单管道水锤计算的解析法	80
4.4 复杂管道的水锤计算	88
4.5 机组调节保证计算	90
小结	99
习题及思考题	100
第5章 调压室	101
5.1 调压室的功用、要求及设置条件	101
5.2 调压室的工作原理和基本方程	103
5.3 调压室的基本类型	105
5.4 调压室水位波动的计算	108
5.5 调压室水位波动的稳定问题	112
5.6 调压室水力计算条件的选择	114
小结	116
习题及思考题	116
第6章 水电站主要机电设备	117
6.1 水轮机	117
6.2 发电机	140
6.3 主变压器	145
6.4 起重设备	146
6.5 油、气、水系统	148
6.6 电气二次设备	149
小结	150
习题及思考题	150
第7章 水电站厂房布置设计	152
7.1 水电站厂房的任务、组成及基本类型	152
7.2 立式机组主厂房设备的布置	158
7.3 主厂房的轮廓尺寸的确定	166
7.4 卧式机组厂房的布置	172
7.5 灯泡贯流式水电站厂房布置	176
7.6 副厂房的布置	180
7.7 厂房的采光、通风、交通及防火	184
7.8 厂区布置	185
小结	188
习题及思考题	189
第8章 地面厂房结构布置	190
8.1 厂房结构概述	190

8.2 厂房的整体稳定分析	193
8.3 吊车梁和构架	196
8.4 机墩和楼板	200
8.5 蜗壳和尾水管	202
小结	206
习题及思考题	206
第9章 地下厂房及抽水蓄能电站	207
9.1 地下厂房	207
9.2 抽水蓄能电站	221
小结	235
习题及思考题	236
参考文献	237

第1章 水力发电概述

1.1 水力发电的基本原理及特点

1.1.1 我国水能资源蕴藏量及特点

水能资源是指以位能、压能和动能等形式存在于水体中的能量资源，也称水力资源。广义的水能资源包括河流水能、潮汐水能、波浪能和海流能等能量资源；狭义的水能资源指河流的水能资源。在自然状态下，水能资源的能量消耗于克服水流阻力，冲刷河床、海岸，搬运泥沙和漂浮物等，采取一定的工程技术措施后，可将水能转变为机械能或电能，为人类服务。

我国幅员辽阔，江河纵横，湖泊众多，蕴藏着巨大的水能资源，是世界上水能资源最丰富的国家，且水电开发建设的自然条件优越。根据1980年我国水能资源普查（除台湾省外），全国水能资源理论蕴藏量按多年平均流量计算为6.76047亿kW，相当于年发电量5.9222万亿kW·h，居世界首位。我国水能资源蕴藏量及可开发的水能资源见表1-1。

经过最新的经济、技术、环境综合评估、筛选等调查统计，2005年底，我国大陆水力资源理论蕴藏量为6.944亿kW，年理论发电量为6.0829万亿kW·h，其中技术可开发装机容量为5.416亿kW，年发电量为2.474万亿kW·h；经济可开发装机容量为4.02亿kW，年发电量为1.75万亿kW·h。

表1-1 我国水能资源蕴藏量及可开发的水能资源

地区	水能蕴藏量			可能开发的水能资源		
	装机容量 (MW)	年发电量 (亿kW·h)	占全国 (%)	装机容量 (MW)	年发电量 (亿kW·h)	占全国 (%)
西南地区	473311.8	41462.1	70.0	23234.33	13050.36	67.8
中南地区	64083.7	5613.8	9.5	6743.49	2973.65	15.5
西北地区	84176.9	7373.9	12.5	4193.77	1904.93	9.9
华东地区	30048.8	2632.3	4.4	1790.22	687.94	3.6
东北地区	12126.6	1062.3	1.8	1199.45	383.91	2.0
华北地区	12299.3	1077.4	1.8	691.98	232.25	1.2
全国	676047.1	59221.8	100.0	378532.4	19233.04	100.0

从水能资源蕴藏量分布及开发利用的现状看，我国水能资源具有以下特点。

(1) 总量丰富，分布不均。按最新调查统计，我国水能资源可开发容量及年发电量均



列世界之冠。但在时间分布上,夏秋两季中的4~5个月的径流量占全年的60%~70%,冬春季径流量很少;在地区分布上,可从表1-1看出,经济比较发达的华东、东北和华北3个地区,水能资源相对较少,其总和只占全国可开发水能资源的6.8%,但经济发展水平相对落后、交通不便以及人口相对稀少的西南地区却集中了全国可开发水能资源的67.8%。

(2) 开发率低,发展迅速。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开发利用程度,法国为74%,瑞士为72%,日本为66%,巴拉圭为61%,挪威为60%,英国为58%,瑞典为56%,芬兰、美国为55%。截至2010年8月底,我国水电总装机容量达到2.0亿kW,开发程度达到37%。虽然我国水能资源开发利用程度相对较低,但其发展是非常迅速的。我国第一座水电站——昆明石龙坝水电站建成于1912年,装机容量1440kW。1949年,全国水电站装机容量仅360MW,年发电量12亿kW·h。新中国成立后,我国政府十分重视水电开发利用,水电事业得到了蓬勃发展,特别是我国改革开放以来,水电事业发展的速度更快。到2009年底,我国电力总装机容量已达8.74亿kW,其中水电总装机容量为2.0亿kW,占全国电力总装机容量的22.88%,水电总装机容量稳居世界第一。

(3) 前景宏伟,任重道远。如前所述,我国水能资源丰富,开发利用程度较低,所以水能资源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,河流落差1317m,可建15座水电站,总装机容量达12460MW;黄河中游可建10座水电站,装机容量为6000MW。

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,装机容量为6000MW。

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,装机容量为2715MW;三峡水电站装机容量为18200MW,全部机组已于2010年投入运行。

4) 金沙江水电基地。可建8座水电站,装机容量为51000MW,其中有4座是5000~10000MW的巨型水电站。

5) 雅砻江水电基地。可建11座水电站,装机容量为19010MW。

6) 大渡河水电基地。可建16座水电站,装机容量为17600MW。

7) 乌江水电基地。可建8座水电站,装机容量为6240MW。

8) 澜沧江水电基地。可建15座水电站,装机容量为20730MW。

9) 湘、鄂、赣水电基地。湖南规划73座水电站,装机容量为8410MW;湖北规划27座水电站,装机容量为5230MW;江西规划37座水电站,装机容量为3660MW。

10) 闽浙地区水电基地。福建规划43座水电站,装机容量为4670MW;浙江规划22座水电站,装机容量为3130MW。

11) 东北水电基地。规划67座水电站,装机容量为10240MW。

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,



装机容量可达 40000 多 MW，是世界上第一大水电站。

可以预见，在环境问题日益受到全球关注的今天，水电的开发利用将受到更加重视，水力发电事业前景宏伟，任重道远。21 世纪将是我国水电大发展的时代，中国的水电开发技术将随着我国水电建设事业的发展达到世界领先水平。

1.1.2 水力发电的基本原理

在天然河流上，修建水工建筑物，集中水头，通过一定的流量将“水能”输送到水轮机中，使水能转变为旋转机械能，带动发电机发电，由输电线路送往用户。这种利用水能资源发电的方式称为水力发电，它是现代电力生产的重要方式之一，也是开发利用河流水能资源的重要方式。

如图 1-1 所示，高处水库中的水体具有较大的位能，当水体由压力管道流进安装在水电站厂房内的水轮机而排至水电站的下游时，水流带动水轮机的转轮旋转，使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产生感应电动势，当和外电路接通时，发电机就向外供电了，这样，水轮机的旋转机械能就通过发电机转变为电能。

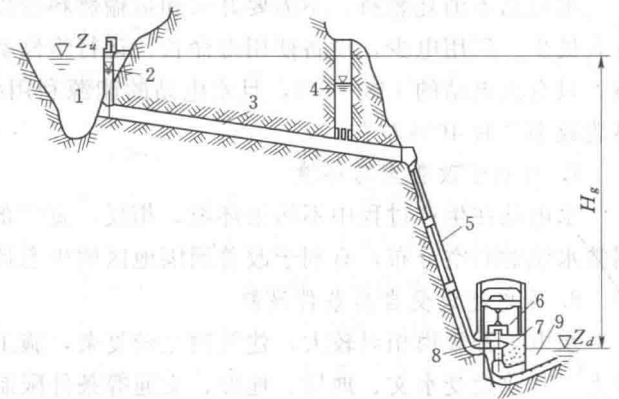


图 1-1 水电站示意图

- 1—水库；2—进水建筑物；3—引水隧洞；4—调压室；
- 5—压力管道；6—发电机；7—水轮机；
- 8—主阀；9—尾水渠

上述就是水力发电的过程。为了实现这个能量的连续转换而修建的水工建筑物和所安装的水轮发电设备及其附属设备的总体，就称为水电站。

1.1.3 水力发电的特点

水力发电提供电能区别于其他能源，具有以下特点。

1. 水能的再生

水能资源来自河川天然径流，而河川天然径流则主要由自然界气、水循环形成的，水循环（降水、径流、蒸发、降水）使水能可以再生循环使用，故水能称为“再生能源”。太阳能、风能、潮汐能等，也是再生能源。目前，风能开发利用技术比较成熟，我国东南沿海和内蒙古草原相继建成了许多风力发电场，但太阳能、潮汐能由于大规模地开发利用的技术还不很成熟，成本很高，目前还不能大量开发利用。

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。如果水电站枢纽具有容量较大的水库，则除发电以外，还可兼顾防洪、灌溉、航运、供水、水产养殖、旅游等综合利用效益。

3. 水能的储蓄和调节

电能不能储存，生产和消耗是同时完成的。而水电站可以借助于水库，储蓄水能，代替储蓄电能，有利于增强电力系统对负荷的调节能力，提高供电质量和经济效益。



4. 水力发电的可逆性

将位于高处的水体引向低处的水轮发电机组,使水能转变成电能;而将位于低处的水体通过电动抽水机组提送到高处的水库储存,使电能又转变成水能。利用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. 机组运行的灵活性

水轮发电机组具有设备简单,运行操作灵活,易于实现自动化运行管理等优点。机组可在几分钟内启动,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、调频任务和承担事故备用、负荷备用容量。

6. 水电站生产成本低、效率高

水电站不消耗燃料,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 $1/8\sim 1/5$,且水电站的能源利用率高,可达85%以上,而火电厂燃煤热效率只有40%左右。

7. 有利于改善生态环境

水电站在生产过程中不污染环境。相反,宽广的水库水面可调节所在地区的小气候,调整水流的时空分布,有利于改善周围地区的生态环境,可以成为风景游览区。

8. 水电建设受自然条件限制

水电工程规模相对较大,建筑物比较复杂,施工较困难,建设工期较长,一次性投资较大。其建设受水文、地质、地形、交通等条件限制,且造成一定的淹没损失。

1.1.4 水电站的出力和发电量的计算

水电站在某时刻输出的功率,称为水电站在该时刻的出力。水电站在任一时刻的出力,取决于该时刻水电站上、下游的水位差和通过水电站水轮机的流量,其关系简单推导如下。

如图1-1所示,设在某时刻上游水位为 Z_u ,下游水位为 Z_d ,在 t 时间内有体积 V 的水体经过水轮机而排入下游,则由水力学原理可知,这一水体的位能将减少 $\rho_w g V(Z_u - Z_d)$,这里 ρ_w 是水的密度, $\rho_w = 1000\text{kg/m}^3$ 。假设上游和下游水流流速近似相等(即将上、下游水流的动能变化忽略不计),那么,在不考虑能量转变过程中的损失的情况下,水体减少的位能,就是水电站在 t 时间内可以发出的电能,其相应的出力称为水电站的理论出力 P_t :

$$P_t = \frac{\rho_w g V H_g}{t} = \rho_w g Q H_g = 9.81 Q H_g \text{ (kW)} \quad (1-1)$$

式中 Q ——水轮机的引用流量, $Q = V/t$, m^3/s ;

H_g ——水电站上、下游的高程差,称为水电站的毛水头, $H_g = Z_u - Z_d$, 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,不可避免地要有能量损失,这种损失表现在两个方面:一方面,在水流自上游到下游的整个过程中,由于摩擦、漏水和撞击会损失一部分能量,通常用水头损失 Δh 来表示,从毛水头 H_g 中扣除水头损失 Δh ,才是作用在水轮机上的有效水头,称为净水头 $H(H = H_g - \Delta h)$,也称为工作水头;另一方面,在水轮



机、发电机和传动设备中实现能量的转换和传递时，由于机械磨损等原因，也将损失一部分能量，包括水力损失、水量损失和机械损失。由于上述两个方面的能量损失，所以水电站的实际出力要小于由式(1-1)计算出的理论出力。因此，水电站的实际出力 P 由式(1-2)计算：

$$P=9.81Q(H_g-\Delta h)\eta=9.81QH\eta(\text{kW}) \quad (1-2)$$

式中 H ——水轮机的工作水头，m；

η ——水轮发电机组的总效率。

η 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，可以近似地认为总效率 η 是一个常数，若令 $K=9.81\eta$ ，则式(1-2)可以改写为：

$$P=KQH(\text{kW}) \quad (1-3)$$

式中 K ——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。

在由式(1-3)计算水电站的出力时，还必须知道净水头 H 。静水头 $H_g=Z_u-Z_d$ 是知道的，而水头损失 Δh 则与过水流道的长度、截面形状和尺寸、构造材料、敷设方式、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，可以参照已建成的同类型电站，暂估一个 Δh 值，然后再作校核。根据工程经验， Δh 可估为 H_g 的 3%~10%，输水道短的取小值，输水道长的取大值。还要指出，若在初步计算中用 H_g 代替 H ，亦即略去水头损失 Δh 不计，这时出力系数 K 值应相应减小，否则会使计算成果偏大。

水电站的发电量 E 是指在一定时段（如日、月、季、年）内水电站发出的电能总量，单位为 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。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{P} 和该时段的小时数 T 相乘得出，即：

$$E=\bar{P}T(\text{kW}\cdot\text{h}) \quad (1-4)$$

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。

1.2 水能资源的开发方式及水电站的基本类型

由 1.1 节可知，为了利用河流的水能来发电，首先要有水头，即要求在水电站的上、下游有一定的水位差。在通常情况下，水电站的水头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。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。根据三种不同的开发方式，水电站也可分为坝式、引水式和混合式三种基本类型。

抽水蓄能电站和潮汐电站也是水能利用的重要形式。

1.2.1 坝式开发和坝式水电站

在河流峡谷处拦河筑坝，坝前壅水，形成水库，在坝址处形成集中落差，这种开发方式称为坝式开发。用坝集中落差的水电站称为坝式水电站，其特点如下：



(1) 坝式水电站的水头取决于坝高。坝越高，水电站的水头越大，但坝高往往受地形、地质、水库淹没、工程投资、技术水平等条件的限制。目前坝式水电站的最大水头不超过 300m。

(2) 拦河筑坝形成水库，可用来调节流量。坝式水电站的引用流量较大，电站的规模也大，水能利用较充分。目前世界上装机容量超过 2000MW 的水电站大都是坝式水电站。此外坝式水电站水库的综合利用效益高，可同时满足防洪、发电、供水等兴利要求。

(3) 由于工程规模大，水库造成的淹没范围大，迁移人口多，因此坝式水电站的投资大，工期长。

坝式开发适用于河道坡降较缓，流量较大，有筑坝建库条件的河段。

坝式水电站按大坝和发电厂房相对位置的不同可分为河床式和坝后式水电站。

1. 河床式水电站

河床式水电站一般修建在河流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在 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，如图 1-2 所示。我国湖北葛洲坝、浙江富春江、广西大化等水电站均为河床式水电站。

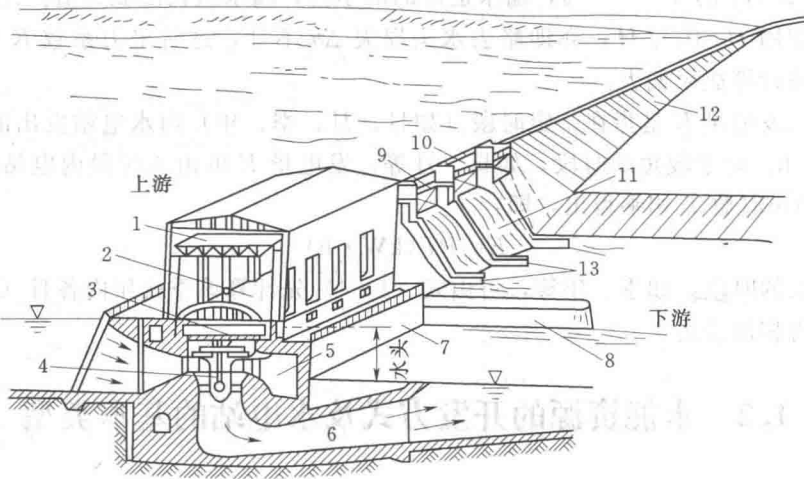


图 1-2 河床式水电站

1—桥式吊车；2—主厂房；3—发电机；4—水轮机；5—蜗壳；6—尾水管；7—水电站厂房；8—尾水导墙；9—闸门；10—工作桥；11—溢流坝；12—拦河坝；13—闸墩

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，受水库淹没限制相对较小，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（或坝下游），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。三峡水电站、福建水口水电站等均属坝后式水电站。

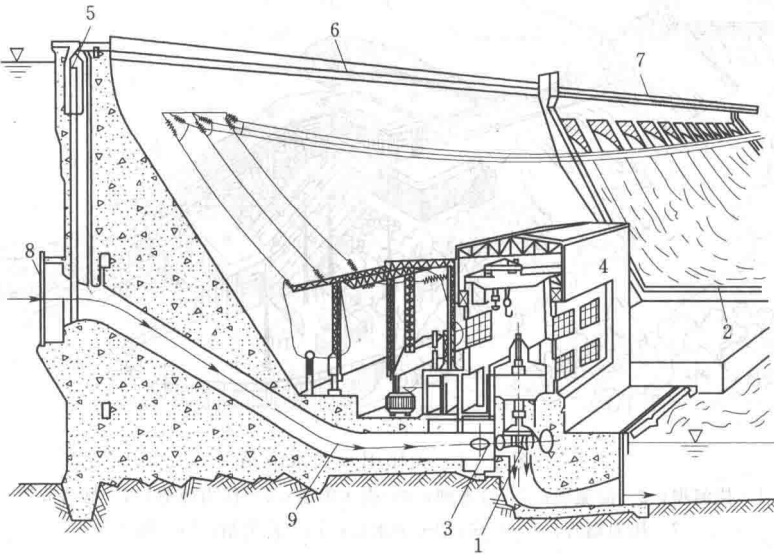


图 1-3 坝后式水电站

1—水轮机；2—导流墙；3—主阀；4—厂房；5—闸门；
6—拦河坝；7—溢流坝；8—拦污栅；9—压力管道

坝后式水电站厂房的布置型式较多，当厂房布置在坝体内时，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。当水电站的拦河坝为土坝或堆石坝等当地材料坝时，水电站厂房可采用河岸式布置。

1.2.2 引水式开发和引水式水电站

在河流坡降较陡的河段上游，通过人工建造的引水道（渠道、隧洞、管道等）引水到河段下游，集中落差，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。

引水式开发的特点是由于引水道的坡降（一般取 $1/1000 \sim 1/3000$ ）小于原河道的坡降，因而随着引水道的增长，逐渐集中水头；与坝式水电站相比，引水式电站由于不存在淹没和筑坝技术上的限制，水头相对较高，目前最大水头已达 2000m 以上；引水式电站的引用流量较小，没有水库调节径流，水量利用率较低，电站规模相对较小，工程量较小，单位造价较低。

引水式开发适用于河道坡降较陡且流量较小的山区河段。根据引水建筑物中的水流状态不同可分为无压引水式水电站和有压引水式水电站。

1. 无压引水式水电站

如图 1-4 所示，水电站引水建筑物中的水流是无压流。无压引水式水电站的主要建筑物有低坝、无压进水口、沉沙池、引水渠道（或无压隧洞）、日调节池、压力前池、溢水道、压力管道、厂房和尾水渠等。

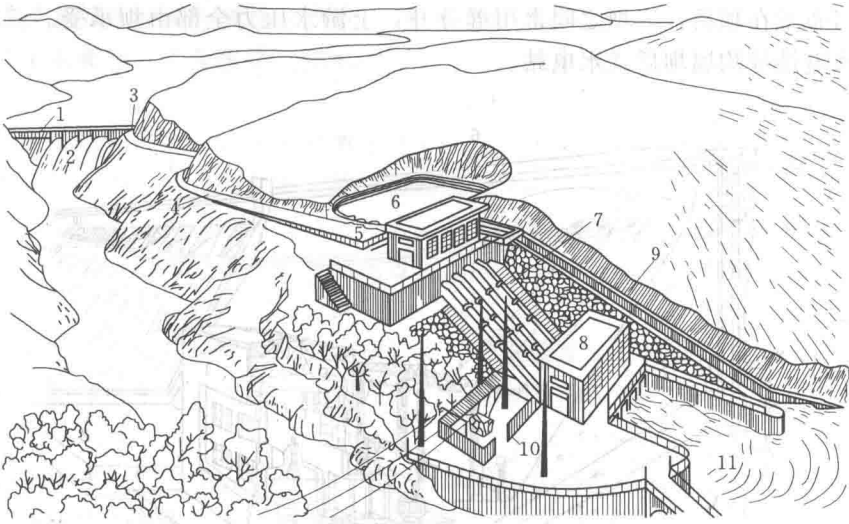


图 1-4 无压引水式水电站

1—拦河坝；2—溢流坝；3—进水闸；4—引水渠道；5—压力前池；6—日调节池；
7—压力钢管；8—厂房；9—泄水道；10—开关站；11—尾水渠

2. 有压引水式水电站

如图 1-1 所示，水电站引水建筑物中的水流是有压流。有压引水式水电站的主要建筑物有拦河坝、有压进水口、有压引水隧洞、调压室、压力管道、厂房和尾水渠等。

1.2.3 混合式开发和混合式水电站

在一个河段上，同时采用筑坝和有压引水道共同集中落差的开发方式称为混合式开发。坝集中一部分落差后，再通过有压引水道集中坝后河段上另一部分落差，形成了电站的总水头。用坝和引水道集中水头的水电站称为混合式水电站。

混合式水电站适用于上游有良好坝址，适宜建库，而紧邻水库的下游河道突然变陡或河流有较大转弯的情况。这种水电站同时兼有坝式水电站和引水式水电站的优点，如图 1-5 所示。

混合式水电站和引水式水电站之间没有明确的分界线。严格说来，混合式水电站的水头是由坝和引水建筑物共同形成的，且坝一般构成水库。而引水式水电站的水头，只由引水建筑物形成，坝只起抬高上游水位的作用。但在工程实际中常将具有一定长度引水建筑物的混合式水电站统称为引水式水电站，而较少采用混合式水电站这个名称。

1.2.4 抽水蓄能电站

随着国民经济的迅速发展以及人民生活水平的不断提高，电力负荷和电网日益扩大，

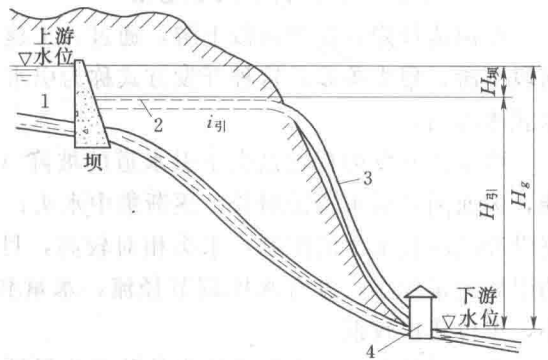


图 1-5 混合式水电站示意图

1—水库；2—引水隧洞；3—压力管道；4—厂房

电力系统负荷的峰谷差越来越大，因此解决调峰填谷的任务愈来愈迫切。

在电力系统中，核电站和火电站不能适应电力系统负荷的急剧变化，且受到技术最小出力的限制，调峰能力有限，而且火电机组调峰煤耗多，运行维护费用高。而水电站启动与停机迅速，运行灵活，适宜担任调峰、调频和事故备用负荷。

抽水蓄能电站不是为了开发水能资源向系统提供电能，而是以水体为储能介质，起调节作用。抽水蓄能电站包括抽水蓄能和放水发电两个过程，它有上、下两个水库（水池），用引水建筑物相连，蓄能电站厂房建在下水池处，如图 1-6 所示。在系统负荷低谷时，利用系统多余的电能带动泵站机组（电动机+水泵）将下水池的水抽到上水池，以水的势能形式储存起来；当系统负荷高峰时，将上水池的水放下来推动水轮发电机组（水轮机+发电机）发电，以补充系统中电能的不足。

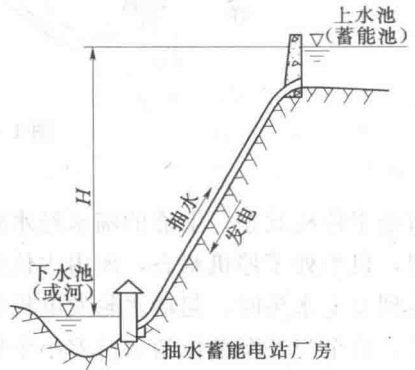


图 1-6 抽水蓄能电站示意图

随着电力行业的改革，实行负荷高峰高电价、负荷低谷低电价后，抽水蓄能电站的经济效益将是显著的。抽水蓄能电站除了产生调峰填谷的静态效益外，还由于其特有的灵活性而产生动态效益，包括同步备用、调频、负荷调整、满足系统负荷急剧爬坡的需要、同步调相运行等。

1.2.5 潮汐水电站

海洋水面在太阳和月球引力的作用下，发生一种周期性涨落的现象，叫做潮汐。从涨潮到涨潮（或落潮到落潮）之间间隔的时间，即潮汐运动的周期（亦称潮期），约为 12 小时又 25 分钟。在一个潮汐周期内，相邻高潮位与低潮位间的差值，称为潮差，其大小受引潮力、地形和其他条件的影响因时因地而异，一般为数米。有了这样的潮差，就可以在沿海的港湾或河口建坝，构成水库，利用潮差所形成的水头来发电，这就是潮汐能的开发。据计算，世界海洋潮汐能蕴藏量约为 27×10^6 MW，若全部转换成电能，每年发电量大约为 1.2 万亿 kW·h。根据 1981 年对我国 500kW 以上可以开发的站址进行统计（不包括台湾），可开发的装机容量为 21580MW，年发电量 619 亿 kW·h。

利用潮汐能发电的水电站称为潮汐水电站，如图 1-7 所示。潮汐电站多修建于海湾。其工作原理是修建海堤，将海湾与海洋隔开，并设泄水闸和电站厂房，然后利用潮汐涨落时海水位的升降，使海水流经水轮机，通过水轮机的转动带动发电机组发电。涨潮时外海水位高于内库水位，形成水头，这时引海水入湾发电；退潮时外海水位下降，低于内库水位，可放库中的水入海发电。海潮每昼夜涨落两次，因此海湾每昼夜充水和放水也是两次。潮汐水电站可利用的水头为潮差的一部分，水头较小，但引用的海水流量可以很大，是一种低水头大流量的水电站。

按建筑物布置和不同的发电方式，潮汐水电站可分为单库单向、单库双向及双库连续发电三种类型。

(1) 单库单向潮汐水电站。建造一个水库，采用单向水轮发电机组，只在落潮或涨潮时发电。电站运行由 4 种工况组成一个循环，如单向落潮发电为：①充水，开启水闸，机