

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

# 水电站

主 编 河 海 大 学 于永海  
副主编 甘 肃 农 业 大 学 许 健  
主 审 武 汉 大 学 王 永 年



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

# 水电站

主 编 河 海 大 学 于永海  
副主编 甘 肃 农 业 大 学 许 健  
主 审 武 汉 大 学 王永年



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书为高等学校农业水利工程本科专业课程教材,也可供部分院校水利水电工程本科专业选用,内容以小型水电站为主,共12章。第1章绪论;第2章水力发电原理与水能开发方式;第3章至第6章为水轮机的类型与构造、工作原理与特性、选择、调速设备;第7章阐述水电站的进水口与引水建筑物;第8章为水电站压力水管,以明钢管设计为重点;第9章为水电站调节保证计算,水击分析方法以解析法为主;第10章为调压室及调压阀;第11章至第12章分别阐述了水电站厂房布置与厂房结构,以地面厂房设计为重点。

本书可供水利水电类专业师生与小水电工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

水电站/于永海主编. —北京:中国水利水电出版社,  
2008

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利  
工程

ISBN 978-7-5084-5914-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第146595号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程 <b>水 电 站</b>
作 者	主 编  河海大学  于永海 副主编  甘肃农业大学  许健 主 审  武汉大学  王永年
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266(总机)、68367658(营销中心) 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	175mm×245mm 16开本 16.5印张 381千字
版 次	2008年12月第1版 2008年12月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	<b>29.00元</b>

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

# 高等学校水利学科专业规范核心课程教材

## 编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)  
李玉柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

### 委 员

周孝德 (西安理工大学)

刘 超 (扬州大学)

任立良 (河海大学)

杨金忠 (武汉大学)

梅亚东 (武汉大学)

姜 峰 (大连理工大学)

王元战 (天津大学)

张展羽 (河海大学)

陈建康 (四川大学)

孙明权 (华北水利水电学院)

陈 楚 (水利部人才资源开发中心)

李建林 (三峡大学)

朝伦巴根 (内蒙古农业大学)

余锡平 (清华大学)

袁 鹏 (四川大学)

胡 明 (河海大学)

郑金海 (河海大学)

康海贵 (大连理工大学)

黄介生 (武汉大学)

冯 平 (天津大学)

侍克斌 (新疆农业大学)

孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

# 农业水利工程专业教材编审分委员会

主 任 杨金忠（武汉大学）

副主任 张展羽（河海大学）

刘 超（扬州大学）

## 委 员

黄介生（武汉大学）

杨培岭（中国农业大学）

马孝义（西北农林科技大学）

史海滨（内蒙古农业大学）

张忠学（东北农业大学）

迟道才（沈阳农业大学）

文 俊（云南农业大学）

田军仓（宁夏大学）

魏新平（四川大学）

孙西欢（太原理工大学）

虎胆·吐马尔白（新疆农业大学）

杨路华（河北农业大学）



## 总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比,水利学科专业的办学点增加了将近一倍,每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程,水利水电工程,港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学,经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划,决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学组讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月



# 前 言

本书是根据高等学校水利学科教学指导委员会“水利学科专业规范核心课程‘十一五’教材建设规划”进行编写的。

本书为农业水利工程本科专业教材，主要适用于装机规模 0.1 ~ 50MW、出线电压等级 110kV 以下、单机容量不超过 10MW 的小型水电站。本教材除适用于农业水利工程本科专业外，也可用于部分高等院校的水利水电工程本科专业。各院校在使用本教材时，可根据课程性质与要求、授课学时数以及所在地区特点，对书中内容有所取舍。

本书分为 12 章。第 1 章、第 2 章、第 9 章与第 10 章由河海大学于永海编写；第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章由河海大学郑源、于永海编写；第 7 章、第 8 章由甘肃农业大学许健编写；第 11 章、第 12 章由河海大学黄炳照编写。全书由河海大学于永海担任主编，甘肃农业大学许健担任副主编，由河海大学于永海负责统稿。

承蒙武汉大学王永年教授对本书进行了详细审阅，提出了许多宝贵意见，谨在此表示衷心感谢。

本教材在编写过程中，甘肃省水利水电勘测设计研究院、河海大学设计院等单位以及多位专业人士给予了大力支持与帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，对于书中的缺点与不妥之处，恳请读者给予指正。

编 者

2008 年 3 月





# 目 录

## 总前言

## 前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 小水电在我国经济与社会中的作用 .....	2
1.2 我国小水电技术水平与特点 .....	2
1.3 本课程的内容与要求 .....	3
<b>第 2 章 水力发电原理与水能开发方式</b> .....	4
2.1 水力发电原理与水电站工作参数 .....	4
2.2 水能开发方式与水电站的基本类型 .....	5
2.3 河流水资源的综合开发利用 .....	9
2.4 河流的梯级开发 .....	10
2.5 潮汐能的开发利用 .....	12
<b>第 3 章 水轮机的类型与构造</b> .....	14
3.1 水轮机的基本类型 .....	14
3.2 反击式水轮机的构造 .....	18
3.3 冲击式水轮机的构造 .....	31
3.4 水轮机的工作参数、型号与装置型式 .....	34
<b>第 4 章 水轮机的工作原理与特性</b> .....	39
4.1 水轮机的工作原理 .....	39
4.2 水轮机的相似理论 .....	45
4.3 水轮机的空化空蚀与安装高程 .....	52
4.4 水轮机特性曲线 .....	59
<b>第 5 章 水轮机的选择</b> .....	68
5.1 水轮机选型设计内容与基本资料 .....	68

5.2	中小型水轮机的选择 .....	69
<b>第6章</b>	<b>水轮机的调速设备 .....</b>	<b>82</b>
6.1	水轮机调节的基本任务与调速器类型 .....	82
6.2	水轮机自动调速器的工作原理 .....	84
6.3	中小型调速设备系列型谱及选择 .....	85
<b>第7章</b>	<b>水电站的进水口与引水建筑物 .....</b>	<b>90</b>
7.1	进水口的功用、分类与要求 .....	90
7.2	有压进水口 .....	92
7.3	无压进水口及沉沙池 .....	97
7.4	水电站引水建筑物 .....	100
7.5	压力前池及日调节池 .....	105
<b>第8章</b>	<b>水电站压力水管 .....</b>	<b>113</b>
8.1	压力水管的功用和类型 .....	113
8.2	压力管道的布置、水力计算及经济直径的选择 .....	113
8.3	钢筋混凝土压力水管 .....	116
8.4	压力钢管 .....	118
8.5	明钢管的镇墩与支墩 .....	123
8.6	明钢管管身设计 .....	126
8.7	分岔管 .....	134
<b>第9章</b>	<b>水电站调节保证计算 .....</b>	<b>141</b>
9.1	水击现象与水击波的传播速度 .....	142
9.2	水击基本方程及其求解 .....	144
9.3	简单管水击计算的解析法 .....	147
9.4	复杂管水击计算的解析法 .....	156
9.5	机组转速变化计算 .....	158
9.6	调节保证计算的内容、保证值与工况 .....	161
9.7	减小水击压强的措施 .....	165
9.8	水击计算的电算法简介 .....	167
<b>第10章</b>	<b>调压室及调压阀 .....</b>	<b>172</b>
10.1	调压室的功用、要求及设置条件 .....	172
10.2	调压室的水位波动现象与基本方程 .....	173
10.3	调压室的基本类型 .....	176
10.4	简单式调压室的水位波动计算 .....	178
10.5	压力引水道—调压室系统的波动稳定性 .....	181
10.6	调压阀的工作原理与设计选型 .....	182
<b>第11章</b>	<b>水电站厂房布置 .....</b>	<b>187</b>

11.1	水电站厂房简介 .....	187
11.2	水电站厂房内的设备 .....	194
11.3	立式机组厂房布置 .....	198
11.4	立式机组厂房轮廓尺寸的拟定 .....	207
11.5	卧式机组厂房布置 .....	211
11.6	贯流式机组厂房布置 .....	217
11.7	副厂房布置 .....	222
11.8	水电站厂房采光、通风、交通、防火及防洪 .....	224
11.9	厂区布置 .....	226
<b>第 12 章</b>	<b>水电站厂房结构 .....</b>	<b>229</b>
12.1	水电站立式机组主厂房结构概述 .....	229
12.2	厂房整体稳定与应力计算简介 .....	233
12.3	立轴水轮发电机机墩的结构设计 .....	234
12.4	蜗壳结构设计 .....	242
12.5	弯肘形尾水管结构设计 .....	248
12.6	卧式机组地面厂房的结构设计概述 .....	252
参考文献 .....		253

# 第 1 章

## 绪 论

水能是可再生的清洁能源，水能资源的开发利用是每个国家能源建设的重要内容。根据 2003 年水力资源复查成果，我国水力资源理论蕴藏量为 694GW；经济可开发装机容量 (installed capacity) 为 402GW，年发电量为 175 万 GW·h，均居世界第一。按规划到 2020 年，我国水电装机容量将达到 300GW。

根据 SL252—2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》，单站装机容量小于 50MW 的水电站为小型水电站。我国小水电资源极为丰富，小水电资源 (100kW~50MW) 可开发量为 128GW，其中 10MW 以上河流且单站装机容量在 500kW~50MW 的小水电资源可开发量为 65.21GW。全国小水电资源分布面很广，它分布于 1600 多个县，超过 2/3 的国土面积，其中可开发量在 10 MW 以上的县有 1100 多个。

我国小水电建设成就巨大，2000 年以来，其建设步伐明显加快，平均每年新增装机容量快速增长，如表 1-1 所示。根据 2004 年统计，如表 1-2 所示，全国已建成小型水电站 4 万多座，装机容量超过 30GW，年发电量近  $1 \times 10^5$ GW·h。根据水利部“十一五”和 2020 年小水电发展规划，2020 年底小水电装机容量将达到 93GW，建成四川、云南、广东、湖南、福建、湖北、广西、浙江、江西、重庆、贵州和新疆等 12 个总装机容量 4GW 以上的小水电强省 (自治区)，建成 40 个左右装机容量 1GW 以上的小水电基地。

表 1-1 我国平均每年新增  
小水电装机容量  
(按站装机容量小于 50MW 统计)

单位: MW

时间	每年平均新增 小水电装机容量
20 世纪 60 年代	50
20 世纪 70 年代前半期	400
20 世纪 70 年代后半期	800
1979 年	1000
20 世纪 80 年代	660
20 世纪 90 年代	1100
2002 年	1880
2004 年	3590
2005 年	5000

表 1-2 我国小型水电站的建设情况 (2004 年统计)

装机容量范围	电站数 (座)	装机容量 (MW)	每年发电量 (GW·h)
<1MW	37899	9480	19850
1~25MW	5758	19940	62100
25~50MW	152	5230	15830
总计	43809	34660	97790

## 1.1 小水电在我国经济与社会中的作用

我国小水电主要面向广大农村,为农业、农民和农村发展服务。小水电的开发利用既解决了广大山区缺电问题,又促进了水利发展,在中西部地区经济和社会发展中占有举足轻重的地位,对整个国民经济及社会发展发挥了极其重要的作用,取得了巨大的经济、社会与生态环境效益。

从 1985 年开始,经过 20 年的建设,截至 2005 年,我国共建成了 1053 个农村水电电气化县,占全国 2500 个县 42%。农村水电电气化县建设,解决了 1.2 亿农村无电人口用电问题;新增 170 万  $\text{hm}^2$  灌溉土地;超过 6400 万农村人口饮用上清洁水;促进了当地工业的迅速发展;有助于农村人口脱贫致富;超过 3000 万农村剩余劳动力转移到第二、第三产业;农村水电电气化县电视覆盖率超过 90%;有效地保护了生态环境,2000 万个家庭可用电烧饭、每年减少大约 900 万  $\text{m}^3$  木柴被燃烧,减少了 1.2 亿  $\text{t CO}_2$ 、95 万  $\text{t SO}_2$  的排放量。

小水电代燃料工程是一件一举多得的事,能够实现经济、社会、生态效益三赢。小水电代燃料工程保护了森林植被,促进了人与自然和谐相处;减轻了农民的劳务之累,提高了农民的生活质量;减少了燃料支出,减轻了农民负担;解放了农村劳动力,从砍柴烧火做饭中解放出来的农民或外出务工,或开展手工编织,或搞特种种植养殖,或从事农副产品加工和开展特色旅游等,增加了农民收入;改善了农村基础设施和生产生活条件;改变了农村落后的生产方式,改善了农民的生活环境。

## 1.2 我国小水电技术水平与特点

我国小水电建设经历了几十年,形成了完备的技术及运行管理体系,制定了一整套从前期工作到建设、安装、验收、运行等各个环节的技术规程、规范、法规与标准;培养了一批从事小水电规划、设计、施工、生产和管理方面的技术队伍;我国小型水力发电设备制造能力与水平比较高,设备品种齐全,性能指标佳,不仅能够满足国内小水电建设需求,而且还远销国际市场。1980 年联合国有关机构在我国杭州建立了亚太地区小水电研究培训中心,已为其他国家和地区培养了很多小水电专家,有力地支持了这些国家和地区的小水电建设。

我国在过去几十年的小水电建设过程中积累了丰富的经验,无论在土建工程、机

电设备制造还是在运行管理方面都形成了一整套具有中国特色的小水电技术，随着我国经济的快速发展和小水电建设管理需要，小水电领域新技术、新设备不断出现并得到应用。在土建工程方面，砌石拱坝、小型砌石连拱支墩坝、混凝土拱坝、橡胶坝、钢筋混凝土预应力管道、压力斜井、虹吸式进水口等得到较多应用；在小水电设备方面，我国有 100 多个厂家可以生产小水电设备，能够生产的小型水轮发电机组（10MW 以下）有 19 种转轮系列、85 种不同机组，工作水头从 2m 到 400m；微机型电液调速器特别是带氮气蓄能油罐的高油压可编程电磁阀型调速器在我国得到了广泛应用；为防止由于厂用电不可靠、进水阀不能自动关闭问题，重锤式蝶阀、球阀越来越多地得到应用；在一些小型水电站以调压阀取代调压井，可以节约投资，缩短工期。在小型水电站运行管理方面，自动化管理水平越来越高。对水电站实行遥测、遥信、遥调和遥控，使水电站实现综合自动化，做到少人值班或无人值班，提高了电站运行的经济性、可靠性和安全性。

尽管我国小水电建设已经取得了很大的成就，但也存在一些问题，例如河流水能资源的过度开发、不够重视环境保护等。当前，小水电建设已进入到理性发展阶段，小水电的开发利用必须妥善处理好生态和环境问题，小水电必须在有序、规范的发展轨道上开发利用。

### 1.3 本课程的内容与要求

本课程是农业水利工程专业的一门专业课，其主要内容包括水力发电原理与小水电开发方式、水能规划、水轮机及其附属设备与水电站建筑物。其中，水能规划部分内容详见《工程水文及水利计算》课程教材，本课程不再重复。在水轮机及其附属设备部分，本课程介绍了水轮机的类型与构造、水轮机性能与选型以及调速器的类型与选择等。在水电站建筑物部分，介绍了进水建筑物、引水建筑物、压力管道、水电站厂区建筑物等。对于水电站挡水建筑物、泄水建筑物，由于其设计、运用原理与方法在《水工建筑物》课程中已有详细阐述，本课程未作介绍。学习完本课程内容后，读者可以掌握小型水电站水轮机选型、水电站建筑物设计的基本知识与方法，为今后从事小型水电站设计、施工、建设管理打下较好的基础。

本课程的先修技术基础课、专业课有《工程水文及水利计算》、《水力学》、《材料力学》、《结构力学》、《土力学》、《钢筋混凝土结构学》、《电工学与电气设备》、《水工建筑物》、《水利工程施工》等，讲授时应注意突出本课程特点和基本内容，力求加强各个内容之间的内在联系和物理概念的阐述，力求讲透基本理论与基本概念，从而培养和提高学生分析问题与解决问题的能力。

## 第 2 章

# 水力发电原理与水能开发方式

## 2.1 水力发电原理与水电站工作参数

### 2.1.1 水力发电原理

水是人类赖以生存和社会发展必不可少的物质基础，具有多方面的利用价值。通过兴建水利水电工程，可以把蕴藏在河川水流和沿海潮汐中的天然水能加以开发利用，将水能转化为电能。

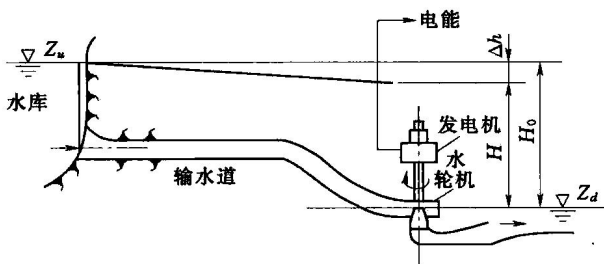


图 2-1 水力发电原理图

所谓水力发电，是指水流经输水道（明渠、隧洞、压力管道等）流入水轮机，驱动其转轮旋转，进而带动与之相联的发电机转子旋转发电。在水力发电过程中，水流的一般途径为水库→输水道（引水道）→水轮机→尾水渠→下游河道，如图 2-1 所示；而能量的转化过程则是：天然水能经输水道需损失一部分能量而转化为可用水能，可用水能经水轮机转化为旋转机械能，再经发电机转化为电能。

### 2.1.2 水电站工作参数

水电站工作参数主要包括流量、水头、出力等。

#### 1. 流量 (discharge)

流量  $Q$  为单位时间内通过水轮机的水体积， $\text{m}^3/\text{s}$ 。

#### 2. 静水头 (static head)

假设水电站上游水位为  $Z_u$ ，下游水位为  $Z_d$ ，则有：

$$H_0 = Z_u - Z_d \quad (2-1)$$

式中： $H_0$  为静水头，也称毛水头 (gross head)，m。

水电站静水头有最大静水头、最小静水头、加权平均静水头。

最大静水头  $H_{0\max}$  是水电站上游正常蓄水位与下游最低尾水位之间的水位差。

最小静水头  $H_{0\min}$  是水电站上游水位与下游水位在各种组合下出现的最小水位差。

加权平均静水头  $H_{0a}$  有两种定义：一种是按时间加权，即  $H_{0a} = \frac{\sum_i H_{0i} t_i}{\sum_i t_i}$ ；另一

种是按能量加权，即  $H_{0a} = \frac{\sum_i H_{0i} Q_i t_i}{\sum_i Q_i t_i}$ ， $Q$  为流量。

### 3. 出力 (output)

(1) 理论出力。单位时间内的天然水能称为水电站理论出力，即

$$P_t = \rho g Q H_0 = 9.81 Q H_0 \quad (\text{kW}) \quad (2-2)$$

(2) 实际出力。水电站的实际出力要小于理论出力。实际上，在由水能转化为电能过程中，不可避免地会产生能量损失，主要包括：①水流经输水道流入水轮机，存在水头损失  $\Delta h$ 。水头损失与流道长度、截面形状和尺寸、构造材料、铺设方式、施工工艺质量等因素有关，须在电站总体布置完成后才可做出较精确的计算。初步计算时，可估计  $\Delta h = (1\% \sim 10\%) H_0$ ，输水道长、流速大的取大值，输水道短、流速小的取小值；②水轮机、传动设备、发电机在能量转化过程中也将损失一部分能量。水电站实际出力  $P$  可由式 (2-3) 计算。

$$P = \rho g Q (H_0 - \Delta h) \eta_a \eta_g = 9.81 Q H \eta_T = k Q H \quad (\text{kW}) \quad (2-3)$$

式中： $\eta$  为水轮机效率； $\eta_a$  为传动设备效率； $\eta_g$  为发电机效率； $\eta_T$  为水轮发电机组总效率， $\eta_T = \eta_a \eta_g$ ； $k$  为水电站出力系数。对中小型电站， $k$  值一般取为 6.5 ~ 8.0。

## 2.2 水能开发方式与水电站的基本类型

水流蕴藏能量，构成水能的两个基本要素是流量和落差。水流自然落差一般沿河流分散，沿程消耗于克服摩阻、挟带泥沙、冲刷河床等方面，直接利用效益很低。为了充分有效地利用天然水能，需通过适当的工程措施，将分散的自然落差集中，形成可利用的水头。

根据集中落差方式的不同，有三种基本的水能开发方式，即坝式、引水式和混合式。与三种基本水能开发方式相对应，水电站有坝式、引水式和混合式三种基本类型。根据水电站水库调节性能和取得流量方式的不同，则可分为无调节和有调节以及蓄水式和径流式水电站。

### 2.2.1 坝式开发和坝式水电站

在河道上拦河筑坝抬高上游水位，减小上游河段水面坡降，集中自然落差，形成较大的上下游水位差，构成水电站水头，这种水能开发方式称为坝式开发。

采用坝式开发兴建的水电站统称为坝式水电站。坝式开发的特点是可用形成的蓄



水库调节流量,使得水能利用程度较充分。蓄水库可同时解决防洪、供水等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,而且会带来淹没问题,造成库区土地、森林、矿藏等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。按照坝与水电站厂房相对位置的不同分类,坝式水电站可分为河床式、闸墩式、坝后式、坝内式、厂房顶部溢流式等,在中小型水电站中常见的是河床式水电站与坝后式水电站。

### 1. 河床式水电站

河床式水电站(power plant in river channel)大多建造在中下游河道底坡平缓的河段上。河床式水电站厂房是挡水建筑物的一部分,直接承受上游水压力,主要建筑物布置在河床中,如图2-2(a)所示。为满足厂房挡水建筑物的稳定性要求,坝建得不能太高,因而河床式水电站水头较低,对中小型电站一般不大于10m,但发电流量往往较大,属低水头大流量型水电站。

### 2. 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(power plant at dam toe)。整个枢纽的主要建筑物都集中在挡水坝的附近,如图2-2(b)所示。

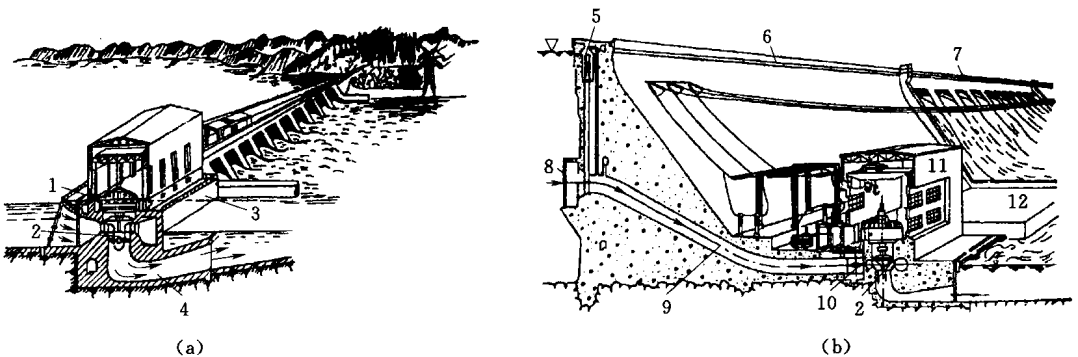


图2-2 坝式开发和坝式水电站

(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—拦水坝; 7—溢流坝;  
8—拦污栅; 9—引水管道; 10—蝴蝶阀; 11—厂房; 12—导流墙

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,如图2-3(a)所示。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,采取隧洞引水发电,而将厂房布置在河流的一岸,如图2-3(b)所示,这种布置方式称为河岸式,在小型水电站中应用较多。

### 2.2.2 引水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,常利用沿河修建的坡度平缓的引水道