

中等专业学校教材



水电站

(第三版)

黄河水利学校 陆德民
湖南省水利水电学校 张叔峰 合编



要 录 容 内

中等专业学校教材

水 电 站

(第三版)

黄河水利学校 陆德民 合编
湖南省水利水电学校 张叔峰



NLIC 2970700879



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

元 00.25 价 定

地址：北京... 电话：... 邮编：... 印刷：... 装订：... 开本：... 印张：... 字数：...

内 容 提 要

本书共分十章。第一章介绍水轮机的类型、构造、特性、造型。第二章至第十章介绍水电站进水口、动力渠道、压力前池、压力水管、调压室、厂房等水电站专用建筑物的布置形式、结构构造、水力计算和结构设计原理和方法。在有关章节还附有计算例题和工程图例。

本书为中等专业学校水利水电工程建筑专业《水电站》课程的教材,也可作为水电工作者自学、培训参考书,还可供从事水电站设计、施工和管理工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水电站/陆德民,张叔峰编.—3版.—北京:
中国水利水电出版社,2011.2
中等专业学校教材
ISBN 978-7-80124-289-1

I. ①水… II. ①陆…②张… III. ①水力发电站-
专业学校-教材 IV. ①TV7

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第026314号

中等专业学校教材

水 电 站

(第三版)

黄 河 水 利 学 校 陆 德 民 合 编
湖 南 省 水 利 水 电 学 校 张 叔 峰

*

中国水利水电出版社 出版、发行
(原水利电力出版社)

(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)

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经售

北京瑞斯通印务发展有限公司印刷

*

184mm×260mm 16开本 21.5印张 482千字

1980年3月第1版 1987年11月第2版

1993年10月第3版 2011年2月第9次印刷

印数 100461—102460册

ISBN 7-80124-289-1

(原 ISBN 7-120-01845-0/TV·671)

定价 35.00 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

第三版前言

本教材是根据水利部《1990~1995年中等专业学校水利水电类专业教材选题与编审出版规划》和1988年原水利电力部颁发的《中等专业学校水利水电工程建筑专业教学计划》和《水电站教学大纲》编写的。由于新的教学计划将水电规划内容列入《水利水电规划》课程中，本教材不再包括这部分内容。本次编写是以1987年11月成都水力发电学校胡兰林同志主编的《水电站》(第二版)教材为基础，吸收各校近几年教学实践经验及水电建设新的科技成就而重新编写的。在编排顺序和章节内容上均有较大变动，删减了偏深偏多的内容，并适当增加了一些新内容。1989年10月在福建水利电力学校召开的全国中专水电站课程组会议上，对本教材编写大纲进行了讨论审定。

在编写中，力求做到少而精；注重基础理论阐述；注意理论联系实际，增强适用性；注意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。

本书取材以中小型水电站为主，适当编入一些计算实例和典型工程图例，以培养学生分析问题和解决问题的能力。由于同时出版配套教材《水电站教学参考资料汇编》一书，故本教材未编入思考题、习题和实验等内容。由于学校所在地区特点不同，各校在使用本教材时，可依具体情况有所取舍和增补。

本教材由黄河水利学校陆德民和湖南省水利水电学校张叔峰合编，黄河水利学校黄新参编。绪论及第一、二、七、八章由陆德民同志执笔，第三、四、五、六章由张叔峰同志执笔，第九、十章由黄新同志执笔。全书由陆德民同志统稿，广东省水利电力学校卢礼标同志主审，并编写了第七章第七节。

在编写过程中，承蒙各兄弟学校和有关生产单位给予大力支持，黄河水利学校彭涛同志对大部分书稿作了校阅和部分例题的计算工作，特在此一并致谢。

限于编者水平，书中的缺点错误还诚望广大师生和读者指正，以期进一步提高本教材的质量。

编者

1992年8月

第二版前言

本教材是根据水利电力部教育司《1983~1987年中等专业学校水利电力类专业教材编审出版规划》，并参照1982年11月颁发的《中专水利水电工程建筑专业教学计划》和《水电站教学大纲》的要求编写的。在编写时，以1980年3月出版的中专《水电站》教材为基础，同时考虑了近几年来的教学实践经验、有关学校和生产单位的建议及水电建设方面的最新科学技术成就，对原材料的编排顺序、章节内容和文字叙述都作了较大的变动，删减了次要的和陈旧的内容，并适当增加了一些新内容，计量单位也全部改用法定计量单位制。编写时力求做到：加强对基础理论的阐述；注意理论联系实际；适当反映国内外在水电建设方面的先进技术和经验；符合“少而精”的原则；注意开发学生智力和能力；适合中专学生水平和便于学生自学。

本书在有关章节中，按照分析问题的规律和实际工作中的设计步骤，编排了一些计算实例，使学生阅读后能加深对基础理论的理解，逐渐熟悉将来的生产工作，并培养其分析问题和解决问题的能力。此外，还选编了一些典型的工程图例，便于学生对课程内容的学习，并提高其识图和绘图能力。

为了适应不同地区学校对教材内容的选择，本书取材较为广泛，但以中型引水式和坝后式水电站及地面式厂房为重点。教师在使用本教材时，可结合地区特点和学生实际情况，对书中内容有所取舍。

本书的绪论及第一、二、三、四、十、十一、十二章由成都水力发电学校胡兰林同志执笔，第五、六章由黄河水利学校陆德民同志执笔，第七、八、九章由湖南省水利学校张叔峰同志执笔，全书由胡兰林同志主编，广西水电学校谷如森同志主审。在编审过程中，曾蒙黑龙江省水利工程专科学校、广西水电学校、黄河水利学校及一些生产单位给予很多帮助，有关同志提出了不少宝贵意见，特在此表示谢意。

编者水平有限，书中缺点错误在所难免，诚恳地希望广大师生和读者提出宝贵意见，以便今后进一步提高教材质量。

编者

1986年5月

第一版前言

本书是根据 1978 年原水利电力部颁发的《中等专业学校水利工程建筑专业教学计划》中对《水电站》课程的要求编写的。为了贯彻执行党的教育方针，提高教学质量，在编写时力求做到：加强基础理论的阐述；注意理论联系实际；适当反映国内外在水电建设方面的先进技术和实践经验；符合“少而精”的原则；便于学生自学。

本书在有关章节中，按照分析问题的规律和实际工作中的设计步骤，编排了一些计算实例，以使学生能加深对基础理论的理解，并培养其分析问题和解决问题的能力。此外，还选编了一些典型的工程图例，便于学生对课程内容的学习，并提高学生识图与绘图的能力。

限于篇幅，书中对引用其他书刊上的计算公式，一般略去了推导过程；对于带有手册性质的图表，也作了压缩和精简；对于建筑物的结构计算，着重于荷载分析、计算简图的选取和计算方法与步骤的阐述，至于纯属一般结构力学的具体计算问题，则予以精简。

为了适应不同地区学校对教学内容的选择，本书取材较为广泛，但以中型水电站为重点。教师在使用本教材时，可结合地区特点和学生实际，对书中内容有所取舍。

本书的编写工作，是采取分工执笔、集体讨论的方式进行的。编写工作得到成都水力发电学校、陕西省水利学校、四川省水利电力学校、安徽省水利电力学校、吉林省水利电力学校、湖南省水利学校等单位的大力支持。参加编写工作的有胡兰林（绪论、第一、四、八、九章）、郑秀林（第二章）、徐家尊（第三章）、刘申（第五、六章）、张叔峰（第七章）等同志。由成都水力发电学校胡兰林同志主编。张世梁同志参加了部分章节的修改和校核工作。李淑娟同志参加了本书的大部分绘图工作。

本书由陕西省水利学校徐家尊同志和四川省水利电力学校许建午同志负责审稿。西北农学院水利系、浙江省水利水电学校、黑龙江省水利学校、广西水利电力学校、陕西省水利学校等单位的同志，参加了审稿会议，并提出了许多宝贵意见。

我们水平有限，书中的缺点和错误在所难免，诚恳地希望广大师生和读者提出宝贵意见，以便今后进一步提高教材的质量。

编者

1979 年 6 月

目 录

第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	
绪论	1
第一章 水轮机	4
第一节 水轮机的类型和构造	4
第二节 反击式水轮机的进水与出水设备	15
第三节 水轮机的气蚀、吸出高度及安装高程	30
第四节 水轮机的特性	34
第五节 水轮机的选型	51
第六节 水轮机的调速设备	63
第二章 水电站的基本布置形式及其组成建筑物	73
第一节 坝后式水电站	73
第二节 河床式水电站	74
第三节 无压引水式水电站	74
第四节 有压引水式水电站	75
第三章 水电站的进水建筑物	77
第一节 进水口的功用和设计要求	77
第二节 潜没式进水口	77
第三节 开敞式进水口	85
第四章 水电站引水建筑物	89
第一节 水电站引水建筑物的功用和要求	89
第二节 动力渠道	89
第三节 压力前池	97
第四节 水电站的引水隧洞	103
第五章 水电站的压力水管	106
第一节 压力水管的类型	106
第二节 压力水管的路线和布置形式选择	107
第三节 压力水管的水力计算与经济直径	109
第四节 明钢管的构造和附件	111
第五节 明钢管的敷设方式和支承结构	117
第六节 明钢管的结构计算	121
第七节 钢岔管概述	141
第八节 地下埋管	144
第九节 坝内埋管	150

第六章	水电站的水锤和调节保证计算	151
第一节	水锤现象和研究水锤的目的	151
第二节	水锤的连锁方程和边界条件	155
第三节	水锤计算的解析法	159
第四节	调节保证计算及其改善措施	175
第七章	调压室	182
第一节	调压室的功用和工作原理	182
第二节	调压室的布置和基本类型	184
第三节	调压室水力计算的任务与基本方程式	187
第四节	调压室水位波动计算	190
第五节	调压室水位波动的稳定问题	200
第六节	调压室结构布置及结构设计原理	202
第七节	调压室水位波动计算的电算法	208
第八章	水电站厂房的基本类型与厂区布置	212
第一节	水电站厂房的功用与组成	212
第二节	水电站厂房的类型	214
第三节	厂区布置	227
第九章	水电站厂房布置设计	233
第一节	地面厂房的设备布置	233
第二节	立式机组地面厂房主要尺寸的确定	264
第三节	卧式机组厂房的设备布置及尺寸拟定	273
第十章	地面厂房结构设计原理	282
第一节	厂房结构设计的要求、任务与结构组成	282
第二节	厂房的分缝和混凝土的分期	283
第三节	厂房整体稳定和地基应力计算	285
第四节	厂房上部结构设计	288
第五节	发电机机墩和风罩的结构设计	301
第六节	蜗壳的结构设计原理	323
第七节	尾水管结构设计原理	329
第八节	卧式机组地面厂房结构设计概述	333

绪 论

在江河海洋的水流中，蕴藏着巨大的水能资源。据1974年世界动能会议提出的《能源调查》中统计，全世界可开发的水能资源按年发电量估算约为9.8万亿kW·h，按装机容量估算约为22.6亿kW。这是大自然赋给人类的宝贵财富。早在2000多年前，埃及、印度和我国的劳动人民就发明了水车、水磨等简单水力机械。随着生产的发展，水能资源利用水平也不断提高。到15、16世纪，由于手工业的发展，水能的利用日益普遍；18世纪中叶，由于欧洲工业革命的兴起，利用水力原动机直接带动生产机械，在当时的工业生产中占有重要的地位；随着流体力学、水力学和机械工业的发展，从18世纪末开始，相继发明了各种近代水轮机；19世纪下半叶先后发明了发电机和高压输变电技术，在结构理论和筑坝技术方面也达到一定水平，这就为水电站建设奠定了基础。世界第一座水电站于1878年在德国建成，此后，水力发电事业得到迅速发展，在电力工业中，水电占有越来越重要的地位（见表1）。

表 1 世界一些国家1987年水电发展水平

国 家	可开发水能资源		装 机 容 量		年 发 电 量		水能资源 开发程度 (%)
	装 机 (万kW)	年发电量 (亿kW·h)	水电容量 (万kW)	占电力总 容量比重 (%)	水 电 (亿kW·h)	占总电量 比重 (%)	
中 国	37850	19230	3019	29.3	1002	20.1	5.2
苏 联	26900	10950	6270	18.9	2198	13.2	20.0
巴 西	21300	12000	4264	85.8	1988	91.3	16.5
美 国	17860	7015	8969	13.3	2522	9.2	35.9
加 拿 大	15290	5352	5794	57.2	3140	64.9	58.6
印 度	7000	2800	1596	29.2	538	26.6	19.2
日 本	4960	1280	3638	20.3	808	11.2	63.1

进入20世纪以来，水力发电事业更迅速发展。由于电力需要量的迅速增长，各国在解决电力能源时，一般多优先发展水电建设，这是因为水电站比火电站和核电站有下列突出优点：水电站利用的是可再生不竭的水能，不需要消耗燃料，节约矿物资源；水电属清洁能源，不仅不污染环境，还可改善生态平衡和环境条件；启动快，运用灵活，能适应负荷变化而可在电力系统中担负峰荷；设备简单，运行费小，发电成本低；能推动江河治理，充分发挥水资源的综合利用效益。就总体而言，优先发展水电是有利的，不少工业发达国家水电开发程度已达40%~50%，有些国家高达80%~98%。

我国幅员辽阔，江河纵横，海岸线长达11000余km，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年全国水资源普查（不含台湾省），我国各水系水能资源理论蕴藏量按装机容量计为6.76亿kW，年发电量为5.92万亿kW·h，其中技

术上可能开发的分别为3.78亿kW和1.92万亿kW·h,均居世界首位。另外,可能开发的潮汐水能资源约2100万kW。但在解放前由于封建社会制度的桎梏,我国丰富的水能资源很少开发利用。我国第一座水电站是1912年在云南修建的石笼坝水电站,装机容量为1440kW。到1949年底,我国水电装机容量仅为36万kW,年发电量为12亿kW·h。新中国建立40年来,我国水电建设发展较快,取得很大成绩。到1989年底水电装机容量已达3458万kW,年发电量为1185亿kW·h,使我国水电装机容量和年发电量,在世界上分别从建国初期的第25位和第23位,上升到第6位和第5位。40年水电已累计发电14097亿kW·h,实现税利早已超过同期国家安排的全部投资;由于水电的建设,增大了江河的调蓄能力,减轻了下游城乡的洪涝灾害;扩大了农田灌溉面积,提高了粮食产量;改善了航运条件,发展了旅游、水产养殖等事业,促进了地区经济的发展。这些成就,对促进工农业生产,改善人民的物质文化生活条件,都发挥了巨大的作用。

在建设大中型骨干水电站的同时,农村小型水电站也有了很大的发展。特别是经国务院批准,从1985年开始,在全国开展了建设100个农村水电电气化县的工作,经过5年努力,全国有109个县达到了初级电气化县标准。到1990年底,水利部门管理的小水电装机为1318万kW,年发电量为392.8亿kW·h。水利水电的发展,带动了山区经济的全面发展,电力的普及促进了农村物质文明和精神文明的建设。

回顾40年来,水电建设成绩很大,速度也相当快,但是同国民经济和人民生活需要相比,远不能满足要求,与我国丰富的水能资源相比,开发程度很低,到1989年底的水电装机容量和年发电量仅占可开发利用的9.1%和6.1%,还达不到世界平均的开发程度(按电量计为13.5%)。

能源是社会发展的物质基础,是社会主义经济建设的战略重点。全国人民代表大会七届四次会议批准的《中华人民共和国国民经济和社会发展十年规划和第八个五年计划纲要》明确指出:“要把水利作为国民经济的基础产业,放在重要战略地位”;“要重视水电建设,认真贯彻大中小结合、梯级开发和综合利用的方针”。依此总的方针,我国在今后的能源建设中要充分发挥水能资源的优势,大力加快水电建设,改善能源结构,满足社会主义经济建设的需要。水电建设的重点将是黄河中上游、长江干支流、红水河流域、乌江、澜沧江等河流的大型水电工程项目。同时,在有条件的河流兴建一批指标优越、见效快的中型水电站,以及在广大农村尤其是山区农村继续大力建设小型水电站。此外,为了适应大电网调峰负荷的需要,还要建设一批抽水蓄能电站。据我国水电建设10年规划设想,1990年底预计水电装机容量达3550万kW,“八五”(1991~1995年)期间新增装机1500万kW,“九五”(1996~2000年)期间新增装机2750万kW,即10年新增装机容量4250万kW(含抽水蓄能电站560万kW),其中10万kW以上的大中型水电站3400万kW,10万kW以下中小型水电站850万kW。到2000年水电装机容量将达到7800万kW,年发电量达到2330亿kW·h,使水电装机容量和年发电量分别占全国的32%和19.4%。今后10年水电建设将超过前40年的总和。

根据全国水利系统农村水电及电气化县发展10年初步规划:建设中型水利水电工程,投产装机500万kW,小水电站投产装机700万kW。到2000年农村初级电气化县将达到600多个,其中国务院已批准在“八五”期间将完成第二批的200个农村水电初级电气化县。

国家把大力加快水电建设作为今后相当一段时期内能源工业建设的基本战略，规划宏伟，前程似锦。摆在水利水电工作者面前的任务是十分光荣而艰巨的。要完成上述任务，除领导重视、落实投资、妥善安置移民外，还必须在科技上有大的发展，在管理上有大的提高。诸如200~300m高坝建设的成套技术；建设大型工程的机电设备和施工设备；超高压输变电技术；水工新材料的研究等需要攻关。还要全面提高规划、设计、施工、运行管理水平，使水电建设减少投资，缩短工期，充分合理地发挥综合利用效益。这就需要培养大批各级科技人才，投入到水电建设队伍中去，让丰富的水能资源为祖国的社会主义现代化建设服务。

本课程的任务是在学习技术基础理论和水利水电规划基本知识的基础上，进一步学习水电站主要机电设备和水电站专用建筑物的专业知识。本教材在介绍水轮机的类型、构造、特性、选型及主要附属设备后，主要讲述水电站专用建筑物的型式、构造、布置、尺寸拟定及水力计算和结构计算方法等。通过本课程学习及有关实践教学，使学生获得从事水电站的设计、施工和运行管理等工作中所必须的基本知识和技能。

本书共分五章。第一章介绍水能资源、水电站的任务、组成、分类及发展概况。第二章介绍水轮机的类型、构造、特性、选型及主要附属设备。第三章介绍水电站专用建筑物的型式、构造、布置、尺寸拟定及水力计算和结构计算方法。第四章介绍水电站的布置、设计、施工及运行管理。第五章介绍水电站的效益、综合利用及环境保护。

本书可作为水利水电专业及相关专业的教材，也可供从事水电站设计、施工及运行管理工作的工程技术人员参考。

本书由XXX编写，XXX审稿，XXX主编。

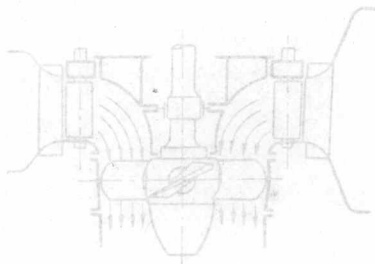


图 1-1-1 弗朗西斯式水轮机

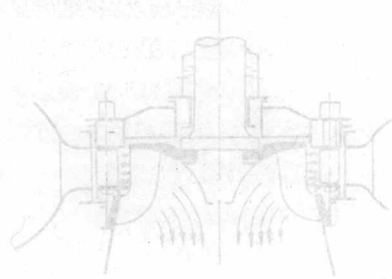


图 1-1-2 卡普兰式水轮机

本书可作为水利水电专业及相关专业的教材，也可供从事水电站设计、施工及运行管理工作的工程技术人员参考。

第一章 水 轮 机

第一节 水轮机的类型和构造

一、水轮机的类型及其适用条件

水轮机是将水能转换为旋转机械能的水力机械。利用水轮机带动发电机将旋转机械能变为电能的设备，称为水轮发电机组。由于河流的自然条件和水电站开发方式不同，各个水电站的水头、流量和出力相差很大，因此需要设计和制造多种类型的水轮机来适应不同情况的需要，以期最有效地利用水力资源。

按水流能量转换特征，可将水轮机分为反击式和冲击式两大类。

(一) 反击式水轮机

反击式水轮机的转轮在工作过程中全部浸在水中，压力水流流经转轮叶片时，受叶片的作用而改变压力、流速的大小和方向，同时水流对转轮产生反作用力，形成旋转力矩使转轮转动。反击式水轮机按水流流经转轮的方向不同，又分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式四种类型。

1. 混流式水轮机

水流流经转轮时是辐向流进而轴向流出（图1-1），故称混流式。其结构简单，运行可靠，效率较高，是现代应用最广泛的水轮机。适用水头范围一般为20~450m，目前最高已达800m，最大机组容量已达100万kW。

2. 轴流式水轮机

水流流经转轮时轴向流进而又轴向流出（图1-2），故称轴流式。按其叶片在运行时能否转动又分为定桨式和转桨式两种。

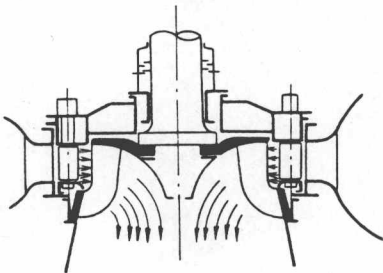


图 1-1 混流式水轮机

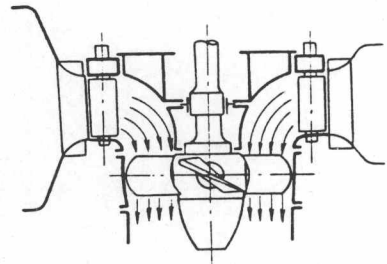


图 1-2 轴流式水轮机

轴流定桨式水轮机的叶片固定在轮毂上，制造简单，但当水头和流量变化时，效率变化较大。因此，它适用于负荷变化不大，水头变幅较小的水电站。适用水头一般为3~50m，最大机组容量达13万kW。

轴流转桨式水轮机在运行时其叶片可以转动，能在水头和流量变化时保持较高效率工作。目前适用水头已达88m，最大机组容量达25万kW。

3. 斜流式水轮机

水流进出转轮叶片都是斜向的，叶片转动轴线与水轮机轴线成一夹角（图1-3），高效率区较宽，因而适用于水头和流量变化较大的水电站。适用水头在20~200m之间，最大机组容量达25万kW。当做成水泵水轮机时，可用在抽水蓄能电站上。

4. 贯流式水轮机

其转轮与轴流式相似，水流基本上沿轴向流过转轮（图1-4），因而有良好的过流条件，提高了水轮机效率。贯流式水轮机一般为卧式，可降低和简化厂房结构，土建工程量小。适用于25m以下的低水头水电站。目前最大机组容量达5.5万kW。

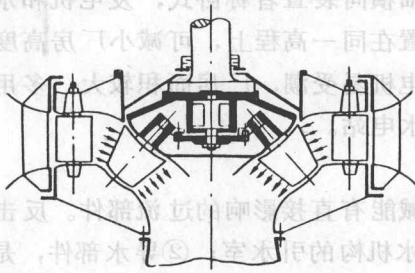


图 1-3 斜流式水轮机

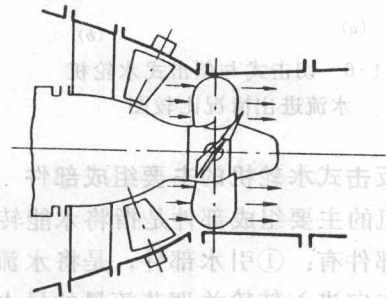


图 1-4 贯流式水轮机

(二) 冲击式水轮机

冲击式水轮机的特征是：有压水流从喷嘴射出后全部转换为动能冲击转轮旋转变为机械能；在同一时间水流只冲击部分斗叶，而不充满全部流道，转轮在大气压下工作。常用的冲击式水轮机有切击式（水斗式）和斜击式两种。

1. 切击式水轮机

其特点为喷嘴射流沿转轮圆周切线方向冲击斗叶（图1-5），是应用最广泛的冲击式水

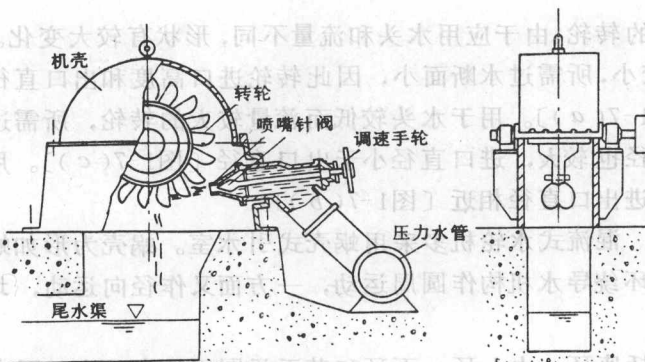


图 1-5 切击式水轮机

轮机。它适用于高水头(1000~2000 m)小流量水电站。目前世界上最高水头已应用到1767 m,最大机组容量达31.5万kW。

2. 斜击式水轮机

其特点为喷嘴射流方向与转轮旋转平面成一 α 角(约 25.5°),从转轮的一侧进入斗叶,从另一侧流出(图1-6)。适用水头为25~300 m。

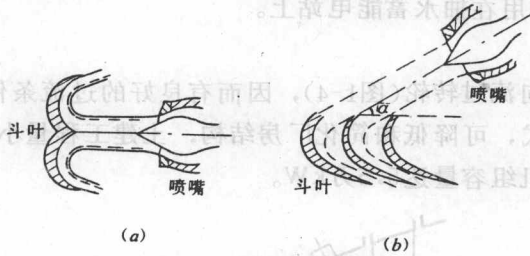


图 1-6 一切击式与斜击式水轮机水流进出情况比较图

水轮机按主轴的装置方式不同,又分为立式和卧式两种。主轴竖向装置者称立式,发电机位于水轮机上部,其位置较高,不易受潮,所占厂房面积较小,但厂房高度大。立式装置多用于大中型水电站。主轴横向装置者称卧式,发电机和水轮机布置在同一高程上,可减小厂房高度,但发电机易受潮,厂房面积较大,多用于小型水电站。

二、反击式水轮机的主要组成部件

水轮机的主要组成部件是指将水能转换成机械能有直接影响的过流部件。反击式水轮机的过流部件有:①引水部件,是将水流引入导水机构的引水室;②导水部件,是引导水流按一定方向进入转轮并调节流量的导水机构;③工作部件,是将水能转换成机械能的转轮;④泄水部件,是将转轮流出的水引向下游并回收水流部分余能的尾水管。下面对不同类型的反击式水轮机的主要部件加以说明。

1. 混流式水轮机的主要部件

(1) 转轮:它是水轮机的核心,对水轮机的性能、结构和尺寸起决定性作用。混流式水轮机的转轮(图1-7)由上冠1、下环2和叶片3组成。叶片均匀分布在上冠与下环之间,是三向扭曲面,一般12~20片。在上冠的下端装有泄水锥,用来引导水流平顺地形成轴向流动,减少水头损失。在上冠和下环外侧与四周固定部件之间设有止漏环,以减小水轮机的漏水损失。

混流式水轮机的转轮,由于应用水头和流量不同,形状有较大变化。用于高水头的转轮,由于流速大,流量较小,所需过水断面小,因此转轮进口高度和出口直径均较小,进口直径大于出口直径〔图1-7(a)〕。用于水头较低而流量较大的转轮,所需过水断面较大,要求进口高度和出口直径也较大,进口直径小于出口直径〔图1-7(c)〕。用于中水头的转轮介于上述两者之间,进出口直径相近〔图1-7(b)〕。

(2) 引水室:混流式水轮机多采用蜗壳式引水室。蜗壳为形如蜗牛的壳体(图1-8),水流在其中一方面环绕导水机构作圆周运动,一方面又作径向运动,均匀、对称地进入导水机构。

引水部件还包括座环,由上环、下环和若干沿圆周均匀分布的固定导叶组成(图1-9)。机组安装后,上环顶部为发电机的机墩,内缘固定着水轮机顶盖,下环底部为基础混凝土。座环的作用是承受轴向荷载并传向基础,同时协同蜗壳使水流以一定方向进入导水机构。

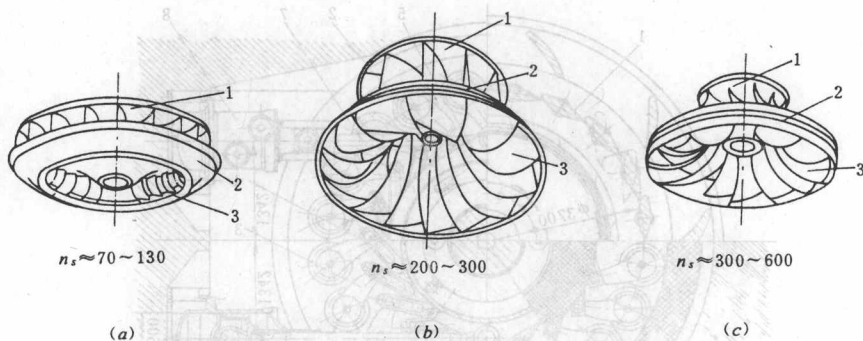


图 1-7 混流式转轮的形状

1—上冠；2—下环；3—叶片

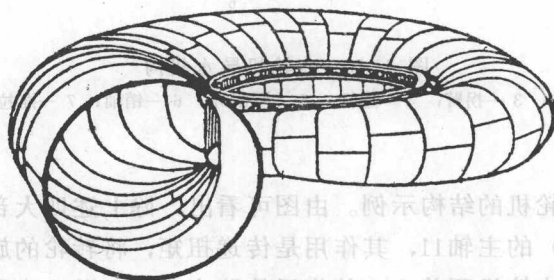


图 1-8 水轮机蜗壳

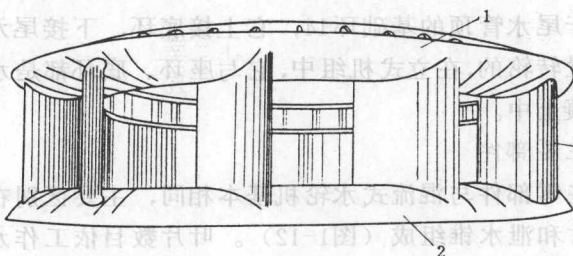


图 1-9 水轮机座环

1—上环；2—下环；3—固定导叶

(3) 导水机构：它是一套有机地联系在一起的零部件的总称（图1-10）。其主要工作元件是均匀分布在转轮外围的许多流线形导叶1，每一导叶的转轴穿过水轮机的顶盖2，并固定在拐臂3上，拐臂通过连杆4与控制环5连接，控制环通过销轴6与推拉杆7铰接。当接力器8的活塞移动时，就通过与其铰接的推拉杆驱动控制环转动，改变导叶的开度，从而改变水流速度的大小和方向，达到调节流量的目的。导叶开度 α_0 是表征水轮机在调节过程中导叶所处位置的参数，它是任一导叶出口边与相邻导叶之间的最小距离。

(4) 尾水管：是将进入转轮作功后的水流导向下游的泄水部件，它与引水室一起将

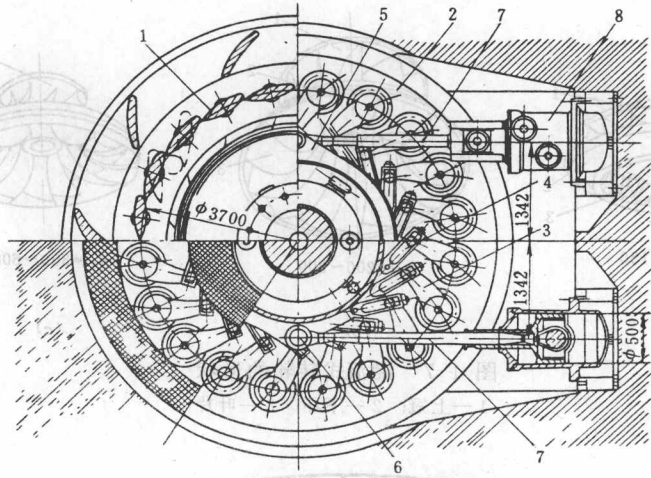


图 1-10 水轮机导水机构

1—导叶； 2—顶盖； 3—拐臂； 4—连杆； 5—控制环； 6—销轴； 7—推拉杆； 8—接力器

在第二节专门叙述。

图1-11是混流式水轮机的结构示例。由图可看出，除上述四大部件外，还有联接转轮与发电机轴（或中间轴）的主轴11，其作用是传递扭矩，将转轮的旋转机械能传递给发电机，两端用法兰连接。水轮机顶盖4，其作用是防止水流上溢，支承导轴承、导叶的传动机构、导叶轴承和其他附属设备，并将这些设备的重量传给座环。位于顶盖上的导轴承10，是防止主轴摆动和振动，以保证水轮机稳定运行的，可用油润滑或水润滑，后者简单经济，但对水质要求较高。位于尾水管顶的基础环14，它上接底环，下接尾水管直锥段，是用来安装和检修水轮机时放置转轮的，在立式机组中，它与座环、底环都是水轮机的埋设部件，在施工过程中即埋入混凝土中。

2. 轴流式水轮机的主要部件

轴流式水轮机的一些零部件与混流式水轮机基本相同，主要区别在于转轮。轴流式水轮机的转轮由轮毂、叶片和泄水锥组成（图1-12）。叶片数目依工作水头大小而定，一般为3~8片。定桨式的叶片固定在轮毂上。转桨式的叶片根部有法兰与轮毂相接，在轮毂内部装有叶片转桨机构，可改变叶片的角度，以适应变动的水流条件。叶片向相互搭接方向转动时，过流量减小称为关，反之称为开，叶片开关角度总变化称为总转角，一般为 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。叶片转角以 φ 表示，通常把设计工况（该叶片位置水轮机效率最高）时的叶片角度定为 $\varphi = 0$ ，关小时 φ 用负值表示，开大时 φ 用正值表示。 φ 角一般在 $-15^{\circ}\sim +20^{\circ}$ 之间变化。

叶片的转动机构安装在轮毂内，现代多采用油压传动的转桨机构，其动作是由调速器自动控制的。图1-13为一种操作架式转桨机构示意图，当压力油进入活塞8的上方，就推动活塞下移，同时通过活塞杆9带动操作架下移，而与操作架相连的连杆6就拉转臂5的右端下移，再通过枢轴2带动叶片1旋转，使叶片开度加大。反之，接力器活塞上移时，

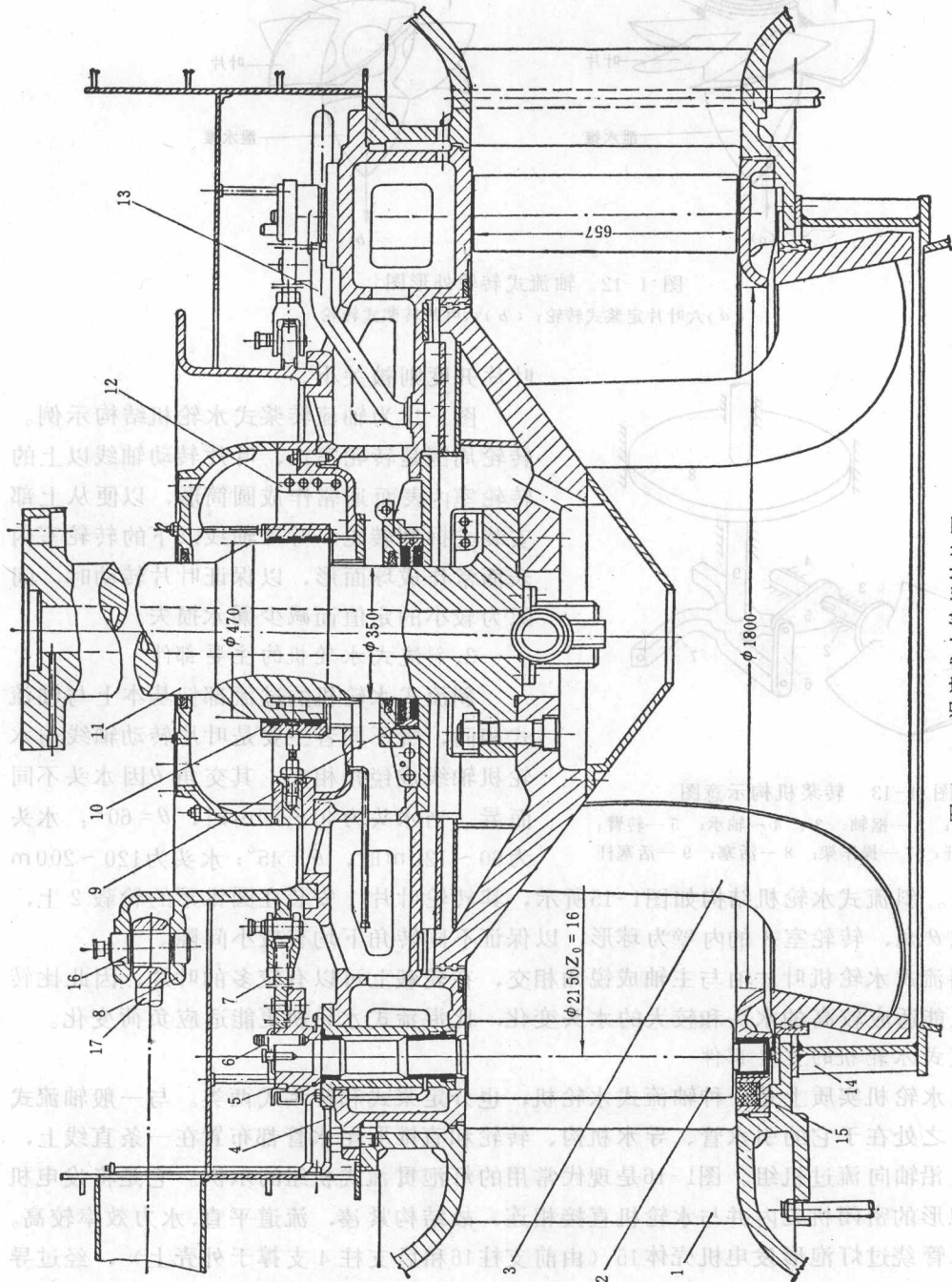


图 1-11 混流式水轮机结构图

- 1—座环；2—活动导叶；3—转轮；4—顶盖；5—拐臂；6—键；7—连杆；8—控制环（调速环）；9—密封装置；10—导轴承；11—主轴；12—油冷却器；13—顶盖排水管；14—基础环；15—底环；16—销轴；17—推拉杆