

800210

5812
18121.2

高等 学 校 教 材

水 轮 机

(第 二 版)

河 海 大 学 季 盛 林 主 编
武汉水利电力学院 刘 国 柱

水 利 电 力 出 版 社

1.2

高等学校教材

水 轮 机

(第二版)

河 海 大 学 季 盛 林
武汉水利电力学院 刘 国 柱

主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是高等学校水电站动力设备专业《水轮机》课程的教材，全书共十四章，主要阐明水轮机工作原理、相似理论、模型试验、特性和选型设计。并系统介绍了反击式水轮机过流部件水力设计的基本理论和方法，斜流式、贯流式、水斗式水轮机和水泵的工作原理与选型。在附录中收集了当代水轮机的型谱资料及典型水轮机的结构概述等。

本书除作专业课程教材外，在编写时亦考虑了对工程人员的适用性，可供水电站设计、研究、运行、试验、安装、施工等部门以及其它从事水轮机工作的科技人员参考。

高等学校教材

水 轮 机

(第二版)

河 海 大 学 季盛林 主编
武汉水利电力学院 刘国柱

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 25印张 570千字

1980年10月初版

1986年11月第二版 1986年11月北京第二次印刷

印数5121—10950册 定价4.10元

书号 15143·6182

第一版前言

本书是高等学校“水电站动力设备”专业水轮机课程的教材。全书共十五章，分上、下两册。上册主要介绍水轮机的工作原理，相似理论，模型试验，水轮机特性和选型设计。下册主要介绍反击式水轮机过流部件水力设计的基本理论和方法，反击式水轮机主要零、部件的结构和强度计算，以及斜流式、贯流式、水斗式水轮机和水泵的工作原理、结构与选型。这些内容可为从事水轮机的技术工作和科学研究奠定必要的理论基础。

本书上册由武汉水利电力学院编写，参加编写的有魏先导（主编人）、刘国柱和李植鑫。下册由华东水利学院主编，季盛林（主编人）、支培法、陈新方、杨惠美和成都科学技术大学孙诗杰参加编写。全书由清华大学、西北农学院、云南工学院共同审订，并由清华大学姚志民主审。

本书除供“水电站动力设备”专业作为教材外，还可供其他从事有关水轮机工作的科技人员参考。

编 者

1980年4月

第二版前言

本书是根据1983年10月高等学校“水动专业”西安会议拟订的《水轮机》教学大纲进行修订的。这次修订将第一版上、下册合订为一册。考虑到水动专业与流体机械专业培养目标不同，本次修订时针对水动专业的培养目标调整了章目，丰富充实了内容，以期使本书对水电工程类专业具有特色。

修订中加强了对水轮机基本原理的分析与阐述，例如水轮机的工作过程、反击度、比速分析、相似理论、汽蚀机理、几何吸出高、水轮机特性等进行了补充；对模型试验作了系统论述；补充介绍了目前广泛流行的按比速进行选型设计的基本方法。对水轮机过流部件除增加了基本理论的阐述外，还根据水动专业的工作性质，增添了原型机组在运行中各过流部件对水力性能的影响；水流经过各过流部件时，速度场和压力场的变化规律及其对外特性的影响等。对其它类型的水轮机例如贯流式、斜流式、可逆式、切击式水轮机亦在工作原理、选型设计等方面增添了部分内容，水泵的工作原理、选型设计以及运行等内容从使用观点出发亦作了适当的修改。

本书第二、三、四、五、七章及第六章第七节及部分附录由刘国柱（主编）编写。第一、六章由屠兰君编写。第九、十一、十二、十三、十四章及部分附录由季盛林（主编）编写。第八、十章由支培法编写。河海大学陈新方和云南工学院黄奋杰提供了第九、十二和十三章的修订初稿并参加了修订工作。

全书由华中工学院张昌期副教授主审。

在本书修订过程中，华中工学院、陕西机械学院、云南工学院、江西工学院水利分院等兄弟院校从事《水轮机》课程教学工作的同志对本书修订提出了许多宝贵意见。担任本书第一版主审的清华大学姚志民副教授在此次修订过程中给予支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，在修订过程中可能仍会有遗漏和错误之处，敬希广大读者给予批评指正。

编 者

一九八五年五月

目 录

第一版前言

第二版前言

第一章 概论	1
第一节 水力机械及其种类	1
第二节 水轮机的工作参数	1
第三节 水轮机类型及结构概述	4
第四节 水轮机牌号	13
第五节 国内外水轮机的成就和发展	15
第二章 水轮机的工作原理	18
第一节 水流在转轮中的运动	18
第二节 水轮机的基本方程式	24
第三节 水流对叶片的作用力的分析	27
第四节 势水头与反击度	29
第五节 水轮机的最优工况与非最优工况	31
第六节 水轮机内的能量平衡与效率	34
第三章 水轮机汽蚀	38
第一节 水流的空化现象	38
第二节 汽蚀浸蚀机理	41
第三节 汽蚀类型与浸蚀程度计算标准	46
第四节 反击式水轮机翼型汽蚀与汽蚀系数	52
第五节 反击式水轮机装置汽蚀系数和吸出高度的确定	55
第六节 空腔汽蚀对运行稳定性的影响	60
第七节 运行条件对汽蚀浸蚀的影响	63
第八节 水轮机抗汽蚀措施	66
第四章 水轮机的相似理论	74
第一节 水轮机的相似条件	74
第二节 水轮机的相似律与单位参数	77
第三节 效率换算与单位参数修正	81
第四节 水轮机比转速	86
第五节 水轮机型谱	93
第五章 水轮机的模型试验	97
第一节 模型试验的意义与任务	97

第二节	反击式水轮机模型能量试验	99
第三节	反击式水轮机模型汽蚀试验	106
第四节	水轮机的飞逸特性	110
第五节	转轮的轴向水推力	114
第六章	水轮机的特性曲线	119
第一节	水轮机特性曲线的类型	119
第二节	混流式水轮机模型综合特性曲线绘制	123
第三节	轴流转桨式水轮机模型综合特性曲线绘制	126
第四节	水轮机线性特性曲线	128
第五节	水轮机运转综合特性曲线	132
第六节	不同型式水轮机特性曲线比较	134
第七节	水电厂特性曲线	137
第七章	水轮机的选型设计	143
第一节	选型设计的一般原则及原始资料	143
第二节	选型设计的内容及程序	144
第三节	机组台数的选择	148
第四节	水轮机选型	151
第五节	用系列应用范围图选择水轮机的主要参数	154
第六节	用模型综合特性曲线选择水轮机主要参数	157
第七节	水轮机运转综合特性曲线的绘制	159
第八节	用比速选择水轮机参数	164
第九节	反击式水轮机安装高程的确定	169
第十节	不同选型方案的分析比较	171
第十一节	选型计算举例	174
第八章	水轮机引水部件	185
第一节	水轮机引水室的作用、类型及应用范围	185
第二节	蜗壳中水流运动的规律	189
第三节	蜗壳参数选择	190
第四节	混凝土蜗壳的水力计算	193
第五节	金属蜗壳的水力计算	195
第六节	座环结构及水力计算	198
第九章	导水机构	206
第一节	导水机构的作用与类型	206
第二节	径向式导水机构的几何参数	208
第三节	径向式导水机构的水动力学特性	211
第四节	径向式导水机构的结构及受力分析	215
第十章	水轮机转轮	226

第一节	水轮机转轮中的流场特性	226
第二节	轴流式转轮的几何参数	238
第三节	轴流式转轮的设计原理	241
第四节	混流式转轮的几何参数	245
第五节	混流式转轮的设计原理	250
第六节	转轮叶片木模图	253
第十一章	尾水管	257
第一节	尾水管的作用和类型	257
第二节	尾水管中的水流运动及水力损失	261
第三节	尾水管选择	265
第四节	尾水管运行中实际流态分析	268
第十二章	其它型式水轮机	275
第一节	斜流式水轮机	275
第二节	斜流式转轮的结构型式	276
第三节	贯流式水轮机	278
第四节	可逆式水泵水轮机	284
第十三章	切击式水轮机	294
第一节	切击式水轮机概述	294
第二节	切击式水轮机的工作原理	302
第三节	切击式水轮机特性	309
第四节	切击式水轮机的主要参数选择	319
第十四章	水泵	326
第一节	水泵的类型及基本参数	326
第二节	水泵基本方程式	333
第三节	水泵相似定律和比转速	339
第四节	水泵特性曲线	343
第五节	水泵运行及运行特性	349
第六节	水泵的汽蚀及装置高程的确定	353
附录		359
全书主要符号		390
参考文献		392

第一章 概 论

第一节 水力机械及其种类

在液体和固体机械之间进行机械能转换的机器称为水力机械。水力机械可分为水力原动机、水力工作机、可逆式水力机械、液力传动装置和水力推进器五类。前二类是基本的，而后三类是派生的。

水力原动机将水流机械能转换成固体机械能，例如水轮机就是目前普遍应用的一种水力原动机。

水力工作机将固体机械能转换成液体机械能，例如各种型式的泵（包括叶片泵、齿轮泵、活塞泵、射流泵），用以达到输送液体和增加液体压力的目的。

可逆式水力机械既能作为水轮机工作，又能作为水泵工作，它是一种叶片式水力机械，有混流、斜流、轴流可逆式三种。

液力传动装置，由泵和水力原动机组成，用以实现主动轴和从动轴之间转速和力矩的改变。

水力推进器是将固体机械能转换成水推力的机器，例如船舶的螺旋桨。

第二节 水轮机的工作参数

当水流通过水轮机时，水流的机械能转换成了水轮机转轮的机械能，可用水轮机的工作参数来表明这一过程的特性。基本工作参数是水头 H 、流量 Q 、转速 n 、出力 N 和效率 η 。

一、水头

水电站水轮机装置原理如图1-1所示。

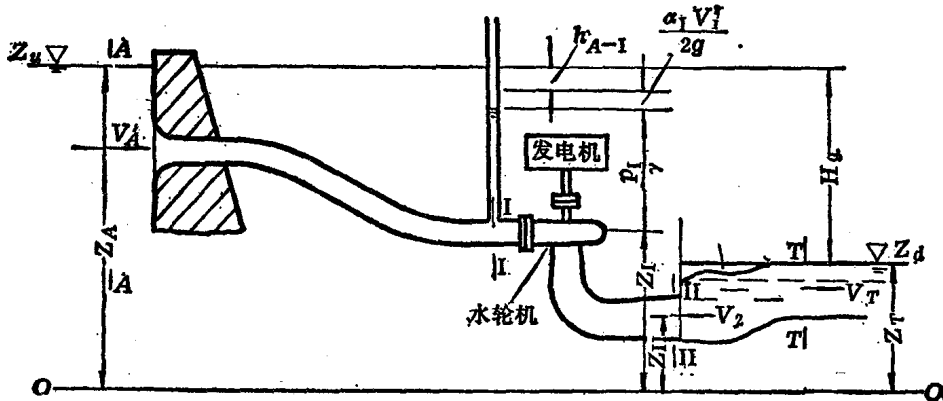


图 1-1 水电站和水轮机的水头

上游水库的水流经过进水口拦污栅、闸门和压力水管进入水轮机, 水流通过水轮机做功后, 由尾水管排至下游。上、下游水位的差值称为水电站的毛水头 H_g , 其单位为m。

$$H_g = Z_u - Z_d \quad (1-1)$$

式中 Z_u ——水电站上游水位 (m);

Z_d ——水电站下游水位 (m)。

水轮机水头 H 是水轮机进口断面I-I和出口断面II-II之间单位重量水流能量的差值。

水流克服了通过引水建筑物的各种能量损失后, 在水轮机进口断面 I-I 处单位重量水流能量 E_{en} (J/N) 为

$$E_{en} = Z_I + p_I/\gamma + \alpha_I V_I^2/2g \quad (1-2)$$

式中 Z ——相对于某一零点为基准的位置高度 (m);

p ——压强 (N/m²或Pa);

V ——过流断面的平均流速 (m/s);

α ——考虑过水断面速度分布不均匀的系数, 称为动能不均匀系数;

γ ——水的重度, 其值为9810N/m³;

g ——重力加速度 (m/s²)。

水轮机出口断面II-II处单位重量水流具有的能量 E_{ex} 为

$$E_{ex} = Z_{II} + p_{II}/\gamma + \alpha_{II} V_{II}^2/2g \quad (1-3)$$

由此得到水轮机水头 H (m)

$$H = E_{en} - E_{ex} = \left(Z_I + \frac{p_I}{\gamma} + \frac{\alpha_I V_I^2}{2g} \right) - \left(Z_{II} + \frac{p_{II}}{\gamma} + \frac{\alpha_{II} V_{II}^2}{2g} \right) \quad (1-4)$$

水轮机水头与水电站毛水头是不同的。若忽略电站上、下游流速与表面大气压力的差别, 水轮机水头 H 等于水电站毛水头扣除引水建筑物中的能量损耗。下面我们从理论上进一步证明。

进口断面单位能量 E_{en} 可用另一形式来表达。对上游截面A-A和水轮机进口截面 I-I 列伯努里方程

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A V_A^2}{2g} = Z_I + \frac{p_I}{\gamma} + \frac{\alpha_I V_I^2}{2g} + h_{A-I} \quad (1-5)$$

式中 h_{A-I} ——引水建筑物中的水力损失。

由式 (1-5) 可得出 p_I/γ

$$\frac{p_I}{\gamma} = (Z_A - Z_I) + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A V_A^2 - \alpha_I V_I^2}{2g} - h_{A-I} \quad (1-6)$$

将 (1-6) 式代入 (1-2) 式中, 得到

$$E_{en} = Z_A + p_A/\gamma + \alpha_A V_A^2/2g - h_{A-I} \quad (1-7)$$

在水轮机水头的实际计算中, 可取离水轮机出口有一定距离的下游断面 T-T 作为出口截面, 如不考虑 II-II 断面至 T-T 断面间的能量损失, 出口断面单位能量 E_{ex} 为

$$E_{ex} = Z_T + p_T/\gamma + \alpha_T V_T^2/2g \quad (1-8)$$

将 (1-7)、(1-8) 式代入 (1-4) 式中, 得出水轮机水头 H

$$H = \left(Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A V_A^2}{2g} - h_{A-I} \right) - \left(Z_T + \frac{p_T}{\gamma} + \frac{\alpha_T V_T^2}{2g} \right) \quad (1-9)$$

在(1-9)式中, $Z_A - Z_T = H_g$, 可认为 $p_A/\gamma = p_T/\gamma$ $\alpha_A V_A^2/2g \approx \alpha_T V_T^2/2g$

因此(1-9)式可写成

$$H = H_g - h_{A-I} \quad (1-10)$$

二、流量

单位时间内通过水轮机的水体积称为水轮机流量, 用 Q 表示。流量的单位是 m^3/s 。

三、转速

水轮机转速是水轮机转轮单位时间内旋转的次数, 用 n 表示。转速的单位是 r/min 。

四、出力和效率

水轮机出力是水轮机轴端输出的功率, 用 N 表示。常用单位是 kW 。

水头为 H , 流量为 Q 的水流通过水轮机时, 它每秒钟所付出的能量, 即水流出力 N_h 为

$$\begin{aligned} N_h &= \gamma Q H \quad (W) \\ &= 9.81 Q H \quad (kW) \end{aligned} \quad (1-11)$$

式中 $\gamma = 9810 N/m^3$ 。

由于水流在通过水轮机进行能量转换的过程中, 会产生一定的损耗, 因此, 水轮机出力小于水流出力, 水轮机出力 N_t 与水流出力 N_h 之比称为水轮机的效率, 用 η 表示。

$$\eta_t = N/N_h \quad (1-12)$$

由此, 水轮机的出力可写成

$$N = N_h \cdot \eta_t = 9.81 Q H \eta_t \quad (kW) \quad (1-13)$$

目前大型水轮机的最高效率可达90~95%。

水轮机将水流的能量转换成水轮机轴端的出力, 产生旋转力矩 M 用来克服发电机的阻力矩, 并以角速度 ω 旋转, 水轮机出力 N , 旋转力矩 M 和角速度 ω 之间有以下关系式

$$N = M\omega = M2\pi n/60 \quad (W) \quad (1-14)$$

而水轮机出力 N

$$N = \gamma Q H \eta_t \quad (W) \quad (1-15)$$

可见, 水头 H 、流量 Q 、转速 n 、出力 N 和效率 η 构成了水轮机的基本工作参数。

例 1 某河床式电站在设计工况下: 上游水位 $Z_u = 63m$, 下游水位 $Z_d = 44.4m$, 通过某台水轮机的流量是 $825m^3/s$, 发电机效率 $\eta_g = 0.968$, 水轮机效率 $\eta = 0.86$ 。如忽略引水建筑物中的水力损失。试求水流出力、水轮机出力和机组出力。

解: 由式(1-10)水轮机水头 $H = H_g - h_{A-I}$

按题意 $h_{A-I} = 0$, 则 $H = H_g = Z_u - Z_d$

$$H = 63 - 44.4 = 18.6m$$

由式(1-11)

$$N_h = 9.81 Q H = 9.81 \times 825 \times 18.6 = 150500(kW)$$

由式(1-13)

$$N = N_h \cdot \eta_t = 150500 \times 0.86 = 129400(kW)$$

而机组出力 $N_g = N \cdot \eta_g$

$$N_g = 129400 \times 0.968 = 125000 (\text{kW})$$

例 2 水轮机效率试验时在某一导叶开度测得下列数据, 蜗壳进口压力表读数 $2.26 \text{ kg/cm}^2 (22.16 \times 10^4 \text{ Pa})$, 压力表中心高程 88.7 m , 压力表所在处钢管直径 $D = 3.35 \text{ m}$, 电站下游水位为 84.9 m , 流量 $Q = 33 \text{ m}^3/\text{s}$, 发电机功率 $N_g = 7410 \text{ kW}$ 。今取发电机效率 $\eta_g = 0.966$, 试求机组效率和水轮机效率。

解: 取下游断面为水轮机出口截面, 则 $\frac{p_{II}}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma}$,

$\frac{\alpha_{II} V_{II}^2}{2g} \approx 0$ 。令 $\alpha_I = 1$, 则式 (1-4) 可写成

$$H = \left(Z_I + \frac{p_I}{\gamma} + \frac{V_I^2}{2g} \right) - \left(Z_{II} + \frac{p_a}{\gamma} \right) = (Z_I - Z_{II}) + \frac{p_I - p_a}{\gamma} + \frac{V_I^2}{2g}$$

而 $Z_I = 88.7 \text{ m}$, $Z_{II} = 84.9 \text{ m}$, $\frac{p_I - p_a}{\gamma} = 22.16 \times 10^4 \text{ Pa} = 22.6 \text{ mH}_2\text{O}$

$$\frac{V_I^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g(\pi D^2/4)^2} = \frac{33^2}{2 \times 9.81(\pi \times 3.35^2/4)^2} = 0.714 \text{ m}$$

将以上数据代入水轮机水头 H 计算公式得

$$H = (88.7 - 84.9) + 22.6 + 0.714 = 27.1 \text{ m}$$

$$\eta_u = \frac{N_g}{9.81QH} = \frac{7410}{9.81 \times 33 \times 27.1} = 0.845$$

$$\eta_t = \eta_u / \eta_g = 0.845 / 0.966 = 0.875$$

第三节 水轮机类型及结构概述

一、水轮机类型

水轮机将水流能量转换为水轮机轴端的能量。水流能量的形式有位能、压能和动能, 前二者又可称为势能。根据水轮机转轮所转换水流能量的形式不同, 可分为反击式和冲击式水轮机两大类。

将水流的位能、压能和动能转换成固体机械能的水轮机称为反击式水轮机。在这种水轮机中, 转轮中水流的能量大部分转换为压能, 从转轮进口至出口, 水流压力是逐渐减小的, 水流充满水轮机的整个流道。根据转轮区域水流运动方向的特征, 反击式水轮机又分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式等不同型式。

将水流的动能转换成固体机械能的水轮机称为冲击式水轮机。在这种水轮机里, 水流在沿转轮斗叶流动的过程中压力保持不变 (一般等于大气压), 水流具有与空气接触的自由表面, 转轮不是整周进水。根据转轮的进水特征, 冲击式水轮机又分为水斗式、斜击式和双击式等不同形式。

近代水轮机的主要类型概括如下:

反击式	{	混流式 (HL)
		轴流式 { 轴流定桨式 (ZD)
		{ 轴流转桨式 (ZZ)
	{	斜流式 (XL)
冲击式	{	贯流式 { 贯流定桨式 (GD)
		{ 贯流转桨式 (GZ)
		水斗式 (切击式) (CJ)
	{	斜击式 (XJ)
		双击式 (SJ)

二、各种类型水轮机的特点及应用范围

1. 混流式水轮机

混流式水轮机 (图1-2) 又叫法兰西斯式 (Francis) 水轮机, 水流自径向进入转轮, 大体上沿轴向流出。混流式水轮机应用水头范围广泛, 结构简单, 运行可靠, 效率高, 是现代应用最广泛的水轮机之一。大型混流式水轮机一般用于水头50~700m。

2. 轴流式水轮机

在轴流式水轮机 (图1-3) 中, 转轮区域内水流沿轴向流动, 水流在导叶与转轮间由径向转为轴向。根据转轮叶片在运行中能否转动, 又可分为轴流定桨式和轴流转桨式 (Kaplan) 两种。

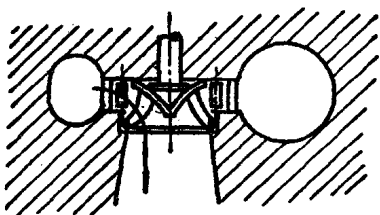


图 1-2 混流式水轮机

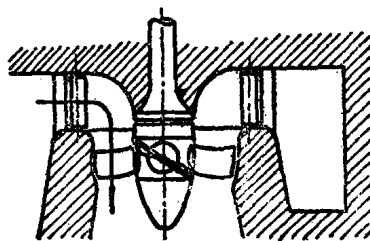


图 1-3 轴流式水轮机

轴流定桨式水轮机的转轮叶片是固定不动的, 因而结构简单, 但它在偏离设计工况时效率会急剧下降。因此, 这种水轮机一般用于功率不大及水头变化幅度较小的电站。目前应用水头一般为3~50m。

轴流转桨式水轮机的转轮叶片可以根据运行条件随导叶一起按一定协联关系转动。通过桨叶的转动与导叶的转动相互配合, 实现导叶与转轮叶片的双重调节, 扩大了高效率区的出力范围, 使这种水轮机有较好的运行稳定性。但是它需要有一个转动叶片的操作机构, 与定桨式相比结构较复杂。目前应用水头从几米直到50~70m。

3. 斜流式水轮机

斜流式水轮机 (图1-4) 转轮区域内的水流有对于主轴是斜向流动的, 它是五十年代发展起来的一种机型。与轴流转桨式类似, 叶片可以转动从而实现双重调节, 有宽的高效率区。由于叶片轴线和水轮机轴线斜交, 因而, 与轴流式相比能装设较多的叶片 (轴流式

为4~8片,斜流式为8~12片),这样提高了应用水头,适用水头范围为40~200m。这种水轮机也常做成可逆式水力机械,用在抽水蓄能电站中。

4. 贯流式水轮机

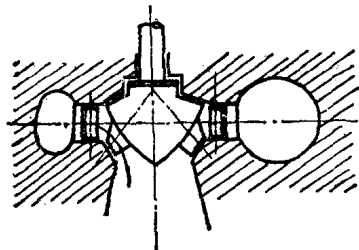


图 1-4 斜流式水轮机

贯流式水轮机是一种流道呈直线状的卧轴水轮机,可做成定桨和转桨两种。根据贯流式水轮机和其发电机的传动方式不同,可分为全贯流式和半贯流式两类。

全贯流式水轮机(图 1-5)中,发电机的转子安装在水轮机叶片的外缘上。它的优点是水轮机流道呈直线状,因而水流在水轮机中一直沿轴向流动,水力损失小,过流能力大,效率高,同时结构紧凑,厂房及水工

结构简单。但是水轮机叶片外缘线速度大,要求有可靠的旋转密封装置,在技术上较为困难,目前正在研究采用新结构和新材料来解决存在的问题。

半贯流式水轮机有灯泡式、轴伸式和竖井式等结构形式,目前广泛采用的是灯泡贯流式(图 1-6)。在这种机组中,发电机布置在被水绕流的钢制灯泡体内,水轮机和发电机轴可直接联接,有时为了减小发电机尺寸,也可用增速器联接。

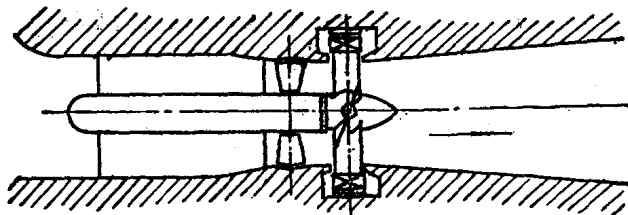


图 1-5 全贯流式水轮机

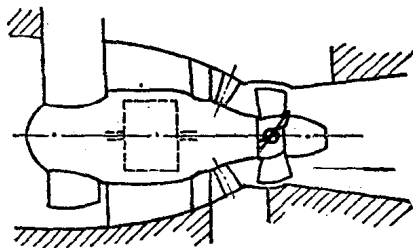


图 1-6 半贯流式水轮机(灯泡式)

贯流式水轮机应用水头为25m以下。并常用在潮汐电站中。

5. 水斗式水轮机

水斗式水轮机(图 1-7)又称为培尔顿(Pelton)水轮机,它靠从喷嘴出来的射流沿转轮圆周切线方向冲击转轮斗叶而作功。水斗式水轮机应用水头较高,小型水斗式用于水头40~250m,大型水斗式用于水头400~450m以上,目前最高应用水头达1770m。

6. 斜击式水轮机

斜击式水轮机(图 1-8)中,喷嘴出来的射流,在进口与转轮平面 $e-e$ 成一角 α (通常 $\alpha \approx 22.5^\circ$)。这种水轮机用在中小型水电站,水头在400m以下,出力达4000kW。

7. 双击式水轮机

双击式水轮机(图 1-9)中,射流首先从转轮外周进入部分叶片流道,并将大约70~80%的动能交付给转轮。然后水流从内周再次进入叶道,付出余下的水流能量。双击式水轮机的效率低,只适用于小型水电站,应用水头10~150m,出力达300kW。

8. 可逆式水力机械

可逆式水力机械既可作为水轮机、又可作为水泵使用,当它作水泵和作水轮机使用时

的旋转方向是相反的。用于抽水蓄能电站的可逆式水力机械有混流式、斜流式和轴流式三种，以混流式应用最为广泛。它们的结构与同类型水轮机相似。它们的应用水头是：在80~600m间用混流式，低于100~120m用斜流式，水头25m以下用贯流式。潮汐电站常采用灯泡贯流式可逆机械。

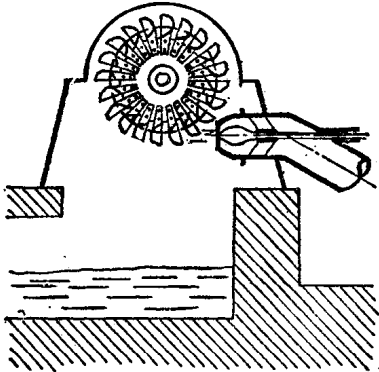


图 1-7 水斗式水轮机

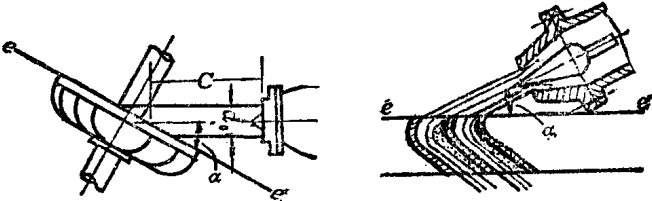


图 1-8 斜击式水轮机射流与转轮相对位置

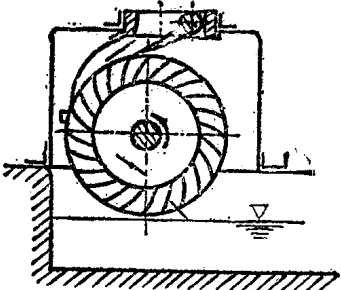


图 1-9 双击式水轮机

三、水轮机结构概述

这里主要介绍常用的反击式（混流式、轴流转桨式）水轮机和冲击式水轮机的部件及构成。

1. 反击式水轮机

反击式水轮机有四个过流部件，它们的功用如下：

- 1) 引水室：将水引入转轮前的导水机构；
- 2) 导水机构：引导水流按一定方向进入转轮，并通过改变导叶开度来改变流量，调整出力。此外，还用它来截断水流，以便检修与调相运行；
- 3) 转轮：将水流的机械能转换成固体机械能；
- 4) 尾水管：主要用来回收转轮出口水流中的剩余能量。

此外，还有水轮机主轴和导轴承。水轮机主轴将转轮的机械能传递给发电机转子。水

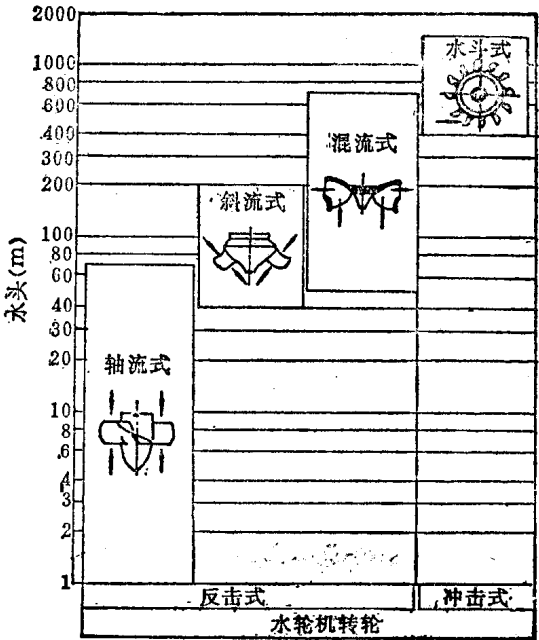


图 1-10 各种水轮机应用范围

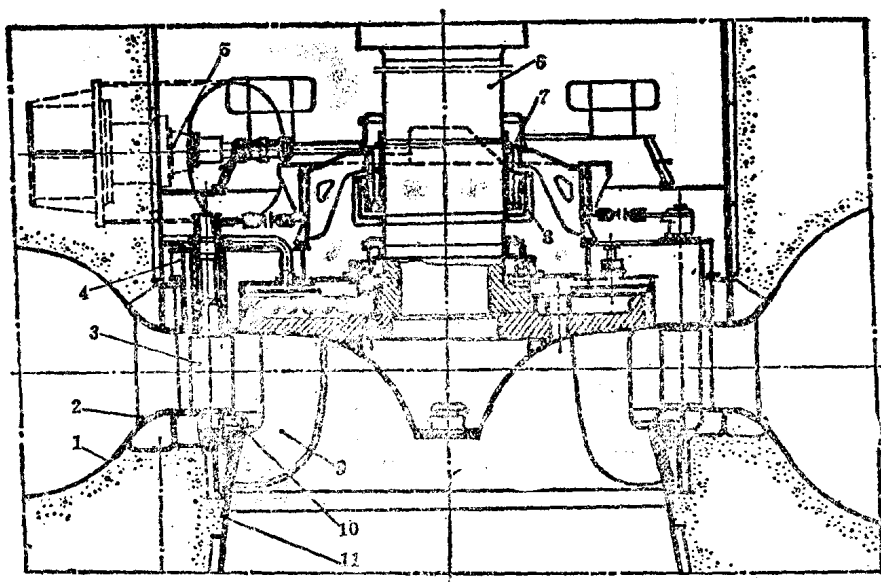


图 1-11 混流式水轮机剖面图

1—蜗壳；2—座环；3—导叶；4—顶盖；5—接力器；6—水轮机轴；7—导轴承；8—润滑油箱；9—转轮；10—底环；11—尾水管

轮机导轴承用来承受水轮机轴上的径向力，并传给基础。

图1-11是大型混流式水轮机结构示例。

从压力水管来的水流经蜗壳1、座环2和导叶3，进入转轮9，然后由尾水管11排走。

水轮机的引水室是圆形断面的金属蜗壳，它的形状如蜗牛的壳体。水流在其中一方面环绕导水机构作圆周运动，另一方面又作径向运动，以使得水流均匀、对称地进入导水叶片。座环由上、下环和固定导叶组成（图1-12），蜗壳与座环的上、下环圆周相连接（图1-13），在座环的上、下环之间有若干个沿圆周均匀布置的固定导叶，用以承受轴向载荷，并把载荷传递给混凝土基础。

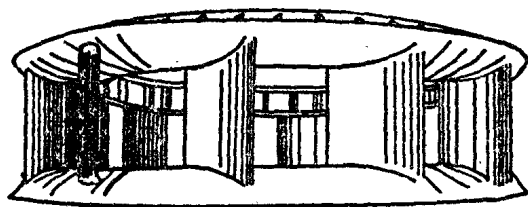


图 1-12 水轮机座环

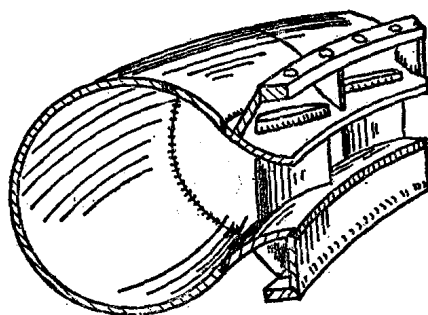


图 1-13 蜗壳与座环的连接

导水机构是导叶及导叶的传动零件一起组合起来的零部件的总称。导叶支承在位于顶盖4和底环10内的轴套上（图1-11），因而导叶能绕本身的轴线旋转。导叶沿圆周均匀布置于座环和转轮之间的环形空间内，通过改变导叶位置来引导水流按一定方向进入转轮，调节水轮机的流量和出力。相邻导叶之间构成水流通道的，此通道的最小宽度叫做导叶开度

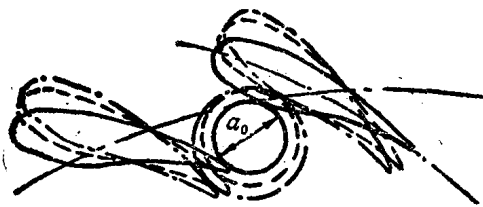


图 1-14 导叶开度

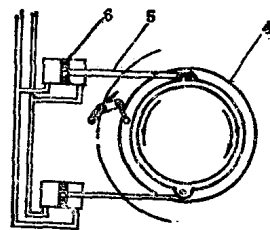
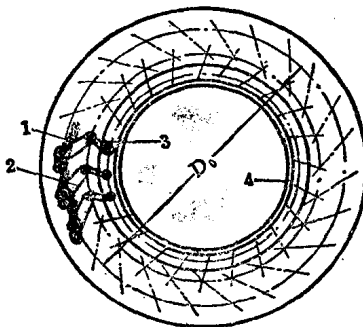


图 1-15 导水机构传动图

1—导叶；2—转臂；3—连杆；4—控制环；5—推拉杆；6—接力器

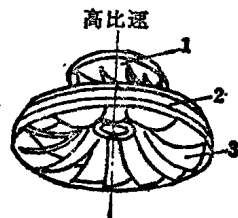
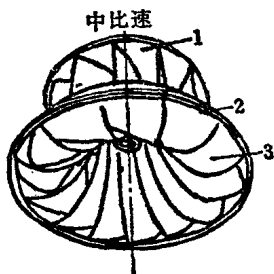
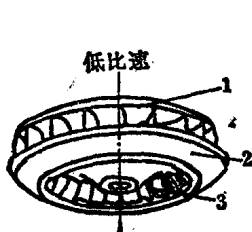


图 1-16 混流式水轮机转轮

1—上冠；2—下环；3—叶片

a_0 (图1-14)。当导叶转动时，导叶的安放位置发生改变，导叶的开度也随之改变，进入转轮的水流方向也发生改变，使水轮机的流量增加或减少，从而达到调节出力的目的。在导叶完全关闭时，相邻两导叶首尾相接，进入水轮机的水流通路被截断，通过水轮机的流量为零。导叶的转动由传动机构(图1-15)控制，传动机构由安置在导叶上轴颈的转臂2，连杆3、和控制环4组成。导叶开度的改变是通过导水机构的两个接力器6产生的驱动力使推拉杆5移动并带动控制环转动来实现的。

水流经导水机构后进入转轮，通过转轮将水流的机械能转换成水轮机轴端的机械能，因此它是水轮机的核心部件。转轮(图1-16)由上冠1、下环2和叶片3组成。转轮通过上冠与主轴联接，上冠下部装设有泄水锥，用以引导水流均匀流出转轮，减少叶片出流的漩涡。为了尽可能地减少在转轮和固定部分之间间隙的水流漏损，在转轮的上冠与顶盖之间、下环与基础环之间装有止漏装置(参见图1-11)。在上冠上还设有连通转轮上方与转轮下方的减压孔，用来减小轴向水推力。

经过转轮做功以后的水流进入转轮下方的尾水管。尾水管是弯肘形的扩散管，其断面面积沿水流方向逐渐扩大(图1-17)，从而使流速减小，在转轮下方形成真空，使转轮出口动能的大部分得以回收。并使从转轮到下游水位之间的位能加以利用。

为了引导主轴正常旋转和承受各种失衡径向力，设有水轮机导轴承(参见图1-11中7)，导轴承及润滑油箱均位于顶盖的中间。

轴流转桨式水轮机的过流部件除了蜗壳和转轮以外，其它部件与混流式相似。图1-18是大型轴流转桨式水轮机结构示例。