



国家示范性高职院校精品教材

SHUILUNJI JI TIAOJIE ZHUANGZHI
YUNXING YU GUZHANG CHULI

水轮机及调节装置 运行与故障处理

四川电力职业技术学院 组 编
黄金楷 主 编
马素君 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家示范性高职院校精品教材

SHUILUNJI JI TIAOJIE ZHUANGZHI
YUNXING YU GUZHANG CHULI

水轮机及调节装置 运行与故障处理

四川电力职业技术学院 组编

黄金楷 主 编
马素君 副主编
孟宪影 编 写



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是四川电力职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一。本书以工作任务为载体,以工作过程为导向重构课程,主要内容以水电站水能的转换过程为主线,以其生产和控制过程为工作任务,详述了包括水轮机及调节装置(调速器)在内的主要机械设备的结构、工作原理、运行监视、巡视检查、操作和事故处理的基本知识和相关技能。全书共分七个项目,每一个项目完成一个工作任务及其相关知识的学习。

本书既可作为高职院校水电站动力设备与管理专业的教学用书,也可作为水电站职工在岗培训教材和职业技能鉴定培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

水轮机及调节装置运行与故障处理/四川电力职业技术学院
组编;黄金楷主编. —北京:中国电力出版社, 2011. 10

国家示范性高职院校精品教材

ISBN 978-7-5123-2263-9

I. ①水… II. ①四… ②黄… III. ①水轮机—调节系统—
运行—高等教育—教材②水轮机—调节系统—故障修复—
高等教育—教材 IV. ①TK730

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 216080 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp. sgcc. com. cn)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 439 千字

定价 35.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

四川电力职业技术学院

专业人才培养方案及教材
编审委员会

主任委员 王 旭 严光升

副主任委员 李开勤

委 员 刘 勇 周庆葭 林文静 景 敏

李 刚 李 俭 方 鉴 熊名扣

蒙昌嘉 何 勇 赵大林 蔡燕生

汤晓青

前 言

本书是四川电力职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一。作者在编写过程中，认真总结多年职业教育的实践经验，并注意吸收我国职业教育专家和企业实践专家的意见，力求突出本书面向高职教育的特点。本书具有以下特色：

（1）本书以工作任务为载体，以工作过程为导向，遵循理论与实践相结合的原则编写。

（2）本书在内容选择上，满足水电站机电运行和水电站机电安装职业岗位对相关知识、能力的要求，并注重与运行值班员、自动化装置工职业技能鉴定标准相衔接，同时吸收水电行业的新知识、新技术和新设备等。

（3）本书在内容编排上，遵循学生的认知学习规律，按照行动导向的教学模式排列教学内容，注重工作任务与理论知识的相关性。

本书项目一～三由马素君编写，项目四、五、七由黄金楷编写，项目六由孟宪影编写。全书由黄金楷统稿，黄少敏主审。

在编写本书时，参考了众多文献资料，在此向相关作者致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和疏漏，欢迎读者批评指正。

编 者

2012 年 1 月

目 录

前言

项目一 水轮机的认知	1
第一部分 目标与任务	1
第二部分 教学信息	1
第一节 水轮机的应用	1
第二节 水轮机的型号	6
第三节 水轮机的参数	7
第四节 水静力学知识	9
第三部分 任务实训	17
第四部分 评价、思考与拓展	17
项目二 水轮机的正常运行工作分析	19
第一部分 目标与任务	19
第二部分 教学信息	19
第一节 水动力学基础知识	19
第二节 水轮机的工作原理	36
第三节 水轮机的相似理论	40
第四节 水轮机的特性曲线	42
第五节 水轮机运行、巡视及维护	44
第三部分 任务实训	48
第四部分 评价、思考与拓展	54
项目三 水轮机的非正常运行与故障处理	56
第一部分 目标与任务	56
第二部分 教学信息	56
第一节 水轮机常见故障及处理	56
第二节 水轮机的空蚀	59
第三节 水轮机的泥沙磨损	70
第四节 水轮机的振动	72
第三部分 任务实训	75
第四部分 评价、思考与拓展	75
项目四 调节系统	77
第一部分 目标与任务	77
第二部分 教学信息	78
第一节 调节的基本任务和途径	78

第二节	调节系统的基本知识	80
第三节	调节系统的调节品质	86
第四节	调节保证计算的任务与标准	89
第五节	机械液压型调速的基本结构	95
第六节	水轮机调速系统的基本原理	101
第七节	水轮机调节系统并列运行中静态特性分析	108
第八节	调速系统的典型环节与调节规律	112
第九节	水轮机调速器的发展与分类	116
第三部分	任务实训	123
第四部分	评价、思考与拓展	123
项目五	机械调速器的操作与调试	125
第一部分	目标与任务	125
第二部分	教学信息	126
第一节	机械液压型调速器概述	126
第二节	YT 型机械液压调速器的主要部件及工作原理	128
第三节	调速器的控制元件	139
第四节	YT 型调速器的整机运行操作	144
第五节	机械液压型调速器整机调整与试验	149
第六节	油压装置	156
第三部分	任务实训	163
第四部分	评价、思考与拓展	163
项目六	微机调速器的操作与调试	166
第一部分	目标与任务	166
第二部分	教学信息	167
第一节	电气液压型调速器	167
第二节	微机调速器概述	170
第三节	微机调速器的系统结构和硬件组成	172
第四节	微机调速器的原理框图及控制算法	175
第五节	微机调速器的伺服系统	177
第六节	电液随动系统的常用元件	185
第七节	可编程微机调节器	198
第八节	BW (S) T 步进式水轮机调速器	211
第九节	高油压调速器	224
第十节	微机调速器调整与试验	236
第三部分	任务实训	242
第四部分	评价、思考与拓展	244
项目七	调速器的运行、维护与故障处理	246
第一部分	目标与任务	246
第二部分	教学信息	246

第一节	调速器的运行·····	246
第二节	水轮机调速器的日常维护和检修项目·····	250
第三节	调速器运行中的故障分析及处理·····	255
第四节	微机调速器调试中的故障分析处理·····	259
第五节	高油压调速器的维护与故障处理·····	262
第三部分	任务实训·····	272
第四部分	评价、思考与拓展·····	279
参考文献·····		280

项目一 水 轮 机 的 认 知

第一部分 目 标 与 任 务



【知识目标】

- (1) 了解水电站水力发电的过程。
- (2) 掌握水轮机水头、流量、出力、效率的概念。
- (3) 熟知水轮机的种类、特点及应用范围。
- (4) 了解水力学在水轮机中的应用,熟悉水静力学基础知识、水力损失的计算方法。

通过以上知识点的学习,了解水力发电的工作原理,并对水轮机的运用及其分类、工作参数等有初步的了解,为后续任务提供有力的知识支持。

【能力目标】

项目一锻炼的能力见表 1-1。

表 1-1

项目一锻炼的能力

专 业 能 力	方法能力	社会能力
①能叙述水电站水力发电的过程; ②能对水轮机的类型进行识别; ③能识读水轮机的型号,获取水轮机基本参数; ④能对水力学在水电站中的运用进行简单计算分析	①对所需信息的获取能力; ②能借助媒介完成学习任务; ③计算分析能力; ④语言表达能力	①沟通理解能力; ②团队工作能力; ③小组成员的协作能力; ④勇于承担责任的能力

【工作任务】

- (1) 熟知水轮机的型号,收集各种类型的电站并分析此电站所用水轮机的型号。
- (2) 描述水电站水力发电的工作原理。
- (3) 水电站中水轮机的参数认识。

第二部分 教 学 信 息

第一节 水 轮 机 的 应 用

水电站是将水能转换为电能的综合工程设施,一般包括由挡水、泄水建筑物形成的水库和水电站引水系统、发电厂房、机电设备等。水轮机一般都装在水电站的厂房内(见图 1-1),它是水电站主要动力设备之一,它驱动发电机,将机械能转换为电能。水轮机和发电机的联合体又称为水轮发电机组(简称机组)。水流经引水道进入水轮机,由于水流和水轮机的相互作用,水流便把自己携带的能量传递给水轮机,水轮机获得能量后开始旋转而做功。因为水轮机和发电机相连,水轮机便把它获得的能量传递给发电机,带动发电机转子旋转,在定子内感应出电动势,带上外负荷后便输出了电流。

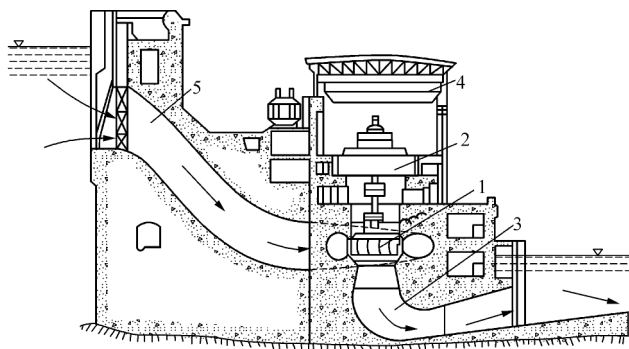


图 1-1 水电站厂房

1—水轮机；2—发电机；3—尾水管；4—吊车；5—引水钢管

1. 反击式水轮机

反击式水轮机的特点：主要是利用水流的压能，在叶片前后形成压力差，以及小部分动能进行工作的。转轮位于水流流经的整个通道中，在同一时间内，所有转轮叶片的通道都有水流通过。水流流经叶片通道后，流速和流向都发生了变化，这种变化反映了水流动量的变化。这个动量的变化是转轮作用于水流产生的，因而水流对转轮有反作用力，推动转轮旋转。这种利用水流的反作用力推动转轮旋转的水轮机，称为反击式水轮机，多用于中、低水头水电站。

反击式水轮机按其水流流经转轮的方向不同又可分为混流式水轮机、轴流式水轮机、斜流式水轮机和贯流式水轮机。

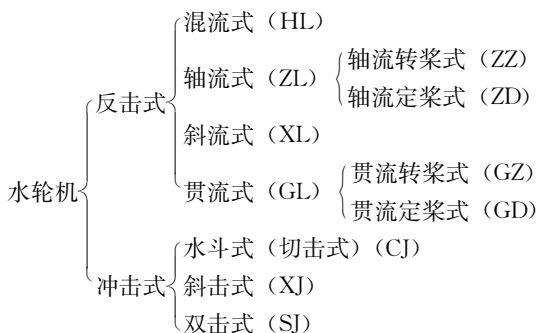
2. 冲击式水轮机

冲击式水轮机的特点是：当水流流经转轮时，不像反击式水轮机那样整个转轮位于水流流经的通道中，而是只有部分转轮叶片充满了水，其余部分则处在大气之中。水流以射流形式冲击转轮斗叶。冲击式水轮机实际上就是利用水流的动能推动转轮旋转，而且在同一时间内水流只冲击部分水斗。这种利用水流冲击的动能推动转轮旋转的水轮机，称为冲击式水轮机，它是利用水流的动能进行工作的，多用于高水头水电站。

冲击式水轮机根据水流射向分为水斗式（切击式）、斜击式、双击式三种型式。

（二）按结构形式分类

水轮机按结构形式的不同又可分为以下几种类型：



（三）按主轴布置形式分类

水轮机按主轴的布置形式不同分为卧式和立式两种（也称横轴和立轴）。转轮直径小于

水轮机的工作状况取决于水电站的工作水头和流量，而水头和流量的大小又取决于河流的天然条件。由于水头和流量的变化范围很大，因而水轮机的类型也很多。

一、基本类型

（一）按水流能量转换的特征分类

按水流能量转换的特征分类，水轮机可分为：反击式水轮机和冲击式水轮机。



1m 的水轮机多为卧式，直径大于 1m 的一般为立式。

除此以外，还有可逆式水轮机，是一种抽水、发电两用的水轮机，也称为水泵水轮机。这种水轮机，发电时作水轮机使用，抽水时作水泵使用，只适用于抽水蓄能电站。

二、各种类型水轮机的特点及应用范围

1. 混流式水轮机

混流式水轮机又称法兰斯式水轮机，水流由径向进入转轮，大体沿轴向流出，如图 1-2 所示。混流式水轮机结构简单，运行可靠，效率高，应用水头范围为 50~700m。混流式水轮机的技术最成熟，应用最广泛，适用于不同容量的大、中、小型机组。因此，混流式水轮机是现代应用最广泛的水轮机之一。三峡电站、二滩电站、瀑布沟电站等均采用此类型水轮机。

2. 轴流式水轮机

水流流经轴流式水轮机叶片时，一直是轴向，如图 1-3 所示。轴流式水轮机应用于低水头水电站，水头范围一般在 55m 以下，最高已达 88m。轴流式水轮机可根据在运行中转动叶片能否转动分为轴流转桨式和轴流定桨式两种。

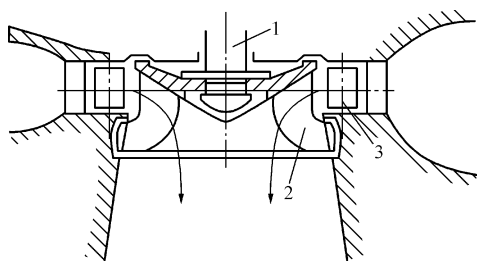


图 1-2 混流式水轮机
1—主轴；2—叶片；3—导叶

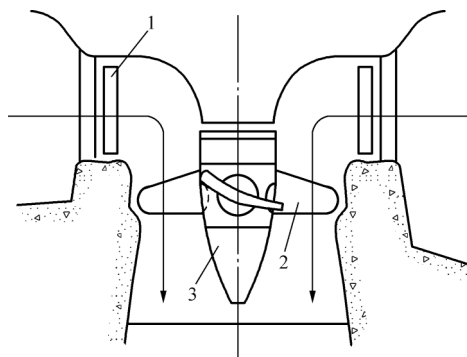


图 1-3 轴流式水轮机
1—导叶；2—叶片；3—轮毂

轴流转桨式水轮机转轮叶片可以转动，根据负荷变化，导叶与轮叶可以按一定协联关系而绕其自身轴转动，实现导叶与转轮叶片的双重调节，以适应水流情况，保持效率变化不大。轴流转桨式水轮机适用于负荷变化较大的低水头电站，一般应用水头 3~80m，其主要缺点是结构复杂，尤其是转轮的油密封应不漏油，价格比轴流定桨式机组高。

轴流定桨式水轮机转轮叶片是固定的，当运行偏离设计工况时，桨叶角度不能完全适应水流情况，因此效率会急剧下降，只适用于水头、负荷变化不大的水电站，一般应用水头为 3~50m，其结构比较简单。

3. 斜流式水轮机

斜流式水轮机转轮叶片轴线与水轮机轴斜交，水流在其转轮区域流动是斜向的，如图 1-4 所示。与转桨式水轮机类似，斜流式水轮机转轮时叶片可以转动，所以运行高效率区大。它比轴流转桨式水轮机可装叶片更多，达 8~12 片。它应用水头较高，一般在 40~200m 之间。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

贯流式水轮机是一种流道呈直线状的卧轴水轮机，水流经水轮机时沿轴向“直贯”通



过,因而得名,如图1-5所示。贯流式水轮机分为全贯流式和半贯流式两种,半贯流式又分为竖井贯流式、轴伸贯流式和灯泡贯流式三种。竖井贯流式水轮机的特点是将发电机置于一个不透水的竖井内,水轮机与发电机的主轴连接方式有直接和增速器两种。如把发电机和水轮机连接成一整体,就成了灯泡式机组,是应用最普遍的一种贯流式水轮机。贯流式水轮机的转轮叶片也有定桨和转桨两种。

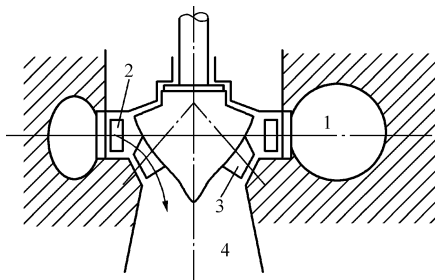


图1-4 斜流式水轮机

1—蜗壳;2—导叶;3—转轮叶片;4—尾水管

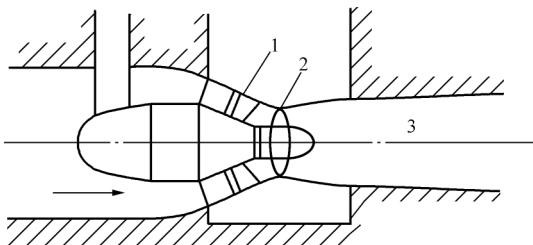


图1-5 贯流式水轮机

1—导叶;2—转轮叶片;3—尾水管

贯流式水轮机由于采用了直的收缩形引水管,水流几乎不转弯,给转轮工作提供了非常有利的条件。另外,贯流式机组由于从引水管道到扩散形尾水管呈自然的轴向布置,在恢复转轮出口水流的动能方面比采用弯形尾水管优越得多,所以在水头、转轮直径相同和效率相当的条件,贯流式机组比轴流式机组容许的过流量大;功率相同时,贯流式机组显然比轴流转桨式机组尺寸小、重量轻。贯流式水轮机适用于水头25m以下的低水头电站。

5. 水斗式水轮机

水斗式(切击式)水轮机靠从喷嘴出来的射流沿转轮圆周切向方向冲击转轮斗叶而做功,应用于高水头电站,如图1-6所示。切击式水轮机的流量由喷针和喷管组成的针阀机构进行调节,当喷针移动时,喷嘴出口环形断面面积随之改变而起调节作用。切击式水轮机水头适用范围为40~1500m,目前最高应用水头达1772m。

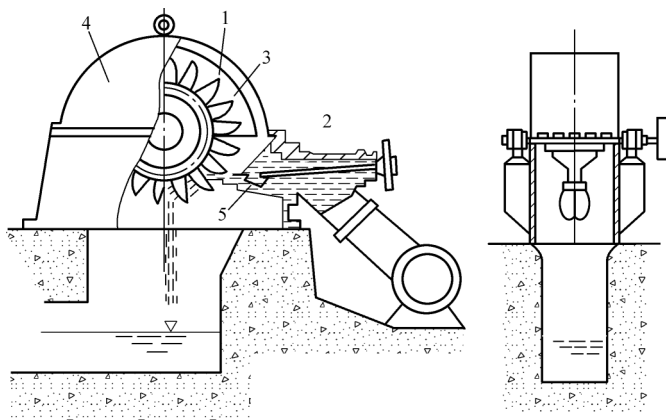


图1-6 切击式水轮机

1—斗叶;2—喷嘴;3—转轮;4—机壳;5—折向器



6. 斜击式水轮机

斜击式水轮机的射流在进口与转轮平面成一角度 α (通常 $\alpha \approx 22.5^\circ$)，故称为斜击式，如图 1-7 所示。斜击式水轮机一般应用在中小型电站，水头在 400m 以下。

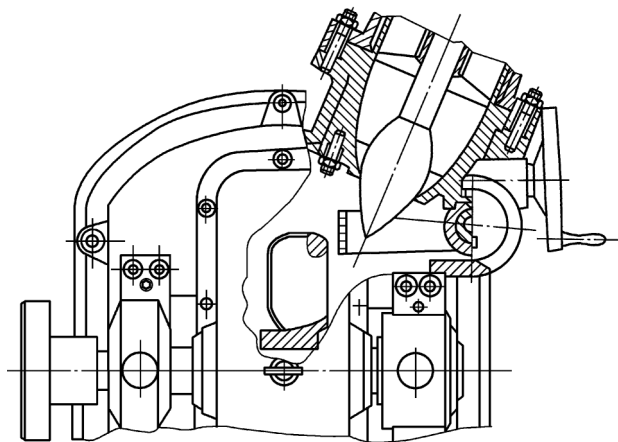


图 1-7 斜击式水轮机

7. 双击式水轮机

双击式水轮机的射流首先从转轮外周进入上部叶片流道，并将 70%~80% 动能传递给转轮，然后水流从内周再次进入下部叶片流道，将余下的水流能量，再次传递给转轮，因为水流两次冲击转轮叶片，故称为双击式水轮机，如图 1-8 所示。它只适用小型电站，其应用水头为 10~150m。

8. 可逆式机组

可逆式机组的工作特点是当它按某一方向旋转时，则水流从该方向通过，作水泵工作方式运行；而按相反方向旋转时，则水流将从该反方向通过，作水轮机工作方式运行。这种可逆式机组在结构上与同类的水力机组很相似，主要用于抽水蓄能电站，以增强系统调峰的能力、改善电能质量。应用于抽水蓄能电站的可逆式机组有混流式、斜流式和贯流式三种。

另外，可逆式机组还应用于潮汐电站，利用涨潮、落潮时海洋与海湾的水位差发电。潮汐电站的转轮要满足正、反向水轮机正、反向泄水运行方式。潮汐电站采用灯泡贯流式可逆机组较多。

当机组运行在正向水轮机工况时，水流通过导叶再进入转轮，水由尾水管排出。在反向水轮机工况时，水流通过尾水管进入转轮，然后流向导水机构，由进水管排出。为了保证在正向水流和反向水流的工作条件下叶片弯曲的尖端和凸起部分均不受水流冲撞，转轮叶片具有特殊形状的 S 形断面，叶片断面几乎是对称的。要实现上述四种工作方式，叶片只需转动 $45^\circ \sim 50^\circ$ 。

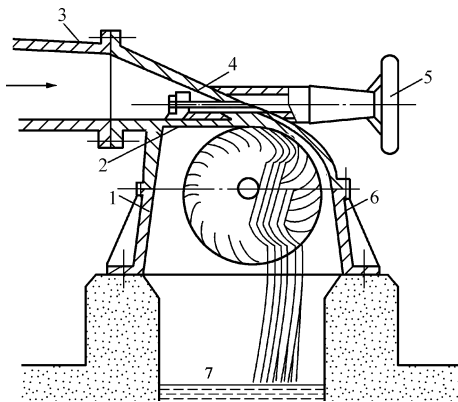


图 1-8 双击式水轮机

1—转轮；2—调节闸板；3—压力水管；4—喷嘴；5—调速手轮；6—机壳；7—尾水渠



第二节 水 轮 机 的 型 号

一、我国水轮机型号编制规则

水轮机的型号由三部分组成，每一部分用短横线“—”隔开。

第一部分由汉语拼音字母与阿拉伯数字组成，其中，拼音字母表示水轮机形式，阿拉伯数字表示转轮型号，入型谱的转轮的型号为比转速数值，未入型谱的转轮的型号为各单位自己的编号，旧型号为模型转轮的编号。可逆式水轮机在水轮机形式后加“N”表示。

第二部分由两个汉语拼音字母组成，分别表示水轮机主轴布置形式和引水室的特征。

第三部分为水轮机转轮的标称直径及其他必要的数字。

对于冲击式水轮机，上述第三部分应表示为：转轮标称直径（cm）/每个转轮上的喷嘴数×射流直径（cm）。

二、水轮机型号的代号及意义

水轮机型号的代号及意义见表 1-2。

表 1-2 水轮机型号的代号及意义

第一部分符号		第二部分符号	
水轮机型号		主轴布置方式	
代号	意义	代号	意义
HL	混流式	L	立轴
ZZ	轴流转桨式	W	卧轴
ZD	轴流定桨式	J	金属蜗壳
XL	斜流式	H	混凝土蜗壳
CJ	水斗（冲击）式	P	灯泡式
GZ	贯流转桨式	M	明槽式
GD	贯流定桨式	G	罐式
N	可逆式	S	竖井式
SJ	双击式	X	虹吸式
XJ	斜击式	Z	轴伸式

三、各种型式水轮机转轮标称直径

各种型式水轮机转轮标称直径 D_1 如图 1-9 所示，并规定如下：

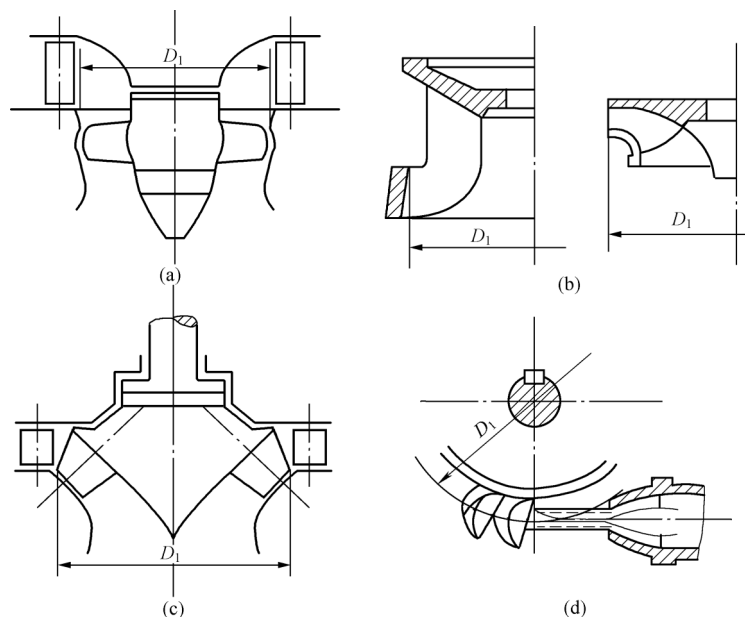
（1）混流式水轮机转轮标称直径是转轮叶片进口边上的最大直径，即转轮下环与叶片进口边交点处直径。

（2）轴流式和斜流式水轮机转轮标称直径是转轮叶片轴线与转轮室相交处的转轮室内径。

（3）水斗式水轮机转轮标称直径是转轮与射流中心线相切的节圆直径。

四、反击式水轮机转轮标称直径系列

反击式水轮机转轮标称直径系列规定如下：25，30，35，42，（40），50，60，71，（80），84，100，120，140，160，180，200，225，250，275，300，330，380，410，450，

图 1-9 各种型式水轮机转轮标称直径 D_1

(a) 轴流式轮机；(b) 混流式水轮机；(c) 斜流式水轮机；(d) 冲击式水轮机

500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, (1020), (1130) cm, 其中括号内的数值仅适用于轴流式水轮机。

五、水轮机型号示例

(1) HL220-LJ-250, 表示转轮型号为 220 的混流式水轮机, 立轴、金属蜗壳, 转轮直径为 250cm。

(2) ZZ560-LH-500, 表示转轮型号为 560 的轴流转桨式水轮机, 立轴、混凝土蜗壳, 转轮直径为 500cm。

(3) GD600-WP-300, 表示转轮型号为 600 的贯流定桨式水轮机, 卧轴、灯泡式引水, 转轮直径为 300cm。

(4) 2CJ20-W-120/2×10, 表示转轮型号为 20 的水斗式水轮机, 一根轴上装有 2 个转轮, 卧轴、转轮直径为 120cm, 每个转轮具有 2 个喷嘴, 射流直径为 10cm。

第三节 水轮机的参数

水轮机的工作参数是表征水流通过水轮机时水流能量转换为转轮机械能过程中的一些特性数据。水轮机的基本工作参数主要有水头、流量、出力、效率、转速。

一、水头 H

水轮机的水头 (也称工作水头) 是指水轮机进口和出口截面处单位质量的水流能量差, 单位为 m。对反击式水轮机进口断面取在蜗壳进口处断面 I-I, 出口取在尾水管出口断面 II-II, 如图 1-10 所示。

水轮机水头 H 又称净水头, 是水轮机做功的有效水头。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、下游水位差值称为水电站的毛水头 H_s , 其单位为 m。

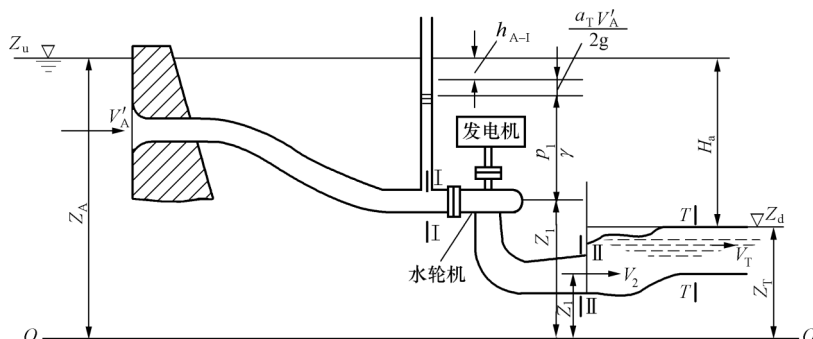


图 1-10 水电站和水轮机的水头示意图

常用几个特征水头表示水轮机水头的范围:

(1) 最大水头 $H_{\max}$ 。指允许水轮机运行的最大净水头。它对水轮机结构的强度设计有决定性的影响。

(2) 最小水头 $H_{\min}$ 。指保证水轮机安全、稳定运行的最小净水头。

(3) 平均水头 H_{av} 。指在一定期间内(视水库调节性能而定),所有可能出现的水轮机水头的加权平均值,是水轮机在其附近运行时间最长的净水头。

(4) 额定水头 H_r 。指水轮机发出额定出力时所需要的水头。

(5) 设计水头 H 。指水轮机效率最高点所对应的水头。

二、流量 Q

水轮机的流量指单位时间内通过水轮机某一既定过流断面的水流的体积,常用符号 Q 表示,常用单位为 m^3/s 。

在设计水头下,水轮机以额定转速、额定出力运行时所对应的水流量称为设计流量,是水轮机发出额定出力时所需要的最大流量。

三、转速 n

水轮机的转速是水轮机转轮在单位时间内的旋转的次数,常用符号 n 表示,常用单位为 r/min 。

四、出力 P 与效率 η

水轮机出力是水轮机轴端输出的功率,常用符号 P 表示,常用单位为 kW 。

水轮机的输入功率为单位时间内通过水轮机的水流的总能量,即水流的出力,常用符号 P_n 表示,则

$$P_n = \gamma Q H = 9.81 Q H (kW) \quad (1-1)$$

水轮机的输入和输出功率之比称为水轮机的效率,用符号 η_t 表示

$$P = P_n \eta_t = 9.81 Q H \eta_t \quad (1-2)$$

水轮机将水能转化为水轮机轴端的出力,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 P 、旋转力矩 M 和角速度 ω 之间有以下关系



$$P = M\omega = \frac{M2\pi n}{60} \quad (1-3)$$

第四节 水静力学知识

一、水力学在水电站中的应用

水力学主要研究水和其他液体在外力作用下的平衡与运动的规律,以及这些规律在工程实际中的应用,是力学的一个分支,是一门技术基础课。

(1) 水轮机的设计选型。通过水力学的计算,选择最优水轮机的方案。

(2) 管、渠、闸、堰的过流能力。图 1-11 所示闸孔的泄流量 Q_1 与闸孔开度 e , 闸的上游水头 H 和下游水深 h_t 之间的关系,要通过水力学来确定。

(3) 水流作用在建筑物的水力荷载。如闸门在关闭时受静水压力作用和动水压力作用,在这两种情况下闸底板都要受到渗流引起的扬压力作用,而这些力都是设计闸门和闸底板的重要依据。

(4) 建筑物的主要尺寸。在图 1-11 中,如当闸孔的泄流量 Q_1 、水头 H 和下游水深 h_t 一定时,要求确定闸孔开度 e 、上游渠道的断面尺寸 (b 、 h 、 m) 及下游消能池的尺寸 (l 、 d) 等。

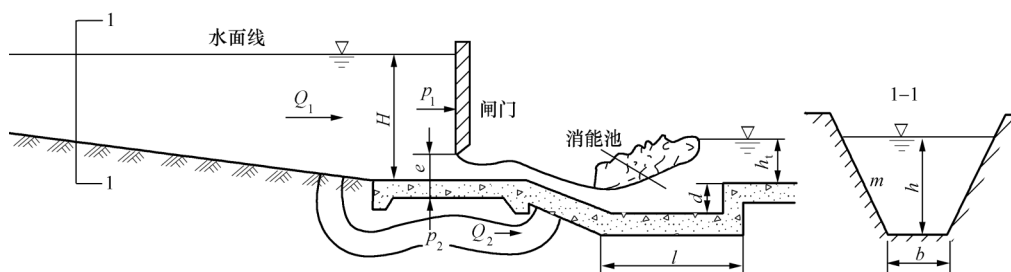


图 1-11 闸孔泄流

(5) 水流的流动形态。研究和改善水流通过河渠、水工建筑物及其附近的水流形态,为合理布置这些建筑物,保证其正常运行和充分发挥效益提供依据。

(6) 水能利用和水能消耗。分析水流在能量转换中的能量损失规律,以便充分地利用水流的有效能量和高效地消除高速水流中多余的有害动能。

此外,在工程中会遇到许多特殊的水力学问题,如水工建筑物下面透水地基中的渗漏。

二、液体的基本特征和主要物理力学性质

(一) 液体的基本特征

水力学是应用力学的一部分,它是根据物理和力学的一些基本规律,应用试验和分析的方法,研究液体的平衡和运动的规律,并应用这些规律来解决水利工程实际问题的一门科学。

水力学研究的对象是液体。液体和固体的主要区别在于:固体有一定的形状,而液体却没有固定的形状,很容易流动,其形状随容器而异。液体几乎不能承受拉力和剪切力。液体能保持一定的体积,能承受压力。液体被压缩的可能性很小,在很大的压力作用下,其体积缩小甚微。所以液体的基本特征是易流动性和不易压缩性。