

国家“双高计划”水利水电建筑工程高水平专业群立体化教材
全国水利行业“十三五”规划教材（职业技术教育）

水 轮 机

主　编　万晓丹　周晓岚　孙鲁兴
副主编　赵信峰　邢广彦　程梦然　徐飞亚　雷伟丽
主　审　雷　恒

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

目 录

前言

“行水云课”数字教材使用说明

资源索引

项目一　水轮机概论 …… 1

任务一　水电站与水轮机 …… 1

任务二　水轮机的基本类型、特点及工作范围 …… 3

任务三　水轮机的工作参数 …… 8

任务四　水轮机的型号 …… 10

任务五　水轮机的装置型式 …… 12

任务六　水轮机发展趋势 …… 16

思考与练习题 …… 22

项目二　混流式水轮机 …… 24

任务一　混流式水轮机概述 …… 24

任务二　混流式水轮机引水室 …… 26

任务三　混流式水轮机导水机构 …… 39

任务四　混流式水轮机转轮和主轴 …… 51

任务五　混流式水轮机导轴承 …… 58

任务六　混流式水轮机密封装置 …… 64

任务七　混流式水轮机尾水管 …… 66

任务八　混流式水轮机结构实例 …… 75

思考与练习题 …… 80

项目三　轴流式水轮机 …… 81

任务一　轴流式水轮机概述 …… 81

任务二　轴流转桨式水轮机转轮 …… 83

任务三　轴流转桨式水轮机其余部件 …… 91

任务四　水轮机防飞逸装置和防抬机措施 …… 93

任务五　轴流式水轮机结构实例 …… 94

思考与练习题 …… 96

值，是水轮机在其附近运行时间最长的净水头。

$$H_a=\frac{P_1H_1+P_2H_2+\cdots+P_nH_n}{P_1+P_2+\cdots+P_n}\text{ 或 }H_a=\frac{E_1H_1+E_2H_2+\cdots+E_nH_n}{E_1+E_2+\cdots+E_n} \tag{1-3}$$

式中 H_i、E_i、P_i——计算时段水头、电能、出力的平均值。

4. 设计水头 H_r

设计水头 H_r 是指水轮机发出额定出力的最小净水头。选型时，应通过经济动态评价确定。初算时可参考，河床式水电站：$H_r=0.9H_a$；坝后式水电站 $H_r=0.95H_a$。

水轮机的水头表明水轮机利用水流单位机械能的多少，是水轮机最重要的基本工作参数，其大小直接影响着水电站的开发方式、机组类型以及电站的经济效益等技术经济指标。

二、流量 Q

水轮机的流量是指单位时间内通过水轮机某一既定过流断面的水量，常用 Q 表示，单位为 m^3/s。设计水头下水轮机发出额定出力时，水轮机的过水流量为设计流量 $Q_{设}$。

三、出力 P

水轮机出力指水轮机主轴端输出的功率，以 P 表示，单位 kW。

$$P=\gamma QH\eta=9.81QH\eta \tag{1-4}$$

式中 η——水轮机的效率；

其他符号意义同前。

四、效率 η

水轮机的输入功率是指单位时间内通过水轮机的水流的总能量，即水流的出力，用 P_n 表示，单位为 kW。

$$P_n=\gamma QH=9.81QH \tag{1-5}$$

水流通过水轮机时存在能量损失，故水轮机输出功率 P 总是小于水轮机输入功率 P_n。水轮机输出功率 P 与水轮机输入功率 P_n 的比值反映了水能的利用率，称为水轮机的效率，用符号 η 表示。

$$\eta=\frac{P}{P_n} \tag{1-6}$$

由于水轮机在工作过程中存在能量损失，故水轮机的效率 $\eta<1$。


1-4-1 ⓟ
双击式水轮机三维图片

五、转速 n

水轮机的转速是指水轮机主轴每分钟的旋转次数，以 n 表示，单位为 r/min。

任务四 水轮机的型号

为了统一水轮机的品种规格，以便提高质量、降低造价和便于选择使用，我国对水轮机型号作了统一规定。《水轮机型号编制方法》（JB/T 9579—1999）规定，水轮机型号由三部分组成，各部分之间用“-”分开。

对于反击式水轮机，第一部分表示水轮机型式及转轮型号，水轮机型式用汉语拼

音字母表示，转轮型号用阿拉伯数字表示，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型式后加“N”表示。第二部分表示主轴装置方式及引水室特征，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结构特征。第三部分是水轮机转轮标称直径 D_1，用以厘米（cm）为单位的阿拉伯数字表示。

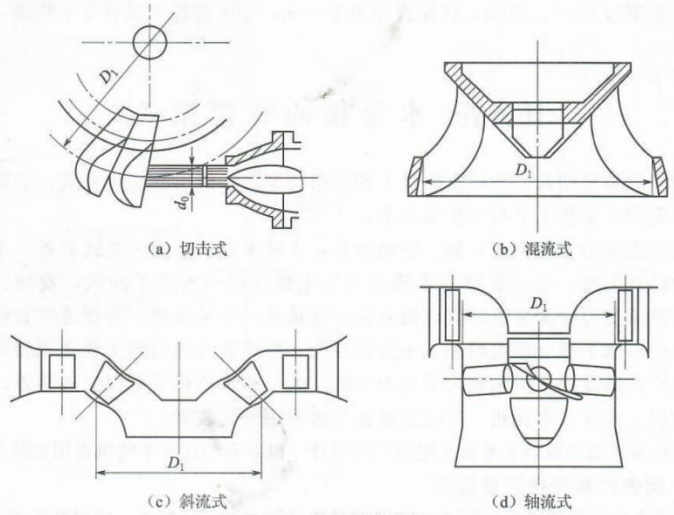
常见水轮机型号的代表符号见表 1－2。

表 1－2　　水轮机型号的代表符号

水轮机型式	代表符号	主轴布置型式及引水式特征	代表符号
混流式	HL	立轴	L
斜流式	XL	卧轴	W
轴流定桨式	ZD	金属蜗壳	J
轴流转桨式	ZZ	混凝土蜗壳	H
冲击（水斗）式	CJ	灯泡式	P
斜击式	XJ	明槽式	M
双击式	SJ	罐式	G
贯流定桨式	GD	竖井式	S
贯流转桨式	GZ	虹吸式	H
可逆式	N	轴伸式	Z

对于冲击式水轮机，第一部分是水轮机型式，第二部分表示主轴的布置型式，第三部分表示为：转轮标称直径（cm）/每个转轮上的喷嘴数×射流直径（cm）。如果在同一根轴上装有一个以上的转轮，则在水轮机型号第一部分前加上转轮的数目。

水轮机标称直径（简称转轮直径，常用 D_1 表示）是表征水轮机尺寸大小的参数。不同的水轮机转轮型式、位置不同，直径也不同，为了统一起见，对不同型式水轮机转轮的标称直径规定如下（图 1－15）：



（a）切击式　　（b）混流式

（c）斜流式　　（d）轴流式

图 1－15　转轮标称直径 D_1

（1）冲击式水轮机 D_1 指转轮与射流中心相切处的节圆直径，如图 1－15（a）所示。

（2）混流式水轮机 D_1 指转轮叶片进水边的最大直径，如图 1－15（b）所示。

（3）斜流式水轮机 D_1 指与转轮叶片轴线相交处的转轮室内径，如图 1－15（c）所示。

（4）轴流式水轮机 D_1 指与转轮叶片轴线相交处的转轮室内径，如图 1－15（d）所示。

反击式水轮机转轮标称直径的尺寸系列规定见表 1－3。

表 1－3　　反击式水轮机转轮标称直径系列　　单位：cm

25	30	35	(40)	42	50	60	71	(80)	84
100	120	140	160	180	200	225	250	275	300
330	380	410	450	500	550	600	650	700	750
800	850	900	950	1000					

水轮机型号示例：

（1）HL220－LJ－450，表示混流式水轮机，转轮型号为 220，立轴，金属蜗壳，转轮标称直径为 450cm。

（2）ZZ560－LH－800，表示轴流转桨式水轮机，转轮型号为 560，立轴，混凝土蜗壳，转轮标称直径为 800cm。

（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）2CJ30－W－120/2×10，表示一根轴上装有两个转轮的冲击式（切击式）水轮机，转轮型号为 30，卧轴，转轮直径为 120cm，每个转轮上具有 2 个喷嘴，射流直径为 10cm。

任务五　水轮机的装置型式

水轮机的装置型式，是指水轮机主轴的布置型式和机组的连接方式。它取决于单机容量、使用水头和上下游水位等因素。

水轮机主轴的装置分为立轴、卧轴两种，主轴垂直于地面为立式装置，主轴平行于地面为卧式装置。立式装置的水轮机与发电机在同一垂直平面内，安装、拆卸方便，轴与轴承受力情况良好，发电机安装位置较高，不易受潮，管理维护方便；但负载比较集中，水下部分深度增加，土建投资大。卧式装置的机组支承面积较大，荷载不集中，厂房高度低，但轴和轴承受力不好。大中型水轮机多采用立式装置，小型混流式水轮机、水斗式水轮机、贯流式水轮机多采用卧式装置。

水轮机装置型式直接关系着水电站厂房设计，以下介绍几种水轮机常用的装置型式。

一、反击式水轮机装置型式

反击式水轮机使用水头范围大，单机容量的差别大，机型繁多，所以装置型式各不相

责任编辑：刘洋

搜索号：Waterpub-Pro

唯一官方微信服务平台　行水云课公众号

刮开涂层获取激活码

ISBN 978-7-5226-1693-3

销售分类：水利教材

定价：59.00 元

登录行水云课平台www.xingshuiyun.com或关注行水云课公众号，输入激活码，免费学习数字教材，享受增值服务！