

高等学校教材

专科适用

水轮机及其辅助设备

浙江水利水电专科学校 全玲琴 主编



高等学校教材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////

水轮机及其辅助设备

浙江水利水电专科学校 全玲琴 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书共分两篇,第一篇水轮机部分,介绍各种类型中小型水轮机结构、水轮机工作原理、相似律、水轮机特性以及空蚀、磨损、振动现象及其减免措施;第二篇水轮机调节和辅助设备部分,以中小型电站常用的机械液压、电气液压调速器为例,讲述调速器整机和各环节工作原理、结构和故障分析处理方法,介绍了调节保证计算的原理和方法,叙述了水电站的油、气、水等系统。

本书供电气设备、电力工程及其他有关专业做为水轮机及其辅助设备课程的大专教材,亦可供水电站水力机械设计、施工、运行的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水轮机及其辅助设备/全玲琴主编. -北京:中国水利水电出版社, 1995

高等学校教材

专科适用

ISBN 7-80124-021-9

I. 水… II. 全… III. ①水轮机-高等学校-教材②附属装置-水轮机-高等学校-教材 IV. TK73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 08870 号

书 名	高等学校教材(专科适用) 水轮机及其辅助设备
作 者	浙江水利水电专科学校 全玲琴 主编
出 版	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京市密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 23.5印张 532千字
版 次	1996年5月第一版 1996年5月北京第一次印刷
印 数	0001--1270册
定 价	18.00元

前 言

本书是供电气设备和电力工程专业使用的大专教材。作为大专教材，本书特别注意理论和实践的结合。加强了水轮机和调速器的整机工作原理以及水力机械水力学基本原理部分内容，使读者通过这一门课程的学习打下一定的理论基础；增添了机械结构及电站常见故障分析与处理方面的知识，以增强读者实际工作能力。在具体叙述时，避免了繁琐的数学推导，尽可能深入地介绍物理现象，利于读者理解物理假设与数学公式和结论的关系。

为了使读者了解水力机械和辅助设备近期的发展，花了一定的篇幅介绍一些已经投入使用的新技术，新设备。我们认为这么做，对读者是有益的。

本书共分两篇，第一篇为水轮机部分，从介绍各种类型水轮机的结构出发，进而介绍水轮机工作原理、相似律、水轮机特性和水轮机空蚀、磨损、振动及其减免措施；第二篇为水轮机调节和辅助设备部分，以中小型电站常用的机械液压、电气液压调速器为例，讲述调速器整机及各环节的工作原理、结构和故障分析处理方法，介绍调节保证计算的原理和方法，最后四章叙述了电站的油、气、水等系统的作用、组成及其运行维护的要求和方法。

本书由全玲琴（第一至五章及第八章）、汪和平（第六、七章及第九至十三章）编写，全玲琴主编。河海大学刘大恺主审水轮机部分，骆茹蕴主审水轮机调节和辅助设备部分。

许多同志都在这本书里倾注了他们的心血，特别感谢长江水利委员会的吴应文高级工程师及机电处水机室的同志们，他们提供了许多宝贵资料，且对有关章节提了不少意见。尽管如此，疏漏不当之处，恐仍难免，我们期望得到更多同志的帮助。

编 者

1994. 4

目 录

前 言

第一篇 水 轮 机

第一章 水轮机概述	1
第一节 水轮机的工作参数	1
第二节 水轮机的基本类型和基本部件	3
第三节 水轮机发展概况	10
第二章 水轮机的工作原理	12
第一节 水轮机中的水流	12
第二节 水轮机能量转换基本方程	18
第三节 水轮机的运行和效率	21
第四节 水轮机的空化和空蚀	24
第五节 反击式水轮机的空蚀系数和吸出高度的确定	28
第六节 水轮机抗空化和空蚀的措施	32
第七节 水轮机的振动和消振措施	35
第八节 水斗式水轮机的工作原理	37
第三章 水轮机的结构	40
第一节 混流式水轮机转轮	40
第二节 轴流式水轮机转轮	47
第三节 反击式水轮机主轴和导轴承	58
第四节 反击式水轮机的引水部件	68
第五节 反击式水轮机尾水管	91
第六节 水轮机密封装置	95
第七节 水轮机的附属装置	98
第八节 水斗式水轮机	101
第四章 水轮机的相似原理及综合特性曲线	109
第一节 水轮机的相似原理概述	109
第二节 水轮机的相似定律	111
第三节 效率换算与单位参数的修正	118
第四节 水轮机的模型试验	122
第五节 水轮机特性曲线	125
第六节 水轮机运转综合特性曲线的绘制	135
第五章 水轮机选择	147
第一节 水轮机的标准系列	147

第二节	中小型水轮机暂行系列应用范围图	159
第三节	水轮机选择	164

第二篇 水轮机调节和辅助设备

第六章	水轮机调节的基本知识	176
第一节	水轮机调节的任务和特点	176
第二节	水轮机自动调速器的基本组成	178
第三节	自动调节理论简介	179
第四节	调速器的系列与类型	192
第五节	水轮机调节系统的特性	194
第七章	机械液压型调速器	199
第一节	离心摆	199
第二节	液压放大元件	204
第三节	反馈元件	215
第四节	控制机构	223
第五节	YT 型调速器的动作原理	226
第六节	油压装置	233
第八章	电气液压型调速器	238
第一节	概述	238
第二节	测频回路	243
第三节	校正回路	249
第四节	功率给定和硬反馈回路	251
第五节	调节信号的综合与放大回路	255
第六节	电液转换器	257
第七节	开度限制和随动系统	258
第八节	YDT-1800 型电液调速器的整机动作原理	260
第九章	调节保证计算与调速器选择	265
第一节	调节保证计算的任务和标准	265
第二节	水击压力上升计算	267
第三节	转速上升计算	277
第四节	水轮机调节保证计算的步骤与方法	281
第五节	减小水击压力与速率上升的措施	286
第六节	中小型调速器的选择	287
第七节	调节保证的数值计算方法	288
第十章	油系统	291
第一节	油的种类、作用和基本性质	291
第二节	油系统的任务和组成	294
第三节	油系统图	297
第四节	油系统的运行维护及防火要求	299
第十一章	压缩空气系统	306
第一节	水电站中压缩空气的用途	306

第二节	压缩空气系统的主要供气和贮气设备	306
第三节	压缩空气系统的组成和运行	310
第十二章	水电站供、排水系统	316
第一节	技术供水对象及对供水的要求	316
第二节	技术供水系统设计	320
第三节	技术供水系统设计计算实例	341
第四节	消防供水系统	345
第五节	排水系统的作用和组成	348
第六节	排水系统的设计	352
第十三章	主阀	358
第一节	主阀的作用和技术要求	358
第二节	主阀的型式	358
第三节	主阀的操作方式和操作系统	365
参考文献		368

第一篇 水 轮 机

第一章 水 轮 机 概 述

第一节 水 轮 机 的 工 作 参 数

水轮机是一种以水为介质的动力机械，其作用是将水体的能量转换为旋转机械能，通过主轴传递出去。水从压力引水管进入水轮机，水轮机有导水机构和固定在轴上的转轮，导水机构和转轮都各有一组叶片。水流通过导水机构的导叶后，转向为流向转轮，为转轮提供了所需要的入流条件，通过转轮叶片后，水流转向，为转轮提供了合适的出流条件，最后水流通过尾水管流向下流。经过这一过程，流经水轮机的水流把力作用到叶片上，就以机械功的形式把能量传给了主轴，主轴带动发电机转子旋转，在定子内感应出电势，带上外负荷后便有电流输出。

水流流经水轮机时，水流能量发生改变的过程，就是水轮机的工作过程。可用水轮机的工作参数来表明这一过程的特性，其中主要有水头、流量、出力、效率、水轮机的转速和飞逸转速。

一、水头

在水电站中，水流从上游水库经进水口、压力引水管进入水轮机，再经尾水管流至下游河道。水轮机水头 H 等于水轮机进口断面 $B-B$ 与出口断面 $C-C$ 之间单位水体的能量之差，即

$$H = \left(z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{\alpha_B v_B^2}{2g} \right) - \left(z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{\alpha_C v_C^2}{2g} \right)$$

式中 z ——位置高度，m；

p ——压力， kgf/m^2 ；

v ——流速， m/s ；

g ——重力加速度， m/s^2 ；

α ——动能系数；

γ ——水比重， kgf/m^3 。

在忽略表面大气压力差别的情况下，水轮机的工作水头 H 也可以用电站进口断面与出口断面的单位水体能量来表示。即

$$H = \left(z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} \right) - \left(z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{\alpha_C v_C^2}{2g} \right) - \Delta H_{\text{水工}}$$

$\Delta H_{\text{水工}}$ 为电站进口至蜗壳进口的拦污栅、闸门、引水渠或管道等建筑物的阻力损失。因为

注 $1\text{kgf/m}^2 = 9.80665\text{Pa}$ 。

$$\nabla_{\text{上游}} = \frac{p_0}{\gamma} + z_0$$

$$\nabla_{\text{下游}} = \frac{p_c}{\gamma} + z_c$$

所以

$$H = \nabla_{\text{上游}} - \nabla_{\text{下游}} + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} - \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} - \nabla H_{\text{水工}}$$

当上、下游水库的断面接近无限大时, v_0 、 v_c 均接近于 0, 则

$$\begin{aligned} H &= \nabla_{\text{上游}} - \nabla_{\text{下游}} - \Delta H_{\text{水工}} \\ &= H_m - \Delta H_{\text{水工}} \end{aligned}$$

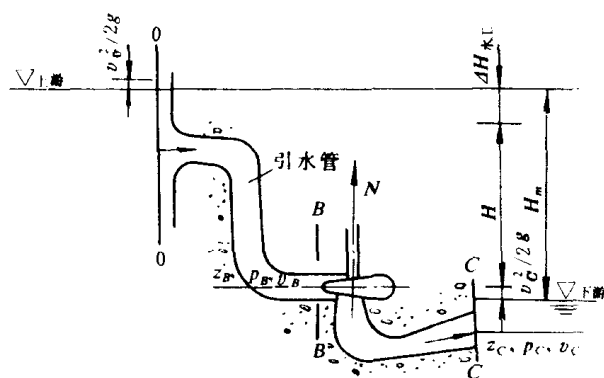


图 1-1 水轮机的水头

也就是水轮机的工作水头 H 应是净水头, 在忽略电站上、下游流速及表面大气压力的差别的情况下, 它等于电站上、下游水位差 H_m (即毛水头) 减去引水建筑物中的能量损耗 (见图 1-1)。

二、流量

单位时间内流经水轮机的水的体积称为水轮机流量 Q , 其单位为 m^3/s 。

三、出力和效率

在单位时间内, 具有一定水头和

流量的水流流经水轮机时便可以作功, 此功通过水轮机轴向外输出机械功率, 用 N 表示

$$N = 9.81QH\eta$$

式中 N ——水轮机出力, kW ;

Q ——流量, m^3/s ;

H ——水头, m ;

η ——水轮机效率。

η 为小于 1 的系数, 是考虑水流流经水轮机时有摩擦、漏水等损失, 一般称为水轮机的效率。

四、转速

水轮机转速是水轮机转轮单位时间内旋转的次数, 其单位为 r/min , 用 n 表示。对一般的水轮发电机组, 水轮机的主轴与发电机的轴都是直接连接的, 所以水轮机的转速和发电机的转速相同并符合标准同步转速 (见表 1-1)。即应满足

$$f = \frac{pn}{60}$$

式中 f ——电流频率，我国规定为 50Hz；

p ——发电机的磁极对数。

表 1-1 磁极对数与同步转速关系表

磁极对数 p	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	
同步转速 n	1000	750	600	500	428.6	375	333.3	300	250	214.3	187.5	166.7	150	136.4	
磁极对数 p	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	48	50		
同步转速 n	125	115.4	107.1	100	93.8	88.2	83.3	79	75	71.4	68.2	62.5	60		

五、飞逸转速

当发电机突然甩负荷，调速系统或导水机构又失灵而不能关闭时，水轮机的转速迅速上升，经过一小段时间，转速达到某一稳定的最大值，此最大值称为飞逸转速 n_p ，单位为 r/min。

第二节 水轮机的基本类型和基本部件

一、水轮机的基本类型

水流能使水轮机转动，是因为水流具有能量，水能包括位能、压能和动能。水轮机是将水能转换为机械能的一种机械。

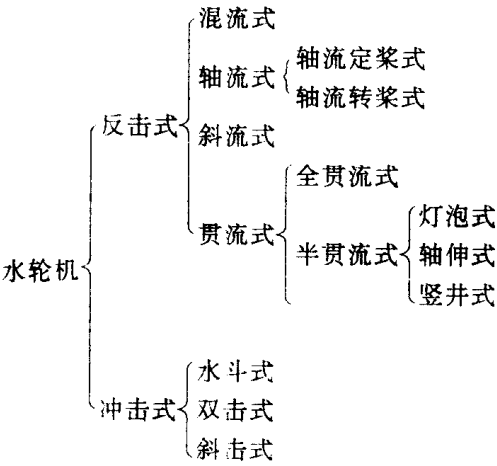
根据水能在水轮机内转换的特征不同，近代水轮机分成两大类：反击式水轮机和冲击式水轮机。

反击式水轮机内没有自由表面，水流充满过流通道，从转轮的进口至出口水流压力是逐渐减小的。即这种型式的水轮机，水能主要以压能的形态由水轮机转轮转换成机械能，这是反击式水轮机水力作用的基本特征。

根据转轮区水流运动方向的特征，反击式水轮机又可分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式等不同型式水轮机。

在冲击式水轮机里，水流不充满过流通道，有与空气接触的自由表面，在水轮机转轮内水流能量仅仅以动能的形态转换成机械能，这是冲击式水轮机水力作用的基本特征。

根据转轮进水特征，冲击式水轮机又分为水斗式、斜击式和双击式等不同型式。上述两种形式水轮机的不同型式可归纳如下：



二、各种类型水轮机的应用范围

1. 混流式水轮机

如图 1-2 所示, 水流以辐向从四周进入转轮, 以轴向流出转轮, 故称为混流式或辐向轴流式水轮机。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, 其应用的水头范围为 $20\sim 450\text{m}$, 并有向高水头区域扩展的趋势, 现最高应用水头已达 672m 。

2. 轴流式水轮机

如图 1-3 所示, 在导叶与转轮之间水流由径向转为轴向, 在转轮区域内水流沿轴向流动, 故称为轴流式水轮机。根据转轮叶片是否可以随导叶协联转动, 轴流式水轮机又分为轴流定桨式和轴流转桨式两种。

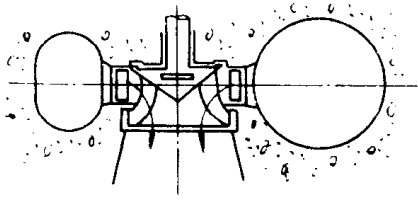


图 1-2 混流式水轮机

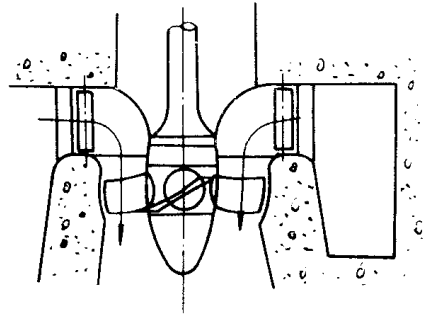


图 1-3 轴流式水轮机

轴流定桨式水轮机的转轮叶片是固定不能转动的, 制造、安装简单, 没有转轮的漏油问题。但它的高效率运行区很窄, 当运行工况偏离设计工况时, 效率急剧下降。因此这种水轮机多用于功率不大和水头变幅范围较小的水电站, 它应用的水头范围一般为 $3\sim 50\text{m}$ 。

轴流转桨式水轮机在工况改变时, 转轮桨叶会和导叶协联转动, 使它运行的高效率区扩大, 运行稳定性提高。但结构比较复杂, 尤其是转轮的油密封应不漏油, 价格比轴流定桨式机组高。目前它应用的最高水头达 88m 。

3. 斜流式水轮机

斜流式水轮机的转轮叶片轴线与水轮机轴斜交, 如图 1-4 所示。水流在斜流式水轮机的转轮区域流动是斜向的。与轴流转桨式类似, 其转轮叶片是可以转动的, 所以它运行的高效率区广。比轴流转桨式水轮机可装较多的叶片 ($8\sim 12$ 片)。它应用的水头较高, 适用于 $40\sim 200\text{m}$ 。

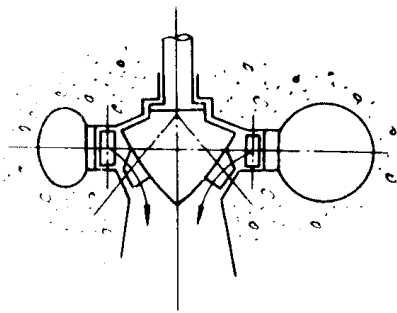


图 1-4 斜流式水轮机

4. 贯流式水轮机

水流流经转轮时, 几乎是沿轴向直贯到底的 (图 1-5), 所以称这种水轮机为贯流式水轮机。

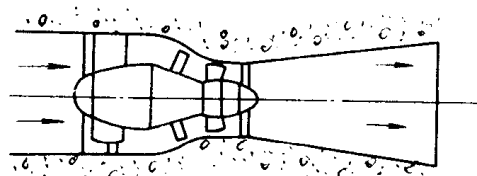


图 1-5 贯流式水轮机

机。它有全贯流式和半贯流式两种，半贯流式中又分竖井贯流式、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。

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、转轮直径相同和至少效率相当的条件下，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. 冲击式水轮机

冲击式水轮机的特点是从喷嘴出来的射流冲击在斗叶上做功。分为水斗式、双击式和斜击式三种。水斗式水轮机从喷嘴出来的射流是沿转轮圆周切线方向冲击在斗叶上的（见图 1-6）。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。其水头适用范围为 40~1500m，目前最高应用水头达 1770m。

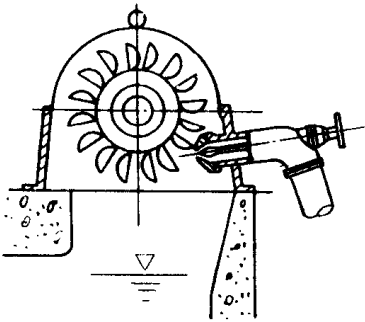


图 1-6 冲击式水轮机

6. 斜击式水轮机

斜击式水轮机与水斗式水轮机的差别在于从喷嘴出来的射流不是沿转轮圆周切线方向，而是沿着与转轮旋转平面成约 22.5° 的方向，从转轮的一侧进入斗叶，如图 1-7 所示。它适用的水头范围为 25~400m。

7. 双击式水轮机（图 1-8）

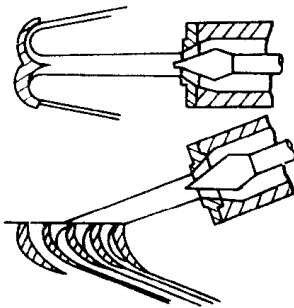


图 1-7 斜击式和水斗式的射流和叶片相对位置

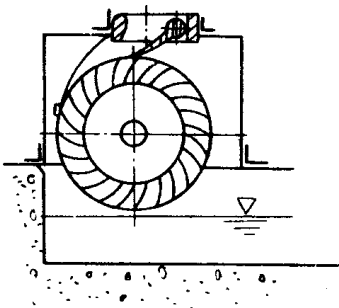


图 1-8 双击式水轮机

双击式水轮机在工作时水流从筒式转轮的外圆周进入转轮，经弧形叶片通过转轮中心，然后再一次通过叶片流出转轮外圆。经这一过程，转轮做功。流量大小由导叶控制。双击式水轮机结构简单，适用水头范围为 8~100m，出力为 18~1000kW。

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，则水流从某一方向通过，作水泵工

作方式运行；而按另一相反方向旋转时，则水流将从另一反方向通过，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，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 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。

我们把水轮机类型和应用范围列于表 1-2 中。表中未列可逆式机组。 n_s 为比转速，关于比转速的概念、定义和公式将在第四章中作较详细的介绍。

表 1-2 水轮机类型和应用范围

类 型	型 式		应用水头 (m)	n_s
反击式	混流式		30~600	50~300
	轴流式	转桨式	3~80	200~850
		定桨式	3~50	250~700
	斜流式		40~200	100~350
	贯流式	转桨式	2~25	
		定桨式		
冲击式	水斗式		40~1500	5~35
	斜击式		25~400	
	双击式		8~100	

三、水轮机基本部件

近代水轮机一般具有 6 个基本部件，它们是引水部件、导水部件、工作部件、泄水部件、能量传递部件和承载部件，对水轮机的能量转换及能量传递具有重要的影响。不同类型的水轮机，上述 6 个基本部件在型式上有各自的特点，前 4 个是基本的过流部件。

1. 引水部件

引水部件是水流进入水轮机所经过的第 1 个部件，又称引水室，通过它将水引向导水部件。大中型水轮机的引水室多数采用蜗壳式，因其形如蜗牛壳体，故称为蜗壳。水流在蜗壳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，目的是使水流均匀、对称地进入导水机构。

2. 导水部件（又称导水机构）

导水机构可引导水流按一定的方向进入转轮，并通过改变导叶的位置来改变进入转轮

水流的方向和流量的大小，达到调整水轮机出力的目的。一般反击式水轮机当采用蜗壳式引水室时，都采用多导叶式导水机构，它是在转轮外围的圆周上布置有一系列均匀分布的导叶，每一个导叶都可以绕其自身的轴旋转。通过导水机构的传动机构来控制导叶，达到改变导叶位置来改变水流的方向和大小的目的。

3. 工作部件

水轮机的工作部件就是转轮，它是直接将水能转换为机械能的过流部件。一般指水轮机的型式，实质上就是指水轮机转轮的型式。水轮机的主要性能如过水能力、效率、工作的稳定性及检修工作量的大小等，在很大程度上取决于水轮机转轮的性能。另外，水轮机整体结构及尺寸也与转轮的形状、尺寸密切相关。

转轮的主要几何尺寸为转轮的标称直径，用符号 D_1 表示，各种类型水轮机转轮的标称直径规定如下（图 1-9）：

- （1）轴流式和斜流式水轮机是与转轮叶片轴线相交处的转轮室内径 [图 1-9 (a) 和 (d)]；
- （2）混流式水轮机是其转轮叶片进水边上的最大直径 [图 1-9 (b)]；
- （3）冲击式水轮机是转轮与射流中心线相切处的节圆直径 [图 1-9 (c)]。

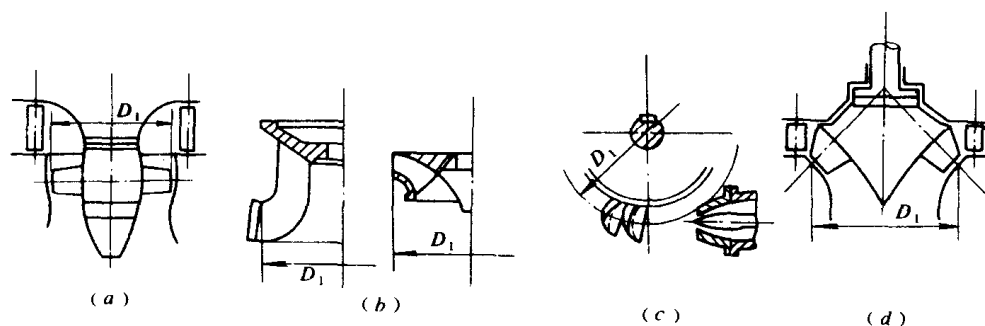


图 1-9 各型水轮机的转轮标称直径

我国是按转轮标称直径的大小来区分水轮机是大中型还是小型。水轮机型谱中规定，对于转轮标称直径（简称转轮直径）为 1.4m 及 1.4m 以上的轴流式水轮机和转轮直径为 1m 及其以上的混流式水轮机为大中型，其余为小型。

4. 泄水部件

反击式水轮机的泄水部件采用尾水管，它的作用是将水流平顺地引向下游并回收转轮出口的动能和位能，增加水轮机的利用水头，提高水轮机的工作效率。

尾水管按形状可分为直尾水管和弯曲形尾水管。为了不使土建工程量增加过多，大中型水轮机目前广泛采用弯曲形尾水管。

5. 能量传递部件

水轮机是由轴作为能量传递部件的，轴将机械能以旋转力矩的形式向外输出（如传递给发电机）。按水轮机轴的装置方向可把水轮机分为卧式和立式两种，按水轮机轴与发电机轴是否在同一轴线上，两轴之间是否通过中间传动装置进行连接，又可分为直接连接和间

接连接两种方式。

水轮机与发电机直接连接，并且两机在同一垂直平面内的立式机组是大多数大中型机组所采用的方式（图 1-10）。其优点是安装方便，轴承受力良好，发电机不易受潮，机械损失小，传动效率高。但负载比较集中，水下部分深度增加，使土建工程量加大。

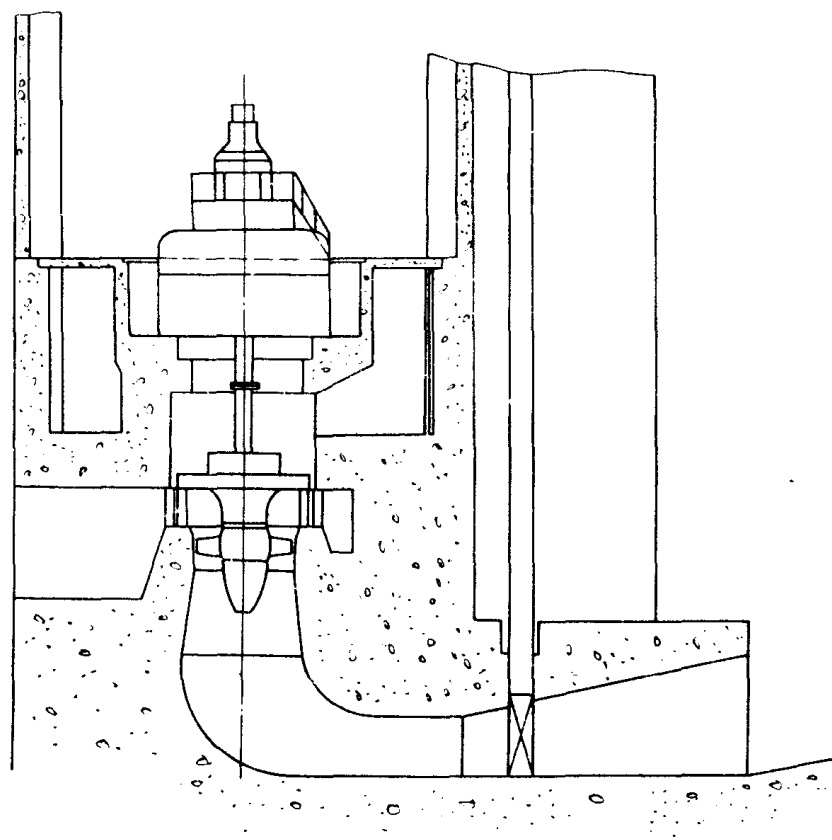


图 1-10 立式直接连接的水轮发电机组布置图

卧式机组因机组支承面积较大，所以集中荷载比立式机组小。又因水轮机和发电机在同一层平面，所以厂房高度低，土建工程量小，但轴和轴承受力情况不好。卧式直接连接

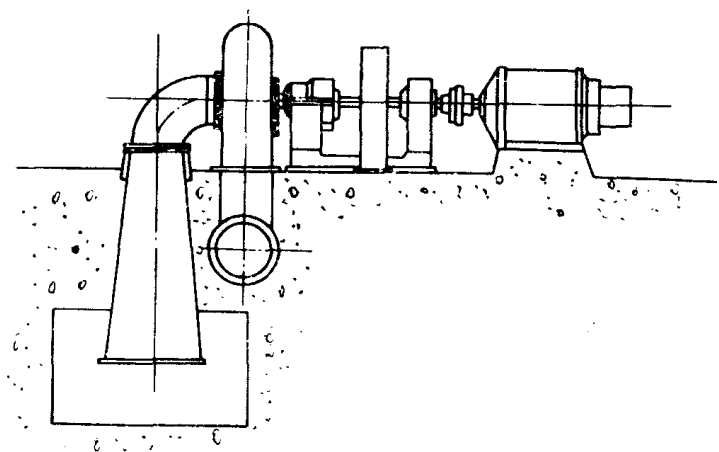


图 1-11 卧式直接连接的水轮发电机组布置图

的机组主要应用于水斗式水轮机、双击式水轮机、贯流式水轮机和中小型混流式水轮机(图 1-11)。

卧式间接传动的机组，主要应用于农村小型水电站，因水轮机转速较低，如直接连接则发电机的尺寸会很大。采用了中间有传动装置的间接连接，可提高发电机转速，缩小发电机尺寸。但机械损失大，传动效率低，运行维护工作量增加。

6. 承载部件

承受水轮机轴上的径向力和振摆力，并把这些力传给基础的部件是水轮机的导轴承。它是水轮机的重要部件，其工作质量直接影响水轮机的运行，它是日常运行维护及检修的主要项目。在电站的常见事故中就有轴承过热甚至烧瓦、轴承间隙过大、水淹导轴承等，因此必须十分重视。

四、水轮机牌号

我国规定水轮机牌号由三部分组成，每一部分间用“-”分开。第一部分由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，汉语拼音表示水轮机型式，数字表示转轮型号（用比转速数表示），见表 1-3。第二部分由两个汉语拼音字母组成，前一个表示水轮机主轴布置方式，后一个表示引水室特征，见表 1-4。第三部分是以厘米为单位的转轮标称直径。对于冲击式水轮机牌号第三部分应表示为：

水轮机转轮标称直径/作用在每一个转轮上的射流数目×射流直径

表 1-3 水轮机型号的代表符号 (1)

水轮机型式	代表符号	水轮机型式	代表符号
混流式	HL	贯流定桨式	GD
轴流转桨式	ZZ	水斗式	CJ
轴流定桨式	ZD	双击式	SJ
斜流式	XL	斜击式	XJ
贯流转桨式	GZ		

表 1-4 水轮机型号的代表符号 (2)

名 称	代表符号	名 称	代表符号
立轴	L	明槽	M
卧轴	W	罐式	G
金属蜗壳	J	竖井式	S
混凝土蜗壳	H	虹吸式	X
灯泡式	P	轴伸式	Z

注 对可逆式水轮机，在水轮机型式代号后增加汉语拼音字母“N”。

水轮机牌号示例：

(1) ZZ500-LH-1020，表示轴流转桨式水轮机，型号为 500，立轴，混凝土蜗壳，转轮标称直径为 1020cm。

(2) XLN200-LJ-300，表示斜流可逆式水轮机，型号为 200，立轴，金属蜗壳，转轮标称直径为 300cm。

(3) HL180-LJ-71，表示混流式水轮机，型号为 180，立轴，金属蜗壳，转轮标称直径为 71cm。

- (4) GD600-WP-250, 表示贯流定桨式水轮机, 型号为 600, 卧轴, 灯泡式引水, 转轮标称直径为 250cm。
- (5) 2CJ-30-W-120/2×10, 表示水斗式水轮机, 一根轴上有两个转轮, 卧轴, 转轮节圆直径为 120cm, 每个转轮具有两个喷嘴, 射流直径为 10cm。
- (6) SJ851-W-40/20, 表示卧轴的双击式水轮机, 转轮直径 40cm, 宽度 20cm。

第三节 水轮机发展概况

我国蕴藏着极其丰富的水能资源, 根据普查, 水能理论蕴藏量和可能开发的水能资源居世界首位。我国也是利用水力最早的国家之一, 大约在公元前 206 年至公元 8 年的西汉后期, 就有利用水力舂米的记载, 但是利用水力来发电, 比欧美和日本都迟。我国第一座水电站是 1912 年建成的云南昆明滇池出口处的石龙坝水电站, 当时装机只有 480kW。直至建国前夕, 全国水电总装机容量仅 36 万 kW, 年发电量 12 亿度 (未包括台湾省, 下同), 我国在水电装机容量方面居世界第二十位, 年发电量居世界第二十一位。

建国后水电建设有巨大发展, 到 1983 年末, 全国水电总装机容量达 2416 万 kW, 为 1949 年的 67 倍, 年发电量达 864 亿 kW·h, 是 1949 年的 72 倍。现在我国水电装机容量和年发电量正分别上升到世界的第六位和第八位。

我国所称的小水电曾指总装机容量 12000kW, 单机容量为 6000kW 及以下的小水电站。随着我国社会主义建设事业的发展, 小水电建设发展很快, 图 1-12 即是我国小水电历年的开发情况。到 1983 年底, 全国共建成小水电站 76579 座, 安装水轮发电机组 93546 台, 装机总容量 850 万 kW。

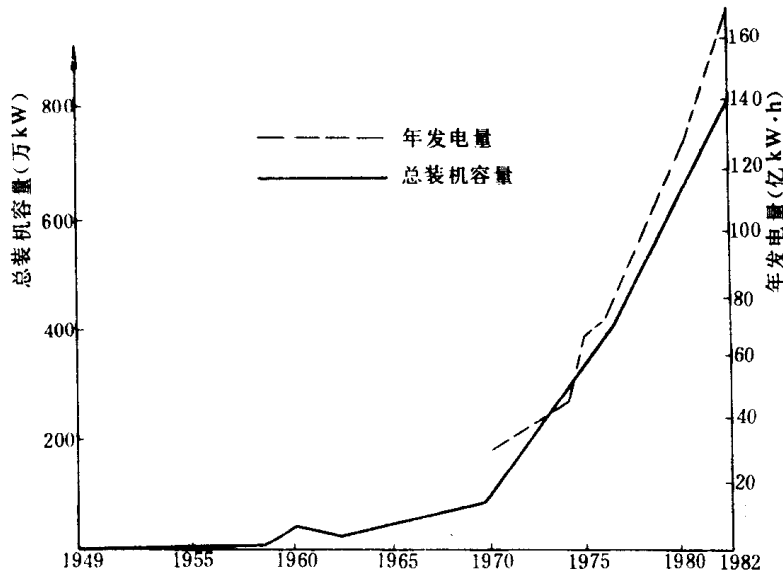


图 1-12 我国小水电历年开发情况

建国 40 多年来, 我国逐步建立了自己的水轮机设计、制造和试验研究体系, 到 1983 年底, 全国水电总装机容量 2416 万 kW 中 92% 是我国自己制造的。在水轮机的单机容量方面