

## 水轮机



### 简介

水轮机是把水流的能量转换为旋转机械能的动力机械，它属于流体机械中的透平机械。早在公元前100年前后，中国就出现了水轮机的雏形——水轮，用于提灌和驱动粮食加工器械。现代水轮机则大多数安装在水电站内，用来驱动发电机发电。在水电站中，上游水库中的水经引水管引向水轮机，推动水轮机转轮旋转，带动发电机发电。作完功的水则通过尾水管道排向下游。水头越高、流量越大，水轮机的输出功率也就越大。

### 水轮机分类

水轮机按工作原理可分为冲击式水轮机和反击式水轮机两大类。冲击式水轮机的转轮受到水流的冲击而旋转，工作过程中水流的压力不变，主要是动能的转换；反击式水轮机的转轮在水中受到水流的反作用力而旋转，工作过程中水流的压力能和动能均有改变，但主要是压力能的转换。

#### 冲击式水轮机

冲击式水轮机按水流的流向可分为切击式(又称水斗式)和斜击式两类。斜击式水轮机的结构与水斗式水轮机基本相同，只是射流方向有一个倾角，只用于小型机组。理论分析证明，当水斗节圆处的圆周速度约为射流速度的一半时，效率最高。这种水轮机在负荷发生变化时，转轮的进水速度方向不变，加之这类水轮机都用于高水头电站，水头变化相对较小，速度变化不大，因而效率受负荷变化的影响较小，效率曲线比较平缓，最高效率超过91%。

#### 反击式水轮机

反击式水轮机可分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式。在混流式水轮机中，水流径向进入导水机构，轴向流出转轮；在轴流式水轮机中，水流径向进入导叶，轴向进入和流出转轮；在斜流式水轮机中，水流径向进入导叶而以倾斜于主轴某一角度的方向流进转轮，或以倾斜于主轴的方向流进导叶和转轮；在贯流式水轮机中，水流沿轴向流进导叶和转轮。轴流式、贯流式和斜流式水轮机按其结构还可分为定桨式和转桨式。定桨式的转轮叶片是固定的；转桨式的转轮叶片可以在运行中绕叶片轴转动，以适应水头和负荷的变化。

各种类型的反击式水轮机都设有进水装置，大、中型立轴反击式水轮机的进水装置一般由蜗壳、固定导叶和活动导叶组成。蜗壳的作用是把水流均匀分布到转轮周围。当水头在40米以下时，水轮机的蜗壳常用钢筋混凝土在现场浇筑而成；水头高于40米时，则常采用拼焊或整铸的金属蜗壳。

在反击式水轮机中，水流充满整个转轮流道，全部叶片同时受到水流的作用，所以在同样的水头下，转轮直径小于冲击式水轮机。它们的最高效率也高于冲击式水轮机，但当负荷变化时，水轮机的效率受到不同程度的影响。

反击式水轮机都设有尾水管，其作用是：回收转轮出口处水流的动能；把水流排向下游；当转轮的安装位置高于下游水位时，将此位能转化为压力能予以回收。对于低水头大流量的水轮机，转轮的出口动能相对较大，尾水管的回收性能对水轮机的效率有显著影响。

### 轴流式水轮机

适用于较低水头的电站。在相同水头下，其比转数较混流式水轮机为高。轴流定桨式水轮机的叶片固定在转轮体上，叶片安放角不能在运行中改变，效率曲线较陡，适用于负荷变化小或可以用调整机组运行台数来适应负荷变化的电站。

轴流转桨式水轮机是奥地利工程师卡普兰在1920年发明的，故又称卡普兰水轮机。其转轮叶片一般由装在转轮体内的油压接力器操作，可按水头和负荷变化作相应转动，以保持活动导叶转角和叶片转角间的最优配合，从而提高平均效率，这类水轮机的最高效率有的已超过94%。

### 贯流式水轮机

导叶和转轮间的水流基本上无变向流动，加上采用直锥形尾水管，排流不必在尾水管中转弯，所以效率高，过流能力大，比转数高，特别适用于水头为3~20米的低水头电站。

这种水轮机装在潮汐电站内还可以实现双向发电。这种水轮机有多种结构，使用最多的是灯泡式水轮机。

灯泡式机组的发电机装在水密的灯泡体内。其转轮既可以设计成定桨式，也可以设计成转桨式。世界上最大的灯泡式水轮机(转桨式)装在美国的罗克岛第二电站，水头12.1米，转速为85.7转/分，转轮直径为7.4米，单机功率为54兆瓦，于1978年投入运行。

### 混流式水轮机

是世界上使用最广泛的一种水轮机，由美国工程师弗朗西斯于1849年发明，故又称弗朗西斯水轮机。与轴流转桨式相比，其结构较简单，最高效率也比轴流式的高，但在水头和负荷变化大时，平均效率比轴流转桨式的低，这类水轮机的最高效率有的已超过95%。混流式水轮机适用的水头范围很宽，为5~700米，但采用最多的是40~300米。

混流式的转轮一般用低碳钢或低合金钢铸件，或者采用铸焊结构。为提高抗汽蚀和抗泥沙磨损性能，可在易气蚀部位堆焊不锈钢，或采用不锈钢叶片，有时也可整个转轮采用不锈钢。采用铸焊结构能降低成本，并使流道尺寸更精确，流道表面更光滑，有利于提高水轮机的效率，还可以分别用不同材料制造叶片、上冠和下环。

### 斜流式水轮机

是瑞士工程师德里亚于1956年发明，故又称德里亚水轮机。其叶片倾斜的装在转轮体上，随着水头和负荷的变化，转轮体内的油压接力器操作叶片绕其轴线相应转动。它的最高效率稍低于混流式水轮机，但平均效率大大高于混流式水轮机；与轴流转桨水轮机相比，抗气蚀性能较好，飘逸转速较低，适用于40~120米水头。

由于斜流式水轮机结构复杂、造价高，一般只在不宜使用混流式或轴流式水轮机，或不够理想时才采用。这种水轮机还可用作可逆式水泵水轮机。当它在水泵工况启动时，转轮叶片可关闭成近于封闭的圆锥因而能减小电动机的启动负荷。

### 水轮机应用

水泵水轮机主要用于抽水蓄能电站。在电力系统负荷低于基本负荷时，它可用作水泵，利用多余发电能力，从下游水库抽水到上游水库，以位能形式蓄存能量；在系统负荷高于基本负荷时，可用作水轮机，发出电力以调节高峰负荷。因此，纯抽水蓄能电站并不能增加电力系统的电量，但可以改善火力发电机组的运行经济性，提高电力系统的总效率。50年代以来，抽水蓄能机组在世界各国受到普遍重视并获得迅速发展。早期发展的或水头很高的抽水蓄能机组大多采用三机式，即由发电电动机、水轮机和水泵串联组成。它的优点是水轮机和水泵分别设计，可各自具有较高效率，而且发电和抽水时机组的旋转方向相同，可以迅速从发电转换为抽水，或从抽水转换为发电。同时，可以利用水轮机来启动机组。它的缺点是造价高，电站投资大。斜流式水泵水轮机转轮的叶片可以转动，在水头和负荷变化时仍有良好的运行性能，但受水力特性和材料强度的限制，到80年代初，它的最高水头只用到136.2米(日本的高根第一电站)。对于更高的水头，需要采用混流式水泵水轮机。

抽水蓄能电站设有上、下两个水库。在蓄存相同能量的条件下，提高扬程可以缩小库容、提高机组转速、降低工程造价。因此，300米以上的高水头蓄能电站发展很快。世界上水头最高的混流式水泵水轮机装于南斯拉夫的巴伊纳巴

什塔电站，其单机功率为315兆瓦，水轮机水头为600.3米；水泵扬程为623.1米，转速为428.6转/分，于1977年投入运行。

20世纪以来，水电机组一直向高参数、大容量方向发展。随着电力系统中火电容量的增加和核电的发展，为解决合理调峰问题，世界各国除在主要水系大力开发或扩建大型电站外，正在积极兴建抽水蓄能电站，水泵水轮机因而得到迅速发展。

为了充分利用各种水力资源，潮汐、落差很低的平原河流甚至波浪等也引起普遍重视，从而使贯流式水轮机和其他小型机组迅速发展。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/baike/1539.html>