

水力发电技术知识丛书

中国水力发电工程学会主编

第十六分册

水轮机和辅助设备

程良骏 青长庚

水利电力出版社

内 容 提 要

本分册主要内容为水电站中水轮机和辅助设备的结构和功用；水轮机的各种工作参数；水轮机的特性和选择水轮机型式的步骤；水轮发电机组的各种主要辅助设备的作用和系统图。

水力发电技术知识丛书

第十六分册

水轮机和辅助设备

程良骏 青长庚

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 2.75印张 57千字

1991年1月第一版 1991年1月北京第一次印刷

印数 0001—2510册

ISBN 7-120-01305-X/TV·456

定价2.10元

关于编写《水力发电技术知识 丛书》的说明

为了水力发电战线广大职工学习科学技术，适应现代化水电建设和生产的需要，中国水力发电工程学会组织编写了一套《水力发电技术知识丛书》。丛书是从普及水力发电科学技术知识的角度出发，着重介绍水力发电的基本概念和基础知识，对我国在实践中取得的经验和国外水平以及发展前景也作了适当介绍。

读者对象以具有中等学校文化程度以上的各级管理干部为主，使他们能系统地了解水力发电的科技知识，不断提高业务能力和管理水平。对于中等学校文化程度的技术工人，也可通过学习本丛书为学习专业技术打下初步基础，并在工作中不断提高技术水平。对于有某种专业的技术干部，也可了解其他相邻专业的一般知识。

本丛书共分二十五个分册：

- 第一分册 水力发电概况
- 第二分册 水能规划和综合利用
- 第三分册 水能经济
- 第四分册 水电工程地质
- 第五分册 水电工程勘测
- 第六分册 水文测验和水文计算
- 第七分册 坝泄洪和进水建筑物
- 第八分册 引水工程及发电厂房
- 第九分册 过船过鱼过木建筑物

- 第十分册 水工机械设备
- 第十一分册 水工建筑物的运行维护和观测
- 第十二分册 水电工程的施工组织和管理
- 第十三分册 水工混凝土工程施工
- 第十四分册 土石工程及地下工程施工
- 第十五分册 施工导流工程
- 第十六分册 水轮机和辅助设备
- 第十七分册 发电机和电气设备
- 第十八分册 水电站集中控制、继电保护和自动化
- 第十九分册 机电设备的安装
- 第二十分册 机电设备的运行维护
- 第二十一分册 水电站水库调度
- 第二十二分册 水电站经济运行
- 第二十三分册 小型水电站
- 第二十四分册 抽水蓄能电站
- 第二十五分册 潮汐电站

本丛书各分册承蒙从事水电事业的有关单位和院校的专家教授大力支持，花了大量时间和精力进行编写和审校，特此一并致谢。

《水电发电技术知识丛书》编辑委员会

1982年8月

前 言

本分册主要内容为水轮机的结构概述；水轮机的工作参数；水轮机的特性和选型以及水轮发电机组的辅助设备。

本分册第一至第三章由程良骏编写，第四章由青长庚编写。承蒙于开泉、赵士云同志仔细、认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见，编者表示衷心的感谢！

由于篇幅有限，未能全面深入阐述。不周和错误之处请读者指正。

编者

目 录

关于编写《水力发电技术知识丛书》的说明

前 言

第一章 概述	1
第一节 水电站中的水轮机和辅助设备的功用	1
第二节 水轮机结构概述	1
第二章 水轮机的工作参数	27
第一节 水轮机的工作水头	27
第二节 水轮机的流量	30
第三节 水轮机的功率和效率	30
第四节 水轮机的转速	31
第五节 水轮机的标称直径	32
第三章 水轮机的特性与选型	34
第一节 水轮机特性的意义	34
第二节 水轮机的主要特性曲线	42
第三节 水轮机的初步选型	47
第四章 水轮发电机组的辅助设备	52
第一节 调速设备	54
第二节 调节保证计算	60
第三节 进水阀	62
第四节 供水设备	64
第五节 排水设备	68
第六节 油务设备	70
第七节 压缩空气设备	71
第八节 监视测量仪表	74

第九节	起吊安装设备	75
第十节	机修设备	77

第一章 概 述

第一节 水电站中的水轮机 和辅助设备的功用

水电站中的水轮机是一种转换水流能量，使主轴旋转并带动发电机发电的机器。为了及时把水引进水轮机或及时阻止水流进水轮机，在水轮机前设有进口阀门。

由于电力系统中电流要求一定的周波，而周波又取决于发电机的转速，故发电机不管负荷如何改变都应保持一定的转数。为此带动发电机的水轮机配有调速设备。

为了整个水轮机—发电机机组安全运转，还配备了供水系统、排水系统、油系统、压缩空气系统以及起吊安装设备、机修设备和监视量测仪表等辅助设备。

总之，水电站除了必须具备经济性、安全性和稳定性都合乎要求的优质水轮机外，对整个水轮发电机组来说，还需要设置调速器及油压设备、供油及排油设备、冷却水供水设备、刹车设备、截流设备、排水设备、起吊安装设备、监视和维修设备等一整套辅助设备以满足机组在运行中的各种要求。小型水电站的水轮机和辅助设备可以适当的简化。

第二节 水轮机结构概述

任何类型的水轮机都有转轮，它直接与水流接触，转换水流能量，使联接在一起的主轴或发电机转子旋转，是水轮机的主要工作部件。

根据转轮前后水流的压力是否相等的原则，把水轮机分成所谓“反击型”和“冲击型”两大类。再参考转轮中水流流动的形式，配合转轮的构造特征或水流作用于转轮上的方向等条件，把两类水轮机分成下列各式

- | | | | | |
|------------|---|--------------------|---|------------|
| 反击式 | { | 混流式 (HL) | | |
| | | 斜流式 (XL) | { | 斜流定桨式 (XD) |
| | | | | 斜流转桨式 (XZ) |
| | | 轴流式 (ZL) | { | 轴流定桨式 (ZD) |
| 轴流转桨式 (ZZ) | | | | |
| | { | 贯流式 (GL) | { | 贯流定桨式 (GD) |
| | | 贯流转桨式 (GZ) | | |
| 冲击型 | { | 切击式 (CJ) 或冲斗式 (CT) | | |
| | | 斜击式 (XT式) | | |
| | | 双击式 (SJ式) | | |
| | | 环击式 (HJ式) | | |

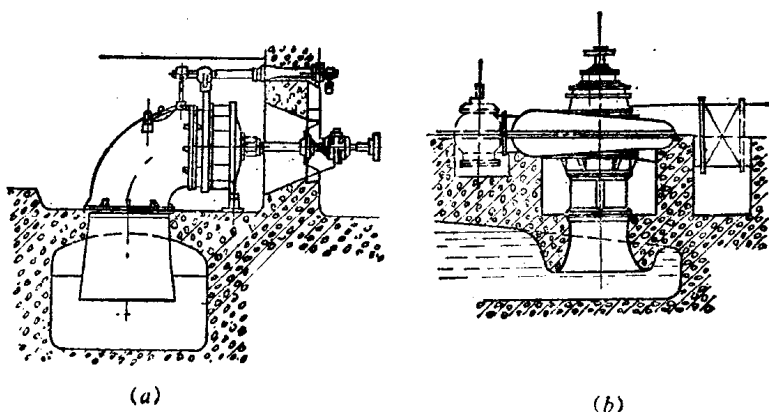


图 1-1 水轮机装置型式
(a)开敞式；(b)封闭式

我们也可依一般习惯分别称反击型中的混流式为法兰西斯 (Francis) 式, 轴流转桨式为卡普兰 (Kaplan) 式, 轴流定桨式为螺旋式; 而冲击型中的切击式为倍尔登 (Pelton) 式, 斜击式为仇戈 (Turgo) 式, 双击式为班扣 (Banki) 式, 环击式为司芬切克斯 (Sfindex) 式。

由于同一型水轮机的转轮有各种各样的几何形式, 我们把不同直径但几何形状相似的转轮归纳起来, 称之为“系列”。

水轮机的装置形式如图1-1所示, 有开敞式和封闭式两种。就转轴的位置来说, 有立式和卧式之分, 就转轮数目来说又有单轮和多轮的区别, 其多轮的装置如图1-2所示, 可供参考。

一、混流式水轮机的构造概述

图1-3是一现代大型水轮发电机组, 任何反击型水轮机都包含有工作部件即转轮、引水部件、导水机构和尾水管四大部件。

1. 转轮

混流式又称法兰西斯式。事实上这种水轮机早在1838年就有了, 到1847年经过美国人法兰西斯研究, 其后又经过许多人进一步的改良发展到现在已自成一个体系。这个体系的特点, 是水流经过转轮的流动方向在一定程度上可视作辐向进入, 然后轴向流出。图1-4是在不同水头下的混流式转轮, 是由上冠1, 下环2和若干叶片3组成的。

2. 引水部件

混流式水轮机的引水部件有明槽式、“鼓壳式”即“罐式”以及金属蜗壳式[图1-2中的(i)型]。个别情况下, 水头低的混流式水轮机引水部件也有混凝土蜗壳式。我国系采用

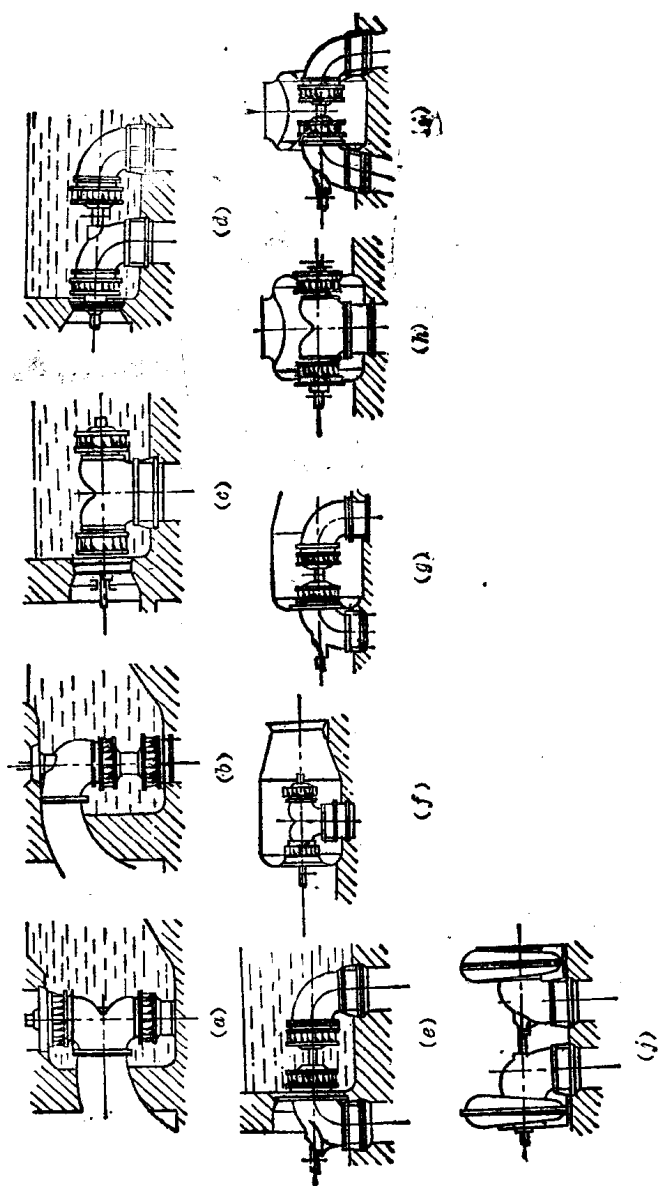


图 1-2 多轮水轮机的装置图

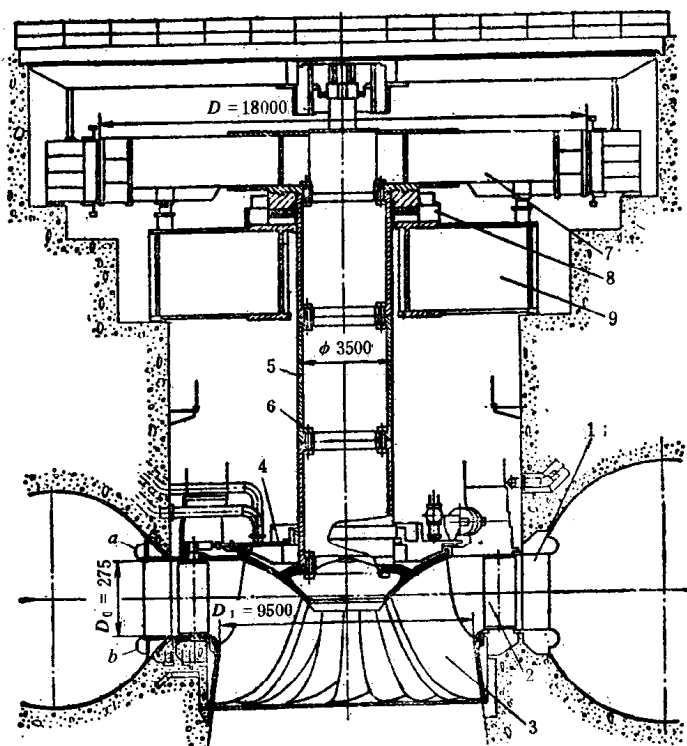


图 1-3 混流式水轮机发电机组

1—座环；2—导水机构；3—转轮；4—顶盖；5—主轴；6—主轴法兰；7—发电机转子；8—推力轴承；9—下机架

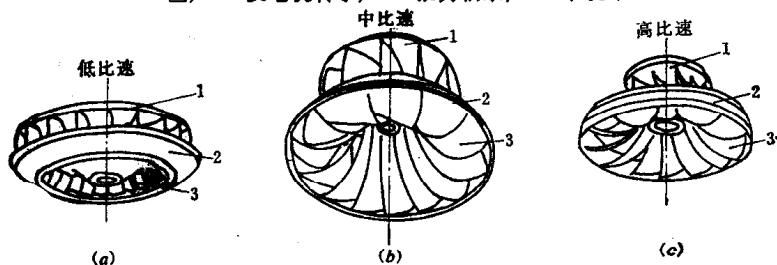


图 1-4 混流式转轮

(a) $n_s = 70 \sim 130$; (b) $n_s = 200 \sim 300$; (c) $n_s = 300 \sim 600$

1—上冠；2—下环；3—叶片

M.G.J和H作引水部件的代号，配合水轮机主轴的位置将水轮机的结构型式以下列各代号表示之：

- (1) WM——卧轴明槽。
- (2) LM——立轴明槽。
- (3) WG——卧轴罐式。
- (4) WJ——卧轴金属蜗壳式。
- (5) LJ——立轴金属蜗壳式。
- (6) LH——立轴混凝土蜗壳式。

各种引水部件的功用都是在安全经济的条件下，使水流顺利地进入转轮。

引水部件中还包括座环（图1-5），通常它是和蜗壳联在一起的（图1-6、1-7），它除了使水流以一定的方向并且轴对称地进入导水机构外，同时还把水轮机和发电机的重量、水的轴向推力及蜗壳上面的部分混凝土重量传递到水电站的基础上去。另一方面也承受由水流压力而产生的拉负荷，尤其是在机组甩负荷，蜗壳中水压上升时，可能使座环支柱处于受拉的情形下，对于横轴水轮机金属蜗壳的结构来说，座环是承受拉负荷的，因而有所谓“加强环”的名称。

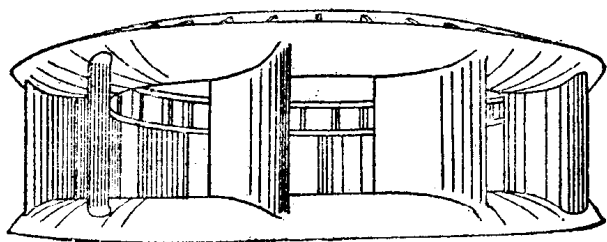


图 1-5 混流式水轮机的座环

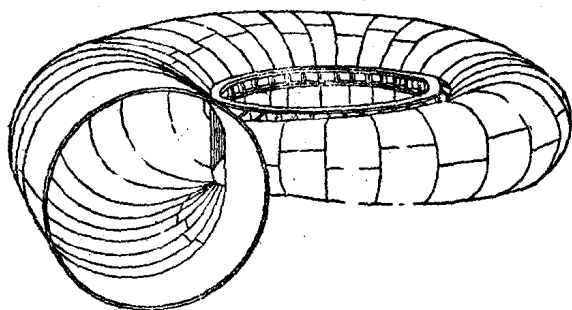


图 1-6 水轮机蜗壳

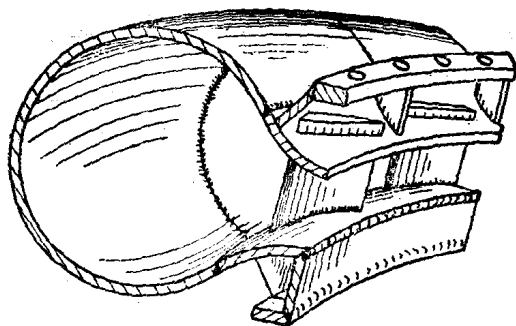


图 1-7 蜗壳与座环

3. 导水机构

导水机构大都是可以转动的，多导叶式，即所谓“芬克”式，是1877年德国工程师芬克发明的，经过不断改进，形成了如图1-8所示的结构形式。由若干个导叶环绕排列成一圆柱状，此时每一导叶的转轴都是与混流式水轮机主轴平行的，每一导叶转轴的上端通过水轮机的顶盖3，而与转臂6相接，转臂通过连杆7与控制环4相联系，控制环在固定于顶盖上的“支承环”内滑动，或直接在顶盖上的槽道内滑

动。控制环通过销轴 5 与拉杆 2 铰接组成了导水机构。当接力器 1 的活塞移动时，就通过与其铰接的推拉杆驱动控制环而转动导叶，使导叶与导叶之间的开度改变，从而改变水流速度的大小和方向，以达到调节流量的目的。为防止异物夹在导叶之间而影响全部导叶的关闭，在每个导叶轴与拐臂间装有拉断销或摩阻构件，使之可与其它导叶脱离联系。

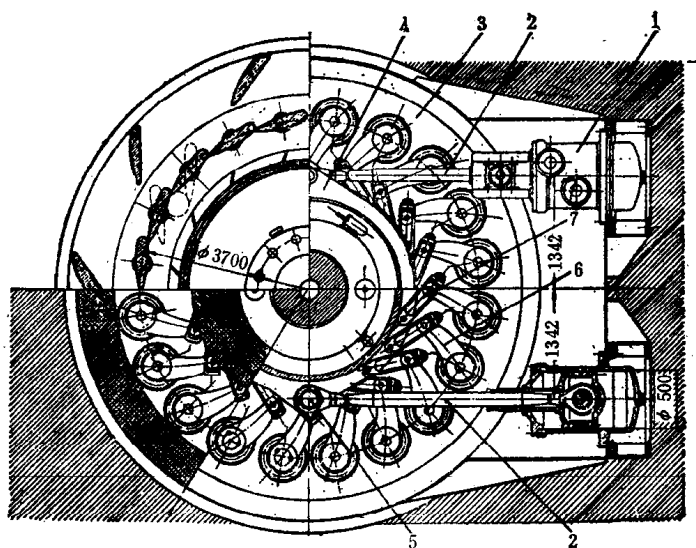


图 1-8 现代水轮机的导水机构

1—接力器；2—拉杆；3—顶盖；4—控制环；5—销轴；6—转臂；
7—连杆

4. 尾水管

水轮机的出水部件习惯上称为尾水管或吸出管，有直尾水管和弯尾水管两大类，如图1-9所示。

尾水管的功用主要是使转轮出口处水流压力下降，造成

一定的真空，收回水流离开转轮时的部分动能和收回转轮高出下游水面时那一段位能。它回收动能的作用和它的形状紧密地联系着，也直接影响到水轮机的经济性和安全性以及整个水电站的建筑费用，因此，尾水管的设计和选择关系很大。

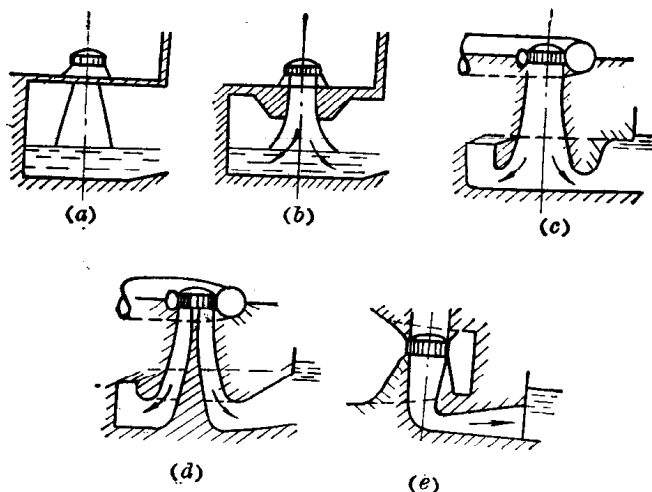


图 1-9 各种型式的尾水管

二、轴流式水轮机的构造概述

图1-10是轴流转桨式水轮机的整个机组。和混流式水轮机一样，轴流式水轮机也有转轮、引水部件、导水部件、尾水管四大通流部件。

1. 转轮

为了在较低的水头下能获得一定转速，不得不缩小转轮的直径，同时为了通过较大的流量，又不得不加大转轮的过水面积，这样一来原先的混流式水轮机的转轮就如图 1-4 所

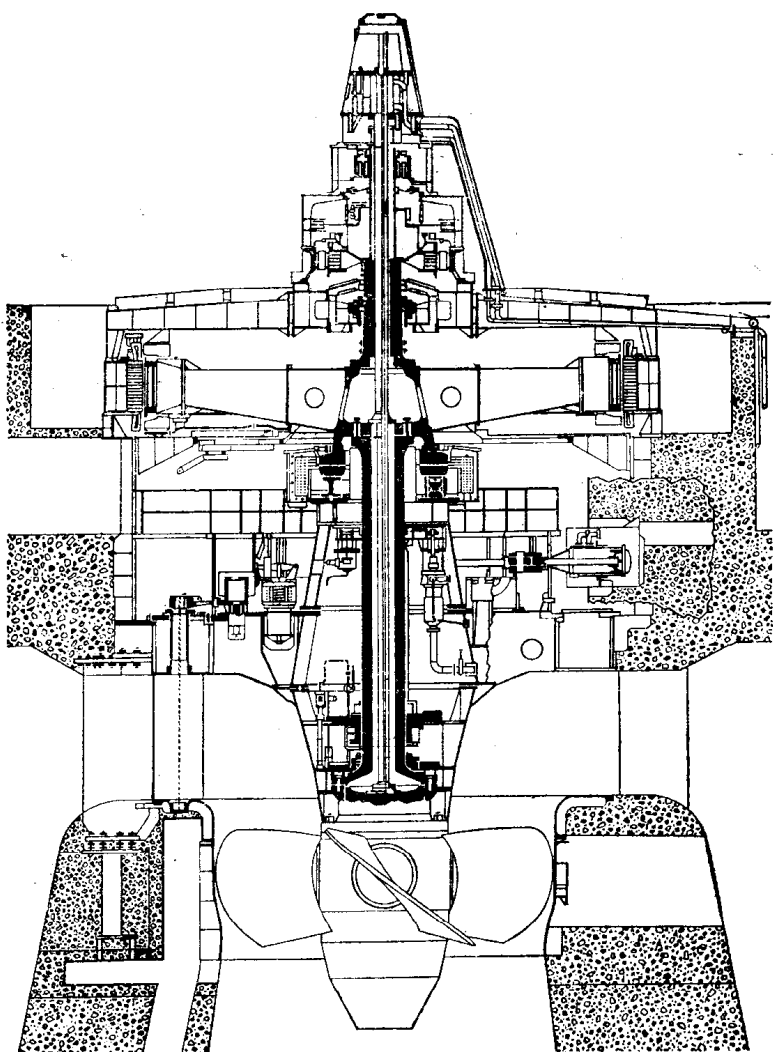


图 1-10 轴流转桨式水轮发电机组