

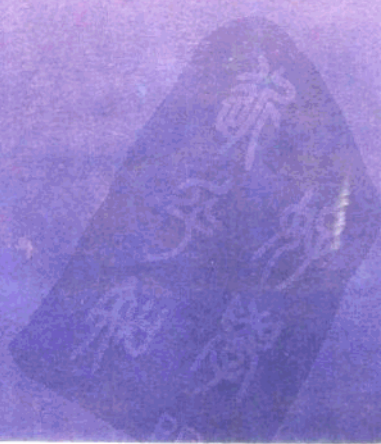
SHUI DIAN ZHAN SHUI KU DIAO DU YU

YUN XING GUAN LI

水电站 水库调度 与运行管理

许自达 编著

水利电力出版社



水电站水库调度与运行管理

期限表

请于下列日期前将书还回

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. A vertical line runs down the center of the page, creating two equal-width columns. The lines are evenly spaced and extend across the entire width of the page. There is no handwriting or printed text on the paper.

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

内 容 提 要

全书共八章，由水力发电的基本知识、水电站水库调度和运行管理三部分组成。重点对单一、梯级水电站不同情况的洪水调度进行了详细的探讨，并介绍只有一个水位的水轮机效率试验修改耗水量曲线及其它基本资料的校核。本书还阐述水电站运行设计的意义和内容以及提高发电效益的措施。

本书主要献给电网、省局和电厂的广大水电运行管理人员，也可供水利水电设计工作者和大专院校有关专业师生参考。

水电站水库调度与运行管理

许自达 编著

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

铁道部印刷厂印刷

787×1092毫米 16开 11.5印张 263千字

1994年3月第一版 1994年3月北京第一次印刷

印数 0001—1500册

ISBN7-120-02016-1/TV·745

定价 9.80元

前 言

本书是编著者根据多年的设计和生产实践经验，通过对众多水电站的调查研究，结合国情较系统地进行总结编写而成。我国水电站的运行与管理，在各级主管部门的领导下，通过广大水电运行管理人员的努力，取得了显著的成绩。我国是一个水力资源极其丰富的国家，随着国民经济的蓬勃发展，将有更多水电站投入运行。本书旨在使现有水电站运行管理水平进一步提高，并供新投入水电站作有益的参考。

水利部水文水资源研究所领导为编写此书创造了条件。河海大学周之豪教授和原乌溪江水电厂吴信益总工程师对初稿进行了校审，原水电部生产司林璧君同志对书稿提出了许多宝贵的意见。在此对支持本书编写和出版的领导、专家、教授及有关同志表示由衷感谢。

本书誊写、画图由裘允化同志协助完成。

编著者

1993年6月

目 录

前 言

第一章 水力发电的基本知识.....	1
第一节 水电站的分类与特点.....	1
第二节 水电站的有关术语	2
第三节 水电站在国民经济中的作用	6
第二章 水轮机组特性.....	9
第一节 水轮机的分类及适用范围	9
第二节 水轮机组特性曲线	15
第三章 水电站基本资料校核	22
第一节 机组效率试验和测定	22
第二节 水量校核	27
第三节 有关曲线校核	30
第四章 水电站水库调度	37
第一节 洪水调度的基本概念及方法.....	37
第二节 单一水电站水库洪水调度	45
第三节 梯级水电站水库洪水调度	49
第四节 洪水调度总结	54
第五节 大中型水电站能量指标复核.....	56
第六节 编制发电调度图的目的和依据	58
第七节 单一水电站水库发电调度	62
第八节 梯级水电站水库发电调度	69
第五章 水电站水库实时优化调度	74
第一节 单一水电站水库洪水实时优化调度	74
第二节 梯级水电站水库洪水实时优化调度	89
第三节 水电站水库发电优化调度概述	102
第四节 单一水电站水库发电实时优化调度	105
第五节 梯级水电站水库发电实时优化调度	112
第六章 水电厂经济运行.....	124
第一节 单一水电厂的经济运行	124
第二节 梯级水电厂的经济运行	134
第三节 水、火电负荷最优分配	148
第四节 经济运行中其它问题的探讨	150
第七章 水电厂的维护与管理.....	153

第一节	需要移交电厂的资料	153
第二节	水工建筑物维护与机组检修	154
第三节	水电厂的观测任务及记录报表	158
第四节	计划编制与指标评定	161
第五节	管理措施与方法	164
第八章	水电站运行设计与提高发电效益的措施	166
第一节	运行设计的目的与意义	166
第二节	运行设计的内容	167
第三节	提高发电效益的措施	172
参考文献		174

第一章 水力发电的基本知识

第一节 水电站的分类与特点

一、水电站的类型

根据利用水能的方式不同，水电站可分为常规水电站、潮汐水电站和抽水蓄能水电站等。前两类是利用天然水能资源发电，可为电力系统提供容量和电量；后者实质上是能量的转换装置，只是吸收电力系统中负荷低谷时多余的电量转换成水能储存起来，待系统高峰负荷电力不足时再发电，故其主要特点是为电力系统提供容量。

二、各类水电站的特点

（一）常规水电站

常规水电站是利用河川径流发电。由于布置型式不同，又可分为坝式、引水式和混合式三种型式。后者是前两种型式的结合，即建一定高度的坝，再引水到河流下游某处发电。坝式水电站又可分为坝后式和河床式两类，前者厂房布置在坝体的下游侧，不承担上游水压力；后者厂房、坝、溢洪建筑物等都建造在河床中，厂房承受上游水压力。引水式水电站的水头全部或主要由引水系统形成，引水式水电站又分为有压、无压式两类，主要根据引水建筑物有无水压力而定。混合式水电站坝与厂房分开，由较长的压力水道进行连接，一般在引水道末端设有调压设备。不论哪种型式的常规水电站均由闸坝、电厂、泄水设施、引水系统、调压井和前池等一些建筑物组成。对有通航要求的河流，还有通航、筏道等建筑物。

常规水电站利用水能资源相对来讲要好，造价也比其它类型水电站低，不少坝式水电站还有防洪、给水等综合利用效益，缺点是有一定淹没损失。

（二）潮汐水电站

潮汐水电站是利用海水升降过程所产生潮位的能量发电。由于潮汐是海水受到月球、太阳的引力而产生的，具有明显的规律性，故利用潮汐周期性涨落的变化进行发电，出力在年内比较均匀，可以作出比较可靠的预报。潮汐电站主要建在沿海港湾交叉处，没有人口迁移和农田淹没问题，还有农田围垦等综合利用效益。由于可资利用的水头很低，造价比一般常规水电站要高得多。整个电站由堤坝、厂房和水闸组成。

（三）抽水蓄能电站

抽水蓄能电站可分为纯抽水蓄能和混合式抽水蓄能电站。前者发电的水源是利用系统中负荷低谷时的多余电量将电站下游的水利用水泵或可逆式机组将其抽入上游水库（池），待系统中缺电时再通过可逆式机组发电；后者本身有一定的天然水源，但水量不足，需从电站下游抽一部分水量补充。整个电站由上、下水库（池）、电厂、输水系统三部分组成。

混合式蓄能电站还必须有泄洪设施。

由于抽水蓄能电站可以起到调峰填谷的作用，对缺乏水能资源或水能资源已开发完及以火电为主的电力系统，更能显示它的优越性。国外早在 19 世纪末已经开始建设。到 1990 年美国已建成蓄能电站的容量达 2500 万 kW，为常规水电站容量的 1/3。到目前为止，我国已建成容量较大的蓄能电站有密云、岗南、潘家口、从化和台湾明湖五座，前三座为混合式，后两座为纯抽水蓄能电站。

我国水力资源十分丰富，理论蕴藏量达 6.76 亿 kW，可能开发的达 3.78 亿 kW，占世界首位。但到目前为止，开发仅 10% 左右，还有大量的常规水电站可供开发，因此潮汐水电站的开发是试验性的，抽水蓄能水电站开发已经起步。

鉴于潮汐电站和抽水蓄能电站在我国建成为数极少，经验总结也不多见，故本书主要讨论常规水电站。

第二节 水电站的有关术语

一、能量、出力与电量

质量为 1 千克 (kg) 的物体 (包括液体)，下落 1 米 (m) 的高度所作的功或将 1kg 的物体升高 1m 所消耗的功，称为一个能量单位，等于 9.81 焦耳 (J)。在单位时间 (通常以秒计) 内物体所作的功，称为功率，单位为 1 瓦特 (W)。为了实用上的方便起见，常以 1000 个焦耳作为能量单位，即 $1000/9.81=102\text{kg}\cdot\text{m}$ 。换言之，在单位时间内将 1kg 的物体升高到 102m 高度所作 (或消耗) 的功，等于 1 千瓦 (kW)，即：

$$P_0 = \frac{\gamma QH}{102}$$

由于水电站所作的功是要经过水轮机和发电机来完成，故当水流通过水轮机使其转动时，要消耗一部分能量，其实际功率与理论功率之比即为水轮机的效率 (见第二章)；同时水轮机带动发动机转动发出的电能，也需要消耗一部分能量，其实际功率与发电机不消耗能量时的理想功率之比，为发电机效率 (见第二章)，故水电站实发的功率，习惯上都是以出力表示，其算式应为：

$$N = 9.81\eta_1\eta_2QH \quad (1-1)$$

出力乘上时间即为电量，实用中的电量单位以千瓦小时 (kW·h) 表示，即：

$$E = N\Delta t \quad (1-2)$$

以上两式中 N —— 出力，在单位时间内所作的功，kW；

η_1 —— 发电机的效率，%；

η_2 —— 水轮机的效率，%；

Q —— 流量，即每秒通过水轮机的水量， m^3/s ；

H —— 水头, m;

E —— 发电量, kW · h;

Δt —— 时间, h。

但应当指出, 由式 (1-1)、式 (1-2) 计算的机组出力和电量, 不可能全部被用户所利用, 其中还有厂用电 (不包括厂区)、输变电设备的消耗等。

由式 (1-1)、式 (1-2) 可知, 出力和发电量的大小, 主要取决于水电站的水头和来水量 (流量)。

二、水电站的水头

(一) 获得水头的主要方法

常规水电站水头的取得主要有两种方法:

(1) 在河流上适当地点修建拦河坝, 壅高水位。这种方法的优点是水头损失小, 所集中的水头绝大部分可以被水电站所利用。同时可以得到一定的调节库容来调节天然径流, 如水库容积较大, 还可以提供部分防洪库容, 还有综合利用效益; 其缺点是给上游带来各种各样的淹没。一些土地被淹, 需要迁移一定数量的人口, 有时还有诸如矿产、森林资源、文物古迹等的淹没问题。对航运来讲, 有利有弊, 水库的形成加深了上下游 (主要是上游) 航道, 一些险滩被淹, 这是利; 大坝阻碍了原来的直达航运, 故大型水电站都修建通航建筑物予以补救, 但还是延长了航运时间, 这是弊。

(2) 选择适当的地点, 利用天然河流集中比降, 开挖比天然河流比降小得多的人工渠道或隧洞, 把水引到河流下游某一地点, 集中一定的水头进行发电, 这种方法的优点正好与第一种方法相反。

(二) 水电站可利用的水头

今先研究反击式水轮机所利用的水头, 见图 1-1 (a)。设有 1 单位水体 W , 其重心位于上游断面 I 的 A 点, 今通过水轮机 B 点流到下游断面 II 的 C 点。根据水力学原理可知, 单位水体 W 在 A、B 两点的能量为:

$$\text{A 点} \quad E_1 = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \quad (1-3)$$

$$\text{B 点} \quad E_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \quad (1-4)$$

今设 $h_1 = P_1/\gamma$; $h_2 = P_2/\gamma$; $Z_1 + h_1 = H_1$; $Z_2 + h_2 = H_2$; $H_s = H_1 - H_2$ 。代入式 (1-3)、式 (1-4), 两式相减得:

$$E_{1-2} = H_s + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g} \quad (1-5)$$

由 (1-5) 式可知, 单位水体 W 通过反击式水轮机后的能量差等于水头差, 水头差包括静水头差和动水头差。

由图 1-1 (b) 可知, 单位水体通过冲击式水轮机后的能量差为:

$$E_{1-2} = H_s + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \quad (1-6)$$

以上两式中 H_s —— 静水头, m;

$\alpha_1 v_1^2 / 2g$ —— 上游的动水头, m;

$\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2 / 2g$ —— 上下游动水头之差, m;

Z_1 —— A 点相对于某一基准点的位置高度, m;

Z_2 —— B 点相对于同一基准点的位置高度, m;

γ —— 水的比重, 其值为 1;

α_1 、 α_2 —— 断面的动能不均匀系数;

v_1 、 v_2 —— 断面 I、II 的平均流速, m/s;

g —— 重力加速度, m/s²。

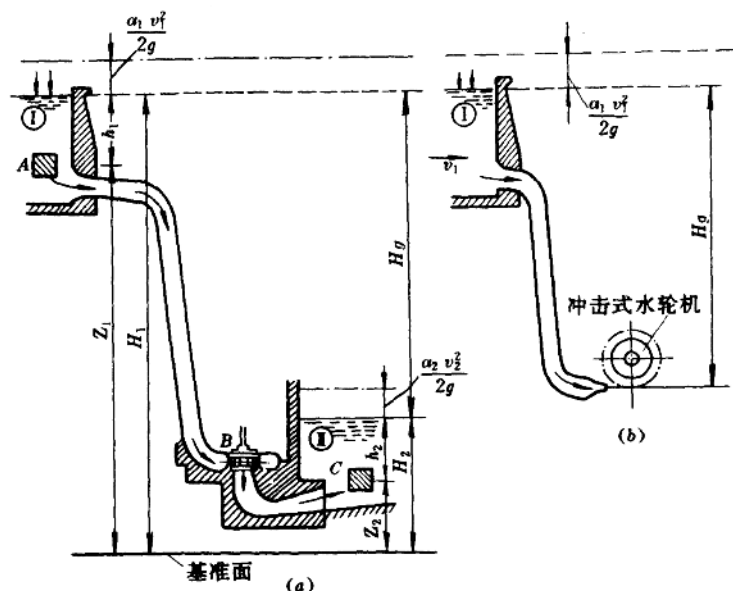


图 1-1 水电站利用的水头
(a) 反击式水轮机; (b) 冲击式水轮机

由于动水头的数值一般很小, 尤其对具有水库的水电站其值更小, 故通常忽略不计。这样, 静水头就等于上下游水位之差, 近似于毛水头。

由毛水头或静水头减去沿程和局部水头损失, 即为水电站的净水头或有效水头。

三、水电站的流量

常规水电站的流量主要来自河川径流。由于河川径流由降雨或融雪产生, 故在年和年际间分配不可能均衡。洪水期流量很大, 枯水期流量很小; 丰水年来水流量大, 枯水年份来水流量较小。因此, 河川径流不可能全部被水电站所利用, 利用的程度视具体情况而

定。

若河川径流在年和年际间分配比较均衡，水电站的过水能力较大，则被水电站利用的水量（流量）愈多；反之，则愈少。

四、与水电站水头有关的术语

1. 水位 指水面在某一基准面以上的高度。1956年我国完成的1/50000陆地测量图，统一用的是黄海基面，后来曾把黄海基面作为全国的标准基面，但各地区在实用中，还有沿用吴淞以及假定基面等。

2. 库水位 为大坝上游水库水面的高程，通常在坝前标志库水位高程。

3. 校核洪水位 相应大坝校核标准的洪水位，也是水电站设计中所规定允许达到的最高库水位，故也称为上游最高洪水位。

4. 防洪高水位 水电站为承担下游防洪时所拦蓄的洪水，坝前所达到的洪水位称防洪高水位。

5. 正常蓄水位 水库在正常运用情况下，为满足兴利要求，应在开始供水时蓄到的库水位。这在设计阶段已经确定，运行设计要经过审批后才可以更改，一般不允许任意变动。

6. 死水位 水电站在正常运用情况下，水库允许消落到的最低水位；有的水电站水库还设置有极限死水位，这是遇到特枯水年份允许消落到的水位，但必须确定在引水口以上一定的高度。

7. 防洪限制水位 水库在汛期允许兴利蓄水的上限水位，也是水库在汛期防洪运用时的起调水位。

8. 上游水位 水电站上游水位或水库水位的泛称。

9. 年消落水位 对多年调节水库为调节年内水量的分配不均，不需要利用全部调节库容，也即不需要每年都放空到死水位，在一般情况下只需放到一定的水位，称之为年消落水位。也可以说，是多年调节水库年库容的下限水位。

10. 尾水位 水电站尾水出口处的水位。

11. 下游水位 大坝下游各种水位的泛称，但在径流调节计算中，也把尾水位称为下游水位。

12. 落差 指河流上不同两个断面的水位差。有人把同一断面上下游的水位差称之为落差，就是水头。

13. 最大水头 上游最高水位与下游最低水位之差。在水能计算中，都将正常蓄水位与泄放保证流量时的下游水位之差作为水电站设计最大水头。

14. 最小水头 水库上游死水位与下游最高水位之差。在水能计算中，将死水位与泄放装机容量最大过水流量时的下游水位之差作为水电站设计最小水头。

15. 平均水头 这个水头有各种各样的定义，通常是指多年出现水头的平均值。

16. 发电平均水头 设计阶段以长系列径流调节后各个时段水头的平均值；运行阶段以多年运行纪录统计的水头平均值。

五、同水量有关的术语

1. 径流 流量和水量的统称。

2. 调节流量 天然流量经过水库调节后下泄的流量。
3. 保证流量 对发电来讲,指发保证出力所需的流量。
4. 机组最大过水能力 指水轮发电机组在设计水头时最大的过水流量。
5. 单位耗水量 对水电站而言,指发某一出力或发某一电量所消耗的水量。
6. 耗水率 指每千瓦出力或每度电量所消耗的流量或水量。
7. 总库容 系指校核洪水位以下(或正常蓄水位以下)的水库容积。
8. 死库容 死水位以下的水库容积。
9. 调节库容 正常蓄水位与死库容之间的水库容积。也有称之为有效库容。
10. 库容 水库容积的泛称。

第三节 水电站在国民经济中的作用

在电力系统各种电源中,已建成投产的水电站可以称得上是最好的电源。其最大的优点是发电不需要燃料,没有污染,还有综合利用效益。加之机组启停灵活,改变工况迅速,一般水力机组在运转状态下,变动出力,只需几秒钟的时间。因此,水电站在电网中有着重要的作用,远比其他电源要大。

一、在电力系统中的作用

凡具有一定调节能力的水电站在电力系统中的作用是多方面的,分述如下。

(一) 发电

这是水电站的主要任务。若在汛期,水电站不承担其它任务,对高水头水电站而言,汛期满负荷率时几乎可达到100%。但低水头电站因汛期水头降低出力受阻,满负荷率时就不一定达到100%。

(二) 调峰

这也是水电站的主要任务之一。电力系统中,因用户的结构和用电性质不同,一昼夜24h内各个时间所需的电量和出力是不一样的,一般出现前低后高两个峰型。见图1-2。前一个高峰在早晨7~8点钟上班的时候;后一个高峰在晚上7点钟左右,那时正是家用电器开动的时候。但也有几个峰的情况,这与上下班制度有关。负荷低谷在凌晨3~4点钟的时候。在点划线以下的面积称为基荷,出力为一常数;点划线与长虚线之间的面积称为腰荷;长、短虚线之间的面积为峰荷,总(中)调下达给电厂的负荷常为图1-2(b)的形状。因水电站启动快,所以很适合担任电力系统中的峰荷。

(三) 调频

我国采用的标准周波是每秒50Hz,允许变动的幅度为 $\pm(0.2\sim0.5)$ Hz(各电网不一样)。如果周波变动超出这个范围,表示电力系统中的供需不平衡。造成灯光闪动、电钟快慢不均,必须尽快调整周波(称之为调频),否则一些电器将被损坏。由于调频要求快速反应,而水电站正好具备这个优点,故一般由库容大的水电站的机组承担。调频实际上是水电站承担负载备用与事故备用的综合表现,所不同的是有正负之分而已。

(四) 调相

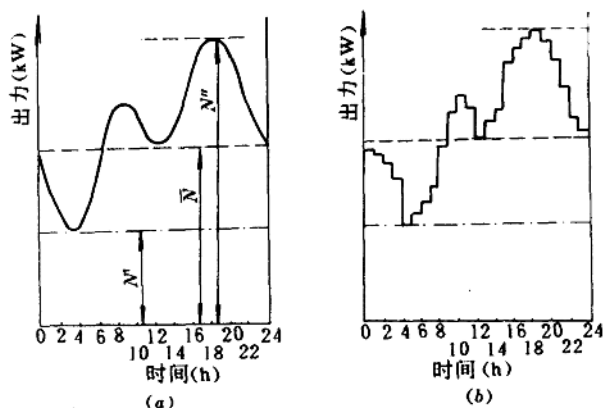


图 1-2 日负荷曲线

电力系统中有大量的异步（感应）电动机、变压器以及回路等，要消耗大量的电感性无功功率。由于水轮发电机为同步电机，因此，如系统中缺乏无功调相设备，可由水电站来承担。可将水轮发电机的有功负荷减为零，关闭导水叶，排空转轮室内的水量，使转轮脱水，从电网吸收有功功率带动发电机作电动机运行，充当系统中的调相机，发出无功功率。若机组在停运状态，必须先按发电机运行方式投入系统，并降低到较小的出力，然后再操作励磁调节开关，使机组转入调相运行。但距负荷中心较远的水电站不宜进行调相，否则将加重线路中的损耗。

（五）备用

水电站在电力系统除起到以上作用外，还可承担各种备用。

1. 负载备用 电力系统中的负荷并不像图 1-2 所示的那样变化均匀，而是时刻在波动着，如图 1-3 所示。这部分波动负荷，如图 1-3 中的 ΔN 。较大的电力系统中的 ΔN ，约占最大负荷的 5% 左右。因此，在电力供需平衡中，按图 1-2 平衡是不能满足电力系统对容量的要求，还要考虑承担瞬时波动负荷的那部分容量，即负载备用，这个快速承担负荷的任务由在运转中的水轮发电机最能胜任。

2. 事故备用 系统中各类电站、每台机组随时都有可能发生事故，使电力供需平衡受到影响。为了使电力系统正常运行，需要其它机组很快补上，水电站承担事故备用比较经济，但必须有一定的备用水量，故只具有日、周调节的水电站一般不承担事故备用。

3. 检修备用 一年内的负荷并不是一个固定值，对无排灌任务的电力系统负荷，负荷呈凹形趋势，即年初年末月份的负荷较高，中间月份的负荷较低，见图 1-4。

设计阶段，为了使系统中的容量都能发挥作用，故机组检修安排在负荷低凹时（即图 1-4 中的斜线面积）。但当低凹面积不够安排机组检修容量时，需要增加检修备用容量。

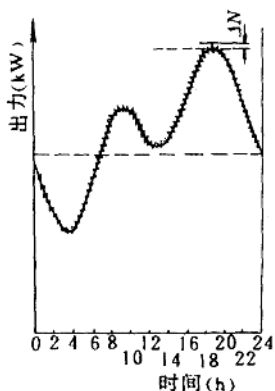


图 1-3 系统中实际负荷曲线

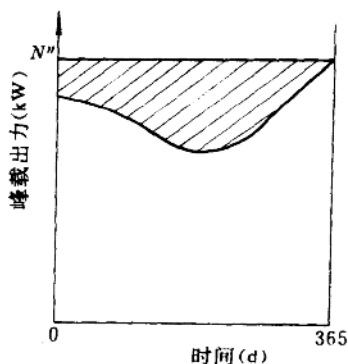


图 1-4 年负荷曲线

二、在其它综合利用中的作用

水电站除了发电外，有的水电站水库还有防洪、灌溉等其它综合利用任务。

1. 防洪 据不完全统计，到 1988 年止，全国已建成容量在 1.2 万 kW 以上的大中型水电站 180 多座，其中承担有防洪任务的 50 多座。这些电站在不同程度上为下游防洪起到了一定的作用。尤其像丰满、三门峡、丹江口等大型水电站，防洪作用更为显著。如丹江口水库为配合南水北调，正常蓄水位由 157m 加高到 170m 后，可为汉江下游防治 1935 年型的特大洪水。

2. 灌溉 180 多座大中型水电站水库中，具有灌溉任务的约 80 多座，这些电站都取得了不同的灌溉效益。如刘家峡水电站水库建成后，改善了甘肃、宁夏、内蒙古 1000 多万亩河套灌区的灌溉情况，并增加灌溉面积 500 万亩。

3. 其它 不少水电站除了具有以上防洪、灌溉的作用外，还有航运、过木、供水、养殖、旅游等其它综合效益。如乌江渡、龚咀具有明显的航运过木效益；官厅、密云水库对首都的供水起到了很大的作用；若丹江口引水北调方案实现，基本上可缓和、解决华北和京、津地区的严重缺水问题；新安江水库建成后，所形成的千岛湖旅游区，中外游客络绎不绝，取得了很大的经济效益。此外，具有水库的水电站，大多数可开发水产养殖。

第二章 水轮机组特性

第一节 水轮机的分类及适用范围

根据水轮机转轮所转换水流能量的形式不同可分为反击式水轮机和冲击式水轮机两大类。又因水轮机转轮内水流流态和水轮机结构的不同，每类可分为多种型式。

一、反击式水轮机

反击式水轮机所获得的机械能主要由水流压力能转换而成。可分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式四种。

(一) 混流式

混流式也称法兰西斯式水轮机。这种水轮机水流沿辐向流进转轮，沿轴向流出，即转轮内混合着两个不同的流向。当转轮的进口直径 D_1 大于转轮的出口直径 D_2 ，转速较低；反之，转速较高，如图 2-1。

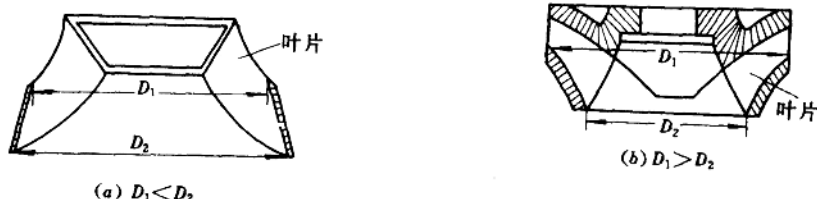


图 2-1 混流式水轮机

(二) 轴流式

轴流式水流进出转轮都是轴向的。轴流式又分为转桨式和定桨式。前者分布在转轮轮毂上的叶片可围绕本身的轴旋转，也称之为卡普兰式或旋桨式水轮机；后者分布在转轮轮毂上的叶片是固定的，故称之为螺旋桨或定桨式水轮机，见图 2-2。

(三) 斜流式

斜流式水轮机介于混流式与轴流式之间，其主要差别在于转轮叶片的中心线与转轮的中心线成一定的角度。根据叶片本身能否旋转也分转桨式和定桨式两种，见图 2-3。

(四) 贯流式

贯流式水轮机（图 2-4）比转速高，适应于低水头、大流量，水轮机没有蜗壳。根据封闭情况，可分为全贯流式和半贯流式。其中半贯流式又可分为灯泡式、轴伸式和竖井式。

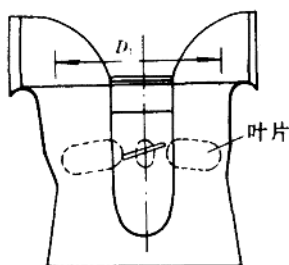


图 2-2 轴流式水轮机

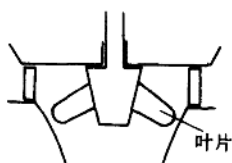


图 2-3 斜流式水轮机

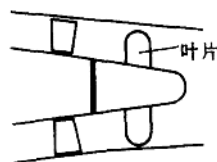


图 2-4 贯流式水轮机

二、冲击式水轮机

冲击式水轮机所获得的机械能全由水流动能转换而成。可分为水斗式、斜击式和双击式三种。

(一) 水斗式

水斗式水轮机的喷嘴射出来的水柱与转轮圆周方向相切，冲击到装在转轮四周的水斗上，使转轮旋转产生机械能，带动发电机发电，见图 2-5。

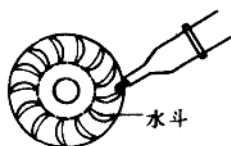


图 2-5 水斗式水轮机

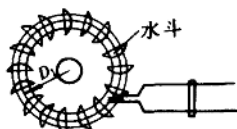


图 2-6 斜击式水轮机



图 2-7 双击式水轮机

(二) 斜击式

斜击式水轮机的喷嘴斜向布置，由喷嘴射出来的水柱与转轮所在的平面成一斜射角，见图 2-6。

(三) 双击式

双击式水轮机喷嘴射出来的水柱，先沿转轮叶片流向中心，约把 70%~80% 的水能传给转轮，后水流穿过转轮内部空间再次流经叶片，沿着叶片从中心流向边缘，将剩余的水能传给转轮，见图 2-7。

三、各种类型水轮机的适用范围和基本参数

(一) 水轮机型号

水轮机的产品型号由三部分组成，各部分之间用短横线隔开。第一部分代表水轮机型式及其转轮的型号，型式用两个汉语拼音字母表示，转轮型号用阿拉伯数字表示；第二部分代表主轴的布置形式和引水室特征，均用汉语拼音字母表示。主轴形式为竖轴，用 L 表

示；主轴形式为横轴用 W 表示；第一、第二部分的水轮机型式及引水室特征代号见表 2-1。第三部分代表水轮机转轮标称直径 D_1 （以 cm 计）或其它必要的指标，用阿拉伯数字表示。

混流式水轮机转轮的标称直径指转轮进口边缘的最大直径；轴流式、斜流式和贯流式水轮机转轮的标称直径为与轮叶轴线相交处的转轮室内径；冲击式水轮机转轮的标称直径为切于喷嘴射流中心线的圆周直径，其表示方法如下：转轮的标称直径/作用在每一转轮上的喷嘴数目×设计射流直径。

例如：HL220-LJ-550 表示混流式水轮机，转轮型号为 220，立轴，金属蜗壳，转轮直径为 550cm。

2CJ××-W-120/2×10 表示一根轴上有两个转轮的水斗式水轮机，转轮型号为××，横轴，转轮直径 120cm，每个转轮上有两个喷嘴，设计射流直径为 10cm。

表 2-1 水轮机型式及引水室特征代号

水轮机类别	反 击 式						冲 击 式		
水轮机型式	混流式	轴流式		斜流式	贯流式		水斗式	斜击式	双击式
		转桨	定桨		转桨	定桨			
代 号	HL	ZZ	ZD	XL	GZ	GD	CJ	XJ	SJ
引水室特征	金属蜗壳	混凝土蜗壳	灯泡式	明槽式	罐式	竖井式	虹吸式	轴伸式	
代 号	J	H	P	M	G	S	X	Z	

注 可逆式水轮机在以上两个字母之后再加“N”。

表 2-2 不同类型水轮机的适用范围

水轮机类别	反 击 式					冲 击 式		
水轮机型式	混流式	轴流转桨式	轴流定桨式	斜流式	贯流式	水头式	斜流式	双击式
比转速范围	50~300	200~850	250~700	100~350	高比速	5~35	30~70	35~150
适用水头范围 (m)	30~700	3~80	3~50	40~120	2~30	>700	25~300	5~80

(二) 适用范围

反击式水轮机的比转速比冲击式相对要高，但适用水头相对要低。根据不同类型水轮机的结构和性能，其适用范围见表 2-2。

(三) 水轮机的基本参数