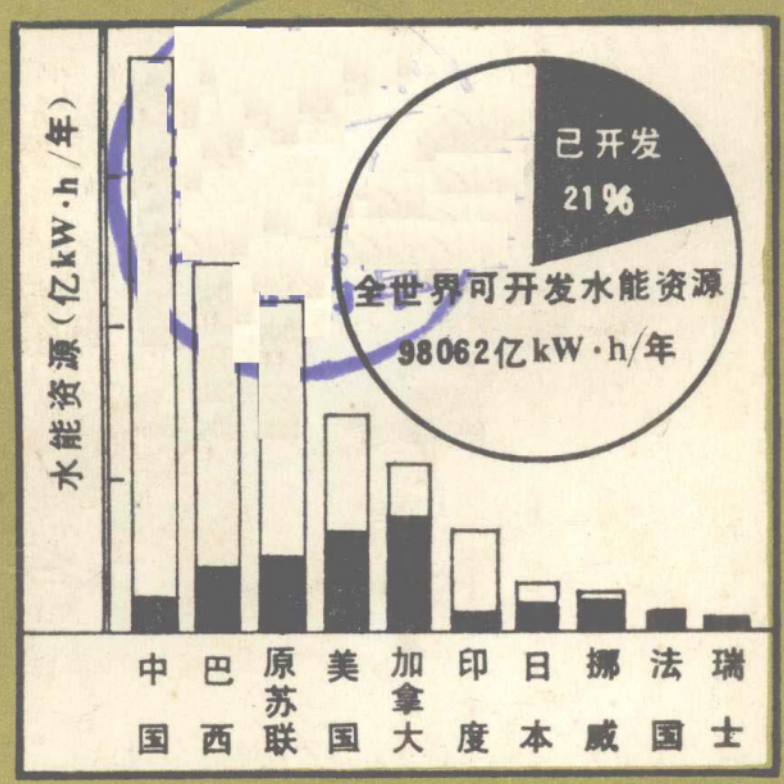


水力发电  
技术知识  
丛书  
中国水力发电工程学会主编

# 第一分册

# 水力发电概况

朱成章



水利电力出版社

72.14

226

科技新书目：306—606

ISBN 7-120-01767-5/TV·684

---

定价： 6.30 元

水力发电技术知识丛书

---

中国水力发电工程学会主编

第一分册

# 水力发电概况

---

朱成章

水利电力出版社

(京)新登字115号

## 内 容 提 要

本书概述了我国得天独厚、丰富的水能资源以及水电的开发利用方式,还对比介绍了我国新旧社会水电建设的情况。主要章节有:丰富的水能资源;水电基地和中小型水电;水电开发方式和水电站的型式;旧中国的水电开发;新中国的水电建设。

水力发电技术知识丛书

第一分册

水力发电概况

朱成章

\*

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

北京樱花印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 6.625印张 146千字 1插页

1994年1月第一版 1994年1月北京第一次印刷

印数0001—1170册

ISBN 7-120-01767-5/TV·684

定价 6.30 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，对我国的经验、国外水平以及发展前景也作适当介绍。

读者对象以具有中学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，提高业务能力和管理水平。中学文化程度的技术工人，通过学习可为掌握专业技术打下初步基础，并提高技术水平。有某种专业的技术干部，通过学习也可了解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 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，以大量时间和精力进行编写和审校，特此一并致谢。

《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

1982年8月

## 《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

主 任 施嘉炆

副主任 陆钦侃 舒扬桀 刘颂尧

编 委 (按姓氏笔划为序)

于开泉	王伊复	王圣培	伍正诚	冯尚友
李毓芬	刘颂尧	沈 晋	谷云青	陈叔康
张勇传	汪景琦	施嘉炆	陆钦侃	唐集尹
舒扬桀	董毓新	程学敏	杨德晔	



## 前 言

《水力发电技术知识丛书》第一分册《水力发电概况》，原由《丛书》编辑委员会副主任陆钦侃总工程师编写，由于陆总工作繁忙未能完成。1990年夏，陆总生病住院，嘱托我编写《水力发电概况》一书。在陆总热情关怀下，于1991年6月完成初稿。编辑委员会约请陆钦侃总工程师审阅，字斟句酌，逐章逐节提出修改意见，并对附录用最新资料详细订正、补充。对陆总的帮助表示深切感谢。

本书目的在于阐明：我国水力资源丰富，水能资源得天独厚，居世界各国之首。我们充分利用水能资源，大力发展水电，可以缓和电力和能源供应紧张，改善能源结构，提高二次能源比重，减轻煤炭开采和运输压力，以及保护生态环境。世界各国开发能源，都优先开发水电。因为水电是可再生资源，发电成本低廉，没有污染。水电开发是一次能源开发和二次能源转换同时完成的，相当于建设火电站和煤矿。水电机组起动、停机方便，调度性能好，可承担系统的调峰和事故备用，是电网中的优质廉价电源。

本书可使广大读者了解水电，认识水电，并支持水电的加快开发。

由于编者水平有限，不妥之处，诚恳地希望广大读者批评、指正。

编者

1992.12



# 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 水能计算的基本公式	1
第二节 水能的原始利用	3
第三节 水电的优越性	8
第二章 丰富的水能资源	14
第一节 水能资源的基本条件	15
第二节 水能资源的估算	20
第三节 水能资源的分布和特点	27
第四节 潮汐资源的普查	35
第三章 水电基地和中小型水电	41
第一节 建设大水电基地	41
第二节 中型水电的开发	68
第三节 小水电的开发	76
第四章 水电开发方式和水电站的型式	89
第一节 河流的开发方式	89
第二节 水电站的基本型式	97
第三节 水电站的分类	102
第四节 抽水蓄能的开发	116
第五节 海洋能的利用	124
第五章 旧中国的水电开发	135
第一节 半殖民地半封建的中国水电开发步履维艰	135
第二节 帝国主义对我国水能资源的掠夺	151
第三节 解放区小水电	154

第四节	旧中国水电建设总结 .....	156
第六章	新中国的水电建设 .....	158
第一节	水电建设的成就 .....	158
第二节	水电建设的历程 .....	163
第三节	水电建设的主要经验 .....	170
附录	.....	175
参考文献	.....	203

# 第一章 概 述

滔滔江河，蕴藏着丰富的水能资源。早在几千年前，人类就懂得并利用水流作为动力，推动水车汲水灌田或冲动水轮，带动石碓、石碾、石磨来舂米、磨米、磨面。水车汲水，水轮带动水磨的基本原理是利用水流的能量转化为机械能来做功。随着电力工业技术的发展，发明了发电机和输电技术，使水能转变成电力，并能远距离输送，加快了水能的开发利用。现在人们已经能够在大小河流上修建各种类型的水工建筑物，集中落差，引用和调节水量，通过水轮机把水能转变为机械能，又通过发电机把机械能转变为电能，再用输电线把电力输送到城市和乡村，为国民经济和人民生活提供丰富的电力。

## 第一节 水能计算的基本公式

俗话说：“人往高处走，水往低处流”。滚滚流淌的江河水，挟带泥沙卵石，会冲刷河床和堤岸；从悬崖上飞流直下的瀑布，会把岩石冲成深潭；种种自然现象告诉人们水流具有能量，称为水能。

水流能量的大小，与水体数量和落差有关，可以由“自由落体的能量”等于“落体重量与其重心下降高度的乘积”这个物理公式来加以计算。即：

$$E_0 = \gamma WH = 1000WH (\text{kg} \cdot \text{m}) \quad (1-1)$$

式中  $E_0$ ——水体能量， $\text{kg} \cdot \text{m}$ ；

$\gamma$ ——水的单位体积重量， $\gamma = 1000 \text{kg}/\text{m}^3$ ；

$W$ ——水量， $m^3$ ；

$H$ ——落差或水头， $m$ 。

单位时间  $s$  所作的功即为功率，通常称水能出力，可以用下式来计算：

$$N_0 = 1000 \frac{W}{T} H = 1000QH \text{ (kg} \cdot \text{m/s)} \quad (1-2)$$

式中  $N_0$ ——出力， $kg \cdot m/s$ ；

$T$ ——时间， $s$ ；

$Q$ ——流量， $m^3/s$ 。

功率经常用单位  $W$  或  $kW$  表示， $1kW = 102kg \cdot m/s$ ，所以公式 (1-2) 的理论出力可以换算为：

$$N_0 = \frac{1000}{102} QH = 9.81QH \text{ (kW)} \quad (1-3)$$

水流能量的利用，首先引水通过水力机械转变为机械能，然后通过发电机，把机械能转变成电能。在引水和能量转换过程中，不可避免地要有能量损失。因此，水流能量要打一个折扣，才是水流可利用的能量。这一折扣用效率概念表示，符号为  $\eta$ ，所以可利用的水流出力可以用下式来表示：

$$N = 9.81\eta QH \text{ (kW)} \quad (1-4)$$

在粗略估算中，式中  $9.81\eta$  一般取用  $8$ 。从公式 (1-3) 看到，构成水能计算的两个基本参数是流量和水头。河流的流量越大，落差越高，水能蕴藏量也就越大。

例如，计算某河段的水能理论蕴藏量，即以该河段的多年平均流量  $\bar{Q}$  和平均落差  $\bar{H}$ ，按公式  $\bar{N} = 9.81\bar{Q}\bar{H}$  计算出平均出力；累计某河段各月的平均出力，可得某河流一年的水能理论蕴藏量。以此乘  $8760 \text{ h}$ ，可得出理论年电量。

计算某水电站的年发电量，则需根据其水库调节后分时

段（月、旬）的流量、水头，按公式 $N=8QH$  计算出力，乘以该时段的小时数，得该时段的发电量，然后累计一年内各时段的发电量可得出年发电量。丰水年、平水年和枯水年由于流量和水头不同，因此年发电量也不同。

## 第二节 水能的原始利用

我国劳动人民早就发现了水能资源并且巧妙地加以利用。据史料记载：我国劳动人民利用简单的机械开发水能，代替繁重的体力劳动，已有近2000年的历史。我国是世界上最早利用水能的国家之一。利用河流水能资源有多种方法。最简单的办法是利用天然跌水或流动着的天然水流，直接冲击水力机械，把水能转变为机械能。另一种办法是拦河修堰（指坝顶可供溢流的坝或透水坝）。抬高河水位，集中水头，在堰一旁下游安装水力机械，把堰上游的水引过来，冲击水力机械。第三种办法是在河道一旁开挖渠道，使渠道的坡度比河道小，水流在渠道中流过一定距离后，渠里的水面就比河水面高了，形成了水头，再从渠道向河道引水，也可以冲击水力机械。

我国古代的水力机械以木制水轮为主。水轮有两种：一种是竖轴式，水轮的轴垂直于地面，水轮平行于地面；另一种是横轴式，水轮的轴平行于地面，水轮垂直于地面。竖轴式水轮利用由高处冲下来的水流，或河流里湍急的水流冲动轮叶，使水轮旋转。横轴式的水轮，分为上击式和下击式。上击式水从轮顶部冲动轮叶；下击式水从轮的下部冲动轮叶。

水轮和其他机械的联系方式也有两种：一种是水轮和工作机械连成一体，如磨面的磨可以直接安装在竖轴式水轮的

轴上，水轮和水磨以同样的速度旋转。如下击式横轴水轮周边带有水筒，在水流冲击水轮转动时把装满水的水筒升高，用来提水。另一类是水轮轴上装有齿轮，用齿轮来传动工作机械。古代的水力机械有以下几种：

(1) 水排。公元31年（汉光武帝建武七年）杜诗创造了利用水能为动力的鼓风机，叫作水排。铸铁需要高温冶铁炉，要提高炉温就要多向炉子里送空气，因此需要有鼓风设备。最初用人力鼓风叫人排，后来用畜力鼓风，因为多用马，所以又叫马排，水排的利用是冶铁技术上的一大进步。到公元215年，三国时韩暨推广了水排，提高三倍效益使冶铁成本大大降低。元代水排如图1-1所示。我国发明和运用水排时间，要比欧洲早1000多年。

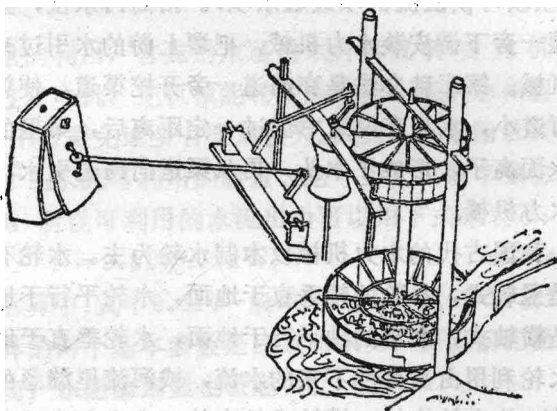


图 1-1 水排示意图

(2) 水碓（音duì）和水磨。公元260~270年间（魏末晋初）杜预发明了连机碓。《晋书》上记载着“今人造作水轮，轮轴长可数尺，列贯横木，相交如滚轮之制。水激

轮转，则轴间横木，间打所排碓梢，一起一落舂之，即连机碓也”。古代最初用人力加工粮食，把稻谷加工成精米，耗费大量人力，水碓发明后，节省了大量劳动力。如图1-2所示的连机碓，横轴水轮的轴上穿着4根短横木，旁边的木架子上安装着4根舂谷物的碓梢。横轴上的短横木随水轮转动时，压住碓梢的尾部，安装着碓的头部就翘起来。短横木转了过去，翘起的碓就落下去舂谷物或糙米。4根短横木不断地压着碓梢，碓就不断地舂米。

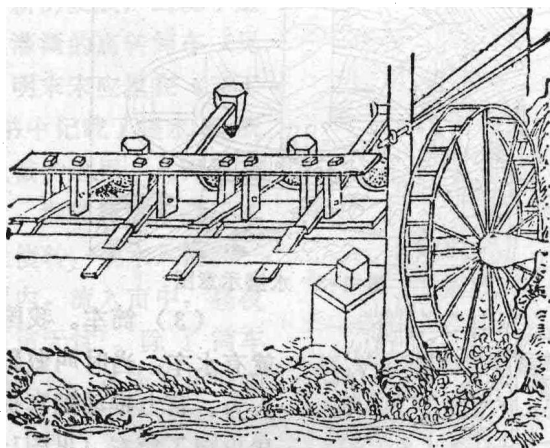


图 1-2 连机碓示意图

公元220~300年间（约在东汉末到西晋之间）就有了水磨，不久又出现了水碾（音niàn）。人力推动的磨，上盘转动，下盘固定。水磨恰巧相反，上盘固定，下盘转动，下盘和水轮装在同一根轴上，水轮转动，水磨也就跟着工作起来（见图1-3）。如果水磨和水轮不同轴，就用木齿轮传动水磨。



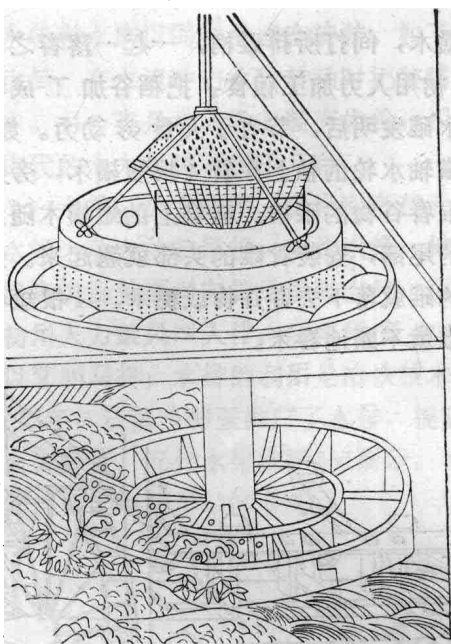


图 1-3 水磨示意图

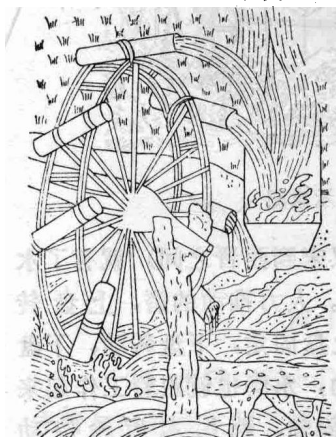


图 1-4 筒车示意图

(3) 筒车。我国东汉时就有水车，当时叫做翻车，靠人力、畜力推动翻车提水。唐代出现了筒车（见图1-4），是水车的一次技术革命。唐代陈廷章在《水轮赋》中生动地描绘了新式筒车的功能，它“凭河而引”，“终夜有声”，“钩深致远，沿洄而可”，“在山下，利用天然的水力可以日夜不息地灌溉着远近的高田，这是人力翻

车所无法比拟的。还可沿河架起一群筒车，南宋张孝祥在一首诗中也生动地描述了这种筒车群，“象龙唤不应，竹龙起行雨。联绵千车辐，伊轧百舟槽。转此大法轮，救汝旱岁苦。横江锁巨石，溅瀑叠成鼓，神机日夜运，甘泽高下普。老农用不知，瞬息了千田。抢孙带黄犊，但看翠浪舞”。这些都说明当时水车成为生产力的代表，被诗人墨客广为传诵。

到了元、明两代水力提水工具又有新的发展，出现了适用于高地灌溉的高转筒车（见图1-5）。明末宋应星在《天工开物》一书中记载了提水灌溉与水力机械的运用：“凡河滨有制筒车者，堰陂障流，绕于车下，激轮使转，挽水入筒，一一倾于视内，流入亩中，昼夜不息，百亩无忧”。除了筒车和高转筒车外，还有利用竖轴

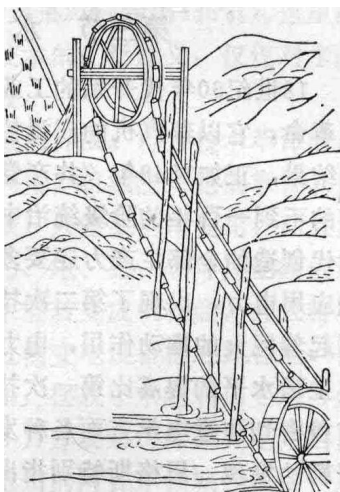


图 1-5 高转筒车示意图

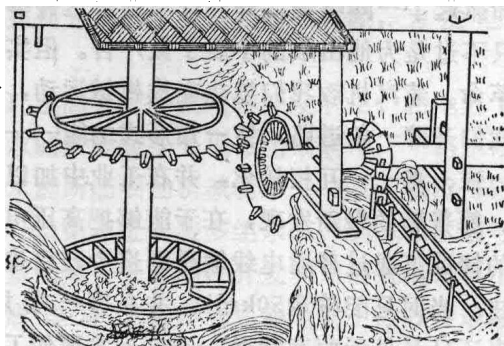


图 1-6 水轮带动水车示意图