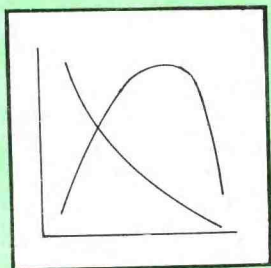


水力发电  
技术知识  
丛书  
中国水力发电工程学会主编

第三分册

# 水能经济

李国强



水利电力出版社

## 内 容 提 要

本书内容可分为三部分：第一部分介绍与水能经济计算有关的电力系统的若干基本概念；第二部分介绍水能经济计算的方法和内容；第三部分介绍水能经济计算在水能设计中的应用，包括正常蓄水位选择、死水位选择和装机容量选择。

本书供具有高中程度的各级管理干部和水电设计广大职工阅读。

水力发电技术知识丛书

第三分册

水 能 经 济

李国强

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

737×1092毫米 32开本 4.5印张 97千字  
1983年9月第一版 1983年9月北京第一次印刷

印数0061—1230册

ISBN7-120-00774-2/TV·251

定价3.00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 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核，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 施嘉场

副主任 陆钦侃、舒扬荣、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、施嘉场、陆钦侃、唐集尹、

舒扬荣、董毓新、程学敏、杨德晔

# 目 录

关于编写《水力发电技术知识丛书》的说明

《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

绪言	( 1 )
第一章 电力系统	( 4 )
第一节 电源及容量组成	( 5 )
第二节 负荷及其特性	( 7 )
第二章 电站技术特性及其运行方式	( 17 )
第一节 火电站	( 17 )
第二节 水电站	( 28 )
第三章 电力电量平衡	( 40 )
第一节 概述	( 40 )
第二节 不需装检修备用容量的电力平衡	( 41 )
第三节 需要设置检修备用容量的电力平衡	( 49 )
第四节 丰水年、中水年和特别枯水年的电力平衡	( 50 )
第四章 水能经济计算的目的和内容	( 52 )
第一节 计算目的	( 52 )
第二节 计算课题	( 52 )
第五章 水、火电站能量指标及经济特性	( 55 )
第一节 水电站能量指标及经济特性	( 55 )
第二节 火电站的能量指标与经济特性	( 60 )
第六章 动态经济计算的基本知识	( 64 )
第一节 资金价值、利息等基本概念	( 64 )
第二节 动态经济计算公式	( 67 )
第七章 水能经济计算的基本准则和方法	( 75 )
第一节 水能经济计算的基本准则	( 75 )

第二节	水能经济计算的基础	( 76 )
第三节	水能经济计算的方法	( 78 )
<b>第八章</b>	<b>水能经济计算中的主要问题</b>	<b>( 102 )</b>
第一节	各类电站方案的可比条件	( 102 )
第二节	综合利用水利枢纽的投资分摊	( 103 )
第三节	水电站建设方案的财务分析	( 106 )
<b>第九章</b>	<b>正常蓄水位和死水位选择</b>	<b>( 109 )</b>
第一节	概述	( 109 )
第二节	正常蓄水位选择	( 112 )
第三节	正常蓄水位选择实例	( 115 )
第四节	死水位选择	( 125 )
<b>第十章</b>	<b>装机容量选择</b>	<b>( 128 )</b>
第一节	概述	( 128 )
第二节	装机容量选择的步骤	( 129 )
第三节	装机容量选择算例	( 133 )

## 绪 言

水电站水能经济作为一门学科，是水能利用学科的一个重要组成部分，是研究水电站的效益（指电站的容量和电量效益）与支出（指投资与年运行费）间变化规律的一门技术经济科学，也是评价水电站各个方案经济效果的一门科学。从水能的利用观点看，它是一门技术科学；从经济计算与分析观点看，它是一门技术与经济相结合的，并以技术为主的技术科学。这门科学有3个显著的特点。

### 1. 资料多变

水能经济计算所依据的资料，概括起来是来水和用电资料，以及某些技术经济指标。这些资料的来源，往往是根据历史资料推算出未来可能出现的数据，由于客观条件的变化，认识问题受客观条件的限制，不可能预测的很准确，因此要不断补充和修正。

### 2. 涉及面广

水能经济计算与分析过程，也就是论证与选定方案的过程，在此全过程中，它涉及的因素多，面也比较广，以一个水电站水能设计为例，涉及到上游、下游甚至全河流的开发；河流的综合利用；区域性电源的配合与选择；工业、农业、交通运输、人民生活等各行各业的用电特点；从设计单位内部来讲，还涉及到各个专业之间的配合，因此，若使工作做得更好，要不断扩大专业知识。

### 3. 计算与分析相结合

在拟定设计方案，进行水利水能计算、电力电量平衡，



选用技术经济指标，分析、衡量方案的利弊、方案的取舍时，有许多因素往往不能反映到经济计算里面。对于那些不能用定量来表示的因素，只有通过分析解决。计算、分析二者相互结合，相辅相成，二者不可缺一。

水能经济这门技术科学，在应用于具体工程时，主要解决以下三项任务。

(1) 选择区域性水电电源开发程序；

(2) 确定河流规划梯级开发方案并选择第一期开发工程；

(3) 选定水电站正常蓄水位、死水位、装机容量等主要参数。

概括地讲，水能经济用于方案选择时，就是在同等程度满足国家对电力、电量和其它综合利用要求的前提下，选用车费用最小或在计算期内总费用最小的方案。

此外，还要强调一下，电力工业是国民经济的重要组成部分，电力要先行，需要进行大规模的电力建设。水电站的建设则是电力工业发展中不可缺少的十分重要的部分。为了更好地利用和更快的开发水能资源，必须合理地使用建设资金，遵循客观经济规律，讲求经济效果。

水能经济包括经济计算与分析。通过严格的、科学的计算与分析，评价工程项目投资效果。它是水电站投资决策的重要依据，是决定水电工程是否兴建的前提。

水能经济计算是从国民经济整体利益出发，不仅要计算电站本身的各个比较方案的费用和效益，而且要计算与之有紧密相关的部门的费用和效益，这样做，才能优选方案。由此可见，水能经济乃是水电站建设与否的关键所在。因此，我们应予以高度重视。

在编写好这本小册子后，曾蒙水电部科技情报所陆钦侃总工程师和水电部成都勘测设计院朱藻文高级工程师审阅，在此表示衷心感谢。限于笔者的水平，书中一定会有许多缺点，希望读者不吝指正。

## 第一章 电力系统

电力系统系由电源、输变电、用电三个方面内容组成。电源系指发电站，通过发电机生产电能，使各种能源经过机械能转化为电能；输变电系指通过变压器和输电线路输送并分配能源；用电系指通过电动机、电炉、电灯等各种电气设备消耗电能，在这些设备中，电能又可转化为机械能、热能和光能等。这些产生、输送、分配、消耗电能的发电机、电力线路及各种用电设备联系在一起组成的一个整体，称为电力系统，见图 1-1。

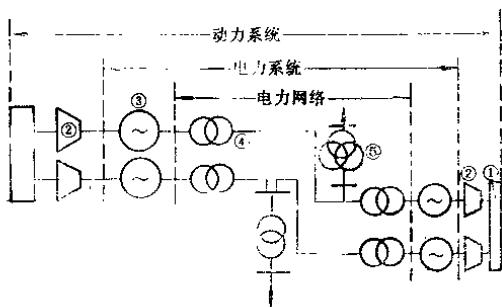


图 1-1

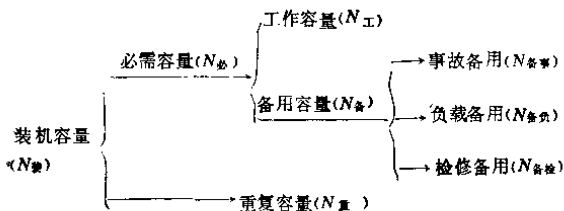
- ① 水库或锅炉；② 水轮机或汽轮机；③ 发电机；  
④ 双绕组变压器；⑤ 三相组变压器

动力系统还包括火电站的锅炉、汽轮机、热力网和用热设备；水电站的水库、厂房、水轮机以及核电站的反应堆

等。由此可见，电力系统又是动力系统的一个组成部分。在设计实践中，通常又将动力系统统称电力系统。电力系统按照电站的组成又可以分为：①纯水电系统（包括抽水蓄能和潮汐电站）；②纯火电系统（包括核能电站）；③水、火电混合系统。在混合电力系统中又可分为以水电为主或以火电为主的系统。我国的东北、华北、华东、华中等几个大的电力系统，都是以火电为主的电力系统。弄清楚这一点，对水能经济计算有着重要作用。

## 第一节 电源及容量组成

电力系统内有各类电站：水电站、火电站、蓄能电站、潮汐电站、核电站等。我们可将上述电站划分为两类：水电站和火电站。各类电站的容量组成如下所示：



各种容量的概念说明如下。

### 1. 装机容量 ( $N_{装}$ )

装机容量系指电站发电机铭牌上标明的额定出力的总和。或者说，电站全部机组在标准功率因数条件下所能发出的出力总和。装机容量由必需容量与重复容量组成。

### 2. 必需容量 ( $N_{必}$ )

必需容量系指电站（一个或多个）维持电力系统电力所必需的正常供电的容量。当电力系统用电负荷为某一水平时，增加水电站的必需容量，就可以相应地减少相当效益数量的火电或其它电源的必需容量。必需容量由工作容量与备用容量组成。

### 3. 工作容量 ( $N_{工}$ )

工作容量系指各类电站在电力系统内经常工作的容量。或者说水电站按保证出力运行时对电力系统所能提供的最大的发电容量。一座水电站工作容量的大小，同它的保证出力和它在电力系统日负荷图上的工作位置有关。当它的水库容积有一定能力调节天然径流，担负系统的尖峰负荷时，其工作容量总是比保证出力大若干倍。

### 4. 备用容量 ( $N_{备}$ )

备用容量系指超出系统内各电站总的工作容量，并能够参加系统运行的容量。备用容量又分为事故备用、负载备用和检修备用容量。

(1) 事故备用容量 ( $N_{备事}$ ) 是指系统内某些机组发生事故时，为避免系统限电，而保证正常供电所需要装置的发电容量。显然系统事故备用容量不应小于系统内一台最大机组的容量。事故备用容量的大部分应当考虑设置在运转的机组上，并尽可能分布在有足够的备用库容、或煤源充足的各主要电站上。

(2) 负载备用容量 ( $N_{备负}$ ) 系指用来维持电力系统标准周波而担负计划以外短时负荷或超过正常最大负荷意外的脉动负荷所需的发电容量。由于要求这部分容量启动迅速，因此，多由有调节能力的水电站担负。

(3) 检修备用容量 ( $N_{备检}$ ) 系指保证各类电站在一

年内的低负荷季节，降下来的空闲容量不能满足检修需要，因此，为满足全部机组按年计划检修而必须装置的发电容量。机组定期检修的目的是保证电站的正常运行，减少发生事故的可能性。应当指出，在系统各类电站运行期间，由于负荷的变化，有时出现空闲容量。对水电站来说，当遇到特别枯水年份，水量较小，水头较低，或其它原因，有一部分容量被迫发不出来，这部分容量称为受阻容量（ $N_{阻}$ ）。在运行过程中，各种容量之间，在一定条件下，是经常变化的。在设计与运行时应充分考虑发挥各类电站的优点。

#### 5. 重复容量（ $N_{重}$ ）

重复容量系指调节性能较差的水电站，为了节约火电燃料，多发季节性电量而增设的发电容量。增加的这部分容量，不能代替其它电站的容量，只能起到节约火电煤耗的作用。通常，是在水电站必需容量确定后，再进一步研究装置重复容量的经济合理性。

## 第二节 负荷及其特性

### 一、概述

电力系统负荷系指系统中千万个用电户用电设备消耗的电量的总和，再根据各类用电户的用电特点，年利用小时，并计入容量损失后求得的有功功率。各类用电户按生产及用电特点分：则有工业、农业、交通运输和市政生活用电等。工业中又分成各种工业，如采掘、石油、冶炼、化学、机械、建筑、纺织、造纸、食品工业等。农业则分农村加工工业、农业灌溉、照明等。交通运输主要指铁路电气化等。市政生活用电包括居住、公共建筑、街道、城市艺术装饰等照

明用电；电车；地下铁道；上下水道、生活用电气设备等。根据用电户重要程度，又可分为一、二、三类。一类用电户用电要确保、如高炉冶炼、医院手术用电等。三类用电户，则不甚重要，一旦遇到用电紧张，可以减少供电量。

## 二、负荷曲线

各类用电户的用电量的总和特点，集中地反映在负荷随时间而变化的特性曲线上。特性曲线有年、日过程线之分；又有用电、供电与发电曲线之别。水能经济计算中所采用的负荷曲线系用电曲线，它包括用电户负荷，线路损失和厂用电三部分。负荷曲线又分有功功率负荷曲线和无功功率负荷曲线；动态负荷曲线和静态负荷曲线。本书主要介绍有功功率负荷曲线，简称负荷曲线。典型日负荷曲线、动态年负荷曲线见图 1-2。

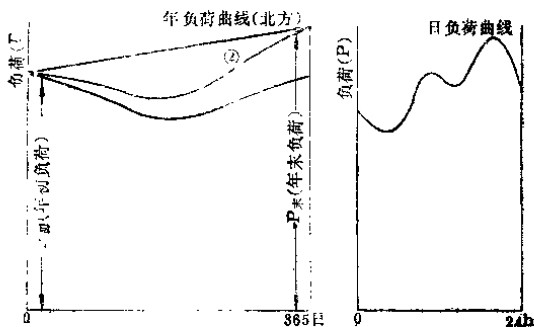


图 1-2

①静态负荷曲线；②动态负荷曲线

在水能经济计算中，经常需要的远景（或一定负荷水平年）负荷曲线。这类曲线的用途为：分析各类电站在系

统中的运行方式；编制系统的年电力电量平衡，确定装机容量及其利用程度；进行电力潮流分布及稳定计算。它是水能经济计算的一项十分重要的基础资料。编制负荷曲线的内容有：代表性的日负荷曲线和年负荷曲线。后者又分年内各月最大负荷的年负荷曲线和年内各月平均负荷的年负荷曲线。代表性日负荷曲线是反映系统负荷特性的主要资料，也是编制其它代表性负荷曲线的基础。因此，对典型日负荷曲线必须详细分析它的规律性、合理性。

### 三、负荷曲线的编制

编制典型日负荷曲线方法较多，在水能经济计算中较为普遍采用的方法有：①各类用户按用电典型日负荷曲线迭加法；②历史综合负荷曲线修正法。负荷曲线迭加法是用各类用户的最大负荷（ $P''$ ）分别代入各类用户典型日曲线（各小时用百分数表示），求得各类用电户日内每小时的负荷，然后将各类用电户同时负荷相加，得出日内各小时的总负荷，再除以线路损失率、厂用电率，乘上最大负荷的不同时出现的系数（称同时率），得出典型日负荷曲线。负荷曲线修正法是根据实际综合负荷曲线，按照远景用电结构变化情况和各行业负荷增量的大小，对影响较大的行业修正，再求代数和，求得各行业修正后的总和，再与选定的实际综合负荷曲线逐时相加（均用百分数表示），最后求得修正后的总的典型日曲线。这种方法，对于具有一定规模，有较多运行统计资料，负荷增长速度比较稳定，各行业之间用电比重变化不大的电力系统，较为合适。负荷曲线编制的具体步骤可参见有关专业书籍。

典型日负荷图如图 1-3 所示。为了便于分析日负荷图的特性，需计算日电量。在工程设计实践中，要先绘制日电



量累积曲线，可按下列表格形式进行计算：

负荷(P)	电量(E)	电量累积( $\sum \Delta E$ )
$P_0^*$	0	0
$\Delta P_{01} = P_0^* - P_1$	$\Delta E_{01}$	$\Delta E_{01}$
$\Delta P_{12} = P_1 - P_2$	$\Delta E_{12}$	$\Delta E_{01} + \Delta E_{12}$
$\Delta P_{23} = P_2 - P_3$	$\Delta E_{23}$	$\Delta E_{01} + \Delta E_{12} + \Delta E_{23}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\Delta P_{(i-1),i} = P_{i-1} - P_i$	$\Delta E_{i-1,i}$	$\sum_{i=1}^n \Delta E_{i-1,i}$

表中符号意义参见图1-3。

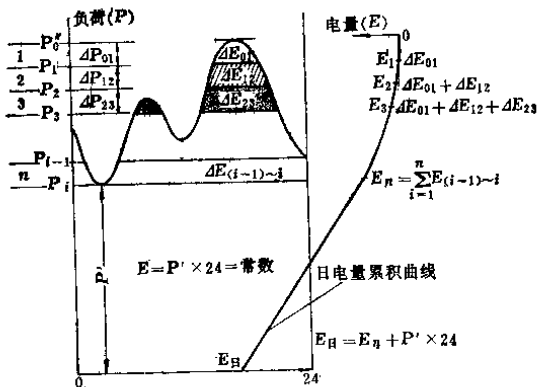


图 1-3

下面仅就负荷曲线特性及影响负荷预测的因素作一简要说明。为说明所编制远景负荷曲线的特点、检验其成果合理性和各类系数之间相互协调，需要求出各种负荷率或特性系