

X X S D Z Y H Y X Y G L

小型

水电站优化运行 与管理

马跃先 马希金
阎振真 编著



黄河水利出版社

小型水电站优化运行与管理

马跃先 马希金 阎振真 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书以作者多年的科研、教学和生产实践的成果和心得为基础,并参考和引用了国内外同行学者的相关知识和经验,重点介绍了小型水电站的水库优化调度、厂内机组优化运行、小型水电站的技术改造及小型水电站在运行中常见故障分析与处理等内容。本书对提高现有小型水电站的运行效益和增加小型水电站的管理科技含量具有借鉴意义。

本书可作为水电站动力设备、电力系统自动化及水利水电工程专业本科生和研究生的教学参考书,也可供从事小型水电站工作的工程技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

小型水电站优化运行与管理/马跃先,马希金等编著.
郑州:黄河水利出版社,2000.9
ISBN 7-80621-398-8

I. 小… II. ①马… ②马… ③水力发电站,
小型-电力系统 ④水力发电站-小型-管理 VI
.TV724.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第41956号

责任编辑:胡志扬

封面设计:朱 鹏

责任校对:周 宏

责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮编:450003

发行部电话:(0371)6302620 传真:6302219

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

版 次:2000年9月 第1版

印 数:1-2100

印 次:2000年9月 郑州第1次印刷

字 数:335千字

定价:26.00元

前 言

在我国的水力资源分布中,中、小河流的小水电资源占有相当大的比重。小水电的理论资源量为 1.5 亿 kW,可开发容量约为 7 500 万 kW。水电作为一种可再生、无污染的环保型能源,已日益受到人们的重视。我国在重点开发大江大河大中型水电的同时,小水电事业也取得了显著的成绩。特别是“七五”以来,在全国范围内分 3 批共确定了 600 个初级农村电气化试点县,根据“立足于依靠地方,动员群众,提倡省、地、县、乡、村多层次、多渠道办电”的原则,国家制定了一系列优惠政策,并在建设资金方面给予一定的扶持,大大提高了农村兴办小水电事业的积极性。目前,全国已建成的小型水电站有 5 万多座,总装机容量超过了 2 300 万 kW,有 1/3 以上的县主要依靠小水电供电。实践表明,积极开发小水电资源,对解决地方工业用电和偏远农村的能源短缺问题具有十分重要的意义。小水电的发展,使广大农村的产业结构和劳力结构发生了重大变化,改变了过去单一的农业经济与农业劳动模式,促进了乡镇企业的迅速发展,为地方经济积累了大量的扩大再生产资金,普遍改变了农村贫穷落后的面貌。另外,小水电的建设与流域治理相结合,又极大地改善了农业生产条件,促进了生态平衡,同时也促进了农村物质文明和精神文明的建设。

在肯定小水电建设成绩的同时,也应该清醒地认识到,在已建成的小型水电站中,还面临着许多问题,一些水电站投入产出的比例构成不合理,重建轻管思想普遍存在;行业有效的指导不足,电站运行的随意性和盲目性较大;特别是针对小型水电站方面的科研工作重视不够,必要的投入太少,导致管理层次太低,制约了小型水电站经济效益的正常发挥。因此,如何提高小型水电站管理的科技含量,提高小型水电站的运行效益,是一个具有重要理论意义和实用价值的课题。

本书是以作者多年的科研、教学及生产实践的成果和心得为基础,同时也参考和引用了国内外同行学者的一些相关知识和经验。全书共分七章,主要介绍小型水电站水资源调度、利用,技术改造及主要机电设备常见故障处理方面的知识。内容丰富,自成体系,注重理论和工程实践相结合,基本反映了这一学术领域的最新进展,对提高现有小型水电站的运行效益和增加小型水电站的管理科技含量具有实用价值和借鉴意义。

本书由郑州工业大学马跃先、甘肃工业大学马希金和河南省水利勘测设计院阎振真联合撰写,其中第三、第六、第七章由马希金执笔,第二和第五章的第二节由阎振真执笔,其余部分由马跃先执笔。全书的统稿、定稿工作由马跃先完成,郑州工业大学贺北方教授参与了本书的审定工作。

在本书的撰写过程中得到了郑州工业大学吴泽宁教授、马家敏副教授,甘肃工业大学张丕祚教授等许多同志的大力支持和帮助,他们对本书提出了许多宝贵意见。在此,谨向这些同志及本书所引用参考文献的作者表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,书中的失当和错误在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

编 者

2000 年 1 月

目 录

第一章 水电站概论	(1)
第一节 水电站的基本类型	(1)
第二节 水电站的主要参数	(5)
第三节 水轮发电机组的主要类型及型号	(8)
第二章 水电站水库优化调度	(19)
第一节 概述	(19)
第二节 确定性来水条件下的水电站水库最优运行调度	(20)
第三节 随机来水条件下的水电站水库最优运行调度	(26)
第四节 考虑可靠性约束的水电站水库最优运行调度	(31)
第五节 具有综合利用任务的水电站水库最优运行调度	(35)
第六节 梯级水电站水库优化调度	(41)
第三章 求解水电站厂内优化运行问题的常用方法	(46)
第一节 水电站的动力特性	(46)
第二节 机组间负荷的最优分配	(55)
第三节 水电站运行机组最优组合方案	(59)
第四节 水电站厂内经济运行的实现	(61)
第四章 适用于小型水电站的厂内优化运行模式	(65)
第一节 水电站优化问题的求解方法比较与选择	(65)
第二节 机组工作特性的试验与修正	(70)
第三节 小型水电站厂内优化运行问题的求解	(81)
第五章 小型水电站技术改造	(95)
第一节 小型水电站技术改造的一般原则及常见措施和方法	(95)
第二节 小型水电站增容改造的水能计算	(99)
第三节 水电站装机规模复核与增容分析	(114)
第四节 水电站增容改造适应性分析	(119)
第五节 小型水电站技术改造实例摘录	(150)
第六章 小水电改扩建项目财务评价	(157)
第七章 水轮发电机组常见故障及处理	(192)
第一节 水轮机常见故障及处理	(192)
第二节 水轮发电机常见故障及处理	(198)
第三节 调速器常见故障分析与处理	(204)

第一章 水电站概论

第一节 水电站的基本类型

一、水力发电的基本原理

河道中的水流在地心吸力的作用下,由高处向低处运动,从而将水流的势能转变为动能,这样水流就具有作功的能力。其高差越大,流量越多,作功的能力就越大。如图 1-1 所示,在河道上取任意 $L(m)$ 长的河段,其上断面为 1-1 断面,下断面为 2-2 断面,河道的坡降为 i ,其间水面降落的垂直高度(通常称为落差或水头)为 $H_{1-2}(m)$ 。设在 $T(s)$ 时段内有 $\bar{W}(m^3)$ 的水量通过断面,则水体 $\bar{W}$ 所具有的能量 $E_{1-2}(N \cdot m)$ 为

$$E_{1-2} = \gamma \bar{W} H_{1-2} \quad (1-1)$$

式中: γ 为水的容重, $\gamma = 9810 N/m^3$ 。

单位时间内水流所作的功,称为功率。在水力发电工程中,该功率通常被称为出力,用 N 表示,则该河段的平均出力 $N_{1-2}(N \cdot m/s)$ 为

$$N_{1-2} = \gamma \left(\frac{\bar{W}}{T} \right) H_{1-2} = \gamma Q H_{1-2} \quad (1-2)$$

式中: $Q = \frac{\bar{W}}{T}$, 表示时段 $T(s)$ 内的平均流量, m^3/s 。出力 N 通常以 kW ($1W = 1J/s = 1N \cdot m/s$) 表示,则

$$N_{1-2} = 9.81 Q H_{1-2} \quad (1-3)$$

相应的发电量 E_{1-2} (以 $kW \cdot h$ 表示) 为

$$E_{1-2} = 9.81 Q H_{1-2} \left(\frac{T}{3600} \right) = 0.0027 \bar{W} H_{1-2} \quad (1-4)$$

这种水流能量在未被利用以前,主要分散地消耗在水流对河床的淘刷、挟带泥沙和相互的撞击上。若应用筑坝集中落差并形成水库,通过引水建筑物和水轮发电机组引水发电,则水电站的出力与电能在考虑到引水道的水头损失和水轮机、发电机的效率后可把计算式表示为

$$N = 9.81 Q H \eta \quad (kW) \quad (1-5)$$

$$E = 0.0027 \bar{W} H \eta \quad (kW \cdot h) \quad (1-6)$$

式中: H 为水电站的工作水头,它等于水电站的毛水头 H_m (水电站上、下游水位之差) 减

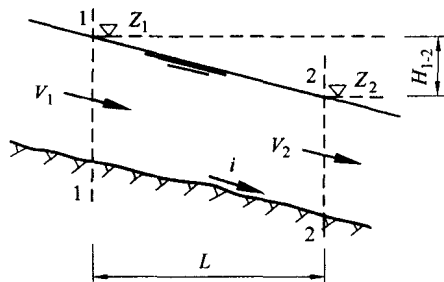


图 1-1 河段水能示意

去引水系统的水头损失 h_w , 即 $H = H_m - h_w$; η 为水轮机组的效率, 它等于水轮机效率 η_T 和发电机效率 η_f 的乘积, 即 $\eta = \eta_T \eta_f$, 对大中型机组, $\eta_T = 0.85 \sim 0.90$, $\eta_f = 0.95 \sim 0.98$; 对小型间接传动(用皮带或齿轮传动)的机组, 尚应考虑传动效率。

在初步估算出力时, 可应用简化公式为

$$N = KQH \quad (\text{kW}) \quad (1-7)$$

式中: K 为系数, 一般大型水电站可选用 $K = 8.0 \sim 8.5$, 中型水电站 $K = 7.0 \sim 7.5$, 小型水电站 $K = 6.0 \sim 6.5$ 。

二、水电站的基本类型

水电站出力的大小, 决定于它所利用水头的高低和流量的大小。为了开发利用水能, 必须将自然界天然河流的落差人工加以控制, 以便于水轮机能够将水能转换为机械能, 再由发电机转换为电能。根据河道地形、地质、水文等条件的不同, 水电站集中落差、调节流量、引水发电的情况也不同。按照集中落差的方式, 水电站的基本形式可分为坝式水电站、引水式水电站和混合式水电站。

(一) 坝式水电站

在河道上合适的位置建坝, 抬高上游水位以集中落差, 并形成水库调节流量。用这种方式修建的水电站, 称为坝式水电站。坝式水电站按照集中落差的大小、坝体和水电站厂房的相互关系及相对位置不同, 可分为坝后式、河床式、坝内式、溢流式等多种型式的水电站。在实际工程中, 较常采用的为坝后式和河床式两种。

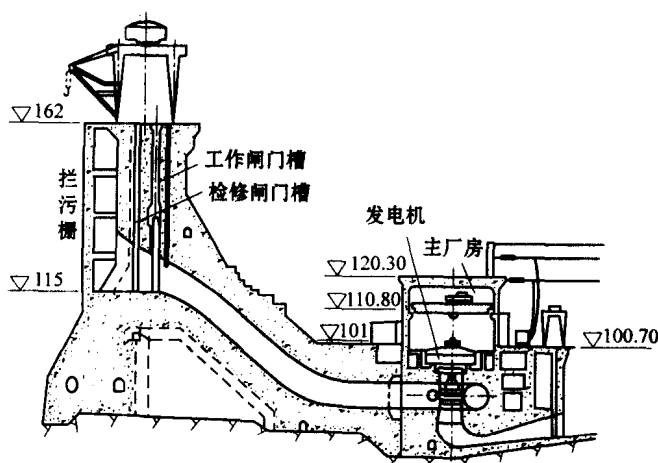


图 1-2 坝后式水电站横剖面

在实际工程中, 较常采用的为坝后式和河床式两种。

坝后式水电站因将电站厂房布置在紧靠大坝下游而得名, 图 1-2 所示为典型的坝后式水电站。坝后式水电站的厂房和坝体常用缝分开, 全部水头由坝体承受, 厂房不受上游水压力作用。坝后式水电站一般修建在河道的中、上游, 电站的水头多为中、高水头。这种

布置型式可使枢纽建筑物布置紧凑、工程量较省、施工和运行管理均比较方便。

如果大坝为当地材料坝, 水电站的厂房常位于坝体下游, 发电引水道从坝体或坝肩穿过。厂房也可以布置在河岸边, 由引水隧洞引水发电。

水电站的厂房与坝体一起建在河床上, 作为挡水建筑物的一部分, 这种电站称为河床式电站, 如图 1-3 所示。河床式水电站一般建在河流的中、下游, 水头较低, 引用流量较大。有些河床式水电站由于所处河道的洪水流量较大, 需要的泄水坝段较长, 加上电站机组台数较多, 为了解决布置上的矛盾, 有时将厂房布置在闸墩内或溢流坝段内。

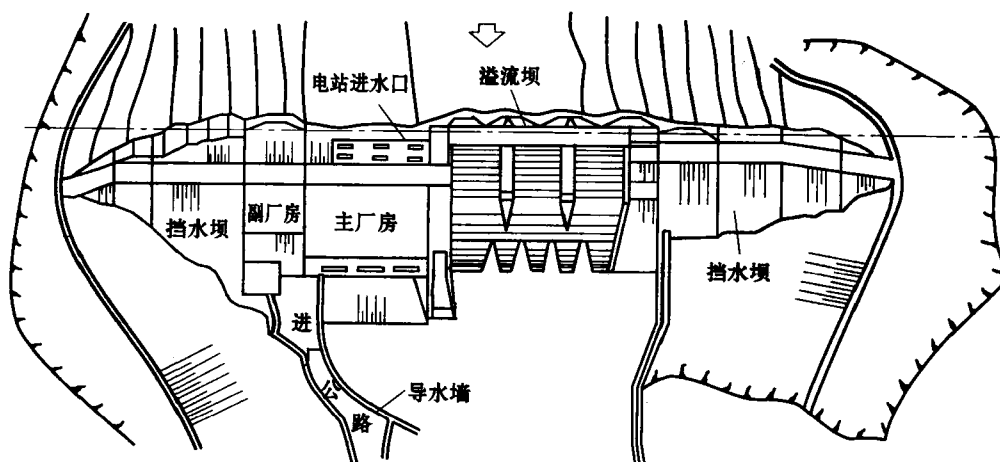


图 1-3 河床式水电站枢纽布置

(二) 引水式水电站

一般在山区河道上修建水电站时,由于河道陡峻、水流湍急,有些地方还可能有一定的跌水和河湾,往往经济地筑一低坝取水,采用人工修建的引水建筑物如明渠、隧洞、管道等来集中落差,形成电站水头,这样修建的水电站称为引水式水电站。按引水建筑物中水的流态不同,引水式水电站又可分为无压引水式水电站和有压引水式水电站。

无压引水式水电站的引水建筑物为无压明渠或无压隧洞。发电水流由进水口引入渠道(或隧洞),至渠道末端的压力前池后经压力管道进入水电站厂房,发电后的尾水经尾水渠泄入下游河道,如图 1-4 所示。为了控制水流,便于引水,常常在引水渠首的河道中筑低坝或堰拦水,在地形合适的位置,也可采用无坝引水型式。

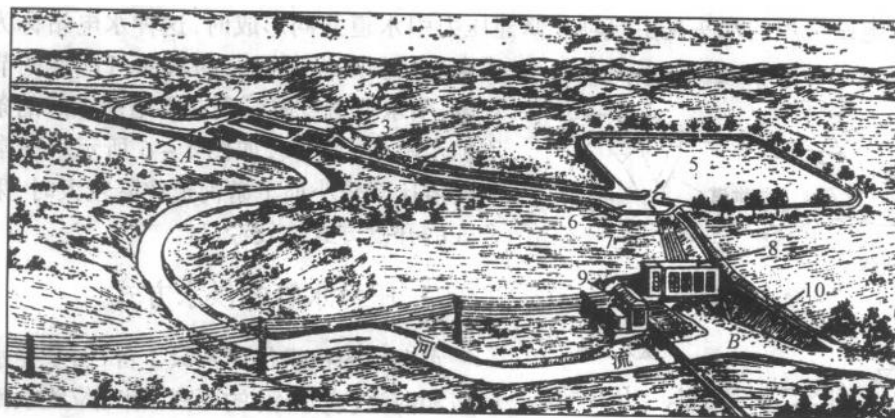


图 1-4 无压引水式水电站布置

- 1 - 坝; 2 - 进水口; 3 - 沉沙池; 4 - 引水渠道; 5 - 日调节池;
6 - 压力池; 7 - 压力管道; 8 - 厂房; 9 - 开关站; 10 - 泄水道

河道中低坝的作用主要是引导河中天然水流进入渠道,而不是以集中水头为目的。水电站的水头是由远比天然河道比降小的渠道集中落差形成的,在一定比降的河流上,渠道比降愈小,引水渠道愈长,获得的发电水头就愈大。

有压引水式水电站的引水建筑物为压力隧洞或压力明管,如图 1-5 所示。发电水流由有压进水口引入压力隧洞,经压力管道进入水电站厂房。在引水距离较长时,压力隧洞与压力管道之间可能设置调压室。

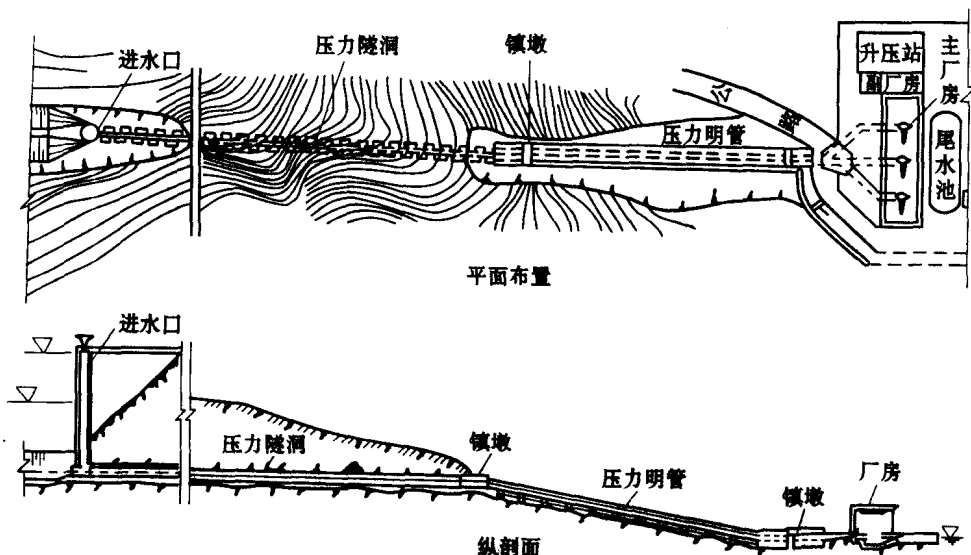


图 1-5 有压引水式水电站

这种水电站常建于河道坡降较陡或有河湾宜于修建压力引水系统集中落差的河段。在河湾地段裁弯取直引水、引取高山湖泊的存水及高差很大的毗邻流域采用跨流域引水等,均可获得比较大的发电水头,有利于修建有压引水式电站。

(三)混合式水电站

当水电站应用的水头是由筑坝和修建压力引水道共同形成时,这种水电站称为混合

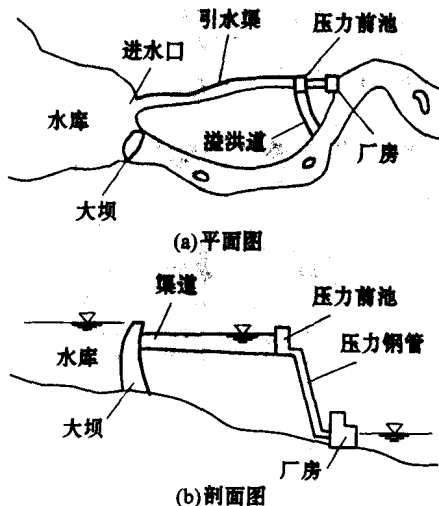


图 1-6 混合式水电站

这种水电站常建于河道坡降较陡或有河湾宜于修建压力引水系统集中落差的河段。在河湾地段裁弯取直引水、引取高山湖泊的存水及高差很大的毗邻流域采用跨流域引水等,均可获得比较大的发电水头,有利于修建有压引水式电站。

式水电站。筑坝所形成的水库可用来调节发电水量,引水渠道或隧洞则在不增加坝高的条件下增加水电站的水头,如图 1-6 所示。通常当上游河道比降较小而下游河道比降较大时,采用混合式的开发方式比较经济。

三、压力水管的供水方式

水电站的机组往往不只 1 台,由于受水电站厂房和前池(或水库)的距离、相对位置及地形地质条件等因素的制约,压力水管的布置方式也形形色色,通常可归纳为 3 类:单元供水,如图 1-7 中(a)、(b);联合供水,如图 1-7 中(c)、(d);分组供水,如图 1-7 中(e)、(f)。

单元供水方式多用于水电站厂房距前池(或

坝的坝后式电站或电站厂房和有压进水口距离较远的情况。

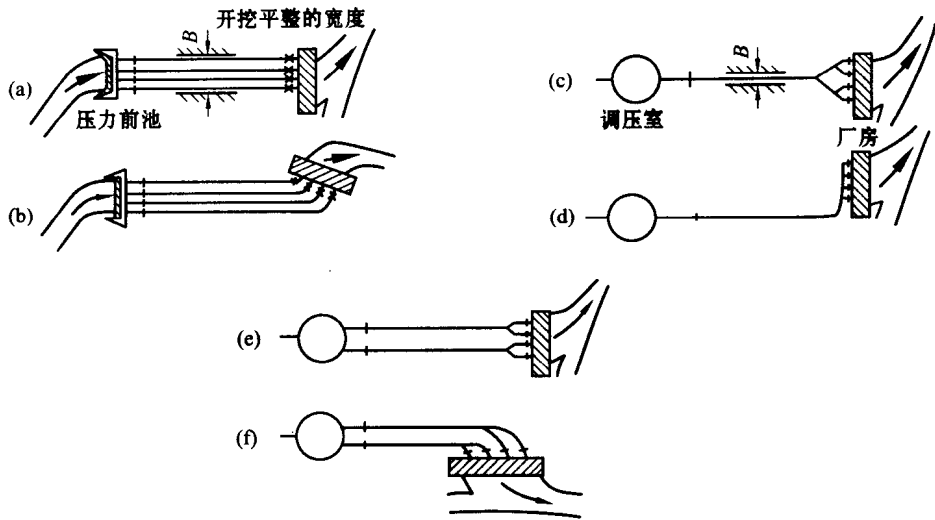


图 1-7 压力水管供水方式

+ 为必须设置的闸门或阀门；x 为有时可以不设的阀门

第二节 水电站的主要参数

一、水库特征水位及相应的库容

由于天然来水流量的不均匀和水电站引用流量及综合用水量的经常变化,水库的水位和应用的库容也是随时变化的,一般用其特征值来表示这种变化的特征,如图 1-8 所示。

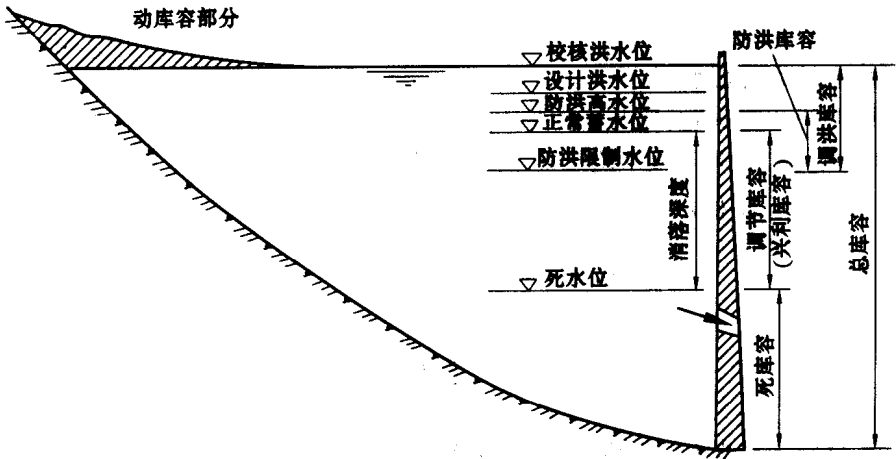


图 1-8 水库特征水位及库容示意

(一)死水位与死库容

死水位是指水库在正常运用情况下,允许的最低消落水位。在此水位以下的容积,称为死库容。一般死库容中的水量是不利用的。

(二)正常蓄水位与调节库容

正常蓄水位是指水库在正常运用情况下满足兴利所必须的最高水位。死水位至正常蓄水位之间的库容,称为调节库容(也称为兴利库容或有效库容)。根据调节库容占多年平均来水量的百分比(β)值,一般可将水库分为多年调节水库($\beta \geq 30\%$)、年调节水库($3\% < \beta < 30\%$)和日调节水库($\beta < 3\%$)。

(三)防洪限制水位

防洪限制水位是指在汛期允许的水库最高蓄水位。它通常低于正常蓄水位,是为拦蓄洪水而定的。

(四)防洪高水位与防洪库容

防洪高水位是在满足下游防洪标准时,水库达到的最高水位。防洪限制水位至防洪高水位之间的库容,称为防洪库容。

(五)设计洪水位

设计洪水位是指水库从防洪限制水位起拦蓄大坝设计洪水时,所达到的最高水位。

(六)校核洪水位与调洪库容

校核洪水位是指从防洪限制水位起拦蓄大坝校核洪水时,所达到的最高水位。防洪限制水位至校核洪水位之间的库容,称为调洪库容。校核洪水位以下的全部库容便是水库的总库容。

在图 1-8 上阴影部分所示的动库容,是由上游回水曲线形成的。由于其容积很小,一般可不考虑,只有在研究水库淹没问题时才考虑其影响。

二、水电站的特征水头及流量

随着水库的调节和水电站负荷的变化,水电站的水头和流量也是随时变化的,通常也用特征值来表示其变化的特征。

(一)水电站的特征水头

水电站的特征水头包括最大水头 $H_{\max}$ 、最小水头 $H_{\min}$ 和加权平均水头 H_a 。 $H_{\max}$ 、 $H_{\min}$ 可由水能计算求得,加权平均水头 H_a 是水电站上出现次数最多、历时最长的水头,可由式(1-7)、式(1-8)确定,即

$$H_a = \frac{\sum H_i t_i N_i}{\sum t_i N_i} \quad (1-7)$$

或

$$H_a = \frac{\sum H_i t_i}{\sum t_i} \quad (1-8)$$

式中: t_i 、 N_i 分别为水头 H_i 出现时相应的持续时间和出力,这可由水能计算的资料得到。

(二)水电站的特征流量

水电站的特征流量包括最大引用流量 $Q_{\max}$ 、平均引用流量 Q_{av} 和最小引用流量 $Q_{\min}$ 。

这可由水轮机的特征和水电站的工作出力确定。

三、水电站的动能参数

水电站的动能参数是表征水电站的动能规模、运行可靠程度和工作效益的指标。

(一)设计保证率与保证出力

水电站的设计保证率是指水电站正常发电的保证程度,一般用正常发电总时段与计算期总时段比值的百分数来表示。它是根据系统中水电容量的比重、水库调节性能、水电站规模及其在电力系统中的作用等因素而选定的,可参照表 1-1 选用。

表 1-1

水电站设计保证率

电力系统中水电容量的比重(%)	25 以下	25 ~ 50	50 以上
水电站设计保证率(%)	80 ~ 90	90 ~ 95	95 ~ 98

保证出力,是指水电站相应于设计保证率的枯水时段发电的平均出力。

(二)装机容量

装机容量,是指水电站内全部机组额定出力的总和,如丹江口水电站有 6 台机组,每台机组的额定出力(也称为单机容量)为 15 万 kW,则该电站的装机容量为 90 万 kW。

(三)多年平均发电量

多年平均发电量,是水电站各年发电量的平均值。计算时先将应用的水文系列分为若干时段(可以是日、旬或月,视水库的调节性能和设计的需要而选定),然后按照天然来水和用水进行水库调节计算和水能计算,得出逐年的发电量,再求其平均值便可得出多年平均发电量。

(四)水电站装机年利用小时数

将水电站的多年平均发电量除以装机容量,便可得出水电站装机年利用小时数。它相当于全部装机满载运行时的多年平均工作小时数,是反映设备利用程度和检验装机合理性的一个指标。

四、水电站的经济指标

(一)水电站的总投资

水电站的总投资是指水电站在勘测、设计、施工安装过程中所投入资金的总和。它包括水工建筑物、水电站建筑物和机电设备的投资。

同时,还常用单位千瓦的投资和单位电能的投资来表示水电站投资的经济性与合理性。单位千瓦的投资是指平均每 1kW 的装机容量所需要的投资,它可由总投资除以装机容量求得;单位电能的投资是指平均 1 年中每发 1kW·h 电所需要的投资,它可由总投资除以多年平均发电量求得。

(二)水电站的年运行费用

水电站的年运行费用,是指水电站在运行过程中每年所必须付出的各种费用的总和,它包括建筑物和设备每年所提存的折旧费、大修费和经常支出的生产、行政管理费及工资

等。

(三)水电站的年效益

水电站的年效益,是指水电站每年售电总收入减去年运行费用后所获得的净收益。

五、水电站的分等指标

为了保证工程及下游人民生命财产和经济建设的安全,也为了降低工程造价和加快建设进度,对以发电为主的水利枢纽工程,原水利电力部于1978年颁发的《水利水电工程等级划分及设计标准》中,根据水电站装机容量的大小划分为五等,如表1-2所示。

表 1-2 以发电为主的水利枢纽工程分等指标

工程等别	工程规模	水电站装机容量(万 kW)
一	大(1)型	> 75
二	大(2)型	75 ~ 25
三	中 型	25 ~ 2.5
四	小(1)型	2.5 ~ 0.05
五	小(2)型	< 0.05

第三节 水轮发电机组的主要类型及型号

在水电站中,水轮机将水流能量转变为旋转的机械能,发电机又将旋转的机械能转化为电能。水轮机和发电机是安装在水电站厂房中的主要动力设备。水轮机和发电机连结为一个整体称为水轮发电机组,或简称为机组。

一、水轮发电机的类型

(一)按机组容量和转速分类

由于各个水电站的自然条件和工作状态不同,水轮发电机的容量和转速相差很大。水轮发电机按机组容量可分为小容量、中容量和大容量三类;各类容量又可按额定转速分为低速、中速和高速三类。通常可大致按表1-3划分水轮发电机的容量和转速等级。

表 1-3 水轮发电机容量和转速划分范围

分 类	额定功率(kW)	额 定 转 速 (r/min)		
		低 速	中 速	高 速
小容量水轮发电机	< 500	< 375	375 ~ 600	750 ~ 1 500
中容量水轮发电机	500 ~ 10 000	< 375	375 ~ 600	750 ~ 1 500
大容量水轮发电机	> 10 000	< 100	100 ~ 375	> 375

(二)按机组布置方式分类

水轮发电机按机组的布置方式不同可分为立式(主轴与地面垂直)和卧式(主轴与地面平行)两种。图 1-9 为立式布置,图 1-10 为卧式布置。立式布置的应用较广,卧式布置一般用于小容量水轮发电机和冲击式或贯流式水轮发电机组。

对立式水轮发电机,根据推力轴承位置又分为悬式和伞式两种。悬式水轮发电机的特点是推力轴承位于转子上面的上机架内或上机架上(如图 1-11 所示)。它把整个转动部分悬挂起来,轴向推力通过定子机座传至基础。悬式结构适用于转速较高的机组(转速一般在 150r/min 以上)。它的优点是:推力轴承直径较小;由于转子重心在推力轴承下面,机组的运转稳定性较好,轴承损耗小;因推力轴承在发电机层,使得安装维护等都比较方便。悬式水轮发电机的缺点是:推力轴承座承受的机组转动部分的重量及全部水压力都落在上机架及定子机座上,由于定子机座直径较大,上机架和定子机座为了承重而比较笨重,消耗的钢材也较多;另外,机组轴向长度增加,机组和厂房的高度也需要相应增加。在悬式水轮发电机中,一般选用两个导轴承,如图 1-11(a)、(b)。其中,一个装在上机架内,称为上导轴承,另一个装在下机架内,称为下导轴承。如运行稳定性许可,悬式水轮发电机也可取消下导轴承,如图 1-11(c)所示。

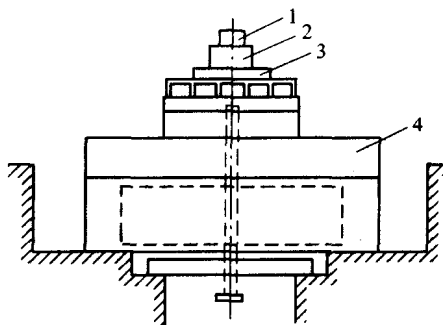


图 1-9 立式布置水轮发电机

1 - 永磁发电机; 2 - 副励磁机;
3 - 主励磁机; 4 - 发电机

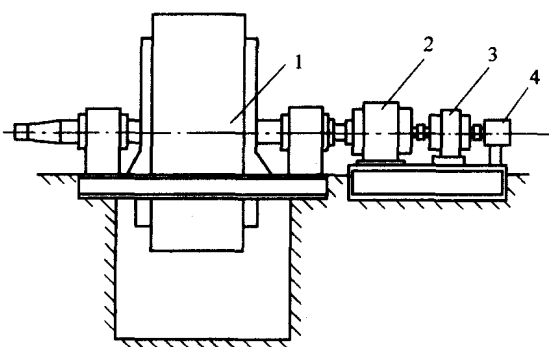


图 1-10 卧式布置水轮发电机

1 - 发电机; 2 - 主励磁机;
3 - 副励磁机; 4 - 永磁发电机

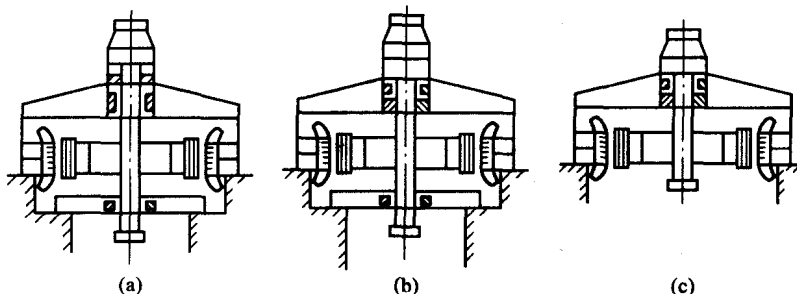


图 1-11 悬式水轮发电机

(a)具有两个导轴承,推力轴承在上导轴承上面;(b)具有两个导轴承,推力轴承在上导轴承下面;(c)无下导轴承

伞式水轮发电机的结构特点是推力轴承位于转子下方,布置在下机架内,如图 1-12

(a)、(b)所示,或布置在水轮机顶盖上,如图 1-12(c)所示。轴向推力通过发电机机墩或水轮机顶盖传至基础。它的优点是结构紧凑,能充分利用水轮机和发电机之间的空间,使机组和厂房的高度相对降低,由于推力轴承位于承重的机架上,下机架直径较小,因而下机架为了承重所消耗的钢材就比较少,从而减轻了机组的重量,降低了造价。伞式水轮发电机的缺点是由于转子重心在推力轴承上方,使机组运行的稳定性能较差,所以只能用于较低转速(一般在 150r/min 以下)。另外,因机组的高度降低使推力轴承的安装、维护、检修变得较困难。

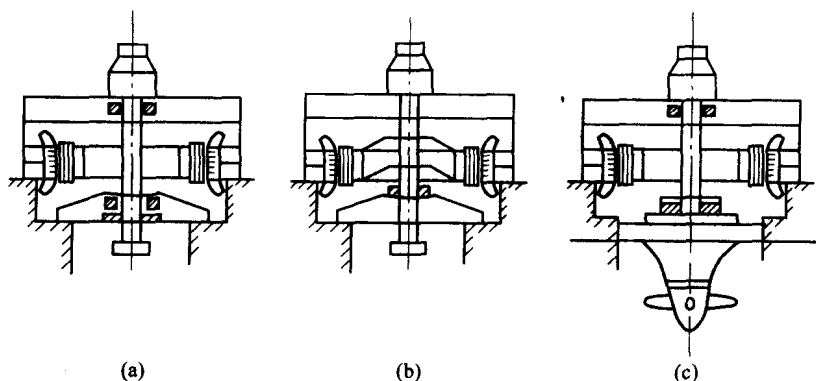


图 1-12 伞式水轮发电机示意

(a)普通伞型;(b)全伞型;(c)半伞型

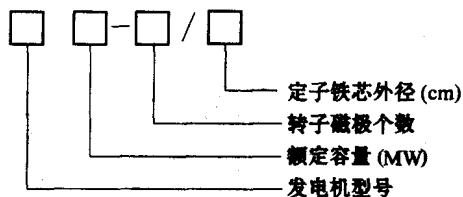
伞式发电机根据轴承布置不同,又可分为普通伞型、半伞型和全伞型 3 种。普通伞型具有上、下导轴承,如图 1-12(a);半伞型只有上导轴承而没有下导轴承,如图 1-12(c)所示;全伞型只有下导轴承(布置在推力油槽内)而没有上导轴承,如图 1-12(b)所示。

另外,水轮发电机还可按冷却方式分类,在此不再赘述。

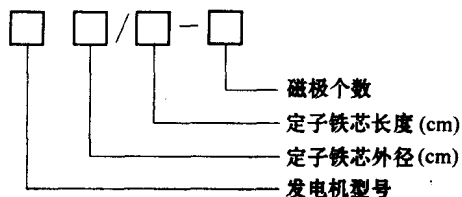
二、水轮发电机的型号

我国水轮发电机尚没有统一的标准系列,关于型号表示方法一般有两种。

新型号表示法为



老型号表示法为



发电机型号部分由汉语拼音字母组成。其表示符号见表 1-4。

表 1-4

水轮发电机代表符号

新 型 号 表 示 法		老 型 号 表 示 法	
立式空冷水轮发电机	SF	空冷同步水轮发电机	TS
立式水内冷水轮发电机	SFS	水内冷同步水轮发电机	TSS
卧式水轮发电机	SFW	卧式同步水轮发电机	TSW
水轮发电—电动机	SFD	同步水轮发电—电动机	TSD
贯流式水轮发电机	SFG	同步贯流式水轮发电机	TSG

举例:

(1)SF210-40/1035,新型号,表示立式空冷水轮发电机,额定容量 210MW,转子有 40 个磁极,定子铁芯外径 1 035cm。

(2)TSS1260/160-48,老型号,表示水内冷同步水轮发电机,定子铁芯外径为 1 260cm,定子铁芯长度为 160cm,转子有 48 个磁极。

三、水轮发电机的基本参数

(一)功率和功率因数

1. 功率

功率表示一台水轮发电机单位时间内可以作功的能力,也就是通常说的容量。水轮发电机发出三相交流电,它的额定功率(也称视在功率)单位用千伏安(kVA)表示,有功功率用千瓦表示。

电压与电流是发电机的主要参数。发电机正常运行时的工作电压,称为额定电压,在额定电压、额定容量运行时,所发出的电流称为额定电流。单相交流发电机产生的电压单位为 kVA。三相交流发电机的视在功率则为

$$S = \frac{UI \times \sqrt{3}}{1000} \quad (1-9)$$

式中: U 为额定线电压, V; I 为额定线电流, A; S 为视在功率, kVA。

发电机的电压和电流的相位由负荷的性质决定,电流的交换常是超前或滞后于电压而不相同。在计算功率时可把电流分解为两个分量:一个与电压同相,称为有功分量;另一个与电压相垂直,称为无功分量。把有功分量电流与电压的乘积除以 1 000 称为有功功率,以千瓦为单位表示;把发电机电压与无功电流分量的乘积除以 1 000 称为无功功率,以千乏为单位。对三相负载,总的有功功率和无功功率还要乘 $\sqrt{3}$ 。

2. 功率因数

我们把发电机的有功功率与视在功率的比值,称为功率因数。它的大小视电力系统的情况而定,一般在 0.8~0.9 之间。

发电机的设计是以视在功率为根据的,但它能够输出的有功功率,是由水轮机的轴功