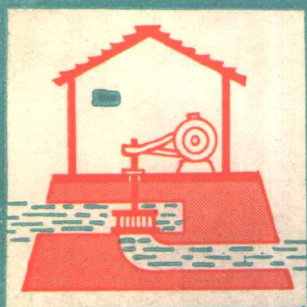




农村小型水电站

上海人民出版社

农村小型水电站

华东水利学院《农村小型水电站》编写组

上海人民出版社

农村小型水电站

华东水利学院《农村小型水电站》编写组

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 13 插页 5 字数 284,000

1973年10月第1版 1973年10月第1次印刷

印数 1—78,000

统一书号: 15171·100 定价: 0.87 元

内 容 简 介

本书扼要阐明水力发电的基本概念，介绍农村平原地区和山区小型水力发电站的基本结构型式，具体阐述小型水电站的水文计算和水工建筑的设计和施工，水轮机、发电机和其他机电设备的选用和安装以及输电线路的敷设。书中还详细介绍用木材、水泥等自制水轮机以及利用三相异步电动机发电的方法。本书最后扼要介绍故障检修的方法以及对电站运行情况的分析讨论；还介绍了各地建设农村小型水电站的设计和施工经验。

本书可供从事农村小型水电站建设工作的工人和技术人员参考。

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

小型水利是各县各区各乡和各个合作社都可以办的。

前 言

在毛主席关于“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针指引下，我国农村水电建设事业蓬勃地向前发展。从山区到平原，从南方到北方，一座座农村水电站，犹如烂漫山花，开遍祖国大地。

农村水电事业的发展，同整个工农业战线一样，反映出两个阶级、两条路线的激烈斗争。长期以来，由于受到叛徒、内奸、工贼刘少奇修正主义路线的干扰，农村水电事业得不到发展。无产阶级文化大革命的烈火，极大地焕发了广大革命群众建设社会主义的积极性，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，广大革命群众以两条路线斗争为纲，狠批“爬行主义”和“洋奴哲学”，大破“办电神秘论”，发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，大力兴建农村水电站，取得了新的成就。这是毛主席的无产阶级革命路线的胜利。

农村水电建设事业的蓬勃发展，加快了我国电力工业建设的进程，有力地促进了农业生产和地方工业的发展，推动了农业电气化、机械化、水利化的发展，并在更大范围内满足了广大贫下中农照明、加工、收听广播的需要。

在农村水电建设的实践中，广大贫下中农、革命干部和技术人员，以马列主义、毛泽东思想为武器，破唯心主义的先验论，立辩证唯物主义的反映论，敢于实践，勇于创新，积累了丰富的经验。为了适应当前群众性大搞小水电的需要，根据我们在参加修建农村小型水电站的实践中的认识和体会，编写了

这本《农村小型水电站》，供有关同志们参考。

由于我们对马列主义、毛泽东思想学得不好，实践又不多，调查研究也不够广泛和深入，因此本书中一定会存在不少缺点和错误，热忱希望同志们批评指正。

华东水利学院《农村小型水电站》编写组

目 录

前 言

第一章	水力发电与水电站的基本概念	1
1.1	什么叫水力发电	1
1.2	水流功率和水电站出力	1
1.2.1	水能和水流功率(1)	
1.2.2	水电站的出力(2)	
1.3	农村小型水电站的主要建筑物和设备	4
第二章	农村小型水电站建站形式和装机容量选择	7
2.1	农村小型水电站的建站形式	8
2.1.1	水电站的基本类型(8)	
2.1.2	农村小型水电站几种常见的建站型式(8)	
2.2	农村小型水电站装机容量选择	16
2.2.1	装机容量选择的一般概念(16)	
2.2.2	如何选择设计保证率(18)	
2.2.3	无调节水电站装机容量的选择(18)	
2.2.4	有日调节的水电站装机容量选择(22)	
2.2.5	灌溉渠道上水电站装机容量选择(28)	
第三章	农村小型水电站的水文计算	30
3.1	设计洪水推求方法	31
3.1.1	根据雨量资料推算(31)	
3.1.2	利用洪水痕迹推算(33)	
3.2	多年平均流量计算方法	37
3.2.1	利用年平均径流模数资料推算(37)	
3.2.2	根据年降雨量推算(38)	
3.3	河道流量测量方法与水位流量关系曲线的绘制	39

3.3.1 河道流量测量方法(39)	3.3.2 水位流量关系曲线的绘制(43)
第四章 水轮机	47
4.1 水轮机的基本类型与一般构造	47
4.1.1 基本类型(47)	4.1.2 水轮机的一般构造(48)
4.2 农村水电站小型水轮机产品介绍	69
4.3 农村小型水电站水轮机选择	80
4.3.1 选择水轮机要考虑哪些因素(80)	4.3.2 选择水轮机的步骤和方法(83)
4.4 水轮机调速设备	104
4.4.1 调速设备的作用(104)	4.4.2 调速设备类型(105)
第五章 水轮机室和尾水管	115
5.1 水轮机室的作用和布置	115
5.1.1 矩形水轮机室(115)	5.1.2 蜗形水轮机室(118)
5.2 尾水管的作用与设计要求	120
5.2.1 尾水管的作用(120)	5.2.2 尾水管设计的基本要求(123)
5.2.3 允许吸出高度(124)	
5.3 尾水管的型式和尺寸选择	126
5.3.1 直锥形尾水管(127)	5.3.2 舌形尾水管(131)
5.3.3 弯曲形尾水管(134)	
第六章 自制水轮机	135
6.1 木制转轮	135
6.1.1 木制转轮的特点(135)	6.1.2 木制转轮的构造(136)
6.1.3 木制转轮的制作(138)	6.1.4 木制金华一号转轮拼块放样实例(转轮直径 $D_1=120$ 厘米)(140)
6.2 钢丝网水泥转轮	147
6.2.1 钢丝网水泥转轮的结构(147)	6.2.2 制作步骤与方法(148)
6.3 钢板焊接转轮	150

6.4	自制半贯流式水轮机	151
6.4.1	轴伸式(152)	
6.4.2	竖井式(163)	
6.4.3	齿轮箱式(163)	
6.5	自制轴流式水轮机	164
第七章	农村小型水电站厂房布置	165
7.1	开敞式水轮机室厂房布置	166
7.1.1	水上部分布置(166)	
7.1.2	水下部分布置(167)	
7.1.3	利用原有建筑物的厂房布置(170)	
7.1.4	开敞式水轮机室厂房布置实例(172)	
7.2	贯流式水轮机厂房布置	173
7.2.1	灯泡贯流式水轮机厂房布置(173)	
7.2.2	轴伸贯流式水轮机厂房布置(173)	
7.2.3	竖井贯流式水轮机厂房布置(173)	
7.2.4	齿轮箱贯流式水轮机厂房布置(178)	
7.2.5	贯流式水轮机厂房布置实例(178)	
7.3	封闭式水轮机室厂房布置	185
7.3.1	横轴罐式水轮机的厂房布置(186)	
7.3.2	横轴金属蜗壳水轮机的厂房布置(190)	
第八章	农村小型水电站的传动设备	195
8.1	传动设备的一般介绍	195
8.2	平皮带传动	198
8.2.1	布置形式(198)	
8.2.2	开口传动设计(199)	
8.2.3	半交叉传动和交叉传动设计(207)	
8.2.4	平皮带轮(208)	
8.3	三角皮带传动	209
8.3.1	皮带轮直径及皮带速度选择(210)	
8.3.2	三角皮带型号选择(210)	
8.3.3	皮带根数与皮带长度的计算(211)	
8.3.4	安装要求(213)	
8.3.5	三角皮带轮(213)	
8.4	齿轮传动	217

8.4.1 齿轮传动工作特点(217)	8.4.2 齿轮尺寸与齿 轮模数(217)	8.4.3 圆柱齿轮传动设计(218)	8.4.4 圆锥齿轮(伞齿轮)传动设计(224)	8.4.5 行星齿轮传 动(229)
8.5	传动轴与轴承	230		
8.5.1	传动轴受力情况与直径计算(230)	8.5.2 传动 轴与轴上部件的联接(232)	8.5.3 加工符号与轴的结 构(235)	8.5.4 轴承(239)
		8.5.5 轴承座(243)		
第九章	农村小型水电站的电气设备	246		
9.1	发电机	246		
9.1.1	交流同步发电机的基本原理(246)	9.1.2 三相 交流同步发电机的构造(252)	9.1.3 三相交流同步发 电机的励磁系统(254)	9.1.4 发电机的自励和恒压问 题(259)
		9.1.5 发电机的选择和使用(264)	9.1.6 由 异步电动机改装的异步发电机(269)	
9.2	测量及控制保护设备	273		
9.2.1	测量仪表(274)	9.2.2 控制设备(280)	9.2.3 保护设备(284)	9.2.4 变压器(287)
9.3	电气结线图和配电盘	289		
9.3.1	电气结线图的作用(289)	9.3.2 电气结线图常 用符号(290)	9.3.3 电气结线图的选择和示例(292)	9.3.4 配电盘(294)
9.4	送电线路	299		
9.4.1	送电线路的组成部分(299)	9.4.2 低压架空线 路设计(305)	9.4.3 两线一地制高压送电(311)	
9.5	接地与防雷	311		
9.5.1	接地(311)	9.5.2 防雷(316)		
第十章	潮汐电站	320		
10.1	潮汐与潮汐电站	320		

10.2	潮汐电站的布置方式	322
10.2.1	单程式潮汐电站(322)	
10.2.2	双程式潮汐电站(323)	
10.2.3	连程式潮汐电站(325)	
10.3	潮汐电站设计水头与设计流量选择	327
10.3.1	选定设计潮位(327)	
10.3.2	选定设计潮型(327)	
10.3.3	选定设计水头和设计流量(328)	
第十一章	农村小型水电站的水工建筑物	330
11.1	农村小型水电站水工建筑物概说	330
11.2	坝	331
11.2.1	干砌块石坝(331)	
11.2.2	混合砌石坝(332)	
11.2.3	木石坝(332)	
11.2.4	竹笼石坝(333)	
11.2.5	板桩坝(334)	
11.2.6	坝型的选择(334)	
11.3	水闸	334
11.3.1	带丁字闸墙和梯形底板的水闸(336)	
11.3.2	混凝土管装配闸(338)	
11.3.3	钢筋混凝土板柱式装配闸(338)	
11.3.4	预制混凝土镶面块(板)装配闸(339)	
11.3.5	底板带企口斜缝的水闸(340)	
11.3.6	简易自动和半自动闸门(341)	
11.4	引水建筑物	343
11.4.1	引水口(343)	
11.4.2	引水渠道(350)	
11.4.3	前池(355)	
11.4.4	压力水管(357)	
11.5	涵洞	366
11.5.1	圆形涵洞——涵管(366)	
11.5.2	矩形涵洞(368)	
11.5.3	拱式涵洞(371)	
第十二章	农村小型水电站的运行管理	375
12.1	农村小型水电站的正常运行	375
12.1.1	开机前和停机后的常规检查(375)	
12.1.2	开、停机操作(377)	
12.1.3	同步发电机的并车(379)	
12.1.4	水电站设备在运行过程中的管理(382)	

12.1.5	水电站机器设备的维修(384)	
12.2	农村小型水电站常见故障与排除方法.....	386
12.3	农村小型水电站的测试分析.....	394
12.3.1	测试分析的目的和内容(394)	
12.3.2	机组效率的测量(395)	
12.3.3	机组效率不高的原因分析(401)	

第 一 章

水力发电与水电站的基本概念

1.1 什么叫水力发电

在天然河道中,水流挟带着泥沙从上游流向下流,并经常冲刷河床及岸坡,这说明水流中潜藏着一定的能量。在天然情况下,这种潜藏的能量,就消耗在冲刷、推移泥沙以及克服摩擦阻力上。

如果我们建造一些建筑物,装置一些必要的设备,使源源不断的水流通过一个水轮机,这样,水轮机由于受到水流的推动作用,如同风车一样,便不停地转动,水能就转化为机械能;当水轮机带动发电机一起转动时,便可以发出电来,水能就转化为电能,这就是水力发电的基本原理。水轮机和发电机就是水力发电的最基本设备。

1.2 水流功率和水电站出力

1.2.1 水能和水流功率

在水电站的设计中,为了确定电站的规模,需要知道电站的发电能力。根据水力发电的基本原理不难看出,电站的发电能力是由水流所能做的功的大小来决定的。我们把水流在某一段时间内所能做的总功叫做水能,而在单位时间(秒)内所能做的功叫做水流功率。显然,水流功率愈大,电站的发电能力也愈大。因此要知道电站的发电能力,就先要计算水流功率。

河道中水流功率可以这样来计算：设在河道的某一段

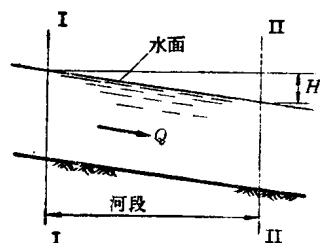


图 1-1 河段的水能

(图 1-1) 中水面落差 (叫做水头) 为 H (米), 单位时间 (秒) 内通过河道横断面的水量 (叫做流量) 为 Q (米³/秒), 那末水流功率就等于水的重量和落差的乘积, 即

$$N_{*} = \gamma QH \text{ (公斤} \cdot \text{米/秒)} \quad (1-1)$$

式中: N_{*} ——水流功率 (公斤·米/秒); γ ——每立方米水的重量 (叫做水的容量), 其值为 1000 公斤/米³; Q ——河道的流量 (米³/秒); H ——水头 (米)。

很明显, 水头越高、流量越大, 水流功率也越大。

式(1-1)中功率的单位是公斤·米/秒, 而在工程上计算功率的单位常用马力或瓩, 它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 瓩} = 102 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.36 \text{ 马力}$$

$$1 \text{ 马力} = 75 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 0.736 \text{ 瓩}$$

所以, 水流功率按瓩或马力表示时则为

$$N_{*} = \frac{1000}{102} QH = 9.81 QH \text{ (瓩)} \quad (1-2)$$

$$N_{*} = \frac{1000}{75} QH = 13.33 QH \text{ (马力)} \quad (1-3)$$

1.2.2 水电站的出力

在一定水头和流量下水电站能发出的电力叫做水电站出力。很明显, 出力大小决定于通过水轮机水流功率的大小。但是按公式(1-2)或(1-3)所求得的水流功率没有反映能量的损失, 因为在水能转化为电能的过程中, 水从上游流到下游沿途

要克服河床或建筑物对水流的阻力,水轮机、发电机和传动设备等在工作中也要克服许多阻力,克服阻力,就要做功,水流功率就要有所消耗,这是不可避免的。因此,真正能够用来发电的水流功率(称为有效功率)要比按公式(1-2)或(1-3)所求得的数值小,亦即水电站的出力应等于水流功率乘上一个小于1的系数 η ,计算公式如下:

$$\begin{aligned} N_{\text{出}} &= 9.81 \eta Q H (\text{瓩}) \\ &= 13.33 \eta Q H (\text{马力}) \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中: $N_{\text{出}}$ ——水电站出力(瓩); Q ——通过水轮机流量(米³/秒); H ——水电站水头(米); η ——小于1的系数,叫做水电站的效率。

水电站效率 η 的具体数值与水流经过水工建筑物以及水轮机、传动设备、发电机等运转时所发生的能量损失大小有关,损失越大,效率越低。在农村小型水电站中,这些损失的总和约占水流功率的25~40%,就是说,能发100瓩电的水流进入水电站,结果发电机只能发出60~75瓩的电来,这样水电站的效率即相当于60~75% ($\eta=0.60\sim0.75$)。为了简化起见,把 9.81η 用系数 A 来表示,将式(1-4)改写为

$$N_{\text{出}} = A Q H (\text{瓩}) \quad (1-5)$$

在初步计算农村小型水电站的出力时,如采用铁制水轮机, A 值可根据水轮机与发电机间不同的传动方式参照表1-1来选用。

出力计算系数 A 值表

表 1-1

传 动 方 式	系 数 A
水轮机轴与发电机轴直接连接	7.0~7.5
皮带传动	6.5
两次传动	6.0

一般铁制小型水轮机的效率约为 $0.8 \sim 0.85$ ，木制的效率约为 $0.65 \sim 0.70$ ，因此对木制水轮机，上表所列 A 值还要小一些，一般可乘以系数 0.8 ，亦即 A 值在 $5 \sim 6$ 左右。

例：某电站的发电流量 $Q = 3 \text{ 米}^3/\text{秒}$ ，发电水头 $H = 2 \text{ 米}$ ，采用木制水轮机，两次传动*，求水电站的出力。

由表 1-1，当用两次传动时， $A = 6.0$ ，因水轮机为木制，再乘以 0.8 ，由公式 (1-5) 可以求得电站出力为：

$$N_{\text{电}} = A Q H = 6 \times 0.8 \times 3 \times 2 = 28.8 \text{ (瓩)}$$

从前面可以看出，当电站的流量、水头一定时，电站出力大小取决于效率高低。实践证明，影响水电站效率的因素除了水轮机、发电机和传动设备性能以外，其他如建筑物施工和设备安装质量，运行管理好坏，以及水电站设计是否正确等等都是影响水电站效率的因素。当然，这些影响因素有些是主要的，有些是次要的，而且在一定条件下，主要的和次要的因素也会相互转化。但是，不管什么因素，决定的因素是人不是物，机器靠人掌握，技术受思想支配。因此，在水电站的设计、施工和设备选择中，必须充分发挥人的主观能动作用，在技术上要精益求精，尽可能地使水流能量损失减至最小，这对水头原来就比较低的一些农村水电站来说尤为重要；同时还要切实加强水电站的运行管理工作。这样，才能提高电站效率，充分利用水力资源，使小水电站能发挥更大的作用，为广大贫下中农服务。

1.3 农村小型水电站的主要建筑物和设备

根据水力发电的基本原理，可以看出一个水电站应该有

* 因为水轮机转速低，而发电机转速高，当水轮机带动发电机一起转动时，中间要经过两套大小不等的皮带轮传动，增速两次，使发电机达到所要求的转速。