

· 培养军地两用人才技术丛书 ·



小水电站运行与管理

陈康 艾苑 王可 易青 刘宜 编

解放军出版社

· 培养军地两用人才技术丛书 ·

小水电站运行与管理

陈	康	艾	苑
王	可	易	青
刘	宜		编

解 放 军 出 版 社

内 容 简 介

本书共分七章，主要内容有小水电站的基本原理、引水建筑物与厂房、水轮发电机组、水电站电气设备、水轮发电机组的运行及故障处理、电气设备的运行、水电站的管理等，每章后都附有练习题。本书的特点是实用性强，深入浅出地介绍了小水电站的结构、设备、运行、维护、检修及管理等方面知识，可供部队基层干部战士学习小水电站技术知识使用，也可供参加小水电站生产的技术人员、工人及管理人员和具有初中文化程度的同志阅读和自学。

培养军地两用人才技术丛书

小水电站运行与管理

陈康 艾苑 王可 易青 刘宜编

*

解放军出版社出版

新华书店北京发行所发行

七二二八工厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.5印张 163,000字

1985年7月 第1版 1985年7月(福州)第1次印刷

书号：15185·83 定价：1.75元

出版说明

培养军队地方两用人才，是新时期我军建设的一项重要改革。它符合历史的潮流，符合建军的方向，符合广大干部战士和人民群众的愿望，是一件利国、利军、利民、利兵的大好事。

为了配合部队开展培养两用人才的工作，我们在编辑出版《军事科普丛书》的基础上，编辑出版一套《培养军地两用人才技术丛书》，主要是帮助干部战士在学好军事技术的前提下，学习工农业生产知识，掌握一两种专业技术，以便加强军队建设，同时在复员转业后能更好地参加社会主义建设。

这套《丛书》共四十余种，主要包括农业机械的使用和维修，农作物、果树、蔬菜、花卉的栽培和增产技术，植树造林的方法，家禽家畜的饲养和常见病的防治，农、林、牧、渔产品的加工，家用电器、钟表、自行车、缝纫机的修理，电工、木工、泥瓦工、油漆工、钳工、锻工、钣金工、电焊工等专业技术，家具制作，服装剪裁，草编、竹编、藤编、橡胶和塑料制品的修理，工艺品的加工，医疗技

术，以及摄影、雕刻、书法、绘画等方面的知识和技术。

《丛书》以介绍基本知识和基本技能为重点，突出应用技术，并附有练习题，适合于初中毕业以上文化程度的干部战士阅读。这套《丛书》内容丰富、通俗易懂，既可作为部队开办专业技术班的讲课教材，也可作为干部战士学习专业技术的自学读物，还可作为举办科普讲座的材料。

《丛书》的编辑工作，得到了农业出版社、机械工业出版社、中国林业出版社、水利电力出版社、轻工业出版社、中国建筑业出版社、化学工业出版社和中国科普作协、北京科普作协等单位的热情帮助和大力支持，在此我们表示衷心的感谢。

《培养军地两用人才技术丛书》编委会

主 编：黄 涛

副 主 编：林 仁 华

编 委：（按姓氏笔划为序）

王明慧 王维勇 刘学恩

应曰珪 杨永生 罗命钧

程力群

编 辑：彭道安 张照华 谢 钢

王守瑛 彭雪丽 吕一兵

• • • • •
本书责任编辑：王学真

本书封面设计：尤 伟

本书插图：嵯 峰

序 言

小水电是农村的重要能源，它对促进农村电气化，实现农业现代化具有重要的作用。目前，全国已建小水电站8万多座，而且仍在继续建设中。如何把这些小水电站管好、用好，做到经济、安全地多发电是一个比较突出的问题。

由于小水电发展快，技术力量远远满足不了生产的需要，以致在运行、检修、管理中发生了不少问题，影响了农村工农业生产以及生活的用电。为此，我们将这本书提供给即将参加小水电站生产的同志们，使大家能够初步掌握小水电的知识，以便把小水电管好、用好。这本书做为初级读物，避免了一些深奥的理论，写法通俗，深入浅出，图文并茂，以实用性为主。书中列举了一些例题，供加深学习用，每章后还有练习题，可作为学习参考。这本书也适合具有初中文化水平的同志自学用。

本书由陈康、艾苑、王可、易青、刘宜等同志编写，陈康同志担任主编。全书由水利电力部农电司小水电处处长白林同志、水力发电建设总局工程师黄贤鉴同志审阅，他们提出了许多修改意见，对此我们表示感谢。由于水平所限，错误之处请读者给予指正。

编 者

1984.6.

绪 论

建国三十多年来，我国农村用电有了很大发展。建国初期，全国农村用电量只有0.2亿度，现在已达到450亿度，约占全国发电量的14%。全国已有一半以上的生产队在排灌、脱粒、扬场、粮棉油加工、社办企业和生活照明等方面用上了电，对促进农业生产的发展和提高农民的物质文化生活水平起了显著作用。但是，我国幅员辽阔，经济发展很不平衡，而且目前大电网供电紧张，要想完全靠国家办电，靠大电网供电来满足农村电气化的需要，既不现实，又不经济。八亿农民的用电主要靠自力更生搞小水电、小火电、风力发电、地热发电及其他能源发电。在发展各种小型电站中，以发展小水电最现实、最有经济价值。

我国小水电资源十分丰富，理论蕴藏量为1.5亿千瓦，其中可开发资源为7000万千瓦，年发电量为2000~2500亿度。目前已开发的仅占全部小水电资源的11%。所以，丰富的小水电资源还有待开发。

全国已建小水电（单机容量在6000千瓦以下，全站总容量在12000千瓦以下）有8万多座，总装机容量800万千瓦，年发电量172亿度。例如福建省永春县已建成小水电站252座，装机容量2.4万千瓦，形成三个小电网，全县有95%的生产队、90%的农户用上了电。

我国的小水电建设经验引起了国际上的关注和好评。1980年以来，联合国认为我国在开发小水电方面积累了一套可供国外借鉴的建设经验，两次在杭州召开国际小水电会议，并决定在我国建立亚太地区国际小水电培训中心。

目 录

绪 论

第一章	基本原理	(1)
第一节	水电站的基本理论	(1)
第二节	水电站的出力计算	(2)
第三节	水电站的型式	(5)
第二章	引水建筑物与厂房	(19)
第一节	引水建筑物概述	(19)
第二节	引水明渠	(20)
第三节	闸门及启闭机	(33)
第四节	压力水管	(40)
第五节	引水建筑物的运行管理	(45)
第六节	水电站厂房	(47)
第三章	水轮发电机组	(63)
第一节	水轮机	(63)
第二节	水轮发电机	(81)
第三节	调速器和传动设备	(86)
第四章	水电站电气设备	(93)
第一节	主要电气设备	(93)
第二节	继电保护及自动化设备	(105)

第三节	防雷接地设备	(122)
第五章	水轮发电机组的运行及故障 处理	(129)
第一节	水轮发电机组的运行	(129)
第二节	水轮发电机组的故障及处理	(145)
第三节	调速器的运行及故障处理	(161)
第六章	电气设备的运行及维护	(170)
第一节	电气设备的运行	(170)
第二节	电气设备的维护	(185)
第三节	电气设备的试验	(193)
第七章	生产技术管理	(219)

第一章 基本原理

第一节 水电站的基本理论

由于地球的引力，水总是往低处流，这是大家早已熟知的自然规律。在天然溪、河或渠道中流动着的水，经常冲刷河床和岸坡，搬运大量泥沙滚滚向前。山谷里的瀑布（图1—1），从悬崖顶飞泻而下，在崖脚的坚硬岩石上冲成深坑形成深潭。这些现象都说明了水在流动的过程中具有一定的能量。早在数千年前，我国劳动人民就开始利用水的能量为人们兴利。装置了水车、水磨、水碓等简单机械，利用水的力量来提水、磨粉、舂米。至今，广大农村仍常见这些简单水力机械。

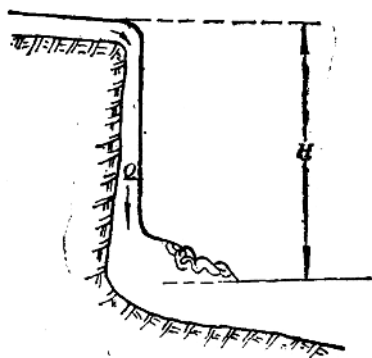


图 1—1 瀑布图

这些简单水力机械只是把水的能量变为机械能，利用的力量有限，效率较低。十九世纪后期，劳动人民在生产的实践中陆续发明了水轮机、发电机和高压输电技术，使水力变成电力，并远距离输送。建造水电站的基本原理：就是把高处的水集中起来，引来冲动装在低处的水轮机转轮，致使水轮机转动并带动发电机而发出电来，再经输电线把电送出去。也就是通过水轮机把水能变成机械能，再通过发电机把机械能变为电能。这就是人们常称的“水力发电”。

第二节 水电站的出力计算

从图 1—1 可知，水从高处往低处流动时，产生了能量，在岩石上冲成了深坑形成深潭。水量越多，能量就越大，潭就冲得越深；水的跌落距离越大，能量也就越大，潭也就冲得越深。也就是说水蕴藏能量的大小与水的重量成正比，与跌落的距离成正比。

从物理学中得知：一个重量为 G 的水体，由 H 米高处落下，所作的功（符号： E ，单位：公斤·米）：

$$E = G H \text{ (公斤·米)} \quad (1-1)$$

式中 G ——水体的重量（公斤）；

$$G = \gamma W$$

其中 γ ——水的容重，即每米³水的重量为 1000（公斤/米³）；

W —— t 秒时间内通过河道某一断面（或通过水轮机）的水量（米³）；

H ——水跌落的距离，即落差或水头（米）。

将 γ 、 W 代入式（1—1）中，得：

$$E = \gamma W H$$

$$= 1000 W H \text{ (公斤} \cdot \text{米)} \quad (1-2)$$

从式 (1-2) 中说明水量越多、落差越大，所作的功也就越大。

为了衡量做功的快慢、效率的高低（或出力的大小），必须用单位时间内做功的多少，即功率（符号：N，单位：公斤·米/秒）表示：

$$N = \frac{E}{t}$$

$$= \frac{1000 W H}{t}$$

$$= 1000 Q H \text{ (公斤} \cdot \text{米/秒)} \quad (1-3)$$

式中 Q —— 流量，每秒钟通过某一断面（或水轮机）的水量（米³/秒）。

在水力发电这门科学中，将水流的功率，习惯上用千瓦或马力作单位，而不用公斤·米/秒作单位，因此要进行单位换算，它们之间有如下关系：

$$1 \text{ 千瓦} = 102 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.36 \text{ 马力}；$$

$$1 \text{ 马力} = 75 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 0.736 \text{ 千瓦}。$$

将式 (1-3) 经过单位换算，可写成：

$$N = \frac{1000 Q H}{102} = 9.81 Q H \text{ (千瓦)} \quad (1-4)$$

或

$$N = \frac{1000 Q H}{75} = 13.33 Q H \text{ (马力)} \quad (1-5)$$

按式 (1-4) 或 (1-5) 算得的功率（或出力）仅是理论功率。因为没有扣除任何损失。实际上，在水力发电

过程中，水流通过水轮机、带动传动设备、再带动发电机等，由于机械摩擦损耗和设备质量等因素都不可避免地损失一些功率。所以水电站实际出力要打一个折扣，也就是要将式（1—4）或（1—5）的理论出力乘上一个小于1的系数（符号： η ），才是水电站的实际出力，可写成：

$$N = 9.81 Q H \eta \text{ (千瓦)} \quad (1-6)$$

或 $N = 13.33 Q H \eta \text{ (马力)} \quad (1-7)$

式中 Q ——流量（米³/秒），

H ——水头（或落差，米），粗略估算时，可用水电站上下游水位差，精确计算时，要考虑引水建筑的水头损失值，

η ——机组总效率，包括水轮机效率 $\eta_{机}$ ，发电机效率 $\eta_{电}$ ，及传动设备效率 $\eta_{传}$ 等，即：

$\eta = \eta_{机} \eta_{电} \eta_{传}$ ， η 值随水头和流量的变化而变化，通常是以设计时的数值为计算值。

如令 $A = 9.81\eta$ ， $A' = 13.33\eta$ ，代入式（1—6）、（1—7），则得：

$$N = A Q H \approx (6 \sim 7) Q H \text{ (千瓦)} \quad (1-8)$$

或 $N = A' Q H \approx (8 \sim 9.3) Q H \text{ (马力)} \quad (1-9)$

式中 A 、 A' ——出力计算系数，应根据机、电设备和传动方式决定，可参阅表1—1采用。

表1—1中数值是针对铁制水轮机而言，当采用木制水轮机时，则需乘以系数0.8~0.9。粗略估算时，对于小于100千瓦的水电站， A 值可取6.0；大于100千瓦的水电站， A 值可取7.0。

【例1—1】某渠道跌水落差有10米，一般正常情况下，渠道通过的流量是1米³/秒。拟在该处筹建一水电站，考虑

表 1—1

出力计算系数表

水轮机和发电机传动方式	A	A'
用联轴器-(靠背轮) 直接连接	7.0	9.3
用平皮带或三角皮带传动	6.5	8.8
用半交叉皮带传动	6.0	8.0
用过桥轴两次传动	6.0	8.0

用铁制水轮机，并采用平皮带传动方式与发电机连接。试分别求出这座水电站的理论出力和实际出力（水头损失忽略不计）。

【解】

应用式（1—4）、（1—5），计算理论出力值为：

$$N = 9.81QH = 9.81 \times 1 \times 10 = 98.1 \text{ (千瓦)}$$

或 $N = 13.33QH = 13.33 \times 1 \times 10 = 133.3 \text{ (马力)}$

根据表 1—1，查出当机组采用平皮带传动方式时，出力计算系数 $A = 6.5$ ， $A' = 8.8$ 。应用式（1—8），（1—9），计算实际出力值为：

$$N = AQH = 6.5 \times 1 \times 10 = 65 \text{ (千瓦)}$$

或 $N = A'QH = 8.8 \times 1 \times 10 = 88 \text{ (马力)}$

第三节 水电站的类型

一、水电站的水头和流量

从 $N = AQH$ 式中可知，决定水流功率大小的是流量 Q 和水头 H ，如果这两者之中有一个接近于零或受到某种限制

时，水电站就发不出电来了。因此，可以说水头和流量是水电站两个缺一不可的水能要素。

(一) 水头 水头就是集中起来的落差。在天然情况下，河流的落差是沿河分布的，有的河段坡度陡，有的河段坡度较平缓，集中的落差（如象瀑布）则是不多的。多数情况下，河流的落差分布是比较分散的。为了有效地开发利用水流的能量，就必须设法将落差集中起来，造成上下游水位差。实现集中落差的建筑物，就是水力发电站。即是说要在水电站的上下游构成集中落差，水从水电站的上游水位跌落下，通过水轮机后，流向水位较低的下游。

一般用来集中落差的方法有如下两种。

1、用建坝造成水头 利用坝来集中落差的方式见图1—2。在河流某处筑一坝，将原河道的水面（也称水位）抬高，获得水头。

用坝来造成水头，不可避免地会引起坝上游两岸的淹没。利用建坝抬高水位的可能性，一方面取决于上游的地形地质条件，另一方面取决于淹没对象的淹没价值。

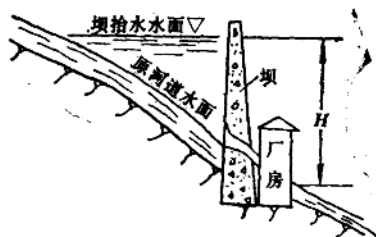


图1—2 利用建坝造成水头示意图

在地形上，两岸山坡的高度应高于坝高，同时库区内不

宜有低洼埡口，以免水从这些低处流走。如遇埡口，那就应该再筑小坝将其堵截。

由于筑坝，上游水位抬高，将淹没村庄城镇、工矿企业、铁路公路及电讯线路等建筑物，其淹没损失的昂贵价值，是限制坝上游水位的重要因素，因此，决定坝高时，应作经济得失的比较。

2、用引水建筑物集中落差 利用引水建筑物集中落差的方式见图 1—3。

利用引水建筑来集中落差的进水口处，并不一定都要筑坝，即便筑坝，坝的高度也是很低的，其作用仅将水导入引水建筑物，水头基本上是由引水建筑物造成的。

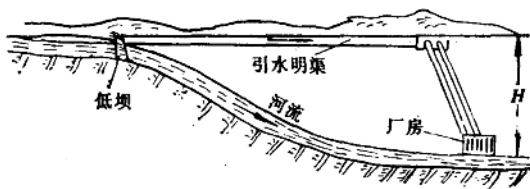


图 1—3 利用引水渠道集中水头示意图

按进水口处有无筑坝又分有坝引水（如图 1—3）和无坝引水两种。无坝引水时，进水口处的布置一般如图 1—4 所示。

比较上述两种造成水头的方法以后，可以看出这两种方法各自具有的优越性及其采用它们的条件。

河流坡降越大，采用引水建筑物造成水头就越有利，因为在这种情况下，可以在较短的引水建筑物中得到较大的水头。当河流的坡降较小时，引水道的坡降与河流的坡降相