



NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

农村微水电技术

NONGCUN WEISHUIDIAN JISHU

张无敌 杨 斌 陈玉保 编著



化学工业出版社



NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

农村微水电技术

NONGCUN WEISHUIDIAN JISHU

张无敌 杨 斌 陈玉保 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是“农村能源利用丛书”中的一本。

本书以农村微水电工程的建设为主题,较为系统地介绍了农村微水电技术。内容主要涉及微水电的概念及特征,微水电工程的设计、安装调试、日常维护管理,国内外微水电的发展概况等。

本书文字通俗易懂,图文并茂,可作为广大农村技术人员、农村能源管理人员及乡村电工的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

农村微水电技术/张无敌,杨斌,陈玉保编著. —北京:
化学工业出版社, 2013. 1
(农村能源利用丛书)
ISBN 978-7-122-15961-8

I. ①农… II. ①张… ②杨… ③陈… III. ①农村
给水-基本知识 ②农村配电-基本知识 IV. ①S277.7
②TM727.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 288636 号

责任编辑:袁海燕
责任校对:宋 玮

文字编辑:云 雷
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张6 字数136千字 2013年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

《农村能源利用》丛书编委会

主 任：张无敌

副主任：尹 芳 陈玉保 刘士清

委 员（按姓氏笔画排列）：

尹 芳 许 玲 刘士清 张无敌

陈玉保 赵兴玲 柳 静

序

我国农村能源的发展经历了从单一的薪柴、节柴改灶、沼气建设、农村能源综合建设，到沼气与生态农业建设、太阳能热水器、太阳能路灯等多种能源利用格局的发展过程。现今我们面临着化石燃料紧张和环境污染的双重压力。在广阔的农村地区，因地制宜地开发利用各种可再生能源技术是解决农村能源短缺的理想出路，这种方式已被实践证明是可行的，而且也适宜于在广大的发展中国家的农村推广应用。

长期以来，农村能源问题一直是制约农村经济发展、农村生态环境整治以及村落村貌卫生状况的重要因素，商品能源的供给无法满足农村的用能需求，因地制宜，多能互补的农村能源政策是有效解决农村能源短缺的途径。薪柴是农村生活燃料的重要能源之一，节柴炉灶的推广使用具有较大的市场，不断提高炉灶的节能效率仍是今后工作的重点之一；处置牲畜粪便最好的办法就是沼气利用，沼气的推广使用和“三沼”的综合利用是发展生态农业的重要纽带；太阳能热水器、太阳能光电利用、风能的利用以及微水电技术在农村具有广阔的天地，多种能源在农村的推广使用是建设社会主义新农村、发展农村循环经济的重要措施。在这种形式和要求下，编著出版系列《农村能源利用》丛书，丛书的编写突出实用性，深入浅出，该丛书的出版无疑对更好地建设和发展农村能源技术，以及服务于社会主义新农村的建设起到非常积极的作用。



2013年1月

前言

最近几年，我国用于农村电网建设和改造的资金已经超过1600亿元，使农村的无电人口从7600万减少到了2300万，农村供电状况得到很大改善。但是，由于地理和经济上的原因，全国农村电力的发展还不平衡，现存的无电户大都远离电网，加上崇山峻岭的阻碍和人口居住的分散，如果电网建设再向山区延伸，其每公里的建设费用将成倍增加，并且，无电人口的数目也不会因电网延伸而有明显的减少。据农村能源专家分析，全国现存的许多无电山区在20年之内不可能通过延伸电网来实现供电。无电、缺电、电费过高仍然是制约全国山区农村脱贫致富的主要原因之一。全国有8000万千瓦的微水电资源，现有微水电的总装机容量为22万千瓦，只占微水电资源的0.25%。而全国尚有2300万无电人口，约580万户散居在微水电资源丰富的南方丘陵山区。因此，加快微水电行动计划的实施，解决无电户的生活用电问题势在必行。

我国微水电的应用最早出现在20世纪50年代。当时人们已经认识到，利用山区农民村前屋后小溪中的流水发电是解决边远山区农民生活用电问题最为经济可行的办法。但微水电的真正发展始于80年代中期，在农业部和地方政府微水电专项经费的扶持下，我国南方山区的微水电得到了较快发展，在广西、江西、四川、浙江、湖南、福建等省曾经有许多安装微水电机组上千台的县。90年代初期，为了进一步提高微水电行业的技术水平和规范化管理，农业部授权南京农业机械化研究所筹建微水电设备

质量监督检验测试中心（简称微水电中心），这是中国微水电推广与发展，以及对外技术交流与合作的主要技术依托单位，其主要工作是进行微水电行业标准的制定和微水电质检。微水电中心制定了与微水电有关的国家标准及行业标准，其中《微水电设备基本技术要求》、《微水电设备质量检验规范》、《微水电设备试验方法》、《微水电设备安装技术规范》4个国家标准已于1998年由国家技术监督局批准发布。1998年底微水电中心通过国家计量认证和农业部机构审查认可，成为微水电行业规范市场、进行基层技术培训的重要依托单位，行业的基础建设有了长足的发展。

近年来，微水电理论渐趋成熟，同时在技术上也有了很大突破，解决了微水发电机组稳压、稳频难，使用寿命短等问题。我国微水发电机组大致经历了四代：第一代微水电即早期的微水发电机组，不具备自动调压稳频控制功能，用电器不可随意开关，通常只能作为电灯照明电源。目前国内使用微水电的大多为第一代产品，仅仅给用户解决了照明问题，但电压非常不稳定，使用时仍很不方便。第二代微水电具有自动调压稳频控制功能，可直接作为农户照明、收看电视和拖动微型农副产品加工机械的电源。它由微型水轮机、发电机、稳压稳频控制器、传动装置等组成。国内外这种产品技术已经成熟，并逐渐在推向市场。第三代微水电在第二代微水电的基础上增加了能源互补功能，可以保证终年不间断供电。第四代微水电在微水力资源的合理、高效利用上有突破性提高，整机效率应接近小水发电机组的水平，并且实现多机组并联工作，使供电可靠性得到本质提高。由于微水电的技术进步，其安装、管理和维护成本大幅度下降，使微水电进入了实用阶段。鉴于这种情况，我们编著出版本书，期望能够帮助农村技术人员掌握微水电技术、兴办微水电工程，极大改善自己的生

产、生活条件，走上致富之路。

本书在编写过程中，得到了作者单位的领导和同仁的帮助，参考了大量国内外有关资料，在此表示深深的谢意。由于书中内容涉及面广，编者水平有限，书中不妥之处还望读者批评指正。

编著者

2012 年 12 月

目录

第一章 农村微水电概述	1
第一节 微水电简介	3
一、微水电的名词概念	3
二、微水电的主要技术条件	6
三、微水电的分类	9
四、微水电的特征	16
第二节 常用微水电技术	19
一、常用的微水电技术	19
二、微水电技术的应用示范	21
第三节 微水电电工常识	24
一、有关微水电参数的概念	24
二、直流电和交流电	29
三、常用工具	37
参考文献	37
第二章 农村微水电工程设计	39
第一节 微水电工程简介	41
一、微水电工程的组成	41
二、微水电工程的工作过程	42
三、微水电工程选址分析	42
第二节 微水电水工工程	44
一、水头和流量的测定	44

二、水工建筑物	49
第三节 微水电机组	63
一、常见微水电机组	63
二、微水电机组的选型	86
第四节 微水电供电工程	91
一、发电机房的配电布置	91
二、输电线的布置及架设	92
三、远距离供电的解决方案	95
第五节 蓄水法微水电工程的设计	95
参考文献	96
第三章 农村微水电工程的安装、调试及运行	99
第一节 微水电工程的安装与调试	101
一、微水电工程的安装验收要求	101
二、管道式机组的安装与调试	103
三、明槽式机组的安装与调试	107
第二节 微水电工程的运行	110
一、微型水力发电机组的试运行	110
二、开机操作	112
三、停机操作	113
参考文献	113
第四章 农村微水电工程的管理、维护及故障处理	115
第一节 微水电工程的管理	117
一、运行注意事项	117
二、电力设备的保护	119
三、安全用电	119
第二节 微水电工程的维护	120
一、水工建筑物的维护	121

二、微水电机组的维护	122
三、输电线的维护	123
第三节 微水电工程的故障处理	124
参考文献	129
第五章 中国微水电发展概况	131
第一节 中国发展微水电的必要性	133
一、农村电力发展不平衡	133
二、微水电资源开发利用低	134
三、微水电资源具有明显的经济效益和社会效益	135
第二节 中国微水电的发展历程、现状及趋势	139
一、中国微水电的发展历程	139
二、中国微水电的发展现状	141
三、中国微水电的发展趋势	152
第三节 中国微水电存在的主要问题及对策建议	156
一、我国微水电存在的主要问题	156
二、主要的对策和建议	162
参考文献	168
第六章 国外微水电发展情况	171
第一节 不同国家和国际组织对微水电的定义	173
一、微水电定义	173
二、不同的国家和组织对微水电的不同的定义	173
第二节 国外微水电的发展情况	174
一、国外微水电的发展现状	174
二、国外微水电发展的趋势	179
三、国外微水电发展对我国的启示	180
参考文献	180

第一章

农村微水电概述

第一节

微水电简介

我国大部分省份境内多山，盆地、河谷、丘陵、山丘、高原相间分布，各类地貌之间条件差异很大，类型多样复杂。因其自然条件的恶劣，少数民族聚居的边远农村的用电问题一直是难以解决的问题，大型的集中供电因距离远，会造成管理不便、电力损耗大、线路费用增大等问题。而微水电技术的出现为边远山区的农村用电问题提供了新的解决途径。我国微水电技术最早出现在 20 世纪 50 年代，当时人们就已经认识到，利用山区的水力资源进行发电是解决边远山区农民生活用电问题的最为经济可行的办法。近年来，微水电技术日趋成熟，其安装、管理和维护成本大幅度下降，微水电技术已进入了实用阶段。

一、微水电的名词概念

微型水力发电（Micro Hydro Power，简称微水电）是指利用电力负荷附近的微小水能资源发电、离网独立运行、无需变电、直接向用户供电或者与地方农网并网运行，把微水电资源转化成符合民用电要求的成套微水电发电系统。主要包括微水电供电系统，具备微水力资源，所发电能符合民用电要求，有成套的设备。

（一）微水电供电系统

微水电供电系统是指由微型水工建筑（如微水电引水工程及机房等）、微型水力发电机组、供电线路三大部分组成的供电

系统。

其中微型水工建筑即引（蓄）水工程包括水坝、取水口、引水渠等往往可以兼顾灌溉、生活用水等需要，发挥综合效益。

微水电水力发电站：是微水电发电系统中的微型水力发电机组和与其工作直接相关的水工建筑，如压力前池、管道、机房等建筑设备。微型水力发电机组又称为微水电机组，是指将小溪、河流，也就是微水电资源，水的势能转化成符合民用电标准的电能的水力发电的成套设备。主要由发电机、控制器、微型水轮机三个部件组成。微型水力发电系统一般定义为发电功率小于100kW的系统。在我国，微型水力发电系统的覆盖范围为单机容量500kW以下的水力发电系统。而供电系统主要有变电设备、输电线路、线路安全保护装置构成。

（二）微水力资源

微水力资源是指农村地区小溪、小河在一定河段长度内流动的水中所具有的位能（势能）。通俗地讲，只要小溪、小河和山涧中的水流量达到一定程度，并且有较大的下流坡度，即有较大的落差，或者是通过人工修建拦水坝集中河流水，经过引水渠和引水管把水引入微水电机组，推动水轮机转轮旋转，水轮机做功，转轮带动发电机发电，最后通过输电线路把电能供给用户，我们就称这里有微水力资源。微水力资源由水头和流量两个基本的要素组成。

1. 水头

水头又称为落差，它是指上水位和下水位之差，测量和计算中以“米”为单位。

水流因为有了落差才具有做功的力量。通常我们把建站前测得的上下水位之差称为毛水头，用 $H_{\text{毛}}$ 表示。水渠上游和下游

之间需要流水的高度差,建压力前池等建筑有时也要占用一定的高度,我们就把进入水轮机之前的水工建筑所占用的落差统称为引水水头,用 $h_{引}$ 表示。机组排水的尾水渠和电站防洪需要留出一定的高度,我们将其统称为尾水水头,用 $h_{尾}$ 表示;除去引水水头和尾水水头后,最后用于机组发电的水头,称为有效发电水头,用 $H_{有}$ 表示。在有效发电水头的基础上减去管道中的阻力损失水头 $h_{阻}$,就是水轮机所得到的发电净水头,用 H 表示。所以净水头可用下式计算:

$$\text{净水头 } H = H_{毛} - h_{引} - h_{尾} - h_{阻}$$

我们在选择水轮机时要以净水头为依据。因为在正常情况下,管道阻力的损失会比较小,往往可以忽略,所以在规划设计时常常以有效发电水头为机组选型的依据。但是,在微水电站建成后,会出现发电量达不到额定值的情况,原因主要是由于阀门、管道、拦污栅等的阻力损失水头过大所造成的,对此应引起充分的注意。

2. 流量

流量是一定时间内流过的水的体积。对微型水力发电来说,就是单位时间内流过水轮机的水量,用 Q 表示。流量单位为立方米/小时 (m^3/h)。而在进行功率计算时流量单位采用立方米/秒 (m^3/s)。下面是计算中常用单位换算关系:

$$1 \text{ 立方米/秒}(m^3/s) = 3600 \text{ 立方米/小时}(m^3/h)$$

$$1 \text{ 升/秒}(L/s) = 3.6 \text{ 立方米/小时}(m^3/h)$$

微水力资源的大小 N 如下式所示:

$$N = H_{有} Q g (\text{kW})$$

式中 N ——微水力资源, kW;

$H_{有}$ ——有效水头, m;

Q ——流量， m^3/s ；

g ——重力加速度， $9.8\text{m}/\text{s}^2$ 。

（三）电能符合民用电要求

电能符合民用电要求是指电源的各项技术指标满足国家有关民用电的标准要求，不需要变电设备，发出的电能应该是：额定电压单相为 220V ，三相为 380V ，额定频率为 50Hz ，并且电压、频率稳定，供电安全，可直接作为照明、家用电器和小型农副产品加工机械的电源。

（四）设备的成套性

设备的成套性是指微水电作为一种发电设备，它应该包括水轮机、发电机、稳压设备、配件和附件（引水管、阀门或闸门、尾水管、工具箱等）等一整套设备。安装时，只需进行土建工程和供电工程的建设，而不需另外再加工或添加其它设备。因为山区用户零件采购和运送有一定的困难，因此微型水力发电机组的成套性必须作为其质量评定的重要指标。

与大型的水力发电相比，微水电技术直接利用微小水能发电，无水能消耗，只需要简单的土木水工建筑，不会造成自然生态环境的改变和环境的污染，属于可再生能源。同时，微水电的电能转化率至少高于 50% ，而太阳能约是 20% ，微水电的单位造价也远远低于风能和太阳能，加上维护简单、管理便捷的优势，使微水电技术显现出了突出的利用发展前景。

二、微水电的主要技术条件

在 20 世纪 90 年代初期，为了进一步提高微水电行业的规范化管理和技术水平，农业部授权南京农业机械化研究所筹建微水电设备质量监督检验测试中心（简称微水电中心）。该中心制定