

NONGCUN XIAOSHUIDIAN SHIYONG JISHU

农村小水电 实用技术



金盾出版社



ISBN 7-80022-629-8/TB · 5

定价: 3.10 元



农村小水电实用技术

郑 贤 罗高荣 编著

金 盾 出 版 社

(京)新登字 129 号

内 容 提 要

本书是针对当前我国农村小水电发展的实际情况编写的通俗读物。内容包括我国小水电的发展概况,小水电的负荷预测、规划、水工建筑物、机电设备、电网工程、运行管理等,全书共分七章,并附插图 97 幅。内容实用,文字通俗,图文结合,便于自学,可供从事农村小水电的管理、技术人员和工人以及农村知识青年阅读参考。

农村小水电实用技术

郑 贤 罗高荣 编著

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:8214039 8218137

传真:8214032 电挂:0234

三二〇九工厂印刷

各地新华书店经销

开本:32 印张:5.5 字数:121 千字

1993 年 6 月第 1 版 1993 年 6 月第 1 次印刷

印数:1-21000 册 定价:3.10 元

ISBN 7-80022-629-8/TB·5

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

我国有丰富的水力资源,其中小水电资源就有 7800 多万千瓦。到目前为止,已开发利用的小水电资源约 1500 万千瓦(年发电量 450 多亿度,仅占可开发小水电资源的 20%),解决了 2 亿多农村人口的用电问题。在全国 2000 多个县中,主要靠小水电供电的县就有 800 多个,遍布全国二十几个省区。小水电的发展不仅作为一种重要的农村能源解决了农村的照明、动力加工、提水、文化生活以及乡镇企业的用电问题,还为地方工业、县办工业的发展提供了动力。尤其是从 1983 年起,国务院批准在全国范围内选择 100 个县进行农村水电电气化县试点,并委托水利系统实施,使小水电的建设进入了一个新的历史阶段。经过几年的努力,至 1989 年底全国已有 109 个县达到国家规定的初级农村电气化标准,经各省人民政府委托有关部门验收合格,颁发了初级农村电气化证书。国务院充分肯定了第一批农村电气化试点县的经验,并于 1991 年批准“八五”期间在全国范围内再进行 200 个农村电气化县的建设。

小水电作为农村能源的重要组成部分引起了国内外有关部门的关注,吸引了大批人才为之奋斗。为了普及小水电知识,促进广大人民群众对小水电技术的了解,我们编写了这本小册子,内容力求全面实用,文字力求通俗易懂。由于编者水平有限,不妥之处在所难免,欢迎读者提出批评意见。

编 者

1993 年 4 月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 小水电及其历史发展	(1)
第二节 小水电资源分布及开发利用情况	(6)
第三节 小水电与农村电气化建设	(10)
第二章 小水电负荷预测	(12)
第一节 负荷预测的意义	(12)
第二节 负荷预测方法	(13)
第三节 负荷曲线编制	(20)
第四节 电力电量平衡	(25)
第三章 小水电规划	(29)
第一节 小水电开发方式与电站类型	(29)
第二节 小水电水文资料分析	(35)
第三节 小水电水能计算与装机容量选择	(39)
第四节 小水电建设项目经济评价	(42)
第四章 小水电水工建筑物	(51)
第一节 小水电站总体布置与坝工建筑	(51)
第二节 小水电引水建筑	(64)
第三节 小水电电站厂房工程	(66)
第五章 小水电机电设备	(73)
第一节 小型水轮发电机组	(73)
第二节 水轮发电机组选择的内容和准则	(78)
第三节 水轮发电机组选择方法	(81)
第四节 小水电辅助机电设备	(98)

第六章 小水电网络工程	(105)
第一节 系统接线选择与合理布局.....	(105)
第二节 变电所布局与规划.....	(123)
第三节 0.4~35kV 线路的合理供电半径	(127)
第七章 小水电运行管理	(130)
第一节 小水电工程与设备管理.....	(130)
第二节 小水电经营管理.....	(136)
第三节 小水电企业供、用电管理	(141)
第四节 小水电站厂内优化调度.....	(147)
第五节 厂内机组有功负荷最优分配图解法.....	(155)
第六节 小水电水库调度图编制.....	(159)

第一章 概 论

第一节 小水电及其历史发展

我国地域辽阔,人口众多,且占全国 80%的人口分散居住在农村。如果不解决好这 80%人口的生活问题,社会就不能安定,经济建设就不能发展。农业是基础。农村能源事关农村人口生产、生活问题,电又是品位和质量最高的能源,是基础工业。以发展电力为先导,带动农村百业的发展,对提高农村人口生活质量,搞活经济,促进农村脱贫致富,有着十分重要的意义。

我国是一个多河流国家,江河纵横、溪流密布,蕴藏着丰富的水力资源,尤其是小水电资源遍布各省,这些可再生的小水电资源的开发利用构成了农村能源的重要组成部分,对促进农村经济的发展和改善人民生活将起到十分重要的作用。

随着农村经济改革的深入,农村商品经济迅猛发展,工农业产值大幅度增长,人民生活水平日益提高,电的作用更显得突出,人们对电的需求也更加迫切。但是,目前我国电力供应缺口还很大,电力增长跟不上国民经济发展需要,部分城市和工业用电得不到保证,农村地区缺电更为普遍,工农业生产受到较大损失。目前全国还有 1.5 亿人口未用上电,一些边远地区由于没有电,资源得不到开发,经济得不到发展,人民生活水平提高比较缓慢。为了扭转这种局面,政府提倡因地制

宜,在有条件的地方鼓励地方和当地群众自办小水电或开辟其它电源,以解决其用电问题。只有走国家和地方、群众共同办电,即国家在兴办大中型水电的同时,地方也积极办中小型水电,靠国家和地方办电“两条腿走路”的办法才是我国电力工业发展的根本出路,从而使电力的发展能够逐步满足国民经济发展和人民群众生活水平提高的需要。

我国是世界上利用水力最早的国家之一,但利用水力发电比欧美和日本却迟了几十年。1912年在云南建成的第一座石龙坝水电站,装机480kW(以后扩建为6000kW),距今已有80年历史。但到新中国成立前夕,全国只有水力发电装机26万kW,其中小水电26座,装机只有2800kW。

建国以后,党和政府十分重视小水电的开发,随着社会主义建设事业的发展,小水电事业也不断壮大起来。我国小水电发展,大体分为四个时期。

50年代是始发时期。早在建国初期,在农业发展纲要中就提出:凡有水力资源的地方,要积极兴建中小水电,以逐步解决农村用电要求。为了推动小水电发展,1956年先后在山西、四川、福建举办了技术培训班,还在烟台、四川、郑州召开了全国性会议,提出了“小型为主、服务生产为主、社办为主”的“三主”方针,同时提出了“土洋并举、发电与动力并举、大中小结合、小水电与国家电网供电相结合”等一套两条腿走路的方针。1958年还提出每省抓5个县、100个乡的电气化规划。这些方针、措施在当时起了积极的推动作用。这个时期农村的办电能力小,用电水平低,小水电装机容量只限于500kW以下,平均每年发展只有1.5万kW,但它为山村指出了梦寐以求的“点灯不用油、磨米不用牛”的方向,人们称小水电为山区的夜明珠。

60年代是持续发展时期。1960年,党中央提出了“以农业为基础,以工业为主导”的发展国民经济总方针,要求各行各业都要把工作重点转移到以农业为基础的轨道上来。1963年,原水电部设立了“农村电气化局”,提出农电发展以“商品粮食基地为重点,排灌用电为中心;大电网供电为主,电网和农村水电站并举”的方针。小水电纳入农电统一体系后,虽有为生产服务的积极一面,但也带来很多消极因素:一是农电发展重点的粮食基地主要在沿海平原,而小水电资源主要在山区,影响了小水电的发展;二是强调了大电网供电,忽视了地方电源,电力下乡后,使部分小电站停机拆除,“大电网一到,小电站废掉”,挫伤了地方、群众办电积极性,出现了等电要电的依赖思想。“文革”动乱中,有些小电站停运、停产,60年代的灾难和动荡给小水电带来很大困难,但由于工农业生产和人民生活的需要,仍有一定发展,电站容量由500kW上升到3000kW,年平均增加5.8万kW。

70年代是小水电大发展时期。总结了过去的经验教训,认识到只提出建设方向是不够的,还需要有扶持和保护小水电发展的经济政策;同时,广大农村只靠国家给电、大电网送电是不够的,必须强调自力更生开发当地水力资源。国家及时地制定了一系列扶持政策,在建设上发动县、社、队三级办电,实行“谁建、谁管、归谁所有”的政策。在规划上提出,从山区到平原,从网外到网内,充分利用水力资源兴建小水电,治水办电相结合;在资金上实行以电养电,国家补助20%(每1kW150元);在主机设备上,取消国家统配办法,各省自产留用、国家补助原材料;在管理体制上实行“建设和管理统一”、“发电和供用电统一”,保护各级办电利益;在大小电网关系上制订了保护小水电供电区的并网办法。由于这些政策的实施,

调动了地方、群众办电的积极性,使小水电有了大发展。70年代的小水电容量范围上升到1.2万kW,年平均装机58万kW,历史上发展最快的1979年,新增装机112万kW。

80年代是小水电进入电气化时期。由于国内外形势发展需要,党的十一届三中全会提出了以经济建设为中心,并把农业和能源建设列为发展重点;国际上出现了世界性能源危机,小水电引起各国关注;小水电本身已具相当规模,很多县形成了地方电网。1983年12月,国务院批转水电部100个电气化试点县名单,决定每年补助1亿元资金。经过几年的努力,电气化试点进展很快,到1989年底已有109个县达到标准,验收合格,实践证明电气化县试点是成功的。

随着电气化县的建设,小水电本身发生了质的变化:一是单站容量不断扩大,骨干电站越来越多,容量范围由500kW上升到2.5万kW;二是联成了地方电网,有78%的容量并网运行,改变了过去分散孤立供电的缺陷,发展到县级电网统一调度;三是在很多梯级电站上游补建了水库,提高了调节能力;四是管理体制和装备不断完善,一般都成立了地方水电(电力)公司,效益不断提高。

到1991年底,全国小水电装机达到1500万kW,年发电量316亿kW·h,拥有高压输电线路68.36万km,低压输电线路152万km,变压器总容量441.3万kV·A,全国有717个县主要由小水电供电,并建成了40多个跨县的地区电网。随着发展,中小水电已形成了一个独具特色的地方电力行业,从事小水电业务的职工达45.7万人,其中技术人员3.44万人,全行业固定资产约200亿元,由部一省一县(站、网)实行着本系统的行业管理。

我国小水电发展情况见表1-1。

表 1-1 我国小水电发展情况表

发展阶段	小水电容量 范围, kW	年平均装 机, 万 kW	达到装机 万 kW	机组制造及操作	电站运行	电网电压	电站作用
50 年代	500 以下	1.5	15	农机厂造, 木制与铁木 结合的水轮机, 多为手动 调速	单站运行	低压 400V, 就近送电	照明
60 年代	3000 以下	5.8	72.9	全国有 10 家专业制造 厂, 年产能 10 万 kW, 水 轮机多为金属结构	几个电站联 网运行	高压 10kV 输电	照明、加工
70 年代	12000 以下	58	632.9	全国有 60 家专业厂, 年 产能 100 万 kW, 完成了 机组系列化规划, 骨干电 站为自动调速	建成统一调 度的县电网	高压 35kV 电网	除照明、加工 外, 增加排灌 及县工业用电
80 年代	25000 以下	63	1179 (1988)	试验新型高效率机组, 试点全盘自动化、远动化	成立县统一 管理的电力 水电公司	开始建 110kV 高压 电网	担负县范围内 的全盘电气化

第二节 小水电资源分布及开发利用情况

我国水能资源居世界之首,理论蕴藏量达 6.8 亿 kW,可开发量 3.7 亿 kW。据 1980 年普查成果并经 1988 年核实修正,其中小水电资源,理论蕴藏量为 1.8 亿 kW,可开发量为 0.75 亿 kW;中型水电可开发容量为 0.64 亿 kW,中小型合计可开发容量为 1.39 亿 kW。目前,小水电已开发 19.42%,国家和地方中型水电已开发 8.5%,中小型合计开发程度仅 13%左右,与整个水电资源一样,中小水电资源开发利用的潜力很大。

我国中小水电资源分布面广,几乎遍及全国。

按中小水电资源区划,可分为南、北两大资源带:一是长江以南的云、贵、川,“两湖”、“两广”,海南,闽、浙、赣,以及西藏、新疆、青海等 14 个省区,拥有中小水力资源 11790 万 kW,占全国中小水电资源的 85%,已开发程度为 13%左右。这些地区多为雨量充沛、河床陡峻的多山地区,是中小水电发展的重点地区;二是长江与黄河之间和黄河以北的北方,以及华东沿海平原 16 个省区共拥有 2072 万 kW,占全国中小水电资源的 15%,目前开发程度为 15.8%。北方地区由于华北平原、东北的松辽平原以及西北的黄土高原,气候干旱,地势平缓,中小河流不多,中小水力资源也比南方少得多。但这些资源多集中在山区,对解决边远山区能源很有现实意义。如安徽省的皖南地区,陕西省的陕南 18 个县,甘肃省的临夏地区,河南省的洛阳地区,山西省的晋东南地区,河北省的承德地区,辽宁省的东部山区,吉林省的延边、通化、浑江等地区,黑龙江省的牡丹江、黑河地区,都蕴藏着丰富的中小水电资源,

也是我国中小水电重点发展地区。

以上小水电资源是经过 1980 年以前三次全国性的普查,以后很多省区又陆续进行了深入普查,并经最近逐省核定修正得出的统计数;中型水电资源是依据规划的电源点落实的统计数。普查统计中,基本上是按国家规定小型水电单站容量范围在 2.5 万 kW 以下。据普查、规划,在全国 2000 多个县中,拥有的小水电资源超过 1 万 kW 的有 1119 个县,其中拥有 1~3 万 kW 的县有 459 个,有 3~5 万 kW 的县有 242 个,拥有 5~10 万 kW 的县有 231 个,超过 10 万 kW 的县有 187 个。包括中型水电资源在内,全国有 600 多个县人均拥有的可开发水电资源超过 200W,近 1000 个县人均水电资源超过 100W。这些县主要依靠开发当地中小水电资源,并辅以其它能源(包括国家电网的必要扶持),即可解决本县初步电气化和进一步基本电气化的用电问题。

从战略布局看,我国中小水电资源分布面广,有利于广泛开发,而且主要集中于国家电网供电范围以外的山区,对发挥国家和地方两个积极性,以加速农村电气化建设十分有利。

从全国分布看,中小水电资源主要集中在长江以南和西藏、新疆、青海等 14 个省区;长江与黄河之间和黄河以北以及华东沿海平原,中小水电资源所占比重不大,但其绝对数仍然可观,同时这里正是国家电网发达地区,即东北、华北、华东、西北四大电网覆盖区。就一个省、区来看,国家电网也主要供应大中城市及其附近地区的农村用电,广大山区电力则十分薄弱,有些农村至今还未用上电,而这些地区(包括大电网覆盖下的一些山区)都蕴藏有丰富的中小水电资源,恰可补充大电网的不足。此外,在各种常规能源中,水电资源独具“再生、无污染、价廉以及有水利综合效益”的优势。因此,根据我国中

小水电资源及其分布,结合全国电力能源发展实际,在解决我国农村电源和电气化建设中,中小水电占有十分重要的地位,可考虑优先或重点开发。长江以南和西藏、新疆、青海 14 个省区可列为主攻方向;对北方和华东沿海平原大电网发达地区,特别是对前面所述的资源集中的 10 个片的开发也应给予足够的重视。

全国中小水电资源情况见表 1-2:

省、市、区	理论蕴藏量	可开发装机	省、市、区	理论蕴藏量	可开发装机
全国总计	18196.43	7543.8			
华北地区	522.86	199.73	湖北省	717.60	403.60
北京市	12.00	9.00	湖南省	776.90	414.60
河北省	124.26	93.93	广东省	921.60	416.60
山西省	124.40	58.10	广西壮族自治区	651.00	232.20
内蒙古自治区	262.20	38.70	海南省	99.50	39.74
东北地区	573.15	304.5	西南地区	9161.20	3472.2
辽宁省	82.16	42.91	四川省	1206.00	587.80
吉林省	363.59	188.79	贵州省	610.20	255.40
黑龙江省	127.40	72.80	云南省	3345.00	1029.00
华东地区	1696.99	1091.53	西藏自治区	4000.00	1600.00
江苏省	22.70	11.20	西北地区	2882.33	866
浙江省	607.34	322.65	陕西省	644.80	156.90
安徽省	196.39	68.45	甘肃省	578.70	108.90
福建省	500.00	359.40	青海省	679.60	200.00
江西省	326.56	308.33	宁夏回族自治区	4.40	2.30
山东省	44.00	21.50	新疆维吾尔自治区	974.83	397.90
中南地区	3359.90	1609.84			
河南省	193.30	103.10			

目前,全国已有 1547 个县开发了小水电资源,主要靠小

水电供电的县有 717 个,约占全国总县数的 1/3。1991 年,全国小水电年发电量超过 1 亿 kW·h 的县数达 50 多个,全国小水电资源开发程度已达 19.42%。其中长江流域及其以南的云、贵、川,“两湖”、“两广”,闽、浙、赣、琼等 11 个省区的可开发资源占全国可开发小水电资源总量的 56.7%,开发程度已达 27.2%;西藏、新疆、青海等 3 省区,可开发小水电资源量占全国的 21.8%,开发程度仅为 2.5%;位于长江与黄河之间和黄河以北地区以及华东沿海平原的京、冀、晋、辽、吉、黑,苏、鲁、皖、陕、甘、宁和内蒙、河南等 14 省区,可开发小水电资源量只占全国的 11.5%,开发程度已达 16.7%。

我国对小水电资源开发利用,在规划上实行中小河流综合开发,防洪、发电、灌溉和航运相结合,充分利用了水利和水能资源;在工程建设上提倡因地制宜,利用当地材料修建水工建筑物;在设备上立足于当地制造成套设备,小型水轮发电机组实行系列化、标准化。小水电开发除常规开发方式外,对梯级开发、跨流域开发、灌溉渠系开发等都给予了高度重视,取得了较大成就。全国小水电资源及开发利用情况见表 1-3。

表 1-3 1991 年底全国小水电资源及开发利用情况表

项 省 别	可开发资源量 万 kW	已开发装 机容量 万 kW	已开发装机占 可开发资源比重 %	年发电量 亿 kW·h
全国总计	7131.3	1382.68	19.39	373.08
北京市	9.0	5.6	62.2	0.63
河北省	58.3	19.23	33	3.22
山西省	58.1	10.49	18	1.85
内蒙古自治区	38.7	3.3	8.5	0.82
辽宁省	46.7	9.56	20.47	2.0
吉林省	75.8	15.2	20	4.77
黑龙江省	72.8	7.2	10	2.04
江苏省	11.2	3.27	29.1	0.48

续表 1-3

项 省 别	可开发资源量 万 kW	已开发装 机容量 万 kW	已开发装机占 可开发资源比重 %	年发电量 亿 kW·h
浙江省	259.6	82.44	31.7	17.09
安徽省	58.4	12.64	21.6	2.76
福建省	359.4	128.8	35.8	36.07
江西省	232.3	72.34	31.1	18.05
山东省	21.5	7.47	34.7	0.79
河南省	103.1	24.42	23.7	3.68
湖北省	403.6	87.87	21.8	22.33
湖南省	414.6	128.73	31.1	32.4
广东省	305.0	190.33	62.2	45.15
海南省	95.7	19.53	20.4	5.17
广西壮族自治区	232.2	93.74	40.3	22.5
四川省	587.8	202.63	34.5	78.76
贵州省	255.4	54.8	21.5	14.18
云南省	896.0	113.3	12.6	35.18
西藏自治区	1600.0	10.9	0.6	2.3
陕西省	156.9	17.09	10.9	3.71
甘肃省	108.9	16.44	15.2	4.33
青海省	200.0	6.4	3.2	2.14
宁夏回族自治区	2.3	0.6	26.1	0.15
新疆维吾尔自治区	468.0	38.36	8.2	10.53

注：表中未包括台湾省；天津、上海两市的小水电资源量很少，也未列入表中。

第三节 小水电与农村电气化建设

小水电的发展走了一条由小到大、由少到多、由点到面的道路。在我国部分地区，以小水电的开发促进农村电气化建设的问题已摆到议事日程上来了。1983年，国务院决定在小水电资源丰富地区进行农村电气化试点建设，并批准了原水电部在全国范围内选择的100个小水电电气化试点县，从而使