



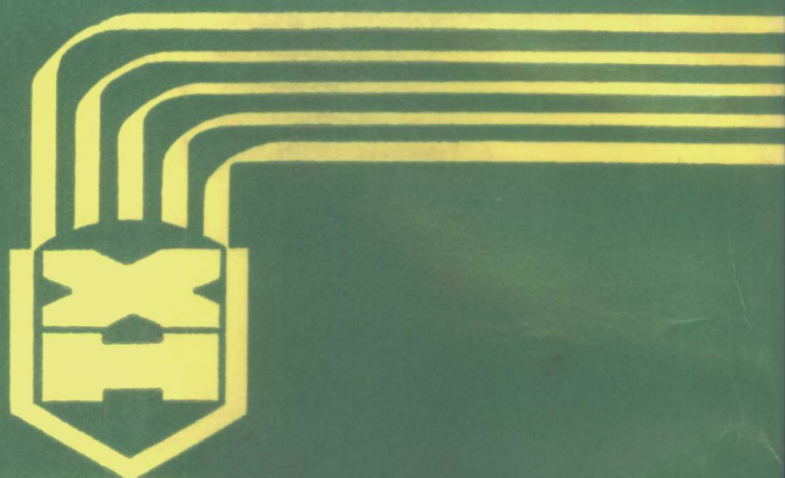
全国“星火计划”丛书

李 惕 先

小型水电站

第 二 版

规 划



全国“星火计划”丛书

小型水电站

规划

水工建筑

水力机械

厂房

电气一次

电气二次

科技新书目: 187-145

ISBN 7-120-00363-1

TV·109 定价: 3.75元

全国“星火计划”丛书

小型水电站

第二版

规 划

李惕先

水利电力出版社

全国“星火计划”丛书

小型水电站

第二版

规划

李锡先

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 15.75印张 349千字

1976年5月第一版

1989年3月第二版 1989年3月北京第四次印刷

印数35431—38290册 定价3.75元

ISBN 7-120-00363-1/TV·109

前 言

为了适应小水电建设的需要,水利电力出版社在1976~1983年期间,陆续出版了《小型水电站》一书,上、中、下册共5本。其中,上册一本,内容包括规划和水工建筑物;中册两本,内容分别为水轮机和厂房;下册两本,内容分别为电气一次回路和电气二次回路。

十多年来,中国小水电建设发展很快,为了及时总结小水电新技术和更好地满足小水电科技人员的需要,在1976~1983年版本的基础上,重新编写出版《小型水电站》,包括:规划、水工建筑、水力机械、厂房、电气一次、电气二次,共6册。

本书在编写中,引用了1976年版《小型水电站》上册中部分内容。当年,在编写和收集资料时,就曾得到有关省、市、县水电局和电站,以及兄弟院校同志们的大力支持,在此,再一次向他们表示感谢。

与1976年版本相比较,本书内容变动较大,其中水库兴利调节、规划方案评优、工程经济分析和财务分析、规划方案的模糊性分析以及算例中的PC-1500计算机程序等,基本上都是新增内容,其它各章内容也均有所修改和增补。而对于继续引用的1976年版本上的一些资料性内容,也作了校订。在此需特别提及的是:水利电力部小水电开发设计研究所沈纶章同志、水利电力部华东勘测设计院陆德超同志、河南省林县水电局邢随太同志、广东省郁南县云霄水库工程管理处黄锦标同志、浙江省金华县水电局赵长义同志、云南省

水利工程总队第一大队李卫祖同志、江苏省水利厅农水处朱永康同志、四川省大邑县电力公司人民电站、广东省罗定县青桐水电站、福建省永春县小水电公司卿园电站、北京科学教育电影制片厂莫骄同志等，十分热心地为本书提供了新资料、新照片，作者在此特致谢意。

承蒙浙江省水电厅王应宪同志对本书进行了认真的审核。王应宪同志从资料核实、公式推导、算例结果到内容取舍与表述方式，都提出了不少宝贵意见，对提高书稿质量很有帮助。对此，作者表示衷心的感谢。

限于作者水平，书中定会存在缺点、错误，望读者批评指正。

作者

1987年8月

内 容 提 要

本书是《小型水电站》的小水电规划部分，内容以装机容量不大于25000kW的地区、县级骨干水电站为主，兼顾几百kW的小水电。

书中较全面地介绍了小水电布点、选型、定规模的原则和方法，重点论述利用水库调节径流、通过电力电量平衡确定装机规模、规划设计中的经济评价及多目标方案评优等内容，并引入了作者若干研究成果。为实用计，附有实例说明，编制了八个PC-1500袖珍机计算程序。

本书可供省、地、县各级从事小型水电站规划设计工作的技术人员，以及从事小水电研究工作的科技人员和大专院校有关专业师生阅读参考。

目 录

序	
前 言	
绪 论	1
第一章 水力发电基本原理和小水电开发方式	13
1-1 水力发电基本原理	13
1-2 水能计算的基本方程式	14
1-3 水能蕴藏量	18
1-4 小水电开发方式	21
第二章 水电站的水头	58
2-1 水电站的毛水头和净水头	58
2-2 坝坝式水电站平均水头的确定	58
2-3 引水式和混合式水电站平均水头的确定	70
2-4 水电站的最大水头和最小水头	72
2-5 水头损失计算	73
第三章 设计年径流和保证日平均流量	88
3-1 各水利部门的用水特点及其设计保证率	88
3-2 水电站设计年径流	99
3-3 设计代表期	127
3-4 无调节或仅能日调节的水电站保证日平均流量的确定	133
第四章 水库兴利调节	145
4-1 兴利调节分类	145
4-2 兴利调节计算原理	149
4-3 水库的水量损失	150
4-4 水库兴利调节时历列表法	153
4-5 水库兴利调节时历图解法	180

4-6	多年调节计算的数理统计法	210
第五章	动能计算和装机容量选择	239
5-1	电网、电力负荷和电站容量组成	250
5-2	水电站动能计算	264
5-3	装机容量选择	292
5-4	水电站群的动能设计	327
第六章	规划方案评优	339
6-1	水资源综合利用规划	339
6-2	经济计算	356
6-3	蓄水式电站兴利库容的确定	381
6-4	小水电工程规划方案的模糊分析	390
6-5	方案的环境和社会影响评价	401
第七章	设计洪水和洪水调节	407
7-1	设计洪峰流量	408
7-2	设计洪水总量	430
7-3	设计洪水过程线	432
7-4	洪水调节	440
7-5	水库防洪主参数选择	453
附录 I	管、渠及河道的糙率 n 值表	460
附录 II	根据公式 $C' = \frac{1}{n} R^y$ 计算的流速系数 C 值表	462
附录 III	沿程水力损失曲线	464
附录 IV	复利计算兑换因子表	467
	参考书目	493

绪 论

电力是发展国民经济的“先行官”，社会主义四个现代化建设迫切需要电力。农村电气化是农业现代化的重要标志和基础，而遍布全国的小水电资源是农村电气化的重要能源，它与国家电网供电以及其它诸如小煤窑、沼气、营造薪炭林、太阳能、风力、地热等能源的开发利用相结合，将为实现中国式小康水平的农村电气化准备电源条件，在广大农村、乡镇的两个文明建设中，发挥应有的作用。

世界各国基于资源条件和发展阶段的差异，对小水电范畴有不同的规定。1980年在联合国工业发展组织召开的第二次国际小水电会议上，作了如下规定：单站容量1000~12000kW，称为小水电（small）；单站容量100~1000kW，称为小小型水电（mini）；单站容量100kW以下，称为微型水电（micro）。我国对小水电规定的容量范围，随小水电建设的发展而不断改变，20世纪50年代规定指单站容量500kW以下的水电站；60年代指单站容量3000kW以下的水电站；70年代以来指单站容量12000kW以下、单机容量6000kW以下的水电站。1986年有关部门曾规定单站容量25000kW以下的水电站，均可按小水电政策进行建设和管理。

资源丰富 成就非凡

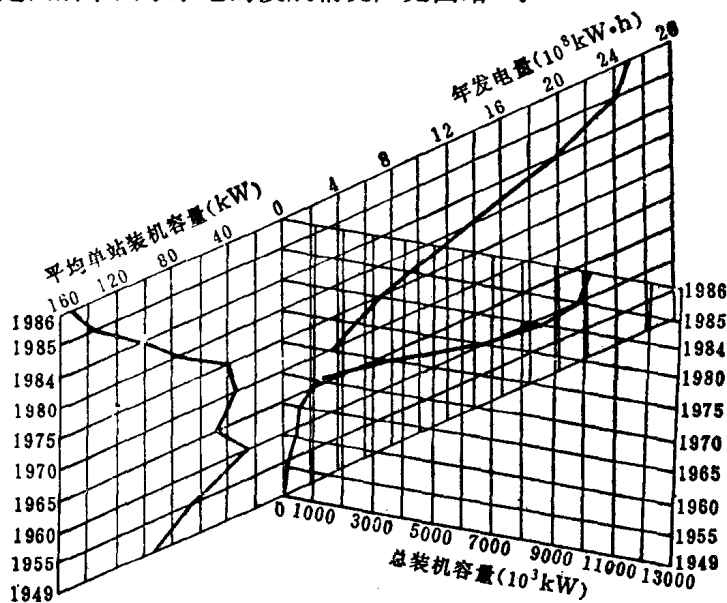
我国地域辽阔，河流众多，流域面积100km²以上的河流有5万多条，山溪小河为数更多，全国总水力资源蕴藏量

约6.8亿kW，居世界首位。小水电资源的理论蕴藏量约1.5亿kW，其中可开发资源约0.7亿kW。全国小水电资源不仅蕴藏量丰富，而且分布面广。在全国2300多个县中，有1100多个县的可开发资源超过1万kW。截至1986年底，全国已开发小水电资源占可开发资源的13%左右，待开发资源的潜力是很大的。

我国是世界上利用水力最早的国家之一，在两千多年前就开始了利用水力舂米等。但利用水能生产电能却起步较晚。我国第一座水电站是建在云南省昆明市滇池出口螳螂川上的石龙坝水电站，当时装有两台240kW机组，1910年7月开工，1912年4月建成。后扩建为2930kW，解放后又改建为6000kW。

1949年新中国成立前夕，全国水电总装机容量仅36万kW，年发电量12亿kW·h，其中12000kW以下的小水电40处，共装机11500kW。随着社会主义建设事业的发展，小水电建设速度逐步加快。在1957年以前，平均每年新增小水电装机容量2423kW，装机容量年利用小时数约1500h；1958~1960年，每年增加装机容量5~8万kW；60年代平均每年新增小水电装机容量5.4万kW；进入70年代以后，到1976年平均每年增加小水电装机容量达30~40万kW，输电电压由10kV提高到35kV，负荷也转变为以农业排灌和地方乡镇企业用电为主。1976年全国小水电装机容量达360万kW，装机容量年利用小时数提高到1983h；1976年后，特别是中国共产党十一届三中全会以来，平均每年新增小水电装机容量70多万kW，发展快的1979年，新增装机容量达106万kW。截至1986年底，全国建成小水电6.77多万座，总装机容量达1009.5万kW（年发电量244亿kW·h），相当

于1949年全国水电总装机容量的28倍。广东、四川、湖南、福建、浙江、云南、湖北、江西、广西、贵州、新疆、西藏等省、区的小水电，已成为农村、乡镇用电的主要能源。全国有1560多个县建有小水电，其中770多个县主要由小水电供电，约占全国总县数的1/3；主要靠小水电供电的乡近2万个，约占全国总乡数的42%。小水电运行方式已发展到县与县联成区域性小电网，输送电压由35kV发展到110kV。建国后中国小水电的发展情况，见图绪-1。



图绪-1 建国后小水电开发容量、电量发展情况

通过实践，我国已培养出一支能从事小水电建设和管理的技术队伍。多数县的小水电建设都能在统一规划的基础上，做到因地制宜，合理开发。同时，在小水电设计、施工、生产、管理等方面，逐步形成一套较完整的规程、规

范、方针和政策。对500kW以上的电站和35kV输变电工程，都有一套建设审批程序。此外，在设备制造方面，全国有近百家小水电专业设备制造厂，每年可生产小水电机组100万kW以上。500kW以下的水轮机已有统一设计，初步实现图纸统一化、零部件标准化、通用化。我国生产的小型水轮发电机组，远销第三世界及欧美国家，在国际市场上有竞争能力。

在小水电科学技术方面发展也很快，例如高水头电站采用预应力钢筋混凝土压力管、用自动调压阀代替调压室、采用自动负荷调节器、采用无刷励磁发电机、兴建石拱坝等等，都有所建树。此外，在小水电设计、施工、安装、运行中，技术革新层出不穷。

我国小水电在建站座数和总装机容量方面，均居世界首位，在国际上享有盛誉。通过实践积累起来的小水电建设经验，主要表现在以下几个方面：

(1) 制订了一系列较稳定的扶持小水电发展的政策和措施。

(2) 鼓励地、县、乡、村和个体多级办电。

(3) 在中小河流规划中，提倡防洪、发电、灌溉、航运、水产养殖等相结合，并努力实现河流的梯级开发及相邻流域的联合开发，充分、合理地利用水资源。

(4) 提倡因地制宜，充分利用当地材料兴建水工建筑物。

(5) 立足于本国本地制造成套设备，并使主机设备系列化、标准化。

(6) 实行以县为经济实体的管理体制，县内小水电及其配套的小电网，实行建设和管理统一领导，发电、供电和

用电统一管理。

(7) 兴办氮肥、电解铝、电石、铁合金等大耗电工业，充分利用丰水期季节电能。

(8) 采取各种措施，降低小水电造价。

效益显著 影响深远

实践证明，发展小水电能大大促进广大农村的物质文明和精神文明建设。尤其对于那些大电网难以到达的边远地区和高山地区，小水电的作用更加明显。归纳起来，小水电的效益主要表现在下述几个方面：

1. 为振兴地方工业和乡镇企业提供能源

随着小水电的发展，可因地制宜地办农机、水泥、造纸、化肥、制糖、纺织、电石、木材和食品加工等地方小工业。一些小水电装机容量1万kW左右的县，工业年产值一般可达几千万元，高的超过1亿元，每kW·h电能的工业产值约为2~3元左右。例如，湖北省通城县1972年以前从外地运进柴油发电，每kW·h电能成本高达0.19元；其后又投资135万元，架设高压线路，向国家电网买电，但大电网电力紧张，只能供给300kW，且时供时停，没有保证。自1973年起，决心自己办电，到1983年止，共建小水电117座，总装机容量16600kW，年平均发电量4000万kW·h，年利润达102万元。10年内工农业产值增长1.4倍，乡镇企业产值增长49倍。湖南省衡东县是个历史不长的小县，当它建成小水电2.5万kW左右时，由于有了充足而价廉的电力，兴办县工矿企业28个，工业产值比办电前增长10.7倍，工业总产值在工农业总产值中的比例由办电前的8.8%提高到34%。很多山区县把发展小水电列为脱贫致富的主要措施，人们称小水电

为农村的工业中心。

2. 促进农业生产的发展

通过治水办电紧密结合，发展电力排灌和对水、土资源的全面规划，能有效地提高防洪抗旱和排涝能力。例如广东省恩平县锦江流域，经综合治理、梯级开发后，兴建小水电3.6万kW，自流和提水灌溉两岸农田28万亩；电力排水解除了下游12万亩农田的洪涝灾害，使干旱和易涝的耕地都得以丰收。

此外，办电后在农副产品加工（碾米、磨面、脱粒、饲料粉碎等）、粮食烘干、育秧、孵化、灭虫等方面，均可使用电力，提高劳动生产率，全面促进农业生产的发展。

3. 有利于地方和集体扩大再生产资金积累

据四川省地方国营小水电359座（装机容量47.6万kW）的统计资料，1983年利润达6213.3万元，平均每kW获利130.5元。广东省除每年从小水电利润中提取1000多万元用于发展小水电，实行“以电养电”外，还利用小水电利润支援县、乡工业企业和农田水利建设。

4. 有利于恢复和保持生态平衡

中国农村民用燃料短缺，农民为了烧饭，砍树、挖草、烧秸秆和牛粪，有似天天在烧山毁田，导致水土流失，破坏生态平衡。小水电建设较多的地区，利用丰水期多余电能，开放民用电炉，推广“以电代柴”，对于保护森林资源，加速绿化，秸秆返田，增加土壤肥力，恢复和保持生态平衡，具有很大的作用。例如，广东省仁化县有将近1/3的城乡居民实现用电热做饭、炒菜、烧水。浙江省新昌县推行电热制茶，改变了过去“采茶一年，砍树一片；种树多年，毁于一旦”的状况。且茶叶质量有所提高。

5.有利于山区科学文教事业的发展,提高农民的物质、文化生活水平

价廉、方便的小水电,不仅使广大农户用上了电灯,还可开办文化夜校,开展电化教学,为提高农村学校教学质量创造条件;可发展电视、广播事业,举办科技、文化站,兴建电影院,丰富农民文化生活;也有助于广泛开展科学种田,促进农业科学化、现代化。

总之,小水电具有显著的经济效益、环境效益和社会效益,正在为广大农村的富裕化和文明化做出积极贡献,对中国四个现代化建设有着深远的影响。

面向世界 加强交流

一个世纪以前,某些先进工业国兴建的第一批水电站,按目前标准讲,均属于小型甚至微型电站。这些小水电为当时新兴工业提供了廉价电力,在相当长的一段时间里,小水电获得了欣欣向荣的发展。20世纪30年代后,为满足大工业和大城市电力的需求,开始侧重于建造大型水电站和大型火电站。小水电则因难于满足大电网负荷要求及单位千瓦造价高等原因,逐渐被淘汰,许多已建小水电甚至被废弃。20世纪50~60年代,一些发达国家的水力资源大部分得到开发,某些发展中国家也着手发展水电。但在60年代前后,由于石油降价而导致大量兴建燃油厂。始于70年代中期的石油价格飞涨而引起的能源危机,对世界能源经济和电力发展产生了很大的影响。除核电外,许多国家重新重视对清洁、可再生的水力资源的开发、利用。与大型水电站和燃油电厂相比,小水电具有一次性投资小、工期短、淹没问题少、电能成本低以及对环境的消极影响小等优势,从而再一

次出现发展小水电的世界性高潮。在一些水力资源开发程度高的发达国家，多采取改装（换装新型高效率机组等）、增设和加建（在原未建电站的中小型水利工程上加建电站）等措施。例如，美国统计共可获改装总容量约510万kW；增设新机组容量约1590万kW；加建总容量约3360万kW。美国、法国、西德及日本等发达国家，都通过修改法律，制订优惠贷款、优惠税率以及公用事业用优惠电价购买小水电等政策，来鼓励小水电建设。广大发展中国家蕴藏着占世界64%的可开发水力资源，其中不少是分散在辽阔的中小溪河上。在有条件的不发达国家兴办小水电，无疑是自力更生发展本国电力事业的合理途径。例如，菲律宾当局1980年已认识到，主要靠进口石油发电不仅是严重的经济问题，而且关系到国家的存亡，必须尽快摆脱。为此，制订了10年电气化计划，要求1990年全国总装机容量1000万kW，水电增加到400万kW，其中单站容量5000kW以下的小水电为120万kW（1980年不足2万kW）。资金和技术主要靠外援，设备开始时靠进口；拟逐步走向自给。土耳其对可能开发的水力地址进行了普查和分析，拟侧重兴建100~5000kW机组的小水电，并逐步使农村地方电网与国家电网相联；其它如印度、秘鲁、尼泊尔等国，也都根据各自的条件，制订小水电开发计划并积极付诸实施。

1979年9月在尼泊尔召开的第一次国际小水电会议上，通过了关于加强发展中国家间合作的“加德满都宣言”。此后，国际性小水电会议和活动日趋活跃。为便于推动小水电科研和技术发展工作，便于进行国际交流与合作，1980年中国政府和联合国有关机构联合在中国浙江省杭州市筹建了“亚太地区小水电研究培训中心”（国内名称为水利电力部