

“九五”国家重点图书

中国水力发电工程

规划经济卷



中国电力出版社

China Electric Power Press

www.cepp.com.cn

“九五”国家重点图书

中国水力发电工程

规划经济卷

HYDROPOWER

ENGINEERING

IN CHINA

Planning and

Economy



中国电力出版社

China Electric Power Press
www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

中国水力发电工程. 规划经济卷 / 《中国水力发电工程》编审委员会编. — 北京: 中国电力出版社, 2000.8

ISBN 7-5083-0314-8

I. 中… II. 中… III. ①水力发电工程—中国②水力发电工程—水利规划—中国③水资源管理—中国 IV. TV752

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 06933 号

2020/2/5

**中国水力发电工程
规划经济卷**

出版、发行	中国电力出版社
	北京三里河路 6 号(100044) http://www.cepp.com.cn
印 刷	水电印刷厂
经 售	各地新华书店
版 次	2000 年 8 月第一版
印 次	2000 年 8 月第一次印刷
规 格	787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 394 千字
印 数	3000 册
定 价	55.00 元

版 权 所 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

中国水力发电工程

HYDROPOWER ENGINEERING IN CHINA

工程水文卷(Engineering Hydrology)

▲规划经济卷(Planning and Economy)

移民环保卷(Resettlement and Environmental Protection)

工程地质卷(Engineering Geology)

水工卷(Hydraulic Structures)

机电卷(Electromechanical Equipment)

施工卷(Construction)

运行管理卷(Operation and Management)

《中国水力发电工程》

编 审 委 员 会

名誉主任	汪恕诚	陆佑楣	李鹗鼎			
主任	周大兵					
副主任	张学知	高安泽	程念高	郭建堂	陈东平	毛亚杰
	宗健	程忠智	张克让	邹范湘	沈崇刚	
	邴凤山(常务)					
委员	(按姓氏笔画排列)					
	丁学琦	王平	王冰	王信茂	王柏乐	王锐琛
	毛亚杰	方春阳	孔令兵	左东启	石瑞芳	冯涪生
	刘义洲	刘兰桂	安申义	纪云生	许百立	朱经祥
	朱建业	朱铁生	邴凤山	余卫国	汪先纯	宋德敦
	宗健	陈东平	陈叔康	陈祖安	陈道周	陈德基
	邹范湘	何璟	何格高	何根寿	李新	李维藩
	李鹗鼎	杨金栋	杨德晔	沈崇刚	沈淦生	沈维义
	沈磊	青长庚	范成贤	张庆堂	张克让	张进谦
	张学知	周大兵	林伯诜	单鹰	贺至刚	赵志钦
	赵毓昆	段荣国	高安泽	徐珍懋	梁瑞驹	郭建堂
	傅元初	曾念	程忠智	程念高	谭靖夷	潘家铮
主编	潘家铮	何璟				
副主编	邴凤山(常务)	贺至刚	沈崇刚	陈叔康	王锐琛	
	赵毓昆	安申义	陈祖安	朱经祥	王冰	谭靖夷
	沈磊					

编 审 委 员 会 办 公 室

主任	王宁					
副主任	王杨	王琪				
成	朱万	王涛	祁宁春	谈鹏	姜萍	杨伟国
	丁军	王莉	王玉			

《规划经济卷》编审人员

主 编 赵毓昆
副主编 袁定远
主 审 张进谦 邴凤山

各章编写人

章 序	章 名	编 写 人	备 注
第一章	水能资源	曹学敏	河流规划总结原稿分别由张绍康、何承义、李国英、宋怀宝执笔 工程规划总结原稿分别由金福友、李绪宗、杨宝善、姬书惠、杨荣崑、吴厚晶、蒋曼珠执笔
第二章	水电开发发展规划	袁定远	
第三章	河流水电规划	朱铁铮	
第四章	工程规划	白以昕	
第五章	抽水蓄能电站	赵士和	
第六章	系统工程在水能规划中的应用	伍宏中	
第七章	水电站经济评价	李世东	

序

半个世纪以来,我国的水电建设事业有了飞跃发展,特别是近20年,建设规模之大,速度之快,技术创新之多,令世界水电同行注目。我国的水力发电整体技术水平,已跻身于世界先进行列,并且可以预见,不久的将来,我国将成为世界水电第一大国。

为实现我国21世纪社会经济的持续发展,最近,党中央提出了西部大开发的伟大战略决策。发展水电,西电东送是实施西部大开发战略的重大课题之一,也是实现我国电力资源优化配置的关键。西部大开发,水电要先行。我们要审时度势,不失时机地实施水电开发规划,把我国水电开发推上一个新台阶。

水电的开发,一靠改革,二靠政策,三靠科技。政革是解放和发展生产力,政策是生产力发展的保障,科学技术是第一生产力。

知识的力量是无穷的,人们把后工业经济时代称为知识经济时代,在这个时代中,主导因素是知识,是科学技术。在即将进入21世纪之际,编纂一部大型水力发电工程技术专著,总结50年的经验,指导21世纪的水电开发,是十分有益的。为此,三年前,电力工业部要求科技司、水电开发司和中国水力发电工程学会等单位开始组织编写《中国水力发电工程》专著,并由潘家铮、何璟西位著名水电专家出任主编。在各有关单位的支持下,经过参编各位专家三年的共同努力,终于实现了这一计划。这部约500万字、分八卷、被列为“九五”国家重点图书的水电技术专著,今天终于与广大读者见面了。

这部专著,系统反映了中国特色工程技术和江河治理开发规划思想。它以工程建设新成就为主体,以科技进步为主线,全面展示了水电各学科的发展。这部专著是半个世纪我国水电建设伟大实践和科学技术创新的实录,也是我国广大水电职工创造性劳动的结晶,它集中了水电界200余名专家、学者们的智慧,堪称为中国水电工程技术大全,是一部水电事业的史鉴。这本专著是献给新世纪水电事业的一份厚礼。它的出版,必将促进水电事业的进一步发展。

展望未来,前程似锦,一个水电大开发的新高潮即将到来。水电界的同仁们,努力吧,再创辉煌!

汪恕诚

2000年8月

总 前 言

我国水电建设历经坎坷曲折，从小到大，从弱到强，不断发展。旧中国水电建设十分落后，1912年，在云南建成的石龙坝水电站是中国的第一座水电站，其后的几十年间，也建设了一些水电站，但规模都较小。1949年，全国水电装机容量仅为36万kW，年发电量12亿kW·h，其中主要的还是日本侵略者为掠夺我国资源在东北修建的丰满等水电站。

新中国建国后的50年，特别是改革开放以来，由于党和政府重视水电开发，水电建设迅猛发展，工程规模不断扩大。代表性的工程50年代有新安江、柘溪、新丰江、盐锅峡等水电站；60年代有刘家峡、丹江口、三门峡等水电站；70年代有葛洲坝、乌江渡、龚嘴、凤滩、东江等水电站；80年代有龙羊峡和广蓄、水口、岩滩、隔河岩、漫湾“五朵金花”；90年代有五强溪、李家峡、天荒坪、十三陵、莲花、二滩、天生桥等水电站；世纪之交有三峡、小浪底、大朝山、棉花滩等水电站。据初步统计，全国已建、在建大中型水电站约220座，其中100万kW以上的大型水电站就有20座。三峡枢纽是世界上最大的水利枢纽，也是最大的水电工程。截至1999年底，全国水电装机总容量达7297万kW，年发电量2129亿kW·h，均居世界第二位。

半个世纪以来，水电建设不仅在规模上有了腾飞性的进展，而且整体实力更是今非昔比。我们坚持自力更生、独立自主的方针，同时积极引进和学习外国的先进技术，不断培养壮大自己的力量，培养造就了一支训练有素、实力强大的勘测、设计、施工、科研、制进、安装、运行队伍，积累了丰富的经验。50年中，我们仅靠自己的力量，在长江、黄河等大江大河上兴建了不同类型的水电站，解决了一系列设计、施工技术难题，取得了许多重大成就，技术水平不断提高，很多已达到甚至超过世界先进水平。比如在坝工建设上，在建成大量100~150m高度的混凝土坝和土石坝的基础上，我们进行了一批200m以上乃至300m量级高坝的研究、设计和建设工作，使坝工设计理论与筑坝技术有了新的突破，特别是已建成并顺利蓄水发电的二滩水电站，混凝土抛物线双曲拱坝坝高240m，是我国第一座坝高超过200m

的高拱坝水电站，其坝高目前在世界同类型坝中名列第三，如考虑泄洪等条件，综合难度应居首位。80年代以来，我国大力推广混凝土面板堆石坝和碾压混凝土坝。目前，百米以上的混凝土面板堆石坝至少有10座，天生桥一级最大坝高达178m；在建的水布垭工程大坝将达233m。已建、在建的碾压混凝土坝约50座，已形成了有中国特色的碾压混凝土技术。刚建成的江垭碾压混凝土坝，最大坝高131m，列世界第三位；待建的龙滩大坝初期就将达192m，后期将达216.5m；在建的沙牌大坝是世界上最高的碾压混凝土拱坝。水电机电设备制造、安装技术也明显进步，继刘家峡、龙羊峡水电站之后，岩滩、隔河岩、广蓄等电站的一批单机容量30万kW以上的大型水轮发电机组相继投产发电，李家峡电站单机容量为40万kW，二滩电站单机容量为55万kW，已先后投产发电，三峡电站单机容量为70万kW，正在建设中。

尽管我们已取得了很大的成就，我国水电开发仍潜力巨大。我国水能资源理论蕴藏总量（未包括台湾省）达6.76亿kW，可开发容量约3.78亿kW，相应年发电量19200亿kW·h，居世界第一。但是，目前我国水电开发程度仍较低，开发率按电量算只有10%左右，不但远远落后于美国、加拿大、西欧等发达国家，而且也落后于巴西、埃及、印度等发展中国家。我们的征途尚远，前程似锦。

进入新千年，水电建设将迎来新的高潮。特别是在西部大开发战略中，开发西部水电宝藏，实现“西电东送”，促进全国联网，实现资源优化配置是重要内容之一。近期即将开工建设龙滩、小湾、公伯峡、三板溪、洪家渡等一批大型水电站，接着将全面开发金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、乌江、红水河和黄河上游的水电资源，形成南、中、北三条“西电东送”大通道，这将是世界上最宏伟的水电基地和输电通道。在水能资源相对少和开发程度较高的东部地区，我们除对常规水电进行深度开发和改造外，还要开发一批100万kW以上的大型抽水蓄能电站，如山东泰安、河北张河湾、浙江桐柏、江苏铜官山、山西西龙池等。根据国家“十五”计划和2015年远景规划，到2005、2010、2015年水电装机将分别达到9520万、1.25亿和1.5亿kW，分别占全国总装机的27%、28%和28%。这个计划完成之日，全国主要江河上条件最好的骨干工程都将建成，中小河流得到梯级开发，抽水蓄能电站将充分发挥效益，全国水能资源开发程度可达40%，并拥有较强的调蓄能力。全国建成统一、强大的电网，可以充分发挥水火、地区联调的效益。届时，中国将成为名副其实的水电和电力大国与强国。

我们取得的成就是举世瞩目的，而且今后的发展前景十分光明，但我们清醒地认识到，在过去工作中有过失误和教训，我们的技术水平、管理水平和效率有待继续提高，否则难以完成历史赋予我们的任务。在世纪交替之际，为了总结建国 50 年以来水电建设的成就、经验和教训，特别是“六五”、“七五”、“八五”和“九五”期间国家科技攻关成果中一些具有推广价值的新理论、新技术、新工艺，以便对 21 世纪的水电开发起参考、借鉴和指导作用，原电力工业部 1995 年决定编纂大型综合专著《中国水力发电工程》，具体由水电水利规划设计总院、水利水电工程总公司、中国水力发电工程学会、中国电力出版社共同组织完成。经过近一年的筹备，1996 年 7 月，原电力工业部办公厅正式下文成立了该书编审委员会。三年多来，在全国有关单位的大力支持下，经过近 200 名水电专家的努力，终于完成了全书的编审工作。在此，谨代表编审委员会，向所有支持和参与此项工作的单位和专家表示感谢！

这部巨著以其重要的影响和价值，已在 1996 年列为“九五”国家重点图书。全书共分八卷，分别为工程水文卷、规划经济卷、移民环保卷、工程地质卷、水工卷、机电卷、施工卷、运行管理卷。各卷的重点内容包括建国以来，该专业领域取得的成就和经验教训，以及当今国内外该专业领域的新技术、新理论、新成果、新发展等两方面。相信这套书出版发行后一定会对我国的水电建设起到重要的指导作用，受到广大水电工作者的欢迎。

相对这部专著的份量而言，编纂审查时间仍嫌仓促，书中内容可能不足以全面反映我国水电建设的辉煌成就，所列举的实例可能不够全面、典型，资料数据容有不精确或不一致之处，此类疵瑕恐在难免，敬请广大读者指正。联系地址：100761，北京宣武区白广路 2 条 1 号，中国电力出版社《中国水力发电工程》编委全办公室。

中国工程院副院长
中国科学院院士
中国工程院院士
国家电力公司顾问

潘家铮

2000 年 3 月于北京

◆◆◆◆ 本 卷 前 言 ◆◆◆◆

中国幅员辽阔,河流众多,长江、黄河、珠江等大江大河径流丰沛,落差巨大,水能资源十分丰富。据1978~1980年全国水力资源普查统计,中国水能资源理论蕴藏量达 $5.92 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h/a}$ (未统计台湾及香港、澳门地区部分,下同),居世界第一位。技术可开发资源装机容量3.78亿kW,年发电量1.92万亿 $\text{ kW} \cdot \text{h}$,亦为世界首位。中国水能资源是能源资源的重要支柱之一,在社会经济可持续发展中具有重要地位和作用。

1949年以前,中国经济基础十分薄弱,水能资源开发利用与资源相比微不足道。至1949年,全国水电站装机容量仅有36万kW,年发电量12亿 $\text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

1949年新中国成立后,水电建设随着国民经济的发展而不断前进。至1999年,中国水电站总装机容量已达7297万kW,由1949年的世界第20位,跃居第2位。中国依靠自己逐步发展壮大水电建设技术力量,在50年内建成了新安江、丹江口、刘家峡、龙羊峡、葛洲坝、二滩等大型水电站和广州、天荒坪、十三陵等大型抽水蓄能电站,并正在建设举世瞩目的长江三峡工程。

规划经济卷内容主要涉及水电建设中的河流规划、水电开发发展规划、工程规划和水电站经济评价,介绍中国水能资源概况,系统工程在水能规划中的应用。自20世纪80年代起,在中国东部地区开始兴建抽水蓄能电站,水卷对此也专设一章介绍。

规划工作,包括经济评价工作,是水电建设的重要环节,对于决策是否正确有举足轻重的作用,它涉及到社会、经济和环境的诸多方面。1949年以前,中国水电工程基础非常薄弱,规划工作也属于空白。1949年以后,由于水电建设发展的需要,才逐步形成专门的规划专业。50年来,由于历史的背景,对规划工作的重视程度有起有伏,规划工作人员对水电开发的认识也不不断深化,扩大视野,正确地认识和紧密结合国情,综合分析各综合利用部门对河流开发治理的关系,慎重对待水库淹没和移民,重视水电建设对环境的影响及对装的研究,加强经济分析与评价。50年来,规划工作不断加强,规划专业技术水平日益提高,为水电建设起到应有的作用。本卷有关

水电开发发展规划和河流水电规划的内容，多是直接引用当时工作的成果，目的在于供读者了解当时规划的设想和工作内容，在其后的实施中，由于多种原因，一些水电项目在实际建设进程中有所变化。本卷力图客观反映 50 年来水电规划工作所走过的历程，供读者参考和借鉴。

本卷共分七章。各章撰稿人为：第一章曹学敏，第二章袁定远，第三章第一、二节朱铁铮，第四章第一、二节白以昕，第五章赵士和，第六章伍宏中，第七章李世东。第三章和第四章 4 条河流的河流规划总结和 5 座水电站工程规划的总结，原稿分别由张绍康、何承义、李国英、宋怀宏、金福友、李绪宗、杨宏善、姬书惠、杨荣嵩、吴厚晶、蒋曼珠执笔，长江三峡工程任务和规模研究过程概要系摘编自长江水利委员会主编的《三峡工程技术研究概论》。在编撰过程中，得到许多勘测设计单位的热情帮助，在此致以诚挚的感谢。尚有许多有关河流规划总结和本电站工程规划总结由于篇幅所限而割爱，是为憾事。

水电规划工作涉及面广，政策性强，50 年中，此范畴的工作或多或少受到各阶段历史环境的影响。本卷的初衷是反映 50 年来此项工作的轨迹，回顾与总结其中的经验教训。然而，仁者见仁，智者见智，本卷的内容和来述难免有遗漏或未能得到读者认同之处，尚祈读者指正。

主编 赵士和

2000 年 1 月 19 日

目录

序	
总前言	
本卷前言	
第一章 水能资源	1
第一节 水能资源普查	1
第二节 水能资源特点	5
第三节 水能资源在能源结构中的地位	8
第四节 水能资源开发条件	13
第五节 水能资源开发利用现状和前景	16
第二章 水电开发发展规划	21
第一节 地区水电发展规划	21
第二节 全国水电发展规划	31
第三节 水电开发战略研究	36
第三章 河流水电规划	63
第一节 各时期的河流水电规划	63
第二节 河流水电规划的主要经验	72
第三节 河流规划总结实例	82
一、红水河规划总结	82
二、黄河龙羊峡至青铜峡河段梯级开发规划总结	99
三、黄河北干流规划总结	118
四、岷江上游灌县—汶川段规划总结	131
第四章 工程规划	141
第一节 发展历程	141
第二节 经验总结	150
第三节 水电工程的水能设计总结实例	153
一、新安江水电站水能设计及运行总结	153
二、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡 梯级水电站水能规划设计总结	171
三、白山水电站水能参数选择总结	180

四、漫湾水电站水能设计总结	187
五、棉花滩水电站水能参数选择总结	194
六、长江三峡工程任务和规模研究过程概要	203
第五章 抽水蓄能电站	208
第一节 概述	208
第二节 抽水蓄能电站的前期工作和建设	213
第三节 抽水蓄能电站的作用和效益	220
第四节 抽水蓄能电站工程规划设计中的重要问题	227
第六章 系统工程在水能规划中的应用	237
第一节 概述	237
第二节 常规方法的模拟模型及其应用	240
第三节 优化模型及其应用	247
第七章 水电站经济评价	253
第一节 水电站经济评价发展历程	253
第二节 我国现行水电站经济评价内容与方法	254
第三节 水电站经济评价应用与总结	264
第四节 水电站经济评价的有关专题研究和发展趋势	275
参考文献	280

第一章

水 能 资 源

第一节 水 能 资 源 普 查

我国地域辽阔，河流众多，长江、黄河、珠江、黑龙江、雅鲁藏布江、澜沧江、怒江等大江大河径流充沛，落差巨大，蕴藏着极为丰富的水能资源，是中国能源的重要组成部分。

中国多次对水能资源进行计算和统计，其中主要的有三个阶段，即 40、50 年代和 70 年代。根据几十年来逐步积累的较详细地形、径流等基础资料以及对河流水电规划设计工作的不断推进，中国水能资源普查成果的精度逐步提高。普查结果表明：我国水能资源居世界首位，并具有良好的开发条件。我国水电建设前景十分广阔。

我国水能资源普查工作历程简述如下。

一、40 年代水能资源的估算

原国民党政府资源委员会水力发电勘测总队在 1943~1944 年估算过水能资源。其基本方法是分河段计算河流水能蕴藏量。采用的计算式是

$$N = 9.81 \eta QH \quad (1-1)$$

式中 N ——功率，kW；

η ——效率；

Q ——流量， m^3/s ；

H ——落差， m 。

其中 H 主要根据当时申报馆 1/200 万地形图量算，而 Q 则分别采用多年平均流量 (Q_a) 和保证率为 95% 的枯水年平均流量 (Q_{95})。以 Q_a 计算 N_a ，以 Q_{95} 计算枯水年的 N_{95} 。 N_a 间接反映多年平均年电量， $E_a = N_a \times 8760$ 。 N_{95} 反映枯水年的年电量， $E_{95} = N_{95} \times 8760$ 。统计结果全国 $N_a = 2.32$ 亿 kW， $N_{95} = 7460$ 万 kW。

这个指标不是真正意义上的“理论蕴藏量”，因为在算式中考虑了效率系数 η ，并取 $\eta = 0.71$ ，所以这个指标属于比“理论蕴藏量”偏小的蕴藏量。但这个指标也不属于“技术可开发资源”，因为估算时未区别可能开发河段或不可能开发河段，而计算了全河

流的蕴藏量。

这次统计结果是个偏小的数据，还因为当时统计范围没有包括台湾、新疆和西藏；支流及小河流遗漏较多；高程 3000m 以上的河段都没有计算。

这次普查计算精度差，当时水文资料少，多用假定的径流系数根据降水量推算 Q_a ，再按一定系数关系推算 Q_{95} ；用 1/200 万地形图量算的 H ，精度也低。

1946~1947 年，当时政府主管部门又用下式对所拟出的一些可能开发水电站进行计算并统计水能资源

$$N = 8.35QH \quad (1-2)$$

式中， H 为当时拟出的一些可能开发水电站的利用水头； Q 为流量，取值并不统一，一般采用经过水库调节计算的调节流量，但部分又用平均流量，一小部分还用最小流量；系数是在计算中考虑了水量利用系数 η_w 、水头利用系数 η_H 和水轮发电机效率系数 η_T 基础上确定的，即 $9.81\eta_w\eta_H\eta_T = 8.35$ 。统计结果：全国水能资源蕴藏量为 1.49 亿 kW。

这个指标相当于“技术可开发资源”。但计算精度不高，因为采用的 Q 没有一定的标准，采用的 H 可能偏大（因为水库水位一般不可能经常保持在高水位），最主要的是系数 8.35 的采用缺乏根据。

由于当时所做的河流规划、选点等前期工作很少，统计中遗漏较多的河流，特别是对边远地区的河流，拟定可能开发水电站的站址很少，有些有可能开发的河段被忽略，没有统计。因此，这个统计结果也偏小。

二、50 年代水能资源理论蕴藏量普查

中华人民共和国成立后，原水力发电建设总局于 1955 年比较全面、正规地估算了全国的水能资源理论蕴藏量。估算采用当时苏联科学院建议的分河段计算方法，计算式为

$$N = 9.8[(Q_1 + Q_2)/2]H \quad (1-3)$$

式中 N ——某一河段的水能功率，kW；

Q_1 、 Q_2 ——分别为通过河段上游断面和下游断面的多年平均流量， m^3/s ；

H ——两端断面水面高程差，m。

当年估算统计出全国河川蕴藏的理论蕴藏量为 5.4451 亿 kW，相当于理论年电量 $E = 4.77$ 万亿 $kW \cdot h$ 。以流域分，长江流域干支流占全国资源量的 40%；以地区分，西南四省区（四川、云南、贵州、西藏）占全国的 72%。

此次普查没有统计“技术可开发资源”和“经济可开发资源”。与 40 年代统计结果相比，这次统计结果比 40 年代估算数据多 1 倍左右，主要原因是统计范围比 40 年代大。这次估算了干、支流共 1598 条河流，其流域面积占全国面积的 70% 以上，计算的

精度也有所提高。在流量数据方面,利用了当时 269 个水文站的实测资料。在缺水文资料地区利用我国及邻国的降雨量、流量资料,绘出等雨量线图及降雨量与径流之间的关系曲线,据此推算流量。在水位数据方面,当时部分河流已测有河道纵断面图,可以直接计算水位差数据,或者根据 1953 年军委测绘局出版的 1/150 万地形图量算。

此后,由于水力发电建设总局在 1955 年制定了《水力资源普查暂行规程(草案)》,各地的水利水电勘测设计单位对部分河流进一步进行普查、勘测和规划工作,提供了许多新的实测资料。

根据这些资料,于 1958 年又补充和修正了 1955 年的统计结果。全国(包括台湾)理论蕴藏量由 5.4451 亿 kW 增加到 5.8326 亿 kW,相当于 $E = 51100$ 亿 kW·h/年。

1958 年,同时收集了前期工作做得较多的 50 条河流的勘测、设计文件,统计出这 50 条河流技术可开发资源为装机容量 $C = 1.6649$ 亿 kW,年电量为 8201.5 亿 kW·h,而其理论蕴藏量为 1.5207 亿 kW,按这个比例推算全国技术可开发资源为 $C = 6.4$ 亿 kW, $E = 3.2$ 万亿 kW·h。

三、70 年代水能资源普查

1977~1980 年,水利水电建设总局又组织各地水利水电勘测设计单位进行了全国范围的水能资源普查。这次普查统一了计算方法和技术规范。计算理论蕴藏量的方法和公式与 50 年代相同,但这次明确了普查范围,如:必须统计水能理论蕴藏量在 1 万 kW 以上的河流。普查结果全国(不包括台湾)水能资源理论蕴藏量为 1 万 kW 以上的河流共 3019 条,合计理论蕴藏量 $N = 6.6$ 亿 kW。此外,部分省还统计了一些水能理论蕴藏量 1 万 kW 以下的河流。包括这些,则全国理论蕴藏量为 $N = 6.76$ 亿 kW ($E = 59222$ 亿 kW·h)。此次普查成果,由于补充统计了 50 年代没有统计的 1 千多条中小河流,全国水能资源理论蕴藏量又增加 1 亿 kW。

这次普查是我国第一次较系统地统计可开发水能资源。除统计“理论蕴藏量”之外,并根据国情、建设情况和前期工作情况将可能开发资源按拟定的水电站站址和六种类型统计,即:①1978 年以前已建水电站;②1978 年正建水电站;③一类资源(前期工作已达可行性研究及以上的水电站);④二类资源(经过河流规划被选为宜先开发的水电站);⑤三类资源(经过现场勘查后拟定的水电站);⑥四类资源(经过室内研究,估算过工程量,进行过水能计算的水电站),参与统计的水电站规模必须是装机 1 万 kW 及以上的水电站。对位于国际界河上的水电站,统计其装机容量和年发电量的一半。由于梯级水电站上下游之间有十分紧密的水力联系,当上游存在具有良好调节性能水库时,对下游水电站的装机容量和年发电量也会有影响,即各水电站站址单独运行和梯级联合运行的能量指标会有所不同,此次普查统一采用单独运行指标,其数值显然小于梯级联合运行的情况。普查结果:全国(不包括台湾)装机 1 万 kW 及以上可能开发水电站共 1946 座,总装机容量 $C = 35707$ 万 kW,年发电量 $E = 18184$ 亿 kW·h。有些省还统计了装机 500~10000kW 可能开发的水电站,如包括这些电站,则 $C = 37853$ 万