

“九五”国家重点图书

# 中国水力发电工程

工程水文卷

---



中国电力出版社

China Electric Power Press  
www.capp.com.cn

“九五”国家重点图书

# 中国水力发电工程

工程水文卷

---

HYDROPOWER

ENGINEERING

IN CHINA

Engineering

Hydrology



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. 工程水文卷 / 《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 7-5083-0316-4

I. 中... II. 中... III. ①水力发电工程-中国 ②水利工程-工程水文学-中国 IV. TV752

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 06934 号

EP20/27 ③

**中国水力发电工程  
工程水文卷**

出版、发行	中国电力出版社
	北京三里河路 6 号 (100044) <a href="http://www.cepp.com.cn">http://www.cepp.com.cn</a>
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 24.25 印张 519 千字
印 数	2500 册
定 价	65.00 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	林伯洗	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	杨万涛	王琪				
成	朱军	王辉	祁宁春	谈鹏	姜萍	杨伟国
	丁莉	王玉				

## 《工程水文卷》编审人员名单

主 编 王锐琛  
 副主编 王维第  
 主 审 宋德敦  
 特约编审 芮孝芳

### 各章编写人、统稿人

章 序	章 名	编写人	统稿人
第一章	绪论	王锐琛	王维第
第二章	水电工程水文资料信息的收集和整理	王维第	王锐琛
第三章	径流分析计算	孙汉贤	王锐琛 王维第
第四章	设计洪水分析计算	王锐琛	王维第
第五章	由暴雨资料推求设计洪水	王维第	王锐琛
第六章	水电工程水文预报	王维第	王锐琛
第七章	水电工程泥沙、冰凌和回水分析计算	杨赉斐	王锐琛 王维第
第八章	水电站下游不稳定流计算	孙汉贤	王锐琛 王维第
第九章	人类活动对水文影响的估算	王维第	王锐琛
第十章	水文科技的进展	王维第 胡凤彬 金光炎 文 康 朱 杰 杨百银 李 琪	王锐琛 王维第

# 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。改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、何璟两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!

汪忠诚

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、制造、安装、运行队伍，积累了丰富的经验。50年中，我们依靠自己的力量，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，混凝土提物线双曲拱坝坝高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，我们除对常规水电道行深度开发和改造外，还要开发一批100万kW级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》编委会办公室。

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

我国水力发电事业及其工程水文的发展，已经历了半个世纪的历程。在技术途径和方法上，也经历了一个引进—改进—创新—发展的过程。1949年以前，中国几乎没有水电建设，因而也就没有相应的工程水文。1949年中华人民共和国成立以后，水力发电事业迅速提上议事日程，这时只有一条捷径，就是引进国外先进技术。要国外先进技术为我所用，就得符合我国的实际情况，因而结合实际加以利用和改进，势在必行。随着建设规模的不断扩大，特别是进20年来改革开放政策的实施，水力发电上了一个更高的台阶。进年的水电装机，每年以300多万kW高速增长，工程木文中遇到的新情况、新问题也不断发生，进过这些问题的解决，逐渐走上了创新和发展的道路。对外科技交流活动的增多，也促进了这一过程的加速。值此世纪之交来临之际，系统地总结我国水力发电工程的发展过程和经验教训，是一件很有意义的工作。

本书以总结经验为主，不同于一般的工共书、教科书和科研报告，它的主要任务是全面总结水电站工程水文的科技经验、教训和问题，以便为当前和今后的实际工作提供借鉴，同时也便于在国际合作和交流中参考。

本书重点并简要地介绍当前已纳入我国水文计算规范的比较成熟的技术途径和方法，一般不列举详细的计算实例。对于正在探讨的科技专题，也尽可能予以简介，列出经验和问题，并提出解决这些问题的倾向性意见，以利于今后继续探讨和提高。

全书共分十章。第一章绪论，概述了本书的内容和特点、中国水电工程水文的科技进展，并提出了有待深入研究的重大课题。第二章水电工程水文资料信息的收集和整理，除来源于站网系统的资料外，突出了历史特大暴雨、洪水、待枯径流的调查和历史文献文物考证工作，介绍了近期开展的古木文学的研究工作，共有中国的特色。第三章径流分析计算，除介绍一般分析方法外，还重点介绍了年际水文干旱的待续性分析实例，以及年径流随机模拟技术的研究和应用。第四章设计洪水分析计算，系统介绍了教理统计法的应用和发展，包括历史特大洪水的调查考证和加入频率分析计算的重要

性。在梯级水库的设计洪水中，研制了受水库调节影响的洪水频率组合方法，并建立了完整的数学表达式。第五章由暴雨资料推求设计洪水，详细介绍了设计暴雨、可能最大暴雨、产流和汇流计算以及地区综合分析的内容和方法。从研究的广度和深度来看，我国对暴雨洪水的分析计算方法和地区综合方法，都有所创新，并建立了完整的体系。第六章水电工程水文预报，对与水电工程关系比较密切的洪水预报、径流预报和冰凌预报作了扼要的介绍。第七章水电工程泥沙、冰凌和回水分析计算，系统阐述了泥沙、冰凌对水电工程的危害并介绍了分析计算方法，特别是对水库淤积、冲刷以及排沙设施等，介绍了我国行之有效的实践经验。第八章水电站下游不稳定流计算，介绍了厂坝区水位与流量关系的建立和由水库调蓄或溃坝引起的下游不稳定流的计算方法。第九章人类活动对水文影响的估算，重点介绍了供水引水工程、水土保持工程和水库蓄水工程对河川径流、泥沙的影响。在介绍水土保持工程影响的内容中，列举了水文法和水保法两种分析计算方法和我国的实践经验。第十章水文科技的进展，详细介绍了水文测验新技术的应用和发展，水文要素频率分析方法的进展，水文时间序列的应用和研究，产汇流理论的研究和进展，水文模型的研究和应用，水电站防洪风险及泄洪可靠度分析，电子计算机的应用等内容。一般都概述了各自的发展过程、科技进展和进期达到的水平。对引自国外的方法，重点介绍了在使用过程中的修改、补充和完善；有些方法，则是结合我国的实际逐步发展起来的，具有自己的特色。

本书系集体创作，力求能够涵盖全国水电站工程水文的主要经验。但因时间和条件所限，又不能组织更多的专家来参与此项工作，因此挂一漏万，在所难免，甚至还会有理解不够全面和不够准确之处，诚望海内外专家不吝指正。

主编 王锐琛

2000年4月

# 目 录

序	
总前言	
本卷前言	
<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第二章 水电工程水文资料信息的 收集和整理</b> .....	7
第一节 水文站网的设置 .....	7
第二节 基本资料 and 信息的收集和整理 .....	9
第三节 水文极值调查 .....	12
第四节 水文资料的插补、延长和还原计算 .....	22
第五节 国内有关文献简介 .....	24
<b>第三章 径流分析计算</b> .....	27
第一节 径流特性和径流计算的任务 .....	27
第二节 径流计算的内容和方法 .....	31
第三节 年际枯水年的持续性分析 .....	39
第四节 径流系列的随机模拟 .....	44
第五节 枯水流量计算 .....	52
<b>第四章 设计洪水分析计算</b> .....	59
第一节 概述 .....	59
第二节 根据流量资料推求设计洪水 .....	68
第三节 梯级水库的设计洪水计算 .....	81
第四节 设计入库洪水 .....	97
第五节 洪水过程线的随机模拟 .....	100
第六节 分期洪水和施工设计洪水的计算 .....	105
<b>第五章 由暴雨资料推求设计洪水</b> .....	114
第一节 设计暴雨分析计算 .....	114
第二节 可能最大暴雨分析估算 .....	131
第三节 产流分析计算及设计净雨的推求 .....	143

第四节	汇流分析计算及设计洪水的推求	158
<b>第六章</b>	<b>水电工程水文预报</b>	179
第一节	洪水预报	180
第二节	枯季径流预报	194
第三节	冰情预报	197
<b>第七章</b>	<b>水电工程泥沙、冰凌和回水分析计算</b>	207
第一节	水电工程泥沙问题	207
第二节	水库泥沙冲淤计算	211
第三节	水电站排沙设施	220
第四节	冰凌	225
第五节	回水计算	235
<b>第八章</b>	<b>水电站下游不稳定流计算</b>	237
第一节	厂坝区水位流量关系	237
第二节	水电站下游不稳定流计算	241
第三节	溃坝洪水计算	244
<b>第九章</b>	<b>人类活动对水文影响的估算</b>	253
第一节	概述	253
第二节	供水、引水对河川径流的影响	254
第三节	水土保持对河川径流、泥沙的影响	257
第四节	蓄水工程对河川径流、泥沙的影响	269
<b>第十章</b>	<b>水文科技的进展</b>	274
第一节	水文测验和水文信息收集整理技术的发展	274
第二节	水文频率分析的进展	281
第三节	水文时间序列研究的进展	300
第四节	产汇流理论研究的进展	312
第五节	流域水文模型的研制与应用	329
第六节	水电站泄洪风险分析	347
第七节	电子计算机的应用	354
	<b>参考文献</b>	365

# 第一章

## 绪 论

### 一、我国水能资源及水电建设简况

我国河流水能蕴藏量非常丰富, 据统计, 流域面积在  $1000\text{km}^2$  以上的河流有 1600 余条。全国平均年降水深为  $680\text{mm}$ , 降水总量为  $6.19 \times 10^{12}\text{m}^3$ ; 河川径流总量为  $2.71 \times 10^{12}\text{m}^3$ 。我国平原地区只约占全国陆地总面积的 16%, 其余 84% 的面积为山丘区, 不同程度地适宜于发展水力发电工程。据 1977~1980 年全国第三次水力资源普查成果, 我国 (包括台湾省) 水能蕴藏量约为 6.91 亿 kW, 其中可开发的装机容量为 3.83 亿 kW, 均占世界首位。按流域 (片) 统计的水能蕴藏量及可能开发量见表 1-1。

表 1-1 按流域 (片) 统计的水能蕴藏量及其可能开发量

流域或区域	水能蕴藏量		可能开发量			
	蕴藏量 (万 kW)	占全国比重 (%)	装机容量 (万 kW)	占全国比重 (%)	年发电量 (亿 kW·h)	占全国比重 (%)
长 江	26801.77	38.8	19724.33	51.6	10274.98	53.1
黄 河	4054.80	5.9	2800.39	7.3	1169.91	6.0
珠 江	3348.37	4.8	2485.02	6.5	1124.78	5.8
海 滦 河	294.30	0.4	213.48	0.6	51.68	0.3
淮 河	114.96	0.2	66.01	0.2	18.94	0.1
东北诸河	1530.60	2.2	1307.75	3.6	439.42	2.3
东南沿海诸河	2066.78	3.0	1389.68	3.6	547.41	2.8
西南国际诸河	9690.15	14.0	3768.41	9.8	2098.68	10.8
西藏诸河	15974.33	23.1	5038.23	13.2	2968.58	15.3
内陆及新疆诸河	3698.55	5.4	996.94	2.6	538.66	2.8
台湾诸河	1500.00	2.2	400.00	1.0	130.00	0.7
全国合计	69104.71	100.0	38253.24	100	19363.04	100

注: 资料来源为《中国水力发电年鉴 1949~1983》, 并补充了台湾诸河。

我国水电建设的发展速度也是较快的，特别是近年来更加快了发展速度。1949年中华人民共和国成立前夕，水电装机总量只有36万kW，到1999年底，水电装机总容量已达7297万kW。进入90年代以来，平均每年装机总量均超过300万kW，见表1-2。

表 1-2 中国水电装机容量和年发电量增长表

年 份	装机容量 (万 kW)	年增长率 (%)	年发电量 (亿 kW·h)	年增长率 (%)	年 份	装机容量 (万 kW)	年增长率 (%)	年发电量 (亿 kW·h)	年增长率 (%)
1949	36.0		12.0		1985	2641.50	5.40	923.74	9.7
1957	101.90	13.90	48.20	19.0	1990	3604.55	6.40	1263.50	6.5
1965	301.96	14.50	104.14	10.1	1995	5218.40	7.70	1867.70	8.1
1970	623.50	15.60	204.58	14.5	1997	5973.00	7.00	1945.70	2.0
1975	1342.80	16.70	476.30	18.4	1999	7297.00	11.00	2129.00	4.7
1980	2031.80	8.60	582.11	4.1					

已建、在建的水电站，有一大批中型、大型和超大型水电站，例如，三峡水电站的设计装机容量为1820万kW，广州抽水蓄能电站的装机容量为240万kW，均为当前世界上同类型最大的水电站；二滩水电站的设计装机为330万kW，已基本建成发电。截至1999年底，已建和在建的超过100万kW的水电站共20座。小型水电站更如雨后春笋，遍地开花，在农村电气化中发挥了很大作用。

## 二、工程水文的作用和主要计算内容

水电工程水文是水能资源规划利用中重要且必须先行的基础工作，对水电站建设发挥着极其重要的作用。

### (一) 工程水文在水电建设中的作用

水文资料、信息和分析计算成果是水电工程建设和运行的重要依据。在规划阶段，为了分析研究流域内各干、支流上电源点的布局，确定各电站的规模和相互关系，需要以干、支流的径流和洪水系列，以及它们的时程分配和面分布特征作为依据。在设计阶段，为确定某一具体工程的规模和工程特征值，需要根据径流系列及其年内、年际变化特点，分析调节库容的大小，计算发电及其他综合利用任务的效益指标；根据洪水的统计特性及其时程分配，确定泄洪建筑物的规模和配置，拟定合理的防洪调度规则，确定防洪库容的大小和坝高等工程特征值，并分析工程各建筑物的防洪风险及对下游的防洪效益。在工程施工阶段，需要根据工程水文人员提供的施工设计洪水、厂坝区水位与流量的关系等成果，确定临时建筑物（如围堰、导流建筑物等）的规模，并结合水文预报成果，合理安排施工进度等。在工程运行阶段，需根据径流、洪水、泥沙及冰情等水大预报，合理进行调度，最大限度地发挥工程的效益，并随着水文资料的积累，复核和修



正原设计提供的水文成果, 研究相应的对策, 以保证工程的安全经济运行。

可以说, 水电工程建设和运行是否经济、合理、安全, 很大程度上有赖于工程水文人员提供准确、可靠的水文资料信息和分析计算成果。

## (二) 水文资料信息和水文人才培养

为了获得准确、可靠的水文分析计算成果, 就必须有准确、可靠的水文资料信息作为依据。如果基础资料不准确, 不管采用什么计算方法, 都不可能得出正确的成果。因此, 我国特别重视广泛收集、获取水文资料的工作。

目前, 我国收集、获取基本水文资料信息的途径主要有: ①定点布设的水文(水位)站、雨量站, 长期连续观测的流量、水位、泥沙、雨量等资料; ②进行巡测, 在一些重要河段和地点, 短期观测和搜集流量、水位等资料; ③在规划、设计、施工的水电工程所在地点附近的河段内, 临时设立几组水尺, 观测水位或施测流量; ④进行野外调查, 以获得特大暴雨、特大洪水、枯水的流量和水位等资料; ⑤对历史文献及碑文石刻记载进行考证, 以获得历史洪水或枯水水位信息; ⑥采用考古手段, 获取古洪水信息; ⑦利用航测照片及资源卫星收集的资料, 获取有关水文信息。

50年代初期, 国家曾面临着水文站网密度太小、仪器设备陈旧、水文资料短缺和技术落后的情况。为此, 国家坚持不懈地多次进行了水文站网规划, 陆续增加了水文站网密度, 更新了观测设备, 不断提高资料质量, 还系统地进行了历史水文资料整编, 开展水文调查和历史水文文献考证, 以及逐步开展古洪水研究, 合理采用水文模拟技术等手段, 千方百计延长水文系列, 以提高水文设计数据的可靠性。针对短缺水文资料地区的实际, 开展了水文地区综合工作, 编制了大量的水文要素等值线图(表), 以便将已有信息经过合理转换, 扩大移用至短缺水文资料的地区。针对群众性中小型水利水电工程建设的需要, 编制了多种形式的水文手册、水文图表、暴雨径流查算图表以及历史特大暴雨洪水资料汇编等。这种经过系统加工整理的工程水文图表和文献, 不仅有全国规模、大流域及省(区)规模的成果, 而且大部分地区和重点县市也都有自己编制的更为详细的成果, 这样就大大减少了群众性水利水电工程水文计算中的盲目性, 使工程水文建立在更加广泛、更加可靠的基础上。

水文科研和术文教育, 都在工程水文发挥了重要作用, 部属水利水电科研单位、流域和大专院校的水文水资源研究所室共17处, 加上各设计部门的水文专业人员, 组成了一个庞大的水文科研队伍, 工程水文的新途径、新技术大都是从这里发端或推进的。有些全国性或地区性的工程水文科研协作项目, 也往往是通过协作完成的。水文科研人员, 主要来自大专院校的正规教育。设有水文或水文水资源课程的大专和中专院校达19所, 为水电部门输送了大量水文科技人才。

水电部门的水文科技队伍, 可以承担水电建设中的各项工程水文分析计算任务, 并参与国内外工程水文的学术交流。我国水电建设的高建和深入发展, 不断地向水文工作者提出了新的课题, 如频率分析中参数定量方法的改进、梯级水库的设计洪水计算、入库洪水的计算、多年调节水库的长历时连续枯水段分析、可能最大暴雨和洪水研