

“九五”国家重点图书

中国水力发电工程

机电卷

CHINA POWER ENGINEERING

HYDROPOWER ENGINEERING

OF CHINA

Electromechanical

Equipment



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

机电卷

HYDROPOWER
ENGINEERING
IN CHINA
Electromechanical
Equipment



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. 机电卷/《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 7-5083-0311-3

I. 中… II. 中… III. ①水力发电工程-中国②水力发电站-机电设备-中国 IV. TV752

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 06938 号

2020/28 12

**中国水力发电工程
机电卷**

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 42 印张 903 千字
印 数 4000 册
定 价 125.00 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	潘家铨
主编	潘家铨	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				
成员	朱军	王辉	祁宁春	谈鹏	姜萍	杨伟国
	丁莉	王玉				

《机电卷》编审人员

主 编 王 冰 杨德晔
副主编 青长庚 张德平 黄贤鉴
 吴次光 傅元初
审 稿 沈维义 杨德晔
特约编审 梅祖彦 郑逢时

各章编写人、统稿人

篇序	章序	章 名	编写人	统稿人
第一篇 水电站 机电设计	第一章	水力机械	青长庚 吴次光 黄奋杰 梅祖彦 周 益 叶鲁卿 单 鹰 徐正镐 朱世琦	青长庚 吴次光
	第二章	电气一次	余国铨 黄贤鉴 邱景安 舒廉甫	黄贤鉴 杨德晔
	第三章	电气二次	张德平 张宇亮 陈福山 徐恭禄 皮淑范 叶钟黎	张德平 王 冰
	第四章	机电设备布置	黄贤鉴 吴次光 邱景安 梁见诚 余国铨 舒廉甫	黄贤鉴 青长庚
第二篇 水电站设备	第五章	水轮机	黄奋杰	青长庚 吴次光
	第六章	水泵水轮机	梅祖彦 周 益	青长庚 吴次光
	第七章	水轮发电机	潘天缘	黄贤鉴
	第八章	发电电动机	邱景安 李建国	黄贤鉴
	第九章	电力变压器	邱景安	黄贤鉴
	第十章	气体绝缘金属 封闭开关设备	余国铨	黄贤鉴
	第十一章	110kV 及以上 高压电力电缆	余国铨 杨瑞棠	黄贤鉴
	第十二章	发电机断路器	余国铨	黄贤鉴
	第十三章	大电流封闭母线	杨瑞棠	黄贤鉴

续表

篇序	章序	章 名	编写人	统稿人
第三篇 水电站自动化	第十四章	调速器	叶鲁卿	王 冰
	第十五章	励磁系统	陈福山	张德平 杨德晔
	第十六章	继电保护	朱声石	张德平
	第十七章	计算机监控系统	方辉钦	张德平 杨德晔
	第十八章	自动化元件和 在线监测装置	曹洪恩 王俊娟	王 冰
	第十九章	水情自动测报系统	屠明德	杨德晔
第四篇 机电设备安装	第二十章	水轮机安装	傅元初 郭士杰 李人丰	傅元初 郭士杰
	第二十一章	水轮发电机安装	张 晔 郭士杰 李之勇	傅元初
	第二十二章	高压电器设备安装	徐鸣琴 杨浩忠	傅元初
	第二十三章	金属结构安装	陈继深 王守运	傅元初 刘玉林 王 冰
	第二十四章	机电设备联合试运行	傅元初 李之勇	傅元初 王 冰

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

建国 50 年来，我国水电建设事业取得了巨大成就。1949 年全国水电装机容量仅 360MW，发电量 12 亿 kW·h。到 1998 年底，全国水电装机容量已达到 65065MW，为 1949 年的 180.7 倍；水电发电量达到 2043 亿 kW·h，为 1949 年的 170.3 倍。水电装机容量仅次于美国、加拿大，位居世界第三位。规模最大的常规水电站，二滩水电站，装机容量为 3300MW；规模最大的抽水蓄能电站为广州抽水蓄能电站，装机容量为 2400MW；规模最大的贯流式水电站为凌津滩水电站，装机容量为 270MW。由于水电建设事业的飞速发展，促进了有关机械行业的发展。水电站的机电设备，建国前全靠进口，新中国成立后，机械制造行业从无到有，从小到大，发展到现在，除高水头大容量抽水蓄能机组外，所有机电设备全部能够自己设计、制造，不仅为国内水电事业发展服务，而且能够参与国际竞争出口国外。水电建设事业的发展也推动了水电站机电各专业的技术水平不断提高，它反映在水电站机电设计、技术装备、自动化水平和设备安装等方面。经过几十年的科技开发工作，特别是 1981~1995 年三个五年计划科技攻关的努力，同时利用各种机会引进、吸收当前国际一流技术，使我国水电建设达到了一个崭新的技术水平。

一、水电站机电设计工作有长足进步

50 年代，建国伊始，我们设计的官厅、黄坛口、狮子滩、上犹江等水电站，都是中、小型水电站。当时，没有成熟的设计经验，主要参照前苏联的技术规范和设计范例进行工作。这是建国后我国水电站设计的起步时期。70 年代以来，一批大型水电站陆续兴建，大型水电站和大型机组的一些特有的问题就逐步显现出来。针对这些问题，一方面，引进国外的先进技术；另一方面，国内科研、制造、设计和安装单位对水电站的主要机电设备、自动化技术和安装调试技术等持续开展科研工作，经过二十几年的不懈努力，使我国水电站机电设计水平有了很大的提高。

(1) 做好主要机电设备的选型工作。进行技术分析、计算，确定技术参

数；深入了解各厂商产品的技术性能、结构特点、制造质量、先进性和可靠性等情况，进行比较，协助业主招标定厂，选定技术先进、价格合理的设备。

(2) 采用先进的监控技术和继电保护技术。水电站计算机监控、梯级水电站计算机远方监控已成为大、中型水电站设计的必要内容；微机继电保护装置正在取代常规保护装置等。

(3) 根据水电站枢纽情况，做好主、副厂房和开关站布置工作。已有的大、中型水电站，主厂房形式各异，有岸边式、坝后式、坝内式、地下式、闸墩式等典型布置。主厂房中的机组，除一列直线布置外，近年来，因地制宜，又出现了几种新的布置形式，如凤滩水电站的机组为弧形排列，李家峡水电站的机组为双列排列。

(4) 编制、完善设计规程、规范。

(5) 广泛应用计算机辅助设计，提高设计质量和效率。

二、水电站装备面貌一新

(1) 采用现代水平的大容量水轮发电机组和可逆式抽水蓄能机组。到1998年，我国水电站中运行的水轮机，几乎覆盖了当今世界上水轮机所有类型的产品。其中，混流式水轮机采用最为广泛，冲击式、斜流式水轮机采用较少。已投入运行的单机容量最大的水轮发电机组，容量为550MW，水轮机为混流式，安装在二滩水电站。水口水电站的水轮发电机组，额定容量200MW，水轮机为轴流转桨式，额定出力204MW，最大出力230MW，是当今世界上出力最大的轴流转桨式水轮机。葛洲坝水电站二江电厂1号、2号机，单机容量170MW，其轴流转桨式水轮机的转轮公称直径11.3m，是当今世界上转轮直径最大的轴流转桨式水轮机。已投运的可逆式抽水蓄能机组，单机容量最大的为300MW，安装在广州、天荒坪抽水蓄能电站。近年来，随着低水头水电站的开发，采用灯泡式贯流机组逐年增多，使用水头最高的是广西百龙滩水电站，最大工作水头18m，水轮机转轮直径6.4m，单机额定容量32MW。

(2) 采用世界先进水平的电气设备。一些大、中型水电站选用的主要电气设备，包括主变压器、高压开关设备、高压电力电缆、大电流封闭母线等，都达到当前世界先进技术水平。大型电力变压器有葛洲坝水电站的360MVA、500/220kV三相自耦有载调压变压器和李家峡水电站的500MVA、330kV双绕组变压器等。据统计，到目前为止有25座大、中型

水电站使用 110~500kV 气体绝缘金属封闭开关设备。许多大型水电站采用了 SF₆ 发电机断路器和电压为 220kV 及以上的挤包绝缘电力电缆。例如，天荒坪抽水蓄能电站选用 500kV 交联聚乙烯绝缘 (XLPE) 电力电缆；李家峡和二滩水电站分别采用电压等级为 330kV 和 500kV 的低密度聚乙烯绝缘 (LDPE) 电力电缆。

70 年代，我国使用部门和制造部门联合组织高等院校、设计、制造、安装等单位进行全连式离相封闭母线的试验研究工作。80 年代，在研究成果的基础上开发了 9000~12500A 的产品，迄今，这些产品已在我国水、火电站安全运行了十几年。90 年代，在运行实践的基础上，又进一步开发了 23000A 自冷式全连离相封闭母线。

三、水电站自动化达到了一个新水平

从 1949 年新中国建立到现在，经过五十年的努力，我国水电站自动化技术已经步入了国际先进行列。水情自动测报系统、水电站监控系统、梯级水电站远方监控系统、继电保护系统、励磁设备、调速器、自动化元件等都有了很大的发展。

(1) 水电站计算机监控系统。我国水电站计算机监控系统，60 年代中期开始摸索研究，80 年代跟踪国外技术并开始试点，90 年代与国外先进技术同步发展，在大、中型水电站中普遍推广应用。到目前为止，已有 50 多个大中型水电站、抽水蓄能电站采用了国产的或进口的计算机监控系统。

(2) 梯级水电站远方监控系统。应用计算机监控技术和数字通信技术对梯级水电站实行远方监控，以达到“无人值班”（少人值守）的监控方式。例如，太平湾—长甸和白山—红石两个梯级水电站均已实现梯级水电站远方监控。

(3) 调速器。我国水轮机调速器已由机械型经电子型发展到微机调速器。计算机的应用，使水轮机调速可以应用现代控制理论提高速度调整的质量，并有利于本身的故障自诊断工作，而且可以应用容错技术、避错技术、纠错技术以及结构重组和参数重配技术等现代技术进行故障处理，以提高调速器的运行可靠性。

(4) 励磁系统。50 年代以来，我国水轮发电机普遍采用直流电机励磁。70 年代初，静止励磁系统试验成功后，即在大中型新建水电工程中得到优先选用，迅速在全国范围内推广应用。50 年代初，为直流励磁机配备的励磁调节器，主要是带有电磁校正器的复励式和相复励式自动励磁调节器。

1969年，第一台晶闸管开关式励磁调节器在桓仁水电站投运成功。以后，随着大功率晶体管的出现，曾先后研制成功多种半导体自动励磁调节器。1995年，南京自动化研究所研制成功第一台微机励磁调节器，在石泉水电站45MW机组上投入运行。现在，微机励磁调节器经过逐步完善，已成为大中型水轮发电机励磁调节器优先选用的品种。

(5) 微机继电保护。水电站的发电机、变压器和母线的继电保护，经过机电型继电器组成的保护装置、半导体分离元件保护装置，发展到微机保护装置。微机保护有记忆能力，能进行计算和逻辑判断，易于实现多重判别和自适应保护，有自检能力可及时发现保护装置自身的故障。微机保护的调试也比传统保护装置简单。在我国，微机继电保护装置正在取代传统继电保护装置。

(6) 水电站水情自动测报系统。水电部自动化研究所和中国水利水电科学研究院自动化所，从80年代起，开始研究开发水电站水情自动测报系统。到1997年止，全国已有43座水电站的水情自动测报系统投入运行。该系统由遥测站、信道和调度站三部分组成。可采用超短波组网，也可采用通信卫星或海事卫星进行通信，适应性强。自主开发的防洪软件适合国内流域和水库情况，效果较好。通过科研、设计、制造和运行部门近20年的共同努力，使我国水电站的水情测报技术达到了较先进的水平。

四、设备安装优质高效

通过65065MW容量的水轮发电机组和抽水蓄能机组及其配套机电设备的安装调试，积累了丰富的技术经验，创造了高效优质的成绩。

此外，对与机组配套的水电站的其他设备和金属结构，如钢管、水工闸门，各级电压等级、各级容量的变压器、发电机断路器、高压断路器、气体绝缘金属封闭开关设备、大电流离相封闭母线、高压电缆等，以及各种自动化、通信设备等都能优质高效地安装和调试。

为了总结建国50年水电建设机电专业方面的经验，我们组织了科研、学校、设计、安装等单位的长期从事机电专业工作的专家、学者共30余人参加本卷编写工作。他们大多年逾花甲，为水电事业贡献了一生，离退休后仍然为三峡、二滩、小浪底等水电工程以及广州、天荒坪抽水蓄能电站等承担技术咨询服务，积累了丰富的经验。为了编写此书，他们不辞辛苦，广泛收集资料，呕心沥血，精心撰写，付出了艰苦的劳动。在此，特向他们表示衷心的感谢。

本书共分四篇。第一篇水电站机电设计，第二篇水电站机电设备，第三篇水电站自动化，第四篇机电设备安装。文章对建国 50 年来，特别是改革开放 20 年以来机电专业在设计、科研、安装等方面的经验进行了较为系统的总结，汇集了水电建设机电行业的先进技术和科研、设计的新成果，同时，还介绍了国外水电机电专业方面的一些先进技术。本书可供从事水电站机电专业的工程技术人员和高等院校师生参考借鉴。

主编 王 冰
杨德群

目 录

序
总前言
本卷前言

第一篇 水电站机电设计

第一章 水力机械	3
第一节 概述	3
第二节 水轮机的选择	7
第三节 水泵水轮机的选择	32
第四节 水轮机及水泵水轮机的验收试验	42
第五节 调节保证计算	52
第六节 进水阀	64
第七节 厂内起重设备	68
第八节 辅助设备	73
第九节 厂房通风与空气调节	79
第二章 电气一次	86
第一节 概述	86
第二节 电气主接线和厂用电系统	89
第三节 短路电流计算	94
第四节 水轮发电机和发电电动机的选择	98
第五节 电气设备选择	105
第六节 发电机和变压器中性点接地方式	110
第七节 过电压保护和接地	118
第八节 直流换流站	128
第三章 电气二次	135
第一节 概述	135
第二节 监控系统	135
第三节 励磁系统	149
第四节 继电保护	166
第五节 通信	172
第六节 梯级水电站集中监控	178