

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水轮发电机组 值班 (下册)

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编
刘家峡水力发电厂 任煜峰 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

水电厂生产人员岗位技能培训教材

● 水轮发电机组值班

水轮发电机机械检修

水轮机检修

水轮机调速器机械检修

水电自动装置检修

水工机械检修

水库调度

水工建筑物维护

ISBN 7-5083-1033-0



9 787508 310336 >

ISBN 7-5083-1033-0/TV·26

上下册合计定价: 53.00 元

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水轮发电机组值班

(下册)

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编

刘家峡水力发电厂 任煜峰 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书是全国水电厂生产人员岗位技能培训教材之一。全书内容分四篇：第一篇 水电厂辅助设备及厂用电系统，主要介绍水力发电概论、水电厂辅助设备及运行、水电厂厂用电系统运行；第二篇 水轮发电机组及一次系统，主要介绍水轮机运行、水轮发电机运行、变压器运行、水电厂一次设备及运行；第三篇 水电厂二次系统，包括水轮机调节、水电厂继电保护、自动装置、计算机监控系统；第四篇 电力系统运行管理，包括现代电网、电力系统事故处理、常用工器具及仪表的使用。为便于培训和考核，每章之后均附有复习题。

本书适合于各大、中、小型水电厂运行人员培训及自学用，也可供相关专业人员及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水轮发电机组值班 (下册) / 任煜峰主编. - 北京:
中国电力出版社, 2002
水电厂生产人员岗位技能培训教材
ISBN 7-5083-1033-0

I. 水… II. 任… III. 水力发电站 - 技术培训 -
教材 IV. TV73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 032888 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: // www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 6 月第一版 2005 年 9 月北京第三次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.75 印张 333 千字
印数 6001—9000 册 上、下册定价 53.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

水电厂生产人员岗位技能培训教材

编委会名单

(按姓氏笔划为序)

- | | |
|-----|-----------------|
| 于 震 | 云峰水电厂培训专责 |
| 尤 建 | 白山水电厂培训专责 |
| 文家来 | 辽宁恒仁水电厂总工 |
| 王洪祥 | 新安江水电厂教育科长 |
| 王育康 | 陕西安康水电厂培训专责 |
| 白青平 | 李家峡水电厂人资部主任 |
| 兰福军 | 龙羊峡水电厂副厂长 |
| 师桂霞 | 隔河岩水电厂培训专责 |
| 刘 军 | 刘家峡水电厂厂长 |
| 刘庆芝 | 牡丹江水电总厂教育科长 |
| 刘晓萍 | 丰满水电厂培训专责 |
| 杨 军 | 西藏满拉水电厂厂长 |
| 杨 勇 | 佛子岭水电厂教育科长 |
| 李利华 | 三峡水电厂安全主管 |
| 吴兆旗 | 海南大广坝水电开发公司副总经理 |
| 吴洪林 | 江西柘林水电厂培训专责 |
| 汪国良 | 葛洲坝水电厂培训主任 |
| 张元领 | 甘肃小三峡水电开发公司总经理 |
| 张鹏骞 | 黄龙滩水电厂培训主任 |
| 陈绍群 | 广东新丰江水电厂副厂长、总工 |

陈建勳	东江水电厂教育科长
赵眼川	伊礼河水电厂人事部主任
贺兴云	丹江口水电厂培训专责
项洪高	乌溪江水电厂培训主任
侯伟	贵州乌江渡水电厂总工
郭占祥	青铜峡水电厂教育科长
姚志明	柘溪水电厂教育科长
涂复礼	五强溪水电厂副总工
郭凤英	盐锅峡水电厂培训专责
梁超英	柘溪水电厂总工（“总前言”执笔者）
黄忠生	广西岩滩水电厂人资部主任
黄治均	丹江口水电厂安教科科长
谢成	天生桥一级水电厂培训专责
谭诗念	天生桥水电总厂人事部主任
谭建中	凤滩水电厂培训主任

总 前 言

在市场经济条件下,企业无法回避竞争。为了今后的生存和发展,企业必须参与竞争。

我国加入 WTO 后,各行各业的竞争已日趋激烈,企业在竞争中发展,人才是关键。培训是提高员工素质的主要途径,通过培训一方面使员工学会使用新技术、更新旧技术,另一方面使员工接受了一些时代的新信息、新观念。

水力发电委员会为了提高水电厂企业员工的人员素质和技术素质,以求在改革中求生存、求发展、永立于不败之地,特组织一批曾长期在水电生产一线从事技术工作的同志编写了一套水电厂主要专业九个工种的培训教材,即由柘溪水电厂主编的《水库调度》、刘家峡水电厂主编的《水轮发电机组值班》、新安江水电厂主编的《水电自动装置检修》、丹江口水电厂主编的《水轮发电机电机械检修》、葛洲坝水电厂主编的《水轮机调速机械检修》和《水工机械检修》、龙羊峡水电厂主编的《水工建筑物维护》、五强溪水电厂主编的《水轮机检修》。

本教材的策划、编写、审查直至出版发行,首先要感谢中国电力企业联合会教培中心、中国电力出版社水电室的领导和同志们的悉心关怀、热情指导;其次感谢水力发电委员会各会员厂许多人倾注的大量心血,尤其是第一任主任委员厂葛洲坝水电厂、第二任主任委员厂丹江口水电厂、第三任主任委员厂柘溪水电厂的领导和同志们,他们本着高度负责的态度,做了大量的组织工作和事务工作;各教材的主编、主审、参审人员的辛勤劳动,更是功不可没;各会员厂给予了大力的支持,才使本套教材顺利问世。

由于时间仓促，水平有限，本套教材中的错误和遗漏之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

全国电力工人技术教育

水 力 发 电 委 员 会

二〇〇二年十二月

前言

为了加强职工的岗位培训工作,提高水电厂生产人员的技术业务素质,以适应电业发展的需要,刘家峡水电厂受中国电力教育协会的委托,承担了《水轮发电机组值班》技能培训教材的编写任务。

本教材是根据原部颁《电力工人技术等级标准》,依照《水电厂运行岗位规范》及有关规程制度,从水电厂运行值班员的特点和实际情况出发,结合全国各大、中型水电厂的客观实际及机电合一、无人值班(少人值守)的发展趋势,同时兼顾劳动和社会保障部推行的职业技能鉴定考核的需要而编写的。

在编写过程中,以水电厂运行设备为主线,紧密结合现场实际,突出技能应用。经过充分地调研,广泛征求意见,认真讨论修订,几易其稿,而后又经过专家审定和修改才定稿。

本教材是按照成人培训考核特点和规律建立的新教材体系,打破了传统教材的框架,强调实用性,以工种立目,以岗位立篇,融基础知识、专业理论和操作技能于一体,克服了以前教材存在的偏多、偏深、偏难及“重理论轻技能”的问题,具有理论联系实际、知识为技能服务、重点突出、内容全面、针对性强、通俗易懂、图文并茂的特点,尽量体现新技术、新设备、新方法;以大型水电厂设备为主,兼顾中、小型水电厂设备,有相当的先进性和实用性。

我国水电事业发展迅速,技术进步层出不穷,现已进入大电网、大机组、高电压、高参数、高度自动化阶段。由于各厂的实际情况不同,加上设备更新改造及新技术的不断应用,要想使本教材做到完全通用是不可能的。因此,建议各单位和读者在使用本教材过程中,结合本厂设备实际情况,按新颁技术等级标准各

个级别的具体要求，选择本书与之对应的内容去培训学习。鉴于编者的学识水平有限，实践经验不足，加上时间仓促，教材的内容编排和错误之处在所难免，敬请专家和读者予以批评指正。

在本教材编写过程中，得到了刘家峡水电厂的大力支持和帮助，同时葛洲坝电厂、隔河岩电厂等兄弟单位为编写本教材提供了技术资料。在此一并表示感谢。

目 录

总前言

前言

上 册

第一篇

水电厂辅助设备及厂用电系统

第一章 水力发电概论	1
第一节 水能资源开发及水电厂类型	1
第二节 水利枢纽及水工建筑物	10
第三节 水电厂的特征参数	14
第四节 水电厂在电力系统中的工作方式	19
第五节 水电厂的生产过程	23
复习题	26
第二章 水电厂辅助设备的运行	29
第一节 技术供水系统	30
第二节 排水系统	39
第三节 油系统	44
第四节 水电厂的压缩空气（风）系统	63
第五节 水电厂消防系统	79
第六节 水电厂的其他辅助设备	81
复习题	89
第三章 水电厂厂用电系统	93
第一节 概述	93

第二节	厂用配电装置	96
第三节	备用电源自动投入装置 (AAT)	101
第四节	厂用电电动机的运行	106
第五节	厂用电的倒闸操作	120
第六节	厂用电系统的试验操作及运行维护	124
第七节	厂用直流系统	130
第八节	水电厂的信号系统	138
复习题		145

第二篇

水轮发电机组及一次系统

第四章	水轮机运行	149
第一节	水轮机概述	149
第二节	水轮机的工作原理	163
第三节	水轮机的空蚀与泥沙磨损	178
第四节	水轮机振动	187
第五节	水轮机的飞逸特性及轴向水推力	191
第六节	水轮机特性曲线	194
第七节	水轮机的异常运行及事故处理	202
第八节	水轮机的运行维护与试验	209
复习题		211

第五章	同步发电机运行	216
第一节	同步发电机的基本知识	216
第二节	水轮发电机的类型及基本参数	217
第三节	水轮发电机结构	223
第四节	同步发电机运行分析	241
第五节	同步发电机的并列运行	253
第六节	同步发电机的异常运行及事故处理	260
第七节	水轮发电机的运行维护及试验	266
第八节	水轮发电机组的正常操作	276

复习题	283
第六章 变压器运行	287
第一节 变压器概述	287
第二节 变压器的结构	293
第三节 变压器的基本原理	301
第四节 变压器的运行分析	314
第五节 变压器的允许运行方式	327
第六节 变压器合闸时的励磁涌流	332
第七节 变压器的并联运行	335
第八节 变压器的异常运行和事故处理	338
第九节 变压器的运行维护	349
复习题	352
第七章 水电厂一次设备及运行	354
第一节 水电厂电气主接线	354
第二节 电气设备的倒闸操作	369
第三节 高压断路器	384
第四节 隔离开关	415
第五节 互感器及运行	419
第六节 消弧线圈的运行	436
第七节 电缆线路的运行	442
第八节 水电厂的防雷、接地及过电压	445
复习题	462

下 册

第三篇

水电厂二次系统

第八章 水轮机调节	465
第一节 水轮机调节概述	465

第二节	调节系统参数对水轮机调节系统稳定性和动态品质的影响	470
第三节	电气液压型(电液)调速器	475
第四节	电液转换器	479
第五节	水轮机调速器的几种电液伺服系统	496
第六节	调速器的试验	505
第七节	调速器的运行维护	509
第八节	调速器的故障分析	515
复习题		523

第九章 水电厂继电保护

第一节	水轮发电机保护	525
第二节	变压器继电保护	548
第三节	发电机——变压器组公用继电保护	563
第四节	水轮机保护	570
第五节	输电线路保护	573
第六节	母线继电保护	617
复习题		624

第十章 水电厂自动装置

第一节	同期装置	627
第二节	励磁控制系统	643
第三节	灭磁及转子过电压保护装置	674
第四节	机组电制动停机系统简介	682
第五节	综合重合闸	687
第六节	故障录波器	693
第七节	其他自动装置	698
复习题		703

第十一章 水电厂计算机监控系统

第一节	概述	707
第二节	计算机监控系统基本工作原理及要求	708

第三节	计算机监控系统功能	713
第四节	水电厂计算机监控系统分类	719
第五节	水电厂计算机控制方式	731
第六节	计算机监控现地控制单元及硬、软件设置	733
第七节	水电厂监控系统配置实例及展望	735
复习题		739

第四篇

电力系统运行管理

第十二章	现代电网及电力系统	741
第一节	现代电网概述	741
第二节	电力系统的接线方式和电力线路结构	744
第三节	电力系统稳定	749
第四节	电力系统频率及电压的调整	758
第五节	电力系统中性点的运行方式	766
复习题		774
第十三章	电力系统事故处理简介	775
第一节	概述	775
第二节	电气事故处理的一般知识	776
第三节	电力系统异步振荡的事故处理	779
第四节	频率降低的事故处理	782
第五节	电压降低的事故处理	785
第六节	厂用电源中断的事故处理	789
第七节	送电线路跳闸的事故处理	792
第八节	发电厂解列或母线电压消失的处理	793
第九节	全厂停电的事故处理	795
复习题		799
第十四章	常用工器具及仪表的使用	802
第一节	水电厂常用仪表的使用方法	802

第二节 安全用具	811
第三节 防火与灭火知识	819
复习题	829
附录一 电气常用新旧图形符号对照表	830
附录二 电气常用新旧文字符号对照表	845
附录三 小母线新旧文字符号及其回路标号	852
参考书目	855

第三篇

水电厂二次系统

第八章 水轮机调节

第一节 水轮机调节概述

一、水轮机调节的任务

水轮发电机组把水能转变为电能供用户使用。用户除要求供电安全可靠外,还要求电能的频率及电压保持在额定值附近的某个范围内。频率偏离额定值过大对用户不利,可能使用户的产品质量降低。按规定,系统频率应保持在 50Hz,其偏差不得超过 $\pm 0.5\text{Hz}$;对于大容量系统,频率的偏差不得超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。

同时,电力系统的负荷是不断变化的,存在周期为几秒至几十分钟的负荷波动,这种不可预见的负荷波动幅值可达电力系统总容量的 2%~3%。此外,一天之内系统负荷有早、晚两个高峰和中午、深夜两个低谷,这种负荷变化基本上是可预见的。电力系统负荷的不断变化将导致系统频率的波动。

因此,必须根据负荷的变动不断地调节水轮发电机组的有功功率输出,并维持机组的转速(频率)在规定范围内,这就是水轮机调节的基本任务。