

动力卷

上

ELECTRIC POWER

电力工程师手册

国家电力公司东北公司 编
辽宁省电力有限公司

ENGINEER
HANDBOOK



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

ELECTRIC
POWER
ENGINEER
HANDBOOK

电力工程师手册
动力卷

上

国家电力公司东北公司 编
辽宁省电力有限公司



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

ELECTRIC
POWER
ENGINEER
HANDBOOK

电力工程师手册

动力卷

下

国家电力公司东北公司 编
辽宁省电力有限公司



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本手册是一部系统地概括发电厂动力工程各专业主要技术内容的综合性工具书,涵盖了火力发电机组、火力发电机组启动调试、火电厂建筑、水电站、核电厂、燃气轮机及联合循环、环境保护与综合利用等技术内容。

本手册突出实用性,较全面地介绍了电力工程师在工作中最常用、最需要的技术知识和技术要领,同时还介绍了业内的最新动态和较成熟的新技术、新工艺。手册汇总了大量的常用数据、公式和图表,供各专业工程师快速查阅。本手册还引用了现行的国家标准和行业标准约 420 余项,给出了发电工程主要专业应遵循的技术标准。

本手册内容广泛,对火电厂各种建筑结构的使用功能要求、技术条件及相关的设计规定做了全面介绍,对火电机组(包括锅炉、汽轮机、热工自动化、电厂化学、电厂金属和管道)、水电站、核电厂、燃气轮机及联合循环发电,分别给出了主、辅机结构特点,性能参数,常用材料,启动调试,运行维护,试验,事故分析处理,以及技术改进方法等。在环境保护方面,概括了大气环境、水环境、噪声治理、粉煤灰综合利用方法等,同时给出了核电站防辐射的方法。

本手册可供从事发电工程各有关专业设计、设备选型、安装、监理、启动调试、运行维护、检修、试验、技术监督、设备改进、科研和管理等方面的技术人员和领导查阅,也可供有关的高等学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力工程师手册. 动力卷/东北电力集团公司编. -北京:中国电力出版社, 2001

ISBN 7-5083-0616-3

I. 电... II. 东... III. ①电力工程-手册②发电厂—动力工程—手册 IV. TM7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 24336 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>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 3 月第一版 2002 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 113.5 印张 3731 千字

印数 0001—3000 册 上、下册定价 238.00 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)

《电力工程师手册》编辑委员会名单

主任委员 张贵行

副主任委员 王禹民 黄其励

委 员 王世祯 栾 军 李如扬 王芝茗 蒋建民

金玉声 王世阁 赵吉武 王吉祥 高元楷

张经武 赵常兴

《电力工程师手册 (动力卷)》

编委会名单

主 编 黄其励

副主编 赵常兴 张经武

分主编 (按姓氏笔划为序)

马泽山 马德举 王友兰 孙玉石 刘东明

孙祖培 李晚朗 李群祥 郑善林 桂大林

钱锦辉 屠良宾 慕惠英

审 稿 人 (按姓氏笔划为序)

王应高 冯俊凯 朱芳菲 任兆宏 杨金栋

张育曼 张禄庆 吴仕宏 吴学安 李 彦

李维藩 徐元载 徐颖禧 董仁芳 鲁钟琪

责任编辑 马家斌 高伟基 何 郁 潘宏娟 姜 萍

赖广秀 李建强 黄晓华

《电力工程师手册（动力卷）》作者名单

(作者名次按章节顺序排列)

篇 序	章 序	作 者
绪 论	第一章 世界电力发展概论	黄其励
	第二章 中国电力发展概论	
	第三章 新能源概论	
第一篇 火力发电 机组	第四章 电厂锅炉	陈柏军 王 力 谢惠枫 刘东明 吕 太 张永兴 冷 杰 陈纪达 纪宏舜 张经武
	第五章 汽轮机	谢美宣 李群祥 马泽山 赵常兴 邓 楠 王 正 刘宝军 郑学明 马仁库 魏毓华 姜 华 钟景林 郭宝仁 钱国忠 王喜魁 葛凤坡 谈肇贤
	第六章 热工自动化	郑金坚 张少勋 管庆相 张向军 李树强 傅家鸿 赵常兴 牟长信 李晓民
	第七章 电厂化学	郝德胜 单志宏 王忠谦 王友兰 陆 桐 陈绍建 郭绍光 温念珠
	第八章 电厂金属	穆 弘 赵常兴 李 晓 李 方 卢元军 马德举 朱耀明 郑永福 杨春生 张超群 孙永莹
	第九章 电厂管道	郑善林 张超群
第二篇 火力发电 厂启动调 整试验	第十章 概论	屠良宾
	第十一章 锅炉机组设备的启动调试	耿兴华 张 强 张向群
	第十二章 汽轮机设备的启动调试	桂 虹 宁小杰 屠良宾
	第十三章 热工仪表及控制装置调试	朱承木 赵汉杰
	第十四章 电厂化学设备调试	张耕宇
第三篇 火电厂建 筑工程	第十五章 概述	宋景阳
	第十六章 火电厂厂址选择及总平面布置	黄春联 武一崎
	第十七章 热力系统和除尘排烟系统建筑	徐文明 龙 健 李炳益
	第十八章 燃料供应系统和除灰系统建筑	杨 捷 华中南
	第十九章 水处理系统及供水系统建筑	杨 捷 华中南
	第二十章 电气系统建筑	杨 捷 杨国富
	第二十一章 火电厂结构设计	袁 毅
	第二十二章 火电厂建(构)筑物抗震设计	李炳益
	第二十三章 混凝土工艺	孙祖培
第四篇 水电站	第二十四章 水力发电	马曙光
	第二十五章 水工建筑物	高官堂 金灿镐 曾宪富 刘凤林
	第二十六章 水轮发电机组及其附属设备	李晓朗 孙亦林 方仁治 唐俊达 劳国强

续表

篇 序	章 序	作 者
第五篇 核电站	第二十七章 世界核电发展概述	郝思雄
	第二十八章 压水堆核电厂	钱锦辉 沈俊雄 刘聚奎 和卫东 苏林森
	第二十九章 坎杜型重水堆核电厂	杨钧陶
	第三十章 压水反应堆堆芯设计	张育曼 姚增华 肖 岷 傅先刚 张 虹 刘昌文
	第三十一章 核安全	苏圣兵 肖 岷 傅先刚 黄永愚
	第三十二章 环境保护及辐射防护	黄永愚 杨茂春
	第三十三章 核电机组的运行和维修	郑伟平 张兆丰
	第三十四章 核燃料循环	钱锦辉 张忆伯
	第三十五章 核电技术发展趋势	钱锦辉 张忆伯 刘聚奎 陈叔平 徐元辉
第六篇 燃气轮机及联合循环	第三十六章 概述	赵士杭 马泽山
	第三十七章 燃气轮机热力循环	
	第三十八章 燃气轮机组成部件	
	第三十九章 燃气轮机变工况性能	
	第四十章 燃气轮机结构与辅机系统	
	第四十一章 燃气轮机控制系统	
	第四十二章 燃气轮机运行、性能监测与验收试验	
	第四十三章 联合循环与其他循环系统	
第七篇 环境保护与综合利用	第四十四章 法规与标准	胡昕宇 尹小川
	第四十五章 大气污染及其控制技术	桂大林
	第四十六章 水体污染及其控制技术	刘建民 慕惠英
	第四十七章 噪声污染及其控制技术	朴 申
	第四十八章 环境影响评价	刘建民 吕 晶
	第四十九章 粉煤灰的处置和综合利用	王 莉

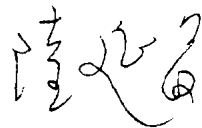
序

二十世纪将以“电世纪”而载入史册。中国电力工业从二十世纪五十年代开始得到了蓬勃发展。到1999年底全国装机容量超过2.9亿千瓦，发电量超过12000亿千瓦时，并且开始进入了结构调整、产业升级的新阶段。大型水电、火电机组的比重不断增加，核电也实现了零的突破，电网建设，尤其是城乡电网的建设正在以前所未有的规模全面展开。新能源和各种洁净煤发电技术正在加快速度发展，各种新技术、新材料、新工艺，正在得到广泛的应用。这些都预示着二十一世纪中国电力工业必将以一个崭新的面貌出现在全世界面前。

为了适应和发展这一大好形势，进一步提高电力建设、生产和运行管理的技术水平和质量、工作效率，满足广大电力科技工作者和工程技术人员在实际工作中检索、查询和学习的需要以及浏览、了解相关专业知识的需要，受中国电力出版社的委托，由东北电力集团公司组织编写了这部《电力工程师手册（动力卷）》和《电力工程师手册（电力卷）》。参加手册编写工作的160余位专家、教授都是工作在电力生产、科研、教学等各条战线上的实际工作者和理论工作者，积累有丰富的实践经验。他们十分熟悉在电力工程师的日常工作中，哪些知识是常用的，哪些内容是最感兴趣的，哪些经验是值得借鉴的。因此，对广泛生产实践经验的总结和建立在理论与实践相结合基础上的凝炼是本手册的一大特点，使其有很强的科学性和实用性。同时，作者们也对国际上比较成熟而实用的新技术进行了深入地研究与探索，使本手册又有了一定的前瞻性，可供读者参考。正因为如此，该手册的出版，确是一大幸事。

科学技术的迅猛发展，是现时代的一大特征。新技术、新工艺、新材料、新知识的日新月异，要求人们不断地去学习、去探索、去创新、去总结，希望有更多的专家、学者和科技工作者在今后更广泛的实践中不断地进行归纳、提炼，使手册的内容不断得到补充、更新，更加符合生产实践的需要，更加符合市场的需求。

手册的作者是一个老中青相结合的专家群体，手册的问世既凝聚着老一代科技人员对事业的忠诚与奉献，也有年轻一代对事业的追求与攀登。希望手册能成为电力系统广大工程技术人员、科研人员、教学人员、管理人员和全体职工的良师益友，共同为新世纪电力事业的发展贡献才智和力量。



前 言

电力工业涉及的学科、专业、行业甚广，几十年来特别是改革开放以来，我国电力工业的发展举世瞩目。为了适应电力工业发展的需要，满足广大工程技术人员和科技管理人员的需求，我们编写了《电力工程师手册（动力卷）》。本手册属综合性工具书，供从事电力行业的各类人员查阅使用。电力行业的专业工程师，还可从中汲取相邻专业和其他有关专业的知识，开拓思路，跨学科、综合、全面地研究和解决实际问题。

本手册共分七篇，即火力发电机组、火力发电机组的启动调试、火电厂建筑、水电站、核电站、燃气轮机及联合循环、环境保护与综合利用，基本涵盖了电力行业动力工程的各个方面，内容广泛。

本手册突出实用性，对电力工程师在日常工作中最需要、最常用的技术知识作了全面的介绍，同时还介绍了其最新发展动态和方向，以及业已成熟的技术知识；对具体公式不作推导，但说明其适用范围，并一律采用了法定计量单位。本手册汇总了大量的常用数据、公式和图表，供工程师快速查用。

本手册涉及的标准约 420 余项，均为截止到 2001 年 4 月底，国家或行业正式颁布的现行标准。

编综合性手册是一项艰巨的系统工程。本手册的编写工作始于 1995 年，历时五年多。作者都是东北电网的技术骨干和聘请的国内专家、教授，其中有一些是已退休的老专家。他们日常工作繁忙，边工作、边写作；已退休的老专家甘于奉献，手册中纳入了他们多年来积累的实践经验。兄弟单位也十分支持这项工作，积极推荐专家、教授参加了编写工作。在编写本手册的整个过程中，原东北电力集团公司，现国家电力公司东北公司、辽宁省电力有限公司，东北电力科学研究院给予了很大的关注和支持。

清华大学、中国核工业总公司、华北电力科学研究院的知名学者、教授和高级工程师们，本着知无不言、言无不尽的极端负责精神，对本手册进行了认真、细致的审查，提出了许多很好的修改意见。在收集资料和编写过程中，手册作者还参阅了参考文献中列举的正式出版文献及国内有关单位编写的技术资料、设备说明书等。东北电力科学研究院钟美娥、王欢、米咏梅等同志协助打字和图表加工处理工作。在此一并表示深深的谢意。

由于作者水平所限，疏误与不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

《电力工程师手册（动力卷）》编委会

2001 年 9 月

目 录

序
前言

前 言

第一章 世界电力发展概论 1

- 第一节 世界能源概况 1
- 第二节 世界电力工业发展概况 1
- 第三节 电力发展新技术 3
 - 1 发电新技术 3
 - 2 电网新技术 6
 - 3 电力信息技术 7

第二章 中国电力发展概论 8

- 第一节 中国能源概况 8
- 第二节 中国电力工业发展及与国外的差距 8
- 第三节 面向 21 世纪的中国电力工业 10
 - 1 全国装机容量的发展 10
 - 2 全国电网的发展 10
 - 3 搞好需方管理 11
 - 4 抓好在役机组的改造与提高 11
 - 5 保护环境, 走可持续发展之路 11
 - 6 积极开发与推广应用可再生能源 11
 - 7 实施“电力扶贫共富工程” 11
 - 8 适应两个转变, 深化电力体制改革 11
 - 9 依靠科技进步, 大力开发和推广适用先进技术 12

第三章 新能源概论 13

- 第一节 新能源分类及基本情况 13
- 第二节 太阳能发电 13
- 第三节 风力发电 14
- 第四节 燃料电池 (FC) 15
- 第五节 核电 16
- 第六节 生物质能发电 16
- 第七节 地热发电 16
- 第八节 海洋能发电 17
- 第九节 氢能 17

参考文献 18

第一篇 火力发电机组

第四章 电厂锅炉 19

- 第一节 燃料特性 19
 - 1 煤的组成 19
 - 2 煤的性质 20
 - 3 煤的分类 24
 - 4 煤灰的组成及特性 27
- 第二节 锅炉结构 30
 - 1 典型炉型 30
 - 2 燃烧设备 39
 - 3 空气预热器 46
 - 4 锅内主要设备 48
- 第三节 煤粉制备系统 61
 - 1 磨煤机和制粉系统的分类 61
 - 2 磨煤机性能参数的计算 66
 - 3 制粉系统主要附属设备和选择 82
 - 4 制粉系统热力计算 93
- 第四节 通风机 102
 - 1 通风机的分类 102
 - 2 通风机的型号与规格 102
 - 3 通风机的主要性能参数 104
 - 4 通风机性能的相似换算 106
 - 5 通风机叶轮的跳动公差 106
 - 6 通风机的转子平衡 106
 - 7 通风机的振动精度 108
 - 8 送引风机的平衡品质和振动速度等级 108
 - 9 通风机的技术条件 108
 - 10 通风机主要零部件的材质 109
 - 11 通风机的常见故障及其产生原因和消除方法 109
 - 12 通风机噪声测量方法 109
 - 13 通风机的喘振 110
 - 14 通风机的选择原则 111
 - 15 通风机性能的选择与应用 112
 - 16 电厂锅炉动叶可调轴流风机 113

17 100MW、200MW、300MW 和 600MW 机组常用的离心式、轴 流式风机	117
第五节 除尘器	118
1 火力发电厂锅炉烟尘的特性	118
2 烟尘的危害	119
3 干式旋风除尘器	120
4 湿式除尘器	121
5 袋式除尘器	122
6 电除尘器	126
7 除尘器的选择	131
8 各种除尘器在火力发电厂中的应用	133
第六节 输煤系统	133
1 火力发电厂燃料运输设施的一般概念	133
2 煤的解冻和疏松	135
3 卸煤装置	136
4 堆取料设备	142
5 输煤机械	144
6 辅助设备	147
7 破碎机械	147
8 原煤斗	147
第七节 除灰系统	147
1 灰渣	148
2 除灰系统的形式和选择	149
3 气力除灰系统	150
4 水力除灰	154
5 除灰管道	161
6 灰场	164
第八节 空气动力计算	164
1 烟风系统阻力的组成	164
2 锅炉烟风系统阻力计算	183
第九节 强度计算	187
1 锅炉元件的许用应力	187
2 锅炉元件的计算壁温	187
3 锅炉元件的计算压力	190
4 锅炉圆筒形元件上孔排及焊缝的减弱	190
5 锅炉圆筒形元件的附加壁厚	191
6 锅炉主要受压元件的强度计算	192
7 孔的加强计算	196
8 锅炉元件的强度计算方法	198
9 锅炉承压元件的强度试验	199
10 锅炉受压元件的低周疲劳分析方法	200
11 锅炉常用的金属材料	201
第十节 热力计算	202

1 热力计算方法	202
2 热力计算目的	203
3 确定炉膛截面尺寸和主燃烧区的高度	203
4 按煤粉燃尽决定炉膛容积	206
5 炉膛出口温度的选取原则	216
6 固态排渣炉膛计算示例	217
第十一节 水动力计算	220
1 流动特性参数	221
2 锅炉管内压力降	223
3 流量偏差	233
4 热偏差	238
5 锅炉内受热管壁温及水冷壁传热恶化	238
6 单相流体部件	255
7 自然循环锅炉	255
8 直流锅炉和辅助循环锅炉	265
第十二节 锅炉试验	270
1 锅炉热效率试验	270
2 煤粉制备系统试验	276
3 锅炉燃烧调整试验	280
4 风机试验	281
5 除尘器试验	282
6 空气预热器漏风试验	283
7 测点布置	284

第五章 汽轮机

第一节 汽轮机总论	286
1 汽轮机型式、参数与系列	286
2 汽轮机装置的热力循环	297
3 效率	299
4 热经济性指标	300
5 汽轮机组热平衡与热力系统	301
第二节 汽轮机通流部分热力计算	303
1 级的热力计算	303
2 结构要素的确定	308
3 多级汽轮机通流部分热力计算	308
4 汽轮机通流部分的现代化改造	311
第三节 汽轮机的结构与强度	313
1 汽轮机的构成	313
2 动叶片强度	314
3 叶片振动	330
4 隔板强度	339
5 叶轮强度和振动	342
第四节 汽轮发电机组的振动	348
1 机械振动及测量	348
2 转子系统的临界转速及扭转振动	353

3 汽轮发电机组振动的诊断	356	5 维护和检验	472
4 转子的平衡	359	第十一节 水泵	472
第五节 调节、保安、油系统	362	1 火电厂主要泵类的特点和结构	472
1 汽轮机调节、保安系统	362	2 水泵的运行与调节	480
2 调节系统静、动态特性	364	3 水泵的节能改造	505
3 油系统	366	4 水泵的试验	513
4 调节系统试验	369	第十二节 核电和地热汽轮机组	518
5 典型调节系统静态计算	372	1 核电汽轮机组	518
6 汽轮机电液调节系统	377	2 地热汽轮机组	528
第六节 汽轮机的运行	384	第六章 热工自动化	533
1 汽轮机的正常运行及维护	384	第一节 热工测量	533
2 汽轮机的启动	387	1 温度测量	533
3 汽轮机的停机	393	2 压力和压差测量	539
4 汽轮机的热应力及寿命管理	398	3 流量测量	550
5 汽轮机组的调峰技术	402	4 液位测量	558
6 几种典型事故及预防	402	5 开关量测量	564
第七节 汽轮机组热力试验	405	6 显示仪表	568
1 试验分类、任务、目的及主要特点	405	第二节 模拟量控制	575
2 试验热力系统及测点布置	405	1 汽包锅炉的控制任务	576
3 试验规程和精确度等级（不确定度）	407	2 汽包水位全程控制系统	576
4 测量方法和仪表	407	3 汽包锅炉汽温控制系统	581
5 试验的实施	418	4 汽包锅炉燃烧控制系统	583
6 试验结果	419	5 直流锅炉自动控制系统	586
7 试验结果不确定度的计算	426	6 高低压旁路控制系统	590
第八节 凝汽设备	432	7 单元机组协调控制系统	592
1 凝汽器分类	432	第三节 开关量控制	596
2 大型凝汽器技术特性	433	1 概述	596
3 凝汽器材料及管束排列	435	2 手动控制	596
4 凝汽器的热力计算	439	3 连锁控制	600
5 多压凝汽器	444	4 热工保护	603
6 凝汽器的附属设备	446	5 顺序控制	605
7 凝汽器的运行和维护	447	6 开关量控制装置	622
第九节 给水加热器	450	第四节 锅炉机组保护系统	624
1 给水加热器分类	450	1 再热器保护	624
2 给水加热器常用的技术数据	450	2 直流锅炉断水保护	625
3 给水加热器常用性能技术指标	452	3 锅炉主汽压力高保护	625
4 大型机组高压加热器结构特点及其主要参数	452	4 锅炉水位保护	625
5 给水加热器的热力计算	455	5 锅炉炉膛安全监控系统	626
6 给水加热器的运行与异常处理	459	第五节 汽轮机组监控系统	636
第十节 除氧器	461	1 概述	636
1 给水除氧方式及溶解氧量标准	462	2 常用监视仪表	637
2 除氧器分类与结构	462	3 汽轮机监视系统	642
3 除氧器的计算	466	4 汽轮机紧急跳闸系统	653
4 除氧器运行	468	5 汽轮机数字式电液控制系统的超	

速保护	654
6 对汽轮机组监控系统的技术要求及 功能检查	655
第六节 分散控制系统	658
1 火电厂对分散控制系统的技术要求	658
2 推荐的八种火电厂分散控制系统	664
3 火电厂分散控制系统的应用情况	683
第七节 基地式调节仪表及执行器	686
1 气动基地式调节仪表	686
2 执行器	690
第七章 电厂化学	701
第一节 水的特性及其在电厂中 的应用	701
1 水中主要杂质及影响	701
2 水的物理化学特性	701
3 天然水中主要化合物的特征	706
4 我国火电厂用水分类及概况	707
5 水样的采集和水质分析项目及方法	707
第二节 锅炉补给水预处理	712
1 预处理系统	712
2 出水品质	713
3 水的混凝处理	713
4 水的澄清处理	720
5 水的过滤处理	724
6 活性炭吸附	730
第三节 锅炉补给水的除盐	732
1 离子交换水处理	732
2 膜分离技术	752
第四节 凝结水净化处理	757
1 凝结水处理的目及系统选用	757
2 前置过滤器的技术特性	757
3 凝结水除盐混床工艺特性	757
4 凝结水处理氨化混床工艺特性	757
第五节 给水处理	761
1 给水质量标准	761
2 给水水质控制	762
3 热力除氧	762
4 化学除氧	763
5 pH 值调节	765
6 加氧处理	766
第六节 锅炉水质控制及水汽系统 的腐蚀与防护	767
1 盐类的携带及沉积物的形成	767
2 锅内磷酸盐处理	769

3 直流炉炉水处理	771
4 腐蚀与防护	772
第七节 循环冷却水处理	774
1 冷却水系统	774
2 敞开式循环冷却水系统的物质平衡 及盐类浓缩	775
3 防垢处理	776
4 冷却水系统的腐蚀及其防护	782
5 冷却水中的微生物及其控制	787
6 水质稳定性的判断	789
7 循环冷却水处理方法比较	790
8 凝汽器的化学清洗	793
第八节 锅炉的化学清洗	794
1 锅炉化学清洗的必要性	794
2 化学清洗依据	795
3 化学清洗介质	795
4 缓蚀剂	798
5 化学清洗工艺	799
6 化学清洗系统	802
7 清洗过程中的化学监督	804
8 清洗废液处理	805
第九节 化学监督仪表	806
1 电厂常用的在线化学监控仪表简述	806
2 电厂在线化学监控仪表的配置	807
3 电厂热力系统在线化学仪表的测 量范围和准确度等级	808
4 几种在线化学仪表的检验项目与 技术要求	808
5 电厂化学化验室仪器设备配置	811
第十节 电力燃料	814
1 电力用煤特性及分类	814
2 电力用煤采样制样技术要求	817
3 电力用煤的性能分析	820
4 煤质检测的重要意义	821
5 燃油特性及其检测	821
第十一节 电力用油	822
1 电力用油的分类	822
2 电力用油的化学成分及其炼制	824
3 电力用油的添加剂	824
4 油的理化、电气性能	824
5 油标准	827
6 油务管理及安全运行	837
7 废油的再生处理	841
第十二节 SF ₆ 绝缘气体	841
1 SF ₆ 气体的基本特性	841

2	SF ₆ 气体的制备	842
3	SF ₆ 气体质量标准及测试方法	842
4	SF ₆ 气体的监督和管理	844
5	SF ₆ 电气设备与其他绝缘介质电 气设备的性能比较	847
6	SF ₆ 气体的安全使用	848
第十三节 氢站		848
1	制氢原理和制氢系统	848
2	制氢设备	848
3	氢站技术指标	849
4	制氢设备的运行与维护	850
5	气水分析	852
第八章 电厂金属		854
第一节 电厂金属材料		854
1	金属学基础知识	854
2	钢的热处理	858
3	钢铁的分类及钢号表示方法	863
4	电厂锅炉及压力容器用钢	888
5	汽轮机和发电机用钢	896
6	紧固件和铸钢件用钢	903
7	耐磨合金	908
8	金属表面保护	912
第二节 金属短时力学性能试验		926
1	金属拉伸试验	927
2	金属冲击试验	929
3	金属弯曲试验	931
4	金属硬度试验	932
第三节 金属长时性能试验		938
1	金属拉伸蠕变及持久试验	938
2	蠕变极限和持久强度的外推方法	939
3	金属应力松弛试验	942
第四节 电厂金属化学分析		943
1	元素分析	943
2	耐热钢的碳化物相分析	953
3	光谱分析	955
第五节 焊接		957
1	焊接接头组织与性能	957
2	金属焊接性与试验	959
3	焊接坡口类型与符号	960
4	焊接应力与变形	962
5	焊接材料	962
6	金属材料的焊接	966
7	金属热切割	971
8	金属表面堆焊与热喷涂	971

9	焊接质量控制	972
10	计算机在焊接领域中的应用	973
第六节 金属材料无损检测		974
1	无损检测概况	974
2	超声检测	974
3	射线检测	982
4	磁粉检测	987
5	渗透检测	989
6	涡流检测	990
7	INTERNET 与无损检测	991
第七节 金相分析		991
1	光学金相分析	991
2	电子显微分析	996
3	金属 X 射线衍射分析	998
第八节 失效分析		999
1	概述	999
2	失效的类型和特征	999
3	失效原因	1000
4	失效分析程序	1000
5	火电厂金属部件失效的一些判据	1001
第九节 实验应力分析		1005
1	实验应力分析方法	1005
2	应变电测法	1006
第十节 断裂力学方法及其应用		1019
1	概述	1019
2	线弹性断裂力学	1020
3	弹塑性断裂力学	1022
4	处理裂纹扩展的断裂力学方法	1023
5	常用断裂力学试验方法	1024
第十一节 疲劳强度		1027
1	金属疲劳的常用术语	1027
2	金属疲劳破坏机理	1027
3	金属的疲劳强度及常用材料的疲 劳强度参数	1028
4	高温疲劳	1031
5	腐蚀疲劳	1031
6	热疲劳和热机械疲劳	1033
7	提高工件疲劳强度的方法	1033
第十二节 寿命评估		1033
1	机组部件主要损伤机理	1033
2	机组寿命评估所需资料	1034
3	关键部件寿命评估程序框图	1035
4	对关键部件寿命评估推荐的方法	1035

第九章 电厂管道

第一节 管子的选择	1038
-----------------	------

1 管径的选择	1038
2 管壁厚度计算	1040
3 管道设计温度和压力的确定	1043
4 管道流速	1045
5 管材的选用与许用应力	1046
第二节 管道的膨胀补偿和应力	
计算	1051
1 管道的膨胀	1051
2 管道热膨胀的补偿	1051
3 管道的应力验算	1055
第三节 管道附件选择和计算	1058
1 弯管及弯头	1058
2 异径管	1058
3 三通	1059
4 封头和堵头	1062
5 孔板	1063
6 法兰组件	1064
第四节 管道附件阻力系数和	
压力损失计算	1065
1 管道附件的阻力系数	1065
2 管道压力损失的计算	1073
第五节 管道的支吊架	1077
1 一般规定	1077
2 支吊架荷载计算	1077
3 支吊架间距计算	1078
4 弹簧选择	1079
第六节 阀门	1079
1 阀门分类和用途	1079
2 阀门型号的编制方法	1079
3 管道阀门的选择	1081
4 安全阀的选型和计算	1082
5 减压阀的选用计算	1083
参考文献	1085

下 册

第二篇 火力发电厂启动调试试验

第十章 概论 1090

第一节 启动调试程序及主要调试

项目	1090
1 启动调试程序	1090
2 主要调试项目	1090

第二节 启动调试的全过程质量管理	
管理	1095
1 启动调试质量管理目标	1095
2 质量管理方法	1095
3 启动调试的技术监督	1095

第十一章 锅炉机组设备启动调试 1096

第一节 通风试验及炉内空气动力场

试验	1096
1 通风试验	1096
2 炉内冷态空气动力场试验	1098
3 试验结果的分析整理	1099

第二节 回转式空气预热器启动

调试	1100
1 密封间隙的调整	1100
2 投运前的检查与试验	1101
3 防止腐蚀和积灰的措施	1101
4 空气预热器的漏风试验	1101
5 空气预热器再燃烧的预防和处理	1101

第三节 电气除尘器启动调试 1102

1 电气除尘器的性能	1102
2 影响电气除尘器除尘效率的因素	1102
3 电气除尘器的验收	1102
4 电气除尘器的试验	1103

第四节 汽水管道的的水冲洗 1103

1 概述	1103
2 水冲洗	1103
3 蛇形悬垂管组的“气塞”消除	1103

第五节 蒸汽管路的吹洗 1104

1 吹管的目的	1104
2 蒸汽吹管的范围	1104
3 吹管方式	1104
4 吹管参数	1105
5 吹管临时系统的设计	1105
6 吹管控制要求	1107
7 吹管质量标准	1107
8 吹管计算	1108

第六节 安全阀调整 1110

1 概述	1110
2 安全阀排汽量的估算	1110
3 安全阀的调整试验	1111

第七节 锅炉机组防爆 1113

1 概述	1113
2 锅炉炉膛的防爆	1114
3 制粉系统的防爆	1114

第八节 制粉系统启动调试	1115
1 概述	1115
2 煤粉特性及主要设备调整	1116
3 制粉系统设备的调整与试验	1118
第九节 锅炉机组整套启动试运 及燃烧调整	1119
1 概述	1119
2 整套启动试运	1119
3 锅炉带负荷试运及燃烧调整	1119
4 机组甩负荷试验的锅炉协调工作	1123
第十节 除灰吹灰系统调试	1124
1 概述	1124
2 除灰渣系统的启动调试	1125
3 吹灰系统的启动调试	1126
第十一节 风机的调试	1128
1 概述	1128
2 风机的主要性能参数	1128
3 风机性能试验	1128
4 风机运行和调节	1129
5 风机现场动平衡法	1130
第十二章 汽轮机设备启动调试	1132
第一节 管道系统的吹洗和冲洗	1132
1 对管道系统清洗的要求	1132
2 蒸汽管道的吹洗	1132
3 水管道冲洗的一般要求	1132
4 油系统循环冲洗及试运	1132
第二节 泵类的调试	1135
1 常用技术资料	1135
2 泵类调试项目和一般程序	1137
3 泵类试运应达到的要求	1137
第三节 箱、器类的调试	1140
1 箱类调试项目和程序	1140
2 器类（加热器）调试项目和程序	1140
第四节 汽轮机液压调节及保安 装置调试	1141
1 凝汽式机组调节系统静态调整试验	1141
2 调节系统静态试验	1141
3 调节系统动态特性试验	1143
4 带调整抽汽和背压式汽轮机调试	1144
第五节 汽轮机数字电液调节 系统调试	1145
1 DEH 数字电液调节系统	1145
2 DEH 系统的性能	1145
3 DEH 系统的检测和调试	1145

4 电液联调试验（电液并存）	1146
5 启动及带负荷试验	1146
第六节 汽轮发电机组联锁保护 试验	1146
1 主机联锁保护试验前的条件	1146
2 主机联锁保护试验项目	1146
第七节 汽轮发电机组整套启动调试 及试运行	1146
1 整套启动调试内容	1146
2 整套启动前应具备的条件	1147
3 汽轮发电机组启动及空负荷试运行	1148
4 汽轮发电机组带负荷试运行	1151
5 整套启动试运工程总结及技术文件	1151
第八节 发电机氢系统调试	1151
1 发电机氢系统严密性试验标准	1151
2 漏气（氢）量计算	1152
第九节 汽轮机组启动操作要点	1152
1 启动前检查	1152
2 汽轮机启动时蒸汽参数的匹配	1152

第十三章 热工仪表及控制装置调试

第一节 热工测量和信号回路调试 ...	1157
1 概述	1157
2 温度、压力、差压测量回路调试	1157
3 就地流量测量回路调试	1162
4 物位测量回路调试	1165
5 成分分析测量回路调试	1169
6 机械量测量回路调试	1175
7 物料称重装置测量回路调试	1177
8 其他监视回路调试	1178
9 热工信号回路调试	1178
第二节 开关量控制系统调试	1181
1 锅炉炉膛安全监控系统	1181
2 汽轮机紧急跳闸保护系统	1186
3 电动给水泵保护系统	1186
4 顺序控制系统	1187
第三节 自动调节系统调试	1189
1 概述	1189
2 自动调节装置的检查与校验	1191
3 系统安装检查	1198
4 手动操作试验与执行器的系统调试	1200
5 系统静态参数的计算与整定	1201
6 系统开环试验与闭环仿真试验	1205
7 系统的可控性确认与对象的动态 特性试验	1206

8 系统动态参数的整定与投入·····	1212
9 自动调节系统的品质考核·····	1218

第十四章 电厂化学设备调试 ····· 1220

第一节 水处理设备调试概述 ····· 1220

1 水处理设备启动调试前应具备的条件·····	1220
2 水处理设备启动调试前的准备工作·····	1220
3 水处理启动调试的一般过程·····	1220

第二节 原水预处理系统调试 ····· 1220

1 凝聚澄清·····	1220
2 水的过滤处理·····	1222
3 活性炭吸附·····	1226
4 曝气、过滤除铁系统·····	1227

第三节 锅炉补给水处理系统调试 ··· 1227

1 离子交换树脂的技术参数·····	1227
2 离子交换树脂的处理方法·····	1227
3 离子交换器石英砂垫层的化学稳定性试验·····	1229
4 化学除盐系统进出水水质指标·····	1229
5 除盐设备的工艺参数·····	1229
6 除碳器·····	1231
7 再生系统的调试·····	1231
8 填料的装填及处理·····	1232

第四节 膜处理系统调试 ····· 1232

1 反渗透装置·····	1232
2 电渗析·····	1233

第五节 凝结水处理系统调试 ····· 1234

1 前置过滤·····	1234
2 高速混床·····	1235

第六节 循环水处理系统调试 ····· 1237

1 循环水的水平衡·····	1237
2 循环水的浓缩倍率·····	1237
3 水质稳定性的判断方法·····	1237
4 循环水的处理·····	1239
5 循环水补水的处理·····	1241
6 凝汽器铜管硫酸亚铁镀膜·····	1242

第七节 制氢设备启动调试及氢冷发电机充氢 ····· 1242

1 启动前的准备工作·····	1242
2 启动调试方法·····	1242
3 氢冷发电机充氢·····	1243

第八节 锅炉及热力系统化学清洗 ··· 1243

1 化学清洗前的准备工作·····	1243
2 化学清洗的有关计算·····	1244

3 化学清洗系统的连接·····	1245
4 化学清洗工艺过程·····	1245
5 化学清洗废液的处理·····	1247
6 清洗质量的检验·····	1248
7 中、低压锅炉的碱煮·····	1248
8 蒸汽加氧吹扫技术·····	1248
9 凝汽器的化学清洗·····	1248

第九节 锅炉给水、炉水处理及整套设备启动的化学监督 ····· 1249

1 给水处理·····	1249
2 炉水处理·····	1249
3 锅炉排污·····	1249
4 启动前的冲洗·····	1251
5 机组洗硅运行·····	1252
6 水汽标准·····	1252
7 核电站水化学工况·····	1256

参考文献 ····· 1258

第三篇 火电厂建筑工程

第十五章 概述 ····· 1259

第一节 火电厂建筑工程的基本要求和分类 ····· 1259

1 火电厂建筑工程的基本要求·····	1259
2 火电厂建筑工程分类·····	1259

第二节 火电厂工程勘测 ····· 1260

1 工程地质·····	1260
2 水文地质·····	1261
3 工程水文气象·····	1262
4 工程测量·····	1262

第十六章 火电厂厂址选择及总平面布置 ····· 1264

第一节 厂址选择 ····· 1264

1 基本要求·····	1264
2 厂址选择的运作程序·····	1265

第二节 火电厂总体规划及总平面布置 ····· 1266

1 总体规划的基本原则·····	1266
2 总平面布置·····	1266

第三节 竖向布置 ····· 1268

1 竖向设计的任务及主要内容·····	1268
2 竖向布置的一般规定·····	1268
3 竖向布置方式·····	1269

第四节 管线综合布置 ····· 1269