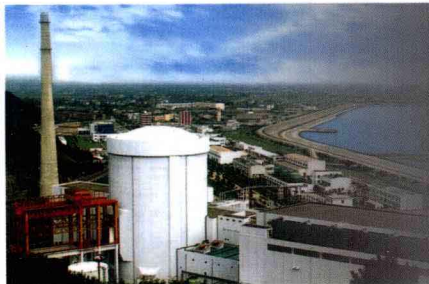


CP300

核电厂二回路系统/设备及运行



马明泽 主 编
王 焯 马寅军 副主编

中国核工业集团公司 编

中国原子能出版传媒有限公司

图书在版编目(CIP)数据

CP300 核电厂二回路系统/设备及运行/马明泽主编.
—北京:中国原子能出版传媒有限公司,2010.12
ISBN 978-7-5022-5128-4

I. ①C… II. ①马… III. ①压水型堆—核电厂—二次系统②压水型堆—核电厂—电气设备③压水型堆—核电厂—运行 IV. ①TM623.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 245245 号

内 容 简 介

本书是压水堆核电厂二回路系统设备教程,共分为 17 章,逐章详述二回路各主要系统及其设备的技术性能、运行操作、事故处理等实际知识。

本书为秦山核电厂系统设备培训用教材,内容切合实际,深入浅出,并配有大量插图,可供压水堆核电厂的研究设计、安装调试、运行操作、管理人员使用,也可作为大学核动力专业师生的学习研究参考材料。

CP300 核电厂二回路系统/设备及运行

出版发行 中国原子能出版传媒有限公司(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
责任编辑 侯茸方
技术编辑 丁怀兰 王亚翠
责任印制 潘玉玲
印 刷 保定市 中画美凯印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 13.75 字 数 343 千字
版 次 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-5128-4 定 价 68.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>
发行电话: 010-68452845

E-mail: atomep123@126.com
版权所有 侵权必究

中国核工业集团公司 核电培训教材编审委员会

总 编 孙 勤
副 总 编 余剑锋 叶奇蓁

编辑委员会

主 任 陈 桦
副 主 任 程慧平 孙习康 张 涛
委 员 仲卫东 刘志勇 马明泽 戚屯锋 邹正宇
顾颖宾 商幼明 缪亚民 赵 云 葛政法
周建虎 李苏甲 杨树录 李和香 段光荣

执行编委

谢 波 马寅军 王晓波 叶丹萌 莫银良
高小林 鲁忆迅 唐锡文 吴向东 蔡黎勇
修卫彬 刘 朔 肖 武 刘玉山

编委会办公室

姜福明 朱 黎 张红军 吴国安 程建秀
黄 芳 戴 兵 廖昌斌 方朝霞 沈 阳
宫育锋 章 超 丁怀兰 王亚翠

《CP300 核电厂二回路系统/设备及运行》 编 辑 部

主 编 马明泽

副主编 王 焯 马寅军

执行编委 (按姓氏拼音顺序排列)

雷 霞 楼宝川 叶云芳 翟羽耀 张松波
周志文

供 稿 人 (按姓氏拼音顺序排列)

蔡涵颖 陈 超 戴海华 丁 昕 郭 兴
何道侠 胡飞文 姜 赫 金跃明 康红宾
孔志平 李建春 刘旭华 刘义初 陆炜伟
吕瑞飞 欧卫兵 钱玉刚 任洪涛 盛建华
苏继昌 田丰林 童之刚 万新勇 汪兆强
王 侨 王 懿 王 卓 王成林 吴志明
奚轶枫 谢登来 徐文华 薛 坤 臧家林
张 巍 张冀兰 张松波 周炳鉴 周仁怀
周志文 祖朝辉

审 稿 人 (按人员部门顺序排列)

蒋祖跃 李卓群 吴炳泉 黄志军 沙松干
应黎明 吴国良 陈学峰 段久宇 方 旭
冯春光 韩 冰 胡飞文 黄思兰 李 旻
盛建华 唐 亮 陆鹏飞 陆雪华 莫雪贵
王长征 王德宾 夏中朝 张卫前 张 翔
杨加东 殷秀峰 张冀兰 周 舟 朱光亚
庄国平 陈 梁 卢才华 钱厚军 饶贤明
付荣真 李 涛 余前军 王浩钧 张 强
金跃明 陈其荣 王惠良 丁 庆 马回明
沈 平 陆 玲 赵志德 薛新才 陶 钧
曹雪明 陆 许 曹 勇 齐 涟 朱晓斌
方祖明

统审专家 丁卫东 申中祥

总序

核工业作为国家高科技战略性产业，是国家安全的重要基石、重要的清洁能源供应，以及综合国力和大国地位的重要标志。

1978年以来，我国核工业第二次创业。中国核工业集团公司走出了一条以我为主发展民族核电的成功道路。在长期的核电设计、建造、运行和管理过程中，积累了丰富的实践和理论经验，在与国际同行合作过程中，实现了技术和管理与国际先进水平相接轨，取得了骄人的业绩。

中国核工业集团在三十多年的核电建设中，经历了起步、小批量建设、快速发展三个阶段。我国先后建成了秦山、大亚湾、田湾三大核电基地，实现了我国大陆核电“零”的突破、国产化的重大跨越、核电管理与国际接轨，走出了一条以我为主，发展民族核电的成功之路。在最近几年中，发展尤为迅猛。截至2008年底，核电运行机组11台，装机容量907.82万千瓦，全部稳定运行，态势良好。

进入新世纪，党中央、国务院和中央军委对核工业发展高度重视、极为关怀，对核工业做出了新的战略决策。胡锦涛总书记指出：“无论从促进经济社会发展看，还是从保障国家安全看，我们都必须切实把我国核事业发展好”。发展核电是优化能源结构、保障能源安全、满足经济社会发展需求的重要途径。2007年10月，国务院正式颁布了《核电中长期发展规划（2005—2020年）》。核电进入了快速、规模化、跨越式发展的新阶段。

在中国核电大发展之际，中国核工业集团公司继续以“核安全是核工业的生命线”的核安全文化理念和“透明、坦诚和开放”的企业管理心态，以推动核电又好又快又安全发展为己任，为加速培养核电发展所需的各类人才，组织核电领域专家，全面系统地对核电设计、工程建造、电站调试、生产准备和生产运营等各阶段的知识进行了梳理，构造了有逻辑性、系统性的核电知识体系，形成了覆盖核电各阶段的核电工程培训系列教材。

这套教材作为培养核电人才的重要工具,是国内目前第一套专业化、体系化、公开出版的核电人才培养系列教材,有助于开展培训工作,提高培训质量、节约培训成本,夯实核电发展基础。它集中了全集团的优势,突出高起点、实用性强,是集团化、专业化运作的又一次实践,是中国核工业 50 余年知识管理的积淀,是中国核工业 10 万人多年总结和实践经验结晶。

21 世纪是“以人为本”的知识经济时代,拥有足够的优秀人才是企业持续发展的重要基础。中国核工业集团公司愿以这套教材为核电发展开路,为业界理论探讨、实践交流提供参考。

我们要继续以科学发展观为指导,认真贯彻落实党中央、国务院的指示精神,积极推进核电产业发展。特别是要把总结核电建设经验作为一项长期的工作来抓,不断更新和完善人才教育培训体系。

核电培训系列教材可广泛用于核电厂人员培训,也可用于核电管理者的学习工具书,对于有针对性地解决核电厂生产实践和管理问题具有重要的参考价值。

中国核工业集团公司总经理



2009 年 9 月 9 日

前 言

在浙江杭州湾钱塘江入海口,有一座郁郁葱葱、鸥鸟栖飞的小山,曾因秦始皇“登以望东海”而得名秦山。自1991年12月15日以来,18年间,秦山目睹了中国人自己设计、建造的秦山30万千瓦核电机组首次并网发电的“中国核电的起步”,见证了“民族核电的丰碑”,聆听了“中国人成功的故事”,感受到“核电发展的春天”。

18年来,持续管理改进和技术改造是公司创造优良运行业绩的保证。秦山核电站安全稳定,没有发生任何核安全事故,没有发生任何影响公众及环境的放射性事件,其运营水平已进入国际中值水平以上。电站自2001年以来连续取得了五个燃料循环的长周期安全运行业绩,创造了连续运行天数从331天、443天、448天到469天的当时国内最好运行纪录。电站18年的安全运行实践证明我国自主设计、自主建造和自主管理运营的成功。一流的运行业绩为我国核电事业发展积累了经验,培养了人才,打下了基础。截至2009年12月15日,秦山核电站累积运行约5500天,累计发电约357亿千瓦时。

中国核工业集团公司秦山核电有限公司组织编写核电厂系统/设备及运行系列教材的目的是为了总结秦山核电站CP300系统运行经验,提高系统/设备培训效果,为各核电厂开展培训提供参考。

CP300核电厂系统/设备及运行系列由以下教材组成:

- CP300核电厂一回路系统/设备及运行
- CP300核电厂二回路系统/设备及运行
- CP300核电厂电气系统/设备及运行
- CP300核电厂BOP系统/设备及运行
- CP300核电厂仪表和控制系统/设备及运行

教材的内容以秦山核电有限公司CP300核电厂的系统培训教材为基础,补充近年来一些系统的技术改造及良好实践。本篇教材为《CP300核电厂二回路系统/设备及运行》。主要讲解了CP300核电厂二回路各个系统的功能、主要组成、主要设备特性、运行情况、典型事件及变更等方面的知识。

本教材由秦山核电有限公司马明泽主持编辑,核动力运行研究所和原子能出版社的有关同志对本教材也进行了仔细的审读。在教材的编制过程中,虽经反复推敲核证,仍难免有不妥甚至错谬之处,诚望广大读者提出宝贵意见,以便加以修正。

编者
2010年1月

目 录

第一章 主蒸汽系统

1.1	系统功能	1
1.2	系统流程	1
1.3	系统主要设备特性	2
1.3.1	蒸汽流量限制器	2
1.3.2	主蒸汽安全阀	2
1.3.3	大气释放阀	2
1.3.4	主蒸汽隔离阀(MSIV)	3
1.3.5	主蒸汽隔离阀(MSIV)控制原理介绍	3
1.4	系统运行	5
1.4.1	主蒸汽隔离阀后管道暖管操作	5
1.4.2	主蒸汽疏水切换操作	5
1.4.3	汽轮机运行中主蒸汽系统其他相关操作介绍	5
1.5	典型事件和变更	6
1.5.1	变更	6
1.5.2	典型事件	7
	复习思考题	8

第二章 汽轮机本体

2.1	概述	9
2.2	汽轮机主要参数及热力特性	9
2.3	汽轮机装设的保护装置	10
2.3.1	汽轮机脱扣停机的保护	10
2.3.2	辅助保护	10
2.4	汽轮机本体主要部件简介	11
2.4.1	汽缸	11

2.4.2	转子	15
2.4.3	流通部分	18
2.4.4	汽封	21
2.4.5	轴承	23
2.4.6	阀门和蒸汽管道	25
2.4.7	前轴承座	28
2.4.8	汽轮机的支托和定位	30
2.4.9	盘车装置	31
2.5	运行模式	33
2.5.1	运行限值	33
2.5.2	定期试验	33
2.5.3	操作注意事项	34
2.6	典型事件和变更	37
	复习思考题	39

第三章 蒸汽旁路排放系统

3.1	系统功能	40
3.2	系统组成	40
3.3	系统主要设备特性	41
3.3.1	旁排阀特性	41
3.3.2	旁排箱喷水减温调节阀特性	41
3.4	系统运行	41
3.4.1	注意事项	41
3.4.2	电厂启动到满负荷旁排系统主要操作	42
3.4.3	电厂满负荷到停止旁排系统主要操作	42
3.4.4	功率运行情况下,旁排阀误开现象及处理	42
	复习思考题	43

第四章 汽轮机调节油系统

4.1	供油系统	44
4.1.1	供油系统主要部件	44
4.1.2	EH油系统的主要运行参数	47
4.2	液压执行机构	47
4.2.1	主汽阀	48

4.2.2 调阀	49
4.3 危急遮断系统	51
4.3.1 OPC 保护	51
4.3.2 危急跳闸控制装置(ETS)	52
4.3.3 机械超速和手动遮断系统	53
4.3.4 汽轮机复置操作	54
4.4 典型事件	54
复习思考题	55

第五章 汽轮机润滑油、顶轴油、盘车系统

5.1 汽轮机润滑油系统	56
5.1.1 润滑油系统主要设备特性	56
5.1.2 润滑油系统运行	60
5.1.3 典型事件	62
5.2 汽轮机顶轴油系统	62
5.2.1 顶轴油系统功能	62
5.2.2 顶轴油系统主要设备特性	63
5.3 汽轮机盘车系统	64
5.3.1 盘车系统功能	64
5.3.2 盘车系统组成	65
5.3.3 盘车系统主要设备特性	65
5.3.4 盘车系统运行	65
复习思考题	66

第六章 汽水分离再热系统

6.1 系统功能	67
6.2 系统组成	67
6.2.1 汽水分离再热系统	67
6.2.2 辅助系统	67
6.3 系统主要设备特性	68
6.3.1 系统主要设备组成	68
6.3.2 汽水分离器	68
6.3.3 MSR 一级再热器	69
6.3.4 MSR 二级再热器	69

6.3.5	MSR 壳体	70
6.3.6	高低压管束	70
6.3.7	安全阀	71
6.3.8	球面支承	71
6.3.9	防震压板	71
6.4	汽水分离再热器的运行	71
6.4.1	运行原则	71
6.4.2	手动运行	71
6.4.3	自动运行	72
6.4.4	冷态启动	72
6.4.5	热态启动	72
6.4.6	滑温	73
6.4.7	基本负荷运行	73
6.4.8	低负荷运行	73
6.4.9	汽轮机脱扣停机	74
6.4.10	切除 MSR 二级再热器	74
	复习思考题	74

第七章 凝汽器真空系统

7.1	系统功能	75
7.2	系统组成	75
7.3	系统主要设备特性	75
7.3.1	启动抽气器	75
7.3.2	主抽气器	76
7.3.3	真空密封水箱	77
7.4	系统运行	77
7.5	运行注意事项	78
7.6	与真空有关的问题	79
7.7	联锁	79
	复习思考题	80

第八章 凝结水系统

8.1	系统功能	81
8.2	系统组成	81

8.2.1	凝结水系统控制	81
8.2.2	凝汽器水位控制	81
8.2.3	凝汽器热阱水位保护	83
8.2.4	凝汽器真空	83
8.2.5	凝结水流量	83
8.2.6	低加联锁	83
8.2.7	凝泵、凝升泵联锁	84
8.2.8	凝结水系统清洗	84
8.2.9	凝汽器真空形成机理	84
8.2.10	抽气设备的作用	85
8.2.11	凝汽器掉真空现象及原因	85
8.2.12	真空破坏阀的投入条件	86
8.2.13	凝汽器脏污及其清理方法	86
8.3	系统主要设备特性	88
8.3.1	凝汽器	88
8.3.2	冷却管系	90
8.3.3	壳侧本体及壳体	90
8.3.4	凝汽器接颈斜段	91
8.3.5	凝汽器接颈直段	92
8.3.6	进出口水室及水室盖	92
8.3.7	折回水室	92
8.3.8	旁排箱	94
8.3.9	扩容箱	94
8.3.10	2号、3号低压加热器	94
8.3.11	凝结水泵	95
8.3.12	凝升泵	95
8.4	系统运行	96
8.4.1	系统投运	97
8.4.2	异常投运	97
8.4.3	运行中凝泵切换操作	98
8.4.4	运行中凝升泵切换操作	98
8.4.5	规程中注意事项	98
	复习思考题	99

第九章 海水冷却水系统

9.1	系统功能	100
------------	-------------	------------

9.2 系统组成	100
9.3 系统主要设备特性	100
9.4 系统运行	101
9.4.1 系统运行概况	101
9.4.2 发电机空冷器的运行	101
9.4.3 定、转子冷却器的运行	101
9.4.4 系统运行中的注意事项	102
9.5 典型事件和变更	102
复习思考题	103

第十章 给水系统

10.1 主给水系统	104
10.1.1 系统功能	104
10.1.2 系统组成	104
10.1.3 系统主要设备特性	104
10.1.4 系统运行	111
10.1.5 典型事件和变更	115
10.2 启停给水系统	118
10.2.1 系统功能	118
10.2.2 系统组成和布置	118
10.2.3 系统主要设备特性	119
10.2.4 系统运行	120
复习思考题	123

第十一章 发电机定子、转子冷却水系统

11.1 系统功能	124
11.2 系统组成	124
11.2.1 转子水冷却系统	124
11.2.2 定子水冷却系统	124
11.3 系统主要设备特性	125
11.3.1 水箱	125
11.3.2 冷却水泵	125
11.3.3 热交换器	126
11.3.4 离子交换器	126

11.3.5	滤网	126
11.3.6	充氮装置	126
11.3.7	恒温自动调节装置	126
11.4	系统运行	126
11.4.1	体外循环冲洗	126
11.4.2	系统投运及注意事项	127
11.5	典型事件和变更	129
	复习思考题	129

第十二章 汽轮机轴封、辅助蒸汽系统

12.1	汽轮机轴封系统	130
12.1.1	汽轮机轴封系统的功能	130
12.1.2	汽轮机轴封系统的组成	130
12.1.3	轴封系统的流程	133
12.1.4	轴封的原理	133
12.1.5	汽轮机轴封系统运行说明	134
12.2	汽轮机辅助蒸汽系统	136
12.2.1	系统功能	136
12.2.2	系统流程及运行方式	136
12.2.3	辅助锅炉	137
12.2.4	系统整定值	137
12.2.5	注意事项	137
	复习思考题	137

第十三章 汽轮机回热抽汽系统

13.1	系统功能	138
13.2	系统组成	138
13.2.1	高压加热器	138
13.2.2	除氧器	139
13.2.3	低压加热器	139
13.2.4	汽水分离器	139
13.2.5	抽汽逆止阀和电动阀	140
13.3	系统主要设备特性	141
13.3.1	高压加热器	141

13.3.2 低压加热器	141
13.4 系统运行	141
13.4.1 低、高压加热器的疏水	141
13.4.2 高压加热器投运的要点	142
13.4.3 高压加热器的切除	142
13.4.4 加热器停用的限制	142
13.4.5 高压加热器运行注意事项	142
13.4.6 抽汽电动阀、逆止阀的相关联锁	143
13.4.7 高压加热器、低压加热器壳侧水位高-高的联锁 动作	143
13.5 典型事件和变更	144
复习思考题	144

第十四章 工业水系统

14.1 系统功能	145
14.2 系统组成	145
14.3 系统主要设备特性	145
14.4 系统运行	146
14.4.1 工业水箱补水	146
14.4.2 工业水冷却器控制	146
14.4.3 开式工业水切换	146
14.4.4 冷油器调节	146
14.4.5 工业水冷却器隔离、查漏	147
14.4.6 2号EH冷油器冷却水运行方式的切换操作	147
14.4.7 闭式工业水水质控制	147
14.4.8 其他注意事项	148
14.5 典型事件和变更	148
14.5.1 R10大修改造情况介绍	148
14.5.2 变更	148
复习思考题	149

第十五章 循环水系统

15.1 系统功能	150
15.2 系统组成	150

15.3	系统主要设备特性	150
15.4	系统运行	151
15.4.1	循泵的运行	151
15.4.2	旋转滤网的运行及定值	152
15.4.3	蝶阀运行及参数	152
15.4.4	二次滤网运行	153
15.4.5	循泵定期反冲洗	153
15.4.6	运行中凝汽器半侧隔离操作	154
15.4.7	大修时虹吸井的封堵	154
	复习思考题	154

第十六章 二回路机械设备

16.1	概述	155
16.2	阀门	155
16.2.1	阀门的分类	155
16.2.2	快关隔离阀	156
16.2.3	旁路排放阀	158
16.2.4	主汽阀	159
16.2.5	调节汽阀	160
16.2.6	再热汽阀及再热调节阀	162
16.3	泵	163
16.3.1	主给水泵组	163
16.3.2	凝结水泵	170
16.3.3	凝升泵	170
16.3.4	海升泵	171
16.3.5	闭式工业水泵	172
16.3.6	发电机转子冷却水泵和定子冷却水泵	172
16.3.7	除氧循环泵	172
	复习思考题	173

第十七章 应急、辅助给水柴油机系统

17.1	应急柴油发电机系统	174
17.1.1	系统功能	176
17.1.2	系统组成	176