



CANDU-6 核电厂系统与运行

常规岛系统

高级课堂培训教材

A photograph showing a large number of CANDU-6 fuel bundles arranged in neat rows within a reactor core. The bundles are cylindrical and have a metallic, slightly reflective surface.

姚照红 吴明亮 葛国光 邹正宇 主 编
周发如 副主编

中国核工业集团公司 编

中国原子能出版社

高级课堂培训教材

CANDU-6 核电厂系统与运行

常规岛系统

主 编 邹正宇

副主编 姚照红 吴明亮 葛国光 周发如

常州大学图书馆
藏书章

中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

CANDU-6 核电厂系统与运行·常规岛系统/邹正宇主
编. —北京:中国原子能出版社,2012.5
高级课堂培训教材
ISBN 978-7-5022-5506-0

I. ①C… II. ①邹… III. ①核电厂-技术培训-教
材 IV. ①TM623

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 083163 号

内 容 简 介

根据中国核工业集团公司的要求编写的《CANDU-6 核电厂系统与运行·高级课堂培训教材》是 CANDU-6 核电厂系统培训的高级教材,它侧重于描述系统参数正常运行范围和限值,系统设备的控制和保护逻辑,正常/异常运行工况下设备运行状态和处理原则,技术规格书的限制条件等内容。

《CANDU-6 核电厂系统与运行·高级课堂培训教材》适用于 CANDU-6 核电厂主控室操纵员和高级操纵员的培训和自学,还对电厂其他生产岗位人员和协作单位人员有一定的指导作用。

CANDU-6 核电厂系统与运行·常规岛系统·高级课堂培训教材

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
责任编辑 肖 萍
技术编辑 丁怀兰
责任印制 潘玉玲
印 刷 保定市中华美凯印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 24.75 字 数 616 千字
版 次 2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-5506-0 定 价 116.00 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 俞培根 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	洪 潭	张振华	张建成	吴炳泉	戚屯锋	
	邹正宇	顾颖宾	商幼明	缪亚民	孙云根	
	葛政法	周建虎	李苏甲	杨树录	李和香	
	于鉴夫					

执行编委

熊晓东	莫银良	叶丹萌	王晓波	杨 克
鞠德重	鲁忆迅	唐锡文	谢先林	蔡黎勇
王海平	刘 朔	肖 武	张国华	

编委会办公室

霍颖颖	张红军	江 鸿	齐红心	章 超
丁怀兰	侯茸方	黄 芳	方朝霞	沈 阳

CANDU-6 核电厂系统与运行

常规岛系统 高级课堂培训教材

编辑部

主 编 邹正宇

副主编 姚照红 吴明亮 葛国光 周发如

编 者 (按姓氏拼音顺序排列)

陈齐清	高 波	郭宏亮	郝云峰	黄宏伟
李保廷	李武平	李 民	李世生	唐 攀
汪 涛	王常明	王春池	吴明亮	杨积凯
姚 翀	姚照红	甄晓辉	郑国纲	郑 雨
周俊杰	朱邵波			

总 序

核工业作为国家高科技战略性新兴产业,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。

中国核工业集团公司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的结晶。

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

高素质专业人才是核电站安全稳定经济运行的重要保证。有效的培训不但能提高公司员工的知识和技能,也是保持企业强大生命力的基础。

根据秦山第三核电有限公司(以下简称秦山三核)的培训政策,所有的培训都必须要有相应配套的培训教材。为此秦山三核在系统化培训方法(SAT)的基础上建立了适合运行人员培训的教材体系。该套教材内容涵盖了主控室操纵人员的技术知识和经验总结,图文并茂,面向生产,强调实用,满足高级运行人员培养的特定需求。由于本套教材的编写质量直接关系到教学效果,因此秦山三核高度重视,组织各处室的专业精英自行开发,安排有足够调试经验的运行或维修人员参与审查。她凝聚了各级领导和广大员工的智慧和心血。在此,对他们辛勤的工作表示衷心的感谢!

本套培训教材满足了电站正常运行期间主控室操纵人员知识和技能培训的需要,它的开发完成意味着秦山三核的运行人员培训体系与世界先进的培训体系接轨,运行人员培训走上了规范化的道路。希望广大运行员工充分利用本教材,不断提高自身知识、技能水平,为秦山三期重水堆电站的长期安全稳定经济运行做出贡献。

中核集团秦山第三核电有限公司
二〇一二年一月

目 录

第一章 汽轮机系统(41100)

1.1 汽轮机停机系统	2
1.1.1 系统功能和准则	2
1.1.2 系统描述	2
1.1.3 设备描述	5
1.1.4 仪表和控制	7
1.1.5 运行模式	10
1.1.6 运行限制	15
1.1.7 运行经验	16
复习思考题	16
1.2 汽轮机控制系统	18
1.2.1 系统功能和准则	18
1.2.2 系统描述	19
1.2.3 设备描述	19
1.2.4 仪表和控制	20
1.2.5 运行模式	31
1.2.6 运行限制	34
1.2.7 运行经验	34
复习思考题	34
1.3 汽轮机监视系统	36
1.3.1 系统功能和准则	36
1.3.2 系统描述	37
1.3.3 设备描述	37
1.3.4 仪表和控制	38
1.3.5 运行模式	40
1.3.6 运行限制	42
1.3.7 运行经验	42
复习思考题	42

1.4 汽轮机低压缸喷淋系统	43
1.4.1 系统功能和准则	43
1.4.2 系统描述	44
1.4.3 设备描述	44
1.4.4 仪表和控制	45
1.4.5 运行模式	46
1.4.6 运行限制	47
1.4.7 运行经验	47
复习思考题	48

第二章 汽水分离再热器系统(41120)

2.1 系统功能和准则	50
2.1.1 目的和功能	50
2.1.2 设计准则和要求	50
2.2 系统描述	51
2.2.1 系统总体描述	51
2.2.2 与其他系统接口	51
2.3 设备描述	52
2.3.1 MSR 本体	52
2.3.2 泵	54
2.3.3 阀门	54
2.3.4 液位测量装置和液位集散控制系统控制装置	54
2.3.5 超压保护设备	55
2.4 仪表和控制	55
2.4.1 系统参数	55
2.4.2 设备控制逻辑	56
2.4.3 系统保护逻辑	59
2.5 运行模式	60
2.5.1 正常运行模式	60
2.5.2 异常运行模式	61
2.6 运行限制	63
2.6.1 技术规格书限制	63
2.6.2 其他限制与要求	63
2.7 运行经验	63
复习思考题	64

第三章 发电机及励磁系统(41200)

3.1 系统功能和准则	67
3.1.1 目的和功能	67
3.1.2 设计准则和要求	67
3.2 系统描述	68
3.2.1 系统总体描述	68
3.2.2 与其他系统接口	70
3.3 设备描述	70
3.3.1 发电机本体	70
3.3.2 发电机中心点接地变压器	73
3.3.3 发电机出口 PT 和主变压器(主变)低压侧 PT	74
3.3.4 发电机出口侧和中心侧 CT	74
3.3.5 发电机出口避雷器	75
3.3.6 发电机出口开关	75
3.3.7 发电机出口闸刀	77
3.3.8 励磁变压器	77
3.3.9 励磁系统就地控制屏(65101-PL5013)	78
3.3.10 起励回路	80
3.3.11 励磁整流器	81
3.3.12 灭磁装置	81
3.3.13 励磁开关(FS41)	82
3.3.14 励磁隔离闸刀(Q07)	82
3.3.15 离相封闭母线(IPB)	82
3.3.16 同期控制装置	83
3.3.17 发电机及励磁系统保护装置	85
3.4 仪表和控制	92
3.4.1 系统参数	92
3.4.2 设备控制逻辑	94
3.4.3 系统保护逻辑	95
3.4.4 模拟控制回路	96
3.5 运行模式	96
3.5.1 正常运行模式	96
3.5.2 异常运行模式	97
3.6 运行限制	100
3.6.1 技术规格书限制	100
3.6.2 其他限制与要求	100

3.7 运行经验	100
复习思考题	101

第四章 给水加热和抽汽系统(43100)

4.1 系统功能和准则	105
4.1.1 目的和功能	105
4.1.2 设计准则和要求	105
4.2 系统描述	106
4.2.1 系统总体描述	106
4.2.2 与其他系统接口	107
4.3 设备描述	108
4.3.1 二段抽汽管道疏水泵(4311-P4001/P4002)	108
4.3.2 阀门	108
4.3.3 热交换器	109
4.3.4 疏水罐	109
4.3.5 超压保护设备	109
4.4 仪表和控制	110
4.4.1 系统参数	110
4.4.2 设备控制逻辑	113
4.4.3 系统保护逻辑	118
4.5 运行模式	119
4.5.1 正常运行模式	119
4.5.2 异常运行模式	120
4.6 运行限制	123
4.6.1 技术规格书限制	123
4.6.2 其他限制与要求	123
4.7 运行经验	123
复习思考题	124

第五章 凝结水及补排水系统(43210/43220)

5.1 系统功能和准则	127
5.1.1 目的和功能	127
5.1.2 设计准则和要求	127

5.2 系统描述	128
5.2.1 系统总体描述	128
5.2.2 与其他系统接口	129
5.3 设备描述	131
5.3.1 凝结水泵	131
5.3.2 阀门	131
5.3.3 低压加热器和疏水冷却器	132
5.3.4 除氧器及其储水箱	132
5.3.5 主凝结水泵入口过滤器	133
5.3.6 后备给水箱	133
5.3.7 超压保护设备	133
5.3.8 化学控制	133
5.4 仪表和控制	134
5.4.1 系统参数	134
5.4.2 设备控制逻辑	138
5.4.3 系统保护逻辑	145
5.4.4 模拟控制回路之除氧器液位主控制	145
5.5 运行模式	149
5.5.1 正常运行模式	149
5.5.2 异常运行模式	149
5.6 运行限制	151
5.7 运行经验	151
5.7.1 经验反馈	151
5.7.2 设计变更	152
复习思考题	153

第六章 主给水系统(43230)

6.1 系统功能和准则	157
6.1.1 目的和功能	157
6.1.2 设计准则和要求	157
6.2 系统描述	159
6.2.1 系统总体描述	159
6.2.2 与其他系统接口	160
6.3 设备描述	161
6.3.1 泵入口隔离阀	161
6.3.2 给水泵	161

6.3.3	主给水泵入口过滤器	165
6.3.4	泵出口阀	166
6.3.5	主给水泵出口逆止阀	167
6.3.6	高压给水加热器	167
6.3.7	其他阀门	167
6.3.8	超压保护设备	169
6.4	仪表和控制	169
6.4.1	系统参数	169
6.4.2	设备控制逻辑	170
6.4.3	系统保护逻辑	175
6.4.4	模拟控制回路	179
6.5	运行模式	180
6.5.1	正常运行模式	180
6.5.2	异常运行模式	181
6.6	运行限制	185
6.6.1	技术规格书限制	185
6.6.2	其他限制与要求	188
6.7	运行经验	193
6.7.1	运行经验	193
6.7.2	状态报告	193
6.7.3	内部经验反馈	195
	复习思考题	196

第七章 蒸汽疏水系统(45210)

7.1	系统功能和准则	199
7.1.1	目的和功能	199
7.1.2	设计准则和要求	199
7.2	系统描述	201
7.2.1	系统总体描述	201
7.2.2	与其他系统接口	202
7.3	设备描述	202
7.3.1	概述	202
7.3.2	低压疏水集管	202
7.3.3	高压疏水集管	202
7.3.4	直接向凝汽器疏水的疏水管	202
7.3.5	气动疏水阀	203

7.3.6	电动疏水阀	203
7.3.7	疏水器	204
7.3.8	疏水袋(包括液位开关)	204
7.3.9	节流孔板	204
7.4	仪表和控制	204
7.4.1	系统参数	204
7.4.2	设备控制逻辑	205
7.4.3	系统控制保护逻辑	206
7.4.4	报警指示	213
7.5	运行模式	214
7.5.1	正常运行模式	214
7.5.2	异常运行模式	214
7.6	运行限制	215
7.6.1	技术规格书限制	215
7.6.2	其他限制与要求	215
7.7	运行经验	215
	复习思考题	217

第八章 电厂主接线系统(51000)

8.1	系统功能和准则	220
8.2	系统描述	220
8.2.1	系统总体描述	220
8.2.2	与其他系统接口	220
8.3	设备描述	221
8.3.1	发电机	221
8.3.2	发电机出口断路器(52G)	221
8.3.3	分相封闭母线(IPB)	221
8.3.4	发电机出口闸刀	222
8.3.5	主变(MOT)	223
8.3.6	高压厂变(UST)	225
8.3.7	主变低压侧 PT	226
8.3.8	主变出口 500 kV GIS 装置	226
8.3.9	500 kV 全封闭组合电器 GIS 开关站	227
8.3.10	电容式电压互感器	228
8.3.11	避雷器	228
8.3.12	秦重 5421/5422 线路	228
8.3.13	启动/备用变压器(SST)	230

8.3.14 220 kV GIS 装置	232
8.4 仪表和控制	233
8.4.1 系统参数	233
8.4.2 系统控制	234
8.5 运行模式	236
8.5.1 正常运行模式	236
8.5.2 异常运行模式	236
8.6 运行限制	238
8.6.1 技术规格书限制	238
8.6.2 其他限制与要求	238
8.7 运行经验	238
8.7.1 2 号主变压器氢气含量高	238
8.7.2 IPB 冷却单元由一台增加为两台,同时将风机电源 改为双路供电	239
8.7.3 增加 220 kV GIS 线路侧快速接地刀合闸联锁	239
8.7.4 1 号机组因处理主变 A 相中性点温度高缺陷,手动 解列发电机	239
8.7.5 SST 和 UST 低压侧共箱母线绝缘结构不合理, SST 和 UST 多次跳闸	239
8.7.6 主变检修后倒送时保护动作	240
8.7.7 主变油枕改造	240
复习思考题	240

第九章 备用柴油发电机系统(52000)

9.1 系统功能和准则	243
9.1.1 目的和功能	243
9.1.2 设计准则和要求	243
9.2 系统描述	245
9.2.1 系统总体描述	245
9.2.2 就地控制屏之间的关系	245
9.2.3 与其他系统接口	245
9.3 设备描述	248
9.3.1 备用柴油发电机控制	248
9.3.2 柴油机	249
9.3.3 发电机	249
9.3.4 燃油系统主要设备	250

9.3.5	润滑油系统主要设备	251
9.3.6	冷却系统主要设备	252
9.3.7	压缩空气系统主要设备	253
9.3.8	进、排气系统	254
9.3.9	顺序带载器	254
9.3.10	化学控制	254
9.4	仪表和控制	255
9.4.1	设备控制逻辑	255
9.4.2	系统保护逻辑	270
9.5	运行模式	273
9.5.1	正常运行模式	273
9.5.2	异常运行模式	273
9.6	运行限制	274
9.6.1	技术规格书限制	274
9.6.2	其他限制与要求	274
9.7	运行经验	275
	复习思考题	277

第十章 应急电源系统(52900)

10.1	系统功能和准则	279
10.1.1	目的和功能	279
10.1.2	设计准则和要求	279
10.2	系统描述	280
10.2.1	系统总体描述	280
10.2.2	与其他系统接口	280
10.3	设备描述	282
10.3.1	应急柴油发电机组	282
10.3.2	燃油供应系统	282
10.3.3	电气启动系统	283
10.3.4	冷却水系统	283
10.3.5	润滑油系统	283
10.3.6	EPS 配电系统	284
10.4	仪表和控制	285
10.4.1	系统参数	285
10.4.2	设备控制逻辑	287
10.4.3	系统保护逻辑	288
10.4.4	系统联闭锁	289