



CANDU-6 核电厂系统与运行

装卸料系统

高级课堂和岗位培训教材



邹正宇 主 编
姚照红 吴明亮 葛国光 周发如 副主编

中国核工业集团公司 编

中国原子能出版社

高级课堂和岗位培训教材

CANDU-6 核电厂系统与运行

装卸料系统

主 编 邹正宇

副主编 姚照红 吴明亮 葛国光 周发如

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·装卸料系统/邹正宇主
编. —北京:中国原子能出版社,2012.5

高级课堂和岗位培训教材

ISBN 978-7-5022-5493-3

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 084302 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·装卸料系统·高级课堂和岗位培训教材》是 CANDU-6 核电厂系统培训的高级教材,课堂培训教材侧重于描述燃料操作系统参数正常运行范围和限值,系统设备结构及控制和保护逻辑,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。岗位培训教材侧重于描述燃料操作系统现场和主控设备布置,各项操作任务的入口条件、关键步骤和风险分析,报警响应和操作技能及运行实践等内容。

《CANDU-6 核电厂系统与运行·装卸料系统·高级课堂和岗位培训教材》适用于 CANDU-6 核电厂燃料操作系统换料现场主操作员、换料盘台操作员和换料主盘台操作员培训和自学,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·装卸料系统·高级课堂和岗位培训教材

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 刘 岩

技术编辑 丁怀兰

责任印制 潘玉玲

印 刷 保定市中国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 23.5 字 数 583 千字

版 次 2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-5493-3

定 价 110.00 元

网址:<http://www.aep.com.cn>

E-mail:atomep123@126.com

发行电话:010-68452845

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

装卸料系统 高级课堂和岗位培训教材

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)

董 剑	高 波	高新国	葛国光	郭宏亮
郝云峰	黄 明	黄业衡	李世生	毛正雄
农志勇	秦志勇	王春池	吴明亮	吴天垣
杨积凯	杨义新	姚 翀	张世敏	赵喜栓
甄晓辉	郑国纲	郑建华	郑 雨	朱邵波

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 新燃料系统(35100)

1.1 新燃料操作	2
1.1.1 概述	2
1.1.2 燃料棒束包装箱贮存和操作	2
1.1.3 新燃料操作说明	2
1.1.4 新燃料检查	2
1.1.5 燃料操作相关的原则	3
1.1.6 新燃料储存	3
1.1.7 新燃料包装箱转运操作	4
1.2 新燃料传输	4
1.2.1 概述	4
1.2.2 新燃料传输机构	5
1.2.3 新燃料传输机构系统控制	9
1.2.4 新燃料输送机构的操作	9
1.3 新燃料电气回路	11
1.3.1 概述	11
1.3.2 系统描述	12
1.3.3 系统控制	14
1.4 新燃料传输 I&C-手动操作	16
1.4.1 概述	16
1.4.2 检查程序	17
1.4.3 手动装载模式操作	17
1.4.4 远程操作	17
1.5 新燃料环路控制程序	18
1.5.1 新燃料料仓环路(NFMG)	18
1.5.2 新燃料传输推杆环路(NFRM)	18
1.6 运行经验	19
复习思考题	19

第二章 装卸料机(35210)

2.1 概述	22
2.2 装卸料机管嘴组件	23
2.2.1 概述	23
2.2.2 触盘组件	23
2.2.3 管嘴机构	24
2.2.4 管嘴组件安全锁紧机构	27
2.2.5 管嘴塞	27
2.3 装卸料机推杆组件	29
2.3.1 概述	29
2.3.2 推杆头	29
2.3.3 B 推杆及其驱动机构	31
2.3.4 锁紧推杆及其驱动机构	35
2.3.5 C 推杆:3 号管、2 号管和 1 号管	37
2.3.6 推杆组件的润滑油循环系统	40
2.4 装卸料机料仓组件	41
2.4.1 概述	41
2.4.2 料仓转子	41
2.4.3 料仓中的重水流动和液位控制	42
2.4.4 料仓轴封	42
2.4.5 料仓液压驱动系统	43
2.4.6 料仓控制联锁	43
2.5 导向套筒、推杆适配器和 F. A. R. E 工具	44
2.5.1 导向套筒	44
2.5.2 推杆适配器	45
2.5.3 F. A. R. E 工具	46
2.6 装卸料机分离器组件	47
2.6.1 概述	47
2.6.2 液压驱动	49
2.6.3 联锁控制	49
2.7 燃料抓取工具组件	50
2.7.1 概述	50
2.7.2 抓取工具功能描述	51
2.7.3 抓取工具系统操作	52
复习思考题	54

第三章 桥架系统(35221)

3.1 概述	57
3.2 功能	57
3.2.1 系统功能	57
3.2.2 与其他系统接口	57
3.3 设备描述	57
3.3.1 立柱组件	57
3.3.2 升降机组件	58
3.3.3 桥架横梁组件	59
3.4 仪表和控制	59
3.4.1 系统参数	59
3.4.2 系统控制	59
3.5 运行模式	64
3.5.1 正常运行模式	64
3.5.2 异常运行模式	64
3.6 运行经验	65
复习思考题	66

第四章 滑车系统(35224)

4.1 概述	68
4.2 功能	68
4.3 滑车的仪表控制	69
4.3.1 粗 X 向运动和精 Y 向运动驱动系统	69
4.3.2 X 向运动位置检测	70
4.3.3 X 向和 Y 向修正电位计	71
4.3.4 精 Y 向驱动装置	72
4.3.5 Z 向驱动装置	73
4.3.6 防震抱钳	73
4.3.7 滑车逻辑联锁	74
4.4 运行模式	78
复习思考题	78

第五章 重水控制系统(35230)

5.1 概述	81
5.2 功能	81
5.2.1 系统功能	81
5.2.2 与其他系统接口	82
5.3 设备描述	82
5.3.1 料仓供给与料仓回流环路	82
5.3.2 系统温度控制	83
5.3.3 装卸料机料仓液位控制	83
5.3.4 C推杆回路	85
5.3.5 分离器回路	87
5.3.6 推杆密封回流	88
5.3.7 B杆填充回路	88
5.3.8 备用流量回路(super flow loop)	89
5.3.9 装卸料机在维修区内的操作	89
5.3.10 通道流量检测	89
5.3.11 演练设施	90
5.3.12 超压保护设备	91
5.4 仪表和控制	92
5.4.1 系统参数	92
5.4.2 系统控制	92
5.5 运行模式	106
5.5.1 正常运行模式	106
5.5.2 异常运行模式	106
5.6 运行经验	109
复习思考题	109

第六章 液压油控制系统(35240)

6.1 概述	112
6.2 功能	112
6.2.1 系统功能	112
6.2.2 与其他系统接口	112

6.3 设备描述	113
6.3.1 油压系统动力供给	113
6.3.2 油压泵和电动机	113
6.3.3 过滤器和滤网	113
6.3.4 仪表和控制设备	114
6.3.5 泵吸入压力控制	114
6.3.6 油箱液位控制	114
6.3.7 油箱温度控制	114
6.3.8 装在油动力供给管路上的阀门	115
6.3.9 主阀控制板	115
6.4 供油电气回路描述	115
6.4.1 概述	115
6.4.2 增压泵	116
6.4.3 主泵	116
6.4.4 油罐加热器	117
6.4.5 监测仪表	117
6.4.6 低电压保护	118
6.5 运行模式	119
6.5.1 正常运行模式	119
6.5.2 异常运行模式	119
6.6 运行经验	119
复习思考题	119

第七章 仪表压空系统(35250)

7.1 概述	122
7.2 功能	122
7.2.1 系统功能	122
7.2.2 与其他系统接口	122
7.3 系统主要设备	122
7.4 重水疏排站仪表和控制	124
7.4.1 新燃料孔道的重水排放	
(E. W. D. 98-63500-414, 4.2 1-3)	124
7.4.2 乏燃料孔道的重水排放	
(E. W. D. 63500-415, 4.4 1-3)	126

7.4.3 辅助孔道的重水排放 (E. W. D. 98-63500-416, 4.6 1-3)	127
7.5 运行模式	129
7.5.1 正常运行模式	129
7.5.2 异常运行模式	129
7.6 运行经验	131
复习思考题	131

第八章 重水供给系统(35260)

8.1 概述	133
8.2 功能	133
8.2.1 系统功能	133
8.2.2 重水供给子系统	133
8.2.3 重水回流子系统	133
8.2.4 重水泄漏和疏水收集子系统	134
8.2.5 与其他系统接口	134
8.3 设备描述	134
8.3.1 重水供给子系统	134
8.3.2 重水回流子系统	135
8.3.3 重水供应泵和驱动电机	135
8.3.4 离子交换器	136
8.3.5 过滤器	136
8.3.6 重水供给系统的空气供给	137
8.3.7 超压保护	137
8.4 仪表和控制	137
8.4.1 系统参数	137
8.4.2 系统控制	137
8.5 运行模式	142
8.5.1 正常运行模式	142
8.5.2 异常运行模式	143
8.6 运行经验	144
8.6.1 压力切换过程中公共母管压力超调问题	144
8.6.2 料仓降液位过程中压力不稳问题	145
8.6.3 重水供给泵主盘根磨损	145
复习思考题	145

第九章 乏燃料传输和贮存系统(35300)

9.1 概述	148
9.2 功能	148
9.2.1 系统功能	148
9.2.2 与其他系统接口	148
9.3 设备描述	148
9.3.1 阀门	148
9.3.2 电机	151
9.3.3 泵	151
9.3.4 乏燃料孔道	152
9.3.5 升降斗	152
9.3.6 燃料定位机械装置	152
9.3.7 乏燃料传送辅助装置	152
9.3.8 卸料池及其设备	153
9.3.9 卸料池/接收池转送带	153
9.3.10 接收池装备	153
9.3.11 贮存池及其装备	154
9.4 乏燃料电气回路	154
9.4.1 概述	154
9.4.2 乏燃料通道球阀	154
9.4.3 升降斗	155
9.4.4 燃料棒束定位挡块	157
9.4.5 燃料卸料系统故障探测	158
9.4.6 备用冷却系统	158
9.4.7 乏燃料通道净化和重水疏水收集	158
9.4.8 液位探针	159
9.4.9 乏燃料传送机	159
9.4.10 安全壳在乏燃料孔道处密封有效(报警系统)	161
9.5 运行模式	161
9.5.1 正常运行模式	161
9.5.2 异常运行模式	163
9.6 运行经验	164
复习思考题	164

第十章 新燃料系统(35100)

10.1 盘台布置	168
10.1.1 新燃料装载部分	168
10.1.2 新燃料传输部分	169
10.1.3 新燃料料仓部分	171
10.2 系统参数	173
10.2.1 指示仪的正常运行参数	173
10.2.2 新燃料机料仓管的位置设定点	173
10.2.3 新燃料传输推杆的位置设定点	173
10.2.4 计算机指令和反馈	174
10.2.5 报警参数	176
10.3 风险警示和运行实践	178
10.3.1 风险警示	178
10.3.2 运行实践	178
10.4 技能	178
10.5 主要操作	180
10.5.1 正常运行操作规程	180
10.5.2 异常运行操作规程	181
10.5.3 定期试验操作	181
复习思考题	181

第十一章 装卸料机系统(35210)

11.1 盘台布置	184
11.2 系统参数	191
11.2.1 指示仪	191
11.2.2 DI 参数报警	191
11.2.3 AI 参数报警	194
11.3 风险警示和运行实践	197
11.3.1 人员风险	197
11.3.2 设备风险	197
11.3.3 装卸料机相关的换料限制	199
11.3.4 运行实践	201
11.4 技能	202
11.4.1 装卸料机相关典型半自动干预	202

11.4.2	装卸料机相关典型手动干预	202
11.4.3	B杆、L杆、C杆、料仓和分离器等设备的 位置或力量标定记录改变	203
11.4.4	管嘴抱卡泄漏探测	203
11.4.5	推杆力量和速度标定	205
11.4.6	装卸料机在辅助通道相关操作	205
11.4.7	装卸料机在演练通道相关操作	206
11.4.8	装卸料机维修后升高压试验	207
11.4.9	装卸料机料仓压力控制系统(35230) 备用压力控制器功能验证操作步骤	208
11.4.10	燃料通道两端压差测量	208
11.4.11	维修配合	209
11.5	主要操作	209
11.5.1	正常运行操作规程	209
11.5.2	异常运行操作规程	215
11.5.3	定期试验操作	218
	复习思考题	222

第十二章 装卸料机桥架系统(35221)

12.1	盘台布置	226
12.2	系统参数	227
12.2.1	指示仪	227
12.2.2	监视器报警	228
12.2.3	参数设置	228
12.3	风险警示和运行实践	229
12.3.1	操作风险	229
12.3.2	技术规格书的限制	231
12.3.3	逻辑联锁	231
12.4	操作技能	233
12.5	主要操作	234
12.5.1	正常运行操作	234
12.5.2	异常运行操作	236
12.5.3	定期试验操作	238
12.6	经验反馈	240
	复习思考题	241