



CANDU-6 核电厂系统与运行

装卸料系统 初级课堂培训教材



邹正宇 主 编
彭小蓊 刘大银 副主编

中国核工业集团公司 编

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:原子能出版社,2010.3

初级课堂培训教材

ISBN 978-7-5022-4830-7

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(2010)第 033671 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·初级课堂培训教材》是 CANDU-6 核电厂系统培训的入门教材,它侧重于描述系统功能、系统工艺流程、系统设备及参数、系统逻辑、运行工况介绍和运行经验反馈等内容。

《CANDU-6 核电厂系统与运行·初级课堂培训教材》适用于 CANDU-6 核电厂运行现场值班员培训和自学,还对电站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·初级课堂培训教材

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 王 丹

技术编辑 丁怀兰 王亚翠

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 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 11.75 字 数 293 千字

版 次 2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-4830-7 定 价 58.00 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 余剑锋 叶奇蓁

编辑委员会

主 任	陈 桦				
副 主 任	程慧平	王光银			
编 委	马明泽	刘志勇	刘明章	李苏甲	李和香
	吴美景	邹正宇	杨树录	段光荣	顾颖宾
	商幼明	戚屯锋	缪亚民		

执行编委

谢 波	马寅军	叶丹萌	莫银良	高小林
吴向东	阮良成	唐锡文	蔡黎勇	刘 朔
肖 武	浦胜娣	刘玉山		

编委会办公室

姜福明	朱 黎	程建秀	黄 芳	方朝霞
宫育锋	章 超	丁怀兰	陈茂松	万德华
张曰智	郭维贺			

CANDU-6 核电厂系统与运行

装卸料系统 初级课堂培训教材

编辑部

主 编 邹正宇

副 主 编 彭小蓊 刘大银

编 者 (按姓氏拼音顺序排列)

樊占林 彭小蓊 施维真 滕喜峰 王忠辉
吴 伟 张利东

统审专家 居玉鑫 陶少平 吴国安 陈茂松

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站人员培训,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站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

A handwritten signature in black ink, appearing to be '孙强' (Sun Qiang), written in a cursive style.

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。通过有效的培训来提高公司员工全面工作技能,不断更新知识,永无止境地追求更高的水平,不但是运营管理好核电站的基础,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配套的培训教材。为此秦山三核在系统性培训方法(SAT)的基础上建立了一套适合于运行人员培训的教材体系。这套教材的内容涵盖面广,融入了各方面的技术知识,包括电站设计变更以及一线技术人员的技术经验等,图文并茂,面向生产,强调实用,符合培养人才的特定要求,学员通过学习教材可以有效地掌握大量的专业知识,提升技能。

由于本套教材内容针对性强,教材的编写质量直接关系到课程教学效果,因此秦山三核高度重视教材的开发。为此,秦山三核组织各专业处室采用自编开发的方式,安排具备足够调试、运行和维修经验的人员参与教材的编写,并对完成的初稿进行了认真的审查。本套教材质量较高,专业性强,是一份高价值的技术总结,它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员工知识和技能培训的需要,它的编写意味着秦山三核的运行人员培训体系与世界先进的运行人员培训体系相接轨,人员培训走上了规范化运作道路。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,为秦山三核重水堆核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

二〇〇九年五月

目 录

第一章 传输门系统(21602)

1.1 概述	2
1.2 功能	2
1.2.1 系统功能	2
1.2.2 与其他系统接口	2
1.3 设备描述	2
1.3.1 门密封	2
1.3.2 门及其部件	2
1.4 仪表和控制	3
1.4.1 系统参数	3
1.4.2 系统控制	3
1.5 运行模式	3
1.5.1 正常运行模式	3
1.5.2 异常运行模式	3
1.6 运行经验	4
复习思考题	4

第二章 屏蔽门系统(21652)

2.1 概述	6
2.2 功能	6
2.2.1 系统功能	6
2.2.2 与其他系统接口	6
2.3 设备描述	6
2.3.1 转向架	6
2.3.2 缓冲器	6
2.3.3 门的横向支撑	6

2.3.4 门的密封	6
2.3.5 门位置指示	7
2.4 仪表和控制	7
2.4.1 系统参数	7
2.4.2 系统控制	7
2.5 运行模式	7
2.5.1 正常运行模式	7
2.5.2 异常运行模式	7
2.6 运行经验	8
复习思考题	8

第三章 新燃料系统(35100)

3.1 概述	10
3.2 功能	10
3.2.1 系统功能	10
3.2.2 与其他系统接口	10
3.3 设备描述	10
3.3.1 新燃料机构屏蔽塞	10
3.3.2 新燃料传输机构料仓	11
3.3.3 气动闸阀	11
3.3.4 燃料孔道/料仓适配器	11
3.3.5 输送推杆和驱动器	12
3.3.6 燃料装料推杆和装料槽	12
3.3.7 孔道	12
3.3.8 燃料棒束检测和提升工具	12
3.4 仪表和控制	13
3.4.1 系统参数	13
3.4.2 系统控制	13
3.5 运行模式	13
3.5.1 正常运行模式	13
3.5.2 异常运行模式	14
3.6 运行经验	14
复习思考题	15

第四章 装卸料机系统(35210)

4.1 概述	17
4.2 功能	17
4.2.1 系统功能	17
4.2.2 与其他系统接口	17
4.3 设备描述	18
4.3.1 装卸料机管嘴组件	18
4.3.2 推杆组件	20
4.3.3 料仓	22
4.3.4 导向套筒、推杆适配器和 FARE 工具	23
4.4 仪表和控制	24
4.4.1 系统参数	24
4.4.2 系统控制	25
4.5 运行模式	29
4.5.1 正常运行模式	29
4.5.2 异常运行模式	29
4.6 运行经验	29

第五章 装卸料桥架系统(35221)

5.1 概述	34
5.2 功能	34
5.2.1 系统功能	34
5.2.2 与其他系统接口	34
5.3 设备描述	34
5.3.1 立柱组件	34
5.3.2 升降机组件	34
5.3.3 桥架横梁组件	35
5.4 仪表和控制	35
5.4.1 系统参数	35
5.4.2 系统控制	35
5.5 运行模式	38
5.5.1 正常运行模式	38
5.5.2 异常运行模式	38

5.6 运行经验	39
复习思考题	39

第六章 装卸料机滑车(35224)

6.1 概述	42
6.2 功能	43
6.3 设备描述	43
6.3.1 滚轮装置	43
6.3.2 精Y向驱动装置	43
6.3.3 X向对中机构	44
6.3.4 悬挂组件	47
6.3.5 Z向驱动装置	47
6.3.6 Y向对中机构	48
6.3.7 防震抱钳	49
6.4 仪表和控制	50
6.4.1 滑车数据	50
6.4.2 滑车悬链系统Z回路和框架	50
6.4.3 滑车油流程图	50
6.5 运行模式	52
6.5.1 正常运行模式	52
6.6 运行经验	52
复习思考题	52

第七章 装卸料机专用辅助工具(35280)

7.1 概述	55
7.2 功能	55
7.2.1 流量加速推杆延伸(FARE)工具系统功能	55
7.2.2 压力管密封和锁紧组件	55
7.2.3 燃料抓取系统工具	55
7.3 设备描述	56
7.3.1 FARE 工具	56
7.3.2 压力管密封和锁紧组件	56
7.3.3 燃料抓取系统工具	56

7.4 仪表和控制	58
7.5 运行模式	58
7.5.1 正常运行模式	58
7.5.2 FARE 工具操作	58
7.5.3 压力管密封和锁紧组件操作	59
7.5.4 燃料抓取系统操作	59
7.6 运行经验	60
复习思考题	60

第八章 装卸料重水控制系统(35230)

8.1 概述	62
8.2 功能	62
8.2.1 系统功能	62
8.2.2 与其他系统接口	62
8.3 设备描述	62
8.3.1 料仓供给与料仓回流环路	62
8.3.2 系统温度控制	64
8.3.3 装卸料机料仓液位控制	64
8.3.4 C 推杆回路	66
8.3.5 分离器回路	67
8.3.6 推杆密封回流	69
8.3.7 B 杆填充回路	69
8.3.8 备用流量回路	69
8.3.9 装卸料机在维修区内的操作	70
8.3.10 通道流量检测	70
8.3.11 演练设施	70
8.3.12 超压保护设备	72
8.4 仪表和控制	72
8.4.1 系统参数	72
8.4.2 系统控制	72
8.5 运行模式	85
8.5.1 正常运行模式	85
8.5.2 异常运行模式	86
8.6 运行经验	88
复习思考题	88

第九章 液压油控制系统(35240)

9.1 概述	91
9.2 功能	91
9.2.1 系统功能	91
9.2.2 与其他系统接口	91
9.3 设备描述	91
9.3.1 液压油动力供给	91
9.3.2 液压油供给仪表控制设备	92
9.4 仪表和控制	92
9.4.1 系统参数	92
9.4.2 系统控制	93
9.5 运行模式	95
9.5.1 正常运行模式	95
9.5.2 异常运行模式	96
9.6 运行经验	96
复习思考题	96

第十章 仪表压空系统(35250)

10.1 概述	99
10.2 功能	99
10.2.1 系统功能	99
10.2.2 与其他系统接口	99
10.3 设备描述	99
10.3.1 仪表压空供给和分配	99
10.3.2 装卸料机头疏排站执行机构	99
10.3.3 演练设备压力控制 35618-PCV1	101
10.3.4 装卸料机液压油系统热交换器的温度控制	102
10.3.5 推杆力校正孔道的排水设施	102
10.4 仪表和控制	102
10.4.1 系统参数	102
10.4.2 系统控制	102
10.5 运行模式	102
10.5.1 正常运行模式	102
10.5.2 异常运行模式	102

10.6 运行经验	104
复习思考题	104

第十一章 装卸料机重水供给系统 (35260)

11.1 概述	107
11.2 功能	107
11.2.1 系统功能	107
11.2.2 重水供给子系统	107
11.2.3 重水回流子系统	107
11.2.4 重水泄漏和疏水收集子系统	107
11.2.5 与其他系统接口	107
11.3 设备描述	108
11.3.1 重水供给子系统	108
11.3.2 回流子系统	108
11.3.3 重水供应泵和驱动电机	109
11.3.4 离子交换器	109
11.3.5 过滤器	110
11.3.6 重水供给系统的空气供给	111
11.3.7 超压保护	111
11.4 仪表和控制	111
11.4.1 系统参数	111
11.4.2 系统控制	111
11.5 运行模式	116
11.5.1 正常运行模式	116
11.5.2 异常运行模式	117
11.6 运行经验	118
复习思考题	118

第十二章 乏燃料传输和贮存系统 (35300)

12.1 概述	121
----------------------	-----

12.2 功能	121
12.2.1 系统功能	121
12.2.2 与其他系统接口	121
12.3 设备描述	122
12.3.1 阀门	122
12.3.2 电机	124
12.3.3 泵	125
12.3.4 乏燃料孔道	125
12.3.5 升降斗	125
12.3.6 燃料定位机械装置	125
12.3.7 乏燃料传送辅助装置	125
12.3.8 卸料池及其设备	126
12.3.9 卸料池/接收池转送带	126
12.3.10 接收池装备	126
12.4 仪表和控制	127
12.4.1 系统参数	127
12.4.2 系统控制	128
12.5 运行模式	131
12.5.1 正常运行模式	131
12.5.2 异常运行模式	133
12.6 运行经验	134
复习思考题	134

第十三章 装卸料机辅助系统(35610)

13.1 概述	138
13.2 功能	138
13.2.1 系统功能	138
13.2.2 与其他系统接口	138
13.3 设备描述	138
13.3.1 演练通道组件设备	138
13.3.2 辅助通道组件设备	140
13.3.3 标定通道组件设备	140
13.4 仪表和控制	141
13.4.1 系统参数	141
13.4.2 系统控制	141

13.5 运行模式	141
13.5.1 正常运行模式	141
13.5.2 异常运行模式	143
13.6 运行经验	144
复习思考题	144

第十四章 装卸料机测试台架系统(FMTR) (35630)

14.1 概述	147
14.2 功能	147
14.2.1 系统功能	147
14.2.2 与其他系统接口	147
14.3 设备描述	148
14.3.1 机械模块	148
14.3.2 活塞组件	148
14.3.3 控制面板	148
14.4 仪表和控制	148
14.4.1 系统参数	148
14.4.2 系统控制	149
14.5 运行模式	149
14.5.1 正常运行模式	149
14.5.2 异常运行模式	149
14.6 运行经验	150
复习思考题	150

第十五章 装卸料机冷态测试台架系统 (35688)

15.1 概述	153
15.2 功能	153
15.2.1 系统功能	153
15.2.2 与其他系统接口	153

15.3 设备描述	153
15.3.1 阀门	153
15.3.2 超压保护设备	154
15.3.3 泵和电机	154
15.4 仪表和控制	155
15.4.1 系统参数	155
15.4.2 系统控制	155
15.5 运行模式	155
15.5.1 正常运行模式	155
15.5.2 异常运行模式	155
15.6 运行经验	156
复习思考题	156

第十六章 装卸料机悬链系统(35730)

16.1 概述	158
16.2 悬链回路	158
16.3 悬链小车驱动系统	158
16.4 仪表和控制	160
16.4.1 悬链小车仪表和控制	160
16.4.2 悬链小车位置限制	161
复习思考题	161

第十七章 燃料操作控制系统(63590)

17.1 概述	163
17.2 功能	163
17.2.1 系统功能	163
17.2.2 与其他系统接口	163
17.3 设备描述	163
17.3.1 计算机及外围设备	163
17.3.2 盘台指示灯	163
17.3.3 盘台指示仪表	164
17.3.4 记录仪	164
17.3.5 盘台控制器	164