



CANDU-6 核电厂系统与运行

核岛系统 (二) 高级岗位培训教材



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

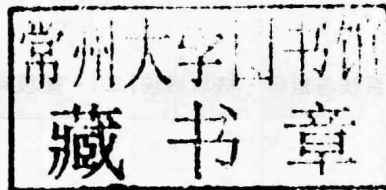
高级岗位培训教材

CANDU-6 核电厂系统与运行

核岛系统(二)

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·核岛系统(二)/邹正宇

主编. —北京:中国原子能出版社,2012.5

高级岗位培训教材

ISBN 978-7-5022-5468-1

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 083917 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·高级岗位培训教材》是 CANDU-6 核电厂主控室操纵员和高级操纵员上岗前的培训教材,它侧重于描述系统盘台和仪表布置,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等内容。

《CANDU-6 核电厂系统与运行·高级岗位培训教材》适用于 CANDU-6 核电厂主控室操纵员和高级操纵员培训和自学,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·核岛系统(二)·高级岗位培训教材

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 王 丹

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 15 字 数 371 千字

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

书 号 ISBN 978-7-5022-5468-1

定 价 72.00 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

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。

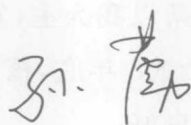
这套教材作为培养核电人才的重要工具,是国内目前第一套专业化、体系化、公开出版的核电人才培养系列教材,有助于开展培训工作,提高培训质量、节约培训成本,夯实核电发展基础。它集中了全集团的优势,突出高起点、实用性强,是集团化、专业化运作的又一次实践,是中国核工业 50 余年知识管理的积淀,是中国核工业 10 万人多年总结和实践经验结晶。

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

CANDU-6 核电厂系统与运行

核岛系统(二) 高级岗位培训教材

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)

傅 剑	葛国光	韩 雨	李保廷	陆锦超
马建江	曲文一	饶照红	侍今奇	唐 攀
王 波	王 楠	吴德银	吴明亮	吴天垣
许晨啸	杨义新	姚 翀	姚照红	张世敏
周俊杰				

目 录

第一章 反应性控制及检测装置 (63730/63740/63750)

1.1 盘台布置	2
1.1.1 调节棒的盘台控制和指示	2
1.1.2 机械吸收棒的盘台控制和指示	3
1.1.3 变频逆变器的盘台控制和指示	4
1.2 系统参数	5
1.2.1 指示仪	5
1.2.2 窗口报警	5
1.2.3 CI 参数	7
1.2.4 AI 参数	8
1.2.5 AX 参数	11
1.3 风险警示和运行实践	14
1.3.1 风险警示	14
1.3.2 运行实践	15
1.3.3 技术规格书限制	16
1.4 技能	17
1.4.1 区域铂探测器标定	17
1.4.2 调节棒组的循环插拔	17
1.5 主要操作	18
1.5.1 正常运行操作规程	18
1.5.2 异常运行操作规程	21
1.5.3 定期试验操作	25
复习思考题	28

第二章 1 号停堆系统(68200)

2.1 盘台布置	31
2.1.1 控制手柄/按钮	31

2.1.2 指示仪	34
2.1.3 控制器	38
2.2 系统参数	38
2.2.1 指示仪	38
2.2.2 窗口报警	41
2.2.3 CI 参数	45
2.2.4 AI 参数	67
2.2.5 AX 参数	68
2.3 风险警示和运行实践	68
2.4 技能	70
2.5 主要操作	71
2.5.1 正常运行操作规程	71
2.5.2 异常运行操作规程	73
2.5.3 定期试验操作	79
复习思考题	90

第三章 2 号停堆系统(68300)

3.1 盘台布置	93
3.1.1 控制手柄/按钮	93
3.1.2 指示仪	98
3.2 系统参数	102
3.2.1 指示仪	102
3.2.2 窗口报警	103
3.2.3 CI 参数	104
3.2.4 AI 参数	107
3.2.5 AX 参数	108
3.3 风险警示和运行实践	108
3.4 技能	111
3.5 主要操作	112
3.5.1 正常运行操作规程	112
3.5.2 异常运行操作规程	113
3.5.3 单通道手动脱扣	114
3.5.4 通道检修后的复役	115
3.5.5 定期试验操作	116
复习思考题	121

第四章 反应堆厂房冷却系统(73110)

4.1 盘台布置	124
4.1.1 控制手柄/按钮	124
4.1.2 指示仪	127
4.2 系统参数	128
4.2.1 指示仪	128
4.2.2 窗口报警	128
4.2.3 CI 参数	128
4.2.4 AI 参数	130
4.3 风险警示和运行实践	131
4.3.1 风险警示	131
4.3.2 运行实践	131
4.4 技能	132
4.4.1 LAC 的手动复位	132
4.5 主要操作	132
4.5.1 正常运行操作规程	132
4.5.2 异常运行操作规程	133
4.5.3 定期试验操作	134
复习思考题	135

第五章 反应堆厂房通风系统(73120)

5.1 盘台布置	138
5.2 系统参数	144
5.2.1 指示仪	144
5.2.2 窗口报警	145
5.2.3 CI 参数	145
5.2.4 AI 参数	145
5.2.5 AX 参数	146
5.3 风险警示和运行实践	146
5.3.1 风险	146
5.3.2 运行实践	146
5.4 技能	147
5.5 主要操作	147
5.5.1 正常运行操作规程	147

5.5.2 异常运行操作规程	149
5.5.3 定期试验操作	150
复习思考题	153

第六章 安全壳隔离系统(73140/67314)

6.1 盘台布置	155
6.2 系统参数	160
6.2.1 指示仪	160
6.2.2 窗口报警	161
6.2.3 CI 参数	162
6.2.4 AI 参数	166
6.2.5 AX 参数	167
6.3 风险警示和运行实践	167
6.3.1 风险	167
6.3.2 运行实践	167
6.3.3 安全壳边界的打开	167
6.3.4 单通道工作原理	168
6.3.5 安全壳通风系统异常	168
6.4 技能	168
6.5 主要操作	169
6.5.1 正常运行操作规程	169
6.5.2 异常运行操作规程	174
6.5.3 定期试验操作	177
复习思考题	191

第七章 主控室通风空调系统(73450)

7.1 盘台布置	193
7.2 系统参数	194
7.2.1 指示仪	194
7.2.2 窗口报警	194
7.2.3 CI 参数	195
7.2.4 AI 参数	195
7.2.5 AX 参数	195
7.3 风险警示和运行实践	195
7.3.1 风险	195

7.3.2 实践	196
7.4 技能	196
7.5 主要操作	197
7.5.1 正常运行操作规程	197
7.5.2 异常运行操作规程	201
7.5.3 定期试验操作	204
复习思考题	204

第八章 仪用压空系统(75120)

8.1 仪用压空系统.....	207
8.1.1 盘台布置	207
8.1.2 系统参数	208
8.1.3 风险警示及运行实践	210
8.1.4 技能	211
8.1.5 主要操作	213
8.2 事故后仪用压空系统	216
8.2.1 盘台布置	216
8.2.2 系统参数	219
8.2.3 风险警示及运行实践	221
8.2.4 技能	222
8.2.5 主要操作	222
复习思考题	225

第一章 反应性控制及检测装置 (63730 /63740 /63750)

内容介绍

课程名称:反应性控制及检测装置

JRTR 编码:FD710

课程时间:5 学时

学员:主控室副操纵员

学员条件:完成本系统的课堂部分培训

最终培训目标:

1. 能够说出反应性控制及检测装置系统参数、指示表在主控室的布置;
2. 能够列出反应性控制及检测装置系统的主要运行参数名称及正常工作范围;
3. 能够完成反应性控制及检测装置系统在主控室、二控区、设备间的巡检;
4. 能够描述反应性控制及检测装置系统操作中存在的危害和风险警示;
5. 能够描述反应性控制及检测装置系统的特殊操作技能;
6. 能够说出反应性控制及检测装置系统重要正常操作规程前提条件、关键步骤、存在的风险;
7. 能够说出反应性控制及检测装置系统重要异常操作规程前提条件、关键步骤、存在的风险;
8. 能够说出反应性控制及检测装置系统报警/消报条件,自动动作确认;
9. 能够说出瞬态工况下反应性控制及检测装置系统的自动响应及确认方法。

教学方式及教学用具:

培训方式:岗位培训

教员需要:

- a. 流程图;
- b. 白板等。

学员需要:

- a. 本教材;



b. 流程图:9801-63730-1-3-OF-A1、9802-63730-1-3-OF-A1。

考核方法:实际操作和模拟相结合、口试

1.1 盘台布置

反应性调节控制系统(RRS)中的测量装置,如堆外功率探测器——电离室;堆芯功率探测器——铂自给能探测器和钒自给能探测器,在主控室的盘台上没有相应的控制和指示,只在 DCC 界面上显示,所以这里只介绍反应性控制装置的盘台布置。

1.1.1 调节棒的盘台控制和指示

正常情况下调节棒受到计算机自动控制,也可以通过在主控 PL-6 上的控制开关手动控制。在 PL-6 包括 2 个开关、2 个按钮和 21 个电子机械指示器(见图 1-1-1)。

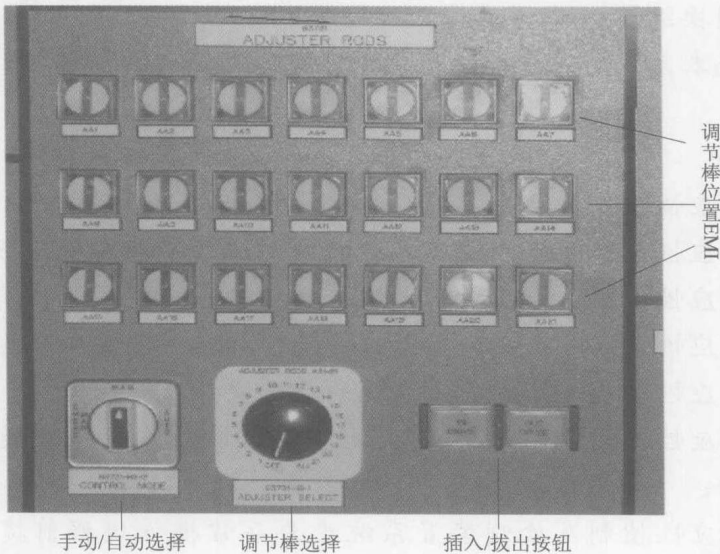


图 1-1-1 调节棒控制盘面

- (1) 63731-HS1:调节棒选择开关(共 23 个不同位置,21 个棒单独选择位置,1 个 OFF 位置,一个 ALL 位置)
 - 1) 置于 OFF 位置,调节棒不接受手动控制(如使用插棒按钮、拔棒按钮进行调节棒操作);
 - 2) 置于 1(或 2、3……21)位置,对应编码的调节棒接受手动控制(如使用插棒按钮、拔棒按钮进行调节棒操作);
 - 3) 置于 ALL 位置,允许在手动或应急手动控制方式下全部调节棒接受“插棒按钮”进行操作;
 - 4) 调节棒选择手柄正常应保持在 OFF 位置,防止意外操作调节棒。
- (2) 63731-HS2:手自动选择开关(手动、应急手动、自动)

1) 置于 AUTO 位置,接受 RRS 程序控制,用于自动提出或插入调节棒;
 2) 置于 MAN 位置,手动控制调节棒的拔棒和插棒;
 3) 置于 EMERG MAN 位置,应急手动控制调节棒的拔棒和插棒。在此位置时,将旁路掉电子行程结束开关和 TMADO 逻辑回路,如果驱动的次序不正确,可能会出现未曾分析过的通量分布形态,因此要慎用;

4) 调节棒控制模式手柄正常应保持在 MAN 位置,防止调节棒非受控插拔。

(3) 63731-PB1:手动或应急手动提出按钮

按下拔棒按钮,调节棒选择开关对应的调节棒开始拔出,松开按钮,调节棒停止动作。

(4) 63731-PB2:手动或应急手动插入按钮

按下插棒按钮,调节棒选择开关对应的调节棒开始插入,松开按钮,调节棒停止动作。

(5) 63731-EMI 1~EMI 21:21 个电子机械指示器

计算机通过与滑轮轴所联接的电位计接收各个棒的位置信号。机电位置指示(EMI)提供调节棒全部插入或全部提出的位置指示,EMI 处于水平状态时表示调节棒完全提出堆芯到顶,处于垂直状态时表示调节棒完全落入堆芯,倾斜则代表调节棒位于两者之间的位置。

1.1.2 机械吸收棒的盘台控制和指示

正常情况下机械吸收棒受到计算机控制,也可以通过在 PL-6 上的控制开关手动控制。在 PL-6 包括 2 个开关、5 个按钮,4 个电子机械指示器和 4 个指示灯。控制和指示均在 PL-6 上(见图 1-1-2)。

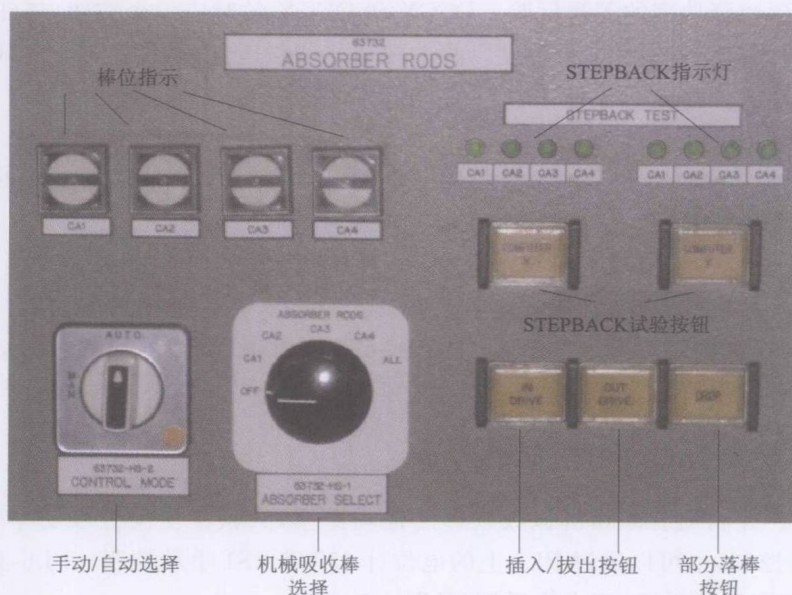


图 1-1-2 机械吸收棒控制盘面

(1) 63732-HS1:机械吸收棒选择开关(有 6 个不同位置“OFF”,“CA1 到 4”,“ALL”)

1) 置于 OFF 位置,机械吸收棒不接受手动控制(如使用插棒按钮、拔棒按钮进行机械



吸收棒操作)；

2) 置于 CA1(或 CA2、CA3、CA4)位置,对应编码的机械吸收棒接受手动控制(如使用插棒按钮、拔棒按钮进行机械吸收棒操作)；

3) 置于 ALL 位置,允许在手动控制方式下全部机械吸收棒进行操作；

4) 机械吸收棒选择手柄正常应保持在 OFF 位置,防止意外操作机械吸收棒。

(2) 63732-HS2:手动/自动选择开关

1) 置于 AUTO 位置,接受 RRS 程序控制,用于自动提出或插入机械吸收棒；

2) 置于 MAN 位置,手动控制机械吸收棒的拔棒和插棒；

3) 正常在自动位置,防止机械吸收棒被手动误操作。

(3) 63732-PB1:手动插棒按钮

允许在手动控制方式下插入机械吸收棒,按下插棒按钮,机械吸收棒选择开关对应的机械吸收棒开始插入,松开按钮,机械吸收棒停止动作。

(4) 63732-PB2:手动提棒按钮

允许在手动控制方式下提出机械吸收棒,按下拔棒按钮,机械吸收棒选择开关对应的机械吸收棒开始拔出,松开按钮,机械吸收棒停止动作。

(5) 63732-PB3:部分落棒试验按钮

允许在手动控制方式下进行部分落棒试验,按下部分落棒按钮,机械吸收棒选择手柄对应的机械吸收棒按预设时间下落,行程大约 5%~12%,同时背灯亮,再次按下部分落棒按钮,取消该逻辑,同时背灯灭。

(6) 63732-PB4/5:SETPBACK 试验按钮

用于快速落棒降功率的逻辑试验。DCCX 和 DCCY 各对应一个按钮,按钮按下时模拟对应 DCC 中的 STEPBACK 逻辑触发。两个按钮之间设有逻辑闭锁以防止试验时导致机械吸收棒落入堆芯。

(7) 63732-EMI1~4:棒位指示

EMI 处于水平状态时表示机械吸收棒完全提出堆芯到顶,处于垂直状态时表示机械吸收棒完全落入堆芯,倾斜则代表机械吸收棒位于两者之间的位置。

(8) 63732 IL:STEPBACK 指示灯

指示每台计算机的 MCA 1~4 快速降功率逻辑的数字输出(灯点亮表示 STEPBACK 逻辑未触发,棒在提出位置,灯灭表示 STEPBACK 逻辑触发,棒在插入位置,当两台 DCC 中的棒位指示等都熄灭时,机械吸收棒将落入堆芯)。

1.1.3 变频逆变器的盘台控制和指示

变频逆变器控制调节棒和机械吸收棒的运动速率,其频率受反应堆功率偏差影响,由 RRS 程序自动控制,也可以通过 PL6 上的电位计 63730-RS1 手动控制。PL6 上提供两个控制手柄,一个频率调节手柄,两个指示灯(见图 1-1-3)。

(1) 63730-HS1:变频器和 50 Hz 交流输出选择开关

1) 置于变频器位置,调节棒和机械吸收棒的运动速率由变频器根据反应堆功率偏差自动调节；

2) 置于 AC LINE 位置,调节棒和机械吸收棒的运动速率固定不变；