

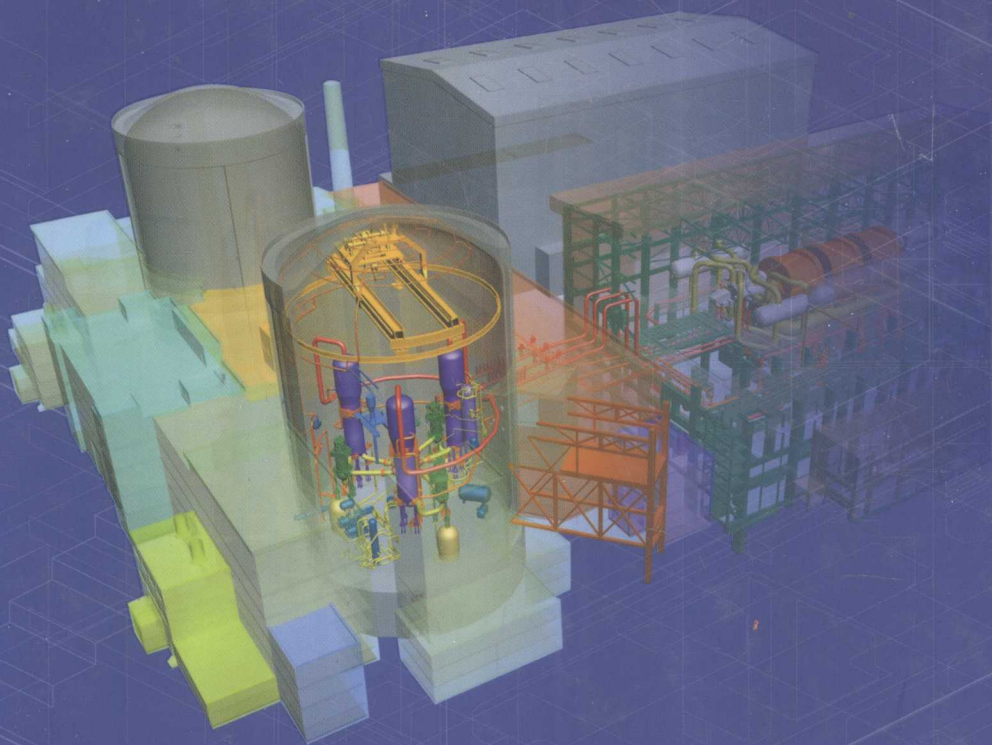
“十二五”国家重点出版物出版规划项目

中国百万千瓦级 核电自主化依托工程

——岭澳核电站二期工程建设与创新

自主化卷（下）

中广核工程有限公司 主编



中国原子能出版社

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

中国百万千瓦级 核电自主化依托工程

——岭澳核电站二期工程建设与创新

自主化卷（下）

中广核工程有限公司 主编

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

中国百万千瓦级核电自主化依托工程：岭澳核电站二期工程建设与创新·自主化卷/中广核工程有限公司主编. — 北京：中国原子能出版社，2013.5
ISBN 978-7-5022-5888-7

I. ①中… II. ①中… III. ①核电站—建设—成就—深圳市
IV. ①TM623.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第078852号

中国百万千瓦级核电自主化依托工程——岭澳核电站二期工程建设与创新·自主化卷

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 杨树录 孙凤春 王 青

责任校对 冯莲凤

责任印制 丁怀兰

美术设计 赵 杰

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

字 数 1585千字

印 张 63.5 插 页 18

版 次 2013年5月第1版 2013年5月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-5888-7

印 数 1—5000 定 价：435.00元（上、下册）

发行电话：010-68452845

版权所有 侵权必究

目 录

上 卷

总 述

第一篇 自主设计

第 1 章 综述	17
第 2 章 设计的组织与管理	20
2.1 概述	20
2.2 自主设计策划	21
2.2.1 自主设计能力的分析与评价	21
2.2.2 设计院的选择	25
2.2.3 自主设计的分工	25
2.2.4 自主设计的组织	28
2.2.5 问题反馈及建议	29
2.2.6 小结	31
2.3 技术组织措施	31
2.3.1 工程公司的技术组织措施	32
2.3.2 核二院的技术组织措施	33
2.3.3 核动力院的技术组织措施	35
2.3.4 广电院的技术组织措施	37
2.3.5 小结	39
2.4 人力组织与投入	39
2.4.1 工程公司的人力组织与投入	39
2.4.2 核二院的人力组织与投入	40
2.4.3 核动力院的人力组织与投入	41
2.4.4 广电院的人力组织与投入	42
2.4.5 小结	45
2.5 技术咨询与支持	45
2.5.1 技术支持的必要性	45
2.5.2 技术支持的策划	46

2.5.3	技术支持的管理	47
2.5.4	技术支持的执行情况和效果	47
第3章	总体方案设计	50
3.1	概述	50
3.2	核岛总体方案设计	51
3.2.1	技术路线和技术目标	51
3.2.2	核岛技术方案的确定	52
3.2.3	设计依据和技术标准	52
3.2.4	核岛总参数的确定	52
3.2.5	主要改进项选择	54
3.2.6	核岛设计方案	56
3.2.7	核岛总体设计小结	60
3.3	常规岛总体方案设计	61
3.3.1	引言	61
3.3.2	常规岛技术方案选择原则	61
3.3.3	常规岛主机选型	61
3.3.4	常规岛机型与核岛堆型的匹配	66
3.3.5	汽轮发电机组的原则性热力系统	68
3.3.6	汽轮发电机组、辅助设备及其配套系统	69
3.3.7	其他主要系统	72
3.3.8	常规岛厂房布置方案	73
3.4	电气总体方案设计	76
3.4.1	引言	76
3.4.2	电气设计标准和原则	76
3.4.3	电气设计方案	77
3.4.4	主要的设备选型	81
3.4.5	主要的布置方案	82
3.4.6	小结	82
3.5	数字化控制总体方案设计	82
3.5.1	引言	82
3.5.2	仪控系统的设计基准与功能	83
3.5.3	仪控系统设计原则	84
3.5.4	仪控系统的总体结构	87
3.5.5	数字化控制方案设计小结	92
3.6	总平面规划及工程总平面布置	92
3.6.1	总平面规划原则	92
3.6.2	场地标高	92
3.6.3	总平面方案	92
3.6.4	主要技术指标	93
3.6.5	主要建构筑物	93

第 4 章 核岛工艺自主设计	95
4.1 概述	95
4.2 核岛主要系统设计	96
4.2.1 引言	96
4.2.2 反应堆堆芯设计	96
4.2.3 反应堆冷却剂系统设计	107
4.2.4 一回路冷却剂系统源项设计	119
4.2.5 反应堆本体屏蔽设计	126
4.2.6 主设备应力分析	131
4.2.7 反应堆堆顶结构设计	138
4.2.8 余热排出系统设计	146
4.2.9 安全注入系统设计	151
4.2.10 辅助给水系统设计	158
4.2.11 核岛非能动氢复合器布置设计	160
4.3 核岛辅助系统设计	166
4.3.1 引言	166
4.3.2 设备冷却水系统设计	167
4.3.3 重要厂用水系统阴极保护设计	172
4.3.4 核岛消防水系统设计	177
4.3.5 核岛厂房消防布置设计	184
4.3.6 压缩空气系统设计	191
4.3.7 核取样系统取样间布置设计	194
4.3.8 防火分区改进引起电气厂房布置的变化	202
第 5 章 常规岛及配套设施工艺自主设计	209
5.1 概述	209
5.2 百万千瓦级汽轮发电机组转速的选择	211
5.2.1 引言	211
5.2.2 半转速与全转速汽轮机的技术比较	211
5.2.3 半转速与全转速发电机的技术比较	216
5.2.4 半转速与全转速汽轮发电机组的技术经济分析	218
5.2.5 半转速与全转速汽轮发电机组的国内外经验比较	221
5.2.6 半转速和全转速汽轮发电机组的设计和制造自主化能力比较	222
5.2.7 转速的选择结果	222
5.2.8 岭澳二期实践对转速选择的验证	223
5.3 常规岛工艺系统设计	224
5.3.1 引言	224
5.3.2 主要设计内容	224
5.3.3 主要系统流程及特点	224
5.3.4 自主设计的难点和改进	229

5.3.5 建议	233
5.4 半速机选型下常规岛主厂房布置设计	234
5.4.1 引言	234
5.4.2 常规岛主厂房布置设计	235
5.4.3 常规岛主厂房布置设计优化	236
5.5 常规岛三维布置设计	239
5.5.1 引言	239
5.5.2 三维设计流程	240
5.5.3 三维设计成效	244
5.6 直流供水核电站汽轮机冷端优化	244
5.6.1 引言	244
5.6.2 影响冷端优化的因素	244
5.6.3 冷端优化经济分析	245
5.7 常规岛管道材料选用	248
5.7.1 引言	248
5.7.2 常规火电厂与核电站常规岛的主要区别	249
5.7.3 国内核电站常规岛管道材料选用标准	249
5.7.4 常规岛管道材料选用原则	249
5.8 常规岛放射性含油废水收集和处理系统设计	255
5.8.1 引言	255
5.8.2 SEK 设计分析	255
5.8.3 SEK 设计难点分析	258
5.8.4 小结	259
5.9 热机修车间清洗去污系统自主化设计	259
5.9.1 引言	259
5.9.2 SBE1 系统设计简述	260
5.9.3 SBE1 系统的主要设计改进	260
5.9.4 SBE1 系统设备国产化及技术改进的意义	262
第 6 章 数字化仪控系统自主设计	263
6.1 概述	263
6.2 数字化反应堆保护系统设计	265
6.2.1 引言	265
6.2.2 保护系统功能	265
6.2.3 系统结构设计	266
6.2.4 多样性设计	267
6.2.5 表决逻辑退化设计	269
6.2.6 停堆断路器设计	269
6.2.7 信号接口设计	270
6.2.8 定期试验设计	270

6.2.9	未能停堆的预期瞬态(ATWT)缓解系统设计	271
6.3	数字化反应堆控制系统设计	272
6.3.1	引言	272
6.3.2	数字化系统的特点	272
6.3.3	数字化反应堆控制系统设计	273
6.3.4	数字化设计可进一步提升的地方	276
6.4	核仪表系统设计	276
6.4.1	引言	276
6.4.2	系统功能	276
6.4.3	系统设计准则	276
6.4.4	系统组成	277
6.4.5	系统设计	277
6.4.6	系统运行	279
6.4.7	设计工作回顾	279
6.4.8	设计重点难点	281
6.5	松脱部件和振动监测系统设计	282
6.5.1	引言	282
6.5.2	系统功能	283
6.5.3	系统设计	283
6.5.4	设备研发	285
6.5.5	系统改进	285
6.5.6	问题及建议	285
6.6	反应堆棒控棒位系统设计	286
6.6.1	引言	286
6.6.2	RGL 系统设备简述	286
6.6.3	RGL 系统的重要改进和可靠性设计	287
6.6.4	经验反馈	289
6.7	堆芯冷却监测系统设计	291
6.7.1	引言	291
6.7.2	CCMS 功能需求	291
6.7.3	CCMS 设计关键技术	292
6.7.4	堆芯冷却监测系统设计改进	295
6.8	先进主控制室与人机界面设计	296
6.8.1	引言	296
6.8.2	设计法规、标准和规范	296
6.8.3	先进主控制室设计	297
6.8.4	数字化人机界面设计	304
6.8.5	工程设计验证平台的使用	308
6.8.6	运行经验的使用	310

6.9 人因工程设计	311
6.9.1 引言	311
6.9.2 法规要求	312
6.9.3 技术基础	312
6.9.4 人因工程设计活动	313
6.9.5 人因工程设计的组织	317
6.9.6 人因工程设计成果和创新点	318
第7章 电气系统自主设计	320
7.1 概述	320
7.2 全厂电气系统设计	321
7.2.1 引言	321
7.2.2 设计原则和标准	321
7.2.3 电气系统设计	321
7.2.4 电气设计关键技术	323
7.3 主输电系统设计	331
7.3.1 引言	331
7.3.2 厂内 500 kV 输电通道设备选型	331
7.3.3 离相封闭母线选型	332
7.4 厂用电系统设计	336
7.4.1 引言	336
7.4.2 厂用电系统设计准则	336
7.4.3 厂用电负荷分类及电压等级	336
7.4.4 厂用电原则接线	337
7.5 电气系统的数字化设计	340
7.5.1 引言	340
7.5.2 电气监控数字化设计分析	341
7.5.3 电气监控数字化设计	342
7.5.4 问题及建议	347
7.6 控制棒驱动机构电源系统设计	347
7.6.1 引言	347
7.6.2 系统结构	347
7.6.3 设备设计	349
7.6.4 控制棒驱动机构电源系统改进	349
7.7 电缆敷设协同设计	351
7.7.1 引言	351
7.7.2 电缆敷设设计	352
7.7.3 电缆敷设软件存在的问题	354
7.7.4 电缆敷设与系统设计的密切配合	354
7.7.5 电缆敷设与防火保护设计的配合	355

7.7.6 电缆敷设的科学管理	355
第8章 土建自主设计	359
8.1 概述	359
8.2 电站总图平面布置设计	360
8.2.1 引言	360
8.2.2 全厂总体规划	360
8.2.3 厂区总平面布置	362
8.2.4 总平面布置设计优化	364
8.2.5 总平面布置设计探讨	367
8.3 核岛厂房土建设计	367
8.3.1 引言	367
8.3.2 核岛厂房的组成	368
8.3.3 核岛厂房设计采用的标准	368
8.3.4 核岛厂房设计输入	369
8.3.5 核岛厂房土建设计	369
8.3.6 专题探讨	374
8.4 RP 龙门架结构设计	380
8.4.1 引言	380
8.4.2 龙门架简介	380
8.4.3 场地相关设计信息	381
8.4.4 构筑物分级及结构布置	381
8.4.5 结构整体计算及复核分析	381
8.4.6 现场问题反馈及分析	384
8.5 常规岛厂房土建设计	385
8.5.1 引言	385
8.5.2 常规岛厂房简介	386
8.5.3 常规岛厂房结构布置	387
8.5.4 常规岛厂房整体结构模型分析	388
8.5.5 常规岛厂房结构抗震设计	392
8.5.6 汽轮发电机组基础设计	394
8.6 常规岛防甩装置动力荷载分析	394
8.6.1 引言	394
8.6.2 管道破裂甩击运动过程分析	395
8.6.3 U形箍最大甩击荷载分析	396
8.6.4 管道屈服前的弹性变形影响	397
8.6.5 工程实例	398
8.7 联合泵站后进排水构筑物结构设计	399
8.7.1 引言	399
8.7.2 循环水进排水管沟	400

8.7.3 虹吸井	402
8.7.4 交叉口构筑物	403
8.7.5 排水口	404
第9章 核电站事故分析	406
9.1 概述	406
9.2 蒸汽发生器传热管断裂事故分析	407
9.2.1 引言	407
9.2.2 分析方法	407
9.2.3 分析模型	407
9.2.4 计算结果	409
9.2.5 计算结论	411
9.3 一、二回路超压分析	411
9.3.1 引言	411
9.3.2 验收准则	411
9.3.3 超压分析过程	412
9.3.4 计算结论	413
9.4 蒸汽发生器二次侧 ¹⁶ N 传输时间计算	414
9.4.1 引言	414
9.4.2 计算方法研究	414
9.4.3 计算输入	415
9.4.4 计算方法	415
9.4.5 计算结果及分析	418
9.4.6 计算结论	418
9.5 事故源项分析	419
9.5.1 引言	419
9.5.2 事故源项分析的范围	419
9.5.3 分析程序	420
9.5.4 主要假设	421
9.5.5 分析结果及评价	422
9.5.6 推广应用的可行性	423
第10章 概率安全分析	424
10.1 概述	424
10.1.1 改进项的概率安全分析	424
10.1.2 主要分析结果	425
10.1.3 结论	427
10.2 状态导向法事故处理规程和数字化仪控系统的概率安全分析	427
10.2.1 技术方法	427
10.2.2 状态导向法事故处理规程和数字化仪控系统对概率安全分析要素的影响	428
10.2.3 结果比较	434

10.3	系统改进项的概率安全分析	435
10.3.1	系统改进项概述	435
10.3.2	系统改进项对 PSA 模型的影响和评价	436
10.3.3	主要结果	436
10.4	概率安全分析的应用	438
10.4.1	主给水隔离可靠性评价	438
10.4.2	严重事故缓解措施有效性评价	441
第 11 章	总体运行自主设计	444
11.1	概述	444
11.2	正常运行导则编制	445
11.2.1	引言	445
11.2.2	策划	445
11.2.3	编制	447
11.3	事故处理导则编制	447
11.3.1	编制背景	447
11.3.2	事故处理导则编制的策划	448
11.3.3	事故处理导则的编制	450
11.4	事故处理导则编制的问题及对策	452
11.4.1	状态导向法事故处理规程编制的困难及解决	452
11.4.2	失电事故处理导则设计的困难及解决	455
11.4.3	GS 导则设计的问题及处理	456
11.4.4	上游文件出版与导则编制进度矛盾的问题及处理	457
11.5	失电分析难题的处理	458
11.5.1	失电分析在核电工程中的意义和作用	458
11.5.2	失电分析工作的特点	458
11.5.3	失电分析工作的组织	459
11.5.4	重大技术问题的解决	459
11.5.5	小结	461
第 12 章	设计软件与管理平台的应用	462
12.1	概述	462
12.2	自主设计的设计工具与分析软件	463
12.2.1	堆芯核设计与流场计算	463
12.2.2	三维设计软件	465
12.2.3	电缆敷设软件 PERICLES III	468
12.2.4	取得的成效及对后续项目的建议	469
12.3	设计管理平台的开发与应用	470
12.3.1	建立设计管理平台的必要性	470
12.3.2	设计管理平台概况	470
12.3.3	设计管理平台的开发	471

12.3.4 设计管理平台功能简介	472
12.3.5 设计管理平台的应用体会	474
第 13 章 自主设计成果及评价	477
13.1 概述	477
13.2 自主设计及成果	477
13.2.1 自主设计的策划和组织	477
13.2.2 设计改进与技术指标	478
13.2.3 设计管理及成果	481
13.3 自主设计综合评价	488
13.3.1 自主设计的成绩和贡献	488
13.3.2 自主设计存在的不足与改进建议	492

下 卷

第二篇 设备成套自主化与设备制造国产化

第 1 章 综述	497
第 2 章 设备成套自主化	502
2.1 概述	502
2.2 设备采购模式策划	503
2.3 设备成套自主化实施	506
2.3.1 核电设备供应资源培养	506
2.3.2 采购平台建立	510
2.3.3 组织与协调	512
2.3.4 合同管理精细化与标准化	514
2.3.5 设备供应合同进度管理信息化	516
2.3.6 设备制造质量监督	521
2.4 设备成套自主化成果	526
第 3 章 设备制造国产化	529
3.1 概述	529
3.2 国产化意义	530
3.3 国产化策划及推进	531
3.3.1 国产化历程	531
3.3.2 国产化推进路线	532
3.3.3 设备国产化面临的挑战	533
3.3.4 国产化推进	535
3.3.5 国产化突破	540
3.3.6 对后续核电项目国产化的重要影响	541

3.3.7 对核电产业链的深远影响	542
3.4 国产化主要成果	543
3.4.1 核岛主设备国产化	543
3.4.2 汽轮发电机组国产化	563
3.4.3 主变压器及高压厂用变压器国产化	578
3.4.4 核岛环吊国产化	582
3.4.5 常规岛主行车国产化	590
3.4.6 核燃料装卸储存辅助吊车国产化	592
3.4.7 核岛除盐器滤头国产化	594
3.4.8 核级泵国产化	600
3.4.9 阀门国产化	602
3.4.10 安全壳消氢设备国产化	606
3.4.11 离线啜吸检测装置国产化	612
3.4.12 通风空调设备国产化	615
3.4.13 核级碳钢管道预制国产化	620
3.4.14 核1级耐高温控氮不锈钢无缝钢管的研制	622
3.4.15 核电站常规岛用无缝钢管的国产化	627
3.4.16 核岛软管国产化	633
3.4.17 单级限流孔板国产化	634
3.4.18 常规直流及不间断电源系统国产化	636
3.4.19 K3级控制、测量电缆国产化	638
3.4.20 保护机柜设计与采购国产化	641
3.4.21 硼表系统国产化	644
3.4.22 辐射监测系统国产化	646
3.4.23 主泵密封水窄量程流量计国产化	649
3.4.24 核岛通风控制系统设备国产化	650
3.4.25 核取样系统流量显示装置国产化	656
3.4.26 核岛部分涡轮流量计国产化	660

第三篇 自主建设

第1章 综述	667
第2章 自主施工	670
2.1 概述	670
2.2 施工组织策划与管理	673
2.2.1 引言	673
2.2.2 承接成熟的管理体系	673
2.2.3 打造系统、完善的六大控制体系	676
2.2.4 完善人才培养及队伍建设机制	680
2.2.5 推动核岛施工资源建设	681

2.3 施工自主化全面实现	684
2.3.1 核岛负挖工程	685
2.3.2 主体土建工程	688
2.3.3 半速机弹性支座施工	695
2.3.4 循环水廊道水压试验	701
2.3.5 核岛安装	704
2.3.6 数字化仪控系统(DCS)安装	716
2.3.7 半速机安装	725
2.3.8 役前检查实施	733
2.3.9 安全壳预应力材料国产化	737
2.3.10 安全壳钢衬里材料国产化	740
2.3.11 核岛厂房特种门国产化	742
2.3.12 核级电缆桥架国产化	745
第3章 调试自主化	747
3.1 概述	747
3.2 调试准备	748
3.2.1 调试组织准备	749
3.2.2 调试技术准备	753
3.2.3 调试物资准备	758
3.2.4 调试文件编制	762
3.2.5 调试人员培训和授权	767
3.2.6 调试进度计划策划	773
3.3 调试管理	783
3.3.1 引言	783
3.3.2 调试管理体系	784
3.3.3 移交接产过程管理	790
3.3.4 调试变更管理	795
3.3.5 遗留项管理	800
3.3.6 工作票管理	806
3.4 调试过程与调试技术	812
3.4.1 引言	812
3.4.2 单体调试	812
3.4.3 系统调试	817
3.4.4 数字化仪控系统调试	820
3.4.5 装料前的联合调试	833
3.4.6 临界后的联合调试	837
3.4.7 专项试验	846
3.4.8 试验结果分析与评价	870
3.5 调试自主化成果及评价	873
3.5.1 引言	873

3.5.2 自主化调试成绩 873

3.5.3 小结 885

第四篇 自主运营

第1章 综述 889

第2章 生产准备自主化 893

2.1 概述 893

2.2 出人才 893

2.3 出经验 895

2.4 出标准 897

2.5 求发展 898

第3章 自主运行 900

3.1 概述 900

3.2 从模拟到数字,从 EOP 到 SOP——全能的数字化运行队伍 901

3.3 提前谋划、严防死守——核安全管理 907

3.4 承前启后、技术创新——化学环保 910

第4章 自主维修 913

4.1 概述 913

4.2 设备自主维修的发展之路 913

4.3 已有自主维修能力的提升 915

4.4 维修核心能力自主化的突破 919

第5章 自主技术支持 926

5.1 概述 926

5.2 技术支持从继承到创新 927

5.3 自主化能力提升 928

第6章 自主培训 932

6.1 概述 932

6.2 高起点起步,拓宽人才培养的自主之路 932

6.3 新机遇、新挑战,全面形成基于 CPR1000 技术特点的培训体系 933

6.4 不断创新,提升自主化人才培养的核心能力 937

附 件

附件 A 岭澳核电站二期工程参建单位 943

附件 B 岭澳核电站二期工程系统代码 951

附件 C 岭澳核电站二期工程厂房代码 970

本卷撰稿与审校人员 972

第二篇

设备成套自主化与设备制造国产化

