

900 MW 压水堆 核电站系统与设备

下 册

广东核电培训中心 编

原子能出版社

900 MW 压水堆核电站系统与设备

编辑委员会

贺禹	濮继龙	高立刚	卢长申	陆玮
李晓明	郭利民	刘新栓	廖伟明	马捷
戴忠华	张明	徐平生	沈光耀	宫广臣
朱闽宏	蒋兴华	陈伟仲	金光奎	

执行编委

苏林森 杨辉玉

编 著 者

苏林森	杨辉玉	王复生	陈志远
李勇	张忆伯	王金众	邴金荣

目 录

上 册

第一章 核电站基础知识	(1)
1.1 反应堆物理基础	(1)
1.1.1 核反应与结合能	(1)
1.1.2 中子与原子核的反应	(2)
1.1.3 核裂变	(5)
1.1.4 中子链式反应	(6)
1.1.5 反应性控制	(8)
1.2 传热学基础知识	(10)
1.2.1 传热的基本方式	(10)
1.2.2 单相流体的对流换热	(14)
1.2.3 沸腾传热	(15)
1.3 水力学基础知识	(18)
1.3.1 运动流体的机械能	(18)
1.3.2 泵的特性	(21)
1.3.3 自然循环	(24)
1.4 反应堆热工	(26)
1.4.1 堆芯功率分布及其影响因素	(26)
1.4.2 燃料棒的传热与冷却	(28)
1.4.3 热工设计准则	(30)
1.4.4 热通道因子和热点因子	(31)
1.5 热力循环	(32)
1.5.1 热力状态参数	(32)
1.5.2 卡诺循环	(34)
1.5.3 朗肯循环	(35)
1.5.4 循环热效率计算	(36)
1.6 核电站总体介绍	(37)
1.6.1 核能的转换与传输	(37)
1.6.2 压水堆核电站系统构成	(38)
1.6.3 厂房布置	(39)
1.6.4 识别符号	(40)
复习思考题	(47)
第二章 反应堆结构	(48)
2.1 反应堆堆芯	(48)

2.1.1	堆芯组成和换料策略	(48)
2.1.2	燃料组件	(50)
2.1.3	控制棒组件	(55)
2.1.4	堆芯相关组件	(56)
2.2	堆内构件	(60)
2.2.1	堆芯下部支承构件	(60)
2.2.2	堆芯上部支承构件	(62)
2.3	反应堆压力容器	(65)
2.3.1	结构	(65)
2.3.2	压力容器筒体与顶盖的密封	(67)
2.3.3	冷却剂在堆内的流程	(68)
2.4	控制棒驱动机构	(70)
	复习思考题	(73)

第三章 反应堆冷却剂系统 (74)

3.1	系统描述	(74)
3.1.1	系统功能	(74)
3.1.2	系统说明	(74)
3.1.3	RCP 系统测量仪表	(76)
3.1.4	RCP 泄漏探测	(83)
3.1.5	RCP 系统特性	(84)
3.2	蒸汽发生器	(87)
3.2.1	概述	(87)
3.2.2	部件说明	(88)
3.2.3	传热管的破损和监测	(91)
3.2.4	蒸汽发生器的排污和给水	(93)
3.2.5	蒸汽发生器水位控制	(93)
3.2.6	蒸汽发生器相关的测量通道	(96)
3.3	反应堆冷却剂泵	(97)
3.3.1	概述	(97)
3.3.2	部件描述	(99)
3.3.3	主泵支持系统和相关仪表	(106)
3.4	稳压器	(109)
3.4.1	概述	(109)
3.4.2	稳压器结构	(110)
3.4.3	卸压箱	(116)
3.4.4	稳压器控制系统	(117)
	复习思考题	(120)

第四章 一回路辅助系统 (121)

4.1	化学和容积控制系统	(121)
4.1.1	系统的功能	(121)

4.1.2	系统的流程	(125)
4.1.3	主要设备特性	(127)
4.1.4	系统的运行	(130)
4.2	反应堆硼和水补给系统	(132)
4.2.1	系统的功能	(132)
4.2.2	系统的组成	(133)
4.2.3	系统的主要设备特性	(133)
4.2.4	系统的运行	(137)
4.3	余热排出系统	(138)
4.3.1	系统的功能	(139)
4.3.2	系统的组成	(140)
4.3.3	系统的主要设备特性	(140)
4.3.4	系统的运行	(143)
	复习思考题	(145)

第五章 辅助冷却水系统 (147)

5.1	反应堆水池和乏燃料水池冷却和处理系统	(147)
5.1.1	系统的功能	(147)
5.1.2	系统的组成	(148)
5.1.3	系统及主要设备特性	(151)
5.1.4	系统的运行	(152)
5.2	设备冷却水系统	(153)
5.2.1	系统的功能	(153)
5.2.2	系统的结构	(154)
5.2.3	系统及主要设备特性	(155)
5.2.4	系统的运行	(160)
5.3	重要厂用水系统	(162)
5.3.1	系统功能	(162)
5.3.2	系统描述	(162)
5.3.3	系统的主要设备特性	(163)
5.3.4	系统的运行	(165)
	复习思考题	(166)

第六章 专设安全设施 (167)

6.1	概述	(167)
6.2	安全注入系统	(169)
6.2.1	系统描述	(169)
6.2.2	主要设备	(172)
6.2.3	安注过程	(174)
6.2.4	安注启动信号	(176)
6.3	安全壳喷淋系统	(176)
6.3.1	系统描述	(177)

6.3.2	系统运行	(179)
6.3.3	其他运行	(181)
6.4	辅助给水系统	(182)
6.4.1	系统描述	(182)
6.4.2	系统运行	(185)
6.5	安全壳隔离系统	(188)
6.5.1	功能	(188)
6.5.2	系统描述	(188)
6.5.3	系统运行	(189)
	复习思考题	(190)

第七章 核岛通风空调系统 (193)

7.1	核岛冷冻水系统	(194)
7.1.1	系统功能	(194)
7.1.2	系统描述	(194)
7.1.3	系统运行	(196)
7.2	安全壳连续通风系统	(197)
7.2.1	系统功能	(197)
7.2.2	系统描述	(197)
7.2.3	系统运行	(197)
7.3	反应堆堆坑通风系统	(199)
7.3.1	系统功能	(199)
7.3.2	系统描述	(199)
7.3.3	系统运行	(199)
7.4	安全壳换气通风系统	(201)
7.4.1	系统功能	(201)
7.4.2	系统描述	(201)
7.4.3	系统运行	(202)
7.5	安全壳内空气净化系统	(202)
7.5.1	系统功能	(202)
7.5.2	系统描述	(203)
7.5.3	系统运行	(203)
7.6	安全壳内大气监测系统	(203)
7.6.1	系统功能	(203)
7.6.2	系统描述	(205)
7.6.3	系统运行	(207)
7.7	安全壳及其泄漏监测系统	(208)
7.7.1	系统功能	(208)
7.7.2	系统描述	(208)
7.7.3	系统运行	(210)
7.8	核燃料厂房通风系统	(211)
7.8.1	系统功能	(211)

7.8.2	系统描述	(211)
7.8.3	系统运行	(211)
7.9	核辅助厂房通风系统	(213)
7.9.1	系统功能	(213)
7.9.2	系统描述	(213)
7.9.3	系统运行	(215)
7.10	电气厂房主通风系统	(217)
7.10.1	系统功能	(217)
7.10.2	系统描述	(218)
7.11	电气厂房排烟系统	(218)
7.11.1	系统功能	(218)
7.11.2	系统描述	(220)
7.12	电缆层通风系统	(220)
7.12.1	系统功能	(220)
7.12.2	系统描述	(220)
7.13	主控制室空调系统	(221)
7.13.1	系统功能	(221)
7.13.2	系统描述	(221)
	复习思考题	(223)

第八章 排出物的处理与排放 (224)

8.1	核岛排气和疏水系统	(224)
8.1.1	系统功能	(224)
8.1.2	排出物的分类	(225)
8.1.3	系统的收集管网	(225)
8.1.4	系统的主要设备及其特性	(230)
8.2	硼回收系统	(231)
8.2.1	系统的功能	(231)
8.2.2	系统的设计依据	(231)
8.2.3	系统流程	(233)
8.2.4	系统的主要设备及其特性	(233)
8.3	废液处理系统	(240)
8.3.1	系统功能	(240)
8.3.2	系统废液来源及处理原则	(240)
8.3.3	系统设计依据	(241)
8.3.4	系统流程	(241)
8.3.5	系统的主要设备特性	(241)
8.4	废液排放系统	(244)
8.4.1	系统功能	(244)
8.4.2	系统的组成	(244)
8.4.3	主要设备特性	(244)
8.5	废气处理系统	(246)

8.5.1	系统功能	(246)
8.5.2	系统设计依据	(246)
8.5.3	系统的组成和系统流程	(247)
8.5.4	系统主要设备特性	(247)
8.6	固体废物处理系统	(250)
8.6.1	固体废物的来源和分类	(250)
8.6.2	系统功能	(251)
8.6.3	系统的组成和流程	(251)
8.6.4	系统主要设备特性	(251)
	复习思考题	(254)

第九章 反应堆控制及保护 (255)

9.1	核仪表系统	(255)
9.1.1	系统功能	(255)
9.1.2	系统描述	(255)
9.1.3	核仪表系统的组成	(264)
9.1.4	系统运行	(266)
9.2	堆芯测量系统	(267)
9.2.1	系统功能	(267)
9.2.2	堆芯温度测量	(267)
9.2.3	堆芯中子注量率测量	(270)
9.2.4	压力容器水位测量	(276)
9.3	反应堆控制系统	(278)
9.3.1	概述	(278)
9.3.2	核电站控制模式	(280)
9.3.3	反应堆功率调节系统	(280)
9.3.4	平均温度调节系统	(283)
9.4	反应堆保护系统	(286)
9.4.1	概述	(286)
9.4.2	反应堆保护系统原理简述	(289)
9.4.3	紧急停堆保护综述	(290)
	复习思考题	(295)

第十章 核电站信号系统 (296)

10.1	集中数据处理系统	(296)
10.1.1	集中数据处理系统的功能	(296)
10.1.2	KIT系统的组成	(297)
10.1.3	集中数据处理系统的软件	(299)
10.2	报警处理系统	(305)
10.2.1	系统功能	(305)
10.2.2	系统组成	(305)
10.2.3	报警信号	(306)

10.2.4	控制	(307)
10.3	主控制室	(308)
10.3.1	主控制室	(308)
10.3.2	两堆公用控制室	(309)
10.3.3	第二控制室	(309)
10.4	安全监督盘系统	(309)
10.4.1	系统组成	(309)
10.4.2	系统功能	(309)
10.4.3	系统设备	(310)
	复习思考题	(318)

下 册

第十一章 核电站汽轮机组 (319)

11.1	二回路热力系统简介	(319)
11.2	900 MW 核电站汽轮机组结构	(319)
11.2.1	汽轮机高压缸结构	(321)
11.2.2	汽轮机高压转子结构	(324)
11.2.3	汽轮机低压缸结构	(327)
11.2.4	汽轮机低压转子结构	(329)
11.2.5	汽轮机组汽封	(331)
11.2.6	汽轮机轴承和轴承座	(334)
11.2.7	汽轮机组的滑销系统	(334)
	复习思考题	(336)

第十二章 蒸汽系统 (337)

12.1	主蒸汽系统	(337)
12.1.1	系统功能	(337)
12.1.2	系统描述	(337)
12.1.3	主要设备说明	(340)
12.1.4	系统运行	(343)
12.1.5	测量通道简介	(345)
12.1.6	主蒸汽系统的接口	(346)
12.2	汽轮机旁路排放系统	(346)
12.2.1	系统功能	(346)
12.2.2	系统描述	(347)
12.2.3	排放阀的分组及开启方式	(348)
12.2.4	主要设备说明	(350)
12.2.5	汽轮机旁路排放系统的控制原理	(352)

12.2.6	系统运行	(352)
12.2.7	汽轮机旁路排放系统的接口	(353)
12.3	汽水分离再热器系统	(353)
12.3.1	系统功能	(353)
12.3.2	汽水分离再热器的结构描述	(353)
12.3.3	系统描述	(356)
12.3.4	系统运行	(359)
12.3.5	汽水分离再热器系统的接口	(360)
12.4	汽轮机轴封系统	(361)
12.4.1	系统功能	(361)
12.4.2	系统描述	(361)
12.4.3	主要设备说明	(363)
12.4.4	系统运行	(363)
12.4.5	汽轮机轴封系统的接口	(364)
12.5	汽轮机蒸汽和疏水系统	(364)
12.5.1	系统功能	(364)
12.5.2	系统描述	(365)
12.5.3	系统运行	(366)
12.5.4	汽轮机蒸汽和疏水系统的接口	(367)
12.6	蒸汽转换器系统	(367)
12.6.1	系统功能	(367)
12.6.2	系统组成及描述	(367)
12.6.3	主要设备说明	(369)
12.6.4	系统运行	(370)
12.6.5	蒸汽转换器系统的接口	(370)
12.7	辅助蒸汽分配系统	(370)
12.7.1	系统功能	(370)
12.7.2	系统组成及描述	(371)
12.7.3	系统运行	(372)
12.7.4	辅助蒸汽分配系统的接口	(372)
	复习思考题	(372)

第十三章 给水加热系统

13.1	凝结水抽取系统	(374)
13.1.1	系统功能	(374)
13.1.2	系统组成及描述	(374)
13.1.3	主要设备说明	(376)
13.1.4	系统运行	(382)
13.1.5	凝结水抽取系统的接口	(383)
13.2	低压给水加热器系统	(384)
13.2.1	系统功能	(384)
13.2.2	系统组成及描述	(384)

13.2.3	主要设备说明	(388)
13.2.4	系统运行	(393)
13.2.5	低压给水加热器系统的接口	(395)
13.3	给水除氧器系统	(395)
13.3.1	系统功能	(395)
13.3.2	除氧原理	(395)
13.3.3	除氧器的结构	(396)
13.3.4	系统描述	(400)
13.3.5	系统运行	(402)
13.3.6	控制	(404)
13.3.7	给水除氧器系统的接口	(404)
13.4	汽动主给水泵系统	(406)
13.4.1	系统功能	(406)
13.4.2	性能要求	(406)
13.4.3	系统组成及描述	(406)
13.4.4	主要设备说明	(408)
13.4.5	汽动主给水泵的冷却系统	(412)
13.4.6	系统运行	(413)
13.4.7	汽动主给水泵系统的接口	(415)
13.5	电动主给水泵系统	(416)
13.5.1	系统功能	(416)
13.5.2	系统组成及描述	(416)
13.5.3	主要设备说明	(418)
13.5.4	系统运行	(420)
13.5.5	电动主给水泵系统的接口	(421)
13.6	电动主给水泵润滑系统	(421)
13.6.1	系统功能	(421)
13.6.2	系统组成及描述	(422)
13.6.3	主要设备说明	(423)
13.6.4	系统运行	(424)
13.6.5	电动主给水泵润滑系统的接口	(424)
13.7	高压给水加热器系统	(425)
13.7.1	系统功能	(425)
13.7.2	系统组成及描述	(425)
13.7.3	主要设备说明	(427)
13.7.4	系统运行	(432)
13.7.5	高压给水加热器系统的接口	(433)
13.8	主给水流量控制系统	(434)
13.8.1	系统功能	(434)
13.8.2	系统组成及描述	(434)
13.8.3	主要设备说明	(434)
13.8.4	系统运行	(436)
13.8.5	控制	(436)

13.8.6 主给水流量控制系统的接口	(437)
复习思考题	(438)

第十四章 汽轮机辅助系统

14.1 汽轮机调节油系统	(440)
14.1.1 系统功能	(440)
14.1.2 系统组成及描述	(440)
14.1.3 主要设备说明	(443)
14.1.4 系统运行	(444)
14.1.5 汽轮机调节油系统的接口	(444)
14.2 汽轮机润滑、顶轴和盘车系统	(445)
14.2.1 系统功能	(445)
14.2.2 系统组成及描述	(445)
14.2.3 主要设备说明	(447)
14.2.4 系统运行	(450)
14.2.5 汽轮机润滑、顶轴和盘车系统的接口	(450)
14.3 汽轮机调节系统	(451)
14.3.1 系统功能	(451)
14.3.2 系统组成及描述	(451)
14.3.3 微机调节器的工作原理	(458)
14.3.4 汽轮机调节系统的接口	(466)
14.4 汽轮机保护系统	(466)
14.4.1 系统功能	(466)
14.4.2 保护系统工作原理	(467)
14.4.3 汽轮机保护系统脱扣分级	(468)
14.4.4 汽轮机保护系统组成及描述	(468)
14.4.5 脱扣机构位置	(470)
14.4.6 汽轮机脱扣信号	(471)
14.4.7 汽轮机保护系统的接口	(475)
14.5 汽轮机排汽口喷淋系统	(475)
14.5.1 系统功能	(475)
14.5.2 系统组成和描述	(475)
14.5.3 主要设备说明	(476)
14.5.4 系统运行	(476)
14.5.5 汽轮机排汽口喷淋系统的接口	(477)
14.6 蒸汽发生器排污系统	(477)
14.6.1 系统功能	(477)
14.6.2 系统组成和描述	(477)
14.6.3 主要设备说明	(480)
14.6.4 系统运行	(481)
14.6.5 蒸汽发生器排污系统的接口	(482)
14.7 冷凝器真空系统	(482)

14.7.1	系统功能	(482)
14.7.2	系统组成及描述	(483)
14.7.3	主要设备说明	(483)
14.7.4	系统运行	(486)
14.7.5	控制	(486)
14.7.6	真空测量	(486)
14.7.7	冷凝器真空系统的接口	(487)
	复习思考题	(487)

第十五章 常规岛冷却水系统 (488)

15.1	循环水系统及循环水过滤系统	(488)
15.1.1	系统功能	(488)
15.1.2	系统组成及描述	(488)
15.1.3	循环水渠和管道	(490)
15.1.4	循环水灌水系统	(491)
15.1.5	主要设备说明	(491)
15.1.6	系统运行	(494)
15.1.7	循环水系统的接口	(494)
15.1.8	循环水过滤系统的接口	(495)
15.2	循环水处理系统	(495)
15.2.1	系统功能	(495)
15.2.2	系统描述	(495)
15.2.3	系统运行	(497)
15.3	辅助冷却水系统	(497)
15.3.1	系统功能	(497)
15.3.2	系统组成及描述	(497)
15.3.3	主要设备说明	(499)
15.3.4	系统运行	(499)
15.3.5	辅助冷却水系统的接口	(499)
15.4	常规岛闭路冷却水系统	(500)
15.4.1	系统功能	(500)
15.4.2	系统组成及描述	(500)
15.4.3	主要设备说明	(500)
15.4.4	系统运行	(502)
15.4.5	常规岛闭路冷却水系统接口	(503)
	复习思考题	(503)

第十六章 发电机及其辅助系统 (504)

16.1	发电机结构	(504)
16.1.1	概述	(504)
16.1.2	转子结构	(504)
16.1.3	定子结构	(504)

16.2	发电机定子冷却水系统	(509)
16.2.1	系统功能	(509)
16.2.2	系统描述	(509)
16.2.3	系统运行	(511)
16.2.4	控制与调节	(511)
16.3	发电机密封油系统	(512)
16.3.1	系统功能	(512)
16.3.2	系统描述	(512)
16.3.3	系统运行	(515)
16.4	发电机氢气供应系统	(515)
16.4.1	系统功能	(515)
16.4.2	系统组成及描述	(515)
16.4.3	系统运行	(518)
16.5	发电机氢气冷却系统	(519)
16.5.1	系统功能	(519)
16.5.2	系统组成及描述	(519)
16.5.3	系统运行	(520)
16.6	发电机励磁和电压调节系统	(520)
16.6.1	系统功能	(520)
16.6.2	系统组成及描述	(520)
16.6.3	系统运行	(527)
	复习思考题	(527)

第十七章 输配电及保护

17.1	输电系统	(529)
17.1.1	系统功能	(529)
17.1.2	系统组成及描述	(529)
17.1.3	系统运行	(530)
17.2	同步并网系统	(530)
17.2.1	系统功能	(530)
17.2.2	系统描述	(531)
17.2.3	系统运行	(534)
17.3	主开关站和超高压配电装置	(534)
17.3.1	系统功能	(534)
17.3.2	系统描述	(534)
17.3.3	系统运行	(537)
17.3.4	岭澳核电站 GEW 系统的改进	(538)
17.4	发电机-变压器继电保护系统	(538)
17.4.1	系统功能及保护范围	(538)
17.4.2	系统的配置	(538)
17.4.3	保护动作设备	(540)
17.4.4	发电机变压器保护动作跳闸功能分类	(540)

17.4.5 保护功能简介	(541)
复习思考题	(543)

第十八章 厂用电系统

18.1 概述	(544)
18.1.1 功能	(544)
18.1.2 电源	(544)
18.1.3 厂用电设计准则	(545)
18.1.4 厂用供电要求	(545)
18.1.5 厂用电电压等级和标志	(546)
18.2 中压交流配电系统	(548)
18.2.1 厂用电设备类型	(548)
18.2.2 中压厂用电	(548)
18.2.3 中压厂用电运行方式	(550)
18.2.4 厂用电源自动切换装置	(551)
18.3 低压交流配电系统	(551)
18.3.1 380 V 交流配电系统	(551)
18.3.2 220 V 交流配电系统	(552)
18.4 直流配电系统	(554)
18.4.1 功能	(554)
18.4.2 系统组成	(554)
18.4.3 230 V 直流电源和配电系统 LA *	(555)
18.4.4 125 V 直流电源和配电系统 LA *	(555)
18.4.5 48 V 直流电源和配电系统 LC *	(556)
18.4.6 30 V 直流电源和配电系统	(556)
18.5 电源及供电线路运行方式	(557)
18.5.1 正常停堆和启动方式	(557)
18.5.2 功率运行	(557)
18.5.3 400 kV(或 500 kV)电网故障	(557)
18.5.4 26 kV 母线电压低引起的停堆	(558)
18.5.5 400 kV(500 kV)和 220 kV 厂外电网和汽轮发电机组同时 发生故障引起的停堆	(559)
复习思考题	(559)

第十九章 除盐水分配系统及压缩空气分配系统

19.1 常规岛除盐水分配系统	(560)
19.1.1 系统功能	(560)
19.1.2 系统组成及描述	(560)
19.1.3 主要设备说明	(561)
19.1.4 系统运行	(563)
19.1.5 常规岛除盐水分配系统的接口	(563)

19.2	核岛除盐水分配系统	(563)
19.2.1	系统功能	(563)
19.2.2	系统组成及描述	(563)
19.2.3	主要设备说明	(564)
19.2.4	系统运行	(565)
19.2.5	核岛除盐水分配系统的接口	(565)
19.3	常规岛废液排放系统	(566)
19.3.1	系统功能	(566)
19.3.2	系统组成及描述	(566)
19.3.3	主要设备说明	(567)
19.3.4	系统运行	(567)
19.4	压缩空气生产系统	(567)
19.4.1	系统功能	(567)
19.4.2	系统组成及描述	(567)
19.4.3	主要设备说明	(569)
19.4.4	系统运行	(569)
19.5	仪用压缩空气分配系统	(571)
19.5.1	系统功能	(571)
19.5.2	系统组成及描述	(572)
19.5.3	主要设备说明	(573)
19.5.4	系统运行	(573)
19.6	公用压缩空气分配系统	(573)
19.6.1	系统功能	(573)
19.6.2	系统组成及描述	(573)
19.6.3	主要设备说明	(574)
19.6.4	系统运行	(574)
19.7	消防水生产和分配系统	(575)
19.7.1	概述	(575)
19.7.2	消防水生产系统	(576)
19.7.3	消防水分配系统	(578)
	复习思考题	(582)

第二十章 机组运行简介 (583)

20.1	运行模式	(583)
20.2	RCP 温度和压力限制	(585)
20.3	运行标准工况	(586)
20.4	机组正常启动和停运	(590)
20.4.1	从 RRA 冷却正常停堆(NS/RRA)到功率运行(RP)	(590)
20.4.2	从功率运行(RP)到 RRA 冷却正常停堆(NS/RRA)	(591)
	复习思考题	(592)

附表 1 基本系统名称 (593)

