



HEDONGLI JIXIE

朱齐荣 著

核动力机械

国防科技大学出版社

NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY PRESS

核动力机械

朱齐荣 著

国防科技大学出版社
湖南·长沙

内 容 摘 要

本书是阐述核动力机械的专著,其覆盖面较宽。主要内容包括核电厂,核动力舰船和核潜艇的基本组成、功能、工作原理和设计准则;核电厂和核动力舰船所用汽轮机、功率控制棒驱动机构、螺栓拉伸机及其四同步安装机、核燃料装卸和转运机械、叶轮泵及屏蔽泵的结构、性能、工作原理、设计准则、设计理论和方法等。

本书突出机械结构设计。它的特点是核特色显著,开拓性强,覆盖面宽,实用性强,图文并茂,通俗易懂。

本书可作为国防科工委系统的高等院校有关教师、研究生和本科生的教学用书,也可供科研设计单位、核动力工程等部门的专家、操作人员以及海军指战员等使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

核动力机械/朱齐荣著. —长沙:国防科技大学出版社,2003.5

ISBN 7-81024-949-5

I.核… II.朱… III.核动力装置-动力机械 IV.TL99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 033585 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
E-mail: gfkdcbs@ public.cs.hn.cn
责任编辑:张静 责任校对:黄煌
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:277 千
2003 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-1100 册

*

定价:18.00 元

前 言

人们常说的设备是一个模糊的概念。其实,机械和设备有着严格的区别。例如人们常说某机床厂有多少设备,实际是指工作母机——机床,而机床是机械,不是设备,因为机械是“机器”和“机构”的总称。机构是由若干个构件组成的,它是一种具有确定运动、能代替人类做功的人为组合体。各种机构都是用来传递与变换运动和力的可动装置。而机器是根据生产和科研要求设计的一种综合系统,可用来变换和传递能量、物料和信息,它可以是一种机构,也可以是由多种机构组合起来的装置。由此可知,核动力舰船和核动力发电厂所用的机器都属于机械。设备则是一种静止不动的装置,如核反应堆压力容器属于设备。从结构上分析,相对来说,机械比设备要复杂得多。弄清楚机械和设备的区别,就可理解《核动力设备》著作与《核动力机械》著作的区别。现有资料表明,国内外出版了较多的专业面较窄的《核动力设备》著作,这些著作大多数是由核科学专家编著的。由于学科划分较细,且为了保密,各分支学科的专业人员相互隔离,所以出版的《核动力设备》难以满足时代的要求。近年高等学校专业合并后,急需覆盖面很宽的专业教材或专著,又由于核电工业和核动力舰船迅速发展,其机械化、自动化、智能化、信息化的程度越来越高,对核动力机械有着更严峻的要求,有关人员更需要这方面的书籍资料。

检索国内外现有资料发现,目前《核动力机械》专著极为罕见。为了丰富国防科技理论和专业知识的宝库,培养国防战线核动力机械专业人才,笔者愿奉献自己的余热,为此宝库添砖加瓦。这就是撰写本专著的指导思想。

本专著主要阐述核动力发电厂和核动力舰船的基本组成、工作原理和设计准则,核潜艇及其机械装备的结构、功能和工作原理,核动力厂和核动力舰船所用功率控制棒驱动机构、螺栓拉伸机及其四同步安装机、核燃料装卸机械、核动力厂工艺运输机械和特种起重机、核动力厂和核动力舰船所用汽轮机、核反应堆冷却剂循环用叶轮泵及屏蔽泵等的结构、性能、工作原理、设计准则和设计计算方法等内容。

本书是一本具有国防特色、机械学领域分支学科的核动力机械学术专著。本专著突出机械结构设计,以克服重理论轻实践,重计算轻结构的偏向,为培养创造性形象思维能力打好基础。它的特点是核特色显著,开拓性强,覆盖面宽,实用性强,图文并茂,通俗易懂。

本书服务于核动力系统、军工系统人才培养和国防科技与教育事业的发展,可作为国防科工委系统的高等院校有关教师、研究生和本科生的教学用书,也可供科研设计单位、

核动力工程等部门的专家、操作人员以及海军指战员等使用和参考。

在撰写本书的过程中,曾得到中国核动力研究院、北京核工业第二研究设计院、南华大学、南华大学机械学院等单位及其领导、专家、教授的指导与支持。在此向上述单位及个人表示衷心的感谢。

由于作者的水平和参考资料所限,书中不妥或错误在所难免,诚恳地希望广大读者批评指正。

作者 朱齐荣

2003 年 3 月

目 录

第一章 核动力机械涉及的核科技基础概述

第一节 核能和核动力反应堆简介	(1)
第二节 核动力发电概述	(3)
第三节 核动力舰船概述	(9)
第四节 核动力机械的安全分级	(15)

第二章 核潜艇

第一节 概述	(16)
第二节 核潜艇结构	(19)
第三节 潜艇设计特点提示	(34)
第四节 美国海军第一、二代核潜艇的设计思想简介	(40)
第五节 21 世纪核潜艇的发展信息	(41)
第六节 深海小型核动力潜水器简介	(43)

第三章 核动力汽轮机

第一节 概述	(45)
第二节 汽轮机的基本结构	(46)
第三节 汽轮机的基本工作原理	(61)
第四节 核电厂和核动力舰船用汽轮机	(65)
第五节 核动力汽轮机的功率调节装置	(69)

第四章 核电厂的核燃料装卸与转运机械

第一节 压水堆核电厂内核燃料组件的装卸、转运和储存系统简介	(71)
第二节 压水堆核电厂内核燃料组件装卸和转运机械	(72)
第三节 重水堆核电厂核燃料装卸机械	(92)
第四节 螺栓拉伸机及其 4 同步安装机的创新设计	(101)
第五节 核电厂专用起重机简况及其设计准则	(108)
第六节 环形起重机偏轨箱形主梁的优化设计	(114)

第五章 核动力装置中的功率控制机械及其机电一体化设计

第一节 功率控制机械的功能、安全等级及其类型 (121)

第二节 控制棒驱动机构设计准则摘要..... (122)

第三节 步进磁力提升式控制棒驱动机构(电磁机械手)描述..... (123)

第四节 电磁机械手的电磁设计..... (132)

第五节 舰船核动力反应堆上的控制棒驱动机构简介..... (142)

第六章 核动力装置中的专用泵和主要设备

第一节 核动力装置中的主泵..... (145)

第二节 给水泵、凝结水泵与循环水泵简介 (154)

第三节 核动力厂和舰、船用屏蔽泵简介 (161)

第四节 核动力装置中的主要设备简介..... (163)

参考文献..... (183)

第一章 核动力机械涉及的核科技基础概述

第一节 核能和核动力反应堆简介

一、核能

核能俗称为原子能,它是指原子核中的核子重新分配时释放出来的能量。

核能分为两类:一类称核裂变能,它是铀或钚等易裂变重元素,在中子轰击下发生裂变反应,它们的原子核被激发,先变成哑铃状,最后像液滴一样变成质量大体相当的两个较轻的原子核,同时释放出巨大能量、2~3 个新中子和 α 、 β 、 γ 射线。每一个铀原子核裂变时,能释放出来 200MeV 能量。另一类叫核聚变能,它是通过氘和氚等轻元素的原子核发生聚变反应释放出来的能量。

地球上蕴藏着较多的铀、钍等核裂变燃料资源,如果把它们的裂变能充分地利用起来,可满足人类千来年的能源需求。海水中含有 $3.5 \times 10^{13} \text{t}$ 的氘,如果将聚变能充分地利用起来,可满足人类上百亿年的能源需求。

二、核反应与反应性控制

1. 核反应与核裂变反应

基本粒子(包括原子核)与原子核碰撞导致原子核的质量、电荷或能量状态改变的现象,称为核反应。其中的核裂变反应就是一个重原子核吸收了一个中子之后分裂成为两个轻原子核的过程。例如



这个过程的两项产物使它具有很大的价值,即每一次核裂变可释放出巨大能量,同时又产生 2~3 个新中子。新产生的中子又继续引起更多的重原子核裂变,这样连续发展下去,形成链式反应,从而不断地释放出巨大的能量。

2. 反应性

在反应堆核裂变链式反应中,某一代循环开始时的中子数与前一代循环开始时的中子数的比值称为有效增殖系数。反应堆的有效增殖系数用 K_{eff} 表示。当 $K_{eff} = 1$ 时,反应堆处于临界运行状态;当 $K_{eff} > 1$,为超临界;当 $K_{eff} < 1$ 时,为次临界。 $K_{eff} - 1$ 与 K_{eff} 之比,叫反应性,用 ρ 表示。

$$\rho = \frac{K_{eff} - 1}{K_{eff}} \quad (1-2)$$

反应性也可表示反应堆偏离临界的程度。当反应堆临界时, $\rho = 0$; 超临界时, $\rho > 0$; 次临界时, $\rho < 0$ 。

3. 反应性控制

对反应堆内剩余反应性的控制称为反应性控制。其主要任务是采取不同的控制方式, 在确保安全的前提下, 控制反应堆内的剩余反应性, 以满足反应堆长期运行的需要; 通过控制物适当的空间布置和最佳的提棒程序, 使反应堆在整个堆芯寿期内保持较平坦的功率分布, 尽可能地减少功率峰因子; 在核电厂负荷变化时, 能自动调节反应堆内反应性, 使之响应负荷的变化; 当反应堆出现异常现象或事故时, 能迅速安全地停闭反应堆, 并保持适当的停堆深度。

4. 反应性控制方法

有四种反应性控制方法: 中子吸收法、改变中子慢化性能法、改变核燃料的富集度法以及中子泄漏法等。

三、核动力反应堆

核动力反应堆是在其中能维持可控自持核裂变链式反应或受控核聚变反应的特殊装置。它们分别称为裂变反应堆和聚变反应堆。裂变反应堆已建成很多座并用于多种目的; 聚变反应堆尚处在科学验证和概念设计研究阶段。目前, 世界各国的核电厂都用核裂变反应堆。

四、核裂变反应堆的种类

核裂变反应堆可按用途、中子能量、慢化剂、冷却剂、核燃料等的不同而分类。

(1) 按用途可分为研究堆、动力堆、生产堆和特殊用途堆。反应堆的结构、特性和运行工况随用途而异。研究堆用来进行基础研究或应用研究; 动力堆用来发电、提供舰船动力和生产热能; 生产堆用来生产钚、钚和同位素; 特殊用途堆用于专门目的, 如验证某种反应堆设计的模式。

(2) 按引起核裂变的中子平均能量可分为热中子堆, 中能中子堆, 快中子堆。核裂变主要由热中子引起, 这

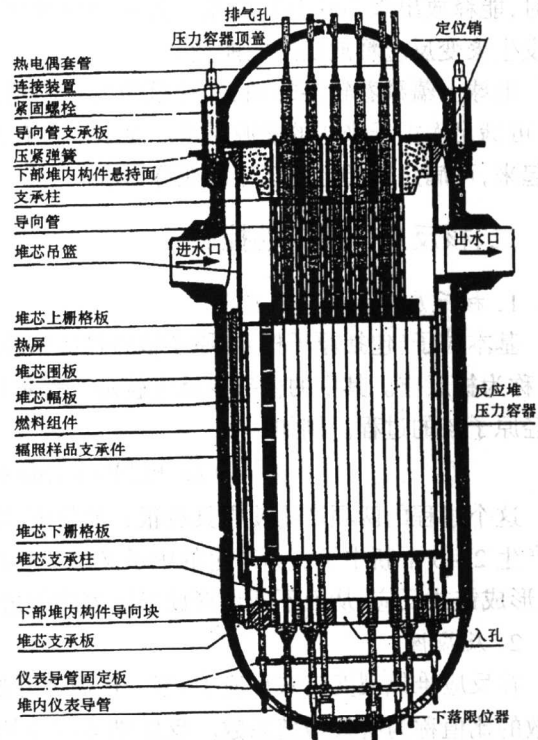


图 1-1 压水堆本体简化结构图

种堆占全世界已有反应堆的绝大多数;中能中子堆,核裂变主要由能量为几个 eV 到大约 100 keV 的中能中子引起;快中子堆,核裂变主要由能量为 100 keV 以上的快中子引起。

(3)按反应堆的结构可分为压力容器式堆、压力管式堆和池式堆。

(4)按所使用的慢化剂和冷却剂可分为:轻水堆,重水堆,石墨气冷堆和石墨沸水堆,液态金属冷却快中子堆。轻水堆,轻水既作慢化剂又作冷却剂,根据水在堆芯中的工作状态又分为压水堆和沸水堆;重水堆,重水作慢化剂,重水(或沸腾轻水)作冷却剂;石墨气冷堆和石墨沸水堆,均由石墨作慢化剂,分别由二氧化碳(或氦气)和沸腾轻水作冷却剂;液态金属冷却快中子堆,无慢化剂,通常以液态钠作冷却剂。

(5)按核燃料可分为天然铀堆和富集铀堆。

在上述各种反应堆中,压水堆技术比较成熟、经济效益较好、安全可靠较高,故已得到广泛应用。压水堆本体的典型结构如图 1-1 所示。

五、核动力装置首选堆型的典型参数

核动力装置首选堆型的典型参数见表 1-1。

表 1-1 核动力装置首选堆型的典型参数

反应堆型		压水堆 (PWR)	坎杜重水堆 (CANDU)	高温气冷堆 (HTR-M)
核燃料	核燃料	UO ₂	UO ₂	UO ₂
	包壳材料	Zr-4	Zr-4	石墨
	供料富集度(%) *	1.8~3.1	天然	7.8
慢化剂		H ₂ O	D ₂ O	石墨
冷却剂	材料	H ₂ O	D ₂ O	He
	压力(MPa)	15.5	9.32	6.0
	入口温度(℃)	286	250	250
	出口温度(℃)	323.2	294	700
压力容器	材料	低合金钢 (内壁堆 焊不锈钢)	铅管	20MnMoNi55
	内径(m)	3.988	0.106	5.9
	高(m)	13.17	-	25.2
	壁厚(mm)	200	5	118
蒸汽	压力(MPa)	5.5	4.3	21
	温度(℃)	270	255	530
热能净效率(%)		33	30	40

* 注:舰船艇核动力装置所用核燃料的富集度更高。

第二节 核动力发电概述

一、核电厂

1. 核电厂定义

采用铀(钚)作为核燃料,将它在可控自持裂变链式反应中产生的能量转变为电能的

发电厂称为核电厂(也称为核电站)。

2. 核电厂的类型

核电厂主要以反应堆的种类相区别,有压水堆核电厂、沸水堆核电厂、重水堆核电厂、石墨水冷堆核电厂、石墨气冷堆核电厂、高温气冷堆核电厂和快中子增殖堆核电厂等。目前大多数商业运行的核电厂是技术比较成熟、经济效益较好、安全可靠较高的压水堆核电厂。

加拿大研究制造的重水堆核电厂亦早已投入商业运行,其它核电厂尚未大力推广。

二、压水堆核电厂的基本组成及其发电基本原理

1. 压水堆核电厂的基本组成

压水堆核电厂由核岛、常规岛和电厂配套设施等组成。如图 1-2 所示。

(1)核岛

核岛是核电厂内与“核”有密切关系的部分,由核供汽系统(又称核蒸汽供应系统,是

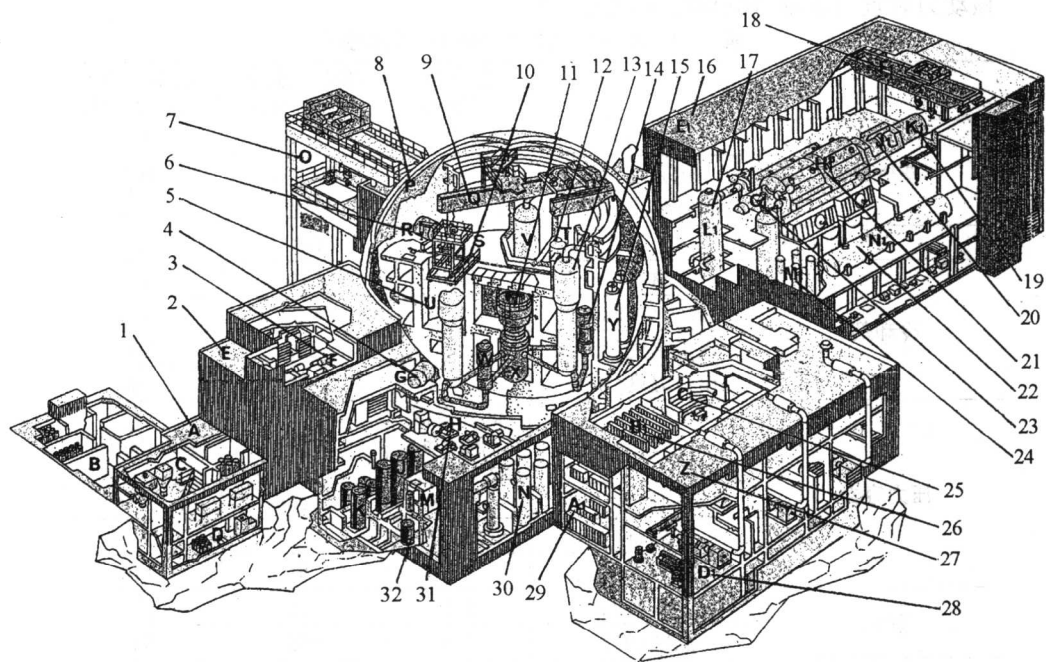


图 1-2 压水堆 1000MW 核电厂

- 1-放射性废物处理厂房;2-核辅助厂房;3-排风机;4-工艺运输气闸门;5-核燃料组件水池;
- 6-设备气闸门;7-龙门起重机桁架;8-安全壳;9-环形桥式起重机;10-装卸料机;
- 11-反应堆压力容器;12-稳压器;13-蒸汽发生器;14-反应堆冷却剂泵;15-安全注射箱;
- 16-汽轮发电机厂房;17-汽水分离再热器;18-桥式起重机;19-励磁机;20-发电机;
- 21-汽轮机低压缸;22-给水箱;23-汽轮机高压缸;24-高压加热器;25-控制室;26-仪表盘;
- 27-供电设备和应急备用厂房;28-紧急柴油发电机厂房;29-电气设备;30-冷却剂储存池;
- 31-负压压气系统;32-混合床过滤器

压水堆本体、反应堆冷却剂系统以及为支持反应堆冷却剂系统正常运行和保证反应堆安全并直接与反应堆冷却剂系统相连接的主要辅助系统的总称)及其厂房组成。核岛部分是核电站的核心,包括反应堆厂房、核辅助厂房和构筑物以及设置在其内的各条系统与机械设备。

(2)常规岛

常规岛主要包括汽轮发电机厂房及其构筑物和设置在其内的二回路系统与机械设 备。它与火电厂相似。

(3)核电站配套设施(BOP)

核电站配套设施是指核电站中除核岛和常规岛外的一切构筑物、设备和系统,如厂用 电系统和应急柴油发电机厂房就是其一。

(4)压力边界

压力边界是指在运行温度和压力条件下容纳反应堆冷却剂的边界。它同时用于封闭 放射性物质,使二回路和电厂其它部分的非控释放限制在容许值内。

压水堆核电站的厂房布置可从图 1-2 及其图注得到启示。图 1-2 展示了德国电站 联盟公司(KWU)的 1000MW 压水堆核电站的外貌。

2. 压水堆核动力发电的基本原理

过去,人们对核能发电感到非常神秘和恐怖,这是由于过去过于保密,对外宣传不够。 其实,利用核能发电是安全、可靠、清洁、经济的。利用核能发电,本身就是多项高新科学 技术成果的结晶。这里避开工程物理的高深理论,只从压水堆核电厂简化的工作流程来 简述其发电原理。压水堆核电厂简化的工作流程原理见图 1-3。

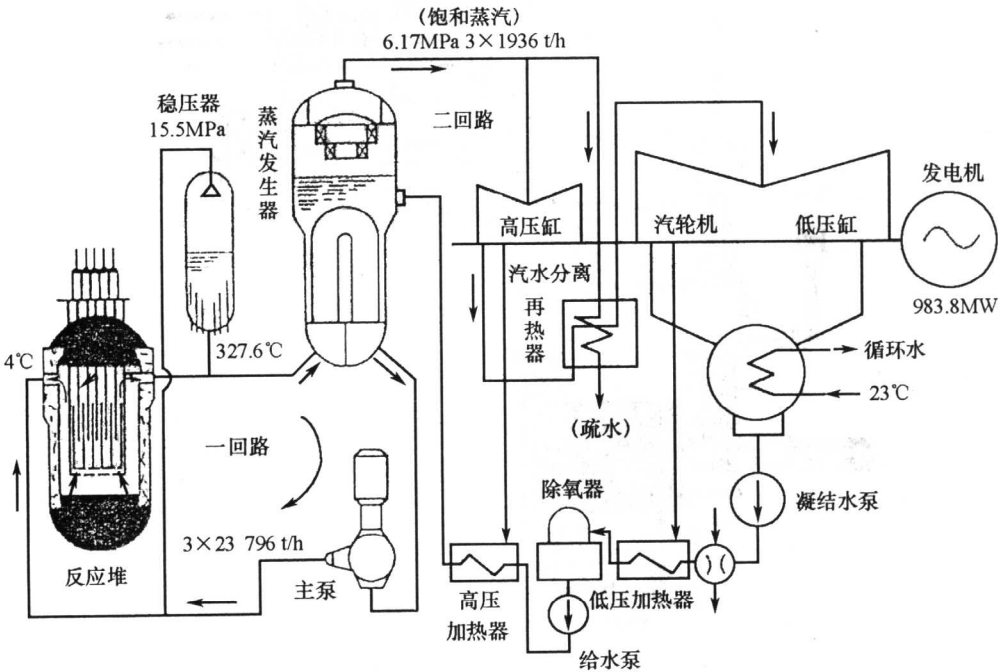


图 1-3 压水堆核电厂工作流程简图

从图 1-3 看出,压水堆核电厂工作流程主要由两大回路构成。核电厂的一回路是由反应堆、蒸汽发生器、主循环泵、稳压器和主管道为主体组成的。核燃料在反应堆内发生核裂变的链式反应,产生大量的热量传给冷却剂(水),由主泵把冷却剂从堆芯送到蒸汽发生器,冷却剂在蒸汽发生器的管束内放出热量后又被主泵排到反应堆,它在反应堆内重新加热后再送到蒸汽发生器中去。这样周而复始地形成闭式的循环回路,称为一回路。一回路冷却剂的热量通过蒸汽发生器传热管的管壁传给管外工质(水),使其预热、蒸发产生蒸汽,品质合格的蒸汽被送往汽轮机,推动汽轮机旋转,汽轮机再驱动发电机,从而使发电机发电。在汽轮机内做过功的蒸汽称为排汽。压力很低(一般为 0.005MPa 左右)的排汽进入凝汽器(又称冷凝器),凝汽器内有很多钛合金管,温度较低的循环水在钛合金管内流动。进入凝汽器的排汽通过钛合金管的管壁将热量传给循环水,而本身凝结为水,称为低压给水。低压给水经凝结水泵升压后进入低压加热器。低压加热器是用很多不锈钢钢管制成的,从汽轮机某一级后端抽出来的具有一定压力和温度的抽汽在低压加热器的钢管外流动。在钢管内流动的低压给水被蒸汽加热,温度升高后的低压给水经除氧器除氧后又被给水泵吸走,排入高压加热器,高压加热器将给水加热到需要温度后,使其再次进入蒸汽发生器,重新被加热汽化。这样周而复始地形成了二回路。一、二回路的工质不断运行,能量以核能 $\rightarrow$ 热能 $\rightarrow$ 机械能 $\rightarrow$ 电能的规律转换,这就是核电厂的一般工作原理。

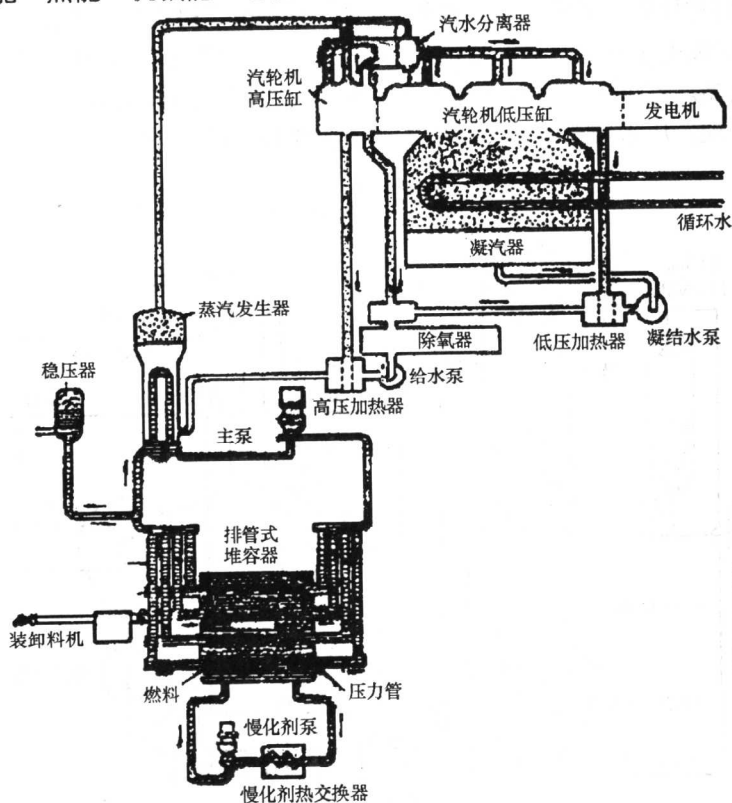


图 1-4 重水堆核电厂原理流程图

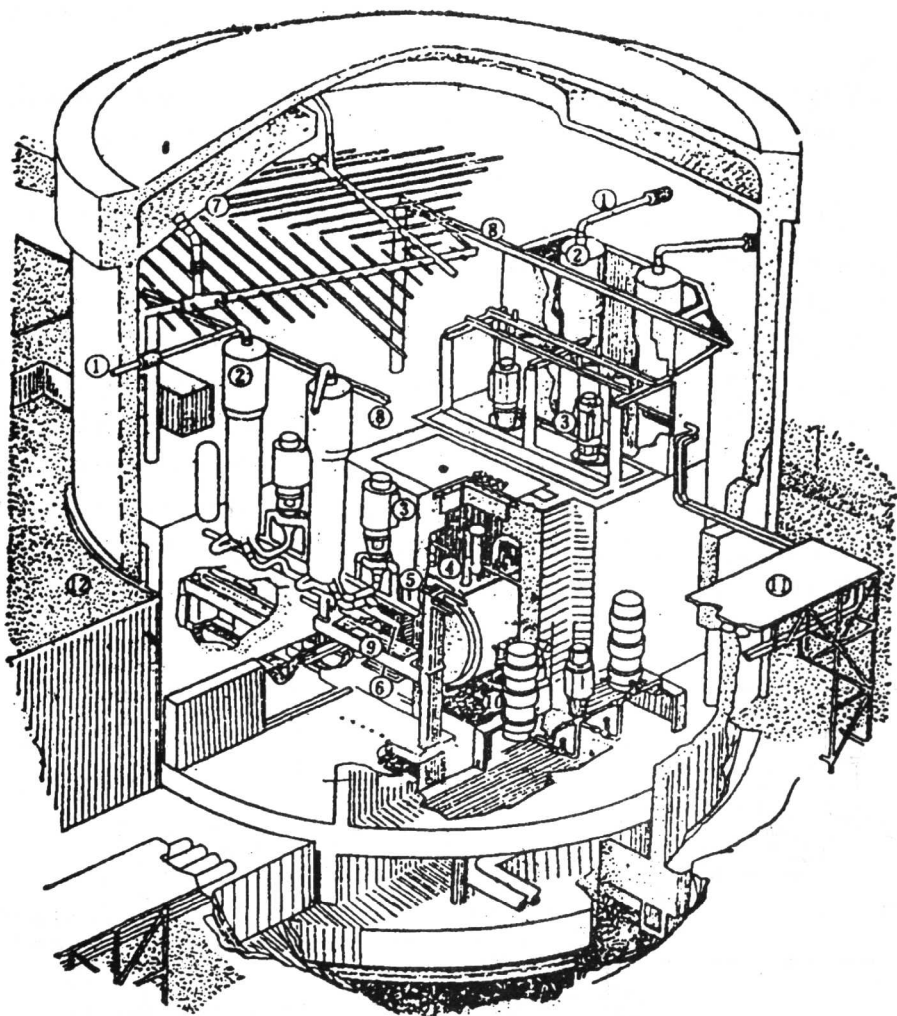


图 1-5 重水堆核电站的核岛

- 1 - 主蒸汽管; 2 - 蒸汽发生器; 3 - 主循环泵; 4 - 排管容器组件; 5 - 冷却剂进水管;
6 - 压力管组件; 7 - 喷淋水系统; 8 - 吊车轨道; 9 - 装卸料机; 10 - 慢化剂冷却系统;
11 - 管桥; 12 - 辅助厂房

在上述一回路中的核反应堆压力容器、蒸汽发生器、稳压器以及二回路中的凝汽器、汽水分离再热器、加热加压器、除氧器等属于设备,本专著不作详细论述,只在第六章中作概略介绍。

三、重水堆核电站

1. 重水堆核电站的工艺流程

我国秦山核电站三期工程建造了两座 $7 \times 10^5 \text{ kW}$ 重水堆核电机组。重水堆核电技术是从加拿大引进的。加拿大设计、建造和运行的核电站主要是坎杜(CANDU)型重水堆

核电厂。坎杜型重水堆核电厂的原理流程如图 1-4 所示。它也是由核岛和常规岛两大部分组成。

重水堆核电厂的核岛部分如图 1-5 所示。它的堆本体是一只卧式排管容器,核燃料组件是水平放置的。两台或一台卧式装卸料机布置在排管容器的两侧或一侧进行装卸料。

加拿大皮克灵重水堆核电厂较早建成。它的反应堆排管容器内有 390 根压力管,每根压力管内放 12 束燃料组件,每束组件有 28 根燃料棒。堆出口的冷却剂温度为 293°C ,压力为 9.0MPa ,经集流总管进入四组蒸汽发生器。一回路系统是两边对称的,见图 1-6。195 根压力管内的冷却剂是从堆的左侧进,右侧出;另外 195 根压力管内的冷却剂的流向相反,右进左出。整个一回路系统构成卧“8”字形环路。从蒸汽发生器出来的重水温度为 249°C ,再由 12 台主泵唧送入反应堆,流量为 $30\,000\text{m}^3/\text{h}$ 。一回路的管道是由不锈钢制成,冷却剂重水装载量约为 138t。慢化剂系统有 5 台慢化剂泵、2 台热交换器。慢化剂内耗为 90MW ,流量为 $3240\text{m}^3/\text{h}$,经热交换器循环,将热量传给冷却水。慢化剂的最高温度为 68°C ,覆盖氦气压力为 0.17MPa ,慢化剂的重水装载量约为 293 t。蒸汽发生器内产生的饱和蒸汽流入汽轮机做功,蒸汽压力约 4.2MPa ,流量为 $2930\text{m}^3/\text{h}$,排汽经冷凝后又作为给水,进入蒸汽发生器。如图 1-6 所示。

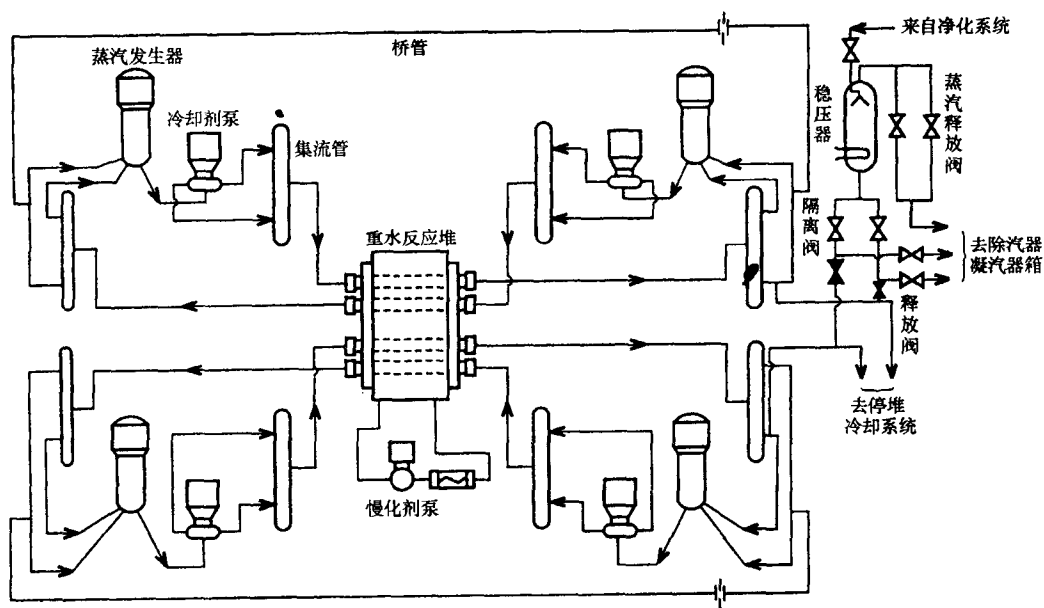


图 1-6 重水堆核电厂一回路系统流程图

反应堆及其核蒸汽供应系统的机械设备全部放置在半球形顶、圆柱形周身的钢筋混凝土安全壳内,以防止放射物质扩散到环境中去。安全壳的内径为 42.5m ,柱高为 35.5m ,壁厚为 1.12m 。

2. 重水堆核电厂的主要参数

重水堆核电厂的主要参数见表 1-2。

表 1-2 坎杜(CANDU)型加压重水动力堆核电厂参数表

	道格拉斯角	皮克林—A	布鲁斯—A	根蒂莱—2
电厂净输出功率(MW)	208	514 × 4	745 × 4	600
压力管数(根)	306	390	480	380
堆芯长度(cm)	500	594	594	594
燃料装载量(t)	41.5	92.3	114	95.8
燃耗(MW·d/t)	8400	8000	9600	7500
重水装载量(t)	179.5	403.69	568.1	467
反应堆入口温度(℃)	249	249	252(内区)/ 264(外区)	267
反应堆出口温度(℃)	293	293	299	312
主泵台数	10	16	4	4
蒸汽发生器台数	8	12	8	4
汽轮机	1 台	每座堆 1 台	每座堆 1 台	1 台
蒸汽温度(℃)	250(调节阀处)	250(蒸汽发生器处)	253	258
调节阀处压力(MPa)	4.05	4.02	4.13	4.54

第三节 核动力舰船概述

一、现代核动力舰船的基本情况

核动力舰船可分为两类:一类为民用核动力船舶。如核动力破冰船、核动力客货船和海洋考察特种船。这些船舶上的核动力装置与压水堆核电厂的核动力基本相似。另一类为军用核动力舰船,如巡洋舰、航空母舰、弹道导弹核潜艇、攻击型核潜艇等,它们的核动力装置与核电厂的核动力装置有所不同,待后介绍。

军用核动力舰船的品种很多,有航空母舰、巡洋舰、弹道导弹核潜艇、攻击型核潜艇等 4 大类,各类中有很多级,各级中又有很多种。下面介绍两种较典型的军舰,为学习核潜艇做准备。

1. 世界上最早的核动力航空母舰——美国“企业”号核动力航空母舰

美国“企业”号核动力航空母舰是世界上第一艘安装核动力装置的航空母舰,其外形见图 1-7。现已进行了现代化改装。它的核动力装置是由 8 座核反应堆、32 台蒸汽发生器、4 台蒸汽轮机、4 根传动轴组成。每两个反应堆配有 8 台蒸汽发生器,供给一台汽轮机,驱动一根轴,组成一个单元。总推进功率为 205 800kW,最大航速为 35kn。其反应堆首次装上核燃料后航行了 3 年,共 21 万 n mile(1 n mile = 1852m),第二次更换新燃料后能航行 10~13 年。

该舰满载排水量为 85 300t,长 342.38m,飞行甲板宽 76.88m,舰员编制 4600 名,续航力 400 000n mile,航速 20kn。该航空母舰可载各型飞机 90 架,装备有 3 座八联装的 GMISMK-29 北约“海麻雀”导弹发射装置,3MK-15“密集阵”近防武器系统,3 部 MK-91MOD1 导弹火控系统指挥仪。电子战设备包括 4MK-36 型 SRBOC6 管固定式诱饵

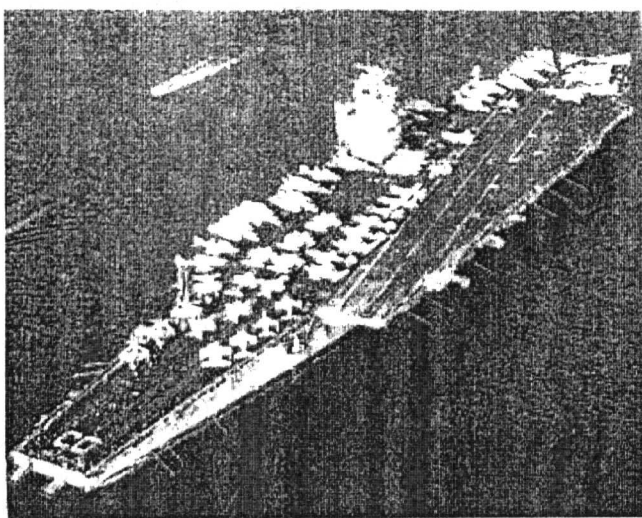


图 1-7 世界上第一艘核动力航空母舰

发射装置,SLQ-36“水精”水面舰艇鱼雷防御系统和 SLQ-32(V)4 型组合雷达预警、干扰和探测系统。

该航空母舰的岛式上层建筑可分为 7 层,其中第 1 层至第 5 层为高级军官舱、电子设备区和维护保养区,第 6 层为舰桥,第 7 层是观察平台和信号舰桥;飞行甲板下可分为 11 层,有 1000 多个舱室。最大的舱室是封闭式机库。

2. 携带导弹数量最多的核动力导弹巡洋舰——俄罗斯“基洛夫”级“伏龙芝”号核动力导弹巡洋舰

该舰长 248m,宽 28.5m,其满载排水量为 28 000t,航速 32kn,续航力 150 000n mile。人员编制 800 人。装备 3 架反潜直升机,有 509 具各种类型的导弹发射装置,携带各种导弹近 200 枚,另有 2 座鱼雷发射装置和 130mm 全自动火炮以及 3 座反潜火箭发射装置,人称“海上导弹库”。该舰于 1983 年服役。其外形见图 1-8。

二、核动力舰船的基本结构

1. 船体的基本结构

为了保证舰船具有一定的浮性,船体必须有可靠的水密性和足够的坚固性。现代舰船船体都采用钢材焊接结构。船体的基本结构如图 1-9 所示。

2. 核动力舰船舱室的基本组成

核动力舰船是特种核动力机器。它包括核反应堆和为产生动力推动舰船前进所必需的机械系统。典型的核动力舰船由主机舱、核反应堆舱、后货舱、辅机舱、辅助动力舱钢壳和推进轴系等组成,它们的布置如图 1-10 和图 1-11 所示。

3. 舰船的核动力回路系统

舰船的核动力回路系统与电厂的核动力回路系统大同小异。以前苏联第一艘核动力“列宁”号破冰船为代表,它的核动力装置由三套独立的压水堆核动力回路组成。其主要