

HEDIANZHAN

核电站

公众关心的**30**
个问题 ● 郭星渠 编



子能出版社

核 电 厂

公众关心的 30 个问题

郭星渠 编

原子能出版社

内 容 简 介

随着我国秦山及大亚湾核电站的兴建，核电站是什么，它是否经济和安全，它对环境的影响怎样，我国为什么要发展核电等，已成为广大读者十分关心的问题。本书就上述公众最为关心的问题，作出了深入浅出的全面回答。本书适合广大干部、科技人员、工人、农民和大中学校师生阅读。

核电站

公众关心的 30 个问题

郭星渠 编

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

地质出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本 787×1092 1/36 · 印张 2.25 · 字数 37 千字

1992 年 4 月北京第一版·1992 年 4 月北京第一次印刷

印数 1--8000

ISBN7-5022-0616-7

TL·364 定价：1.75 元

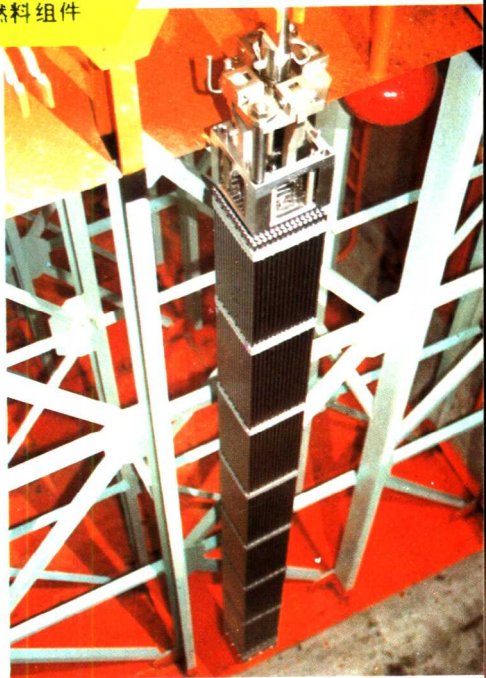


秦山核电站全景

大亚湾核电站全景



反应堆用燃料组件



秦山核电站蒸汽发生器在吊装中

前 言

我国自行设计和建造的秦山核电站，即将在浙江建成。1993年和1994年，在广东大亚湾，又将有两座更大规模的发电反应堆相继投产。这在我国核能利用的道路上将是一个新的里程碑。今后我国还将建设更多的核电站。核电对于改善我国能源结构，减少环境污染，缓解交通运输紧张状态，将发挥越来越大的作用。到下世纪，核电站将逐渐成为我国，特别是缺乏常规能源的东部沿海地区能源建设的重要支柱。

核电建设这一新鲜事物，正引起我国广大干部、科技人员、工人、农民、大中院校师生及新闻宣传部门人士越来越大的关注。核电站是什么，它是否安全和经济，它对环境的影响怎样，我国为什么要发展核电，怎样发展核电，这些正是我国广大读者十分关心的问题。

本书对公众关心的30个问题作了深入浅出的回答。它可以帮助读者对我国核电事业，有一个全面、正确的了解。我们也希望通过这本书，有更多的人，关心并参加到我国核电建设的事业中来。

目 录

前言.....	(1)
---------	-----

核电站是什么

1. 我国建设的是什么样的核电站?	(2)
2. 我国为什么要选择压水堆?	(4)
3. 核电站的燃料是什么?	(5)
4. 为什么核电站的功率都很大?	(7)
5. 核电站怎么控制?	(9)
6. 核电站会不会爆炸?	(10)
7. 核电站怎样发电?	(11)
8. 核电站里的放射性会不会跑出来?	(13)
9. 为什么有人赞成有人反对核电站?	(15)

核电站的安全性

10. 核电站的事故是怎么产生的?	(17)
11. 为什么压水堆不会出切尔诺贝利事故?	(19)
12. 为什么核电站的事故是可以避免的?	(21)

13. 能不能有不出事故的反应堆? (25)

核电与环境

14. 有人说火电厂的放射性比核电站大, 对吗?
..... (27)
15. 核电站会致癌、影响生育吗? (31)
16. 核电站的废物如何处置? (33)
17. 为什么核电站能改善环境? (35)
18. 为什么发展核电能缓解温室效应? ... (38)

核电的经济性

19. 为什么核电站投资大? (40)
20. 核电站在经济上的主要优点是什么?
..... (42)
21. 怎样才能降低核电成本? (43)

为什么发展核电

22. 我国煤多, 为什么还要发展核电? ... (46)
23. 我国水能资源丰富, 为什么还要发展核电?
..... (48)
24. 能不能用新能源取代核能? (49)
25. 核电在世界上有前途吗? (51)

怎样发展核电

26. 为什么开发核能要以核电为主? (54)
27. 我国铀资源够吗? (56)

28. 为什么要实现核电国产化、标准化和系列化?
..... (57)
29. 什么地方适合建核电站? (59)
30. 我国核电发展的前景如何? (61)

核电站是什么

1. 我国建设的是什么样的核电站？

我国正在建设的秦山和大亚湾核电厂都是压水反应堆核电站。

现在世界上的核电站，大多根据反应堆所使用的慢化剂和冷却剂来分类。慢化剂的作用，是将铀-235 裂变产生的快中子的速度减慢，以便增加中子引发铀-235 原子核裂变的几率。冷却剂的作用有二：一是将核燃料裂变产生的热量带出反应堆外加以利用；二是冷却核燃料，使它的温度保持在允许的范围以内。

压水反应堆是轻水反应堆的一种。轻水就是普通水。在轻水反应堆中，使用净化的普通水作为慢化剂和冷却剂。如果水在堆内不沸腾，则称为加压水冷反应堆，简称压水堆。如果水在堆内沸腾，则称为沸水堆。

压水堆有一个直径为 3~4 米、厚约 0.2 米、高约 13 米的钢压力容器。压力容器内的压力为 15 兆帕以上。在这么大的压力下，300℃ 的冷却水不会沸腾，它流过由核燃料组成的堆芯后，将裂变产生的热带出堆外，在蒸汽发生器里加热另一

侧的水，产生蒸汽，利用蒸汽推动汽轮发电机发电。

如果利用氢的重同位素氘组成的重水作为反应堆的冷却剂和慢化剂，则称重水堆。但也有个别重水堆用普通水作为冷却剂，重水作为慢化剂。

无论轻水堆（它包括压水堆和沸水堆）或重水堆，都是水冷堆。还有一种水冷堆叫石墨水冷堆。它以石墨为慢化剂，轻水为冷却剂。1954年，苏联建成的世界上第一座核电站就是这种堆，它是由生产核武器装料用的军用堆发展而来的。后来为了提高能源转换效率，降低发电成本，让冷却水在堆内沸腾，用来直接生产蒸汽，推动汽轮机发电。这就成了石墨沸水堆。切尔诺贝利核电站就是石墨沸水堆。世界上只有苏联才有这类核电厂。

除水冷堆外，还有气冷堆。气冷堆以气体为冷却剂，石墨为慢化剂。目前的气冷堆大多以二氧化碳气体为冷却剂。由于这种堆从70年代以来就已停止继续兴建，到下世纪最初几年，就将全部退役。现在正在建造和打算建造的气冷堆，是用氦气冷却。氦气出口温度可达800℃以上，所以又叫高温气冷堆。

从上面可以看出，压水堆就是以高压水为冷却剂和慢化剂的反应堆。它是目前反应堆家族中最有代表性的一员。

2. 我国为什么要选择压水堆？

世界上核电站堆型虽多，但以压水堆为主。

反应堆是从军用基础上发展起来的。目前，世界上的核潜艇和核航空母舰上用的反应堆，几乎都是压水堆。这些堆的功率虽然不大，但总数比核电站多，有 500 多座。在全世界的核电站中，压水堆的总功率即装机容量占 70%。

一种反应堆代表一个工业体系。为减少投资，实现国产化，我国在核电起步阶段，只应选择一种堆型。我国采用压水堆主要有以下几个原因：

(1) 压水堆的投资低 这是由于压水堆使用普通水作为慢化剂。普通水的慢化能力强，使压水堆结构紧凑，体积小。因而在各类反应堆中，如果功率相同，那么它的基建成本最低。

(2) 压水堆技术上最成熟 从发明蒸汽机开始工业革命以来，人类就已积累了大量的使用水作为传热介质的经验。与水有关的循环泵、热交换器、阀门和管道系统最为成熟。围绕核潜艇的研制，有关国家又对压水堆开展了大量的研究。核电站诞生以后，人们在压水堆上积累的经验最多。压水堆是目前世界上运用最广，技术上最成熟的反应堆。

(3) 压水堆安全 它不易出事故，即使出了事故，对环境的影响不大。这点在后面讨论反应堆安全时，还将进一步介绍。

(4) 我国已初步具备建设压水堆的工业技术基础

1956 年我国开始兴建第一座供科学研究用的反应堆。1971 年 9 月，完全由我国自己设计和建造的第一艘核潜艇安全顺利下水，标志着我国已掌握反应堆，特别是压水堆的设计、建造和运行技术。与此同时，我国也具备了压水堆设备和核燃料的制造能力。

由于上述原因，我国正在建造和准备建造的核电站，都是压水堆核电站。压水堆是我国现在及今后一段时期内核电发展的方向。

3. 核电站的燃料是什么？

现在的核电站，使用铀-235 作为核燃料。自然界中的铀称为天然铀，它主要由铀-238 和铀-235 两种同位素组成：铀-238 占 99.3%，不易裂变；铀-235 占 0.7%，易裂变。铀-235 是自然界中唯一存在的核燃料。

铀-235 在没有外界作用的条件下，也能产生微量裂变。称为自发裂变。但在大多数情况下，只能在吸收中子后发生诱发裂变。在诱发裂变中，每个铀-235 原子核要吸收一个中子，并在裂变后放出 2~3 个中子，平均为 2.43 个中子。裂变后放出的中子比裂变前吸收的多。

如果每次裂变后放出的 2~3 个中子，除泄漏以及被别的元素吸收外，还至少有一个中子可以击中另一个铀-235 原子核，并使之裂变，则这种

裂变过程就可以一代一代地维持下去。我们称这种过程为链式反应。煤的燃烧也是一种链式反应：一个煤分子燃烧后放出的热，除散失外，还足以引起另一个煤分子燃烧。

煤主要由碳元素组成。一个碳原子燃烧时与两个氧原子结合生成二氧化碳分子，并放出热量。但一个碳原子燃烧生成二氧化碳放出的热量，只有一个铀-235 原子核裂变放出的能量的 4878 万分之一。因此一克铀-235 全部裂变发出的热量，等于燃烧 2.8 吨标准煤所放出的热量。

在重水堆中，由于重水吸收中子少，使用天然铀就可维持链式反应。在压水堆中，由于使用普通水作为冷却剂和慢化剂，而普通水吸收中子较多，因此使用天然铀就无法实现链式反应。在浓缩铀厂，可将铀-235 的含量，由天然铀的 0.7% 提高到 3%，甚至 90% 以上。这种铀-235 含量高于 0.7% 的铀称为浓缩铀。压水堆就是使用铀-235 含量为 3% 左右的浓缩铀为核燃料的。

如果把煤炉用的蜂窝煤及煤球看作是一种燃料，那么压水堆的燃料则要复杂得多。铀是一种金属。压水堆使用的是柱体二氧化铀陶瓷块，每块直径 8 毫米、高 13 毫米，称为燃料芯块。这些燃料芯块一块一块地重叠着放在金属锆制成的包壳管内，两端用锆端塞焊接密封，成为长约 4 米的燃料棒。这些燃料棒按正方形排列成方柱状燃料组件。燃料组件一个挨一个地排列组成反应堆

的堆芯。在控制棒的控制下，核燃料堆芯按所要求的功率维持着稳定规模的裂变。

和煤不同的是，核燃料装入反应堆后，一般要在反应堆内使用3年。3年后，由于燃料组件外形有些变化，而且铀-235已大量消耗，显得“疲乏无力”，就要卸出反应堆。这种需卸出的核燃料称为乏燃料。压水堆每年卸料1/3，并装入同样数量的新的燃料组件。

4. 为什么核电站的功率都很大？

世界上第一座核电站的电功率只0.5万千瓦，是试验性的。目前，核电站的功率大都在100万千瓦左右。

一座核电站或核电厂，可以安装几座反应堆。每座反应堆连同它的发电系统，称为一套机组。因此，一座核电站或核电厂，可以有几套机组（不过人们有时习惯于将机组也称为核电厂）。

我国第一座核电站——秦山一号机组，电功率为30万千瓦。广东大亚湾核电厂，1993年和1994年，每年有一套电功率为90万千瓦的压水堆机组投产。一座90万千瓦的核电站，可以满足几百万城市人口的用电需要，可见它的规模是相当大的。

目前，世界上最大的核电机组电功率为145万千瓦；最大的核电厂电功率为600多万千瓦，它有几座大的核反应堆，是一座核电城。预计到下一

世纪，将出现 200 多万千瓦的核电机组，以及 1000 多万千瓦的核电厂。由此可见，和火电厂相比，核电厂的规模更大。

我们知道很少一点煤就可以点燃，发生剧烈的氧化链式反应。而核燃料则不同，要产生裂变链式反应，一座核反应堆需要成吨的铀-235 核燃料。加上核反应堆的安全和防护要求严格使得它的经济规模宏大。

一家一户的小煤炉可以是经济的，几万千瓦的火电厂也可以是经济的。而核电反应堆，一般要 60 万千瓦或更大规模才能认为是经济的。而且在一个核电厂内，安装几套机组可以共用各种辅助设施，组织一套土建、安装、调试、运行和检修队伍，可以节省基建费和运行维修费。因此在一个核电厂内，应该至少安排两座反应堆才经济和合理。

当然核电站不是越大越好。这一方面受到设备的制造和运输能力的制约，另一方面受到电网的制约。就核电反应堆来说，它的电功率不应大于电网总的装机容量（即电网各发电厂的总功率）的 5%~10%，以减少停堆时电网功率的波动。

我国发电厂的装机容量即发电功率，习惯用万千瓦表示；正式单位用兆瓦（MW），即百万瓦表示。10 兆瓦为 1 万千瓦。由于发电反应堆热能转化为电能的效率为 33% 左右，所以一座核电站

的热功率为它的电功率的三倍。人们说到核电站的功率时，通常指的是电功率。

5. 核电站怎么控制？

在煤的燃烧过程中碳与氧结合生成二氧化碳，没有氧气就不可能燃烧。因此，可以通过控制通风量，也就是氧气的供应量的办法，来控制煤的燃烧。

而铀-235 原子核的裂变，是通过中子轰击造成的。没有中子的轰击，就不可能有大量原子核的裂变。因此，可以通过调节中子的数量来达到调节原子核裂变反应的规模，即达到调节反应堆的功率的目的。

调节中子的数量，是通过移动控制棒来实现的。控制棒由镉或碳化硼等易吸收中子的材料制成，一般垂直放置，可上下运动。如果将控制棒插入反应堆的核燃料内，则吸收的中子多，裂变反应的规模就越来越小，反应堆功率下降；如果将控制棒抽出反应堆，则吸收的中子少，裂变反应的规模就越来越大，反应堆功率上升。当反应堆的功率上升到所要求的程度时，再适当插入控制棒，使吸收中子的数目适中，以便每次裂变后还剩下一个中子，可以击中另一个铀-235 原子核。这样一来，裂变反应的规模就会一代一代地维持下去，从而使反应堆保持稳定的功率。总而言之，控制棒是调节反应堆平衡状态的砝码。