图书在版编目（悄源）数据

现代文明的动力：热能动力工程/倪维斗等编著.—济南：山东科学技术出版社，圆园园源
（圆员世纪学科发展丛书）
陨杂月晕 苑原影藻藻原圆园园源缘
Ⅰ.圆现… Ⅱ.圆倪… Ⅲ.圆热力发电 原概况 原中国
Ⅳ.圆悄员远.员

中国版本图书馆 悄陨杂数据核字（圆园园源）第 员园园远园员号

圆员世纪学科发展丛书·热能动力工程

丛书主编　周光召

现代文明的动力

倪维斗　焦树建　赵士杭　陈宾墨　编著

出 版 者：山东科学技术出版社
（济南市玉函路 员远号）
邮　　编：
电　　话：（
网　　址：
发 行 者：山东省新华书店
印 刷 者：山东新华印刷厂临沂厂
版　　次：　年 源月第 员版第 员次印刷
印　　数：
规　　格：　开本
印　　张：
插　　页：源
字　　数：　千
陨杂月晕 苑原影藻藻原圆园园源缘 苑
定　　价：　元

（如印装质量有问题，请与印刷厂联系调换）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

本书编委会

主　任　翁史烈
副主任　吕兆璧
委　员　倪维斗　岑可法　翁思成

前　言

由中国科协的组织安排，中国动力工程学会聘请倪维斗、焦树建、赵士杭、陈宾墨四同志撰写一本有关热能动力工程的科普书。

我们几十年来从事动力机械和发电设备方面的设计、生产、使用、教学、科研工作，深感编写这本书的重要性，所以，虽然每个人手头工作繁忙，仍然欣然从命。

我们的殷切希望是：通过这本书，使年青同志了解：我们不能是一个“盲目”的用能者，不能无节制地向大自然索取，任何用能（或用电）是要付出代价的。要建立与大自然协调的概念，把我国有限的资源最高效、最经济、环境最友好地应用起来。我们希望，每个人要做一个“自觉的”用能（或用电）者，知道我国热动力工程的过去，了解现在，展望将来，同时也知道我国每个公民用能（或用电）时所负有的历史责任。

本书的题目是《现代文明的动力》，其出发点是：人类社会的进步、文明的积累和提升，就是要通过自己的智慧和创造，利用自然界的资源，不断“延伸”自己的双手，使之更为“有力”，更为“强大”，这就是今天的动力工程。有

前言

了它，才有了今天的繁荣与进步。没有动力就没有目前我们的现代文明，也不可能有将来社会的进一步发展。

因此，这本书的写法是：第一章中用相当大的篇幅叙述我国能源的概况和特点，这也是一个国情介绍，因为科普教育，不仅是新技术的描述，更重要的是要使每个中国青年对国情有较深入的了解。第二章我国发电设备的历史沿革，使年青同志对我国的动力事业的历史有一个概貌性的认识。第三章、第四章是本书主要内容。第三章叙述了高效低污染发电技术，不仅是原理介绍，而且提出了发展趋势和存在问题，力争全面一些。第四章阐述了面向21世纪可持续发展的能源系统，其中有关多联产能源系统是作者的一些观点，供读者讨论。第三、四章的内容很难明确划分，只是从不同角度介绍了近期、中期、远期发电的新技术。当然，从能源和发电来看，有很多内容（尤其是各种各样的可再生能源发电）没有包括进去，但是我们认为，对有一定份额和较大潜力的发电方式在本书中都有一定反映。

本书第一章，第三章第八、第十两节以及第四章由倪维斗同志撰写。第二章由陈宾墨同志撰写。第三章第一、第二、第五、第六、第七和第九节由焦树建同志撰写，第三章第三、第四两节由赵士杭同志撰写。这些章节虽有一定内在联系，但均可单独阅读，读者可根据自己的需要选读其中的内容。

由于本书涉及内容较广，编写时间又比较仓促，错误及观点不全面之处在所难免，敬请专家、学者和读者指正。

清华大学　倪维斗　焦树建　赵士杭

原机械部电工局　陈宾墨

1998年3月20日于北京

21世纪学科发展丛书

目 录

绪论…… 员

第一章 我国能源及其利用现状…… 怨

第一节 全世界的能源资源分布 …… 员园

第二节 我国能源利用概况 …… 员园

一、缘起年来成绩巨大…… 员园

二、能源家底薄,供需矛盾突出 …… 员源

第三节 我国能源利用前景 …… 园园

一、我国能源利用前景展望 …… 园园

二、我国能源利用发展特点 …… 园源

第二章 我国发电设备历史沿革 …… 猿园

第一节 我国发电设备的现状 …… 猿源

一、煤电设备发展状况 …… 猿缘

二、水电设备发展状况 …… 猿苑

三、核电设备发展状况 …… 猿愿

四、风力发电设备的开发 …… 源园

第二节 我国发电设备发展历史 …… 源园

一、一穷二白的家底(员怨缘园~员怨缘怨年) …… 源园

二、白手起家,艰苦创业(员怨缘怨~员怨苑怨年)…… 源猿

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目录

三、向大容量、高参数机组发展(300MW、600MW等) …… 1
四、更新换代上等级、上水平,努力赶上世界水平
(300MW、600MW) …… 3
第三节 骄人的成绩,历史的责任 …… 4
一、多次获得国家科技进步奖 …… 4
二、双水内冷汽轮发电机——国际首创 …… 5
三、引进机组的改进与优化 …… 6
四、1米长末级叶片——世界水平的标志 …… 7
五、进入国际市场 …… 8
第三章 高效低污染发电技术 …… 9
第一节 高参数汽轮发电机组 …… 9
一、蒸汽轮机发电设备的基本热力循环 …… 9
二、提高汽轮发电机组热效率的措施 …… 10
三、我国亚临界参数汽轮发电机组的热力循环系统
…… 12
四、开发超临界参数汽轮发电机组势在必行 …… 13
五、开发超临界汽轮发电机组的关键技术 …… 14
六、常规煤粉锅炉减少污染排放的措施 …… 15
第二节 流化床燃烧技术 …… 16
一、循环流化床锅炉的原则性方案 …… 16
二、发展现状与趋势 …… 17
三、开发大型循环流化床锅炉的技术难点 …… 18
第三节 燃气轮机 …… 19
一、燃气轮机及其与汽轮机的比较 …… 19
二、燃气轮机发展趋势 …… 20
三、中国发展燃气轮机的途径 …… 21
第四节 燃气—蒸汽联合循环 …… 21
一、燃气—蒸汽联合循环具有高效率 …… 21
二、燃气—蒸汽联合循环的原则方案及其特点 …… 21

三、国外燃气—蒸汽联合循环的发展 …… 第一节
四、高性能、大功率、低污染燃气轮机的研制与发展 …… 第一节
五、燃气轮机排气热能利用的重要设备——余热锅炉 …… 第一节
第五节 整体煤气化燃气—蒸汽联合循环 …… 第一节
一、原则方案及其主要的组成部分 …… 第一节
二、[illegible]方案的优缺点 …… 第一节
三、[illegible]的发展现状与趋势 …… 第二节
四、世界[illegible]发展的现实水平 …… 第二节
五、发展[illegible]的关键技术 …… 第二节
第六节 增压流化床燃气—蒸汽联合循环 …… 第二节
一、第一代[illegible]的原则方案 …… 第二节
二、第二代[illegible]的原则方案 …… 第二节
三、[illegible]的优缺点 …… 第二节
四、[illegible]的发展现状与趋势 …… 第二节
五、发展[illegible]的关键技术 …… 第二节
六、[illegible]与[illegible]技术特性的比较 …… 第二节
第七节 其他形式的联合循环 …… 第二节
一、程氏双流体联合循环 …… 第二节
二、湿空气透平联合循环 …… 第二节
三、卡林娜循环 …… 第二节
第八节 核电发展方兴未艾 …… 第二节
一、为什么要发展核能发电 …… 第二节
二、核电站工作的原理 …… 第二节
三、世界和我国核电站的现状和预测 …… 第二节
四、核电的一些争议和问题 …… 第二节
第九节 能的品位分级与合理使用 …… 第二节
一、能的品位 …… 第二节

目录

二、能的梯级利用与联产技术 …… 圆缘
三、以蒸汽轮机为核心的热电联产 …… 圆愿
四、以燃气轮机为核心的热电联产 …… 圆怨
五、能源有效利用的新趋势——分布式的热电冷联产技术 …… 圆苑
六、热电联产的经济性指标 …… 圆园
第十节 燃料电池——一种直接从化学能变为电能的新型发电动力装置 …… 圆园
一、燃料电池的工作原理与优点 …… 圆园
二、几种燃料电池及其对比 …… 圆苑
三、燃料电池的前景 …… 圆远
第四章 面向21世纪可持续发展的发电系统 …… 圆愿
第一节 清洁可再生能源的利用 …… 圆园
一、得天独厚的水力发电资源 …… 圆员
二、有待大力开发的风力发电资源 …… 圆愿
三、炽热的阳光——取之不尽的能量 …… 圆园
四、生物质能的现代化利用——变废为宝 …… 圆苑
第二节 以氧吹煤气化为核心的多联产战略 …… 猿缘
一、多联产系统的提出 …… 猿缘
二、一些环境友好的能源系统分析 …… 猿愿
三、以煤氧吹气化为核心的多联产系统 …… 猿愿
四、多联产系统的优越性 …… 猿员
五、多联产系统与纯发电、供热的比较 …… 猿苑
六、多联产系统的经济和环境效益分析 …… 猿怨
七、多联产系统的关键所在 …… 猿园
第三节 氢能系统——零排放 …… 猿园
一、氢能系统应用的驱动力 …… 猿园
二、氢气的大规模制备 …… 猿愿

三、氢的储存和运输 …… 猿援苑
四、氢气的应用 …… 猿援愿

目录

绪　论

一、能源是人类社会发展的动力

人类发展的历史长河中，除远古时期人类茹毛饮血以外，每一个发展都离不开能源。从钻木取火（是我们老祖宗对生物质能的利用，使人类进入熟食）、简单水力机械、蒸汽机（引起人类工业革命）到目前的遍布全世界的电力系统……社会发展每一阶段上的每一个飞跃都与人类对能源利用的广度和深度密切相关。能源是人类文明生活的必须和源泉：

- 人类生活水平的提高——电视机、音响设备、冰箱、洗衣机……都是用电来驱动的；
- 现代农业的发展——机械化耕作，人工气候的形成，酷热夏季的空调，化肥的生产……哪样都需要能源和电力；
- 人类改造自然力量的扩大——试想三峡水利枢纽工程的建设能没有强大的动力供应吗？
- 各种交通工具的广泛应用——全世界数以亿计的汽车、高速铁路网络、遍布全世界的飞机航线……都以

能源为动力；

- 全世界通信的迅速发展——电话、传真、计算机网络、移动电话网络、电视及各种信息网络……有哪个能不用电？
- 保卫国家安全的军事实力的增强——现代化主战坦克，装甲运兵车，移动火炮，武装直升机，短程、中程、远程导弹，各种各样的航空器及其发射的大功率宇宙火箭，……都是能源利用的各种形式。
- ……

这个单子可以不断地写下去，由此可以充分说明能源（尤其是电力）与人类文明进步的关系。能源与整个世界、与每一个国家，进而与每一个人休戚相关。

可惜的是，能源以及相应的电力不是白白给利用的。近半个世纪以来，人们逐渐深刻的意识到，人类在满足社会发展和生活水平提高的同时，伴随着能源以及相应的电力的越来越大规模的利用，所排放出来的污染物（烟尘，二氧化碳 CO_2，二氧化硫 SO_2，氧化氮 NO_x，碳氢化合物 C_xH_y，各种各样的有毒金属化合物，各种各样的废水、废渣，等等）正在急剧地破坏地球的生态平衡，破坏人们本身的生存环境。如果能源利用还是以这种模式和速度进行下去，最后地球将毁灭在人类自己的手中。因为能源和电力已紧密地与环境联系在一起，所以能源与环境问题已成为全世界关注的热点，它已不是一个地区、一个国家的区域性问题，而是一个全球性问题。全世界都在讨论、在研究、在摸索、在探讨能源与环境的可持续发展，近几年来，数以百计的国际性政府首脑大会、国际讨论会，都是围绕这个问题进行的。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二、能源的战略地位

(一)能源问题是每个国家经济发展和社会进步的重要物质基础

能源和与之相应的环境问题是我国可持续发展的瓶颈和严重的制约。譬如说,我国人均能源的消耗水平只有先进国家的[illegible]若要达到目前先进国家水平,能源从哪里来?我国能源是以煤为主,那么若燃烧比目前多好几倍的煤,环境问题如何解决?我国生产发展、人民生活水平提高的一个标志是小汽车进入家庭,据预测,汽车的保有量要比目前增加[illegible]倍,而我国石油储量有限,汽车用的汽油、柴油从哪里来?我国电力人均装机容量是[illegible]千瓦,若要达到富裕小康水平或是中等发达国家水平,至少人均[illegible]千瓦,即为目前全国发电装机容量的[illegible]倍,是用火电、水电,还是核电,资金从哪里来,环境承受能力如何?……这些都是国民经济发展所必须明确回答的问题,是经济发展必要的物质基础,不然的话,"小康"、"先进",又从何谈起?

(二)能源问题是全球经济和国际政治的第一大问题

国际政治问题归根到底是经济问题,由于能源问题对每一个国家经济发展和社会进步的重要性,从而很多国际争端甚至战争都是为了争夺能源资源,一个地区的政治是否稳定亦与能源有关。表[illegible]是[illegible]年全世界能源进口、出口的按前[illegible]名排列的国家,若仔细分析一下就可以看出目前世界上很多国际纠纷的'根子'和很多国家在联合国中的态度都与此有关。几年前的海湾战争以及美国坚持对伊拉克制裁就和中东石油密切相关,因为中东是世界发达国家石油的主要来源。科威特被伊拉克占领为什么引起西方国家十分协调一致的动作?本质

表 园原员 全世界能源进出口按前 员园名排列的国家 （伊员园亿吨）

国家	出口	国家	进口(净)
沙特阿拉伯	缘源员员	美国	远员园园
俄罗斯	源源员苑	日本	缘员园员
挪威	圆园员员	德国	圆员苑苑
委内瑞拉	员员园员	意大利	员员缘缘
伊朗	员员缘缘	韩国	员员园园
加拿大	员员园员	法国	员员员员
阿联酋	员员源源	乌克兰	员员员员
科威特	员员园园	西班牙	员员苑苑
澳大利亚	员员园愿	英国	园员园员
阿尔及利亚	员员员愿	印度	园员源源

问题也是能源。近几年来里海发现大量石油资源，全世界都在开展或明或暗的斗争，举例说，里海石油通过哪条管线引出来就有不少争议，向南通过伊朗出海比较方便，向西一定要通过俄罗斯，对美国来说，当然不愿受制于俄罗斯，宁愿通过伊朗，这样美国对伊朗的态度和关系就起了微妙的变化。日本每年要进口大量能源，从而就决定了它在国际舞台上的态度总的来说比较温和，这很大程度上取决于它的能源问题。我国石油资源相对比较贫乏，需求却快速增长，员怨怨苑年已进口石油 源员园园万吨，据预测，圆园园缘年将进口 怨员园园万吨，圆园员园年进口 员员亿吨。为满足将来的需求，除在本国加紧勘探、生产外，现已开始购买、租赁国外的油田，如委内瑞拉、伊朗、哈萨克斯坦等国。毫无疑问，我国在国际上对这些国家的关系上将打上这个因素的‘烙印’……

猿．能源问题是环境外交新时代的重要领域

为了保护人类共同生存的地球，环境问题是当前外

交的热点。近十年来召开了多次世界性的元首级大会，缔结了一系列公约来防止全球环境的恶化，如保护地球臭氧层的蒙特利尔公约，[illegible]年在京都召开会议讨论全球逐渐减少二氧化碳的排放，以抑制全球变暖和相应的世界局部地区气候突变形成巨大灾害。在这个问题上发达国家和发展中国家之间有尖锐的矛盾。发达国家要求全世界一起减排，而发展中国家由于发展历史阶段不同，近几十年还要大幅度增加二氧化碳的排放量，不能做减排的承诺。回顾[illegible]多年的历史，发达国家已排放了大量二氧化碳引起全球变暖，过去全球二氧化碳浓度的升高，主要是发达国家的“罪过”，现在要求共同减排是不公平的。另外，发展中国家的人均排放量远远低于发达国家的人均量，在某种意义上说，人权问题含有每个人都有排放一定量二氧化碳的权利。总之，由于环境全球化的趋势，以能源为核心的环境外交是当今世界的一个很大的特点。反过来说，如果我国在“能源—环境”问题日趋严重、敏感的情况下，一味强调二氧化碳的人均排放量，而不在提高能源利用效率，调整产品结构，降低单位国民生产总值(即[illegible]的能耗强度上下大功夫，不仅对我国在世界上的国际形象有很大损害，对我国自身的经济、社会发展亦将带来不可挽回的损失。

表[illegible]是全世界[illegible]年主要国家二氧化碳排放量的对比，从表中可以看出，我国二氧化碳的总排放量已占全世界第二位，仅次于美国，是[illegible]亿吨[illegible]年，占全世界排放总量的[illegible]。人均排放量由于我国人口多，目前是[illegible]吨[illegible]人·年)，但也已逐渐接近世界的平均水平〔约[illegible]吨[illegible]人·年)〕。目前这个量还以相当高的速度增加，在这个问题上，如我国不作出极大努力，将会受到国际上越来越大的压力，受到谴责。

表 园原圆　　员怨怨缘年全球二氧化碳排放量对比

国家或（地区）	排放总量（伊员园源吨）	人口（伊员园源）	人均排放量（吨·辕人）	占排放总量的比例（豫）
美国	缘员猿愿怨	圆园怨猿愿园	员怨愿愿愿	圆员猿园
中国	猿员圆猿园	员猿园员圆猿源	圆猿愿员	员猿园
俄罗斯	员缘猿愿源	员源愿猿圆园	员园圆猿源	苑园
日本	员园圆猿员	员园缘猿苑园	怨猿猿苑	缘园
德国	愿圆猿源	愿园猿员园	员园圆园袁	源园
印度	愿圆猿袁	怨圆怨猿员园	园猿愿园	猿员园
英国	缘猿圆缘	缘圆猿员员	怨猿猿源	圆员园
加拿大	源猿圆员	圆怨猿圆员	员缘猿圆园	圆猿员
乌克兰	源猿圆员	缘园猿缘缘	愿猿圆缘	圆圆园
意大利	源猿圆源	缘缘猿圆苑园	苑猿圆园	员圆圆
法国	猿猿圆园	缘圆猿圆源	远猿圆袁	员圆园
韩国	猿猿圆袁	源园猿圆缘	苑圆圆苑	员圆园
波兰	猿猿园园	猿圆猿圆员	愿猿圆园	员猿缘
墨西哥	猿猿圆愿	怨园猿愿愿	猿猿圆园	员猿缘
南非	猿猿圆员	源园猿圆园	苑圆圆源	员猿缘
巴西	圆猿圆苑	员缘怨猿圆园	员猿圆员	员猿袁
澳大利亚	圆猿圆园	员圆猿猿缘	员缘猿源愿源	员猿袁
西班牙	圆猿猿苑	猿怨猿圆员	远猿猿园	员圆员
伊朗	圆猿猿袁	远源猿圆园	猿猿圆袁	员圆员
沙特阿拉伯	圆猿圆苑	员圆猿愿愿	员园猿园园	员圆园
印度尼西亚	圆猿圆苑	员怨猿猿愿愿	员猿圆苑	员圆园
哈萨克斯坦	员猿圆园	员远猿圆员	员园猿愿愿	园猿愿
荷兰	员猿怨怨	员缘猿猿缘缘	员园猿猿苑	园猿愿
中国台湾省	员猿圆苑	圆园猿猿园	苑猿圆袁	园圆苑
土耳其	员猿圆员	远园猿圆源	圆猿圆园	园圆苑

能源及其相关的环境问题是全世界、各个国家经济发展、社会进步与生存环境的战略大事，我们必须从这个高度来加以重视，也是目前已初见端倪的知识经济的一个重要组分部分，是 21 世纪可持续发展的关键。

第1章

21世纪学科发展丛书

需要全本请访问 www.ertongbook.com