

工业节能技术

刘 慰 检 陶 鑫 良 编著

中国环境科学出版社

工业节能技术

刘慰俭 陶鑫良 编著

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书较系统、全面地介绍了国内外工厂企业的有效节能技术和一些具有发展前途的新节能技术。

全书共七章，从绝热、传热、燃烧、余热回收等方面阐述了工业节能的途径、技术、设备及其发展趋势；强调了工业节能与环境保护的内在联系。

本书可供工厂能源管理人员、节能和环保科技人员、有关领导和技术工人参考。

工业节能技术

刘慰俭 陶鑫良 编著

责任编辑 李玲英

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

河北省新城县劳动服务公司印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1989年2月第 一 版

开本，787×1092 1/32

1989年2月第一次印刷

印张，15¹/₂；插页，3

印数：1—3 700

字数：327千字

ISBN 7-80010-240-8/X·169

定价 4.90元

目 录

前言.....	(1)
第一章 节能技术概论.....	(5)
第一节 能源基础知识.....	(5)
第二节 节能技术分类.....	(10)
第三节 节能技术方案思考顺序.....	(16)
第四节 节能技术经济分析	(23)
第五节 能量平衡和设备热效率	(37)
第二章 绝热节能技术.....	(54)
第一节 绝热保温的计算方法.....	(54)
第二节 绝热材料.....	(63)
第三节 保温绝热材料的合理选择.....	(87)
第四节 保温结构组合和厚度的合理选择.....	(102)
第五节 耐火纤维炉衬应用技术.....	(127)
第三章 传热节能技术	(161)
第一节 传热技术基础知识.....	(161)
第二节 远红外加热技术.....	(178)
第三节 红外高温高辐射率涂料.....	(217)
第四节 其它传热节能技术.....	(232)
第四章 燃烧节能技术	(237)
第一节 燃料燃烧基本计算表.....	(237)
第二节 燃烧节能途径.....	(243)
第三节 节能燃煤装置.....	(257)
第四节 节能型烧嘴.....	(273)
第五章 余热回收节能技术.....	(289)
第一节 余热资源的种类及回收途径.....	(290)

第二节	余热回收用换热器.....	(295)
第三节	热管和热管换热器.....	(327)
第四节	余热回收装置.....	(345)
第五节	余热回收利用的论证程序.....	(361)
第六章	节能与环境保护.....	(371)
第一节	能源开发利用带来的一些环境污染.....	(371)
第二节	节能与环保是企业技术改造的重点.....	(381)
第三节	干熄焦技术.....	(387)
第四节	超高压静电抑制酸雾技术及其应用效果.....	(398)
第五节	铜线锭炉烟气余热利用.....	(406)
第六节	锰矿粉冷压球团技术.....	(416)
第七节	电弧炉排气预热废钢技术.....	(422)
第八节	工业固体废料的再资源化.....	(437)
第七章	其它节能技术的应用.....	(448)
第一节	高炉煤气余压发电技术.....	(448)
第二节	高炉脱湿鼓风技术.....	(463)
第三节	铝电解生产过程的节能.....	(475)
第四节	风机与泵的节能途径.....	(480)
	主要参考文献.....	(490)

前 言

能源是实现社会主义现代化的重要物质基础，是不断发展国民经济的必要保证，是改善人民生活的基本条件。人们把材料、能源、信息看作当今经济的三大支柱，任何现代机械装备及运输工具的运转，都需要有足够的动力；冶金、机械、化工、电力、食品、造纸、纺织等各行各业，都要用电，也要用热，因而锅炉、发电设备、用热系统、用电系统组成了工厂的能耗实体，节能就是要围绕这些能耗实体来开展工作。

能源工业的发展速度和水平，是衡量一个国家经济实力的重要标志之一，它在很大程度上决定着整个工业发展的速度和水平，特别对一些消耗一次能源多的工业部门，如冶金、化工、电力、机械等行业影响尤为显著。我国的能源储量比较丰富；年产量仅次于美国、苏联和沙特阿拉伯；能耗量居世界第三位，略高于日本。然而，我国国民经济总产值约相当于日本的1/3，也就是说，同样的产值，我国要比日本多耗能数倍。如果我们把能耗降低到日本的水平，那么今后几年内，就是不增加能源产量，也可使国民经济总产值成倍地增长。

农业、能源和交通、教育、科学这几个根本环节，是我国本世纪末经济发展的战略重点，要保证国民经济以一定速度向前发展，必须加强能源开发，大力节约能源消耗。近几年来，全国各行各业认真贯彻执行党中央提出的解决能源要坚持开发与节约并重，近期把节约放在优先地位的方针，取得了很大成绩。但由于我国经济结构和产品结构不够

合理，能源加工程度低，工艺装备较落后，管理水平不高，致使大量能源浪费。所以，进一步搞好节能工作，特别是依靠技术进步，使节能工作向深度、广度发展，千方百计地降低能源消耗，是解决能源紧张的有效的途径。

世界各国都将降低能源消耗，提高能效列为一项重要技术政策，节能被称之为继煤炭、石油及天然气、水电、核能四大能源之后的“第五能源”。节能，就是经济合理地使用能源，即应用技术可行、经济合理、环境与社会可以接受的方法，有效地利用能源。节能是充分发挥能源利用的效果，力求以最少数量的能量消耗，获得最大的经济效益，为社会创造更多的财富，从而达到发展生产、改善生活的目的。

节能的基本原则是按质供能，按质用能，能尽其用。节能的内容主要包括两个方面：一方面要提高能量利用效率，降低单位产品或产值的能源消耗量，称直接节能（本书主要是介绍直接节能方面的技术）；另一方面，调整工业、企业、产品结构，在生产中减少原材料的消耗，提高产品质量等，以减少能源消耗量，称作间接节能。

认真解决能源问题，是我国本世纪内经济发展的战略重点之一。从长远讲，国家要加强能源的开发和建设，集中必要的力量，把能源作为建设的重点。但是能源开发由于受到开采条件、建设周期、交通运输等的限制，在短期内很难大幅度的增长。“七五”期间，国民经济发展的年增长速度，要高于能源增长的速度，不足部分主要靠节约能源来解决。节能工作搞好了，就能保证国民经济的稳步发展，节能工作搞不好，就会影响我国四化建设的速度。当前，我国节约能源的潜力仍然相当大。单位能耗所创造的国民经济产值不仅比先进工业国家低得多，而且在有些领域内尚未达到国内历

史最好记录。节能工作大有可为。

本书就是在查阅、学习了近些年来国内外大量节能文献的基础上，结合编著者在工业节能方面所进行工作的体会，综合、整理而成，尽力争取较全面、较系统地介绍国内外工厂企业常用节能技术和一些很有发展前景的节能新技术，力求深入浅出、通俗实用，是面向工厂、顾及大众的工业节能中级技术读物，适合于工厂能源管理人员、节能和环保科技人员、有关领导以及技术工人阅读、参考，也可供能源领导机构、节能科技工作者参考。

本书由两作者共同讨论拟定提纲，共同执笔整理而成。由于能源科学在不断发展，搜集的资料很不齐全，加上作者水平所限，书中谬误疏漏之处在所难免，恳切希望广大读者提出宝贵意见。

第一章 节能技术概论

第一节 能源基础知识

一、能源概念及其分类

(一) 能源

能量的来源称为能源，它是能够为人类提供某种形式能量的自然资源及其转化物。能源按其来源大致可分为三类：

第一类：太阳能及其转化物。除了太阳直接的辐射能外，煤炭、石油、天然气以及生物质能、水能、风能、海洋能都间接来自太阳能，是太阳能转化而成的。

第二类：地球本身的能量，主要是以热能形式蕴藏于地球内部的地热能，如地下热水、地下蒸汽、岩浆等，还有铀、钍等核燃料所具有的核能。

第三类：天体对地球的引力能。太阳、月亮及其他天体对地球产生的引力场产生的能量，如潮汐能等。

(二) 能源的若干分类方法

1. 一次能源和二次能源

一次能源是从自然界直接获得，并不改变基本形态的能源。它们在被开发之前，处于自然状态，就叫能源资源，如煤炭、石油、天然气、油页岩、水力、核能、太阳能、生物质能、海洋能、风能、地热能等等。二次能源是一次能源经

过加工，转换成新的形态的能源。主要有电力、焦炭、煤气、蒸汽、热水以及汽油、煤油、柴油等石油制品。生产过程中排出的余热与余能，如高温烟气、可燃气、蒸汽、热水，排放的压力流体也属于二次能源。一次能源无论经历几次转换所得到的某一种能源均称为二次能源。

2. 常规能源和新能源

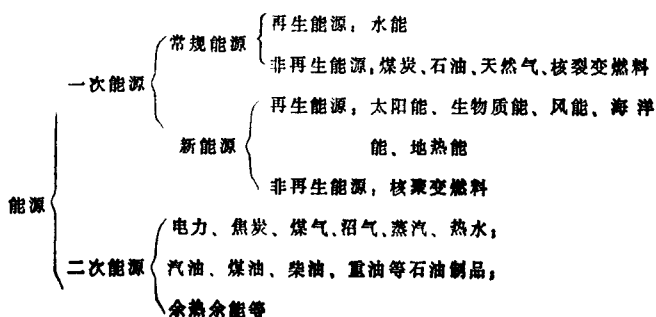
当前已广泛投入应用的一次能源称为常规能源，煤炭、石油、天然气、水力和核裂变能被称为世界五大常规能源。尚未被大规模利用，正在积极研究有待推广应用的一次能源叫作新能源，如太阳能、生物质能、风能、波浪能、潮汐能、地热能、核裂变能等等。鉴于我国对核裂变能的研究尚属开创时期，也常把它归入新能源之列。

3. 再生能源和非再生能源

能够循环使用，不断得到补充的一次能源叫再生能源，如水力、太阳能、风能、海洋能。从资源角度看，可以认为它们是取之不尽、用之不竭的。经亿万年形成而短期内无法恢复的一次能源称非再生能源，象煤炭、石油、天然气、核燃料等，它们用一点少一点，总有有用尽而枯竭之时。

表 1-1

能源基本划分



二、能源的等价热值

为加强能源利用水平的可比性，各种不同形式的能源应能相互折算。二次能源必须能合理折算到一次能源，一次能源也应有一个确切的可供统一比较的度量单位。这个统一的度量单位就是标准煤；二次能源折算成一次能源消耗的数值就称为等价热值。而二次能源的实际发热值就称为当量热值。

(一) 标准煤、标准气、标准油

低发热值等于29.27MJ（或7000kcal）的燃料，其热值等于1kg标准煤。换言之，1kg标准煤的低发热值等于29.27MJ（或7000kcal）。标准煤作为一种统一的能源热值度量单位，无论是何种能源，皆可按照热值折算到标准煤。

除了标准煤外，还有标准油和标准气。标准油的含义是：低发热量等于41.62MJ（或10000kcal）的液体燃料，其热值亦可称1kg标准油；低发热量等于41.62MJ（或10000kcal）的气体燃料，其热值亦可称1标准m³标准气。标准煤与标准油、标准气的换算关系如下：

$$1\text{kg标准煤}=0.7000\text{kg标准油};$$

$$1\text{kg标准煤}=0.7000\text{标准m}^3(\text{m}^3(\text{N}))\text{标准气};$$

$$1\text{kg标准油}=1.4286\text{kg标准煤};$$

$$1\text{标准m}^3\text{标准气}=1.4286\text{kg标准煤}.$$

(二) 一次能源的等价热值

原煤、原油、天然气等一次能源，以应用基低位发热量作为等价热值，然后折算到标准煤。国内若干一次能源的平均应用基低位发热量参见表1-2。

表 1-2 若干一次能源的平均低发热量

		单位	平均低发热量 (kJ)	折合标准煤 (kg)
煤	统配矿	kg	2.258×10^4	0.771
	劣质矿		1.254×10^4	0.429
	全国平均		2.091×10^4	0.714
油	原油	kg	4.182×10^4	1.429
气	矿井气	$m^3(N)$	3.345×10^4	1.143
	天然气		3.554×10^4	1.214
	油田气		4.182×10^4	1.429

(三) 二次能源的等价热值

常用的二次能源有电能、蒸汽、石油制品、焦炭、工业可燃气体（城市煤气、焦炉气、液化石油气、高炉煤气）等等。它们的等价热值和当量热值如表1-3所示。

(四) 耗能工质的等价热值

常用的耗能工质有水、压缩空气、氧气、二氧化碳、氮气、电石、乙炔等等。耗能工质实质也是二次能源，它们的等价热值可查有关书籍或按实际生产耗用能源折算。

表 1-3

某些二次能源的当量热值和等价热值

类 别	单 位	当量热值		等价热值	
		热值 (kJ)	折合标准煤(kg)	热值 (kJ)	折合标准煤(kg)
电	kWh	3596	0.123	12544(78年) 11913(81年)	0.429 0.407
蒸汽 (低压)	kg	2797	0.0956	3973	0.136
石油制品	汽油	43070	1.471	47378	1.819
	柴油	45998	1.571	50597	1.729
	煤油	43907	1.500	47378	1.819
	重油	41816	1.429	45998	1.571
	渣油	37634	1.286	41398	1.414
燃料油		39182	1.338	45412	1.551
焦炭	kg	26344	0.900	33453	1.143
可燃气体	城市煤气	15726	0.571	32198	1.100
	焦炉气	17981	0.810	20908	0.714
	液化石油气	50179	1.714	55197	1.886

第二节 节能技术分类

什么是节能？节能就是尽可能地减少能源消耗量生产出与原来同样多数量、同样好质量的产品；或者是以原来同样数量的能源消耗量生产出比原来更多数量，或数量相等质量更好的产品。换言之，节能就是应用技术上现实可靠，经济上可行合理以及环境和社会上可接受的方法来有效地利用能源资源，提高用能设备或工艺的能量利用效率。

节能途径主要有三：结构节能、管理节能和技术节能。结构节能主要从宏观角度通过经济结构（或称产业结构）的调整向节能型工业体系发展，如降低产业结构中高能耗的冶金、机电工业的比重，增加电子、轻纺及第三产业的比重，向技术密集型工业体系发展。管理节能主要是加强检测计量，优化能源分配，强化管理维护来实现节能目标，如能源按质合理分配与使用，安装节能检测仪表，杜绝“跑、冒、滴、漏”等等。技术节能是通过新技术、新工艺、新材料、新设备、新器件的开发应用来取得节能效益，如采用钢的连铸连轧新工艺；实现火焰炉燃烧工况的计算机控制；采用热管换热器回收暖通系统的余热，等等。

也有人把节能分成“狭义节能”和“广义节能”两个范畴。1) 狭义节能：或称直接节能，即指生产或生活过程中一次能源（燃油、燃煤、天然气等）、二次能源（电能、蒸汽、石油制品、焦炭、煤气等）和耗能工质（水、氧气、氮气、电石、乙炔等）的直接节约。2) 广义节能：或称间接节能，即除了狭义节能的内容以外，还包括各种间接的能源节约，如原材料和各种物资的节约，产业结构和产品结构的

表 1-5

节能技术分类

分类	节能途径	具体措 施	
燃烧 节能 技术	采用节能型燃烧器和燃烧装置；制订节能燃烧制度；进行节能类燃烧设备改造，以改善不完全燃烧的程度，减少烟气带走的热量；合理使用燃料，提高燃烧设备的热效率，提高生产率	节能 燃烧器	平焰烧嘴
			油压比例烧嘴
			自身预热烧嘴
			高速烧嘴
			低 N_x 烧嘴
		节能燃 烧装置	往复炉排
			振动炉排
			粉煤燃烧装置
			下饲式加煤机
			简易煤气发生装置
			抽板顶煤燃烧机
		节能燃 烧制度	低空气比例系数
			低温排放烟气
			富氧燃烧
			预热助燃空气和燃料
			合理的加热工艺曲线
		节能设 备改造	炉体构造的合理改革
			水冷件的合理绝热包扎
			改旁热式为直热式
			二氧化锆测定烟气残氧

续表

分类	节能途径	具体措施	
		新的燃烧技术	水煤浆混合燃烧
			滴渗水混合燃烧
			油煤混合燃烧
			煤的气化与液化
传热节能技术	通过提高辐射率、吸收率和两者选择性匹配来强化辐射传热,提高对流给热系数来强化对流传热;选用高导热系数材料,强化传导传热;以及增大辐射面积等强化综合传热	强化辐射传热	远红外加热干燥技术
			高辐射率涂料加热技术
			高吸收率涂料技术
		强化对流传热	强制循环通风
			轧钢加热炉喷流预热技术
		强化传导传热	碳化硅高导热炉膛
			锅炉除垢技术
			减少接触热阻技术
绝热节能技术	减少绝热对象的散热损失和蓄热损失,主要通过选择合适的轻质、超轻质绝热材料及其合理的组合来实现	管道保温	热力管道保温优化技术
			热工设备保温优化技术
			热力管道的堵漏塞冒技术
		炉衬组合	耐火纤维全炉衬技术
			耐火纤维贴面炉衬技术
			间歇式加热炉炉衬优化设计
		其它	低辐射率外壁涂料
			热工设备的合理保温绝热