

GUOLU JIENENGJIANPAI
JIANMINGJIAOCHENG

锅炉节能减排 简明教程

辽阳市特种设备监督检验所

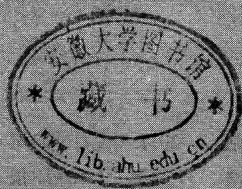


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

GUOLU JIENENGJIANPAI

JIANMINGJIAOCHENG

锅炉节能减排 简明教程



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书由锅炉篇、节能篇和减排篇三部分组成,涵盖了锅炉节能减排方面的法律、标准、严峻形势、基本理论、燃烧调整、节煤途径、清洁能源、烟气除尘、烟气脱硫脱硝等先进技术和典型成果,以及相关经验推荐、管理举措、规划目标等多方面的叙述。

全书注重理论联系实际,深入浅出,通俗易懂,具有较高的实用价值,可用作锅炉节能减排培训教材,也可供相关领域的专业技术人员参考、借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉节能减排简明教程 / 辽阳市特种设备监督检验所组编. —北京: 中国电力出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 5123 - 1359 - 0

I. ①锅… II. ①辽… III. ①锅炉 - 节能 - 教材 IV. ①TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 015028 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 3 月第一版 2011 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.625 印张 197 千字

印数 0001—4000 册 定价 25.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

节能减排是党中央、国务院确定的一项旨在创建资源节约型、环境友好型社会的战略性举措，是贯彻落实科学发展观的重要内容，也是国民经济和社会发展“十一五”乃至“十二五”规划纲要提出的约束性指标。

锅炉是高耗能的特种设备，截至 2009 年年底，我国拥有在用锅炉 60.9 万台，并且正朝着大型化、高参数、数量递增和长周期运行的趋势发展，其节能减排空间和潜力巨大。为了适应锅炉使用单位节能减排教育和培训的实际需要，提高锅炉管理和作业人员的节能减排意识和操作水平，辽阳市特种设备监督检验所发挥本领域专业优势，集群体智慧和实践经验，组织撰著了本书奉献给社会，企盼为锅炉节能减排工作略尽绵薄之力。

本书内容包括锅炉篇、节能篇和减排篇三部分，汇集了与锅炉节能减排相关的知识和技术，注重理论联系实际，深入浅出，通俗易懂，具有较高的实用价值，可用作锅炉节能减排培训教材，也可供相关领域的专业技术人员参考、借鉴。书中引用了较多相关文献资料，并得到业内同仁的大力协助，在此谨向有关人士诚致谢忱。

节能减排工作关系到国家经济社会的可持续发展全局，关系到人民群众的身体健康和生活质量，是功在当代、利在千秋的国计民生大事，希望本书的问世能给广大读者一些有益的

启迪。

限于编写人员的水平和时间紧迫，书中疏误之处在所难免，
恳请读者不吝指正，以便再版时更正、完善。

孙 新

2010 年 9 月

目 录

前言

锅 炉 篇

第一章 锅炉工作原理与分类	2
第一节 锅炉工作原理	2
第二节 锅炉分类	3
第二章 锅炉参数	4
第一节 蒸发量与热功率	4
第二节 压力与温度	5
第三章 锅炉结构与型号	7
第一节 锅炉结构	7
第二节 锅炉型号	8
第四章 锅炉安全监察	13
第一节 安全监察法律依据	13
第二节 安全监察内容	14
第三节 锅炉事故	15

节 能 篇

第五章 《节约能源法》要点解读	20
第一节 基本国策	21
第二节 节能监管体制	22
第三节 法律法规	23

第四节	节能标准	26
第五节	节能审查和监管	28
第六节	能效标识	31
第七节	节能产品认证	33
第八节	节能设备和节能技术	35
第九节	法律责任	38
第十节	刑事责任	39
第六章	锅炉热平衡与锅炉效率	40
第一节	煤的成分分析与分类	40
第二节	锅炉热平衡	42
第三节	锅炉热效率	44
第四节	提高锅炉热效率的途径	51
第七章	煤完全燃烧与节煤措施	57
第一节	煤完全燃烧的基本条件	57
第二节	层燃炉燃烧过程	59
第三节	链条炉节煤措施	60
第八章	型煤技术	72
第一节	型煤燃烧特点	72
第二节	型煤用添加剂	73
第三节	型煤成型方式	74
第九章	水煤浆技术	76
第一节	水煤浆技术发展动态	76
第二节	水煤浆的燃烧特点	77
第三节	水煤浆的品种及其添加剂	79
第四节	锅炉改烧水煤浆的注意事项	80
第十章	热管技术	82
第一节	热管工作原理	82
第二节	热管空气预热器	83
第三节	热管省煤器	84

第十一章	电站锅炉节能技术	86
第一节	绿色环保发电技术	86
第二节	等离子体无燃油点火及稳燃技术	87
第三节	碳纳米管热电波发电技术	87
第四节	电网发电绿色调度	88
第十二章	锅炉水质处理	89
第一节	锅炉用水概述	89
第二节	锅炉水质指标	91
第三节	锅炉水质管理	95
第四节	锅炉用水预处理	103
第五节	锅内加药水处理	106
第六节	锅外化学水处理	111
第七节	物理水处理	114
第八节	锅炉清洗除垢	116
第十三章	锅炉节煤改造实例	118
第一节	炉拱改造	118
第二节	分层给煤装置	121
第三节	复合燃烧	122
第四节	流化床燃烧	124
第十四章	锅炉节能管理	128
第一节	锅炉使用状况	128
第二节	锅炉节能管理工作	130
第十五章	开发新能源	139
第一节	能源分类	139
第二节	开发中的新能源	140

减 排 篇

第十六章	减排综述	156
第一节	生态环境日趋恶化	156

第二节	温室气体导致温室效应	159
第三节	全球变暖的主要责任在发达国家	161
第四节	中国积极应对气候变化	163
第五节	国际减排公约	167
第六节	节能减排标准	170
第七节	低碳时代引领潮流	172
第十七章	大气污染物	183
第一节	污染物分类	183
第二节	颗粒污染物的危害	183
第三节	气态污染物的危害	184
第四节	污染物排放标准	186
第十八章	锅炉烟气脱硫	189
第一节	脱硫技术分类	189
第二节	脱硫方法选择	191
第十九章	锅炉烟气脱硝	193
第一节	脱硝技术分类	193
第二节	改善燃烧脱硝	195
第二十章	二氧化碳捕获封存与利用	197
第一节	二氧化碳捕获封存	197
第二节	二氧化碳利用	198
第二十一章	锅炉烟气除尘	200
第一节	除尘器的性能	200
第二节	除尘器环保指标	202
第三节	除尘方法分类	203
第四节	除尘设备	204
附录一	高耗能特种设备节能监督管理办法	224
附录二	有关节约能源和环境保护群众性活动日	230
参考文献		232

锅炉篇

◎ 锅炉节能减排简明教程



锅炉工作原理与分类

第一节 锅炉工作原理

锅炉，顾名思义是由“锅”和“炉”两大部分组成的设备。“锅”是锅炉中盛水和汽的部分，其作用是吸收“炉”放出的热量，将锅炉中的水加热到一定的温度（热水锅炉）或者超过汽化温度转变为具有一定压力的蒸汽（蒸汽锅炉）。“炉”是锅炉中燃烧燃料的部分，其作用是提供燃料燃烧的条件，并使燃料产生的热量供“锅”吸收。“锅”与“炉”一个水、一个火，一个吸热、一个放热，形成燃料化学能转换为热能输出的统一体。

锅炉工作原理见图 1-1。

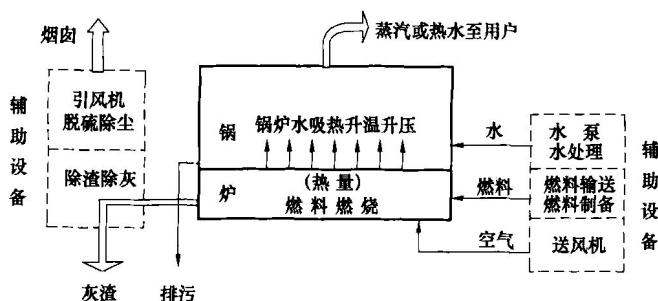


图 1-1 锅炉工作原理示意

第二节 锅 炉 分 类

锅炉的种类繁多，很难用统一的方法进行分类。常见的分类方法如下：

(1) 按照用途分类，将输出热能、用于工农业生产及人们生活方面的锅炉，称为工业锅炉；其中，主要用于采暖、洗浴、餐饮等生活服务的锅炉，称为生活锅炉。此外，还有以发电为主的电站锅炉，或称动力锅炉，以及安装在机车、船舶上的移动式锅炉。

(2) 按照输出介质分类，有蒸汽锅炉、热水锅炉、汽水两用锅炉和有机热载体锅炉。

(3) 按照燃料分类，有燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉和新能源（太阳能、生物质能等）锅炉。

(4) 按照蒸发量分类，有小型锅炉（蒸发量小于或等于20t/h）、中型锅炉（蒸发量大于20t/h，小于或等于75t/h）和大型锅炉（蒸发量大于75t/h）。

(5) 按照压力分类，有常压锅炉（表压力为零）、低压锅炉（工作压力小于或等于2.5MPa）、中压锅炉（工作压力大于2.5MPa，小于或等于3.8MPa）、高压锅炉（工作压力大于3.8MPa，小于或等于9.8MPa）、超压锅炉（工作压力大于9.8MPa，小于或等于23MPa）和超临界压力锅炉（工作压力大于23MPa，小于或等于25MPa）等。



锅 炉 参 数

锅炉参数是指反映锅炉设备性能和工作特性的基本量，主要由产生蒸汽或热水的数量（蒸发量或热功率，亦称锅炉容量）及其质量（压力与温度）两方面的指标组成。

第一节 蒸发量与热功率

一、蒸发量

蒸发量是指蒸汽锅炉在确保安全的前提下长时间连续运行，每小时所产生的蒸汽数量，又称“出力”或“容量”，单位是吨/小时（t/h）。蒸发量又有额定蒸发量、最大蒸发量 and 经济蒸发量之分。

1. 额定蒸发量

额定蒸发量是指新出厂的蒸汽锅炉在受热面无积灰积垢，采用原设计的燃料种类，并在原设计的额定蒸汽压力和额定蒸汽温度下，由熟练司炉工精心操作时，每小时所产生的蒸汽数量，也就是工业锅炉产品铭牌上所标示的蒸发量。

2. 最大蒸发量

最大蒸发量又称最大连续蒸发量，是指蒸汽锅炉在连续运行中，不考虑其经济效果，在额定工作压力下，每小时产生最多的蒸汽数量，即最大负荷能力。电站锅炉产品铭牌上标示的是“额定蒸发量或最大连续蒸发量”。

3. 经济蒸发量

经济蒸发量是指蒸汽锅炉在连续运行中，当热效率达到最

高时，每小时所能产生的蒸汽数量。经济蒸发量一般约为最大蒸发量的 75% ~ 80%，这时锅炉的负荷与燃料消耗相匹配，能效最佳。

二、热功率

热功率是指热水锅炉在确保安全的前提下，长时间连续运行，每小时出水的有效带热量，单位是兆瓦（MW）。热水锅炉产品铭牌上标示的是“额定热功率”，即在满足热水锅炉原设计的额定进水温度、出水温度和出水压力下，该台热水锅炉所能达到的热功率。热水锅炉产生 0.7MW 的热量，相当于蒸汽锅炉产生 1t/h 蒸汽的热量。

第二节 压力与温度

一、压力

蒸汽锅炉内的水吸收燃料燃烧释放出的热量后，当由液态变成汽态时，其体积会增大约 1800 倍，而这种自由膨胀又因锅炉是密闭的容器而受到限制，从而使锅炉受压元件承受了汽水作用的压力。蒸汽锅炉产品铭牌上标示的“额定蒸汽压力”，是锅炉运行压力的最高允许值，单位是兆帕（MPa）。对于有过热器的蒸汽锅炉，该压力是指过热器出口处的过热蒸汽压力；对于无过热器的蒸汽锅炉，该压力是指主蒸汽阀出口处的饱和蒸汽压力。一旦超过额定蒸汽压力值，锅炉运行即处于危险状态，甚至导致爆炸事故发生。

热水锅炉运行时产生的压力有两种情况，一种是自然循环采暖系统的热水锅炉，其压力来自高水位形成的静压力；另一种是强制循环采暖系统的热水锅炉，其压力来源于循环水泵将锅炉出水送往系统最高位置和克服管路阻力所形成的系统压力。另外，强制循环热水锅炉由于是系统满水运行，锅炉水由冷水被加热成热水过程中水也会受热膨胀，因此，强制循环热水锅炉运行时产生的压力也包含了锅炉水受热产生的膨胀压力。

二、温度

在一定的压力下，对锅炉内的水不断加热，水温相继上升，最终达到饱和温度（又称沸点或汽化温度），这种具有饱和温度的水称为饱和水。在保持压力不变的条件下，对饱和水继续加热，此时饱和温度恒定，但饱和水陆续转化为水蒸气，这种具有饱和温度的水蒸气称为饱和蒸汽。仍然保持压力不变，对饱和蒸汽继续加热，可以再提高饱和蒸汽的温度，使其成为过热蒸汽。

对于有过热器的蒸汽锅炉，其产品铭牌上标示的温度是“过热蒸汽温度”，单位是摄氏度（℃）。

由于饱和蒸汽具有压力与饱和温度相对应的特性，即随着蒸汽压力的升高，饱和蒸汽温度相应升高。因此，每台蒸汽锅炉的“额定蒸汽压力”必然对应一定的“饱和温度”，故在无过热器蒸汽锅炉产品铭牌上不再标示“饱和蒸汽温度”。

热水锅炉运行中必须保证锅炉水不被汽化，以保证安全、稳定供热。因此，热水锅炉出水温度必须保持在饱和温度以下，即在一定的出水压力下，其出水温度必须低于该压力下的饱和水温度。热水锅炉的产品铭牌上同时标示了额定出水压力下的“额定进水温度”和“额定出水温度”。

锅炉进水温度是指进入省煤器的给水温度。对于无省煤器的锅炉，是指进入锅筒的给水温度。

第三章



锅炉结构与型号

第一节 锅 炉 结 构

锅炉运行的生产流程是：锅炉水吸热后源源不断地产生蒸汽或热水，满足用户的需要；工作后的冷凝水（俗称回水）又被送回锅炉房，与经过水处理后的补给水一并进入锅炉；锅炉水继续吸热、汽化后再产生蒸汽或热水，如此循环供热。因此，锅炉设备整体中不仅有锅炉本体，而且有风机、水泵、水处理等辅助设备（见表3-1），使锅炉运行过程连续正常进行，确保安全可靠、经济有效。

表3-1

锅炉设备结构

锅 炉 设 备	锅 炉 本 体	锅 炉 受 热 面 （ 锅 ）	主 要 受 热 面	水 冷 壁	辐 射 受 热 面
				对 流 管 束	对 流 受 热 面
			附 加 受 热 面	蒸 汽 过 热 器	尾 部 受 热 面
				省 煤 器	
				空 气 预 热 器	
			安 全 附 件	压 力 表、安 全 阀、温 度 计、水 位 表、低 水 位 报 警 及 连 锁 保 护 装 置、 蒸 汽 超 压 报 警 及 连 锁 保 护 装 置 等	
		锅 炉 燃 烧 设 备 （ 炉 ）			
	炉 墙、钢 架 和 平 台 扶 梯				

续表

锅 炉 辅 助 设 备 系 统	水汽系统	给水和回水管道及水箱、水泵、蒸汽或出水管道及分汽(水)缸等
	水处理系统	给水软化、脱盐、除氧设备等
	烟风系统	送风机、引风机、风道、烟道、烟囱等
	除尘系统	烟气除尘及脱硫、脱硝净化设备等
	运煤除渣系统	锅炉房内外运煤、煤加工、除渣除灰设备等
	仪表自控系统	安全运行监控仪表、经济计量仪表、自动控制与遥控装置等
	供热系统	热网循环泵、换热器、热网补水定压装置、管道及附件等

在锅炉房设备中,锅炉本体是主体,锅炉辅助设备是根据每座锅炉房中锅炉配置的需要按上述要求设置的。锅炉辅助设备可根据锅炉的容量、型号、燃料特性、燃烧方式以及给水质量等各种因素加以综合考虑,从实际出发合理配置。例如,锅炉水处理方法和系统的选择,应符合因炉、因水、因地制宜和有效、经济、简便,能保证锅炉无垢或薄垢运行,且无严重腐蚀的要求。锅炉除尘设备的选择,既要满足锅炉燃烧通风的需要,又要符合环境保护的要求。

第二节 锅 炉 型 号

为了规范锅炉的表述,JB/T 1626—2002《工业锅炉 产品型号编制方法》规定,工业锅炉产品型号由锅炉本体类型,燃烧设备类型或燃烧方式及锅炉容量、介质参数、燃料种类三部分组成。