

工业锅炉 节能减排应用技术

第二版

史培甫 ● 主编

赖光楷 ● 主审



● 本书以工业锅炉节能减排为主线，从各个侧面论述了节能减排有关内容，突出科学性、先进性、实用性，理论联系实际，深入浅出，通俗易懂，图文并茂，并举以生动实例。

● 全书共分十一章，涵盖了工业锅炉安全与经济运行，燃煤锅炉强化燃烧技术，燃气锅炉节能，循环流化床锅炉洁净燃烧及洁净煤技术，水处理新技术，环保治理，供热系统节能减排先进实用技术，锅炉检验与修理及工业锅炉自动控制技术。



化学工业出版社

工业锅炉 节能减排应用技术

第二版

史培甫 ● 主编 赖光楷 ● 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以工业锅炉节能减排为主线,从各个侧面论述了节能减排有关内容,突出科学性、先进性、实用性,理论联系实际,深入浅出,通俗易懂,图文并茂,并举以生动实例。

全书共分十一章,涵盖了工业锅炉安全与经济运行,燃煤锅炉强化燃烧技术,燃气锅炉节能,循环流化床锅炉洁净燃烧及洁净煤技术,水处理新技术,环保治理,供热系统节能减排先进实用技术,锅炉检验与修理以及工业锅炉自动控制技术。

本书可供能源管理人员、锅炉工程技术人员、环保科技人员、锅炉安全与检验专业人员、锅炉设计与修理维护人员、水处理工作者以及城镇供热系统人员阅读,也可作为大专院校师生的参考书和节能减排、环保与检验人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工业锅炉节能减排应用技术/史培甫主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2016.3

ISBN 978-7-122-25987-5

I. ①工… II. ①史… III. ①工业锅炉-节能-技术 IV. ①TK229

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第004864号

责任编辑:戴燕红

装帧设计:关 飞

责任校对:吴 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张26½ 字数756千字 2016年3月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:128.00元

版权所有 违者必究

《工业锅炉节能减排应用技术》

编审委员会

天津市特种设备监督检验技术研究院

编审单位 天津市锅炉应用技术协会

天津市环境监测中心

主 任 郝培嵩

副 主 任 (按姓名笔画排序)

王景良 齐茂忠 秦保平 倪炳生 萧艳彤

委 员 (按姓名笔画排序)

于焕通 天津市染料设计所 工程师

王 方 天津市特种设备监督检验技术研究院 主任

王同健 天津市锅炉应用技术协会 理事

王其均 天津市锅炉应用技术协会 理事

王景良 天津市经济和信息化委员会 处长

毛富杰 天津市特种设备监督检验技术研究院 责任师

史培甫 天津市锅炉应用技术协会 理事

邢为民 天津市锅炉应用技术协会 副会长

刘凤忠 天津市锅炉应用技术协会 副会长

齐茂忠 天津市节能协会 理事长

齐明远 天津市锅炉应用技术协会 理事

李治英 天津市锅炉应用技术协会 副会长

李德馨 天津医科大学总医院 工程师

邱英培 天津市锅炉应用技术协会 理事

张 凯 天津市锅炉应用技术协会 理事

张为民 天津市工业自动化仪表研究所 总工程师

张宝玲	天津市锅炉应用技术协会	理事
陈 鹏	天津市锅炉应用技术协会	理事
郎万发	天津市节能协会	秘书长
赵 谦	天津市南开区供热办公室	高级工程师
赵定发	天津市锅炉应用技术协会	副会长
赵秋洪	天津市特种设备监督检验技术研究院	院长
郝培嵩	天津市锅炉应用技术协会	会长
秦保平	天津市环境监测中心	主任
倪炳生	天津市国信暖通设备公司	总经理

徐质彬	天津市锅炉应用技术协会	理事
------------	-------------	----

徐晓明	天津市易卡捷电子有限公司	工程师
郭合群	天津市锅炉应用技术协会	副秘书长
郭希农	山东华源锅炉有限公司	常务副总经理
萧艳彤	天津市特种设备监督检验技术研究院	副院长
赖光楷	天津市锅炉应用技术协会	顾问
魏 杰	天津市工业自动化仪表研究所	副总工程师

主 编	史培甫	天津市锅炉应用技术协会	理事、教授级高级工程师
	赖光楷	天津市锅炉应用技术协会	顾问、教授级高级工程师

《工业锅炉节能减排应用技术》

编写人员

- 第一章 王其均 赖光楷
- 第二章 史培甫 郭德生
- 第三章 郝培嵩 张宝玲
- 第四章 赖光楷
- 第五章 于焕通 王楠
- 第六章 史培甫 赵定发 曹金荣
- 第七章 赵谦 邢为民 李德馨 徐质彬
- 第八章 王同健 党秀芳 汪楠 高翔
- 第九章 王兵 陈鹏 史培甫 邱英培
- 第十章 齐明远 萧艳彤 毛富杰
- 第十一章 魏杰 徐晓明 王文周 贾福民

再版前言

《工业锅炉节能减排应用技术》(第一版)出版6年来,我国节能减排形势出现了很大变化,国家在推进节能的同时,把减少污染物排放的要求放在了更加突出的地位,提出了安全、节能、环保三位一体的总要求,加快了优化燃料消费结构的步伐。工业锅炉减少燃煤更多地采用清洁能源、可再生能源已经成为不可逆转的趋势,天然气锅炉、生物质锅炉应用发展势头迅猛。为了适应新的形势要求,编委会组织有关编写人员对部分内容进行了充实,增加了燃气供热与冷凝锅炉等内容;对生物质秸秆燃烧供热等技术进行了补充。但同时也应看到,煤炭作为我国工业锅炉主要燃料的局面还要持续一段相当长的时期,因此将煤炭清洁利用;提升锅炉系统整体运行水平;提升锅炉污染治理水平;推进燃料结构优化调整作为本书的主线予以充实完善,本版对燃煤链条锅炉垄形布煤机理作了阐述;对水煤浆应用技术做了回顾评价;对蒸汽凝结水回收利用技术作了增补;对热水采暖系统分布式变频技术应用做了概述。

为适应大气环境治理的新形势新要求,依据新《环保法》(2015年1月1日起施行)和《锅炉大气污染物排放标准》(2014年7月1日实施)新国标,本版中着力充实了锅炉污染物治理应用技术内容,倡导系统化、规范化和脱氮技术以及燃煤锅炉高效减排综合技术的应用。

本书再版编写中徐铁华参与了第六章的编写,田秀华、蒙海涛、裴俊茹参与了第八章的编写,此外还得到了王文涛的大力协助,在此表示感谢。

限于编写人员的水平,不妥之处望业内同仁不吝指正,万分感谢。

编审委员会

2015年11月

第一版序

能源是国家战略性资源，是一个国家经济增长和社会发展的物质基础。环境则是人类赖以生存、实现可持续发展的基本保证。长期以来，我国经济快速增长，各项建设取得巨大成就，但也付出了资源与环境的沉重代价，经济发展与资源和环境的矛盾日益突出。我国人口众多，能源资源储量相对较少，人均拥有量远低于世界平均水平，但单位能源消耗量却大大高于西方发达国家。数据显示，目前我国万元 GDP 能耗水平是发达国家的 3 至 11 倍，能源使用效率仅为美国的 26.9%、日本的 11.5%，单位 GDP 的环境成本也高居世界前列。这一问题处理不好，资源支撑不住，环境容纳不下，社会承受不起，经济发展难以为继。因而，如何加快经济结构调整，转变经济增长方式，坚持节约发展、清洁发展、安全发展，努力实现经济社会的又好又快发展，已经成为我们必须认真面对并加以妥善解决的重大命题。

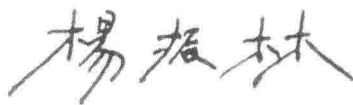
为此，我国将节能减排作为基本国策，摆到了更加重要的战略地位。国民经济和社会发展规划“十一五”规划纲要提出了两项约束性指标，即“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20% 左右，主要污染物排放总量减少 10%。这是贯彻落实科学发展观、构建社会主义和谐社会的重大举措；是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择；是推进经济结构调整，转变增长方式的必由之路；是维护中华民族长远利益的基本要求。

工业锅炉应用于国民经济的各个领域，主要为工业生产的工艺过程提供热能，是生产活动得以正常进行的关键动力源，是现代化生产不可缺少的重要设备。我国的能源结构特点是煤多油少，由此决定了国内工业锅炉主要以燃煤为主，其消耗量约占全年原煤总产量的五分之一左右。燃煤工业锅炉不但能耗高，而且污染严重，是仅次于电站锅炉的第二大污染排放源，因此，对其进行节能减排改造就显得十分紧迫了。正是基于这一现实状况，国家把燃煤工业锅炉的改造列入了十大重点节能工程项目之首，是非常正确的。

天津市锅炉应用技术协会会同天津市特种设备监督检验技术研究院和天津市环境监测中心，组织长期从事工业锅炉节能减排工作，具有丰富实践经验的资深专家和科技工作者，共同编写了《工业锅炉节能减排应用技术》一书，较好地配合了这一重点工作。他们理论联系实际，突出科学性、先进性和实用性，汇集总结了工业锅炉节能减排各方面的相关应用技术和经验体会，具有较高的实用价值，可供相关领域的专业技术人员及管理人员参考、借鉴。

节能减排工作任重而道远，各行各业、各个领域，降低能耗、节约资源、减少污染物排放，努力构建资源节约型、环境友好型社会，确是功在当代，利在千秋！

天津市质量技术监督局副局长



第一版前言

为了适应工业锅炉节能减排工作深入开展的实际需要,天津市特种设备监督检验技术研究院、天津市环境检测中心会同天津市锅炉应用技术协会,组织该协会部分多年从事锅炉节能减排技术与管理工作,有丰富实践的会员,以及相关人士,将他们多年积累的经验、技术创新成果以及对成熟技术的理解整理编辑成本书,贡献给社会,为我国锅炉技术水平的提高,为节能减排工作尽一份力。

本书以工业锅炉节能减排为主线,力求突出节能减排技术的实用性、先进性、集成性,易于掌握,便于应用。同时兼顾具有发展前途的新技术的推介,体现与时俱进的理念。

全书共十一章,内容涵盖工业锅炉经济运行,煤的洁净燃烧,燃气(油)锅炉,水处理,烟气污染治理,供热系统,锅炉检验与修理,锅炉自动控制等全方位节能减排技术。在侧重技术实际应用的同时,也作了扼要的理论阐述。

本书主要作为企事业单位能源管理人员、环保科技人员、锅炉工程技术与管理人士,以及从事供热、锅炉检验与检修人士的专业读物;也可作为大专院校师生的参考书以及锅炉和环保人士的培训教材。

本书由天津市锅炉应用技术协会理事史培甫教授级高级工程师任主编,负责制定编写大纲和各章节统稿工作以及部分章节的编写。国务院特殊津贴专家、天津市锅炉应用技术协会顾问、教授级高级工程师赖光楷任主审。天津市锅炉应用技术协会全体理事参加了编写大纲的讨论与审定。

本书编写过程中得到了业内同仁以及各有关方面人士亓琳、商亚彬、韩秀梅、杨青永、郑国栋等的大力支持与协助,在此一并致谢。

限于编写人士专业水平和实践的局限性,加之编写时间比较仓促,不足之处在所难免,请不吝指正,万分感谢。

编审委员会

2009年6月于天津

目 录

第一章 绪论 1

第一节 节能减排是工业锅炉发展的基本方向 1

第二节 工业锅炉供热节能 2

- 一、工业锅炉供热系统的构成 2
- 二、供热系统节能潜力分析 2
- 三、技术节能与管理节能 3
- 四、工业锅炉供热技术节能领域 3

第三节 工业锅炉供热减排 3

- 一、工业锅炉供热污染 3
- 二、提高能源利用率 3
- 三、优化燃料结构和产业与产品结构 4
- 四、煤的洁净利用技术 4

参考文献 4

第二章 工业锅炉经济运行应用技术 5

第一节 概述 5

- 一、工业锅炉经济运行的必要性 5
- 二、工业锅炉经济运行差距及其主要原因 5
- 三、工业锅炉经济运行及其主要内容 5

第二节 锅炉热效率 6

- 一、加强锅炉房管理 6
- 二、锅炉热平衡原理 6
- 三、对锅炉热效率的界定与剖析 7
- 四、工业锅炉热效率计算方法 9

第三节 锅炉负荷匹配 10

- 一、锅炉负荷率与经济运行的关系 10
- 二、热源必须与供热负荷匹配 10
- 三、合理选配锅炉容量, 设置蒸汽蓄热器 11

第四节 燃烧调整, 合理配风 14

- 一、合理配风与锅炉热效率的关系 14
- 二、空气系数的检测方法与剖析 16
- 三、工业锅炉合理配风的标志 18

第五节 排烟热损失 18

- 一、排烟热损失与锅炉热效率的关系 18
- 二、加强系统密封, 大力降低漏风率 19
- 三、合理配置尾部受热面, 回收烟气余热 20
- 四、保持受热面清洁, 提高传热效率 21

第六节 燃煤锅炉降低灰渣含碳量 22

- 一、灰渣含碳量与经济运行的关系 22
- 二、加强燃煤管理工作 23
- 三、炉排横向均匀布煤, 保持火床均衡 23
- 四、链条锅炉布煤方法沿革与评述 24
- 五、应用强化燃烧技术, 促进燃煤加速燃尽 26
- 六、漏煤回烧与灰渣返烧 26

第七节 炉墙与管网保温 27

- 一、锅炉容量与表面散热损失的关系 27
- 二、炉墙结构合理, 保温密封良好 28
- 三、炉墙及保温层的维修方法 28
- 四、管网保温层损坏与维修方法 29
- 五、炉墙、管道表面散热损失节能监测 30

第八节 合理控制排污率 30

- 一、锅炉排污率与经济运行的关系 30
- 二、排污方法的合理选择与控制 31
- 三、排污高温水的回收利用 32
- 四、应用反渗透水处理技术, 彻底解决排污问题 33

第九节 锅炉辅机节电改造 33

- 一、辅机耗能与锅炉经济运行的关系 33

二、锅炉通风设备节电改造	34	二、立式锅炉	73
三、锅炉水泵节电改造	36	三、卧式锅炉	74
参考文献	38	四、常压锅炉、相变锅炉	78
第三章 燃煤工业锅炉强化燃烧技术	39	五、天然气冷凝锅炉	79
第一节 概述	39	六、燃气(油)锅炉发展趋势	84
一、燃烧基本概念	39	第三节 燃气(油)的燃烧机理与燃烧	
二、当前工业锅炉燃烧不良的原因	39	装置	84
三、工业锅炉强化燃烧的主要途径	40	一、燃烧化学反应式和减少燃烧产物污染	
第二节 链条锅炉炉拱优化强化燃烧技术	40	原理	84
一、链条炉排燃烧特性	40	二、燃气燃烧机理与燃烧方式	85
二、炉拱特性与功能	42	三、燃油燃烧机理与燃烧方式	87
三、炉拱优化原则、主要结构参数及细部		四、调风器与稳燃器	90
结构	43	五、点火装置	91
四、中拱强化燃烧机理和结构优化	46	六、碓口和炉膛	91
五、燃用无烟煤、劣质煤、挥发分较高煤		七、双燃料燃烧	91
的炉拱特点	49	八、一体式和分体式燃烧器	91
六、可调炉拱和卫燃带	52	九、炼铁高炉煤气和炼钢转炉煤气的燃烧	
七、炉拱构筑和新型材料的应用	55	器与锅炉	92
第三节 链条锅炉配风强化燃烧技术	58	第四节 炉前燃料供应系统	93
一、配风的基本概念与标志	58	一、燃气锅炉供气系统	93
二、链条炉排燃烧方式对配风的基本		二、燃轻柴油锅炉供油系统	97
要求	58	第五节 燃气(油)锅炉自动控制与调节	101
三、改善横向配风均匀性的技术措施	59	一、燃气(油)锅炉自动控制与调节概述	101
四、典型配风结构	62	二、燃气(油)燃烧程序控制	102
五、二次风的应用与强化燃烧	63	三、燃气(油)锅炉燃烧系统自动报警与	
第四节 燃煤化学添加剂改善燃烧技术	65	联锁保护	104
一、化学添加剂应用效果	65	四、燃气(油)锅炉负荷调节	104
二、应用添加剂需注意的问题	66	第六节 一体式和分体式燃烧器选型	107
第五节 膜法富氧强化燃烧技术	66	一、一体式燃烧器选型	107
一、富氧燃烧的基本概念	66	二、分体式燃烧器选型	110
二、富氧强化燃烧机理及应用效果	66	第七节 燃气(油)锅炉安装、调试、运行	
三、富氧燃烧的种类	67	与故障诊断处理	110
四、膜法富氧制备工艺及设备	67	一、燃气(油)锅炉的安装注意重点	110
五、膜法富氧燃烧技术应用实例	68	二、燃气(油)锅炉燃烧调试	112
参考文献	68	三、燃气(油)锅炉燃烧系统的运行	113
第四章 工业锅炉燃气(油)应用技术	69	四、燃烧安全	114
第一节 概述	69	五、故障诊断处理的基本方法	116
一、燃气(油)工业锅炉的节能减排优势	69	六、故障诊断处理实例	117
二、我国燃气(油)工业锅炉的发展	70	第八节 天然气锅炉供热模式探讨	119
三、燃气(油)的特性参数和分类	70	参考文献	121
第二节 燃气(油)锅炉的结构及特点	73	第五章 循环流化床锅炉应用技术	122
一、燃气(油)锅炉的结构特点	73	第一节 循环流化床锅炉的发展概况	122
		一、国外循环流化床锅炉发展概况	122

二、国内循环流化床锅炉发展概况	124	二、动力配煤主要工艺流程	166
第二节 循环流化床锅炉工作原理与特点	127	三、工业锅炉燃用动力配煤节能减排功效	166
一、循环流化床锅炉的工作原理	127	四、优化动力配煤特性与配煤专家系统	167
二、循环流化床锅炉的特点	128	五、动力配煤存在问题与发展建议	172
三、循环流化床锅炉的主要优势	129	第三节 工业锅炉应用型煤技术	172
四、循环流化床锅炉存在的一些问题	131	一、型煤技术简介	172
第三节 循环流化床锅炉燃烧装置的组成	131	二、粉煤成型主要工艺	173
一、炉膛	131	三、型煤特性与节能减排功效	173
二、布风装置	132	四、型煤锅炉及其运行操作	175
三、气固分离装置	135	五、型煤目前存在的主要问题与今后发展趋势	177
第四节 循环流化床锅炉节能减排功效与污染物的控制	139	第四节 工业锅炉水煤浆应用技术	178
一、硫氧化物的生成与控制	139	一、水煤浆应用情况简介	178
二、氮氧化物的生成与控制	142	二、水煤浆制备工艺流程	178
三、循环流化床锅炉灰渣排放与除尘	145	三、水煤浆的特性	179
第五节 循环流化床锅炉的辅助燃烧系统	146	四、工业锅炉燃用水煤浆节能减排功效	180
一、燃煤供应系统	146	五、水煤浆锅炉与运行操作	181
二、石灰石输送系统	148	六、关于水煤浆发展前景的探讨	185
三、风、烟系统	149	第五节 新型高效煤粉工业锅炉系统应用技术	186
四、炉渣收集和处理设备	151	一、小型煤粉锅炉开发研制成功，适合中国国情	186
五、循环流化床锅炉烟气除尘	153	二、小型煤粉锅炉结构及其燃烧原理	187
第六节 循环流化床锅炉运行与调节	155	三、煤粉锅炉工艺流程与辅机配置	187
一、循环流化床锅炉的冷态试验	155	四、新型高效煤粉锅炉节能减排功效及其优势	188
二、循环流化床锅炉烘炉	157	五、煤粉锅炉运行操作与热平衡测试结果	189
三、循环流化床点火与启动	157	六、节能分析与改进建议	189
四、系统投入运行	159	第六节 生物质能有关应用技术	190
五、循环流化床锅炉的运行调节	160	一、生物质固化加工技术	190
第七节 循环流化床锅炉的自动控制	161	二、生物质用作锅炉燃料供热发电	190
一、燃烧控制方案及特点	162	三、生物质气化技术与用途	193
二、对联锁保护装置的要求	163	四、生物质能转换技术简介	197
参考文献	163	参考文献	198
第六章 工业锅炉洁净煤与生物质能应用技术	164	第七章 工业锅炉水处理应用技术	199
第一节 工业锅炉应用洗选煤技术	164	第一节 天然水中的杂质及对锅炉的危害	199
一、原煤洗选简介	164	一、水垢的形成	199
二、工业锅炉燃用洗选煤节能减排功效	164	二、水垢的危害	200
三、洗选煤存在问题与发展建议	165		
第二节 工业锅炉动力配煤应用技术	165		
一、动力配煤简述	165		

三、悬浮状杂质的危害	200	二、清洁燃料的开发应用	231
四、胶体状杂质的危害	200	三、开发高效、节能、低污染排放的燃烧 设备	232
五、不良气体的危害	201	四、颁布实施新的锅炉大气污染物排放 标准	232
第二节 工业锅炉水质标准	201	第三节 烟气排放与总量控制方法	232
一、工业锅炉水质新标准内容	201	一、烟气中污染物总量排放核算方法	232
二、工业锅炉水质主要指标评述	204	二、环境容量与总量控制	234
第三节 工业锅炉水质管理与监督	206	第四节 锅炉烟气污染防治技术及其 发展趋势	235
一、工业锅炉水质管理目的	206	一、除尘技术的种类和性能	235
二、工业锅炉水质管理范围	206	二、除尘器选用原则	236
三、工业锅炉水质管理原则	206	三、工业锅炉烟气净化技术的发展 方向	238
四、工业锅炉水质管理监督	207	四、开展锅炉烟气污染物的深化治理 技术	240
第四节 工业锅炉水处理技术	207	第五节 工业锅炉烟尘、二氧化硫、 氮氧化物治理技术	241
一、悬浮物和胶体杂质的清除	207	一、多管旋风除尘器原理与结构	241
二、硬度的清除	208	二、袋式除尘器	244
三、硬度与含盐量的清除	210	三、烟气脱硫技术	246
四、锅内水处理方法	211	四、烟气脱硝技术	250
第五节 工业锅炉排污、除氧与停炉 保护	213	五、锅炉烟气超净化排放提效应用 技术	253
一、工业锅炉排污	213	六、锅炉房污水循环利用技术	254
二、工业锅炉防腐	213	七、固体废弃物的综合利用技术	255
三、工业锅炉给水除氧	214	第六节 锅炉烟气净化设备的选型、安装 及运行管理	256
四、工业锅炉停炉保护与保养	215	一、净化设备的选型、核定与评价	256
第六节 工业锅炉反渗透水处理应用 技术	218	二、净化设备的安装、维护和日常 管理	258
一、简介	218	参考文献	260
二、工业锅炉传统水处理方法的局 限性	218	第九章 工业锅炉供热节能应用技术 ..	261
三、反渗透水处理原理与特性	219	第一节 热源与热媒的选择及其经济效益 分析	261
四、反渗透水处理工艺与设备	219	一、工业锅炉供热任务与范围	261
五、传统纳法改用反渗透法应用实例	221	二、供热系统热源的选择与经济效益 分析	261
六、工业锅炉应用反渗透水处理的必要性 与可行性	223	三、供热系统热媒的选择及对比分析	264
参考文献	224	四、有机热载体炉供热与优势	265
第八章 工业锅炉污染物排放与环境 保护	225	第二节 热负荷的计算与确认	269
第一节 环境污染形势与锅炉污染物的 排放	225	一、热负荷的分类与计算	269
一、我国环境空气污染现状与变化 趋势	225	二、热负荷的收集与确认	271
二、锅炉烟气污染物排放	225		
三、燃煤锅炉产生的其他环境污染	228		
第二节 空气环境污染的控制对策	229		
一、大气污染的防治行动计划	229		

第三节 热力网	272	措施	322
一、热力网简介	272	八、二次燃烧与烟气爆炸事故处理与应对	
二、热力网分类	273	措施	323
三、热力网布置与敷设	273	九、水冲击事故处理与应对措施	323
四、热水供热系统定压	275	十、炉吼处理与应对措施	325
五、热水热力网水力计算	279	十一、炉墙损坏处理与应对措施	325
六、热水管网的调试	280	十二、热水锅炉汽化处理与应对措施	326
七、降低供热系统水力失调	285	十三、锅炉爆炸事故处理与防止措施	326
第四节 热力站	286	第二节 工业锅炉停炉与停炉保养	327
一、热力站的作用	286	一、正常停炉	327
二、热力站的分类	286	二、紧急停炉	328
三、热力站的连接方式	287	三、停炉保养	328
四、热力站常见故障与处理	291	第三节 工业锅炉检验	329
第五节 热力网监控应用技术	293	一、锅炉检验的重要意义	329
一、简介	293	二、检验工具	329
二、热力网监控系统结构与功能	293	三、检验方法	329
三、温度控制与调节	294	四、锅炉检验前的准备工作	330
四、压力(流量)控制与调节	295	五、锅炉检验的内容和重点部位	331
第六节 生产供热与节能减排应用技术	297	第四节 工业锅炉损坏与修理	332
一、生产供热分类与特点	297	一、概述	332
二、余热资源分类与回收方法	298	二、锅炉修理工艺	333
三、余热资源回收技术	298	三、锅炉受压元件的损坏与修理	351
四、蒸汽凝结水回收利用	299	参考文献	367
第七节 余热回收热能转换装置	302	第十一章 工业锅炉自动控制技术	368
一、热管装置	302	第一节 工业锅炉自动控制的必要性、可行	
二、热泵装置	303	性及其优势	368
三、预热器装置	306	一、工业锅炉自动控制的必要性	368
四、余热锅炉装置	312	二、工业锅炉自动控制的可行性	369
参考文献	316	三、工业锅炉自动控制的优势	369
第十章 工业锅炉安全运行与检验及		第二节 工业过程控制基本概念	370
其修理	317	一、基本概念	370
第一节 工业锅炉各种事故现象判断与		二、调节规律	370
应对措施	317	第三节 基本调节系统简介	372
一、缺水事故与满水事故处理与应对		一、单参数调节系统	372
措施	317	二、前馈-反馈调节系统	372
二、超压事故处理与应对措施	319	三、串级调节系统	372
三、汽水共腾事故处理与应对措施	319	第四节 锅炉控制回路的应用	373
四、锅炉爆管事故处理与应对措施	320	一、蒸汽锅炉锅筒水位的控制方法	373
五、过热器管爆管事故处理与应对		二、燃烧过程自动控制系统	374
措施	321	三、燃烧产物中烟气含氧量的控制	376
六、省煤器管爆破事故处理与应对		四、炉膛负压控制	377
措施	321	五、连锁保护措施	377
七、空气预热器管损坏事故处理与应对		六、手/自动无扰操作	377

第五节 控制系统功能概述	378	第七节 主要施工方法及技术措施	388
一、过程控制系统的质量指标	378	一、DCS系统的安装调试	388
二、集散控制系统概述	378	二、DCS系统软件调试	388
三、DCS的体系结构	378	第八节 工业锅炉自动控制的应用	390
四、DCS的特点	379	一、系统概述	390
五、现场控制站	380	二、锅炉房控制系统配置	391
六、现场控制站的功能	380	三、锅炉主要参数采集点	392
七、操作员站及工程师站	381	四、主要操作画面	393
第六节 检测仪表分类与安装	382	五、HC900控制器介绍	394
一、检测仪表的功能与发展趋势	382	六、SCADA系统功能描述	399
二、自控仪表基础知识	383	参考文献	403
三、常用的热工仪表及安装	383	附录 锅炉大气污染物排放标准	404
四、仪表盘功能	388		

第一章

绪 论

工业锅炉通常是指除专业火力发电锅炉之外，在人们生产和生活中使用的锅炉。

我国在用工业锅炉状况是：燃煤为主，量大面广，单台平均容量小，运行参数低，平均运行热效率低。2008 年我国燃煤工业锅炉总耗煤量约 5 亿吨，占全国煤炭消费总量的 1/5，是除发电锅炉以外的第二大耗能设备，同时也是节能潜力极大的设备。燃煤排放的烟尘、二氧化硫、氮氧化物是大气的主要污染物，因而工业锅炉又是污染环境的主要排放源，其大气污染物排放量也仅次于发电锅炉，在各类耗能设备中居第二位。工业锅炉节能、减排在我国节能减排全局中的地位十分重要。

第一节 节能减排是工业锅炉发展的基本方向

18 世纪后期出现锅炉，至今已有 200 多年的历史。随着社会生产力发展和科学技术进步，锅炉从最早的圆筒形发展至今，燃烧设备和锅炉受热面结构都有很大变化。

燃烧设备由古老的手烧炉，到固定双层炉排炉、明火反烧炉、简易煤气炉；随着用热负荷增大，相继发展了机械化程度较高的链条炉排炉、抛煤机炉排炉、往复推动炉排炉、滚动炉排炉、下饲炉排炉等多种层燃方式；进而由层燃方式进一步发展为室燃炉、鼓泡床及循环流化燃烧炉。燃料品种也由煤、木材等固体燃料扩大到液体燃料、气体燃料、生物质燃料、可燃工业和生活废弃物等。

从能量转换关系看，锅炉是能量转换器，输入端是燃料燃烧放热空间，俗称“火”侧；输出端是汽、水吸热容器，可称“水”侧。“火”侧就是燃烧设备，“水”侧就是汽锅，“火”与“水”的界面就是受热面。锅炉的传热效果与受热面的结构、布置方式直接相关。

汽锅的原始形式是一个圆柱形的锅筒，筒体外表面下部作为受热面与燃烧生成的高温烟气换热，筒内的水被加热成蒸汽供用户使用。这种锅炉由于受热面积小，不能充分吸收烟气的热能，不仅蒸汽产量小，而且热效率很低，锅炉容量和蒸汽参数都不能满足社会生产力发展的需求。于是，在圆柱形锅筒基础上，为加大锅炉受热面积，沿着两个方向发展：锅壳锅炉和水管锅炉。

锅壳锅炉是加大锅筒内部受热面。从在锅筒内加装火筒，发展到用小直径的烟管代替火筒以加大受热面，由此相继发展了立式火管、卧式外燃、卧式内燃等形式。这种锅炉，由于燃烧空间小、温度水平低、燃烧条件差，难于燃用低质煤，受热面传热效果一般较差，排烟温度较高，锅炉效率仍然较低。此外，锅筒直径大，不能承受较高的工质压力，钢耗量大，蒸发量受到限制。从使用角度看，这类锅炉结构简单，维护方便；水容积大，适应负荷波动性能好；水质要求较

低, 因此, 有的结构形式至今仍被广泛采用。

水管锅炉是加大锅筒外部受热面, 直接从锅筒或通过与之连接的集箱引出若干钢管受热面, 水在管内流动吸热, 烟气在管外流动放热。由于不受锅筒尺寸的约束, 在燃烧条件、传热效果和加大受热面等方面, 都从根本上得到了改善, 显著地提高了锅炉的蒸发量和热效率, 金属耗量也大为下降, 而且简化了制造工艺。此后, 又根据不同需要, 增设了蒸汽过热器、省煤器及空气预热器等受热面, 吸收燃料热更充分, 锅炉效率更高。水管锅炉有单锅筒立式、单锅筒纵置式、单锅筒横置式、双锅筒纵置式、双锅筒横置式和强制循环式等多种形式。目前, 单台容量在 10t/h 以上的工业锅炉基本都采用水管锅炉形式。

锅炉用于发电后, 单台容量不断增大, 现在锅炉单台容量已发展到 3000t/h; 蒸汽参数不断提高, 由低压 (1.27MPa) 发展到中压 (3.82MPa)、高压 (9.8MPa)、超高压 (13.72MPa)、超临界 (25MPa), 直到超超临界压力 (35MPa)。根据热力学第二定律, 锅炉蒸汽压力、温度越高, 发电热效率越高、煤耗越小。

纵观工业锅炉发展过程, 发展的主推动力是社会经济的增长、人民生活水平提升和科技进步, 同时由于锅炉是一种高耗能和高环境污染设备, 其发展又受制于能源资源和环境的承受力。因而, 锅炉发展的基本方向必然是高效节能, 低污染, 即节能减排。同时, 与其他设备一样, 运行安全可靠, 结构合理简单, 操作维修方便, 以及造价和运行费用低都是必须遵守的原则。

第二节 工业锅炉供热节能

一、工业锅炉供热系统的构成

工业锅炉供热系统由热源、热网和热用户三大部分构成: 热源是提供热用户所需的蒸汽或热水的工业锅炉房 (或热电厂); 热网是由蒸汽管网 (或热水管网) 组成的载热体输配系统; 由生产、生活与建筑物采暖空调等用热系统和设备组成的热用户系统, 总称为热用户。

供热系统的能源利用率等于锅炉热效率、管网热效率和用热设备热效率的乘积。锅炉耗能的大小不仅决定于本身热效率的高低, 还决定于用热系统的能源利用率。节省工业锅炉耗能必须从锅炉、管网和用热设备三方面系统考虑。

锅炉的能量转换由三个过程组成: 燃料燃烧的放热过程; 烟气向汽、水的传热过程; 水和蒸汽的吸热过程。实际工作中它们既是串联工作, 又有并联运行, 过程进行中互相推动又互相制约。锅炉热效率 (即能量转换程度) 取决于燃烧效率、传热效果和吸热能力。要提高工业锅炉热效率, 就要使这三个过程都得到强化, 这是分析问题的基点, 应贯穿于锅炉设计制造、选型使用、维修保养全过程。

管网热效率除了管网散热损失和流体泄漏损失外, 还应考虑介质输送过程中流动压降和流量调配不当造成流动失调的损失。

二、供热系统节能潜力分析

工业锅炉现实节能潜力分析, 就是用反平衡法, 用实际运行或试验数据, 对比分析各项热损失与设计指标或先进运行指标相比的差距, 从这种差距判断现实静态节能潜力的大小, 并找出具体原因, 采用合适的技术措施减少热损失, 提高锅炉热效率, 达到挖掘节能潜力的目的。

用理论节能潜力分析法, 得出满足同样的负荷条件下, 热电联产供热比工业锅炉房供热更能节约能源, 用热电联产替代工业锅炉房是一种现实动态节能潜力。具体到某一项目到底能不能替代, 必须通过现实动态分析, 从技术、经济、资源、环境、法律法规、现实管理水平以及社会可接受程度等多方面进行全面综合分析 (即可行性研究) 确定。

供热系统节能潜力分析法是全面质量管理在能源管理上的运用, 它将复杂的系统分解为若干个相对独立的影响因素, 在分别考察这些因素的基础上, 再综合分析各因素之间的相互关系和各