



节能减排技术丛书

I E N E N G J I A N P A I



供热锅炉及其系统节能

车得福 刘银河 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

节能减排技术丛书

供热锅炉及其系统节能

车得福 刘银河 编著



机械工业出版社

按人口平均的能源资源占有量来计算,我国是一个能源资源贫国。从我国目前的实际情况来看,节约能源在现阶段更加必要、可行并且潜力巨大。

作者结合自己的教学、科研实践经验和体会编写了本书。主要内容包括:供热锅炉基本知识,节能基础理论,供热锅炉的能耗分析,供热锅炉设计与节能,供热锅炉改造与节能,供热锅炉运行与节能,供热系统节能技术。

本书的读者对象主要是已熟悉供热锅炉及其辅助设备的基本工作原理并从事锅炉设计、制造、运行或管理的技术人员及相关专业的大专院校学生等。

图书在版编目(CIP)数据

供热锅炉及其系统节能/车得福,刘银河编著. —北京:机械工业出版社, 2008.4

(节能减排技术丛书)

ISBN 978-7-111-23602-3

I. 供… II. ①车…②刘… III. 集中供热—锅炉—节能 IV. TU833

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第028021号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 卞 鸥 责任编辑: 王春雨 责任校对: 刘志文

封面设计: 饶 薇 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市明辉装订厂装订)

2008年5月第1版第1次印刷

169mm×239mm·12.625印张·488千字

0001—4000册

标准书号: ISBN 978-7-111-23602-3

定价: 39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379732

封面无防伪标均为盗版

前 言

我国是一个能源资源大国，更是一个人口大国。按人口平均的能源资源占有量来计算，我国又是一个能源资源贫国。尽管许多学者认为，21 世纪的能源开发应走多元化战略，大力开发替代能源，但从我国目前的实际情况来看，开发新能源的前景固然广阔，而节约能源在现阶段更加必要、可行并且潜力巨大。应该将节能视为煤、油、气和水能之后的“第五能源”，讲究能源利用效率和经济效益，坚持能源和经济的可持续发展。

我国的能源利用效率与发达国家相比还有相当大的差距。造成这种现象的原因不仅在于技术的落后，更在于公民节能意识的淡薄以及国家节能政策落实的不完善或未落实等。

“中国能源中长期规划”可归纳为：“节能优先、效率为本；煤为基础、多元发展；城乡统筹、合理布局；立足国内、开拓国外；科学发展、创新体制、保护环境、保障供给”。目前，节能问题已经被提到了一个前所未有的高度。降低能源消耗被历史性地写入第十一个五年规划的目标：“在优化结构、提高效益和降低消耗的基础上，要实现 2010 年人均国内生产总值比 2000 年翻一番；资源利用效率显著提高，单位国内生产总值能源消耗比‘十五’期末降低 20% 左右。”单位 GDP 能源消耗指标写入五年规划，将节能降耗目标与经济增长目标放在同等重要的位置，并列入全国的社会经济发展总目标中，这充分说明节能的重要意义。

供热锅炉在我国量大面广。据测算，燃煤供热锅炉每年燃用煤炭约 4 亿 t（标准煤）。但供热锅炉的容量小、效率低。尽管供热锅炉在节能新技术、新产品应用方面取得了一些成果，但与发达国家相比还有相当大的差距，具有很大的节能潜力。

应机械工业出版社之约，作者将多年来在这一领域从事的相关教学和科研工作，进行了较多资料整理，加上自己的思考而编写了本书。重点阐述供热锅炉及其系统节能的基本理论，锅炉及其辅助设备在设

IV

计、运行及改造等环节中的节能方法，以及新型技术在供热系统中的应用等。书中所阐述的观点及方法只是一家之言，难免挂一漏万。真正能将普遍原理与工程实践相结合而创造出实用技术的是工作在生产第一线的广大工人和技术人员。希望本书能对正在从事锅炉及其相关设备节能工作的技术人员有所启迪，为我国节能降耗指标的完成作出贡献。本书的读者主要是已熟悉供热锅炉及其辅助设备的基本工作原理并从事锅炉设计、制造、运行或管理的技术人员及相关专业大专院校学生。

本书由车得福、刘银河合写。博士研究生郑东宏、王一坤、陈凯为本书的编写做了很多前期工作。本书各章后列出了相关的文献，对这些文献的作者表示诚挚的感谢。

由于作者学识有限，书中错误和缺点实难避免，敬请读者批评指正。

编 者
于西安交通大学

目 录

前言

第 1 章 供热锅炉基本知识	1
1.1 锅炉与能源利用	1
1.1.1 能源利用现状	1
1.1.2 供热锅炉在国民经济中的作用	3
1.1.3 供热锅炉节能的重要性	4
1.2 锅炉及锅炉房	4
1.2.1 锅炉的基本构造及工作过程	4
1.2.2 锅炉房设备的组成	8
1.3 供热锅炉参数及性能指标	9
1.3.1 供热锅炉的分类	9
1.3.2 供热锅炉参数	11
1.3.3 供热锅炉型号表示方法	12
1.4 锅炉的历史、现状和发展	14
1.4.1 锅炉的演变	14
1.4.2 我国锅炉工业现状	16
1.4.3 供热锅炉发展趋势	17
参考文献	21
第 2 章 节能基础理论	23
2.1 节能的基本概念	23
2.1.1 基本术语	23
2.1.2 用能基本原则	28
2.1.3 节能的基本方法	31
2.2 节能的热力学基础	34
2.2.1 热力学基础知识	34
2.2.2 热平衡	41
2.2.3 焓平衡	50
2.3 热经济学简介	65
2.3.1 热经济学基本概念	65
2.3.2 节能技术经济性评价方法	75
参考文献	77

第3章 供热锅炉的能耗分析	79
3.1 供热锅炉热平衡和热效率	79
3.1.1 锅炉热平衡	79
3.1.2 锅炉热效率	82
3.1.3 燃料消耗量	85
3.2 供热锅炉烟平衡和烟效率	85
3.2.1 锅炉烟平衡	86
3.2.2 锅炉的烟效率	89
3.3 锅炉热效率与烟效率的关系	89
3.4 供热锅炉的能耗分析	91
3.4.1 固体不完全燃烧热损失	91
3.4.2 气体不完全燃烧热损失	94
3.4.3 排烟热损失	95
3.4.4 散热损失	96
3.4.5 燃煤锅炉灰渣物理热损失	98
3.4.6 冷却热损失	99
3.5 提高锅炉效率的途径	99
3.5.1 提高锅炉毛效率的途径	99
3.5.2 提高锅炉净效率的途径	102
3.5.3 提高锅炉烟效率的途径	102
3.6 供热锅炉节能现状	103
3.6.1 我国供热锅炉使用现状	103
3.6.2 国外供热锅炉节能现状	106
3.6.3 供热锅炉节能监测内容、指标及方法	110
3.6.4 我国供热锅炉节能潜力分析及关键措施评述	113
参考文献	117
第4章 供热锅炉设计与节能	118
4.1 高效燃烧技术及其应用	118
4.1.1 强化燃烧的一般措施	118
4.1.2 高温空气燃烧	129
4.1.3 富氧燃烧	131
4.1.4 型煤燃烧	133
4.1.5 煤炭的气化燃烧	134
4.1.6 水煤浆燃烧	135
4.1.7 动力配煤	137
4.1.8 分层燃烧	138
4.2 供热锅炉燃烧的安全可靠性	141
4.2.1 结渣与结焦	141

4.2.2 受热面外部腐蚀	142
4.3 强化传热和隔热技术及其应用	146
4.3.1 锅炉受热面传热过程分析	146
4.3.2 强化受热面的应用	147
4.3.3 密封与保温	156
4.4 超低排烟温度锅炉技术	163
4.4.1 低温显热回收技术	163
4.4.2 冷凝式锅炉技术的应用	165
4.4.3 热管技术的应用	167
4.4.4 热泵技术的应用	175
4.5 辅助设备的合理匹配	185
4.5.1 泵与风机的合理选择	185
4.5.2 烟尘处理设备的合理选择	190
参考文献	194
第5章 供热锅炉改造与节能	198
5.1 改造目的、原则和方法	198
5.1.1 供热锅炉改造的目的和原则	198
5.1.2 供热锅炉改造的方法	199
5.2 强化燃烧的改造	201
5.2.1 炉排的改造	202
5.2.2 炉拱的改造	202
5.2.3 配风装置的改造	207
5.2.4 加装二次风	214
5.3 强化传热的改造	217
5.3.1 炉型的改造	217
5.3.2 炉膛的改造	219
5.3.3 锅炉管束的改造	221
5.3.4 尾部受热面的加装及改造	222
5.4 燃料更换	225
5.4.1 燃煤锅炉改造为燃气锅炉	225
5.4.2 燃煤锅炉改造为燃油锅炉	230
5.5 辅助设备的加装及改造	232
5.5.1 通风设备的改造	233
5.5.2 上煤和出渣设备的改造	233
5.5.3 水处理设备的改造	234
5.5.4 除尘设备的改造	235
5.6 其他减小热损失的改造	238
5.7 综合改造及其实例	244

参考文献	251
第 6 章 供热锅炉运行与节能	255
6.1 燃烧调整与优化	255
6.1.1 过量空气系数的调整	255
6.1.2 燃料量与风量调节	256
6.2 积灰与结渣	260
6.2.1 受热面污染及其危害	260
6.2.2 吹灰及防渣方法	264
6.3 结垢与阻垢	267
6.3.1 受热面结垢及其危害	267
6.3.2 防垢及清垢技术	272
6.4 辅助设备的优化运行	277
6.4.1 风机水泵的优化运行	277
6.4.2 除尘设备的节能运行	281
6.4.3 水处理与节能运行	282
参考文献	284
第 7 章 供热系统节能技术	286
7.1 蒸汽凝结水的回收与利用	286
7.1.1 凝结水回收与利用意义与现状	286
7.1.2 凝结水回收与利用系统	287
7.1.3 蒸汽凝结水回收与利用实例	303
7.2 锅炉排污水的回收与利用	304
7.2.1 锅炉排污及现状	304
7.2.2 锅炉排污原则及排污系统	307
7.2.3 锅炉排污水回收与利用系统	314
7.3 蓄热技术及其应用	327
7.3.1 蒸汽蓄热器及其工作原理	327
7.3.2 蒸汽蓄热器的设计	332
7.3.3 蓄热器的控制和管路系统	335
7.3.4 蒸汽蓄热器的应用	336
7.4 蒸汽热能梯级利用	339
7.4.1 蒸汽按压力梯级使用	340
7.4.2 多效蒸发系统	340
7.4.3 热电联产	344
7.4.4 热电冷联产	348
7.4.5 集中供热锅炉房	349
7.5 供热锅炉与集中供热系统自动控制与节能	350
7.5.1 供热锅炉自动控制	350

7.5.2 集中供热系统的自动控制	358
7.6 供热计量与节能	360
7.6.1 供热计量的意义	360
7.6.2 供热计量的方法	362
7.6.3 热计量设备	364
7.6.4 计量供热系统选择与应用	371
7.7 锅炉房管理与节能	377
7.7.1 锅炉选择	377
7.7.2 锅炉房全面管理	382
7.7.3 经济运行管理	383
参考文献	387

第1章 供热锅炉基本知识

1.1 锅炉与能源利用

1.1.1 能源利用现状

能源是指自然界中能够转换成热能、光能、电能和机械能等能量的物质资源。以原始状态存在于自然界，不需要加工或转换，可以直接使用的能源，称为天然能源或一次能源，如原煤、原油、天然气、水能、生物质能、核燃料、太阳能、地热能、潮汐能等。经过加工或形式转换的能源称为二次能源，如焦炭、汽油、电力、蒸汽等。

煤炭、石油、天然气以及水能等能源，在现有科学技术条件下已经被广泛使用，称为常规能源或传统能源。由于技术、经济条件的限制，正在研究开发而尚未得到大规模利用的能源称新能源，如核聚变能、太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能、氢能、海洋热能等。新能源不仅数量巨大，种类繁多，而且使用清洁，不易污染环境。又因它们（除核能外）消耗与补充速度可以持平，故又称连续性能源或可再生能源。水能也是可再生能源。

与煤炭、石油、天然气等化石燃料相比，通常认为新能源不造成环境污染。但随着新能源的广泛使用，局部的影响也会给人类和自然界带来严重危害，如太阳能电池生产中使用的有毒物质、风能装置的噪声、地热能开发溢出的硫化氢等。因此，新能源的开发利用同样要充分考虑环境保护。

从能源资源总量来评价，可以说我国是能源资源丰富的国家之一。但从能源品种、地区分布以及人口等因素分析，我国能源资源的勘探和开发利用存在着先天的矛盾或问题，需要采取有效战略及措施加以妥善解决。例如，人均能源资源占有量低，能源节约是长期的任务；能源资源地区分布不均衡，要妥善解决能源长距离输送问题；能源资源结构以煤为主，应多途径优化能源消费结构。

中国能源蓝皮书明确指出^[1]，我国目前的能源现状可描述为：国内能源供应紧缺、人均能源消费偏低、能源利用效率不高、人均能源资源不足、环境约束日益显现、交通运输压力过大。

我国能源资源总体的地区分布是北多南少、西富东贫，能源品种的地区分布

是北煤、南水和西油气,而我国经济发达、能源需求量大的地区是东部和东南沿海地区。能源资源分布和经济布局的矛盾,决定了我国能源的流向是由西向东和由北向南,“北煤南运”等能源大量输送的格局是不可避免的。研究制订和贯彻落实能源运输战略,是实施我国能源可持续发展战略的重要组成部分。“西电东送”和“西气东输”等工程对我国的经济持续、高速发展将起至关重要的作用。

我国常规能源资源以煤炭为主的结构,决定了能源生产结构、能源消费结构以及电源结构以煤炭为主的特点。煤炭与其他能源相比,利用效率低,污染严重。因此,煤炭的清洁利用必须引起高度重视,这是提高我国能源效率,优化能源结构的根本出路。

我国一次能源生产结构已经由 20 世纪 50 年代单一的煤炭结构发展到 21 世纪初煤、油、气、一次电力均有的多元能源结构。2004 年我国包括核电在内的一次能源生产总量构成为:原煤占 75.6%,原油占 13.5%,天然气占 3.0%,水电占 7.9%。与 2001 年(即“十五”初期)相比,石油比例有一定幅度下降,而水电比例有一定程度提高,天然气比例也在逐年提高。数据显示,我国能源生产结构中煤炭的比例始终在 67% 及以上,煤炭是我国能源的主体。我国以煤为主的能源生产结构,是由以煤为主的能源资源结构所决定的。我国能源资源的特点是富煤贫油。相对于石油和天然气,煤炭在我国既具有储量优势,又具有成本优势,且分布广泛,因此煤炭也是我国战略上最安全和最可靠的能源。煤炭工业在我国能源经济与整个经济发展中占有十分重要的地位。在可预见的未来,煤炭仍将是我国的主要能源和重要战略物资,具有不可替代性,尽管煤炭在能源结构中的比例呈不断下降趋势,但煤炭工业在经济发展中的基础地位,将是长期和稳固的^[1]。

我国煤炭资源的特点是高硫、高灰煤比重大,大部分原煤的灰分含量在 25% (质量分数,下同)左右,约 13% 的原煤含硫量高于 2%,而且高硫煤产量在逐年增加。以煤为主的能源结构直接导致能源活动对环境质量和公众健康造成极大危害。

我国的大气污染物排放量,已严重超过了环境容量。作为世界上同等经济规模中少数几个以煤为主要能源供应的国家,我国的能源消费结构过分依赖煤炭,带来了严重的生态破坏和环境污染。

我国二氧化硫排放量居世界第一位,酸雨覆盖了近 1/3 的国土。从环境容量看,全国二氧化硫排放量最多的容量是 1620 万吨左右,氮氧化物的环境容量也不会高于 1880 万吨,但是目前两者实际排放量均已超出了环境容量,出现了环境的“透支”。到 2020 年,我国将实现经济发展翻两番,届时,我国的能源和环境将面临巨大的压力。未来 15 年,我国的人均能源消费量和能源消费总量将

会持续增长,到2020年,我国一年的能源需求在25亿吨~33亿吨标准煤之间,到那时,二氧化硫、氮氧化物的产生量将远远超过环境容量所能承受的范围。

大气中总悬浮物(TSP)数量一直处于直线上升的状态中,将会从2000年的200万吨增长到2010年的300多万吨。

氮氧化物的产生量在2000年已达1000万吨。根据目前的发展情况看,2010年将会超过1500万吨,按照这样的速度发展下去,氮氧化物的产生量到2020年将会达到2000万吨,或超过2000万吨。由此可见,这些污染物将直接对环境造成破坏,并对人民生活健康造成巨大危害^[1]。

“中国能源中长期规划”可归纳为:“节能优先、效率为本;煤为基础、多元发展;城乡统筹、合理布局;立足国内、开拓国外;科学发展、创新体制、保护环境、保障供给。”目前,节能问题已经被提到了一个前所未有的高度。降低能源消耗被历史性地写入第十一个五年规划的目标:“在优化结构、提高效益和降低消耗的基础上,要实现2010年人均国内生产总值比2000年翻一番;资源利用效率显著提高,单位国内生产总值能源消耗比‘十五’期末降低20%左右。”单位GDP能源消耗指标第一次写入五年规划,将节能降耗目标与经济增长目标放在同等重要的位置,并首次列入全国的社会经济发展总目标中。

1.1.2 供热锅炉在国民经济中的作用

锅炉是一种通过燃料的燃烧,使燃料中的化学能转变为热能,并将此热能传递给工质(多数情况下为水),从而使工质升温,甚至转变成为具有所需要的热力学参数的蒸汽或热水的换热设备。

在各种工业企业的动力设备中,锅炉是重要的组成部分。这些锅炉用户使用锅炉,是为了提供热源或动力源。大多数的工矿企业是用蒸汽或高温热水对其产品进行加热、焙烘、消毒、保温或作为冬季采暖、夏季空调制冷的热源等等;也有少数的工矿企业用蒸汽作为动力,驱动汽轮机来拖动风机、水泵,油田和炼油厂或特殊部门都有这种需要。就一个供热系统而言,通常是利用锅炉生产出蒸汽(或热水),尔后通过热力管道,将蒸汽(或热水)输送至用户,以满足生产工艺或生活采暖等方面的需要。此外,还有用于生活热水供应、洗浴和采暖的所谓生活锅炉。用于工业生产和生活的锅炉数量大、分布广,并且绝大多数都以产生携带一定量热能的蒸汽和热水为目的,以水作为介质的形式出现。通常,我们把用于动力、发电方面的锅炉,叫做动力锅炉,把用于工业及采暖方面的锅炉,称为供热锅炉,又称工业锅炉。

我国生产的煤炭约1/3用于发电;1/3用于工业及生活锅炉,即所谓的供热锅炉;1/3用于冶金、化工等工业。

随着人民生活水平的提高,对热能的需求量急剧增大,锅炉的数量也就越来越多。目前,世界各国都在致力于高效、低污染锅炉的研究和开发工作,力求使得由于锅炉燃烧燃料而对环境造成的破坏最小化。

1.1.3 供热锅炉节能的重要性

供热锅炉是我国国民经济生活中的重要设备,使用广泛,需求量大。我国既是供热锅炉生产大国,也是使用大国。我国供热锅炉的特点之一是以燃煤为主,燃煤供热锅炉的生产量和使用量占国际首位,每年供热锅炉燃煤约占我国原煤产量的 $1/3$,而在美国,煤炭资源虽比我国丰富,但燃煤供热锅炉仅占总量的 2% ,其余均为燃油或燃气锅炉。我国供热锅炉的特点之二是锅炉热效率不高,只有 $60\% \sim 70\%$,比当前发达国家的供热锅炉热效率约低 $10\% \sim 15\%$ 。供热锅炉年耗原煤 4 亿多吨,如能将热效率提高到 $80\% \sim 85\%$,每年可节省原煤 6000 万吨左右^[2-6]。

由于我国供热锅炉的以上两个特点,加之大多燃用统煤,因而不仅能源浪费严重,而且是大气重要污染源之一。我国供热锅炉每年向大气排放的烟尘达 620 万 t,约占全国总烟尘排放量的 33% ; SO_2 排放量 500 多万吨,约占全国 SO_2 总排放量的 21% 。此外,还排出大量的 CO_2 气体及 NO_x 等有害气体,不仅污染大气而且影响到全球温室效应的生成。

由此可见,我国供热锅炉的状况对于节省能源资源和改善环境保护是十分重要的。今后我国供热锅炉的发展,必然是沿着高效和洁净燃烧方向前进。我国供热锅炉的发展方向必须根据我国的能源资源和环保状况而定,在近 50 年内,我国以煤为主的能源结构尚难以改变。目前,减轻燃煤供热锅炉造成环境污染的方法可以分为两类:一类是采用各种环保装置来减少锅炉排烟中的 SO_2 、 NO_x 和飞灰等;另一类是采用提高供热锅炉效率和适当调整燃料结构以减少燃煤量的消耗,这样可同时减轻燃煤供热锅炉造成的环境污染。

节约能源已被视为继煤炭、石油、天然气和电力等四种重要能源之后的“第五能源”。在发达国家,节能观念已从 20 世纪 70 年代初为应付能源危机而实行节约和缩减,演变成以提高效益、减少污染、改善生活质量和改进公共关系为目标。目前,我国的能源利用也正在以快速的步伐向这一目标迈进。

1.2 锅炉及锅炉房

1.2.1 锅炉的基本构造及工作过程

锅炉由一系列设备组成,这些设备可分为锅炉本体和辅助设备两类。我们通

常所说的“锅炉”一般是指锅炉本体，主要指由锅筒、集箱、受热面及其间的连接管道、燃烧设备、炉墙和构架等所组成的整体，锅炉本体也称锅炉的主要部件；而“锅炉机组”是指由锅炉本体及配合锅炉本体工作的其他设备或机械构成的成套装置。这些配合锅炉本体工作的其他设备或机械统称为锅炉辅助设备。辅助设备有鼓引风设备、运煤、除灰渣设备、制粉设备（煤粉燃烧锅炉）、给水设备、水处理设备，以及烟气除尘、脱硫和脱硝设备等。

对于一般的工业锅炉，最基本的组成是锅筒及受热面和炉子。燃料在炉子里进行燃烧，将它的化学能转化为热能，高温的燃烧产物——烟气则通过受热面将热量传递给锅筒内温度较低的水。水被加热，进而沸腾汽化，生成蒸汽。现以图 1-1 所示 SHL 型锅炉（即双锅筒横置式链条炉）为例，简要地介绍锅炉的基本构造和工作过程。

锅筒（又称汽包）、管束、水冷壁、集箱和下降管等组成的一个封闭汽水系统。炉子包括煤斗、炉排、除渣板、送风装置等组成的燃烧设备。此外，为了保证锅炉的正常工作和安全，蒸汽锅炉还必须装设安全阀、水位表、高低水位报警器、压力表、主汽阀、排污阀、止回阀等，还有用来消除受热面上积灰，以利传热的吹灰器，以提高锅炉运行的经济性。

锅炉的工作包括三个同时进行着的过程：燃料的燃烧过程、烟气向水的传热过程和水的受热汽化过程（蒸汽的生产过程）。

1. 燃料的燃烧过程

在这个过程中，燃料中的化学能被释放出来，并转化成为被烟气所携带的热能。

如图 1-1 所示，锅炉的炉子设置在锅筒的前下方，此种炉子是供热锅炉中应用较为普遍的一种燃烧设备——链条炉排炉。燃料在加煤斗中借自重下落到炉排面上，炉排借电动机通过变速齿轮箱减速后由链轮来带动，犹如带运输机，将燃料带入炉内。燃料一面燃烧，一面向后移动。燃烧需要的空气是由风机送入炉排腹中风仓后，向上穿过炉排到达燃料层，进行燃烧反应形成高温烟气。燃料最后烧尽成为灰渣，在炉排末端被除渣板（俗称老鹰铁）铲除到灰渣斗后排出，整个过程称为燃烧过程。燃烧过程进行得完善与否，是锅炉正常工作的根本条件。要保证良好的燃烧必须要有高温的环境，必需的空气量和空气与燃料的良好混合。当然为了锅炉燃烧的持续进行，还得连续不断地供应燃料、空气和排出烟气、灰渣。为此，就需配备送、引风设备和运煤出渣设备。

2. 烟气向水（汽等工质）的传热过程

在这个过程中，烟气所携带的热能通过锅炉的各种受热面传递给锅炉的工质。

由于燃料的燃烧放热，炉内温度很高。在炉膛的四周墙面上，都布置一排水

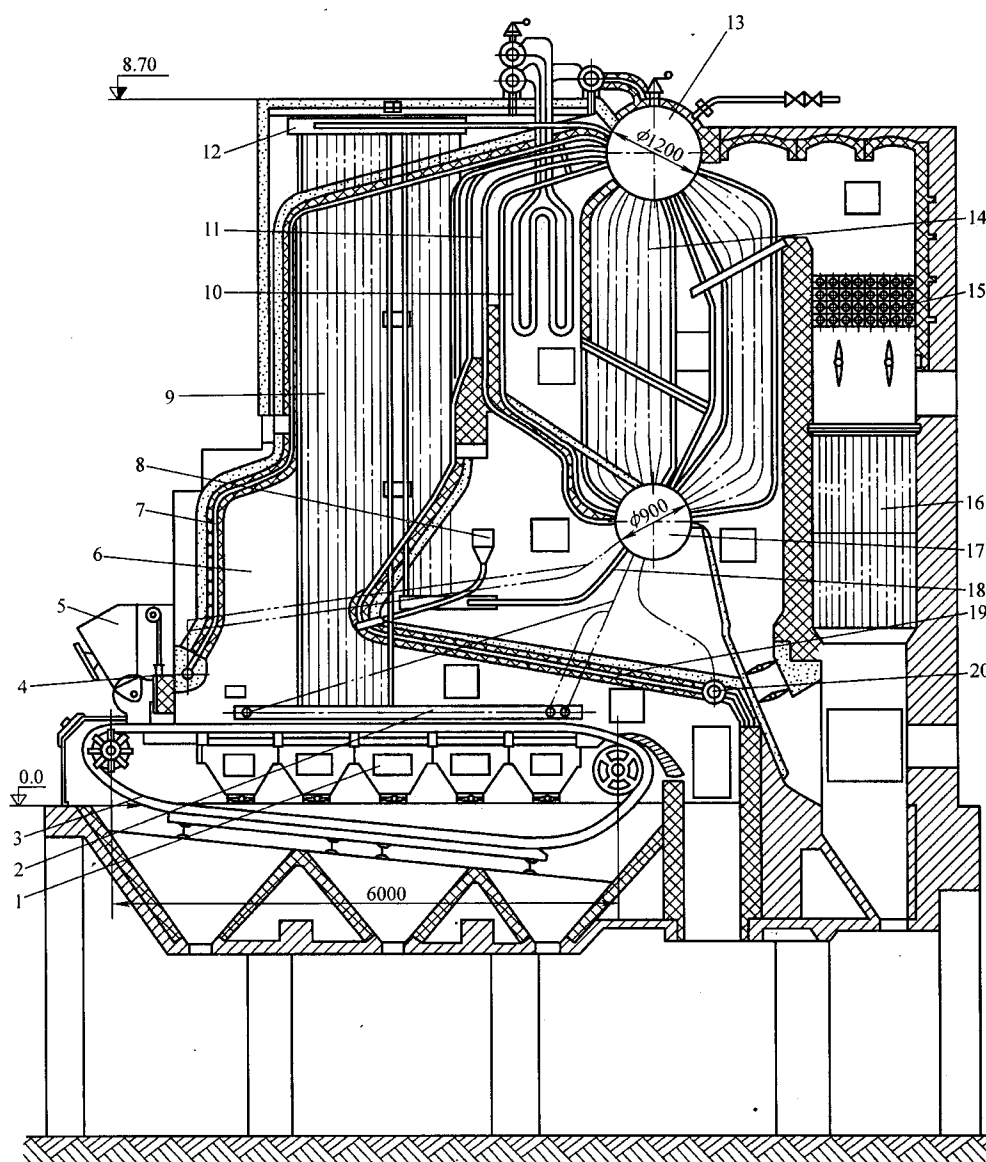


图 1-1 SHL 型锅炉

- 1—风仓 2—侧水冷壁下集箱 3—链条炉排 4—前水冷壁下集箱 5—加煤斗 6—炉膛
 7—前墙水冷壁 8—二次风管 9—侧墙水冷壁 10—蒸汽过热器 11—烟窗及防渣管
 12—侧水冷壁上集箱 13—上锅筒 14—对流管束 15—省煤器 16—空气预热器
 17—下锅筒 18—下降管 19—后墙水冷壁 20—后水冷壁下集箱

管，俗称水冷壁。高温烟气与水冷壁进行强烈的辐射换热，将热量传递给管内工质。继而烟气受引风机、烟囱的引力而向炉膛上方流动。烟气出烟窗（炉膛出口）并掠过防渣管后，就冲刷蒸汽过热器——一组垂直放置的蛇形管受热面，使锅筒中产生的饱和蒸汽在其中受烟气加热而过热。烟气流经过热器后又掠过胀接在上、下锅筒间的对流管束，在管束间设置了折烟墙，使烟气呈“S”形曲折地横向冲刷，再次以对流换热方式将热量传递给管束内的工质。沿途降低着温度的烟气，最后进入尾部烟道，与省煤器和空气预热器内的工质进行热交换后，以经济的较低烟温排出锅炉。省煤器实际上是给水预热器，它和空气预热器一样，都设置在锅炉尾部（低温）烟道，以降低排烟温度，提高锅炉效率，从而节省了燃料。

3. 工质的升温、汽化、过热过程

在这个过程中，工质吸收热量而被加热到所期望的温度。这一过程也称为锅内过程。它也是蒸汽的生产过程，主要包括水循环和汽水分离过程。经过水处理的锅炉给水是由水泵加压，先流经省煤器而得到预热，然后进入锅筒。

锅炉工作时，锅筒中的工质是处于饱和状态下的汽水混合物。位于烟温较低区段的对流管束，因受热较弱，汽水工质的密度较大，而位于烟气高温区的水冷壁和对流管束，因受热强烈，相应地工质的密度较小，从而密度大的工质则往下流入下锅筒，而密度小的向上流入上锅筒，形成了锅水的自然循环。此外，为了组织水循环和进行输导分配的需要，一般还设有置于炉墙外的不受热的下降管，借以将工质引入水冷壁的下集箱，而通过上集箱上的汽水引出管将汽水混合物导入上锅筒。

借助上锅筒内装设的汽水分离设备，以及在锅筒本身空间中的重力分离作用，使汽水混合物得到了分离。蒸汽在上锅筒顶部引出后进入蒸汽过热器中，而分离下来的水仍回落到上锅筒下半部的水空间。锅筒中的水循环，也保证了与高温烟气相接触的金属受热面得以冷却而不会烧坏，这是锅炉能长期安全可靠运行的必要条件；而汽水混合物的分离设备，则是保证蒸汽品质和蒸汽过热器可靠工作的必要设备。

4. 现代锅炉的部件及作用

(1) 现代工业锅炉所具有的主要部件及其作用

① 炉膛。其作用是保证燃料燃尽，并使出口烟气温度冷却到对流受热面能安全工作的温度。

② 燃烧设备。将燃料和燃烧所需空气送入炉膛，并使燃料着火稳定、燃烧良好。

③ 锅筒。这是自然循环锅炉各受热面的闭合件，将锅炉各受热面联结在一起，并和水冷壁、下降管等组成水循环回路。锅筒内储存汽水，可适应负荷变