

GUOLU JIENENG
GAIZAO JISHU YU
GONGCHENG SHILI

工业锅炉

节能改造技术 与工程实例

李显海 ● 编著



金盾出版社

工业锅炉节能改造技术与工程实例

李显海 编著

金盾出版社

内 容 提 要

本书分为4章,内容包括工业锅炉基本特性及工作过程,工业锅炉改造技术,锅炉辅机节电改造及工业锅炉节能改造实例。

本书可供从事锅炉设计与改造的工程技术人员和工人使用,也可供工业锅炉使用单位管理人员及操作人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

工业锅炉节能改造技术与工程实例/李显海编著. -- 北京:金盾出版社,2012.5

ISBN 978-7-5082-7391-4

I. ①工… II. ①李… III. ①工业锅炉—节能—技术改造 IV. ①TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 007694 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路5号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京凌奇印刷有限公司

正文印刷:北京军迪印刷有限责任公司

装订:兴浩装订厂

各地新华书店经销

开本:705×1000 1/16 印张:12.25 字数:220千字

2012年5月第1版第1次印刷

印数:1~8000册 定价:29.00元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

我国的工业锅炉数量较多,分布面比较广,在社会生产和人民的生活中起着重要的作用。工业锅炉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。我国的能源结构煤多油少,决定了我国的工业锅炉主要以燃煤为主,其煤的消耗量大约占了全年原煤总产量的1/5。

随着经济的迅速发展,我国乃至整个世界范围对环境保护日益重视,燃煤工业锅炉不但能耗高,而且污染严重,与当代社会节约发展、清洁发展的要求不相适应,因此,对工业锅炉进行节能改造的工作显得十分重要,也是关系到社会经济可持续发展、落实科学发展观、构建社会主义和谐社会的一项重要举措,是建立资源节约型社会、推进经济结构调整、改变国民经济增长方式的重大决策。

本书遵循理论结合实际的原则,采用了一些比较先进的环保、节能改造技术,总结了一些较为成熟的经验,希望能为我国工业锅炉的节能减排工作做点贡献。

本书主要由李显海编著,参加编写的其他人员有史立国、董立新、姜鸿昊、雷杰、罗娜、吴宁、赵春娟、陶红梅、夏欣、于涛、王慧、赵蕾、马可佳、韩艳艳、远程飞。在编写过程中,也得到了锅炉运行改造方面的专家和技术人员的大力支持和帮助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,尽管尽心尽力,但内容难免有疏漏或未尽之处,敬请有关专家和读者提出宝贵意见,以不断充实、提高和完善。

编 者

目 录

第 1 章 工业锅炉基本特性及工作过程	(1)
1.1 工业锅炉分类及性能参数	(1)
1.1.1 工业锅炉分类	(1)
1.1.2 工业锅炉主要性能参数	(3)
1.2 工业锅炉型号和参数系列	(4)
1.2.1 工业锅炉型号的编制方法	(4)
1.2.2 工业蒸汽锅炉参数系列	(7)
1.2.3 热水锅炉参数系列	(8)
1.3 常见工业锅炉工作过程	(10)
1.3.1 锅炉工作过程的实质	(10)
1.3.2 锅炉工作过程的控制与调整	(13)
第 2 章 工业锅炉改造技术	(15)
2.1 锅炉技术改造的目的	(15)
2.2 工业锅炉节能改造方案的选择	(16)
2.2.1 设计方案的基本要求	(16)
2.2.2 方案选择的基本原则和程序	(16)
2.2.3 燃烧系统方案的选择	(18)
2.2.4 控制方式的选择	(19)
2.2.5 辅机系统匹配和辅机选型	(20)
2.3 工业锅炉存在问题分析	(22)
2.4 燃煤工业锅炉的强化燃烧技术	(24)
2.4.1 强化燃烧基础知识	(24)
2.4.2 燃煤工业锅炉的结构特点	(25)
2.4.3 链条锅炉强化燃烧技术	(33)
2.5 燃煤工业锅炉的燃气(油)改造	(52)
2.5.1 燃气(油)工业锅炉的节能优势	(52)
2.5.2 燃气(油)锅炉的结构特点	(53)
2.5.3 燃煤锅炉改燃气(油)	(60)
2.6 循环流化床锅炉的节能改造	(66)
2.6.1 循环流化床锅炉的主要优势	(66)
2.6.2 循环流化床锅炉的结构特点	(68)

2.6.3 循环流化床锅炉节能改造	(80)
2.7 工业锅炉洁净煤技术	(112)
2.7.1 洁净煤技术基本情况	(112)
2.7.2 工业锅炉煤炭洗选技术	(114)
2.7.3 工业锅炉动力配煤技术	(116)
2.7.4 工业锅炉型煤应用技术	(119)
2.7.5 工业锅炉水煤浆应用技术	(123)
2.8 工业锅炉水处理节能	(132)
2.8.1 工业锅炉水处理基础知识	(132)
2.8.2 工业锅炉水处理技术	(139)
2.8.3 工业锅炉排污及除氧	(144)
2.8.4 工业锅炉反渗透水处理应用技术	(147)
2.9 锅炉改造中的安全问题	(151)
第3章 锅炉辅机节电改造	(160)
3.1 锅炉通风设备节电改造	(160)
3.2 锅炉水泵节电改造	(164)
3.3 锅炉鼓风机、引风机、水泵运行调节节能	(166)
第4章 工业锅炉节能改造实例	(172)
实例1 三漩涡内分离循环流化床锅炉节能技术改造	(172)
实例2 KZG2-8型快装锅炉改为振动炉排炉	(173)
实例3 正转炉排链条锅炉改造成抛煤机倒转炉排链条锅炉	(175)
实例4 35t/h链条锅炉改造成循环流化床锅炉	(177)
实例5 DZL型燃煤锅炉改为燃气锅炉	(180)
实例6 煤粉锅炉改造成循环流化床锅炉	(181)
实例7 某10t/h工业锅炉节能改造	(184)
实例8 某循环流化床锅炉节能技术改造	(186)
参考文献	(189)

第1章 工业锅炉基本特性及工作过程

1.1 工业锅炉分类及性能参数

1.1.1 工业锅炉分类

1. 按照锅炉本体结构分类

工业锅炉可以分为火管锅炉(包括烟管锅炉)、水管锅炉、快装锅炉、热水锅炉、废热锅炉等。

(1)火管锅炉。火管锅炉具有结构简单、设备不太复杂、运行技术水平要求较低、给水不必进行严格水处理等优点;但由于结构上的限制,蒸汽参数较低,加上热效率低,消耗钢材量大,因此均在小容量上采用,不能满足日益增长的工业用汽的需要。

(2)水管锅炉。所谓水管锅炉就是水、汽或汽水混合物在管内流动,而火焰或烟气在管外燃烧和流动的锅炉。

(3)快装锅炉。快装锅炉也称整装锅炉,锅炉在制造厂全部装好,整机运往运行部门,保证锅炉的制造安装质量。

(4)热水锅炉。热水锅炉是供给热水(相应于锅炉出口压力的不饱和水)的锅炉。整台锅炉相当于蒸汽锅炉的非沸腾式省煤器一样,区别是热水锅炉有一半左右采用辐射式省煤器,而蒸汽锅炉大都采用对流式省煤器。

(5)余热锅炉(废热锅炉)。充分利用废气、废渣等余热设备称为余热锅炉。余热锅炉结构上的显著特点是没有燃烧室和燃烧装置,整台锅炉只有高温和低温对流受热面。可利用的余热来自于烟气、炉渣以及高温产品、可燃废气、化学反应、废水等。

2. 按照燃烧设备分类

工业锅炉可以分为手烧炉、链条炉、振动炉排、往复式推动炉排、沸腾炉、煤粉炉。

(1)手烧炉。手烧炉是工业锅炉中最简单的燃烧设备。其加煤、拨火、除渣等操作都由人力完成。在手烧炉的燃烧过程中,新燃料由炉门投入,落在已

经燃烧得很旺的燃料层上,一般不采用送风机和引风机,而是采用自然通风。依靠烟囱的自然抽风,在炉膛内造成负压以吸入燃烧所需的空气。

(2)链条炉。

1)链条炉的燃烧过程及其特点:煤在链条炉燃烧时,炉排如同皮带运输机一样,自前向后缓慢移动;燃料从燃料斗下来落在炉排上,随炉排一起前进;空气从炉排下方送入炉内。当燃料经过燃料闸门时,被刮成一定厚度,然后进入炉膛。燃料在炉膛内受辐射加热后,就进入燃烧阶段,开始是烘干并放出挥发分,随后着火燃烧和燃尽,灰渣则随炉排移动而被排出。以上各阶段都是沿炉排长度相继进行的,又是同时发生,炉子的燃烧过程不随时间的改变而改变。

2)落在炉排上的新燃料,从上面吸收炉膛火焰、高温烟气、高温炉墙的辐射热着火。从燃料层下面来的预热空气,一般预热温度为 200°C 左右,最多不超过 400°C 。预热空气对新燃料虽有加热作用,但不足以使其着火,链条炉中的燃料着火是由燃料层最上面开始,然后逐渐向下传播。

(3)振动炉排。振动炉排是利用振动使煤在炉排上逐渐向后移动;煤在炉排上逐渐向后移动,进行着预热、着火、燃烧、燃尽等过程;分段送风;煤在炉排上都是跳跃前进的,炉排本身并不移动,炉排经常与高温火焰接触,所以对材质的要求很高。

(4)往复式推动炉排。往复式推动炉排是由间隔布置的固定和可动炉排片组成;煤在炉排上逐渐向后移动,进行着预热、着火、燃烧、燃尽等过程;分段送风;燃料在往复炉排上的着火比链条炉要好,这是由于往复炉排在推动时,能把未燃的燃料推到已燃燃料的上面,从而实现部分燃料的无限制着火;往复炉排最大的缺点是炉排的冷却性较差。

(5)沸腾炉。沸腾锅炉,是把煤破碎到一定大小的颗粒,空气通过布风板时,把厚度约为 500mm 的料层吹起,在炉膛的一定高度内上下翻腾,破碎好的煤粒子送到上下翻腾的高温沸腾层中燃烧。层内温度一般为 $850\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 。新送入的燃煤进入数量比本身大几十倍的沸腾层中,很快便被加热到着火温度而着火燃烧。

(6)煤粉炉。把煤预先磨成煤粉,用空气把煤粉送入炉内,在悬浮状态下着火燃烧。采用煤粉炉,需要一套复杂的制粉系统和设备,电耗较大,限制了其在工业锅炉中的应用,加上粉尘污染严重,不能低负荷运行等缺点,一般工业锅炉中不宜采用煤粉炉。

目前比较常用的工业锅炉主要有链条锅炉、沸腾锅炉以及流化床锅炉等。

1.1.2 工业锅炉主要性能参数

工业锅炉的性能是以其供热能力及供热品位为标志。

1. 蒸汽锅炉参数

(1)额定蒸发量。额定蒸发量是用来表示蒸汽锅炉的供热能力,单位为t/h。额定蒸发量有时也叫做额定出力、铭牌蒸发量或是锅炉容量。额定蒸发量是指在额定出口蒸汽参数、额定给水温度以及设计使用燃料和保证设计效率下连续运行所应达到的每小时产汽量。

(2)额定出口蒸汽压力。额定出口蒸汽压力是表示蒸汽锅炉供热品位的主要参数。主要是指过热器主汽阀出口处的过热蒸汽压力,对于无过热器的锅炉,用主汽阀出口处的饱和蒸汽压力来表示。

(3)蒸汽温度。蒸汽温度表示供热品位的参数,主要是指过热器主汽阀出口处的过热蒸汽的温度,对于无过热器的锅炉,用锅炉主汽阀出口的饱和蒸汽温度来表示。饱和蒸汽温度一般不表示,可以在相应的饱和蒸汽压力下查到。

(4)给水温度。给水温度是指进省煤器的给水温度,对于无省煤器的锅炉即是指进锅炉锅筒水的温度。工业锅炉规定的给水温度是20℃,60℃和104℃三档。

2. 热水锅炉参数

(1)额定热功率(额定供热量)。额定热功率是表示热水锅炉的供热能力,在一定的回水温度、回水压力和相应的循环水量下,锅炉长期连续运行应能达到的规定供热量,其单位为MW。

(2)额定出口热水温度。额定出口热水温度表示热水锅炉供热的品位。是在额定回水温度、回水压力和额定循环水量的情况下,长期连续运行应能达到的供水温度。

(3)回水温度。回水温度是指在一定压力、额定循环水量及额定出水温度的情况下,进入锅炉省煤器或锅炉锅筒的水的温度。

在热水锅炉中,通常是以供水温度 t_g 与回水温度 t_h 之比表示,如95℃/70℃,115℃/70℃,130℃/70℃,150℃/90℃,180℃/110℃。

(4)锅炉运行压力。热水锅炉的设计压力是按热水锅炉的基本参数系列进行设计的,实际运行时是按供暖系统循环水所需要的量程确定的。锅炉的运行压力就是循环水泵出口进入锅炉的压力。锅炉的运行压力,一般都要低于锅炉的设计压力。但是,为避免热水锅炉中的水发生汽化,应维持锅炉内的压力高于汽化压力的一定程度。

1.2 工业锅炉型号和参数系列

1.2.1 工业锅炉型号的编制方法

锅炉与其他机械设备一样,都具有型号和规格,用以表示其结构、性能以及工作能力。对额定工作压力大于 0.04MPa,但小于 3.8MPa,且额定蒸发量不小于 0.1t/h 的以水为介质的固定式钢制蒸汽锅炉和额定出水压力大于 0.1MPa 的固定式钢制热水锅炉的型号表示方法,按照标准《工业锅炉产品型号编制方法》(JB/T 1626—2002)进行编制。

1. 型号组成

(1)工业锅炉产品型号组成。工业锅炉(电加热锅炉除外)产品型号由三部分组成,各部分之间用短横线相连,示意图如图 1-1 所示。

1)型号的第一部分表示锅炉本体型式和燃烧设备形式或燃烧方式及锅炉容量。共分三段,第一段用两个大写汉语拼音字母代表锅炉本体型式(表 1-1);第二段用一个大写汉语拼音字母代表燃烧设备形式或燃烧方式(表 1-2);第三段用阿拉伯数字表示蒸汽锅炉额定蒸发量为若干 t/h 或热水锅炉额定热功率为若干 MW。各段连续书写。

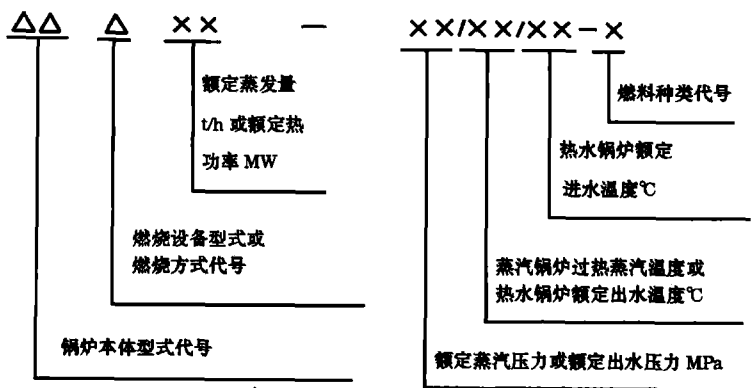


图 1-1 工业锅炉产品型号组成示意图

2)型号的第二部分表示介质参数。对蒸汽锅炉分两段,中间以斜线相连,第一段用阿拉伯数字表示额定蒸汽压力为若干 MPa;第二段用阿拉伯数字表示过热蒸汽温度为若干 $^{\circ}\text{C}$,蒸汽温度为饱和温度时,型号的第二部分无斜线 and 第二段。对热水锅炉分三段,中间也以斜线相连,第一段用阿拉伯数字表示额

定出水压力为若干 MPa;第二段和第三段分别用阿拉伯数字表示额定出水温度和额定进水温度为若干℃。

3)型号的第三部分表示燃料种类。用大写汉语拼音字母代表燃料品种,同时用罗马数字代表同一燃料品种的不同类别与其并列(表 1-3)。如同时使用几种燃料,主要燃料放在前面,中间以顿号隔开。

锅炉本体型式、燃烧设备形式或燃烧方式、燃料种类超出表 1-1、表 1-2 和表 1-3 的规定时,企业可参照上述规定自行编制产品型号。

表 1-1 锅炉本体型式代号

锅炉类别	锅炉本体型式	代 号
锅壳锅炉	立式水管	LS
	立式火管	LH
	立式无管	LW
	卧式外燃	WW
	卧式内燃	WN
水管锅炉	单锅筒立式	DL
	单锅筒纵置式	DZ
	单锅筒横置式	DH
	双锅筒纵置式	SZ
	双锅筒横置式	SH
	强制循环式	QX

注:水火管混合式锅炉,以锅炉主要受热面形式采用锅壳锅炉或水管锅炉本体型式代号,但在锅炉名称中应写明“水火管”字样。

表 1-2 燃烧设备形式或燃烧方式代号

燃 烧 设 备	代 号
固定炉排	G
固定双层炉排	C
链条炉排	L
往复炉排	W
滚动炉排	D
下饲炉排	A
抛煤机	P
鼓泡流化床燃烧	F
循环流化床燃烧	X
室燃炉	S

注:抽板顶升采用下饲炉排的代号。

表 1-3 燃料种类代号

燃料种类	代 号
Ⅱ类无烟煤	WⅡ
Ⅲ类无烟煤	WⅢ
Ⅰ类烟煤	AⅠ
Ⅱ类烟煤	AⅡ
Ⅲ类烟煤	AⅢ
褐煤	H
贫煤	P
型煤	X
水煤浆	J
木柴	M
稻壳	D
甘蔗渣	G
油	Y
气	Q

(2)电加热锅炉产品型号组成。电加热锅炉产品型号由两部分组成,各部分之间用短横线相连,示意图如图 1-2 所示。

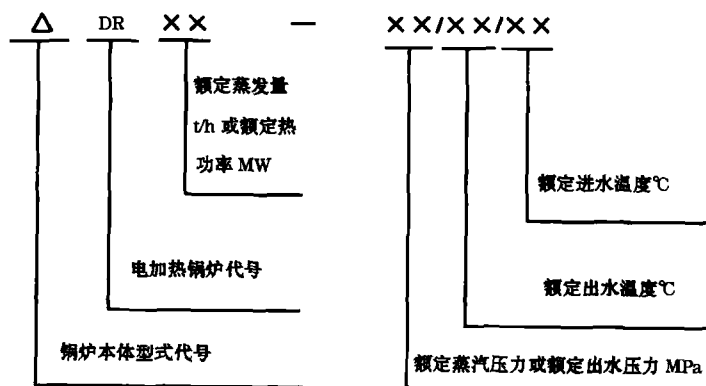


图 1-2 电加热锅炉产品型号组成示意图

1)型号的第一部分表示锅炉本体型式和电加热锅炉代号及锅炉容量。共分三段,第一段用一个大写汉语拼音字母表示锅炉本体型式,锅炉本体型式分卧式和立式两种,用 W 代表卧式,用 L 代表立式;第二段用汉语拼音字母 DR 表示电加热锅炉代号;第三段用阿拉伯数字表示蒸汽锅炉的额定蒸发量为若

干 t/h 或热水锅炉的额定热功率为若干 MW。各段连续书写。

2) 型号的第二部分表示锅炉的介质参数。蒸汽锅炉用阿拉伯数字表示额定蒸汽压力为若干 MPa; 热水锅炉分三段, 各段之间以斜线相连, 第一段用阿拉伯数字表示额定出水压力为若干 MPa; 第二段和第三段分别用阿拉伯数字表示出水温度和进水温度为若干℃。

(3) 汽水两用工业锅炉产品型号组成。工业锅炉如为蒸汽和热水两用锅炉, 以锅炉主要功能来编制产品型号, 但在锅炉名称上应写明“汽水两用”字样。

2. 举例

(1) LSG0.5-0.4-AⅢ。它表示立式水管固定炉排, 额定蒸发量为 0.5t/h, 额定蒸汽压力为 0.4MPa, 蒸汽温度为饱和温度, 燃用Ⅲ类烟煤的蒸汽锅炉。

(2) DZL4-1.25-WⅡ。它表示单锅筒纵置式水管或卧式水火管链条炉排, 额定蒸发量为 4t/h, 额定蒸汽压力为 1.25MPa, 蒸汽温度为饱和温度, 燃用Ⅱ类无烟煤的蒸汽锅炉。

(3) SZS10-1.6/350-Y、Q。它表示双锅筒纵置式室燃, 额定蒸发量为 10t/h, 额定蒸汽压力为 1.6MPa, 过热蒸汽温度为 350℃, 燃油、燃气两用, 以燃油为主的蒸汽锅炉。

(4) SHX20-2.5/400-H。它表示双锅筒横置式循环流化床燃烧, 额定蒸发量为 20t/h, 额定蒸汽压力为 2.5MPa, 过热蒸汽温度为 400℃, 燃用褐煤的蒸汽锅炉。

(5) QXW2.8-1.25/95/70-AⅡ。它表示强制循环往复炉排, 额定热功率为 2.8MW, 额定出水压力为 1.25MPa, 额定出水温度为 95℃, 额定进水温度为 70℃, 燃用Ⅱ类烟煤的热水锅炉。如采用管架式(或角管式)结构, 可在铭牌上用中文说明, 以示其锅炉特点。

(6) LDR0.5-0.4。它表示立式电加热锅炉, 额定蒸发量为 0.5t/h, 额定工作压力为 0.4MPa 的蒸汽锅炉。

(7) WDR0.7-1.0/95/70。它表示卧式电加热锅炉, 额定热功率为 0.7MW, 额定出水压力为 1.0MPa, 额定出水温度为 95℃, 额定进水温度为 70℃ 的热水锅炉。

1.2.2 工业蒸汽锅炉参数系列

1. 范围

《工业蒸汽锅炉参数系列》(GB/T 1921—2004)规定了额定蒸汽压力大于 0.04MPa, 但小于 3.8MPa 的工业蒸汽锅炉额定参数系列。

此参数系列主要适用于工业用、生活用以水为介质的固定式蒸汽锅炉。

2. 工业蒸汽锅炉的额定参数

(1) 工业蒸汽锅炉的额定参数应选用表 1-4 中所列的参数, 表 1-4 中标有符号“△”处所对应的参数宜优先选用。

表 1-4 工业蒸汽锅炉额定参数系列

额定蒸发量 /(t/h)	额定蒸汽压力(表压力)/MPa											
	0.1	0.4	0.7	1.0	1.25		1.6		2.5			
	额定蒸汽温度/℃											
	饱和	饱和	饱和	饱和	饱和	250	350	饱和	350	饱和	350	400
0.1	△	△										
0.2	△	△	△									
0.3	△	△	△									
0.5	△	△	△	△								
0.7		△	△	△								
1		△	△	△								
1.5			△	△								
2			△	△	△			△				
3			△	△	△			△				
4			△	△	△			△		△		
6				△	△	△	△	△	△	△		
8				△	△	△	△	△	△	△		
10				△	△	△	△	△	△	△	△	△
12					△	△	△	△	△	△	△	△
15					△	△	△	△	△	△	△	△
20					△	△	△	△	△	△	△	△
25					△		△	△	△	△	△	△
35					△		△	△	△	△	△	△
65											△	△

(2) 锅炉设计时的给水温度分 20℃、60℃、104℃三档, 由设计单位结合具体情况确定。考核时若实测给水温度与设计值不符, 应对实测蒸发量进行折算。

1.2.3 热水锅炉参数系列

1. 范围

《热水锅炉系列》(GB/T 3166—2004) 规定了热水锅炉的额定参数系列。此参数系列主要适用于工业用、生活用额定出水压力大于 0.1MPa 的固定式

1.3 常见工业锅炉工作过程

1.3.1 锅炉工作过程的实质

锅炉的工作过程实质上是在锅炉内进行能量转换及转移的过程。

正常运行的锅炉,它的工作过程包括炉内、传热和锅内三个同时协调、稳定、连续进行能量转换和转移的过程。为确保这三个过程顺利进行,也就是保证锅炉的安全经济运行,一般需要对这三方面进行控制和调整,也就是对燃料、风烟、水汽(水)进行控制与调整,并且对其相应的设备进行维护管理。

1. 炉内过程

炉内过程是指组织燃料在炉内进行合理、充分的燃烧,使燃料的化学能以热能的形式充分释放出来,使火焰和烟气具有高温的放热过程。如图 1-3 所示的锅炉是以煤为燃料的层燃炉。

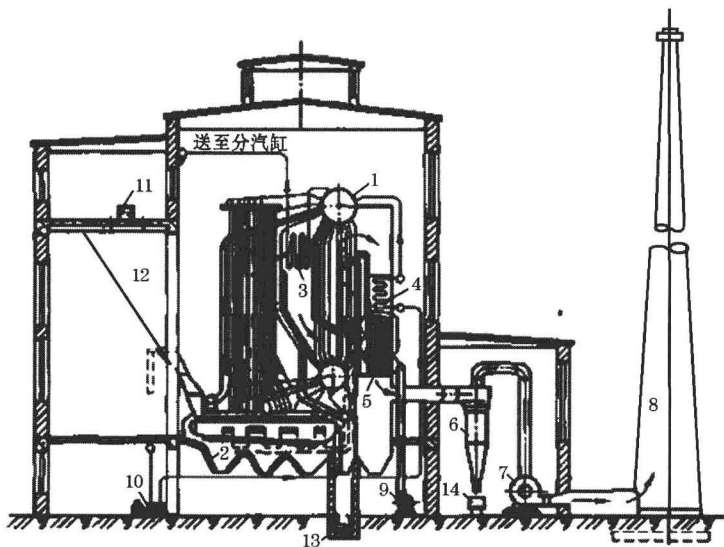


图 1-3 锅炉设备工作过程简图

1. 锅筒 2. 链条炉排 3. 蒸汽过热器 4. 省煤器 5. 空气预热器
6. 除尘器 7. 引风机 8. 烟囱 9. 送风机 10. 给水泵
11. 带式输送机 12. 原煤仓 13. 重链除渣机 14. 灰车

煤经过输煤装置进入到锅炉原煤仓,原煤仓中的煤直接靠自重经溜煤管进入炉前煤斗,再落到缓缓向前移动的链条炉排上,经过煤闸门进入燃烧室。

燃料燃烧所需要的空气经送风机压入空气预热器,升温后进入炉排下面的分段送风仓,进而与炉排上面的煤充分接触、混合,进行强烈的燃烧反应,产生的高温烟气,以辐射换热的方式向敷设在燃烧室四周水冷壁内的水或汽水混合物传递热量。高温烟气经烟囱(炉膛出口)掠过凝渣管,横向或纵向冲刷蒸汽过热器,进而流入对流烟道,沿着隔火(折烟)墙横向冲刷锅炉管束,以对流换热方式,将热量传递给对流受热面管束内的汽、水、汽水混合物等工质;沿途温度逐渐降低的烟气进入尾部烟道,横向冲刷省煤器,以对流换热方式,将部分热量传递给管内工质——水,随后烟气流入空气预热器管内,以对流换热方式将热量传递给管外流动的工质——空气,被加热后的空气进入炉膛,强化了炉内燃烧,提高了炉膛温度,从而提高了锅炉热效率。至此烟气温度已降到经济排烟温度,离开锅炉本体,经过除尘器除尘,再经引风机、烟道、烟囱排入大气。燃烧生成的灰渣经除灰渣装置送往渣场。

2. 传热过程

传热过程是指高温火焰和烟气的热量通过“受热面”向被加热介质传递的热量交换过程,如图 1-4 所示。

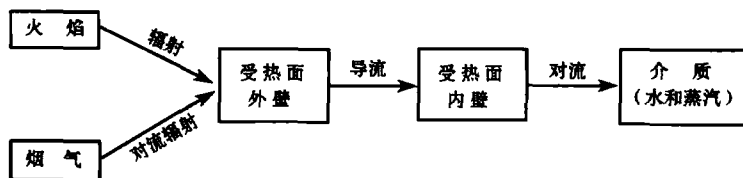


图 1-4 传热过程示意图

锅炉的传热过程主要有三种,即热传导(导热)过程、对流传热过程和辐射传热过程,对三种基本传热过程的介绍如下。

(1)热传导过程。热量由物体内部的高温部分传向低温部分,或者由高温物体传向与它直接接触的低温物体的过程称为热传导(导热)。这种热量传递过程可以在气体、液体和固体中进行。

物体热传导的能力称为热导率,通常用 λ 来表示。它受物质的性质所影响,物质不同,其热导率就有所不同。一般来说,热导率越大,物体的传热性就越强。金属热导率大,因此被称为导热体。而非金属体热导率小,因此被称为绝热体,例如空气、塑料等。一般水垢的热导率仅仅是钢的 $1/20\sim 1/50$,烟垢的热导率更小,因此,如果锅炉受热面结水垢或者积有烟垢,这种情况是十分危险的。常用材料的热导率见表 1-6。