

XUN HUAN LIU HUA CHUANG GUO LU SHE JI TIAO SHI
YUN XING YU JIAN XIU JI SHU SHI YONG SHOU CE

循环流化床锅炉

设计调试运行与检修技术

实用手册



XUN HUAN LIU
HUA CHUANG GUO LU

吉林科技出版社

循环流化床锅炉设计调试运行 与检修技术实用手册

主编 李 烁

(一)

江苏工业学院图书馆
藏书章

吉林科技出版社

循环流化床锅炉设计调试运行与检修技术实用手册

主 编： 李 烁

出版发行： 吉林科技出版社

书 号： ISBN 7 - 88701 - 528 - 6

定 价： 998.00 元(1CD - RON + 四卷手册)

编委会

主编：李 烁

编委：(排名不分先后)

王 英 郭志明 陈思杭坤 杜 鑫

冯艳梅 周 清 李海波 吴玉捷

刘敏娟 林 军 刘玉斌 张晓然

敬旭升 姜鹏亮

前 言

循环流化床锅炉技术是近年来发展起来的一项高效低污染清洁燃烧技术。这项技术在电站锅炉、工业锅炉和废弃物处理利用等领域已得到广泛的商业应用,并向几十万千瓦级规模的大型循环流化床锅炉发展。可以预见,未来的几年将是循环流化床飞速发展的一个重要时期。正是由于循环流化床锅炉的日趋推广,使得从事循环流化床锅炉设计、调试、运行、检修等的工作的人员队伍迅速扩大,亟需一部循环流化床锅炉方面的专业书籍。为此,我们特组织编撰了《循环流化床锅炉设计调试运行与检修技术实用手册》一书。

本书共四卷六篇,系统介绍了循环流化床的燃烧技术,循环流化床的锅炉设计、循环流化床的启动调试与运行、循环流化床的检修与维护以及相关的技术标准等内容,具有如下几个特点:

(1)科学性。本书在编写过程中曾潜心研究了大量有关的科技资料,并得到该方面多位专家的大力支持,书的内容切实反映了循环流化床锅炉技术的尖端水平,科学性强。

(2)新颖性。本书根据循环流化床锅炉自身的特点,全面阐述了其设计调试运行与检修等方面的知识,采用了最新技术、最新的技术标准,颇具新颖性。

(3)实用性,本书在保证结构严谨,高科技含量的前提下,做到了图例结合、深入浅出、抽象理论具体化,有相当的针对性,实用性与可操作性强。

由于编者水平有限,书中难免有不妥或疏漏之处,敬请广大同仁不吝赐教。

编 者

2004年10月

目 录

第一篇 循环流化床锅炉综述

第一章 锅炉及其附属设备	(3)
第一节 锅炉结构	(3)
第二节 锅炉附件	(22)
第三节 锅炉仪表	(56)
第四节 燃烧设备	(70)
第五节 锅炉附属设备	(101)
第二章 循环流化床锅炉的原理	(127)
第三章 循环流化床锅炉的主要类型	(142)
第一节 按分离器工作温度分类	(142)
第二节 按分离器结构型式分类	(145)
第三节 按有无外置式换热器分类	(147)
第四节 按物料循环倍率分类	(148)
第五节 按固体物料循环方式分类	(149)
第六节 按炉膛压力分类	(149)
第七节 按工质蒸汽压力分类	(149)
第八节 按锅炉水循环的方式分类	(150)
第四章 循环流化床锅炉的发展概况与发展趋势	(151)
第一节 循环流化床锅炉的发展概况	(151)
第二节 循环流化床锅炉的发展趋势	(160)

第二篇 循环流化床燃烧技术

第一章 流化床的性质	(181)
第一节 粉体颗粒的物理特性	(181)

第二节 流态化的基本性质	(185)
第三节 布风装置的基本特性	(189)
第四节 流化床颗粒携带	(191)
第五节 流化床的模拟放大	(194)
第二章 流化床流体动力学特性	(197)
第一节 流化颗粒的分类	(197)
第二节 临界流态化速度及床层阻力特性	(199)
第三节 流化床的气泡特性	(204)
第四节 循环流化床的局部流动特性	(224)
第五节 循环流化床的宏观流体动力学特性	(234)
第六节 循环流化床内颗粒运动的数值计算	(241)
第七节 循环流化床内颗粒和气体的混合	(253)
第八节 内循环流化床的流体动力特性	(265)
第三章 流化床燃烧	(275)
第一节 流化床燃烧特点	(275)
第二节 流化床中煤粒挥发分析出及燃烧	(276)
第三节 流化床中炭粒的燃烧机理及影响燃烧速度的因素	(279)
第四节 流化床燃烧动力特性	(285)
第五节 悬浮段中炭粒的燃烧	(289)
第六节 影响流化床燃烧效率的因素及提高燃烧效率的途径	(291)
第七节 循环流化床锅炉燃烧与计算	(295)
第四章 流化床传热	(341)
第一节 流化气体和固体颗粒之间的传热	(341)
第二节 鼓泡流化床的传热	(342)
第三节 循环流化床的传热	(348)
第五章 流化床与循环流化床锅炉燃烧污染控制	(412)
第一节 流化床燃烧污染控制	(412)
第二节 循环流化床锅炉的污染控制	(429)
第六章 流化床燃烧技术在工业上的应用	(459)
第一节 流化床燃烧技术在锅炉上的应用	(459)
第二节 流化床燃烧技术在高温烟气炉上的应用	(466)
第三节 流化床燃烧技术在水泥工业上的应用	(469)
第四节 流化床焚烧废物	(470)

第三篇 循环流化床锅炉设计

第一章 循环流化床锅炉典型结构	(489)
第一节 75t/h 循环流化床锅炉	(489)
第二节 130t/h 水冷方形分离循环流化床锅炉	(496)
第三节 220t/h 循环流化床锅炉	(504)
第四节 410t/h 高压循环流化床锅炉	(515)
第五节 440t/h 超高压一次再热循环流化床锅炉	(521)
第六节 670t/h 超高压一次再热循环流化床锅炉	(533)
第二章 循环流化床锅炉的数学模型	(538)
第一节 概 述	(540)
第二节 循环流化床燃烧系统建模的特殊性及对策	(541)
第三节 循环流化床数学模型的任务和基本原理	(542)
第四节 小室模型简介	(543)
第五节 循环流化床主体模型	(545)
第六节 循环流化床子模型	(549)
第七节 循环流化床主体模型的求解	(559)
第八节 循环流化床数学模型的整体结构及流程	(562)
第九节 循环流化床数学模型的功能	(562)
第三章 循环流化床锅炉动态模型及仿真	(567)
第一节 动态与静态数学模型的对比	(567)
第二节 循环流化床动态过程分析	(568)
第三节 正常运行工况下的动态数学模型	(569)
第四节 用于仿真培训装置研制的全工况数学模型研究	(570)
第五节 循环流化床动态数学模型计算结果示例	(572)
第四章 循环流化床锅炉的总体设计	(574)
第一节 循环流化床锅炉的炉型选择	(575)
第二节 循环流化床锅炉的放大问题	(583)
第三节 循环流化床锅炉设计时主要热力参数的确定	(589)
第四节 循环流化床锅炉炉膛的设计	(600)
第五节 循环流化床过热器及尾部受热面的设计	(608)
第六节 老式锅炉改为循环流化床锅炉	(610)

第五章 循环流化床主要部件的设计	(618)
第一节 布风装置的设计	(619)
第二节 给料装置的设计	(626)
第三节 点火装置的设计	(638)
第四节 高温灰渣冷却装置的设计	(653)
第六章 循环流化床的气固高温分离机构设计	(674)
第一节 高温飞灰分离的要求及形式	(674)
第二节 高温旋风分离器	(679)
第三节 惯性分离器	(751)
第四节 多级分离	(783)
第七章 循环流化床锅炉的固体物料回送装置设计	(789)
第一节 固体物料回送装置的形式及结构	(789)
第二节 固体物料回送装置的试验研究	(795)
第三节 固体物料回送装置的设计计算	(811)
第四节 流化床换热器	(816)
第八章 循环流化床锅炉的辅助系统及自动控制装置设计	(820)
第一节 循环流化床锅炉辅助设备	(820)
第二节 石灰石输送系统	(828)
第三节 给煤系统	(830)
第四节 循环流化床锅炉的联锁与控制	(834)
第五节 调节控制的策略和要求	(837)
第六节 特殊设备的控制要求	(842)

第四篇 循环流化床锅炉的启动调试与运行

第一章 循环流化床锅炉设计、安装、调试与运行之间的协调	(849)
第一节 业主和运行人员对循环流化床锅炉的要求	(849)
第二节 主要参数的选择	(853)
第三节 循环流化床锅炉的设计	(869)
第四节 电站循环流化床锅炉需要特别重视的工作	(880)
第五节 典型电站循环流化床锅炉的设计与运行效果	(893)

第二章 循环流化床锅炉的启动与运行	(917)
第一节 循环流化床锅炉的冷态试验	(917)
第二节 循环流化床锅炉的烘炉、点火启动与停运	(924)
第三节 循环流化床锅炉的变工况运行特性	(934)
第四节 循环流化床锅炉的运行调节	(942)
第三章 循环流化床锅炉的运行操作实例	(957)
第一节 循环流化床锅炉的运行操作实例一	(957)
第二节 循环流化床锅炉的运行操作实例二	(981)
第四章 循环流化床锅炉运行事故防范	(989)
第一节 预防循环流化床锅炉的燃烧事故	(992)
第二节 预防循环流化床锅炉耐火材料塌落事故	(996)
第三节 提高返料器工作可靠性	(1001)
第四节 防止冷渣器事故	(1005)
第五节 受热面磨损爆管事故及风帽磨损事故的预防	(1009)
第六节 避免其他运行事故的措施	(1017)
第七节 选用非金属膨胀节处理循环流化床锅炉的膨胀与密封问题	(1020)
第五章 循环流化床锅炉的运行优化和设计改进	(1026)
第一节 优化运行提高 CFB 锅炉的可用率和性能	(1026)
第二节 循环流化床锅炉的密封风设计	(1036)
第三节 循环流化床锅炉送风系统的合理设计	(1038)

第五篇 循环流化床锅炉的检修与维护保养

第一章 循环流化床锅炉性能试验	(1053)
第一节 循环流化床锅炉的辅助计算	(1053)
第二节 锅炉热平衡测试	(1055)
第三节 温度测量	(1058)
第四节 压力测量	(1060)
第五节 流量的测量	(1062)
第六节 循环流化床锅炉的实验技术	(1064)
第二章 循环流化床锅炉的磨损及预防	(1070)
第一节 循环流化床锅炉的磨损与原因分析	(1070)

第二节 影响磨损的主要因素分析	(1080)
第三节 防磨的主要技术措施	(1087)
第三章 循环流化床锅炉的灰渣处理与综合利用	(1101)
第一节 灰渣的物理化学特性	(1101)
第二节 循环流化床灰渣的环保特性	(1106)
第三节 流化床灰渣的综合利用	(1114)
第四章 循环流化床锅炉的检修与维护	(1129)
第一节 循环流化床锅炉的检修	(1129)
第二节 循环流化床锅炉的维护	(1137)

第六篇 相关技术标准

第一篇
循环流化
床锅炉综述

第一章 锅炉及其附属设备

第一节 锅炉结构

一、锅壳锅炉

(一)立式横水管锅炉

立式横水管锅炉的型号是 LSG(立水固),它分立式大横水管锅炉和立式多横水管锅炉,其结构见图 1-1-1、图 1-1-2。这两种锅炉除水管数量及直径不同之外,其他基本一样。主要由锅壳、炉胆、封头、炉胆顶、横水管、冲天管、下脚圈等部件组成。燃烧设备多为固定炉排,人工投煤。锅炉的容量及参数一般为蒸发量小于 1t/h,工作压力小于 0.8MPa(8kgf/cm²)。

烟气流程:燃烧火焰直接辐射炉胆,高温烟气向上冲刷横水管,经过冲天管进入烟囱排出。

水循环回路:靠近炉胆和水管壁受热强的锅水向上流动,受热弱的锅水向下流动,形成自然循环。

由于烟气流程短,很大一部分热量被烟气带走,因而这种锅炉热效率较低。

(二)立式横火管锅炉

立式横火管锅炉的型号是 LHG(立火固),它分考克兰锅炉(属于淘汰炉型)、横火管锅炉,其结构见图 1-1-3。这两种锅炉主要由锅壳、封头、炉胆、炉胆顶、管板、烟管、喉管、下脚圈等部件组成。燃烧设备多为固定炉排,人工投煤。锅炉容量及参数一般为蒸发量小于 2t/h,工作压力小于 0.8MPa(8kgf/cm²)。

烟气流程:燃烧火焰直接辐射炉胆,高温烟气从炉胆喉管出来进入烟箱再转弯经平行装置的烟管内,流向前烟箱进入烟囱排出。

水循环回路:靠近炉胆及烟管群受热强的锅水向上流动,受热弱的锅水向下流动,形成自然循环。

这种锅炉结构紧凑,但炉膛水冷程度大,不利于燃烧,排烟温度较高,热效率低。另外,烟管直径较小,容易积灰,如不及时除灰,将会影响效率。

(三)立式双回程火管锅炉

立式双回程火管锅炉的型号表示方法与立式横火管锅炉的相同。这种锅炉的结构见

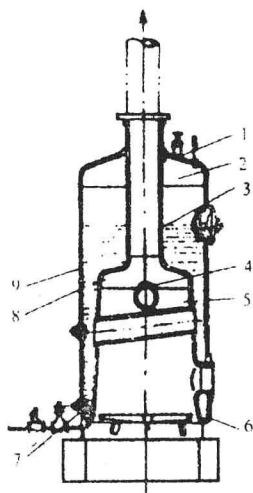


图 1-1-1 立式大
横水管锅炉

1. 主汽阀接口 2. 封头
3. 冲天管 4. 横水管
5. 炉胆 6. U形下脚
7. 手孔 8. 炉胆顶 9. 锅壳

图 1-1-4(a)、(b)。主要由锅壳、炉胆、封头、炉胆顶、烟管、喉管、下脚圈组成。它有两种燃烧方式,一种是固定炉排如图 1-1-4(a),一种是双层炉排如图 1-1-4(b),双层炉排是在炉胆中部加一组由水管组成的水冷炉排,与水平面成 12° 夹角,不论双层炉排还是固定炉排,都是人工投煤。

锅炉的容量及参数一般为蒸发量小于 1t/h ,工作压力小于 $0.8\text{MPa}(8\text{kgf/cm}^2)$ 。

烟气流程:图 1-1-4(a)所示的结构,燃烧火焰直接辐射炉胆,高温烟气从炉胆上面的长形室进入第一组烟管,到前烟箱,再折入第二烟管向后流到烟箱经烟囱排出;图 1-1-4(b)所示的结构,燃料在中间水冷炉排上,自上而下燃烧,由于炉排间隙较大,一部分未燃尽的煤(包括炉渣)漏到下炉排上继续燃烧,高温烟气通过喉管到后烟箱,进入第一组烟管,由后向前流动,到前烟箱再折入第二组烟管向后流动至后部上烟箱,最后经烟囱排出。

水循环回路与立式横火管锅炉基本相同。

由于这种锅炉烟气流程较长,因而热效率较高,特别是选用双层炉排燃烧方式后,消烟除尘效果较好,被誉为节能产品,但由于水冷炉排是采用钢管制成,管中水循环较差,易被烧坏,另外烟管容易积灰,如不及时清除,影响锅炉效率。

(四)立式直水管锅炉

立式直水管锅炉的型号是 LSG(立水固),其结构见图 1-1-5。主要由锅壳、炉胆、封头、炉胆顶、喉管、直水管、下降管、管板、下脚圈等部件组成,燃烧设备多为固定炉排,人工投煤。锅炉的容量及参数一般为蒸发量小于 1t/h ,工作压力小于 $0.8\text{MPa}(8\text{kgf/cm}^2)$ 。

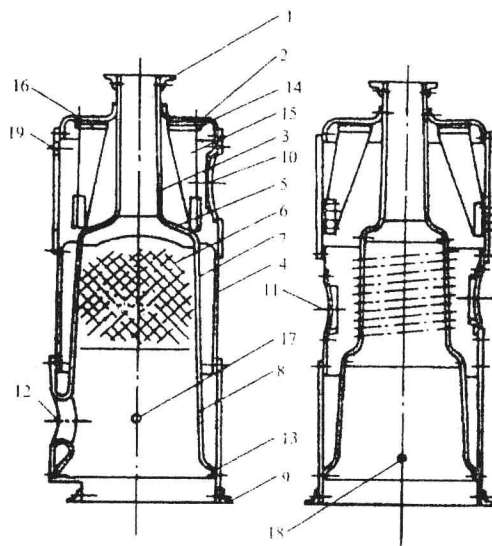


图 1-1-2 立式多横水管锅炉

1. 冲天管角钢箍 2. 封头 3. 冲天管 4. 锅壳 5. 炉胆顶
6. 横水管 7. 管板 8. 炉胆 9. 底脚角钢箍
10. 人孔 11. 检查孔 12. 炉门 13. 炉胆下脚
14. 拉撑角钢 15. 角板拉撑 16. 安全阀接口
17. 进水管接口 18. 排污管接口 19. 压力表接口

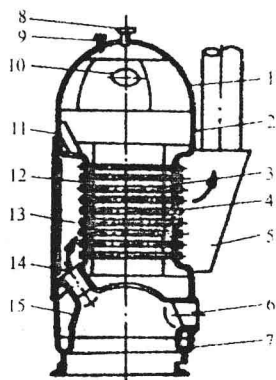


图 1-1-3 LHG 型锅炉

1. 封头 2. 锅壳 3. 前管板 4.
烟管 5. 前烟箱 6. 炉门 7. U
形下脚 8. 主汽阀座 9. 烟道
10. 人孔 11. 角板撑 12. 后管
板 13. 后烟箱 14. 烟气出口
管 15. 炉胆

烟气流程: 燃烧火焰直接辐射炉胆, 高温烟气从喉管进入直水管群, 横向冲刷直水管, 围绕下降管旋转一周, 然后被隔烟墙挡住汇集到烟箱进入烟囱排出。

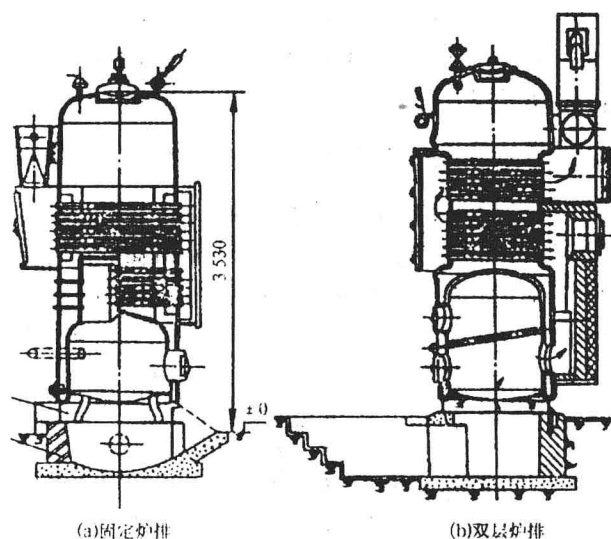


图 1-1-4 立式双回程火管锅炉(单位:mm)

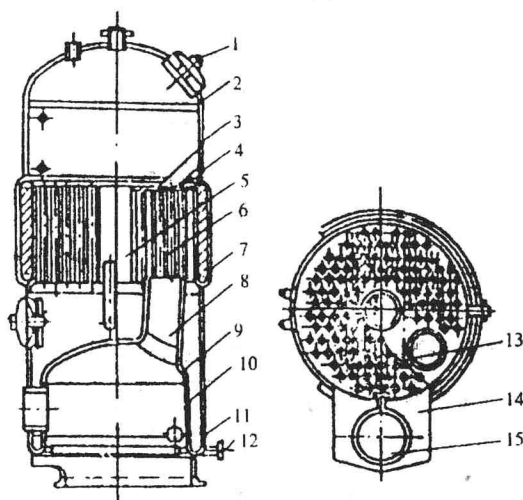


图 1-1-5 LSG 型锅炉

1. 人孔 2. 封头 3. 锅筒 4. 上管板 5. 下降管
6. 直水管 7. 下管板 8. 喉管 9. 炉胆顶
10. 炉胆 11. U形下脚 12. 排污管
13. 隔烟壁 14. 烟箱 15. 烟囱

水循环回路:这种锅炉上下两部分锅壳,由中间直水管和下降管连接而成,因此,上下部分的锅水靠下降管中的水向下流动,直水管中的水向上流动,产生一个循环回路,另外下部靠近炉胆的锅水受热强,向上流动,靠锅壳的锅水受热弱,向下流动,也形成自然循环。

这种锅炉上下管板之间用轻型隔烟墙隔开和用烟箱包围,运行时应经常检查密封情况,以防漏风,另外下管板的上部易积灰,应注意经常吹灰。由于这种锅炉烟气横向冲刷