

工业锅炉技术管理手册

天津市锅炉压力容器学会

合编

机械工业沈阳教材编委会

东北工学院出版社

工业锅炉技术管理手册

天津市锅炉压力容器学会
机械工业沈阳教材编委会 合编

东北工学院出版社

一九八七年·沈阳

工业锅炉技术管理手册

天津市锅炉压力容器学会合编
机械工业沈阳教材编委会

东北工学院出版社出版

(沈阳 南湖)

东联书店发行

济南印刷三厂印刷

787×1092毫米, 1/16 印张73 字数1670千字

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

印数1~20000册

统一书号:15476·13 定价18.00元

ISBN 7-81006-027-9

TK·1

72.572
8708223

序 言

我国有各种类型的工业锅炉几十万台，对发展工业生产具有十分重要的作用。因此，如何保证锅炉的安全经济使用，充分发挥这类设备的效能，延长它们的使用寿命，已被人们所重视。

本书是天津市锅炉压力容器学会组织了天津市部分从事锅炉专业工作的科研、设计、安装、运行管理以及锅炉安全监察、检验人员，分别就他们各自的专长撰写的，是一本既有理论又有实践经验的著作。

本书可作为锅炉运行管理人员、安全技术人员以及司炉人员的培训教材，亦可作为锅炉制造、设计、安装、修理、检验技术人员的工具书。

如本书中的内容与我国现行规程、标准有不相符合之处，应以规程、标准为准。

李 毅

1986年12月

编 者 的 话

随着我国国民经济的迅速发展, 人民生活的普遍提高, 工业锅炉的使用越来越广泛, 数量不断增多, 工业锅炉的技术也有很大的进步。但在锅炉设计、制造、安装、使用、检验、维修及改造等各个方面还存在一些问题, 尤其是从事锅炉运行管理工作的人员和司炉人员的素质还不高, 事故时有发生, 特别是锅炉爆炸、爆管和缺水等恶性事故和重大事故还不能根除, 因而直接危害着生产及人身财产的安全。从近几年来锅炉事故统计资料中分析可知, 因运行、管理不当而发生的锅炉重大事故占80%以上, 已成为引起锅炉事故的主要因素。

在经济上, 锅炉的节能工作也是很有潜力的, 据统计, 全国锅炉每年耗用燃料达两亿吨以上, 占当前国家年总产煤量的 $1/3$ 强。但是为数众多的中、小型工业锅炉的实际使用热效率都很低, 平均约在55%以下, 这固然需要对陈旧锅炉进行技术改造或更新, 但是从我们以往的经验来看, 大量的工业锅炉仅仅从提高管理水平、改进操作等措施着手, 这些锅炉的热效率就能提高3~5%, 也就是说仅从加强管理着手, 全国的工业锅炉就可节煤近千万吨, 这是一个不可小看的财富。因此提高管理人员和司炉人员的管理水平, 改进操作方法乃是锅炉节能的重要途径之一, 也是做好安全工作的必然途径。即使对锅炉设备进行了改造或更新, 也应加强技术管理工作, 才能使安全与节能工作持之以恒。

针对上述情况, 我学会组织了部分从事锅炉专业的科研、设计、运行管理工作多年并具有一定实践经验的工程技术人员, 按其专长撰写了这部手册。它扼要地介绍了锅炉的基础知识, 较系统地介绍了工业锅炉管理工作中各个环节的技术措施和政策, 并将我国有关锅炉工作的规程、技术标准的内容贯彻其中, 还总结了有关实用知识和管理经验, 文句力求简练, 深入浅出, 通俗易懂, 作为工矿企事业单位的锅炉设备管理人员、锅炉检验人员、安全技术干部、锅炉维修人员、安装人员和司炉班组长的培训教材, 也可作为锅炉安全监察人员的参考书。

本书在编写过程中, 得到李毅同志(劳动人事部锅炉压力容器安全监察局高级工程师)有益的指导并为本书作序。学会成员在资料收集和编写工作中给予很大支持和协助, 刘惠敏同志对本书的插图做了大量描绘工作, 在此一并表示感谢。

书中引用的有关规程、标准, 今后如有修订, 应以最新版本为准。

由于编者水平所限, 时间仓促, 错误和不足之处在所难免, 望读者批评指正。

1986年12月

内 容 提 要

本书主要阐述了工业锅炉的设计、制造、安装、运行、检验、修理和改造等方面的技术知识及当前的技术政策性规定。还扼要地介绍了工业锅炉的基础知识和锅炉构造、燃烧理论、燃料性能及燃烧设备,工业锅炉用钢、强度理论及强度计算方法,当前使用的安全附件、仪表及辅助设备,水质处理方法、烟气治理方法及锅炉房的设计与管理,工业锅炉的事故及事故处理方法等。书中对如何测试和提高工业锅炉的热效率做了经验介绍。

本书内容丰富,系统性、实用性强,可指导从事工业锅炉的管理干部和技术人员使用。

ABA 58/01

合编单位 天津市锅炉压力容器学会
机械工业沈阳教材编委会

主 编 吴来兴 吴文浩

编 著 者 (按姓氏笔划为序)

于焕通 邓 雷 毕加耕 江启成 孙怀起

吴文浩 吴来兴 沈宝发 沈建元 杨明华

赵蓉正 蒋梓鲲

技术顾问 李 毅

主 审 孟广琰 蒋梓鲲

《工业锅炉技术管理手册》编辑委员会

总 编 辑 姜庆铎

副 总 编 辑 马 骏

编辑部主任 孙德旭

编 委 蒋梓鲲 吴来兴 吴文浩 井润发 张 闽

责任校对 于雅丽

目 录

第一章 锅炉的基本理论概述.....	(1)
第一节 燃烧概论.....	(1)
一、何谓燃烧.....	(1)
二、燃烧的主要因素.....	(2)
三、燃烧的难易性.....	(3)
四、燃烧过程(以煤为例).....	(3)
五、完全燃烧与不完全燃烧.....	(4)
六、完全燃烧的必要条件.....	(4)
第二节 锅炉的传热过程.....	(5)
一、烟气与积灰层表面的换热.....	(5)
二、热量由积灰层表面通过积灰层、金属壁和水垢层向水垢表面传导.....	(7)
三、水垢层内表面向水的放热.....	(8)
第三节 锅炉水循环简述.....	(9)
一、水循环的重要性.....	(9)
二、自然循环的基本概念.....	(10)
三、水循环故障.....	(12)
第四节 蒸气的产生简述.....	(15)
一、水蒸气在锅炉中的形成过程.....	(15)
二、水蒸气的特性.....	(19)
第二章 工业锅炉的种类、结构及辅助受热面.....	(20)
第一节 锅炉的概况及分类.....	(20)
一、锅壳锅炉.....	(21)
二、水管锅炉.....	(22)
第二节 工业锅炉的系列与型号.....	(23)
第三节 立式锅壳锅炉.....	(26)
一、立式大横水管锅炉.....	(26)
二、立式多横水管锅炉.....	(34)
三、立式平头火管锅炉及立式埋头火管锅炉.....	(35)
四、立式多横火管锅炉.....	(37)
五、立式双回程火管锅炉.....	(38)
六、立式直水管锅炉.....	(39)

七、立式弯水管锅炉.....	(41)
第四节 卧式锅壳锅炉.....	(42)
一、卧式单炉胆锅炉及卧式双炉胆锅炉.....	(43)
二、卧式外燃回火管锅炉.....	(47)
三、卧式内燃回火管锅炉.....	(51)
四、机车式锅炉.....	(56)
五、卧式内燃三回程锅炉.....	(59)
六、卧式外燃快装锅炉.....	(65)
七、目前国内联合设计的几种小型锅壳式工业蒸气锅炉.....	(70)
第五节 水管锅炉.....	(73)
一、双锅筒直水管锅炉.....	(73)
二、分联箱直水管锅炉.....	(75)
三、三锅筒弯水管锅炉.....	(83)
四、双横锅筒弯水管锅炉.....	(85)
五、双纵锅筒弯水管锅炉.....	(91)
六、单锅筒纵置式锅炉.....	(98)
七、国外的水管锅炉炉型.....	(102)
第六节 余热锅炉.....	(106)
一、余热利用与余热锅炉概况.....	(106)
二、余热锅炉设计原则.....	(109)
三、余热锅炉的型式.....	(110)
四、余热锅炉的结构.....	(112)
五、余热锅炉的布置.....	(113)
六、辅助燃烧装置.....	(115)
七、给水与蒸气品质.....	(116)
八、砌砖与钢架.....	(116)
九、清灰与除尘.....	(117)
十、余热锅炉图例.....	(118)
第七节 热水锅炉.....	(124)
一、概述.....	(124)
二、热水锅炉的参数系列.....	(125)
三、热水锅炉的分类及型号编制.....	(127)
四、热水锅炉的水循环方式.....	(127)
五、热水锅炉结构.....	(129)
六、热水锅炉给水的水质要求.....	(141)
第八节 蒸气锅炉锅内装置.....	(141)
一、气水分离装置.....	(141)
二、蒸气清洗装置.....	(146)

三、分段蒸发及连续排污装置·····	(147)
四、锅内给水装置·····	(147)
第九节 过热器、省煤器、空气预热器·····	(148)
一、蒸气过热器·····	(148)
二、省煤器·····	(151)
三、空气预热器·····	(153)
第三章 燃料、燃烧及燃烧设备·····	(156)
第一节 锅炉用燃料·····	(156)
一、概述·····	(156)
二、燃料的元素分析·····	(156)
三、燃料的工业分析·····	(158)
四、燃料成分的分析基础及其换算·····	(163)
五、煤的分类·····	(164)
六、液体燃料·····	(166)
七、气体燃料·····	(169)
八、计算例题·····	(170)
第二节 燃料的燃烧计算·····	(172)
一、燃烧所需的空气量·····	(172)
二、燃烧产物体积·····	(173)
三、燃烧产物中一氧化碳含量的确定·····	(175)
四、由烟气成分确定空气过量系数·····	(176)
五、气体燃料的燃烧计算·····	(178)
六、空气和烟气的焓·····	(179)
七、计算例题·····	(181)
第三节 工业锅炉的燃烧设备·····	(185)
一、手烧炉·····	(188)
二、双层炉排炉·····	(193)
三、链条炉排炉·····	(194)
四、往复推饲炉排炉·····	(207)
五、振动炉排炉·····	(210)
六、抛煤机炉·····	(214)
七、煤粉炉·····	(218)
八、沸腾炉·····	(224)
九、抽板顶升反烧炉·····	(227)
十、螺旋下饲式炉·····	(228)
十一、燃油炉·····	(229)
十二、燃气炉·····	(233)
第四章 锅炉附件及自动控制·····	(235)

第一节 安全阀	(235)
一、安全阀的型式	(235)
二、安全阀的安装使用要求	(236)
三、安全阀常见故障	(241)
第二节 压力表	(242)
一、压力表的型式	(242)
二、压力表的安装使用要求	(244)
三、压力表常见的故障及其产生原因和排除故障的方法	(245)
第三节 水位表	(246)
一、水位表的型式	(246)
二、水位表的装置要求	(249)
三、水位表常见的故障	(251)
第四节 高低水位警报器	(251)
一、高低水位警报器的型式	(252)
二、高低水位警报器的使用要求	(253)
第五节 排污装置	(255)
一、排污的分类	(255)
二、排污阀的类型	(255)
三、对排污装置的要求	(256)
第六节 锅炉气、水系统的阀门及仪表	(257)
一、其他锅炉用的阀门	(257)
二、管道	(267)
三、一些简单的热工仪表	(269)
第七节 防爆门	(271)
第八节 工业锅炉的自动控制	(272)
一、工业自动化仪表的基本介绍	(272)
二、单元组合仪表	(273)
三、执行器	(275)
四、工业自动化仪表应用在锅炉的自动测量与控制中	(275)
五、工业锅炉运行的计算机控制	(279)
第五章 锅炉附属设备及锅炉房	(281)
第一节 锅炉空气动力计算及通风设备	(281)
一、锅炉通风的作用与方式	(281)
二、空气动力计算	(283)
三、通风设备的选择与计算	(317)
四、烟囱的选择	(326)
五、噪声治理简介	(327)
第二节 给水设备	(327)

一、概述·····	(327)
二、给水设备的基本参数·····	(328)
三、电动给水设备·····	(330)
四、气动给水泵·····	(338)
第三节 运煤和除尘·····	(341)
一、常用的运煤系统和设备·····	(341)
二、常用的除尘系统和设备·····	(351)
第四节 锅炉房及其布置·····	(356)
一、概述·····	(356)
二、原始资料的搜集·····	(357)
三、锅炉房设计·····	(360)
第六章 工业锅炉的烟气除尘 ·····	(373)
第一节 工业锅炉烟尘的污染与防治·····	(373)
一、烟尘的污染及其危害·····	(373)
二、锅炉烟尘的特性及其影响因素·····	(374)
三、锅炉烟尘的排放标准·····	(376)
四、工业锅炉烟尘污染的防治·····	(378)
第二节 除尘设备的分类及评价·····	(380)
一、除尘设备的分类·····	(380)
二、除尘设备的评价·····	(381)
三、各种类型除尘器的工作性能概况·····	(387)
第三节 重力沉降式除尘器·····	(389)
一、重力沉降式除尘器(沉降室)的结构和工作原理·····	(389)
二、沉降室的计算及设计·····	(390)
第四节 惯性除尘器·····	(391)
一、惯性除尘器的种类和工作原理·····	(391)
二、立帽式除尘器·····	(392)
第五节 电除尘器·····	(393)
一、电除尘器的工作原理和特性·····	(393)
二、电除尘器的基本类型·····	(394)
三、影响电除尘器效率的主要因素·····	(394)
四、管式电除尘器·····	(397)
第六节 洗涤式除尘器·····	(398)
一、洗涤式除尘器的特性·····	(398)
二、冲击水浴除尘器·····	(398)
三、麻石水膜除尘器·····	(399)
第七节 过滤式除尘器·····	(400)
一、袋滤式除尘器的结构型式·····	(400)

二、滤袋材质及其选择	(401)
三、清灰方式	(402)
四、脉冲袋滤式除尘器	(402)
第八节 旋风除尘器	(406)
一、旋风除尘器的作用原理及主要型式	(406)
二、ZW (XZW) 型直流旋风除尘器	(407)
三、CLG型旋风除尘器	(408)
四、DGL型旋风除尘器	(409)
五、XPW型旋风除尘器	(410)
六、XSW型旋风除尘器	(411)
七、双级蜗旋除尘器	(412)
八、XLP / B (XLP / G) 型旋风除尘器	(413)
九、XZY型直流旋风除尘器	(415)
十、XZS型直流旋风除尘器	(416)
十一、XZZ型旋风除尘器	(417)
十二、SG型旋风除尘器	(419)
十三、XZD型旋风除尘器	(420)
十四、XS型旋风除尘器	(421)
十五、XND型旋风除尘器	(423)
十六、XCX型旋风除尘器	(424)
十七、XWD型卧式多管旋风除尘器	(424)
十八、旋风除尘器的选用、安装、维修、保养及使用	(426)
第九节 工业锅炉烟尘检测	(428)
一、烟气黑度的检测	(428)
二、锅炉烟尘浓度测定仪器的组合	(428)
三、测尘的操作步骤和计算方法	(429)
四、烟气体积的换算法及其应用举例	(431)
五、其他烟尘热态测试仪器	(433)
第七章 工业锅炉的水处理	(434)
第一节 概述	(434)
一、天然水中的杂质及其危害	(434)
二、工业锅炉水质指标	(435)
三、天然水及锅炉用水的分类	(439)
四、工业锅炉水处理的目的是选择水处理方式的基本原则	(440)
第二节 工业锅炉水质标准	(440)
一、适用范围和总则	(440)
二、锅炉水质标准	(441)
三、切实加强锅炉水质管理,认真贯彻执行《低压锅炉水质标准》	(441)

第三节 水垢的生成及其危害	(444)
一、水垢的生成	(444)
二、水垢的危害	(445)
第四节 水垢的清除方法	(446)
一、机械除垢法	(446)
二、碱煮除垢法	(447)
三、酸洗除垢法	(447)
第五节 锅内处理	(452)
一、概 述	(454)
二、常用的几种锅内加药处理方法	(454)
三、锅内处理的运行管理	(462)
四、锅炉排污	(463)
第六节 锅炉给水的软化	(465)
一、离子交换剂及离子交换树脂的主要物理——化学性能	(465)
二、钠离子交换树脂的交换原理及水质变化	(467)
三、钠离子交换软化系统	(469)
四、固定床离子交换器的结构	(471)
五、盐系统	(475)
六、再生操作	(476)
七、有关运行和设备计算简介	(480)
八、故障及消除方法	(483)
第七节 锅炉给水的脱碱	(484)
一、石灰处理	(485)
二、氢—钠离子交换处理	(488)
三、铵—钠离子和氯—钠离子交换除碱的作用原理简介	(493)
四、其他脱碱方法	(495)
第八节 锅炉给水的除盐	(495)
一、阳(H型)—阴(OH型)离子交换处理法	(496)
二、电渗析法	(500)
第九节 锅炉给水除氧	(507)
一、概述	(507)
二、大气热力式除氧	(508)
三、真空除氧	(511)
第十节 水质分析和试剂配制	(512)
一、概述	(512)
二、硬度的测定及有关试剂配制	(514)
三、碱度的测定及有关试剂配制	(517)
四、氯离子(亦称氯根)的测定及有关试剂的配制	(519)

五、溶解氧的测定(靛兰二磺酸钠比色法)及有关试剂的配制	(521)
六、关于pH值及 PO_4^{3-} 测定问题	(525)
第八章 锅炉的金属材料及强度分析	(526)
第一节 锅炉的金属材料	(526)
一、锅炉钢材中的化学元素及其对性能的影响	(526)
二、锅炉钢材的分类	(528)
三、锅炉钢材的强度性能	(531)
四、高温下钢材结构组织的变化	(540)
五、钢材的高温氧化与腐蚀	(541)
六、工业锅炉受压元件常用的钢材	(541)
七、工业锅炉的焊接材料	(549)
第二节 锅炉受压元件的强度分析与连接	(553)
一、锅炉受压元件的结构强度分析	(553)
二、锅炉受压元件的连接	(587)
第九章 锅壳式锅炉受压元件强度的校核验算	(600)
第一节 锅壳式锅炉的材料、许用应力和计算压力的确定	(600)
一、材料	(600)
二、许用应力	(600)
三、计算时,设计压力P与最高允许工作压力[P]的规定	(603)
第二节 承受内压力的锅壳和大横水管的计算	(604)
一、锅壳计算	(604)
二、大横水管计算	(610)
三、例题与习题	(610)
第三节 承受外压力的圆筒形炉胆、冲天管和普通烟管的计算	(613)
一、圆筒形炉胆计算	(613)
二、冲天管计算	(619)
三、普通烟管计算	(620)
四、例题与习题	(621)
第四节 承受内压力的凸形封头和承受外压力的炉胆顶、半球形炉胆的计算	(623)
一、椭球形和半球形的封头或炉胆顶计算	(623)
二、扁球形封头或炉胆顶计算	(626)
三、例题与习题	(628)
第五节 有拉撑(加固)的平板和管板计算	(633)
一、有拉撑的平板和管板计算	(633)
二、有加固横梁的火箱顶板计算	(638)
三、立式冲天管锅炉的平封头和平炉胆顶计算	(639)
四、立式多横火管(考克兰)锅炉的管板和弓形板计算	(640)
五、例题与习题	(641)

第六节 拉撑件和加固件的计算	(649)
一、直拉杆和拉撑管的计算	(649)
二、斜拉杆的计算	(654)
三、角撑板的计算	(655)
四、横梁计算	(658)
五、例题与习题	(658)
第七节 人孔盖和手孔盖的计算	(662)
一、计算公式	(662)
二、例题与习题	(663)
第八节 下脚圈的计算	(664)
一、立式无冲天管锅炉S型下脚圈的计算	(664)
二、立式无冲天管锅炉U型下脚圈的计算	(664)
三、例题与习题	(665)
第九节 孔的加强计算	(667)
一、锅壳上孔的加强计算	(667)
二、孔桥加强计算	(671)
三、凸形封头上孔的加强计算	(672)
四、平板上孔的加强计算	(673)
五、例题与习题	(674)
第十节 整台锅炉验算举例	(678)
第十章 水管锅炉受压元件强度的校核计算	(690)
第一节 许用应力	(690)
一、钢材许用应力的计算公式	(690)
二、计算公式中各个参数的确定	(690)
第二节 承受内压力的锅筒筒体校核计算	(695)
一、锅筒筒体的校核计算公式	(695)
二、计算公式的适用范围	(695)
三、计算公式中各个参数的确定	(695)
四、对锅筒筒体壁厚和结构的规定	(700)
五、举例	(701)
第三节 承受内压力的椭球形和球形封头校核计算	(704)
一、椭球形封头和球形封头的校核计算公式	(704)
二、计算公式需要满足的条件	(705)
三、计算公式中各个参数的确定	(705)
四、封头直段壁厚的确定	(706)
五、对凸形封头的结构、开孔和加强的规定	(706)
六、举例	(707)
第四节 承受内压力的圆筒形集箱筒体校核计算	(709)

一、圆筒形集箱筒体的校核计算公式·····	(709)
二、计算公式的适用范围·····	(709)
三、计算公式中各个参数的确定·····	(709)
四、对圆筒形集箱的壁厚限制和结构规定·····	(710)
五、举例·····	(711)
第五节 承受内压力的平端盖、平堵头及平板的校核计算·····	(713)
一、圆形平端盖的校核计算·····	(713)
二、圆形平堵头、圆形平板或椭圆形平板的校核计算·····	(715)
三、举例·····	(716)
第六节 管子和锅炉范围内管道的校核计算·····	(717)
一、管子和锅炉范围内管道的校核计算公式·····	(717)
二、计算公式的适用范围·····	(718)
三、计算公式中各个参数的确定·····	(718)
四、对管子和管道的结构规定·····	(720)
五、举例·····	(720)
第七节 孔的加强计算·····	(721)
一、未加强孔·····	(721)
二、锅筒筒体和集箱上未加强孔的最大允许直径确定·····	(722)
三、凸形封头上未加强孔的最大允许直径确定·····	(722)
四、孔的加强结构·····	(722)
五、孔的加强计算·····	(722)
六、对开孔加强的几点规定·····	(725)
七、开孔加强元件焊缝的校核计算·····	(726)
八、举例·····	(726)
第八节 孔桥的加强计算·····	(728)
一、孔桥加强应满足的条件·····	(728)
二、孔桥进行加强时最大允许当量直径计算·····	(728)
三、用于加强孔桥的管接头应符合的条件·····	(729)
第九节 承受内压力的矩形联箱(集箱)校核计算·····	(730)
一、矩形联箱的校核计算公式·····	(730)
二、矩形联箱校核计算公式的选用·····	(731)
三、计算公式中各个参数的确定·····	(731)
四、矩形联箱的结构要求·····	(735)
五、举例·····	(736)
第十一章 工业锅炉的设计、制造与安装·····	(739)
第一节 设计、制造的基本要求·····	(739)
一、工业锅炉设计的基本要求·····	(739)
二、对工业锅炉制造的基本要求·····	(740)