

燃油燃气锅炉房设计手册编写组 编

燃油
燃气

锅炉房

设计手册

机械工业出版社

燃油燃气锅炉房设计手册

燃油燃气锅炉房设计手册编写组 编



机械工业出版社

868619

本手册是一本燃油燃气锅炉房设计的新颖实用工具书。全书内容包括设计、设备、工程设计实例等三大部分。主要介绍燃油燃气锅炉房发展概况、油气燃料和燃烧计算,燃油燃气锅炉设备,燃油燃气系统设计,燃油燃气锅炉房热工检测及控制,燃油燃气锅炉房常用辅助设备及其附件,燃油燃气锅炉房总体设计和布置,燃煤锅炉改造及燃烧器选用,燃油燃气锅炉房工程设计实例等。

本手册供从事工业企业及民用建筑的热力专业设计人员使用,亦可供施工安装、运行管理人员,设备制造厂商和大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

燃油燃气锅炉房设计手册/燃油燃气锅炉房设计手册
编写组编. —北京:机械工业出版社,1998.6
ISBN 7-111-06196-9

I. 燃… II. 燃… III. ①燃油锅炉-锅炉房-设计-技术手册②燃气锅炉-锅炉房-设计-技术手册 IV. TK229

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第06359号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:蓝伙金 版式设计:霍永明 责任校对:申春香
封面设计:姚毅 责任印制:路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年6月第1版第1次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·49.75印张·8插页·1248千字

0 001-5000册

定价:80.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

燃油燃气锅炉房设计手册编写组

- 主 编** 张泉根(中国船舶工业总公司第九设计研究院)
- 副主编** 王懋宁(机械工业部第二设计研究院)
舒世安(机械工业部设计研究院)
- 编写人** 中国船舶工业总公司第九设计研究院
张泉根(第1章、附录)
王天龙(第9章7例)
机械工业部设计研究院
陈红斌(第6章除第6、第11节外)
机械工业部第二设计研究院
王懋宁(第3章第1、2、4节、第8章第3、4节)
张秋耀(第3章第5节)
机械工业部第四设计研究院
杨 凯(第5章第7节、第6章第11节)
机械工业部第七设计研究院
王建中(第2章)
兵器工业第六设计研究院
王兆田、张家荣(第4章)
航空工业规划设计研究院
李玉强(第9章7例)
航天总公司第二研究设计院
胡继元(第7章第1~2节)
张聿忠(第7章第3~4节)
冶金部秦皇岛黑色冶金矿山设计研究院
邹昌华(第5章除第7节外)
中国石化北京设计院
熊玉麟(第6章第6节)
特邀
周名亮(第3章第3、6节)

陆金荣(第 8 章第 1~2 节)
审校人 机械工业部设计研究院
舒世安(第 1 章)
机械工业部第一设计研究院
施振球(第 2 章)
机械工业部第八设计研究院
叶全乐(第 3、8 章)
机械工业部第七设计研究院
王建中(第 4 章)
中国船舶工业总公司第九设计研究院
王天龙(第 5 章、第 9 章 7 例)
航空工业规划设计研究院
李玉强(第 6 章、第 9 章 7 例)
机械工业部第四设计研究院
张志坚(第 6 章第 11 节)
机械工业部第十一设计研究院
国 铭(第 7 章)
机械工业部第二设计研究院
张秋耀(附录)

前 言

随着改革开放的不断深化，全国各大中城市纷纷开辟高新技术经济开发区、文化商贸居住区，城市建设快速发展，创造了良好的投资环境，吸引大量中外企业进行投资，城市高层民用建筑迅速崛起，为适应节约用地和环境保护要求，近年来燃油燃气锅炉大量使用，国外燃油燃气锅炉涌向国内市场，同时国产燃油燃气锅炉日益开发，从而使燃油燃气锅炉房设计进入新的历史时期。以前出版以燃煤为主的《工业锅炉房实用设计手册》和《工业锅炉房常用设备手册》已不能满足当前燃油燃气锅炉房设计需要。为此，机械工业动力科技信息网根据设计市场和建设的需求，继续组织国内在燃油燃气锅炉房设计方面具有较丰富实践经验的部分设计院高级工程师编写了这本《燃油燃气锅炉房设计手册》。

本手册既有燃油燃气锅炉房设计的独立性；又有一般锅炉房设计的补充性，与已出版的《工业锅炉房实用设计手册》及《工业锅炉房常用设备手册》配套使用。本手册精简了一般锅炉房设计内容；全面收录了国内外燃油燃气锅炉及燃烧器的有关产品资料，编入了14个不同类型、不同布置方式的燃油燃气锅炉房工程设计实例；另外还介绍了燃煤锅炉改为燃油燃气锅炉等内容。因此，本手册是一部集燃油燃气锅炉房设计、设备和工程实例为一体的综合性手册，图文并茂，内容丰富、实用，是一本具有指导当前并面向21世纪进行燃油燃气锅炉房设计的手册。

本手册在机械工业动力科技信息网组织下，编写组由中国船舶工业总公司第九设计研究院，机械工业部设计研究院，机械工业部第二、第四、第七设计研究院，兵器工业第六设计研究院，航空工业规划设计研究院，航天总公司第二研究设计院，冶金部秦皇岛黑色冶金矿山设计研究院，中国石化北京设计院等单位的有关人员组成。

在手册编写过程中，建设部建筑设计院、中国电子工程设计院、航天建筑设计院、中国轻工业上海设计院、上海石油化工总厂设计院、华东建筑设计研究院、洛阳石油化工设计院、陕西石油化工设计院等给予大力支持，提供了燃油燃气锅炉房工程设计实例，还有些设计单位提供了实例，因篇幅限制未能编入，在此表示衷心的歉意；国内外一些锅炉厂、辅机设备厂，提供了大量的产品资料，在此我们一并表示致谢！在编写中，我们得到了参编单位领导的大力支持和网内同志的关心，此际表示深切的感谢！

本手册主要供从事工业企业及民用建筑的热力暖通专业设计人员、运行操作和施工安装人员，大专院校锅炉、暖通、供热专业师生，劳动部门安全监察人员及国内外有关锅炉厂、辅机设备厂营销人员使用和参考。

由于我们水平有限，时间紧迫，手册中难免有不足和错误之处，我们恳切希望广大读者予以指正。联系单位：中国船舶工业总公司第九设计研究院张泉根（上海市武宁路303号，邮政编码200063）。

燃油燃气锅炉房设计手册编写组

目 录

前 言

第 1 章 绪论 1

- 1 燃油燃气锅炉房发展概况 1
 - 1.1 燃油燃气锅炉房发展的客观因素 1
 - 1.2 国外燃油燃气锅炉进入国内市场的情况 1
 - 1.3 国内燃油燃气锅炉生产状况 2
 - 1.4 国内燃油燃气锅炉房建设概况 2
- 2 燃气资源开发和燃气锅炉房发展前景 2
 - 2.1 燃气资源开发 2
 - 2.2 燃气锅炉房设计前景 3
- 3 燃油燃气锅炉房设计中存在的问题 3
 - 3.1 锅炉房设计规范 3
 - 3.2 锅炉房消防要求与场地条件 3
- 4 编写说明 4
 - 4.1 编写意图 4
 - 4.2 适用范围 4
 - 4.3 编写内容 4

第 2 章 油、气燃料及燃烧计算 6

- 1 原油 6
 - 1.1 石油组成 6
 - 1.2 石油中碳氢化合物和胶状沥青状物质 7
 - 1.3 原油性质 8
 - 1.4 近海大陆架原油 9
- 2 燃料油 10
 - 2.1 燃料油性质 10
 - 2.2 锅炉常用的燃油 19
- 3 气体燃料 27
 - 3.1 气体燃料分类及用途 27
 - 3.2 气体燃料特点及常用燃气成分和特性 29
 - 3.3 气体燃料物理化学性质 30
 - 3.4 城市燃气质量要求 58
- 4 油、气燃料燃烧计算 60
 - 4.1 油、气燃料发热量 60
 - 4.2 空气需要量和烟气体积计算 63

- 4.3 燃气燃烧温度 68
- 4.4 烟气的比焓 71

第 3 章 燃油燃气锅炉 73

- 1 燃油燃气锅炉热平衡及燃料耗量计算 73
 - 1.1 燃油燃气锅炉热平衡 73
 - 1.2 燃油燃气锅炉燃料耗量计算 74
 - 2 燃油燃气锅炉结构特点及类型 76
 - 2.1 燃油燃气锅炉结构特点 76
 - 2.2 燃油燃气锅炉类型 78
 - 2.3 燃油燃气锅炉的安全及防爆 84
 - 3 燃烧器组成及类型 85
 - 3.1 锅炉燃烧器组成 85
 - 3.2 燃烧器类型 88
 - 3.3 锅炉燃烧产物中有害成分及其防治 93
 - 4 国内外燃油燃气锅炉选用分析 95
 - 4.1 燃油燃气锅炉选用原则 95
 - 4.2 选用国内外燃油燃气锅炉注意事项 96
 - 4.3 进口燃油燃气锅炉炉型及用户概况 98
 - 5 国产燃油燃气锅炉 106
 - 5.1 国产燃油燃气锅炉概况 106
 - 5.2 国产各厂燃油燃气锅炉 116
 - 6 进口燃油燃气锅炉 229
 - 6.1 进口燃油燃气锅炉概况 229
 - 6.2 进口各国燃油燃气锅炉 231
- ## 第 4 章 燃油燃气系统设计 339
- 1 锅炉房燃油系统 339
 - 1.1 锅炉房耗油量计算 339
 - 1.2 燃油供应系统 339
 - 1.3 锅炉房油管路系统 340
 - 1.4 燃油系统辅助设施选择 344
 - 1.5 燃油管道设计和敷设要点 349
 - 1.6 重油加热和保温 355
 - 2 燃油管道水力计算 358

2.1	燃油管道管径计算	358	4.1	概述	496
2.2	燃油管道管线压力降计算	360	4.2	燃油加热器的型式	496
3	锅炉房燃气系统	375	4.3	常用燃油加热器	497
3.1	锅炉房燃气耗量计算	375	5	常用燃气辅助设备	499
3.2	燃气管道供气系统	376	5.1	煤气专用系列罗茨鼓风机	499
3.3	燃气管道供气压力确定	380	5.2	D系列离心鼓风机	499
3.4	燃气管道敷设原则及 连接方法	380	5.3	其它系列煤气鼓风机	499
3.5	燃气管道清扫和试压	383	5.4	液化石油气泵和压缩机	508
4	燃气调压系统	385	5.5	液化石油气气化器	509
4.1	调压系统分类	385	5.6	燃气调压器	511
4.2	调压系统工艺流程和附 件配置	389	6	热力系统辅助设备	512
4.3	调压系统设备、仪表和 附件选择	389	6.1	全自动离子交换水处理装置	512
4.4	调压系统旁通管、吹扫管、放散管 及压缩空气管道的设置	394	6.2	除氧设备	525
4.5	调压站设备布置及安装 一般要求	395	6.3	热交换器	528
5	燃气管道水力计算	397	7	燃油燃气管道附件	532
5.1	燃气管道管径计算	397	7.1	安全阀及防爆门	532
5.2	各种燃气在不同压力下的 水力计算公式	397	7.2	爆破片	534
5.3	燃气管道局部阻力计算	399	7.3	阻火器及呼吸阀	537
5.4	燃气管道管径及阻力 计算图表	406	7.4	抽风控制器	539
第5章 燃油燃气锅炉房辅助 设备及附件			7.5	风烟道蝶阀	539
1	油罐和油箱	417	第6章 燃油燃气锅炉房总体 设计和布置		
1.1	概述	417	1	概述	543
1.2	立式贮油罐	417	2	设计原始资料	543
1.3	卧式贮油罐	419	2.1	新建锅炉房要求资料	543
1.4	拱顶金属油罐	424	2.2	扩建、改建锅炉房要求资料	544
1.5	日用油箱	424	3	燃油燃气锅炉房规模的确定	545
2	油泵	429	3.1	锅炉房热负荷计算	545
2.1	油泵种类及应用范围	429	3.2	锅炉选择原则	546
2.2	离心泵输送粘性油品时的 特性换算	430	3.3	锅炉台数确定	546
2.3	常用油泵	433	4	燃油燃气锅炉房位置选择	547
3	油过滤器	491	5	燃油燃气锅炉房布置	547
3.1	概述	491	5.1	锅炉房布置的一般原则	547
3.2	常用油过滤器	491	5.2	高层建筑物内的锅炉房布置	548
4	燃油加热器	496	5.3	锅炉间、辅助间及生活 间布置	549
			5.4	锅炉房工艺设备布置要求	550
			6	油库	552
			6.1	油库分级和分区	552
			6.2	油库总体布置	553
			6.3	油罐及附件选用	555
			6.4	油泵房	556
			7	燃气调压站	559

7.1	概述	559	2.3	液位测量仪表	596
7.2	调压站位置选择	559	2.4	流量测量仪表	600
7.3	调压站布置	559	2.5	显示仪表	604
8	燃油燃气锅炉房消防	562	2.6	操作器	605
8.1	燃油燃气锅炉房消防特点和措施	562	2.7	调节(执行)机构	605
8.2	燃油燃气锅炉房防火间距	563	2.8	电磁阀	610
9	燃油燃气锅炉房职业安全卫生与环保	564	2.9	常用分析仪表选用	610
9.1	燃油燃气锅炉房职业安全卫生要求	564	2.10	仿人智能系列仪表介绍	611
9.2	燃油燃气锅炉房环保要求	565	2.11	可燃气体报警仪	612
10	高层建筑燃油燃气锅炉房排烟系统设计	566	3	燃油燃气锅炉房热控系统设计	613
10.1	高层建筑锅炉房烟道设计要求	566	3.1	燃油燃气锅炉房热工检测	613
10.2	高层建筑锅炉房烟囱布置	567	3.2	锅筒水位自动调节	613
10.3	高层建筑群内独立锅炉房烟囱布置	568	3.3	过热蒸汽温度调节系统	616
10.4	高层建筑锅炉房排烟系统阻力平衡措施	568	3.4	燃烧过程自动调节	618
11	燃油燃气锅炉房工艺对其它专业设计要求	569	3.5	程序控制	620
11.1	总图运输专业	569	3.6	除氧器控制	622
11.2	建筑专业	571	3.7	重油加热温度控制	623
11.3	结构专业	572	3.8	联锁保护	623
11.4	电气专业	573	4	燃油燃气锅炉成套控制装置	625
11.5	热控专业	574	4.1	燃油燃气锅炉自动化仪表成套供应范围	625
11.6	给排水专业	577	4.2	锅炉厂配套控制系统	626
11.7	采暖通风专业	578	4.3	HS 燃油燃气锅炉微机自控优化装置	628
11.8	技术经济专业	578	4.4	GKY(Q)-FZ(J)K 型燃油燃气锅炉控制装置	630
11.9	环保专业	579	4.5	常规仪表控制系统	630
第7章 燃油燃气锅炉房热工检测及控制			第8章 燃煤锅炉改造及燃烧器选用		
1	概述	580	1	燃油燃气锅炉热力计算	631
1.1	燃油燃气锅炉房热控的基本内容	580	1.1	锅炉热力计算方法概述	631
1.2	燃油燃气锅炉房热控要求	580	1.2	热力计算基本数据	631
1.3	燃油燃气锅炉房热控系统构成	581	1.3	锅炉热平衡计算	635
2	燃油燃气锅炉常用热工仪表	583	1.4	炉膛几何特征	635
2.1	温度测量仪表	583	1.5	炉膛传热计算	637
2.2	压力测量仪表	591	2	燃煤锅炉改成燃油燃气锅炉	641
			2.1	燃煤锅炉改成燃油燃气锅炉的基本原则	641
			2.2	燃煤锅炉改成燃油燃气锅炉的几个问题	641
			3	燃油燃气锅炉燃烧器选用和布置	644
			3.1	燃油燃气锅炉燃烧器选用	644
			3.2	燃油燃气锅炉燃烧器布置	645

4 国产及进口锅炉燃烧器产品	645	2.6 3×7.82t/h 蒸汽锅炉房(燃柴油)	732
4.1 国产锅炉燃烧器产品	645	2.7 4×7.82t/h 蒸汽锅炉房(燃重油)	733
4.2 进口锅炉燃烧器产品	653	2.8 4×4t/h 蒸汽锅炉房	738
第9章 燃油燃气锅炉房		2.9 2×2t/h 蒸汽锅炉房	743
工程设计实例	701	2.10 1×1t/h 蒸汽锅炉房	747
1 编制说明及图例	701	2.11 (2×3.92t/h 蒸汽锅炉+3×4905kW 热水锅炉)锅炉房	751
1.1 编制说明	701	2.12 3×7000kW 热水锅炉房	757
1.2 图例	701	2.13 3×4200kW 热水锅炉房	758
2 工程设计实例	701	2.14 2×1000kW 热水锅炉房	762
2.1 3×35t/h 蒸汽锅炉房	701	附录 本手册有关产品厂商名录	773
2.2 3×20t/h 发电锅炉房	704	1 国产燃油燃气锅炉生产厂商	773
2.3 2×12t/h 蒸汽锅炉房	715	2 进口燃油燃气锅炉生产厂商	777
2.4 2×10t/h 蒸汽锅炉房 (国产锅炉)	723	3 国产及进口燃烧器生产厂商	779
2.5 2×10t/h 蒸汽锅炉房 (进口锅炉)	729	4 锅炉房辅机及仪表生产厂商	780
		参考文献	784

第1章 绪 论

1 燃油燃气锅炉房发展概况

随着我国改革开放的不断深化,全国各地经济建设的迅速发展,城市高层民用建筑的快速崛起,国家对环保工作提出更高要求,油气资源的大力开发,燃油燃气锅炉应用逐年上升,燃油燃气锅炉房建设进入新的发展时期。

据统计,国外一些发达国家供暖用锅炉中,燃油燃气锅炉已占相当大的比例,俄罗斯占60%,美国占98%,日本占99%。我国燃油燃气锅炉的应用也必将会得到进一步发展。

1.1 燃油燃气锅炉房发展的客观因素

1. 高层民用建筑的发展

我国从80年代起,大中城市的高层民用建筑都有一个较大的发展。上海自1988年以来,以平均每年建148幢高层的速度递增,目前已有高层建筑2000余幢。不但数量上发展,建筑高度上也在不断打破纪录。1996年相继建成世界广场高199m和新金桥大厦高212m,刷新了上海高楼新纪录,即将建成的浦东金茂大厦88层、高420.5m,创造了本世纪内中华第一高楼新纪录。现在已开工的环球金融中心大厦94层、高460m,将成为目前世界最高楼。如此众多高层建筑的出现,给与之配套的锅炉房设置带来一系列新问题,如场地紧张、对周围环境的影响、对自动化程度和安全可靠要求更高等。因此,促进了燃油燃气锅炉的应用。

2. 高新技术开发区的建设

改革开放政策吸引大量外资企业来华投资,全国各地纷纷开辟了高新技术开发区,改善了投资环境。由于高新技术开发区的建设标准要求高,因此促进集中供热和燃油燃气锅炉房的发展。例如上海浦东金桥加工区,建设集中供热公司,一期工程安装1.6MPa、50t/h燃油锅炉2台;浦东新区张扬商业街集中供热锅炉房安装2台30t/h燃油锅炉。

3. 环保要求的提高

80年代以来,国际社会对环境问题日益关注。我国能源供需和环境污染矛盾相当突出,发生酸雨的频率不断增加,某些地区超过50%,酸雨pH值不断下降。国家对环保工作非常重视,新的烟气排放标准提高了,一类地区烟尘浓度标态下为 $100\text{mg}/\text{m}^3$; SO_2 及 NO_x 一、二级标准极限浓度值标态下为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

一些大中型城市的市区、对燃煤锅炉房建设制订了某些限制条件,例如北京市,从今年开始将三环路以内各机关、事业单位、餐馆等公共服务设施现有的燃煤炉灶全部改用天然气,市区内分散的中、小型燃煤锅炉逐步改烧天然气;上海市,内环线以内不允许新建燃煤锅炉房;西安市,从1997年7月1日以后,不再批准建燃煤锅炉,一律采用天然气锅炉。

1.2 国外燃油燃气锅炉进入国内市场的情况

国外及港澳台企业纷纷来内地兴建合资、独资企业,推动我国经济的繁荣和发展。这些合资、独资企业锅炉房一般采用进口锅炉,由此国外燃油燃气锅炉大量进入国内市场。目前

已有德国、美国、英国、瑞士、意大利、日本、韩国等 7 个国家 20 余个厂家的燃油燃气锅炉产品在国内使用。据统计,仅上海进口锅炉就有约 1000 余台,与锅炉配套的进口燃烧器有德国、美国、英国、法国、意大利、日本、瑞典、韩国等 8 个国家几十种品牌锅炉燃烧器,其中应用最多的是德国威索(WEISHAUP)锅炉燃烧器。

1.3 国内燃油燃气锅炉生产状况

国内早期生产燃油燃气工业锅炉的厂家有上海锅炉厂、天津市锅炉总厂、广州市锅炉工业公司(原广州锅炉厂)、重庆锅炉厂、金牛股份有限公司(原陕西工业锅炉厂)、湖南湘潭锅炉厂等,目前已发展到 50 余家锅炉厂生产燃油燃气锅炉,品种规格齐全,有燃油燃气蒸汽锅炉、燃油燃气热水锅炉。蒸汽锅炉:单台蒸发量从 0.2~65t/h;压力有 0.4、0.7、1.0、1.25、2.45、3.82MPa 等 6 种;温度有饱和蒸汽、过热温度 250、350、400、450℃等 5 种。热水锅炉单台供热功率从 0.3~21MW;压力有常压、0.7、1.0、1.25MPa 等 4 种;供热温度有 80、95、115、130℃等 4 种规格。在产量和品种上均能满足国内燃油燃气锅炉房建设的需要。

燃油燃气锅炉的关键部件是锅炉燃烧器,目前国内生产的燃油燃气锅炉,配用国内燃烧器比例较小,大部分配用进口燃烧器。

1.4 国内燃油燃气锅炉房建设概况

国内燃油燃气锅炉房有 3 种类型:第 1 类,地区集中供热锅炉房;第 2 类,工厂(企业)独立供热锅炉房;第 3 类,高层民用建筑供热锅炉房。其中第 3 类锅炉房为数最多,第 1 类较少。

90 年代开始新建的宾馆、酒店、商办大厦、医院等民用建筑,基本上均采用燃油燃气锅炉。目前由于进口燃油燃气锅炉、自动控制等使用安全可靠,一些外资企业和中外合资企业大多采用进口锅炉。

集中供热锅炉房和工厂(企业)独立供热锅炉房,一般均为独立建筑物;高层民用建筑的燃油燃气锅炉房一般附属于主体建筑内,布置形式有:(1)在主楼顶上,(2)主楼技术夹层,(3)主楼地下层,(4)裙房底层,(5)裙房地下层,(6)裙房顶层。

目前燃油燃气锅炉房中,燃油锅炉房较多,燃气锅炉房较少,但在大中城市中燃气锅炉房是发展方向。燃油锅炉房中,燃烧轻柴油占多数;燃气锅炉中,以燃烧天然气和城市煤气为主。

燃油燃气锅炉房的一般安装容量:蒸汽锅炉单台容量为 $\leq 10\text{t/h}$,饱和温度,压力 $\leq 1.27\text{MPa}$;热水锅炉单台容量 $\leq 6600\text{kW}$,热水温度 $< 120\text{℃}$ 。锅炉台数一般 2~4 台。

2 燃气资源开发和燃气锅炉房发展前景

燃气是一种优质、高效、清洁的锅炉燃料,用它可有效解决锅炉燃煤与环境污染间的矛盾。

世界上,一次能源消费结构中,煤炭占 27.5%,天然气占 22.9%。我国的能源消费结构以煤炭为主,占 72.8%,天然气使用量仅占能源用量的 2.0%,以前只是华中、东北、西南、西北、华北等少数地区使用天然气。目前,随着气田资源的大力开发,天然气的使用量正在迅速增长,使用面也在扩大。

2.1 燃气资源开发

80 年代以来,天然气开发成为世界上产量增长最快的能源。我国开发和利用天然气已成

为能源使用决策部门的重要课题。

我国南海天然气资源非常丰富,已探明储量 $2 \times 10^{11} \text{m}^3$; 1996 年初“崖 13-1”气田已正式向香港和海南省供气,年输气能力 $3 \times 10^9 \text{m}^3$,可稳产 20 年。邻近的“崖 35-1”油田勘探表明,天然气储量前景极好。

东海天然气资源丰富,正在开采的平湖气田储量为 10^{10}m^3 ,第 1 期供应上海浦东的供气能力 10^9m^3 输气工程正在施工,计划 1999 年上海浦东新区能普遍使用天然气,现正在设计的浦东国际机场锅炉房等均按燃用天然气为主。

陕甘宁长庆气田面积 4200km^2 天然气储藏量达 $2.4 \times 10^{11} \text{m}^3$ 。陕甘宁天然气输往北京的长距离(约 900km)输气管线工程,1997 年 9 月 30 日完成;西安市的陕北天然气引进管线工程已于 1997 年 7 月完成,供气管径 $\phi 500$,供气压力 4.8MPa。北京,西安已部署天然气使用计划。

2.2 燃气锅炉房设计前景

工业和民用锅炉使用天然气,不仅能很好地解决锅炉排烟污染环境问题,而且在经济上也是可行的。使用天然气和液化天然气比使用目前市场上的液化石油气和重油制气,成本要低,“崖 13-1”气田天然气供应香港的到岸价(1996 年)为 9.1 美分/ m^3 (发热量约为 $31000 \text{kJ}/\text{m}^3$)。

“九五”计划期间,我国将在东南沿海建设液化天然气接收站,进口液化天然气,改变能源结构,解决能源不足和环境污染的问题。

我国使用天然气的前景十分广阔。因此,锅炉制造厂可设计高效、无污染、安全可靠的新型多品种燃气锅炉,以适应市场需要。德国菲斯曼锅炉公司的冷凝式低温燃气热水锅炉具有高效、无污染、排烟温度仅比回水温度高 $5 \sim 15^\circ\text{C}$ 等优点,可以借鉴。

国内一些大中城市,例如北京、上海、西安等,面临燃料供应改变,燃煤锅炉房需要改造。改造方案有锅炉更新和锅炉改造两种,需要设计单位和锅炉制造厂密切配合,才能圆满完成。因此,燃气锅炉房设计前景美好,任务繁重。

3 燃油燃气锅炉房设计中存在的问题

3.1 锅炉房设计规范

1993 年 7 月 1 日实施的 GB 50041-92《锅炉房设计规范》是工业和民用锅炉房设计的主要依据。该规范制订时以煤为主要设计燃料,对燃煤锅炉房设计的条文考虑全面;对燃油燃气锅炉房,特别是高层民用建筑内锅炉房设计,条文涉及不多,应根据当前市场经济、燃料供应政策、环保要求等予以补充修改。

在目前条件下,根据已投运的一些工程设计和运行经验,来解决我们设计中存在的问题。本手册力图推荐一些工程实例和设计经验,供设计参考。本书宗旨之一是,不断总结经验,共同努力,为今后锅炉房设计规范补充修改创造条件。

3.2 锅炉房消防要求与场地条件

燃油燃气锅炉房的火灾及爆炸危险性比燃煤锅炉房大,因此对燃油燃气锅炉房的消防距离、建筑要求等比燃煤锅炉房要高。在设计过程中经常发生消防要求与客观场地条件的矛盾;在高层民用建筑锅炉房设计中,消防规范与其它规范、规程间,锅炉容量限制条件等有些不

一致，需要协调。

燃油燃气锅炉房的安全性与锅炉产品制造质量，自控设计、标准和质量，运行操作管理水平等多种因素有关。

场地条件与经济因素有关，受经济制约，实质上是一个经济问题。

因此，设计中发生场地条件与消防要求等互相矛盾时，首先应从安全角度考虑，参考国内外类似工程情况，采取相应措施，征得有关主管部门意见，合情地妥善地处理。

4 编写说明

4.1 编写意图

(1) 根据燃油燃气锅炉房发展形势及设计需求，使燃油燃气锅炉房设计能达到多、快、好、省的目的。

(2) 随着改革开放深入，外资企业项目日益增多，通过本手册的引导，使投资者对锅炉房建设能达到共识，与国际接轨。

(3) 目前燃油燃气锅炉房设计在执行规范等存在一些问题，通过本手册引导，得到合理解决。

(4) 通过本手册引导，使设计者了解国外燃油燃气锅炉及燃烧器，从而便于吸收国外先进经验，经济合理地选择设备。

4.2 适用范围

(1) 燃油燃气锅炉房设计范畴。

(2) 燃油燃气锅炉及锅炉房配套辅助设备的选用。

(3) 锅炉单机容量：蒸汽锅炉 $\leq 35\text{t/h}$ ；热水锅炉 $\leq 29\text{MW}$ 。

(4) 设计参数：

1) 蒸汽锅炉压力 $\leq 3.9\text{MPa}$ ；

2) 蒸汽锅炉温度 $\leq 450\text{℃}$ ；

3) 热水锅炉压力 $\leq 2.45\text{MPa}$ ；

4) 热水锅炉水温 $\leq 150\text{℃}$ 。

4.3 编写内容

燃油燃气锅炉房设计与燃煤锅炉房设计，在热力系统、水处理系统等具有共性；主要不同点在于燃烧系统。为了减少重复和精简篇幅，突出燃油燃气系统，本手册与1991年8月出版的《工业锅炉房实用设计手册》及1993年12月出版的《工业锅炉房常用设备手册》配套使用。本手册中除补充热力系统新的全自动水处理设备和除氧设备等外，锅炉房其它常规设计和辅助设备均省略。本手册的主要内容如下：

(1) 燃油燃气锅炉房发展概况简介

(2) 油气燃料及燃烧计算

(3) 燃油燃气锅炉房热平衡及燃料耗量计算

(4) 燃油燃气锅炉结构特点

(5) 国内外燃油燃气锅炉产品介绍

1) 汇编了国内40余家锅炉厂180个产品

- 2) 汇编了国外 7 个国家 26 家锅炉厂 123 种品牌
- (6) 国内外燃烧器产品介绍
 - 1) 汇编国内 5 个燃烧器厂产品
 - 2) 汇编国外 12 个燃烧器厂产品
- (7) 燃油燃气系统设计
- (8) 燃油燃气锅炉房辅助设备及其附件介绍
- (9) 燃油燃气锅炉房总体布置
- (10) 燃油燃气锅炉房工艺对其他专业设计要求
- (11) 燃油燃气锅炉房热工检测及控制
- (12) 燃油燃气锅炉热力计算及煤炉改为油气锅炉简述
- (13) 燃油燃气锅炉房工程实例 14 个
- (14) 本手册有关产品厂商名录

第2章 油、气燃料及燃烧计算

1 原油

1.1 石油组成

石油(亦称原油)是一种流动或半流动的粘稠性液体。有味,一般是暗色的,有暗黑、暗绿、暗褐色数种。

组成石油的元素主要是碳、氢、氧、氮、硫等5种。其中主要的是碳和氢2种元素:碳的含量(质量分数)占84%~87%,氢的含量(质量分数)占11%~14%。除上述5种主要元素外,在石油中还发现有极微量的金属元素和其它非金属元素。金属元素有钒、镍、铁、钙、钠、镁、钴、铜等,非金属元素中主要有氯、硅、磷、硒、砷等。

通常,将燃料油的元素组成表示为:碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)、灰分(A)和水分(W)^①,如用符号表示油中各应用基^②成分的质量分数^③则得计算式(2-1)

$$C^y + H^y + O^y + N^y + S^y + A^y + W^y = 100\% \quad (2-1)$$

一般石油的水分含量较高,交付运输前要经过脱水处理,规定含水量(质量分数)应小于2%。在贮存、装卸和运输过程中,水分有可能增加。燃料油中的水分一般是有害的,水分过高会促使管道或设备腐蚀,增加排烟损失和输送动力消耗量等。当水分不均匀地混在油中,出现油水分层时危害更大,它会使炉内火焰脉动。因此,必须对燃料油进行脱水。但是,如果水分呈乳化状态均匀地混在燃料油中,不仅不会破坏火焰的连续性,相反地,有时还能提高燃烧的效率。

除去水分,剩下的组成油的干燥基^④成分,其质量分数用符号表示时可得式(2-2):

$$C^g + H^g + O^g + N^g + S^g + A^g = 100\% \quad (2-2)$$

灰分有时用干燥基成分表示。干燥基灰分和应用基灰分的换算关系见式(2-3):

$$A^g = A^y \frac{100}{100 - W^y} \quad (2-3)$$

其它成分的换算关系和式(2-3)类同。

石油中的灰分含量很少,通常灰分的质量分数不到0.05%,但是灰分对锅炉的影响却很大。燃油锅炉的积灰常常比煤粉炉还要严重,过热器上积灰有时还引起高温腐蚀,积灰对低温腐蚀也有影响。

除了灰分外,油中还有一些机械杂质。石油产品中不溶于汽油或苯的全部沉淀状态或悬浮状态的物质,称为机械杂质。它是在开采、运输、贮存过程中混入的。机械杂质会磨损设

① 按新国标规定,应用基应改为接收基,符号由 y (上角标)改为 ar (下角标);干燥基的符号由 g (上角标)改为 d (下角标);水分符号由 W 改为 M 。但考虑到行业现状,本书对此暂不修改。”

② 按GB3102.8—93规定,元素成分含量(质量分数)应用 w 表示,以碳为例,其质量分数符号为 w_c ,但考虑到行业标准尚未改变,故本书对此暂不修改。”

备,堵塞喷嘴,影响锅炉的正常运行。因此,必须用过滤器将它清除掉。

把灰分和水分都去掉,就得到油的可燃基^①成分,其质量分数组成见式(2-4):

$$C^r + H^r + O^r + N^r + S^r = 100\% \quad (2-4)$$

对于同一油田产的产品,可燃基成分比较稳定。以碳为例,其可燃基成分和应用基成分的换算关系按式(2-5)计算:

$$C^r = C^y \frac{100}{100 - (A^y + W^y)} \quad (2-5)$$

其它成分的换算关系和式(2-5)类同。

和其它燃料(如煤、木柴)一样,燃料油中的主要可燃元素是碳和氢。它们结合成各种碳氢化合物(或称烃)。氢是燃料中一种有利的元素。1kg 氢燃烧放出的热量比 1kg 碳多 3.5 倍。而且燃料中含氢量越多,它越容易着火,燃烧性能越好。燃料中碳和氢的含量之比叫做碳氢比,用符号 k_{CH} 表示, $k_{CH} = \frac{C}{H}$ 。

燃料油的碳氢比在 6~9 之间,而无烟煤的碳氢比则可超过 20。碳氢比高的燃料油,密度常常大一些,发热量常常低一些,在燃烧过程中,在条件相同的情况下,产生的炭黑量也要多一些。

石油中含的氧和氮一般很少,氧的含量(质量分数)约为 0.1%~1%;氮的含量(质量分数)一般在 0.2% 以下,很少超过 0.5%。绝大部分含氧、氮的化合物呈胶状沥青状物质存在。所以,含胶状沥青状物质多的油,例如渣油,含氧、氮就多一些。

石油中的硫一般以化合物形式存在,但大部分都不稳定,受热易分解,80% 的硫残留在提取后的重油中。在燃料油中,硫可以以元素硫、硫化氢、硫醚、噻吩等形式存在。

硫虽然也能燃烧,产生一些热量。但是,硫在燃烧后生成二氧化硫或三氧化硫,这些气体是有毒的,排至大气中会污染环境。并且,其中一部分可与烟气中的水蒸气反应生成硫酸,对燃油锅炉尾部低温部分的金属和烟囱会产生腐蚀作用。

根据含硫量的多少,将石油分为低硫油、中硫油和高硫油。一般以含硫量(质量分数)在 0.5% 以下的为低硫油、在 0.5%~2% 之间的为中硫油,高于 2% 的为高硫油。也有以 0.5%~1% 之间的为中硫油,高于 1% 的为高硫油。我国大庆原油属低硫油、胜利原油属中硫油,而中东原油则属高硫油。

1.2 石油中碳氢化合物和胶状沥青状物质

组成石油的化合物主要是碳氢化合物,在化学上简称烃。虽然组成石油的主要元素不多,可是碳和氢组成的化合物却是种类繁多,有各种各样的烃。烃有一个特点,就是随着分子中碳和氢原子数目的不同,排列方式的不同,可以构成千百种化合物。最小的烃分子如甲烷,只有一个碳原子、四个氢原子,相对分子质量只有十几。而大的烃分子相对分子质量上千,分子结构至今尚未弄清楚。烃的另一个特点是相对分子质量越小,沸点越低。在常温常压下,相对分子质量小的,如甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)是气体;相对分子质量中等的,如甲苯(C_6H_6)是液体;相对分子量较大的,如石蜡是固体。所以,更确切地说,石油是溶解了一些气体和固体的液体。当温度和压力变化达到一定程度时,就会有一部分气体或固体从石油中析出。石油中究竟有多少种烃。至今还不清楚,估计约有 3 千种之多。

① 按国标规定,可燃基应改为干燥无灰基,符号由 r(上角标)改 daf(下角标),但考虑到行业现状,本书对此暂不修改。