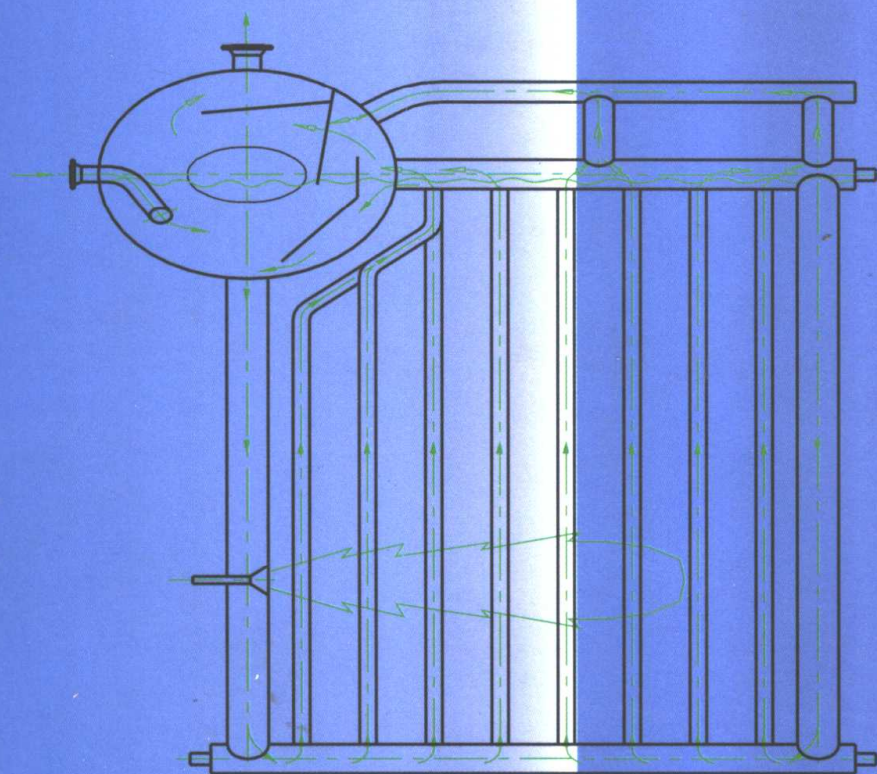


燃油燃气锅炉 结构设计及图册

赵钦新 李卫东 编著
惠世恩 罗正辉



西安交通大学出版社

燃油燃气锅炉 结构设计及图册

赵钦新 李卫东 编著
惠世恩 罗正辉

西安交通大学出版社
·西安·

内容提要

本书系统地阐述了燃油燃气锅炉结构设计的基本原理,并以图册的形式介绍了燃油燃气锅炉结构的演变过程以及燃油燃气锅炉未来发展的新技术。全书共有全剖面的燃油燃气锅炉本体结构图 200 多幅,首次全部采用Autocad软件绘制,可供热能动力工程专业师生和从事锅炉设计、制造、检验、安装、运行、维修和安全监察的人员及相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

燃油燃气锅炉结构设计及图册/赵钦新等编著. —西安:西安交通大学出版社,2002.8
ISBN 7-5605-1519-3

I. 燃… II. 赵… III. ①燃油锅炉-结构设计-图集 ②燃气锅炉-结构设计-图集 IV. TK229-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 060353 号

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市兴庆南路 25 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668315)
陕西宝石兰印务有限责任公司印装
各地新华书店经销

*

开本:890 mm×1 240 mm 1/16 印张:34 字数:1153 千字
2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷
印数:0001~4 000 定价:100.00 元

发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

近十年来,石油、天然气的勘探和开发在全国范围内迅速展开,发现了多个储量巨大的油、气田,促使国家取消了大中型城市燃用油品和天然气的限制。另一方面,随着全球环保意识的增强,我国国民经济的迅速发展,人民生活水平不断提高,我国对燃料政策进行了调整,为改善大中型城市的环境污染和大气质量,各级政府开始鼓励公共企事业单位燃用油品或天然气,大大加快了燃油燃气锅炉的发展。中国石油天然气集团公司正在规划分阶段建成区域天然气管道运输管线,形成四川和陕西供应武汉、上海的输气管线;在西北将形成青海、陕西、甘肃、宁夏等省的联合供气区,最后和新疆塔里木的天然气形成西气东输的运输大动脉。在这种全国气源形成网络的情况下,以燃油,特别是燃气作为家庭和企事业单位供热将逐步替代燃煤在全国的大中型城市获得较大范围的应用。

本书主要阐述燃油燃气锅炉结构设计的基本原理,并以全剖面形式详细剖析了近 200 种燃油燃气锅炉本体结构,并全部采用 Autocad 软件绘制,线条分明,图面清晰。全书共分两篇。第 1 篇重点叙述和燃油燃气锅炉结构设计相关的基础知识及锅炉本体结构,图文并茂,力图论理清楚,简明实用。第一篇共分 6 章,内容包括绪论,锅炉结构设计基础,燃油燃气锅炉结构设计,锅炉受热面及附属部件结构,特种燃油燃气锅炉,高效环保燃油燃气锅炉。第 2 篇为全剖面的锅炉结构图册,共分 4 章,内容包括锅壳式燃油燃气锅炉本体图,水管燃油燃气锅炉本体图,典型锅壳式锅炉零部件图,典型水管锅炉零部件图。本书专门讨论燃油燃气锅炉结构,针对性强,形象生动,实用易懂。

本书由西安交通大学热能工程系锅炉研究所赵钦新博士、副教授(第 1,2,3,6~10 章),惠世恩教授(第 4 章),清华大学工程力学系博士后李卫东(第 5 章)共同编著,中国东方电气集团公司新疆天山锅炉厂设计处的罗正辉工程师负责绘制本书图例。西安交通大学热能工程系锅炉研究所王妍芃副教授以及计算机系软件研究所贾晓琳讲师也参加了本书有关章节的编写。

本书由西安交通大学章燕谋教授主审。编者对章燕谋教授在审稿中所提宝贵意见表示衷心感谢。限于编者水平,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2001 年 7 月于西安

目 录

第 1 篇 燃油燃气锅炉结构设计原理

第 1 章 绪论	(1)
1.1 我国能源现状	(1)
1.2 能源与环境	(3)
1.3 能源消费与需求	(4)
1.4 我国工业锅炉发展现状	(6)
1.5 燃油燃气锅炉发展现状	(10)
1.6 本书的写作缘由	(13)
第 2 章 锅炉结构设计基础	(15)
2.1 结构应力分析基础	(15)
2.1.1 受压元件上的应力概念	(15)
2.1.2 应力分析的薄膜理论	(16)
2.1.3 应力分析的有力矩理论	(18)
2.1.4 应力集中与开孔	(21)
2.1.5 热胀冷缩原理及热应力	(23)
2.2 锅炉结构工艺设计基础	(26)
2.2.1 焊接结构设计原则	(26)
2.2.2 结构工艺性设计	(27)
2.2.3 合理的接头设计	(28)
2.2.4 锅炉结构工艺设计	(29)
第 3 章 燃油燃气锅炉结构设计	(40)
3.1 锅炉结构的基本要求	(40)
3.2 锅炉结构中的主要受压部件	(40)
3.3 固定式锅炉和移动式锅炉	(42)
3.4 锅壳式火管燃油燃气锅炉	(43)
3.4.1 早期的立式锅壳式燃油燃气锅炉	(45)
3.4.2 现代立式锅壳式燃油燃气锅炉	(54)
3.4.3 早期卧式锅壳式燃油燃气锅炉	(56)
3.4.4 现代卧式锅壳式燃油燃气锅炉	(71)
3.4.5 锅壳式燃油燃气锅炉的水循环	(80)
3.5 水管燃油燃气锅炉	(82)
3.5.1 立式水管燃油燃气锅炉	(82)
3.5.2 组合联箱式单锅筒卧式直水管锅炉	(87)
3.5.3 多锅筒式弯水管锅炉	(90)
3.5.4 三锅筒式弯水管锅炉—A 型锅炉	(92)
3.5.5 双锅筒式弯水管锅炉—D 型锅炉	(94)
3.5.6 双锅筒式弯水管锅炉—O 型锅炉	(100)
3.5.7 现代船舶水管蒸汽锅炉	(105)
3.5.8 强制循环水管锅炉	(113)
3.5.9 现代固定式工业水管蒸汽锅炉	(125)

3.5.10	固定式电站蒸汽锅炉	(143)
3.5.11	水管锅炉的水循环	(161)
3.6	热水锅炉	(171)
3.6.1	热水锅炉的特点	(172)
3.6.2	热水锅炉的水循环	(173)
3.6.3	热水锅炉的结构	(176)
3.6.4	热水锅炉高温管板开裂	(210)
3.7	常压热水锅炉	(214)
3.7.1	常压锅炉概念及其特点	(214)
3.7.2	常压立式锅壳式燃油燃气锅炉	(217)
3.7.3	常压卧式锅壳式燃油燃气锅炉	(218)
第4章	锅炉受热面及附属部件结构	(221)
4.1	锅炉主要受热面结构	(221)
4.1.1	锅壳式锅炉的蒸发受热面	(221)
4.1.2	水管锅炉的蒸发受热面	(225)
4.2	锅炉辅助受热面结构	(230)
4.2.1	对流受热面的特点	(230)
4.2.2	过热器和再热器结构	(232)
4.2.3	省煤器结构	(259)
4.2.4	空气预热器结构	(271)
4.3	锅炉附属部件结构	(279)
4.3.1	锅炉构架	(279)
4.3.2	炉墙结构	(286)
4.3.3	清灰装置	(294)
4.3.4	泄压结构	(300)
4.3.5	冷凝水排放装置	(305)
第5章	特种燃油燃气锅炉	(307)
5.1	组合模块式铸铁锅炉	(307)
5.1.1	适应范围和结构要求	(307)
5.1.2	结构设计	(308)
5.1.3	设计计算	(313)
5.2	有机热载体锅炉	(316)
5.2.1	加热炉型号及参数	(316)
5.2.2	有机热载体锅炉的特征	(316)
5.2.3	有机热载体的种类	(318)
5.2.4	结构设计	(321)
5.2.5	设计计算	(326)
5.2.6	工作系统	(329)
5.3	热风加热炉	(333)
5.3.1	直接混合型热风加热设备	(333)
5.3.2	间接换热热风炉	(336)
5.3.3	蓄热式热风加热装置	(341)
5.4	相变换热锅炉	(346)

5.4.1	真空相变换热式热水锅炉	(346)
5.4.2	压力相变换热式热水锅炉	(347)
5.4.3	结构设计	(347)
5.4.4	其它设计问题	(350)
5.5	壁挂式锅炉	(350)
5.5.1	容积式燃气热水器	(351)
5.5.2	直流式热水器	(354)
5.5.3	壁挂式锅炉新进展	(356)
第6章	高效率环保燃油燃气锅炉	(365)
6.1	直接接触加热锅炉	(365)
6.1.1	概述	(365)
6.1.2	结构设计	(367)
6.1.3	直接接触换热原理	(378)
6.1.4	应用示例	(382)
6.2	脉动燃烧锅炉	(386)
6.2.1	脉动燃烧的优点	(386)
6.2.2	脉动燃烧及其装置	(388)
6.2.3	脉动燃烧器的工作原理	(391)
6.2.4	脉动燃烧的应用	(394)
6.3	冷凝式锅炉	(400)
6.3.1	烟气冷凝机理	(401)
6.3.2	烟气冷凝应用示例	(403)
6.3.3	烟气冷凝的环保分析	(408)
第2篇 燃油燃气锅炉结构设计图集		
第7章	锅壳式燃油燃气锅炉本体图	(412)
第8章	水管燃油燃气锅炉本体图	(445)
第9章	典型锅壳式锅炉零部件图	(482)
第10章	典型水管锅炉零部件图	(495)
附录		
A	燃油燃气锅炉相关规范标准	(506)
B	著名的锅炉相关网站	(509)
	燃油燃气锅炉专业词汇英中对照	(515)
参考文献	(532)

第一篇

燃油燃气锅炉 结构设计原理

第 1 章 绪论

第 2 章 锅炉结构设计基础

第 3 章 燃油燃气锅炉结构设计

第 4 章 锅炉受热面及附属部件结构

第 5 章 特种燃油燃气锅炉

第 6 章 高效率环保燃油燃气锅炉

第1章 绪论

能源与环境目前已成为人类生存和社会发展所关注的焦点。我国过去基本上依赖单一能源供应维持国民经济增长,能源的消费结构长期以来一直跟不上我国国民经济的发展和人民生活水平的提高。我国能源生产和消费的主要特点是以煤为主。“八五”期间,一次能源生产的年平均增长率为4.37%。能源的消费结构是:原煤占75.3%,油占17.5%,天然气占1.9%,水电占5.3%。这种以煤为主的能源结构带来的问题是防治污染的费用日益增加;其次,对铁路运输也造成了压力。据预测,到2020年我国能源需求量将至少增加 8×10^8 t标准煤。因此,加快天然气的开发利用是缓解我国能源供需矛盾和优化能源结构的一项重要措施。随着能源利用技术的发展,新的能源和可再生能源将会持续增加,煤炭的消费比重会逐渐下降,但其总量仍会上升。预计到2020年,煤炭的消费总量将增长3倍;在2050年以前,预测其比重将仍在55%以上。油、天然气是一次能源中的清洁燃料,但我国油气燃料在能源消费总量中占有的比重是比较低的,油气燃料在能源消费结构中所占的比例不仅远远低于发达国家,而且比世界平均水平低43%,甚至比印度还要低20%。

1.1 我国能源现状

能源是人类社会和经济发展的基本条件之一。回顾人类利用和开发能源的历史,人类在18世纪以前经历了以薪柴为主要能源的时代;约在19世纪进入以化石燃料为主的时代,化石燃料的消费急剧增大,初期主要以煤炭为主;至20世纪20年代,开始开发利用石油和天然气;从20世纪50和60年代逐步进入了以石油为主的时代。特别是第二次世界大战以后,石油以及天然气的开采与消费开始大幅度的增加,并以每年2亿t的速度持续增长。虽然经历了20世纪70年代的两次石油危机,石油价格高涨,但石油的消费量却不见有丝毫减少的趋势。对此,世界能源结构不得不进行相应改变。随着经济和科学技术的发展,特别是人类对生活质量和生存环境要求的日益提高,油、天然气作为优质、洁净的燃料和原料,越来越引起人们的重视。特别是天然气,相对于油的开发利用相对滞后,因此加快天然气工业的发展,已成为当今世界的趋势。天然气在世界能源结构中所占比重将进一步提高。

我国有丰富的石油和天然气资源,也有悠久的开采石油和天然气的历史。我国关于石油的记载,最早见于东汉班固(公元32~92年)所著的《汉书》。在该书的《地理志》中写道:“高努,有洧水可燃”,高努即今陕西省延长一带,洧水,即清涧河。自魏晋以来的史籍记载,在甘肃酒泉、新疆库车以及准葛尔盆地南缘等地,都发现了石油(古称为石漆、石脂水、火油等)。900多年前北宋科学家沈括(1031~1095年)在他的著作《梦溪笔谈》中记载:“鹿延境内有石油,旧说高努县出脂水即此也……此物后必大兴于世,自予始为之,盖石油至多,生于地中无穷。”关于天然气的记载比石油早,约公元前3~1世纪。中国古代对天然气的利用,最初是与盐井相联系的。到公元13世纪,人们开始对四川自贡、富顺和荣县一带的浅层天然气进行了较大规模的开发利用,到明朝中期(16世纪中叶)自流井天然气的开发规模已相当庞大,而且用竹筒和木头制作了输气管线,总长达二三百米。我国近代石油工业从清朝政府设置矿油局,并在1878年聘请国外钻井技师购进石油机械钻出第一口井起,至今也已有一百多年了。

多年来,中国的能源工业一直以较高的速度持续发展,目前已跻身于世界能源生产和消费大国的行列。中国的煤炭生产量已居世界首位,石油生产量居世界第5位,而天然气生产量却仅列世界第22位。天然气工业发展相对滞后的状况,已引起我国高层领导和经济决策机构的高度重视。80年代以来,我国在加强天然气资源的勘探、开发和利用方面采取了一系列措施,并取得前所未有的进展,陆续发现了一些大型的气

田,探明储量有了明显增长,并加快了天然气的开发利用进程。最近十几年的实践和研究表明,中国天然气工业有着广阔的发展前景。

石油的生成过程与煤相似。主要是由低等动、植物遗体中的脂肪、蛋白质和碳水化合物形成的。这些有机物质在地壳长期缓慢下降中不断增厚,或在深水中被沉积保存。同样经历了缺氧或强还原环境中的细菌分解阶段和温度、压力增加条件下的转化阶段,碳和氢的含量富集,形成一种流动或半流动的粘稠性液体。石油中含有较多的烃类和非烃类化合物,其中胶状沥青状物质就是非烃类化合物中含量最大的一种,这种胶状物可分为中性胶质和沥青质,中性胶质化学稳定性差,受热容易分解和聚合。沥青质加热不发生融化,当被加热到 300℃ 以上时,开始分解,产生焦炭和气体。

目前我国最终的可采石油资源量为 140×10^8 t,其数量是巨大的,但从人均占有量上来看,我国还是相对贫乏的国家,其人均石油资源量、人均石油产量和人均石油消费量大体上仅为世界平均值的 $1/5 \sim 1/6$ 。由于我国油品消费不断增加,自 1993 年起,国内油品已不能满足国内需求,而且,自 1996 年开始,原油进口量已超过了原油出口量,我国目前已开始从国外大量进口油品。

天然气是一种埋藏于地下的可燃性气体,绝大多数是由气体化合物与气体元素组成的混合物,在特殊情况下,也会由单一气体组成。天然气的主要成分为烃类气体,其中 85%~95% 为甲烷(CH_4),比重轻于空气,极易挥发,并在空气中迅速扩散。天然气与空气混合浓度在 5%~15% 时遇明火或大于天然气燃点 530℃ 时即燃烧,属可燃可爆性气体。在 -162 ℃ 常压下可液化,称液化天然气(LNG),液化后体积缩小到 $1/600$ 。天然气属于清洁燃料,几乎不含硫、粉尘和其他有害物质,燃烧时产生二氧化碳少于其他化石燃料,造成温室效应较低。如果天然气的效应系数为 1,则石油为 1.85,煤为 2.08。

地球上已探明的天然气地质储量超过 140 万亿 m^3 ,年开采 2 万多亿 m^3 ,可采 68 年。而天然气的勘探、开采和利用还有许多工作可做。据专家估计,我国生产部门采用的天然气可采资源,气层气为 10.5×10^{12} m^3 ,油田伴生气为 1.05×10^{12} m^3 ,合计为 11.55×10^{12} m^3 。除了气层气和油田伴生气外,其它天然产出的碳氢化合物气体可称为非常规天然气资源,目前人们已认识或正在进行研究的非常规天然气有煤层气、水溶气和天然气水合物等,因此我国的非常规天然气有巨大的资源潜力。专家们证实,占天然气主要成分的甲烷不仅可以有机生成,也可以无机合成。早在地球形成之初,甲烷就已经存在于地壳之中,天文学家也发现一些星球可能是被甲烷大气层包围着,这一理论大大拓展了天然气资源的勘探领域。此外,海洋学家发现在大洋深处的海底由于海水的压力作用,可能存在着大量的液态甲烷,其数量之大将可支撑人类数十年的文明。

煤层气是近一二十年在世界上崛起的新能源,是一种以吸附状态与煤共生的储存在煤中的非常规天然气,其成分和常规天然气基本相同,完全可以和常规天然气混输、混用。我国的煤层气资源丰富,煤层气的生成、储存状态不同于常规天然气。煤层气来自煤层,有三种储存状态:一是以吸附状态吸附于煤体表面;二是以游离状态存在于煤层岩的孔隙、裂隙中;三是以溶解状态存在于矿藏水中。初步预测我国陆地上埋在 2000 m 以内的煤层气资源量就达 $30 \sim 35 \times 10^{12}$ m^3 ,超过陆地上常规天然气的资源总量,是一项潜在的不可忽视的资源。可惜开发和利用的程度近乎于零。我国今后几年将加大对煤层气的开发利用能力。

水溶气是指地层水(包括岩浆水)中溶解的烃类气体。在油气生成运聚的过程中,天然气与地层水相互作用溶于水,在高压条件下溶解量更大,可以形成有开采价值的水溶气藏,因而形成了具有相当潜力的一种非常规天然气资源。日本每年从地层水中开采约 3×10^8 m^3 的天然气。前苏联学者曾估算前苏联含油气盆地中总水溶气量超过 400×10^{12} m^3 。我国对水溶气资源的调查研究仅有一些零星成果。根据有关专家评述,预测我国水溶气资源量可能在 45×10^{12} m^3 ,资源潜力是非常巨大的,值得我们重视。

天然气水合物是在特定条件下形成的冰状固体甲烷,是一种水结晶的笼形结构络合物,也称甲烷水合物。其形成条件是低温、高压及甲烷气达到饱和浓度。因此甲烷只能形成于地表温度低的靠近地球两极高纬度区及深海。有人估算天然气水合物的资源总量是常规化石燃料总资源的 284 倍,是十分重要的潜在能源资源,目前我国尚未发现。

1.2 能源与环境

煤、油、气都属于化石燃料,使用过程中会产生严重的大气污染,而且对森林、农作物和水土造成严重危

害,并导致 CO₂ 排放量的迅速增加。煤炭燃烧是释放 CO₂ 最多的化石燃料,它要比石油和天然气多排放 29% 和 80% 的 CO₂,世界每年的 CO₂ 总排放量中,有 43% 来自燃煤。天然气与煤炭、石油等黑色能源相比,燃烧过程中所产生的影响人类呼吸系统健康的氮化物、一氧化碳以及可吸入悬浮微粒极少,几乎不产生导致酸雨的二氧化硫,燃烧之后也没有废渣、废水。天然气具有转换效率高,环境代价低,投资省和建设周期短等优势,积极开发利用天然气资源已成为全世界能源工业的发展潮流。

通过采用燃用清洁燃料替代燃煤,很多大中型城市的以煤烟型的 SO_x 和烟尘污染为主的大气污染状况得到缓解,但 NO_x 氮氧化物的污染仍有增加的趋势。因为以油、天然气替代煤,可以显著地降低 SO_x 和烟尘污染程度,而 NO_x 氮氧化物降低的幅度不很显著。根据专家计算,燃料每释放 4.167×10⁹ J 的热量,煤、油、天然气的 SO_x,烟尘和 NO_x 的排放量如表 1-1 所示。

表 1-1 燃料每释放 4.167×10⁹ J 的热量烟气的气体烟尘排放量

燃 料	SO _x (kg)	NO _x (kg)	烟尘 (kg)
煤 炭	1 190~7 900	1 200~4 400	110~17 000
石 油	1 500~1 600	230~1 370	250~1 300
天 然 气	1.1	140~1 260	9~27

除化石燃料外,可再生能源在能源消费总量中的比例在我国也是比较低的,可再生能源主要是指太阳能、风能、生物质能、地热能和水能等能源,它们具有资源丰富、无环境污染、清洁安全、可再生等优点。可再生能源的开发利用,有助于减少化石能源的消耗量和由此引起的污染。

因此,我国今后的能源消费政策应该归结为下面三个层次的发展方向:

- (1) 提高化石燃料的能源利用率;
- (2) 提高化石燃料中油、气能源的利用比例;
- (3) 进一步开发和利用可再生能源。

我国要赶上中等发达国家的经济发展水平,能源结构首先要相应地达到较高水平,按照能源需求测算出 2050 年我国的一次能源消费结构应该为:煤炭 30%~35%,天然气、石油占 40%~50%,一次电力 15%~20%。如果没有特殊要求的话,煤炭基本上将退出终端消费。按这种水平进行推算,2005 年近期的一次能源消费结构应该为:煤炭 67%,天然气、石油占 26%,一次电力 7%。

1.3 能源消费与需求

发达国家的天然气约有 90% 用于工业、民用和发电,而用于化工原料的约有 10% 左右。我国的能源消费结构长期以来以煤为主,70 年代末,国家还规定了将劣质煤供给民用的政策,因而天然气用于化工原料比例高达 30%~40%。因此,我国的天然气消费在目前仍处在较低的水平。一方面是由于天然气的勘探开发力度不够大,天然气产量低,大范围的输送利用不甚理想。1997 年原中国石油天然气总公司(CNPC)的外输气量为 106.3×10¹² m³,其中供化肥和工业用气占 65.03%,民用及商业用气占 13.16%,少部分用于发电。另外中国海洋石油总公司(CNOOC)南海崖 13—1 气田年产气 36.13×10⁸ m³,主要供香港发电用,同时,供海南用气;锦州 20—2 气田年产气 3.67×10⁸ m³ 用于化工。据不完全统计,天然气在我国当前主要供化肥和化工生产用,占 68%,其它商业和民用气约占 12%,用于发电约占 13%,如表 1-2 所示。1980 年全国城市民用天然气的数量只占当年天然气产量的 1.4%,至 1990 年,全国城市民用天然气的数量增加到当年天然气产量的 12.2%,但与城市民用迫切需要气体燃料的情况来看还是很不够的。

国外大多数国家天然气的使用首先是满足民用需要。日本是一个矿物资源较少,商品能源需要进口的国家。因此,日本一方面调整能源消费结构,另一方面注意节约和合理使用,居民人均和户均的生活用能在发达国家中是比较低的。日本 1989 年每户的家庭用能是 1.43 tce(指能源消费量单位,即标准煤),如不包括采暖,约为 1.0 tce。2000 年的每户家庭用能为 1.65 tce,家庭用能的 1/3 用于加热热水,1/3 用于采

暖和制冷,16%用于家用电器,17%用于炊事。使用的能源主要是石油制品、电力和气体燃料,占总用能的96.8%,煤炭的使用量只占0.2%。

表 1-2 中国天然气消费结构(1996)

消费结构	消费量($\times 10^8 \text{ m}^3$)	占总用能比例(%)
化工	70.2	34.9
工业燃料	68.1	33.8
民用	15.2	7.6
发电	26.0	12.9
其他	21.7	10.8
合计	201.2	100

美国家庭在 1978 年时每户的家庭用能近 5 tce,由于石油危机后能源价格的上涨,每户平均用能量逐年减少,1984 年下降到平均每户 3.25 tce。美国家庭的用能量,约有 2/3 用于采暖和空调,热水占 18%,家用电器和炊事用能占 21%。家庭消费的能源 50%是天然气,1/3 是电能,石油制品直接燃烧用能占 10%。

由于环境保护和国家能源结构优化的强烈要求以及人们对洁净能源的追求,中国天然气的需求将会迅速增长。国家实施西部大开发政策后,天然气生产速度增加较快。表 1-3 是一些专家对未来天然气主要消费领域的预测结果,这些结果显示,虽然对未来主要消费领域的预测有所不同,但总趋势是用于发电的比重增加,而用于化工原料的比重减少,民用或城市燃气的比重比 1996 年大幅度提高。

表 1-3 中国天然气消费分类预测结构

消费分类结构	2000 年	2010 年	2020 年
中国国际工程咨询公司			
发电	16.4	30.5	40.9
化工	37.5	20.7	18.2
炼油制氢	5.1	6.1	4.4
城市燃气	37.5	37.8	31.1
汽车燃料	3.5	4.9	5.1
总消费量($\times 10^8 \text{ m}^3$)	293	820	1 590
中国石油天然气总公司			
发电	12.1	22.1	26.3
化工	30.6	21.1	17.2
工业燃料	16.7	21.0	23.0
居民及商业	40.6	35.8	33.6
总消费量($\times 10^8 \text{ m}^3$)	428	1 010	1 980

从世界范围内来看,自 1967 年开始,石油(占 40.4%)首次超过煤炭(占 38.8%)居第一位,表明人类进入了石油时代,至 70 年代中期达到最高(占 40.4%),以后开始缓慢下降,但仍居主要地位,已连续 30 年领先于其它能源。石油是比较重要的战略资源,石油资源拥有国和石油消费国分布不平衡,石油资源与生产集中在少数发展中国家,而石油消费又主要集中于西方发达国家。在石油出口中,中东始终占有重要地位,其出口量 1945 年只占世界石油出口量的 37%,至 1996 年上升到 45%。因此中东成为美国和西方大国争夺的战略要地,也成为当今世界军事和政治冲突的频发地区。煤炭在 20 世纪 60 年代占 60%以上,以后逐年下降,1967 年下降到 38.8%,退居第二位,以后持续下降,1997 年下降到 26.7%,但仍居第二位。天然气始终稳步增长,由 20 世纪 50 年代的 10%左右增至 1997 年的 23.2%,居第三位。

我国石油资源储采比低,后备资源比较紧张。我国石油的最终可采储量为 $140 \times 10^8 \text{ t}$,1997 年探明可采储量为 $55 \times 10^8 \text{ t}$ 。到 1997 年为止,已累计产出石油 $31.9 \times 10^8 \text{ t}$,已采出探明可采储量的 58%。从整个化石能源的分布情况看,石油资源在中国化石能源中的比重并不大,以煤当量计算,中国煤炭总资源量近 $5 \times 10^{12} \text{ t}$,相当 $3.57 \times 10^{12} \text{ t}$ 标准煤;石油总资源量 $940 \times 10^8 \text{ t}$,相当于 $1 344 \times 10^8 \text{ t}$ 标准煤,仅为煤炭资源量

的 3.76%。因此,相对煤炭资源来讲,我国石油资源并不丰富。同时,我国石油资源中有 43.5% 属于稠油和低渗透资源,质量差,开采难度大。因此,在中国的能源消费结构中,石油比例不可能超过煤炭。也就是说,石油代替不了煤炭在中国能源结构中的主导地位。更重要的是,石油是最重要的战略物资,关系到国家的安全。为此,我们更应珍惜石油资源,提高石油资源利用效率。

据 1997 年统计,世界石油产量 32.47×10^8 t,是当年剩余可采储量的 2.3%;中国产量为 1.6×10^8 t,居世界第五位,占当年中国剩余可采储量的 4.9%,显然开采强度高于世界平均水平的一倍。由于这些年来,我国勘探找到的可采储量不能弥补当年生产消耗的储量,处于入不敷出的状态,所以石油储采比不断下降,1997 年已降为 12。从陆上石油工业 10 年来的发展分析,1988~1997 年,虽然石油可采储量由 35.74×10^8 t,增加到 46.13×10^8 t,净增 10.39×10^8 t,年均增加 1.15×10^8 t。但是,9 年间,累计产油 12.47×10^8 t,年均采出 1.39×10^8 t,平均每年相差 2400×10^8 t,致使储采比下降。据国外资料,一些国家的产量稳定时的储采比临界值是 13.5。我国目前储采比已小于稳产临界值。如果今后勘探上无重大发现,开发上可采储量亦无大的提高,中国石油产量不但不能增长,有可能比人们预计的要提前开始下降。另外,我国石油探明程度还不高,仍有较大发展前景。至 1997 年世界石油可采储量探明率已达 85%,我国剩余可采储量为 33×10^8 t,待发现储量 85.1×10^8 t,探明程度仅为 39.2%。因此,中国石油比世界平均探明程度要低得多,石油勘探潜力还是比较大的,但总资源是相对贫乏的。

中国天然气资源勘探程度低,目前正处于储量增长高峰期,发展潜力大,前景十分看好。中国常规天然气总资源量为 38×10^{12} m³,1997 年探明天然气(气层气)储量为 1.7×10^{12} m³,探明率为 4.46%。油田伴生气(溶解气)资源量为 3.5×10^{12} m³,1997 年探明储量为 0.95×10^{12} m³,探明率为 27.1%。天然气最终可采储量,气层气为 10.5×10^{12} m³,1997 年探明可采储量 1.0528×10^{12} m³,探明率为 10%。至 1997 年,累计产出天然气 0.4356×10^{12} m³,采出探明可采储量的 32.4%。

目前,天然气资源勘探程度比较低,发展潜力是十分巨大的。今后应加强天然气气源的勘探;对非常规天然气应加强研究,从而扩大我国的天然气资源量。随着天然气的利用越来越广泛,当前要重点研究燃气电站设备制造技术,天然气的转化技术,天然气汽车技术及天然气的工业燃烧和热能利用技术,提高利用技术的品质,越是洁净的能源越要强调节能。

从世界能源发展趋势看,至少在 21 世纪前半叶,化石能源,特别是石油和天然气仍将是世界消费的主要能源。

1.4 我国工业锅炉发展现状

锅炉是通过燃烧把燃料的化学能转化为热能,并将热能传给水,产生一定数量和参数(指温度和压力)的水蒸气或热水的设备。按其用途可分为:电站锅炉、工业锅炉、采暖锅炉、船舶锅炉等。电站锅炉用在火力发电厂中,向汽轮发电机组提供蒸汽。为了提高电厂的热效率,要求这类锅炉产生的蒸汽参数较高、蒸汽量也很大;工业锅炉主要用于供给工业企业在生产工艺过程中所需的水蒸气或热水,作为加热、蒸发或干燥设备的热源。采暖锅炉用来生产低压的饱和蒸汽或热水,以满足采暖的需要。工业锅炉和采暖锅炉,一般容量较小,参数低,设备也较简单。船舶锅炉用在船上,向主蒸汽发动机提供蒸汽,推动船舶前进,或供应蒸汽作其他辅助用途。锅炉亦可按其工作压力分为常压、低压、中压、高压、超高压、亚临界压力、超临界压力锅炉;按其结构特征可分为火管和水管锅炉;按燃烧方式可分为层燃式、室燃式(油炉、气炉、煤粉炉)、沸腾式(固定床炉、流动床炉)和明火反烧式(连续式明火反烧炉、机械下饲式明火反烧炉);按热能的来源可分为燃煤、燃油、燃气、原子能、太阳能锅炉;按其所用燃料可分为固体燃料、液体燃料、气体燃料锅炉等多种类别。也有利用其他装置排出的高温废气的热能来产生蒸汽或热水的设备,称为余热锅炉,它具有常规锅炉的结构和功能。

本书根据叙述的需要将燃油燃气锅炉按以下三种方式分类:

(1) 根据锅炉安装的方式和运行时所处的状态,锅炉分为以下两类:

移动式锅炉——运行时锅炉本体处于相对运动状态的锅炉;

固定式锅炉——运行时锅炉本体处于相对静止状态的锅炉。

(2) 根据用途的不同,固定式和移动式锅炉又可分为以下四类:

电站锅炉——热力发电机组中的主要的蒸汽发生设备,一般为高参数(额定工作压力 $P > 3.8$ MPa)、大容量(蒸发量 $D > 75$ t/h)蒸汽锅炉;

工业锅炉——为工业生产与建筑物采暖提供蒸汽或热水的锅炉,一般为中低参数(额定工作压力 ≤ 3.8 MPa、中小容量(蒸发量 $D \leq 75$ t/h)蒸汽锅炉或压力为 $0.4 \sim 1.6$ MPa,出水温度为 $95 \sim 130$ °C 的不同容量热水锅炉;

生活锅炉——压力与温度都很低的、容量也很小的蒸煮、饮水、取暖用的锅炉。常压锅炉也属于此类。

以上三类锅炉都属于固定式锅炉。

舰船、机车锅炉——军舰、油船、汽艇、民船、机车用的锅炉,这些锅炉属于移动式锅炉。船用锅炉按用途分为主锅炉和辅助锅炉。主锅炉生产的蒸汽供船用主机驱动螺旋桨和其它辅机之用;辅助锅炉生产的蒸汽主要供生活需要,有时也供辅机之用,辅助锅炉和主锅炉的蒸汽参数和锅炉容量都有很大的不同。

(3) 根据结构的不同,锅炉分为以下三大类:

锅壳锅炉——将主要受热面(以炉胆和烟管作为传热面)置于锅壳内的锅炉,一般锅炉参数比较低,容量比较小。对于蒸汽锅炉,工作压力小于 2.5 MPa,蒸发量小于 40 t/h;对于热水锅炉,工作压力为 $0.4 \sim 1.6$ MPa,出水温度为 $95 \sim 150$ °C,锅炉供热量一般小于 29 MW。

水管锅炉——将所有受热面(以水管作为传热面)都置于炉膛及烟道内的锅炉。这些结构锅炉的参数与容量不受限制,有各种参数与容量的水管锅炉。

浸没燃烧式供热锅炉——主要用于燃气体的供热系统,在这一系统中,火焰位于液面以下浸没燃烧,燃烧产物直接接触换热的受热面和被加热的工质直接接触换热,具有很高的换热效率。

20世纪30年代以后,电站锅炉、容量较大的工业锅炉、舰船上使用的主锅炉一般都是水管锅炉。工业锅炉总容量中约60%为锅壳式锅炉,约40%为水管锅炉。由于锅壳式锅炉单台平均容量较小,平均不到 4 t/h或 2.8 MW,而水管锅炉单台平均容量明显大于此值,但容量差别比较大,比较小的容量在 1 t/h 以下,比较大的水管工业锅炉的容量在 100 t/h 以上。电站锅炉的容量远大于工业锅炉,电站锅炉单台锅炉的容量最大已达到 3445 t/h。工业锅炉总台数的80%以上为锅壳锅炉。生活锅炉、舰船辅助锅炉、机车锅炉一般均为锅壳式锅炉。

我国电站锅炉总容量接近上述全部锅炉总容量的 $1/3$,而工业锅炉接近 $2/3$ 。这两种锅炉总容量之和占全部锅炉总容量的95%以上。生活锅炉、舰船锅炉的总容量相对很少,至于机车锅炉已渐近消失。

中国是世界上少数几个以煤为主要一次能源的国家之一。目前每年煤炭消费量约 12 亿 t,其中80%以上通过燃烧被利用。然而,燃烧设备陈旧、效率低、排放无控制造成了能源浪费和环境严重污染,能源节约与环境保护已成为现有燃煤技术所需解决的主要问题。占燃煤总量约35%的中小型燃煤锅炉又被统称为工业锅炉,问题尤为严重。因此,发展适合中国国情的高效、低污染中小型燃煤锅炉装备及系统已成为当前提高能效、减少污染排放的重点工作之一。小型燃煤锅炉是中国主要用煤装备,总量约 52 万台,平均容量 2.4 t/h。现用燃煤工业锅炉以链条炉为主,约占在用中小型锅炉总量的 $60\% \sim 65\%$,其次是往复炉,约占 $20\% \sim 25\%$ 。分布在冶金、机械、化工、纺织、能源等行业。年用煤量约 350 Mt 以上,占中国煤炭消费总量的 $1/3$ 。

中国能源消费主要是工业部门,约占终端消费的 60% ,这一数字远高于世界其他国家,几乎是美国的一倍。工业以冶金、化工和建材为主,由于中国缺少废钢铁,中小钢铁企业设备陈旧,因此,能耗高。建材工业中80%是中、小水泥厂,其能耗为现代化水泥厂的一倍。随着这些陈旧设备停运,后10年工业部门耗能会有明显降低,约占能源需求50%左右,能源消耗量将年增长3%。另一个能源消费部门是住宅和商业,约占20%。由于建筑面积的增加和家用电器的普及,今后10年,这一部门能源需求增长率会超过工业部门。第三个能源消费部门为运输部门,目前仅占10%,不但低于工业化国家,还低于发展中国家。近年来,中国海、陆、空交通发展迅速,因此,后10年这一部门能源需求将大幅度增加,10年内,这一部门将停止用煤。最后一个部门是农业,约占 $6\% \sim 10\%$,这一部门消费虽有增加趋势,但年增长率不会超过2%。

我国目前环境状况虽有改善,但问题仍很严重。鉴于环境污染对人体的严重危害和对国民经济发展的长远负面影响,今后10年,我国必将增加环保投入、积极立法、严格执法和加强管理。在能源生产和消费方

面改变以煤为主的能源结构,提高能源生产率和降低能耗,从而降低 CO₂ 的排放量。近期,将限期使 SO_x、NO_x 和污水达标排放,从而使大气环境和水环境达标。

工业锅炉是和国民经济发展、提高人民生活水平直接相关的热能产品,又因它耗能大、污染物排放多和涉及面广而倍受重视。我国工业锅炉的发展经历了 50 年代仿英、仿苏,60 年代自制水火管快装锅炉、20 世纪 70 年代研制劣质煤锅炉等各个阶段,至 1980 年,全国已有 20 万台、37 万蒸 t 的工业锅炉,年耗煤 2 亿 t (占当时煤产量 1/3),平均效率 65%,年生产量 6 万蒸吨的规模。80 年代在制订我国工业锅炉各种标准的基础上,研制了燃用中值煤的各种燃烧设备工业锅炉,无论是规模和质量均有所提高。进入 90 年代,工业锅炉又有了较大的发展,至 1997 年,全国工业锅炉已有 50.1 万台,121.2 万蒸 t,年耗煤量 4 亿多 t。由此观之,我国工业锅炉目前已取得了较快发展。

随着锅炉产量增加的同时,工业锅炉的品种也有所扩大,1997 年,工业锅炉已有 8 大类、38 个系列、85 个品种 300 多个规格的产品。其中热水锅炉、组装水管锅炉、油气炉、CFB 均有所增加,至 1995 年分别增至 30.3%,24.8%,6.0% 和 5.8%,链条炉仍占有 65% 左右的绝对优势,水火管快装锅炉则有较大幅度的下降,仍占 39% (包括改型的)。现在,全国 548 家 D 级以上工业锅炉厂,生产能力已达 15 万蒸 t (每年)。年生产 3~4 万台、8~10 万蒸 t 的工业锅炉,生产能力和生产量均已超过需求量。

近年来,我国工业锅炉产品产量、质量和品种虽有很大提高,但结合工业锅炉具体情况来看,我国工业锅炉存在以下急待解决的问题:

(1) 燃煤锅炉运行效率仍在 60%~70% 徘徊。这一数值落后于先进工业国 10%~15%,每年多耗煤 6 000 万 t。

(2) 燃料以煤为主且大都燃用统煤或原煤,动力配煤仅占 6%~8%、洗煤、型煤、水煤浆使用比例很小,燃油、燃气锅炉仅占总量的 10% 左右。因此,锅炉效率低下,环境污染严重,这是我国过去能源消费结构决定的,目前经过能源结构的调整,燃油、燃气锅炉的使用比例目前已获得快速增长。

(3) 环境污染严重,全国工业锅炉排放烟尘 620 万 t/a,SO₂ 排放达到 510 万 t/a 和 CO₂ 排放达 5 亿 t/a;

(4) 单台锅炉容量小,平均为 2.4 t/h,近年来,由于注意了这个问题,平均容量有所提高,全国 4 t/h 以下工业锅炉已由 1991 年的 60.2% 下降为 1995 年的 44.6%。随着全国各大中型城市积极采用大容量 (≥14 MW) 锅炉进行集中供热,锅炉平均容量还会逐步增大。

(5) 生产总能力已达 15 万蒸 t/a (全国 D 级以上锅炉厂生产能力为 12 万蒸 t/a),已超过了全国的需求。在全国总需求范围内,华东地区工业锅炉生产过剩 46%,而华北、西南尚处于生产供不应求中。

展望后 10 年,在 2010 年前,预计工业锅炉仍有每年 3%~5% 的增长速度。根据以上情况,工业锅炉生产能力完全能满足增长的需求,今后工业锅炉应努力扩大品种、提高质量。应做好调整燃料结构、提高锅炉效率、控制污染物排放、增加自动化程度和提高机组可靠性等方面工作。具体情况说明如下:

(1) 调整燃料结构

影响工业锅炉性能最重要的因素是供应锅炉的燃料品种及其相应的燃烧设备和锅炉结构,要提高工业锅炉各项性能,首先必须从调整燃料结构入手,燃料结构调整应包括以下内容:

① 应积极推广大容量锅炉燃煤,小容量锅炉燃油、气和其它洁净燃料的燃料消费原则。早在几十年以前,西安交通大学的一些老师和从事热能工程研究的有识之士已经提出过这个原则,可惜在很长一段时间内未被采纳,目前能源和环保政策已向着我们期望的方向调整。特别是 1997 年以来,天然气勘探和开发利用的力度逐年增大,天然气管道正处在有计划地铺设当中,西气东输的条件已经成熟,国家有关部门正在不断探索我国天然气工业发展的新体制。其初步设想是:通过多方面的努力,争取在今后 20 年内我国天然气工业有一个较大的发展,2010 年年产天然气达到 $700 \times 10^8 \sim 800 \times 10^8 \text{ m}^3$;2020 年年产天然气达到 $1\,000 \times 10^8 \sim 1\,100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。这样,加上非自产资源,天然气在我国一次能源结构中的比重将从目前的 2% 提高到 8%。在这种条件下,增加工业锅炉燃油、气的比例势在必行。表 1-4 可以看出我国工业锅炉按燃料结构分类的产品结构,表格内数据为该项产品的产量(蒸 t 数)占当年总产量(蒸 t 数)的百分比

表 1-4 按燃料结构分类的产品结构(%)

燃料方式	1991 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年
无烟煤锅炉	1.43	2.39	0.84	1.31	2.19
烟煤锅炉	88.61	84.50	82.65	74.23	75.42
燃油燃气锅炉	5.62	9.39	8.36	12.21	15.55
其它	4.34	3.72	8.15	12.25	6.84

由表 1-4 表明,虽然 1999 年我国工业锅炉燃油、燃气锅炉的比例仅为 15.55%,但和 1991 年及其以后的几年相比却呈逐年增加之势。国际上前苏联、美国、日本和中国的煤炭资源占世界总资源的百分比分别为 23.4%,23.3%,0.0% 和 11.1%;而这些国家工业锅炉中燃油燃气锅炉的比例分别为 60%,98%,98% 和 15.55%;可以推算这些国家工业锅炉中的燃煤锅炉比例分别为 40%,2%,2% 和 84.45%。可见,我国的工业锅炉燃料消费结构和世界先进工业国相差甚大。因此逐步提高工业锅炉中燃油、燃气锅炉的比例,是国民经济发展和人民生活水平提高的迫切要求。根据前面对我国能源现状的阐述,我国的油、气资源虽然不丰,但近年来陆续发现了很多大油田和大气田,除此之外,我国还有丰富的煤层气和非常规天然气资源,再加上环保要求的提高和世界能源共享的原则,都是我国工业锅炉增加燃油、燃气比例的有力保证。

② 工业锅炉用煤应商品化。工业锅炉应该采用洗煤、筛分或型煤,层燃链条炉排锅炉应该燃用按一定粒度供应的块煤,根据链条炉排锅炉的实践,其最佳的粒度范围是 6~25 mm 或 6~30 mm,我国的原煤筛分率不及 35%;洗煤可消除 60% 的灰分和 1/3~1/2 的黄铁矿硫,1995 年我国煤的人洗率为 24%,至 2010 年可望提高到 40%。此外,型煤可固硫 40%~60%,减少烟尘排放 60%,提高锅炉效率,节省燃料 15%~27%。燃煤工业锅炉如能采用水煤浆技术或其它高效清洁燃烧技术,同样可望大大提高燃煤炉的热工性能。

③ 大力发展燃用城市煤气工业锅炉。鉴于燃煤工业锅炉热效率低、污染物排放多等缺点,而某些地区由于地理和资源条件所限,要迅速提高燃用油、天然气锅炉的比例又有一定困难,可以使工业锅炉燃用城市煤气。我国煤的资源相对比较丰富,按目前的年开采量估计,至少还可开 100 年,而煤的气化早已工业化,城市煤气的价格用于工业锅炉还是可以承受的。

(2) 改造现有工业锅炉结构,提高锅炉效率

80 年代,工业锅炉曾有个提高效率节省燃料的规划。规划要求全国工业锅炉平均热效率由 1980 年的 60% 提高到 73%(1990 年)和 76%(2000 年),从而可节煤 5 867 万 t(1990 年)和 16 490 万 t(至 2000 年)。此项规划由于种种原因,没有完全实施。目前已经开始实施 GEF 项目,该项目的效果可提高锅炉效率 10.15 个百分点,每年节煤 6 000 万吨,减少 CO₂ 排放 1 亿多 t(约下降 17%)和降低 SO₂ 排放 70%、烟尘排放 50%。GEF 项目涉及我国工业锅炉行业 25% 制造厂(生产规模 2.7 万蒸吨/年)的产品,实现 GEF 项目将有利于改变我国工业锅炉的落后面貌。GEF 项目的主体思想是改变产品结构、燃烧设备和辅机引进高效循环流化床锅炉设计技术,提高效率,减少排放,提高我国工业锅炉整机性能和水平。

(3) 提高机组自动化程度和可靠性

我国工业锅炉自动监测和自动控制程度低,这也是机组效率不高、事故多的原因之一。目前燃油、燃气锅炉已部分实现全自动电脑控制,并向尾气自动监测和无人看守的方向努力。煤炉也应实现燃烧、给水自动控制,要有尾气自动监测并向机组全自动控制努力,只有在尾气自动监测的基础上实现燃烧控制自动化,才能达到机组效率和性能的完整统一。

未来的 10 年,能源生产和消费结构将进一步趋于合理。煤炭在总能源消费中的比重会逐步降低,油、气能源的消费会有较大的增长,核电在确保核安全和没有核扩散的情况下,也会以一定的增长率发展。再生能源也将受到更高的重视,在总能源结构中会有稳步发展的势头。

本世纪的头 10 年内,能源生产面临的挑战是多方面的,除了环境问题是头等重要的问题外,提高能源生产率和降低能耗设备的事故率显得尤为重要。为此,应使已经成熟的高效能源技术和节能技术商品化,应

提高能源生产设备的自动化程度,确保能耗生产高效、安全,从而满足日益增长的能源需求。

1.5 燃油燃气锅炉发展现状

燃油燃气锅炉是以燃用轻油、重油、渣油或原油和燃用天然气、煤气、液化石油气等气体为代表的室燃式生产蒸汽和热水的供热设备。和其他燃料相比,特别是和煤燃料相比,其燃烧方式存在很大的不同:

(1) 油和气体燃料容易着火,燃烧迅速,锅炉可以迅速点火启动。

(2) 油和气体燃料中的灰分和硫分含量有极少,燃烧产生的烟气粉尘量极少,硫和氮的氧化物也比较少,大大减轻了对环境的污染,可称得上是绿色环保型燃料。

(3) 具有较高的发热值,燃烧时容易燃尽,所需要的燃烧空间小,允许采用较大的热负荷,锅炉的体积小于同容量的燃煤锅炉。

(4) 和燃煤锅炉相比,燃油燃气锅炉的输送和燃烧前后的辅助设备简单,管道运输比车辆输送清洁,也不需要燃煤时所需要的运煤、储煤、除灰等设施,大大降低了锅炉房的占地面积和基建投资。

(5) 燃油燃气锅炉的燃料供应系统和运行系统简单,利于采用自动化控制系统对锅炉的燃烧、蒸汽和热水参数进行自动控制。

国外的燃油燃气锅炉发展比较早,包括燃烧器、锅炉本体和控制系统均有定型产品。国内用于公共事业供热的燃油燃气锅炉在 20 世纪 60 年代后期,有少量产品投运。进入 70 年代,随着石油、天然气工业的发展,燃油燃气锅炉的产量逐渐增加,但大部分用在油、气田内部和石化企业,而且,除少数产品从国外引进外,大多是由燃煤锅炉改造而成的,没有专用的燃油燃气锅炉产品。70 年代后期,石油、天然气的开发工作大面积铺开,在我国的东北、华东、西南、西北和中原地区相继发现油、气田,因此在一些距油、气田较近的城市和地区,一些企业和公共事业单位开始使用中小型的燃油燃气锅炉。同时原国家一机部开始指定几家锅炉厂开发研制中小型的燃油燃气锅炉并定点生产定型产品。另外当时我国的燃料政策是以燃煤为主,因此燃油燃气锅炉并没有大规模地推广。

近十年来,一方面,石油、天然气的开发速度大大提高,国家取消了大中型城市燃用油品和天然气的限制;另一方面随着全球环保意识的增强,我国国民经济迅速发展,人民生活水平不断提高,我国对燃料政策进行了调整,为改善大中型城市的环境污染和大气质量,政府开始鼓励公共企事业单位燃用油品或天然气,大大加快了燃油燃气锅炉的发展。目前中国石油天然气集团公司正在规划分阶段建成区域天然气管道运输管线,形成四川和陕西供应武汉、上海的输气管线,到 2002 年,输气能力将达到 40 亿 m^3 。在西北会形成青海、陕西、甘肃、宁夏的联合供气区,最后和新疆塔里木的天然气形成西气东输的运输大动脉,共建成输气管线 6 552 km。到 2010 年可以达到向长江下游每年提供 190 亿 m^3 天然气的供气能力。在这种气源形成网络的情况下,以燃油,特别是燃气作为家庭供热和企事业单位供应热能的手段将在一定范围内得到普及。

我国电站锅炉行业生产燃油燃气锅炉的时间较早,燃油锅炉主要用于发电、石油、化工工艺用汽的生产;燃气锅炉主要燃用天然气以及石油、化工、冶金行业生产的副产燃料气,如石油伴生气,化工尾气和高炉煤气等。电站锅炉容量比较大,一般采用水管锅炉形式,负压燃烧。后来我国提出以燃煤为主的发电锅炉燃料消费政策,限制燃油和燃气,很多燃油燃气的发电锅炉改烧煤。20 世纪 60 年代中期,工业锅炉行业开始设计生产小型燃油燃气工业锅炉。当时广州锅炉厂生产 1.0 t/h 以下和天津锅炉厂生产的 2.0 t/h 全自动燃油锅炉(1966 年就曾开始设计)均以出口和援外为主。70 年代初,天津锅炉厂开始设计生产供石油、化工、轻工行业生产和生活用的 6.5 t/h 以上的微正压燃烧水管燃油锅炉。重庆锅炉厂立足于四川丰富的天然气资源,开始设计生产燃气锅炉,该厂 4.0 t/h 卧式内燃锅壳式燃气锅炉于 1976 年通过技术和产品鉴定。之后东北以长春锅炉厂为主的一些锅炉制造厂也曾经制造了容量在 6.0 t/h 以下的水管燃油锅炉和锅壳式燃油锅炉。在 70 年代末期,在原国家一机部的领导下,各锅炉厂已对燃油燃气锅炉的结构进行了大量地研究开发工作,如锅炉管板和炉胆的角焊连接以及强化传热的螺纹烟管等成果,在当时已获得广泛应用。

为了扩大机电产品出口,1979 年由原机械工业部电器工业局委托上海工业锅炉研究所牵头,组织曾生产过燃油快装锅炉的厂家,成立了机械部出口油炉联合设计组。由广州锅炉厂、天津锅炉厂、上海工业锅炉厂和重庆锅炉厂等 4 家组成,开始出口燃油锅炉的设计工作。油炉联合设计组由 4 个厂的人员组成。共分