

锅炉燃料燃烧对空气量和烟气量的影响

彭宇,曹伟男,任雨峰,王若男,焦键行,王春华
(辽宁石油化工大学 石油天然气工程学院,辽宁 抚顺 113001)

摘要:在燃料燃烧计算及相关原理基础上,应用 Visual Basic 6.0 对常规燃烧、富氧燃烧、完全燃烧及不完全燃烧情况进行了程序设计,以简化繁琐的计算过程。同时对不同燃烧环境下,分析了燃料种类、空气过剩系数、完全燃烧程度、氧气浓度等对空气量和烟气量的影响。结果显示,理论烟气量及理论空气量随燃料发热量的增加而增加,随空气富氧程度的增加而减少;完全燃烧时,烟气量随过剩空气系数的增加而增加;一般,在有过剩空气存在的条件下,发生不完全燃烧时,烟气量将比完全燃烧时增加。当空气供给不足发生不完全燃烧时,烟气量比完全燃烧时有所减少。

关键词:锅炉;燃料燃烧;空气量;烟气量;VB 程序

中图分类号:TK224 文献标识码:A 文章编号:1001-6988(2016)02-0058-03

Influence of Boiler Fuel Combustion on Air Amount and Gas Amount

PENG Yu, CAO Weinan, REN Yufeng, WANG Ruonan, JIAO Jianxing, WANG Chunhua
(College of Petroleum Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

Abstract: In order to simplify the complicated calculating process, application programs of conventional combustion, oxygen-enriched combustion, complete combustion and incomplete combustion are designed by using Visual Basic 6.0 based on the combustion calculation theory. At the same time, the effect of fuel type, excess air coefficient, degree of complete combustion, oxygen concentration on the air quantity and smoke volume are analyzed under different combustion environments. The results show that the smoke gas and air quantity increase with the increase of calorific value of fuel and reduce with the increase of the degree of oxygen-enriched air. As in case of complete combustion, theoretical smoke volume increases with the increase of excess air coefficient; as in case of incomplete combustion, smoke volume is more than that in case of complete combustion under the condition of the presence of excess air. When the air is in short supply and incomplete combustion occurs, the smoke volume is less than which in case of complete combustion.

Key words: boiler; fuel combustion; air quantity; smoke volume; VB program

随着计算机的广泛应用和 Visual Basic for Windows(简称 VB)高级程序设计语言的蓬勃发展,使用计算机进行热工计算已成为现代热工技术发展的必然趋势,而燃料燃烧、热平衡及烟平衡的计算又是锅炉热力计算的基础。

随着研究者的研究,大部分燃料燃烧软件都是针对完全燃烧进行计算的^[1-3],而对于不完全燃烧几乎没有相关的计算软件。在实际生产过程中,不完全

燃烧的应用场合也较多,比如各种还原炉等,所以有必要开发出适合于不完全燃烧条件下的燃料燃烧计算软件。另外两种节能燃烧技术——富氧燃烧和蓄热燃烧应用逐渐增多,但对于这两种条件下的燃烧计算、热平衡计算和烟平衡计算方法研究很少,相应的计算软件更是欠缺。对于富氧燃烧,主要集中在富氧燃烧条件下炉膛含高浓度 CO₂ 和 H₂O 等辐射气体的辐射换热特性,利用新的辐射特性计算方法来对富氧燃烧锅炉整体进行热力计算和分析^[4-5]。但并没有形成一个系统的完整的计算过程,仍处于探索性认识阶段。对于蓄热燃烧,着重于热平衡计算,而对于烟平衡计算的研究很少。因此开发出一套使用范

围广泛的通用性锅炉燃料燃烧计算与能量分析软件具有重要的实际意义。笔者借助 VB 程序开发出一套既有完全燃烧、又有不完全燃烧,既有常规燃烧、又有富氧燃烧与蓄热燃烧,既有气体燃料与液体燃料,又有固体燃料的通用性锅炉燃料燃烧计算,同时对影响锅炉燃料燃烧空气量和烟气量的众多因素进行了分析。

1 锅炉燃料燃烧计算与能量分析模型

锅炉燃料燃烧计算以《工程燃烧学》^[6]为依据,能量分析以《锅炉原理》^[7]为依据。锅炉燃料燃烧计算程序流程如图 1 所示。

2 影响锅炉燃料燃烧的空气量和烟气量分析

燃料燃烧所需要的空气量和烟气量与燃料种类、不完全燃烧程度、过剩空气系数、富氧程度、锅炉负荷、排烟温度、锅炉蒸汽干度、燃料空气预热温度等有关,这里重点分析了燃料种类、不完全燃烧程度、过剩

空气系数、富氧程度等对空气量、烟气量的影响。

2.1 燃料种类对空气量、烟气量的影响

从图 2 可以看出,随着燃料种类的不同,其在燃烧过程中产生的空气量和烟气量也会随之发生变化,其变化趋势为,理论空气量及理论烟气量随其发热量的增大而增大。由理论空气量的计算可以看出,理论空气量只取决于燃料的可燃成分,理论空气量随燃料中的可燃物含量增加而增加。同样,燃料完全燃烧的理论烟气量也主要取决于燃料的可燃成分。燃料的可燃成分越多,发热量越高,燃料燃烧生成的烟气量也越多。

2.2 不完全燃烧程度对烟气量的影响

由表 1 可以看出,在空气消耗系数小于 1 时,不完全燃烧的烟气量少于完全燃烧的烟气量。空气消耗系数大于 1 发生不完全燃烧时,不完全燃烧的烟气量多于完全燃烧的烟气量。由此可以看出在不完全燃烧的条件下,烟气量随着过量空气系数的增加呈现增加的趋势。

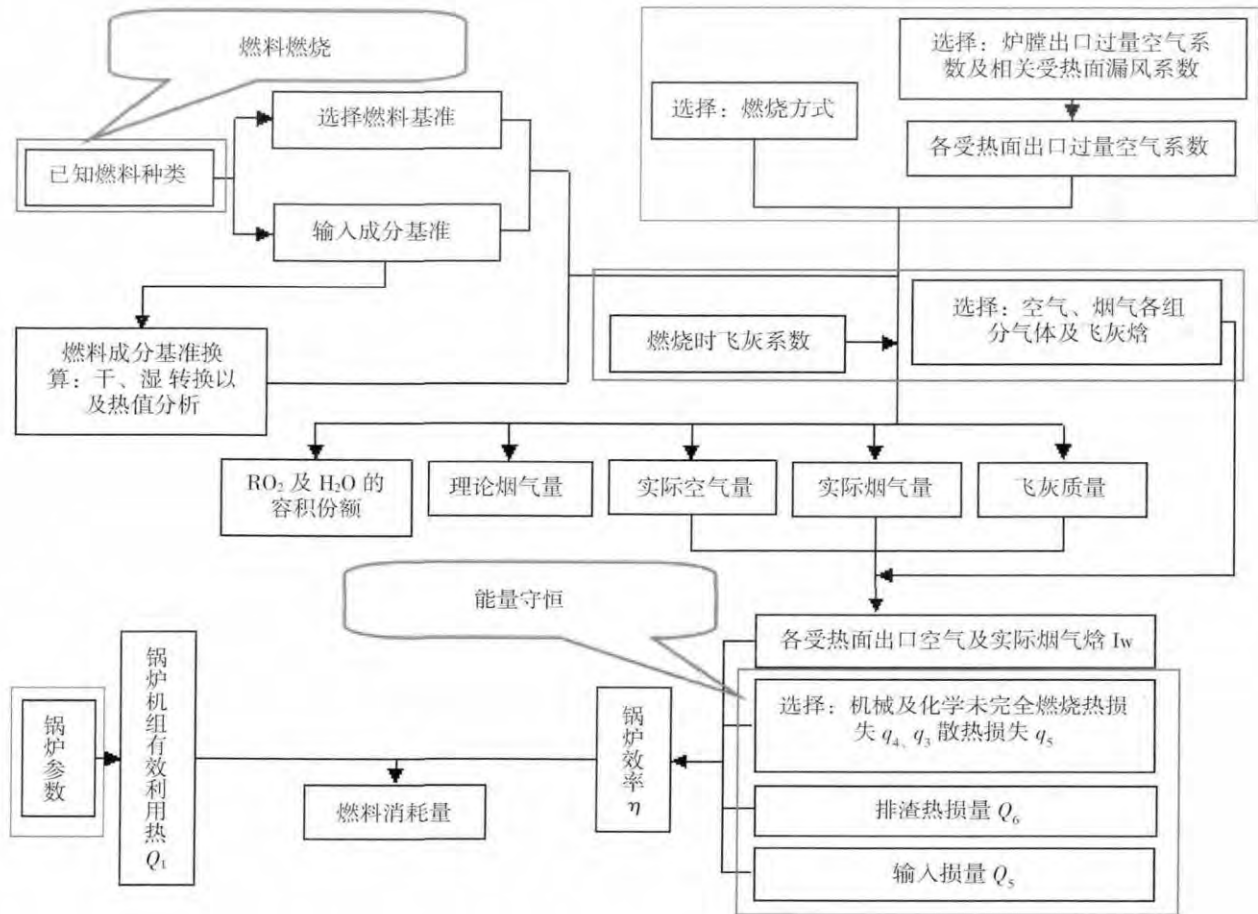


图 1 程序计算流程图

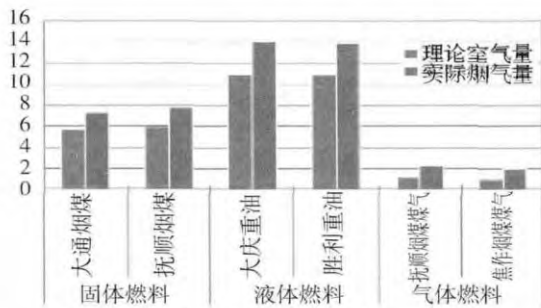


图2 燃料种类对空气量和烟气量的影响

表1 不完全燃烧程度对烟气量的影响

不完全燃烧情况	不完全燃烧烟气量 ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)	完全燃烧烟气量 ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)
燃料和空气混合不充分 $\alpha=1.41$	15.3	14.4
燃料和空气混合不充分 $\alpha=0.81$	8.6	10.2
燃料和空气混合充分 $\alpha=0.80$	6.6	10.2

2.3 过剩空气系数对烟气量的影响

由图3可看出,当空气消耗系数大于1时,随着过剩空气系数的增大,其烟气量也会随之增大。与此同时当过量空气系数值过小时也会造成固体及气体的不完全燃烧热损失过大,以及污染物的排放浓度过大等问题。

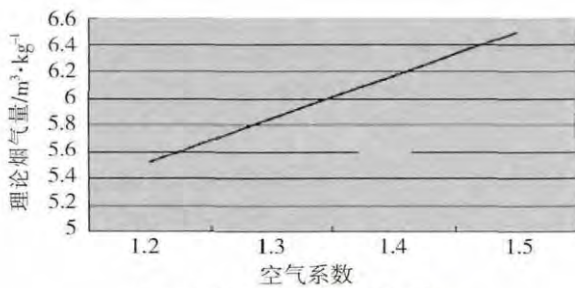


图3 空气系数对烟气量的影响

2.4 氧气浓度对烟气量的影响

在燃料燃烧过程中,增加助燃剂的浓度,即氧气或空气的浓度可以显著地减少燃料在燃烧过程中的理论空气量,这是因为在富氧气氛下进行燃烧时,相应地增加了氧气的浓度,此时带入的 N_2 量比采用正常空气时少,而 N_2 在燃烧过程中基本上只是起到稀释燃烧产物的作用。由图4得到,随着氧气浓度的增大,理论空气量和烟气量逐渐降低。

3 结论

运用 VB 开发了锅炉燃料燃烧计算程序。通过应用该程序可进行固、液体燃料和气体燃料的燃烧

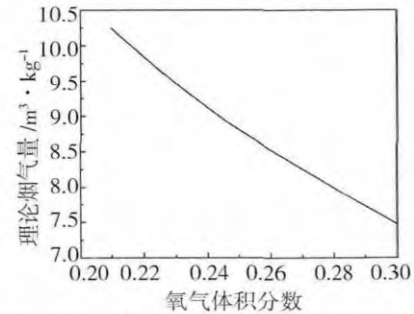
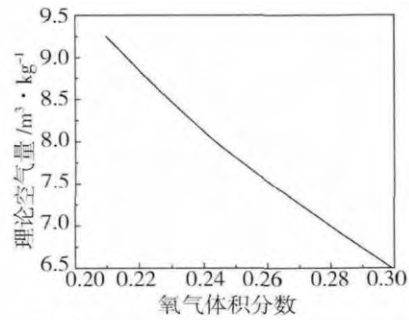


图4 氧气浓度对烟气量和空气量的影响

计算,也可进行完全燃烧与不完全燃烧计算,常规燃烧与富氧燃烧计算。同时借助 VB 程序分析了燃料种类、不完全燃烧程度、过剩空气系数、富氧程度等对空气量、烟气量的影响。结果显示,理论空气量及理论烟气量随燃料发热量的增大而增大,随空气富氧程度的增加而减少;随着过剩空气系数的增大,烟气量增加;在有过剩空气存在的情况下,发生不完全燃烧时,烟气量将比完全燃烧时增加。当空气供给不足发生不完全燃烧时,烟气量比完全燃烧时有所减少。

参考文献:

- [1] 吴明全,韩润.锅炉热平衡及热效率计算 VB 程序开发[J].重庆科技学院学报,2005,12,7(4):37-38.
- [2] 赵晨阳.Visual Basic 语言程序设计基础[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [3] 马人骄,赵雪峰,旷开森,等.基于 VB 锅炉热平衡计算及焓分析程序开发[J].长春工程学院学报(自然科学版),2008,9(4):32-34.
- [4] 阎维平,米翠丽,李皓宇.初始氧浓度对锅炉富氧燃烧和 NO_x 排放的影响[J].热能动力工程,2010,25(2):94-98,124-125.
- [5] 宋圆圆.富氧燃烧方式下燃油锅炉燃烧特性的研究[D].济南,山东大学,2015.
- [6] 汪军,马其良,张振东,等.工程燃烧学[M].北京:中国电力出版社,2008.
- [7] 周泰强.锅炉原理[M].3版.北京:中国电力出版社,2013.
- [8] 韩昭沧.燃料及燃烧[M].2版.北京:冶金工业出版社,1994.
- [9] 严家禄.工程热力学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 易大贤,杨子明.锅炉课程设计指导书[M].北京:水利电力出版社,1991.