

电站锅炉热效率通用软件制作

赵勇纲¹, 任润平², 张存柱²

(1. 内蒙古电力科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010020; 2. 蒙达发电有限责任公司, 内蒙古 达拉特 014300)

摘要: 锅炉热效率试验是锅炉设备热工试验中最基本、最常用的一项试验, 在分析电站锅炉热效率计算方法的基础上, 介绍了通用软件的制作和构成。应用该软件不仅可以提高锅炉热效率的计算精度, 还可以大幅降低计算工作量, 提高工作效率。

关键词: 电站锅炉; 热效率; 软件制作

中图分类号: TM621.2 文献标识码: B

1 前言

电站锅炉是一个巨大的燃烧反应和热量交换器。锅炉的热效率是反映锅炉运行经济性的一项重要重要的技术经济指标。

在电站锅炉性能鉴定、锅炉设备维修质量评定、日常运行方式评价、燃烧工况调整等很多的情况下, 我们都需要对电站锅炉设备进行不同运行工况的热效率试验。用于确定锅炉运行的经济性, 查找锅炉的节能潜力, 分析影响锅炉运行经济性的主要因素, 明确节能方向, 为电厂改进运行管理, 实施节能技术改造, 提高能源利用率提供科学的依据。

因此, 对于火力发电厂来说, 锅炉的热效率试验就成为一项重要的常规性试验。而且, 统计结果表明, 在电科院、电厂开展的所有常规性试验中, 定期或不定期的锅炉热效率试验是使用频率最高的试验。

2 课题的提出

按照《电站锅炉性能试验规程》(GB10184-88)(简称《规程》)的规定, 为了保证测试计算结果的精度, 对电站锅炉热效率计算要求比较严格, 当锅炉热效率试验测试工作结束后, 如采用规定算法, 热效率计算较为繁琐, 需要工时较多。

一般计算一台锅炉 5 个工况的热效率大约需要 5~7 天的时间。规定简化热效率计算的部分对于降低计算的工作量也影响不大。

在基层实际工作中, 为了计算方便, 热效率计算大多都采用《燃煤锅炉燃烧调整方法》(1974 年版)中提供的简化算法。然而, 该算法在计算精度上与国标规定的算法相比, 误差较大。通过对两种算法实际计算结果的比较, 采用规定算法和简化算法, 对于同一台锅炉的 5 个不同工况分别进行热效率计算, 同一工况下两种算法得出的热效率值的最大偏差 0.9%, 对锅炉经济性的评价影响较大。

如果能够利用计算机强大的运算功能, 编制出电站锅炉热效率通用计算软件, 就会大大提高计算工作的精度和工作效率, 可以用最少的时间求出最准确的结果, 有效地解决上述问题。

3 软件的开发

3.1 热效率计算方法

锅炉热效率 η 是锅炉有效利用热量占锅炉输入热量的百分数。《规程》规定, 电站锅炉采用热损失法(反平衡法)计算锅炉热效率。

3.2 软件组织结构

软件利用先进的面向对象的 C++ 语言编制, 采用模块化结构设计。软件主要由 4 个部分组成, 即系统管理、数据输入、计算和报表生成、报表输出。结构见图 1。

3.2.1 系统管理及数据输入模块

这部分模块内容包括系统初始化、退出功能, 数据、参数的修改和输入, 软件的在线帮助、说明, 数据文件的管理如创建、打开、存储等。其中数据文件内容包括两大部分, 一是与锅炉热效率相关的燃料、设备等的各项设计参数、规范, 以及燃烧、制粉等系统

的特性、构成;二是试验数据和计算结果。

数据输入的是热效率计算和比较所需的各类基础数据。包括锅炉设计燃料特性、锅炉规范、试验情况、试验燃料特性、实验数据五个内容。就目前可用的测试手段,以及现场实际的测试条件,试验数据的来源部分来自数据采集系统,部分来自手工采集。前提均是为了满足测试规程对计算所需基础试验数据准确性的要求。

锅炉设计燃料特性包括燃料的元素分析、工业分析。

锅炉规范包括锅炉型号、投产日期、燃烧方式、制粉、送粉方式、设计额定参数、锅炉各项热损失及锅炉效率保证值。对可能影响锅炉热效率的锅炉主要设备特性和设计参数进行说明。

试验情况包括电厂名称、试验日期、锅炉编号、额定负荷、试验工况数及试验时间。其中,试验工况数为软件进一步的数据输入、处理提供一个规定。

试验燃料特性包括试验期间的燃料元素分析、工业分析、燃料温度。

试验数据包括各个工况下锅炉主蒸汽流量(锅炉负荷),锅炉飞灰、炉渣含碳量,锅炉排烟温度、送风温度(干、湿球温度),空预器后含氧量,炉渣温度,锅炉给水温度、压力,过热温度、压力,再热蒸汽出口温度、压力,再热蒸汽流量,再热器减温水流量,汽包压力,排污水流量。

数据输入模块中,为避免偶然输入错误,保证输入的准确性,编制了输入校验模块,避免人为数据的错误输入。

3.2.2 计算和图表生成模块

这部分主要完成根据试验数据从表格、曲线中查找、计算,如水、饱和蒸汽、过热蒸汽、灰渣的焓值,烟气成分等参数。判别、计算各项损失在不同负荷下数值的计算,完成各个工况锅炉热效率 η 的计算和多工况下锅炉热效率曲线的拟合。最后,形成锅炉特性参数报表、试验参数报表、计算结果表、效率曲线图。

在锅炉热效率软件计算过程中,要运用到各种物性参数的表格、图形曲线数据。因此,在软件编制前,首先要进行的大量工作是对各种物性参数基本图、表数据电算模型的创建。包括空气、烟气中 CO_2 、 CO 等参数平均定压比热电算模型,饱和水、未饱和水和过热蒸汽电算模型和 q_5 、 q_6 等图表电算模型的建立。

在实际编制过程中,通过自行开发的差值和拟合计算软件,对上述软件中用到的各类图表进行了处理,建立起了相关的电算模型。模型计算精度均在万分之一以上,完全能够满足锅炉热效率软件计算精度的需要。而且,在计算公式的系数计算上保留了小数点后四位,比《规程》给出的系数提高一个精度等级,尽量避免计算的舍入误差。

下面将软件计算步骤进行说明,除特殊说明外,公式均为《规程》为准。

第一步,首先确定锅炉输入热量 Q_r , kJ/kg

当固体燃料物外部加热时,燃料的温度所取的默认值为 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 。

第二步,计算总有效利用热 Q , kJ/kg

第三步,计算 q_4 , 即固体未完全燃烧热损失, %

(1) 计算炉渣中平均碳含量与燃煤含碳量之比

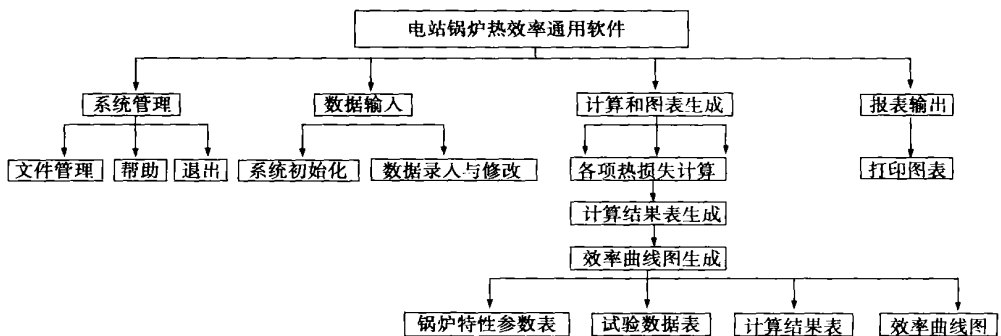


图 1 组织结构系统图

(2) 计算 q_4

对于煤粉炉来说,漏煤一项没有,除飞灰量,燃料消耗量较难确定外,由于水力除灰等原因,炉渣量也较难收集确定。软件中把《规程》给出的推荐值作为默认值,实际可根据测试结果进行调整。

第四步,计算 q_3

(1) 计算燃料应用基实际烧掉的碳质量含量百分比, $C_r^y, \%$

(2) 计算理论燃烧所需干空气量, $(V_{gk}^0)^c, m^3/kg$

(3) 计算理论燃烧干烟气体量, $(V_{gy}^0)^c, m^3/kg$

(4) 实测排烟过量空气系数, α_{py}

(5) 计算每千克燃料燃烧生成的干烟气体量, $V_{gy}, m^3/kg$

(6) 计算 q_3 可燃气体未完全燃烧热损失, $\%$

在烟气中含有可燃气体的成分,主要是一氧化碳,另外,还有微量的氢和甲烷等。根据《规程》的规定,如果计算精度和测试条件的要求放宽,可以忽略可燃气体未完全燃烧热损失。根据不同的计算要求,在软件中给出了相关的选项。

第五步,计算 q_5 , 锅炉散热损失, $\%$

锅炉散热损失 q_5 是指锅炉炉墙、金属结构及锅炉范围内管道向四周环境散失的热量占总输入热量的百分率。通常确定 q_5 可用三种方法:估算法、热流计法、锅炉厂房热平衡法。但由于上述测量计算方法复杂,《规程》采用了便于计算的数值和换算方法。根据锅炉负荷与散热损失曲线,查取额定负荷下锅炉的散热损失的 q_5^e 。

第六步,计算 q_6 , 灰渣物理热损失, $\%$

对于固态排渣煤粉炉,软件中炉渣温度的默认值取为 800°C 。

第七步,计算 q_2 , 排烟热损失, $\%$

(1) 计算干烟气平均定压比热, $\text{kJ}/(m^3\text{K})$

(2) 计算干烟气带走的热量, kJ/kg

(3) 计算烟气中所含水蒸气的容积, m^3/m

(4) 气中含水蒸气的显热, kJ/kg

(5) 计算 q_2

第八步,计算锅炉效率, $\%$

3.2.3 报表输出模块

模块主要包括打印模式下的报表、图形的生成和打印选项。根据实际情况的需要,可以实现有选择的分页打印。

3.2.4 软件的实现

软件是用 C++ 语言编制,在 Borland C++ 4.5 版本的环境下编译完成。软件源文件共计 10 个,分别是:主程序源文件、计算子程序源文件、在线帮助子程序源文件、信息提示界面子程序源文件、版本信息界面子程序源文件、文件存储、调用界面子程序源文件、锅炉相关数据输入界面子程序源文件、试验数据输入界面子程序源文件、锅炉热效率曲线绘制子程序源文件、锅炉报告打印子程序源文件。

3.2.5 软件的主要特点

软件分别编译为 Windows 和 DOS 两种操作系统模式下的可执行文件,在 PC286 及以上兼容机型均可使用。

在 DOS 方式下,软件实现了自带中文环境,系统小巧、独立,可在西文方式下直接运行,无需其它任何汉字系统的支持;采用交互式图形窗口技术,类似 Microsoft Windows 风格的友好人机界面;提供常用的汉字输入法,鼠标支持,在线帮助系统;自带打印驱动程序,可将报告内容,计算结果,效率曲线分别以文本和图形方式输出。

该软件由于其使用操作非常方便、直观,充分利用计算机的资源,提高工作效率,实现了节能增效,效果显著,并获得内蒙古电力总公司科技进步三等奖。

参考文献:

- [1] GB 10184-88, 电站锅炉性能试验规程[S].
- [2] 西安热工研究所,东北电力局技术改进局,燃煤锅炉燃烧调整方法[M].北京:水利电力出版社,1976.
- [3] 张国峰.C++ 语言及其程序设计教程[M].北京:电子工业出版社,1992.
- [4] PRESS W H, TEUKOLSKY S A, VETTERLING W T, et al. C 语言数值算法程序大全[M].第2版.北京:电子工业出版社,1995.
- [5] WILLIAM ROETZHEIM. Borland C++ 4.5 for windows 编程指南[M].北京:电子工业出版社,1995.

(何静芳 编辑)

ergy equation of an open system the authors have developed a method for measuring the concentration of pulverized coal in primary air for a boiler employing exhaust gas for transporting pulverized coal. This method has been successfully used in production practice, blazing a new path for the on-line monitoring of pulverized coal concentration in primary air. **Key words:** primary air, pulverized coal concentration, energy equation, measurement

炼油厂热动系统优化与节能改造 = **Optimization and Energy Conservation-oriented Modification of the Thermal Energy System of an Oil Refinery** [刊, 汉] / ZHANG Yan-chun, XU Hong-zhi (Department of Thermal Energy Engineering, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 525 ~ 528

The optimized configuration of the thermal energy engineering system of an oil refinery for energy savings is described. This is followed by an analysis of the low-vacuum heat supply by a steam turbine and the measures taken for the combined heat utilization of various low-temperature heat sources in an oil-refining process plant. A new turbine has been added to realize a flexible regulation of steam use, introducing a rational utilization of condensing-steam latent heat. As a result of the modification and the combined use of low-temperature heat energy significant energy savings and economic benefits have been achieved. **Key words:** thermal energy power, optimized configuration, energy conservation-oriented modification

电站锅炉热效率通用软件制作 = **Development of a Set of General Software for Calculating the Thermal Efficiency of Utility Boilers** [刊, 汉] / ZHAO Yong-gang (Inner Mongolia Electric Power Research Academy, Huhehot, Inner Mongolia, China, Post Code: 010020), REN Run-ping, ZHANG Cun-zhu (Monda Power Generation Co. Ltd., Dalada, Inner Mongolia, China, Post Code: 014300) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 529 ~ 531

Boiler thermal efficiency tests are listed among the most basic and commonly used thermodynamic tests of boiler equipment. On the basis of analyzing methods of calculating the thermal efficiency of utility boilers the development of a set of general software is expounded along with a description of its makeup. The use of this software can not only enhance the accuracy of thermal efficiency calculation for utility boilers, but also dramatically reduce calculation load, resulting in higher work efficiency. **Key words:** utility boiler, thermal efficiency, software making

35 t/h 锅炉 PLC 热工监控系统设计 = **Design of a Programmable Logic Controller-based Thermotechnical Control and Monitoring System for 35 t/h Boilers** [刊, 汉] / ZHANG Shao-juan, LU Shu-ju (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 532 ~ 534

The design of a thermotechnical control system for two 35t/h boilers installed at Iran Shazand Power Station is described along with a brief account of the employed Siemens programmable logic controller-based hardware configuration and software programming as well as the functions of a monitoring system. The control system features strong control functions, high reliability and ease of operation. **Key words:** boiler, PLC, monitoring system

波纹管容积式换热器的失效及控制 = **Failure and Control of a Corrugated-tube Positive-displacement Heat Exchanger** [刊, 汉] / YANG Guan-zhen (Wuxi Municipal Inspection Institution for Boilers and Pressure Vessels, Wuxi, China, Post Code: 214025) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 535 ~ 536
Key words: heat exchanger, failure, control

全自动双效浓缩器控制技术 = **Control Technology for Fully Automatic Dual-effect Concentrating Devices** [刊, 汉] / SHI Jian-ping, LIU Qing-ge (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), WEI Jing-wei (Harbin Technical Institute of Electric Power, Harbin, China, Post Code: 150040) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 537 ~ 538