

工业锅炉热力计算软件编制

(哈尔滨·第七三研究所) 韩沐昕 范威
(哈尔滨锅炉厂) 刘恒宇 王立新 王彦 丁雪桦

摘要: 使用面向对象编程语言开发了基于 Windows 95 的工业锅炉热力计算软件, 介绍了面向对象语言开发工业锅炉热力计算软件的特点, 阐述了关键技术问题的解决途径。

关键词: 工业锅炉; 热力计算程序设计

中图分类号: TK225

文献标识码: A

1 引言

锅炉热力计算是锅炉设计和改造中所必须的一项重要计算。但其计算烦琐复杂, 是人所共知的。随着计算机的普及, 锅炉设计人员开发了一些软件用于锅炉热力计算。但多数程序采用结构化语言设计, 由于结构化语言本身的限制, 很难编制出易学易用的软件。随着面向对象语言 Visual Basic 的出现(以下简称 VB), 部分锅炉设计人员采用面向对象语言和结构化语言混合编程, 即使用面向对象语言, 如 VB 作界面, 结构化语言如 Fortran 作计算^[1]。Fortran 语言是一种计算语言, 主要用于大型科学计算, 如有限插分, 有限元的计算, 而锅炉热力计算不过是简单的迭代计算, 不能充分发挥 Fortran 语言的计算功能。而且 Fortran 语言是在 DOS 环境中运行, 而 VB 语言运行在 Windows 环境中, 这就使软件必须经常在两种操作系统之间切换, 影响程序运行。此外这种方法虽然给软件带来可视性, 但由于软件的设计方式仍采用结构化方式, 不能体现出面向对象设计的优点。

在工程实际上, 锅炉设计人员在完成锅炉热力计算后还应给出锅炉热力计算书。在计算书中除了包括参数名称、计算数值、符号外, 还应给出计算中所涉及到的公式, 供他人审阅。自动生成这种复杂的文档是单一语言很难完成的。为此就需要调用其它 Windows 应用程序协同工作。

为了解决上述问题, 作者尝试只采取一种面向

对象编程语言 VB 开发了基于 Windows 95 的工业锅炉热力计算软件, 在文中介绍了软件的结构方式, 并阐述了 3 个关键问题的解决方法。即水和水蒸气物性值计算, 自动生成锅炉热力计算书及以数据库形式保存热力计算数据。

2 程序的结构

2.1 面向对象编程中的特点

在结构化设计采用顺序的过程方式驱动, 这样的程序有明显的开始过程和结束, 其编码顺序大致控制了过程的顺序, 只是根据程序运行的需要, 由用户输入一定量数据。在面向对象语言编制的软件中, 不仅具有图文并茂的图形窗口操作环境和 Windows 的功能, 更重要的是, 它是一种事件驱动式程序, 它能以任意合理的顺序进行, 软件运行不是由事先编好的程序来控制而是在用户操作下进行的, 增加了程序的灵活性。与结构化设计相比面向对象更接近现实世界。

2.2 程序结构

本软件主要分四部分, 如图 1 所示, 程序界面、标准模块、锅炉类、启动外接 Windows 应用程序。

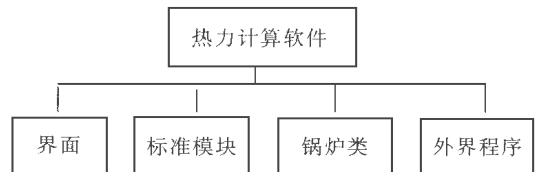


图 1 软件结构

程序界面是面向对象语言区别于结构语言的一种显而易见的特征, 它使用户从 DOS 漆黑的字符操作方式进入到图文并茂的图形窗口操作环境。设计人员可通过窗口输入数据, 选定结构形式, 操作软件。同以往锅炉热力计算软件中填写数据文件相比使用程序界面输入数据更直观, 不易发生错误, 使用更方便。

在标准模块中包括水、水蒸气、烟气各种物性值的计算函数,已备程序计算时调用。

外接程序包括的 Word 软件和用 VB 生成的数据库(在本软件中以数据库代替了数据文件,其原因见 3.3.1)。

同其它面向对象软件一样,本软件采用类模拟锅炉中的计算模型,以类中的属性表示锅炉中的各项参数,用类的方法进行数据的计算和处理。由于锅炉是一个复杂的物体,因此锅炉类具有层次性,其类层次如图 2 所示。

锅炉类的子类有燃料类、任务类、损失类及受热面类四部分。

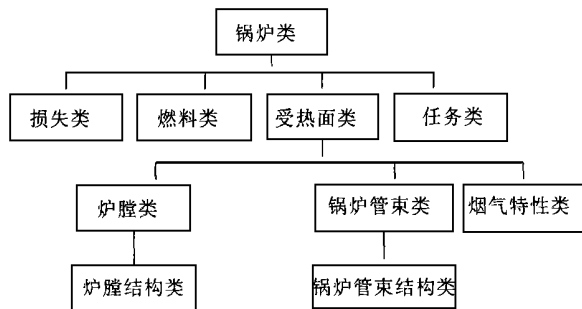


图 2 锅炉类层次图

燃料类中包括燃料特性。任务类中包括锅炉的各项指标。损失类中包括锅炉的各项损失及计算燃料量保热系数等。受热面类中记录各受热面之间的关系及受热面的具体性质。它拥有两个子类,烟气特性类和具体受热面类。烟气特性类中记录此受热面中的烟气特性。具体受热面类中包括炉膛类、管束类、燃尽室类、过热器类等具体受热面类。具体受热面类中含有具体受热面的热力计算方法和受热面结构类。在受热面结构类中含有受热面的结构尺寸。

软件通过对类的实例化,形成各种对象,实现事

$$\epsilon_2 = \alpha_0 + B_0 \Theta - \sum_{\mu}^5 B_{0\mu} (u-2) \Theta^{\mu-1} - \sum_{\mu=1}^5 \beta^{\mu} \sum_{v=1}^{n(\mu)} B_{\mu v} \{1 + z(\mu, v) b \Theta\} X^{\chi(\mu, v)} - \sum_{v=1}^{n(\mu)} B_{\mu v} X^{z(\mu, v)} \left[\frac{b \Theta \sum_{\lambda=1}^{r(\mu)} \chi(\mu, \lambda) b_{\mu \lambda} X^{\chi(\mu, \lambda)}}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{r(\mu)} b_{\mu \lambda} X^{\chi(\mu, \lambda)}} \right] + \beta \left[\frac{\beta}{\beta_L} \right]^{10} \sum_{v=0}^6 \left\{ 1 + \Theta \frac{10\beta}{\beta_L} + vb \right\} B_{9v} X^v \quad (1)$$

$$\chi_2 = I_1 \Theta / \beta - \sum_{\mu=1}^5 \mu \beta^{-1} \sum_{v=1}^{n(\mu)} B_{\mu v} X^{z(\mu, v)} - \sum_{\mu=6}^8 \frac{(\mu-2\beta) \beta_{\mu v} X^{z(\mu, v)}}{\left\{ \beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{r(\mu)} X^{\chi(\mu, \lambda)} \right\}^2} \quad (2)$$

3.1.2 水及水蒸气物性值

由上节可知水及水蒸气的焓和比容值可由 IFC 公式求得。同时粘度可由亚列山德罗夫的内插方程(3)求得,导热系数可由南山导热系数方程(4)求

件驱动。在不终止程序运行的前提下,可以随时更改各种输入参数和结构形式,完成对不同方案的比较,提高了软件使用的灵活性。

3 关键技术问题的解决途径

3.1 水蒸气物性值计算

在锅炉计算中,水和水蒸气的各种物性值是进行计算的必要参数。虽然各种锅炉方面的书籍都附有水蒸气物性表,但因水和水蒸气物性值是压力和温度的二维函数,要将整个水和水蒸气的物性表输入计算机,并在其中进行插值,以求得水蒸气物性各种物性值。不但输入烦琐易出错,而且占用计算机中大量内存,影响计算速度。而 IFC 的问世,解决了这一问题,是人们利用计算机计算出水和水蒸气的物性值。

3.3.1 IFC 公式

IFC 公式是由第六届国际水蒸气性质委员会成立的国际公式化委员会 IFC (International Formulation Committee) 制定的,它得到了美国、英国、日本、德国等十六个国家的工程协会的同意。

水和水蒸气的物性不是相互独立的。如果取压力 P 和温度 T 为自变量,比容和焓 i 可以利用正则函数的偏微分得到:

g = g(P, T)

式中 g 是自由焓

IFC 公式提供了压力 p = 0 ~ 10⁸ Pa, 温度 T = 273.15 ~ 1 073.15 K 的水和水蒸气的性质。并按照压力和温度范围内划分为六个子区域。锅炉计算中常用到的为 1, 2 两个子区域。下面给出了子区域 1 上的公式:

Θ = T / T_{cl} —— 折合温度;

β = P / P_{cl} —— 折合压力

χ = v / v_{cl} —— 折合比容

ε = i / (T_{cl} P_{cl}) —— 折合焓

得。它们的输入参数温度 t 和比容,由工业 IFC 公式求得。水及水蒸气其它参数为导出参数,如普朗特数 Pr 等。

$$\eta = \eta_0 \exp \left[u / u^* \sum_{i=0}^5 \sum_{j=0}^4 b_{i,j} (T / T^* - 1)^i (u / u^* - 1)^j \right] \quad (3)$$

$$\lambda = \lambda_0 \exp \left\{ \frac{\rho}{\rho^*} \sum_{i=0}^4 \sum_{j=0}^5 b_{i,j} \left(\frac{T}{T^*} - 1 \right)^i \left(\frac{\rho}{\rho^*} - 1 \right)^j \right\} + \Delta \lambda \quad (4)$$

在公式(1)、(2)、(3)、(4)中引用的常数的意义和数值详见文献[2]。

3.2 创建锅炉热力计算书

众所周知,美国微软公司的 Word 是性能卓越的文字处理软件。它还可通过对 Equation 3.0 对象的引用完成对复杂公式的编辑工作。同 Word 相比,VB 本身字处理功能差。因此需要将 VB 应用程序的数据输入到 Word 文档中,控制 Word 自动完成锅炉热力计算书的编制。

在 Windows 应用程序间交换信息有多种方法,如剪贴板、DDE 技术和 OLE 技术。本软件中采用了 OLE 技术。

3.2.1 OLE 技术

OLE 是应用程序共享对象的工业标准。日常生活中我们经常使用 OLE,即:对象的连接与嵌入。例如在 WORD 文档插入 Excel 表格组成复合文档。虽然 OLE 最初是作为复合文档体系产生,但最终确超越了复合文档体系。

Kraig 先生在《Inside OLE》一文中将 OLE 定义为“一个服务可定制,结构可拓展,基于对象的统一的服务环境。”如今的 OLE 提供四项服务:1. 拖放;2. 复合文档体;3. 可视化编辑;4. OLE 自动化。

其中 OLE 自动化是 OLE 最优秀的功能。OLE 自动化能使应用程序向其它应用程序提供对象属性和方法。客户应用程序可以对 OLE 服务器所提供的对象进行操作。

3.2.2 用 VB 控制 Word

VB 可创建服务器应用程序,控制其它应用程序实现在 VB 中不能完成的任务。Word 提供了 Word Basic 对象。通过该对象可执行 Word Basic 语句完成文档编辑。作者使用 VB 通过对 Word Basic 对象的引用从后台控制 Word,将热力计算的数据输入到 Word 文档中,完成计算书的编制。

3.3 锅炉数据库的建立

3.3.1 数据库与数据文件的区别

在传统的锅炉热力计算软件中,锅炉的各种参数是以数据文件的形式保存的。近来有些软件中将不同的数据以多个数据文件保存,各类文件的后缀不同即扩展名不同,以区分不同类的数据^[1]。由于锅炉热力计算的数据量大,数据间关系复杂,而文件系统仍然是一个不具有弹性的无结构的数据集合(所谓无结构是指文件之间是孤立的,不能反映现实世界的内在联系),所以数据文件不能反映数据的内

在联系。

另外锅炉热力计算中的数据是锅炉设计的重要信息,经常要被其它应用程序引用和加工。如结构参数被 CAD 引用,生成图纸。而文件形式通常只为单一的程序设计,数据独立性差。

数据库与数据文件相比具有数据结构化,最小冗余度,较高的数据与程序的独立性、易于扩充、易于编制应用程序等优点^[3],较复杂的信息系统都是建立在数据库设计基础之上的。因此在本软件中将锅炉热力计算的数据以数据库的形式保存。

3.3.1 锅炉数据库的建立

Visual Basic 开发数据库工具包括 Microsoft Jet 数据库引擎、Data 控件和数据访问对象(DAO)程序接口。

DAO 模型是设计关系数据库系统结构的对象类的集合。它们提供了完成管理这样一个系统所需的全部操作的属性和方法,包括创建数据库,定义表、字段和索引,建立表间的关系,定位和查询数据库等工具。

利用 DAO,程序员能够编写程序来访问各种各样的数据库。例如,与 Microsoft Access 格式相同的本地数据库、FoxPro 或 Paradox 等外部数据库以及类似于 Microsoft SQL Server 的 ODBC 客户/服务器数据库。本软件使用的是 Visual Basic 数据库也被称为本地数据库,这类数据库文件使用与 Microsoft Access 相同的格式。Jet 引擎直接创建和操作这些数据库并且提供了最大程度的灵活性和速度。

在本软件中通过 DAO 建立多表的与 Access 格式相同的本地数据库。使用 Data 控件通过界面完成对数据库内数据的添加、删除、查询等工作。

4 结论

(1)由于本软件是基于 Windows 环境并且采用面向对象技术,使程序具有良好的用户界面和使用的灵活性。

(2)由于本软件在完成锅炉热力计算后能够产生完整的锅炉热力计算书供他人审阅,本软件具有实际工程意义。

(3)在本软件中数据保存在数据库中,可以使用计算得到的数据信息得到充分的利用。

参考文献

- [1] 刘彦丰,吕玉坤,王军. 电站锅炉通用热力计算程序编制. 热能动力工程, 1998, 13(5).
- [2] (西德) 斯密特 E, 格里古尔 U. 国际单位制的水和水蒸气的性质. 赵兆颐译. 北京: 水利电力出版社, 1983, 9.
- [3] 萨师焯, 王 珊. 数据库系统概论. 北京: 高等教育出版社, 1992, 12.

(何静芳 编辑)

mance variation relationship and the specific features of the air-cooling tower inner and outer flow fields under cross-wind operating conditions. By revealing the major cause of the drop in heat dissipation the above work is helpful in providing some new ideas for further improving the cooling-air tower performance. **Key words:** air-cooling tower, Heller type indirect air-cooling system, $k-\epsilon$ dual equation model, numerical simulation, turbulent flow field

燃机 Mark V 遥控监控系统 = **Mark V Remote-controlled Monitoring System for Gas Turbines** [刊, 中]/Wang Jingyi, Shen Qingwen, Yun Ruitian (Harbin No. 703 Research Institute), et al //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 55 ~ 58

The application of an industrial control PC is described. Through the preparation of a pertinent software the use of GE Co. Mark V gas turbine control system as a remote-controlled monitoring system was successfully realized. Furthermore, a detailed account of the software design process is also given. **Key words:** gas turbine control system, remote-controlled monitoring, software design

工业锅炉热力计算软件编制 = **Preparation of a Thermodynamic Calculation Software for Industrial Boilers** [刊, 中]/Han Muxin, Fan Wei (Harbin No. 703 Research Institute), Lu Hengyu (Harbin Boiler Works), et al //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 59 ~ 61

By the use of a target-oriented programming language the authors have developed a Windows 95-based industrial boiler thermodynamic calculation software. Described in this paper are the specific features of the above development process. A proper approach for solving some key technical issues has also been expounded. **Key words:** industrial boiler, thermodynamic calculation, OOP

用 VB 编制 AutoCAD 阀门绘制程序 = **Application Program of AutoCAD Plotting of Valves with the Help of a Visual Basic Language** [刊, 中]/Lin Xiangdong (Harbin No. 703 Research Institute) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 62 ~ 64

The preparation of an application program for AutoCAD plotting of valves with the aid of a visual basic language is briefly described in this paper for use in a thermodynamic system. This results in a significant enhancement of the AutoCad plotting efficiency. **Key words:** AutoCAD, VB language, plotting of valves

利用冷却塔排放湿法脱硫锅炉净烟气的技术 = **New Technology Featuring the Discharge of Desulfurized Gas via a Cooling Tower for Boilers with a Flue Gas Wet Desulfurization System** [刊, 中]/Luo Chuankui Nong Youxing, Ying Chunhua (Zhejiang Provincial Electric Power Design Institute) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 65 ~ 66

With the development and gradual sophistication of flue gas desulphurization technology, especially flue gas wet desulphurization, there emerged in succession various versions of this new technology. The discharge via a cooling tower of desulphurized flue gas represents one of the typical methods currently widely employed in some developed countries with high effectiveness. By contrast, the use of such technology in China is still in its infancy. Nevertheless, its rapid popularization can be readily expected in view of its varied technical merits. After a brief description and economic evaluation of the above technology the present paper proposes some original approaches for stepping up its engineering applications in China. **Key words:** cooling tower, discharge of flue gas, desulphurization

锅炉制造业几种简易设备的研制 = **Development and Fabrication of Some Simple Machines Used in Boiler Manufacturing Industry** [刊, 中]/Zhao Yan (Heilongjiang Provincial Machine Manufacturing Technicum), Dong Dachang (Harbin Boiler Inspection Research Institute), Song Wei (Hegang Municipal Water, Electricity and Thermal Power Co.) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 67 ~ 68, 74