

燃煤电厂烟气脱硫装置的仿真设计研究

胡志光, 胡晓贝

(华北电力大学 环境科学与工程学院, 河北 保定 071003;)

摘要:本章以湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统为研究对象,通过对系统工艺流程和反应机理的研究,建立了一系列仿真数学模型,并以这些模型为基础,使用 Visual Basic 设计开发了湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统的仿真设计软件。所开发的软件最终编译成可安装的应用软件包,能够脱离开发环境在 Windows 系统下独立运行。

关键词:湿式石灰石-石膏法;烟气脱硫;模型;仿真设计;软件

中图分类号:X701 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2013)02-0046-05

RESEARCH ON THE SIMULATION DESIGN OF FLUE GAS DESULFURIZATION IN THE COAL-FIRED POWER PLANT

HU Zhi-guang, HU Xiao-bei

(Environmental Department, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: This paper takes wet limestone-gypsum flue-gas desulfurization system as research object. Through studies on characteristic and reaction mechanism of the process, a series of mathematic simulation models have been established. On the basis of those models, the simulation design software of wet limestone-gypsum flue-gas desulfurization system has been developed. The software has been finally compiled to an application software package which can run independently in Windows.

Keywords: wet limestone-gypsum system; flue-gas desulfurization; model; simulation design; software

1 湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计的基础

仿真是将一个能近似描述实际系统的数学模型进行二次模型化,转变成一个仿真模型,然后放到计算机上进行运转的过程^[1]。

烟气脱硫系统仿真的过程涉及到数学模型、湿式石灰石-石膏法脱硫系统和计算机三个部分,包括两次模型化。一次模型化是将该脱硫系统用数学表达式来表示,即系统建模及系统识别技术;二次模型化是将数模模型转变成仿真模型。

2 燃煤电厂烟气脱硫装置仿真软件的内容

湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统主要包括:湿式石灰石-石膏法烟气脱硫工艺、物料平衡计算、烟气系统设计、吸收塔系统设计、辅助系统设计。如图1所示。

仿真软件主要展示湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统的设计流程,因此,石灰石-石膏法脱硫工艺和脱硫系统的设计是整个软件的主要内容。

3 燃煤电厂烟气脱硫装置仿真设计软件的开发

3.1 仿真软件的界面设计

界面是用户登录软件时的可视部分,根据仿

收稿日期:2012-12-20

第一作者简介:胡志光(1958-),男,河北威安人,教授,主要从事大气污染方面的研究工作。

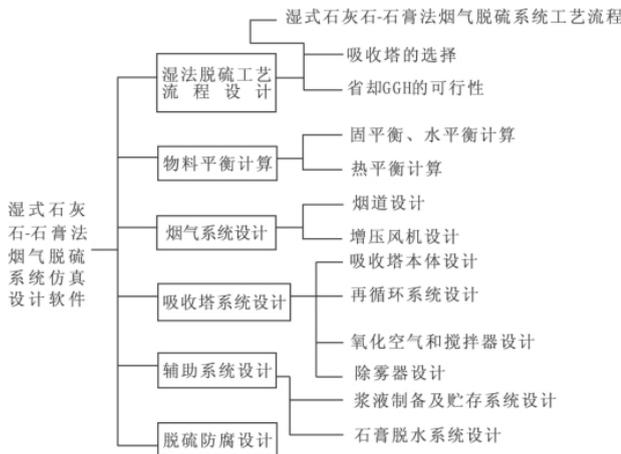


图1 湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计软件内容

真软件的内容设计界面,包括启动界面、登录界面和湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计主界面和子窗口界面等。

3.2 启动界面

启动界面用于向用户展示关于软件的版本信息、开发情况和版权信息等。

3.3 登录界面

登录界面设置用户登录框,通过登陆框输入正确的用户名和密码才可进入仿真软件,如图2所示。

3.4 湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计主界面



图2 湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计软件登录界面

主界面包含有:标题栏、菜单栏。标题栏显示界面的名称及内容,菜单栏包括软件运行所需的各种操作命令,菜单栏中的按钮从左至右依次为:工艺流程设计、物料平衡设计、烟气系统设计、吸收塔系统设计、辅助系统设计、脱硫防腐设计、软件退出。单击菜单栏中的每一个按钮,相应的子窗体即被调出。如图3所示。

3.5 物料平衡计算

物料平衡设计计算窗体用到的控件有 Label 控件、Text Box 控件、Frame 控件、Command Button 控件^[2]。将数学模型在 Command Button 控件下进



图3 仿真软件菜单界面

行编辑,即得到以下界面。把输入原始参数的文本框背景颜色设为黄色,输出的计算部分文本框背景颜色设为蓝色。输入原始设计参数是进行设计的基础,通过输入煤质资料,可进行燃煤烟气量的计算。图4是燃煤烟气量及组成结果的展示界面。

3.6 吸收塔系统设计计算界面

同物料平衡计算界面类似,图5是吸收塔本体结构计算界面,部分计算参数模型如下:

3.6.1 吸收塔内径的计算

吸收塔的直径是由烟气量和烟气流速确定。入口烟气量确定的前提下,塔内烟气流速越高,塔



图 4 燃煤烟气量及组成结果的展示界面。

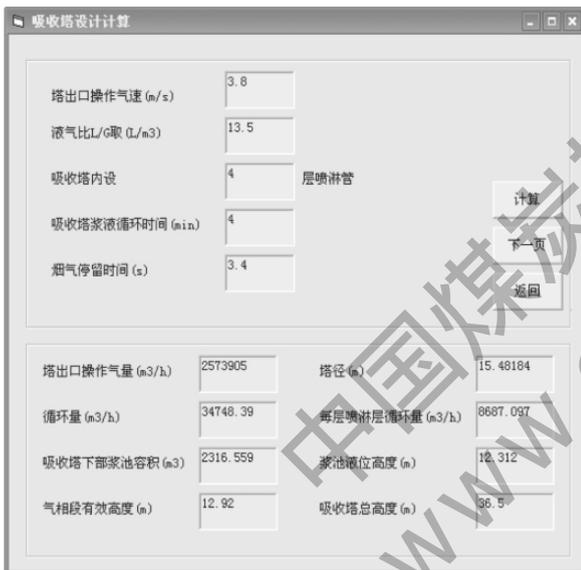


图 5 吸收塔本体结构计算界面

径就越小。直径较小的吸收塔可以节省吸收塔塔体钢材、内部件和循环本等的投资,因此从经济角度考虑,烟气流速高些较好。但烟气流速过高,会造成塔内压降增加(引起增压风机电耗增加)。在湿法脱硫吸收塔设计中,一般最佳烟气流速约为 $3.8 \text{ m/s}^{[3]}$ 。则可用此速度来对吸收塔内径进行估算,即

$$D\sqrt{\frac{4Q}{3600v\cdot\pi}} \quad (1)$$

式中: D ——塔径, m ;

Q ——烟气流量, m^3/h ;

v ——塔内烟气流速, m/s 。

3.6.2 吸收塔下部浆池容积的计算

本设计中,喷淋层数为 $3+1$,即三层运行,一层备用,其中循环浆液量计算公式为:

$$Q_{\text{循}} = \frac{Q \times L/G}{1000} \quad (2)$$

则吸收塔下部浆池容积的计算公式为:

$$V = \frac{Q_{\text{循}} \times t_{\text{循}}}{60} \quad (3)$$

式中: $Q_{\text{循}}$ ——吸收塔循环浆液量, m^3/h ;

L/G ——液气比, L/m^3 ;

V ——吸收塔下部浆池容积, m^3 ;

$t_{\text{循}}$ ——循环时间, min , 一般取 $(4\sim 8)\text{min}$ 。

3.7 辅助系统设计计算界面

辅助系统包括石灰石浆液制备系统和石膏脱水系统,一般辅助系统按两套机组合用一套设计^[4-5]。图 6 为石灰石浆液制备系统设计计算界面,石灰石仓的容量不小于 3 天的石灰石耗量,每套湿磨系统设置两台湿式球磨机及石灰石浆液旋流分离器,单台设备出力按石灰石消耗量的 75% 设计。经制备系统制得的浆液要经石灰石浆液输送系统送至吸收塔,该系统包括石灰石浆液箱和石灰石浆液泵。石灰石浆液箱的容积应不小于 $6\sim 10 \text{ h}$ 的石灰石浆液需求量设计,浆液泵按两台设计,一台运行,一台备用。部分计算模型如下:

$$V_{\text{石灰石储仓}} = \frac{3 \times 2 \times m_{\text{caco}_3} \times 24}{\rho_{\text{石灰石}}} \quad (4)$$

$$m_{\text{称重式给料机}} = 75\% \times 2m_{\text{caco}_3} \quad (5)$$

$$V_{\text{浆液箱}} = \frac{2 \times t \times m_{\text{caco}_3} \times 24}{\rho_{\text{caco}_3 \text{ 浆液}}} \quad (6)$$

$$m_{\text{浆液泵}} = 75\% \times 2m_{\text{CaCO}_3} \quad (7)$$

式中 $V_{\text{石灰石储仓}}$ ——石灰石储仓的容积, m^3 ;

$\rho_{\text{石灰石}}$ ——石灰石堆积密度, kg/m^3 ;

$m_{\text{称重式给料机}}$ ——每台石灰石称重式皮带给料机处理量, kg/h ;

$V_{\text{浆液箱}}$ ——石灰石浆液箱的容积, m^3 ;

$\rho_{\text{CaCO}_3 \text{ 浆液}}$ ——石灰石浆液的密度, kg/m^3 ;

$m_{\text{浆液泵}}$ ——石灰石浆液泵流量, kg/h 。

3.8 平面布置图

图7为平面布置图, 2×600MW 机组共用1座烟囱, 其配套的FGD装置一般以烟囱为中心对称布置, 形成炉后标准长方形布置, 占地面积大约有11160 m^2 (180×62)。电气控制楼紧靠吸收塔布置, 可通过电气控制楼的电梯通往吸收塔各层平台。

4 结论

燃煤电厂湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计软件所建立的仿真设计计算模型用计算机语言解析成计算机能识别的各种指令, 通过输入原始设计参数并优化选择一些参数, 完成仿真设计计算功能。

软件中, 计算结果通过界面展示出来。建立

设备名称	计算值/生产能力	单位
1 球磨机	7.814377	T/h
2 石灰石贮仓	358.9149	m³
3 皮带称重给料机	7.814377	T/h
4 石灰石浆液罐	143.6004	m³
5 石灰石浆液给料泵	43.29	m³/h
6 石灰石螺旋流器站	14.43	m³/h
7 斗提机	96.13792	T/h

图6 石灰石浆液制备系统计算界面

的仿真计算界面主要有: 工艺流程设计界面, 物料平衡计算界面, 吸收塔设计界面, 辅助系统设计界面等。

该软件最终以可安装的应用软件包的形式出现, 完全脱离了 Visual Basic 的开发环境, 在 Windows 环境下独立运行, 控制系统人机界面友好直观、操作简单, 可大大减少设计人员的工作量。同时对于同类新、扩、改建电厂的湿式石灰石-

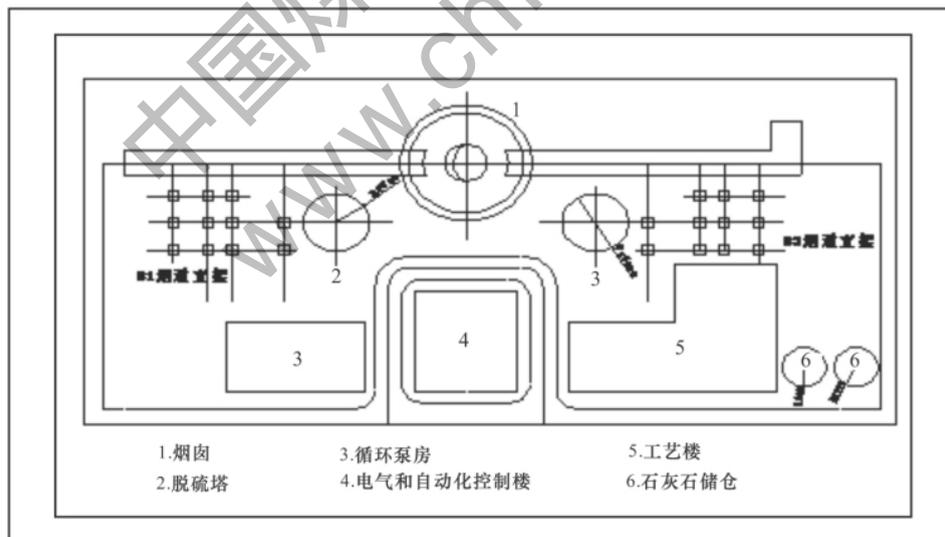


图7 平面布置

石膏法烟气脱硫系统的设计具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 张家琛. 火电厂仿真[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.
[2] 惠远峰. 湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统仿真设计的研究[D].

华北电力大学硕士学位论文, 2007, 34-49.

- [3] 徐华春. 660MW 机组脱硫吸收塔设计 [J]. 环保技术与装备, 2010, (3): 219-223.
[4] 惠远峰. 石灰石-石膏法烟气脱硫系统设计 [J]. 工业安全与环保, 2009, 35(9): 12-14.
[5] 田明明, 杨红刚, 刘继奎. 600MW 机组湿法烟气脱硫吸收塔系统设计[J]. 山西电力, 2008, (2): 40-42.