

监测与评价

湿法烟气脱硫专家帮助和故障诊断系统的开发

胡志光, 马苗云, 邓倩, 常爱玲

(华北电力大学 环境科学与工程学院, 河北保定 071003)

摘要:介绍了专家系统在火电厂湿法烟气脱硫系统中的作用,利用 ACCESS 建立了湿法烟气脱硫专家系统的知识库;以 Visual Basic 6.0 语言为开发工具,对湿法烟气脱硫专家系统软件进行了开发,该软件具有专家帮助功能、故障诊断功能、工艺仿真功能、知识库管理功能等。

关键词:火电厂;湿法脱硫;专家系统

中图分类号:X703.1 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2011)05-0057-04

DEVELOPING OF THE EXPERT HELP AND FAULT DIAGNOSIS SYSTEM FOR WET FLUE GAS DESULFURIZATION

HU Zhi-guang, MA Miao-yun, DENG Qian, CHANG Ai-ling

(School of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University Baoding, Hebei 071003, China)

ABSTRACT: Introduced the role of expert system in power plant wet flue gas desulfurization system, established the WFGD expert system database by ACCESS; as Visual Basic 6.0 was a language development tool, developed the wet desulfurization expert system software, it including experts help function, fault diagnostics function, process simulation capabilities, knowledge base management function, and so on.

KEYWORDS: coal-fired power plant, wet desulfurization, expert systems

1 湿法烟气脱硫专家系统知识库的开发

湿法烟气脱硫知识库是以 ACCESS 数据库和 word 文档的形式体现的,共有两个 ACCESS 数据库和 233 个 word 文档,两个数据库分别命名为“数据库.mdb”和“db.mdb”。“数据库.mdb”应用于湿法烟气专家帮助界面,按照湿法烟气脱硫知识层次创建了两个表,分别为“一级分类表”和“二级分类表”,一级分类中将烟气湿法脱硫知识分为 10 类,以分类编号和标题为字段名,如图 1 所示。“二级分类”中将这十类再分为 233 类,同样以分

分类编号	标题
1	火电厂 SO ₂ 的排放与控制
2	FGD系统工艺原理
3	FGD系统组成
4	影响FGD性能的参数
5	FGD常用术语
6	FGD系统检查与试验
7	FGD系统的启停操作
8	FGD系统的运行维护
9	FGD系统常见故障
10	FGD系统检修
*	0

图1 湿法烟气脱硫专家系统知识库一级分类表

类编号和标题为字段名，在二级分类中湿法烟气脱硫故障知识库表如图 2 所示。

湿法烟气脱硫专家系统采用的是正向推理和元知识搜索。正向推理就是按由数据推出结论的方向推理，即由湿法烟气脱硫知识库出发，找出满

2 湿法烟气脱硫专家系统的推理机制

编号	标题	故障现象	故障原因	处理措施
1	石灰石灰浆液泵故障	发出报警信号，泵出口流量	泵保护工作不足。	(1) 若一台泵故障则启动备用泵
1	石灰浆液搅拌器故障	发出报警信号，搅拌器停止	搅拌器保护工作不足。	(1) 运行人员立即查明原因并做
2	吸收塔循环泵全停	1、循环泵跳闸，报警	1、6kV电源中断。	1、确认连锁动作正常。旁路挡板
2	氧化风机故障	氧化风机跳闸，报警	1、风机出口风温过高。	1、若氧化风机运行不正常，查明
2	搅拌器故障	搅拌器跳闸，报警	1、保护动作。	1、查明原因，并做相应处理。
2	除雾器故障	除雾器压差超过正常值，报	除雾器清洗补充充分引起结	确认后手动操作清洗
2	脱硫效率低	显示脱硫效率低	1、SO2测量不准。	1、校准SO2的测量。
3	增压风机故障	1、增压风机跳闸，报警。	1、增压风机失电；	1、确认旁路挡板门自动开启，并
3	增压风机电机未能启动	增压风机电机未能启动	1、电源故障。	1、检查电源电压。
3	增压风机振动过大	增压风机振动过大	1、叶片和轱上积垢。	1、清理积垢。
3	增压风机噪声过大	增压风机噪声过大	1、基础螺栓松动。	1、紧固螺栓。
3	增压风机叶片控制失灵	增压风机叶片控制失灵	1、电机有缺陷。	1、检查控制系统和电机。
3	增压风机液压力和润滑油	1、增压风机液压力和润滑油	1、油泵吸引侧空气泄露	1、消除空气泄露。
3	密封油泄露	密封油泄露	1、衬套油回流孔堵塞。	1、将泵拆卸清洁。
3	增压风机安全阀动作	增压风机安全阀不能正确操	1、安全阀污染。	1、拆卸和清洁。
3	泵噪声过大	泵噪声过大	1、联轴节没对准。	1、检修。
3	油温度过高	油温度过高	1、泵压力过高。	1、拆卸泵，检查和修理。
3	GGH停运	GGH电机停止转动	1、电源中断。	查明GGH跳闸原因，并按相关规定
3	GGH积灰	GGH无故障，但冷烟气侧出口	GGH积灰。	用工艺水冲洗换热元件。
3	烟气挡板故障	烟气挡板不能正常开关。	1、烟气挡板的运动部件严	1、清除积灰。
3	挡板密封风机故障	1、挡板密封风机跳闸跳闸，	1、密封风机失电。	1、运行人员应切断跳闸风机电源
4	工艺水中断	1、工艺水泵跳闸报警。	1、运行工艺水泵跳闸，备	1、停止工艺水系统的各泵、制浆
4	仪用空压机故障	相应空压机停运，报警	1、保护工作。	1、查明原因并做相应处理。
5	石膏浆液泵故障	水力旋流器进口压力指示为	1、保护动作。	1、查明原因并做相应处理。
5	水力旋流器故障	旋流器低流减小	旋流器积垢，管道堵塞。	1、停运石膏浆液泵，清洗旋流器
6	PH计故障	测量值变化太快，或超过正	PH计污染或损坏。	立即修复，校准后投用。
6	密度测量故障	测量超过正常值或无指示。	密度计损坏。	1、密度需人工测量。
6	液体流量指示计故障	测量值变化太快或超过正常	流量计污染或损坏。	用工艺水清洗或重复校验。
6	二氧化硫测量故障	测量值变化太快或超过正常	1、传感器脏污。	1、关闭仪表，压缩空气吹扫。
6	烟道压力测量故障	测量值变化太快或超过正常	传感器污染或损坏。	1、关闭仪表，压缩空气吹扫或机
6	液位测量故障	测量值变化太快或超过正常	传感器污染或损坏。	1、工艺水清洗或人工清洗。
6	烟气流量测量故障	测量值变化太快或超过正常	传感器污染或损坏。	1、关闭仪表，压缩空气吹扫。

图2 湿法烟气脱硫故障知识库二级分类表

足搜索条件的知识，逐级向下，反复推理得出结论。

IF(条件句)

Then(结论事件)

正向推理能充分运用用户提供的信息，只要某数据加入到知识库中，其就可以被用于推理。

将湿法烟气脱硫的知识从高级到低级划分为三个层次，较高层知识可以管理、解释、使用较低层次知识，而该设计的专家系统属最低层次知识，元知识的作用就是使这些对象级知识得到有效的使用。

3 湿法烟气脱硫专家系统的界面开发和功能实现

3.1 启动界面的开发

界面是系统与用户间沟通的桥梁。通常专家系统的主界面也为启动界面。另外湿法烟气脱硫专家系统还建立了专家帮助界面、故障诊断界面、工艺仿真界面、知识库管理界面、关于界面和权限界面共六个界面。在启动界面用菜单编辑器编辑菜单栏，编辑六个一级菜单分别为专家帮助、故障诊断、工艺仿真、知识库管理、关于和退出。并为每个菜单编写代码，单击某个菜单时相应界面启动并实现相应界面的功能。每个子界面都设计了返回按钮，当运行结束时，点击返回，系统将返回主界面，回到初始状态，等待下一次调用。图 3 为湿法烟气脱硫专家帮助和故障诊断系统主界面。



图3 湿法烟气脱硫专家帮助和故障诊断系统主界面

3.2 湿法烟气脱硫专家帮助系统的开发

(1) 加载数据库至窗体

专家帮助界面的设计,主要是依靠 Treeview 控件和 RichTextBox 控件,在 form load()事件中加载树形目录结构到 Treeview 控件,即在加载窗体的时候,Treeview 控件中的目录同时加载完成。主要代码如下:

```
Dim nod As Node
```

```
Set nod = TreeView1.Nodes.Add(, "root", "湿法烟气脱硫专家帮助")
```

```
Adodc1.ConnectionString = "Provider =Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" & App.Path & "\文件\数据库.mdb" & ";Mode=ReadWrite;Persist Security Info=False"
```

(2) 建立 RichTextbox 中的文本与目录内容的关联

将知识库的分类标题与系统知识库的最终数据链接起来,在窗体上显示将为 Tree view 控件的二级目录标题与 RichTextbox 中的文本链接起来。当点击 Tree view 控件时,会触发 Treeview 控件中

的 nodeClick 事件,在此,引一个条件语句来实现 RichTextbox 中的文本与目录中标题的关联。具体操作为,在加载树型目录结构的过程中,每个目录标题均有一个唯一的关键词与之匹配,将这些关键词作为条件的 Key,当 nodeClick 事件发生时,所有关键词都有匹配,即当用户点击相应的标题时,与之相对应的文本将在 RichTextbox 中显示出来。具体程序代码如下:

```
Private Sub TreeView1_Click()
```

```
If Dir(App.Path & "\文件\" & TreeView1.SelectedItem & ".rtf") = "" Then
```

```
RichTextBox1(0).Text = ""
```

```
Else
```

```
RichTextBox1(0).FileName = App.Path & "\文件\" & TreeView1.SelectedItem & ".rtf"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

(3) 实现检索切换

当点击“检索”按钮,界面切换至湿法烟气脱硫专家帮助检索界面,在文本框中输入要检索的

关键词,点击“查询”,软件将会在湿法烟气脱硫知识库中检索与关键词有关知识目录,显示在下列表框 List1 中,点击目录,同样右侧 RichTextBox1 中将显示该知识。如知识库中没有该条知识,系统将提醒工作人员录入,使得软件逐渐完善。

3.3 湿法烟气脱硫故障诊断系统的开发

故障诊断界面主要由 1 个 List 列表框控件、3 个 Textbox 控件和 Date 控件组成。由 List 列表框列出故障名称,3 个 Textbox 控件分别输出故障现象、发生故障的可能原因以及解决故障的办法。另外,最关键的 Date 控件的 visible 属性为 false,因此在途中无显示,Date 控件是常用的数据库访问控件,专家帮助系统由于知识的描述性及图表等字段不易控制等原因未使用该控件,Date 控件最大的优点就是基本不用编写代码,就可执行数据库访问工作。

考虑系统的稳定性,故障的添加和修改不能

在本部分使用,需从管理界面输入权限后进入。

3.4 湿法烟气脱硫工艺仿真界面的开发

本界面的开发目的是为了将湿法烟气脱硫工艺流程整体、形象的用计算机程序表示出来,为运行人员提供学习帮助,湿法烟气脱硫工艺仿真界面如图 4 所示。工艺仿真系统模拟了湿法烟气脱硫整体运行的工艺流程,动态的显示了主要脱硫设备的运行状态。模拟并捕集主要在线数据,如进塔烟气流量、烟气入口 SO₂ 浓度、出口 SO₂ 浓度、GGH 前温度、GGH 后温度、GGH 前后压力差、pH 值、密度值、塔内液位高度、除雾器压力差、CaCO₃ 浆液流量等参数值。软件依照 FGD 系统设计值为所捕集的运行参数设置了限值,当运行参数超出限值,系统将弹出对话框进行报警,并激发故障诊断界面

系统仿真的实现主要依靠 Timer 控件,本窗体共设计了 9 个 Timer 控件,来实现脱硫仿真图

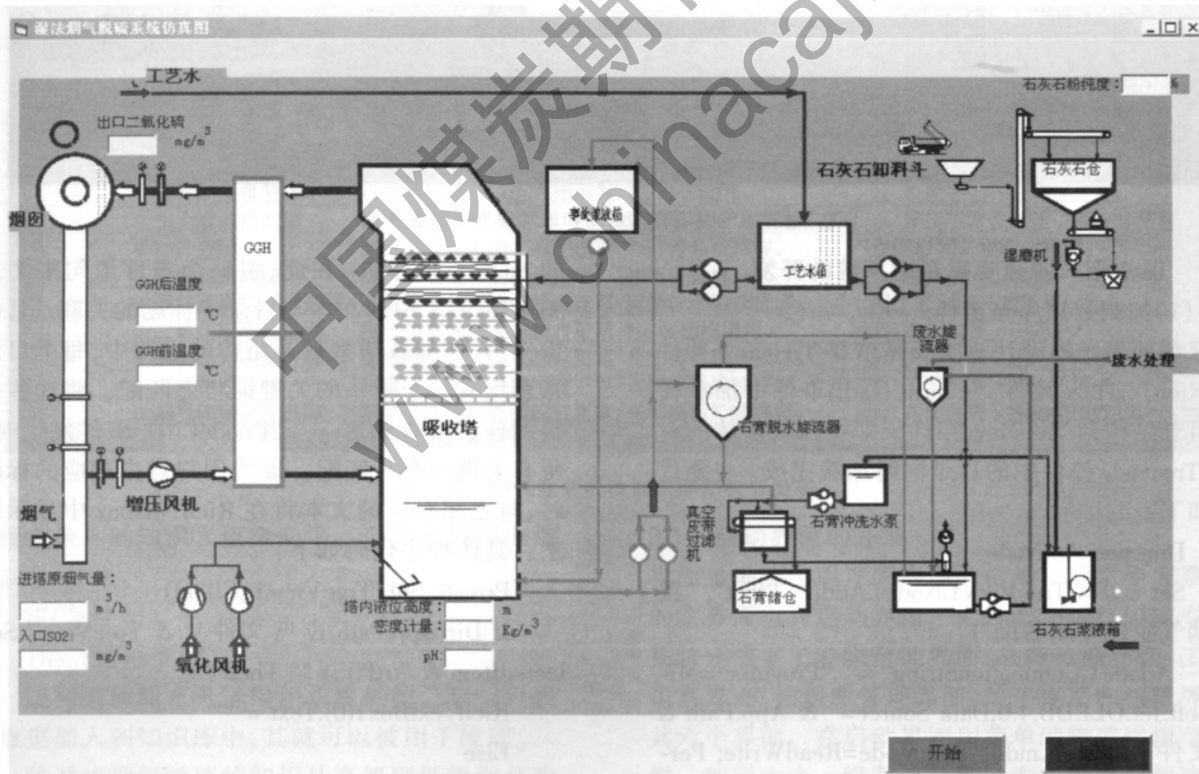


图4 湿法烟气脱硫工艺仿真界面

的运行状态。语法为 Private Sub Object_Timer()。

3.5 知识库管理功能的开发

知识库管理界面主要包括 DataGrid 控件、Adode 控件、CommonDialog 控件、Combo 控件、Label 控件,为保障软件的稳定运行,必须具备一定

的权限才能修改知识库。本系统通过在管理员登陆界面输入用户名和密码来识别权限。输入正确的用户名和密码后,点击确定对知识库进行管理,知识库的管理功能包括:湿法烟气脱硫系统的知识添加、修改、删除和检索等。

(下转第 39 页)

表 1 污泥回流与氨氮和总氮去除率之间关系

回流比 (%)	进水 NH_4^+-N (mg/L)	出水 NH_4^+-N (mg/L)	NH_4^+-N 去除率 (%)	进水 TN (mg/L)	出水 TN (mg/L)	TN 去除率 (%)
50	6.23	2.25	63.8	7.75	3.02	61.03
100	6.45	1.69	73.8	8.15	3.34	60
150	5.98	1.10	81.6	7.07	1.71	76.0
200	6.15	1.64	73.3	7.20	2.25	68.7
250	6.32	2.30	63.6	7.91	3.55	55.1

流比为 150%时,系统的氨氮去除率和总氮去除率达到最大,分别为 81.6%和 76%。

2.4 溶解氧(DO)关键因子控制技术

表 2 氧化沟末端 DO 与 和 TN 去除率之间关系

DO (mg/L)	进水 COD_{Cr} (mg/L)	出水 COD_{Cr} (mg/L)	去除率 (%)	进水 TN (mg/L)	出水 TN (mg/L)	TN 去除率 (%)
0.5	113.6	43.5	61.7	7.55	3.12	58.7
1.0	98.4	38.6	60.8	8.20	3.32	60.1
1.5	105.2	24.5	76.7	7.56	1.53	79.8
2.0	85.9	23.8	72.2	7.86	2.42	69.2
2.5	94.6	37.4	60.4	7.44	2.62	64.8

氧化沟 HRT 为 16 h,污泥回流比为 150%,在氧化沟内生物相不出现大的变动的情况下,通过变频器改变曝气机的转速从而改变曝气量,以控制氧化沟末端 DO,分析 的去除效率和脱氮效率,氧化沟末端 DO_{Cr} 与 和 TN 去除率之间的关系见表 2。

从表 2 可以看出,氧化沟末端的 DO 浓度变对 和 TN 的去除率影响比较大,当 DO 为 1.5mg/L 时 COD_{Cr} 去除率和 TN 去除率都最佳,分别为 76.7%和 79.8%。

(上接第 60 页)

5 结束语

将专家帮助和故障诊断等人工智能技术应用与湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统中,可帮助运行人员稳定和优化电厂脱硫设备的运行管理,提供运行维护水平。其专家帮助和故障诊断系统对火电厂的智能化发展有着重大的理论意义和广阔的应用前景。

参考文献

3 结论

(1)采用卡鲁塞尔氧化沟处理济三煤矿低浓度生活污水,工艺简单,易于实现自动控制,操作管理方便。

(2)由于济三煤矿生活污水中有机物浓度较低,C/N 较低,因此,培养和驯化适应低浓度煤矿生活污水的优势菌种,是保障氧化沟运行稳定的关键。

(3)通过适当增加原水 C、N、P 营养物质,再配以投加少量的絮凝剂,可以有效抑制污泥膨胀现象发生。通过减少曝气量,用吸泥泵排除二沉池的底部积泥,可有效控制污泥老化现象发生,确保出水水质。

(4)采用污泥回流比 150%左右、氧化沟末端 DO_{Cr} 左右,能取得最佳的去除率 76.7%和 TN 去除率 79.8%。

参考文献

[1]周如禄.氧化沟技术处理煤矿生活污水的应用前景[J].煤矿环境保护,1992,(2)29-33.
 [2]周如禄,孙勇,马广田.卡鲁塞尔氧化沟在兴隆庄煤矿污水处理中的应用[J].能源环境保护,2004(4):24-26.
 [3]魏德江,周如禄.煤矿生活污水处理厂自动控制系统设计[J].煤炭科学技术,2004(7):38-40.
 [6]高守有,彭永臻,胡开红等.氧化沟工艺及其生物脱氮原理[J].哈尔滨商业大学学报,2005(4):435-439
 [5]国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4 版.北京:中国环境科学出版社,2002.
 [6]李探微,彭永臻,陈志根等.活性污泥法的生物泡沫的形成和控制[J].中国给水排水,2001,17(4):73-76.

[1] ZHAO Yi, FU Yan-chun, MA Shuang-chen, HUANG Jian-jun. Experimental study on the simultaneous desulfurization and denitrification by duct injection. Environmental Science,2004,16(4):674-677.
 [2] 曾华庭,杨华,马斌,王力著.湿法烟气脱硫系统的安全性及优化.北京:中国电力出版社,2003
 [3] 周至祥,段建中,薛建明编著.火电厂湿法烟气脱硫技术手册.北京:中国电力出版社,2006
 [4] 蔡自兴,[美]约翰·德尔金,龚涛.高级专家系统原理、设计及应用.北京:科学出版社,2005.2~3
 [5] 敖志刚,人工智能与专家系统导论.合肥:中国科技大学出版社,2002:6-11.