

基于 VBA 的可扩展专家控制系统的研究

罗 静¹, 杨 静², 张贝克¹, 吴重光¹

(1. 北京化工大学 信息科学与技术学院, 北京 100029;

2. 江西上饶师范学院 物理与电子工程系, 江西 上饶 334000)

摘 要:针对传统专家控制系统存在的灵活性不够,不能允许用户自定义过程操作的不足,提出了一种新型的可扩展专家控制系统。该系统是在传统的专家控制系统的基础上,引入 VBA 技术,通过将过程对象定义为 VBA 对象模型,由用户对其进行触发操作的自定义,并可在操作中引入数值计算,以增强系统的数值计算能力,然后由主应用程序中的消息来触发执行这些方法。仿真实验表明,该专家控制系统的应用使得操作人员对过程的控制更加地灵活多变。

关键词:专家控制系统;可扩展专家控制系统;触发机制;VBA

中图分类号: TP182 **文献标识码:** A

Research into the extensible expert control system based on VBA

LUO Jing¹, YANG Jing², ZHANG Bei-ke¹, WU Chong-guang¹

(1. College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;

2. Physics Department, Shangrao Normal University, Shangrao Jiangxi 334000, China)

Abstract: One of the key problems of traditional expert control system is that it is not flexible enough for users to define the process implementation on-line. To solve the problem, a new extensible expert control system was presented. It integrated VBA (Visual Basic for Application) with traditional expert control system. In the system, users can define the process object as VBA object model, and then define its fire operation in the integrated development environment supplied by VBA, while the implementation of the fire operation is usually fired by the message the process sends, so the process object's behavior can be changed with the condition. Furthermore, while defining the method, numerical computation can be imported to enhance the calculating performance. At last, the results of a simulation experiment show that this kind of control system will more flexibly control the process.

Key words: expert control system; extensible expert control system; fire mechanism; VBA

0 引言

虽然传统的控制理论已经成功解决了许多控制问题,但对于一个复杂过程来说,其规模往往都很大,而且存在许多不确定性问题,如模型的不确定,过程信息的不确定等,因此想单独利用传统控制理论来解决实际的控制问题有一定的困难。于是研究人员提出了专家控制系统。专家控制系统是一种智能的控制系统。它利用专家系统技术来解决传统控制方案无法解决的问题,这些问题通常是由于分析模型不存在或不精确而产生的^[1]。文献[2]首次提出专家控制系统,并指出:专家控制系统是一种其全部行为能被自适应支配的系统。文献[3]提出了专家控制的概念,并在之后的研究中指出,专家控制的一个关键点就是将启发法和逻辑推理相结合,从而使得该控制系统与传统控制系统相比更加灵活^[4]。近年来,在化工过程和冶金过程,专家控制都扮演着重要的角色,而且也有许多成功的应用,但也存在着一些不足^[1],如知识表达方式单一、在线学习能力不足、规则修改及产生能力欠缺、灵活性不够以及数值计算能力弱等,一些研究人员也提出了一些解决方案。文献[5]提出了一种实时专家控制系统 REICS (Real-time Expert Intelligent Control Systems),该系统将框架、产生式规则和实时程序相结合,使得知识表达方法多元化。

文献[6]利用模糊逻辑表达不确定信息,进而提出一种自测试和自学习的模糊逻辑专家系统,实现了规则的自产生。虽然这些系统都很好地将规则引入到控制中,并成功解决了传统专家控制系统的一些不足,但它们仍然不能很好地适应过程多变的情况,且其数值计算也无法满足当代控制的要求。

针对专家控制系统存在的灵活性不够和数值计算能力弱的问题,本文提出一种可扩展专家控制系统。将传统的专家控制系统与 IT 行业中成熟的 VBA 脚本技术相结合,利用专家技术进行符号推理,同时根据 VBA 提供的脚本,由用户自定义规则和方法,以改变过程对象的行为特征,且方法中可加入数值计算,增强了系统的灵活性和数值计算能力。

1 可扩展专家控制系统的结构及触发机制

1.1 基本结构

图 1 给出了可扩展专家控制系统的结构图。整个系统由九部分组成,包括人机接口、知识获取机制、解释机制、推理引擎、知识库、信息处理器、学习子系统、智能控制器及 VBA 模块。前五部分构成了专家系统。信息处理器从传感器获得实时测量数据,并对其进行处理,抽取并识别过程特征信息,同时为知识库和推理引擎的决策程序提供有效的信息。学习子系统能根据从信息处理器获得的过程动态行为及时更新知识

收稿日期:2006-06-08;修订日期:2006-08-22

作者简介:罗静(1982-),女,湖南邵阳人,硕士研究生,主要研究方向:专家系统、安全评价、故障诊断; 杨静(1974-),女,江西上饶人,讲师,主要研究方向:电工与电子; 张贝克(1976-),男,浙江湖州人,副教授,博士,主要研究方向:系统仿真、系统安全工程; 吴重光(1945-),男,河北人,教授,博士生导师,主要研究方向:过程系统仿真、安全科学技术、石油化工自动化。

库。智能控制器则根据推理结论实时调整控制策略,实现对执行器的正确控制。

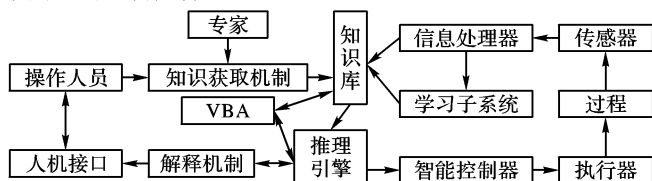


图1 可扩展专家控制系统结构

可扩展专家控制系统与传统的专家控制系统相比,主要区别就是VBA模块,而正是因为这个模块的存在,才使得该系统具有可扩展性。

VBA作为一种标准的开发环境如今已经被许多可编程应用软件所采用^[7~9],如微软的Excel和AutoCAD等。它的一个显著特点,就是通过在过程中引入VBA对象模型,增强过程和用户之间的交互。用户只需要在VBA中自定制对象模型的功能,就可以使得系统根据周围环境的变化做出正确的响应,而且这些功能允许实时在线修改,这样就增强了系统的灵活性。这些用户自定制的功能由主应用程序中的过程对象触发(具体的触发机制将在下面介绍)。在VBA模块里,用户可以对触发操作进行方法的自定义,并进行规则的修改。在整个系统运行过程中,VBA模块与知识库和推理引擎进行实时通讯,即时触发。推理引擎的推理策略主要有前向和反向两种,在该系统中采用前向推理。推理引擎有两种驱动方式:基于控制目标的驱动和由系统时间信号驱动。前者主要是对过程进行实时控制,后者主要是对过程进行定时监测。系统的控制流程图见图2。

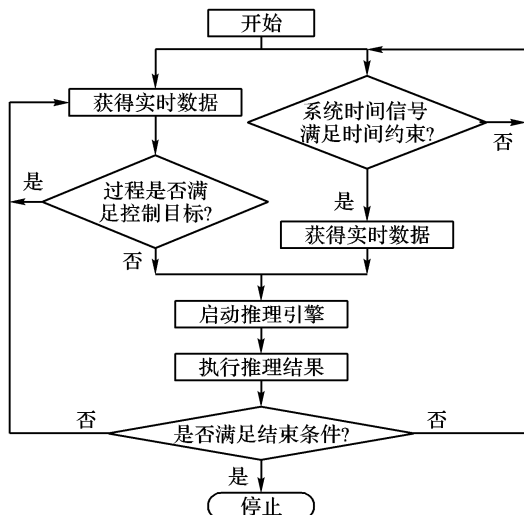


图2 控制流程

1.2 触发机制

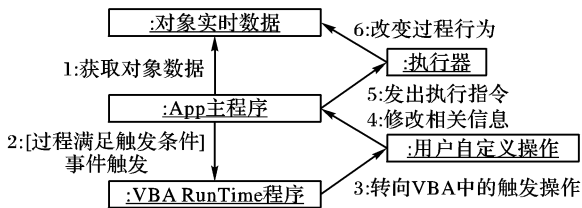


图3 触发机制

该系统的最突出之处在于它的触发机制。对于一个VBA对象模型来说,主程序实时监测其状态,当发现其状态满足触发条件时,事件被触发,主程序暂停,转去执行用户在触发操作中预先自定义的方法,待执行结束后,返回到主程序中修改相应的信息。自定义方法可由用户根据需要在实时

进行添加、修改和删除。这样用户就可利用自定义方法来扩展系统的功能,增强控制系统的灵活性。触发机制见图3。

1.3 可扩展专家控制系统的实现

建立专家控制系统时遵循以往的一些通用设计原则^[10]。这里主要侧重于VBA的集成过程的介绍。在将VBA与主应用程序进行集成时,采用应用可编程组件,即APC(Application Programmability Component)。APC是位于VBA应用程序编程接口API(Application Programming Interface)最上层的一个COM库(Component Object Model),该库的存在可以简化集成过程。另外,APC提供了MFC(Microsoft Foundation Class)和ATL(Active Template Library)相兼容类的完整集合,这些类也用于集成过程。

VBA与主应用程序的集成过程分为三步,包括添加应用级别的支持、添加工程级别的支持以及添加工程项目级别的支持。第一步主要是为VBA与主应用程序的集成建立一个基本的结构;第二步是在建立了基本结构的基础上添加一个工程;最后就是在主应用程序中给出所需要的VBA对象模型,将来通过用户自定义方法就可实现系统功能的扩展。

在添加工程项目级的支持时,一个重要的任务就是要从众多的过程对象中选择并确定需要建立VBA对象模型的过程对象。通常来说,对一个过程进行控制,就是要使其按照预定的规律运行,最终达到控制性能指标,因此选择对象模型时需要遵循的一个原则,就是选择那些在过程中容易发生变化,且对控制性能有重要影响的设备及其变量。这些变量在该控制系统中主要是作为触发变量和控制变量来使用,而其可能发生的变化作为触发事件。

2 案例分析

2.1 过程描述及对象模型分析

为验证可扩展专家控制系统的控制效果,采用间歇过程中的一个加料搅拌过程进行分析讨论,其流程如图4所示。

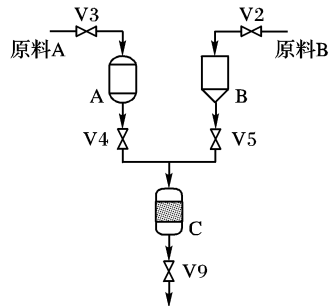


图4 间歇过程流程

过程描述如下:原料A通过阀门V3经管线与高位计量罐A相连,原料B通过阀门V2经管线与高位计量罐B相连。高位计量罐A、B分别经过V4、V5阀门向带搅拌器的釜式反应器C注料,并搅拌。主要步骤如下:

- 1) 开始:将原料A和B准备好,等待作业开始。
- 2) 配合:按配方设定的体积把原料A和B分别送到高位计量罐A、B,计量罐可以通过液位变送器检测原料体积。
- 3) 填充:把两高位计量罐中原料送到釜式反应器C中。
- 4) 混合:在釜式反应器C中进行一定时间的混合。
- 5) 排出:将混合好的原料通过阀门V9排出。

从控制角度分析,被控变量有高位计量罐A的液位高度、罐B的液位高度和釜式反应器C中混合物的搅拌时间,控制变量包括阀门V2、V3、V4、V5和V9的开度。两种类型变量的对应关系如图5。

现在定义 VBA 对象模型。以罐 A 为例说明其定义过程。首先定义其基本属性 name, 这个属性用来在 VBA 中唯一标识这个对象, 然后定义关键变量 TankLevel, 该变量主要依据前面的分析确定, 最后定义对象的触发操作 Tank_OnLevelChange(), 该操作主要负责根据罐内的液位变化对阀门开度进行控制。其他对象模型的定义过程与罐 A 相同。具体的对象模型定义见表 1~3。

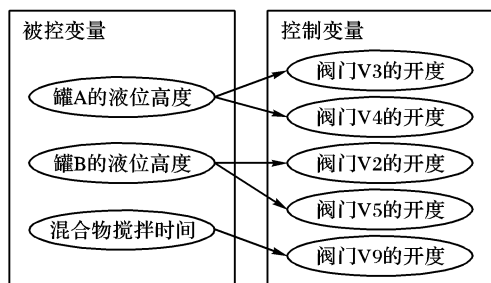


图5 变量关系图

表1 对象模型基本属性定义表

对象模型	罐 A	罐 B	釜式反应器 C	阀门 Vi(其中 i 表示阀门的序号)
name	Tank_A	Tank_B	Reactor_C	Valve_Vi

表2 对象模型关键属性定义表

对象名	关键属性	属性角色及作用
Tank_A	TankLevel	罐 A 液位触发变量, 用来触发 Tank_OnLevelChange()
Tank_B	TankLevel	罐 B 液位触发变量, 用来触发 Tank_OnLevelChange()
Reactor_C	MixTime	混合时间触发变量, 用来触发 Reactor_OnTimeChange()
Valve_Vi (其中 i 表示 阀门序号)	OpenDegree	控制变量, 表征阀门开度

表3 对象模型触发操作定义表

对象名	触发操作	操作的作用
Tank_A	Tank_OnLevelChange()	根据罐 A 的液位触发, 控制阀门 V3 和 V4 的开度
Tank_B	Tank_OnLevelChange()	根据罐 B 的液位触发, 控制阀门 V2 和 V5 的开度
Reactor_C	Reactor_OnTimeChange()	根据混合时间触发, 控制阀门 V9 的开度

2.2 案例一

以罐 A 的 Tank_OnLevelChange() 操作为例, 设罐 A 的液

位触发条件为 0.51m。定义的部分代码如下所示。在主应用程序中的代码(C++):

```

:: ReachLevel ()
{
    //若罐 A 的液位发生变化, 则触发操作 Tank_OnLevelChange
    ().
    If ( LevelNow - LevelPre > 1 - e5)
    {
        ATLPTTR( IDualTank, CAtIProjectItemTank);
        pCAtIProjectItemTank -> Fire_ OnLevelChange();
    }
}

```

主程序每采样一次过程数据, 如果发现罐 A 的液位发生变化, 函数 ReachLevel() 就产生触发, 转向 VBA 中的触发操作 Tank_OnLevelChange()。在触发操作中, 若测到罐 A 的液位高度等于 0.51m, 立即对阀门 V3 和 V4 的开度进行控制, 当液位等于 0m 时, 关闭阀门 V4, 为下次进料做准备。

在 VBA 中用户定义的操作代码:

```

Private Sub Tank_OnLevelChange()
    '若液位等于 0.51, 全关阀门 V3, 全开阀门 V4
    If Tank_A. TankLevel = 0.51 Then
        Valve_V3. OpenDegree = 0
        Valve_V4. OpenDegree = 100
    End If
    '若液位等于 0, 全关阀门 V4
    If Tank_A. TankLevel = 0 Then
        Valve_V4. OpenDegree = 0
    End If
End Sub

```

整个过程分析如下:

开始阶段主要是准备原料;

打开阀门 V2 和 V3, 往罐 A 和 B 中注入原料, 当两罐中液位发生变化时, 转去 VBA 中各自预先定义的执行事件 Tank_OnLevelChange(), 若液位满足定义条件, 执行具体操作。最后阀门 V3 关闭, V4 全开, 阀门 V2 关闭, V5 全开, 原料 A 和 B 注入到釜式反应器 C 中。当原料注入完毕, 全关阀门 V4 和 V5;

混合物在釜式反应器 C 中搅拌, 同样根据系统时间的变化, 转去执行操作 Reactor_OnTimeChange(), 若满足 1 分钟, 全开阀门 V9, 将混合物排出。

图 6 是该案例中罐 A 的液位、阀门 V3 和阀门 V4 的开度三个变量的过程变化曲线。从曲线看出, 阀门 V3 打开后, 罐 A 中的液位上升, 当达到 0.51 时, 阀门 V3 关闭, V4 打开, 原料注入到釜式反应器 C 中, 注入完毕后, 阀门 V4 全关。

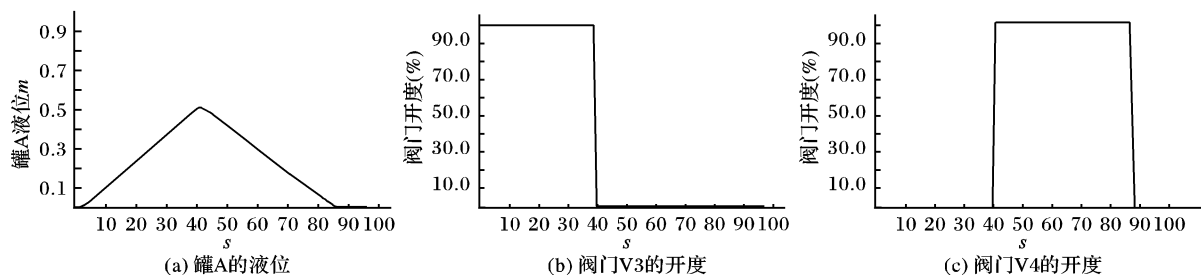


图6 过程变化曲线

2.3 案例二

在第二个案例中, 我们通过在在线实时修改操作规则, 实现对原料 A 和 B 进行任意体积的配制。假设在此案例中, 工艺

要求是, 原料 A 与原料 B 的液位比为 1:3。控制思路是, 根据两个罐的液位变化规律, 确定哪个罐需要处于等待状态, 以便另一个罐的操作。在这, 罐 A 的液位变化快于罐 B, 因此罐 A

中的液位高度首先触发并处于等待状态,然后根据罐 A 的等待状态,确定罐 B 的操作,在罐 B 的操作中可定义两者的液位比。对象 A 的触发操作如下:

```
Private Sub Tank_OnLevelChange()  
'当罐 A 的液位为 L 时,关闭阀门 V3,停止原料 A 的注入,处于等待注料状态,L 是所需要的液位  
If Tank_A.TankLevel = L Then  
    Valve_V3.OpenDegree = 0  
End If  
'若液位等于 0,全关阀门 V4  
If Tank_A.TankLevel = 0 Then  
    Valve_V4.OpenDegree = 0  
End If  
End Sub
```

对象 B 的触发操作定义如下:

```
Private Sub Tank_OnLevelChange()  
'液位比为 1:3,并且罐 A 已经处于等待注料状态;在此可定义任意液位比,  
If Tank_B.TankLevel = 3 * Tank_A.TankLevel  
    And Valve_V3.OpenDegree = 0
```

```
And Valve_V4.OpenDegree = 0  
Then  
'关闭阀门 V2,停止注入原料 B,同时全开阀门 V4 和 V5,往釜式反应器 C 注入原料 A 和 B  
Valve_V2.OpenDegree = 0  
Valve_V4.OpenDegree = 100  
Valve_V5.OpenDegree = 100  
End If  
'当原料注入完毕,关闭阀门 V5  
If Tank_B.TankLevel = 0 Then  
    Valve_V5.OpenDegree = 0  
End If  
End Sub
```

经过这样的修改后,只需要在线实时修改对象 B 中对应的液位比较等式,就可实现原料 A 和 B 的任意比例配制。另外,阀门 V4 的打开由罐 B 中的液位高度进行控制,从而改变了控制策略。图 7 依次是罐 A 的液位、罐 B 的液位、阀门 V2 的开度、阀门 V3 的开度、阀门 V4 的开度和阀门 V5 的开度这六个变量在 $L = 0.28$ 的前提下得到的过程变化曲线。

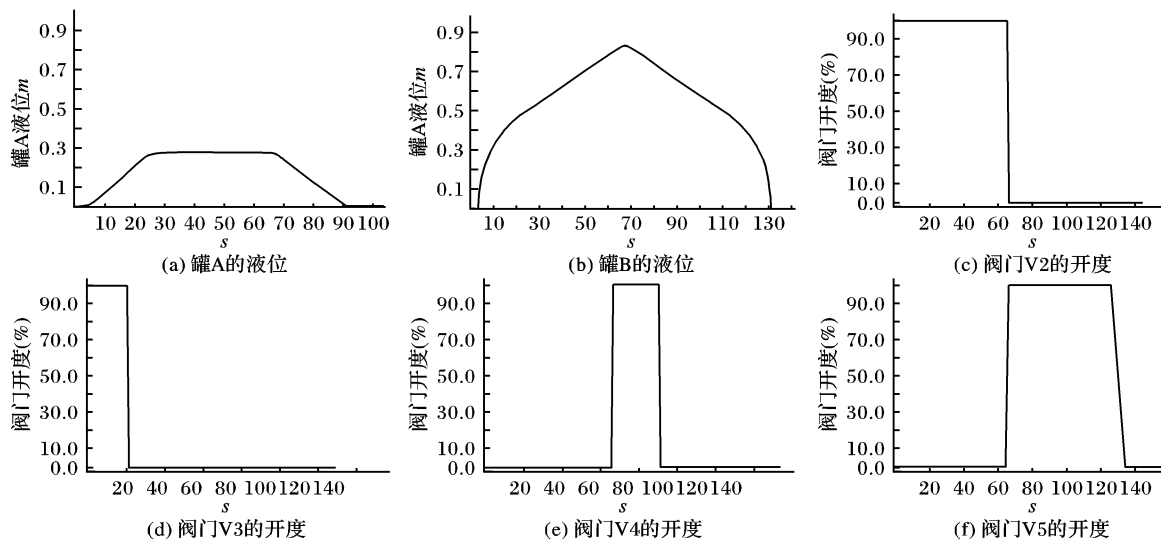


图 7 过程变化曲线

由案例二可以得出,由于 VBA 允许用户在线实时修改触发操作中的方法,改变控制方案,再结合 VBA 的数值计算能力,从而实现了系统功能的扩展,增强了系统的灵活性。

3 结语

本文提出一种新的可扩展专家控制系统。该系统最大的特点就是系统功能的可扩展性。在这个系统中,由于集成了 VBA 技术,因此可由 VBA 对象模型提供给用户可自定义的触发操作,然后由用户对操作进行方法自定义,这些方法可根据需要在线实时修改,并加入复杂的数值计算。主应用程序与 VBA 之间的交互通过触发机制实现。在主应用程序运行过程中,当过程对象的状态满足触发条件时,就将调用对应的触发操作,对该对象进行用户自定义的控制,改变其过程行为。可见,可扩展专家控制系统不仅克服了传统专家控制系统灵活性不足的缺点,增强了过程与用户的交互功能,而且也解决了传统专家控制系统数值计算能力弱的问题。

但是,由于对象模型的属性和触发操作都是在系统的开发设计阶段进行预先定义,因此,若操作人员希望能够根据实际情况,自己添加对象模型新的属性和操作,对于现在这个系统来说还存在一定的困难。这也是下一阶段所要研究的主要内容。

参考文献:

- [1] LINKENS DA, CHEN MY. Expert control systems-I. concepts, characteristics and issues[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 1995, 8(4): 413-421.
- [2] ÅSTORM KJ, ANTON JJ. xpert control[A]. Proceedings of 9th IF-AC World Congress[C]. Budapest, Hungary, 1984.
- [3] ÅSTORM KE, ANTON JJ, ARZEN KE. Expert control[J]. Automatica, 1986, 22(3): 227-286.
- [4] 蔡自兴. 人工智能控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [5] CAI ZX, WANG YN, CAI JF. A real-time expert control system[J]. Artificial Intelligence in Engineering, 1996, 10(4): 317-322.
- [6] LEKOVA A, BATANOV D. Self-testing and self-learning fuzzy expert system for technological process control[J]. Computers in Industry, 1998, 37(2): 135-141.
- [7] 刘珊珊, 周宜红. 基于 VBA 技术的堆石坝仿真可视化建模平台研究[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(8): 2030-2032.
- [8] 詹云. 利用 VBA 开发与控制系统通讯的 OPC 接口程序[J]. 石油化工自动化, 2005, (1): 48-50.
- [9] 马瑞民, 马永生, 张方舟. VBA 访问远程数据库及长数据类型的方法[J]. 计算机应用, 2001, 21(2): 1-2.
- [10] LINKENS DA, CHEN MY. Expert control system-2. design principles and methods[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 1995, 8(5): 527-537.