

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1950766 B

(45) 授权公告日 2011.11.09

(21) 申请号 200580014530.0

(22) 申请日 2005.05.04

(30) 优先权数据

60/567,980 2004.05.04 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.11.06

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/015556 2005.05.04

(87) PCT申请的公布数据

W02005/109127 EN 2005.11.17

(73) 专利权人 费舍 - 柔斯芒特系统股份有限公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 特伦斯·L·布兰文斯

J·戴史尼·艾伦·萨姆森

马克·J·尼克松

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 周艳玲 宋志强

(51) Int. Cl.

G05B 19/042 (2006.01)

G05B 23/02 (2006.01)

(56) 对比文件

US 20040075689 A1, 2004.04.22, 说明书第2页第[0015]段至第9页第[0049]段、附图1-5.

审查员 刘志聪

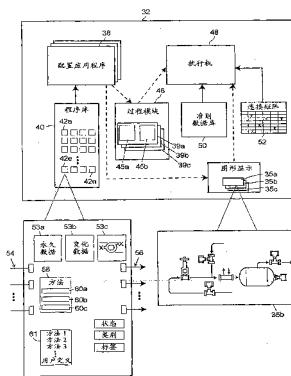
权利要求书 2 页 说明书 31 页 附图 15 页

(54) 发明名称

加工厂中过程模块和专家系统的集成

(57) 摘要

一种用在加工厂中的过程控制系统元素，包括表示加工厂中的逻辑单元的过程模块，其与能够检测和 / 或缓解与逻辑单元相关的异常状况的专家模块集成在一起。所述过程模块可以包括多个过程对象，每个过程对象表示加工厂中的一个对应物理实体。至少一些过程对象可以包括对所述对应物理实体进行仿真的仿真能力。所述专家模块可以适于检测与所述逻辑单元相关的至少一种异常状况，并可以通信连接到所述过程模块，以在过程模块的运行期间接收来自该过程模块的数据。由于专家模块与过程模块是集成的，所以用户能够容易地配置专家模块，以检测和 / 或缓解与所述逻辑单元相关的异常状况。



1. 一种用于配置加工厂的过程控制系统的配置系统,该配置系统包括 :
 配置数据库,其用于存储所述过程控制系统的配置 ;
 存储在所述配置数据库中的过程模块,该过程模块包括多个过程对象,每个过程对象表示所述加工厂中的一个对应物理实体,该过程模块表示所述加工厂中的逻辑单元 ;
 存储在所述配置数据库中的专家准则组,该专家准则组与所述过程模块相关,并且参考由所述过程模块披露的信息 ;
 专家模块配置应用程序,便于创建专家模块,所述专家模块包括与所述过程模块相关的所述专家准则组,并且进一步包括与所述专家准则的估计相关的专家模块参数 ;
 图形显示配置应用程序,适于创建过程图形,所述过程图形适于在用户界面上提供所述逻辑单元的图形描述、所述过程模块的参数数据以及所述专家模块的参数数据 ;以及
 专家机,适于应用该专家准则组以检测与所述逻辑单元相关的至少一种异常状况。
2. 根据权利要求 1 所述的配置系统,其中,所述过程模块包括所述的专家准则组。
3. 根据权利要求 1 所述的配置系统,其中,所述过程模块的至少一些过程对象包括对所述对应的物理实体进行仿真的仿真能力。
4. 根据权利要求 1 所述的配置系统,进一步包括通信连接到所述配置数据库的执行机,该执行机被配置成在所述加工厂的运行期间执行所述过程模块并应用所述专家准则组。
5. 根据权利要求 4 所述的配置系统,进一步包括具有处理器和计算机可读存储器的工作站,该工作站通信连接到所述配置数据库 ;
 其中,所述过程模块和所述专家准则组存储在所述计算机可读存储器中 ;
 其中,在所述计算机可读存储器内存储有编程指令,以配置所述处理器来实施所述执行机。
6. 根据权利要求 1 所述的配置系统,其中,所述专家准则组被配置成 :如果专家机检测到一组事件,则使所述过程模块的至少一些警告无效。
7. 根据权利要求 1 所述的配置系统,其中,所述专家准则组被配置成 :如果专家机检测到一组事件,则产生至少一个警告。
8. 根据权利要求 1 所述的配置系统,进一步包括存储在所述配置数据库中的过程图形,该过程图形包括用来在所述过程模块执行期间描述所述逻辑单元,并适于显示在显示装置上的图形表示,其中,该过程图形被配置成在过程运行期间,用所述专家准则组对专家机提供的信息进行描述。
9. 根据权利要求 1 所述的配置系统,其中,所述配置数据库包括专家准则模板库。
10. 根据权利要求 1 所述的配置系统,其中,所述配置数据库适于对所述专家准则组的版本进行跟踪。
11. 一种便于监控加工厂的过程控制系统的系统,该系统包括 :
 用于配置过程模块的装置,该过程模块包括互连的多个过程对象,每个过程对象表示所述加工厂中的一个对应物理实体,该过程模块表示所述加工厂中的逻辑单元 ;
 用于配置专家模块的装置,该专家模块包括专家准则组,该专家准则组与所述过程模块相关,并参考所述过程模块的参数数据,所述专家模块包括与所述专家准则的估计相关的专家模块参数 ;

用于配置过程图形的装置,该过程图形适于在用户界面上提供所述逻辑单元的图形描述、所述过程模块的参数数据以及所述专家模块的参数数据;

用于将所配置的过程模块、所配置的专家模块以及所配置的过程图形存储到配置数据库的装置,该配置数据库存储所述过程控制系统的配置;并且

用于将所配置的过程模块、所配置的专家模块以及所配置的过程图形下载到所述加工厂中的工作站的装置,该工作站适于实施执行机以执行所述过程模块,适于在用户界面上显示所述过程图形,并适于在所述过程的运行期间实施专家机以检测与所述逻辑单元相关的至少一种异常状况。

12. 根据权利要求 11 所述的系统,进一步包括:用于在所述过程的运行期间利用所述专家机在所述过程控制系统的警报系统中产生警告的装置。

13. 根据权利要求 11 所述的系统,进一步包括:用于在所述过程的运行期间利用所述专家机使与所述过程模块或专家模块中的至少之一相关的一组警告无效的装置。

14. 根据权利要求 11 所述的系统,进一步包括:允许操作员在所述过程的运行期间经由工作站来修改所述专家准则组的装置。

15. 一种便于监控加工厂的过程控制系统的方法,该方法包括:

配置过程模块,该过程模块包括互连的多个过程对象,每个过程对象表示所述加工厂中的一个对应物理实体,该过程模块表示所述加工厂中的逻辑单元;

配置专家模块,该专家模块包括专家准则组,该专家准则组与所述过程模块相关,并参考所述过程模块的参数数据,所述专家模块包括与所述专家准则的估计相关的专家模块参数;

配置过程图形,该过程图形适于在用户界面上提供所述逻辑单元的图形描述、所述过程模块的参数数据以及所述专家模块的参数数据;

将所配置的过程模块、所配置的专家模块以及所配置的过程图形存储到配置数据库,该配置数据库存储所述过程控制系统的配置;并且

将所配置的过程模块、所配置的专家模块以及所配置的过程图形下载到所述加工厂中的工作站,该工作站适于实施执行机以执行所述过程模块,适于在用户界面上显示所述过程图形,并适于在所述过程的运行期间实施专家机以检测与所述逻辑单元相关的至少一种异常状况。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,进一步包括在所述过程的运行期间利用所述专家机,在所述过程控制系统的警报系统中产生警告。

17. 根据权利要求 15 所述的方法,进一步包括在所述过程的运行期间,利用所述专家机,使与所述过程模块或专家模块中的至少之一相关的一组警告无效。

18. 根据权利要求 15 所述的方法,进一步包括允许操作员在所述过程的运行期间经由工作站来修改所述专家准则组。

加工厂中过程模块和专家系统的集成

[0001] 相关申请

[0002] 本申请是 2004 年 5 月 4 日递交的顺序号为 60/567,980、题为“用于表示、监测和与过程控制系统交互的图形用户界面”的美国临时专利申请的正式递交申请，并出于优先权的目的要求其权益，在此本申请明确地将其全部内容合并作为参考。本申请还与 2003 年 7 月 21 日递交的、题为“加工厂中图形显示元素、过程模块和控制模块的集成”、并在 2004 年 8 月 5 日以美国出版号 2004/0153804 出版的、顺序号为 10/625,481 的美国专利申请有关，该申请为 2002 年 10 月 22 日递交的、在 2004 年 4 月 22 日以美国出版号 2004/0075689 出版的、题为“加工厂中的智能过程模块和对象”的、顺序号为 10/278,469 的美国专利申请的部分继续申请，在此明确地将这两个公开的全部内容合并作为参考。本申请还与 2003 年 2 月 18 日递交的、题为“加工厂配置系统中的模块类对象”、并在 2004 年 10 月 7 日以美国出版号 2004/0199925 出版的、顺序号为 10/368,151 的美国专利申请有关，在此明确地将其全部内容合并作为参考。本申请还和与本申请在同一天递交的正在作为国际 (PCT) 申请的下列专利申请有关，在此明确地将这些专利申请全部内容合并作为参考：“过程环境中的相关图形显示”（代理备案 No. 06005/41111）；“用于过程控制系统的用户可配置警报和警报趋势”（代理备案 No. 06005/41112）；“集成环境中具有定制的过程图形显示层的加工厂用户界面系统”（代理备案 No. 06005/41114）；“过程环境中的脚本图形”（代理备案 No. 06005/41115）；“集成到过程配置和控制环境中的图形”（代理备案 No. 06005/41116）；“过程环境中具有多种视像的图形元素”（代理备案 No. 06005/41117）；“加工厂中用于配置图形显示元素和过程模块的系统”（代理备案 No. 06005/41118）；“用于统一的过程控制系统界面的图形显示配置框架”（代理备案 No. 06005/41124）；“加工厂用户界面中基于 Markup 语言的动态过程图形”（代理备案 No. 06005/41127）；“用于修改过程控制数据的方法和装置”（代理备案 No. 06005/591622 和 20040/59-11622）；“用于存取过程控制数据的方法和装置”（代理备案 No. 06005/591623 和 20040/59-11623）；“用于过程控制系统的集成图形运行时间界面”（代理备案 No. 06005/591628 和 20040/59-11628）；“面向服务的过程控制系统架构”（代理备案 No. 06005/591629 和 20040/59-11629）。

技术领域

[0003] 本发明总体涉及加工厂，更具体地说，涉及智能控制和仿真环境，其使用户查看、仿真和控制能以加工厂控制架构的系统级进行集成。

背景技术

[0004] 例如用于化学、石油或其它过程的分布式过程控制系统，通常包括一个或更多个过程控制器，这些过程控制器通过模拟、数字或模拟 / 数字混合总线，通信连接到一个或更多个现场设备。现场设备可以是例如阀门、阀门定位器、开关以及传感器（例如，温度、压力、电平以及流速传感器），它们位于过程环境中，并且执行过程功能，例如打开或关闭阀、测量过程参数等。智能现场设备，例如遵从公知的 Fieldbus 协议的现场设备，还可以执行

控制计算、报警功能以及通常在控制器中实施的其它控制功能。通常位于过程环境中的过程控制器,接收表示现场设备所产生的过程测量值的信号和 / 或属于现场设备的其它信息,并执行控制器应用程序。例如,控制器应用程序运行不同的控制模块,这些控制模块作出过程控制决策、根据接收到的信息产生控制信号、并与在诸如HART 和 Fieldbus 现场设备之类的现场设备中执行的控制模块或块协调工作。过程控制器中的控制模块通过通信线路向现场设备发送控制信号,从而控制过程的操作。

[0005] 通过数据公路,来自现场设备和控制器的信息通常可用于一个或多个其它硬件设备,例如操作员工作站、个人计算机、数据历史记录器、报告产生器、集中式数据库等,这些硬件设备通常设置于控制室中或远离恶劣工厂环境的其它位置处。这些硬件设备可运行例如使操作员能够对过程执行功能的应用程序,这些功能包括例如改变过程控制例行程序的设置、修改控制器或现场设备内的控制模块的操作、查看过程的当前状态、查看由现场设备和控制器产生的警报、仿真过程的操作以达到训练人员或测试过程控制软件的目的、维护和更新配置数据库等。

[0006] 作为示例,由爱默生过程管理公司出售的 DeltaVTM 控制系统包括存储在设置于加工厂内的不同位置处的多个设备内并由这些设备来执行的多个应用程序。位于一个或多个操作员工作站内的配置应用程序使用户能够创建或改变过程控制模块,并通过数据公路将这些过程控制模块下载到专用分布式控制器。通常,这些控制模块由通信互连的功能块组成,这些功能块是面向对象编程协议中的对象,并根据连接到其上的输入来执行控制方案中的功能,并向控制模块内的其它功能块提供输出。配置应用程序还可以使设计者能够创建或改变操作员界面,这些操作员界面可以由查看应用程序使用,以向操作员显示数据,从而使操作员能够改变过程控制例行程序内的诸如设定点之类的一些设置。每个专用控制器以及在有些情况下的现场设备,可存储并执行控制器应用程序,这些应用程序可运行被分配和下载到其上的控制模块,以实现实际的过程控制功能。查看应用程序可以在一个或多个操作员工作站上运行,可通过数据公路接收来自控制器应用程序的数据,并向过程控制系统设计者、操作员或使用用户界面的用户显示数据,并且可以提供诸如操作员视图、工程师视图、技术人员视图之类的许多不同视图中的一个。历史数据应用程序通常存储在数据历史记录器中并由该数据历史记录器来执行,该数据历史记录器可用来收集并存储通过数据公路提供的一些或所有数据,而配置数据库应用程序可以在连接到数据公路上的另外计算机中运行,以存储当前过程控制例行程序的配置以及与之相关的数据。可选择地,该配置数据库可以与配置应用程序位于同一工作站中。

[0007] 如上面所提到的,操作员显示应用程序通常在一个或多个工作站中以系统级为基础来实施,并且操作员显示应用程序向操作员或维护人员提供有关加工厂内的控制系统或设备的运行状态的预配置显示。通常,这些显示可以采取警报显示、控制显示、维护显示等形式,其中,警报显示接收由加工厂内的控制器或其它设备产生的警报;控制显示表示加工厂内的控制器和其它设备的运行状态;维护显示表示加工厂内的设备的运行状态。这些显示通常是预先配置的,以通过公知的方式来显示从加工厂内的过程控制模块或设备接收到的信息或数据。在一些已知的系统中,可以使用具有图形的对象来创建这些显示,其中图形与物理或逻辑元件相关,并通信地连到该物理或逻辑元件上,以接收关于这些元件的数据。这些对象可以根据所接收的数据来改变显示屏幕上的图形,以图示例如罐为半满,以及图

示由流量传感器测量的流量等。在这些需要显示的信息从加工厂内的设备或配置数据库发送出来时,该信息仅用于向用户提供包含这些信息的显示。结果,所有的信息和用于产生警报及检测加工厂内的问题的程序设计等必须在过程控制系统的配置过程中,由与工厂相关的不同设备,例如控制器和现场设备,来产生并在这些设备中进行配置。这时,该信息可以在过程运行期间,发送给操作员显示器,用于显示。

[0008] 虽然误差检测和其它程序设计对于检测与运行在不同控制器上的控制回路相关的状况、误差、警报等,以及检测各个设备中的问题是有效的,但对过程控制系统编制程序以识别系统级状况或误差是很困难的,其中系统级状况或误差必须通过分析来自加工厂内的不同的、可能位置上也很分散的设备的数据来检测。而且,操作员显示通常不用于向操作员或维护人员表示或呈现这样的系统级状况信息,并且无论如何,由于显示中的不同元素,在带有这些变化的信息源或数据源的操作员显示中,驱动对象变得很困难。事实是,对于驱动和建模物质流尤其困难,例如对于管道中流体的流动、在传输带上原材料的运动等,它们通常在显示器上由连接在两个设备之间的简单直线来表示。而且,目前,当物质在工厂中运动时,还没有一种检测工厂内的诸如流量状况和质量平衡的特定状况的成形方法,更别说用于在系统级基础上执行这些功能的易于实施的系统了。

[0009] 同样地,由于仿真活动通常必须独立于在加工厂在线环境中执行的显示和控制活动来执行,所以建立或创建加工厂或加工厂一部分的仿真变得很困难。而且,如果可能的话,创建了对工厂的仿真后,将该仿真与待在加工厂内实施的操作员显示或控制模块集成起来也很困难。

[0010] 专家系统可以用于加工厂中,以帮助检测加工厂内的问题和 / 或校正问题。例如,美国专利 No. 6,633,782 描述了用于过程控制系统的诊断系统,其收集数据,并把属于过程控制系统操作的数据存储在数据库中,并通过专家机应用准则来分析数据库中的信息,从而确定过程控制系统中的问题的解决方案。该数据库可以存储各种类型的信息,这些信息与确定过程控制系统检测到的问题的来源和 / 或进一步分析或校正所检测的问题相关。例如,数据库中的信息可以包括特定属于所检测的问题和现场设备的数据、检测到的问题所存在的功能块或控制回路。该数据库还可以存储事件和警报数据,例如所计划的维护通知和运行参数的变化,它们与识别问题的来源和 / 或识别适当的分析和补救措施有关。在检测到问题时,专家机可以应用准则来分析数据库中的相关数据、从诊断工具接收的信息、事件日志或历史记录。

[0011] 由于专家系统通常与在加工厂的在线环境中实施的显示和控制活动分开建立和配置,所以建立或者创建专家系统以分析加工厂或者加工厂一部分是很困难的。而且,在建立和配置专家系统来监控加工厂的一部分时,如果还有可能,那么将该专家系统与在工厂内实施的操作员显示集成起来也是很困难的。

[0012] 发明内容

[0013] 本申请公开用在加工厂中的过程控制系统元素,包括过程模块,其表示加工厂中的逻辑单元,该过程模块与能够检测和 / 或缓解与所述逻辑单元相关的异常状况的专家模块进行集成。所述过程模块包括多个过程对象,每个 过程对象表示加工厂中的一个对应物理实体。至少一些所述过程对象可以包括仿真能力,以仿真相应物理实体和 / 或不能直接测量的属性,例如运行效率、传热等。所述专家模块可以适于检测与所述逻辑单元相关的至

少一种异常状况，并可以通信连接到所述过程模块，以在过程模块的运行期间接收来自过程模块的过程数据和 / 或仿真数据。由于所述专家模块与过程模块是集成在一起的，所以用户能够容易地配置专家模块，以检测和 / 或缓解与所述逻辑单元相关的异常状况。

[0014] 附图说明

[0015] 图 1 是位于加工厂中的分布式过程控制网络的方框图，该加工厂包括实施显示例行程序的操作员工作站，其中显示例行程序使用智能过程对象来创建过程模块和图形显示，以仿真加工厂的运行状况；

[0016] 图 2 是存储在图 1 的操作员工作站中的一组应用程序和其它实体的逻辑方框图，包括智能过程对象和过程模块，可用于实现加工厂中的增强功能；

[0017] 图 3 是配置屏幕的简化描述，其中配置工程师使用该配置屏幕来利用存储在对象库中的智能过程对象创建过程图形显示或过程模块；

[0018] 图 4 是示例过程图形显示的详细描述，其包括加工厂内的流 (stream) 和连接元素的表述，通过互连许多智能过程对象的图形显示元素来创建；

[0019] 图 5 描述了一组最小化的过程图形显示，包括图 4 所示的过程图形显示，互连为用于工厂的更大型图形显示；

[0020] 图 6 描述了与图 4 所示的过程图形显示相关的过程模块，也示出了与高保真仿真例行程序的互连；

[0021] 图 7A 和图 7B 是在加工厂内集成的图形显示、过程模块和控制模块之间通信互连的逻辑方框图；

[0022] 图 8 是示例过程模块的简化描述，该过程模块具有与控制模块中的功能块互连以提供先进控制和仿真能力的块；

[0023] 图 9 是利用智能过程对象在现有过程控制网络中创建过程模块并在该 网络中执行该过程模块的方式的逻辑方框图；

[0024] 图 10 是过程模块与专家模块集成在其中的示例性系统的方框图；

[0025] 图 11 是可由专家模块配置应用程序采用以便于专家模块配置的示例性显示；

[0026] 图 12 是可用于定义事件模板的示例性显示；

[0027] 图 13 是可用于定义准则模板的示例性显示；

[0028] 图 14 是可用于分配专家模块以由加工厂内的特定节点来执行的部分示例性显示；

[0029] 图 15 是过程模块与分析模块集成在其中的示例性系统的方框图。

[0030] 具体实施方式

[0031] 现在参照图 1，对示例性加工厂 10 进行详细描述，在加工厂 10 中，智能过程对象用于形成过程图形显示和过程模块，这两者都与控制模块集成，以提供过程环境内的增强的控制和仿真性能。具体地，加工厂 10 采用具有一个或多个控制器 12 的分布式控制系统，每个控制器 12 通过诸如 Fieldbus 接口、Profibus 接口、HART 接口、标准 4-20 毫安接口之类的输入 / 输出 (I/O) 设备或卡 18，连接到一个或多个现场设备 14 和 16。控制器 12 还通过诸如以太网链接的数据总线 24 连接到一个或多个主机或操作员工作站 20 和 22。数据库 18 可以连接到数据总线 24，并用作数据历史记录器 (data historian) 和配置数据库，其中数据历史记录器收集和存储与工厂 10 内的控制器和现场设备相关的参数、状态和其它数据，

配置数据库存储工厂 10 内的过程控制系统的当前配置并将其下载和存储在控制器 12 和现场设备 14 和 16 中。虽然控制器 12、I/O 卡 18 和现场设备 14 和 16 通常向下设置和分布在有时严苛的工厂环境中,但是操作员工作站 20 和 22 以及数据库 28 通常设置在控制室中或者其它不太严苛的容易由控制器或者维修人员进入的环境中。

[0032] 已知每个控制器 12,例如爱默生过程管理出售的 DeltaV™ 控制器,存储和执行控制器应用程序,控制器应用程序用许多不同的、独立执行的控制 模块或块 29 来实施控制策略。每个控制模块 29 可以由通常所称的功能块组成,其中每个功能块是整个控制例行程序的一部分或子例行程序,并且与其它功能块(经由被称为链路的通信网络)联合操作以实现加工厂 10 内的过程控制回路。已知功能块可以是面向对象编程协议中的对象,它们通常执行下列功能之一:输入功能,例如与变送器、传感器或其它过程参数测量设备相关的输入功能;控制功能,例如与执行 PID、模糊逻辑等控制的控制例行程序相关的控制功能;或者控制诸如阀之类的一些设备的操作的输出功能,以便执行加工厂 10 内的一些物理功能。当然,混合的以及其它类型的复杂功能块存在于例如模型预测控制器(MPC)、优化器等中。虽然 Fieldbus 协议和 DeltaV 系统协议使用在面向对象的编程协议中设计和实现的控制模块和功能块,但是控制模块也可以使用例如包括顺序功能图、梯形逻辑图等的任何所需的控制编程方案来设计,并且不受限于使用功能块或任何其它特定编程技术来设计和实现。

[0033] 在图 1 所示的工厂 10 中,连接到控制器 12 上的现场设备 14 和 16 可以是标准 4-20 毫安设备;可以是诸如 HART、Profibus 或 FOUNDATION™ Fieldbus 现场设备之类的包括处理器和存储器的智能现场设备;或者可以是任何所需类型的设备。这些设备中的有些设备,例如 Fieldbus 现场设备(在图 1 中标有附图标记 16),可以存储和执行与控制器 12 中所实现的控制策略相关的模块或者子模块,例如功能块。功能块 30 在图 1 中示为设置在两个不同的 Fieldbus 现场设备 16 中,已知功能块 30 可以结合控制器 12 内控制模块 29 的执行来执行,以实现过程控制。当然,现场设备 14 和 16 可以是诸如传感器、阀、变送器、定位器之类的任何类型的设备,I/O 设备 18 可以是遵从诸如 HART、Fieldbus、Profibus 之类的任何所需的通信或控制器协议的任何类型的 I/O 设备。

[0034] 在图 1 的加工厂 10 中,工作站 20 包括一组操作员界面应用程序和其它数据结构 32,这些应用程序和其它数据结构 32 可以由任何授权用户(此处有时称作配置工程师,有时称为操作员,不过可能存在其它类型的用户)访问,以查看并提供与连接在加工厂 10 内的设备、单元等相关的功能。操作员界面应用程序组 32 存储在工作站 20 的存储器 34 内,并且应用程序组 32 的每个应用程序或者实体适于在与工作站 20 相关的处理器 36 上执行。虽然整组应用程序 32 示为存储在工作站 20 内,但是这些应用程序或其它实体中的一些可以存储在工厂 10 内或与工厂 10 相关的其它工作站或计算机设备内,并在其中执行。而且,该应用程序组能提供给与工作站 20 相关的显示屏 37 上的显示输出或提供给包括手携式设备、膝上型电脑或其它工作站、打印机等的任何其它所需的显示屏或显示装置的显示输出。同样地,应用程序组 32 内的应用程序可以分解,并且在两个或更多计算机上或机器上执行,并且它们可以配置为互相联合操作。

[0035] 一般而言,应用程序组 32 提供或者创建以及使用三种不同类型的实体,这些实体的操作可以集成在一起,以提供加工厂 10 内增强的控制、仿真以及显示功能。更具体地说,应用程序组 32 可以用来创建和实现过程图形显示 35(通常提供属于加工厂一部分的操作

员显示)、过程模块 39(通常提供加工厂一部分的仿真)以及通常提供或执行过程在线控制的诸如控制模块 29 的过程控制模块。在本领域中过程控制模块 29 通常是公知的,并且可以包括任何类型的控制模块,例如功能块控制模块等。在下面还将更详细描述的过程图形显示元素 35 通常就是这样一种元素:由操作员、工程师或其它显示使用,以给诸如操作员的用户提供关于加工厂及其元素的操作、配置或建立的信息。过程模块 39 通常紧密连接到过程图形显示元素 35,并且可以用于执行对加工厂的操作的仿真或者对以过程图形显示元素 35 所描述的方式连接的一些不同元素的操作的仿真。过程图形显示 35 和过程模块 39 示为存储在工作站 20 和 22 内,并由其执行,但是过程图形显示 35 和过程模块 39 也可以下载到与加工厂 10 相关的包括膝上型电脑、手携式设备等在内的任何其它计算机内,并在其中执行。

[0036] 图 2 示出工作站 20 的一组应用程序 32 内的一些应用程序和数据结构或者其它实体。具体地,应用程序组 32 包括控制模块、过程模块以及图形显示配置应用程序 38,其中图形显示配置应用程序 38 由配置工程师使用,以创建控制模块、过程模块(也称作工艺流程模块)以及相关的图形显示。虽然控制模块配置应用程序 38 可以是任何标准或者已知的控制模块配置应用程序,过程模块和图形显示配置应用程序可以使用一个或多个智能过程对象来创建过程模块和图形显示,这在下面还会更详细地描述。而且,虽然过程模块和过程图形配置应用程序 38 显示为分开的,但一个配置应用程序也可以创建这两种类型的元素。

[0037] 智能过程对象 42 的程序库 40 包括示例或模板智能过程对象 42,这些智能过程对象可以由配置应用程序 38 访问、复制和使用,以创建过程模块 39 和图形显示 35。可以理解,配置应用程序 38 可以用于创建一个或多个过程模块 39。每个过程模块 39 由一个或多个智能过程对象 42 组成或创建,并且可以包括存储在过程模块存储器 46 内的一个或多个工艺流程或仿真算法 45。另外,配置应用程序 38 可以用于创建一个或多个图形显示 35,每个图形显示 35 由一个或多个智能过程对象 42 组成或创建,并且可以包括连接在一起的许多显示元素。在图 2 中以放大形式示出的图形显示 35b,包括一组过程元素的描述,这组过程元素包括用诸如管路、管道、电缆、输送器之类的连接元素互连的阀、罐、传感器和流量变送器等。

[0038] 执行机(engine)48 在运行期间操作或实现每个图形显示 35 和过程模块 39,以创建一个或多个由图形显示 35 定义的给操作员的过程显示,并且执行与过程模块 39 相关的仿真功能。执行机 48 可以使用准则(rule)数据库 50,准则数据库 50 定义了作为一个整体待在过程模块 39 上,尤其是在这些模块内的智能过程对象上执行的逻辑。这些执行机 48 还可以使用连接矩阵 52 来实现过程模块 39 的功能,其中连接矩阵 52 定义了工厂 10 内以及过程模块 39 内的各过程元素之间的连接。

[0039] 图 2 更详细地示出了一个智能过程对象 42e。虽然智能过程对象 42e 被示为一个模板智能过程对象,但可以理解,其它智能过程对象通常也会包括与所描述的有关智能过程对象 42e 相同或相类似的元素、特征、参数等,并且这些元素、特征以及参数的规格或数值可以依据智能过程对象的种类和用途,彼此变化或改变。而且,虽然智能过程对象 42e 可以是面向对象编程环境中的对象,并且包括数据存储、输入和输出以及相关的方法,但该智能过程对象可以由任何所需的其它编程范例或协议创建,并以这些编程范例或协议实施。

[0040] 可以理解,智能过程对象 42e 在示例之前是与图 1 的加工厂 10 内的诸如物理或逻

辑实体的特定类型实体相关的对象。不过,在复制或示例之后,智能过程对象 42e 可以连接到加工厂内的特定实体上。任何情况下,智能过程对象 42e 包括数据存储器 53,其用于存储从有关智能过程对象 42e 的逻辑实体接收到的或者属于这些逻辑实体的数据。数据存储器 53 通常包括数据存储器 53a,其存储有关属于智能过程对象 42e 的实体的总体或永久信息,例如制造商、版本、名称、类型等。数据存储器 53b 可以存储变量或变化数据,例如参数数据、状态数据、输入和输出数据、费用,或有关属于智能过程对象 42e 的实体的其它数据,包括与在过去已经存在或现在存在于加工厂 10 内的实体相关的数据。当然,智能过程对象 42e 可以配置为或编程为周期性地或非周期性地经由任何所需的通信链接从该实体本身、经由以太网总线 24 或以任何所需的方式从数据历史记录器 28 接收数据(例如费用数据)。数据存储器 53c 可以存储属于智能过程对象 42e 的实体的图形表示,该图形表示可经由诸如与图 1 的工作站 20 相关的屏幕 37 之类的操作员界面,真实呈现给操作员。当然,该图形表示可以包括用于有关实体的信息的位置标志符(在数据存储器 53c 内用下划线标出),例如由存储在数据存储器 53b 内的关于实体的参数或其它变量数据所限定的信息。当该图形表示作为一个图形显示 35 的一部分在显示设备 37 上呈现给操作员时,该参数数据可以在图形位置标志符中显示。该图形表示(以及智能过程对象 42e)还可以包括预定义连接点(在数据存储器 53c 中用“X”标出)。如该图形表示所描述的,连接点能使操作员或者配置工程师把上游或下游元素连接到过程元素上。当然,这些连接点还可以使智能过程对象 42e 知道连接到过程模块内所配置的 智能对象上的元素,并且可以指定必须使用的诸如管路、管道之类的连接元素的类型、与该元素相关的数据流等。

[0041] 智能过程对象 42e 还可以包括一个或多个输入 54 和输出 56,以实现与位于使用智能过程对象 42 的过程模块内部或者外部的其它智能过程对象的通信。输入 54 和输出 56 与其它智能过程对象的连接,可以在过程模块配置期间由配置工程师通过简单地将这些输入和输出与其它智能过程对象相连,或者通过指定将要在智能过程对象之间发生的特定通信来进行配置。有些输入和输出可以定义为在上述智能过程对象的预定义连接点处连接到智能过程对象。输入 54 和输出 56 还可以由准则数据库 50 内的准则组,和限定工厂 10 内不同设备或者实体之间的连接的连接矩阵 52 来确定或者限定。一般而言,包括数据存储或者相关缓冲的输入 54 和输出 56,会用于提供从其它智能过程对象到智能过程对象 42e 的数据通信,或者提供到其它智能过程对象的数据通信,其中数据存储在智能过程对象 42e 中或由智能过程对象 42e 产生。这些输入和输出还可以用于提供智能过程对象 42e 与过程控制系统内的其它对象之间的通信,例如控制器 12 内的控制模块、现场设备 14、16 等。

[0042] 如图 2 所示,智能过程对象 42e 还包括方法存储器 58,用于存储零个、一个或更多个方法 60(图 2 中示为方法 60a、60b 和 60c),这些方法可以是在使用智能过程对象 42e 的过程模块的执行期间,由智能过程对象 42e 实施的算法。一般地,存储在方法存储器 58 内的方法 60 会使用数据来确定关于加工厂 10 的或关于工厂 10 内实体的信息,这些数据包括存储在数据存储器部分 53a 和 53b 内的数据,以及从其它智能过程对象获得的数据,甚至经由输入 54 和输出 56 的来自诸如配置数据库或者数据历史记录器 28 的其它来源的数据。例如,方法 60 可以确定与智能过程对象 42e 所定义的实体有关的较差或者较次的运行状况,以及与这些实体或者加工厂 10 内其它实体有关的误差等。方法 60 可以根据智能过程对象的类型或者种类来进行预配置或提供,并且方法 60 通常会在每次智能过程对象 42e 在运行

时间期间、在执行机 48 内执行时进行执行。位于诸如智能过程对象 42e 的智能过程对象内的某些示例方法 60 可以包括对泄漏、死区、死时间、移动、可变性、条件监控、计算成本或者其它与实体有关的条件进行检测。

[0043] 在材料流经过程实体时,方法 60 还可以用来帮助对与智能过程对象有关的所述过程实体的操作进行仿真。因此,方法 60 可以用来计算质量平衡、能量平衡、流量、温度、组成、气体状态以及与工厂 10 内的物质相关的其它系统级或者流级 (stream level) 参数,以仿真元素的运行,从而根据所提供的输入等计算期望的输出。当然,还存在少数可以存储在智能过程对象 42e 内并且由智能过程对象 42e 运行的方法,也存在可以使用的许多其它方法,这些方法通常由所表示的实体类型、实体在加工厂中连接和使用的方式以及其它因素来确定。需要注意,虽然智能过程对象 42e 可以存储和执行用于检测系统级条件、误差等的方法,但是这些方法还可以用于确定有关设备、诸如过程控制模块和回路的逻辑元素、以及其他非系统级实体的其它信息。如果需要的话,方法 60 可以程序化或以诸如 C、C+、C# 之类的任何所需的编程语言来提供,或者可以参照或可以定义准则数据库 50 内的应用程序准则,该应用程序准则在执行期间被运行,用于智能过程对象 42e。

[0044] 如果需要的话,每个智能过程对象可以包括应用程序算法或方法库,其中所述算法或方法,可以在连接到过程模块内时,用来限定智能过程对象的仿真行为。这样的库显示在图 2 的智能过程对象 42e 的下拉菜单 61 中,类似的菜单可以与其它每个智能过程对象相关。在智能过程对象设置在过程模块 39 内时,配置工程师可以利用例如下拉菜单 61,通过选择一个仿真算法库(称作方法 1、方法 2 等)来定义该智能过程对象的仿真行为。这样,配置工程师可以根据智能过程对象正在为之建模的过程的类型或种类来为智能过程对象定义不同的仿真行为。

[0045] 如果需要,配置工程师可以提供所有者或其它用户所供给的算法,以定义由智能过程模块限定的过程元素的仿真行为。在智能过程对象设置于或用在过程模块 39 内时,这种用户定义的算法(在下拉菜单 61 中示为“用户定义”项)可以被提供并存储在该智能过程对象中。这种功能使得仿真行为能够由用户定制,从而提供更佳的或更精确的仿真。如果需要,并如下面将更详细描述的,智能过程对象 42 或每个过程模块 39 可以包括操作员开动开关(例如电子开关或者标记符),该开关可以禁止使用智能过程对象内的仿真算法,并且使得过程模块的行为将由高保真仿真包或程序来确定,例如由 HYSYS 提供的一个程序来确定。这种情况下,智能过程对象或过程模块从高保真仿真中获得仿真参数,这一点与使用智能过程对象本身内的仿真算法相反。

[0046] 在由执行机 48 执行图形显示 35 或过程模块 39 期间,执行机 48 实现对于图形显示 35 或过程模块 39 内的每个智能过程对象的由输入 54 和输出 56 限定的通信,还可以实现这些对象中的每个对象的方法 60 以执行由方法 60 提供的功能。如上所提到的,方法 60 的功能可以在智能过程对象内的编程中设置,或者方法 60 的功能可以由准则数据库 50 内的一组准则限定,以便实现由这些准则限定的功能,其中这些准则由引擎 48 根据智能过程对象的类型、种类、标识、标记名称等来执行。

[0047] 可以注意到,智能过程对象 42e 的一个示例在与智能过程对象 42e 有关的过程模块的上下文内,具有标签或唯一名称,该标签或唯一名称可以用于提供到智能过程对象 42e 的通信以及来自智能过程对象 42e 的通信,并且在运行时间中,可以由执行机 48 所引用。

过程模块标签在控制系统配置中应该是唯一的。这种标签约定使得过程模块 39 内的元素能够由过程图形显示 35、过程模块 39 以及控制模块 29 的其它元素所引用。而且，智能过程对象 42e 的参数可以是例如简单数值的简单参数、结构参数或可以了解期望单位以及相关属性的智能参数。所述智能参数还可以由过程准则机或执行机 48 来说明或使用，以确保所有信号在相同单元中被发送或者可以适当转换。智能准则还可以用来开启以及关闭智能过程对象（或者过程模块）的成组警报，以便为操作员创建智能警报策略和 / 或界面。而且，智能过程对象类与加工厂 10 的过程控制策略内的装置和模块类相关，以提供智能过程对象与需要进行说明或访问的过程变量之间的公知链接。

[0048] 智能过程对象在用于过程图形显示或过程模块时，还可以包括操作模式、状态以及警报行为，以便这些智能过程对象可以在运行期间以诸如关闭、启动以及正常模式之类的不同模式被输入，可以根据对象的当前操作状态提供有关该对象的状态，并且可以根据诸如超范围参数、受限性、高可变性之类的检测条件来提供警报。智能过程对象还可以具有类 / 子类继承性，使得这些对象能够按类库进行分类，以在组合结构等中收集到一起。而且，智能过程对象可以利用来自例如控制模块的其它元素以及其它对象的信息，使智能过程对象能够识别出何时与其相关的实体忙碌，或何时与其相关的实体能由加工厂 10 的分批控制过程所获取。

[0049] 智能过程对象可以与任何所需的过程实体有关，例如泵、罐、阀等的物理设备，或诸如过程区域、测量或执行装置、控制策略之类的逻辑实体。在有些情况下，智能过程对象可以与例如管路、管道、布线、传送机之类的连接器有关，或与从过程内的一点到另一点移动物质、电力、气体等的任何其它设备或实体有关。与此处有时称作智能链接或连接元素的连接器有关的智能过程对象还可以被加以标记（即使实际设备或连接器本身没有标记或不能在加工厂 10 内通信），并且通常用来表示过程中其它元素之间的物质流。

[0050] 智能链接通常会包括用来定义不同物质或现象（例如电）（例如汽、电、水、污水等）如何流过连接器的属性或参数。这些参数可以表明流过连接器的流体的类型和种类（例如总速度、摩擦系数、湍流或非湍流类型、电磁场等），以及流过连接器的流的可能方向或所有方向。智能链接可以包括程序和方法，它们可以确保源单元与连接该智能链接的目标对象相匹配，如果不匹配，可以执行转换。智能链接的方法还可以使用模型或算法对通过连接器的流量进行建模，以估计通过实际连接器的流体的速度或流量、物理连接的长度和大小、传输延迟等。智能过程对象的存储参数（例如摩擦参数）可以用于这些方法中。因此，本质上，智能链接或连接器使智能过程对象知道其它上游以及下游对象或实体。当然，例如，智能链接可以以任何需要或方便的方式来限定其它对象之间的连接、系统内的诸如液体、气体、电气之类的流体类型、实体的上游侧和下游侧、物质、流体、电流等的方向，其中其它实体就是该智能过程对象的实体的上游和下游。根据一个实施例，矩阵 52 可以在执行过程流体模块之前就创建，并且可以限定制工厂内不同设备之间的智能链接，从而限定不同智能过程对象之间的互连。实际上，执行机 48 可以使用矩阵 52 来确定上游和下游实体，从而限定智能过程对象之间的通信和与这些智能过程对象有关的方法。而且，一组或多组准则可以提供给智能过程对象使用，以影响彼此并互相获取智能过程对象内的方法所需要的数据，解决与输出连接相关的智能对象的影响。

[0051] 如果需要，智能过程对象 42e 还可以包括诸如 URL 的热链接，以锁定文档，该文档

适用于对象类型、或特定于智能过程对象 42e 所属的设备的示例（依据危急程度和应用场合）。文档可以是厂商供给的，也可以是用户指定的。有些文档示例包括配置、启动和关闭步骤、运行和维护文档。如果需要，操作员可以单击显示在操作员显示器上的对象，以引出对象或相关设备的具体示例（如果有的话）和普通文档。而且，操作员能够独立地增加 / 删除 / 改变系统软件的文本，例如维护请求、运行问题记录等。而且，这些热链接可以由用户进行配置或改变，以给操作员界面的对象提供增加知识链接的能力、提供对有关对象的适合信息的快速导航，以及给用户、特定对象类型或对象的具体实例提供增加具体工作指令的能力。

[0052] 虽然上述的过程模块和过程图形通过不同的智能过程对象的互连一起创建，但是它们也可以单独创建。例如，过程图形可以使用智能过程对象来创建，在过程图形创建完成后，可以根据图形显示中的图形元素和这些元素的互连来产生该图形的过程模块。可替换地，过程模块可以首先使用智能过程对象创建，在过程模块创建之后，由配置应用程序 38 利用在用于创建所述过程模块的智能过程对象中的图形显示元素，自动产生用于所述过程模块的图形显示。而且，过程模块和图形显示可以单独创建，这两个实体内的各个元素可以通过彼此引用手动连接到一起（例如使用图形显示和过程模块内的元素的标签属性）。通过这种机制，智能过程对象可以由多个显示进行引用。在任何情况下，创建之后，过程图形显示和有关的过程模块可以独立或单独运行，尽管它们通常按期望或需要的方式来回传送参数和信息。

[0053] 为了更容易理解，下面将更详细地对可以用于或创建过程图形显示以及过程模块的智能过程对象的一些可能属性和示例进行描述。此后，将对使用所描述的元素和特征来创建的过程图形显示和过程模块与控制模块集成以提供先进控制和仿真能力的方式进行描述。当然也可以理解，智能过程对象元素和特征不受限于此处所述的元素和特征，如果需要，其它元素和特征也可以用于或创建过程图形显示和过程模块中的一个或两个。

[0054] 一般而言，一组预定义图形元素可以提供于配置应用程序中，使得用户能够建立反映加工厂的操作员显示或图形显示。这些图形显示被设计成动态显示与控制系统进行交互的在线测量和执行装置。另外，反映过程操作的未被测量的参数可以使用提供在过程模块内的在线过程仿真来计算，并可以显示为有关图形显示的集成部分。

[0055] 另外，在用于工程或训练仿真目的的离线环境中，由过程模块提供的过程仿真可以用于代替图形元素中以及相关控制模块中的过程测量值。由相关过程模块计算的这些值可以是以执行装置的位置或状态以及过程图形中所示的手动干扰值为根据的。这样，图形显示和控制模块可以用于在线或控制状况以及用于离线或仿真状况。而且，虽然在许多情况下，图形元素的静态部分会呈现为与包括在已知图形库中的三维组成部分类似，但是下面将参照许多可能类型和示例的图形元素，描述这些图形元素的另外独特属性或属性、这些元素显示出的信息以及这些元素与控制系统 I/O 和过程仿真模块的链接。

[0056] 一般而言，图形元素和与智能过程对象相关的过程模块内的仿真算法，属于许多不同类型的过程元素中的一种，包括流 (stream) 元素、过程连接元素、执行元素、处理元素、测量元素以及估计属性元素。流元素通常限定了加工厂中的物质流，并可以显示在图形显示中，以表示组成、密度、流量、温度、压力、重量，和 / 或限定物质流的任何其它参数。流元素可以限定在过程模块的输入端，并且可以提供给过程模块内的元素，从而使得经由过

程 模块的物质流能够在图形显示中建模并得以描述。同样地,流元素可以显示在过程模块的输出端或末端,以在图形显示中示出由图形显示描述的加工厂一部分的输出。流元素还可以用于限定不同的图形显示(以及相关的过程模块)是怎样互相连接的。例如,一个过程模块中的输出流可以是另一个过程模块中的输入流,并且可以提供其它过程模块的输入流所用的值。这些流可以包括下列四个部分:名称(例如 pH 流)、方向(例如流体输入)、测量值(例如流量、压力、温度)以及组成(例如氮、氨等)。不过,如果需要,这些流还可以具有其它部分或参数。

[0057] 过程连接元素限定了工厂内的物质,例如固体物质、液体和蒸气体、以及气体从一个设备到另一个设备的传送或运送方式。为了清楚地示出流过过程的物质,可以使用三种不同类型的过程连接,包括管路、管道以及传送机。当然,也可以使用其它连接元素,例如在电-化学过程中引导(address)能量流的电缆。管路通常用于显示(以及仿真)工厂内的液体和高压蒸汽或气体流。管道通常用于显示(以及仿真)工厂内的低压气体流。传送机通常用于显示(以及仿真)处理单元之间的固体物质的移动。结果,每个工厂连接元素限定了连接类型、例如管路连接、管道连接或用于在设备的输入端或输出端提供物质的传送机连接。

[0058] 如果需要,通过连接传输的物质的属性由上游输入确定。该信息和限定连接是否完成的连接状态变量可以用作图形显示上的连接元素的属性。连接元素可以在处理元素输出端、执行元素输出端或流元素输出端开始。按照类似的方式,连接元素可以在处理元素输入端、执行元素输入端或流元素输入端终止。

[0059] 当光标落在图形显示中的连接元素上时,连接元素的属性可以自动显示在图形显示上。而且,与连接元素相关的属性可以通过在连接元素上设置测量或估计属性元素(在下面定义)来暴露出来,用于永久显示。如果需要,可以通过在元素输出端(例如流输出、处理元素输出或执行元素输出)上按下鼠标左键,同时按下鼠标按钮,在元素输入端上定位指针来创建连接元素。若要成功建立连接,上游元素和下游元素的输入和输出类型(管路、管道或传送机)必须相匹配。该连接会自动呈现出上游元素的类型。

[0060] 如果需要,管路元素在过程图形显示中可以被显示为或被描述为管路连接,管道元素(例如空气或气体)可以显示为管道,传送机可以显示为传输带。管路、管道以及传输元素的连接可以在过程元素之间自动路由,在这些元素描述的外部可以显示箭头,以表示流量的方向。如果两个连接共用一个上游输出,那么“T”形元素可以包括在管路、管道或传送机中。类似地,“T”形元素可以用于组合多个输出。传送元素的色彩或其它图形属性可以变化以表示其状态,例如运行/停止、流动/不流动、堵塞等。一般而言,沿着传送机的物质流是由连接到传送机的电机驱动装置来确定的。因此,电机驱动执行装置(即下面会更详细描述的执行元素)可以连接到传送机。另外,测量元素(在下面描述)可以连接到管路、管道以及传送元素,从而可能暴露有关管路、管道或传送元素的测量,例如传送机的速度、或管路或管道内的物质流量、以及传送机、管路或管道内或上的物质属性,例如湿度或重量。而且,显露出的属性元素可以添加到未被测量的管路、管道或传送机内或上的物质的显示属性,例如物质的组成。

[0061] 如果需要,每个管路、管道或传送连接元素可以图形化地并动态地反映损失(lost)连接(例如通过色彩变化),并且所选择的属性(压力、温度、长度等)是外部配置的

限制（例如，通过色彩变化）。而且，由相关过程模块计算的参数可以显露在图形中。例如，无论连接状态好坏，由上游连接提供的属性，连接元素的一个或多个选择参数的限制等，都可以显露在图形显示中，以给操作员提供关于连接元素或者由连接元素传输的流的信息。

[0062] 一般而言，执行元素是可以执行有关流的一些传动功能的元素，并且可以设置在不同连接元素之间或者设置在处理元素与连接元素之间。执行元素的示例包括调节阀（具有执行器）、开关阀（具有执行器）、泵（具有电动机）、力通风机（具有电动机）、诱导通风机（具有电动机）、喷射器（具有开关阀）、阻尼器（具有驱动器）、进料器（具有变速电动机）以及传送 电机驱动器（可以连接到传送元素上）等。

[0063] 阀元素的图形描述可以动态地反映默认的阀位置（例如通过动画）、阀故障（例如通过色彩变化）、阀全开 / 全闭位置（例如通过色彩变化）以及控制该阀的相关控制模块的 AO、DO、DC、设定点、PV、OUT、模式等（例如通过数字串或其它指示）。与阀元素有关的仿真元素（用于过程模块）可以具有仿真算法，这些算法用来计算与阀执行装置相关的参数，例如排放压力、质量流量、液体温度、液体组成、入口压力和出口压力。如果需要，这些仿真或计算的参数可以显露在过程图形中。不过，用户或者配置工程师必须经常配置对与阀有关的控制模块内的 AO、DO、或 DC 块的引用，以及阀的类型（例如线性、快速打开、等百分比、阀尺寸等）和从打开到关闭的冲程时间。当然，在物质流通过阀时可用于仿真阀的操作的仿真算法，可以是以阀的类型和尺寸信息为依据的。

[0064] 泵元素的图形描述可以动态地反映电动机状态（例如使用色彩变化）、相关 DO 或 DC 功能块模式和设定点（例如使用字符串）、电动机速度（如果使用变速驱动器）、AO 设定点、PV、OUT 模式（如果使用变速驱动器）以及其它需要的参数。同样地，对该元素的过程仿真（用于过程模块）可以确定或计算参数，例如排放压力、液体组成、液体温度和质量流量，这些参数可以显露在图形显示中。用户需要根据泵的类型来定义泵曲线。不过，用户可以配置对与电动机的开启 / 关闭有关的 DO 或 DC 块的引用、对用于变速驱动器（如果使用的话）的相关 AO 功能块的引用，以及用于定义泵操作的泵曲线（例如，压力对流量）。

[0065] 力通风机或诱导通风机执行元素的图形描述可以动态地反映电动机状态、DO 或 DC 功能块模式和设定点、电动机速度（如果使用变速驱动器）、AO 设定点、PV、OUT、DO 或 DC 功能块模式（如果使用变速驱动器）以及其它需要的参数，这些都可以显露在图形显示中。对该元素的过程仿真元素（用于过程模块）可以确定或计算参数，例如排放压力、气体组成、气体温度和气体的质量流量，这些参数都可以显露在图形显示中。用户可以配置 对用于电动机开启 / 关闭的相关 DC 块的引用、对用于变速驱动器（如果使用的话）的 AO 块的引用，以及用于定义通风机仿真操作的通风机曲线（压力对流量）。

[0066] 在有些示例中，可以用具体类型的连接，例如用管路、管道或者传送机仅使用一种特定类型的执行装置。下表定义了典型执行元素的一些示例性的连接局限性。

[0067]

	管路	管道	传送机
调节阀	×		
开关阀	×		
泵	×		
喷射器	×		
力通风机		×	
诱导通风机		×	

阻尼驱动器		×	
进料器	×		×
电机驱动器			×

[0068] 处理元素包括以某种方式加工工厂中的物质或流的工厂设备。一般而言，处理元素的输入和输出可以穿过连接元素。标准的处理元素包括罐（竖直以及水位）、加热器、静态混合器、反应器、混合器、空气加热器以及执行某类简单或标准处理活动的任何其它元素。对于标准的处理元素，用户可以设定元素的输入和输出数量以及诸如尺寸、体积之类的物理设备属性。可以对这些标准的处理元素的仿真算法和静态表示进行设置，以便这些仿真算法和静态表示不能被用户修改，但可以在配置时间进行如上所述的选择。当然，如果需要，其它的通常更复杂的工厂设备（例如分裂蒸馏塔、蒸发器、分离器、锅炉等）可以用作定制的处理元素。这些定制的处理元素的静态表示、输入和输出的数量以及仿真算法可以被修改，以符合用户界面需求。一旦对定制的处理元素进行了定义，就可以把它保存为组合或模板，这些组合或模板在创建其它处理元素中可以重新用作或用作起始点。

[0069] 罐式标准处理元素（竖直或水平）可以基于管路连接配置到罐上，罐元素可以动态反映罐中的水位（例如使用动态动画）以及 100% 水位或空水位（例如使用色彩变化）。对该罐的过程模块仿真可以通过图形显示来计算并显露诸如出口温度、出口组成、液体温度以及罐的仿真水位之类的参数。然而，为了把罐连接到系统上，用户或配置工程师可能需要配置输入和输出连接的数目、对罐的完全连接、诸如尺寸（例如直径和高度）之类的罐属性。

[0070] 加热器处理元素可以动态地计算，并通过图形显示来反映热传输系数（例如使用色彩变化）、出口产品温度、入口产品温度、出口压力（假定固定的下降）等。用户或者配置工程师可能需要配置加热器的完全连接、加热器表面面积以及纯净时的热传输系数。

[0071] 当然，其它处理元素，例如静态混合器、反应器、混合器、空气加热器、热交换器等，可以具有适合这些类型的设备的显示和仿真功能。非标准的处理元素，例如分裂蒸馏塔、蒸发器、分离器、锅炉等，如果不包括在标准选择中，可以使用定制的处理元素来图形化地表示，在该定制的处理元素中，与这些容器相关的仿真可以是用户定义的。这些元素的处理可以描述为或定义为阶跃响应模型，该模型将容器的每个输入与每个输出关联起来。输入可以是气体和 / 或液体流。可选地，用户可以定义用来描述处理元素的输入和输出之间关系的等式，这些等式可以存储在利用该元素进行仿真的过程模块内。如果需要，可以提供一些简单的静态图形表示，以有助于用户快速创建与定制的处理元素相关的静态图形。如果使用这些简单的图形，那么用户可能只需要设定所需的输入和输出连接数目，以及由定制的处理元素支持的连接类型（例如，管路、管道或传送机）。由此响应，图形项将会被显示，并且可以立即用于创建操作员图形。如果需要，在用户选择了仿真算法为阶跃响应时，与处理元素的每个输入和输出相关的增益以及任何动态属性可以被设定。如果用户选择定制的算法，那么可以给用户提供表达编辑器来定义仿真算法。根据所选择的方法，所定制的处理元素输出的属性可以进行不同的计算。而且，用户可以参考在单独软件组件中所定义的一个或多个算法。

[0072] 另外，可以提供一些预定义组合或模板，用来创建定制的处理元素。这些模板可以包括，例如具有定制算法的锅炉模板，该算法可以计算排出气体 O₂、排出气体 CO、产生的蒸汽、锅炉筒水位以及锅炉通风。这样的模板可以是以单个燃料输入为根据的。不过，通过修

改该模板,有可能对具有多个燃料的锅炉进行仿真。其它预定义的模板可以包括专用容器漩流分离器模板,该模板可以结合喷雾干燥器(spay dryer)定制的处理元素来使用,并且可以包括阶跃响应模型,以对分离器的操作进行建模。同样地,塔模板、喷雾干燥器以及蒸发器主体可以利用阶跃响应模型来定义期望的过程响应。在蒸发器中,根据能量输入和输入流体的浓度,可以计算输出流体和蒸汽释放的浓度。多个蒸发器元素可以与热交换器和喷射器元素连接到一起,以创建多效蒸发器。类似地,锅炉处理元素可以使用专用容器堆定制的模板处理元素。在这种情况下,如果需要,入口的属性可以通过不带修改的容器堆来实现,或反映为在该堆内执行的排放量的减少。

[0073] 可以用于创建图形显示和过程模块的其它类型的元素,包括测量元素和属性元素。测量元素包括变送器元素以及开关元素,其中变送器元素可用于图形显示,以访问与物理变送器相关的测量值。通常情况下,变送器元素可以动态地反映与实际变送器(传感器)相关的差的或不定的状态、控制模块内相关AI功能块的模式、测量值和单位等,或者反映与实际变送器相关的其它数据。在离线模式(或仿真模式)下,变送器元素可以用于访问和显示由过程模块提供的仿真值,而不是与AI或PCI块有关的值,或者变送器元素可以用于给控制模块内的有关AI块提供测量值,作为仿真控制例行程序中要使用的测量值。变送器元素可以添加到连接元素或处理元素上,在这种变送器元素添加到显示器时,用户通常需要识别正在提供测量的控制器方案中的相关AI、PCI或DI块。在线模式中,测量值可以靠近该测量元素进行显示。在离线模式(或仿真模式)中,测量的仿真值(由对应的过程模块生成)可以进行自动显示。在线操作中,用户可以在测量到故障事件时,选择切换控制以及显示仿真值。

[0074] 开关元素可以动态地反映差的或者不定的状态、相关DI的模式(例如手动或者OS),以及开关的离散值(接通、断开等)。在离线仿真模式中,用户可以使用开关显示元素来访问、改变在图形显示和控制模块中的开关参数,这是通过手动输入开关的数值和状态,并且通过选择仿真值或手动值和状态来实现的。不过,用户通常必须通过提供对控制方案内的相关DI块的引用、对触发开关和限制的元素属性的引用以及与开关状态变化相关的死区,来配置开关元素。

[0075] 估计属性元素通常显露了由过程模块确定的系统的估计属性,并且可以添加到连接或处理元素,以显示该元素的任何属性。在该元素设置在连接元素上或一件设备上时,用户可以浏览并选择将要显示的属性。因此,通过物理测量不可获得的仿真属性,可以通过使用估计属性元素来显露。这样的估计属性元素可以动态地反映出好/坏连接、估计属性值以及超出有关限制或变化的属性。用户通常必须配置对将要显示的属性和限制的引用,并且在属性超出限制时,元素的色彩变化。

[0076] 可以理解,通过把变送器元素和估计属性元素连接到处理元素、执行元素和连接元素,可以在离线仿真或在线操作期间引用与这些过程元素的输入和输出相关的属性。这些属性还可以在图形显示中可视。

[0077] 一般而言,操作员可以运行或执行配置应用程序38,以创建一个或多个过程模块39或图形显示,用于在工厂10的运行期间实现或在仿真环境中实现。根据一个实施例,配置应用程序38可以给配置工程师呈现配置显示,如图3所示。从图3看出,配置显示64包括库或模板区65和配置区66。模板区65包括对成组的模板智能过程对象67的描述,其可

以包括图 2 的智能过程对象 42；并且可以是上述的任何连接、测量、流、处理以及属性元素。如果需要，也可以提供只具有图形定义的非智能元素 68。本质上，模板 67 和 68 是通用对象，可以被拖到或拉到配置区 66 中，以变在过程模块 或图形显示（或两者）中创建智能过程对象示例。部分完成的过程图形显示 35c 示为包括阀、两个罐、两个泵、流量变送器以及两个传感器，它们通过流路连接器互相连接，并提供流输出，其中流路连接器可以是上述的智能链接或连接器元素。可以注意到，图形显示 35c 可以由智能过程对象和非智能元素组成。

[0078] 在创建诸如图形显示 35c（或过程模块）的图形显示时，配置工程师可以选择并把模板区 65 中所示的智能过程对象 67 和元素 68 拖到配置区 66 中，并且把它们放到任何需要的位置。一般地，配置工程师会选择并把一个或多个描述了设备的智能过程对象 67a 或非智能元素 68 拖到配置区 66 上。配置工程师随后将配置区 66 内的智能设备过程对象与智能连接器过程对象 67b 互相连接，并且可以把输入和输出流 67c 放置到显示中。而且，非智能元素也可以添加到显示中。在使用弹出属性菜单等的过程期间，配置工程师可以改变每个智能过程对象的属性，尤其是可以改变与这些智能过程对象相关的方法、参数、标签、名称、热链接、模式、类、输入和输出等。在过程或配置工程师已经用通常表示了过程配置、区域等的每个所需的元素创建了一个过程模块时，配置工程师可以定义与该模块有关的准则或功能。这些准则可以是执行准则，例如那些与系统级方法的性能相关的准则，像质量平衡以及流量计算。该过程工程师或操作员还可以确定增加趋势和面板，这在过程显示为在线时可能十分有用。在创建图形显示 35c 之后，配置工程师可以在存储器中保存该显示，并且在此时或稍后，可以按照执行机 48 可以提供图形显示的方式，对该显示进行实例化并将其下载到执行机 48。当然，配置工程师可能以相同或相似的方式创建过程模块，尽管对于过程模块元素有不同的与过程图形显示元素相反的图形描述。而且，操作员可以在工厂运行的同时，选择打开细节的等级。例如，一个细节等级可以显示位于一个连接处的组成。

[0079] 如上所述，过程图形或过程模块可以提供有专用标签。例如，图形显示或过程模块内的智能过程对象元素可以提供有标签，该标签包括别名，别名 可以根据其它因素，例如在过程控制系统内选择的一件设备或路由，由例如执行机 48 在运行时间进行填写或选择。别名名称以及在过程控制系统中的间接引用的使用在美国专利号为 6, 385, 496 的美国专利中有详细论述，该专利转让给了本发明的受让人，并且合并不此作为参考。这些技术中的任何一个都可以用于提供和解决此处所述的智能过程对象的标签中的别名。在使用别名等的情况下，同一过程模块可以包括或用于支持各组设备等的不同视图。

[0080] 图 3 的显示 64 示出了对于过程模块或图形显示的不同视图的选项标记 (tab) (视图 1, 视图 2 以及视图 3)。这些选项标记可以利用其中的一些相同智能过程对象，用于给有关过程的不同用户访问和创建视图。

[0081] 一般而言，在配置工程师创建过程模块或图形显示时，配置应用程序 38 把智能过程对象以及这些对象之间的连接自动存储在数据库中。该数据库可以用于创建其它过程模块以及图形显示，这些图形显示可以例如使用一个或多个相同的智能过程对象来提供不同视图。这样，在创建第二视图时，配置工程师可以简单地参考已经创建并存储数据库内的智能过程对象以及与其一起存储的任何方法等，以便把该智能过程对象设置在第二视图内。通过这种方式，随着过程控制模块和图形显示的创建，数据库的内容增加，并且数据库可以

在任何时间,利用已经存在于过程流数据库内的智能过程对象来创建并执行其它视图、模块以及图形显示。通过这样的数据库,在该数据库内的智能过程对象可以支持或用在过程模块中,并在多图形显示中被引用。可以理解的是,过程模块可以通过建立这些模块的显示来构建,并随后规定用于过程模块中或与过程模块有关的流算法。当然,各个过程模块可以分布在不同计算机中来执行,这些过程模块可以互相通信连接以在相同或不同计算机上彼此结合操作。以上过程完成时,输入和输出流将从外部被引用以便把过程模块连接到一起。

[0082] 如上所述,作为过程模块或图形显示创建的一部分,配置工程师可以附上或提供过程模块的仿真算法。这些仿真算法可以被预先配置,以计算或确定某一过程或系统级属性,例如针对由过程模块描述或建模的过程的质量平衡计算、流量计算、效率计算、经济计算等。结果,过程模块本身可以具有模式、状态以及警报行为,能够分配给工作站,并且可以作为显示下载的一部分被下载。如果需要,仿真算法可以由执行机 48 来执行,以利用过程模块的智能过程对象内的数据,来实现质量或热量平衡、流体行程、流量效率、流量优化、有关过程仿真的经济计算或其它所需的计算。而且,这些仿真算法可以访问来自控制策略的参数,即与控制器、现场设备等有关以及被下载到控制器、现场设备等的控制模块的参数,反之,也可以给这些控制模块提供数据或信息。

[0083] 可以理解,执行机 48 应该能使过程算法执行所有过程对象的合并和在所有显示上配置过的链接。因此,仿真算法(位于过程模块内)通常会被执行,而不考虑任何相关图形显示是否加载,即直接调用并给用户显示信息。当然,仿真算法可以在整个过程 10 或过程 10 所定义的子区上被交叉检验。也可以理解,在执行任何特定过程模块期间,执行机 48 可以在操作员界面上给操作员提供显示,该操作员界面根据有关过程模块的图形显示来描述该过程模块内的互连对象或实体。显示的参数、图形等将通过过程模块内的智能对象的配置和互连来确定。而且,提供在该显示或其它显示上的警报和其它信息,可以通过位于智能过程对象内的方法以及有关特定过程模块的仿真算法来定义并产生。如果需要,执行机 48 可以给不止一个操作员界面来提供过程模块的显示,或者执行机 48 可以被配置或设置成不提供显示,即使执行机 48 继续执行过程流模块,并因此执行与此相关的方法、警报行为、过程算法等。

[0084] 如果需要,过程模块可以由图形显示自动产生(反之亦然),过程模块可用的功能由过程图形元素来确定。应该要清楚的是,过程模块优先被构建成遮蔽过程图形显示。结果,在用户配置过程图形显示时,用户可以具有为过程模块包括附加信息的能力,例如质量流或能量流。这些流用在过程模块中,以建立仿真功能块所需要的初始条件。

[0085] 另外,由于过程模块是在计算机中运行的实际软件模块,所以它们也可以引用或由控制器模块引用,以便使用与该控制器模块有关的参数、控制策略、显示等。而且,通过使用这种能力,控制模块可能独立于过程图形显示而进行创建。

[0086] 一般而言,过程模块会由处理元素、流以及其相关连接来组成。由于过程图形元素与仿真元素(过程模块内)之间具有一对一的对应关系,所以对用户来说,有可能构建图形显示并从该显示中自动产生对应的过程模块。当然,如果需要,用户可以创建过程模块,并随后使用智能过程对象内的图形从该模块中自动创建图形显示。不过,为了实现过程模块的自动产生,用户需要识别与测量元素以及估计属性元素相关的执行装置、连接元素或处理元素属性。在创建过程图形之前,或在有些情况下是在构建控制模块之前,用户还需要创

建过程仿真。在该仿真创建之后，可以在控制模块内填入对 I/O 模块的引用。而且，在创建相关的图形显示时，可以浏览现有的过程模块，以设置属性参考。

[0087] 在有些情况下，过程图形可以不包含创建过程仿真所需要的全部细节。因此，需要提供编辑器使用户能够编辑仿真或过程模块，其中所述过程模块已经根据过程图形自动创建。而且，由于多个过程图形可能需要显示同一件设备，因此在构建元素的过程图形中需要能够参考现有的过程模块。

[0088] 一般而言，对应处理元素的仿真会具有公共的结构。如果需要，仿真的块输入连接和参数可以存储在过程模块中，从而不需要对控制模块进行参考。而且该仿真所支持的输入以及输出连接的数目，可以定义为可扩展的，这些由执行仿真产生的结果可以反映在仿真输出连接中，或作为仿真参数，并且仿真算法可以定义为阶跃响应或可以由用户输入。在仿真算法由用户输入时，用户为每个输出分别设定动态性。

[0089] 而且，一组公共参数可以支持输入和输出连接。与输入和输出连接相关的参数可以作为阵列参数或结构在各个块之间传输，并且可以包括诸如连接状态（例如，好、坏、受限等）、质量流量参数、压力参数、温度参数、比热参数、密度参数或任何其它所需的参数之类的参数。在有些情况下，可以提供诸如流的组成之类的其它参数，并将它们用于仿真算法。为了支持这种需求，可以提供标准和扩展的流元素。作为扩展流元素配置的一部分，用户可以选择一组预定义的数据组来限定流元素。这种扩展连接仅被允许连接利用这种信息的模块。一般地，扩展参数可以包括组名称以及许多专用元素。例如，锅炉处理元素的燃料输入流可以包含该燃料的组成成分，该组成成分包括燃料集（set）、燃料中的碳、氢、硫、氧、湿气以及氮的含量（如果需要都是重量%）。根据另一个示例，涡轮式发电机处理元素可以使用蒸汽流，并且对相关仿真的连接可以使用扩展参数集，该扩展参数集包括蒸汽集、蒸汽焓（实际）进入态、蒸汽焓（实际）排出态、蒸汽焓（如果等熵膨胀）等。

[0090] 在过程模块内的仿真元素用作高保真仿真包（package）的界面时，还可以使用膨胀组集。在这种情况下，一些流的组成成分可以在过程图形中可视。而且，如果需要，可以提供交互式编辑器，以更容易创建或修改显示在图形显示上的数值，以及将在图形显示上呈现的控制模块的相关面板和细节显示。

[0091] 图 4 示出了可以使用上面描述的元素和配置应用程序创建的示例性图形显示 100。具体地说，图形显示 100 描述了可以根据水、酸和碱产生白醋的加工厂的一部分。如图 4 所示，过程图形显示 100 包括位于输入端的四个流元素 102，分别限定了碱进给、酸进给、水进给以及冷却水。碱进给流 102 通过管路连接元素 104 传送到阀 106 形式的执行元素。阀 106 的输出通过管路连接元素 104 连接到混合器 108 的第一输入端。按照相似的方式，酸进给 102 连接到变送器元素 110，并随后连接到另一个阀 112，该阀连接到混合器 108。酸进给 102 与变送器 110，变送器 110 与阀 112 以及阀 112 与混合器 108 都是通过管路连接元素 114 连接的。

[0092] 很容易看出，混合器 108 的输出通过管路以及两个变送器 124 和 126 连接到热交换器 122。冷却水流 102 通过阀 128 传送到热交换器 122，并且通过阀 130 从热交换器排出，以产生循环水流元素 131。同样地，热交换器 122 的输出由变送器元素 132 和阀 134 来传送，以提供输出，即乙酸流元素 136。特别地，虽然并不总是要说出来，但是图形显示中的元素在任何情况下都是通过管路连接元素彼此相连的。

[0093] 可以理解,图形显示框 (box) 140 可以作为显示元素本身的属性产生,或者可以是变送器形式的单独元素,以及所估计的属性元素或在控制模块内引用块的元素,图形显示框 140 显示在图形显示 100 中,以表示或显露参数,例如与不同元素相关的过程变量 (PV) 值、设定点 (SP) 值、OUT 值等。另外,如果用户在一些元素上设置光标,显示 100 可以显示与引用元素相关的其它数值。例如,在一个流元素 (例如乙酸流输出 136) 上放置光标,可以使该图形表示过程中该点处的酸流的组成、压力、温度、密度、流速等。当然,显示在图形显示 100 上的数值以及参数可以由过程控制系统内的实际参考的变送器 (例如由控制系统内的 AI 块),或由可以仿真该元素功能的过程模块仿真元素来传送。图 4 的图形显示 100 可以在制造白醋的过程操作中提供给用户,或实施对待使用的该过程的仿真,例如用来做设计或执行操作员训练活动。

[0094] 图 5 示出了不同图形显示 (并且类似地,不同的过程模块) 连接到一起的方式,以形成更高级显示 (或过程模块) 来显示 (或仿真) 加工厂的更多方面。根据图 5 的显示 150,过程图形 100 被折叠 (collapsed) 到一个框中,该框具有名称或者标签以及显示为连接点的一组流输入和输出。如果需要,用户可以通过选择以及例如双击该图形来将图 5 的图形显示 100 展开成图 4 所示的图形显示。另外,其它折叠的图形显示 152 和 154 示为经由输入流元素 156 和 158 连接到碱进给、酸进给和水进给,以及冷却水进给。过程图形显示 100 的流输出 136 连接到白醋的储料罐 162 的流输入 160。通过类似的方式,过程图形显示 152 和 154 的流输出分别连接到麦芽醋和精选醋的储料罐 163 和 164 的流输入。可以理解,过程图形 152 和 154 可以被配置成分别为制造麦芽醋和精选醋的加工厂部分提供图形,并且属于这些加工厂区域的数据和图形视图可以通过扩展这些显示来查看。

[0095] 不过,图 5 示出了加工厂的不同图形区可以通过流元素之间的连接而连接在一起。具体地说,流元素可以包含在显示中以定义与连接元素相关的初始属性。而且,流元素可以用作各显示之间的连接点。对于各显示之间的这种非表式 (off-sheet) 连接,用户可以对流进行单击,以调用包含引用连接的相关显示。因此,一般而言,流元素的质量 / 组成通常会用于定义过程输入的初始属性,即初始原料组成等,或定义对另一个显示上的流连接元素的链接。在质量 / 组成流元素的输入或输出上也可以进行连接。对于流元素,用户通常可以配置流的名称 (在系统内应该是唯一的)、流的属性 (如果没有参考输入或输入连接)、流的不同组份的质量分数 (如果流由不只一种成分构成)、压力或流量、温度、比热、密度、所需的连接类型 (管路、管道、传送机) 以及所参考的输入流 (如果用于访问另一个显示上的流)。同样地,能量流元素可以用于定义有关过程输入的初始能量,例如 BTU/HR 传热等,或定义对另一个显示上的流连接元素的能量属性的链接。

[0096] 虽然图 5 示出了使用流来互连不同的折叠图形显示的情况,不过相同的步骤也可以用于互连不同的过程模块 (以及用于显示不同过程模块之间的互连),具体地,过程模块可以被折叠以显示名称以及流元素的输入和输出,使用对不同过程模块的流输入和输出之间的通信连接或链接的描述,这些折叠的过程模块可以通信结合到或连接到其它过程模块。

[0097] 图 6 示出了对应于图 4 的图形显示 100 的过程模块 100a。可以看出,过程模块 100a 包括表示用于对图 4 的图形显示中所描述的每个物理元素的智能过程对象仿真的块。为了容易理解,对应于图 4 中元素的图 6 中的每个仿真块都被指定有添加了 “a” 的同一附图标

记。因此,图 6 的混合器仿真块 108a 是对应图 4 所描述的混合器 108 的仿真。同样地,阀仿真块 106a、112a 以及 118a 分别对应并通信连接到图 4 所描述的阀 106、112 以及 118。

[0098] 因此,图 6 的过程模块 100a 包括对图形显示 100 所描述的每个元素的过程仿真元素(可以表示为与智能过程对象相关或由智能过程对象设定的功能块),这些仿真块通过并使用图形显示 100 中所设定的连接元素来互相连接。如果需要,过程模块 100a 可以在创建图形显示 100 之后,甚至在图形显示 100 创建期间自动创建。

[0099] 如上所示,过程模块 100 中的每个过程仿真元素都包括仿真功能(例如算法、准则、传递函数等),该仿真功能是以过程中使用的机械设备的行为以及在这些仿真元素的输入处提供的物质流的性质(nature)为根据的。在图 6 中,这些仿真是通过每个处理元素、执行元素以及变送器元素内的 SIM 模块显示的。因此设备的动态性和流的效用可以在过程模块 100a 内进行建模和仿真。一些可能的用于与执行元素和处理元素相关的仿真块的属性可以是出口温度(基于入口温度、流量和热容)、出口流量(基于入口质量流量以及元素内的累积)、出口压力(基于假定的通过单元的压降或下游压力)以及出口组成(基于混合程度和入口组成)。在实施定制的计算时,可以根据例如过程输入变化的一阶加滞后响应来添加有关出口属性的内置动态性。如果需要,用户可以设定有关每个计算属性的空载时间和时滞。对于诸如变送器和开关的过程测量元素以及连接元素来说,可以假定没有在参考属性中引入动态性。不过,如果需要,可以对暂态和其它属性进行建模。但是,在许多情况下,来自上游连接的属性可以立即反映在下游连接中。

[0100] 利用过程模块 100a,可以对过程图形 100 中所描述的过程的一部分操作进行仿真。由于来自过程模块 100a 内的仿真元素的数值可以自动传送到并显示在图形显示 100 的图形中,也可以用于控制模块中,所以该仿真可以集成在显示 100 中。同样地,训练教员可以使用该显示来影响或改变由过程模块 100a 执行的仿真中的属性。

[0101] 如果需要,通过定义测量元素和执行元素的 I/O 参考并随后使用这些参考来在仿真中自动创建当前用于例如 HYSYS 中以执行 I/O 的仿真 DCS 界面表,例如由 HYSYS、CAPE 等提供的高保真仿真可以添加到仿真特征上。对用于构建高保真过程仿真的每个 HYSYS(或其它高保真仿真)组份,都可以定义标准的处理元素模板。这样的高保真仿真 165 在图 6 中示为通信连接到过程模块 100a。在这种情况下,用户可以选择禁止提供在过程模块 100a 中的每个仿真元素内的仿真,相反可以选择使用由高保真仿真 165 提供的仿真参数。通过启动开关 166(可以是设置在过程模块 100a 内的电子开关、标志等),用户可以设定高保真仿真 165 的使用。

[0102] 一般而言,在开关 166 设置为使用高保真仿真 165 时,过程模块 100a 内的有关功能块用作灰块,即它们的仿真算法(SIM 块)不被执行,相反这些块参数由高保真仿真 165 来进行读写。不过,过程模块 100a 的各块仍向过程图形和控制模块传送相同的参数和其它信息,并且从过程图形 100(最终用于高保真仿真 165)和过程模块 29 接收信息。

[0103] 可以理解,以这种方式使用过程模块可以按照由操作员、工程师等查看并使用的(即使用有关过程模块 100a 的过程图形显示 100)的方式,提供一种连接加工厂内的高保真仿真包(软件产品)的容易和方便的方式。具体地,过程模块的流参数可以一直连接到在高保真仿真内被建模的流量或与在高保真仿真内被建模的流量相关,过程模块内的路径能够自动构建或与高保真仿真内的路径相关。实际上,在这种情况下,过程模块用作变量或数

据位置标志符,这些位置标志符给用在加工厂控制和仿真环境中的控制模块和图形显示提供了一种映射高保真仿真包内的数据的方便方式。

[0104] 而且,过程模块和相关的图形显示减少或消除了为高保真仿真提供单独显示的需求,这些需求目前通常由高保真仿真提供商高成本地提供给用户。相反,由于过程模块已经连接到图形显示上,在过程模块连接到高保真仿真包上时,图形显示可以用于给用户提供由高保真仿真包计算的信息,并且使用户或操作员能够操纵高保真仿真包的输入。而且,由于过程模块通信连接到控制模块,由高保真仿真包产生的参数或数据可以用于控制模块以执行在线控制活动。以这种方式使用过程模块,高保真仿真包除了可以与控制模块集成之外,还可以与其并行执行。

[0105] 从以上提供的论述可以理解,过程模块和图形显示可以按照集成的方式来创建和运行,以提供加工厂 10 的区域操作员视图以及对由图形显示描述的加工厂操作进行仿真 的过程模块。有利地是,过程模块和图形显示可以另 外地与用来针对该加工厂区域或部分 执行控制活动的一个或多个控制模块进行集成(例如,与其通信连接)。因此,图 1 所示的 控制模块 29 可以与图 1 所示的一个或多个过程模块 39 和图形显示 35 通信集成。当然,在 任何所需或必需的特定情况下,除了图 1 所示的之外,控制模块 29、过程模块 39 以及图形显 示 35 可以在工厂 10 内的任何其它计算机或设备中实现。

[0106] 图 7A 和图 7B 更详细示出了控制模块 29、过程模块 39 以及图形显示 35 的集成。 具体地,图形显示 35 包括连接到再循环罐 182 的输入端的阀 180 以及与再循环罐 182 的输 出串联的泵 184 以及阀 186。元素 180-186 通过管路连接元素(未标出)连接到一起,流元 素位于图形显示 35 的输入和输出处以限定这些点处的物质流。

[0107] 作为图形显示 35 的配置结果,可以与图形显示 35 同时创建的过程模块 39 可以包 括对应于图形显示 35 中所描述的物理元素的阀元素 180a、罐元素 182a、泵元素 184a 以 及阀元素 186a 形式的过程仿真元素。控制模块 29 控制与图形显示 35(在其中描述)相 关的至少几个物理元素,包括一组互连的功能块,这些功能块可提供对或有关由图形显示 35 和过程模块 39 所描述的元素的控制。根据该示例,控制模块 29 包括两个控制回路 190 和 192。第一控制回路 190 具有模拟输入(AI)功能块,其接收关于进入罐 182 的流体流量的 流量输入信息;比例-积分-微分(PID)控制功能块,其执行 PID 控制;以及模拟输出(AO) 功能块,其操作阀 180 以影响进入罐 182 所需的物质流量。通过相似的方式,控制回路 192 包括 AI 功能块,其提供由罐 182 内的水位传感器所测量的罐水位信息;PID 控制块;以及 AO 功能块,其接收来自 PID 控制块的控制信号以操作阀 186 来实现对罐 182 内的液位的控 制。控制模块 29 还包括离散输入(DI)功能块,其表示例如泵 184 的开/关状态或操作,并且如 果需要可以由控制回路 190 和 192 使用,以执行有关罐 182 的控制活动。

[0108] 可以理解,图形显示 35、过程模块 39 以及控制模块 29 内的任何一个元素都可以与 这些元素中的其它元素进行通信(经由相关的通信标签),以 提供这些不同实体之间的信 息往返,从而提供更佳的或增强的控制、仿真以及操作员显示,这些将在以下进行更详细地 描述。例如,如图 7B 所示,回路 190 的 PID 控制块可以被配置成给图形显示 35 提供信息, 以显示由 PID 控制元素正在使用的当前流量设定点,或者回路 190 的 PID 控制块可以从图 形显示 35 读取用于控制模块 29 的设定点,如在这些元素之间的带箭头的线所示。通过类 似的方式,过程模块 39 的罐元素 182a 可以给过程控制模块 29 的控制回路 192 的 AI 功能

块提供仿真输出,以表示由元素 182a 内的仿真算法所确定的罐的仿真水位。该仿真罐水位还可以作为附加信息显示在图形显示 29 上,以供操作员进行查看。

[0109] 如果需要,控制回路 192 的 AO 块可以向图形显示 35 的阀 186 提供信息,并从阀 186 接收信息。另外,回路 192 的 AO 功能块可以被配置成给过程模块 39 的阀元素 186a 提供控制输出。在这种情况下,阀元素 186a 可以将该阀位置的预测值与正在控制回路 192 内测量的实际阀位置进行比较,以确定在物理元件中是否存在某些故障。在差值超出某个量时,过程模块 39 可以包括在图形显示 35 上产生警报或警示的软件,这可以表明加工厂内的潜在问题,例如有传感器故障等。还是如图 7B 所示的,阀元素 186a 可以给图形显示 35 提供仿真测量值或参数,以显示给操作员或由操作员来使用。这样的测量值或参数可以表示来自阀 186 的仿真或预测流量或有关阀 186 的任何其它仿真参数。当然,任何其它需要的信息或数据,包括实际测量数据、仿真数据或图形显示数据可以提供给图形显示 35、过程模块 39 以及控制模块 29 中的元素,以提供更佳的或增强的控制、仿真或显示。

[0110] 一般而言,通过集成过程模块与控制模块以及如果需要时还可以集成图形显示,可以带来许多好处。在一种情况下,如所提到的,由过程模块执行的仿真可以将仿真或预测的测量值、参数或其它过程值与由控制模块提供的测量或计算的参数相比较,以检测系统内的潜在问题。例如,由过程模块 39 计算的与在过程本身内测量的流出阀的流量之间的较大差异可以是产生表示某一设备存在问题的警报的原因。反之,在控制模块 29 知道存在不再有效或控制模块不可用的故障传感器或其它元素的情况下,控制模块 29 可以使用仿真参数来提供增强的控制。在这种情况下,控制模块 29 能够自动用有过程模块生成的仿真输出代替测量值或参数(可能有故障,也可能具有较差的状态等),而不需要操作员的介入,也不需要关闭该过程。而且,在同一显示器上显示方针的和实际的控制数据可以帮助操作员或用户来检测工厂内的问题,这在仿真模式下有用,也有助于执行更佳的设计活动等。

[0111] 图 8 更详细地示出了控制模块 200 与过程模块 202(以及有关过程模块 202 的任何图形显示)通信集成的方式。图 8 的控制模块 200 包括三个 AI 功能块 204、205 以及 206,其输出连接到控制功能块 207,该控制功能块 207 可以是例如模型预测控制(MPC)功能块的多输入 - 多输出控制块。来自控制块 207 的三个控制输出可以被传送,以控制三个 AO 功能块 208、209 以及 210 的输入,这些 AO 功能块可以控制例如对混合器提供不同流体以用于混合的过程内的阀。

[0112] 过程模块 202 与具有混合器和由控制模块 200 控制的阀的过程部分有关。具体地,过程模块 202 具有阀(执行元素)211、212 以及 213,其对进入混合器元素 214 的三种流(由在过程模块 202 的左手侧的箭头描述)的流量进行仿真。阀元素 215 仿真流出混合器元素 214 的流体流量,以定义在过程模块 202 的右手侧的输出流,变送器元素 217 可以表示(或仿真)流出混合器元素 214 的流体组成。可以理解,为了清楚的目的,连接元素示为过程模块 202 中的简单线条。

[0113] 在这种情况下,AO 功能块 208-210 可以控制由阀 211-213(在过程模块 202 内)所描述的加工厂内的阀的操作,同时到 AI 功能块 204-206 的控制输入可以由组成传感器、流量传感器或加工厂内由变送器 217(在过程模块 202 内)所描述的其它传感器来提供。

[0114] 可以看出,过程模块 202 和控制模块 200 内的逻辑元素可以通信互连,以通过需要或有用方式从过程模块 202 向控制模块 200 提供信息,反之亦然。根据一个示例,通信连接

(由虚线 218 表示)可以配置在过程模块 202 的变送器元素 217 的输出(其显露了混合器 214 中的物质组成的仿真测量值)与过程控制模块 200 的 AI 块 216 的仿真输入 SIM-IN 之间。通过这种方式,混合器 214 中的液位的仿真测量值提供给 AI 块 206,而且在例如 AI 块 206 的控制输入 (IN) 处的信号由于某种原因处于较差状态或有故障时, AI 块 206 可以使用该仿真输入。这样,在实际物理测量无效或不可用时, AI 块 206 仍可以提供一个与 AI 块 206 相关的测量近似值,从而使得控制模块 200 在存在故障传感器的情况下能够继续运行并提供控制。这样的连接还可以使得控制模块 200 能够运行在仿真模式下,在该仿真模式下,有效仿真数据(由仿真过程模块 202 提供)可以在离线操作员训练或测试控制模块 200 期间来使用。

[0115] 可选地或另外地,通信连接(由虚线 219 表示)可以配置在过程控制模块 200 内 AO 块 208 的输出与阀元素 211 的输入之间,其中阀元素 211 对加工厂中由 AO 块 208 控制的实际阀进行建模。此处,阀元素 211 可以使用从实际阀获得的数据或被发送到实际阀的数据,以确定仿真数据(即由阀元素 211 的 SIM 块计算的测量值以及参数)是否准确或是否与实际控制例行程序 200 中所使用的数据相匹配。如果存在明显的差异,过程模块 202 可以产生指示潜在问题的警报或警示,或可以使用实际数据来提供过程模块 202 内的较佳的或更准确的仿真。例如,阀元素 211 可以使用用于阀元素 211 位置的 SIM 块内的实际控制数据来反映仿真中的实际阀位置。当然,在过程模块 202 与控制模块 200 内的元素之间也可以进行其它连接,以提供这两个模块之间的沿两个方向的数据流,以便用于执行增强的控制和 / 或仿真。而且,任何来自过程模块 202 或控制模块 200 的数据都可以通过与过程模块 202 相关的图形显示来自动地由操作员使用。

[0116] 如果需要过程模块可以在过程控制网络或加工厂中提供并仿真冗余功能。具体地,过程模块可以仿真设置在加工厂内的诸如冗余设备、冗余控制模块之类的实际冗余元素的操作,并且能检测或仿真实际冗余元素的操作(包括,例如备用冗余元素应该何时接管等)。另外,如果需要,具有仿真功能的过程模块可以用作加工厂内的冗余对元素中的一个,在这种情况下,过程模块(或其中任何部分)可以运行用作备用设备,以在有关主设备(以及实际物理设备)有故障或检测出问题的情况下,提供备用或冗余数据(信号、计算等)。这样,用作冗余元素的过程模块可以通过任何已知的方式与控制模块(其执行控制或测量操作)通信互连,以提供冗余能力。在过程模块以上述的方式连接到一个或多个高保真仿真包时,过程模块在加工厂内用作冗余元素的这种方式尤其有用。

[0117] 可以理解,此处描述的智能过程对象、图形显示元素以及过程模块的功能性可以在操作员工作站 20 中运行,并且不需要下载到或配置在工厂 10 内的控制器、现场设备等中,这使得该功能性更容易实施、查看、改变等。而且,该功能性使得比在过程设备、控制器等内更容易作出系统级的决定,这是因为总地来说,属于设备的系统级信息通常都可用于操作员工作站 20,并且特别地可用于执行机 48,其中通常并不是所有信息都可用于加工厂 10 中的每个控制器和现场设备。不过,在这样做比较有利的情况下,与过程模块相关的一些逻辑,例如图元,可以嵌入到向下位于加工厂内的设备、装置以及控制器中。通过智能过程对象来创建集成的过程控制模块和图形显示,使得执行机 48 能够,例如用最少的用户配置活动来自动检测泄漏以及产生智能警报,以便在加工厂 10 中计算并跟踪流量和质量平衡、跟踪加工厂 10 内的损耗以及提供对工厂 10 的更高级别的诊断,并在工程设计和操作员训

练习期间仿真工厂的操作。

[0118] 图 9 描述了一种对用在具有分布式控制策略的加工厂内的执行机 48 和过程模块以及图形显示进行集成的可能方式。如图 9 所示,显示类定义 220 由过程模块创建或与之相关,以在执行机 48 的执行期间向操作员提供显示,并且显示类定义 220 被提供给控制配置数据库和工程工具 222,它们在控制策略文档编制内以任何所需的方式来使用和组织这些显示类定义。过程算法 224 可以在运行期之前连接到这些显示类定义,随后,显示类定义和与之绑定的流算法可以被初始化,并被提供给图形显示 / 过程模块运行期环境 226(其可以在一个或多个工作站内以一个或多个执行机 48 的形式来实现)。图形显示 / 过程模块运行期环境 126 使用下载脚本剖析器 228 来剖析运行期间的代码(即实时执行对象代码转换),并且使用基于准则的执行机 230 来执行流程算法或其它提供给或绑定到显示类上的基于准则的程序。在该过程期间,图形显示 / 过程模块运行期环境 226 可以与控制模块运行期环境 232 进行通信,这可以在控制器以及与过程相关的现场设备中执行,以给控制模块运行期环境 232 提供数据或信息,或访问来自控制模块运行期环境 232 的数据或其它信息。当然,图形显示 / 过程模块运行期环境 226 可以使用诸如图 1 的以太网总线 24 之类的任何所需的或预配置的通信网络,与控制模块运行期环境 232 进行通信。而且,也可以使用将此处描述的图形显示、过程模块以及控制模块集成到标准的过程控制系统或加工厂中的其它方法。

[0119] 从以上所述可以理解,过程模块和图形显示可以按照集成的方式来创建和运行,以提供加工厂 10 一部分的操作员视图以及对由图形显示所描述的加工厂操作进行仿真的过程模块。如上所述,过程模块和图形显示可以另外与针对该加工厂区或部分执行控制活动的一个或多个控制模块进行集成。因此,图 1 所示的控制模块 29 可以与图 1 所示的一个或多个过程模块 39 和图形显示 35 进行通信集成。当然,在任何特定的情况下,如果需要或必需,除了图 1 所示的那些,控制模块 29、过程模块 39 以及图形显示 35 可以在工厂 10 内的任何其它计算机或设备中实现。

[0120] 进一步,过程模块和零个、一个或多个图形显示以及控制模块可以另外与一个或多个专家模块进行集成(或通信连接),这些专家模块可以实现专家系统,以帮助检测和 / 或管理关于加工厂区或部分的异常状况。专家系统可以利用来自过程模块的数据,例如过程数据,和 / 或对应于与过程模块相关的物理实体的仿真数据。专家系统通常分析数据,以检测该数据中的给定类型。如果检测到类型,那么专家系统就可以执行与该检测类型相对应的一组动作。

[0121] 图 10 是过程模块 304 与专家模块 308 相集成的系统 300 的方框图。过程模块部分 304 包括阀块 312、罐块 314、泵块 316 以及阀块 318。阀块 312 的输出连接到罐块 314 的输入,泵块 316 的输入连接到罐块 314 的输出。泵块 316 的输出连接到阀块 318 的输入。阀块 312 的输入和阀块 318 的输出连接到流元素(未标出)。阀块 312、罐块 314、泵块 316 以及阀块 318 通过管路元素(未标出)串联。

[0122] 通过利用至少过程数据和 / 或来自过程模块 304 内的块的仿真数据,专家模块 308 可以提供专家系统,以帮助检测和 / 或管理异常状况,这些异常状况与和过程模块 304 内的块相关的物理元素中的至少一些相关联。换句话说,通过利用至少来自过程模块 304 的数据,专家系统可以帮助检测和 / 或管理加工厂中的实际异常状况。而且,专家系统可以帮助

检测和 / 或管理与物理元素中的至少一些的仿真相关的异常状况, 其中物理元素与过程模块部分 304 内的块相关。换句话说, 专家系统可以帮助检测和 / 或管理加工厂中的仿真异常状况。这在例如配置和 / 或设计控制系统、安全系统、报警系统等, 和 / 或例如训练操作员时十分有用。

[0123] 专家模块 308 可以包括一组准则 324 以及应用这些准则的专家机 308。准则 324 可以表示例如试探法或“拇指准则”, 其指定在不同状况下执行的动作。通常, 准则可以包括“if”部分, 其指定使准则可以使用的一组特定事实。而且, 准则还可以包括“then”部分, 其指定了在“if”部分被满足时, 要采取的动作。通常地, 准则 324 可以被配置成检测与过程模块相关的异常状况。在这种实现中, 所采取的动作可以与通知人员已经发生异常状况或正在发生异常状况相关。因此, 准则 324 可以表示所要采取的动作, 例如产生警报或警示、在操作员屏幕上显示通知、发送邮件、向寻呼器发送寻呼、向便携式通信设备发送文本消息等。同样地, 准则 324 可以表示诸如屏幕警报或警示的所采取的动作。例如, 潜在问题可以导致对相关设备、测量、参数等产生大量警报或警示。专家模块 308 可以用于帮助显示所引起的警报和警示, 以便这些显示不会隐藏潜在的问题。所采取的动作还可以与校正异常状况和 / 或缓解其影响有关。因此, 准则 324 还可以表示所采取的动作, 例如重写控制信号值、重写一组设定点值、修改设备设置、关断设备等。

[0124] 专家机 326 可以对应用于与过程模块 304 有关的数据的准则 324 进行估计。例如, 专家机 326 可以分析由过程模块 304 产生的数据或从过程模块 304 获得的数据。例如, 过程模块 304 内的任何元素都可以与专家模块 308 通信(通过相关的通信标签), 以给专家模块 308 提供信息, 从而提供更佳或增强的控制、仿真和 / 或异常状况预防功能。例如, 罐块 314 可以被配置成给专家机 326 提供过程变量(例如罐水位测量、输入流测量等)、警报、参数等。可替换地, 专家模块 308 可以被配置成从罐块 314 获取信息。同样地, 阀块 312 和 318 也可以被配置成给专家机 326 提供过程变量数据(例如阀位置、控制信号值等)、警报、参数等, 或者专家模块可以被配置成从阀块 312 和 318 获取信息。

[0125] 另外地, 专家机 326 可以分析与过程模块 304 相关的其它数据, 例如与过程模块 304 中的过程块相关的过去的警报和警示、操作员动作、设定点变化、运行模式等(例如存储在事件记录器或数据历史记录器中); 过程变量、参数等的历史值(例如存储在数据历史记录器中); 过程变量、参数等的未来值(基于诸如阶跃响应模型、第一原理模型等)。而且, 专家机 326 可以任选地分析其它类型的数据, 例如有关其它过程模块的数据、与未在过程模块 304 中描述的设备相关的数据等。

[0126] 专家机 326 可以包括 CLIPS 专家系统工具和 / 或任何其它适合的例如非定制的或定制的专家系统工具。因此, 本领域的普通技术人员可以理解, CLIPS 专家系统工具并不是必需的。虽然在图 10 中, 专家机 326 描述为专家模块 308 的一个组成部分, 但是专家机 326 也可以与专家模块 308 分开。例如, 一个专家机可以应用与各个过程模块相关的多个专家模块的准则。参照图 2, 例如, 执行机 48 可以包括一个或多个专家机 326。

[0127] 虽然在图 10 中, 专家模块 308 也被描述为与过程模块 304 分开, 但是专家模块 308 也可以合并在过程模块 304 中。作为一个示例, 准则 324 可以是过程模块 304 的一部分, 专家机 326 可以与过程模块 304 分开。

[0128] 总地来说, 过程模块可以包括多个互连的过程对象, 它们一起帮助加工厂中的过

程实体、逻辑实体、单元等。如上所述，智能过程对象包括输入和输出，用于在智能过程对象之间、非智能过程对象之间、控制模块之间、过程图形之间等传送所产生的数据，传送所存储的数据等。因此，过程模块可以提供单个对象，其中可以使用来自与加工厂的一些物理或逻辑单元相关的许多设备的多种数据。

[0129] 在系统 300 中，由于过程模块 304 与专家模块 308 是集成的，所以专家系统能够比过去使用专家的系统更容易配置。例如，过程模块 304 可以自动使它的一些或全部数据由专家模块 308 使用。另一方面，在过去使用专家系统的过程系统中，操作员可能需要人工确定并配置要提供给专家系统的数据，这可能是很耗时的。类似地，由于诸如过程模块 304 的过程模块可以具有相关的过程图形，所以在参考过程图形进行配置时，可以使专家模块的这种配置比较容易。而且，由于过程模块 304 可以提供建模和 / 或仿真功能，所以专家模块 308 能够使用这些功能方便地访问由过程模块 308 产生的数据。而且，可以创建带有相关专家准则的过程模块类。例如，专家的缺省准则可以对于过程模块类进行配置。之后，在创建了过程模块示例时，可以提供有具有缺省准则的集成专家模块。然后，如果需要，用户可以修改缺省准则，或例如仅仅对于过程模块示例使用这些缺省准则。

[0130] 过程模块 304 和 / 或过程模块 304 内的过程对象可以包括附加参数，以支持与专家模块 308 的集成。例如，一个或多个过程对象可以包括参数，或者现存的参数可以被修改，以表示是否有故障（例如测量中的故障）。例如，专家模块 308 可以确定传感器具有故障，随后可以修改过程模块 304，以指示与传感器相关的测量值可能有故障。该数据也可以由其它过程块、控制模块等利用。类似地，这些数据可以反映在过程模块的过程图形中，以向操作员指示检测出的故障。一般地，专家模块 308 所产生的输出、专家模块 308 的内部状态、专家模块 308 的准则估计等可以暴露出来，作为过程模块 304 的参数和 / 或该过程模块的过程对象的参数。因此，这些暴露出来的参数能够由过程模块、其它模块等的过程图形来引用。

[0131] 此外，一个或多个过程对象可以包括参数，或者现存的参数可以修改，以进行警报和 / 或警示显示。类似地，过程模块 304 可以包括参数，或者现存的参数可以被修改，以进行警报和 / 或警示显示。例如专家模块 308 可以检测到与过程模块 304 相关的潜在问题，并且可以修改过程模块 304，以显示可能由潜在问题产生的但不明确表示潜在问题的警报。如上所述，这样的警报显示可以帮助防止潜在的问题被隐藏。

[0132] 参照图 1 和图 10，过程模块 304 的至少专家准则 324 可以存储在配置数据库 28 中。这样，准则 324 可以利用标签和 / 或别名来引用过程模块过程或其它过程模块的元素，例如属性、参数、模式、状态等。另外，例如，如果过程模块 304 由配置工程师改变、更新、重命名等，专家模块 308 仍可能使用标签和 / 或别名来引用来自过程模块 304 的信息。类似地，例如，如果由专家模块 308 引用的参数由配置工程师删除，配置软件可能警告配置工程师该参数由专家模块 308 引用。因此，一般而言，集成专家模块 308 与过程模块 304 和 / 或在配置数据库 28 中存储专家准则 324，可以帮助专家准则 324 保持为最新的加工厂配置变化。另外，许多配置数据库利用版本控制技术来跟踪配置的版本变化。因此，如果准则 324 的版本存储在配置数据库 28 中，那么它们可以被跟踪。

[0133] 参照图 9 和图 10，有关过程模块的专家模块可以提供给控制配置数据库和工程工具 222，其可以通过控制策略文本编制中的任何所需方式来利用专家模块。专家准则 324

可以在运行期之前与显示类定义相关,随后显示类定义和与之绑定的专家准则可以被初始化,并被提供给图形显示 / 过程模块运行期环境 226(其可以在一个或多个工作站内以一个或多个执行机 48 的形式来实现)。专家准则可以由专家机应用,该专家机可以由例如图形显示 / 过程模块运行期环境 226 或基于准则的执行机 230 来实现。根据这种实现,专家模块 308 可以访问大范围的实时数据(以及可选的非实时数据)。例如,如果使用诸如代码名为“Longhorn”的 Microsoft® Windows® 操作系统版本的操作系统,那么专家模块 308 可以经由服务来访问由各种数据源提供的 实时数据和非实时数据。

[0134] 而且,其它模块可以访问专家模块 308 的状态、参数、属性等的实时值。例如,显示在操作员工作站上的工厂图形可以根据来自一个或多个专家模块 308 的数据进行修改。作为一个示例,如果专家模块 308 确定传感器有毛病,显示在操作员工作站上的过程图形可以被修改,以指示有毛病的传感器。例如,描述传感器的颜色可以改变,传感器的描述可以闪烁或不闪烁,窗口可以邻近表示其有毛病的传感器描述进行显示。另外地,专家模块可以产生警报和警示,也可以显示例如其它模块的警报和警示。而且,如果使用诸如代码名为“Longhorn”的 Microsoft® Windows® 操作系统版本的操作系统,那么专家模块 308 可以经由服务给其它模块提供数据。

[0135] 而且,操作员可以在运行期间检验和 / 或修改专家模块 308。例如,操作员可以在运行期间修改过程图形,以查看专家模块 308 的附加参数、状态、模式等。类似地,操作员可以在运行期间修改准则 324。例如,操作员可以添加附加准则、删除准则、禁止和 / 或使用准则等。

[0136] 一般地,用于配置诸如专家模块 308 之类的专家模块的用户界面可以包括一组可由操作员使用的预定义准则。例如,预定义准则可以包括预定义事实模板及其对应的动作模板,该动作模板与响应于这些事实所要采取的动作相对应。例如,事实模板和动作模板可以提供给特定的加工厂实体或单元,例如加热器单元。如果用户决定利用用于加热器过程模块的特定事实模板和特定动作模板,那么专家模块配置应用程序可以自动创建对应事实模板和动作模板的准则。而且,准则可以自动绑定到过程模块中正确的过程对象上。此外,用户可以被允许修改预定义的准则和 / 或创建新准则。例如,操作员可以被允许浏览并选择有关加工厂的事实。而且,用户可以被允许创建适合由 CLIPS 专家系统工具或一些其它适合专家系统工具所评估的新准则。

[0137] 而且,用户界面可以允许用户观察专家模块在运行期间的操作。例如,由准则 324 指定的事实可以在专家模块的执行期间显示给用户。进一步,用户能够修改和 / 或指定这些事实,以观测专家模块响应于这些事实的操作。进一步,用户界面可以允许用户在准则中嵌入断点,以便例如,可以观察断点处的专家模块的状态。

[0138] 图 11 是可以由专家模块配置应用程序使用以便于专家模块的配置的示例性显示 340。该显示 340 包括库部分 344、示例部分 348 以及信息部分 352。库部分 344 可以包括用于创建示例准则的模板指示。例如这些模板可以包括事实(fact) 模板和动作(actions) 模板。例如,事实模板能够用于创建准则的“if”部分,动作模板能够用于创建准则的“then”部分。例如,为了创建事实示例或动作示例,用户可以从部分 344 中拖出事实或示例模板,并把它放在部分 348 中。

[0139] 如果用户在部分 344 或部分 348 中选择特定事实、事实模板、动作或动作模板,那么关于所选择的事实、事实模板、动作或动作模板的附加信息可以显示在信息部分 352 中。该信息部分可以允许用户修改所显示的信息。因此,用户能够修改所选择的事实、事实模板、动作或动作模板。

[0140] 图 12 是可以用于定义事实模板的示例性显示 360。显示 360 可以包括用于创建该事实模板名称的用户界面机构 362(例如文本框等),以及用于选择加工厂中有关该事实模板的逻辑区域的用户界面机构 364(例如,文本框、下拉菜单、显示弹出窗口的按钮等)。显示 360 还可以包括用户界面机构 366(例如文本框、下拉菜单、显示弹出窗口的按钮等),以允许用户选择例如事实模板与之相关的特定过程模块或过程模块类。类似地,显示 360 可以允许用户通过用户界面机构 368 来选择特定过程块,以及通过用户界面机构 370 来选择过程块的特定参数。

[0141] 图 13 是可以用于定义准则模板的示例性显示 380。显示 380 可以包括用于创建该准则模板名称的用户界面机构 382(例如文本框等)以及用于选择加工厂中有关该准则模板的逻辑区域的用户界面机构 384(例如,文本框、下拉菜单、显示弹出窗口的按钮等)。显示 380 还可以包括部分 386 以允许定义准则模板的“if”部分。类似地,显示 380 还可以包括部分 388 以允许 用户定义准则模板的“then”部分。用户可以通过例如用于 CLIPS 或任何其它适合专家系统中的句法来定义“if”和“then”部分。按钮 390 可以被提供,以帮助用户更快地创建准则模板。

[0142] 专家模块能够被分配有加工厂内的特定节点(例如工作站、控制器等),以用于执行。因此,执行专家模块的节点可以与配置专家模块的节点相同或不同。在一种实现中,专家模块被分配给与相关的过程模块相同的节点。可替换地,专家模块和过程模块可以被分配给不同的节点。作为一种示例,可以利用图形技术将专家模块分配给节点。图 14 是能够用于分配专家模块以在加工厂 10 内由特定节点(例如工作站、控制器等)执行的示例性显示 400 的部分。该显示包括浏览器部分 404 和信息部分 408。浏览器部分 404 包括树结构 412,该树结构 412 可以包括对应于加工厂 10 内的工作站的文件夹 416 和 418。文件夹 418 包括专家模块文件夹 420。通过把对应于专家模块的项拖到文件夹 420 中或者可选地拖到文件夹 418 中,专家模块可以分配给对应于文件夹 418 的节点。可选地,通过类似地把对应于专家模块的过程模块项拖到所需的节点文件夹中,专家模块可以被分配给节点。

[0143] 如上所述,来自过程模块的数据可以提供给与过程模块集成的专家系统。本领域的普通技术人员可以理解,在提供给专家系统之前,来自过程模块的数据可以被处理、分析等。例如,图 15 是过程模块 304 与分析模块 504 相集成的示例性系统 500 的方框图。该分析模块包括统计分析系统 510 和专家系统 514。在下面将对统计分析系统 510 进行更详细的描述。专家系统 514 可以包括专家机和一组准则,它们都与对于图 10 所进行的描述类似。

[0144] 统计分析系统 510 可以利用多变量统计过程模块 (MSPC) 技术来方便检测和 / 或隔离诸如过程和测量故障之类的异常状况。用在 MSPC 中的两种统计投影技术已经发展成满足过程工业的需求:基本组成分析 (PCA) 和部分最小平方 (PLS)。统计分析系统 510 可以利用 PCA 和 PLS 中的一个或两个,或者可以利用一个或多个其它技术。另外,在故障分析中,通常与 MSPC 结合使用的两种统计方法是平方预测误差 Q(缺少配合模型的测量) 以及

霍特林 T2(Hotelling's T₂, PCA 模型内的变量测量)。因此,统计分析系统 510 可以选择使用采用平方预测误差 Q 和 / 或霍特林 T₂ 的技术。

[0145] 如图 15 所示,可以给用户呈现对应于过程模块 304 的图形显示 520。作为一个示例,用户可以参考图形显示 520 来配置分析模块 504。作为另一个示例,用户可以参考过程模块 304 的显示来配置分析模块 504。可替换地,用户可以不参考图形显示 520 或过程模块 304 的显示来配置分析模块 504。

[0146] 用户可以选择使用自动包括在 PCA 中的有关过程模块 304 的所有相关过程和仿真数据,或者用户可以选择只包括该数据的一部分。相关数据可以利用过程模块 304 内的过程连接自动确定,例如可以自动包括在计算中。进一步,用户可以选择使用有关加工厂其它部分的数据(例如来自其它过程模块、控制模块等的数据)。而且,用户可以选择检验员检验数据的某个时间周期。在这种情况下,参数的历史曲线显示给用户,之后可以给用户选项,以选择在产生 PCA 中要考虑的时间帧。随后,可以通过所选择的数据的时间帧自动产生该 PCA。

[0147] 在 PCA 创建之后,可以对例如平方预测误差的类型进行分析以通过专家系统 514 来检测异常状况,例如传感器故障。随后,与涉及异常状况(例如故障传感器)的设备有关的图形元素可以自动突出显示在操作员屏幕上。例如,图形元素可以突出显示、动画式的或以其它方式表示在过程图形 520 上,以显示给用户。由于分析模块 504 与过程模块 304 集成(其依次与过程图形 520 集成)在一起,所以在系统 500 中,不需要单独的图形显示以表示具有由统计分析检测的加工厂设备的问题。当然,本领域的普通技术人员可以理解,在其它实现情况下,可以使用单独的图形显示。

[0148] 一种可以利用的检测传感器故障的方法在标题为“检测和识别过程中的故障传感器的方法和装置”的美国专利 5,680,409 中有描述,该专利合并且此作为参考。分析模块 504 可以利用美国专利 5,680,409 中描述的技术,也可以利用其它技术。

[0149] 当然,分析模块 504 可以用于检测除了传感器故障之外的其它异常状况。在状况发展到设备被损坏、发生紧急情况等之前,通过在状况发生时将该状况警告给操作员,检测工厂操作中的异常状况可以允许采取预防性措施。

[0150] 类似于参照图 10 所描述的专家模块,专家系统 514 可以提供有缺省准则。例如,可以提供用于分析与由统计分析系统 510 产生的数据有关的平方预测误差(SPE)的缺省准则。例如,专家机的准则可以定义为确认由统计分析系统 510 产生的变量的 SPE 范围、有关特定异常状况的范围。对于模块 PCA 内的参数,该范围值可以通过工程师查看历史数据来建立。在工程师确认异常状况存在的时间时,SPE 值可以自动保持为用于所确认条件下的事实范围值。例如,在操作员确认出异常状况已经在正常运行期间发生时,该事实范围值可以由该操作员建立。随后,如果专家系统 514 检测出 SPE 值所落入的该范围的类型时,可以产生例如表示异常状况的警示或警报。

[0151] 专家系统 514 还可以用于检测异常状况,例如过程性能的下降。例如,通过由过程模块提供的仿真能力,有关加热器的热传输系数可以被精确地确定。例如,管路以及热交换表面中不适当的设备设置和 / 或磨损或装配,可以改变设备的行为和 / 或引起过程性能的下降。明显的过程变化和 / 或过程性能下降的自动检测有助于防止例如设备损坏和 / 或产品损耗。

[0152] 专家系统 514 还可以用于分析和 / 或显示例如有关异常状况的警报。例如，问题的潜在原因可以使用许多技术来进行检测，包括已知的技术。潜在问题可能导致产生无法直接确认的潜在原因的警报。由过程模块 304 和 / 或过程模块 304 内的过程对象提供的信息，可以用于实现警报显示或禁止警报显示。例如，警报可以被设置优先级，以便操作员可以较少地受到由异常状况引起的过量警报的打扰。这样，操作员能够更快地识别潜在问题。

[0153] 除了接收来自统计分析系统 510 的数据之外，专家系统 514 还可以接收直接来自过程模块 304 的过程数据和 / 或仿真数据。而且，专家系统 514 可以接收来自其它源的数据，例如其它过程模块、控制模块、警报、警示、数据历史记录器、事件记录器等。

[0154] 统计分析系统 510 可以被配置成产生统计分析数据图表，例如时序图表 和 / 或成分组分分数、分数贡献等的条形图。由于模块 504 与过程模块 304 是集成的，这些图表和 / 或图形可以响应来自用户的请求通过例如图形显示 520 来进行显示。

[0155] 虽然在图 15 中，统计分析系统 510 和专家系统 514 显示为在一个分析模块 504 中，本领域的普通技术人员可以理解统计分析系统 510 和专家系统 514 可以在单独的模块中实施。例如，专家系统 514 可以作为类似于图 10 的专家模块 308 的专家模块来实现，统计分析系统 510 可以作为类似于图 10 的统计分析系统来实现。以与上述技术类似的方式，该统计分析模块和专家模块可以与过程模块 304 集成。

[0156] 在另一个实施例中，一种用于监控加工厂操作的系统可以包括过程仿真模块和 PCA 模块，其中该加工厂具有利用过程测量值组来实现控制例行程序的过程控制模块，并包含加工厂内的多个物理设备。过程仿真模块可以具有连接分布的仿真元素，以对多个物理设备进行建模。仿真元素可以在实现控制例行程序期间与过程控制模块进行通信，以产生对加工厂的操作进行建模的仿真操作参数组。PCA 模块可以与过程仿真模块进行通信，并且可以通过互连布置的仿真元素和仿真操作参数组进行配置，以定义用于监控过程测量值组和加工厂操作的加工厂的正常运行状态。PCA 模块可以产生表示加工厂操作状态的主要组成输出。该主要组成输出可以从过程测量值组中获得。

[0157] 在另一个实施例中，系统可以包括专家分析工具，该专家分析工具与 PCA 模块通信以接收主要组成输出。该专家分析工具可以分析主要组成输出，以检测操作状态中是否存在故障条件。专家分析工具可以具有多个专家准则，用于比较主要组成输出和定义正常操作状态的基本组成数据，以确定是否存在故障条件。

[0158] 根据另一个实施例，系统可以包括图形描述模块，该模块可产生仿真元素的连接分布的图形显示，其中专家分析工具提供表示故障条件的数据给图形描述模块，该图形描述模块通过对与包含故障条件的一个或多个物理设备相关的仿真元素的图形显示进行修改来显示数据。图形显示可以包括用于选择一个仿真元素的用户界面，其中这种选择可以产生有关所选择的仿真元素的信息的基本组成数据显示。

[0159] 通过用户界面来选择一个仿真元素，可以提供一配置工具，用于用户定义与由专家分析工具进行后续使用的所选择仿真元素相关的专家准则。而且，通过用户界面来选择一个仿真元素可以提供 PCA 配置工具，用于用户定义由 PCA 模块采用的仿真操作参数组，以定义正常的操作状态。通过 PCA 配置工具进行的用户定义仿真操作参数组，可以包括选择时间周期，其中从时间周期中得出一个或多个仿真操作参数的数据。

[0160] 该主要组成输出可以从仿真操作参数组中的一个参数的当前值中得出，这样，在

监控该加工厂的操作中, PCA 模块可以结合过程测量值组对该当前值进行分析。该当前值可以预测该加工厂的未来运行状况,这样,主要组成输出可以表示未来运行状态。而且,该当前值可以与表示该加工厂的非测量运行状况的仿真参数有关。该非测量运行状况可以是不可测量的运行状况。

[0161] 根据另一个实施例,一种监控加工厂运行的方法,其中该加工厂具有利用过程测量值组来实现控制例行程序的过程控制模块,并包含加工厂内的多个物理设备,该方法可以包括通过利用对多个物理设备进行建模的连接分布的仿真元素来产生仿真操作参数组,仿真该加工厂的操作,其中这些仿真元素在实施控制例行程序期间与过程控制模块进行通信。该方法还包括通过 PCA 根据仿真元素的连接分布和仿真操作参数组,产生定义该加工厂的正常运行状态的主要组成数据。该方法还包括通过考虑正常运行状态的主要组成数据来分析过程测量值组,监控该加工厂的操作。

[0162] 该方法还包括通过从过程测量值组中得出主要组成输出,产生表示加工厂的运行状态的主要组成输出。

[0163] 监控步骤包括通过借助主要组成输出与主要组成数据的比较,考虑正常运行状态,以对加工厂的运行状态执行专家分析工具,来分析主要组成输出,以检测出故障条件是否存在于运行状态中。

[0164] 分析步骤包括应用多个专家准则以比较主要组成输出与主要组成数据。

[0165] 该方法可以进一步包括产生仿真元素的连接布置的图形显示,为图形显示提供表示来自专家分析工具的故障条件的数据,以及通过修改与故障条件所涉及的一个或多个物理设备相关的仿真元素的图形显示来显示数据。

[0166] 产生图形显示的步骤可以包括提供用户界面,用于选择一个仿真元素以及产生有关所选择仿真元素的信息的主要组成数据显示。提供用户界面的步骤可以包括提供配置工具,用于用户定义有关所选择仿真元素的专家准则,以由专家分析工具进行后续使用。提供用户界面的步骤还可以包括提供 PCA 配置工具,用于用户定义仿真操作参数组,以用于定义正常运行状态。提供 PCA 配置工具的步骤可以包括选择时间周期,以从中得出一个或多个仿真操作参数的数据。

[0167] 主要组成输出可以从仿真操作参数组中的一个参数的当前值中得出,这样,监控步骤包括结合过程测量值组对该当前值进行分析。当前值可以预测加工厂的未来运行状况,从而使得该主要组成输出可以表示未来运行状态。

[0168] 上述示例中包括与过程模块集成的专家模块。本领域的普通技术人员可以理解,专家模块可以类似地与有关加工厂的其它模块,例如控制模块,进行集成。

[0169] 在进行实施时,此处描述的任何软件都可以存储在任何计算机可读介质中,例如计算机或处理器的 RAM 或 ROM 中的磁盘、光盘或其他存储介质等。同样地,通过任何已知或需要的传送方法,包括例如计算机可读磁盘或其它便携式计算机存储介质机制,或者通过诸如电话线、因特网、万维网以及任何其它局域网或广域网等之类的通信信道(其传送可以视为与通过便携式存储介质提供这种软件相同或可互换),该软件可以传送给用户、加工厂或操作员工作站。

[0170] 虽然已经参照具体示例对本发明进行了描述,但这只是示例性的,并不用于限制本发明,显然对于本领域的普通技术人员来说,在不偏离本发明的精神和范围下可以对所

公开的实施例进行各种改变、增加或删除。

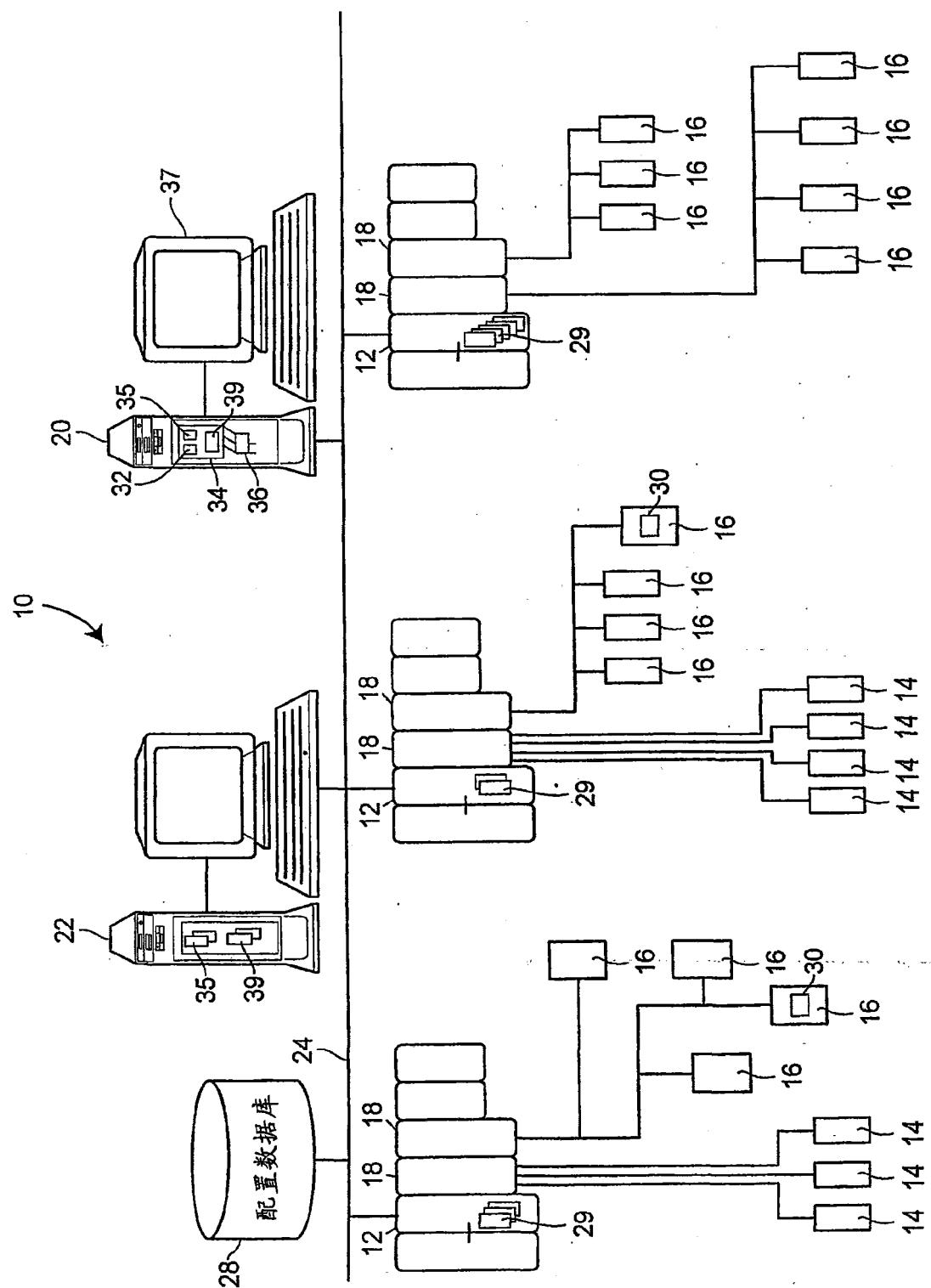
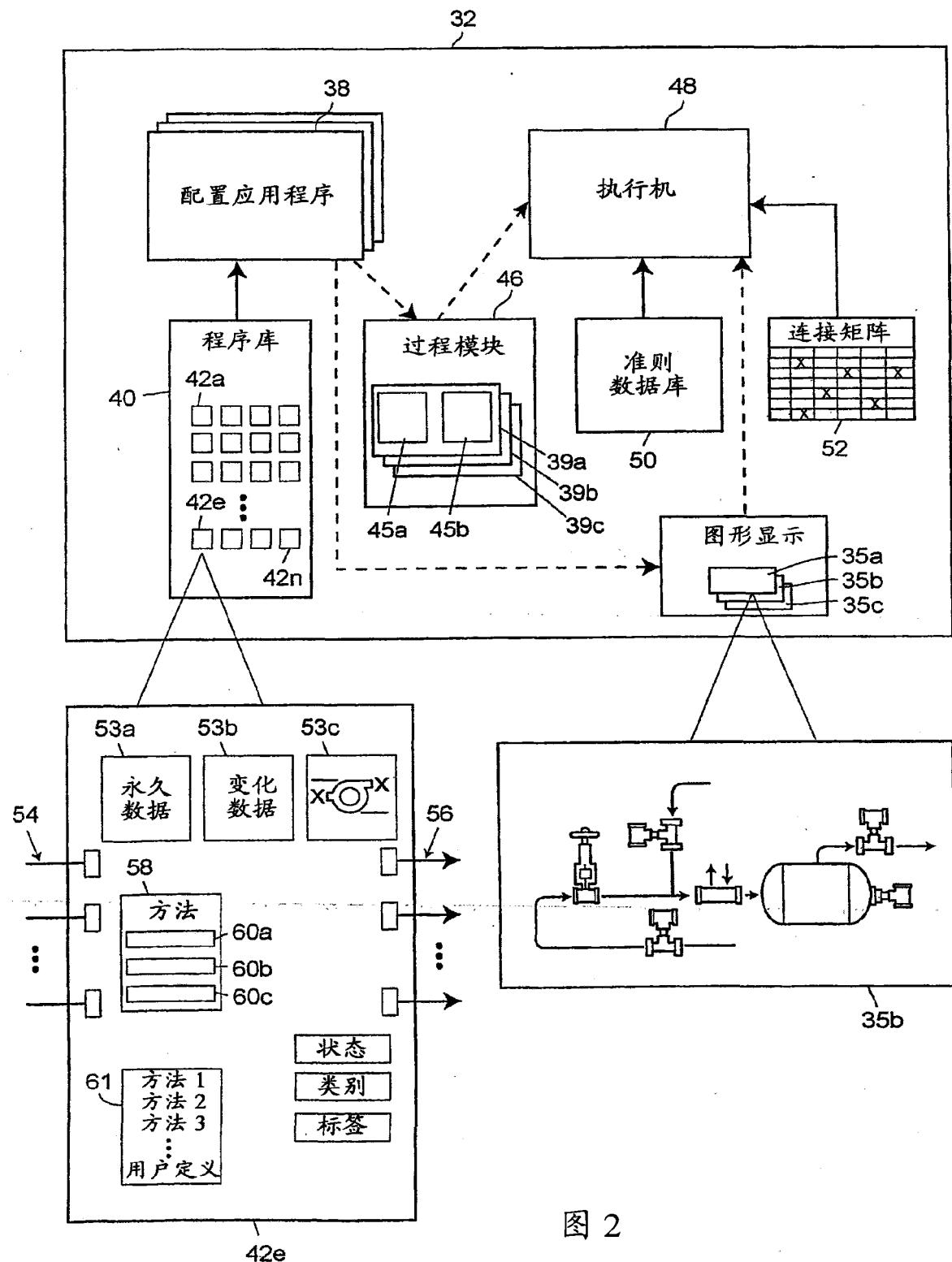


图 1



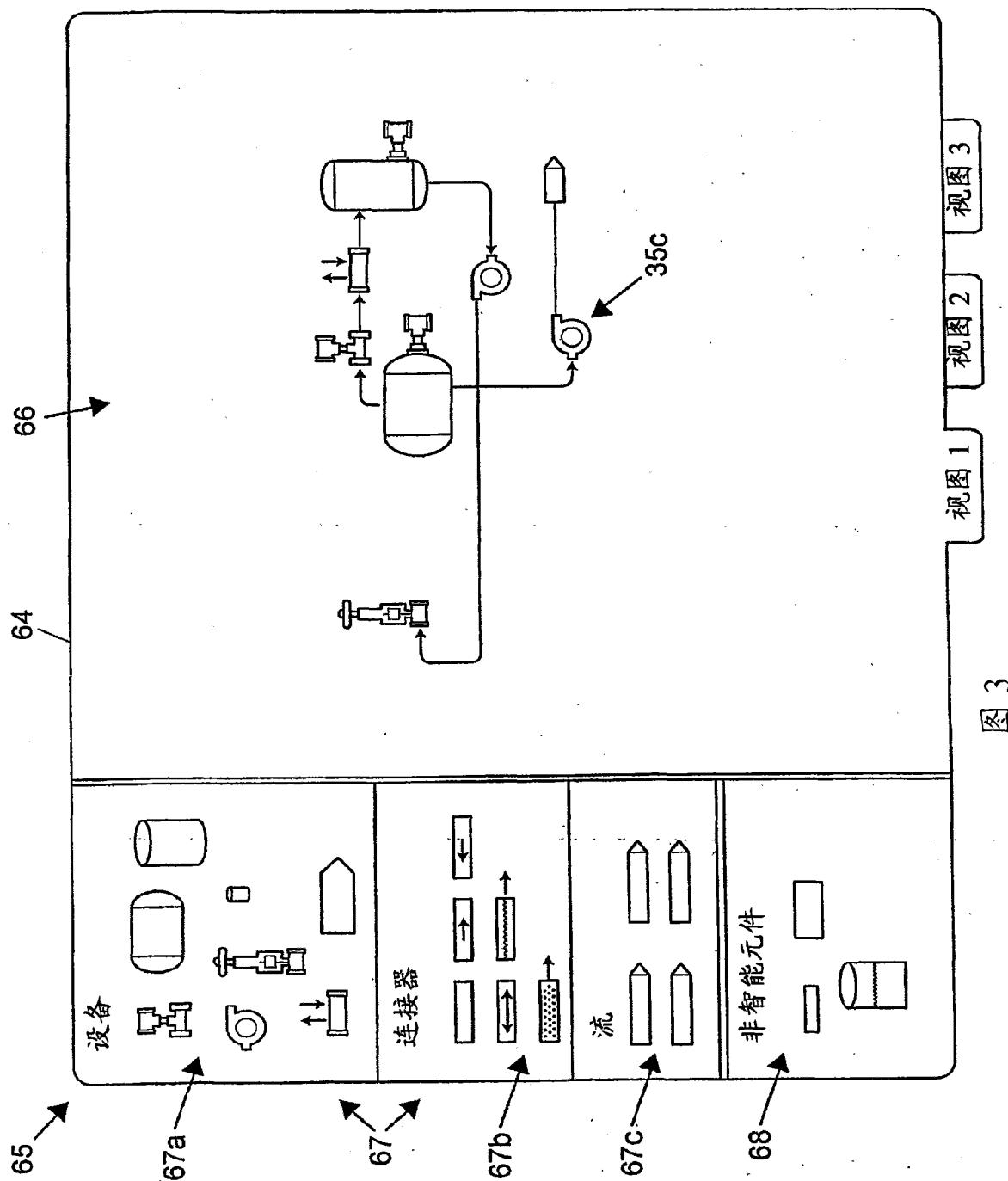


图 3

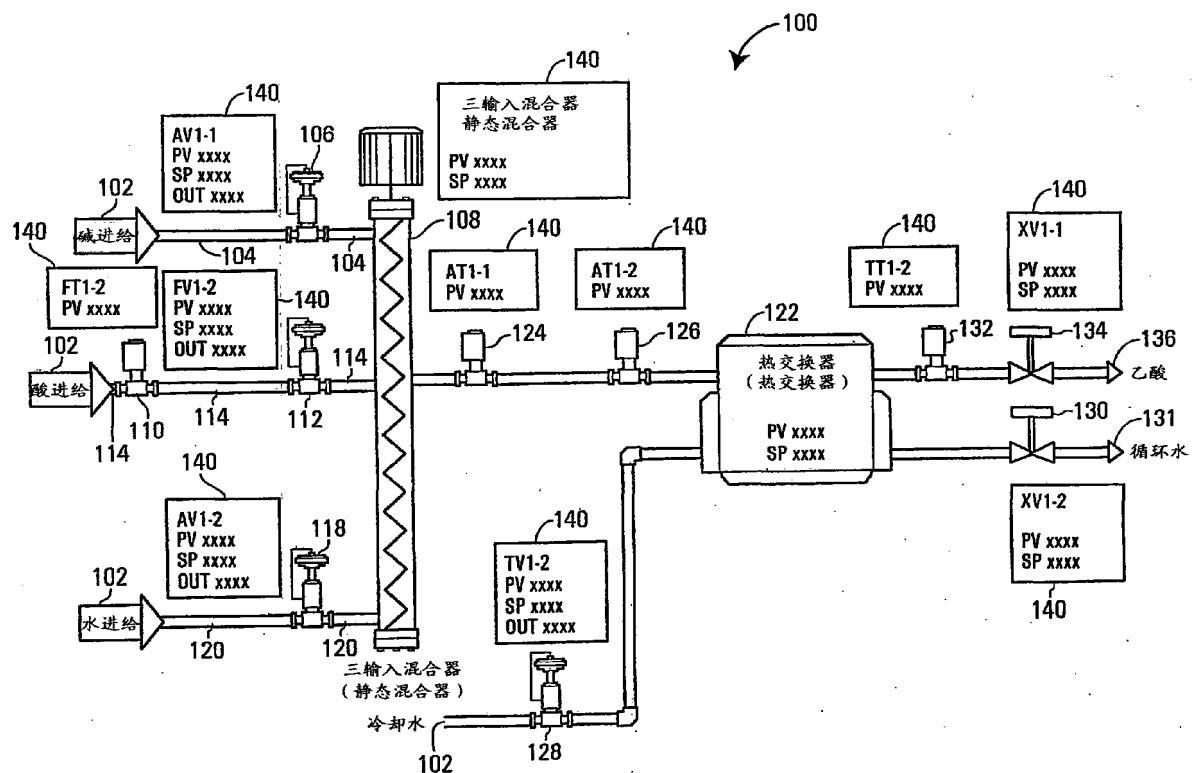


图 4

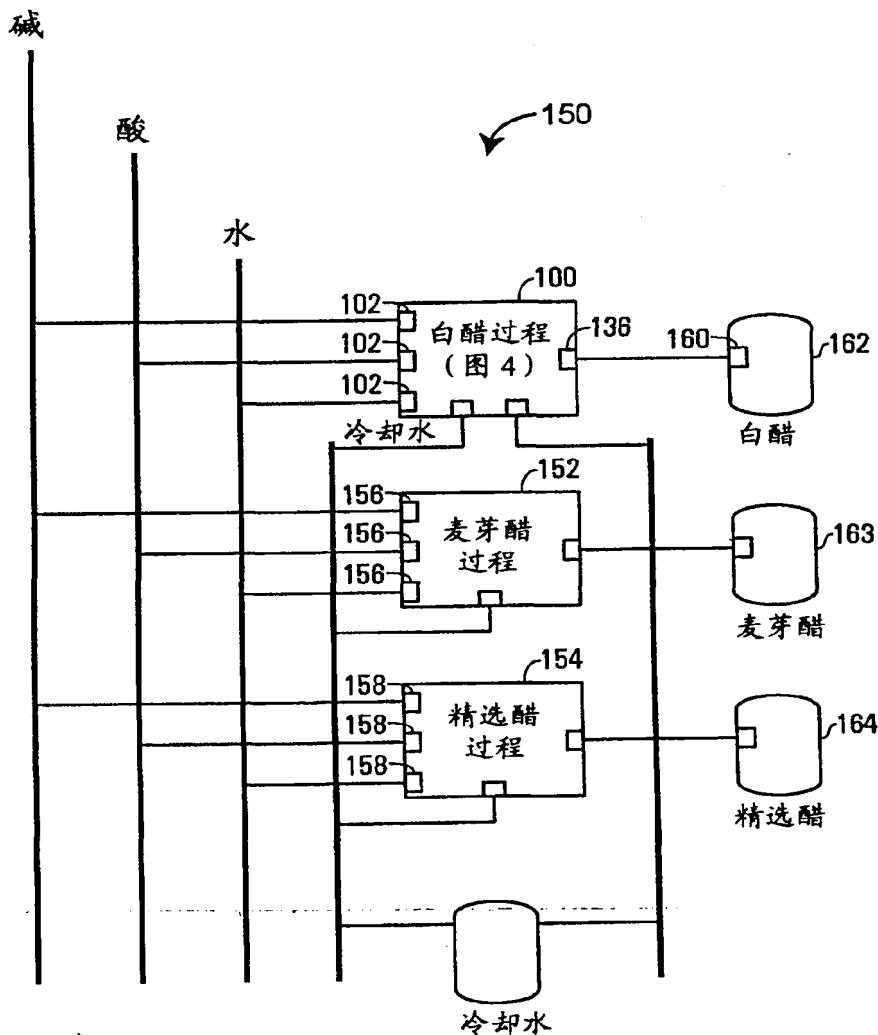


图 5

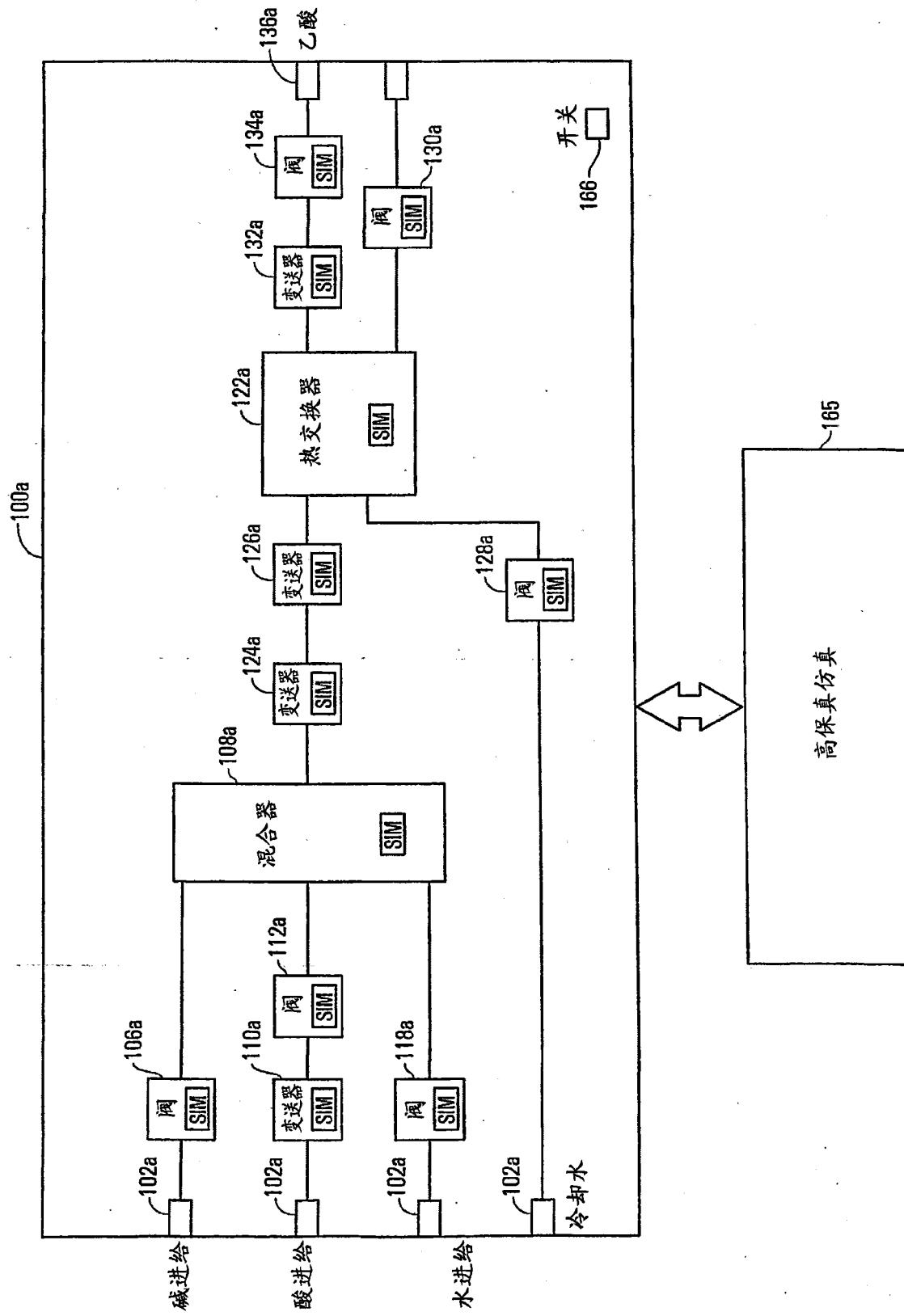


图 6

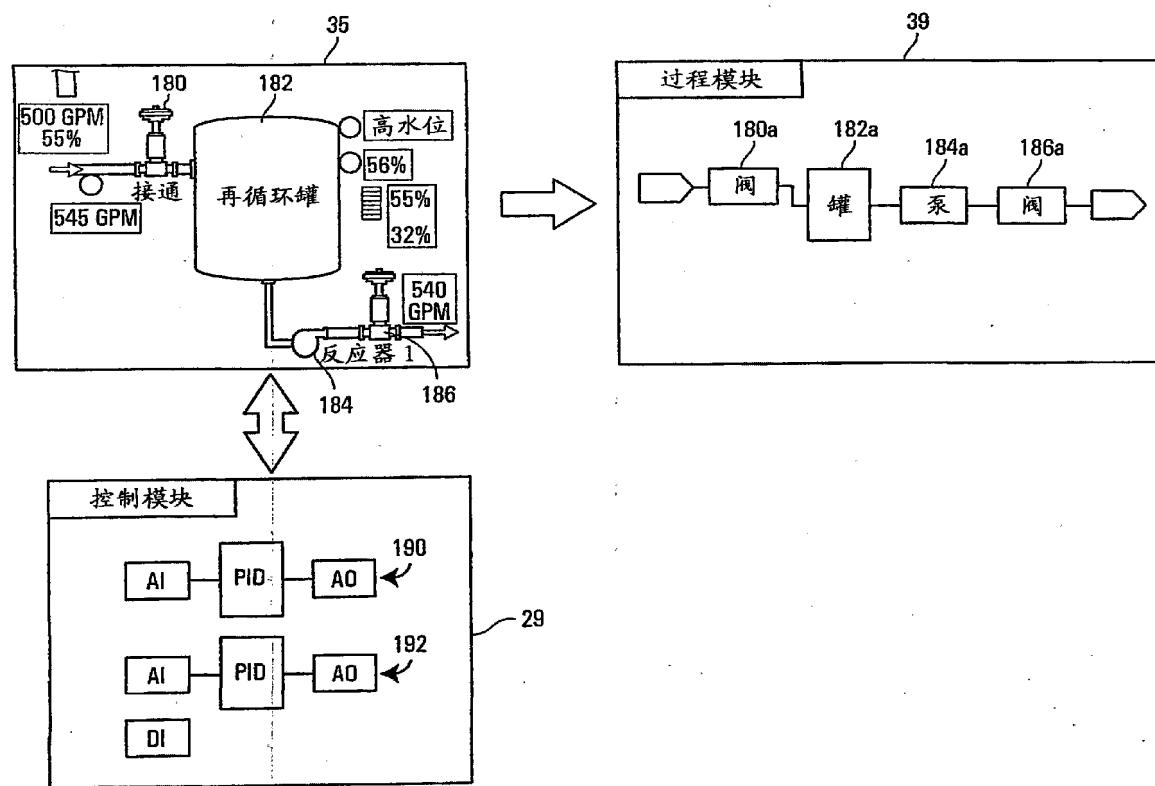


图 7A

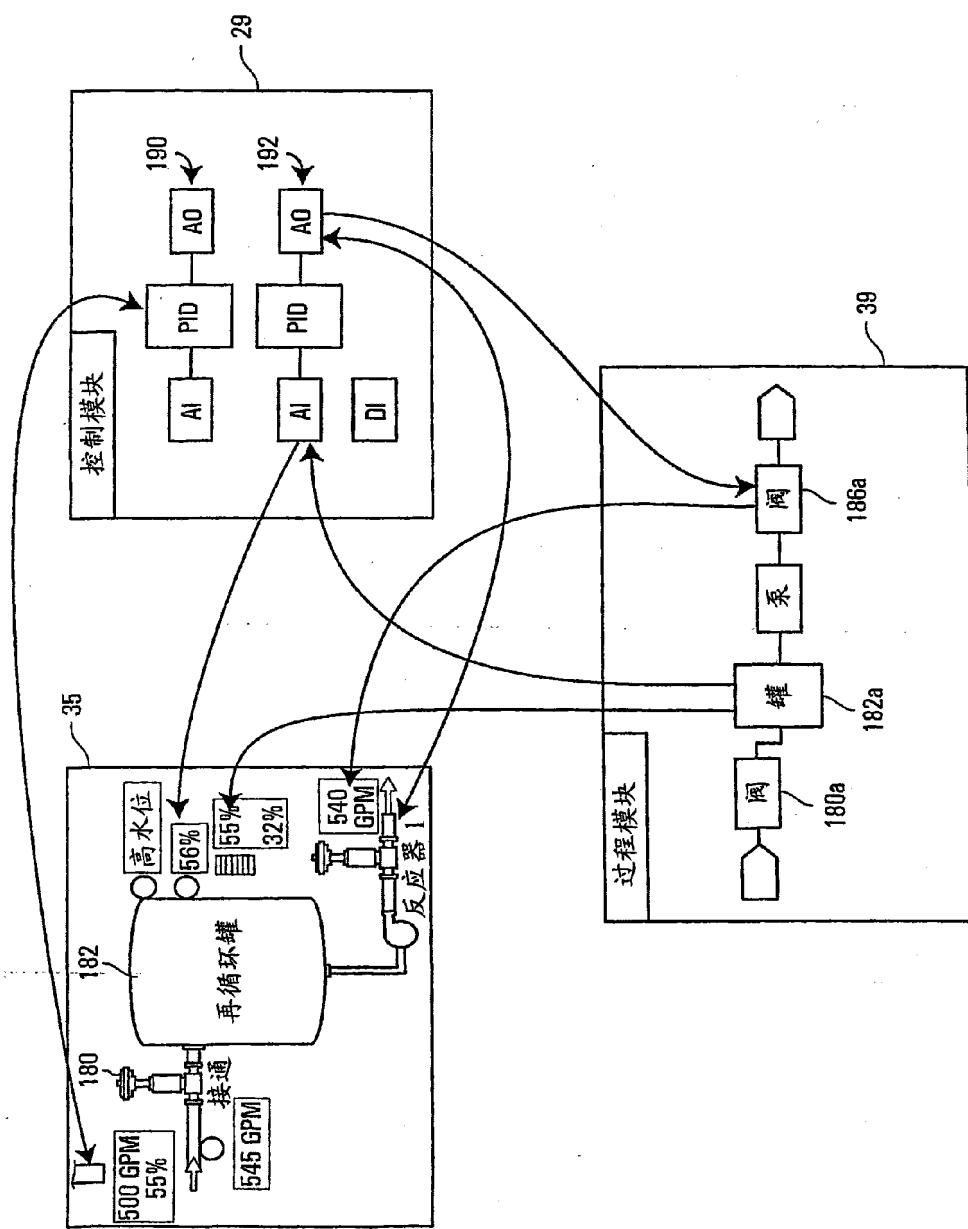


图 7B

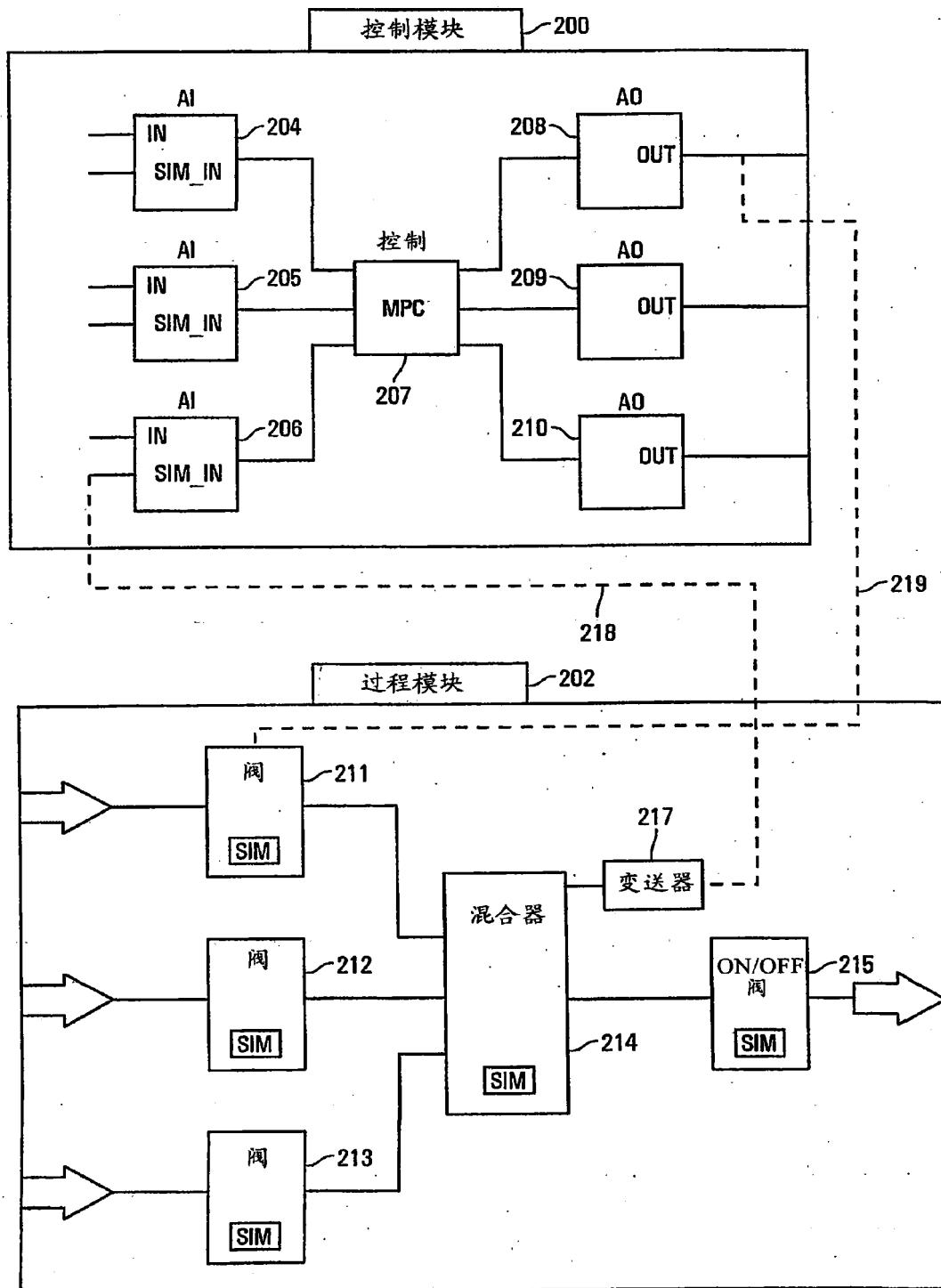


图 8

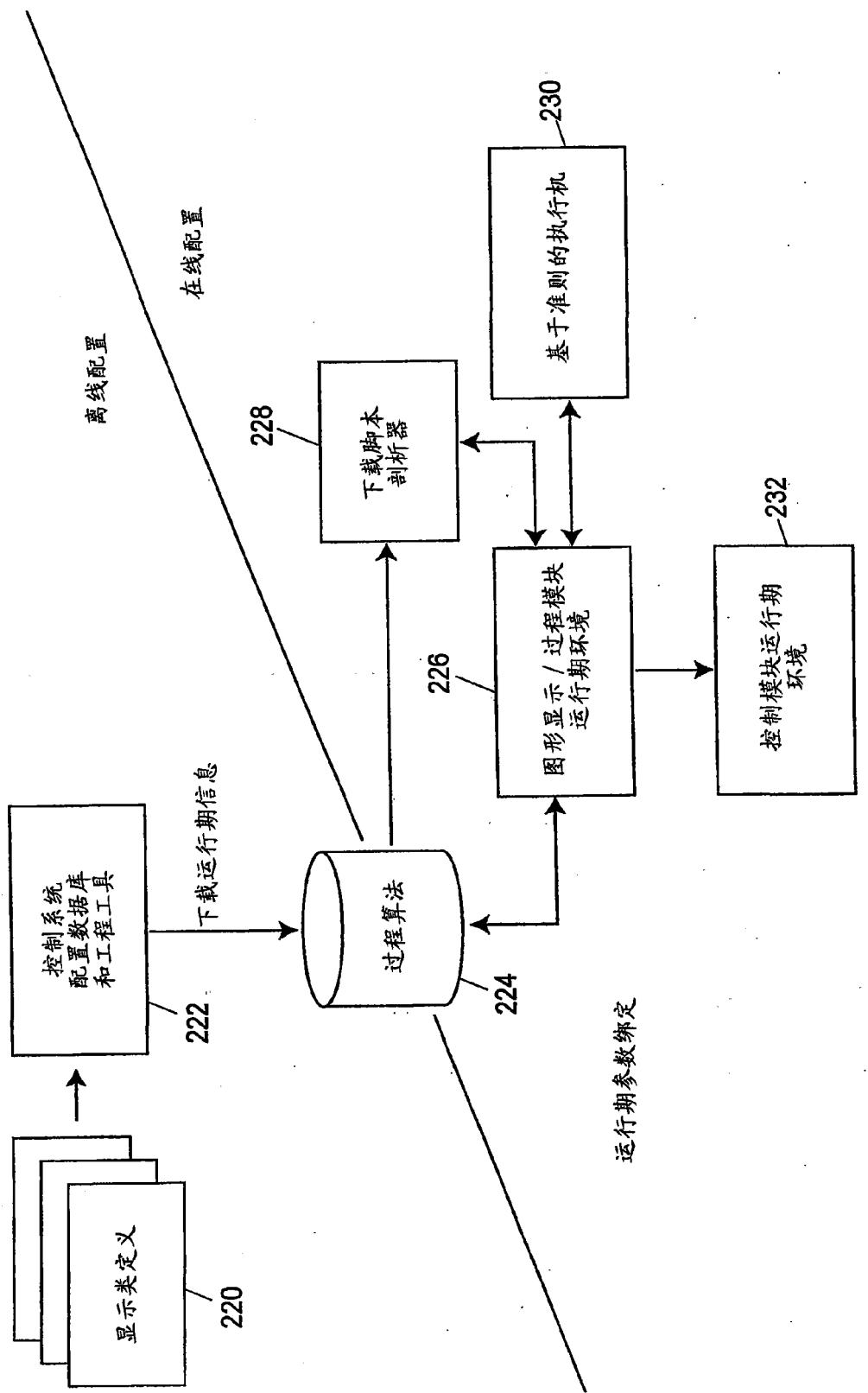


图 9

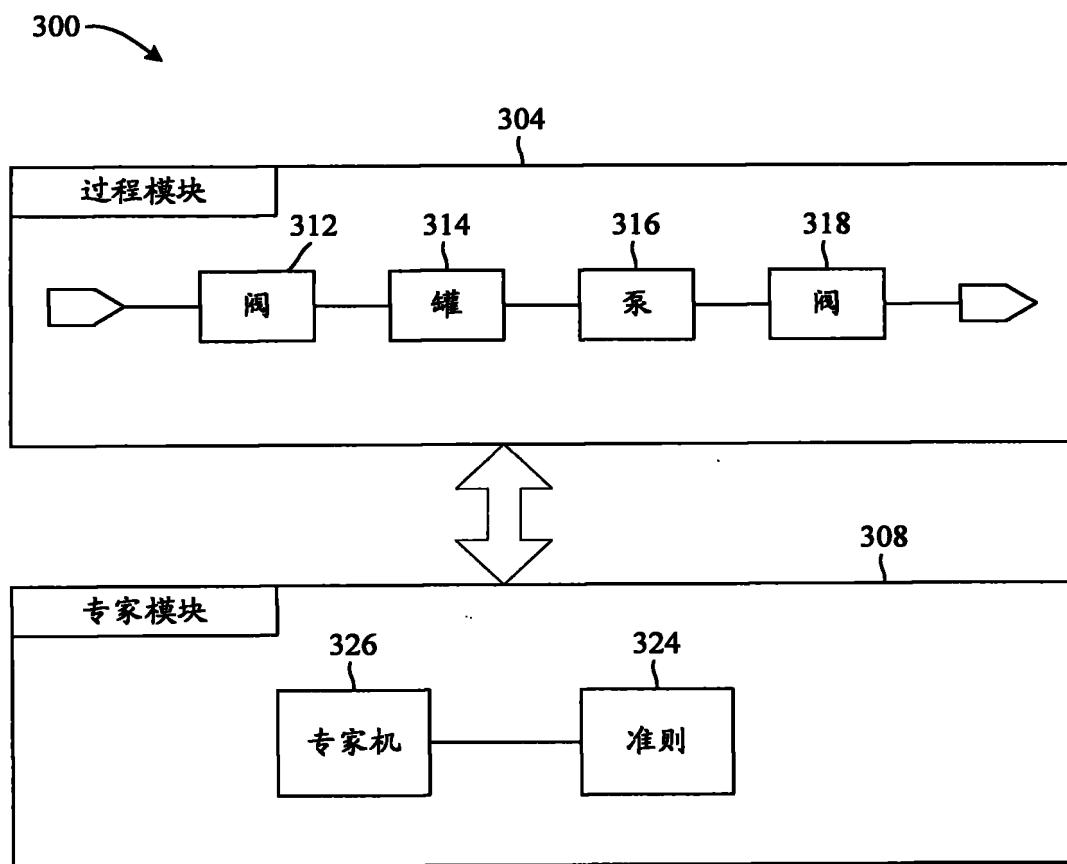


图 10

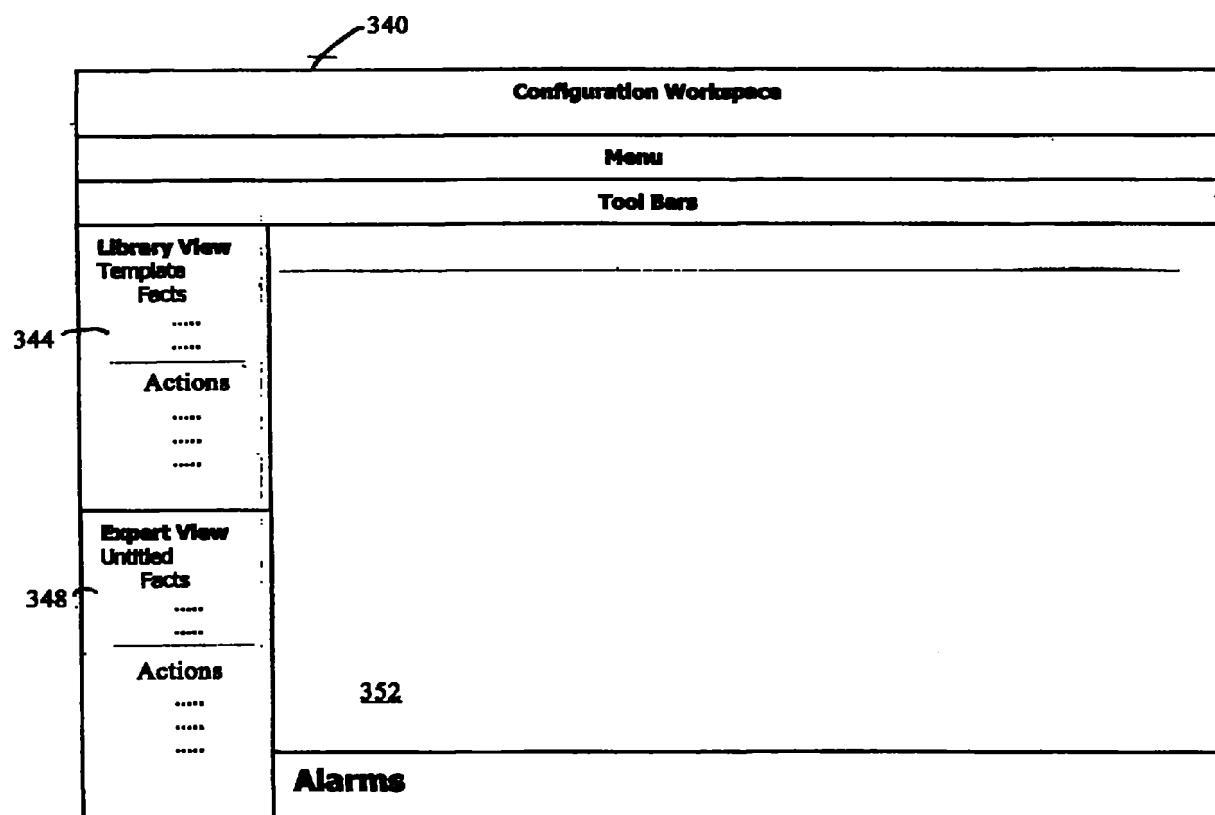


图 11

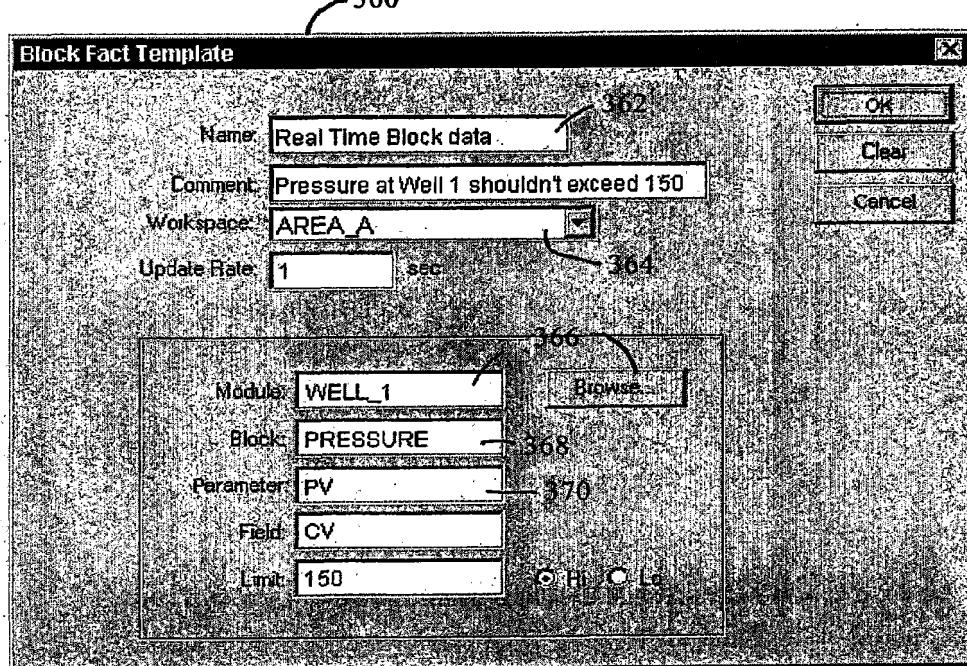


图 12

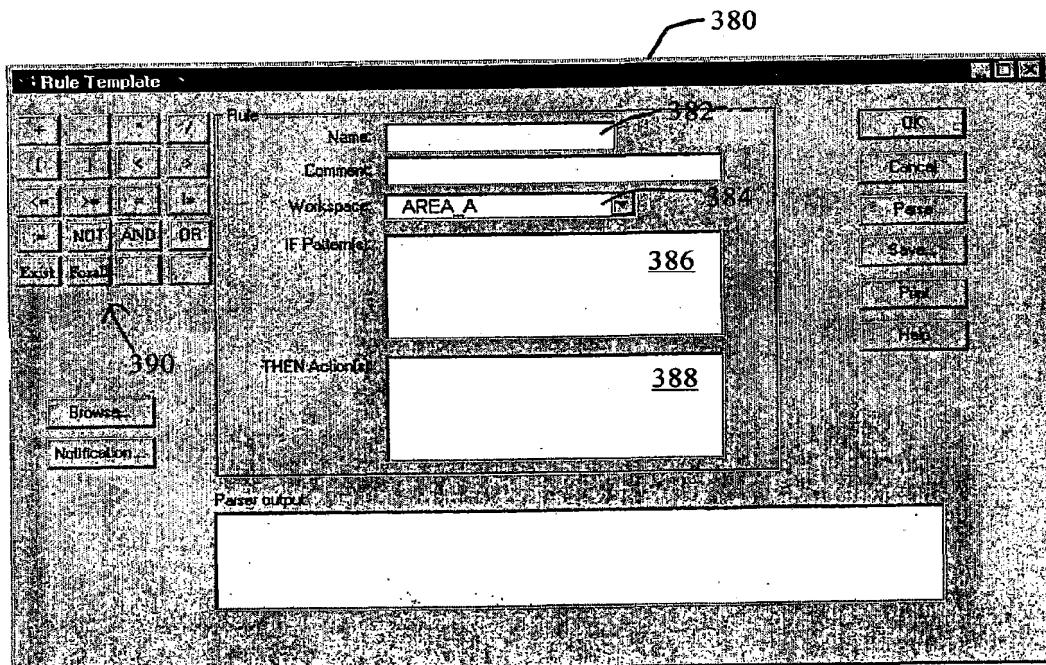


图 13

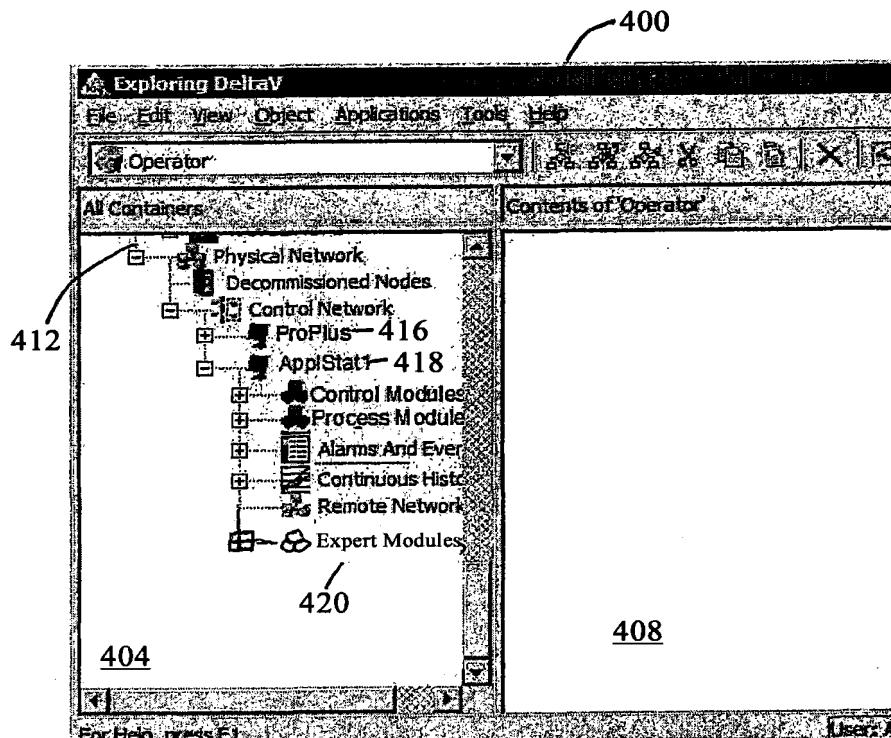


图 14

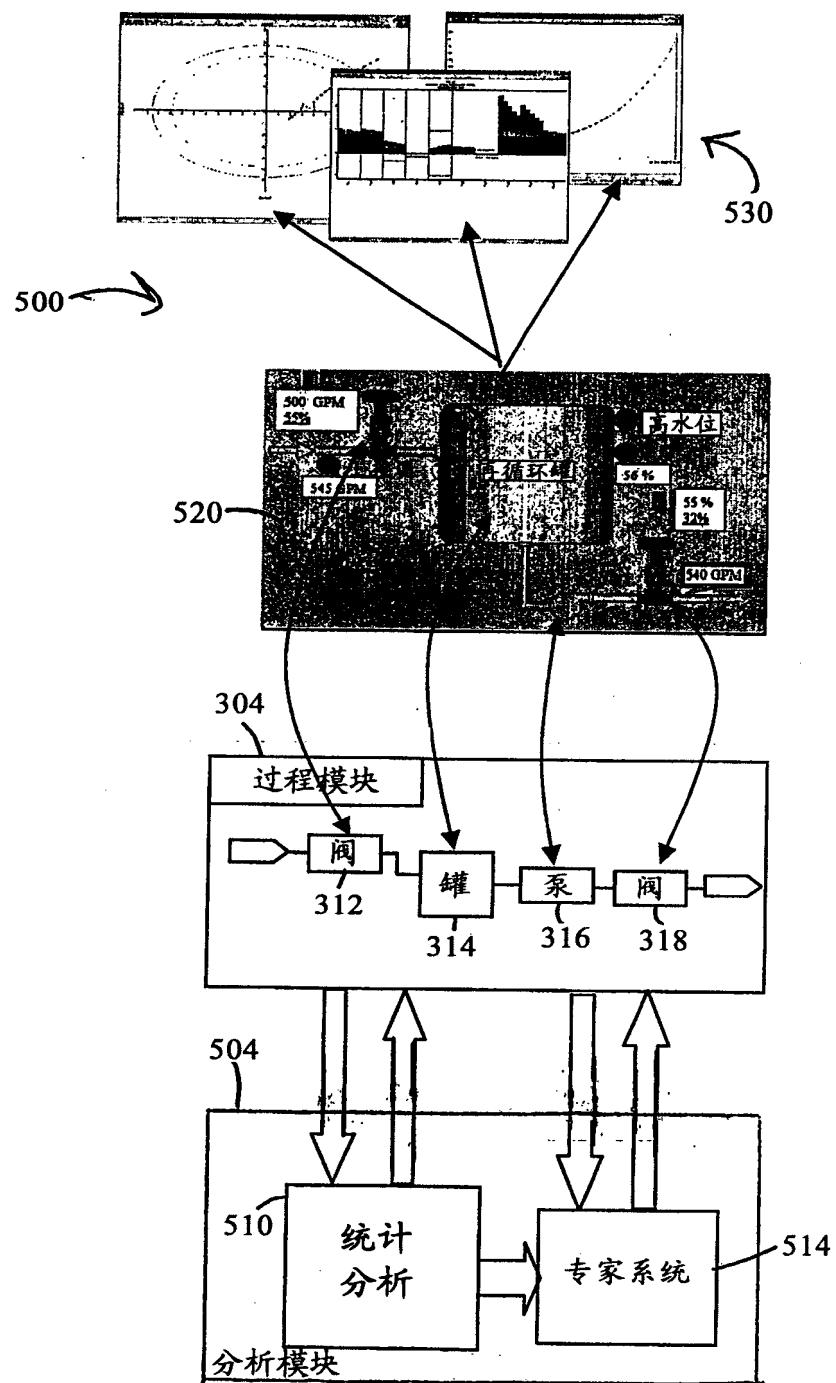


图 15