

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102323767 A

(43) 申请公布日 2012.01.18

(21) 申请号 201110156834.8

代理人 罗正云 王琦

(22) 申请日 2005.05.04

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G05B 19/042 (2006.01)

60/567,980 2004.05.04 US

G06F 9/44 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

200580014526.4 2005.05.04

(71) 申请人 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 马克·J·尼克松 亚瑟·韦伯

迈克尔·J·卢卡斯

肯·J·贝欧格特

特伦斯·L·布兰文斯

斯蒂芬·吉尔伯特 布鲁斯·坎普尼

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限

公司 11018

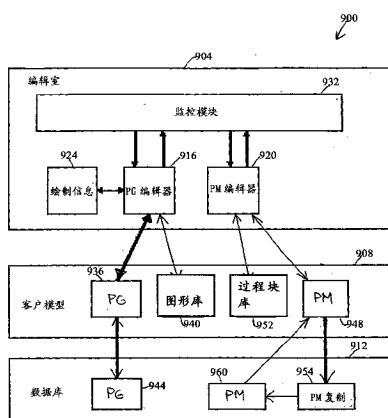
权利要求书 1 页 说明书 33 页 附图 24 页

(54) 发明名称

用于配置加工厂中的图形显示元素和过程模块的系统

(57) 摘要

本发明提供了一种用于配置加工厂中的图形显示元素和过程模块的系统。一种便于配置加工厂的系统可以包括过程图形编辑器和过程模块编辑器。过程图形编辑器可便于加工厂中物理实体的图形表示的创建和 / 或修改。过程模块编辑器可以便于过程模块的创建和 / 或修改。过程模块可以包括代表加工厂中一个或多个相应物理实体的一个或多个互连的过程对象。该系统还包括一与过程图形编辑器及过程模块编辑器通信相连的监控模块。该监控模块能使用过程图形编辑器检测对物理实体的图形表示所做的变化。响应于对此类变化所进行的检测，监控模块可以指令过程模块编辑器对过程模块进行相应的改变，如果有的话。



1. 一种便于配置加工厂的用户界面方法,该方法包括:

将显示分割为至少第一部分、第二部分和第三部分;

在第一部分中显示工作空间,以便为加工厂的至少一部分创建仿真算法,该仿真算法的至少一部分用所述工作空间中的过程对象间的连接描述来定义;

在第二部分中显示能被加入到所述工作空间中的过程对象库,该库中的至少一个过程对象具有至少一个对应于所述过程对象的加工厂中的物理实体的相关图形表示;并且

如果用户选择了所述工作空间中的过程对象,则在所述第三部分中显示所选择的过程对象的参数指示。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述的那个过程对象包括流对象、连接对象、执行器对象、标准过程对象、定制过程对象或用户定义的过程对象中的至少之一。

3. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:

如果用户选择了参数指示中的一个,则提供一显示以使用户能够修改与该指示相对应的参数。

4. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:

如果用户指示要添加一与所述的那个过程对象相对应的新参数,则提供一显示以使用户能够添加该新参数;并且

在所述第三部分中显示该新参数的指示。

5. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:基于利用过程图形编辑器所创建的过程图形,在所述工作空间中自动生成至少一些过程对象间的连接描述,其中所述过程图形描述了所述加工厂的所述至少一部分。

6. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:提示用户为所述工作空间中的一过程对象选择一模型,该模型从多个模型中选出,且该模型对与所述过程对象相对应的加工厂中的物理实体的行为进行仿真。

7. 如权利要求6所述的方法,其中提示用户选择模型的步骤包括提示用户从至少一阶跃响应模型和一第一原理模型中选择模型。

8. 如权利要求7所述的方法,其中所述工作空间中的过程对象能具有与所述过程对象的第一参数相关的阶跃响应模型,以及与所述过程对象的第二参数相关的第一原理模型。

9. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:如果用户选择了参数指示中的一个,则提供一显示以使用户能够将与所述那个指示相对应的参数链接到适于在一个或多个过程控制器上执行的控制模块上,以实现加工厂中的过程控制活动。

10. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:如果用户选择了参数指示中的一个,则提供一显示以使用户能够将与所述那个指示相对应的参数链接到适于在一个或多个过程控制器上执行的控制模块上,以实现加工厂中的过程控制活动。

用于配置加工厂中的图形显示元素和过程模块的系统

[0001] 本申请是申请日为 2005 年 5 月 4 日、申请号为 200580014526.4 的名为“用于配置加工厂中的图形显示元素和过程模块的系统”的发明申请的分案申请。

[0002] 相关申请

[0003] 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）；“加工厂中过程模块和专家系统的集成”（代理备案 No. 06005/41113）；“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）；“过程中具有多种视像的图形元素”（代理备案 No. 06005/41117）；“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

[0004] 本发明总体上涉及一种加工厂，具体涉及一种智能控制和仿真的环境，它使得用户的查看、仿真和控制能够以加工厂控制体系的系统级集成在一起。

背景技术

[0005] 诸如化学、石油或者其它工业中所使用的分布式过程控制系统，一般包括一个或多个过程控制器，这些过程控制器经由模拟、数字或模拟 / 数字混合总线，与一个或多个现场设备通信相连。现场设备可以是例如阀、阀门定位器、开关、传感器（例如温度、压力，液

位和流量传感器)等,它们位于过程环境中,并执行诸如开启或关闭阀以及测量过程参数等过程功能。智能现场设备,例如符合公知的 Fieldbus 协议的现场设备,还可以执行控制计算、警示功能以及通常在控制器中实现的其它控制功能。通常位于工厂环境中的过程控制器,接收表示由现场设备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,举例来说,该控制器应用程序运行不同的控制模块,这些控制模块根据接收到的信息进行过程控制决策、产生控制信号,并与正在诸如 HART 和 Fieldbus 现场设备之类的现场设备中执行的控制模块或块 (block) 协调工作。控制器中的控制模块通过通信线路发送控制信号到现场设备,从而控制过程的操作。

[0006] 来自现场设备和过程控制器的信息通常通过数据总线可用于一个或多个其它硬件设备,例如操作员工作站、维护工作站、个人计算机、数据历史记录器、报告发生器、集中数据库等,它们典型地设置在控制室或其他远离比较苛刻的工厂环境的场所。举例来说,这些硬件设备运行应用程序,以使操作员能够执行与过程相关的功能,例如,改变过程控制例行程序的设置,修改过程控制器或现场设备中控制模块的操作,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,仿真过程的操作以培训人员或测试过程控制软件,保持和更新配置数据库等。

[0007] 例如,由爱默生过程管理公司出售的 DeltaV™ 控制系统,包括了多个应用程序,这些程序存储在加工厂内不同位置处的不同设备中,并由这些设备执行。一个或多个操作员工作站内的配置应用程序,使用户创建或改变过程控制模块,并通过数据总线将这些过程控制模块下载到专用的分布式控制器中。典型地,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的编程协议中的对象,它们可以基于输入在控制方案中执行功能,并向控制方案中的其它功能块提供输出。所述配置应用程序还允许设计者创建或改变操作员界面,该界面通过查看应用程序被用于向操作员显示数据,并使操作员能够改变过程控制例行程序中的设置,例如设定点。每个专用控制器以及某些情况下的现场设备,存储并执行控制器应用程序,该应用程序运行被指派的以及被下载到其中的控制模块,以实现实际的过程控制功能。那些可以在一个或多个操作员工作站上运行的查看应用程序,通过数据总线接收来自控制器应用程序的数据,并将该数据显示给过程控制系统的设计者、操作员或使用用户界面的用户,查看应用程序也可以提供多个不同视图中的任意一个,例如操作员视图、工程师视图、技术员视图等。特别地,数据历史记录器应用程序存储于数据历史记录器设备中并由其执行,该设备采集并存储通过数据总线提供的某些或全部数据,同时配置数据库应用程序可以运行在与数据总线相连的且距离尚远的计算机上,以存储当前过程控制例行程序的配置和与之相关的数据。可选择地,配置数据库可以与配置应用程序放置在同一工作站内。

[0008] 如上所述,操作员显示应用程序通常在一个或多个工作站内以系统级为基础被实现,并向与工厂内的控制系统或设备的操作状况相关的操作员或维护人员提供预配置的显示。特别是,这些显示采用警报显示的方式,这些警报显示接收由加工厂内的控制器或设备生成的警报,控制表示加工厂内的控制器和其它设备的操作状况的显示,维护表示加工厂内的设备的操作状况的显示等。这些显示基本上都按照已知的方式预先配置,以显示接收来自加工厂内的过程控制模块或设备的信息或数据。在一些已知的系统中,通过使用对象生成显示,其中对象含有关于物理或逻辑元素的图形,且该图形与物理或逻辑元素通信互

连,以接收关于物理或逻辑元素的数据。该对象可以基于接收到的数据改变显示屏幕上的图形,以说明例如罐是半满的,或说明由流量传感器测量的流量等。由于显示所需要的信息由加工厂里的设备或配置数据库发送,因而信息只用于向关于该信息的用户提供显示。因此,所有用于在工厂内生成警报、检测问题等的信息和程序必须由与工厂相关的不同设备生成并在其中配置,例如加工厂控制系统的配置过程中的控制器和现场设备。只有这样,信息才能在过程操作过程中被发送到操作员显示器进行显示。

[0009] 虽然误差检测和其它程序有助于检测与不同控制器上运行的控制回路相关的条件、误差、警报等,以及个别设备的问题,但很难对过程控制系统编程,以识别系统级条件或误差,这些系统级条件或误差必须通过分析来自加工厂内不同、可能分散的设备的数据来进行检测。而且,操作员显示已经基本上不用将这样的系统级条件信息表示或显示给操作员或维护人员,而且在任何情况下,很难利用这些显示器内不同元素的变化信息源或数据源来生成操作员显示器中的对象。关于物质流的生成和建模这种事实,确实是真的,例如管内流体的流量,原材料在传送带上的移动等,物质流通常由显示器上两设备之间的简单连线所表示。此外,目前还没有能够检测工厂里某条件的有组织的方式,例如流量条件和质量平衡,当物质经过工厂时,也几乎没有用于以系统级为基础执行这些功能的可简单操作的系统。

[0010] 同样地,很难建立或生成加工厂或加工厂一部分的仿真,因为仿真活动通常必须与在加工厂的在线环境里被执行的显示和控制活动分开执行。而且,如果创建了工厂的仿真,如果不是不可能,那么也很难将该仿真与工厂内正被操作的操作员显示或控制模块集成起来。

发明内容

[0011] 公开一种便于加工厂配置的系统。该系统可以包括过程图形编辑器和过程模块编辑器。过程图形编辑器有助于加工厂中物理实体的图形表示的创建和 / 或修改。使用过程图形编辑器创建和 / 或修改的图形表示可以显示在显示设备上,例如工作站的监视器。过程模块编辑器有助于过程模块的创建和 / 或修改。过程模块可以包括一个或多个互连的过程对象,它们表示加工厂内一个或多个相应的物理实体。过程模块里的零个、一个或多个过程对象可以包括对加工厂里的物理实体进行仿真 / 建模操作的仿真和 / 或建模能力。

[0012] 系统还可以包括通信连接到过程图形编辑器和过程模块编辑器的监督模块(例如监督应用程序)。该监督模块能够利用过程图形编辑器检测对加工厂里物理实体的图形表示所做的改变。响应于对这些变化的检测,监督模块可以命令过程模块编辑器对相应于物理实体的图形表示的过程模块进行相应的改变(如果有的话)。

[0013] 任选地,监督模块可以利用过程模块编辑器检测对过程模块所做的改变。响应于对这些变化的检测,监督模块可以命令过程图形编辑器对相应于过程模块的物理实体的图形表示进行相应的改变(如果有的话)。

附图说明

[0014] 图 1 是位于加工厂内的分布式过程控制网络的框图,其中工厂包括实现显示例行程序的操作员工作站,该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

加工厂的操作；

[0015] 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；

[0016] 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；

[0017] 图 4 是示例性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；

[0018] 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；

[0019] 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；

[0020] 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；

[0021] 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；

[0022] 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；

[0023] 图 10 是过程模块与专家模块集成在其中的示例性显示的一部分；

[0024] 图 11 是图 10 的示例性显示，其中已选择了显示的左手部分的一项；

[0025] 图 12 示出了可以用于浏览已创建的过程模块的示例性显示的一部分；

[0026] 图 13 示出了可以用于分配过程模块以由加工厂内的特定节点执行的示例性显示的一部分；

[0027] 图 14 是与用于创建和修改过程模块的编辑器相关的示例性显示；

[0028] 图 15 示出对应于一简单罐的过程模块；

[0029] 图 16A 是与在过程模块中修改过程对象的参数相关的示例性显示；

[0030] 图 16B 是将过程模块中过程块的一个参数与另一模块中的功能块关联起来的示例性显示；

[0031] 图 17 示出了属性、参数和 / 或测量值被自动从控制模块拉进过程模块；

[0032] 图 18 是用于显示过程模块中已经被定义用于某一过程对象的模型的示例性显示；

[0033] 图 19 是用于显示与所选择的模型的不同属性 / 参数相关的阶跃响应的示例性显示；

[0034] 图 20 是查看和编辑阶跃响应的示例性显示；

[0035] 图 21 是用于修改模型参数的示例性显示，其中参数例如包括增益、滞后时间、一阶时间约束、二阶时间约束，和前置时间约束；

[0036] 图 22 是可用于修改初始条件和 / 或达到模型稳态的时间的示例性显示；

[0037] 图 23 是用于选择供过程对象使用的一种类型的模型的示例性显示；

[0038] 图 24 是用于查看和 / 或编辑过程对象的与模型相关的参数的示例性显示；

[0039] 图 25 是图 24 的示例性显示，其中已经选择了位于左手位置的“流和参数”文件

夹；

[0040] 图 26 示出图 24 的示例性显示, 其中用户已选择增加参数以供阶跃响应模型使用；

[0041] 图 27 示出图 24 的示例性显示, 其中允许用户增加关于新模型的信息, 例如新模型的文本描述；

[0042] 图 28 是用于指定供过程对象使用的第一原理模型的示例性显示；

[0043] 图 29 是用于增加或修改流元素属性的示例性显示；

[0044] 图 30 是用于增加或修改属性的示例性显示；

[0045] 图 31 是示例性系统的方框图, 该系统可以用于根据相应的过程图形自动生成过程模块, 反之亦然; 和

[0046] 图 32 是可用于帮助配置过程模块的示例性显示。

具体实施方式

[0047] 参见图 1, 详细图示了示例性加工厂 10, 其中智能过程对象用来形成过程图形显示和过程模块, 二者可以与控制模块集成起来以提供工厂环境内的增强的控制和仿真。特别的, 加工厂 10 采用含有一个或多个控制器 12 的分布式过程控制系统, 每个控制器都通过输入 / 输出 (I/O) 设备或卡 18 与一个或多个现场设备 14 和 16 相连, 输入 / 输出 (I/O) 设备或卡 18 可以是例如 Fieldbus 接口、Profibus 接口、HART 接口、标准 4-20ma 接口等。通过例如以太网链接的数据总线 24, 控制器 12 也与一个或多个主机或操作员工作站 20 和 22 相连。数据库 28 可以与数据总线 24 相连, 并作为数据历史记录器工作, 以收集和存储与工厂 10 中的控制器和现场设备相关的参数、状态和其它数据, 和 / 或作为配置数据库工作, 以存储工厂 10 中过程控制系统的被下载至并存储在控制器 12 和现场设备 14 和 16 中的当前配置。虽然控制器 12、I/O 卡 18 和现场设备 14 和 16 通常位于有时严酷的工作环境里, 并广泛分布于其中, 但是操作员工作站 20 和 22 及数据库 28 通常位于控制室或其它不怎么严酷的并且控制者或维护人员很容易访问的环境中。

[0048] 正如已知的, 每个控制器 12, 例如由爱默生过程管理出售的 DeltaV™ 控制器, 都可以存储和执行控制器应用程序, 该程序通过使用任意数目的不同的、独立运行的控制模块或块 29 来实现控制策略。每个控制模块 29 可以由通常所谓的功能块构成, 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, 并与其它功能块 (通过所谓的链接的通信) 结合工作, 以实现加工厂 10 里的过程控制回路。正如已知的, 可以是面向对象的编程协议里的对象的功能块, 典型地执行下列功能之一: 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; 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; 或输出功能, 它控制某设备的操作, 例如阀, 以执行加工厂 10 内的某物理功能。当然还有混合的和其它种类的复杂功能块, 例如模型预测控制器 (MPC)、优化器等。虽然 Fieldbus 协议和 DeltaV 系统协议采用在面向对象的编程协议中设计并实现的控制模块和功能块, 但是控制模块可使用任何希望的控制编程方案来进行设计, 例如包括顺序功能块, 梯形逻辑等, 并且不局限于使用功能块或其它特殊编程技术所进行的设计和实现。

[0049] 在图 1 所示的工厂 10 中, 与控制器 12 相连的现场设备 14 和 16 可以是标准的 4-20ma 设备, 可以是智能现场设备, 例如 HART、Profibus、或 FOUNDATION™Fieldbus 现场设

备,它们包括处理器和存储器,或者现场设备 14 和 16 也可以是所希望的其它类型的设备。这些设备中的某些,例如 Fieldbus 现场设备(在图 1 中用附图标记 16 标注),可以存储并执行与在控制器 12 中实现的控制策略相关的模块或子模块,例如功能块。已知的是,在图 1 中示出为在两个不同的 Fieldbus 现场设备 16 中设置的功能块 30,可以与控制器 12 中的控制模块 29 一起执行以实现过程控制。当然,现场设备 14 和 16 可以是任何一种设备,例如传感器、阀、变送器、定位器等,而且 I/O 设备可以是任何一种符合任何希望的通信协议或控制协议的 I/O 设备,例如符合 HART、Fieldbus、Profibus 等协议的设备。

[0050] 在图 1 所示的加工厂 10 中,工作站 20 包括一套操作员接口应用程序和其它数据结构 32,它们可以由任何授权的用户(虽然还有其它类型的用户存在,但这里有时指配置工程师,有时指操作员)所访问,以查看和提供关于连接在加工厂 10 中的设备、单元等的功能。该套操作员接口应用程序 32 被存储在工作站 20 的存储器 34 中,且该套应用程序 32 里的每一个应用程序或实体适于在与工作站 20 相连的处理器 36 上执行。虽然整套应用程序 32 被示出为存储在工作站 20 中,但这些应用程序中的一些或其它实体仍可以存储在位于工厂 10 中或于工厂 10 相关的其它工作站或计算机设备中,并由其执行。而且,该套应用程序可以提供显示输出给与工作站 20 相关的显示屏 37,或任何其它所希望的显示屏或显示设备,包括手持设备、笔记本电脑、其它工作站、打印机等。同样,该套应用程序 32 里的应用程序可以被分解,并在两个或多个计算机或机器上执行,也可以被配置成相互结合一起工作。

[0051] 一般来说,该套应用程序 32 提供三种不同实体的生成和使用,或使其有效,三种不同实体的操作可以集成在一起,以提供加工厂 10 中增强的控制、仿真和显示功能。更特别的是,该套应用程序 32 可以用于创建和执行过程图形显示 35(它一般提供关于加工厂一部分的操作员显示),过程模块 39(它一般提供加工厂一部分的仿真)和过程控制模块,例如控制模块 29,它一般提供或执行过程的在线控制。过程控制模块 29 在本领域中通常是公知的,并可以包括任何一种控制模块,例如功能块、控制模块等。下面将详细描述的过程图形显示元素 35,基本上是由操作员、工程师使用的元素,或其它显示,以便向用户(例如操作员)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 一般紧密地连接于过程图形显示元素 35,并可以用于实现加工厂操作的仿真或其中以过程图形显示 35 所示的方式相连的一些不同元素的操作的仿真。虽然过程图形显示 35 和过程模块 39 可以被下载在与过程控制工厂 10 相关的任何其它计算机中,包括笔记本、手持设备等,并由其操作,但是过程图形显示 35 和过程模块 39 被示出为存储在工作站 20 和 22 中,并由其执行。

[0052] 图 2 示出了工作站 20 的一套应用程序 32 内的一些应用程序和数据结构或其它实体。具体地,该套应用程序 32 包括控制模块应用程序、过程模块应用程序和图形显示配置应用程序 38,它们被配置工程师使用,以创建控制模块、过程模块(也叫过程流模块)和相关的图形显示。虽然控制模块配置应用程序 38 可以是任何标准的或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,下面将对其特性进行详细描述。而且,虽然过程模块和过程图形配置应用程序 38 是单独示出的,但一个配置应用程序也可以一起生成这两种类型的元素。

[0053] 智能过程对象 42 的程序库 40 包括智能过程对象 42 的示例或模板,智能过程对象 42 可以被配置应用程序 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

解的是，配置应用程序 38 可用于创建一个或多个过程模块 39，每一个过程模块都由一个或多个智能过程对象 42 构成或创建，并且可以包括一个或多个过程流或仿真算法 45，它们存储在过程模块存储器 46 中。此外，配置应用程序 38 可用于创建一个或多个图形显示 35，每个图形显示都由一个或多个智能过程对象 42 构成或创建，并可以包括连接在一起的任意数目的显示元素。图形显示 35b 之一以放大的形式示于图 2 中，它包括对一组过程元素的描述，例如阀、罐、传感器和流量变送器，它们通过管路、管道、电力电缆、传送机等连接元素进行互连。

[0054] 执行机 48 在运行期间操作或执行每一个图形显示 35 和过程模块 39，以为操作员创建由图形显示 35 限定的一个或多个过程显示，并实现与过程模块 39 相关的仿真功能。执行机 48 可以使用准则数据库 50，其限定了作为一个整体待在过程模块 39 上实现的逻辑以及特别的这些模块内的智能过程对象。执行机 48 也可以使用连接矩阵来实现过程模块 39 的功能，该矩阵定义了工厂 10 和过程模块 39 里过程元素之间的连接。

[0055] 图 2 详细示出了智能过程对象 42e 之一。虽然智能过程对象 42e 被示出作为智能过程对象模板之一，但可以理解，其它智能过程对象一般包括相同或类似的元素、特征、参数等，正如对智能过程对象 42e 的描述，而且这些元素、特征和参数的规定或取值可以根据智能过程对象的特性和使用在智能过程对象之间进行改变或变化。此外，虽然智能过程对象 42e 可以是面向对象的编程环境中的对象，并因而包括数据存储、输入和输出及相关方法，但该智能过程对象也可由任何其它希望的编程范例或协议来创建，并由其执行。

[0056] 可以理解的是，在智能过程对象 42e 实例化之前，该对象是与图 1 中加工厂 10 内的诸如物理或逻辑实体之类的特殊类型的实体相关的对象。然而，在被复制和实例化之后，智能过程对象 42e 则可与加工厂内的特殊实体相连。不管怎样，智能过程对象 42e 包括数据存储部分 53，它用于存储从与智能过程对象 42e 相连的逻辑实体所接收的数据或属于它的数据。一般数据存储部分 53 包括数据存储 53a，它存储关于智能过程对象 42e 所属的实体的总的或永久信息，例如制造商、校正、名称、类型等。数据存储 53b 可以存储可变的或变化的数据，例如参数数据、状态数据、输入和输出数据、成本或其它关于智能过程对象 42e 所属的实体的数据，包括与过去或现在存在于加工厂 10 中的实体相关的数据。当然，智能过程对象 42e 可以被配置或被编程为定期或不定期地，通过任何希望的通信连接从实体本身，通过以太网总线 24 从记录器 28 或以任何其它的方式，接收这种数据（如成本数据）。数据存储 53c 可以存储智能过程对象 42e 所属的实体的图形表示，其用于通过例如与图 1 中工作站 20 相关的屏幕 37 的操作员界面实际显示给操作员。当然，该图形表示可以包括关于实体的信息的位置标志符（在数据存储 53c 中用下划线标记），例如由参数或其它关于存储在数据存储 53b 中的实体的可变数据所限定的信息。当图形表示在作为图形显示 35 之一的一部分的显示设备 37 上呈现给操作员时，这种参数数据可以被显示在图形位置标志符中。图形表示（和智能过程对象 42e）还可以包括预定连接点（在数据存储 53c 中以“X”标记），它可以使操作员或配置工程师按照图形表示的描述将上游或下游元素与过程元素连接起来。当然，这些连接点也可以使智能过程对象 42e 知道与在过程模块中配置的智能对象相连的元素，还可以指定一种必须使用的连接元素，如与该元素相关的管路、管道、流等。

[0057] 数据存储 53c 可以有选择地存储大量的图形表示。例如，不同的图形表示可以

对应于不同的视图,例如工程师视图、维护人员视图、操作员视图、管理人员视图、训练者视图或练习生视图等。例如,在生成用于特殊视图的图形显示时,可采用特殊的图形表示。用于创建图形表示的示例性系统和方法在同一申请人的标题为“GRAPHICS INTEGRATION INTO A PROCESS CONFIGURATION AND CONTROL ENVIRONMENT”(代理备案 No. 06005/41116) 的申请中有描述。当然,也可以采用其它合适的系统和方法来创建图形表示。

[0058] 智能过程对象 42e 还可以包括一个或多个输入 54 和输出 56,以使其能与使用了智能过程对象 42e 的过程模块内外的其它智能过程对象通信。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的配置期间,由配置工程师通过将其它智能过程对象与这些输入和输出简单连接,或通过指定智能过程对象之间发生的特殊通信来进行配置。一些该输入和输出可以被限定为与智能过程对象连接,并连接在用于如上所述的智能过程对象的预定连接点处。这些输入 54 和输出 56 也可以由准则数据库 50 中的准则组和限定工厂 10 中不同设备或实体之间的连接的连接矩阵 52 所确定或限定。一般来说,包括与之相关的数据存储或缓冲的输入 54 和输出 56 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,或提供存储在智能过程对象 42e 中或由其生成的数据向其它智能过程对象的通信。这些输入和输出也可用于提供智能过程对象 42e 和过程控制系统中其它对象间的通信,例如控制器 12 中的控制模块、现场设备 14、16 等。

[0059] 如图 2 所示,智能过程对象 42e 也包括用于存储零个、一个或多个方法 60(图 2 中示为方法 60a、60b 和 60c)的方法存储部分 58,该方法可以由智能过程对象 42e 在使用该智能过程对象 42e 的过程模块执行期间来实现。基本上,存储在方法存储部分 58 中的方法 60 将使用存储在数据存储部分 53a 和 53b 内的数据和来自其它智能过程对象的数据,甚至来自其它源的数据,例如配置数据库或记录器 28,通过输入 54 和输出 56 以确定关于加工厂 10 或工厂 10 内的实体的信息。例如,方法 60 可以确定与智能过程对象 42e 所限定的实体相关的差的或不好的操作条件,与加工厂 10 内的该实体或其它实体相关的误差等。方法 60 可以基于智能过程对象的类型或类被预先配置或提供,并基本上在执行机 48 运行期间,每次执行智能过程对象 42e 时被执行。可以在例如智能过程对象 42e 的智能过程对象里提供的一些示例性方法 60,包括检测泄漏、死区、滞后时间、移动、变化、条件监测、计算成本或与实体相关的其它条件。

[0060] 在物质流经与智能过程对象相关的过程实体时,该方法 60 也可以被提供以帮助对该过程实体的操作进行仿真。因此,方法 60 可以用于计算质量平衡、能量平衡、流、温度、成分、气态和与工厂 10 中的物质相关的其它系统级参数或流级参数,以仿真该元素的操作,因而根据所提供的输入等计算出预计的输出。当然,还有几种方法可以存储在智能过程对象 42e 中并由其运行,还有其它许多可使用的其它方法,这些方法基本上是由下列因素决定的,即被表示的实体的类型,该实体被连入并用在加工厂中的方式及其它因素。需要注意,重要的是,虽然智能过程对象 42e 可以存储和执行检测系统级条件、误差等的方法,但是这些方法也可以用于确定关于设备、诸如过程控制模块和回路之类的逻辑元素和其它非系统级实体的信息。如果需要,方法 60 可以以诸如 C、C++、C# 等的任何希望的编程语言被编程或提供,或被参考,或可以定义准则数据库 50 里的可用准则,其中该数据库应当在执行期间针对智能过程对象 42e 来运行。

[0061] 如果需要,每个智能过程对象可以包括可用算法或方法库,它们可以用于定义智能过程对象在被连接进过程模块时的仿真行为。这样一个库示于图 2 的智能过程对象 42e 的下拉菜单 61 中,且类似的菜单可与每个其它智能过程对象相关。通过经由例如下拉菜单 61 选择仿真算法(称为方法 1、方法 2 等)的一个库,配置工程师可以定义在智能过程对象被设置在过程模块 39 中时,智能过程对象的仿真行为。这种方式下,配置工程师可以根据过程的类型或性质定义针对智能过程对象的不同仿真行为,其中智能过程对象用于对该过程进行建模。

[0062] 如果需要,配置工程师可以改为提供专用的或由其它用户提供的算法来定义由智能过程块限定的过程元素的仿真行为。这样一个用户定义的算法(在下拉菜单 61 中示为“用户定义”项)可以在智能过程对象被设置于或使用于过程模块 39 中时,被提供给或存储于该智能过程对象中。这个功能使仿真行为可以由用户定制,因而提供更好或更准确的仿真。如下面将详细描述的,如果需要,智能过程对象 42e 或每个过程模块 39 可以包括操作员可启动的开关(例如电子开关或标记),它可以停止智能过程对象内仿真算法的使用,相反,它可以使过程模块的行为由例如 HYSYS 提供的高保真仿真包或程序来确定。这种情况下,智能过程对象或过程模块从高保真仿真获得被仿真的参数,这与使用智能过程对象本身仿真算法相反。

[0063] 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 实现由输入 54 和输出 56 限定的与图形显示 35 或过程模块 39 中的每个智能过程对象的通信,并可以实现用于每个对象的方法 60,以执行由方法 60 提供的功能。如上所述,方法 60 的功能可以设置在智能过程对象的程序里,或由准则数据库 50 里的准则组来限定,其中准则数据库 50 由执行机 48 根据智能过程对象的类型、类、标识、标签名称等进行执行,以实现用这些准则所限定的功能。

[0064] 可以理解的是,智能过程对象 42e 的一个例子具有智能过程对象 42e 与之相关的过程模块上下文内的标签或唯一名称,该标签或唯一名称可用于提供与智能过程对象 42e 之间的通信,且可在运行期间由执行机 48 引用。过程模块标签在控制系统配置中应该是唯一的。该标签协议使得过程模块 39 里的元素可以由其它过程图形显示 35、过程模块 39、甚至控制模块 29 里的元素所应用。更进一步地,智能过程对象 42e 的参数可以是简单的参数,例如简单值、结构化参数或了解与之相关的单位和属性值的智能参数。智能参数可由过程准则机或执行机 48 来解释或使用,以保证所有的信号都能以同一单位被发送或被适当地转换。智能准则也可用于开启和关闭智能过程对象(或过程模块)的警报集合,以创建智能警报策略和 / 或操作员界面。更进一步地,智能过程对象类可以与工厂 10 的过程控制策略中的设备和模块类相关,以提供智能过程对象与需要解释或访问的过程变量之间的已知的链接。

[0065] 用在过程图形显示或过程模块中的智能过程对象,也可以包括操作模式、状态和警报行为,以便这些智能对象在运行期间可以置于不同的模式(例如关闭、开启)和正常模式下,智能过程对象可以提供与基于它当前操作状态的对象相关的信息,还可以提供基于所检测的条件的警报,例如参数超出范围、受限、高可变性等。智能过程对象还可以包括类 / 子类层次,这使得它们可以被分类列入类库中,在复合结构中被收集在一起等。更进一步地,智能过程对象可以利用来自其它元素的信息,例如控制模块和其它对象,以使得智能过

程对象能够识别,例如其相关实体何时忙碌或何时被工厂 10 中的分批控制过程所需要。

[0066] 智能过程对象可以与任何希望的过程实体相关,例如象泵、罐、阀等的物理设备,象过程区域、测量值或执行器、控制策略等的逻辑实体。在一些情况中,智能过程对象可以和连接器相关,例如管路、管道、线路、传送机或其它任何其它将物质、电、气体等从过程里的一点移动到另一点的设备或实体。这里有时称作智能链接或连接元素的与连接器相关的智能过程对象,也被标注(即使实际的设备或连接器自身并没有被标注,或能够在加工厂 10 中通信),且基本上用于表示过程中的其它元素之间的物质流动。

[0067] 典型地,智能链接包括属性或参数,它们限定了不同物质或现象(例如电)(如蒸汽、电、水、污水等)怎样流经连接元素。这些参数可以表明经过连接器的流体的类型和性质(如平均速率、摩擦系数、象湍流或非湍流的类型、电磁等),以及流过连接器的可能方向或方向。智能链接可包括程序或方法,它们保证智能链接所连接的源对象和目标对象相匹配,如果不匹配,则可以执行转换。智能链接的方法也可以使用模型或算法来对经过连接器的流体进行建模,以估计流过实际连接器的流体的速度或性质、物理连接的长度和尺寸、运输延迟等。为智能过程对象存储的参数(如摩擦参数)可以用在这些方法中。因此,实际上,智能链接或连接元素使智能过程对象能够知道其它上游或下游的对象或实体。当然,智能链接例如可以以任何希望的或方便的方式限定系统内其它对象间的连接,流体类型,例如液体、气体、电流等,实体的上游和下游侧,其它实体是用于该智能过程对象的实体的上游和下游,材料、流体、电流的方向等。在一个实施例中,矩阵 52 可以在执行过程流体模块之前被创建,且可以为智能链接限定工厂内不同设备之间的互连,以及因此而来的不同智能过程对象之间的互连。事实上,执行机 48 可以使用矩阵 52 来确定上游和下游实体,并因此限定智能过程对象间的通信和与该智能过程对象相关的方法。更进一步地,可以提供一个或多个准则组供智能过程对象使用,以彼此交互,并获得智能过程对象内的方法所需的数据,并解决与输出连接相关的智能对象的影响。

[0068] 如果需要,智能过程对象 42e 也可包括诸如 URL 的热链接,以锁定适用于这种类型对象的文档,或特定于智能过程对象 42e 所属设备的示例(根据其重要性和实用性)的文档。该文档可以是销售商提供的,也可以是用户指定的。文档的一些例子包括配置、开始和关闭程序、操作和维护文档。如果需要,操作员可以点击显示在操作员显示器上的对象,以提取用于该对象或相关设备的特定示例(如果有的话)和普通文档。同样的,操作员也能够添加/删除/改变独立于系统软件的文档,例如维护要求、操作问题记录等。进一步,这些热链接可以是用户可配置或可改变的,以向操作员界面内的对象提供添加信息链接的能力,提供对关于对象的合适信息的快速导航,以及提供添加专用于用户、特定对象类型、甚至对象的特定示例的工作指令的能力。

[0069] 虽然以上描述的过程模块和过程图形是由不同的智能过程对象的互连一起创建的,但它们可以分开创建。例如,过程图形可使用智能过程对象创建,当完成时,用于该图形的过程模块可以根据图形元素和它们在图形显示里的互连来创建。可选择的是,过程模块可以使用智能过程对象首先创建,一旦创建完成,该过程模块的图形显示可以由配置应用程序 38,利用用于创建过程模块的智能过程对象里的图形显示元素来自动创建。更进一步地,过程模块和图形显示可以分开创建,且这两个实体的单个元素可以通过相互参考手动连接在一起(例如使用图形显示和过程模块里的元素的标签属性)。通过该机制,智能过程

对象可以被多个显示所参考。在任何情况下,一旦创建完成,过程图形显示和相关的过程模块可以独立或分开运行,虽然它们通常如所希望或所需要的那样来回传输参数和信息。

[0070] 为了更易于理解,下面将详细描述智能过程对象的某些可能的特征和范例,其中智能过程对象可用在过程图形显示和过程模块中或用于创建过程图形显示和过程模块。接下来,下面将描述如下方式:使用所述元素和特征创建的过程图形显示和过程模块,可以与控制模块结合以提供先进控制和仿真能力。当然可以理解的是,智能过程对象元素和特征应不限于这里所述的元素和特征,如果需要的话,其它特征和元素也可用在过程图形显示和过程模块之一或二者中或用于创建过程图形显示和过程模块之一或二者。

[0071] 一般而言,预定义的图形元素组可被提供于配置应用程序中,以使用户能够构建反映该加工厂的操作员显示或图形显示。这些图形元素可以被设计成动态显示与控制系统交互的在线测量值和执行器。此外,反映过程操作的未测量的参数可利用在过程模块中所提供的在线过程仿真来计算,并作为相关的图形显示的主要部分进行显示。

[0072] 此外,在为工程或训练仿真目的而使用的离线环境中,由过程模块提供的过程仿真可以在图形元素和相关的控制模块内,代替过程测量值来使用。这些由相关过程模块计算出的值,可以是基于执行器位置或状态以及由过程图形中所示的手动干扰值的。按照这种方式,图形显示和控制模块可用于在线或控制情况和离线或仿真情况。而且,由于许多情况下图形元素的静态区与包含在已知的图形库里的三维分量相似,所以这些图形元素的更独特的特征或属性、与这些元素一起显示的信息、以及与控制系统 I/O 及过程仿真模块的链接,将在下面针对图形元素的一些可能类型和示例进行描述。

[0073] 一般而言,关于智能过程对象的过程模块里的图形元素和仿真算法流入不同种类的过程元素中的一种,包括流元素、过程连接元素、执行器元素、处理元素、测量元素和已估属性元素。流元素基本上限定加工厂中的物质流,并可以显示在图形显示上以示出组成、浓度、流、温度、压力、重量和 / 或任何其它的限定物质流的参数。流元素在过程模块的输入端处即被限定,并被提供给过程模块里的元素,以便使经过过程模块的物质流被建模并在图形显示中被描述。类似的,流元素可示于过程模块的输出端或末端,以说明图形显示中由图形显示描述的加工厂该区的物质输出。流元素也可用于限定不同图形显示(和相关的过程模块)怎样相互连接在一起。例如,一过程模块中的输出流可能是另一个过程模块的输入流,并可提供其它过程模块的输入流所使用的值。流可包括下列四部分:名称(如 pH 流)、方向(如输入流)、测量值(如流量、压力、温度)和组成(如氮、氨等)。然而,如果需要,流还有其它部分或参数。

[0074] 过程连接元素限定工厂内的物质(如固体物质、液体和蒸汽以及气体)从一个设备运输或传送到另一个设备的方式。为了清楚地说明经过过程的物质流,可以使用三种不同的过程连接,包括管路、管道和传送带。当然,其它连接元素,如在电 - 化学过程中引导电能流的电缆等也可以被使用。管路基本上用于图示(和仿真)工厂内的液体和高压蒸汽或气体流。管道基本上用于图示(和仿真)工厂内的低压气体流。传送带基本上用于图示(和仿真)处理单元之间固体物质的移动。结果,每个过程连接元素都限定了连接的类型,例如用于提供设备输入或输出端处物质的管路连接、管道连接或传送带连接。

[0075] 如果需要,正在由连接传输的物质的属性由上游输入确定。该信息加上限定该连接是否完成的连接状态变量可以被获得,以作为图形显示上的连接元素的属性。连接元素

可在处理元素输出端、执行器元素输出端或流元素输出端开始。以类似的方式，连接元素可在处理元素输入端、执行器元素输入端或流输入端结束。

[0076] 当将光标放在图形显示中的连接元素上时，则连接元素的属性可以被自动显示。而且，与连接元素相关的属性可通过在连接元素上设置测量值或已估计的属性元素（接下来被限定）来永久地显示。如果需要，连接元素可通过在元素输出端（如流输出端、处理元素输出端或执行器元素输出端）上按下鼠标左键来创建，同时按住鼠标键将指针定位在元素输入端上。为了成功地建立连接，上游和下游元素的输入和输出类型（管路、管道或传送带）必须匹配。连接将自动接受上游元素的类型。

[0077] 如果需要，管路元素可以在过程图形显示中以管路连接表示或显示，管道元素可以以管道连接表示或显示，传送带元素可以以传送带连接表示或显示。管路、管道和传送带元素连接可在处理元素之间自动被引导，且箭头可显示在这些元素的描述外部，以示出流动的方向。如果上游输出对应于两个连接，则可以在管路、管道或传送带内包括“T”元素。类似的，“T”元素可用于合并多路输出。传送带元素的颜色或其它图形特征可以改变，以表明其状态，如运行 / 停止、流动 / 未流动、堵塞等。一般而言，沿着传送带的物质流由与传送带相连的电机驱动器来确定。因此，电机驱动器操作机构（下面更详细的描述中为操作元素）可与传送带相连。而且，可将测量元素（下面有描述）与管路、管道和传送带相连，以使其可能显示关于管路、管道和传送带元素的测量值，例如传送带的速度、管路或管道里的物质流、传送带之上或其中的物质的属性，如湿度或重量。而且，可以添加显示属性元素，以显示管路、管道或传送带之上和其中的未被测量的物质属性，例如物质的组成。

[0078] 如果需要，每个管路、管道和传送带元素都可以图形化地并自动地反映丢失的连接（如通过颜色变化），并反映所选择的属性（压力、温度、长度等）是在外部配置限制（如通过颜色变化）的。此外，由相关过程模块计算的参数可以显示在图形中。例如，由上游连接提供的属性、连接状态是好还是坏、对连接元素的一个或多个所选择的参数的限制等可以被显示在图形显示中，以提供给操作员关于连接元素或由连接元素传输的流的信息。

[0079] 一般而言，执行器元素是对流执行驱动功能的元素，它可以设置于不同连接元素之间或处理元素与连接元素之间。执行器元素的例子包括调节阀（带致动器）、开关阀（带致动器）、泵（带电动机）、强制通风机（带电动机）、引风机（带电动机）、排放管（带开关阀）、阻尼器（带驱动）、进料器（带变速电动机）、传送带电动机驱动（可连接到传送带元素）等等。

[0080] 阀元素的图形显示可以动态地反映所指的阀位置（例如通过动画）、阀故障（例如通过颜色变化）、阀全开 / 关的位置（例如通过颜色变化），和控制该阀的相关控制块的AO、DO、DC、设定点、PV、OUT、模式等（例如通过字符串或其它指示）。与阀元素（用在过程模块）相关的仿真元素可以具有仿真算法，该仿真算法计算与阀致动器相关的参数，例如排放压力、质量流量、液体温度、液体成分、入口压力和出口压力。如果需要，这些被仿真或计算的参数可以显示在过程图形中。然而，用户和配置工程师必须经常配置对于与该阀相关的控制模块中的AO、DO或DC块的参考，以及阀的类型（例如线性的、快速开启的、等比的、阀尺寸等）和从开启到关闭的工作时间。当然，当物质流过该阀时，可用于仿真阀的操作的仿真算法可以依据阀的类型和尺寸信息。

[0081] 泵元素的图形显示可以动态地反映电动机状态（例如通过颜色变化）、相关的DO

或 DC 功能块模式和设定点（如使用字符串）、电动机速度（如果使用变速驱动）、AO 设定点、PV、OUT 模式（如果使用变速驱动）和其它希望的参数。同样的，该元素的过程仿真（用在过程模块中）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，其中的参数可以显示在图形显示中。用户可能需要定义基于泵的类型的泵曲线。然而，用户可以配置对与电动机的开启 / 关闭相关的 DO 或 DC 块的参考，对用于变速驱动（如果使用了话）的相关 AO 功能块的参考，和用于限定泵操作的泵曲线（例如，压力与流的关系曲线）。

[0082] 强制通风机或引风机的执行器元素的图形描述可以具有动态反映任何可在图形显示中显示的电动机状态、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）、AO 设定点、PV、OUT、DO 或 DC 功能块模式（如果使用变速驱动）和其它期望的参数的描述。该元素的过程仿真元素（用在过程模块中）可以确定或计算例如排放压力、气体组成、气体温度和气体质量流量之类的参数，它们可以被显示在图形显示中。用户可以配置对用于电动机开启 / 关闭的相关 DC 块的参考，对用于变速驱动（如果使用的话）的 AO 块的参考和用于限定风扇的仿真操作的风扇曲线（压力对流量的关系曲线）。

[0083] 在一些情况中，特定类型的执行器可以只和特定类型的连接等一起使用，例如与管路、管道或传送带一起使用。下面的表格定义了用于典型执行器元素的示例性连接限制。

[0084]

	管路	管道	传送带
调节阀	X		
开关阀	X		
泵	X		
排放管	X		
强制通风机		X	
引风机		X	
阻尼器驱动		X	
进料器	X		X
电动机驱动			X

[0085] 处理元素包括以某种方式处理工厂中的物质和流的工厂设备。一般而言，所有进出处理元素的输入和输出将通过连接元素。标准的处理元素包括罐（竖直的或平行的）、加热器、静态混合器、反应器、混合器、空气加热器和其它执行某种简单的或标准的处理行为的元素。对于标准的处理元素，用户可以限定元素的输入和输出数量以及物理设备的属性，如规格、容积等。这些标准处理元素的仿真算法和静态表示可以被设定，以使得它们不能由用户修改，但可以如上所述在配置时进行选择。当然，如果需要，其它典型的更复杂的工厂设备（例如蒸馏塔、蒸发器、分离器、锅炉等）可以作为定制的处理元素被执行。这种

定制的处理元素的静态表示、输入和输出数量及仿真算法都可以被修改为满足用户界面的需要。一旦已经限定了定制的处理元素,那么它就可以作为组合件或模板,在创建其它处理元素时作为起始点而被再次使用或使用。

[0086] 罐标准处理元素(或者是竖直的或者是平行的)基于管路连接而配置,且罐元素可以动态地反映罐内的液位(例如使用动画),及100%或空时的液位(如使用颜色变化)。对罐的过程模块仿真可以通过图形显示来计算并示出参数,例如,出口温度、出口组成、液体温度和仿真的罐内液位。然而,为了将罐连接入系统,用户或配置工程师可能需要配置输入和输出数量、到罐的完整连接、诸如规格(例如,直径和高度)之类的罐属性等。

[0087] 加热器处理元素可以通过图形显示动态地计算并反映热转换效率(例如,使用颜色变化)、出口产品温度、入口产品温度、出口压力(假设固定下落)等。用户或配置工程师可能需要到加热器的完整连接、加热器表面面积以及空载时的热转换效率。

[0088] 当然,例如静态混合器、反应器、混合器、气体加热器、热交换器等的其它处理元素,可以具有适合这些类型设备的显示和仿真能力。例如蒸馏塔、蒸发器、分离器、锅炉等的非标准处理元素可使用定制的处理元素来图形化地进行表示,其中在定制的处理元素中,与容器相关的仿真,如果不包括在标准选择中,则可由用户定义。这些元素里的处理可以作为关于容器里的每个输入和输出的阶跃响应模式来进行描述或限定。输入可以是气体和/或液体流。任选地,用户可以限定描述处理元素的输入和输出之间关系的等式,且这些等式可存储在使用该元素的过程模块中,从而实现仿真。如果需要,可提供一些简单的静态图形表示,以帮助用户快速创建与定制的处理元素相关的静态图形。如果使用了这些简单的图形,那么用户则只需要指定期望的输入和输出连接数量和由定制的处理元素所支持的连接类型(例如,管路、管道或传送带)。相应地,图形项将被显示且可被立即用在操作员图形的创建中。如果需要,当用户选择并指定仿真算法为阶跃响应,则任何与过程元素的每个输入和输出相关的增益和动态特性都可以被指定。如果用户选择了定制的算法,则可向用户提供表达编辑器以定义仿真算法。根据所选择的方法,定制处理元素的输出属性可以被分别计算出来。而且,用户可以参考一个或多个已被限定在单独的软件集合中的算法。

[0089] 此外,可提供一些预定义的组合件或模板用于创建定制的处理元素。例如,这些模板可以包括具有定制算法的锅炉模板,其算法计算排出的氧气、排出的一氧化碳、所产生的蒸汽、锅炉鼓筒内的水位和锅炉通风力。这样的模板可以基于单个的燃料输入。然而,通过修改该模板,有可能用多种燃料来仿真锅炉。其它预定义的模板可以包括专用的容器旋流分离器模板,它可与喷雾干燥器定制处理元素结合使用,并且其包括阶跃响应模型,以对分离器的操作进行建模。同样的,塔模板、喷雾干燥器和蒸发器可以使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的浓度,可以计算出输出流和释放出的蒸汽的浓度。多个蒸发器元素可以和热交换器及排放管元素连接在一起,以创建多效应的蒸发器。类似的,专用的容器堆定制模板处理元素可以和锅炉处理元素一起使用。这种情况下,如果需要,输入的属性可以被运载经过堆,而不做修改,或反映堆中所执行的发射衰减。

[0090] 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和开关元素,其中变送器元素用在图形显示中以获得与物理变送器相关的测量值。总体上,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

不确定的状态、控制模块中相关的 AI 功能块的模式、测量值和单位等,或其它与实际变送器相关的数据。在离线模式(或仿真模式)下,变送器元素可用于访问并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,或者变送器元素用于给控制模块里相关的 AI 块提供测量值作为要用在仿真控制程序中的测量值。可以向连接元素或处理元素中添加变送器元素,并且当这样的变送器元素被添加到显示中时,用户通常需要确认提供测量值的控制器方案中的相关 AI、PCI 或 DI 块。在线模式中,测量值可紧接着该测量元素而被显示。在离线模式(或仿真模式)中,被仿真的测量值(例如由相应的过程模块创建的)可以被自动显示。在线操作中,用户在测量失败时可以选择将控制和显示切换为仿真的值。

[0091] 开关元素可以动态地反映差的或不确定的状态、相关 DI 的模式(如手动或 OS)和开关的离散值(开、关等)。当处于离线仿真模式时,通过选择仿真值或手动值和状态,并手动输入开关的值和状态,用户可以使用开关显示元素来访问和改变图形显示和控制模块中的开关参数。然而,用户通常必须通过提供对于控制方案中的相关 DI 块参考、对于触发与开关状态变化相关的开关和限制以及死区的元素属性的参考,来配置开关元素。

[0092] 已估属性元素通常显示出如过程模块所确定的系统的已估属性,并被添加到连接或处理元素中,以显示该元素的任何属性。当该元素被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被显示的属性。因此,通过物理测量无法获得的仿真属性可以通过使用已估属性元素来显示。这样的已估属性元素可以动态地反映好的 / 坏的连接、已估属性值和相关的限制或变化以外的属性。用户通常必须配置对将被显示的属性的参考,以及对属性超出限制时该元素的限制和颜色变化的参考。

[0093] 可以理解的是,通过将变送器元素和已估属性元素连接到处理元素、执行器元素和连接元素上,与这些过程元素的输入和输出相关的属性可以在在线操作或离线仿真期间被参考。这些属性也可以被制成在图形显示上可见。

[0094] 一般而言,操作员可以运行或执行配置应用程序 38,以创建在工厂 10 操作期间实现的或在仿真环境中实现的一个或多个过程模块 39 或图形显示。在一个实施例中,如图 3 所示,配置应用程序 38 将配置显示呈现给配置工程师。如图 3 所示,配置显示 64 包括库或模板部分 65 和配置部分 66。模板部分 65 包括模板智能过程对象 67 的集合的描述,它可以包括图 2 中的智能过程对象 42,并可以是上述的任何连接元素、测量元素、流元素、处理元素和已估属性元素。如果需要,也可以提供只具有图形定义的非智能元素 68。事实上,模板 67 和 68 是可被拖动至配置部分 66 以创建过程模块或图形显示(或两者)中的智能过程对象的示例的普通对象。部分完成的过程显示 35c 示出为包括一个阀、两个罐、两个泵、一个流量变送器和两个传感器,它们由流路连接器互连,该连接器可以是如上所述且提供流输出的智能链接或连接器元素。值得注意的是,图形显示 35c 可以由智能过程对象和非智能元素组成。

[0095] 当创建一例如图形显示 35c(或过程模块)的图形显示时,配置工程师可以选择并拖动模板部分 65 所示的智能过程对象 67 和元素 68 到配置部分 66 上,并将其置于期望的位置。一般地,配置工程师将选择并拖动描述设备的一个或多个智能设备过程对象 67a 或非智能元素 68 到配置部分 66 上。接下来,配置工程师将配置部分 66 里的智能设备过程对象与智能连接器过程对象 67b 进行互连,并将输入和输出流 67c 置于显示中。此外,非智能元素可被添加到例如静态文本元素的显示中。配置工程师可以在该过程中使用弹出属性菜

单来改变每个智能过程对象的属性,特别是,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。当过程或配置工程师已经创建了带有每个期望元素的过程模块,特别是表示过程配置、区域等的过程模块时,配置工程师可以定义准则或与模块相关的其它功能。这类准则可以是例如与系统级方法性能相关的执行准则,例如质量平衡和流量平衡。过程工程师或操作员也可以决定添加过程显示在线时可能有用的趋势和面板。在创建图形显示 35c 之后,配置工程师将该显示保存到存储器中,并同时或随后以执行机 48 可以提供图形显示的方式将该显示实例化并下载到执行机 48 中。当然,配置工程师可以按照相同或类似的方法创建过程模块,虽然不同的图形可以用于描述与过程图形显示元素相对的过程模块元素。此外,操作员可以在运行该工厂时选择打开细节等级。例如,细节等级之一可以显示每个连接处的成分。

[0096] 如上所述,可以给过程图形或过程模块提供专用标签。例如,图形显示或过程模块里的智能过程对象元素可以被提供包括别名的标签,例如它可以在运行期间由执行机 48 根据其它因素来添加或选择,例如根据过程控制系统内所选定的一件设备或路径。过程控制系统中别名或间接引用的使用,已在美国专利 No. 6,385,496 中详细讨论过,该专利被转让给本发明的受让人,在此将其全部内容引用以作参考。这些技术中的任何一个都可用于为这里所述的智能过程对象提供并解析标签里的别名。一旦使用了别名等,相同的过程模块可以包括或被用于支持设备集合等的不同视图。

[0097] 图 3 的显示 64 示出了用于过程模块或图形显示的不同视图的切换(视图 1、视图 2 和视图 3)。这些切换利用其中一些相同的智能过程对象,用于为与过程相关的不同用户访问和创建不同的视图。

[0098] 一般而言,当配置工程师创建过程模块或图形显示时,配置应用程序 38 自动将智能过程对象及其之间的连接存储在数据库中。随后,该数据库用于创建其它过程模块和图形显示,例如可以利用一个或多个相同的智能过程对象提供不同的视图。这样,当创建第二个视图时,配置工程师可以简单引用已经被创建并保存在数据库里的智能过程对象以及与之一起存储的任何方法等,以将智能过程对象置于第二个视图中。以这种方式,通过使用已经存在于过程流数据库中的智能过程对象,当过程控制模块和图形显示被创建时,数据库可能存在,且数据库可用于在任何时候创建并执行其它视图、模块和图形显示。使用这样的数据库,数据库里的每个智能过程对象可以支持或用在过程模块中,并在多个图形显示中被参考。还可以理解的是,过程模块可以这样被配置,即为这些模块建立显示,并随后指定用于或与过程模块相关的流算法。当然,各个过程模块可以分散在不同的计算机中,并由不同的计算机执行,且过程模块可以相互通信连接,以在同一计算机或在不同的计算机上协同操作。一旦如此,输入和输出流将从外部被参考以将过程模块连接在一起。

[0099] 如上所述,作为过程模块或图形显示创建的一部分,配置工程师可以附加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,以计算或确定关于由过程模块描述或建模的过程的某些过程或系统级属性,例如质量平衡计算、流量计算、效率计算、经济计算等。因此,过程模块本身可以具有模式、状态和警报行为,可被分配给工作站,并可作为显示下载的一部分而被下载。如果需要,仿真算法可以由执行机 48 执行,以使用过程模块中的智能过程对象提供的数据,实现质量或热平衡、流路径、流效率、流优化、与过程仿真的相关的经济计算或其它期望的计算。更进一步地,这些仿真算法可以使用来自控制策略的访问

参数,即与控制器、现场设备等相关并下载至控制器、现场设备等的控制模块,并且相反,可以向这些控制模块提供数据或信息。

[0100] 可以理解的是,执行机 48 需要使过程算法能够对将在所有显示上配置的所有过程对象和链接的合并执行。因此,不管是否加载有相关的图形显示,即向用户提供信息并向用户显示信息,仿真算法(在过程模块中)通常都执行。当然,仿真算法可通过整个过程 10 或所定义的过程 10 的子集来获得交叉校验。还可以理解的是,在任何特殊过程模块的执行期间,执行机 48 可以在操作员界面上向操作员提供显示,以基于与过程模块有关的图形显示来描述过程模块里互连的对象或实体。显示的参数、图形等将由过程模块里的智能元素的配置和互连确定。此外,被提供在这个显示或其它显示上的警报和其它信息可以由智能过程对象里的方法和与特殊过程模块相关的仿真算法进行限定并生成。如果需要,执行机 48 可以将用于过程模块的显示提供给不止一个操作员界面,或者执行机 48 可以被配置或设置为不提供显示,即使执行机 48 继续执行过程流模块,并因此执行与之相关的方法、警报行为、流算法等。

[0101] 如果需要,过程模块可以自动地由图形显示创建(反之亦然),并且可用于过程模块的功能由过程图形元素确定。应该清楚的是,过程模块优先被构造成保护过程图形显示。因此,当用户配置过程图形显示时,用户具有能力,以包括过程模块的附加信息,例如质量流或能量流。这些流被用在过程模块中,以建立仿真功能块所需的起始条件。

[0102] 而且,由于过程模块实际上是运行在计算机里的软件模块,所以它们有可能引用控制模块或被其所引用,以使用关于控制模块的参数、控制策略、显示等。此外,使用该功能,过程模块有可能独立于过程图形显示而创建。

[0103] 一般而言,过程模块将由处理元素、流和它们的相关连接组成。因为在过程图形元素和仿真元素(在过程模式中)之间有一对一的对应关系,所以用户有可能构建一图形显示,并根据该显示自动创建相应的过程模块。当然,如果需要,用户可以创建过程模块,然后使用智能过程对象里的图形根据该模块创建图形显示。然而,为了实现过程模块的自动创建,用户有必要识别与测量元素和已估属性元素有关的执行器元素、连接元素或处理元素属性。用户还需要在创建过程图形或有时在构建控制模块之前,创建过程仿真。在构建了仿真之后,有可能添加关于控制模块里 I/O 块的引用。而且,当创建相关图形显示时,有可能浏览现存的过程模块,以设定属性参考。

[0104] 在一些情况下,过程图形可以不包含构建过程仿真所需的所有细节。因此,期望提供编辑器,以使用户能够编辑仿真或已由过程图形自动创建的过程模块。而且,因为多个过程图形需要显示同一件设备,所以在过程图形的配置中元素有必要能引用现存的过程模块。

[0105] 一般而言,对应于处理元素的仿真具有公共的结构。如果需要,块输入连接和仿真参数都被存储在过程模块中,这样就不需要对控制模块的引用。此外,由仿真支持的输入和输出过程数量可以被限定为可扩展的,仿真执行结果可以反映在仿真输出连接中或作为仿真参数被反映,仿真算法可被限定为阶跃响应,或可以由用户输入。当仿真算法是由用户输入时,用户可以独立地指定每个输出的动态特性。

[0106] 更进一步地,参数的公共集合可以被支持用于输入和输出连接。与输入和输出连接相关的参数,可作为阵列参数或结构在块间通信,且可以包括参数,例如连接状态(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、浓度参数、非潜在流量参数 (flow not possible parameter)、用于压力 / 流量网络的压力基准参数、用于压力 / 流量网络的流量基准参数或其它期望的参数。在一些情况中, 例如流的成分的其它参数可被提供并用在仿真算法中。为了支持这种需求, 可以提供标准的和扩展的流元素。作为被扩展的流元素配置的一部分, 用户可以选择预定义的数据组集合, 以定义流元素。这种被扩展的连接只能连接使用该信息的块。总体上, 被扩展的参数可以包括组名称和具体元素的数量。例如, 向锅炉处理元素输入的燃料输入流可包含燃料成分, 包括燃料集合、燃料里的碳、氢、硫、氧、湿汽和氮的量 (如果需要, 所有的都按重量百分比)。另一个例子中, 涡轮发动机处理元素可以使用蒸气流, 且与仿真相关的连接可以使用被扩展的参数集合, 它包括蒸汽集合、蒸汽热函 (实际) 输入阶段、蒸汽热函 (实际) 存在阶段、蒸汽 (如果熵膨胀) 等。

[0107] 当过程模块里的仿真元素被用作对高保真仿真包的接口时, 也可以使用扩展组的集合。这种情况下, 一些流的成分能在过程图形中可视。而且, 如果需要, 可以提供交互编辑器, 以更易于创建或修改图形显示上所显示的值和图形显示上所呈现的控制模块的相关面板和细节显示。

[0108] 图 4 示出了图形显示 100 的示例, 该显示通过使用上述元素和配置应用程序来创建。具体地, 图形显示 100 描述了加工厂的一部分, 该工厂利用水、酸和碱来生产白醋。如图 4 所示, 过程图形显示 100 在其输入端处包括 4 个输入流元素 102, 分别定以了碱供给流、酸供给流、水供给流和冷却水。碱供给流 102 通过管路连接元素 104 传输到阀 106 形式的执行器元素。阀 106 的输出通过管路连接元素 104 与混合器 108 的第一输入端相连。以类似的方式, 酸供给 102 与变送器元素 110 连接, 然后再与连接到混合器 108 的另一阀 112 连接。酸供给 102 和变送器 110、变送器 110 和阀 112、及阀 112 和混合器 108 都通过管路连接元素 114 相连。

[0109] 可以很容易地看出, 混合器 108 的输出通过管路和两个变送器 124 和 126 与热交换器 122 相连。冷却水流 102 通过阀 128 被传输到热交换器 122, 并通过阀 130 排出热交换器, 以产生循环水流元素 131。同样的, 热交换器 122 的输出通过变送器元素 132 和阀 134 传输, 以提供输出, 即醋酸流元素 136。虽然不总是特别提及, 但是图形显示里的元素总是通过管路连接元素相互连接。

[0110] 可以理解的是, 显示框 140 可以作为显示元素自身的属性来产生, 也可以是变送器形式的单独元素, 和已估属性元素或引用控制模块中的块的元素, 显示框 140 示于图形显示 100 中, 以指示或显示参数, 例如与不同元素相关的过程变量 (PV) 值、设定点 (SP) 值、OUT 值等。此外, 如果用户将光标放在一些元素上, 显示 100 可以示出与被参考元素相关的其它值。例如, 将光标放在一个流元素 (如醋酸流输出 136) 上, 可以使得图形指示过程中酸流在这一点上的成分、压力、温度、浓度、流速等。当然, 在图形显示 100 上显示的值和参数, 可以由过程控制系统里实际对应的变送器 (如控制系统里的 AI 块) 传输, 或由仿真该元素功能的过程模块仿真元素传输。图 4 的图形显示 100 可在生产白醋的过程操作期间提供给用户, 或实现待使用的过程的仿真, 例如执行设计或操作员培训活动。

[0111] 图 5 示出了不同图形显示 (类似地, 其中的不同过程模块) 可以被连接在一起以形成更高级显示 (或过程模块) 用于图示 (或仿真) 加工厂更多部分的方式。在图 5 中的显示 150 中, 过程图形 100 被折叠入一框中, 该框具有名称或标签以及示为连接点的流输入

和输出集合。如果需要,通过选择并例如双击该图形,用户可以将图 5 中的过程图形 100 展开成图 4 的显示。此外,其它折起的图形显示 152 和 154 被示为通过输入流元素 156 和 158 与碱供给、酸供给和水供给及冷却水供给相连。过程图形显示 100 的流输出 136 与白醋储备罐 162 的流输入 160 相连。以类似的方式,过程图形显示 152 和 154 的流输入分别与麦芽醋和精选醋的储备罐 163 和 164 的流输入相连。可以理解的是,过程图形 152 和 154 被配置成提供分别生产麦芽醋和精选醋的加工厂部分的图形,属于加工厂这些部分的数据和图形视图,可以通过展开这些显示来查看。

[0112] 然而,如图 5 所示,加工厂的不同图形部分可以通过流元素间的连接而被连接在一起。特别地,流元素可以被包括在显示中,以限定与连接元素相关的初始属性。而且,流元素可作为显示之间的连接点使用。对于显示之间这样的跨页连接,用户可以点击该流,以立即调用包含被引用连接的相关显示。因此,一般而言,流元素的质量 / 成分一般用于限定过程输入的初始属性,即初始供给料成分等,或者用于限定与另一显示上的流连接的链接。连接可以设置在质量 / 成分流元素的输入和输出上。对于流元素,用户一般可以配置流的名称(在该系统中应是唯一的)、流的属性(如果没有参考输入或输入连接)、流的不同成分的质量分数(如果流由不只一个成分组成)、质量流量的压力、温度、特定热量、浓度、所需的连接类型(管路、管道、传送带)和所参考的输入流(如果用于访问其它显示上的流)。同样地,能量流元素可以用于限定与过程输入相关的初始能量,如英制热量单位 / 小时(BTU/HR)转换等,或用于限定与另一显示上的流连接的能量属性的链接。

[0113] 虽然,图 5 示出了使用流来与不同折起的图形显示互连,但也可以使用相同的步骤来连接不同的过程模块(或示出其连接)。特别地,过程模块可以被折起,以示出名称和流元素的输入和输出,这些折起的过程模块可使用不同过程模块流输出和流输入之间的通信连接或链接的描述来通信互连。

[0114] 图 6 示出了对应于图 4 中图形显示 100 的过程模块 100a。可见,过程模块 100a 包括块,它们代表表示在图 4 的图形显示中所描述的每个物理元素的智能对象仿真。为了便于理解,对应于图 4 中元素的图 6 中的每个仿真块都用相同的附图标记加上“a”来表示。因此,图 6 中的混合器仿真块 108a 对应于图 4 所示的混合器 108。类似地,阀仿真块 106a、112a 和 118a 分别对应于并通信互连于图 4 所示的阀 106、112 和 118。

[0115] 因此,图 6 的过程模块 100a 包括图形显示 100 中所描述的每个元素的过程仿真元素(它可由一个功能块表示,该功能块与智能过程对象相关或由智能过程对象所限定),而且,这些仿真块使用限定在图形显示 100 里的连接元素并以此方式互连。如果需要,过程模块 100a 可以在创建图形显示 100 之后或者甚至在创建图形显示 100 期间自动创建。

[0116] 如上所述,过程模块 100 里的每个过程仿真元素包括仿真功能(如算法、准则、传递函数等),这基于过程中所使用的机械设备的表现以及在输入端提供给这些仿真元素的物质流的性质。这些仿真在图 6 中用每个处理元素、执行器元素和变送器元素里的 SIM 块示出。这样,设备的动力学特性和流的效果在过程模块 100a 中被建模或被仿真。一些适用于与执行器或处理元素相关的仿真块的可能属性有出口温度(基于入口温度、流量和热容)、出口流量(基于入口质量流量和在元素内部的积累)、出口压力(基于假设的穿过该单元的压力落差或下游压力)和出口成分(基于理想混合和入口成分)。当执行定制的计算时,例如基于在过程输入中的一阶加滞后响应,可以将与出口属性相关的内置动力学特性加入到

过程输入的变化中。如果需要,用户可以定义与每个所计算的属性相关的滞后时间和延迟。对于例如变送器和开关之类的过程测量元素以及连接元素来说,可以假设在引用的属性中没有引入动力学属性。但是,如果需要的话,可以对暂态和其它属性进行建模。然而,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。

[0117] 使用过程模块 100a,可以对示于过程图形 100 中的部分工厂的操作进行仿真。来自过程模块 100a 里的仿真元素的值,可以自动与图形显示 100 的图形通信,并显示在图形显示 100 的图形中以及用在控制模块里,此时,上述仿真与显示 100 相结合。类似地,训练教官可以使用显示来影响或改变由过程模块 100a 所执行的仿真属性。

[0118] 如果需要的话,通过定义用于测量元素和执行器元素的 I/O 调用,并随后使用这些引用来自动创建 DCS 界面表,其中该界面表通常用于例如 HYSYS 中,以在仿真中执行 I/O,由例如 HYSYS、CAPE 等提供的高保真仿真,可以被添加到仿真特征中。可以为每个 HYSYS(或其它高保真仿真)组成部分定义标准的处理元素模板,以用于构建高保真过程仿真。这样的高保真仿真 165 示于图 6 中,其与过程模块 100a 通信连接。这样情况下,用户可以选择不进行过程模块 100a 中每个仿真元素的仿真,取而代之的是,使用由高保真仿真 165 提供的仿真参数。用户可以通过激活开关 166(它可以是位于过程模块 100a 里的电子开关、标记等)来规定高保真仿真 165 的使用。

[0119] 一般来说,当设定开关 166 来使用高保真仿真 165 时,过程模块 100a 里的相关仿真功能块作为灰块工作,即,它们的仿真算法(SIM 块)不被执行,而块参数则被高保真仿真 165 所读写。然而,过程模块 100a 里的块仍向过程图形和控制模块传输相同的参数和其它信息,并接收来自过程图形 100(最终用在高保真仿真 165 中)和控制模块 29 的信息。

[0120] 可以理解的是,按照这样的方式使用过程模块,以一种可以由操作员、工程师等查看和使用的方式(即使用与过程模块 100a 相关的过程图形显示 100)提供了一种将加工厂内的高保真仿真包(软件产品)进行连接的既简单又方便的方式。特别地,过程模块的流参数可以被连接起来或与在高保真仿真中被建模的流体相关,且过程模块里的路径可以自动构建或与高保真仿真中的路径相关。实际上,这种情况下,过程模块被用作变量或数据位置标志符,它向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将数据映射在高保真仿真包里的方便的方法。

[0121] 更进一步地,过程模块和相关的图形显示减少或消除了提供单独的高保真仿真显示的需要,这种单独的显示目前通常由高保真仿真提供者高成本地提供给用户。相反,由于过程模块已经和图形显示相连,当过程模块与高保真仿真包相连时,图形显示可用于向用户提供由高保真仿真包计算的信息,并使得用户或操作员能够操控对高保真仿真包的输入。更进一步地,由于过程模块已经和控制模块通信互连,所以由高保真仿真包创建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控制模块,高保真仿真包可以与控制模块被并行执行,此外,也可以与之集成。

[0122] 根据上述讨论可以理解的是,过程模块和图形显示可以按照集成的方式被创建和运行,以提供部分加工厂 10 和过程模块的操作员视图,其仿真图形显示所描述的加工厂的操作。有利的是,过程模块和图形显示可以另外与一个或多个控制模块集成(如通信互连),其中控制模块执行有关部分或局部加工厂的控制活动。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 通信互连。当然,控制模块 29、过

程模块 39 和图形显示 35 可以按照期望或需要在任何不是图 1 所示的特殊情况下, 在工厂 10 中的任何其它计算机或设备中实现。

[0123] 图 7A 和 7B 更详细地示出了控制模块 29、过程模块 39 和图形显示 35 的集成。特别地, 图形显示 35 包括与循环罐的输入相连的阀 180 和泵 184, 以及与循环罐 182 输出串联的阀 186。元素 180 ~ 186 通过管路连接元素(未标出)连接在一起, 并在图形显示 35 的输入输出处提供流元素, 以限定这些点处的物质流。

[0124] 配置图形显示 35 的结果是, 与图形显示 35 同时创建的过程模块 39, 包括形式为对应于图形显示 35 的物理元素的阀元素 180a、罐元素 182a、泵元素 184a 和阀元素 186a 的过程仿真元素。控制至少部分与图形显示 35 相关(描述)的物理元素的控制模块 29, 包括一组互连的功能块, 其中功能块提供在图形显示 35 和过程模块 39 所示的元素内的控制或与之相关的控制。在这个例子中, 控制模块 29 包括两个控制回路 190 和 192。第一控制回路 190 具有一个模拟输入(AI)功能块, 它接收关于进入罐 182 的液体流的流输入信息; 一个比例积分微分(PID)控制功能块, 它执行 PID 控制; 以及一个模拟输出(AO)功能块, 它操作阀 180 以实现进入罐 182 的所期望的物质流。以类似的方式, 控制回路 192 包括一个 AI 功能块, 它提供由罐 182 内的液位传感器测量的罐液位信息; 一个 PID 控制块以及一个 AO 功能块, AO 功能块接收来自 PID 控制块的控制信号, 以操作阀 186 来实现罐 182 内液位的控制。控制模块 29 还包括离散输入(DI)功能块, 该块例如指示泵 184 的开/关状态或操作, 且如果需要, 控制回路 190 和 192, 可以使用该块, 以执行关于罐 182 的控制活动。

[0125] 可以理解的是, 图形显示 35、过程模块 39 和控制模块 29 的任何一个中的任何一个元素都可以与其它元素通信(通过相关的通信标签)以, 提供来往于这些不同实体之间的信息, 从而提供更好或增强的控制、仿真和操作员显示, 这些将在下面进行详细描述。例如, 如图 7B 所示, 回路 190 的 PID 控制块可以被配置成向图形显示 35 提供信息, 从而显示正在被 PID 控制元素使用的当前流体的设定点, 或可以从图形显示 35 中读取将用在控制模块 29 中的设定点, 在这些元素间用箭头线表示。以类似的方式, 过程模块 39 的罐元素 182a 可以提供过程控制模块 29 的控制回路 192 的 AI 功能块的仿真输出, 其指示由元素 182a 里的仿真算法确定的罐的仿真液位。该仿真的罐液位也可以作为供操作员查看的附加信息而被示于图形显示 29 上。

[0126] 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, 并接收来自该阀的信息。此外, 回路 192 的 AO 功能块可被配置成向过程模块 39 的阀元素 186a 提供控制输出。在此情况中, 阀元素 186a 可以将阀位置的预测值和在控制回路 192 中测得的实际阀位置相比较, 以确定物理元素中是否有故障。当二者之差超过一定量的情况下, 过程模块 39 可以包括在图形显示 35 上生成警报或提醒的软件, 它指示加工厂内潜在的问题, 例如传感器故障等。如图 7B 所示, 阀元素 186a 给图形显示 35 提供仿真测量值或参数, 以显示给操作员或对其可用。这样一个仿真测量值或参数可以指示来自阀 186 的仿真或预测的流或任何其它与阀 186 相关的仿真参数。当然, 任何其它期望的信息或数据, 包括实际被测的数据、被仿真的数据或图形显示数据, 都可以被提供给图形显示 35、过程模块 39 和控制模块 29 中的元素, 以提供更好或增强的控制、仿真或显示。

[0127] 一般说来, 将过程模块和控制模块集成, 如果需要的话, 可以附加集成图形显示, 可以带来很多优点。一种情况下, 如上所述, 由过程模块实现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值或计算的参数相比较,以检测系统内潜在的问题。例如,由过程模块 39 计算的和在过程自身中测得的阀输出流之间的巨大差别可以导致警报的生成,以指示某个设备存在问题。相反地,控制模块 29 可以使用仿真参数来提供一状况中的增强控制,在该状况中,控制模块 29 知道一故障传感器或者其它已不再工作或控制模块不能使用的元素。这种情况下,控制模块 29 可以自动用由过程模块创建的仿真输出代替测得的值或参数(已知其不完善,具有不良状态等),而无需操作员介入也无需切断过程。可选择的,控制模块 29 可以监控仿真值代替测量值或参数的时间量,并在特定时间量之后停止使用仿真值。例如,控制模块可以在特定时间量之后开始使用故障值或参数。而且,将仿真数据和实际控制数据显示在同一显示界面上,可以帮助操作员或用户监测工厂里的问题,这在仿真模式下有用,也有利于执行更好的设计活动等。

[0128] 图 8 详细示出一方式,该方式中控制模块 200 可以和过程模块 202(以及因此与过程模块 202 相关的任何图形显示)通信集成在一起。图 8 的控制模块 200 包括三个具有与控制功能块 207 相连的输出端的 AI 功能块 204、205 和 206,例如,它们可以是诸如模型预测控制(MPC)功能块的多输入 / 多输出控制块。控制块 207 的三个控制输出被传输到三个 AO 功能块 208、209 和 210 的控制输入,这三个 AO 功能块可以控制例如向混合器提供不同流体以进行混合的过程中的阀。

[0129] 过程模块 202 与包含混合器和由控制模块 200 控制的阀的部分过程相连。特别地,过程模块 202 具有阀(执行器元素)211、212 和 213,它们对进入混合器元素 214 的三个流(由过程模块 202 中左手侧的箭头描述)的流体进行仿真。阀元素 215 对由混合器元素 214 输出的流体流动进行仿真,以限定过程模块 202 中右手侧的输出流,并且变送器元素 217 可以指示(或仿真)所测得的现存混合器元素 214 中的流体成分。需要注意的是,为了清楚,连接元素在过程模块 202 中用简单的线条表示。

[0130] 这种情况中,AO 功能块 208-210 可以对由阀 211-213 所描述的加工厂里的阀的操作进行控制,同时向 AI 功能块 204-206 输入的控制可以由成分传感器、流量传感器或由变送器 217(过程模块 202 中的)描述的加工厂中的其它传感器所提供。

[0131] 可以看出,过程模块 202 和控制模块 200 里的逻辑元素可以通信互连,以便以期望或有用的方式向控制模块 200 提供来自过程模块 202 的信息,反之亦然。在一个例子中,通信连接(用虚线 218 表示)可以配置在过程模块 202 的变送器元素 217 的输出端(其显示混合器 214 中物质成分的仿真测量值)和过程控制模块 200 里的 AI 块 216 的仿真输入 SIM_IN 之间。按照这种方式,混合器 214 中液位的仿真测量值被提供给 AI 块 206,且 AI 块 206 可以在例如该块的控制输入(IN)的信号具有不良状态或已知由于某种原因而产生故障时使用该仿真输入。按照这种方式,当实际物理测量值无效或不可用时,AI 块 206 仍可以提供与 AI 块 206 相关的近似测量值,因而使得控制模块 200 继续发挥作用并在出现故障传感器时提供控制。这样的连接也可以使控制模块 200 运行在仿真模式下,其中在离线操作员培训期间使用有效的仿真数据(由仿真过程模块 200 提供),或者该仿真数据可以用于测试控制模块 200。

[0132] 可选择地,或者此外,通信连接(由虚线 219 表示)可以被配置在过程控制模块 200 的 AO 块 208 的输出端和阀元素 211 的输入端之间,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。这里,阀元素 211 可以使用由实际阀获得的或传送到实际阀的

数据,以确定仿真数据(即由阀元素 211 的 SIM 块所计算出的测量值和参数)是否正确或与用在实际控制例行程序 200 中的数据是否吻合。如果存在明显的差别,过程模块 202 可以创建指示潜在问题的警报或提醒,或可以使用实际数据来提供过程模块 202 中更好或更准确的仿真。例如,阀元素 211 可以使用 SIM 块里阀元素 211 位置的实际控制数据来反映仿真中的实际阀位置。当然,过程模块 202 和控制模块 200 的元素之间的连接可以被制成能提供这两个模块之间任一方向的数据流,以实现增强的控制和 / 或仿真。更进一步地,通过与过程模块 202 相关的图形显示,任何来自过程模块 202 或控制模块 200 的数据都可自动地由操作员使用。

[0133] 如果需要,过程模块可在过程控制网络或加工厂中提供冗余功能和并对其进行仿真。特别地,过程模块可以仿真设置于加工厂中的实际冗余元件的操作,例如冗余设备、冗余控制块等,并能够检测或仿真实际冗余元件的操作(包括例如何时备份的冗余元件应当接管等)。此外,如果需要,带仿真功能的过程模块可被用作加工厂中一对冗余元件中的一个。这种情况下,过程模块(或其任何部分)都可在主(实际物理)设备故障或检测出与之相关的问题时,作为提供备份或冗余数据(信号、计算等)的备份设备。这种情况下,作为冗余元件的过程模块可以以任何已知的方式与控制模块(它执行控制或传感操作)相连,以提供冗余功能。在加工厂中,当过程模块以上述方式与一个或多个高保真仿真包连接时,将过程模块用作冗余元件是特别有用的。

[0134] 可以理解的是,这里所述的智能过程对象、图形显示元素和过程模块的功能可以在操作员工作站 20 中操作,并且无需下载至以及配置于工厂 10 中的控制器、现场设备等中,这使得该功能易于实现、查看和改变等。而且,该功能使得系统级判定比在过程设备、控制器等中更容易实现,其原因是与系统级设备相关的信息通常在总体上都适用于操作员工作站 20,特别适用于执行机 48,而所有的这种信息通常并不适用于加工厂 10 中的每个控制器和现场设备。然而,当有利于这样做时,一些与过程模块相关的逻辑,如图元,可被嵌入到加工厂的设备、装置和控制器中。使用智能过程对象以创建集成的过程控制模块和图形显示,使得执行机 48 能够例如自动监测泄漏,并用最小量的用户配置活动来产生智能警报,以计算和跟踪工厂 10 中的流量和质量平衡,跟踪工厂 10 中的损耗,提供对于工厂 10 的更高级的诊断以及在工程设计和操作员培训期间仿真工厂的工作。

[0135] 图 9 示出了将执行机 48、过程模块和图形显示集成在一起以用在具有分布式控制策略的加工厂内的可能方式。如图 9 所示,显示类定义 220 由过程模块创建或与之相关,该过程模块在执行机 48 执行期间将显示提供给操作员,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,它们可以以控制策略文档中任何期望的方式使用和组织这些显示类定义。过程算法 224 可在运行时间之前连接至这些显示类定义,接下来,将显示类定义和与之绑定的流算法实例化,或提供给图形显示 / 过程模块运行期环境 226(它可以在一个或多个工作站中以一个或多个执行机 48 的方式实现)。图形显示 / 过程模块运行期环境 226 使用下载的脚本剖析器 228 来剖析执行期间的代码(即及时实现对象代码的转换),并使用基于准则的执行机 230 来执行流算法或其它提供给显示类或与之绑定的基于准则的程序。在此过程中,图形显示 / 过程模块运行期环境 226 可以和控制模块运行期环境 232 通信,其可以在控制器和与过程相关的现场设备中执行,从而向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 可以通过使用任何期望的或预配置的通信网络,例如图 1 的以太网总线 24,与控制模块运行期环境 232 通信。更进一步地,这里描述的将图形显示、过程模块和控制模块集成为标准的过程控制系统或加工厂的其它方式也可以使用。

[0136] 再参见图 2,配置应用程序 38 可以提供一个或多个用于查看、创建和 / 或编辑过程模块的应用程序。在一个实施例中,过程模块的初始定义可在过程模块的过程图形设计的基础上自动创建。而且,过程模块可使用过程模块编辑器来创建或修改。过程块和 / 或定制过程块的标准集合,可用于创建过程模块,该模块可用于仿真加工厂的一部分。例如,过程模块可用于操作员培训的离线仿真,而且,用过程模块创建的部分过程仿真可用于在线系统,作为过程仿真的一部分,来显示所计算出的属性、未来值和性能数据。

[0137] 图 10-13 示出了示例性的屏幕显示,其可以由图 2 的配置应用程序 38 在配置工程师例如创建和 / 或使用过程模块 39 和 / 或图形显示 35 的过程中创建。可以理解的是,图 10-13 的屏幕显示包括屏幕左手侧的浏览器视图,举例说来,它可提供描述加工厂 10 的配置的组织树结构,和 / 或描述可用于配置加工厂和 / 或部分加工厂仿真操作的组织树结构。类似地,图 10-13 的屏幕显示包括右手侧的一个或多个信息视图。这些信息视图提供进一步的关于浏览器视图中所选择元素的信息。

[0138] 可以提供许多标准的过程对象,例如智能过程对象和 / 或非智能过程对象,以辅助过程模块的创建。而且,定制的过程对象可为终端用户或一类终端用户(如精炼厂)而创建。类似地,终端用户可创建用户定义的过程对象(专用过程对象),它们同样可用于创建过程模块。标准的过程对象、定制的过程对象和 / 或专用的过程对象,可以存储在用于创建过程模块的库中。用户可浏览该库以查看可用的过程对象,也可选择过程对象以查看关于该过程对象的信息、编辑该过程对象等。图 10 是示例性显示 300 的一部分,该显示包含浏览器部分 304 和信息部分 308,可用于访问库中的过程对象。浏览器部分 304 包括含有库文件夹 314 的树结构 312。库文件夹 314 包括过程块模板文件夹 316,它包括许多与不同类别的过程对象相对应的子文件夹 320,例如,被提供以辅助过程模块的创建的过程对象。此外,例如,库文件夹 314 可以包括定制的过程块文件夹 324,文件夹 324 自身也可以包括多个用于存储例如由配置应用程序 38 的终端用户所设计的过程对象的子文件夹。

[0139] 例如,如果用户选择了浏览器部分 304 中的一类,那么所选类的内容将显示于信息部分 308 中。类似地,例如,如果用户选择了浏览器部分 304 中的过程块,那么关于所选的过程块的信息将显示于信息部分 308 中。

[0140] 图 11 是示例性显示 300 的一部分,其中,过程块模板文件夹 316 的一项 326 已经经由例如鼠标、触摸屏、手写笔、触摸板和键盘等被选择。信息部分 308 显示了所选的过程块项 326 的参数 328 以及一个或多个仿真算法 330。而且,信息部分 308 可显示一个或多个 3-D 动态演示(dynamo)334,其此前已为查看过程块而被创建。

[0141] 更多或更少的信息可任选地显示于信息部分 308。例如,显示 300 允许更详细的视图,诸如参数 328 的缺省值之类的附加信息可被显示于视图中。用户能通过选中该缺省值并随后经由例如键盘输入一个新值来改变缺省值。而且,用户可以通过选择(如点击右键于)信息部分 308 中的过程块或演示来启动一应用程序以编辑过程模块和 / 或与该过程模块相关的演示。例如,响应于该选择,一个窗口或显示可能被显示出来,以允许用户编辑过程块和 / 或演示。

[0142] 用户可能希望浏览那些已经被创建以对过程模块进行例如查看、编辑等的过程模块。图 12 是示例性显示 350 的一部分,它包括浏览器部分 354 和信息部分 358,信息部分 358 用于浏览已创建的过程模块。浏览器部分 354 包括分层结构 362,它包括对应于加工厂的物理和 / 或逻辑区域的文件夹。例如,树结构 363 包括对应于加工厂“AREA_A”的文件夹 366。文件夹 366 包括仿真文件夹 370、控制文件夹 372 和显示文件夹 374。例如,如果用户选择的是仿真文件夹 370,那么文件夹 370 中可用的过程模块 378 将显示于信息部分 358 中。可选地,文件夹 370 中可用的过程模块 378 可显示于分层 362 中。用户可以通过选择(如点击右键于)信息部分 358 的过程模块来启动一应用程序以编辑过程模。

[0143] 图 13 是示例性显示 400 的一部分,它可用于指派待由加工厂 10 中的特殊节点(如工作站、控制器等)执行的过程模块。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,它可包括对应于加工厂 10 中工作站的文件夹 416 和 418。文件夹 418 包括过程模块文件夹 420。通过将对应于过程模块的项拖动至文件夹 420,或可选择地,至文件夹 418,过程模块可被指派给对应于文件夹 418 的节点。作为一个示例,参见图 12 和 13,项 378 中的一个或两个可以被拖动至文件夹 418 或文件夹 420,以便指派一项或两项 378 给对应于文件夹 418 的节点。

[0144] 图 14 是对应于创建和修改过程模块的编辑器的示例性显示 450。显示 450 包括工作站部分 454、过程块选项板部分 458、参数部分 462 和工具栏。显示 450 可用于创建新的过程模块和 / 或编辑现有的过程模块。过程块选项板部分 458 可以包括用户界面机制 466,例如下拉菜单,以选择多个过程对象种类中的一个。对于所选择的过程对象种类的过程对象模板可显示在部分 470 中。例如,过程对象种类可以包括与流和连接相关的种类、于执行器相关的种类、与标准的过程单元相关的种类、与定制的过程单元相关的种类、与用户定义的过程单元相关的种类等。例如,用户可从部分 470 中拖动过程对象模板并放在工作空间部分 454 中。当在工作空间部分 454 中选择(如通过点击鼠标)了一代表过程对象的块时,对于所选过程对象的参数可显示于参数部分 462 中。

[0145] 流元素可用于定义过程模块所仿真的过程的起始点和结束点。例如,气体、液体或固体蒸汽的处理,可由标准的、定制的和专用的处理块与例如由连接元素和执行器元素所确定的过程对象间的流量调节的结合来实现。通过从选项板部分 458 上拖动合适的块和元素至工作空间部分 454,可以定义用在仿真中的成分。例如,处理对象间的过程流可以通过例如使用鼠标将块的输入和输出连接成流体路径来进行定义。流的属性可被流体路径中的每个连接自动携带。可被每个连接携带的属性的例子包括质量流量、压力、温度、浓度或特定热量中的一个或多个(或没有)。而且,连接状态可以和属性值一起被携带。可选择的,用户可添加流的成分。当成分被添加给流时,该添加的信息将由流体路径中的元素来支持。

[0146] 图 15 示出对应于简单罐的过程模块 500 的例子。过程模块 500 可使用例如一个编辑器显示来创建,例如由图 14 的显示 450 来创建。过程模块 500 包括流元素 504、508 和 512。流元素可以被配置成提供恒定的过程条件(如供给压力),或者,流元素可以用作对其它模块中流的引用(如流元素用于将信息发送至其它模块)。流元素 508 引用另一模块,且被应用的模块 / 流的指示 514 可自动示于流元素 508 的下面。类似地,流元素 512 引用另一模块,被应用的模块 / 流的指示 516 可自动示于流元素 508 的下面。

[0147] 用户可以选择显示元素的输入、输出的属性或参数,或内部所计算的值,比如罐液

位。属性或参数的名称随后可以示于相应的块中,而值将在过程模块的执行期间示于属性或参数的名称旁边的工作空间中。

[0148] 用于仿真的过程对象可以具有对应于相关装置和 / 或控制模块的物理属性的参数。因此,一旦在过程模块中定义了流和过程对象,这些元素的参数就会被配置成满足过程和控制系统的需要。再次参见图 14,当在工作空间部分 454 中选择了过程对象时,该过程对象的可配置的参数(例如 CV、高度等)可自动显示于参数部分 462。通过选择(例如双击)显示在参数部分 462 的一个参数,将出现一对话显示以允许修改相关的参数值。

[0149] 图 16A 示出图 14 中的示例性显示 450,它具有过程块 550,其代表放置在工作空间部分 454 中的过程对象。过程块 550 已被选择。因此,对于过程块 550 的参数被示于参数部分 462 中。参数部分 462 中的参数 554 已被选择。在这种情况下,参数 554 是与阀位置相关的功能块基准参数。选择参数 554 的结果是,诸如示例性显示 560 之类的显示可以被显示以允许修改参数 554。例如,参数 554 可被修改,以便将该参数与特殊控制或过程模块中的特殊输出过程对象联系在一起。例如,显示 560 包括按钮 564,它允许用户选择过程对象和控制模块或过程模块。

[0150] 图 16B 示出了使用示例性显示 450,以向参数部分 460 添加功能块基准参数。与图 16A 类似,该过程块 550 已被选择。而且,因此,对于过程块 550 的参数被示于参数部分 462 中。参数部分 462 中的参数 570 已被选择。在这种情况下,通过菜单 574,用户选择指派其它模块中的过程对象,以便与参数 570 关联起来。诸如示例性显示 582 的显示可能会出现,以允许参数 570 在另一个模块的功能块中被引用。例如,显示 582 包括按钮 586,它允许用户选择过程对象和控制模块或过程模块。相应地,功能块基准参数 590 被添加到参数部分 460。

[0151] 例如,在控制系统中测得的诸如容器液位之类的过程参数,可使用诸如显示 560 之类的显示在相关的过程对象中被引用。例如,离线培训中,该引用可用于更新输入功能块的仿真参数。例如,在线系统中,该引用可用于访问所测量的值,并可用于使用该测量值来纠正仿真中的误差。而且,如果在线系统中的测量失败了,那么操作员可选择使用仿真值。

[0152] 如果测量值在一件设备上是标准的,那么与该设备相关的过程对象可包括对应于该测量值的基准参数。当控制系统中的其它测量值可用时,这些测量值中的一个或多个可被添加至过程模块中。例如,用户可右键点击过程模块的过程块。接着,一个或多个显示可被提供给用户,以用于选择一个测量值并选择一个与测量值相关的内部参数或输出流属性。一旦做了该引用,对于该测量值的基准参数可在选择过程块时,自动显示于参数部分 462 中。

[0153] 图 17 示出了属性、参数和 / 或测量值可自动地从控制模块拉至过程模块中。此外,对于属性、参数和 / 或测量值的仿真属性和仿真参数可被自动发送至控制模块。例如,过程模块 600 可包括对应于罐的过程对象 604 和对应于调节阀的过程对象 608。控制模块 620 可包括一输入块 624,它给 PID 控制功能块 628 提供罐的液位测量值。PID 控制功能块 628 的输出可被提供给对应于调节阀的输出块 632。所测得的罐液位可从输入块 624 中获得,并可提供给过程对象 604。类似地,仿真的罐液位可从输入块 604 中获得,并可提供给过程对象 624。而且,所测得的阀位置可从输出块 632 中获得,并可提供给过程对象 608。类似地,仿真的阀位置可从输出块 608 中获得,并可提供给过程对象 632。

[0154] 如上面对图 14 的描述,用于创建和修改过程模块的编辑器,可提供多种类型的过程对象,用户可使用这些过程对象来创建过程模块。例如,可以提供标准的过程对象和定制的过程对象。根据终端用户所提供的一系列需求,定制的过程对象可包括为终端用户设计的或由终端用户设计的过程对象。例如,定制的过程块可用于仿真复杂的过程设备,并可使用一个或多个模型(例如,阶跃响应模型、第一原理模型等)来仿真装置的行为。例如,阶跃响应模型可用于仿真反应、容器中的不完美混合等。例如,定制过程对象可采用这样的模型为装置生成与内部测量值相关的输出流属性 / 参数和 / 或内部属性 / 参数。一个或多个输入流的所选属性可作为输入提供给该模型。例如,在理想条件的假定下,定制的过程对象可创建其它参数 / 属性。

[0155] 参见图 14,例如,通过从部分 458 中拖动一个块并将其放到工作空间部分 454 中,定制对象的例子可被添加到过程模块中。与定制过程对象相关的动态响应可以被查看和修改。例如,用户可右键点击代表定制对象的块,并从菜单中选择“属性 (Properties)”。现在参见图 18,诸如示例性显示 650 那样的显示可以相应地显示出来。显示 650 示出部分 654 中为对象定义的模型。部分 658 指示与模型相关的属性 / 参数是集成的还是非集成的。

[0156] 参见图 19,可以查看关于模型的更多信息。例如,示例性显示 670 包括部分 674,它显示了分层视图中不同的模型。模型 678 已被选择,且与不同属性 / 参数相关的阶跃响应可被显示在部分 682 中。现在参见图 20,通过选择与模型相关的属性 / 参数,将有更多关于该属性 / 参数的细节被显示。在示例性显示 700 中,部分 708 中的参数 704 已被选择。相关的阶跃响应在信息部分 712 中被更详细地显示。

[0157] 显示 700 的部分 716 可以允许用户修改响应。例如,如果用户选择按钮 720,那么诸如图 21 中的示例性显示 730 那样的显示将被显示给用户。显示 730 可以允许用户修改模型的参数,如增益、滞后时间、一阶时间约束、二阶时间约束和超前时间约束等等。再次参见图 20,用户可采用按钮 740 和 744 对阶跃响应进行图形化设计。

[0158] 用户也可以被允许修改初始条件,及模型的其它参数,例如到达稳定状态的时间。例如,图 22 是示例性显示 750,它可用于修改初始条件和 / 或模型到达稳定状态的时间。显示 750 包括导航部分 754 和信息部分 758。当用户选择初始条件指示项 712 时,关于初始条件的信息和 / 或到达稳定状态的时间的信息就显示在信息部分 708 中。随后,用户可以通过信息部分 708 来修改各种初始条件和 / 或到达稳定状态的时间。例如,用户可选择对应于特殊初始条件或到达稳定状态时间的数值,然后修改该值或输入一个新的值。

[0159] 除了上述那样创建模型以外,还可以使用另一个软件工具来创建模型。接下来,该模型可以被导入。例如,所创建模型的表示,例如有限脉冲响应 (FIR) 模型的表示,可以以所定义的格式存储在文本文件中。然后,通过使用文本文件来导入模型。所定义的格式应该详细说明,例如,输入和输出流的名称,而且内部参数的名称应当与过程对象的流和参数定义相匹配,其中过程对象与模型相对应。

[0160] 过程模型编辑器也可允许用户创建新的过程对象。这样的过程对象能采用一种或多种模型来仿真加工厂实体的行为。例如,用户能够从诸如阶跃响应模型和第一原理模型之类的一种或多种模型中选择。作为一个示例,可使用编程语言,例如 C, C++, C# 和 visual BASIC 等来创建模型。

[0161] 再次参见图 14,例如,用户可通过选择显示 450 中的“文件 (File)”菜单中的“新

建 (new) ”, 或通过选择与“文件”菜单中的“新建”选项相对应的工具栏中的图标, 来创建新的过程对象。

[0162] 然后, 诸如图 23 的示例性显示 780 之类的显示将显示给用户。显示 780 可以允许用户通过诸如下拉菜单 784 之类的用户界面机制, 选择是否创建新的过程模块、新的过程对象等。如果用户选择创建新的过程对象, 显示 780 允许用户通过例如按钮 786 之类的用户界面机制选择是否从现有的过程对象开始。而且, 显示 780 可以允许用户通过例如下拉菜单 788 之类的用户界面机制来选择新的过程对象所采用的模型种类。在示例性显示 780 中, 用户可以选择阶跃响应模型或第一原理模型。第一原理模型可以通过使用例如 C、C++、C#、visual BASIC 等编程语言来限定。

[0163] 如果选择了阶跃响应模型, 诸如图 24 中的示例性显示 800 之类的显示将显示给用户。显示 800 包括导航部分 802 和信息部分 804。导航部分 802 可包括多个对应于可被定义的过程块的不同方面的指示项。例如, 导航部分 802 可包括流和参数的指示项 806、模型建立指示项 808 和模型指示项 810。如果用户选择流和参数的指示项 806, 那么信息部分可以包括用户界面机制 812, 它允许用户定义输入流、输出流、参数等。例如, 对于输入和输出流, 可允许用户定义流的名称、流的类型 (如液体、固体或气体)、位置、成分等。

[0164] 现在参见图 25, 如果用户选择了切换标签 814, 那么信息部分 804 可以被改变, 以允许用户添加或修改用户可视的过程对象的参数。例如, 用户可以被允许定义一个或多个 (或没有) 参数名称、参数单位、访问 (只读, 读 / 写等)、参数的低限和 / 或高限、位置等。

[0165] 用户还可以规定阶跃响应模型所采用的输入和输出流和参数的属性值。参见图 26, 如果用户选择模型建立指示项 808, 信息部分可被修改, 以允许用户规定阶跃响应模型所采用的输入和输出流和参数的属性值。例如, 如果用户选择了“添加 (add)”按钮 820, 那么显示 824 可被显示, 以允许用户添加参数并规定参数是否具有综合响应。

[0166] 此外, 用户可定义阶跃响应模型, 例如, 如果用户选择 (如“右键点击”) 显示部分 802 中的模型指示项 810, 那么包括“新建 (New)”选择的菜单可被显示。现在参见图 27, 如果用户从菜单中选择“新建”, 那么带有缺省名称的模型指示项 830 可被添加在显示部分 802 的模型指示项 810 下面。此外, 对应于模型的指示项 832、834 和 836 也可被添加在显示部分 802 中。而且, 信息部分 804 可被改变以允许用户添加关于模型的信息, 例如文本描述和到达稳定状态的时间参数。例如, 模型和初始条件可以按照与上述关于图 20-22 的描述类似的方式进行限定。

[0167] 现在参考图 23 和 28, 如果用户通过例如显示 780 选择由新的过程对象采用的第一原理模型, 那么过程对象编辑器可被提供给用户, 该用户使用例如示例性显示 850 的显示。显示 850 可包括用于显示输入和输出流的指示的部分 854, 和用于显示参数的指示的部分 856。一些参数可以对于所有过程对象都是标准的, 因此最初可以被显示于部分 856 中。显示 850 也可包括用于规定仿真算法的部分 858。部分 858 可包括切换标签 860、862 和 864, 以用于为不同的操作模式 (例如, 初始、运行、终点等) 选择不同的算法。用户可以将以例如 C、C++、C# 等编程语言的算法输入到部分 866。

[0168] 此外, 用户能在过程对象的创建中添加流和 / 或参数。例如, 通过右键点击部分 854, 用户可以被提供有包括“新建”选项的菜单。如果用户选择了“新建”选项, 那么例如图 29 的示例性显示可以被显示给用户。使用了显示 870, 用户能够定义例如名称、连接使

用（如 IN 或 OUT）、位置、流的类型（如液体、固体或气体），和 / 或相关的成分，如果有的话。类似地，用户可以通过右键点击流，然后响应于该右键点击从被显示的菜单中选择“修改 (Modify)”元素来修改现有的流。与显示 870 类似的显示则可以用来修改该流。

[0169] 作为另一个例子，再次参见图 28，通过右键点击部分 856，可以向用户提供具有“新建”选项的菜单。如果用户选择了“新建”选项，那么例如图 30 的示例性显示 890 可被显示给用户。通过使用显示 890，用户能够定义名称、参数类型（如浮动点、布尔值、离散、功能块引用、字符串、被命名的设置等）、单位、访问（如只读、读 / 写等）、位置、低限和高限值、缺省值、参数是否对于用户可视等。类似地，用户可通过用右键点击参数，然后响应于该右键点击从被显示的菜单中选择“修改 (Modify)”元素来改变现有的参数。与显示 890 类似的显示可以随后用来修改该参数。

[0170] 不同的字段根据其特定的参数类型，可被显示于例如显示 890 的显示中。例如，如果参数类型被选择为功能块引用，则可以显示引用的名称和可以被引用的块的类型（如输入、输出、具体的块，例如 AI、DI、PCI、AO、DO、DV 等）。

[0171] 本领域的普通技术人员可以理解的是，过程模块能采用多种类型的模型来帮助过程的仿真。例如，过程模块中的一个过程对象可以采用阶跃响应模型，而过程模块中的另一过程对象可以采用第一原理模型。而且，用户可以选择不采用与过程对象相连，甚至与过程模块相连的任何模型。再另一种实现中，至少一个过程对象能采用多种不同类型的模型。例如，过程对象中的一个参数可以采用阶跃响应模型，而另一参数可以采用第一原理模型。

[0172] 流元素可用于定义模块所执行的仿真的起始点和结束点。可使用的流元素的类型包括其中用户所定义的属性值用在仿真中的流元素、其中被上游块确定的属性值被作为流属性值来反映的流元素、其中为该流配置的路径被用于读取外部输出流的属性值并用作流属性值的流元素、其中经过上游块到流元素中的属性值使用所配置的路径被写入外部输入流的流元素等。可访问和配置的流参数可随着流元素类型而变化。

[0173] 例如，其中用户所定义的属性值用在仿真中的流元素，可用于定义过程仿真中的起始点。当输入流被添加到过程模块中时，它可以根据缺省值，采用为模块选择的缺省连接类型。通过点击显示的工作空间部分的流，与流相关的输出属性值和可配置的参数都可显示在与工作空间部分分离的显示部分中。

[0174] 如上所述，用户能创建图形显示，然后根据该显示自动创建相应的过程模块，反之亦然。图 31 是示例性系统 900 的方框图，该系统可用于由相应的过程图形自动创建过程模块，反之亦然。系统 900 包括编辑室 (editing studio) 904，以方便过程图形和过程模块的编辑，客户模型 908 以存储被编辑的过程图形和过程模块，和数据库 912。系统 900 中至少一些是通过例如软件执行的。

[0175] 编辑室 904 和客户模型 908 可由一个或多个例如工作站、服务器等的计算系统来执行。参见图 1，编辑室 904 和 / 或客户模型 908 可以或至少部分地由例如操作工作站 20 和 / 或操作工作站 22 执行。例如，编辑室 904 和 / 或客户模型 908 可以单独由操作工作站 20 或单独由工作站 22 执行。在另一实现中，编辑室 904 和 / 或客户模型 908 可以由操作工作站 20 与另一个计算系统结合执行，其中工作站 20 作为客户端工作，而另一计算系统作为客户端 - 服务器设置中的服务器工作。例如，配置数据库 28 可包括数据库 912。

[0176] 编辑室 904 可包括过程图形显示器 916 以方便过程图形的编辑，和过程模块编辑

器 920 以方便过程模块的编辑。过程图形显示器 916 可以与绘图信息进行交互,例如与关于元素怎样被画出的指令(如线宽、颜色、低纹等)进行交互。过程图形显示器 916 可生成例如图 3 的显示 64 之类的用户界面显示。过程模块编辑器 920 可以和客户模型 908 进行交互。例如,过程图形显示器 916 可以生成例如图 14 的显示 450 之类的用户界面显示。

[0177] 编辑室 904 也可包括监控模块 932 以协调过程图形编辑器 916 和过程模块编辑器 920 所采取的行为。例如,过程图形显示器 916 在编辑或创建过程图形的过程中,可以通知监控模块 932 用户所采取的编辑行为。监控模块 932 然后向过程模块编辑器 920 发出指令,以采取与与过程图形相关的过程模块相应的行为。作为另一例子,过程模块编辑器 920 可以在编辑或创建过程模块的过程中,通知监控模块 932 用户所采取的编辑行为。监控模块 932 然后向过程图形编辑器 916 发出指令,以采取与与过程图形相关的过程模块相应的行为。以这样的方式,系统 900 可以基于过程图形的创建或编辑,方便地自动创建或编辑过程模块。

[0178] 将描述一些示例性情形以说明系统 900 的工作。在一个情况中,用户使用过程图形编辑器 916 将对应于执行器的图形块添加到过程图形上。过程图形编辑器 916 随后通知监控模块 932,执行器块已被添加到过程图形上。接着监控模块 932 指示过程模块编辑器 920 将对应于执行器的过程模块添加到对应于过程图形的过程模块上。在类似的情况下,用户使用过程模块编辑器 920 将对应于泵的过程对象添加到过程模块上。过程模块编辑器 920 随后通知监控模块 932,泵对象已被添加到过程模块上。接着监控模块 932 指示过程图形编辑器 916 将对应于泵的图形块添加到对应于过程模块的过程图形上。

[0179] 在另一种情况下,用户利用过程图形编辑器 916 从过程图形中删除图形块。过程图形编辑器 916 可以随后通知监控模块 932 图形块已从过程图形中删除。监控模块 932 随后指示过程模块编辑器 920 从对应于过程图形的过程模块中删除对应于过程图形的过程块。在类似的情况下,用户利用过程模块编辑器 920 从过程图形中删除过程对象。过程模块编辑器 920 随后通知监控模块 932 过程图形已从过程模块中删除。监控模块 932 随后指示过程图形编辑器 916 从对应于过程模块的过程图形中删除对应于泵的图形块。

[0180] 客户模型 908 可由编辑室 904 创建,并且可以包括客户模型过程图形 936 和图形库 940。过程图形编辑器 916 可在客户模型过程图形 936 上工作,并可使用图形库 940 中提供的图形块。客户模型过程图形 936 最初可基于数据库 912 中的数据库过程图形 944 而被创建。接着,客户模型 908 可更新数据库 912 中的数据库过程图形 944,以反映客户模型过程图形 936 所发生的变化。例如,当用户指示已完成过程图形或过程模块等的编辑或创建时,这样的更新可以定期地响应于客户模型过程图形 936 中的变化、用户的需求而产生。

[0181] 客户模型 908 也可以包括客户模型过程模块 948 和过程块库 952。过程模块编辑器 920 可工作在客户模型过程模块 948 上,并可使用过程块库 952 中提供的过程块。客户模型过程模块 948 最初可基于过程模块复制 956 或数据库 912 中的数据库过程模块 960 而被创建。例如,过程模块复制 956 最初可基于数据库过程模块 960 而被创建。接着,客户模型 908 可更新数据库 912 中的过程模块复制 956,以反映客户模型过程模块 948 所发生的变化。例如,当用户指示已完成过程图形或过程模块等的编辑或创建时,这样的更新可以定期地响应于客户模型过程模块 948 中的变化、用户的需求而产生。例如,当用户指示已完成过程图形或过程模块等的编辑或创建时,过程模块复制 956 可用于更新数据库过程模块 960。

[0182] 在工作中,例如,用户可使用过程图形编辑器 916 来编辑或创建过程图形。用户对过程图形所作的变化,可以作为客户模型过程图形 936 而存储起来。而且,如上所述,客户模型过程图形 936 的变化可以被传输至数据库过程图形 944。此外,用户对过程图形所作的变化,可以被反映在对应于过程图形的过程模块中。也就是说,过程图形编辑器 916 可以将过程图形变化的指示发送给监控模块 932。接着,监控模块 932 可以将指令发送给过程模块编辑器 920 以对相应的模块作出相应的变化。过程模块的变化可以作为客户模型过程模块 948 而被保存。而且,如上所述,客户模型过程模块 948 的变化可以被传输至过程模块复制 956 和数据库过程图形 944。

[0183] 类似地,例如,用户可使用过程模块编辑器 920 来编辑或创建过程模块。用户对过程模块所作的变化可以作为客户模型过程模块 948 被存储起来。而且,客户模型过程模块 948 的变化可以如上所述,被传输至过程模块复制 956 和数据库过程图形 944。此外,用户随过程模块所作的变化可以反映在对应于过程模块的过程图形中。也就是说,过程模块编辑器 920 可以将过程模块的变化指示发送给监控模块 932。接着,监控模块 932 将指令发送给过程图形编辑器 916,以对相应的图形作出相应的变化。过程图形的变化可以作为客户模型过程图形 936 被保存起来。而且,客户模型过程图形 936 的变化可以如上所述,被传输至数据库过程图形 944。

[0184] 对于监控模块 932,它总是可以接收来自过程图形编辑器 916 的过程图形的变化指示。接着,监控模块 932 可以确定过程模块的什么变化对应于过程图形的这些变化。然后,监控模块 932 可以发送指令给过程模块编辑器 920。对于过程图形的一些变化,监控模块 932 可以确定过程模块中没有相应的变化对应于过程图形的变化。例如,过程图形的图形元素中颜色的变化在过程模块中就没有相应的变化。

[0185] 当监控模块 932 接收到过程图形的变化指示时,它可以确定过程模块的什么变化对应于过程图形的变化。而且,当已接收到一定数量的过程图形的变化指示时,当用户指示可能有变化被传输到过程模块时,当用户指示过程图形的编辑或创建已完成时,等等,监控模块 932 可以定期确定对应于过程图形的变化的过程模块的变化。类似地,监控模块 932 在接收过程图形的变化指示之后,或确定指令之后,立即向过程模块编辑器 920 发送指令。而且,当已接收到一定数量的过程图形的变化指示时,当一定数量的指示已被确定时,当用户指示可能有变化被传输到过程模块时,当用户指示过程图形的编辑或创建已完成时,等等,监控模块 932 可以定期向过程模块编辑器 920 发送指令。

[0186] 类似地,监控模块 932 通常可以接收来自过程模块编辑器 920 的过程模块的变化指示。接着,监控模块 932 可以确定过程图形的什么变化对应于过程模块的这些变化。然后,监控模块 932 可以发送指令给过程图形编辑器 916。对于过程模块的一些变化,监控模块 932 可以确定过程图形中没有变化对应于过程模块的变化。

[0187] 在一些情况下,系统 900 不能基于过程图形自动完成过程模块的配置。在这样的情况下,用户可使用过程模块编辑器 920 来完成过程模块的配置。例如,如上面参照图 7A 和 7B 所进行的描述,控制模块可与过程模块和 / 或过程图形集成在一起。系统 900 不能基于过程图形自动确定控制模块与过程模块的集成。因此,用户可以使用过程模块编辑器 920 或一些其它工具来帮助完成配置。

[0188] 图 32 示出示例性显示 1000,它用于帮助配置过程模块。显示 1000 可由例如图 1

的配置应用程序 38 来生成。如图 32 所示,描述过程模块的过程模块部分 1004 可以显示于描述与过程模块相关的控制模块的控制模块部分 1008 的旁边。过程模块部分 1004 包括阀块 1012、罐块 1014、泵块 1016 和阀块 1018。阀块 1012 的输出与罐块 1014 的输入相连,泵块 1016 的输入与罐块 1014 的输出相连。泵块 1016 的输出与阀块 1018 的输入相连。阀块 1012 的输入和阀块 1018 的输出都与流元素相连(未示出)。阀块 1012、罐块 1014、泵块 1016 和阀块 1018 通过管路元素(未示出)串联。

[0189] 控制模块部分 1008 可以对应于控制模块,该控制模块控制与过程模块部分 1004 中的块相关的至少一些物理元素。控制模块部分 1008 包括一组互连的功能块,其提供位于过程模块部分 1004 中所描述的元素内或与该元素相关的控制。控制模块包括第一控制回路 1024 和第二控制回路 1028。第一控制回路 1024 包括 AI 功能块 1032,其接收关于进入罐 1014 的流体流的流输入信息,PID 控制功能块 1034,其执行 PID 控制,和 AO 功能块 1036,其操作阀 1012 以使得期望的物质流进入罐 1014。在类似的方式中,控制回路 1028 包括 AI 功能块 1040,其提供罐 1014 内由液位传感器测得的罐液位信息,PID 控制块 1042,和 AO 功能块 1044,其接收来自 PID 控制块的控制信号操作阀 1018 以实现罐 1014 内液位的控制。在部分 1008 中描述的控制模块还包括 DI 功能块 1050,其用于指示例如泵 1016 的开/关状态或操作,而且,如果需要,可供控制回路 1024 和 1028 使用,以执行关于罐 1014 的控制活动。

[0190] 为了集成在显示 1004 中所描述的过程模块和在显示 1008 中所描述的控制模块,通过图形化地选择过程模块部分 1004 中的元素和控制模块部分 1008 中的相关元素,用户可以使用显示 1000。例如,用户可以利用鼠标、指示笔、触摸屏等来选择例如控制模块部分 1008 中的元素,以便用户将其链接到过程模块部分 1004 中的元素。在选择了控制模块部分 1008 中的元素之后,用户接着可以选择(例如通过“右键点击”“双击”等)例如与控制模块部分 1008 中所选择的元素相关的过程模块部分 1004 中的元素。如果元素具有一些与控制模块元素相关的参数,那么用户可以通过弹出窗口、菜单、复选框等被提醒,以选择其中的一个参数。例如,用户可首先选择 AO 块 1036。然后,用户可以双击阀 1012。以这种方式,用户可以指定 AO 功能块 1036 来操作阀 1012,以使得期望的物质流进入罐 1014。

[0191] 类似地,用户可以图形化地选择控制模块部分 1008 中的 AI 功能块 1032,然后选择过程模块部分 1004 中的罐块 1014。由于罐块 1014 具有若干与之相关的参数(如进入罐的流体、罐液位等),所以可以提醒用户根据对罐块 1014 的选择来选择罐的参数之一。例如,可以提醒用户通过弹出窗口、菜单、复选框等在输入流参数或罐液位参数之间进行选择。用户接着可选择输入流参数。

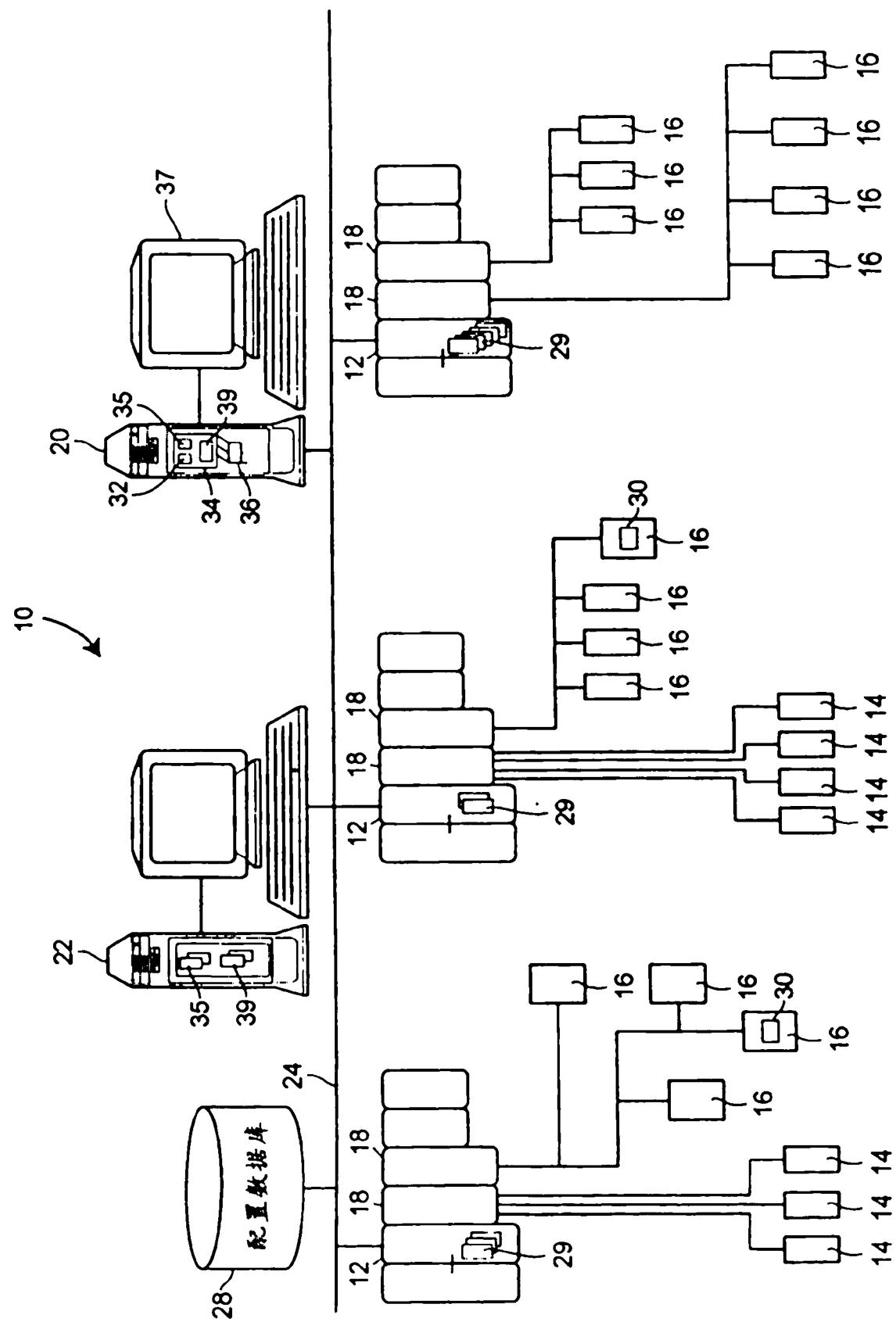
[0192] 虽然在上述实施例中,用户首先选择控制模块部分中的元素,然后在过程模块部分中选择相关的元素,但用户也可以首先选择过程模块部分中的元素,然后在控制模块部分中选择相关的元素。

[0193] 作为另一个例子,用户可以被提供有控制模块部分 1008 中所描述的控制模块的视图和过程模块部分 1004 中所描述的过程模块的视图,其中控制模块和过程模块的元素都被显示出来,但它们之间的连接并未被显示。例如,过程模块的视图可以是分级视图,其中阀 1012、罐 1014、泵 1016 和阀 1018 被示为过程模块的元素。类似的,控制模块 1008 的视图也可以是分级视图,其中控制回路 1024、控制回路 1028 和 DI 功能块示为控制模块的元

素。AI 功能块 1032、PID 功能块 1034 和 AO 功能块 1036 示为过程控制回路 1024 的元素，而 AI 功能块 1040、PID 功能块 1042 和 AO 功能块 1044 示为控制回路 1028 的元素。然后，用户可以按照上述类似的方式，在过程模块的分级视图中图形化地选择一元素，并在控制模块的分级视图中图形化地选择一相关元素。

[0194] 这样一来，这里所述的任何软件都可被存储于任何计算机可读存储器中，例如磁盘、光盘、或其它存储介质上，以及计算机或处理器的 RAM 或 ROM 中。同样的，通过使用任何已知的或希望的传输方法，包括例如在计算机可读磁盘或其它可运输计算机存储机制上或通过例如电话线、互联网、万维网、任何其它局域网或广域网等的通信线路（其传输被视为与通过可移动的存储介质来提供该软件相同或可互换），该软件可被传输给用户、加工厂或操作员工作站。而且，该软件可被直接提供，而不带调制或加密，或使用任何合适的调制承载波和 / 或加密技术在通过通信线路传输之前被调制和 / 或加密。

[0195] 尽管以上参照优选实施例详细地描述了本发明，但这只是为了说明而非对本发明的限制，本领域技术人员应理解，在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可对所公开的实施例作出补充或删减。



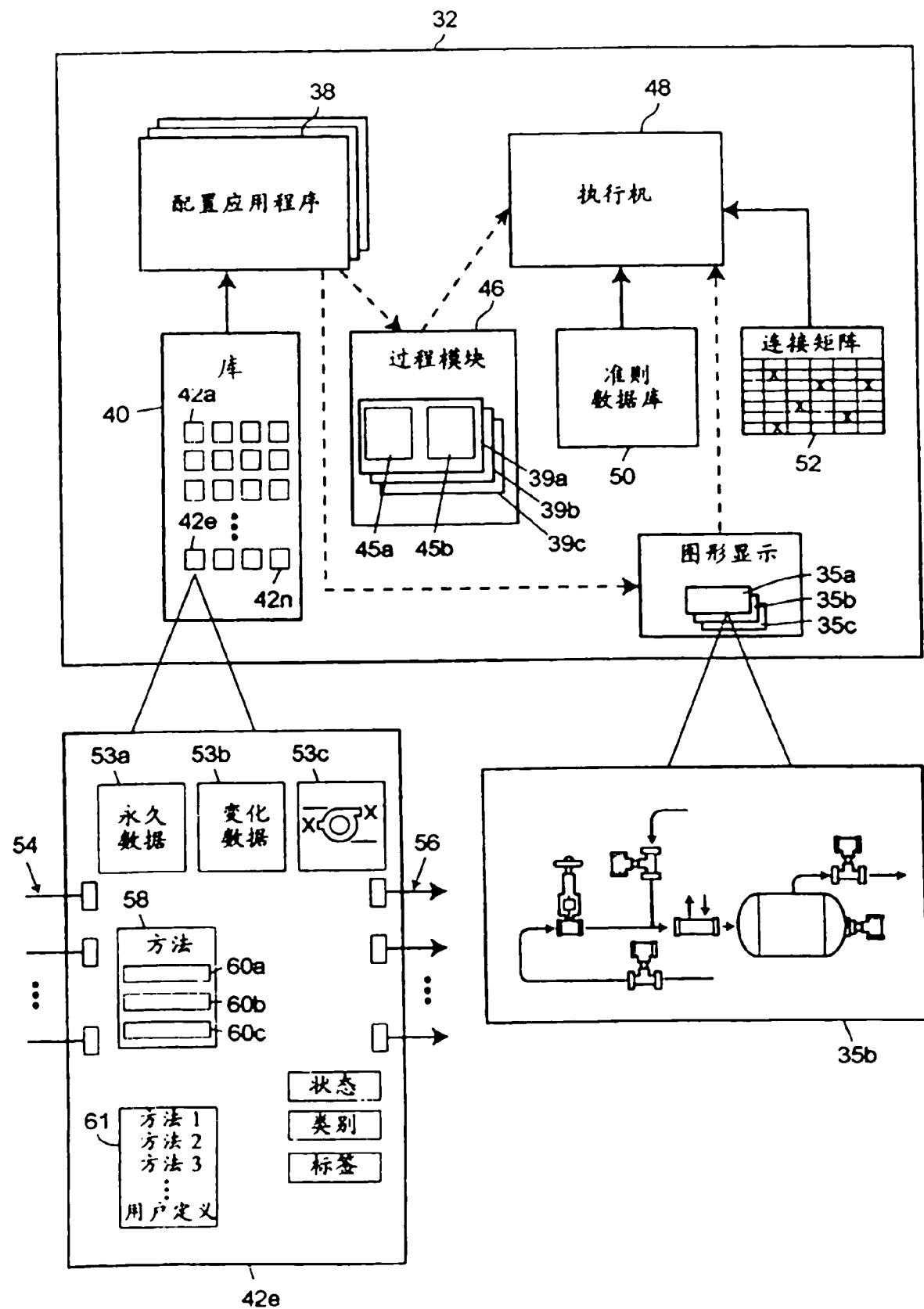


图 2

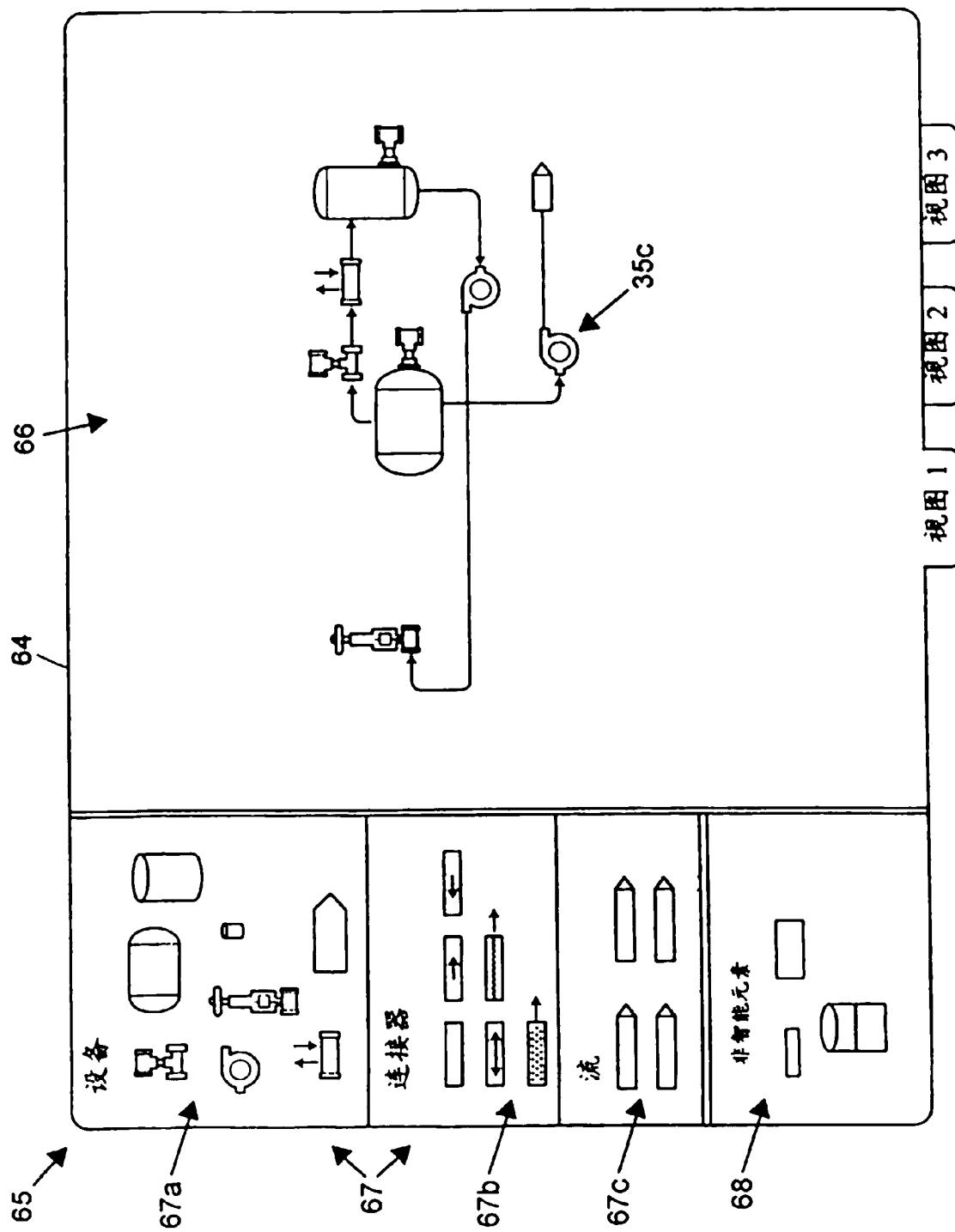


图 3

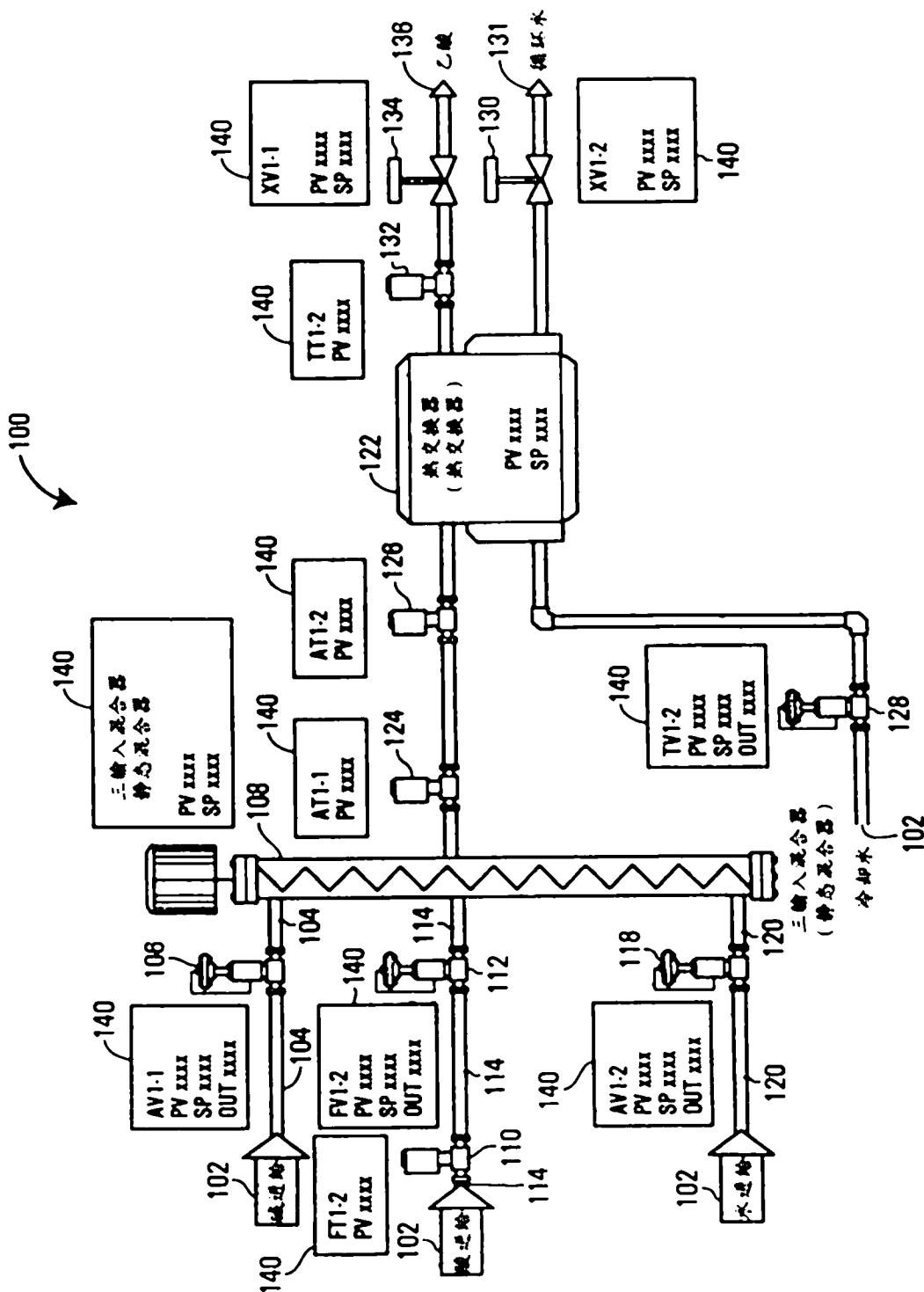


图 4

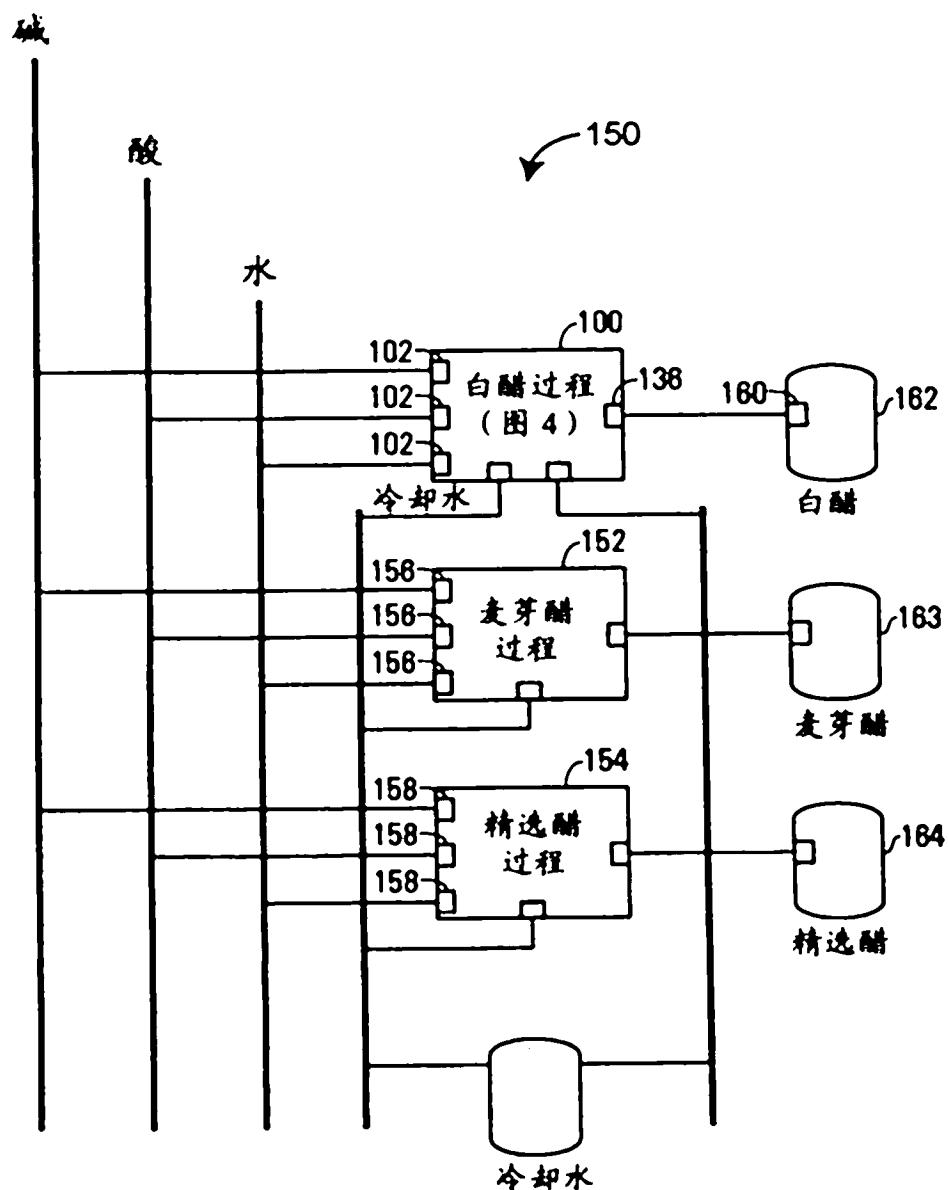


图 5

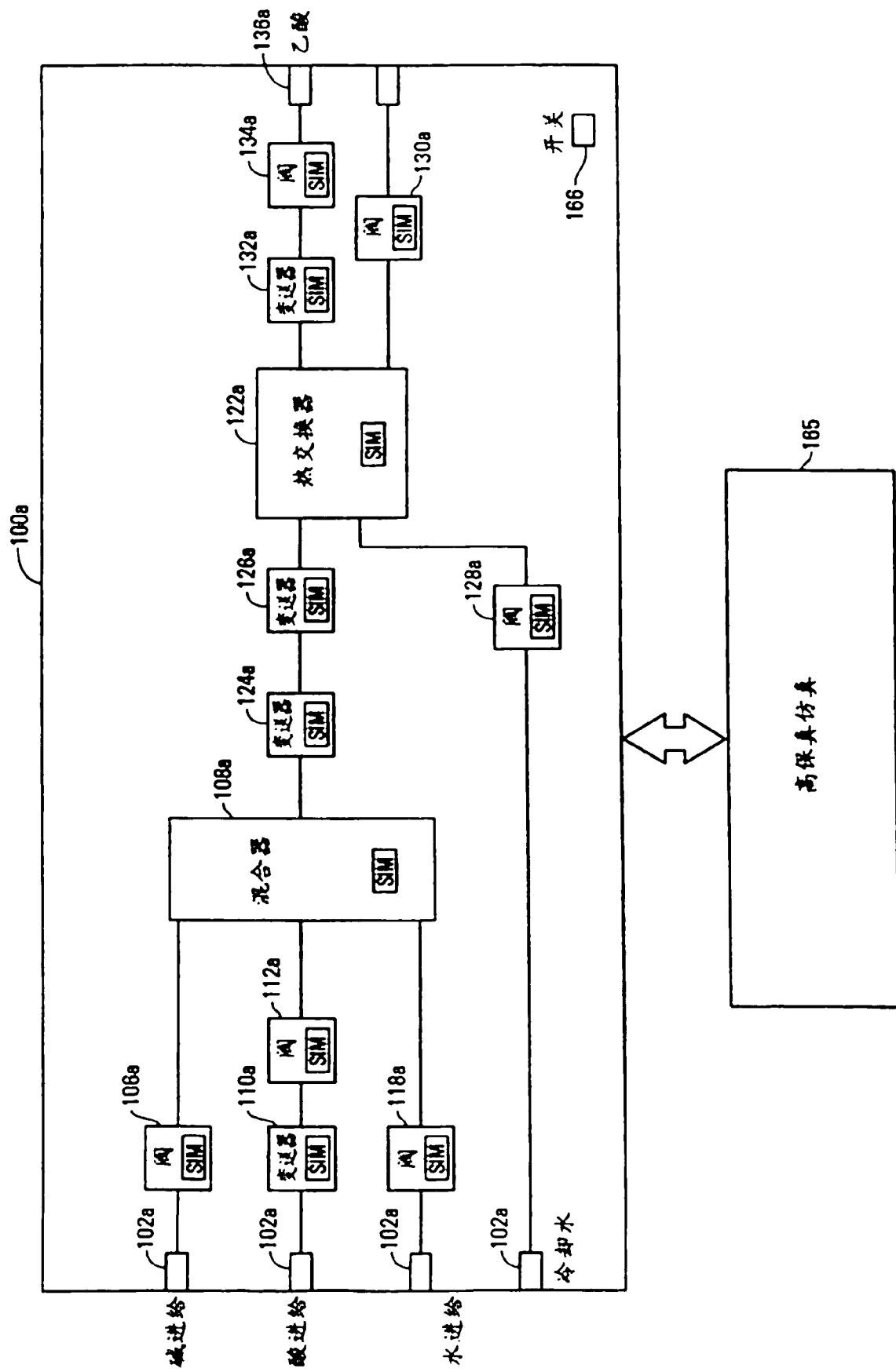


图 6

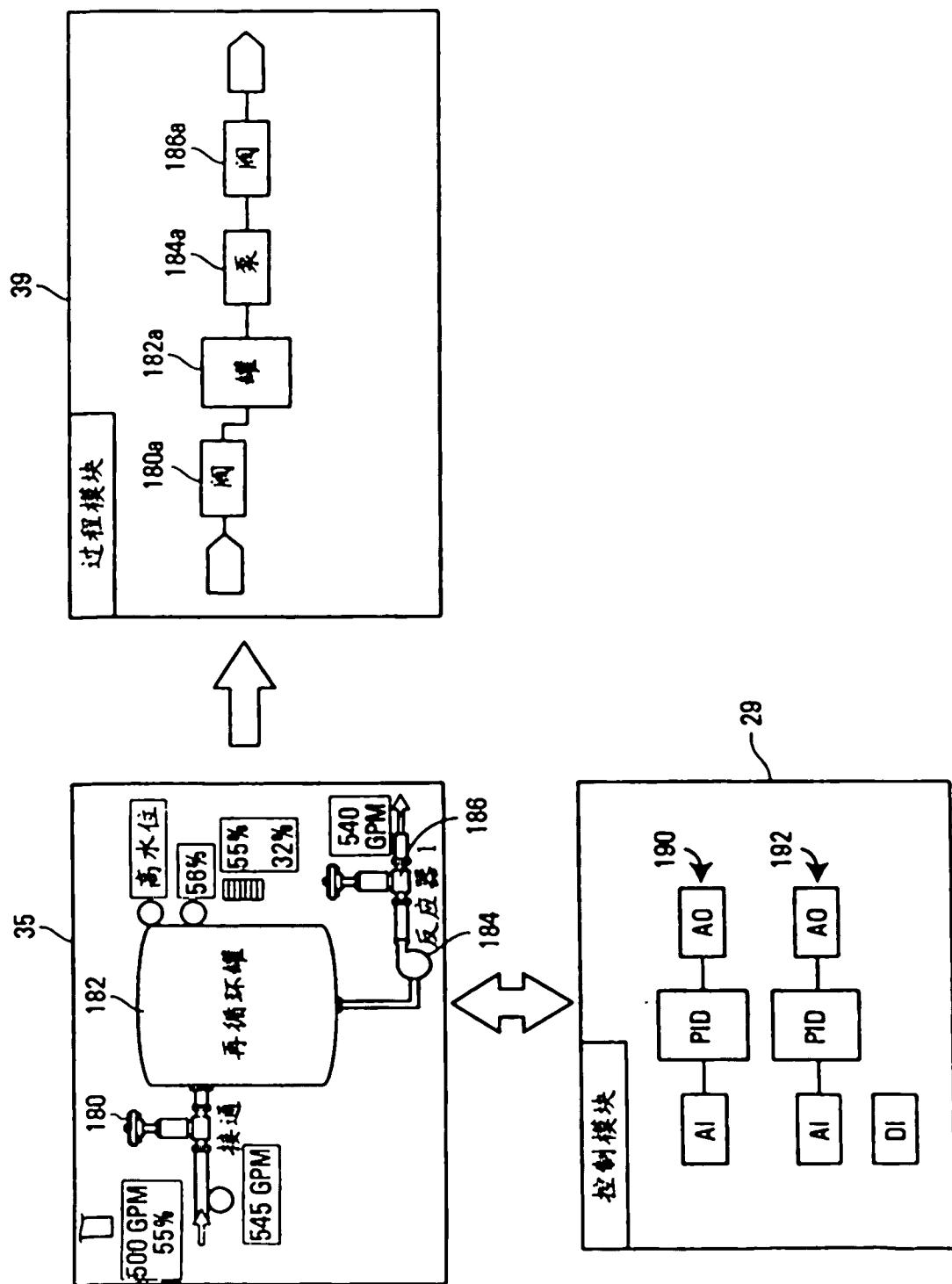


图 7A

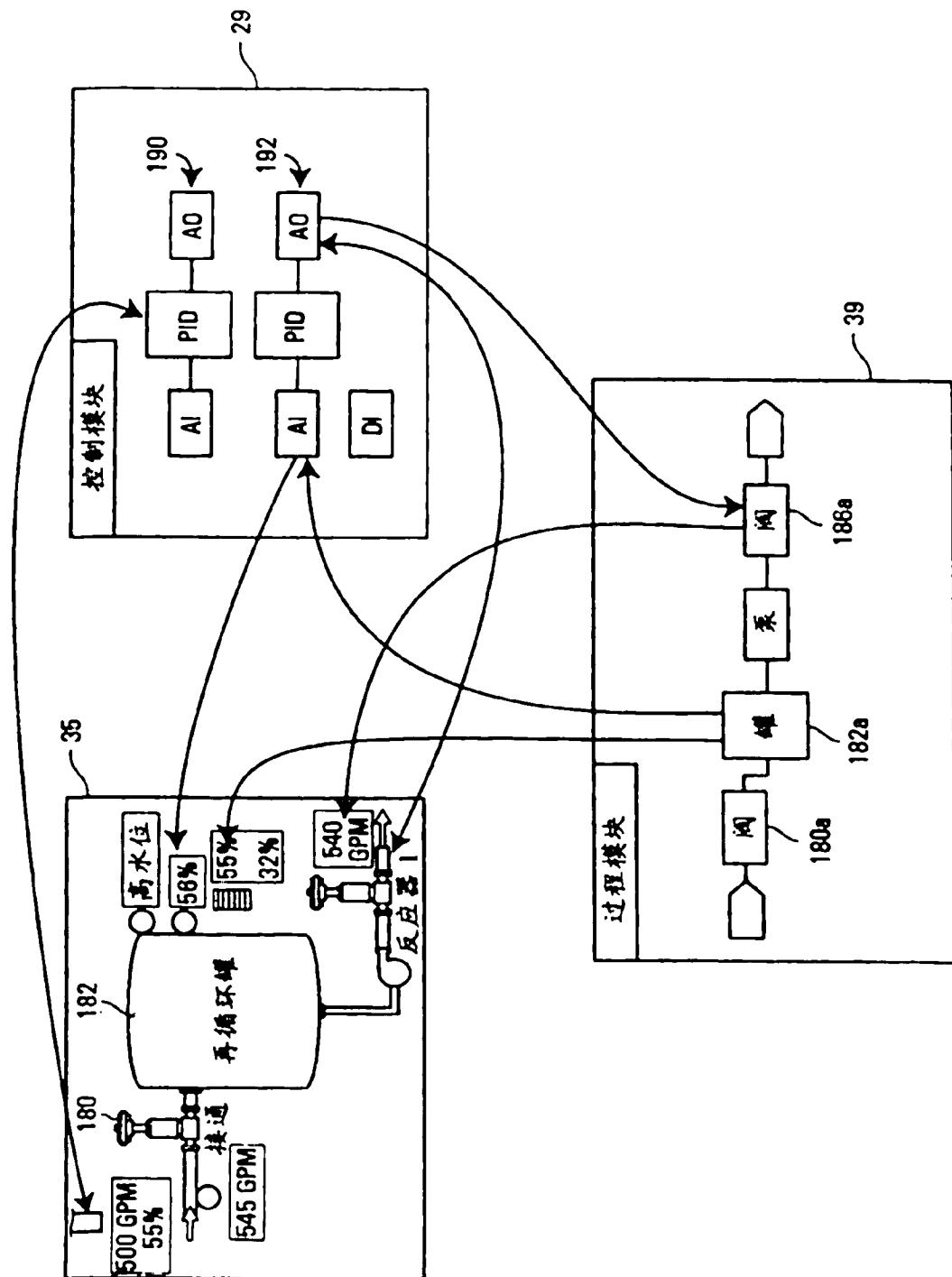


图 7B

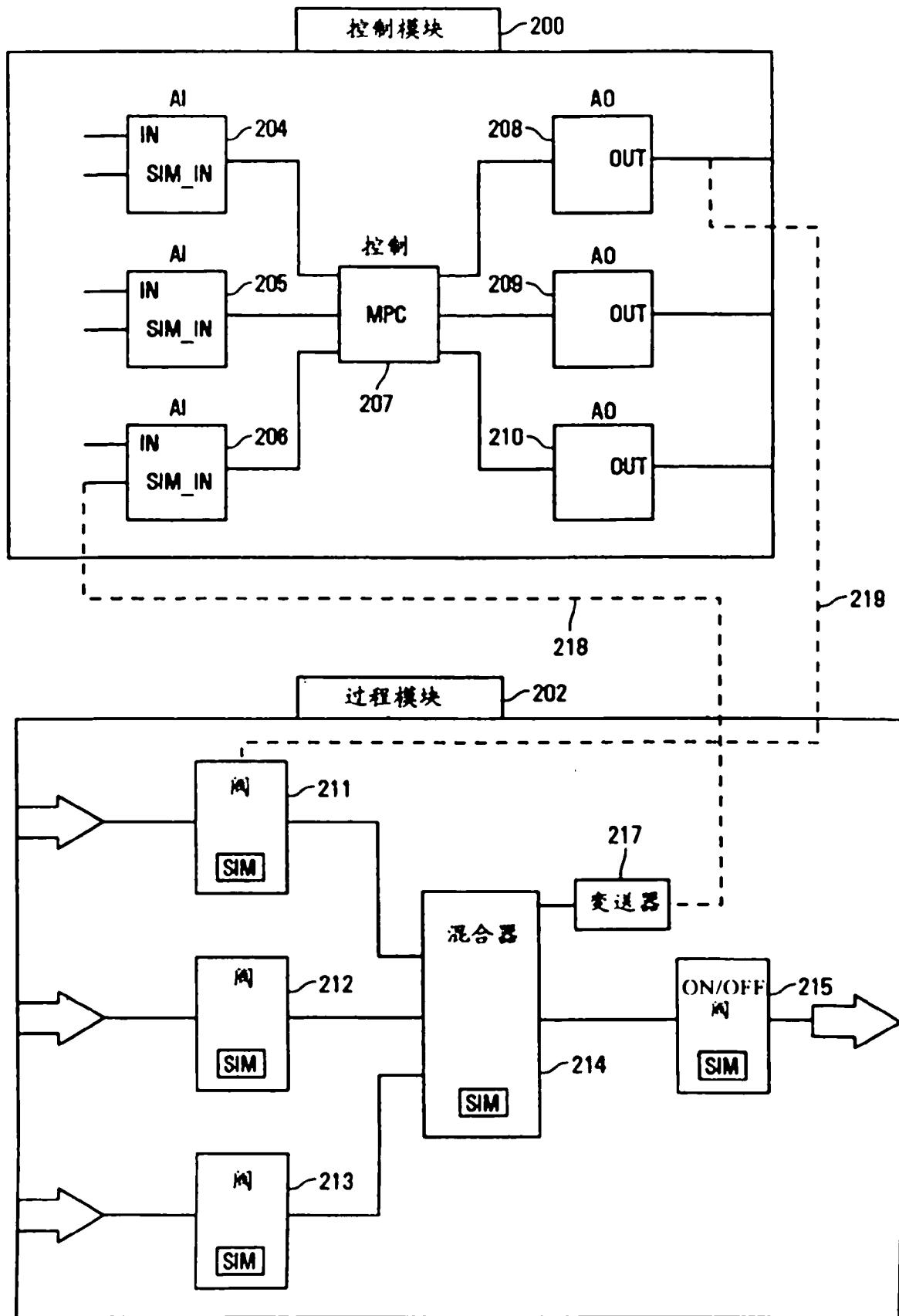


图 8

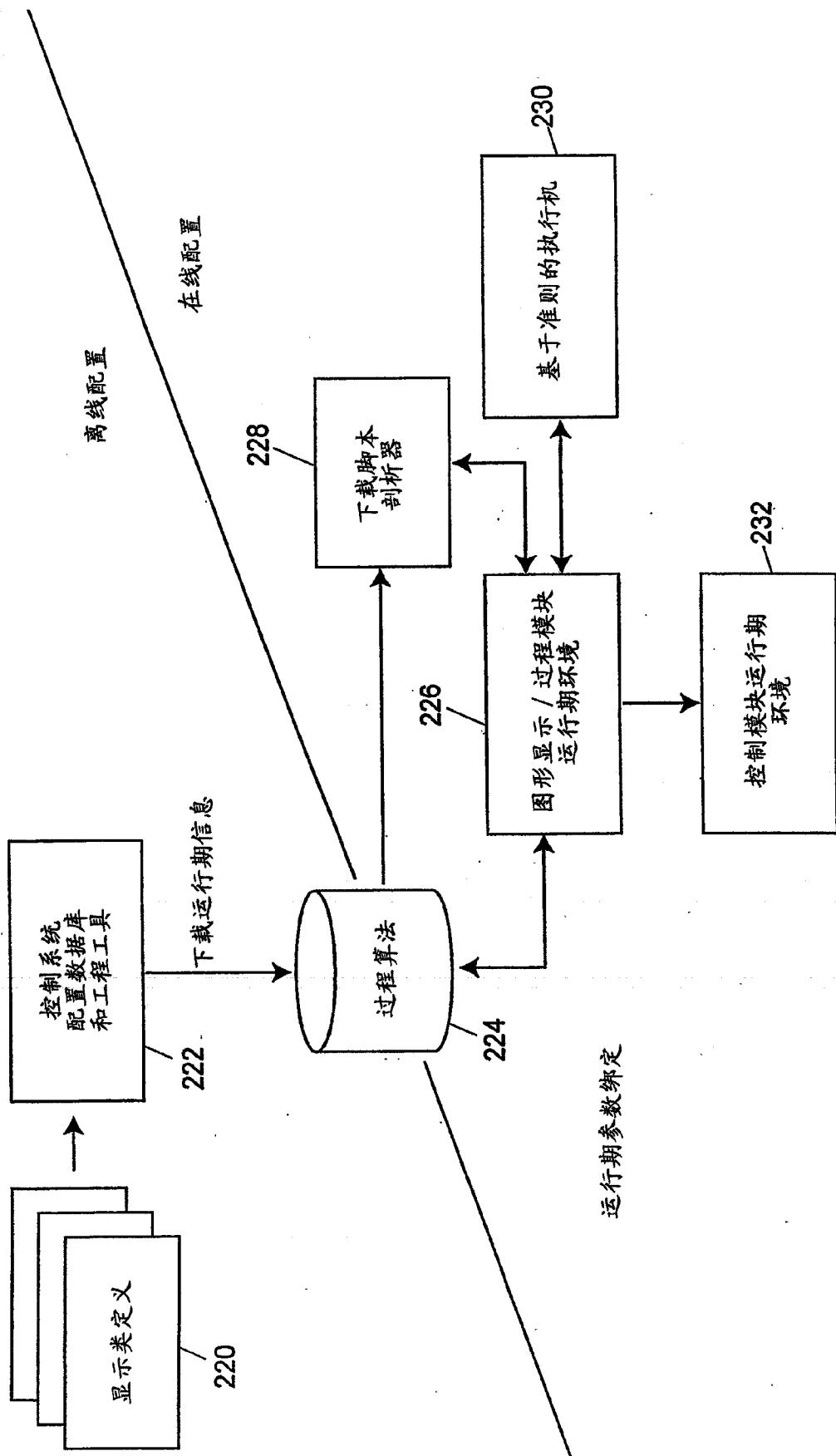


图 9

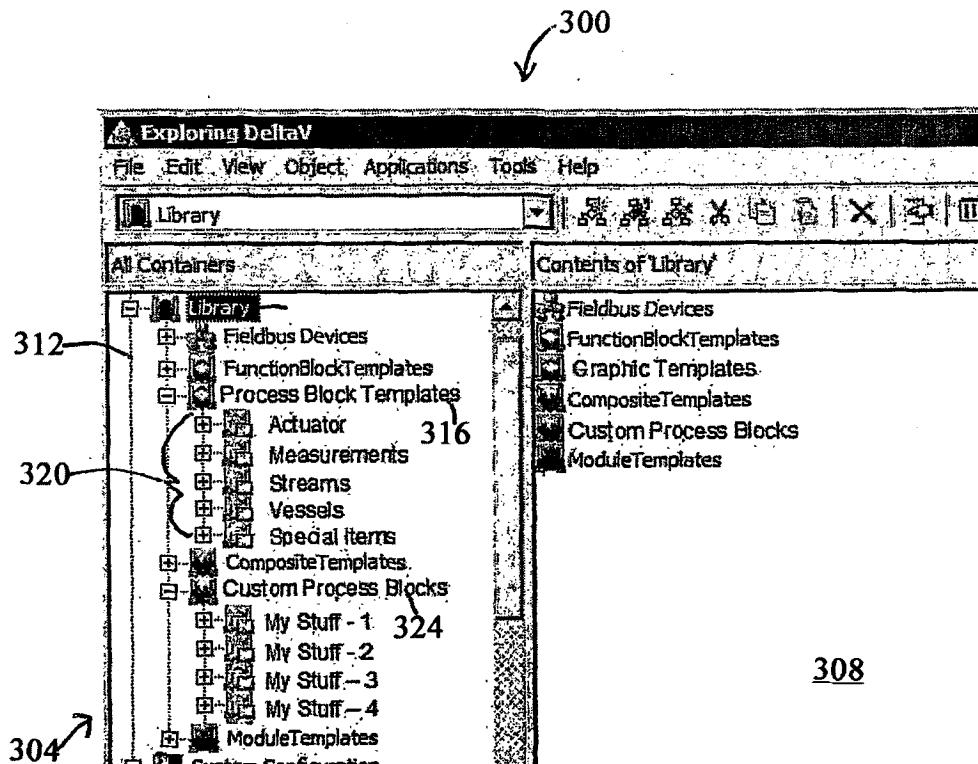


图 10

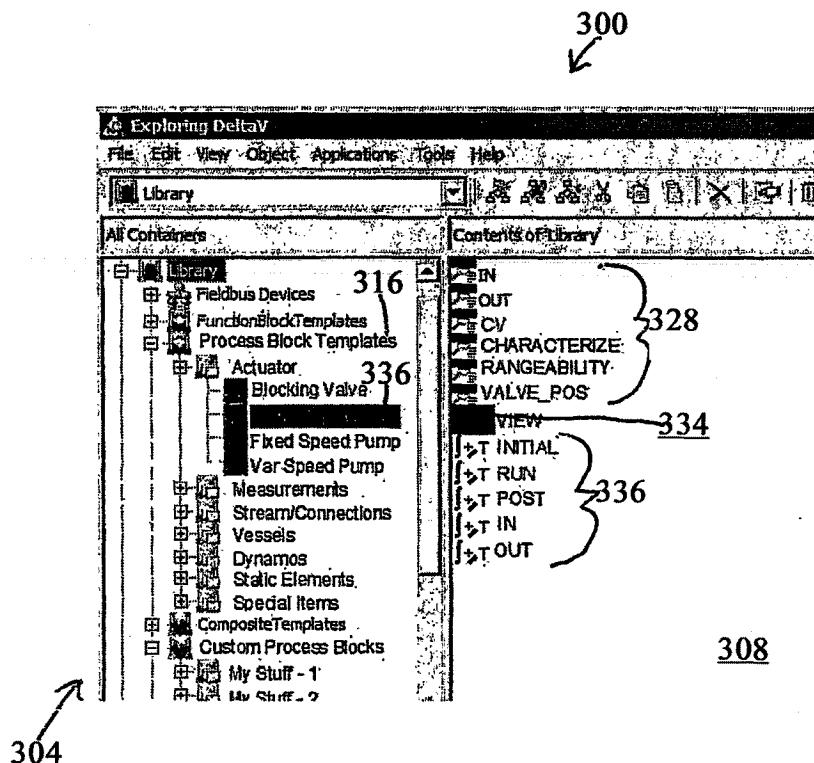


图 11

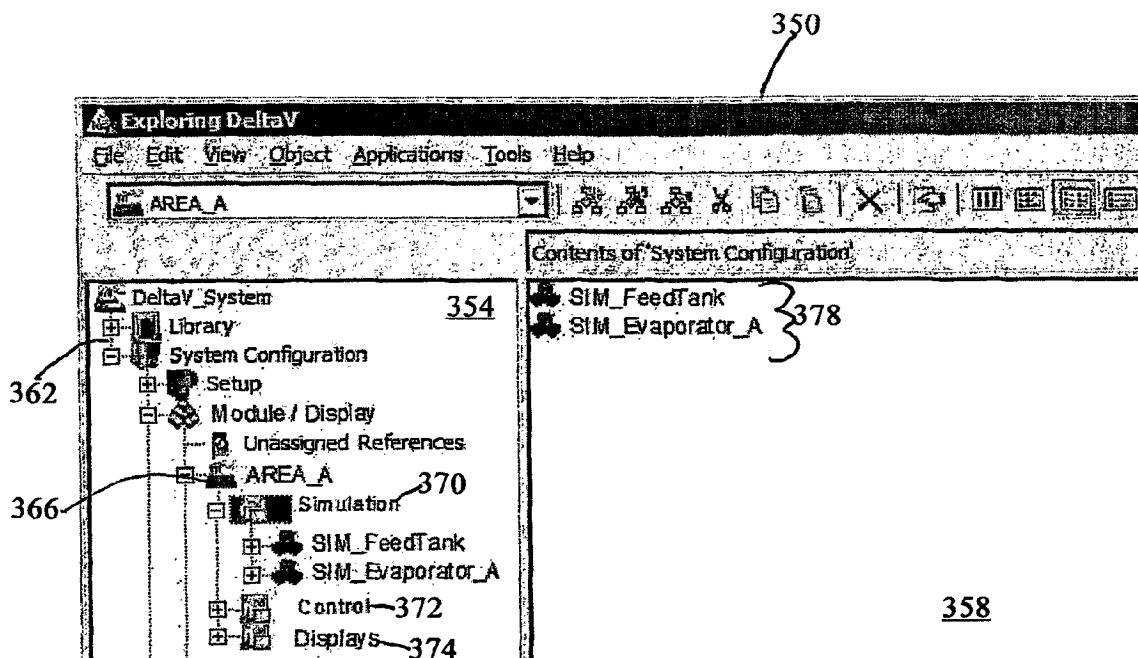


图 12

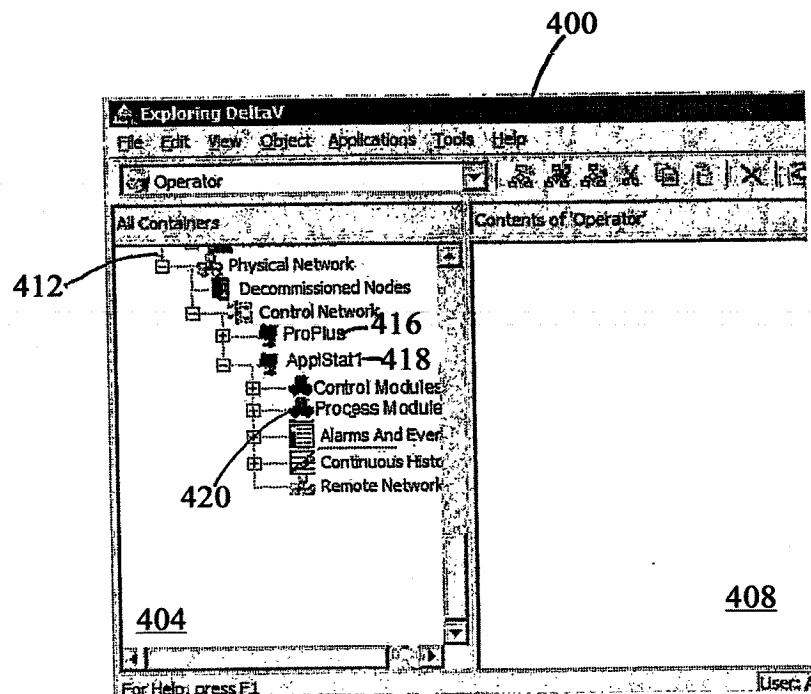


图 13

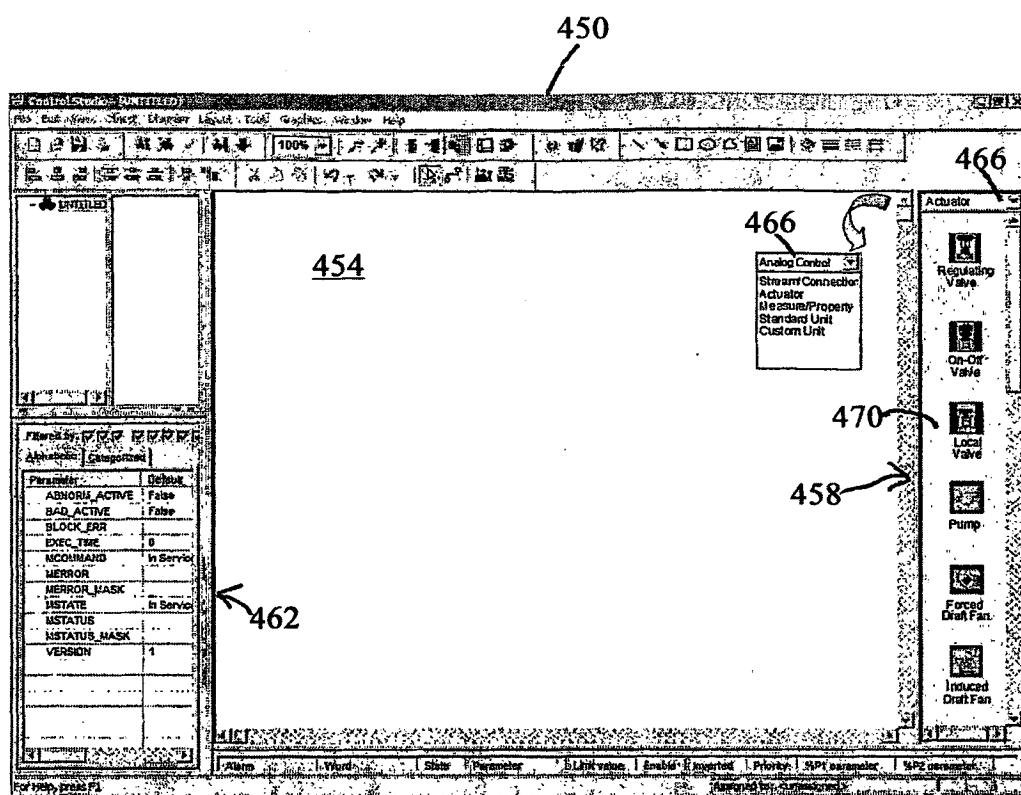


图 14

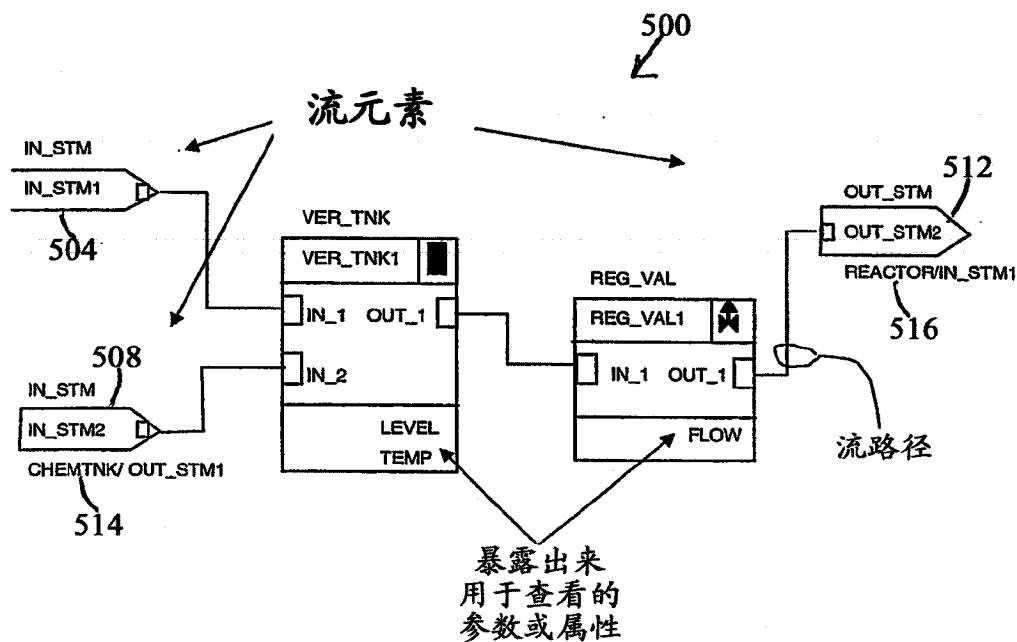


图 15

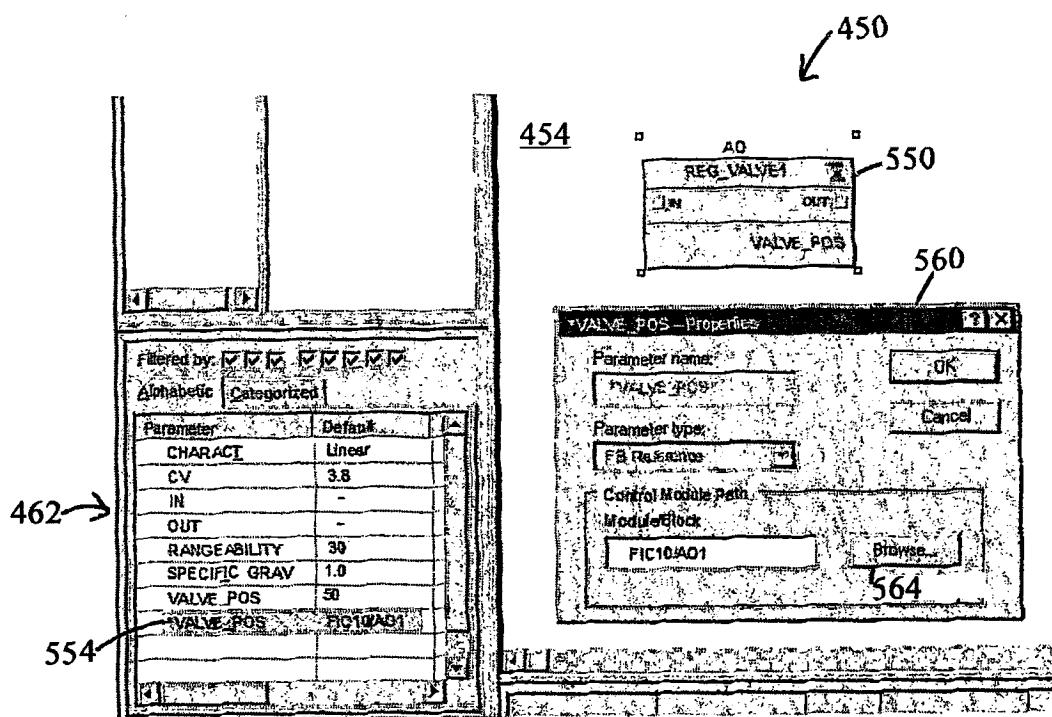


图 16A

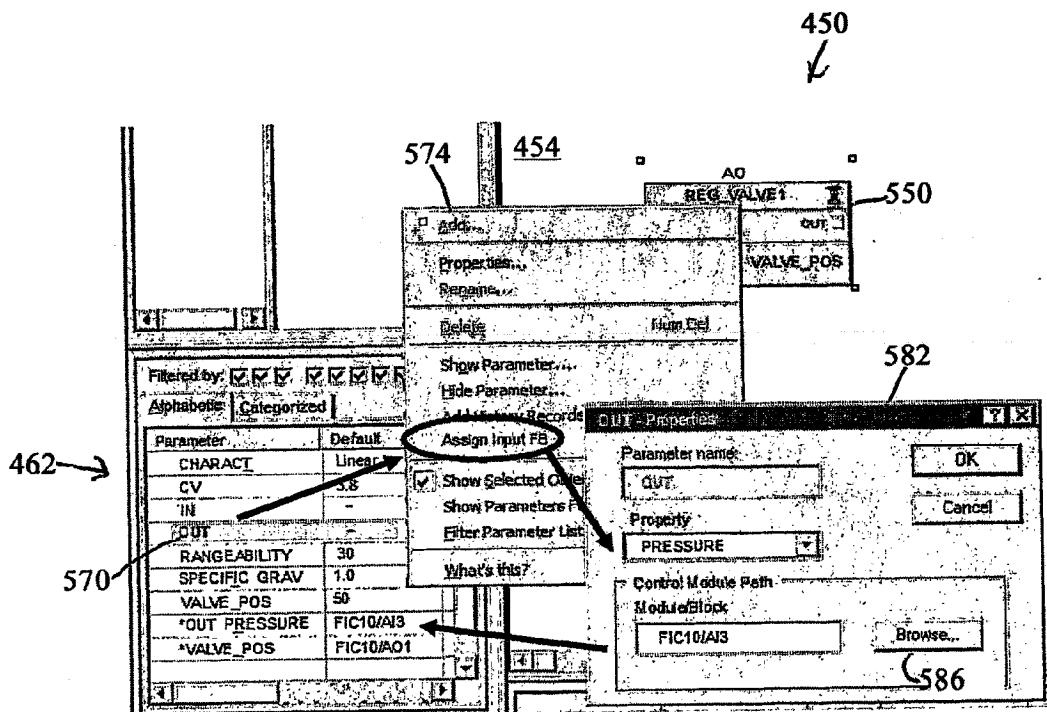


图 16B

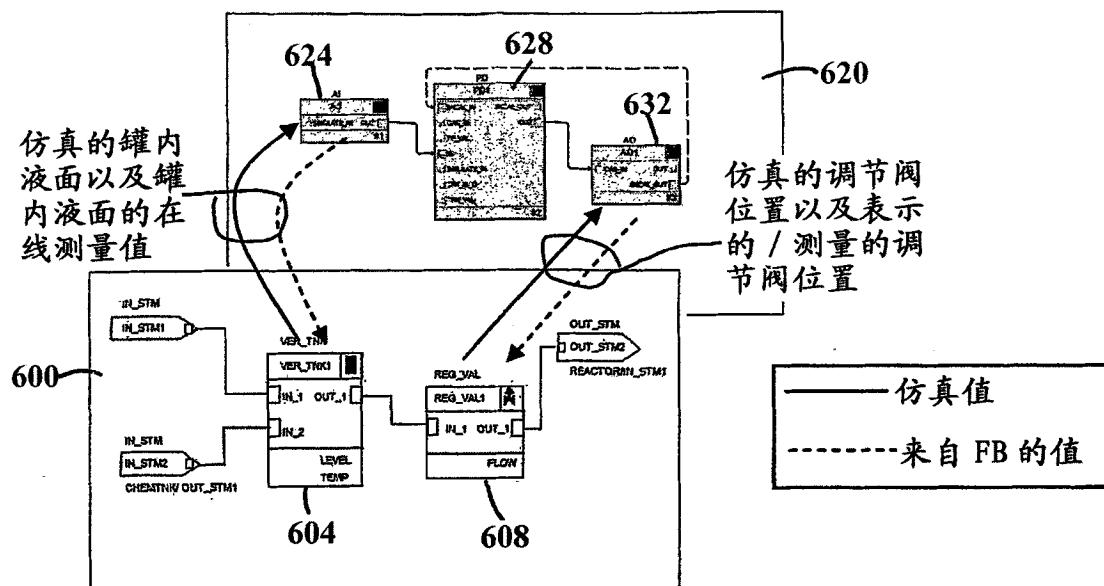


图 17

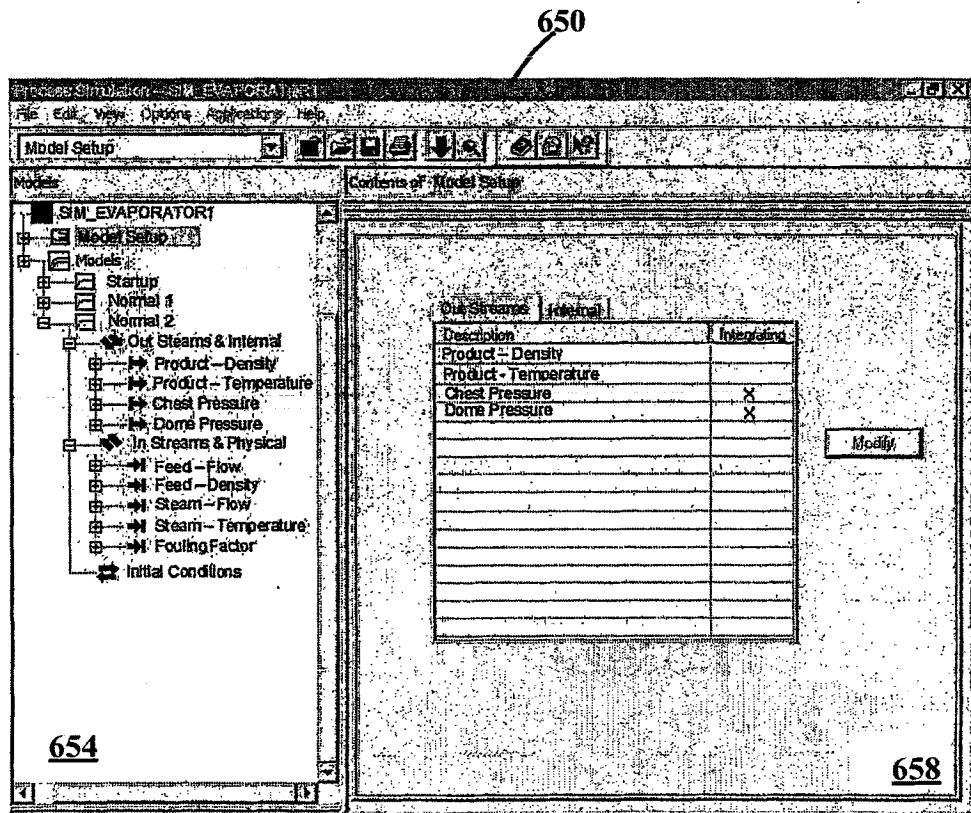


图 18

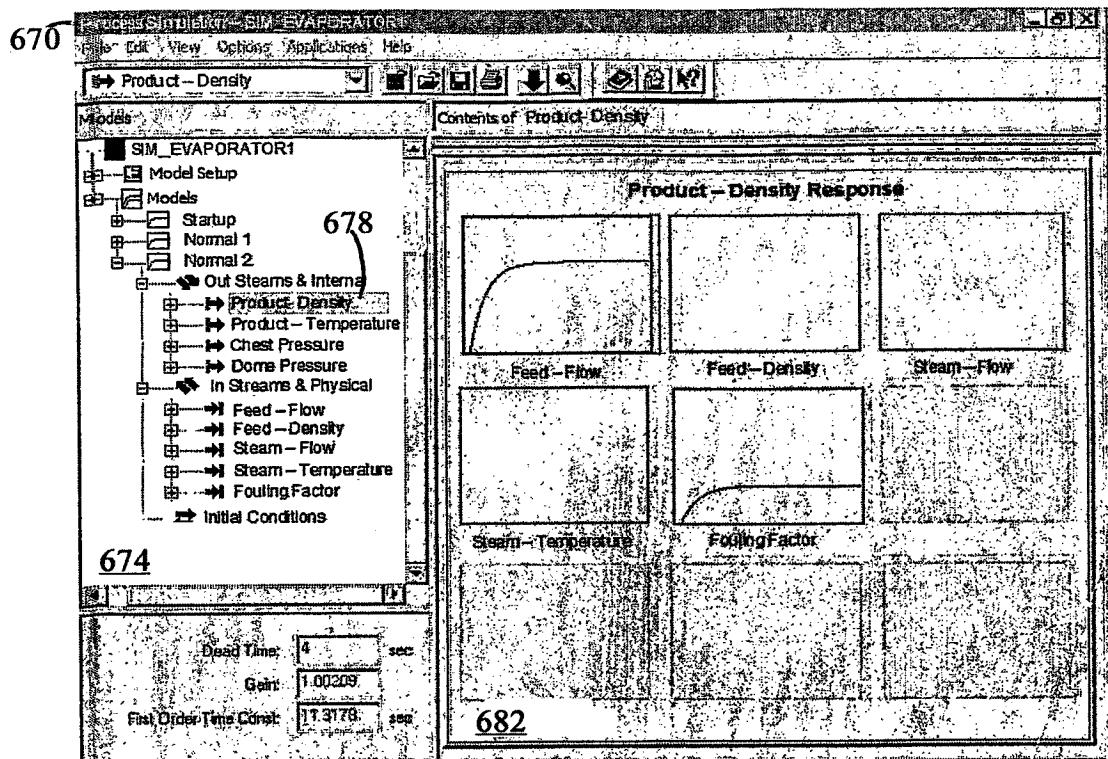


图 19

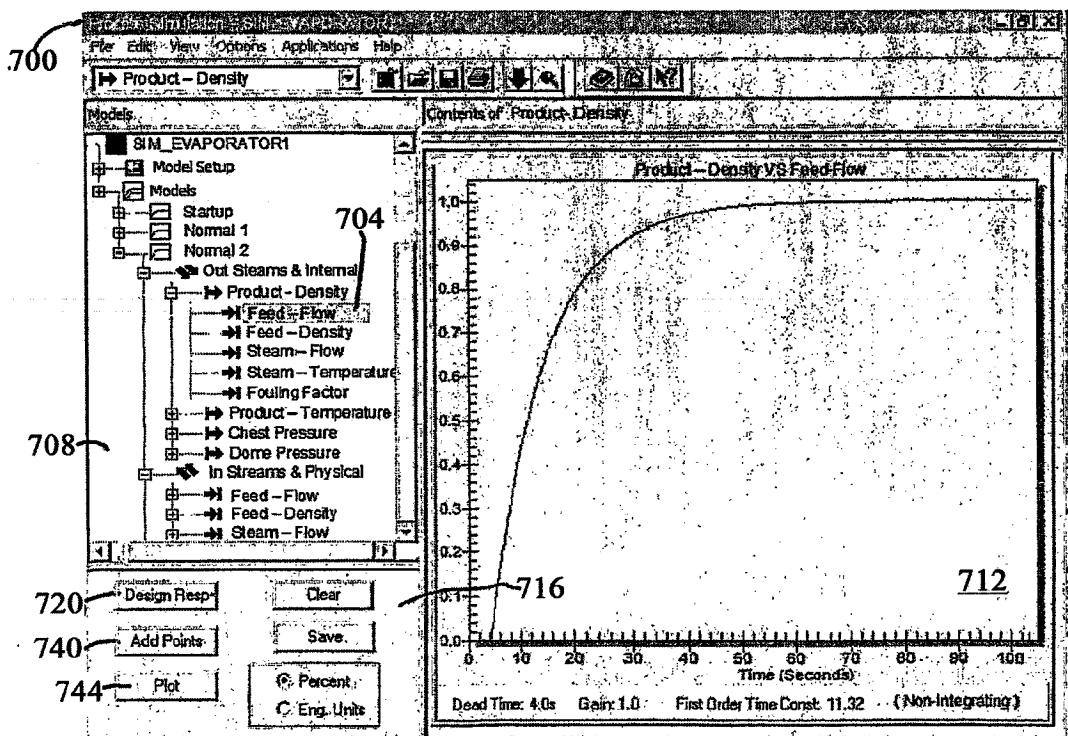


图 20

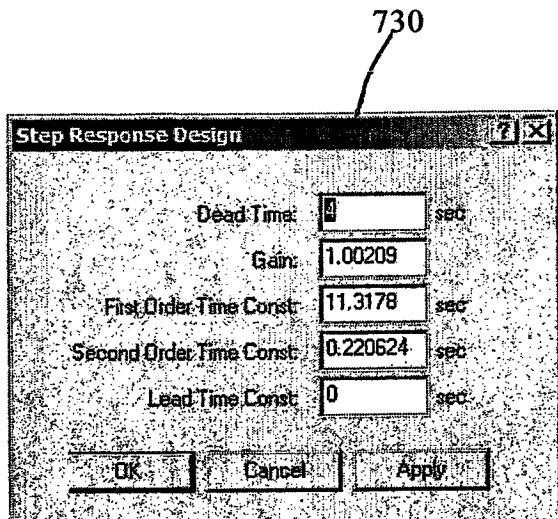


图 21

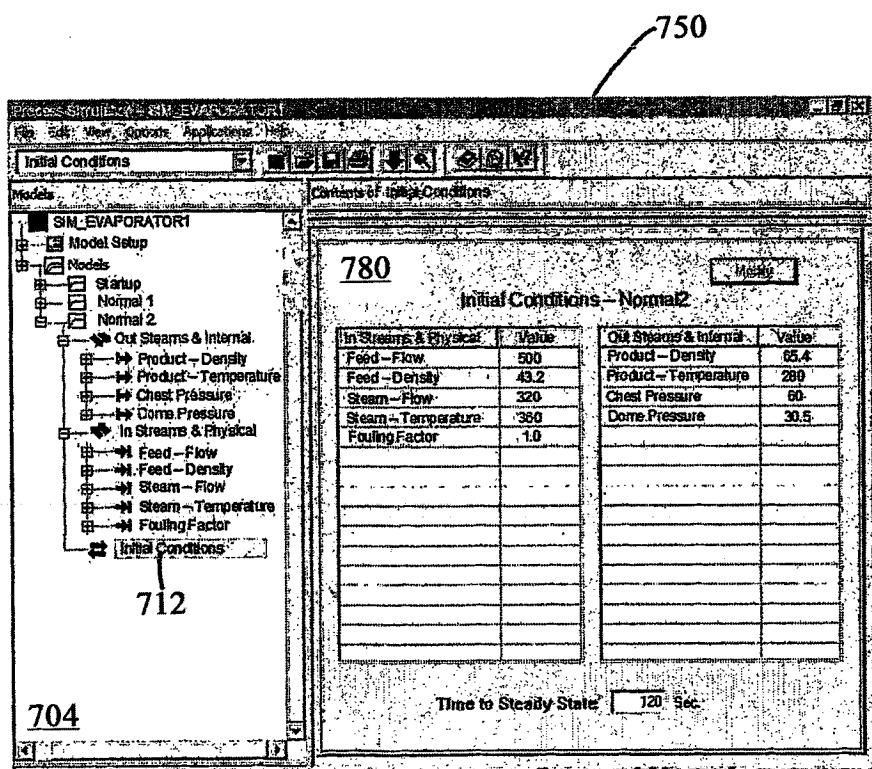


图 22

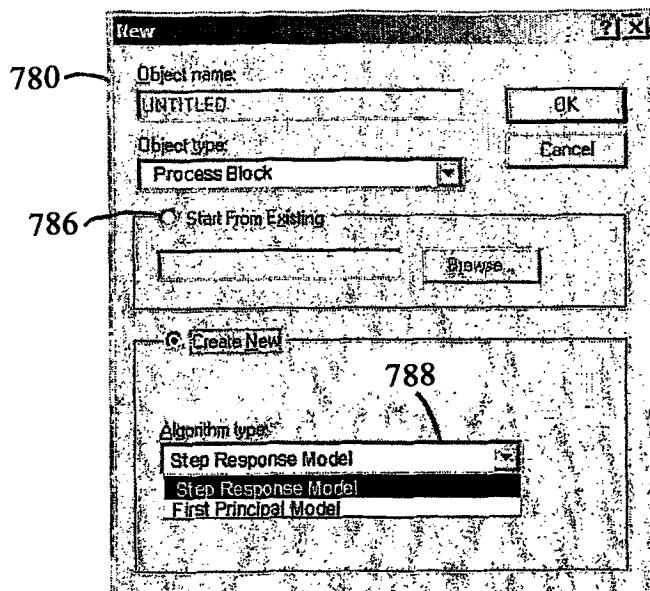


图 23

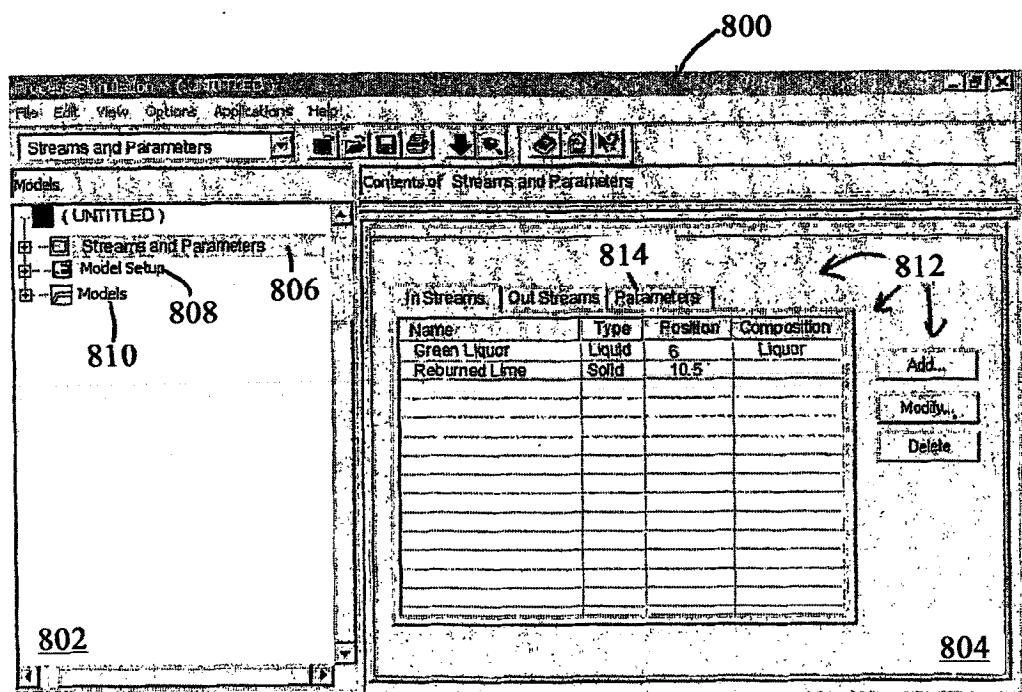


图 24

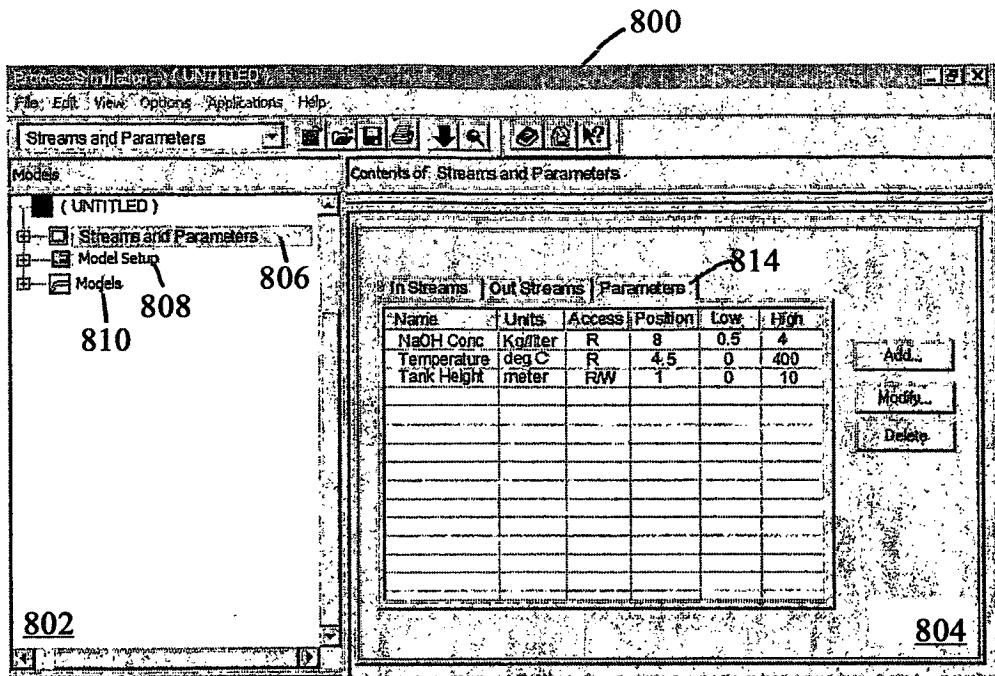


图 25

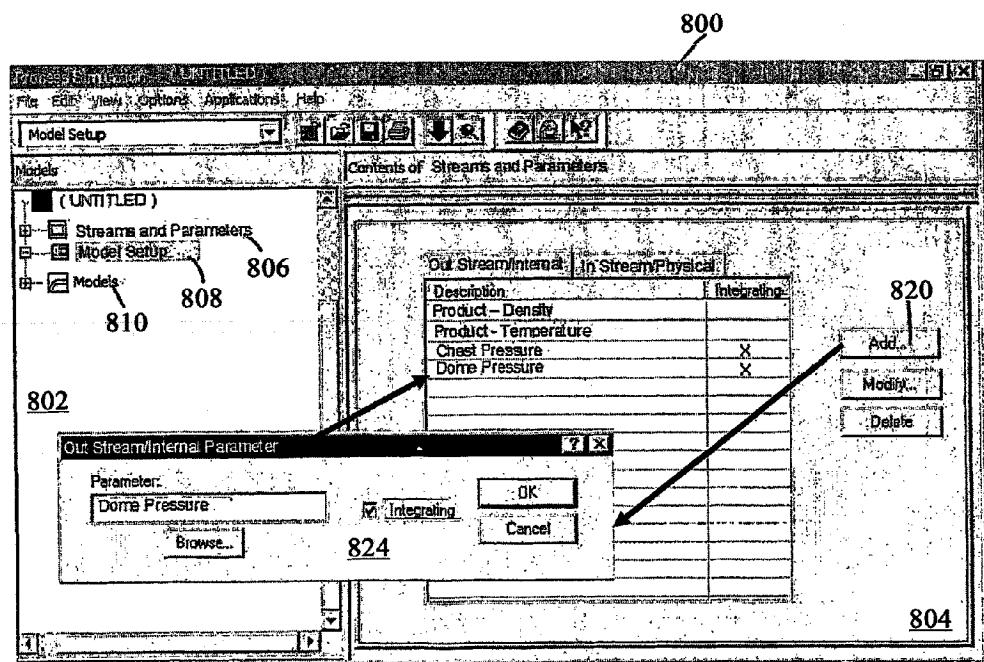


图 26

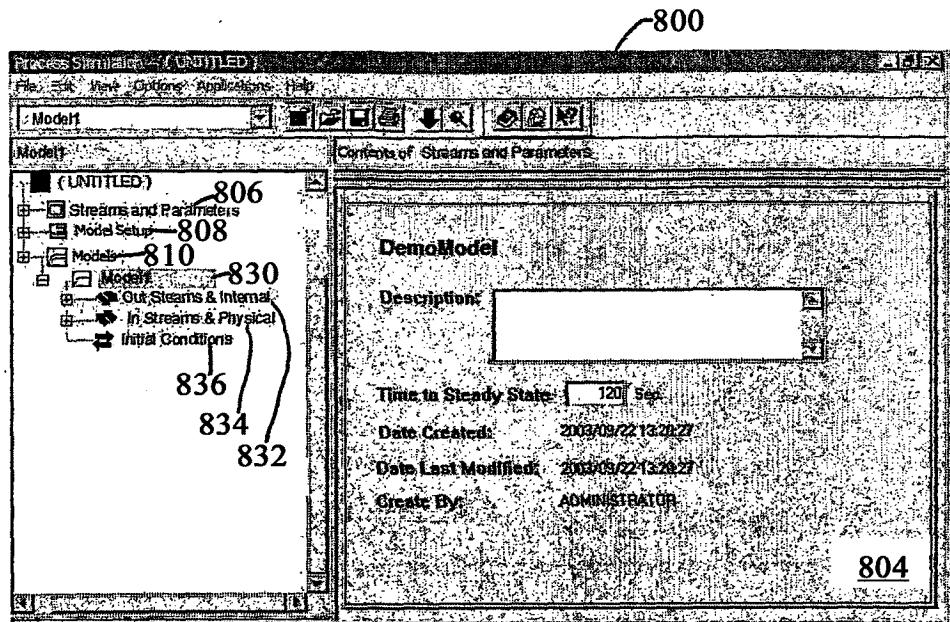


图 27

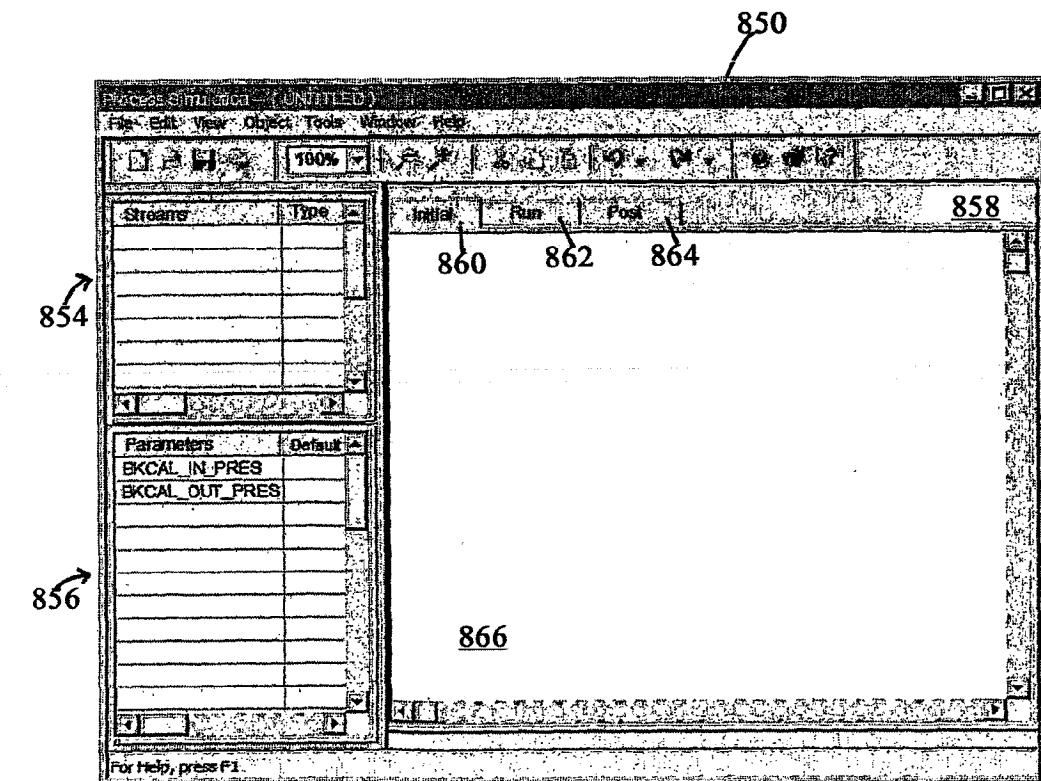


图 28

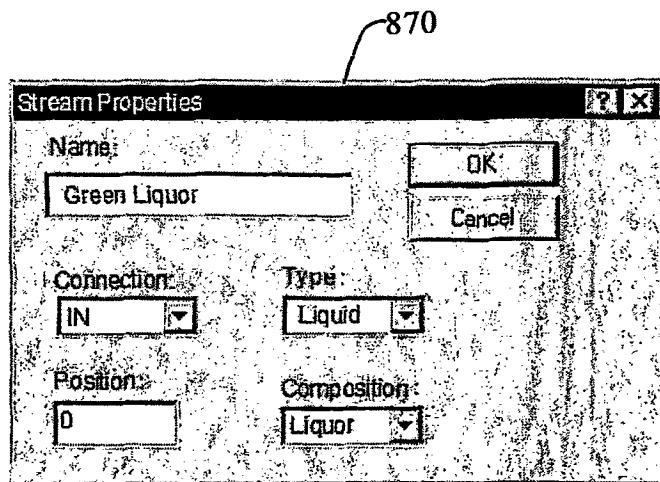


图 29

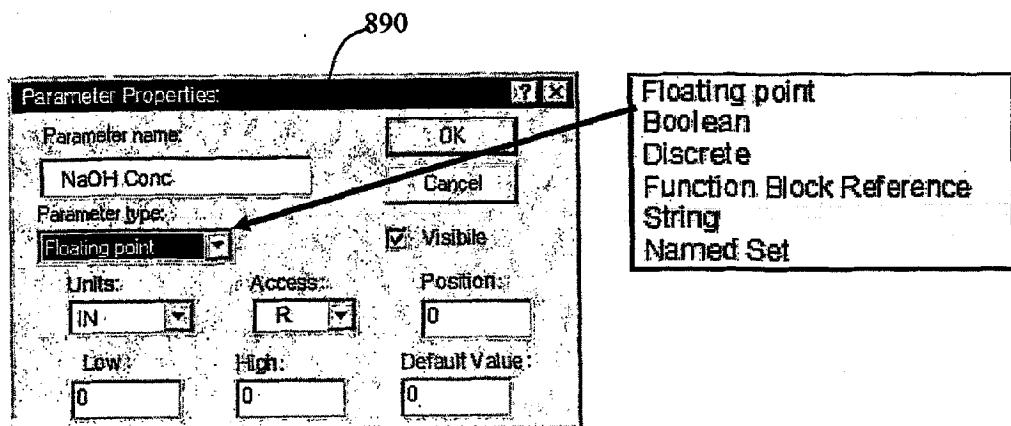


图 30

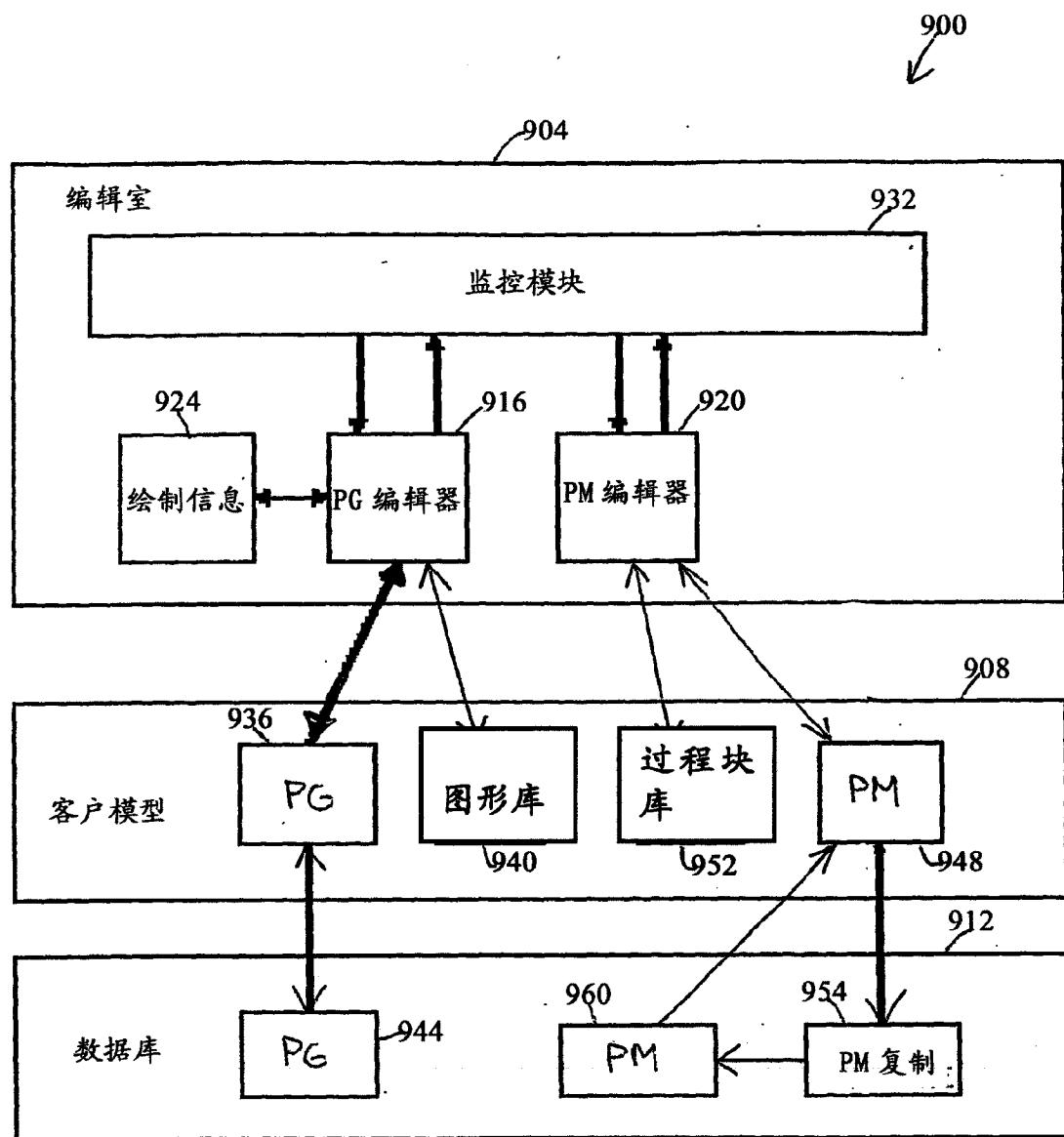


图 31

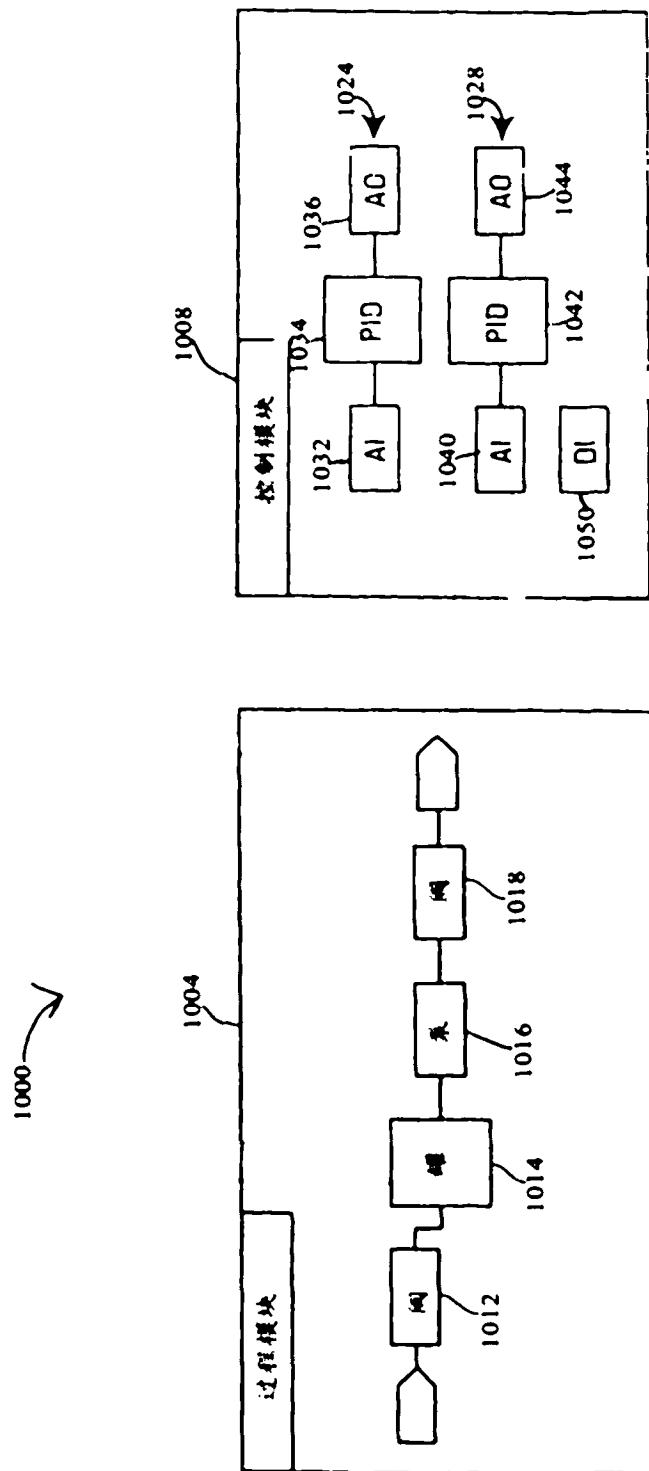


图 32