



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1926489 B

(45) 授权公告日 2012.02.15

(21) 申请号 200580006888.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2005.02.25

G05B 23/02(2006.01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

60/549,796 2004.03.03 US

WO 03/075206 A2, 2003.09.12, 说明书第 31 页 18 行—第 35 页 28 行, 47 页第 1-5 行, 说明书 51 页第 3 行—15 行, 第 72 页第 1 行—第 75 页第 20 行, 第 79 页第 1 行—第 27 行, 第 80 页第 10-17 行, 及图 2、8、14、17.

10/972,155 2004.10.22 US

(85) PCT 申请进入国家阶段日

WO 00/62256 A1, 2000.10.19, 全文.

2006.09.04

US 5812394 A, 1998.09.22, 全文.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2005/006319 2005.02.25

US 2003/0028269 A1, 2003.02.06, 参见对比文件 2 说明书第 0159 段第 6-7 行, 第 0160 段, 及图 10.

(87) PCT 申请的公布数据

W02005/093531 EN 2005.10.06

(73) 专利权人 费舍-柔斯芒特系统股份有限公司

同上.

地址 美国德克萨斯州

审查员 何雪激

(72) 发明人 伊文瑞·埃尔于雷克

卡迪尔·卡瓦卡里欧卢

约翰·P·米勒

(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 王琦 王诚华

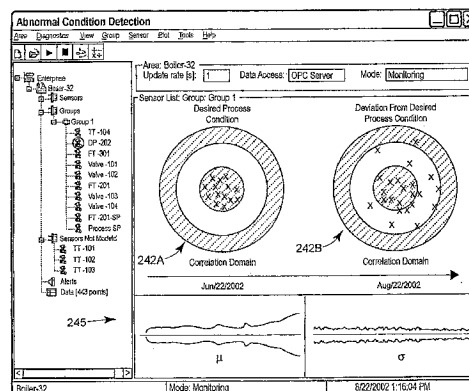
权利要求书 2 页 说明书 33 页 附图 37 页

(54) 发明名称

用于在加工厂中预防异常状况的数据呈现系统

(57) 摘要

一种用于可视化呈现数据的系统,其接收与加工厂相关的设备对应的信号处理数据收集模块所产生的信号处理数据。该信号处理数据收集模块可以产生诸如统计数据、频率分析数据、自回归数据、小波数据之类的数据。该系统显示代表设备并代表这些设备在加工厂中的情况的图像。另外,显示至少一台设备对应的信号处理数据为根据的数据。例如,可显示针对设备的信号处理数据。作为另一示例,可基于信号处理数据产生数据并显示所产生的数据。



CN 1926489 B

1. 一种用于可视化呈现与加工厂相关的数据的方法,该方法包括:

采集由所述加工厂中的多台设备中的多个统计过程监控 SPM 模块产生的多个 SPM 参数,其中每个 SPM 模块采集相应设备中的数据,对所述数据执行统计计算,以确定针对所述数据的 SPM 参数;

对于一组两个以上的 SPM 参数,确定相关矩阵,其中所述相关矩阵中的每一个元素均定义不同组的两个 SPM 参数之间的相关系数;以及

显示所述相关矩阵。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中显示所述相关矩阵包括用数字矩阵显示所述相关矩阵。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中显示所述相关矩阵包括用三维柱状图显示所述相关矩阵。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中显示所述相关矩阵包括用线框图显示所述相关矩阵。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中显示所述相关矩阵包括用等高线图显示所述相关矩阵。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中显示所述相关矩阵包括用色码相关度矩阵显示所述相关矩阵,其中特定相关系数的值根据该相关点的幅度被图示为一组不同颜色中的一种。

7. 一种用于可视化呈现与加工厂相关的信号处理数据的系统,该系统包括:

用于采集由所述加工厂中的多台设备中的多个统计过程监控 SPM 模块产生的多个 SPM 参数的装置,其中每个 SPM 模块采集相应设备中的数据,对所述数据执行统计计算,以确定针对所述数据的 SPM 参数;

可视化装置,用于对于一组两个以上的 SPM 参数确定相关矩阵,其中所述相关矩阵中的每一个元素均定义不同组的两个 SPM 参数之间的相关系数,并用于显示所述相关矩阵。

8. 根据权利要求 7 所述的系统,其中所述可视化装置用数字矩阵显示所述相关矩阵。

9. 根据权利要求 7 所述的系统,其中所述可视化装置用三维柱状图显示所述相关矩阵。

10. 根据权利要求 7 所述的系统,其中所述可视化装置用线框图显示所述相关矩阵。

11. 根据权利要求 7 所述的系统,其中所述可视化装置用等高线图显示所述相关矩阵。

12. 根据权利要求 11 所述的系统,其中所述可视化装置用色码相关度矩阵显示所述相关矩阵,其中特定相关系数的值根据该相关点的幅度被图示为一组不同颜色中的一种。

13. 一种用于可视化呈现与加工厂相关的数据的方法,该方法包括:

采集由所述加工厂中的多台设备中的多个统计过程监控 SPM 模块产生的多个 SPM 参数,其中每个 SPM 模块采集相应设备中的数据,对所述数据执行统计计算,以确定针对所述数据的 SPM 参数;

对于一组两个以上的 SPM 参数确定相关矩阵,其中所述相关矩阵中的每一个元素均定义不同组的两个 SPM 参数之间的相关系数;

计算相关度变化矩阵,其中所述相关度变化矩阵包括每个相关度系数与相应的基准值之间的差别;以及

显示所述相关度变化矩阵。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中显示所述相关度变化矩阵包括用数字矩阵显示所述相关度变化矩阵。

15. 根据权利要求 13 所述的方法,其中显示所述相关度变化矩阵包括用色码相关度矩阵显示所述相关度变化矩阵,其中特定差别的值根据该差别的程度被图示为一组不同颜色中的一种。

16. 根据权利要求 13 所述的方法,进一步包括提供用户接口机制以允许用户查看不同时期或不同时间段的差别。

17. 根据权利要求 13 所述的方法,进一步包括提供用户接口机制,该用户接口机制用于活动显示,以显示差别如何随着若干瞬间或时间段来发生变化。

18. 一种用于可视化呈现与加工厂相关的信号处理数据的系统,该系统包括:

用于采集由所述加工厂中的多台设备中的多个统计过程监控 SPM 模块产生的多个 SPM 参数的装置,其中每个 SPM 模块采集相应设备中的数据,对所述数据执行统计计算,以确定针对所述数据的 SPM 参数;

可视化装置,用于:

对于一组两个以上的 SPM 参数确定相关矩阵,其中所述相关矩阵中的每一个元素均定义不同组的两个 SPM 参数之间的相关系数,

计算相关度变化矩阵,其中所述相关度变化矩阵包括每个相关度系数与相应的基准值之间的差别;以及

显示所述相关度变化矩阵。

19. 根据权利要求 18 所述的系统,其中所述可视化装置用数字矩阵显示所述相关度变化矩阵。

20. 根据权利要求 18 所述的系统,其中所述可视化装置用色码相关度矩阵显示所述相关度变化矩阵,其中特定差别的值根据该差别的程度被图示为一组不同颜色中的一种。

21. 根据权利要求 18 所述的系统,所述可视化装置用于提供用户接口机制以允许用户查看不同时期或不同时间段的差别。

22. 根据权利要求 18 所述的系统,所述可视化装置用于提供用户接口机制,该用户接口机制用于活动显示,以显示差别如何随着若干瞬间或时间段来发生变化。

用于在加工工厂中预防异常状况的数据呈现系统

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求于 2004 年 3 月 3 日提交、题为“加工工厂中的异常状况预防”的美国临时专利申请 No. 60/549, 796 的权利,其全部公开内容全文合并于本申请中以用作各种目的。

[0003] 本申请还涉及到以下专利申请:

[0004] 美国专利申请号:_____,(代理备案号 No. 30203/39746),其与本申请同日提交、题为“用于加工工厂中的异常状况预防的配置系统和方法”;

[0005] 美国专利申请号:_____,(代理备案号 No. 30203/40055),其与本申请同日提交、题为“加工工厂中的异常状况预防”。

[0006] 以上参考的专利申请的全部公开内容全文合并于本申请中以用作各种目的。

技术领域

[0007] 本发明总体上涉及加工工厂中诊断和维护的执行,具体涉及以减少或防止加工工厂中的异常状况的方式来提供加工工厂的预测性诊断能力。

背景技术

[0008] 过程控制系统,例如用于化学、石油或其它过程中的过程控制系统,通常包括一个或更多个集中式或分布式过程控制器,这些过程控制器通过模拟、数字或模拟/数字混合总线,通信连接到至少一个主机或操作员工作站以及一个或更多个过程控制和仪器设备,例如现场设备等。现场设备可以是例如阀、阀门定位器、开关、变送器以及传感器(例如,温度、压力以及流速传感器),它们设置于加工工厂环境中并且在过程中执行各种功能,例如打开或关闭阀、测量过程参数、增加或降低流体流动等。智能现场设备,例如符合公知的 FOUNDATION™ 现场总线(下文中称为 Fieldbus) 协议或 HART® 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过程控制器中实现的其它控制功能。

[0009] 通常设置于加工工厂环境中的过程控制器,接收表示由现场设备产生或与现场设备有关的过程测量或过程变量的信号和/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,该控制器应用程序实现不同的控制模块,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。过程控制器中的控制模块通过通信线路或信号通路发送控制信号到现场设备,从而控制过程的操作。

[0010] 来自现场设备和过程控制器的信息通常可用于一个或更多其它硬件设备,例如操作员工作站、维护工作站、个人计算机、便携式设备、数据历史记录器、报告发生器、集中数据库等,以使操作员或维护人员能够执行与过程有关的所需功能,例如改变过程控制程序的设置、修改过程控制器或智能现场设备中控制模块的操作、查看过程或加工工厂中特定设备的当前状态、查看由现场设备和过程控制器产生的警报、仿真过程的操作以培训人员或测试过程控制软件、诊断加工工厂中的问题或硬件故障等。

[0011] 一个典型的加工工厂在具有连接到一个或更多过程控制器的许多过程控制和测量

设备,例如阀、变送器、传感器等的同时,还有许多其它对于过程操作来说必需或相关的辅助设备。这些附加设备包括,例如电源设备、发电和配电设备、诸如涡轮机、电动机之类的转动设备等,它们设置于一个典型工厂的多个地方。虽然这些附加设备不需要产生或使用过程变量,并且在许多情况下,会为了影响过程操作而不受过程控制器控制甚或不连接到过程控制器,但是对于过程的适当操作而言,这些设备不但是重要的而且最终是必需的。

[0012] 已知的,问题经常出现在加工厂环境中,特别是出现在具有大量现场设备和辅助设备的加工厂中。这些问题可表现为使设备、逻辑部件故障或失灵,例如处于不当模式的软件程序、进行了不适当调整的过程控制环、加工厂内设备之间通信的一个或更多故障等。这些或其它问题虽然实际上有多种,但是它们通常导致过程在通常与加工厂的次最优性能有关的异常状态操作(即,加工厂处于异常状况)。已开发许多诊断工具和应用程序,以便检测并且确定加工厂中的问题的原因,并且在问题已经发生并且被检测到时,帮助操作员或维护人员诊断和改正这些问题。例如,通常通过诸如直接或无线总线、以太网、调制解调器、电话线之类的通信连接连接到过程控制器的操作员工作站,具有适于运行软件或固件的处理器和存储器,例如由爱默生过程管理出售的 Delta™ 和 Ovation 控制系统,这些系统包括众多控制模块和控制环诊断工具。同样地,可通过与控制器应用程序相同的通信连接或通过诸如用于过程控制的对象链接与嵌入技术(OPC)连接、便携式连接之类的不同通信连接连接到诸如现场设备的过程控制设备的维护工作站,通常包括一个或更多应用程序,这些应用程序设计为查看由加工厂中的现场设备产生的维护警报和警示,以测试加工厂中的设备并执行对加工厂中的现场设备和其它设备的维护活动。已经开发了相似的诊断应用程序,以诊断加工厂中辅助设备的问题。

[0013] 因此,例如由爱默生过程管理出售的资产管理解决方案(AMS)应用程序(至少部分公开在题为“用在现场设备管理系统中的集成通信网络”的美国专利 NO. 5, 960, 214 中),能够与现场设备通信并且存储属于现场设备的数据以确定并跟踪现场设备的操作。在某些例子中,AMS 应用程序可以用于与现场设备通信以改变该现场设备中的参数,从而使得该现场设备运行自身的应用程序,例如自校准程序或自诊断程序,以获得关于该现场设备的状态或健全程度(health)的信息。该信息可以包括,例如状态信息(例如,警报或其它相似事件是否已经发生)、设备配置信息(例如,现场设备当前的方式或可被配置的方式以及由该现场设备使用的测量单元的类型)、设备参数(例如,现场设备范围值以及其它参数)等。当然,这些信息可以由维护人员使用以监控、维护、以及/或诊断现场设备中的问题。

[0014] 相似地,许多加工厂包括设备监控和诊断应用程序,例如由 CSI 系统提供的 RBM 产品(ware),或用于监控、诊断以及优化各种转动设备的操作状态的任何其它已知的应用程序。维护人员通常使用这些应用程序以维护和检查工厂中的转动设备的性能,以确定转动设备的问题,并且确定转动设备何时以及是否必须要修理或替换。同样地,许多加工厂包括电力控制和诊断应用程序,例如由 Liebert 以及 ASCO 公司提供的应用程序,以控制和维护发电和配电设备。公知地,在加工厂中运行控制优化应用程序,例如实时优化器(RTO+),以优化加工厂的控制活动。这样的优化应用程序通常使用复杂的算法和/或加工厂的模型,来预测如何改变输入来优化加工厂的与某些需要优化的变量例如利润相关的操作。

[0015] 在一个或更多操作员工作站或维护工作站中,这些以及其它的诊断和优化应用程序通常以泛系统(system-wide)为基础来实现,并且可以根据加工厂或加工厂中的设备和

装置的操作状态,向操作员工作站或维护工作站提供预先配置的显示。典型的显示包括:警报显示,其接收由加工厂中的过程控制器或其它设备产生的警报;控制显示,其表示加工厂中的过程控制器和其它设备的操作状态;维护显示,其表示加工厂中各个设备的操作状态等。同样地,这些和其它诊断应用程序可以使操作员或维护人员重新调整控制环或复位其它控制参数,以对一个或更多现场设备运行测试,确定这些现场设备的当前状态,从而校准现场设备或其它装置,或执行对加工厂中各个设备和装置的其它问题的检测以及改正活动。

[0016] 虽然各种应用程序和工具对识别以及改正加工厂中的问题是非常有帮助的,但这些诊断应用程序通常配置为在问题已经出现在加工厂中之后才使用,因此就是在异常状况已经存在于加工厂中以后。令人遗憾地,在使用这些工具检测、识别以及改正异常状况之前,异常状况可能就存在一段时间了,这导致在问题被检测、识别以及改正过程的时间段中加工厂性能为次最优。在许多情况下,根据警报、警示或加工厂不佳性能,控制操作员会首先检测到存在一些问题。该操作员之后会将潜在问题通知给维护人员。该维护人员可能检测到也可能检测不到真正的问题,并且可能需要在真正运行测试或其它诊断应用程序之前进一步提示(prompt),或执行识别这些真正问题所需的其它活动。一旦识别出问题,维护人员可能需要确定部件并规划一份维护流程,所有的这些都会导致在一个问题出现和该问题得到改正之间出现一个明显的时间段,在该时间段内,加工厂运行在通常与工厂的次最优操作有关异常状况下。

[0017] 另外,许多加工厂会经历一种导致加工厂在相对短的时间内出现重大的花费或损害的异常状况。例如,如果存在某些异常状况,那么即便它们存在很短时间,这些异常状况也能够带来对设备的重大损害、原材料的损失、或加工厂中非预期的重大停工期。因此,仅在加工厂中问题已经出现之后检测问题,不管问题改正得有多快,都可能导致加工厂中的重大损失或损害。因此,理想的情况是首先尽力防止异常状况出现,而不是简单地在异常状况出现后尽力反应和改正加工厂中的问题。

[0018] 目前,存在一种可以用于采集数据的技术,该技术能使用户在异常状况真正出现以前,预测在加工厂中发生的某些异常状况,从而在加工厂中出现任何重大损失之前,采取措施以防止所预测的异常状况。这个流程公开在题为“根源诊断”的美国专利申请序号 No. 09/972, 078(部分基于美国专利申请 NO. 08/623, 569, 现美国专利 No. 6, 017, 143) 中。这两个申请的全部公开内容合并于此以资参考。一般地,该技术在加工厂的许多设备,例如现场设备的每一个中,设置统计数据采集和处理模块或统计处理监控(SPM)模块。例如,统计数据采集和处理模块采集过程变量数据,并且确定某些与采集的数据有关的统计测量值,例如平均值、中间值、标准偏差等。这些统计测量值随后可以发送给用户,并且被分析以识别用于暗示已知异常状况即将发生的模式(pattern)。若检测到一个特定的可疑的将要发生的异常状况,则首先采取措施以改正潜在的问题,从而避免异常状况。但是,对于典型的维护人员来说,采集和分析数据可能是耗时并沉闷的,尤其是在具有大量用来采集统计数据的现场设备的加工厂中。而且进一步地,当一名维护人员能够采集统计数据时,该维护人员可能不知道怎样去最好地分析或查看数据,或确定这些数据都暗示了哪些即将发生的异常状况,如果有的话。

[0019] 而且,一般地,配置工厂以收集和查看由各个 SPM 产生的全部统计过程数据是非

常麻烦和沉闷的,尤其是在大型加工厂中。事实上,目前用户通常必须创建分别监控不同现场设备中感兴趣的每一个参数的 OPC 客户端,这意味着每个现场设备都必须分别配置以采集这些数据。这一配置过程非常耗时并且易受到人为错误的损害。

发明内容

[0020] 一种用于可视化呈现数据的系统,其接收与加工厂相关的设备对应的信号处理数据收集模块所产生的信号处理数据。该信号处理数据收集模块可以产生诸如统计数据、频率分析数据、自回归数据、小波数据之类的的数据。该系统显示代表设备并代表这些设备在加工厂中的情况(context)的图像。另外,显示以至少一台设备对应的信号处理数据为根据的数据。例如,可显示针对设备的信号处理数据。作为另一示例,可基于信号处理数据产生数据并显示所产生的数据。任选地,该系统可以提供允许用户选择以信号处理数据为根据的数据待在其上显示的一个或更多设备的用户界面。

附图说明

[0021] 图 1 是一个加工厂的示例方框图,该加工厂具有一个分布式控制和维护网络,其中该网络包括一个或更多个操作员和维护工作站、控制器、现场设备以及辅助设备;

[0022] 图 2 是图 1 的加工厂的一部分的示例方框图,其示出了位于加工厂的不同部件中的异常状况预防系统的各个元件之间的通信互联;

[0023] 图 3 是在图 1 或图 2 的加工厂的一种设备中的一组统计过程监控模块的配置的显示;

[0024] 图 4 是配置加工厂中的统计过程采集模块并且在加工厂的操作期间从这些模块采集统计数据的技术的流程图;

[0025] 图 5 是一幅显示屏幕图,其示出了图 1 或图 2 的加工厂中 OPC 服务器所采集的工厂分级结构(hierarchy);

[0026] 图 6 是一幅显示屏幕图,其示出了与具有统计过程监控模块的设备有关的工厂部件的分级结构;

[0027] 图 7 是一幅显示屏幕图,其使用户能够选择在统计过程监控模块中待监控的一组统计过程监控参数;

[0028] 图 8 是一幅显示屏幕图,其可以被提供以示出在具有统计过程监控模块的设备中产生的采集统计过程监控数据;

[0029] 图 9 是一幅显示屏幕图,其示出了浏览器分级结构,该分级结构包括从设备中数据采集模块采集的统计数据元素;

[0030] 图 10 是一幅显示屏幕图,其示出了在现场设备中增加或配置统计数据采集模块的方式;

[0031] 图 11 是一幅显示屏幕图,其示出了用户可以操纵以查看趋势数据的方式;

[0032] 图 12 是一幅显示屏幕图,其示出了用户可以操纵以查看从统计采集模块所采集的原始数据的方式;

[0033] 图 13 是一幅显示屏幕图,其示出了统计过程监控参数对时间的曲线图;

[0034] 图 14 是一幅显示屏幕图,其示出了一组不同统计过程监控数据对时间的四条曲

线,其中每个都具有在同一曲线上描述的一个或更多参数;

[0035] 图 15 是一幅显示屏幕图,其示出了统计过程监控参数的直方图,包括控制界限和规定界限;

[0036] 图 16 是一幅显示屏幕图,示出了统计过程监控数据对时间的 X 管制图;

[0037] 图 17 是一幅显示屏幕图,示出了统计过程监控数据对时间的 S 管制图;

[0038] 图 18 是一幅显示屏幕图,示出了一组统计过程监控参数的二维散布图;

[0039] 图 19 是一幅显示屏幕图,示出了一组三个统计过程监控参数的三维散布图;

[0040] 图 20 是一幅显示屏幕图,示出了一组四个统计过程监控参数的四维散布图;

[0041] 图 21 是一幅显示屏幕图,示出了一组统计过程监控参数的相关矩阵;

[0042] 图 22 是一幅显示屏幕图,示出了描述图 21 的相关矩阵的一部分的三维条形图;

[0043] 图 23 是一幅显示屏幕图,示出了表示与期望相关域偏差的相关域曲线;

[0044] 图 24 是一幅显示屏幕图,示出了一色码相关度矩阵;

[0045] 图 25 是一幅显示屏幕图,示出了一个提供了对所选择设备的过程变量的两种测量值之间进行比较的比较图表,以及使用户能够查看其它比较的用户接口部件;

[0046] 图 26 是一幅显示屏幕图,示出了两个统计监控过程参数对时间的曲线,表明了这些参数之间已知的相关性;

[0047] 图 27 是一幅显示屏幕图,示出了一个相关值对时间的曲线;

[0048] 图 28 是一幅显示屏幕图,示出了多个相关值对时间的曲线;

[0049] 图 29 是一幅显示屏幕图,示出了一个相关值和一个基准值对时间的曲线;

[0050] 图 30 是一幅显示屏幕图,示出了对于一组统计过程监控参数的相关变化矩阵;

[0051] 图 31 是一幅显示屏幕图,示出了一个色码相关度变化矩阵;

[0052] 图 32 是一幅显示屏幕图,示出了一个总相关值对时间的曲线;

[0053] 图 33 是一幅显示屏幕图,示出了一个色码相关度变化矩阵和一个总相关值对时间的曲线;

[0054] 图 34 是一幅相关值和对应于最佳拟合线的斜率的角的极坐标图;

[0055] 图 3 5 是一幅显示屏幕图,示出了多个相关值以及对应于各个最佳拟合线的斜率的角的极坐标图;

[0056] 图 36 是一幅显示屏幕图,示出了多个相关变化值和对应于各个最佳拟合线的斜率的角的极坐标图;

[0057] 图 37 是准则机开发和执行系统的方框图,该系统使用户能够创建并将准则应用到从加工厂采集的统计过程监控数据;

[0058] 图 3 8 是一幅显示屏幕图,示出了一个使用户能够为图 37 的准则机开发和执行系统创建准则的配置屏幕;

[0059] 图 39 是一幅显示屏幕图,示出了准则执行机操作概要,该概要总结了由图 37 的准则机所使用的准则以及由该准则机所产生的警报;

[0060] 图 40 是一幅显示屏幕图,示出了使用户能够为图 37 的准则机开发和执行系统创建准则的第二配置屏幕;

[0061] 图 41 是一幅显示屏幕图,示出了使用户能够为图 37 的准则机开发和执行系统的创建准则的第三配置屏幕;

- [0062] 图 42 是一幅显示屏幕图,示出了加工厂的一部分,该显示包括报警 / 警示信息 ;
- [0063] 图 43 是另一幅显示屏幕图,示出了加工厂的一部分,该显示包括报警 / 警示信息 ;
- [0064] 图 44 是再一幅显示屏幕图,示出了加工厂的一部分,该显示包括报警 / 警示信息 ;
- [0065] 图 45 是又一幅显示屏幕图,示出了加工厂的一部分,该显示包括报警 / 警示信息 ;
- [0066] 图 46 是连接在另一加工厂中以执行异常状况检测和预防的接口设备的图 ;以及
- [0067] 图 47 是连接在又一加工厂中以执行异常状况检测和预防的接口设备的图。

具体实施方式

[0068] 参照图 1,在其中可以执行异常状况预防系统的示例性的加工厂 10,包括通过一个或更多通信网络与辅助设备互相连接的许多控制和维护系统。特别地,图 1 的加工厂 10 包括一个或更多过程控制系统 12 和 14。过程控制系统 12 可以是传统的过程控制系统,例如 PROVOX 或 RS3 系统或任何其它的控制系统,过程控制系统 12 包括操作员接口 12A,该操作员接口连接到控制器 12B 和输入 / 输出 (I/O) 卡 12C,该输入 / 输出 (I/O) 卡依次连接到各种现场设备,例如模拟现场设备和高速可寻址远程传感器 (HART) 现场设备 15。可以是分布式过程控制系统的过程控制系统 14,包括一个或更多操作员接口 14A,操作员接口 14A 通过总线,例如以太网总线,连接到一个或更多分布式控制器 14B。控制器 14B 可以是,例如由奥斯汀 (Austin)、德克萨斯 (Texas) 的爱默生过程管理出售的 DeltaV™ 控制器或任何其它所需类型的控制器。控制器 14B 通过 I/O 设备连接到一个或更多现场设备 16,例如 Hart 或 Fieldbus 现场设备或任何其它智能或非智能的现场设备,其包括,例如那些使用 PROFIBUS®、WORLDFIP®、Device-Net®、AS-Interface® 以及 CAN® 协议的设备。如已知的,现场设备 16 可以向控制器 14B 提供与过程变量以及与其它设备信息有关的模拟或数字信息。操作员接口 14A 可以存储并且执行对该过程控制操作员来说可用的工具 (tools),用于控制包括例如控制优化器 (optimizers)、诊断专家、神经网络、调谐电路等在内的过程的操作。

[0069] 而且进一步地,维护系统,例如执行 AMS 应用程序或任何其它设备监控和通信应用程序的计算机,可以连接到过程控制系统 12 和 14,或连接到其中的各个设备,以执行维护和监控活动。例如,通过任何需要的通信线路或网络 (包括无线或便携式设备网络),维护计算机 18 可以连接到控制器 12B 和 / 或设备 15,以便与设备 15 通信,并且在某些情况下,对设备 15 重配置或执行其它维护活动。同样地,维护应用程序,例如 AMS 应用程序,可以安装在与分布式过程控制系统 14 有关的一个或更多用户接口 14A 中,并且由这些用户接口来运行,以执行维护和监控功能,这些功能包括与设备 16 的操作状况有关的数据采集。

[0070] 加工厂 10 还包括各种转动设备 20,例如涡轮机、电动机等,它们通过一些永久性的或暂时性的通信链路 (例如,连接到设备 20 以进行读取并在之后移除的总线、无线通信系统或便携式设备) 连接到维护计算机 22。维护计算机 22 可以存储并且执行已知的由例如 CSI (爱默生过程管理公司) 提供的监控和诊断应用程序 23,或其它任何已知的用于诊断、监控以及优化转动设备 20 的操作状态的应用程序。维护人员通常使用应用程序 23 来

维护并且检查工厂 10 中转动设备 20 的性能,以确定转动设备 20 的问题,并且确定转动设备 20 何时以及是否必须要修理或替换。在某些情况中,外部的咨询或服务组织可以暂时获取或测量与设备 20 有关的数据,并且使用该数据对设备 20 进行分析,从而检测问题、性能不佳或其它影响设备 20 的难题。在这些情况中,运行分析的计算机可以不通过任何通信线路连接到系统 10 的其余部分,或可以只是暂时连接到系统 10 的其余部分。

[0071] 同样地,具有与加工厂 10 有关的发电和配电设备 25 的发电和配电系统 24,通过例如总线连接到其它计算机 26,计算机 26 运行并检查加工厂 10 中的发电和配电设备 25。计算机 26 可以执行已知的电力控制和诊断应用程序 27,例如那些由 Liebert 以及 ASCO 或其它公司提供的程序,以控制和维护发电和配电设备 25。而且,在许多情况下,外部的咨询员或服务组织可以使用暂时获取或测量的与设备 25 相关的数据的服务应用程序,并且使用该数据对设备 25 进行分析以检测问题、性能不佳或影响设备 25 的其它难题。在这些情况中,运行分析的计算机(例如,计算机 26)可以不通过任何通信线路连接到系统 10 的其余部分,或可以只是暂时连接到系统 10 的其余部分。

[0072] 如图 1 所示,计算机系统 30 执行异常状况预防系统 35 的至少一部分,并且特别地,计算机系统 30 存储并执行配置和数据采集应用程序 38、可以包括统计采集和处理模块的查看或接口应用程序 40、以及准则机开发和执行应用程序 40,并且附加存储统计处理监控数据库 43,统计处理监控数据库 43 存储过程中的某些设备中产生的统计数据。一般地,配置和数据采集应用程序 38 配置并且与许多统计数据采集和分析模块(图 1 中未示出)中的每个进行通信,这些模块位于现场设备 15、16、控制器 12B、14B、转动设备 20 或其辅助计算机 22、发电设备 25 或其辅助计算机 26 以及加工厂中任何其它需要的设备和装置中,从而从这些模块中的每一个采集统计数据(或在某些情况中,采集过程变量数据),并利用这些数据来执行异常状况预防。配置和数据采集应用程序 38 可以通过硬布线总线 45 通信连接到加工厂中的每一个计算机或设备,或可替代地,可以通过任何其它需要的通信连接,包括例如无线连接、使用 OPC 的专用连接、例如依靠便携式设备以采集数据的间歇式连接等来通信连接。同样地,通过 LAN 或公共连接,例如以太网、电话连接等(图 1 所示为因特网连接 46),应用程序 38 可以获得与加工厂 10 中现场设备和装置相关的数据,这些数据由例如第三方服务提供者采集。而且,通过各种技术和/或协议,包括例如以太网、Modbus、HTML、XML、专有技术/协议等,应用程序 38 可以通信连接到工厂 10 中的计算机/设备。因此,尽管在此处描述了使用 OPC 将应用程序 38 通信连接到加工厂 10 中的计算机/设备的具体示例,但是本领域的普通技术人员应该知道,也可使用将应用程序 38 连接到加工厂 10 中的计算机/设备的各种其它方法。通常,应用程序 38 可以在数据库 43 中存储所采集的数据。

[0073] 若采集到统计数据(或过程变量数据),则可使用查看应用程序 40,以便以不同方式处理该数据和/或显示所采集或处理的统计数据(例如,存储在数据库 43 中的),以使用户例如维护人员,能够更好地确定异常状况存在或预测在将来存在,并且采取抢先的改正措施。准则机开发和执行应用程序 42 可以使用一个或更多存储在其中的准则,以分析采集的数据,从而确定加工厂 10 中异常状况存在或预测异常状况在将来存在。另外,准则机开发和执行应用程序 42 可以使操作员或其它用户创建待由准则机执行的附加准则,从而检测或预测异常状况。

[0074] 图 2 示出了图 1 的示例性加工厂 10 的一部分 50,以说明异常状况预防系统 35 执

行统计数据采集的方式。虽然图 2 示出了异常状况预防系统应用程序 38、40、42 和数据库 43 以及 HART 和 Fieldbus 现场设备中的一个或更多数据采集模块之间的通信,但是可以理解,相似通信可以发生在异常状况预防系统应用程序 38、40、42 和加工厂 10 中的其它设备以及装置之间,包括图 1 所示的设备和装置中的任何一个。

[0075] 图 2 所示的加工厂 10 的一部分 50 包括分布式过程控制系统 54,该系统具有一个或更多过程控制器 60,通过输入 / 输出 (I/O) 卡或设备 68 和 70,其可以是符合任何所需的通信或控制器协议的任何所需类型的设备,过程控制器 60 连接到一个或更多现场设备 64 和 66。尽管现场设备 64 在图中示为 HART 现场设备,而现场设备 66 在图中示为 Fieldbus 现场设备,但是这些现场设备可以使用任何其它所需的通信协议。另外,现场设备 64 和 66 可以是任何类型设备,例如传感器、阀、变送器、定位器等,并且可以符合任何所需的开放的、专有的或其它通信或程序化协议,应该理解,I/O 设备 68 和 70 必须与现场设备 64 和 66 所使用的需要的协议兼容。

[0076] 无论如何,可由例如配置工程师、过程控制操作员、维护人员、工厂管理者、监督者等的工厂人员访问的一个或更多用户接口或计算机 72 和 74(其可以是任何类型的个人计算机、工作站等),通过可以使用任何需要的硬布线或无线通信结构并使用任何需要的或适合的通信协议,例如以太网协议来实现的通信线路或总线 76,连接到过程控制器 60。另外,数据库 78 可以连接到通信总线 76,以作为数据历史记录器来工作,其采集并且存储配置信息以及在线过程变量数据、参数数据、状态数据、以及与加工厂 10 中的过程控制器 60 和现场设备 64 和 66 有关的其它数据。因此,数据库 78 可以作为配置数据库来工作以存储当前配置,该当前配置包括过程配置模块以及用于过程控制系统 54 的控制配置信息,它们被下载并存储在过程控制器 60 以及现场设备 64 和 66 中。同样地,数据库 78 可以存储历史异常状况预防数据,其包括由加工厂 10 中的现场设备 64 和 66 采集的统计数据,或根据现场设备 64 和 66 采集的过程变量所确定的统计数据。

[0077] 虽然过程控制器 60、I/O 设备 68 和 70、以及现场设备 64 和 66 通常向下设置于并遍布在有时严酷的工厂环境中,但是工作站 72 和 74 以及数据库 78 通常设置于控制室、维护室、或其它易于操作员、维护人员等使用的不太严酷的环境中。

[0078] 一般地,过程控制器 60 存储和执行一个或更多控制器应用程序,其使用许多不同的、独立执行的控制模块或块 (block) 以实现控制策略。这些控制模块的每个都可以由通常所称的功能块组成,其中每个功能块是整体控制程序的一部分或一个子程序,并且与其它功能块协作(通过所谓的链路通信),以实现加工厂中的过程控制环。如公知的,功能块可以是面向对象程序化协议中的对象,其通常执行输入功能、控制功能或输出功能中的一项功能,其中输入功能例如与变送器、传感器或其它过程参数测量设备有关的功能,控制功能例如与执行 PID、模糊逻辑等控制的控制程序有关的功能,输出功能控制某些设备,例如阀的操作,以便在加工厂 10 中执行某些物理功能。当然,也存在混合以及其它类型的复合功能块,例如模型预测控制器 (MPC)、优化器等。可以理解,虽然 Fieldbus 协议以及 Delta™ 系统协议使用面向对象程序化协议中所设计和实现的控制模型和功能块,但控制模块可以使用任何需要的控制程序化方案来设计,包括例如时序功能块、梯形逻辑等,并且不限于使用功能块或任何其它特定程序化技术来设计。

[0079] 如图 2 所示,维护工作站 74 包括处理器 74A、存储器 74B 以及显示设备 74C。存储

器 74B 以这样一种方式存储参照图 1 所述的异常状况预防应用程序 38、40 和 42, 即使得这些应用程序能在处理器 74A 上执行, 以便通过显示器 74C (或任何其它显示设备, 例如打印机) 向用户提供信息。

[0080] 另外, 如图 2 所示, 现场设备 64 和 66 中的某些 (并且可能全部的) 包括数据采集和处理模块 80 和 82。虽然为了讨论的目的, 模块 80 和 82 已作为预先诊断模块 (ADB) 参照图 2 来描述, 其中 ADB 是已知的可以增加至 Fieldbus 设备以采集和处理 Fieldbus 设备中的统计数据的基础现场总线 (Foundation Fieldbus) 功能块, 但是模块 80 和 82 可以是或可以包括位于过程设备中的任何其它类型块或模块, 它们采集设备数据并计算或确定针对该数据的一个或更多统计测量值或参数, 而不论这些功能块是否位于 Fieldbus 设备中或符合 Fieldbus 协议。尽管图 2 的模块 80 和 82 显示为位于设备 64 之一中以及设备 66 之一中, 但是这些或相似的模块可以位于许多现场设备 64 和 66 中, 可以位于其它设备中, 例如控制器 60、I/O 设备 68、70 或图 1 所示的任何设备。另外, 模块 80 和 82 可以位于设备 64 和 66 的任何子集 (subset) 中。

[0081] 一般地, 模块 80 和 82 或这些模块的子部件, 采集设备中例如过程变量数据的数据, 这些模块位于设备中, 并且出于许多原因对数据执行统计处理或分析。例如, 示作与阀相关的模块 80, 可以具有阻塞阀检测程序, 该程序分析阀过程变量数据以确定该阀是否处于阻塞状态。另外, 模块 80 包括一组四个统计过程监控 (SPM) 模块或单元 SPM1 ~ SPM4, 采集该阀中的过程变量或其它数据, 并且对所采集的数据执行一项或更多统计计算, 从而确定所采集数据的例如平均值、中间值、标准偏差、均方根值 (RMS)、变化率、范围、最小值、最大值等, 和 / 或检测所采集数据中的诸如漂移、偏差、噪声、峰值等事件。所产生的具体统计数据不是必须的, 产生该数据的方法也不是必须的。因此, 可以产生不同类型的统计数据以补充或代替上述具体类型的数据。另外, 各种技术, 包括公知的技术, 可以用于产生这些数据。统计过程监控 (SPM) 模块这个术语在这里被用来描述对至少一个过程变量或其它过程参数执行统计过程监控的功能, 并且可以由位于设备中甚至位于采集数据的设备外部的所需要的任何软件、固件或硬件来执行。可以理解, 由于 SPM 通常设置于设备数据被采集的设备中, 所以 SPM 能获取数量更多且质量上更准确的过程变量数据。结果, SPM 模块通常能够比采集过程变量数据的设备外部的模块, 更好地确定关于所采集的过程变量数据的统计计算。

[0082] 在另一个示例中, 图 2 的模块 82 示作与变送器相关, 其可以具有堵塞线路检测单元, 该单元分析由变送器采集的过程变量数据, 以确定工厂中是否有线路被堵塞。另外, 模块 82 包括一组四个 SPM 模块或单元 SPM1 ~ SPM4, 它们可以采集变送器中的过程变量或其它数据, 并且对所采集的数据执行一个或更多统计计算, 以确定所采集数据的例如平均值、中间值、标准偏差等。如果需要, 可以按以上提及的美国专利 NO. 6, 017, 143 所描述的方式执行或实现模块 80 和 82 的可能操作。虽然模块 80 和 82 被示作每个模块都包括四个 SPM 模块, 然而模块 80 和 82 可能在其中具有任何其它数目的 SPM 模块, 用于采集并且确定统计数据。同样地, 尽管模块 80 和 82 被示作包括检测软件, 以用于检测加工厂 10 中的特定状况, 但是模块 80 和 82 也可以不具有这样的软件。而且更进一步, 虽然此处讨论的 SPM 模块被示作 ADB 的子部件, 但是它们可以替换为位于设备中的单独设置 (stand-alone) 的模块。而且, 虽然此处讨论的 SPM 模块可以是公知的基础现场总线 SPM 模块, 但是这里使用的统计

过程监控 (SPM) 模块这个术语是指采集例如过程变量数据之类的数据, 并对该数据执行某种统计处理以确定例如平均值、标准偏差等的统计测量值的任何类型的模块或部件。因此, 这个术语趋于覆盖软件或固件或其它执行该功能的部件, 不论这些部件是否是功能块、或其它类型模块、程序、例行程序或部件的形式, 并且不论这些元件是否符合基础现场总线协议或其它协议, 例如 PROFIBUS、WORLDFIP、Device-Net、As-Internet、HART、CAN 等协议。

[0083] 在一个实施例中, 在 ADB80 和 82 中的每个 SPM 模块可以是激活的 (active) 或未激活的。激活的 SPM 模块是当前监控过程变量 (或其它过程参数) 的模块, 而未激活的 SPM 模块是当前没有监控过程变量的模块。一般地, SPM 模块默认为未激活, 并且因此, 通常每一个都必须被单独配置以监控过程变量。图 3 示出了示例性配置显示 84, 其可以提供给用户、工程师等, 以描述和改变设备的当前 SPM 配置。如显示 84 所示, 对特定设备的 SPM 模块 1、2 和 3 已经全部被配置, 而 SPM 模块 4 还没有被配置。被配置的 SPM 模块 SPM1、SPM2 和 SPM3 中的每一个与一设备 (由模块标签 (block tag) 表示) 中的一特定模块、模块类型、该模块中的参数索引 (即被监控的参数) 以及表示 SPM 模块监控功能的用户命令有关。而且更进一步地, 每个被配置的 SPM 模块包括被确定的统计参数待与之比较的一组门限值, 包括例如, 平均值界限、高偏差界限 (其规定表示信号中偏差太大的一个值) 以及低动态 (low dynamics) 界限 (其规定表示信号中偏差太小的一个值)。根本上, 检测平均值的变化可以表示该过程向上偏移或向下偏移, 检测高偏差意味着该过程中的部件正在经历未预见的噪声 (例如, 由增加的振动引起的), 并且检测低偏差意味着过程信号正在被滤波, 或部件正在变成可疑的静止, 例如阻塞了阀。而且更进一步地, 可以为每个 SPM 模块设置基准值, 例如平均值以及标准偏差。这些基准值可以用于确定是否满足或超出设备中的各个界限。图 3 的 SPM 模块 1 和 3 都是激活的, 因为它们已经接收到用户的命令以启动监控。另一方面, SPM 模块 2 是未激活的, 因为它处于空闲状态。而且, 在该示例中, SPM 功能对整个设备都是启用的, 如方框 86 所示, 并且被设置为每隔五分钟监控或计算, 如方框 88 所示。当然, 被授权的用户可以重配置设备中的 SPM 模块, 以监控其它模块以及具有其它门限值、基准值等, 例如监控设备中的其它功能块、与设备中的这些或其它模块相关的其它参数。

[0084] 虽然某些统计监控模块如图 3 的显示 84 所示, 然而可以理解其它参数也可以或另外被监控。例如, 参照图 2 讨论的 SPM 模块或 ADB 可以计算与过程有关的统计参数, 并且可以基于这些值的变化触发某些告警。通过示例的方式, Fieldbus 类型的 SPM 模块可以监控过程变量并且提供与该监控有关的 15 个不同的参数。这些参数包括模块标签、模块类型、平均值、标准偏差、均差、标准偏差变化、基准平均值、基准标准偏差、高偏差界限、低动态界限、平均值界限、状态、参数索引、时间戳以及用户命令。当前, 两个最有用的参数被认为是平均值和标准偏差。但是, 通常有用的其它 SPM 参数是基准平均值、基准标准偏差、均差、标准偏差变化以及状态。当然, SPM 模块可以确定任何需要的统计测量或参数, 并且可以向用户或请求应用程序提供有关一特定模块的其它参数。因此, SPM 模块不限于此处所讨论的这些。

[0085] 参照图 2, 通过总线或通信网络 76 以及控制器 60, 现场设备中的 SPM 模块 (SPM1-SPM4) 对外部客户来说是可利用的, 例如对工作站 74 来说。附加地或者可替代地, 通过例如 OPC 服务器 89, 由 ADB80 和 82 中的 SPM 模块 (SPM1 ~ SPM4) 所产生或采集的参数以及其它信息, 对工作站 74 是可利用的。该连接可以是无线连接、硬布线连接、间歇式连

接（例如，使用一个或更多便携式设备的连接）或使用任何需要或适当的通信协议的任何其它需要的通信连接。当然，此处描述的任何通信连接可以使用 OPC 通信服务器，按照普通或相容的格式整合（integrate）从不同类型设备接收的数据。

[0086] 而且更进一步地，SPM 模块可以设置在主机设备中、其它不是现场设备的设备中、或其它现场设备中，以对采集或产生例如原始过程变量数据的原始数据的设备外部执行统计过程监控。因此，例如图 2 的应用程序 38 可以包括一个或更多 SPM 模块，其通过例如 OPC 服务器 89，采集原始过程变量数据，并且计算某些统计测量或参数，例如该过程变量数据的平均值、标准偏差等。虽然这些 SPM 模块不位于采集数据的设备中，并由于对于该数据的通信需要，因此使得 SPM 模块通常不能采集尽可能多的过程变量数据以执行统计计算，但是这些模块有助于为设备确定统计参数，或者不具有或不支持 SPM 功能的设备中的过程变量。另外，随着技术的提高，网络的可利用吞吐量可以随着时间增加，因此不位于采集原始数据的设备中的 SPM 模块能够采集更多过程变量数据，以执行统计计算。因此，在以下讨论中，可以理解，所述由 SPM 模块产生的任何统计测量或参数，可以由 SPM 模块产生，例如由 ADB80 和 82 中的 SPM1-SPM4 模块产生，或者由主机或包括其它现场设备的设备中的 SPM 模块产生。

[0087] 随着加工工厂中统计数据采集模块或 SPM 的增加，具有这么一种自动机构是有帮助的，即其从不同设备中的 SPM 模块采集统计参数以引导数据并且向专家系统提供检测结果，以进一步集成数据并作出决策。事实上，目前，查看大型过程中的全部统计过程数据是十分麻烦和沉闷的。当前，人们必须创建一个 OPC 客户端，其分别监控感兴趣的每一个 SPM 参数，并且为此，必须分别配置用于 SPM 采集的每个设备。如上所示，统计数据的配置和查看是非常耗时并且易受到人为错误的损害。

[0088] 配置和数据采集应用程序 38 适于自动配置例如阀、变送器等设备中的 SPM 模块，从而在过程操作期间从这些 SPM 模块采集过程中可用的 SPM 数据。图 4 是一个示例技术的流程图，该技术可以由应用程序 38 使用，以配置加工工厂中的设备，从而采集 SPM 数据并且在加工工厂 10 的操作期间自动采集该数据。在图 4 中，圆表示由应用程序 38 在加工工厂中执行的动作，而矩形表示由应用程序 38 使用或产生的对象或项（item）。可以理解，虽然该示例讨论了从使用 Fieldbus 协议并具有采集统计数据的 Fieldbus 模块的特定类型变送器中采集 SPM 数据，但是该技术或相似技术可以用于从使用其它通信和功能模块协议的其它设备中，或从使用程序化范例而不是功能模块程序化范例的其它设备或这些设备的部件中，采集统计数据（或其它参数）。

[0089] 任何情况下，在第一框 92 中，应用程序 38 扫描过程控制网络（例如，加工工厂）的分级结构，以确定加工工厂中一系列包括统计数据采集模块（例如，ADB）的设备。尽管框 92 可以搜索其它类型统计数据采集模块以及或除了 ADB 中 Fieldbus 类型的 SPM，并且该方法不限于使用 Fieldbus ADB 或 Fieldbus ADB 中的 SPM 模块，但是为了讨论的目的，仍然假定统计数据采集模块采用上述 Fieldbus ADB 中的 SPM 模块形式。在一个实施例中，OPC 服务器（例如，图 2 的服务器 89）可以允许例如应用程序 38 的客户端存取控制和设备信息。例如，OPC 自动控制 2.0 产品提供了浏览 PC 服务器内容的标准方法，并且这些或其它浏览方法可以用于自动变换 OPC 的分级结构以找出包含 ADB 的设备。另外，新型 OPC 规格包括 XML 定义，其可以用于集成数据并且使其在网络环境中可利用。

[0090] 图 5 示出了示例性工厂分级结构 94 的一部分,该分级结构 94 由 OPC 服务器创建,描述了正由 OPC 服务器扫描的加工厂的设备和其它部件。分级结构 94 的顶级具有称为模块和输入输出 (IO) 的节点 96 和 98,其中模块节点 96 包括控制策略信息,IO 节点 98 包括硬件 / 设备信息。如图 5 的示例性分级结构所示,IO 节点 98 包括与控制器 (CTRL)、卡 (C) 以及端口 (P) 有关的子节点,其中,在该示例中,端口 (P) 与实际存在于控制器网络中的 Fieldbus 段 (segment) 有关。在该分级结构中进一步向下,Fieldbus 设备被列在他们各自的端口下。在图 5 的示例中,包含 ADB 的各个 Fieldbus 设备在该设备下包括称为变频器 (TRANSDUCER) 800 或变频器 1300 的节点。(在 Rosemount 3051F 设备中,ADB 被称为变频器 800,而在 Rosemount3051S 设备中,该 ADB 被称为变频器 1300)。一个被称为变频器 800 的节点 100 如图 5 的分级结构所示。ADB 节点 100 包括所关心的诊断信息。在特定情况中,应用程序 38 对 ADB 节点 100 中的统计过程监控 (SPM) 参数感兴趣,在图 5 的分级结构中,ADB 节点 100 得以展开以示出与 Rosemount3051F 设备中的 ADB 有关的一些部件。当然,名称“变频器 800”以及“变频器 1300”只是由一家知名制造商提供的已知功能块的名称示例而已。其它 ADB 模块或 SPM 模块可以具有其它的名称,和 / 或在一个不同于使用 OPC 的系统的系统中这些名称可以不同。在其它实现方案中,不同的名称可以对应由其它制造商后来开发和 / 或提供和 / 或按照基础现场总线规格中描述的其它变频器块、功能块等的 ADB 模块或 SPM 模块,或可以是在任何其它智能通信协议 (例如,数字协议) 中的模块或其它软件部件,例如在命名的几个 Profibus、HART、CAN、AS-Interface、HTML、XML 等协议中的任何元件。

[0091] 为找到 ADB 以及 ADB 中的 SPM 模块,框 92 (图 4) 自动转换或搜索 OPC 分级结构 94,以定位工厂中包括 ADB 的所有设备。当然,框 92 可以预先编程为了解由 OPC 树 94 所使用的格式,以使框 92 能够转换或浏览树 94,从而以最佳方式找出包括 ADB 的设备。虽然此处描述的方法基于 DeltaVOPC 树,但是对于其它 OPC 服务器以及由其它类型的查看工具所产生的工厂分级结构来说,可以对该方法进行修改。

[0092] 在搜索分级结构或树 94 时,速度和鲁棒性之间通常有一个平衡。特别地,就找出所有具有 ADB 的设备而言,搜索分级结构 94 通常不会是百分之百可靠的,而是仅能找出一些具有 ADB 的设备。通常来说,找出具有 ADB 的设备的方法越准确,该方法就会越慢。举例来说,如果不同制造商具有在 OPC 树 94 中显示的设备,且该设备具有与 3051F 变送器中的 ADB 模块相同名称的模块,那么搜索分级结构可能错误地将该设备检测为具有 ADB。反之,如果框 92 试图通过搜索大量子节点来确保只定位真正具有 ADB 的节点,从而消除该问题,那么该方法的速度就会降低。

[0093] 在任何情况下,在一个实施例中,框 92 可以搜索分级结构或树 94 中的每一个节点,以便在某些设备中定位已知具有与 ADB 相关的名称的各个节点。虽然在某些情况下,例如大型加工厂中,这会消耗明显多的搜索时间,但是它是在加工厂中找出每个 ADB 进而找寻每个 SPM 的最准确方法。另一方面,框 92 可以向下搜索分级结构,直到到达或找到具有与已知统计监控模块相关的名称的节点,例如变频器 800 或变频器 1300 或任何其它由某些设备制造商使用来表示一个已知的统计监控模块的特定名称。如果找到这样的节点,那么与该节点有关的父 (parent) 节点可以作为具有 ADB 的设备被检测到。虽然该方法不象搜索一个特定 OPC 分级结构或树中的每个节点那么具有鲁棒性,但该方法应该要快一些。但

是如果另一制造商制造出具有名为变频器 800 的 OPC 节点的设备,那么该方法仍将会错误地将该其它设备检测为具有 ADB。

[0094] 可替代地,框 92 可以在每个节点下搜索,在已知与 ADB 唯一相关或暗示 ADB 的设备中找寻具有与已知 ADB 相关名称的附加项。因此,框 92 可以在定位了具有已知由至少一家制造商使用以明确 ADB 名称的节点之后,搜索子节点以查看特性 / 模块标签。子字符串 (Characteristic/BLOCKTAG.STRING) 项是否具有“先进诊断 (ADVANCED DIAGNOSTICS)”值。在该实例示例中,仅具有 ADB 的设备的特性 / 模块标签。字符串 OPC 项具有“先进诊断”值。虽然该方法在定位仅具有 ADB 的设备时是非常具有鲁棒性的,但是该方法需要通过 OPC 服务器从设备读取值,这比只是浏览 OPC 分级结构明显需要更长的时间。因此,该方法虽然准确,但对于某些情况来说太慢。

[0095] 可由图 4 的框 92 实施的另一方法是搜索 OPC 树 94,该方法在速度和鲁棒性之间提供了折中,其包括在具有通常已知与 ADB 有关的名字的节点下搜索 OPC 分级结构,以查找也具有通常与 ADB 有关的名字的子节点。例如,该方法可以从 OPC 树 94 (图 5) 的顶部开始并且搜索 IO 节点 98。然后,该方法可以递归搜索 IO 节点 98 下的每一个子节点。如果发现名为变频器 800 或变频器 1300 的子节点 (或者已知与统计监控模块,例如 ADB 有关的其它的名字),则该方法检验该节点是否具有一个名为 SPM_ACTIVE 的子节点,或者具体与统计监控模块有关的任何其它子节点。如果在例如变频器 800 节点下发现 SPM_ACTIVE,则框 92 将变频器 800 节点的父节点检测为包括 ADB 的设备。

[0096] 当然,框 92 可以使用这些技术中的任何一种,或者这些技术的组合或任何其它需要的技术来搜索具有 ADB (并且因此具有 SPM) 的设备。例如,一种实现方案可以力图至少识别已知由至少一家制造商的设备所实现的所有 ADB,但是可能能够也可能不能够识别加工厂中的所有 ADB。作为另一示例,一个实现方案可以力图识别已知由几家不同制造商的设备所实现的所有的 ADB。而且,虽然这个扫描步骤被描述成使用 OPC 分级结构来执行,也就是一个由 OPC 服务器来产生的分级结构,但是该方法可应用于或者使用在由其它设备产生的分级结构中,例如控制器、存储加工厂中的配置分级结构的数据历史记录器、存储设备分级结构的工作站等。因此,其它实现方案不需使用 OPC 服务器和 / 或 OPC 分级结构,但是可能使用很多其它的计算设备、通信协议以及分级结构协议,其包括例如,已知的和最新的计算设备、通信协议以及分级结构协议。另外的实现方案举例来说可以使用 web 服务器、XML 和 / 或专有计算设备和协议。

[0097] 在发现和搜索包含 ADB 的设备的过程中,框 92 可以存储已检测到具有 ADB、SPM 模块或者其它类型数据采集模块的设备的列表,如图 4 中的方框 108 所示。如果需要,方框 108 所列出的设备可以按照它们的分级结构显示在一个树状视图中。这种分级结构的视图 110 的一个示例如图 6 所示。正如所理解的那样,图 6 视图中显示的分级结构 110 是由控制器产生的控制网络显示所显示的分级结构的一个子集,因为通常并非控制显示中的所有设备都包括 ADB。实际上,图 6 中的视图 110 实际上是只包括具有 ADB 的设备的控制器分级结构的拷贝。正如所理解的那样,图 6 中的显示示出了设备 PT-101 和 PT-102 (连接到名为 CTRLR-002EC6 的 controllers 的输入 / 输出设备 I01 的卡 C01 的端口 P01) 和设备 PT-103、FT-201 和 FT-201 (连接到名为 CTRLR-002EC6 的 controllers 的输入 / 输出设备 I01 的卡 C01 的端口 P02) 中的每一个设备都具有 ADB。

[0098] 为了从设备中读取任何 SPM 参数,通常要知道该参数的 OPC 项 ID。通常,即在 Fieldbus SPM 模块中,一个 SPM 参数的 OPC 项 ID 包括紧随着该项详细说明 (specifier) 的设备 ID。为了定位设备 ID,框 92 可以对每个已经确定包含 ADB 的设备节点查找子节点 SPM_ACTIVE。接下来,框 92 可以获取结点“CV”的 OPC 项 ID。例如,OPC 项 ID 可以是“设备 (DEVICE) :0011513051022201100534-030003969/800/SPM ACTIVE.CV”。设备 ID 是 OPC 项 ID 减去后缀“SPM ACTIVE.CV”。因此,在该示例中,设备 ID 是“设备 :0011513051022201100534-030003969/800/”。当然,这仅是在 OPC 系统中确定设备 ID 的一种方式,也可使用或替换使用其它技术。

[0099] 无论如何,在框 92 扫描分级结构以确定具有 ADB 的设备以后,应用程序 38 知道或者能容易地为这些设备的每一个设备确定设备标签、设备 ID 和设备位置。对包含 5 个具有 ADB 设备的简单系统而言,该数据的一个示例如下表所示。

[0100] 表 1

[0101]

设备 标签	设备 ID	设备位置
PT-101	设备 :0011513051022201100534-030003969/800/	IO\CTLR-002EC6\I01\C01\P01
PT-102	设备 :0011513051021801020526-030003576/800/	IO\CTLR-002EC6\I01\C01\P01
PT-103	设备 :0011513051110901091012-030007090/800/	IO\CTLR-002EC6\I01\C01\P02
FT-201	设备 :0011513051110901101045-020008632/800/	IO\CTLR-002EC6\I01\C01\P02
FT-201	设备 :0011513051110801210450-020008576/800/	IO\CTLR-002EC6\I01\C01\P02

[0102] 再次参考图 4,框 114 可以接下来确定存储在方框 108 中的哪些设备已经配置为执行统计过程监控。为执行该功能,框 114 可以为存储在方框 108 中的每一设备从 OPC 服务器中读取 SPM ACTIVE.CV 值。例如,对上述表格中的 PT-101,框 114 可以读取 OPC 项,即设备 :0011513051022201100534-030003969/800/SPM ACTIVE.CV。该 OPC 项可以取值为 0 或 255。在 FieldbusSPM 模块的例子中,如果该值为 0,那么 SPM 模块为该设备所禁用,如果该值为 255,则 SPM 模块为该设备所启用。一旦检验 SPM 是否为每一台设备所启用,框 114 就可以把所有设备划分为两类,即具有已配置的 SPM 的设备和具有还未配置的 SPM 的设备。这些设备的分类或者列表如图 4 的方框 116 和 118 所示。

[0103] 在框 114 确定列于方框 108 中的每个设备中的 SPM 是否启用之后,框 120 可以对各个启用 SPM 的设备,也就是那些列于或存储在方框 116 中的设备中的各个 SPM 模块进行状态检测。框 120 主要执行该步骤以确定在启用 SPM 的设备中的各个 SPM 模块当前是否已经配置为监控过程变量,并且如果是的话,配置为确定正在监控哪个过程变量。在该示例中,通过读取 SPM 模块的状态,可确定 SPM 模块当前是否正在监控过程变量。在 FieldbusSPM 模块中,可通过从 OPC 服务器中读取 SPM[n]STATUS.CV 项来检测状态。因此,例如,为从

述表格中读取设备 PT-101 中的 SPM 模块 1 的状态,框 120 可以读取 OPC 项 ID,即设备 :0011513051022201100534030003969/800/SPM1 STATUS. CV。

[0104] 一般地,状态值是一个范围在 0 ~ 255 的 8 位数。状态是 8 个不同位的组合,可以是开或闭。这些位是 :未激活 (1)、学习 (2)、校验 (4)、无检测 (8)、均差 (16)、高偏差 (32)、低动态 (64) 和未许可 (128)。所有被许可却没有配置的 SPM 模块具有未激活状态。如果 SPM 模块的状态是未激活或者未许可,则框 120 可以确定不监控该模块,这是因为它不产生任何有用的信息。然而,如果状态是其它任何可能情况,则框 120 可以监控 SPM 模块。

[0105] 类似的,框 122 可以自动配置不具有启用 SPM 的各台设备 (即,方框 118 中列出的设备),从而启用这些设备中的至少一个 SPM 模块,以检测和监控过程变量,并因此产生关于该过程变量的统计数据。在许多情况中,例如具有柔斯芒特 (Rosemount) 3051F 和 3051S 变送器的情况下,设备出厂时具有未配置的 SPM,这通常要求用户在各台设备中人工配置 SPM。在具有成千上万台具有 ADB 的设备的加工厂中,这是一个非常沉闷的过程。为了减轻这种人工配置,框 122 为每一设备自动配置至少一个 SPM 模块。为了执行该配置,框 122 可以确定或存储在设备中待监控的特殊过程变量的指示。这个变量可能是主过程输入、PID 模块输出或者 Fieldbus 设备中可利用的其它功能块变量 (输入和输出) 中的任一些。关于哪个变量待监控的指示可以在配置过程中设置,由用户在一种情况下根据该情况基础来指定,或者由用户在程序 38 操作之前在总体上指定。

[0106] 虽然能监控任何过程变量,但是为统计目的而监控的逻辑变量是设备的主要模拟输入。对于柔斯芒特 3051F/S 变送器来说,该变量是所测得的压力或流量 (例如,压差)。因此,框 122 可以配置为在设备的 ADB 中自动配置一个 SPM 模块,从而监控设备的主要模拟输入或输出。如果需要,用户仍能人工配置设备的其它 SPM 模块。可替代地,框 122 可以为每种类型的设备存储待监控的过程变量的列表,并且可以在任何情况下用该列表选择或者确定待监控的那些过程变量。虽然此处将框 122 描述为配置设备中的单个 SPM 模块以监控一个过程变量,但框 122 可以在特定设备中配置至少两个 SPM 模块,从而监控与该设备有关的至少两个过程变量。

[0107] 另外,DeltaV OPC 服务器允许用户 (给予足够的管理权限) 将值写入设备中的特定项。因此,通过在 OPC 服务器中写入适合的项,可改变设备中的 SPM 参数。因此,通过将一列值写入 OPC 服务器,框 122 可将设备配置为监控针对主过程变量的 SPM。在一个特别示例中,写入到 OPC 服务器的值如下表所示。

[0108] 表 2

[0109]

OPC 项 ID	值
[设备 ID]SMP1_BLOCK_TAG. CV	AI1
[设备 ID]SMP1_BLOCK_TYPE. CV	257
[设备 ID]SMP1_PARAM_INDEX. CV	8
[设备 ID]SMP1_USER_COMMAND. CV	2

[设备 ID]SMP_ACTIVE.CV	255
-----------------------	-----

[0110] 此处, [设备 ID] 应当用在表 2 中所发现的设备 ID 来代替。因此对于设备 PT-101 而言, 要写入的第一个 OPC 项为: 设备 :0011513051022201100534-030003969/800/SPM MONITORING_CYCLE.CV。在将所有这些项写入到 OPC 服务器之后, 配置该设备以监控 SPM1 模块中的主压力变量。当然, 这不过是写入到 Fieldbus 设备中特定种类 SPM 模块的一个例子, 应当理解写入其它类型 SPM 模块的其它方法也一样或者可替换, 而写入命令是由那些 SPM 模块所使用的通信协议来确定的。

[0111] 无论如何, 图 4 的框 120 和 122 的操作创建了一组或一系列带有 ADB 的设备内的待监控的 SPM 模块。该列图示为存储在图 4 的框 124 中, 或者与之相关联。另外, 图 4 中的框 126 规定了应用程序 38 应当监控的对于待监控的每个 SPM 模块的一组 SPM 参数。该 SPM 参数列 126 可以在应用程序 38 操作之前或操作期间由用户指定或选择, 或者可以在配置过程期间分别为待监控的不同 SPM 模块独立地进行选择或指定。下表图示了对于每个 Fieldbus SPM 模块能够从 OPC 服务器读取的所有 SPM 参数。

[0112] 表 3

[0113]

参数名称	OPC 后缀
模块标签	SPM[n]_BLOCK_TAG.CV
模块类型	SPM[n]_Block Type.CV
均值	SPM[n]_Mean.CV
标准差	SPM[n]_Stdev.CV
均值变化	SPM[n]_Mean_Changes.CV
标准差变化	SPM[n]_StDev_Changes.CV
基准均值	SPM[n]_Baseline_MEAN.CV
基准标准差	SPM[n]_Baseline_StDev.CV
高变化界限	SPM[n]_High_Variation_Lim.CV
低动态界限	SPM[n]_Low_Dynamics_Lim.CV
均值界限	SPM[n]_Mean_Lim.CV
状态	SPM[n]_Status.CV
参数索引	SPM[n]_Param_Index.CV

时间戳	SPM[n]_Time_Stamp.CV
用户命令	SPM[n]_User_Command.CV

[0114] 然而,对于所待监控的每个 SPM 模块,可能并不必须待监控所有这些参数。实际上,如果待监控太多的项,那么 OPC 服务器有可能过载。因此,应用程序 38 可以提供一种机制,通过该机制能够使用户选择待监控的一组 SPM 参数。图 7 示出了允许这种选择的一个屏幕示例,其中用户可以检查用户希望对框 124 所标识的每个 SPM 模块进行监控的 SPM 参数。

[0115] 框 128 使用待监控的 SPM 参数的列表(如框 126 所标识)和待监控 SPM 模块的列表(如框 124 所标识),来构建在过程操作期间要由应用程序 38 监控的一组 SPM OPC 项。如框 130 所示,框 128 可以存储该组 OPC 项,以用于监控过程的后续步骤。一般而言,框 128 为待监控的每个 SPM 模块(用框 124 表示)创建用于待监控的每个 SPM 参数(用框 126 表示)的 SPM OPC 项。换句话说,一旦对于这些模块中的每一个给出了待监控的一组 SPM 模块和待监控的一组 SPM 参数,框 128 就构建待监控的一组 OPC 项,作为用于待监控的 SPM 模块和待监控的 SPM 参数的每一种可能组合的 OPC 项。因此,举例来说,如果有 10 个 SPM 模块要监控,并且每个 SPM 模块有 5 个 SPM 参数要监控,那么框 128 将创建一个总数为 50 的 OPC 项。在该例中,OPC 项 ID 是设备 ID 和来自上表的 OPC 后缀的组合。例如,为了读取设备 PT-101 中 SPM1 的均值,OPC 项 ID 将会是:设备:0011513051022201100534030003969/800/SPM1 MEAN.CV。

[0116] 在框 130 中已经识别且存储了所有的 OPC 项之后,框 132 和 134 监控 SPM 参数在过程操作期间的变化。例如,某些 SPM 参数可能会根据 SPM 模块的配置每隔 5-60 分钟发生变化,而其它 SPM 参数可能仅当配置 SPM 模块时才会发生变化。结果,当监控 SPM 参数的过程开始时,框 132 可以首先读取所有 SPM 参数的当前值(由框 130 的 OPC 项指定)。在一个实施例中,框 132 可以利用为读取每个 OPC 项 ID 调用的同步读取(SyncRead)功能,来执行该读取。如图 4 的框 136 所示,每个 SPM 参数的读取产生一组 SPM 数据点。

[0117] 在第一次读取 SPM 参数之后,框 134 可以等待 SPM 参数的变化。也就是说,在从 OPC 服务器读取所监控的每个 SPM 参数的初值以获得第一组 SPM 数据点之后,框 134 接收或获取表示所监控任何一个 SPM 参数变化的附加数据。举例来说,根据 SPM 模块的配置,均值和标准差可能每隔 5-60 分钟变化一次。尽管如此,当任何一个 SPM 参数发生变化时,OPC 服务器都会产生一数据变化(DataChange)事件,该事件由诸如应用程序 38 的 OPC 客户端捕获。可替代地,框 134 可以周期性地,或在当前时间轮询或读取所监控的每个 SPM 参数,以获得新的数据点(框 136)。在这种方式下,即使 SPM 参数未发生变化,也读取该 SPM 参数。当然,框 134 可以在过程运行期间持续地操作以接收新的 SPM 参数,并将该 SPM 参数存储在数据库中供用户查看,或者由以下更详细描述准则机来使用,或者用于任何其它目的。当然,如果需要,图 4 的例程 90 可以检测和配置主设备中的 SPM 模块或其它统计数据采集模块,以便使这些 SPM 模块能够向异常状况预防系统 35(图 1)的其它元件提供统计测量或参数。

[0118] 实际上,在读取框 136 的任何一个 SPM 数据点之后的任何时刻,框 138 可以将这些

数据点存储或保存在本地数据库中（例如图 1 和图 2 的数据库 43），以便这些数据点可以在将来用于查看趋势或其它的查看目的而进行的参考。另外，框 140 可以用于以任何目的、以任何期望或有用的格式向用户展示 SPM 数据，例如检测或预测加工厂内的异常状况。如果需要，框 140 可以通过图 1 和图 2 中所示的查看应用程序 40 来实现。

[0119] 一般而言，查看应用程序 40（可以由图 4 的框 140 来执行）可以以任何期望或有用的格式向用户显示 SPM 参数，以便使用户能够例如一眼就查看到最新的 SPM 数据。例如，查看应用程序 40 可以利用常规的浏览器型显示器来显示 SPM 数据。在图 8 中描绘了这种显示的一个例子，其中在显示屏幕的左侧提供图 6 的浏览器分级结构 110，同时对于待监控的每一个 SPM 模块，在显示 115 的右侧描绘所监控的 SPM 参数（如图 7 的屏幕所指定的）。应当注意到，在显示部分 115 中根据设备对 SPM 数据进行分类，以便容易查找或查看与特定设备相关的数据。当然，用户可以在分级结构 110 中选择任何一项或一节点，以便查看与这些项或节点相关的 SPM 数据。另外，如果需要，查看应用程序 40 可以提供诸如图 9 的浏览器显示，它包含 SPM 模块元件和对于 SPM 模块元件所监控的 SPM 参数。因此，在图 9 的示例性分级结构 141 中，将名为 SPM1 的 SPM 模块 142 图示为位于名为 3051-Flow 的设备中。SPM1 模块 142 以下的元件 143 表示所监控的 SPM 参数，并且可用于用户查看。在这种情况下，这些参数包括均值、均值变化、标准差、标准差变化、均值 / 标准差和标准差 / 均值。

[0120] 如果需要，查看应用程序 40 可以允许或使用户在现场设备内，甚或在这些模块所在的主机或其它设备内添加或重新配置一个或更多 SPM 模块。图 10 图示了一个显示屏幕 144，在这种情况下，如窗口 145 所示，显示屏幕 144 使用户能够向名为 P01 的端口添加新的设备，另外也能够在该设备内添加或配置 SPM 模块。这里，该 SPM 模块命名为 SPM1，它与设备标签 FT3501-COLD1 相关（其作为设备 3051_LEVEL 图示在屏幕 144 左侧的分级结构中），并且与名为 AI1 的模拟输入功能模块的 OUT 参数或变量有关（操作该参数或变量）。在这种情况下，查看应用程序 40 还使用户能够指定所关心的（即待监控的）SPM 参数，以及对于该 SPM 模块的基线值和门限值，例如均值、均值变化、标准差变化等等。

[0121] 此外，查看应用程序 40 可以使用户能够操纵整个分级结构，以获取对特定种类数据的查看，无论是直接来自 SPM 模块（或其它监控模块）的数据，还是通过例如应用程序 40 生成的数据。例如，图 11 图示了一个屏幕显示 146，它描绘了屏幕左侧的工厂分级结构 147，以及与屏幕 146 右侧视图 148 的分级结构中的设备相关的一个或更多 SPM 或其它模块。一旦选择了一个 SPM 模块（在这种情况下是 3051S-1 设备的 SPM1），用户就可以使用下拉或弹出窗口 149 来选择查看来自该 SPM1 模块的数据的方式。在图 11 中，用户已经选择查看趋势图，而进一步的下拉或弹出窗口使用户能够指定要在趋势图中显示的具体 SPM 参数数据（或其组合）。在这种情况下，应当理解可以将具有趋势的某些可能类型的数据确定为来自一个或更多 SPM 模块的数据组合，并且可以在主机中（例如通过应用程序 40），或者在可以访问到该原始数据的现场设备或其它设备中计算这些组合。

[0122] 图 12 图示了屏幕 146，其中用户已经选择在弹出窗口 149 中直接查看数据。当然，这里在进一步的弹出窗口中的数据选择可以是不同的，并且可以指定由 SPM 模块所采集或生成的原始数据，而不用提供在主机设备内生成数据的选项（例如均值 / 标准差，等等）。当然，应当理解应用程序 40 可以获取来自 SPM 模块的数据，或者在某些情况下，可以根据从 SPM 模块采集的原始统计数据生成该数据。进一步，还可以提供其它类型的视图或选项以

查看数据（其或者来自 SPM 模块，或者是根据来自 SPM 模块的数据生成的数据），例如直方图。同样，用户可以使用屏幕 146 和弹出窗口 149 来执行其它功能，例如删除 SPM 数据，开始新的数据采集循环，等等。

[0123] 图 13 图示了可以由应用程序 40 生成的示例性趋势图 150，示出了 SPM 均值对时间的曲线。在该显示中，用户可以使用控制按钮 152 回顾先前或后来的数据，转向数据的起点或终点，搜索数据内的界限等等。无论如何，诸如图 13 所示的趋势窗口，使用户能够查看任一 SPM 参数的历史形态。根据过程，有可能基于不同过程变量的趋势，特征化异常状态。然而，事实上用户可以对统计过程数据做什么并没有限制，应当理解用户可以使用该数据用于其它目的，除了检测加工厂内的当前或将来异常状况以外。此外，用户可以以任何使该数据易于读取、理解并使用的格式或视图来查看所采集的统计数据，以检测和预测加工厂内的事件。

[0124] 一眼就能看出，图 13 的图看起来像过程变量随时间变化的正则图。然而，应当注意的是，这张图并不是单纯的过程变量数据随时间变化的曲线，而是在一定时间间隔内所计算的过程变量均值的曲线。尽管有可能使用 DCS 历史记录器来绘制过程变量的均值对时间的曲线，但此处的差别在于：过程变量的均值是在通常最初采集数据并且以更快的速率获取该数据的设备中计算的。因此，应该相信测量噪声不会在图 13 的图中出现到由数据历史记录器创建的图中的程度。另外，诸如均值的统计测量应当更准确，因为它通常基于更多的采集数据。

[0125] 类似的，应用程序 40 可以绘制任何其它的 SPM 参数（例如，标准差、均值变化、标准差变化等等）对时间的曲线，以及 SPM 参数的任意数学组合（例如，标准差 / 均值等等）对时间的曲线。并且，应用程序 40 可以将这些曲线的任意组合置于同一幅图中或同一页面上，以便使不同统计数据间的比较对用户而言更加容易。图 14 图示了在同一时间帧上不同过程变量的统计测量的一组图，所有这些图都可以于同一时间在同一显示屏幕上展示给用户，或者于不同时间在相同或不同的显示屏幕上展示给用户。在图 14 中，左上方的图 156 绘出了标准差对时间的曲线，右上方的图 158 绘出了均值 / 标准差对时间的曲线，左下方的图 160 绘出了在相同比例尺上三条不同的均值（来自不同的 SPM 模块）对时间的曲线，而右下方的图 162 绘出了在相同比例尺上三条标准差（来自不同的 SPM 模块）对时间的曲线。当然，查看应用程序 40 可以在一幅图上显示任何所监控的 SPM 参数，或这些参数的任意数学组合随时间变化的曲线，并且可以在同一幅图上显示任意数目的不同 SPM 参数（或其数学组合）随时间变化的曲线，以帮助用户理解加工厂内发生了什么情况。

[0126] 统计过程控制经常用于过程控制工业，以确定某过程变量是否在可容许的界限以外。通常既有控制上限和控制下限 (UCL, LCL)，还有规定上限和规定下限 (USL, LSL)，它们可以基于由应用程序 38 所采集的 SPM 数据来计算。在一个实例中，控制界限可以表示为 $UCL = \mu + 3\sigma$ 和 $LCL = \mu - 3\sigma$ ，其中 μ 和 σ 分别是基准均值和基准标准差。另外，规定界限可以表示为：

$$[0127] \quad USL = \left(1 + \frac{\Delta_{\mu}}{100}\right) \cdot \mu \quad (\text{式 1})$$

$$[0128] \quad LSL = \left(1 - \frac{\Delta_{\mu}}{100}\right) \cdot \mu \quad (\text{式 2})$$

[0129] 其中 Δ_{μ} 为用户指定的百分比均值界限。当然,查看应用程序 40 可以直接计算这些值,或者可以允许用户输入这些值。

[0130] 有了这些或类似点,查看应用程序 40 可以绘制均值相对于基准均值和控制界限的分布图,由此提供当工厂运行期间达到或超出均值界限时的可视化显示。该结果本质上是一个看起来类似于图 15 中图 166 的直方图。正如所理解的那样,控制上限和控制下限分别用线 167 和 168 表示,而规定上限和规定下限分别用线 169 和 170 表示。另外,在线 172 中绘出了均值点(即每个值的均值点数目),并利用直方图 174 绘出了基准均值点。如图 166 所示,如果过程处于控制之下,那么所有的数据都位于界限以内。如果存在异常状况,那么某些数据可能超出控制界限或规定界限 167-170(落在所述界限以外)。另外,图 166 不同于标准的直方图,因为图 166 绘出了过程测量的均值(和基准均值),而不是过程测量自身。

[0131] 如果需要,查看应用程序 40 可以将诸如上述讨论的控制界限和规定界限添加到均值、标准差或任何其它期望的统计测量(例如中值等)对时间的曲线中。当把这些界限添加到均值对时间的曲线上时,所得到的曲线称作 X 管制图(X-Chart)。16 图示了用于统计均值的 X 管制图 178 的一个例子,其中均值对时间的曲线用线 180 表示,控制上限和控制下限分别用线 181 和 182 表示,规定上限和规定下限分别用线 183 和 184 表示。

[0132] 在这种情况下,可能最好是对控制上限和控制下限的计算进行调整,因为查看应用程序 40 并不绘制实际的过程变量,而是绘制在一定时间间隔上的均值。由于测量噪声得以降低,因此不存在人们在绘制过程变量值的标准 X 管制图中看到的同一偏差。可以对控制上限和控制下限进行的一种可能调整是将 3σ 部分除以用来计算每个均值的数据点的数目的平方根。根据该公式,可以如下计算控制上限和控制下限:

$$[0133] \quad UCL = \mu + \frac{3\sigma}{\sqrt{N}} \quad (\text{式 } 3)$$

$$[0134] \quad LCL = \mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{N}} \quad (\text{式 } 4)$$

[0135] 其中 $N = (\text{监控周期}) * (60) * (\text{每秒采样})$

[0136] 此处,监控周期是计算均值和标准差的分钟数。可以使用 15 分钟的默认值。每秒的采样基于进行测量的设备的采样速率,举例来说,尽管还可以使用其它采样速率,但是采样速率对于柔斯芒特 Rosemount 3051F 变送器而言为 10,而对于柔斯芒特 Rosemount 3051S 变送器而言为 22。

[0137] 另外,应用程序 40 可以产生 S 管制图,其中绘制了标准差对时间的曲线,以及控制界限和规定界限。在这种情况下,可以如下定义控制上限、控制下限以及规定上限和规定下限:

$$[0138] \quad UCL = \left(1 + \frac{3}{\sqrt{2(N-1)}}\right) \cdot \sigma \quad (\text{式 } 5)$$

$$[0139] \quad LCL = \left(1 - \frac{3}{\sqrt{2(N-1)}}\right) \cdot \sigma \quad (\text{式 } 6)$$

$$[0140] \quad USL = \left(1 + \frac{\Delta_{HV}}{100}\right) \cdot \sigma \quad (\text{式 } 7)$$

[0141] $LSL = (1 + \frac{\Delta_{LD}}{100}) \cdot \sigma$ (式 8)

[0142] 其中 Δ_{HV} 为用户定义的百分比高变化界限, 而 Δ_{LD} 为用户定义的低动态界限, 且 $\Delta_{LD} < 0$ 。

[0143] 图 17 图示了 S 管制图 190 的一个例子。此处, 标准差对时间的曲线用线 192 绘制, 控制上限和控制下限分别用线 193 和 194 绘制, 而规定上限和规定下限分别用线 195 和 196 绘制。在图 17 的例子中, 过程变量的标准差跨越控制上限和控制下限的许多倍, 并且跨越规定上限和规定下限的很多倍, 因此潜在地表明当前或将来可能会出现异常状况。

[0144] 此外, 应用程序 40 可以根据所采集的数据确定其它统计测量或值。例如, 应用程序 40 可以根据下式计算变量 x 的分布指标或测量, 它可以包含任何统计变量:

[0145] $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}]$ (式 9)

[0146] 应用程序 40 可以根据下式计算能力指标或测量:

[0147] $C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$ (式 10)

[0148] 并且可以根据下式计算两个变量 (可以包含统计变量) 之间的相关系数:

[0149] $R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$ (式 11)

[0150] 在另一个例子中, 根据下式可以计算两个变量之间的相关系数:

[0151] $R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$ (式 12)

[0152] 当然, 查看应用程序 40 可以根据系统内的需要或需求执行对任何变量 (包含统计变量及过程变量) 的其它计算, 以便确定加工厂内的一个或更多异常状况。因此, 举例来说, 应用程序 40 或其中的某些例程可以执行原理部件分析、回归分析、神经网络分析或者对所采集数据的任何其它单一变量分析或多变量分析, 以执行异常状况检测和预防。

[0153] 一般而言, 图 13、图 14、图 16 和图 17 的图都是以绘制一个或更多 SPM 参数对时间的曲线为基础。然而, 查看应用程序 40 可以提供表示或图示与时间无关的一个或更多 SPM 变量之间相关度的图。在一个例子中, 查看应用程序 40 可以产生绘出一个 SPM 参数相对于另一个 SPM 参数的散布图。查看应用程序 40 或用户可以确定相关系数, 该相关系数表示了两个 SPM 参数 (或两个 SPM 参数的某种组合) 如何相关联。图 18 图示了绘出两个 SPM 均值参数相对于彼此的散布图 200。这里, 可以总地看出由于散布点的基本直线特性 (即当一个均值增长时, 另一个也趋向于增长), 两个均值按照比例地相关。恰好落在一般散布区域之外的点可以表示工厂内的潜在问题。

[0154] 当然, 查看应用程序 40 并不限于提供如图 18 的两维散布图。实际上, 查看应用程序 40 可以提供三维或更多维的散布图, 这些散布图绘出了三个或更多 SPM 参数相对于彼此的散布图形。例如, 图 19 图示了一个三维散布图 210, 它绘出了三个 SPM 参数相对于彼此的

关系,尤其是三个过程变量的均值相对于彼此的关系。

[0155] 图 20 图示了一个四维散布图矩阵 220,它图示了四个 SPM 参数之间的相关度。实质上,散布图矩阵 220 包括 16 个不同的两维散布图,这 16 个散布图中的每一个均绘出了四个 SPM 参数之一对四个 SPM 参数中另外一个的分布。这里,用户仍然可以快速地查看不同 SPM 参数之间的相关度或相互关系,以力图检测当前的异常状况,或者预测加工厂内将来可能出现的异常状况。

[0156] 同样,图 18-20 的散布图与其它已知散布图的不同之处在于这些散布图绘出了一个或更多过程变量的均值,而不是过程变量数据点本身。因此,通常在过程变量中出现的噪声得以降低,从而得到更平滑且更可理解的数据描绘。此外,应用程序 40 并不局限于仅绘制均值,而且还可以绘制其它统计变量如标准差、中值等之间的相互关系。此外,应用程序 40 可以绘制不同类型的统计变量相对于彼此的相关度,例如均值和标准差,以及统计变量的组合,例如一个过程变量的标准差 / 均值对另一个过程变量的均值。仅仅作为例子,应用程序 40 可以绘制任何一个监控过程变量的 SPM 模块的均值、标准差、均值变化、标准差变化或这些 SPM 变量的任意数学组合。

[0157] 如果需要,并且通常如上面所指出的,查看应用程序 40 可以利用任何标准或已知的相关度计算,来计算或确定任意一对 SPM 参数的相关系数。当相关系数接近 1 (或 -1) 时,两个 SPM 参数之间存在强的线性相关 (或负线性相关)。对于一组两个以上的 SPM 变量,可以确定相关矩阵,其中相关矩阵中的每一个元素均都定义了不同组的两个 SPM 参数之间的相关系数。图 21 图示了示例性相关矩阵 230 的一部分,该相关矩阵 230 具有加工厂串联回路内至少 9 个传感器测量的均值的相关系数。

[0158] 根据图 21 的相关矩阵 230,可以确定哪些 SPM 参数具有彼此最强的相关度。明显地,类似图 21 的数字矩阵不容易查看。然而,应用程序 40 可以将该矩阵显示为三维柱状图,例如图 22 所示的柱状图 240。在该三维柱状图 240 中,可以非常清楚地看到最强的相关度位于哪些地方。当然,应用程序 40 同样还可以以其它图形方式,例如线框图,等高线图等,来显示相关矩阵,所有这些都能够显示最强的相关度位于哪些地方。

[0159] 在一个例子中,例如图 23 的屏幕显示 241 所示的例子中,查看应用程序 40 可以提供相关度图,图示期望过程条件下的一组相关点与当前或不希望有的过程条件下的一组相关点之间的差别。因此,图 23 的屏幕 241 包含第一相关度图 242A 和第二相关度图 242B,第一相关度图 242A 图示期望过程条件下的一组相关点 (用 X 标注),第二相关度图 242B 图示当前过程条件下的同样一组相关点,由此显示期望过程条件下与当前过程条件下的参数相关度之间的偏差,这可以表示过程内存在异常状况。这里,用 X 标注的每个相关点均为同一 SPM 模块或不同 SPM 模块的至少两个不同 SPM 参数的相关值。当然,如图 23 所示,对于一个或两个过程条件,都可以绘制基准均值 μ 和基准标准差 σ 。

[0160] 同样,如图 24 的屏幕 243 所示,查看应用程序 40 可以创建色码相关度矩阵,其中根据其幅度,将特定相关点的值图示为一组不同颜色中的一种。这样一种相关点使用户更容易查看不同 SPM 参数之间的相关度,并由此检测加工厂内异常状况的出现,或者预测加工厂内将来可能出现的异常状况。同样,应当理解,可以对其它类型的 SPM 参数 (不仅仅是均值)、SPM 参数的数学组合以及不同类型的 SPM 参数,确定和用图表示该相关矩阵。

[0161] 更进一步,除了上述所讨论的以外,或者作为替代,应用程序 40 可以提供 SPM 数据

的其它视图。作为一个例子,应用程序 40 可以按照时间沿 X 轴,SPM 模块的均值和标准差沿 Y 和 Z 轴的三维趋势图的形式;按照沿 X 和 Y 轴绘出均值和标准差,沿 Z 轴绘出各自数量的三维直方图的形式;按照时间沿 X 轴,SPM 模块的均值和标准差沿 Y 和 Z 轴,并且包含用于均值和标准差中的一个或两个的控制上限和控制下限和 / 或规定上限和规定下限的三维趋势图的形式,提供可视化的图形或图。当然,可视化 SPM 数据的方式几乎是无限的,并且本公开内容并不限于上述的特定方法。

[0162] 图 25 图示了一个绘图屏幕 244,它可以由查看应用程序 40 生成,以使用户能够比较不同变量的曲线,例如 SPM 参数或相关变量或例如测量的数据和预测的数据之类的数据的 SPM 参数。在这种情况下,绘图屏幕 244 的一部分 245 可以使用户能够选择要在屏幕的绘图部分 246 上显示的数据的特定图线。例如,用户可以选择查看(在同一屏幕上的分级结构视图中选择的设备的)测量数据的图,预测数据(例如由模型生成的数据)的图,残余数据的图等,所有这些图都可以在同一幅图中。用户还可以选择执行图中的漂移检测和 / 或在绘图部分 246 上显示测量门限值。在图 25 的例子中,用户已经选择查看与预测数据并列的测量数据(可以是 SPM 数据或原始过程变量数据)的图,以便查看测量过程状态和预测过程状态之间的漂移或不一致。当然,应用程序 40 可以使用户能够选择绘制在一起的其它变量和数据(既有 SPM 数据,还有过程变量数据),以查看其它关系。

[0163] 作为另一个例子,查看应用程序 40 可以在同一幅图上产生两个(或更多)不同 SPM 参数的趋势图,从而使用户能够查看一个 SPM 参数相对于其它参数的预期或意外形态。图 26 图示了这样的一幅图 250,其中两个 SPM 参数用线 252(与阀门相关)和 254(与变送器相关)来绘制。在该例中,用户或工程师可以预期两个 SPM 参数的正规发散(divergence),然后是两个 SPM 参数的收敛到特定的界限,例如用竖直线 255 和 256 示出的界限。然而,当在收敛到该界限之前,出现两个变量之间的发散之后,例如竖直线 257 和 258 所示,用户或工程师可以知道存在问题,或者将来可能会出现异常状况。

[0164] 应该相信,SPM 参数的相关度可以给工厂、工厂一部分、一台设备等总的健全状况的某种指示。当工厂(或工厂的一部分,或一台设备等)处于正常操作状态时,某些变量可能与其它变量高度相关。随着时间的过去,某些相关值可能会发生变化。某些相关值的变化可能表示工厂不再以与它先前相同的性能来运行。因此,以下描述的一些例子提供一个或更多相关值如何随时间发生变化的可视化方法。

[0165] 为了查看相关值随时间发生的变化,可以在不同时刻计算相关值。诸如式 11 或式 12 的公式可以用来生成来自整个变量范围的数据的相关值。另外,可以将数据分为特定长度的若干段(例如,30 分钟,1 小时,6 小时,1 天,7 天,特定的采样数目,等等),从而可以对每一段计算一个或更多相关值。因此,如果相关值从一段变化到下一段,这可以认为是相关值随时间发生的变化。作为另一个例子,可以基于数据的滑动窗来生成相关值,所述滑动窗具有特定的长度(例如,30 分钟,1 小时,6 小时,1 天,7 天,特定的采样数目,等等)。

[0166] 图 27 是单一相关值随时间变化的示例性图 260。图 28 是多个相关值随时间变化的示例性图 262。从图 28 中可以看出,在同一幅图上绘制的相关值越多,图形变得越凌乱。因此,以下将描述用于可视化与多个相关值相关的数据的其它示例性方法。

[0167] 在一个例子中,绘制相关值的变化。例如,可以绘制来自初始值、先前值、基准值、“正常”值、预期值等的相关值的变化。在该例中,该变化可以表示为相对变化(例如百分

比),或者也可以表示为绝对变化。

[0168] 通常,应当根据基础数据量来计算给定相关值的基准值,该基础数据量是以所需要生成作为相关值基础的数据的过程变量数据的数量为基础的。例如,可以基于短则 5 分钟或长则 1 天的数据段,生成均值数据。目前人们相信,利用至少 30 个均值数据点从均值数据得到的相关值能够提供统计上可靠的采样。(应当理解,在某些实现方案中,30 以下的均值数据点可能提供统计上可靠的相关值,或者可能需要 30 以上的均值数据点)。在这种情况下,如果将均值数据点估计为 5 分钟的时间间隔,则相关度窗口应当近似为 3 小时或更长。

[0169] 在某些实现方案中,在保存第一均值之前,生成均值数据包括训练时期。在这些实现方案中,生成均值的算法包括试图确定该过程的基准均值。可以通过验证两个连贯数据块的均值和标准差在彼此的特定容差以内,来确定基准均值的存在。这可能有助于确保该基准均值来自于过程处于稳定状态的时间段,而不是过程处于暂态的时间段。在确定了基准均值之后,该算法开始计算和提供可以由其它算法、过程等所使用的均值。这些均值可以用来计算相关值。因此,当用该算法计算第一均值时,该过程可以处于稳定状态并且处于正常运行状态。

[0170] 在一个例子中,选择在确定了基准值之后计算的第一相关值作为基准相关度。如上面所讨论的,在许多情况下,当计算第一相关值时,该过程可以处于稳定状态并且处于正常运行状态。

[0171] 然而,在某些情况下,如果人们总是试图将第一相关值用作“正常”值,那么可能会发生问题。例如,该过程可能是这样的:即使在正常运行状态下,从一个相关块到下一个相关块的相关系数也是不规律的。如果两个变量本身具有很低的相关度,那么这尤其正确。同样,如果把生成均值的 SPM 块的监控周期配置得过高或过低,或者如果当生成该均值的算法进行训练时该过程未处于正常状态,那么第一相关值可能不是正常值的良好估计。

[0172] 因此,在某些情形下,将与第一相关值不同的相关值用作基准相关值可能是有用的。另外,可以确定例如当相关值相对较小和 / 或不规律时,无法选择基准相关值,或者选择某些绝对值(例如 0)作为该基准相关值。

[0173] 以下描述了用于确定是否将第一相关值用作基准值的一些示例方法。在一个例子中,可以生成第一相关值与一个或更多后续相关值之间的差,以便查看第一相关值是否与后续相关值一致。如果第一相关值与后续相关值相差一定的程度,很可能不应当将第一相关值用作基准值。在一个特定例子中,将第一相关值与第二相关值进行比较。如果第一相关值与第二相关值相差小于一定程度(例如 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 等等),那么第一相关值可以选择作为基准相关值。如果差别大于规定的程度,那么第一相关值不能选择作为基准相关值。许多其它方法也可以用来确定第一相关值是否应当用作基准值。

[0174] 在一个例子中,可以基于所生成的多个相关值(例如,对这些相关值取平均,采用中值相关值,等等)来生成基准值。在其它例子中,可以基于来自另一类似过程所生成的一个或更多相关值、基于仿真、基于模型等来生成基准值。

[0175] 一旦已经为每个相关值确定了初始值、先前值、基准值、“正常”值,预期值等,就可以计算相关度变化阵列。相关度变化阵列可以包括每个相关值与其相应的初始值、基准值、“正常”值、预期值等之间的差别。

[0176] 该差别可以表示为相对变化（例如百分比）或绝对变化。由于计算相关值的典型方法生成 0 和 1 之间的相关值，因此绝对变化也应当在 0 和 1 之间。然而，如果使用百分比变化，那么百分比变化可能会变得非常大，尤其是当基准相关度接近 0 时。然而，当与使用绝对变化相比，使用百分比变化很有用和 / 或更可取时，可能会存在情况。

[0177] 图 29 是相关值和基准值对时间的示例性图 264。图 264 使用户能够看出相关值与基准值随时间变化的差别。然而，如果将更多相关值和基准值添加到图 264 中时，该图线可能会变得凌乱。

[0178] 图 30 是相关值与相应基准值的差别矩阵的示例性显示 266。在该例中，对于确定为不具有基准的相关值而言，矩阵单元保留为空白。可选地，这些矩阵单元可以用某些指示来填充，这些指示表示已经确定相应的相关值不具有基准。

[0179] 图 31 是相关值与相应基准值的差别矩阵的示例性显示 268。在显示 268 中，将相关值的差别描绘为着色方块，其中方块的颜色表示差别程度。例如，如果绝对差别小于 0.2，就给予该方块第一种颜色。如果绝对差别大于 0.4，就给予该方块第二种颜色。如果绝对差别在 0.2 和 0.4 之间，就给予该方块第三种颜色。

[0180] 图 30 和图 31 的显示 266 和 268，显示了瞬间或一个时间段的相关度差别。在其它例子中，可以将显示修改为允许用户显示多个瞬间或时期的相关度差别。例如，可以提供用户接口机制（例如滚动条，箭头按钮等），以允许用户查看不同时期或不同时间段的差别。例如，图 31 的显示 268 包括导航条 269，以用于显示不同瞬间或不同时期的相关度差别。另外，显示 266 和 268 可以包括用于“活动 (animating)”显示的用户接口机制，以显示这些差别如何随着若干瞬间或时间段来发生变化。同样，显示 264 也可以提供有类似的用户接口机制，以允许用户查看不同的时间段。

[0181] 另外，可以组合多个相关度差别值以生成代表多个相关值差别的值。该值可以随时间来绘制。可以以各种方式来组合多个相关度差别值。例如，可以将一组相关度差别值看作是向量，并且向量的范数可以代表相关度值的差别。以下提供三个等式以用于计算向量的范数。范数可以根据这些等式中的任意一个，或不同的等式来计算。

$$[0182] \quad 1 \text{ 范数} : \|\Delta C\|_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\Delta C_i| \quad (\text{式 } 13)$$

$$[0183] \quad 2 \text{ 范数} : \|\Delta C\|_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta C_i^2}{N}} \quad (\text{式 } 14)$$

$$[0184] \quad \text{无穷范数} : \|\Delta C\|_\infty = \max_{i=1}^N |\Delta C_i| \quad (\text{式 } 15)$$

[0185] 其中 ΔC_i 是第 i 个相关度差别值， N 是相关度差别值的数目。如果需要，可以省略等式 13 中的 $\frac{1}{N}$ 因子以及等式 14 中的 $\frac{1}{\sqrt{N}}$ 因子。另外，同样也可以使用其它等式。

[0186] 图 32 是 2- 范数（等式 14）值对时间的示例性图 270，该 2- 范数值对应于多个相关度差别值。图 33 是示例性显示 272，它包括用于特定时刻或时间段的多个相关度差别的相关度差别矩阵 273，以及多个相关度差别的 2- 范数值对时间的图 274。显示 272 还可以包括允许用户查看不同瞬间或时间段的相关度差别矩阵 273 和 / 或图 274 的用户接口机制（例如，滚动条，按钮等）。例如，显示 272 包括导航条 275。另外，图 274 可以包括指示对应

于相关度差别矩阵 273 的图 274 上瞬间或时间段的指示符。此外,显示 272 可以包括用户接口机制,以允许“活动”矩阵 273,以显示矩阵 273 中的相关度差别如何在若干瞬间或时间段上发生变化。

[0187] 如先前所提及的,相关值可以表示两个变量之间线性相关程度的测量。当在一组数据上进行线性回归时可以确定相关值。通常,线性回归确定“最佳”拟合该组数据的一条线。线性回归拟合的结果常常是线的斜率和线的 Y 截距。该线的斜率和 / 或该线斜率随时间的变化可能在监控工厂、工厂的一部分、过程、一台设备的健康状况,和 / 或检测异常状况方面是有用的。只要给定了两组数据 X 和 Y,就可以根据下述等式来计算最佳拟合线的斜率:

$$[0188] \quad m_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{式 16})$$

[0189] 其中 x_i 是 X 数据组的第 i 个采样, y_i 是 Y 数据组的第 i 个采样, \bar{x} 是 X 数据组中采样的均值, \bar{y} 是 Y 数据组中采样的均值,而 N 是数据组 X 和 Y 中每一个数据组的采样数目。

[0190] 通过将其绘制在极坐标图上,能够可视化相关值和相应的斜率。特别地,相关值的绝对值能够对应于极径,而极角可以根据下式来确定:

$$[0191] \quad \theta = \tan^{-1}m \quad (\text{式 17})$$

[0192] 其中 m 是由等式 16 或其它等式确定的斜率。反正切函数的值域为 $(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$ 。因此,使用该方法只有一半极坐标平面能够包含相关点。可选择地,为了利用整个极坐标平面,可以使用等式:

$$[0193] \quad \theta = 2 \cdot \tan^{-1}m \quad (\text{式 18})$$

[0194] 在这种情况下,图上显示的极角不能够表示该线的准确斜率。然而,如果用户发现它在视觉上更加吸引人的话,这可能是合乎需要的折衷权衡。图 34 显示了如何在极坐标图 276 上绘制相关值和相应于最佳拟合线斜率的极角的一个例子。

[0195] 图 35 是使用极坐标绘制的相关值和极角的示例性显示 278。在显示 278 中,中心表示相关度接近 0,而外侧表示相关度接近 1。因此外环中显示的点是最高相关度的点,而中心圆中显示的点是最低相关度的点。可以将环着色以助于表示不同的相关度等级。显示 278 还可以包括用户接口机制(例如滚动条,按钮等),以允许用户查看不同瞬间或时间段的图。例如,显示 278 包括导航条 279。

[0196] 在另一个例子中,相关值和基准之间的差别可以绘制在极坐标图上。在该例中,计算相关度变化的幅度,作为相关值与其基准之间差别的绝对值,并且极角是简单利用例如等式 18 计算的相关值角度。因此,接近它们基准值的相关值将趋向于导致位于图中心的相关度变化值。如果相关值与其基准相比发生了显著的变化,它将趋向于导致远离图中心的相关度变化值。图 36 是使用极坐标绘制的相关度变化值的示例性显示 280。显示 280 的环表示相关值与其基准值之间不同等级的幅度差别,并且可以进行彩色编码。在示例性显示 280 中,中心环表示小于 0.2 的相关度差别。中间的环表示小于 0.4 且大于或等于 0.2 的相关度差别。外环表示小于 0.6 且大于或等于 0.4 的相关度差别。在不同实现方案中,可以使用不同数目的环和不同的半径。显示 280 还可以包括用户接口机制(例如滚动条,按钮

等),以允许用户查看不同瞬间或时间段的图。例如,显示 280 包括导航条 281。

[0197] 在某些情形下,诸如图 35 和 36 的极坐标图可以在一幅图中绘制多个瞬间或时间段的相关值或相关度差别值。例如,不同瞬间或时间段的相关值或相关度差别可以用线(可选择地,带有箭头)连接到一起,以帮助用户查看相关值或相关度变化值如何随时间变化。

[0198] 诸如图 35 和 36 的显示可以与其它显示结合,以帮助用户监控过程的健全状况。例如,图 23 图示了包含有极坐标图的显示 241。

[0199] 以上关于图 11-36 描述的统计数据(例如均值、标准差、均值变化、标准差变化、相关度、相关度变化、基准等)可以由加工厂中的各种设备生成,例如现场设备、I/O 设备、过程控制器、工作站、服务器、数据历史记录器等等。例如,均值可以在现场设备中生成,而这些均值的相关度可以在工作站中生成。作为另一个例子,均值和均值相关度都可以在现场设备中生成。

[0200] 尽管查看应用程序 40 可以向用户或工程师提供某些或所有上述讨论的视图,以便使用户能够手动地检测加工厂内异常状况的存在或可疑的将来存在,但准则机开发和执行应用程序 42 还可以用来基于 SPM 数据自动地检测异常状况。在图 37 中更详细地图示了图 1 和 2 的准则机开发和执行应用程序 42 的一个可能实施例。如图 37 所示,准则机开发和执行应用程序 42 包括可以是任何类型的基于专家机准则的准则机 290,和一组准则 292,准则可以存储在可以由准则机 290 访问的数据库中(例如图 2 的存储器 78B 内)。准则机 290 采集或监控来自例如图 1 和图 2 的数据库 43、现场设备、图 2 的通信服务器 89、数据历史记录器等的数据(在框 294 表示)。当然,该 SPM 数据可以包括任何一种上述讨论的数据和例如通过应用程序 38 获取的数据,以及加工厂内生成的任何其它数据,既包括 SPM 数据也包括过程变量数据。换句话说,准则机 290 可以接收 SPM 数据和各种其它类型的数据,包括例如过程配置数据、控制策略数据、控制输出数据、过程变量数据、历史数据、仿真数据、优化数据、警报、告警、警报/告警管理数据、文件管理数据、帮助/指南数据、转动设备数据、实验室分析数据、工业专用数据、环境规章数据等等。

[0201] 准则机 290 将准则 292 应用于 SPM 和其它数据,以根据准则 292 中的至少一条准则确定是否存在这样的情况:该情况表明如框 296 所示,应当将警报或告警发送给用户。当然,如果需要,如果准则表示存在问题的话,除了提供或设置告警以外,准则机 290 还可以采取其它动作。这些动作可以包括,例如切断过程或过程的更多部件,切换控制参数以改变过程控制等等。

[0202] 另外,准则开发应用程序或例程 298 使用户能够基于统计数据模式及其相关度,开发一个或更多专家系统准则(例如用作准则 292 之一),由此检测已知的工厂、单元、设备、控制回路等的异常状况。因此,尽管专家机 290 所用的至少某些准则 292 可以预先设置或预先配置,但准则开发应用程序 298 使用户能够基于所监控加工厂内的经验,创建其它准则。例如,如果用户知道 SPM 异常状况或事件的特定组合表示过程中的特定问题,那么用户可以使用准则开发应用程序 298 来创建适当的准则以检测该状况,并且如果需要的话,基于检测到的该状况的存在而生成告警或警报,或者采取某些其它动作。

[0203] 当然,在加工厂的运行期间,配置为接收 SPM 数据(和任何其它所需数据)的准则机 290 应用准则 292,以确定是否匹配任何一个准则。如果基于一个或更多准则 292 检测出

过程中的问题,那么可以将警报显示给工厂操作员,或者发送给其它适当的人员。当然,如果需要,用于检测工厂和过程操作内各种异常状况的各种准则可以作为专家系统运行时间机 290 的一部分,专家系统运行时间机 290 可以寻找数据和 SPM 参数的模式、相关度以检测开发的异常状况。

[0204] 另外,可以被准则机 290 使用的某些数据是可以在生成 SPM 数据的设备内进行检测的 SPM 条件。在这种情况下,准则机 290 可以通过例如 OPC 服务器从设备读取 SPM 参数和条件的客户端系统,或者可以是客户端系统的一部分。如上所讨论的,这些 SPM 参数可以存储到数据库中以备将来的使用,例如绘制均值和标准差对时间的图。在任何情况下,如果过程变量的均值或标准差的改变大于用户指定的数量,那么 SPM 模块自身可以检测出异常状况,例如均值变化、高变化、或低动态。接下来,连同这些现场设备所采集的所有统计监控数据一起,这些异常状况可以随后传递给客户端系统,例如准则机 290。

[0205] 现在,如果工厂工程师或其它用户知道,当过程变量的特定组合以特定方式变化时,应当触发特定的告警,或需要采取特定的动作,那么工程师就可以使用准则定义例程 298 来定义一个准则以检测这种状况,如果出现了这组条件,那么该准则的应用程序就能够触发告警。在一个例子中,准则定义应用程序 298 可以创建一配置屏幕,该配置屏幕使用户能够创建要存储在准则数据库 292 中的一个或更多如果-那么 (IF-THEN) 类型或布尔 (Boolean) 类型的准则。图 38 图示了配置屏幕 300 的一个可能例子。特别地,配置屏幕 300 包括命名部分 302,使用户能够为所创建准则定义名称;条件部分 304,使用户能够为 IF-THEN 类型的准则定义“IF”条件;和动作部分 306,使用户能够在发现“IF”条件为真时,定义要采取的“THEN”动作。

[0206] 在图 38 的特定例子中,所创建的准则命名为“锅炉 1 检查 (Boiler 1Check)”。另外,如图 38 所示,条件部分 304 包括一组分离的条件表述,其中每一个均包括设备 310(其中放置了提供条件表述所用的 SPM 数据的 SPM 模块)、SPM 模块名称 312(限定了要提供 SPM 数据的设备内的特定 SPM 模块)、SPM 数据类型 314(限定了 SPM 模块所提供的数据类型)、比较表述 316(限定了 SPM 数据的数学比较运算)和数值部分 318(限定了利用比较表述 316 要与所接收的 SPM 数据进行比较的门限值或数值)的表示。此外,框 320 允许用户选择或定义要在每组条件表述之间应用的布尔逻辑操作数,例如与 (AND) 操作数、或 (OR) 操作数,以便定义逻辑上组合这些条件表述从而定义总的“IF”条件的方式。尽管仅将 AND 和 OR 布尔操作数图示为可能在图 38 中选择,但是还可以提供任何其它的布尔操作数(或其它期望类型的操作数),以便使用户能够创建更复杂的准则。此外,一组复选框 322 和 324 可以用来定义条件表述的编组。例如,选择复选框 322(前半括弧之前)表示一套括弧内定义的一组新的条件表述的开始,而选择复选框 324(后半括弧之前)表示一套括弧内定义的一组条件表述的结束。正如所理解的那样,在组合不同套括弧内的条件表述(或条件表述组)之前,可以使用它们之间的布尔操作数来组合一套括弧内的条件表述。

[0207] 因此,在图 38 的例子中,准则被定义为:(1) 如果均值(由 PT-101 设备的 SPM 模块 1 测量)小于或等于 102,并且标准差(由 PT-102 设备的 SPM 模块 3 测量)大于或等于 1.234,或者(2) 如果 FT-201 设备的 SPM 模块 2 的状态参数等于均值变化,并且 FT-201 设备的 SPM 模块 4 的状态参数等于均值变化,那么应当应用动作部分 306 中定义的动作。

[0208] 如图 38 所示,动作部分 306 包括用户指定的警报名称部分 330、严重性定义部分

332 和描述部分 334。警报名称部分 330 定义与当发现条件部分 304 为真时生成的警报相关联的名称,或给予该警报的名称,严重性定义部分 332 定义该警报的严重性(例如故障、维护、通信或其它警报类型),而描述部分 334 提供与该警报相关的描述,它可以提供给该警报的用户或查看者。当然,尽管图 38 的动作部分 306 定义了要生成的警报,但是动作部分 306 还可以,或者改为定义要采取的其它动作,例如关闭工厂内的设备、单元等,切换或改变工厂内的控制设置,向工厂内的控制器提供新的设置点或控制条件等等。

[0209] 应当理解,在创建了一组准则并将其存储在图 37 的准则数据库 292 中之后,专家机开发和执行系统 42 可以基于在加工厂运行期间加工厂内的 SPM 模块所返回的数据或异常状况,自动地检测过程异常性。当然,应当理解系统 42 可以在加工厂运行期间持续地或周期性地操作或运行,以基于准则数据库 292 内的准则来检测加工厂内的异常状况。

[0210] 如果需要,系统 42 可以提供查看屏幕,该屏幕向用户提供有关图 37 的准则机 290 的当前配置和状态的信息。图 39 图示了这种显示的一个例子。特别地,图 39 的显示 340 包括检测到的 ADB 分级结构 110(正如最初关于图 6 和 8 所描述的一样),以及关于图 8 所描述的 SPM 数据 115 的摘要。另外,图 39 的屏幕 340 包括准则摘要部分 342,它列出并概括了与已经为准则机 290 定义并由其执行的准则有关的某些信息。在图 39 的例子中,至少已经定义了三个准则,并且准则摘要部分 342 提供关于这三个准则中每一个所用设备的信息,以及由这三个准则中每一个生成的警报类型或严重性。同样在图 39 中示出,警报摘要部分 344 提供准则机 290 基于由此定义的准则所设置或发送的任何警报的指示。在图 39 的例子中,当前设置了两个警报,包括系统 2 故障(System2 Failed)警报和锅炉需要维护(Boiler NeedsService)警报。这些警报基于摘要部分 342 中未专门说明的准则由图 37 的准则机 290 生成,但是如果需要的话,它也可以通过在摘要部分 342 中向下滚动来访问。

[0211] 正如所理解的那样,可以通过关于图 4 描述的方法,提供可用的 SPM 模块主树形浏览器 110 和摘要 115。同样,利用类似于图 38 的配置屏幕,可以由用户创建准则摘要部分 342 中的每一个准则。并且,如果 SPM 模块的状态中任何条件与所定义的任何准则相匹配的话,则显示警报。当然,应当理解,用户可以使用已知的异常性预先定义准则,或者为新状况修改现有的准则,或者如果必要的话创建全新的准则。

[0212] 图 40 和图 41 图示了准则创建或定义的屏幕的其它例子。例如,准则定义屏幕 350 包括“简单”型布尔准则定义器,它提供一组条件表述 351,其中每一个条件表述均具有第一元素 352,第一元素 352 规定要测试的变量或 SPM 参数,还包括测试或比较条件 354(它可以是任何数学运算或测试),还具有其它元素 356,其可以是任何过程变量或 SPM 参数。这些元素中的每一个均可以手动地进行填充,或者如果需要的话可以从下拉菜单中进行选择。同样,与图 38 的屏幕类似,可以指定一个布尔操作数,以组合每个条件表述 354,而结果部分 360 可以用来指定警报名称、严重性以及作为警报一部分的要提供给用户的消息,倘若定义的 IF 表述为真的话。

[0213] 图 41 图示了更“高级”类型的准则定义器 370,它包括可以通过不同按钮 374 的选择而构造的 IF 部分 372。按钮 374 可以包括或允许用户指定类型或特定参数(例如 ADB 参数,SPM 参数,过程变量(PV)状态或参数等)、布尔操作数、在部分 372 中创建更复杂的 IF 表述要用到的数字和数学等价表述。包含警报名称定义部分、严重性定义部分和消息部分在内的部分 376,可以用来定义要由该准则生成的警报或告警。当然,应用程序 40 可以提供

定义要由准则机 290 执行准则的任何其它方式,以检测当前或预测的异常状况。

[0214] 此外,尽管图 38、图 40 和图 41 的屏幕可以用来使用户能够定义 IF-THEN 类型的布尔准则,但是另外或替代地还可以定义其它类型的准则。例如,可以修改图 38、图 40 和图 41 的屏幕,或者可以提供另外的屏幕以允许定义棋盘式分析表类型的准则(例如,类似于由微软的 Excel[®] 棋盘式分析表软件提供的那些准则)、模糊逻辑准则、参数之间的数学关系、相关度生成、参数滤波(例如低通滤波、高通滤波、带通滤波、有限脉冲响应(FIR)滤波、无限脉冲响应(IIR)滤波等)等等。

[0215] 在操作期间,图 37 的准则机 290 可以使用许多不同的方法来匹配 SPM 模块的条件与准则数据库 292 中定义的准则。如果准则数据库 292 中的准则过于复杂,那么准则机 290 可以简单地用适当的逻辑处理机来编程。然而,如果某些准则变得非常复杂,使用已经开发的专家系统工具是有益的。

[0216] 应当理解,一旦监控过程启动,所有准则就要通过任何适当的接口馈送到准则机 292 中。此后,每当 SPM 条件变化时,例如能够由图 4 的框 132 或 134 检测到的,就将这些条件馈送到准则机 292 中。在每一个时间间隔内,准则机 292 确定是否匹配任一准则的条件。如果满足任一准则,则准则机 292 将通知发回给主应用程序,从而可以向用户显示警报,或者基于满足特定准则的动作表述,采取某些其它动作。

[0217] 图 42 图示了加工厂一部分的示例性屏幕显示 380 和告警显示 382。如果满足一个或更多适当的准则,那么准则机 292 可以使告警显示 382 进行显示。告警显示 382 可以包括建议的校正动作、到工厂程序的链接、到查看性能/质量数据的链接等等。屏幕显示 830 还可以包括显示与该告警相关的设备、回路、测量等的显示部分周围的突显部分 383。举例来说,准则机 290 可以向查看应用程序 40 发送数据,从而使它显示告警显示 382 和突显部分 383。

[0218] 图 43 图示了加工厂一部分的另一示例性屏幕显示 384,该显示 384 包含警报/告警信息。特别地,图 385 显示了与该警报/告警相关的各种统计参数。屏幕显示 384 还可以包括显示与该告警相关信息的信息窗口 386 和 387。信息窗口 386 和 387 例如通过彩色编码,可以显示不同的重要性等级。如果满足一个或更多适当的准则,准则机 290 可以使窗口 385、386 和 387 进行显示。举例来说,准则机 290 可以向查看应用程序 40 发送数据,从而使它显示窗口 385、386 和 387。

[0219] 图 44 图示了加工厂一部分的又一示例性屏幕显示 390,该显示 390 包含警报/告警信息。图 45 图示了加工厂一部分的再一示例性屏幕显示 395,该显示 395 包含警报/告警信息。

[0220] 尽管以上对准则机 292 进行了描述,另外地或替代地还可以使用其它类型的分析机。可以使用的其它类型分析机的例子包括数学计算系统(例如,来自 Wolfram Research 的 Mathematica[®] 计算系统,来自 MathWorks 的 MATLAB[®] 系统等)、模糊逻辑分析机、模式匹配机、神经网络、回归分析机等等。

[0221] 尽管上述数据采集技术、可视化技术和准则机技术可以用来在图 1 的工厂配置中采集、查看和处理 SPM 数据,它同样也可以用于其它配置中。例如,它可以用于基于 PC 的环境中(例如 DeltaV、AMS 和 Ovation),其中软件对各种服务器(例如 OPC 服务器、web 服务器等)进行访问,以便获取工厂分级结构,并查找给定工厂中的设备,以及确定带有 ADB 和

SPM 功能的设备。另一种使用是直接用于现场硬化设备,如柔斯芒特 Rosemount3420 设备中,它具有内置 OPC 服务器,并且可以直接对现场设备进行访问。在这种情况下,设备自身可以存储数据采集和准则机应用程序,并运行这些应用程序而无须单独的平台,如用户工作站。另外,在该情况或其它情况下,此处描述的可视化应用程序或部件可以在其它设备上运行或执行,例如手持式设备,个人数据助理等,它们可以连接至孤立设备,以获取所采集的 SPM 数据、警报等,供用户查看。

[0222] 类似的,数据采集和查看应用程序可以通过远程查看设备访问现场设备或其它设备。因此,该软件可以驻存在 web 服务器中,或者可以通过 web 服务器进行访问,web 服务器例如是由爱默生过程管理公司提供的资产入口和 AMSweb (Asset Portal and AMSweb)。并且,尽管在图 2 中已经将 OPC 服务器图示为与包含 SPM 模块在内的现场设备分离,但是 OPC 服务器或其它服务器也可以位于一个或更多现场设备的自身中。同样,异常状况预防系统的数据采集应用程序 38 和准则机 42 可以位于与 ADB 和 / 或 SPM 模块同样的设备内,这些 ADB 和 / 或 SPM 模块生成例如其中带有 ADB 和 / 或 SPM 模块的现场设备的 SPM 数据。在这种情况下,无需 OPC 接口(尽管仍然可能会使用 OPC 接口),异常状况预防系统 35 就可以在与统计数据采集模块同样的设备中操作或执行。如果需要,由应用程序 38 和 42 生成的 SPM 数据或警报、告警等可以按照通常从现场设备访问数据的任何方式进行访问,例如通过控制器连接、通过手持式设备、通过无线的方式等等。

[0223] 图 46 图示了在不需要使用分布式控制器、主机或其它更常规的用户接口来支持 SPM 模块和异常状况预防功能的加工厂中,实现异常状况预防的另一种方式。在图 46 的系统 400 中,某些或所有异常状况预防应用程序 35 和 / 或应用程序 38-42 可以存储在除主机工作站或个人计算机以外的设备上。图 46 的示例系统 400 包括连接至接口设备 410 的一组现场设备 405(图示为 Fieldbus 现场设备,但是它们还可以是其它类型的设备),接口设备 410 例如可以是柔斯芒特 Rosemount3420 设备。在这种情况下,不是个人计算机的接口设备 410,可以包括上述异常状况预防系统 35 的某些或所有功能。特别地,接口设备 410 可以包括浏览器 412,浏览器 412 接收和组织现场设备 405(可以是各种不同类型的现场设备)所传送的数据。如果需要,该浏览器或通信设备 412 可以包括 OPC 浏览器。数据采集应用程序 38(或它的一部分)也可以存储在接口设备 410 的处理器中,并且在接口设备 410 的处理器上执行,以采集来自现场设备 405 的数据,包括上述的带有 SPM 模块的任何现场设备的 SPM 数据。另外,如以上所讨论的,接口设备 410 可以包括一个或更多 SPM 模块 414,以便直接从一个或更多现场设备(例如不包括 SPM 模块或功能的现场设备)采集过程变量数据,并生成 SPM 参数。以这种方式,在接口设备 410 中存储和执行的 SPM 模块 414 能够补偿某些现场设备 405 中 SPM 模块的缺失,并且可以用来为自身不支持 SPM 模块或 SPM 功能的现场设备提供 SPM 数据。

[0224] 另外,准则机应用程序 42(或其一部分,例如图 37 的准则机 290)可以存储在接口设备 410 中并由其执行,而数据库 43 同样也可以位于接口设备 410 中。接口设备 410 可以通过硬布线连接,例如 2-线,3-线,4-线等连接与诸如主机工作站 430 的其它设备进行通信,从而向这些设备提供 SPM 数据或通过其开发的数据,例如警报、数据图等,以便由用户查看。另外,如图 46 所示,接口设备 410 可以经由一个或更多无线通信连接,连接至 web 浏览器 440 并连接至手持式计算设备,例如电话、个人数据助理(PDA),膝上型计算机等。在该

例中,一个或更多查看应用程序 40 可以在诸如主机工作站 430 的其它设备中,在 web 浏览器 440 或者在手持式计算设备 450 中存储和执行,并且这些应用程序可以与接口设备 410 进行通信,从而获取期望的数据,以便以如上述任一方式的任何方式处理和查看。如果需要,设备 430、440 和 450 可以包括图 37 的准则定义应用程序 298,以便使用户能够生成要由接口设备 410 中的准则机执行的准则。同样,如图 46 所示,来自接口设备 410 的数据可以通过 web 浏览器 640 从主机 430 间接访问,并且经由任何期望的 web 连接提供给其它用户。当然,接口设备 410 可以包括 web 服务器,并且可以使用任何期望的协议,例如 OPC、Modbus、Ethernet、HTML、XML 等与诸如设备 430、440、450 和 460 的任何其它设备进行通信。

[0225] 图 47 图示了另一个加工厂配置 500,其中可能与图 46 的接口设备类似或相同的接口设备 410,连接在一组现场设备 510(构成热交换器 515 的一部分)与过程控制系统 520 之间。这里,接口设备 410 可以包括图 46 的设备 410 的所有应用程序和功能,可以向主机 530 提供用于查看的数据,并且可以向控制器系统 520 提供由准则机生成的警报或告警。控制器系统 520 可以将这些警报或告警与其它控制器类型的警报和告警整合到一起,以便由例如操作员工作站 540 处的控制操作员来查看。当然,如果需要,主机工作站 530 可以包括任何期望的查看应用程序,以便以包括这里所讨论的任一方式在内的任何所需方式,来查看在接口设备 410 中采集或由接口设备 410 提供的数据。同样,可以使该数据能够通过 web 浏览器 550 由其它用户进行查看。因此,应当理解,这里所讨论的与异常状况预防系统 35 相关的各种应用程序可以分布在不同的设备中,并且不需要全部都在具有用户接口的设备中操作。相反,数据(诸如 SPM 数据)可以在诸如接口设备 410 的一个设备中采集和处理,并发送,以便在完全不同的设备中查看。同样,准则可以在诸如主机、web 浏览器、PDA 等的用户接口设备中创建,并发送给诸如接口设备 410 的不同设备,以便在准则机中执行。

[0226] 尽管在图 1 和图 2 的例子中,将与异常状况预防系统 35 相关的应用程序 38、40 和 42 图示为存储在同一个工作站或计算机上,但是这些应用程序中的某些或其它实体也可以在加工厂 10 内或与之相关的其它工作站或计算机设备中存储和执行。此外,异常状况预防系统 35 内的应用程序可以进行分解,在两个或更多计算机或机器上执行,并且可以配置为通过有线、无线、和 / 或间歇式通信连接彼此协力共同操作。进一步,这里所描述的异常状况预防系统 35 可以包括应用程序 38、40 和 42 中的任一个或全部,并且可以包括但并不必需包括这里所描述的 ADB 或 SPM 模块。此外,尽管这里所描述的例子使用 Fieldbus SPM 模块形式的 SPM 模块,但是这里所使用的术语“SPM 模块”意图是指和包括任何其它类型的统计过程监控模块、例程等,它们采集过程数据或变量,并执行某些统计操作或监控,而无论这些模块或例程是否符合已知的 Fieldbus 协议。

[0227] 此外,尽管以上描述涉及计算统计数据的诸如 ADB 模块和 SPM 模块的一些模块,但是也可以使用可以生成其它类型的信号处理数据的其它类型的信号处理数据采集模块。例如,可以生成频率分析数据(例如基于傅立叶变换或过程变量的某些其它变换而生成的数据)、自回归数据、小波数据、利用神经网络生成的数据、利用模糊逻辑生成的数据等的信号处理数据采集模块,也可以用于异常状况预防系统中。因此,这里使用的术语“信号处理数据采集模块”意图是指以及包括任何类型的监控模块、软件例程、硬件等,它们采集过程数据或变量,并执行某些信号处理操作或监控,例如生成统计数据,数学变换过程数据(例如,使用傅立叶变换、离散傅立叶变换、快速傅立叶变换、短时傅立叶变换、Z 变换、希尔伯特

变换、Radon 变换、魏格纳变换、小波变换等),从变换的过程数据中提取信息,滤波,使用模糊逻辑、神经网络、自回归技术等从过程数据中提取信息。

[0228] 进一步,尽管已经描述了一些例子,在这些例子中收集和分析了来自单个加工工厂内的信号数据采集模块的信号处理数据,但是应当理解类似的技术也可以用于多个加工工厂的情况。例如,可以收集来自多个加工工厂的信号处理数据,然后将该数据提供给分析机和 / 或查看应用程序。

[0229] 尽管已经描述了使用特定通信协议和技术的例子,但是也可以使用各种其它协议和技术,包括用于访问来自信号处理数据采集模块的配置数据和信号处理数据的已知协议和技术。例如,除了 OPC 以外的其它协议和技术可以用来识别和 / 或配置信号处理数据采集模块,收集信号处理数据等等。其它技术可以包括,例如使用因特网协议、以太网、XML、专有协议等,并且其它实现方案可以使用 web 服务器和 / 或专用计算设备,例如过程控制器、I/O 设备、工作站、现场设备等。类似地,也可以使用包含专有数据在内的其它类型的分级结构数据。

[0230] 尽管异常状况预防系统和与这里描述的异常状况预防系统相关的应用程序,优选在软件中实施,但它们也可以在硬件、固件等中实施,并且可以由与过程控制系统相关的其它任何处理器来实施。因此,这里所描述的元素可以在标准的多用途 CPU 中实施,或者在所需要的专门设计的硬件或固件上实施,例如专用集成电路 (ASIC) 或其它硬布线设备。当在软件中实施时,软件例行程序可以存储在任何计算机可读存储器内,例如磁盘、激光盘 (例如 DVD) 或其它存储介质,计算机或处理器的 RAM 或 ROM,任何数据库等等。同样,该软件可以经由任何已知或期望的传送方法传送给用户或加工工厂,例如,通过计算机可读盘或者其它可移动的计算机存储机制,或者通过诸如电话线、因特网等通信信道 (这些都被视作与经由可移动存储介质来提供这种软件是相同的或可互换的)。

[0231] 因此,尽管已经根据具体的例子对本公开进行了描述,但是,这些例子仅仅是示例性的,而不是限制性的,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明的精神和范围的前提下,可以对所披露的实施例进行更改,添加或删除是显而易见的。

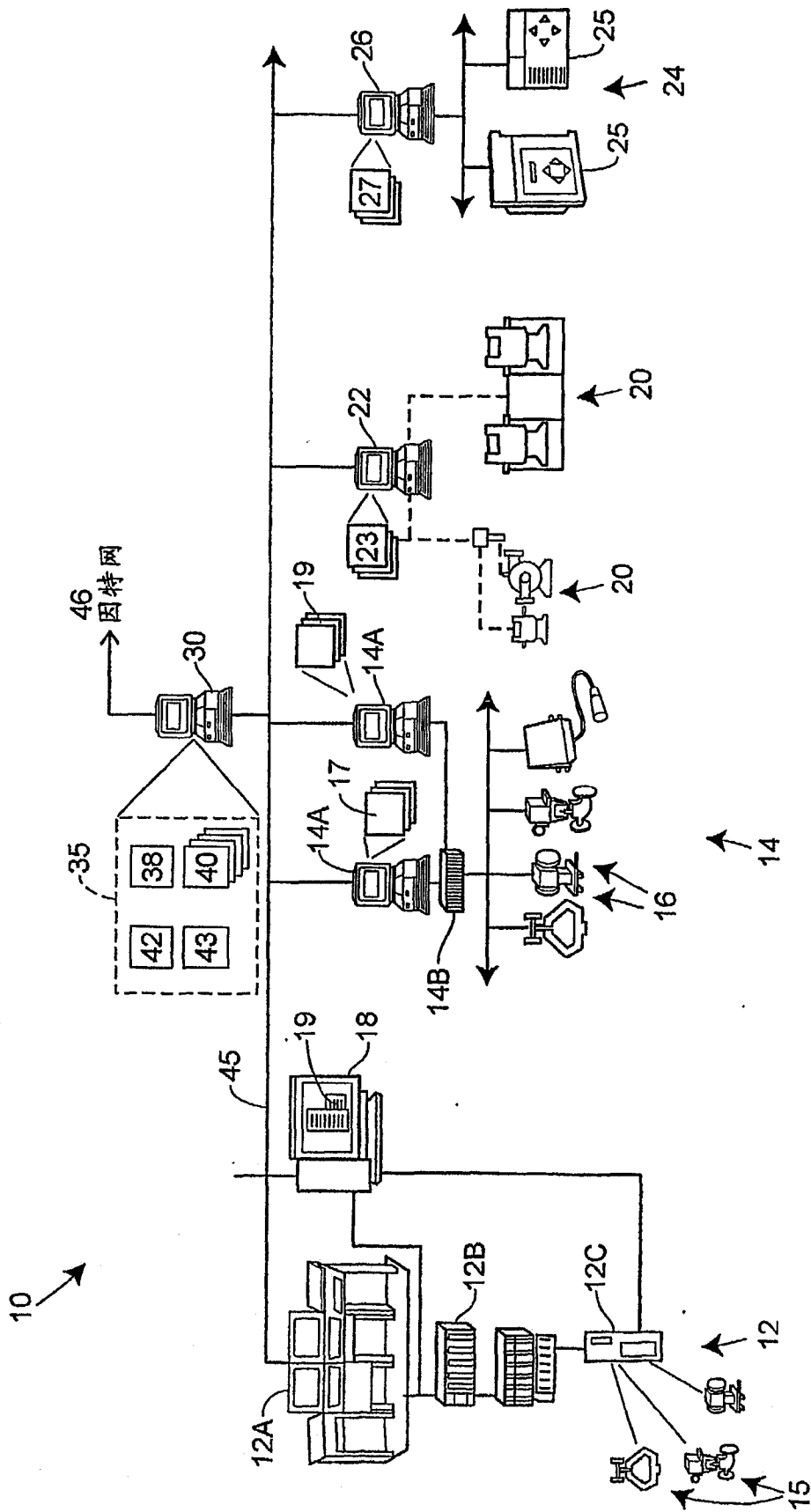


图 1

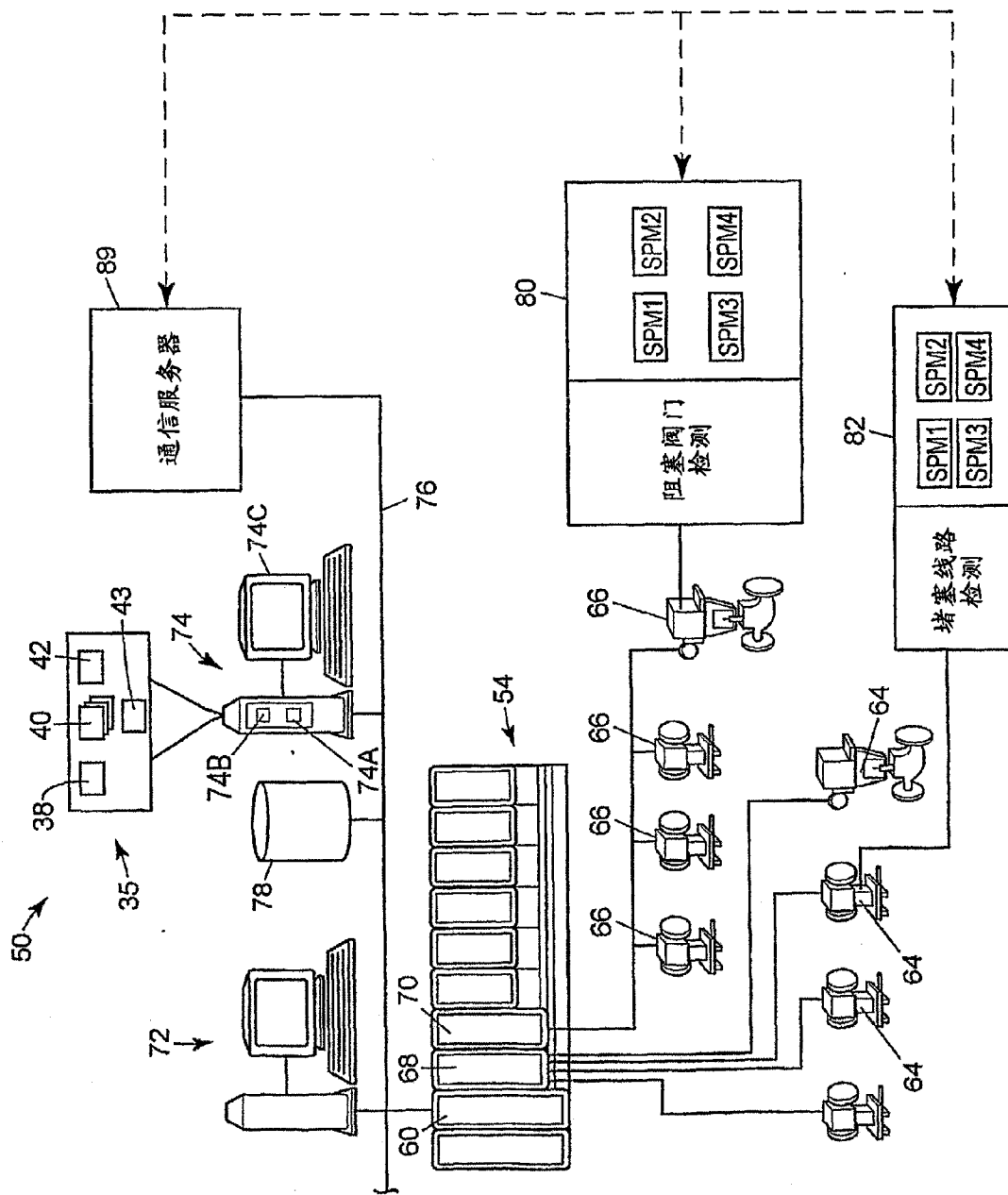


图 2

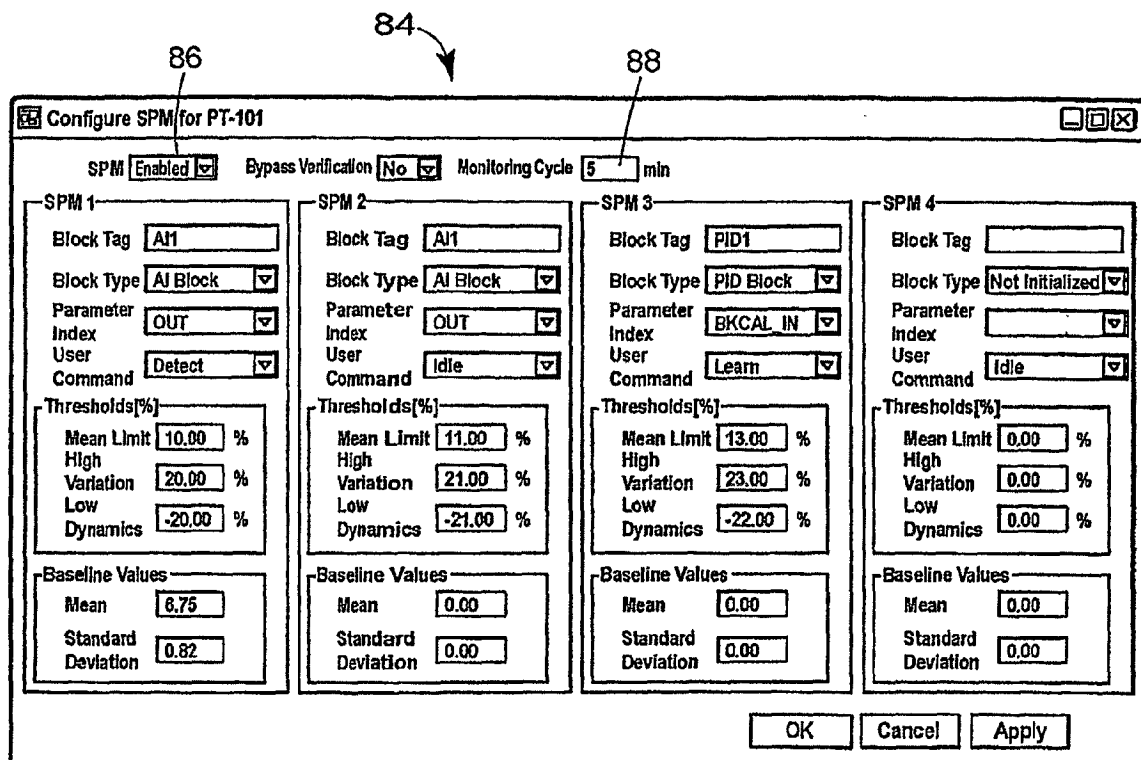


图 3

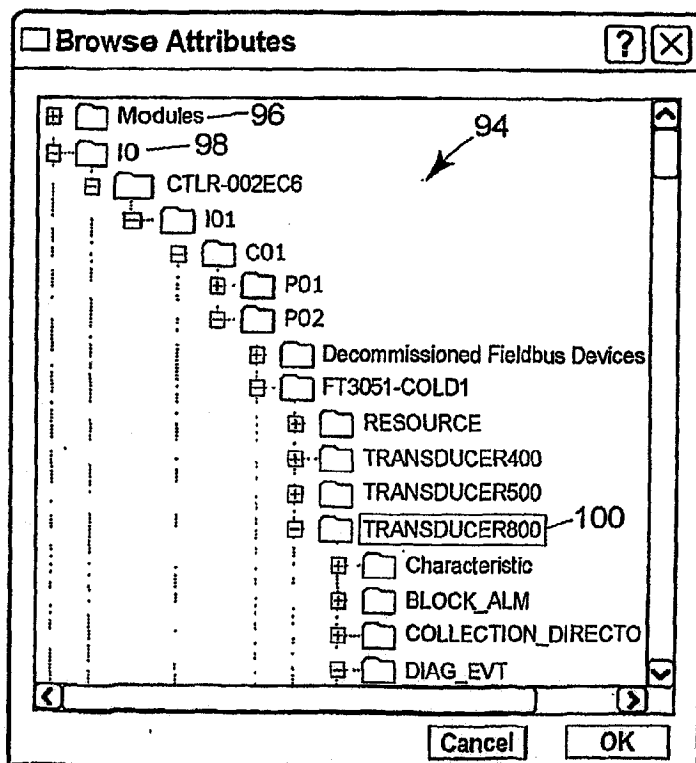


图 5

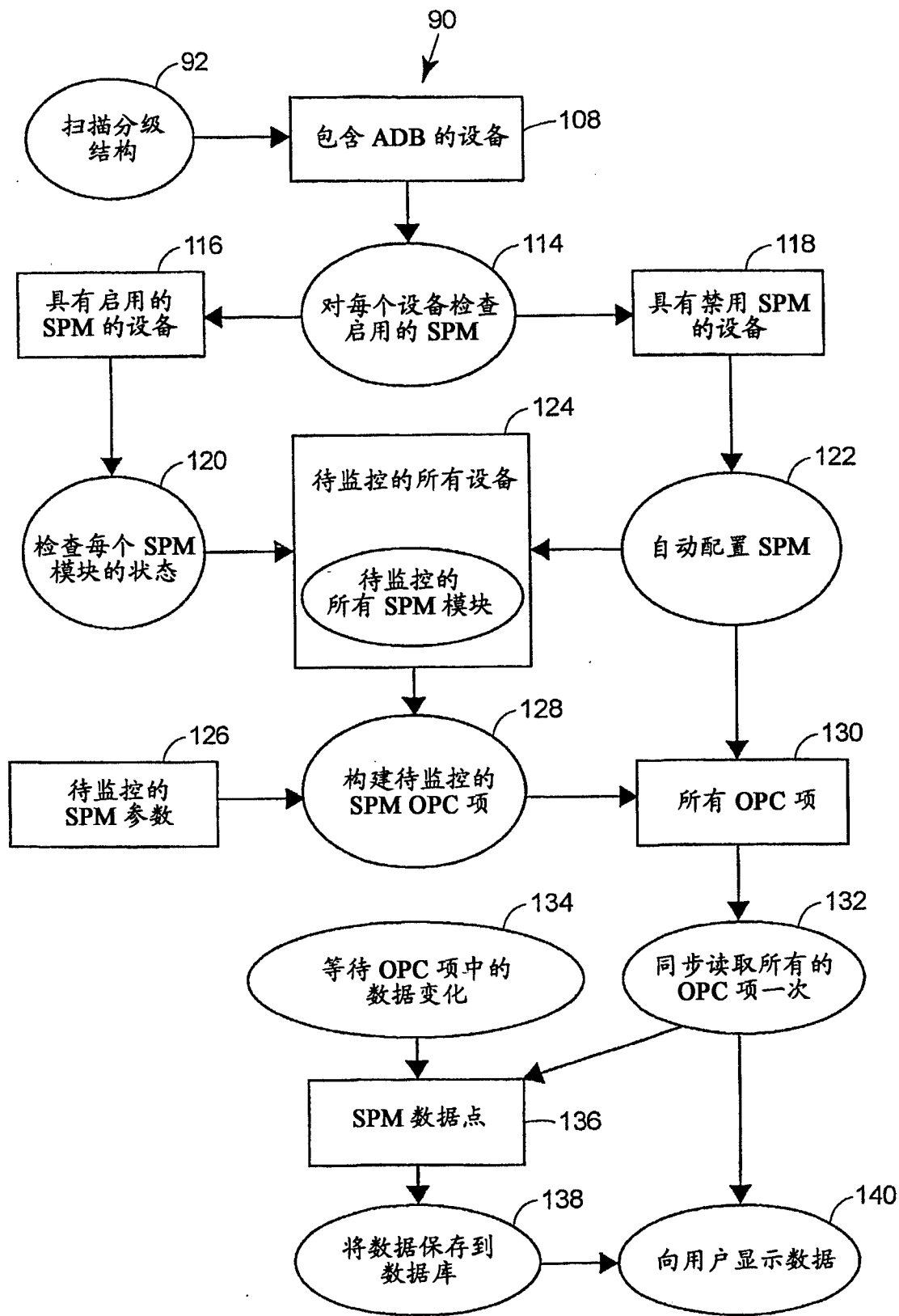


图 4

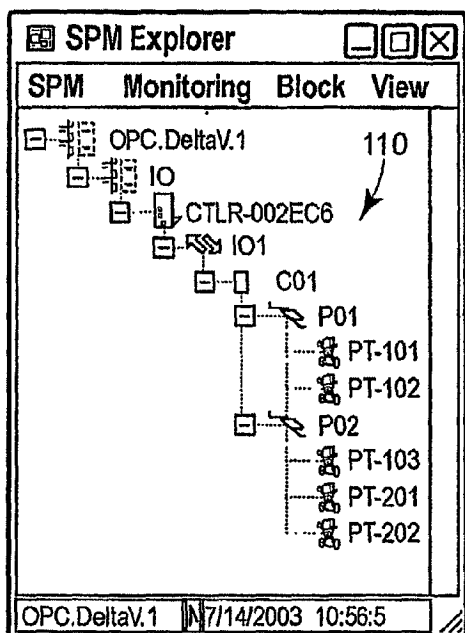


图 6

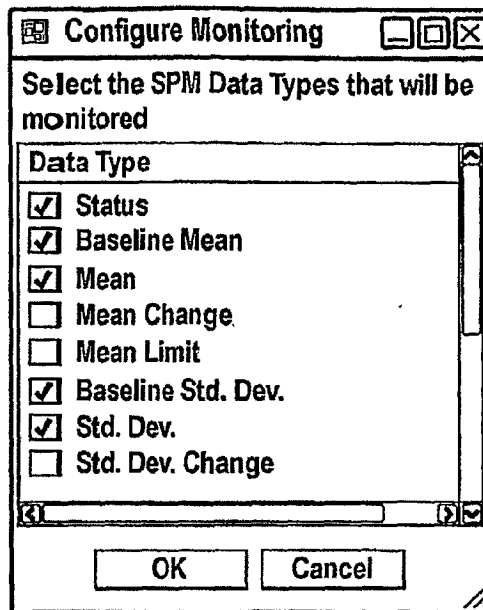


图 7

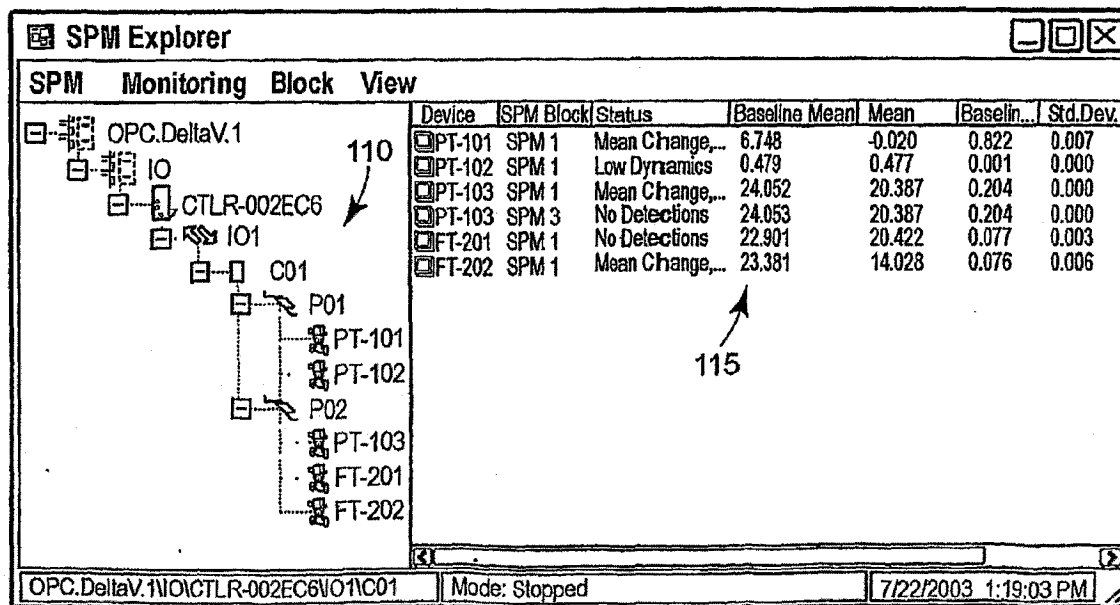


图 8

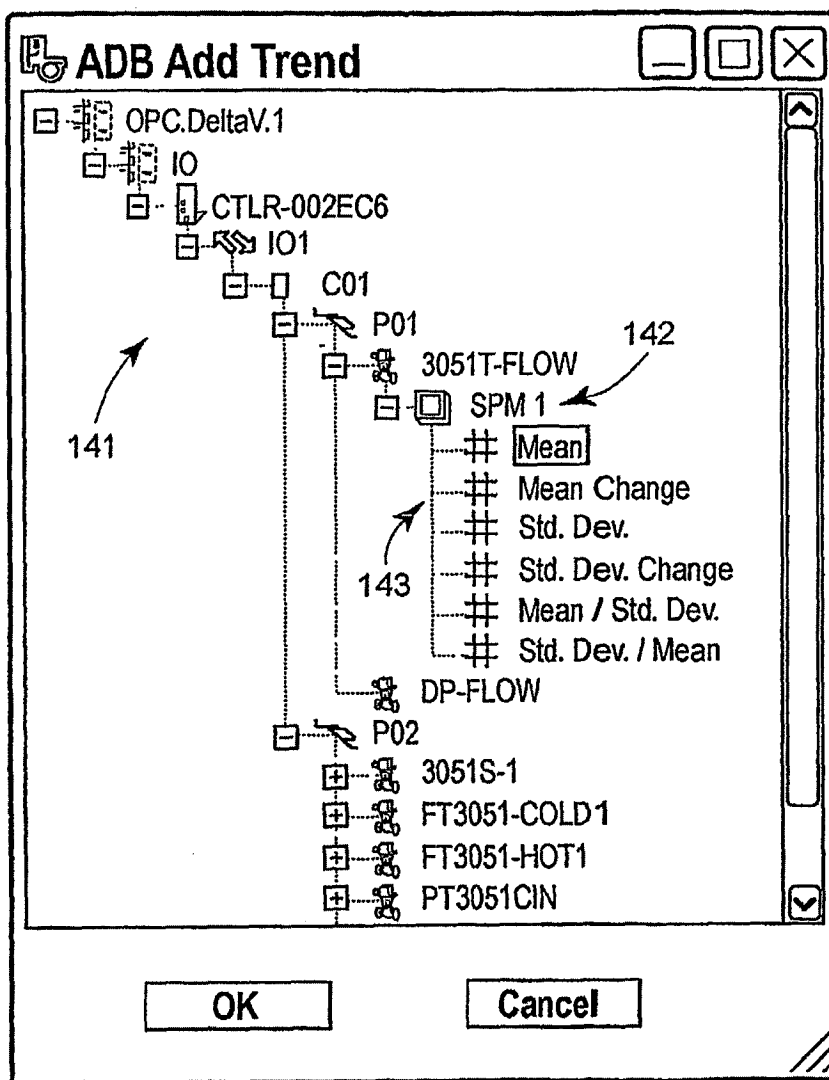


图 9

144

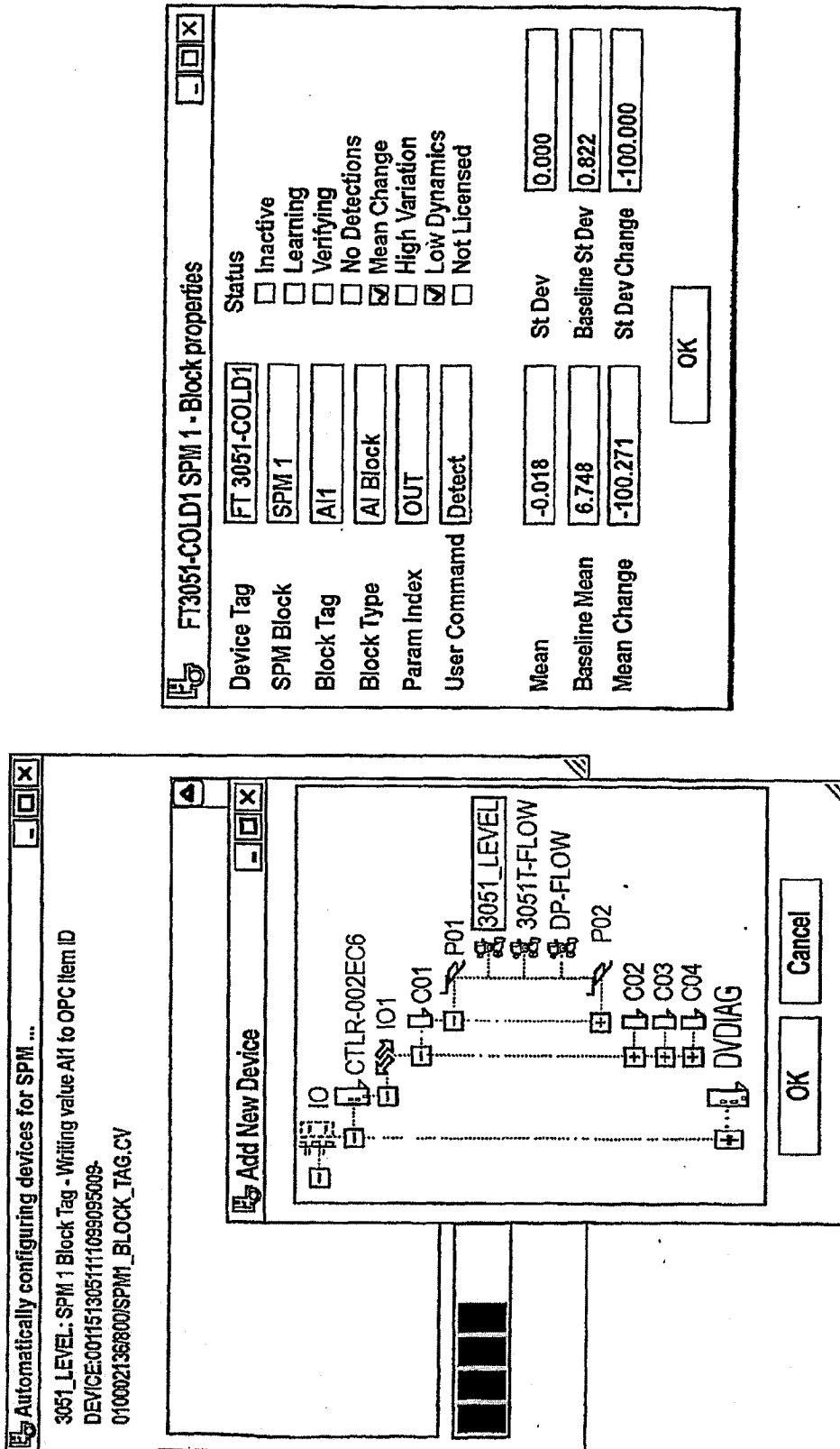


图 10

ADB Explorer
ADB Monitoring Block View Help

OPC.DeltaV.1
IO
CTLR-002EC6
IO1
C01
P01
3051T-FLOW
DP-FLOW
P02
3051S-1
FT3051-COLD1
FT3051-HOT1
PT3051CIN
PT3051COUT
PT3051HIN

Device	Block	Status	Baseline...	Mean	Baseline...	Std. Dev.	Location
<input type="checkbox"/> 3051T-FLOW	SPM 1	No Detect...	-0.057	-0.109	0.001	0.007	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> 3051S-1	Properties...	No Detect...	13.519	13.651	0.001	0.001	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> 3051S-1	Trend	Mean		170	0.040	0.035	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> 3051S-1	View Data	Mean Change		170	0.090	0.076	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051	Histogram	Standard Deviation		119	5.151	0.000	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051	Release	Standard Deviation Change		323	0.048	0.032	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051	SPM 4	Mean / Standard Deviation		105	0.492	0.064	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-COLD1	PLD	Standard Deviation / Mean		00	0.106	0.000	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-COLD1	PLD	Mean Cha...	8.188	0.485	0.050	0.005	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-HOT1	SPM 1	Learning					OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-HOT1	PLD	Mean Cha...	23.087	16.439	0.352	0.006	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051CIN	SPM 1	Insufficien...					OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051CIN	PLD	Mean Cha...	23.095	16.482	0.101	0.012	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051COUT	SPM 1	Mean Cha...	19.162	13.608	0.175	0.000	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051HIN	SPM 1	Learning					OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051HIN	PLD						

147

148

149

OPC.DeltaV.1\IO\CTLR-002EC6 Mode: Stopped 11/13/2003 2:53:36 PM

图 11

ADB Explorer
ADB Monitoring Block View Help

OPC.DeltaV.1
IO
CTLR-002EC6
IO
C01
P01
3051T-FLOW
DP-FLOW
P02
3051S-1
FT3051-COLD1
FT3051-HOT1
PT3051CIN
PT3051COUT
PT3051HIN
PT3051HIN

Device	Block	Status	Baseline...	Mean	Baseline...	Std. Dev.	Location
<input type="checkbox"/> 3051T-FLOW	SPM 1	No Detect...	-0.057	-0.109	0.001	0.007	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> 3051S-1	Properties...	No Detect...	13.519	13.651	0.001	0.001	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> 3051S-1	Trend	Mean Cha...	75.858	71.870	0.040	0.035	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> 3051S-1	View Data	Mean Cha...	00.505	5.570	0.090	0.076	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051	Histogram	Mean		19	5.151	0.000	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051	Release	Standard Deviation		23	0.048	0.032	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-COLD1	SPM 4	Mean Change		905	0.492	0.064	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-COLD1	PLD	Standard Deviation Change		00	0.106	0.000	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-HOT1	SPM 1	Status		85	0.050	0.005	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051-HOT1	PLD	All					OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051CIN	SPM 1	Learning		16.439	0.352	0.006	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051CIN	PLD	Mean Cha...	23.087				OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> FT3051CIN	SPM 1	Insufficient...					OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051COUT	SPM 1	Mean Cha...	23.095	16.482	0.401	0.012	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051HIN	SPM 1	Mean Cha...	19.162	13.608	0.175	0.000	OPC.Delt...
<input type="checkbox"/> PT3051HIN	PLD	Learning					OPC.Delt...

149

148

147

146

OPC.DeltaV.1\IO\CTLR-002EC6 Mode: Stopped

11/13/2003 2:53:58PM

图 12

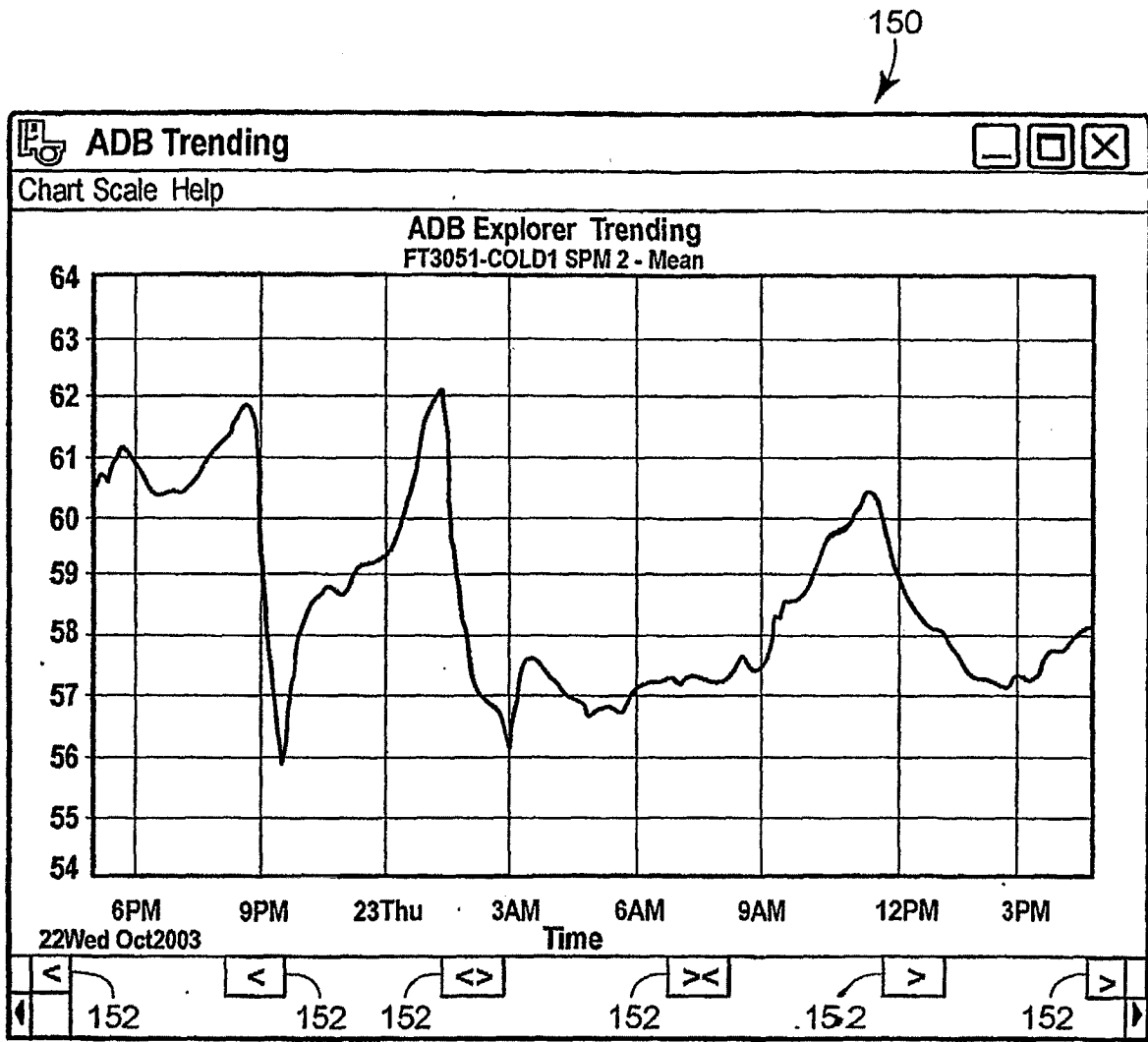


图 13

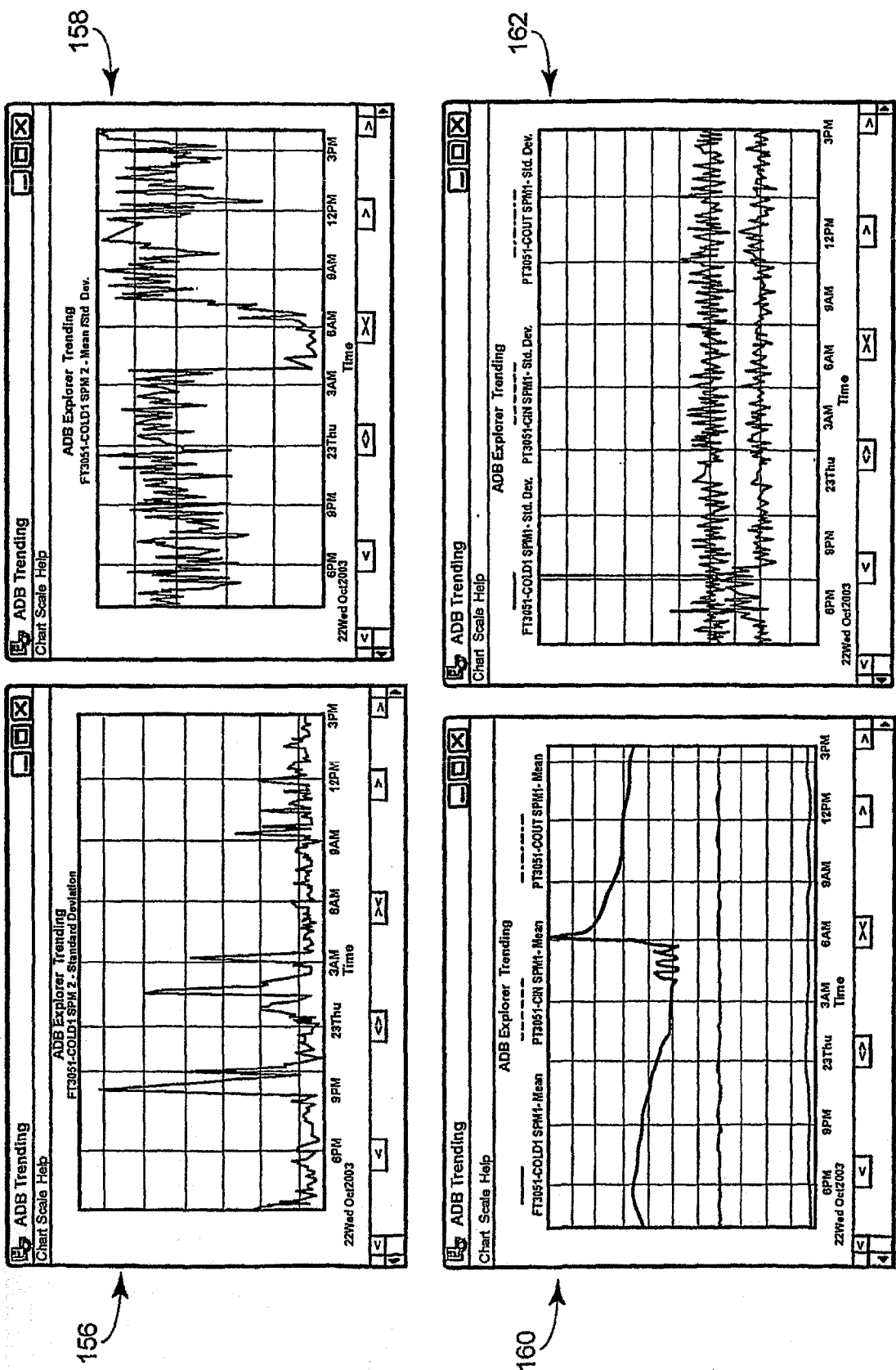


图 14

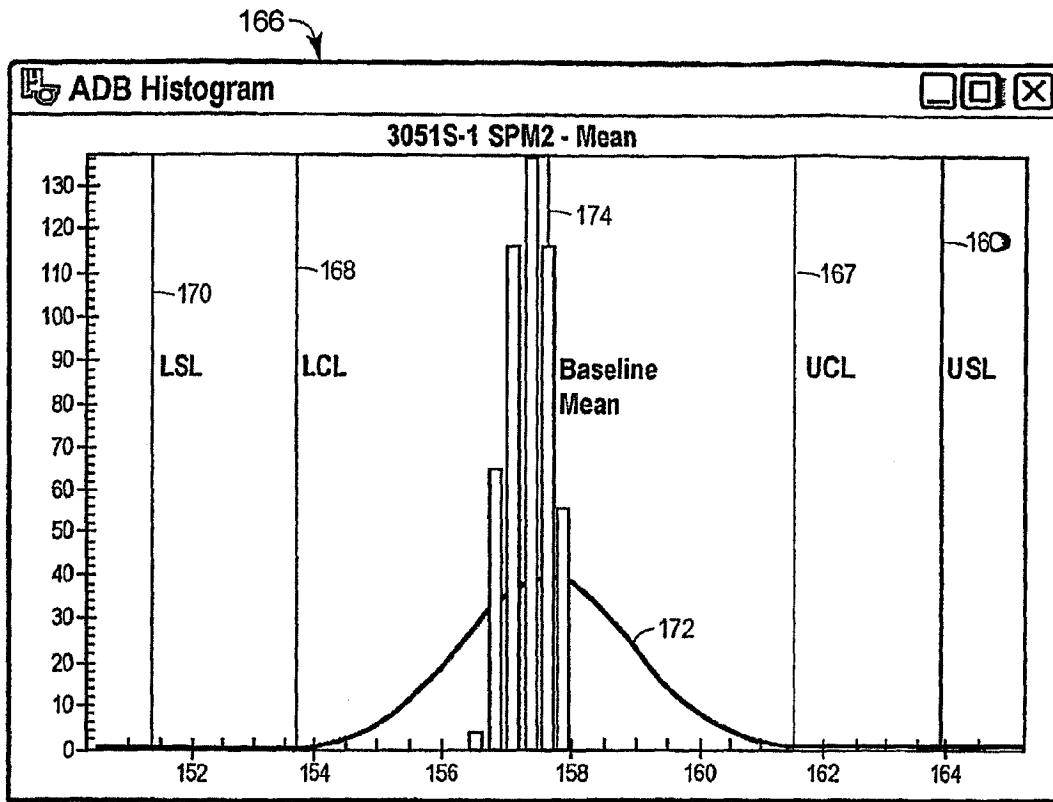


图 15

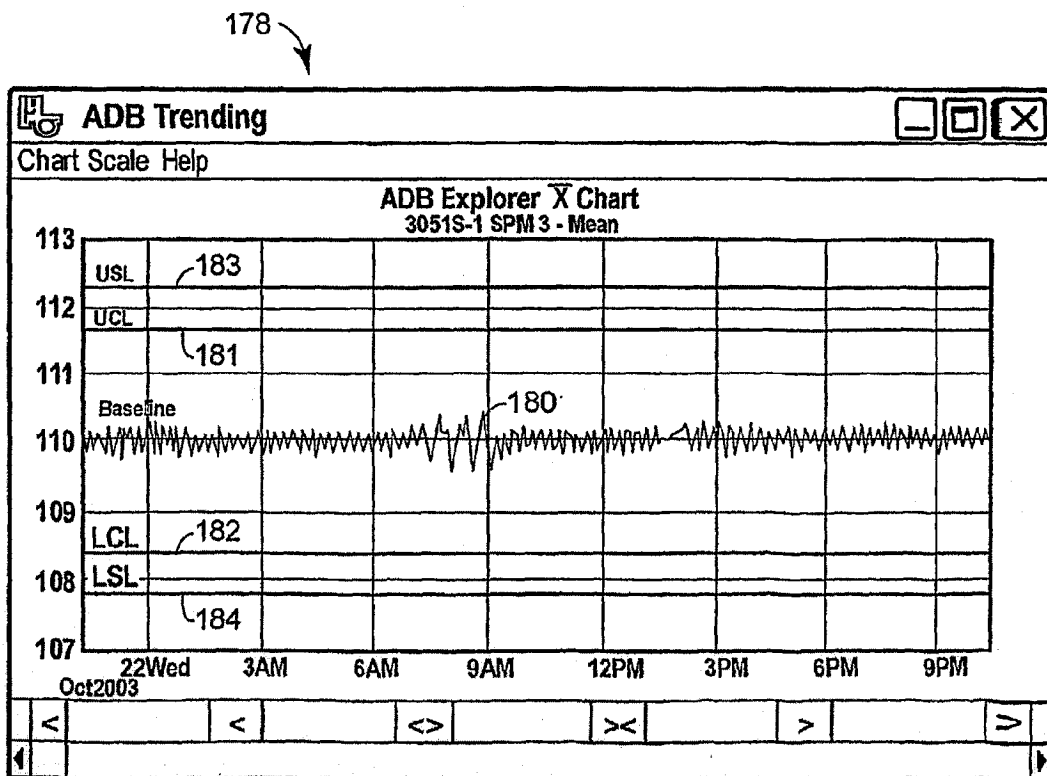


图 16

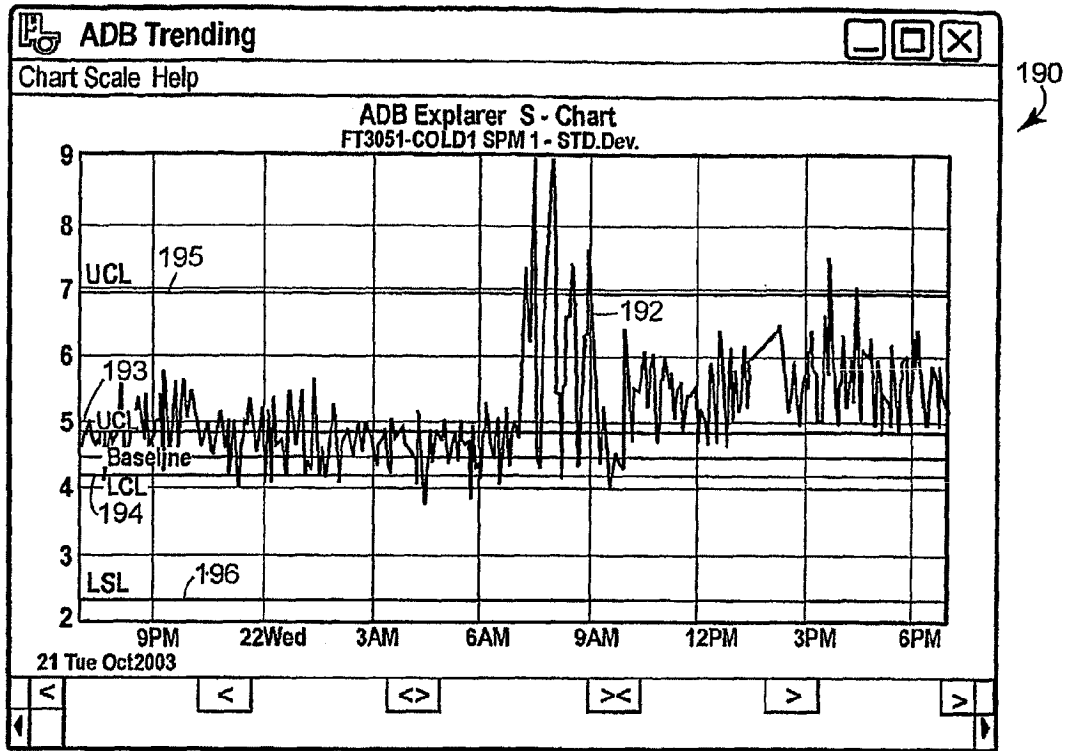


图 17

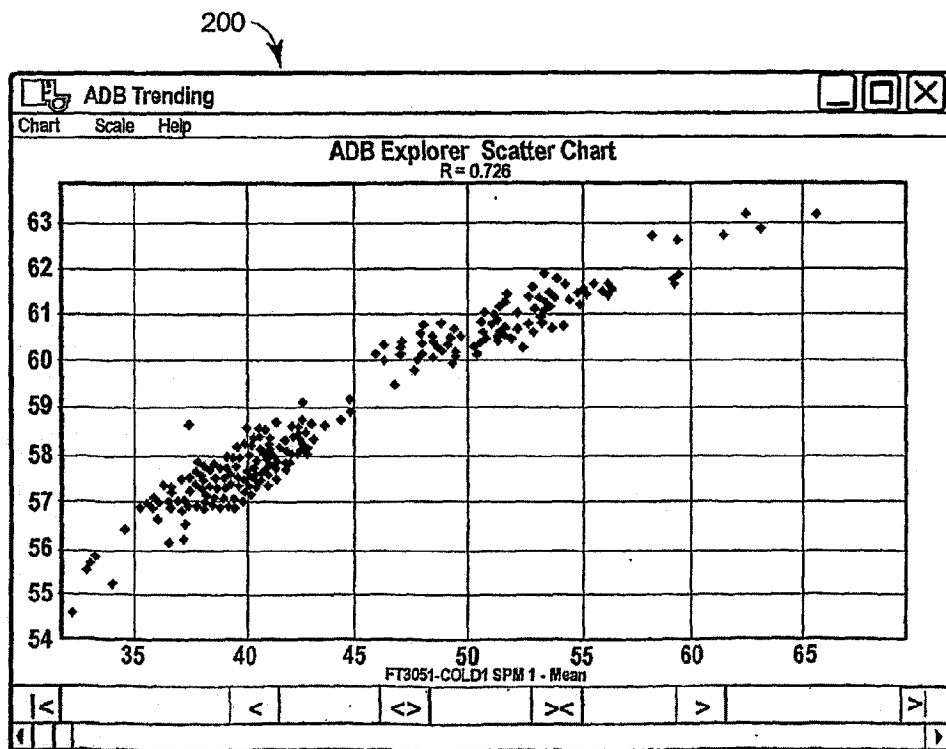


图 18

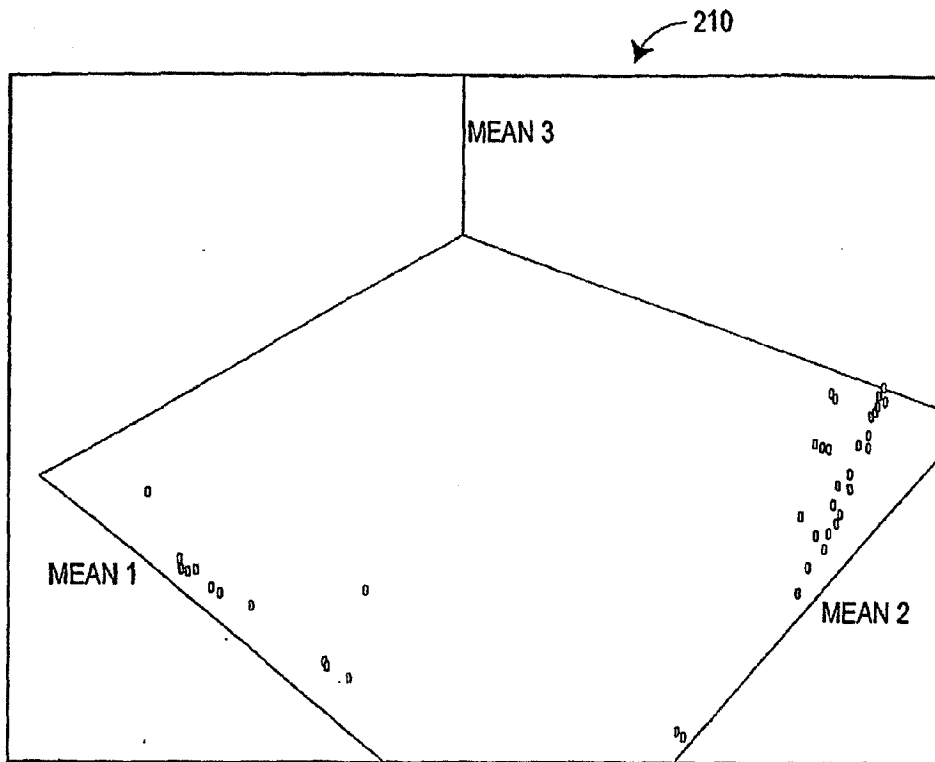


图 19

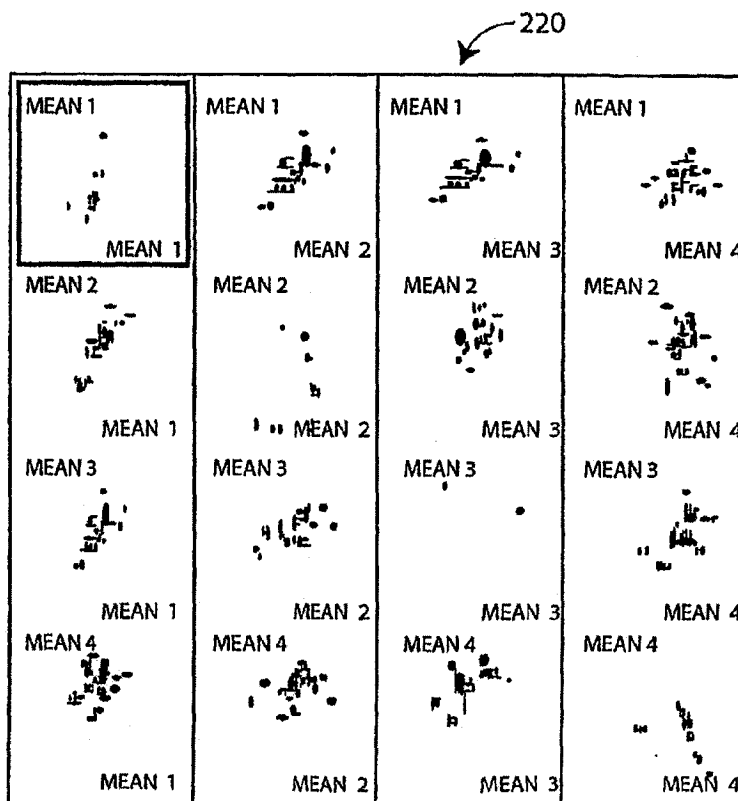


图 20

230

Sensor Name	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8
CascadeLoop	1.019	0.165	-0.084	0.003	-0.201	-0.150	-0.139	-0.136
CascadeLoop	0.165	1.019	-0.142	-0.072	0.154	0.192	0.196	0.190
CascadeLoop	-0.084	-0.142	1.019	-0.016	0.022	0.052	0.050	0.055
CascadeLoop	0.003	-0.072	-0.018	1.019	-0.891	-0.890	-0.867	-0.865
CascadeLoop	-0.201	0.154	0.022	-0.891	1.019	1.008	1.007	1.008
CascadeLoop	-0.150	0.192	0.052	-0.890	1.006	1.019	1.011	1.011
CascadeLoop	-0.135	0.196	0.050	-0.867	1.007	1.011	1.019	1.018
CascadeLoop	-0.136	0.180	0.055	-0.868	1.008	1.011	1.018	1.019
CascadeLoop	-0.253	0.207	0.032	-0.650	0.935	0.938	0.961	0.961
CascadeLoop	0.058	0.193	0.029	-0.910	0.977	0.988	0.993	0.993
CascadeLoop	0.051	0.200	0.017	-0.909	0.981	0.991	0.994	0.995
CascadeLoop	0.063	0.213	0.023	-0.907	0.980	0.991	0.993	0.994
CascadeLoop	0.045	0.188	-0.006	-0.871	0.974	0.996	0.994	0.994
CascadeLoop	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

图 21

240

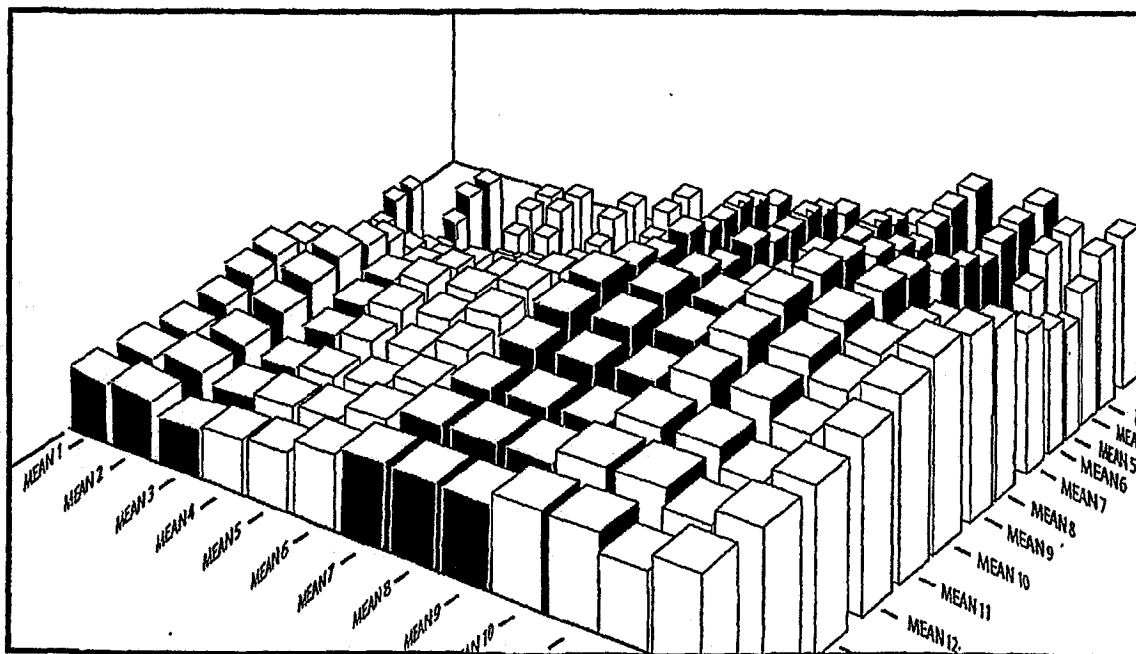
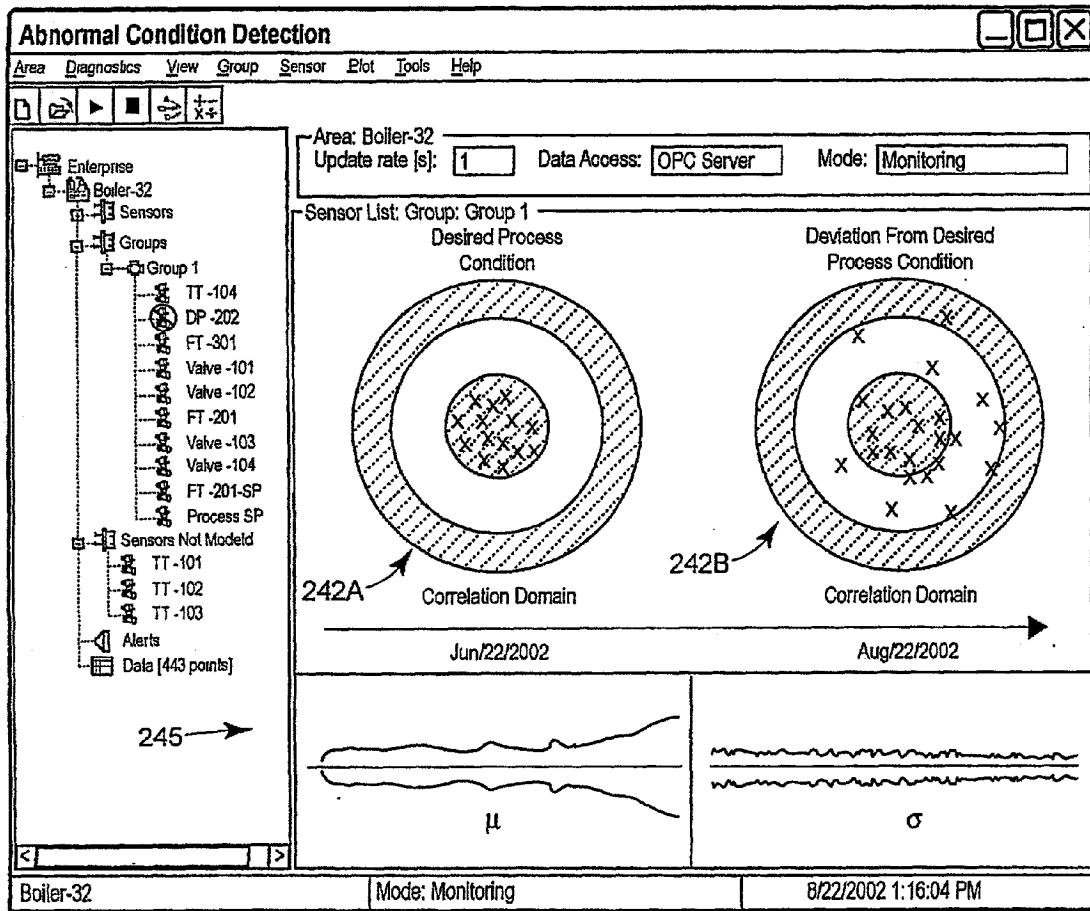
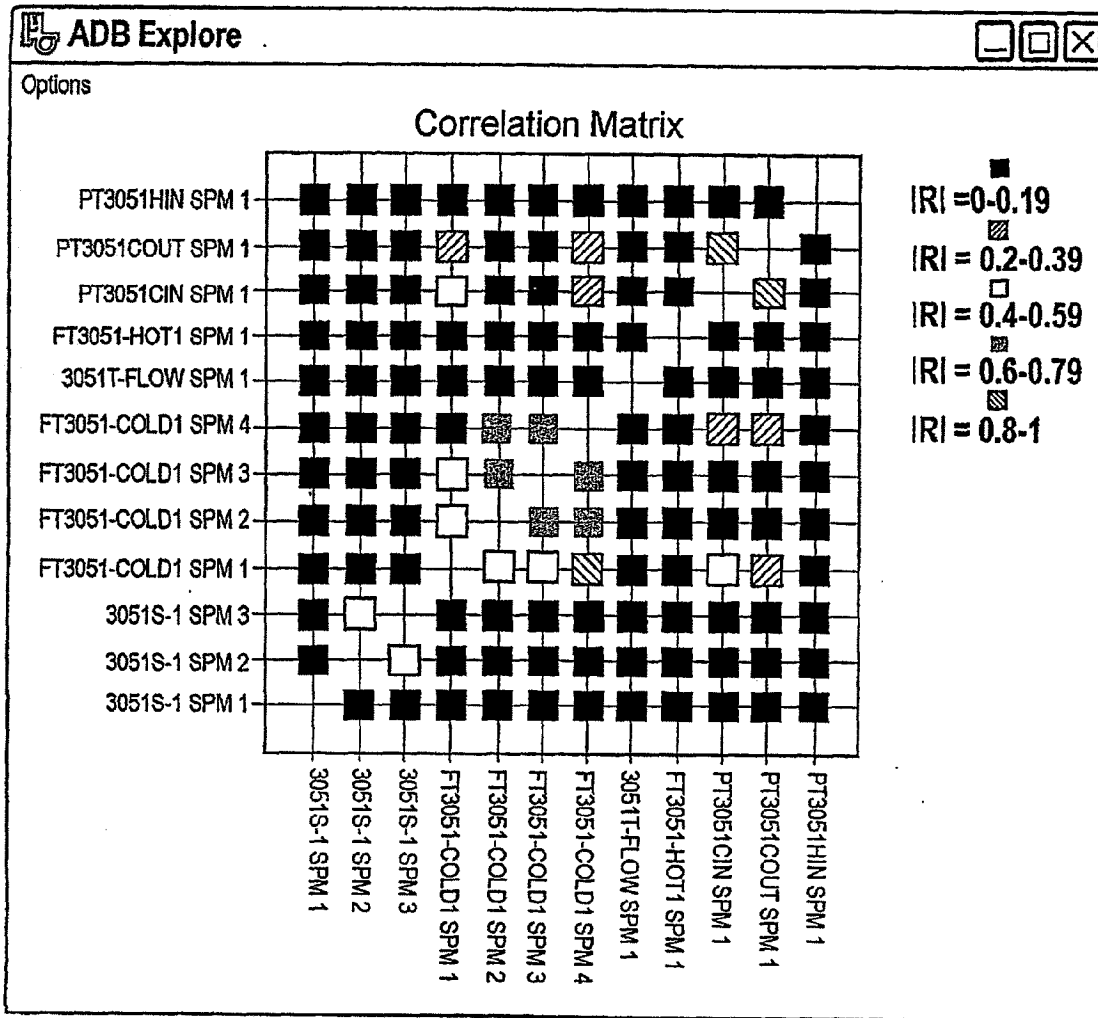


图 22



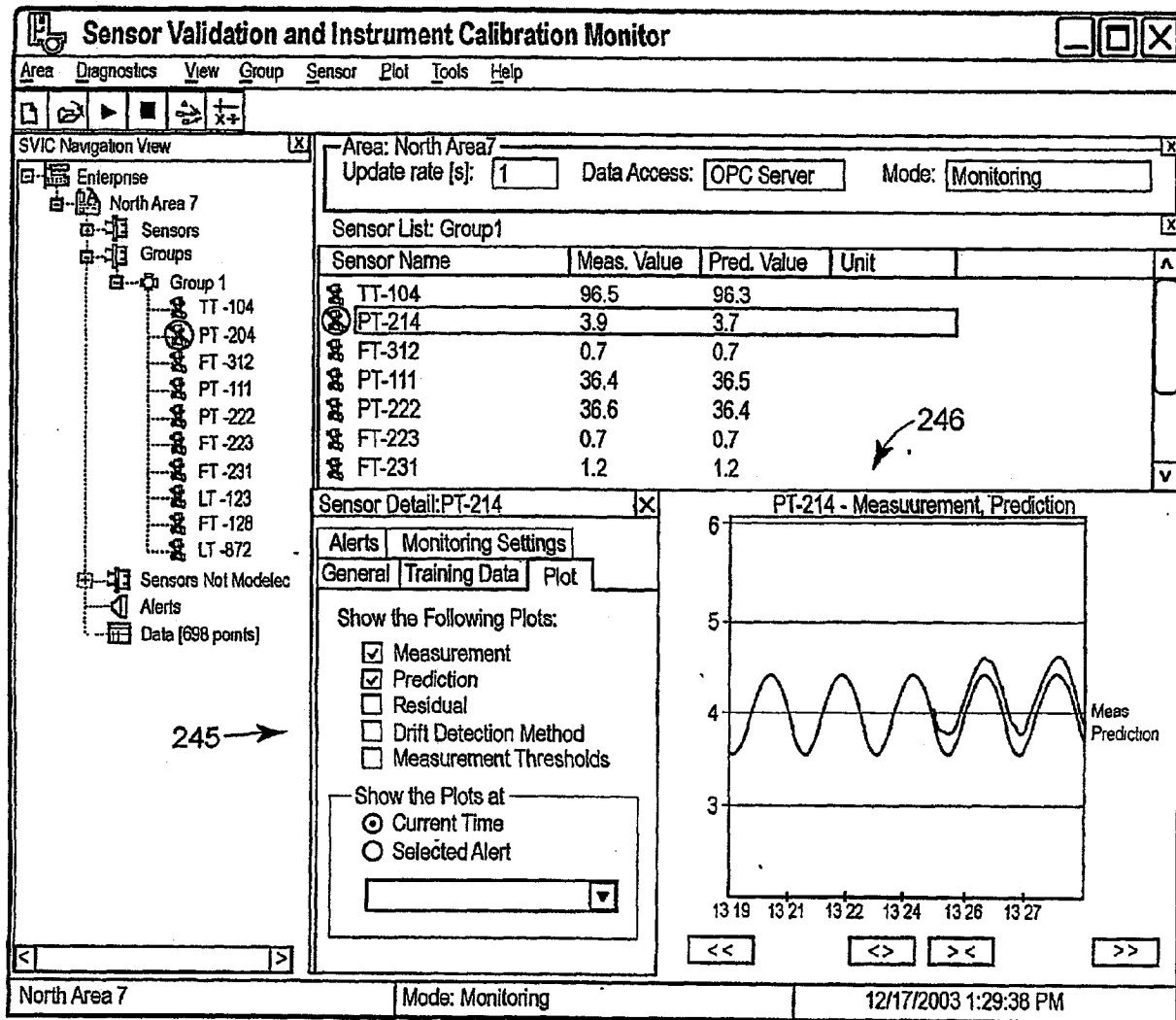
241

图 23



243 →

图 24



244 →

245 →

246 ↙

图 25

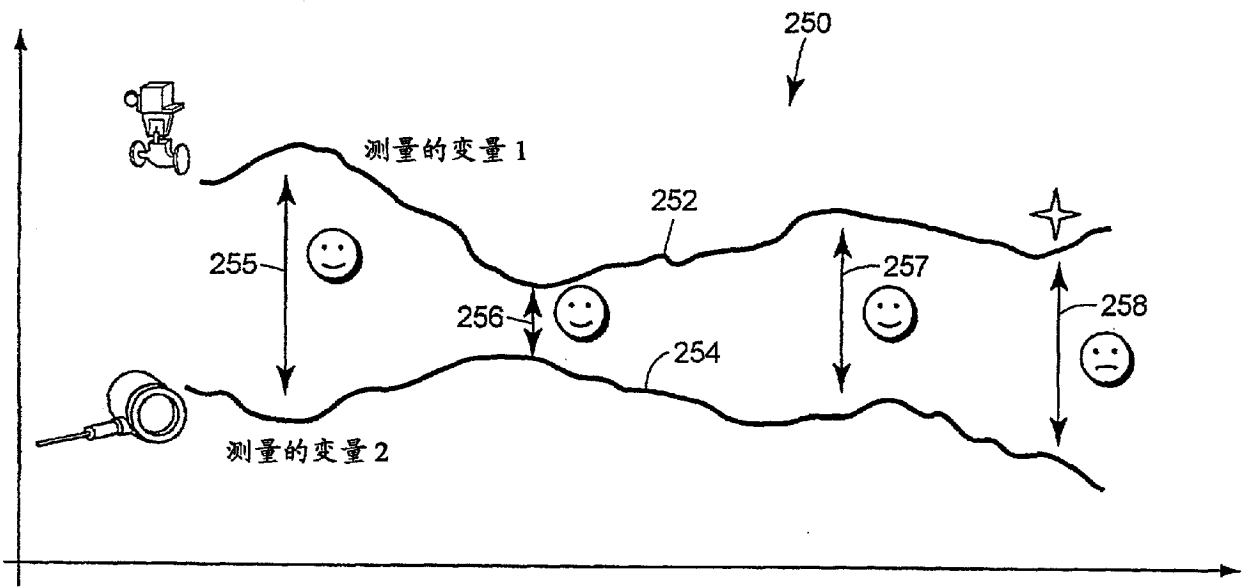


图 26

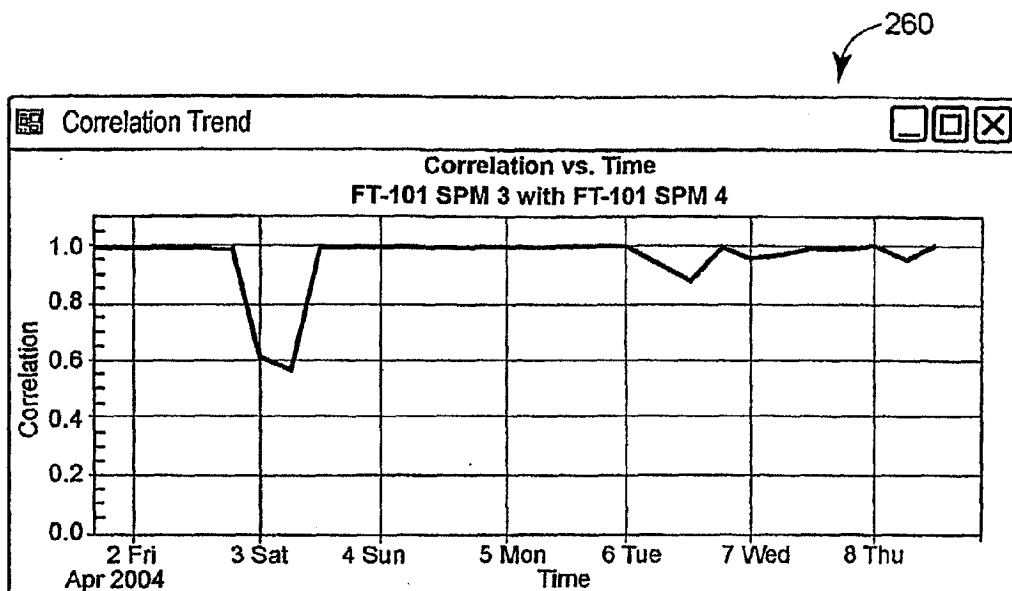


图 27

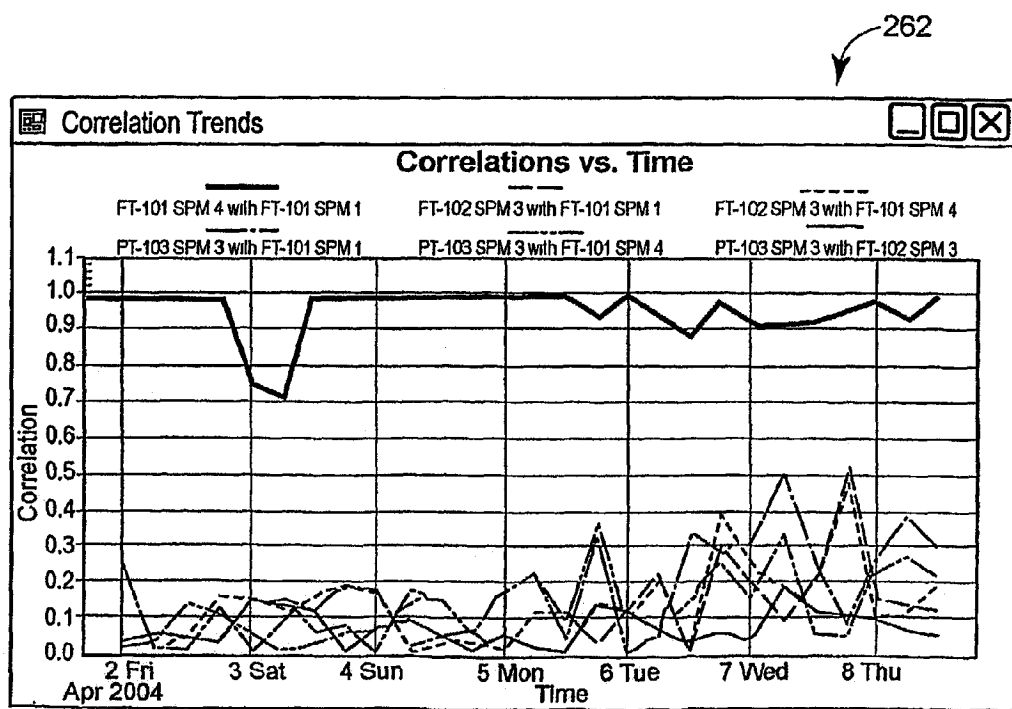


图 28

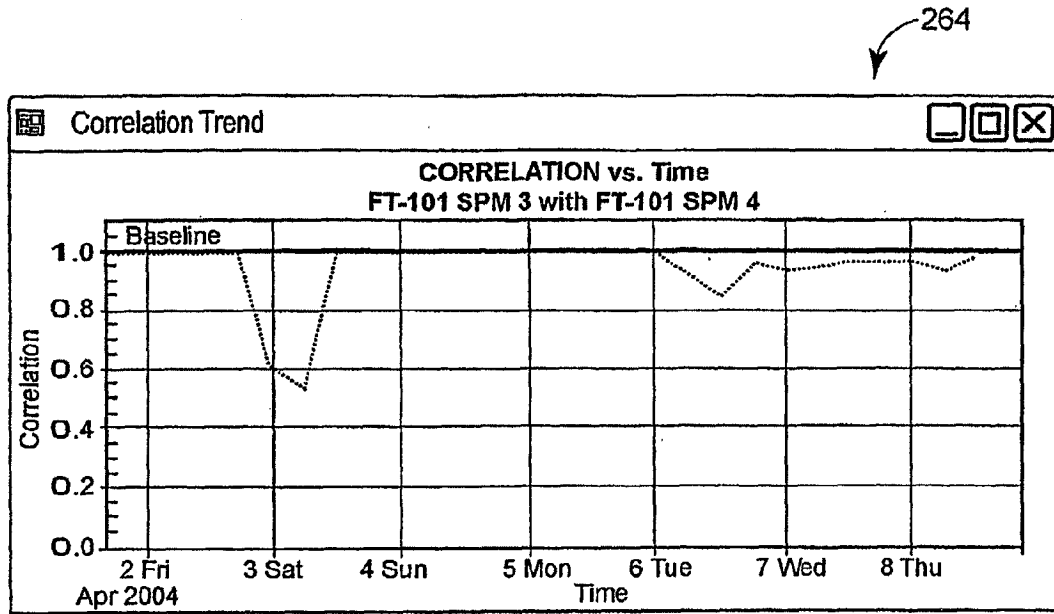


图 29

Figure 30 is a table titled "Correlation Matrix Change". The columns are FT-101 SPM 1, FT-101 SPM 2, FT-101 SPM 3, and FT-101 SPM 4. The rows list various SPM blocks including FT-101, FT-102, PT-103, PT-104, PT-105, and PT-107. The table shows correlation values for each block combination.

SPM Block	FT-101 SPM 1	FT-101 SPM 2	FT-101 SPM 3	FT-101 SPM 4	F
FT-101 SPM 1		0.0027	0.0037	0.0092	
FT-101 SPM 2	0.0027		0.0111	0.0027	
FT-101 SPM 3	0.0037	0.0111		0.0009	
FT-101 SPM 4	0.0092	0.0027	0.0009		
FT-102 SPM 1					
FT-102 SPM 2					
FT-102 SPM 3					
FT-102 SPM 4					
PT-103 SPM 1	0.1856	0.1700	0.2022	0.1672	
PT-103 SPM 2				0.1212	
PT-103 SPM 3				0.0571	
PT-103 SPM 4	0.0341	0.0290	0.0586		
PT-104 SPM 1					
PT-105 SPM 1	0.0367	0.0360	0.0584	0.0472	
PT-107 SPM 1	0.0378	0.0150	0.0118	0.0159	
PT-107 SPM 2	0.0001	0.0032	0.0064	0.0070	
PT-107 SPM 3	0.0267	0.0393	0.0634	0.0603	
PT-107 SPM 4	0.0347	0.0391	0.0709	0.0628	

图 30

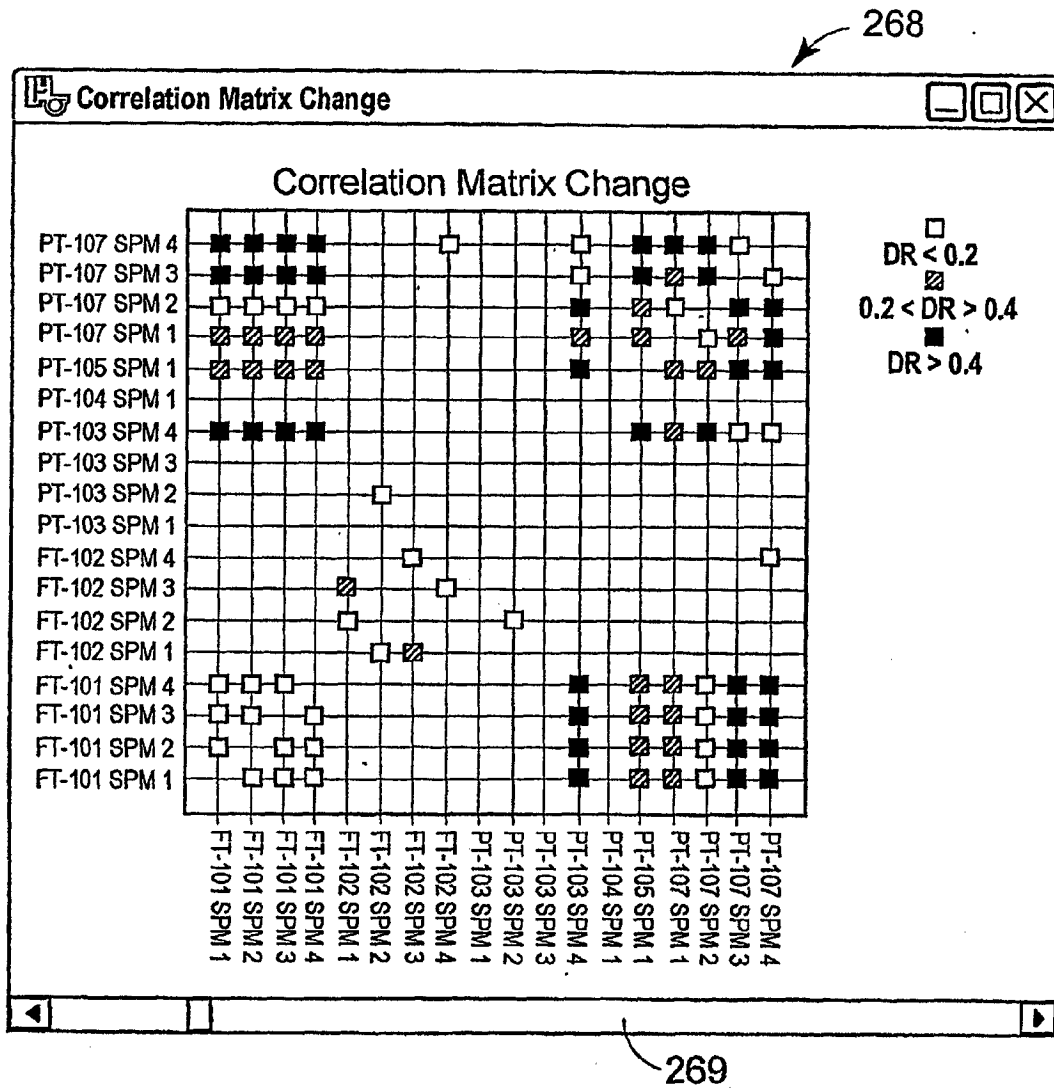


图 31

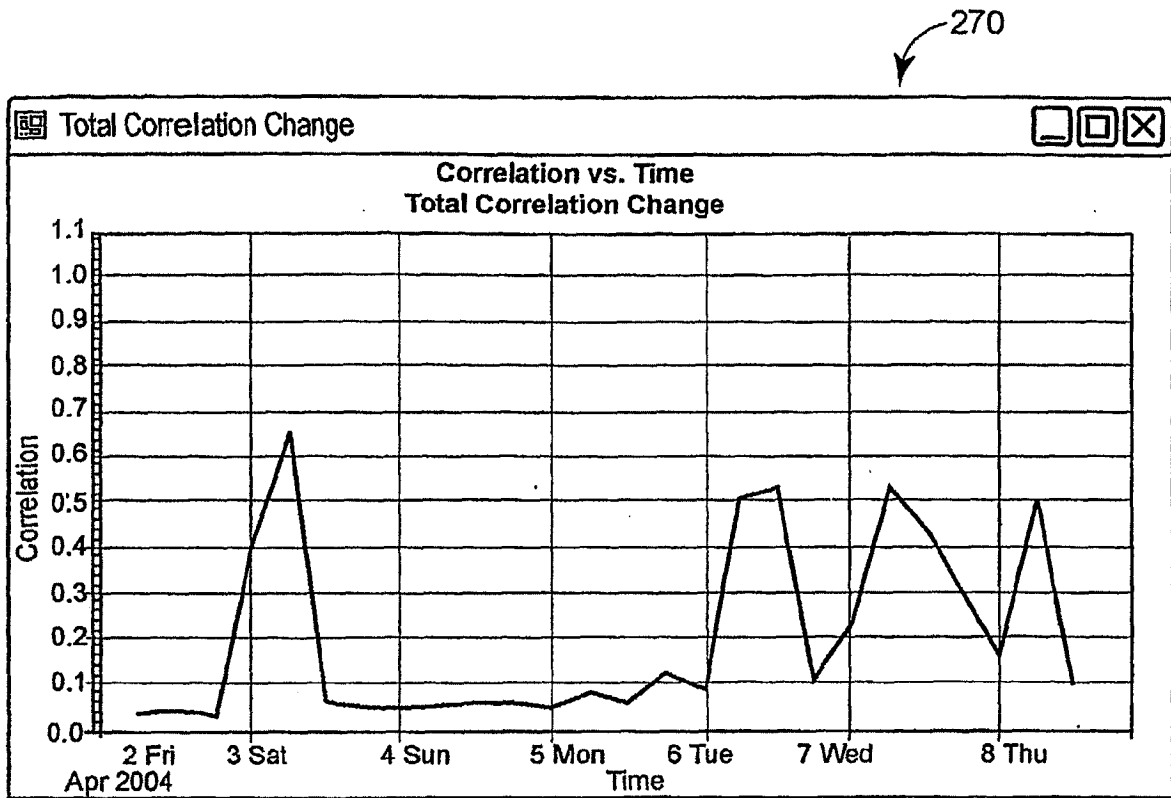


图 32

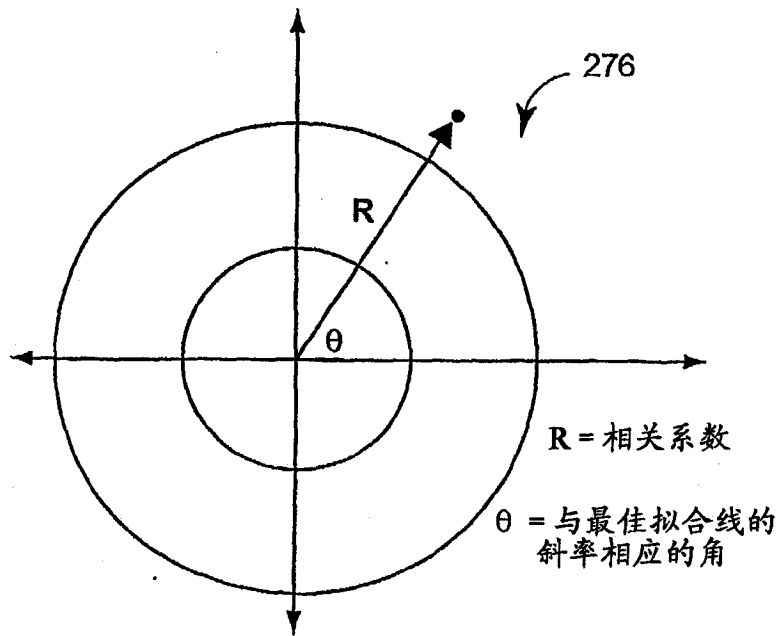


图 34

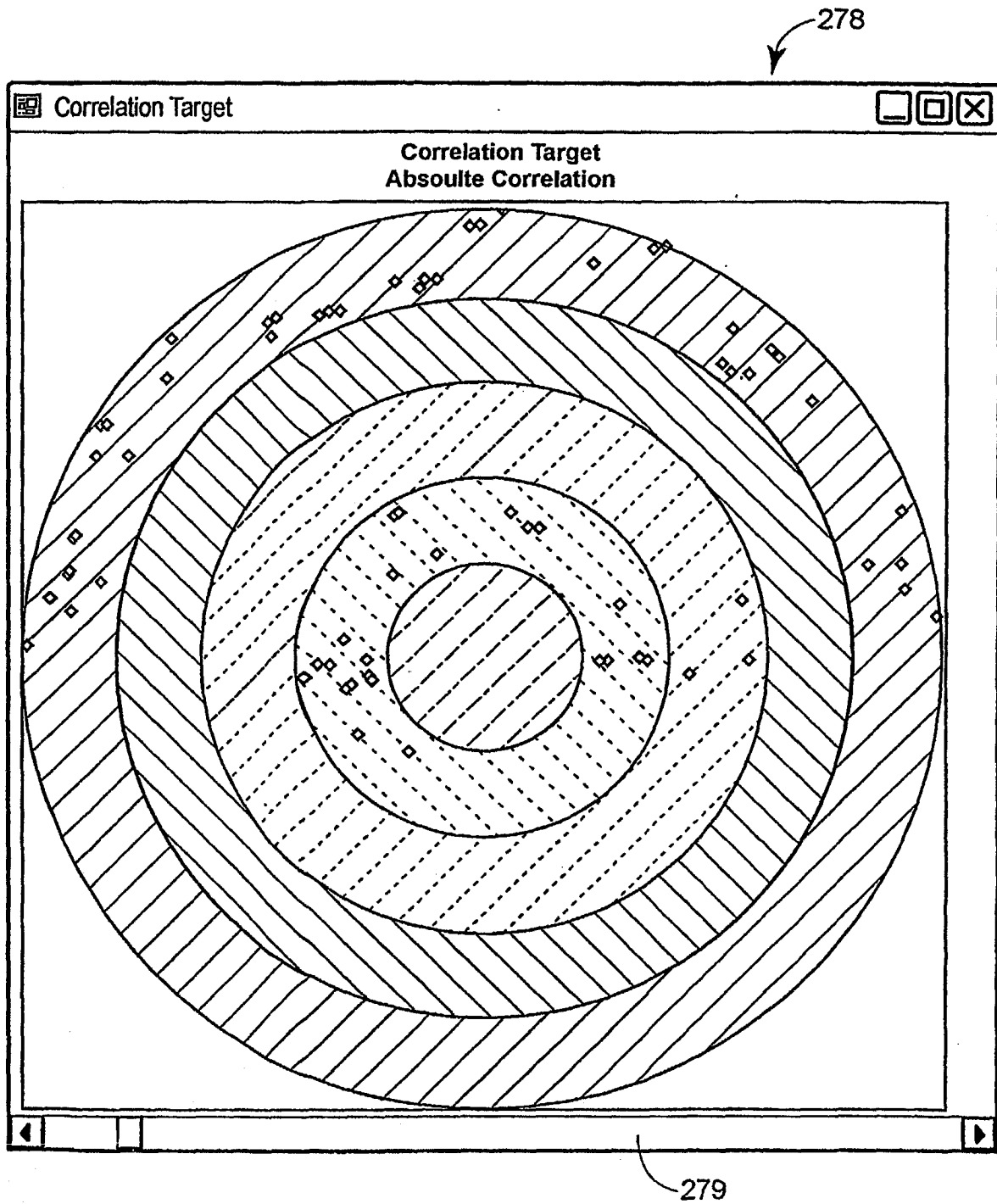


图 35

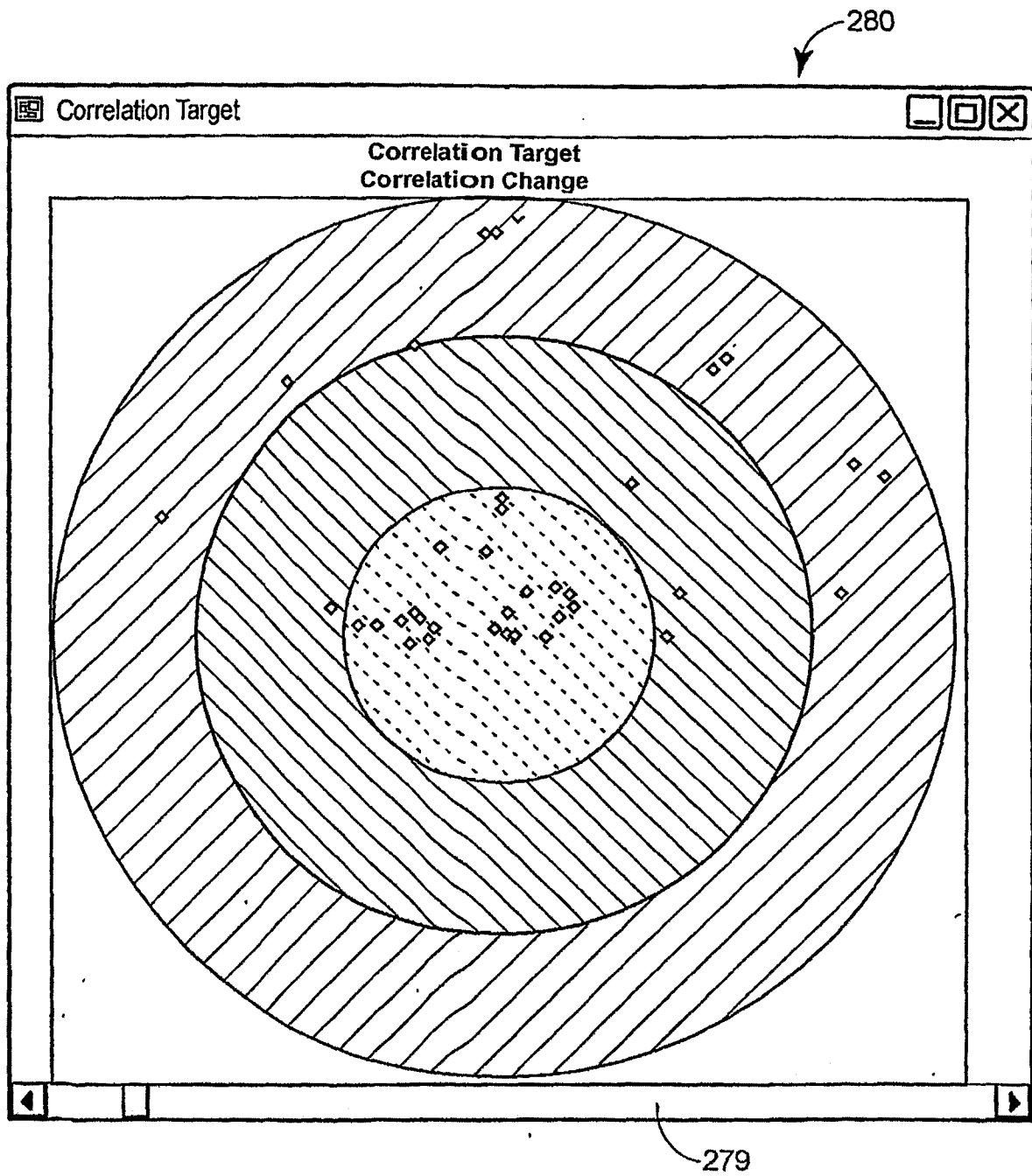


图 36

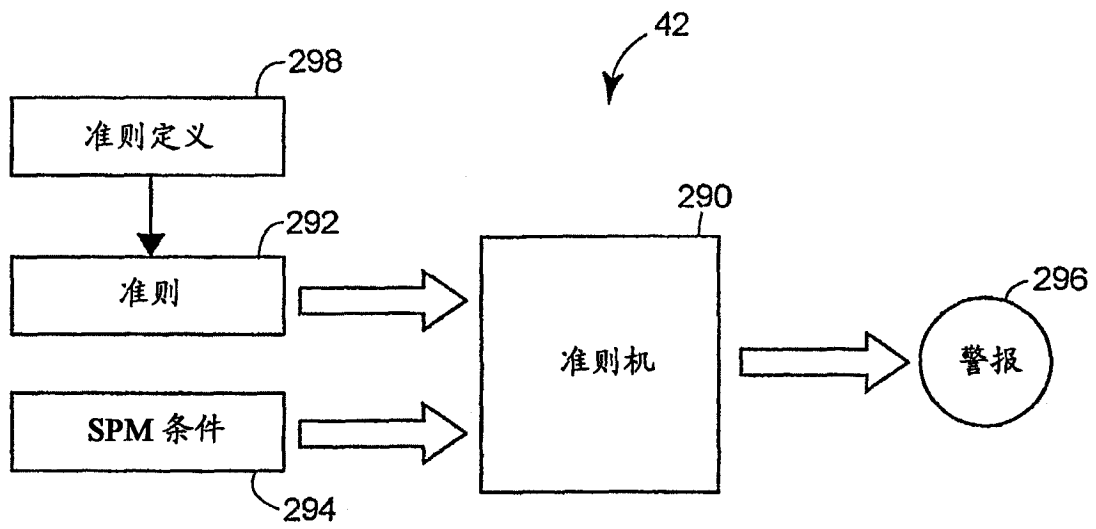


图 37

300

Add New Rule □ □ ×

Rule Name: ← 302

If

322	Device	SPM Block	SPM Data Type	Compare	Value	324
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="PT-101"/>	<input type="text" value="SPM 1"/>	<input type="text" value="Mean"/>	<input type="text" value="≤"/>	<input type="text" value="102"/>	<input type="checkbox"/>
		⊙ And ⊙ Or		320		324
<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="PT-102"/>	<input type="text" value="SPM 3"/>	<input type="text" value="Std. Dev"/>	<input type="text" value="≥"/>	<input type="text" value="1.234"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		⊙ And ⊙ Or		320		324
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="FT-201"/>	<input type="text" value="SPM 2"/>	<input type="text" value="Status"/>	<input "="" type="text" value="="/>	<input type="text" value="Mean Chan"/>	<input type="checkbox"/>
		⊙ And ⊙ Or		320		324
<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="FT-201"/>	<input type="text" value="SPM 4"/>	<input type="text" value="Status"/>	<input "="" type="text" value="="/>	<input type="text" value="Mean Chan"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

304

Then

Alert Name: ← 330 Severity: ← 332

Description: ← 334

306

图 38

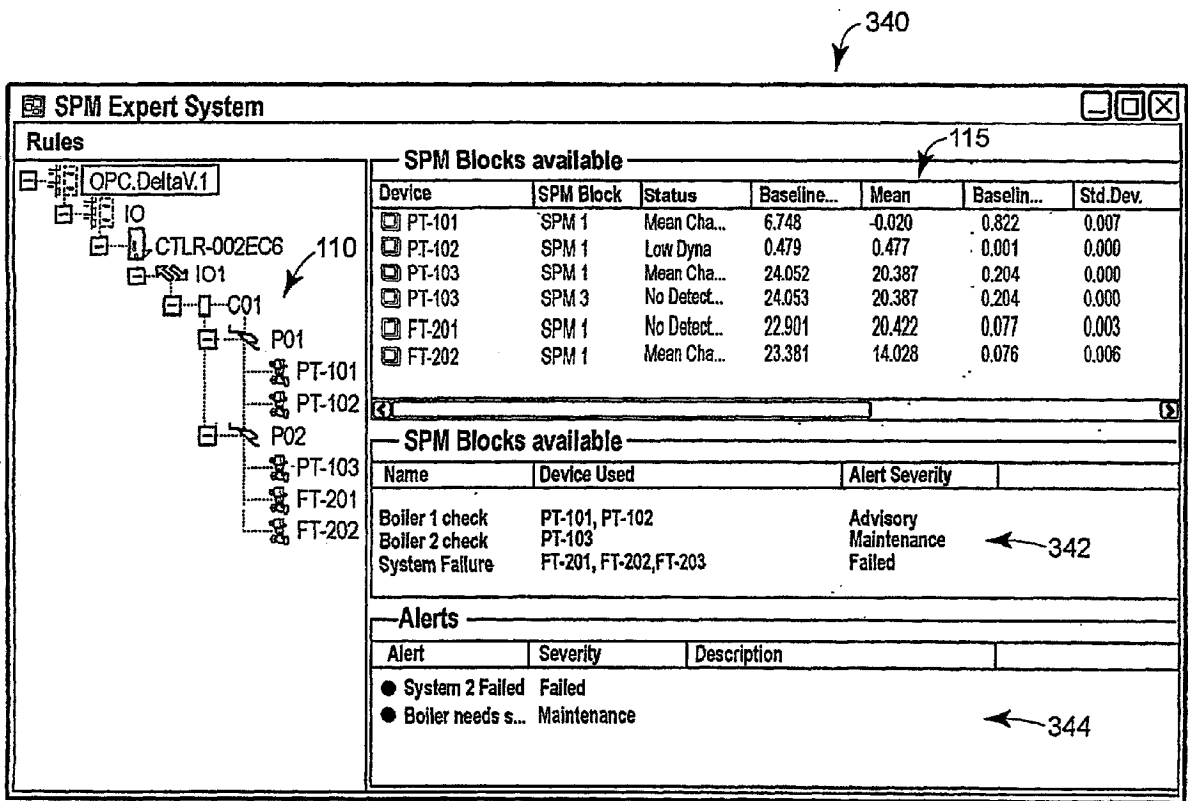


图 39

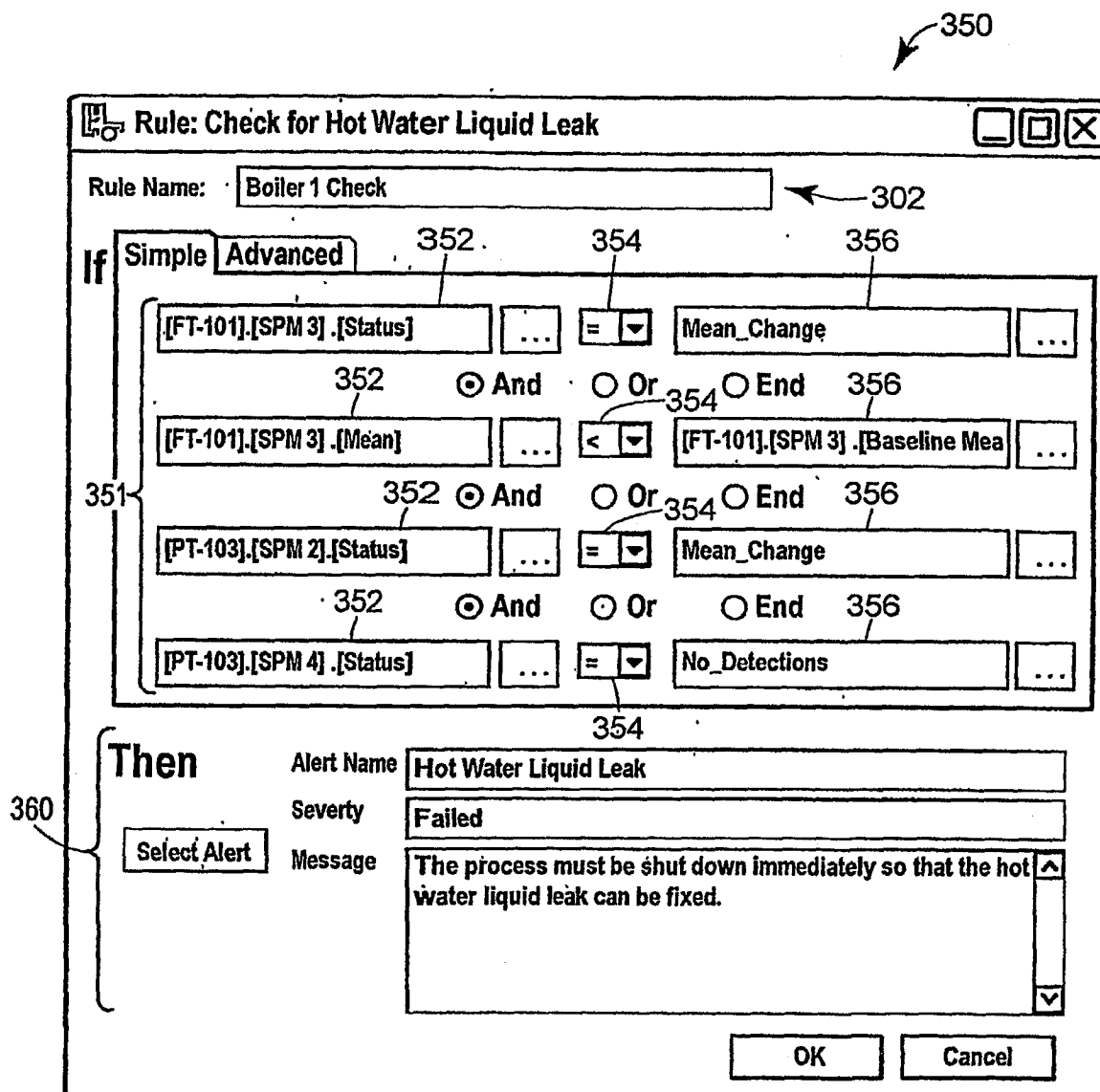


图 40

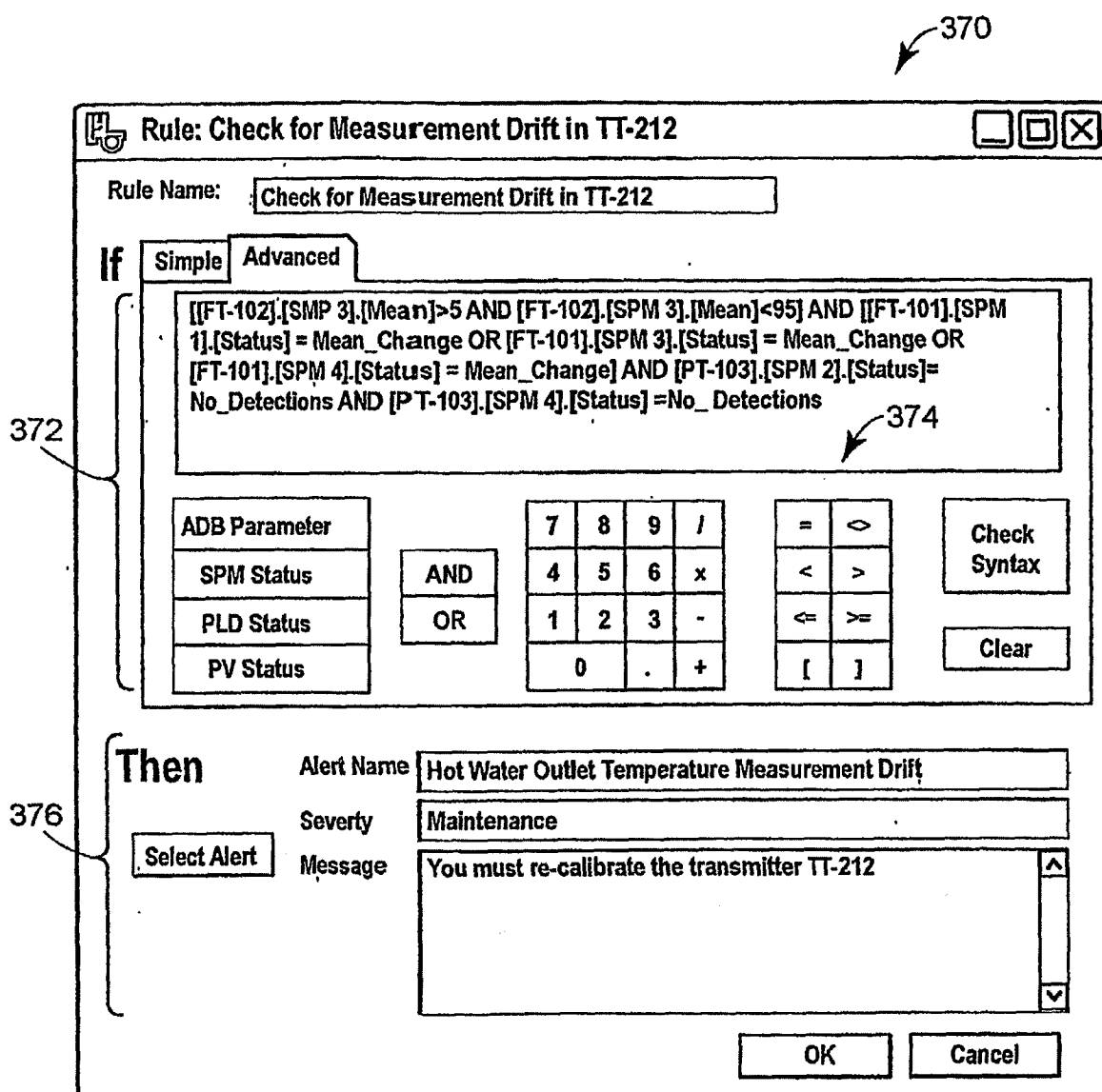


图 41

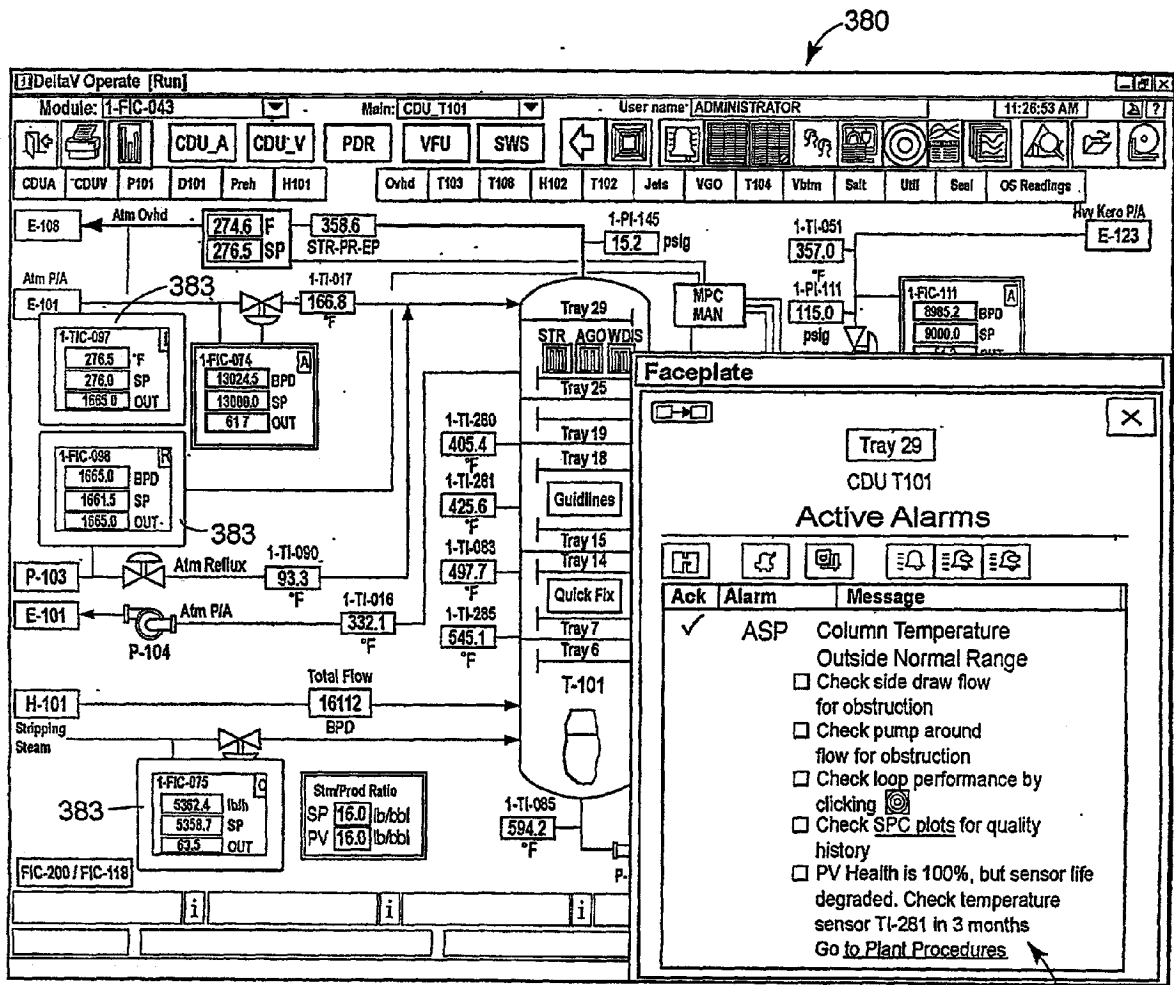


图 42

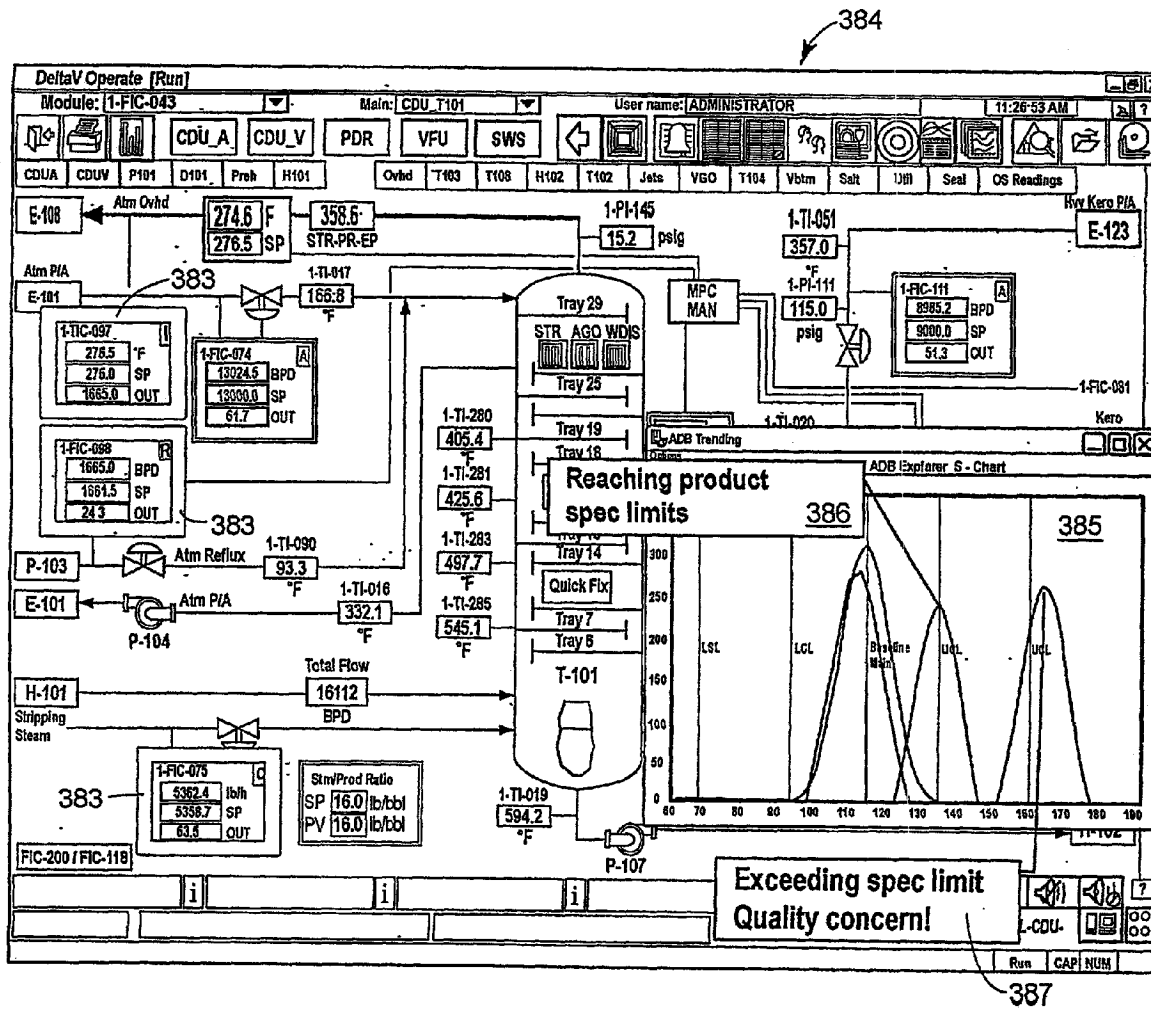


图 43

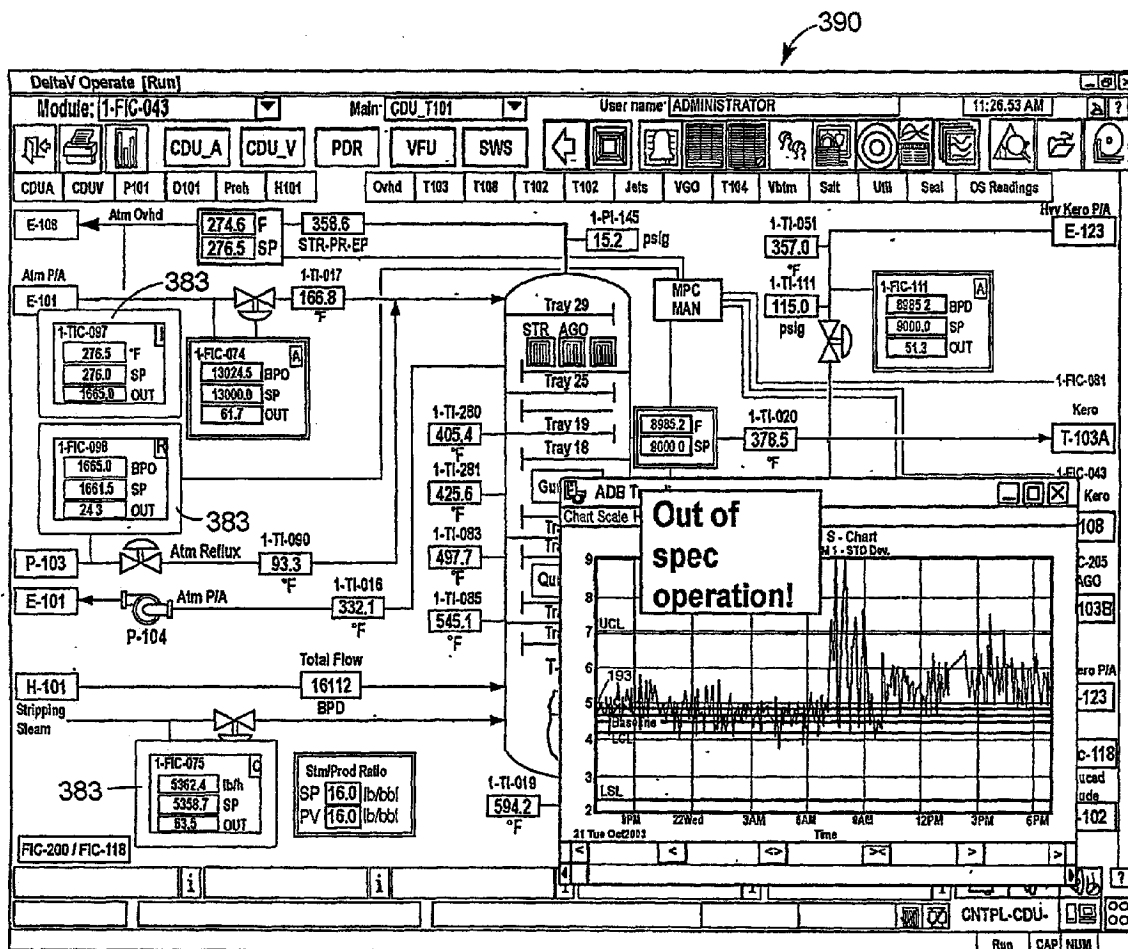


图 44

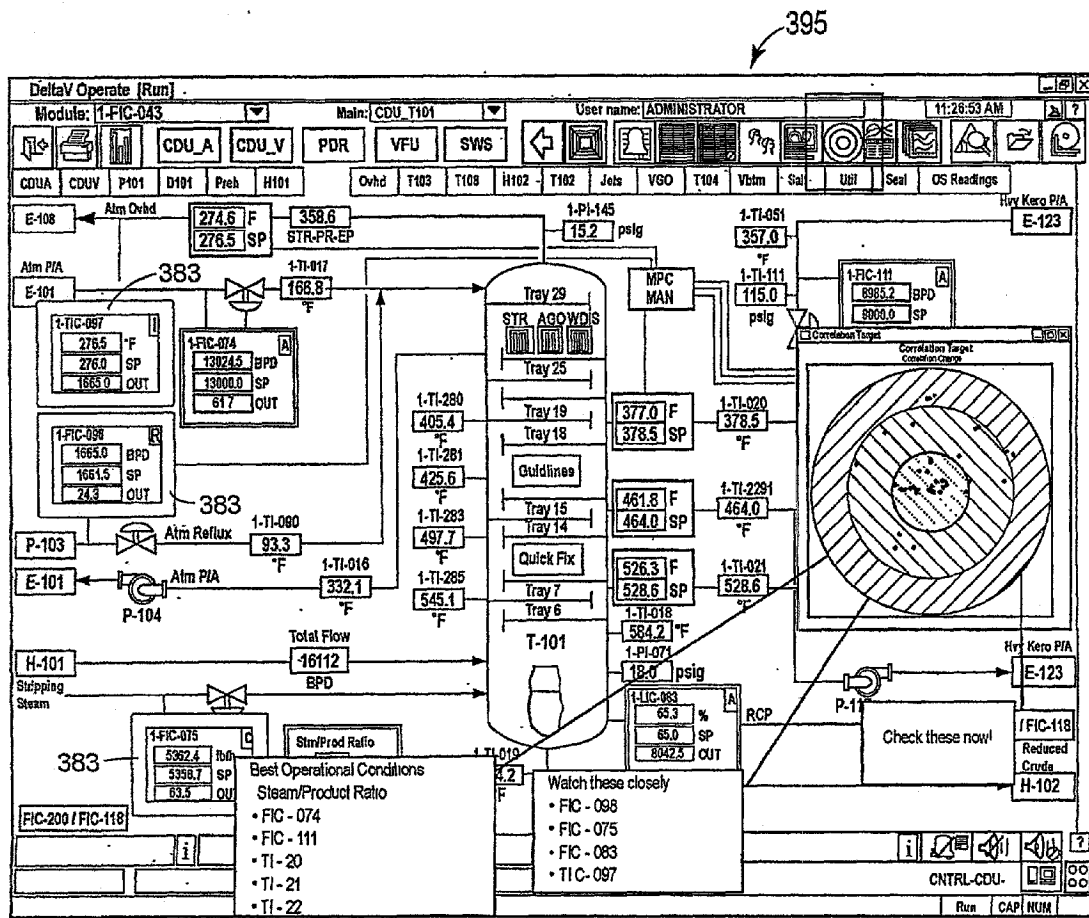


图 45

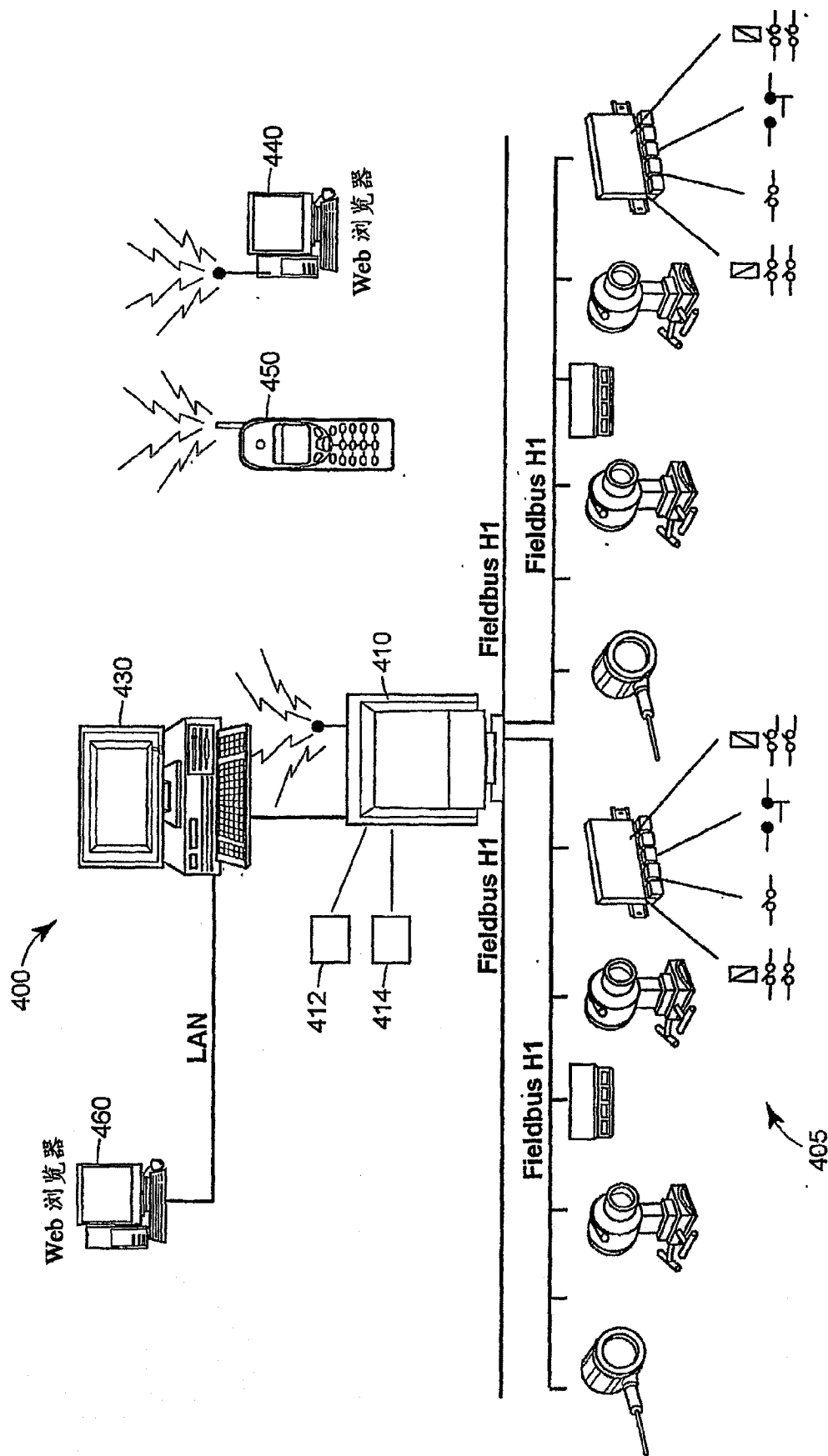


图 46

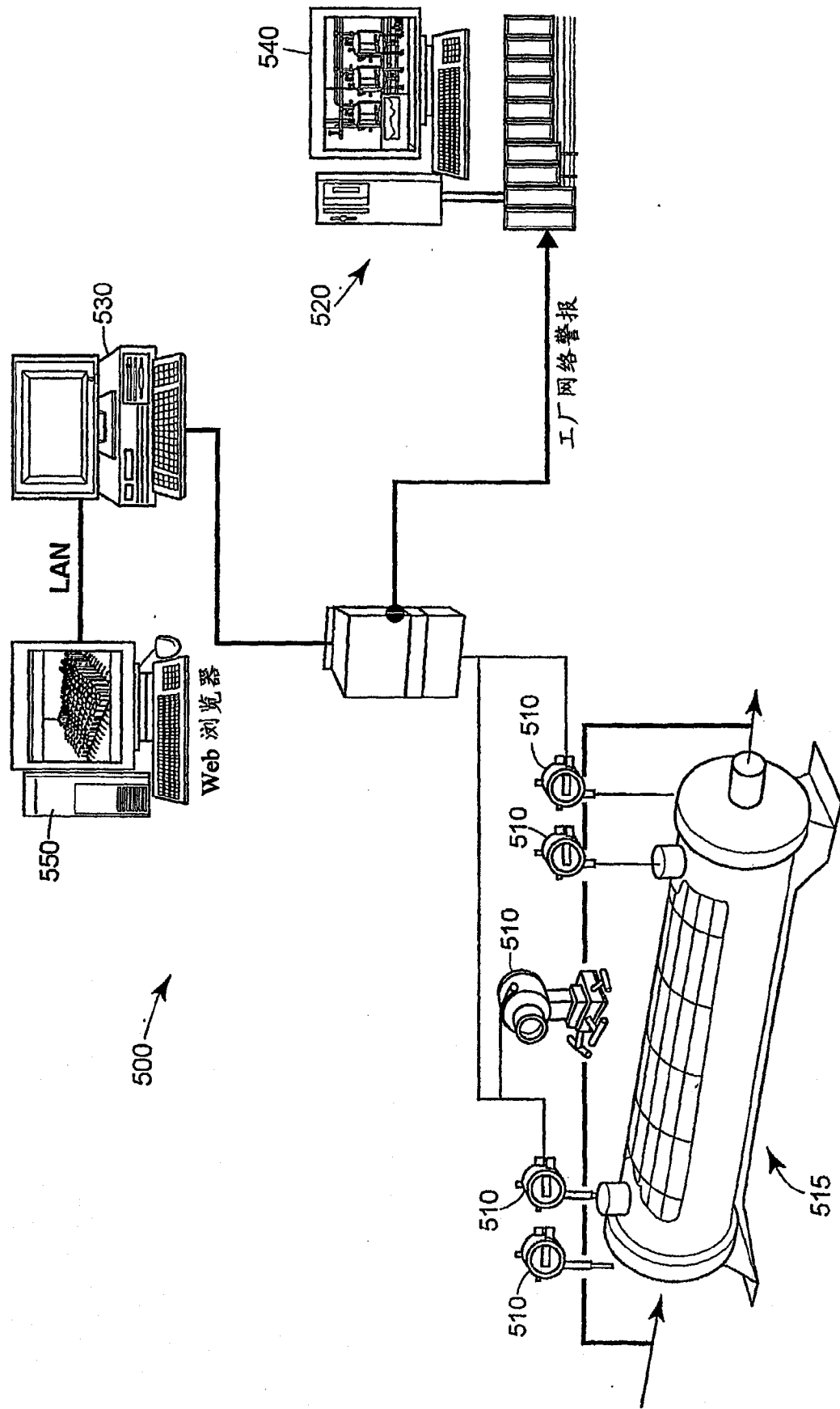


图 47