(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103019094 B
(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201210353203.X

(22)申请日 2012.09.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103019094 A

(43)申请公布日 2013.04.03

(30)优先权数据
61/536,423 2011.09.19 US

(73)专利权人 费希尔-罗斯蒙特系统公司
地址 美国得克萨斯州

(72)发明人 T·L·布莱文斯
W·K·沃杰斯尼斯 M·J·尼克松
J·M·卡尔德维尔

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 曹雯

(51)Int.Cl.
G05B 13/04(2006.01)
G05B 23/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 101387632 A,2009.03.18,
CN 101799320 A,2010.08.11,
US 2008276128 A1,2008.11.06,
WO 02088857 A1,2002.11.07,
CA 2601446 A1,2006.09.28,
CN 102004831 A,2011.04.06,
Chunhui Zhao 等.Stage-based soft-transition multiple PCA modeling and on-line monitoring strategy for batch processes.《Journal of Process Control》.2007,第17卷728-741.

审查员 唐勉

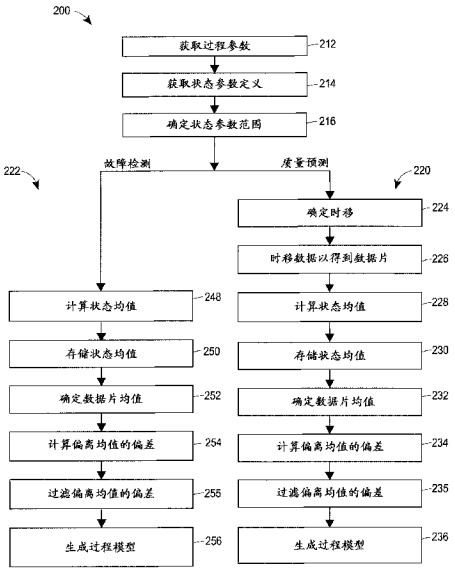
权利要求书8页 说明书30页 附图18页

(54)发明名称

使用多阶段数据分离的推理过程建模、质量预测及故障检测

(57)摘要

本发明涉及使用多阶段数据分离的推理过程建模、质量预测及故障检测。过程建模技术使用从典型的过程的历史数据开发的单一的统计模型，使用该模型对过程的多个不同过程状态进行质量预测和故障检测。建模技术为一系列的产品等级、生产量等中的每个确定过程参数的均值(和可能的标准差)，比较在线过程参数测量值与这些均值，且在单一过程模型中使用这些比较实施对该过程中的多个状态的质量预测和故障检测。由于只更新过程模型的过程参数的均值和标准差，所以当过程在任何已定义的过程阶段或状态中运行时能够用单一过程模型实施质量预测及故障检测。此外，可以对各过程参数手动或自动地校正该过程模型的敏感度(鲁棒性)以随时间调整或自适应该模型。



CN 103019094 B

1.一种用于生成在分析过程的运行中使用的过程模型的、计算机实施的方法，所述过程能在由与所述过程相关联的状态变量所定义的多个不同的过程状态中运行，所述方法包括：

在所述过程的运行期间，从所述过程收集训练数据，所述训练数据包括一组过程参数中的每一个的值、所述状态变量的值以及与多个不同过程测量次数中的每一个相关联的结果变量的值；

使用计算机处理设备，将所述训练数据划分成数据时间片以便为每一个数据时间片产生一组时间分片的数据，其中每组时间分片的数据包括所述一组过程参数中的每一个的值、所述状态变量的值以及所述结果变量的值；

将所述多组时间分片的数据存储在计算机存储器中；

使用计算机处理设备，根据所述训练数据确定一组过程状态均值，所述一组过程状态均值包括用于所述过程状态中的每一个的状态变量均值以及用于所述过程状态中的每一个的一个或多个过程参数均值；

将所述一组过程状态均值存储在计算机存储器中；

通过计算机处理设备，使用所存储的过程状态均值，推导所述数据时间片中的每一个的一组时间片均值，所述多组时间片均值中的每一个包括所述过程参数中的每一个的时间片均值；

使用计算机处理设备，推导每个数据时间片的一组偏离所述均值的偏差，特定的数据时间片的所述一组偏离所述均值的偏差包括：对于在所述特定的数据时间片内的每个过程参数，使用所述特定的数据时间片的所述过程参数值以及所述特定的数据时间片的、所述过程参数的所述时间片均值来推导所述特定的数据时间片的、所述过程参数的所述偏离所述均值的偏差；以及

使用计算机处理设备，使用所述数据时间片的所述多组偏离所述均值的偏差以及所述数据时间片的所述结果变量值，生成过程模型。

2.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中生成所述过程模型包括生成使用所述过程参数的其他组偏离所述均值的偏差来预测所述结果变量的值的过程模型。

3.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，还包括：在生成所述过程模型之前，过滤每组偏离所述均值的偏差中的所述偏离所述均值的偏差中的一个或多个。

4.根据权利要求3所述的计算机实施的方法，其中过滤所述偏离所述均值的偏差中的一个或多个包括：使用具有基于与正经历过程状态变化的过程相关联的所述过程参数中的一个或多个的时间响应的时间常数的低通滤波器，低通过滤所述偏离所述均值的偏差中的所述一个或多个。

5.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中将所述训练数据划分成数据时间片包括相对于彼此地时移所述训练数据中的所述过程参数值中的一个或多个、所述状态变量值以及所述结果变量值以便形成所述数据时间片。

6.根据权利要求5所述的计算机实施的方法，其中所述时移包括：在所述过程参数中的至少一个或所述状态变量和所述结果变量之间进行互相关以便确定与所述过程参数中的所述至少一个或所述状态变量和所述结果变量相关联的时间延迟量，以及以所述时间延迟量、相对于所述结果变量的所述结果变量值时移所述过程参数中的所述至少一个的过程参

数值或所述状态变量的所述状态变量值，从而所述每个数据时间片包括相对于所述结果变量值在时间上移位的所述过程参数值中的至少一个或状态变量值。

7.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中生成过程模型包括生成质量预测模型。

8.根据权利要求7所述的计算机实施的方法，其中生成质量预测模型包括生成偏最小二乘模型、神经网络模型、或多元线性回归模型中的一个。

9.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中生成过程模型包括生成故障检测模型。

10.根据权利要求9所述的计算机实施的方法，其中生成所述故障检测模型包括生成主成分分析模型。

11.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中将所收集的数据划分成数据时间片包括：相对于所述训练数据中的所述结果变量值时移所述训练数据中的所述过程参数值中的一个或多个以及所述状态变量值。

12.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中所述状态变量表明产品档次、所述过程的产量、生产率、或所述过程的扰动量。

13.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，还包括：作为所生成的过程模型的部分，存储所述过程状态的所确定的过程状态均值。

14.根据权利要求13所述的计算机实施的方法，还包括：从所述运行的过程收集新的过程参数值和状态变量值，以及使用所收集的新的过程参数值和所述状态变量值和所述过程状态均值来推导所生成的过程模型的输入以便推导所述结果变量的估计。

15.根据权利要求14所述的计算机实施的方法，还包括：在所述过程的正进行的运行期间，使用所述结果变量的所述估计来进行所述过程的质量预测或故障检测。

16.根据权利要求14所述的计算机实施的方法，包括：使用所述运行的过程的所收集的新的过程参数值和所述状态变量值来基于作为所述过程模型的部分存储的所述过程状态均值而确定一组时间片的偏离所述均值的偏差。

17.根据权利要求1所述的计算机实施的方法，其中推导所述数据时间片中的每一个的所述一组时间片均值包括：对于特定的数据时间片中的每个过程参数，使用所述特定的数据时间片的所述状态变量的所述值和所述特定的数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态的所述状态变量均值来确定所述特定的数据时间片的插值因子，以及使用所述插值因子和所述特定的数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态的所述过程参数均值的所述值来确定所述特定的数据时间片的所述过程参数中的每一个的所述时间片均值。

18.一种用于形成过程预测模型的、计算机实施的方法，包括：

对于多个过程参数中的每一个，从运行的过程收集一组过程参数的过程参数值、状态变量的状态变量值和结果变量的结果变量值；

使用计算机处理设备，确定一组过程状态均值，其中所述一组过程状态均值包括：对于多个过程状态中的每一个，当所述过程在所述多个过程状态中的每一个中运行时所述状态变量的平均值和所述过程参数中的每一个的平均值；

使用计算机处理设备，对于多组时间有关的数据中的每一组，使用所述过程状态均值

和与多组时间有关的数据中的每一组相关联的所述状态变量的值来确定所述一组过程参数中的每一个的时间片均值；

使用计算机处理设备，使用所述多组时间有关的数据中的每一组的所述时间片均值和所述过程参数值来确定所述多组时间有关的数据中的每一个的所述过程参数中的每一个的偏离均值的偏差；

在计算机处理设备内，使用所述多组时间有关的数据中的每一个的所述过程参数中的每一个的所确定的偏离均值的偏差和所述多组时间有关的数据中的每一个的所述结果变量值来生成过程预测模型，其能在计算机处理设备上运行以预测所述过程内的所述结果变量。

19.根据权利要求18所述的计算机实施的方法，还包括确定所述多个过程状态中的每一个的状态变量范围的定义，以及其中确定一组过程状态均值包括：对于所述多个过程状态中的每一个，使用落入每个特定的过程状态的所定义的状态变量范围内的所述状态变量值来确定所述状态变量的平均值，使用与落入每个特定的过程状态的所定义的状态变量范围内的状态变量值相关联的所述过程参数值来确定过程参数均值。

20.根据权利要求18所述的计算机实施的方法，其中所生成的过程预测模型使用多组所述过程参数的偏离所述均值的偏差来预测所述结果变量的值。

21.根据权利要求18所述的计算机实施的方法，还包括：在生成所述过程预测模型之前，过滤所述偏离所述均值的偏差中的一个或多个。

22.根据权利要求18所述的计算机实施的方法，还包括：在确定一组过程状态均值之前，通过在时间上相对于彼此时移所述过程参数值中的一个或多个、所述状态变量值以及所述结果变量值而形成多组时间有关的数据中的每一个，以便形成具有来自不同测量次数的数据的所述多组时间有关的数据。

23.根据权利要求22所述的计算机实施的方法，还包括在所述过程参数中的至少一个或所述状态变量和所述结果变量之间进行互相关以便确定与所述过程参数或所述状态变量和所述结果变量相关联的时间延迟量，以及以所述时间延迟量、相对于所述结果变量的所述结果变量值时移所述过程参数的所述过程参数值或所述状态变量的所述状态变量值，以便每组时间有关的数据包括在相对于所述结果变量值在时间上位移的所述过程参数值或所述状态变量值中的至少一个。

24.根据权利要求18所述的计算机实施的方法，其中生成过程预测模型包括生成偏最小二乘模型、神经网络模型、多元线性回归模型或主成分分析模型中的一个。

25.根据权利要求18所述的计算机实施的方法，其中对于多组时间有关的数据中的每一组确定所述一组过程参数中的每一个的时间片均值包括：使用特定的一组时间有关的数据的所述状态变量的所述值和所述特定的一组时间有关的数据的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态的所述状态变量均值，来确定所述特定的一组时间有关的数据的插值因子，以及使用所述插值因子和与所述一组时间有关的数据的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态相关联的所述过程参数的所述过程参数均值的所述值，来确定所述特定一组时间有关的数据的所述过程参数的所述过程参数均值。

26.一种用于在运行的过程中测量过程质量或过程故障的、计算机实施的方法，包括：

在计算机存储器中存储过程预测模型，其中所述过程预测模型作为一组输入取得一组

过程参数中的每一个的一组偏离均值的偏差以及作为输出产生预测的过程质量值或过程故障值；

对于多个测量次数，在所述过程的在线运行期间，从所述过程收集所述一组过程参数中的每一个的过程参数数据和过程状态变量的过程状态变量数据；

使用计算机处理设备，推导一系列数据时间片，每个数据时间片包括所述一组过程参数中的每一个的过程参数值以及过程状态变量值；

使用计算机处理设备，确定所述数据时间片中的每一个的所述过程参数中的每一个的偏离均值的偏差；以及

使用计算机处理设备，当在所述计算机处理设备上执行所述过程预测模型的时候将所述数据时间片中的每一个的所确定的偏离均值的偏差作为输入提供给所述过程预测模型以产生所述过程质量值或所述过程故障值的预测。

27.根据权利要求26所述的计算机实施的方法，还包括使用所述过程质量值或所述过程故障值的所述预测来改变所述过程的所述运行。

28.根据权利要求26所述的计算机实施的方法，还包括使用所述过程质量值或所述过程故障值的所述预测来将过程运行的问题通知用户。

29.根据权利要求26所述的计算机实施的方法，其中确定所述数据时间片中的每一个的所述偏离所述均值的偏差包括将过程参数的过程参数值与该过程参数的时间片均值相比较。

30.根据权利要求29所述的计算机实施的方法，其中确定所述数据时间片中的每一个的所述偏离所述均值的偏差包括根据作为所述过程预测模型的部分而存储的一组存储的过程状态均值确定时间片的特定的过程参数的时间片均值。

31.根据权利要求30所述的计算机实施的方法，其中确定时间片的特定的过程参数的时间片均值，包括使用所述数据时间片的所述状态变量的所述值和所述数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的过程状态的存储的状态变量均值，来确定所述数据时间片的插值因子；以及使用所述插值因子和所述数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态的所述特定的过程参数的一组过程参数均值的所述值，来计算所述特定的过程参数的所述时间片均值。

32.根据权利要求29所述的计算机实施的方法，还包括相对于彼此在时间上时移所收集的过程参数值中的一个或多个或所收集的过程状态变量值以便推导所述一系列数据时间片。

33.根据权利要求26所述的计算机实施的方法，其中所述过程状态均值包括每个过程参数的过程参数均值和多个过程状态中的每一个的状态变量的状态变量均值。

34.根据权利要求26所述的计算机实施的方法，还包括收集所述过程的新的过程参数值和状态变量值，以及通过根据所收集的新的过程参数值和状态变量值确定新的一组过程状态均值并且作为所述过程预测模型的部分存储所述新的一组过程状态均值来适应所述过程预测模型。

35.根据权利要求26所述的计算机实施的方法，还包括：在将所述偏离所述均值的偏差用作所述过程预测模型的输入之前过滤所确定的偏离所述均值的偏差。

36.一种在对过程的运行建模中使用的过程模型推导系统，包括：

计算机可读存储器；

数据收集单元，其在所述计算机可读存储器中存储多个不同过程运行次数中的每一个的确定自所述过程的多个过程参数中的每一个的过程参数值、确定自所述过程的状态变量的状态变量值以及确定自所述过程的结果变量的结果变量值；

时间片确定单元，其根据由所述数据收集单元存储的所述数据确定一系列数据时间片，其中每个数据时间片包括所述多个过程参数中的每一个的过程参数值、所述状态变量的状态变量值以及所述结果变量的结果变量值；

过程状态均值计算单元，其确定多个过程状态中的每一个的一组过程状态均值，其中特定的过程状态的所述一组过程状态均值包括：来自在其中所述状态变量值位于与所述特定的过程状态相关联的范围中的所述数据时间片中的每一个的所述状态变量值的均值，以及来自在其中所述状态变量值位于与所述特定的过程状态相关联的范围中的所述数据时间片中的每一个的所述过程参数值中的每一个的平均值；

时间片均值计算单元，其计算所述数据时间片中的每一个的所述过程参数中的每一个的时间片平均值；

偏差计算单元，其计算所述数据时间片中的每一个的所述过程参数中的每一个的偏离所述时间片平均值的偏差，其中所述偏差计算单元通过计算所述数据时间片的特定的过程参数值与所述特定的过程参数的所述数据时间片的所述时间片均值之间的差来计算所述特定的过程参数的偏离所述时间片均值的偏差；以及

过程模型生成单元，其使用所述数据时间片的所述偏离时间片平均值的偏差来推导统计的过程模型，其基于过程参数的偏离均值的偏差来预测所述结果变量的值。

37.根据权利要求36所述的过程模型推导系统，其中所述时间片确定单元包括延迟单元，其作为根据由所述数据收集单元所存储的所述数据确定所述一系列数据时间片的部分以时间延迟量相对于所述结果变量值在时间上位移所述过程参数值中的一个或多个或所述状态变量值，从而每个数据时间片包括相对于所述数据时间片的所述结果变量值在时间上位移的所述多个过程参数中的一个或多个的过程参数值或所述状态变量的状态变量值。

38.根据权利要求37所述的过程模型推导系统，还包括互相关单元，其在所述过程参数中的一个或所述状态变量和所述结果变量之间进行互相关以便确定由所述延迟单元用于相对于所述结果变量值在时间上位移所述过程参数值中的一个或多个或所述状态变量值的所述时间延迟量。

39.根据权利要求37所述的过程模型推导系统，其中所述过程模型生成单元作为所生成的统计的过程模型的部分存储所述过程状态均值和所述时间延迟量。

40.根据权利要求36所述的过程模型推导系统，还包括设置在所述偏差计算单元和所述过程模型生成单元之间的过滤单元，其过滤所述数据时间片中的每一个的所述过程参数中的每一个的所述偏离所述时间片平均值的偏差。

41.根据权利要求36所述的过程模型推导系统，其中所述过程模型生成单元作为所生成的过程模型的部分存储所述过程状态均值。

42.根据权利要求36所述的过程模型推导系统，其中所述时间片均值计算单元通过使用特定的数据时间片的所述状态变量的所述值和所述特定的数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的过程状态的存储的状态变量均值确定所述特定的数据时间片的插值

因子以及通过使用所述插值因子和所述数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态的一组过程参数均值的所述值计算所述特定的数据时间片的所述特定的过程参数的时间片均值来计算所述特定的数据时间片的所述特定的过程参数的所述时间片均值。

43.一种在监视过程的运行中使用的过程监视系统,包括:

数据收集单元,其在计算机可读存储器中存储对于多个不同的过程运行次数中的每一个的在所述过程的运行期间确定自所述过程的多个过程参数中的每一个的过程参数值、在所述过程的运行期间确定自所述过程的状态变量的状态变量值;

时间片确定单元,其根据由所述数据收集单元存储的所述数据确定一系列数据时间片,其中每个数据时间片包括所述多个过程参数中的每一个的过程参数值以及所述状态变量的状态变量值;

时间片均值计算单元,其计算所述数据时间片的每一个的所述过程参数中的每一个的时间片平均值;

偏差计算单元,其计算所述数据时间片中的每一个的所述过程参数中的每一个的偏离所述时间片平均值的偏差,其中所述偏差计算单元通过计算特定的数据时间片的特定的过程参数值与所述特定的数据时间片的所述特定的过程参数值的时间片均值之间的差来计算所述特定的数据时间片的所述特定的过程参数的偏离所述时间片均值的偏差;以及

存储在计算机可读存储器上的统计的过程模型,其在处理器上执行以基于与所述过程相关联的所述一组过程参数的所述偏离所述时间片均值的偏差来预测结果变量的值。

44.根据权利要求43所述的过程监视系统,还包括警报单元,其在所述预测值指示过程故障或过程质量问题时生成用户通知。

45.根据权利要求44所述的过程监视系统,其中所述警报单元将所述结果变量的所述预测值与阈值相比较以确定是否生成所述通知。

46.根据权利要求43所述的过程监视系统,其中所述时间片确定单元包括延迟单元,其作为根据由所述数据收集单元所存储的所述数据确定所述一系列数据时间片的部分以时间延迟量在时间上位移所述过程参数值中的一个或多个或所述状态变量值,从而每个数据时间片包括以所述时间延迟量在时间上位移的所述多个过程参数中的一个或多个的过程参数值或所述状态变量的状态变量值。

47.根据权利要求46所述的过程监视系统,其中所述延迟单元根据所述统计的过程模型获得所述时间延迟量。

48.根据权利要求43所述的过程监视系统,还包括设置在所述偏差计算单元和所述统计的过程模型之间的过滤单元,其过滤所述数据时间片中的每一个的所述过程参数中的一个或多个的由所述偏差计算单元产生的所述偏离所述时间片平均值的偏差。

49.根据权利要求48所述的过程监视系统,其中所述过滤单元使用过滤时间系数进行过滤,以及其中作为所述统计的过程模型的部分将所述过滤时间系数存储作为用于创建所述统计的过程模型的过滤时间系数。

50.根据权利要求43所述的过程监视系统,其中所述时间片均值计算单元通过使用特定的数据时间片的所述状态变量的所述值和所述特定的数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的过程状态的存储的状态变量均值确定所述特定的数据时间片的插值因子,

以及通过使用所述插值因子和所述数据时间片的所述状态变量的所述值落入其间的所述过程状态的一组过程参数均值的所述值计算所述特定的数据时间片的所述特定的过程参数的时间片均值来计算所述特定的数据时间片的所述特定的过程参数的所述时间片均值。

51.根据权利要求50所述的过程监视系统，其中所述统计的过程模型将所述状态变量均值和所述一组过程参数均值存储作为用于生成所述统计的过程模型的一组过程状态均值。

52.一种用于在运行的过程的在线运行期间适应过程模型的、计算机实施的方法，包括：

在计算机存储器中存储过程模型，其中所述过程模型作为一组输入取得一组过程参数中的每一个的一组偏离均值的偏差以及作为输出产生过程质量或过程故障的预测值，其中所述过程模型是使用自所述过程所收集的训练的一组数据以及其中所述过程模型包括自所述训练的一组数据所推导的一组过程状态均值，所述过程状态均值包括所述过程参数中的每一个的平均值以及多个不同过程状态中的每一个的所述状态变量；

对于多个测量次数，在所述过程的在线运行期间，从所述过程收集所述一组过程参数中的每一个的新的过程参数数据以及所述状态变量的新的状态变量数据；

使用计算机处理设备，根据所述新收集的过程参数数据和所述状态变量数据推导所述过程模型的新的一组过程状态均值；以及

将所述新的一组过程状态均值作为所述过程模型的部分存储在所述计算机存储器中以在确定作为所述过程模型的输入的偏离均值的偏差中使用而无需重新形成所述过程模型。

53.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，其中推导新的一组过程状态均值包括推导所述多个不同过程状态的子集的新的一组过程状态均值，以及存储所述新的一组过程状态均值包括存储所述多个不同状态的所述子集的所述新的一组过程状态均值而无需改变不在所述多个不同过程状态的所述子集中的多个不同过程状态的所述过程状态均值。

54.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，其中推导新的一组过程状态均值包括推导单个过程状态的新的一组过程状态均值，以及存储所述新的一组过程状态均值包括存储所述单个过程状态的所述新的一组过程状态均值而无需改变不同于所述单个过程状态的过程状态的所述过程状态均值。

55.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，其中推导新的一组过程状态均值包括推导与所述过程模型相关联的所有所述多个不同过程状态过程状态的新的一组过程状态均值，以及存储所述新的一组过程状态均值包括作为所述过程模型的部分存储所述新的一组过程状态均值。

56.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，还包括：在确定所述新的一组过程状态均值之前，相对于彼此在时间上时移所述新收集的过程参数数据值中的一个或多个或所述新收集的过程状态变量数据值。

57.根据权利要求56所述的计算机实施的方法，其中时移包括以作为所述过程模型的部分存储的时间延迟量在时间上时移所述新收集的过程参数值中的一个或多个或所述新收集的过程状态变量值。

58.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，还包括在所述计算机处理设备中执行

所述过程模型以及使用所述新的过程状态均值来确定新的偏离所述均值的偏差以用作所述过程模型的输入。

59.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，其中所述过程模型是神经网络模型、多元线性回归模型、主成分分析模型或偏最小二乘模型中的一个。

60.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，其中根据所述新收集的过程参数数据和所述新收集的状态变量数据推导所述过程模型的所述新的一组过程状态均值包括在生成所述新的一组过程状态均值之前归一化所述新收集的过程参数数据和所述新收集的状态变量数据。

61.根据权利要求52所述的计算机实施的方法，其中推导所述过程模型的所述新的一组过程状态均值包括将偏置值应用于所述过程模型的过程状态均值以推导所述新的过程状态均值。

使用多阶段数据分离的推理过程建模、质量预测及故障检测

技术领域

[0001] 本专利大体涉及过程控制系统建模，更具体地，涉及使用多阶段或多状态数据分离来执行连续处理或批处理中的过程建模、质量预测以及故障检测的方法。

背景技术

[0002] 过程控制系统，例如用于化学、石油或者其他过程的过程控制系统，通常包括一个或者多个过程控制器，以及通过模拟、数字或者组合的模拟/数字总线通信地耦合到至少一个主机或者操作员工作站，并耦合到一个或者多个现场设备的输入/输出(I/O)设备。现场设备，可以是例如阀、阀定位器、开关和变送器(例如温度、压强和流速传感器)，其在过程中执行例如打开或者关闭阀以及测量过程控制参数的过程控制功能。过程控制器接收表示由现场设备所进行的过程测量的信号，处理该信息以实现控制例程，并且生成控制信号，该控制信号通过总线或者其他通信线被发送至现场设备以控制该过程的运行。以此方式，过程控制器可以通过总线和/或其他通信链路使用现场设备来执行和协调控制策略。

[0003] 来自现场设备和控制器的过程信息可以为由操作员工作站(例如基于处理器的系统)执行的一个或更多应用(即例程、程序等)可用，以使得操作员能够执行关于过程的所需的功能，例如查看过程的当前状态(例如通过图形用户界面)，评估该过程，修改该过程的运行(例如通过可视的对象图)等等。很多过程控制系统还包括一个或多个应用站，这些应用站通常使用个人电脑、笔记本或者类似装置实现，并且通过局域网(LAN)通信地耦合至控制器、操作员工作站和过程控制系统内的其他系统。每个应用站可以包括显示过程控制信息的图形化用户界面，该过程控制信息包括与过程、过程故障检测信息和/或过程状态信息相关联的质量参数值、过程变量值。

[0004] 通常地，在图形化用户界面中显示过程信息受限于与该过程相关联的每个过程变量的值的显示。在一些情况中，过程控制系统可以描绘一些过程变量之间的简单关系以估计与该过程相关联的质量度量，该过程和/或其他过程变量通常仅能够在生产完成之后被详细分析。

[0005] 用于过程质量预测和故障检测的预测性建模的使用开始在连续处理和批处理中流行起来。正如已知地，连续处理以连续方式对一组连续提供的原材料进行处理，以制造产出的产品。一般而言，在连续处理中使用的过程控制器试图将过程中特定位置的各种过程参数保持一致。然而，由于连续处理的生产量、所制得的产品的类型或等级、投入过程中的原材料的外包装等会有规律地变化，因而难以在线地(即过程在运行中)执行过程产出的质量预测，这是由于过程参数值可能基于生产量、所制得的产品等级等的改变而在任意特定位置变化。另一方面，批处理通常通过不同数量的阶段或步骤运行，以作为一个“批次”地一并处理一个共同组的原材料，以生产产品。一个批处理的多个阶段或步骤可以使用相同的设备来执行，例如容器罐，而其他的阶段或步骤可以在其他设备中执行。然而，由于温度、压强、浓度或者被处理材料的其他参数在批次运行期间随着时间变化很多次，而材料却保持在相同的位置，因此难以确定批处理在批次运行的任意时间是否以与可能生产具有所需质

量度量的最终产品相同的方式运行。因此，也难以执行批处理中的质量预测和故障检测。

[0006] 一种已知的预测当前正在运行的进程是否正常进行或者处于所需的规范内(并且因而产生具有所需质量度量的产品)的方法包括：将正在运行的过程的运行期间所得到的各种过程变量测量与在之前运行的过程进行期间所得到的类似测量进行比较，其中之前运行过程的产出已经被测量或以其他方式已知。然而，正如上文所说明的，连续处理的运行会基于产量和产品等级变化，而批处理的时间长度会变化，也即，其完成批次所需的时间变化，这使得难以知道之前过程运行的哪个时间最适合在线过程的当前所测量的参数。此外，在所需情况中，过程变量能够在过程运行期间大范围地变化，与一个选定的之前过程的那些变量相比，最终产品的质量没有显著降低。因此，如果不是实际不可行的话，通常难以识别过程的一个特定的之前运行，该运行能够被用于所有情况中以测量或预测随后过程运行的质量。

[0007] 一个更先进的克服了上面指出的问题中的一个问题的分析正在进行的连续处理和批处理结果的方法包括基于过程的各个运行创建用于该过程的统计模型。这种技术包括从一个过程的多个不同运行或在一个过程中的多个不同时间收集一组过程变量(参数)的每一个的数据。之后，所收集的参数或质量数据被用于创建该过程的统计模型，该统计模型表示产生所需质量度量的过程的“正常”运行，这种过程的统计模型然后能够被用于分析在特定的过程实现期间所得到的不同的过程参数测量是如何统计地关联于在被用于开关该模型的过程中所得到的相同的测量，例如，这种统计模型可以被用于提供每个测量的过程参数的中间值，或者关联于每个测量的过程变量的标准差，该过程变量是在能够与当前过程变量相比较的过程运行期间的任意特定时间或位置所测量的，比如，这种统计模型可以被用于预测过程的当前状态将如何影响或关联于在过程结束或输出时生产的产品的最终质量。

[0008] 通常地，线性和非线性统计地给予模型的过程预测器能够被用于预测在线测量不可用的产品质量参数。这种过程参数预测器已知有各种不同的名称，包括：例如软传感器或推理传感器以及类似的传感器。事实上，有些种类的给予模型的线性预测器被用于执行过程内的过程参数预测，这些给予模型的预测器中最有优势的是多线性退化(MLR)预测器、主成分回归分析(PCR)预测器、主成分分析(PCA)预测器、偏最小二乘(PLS)预测器以及判别分析(DA)预测器。这些预测器能够被用于离线和在线分析工具中以预测参数，例如由过程生产的产品的质量测量。此外，已知使用PCA技术来执行过程中的故障检测。

[0009] 然而，已知的基于模型的预测器具有一个显著的缺陷，它们不能针对变化着的过程状态来调节其中所使用的预测性过程模型，这种变化的过程状态可能由，例如生产率或产量变化、产品等级变化，引起。事实上，为了使用现有技术来对付这个问题，必须为每个可能的生产率或产品等级来构造不同的模型。然而，这种技术导致预测器非常复杂，难以构造或使用，这是因为推导、存储和使用多个预测性模型变得非常耗费处理器，要求大量的存储空间，并且过于复杂而难以在实时系统中实现和维护。

[0010] 因此，虽然已知使用统计过程建模技术来对过程建模，例如连续处理，但是这些建模过程技术通常使得在一个连续处理稳定或很好地定义的情况下良好工作，也即，在所制得的产品变化很小，或者过程的产量变化很小的情况下。因此，在许多例子中，用于故障检测和预测的分析工具，例如PLA和PLS技术，的在线实现被限制在生产单独产品的连续处理

中。在许多例子中，过程通常被作为具有一组固定的测量和实验室分析的单独单元处理。对于这种过程、单独的PLA或PLS模型可以被推导并应用于在线环境中。不幸地是，这些技术并不能满足连续处理或批处理的要求，在这些连续处理或批处理中，可以使用一个或更多个不同的工厂设备(在不同时间)来生产多个等级的产品，或者具有可变的产量，或者在其中运行条件有规律的变化。

发明内容

[0011] 一种过程建模技术使用由典型过程的历史数据推导的单独统计模型，例如PLS、PCR、MLR等模型，并且将这个模型用于各种不同的过程状态的质量预测或故障检测。更具体地，这种建模技术确定针对一组产品等级、产量等的每一个的过程参数的均值(以及可能的标准差)，将在线过程参数测量与这些均值进行比较，并在单个过程模型中使用这些比较来执行该过程各个状态的质量预测或故障检测。由于仅需更新过程模型的过程参数的均值和标准差，因此在过程运行在任意所定义的过程阶段或状态的同时，一个单独的过程模型能够被用于执行质量预测或故障检测。此外，可以针对每个过程参数手动或自动调节过程模型的灵敏性(鲁棒性)，以随着时间调整或适应模型。

[0012] 使用过程建模技术的过程质量预测和故障检测系统在连续处理和批处理中具有显著增加的功能和效用，这是因为质量预测和故障检测系统允许调节推理传感器的状态，并为操作人员提供附加的对当前在线过程运行的理解。

[0013] 所公开的建模技术，其可以用于批次或连续制造过程中，将过程的运行划分为与状态参数相关或者由状态参数定义的不同阶段或状态，通常来说，该状态参数关联于或指示过程的各个可能状态。状态参数可以是例如产品等级、过程产量或者任意其他的过程显著干扰的变量。

[0014] 该建模技术首先基于多个过程阶段的测量的过程的运行推导质量预测或故障检测模型，并且之后使用该模型来在过程的在线运行期间执行质量预测或故障检测。在模型创建阶段，该方法收集由过程生成的训练数据，该训练数据包括用作所创建的模型的输入的各种过程参数的值或测量，定义过程状态的状态参数的值，以及质量参数或故障指示的值。该方法可以针对质量预测模型时移过程输入参数值和状态参数值，以将该数据与将要预测的质量参数对准，由此消除过程输入和将要预测的质量参数之间的可变过程延迟的影响。然后处理时移的数据(在生成质量预测模型的情况下)或训练数据(在故障检测模型的情况下)，以确定一组过程参数均值，每个过程状态的状态参数均值和质量或故障参数均值。这些过程状态均值和每个数据时间片的状态参数值(在对准时间的数据或训练参数)然后被用于推导针对每个数据时间片的一组时间片均值，并且过程参数的瞬时值和时间片均值随后被用于推导每个时间片的相对于均值的一组偏差。该组相对于均值的偏差随后可以被过滤，而且这些被过滤的相对于均值的偏差被用于推导过程模型，例如PLS模型、神经网络(NN)模型、MLR模型、PCA模型等。这些过程状态均值还被存储为模型的一部分。

[0015] 之后，在过程在线运行期间，模型可以被用于执行质量预测或故障检测。特别地，过程参数和状态参数测量在过程在线运行时由过程获得，并且该数据可以被存储在临时存储器中。对于质量预测模型，过程和状态参数测量可以以在该模型研发期间所执行的时移相同的方式时移。在任意情况中，由过程可以获得多组时间片数据，每个数据时间片包括每

个过程输入参数和状态参数的值。存储为模型的一部分的过程参数均值和状态参数均值然后被与每个时间片的状态参数的值一起使用，以确定每个时间片的过程参数的时间片均值。每个数据时间片的时间片均值以及该时间片的过程参数和状态参数的值然后被用于创建该数据时间片的一组相对于均值的偏差。每个时间片相对于均值的偏差可以被过滤，并且过滤的数据然后被输入到过程模型以执行过程内的在线质量预测或故障检测。

[0016] 显著地，这样创建和运行的模型将能够在所有定义的过程状态中进行质量预测或故障检测，而不需要改变过程模型，或者能够为每个过程状态推导不同的过程模型。事实上，在改变用于确定输入到模型中的相对于均值的偏差的时间片均值的运行中说明了不同过程状态中过程的变化的运行。此外，当过程在不同过程状态之间转换时，过滤相对于均值的偏差提供了更好的质量预测或故障检测。

[0017] 因此，使用之前针对一个过程确定的过程状态定义的模型生成和数据分析推导了用于该过程的各种不同运行状态的相对于均值的不同组偏差，并且然后在一个单独的过程模型中使用这些不同组的相对于均值的偏差，而不需要针对该过程的每个运行区域或状态生成一个新的或不同的过程模型。换言之，被用来执行过程的在线数据分析的过程模型能够针对过程一次确定，并且被用于分析过程，甚至在过程运行在不同状态的情况下，并且不需要针对过程运行的每个阶段或状态确定不同的模型。替代地，模型的输入是基于相对于均值的偏差，该偏差被针对不同的过程阶段或状态改变或变化，以向该模型提供基于过程正在运行时所处的过程状态来进行质量预测或执行故障检测而不改变模型本身的能力。

[0018] 如果需要的话，在过程在线运行期间，过程状态均值可以通过收集与一个或多个过程状态相关的来自过程的附加数据来改写，该过程状态例如是在模型创建期间没有收集或收集了很少数据的过程状态，或者是在其中过程运行自模型创建后可以改变的过程状态。在收集新数据之后，新的或者改变的过程状态的过程均值可以被确定并存储为过程模型的一部分，由此允许过程模型被用于在新过程状态中或改变的过程状态中执行质量预测或故障检测，而不更新过程模型本身。

[0019] 进一步地，警报和警示可以基于在线质量预测和故障检测系统的运行自动生成，并且这些警报和警示可以在过程运行期间提供给用户，以使得用户能够进行所需的改变或者采用修正措施。更进一步地，先进的用户界面功能允许用户能够容易地查看在生成特定警报和警示时或前后的过程变量趋势图，以确定负责该警报或警示的过程参数。这些趋势图可以使得用户能够与警示时或前后的过程参数的均值和标准差比较地查看过程参数的历史值，而不需要手动地搜寻数据历史库以查找该信息。这种功能使得在过程在线运行期间的检修故障和采取修正措施更容易且更快速。

附图说明

[0020] 图1是具有控制器和现场设备的过程控制网络的示意图，其可以被用于实现过程以及各种过程建模部件以提供过程质量预测和故障检测；

[0021] 图2示出了包括示例性运行管理系统的示例性过程控制系统的框图，该示例性运行管理系统可以实现用于分析过程的在线过程分析系统；

[0022] 图3示出了生成一个或多个质量预测模型和故障检测模型的方法的过程流程图；

[0023] 图4示出了用于生成质量预测模型的在一组过程参数和质量参数之间互相关性的

一组互相关性图的图像；

[0024] 图5是图4的互相关性图中的一个的放大视图，其示出了由互相关性功能所确定的过程参数的变化与质量变量的变化之间的延迟时间；

[0025] 图6A和6B示出了用于推导一个或更多个基于统计的过程模型的系统的硬件/软件流程框图，该过程模型用于在连续处理或批处理中执行过程质量预测或故障检测；

[0026] 图7示出了在过程在线运行期间使用一个或更多个质量预测模型来执行质量预测和/或故障检测的方法的过程流程框图的流程图；

[0027] 图8示出了实现一个或多个基于统计的过程模型以使用过程状态分离来在连续处理或批处理中执行过程参数质量预测的系统的硬件/软件流程框图；

[0028] 图9是可以被实现以使用采用图3的方法创建的统计过程模型来执行质量预测和/或故障检测的功能块的框图；

[0029] 图10示出了一系列传统地提供给用户以使得用户能够执行与警报或警示相关的参数数据分析的用户界面屏幕；

[0030] 图11A-11D示出了一系列用户界面屏幕，其可以被创建并提供给用户以允许用户容易查看与使用质量预测或故障检测或其他警报系统生成的警报或警示相关联的过程参数趋势图；

[0031] 图12A-12C示出了一系列用户界面屏幕，其可以被创建并提供给用户以允许用户容易查看在与传统过程控制系统的警报环境中生成的警报或警示相关联的过程参数趋势图。

具体实施方式

[0032] 图1示出了示例性过程控制系统10，在其中可以实现实施在线质量预测和故障检测的高级技术。特别地，待实现在系统10中的质量预测和故障检测技术根据过程数据产生了一系列质量预测和/或故障检测模型，并且随后使得用户能够使用这些模型来在连续处理或批处理中的多个预定的过程状态或过程阶段上施行在线质量预测和故障检测。因此，这些技术能够应用于或用于在连续处理或批处理中施行质量预测和/或故障检测，在这些连续处理或批处理中，产量、产品等级或其他一些干扰变量规律地变化，而无需为每个可能的过程阶段或过程状态产生独立的模型。

[0033] 图1示出的过程控制系统包括连接到数据历史记录12以及一个或多个主工作站或计算机13(其可以是任意类型的个人计算机、工作站等)的过程控制器11，每个主工作站或计算机13具有显示屏14。控制器11还通过输入/输出(I/O)卡26和28被连接到现场设备15-22，并且可以运行以使用现场设备15-22实现批处理的一个或多个批次运行。数据历史记录12可以是任意所需类型的数据收集单元，其具有任意所需类型的存储器以及任意所需的或已知的用于存储数据的软件、硬件或固件。数据历史记录12可以与工作站13中的一个分离(如图1所示)，或者是工作站13中的一个的一部分。控制器11，其可以是例如Emerson Process Management所售的DeltaV®控制器，通过例如以太网连接或任意其他所需的通信网络23被通信地连接到主计算机13以及数据历史记录12。控制器11采用与例如标准4-20毫安设备和/或诸如FOUNDATION® Fieldbus协议、HART®协议、WirelessHART™协

议等的任何智能通信协议相关联的任意所需的硬件和软件而被通信地连接到现场设备15-22。

[0034] 现场设备15-22可以是任意类型的设备，诸如传感器、阀、变送器、定位器、等，而I/O卡26和28可以是符合任意所需通信或控制器协议的任意类型的I/O设备。在图1所示的实施例中，现场设备15-18是通过模拟线或组合的模拟与数字线与I/O卡26通信的标准4-20毫安设备或者HART设备，而现场设备19-22是诸如FOUNDATION® Fieldbus现场设备的智能设备，其采用Fieldbus通信协议通过数字总线与I/O卡28通信。当然，现场设备15-22可以符合任意其他所需的一个或多个标准或协议，包括将来开发的任意标准或协议。

[0035] 控制器11包括实现或监控一个或多个过程控制例程(存储在存储器32中)的处理器30，其可以包括控制环路，并且与设备15-22、主计算机13以及数据历史记录12通信，从而以任意所需的方式控制过程。应当注意，如果需要，在此所述的任意的控制例程或模块(包括质量预测和故障检测模块或功能块)可以具有由不同的控制器所实现或执行的部分。类似地，在此所述的将要在过程控制系统10中实现的控制例程或模块可以采用任意的形式，包括软件、固件、硬件等。可以以任意所需的软件格式实现控制例程，诸如采用面向对象编程、梯形逻辑、时序功能图、功能块图、或者采用任意其他的软件编程语言或设计范例。控制例程可以被存储在任何类型的存储器，诸如随机存储器(RAM)或只读存储器(ROM)中。类似地，控制例程可以被硬式编码到，例如一个或多个EPROM、EEPROM、专用集成电路(ASIC)、或者任意其他硬件或固件元件中。因此，控制器11可以被配置为以任意所需的方式实现控制策略或控制例程。

[0036] 在一些实施例中，控制器11采用通常所称的功能块来实施控制策略，其中每一功能块是总体控制例程的对象或者其他部分(例如子例程)，并且与其他功能块(通过被称为链接的通信)协同运行以在过程控制系统10中实现过程控制环路。基于控制的功能块通常实施输入功能、控制功能或输出功能中的一种以在过程控制系统10中执行一些物理功能，该输入功能是诸如与变送器、传感器或其他过程参数测量设备相关联的功能，该控制功能是诸如与实施PID、模糊逻辑等控制相关联的功能，该输出功能是控制诸如阀的一些设备的运行的功能。当然，还存在有混合的以及其他类型的功能块。功能块可以被存储在控制器11中并被其执行，这通常是在这些功能块被用于，或者关联于标准4-20毫安设备以及诸如HART设备的一些类型的智能现场设备的情况中，或者在这些功能块可以被存储在现场设备本身并由其实现，这能够是有关Fieldbus设备的情况中。

[0037] 正如图1的分解的块40所示，控制器11可以包括一些如例程42与44所示的单环控制例程，以及如果需要的话，可以实现一个或多个先进控制环路，诸如控制环路46所示的多个/输入-多个/输出控制例程。每个这种环路通常被称为控制模块。单环控制例程42与44被示出为采用单个输入/单个输出模糊逻辑控制块以及分别被连接到适合的模拟输入(AI)与模拟输出(AO)功能块的单个输入/单个输出PID控制块来执行单环控制，这些控制块可以关联于诸如阀的过程控制设备、诸如温度和压力变送器的测量设备、或者过程控制系统10中的任意其他的设备。先进控制环路46被示出为包括通信地连接到一个或多个AI功能块的输入以及通信地连接到一个或多个AO功能块的输出，然而先进控制块48的输入与输出可以被连接到任意其他所需的功能块或控制元件以接收其他类型的输入并提供其他类型的控制输出。先进控制块48可以是模块预测控制(MPC)块、中枢网络建模或控制块、多变量模糊逻

辑控制块、实时优化块等中的任何类型，或者可以是可适应地整定的控制块等。可以理解，图1所示的功能块能够由控制器11执行，或者替代地，能够位于诸如工作站13中的一个或者甚至现场设备19-22中的一个的其他处理设备中并由其执行。

[0038] 此外，如在图1中所示，一个或多个过程分析例程50可以由过程控制系统10的各种设备存储并执行，并且这些过程分析例程50可以用于实施下文将详述的质量预测和故障检测数据分析。虽然过程分析例程50被示出为存储在一个或多个计算机可读存储器52中以在工作站13和控制器11的处理器54上被执行，例程或功能块50能够替代地被存储并执行在其他设备中，诸如现场设备15-22、数据历史记录12或独立设备。过程分析例程50被通信地耦接到诸如控制例程42、44、46的一个或多个控制例程，和/或被耦接到数据历史记录12以接收一个或多个所测量的过程变量测量值，并且在一些情况下，接收关于施行数据分析的用户输入。通常而言，如下文详述地，过程分析例程50被用于开发一个或多个统计过程模型并根据该模型来分析进行中的或在线过程运行。分析例程50还可以向诸如批处理或连续处理操作员的用户显示关于在线或进行中批次的运行，如同过程控制系统10所实现的一样。过程分析例程50从用户获取有用信息，以用于数据分析。

[0039] 图2是示出了过程控制环境100另一示例的框图，该过程控制环境100包括运行管理系统(OMS)102，其又被称为过程监控与质量预测系统(PMS)，其能够用于实现在线过程建模和分析系统，如在此所详述地。OMS 102位于包括过程控制系统106的工厂104中，工厂104可以包括例如图1的过程控制网络10中的部分或全部。示例性工厂104可以是任意类型的制造设施、过程设施、自动化设施、和/或任意其他类型的过程控制结构或系统。在一些示例中，工厂104可以包括位于不同位置的多个设施。因此，尽管图2的工厂104被示出为包括单个过程控制系统106，工厂104还可以包括附加的过程控制系统。

[0040] 过程控制系统106，其通过数据总线110被通信地耦接到控制器108，该过程控制系统106可以包括任意数量的用于实现过程功能的现场设备(例如，输入和/或输出设备)，该过程功能诸如执行过程中的物理功能或进行过程参数(过程变量)的测量。现场设备可以包括任意类型的过程控制组件，该过程控制组件能够接收输入、生成输出、和/或控制过程。例如，现场设备可以包括诸如阀、泵、风扇、加热器、冷却器、和/或混合器的输入设备以控制过程。附加地，现场设备可以包括诸如温度计、压力计、浓度计、液位计、流量计、和/或气体传感器的输出设备来测量过程内或部分过程内的过程变量。输入设备可以从控制器108接收指令以执行一个或多个指定的命令并引起过程改变。此外，输出设备测量过程数据、环境数据、和/或输入设备数据并将所测量的数据作为过程控制信息发送给控制器108。这种过程控制信息可以包括相应于来自每个现场设备的所测量的输出的变量的值(例如，所测量的过程变量和/或所测量的质量变量)。

[0041] 在图2示出的示例中，控制器108可以通过数据总线110与过程控制系统106中的现场设备通信，其可以被耦接到过程控制系统106中的中间通信组件。这些通信组件可以包括现场接线盒以将命令区中的现场设备通信地耦接到数据总线110。附加地，通信组件可以包括调度柜来组织到现场设备和/或现场接线盒的通信路径。此外，通信组件可以包括I/O卡以从现场设备接收数据并将数据转换为能够被示例性控制器108所接收的通信媒介。这些I/O卡可以将来自控制器108的数据转换为能够被相应的现场设备处理的数据格式。在一个示例中，可以采用Fieldbus协议或其他类型的有线和/或无线通信协议(例如Profibus协

议、HART协议等)实现数据总线110。

[0042] 图2的控制器108(其可以是个人电脑或任何其他类型的控制器设备)执行一个或多个控制例程以管理过程控制系统106内的现场设备。控制例程可以包括过程监控应用程序、警报管理应用程序、过程趋势和/或历史应用程序、批处理和/或活动管理应用程序、统计应用程序、流视频应用程序、先进控制应用程序等。此外,控制器108可以将过程控制信息转发给OMS 102和数据历史记录(未在图2中示出)。控制例程可以被实现来确保过程控制系统106制造指定量的在一定质量阈值内的所需产品。例如,过程控制系统106可以被配置成在批次结束时制造产品的批次系统。在其他的示例中,过程控制系统106可以包括连续过程制造系统。

[0043] 来自于控制器108的过程控制信息可以包括相应于所测量的、来源于过程控制系统106中现场设备的过程和/或质量变量的值。在其他示例中,OMS 102可以将过程控制信息中的值解析为相应的变量。所测量的过程变量可以关联于过程控制信息,该过程控制信息来源于测量部分过程和/或现场设备特性的现场设备。所测量的质量变量可以关联于过程控制信息,该过程控制信息有关于测量与已完成产品的至少一部分相关联的过程的特性。

[0044] 例如,过程可以在在流体中形成化学制品的浓度的罐中进行化学反应。在这种示例中,流体中化学制品的浓度可以是一种质量参数。流体的温度和流体流入罐的速率可以是过程参数。过程的产量可以是由用户限定为状态参数的过程参数。通过下文将详述的过程控制建模和/或监控,OMS 102可以确定,罐中流体的浓度取决于在罐中流体的温度以及流入罐的流体流速。换言之,所测量的过程参数作用于或者影响所测量的质量参数的质量。OMS 102可以使用统计处理来施行故障检测和/或质量预测,并且来例如确定每个过程参数对于质量参数影响和/或作用的量。

[0045] 附加地,OMS 102可以建模和/或确定关联于过程控制系统106的所测量的过程参数和/或质量参数之间的关系。所测量的过程和/或质量参数之间的这些关系使得形成一个或多个经计算的质量参数是可行的。经计算的质量参数可以是一个或多个所测量的过程参数、所测量的质量参数、和/或其他经计算的质量参数的多变量的和/或线性代数的组合。此外,OMS 102可以由所测量的过程参数、所测量的质量参数、和/或经计算的质量参数的组合确定总体质量参数。总体质量参数可以相应于整个过程的质量确定和/或可以相应于过程的所产生的产品的预测的质量。当然,可以在线或离线(例如使用实验室分析)来测量质量参数。

[0046] 如图2所示,OMS 102包括分析处理器114,其使用描述建模、预测建模、和/或优化来生成关于过程控制系统106状态和/或质量的反馈。分析处理器114可以执行例程(诸如图1的例程50)来检测、识别、和/或诊断过程运行故障并预测任意故障对关联于过程控制系统106所生成的产品的质量的质量参数和/或总体质量参数的影响。此外,分析处理器114可以通过统计地和/或逻辑地将质量和/或过程参数组合到关联于过程的总体质量的总体质量参数来监控过程运行的质量。分析处理器114然后可以将为总体质量参数计算的值和/或关联于其他质量参数的值与各自阈值进行比较。这些阈值可以建立在在过程中的不同时间的总体质量参数的预定的质量限度的基础之上。例如,如果关联于过程的总体质量参数超过阈值一段时间,则所预测的所产生的产品的最终质量可能不能符合与最终产品相关联的质量度量。

[0047] 如果总体质量参数和/或任意其他质量参数偏离各自阈值，则分析处理器114可以在过程观察图和/或过程变化图中生成故障指示，其显示被解释的和/或未被解释的与总体质量参数相关联的偏差(或变化)，和/或可以显示生成该过程故障的变量或参数。示例性分析处理器114通过提供使得操作员能够生成可以显示所测量的过程参数、所测量的质量参数、和/或经计算的质量参数等的当前和/或过去值的过程质量图(例如，组合图、迷你图、过程偏差图、变量趋势图、图像等)的功能来管理分析，以确定一个或多个过程故障的起因。此外，在一些情况下，分析处理器114在过程运行时生成这些图形，并且当OMS 102接收附加的过程控制信息时，分析处理器114不断地更新和/或重新计算关联于每个图形的多变量统计。

[0048] 为了施行连续和批处理的这些功能，OMS 102为连续处理中的多个不同的时间中的每个或为批处理中的多个不同的批次运行中的每个收集用于多个不同过程参数的过程数据。该数据可以收集自控制器108或控制系统106内的现场设备，收集自数据历史记录(例如图1的数据历史记录12)，该数据历史记录可能已经收集并且存储用于过程的不同的批次运行的过程数据，该数据还可以收集自任何其他的数据源。随后，OMS 102处理该数据以生成一个或多个统计模型，并且将统计模型存储在例如存储器中，诸如OMS 102的计算机可读存储器或图1的工作站13的存储器52中的任一个。随后，为了将来分析进行中或在线的过程，该统计模型需要能够被检索。特别地，OMS 102可以使用所存储的模型来分析或使得用户能够分析在特定的过程运行的在线或进行中的运行期间收集的数据。

[0049] 然而，为了在过程在线运行时分析来自过程运行的数据，OMS 102确定在线过程运行在相对于该模型的哪个阶段或状态。即，在这种情况下，OMS 102确定模型使用何种输入来确定有关在线过程的其他因素，诸如相对于模型内的那些相同的参数，在线过程的参数中的哪些是不正常的或是不符合规定的，在线过程的输出是否满足期望的质量度量等。实际上，使用统计模型的在线数据的任何分析都将首先确定最能够应用于当前收集的在线数据的统计模型的阶段或状态。仅当在线时间与统计模型一致时才能够施行分析，诸如为操作员提供屏幕以显示在线过程如何比较于模型、施行统计分析来确定该过程是否正常地运行或是否在界限之内运行或该过程是否不正常地运行和/或该过程的输出是否被预测为满足期望的质量度量，诸如期望的粘稠度、浓度等。

[0050] 作为示例，一旦用于当前在线过程的数据被收集并且过程的状态被确定，OMS 102的分析处理器114可以为用户提供一系列不同的图形或其他显示来使得用户能够确定在线过程运行的当前运行阶段或耐久性。下文将描述一些图形或显示，应当理解，其他显示、分析或信息也可以或替代地被提供给诸如操作员、维护人员等的用户。作为示例，分析处理器114可以通过计算过程参数和/或质量参数对总质量变量的作用、或对已建模和未建模的过程变化的多变量的统计错误指示符的作用来生成作用图。过程和/或质量参数的作用可以被显示为已建模和/或未建模的每个参数的变化，作为对关联于总质量和/或与错误相关联的质量参数的变化的作用。

[0051] 此外，分析处理器114可以结合定义的阈值来为所选择的过程和/或质量变量中的任一个来生成变量趋势图。变量趋势图可以示出相对于在先前过程的类似时间的变量的值、与在过程的一段时间上的变量相关联的值，例如模型变量值。通过生成作用图和/或变量趋势图，分析处理器114还可以识别对过程的可能的修正，以缓解过程中检测的故障。通

过提供用于创建具有关联变化(例如,标准差)的模型的过程运行的数据的历史图与对齐于相同时间刻度的当前值的重叠,变量趋势图可以辅助操作员来确定过程故障的起因。

[0052] 分析处理器114还可以产生质量预测图,以确定如果实施,一个或多个修正对过程的总质量的影响。如果一个或多个修正维持或改善总质量至指定的阈值内,则分析处理器114可以指示OMS 102来实施一个或多个修正。替代地,分析处理器114可以发送指示至控制器108来实施一个或多个控制修正。

[0053] 此外,一旦确定与总质量参数和/或任何其他质量参数相关联的故障,示例性分析处理器114就可以产生迷你图。该迷你图可以包括在指定时间(例如,与过程故障相关联的时间)过程和/或质量参数的、相对于由过程模型预测的参数中的每个的平均值和/或标准差的值。附加地,迷你图可以包括火花谱线(Spark Line),其指示与关联于模型的过程和/或质量变量中的每个相关联的先前值。根据迷你图,示例性分析处理器114可以使得操作员能够确定和/或选择用于过程的一个或多个修正动作,和/或确定是否这些修正的任一个将改善过程,以使得总质量变量被预测在指定的范围内。

[0054] OMS 102经由在线数据处理器116管理对于过程控制数据,其包括过程变化图、作用图、变量趋势图、质量预测图和/或迷你图。附加地,在线数据处理器116使得过程控制操作员能够查看控制数据、改变和/或更改过程控制数据、和/或生成用于过程控制系统106内现场设备的指令。

[0055] 为了能够进行在线分析,图2的工厂104被示出为包括路由器120和本地工作站122,其经由局域网124(LAN)通信地耦接至在线数据处理器116。此外,路由器120可以将工厂104内的任何其他的工作站(未示出)通信地耦接至LAN124和/或在线数据处理器116。路由器120(可以无线地和/或经由有线连接通信地耦接至其他的工作站)可以包括任何其他类型的无线和/或有线路由器,作为对LAN124和/或在线数据处理器116的接入集线器。

[0056] 可以采用任意所需的通信媒介与协议实现LAN 124。例如,LAN 124可以基于硬线或无线以太网通信方案。然而,也可以使用任意其他适合的通信媒介和协议。此外,尽管示出了单个LAN,但是可以使用一个以上的LAN和工作站122中适合的通信硬件来在工作站122与各自的类似工作站(未示出)之间提供冗余的通信路径。

[0057] LAN 124还可被示出为被通信地耦接到防火墙128,该防火墙128根据一个或多个规则来确定来自远程工作站130和/或132的通信是否被允许接入工厂104。示例性远程工作站130和132可以向未处于工厂104内的操作员提供到工厂104中的资源的访问。远程工作站130和132通过广域网(WAN)134被通信地耦接到防火墙128。

[0058] 示例性工作站122、130和/或132可以被配置为基于OMS 102施行的在线分析来观察、更改、和/或修正过程控制系统106中的一个或多个的过程,或者这些工作站可以直接地施行在此所述的在线过程分析应用和方法。例如工作站122、130和/或132可以包括用户接口136,其格式化和/或显示由OMS 102生成的过程控制信息。例如,用户接口136可以从OMS 102接收所生成的图形和/或图表,或者替代地,接收用于生成过程控制图形和/或图表的数据。一旦在各个工作站122、130和/或132中接收到图形和/或图表数据,用户接口136可以生成相对较易为操作员所理解的图形和/或图表138的显示。图2中的示例示出了具有用户接口136的工作站132。然而,工作站122和/或130可以包括两个分析用户接口136。

[0059] 附加地,用户接口136可以将由在此描述的在线分析确定的、在过程控制系统106

内和/或工厂104内的任何其他过程控制系统内的任何过程控制故障的存在提醒给过程控制操作者。此外，用户接口136可以引导过程控制操作者通过一个分析过程来确定过程故障的源头，并预测过程故障对最终产品的质量的影响。用户接口136可以在过程故障正在发生时向操作者提供过程控制统计信息，由此使得操作者能够对过程进行任何调整以校正任何故障。通过在过程期间校正故障，操作者可以保持最终产品的质量。

[0060] 附加地，用户接口136，通过示例性的OMS 102，可以显示检测、分析、校正措施和质量预测信息。例如，用户接口136可以显示过程概况图、过程变化图、微型图、贡献图、可变化趋势图和/或质量预测图(例如，图形和/或图表138)。在查看这些图形和/或图表138之后，操作者可以选择额外的图形和/或图表138来查看多变量的和/或统计过程信息，以确定过程故障的原因。附加地，用户接口136可以显示对过程故障的可能的校正措施。随后用户接口136可以允许操作者选择(一个或多个)校正措施。在选择校正之后，用户接口136可以将校正传输至OMS 102，其随后向控制器108发送指令，以在过程控制系统106中进行适当的校正。

[0061] 图2的工作站122、130和/或132可以包括任何计算设备，例如，个人电脑、笔记本、服务器、控制器、个人数字助理(PDA)、微型计算机等。可以用任何合适的计算机系统或处理系统来实现工作站122、130和/或132。例如，可以用单处理器个人电脑、单个或多个处理器的工作站等来实现工作站122、130和/或132。

[0062] 提供图1的过程控制环境10和图2的过程控制环境100以说明过程控制系统或过程工厂的类型，在该过程控制系统或过程工厂中可以有利地采用在下文详细描述的示例性过程质量预测和故障检测方法和装置。然而，如果期望，在此描述的示例性的方法和装置可以有利地用在复杂度高于或低于示例性过程控制环境10和100和/或图1和图2中所示的过程控制系统106的其他系统中，和/或用在与过程控制活动、企业管理活动、通信活动等结合而使用的系统中。

[0063] 现有技术中，很多已知的过程控制系统通常提供过程信息的解析分析和/或统计分析。然而，这些系统一般采用离线工具来确定过程故障或其他可能影响过程生产的产品的质量的过程条件的原因、以及为其所需的潜在的校正措施。这些离线工具可以包括过程学习、实验室学习、业务学习、故障检修、过程改进分析和/或六西格玛分析。尽管这些工具可以为后续的生产校正过程，但是工具不能在故障发生时缓解和/或校正过程质量。因此，这些离线工具不能防止生产质量差的产品。

[0064] 另一方面，在此描述的示例性的在线过程控制系统分析可以用在过程控制系统中，以提供在过程中的故障检测、分析和/或校正信息，它们使得操作者能够在产品仍然在被制造时校正过程故障或增加产品质量。换言之，在过程运行期间，例如在故障发生时或在故障或引起差质量的其他过程干扰发生之后，能够立即响应于预测故障或预测的质量测量实现过程校正。尽管在此描述的示例性方法和装置可以被用于预测和/或校正过程故障，或用于考虑过程的扰动变量中的变化，以改进连续的和/或批量过程的过程质量，但是在此将关于连续的过程来描述示例性方法和装置。

[0065] 一般来讲，在此描述的过程质量预测和故障检测分析用于执行对过程(例如连续过程或批量过程)的质量预测和故障检测，该过程在多个不同的过程状态(在此也称为过程阶段)中的一个状态里运行，而无需为每个不同的过程状态创建新的或不同的过程模型。更

具体地，一种用于执行过程质量预测和故障检测分析的方法和系统包括用户接口应用，其首先允许用户选择一种统计模型以用于执行过程内的质量预测。质量预测例如可以基于神经元网络(NN)、多元线性回归(MLR)或偏最小二乘(PLS)模型。用于执行过程质量预测和/或故障预测分析的方法和系统随后生成用于该过程的模型，并且附加地可以生成故障检测统计模型，优选地以主成分分析(PCA)模型的形式。系统可以用Hotelling的T^2和Q统计的应用，也就是平方预测误差(SPE)，以确定与已测量的和未测量的过程扰动相关联的故障条件。

[0066] 在过去，对NN、MLR、PLS和PCA分析的应用的主要约束源于这一事实，即基础预测技术是基于确定过程测量值与其均值的偏差。遗憾的是，在工厂中增加生产率或改变产品档次(或改变过程的一些其他的扰动变量)一般引起过程参数的均值变化。为了考虑这些改变，以前的连续数据分析应用需要生成不同的模型，以在不同值的工厂生产率、产品档次等上执行质量预测或故障检测。结果是，使用NN、PLS、MLR和PCA模型的传统技术通常仅能够用于在连续过程中执行质量预测和故障检测，连续过程在恒定的吞吐量下运行且仅产生一个产品档次，这是由于与过程测量相关的平均值仅在此情况下保持接近恒定。

[0067] 但是，在很多情况下，频繁改变连续过程的吞吐量，以保持由下游过程或市场需求设定的库存量。必须经常地响应于由工厂主设定的吞吐量需求而改变的过程的一个实例是工厂的动力室的摇摆式锅炉。过程操作点也可以随着被制造的产品档次而改变。这种情况的一个实例是连续反应器，在该连续反应器中，改变输出成分的目标，以允许制造不同的产品档次。为了改变输出成分，经常需要改变一个或多个过程输入的操作点。响应于这些进料或过程输入的改变，诸如冷却水流量、搅拌器功率、溢流量等其它参数也必须改变，以维持受控输入(诸如批量温度、恒定搅拌和塔顶压强等)为恒定值。

[0068] 一般来说，在此描述的建模技术通过自动更改分析中使用的测量平均值，来考虑过程测量的平均值改变。这些建模技术由此能够补偿生产率或产品档次的改变(或过程中的其它扰动)，而无需重构或重新生成用于进行预测的过程模型。有利地，在此描述的建模技术还补偿模型中使用的偏差，来考虑从不同的吞吐量和产品档次(或过程中的其它扰动)转变所需的时间，从而在运行过程来完成不同的产品档次时，甚至在过程在不同的吞吐量和产品档次之间转变时，能够在过程在不同的产品吞吐量下运行期间，使用单个统计模型来实现质量预测或故障检测。

[0069] 更特别地，为了减小质量参数预测的任何偏差，且为了防止故障的错误指示，改变模型分析中使用的平均值，以与对于给定的吞吐量或产品档次所预期的平均值相匹配。此外，由于在吞吐量或产品档次改变后从一个操作点至另一个操作点的转变可能要花上一些时间，因此，对与平均值的偏差的计算进行过滤，其中这一过滤是基于过程响应档次或吞吐量改变所需要的正常时间。

[0070] 一般情况下，适合连续或批量过程的、在此描述的质量预测和故障检测技术使用过程状态分离，并具有两个基本步骤，也就是模型生成和模型的在线使用，以执行过程质量预测和/或故障检测。另外地，如果期望，当例如过程进入在最初建立模型时几乎没有从过程中收集到数据的状态或是阶段时，或是当过程已经不同于从过程中收集用于建模的数据时的过程，过程模型可适应性地(在线)调节。

[0071] 图3示出了方法或技术的示例性流程图200，该方法或技术可以由例如OMS 102

(OMS可以在例如图1的一个或多个例程50中执行)实现,或在图1的一个或多个工作站13内实现,以推导在过程的质量和故障预测中使用的一个或多个统计模型。使用图3的技术推导的统计模型可在以后用于分析从过程中收集到的在线数据,以执行产品质量预测和/或过程故障检测。

[0072] 虽然图3的流程图200描述为使用收集到的过程数据来生成诸如PLS、NN和MLR模型等的质量预测模型,和生成诸如PCA模型等的故障检测模型,以用于对过程进行分析,但是可以替代这些特定类型的模型生成更少或更多类型的模型,或附加于这些特定类型的模型而生成更少或更多类型的模型。特别地,图3的方法200可用于仅生成质量预测模型、仅生成故障检测模型、或生成两种类型的模型的任意组合。此外,虽然图3的方法200描述为产生PLS、NN和MLR模型各一组以作为质量预测模型,和产生PCA模型以作为故障检测模型,但是,也可以附加地或替代地推导其他类型的统计模型以作为质量预测模型和故障检测模型。而且,图3的方法200可用于仅推导一个或两个类型的上述模型,而不需要推导所有这些类型的模型。

[0073] 具体地参照图3,块212获得过程的过程参数数据和质量参数数据。如上所述,过程可以是连续过程或是批量过程,但是为了便于说明,在此仅将过程描述为连续过程。因此,在图3所示的模型推导技术之前或期间,运行该过程并为每一组过程参数或过程变量产生过程参数数据,过程参数或过程变量中一个在此被称为状态参数或状态变量。另外地,在推导或收集过程参数数据的过程中,从过程中收集质量参数数据(也被称为质量变量数据或结果变量数据),该质量参数数据表示在实现过程的在线质量预测和故障检测时预测的质量变量或质量参数。在存储器中将过程参数数据和质量参数数据存储为一组模型训练数据,在此称为训练数据。

[0074] 重要的是,在生成或收集要在图3的模型推导技术中使用的训练数据时,优选地遍及与状态参数的不同值或范围相应的多个不同的过程阶段或过程状态来运行过程,并从该过程中收集数据。在这种情况下,在过程运行期间中,多次为每个过程参数和质量参数收集训练数据,以使得,优选地,为过程的每个状态,也就是说,当过程运行在每个不同定义的过程状态下时,以及当过程在状态之间过渡时,收集过程参数数据和质量参数数据。当然,可在过程遍及任何期望的时间段的正常或计划运行期间获得训练数据,如果期望,上述时间段既可以是连续的,也可以是不连续的。过程参数数据和质量参数数据可包括在过程中测量或以其他方式实时收集得到的过程参数值(包括质量参数值),包括使用诸如实验室分析等离线技术生成的过程参数值(包括质量参数值),包括通过例如用户接口由使用者输入或是从使用者获得的过程参数值(包括质量参数值),或包括通过其他期望的方式获得的数据。

[0075] 在图3的块214中,模型推导技术200确定或获得对在构建质量预测和故障检测模型时使用的过程状态参数或状态变量的指示。该状态参数或状态变量可由例如工程师预先确定或预先设定,并被存储为模型推导系统的一部分,且可由使用者通过例如用户接口(例如图2的用户接口136中的一个)指定或选择,或可通过其它期望的方式确定。通常地,过程状态参数被选择为重要的扰动变量,诸如过程的吞吐量、由过程生产的产品档次或产品类型的指示等。但是,在某些情况下,可使用或根据两个或多个过程参数或其它过程测量值来计算或确定状态参数。例如,可使用两个过程参数的平均值来作为状态参数。在其它实例

中，其可以采用其他统计技术、使用来自过程的任意期望的输入来计算状态参数，以确定表示在任何特定时间过程运行的状态的状态参数。状态参数可以是连续的变量或离散的变量。在一个实例中，允许使用者配置反映对过程运行的主要扰动的改变的状态参数。在某些情况下，该状态参数是诸如过程的生产率或吞吐量等的连续参数。但是，在其他情况下，状态参数可以是诸如对所生产的一组有限的离散产品档次的中的一个的指示的离散参数。一般来说，使用者可选择单一的测量或计算得到的过程参数作为状态参数，并可指示状态参数是连续的参数或是离散的参数，可指定用在数据分析中的状态或阶段的数量。默认地，例如选择的参数可假定为连续的参数，状态的数量可假定为固定数量，例如为五个。

[0076] 在块216中，技术200确定限定各不同过程状态或阶段的状态参数的范围或值。若该变量还没有被设定，则块216也可确定在生成质量预测和故障检测模型中使用的过程状态的数量。如上所述，与各不同的过程状态相关联的状态参数的范围可由诸如操作者、过程工程师等使用者选择或指定。上述范围可表示与各过程状态相关联的状态参数的不同值(在状态参数是离散的变量的情况下)或状态参数的不同范围的值(在状态参数是连续的变量的情况下)。仅作为实例，状态参数可以分为例如5至10个不同范围。如果期望，块216可通过从训练数据中确定状态参数的所有范围，接着将该范围分割为一组范围，诸如一组均等的范围，来自动确定与状态变量相关联的过程状态范围。

[0077] 在已经收集并存储过程的一组完整的训练数据，且已经定义状态参数及其相关联的范围或值，以由此定义过程状态时，使用训练数据来推导要用于分析过程的未来在线操作的一个或多个质量预测模型和/或故障检测模型。生成质量预测模型的技术与产生故障检测模型的技术稍有不同，因此，在图3中使用两个不同的分支来分别说明这两个技术。

[0078] 一般来说，图3的分支220说明用于推导诸如PLS模型、NN模型和MLR模型的质量预测模型的步骤，而分支222说明用于推导诸如PCA模型的故障检测模型的步骤。在推导质量预测模型时，块224确定包括状态参数在内的不同的过程参数的训练数据的时移，其表示将这些参数相对于另一个参数或相对于质量参数进行时间移位的方式，以使过程参数数据以与质量参数数据最佳地时间对准的方式得到对准。上述时间对准提供了执行更好预测的预测模型。

[0079] 特别地，在推导用于所要预测的各个质量参数的质量预测模型(例如NN、MLR和PLS模型)的过程中，用于产生模型的偏差值被时移，来考虑过程模型的输入的变化(即一个过程参数值的变化)影响由模型预测得到的质量参数所需的时间。应能理解，对于每个被用作对质量预测模型的输入的过程参数来说，上述延迟可能且通常是不同的。(相似地，在处理用于在线质量参数预测的偏差值时也会考虑上述同一延迟)

[0080] 确定与各过程参数相关联的延迟的一个方式是在每个过程参数与所要预测的质量参数之间进行互相关。在这种情况下，对于所选择的、包括所有过程输入(包括状态参数)的数据组，块224可在用于产生对要推导的模型的输入的各过程参数和反映或最相关于要预测的质量参数的过程输出之间进行互相关(质量参数可使用例如在线测量、离线实验室分析等获得)。在质量参数与特定的过程参数之间进行互相关时，通过确定导致最大关联值的时移，互相关的结果可以用于建立将与特定的过程参数(对模型的输入)相关联的时间延迟。当然，各不同的过程参数可具有与其相关的不同的时移。通常来说，使用该技术，块224为每个不同的过程参数确定特定的质量测量值与各过程参数之间的最大互相关，接着根据

获得最大互相关值的时间延迟来确定该过程参数的时移。

[0081] 互相关可用于确定要用来推导质量预测模型的时移的一个示例方式将在根据过程输入来预测与卡米尔(Kamyr)蒸煮器的输出相关联的卡帕(Kappa)值的情况中进行说明。在本实例中，芯片测速仪测速被选择作为状态参数，由于其设定了过程吞吐量。产品输出的卡帕值可使用采样分析仪或通过在实验室中对随机样品进行分析来测量。可通过在包含在所选择的数据组中的卡帕值与过程输入之间进行互相关，来自动确定与反映在卡帕值中的各过程输入相关联的延迟。对在图4中，对于标注了冷法喷射、排出、主喷射、芯片测速仪和低出(Lower Ext)的蒸煮器每个输入示出了这样的互相关确定的结果。

[0082] 现在，通过选择过程输入，使用者可看到过程输入与卡帕值之间的互相关。图5更详细地说明状态参数、芯片测速仪测速和卡帕值的分析之间的互相关。如图5的描绘所说明的那样，根据提供最大相关的时移建立与过程输入相关联的延迟。在卡米尔蒸煮器的这一仿真中，芯片测速仪的速度改变与反映在卡帕值中的改变之间的延迟是175秒。当然，在实际过程中，延迟可能更长。每个其它输入参数的延迟或时移可通过相似的方式确定，这些延迟可接着被用作图3的块224中的时移量。

[0083] 在所有的过程参数和状态参数时移得到确定之后，块226使用块224中确定的时移，来将每个输入至模型和状态参数的过程参数的过程参数数据时移，并将上述时移后的参数数据存储在存储器中。特别地，块226将各组时移后的数据片存储，其中，每个时移后的数据片具有用于生成模型的每个过程参数的值、状态参数的值和质量参数的值。特定的数据片的过程参数和状态参数的测量值相对于质量参数的测量值而以在块224中确定的时移量被时移。对每个时移后的数据片，对不同的过程参数和状态参数的时移参数数据看起来是在时间上一致。也就是说，过程参数输入的改变在每个时移后的数据片中立即反应在质量参数中。

[0084] 接着，在每个定义的过程状态下，块228使用由块226得出的时移数据，而计算每个过程参数(包括状态参数)的平均值和质量参数的平均值。更特别地，块228采集所有时移数据片，并使用每个数据片中状态参数的值，以根据状态参数的过程状态范围，确定每个数据片落在哪个特定的过程状态。块228接着对特定的过程状态下的所有数据片的每个过程参数、状态参数和质量参数的所有值进行平均，来确定特定的过程状态的各过程参数、状态参数和质量参数的独立的平均值。上述均值在此称为过程状态均值。

[0085] 接下来，块230将每个过程状态的该过程参数、该状态参数和该质量参数的这些平均值或均值存储在一个存储器中，以用于之后在开发质量预测模型中使用，也用在使用开发好的质量预测模型之中。

[0086] 因此，对于每一个数据片(也被称为时间片)，块232使用该时间片的时移数据和该过程状态均值，以确定当为该时间片确定偏离该均值的一组偏差时所使用的一组均值。特别地，该块232选择一个时间片的数据进行处理，以确定用于该时间片的一组均值，继而为该时间片确定偏离该均值的偏差，而该偏离该均值的偏差是作为一个模型产生例程的输入，该例程用在开发该质量预测模型之中。更加特别地，对于每个时间片，该块232使用由该时间片指示的(为该时间片存储的)状态参数的瞬时值，以及为一个或多个过程状态所确定的状态参数的均值，来确定一个缩放因子(例如一个插值因子)，它用于为该时间片的每一个其他过程参数来确定合适的均值。

[0087] 在这种情况下：状态参数是直接地与过程状态相关联的离散变量(即，状态参数的不同值关联于或被定义用于各不同的过程状态)，那么该状态参数的值定义了或唯一地确定了该过程(对于该时间片)正在运行所在的过程状态，并且该时间片的过程参数的均值简单地被确定为为该过程状态所存储的过程参数均值。但是，如果该参数是一个连续变量，或者该用户定义了状态参数的值的一个范围与各过程状态相关联(即，为各过程状态定义状态参数值的范围)，那么块232确定一个插值因子，该因子定义了两个状态的分数，(该时间片的)该状态参数的瞬时值目前处于这两个状态中。也就是说，如果该状态参数的瞬时值等于特定过程状态的状态参数的均值，那么该时间片正好位于单个过程状态中，并且为该过程状态所存储的过程参数均值能够用作该时间片的其他过程参数的均值。

[0088] 但是，如果该状态参数瞬时值落在两个不同(例如，两个相邻的)过程状态的状态参数均值之间，那么该时间片的其他过程参数的均值将被确定为针对该两个过程状态所存储的过程参数均值的一个组合。典型地，用于该时间片的各过程参数的均值将通过插值来确定，该插值是使用一个插值因子来在该两个相邻的过程状态的参数的参数均值之间进行的插值，该插值因子是从该瞬时的状态参数值获得的。也就是说，一个插值例程可以基于(该时间片的)状态参数的瞬时值和最近的两个(来自两个不同的过程状态的)状态参数均值之间的相互距离，来确定该时间片所存在于的两个过程状态中各自的百分比。块232能够通过使用对于该两个相邻的过程状态所存储的过程参数均值，(使用该相同的插值因子)为该时间片中的各个过程参数执行插值。作为这一操作的结果，块232确定了合适的均值，该均值用于(为该时间片的各过程参数)计算对于该时间片的、偏离该均值的偏差，以用于建立过程模型。该块232也将为该时间片的质量参数执行该插值。因此，对于时间片的每个过程参数和质量参数，块232都将使用该确定的、状态和两个相邻过程状态的状态均值的分数，来确定对于该时间片的过程参数的均值。

[0089] 进行插值以确定对于一个特定时间片的一组时间片均值的一个例子将被更加详细地说明。在该例子中，假设该状态参数的变化范围是从训练数据得到，以确定该状态参数的整个运行范围。缺省地，该运行范围被自动地划分成多个相等的段，该些段代表了在分析中所考虑的过程的不同状态。在另一个例子中，该用户能够指定该状态参数的整个范围，过程状态或阶段的数量，以及与每一个过程状态相关联的状态参数的子范围。在任何情况下，在本例子中，对于在所定义的过程状态或阶段中的每一个过程测量的状态参数的平均值都被确定并保存在存储器中。在该例子中，对应于一个锅炉过程的运行，该锅炉蒸汽需求被配置为状态参数，并且假设该变量可以在为建模所选择的数据集的25-75％的范围之内变化。为其他输入所收集的、被包含在该模型中的值，例如燃料流、空气流、O_2、通风、IS风扇速度这五个参数输入，如下表1中所示。

[0090] 表1

[0091]

状态-蒸汽需求	1	2	3	4	5
状态范围	25-35	35-45	45-55	55-65	65-75
范围中的采样数	210	340	150	85	30
蒸汽需求-平均	30	40	50	60	70
燃料流-平均	30	40	50	60	70

空气流-平均	35	45	55	65	75
O_2-平均	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
通风-平均	-1	-1	-1	-1	-1
IS风扇速度-平均	20	28	38	50	65

[0092] 在该例子中，为了确定时间片均值，该均值用于为一个时间片确定偏离该均值的偏差，可以使用下面的过程。如果该时间片的状态参数的瞬时值等于用于一个过程状态的状态参数均值，那么对于该过程状态的其他过程参数的状态参数均值将被用作该时间片均值，在计算用于该时间片的偏离均值的参数偏差中使用。但是，在大多数情况下，一个时间片的状态参数值将落在两个过程状态的状态参数均值之间。在这种情况下，用于该两个过程状态的状态参数均值将一起与用于该两个过程状态的过程参数均值联合地被使用，以计算该时间片参数均值。对于以上描述的锅炉例子，如果对于一个时间片的状态参数值是37，那么，基于为各状态参数存储的状态参数均值，可以使用标准的插值技术将用于该时间片的气流参数的均值确定如下：

[0093] 气流均值 $= \left(\frac{37-30}{40-30}\right) \times (45-35) + 35 = 42$

[0094] 当状态参数是产品等级(带有枚举值，例如1-5的离散参数)时，那么，在模型开发中，能够为这样的数据采样计算每个状态的参数均值，即与在该状态中的状态参数一致的数据采样。例如，为一个连续的反应堆所建立的均值如下表2中所示。

[0095] 表2

[0096]

状态	1	2	3	4	5
等级描述	ADX201	ADX210	ADX215	ADX230	ADX240
状态中的采样	210	340	150	85	30
主要流 – 均值	70	90	60	80	75
次要流 – 均值	25	35	30	45	50
产品浓度 – 均值	35	40	30	45	42
反应堆温度 – 均值	210	215	205	211	200
冷却器出口温度 – 均值	180	185	174	200	190
反应堆压强 – 均值	10	10	10	10	10

[0097] 如果状态参数值是3(ADX215)，那么对于主要流的均值是60。如果状态参数值改变为1(ADX201)，那么主要流的均值是70。状态的任何改变不会立即被反映在过程参数之中。

[0098] 在用于各时间片的均值(也称片均值)被确定之后，块234使用计算出的时间片均值去为该时间片中的每个过程参数和质量参数计算偏离该均值的偏差。特别地，块234将确定该时间片的各过程参数值(以及质量参数值)和与其相关联的时间片均值(由块232所确定)之间的差值，以产生偏离该均值一组偏差，其中，为该时间片的各过程参数(除了该状态参数)以及质量参数而分别确定一个偏离该均值的偏差。对于各时间片的偏离该均值的偏差可以接下来被存储在一个存储器中。

[0099] 块235接下来分别对各串偏离该均值的偏差进行滤波。该滤波过程使得生成的过程模型更加鲁棒，并且有助于避免该模型在该过程简单地在状态之间转移时检测到质量问题。该块235可以为各过程参数、状态参数和质量参数实施低通滤波器。该低通滤波器可以使用一个滤波时间常数，该常数被设定为等于或大于质量参数对任何一个过程参数产生变化的最长响应时间，该过程参数作为被构造的模型的输入。当然，也可以使用其他的滤波时间常数，并且可以基于比该质量参数的最长响应时间更短的响应时间而选择这些时间常数。

[0100] 作为滤波的一个例子，能够基于所配置的过程的转移时间(数秒)而应用一个一阶滤波器。例如，气流偏离表1中的示例的均值的偏差能够被这样地计算：

[0101] Air Flow Dev_n

[0102] $=F\times((\text{Air Flow}_n-\text{Air Flow Mean}_n)-\text{Air Flow Dev}_{n-1})+\text{Air Flow Dev}_{n-1}$

[0103] 其中，滤波因子F为：

[0104] $$F=\frac{\Delta T}{\Delta T+\tau}$$

[0105] 并且其中

[0106] ΔT＝执行周期(秒)

[0107] τ＝转移时间(秒)

[0108] 经滤波的偏离均值的偏差接下来被提供给块236，该块使用该经滤波的偏离均值的偏差来确定或生成该过程模型，例如，NN，MLR，和/或PLS模型，该模型将被使用在之后的质量预测操作中。能够使用任何用于建立这些模型的所需的技术，并且，这些技术都是熟知的。因此，从偏离均值的偏差来生成模型的方法在这里不再详细描述了。但是，作为生成过程模型的一部分，所确定的过程参数均值(包括状态参数均值)和为每个过程状态(即过程状态均值)所确定的质量参数均值以及用于每个过程状态的状态参数范围被存储为该过程模型的一部分，并且在使用该过程模型进行在线过程的质量预测的时候将使用它们。另外，滤波时间常数和时移值将被存储为该过程模型的一部分。

[0109] 参照图3中的分支222说明建立故障检测模型的一种方法。一般来说，如分支222所描绘的建立故障检测模型的技术在很多方面都类似于建立质量预测模型。但是，该故障检测模型将从并未被时移或时间对准的训练数据得出，因为该模型将被用于进行未来的故障预测(而不是对在任何特定时间的过程质量进行预测)。在所有的其他方面，分支222中，训练数据以与在分支220中时间对准的数据片被处理的方式非常类似的方式而被处理。

[0110] 因此，块248使用为该过程所收集的该训练数据，并为各个所定义的过程状态，计算各过程参数(包括状态参数)的平均值或均值，也计算对各质量参数的平均值。由于块248对原始训练数据的时间片操作，而不是对时间对准的数据操作，在块248中计算得到的均值可能会与在块228中计算得到的均值不同。块250接下来在一个存储器存储过程参数和质量参数的这些平均值或均值，作为过程状态均值，以之后用在开发故障检测模型中，也用在模型开发后的进行故障检测中。

[0111] 之后，对于训练数据的各个时间片，块252使用该时间片的参数数据和过程状态均值，来确定在为该时间片确定偏离均值的偏差时所使用的一组时间片均值。特别地，块252选择一时间片数据进行处理，以确定用于该时间片的一组均值，以之后为该时间片确定偏

离该均值的偏差，而偏离该均值的偏差是模型生成例程的输入，该例程用于开发该故障检测模型。更加特别地，对于每个时间片，该块252使用由该时间片指示的(为该时间片存储的)状态参数的瞬时值，以及为该过程状态所存储的过程状态均值，来确定一个缩放因子(例如一个插值因子)，它用于为该时间片的每一个其他过程参数来确定合适的时间片均值。该过程类似于为块232所描述的过程，因此在这里不再重复。在任何情况下，块252使用对于来自两个向量过程状态的过程参数的该过程状态均值，对时间片的每一个过程参数(使用相同的插值因子)进行插值，以确定合适的时间片均值，来用于确定偏离均值的偏差，以用在从该时间片数据建立故障检测模型。该块252也对该时间片的质量数据进行插值。

[0112] 在为各数据时间片确定时间片均值之后，块254使用所计算的时间片均值来为该时间片的各个过程参数和质量参数确定偏离该均值的偏差。特别地，块254确定该时间片的各过程参数(和质量参数)与它相关的(在块252中确定的)时间片均值之间的差值，来产生偏离该均值的一组偏差，其中，为该时间片的各过程参数(除了状态参数)和质量参数而分别确定一个偏离该均值的偏差。

[0113] 块255接下来对偏离均值的偏差进行滤波，以使得正在生成的过程模型更加健壮，并且有助于避免当该过程在过程状态之间转移时该模型检测到故障。该块255可以使用一个低通滤波器，其中，滤波时间常数被设定等于或大于质量参数对任何一个过程参数产生变化的最大响应时间，该过程参数作为被构造的模型的输入。因此，在一个例子中，为了考虑该过程响应状态改变所需的时间，偏离均值的偏差可以基于对被检测的故障的转移时间而被滤波。当然，也可以使用其他的滤波时间常数，并且这些时间常数能够基于比最长响应时间更短的响应时间而被选择。

[0114] 被滤波的、偏离均值的偏差接下来被提供给块256，该块256使用该被滤波的、偏离均值的偏差来确定或生成该故障检测模型，例如PCA模型，该模型用在之后的故障检测操作中。再一次地，从偏离一组参数的均值的一组偏差来建立PCA模型的过程是熟知的，因此在这里不再详细描述。但是，作为生成过程模型的一部分，为各过程状态(即过程状态均值)以及各过程状态的状态参数范围而确定的过程参数均值(包括状态参数均值)和质量参数均值，都被存储作为该过程模型的一部分，并且将在使用该过程模型执行在线过程的故障检测时被使用。另外，该滤波时间常数能够被存储作为该过程模型的一部分。

[0115] 图6A示出了用于执行图3中的过程质量预测模型生成技术200的一个系统。特别地，如图6A所示，该过程300运行在一个训练阶段，为大量的时间或样本产生过程参数数据(包括状态参数数据)和质量参数数据形式的过程数据。由图6A中的线条302所指示的过程参数数据包括过程参数，状态参数和质量参数数据，例如，过程变量值，状态变量值和质量变量值，它们是由过程300中的设备所测量或者输出的，或者是在过程300的运行中以其他方式从过程300中收集的。该过程参数数据302被获得，并作为一组训练数据被存储在存储器304中。该存储器304可以是例如图1中的数据历史记录器12或任何其他所需的存储器。当然，用于任何数量的过程参数、质量参数(包括故障指示)和状态参数的数据可以被测量、收集并作为训练数据的一部分被存储在存储器304中。

[0116] 接下来，一个时移计算块306使用状态参数的标识、定义了不同过程状态的状态参数值范围、用作模型输入的过程参数的标识、以及由该模型所估计的质量参数，对获取自存储器304的训练数据进行操作。该块306能够通过例如用户接口305接收来自用户的这些指

示。该块306使用将用于所构造的模型中的质量参数和过程参数的指示，并进行以上描述的互相关技术，来为各个过程参数确定合适的时移。当然，该块306可以自动地执行互相关，并自动地为各过程参数确定合适的时移，或者可以通过用户接口305接收来自用户的输入，这使得用户能够查看并为各个过程参数选择合适的延迟时间。

[0117] 在为各过程参数(和状态参数)计算出时移之后，时移块或延迟单元308接收训练数据，并延迟不同过程参数的不同过程参数值，这些参数值将被用在由合适的量所构造的模型中，该块308将这些时间对准的参数数据作为时间对准的数据片存储在存储器310中。每一个时间对准的数据片将具有对各过程参数的值，它用作该正在构造的模型的输入，也具有对各状态参数的值，还具有正在由构造模型所预测的质量标识的相关值，其中，该过程参数和该状态参数的值相对于质量参数的值在时间上偏移(例如，时间上提前或延后)，该偏移是基于由块308所进行的时移。

[0118] 因此，存储器310将存储时间片数据，它具有过程参数、质量参数和状态参数的值，它们被时间对准过，以使得在过程参数的改变和所导致的质量参数的改变之间的时间延迟被减少到尽可能最佳的程度。数据片的这些组是最佳地用在生成模型以产生最精确的质量预测模型。

[0119] 接下来，块312分析来自存储器310的时间片数据，并为每个所定义的过程状态开发一组过程参数和质量参数。对于每个特定的过程状态的该过程参数均值将对每个过程参数包括，状态参数值落入该特定过程状态的所有时间片的、过程参数的值的均值。类似地，对各特定过程状态的质量参数均值将对每个质量参数包括，状态参数值落入该特定过程状态的所有时间片的、质量参数的值的均值。类似地，对各特定过程状态的状态参数均值将对每个状态参数包括，状态参数值落入该特定过程状态的所有时间片的、状态参数的值的均值。

[0120] 当对各过程状态的该过程状态均值(即对于时间对准的训练数据)被从存储在存储器310的整个时间片组中确定之后，块314确定用于各时间片的过程参数和质量参数均值(时间片均值)，以为该时间片确定偏离该均值的一组偏差。如相对于图3所描述的，块314可以基于对时间片的状态参数瞬时值进行插值，来为该时间片的过程参数和质量参数，确定两个相邻过程状态的过程参数均值之间的插值方式。

[0121] 当对于各时间片的均值被确定后，这些时间片均值被提供给块316并在其中被使用，一起被提供和使用的还有来自存储器310的对准的时间片数据，从而为各时间片的各参数和质量参数确定偏离该均值的偏差。偏离该均值的该组偏差(为各对准的时间片建立的一组偏离该均值的偏差)接下来被提供给滤波块318，该块逐个对每个过程参数的，对偏离均值的偏差进行滤波，以考虑该过程从一个状态改变至另一个状态的情况。一般地说，偏离均值的偏差可以通过使用一个低通滤波器而被滤波，该滤波时间常数被基于质量参数对过程参数的变化发生响应所需的时间多少而被设置。在一种情况下，最长的响应时间可以被用来设置该滤波常数。该滤波常数一般对于所有的偏离均值的偏差是相同的。另外，如果需要，该滤波时间常数可以由用户通过例如用户接口305所选择或指定。

[0122] 滤波后的离均差随后被提供给模型生成模块320，该模型生成模块320使用这些值通过标准模型创建技术来产生质量预测模型。如图6A中示出的，模型生成模块320创建PLS模型322、NN模型324和MLR模型326中的一个或多个。一般而言，为每个被预测的质量变量将

会创建一个单独的模型并且这些模型当然可具有不同的过程参数输入。模型生成模块320可将一个或多个过程状态平均值、过程状态的定义(例如,定义不同过程状态的状态参数的范围)、滤波时间常数和对于每个过程参数的时移值作为过程模型的一部分与模型一同存储。

[0123] 图6B示出了用于创建故障检测模型的系统且该系统包括图6A中示出的过程300、训练数据存储器304和用户接口305。然而,在此情形下,模块412分析存储器304中的原始训练数据的时间片数据来为每个定义的过程状态创建一组过程参数和质量参数平均值。对于每个过程参数,每个特定的过程状态的过程参数平均值将包括所有时间片的状态参数值落入特定的过程状态范围内的时间片中的过程参数的值的平均值。同样的,对于质量参数,每个特定的过程状态的质量参数平均值将包括所有状态参数落入过程状态内的时间片中的质量参数的值的平均值。类似的,对于状态参数,每个特定的过程状态的状态参数平均值将包括所有时间片的状态参数落入特定的过程状态内的时间片中的状态参数的值的平均值。

[0124] 当已经从存储在存储器304中的整组时间片(也即,训练数据的时间片)为每个过程状态确定过程状态平均值后,模块414为每个时间片确定待使用的过程参数和质量参数平均值(时间片平均值)用于为该时间片确定一组离均差。如图3中所指出的,模块414可基于时间片的状态参数的瞬时值使用插值法来为该时间片中的每个过程参数和质量参数确定在两个相邻的过程状态的过程参数平均值之间进行插值的方式。

[0125] 当为每个时间片确定时间片平均值后,这些平均值连同来自训练数据存储器304的时间片数据一起被提供给模块416并在其中使用,从而为每个时间片的每个过程参数和质量参数确定离均差。多组离均差(为每个时间片创建一组离均差)随后被提供给滤波模块418,该滤波模块418滤波离均差以说明过程正从一个状态变换到另一个状态的情形。一般而言,离均差可使用具有时间常数的低通滤波器来滤波,该时间常数基于质量参数响应于过程参数中的变换所花费的时间量设置。如有需要,滤波时间常数可由用户通过例如用户接口305来选择或指定并且可与图6A的滤波模块318中使用的滤波时间常数相同。

[0126] 滤波后的离均差随后被提供给模型生成模块420,该模型生成模块420使用这些值通过标准模型创建技术产生故障检测模型。如图6B中示出的,模型生成模块420可创建一个或多个PCA模型422。一般而言,为每个被检测的故障将会生成一个单独的PCA模型并且这些模型当然可具有不同的过程参数输入。

[0127] 当然,典型地,也可使用其他类型的质量预测和故障检测模型并且模型生成程序320和420可以任何期望的或已知的方式生成PLD、NN、MLR和PCA模型。然而,可以理解的,质量预测和故障检测模块优选地从整组训练数据生成,如果可能,其包括与过程300在所有预定义的过程状态范围上的操作相关联的数据。在任何情况下,可为过程300创建一个单独的PLS模型、NN模型、MLR模型或PCA模型以用于执行每个质量预测和故障检测而无需为每个预定义的过程状态开发单独的模型。可以理解的,根据标准的模型创建技术,PLS、NN、MLR和PCA模型将被生成为为过程300创建的典型的模型,除了之外这些模型也将包括与不同组的过程状态中的每一个相关联的一组过程状态平均值,以及状态参数的定义和限定不同的过程状态的状态参数范围。在此情形下,每组过程状态平均值将包括过程变量和数据被收集的状态变量中的每一个的平均值以及在质量预测模型中质量参数的平均值。

[0128] 图7描述了使用通过图3的方法创建的质量预测或故障检测中的一个执行例如图

6A和6B中的过程300的过程的运行的在线分析的方法500的流程图。特别地，模块502收集并存储来自过程的过程参数和状态参数数据。(当然，也可以收集质量参数数据和故障数据，但是该操作对于使用通过图3的技术创建的模型执行过程的数据分析而言并非严格地必须的)。所收集的过程参数和状态参数数据能够实时地从过程在线获得，能够经由实验室或离线分析获得，能够经由用户输入获得或者能够以任何其他期望的方式获得。

[0129] 然后，如果所使用的模型是质量预测模型，例如PLS、NN或者MLR模型，那么模块504使用由图3中的模块224确定的时移量时移过程参数和状态参数。这些时移量可作为模型的一部分被存储并且，如有需要，可从模型中获取。因此，这些时移量通常与用于偏移数据的时间偏离量相同从而产生用于生成模型的时间对准的数据片。模块504以虚线示出，因为如果所使用的模型是故障检测模型例如PLA模型，那么该模块504将不被执行。

[0130] 在任一情形下，模块506从所收集的数据产生一组数据片并且，如有需要，将这些数据片存储在存储器中。如果所使用的模型是质量预测模型，那么这些数据片是时移的数据片，因为这些数据片中的过程参数和状态参数数据在时间上相互偏移。然而，如果所使用的模型是故障检测模型，那么数据片直接从所收集的过程数据产生而无需相互在时间上偏移。

[0131] 然后，模块508处理由模块506产生的每个数据片来为每个数据片确定一组时间片平均值。特别地，模块508使用作为模型的一部分存储的过程状态平均值和数据片中的过程参数的瞬时值来为该数据片确定一组时间片平均值。当状态参数是一个连续变量，模块508可基于状态参数的瞬时值和两个最近的过程状态平均值之间的距离从状态参数的瞬时值确定一个插值因子，并且随后可使用该插值因子为其他的过程参数(存储在模型中)在过程状态平均值之间进行插值从而为这些其他的过程参数确定时间片平均值。如果状态参数是离散变量，那么模块508可简单地基于时间片中的状态参数的瞬时值确定待使用的该组过程状态平均值。模块508可将该些时间片平均值存储在存储器中。

[0132] 模块509随后使用时间片平均值和时间片的过程参数的瞬时值来为该时间片确定一组离均差。特别地，模块509确定时间片的每一个过程参数的瞬时值和其各自的平均值之间的差值来为该时间片产生一组离均差。当然，当正被分析的过程被在线运行时，模块508和509运行于每个数据片以产生一连串离均差。

[0133] 然后，模块510滤波每串离均差(也即，为每个过程参数创建一串离均差作为模型的输入)并且将滤波后的离均差提供给待处理的模型。模块510可使用与创建模型时所使用的滤波技术相同类型的滤波技术并且因此可使用与在图3的方法中所使用的滤波系数相同的滤波系数来滤波用于从一开始产生模型的离均差。这些滤波系数可作为模型的一部分被存储并且因此可从该模型本身获取。

[0134] 模块512使用滤波后的离均差运行模块以产生例如质量测量预测、故障检测等形式的模型输出。模块514可运行于模型的输出以产生显示给或者提供给用户的警报或警告。特别地，模块514可将模型的输出与一个或多个预先设置或预先设定的阈值进行比较以检测高于或低于一个阈值的模型的一个输出，并且随后基于该比较设置一个警报或者警告。当然，可替代地，其他类型的警报也可执行于模型的输出。

[0135] 图8示出了可使用图7的方法来对例如图6A和6B的过程300的过程执行在线数据分析的系统，其使用之前为分析过程300创建的模型601。特别地，如图7中示出的，过程300运

行来产生以任何期望的方式测量或收集且可被存储在存储器602中的过程参数和状态参数数据。在质量预测被执行的情形下，时移模块604使用作为过程模型的一部分存储的时移量(如来自图7的模型601的线所指示的)来时移过程参数和状态参数。这些时移量通常与用于偏移数据的时间偏离量相同从而产生用于生成模型的时间对准的数据片。时移模块604可将时移的或者时间对准的数据作为时间对准的数据片存储在存储器606中。如果模型601是故障检测模型，那么时移模块604是不需要的或者不被使用的。

[0136] 在任一情形下，平均值计算模块608处理存储在存储器606中的每个时间对准的数据片(在质量预测系统的情形下)或处理从过程本身收集且存储在存储器602中的数据片(在故障检测分析系统的情形下)来为每个数据片确定一组时间片平均值。特别地，模块608使用作为模型601的一部分存储的过程状态平均值和数据片中的状态参数的瞬时值来为该数据片确定一组时间片平均值。当状态参数是连续变量时，模块608可基于状态参数的瞬时值和两个最近的过程状态平均值之间的距离从状态参数的瞬时值确定插值因子，并且随后可使用该插值因子为其他的过程参数在过程状态平均值(存储在模型601中)之间进行插值来为这些其他的过程参数确定时间片平均值。如果状态参数是离散变量，那么模块608可简单地基于时间片中的状态参数的瞬时值确定待使用的该组过程状态平均值。模块608可将时间片平均值存储在与其关联的存储器中。

[0137] 偏差模块609随后使用时间片平均值和时间片的过程参数的瞬时值来为该时间片确定一组离均差。特别地，模块609确定时间片的每个过程参数的瞬时值和其各自的平均值之间的差值来为该时间片产生一组离均差。当然，由于正被分析的过程被在线运行，因此模块608和609运行于每个数据片以产生一连串离均差。

[0138] 然后，滤波模块610滤波每串离均差(也即，为每个过程参数创建一串离均差作为该模型的输入)并将滤波后的离均差提供给待处理的模型。滤波模块610可使用与创建模型601时所使用的滤波技术相同类型的滤波技术并且因此可使用与在图3的方法中所使用的滤波系数相同的滤波系数来滤波用于从一开始产生模型601的离均差。这些滤波系数可作为模型601的一部分被存储并且因此可从模型601本身获取。

[0139] 模块601随后使用滤波后的离均差运行或被执行并且产生例如质量测量预测、故障检测等形式的模型输出。警报模块614可运行于模型601的输出以产生显示给或者提供给用户的警报或警告。特别地，警报模块614可将模型601的输出与一个或多个预先设置或预先设定的阈值进行比较以检测高于或低于一个阈值的模型601的一个输出，并且随后基于该比较设置一个警报或警告。当然，可替代地，其它类型的警报也可执行于模型的输出。

[0140] 图9示出了功能模块700的结构图，该功能模块700可被实施以使用通过此处描述的技术创建的一组统计过程模型来执行质量预测和/或故障检测。如有需要，可在用户接口中、在控制系统内的过程控制器中、或者甚至在位于过程控制系统内(例如，图1和图2中的任一过程控制系统内)的现场设备中执行或实施功能模块700。功能模块700，此处被称作数据分析(DA)功能模块，其能够被配置成可由使用者以与过程控制系统中的其它功能模块相同或相似的方式使用并观察，由此使得DA功能模块700可兼容并容易集成到过程控制系统，功能模块700用来在该过程控制系统中执行数据分析。

[0141] 尽管功能模块700被显示为在同一组过程输入参数和状态参数上执行质量预测和故障检测，但是功能模块700可代替地能够执行质量预测或故障检测中的一个，而不需要执

行两个。此外，尽管功能模块700被描述为基于一组输入参数和状态参数来执行单一类型的质量预测和故障检测，但是模块700可包括多组模型并能够执行多种类型的质量预测和故障检测。然而，为了便于使用和配置，优选的，为需要执行的每个不同类型的质量预测/故障检测创建并执行不同的功能模块700。

[0142] 图9的DA功能模块700的参数可包括典型的功能模块参数，并另外可包括下面描述的数个新参数和特征。一般而言，DA功能模块700包括建模模块702和警报模块704，其分别包括一组输入和输出。到建模模块702的输入包括数个过程参数和状态参数输入706、算法输入708、延迟输入710、样本输入712和跟随输入714。过程参数和状态参数输入706被可通信地连接到过程控制系统中的其它功能模块或装置，并从其接收在数据分析中使用的过程参数和状态参数的测量的值或确定的值，用来进行质量预测和故障检测。算法输入708是枚举参数，其指示在模型中使用的建模算法的类型。算法输入708可指定例如功能模块700执行MLR、PLS、PLS-DA和NN预测建模中的一个。样本输入712接收确定的质量样本，该样本可从过程的例如实验室测量等测量来获得，延迟输入710接收指示当前时间和获得提供在样本输入712处的样本的时间之间的延迟的特定延迟。样本输入712和延迟输入710可用来校正在由功能模块700进行的预测中的偏置误差。跟随输入714是一个可用来使功能模块700的质量预测程序的输出简单地跟随样本输入712处提供的样本测量的输入。

[0143] 一般而言，建模模块702包括接口720，该接口720接收并存储过程参数和状态参数输入706并提供这些输入用来执行质量预测和故障检测。特别地，接口720被连接到延迟模块722，并向延迟模块722提供过程参数值和状态参数值，在质量模型创建时时，该延迟模块722将各个输入延迟为质量模型设置或确定的延迟或时移量。这些延迟可从内存文件724提供，该内存文件724存储过程参数时移以及包括模型过程状态平均值、过滤系数和用来执行该模型的模型参数或模型系数的其它模型参数。

[0144] 质量预测建模模块726随后使用由延迟模块722产生的延迟的或时间对准的数据片、来自接口720的测量的参数值、过程状态平均值、过滤系数和模型系数(所有来自模型文件724)来以上面结合图7和8描述的方式执行质量预测。质量预测建模模块726可产生未来预测(在一个时间范围内)并可产生当前预测，该未来预测被提供到标记为FUTURE的功能模块700的输出，而该当前预测被提供到标记为OUT的功能模块700的输出。当然，如有需要，使用由模型文件724存储或提供的模型参数或模型系数，质量预测建模模块726可被编程或设计来执行由算法输入708所指定的不同模型中的任一模型。

[0145] 但是，偏置校正或补偿可执行于提供到功能模块700的FUTURE和OUT输出的预测值。特别地，延迟单元730将预测的质量输出延迟在延迟输入710处指定的延迟量，求和模块732确定质量预测建模模块726的延迟的预测的当前输出和在样本输入712处提供的样本测量之间的差值。限制模块734使用校正限制输入(例如，可由使用者或功能模块设计者来指定)限制该差值，然后滤波器735使用校正滤波系数或参数(例如，也可以由使用者或功能模块设计者来指定)来滤波限制模块732的输出。滤波器735的输出是偏置校正，该校正被提供到偏置使能开关736，该开关可由使用者或过程控制系统中产生的其它自动输入来接通或断开。如果偏置使能开关736被接通并使能，加法器模块740和742将偏置校正加到由质量预测建模模块726产生的当前预测和未来预测值上。

[0146] 由跟随输入714运行或控制的开关744在将模块726的偏置校正的当前输出或在样

本输入712处提供的样本值连接到功能模块700的OUT输出之间转换。因此，跟随输入714使得功能模块700的OUT输出跟随在样本输入712处提供的样本值。此外，由模式信号控制的模式开关746控制是否在功能模块700的OUT输出处提供任何输出。模式开关746可被用来基于功能模块700或可使用功能模块700的输出的一些其它功能模块的模式来使功能模块700的当前质量输出预测失效。因此，当属于或由功能模块700模拟的过程控制系统的一部分例如处于服务模式、异常模式、手动模式等以外时，模式开关746使得功能模块700的输出失效或未连接。

[0147] 进一步地，故障检测模块750被连接到接口702，并且接收过程参数和状态参数输入并使用这些输入和来自模型文件724的状态平均值以及其它模型信息以上面结合图7和图8描述的方式来执行故障检测。模块750的输出包括模块误差输出、Stat_T2输出和Stat_Q输出。该模块误差输出是由故障检测模块750模拟或确定的误差或故障检测输出，并且在用于故障检测时是典型的PCA模型输出。Stat-T2参数是只读浮点数，其显示在故障检测中使用的PCA模型的T2统计量。Stat_Q是只读浮点数，其显示在故障检测中使用的PCA模型的Q统计量。Stat-T2输出和Stat_Q统计量通常由例如PCA模型等预测的模型来产生，并且一般用来预测性警报。当然，如由需要，使用由模型文件724存储和提供的模型参数或模型系数，故障检测建模模块750可被编程或设计来执行不同类型的模型中的任一模型。

[0148] 在任何情形下，如图9所示，模块误差、Stat-T2和Q统计量和当前质量预测值(其可具有施加到其上的偏置校正)一起被提供到警报模块704。警报模块704还将T2_LIM、Q_LIM、LO_LIM和HI_LIM接收为输入参数，T2_LIM是故障检测模块750的计算的T^2统计量的上警报极限，Q_LIM是计算的Q统计量的上警报极限，LO_LIM指定质量预测的低警报极限(如有需要，其可设定到产品规范低极限)，HI_LIM指定质量预测的高警报极限(如有需要，其可设定到产品规范高极限)。

[0149] 进一步地，警报模块704的PRED_ACT输出被用来触发关于质量预测的警报，并且警报模块704的FAULT_ACT输出被用来触发关于故障检测的警报。当然，警报模块704可通过比较由质量预测建模模块726提供到其上的质量预测值与LO-LIM值和HI_LIM值以确定质量预测值是否超出(低于或者高于)这些极限值来确定警报触发并在超出时可触发在FAULT_ACT输出处的警报。同样的，警报模块704可通过分别比较故障检测模块750的不同输出、模块误差、Stat_T2和Stat_Q与故障阈值、T2_Lim和Q_Lim以确定任一故障检测值是否达到或超出其极限值(或者模块误差值显示故障)。如果达到或超出阈值，警报模块704可触发在FAULT_ACT输出处的警报。如有需要，警报模块和预测模块726、750的任一或全部输出可被提供到或存储在历史数据库中，以易于获取。

[0150] 附加地，如果需要，在使用运用此处所描述的建模技术构建或生成的质量预测和故障检测模型时，可以在线实现自适应建模。特别地，可能出现以下情况，在该情况下，该建模系统一旦创建即运行，以分析与收集用于在数据分析系统创建模型的过程训练数据期间经历的过程条件明显不同的过程条件。例如，该过程可能经受或经历不同的生产量，或该过程被用于生产新的产品等级，且因此该过程运行在训练阶段中未曾经历的条件下。在一个例子中，该过程未曾经历或运行在一个或多个过程状态之下，该些过程状态是为了在收集训练数据阶段的过程而限定的。在另一例子中，过程的过程状态时基于训练期间的状态参数的范围来限定的，但是该过程可能进入一个与由状态参数确定的过程状态相比新的且未

限定的过程状态。在其他情况下，可以确定，由于不同的周围条件、过程设备的老化或一些其他的干扰变量（测量的或未测量的）的改变，从收集训练数据时起过程运行会略微变化。在这些情况中，需使用模型校正来改进数据分析系统的运行。如下所述的自适应建模将会用于补偿这些情况而无需再生成基础模型自身。

[0151] 特别地，在不改变在模型生成阶段所开发的基础过程模型的情况下，在此处所描述的系统中响应于这些或其他的条件或情况来实施自适应建模是可行的。特别地，通过确定从新收集的过程测量值中确定用于各过程状态（原始地限定的过程状态或新添加的过程状态）的一组新的过程状态均值，然后将这些新的过程状态均值作为模型的一部分予以存储，用于实施模型校正的的过程状态，来进行模型校正。如果需要，将会为各个过程状态计算标准差并存储。

[0152] 因此，总体来说，通过实施已存储在模型中的针对各个过程状态的平均值（过程状态均值）的自适应来实施模型自适应。在没有模型自适应的情况下，则需要在模型开发过程中收集覆盖过程状态的所有运行范围的数据。基于各测量数据中所见的变化，运行范围可被划分为可选数量的状态（例如五个）。然而，利用模型自适应，训练过程中所用的过程数据不必覆盖过程的完整的运行范围，这是因为当过程进入一个不同的过程状态时，建模系统能够在过程处于新的或改变的状态的一段时间内收集每个状态参数和过程参数的过程数据，此后，建模系统能够自动计算该过程处于新的或改变的过程状态时的一段时间的状态参数以及每个过程参数的平均值。这些平均值能够被存储于模型之中（以此来自适应模型），该模型用于在将来当过程运行于这些过程状态时建模该过程。

[0153] 例如，如果指示过程生产量的流速被选择为状态参数，那么能够初始地收集用于过程参数测量值的数据且用于模型开发，即使该状态参数仅在流速的小的运行区间上变化。对于这种情形，用户能够识别在其上状态参数正常运行的范围。此处，在模型建立过程期间处理数据时，所收集的数据仅落入若干个可能的状态（依用户输入的进程范围而定）。对于对其收集了过程参数数据的过程状态，模型生成例程计算一组平均值。然而，对于对其在模型生成阶段未收集过程参数数据的过程状态，参数平均值能够初始地被设置为一些任意值，例如，与最接近的已收集了数据的状态的参数平均值相等的值。在使得该模型在建模系统内在线了之后，当状态参数值的变化指示出对于一个过程状态先前并未收集过数据时，那么该建模或数据分析系统能够通过进入自适应阶段来实施自适应建模。

[0154] 特别地，在自适应阶段中，当过程运行在新的过程状态中时将在线地收集过程参数数据和状态参数数据。一段时间之后或在每次新的时间采样之后，这个过程状态的平均值将会基于该过程在新的过程状态中运行时所测量的过程参数和状态参数数据的值来更新。对于每个过程状态，用户能够指定是否允许该均值的自适应。如果用户指定自适应是允许的，那么该功能也能够被用于更新模型（以解释过程改变）。为防止如果过程关闭平均值被自适应为错误的值，用户能够通过过程状态基础来查看或考虑过程状态上的所计算的平均值，并限定均值的何等程度的自适应（例如，允许百分之一的改变）能够引起相对于已由用户批准的和/或在模型开发时已识别的数值发生的改变。

[0155] 如果需要，将以预定的方式或非预定的方式实施在线模型自适应。例如，当因产品等级或加工速率变化而需要对部分或大部分过程参数进行重新设置时，模型参数能够以预定的方式进行校正，也即，如果对于新的等级（平均值及标准差）的过程状态和参数设置已

知，能够一次性地进行全部校正。然而，如果针对一个或多个新的状态的平均值和过程状态值未知时，能够逐渐地自适应这些值，以实现新的参数平均值。

[0156] 在一个例子中，预定的模型的改变能够基于对于新产品等级的过程状态的现有知识来实施，新产品等级的知识能够通过在线测量获得并被存储直至预定的模型自适应过程被实施为止。用于开发适用于应用预定的改变或预定的自适应的模型的程序首先将一个等级或过程状态识别参数包含在历史数据的集合中，并且在数据可用时为该新等级或过程状态存储数据。该程序此后能够利用新收集的的数据对训练数据进行预处理，说明各个等级。在这种情况下，该程序为每个等级单独地计算平均值及标准差。随后该程序将使用对于这些等级特定的等级平均值及标准差来对各个等级单独地标准化数据。随后，建模技术将使用来自多个等级的数据来开发模型。由于数据受平均值及标准差的制约，所以约束的/标准化的数据能够被用于通用的多等级的模型开发。下一步，该方法将针对每个等级存储用于开发作为多等级的模型的一部分的模型平均值和标准差。

[0157] 然而，运行非预定的模型自适应的实施，以在已改变的或新的状态时计算在线的平均值和标准差，并在新的值确定时将这些平均值和标准差分别应用于模型。在新状态起初未被包含在模型中时(例如对于该特定的过程状态没有历史或训练数据)，使用非预定的模型自适应。过程状态的改变能够被自动地检测出来，并且该检测将触发自适应建模技术，以实施模型的平均值和标准差的改变。如果新的状态参数未出现在模型中，那么自适应的自适应例程将基于当前的在线数据收集和模型参数计算来校正模型。实际的被用作新的过程状态的过程状态均值的过程参数均值和状态参数均值在过程状态改变之后以一段延时应用于该模型，因为需要一定的时间来从过程的运行中在线地收集足够的数据，从而在新的过程状态中为每个过程参数和状态参数确定一个具有统计学意义的均值。该延时由连续的计算和校正时间来限定。

[0158] 如果需要，新的模型参数平均值将具有相对于最初的模型参数平均值的偏差。即，一个模型平均值偏差β能够被当作确定自适应的均值的过滤值，公式如下：

[0159] $$\Delta x_{mean}^{mod}(k)=\beta\Delta x_{mean}^{raw}(k)+(1-\beta)\Delta x_{mean}^{mod}(k-1)$$

[0160] 在此，未处理的均值是在在线运行时限定的近期计算的偏差。对于因改变的条件(可能是因设备退化或其他的以可预测的或不可预测的方式而改变的因素引起的)而导致的过程状态偏移，同样的均值偏差参数可以如上文所述被用于过滤自适应的均值。此外，对于其他的改变或干扰，一些平均值可能为常数和/或难以用实际的方式跟踪。在这些情况下，期望增加模型的鲁棒性或敏感性来最小化错误的警报。

[0161] 虽然上面讨论的数据分析技术已被描述过可应用于连续性分析(即在连续处理中实施分析)，但是此类技术同样可用于简单的批处理过程应用，此时“分批时间”或其他指示批处理进程的参数被用作状态参数。在这种情况下，“简单的批分批”过程意为：1)批处理被限定于一个过程单元、2)批处理的输入/输出在批处理进行时不会改变和3)在该过程单元中总是制造同样的产品。

[0162] 附加地，使得用户更简单地查看并获得与在质量预测或故障检测时生成的警报或警示(例如在图9中的数据分析功能模块700所生成的警报或警示)相关的信息是值得期待的。特别地，在用户界面上添加可以在其被选中时显示由连续数据分析系统所报告的质量或错误警示的警示标签是期望的。在该系统中，用户能够从此列表中选择警报或警示，且响

应于该选择，用户将自动获得与此警报或警示相关联的历史信息(例如预测值或引发警示的T^2或Q的统计值)、在警示发出之前和之后的相关参数的参数值等。该特性通过以下方式为用户提供了显著的时间节约：相较于用户必须查找并回顾预测的质量或错误统计(T^2或Q预测值等)的趋势图来查找错误的或差的预测，新的用户界面可确保用户看到所有已生成的警示，并立即看到与所选择的警示(无需回顾不同的过程参数的趋势显示)相关联的历史数据。

[0163] 由于该用户界面系统使得用户易于查看关联于与任何类型的已生成的警报有关的参数的历史数据，所以其可以在任何可提供警报汇总显示(此警报摘要显示可确保用户查看已检测到的过程警报)的过程控制系统的用户界面中得到更广泛的应用。特别地，该用户界面可被应用于任何在过程警报或警示生成的环境中，并通过用户界面屏幕或显示器来向用户提供警报或警示，并且新的用户界面允许用户快速地分析引起该警报或警示的条件，因为系统允许用户在警示生成之前和之后无需查看历史记录界面而立即查看历史过程参数的趋势数据(其存储在历史数据中)、调阅与事件相关联的参数然后在警示生成之前和之后及时地回顾以立即看到趋势数据。

[0164] 作为一种比较方式，图10示出了以下的方式，当前在批处理控制系统中使用的一些传统的用户界面中以这样的方式显示和分析警示。在顶部示出了诸如批处理过程的激活的过程列表和已完成的批处理的列表。如果在其中某一进程中有警示处于激活状态，那么其将被显示在概览中(见屏幕902)。用户接下来可以在该概览中选择一个批处理过程且之后(通过缺省值)用户界面将变为显示用于故障检测(见屏幕904)的两种统计数据(PCA模型的T^2和Q统计)的历史趋势。若任意一个统计值超过值一(1)，则将其视为错误条件。为了检查与错误相关联的过程测量值，用户需检查两种统计参数的历史趋势、找出统计值何时超过值一，并在显示的趋势上及时选择那一点。作为回应，用户将看到对故障影响最大的测量值(见屏幕906及908)。

[0165] 类似地，当在概览上指示了质量预测警报时，用户将能够选择过程并随后选择质量预测标签。作为回应，用户界面系统将显示质量参数的历史趋势(见屏幕910)。随后用户界面允许用户检查质量参数趋势，以确定该预测何时超过了产品规格限值。为了探究引起质量预测误差高于或低于规格限值的原因，用户必须在趋势线上及时选择这个点，选择故障检测标签并检查历史趋势来确定在质量参数警报发出时是否检测到故障。

[0166] 该传统的探究警示条件的方法存在明显的局限和缺点。特别地，在概览中用户仅知道警示当前是激活的，而为了发现有关此前的警示的更多信息，用户必须：1)选择在过程故障检测中使用的统计数据或质量预测参数的统计数据的历史趋势、2)检查该趋势以确定警示何时发出，且随后3)在趋势上选择警示发出的位置，以找出更多的与该警示条件相关的信息。此外，为找出所有过去已发出的警示，必须在统计参数趋势图或质量预测趋势图上找出并选择每个警示，该过程费时且枯燥。事实上，对于连续处理或批处理，回顾趋势历史以找出警示条件何时激活都是费时的。因此，简单地分析所有过去的警示从而找出常见问题等并不可行。同样，指示导致生产不合格产品的条件的警示也容易被忽视。

[0167] 此处所描述的新的用户界面却可以确保用户可以检测当前激活的或过去已发出的警示。对于连续的数据分析应用，警示将由产品的预期质量超出用户限定的或计算出的限值(如产品规格或置信区间限值)或已检测到的(利用PCA模型及其相关统计)过程故障来

触发。

[0168] 更为特别地，新的用户界面在用户界面屏幕上提供了连续列表标签，且当该标签被选择时，将提供当前安装在控制系统中用于质量预测和/或故障检测的连续数据分析模块(例如图9中的CDA模块)的概览。在此概览中，各个CDA模块上次的质量预测或过程错误都将显示(如图11A所示)。

[0169] 值得注意的是，用户界面屏幕中已添加了警报历史标签以使得用户能够查看所有已检测到的数据分析警示。当用户选择该标签时，用户界面显示当前及过去的警示列表。图11B中的示例性的用户界面屏幕示出了过去仅有一(1)例警示的警报历史视图。总体来说，该概览能够包括许多过程故障及质量控制参数预测警报。

[0170] 当用户选择一览表中的警示中的一个时，用户界面随之显示出在警示发出时间前后相关的质量参数预测或过程故障检测趋势。图11C示出了用于过程故障的示例性的视图。

[0171] 下一步，当用户选择导致故障的参数中的一个时，用户界面使用该故障发生时的参数数据来提供该参数(例如，参数趋势图)的历史信息。在图11D的屏幕图像中示出了该操作。当然，用户界面系统可以从警示关联的时期(例如警示生成时)的数据历史访问该数据。

[0172] 这种简单地查看所有过去已生成的警示并简单地访问警示发生时的相关历史信息的功能相比传统的警报汇总界面具有很多优势，后者无法提供警示汇总，也不支持显示警示发生时的相关的历史信息。

[0173] 此外，除了此处描述的使用数据分析模块的应用外，图11A-11D中示出的警示界面还有其他应用。事实上，与此处描述为在连续的数据分析中实现的警示界面相关联的概念能够应用于许多其他应用。例如，在标准的DeltaV™操作员界面中提供了“警报列表”按钮。当操作员选择该按钮时，将显示如图12A所示的当前激活的警报列表。

[0174] 当查看警报列表时，用户无法简单地访问并检查检测到警报的时间前后的该警报中的过程参数的值。然而，使用此处所描述的用户界面，警报列表显示已被修改为支持在列表中被选择的警报发生时的相关历史信息的显示，此项改进使得用户能够更加简单且快速地分析警报的来源。图12B示出了该概念，此处用户能够看到警报列表并选择警报来查看警报变量(例如用于生成警报的变量)的趋势数据。

[0175] 附加地，如果警报中的测量值与其他参数相关联，那么用户界面可向用户提供一个选项，该选项请求显示警报发生前后相关联的参数的历史数据。例如，如果警报中的参数是PID模块的PV或MPC模块的输入值等，那么将显示在警报发生时间点前后分派到该历史记录的模块的任意其他参数。在图12C中示出了该显示。由于警报发生时的相关历史数据易于访问并显示，操作员能够更加容易且快速地分析问题的来源。

[0176] 如上所述，上文所提及的示例方法和/或装置的至少部分将通过在计算机处理器上运行的一个或多个的软件和/或固件来实现。然而，专用的硬件实现包括(但不限于)专用集成电路，可编程逻辑阵列和其他硬件设备，这些硬件设备同样能够被构建来完全或部分地实现在此描述的示例方法和/或装置中的全部或部分。此外，包括(但不限于)分布式处理或组件/对象分布式处理、并行处理或虚拟机处理在内的替代性的软件实现也能够被构建来实现此处所描述的示例方法和/或系统。

[0177] 应当注意，此处所描述的示例软件和/或固件实现将被存储在有形的存储介质上，例如磁性介质(例如磁盘或磁带)、磁光或光学介质(如光盘)、或固态介质(如记忆卡)或其

他的包含一个或多个只读(非易失的)存储器、随机存取存储器、或其他的可重写的(易失的)存储器在内的其他封装。对应地,此处所描述的示例软件和/或固件可被存储在诸如上文所述的介质或以后的存储介质的有形的存储介质上。以上说明参照特定的标准及协议描述的示例组件和功能,但是应当理解该专利的范围并不仅仅限于这些标准和协议。例如,互联网和其他分组交换网络传输(如交换控制协议(TCP)/互联网协议(IP)、用户数据报协议(UDP)/IP,超文本标记语言(HTML),超文本传送协议(HTTP))的各个标准代表了当前该领域的状态的范例。这些标准定期由更快或更有效率的且具有总体类似功能的类似标准所取代。相应地,具有相同功能的替换标准和协议是类似物,该类似物由该专利延伸出来并期望可以包含在从属权利要求的范围内。

[0178] 附加地,尽管此专利公开了示例方法和装置包括在硬件上执行的软件或固件,需要指出的是,这些系统仅仅是解释性的而非限定性的。例如,任何或全部的硬件或软件组件都被期望仅在硬件上、仅在软件上、仅在固件上或在其他由硬件、固件和/或软件的组合上实施。相应的,尽管以上说明描述了示例方法、系统和/或机器可访问介质,但是这些示例并非实现这些系统、方法和/或机器可访问介质的唯一方式。因此,尽管在此处描述了确定的方法、系统和/或机器可访问介质,但是该专利的覆盖范围并不限于此。

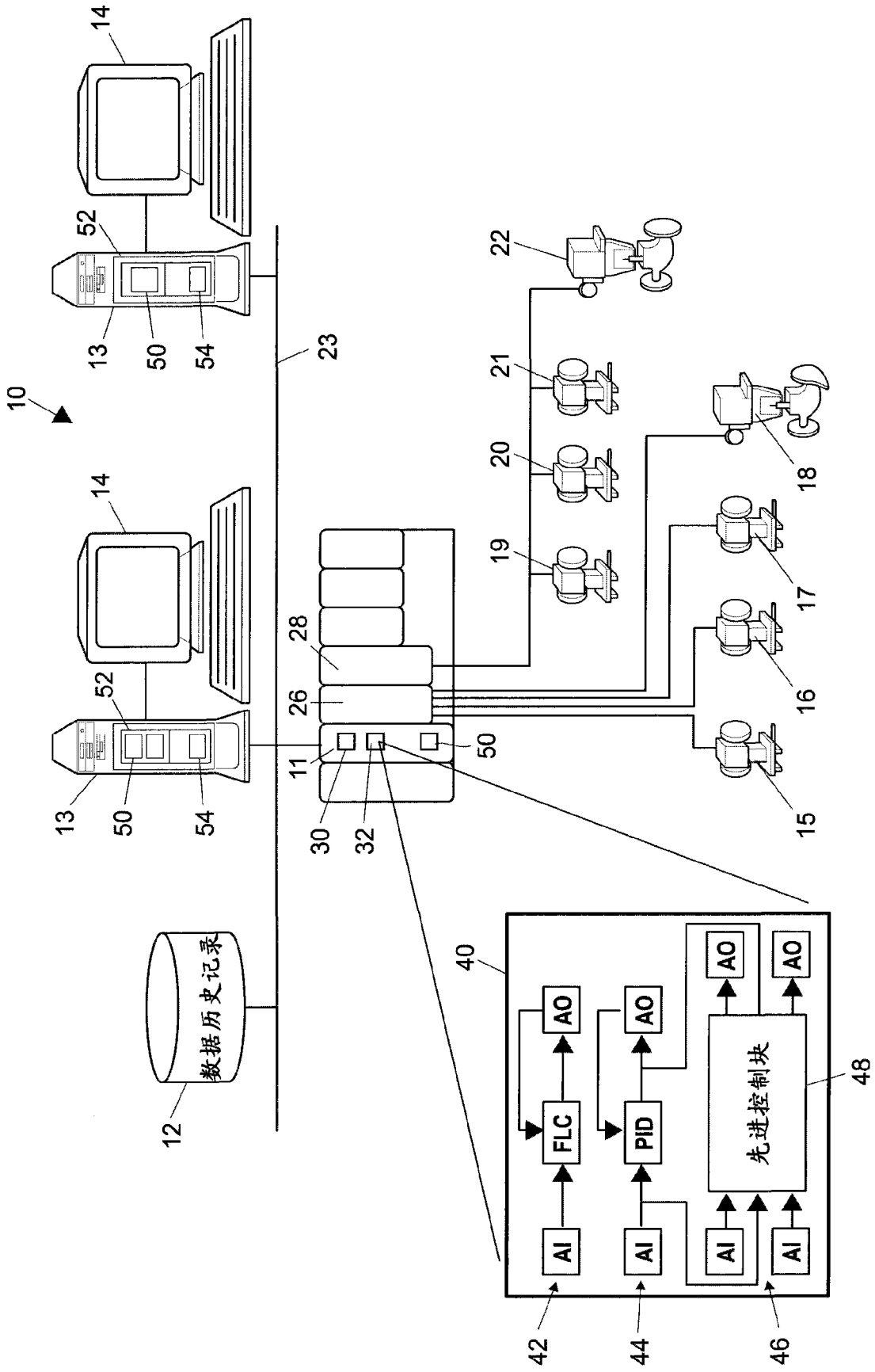

14
52
13
50
54
23
10
22
21
20
19
18
17
16
15
28
26
11
30
32
50
12
数据历史记录
40
AO
FLC
PID
先进控制块
48
AI
42
44
46

图1

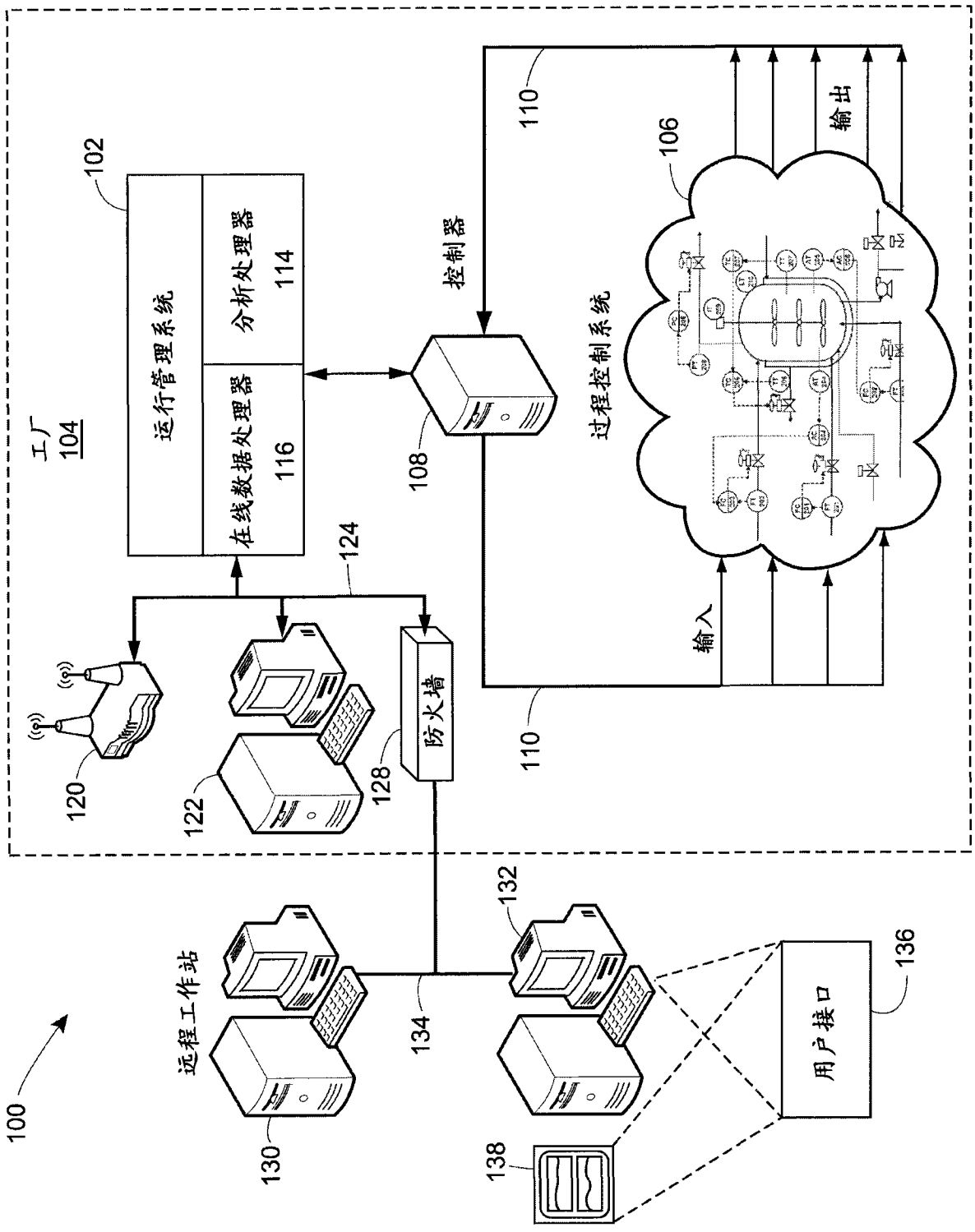

工厂
104
102
运行管理系统
分析处理器
114
在线数据处理器
116
控制器
108
110
106
过程控制系统
输出
输入
124
120
122
防火墙
128
110
100
远程工作站
130
132
134
138
用户接口
136

图2

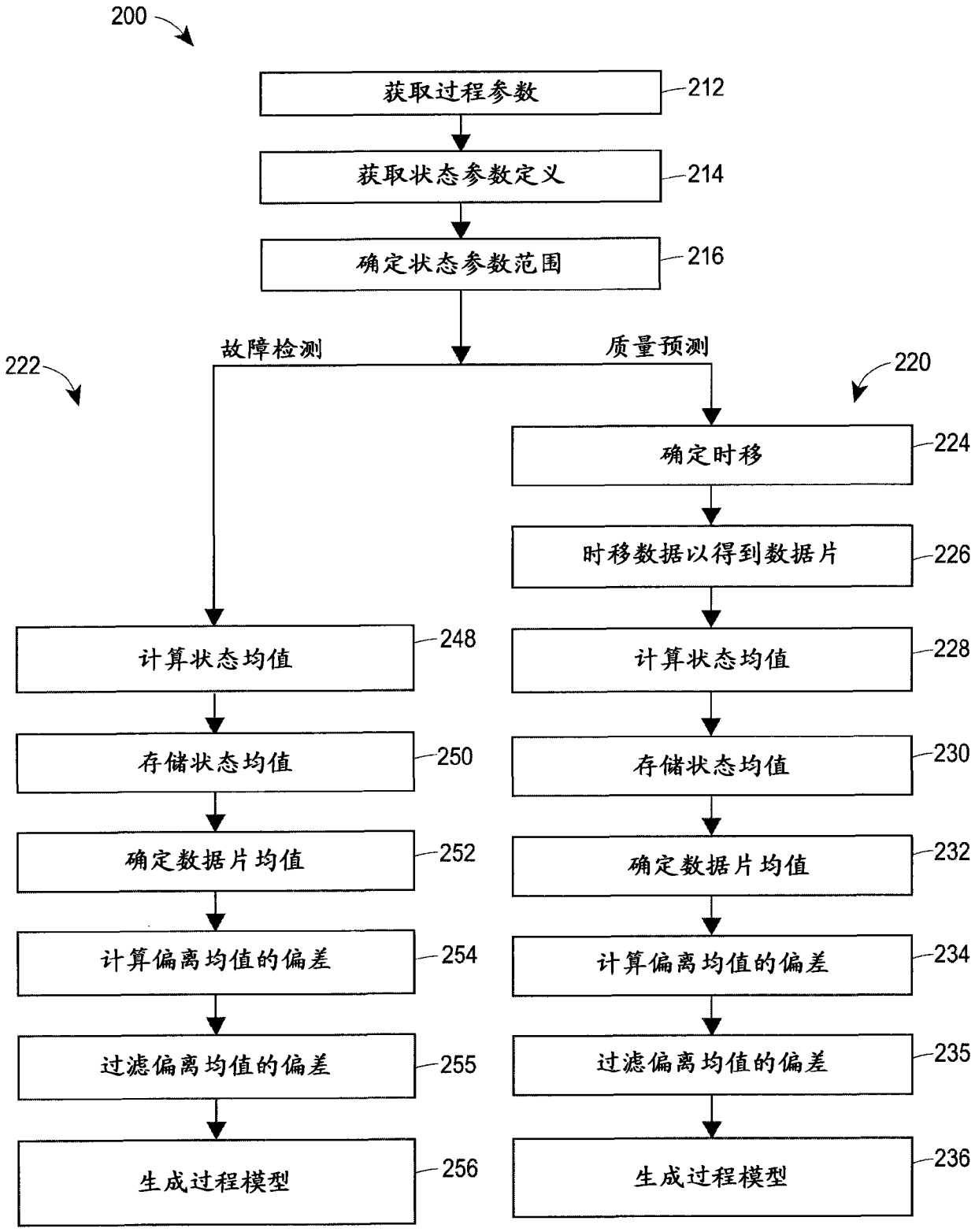

200
获取过程参数
212
获取状态参数定义
214
确定状态参数范围
216
故障检测
质量预测
222
220
确定时移
224
时移数据以得到数据片
226
计算状态均值
248
计算状态均值
228
存储状态均值
250
存储状态均值
230
确定数据片均值
252
确定数据片均值
232
计算偏离均值的偏差
254
计算偏离均值的偏差
234
过滤偏离均值的偏差
255
过滤偏离均值的偏差
235
生成过程模型
256
生成过程模型
236

图3

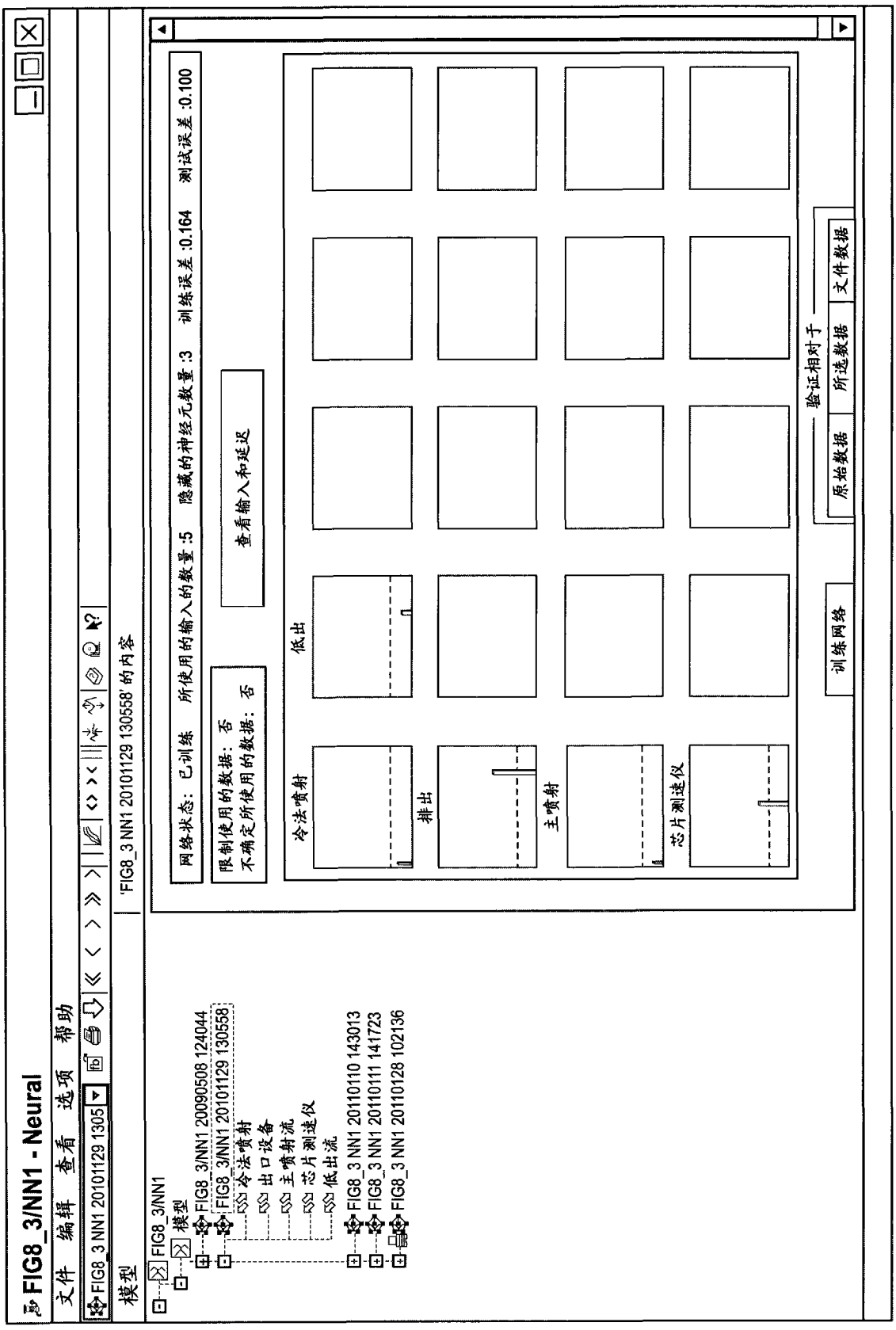

FIG8_3/NN1 - Neural
文件 编辑 查看 选项 帮助
FIG8_3 NN1 20101129 1305
模型
'FIG8_3 NN1 20101129 130558' 的内容
FIG8_3/NN1
模型
FIG8_3/NN1 20090508 124044
FIG8_3/NN1 20101129 130558
冷法喷射
出口设备
主喷射流
芯片测速仪
低出流
FIG8_3 NN1 20110110 143013
FIG8_3 NN1 20110111 141723
FIG8_3 NN1 20110128 102136
网络状态：已训练 所使用的输入的数量:5 隐藏的神经元数量:3 训练误差:0.164 测试误差:0.100
限制使用的数据：否
不确定所使用的数据：否
查看输入和延迟
低出
冷法喷射
排出
主喷射
芯片测速仪
训练网络
验证相对于
原始数据
所选数据
文件数据

图4

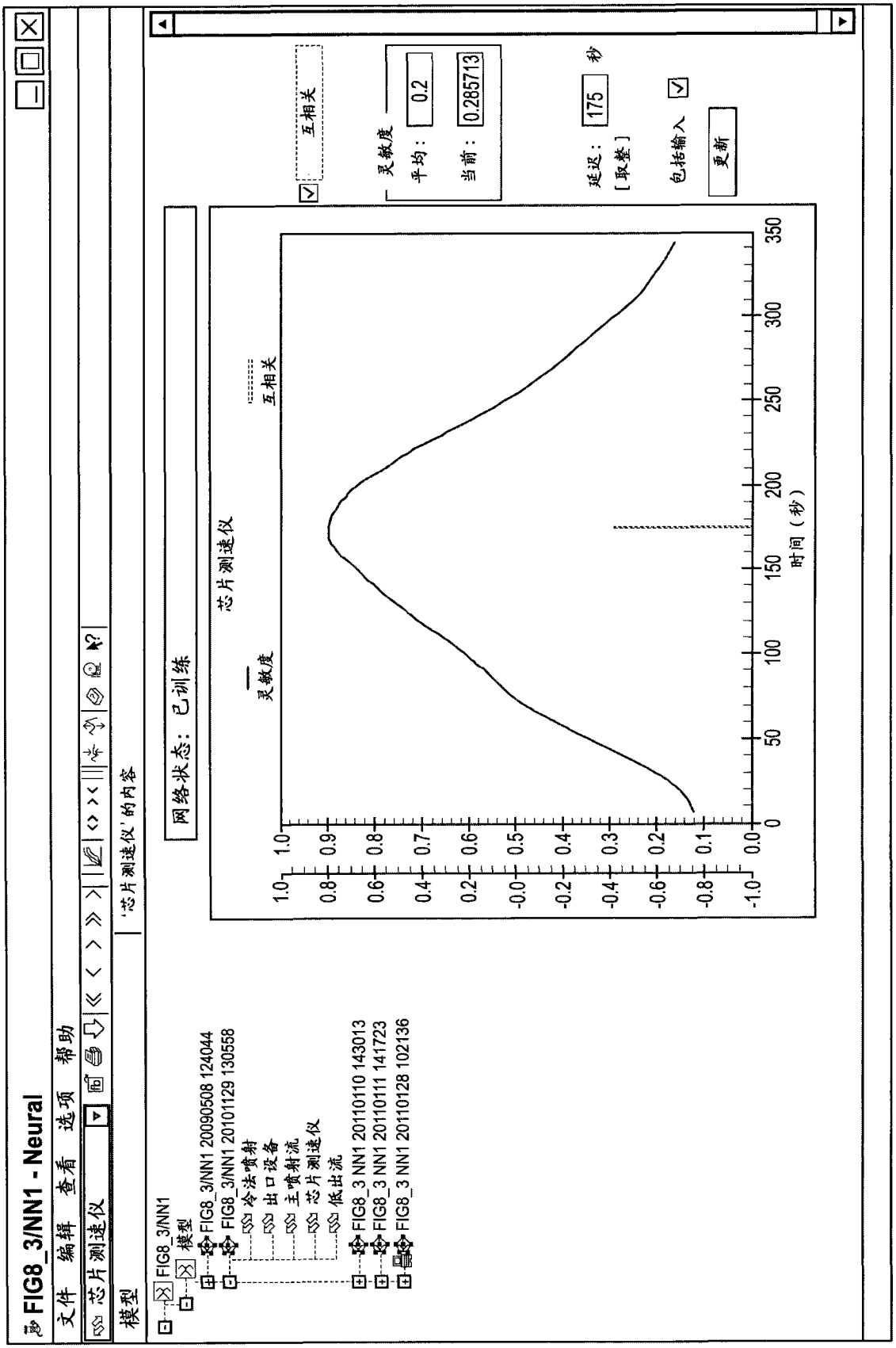

FIG8_3/NN1 - Neural
文件 编辑 查看 选项 帮助
芯片测速仪
模型
'芯片测速仪'的内容
FIG8_3/NN1
模型
FIG8_3/NN1 20090508 124044
FIG8_3/NN1 20101129 130558
冷法喷射
出口设备
主喷射流
芯片测速仪
低出流
FIG8_3 NN1 20110110 143013
FIG8_3 NN1 20110111 141723
FIG8_3 NN1 20110128 102136
网络状态：已训练
芯片测速仪
灵敏度
互相关
互相关
灵敏度
平均： 0.2
当前： 0.285713
延迟： 175 秒
[取整]
包括输入
更新
时间（秒）

图5

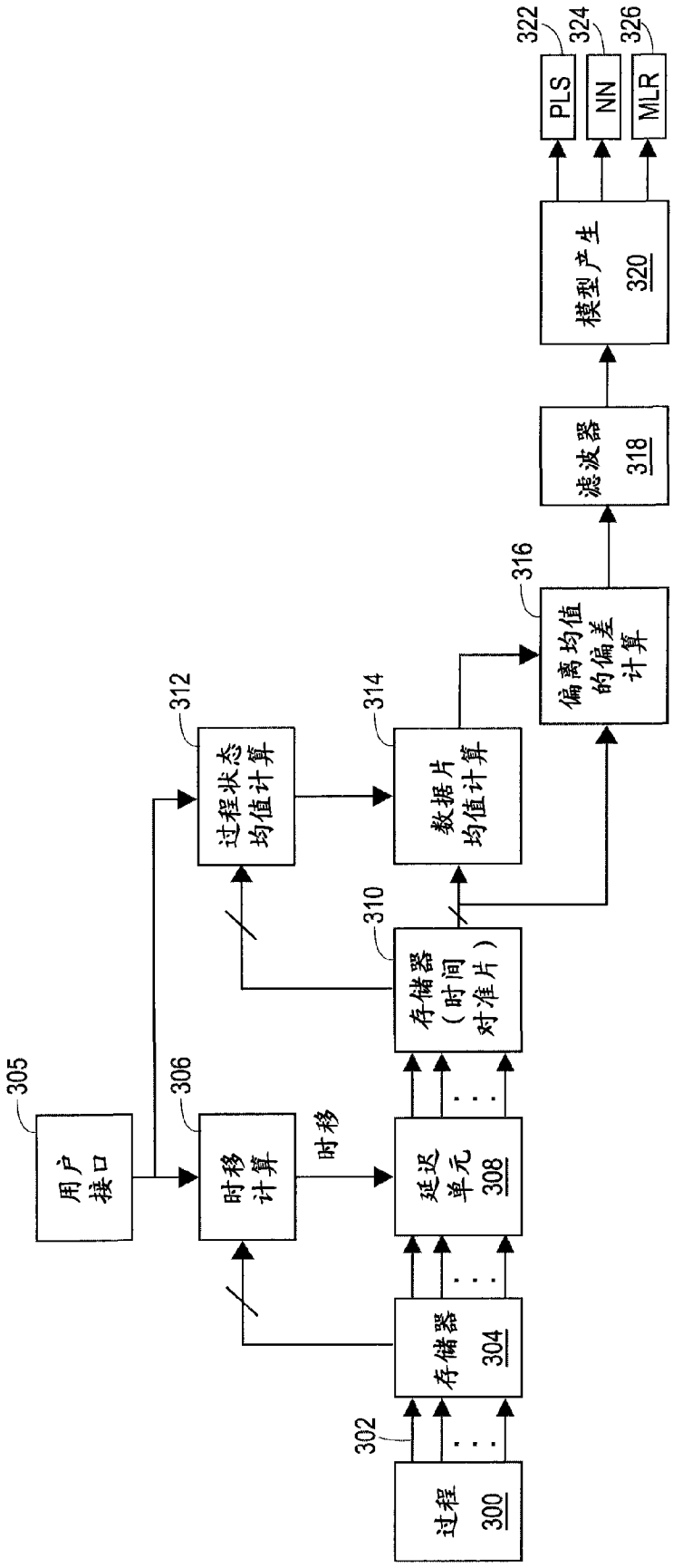

过程 300
302
存储器 304
延迟单元 308
时移
时移计算
306
用户接口
305
存储器（时间对准片）
310
过程状态均值计算
312
数据片均值计算
314
偏离均值的偏差计算
316
滤波器 318
模型产生 320
PLS
322
NN
324
MLR
326

图6A

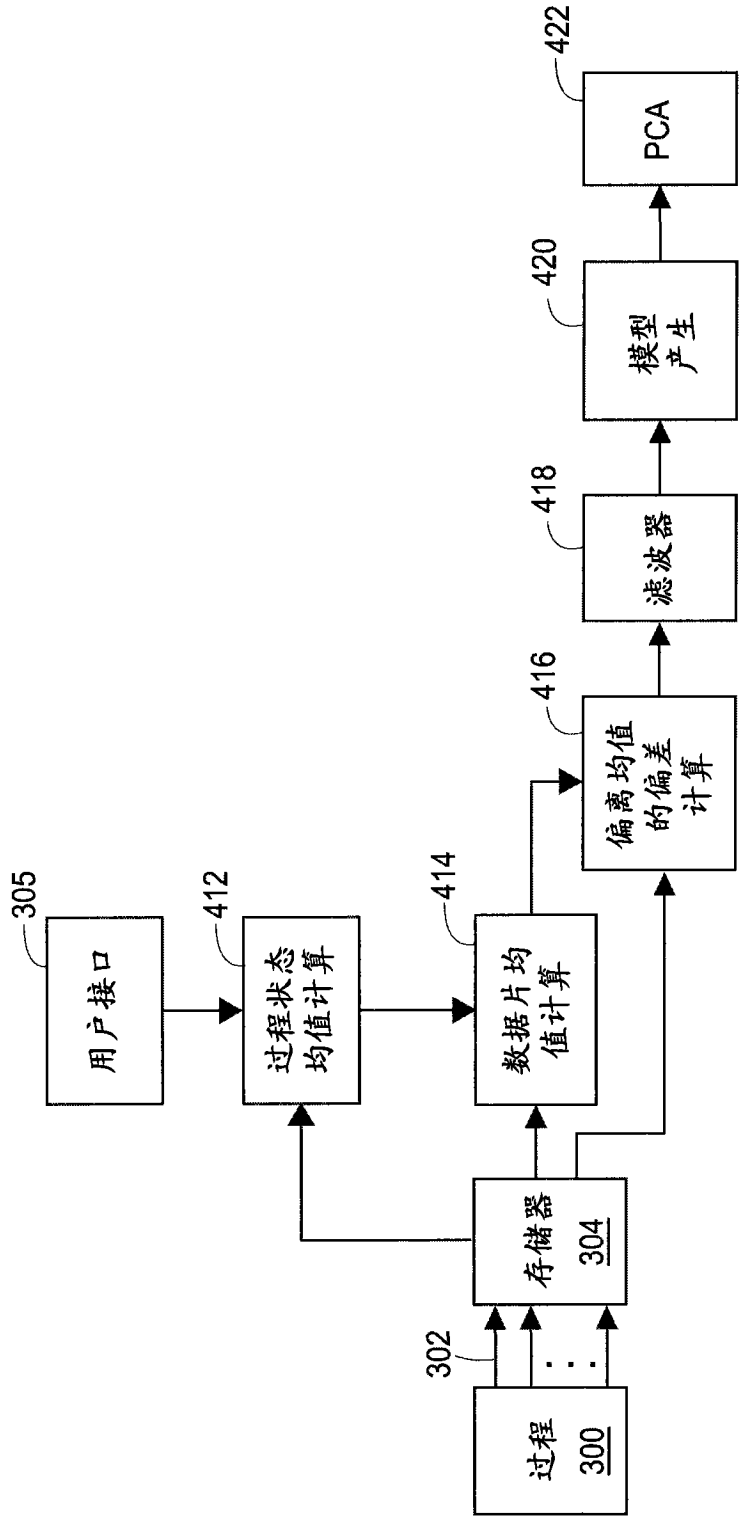

422
PCA
420
模型产生
418
滤波器
416
偏离均值的偏差计算
414
数据片均值计算
412
过程状态均值计算
305
用户接口
302
过程 300
存储器 304

图6B

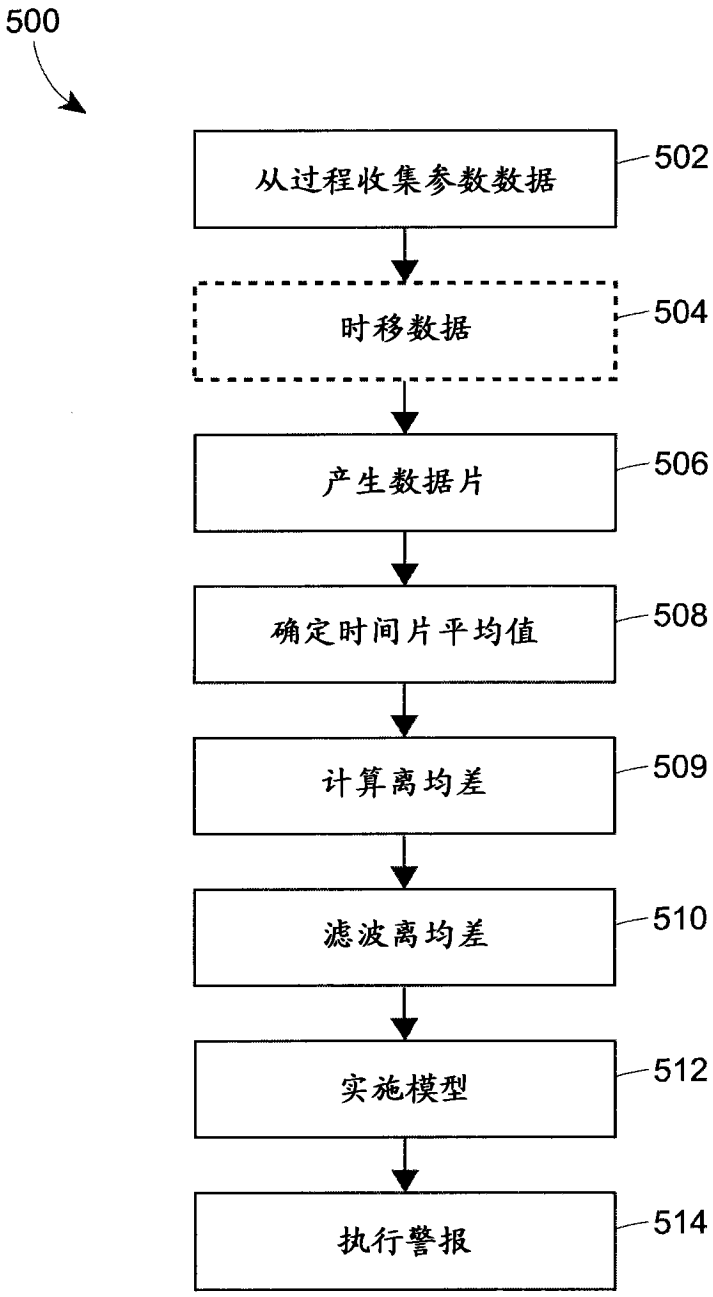

500
从过程收集参数数据
502
时移数据
504
产生数据片
506
确定时间片平均值
508
计算离均差
509
滤波离均差
510
实施模型
512
执行警报
514

图7

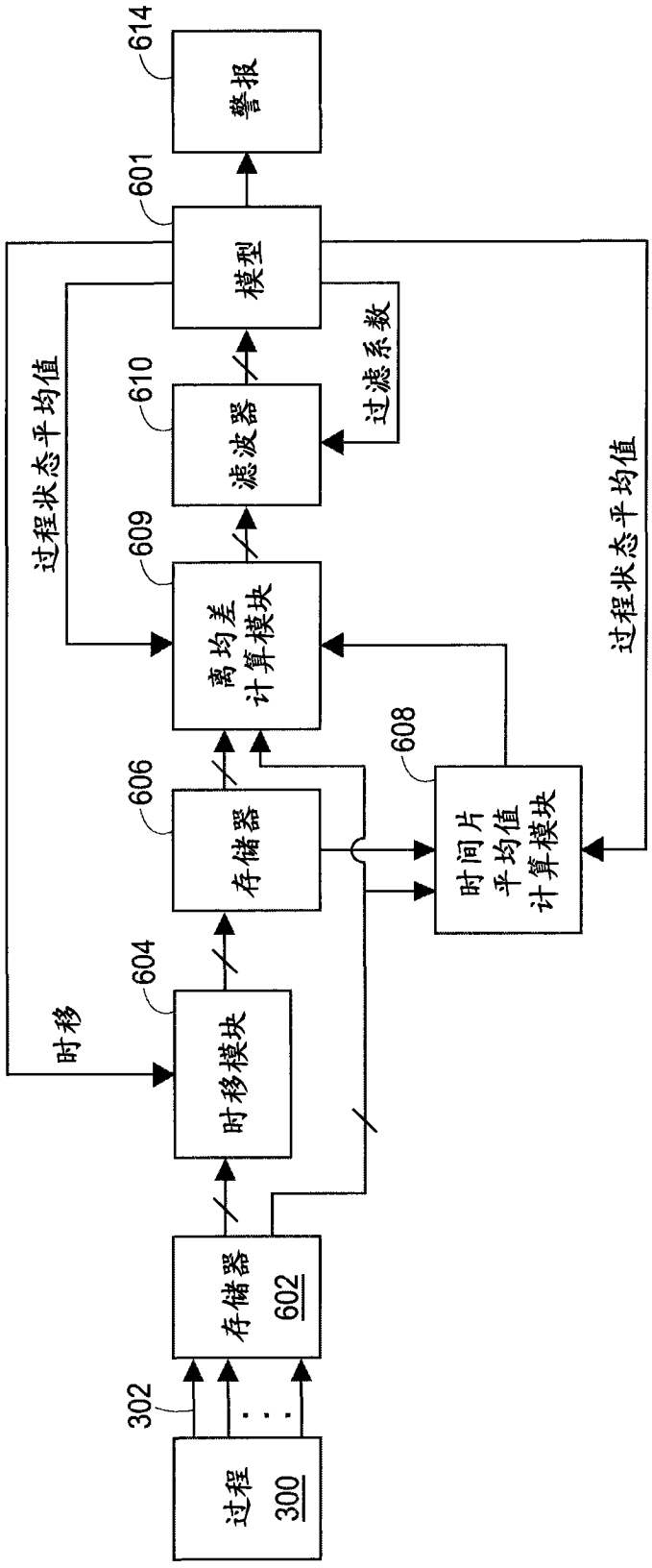

过程
300
302
存储器
602
时移模块
604
时移
存储器
606
离均差
计算模块
609
过程状态平均值
时间片
平均值
计算模块
608
过程状态平均值
滤波器
610
过滤系数
模型
601
警报
614

图8

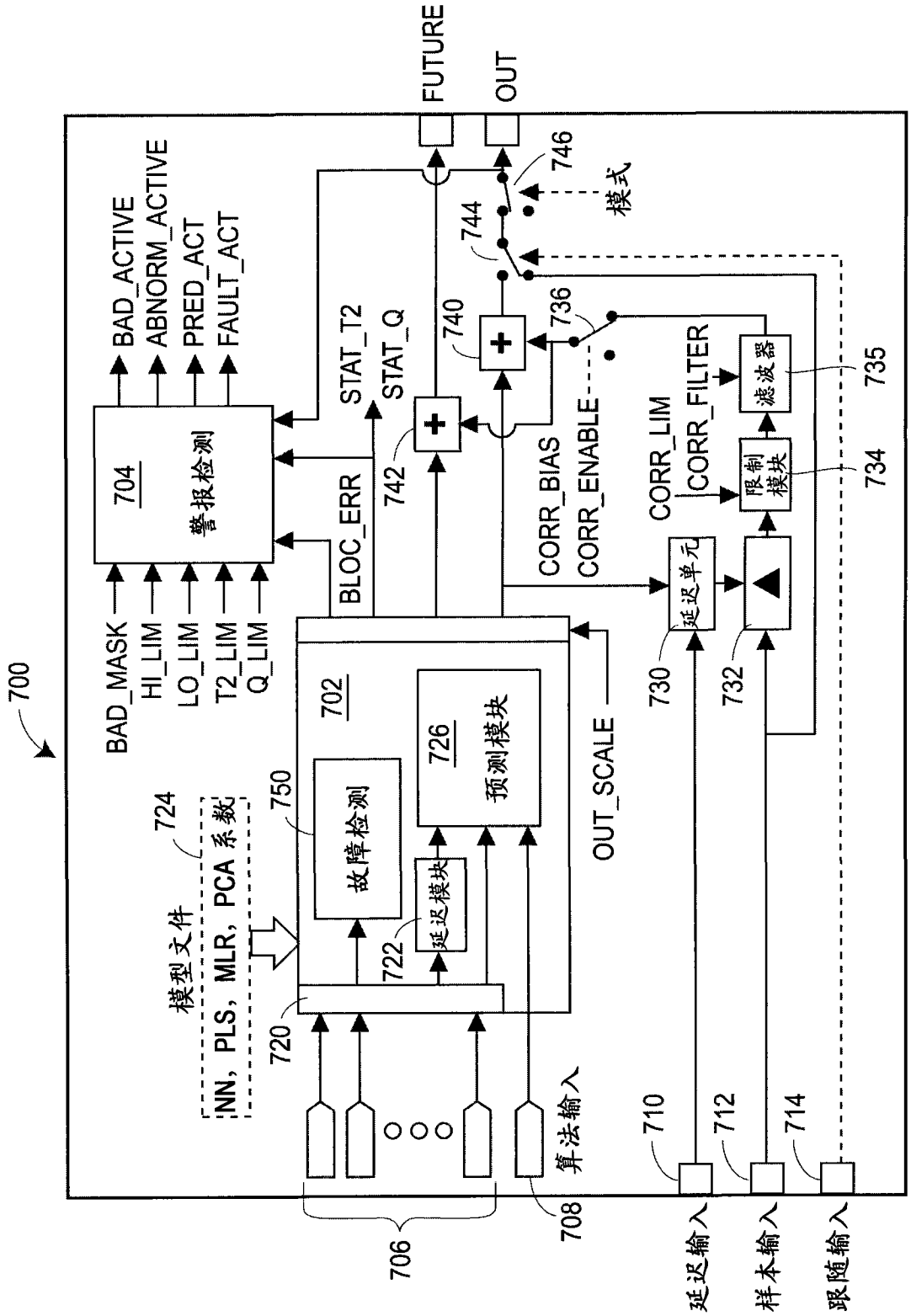

700
FUTURE
OUT
746
模式
744
736
740
742
BAD_ACTIVE
ABNORM_ACTIVE
PRED_ACT
FAULT_ACT
704
警报检测
STAT_T2
STAT_Q
BLOC_ERR
CORR_BIAS
CORR_ENABLE
CORR_LIM
CORR_FILTER
滤波器
735
限制模块
734
延迟单元
730
732
BAD_MASK
HI_LIM
LO_LIM
T2_LIM
Q_LIM
702
726
预测模块
故障检测
750
724
模型文件
NN，PLS，MLR，PCA 系数
延迟模块
722
720
OUT_SCALE
算法输入
706
708
710
712
714
延迟输入
样本输入
跟随输入

图9

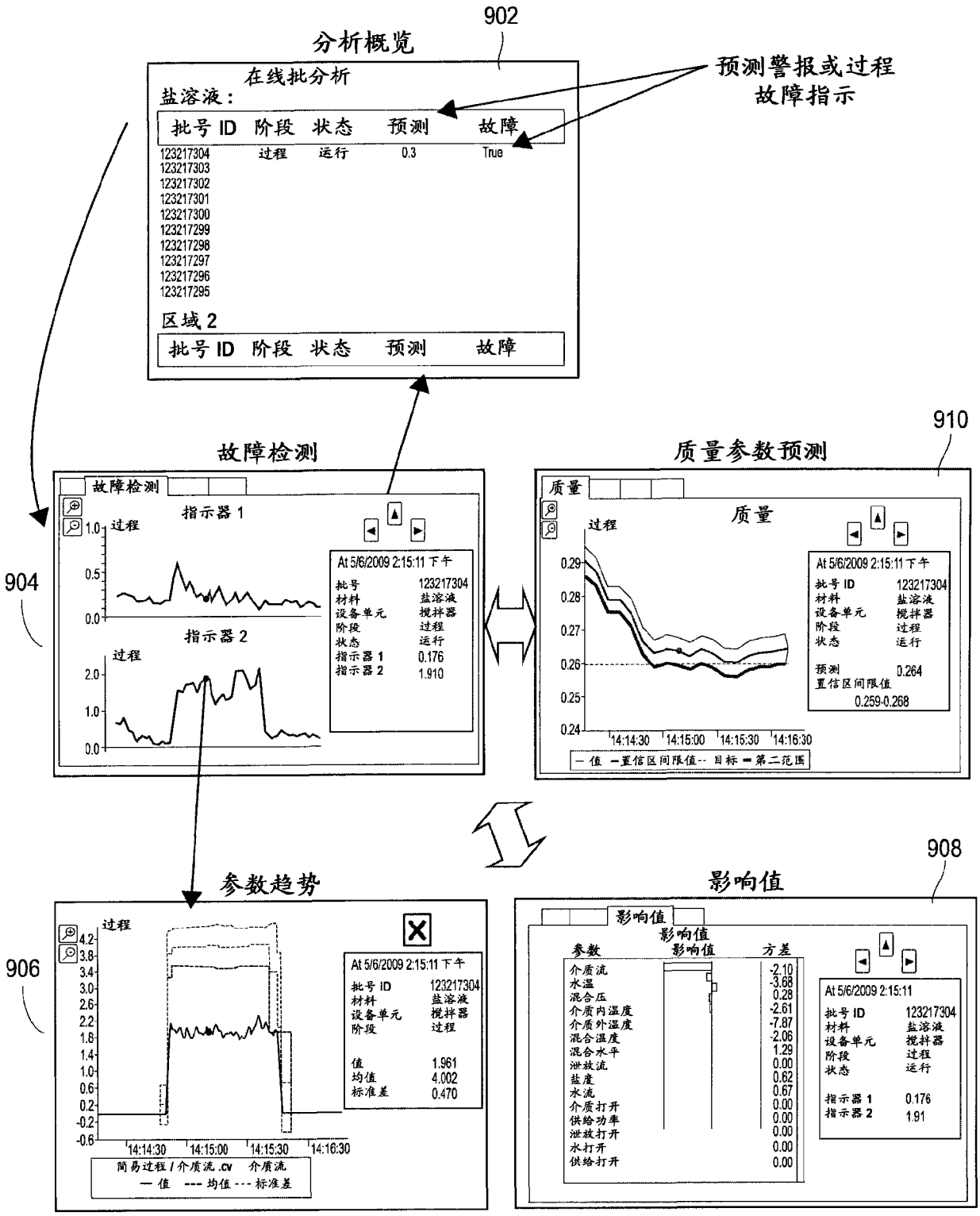

902
分析概览
在线批分析
盐溶液：
批号 ID 阶段 状态 预测 故障
123217304 过程 运行 0.3 True
123217303
123217302
123217301
123217300
123217299
123217298
123217297
123217296
123217295
区域 2
批号 ID 阶段 状态 预测 故障
预测警报或过程故障指示
910
故障检测
质量参数预测
904
故障检测
指示器 1
过程
指示器 2
过程
At 5/6/2009 2:15:11 下午
批号 123217304
材料 盐溶液
设备单元 搅拌器
阶段 过程
状态 运行
指示器 1 0.176
指示器 2 1.910
质量
过程
质量
At 5/6/2009 2:15:11 下午
批号 ID 123217304
材料 盐溶液
设备单元 搅拌器
阶段 过程
状态 运行
预测 0.264
置信区间限值
0.259-0.268
值 置信区间限值 目标 第二范围
908
参数趋势
影响值
906
过程
At 5/6/2009 2:15:11 下午
批号 ID 123217304
材料 盐溶液
设备单元 搅拌器
阶段 过程
值 1.961
均值 4.002
标准差 0.470
简易过程 / 介质流 .cv 介质流
值 均值 标准差
影响值
影响值
参数 影响值 方差
介质流 -2.10
水温 -3.68
混合压 0.28
介质内温度 -2.61
介质外温度 -7.87
混合温度 -2.06
混合水平 1.29
泄放流 0.00
盐度 0.62
水流 0.67
介质打开 0.00
供给功率 0.00
泄放打开 0.00
水打开 0.00
供给打开 0.00
At 5/6/2009 2:15:11
批号 ID 123217304
材料 盐溶液
设备单元 搅拌器
阶段 过程
状态 运行
指示器 1 0.176
指示器 2 1.91

图10

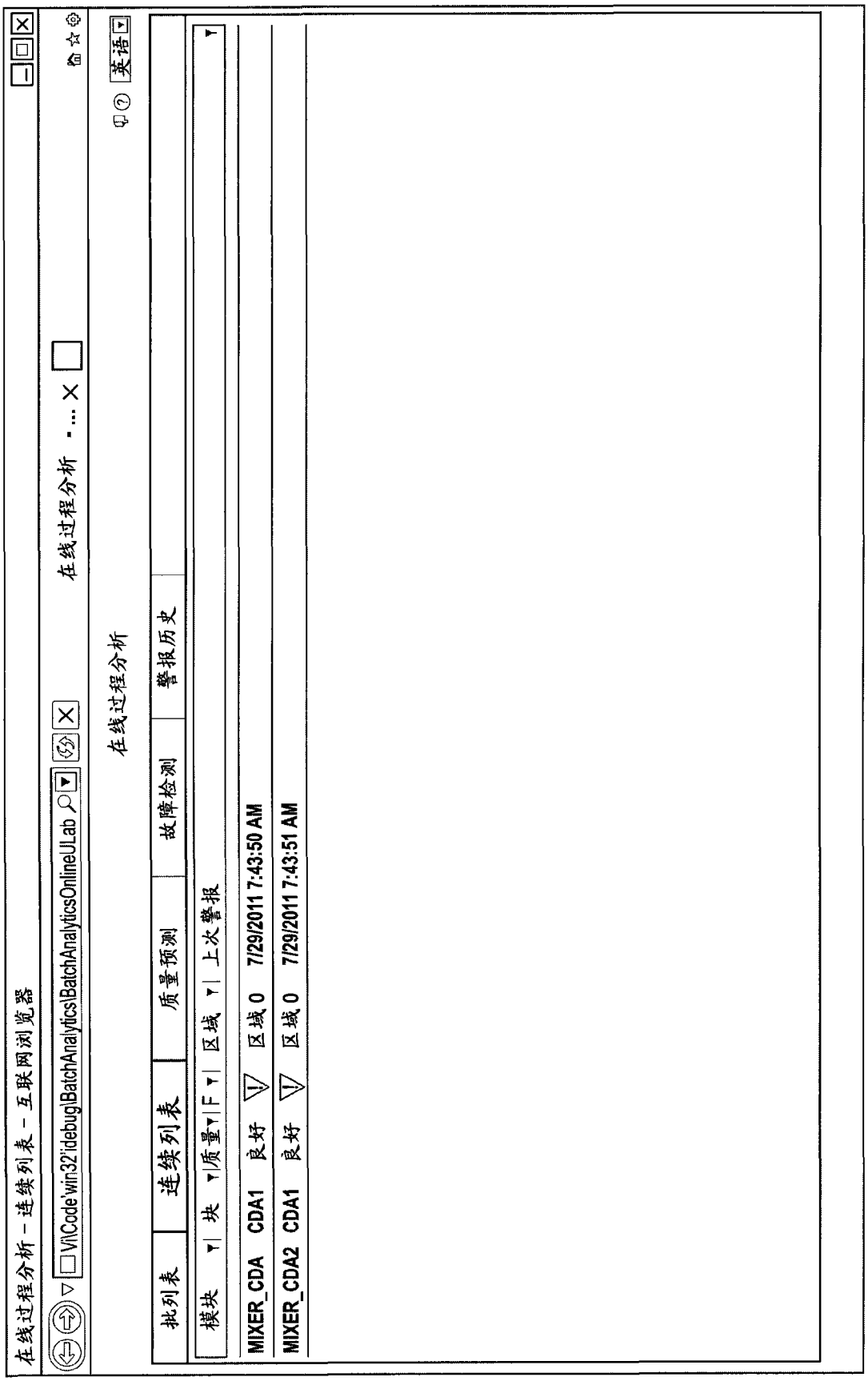

在线过程分析 - 连续列表 - 互联网浏览器
\\UCode\win32\idebug\BatchAnalytics\BatchAnalyticsOnlineULab
在线过程分析
英语
批列表
连续列表
质量预测
故障检测
警报历史
模块
块
质量
F
区域
上次警报
MIXER_CDA CDA1 良好 区域 0 7/29/2011 7:43:50 AM
MIXER_CDA2 CDA1 良好 区域 0 7/29/2011 7:43:51 AM

图11A

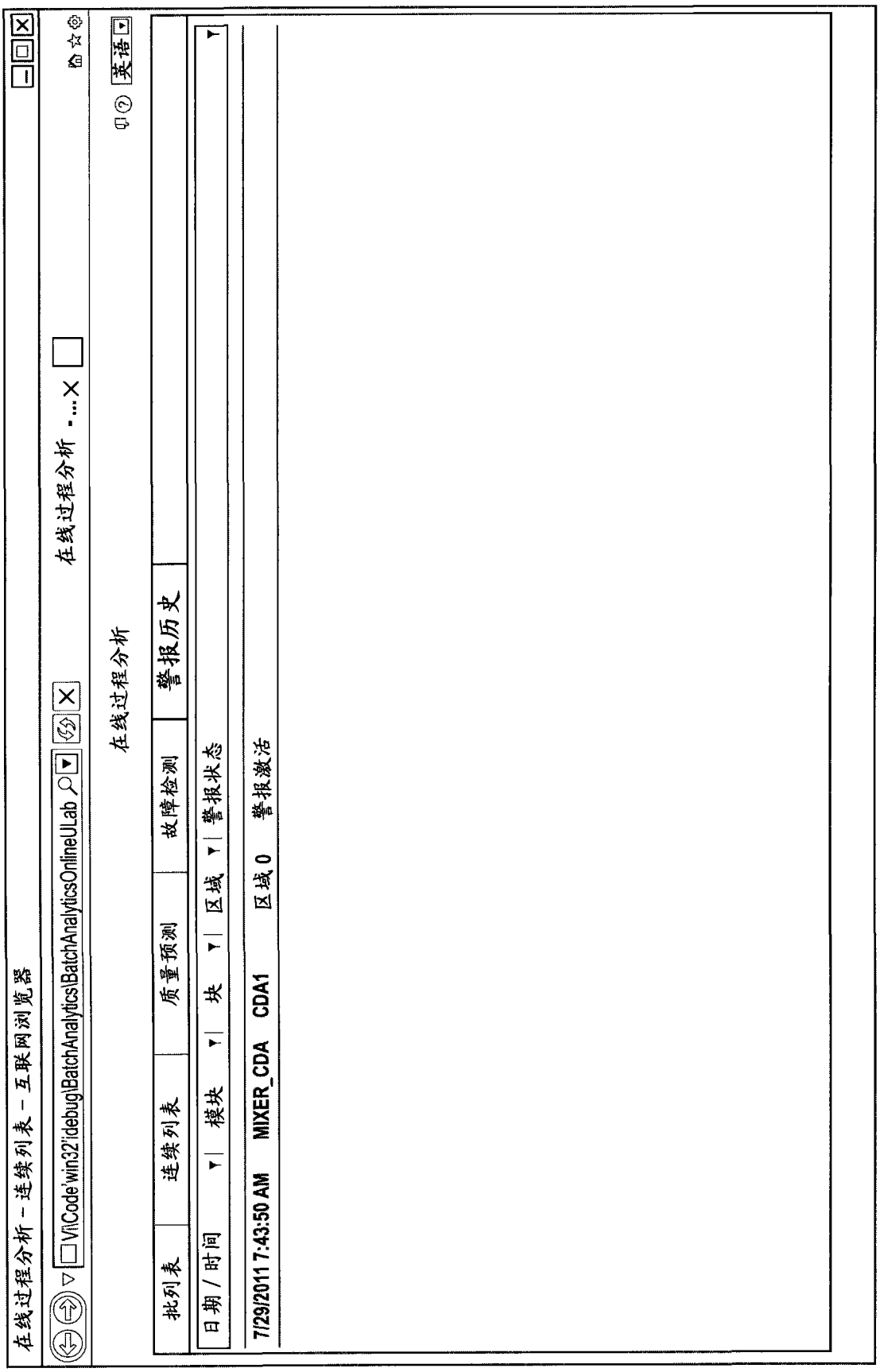

在线过程分析 - 连续列表 - 互联网浏览器
ViCode\win32\debug\BatchAnalytics\BatchAnalyticsOnlineULab
在线过程分析 -...
在线过程分析
英语
批列表
连续列表
质量预测
故障检测
警报历史
日期 / 时间
模块
块
区域
警报状态
7/29/2011 7:43:50 AM MIXER_CDA CDA1 区域 0 警报激活

图11B

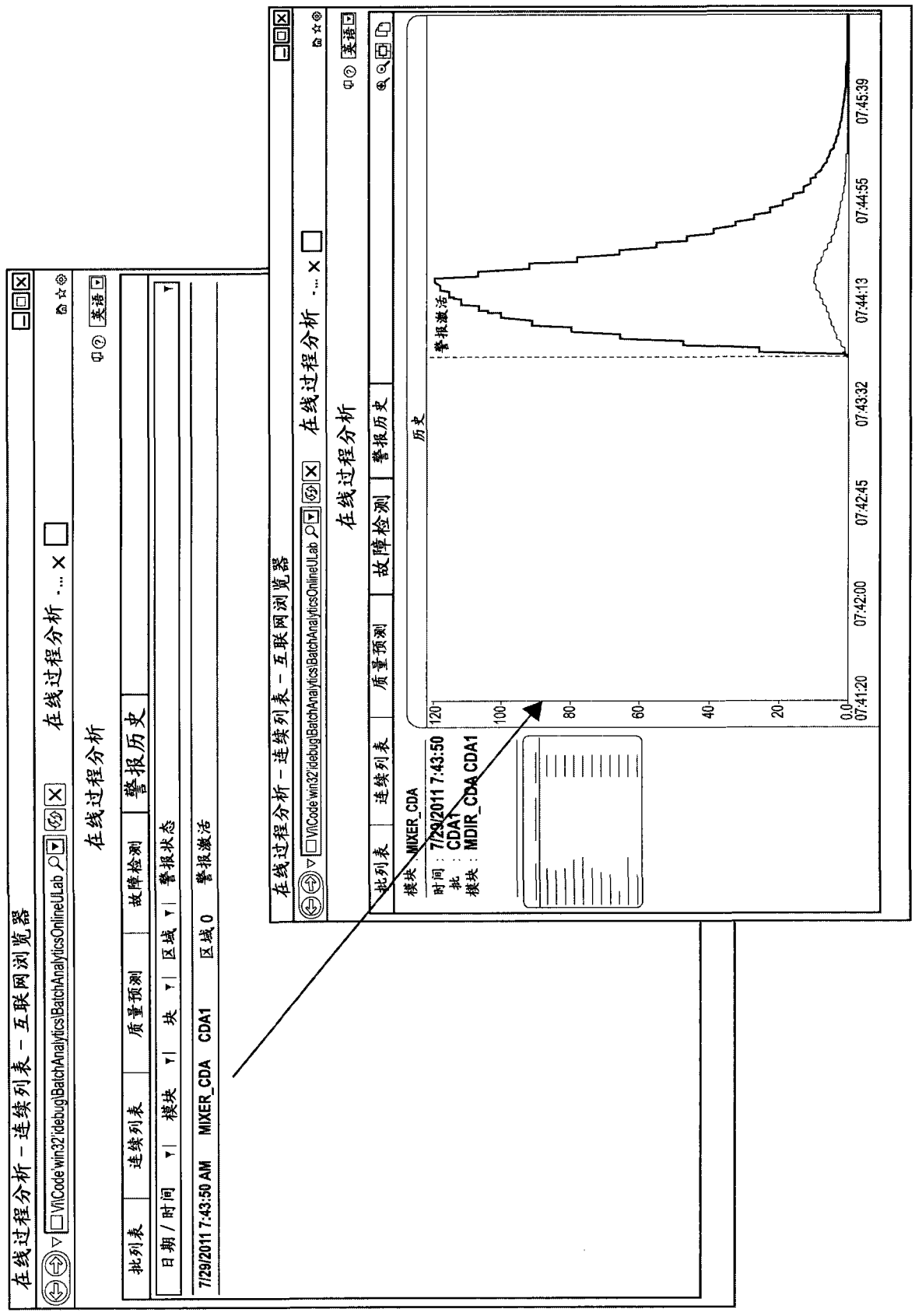

在线过程分析 - 连续列表 - 互联网浏览器
在线过程分析
批列表
连续列表
质量预测
故障检测
警报历史
日期 / 时间
模块
块
区域
警报状态
7/29/2011 7:43:50 AM
MIXER_CDA
CDA1
区域 0
警报激活
在线过程分析 - 连续列表 - 互联网浏览器
在线过程分析
批列表
连续列表
质量预测
故障检测
警报历史
模块 : MIXER_CDA
时间 : 7/29/2011 7:43:50
批 : CDA1
模块 : MDIR_CDA CDA1
历史
警报激活
120
100
80
60
40
20
0.0
07:41:20
07:42:00
07:42:45
07:43:32
07:44:13
07:44:55
07:45:39

图11C

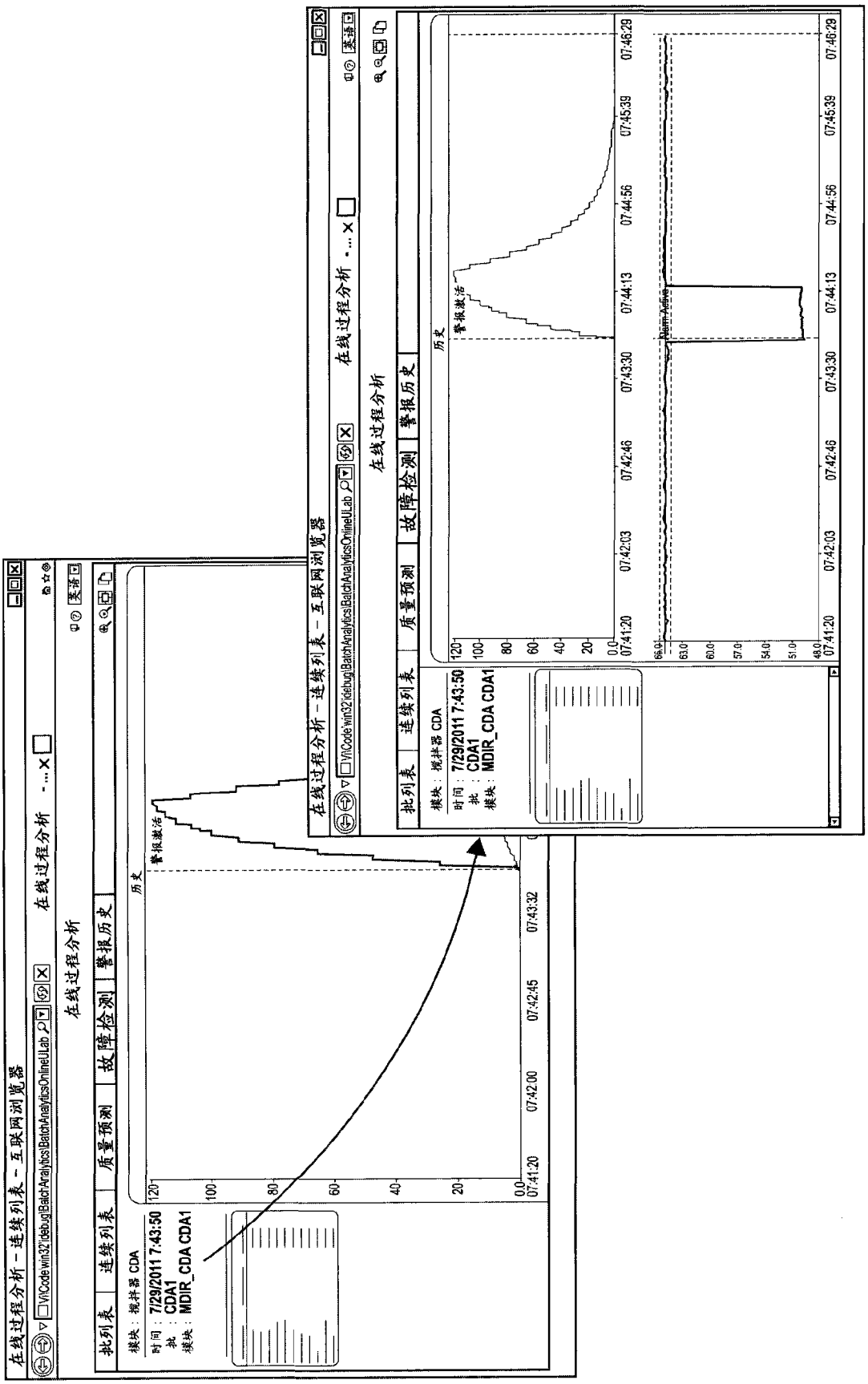

在线过程分析 - 连续列表 - 互联网浏览器
在线过程分析 - 连续列表 - 互联网浏览器
在线过程分析
在线过程分析
批列表
连续列表
质量预测
故障检测
警报历史
模块：搅拌器 CDA
时间：7/29/2011 7:43:50
批：CDA1
模块：MDIR_CDA CDA1
历史
警报激活
07:41:20
07:42:00
07:42:45
07:43:32
07:42:03
07:42:46
07:43:30
07:44:13
07:44:56
07:45:39
07:46:29

图11D

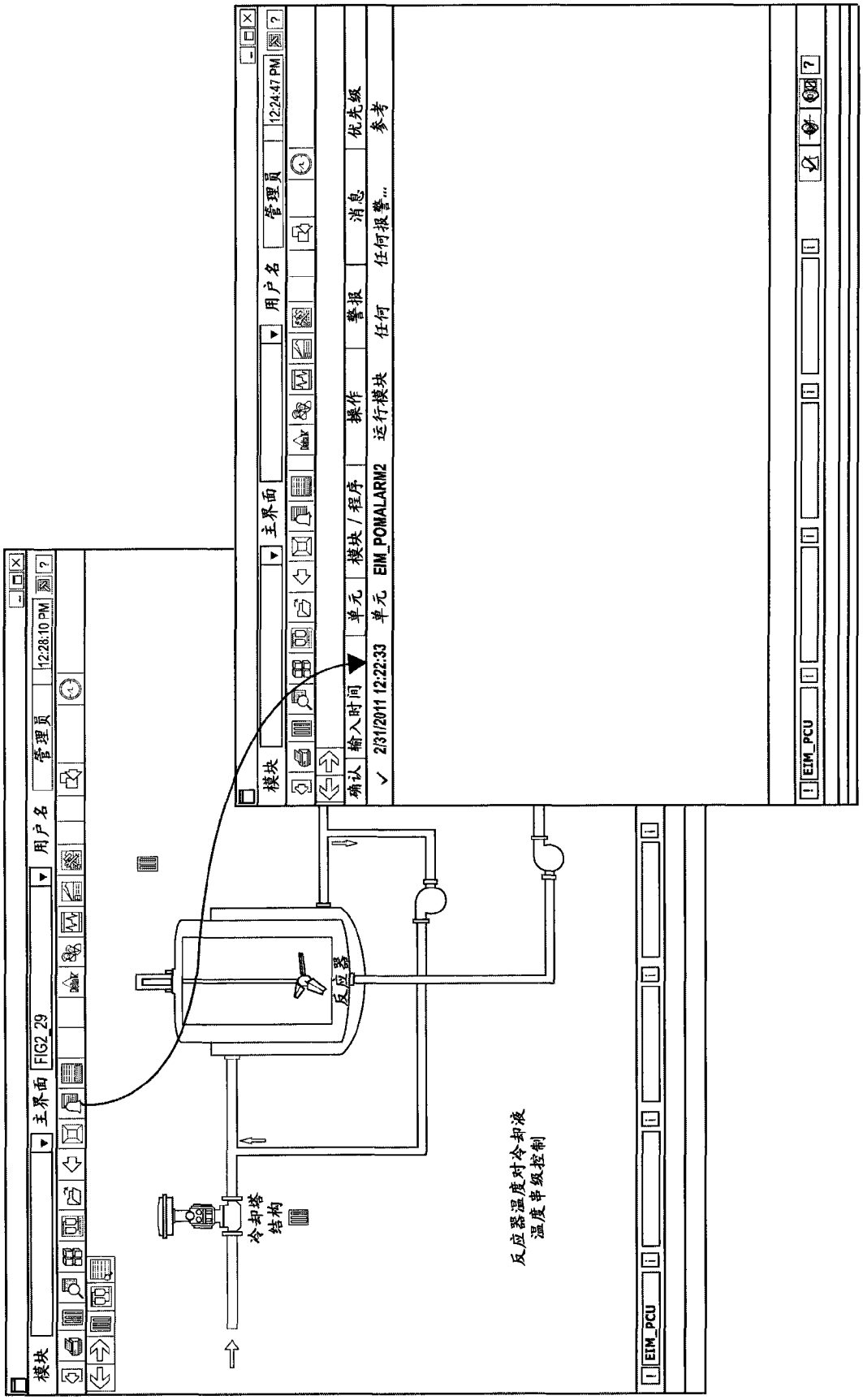

模块
主界面
FIG2_29
用户名
管理员
12:28:10 PM
确认
输入时间
单元
模块 / 程序
操作
警报
消息
优先级
2/31/2011 12:22:33
单元
EIM_POMALARM2
运行模块
任何
任何报警...
参考
EIM_PCU
反应器
冷却塔
结构
反应器温度对冷却液
温度串级控制

图12A

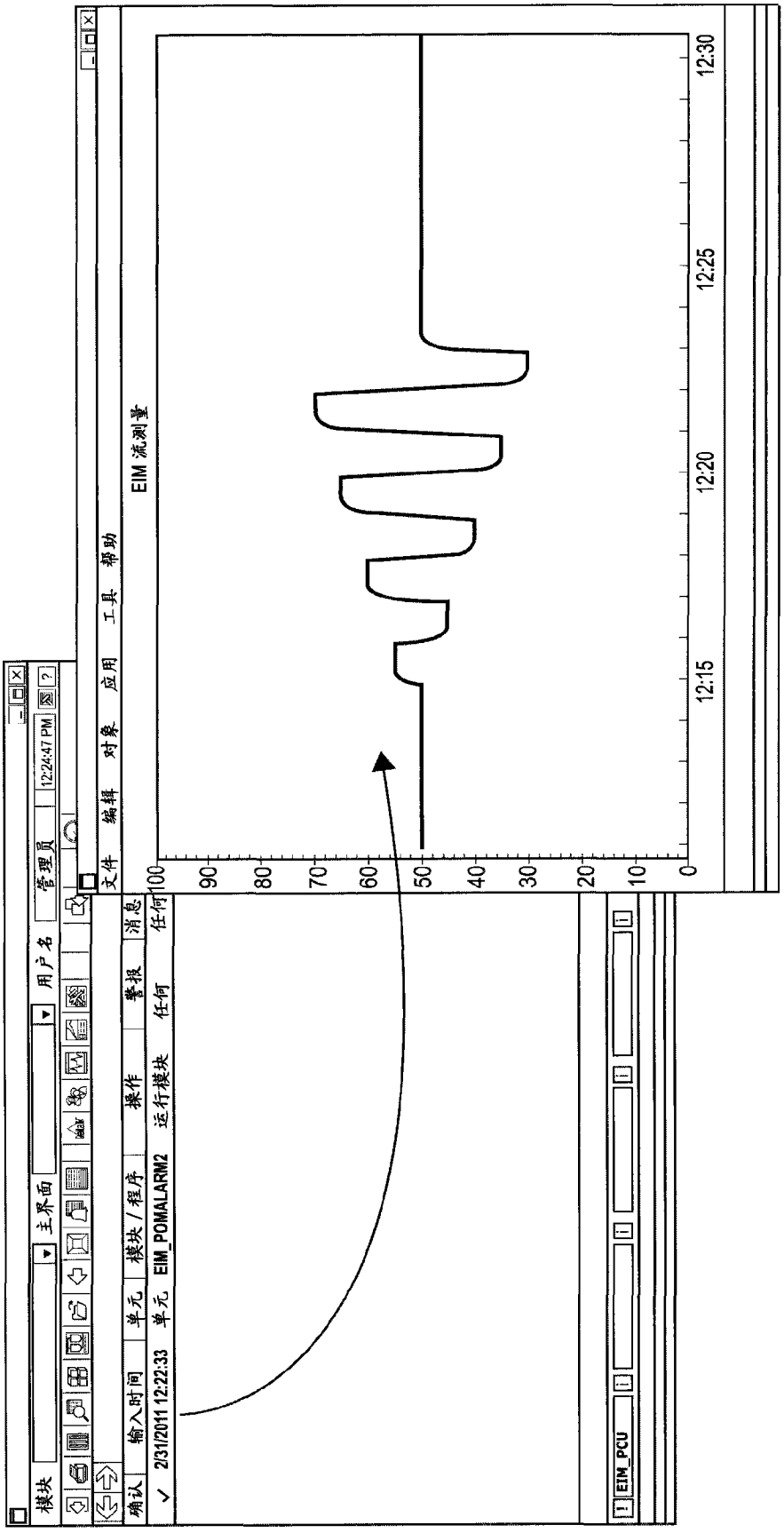

模块
主界面
用户名
管理员
12:24:47 PM
文件 编辑 对象 应用 工具 帮助
EIM 流测量
确认 输入时间 单元 模块 / 程序 操作 警报 消息
2/31/2011 12:22:33 单元 EIM_POMALARM2 运行模块 任何 任何
EIM_PCU
100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
12:15 12:20 12:25 12:30

图12B

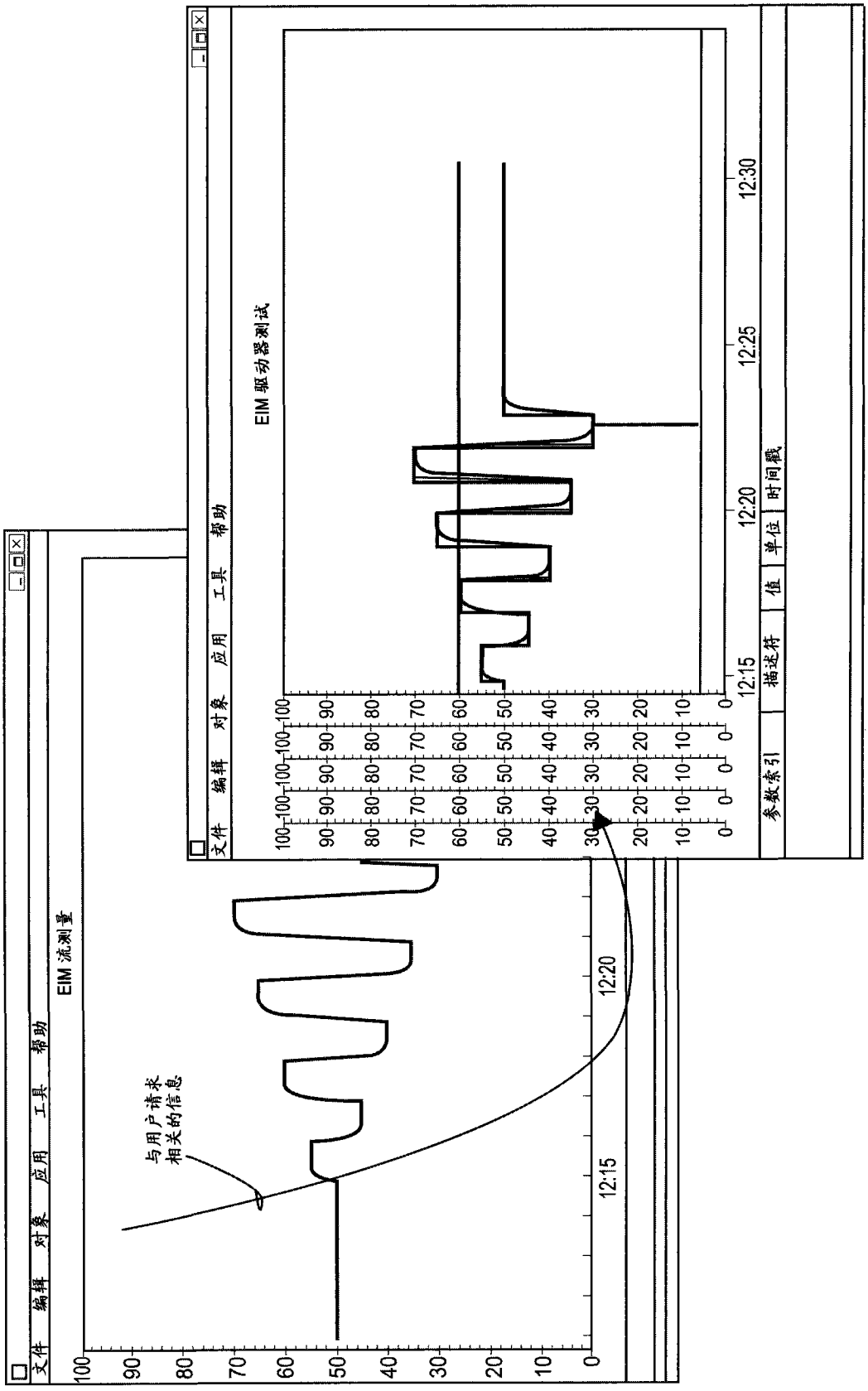

文件 编辑 对象 应用 工具 帮助
EIM 流测量
与用户请求
相关的信息
12:15
12:20
文件 编辑 对象 应用 工具 帮助
EIM 驱动器测试
12:15
12:20
12:25
12:30
参数索引
描述符
值
单位
时间戳

图12C