



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116777032 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 19

(21) 申请号 202310238483.8

G16H 10/40 (2018.01)

(22) 申请日 2023.03.13

(30) 优先权数据

22162137.8 2022.03.15 EP

(71) 申请人 豪夫迈·罗氏有限公司

地址 瑞士巴塞尔

(72) 发明人 G·阿斯奎尔 G·P·詹纳-舒比格

E·奥斯特布鲁克

S·施威格豪瑟尔 C·施泰纳特

M·策德

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

专利代理师 钟茂建 吕传奇

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04 (2023.01)

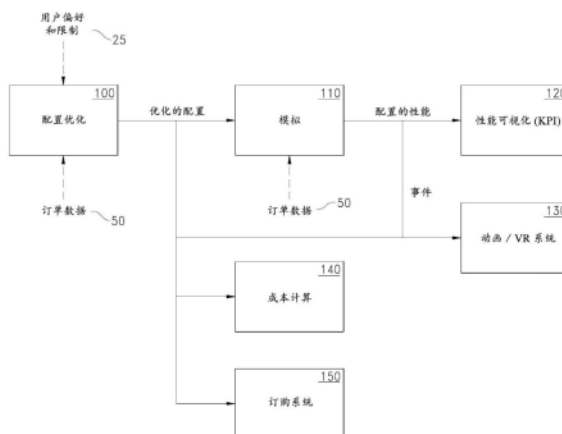
权利要求书2页 说明书14页 附图15页

(54) 发明名称

预测未来实验室性能

(57) 摘要

本发明呈现了一种预测实验室系统的未来实验室性能的计算机实现的方法。所述实验室系统包括经由网络通信连接通信地连接的配置成对实验室测试样品进行测试的多个实验室仪器、实验室中间件、控制单元和仪表板显示器。所述方法包括：将来自实验室操作员的实验室操作员偏好和实验室限制提供至所述控制单元的优化模块；将实验室输入数据和订单数据提供至所述控制单元的所述优化模块；基于所述实验室操作员偏好、实验室限制、实验室输入和订单数据，在所述控制单元的所述优化模块处优化实验室配置；基于由所述优化模块提供的优化的实验室配置以及实时实验室输入和订单数据，通过所述控制单元的模拟模块来模拟所述实验室系统的未来实验室性能；以及在所述仪表板显示器上向所述实验室操作员显示模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。



1. 一种预测实验室系统的未来实验室性能的计算机实现的方法,所述实验室系统包括经由网络通信连接通信地连接的配置成对实验室测试样品执行测试的多个实验室仪器、实验室中间件、控制单元和仪表板显示器,所述方法包括:

将来自实验室操作员的实验室操作员偏好和实验室限制提供至所述控制单元的优化模块;

将实验室输入数据和订单数据提供至所述控制单元的所述优化模块;

基于所述实验室操作员偏好、实验室限制、实验室输入和订单数据,在所述控制单元的所述优化模块处优化实验室配置;

基于由所述优化模块提供的优化的实验室配置以及实时实验室输入和订单数据,通过所述控制单元的模拟模块来模拟所述实验室系统的未来实验室性能;以及

在所述仪表板显示器上向所述实验室操作员显示模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。

2. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中所述实验室输入数据和订单数据由所述实验室中间件实时连续地提供,其中所述实时实验室数据包括用于掩蔽分析仪的定时、试剂包分配和放置、样品加载安排和/或它们的组合。

3. 根据权利要求1和2所述的计算机实现的方法,其中所述模拟的未来实验室性能包括预测来自所述多个实验室仪器的测试结果的到达。

4. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其中显示的模拟的未来性能包括模拟的吞吐量、样品的TAT、获得结果的时间、缓冲水平、样品流量强度、仪器负载和实验室操作员的工作量、空闲时间、超过性能验收标准的样品、试剂或测试的数量、点对点行进时间、缓冲等待时间、离开时间、每次实验室操作员交互的次数、所需实验室操作员的数量、功耗、耗水量、运行费用或它们的组合。

5. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其中所述显示的模拟的未来性能包括模拟的实验室配置与当前实验室配置相比的益处的指标。

6. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其进一步包括:

基于所述模拟的未来实验室性能,经由来自所述实验室操作员的输入更改当前实验室的实验室配置。

7. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其进一步包括:

当所述模拟的未来实验室性能和实际实验室性能偏离可接受水平和/或模拟的测试样品到达和实际测试样品到达偏离可接受水平和/或检测到异常时,触发警报;以及在仪表板显示器上指示偏差或异常的潜在来源。

8. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其进一步包括:

基于所述优化的实验室配置来计算估计的未来订单。

9. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其进一步包括:

计算对所述模拟的未来实验室性能的样品加载影响。

10. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其进一步包括:

基于所述优化的实验室配置来安排与所述实验室系统的手动交互。

11. 根据前述权利要求中的任一项所述的计算机实现的方法,其进一步包括:

显示预测的即将发生的事件与预期这些预测的即将发生的事件将何时发生的指示,其

中所述预测的即将发生的事件是对何时需要重新填充的估计和/或对维护事件的开始时间的估计和/或对维护事件的持续时间的估计和/或预测未来实验室维护事件。

12. 一种预测实验室系统的未来实验室性能的计算机实现的方法, 所述实验室系统包括经由网络通信连接通信地连接的配置成对实验室测试样品执行测试的多个实验室仪器、实验室中间件、控制单元和仪表板显示器, 所述方法包括:

将来自实验室操作员的所述实验室系统的不同配置提供至所述控制单元的模拟模块;

将来自所述多个实验室仪器的实时实验室输入数据连续地提供至所述实验室中间件;

将来自所述实验室中间件的所述实时实验室输入数据和订单数据连续地提供至所述模拟模块;

基于所述实时实验室输入和订单数据, 通过所述控制单元的模拟模块来模拟所述实验室系统的所述不同配置的未来实验室性能; 以及

在所述仪表板显示器上向所述实验室操作员显示所述实验室系统的所述不同配置的模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。

13. 根据权利要求12所述的计算机实现的方法, 其进一步包括:

由所述实验室操作员基于所述不同配置的所述模拟的未来实验室性能来选择所述实验室系统的所述不同配置中的一个配置; 以及

基于选择的配置, 重新配置所述实验室系统。

14. 根据权利要求12和13所述的计算机实现的方法, 其进一步包括:

基于实验室操作员偏好、实验室限制、实时实验室输入和订单数据, 在优化模块处优化所述不同配置的未来实验室性能。

15. 一种用于预测未来实验室性能的实验室系统, 所述实验室系统包括:

多个实验室仪器, 所述多个实验室仪器配置成对实验室测试样品执行测试;

实验室中间件, 所述实验室中间件通信地连接到所述多个实验室仪器;

仪表板显示器, 所述仪表板显示器配置成显示所述实验室系统的性能信息; 以及

控制单元, 所述控制单元包括优化模块和模拟模块, 并经由网络通信连接而连接到所述多个实验室仪器和所述实验室中间件, 所述控制单元配置成:

将来自实验室操作员的实验室操作员偏好和实验室限制提供至所述优化模块,

将来自所述多个实验室仪器的实时实验室输入数据连续地提供至所述实验室中间件,

将来自所述实验室中间件的所述实时实验室输入数据和订单数据连续地提供至所述优化模块,

基于所述实验室操作员偏好、实验室限制、实时实验室输入和订单数据, 在所述优化模块处优化实验室配置,

基于由所述优化模块提供的优化的实验室配置以及实时实验室输入和订单数据, 通过所述模拟模块来模拟所述实验室系统的未来实验室性能, 以及

在所述仪表板显示器上向所述实验室操作员显示模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。

预测未来实验室性能

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及一种预测或预报实验室系统的性能以便优化实验室系统的性能的方法。

背景技术

[0002] 典型的实验室性能仪表盘仅指示实验室的当前和过去的性能以及与所需性能的任何潜在差距。除此之外,典型的仪表盘不指示未来性能或实际最佳性能,仪表盘也不会预测即将发生的实验室事件。

[0003] 进一步,当前的实验室性能仪表盘不能向实验室操作员提供实验室测试结果何时能够供实验室操作员使用的准确预测。一般来讲,目前仅提供实验室测试结果可用性的粗略估计。这些粗略估计通常依赖于使用提供给实验室中间件的分析仪数据的简单算法。

[0004] 进一步,目前没有手段供实验室操作员快速且准确地确定由于实验室工作量的日常变化或当实验室操作员变更工作流程变量、维护计划和/或实验室配置时,实验室性能方面的后果。相反,当实验室由于原始设计变更的后果而未按预期运行时,实验室操作员通常会抱怨更长的工作时间和/或测试结果向实验室客户的延迟交付。因此,如果仪表盘可以在进行变更之前快速地且准确地向实验室操作员展示此类变更对实验室性能的影响,则可以为实验室节省时间、成本和资源。

[0005] 文献EP 2602625 B1公开了一种通过以下来监控诊断测试过程的方法:模拟诊断测试过程,接收表示诊断测试过程的实际过程的数据,以及显示模拟和实际诊断测试过程。

[0006] 文献US 7,960,178公开了一种用于处理样品的方法,该方法向操作员提供替代性安排过程以便完成某些任务。

[0007] 文献US 9,194,876公开了一种用于基于各种实验室数据源做出和显示对样品结果何时可用的估计的方法。

[0008] 文献US 9,466,040公开了一种用于预测自动分析系统中的堵塞并调整样品的定时和取出以便避免堵塞的方法。

发明内容

[0009] 本公开的一个目的是预测或预报实验室系统的性能以便优化实验室系统的性能。

[0010] 根据本公开的一个方面,公开了一种预测实验室系统的未来实验室性能的计算机实现的方法。该实验室系统可以包括经由网络通信连接通信地连接的配置成对实验室测试样本进行测试的多个实验室仪器、分析前仪器、分析后仪器、实验室中间件、控制单元、实验室测试样品运输系统和仪表盘显示器。该方法可以包括:将来自实验室操作员的实验室操作员偏好和实验室限制提供至控制单元的优化模块;将实验室输入数据和订单数据提供至控制单元的优化模块;基于实验室操作员偏好、实验室限制、实验室输入和订单数据,在控制单元的优化模块处优化实验室配置;基于由优化模块提供的优化的实验室配置以及实时实验室输入和订单数据,通过控制单元的模拟模块模拟实验室系统的未来实验室性能;以

及在仪表板显示器上向实验室操作员显示模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。

[0011] 实验室输入数据和订单数据可以由实验室中间件实时连续地提供。样本采集数据和实验室测试样品传输数据也可以由实验室中间件实时连续地提供。

[0012] 实时实验室数据包括实验室中资源的状态,诸如,例如实验室仪器的状态、运输系统的状态、实验室操作员的可用性、试剂的可用性、消耗品的可用性、实验室测试样品的状态、用于掩蔽实验室仪器的定时,即,实验室仪器接受实验室测试样品的能力、试剂包分配和放置、样品加载安排、工作流程规则和/或它们的组合。

[0013] 实验室测试样品的状态可以包含,例如,实验室测试样品在任何给定时间的位置,即,实验室测试样品在哪个实验室仪器中或在实验室中的哪个位置、进行了多少处理以及还剩多少处理,即,哪些测试操作已经进行、哪些测试操作还需要进行、还剩多少测试样本体积和/或它们的组合。

[0014] 工作流程规则可以包含可以定义例如需要在哪个实验室仪器上对实验室测试样品进行测试以及以何种顺序进行测试、是否需要创建等分试样和/或它们的组合的规则。

[0015] 模拟的未来实验室性能可以包括预测来自多个实验室仪器的测试结果的到达。

[0016] 显示的模拟的未来性能可以包括模拟吞吐量、样品的周转时间(TAT)、获得结果的时间、缓冲水平、样品流量强度、仪器负载和实验室操作员的工作量、空闲时间、超过性能验收标准的样品、试剂或测试的数量、点对点行进时间、缓冲等待时间、离开时间、每次实验室操作员交互的次数、所需实验室操作员的数量、功耗、耗水量、运行费用或它们的组合。

[0017] 显示的模拟的未来性能可以包括模拟实验室配置与当前实验室配置相比的益处指标。

[0018] 计算机实现的方法可以进一步包括:基于模拟的未来实验室性能,经由来自实验室操作员的输入更改当前实验室的实验室配置。

[0019] 计算机实现的方法可以进一步包括:当模拟的未来实验室性能和实际实验室性能偏离可接受水平和/或模拟测试样品到达和实际测试样品到达偏离可接受水平和/或检测到异常时,触发警报。

[0020] 计算机实现的方法可以进一步包括:在仪表板显示器上指示偏差或异常的潜在来源。

[0021] 计算机实现的方法可以进一步包括:基于优化的实验室配置计算估计的未来性能。

[0022] 计算机实现的方法可以进一步包括:对模拟的未来实验室性能的样品加载影响。

[0023] 计算机实现的方法可以进一步包括:基于优化的实验室配置安排与实验室系统的手动交互。

[0024] 在一些实施例中,实验室过程对于模拟模型而言可能是未知的。在该实施例中,“未知”可以表示例如没有模型或没有足够好的模型当前能够用于表示该实验室仪器或手动过程的行为。未知元素和不良模型会导致模拟模型中的时间未知或预测不佳。然而,当实验室系统接收到来自相应实验室过程的数据时,它可用于改进模拟模型以提高未来模拟的准确性。随着接收到的数据越多,模型在预测未来事件方面的效果就越好。

[0025] 计算机实现的方法可以进一步包括:显示预测的即将发生的事件连同预期其将何时发生的指示。预测的即将发生的事件可以包括:例如,实验室测试样品、实验室数据或实

实验室设备的状态变化、测试结果的发布、一个或多个样品从正在处理到准备好的状态变化、一个样品准备好从实验室仪器进行移除、一支架或托盘测试样品准备好由实验室操作员进行拾取、实验室仪器的负载变化或实验室仪器处测试样品队列中测试样品数量的变化、执行质量控制(QC)的时间或用试剂或消耗品等重新填充实验室仪器的时间等。

[0026] 附加的预测的即将发生的事件可以是对何时需要重新填充的估计和/或对实验室维护事件的开始时间的估计和/或对实验室维护事件的持续时间的估计、预测未来实验室维护事件何时可能发生、何时分析完一批实验室测试样品、何时准备好将实验室测试样品从实验室仪器或实验室系统中取出、公布特定实验室测试样品(例如紧急/紧急情况)的所有或特定测试结果的时间,使得需要进行验证或者可以将测试结果传达给医疗专业人员等。预测还可以有助于定义紧急实验室测试何时完成,使得实验室人员可以计划可能导致更长TAT时间的活动,诸如,喝咖啡休息、运行QC测试、执行使得手动加载样品、试剂或消耗品可能会延迟的活动等。

[0027] 根据本公开的第二方面,公开了一种预测实验室系统的未来实验室性能的计算机实现的方法。该实验室系统可以包括经由网络通信连接通信地连接的配置成对实验室测试样品进行测试的多个实验室仪器、实验室中间件、控制单元和仪表板显示器。该方法可以包括:将来自实验室操作员的实验室系统的不同配置提供至控制单元的优化模块;将来自多个实验室仪器的实时实验室输入数据连续地提供至实验室中间件;将来自实验室中间件的实时实验室输入数据和订单数据连续地提供至优化模块;基于实时实验室输入和订单数据,通过控制单元的模拟模块模拟实验室系统的不同配置的未来实验室性能;以及在仪表板显示器上向实验室操作员显示实验室系统的不同配置的模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。

[0028] 计算机实现的方法可以进一步包括:由实验室操作员基于不同配置的模拟的未来实验室性能来选择实验室系统的不同配置中的一个配置,以及基于选择的配置,重新配置实验室系统。

[0029] 实验室系统的重新配置可以手动进行和/或可以自动进行。

[0030] 计算机实现的方法可以进一步包括:基于实验室操作员偏好、实验室限制、实时实验室输入和订单数据,在优化模块处优化不同配置的未来实验室性能。

[0031] 根据本公开的第三方面,公开了一种用于预测未来实验室性能的实验室系统。实验室系统可以包括:多个实验室仪器,该多个实验室仪器配置成对实验室测试样品进行测试;实验室中间件,该实验室中间件通信地连接到多个实验室仪器;仪表板显示器,该仪表板显示器配置成显示实验室系统的性能信息;以及控制单元,该控制单元包括优化模块和模拟模块,并经由网络通信连接连接到多个实验室仪器和实验室中间件。控制单元可以配置成:将来自实验室操作员的实验室操作员偏好和实验室限制提供至优化模块;以及将来自多个实验室仪器的实时实验室输入数据连续地提供至实验室中间件。控制单元还可以配置成:将来自实验室中间件的实时实验室输入数据和订单数据连续地提供至优化模块;以及基于实验室操作员偏好、实验室限制、实时实验室输入和订单数据,在优化模块处优化实验室配置。控制单元还可以配置成:基于由优化模块提供的优化的实验室配置以及实时实验室输入和订单数据,通过模拟模块模拟实验室系统的未来实验室性能;以及在仪表板显示器上向实验室操作员显示模拟的未来实验室性能和实际实验室性能。

[0032] 通过使用模拟预报或预测未来实验室性能,会出现几个优势。首先,可以更准确地识别偏差发生的时间。例如,通常情况下,实验室操作员只会在样品测试结果公布后才知道例如实际获得结果的时间和期望获得结果的时间之间发生了偏差,这对于修正该特定样品的偏差来说将为时过晚,并且因此还会导致过程中的其他样品被延迟。然而,通过预测未来实验室性能,可以在测试样品处理时间期间,经由每个报告的事件与相应的模拟事件之间的比较来识别可能出现偏差的工作流程步骤(诸如,例如在样本运输步骤或实验室仪器中),并且一旦检测到偏差,就在真实的实验室环境中进行校正。

[0033] 除此之外,可以识别导致偏差的实验室系统元素,或者至少可以缩小可能导致偏差的潜在实验室元素的范围,以便在模拟过程中确定。

附图说明

[0034] 当结合以下附图阅读时,可以最佳地理解以下对本公开的具体实施例的详细描述,在附图中,相同的结构用相同的附图标记表示,并且在附图中:

[0035] 图1示出了根据本公开的实施例的在实验室设计阶段期间的实验室配置优化器和模拟的流程图。

[0036] 图2示出了根据本公开的实施例的在实验室设计阶段期间的示例性用户界面仪表板显示器。

[0037] 图3示出了根据本公开的实施例的利用实验室性能模拟的实验室配置的运行时期应用的流程图。

[0038] 图4示出了根据本公开的实施例的示出了获得结果的时间的直方图的示例性实际实验室性能仪表板显示器。

[0039] 图5示出了根据本公开的实施例的利用具有实验室用户输入的实验室性能模拟的实验室配置的运行时期应用的流程图。

[0040] 图6示出了根据本公开的实施例的示出了实验室操作员手动改变实验室配置的示例性用户界面仪表板显示器。

[0041] 图7示出了根据本公开的实施例的使用模拟器来检查用于进行实验室维修和/或实验室维护的时间的流程图。

[0042] 图8示出了根据本公开的实施例的示出了维修仪器对实验室性能的影响的示例性用户界面仪表板显示器。

[0043] 图9示出了根据本公开的实施例的与真实实验室性能并行运行以预测未来实验室问题的实验室性能模拟的流程图。

[0044] 图10示出了根据本公开的实施例的示出了如何识别实验室问题的示例性用户界面仪表板显示器。

[0045] 图11示出了根据本公开的实施例的用于识别实验室问题的图形方法。

[0046] 图12示出了根据本公开的实施例的与真实实验室性能并行运行以预测试剂何时用完的实验室性能模拟的流程图。

[0047] 图13示出了根据本公开的实施例的示出了模拟性能与当前实验室配置之间的差异的示例性用户界面仪表板显示器。

[0048] 图14示出了根据本公开的实施例的与真实实验室性能并行运行以预测何时可以

预期测试结果或者何时测试样品可以准备好的实验室性能模拟的流程图。

[0049] 图15示出了根据本公开的实施例的示出了经由模拟来预测重要的实验室事件的示例性用户界面仪表板显示器。

具体实施方式

[0050] 在以下对实施例的详细描述中,参考了形成其一部分的附图,并且在附图中,以说明而非限制的方式示出了可以实践本公开的具体实施例。应当理解,在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可以利用其他实施例,并且可以进行逻辑、机械和电气方面的改变。

[0051] 如下文所使用的,术语“具有”、“包括”或“包含”或其任意语法变化形式以非排他性方式使用。因此,这些术语既可指除了由这些术语引入的特征之外,在此上下文中描述的实体中不存在其他特征的情况,也可指存在一个或多个其他特征的情况。作为示例,表述“A具有B”、“A包括B”和“A包含B”既可以指其中除B之外,A中不存在其他要素的情况(即,其中A由B单独且唯一地组成的情况),也可以指其中除B之外,实体A中还存在一个或多个其他要素(诸如要素C、要素C和要素D或甚至其他要素)的情况。

[0052] 此外,应注意,指示特征或元素可存在一次或多次的术语“至少一个”、“一个或多个”或类似表述通常在引入相应特征或元素时仅使用一次。在下文中,在大多数情况下,当提及相应的特征或元素时,尽管相应的特征或元素可能只存在一次或多次,但不会重复使用表述“至少一个”或“一个或多个”。

[0053] 可以采用“一个”或“一种”来描述本文所述的实施例的元件和组件。这么做只是为了方便起见和提供对本发明的概念的一般认识。该解释应被理解为包括一者或至少一者,并且单数包括复数,除非其明显具有其他含义。

[0054] 本文使用的术语“实验室仪器”或“实验室设备”可以包括任何可操作的仪器或仪器组件,对一个或多个生物样品和/或一个或多个试剂,执行和/或促使执行一个或多个处理步骤/工作流程步骤。因此,术语“处理步骤”可以指物理执行的步骤,诸如离心、等分、样品分析、样品运输、存储等。术语“仪器”或“装置”可以涵盖分析前仪器/装置、分析后仪器/装置、分析仪器/装置和实验室中间件。

[0055] 本说明书中使用的术语“实验室中间件”可以指任何可配置为控制实验室仪器/装置或包括一个或多个实验室仪器/装置的系统的物理或虚拟处理设备,其方式是工作流程和工作流程步骤可以由实验室仪器/系统进行。该实验室中间件可例如发出指令使实验室仪器/系统执行分析前、分析后和分析工作流程/工作流程步骤以及样品运输步骤。实验室中间件可以接收来自数据管理单元的有关需要对特定测试样品执行哪些步骤的信息。在一些实施例中,实验室中间件可与数据管理单元集成在一起,可由服务器计算机组成,和/或作为一台实验室仪器/装置的一部分,或甚至分布在实验室自动化系统的多台仪器/装置中。实验室中间件可例如被实现为运行计算机可读程序的可编程逻辑控制器,该计算机可读程序设置有执行操作的指令。

[0056] 如本文所用,术语“工作流程控制单元”可以是广义的术语且可以被赋予对本领域普通技术人员而言普通且惯常的含义,并且可以不限于特殊或自定义的含义。该术语具体地可以指但不限于电子装置,该电子装置配置成,具体地通过硬件和/或通过软件编程配置成,用于控制实验室中间件内的样品处理系统的功能。工作流程控制单元可以进一步配置

成用于与至少一个监测系统和/或至少一个云服务器进行数据交换。具体地,工作流程控制单元可以是或可包括实验室中间件内的计算装置,诸如至少一个处理器,该处理器配置成用于从至少一个监测系统和/或至少一个云服务器接收电子信号(诸如至少一个信息项)并配置成用于进一步评估接收到的信号。进一步地,工作流程控制单元可以被配置成用于基于所接收和评估的信号,例如基于至少一个信息项来控制功能。

[0057] “数据存储单元”或“数据库”可以是用于存储和管理数据的计算单元,诸如存储器、硬盘或云存储。这可能涉及关于由自动系统处理的生物/医学测试样品的数据。数据管理单元可连接至LIS(实验室信息系统)和/或HIS(医院信息系统)。数据管理单元可以是实验室仪器/装置内的单元或与实验室仪器共定位的单元。它可以为实验室中间件的一部分。替代地,数据库可以是远端定位的单元。例如,它可以体现在经由通信网络连接的计算机中。

[0058] 如本文所用的术语“通信网络”可以包括任何类型的无线网络(诸如WiFi™、GSM™、UMTS、蓝牙、超宽带(UWB)、红外或其他无线数字网络)或基于缆线的网络(诸如Ethernet™等)。具体地,通信网络可实施互联网协议(IP)。例如,通信网络可包括有线网络和无线网络的组合。

[0059] 如本文所用,术语“远程系统”或“服务器”可以包括具有能够接收、处理和发送数据的物理或虚拟处理器的任何物理机或虚拟机。服务器可在任何计算机上运行,所述计算机包括专用计算机,这些计算机通常也可以单独称为“服务器”或共享资源诸如虚拟服务器。在许多情况下,计算机可提供若干服务并且具有正在运行的若干服务器。因此,术语服务器可以涵盖与一个或多个客户端进程共享资源的任何计算机化装置。此外,术语“远程系统”或“服务器”可以包括分布在数据网络(诸如云环境)上的数据传输和处理系统。

[0060] 本文所用的术语“模拟”可以涵盖计算机实现模型的执行,以基于可用数据(诸如,例如当前状态、过去的数据、假设的未来数据、预期的数据范围和/或概率分布)来预测未来系统行为(例如部件的状态、数量、关键性能指标(KPI))。模拟可以涵盖反映实验室状态和订单的相关方面的模型的任何使用,以及使用计算来预测关于未来预期的实验室的未来状态或性能的任何感兴趣的数据。模拟可以使用实验室模型的计算机实现来模拟实验室真实行为的一个或多个部分。

[0061] 模拟可以计算在过程中移动的实体(例如,样品管)的状态变化以及随时间的推移过程所需的资源(例如,仪器、人力资源、消耗品、试剂等)。实体的状态变化可能由对实体执行的过程或活动(诸如,例如进出实验室仪器、在实体可被处理之前进行等待、处理时间、实体的运输等)引起,但也会受到资源状态(例如,实验室仪器关闭)和其他实体(例如,占用相同资源,使用相同过程等)的影响。

[0062] 模拟可以是离散事件模拟(其中状态变化称为“事件”)或来自预测分析的任何其他方法,如机器学习、外推、统计模拟。在一个实施例中,模拟结果用于计算关于实验室的汇总信息,诸如,例如,实验室仪器、运输系统和人力资源的预期未来工作量、缓冲器的占用、性能参数、潜在性能、违规问题、资源消耗、成本或衍生事件等。

[0063] 本文所用的术语“优化”可以涵盖以下活动:识别在几个替代方案中的最佳选项(例如,活动安排、实验室设备的配置、软件的配置、资源的数量、要遵循的工作流程和要使用的资源,资源的位置),同时考虑限制(例如,资源的可用性、实体的位置),以便最大化或

最小化一个或多个目标函数。目标函数是一种数学函数,该数学函数用数字表示一个选项满足(例如,实验室所有者/操作员、订购测试的医务人员和/或患者的)质量标准的程度。目标函数由相关性能指标构成,诸如,例如周转时间、获得结果的时间、吞吐量、(低)效率、成本、鲁棒性、工作量等。优化的结果可以包括一个或多个选项,该一个或多个选项是好的、最优的或优于当前状态,在考虑满足限制的情况下通过目标函数进行测量。优化还包括实施已确定的最佳选项以实现改进目标所需的动作。此类动作可以涵盖根据实验室系统的建议由实验室操作员进行手动调整和/或进行基于计算机的全自动调整。所有调整都有着改进实验室关键性能指标(KPI)的一个或多个或加权组合的共同目标。

[0064] 模拟和优化之间的区别在于,通过优化产生以最佳方式实现目标(如高性能)的提议。因此,优化是一种规范方法而不是预测(模拟)方法。规范分析方法可用于产生实验室操作员建议或自动调整。例如,优化可以提出试剂盒到实验室分析仪的新分配,以便实现更好的(最佳)性能,而此后将使用模拟来评估新提出的配置可以实现的性能。P.FESTA论文“A brief introduction to exact, approximation, and heuristic algorithms for solving hard combinatorial optimization problems”中呈现了规范分析方法的示例,第16届国际透明光网络会议(ICTON),2014年,第1至20页,doi:10.1109/ICTON.2014.6876285。

[0065] 优化问题可以通过精确优化方法、将原始问题近似为更简单的问题并解决更简单的问题和/或通过启发法和/或启发式解法来解决。精确优化方法可以是(i)分支定界法、(ii)动态规划法或(iii)求解器。然而,可以设想和使用其他精确优化方法。

[0066] 求解器可以包括多种算法(即,不仅仅是精确算法)。精确优化方法还可以包括上述方法的组合。解决近似的更简单的问题可以包括应用(i)一种或多种贪婪算法、(ii)局部搜索、(iii)一种或多种基于松弛的算法或(iv)一种或多种随机算法。可以设想并可以使用用于解决近似的更简单问题的其他方法。解决近似的更简单的问题也可以包括上述方法的组合。启发法和/或启发式解法可以是(i)模拟退火、(ii)一种或多种进化算法、(iii)禁忌搜索或(iv)一种或多种贪婪随机自适应搜索过程(GRASP)。启发法和/或启发式解法还可以包括上述方法的组合。

[0067] 通常,典型的实验室性能仪表盘显示当前和过去的实验室性能。在本文公开的实验室性能仪表盘中,可以预测或预报未来的实验室性能。通过在后台实时运行整个实验室的实验室模拟,以下功能可以成为实验室性能仪表盘系统的一部分:

[0068] -实验室操作员可以“展望未来”以获得预测。例如,实验室操作员可以获得某些测试结果将何时准备就绪的时间。这对于某些类型的测试样品可能很重要,诸如,例如紧急样品,诸如,例如用于紧急情况的短周转时间(STAT)样品。除此之外,实验室操作员可以获得关于测试样品何时完成处理并变得能够用于其他过程(诸如,例如需要手动处理测试样本的分析仪)或用于手动分析过程的信息。进一步,实验室操作员可以在实验室需要人机交互(诸如,例如即将发生的实验室问题、试剂或消耗品的重新加载或样品支架的移除、预测性维护和维修活动、废物移除等)时得到通知。

[0069] -实验室操作员可以被告知任何预期的实验室操作的后果。例如,实验室操作员可以看到对实验室配置所做的改变(诸如,例如测试分配、盒的数量等的改变)的影响。此外,结合实验室预测生成的提议,实验室操作员可以看到选择一项或多项提议的实验室配置替

代方案的效果。进一步,实验室操作员可以在例如获得测试结果的时间上看到某个选择的采样加载对实验室性能的影响。除此之外,实验室操作员可以看到在一天中的某个时间维修分析仪或运输线路或关闭或待机某些实验室系统以节省能源等对实验室性能的影响。同样,当使用等分或例如在单独的独立离心系统上离心一些测试样品而不是仅使用连接到全自动实验室系统的离心机时,实验室操作员可以看到实验室性能的潜在收益。

[0070] 实验室模拟器应考虑以下一个或多个方面。首先,在分析新配置时,实验室模拟模型可以从实验室优化器获取其配置输入,并从实验室中间件获取订单列表。处理订单列表以例如扩大实验室系统的订单负载。替代性地,实验室配置可以由实验室操作员直接输入/改变,诸如,例如通过手动定义测试盒应该安装在哪里、安装哪些测试盒以及安装多少个测试盒。然而,可以手动进行或由优化器自动提出的变化取决于实验室操作员的意愿。例如,在设计期间,实验室硬件可能会有所不同,诸如受限于例如空间限制。在运行时期期间,当实验室系统已经安装时,仅例如可以优化现有实验室硬件上的试剂盒放置。实验室配置设计者可以添加客户的偏好,诸如,例如实验室硬件的首选类型或哪些分析仪应执行相同类型的测试等。

[0071] 其次,为了分析实验室配置或实验室分析仪可用性的变化的影响,诸如,例如在实验室维修或维护期间,实验室操作员可以定义实验室事件,诸如,例如何时关闭某些实验室分析仪或其他硬件。

[0072] 第三,模拟/配置的状态可以与实验室的当前状态信息同步,以增强预测的实验室性能。例如,如果实验室模型不是100%准确或如果发生其他延迟,则与实验室模拟相比,测试样品可能实时提前或延迟进入实验室分析仪。定期同步实验室模拟可以有助于纠正这些偏差。同步所需的信息可以从来自实验室中间件的已知实验室事件数据中获得,这些数据还可以包含何时屏蔽/取消屏蔽实验室分析仪以及屏蔽/取消屏蔽哪些实验室分析仪。

[0073] 第四,实验室配置变化可以与来自实验室中间件和/或实验室分析仪的数据(诸如,例如哪些分析仪被屏蔽、试剂包的放置和/或实验室中间件的样品安排配置)同步。

[0074] 第五,实验室操作员或实验室系统本身可以触发一个过程,在该过程中,来自实验室中间件的订单数据(诸如,例如来自多天的订单数据)被用于馈送至优化器。可以获得并模拟可能的实验室配置的一项或多项提议。可选地,实验室操作员可以从要模拟的不同提议中选择场景。然后,仪表板可以显示当前实验室配置与替代性实验室配置的实验室性能值的差异。例如,实验室操作员可以观察到以下影响:改变实验室分析仪的测试分配的实验室配置对周转时间(TAT)或离开时间的影响、人力资源安排的影响(包括TAT上的暂停时间或工作时间,诸如何时处理最后一个测试样品)、在某些时间关闭或维修实验室仪器对TAT的影响等。

[0075] 第六,仪表板基于诸如以下真实数据显示过去、当前或未来时间的一个或多个实验室性能指标,以及与当前实验室系统的相同实验室指标的比较:

[0076] -模拟吞吐量

[0077] -测试样品的模拟TAT,诸如,例如,从进入实验室到测试结果公布的TAT、从医师输入订单到测试结果发送给医师的TAT、预分析系统的TAT和/或血清工作区分析的TAT。

[0078] -模拟获得结果的时间

[0079] -模拟缓冲水平

- [0080] -模拟测试样品流量强度
- [0081] -模拟实验室仪器负载和人力资源工作量
- [0082] -模拟空闲时间
- [0083] -超过实验室性能验收标准(诸如,例如测试样品或测试结果的百分比在规定的最大结果时间标准内或之外)的测试样品或测试的模拟数量(诸如,例如绝对或相对于总数)
- [0084] -模拟点对点行进时间
- [0085] -模拟等待时间、非生产时间(诸如,例如在缓冲器中)
- [0086] -模拟离开时间或每次所需实验室操作员交互的次数
- [0087] -替代性实验室配置与当前实验室配置相比的成本或收益指标,诸如,例如每天的质量控制(QC)的数量、每天QC的成本、浪费的测试次数和/或因试剂过期而产生的成本
- [0088] 第七,仪表板向实验室操作员、实验室系统所有者和/或实验室维修/维护提供商显示关于预测的即将发生的实验室活动和事件的信息连同预期其将何时发生的指示(诸如,例如在接下来的10分钟、30分钟、一小时、半天、每周、轮班、每天或每周),使得实验室操作员可以预测这些事件。这些事件和活动的实例是:
- [0089] -估计试剂、消耗品和/或一次性用品何时会用完以及何时需要重新填充。例如,试剂的水平可能较低,但如果不经常订购,则离开时间可能比经常订购时更长。
- [0090] -可能需要由系统操作员或技术人员对需要执行小型或大型实验室维修/维护活动之前的持续时间进行估计。该信息可以仅显示在实验室系统上,也可以自动传达给实验室维修提供商(诸如,例如客户服务),以便安排维修访问
- [0091] 第八,实验室模拟用于通过以下方式确定操作置信区间:例如,通过使用相同的部分随机参数(诸如,例如次序分配、处理时间的变化等)执行许多实验室模拟。这些置信区间可以用于与真实实验室系统进行比较。如果真实实验室系统与模拟确定的间隔之间的负偏差太大,则指示真实实验室系统需要改进。通过实验室模拟,可以确定偏差的潜在来源以及对潜在引起偏差的参数的敏感性,诸如,例如延迟的实验室操作员交互。
- [0092] 此外,实验室模拟可以包含基于优化的调度程序来模拟理想的工作实验室系统,例如,手动交互可以在正确的时间进行。模拟将表明可以实现的实验室性能与实际实验室性能的对比,以向客户表明可以通过更好的安排进行改进。模拟器中的调度程序可以指示如何实现最佳实验室性能。
- [0093] 除此之外,实验室模拟可以用于提供来自实验室系统的一部分的缺失信息。缺失信息的实例是:
- [0094] -缺少有关第三方提供商行为的认识,这使得很难将其包含在安排好的实验室系统中。使用机器学习或统计数据,可以创建第三方提供商的模型,该模型可以包含在调度程序中
- [0095] -可以模拟不传达必要信息(诸如,例如预期的获得测试结果的时间、其缓冲器或资源的负载水平等)的实验室仪器,以便获得信息。
- [0096] 进一步,实验室模拟可以通过实时实验室事件连续地调整。由于实验室模拟模型通常是对现实世界事件的简化,因此对未来的预测将变得越来越不准确。通过根据最近的实时实验室数据连续地调整模型的状态,可以最佳地对预测或预报进行预测或预报。
- [0097] 最后,还可以分析现实与模型之间的差异,以触发警报/警告,或者仅通知实验室

操作员真实实验室系统的行为与预测的不同。实例包含：

[0098] -某些元素显示出与理想状态的差异越来越大的趋势检测，诸如，例如组件老化，使得随着频率的增加，真实实验室事件与模拟实验室事件之间存在时间差异。这些趋势可以在仪表板上显示，并且可以经由外推得出实验室维修/部件更新前剩余时间的估计值

[0099] -经由例如机器学习进行异常检测，其可以识别与正常实验室操作不同的独特实验室事件。例如，这些可能是由于独特的实验室事件造成的延迟，例如测试样品的短暂堵塞、测试样品交通拥堵以及导致不可接受情况的因素的组合，例如逻辑处理规则与导致错误优先级排序的某个订单列表相结合，并且因此导致不可接受的周转时间。可以将这些情况（包括问题发生的时间）通知实验室操作员。在这种情况下，可以回放记录和模拟的实验室事件数据以进行分析以及帮助找到解决方案。

[0100] 首先参考图1，图1示出了根据本公开的实施例的在设计阶段期间的实验室配置优化器和性能配置模拟的流程图。最初，实验室配置模块110使用实验室配置优化器确定优化的实验室配置。实验室操作员偏好和限制25以及实验室订单数据50被用作实验室配置优化器的输入。所得的优化的实验室配置被馈送到模拟模块110，以便模拟所得的优化的实验室配置可以如何执行。实验室订单数据50也被馈送到模拟模块110，以便将输入提供至模拟实验室内。模拟实验室配置的输出或性能从模拟模块110被发送到性能可视化模块120或仪表板，供实验室操作员查看所得的优化的实验室配置如何执行。

[0101] 此外，所得的优化的实验室配置然后被订购系统模块150使用，以促进实验室用品的订购。此外，成本计算模块140可以使用所得的优化的实验室配置来促进与实验室相关联的成本的计算。

[0102] 图2提供了在实验室设计阶段期间的示例性用户界面仪表板显示器。优化的实验室硬件显示在仪表板的上半部分1210上，而测试分配配置显示在仪表板的下半部分1220上。优化的实验室硬件1210，即，分析仪，线性显示在仪表板的左上方1250上，并作为图形模块显示在仪表板的右上方1260上。测试分配1220可以包括在仪表板的左下方的参数列表1230，该参数列表被分配给实验室模块中的每一个实验室模块连同它们的子模块，诸如，例如测量工作单元或试剂转子。由于试剂盒可以用于多个测试参数，因此可以在仪表板显示器的右下方1240列出带有盒材料编号的列表连同试剂盒的物理位置。

[0103] 可选地，所得的优化的实验室配置也可以被馈送到动画/虚拟现实 (VR) 模块130中，以便向实验室客户或其他实验室人员提供所得的优化的实验室配置的视觉表示。

[0104] 转到图3，图3示出了根据本公开的实施例的具有模拟的实验室配置的运行时期应用程序的流程图。在图3中，实验室配置优化模块200基于来自实际实验室240的订单数据150以及实验室操作员偏好和限制输入125提出要模拟的实验室配置。然后将提出的优化实验室配置输入实验室性能模拟模块210。同样将来自实际实验室240的订单数据150输入到实验室性能模拟模块210中。将对来自实验室性能模拟模块210的模拟实验室性能与来自实际实验室240的实际实验室性能进行比较并显示在仪表板220上以供实验室操作员使用。然后，实验室操作员可以选择230在仪表板220上显示哪个提出的实验室配置以及其它实验室操作员输入175，以重新配置实际实验室240（如果有的话）。

[0105] 图4示出了示例性实际实验室性能仪表板显示器，其示出了获得结果的时间的直方图，即，每个测试样品的获得结果的时间的分布。X轴1410指示TAT时间。Y轴1420指示具有

该特定TAT的测试样品的数量。虚线1430指示目标截止值或时间阈值,即,所有测试样品结果应该可用的时间。在此实例中,目标是在90分钟内获得所有测试样品结果。对于超过该目标的测试样品结果,在仪表板上显示警告框1440。在此实例中,11%的测试样品结果超过了90分钟的目标时间。然而,模拟实验室性能可能指示,有可能实现测试样品结果的90分钟目标时间。

[0106] 图5示出了根据本公开的实施例的具有操作员输入的模拟的实验室配置的运行时期应用程序的流程图。图5类似于图3,除了在该实施例中,代替具有实验室配置优化模块200,实验室操作员提出对实验室配置225进行改变,然后将该实验室配置连同来自实际实验室240的订单数据250一起输入到实验室性能模拟模块310,并且模拟输入的实验室配置的实验室性能。在一个实施例中,来自实际实验室240的订单数据250可以是历史订单数据并且汇总到当天的典型订单列表。将对来自实验室性能模拟模块310的模拟实验室性能与来自实际实验室340的实际实验室性能进行比较并显示在仪表板320上以供实验室操作员使用。然后,实验室操作员可以选择330然后可以实现哪个实验室配置。如果模拟实验室性能优于实际实验室性能,则实验室操作员可以选择模拟实验室配置。

[0107] 图6示出了示例性用户界面仪表板显示器,其示出了实验室操作员手动改变实验室配置。实验室操作员可以在仪表板右上角显示的实验室分析仪模块中选择实验室分析仪模块1610。在选择实验室分析仪模块1610之后,显示用于该实验室分析仪模块1610的已安装和可能的测试参数列表1620。这些测试参数可以由实验室操作员选择并分配给实验室子模块1640,诸如,例如试剂转子。通过选择要添加(+1)或移除(-1)的试剂盒1620的数量,实验室操作员可以改变测试分配。如果实验室操作员选择模拟按钮1650,则可以在实验室中实际实现实验室配置之前模拟新实验室配置的实验室性能,以查看该新实验室配置是否比当前实验室配置性能更好。

[0108] 图7示出了根据本公开的实施例的使用实验室性能模拟模块410来提出用于在对实验室性能的干扰最少的情况下进行实验室维修的时间的流程图。在该实施例中,实验室性能模拟模块410可以提出对实验室仪器进行实验室维护或维修的时间,诸如,例如如果实验室分析仪中的一台实验室分析仪离线将不会对实验室性能造成太多负面影响的时间。实验室操作员405可以提出不同的情况/时间(即,开始实验室维修/维护的不同时间和/或维修哪些实验室仪器)作为实验室性能模拟模块410的输入,以便查看对整体实验室性能的影响。也可以将来自实际实验室440的已知订单数据350输入到实验室性能模拟模块410中。此外,在一个实施例中,也可以将基于预测/预报的订单数据的预测订单数据355输入到实验室性能模拟模块410中。然后,来自实验室性能模拟模块410的模拟实验室性能可以显示在实验室操作员的仪表板420上。然后,实验室操作员可以430基于实验室维修对实验室性能的模拟影响选择安排实验室维修/维护的最佳时间以及针对哪些实验室仪器。

[0109] 图8示出了示例性用户界面仪表板显示器,其示出了维修仪器对实验室性能的影响。在仪表板显示器1800的左侧,实验室仪器线路或单独的实验室模块1810可以被显示并且可以被选择用于维修。还可以选择实验室维修的开始时间1815和持续时间1820。可以同时选择多个实验室维修场景或案例。实验室操作员可以选择模拟按钮1825来模拟不同的实验室维修案例。实验室模拟的结果可以在模拟显示框1830中显示和比较。在一个实施例中,亦可显示无实验室维修的场景以供比较。因此,实验室操作员可以确定实验室维修对实验

室性能的影响,并且可以选择对实验室性能影响最小的场景,诸如,例如对目标TAT时间影响最小的场景。然后实验室操作员可以选择最佳时间,即,对实验室性能影响最小的时间,以对实验室仪器进行维修。

[0110] 图9示出了根据本公开的实施例的模拟实验室性能与真实实验室性能并行运行以预测未来问题(诸如,例如试剂和/或其他消耗品用完)的流程图。这些不必要的事件可能发生的时间可以显示在仪表板上。在该实施例中,可以将来自实际实验室540的已知订单数据、当前实验室配置和消耗品状态(即,例如,试剂水平)550输入到实验室性能模拟模块510中。然后来自实验室性能模拟模块510的预测的实验室性能事件显示在实验室操作员的仪表板220上。预测的实验室性能事件可以包括例如预测的实验室测试结果时间、实验室可能用完试剂或其他消耗品的预测时间、预测的实验室性能和/或实验室操作员可能需要干预实验室系统(诸如,例如为了实验室维修或维护)的预测时间。然后实验室操作员可以决定530何时重新填充试剂盒或其他消耗品,以及估计何时可能需要实验室操作员的动作和/或何时可以准备好实验室测试结果。

[0111] 图10示出了如何识别实验室问题的示例性用户界面仪表板显示器。通过比较模拟,即,理想实验室性能和实际实验室性能,可以识别实验室瓶颈1020(指示为三角形警告图标)。瓶颈1020可以通过指示例如在哪个实验室模块中发生延迟(仪表板的顶部1010)或通过指示其中步骤没有最佳执行的工作流程步骤(仪表板的底部1020)来显示。通过选择瓶颈图标1020,或通过将光标悬停在瓶颈图标102上,可以出现文本窗口1015,该文本窗口显示关于发生在该点的问题类型的附加细节。

[0112] 图11示出了识别实验室问题的另一种方式的图示方法。在该实施例中,可以将模拟的假设(例如,绘制为箱线图的测试样品到达曲线)与测试样品到达曲线的实际数据(即,虚线)进行比较。基于此类比较的结果,可以触发新的模拟/优化。

[0113] 图12示出了根据本公开的实施例的与真实实验室性能并行运行以预测试剂何时用完的模拟实验室性能的流程图。在该示例中,何时装载试剂盒的信息可以由实验室系统自动提供605并输入到实验室性能模拟模块610中。在该实施例中,来自实际实验室640的已知订单数据650输入到实验室性能模拟模块610中。然后由实验室性能模拟模块610模拟的实验室可能用完试剂的预测时间显示在实验室操作员的仪表板620上然后实验室操作员可以决定630何时重新填充或更换试剂盒。

[0114] 图13示出了模拟性能与当前实验室配置之间的差异的示例性用户界面仪表板显示器。如果实验室操作员希望优化实验室配置,例如,因为当前实验室配置当前未针对当前或计划的测试订单进行优化,则仪表板可以在仪表板1110的上部向实验室操作员显示例如优化的实验室的模拟实验室性能与未优化的当前实验室设计之间的差异。在仪表板1110的这一部分中,实验室性能指标可以显示为数字1115,诸如,例如TAT以及图解比较1120。仪表板1125的底部显示提出的实验室改变,诸如,例如改变实验室分析仪的试剂盒配置。在一个实施例中,仪表板仅提供信息。然而,在另一个实施例中,提出的实验室配置可以应用于当前实验室配置。

[0115] 除此之外,图12还示出了进一步展望未来的方法。如果不是所有订单都是已知的,或者来自这些订单的测试样品的到达时间是未知的,则会导致实验室用完试剂。实验室性能模拟模块610可以使用基于当前实验室情况的预测订单信息和从过去(诸如,例如类似的

日子)提供的信息。因此,可以计算660当天预期的预测订单数量,并将其输入665到实验室性能模拟模块610中。

[0116] 图14示出了根据本公开的实施例的与真实实验室性能并行运行以预测何时可以预期测试结果或者何时测试样品可以准备好的实验室性能模拟的流程图。在此图中,分析前装置705和分析后装置710对于实验室系统是已知的,即,存在可用于这些装置的事件模型。实验室分析仪715也是已知的,但实验室分析仪720是未知的,即,没有可用于实验室分析仪720的事件模型。未知元素可能导致未知时间,如图13中的问号730所示。由于真实实验室系统的所有时间事件都被传达,所以这个未知的装置元素可以被模拟机器学习模型所取代,随着时间的推移,该模拟机器学习模型会随着其接收到更多的输入而变得更好。然后实验室性能模拟模型可以对事件 $t_1 \dots t_3$ 进行预测/预报。可以在实验室仪表板上显示和更新预测/事件。

[0117] 由于实验室性能模拟模型并不是完美的,所以由实验室性能模拟模块740提供给实验室仪表板的时间可以在以下实际时间发生时由其更新:即,在图13中,当 t_{01} (样品离开分析前装置705的时间)、 t_{12} (样品离开实验室分析仪715的时间)和 t_{23} (样品离开实验室分析仪720的时间)发生时。当接收到实际时间结果并将其添加到实验室性能模拟模块740时,可以产生对剩余事件时间的更好预测/预报。

[0118] 图15示出了示例性用户界面仪表板显示器,其示出了经由模拟来预测重要的实验室事件。在仪表板显示器的上部1150,实验室操作员可以观察到由实验室操作员选择的某个测试样品的测试样品结果将何时发布(即,预测)。仪表板显示器的下部1155显示需要实验室操作员手动干预的事件。仪表板的这一部分向实验室操作员显示,例如,何时试剂可能用完或何时输出缓冲器可能变满且需要从实验室系统卸载测试样品支架。

[0119] 提供预测信息的技术可以包括事件模拟与仪表板和/或控制软件的集成。此外,用于事件模拟的模型可以是本领域已知的数学、启发式、统计或逻辑确定性或部分随机公式。模拟中的模型可以包括学习启发式,该学习启发式可以通过真实事件数据进行实时训练,以获得随着时间的推移越来越真实的行为。可以使用不同类型的模型并行运行相同实验室系统或实验室系统的部分的不同模拟,然后可以比较这些模型,并且然后可以选择最佳预测模拟模型来为实验室性能仪表板提供结果。例如,对于学习模拟模型,其最初往往表现不佳,但在较长的训练时间后表现较好,非学习模拟模型最初将向实验室性能仪表板提供信息。实验室系统可以通过将预测事件与真实实验室数据进行比较来识别每个模拟模型的执行情况。根据哪个模拟模型表现最好,实验室系统将决定将哪些结果作为信息包括在内,或者如何权衡结果以提取预测或预报。除此之外,模拟中的模拟模型还可以包括统计描述(诸如,例如分布)。

[0120] 对于事件模拟,将编写软件代码和/或合并现有的模拟软件/库。此类现有模拟软件/库的实例可以是SimioTM、AnyLogicTM、ArenaTM、Plant SimulationTM、带有SimpyTM库的Python等。

[0121] 进一步公开并提出了一种包括计算机可执行指令的计算机程序产品,该计算机可执行指令用于当在计算机或计算机网络上执行该程序时在本文所附的实施例中的一个或多个中执行所公开的方法。具体地,计算机程序可存储在计算机可读数据载体上或者服务器计算机上。因此,具体地,可通过使用计算机或计算机网络,优选地通过使用计算机程序

来执行如上文所指示的一个、多于一个或甚至所有方法步骤。

[0122] 如本文所用,计算机程序产品是指作为可交易产品的程序。该产品通常可以以任何格式(诸如纸质格式)存在,或于本地计算机可读数据载体上或位于远端位置。具体地,计算机程序产品可分布在数据网络(诸如云环境)上。此外,不仅计算机程序产品,而且执行硬件也可位于本地或在云环境中。

[0123] 进一步公开并提出的是一种包括指令的计算机可读介质,这些指令在由计算机系统执行时可以使实验室自动化系统根据本文公开的实施例中的一个或多个执行该方法。

[0124] 进一步公开并提出的是一种包括指令的经调制数据信号,这些指令在由计算机系统执行时可以使实验室自动化系统根据本文公开的实施例中的一个或多个执行该方法。

[0125] 参考本公开方法的计算机实现方面,可通过使用计算机或计算机网络来执行根据本文所公开的一个或多个实施例的方法的一个或多个方法步骤或甚至所有方法步骤。因此,一般来讲,可通过使用计算机或计算机网络来执行包括提供和/或处理数据的任何方法步骤。一般来讲,这些方法步骤可包括通常除需要手动操作(诸如提供样品和/或执行实际测量的某些方面)的方法步骤之外的任何方法步骤。

[0126] 应当注意的是,在本文中不使用如“优选地”、“普通地”和“通常地”的术语来限制要求保护的实施例的范围或暗示某些特征对于要求保护的实施例的结构或功能是关键、必不可少的或甚至重要的。相反,这些术语仅旨在突出在本公开的特定实施例中可以或不使用的替代或附加特征。

[0127] 已经参照本公开的具体实施例详细描述了本公开,将显而易见的是,在不脱离所附权利要求书中限定的本公开的范围的情况下,可以进行修改和变化。更具体地,尽管本文将本公开的一些方面确定为优选的或特别有利的,但是可以预期,本公开不必限于本公开的这些优选方面。

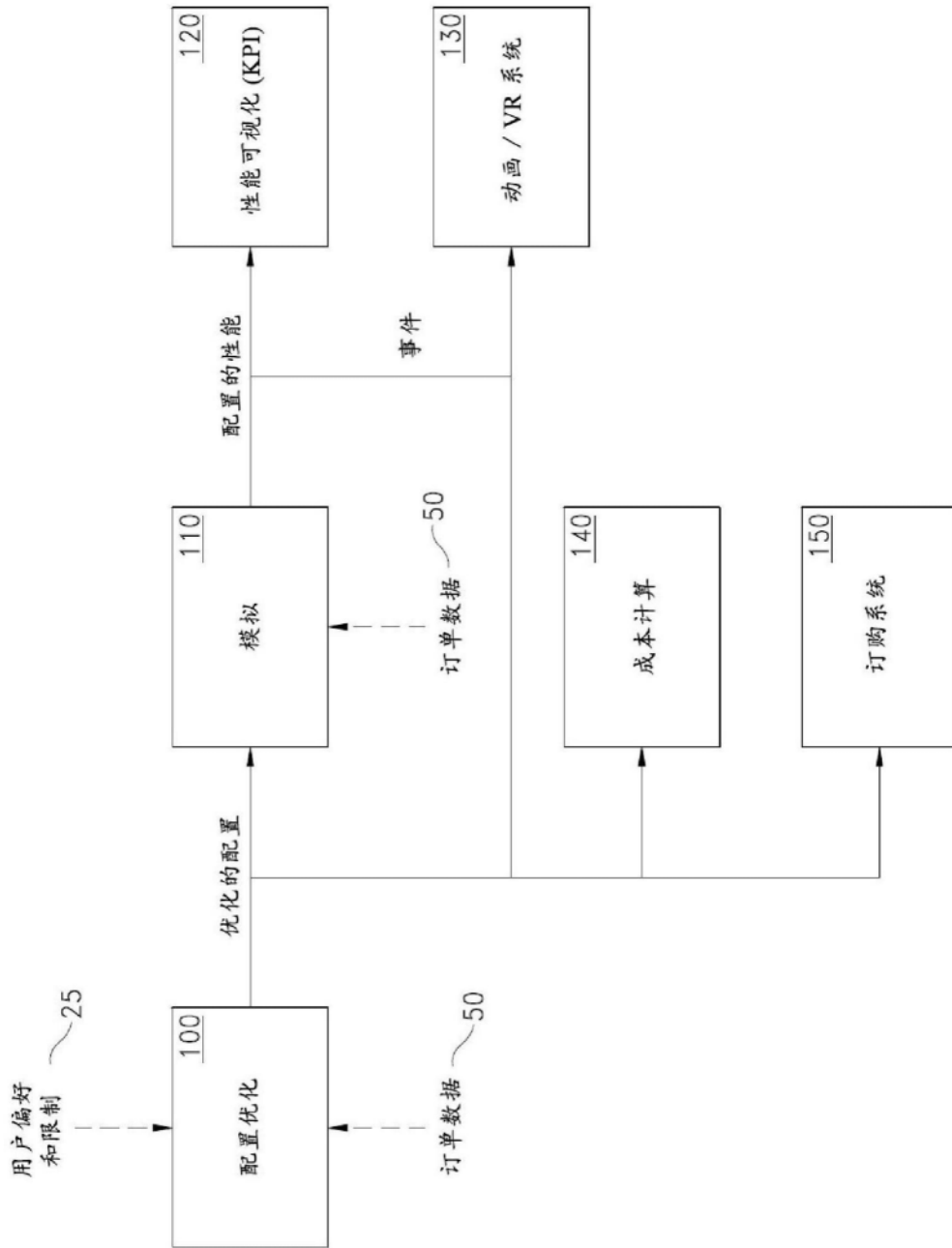


图1

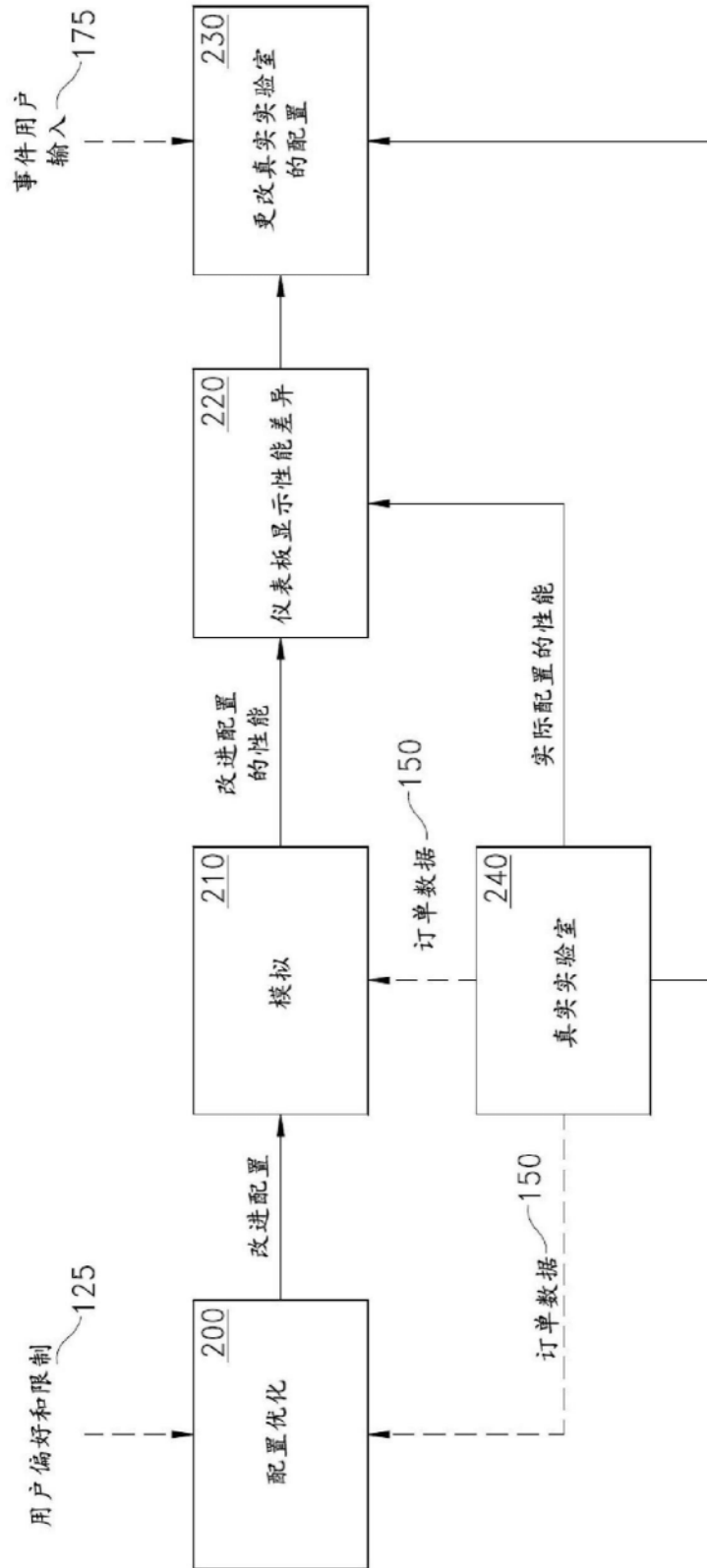


图3

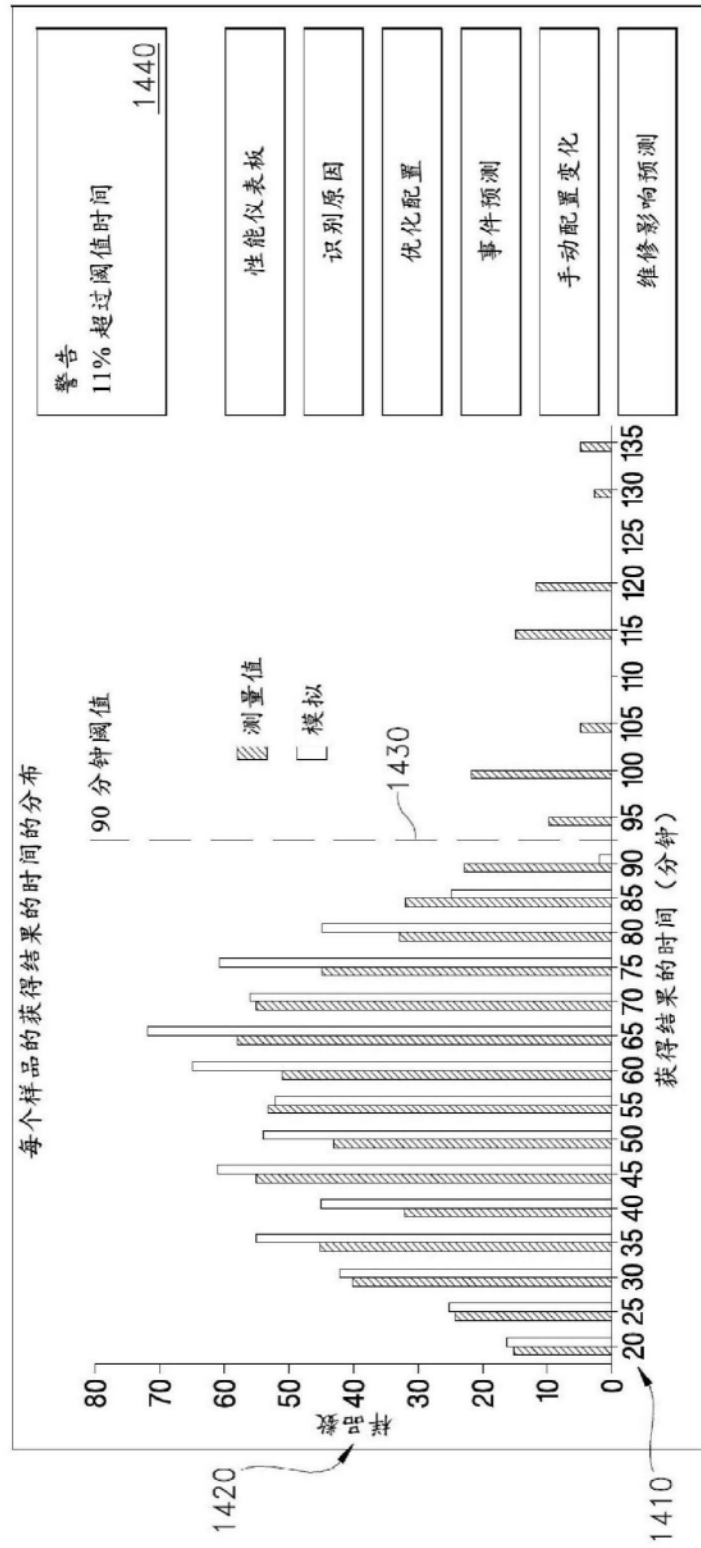


图4

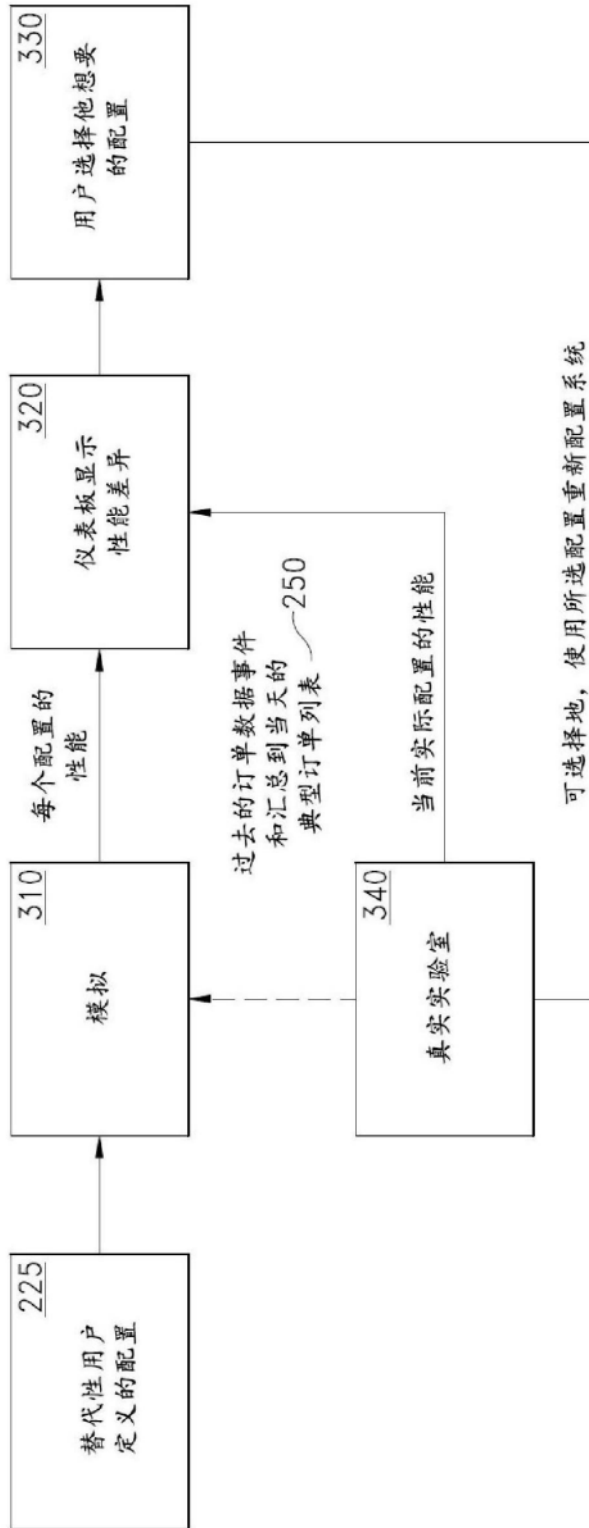


图5

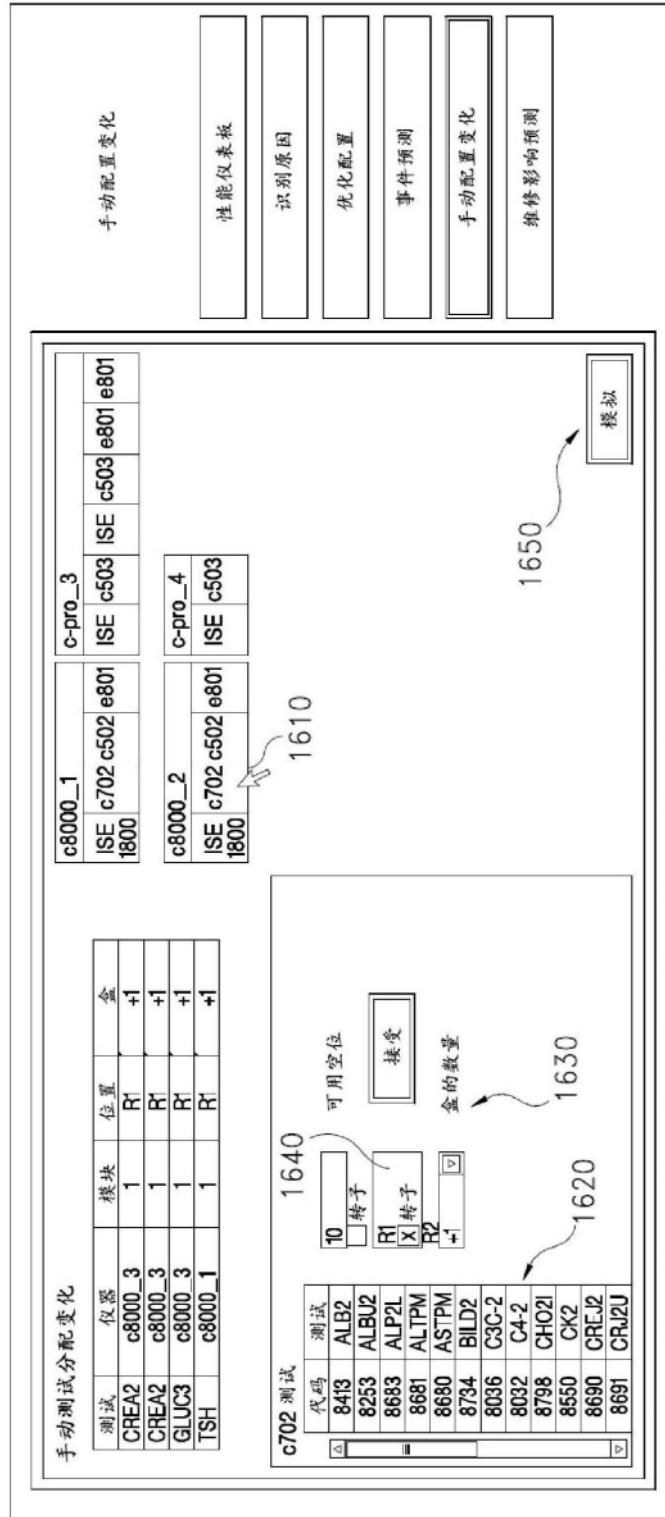


图6

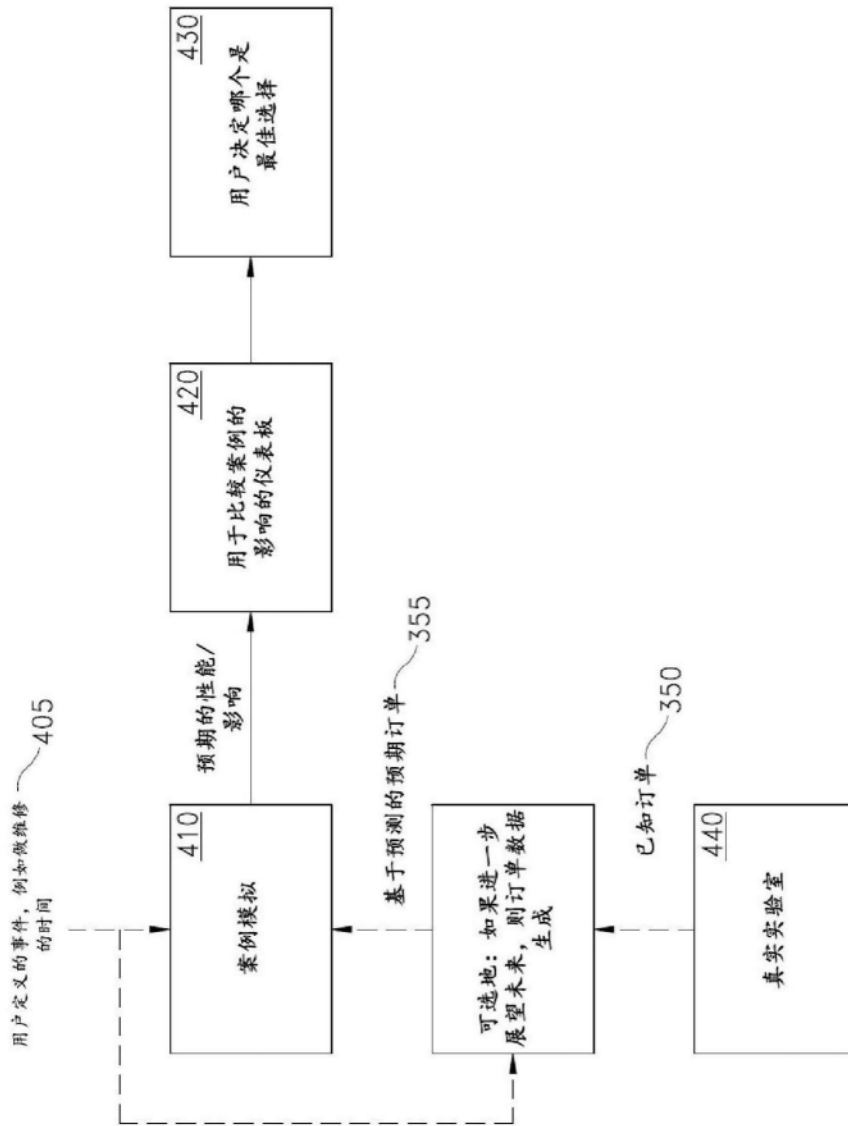


图7

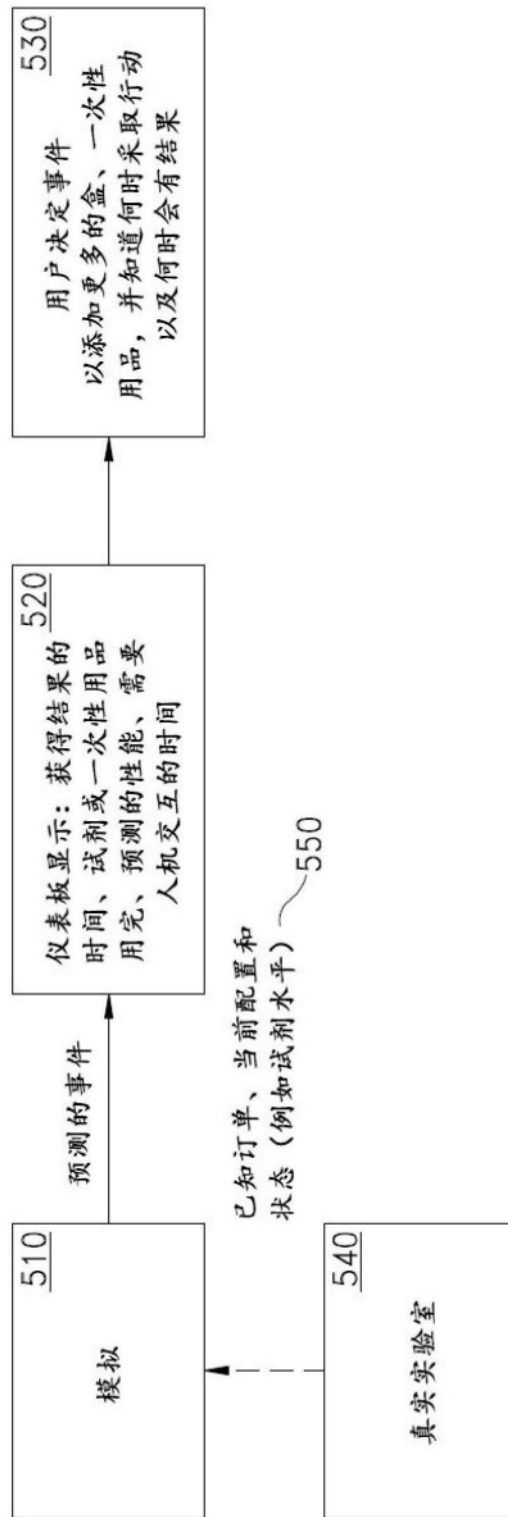


图9

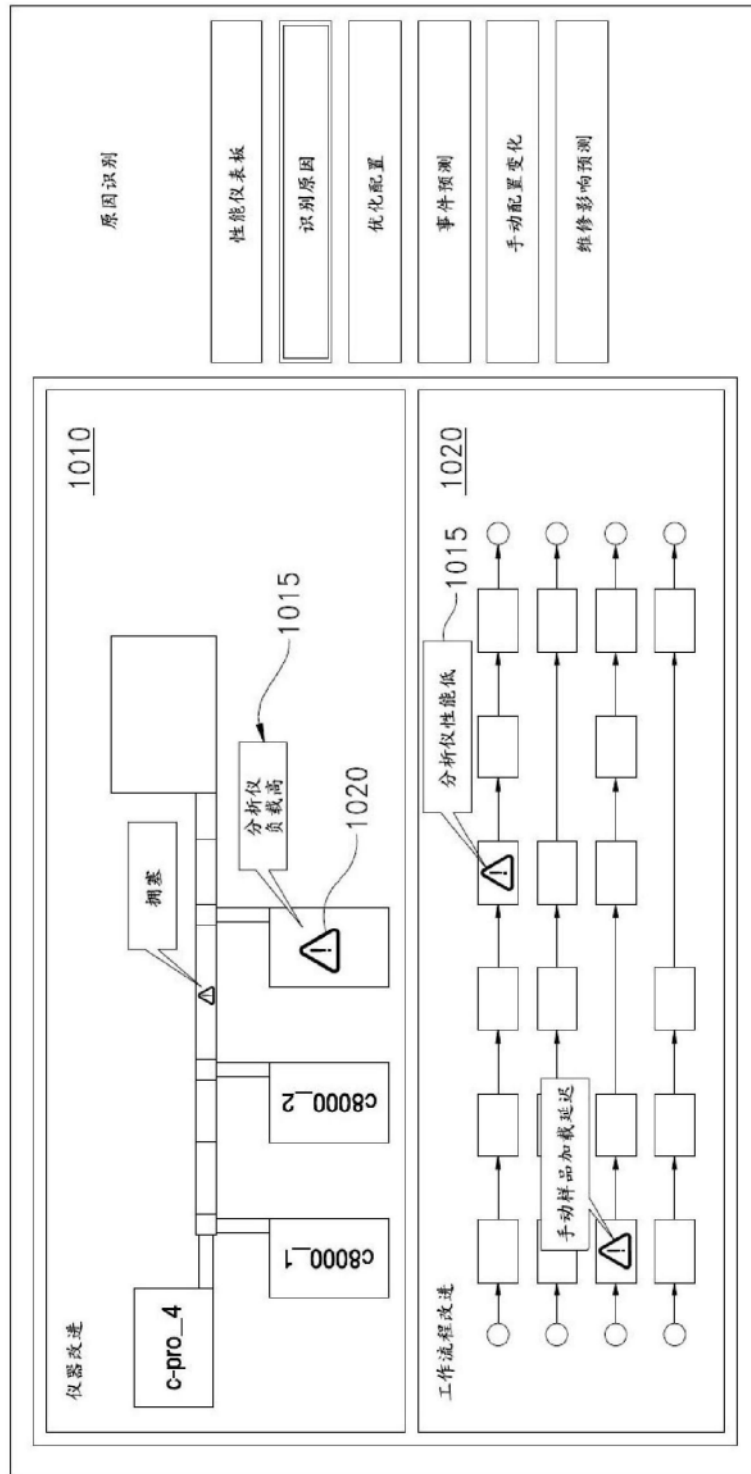


图10

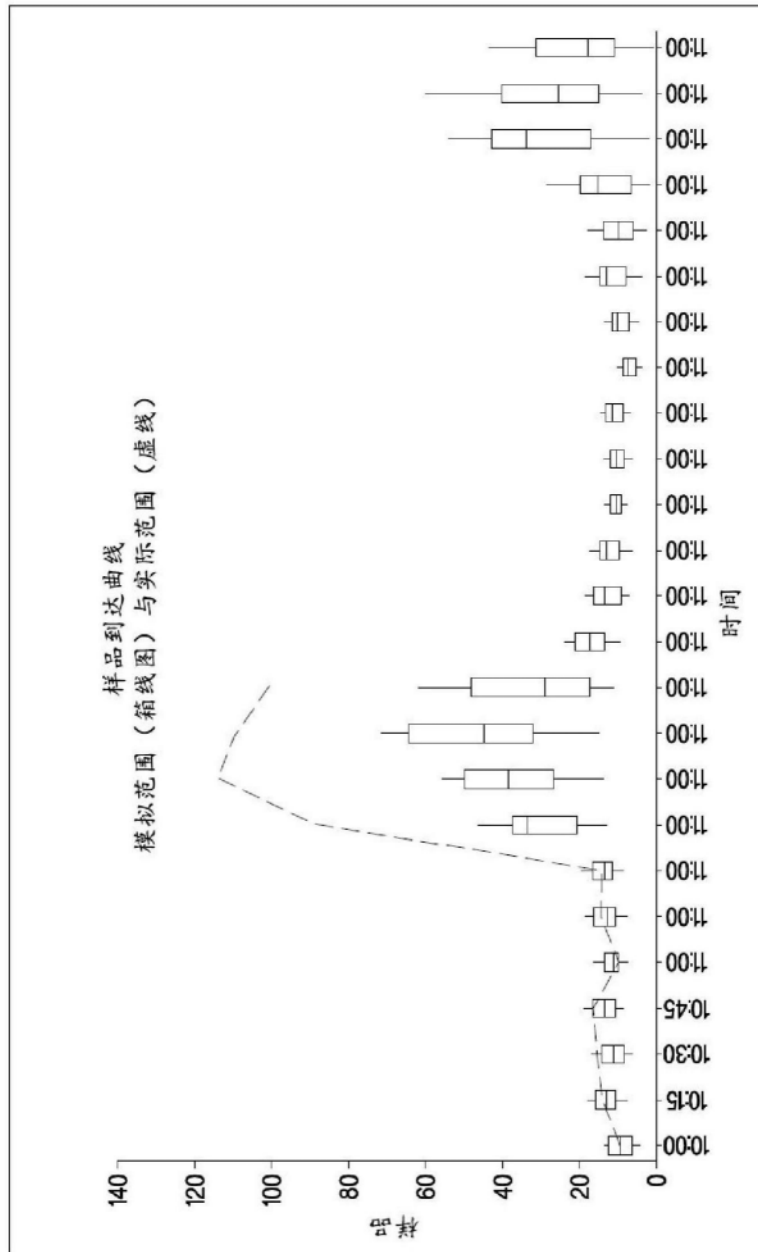


图11

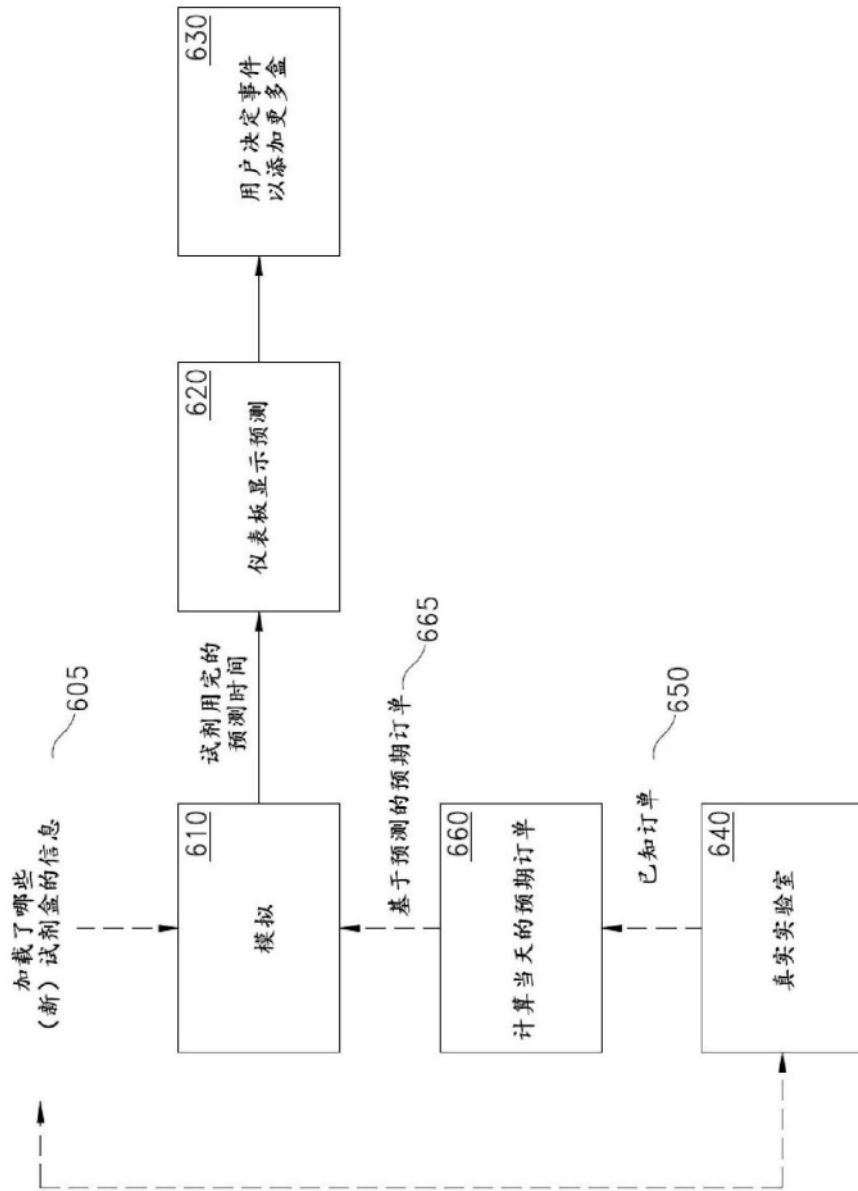
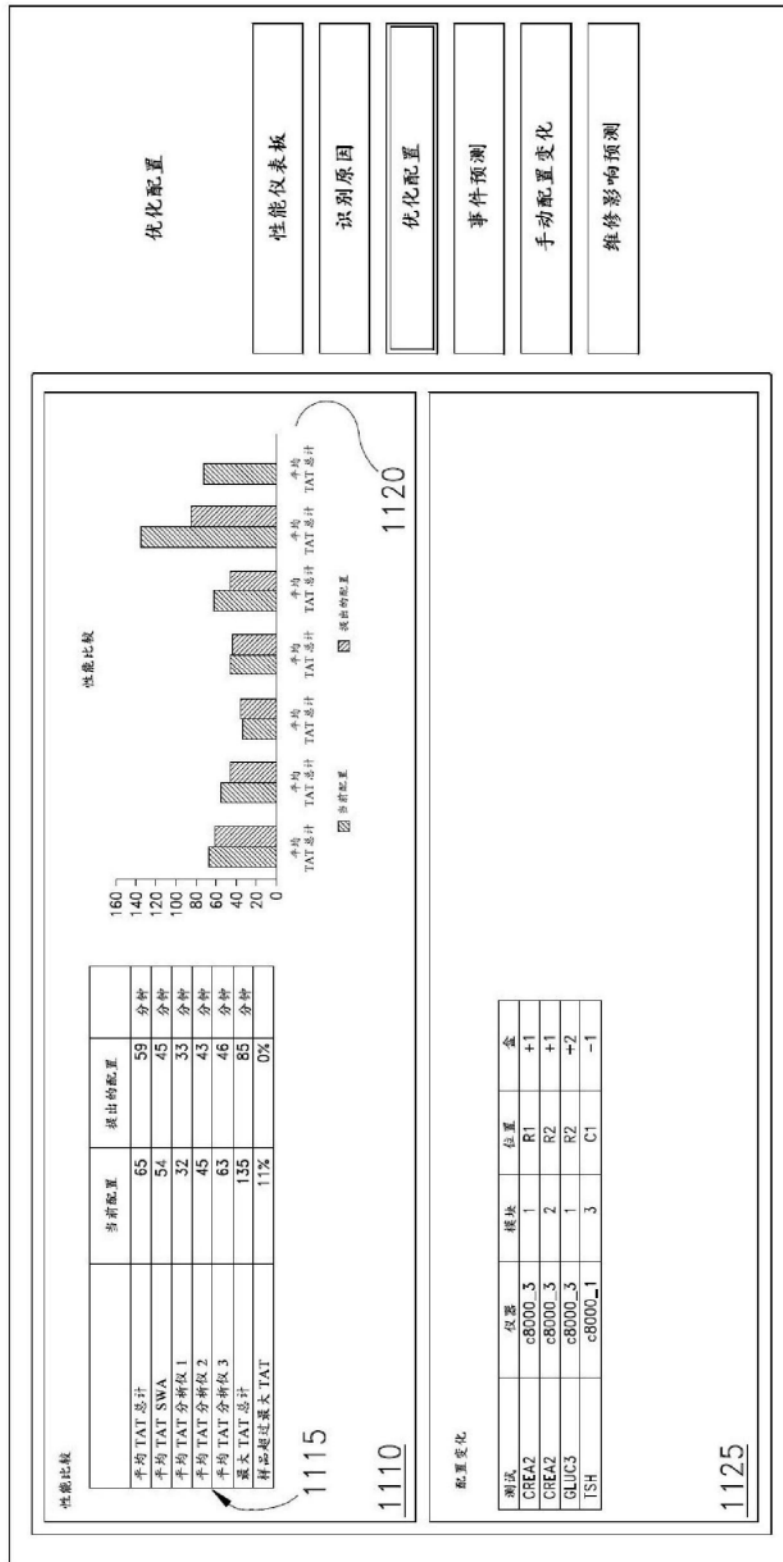


图12



优化配置

性能仪表盘

识别原因

优化配置

事件预测

手动配置变化

维修影响预测

图13

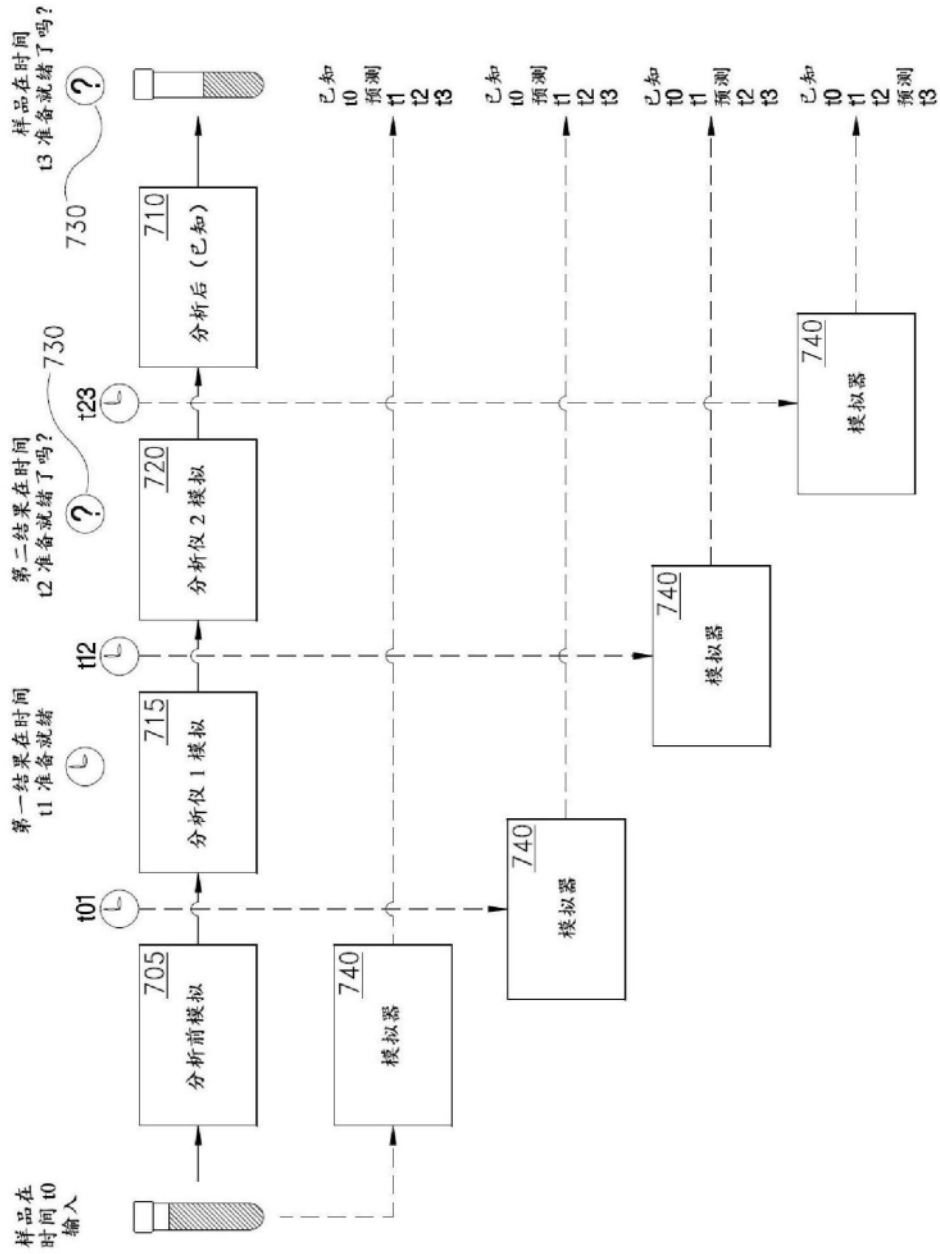


图14

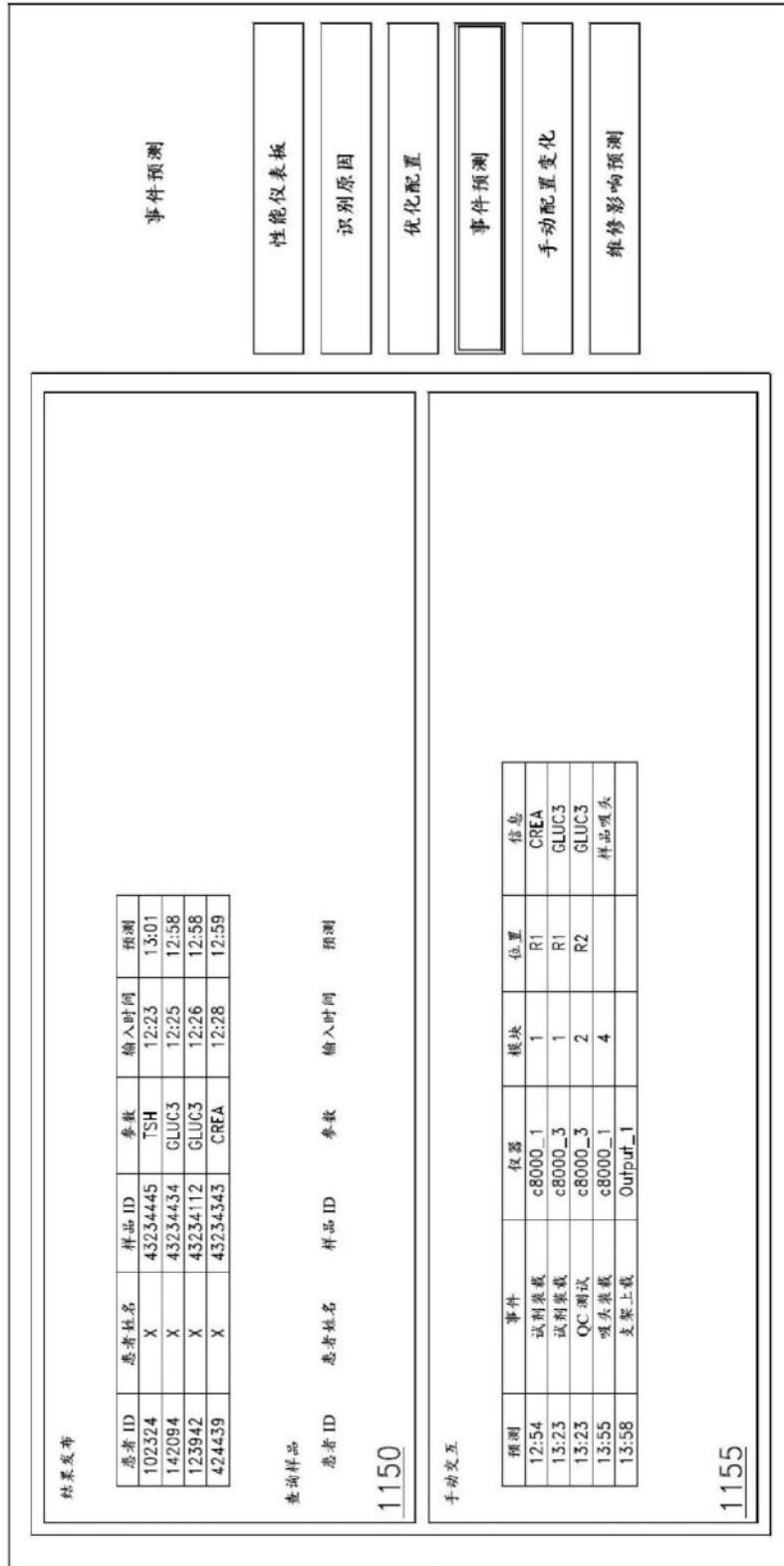


图15