



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109074034 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201680072722.5

(72)发明人 P.G.马丁 D.C.克拉克

(22)申请日 2016.10.12

R.L.林斯科特

(30)优先权数据

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

62/240,742 2015.10.13 US

11105

62/279,224 2016.01.15 US

代理人 陈金林

62/354,667 2016.06.24 US

(51)Int.Cl.

62/406,926 2016.10.11 US

G05B 13/04(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G05B 9/03(2006.01)

2018.06.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/056679 2016.10.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/066348 EN 2017.04.20

(71)申请人 施耐德电子系统美国股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

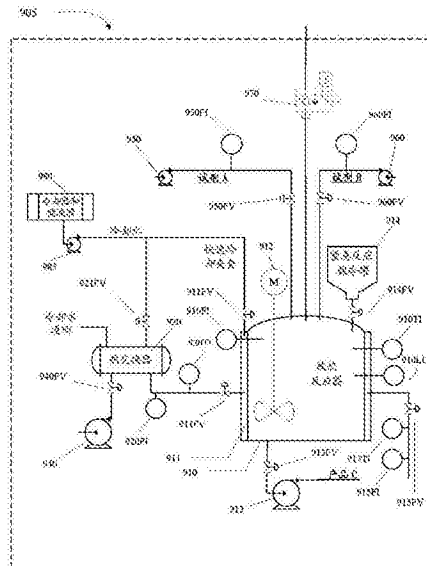
权利要求书3页 说明书40页 附图49页

(54)发明名称

分层智能资产控制应用开发和优化的系统和方法

(57)摘要

本发明公开了分层智能资产控制应用开发和集成智能资产控制系统优化的系统和方法。在各种实施例中,系统可以开发分层资产控制应用程序和相应的控制硬件需求。这可用于创建综合智能资产控制系统,以便为一组设备元件执行各种过程。与系统相关联的智能资产可以利用智能代理来平衡操作约束和操作目标,以便确定用于过程的实时优化的操作参数,并且实现适当的控制以促进实现改进的操作目标。



1. 一种综合智能资产控制系统的优化方法,包括:
访问与综合智能资产控制系统内的资产相关联的资产自动化操作过程参数;
开发多方面的动态过程约束,以解决与自动化操作过程相关的操作约束;
评估多方面的动态过程约束模型以平衡操作过程约束和过程目标;
确定用于多方面动态过程约束的优化过程操作点;
利用优化过程操作点确定分层智能资产控制动作;和
执行分层智能资产控制动作以从当前操作值转换为实现平衡操作约束的操作值。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述操作约束是由与所述综合智能资产控制系统内的智能资产组相关联的智能资产得到的。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述分层资产控制动作实现与所述综合智能资产控制系统相关联的智能资产的控制变化。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中优化过程操作点基于可靠性、安全性和环境过程操作约束确定。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中优化过程操作点的确定基于智能资产分组中的每个智能资产的资产约束聚合实现。
6. 根据权利要求4所述的方法,其中所述针对智能资产组的可靠性约束使用可靠性风险模型来确定。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述实时可靠性约束被定义为:RT可靠性风险=MAX(操作可靠性风险、条件可靠性风险、可靠性安全风险)。
8. 根据权利要求4所述的方法,其中使用环境风险模型来确定所述智能资产组的所述环境约束。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述实时可靠性约束被定义为:RT环境风险=MAX(操作环境风险、条件环境风险、可靠性环境风险)。
10. 根据权利要求4所述的方法,其中使用安全风险模型来确定针对所述智能资产集的所述安全约束。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述实时可靠性约束被定义为:RT安全风险=MAX(操作安全风险、条件安全风险、可靠性安全风险)。
12. 根据权利要求4所述的方法,其中基于汇总的实时安全数据动态地控制对智能资产的访问。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述汇总的实时安全数据包括综合智能资产控制系统特定安全数据和外部安全数据。
14. 根据权利要求1所述的方法,其中利用线性分析方法确定优化的过程操作点。
15. 根据权利要求1所述的方法,其中利用非线性分析推导所述多方面过程约束的发展。
16. 根据权利要求1所述的方法,其中所述分层智能资产控制动作指示智能资产或智能资产组的参数操作状态。
17. 根据权利要求1所述的方法,其中所述分层智能资产控制动作指示智能资产或智能资产组的参数操作设定点。
18. 根据权利要求1所述的方法,其中所述分层智能资产控制动作指示智能资产或智能

资产组的参数操作约束阈值。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中,访问与分层智能资产系统/组相关联的智能资产自动化操作过程参数是从数据存储器中检索得到的。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中所述操作过程参数包括历史数据或实时数据。

21. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

a. 汇总智能资产运营数据;和

b. 使用智能资产运营数据来提高效率或改进预期流程命令选择。

22. 一种综合智能资产控制优化系统,包括:

处理模块,利用处理器访问与综合智能资产控制系统内的资产相关联的资产自动化操作过程参数;

开发模块,利用处理器开发多方面的动态过程约束,以解决与自动操作过程相关的操作限制;

评估模块,用处理器评估多方面的动态过程约束模型以平衡操作过程约束和过程目标;

决定模块,利用处理器确定用于多方面动态过程约束的优化过程操作点;

决定模块,利用处理器确定利用优化过程操作点的分层智能资产控制动作;和

执行模块,利用处理器执行分层智能资产控制动作以从当前值转换到操作值以实现平衡操作约束。

23. 根据权利要求22所述的系统,其中所述操作约束是由与所述综合智能资产控制系统内的智能资产组相关联的智能资产得到的。

24. 根据权利要求22所述的系统,其中所述分层资产控制动作实现与所述综合智能资产控制系统相关联的智能资产的控制。

25. 根据权利要求22所述的系统,其中优化过程操作点是基于可靠性,安全性和环境过程操作约束确定的。

26. 根据权利要求25所述的系统,其中,优化的过程操作点的确定是基于智能资产分组中的每个智能资产上的资产约束聚合来实现。

27. 根据权利要求25所述的系统,其中为所述智能资产组确定的所述可靠性约束是利用可靠性风险模型确定的。

28. 根据权利要求27所述的系统,其中所述实时可靠性约束被定义为:RT可靠性风险 = MAX(操作可靠性风险,条件可靠性风险,可靠性安全风险)。

29. 根据权利要求25所述的系统,其中,所述智能资产组的环境约束条件是利用环境风险模型确定的。

30. 根据权利要求29所述的系统,其中所述实时可靠性约束被定义为:RT环境风险 = MAX(操作环境风险,条件环境风险,可靠性环境风险)。

31. 根据权利要求25所述的系统,其中所述智能资产组的所述安全约束是基于安全风险模型来确定。

32. 根据权利要求31所述的系统,其中所述实时可靠性约束被定义为:RT安全风险 = MAX(操作安全风险,条件安全风险,可靠性安全风险)。

33. 根据权利要求25所述的系统,其中基于汇总的实时安全数据动态地控制对智能资

产的访问。

34. 根据权利要求33所述的系统,其中所聚集的实时安全数据包括综合智能资产控制系统特定安全数据和外部安全数据两者。

35. 根据权利要求21所述的系统,其中确定优化过程操作点是利用线性分析导出的。

36. 如权利要求21所述的系统,其中利用非线性分析推导所述多方面过程约束的发展。

37. 根据权利要求21所述的系统,其中所述分层智能资产控制动作指示智能资产或智能资产群组的参数操作状态。

38. 根据权利要求21所述的系统,其中,所述分层智能资产控制动作指示智能资产或智能资产组的参数操作设定点。

39. 根据权利要求21所述的系统,其中所述分层智能资产控制动作指示智能资产或智能资产群组的参数操作约束阈值。

40. 根据权利要求21所述的系统,其中访问与分层智能资产系统/组相关联的智能资产自动化操作处理参数是从数据存储器中检索得到的。

41. 根据权利要求40所述的系统,其中所述操作过程参数包括历史或实时数据。

42. 如权利要求21所述的系统,还包括:

a. 汇总智能资产运营数据;和

b. 使用智能资产运营数据来提高效率或改进预期的流程命令选项。

43. 一种集成智能资产控制系统优化的方法,包括:

访问智能资产自动化操作过程参数;

考虑到与自动化操作过程相关联的操作约束,在智能资产层级上开发多方面的动态约束;

评估智能资产的多方面动态过程约束模型以平衡操作过程约束和过程目标;

针对所述多方面动态过程约束确定所述智能资产的优化过程操作点;

发送由父资产请求的数据元素,所述父资产部分地使用所述数据元素来确定针对所述子智能资产的智能资产控制动作;

接收从优化的过程操作点生成的智能资产控制动作;和

执行分层智能资产控制动作以从当前操作值转换到实现平衡操作约束的操作值。

分层智能资产控制应用开发和优化的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有以下临时专利申请的优先权：(1) 于2016年6月24日提交的发明名称为“网络物理系统”的美国临时申请序列号US 62/354,667, (2) 于2015年10月13日提交的发明名称为“用于连接工业物联网中的物体的体系结构”的美国临时申请序列号US62/240,742, (3) 于2016年1月15日提交的发明名称为“设备到企业级内在控制的系统和方法”的美国临时申请序列号62/279,224, (4) 于2016年10月11日提交的发明名称为“系统和方法的分层资产控制应用程序开发和优化”的美国临时专利申请No.62/406,926。上述专利申请通过引用将其全部内容并入本文。

背景技术

[0003] 现有的过程控制系统从之前的气动和电子模拟控制系统演变而来。这些早期的控制系统被设计为以自动或半自动但协调的方式为生产过程的控制回路或一些相关的控制回路提供过程控制功能,通常通过对指向多个控制器的适当的设置来实现协调。因此,早期的控制系统的架构与生产过程的流程一致,每个控制通常仅限于控制整个生产流程操作中非常少的组件。从而,每个控制器都可以合理地应用于其对应的控制操作组件中。

[0004] 随着作为过程控制的运载工具的数字计算机技术的引入,自动协调控制的潜在范围急剧增加。但为了使这些新兴的数字控制系统市场可以被接受,他们被编程为直接复制之前的模拟系统的功能和架构。为了实现该目的,其中一种解决方案是,为基于“软件块”的过程控制提供了软件配置环境,以执行模拟控制系统组件的准确功能。因此,在数字技术初始引入后发展起来的控制系统体系结构与生产操作的流程保持一致,并因此被设计为以过程为中心的角度进行控制。这种设定和架构在过去的60年中运行的非常好,并一直是过程控制系统软件设计的基础。

[0005] 最初,配置这些以过程为中心的自动化系统中的过程控制功能的工作由配置了传统模拟控制系统的工业工厂中的工程师有效地完成。这是因为控制软件被设计为用于复制模拟控制系统的功能和组件。从模拟控制向数字控制转移的知识是非常有效的。

[0006] 许多早期数字控制系统的控制范围通常与模拟系统中实现的范围大致相同。有可能这是由于控制系统的规格已经形成,因为可以使用模拟控制系统,或者也有可能是由于使用模拟系统的工程师的熟练程度。无论如何,随着数字系统的引入,控制范围不会扩展到数字控制系统提供的潜在范围。在这个阶段,以过程为中心的设计的局限性并不明显。

[0007] 随着时间的推移,过程控制工程师使用数字过程控制系统变得更加熟练和自如,随之出现了一种自然趋势,即希望通过单个自动化系统整体控制越来越大的操作区域。20世纪80年代,以协调控制的方式控制整个过程单元得到推动。随着时间的发展,期望能够利用单一协调控制策略控制整个工厂区域、火车甚至整个工厂。事实上,控制策略在更大的操作区域可能更加统一和协调,操作效率会更高。然而,自动化系统以过程为中心的设计存在重大局限性,这使得实施这种策略变得不可行。以过程为中心的部分控制回路或甚至整个过程单元似乎是可以管理,但随着范围的增加复杂性呈指数级增长。如图1给出的示例性管

道和仪器的部分操作框图100所示,在大的操作区域中,以过程为中心的控制策略呈现出复杂和具有挑战性的协调控制的难题。事实上,以过程为中心的控制策略非常复杂,只有具有巨大中央工程功能的工业操作才能继续向大型区域协调控制方向发展。大多数工业操作继续以与模拟控制系统时期相同的方式控制其工厂。因此,从模拟控制向数字控制转变的潜在好处并未实现。

[0008] 为了通过将传统的数字控制系统技术与开放的工业软件相结合来实现大型区域协调控制,设计了一类称为企业控制系统 (ECS) 的新型控制系统。尽管组合架构向前迈进了一步,但以过程为中心的控制策略设计方法仍然限制了协调控制策略的有效范围。

[0009] 传统控制软件中以过程为中心的设计仍然是工业和工业自动化供应商开发控制策略的优选方式。当批量控制策略变得可用时,它帮助简化了以过程为中心的自动化操作和控制系统的一些复杂度。批量控制策略需要对工厂中的基本设备和环路进行低层次的过程和逻辑控制。但通过这种基本控制是一种更高级别的批量控制,该控制面向过程单元、火车、区域和这些场所生产出的产品。虽然批量控制策略比通过尝试严格的以过程为中心的方式要简单得多,但与工程设计、操作和维护自动化和控制系统相关的复杂程度仍然相对较高。此外,批量控制策略也未解决与系统的可靠性和完整性有关的各种难题,例如发生故障时。

附图说明

[0010] 图1是与工业系统相关联的各种设备元件的示意图。

[0011] 图2A是各种实施例中较低级别的设备元件和对应的过程/过程分组的ANSI/ISA-88标准的示意图。

[0012] 图2B是设备元件的工业拓扑图。

[0013] 图2C是扩展示例ANSI/ISA-88物理设备分层结构/包装线的示意图。

[0014] 图3A是根据本公开的各种实施例的网络物理系统 (CPS) 组件的示意图。

[0015] 图3B是根据本公开的各种实施例的用于与智能资产或智能资产分组相关联的CPS中的智能代理的示例组件或控制器模块的示意图。

[0016] 图3C是根据本公开的各种实施例的智能资产的元素示意图。

[0017] 图4A是根据本公开的各种实施例的用于实时操作约束/目标控件的分层资产控制应用实施的扩展控制层次的示意图。

[0018] 图4B是根据本公开的各种实施例的分层资产控制应用中控制实时利润率的组件的示意图。

[0019] 图4C是包括图4B中的组件的多目标优化问题的简化示意图。

[0020] 图4D是根据本公开的各种实施例的用于改进分层资产控制应用的运营盈利能力的实时控制回路的示意图。

[0021] 图4E是根据本公开的各种实施例的实现分对分层资产控制应用的控制方式给出的示例性机制的示意图。

[0022] 图5A是根据本公开的各种实施例的综合智能资产控制系统 (ISACS) 的实施方式的示意图。

[0023] 图5B是根据本公开的各种实施例的综合智能资产控制系统的实施方式的示意图。

[0024] 图6是根据本公开的各种实施例的可以被控制并能够与分层资产控制应用(Hierarchical Asset Control Applications)和相应控制硬件综合以形成综合智能资产控制系统的工业设备元件的示例。

[0025] 图7是根据本公开的各种实施例的分层资产控制应用和相应的控制硬件开发和综合以创建一个综合智能资产控制系统的方法流程图。

[0026] 图8A是根据本公开的各种实施例的确定用于开发分层资产控制应用的系统设备列表的流程图。

[0027] 图8B是根据本公开的各种实施例的确定用于开发分层资产控制应用的智能资产列表的流程图。

[0028] 图8C是根据本公开的各种实施例的用于确定用于开发分层资产控制应用的智能资产列表的智能资产模板的示意图。

[0029] 图8D是根据本公开的各种实施例的分层资产控制应用和对应的控制硬件的验证和模拟的流程图。

[0030] 图8E是根据本公开的各种实施例的分层资产控制应用的硬件实例化的流程图。

[0031] 图9A是根据本公开的各种实施例的工业过程单元的示例性的示意图。

[0032] 图9B是根据本公开的各种实施例的用于单个工业过程单元的由分层资产控制系统控制的设备元件的示意图。

[0033] 图10是根据本公开的各种实施例的处理系统设备列表以开发分层资产控制应用的示例中各部分组成的示意图。

[0034] 图11是根据本公开的各种实施例的开发用于分层资产控制应用的智能代理的分层结构的示例中各部分组成的示意图。

[0035] 图12是根据本公开的各种实施例的用于分层资产控制应用和对应的控制硬件的仿真和验证的示例中各部分组成的示意图。

[0036] 图13是根据本公开的各种实施例的用于优化分层资产控制应用的目标和动态约束的控制系统模型的示例图。

[0037] 图14A是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的安全风险约束的框图。

[0038] 图14B是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的安全风险约束的逻辑流程图。

[0039] 图15A是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的环境风险约束的框图。

[0040] 图15B是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的环境风险约束的逻辑流程图。

[0041] 图16A是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的可靠性风险约束的框图。

[0042] 图16B是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的可靠性风险约束的逻辑流程图。

[0043] 图17A是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的安全风险约束的框图。

[0044] 图17B是根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的安全风险约束的逻辑流程图。

[0045] 图18A是根据本公开的各种实施例的与分层资产控制应用中的资产相关的规范化约束框图。

[0046] 图18B是根据本公开的各种实施例的对与分层资产控制应用程序中的资产相关的约束进行规范化的逻辑流程图。

[0047] 图19A是根据本公开的各种实施例的用于同时控制分层资产控制应用的多个目标和结果的雷达可视化技术图。

[0048] 图19B是根据本公开的各种实施例的用于同时控制分层资产控制应用的多个约束和运营利润结果的雷达可视化技术图。

[0049] 图19C是根据本公开的各种实施例的形成分层资产控制应用的操作边界和优化点的动态约束的交集示意图。

[0050] 图20A是根据本公开的各种实施例的从资产到集合并设置为分层资产控制应用的单元的风险约束通信结构框图。

[0051] 图20B是根据本公开的各种实施例的从资产到集合并设置为分层资产控制应用的单元的风险约束通信结构的逻辑流程图。

[0052] 图21A是根据本公开的各种实施例的从单元到集合以及从集合到分层资产控制应用资产的资产控制通信结构框图。

[0053] 图21B是根据本公开的各种实施例的从单元到集合以及从集合到分层资产控制应用资产的资产控制通信结构的逻辑流程图。

[0054] 图22是根据本公开的一些实施例的用于分层资产控制应用的系统的分析视图。

[0055] 图23是根据本公开的各种实施例的开发用于分层资产控制应用的智能代理的分层结构的示例中各部分组成的示意图。

[0056] 图24是根据本公开的各种实施例的开发用于分层资产控制应用的智能代理的层级的示例中各部分组成的示意图。

[0057] 图25是根据本公开的各种实施例的开发用于分层资产控制应用的智能代理的分级结构的中各部分组成的示意图。

[0058] 图26是根据本公开的各种实施例的开发用于分层资产控制应用的智能代理的层级的示例中各部分组成的示意图。

[0059] 图27是以计算机系统为示例给出的机器示意图,其中包括一组可以被执行的用于使机器实施本公开所讨论的任何一个或多个方法的指令。

发明内容

[0060] 分层资产控制应用程序开发方法实施例可以包括:访问设备列表;识别工业设备元素;从智能资产模板库中选择智能资产模板以实例化设备元素的智能代理;用操作约束和操作目标数据填充选定的模板;并且迭代地连接用于开发分层资产控制应用的被实例化的智能代理。

[0061] 在该方法的一些实施例中,填充的选定智能资产模板包括智能代理实例化信息,在分层资产控制应用上执行的验证,在分层资产控制应用上执行的模拟,基于开发的分层

资产控制应用程序所对应的控制硬件要求,开发的分层资产控制应用程序和相应的控制硬件需求与设备元素综合以创建综合智能资产控制系统,和/或综合智能资产控制系统包括多个智能资产控制级别。

[0062] 在其他实施例中,该方法可以进一步包括聚合一个或多个智能资产模板以实例化用于与智能资产合并的智能代理,实例化用于智能资产模板的智能资产分组以使得智能资产模板被实例化以用于智能资产集合和/或使智能资产模板被配置为包括应用特定的数据。

[0063] 在其他实施例中,该方法还可以包括确定资产运营库类型和行业特定的分层控制应用中默认的需求,智能资产应用被开发为用于特定设备元件控制模型的智能代理,智能资产模板包括一些数据参数,涉及与资产互连的建议资产、操作约束、操作目标、高可用性/关键性参数或行业特定工业应用的参数、包括供应商设备特定模型信息的智能资产模板、和/或包括来自通用设备类型模型中操作参数的智能资产模板。

[0064] 在其他实施例中,该方法可以进一步包括确定可靠性、环境或安全性的操作约束参数,确定能源成本、材料成本、产品价值或收益性的操作目标参数,确定操作效率参数,迭代地连接包括:将智能资产进行分组获得智能资产分组以定义智能资产之间的父/子控制关系,和/或模拟涉及生成虚拟化设备元素数据并执行过程控制元素的资产控制应用。

[0065] 分级资产控制应用程序开发系统的实施例可以包括:用处理器访问设备列表;用处理器识别工业设备元件;用处理器从智能资产模板库中选择智能资产模板以实例化设备元素的智能代理;用处理器填充具有操作约束和操作目标数据的所选模板;并通过处理器迭代地连接实例化的智能代理以开发分层资产控制应用程序。

[0066] 在该系统的一些实施例中,填充的所选智能资产模板包括智能代理实例化信息,在分层资产控制应用程序上执行的验证,在分层资产控制应用程序上执行的模拟,基于开发的资产控制应用程序所对应的控制硬件要求,开发的资产控制应用程序和相应的控制硬件需求与设备元素综合以创建综合智能资产控制系统,和/或综合智能资产控制系统包括多个智能资产控制级别。

[0067] 在其他实施例中,该系统可以进一步包括聚合一个或多个智能资产模板以实例化用于与智能资产合并的智能代理,实例化用于智能资产模板的智能资产分组以使得智能资产模板被实例化以用于智能资产集合和/或使智能资产模板被配置为包括应用特定的数据

[0068] 在其他实施例中,系统可以进一步包括确定资产运营库类型和行业特定分层控制应用默认的需求,智能资产应用被开发为用于特定设备元件控制模型的智能代理,智能资产模板包括一些数据参数,涉及与资产互连的建议资产、操作约束、操作目标、高可用性/关键性参数或行业特定工业应用的参数、包括供应商设备特定模型信息的智能资产模板、和/或包括来自通用设备类型模型的智能资产模板。

[0069] 在其他实施例中,系统可进一步包括确定可靠性、环境或安全性的操作约束参数,确定能源成本、材料成本、产品价值或收益性的操作目标参数,确定操作效率参数,迭代地连接操作包括:将智能资产进行分组获得智能资产分组以定义智能资产之间的父/子控制关系,和/或模拟涉及生成虚拟化设备元素数据并执行过程控制元素的资产控制应用。

[0070] 分级资产控制应用程序开发方法的其他实施例可以包括:访问设备列表;识别工业设备元素;从智能资产模板库中选择智能资产模板以实例化设备元素的资产应用模型;

用操作约束和操作目标数据填充选定的模板;迭代地连接实例化的资产应用模型以开发分层资产控制应用;并且其中填充的所选智能资产模板包括智能代理实例化信息。

[0071] 综合智能资产控制系统优化方法的实施例可以包括:访问与综合智能资产控制系统内的资产相关联的资产自动化操作过程参数;开发一个多方面的动态过程约束,以解决与自动化操作过程相关的操作限制;评估多方面的动态过程约束模型以平衡操作过程约束和过程目标;确定用于多方面的动态过程约束的优化过程操作点;利用优化过程操作点确定分层智能资产控制动作;并且执行分层智能资产控制动作以从当前操作值转换为能够实现平衡操作约束的操作值。

[0072] 在其他实施例中,该方法可以包括,其中操作约束是由与综合智能资产控制系统内的智能资产组相关联的智能资产得到的,该分层资产控制操作实现了与综合智能资产控制系统相关联的智能资产的控制变化,基于可靠性、安全性和环境过程操作约束来确定优化过程的操作点,基于智能资产分组中的每个智能资产的资产约束汇总来实现优化过程操作点的确定,智能资产集的可靠性约束是利用可靠性风险模型而确定的,其实时可靠性约束的定义为:RT可靠性风险=MAX(操作可靠性风险,条件可靠性风险,可靠性安全风险),智能资产集的环境约束是利用环境风险模型而确定的,其实时可靠性约束定义为:RT环境风险=MAX(操作环境风险,有条件环境风险,可靠性环境风险),安全约束是利用安全风险模型确定的,其实时可靠性约束被定义为:RT安全风险=MAX(操作安全风险,有条件的安全风险,可靠性安全风险),基于汇总的实时安全数据动态控制对智能资产的访问,和/或集合实时安全数据,包括汇总智能资产控制系统特定的安全数据和外部安全数据。

[0073] 在其他实施例中,该方法可以包括:利用线性分析确定优化过程操作点,利用非线性分析推导多方面过程约束的发展,分层智能资产控制动作指示出智能资产或智能资产组的参数操作状态,分层智能资产控制动作指示出智能资产或智能资产组的参数操作设定点,分层智能资产控制动作指示出智能资产或智能资产组的参数操作约束阈值,访问与分层智能资产系统/组相关联的智能资产自动化操作过程的参数是从数据存储器中检索得到的,和/或操作过程参数包括历史数据或实时数据。

[0074] 在其他实施例中,该方法可以包括:汇总智能资产运营数据;并使用智能资产运营数据来提高效率或改进预期的流程命令选择。

[0075] 综合智能资产控制系统优化系统的实施例可以包括:利用处理器访问与综合智能资产控制系统内的资产相关联的资产自动化操作过程参数;利用处理器开发多方面的动态过程约束,以解决与自动操作过程相关的操作约束;用处理器评估多方面的动态过程约束模型以平衡操作过程约束和过程目标;利用处理器确定用于多方面动态过程约束的优化过程操作点;利用处理器确定利用优化过程操作点的分层智能资产控制动作;以及利用处理器执行分层智能资产控制动作以从当前操作值转换为以实现平衡操作约束的操作值。

[0076] 在其他实施例中,该系统可以包括,其中操作约束是由与综合智能资产控制系统内的智能资产组相关联的智能资产得到的,该分层资产控制操作实现了与综合智能资产控制系统相关联的智能资产的控制变化,基于可靠性、安全性和环境过程操作约束来确定优化过程的操作点,基于智能资产分组中的每个智能资产的资产约束汇总来实现优化过程操作点的确定,智能资产集的可靠性约束是利用可靠性风险模型而确定的,其实时可靠性约束的定义为:RT可靠性风险=MAX(操作可靠性风险,条件可靠性风险,可靠性安全风险),智

能资产集的环境约束是利用环境风险模型而确定的,其实时可靠性约束定义为:RT环境风险=MAX(操作环境风险,有条件环境风险,可靠性环境风险),安全约束是利用安全风险模型确定的,其实时可靠性约束被定义为:RT安全风险=MAX(操作安全风险,有条件的安全风险,可靠性安全风险),基于汇总的实时安全数据动态控制对智能资产的访问,和/或集合实时安全数据,包括汇总智能资产控制系统特定的安全数据和外部安全数据。

[0077] 在其他实施例中,该系统可以包括利用线性分析确定优化过程操作点,利用非线性分析推导多方面过程约束的发展,分层智能资产控制动作指示出智能资产或智能资产组的参数操作状态,分层智能资产控制动作指示出智能资产或智能资产组的参数操作设定点,分层智能资产控制动作指示出智能资产或智能资产组的参数操作约束阈值,访问与分层智能资产系统/组相关联的智能资产自动化操作过程的参数是从数据存储器中检索得到的,和/或操作过程参数包括历史数据或实时数据。

[0078] 在其他实施例中,该系统可以包括:汇总智能资产运营数据;并使用智能资产运营数据来提高效率或改进预期的流程命令选择。

[0079] 综合智能资产控制系统优化方法的其他实施例可以包括:访问智能资产自动化操作过程参数;在智能资产等级上开发多方面的动态约束,以考虑与自动操作过程相关的操作约束;评估智能资产的多方面动态过程约束模型以平衡操作过程约束和过程目标;针对所述多方面动态过程约束确定所述智能资产的优化过程操作点;由父资产部分使用的父资产传输数据元素请求确定用于子智能资产的智能资产控制动作;接收从优化过程操作点产生的智能资产控制动作;并且执行分层智能资产控制动作以从当前操作值转换为以实现平衡操作约束的操作值。

[0080] 1. 分层资产控制应用程序开发

[0081] 工业设备操作/过程基本上是以特定方式组织在一起以执行过程的一组设备元件。ANSI/ISA-88标准是用于组织工厂设备的一种方法。与以上讨论的以过程为中心的模型相反,根据本公开,操作/过程的分层视图可以被开发为资产的分层集合,而不是单一的控制“过程”。通过对整个层级中的单个资产和资产组进行建模,可以通过提高粒度控制解决方案来实现效率和功效的显著提高。这种以资产为中心的控制观点促进了工业设备操作/过程的统一控制策略的开发和执行,而没有传统的以过程为中心的控制开发方法的缺点。

[0082] 以下对附图的具体描述示出了如何使用工业系统的基础设备元件来开发分层资产控制应用程序和相应的控制硬件。一旦分级资产控制应用程序和相应的控制硬件得到验证,它们就可以与基础设备元素综合在一起,创建一个综合智能资产控制系统,通过对智能资产和智能资产分组进行分级控制,可以有效并高效地执行工业过程。在一些执行过程中,综合智能资产控制系统可以被控制和管理以实现优化各种操作约束和/或目标。

[0083] 图2A给出了用于描述设备和过程,过程控制步骤和设备200的ANSI/ISA-88标准的各个方面。描述了过程模型210,过程控制模型220和物理模型230之间的一般关系。过程212是对物质或能量采取行动的一系列活动。过程阶段214是通常独立于其他过程阶段进行操作的過程中的一部分。过程操作216是通常导致正在处理的材料发生变化的过程活动。被组合的次要处理活动属于过程动作218。过程222是过程控制模型220层级中的最高级别,并且定义了用于执行过程操作的策略。单元过程224由一组有序的操作组成。操作226是定义处理序列的一组有序阶段。程序控制的最小元素是阶段228。过程单元232能够编排所有处理

活动。234单元用于协调较低级别实体的功能。设备模块236用于协调其他设备模块的功能。控制模块238是可以执行控制的最低级别的设备组。

[0084] 图2B是根据本公开的示例性工业设备操作/过程的典型工业拓扑250的示意图。通常,拓扑250对于工业操作是独特的,因为其描述了运营中所涉及的基础设备资产以及描述这些资产如何互操作以实现其功能并得到业务输出。如所描绘的,拓扑250是分层的并且包括处于最低级别的主要资产。这些主要资产组合形成资产集合,然后组合成更复杂的资产集合等等。例如,主要资产可以组合成上一级的工作单元资产集(或工艺单元)。工作单元资产集合反过来可以组合成上一级的区域/火车资产集合。区域/火车资产集合进一步组合成被称为工厂资产集合的更高级的集合。工厂资产组合成为机组资产组合,然后组合成企业资产组,最后组合成价值链的资产集合。

[0085] 图2C示出了ANSI/ISA-88物理设备元件分层结构275与封装线分层结构280的示例性的映射。

[0086] 根据本公开,相比于典型的工业设备拓扑200,其开发了分层资产控制应用和对应的控制硬件以促进智能资产的优化粒度控制(如下面描述)。换句话说,每个工业操作中的自动化系统体系结构以确保自动化系统的架构体系结构和拓扑结构与工业操作的架构和拓扑结构紧密对应或匹配的方式被开发。两个体系结构之间的这种对齐简化了相关用户(例如工程师,维护人员和操作员)设计和维护自动化系统的任务,因为这些用户不需要理解和协调底层设备体系结构200中的两个差异和层级资产控制应用程序和分层的资产控制应用程序以及相应的控制硬件,这些硬件层叠在典型的工业设备拓扑结构200之上并与其综合。根据本公开的实施例而开发的智能资产的综合智能资产控制系统的示例如图5A和图5B所示,其开发所使用的智能资产构建模块如图3A,3B和3C中所示,在下文有对其更加详细地描述。

[0087] 本公开中的工业操作可以被视为分层智能资产的集合,而不是单个“过程”。这样的以分层智能资产为中心的设计促进了工业操作中统一控制策略的开发和执行,并且没有传统的以流程为中心的方法的缺点。图3A,3B和3C示出了智能资产的各个方面,包括与开发层级资产控制应用程序相关联的构建模块以及对应用于促进粒度控制和优化的控制硬件,正如在图4A,4B和4C中示出的相关示例。

[0088] 根据目前公开的内容,开发一个分层资产控制应用程序和相应的控制硬件的一个方面是利用网络物理系统(CPS)作为构建块元素。CPS是一种自动或半自动的控制系统,包括传感器和/或执行器以及能够执行智能代理(IAs)或“虚拟形象”形式的软件代码/模块的相关硬件(例如,处理器或计算机),实现测量和控制功能。图3A示出了根据本公开的一些实施例的CPS的示例组件。如所描绘的,CPS 300可以包括一个或多个传感器305,一个或多个执行器310,控制器单元320和通信模块315以及其他组件。在一些实施例中,传感器305和执行器310可以体现在单个装置或单元中。执行器310可以嵌入或联网到智能资产中。控制器单元320中的一个或多个智能代理325可实现控制策略或算法,以将来自一个或多个传感器305的测量数据和任何设定点的输入转换成输出信号,以改善智能资产的运营效率和/或其他特性。通信模块315可以便于从一个或多个传感器305接收数据并将输出信号发送到一个或多个执行器310。在一些实施例中,通信模块315可以包含一个网络接口,该接口可以在集成的智能资产控制系统中支持CPS300和其他CPSs和/或更高级别资产集之间的数据流。网

络接口可以包括一个或多个网络适配卡,一个无线网络接口卡(例如,SMS接口,Wi-Fi接口,用于各代移动通信标准的接口,包括但不限于1G,2G,3G,3.5G,4G,LTE等),蓝牙,路由器,接入点,无线路由器,交换机,多层交换机,协议转换器,网关,网桥,桥接路由器,集线器,数字媒体接收器,和/或中继器。在一些实施例中,通信模块315可以利用物联网(IoT)数据来与其他CPSs结合以形成与底层工业设备、分层资产控制应用和相应的控制硬件的底层元件进行通信的综合智能资产控制系统的一部分。

[0089] 综合智能资产控制系统的扩展控制方面可分为两个通用类别的实时控制,如(1)操作目标和(2)操作约束。例如,为商业的基本目标提供实时控制,如盈利能力,运营盈利能力和运营效率可以是业务目标的一种类型。第二类操作约束可以提供对目标的动态约束的实时控制,例如安全风险,环境风险和安全风险等。图3B举例说明了与智能资产或智能资产组相关联的CPS中的虚拟形象或智能代理325的示例组件,用于提供对商业的基本目标和目标的动态约束的实时控制(即,实时控制盈利能力,可靠性,过程效率,人身安全风险,环境风险和安全风险)。在一些实施例中,智能代理325可以包括RT收益性控制器330,实时过程效率控制器335,实时可靠性风险控制器355,实时环境风险控制器345和实时人身安全风险控制器350。在其他实施例中,智能代理325还可以包括实时安全风险控制器360。应该注意,在一些实施例中,智能代理325可以包括更多或更少的控制器(或控制模块),从而根据特定的执行过程提供对更多或更少域的控制。在一些实施例中,协调器模块340可以被包括在智能代理325中,用于根据与综合智能资产控制系统相关联的控制层级来协调控制器的执行,所述综合智能资产控制系统例如参考图5B的描述。在其他实施例中,智能代理325可以包括除实时控制器之外的其他模块。这样的模块的示例可以包括但不限于,历史记录模块365和小型(或大型)数据分析引擎370。通过智能代理325的实时控制,使智能资产管理系统成为综合智能资产控制系统的智能资产或智能资产组合控制,也便于综合智能资产控制系统的操作优化和系统管理。

[0090] 综合智能资产控制系统开发的一个方面是快速实现与工厂设备元件相关的虚拟形象/智能代理的快速实施。设备由大量要监测和控制的设备元件组成。为了充分监控/管理与工厂设备元件的各个方面(例如安全性,人身安全性,环境,可靠性,性能,利润率,数据和类似方面)相关联的数据,可以由虚拟形象/智能代理来考虑和管理每个智能资产相关联的多个属性。在一些实施例中,虚拟形象/智能代理是通过使用基于供应商提供的操作规范开发的通用模板开发的,可以将操作特性创建为库,并且提供设备资产类型以允许用户快速将设备元件连接到网络虚拟形象/实例化智能代理,来开发分层资产控制应用。在一些实施方式中,较高级别的智能资产模板可将较低级别的智能资产连接在一起以形成更高级别的智能资产分组,以继续分层资产控制应用的开发。

[0091] 图3C是展示了根据本公开的一些实施例的智能资产375的示例性组件的图。智能资产375可以包括参考图3A描述的CPS 300和其他电气部件385(例如开关),动力系统380和底层的设备元件390(例如,诸如泵,压缩机等机械硬件)。通过智能代理的传感器,执行器,包括智能代理的控制器,通信模块,智能资产375可以自动或半自动地监控和控制其性能和操作。在一些实施例中,智能资产375可利用包括网络接口的通信模块连接到通信网络以与其他智能资产和智能资产集进行通信,和/或报告资产数据、过程数据、资产健康状况、警报和事件,和/或适用于特定应用的其他数据发送到远程计算机或服务器系统。

[0092] CPSs/和智能代理能够设计和开发分层资产控制应用程序和相应的控制硬件,其可以与典型工业拓扑的设备元件集成以创建综合智能资产控制系统。随着价格和功率需求的下降以及内存和计算能力以及网络性的相应增加,CPSs/智能代理可以集成到典型工业拓扑结构的每个设备元件上,在智能资产和/或智能资产分组层级上创建,实现高效和有效地管理、控制,并在某些情况下优化综合智能资产控制系统。通过将CPSs/智能代理与智能资产和智能资产分组结合,可将工业操作的整体控制问题划分为多个自动或半自动控制系统的多个较小控制问题,这些组件可以灵活组合在一起。将控制问题分解为更小的可管理部件大大降低了整体控制问题的复杂性,并提供了在本公开中讨论的各种其他优点。这种整体控制系统使用来自典型工业拓扑结构的设备元件的基线,集成了智能资产和智能资产集合的分层结构,每个分层包括一个包含智能代理的自动或半自动系统,为智能资产,智能资产集合或其他智能资产分组提供实时控制,在此被定义为综合智能资产控制系统(ISACS)。图5A和图5B示出了综合智能资产控制系统分层智能资产组织的示例,并且在下面进行更详细的描述。

[0093] 扩展控制层次结构

[0094] 如图4A所示的扩展控制层次结构可以用于工业操作的实时控制。一旦智能资产按照本文所述披露的实施方式创建并实现为分层资产控制应用,智能管理和优化将显著改善,并且可以实现粒度操作目标和操作约束控制和优化。图4A示出了可以针对智能资产/智能资产组375进行控制/优化的操作约束/操作目标变量400的频谱。应当理解,取决于与特定实现相关联的操作特性,其他优先级的频谱也是可能的。也可以使操作约束和目标变量400对于每个智能资产平均分配,每个智能资产都有能力在适当的情况下管理所有操作约束和目标变量400。如图4A所示的实施例,可以跨越层级中的每个层级管理优先化的操作约束/目标,或者跨越层级的不同层级来分布和划分优先化的操作约束/目标。例如,图4A中所示的分布式约束/目标管理涉及安全风险,这是一个先决条件,并且因此在层次结构中的最低级别上进行控制,管理和优化。安全风险和环境风险由于其关键性,位于第二层的最低级别。在安全风险和环境风险之上是资产可靠性风险,因为可靠性降低可能导致资产绩效降低甚至资产故障,这会严重限制资产的价值。在安全性之上可以是传统的效率控制。最后,在恰当的情况下是实时盈利控制。将工业操作的每个组成部分纳入安全风险,环境风险,可靠性风险,效率和盈利能力控制,可以从每个智能资产中获得最大价值,并形成优化分层资产控制应用程序和相应控制硬件的一种方法。在一些实施例中,分层资产控制应用程序和相应的控制硬件将扩展的实时控制应用于每个设备资产,单元/工作单元,区域/火车,工厂,车队,企业和/或价值链。因此,每个智能资产和智能资产组或其他智能资产分组可以在安全,经济和环境最佳的方式下运营。通过这种方式,整个企业和价值链可以得到实时控制,并促进实时控制和管理的优化,以满足多种操作约束/操作目标。

[0095] 2. 扩展的实时控制

[0096] 如上所述的分层资产控制应用程序(HACA)不仅解决了与控制工业操作的操作效率相关的挑战,而且还促进了统一控制策略的实施。除了操作效率之外,其他新领域也需要有效的实时控制。在一些实施例中,分层资产控制应用程序可以扩展用于有效地控制这些新领域,例如但不限于以下方面:可靠性风险,安全风险,环境风险和盈利能力。

[0097] 应当理解,在此描述了各种类型和数量的约束(例如安全风险)以及各种类型和数

量的目标(例如实时运营利润),但对于本文所述的约束或目标的类型和数量没有限制。

[0098] 传统上,大多数与衡量和管理工业运营盈利能力有关的变量很少发生变化。例如,在过去,工业工厂管理部门通常可以与他们的电力供应商签订合同,有效地将每单位电力的价格设定为一年的价格。在一年的价格不变的情况下,没有必要去控制它。今天,随着全世界电力网的放松管制,电力价格可以并且经常更频繁地变化。例如,在美国的开放式电网中,价格可以每15分钟就会改变一次。在英国,价格每20分钟就能改变一次。因此,过去几乎不变的业务变量(即电价或能源成本)现在正在经历实时变化。在世界许多地区,天然气,原材料和生产价值(工业操作中产品的价值)也是如此。试图用企业资源规划(ERP)报告生成的每月数据来管理这些业务变量的传统方法已不再足够。分层资产控制应用程序可以通过启用对智能资产和智能资产集合或其他智能资产分组的扩展实时控制,促进业界从以事务的方式管理变量到实时控制的转变。

[0099] 在一些实施例中,一些具有实时变化的工业操作的业务变量包括但不限于:能源成本(每个消耗单位的能源成本)、材料成本(每个消耗单位的原材料成本)和生产价值(生产每单位产品的价值)。由于这三个组合变量往往会相互竞争,因此可以将它们一起控制,以最大限度地提高运营利润,就像图4B中的瀑布图所示。该瀑布图中的所有四个组件都具有一定程度的实时变化性,因此它们是由分层资产控制应用程序提供的有效实时控制的候选对象。

[0100] 图4B中所示的瀑布图的组成部分表示如图4C的简化图所示的约束的多目标优化问题。虽然该模型是对实际优化挑战的粗略简化,但它可以演示扩展控制域的一些特性。例如,实时盈利能力的三个组成部分通常受到安全风险、环境风险和设备约束的综合影响,表现为在最大的运营吞吐量和可靠性方面。由于最大的运营吞吐量通常是一个固定的值,在运行过程中可能无法控制,因此通常可以控制的约束条件是安全风险、操作风险和设备的可靠性(称为可靠性风险)。这些模型的结合显示了实时过程控制如何能够延伸超越传统的用于改进操作效率的控制方法,以包括对分层资产控制应用程序内的安全风险、环境风险、可靠性和盈利能力的实时控制。

[0101] 在图4D中示出了实时控制对目标的应用,例如改进的运营盈利性。控制这种目标的先决条件是能够测量要控制的变量。在这种情况下,它涉及通过实时会计(RTA)来衡量运营盈利能力。RTA在标题为“基于实时活动的会计方法”的美国专利第7,685,029号中详细描述,其全部内容通过引用并入本文。测量完成后,可以收集信息和RTAs并将其显示在实时决策支持控制面板中,供负责运营主题部分的人员考虑。在一些实施例中,人员可以使用该信息监督盈利能力的自动控制。在其它实施例中,以类似于手动过程控制的方式直接手动控制盈利能力也是可能的。在其它实施例中,自动控制和手动操作的组合也是可能的。在自动控制方法的情况下可采用自动利润控制器。在速度、分析复杂性和可重复性是重要考虑因素的情况下,自动控制方法可能优于手动控制方法。通过这种方式,可以控制运营的实时盈利能力。

[0102] 如上所述,实时盈利能力受所考虑的操作部分的可靠性风险、安全风险和环境风险约束的约束。通过有效地控制这些风险,可以提高运营的盈利能力。为了控制这些风险,一个自动或半自动的控制系统可以实时测量这些约束变量,使合适的人员能够实时测量信息。在某些实施例中,自动或半自动控制系统可以使用实时测量信息和任何其他输入来控制

制每个变量。将实时控制应用于这些约束变量可能会导致约束的解除,从而使更多的运营利润能够以安全和环境可持续的方式实现,这对于大多数生产和制造业务来说都是非常重要的。

[0103] 实时控制模型

[0104] 在本文中,实时控制结合了基于测量的决策,在与操作或商业流程的时间常数相关的时间框架中影响预期的结果。实时控制可以包括在反馈或预测测量中执行的自动和手动控制,如图4E所示。

[0105] 通过分层资产控制应用,应用扩展控制包括利用分层资产控制应用程序内可用的实时测量来应用实时控制,以实时改进安全规则、安全风险、环境风险、可靠性风险、效率(传统过程控制)和盈利能力。与用于提高操作效率的传统过程控制一样,直接控制下的实际变量可以是比控制目标变量较低层次的变量。例如,为了提高操作效率,可以对诸如资产的流量、液位、温度和压力之类的变量或操作参数执行实际的直接控制。在一些实施例中,将这些变量的控制改进为提高操作效率且满足目标的值。对于人身安全风险、安全风险、环境风险、可靠性风险和盈利性目标也是如此。

[0106] 分层资产控制应用程序控制的适当机制可以按照图4E中所示的两个维度进行分类。控制可以是手动的或自动的,也可以是基于反馈、预测和/或任何合适的技术。图中的所有四个类别表示将控制应用到分层资产控制应用程序的有效选项。一个实施过程可以从手动反馈控制,到自动反馈控制,到手动预测控制,到自动预测控制。这个顺序可以在不同的实现中有所不同。反馈控制的成本通常比预测控制的成本要低得多,因此,除非能够通过应用预测控制来实现显著的增加价值,否则大多数工业操作采用反馈方式。

[0107] 当工程师试图学习系统的动态以便更好地表征或建模系统以开发和应用自动控制时,手动控制通常是最合适的方法。由于许多要通过资产控制系统的扩展控制特性控制的目标变量先前没有被实时测量或表征,因此可以使用手动控制方法,直到目标变量的特性被理解到能够有效地发展自动控制的程度为止。

[0108] 在工业操作中,自动控制以两种基本方式实施:首先是为机器控制应用程序开发的逻辑控制,已在其他许多应用程序中使用;其次是为更连续的过程应用程序开发的算法过程控制。在本公开的一些实施例中,这两种传统控制方法的组合可以从智能资产和智能资产集或其他智能资产分组一直到企业级提供来自整个ISCAS的盈利目标,可靠性风险,安全风险,环境风险和/或安全规则的自动控制。

[0109] 图5A示出了根据本公开的第一实施例的作为用于示例工业设备操作/过程的综合智能资产控制系统500的分层资产控制应用程序和对应的控制硬件。工业设备操作/过程可以包括具有最低级集成功能的初级(或基本)智能资产501。例如在炼油厂的情况下,初级智能资产501可以是诸如泵的设备以迫使原油沿特定方向移动,或是加热进入的原油的热交换器。这些初级智能资产501中的每一个可以由具有智能代理的网络物理系统(CPS)自动或半自动地控制,以确保如上所述的最佳或有效操作,或者链接为智能资产的分组,也作为分层资产控制应用和相应的控制硬件内的元件来控制。

[0110] 如所描述的,在一些实施例中,综合智能资产控制系统中的每个CPS与智能资产一致,并且具有其自己的包括虚拟形象或智能代理(IA)的自动或半自动的控制系统,该自动或半自动的控制系统定义并执行特定于智能资产的控制策略,并且在一些情况下特定于智

能资产的控制策略作为分层资产控制应用和相应控制硬件的一部分。分层资产控制应用程序以及相应的控制硬件和底层设备元件一起工作以形成图5A所示的综合智能资产控制系统500,每个初级智能资产(例如,基本资产)可以具有包括智能代理的CPS,该智能代理负责智能资产的自动或半自动控制。类似地,(如图5B所示),较高级别的智能资产(例如,智能资产集合)可以具有其自己的智能代理,其有效的合并较低级智能资产和/或智能资产组和/或协调较低级智能代理的活动。例如,控制整个单元/工作单元的智能代理可以结合到控制火车/区域的智能代理中。控制火车/区域的智能代理可以集成到工厂智能代理中,控制工厂的智能代理可以集成到车队智能代理中,这些智能代理又可以集成到企业智能代理中,最后集成到价值链智能代理中。换句话说,在分层资产控制应用和相应的控制硬件以及相应的综合智能资产控制系统中,较高层的控制策略包含由智能代理特性(例如多态性、继承、后期绑定、封装等)促成的较低层的控制策略。

[0111] 在一些实施例中,与每个CPS相关联的控制系统控制相关联的资产内的功能以及需要从其他CPS获取的或需要发送到其他CPS的任何信息的传送。由于每个CPS内的控制系统为与智能资产相关联的基于传感器的数据提供了适当的控制,所以在每个CPS内生成的大部分基础数据在CPS的控制策略内使用,并且不需要在整个工厂系统中的任何其他地方访问。此外,在智能代理并入分层智能资产集控制策略之前,智能代理对初级资产的有效的自动或半自动的控制意味着智能资产集级别或其他智能资产分组控制变得更易于设计和构建。

[0112] 智能资产控制系统因此将整个企业和价值链纳入实时控制,以改善工业企业的统一和协调运营,从而推动显著的成本改善。此外,利用该体系结构,可以将控制扩展到企业控制系统级,甚至扩展到价值链控制系统级。这种以资产为中心的工业运营和企业的视角不仅使与其相关的控制策略更易于设计、实施和执行,而且实际上代表了工业公司对其基本运营的看法。例如,工业运营中的工程师通常从资产角度理解和描述运营。这种与工业人员理解其操作和工作方式的自然一致性提高了他们对自动化系统的理解,因为该系统与他们的观点一致。

[0113] 应当注意,除了图5A或5B中所描述的耦合到CPS的体系结构的最低(初级智能资产)级别之外,综合智能资产控制系统的拓扑结构可以由软件定义并开发为分层资产控制应用和相应的控制硬件。因此,根据本公开的第一实施例的综合智能资产控制系统具有作为分层资产控制应用的软件定义的体系结构。

[0114] 图5B示出了根据本公开的第二实施例的示例的综合智能资产控制系统。在该实施例中,更高级别的资产集还可以拥有一个具有智能代理550的关联CPS。例如图5B所示,每个基本智能资产551、单元/工作单元552、区域/列车553、工厂554、车队、企业和价值链智能资产组可以具有包括智能代理的相关联的CPS。这样,如图5B所示的综合智能资产控制系统的拓扑结构可以由硬件和软件的组合定义为分层资产控制应用和相应的控制硬件。在一些实施例中,与智能资产集相关联的CPS可以具有与智能资产相关联的CPS不同的组成部分。例如,与初级智能资产相关联的CPS中的传感器和执行器的类型可以不同于与智能资产组相关联的CPS中的传感器和执行器的类型。可以基于智能资产或智能资产组操作的环境来选择诸如特定类型的传感器和执行器之类的组件。图7-8E更详细地讨论如何开发分层资产控制应用和相应的控制硬件。

[0115] 图6示出了根据本公开的一些实施例的基础工业设备操作/过程的另一示例,可以将分层资产控制应用和相应的控制硬件应用于物理设备分层结构的基础。

[0116] 图6描述了蒸馏塔600(例如在炼油厂中)。一旦配置为包含CPS和智能代理组件的智能资产/智能资产组,蒸馏塔就可以被认为是分层资产控制应用程序中的单位资产集。在本例中,设备可分为三个基本部分:进料、塔底产物、馏出物。底部部分由泵、阀、测量装置等的一组设备组成。智能资产控制系统被开发并向三个设备模块中的每一个提供网络物理系统(“CPS”),该网络物理系统包括负责为底层设备提供监视和控制功能的虚拟形象/智能代理。分级资产控制应用和系统控制硬件还向蒸馏塔智能资产组提供智能代理,该智能代理可以协调与三个设备模块相关联并控制这三个设备模块的低级智能代理。在一些实施例中,集成智能资产控制系统或智能资产控制系统可以向蒸馏塔智能资产组以及三个设备模块提供CPS。

[0117] 在图7-8E中将更详细讨论-分层资产控制应用和相应控制硬件的开发,涉及访问一个智能资产模板库,这些模板实例化为智能资产虚拟形象/智能代理的实例。例如,图6中描述的蒸馏塔可以对应于智能资产模板(在图8C中更详细地描述)。在一些实施方式中,图6的设备元件还可用于定义和识别相应的智能资产模板,以开发用于蒸馏塔的组件以及蒸馏塔本身的分层资产控制应用程序。智能资产模板可以包括与人身安全性、安全性、环境、可靠性、性能、盈利能力等有关的信息和控制动作(示例模板在图8C中示出并且在下面更详细地描述)。操作人员可以在较低级别和/或较高级别与分层资产控制系统交互。虚拟形象模板/库允许高级操作员的调整,以作为命令被自动发送到较低级别的工厂资产,并通过模板的资产控制/效率元件和开发的分层资产控制应用程序促进较低级别的工厂资产。

[0118] 分层资产控制应用开发

[0119] 图7示出了分层资产控制方法的流程图,根据本公开的各种实施例的应用和对应的控制硬件开发和集成以创建综合智能资产控制系统。应当理解,根据系统的实现和应用程序,该功能的各个方面和功能上的描述可以在任意数量的计算设备实现中实现,其中一些组件如图27所示。例如,分层资产控制应用程序开发、控制硬件标识、综合智能控制资产系统集成的各方面、运行时间优化、和/或系统管理和/或控制可以实现为桌面应用、移动应用、基于云计算的应用和/或任何其他数量的计算机元件或实现。在图8A-8E中更详细地描述了用于开发分层资产控制应用的总体流程的元素。图9-12示出了分层资产控制应用以及相应的控制硬件开发和集成的各个方面,以创建一个集成的智能资产控制系统,该系统涉及到放热反应器设备元件。

[0120] 如图7所示,分层资产控制应用程序开发过程700包括首先确定将被控制的工业设备元件的列表,以及在一些情况下设备元件将被控制的环境(步骤710),为操作工业应用程序创造便利。系统从设备元件列表中选择第一设备元件,并且查询智能资产模板库(步骤725)以选择一个或多个智能资产模板(步骤720)。系统实例化智能资产(或一组智能资产)的智能代理模板(步骤730)。一旦实例化,包括操作特性、目标和约束数据的智能代理数据就由适当的数据源或数据库委托和开发(步骤740)。智能代理数据的一个元素包括智能资产父/子控制信息以及智能资产互连性信息。当开发分层资产控制应用程序时(步骤750),该信息用于开发智能资产父子控制关系。验证分层资产控制应用程序(步骤760),并且如果批准则用于开发相应执行控制硬件的要求。一个综合智能资产控制系统可以作为分级资产

控制应用程序开发；任何相应的控制硬件元素都与基础工业设备元素集成（步骤770）。最后，将相应的控制硬件和设备元件集成在一起，形成综合智能资产控制系统，以开发一个全包的分层工业过程控制系统（步骤780）（如图5B所示）。

[0121] 图8A示出了根据本公开的各种实施例的更详细地确定和验证设备元件的方面的流程图。该逻辑流程表示与步骤710中列举设备元件和特征参数相对应的各种过程。获得设备列表（步骤800），其可以对应于要被转换成虚拟工业系统的工业系统的整体或部分。获取此设备列表可能是手动或自动的，并且不必是完整系统的设备列表。一旦获得，就选择列表上的设备元件（步骤802）。取决于特定的实施方式，可能有几种方法来选择该第一设备元件。可以根据关键性，规模，已知的关联子资产或任何其他特征或任何组合来选择。可以选择任何设备，只要它是要分析的系统的一部分。由于设备元件是根据其自身特性进行分析的，任何被确定为该设备的“子”设备也将在特性描述中被捕获（步骤804）。应该理解，一个“父”设备可能具有多个“子”设备，所公开的关系和原理支持其逆命题。系统将查询已被识别的每个设备元件（步骤806），并且如果不是已被识别的，则将识别（步骤808）并分析整个列表的每个设备元件。在设备列表上的最后一个设备元件已经被处理之后将执行对每个设备元件已经被处理的验证（步骤810）。

[0122] 设备的确定可以通过自动或用户指导的方法创建或在设备库中访问，或两者的某种组合。当输入时，系统可以查询指定设备的每个逻辑位置，并且接收描述设备的各种特性的信息。自动方法可以包括“爬虫”功能，其给定一系列逻辑地址，系统本身可以查询指定设备元件的每个逻辑位置并接收描述该设备元件的各种特性的信息。

[0123] 一旦确定了完整的设备列表，就进行设备映射，其中每一个物理设备都被映射为一个或多个智能资产模板720。图8C示出了智能资产模板和相应数据元素840的示例。为了帮助每一物理设备的映射，针对每一设备元件访问智能资产模板库725。如果确定物理设备的一个或多个特征与虚拟智能资产模板的特征匹配，则形成映射。

[0124] 应当理解，物理设备到智能资产模板的映射不必是一对一的关系。可能存在多对一关系，部分地由与物理设备相关联的特性的相对复杂性来确定。应当理解，可以为每个智能资产创建智能代理，以及为组织为智能资产集的一组智能资产、组织为智能资产单元的一组智能资产集，或者由一个或多个设备元件组成的智能资产创建智能代理。此外，本公开的原则认为，可以使用多于一个的智能资产模板来描述单个设备元件，或者可以使用多于一个的智能代理来描述单个智能资产或单个智能资产集合或其他智能资产分组。

[0125] 当完成每一物理设备的映射时，为每一设备元件创建智能资产数据结构（步骤730）。设备元件和智能代理模板之间有多种可能的关系。它们包括设备元件与智能资产模板之间的一对一关系，以及设备元件与智能资产模板之间的多对一关系。应当理解的是：每个设备被转换为虚拟智能资产，其代表物理设备的每个实例。

[0126] 为了开发用于结合到分层资产控制应用中的设备元件的精确虚拟模型，针对每个设备元件开发若干特征并将其填充到智能代理数据结构中（步骤740）。包含在智能代理数据结构中的数据量和类型可以包括资产标识数据、资产工业应用数据、物理建模数据，包括但不限于可用性、平台和安全约束，以及硬件和详细描述设备元件的系统特性。对于工业应用中的所有设备元件，该过程继续进行，直至制定父子资产控制关系的分层布置（步骤750）。该映射进一步开发每个设备元件的虚拟智能代理数据结构，以形成表征与工业系统

相关联的物理设备元件的资产的完整虚拟分层结构。

[0127] 可以验证(步骤760)和/或模拟表征资产的完整虚拟分层结构,以确认分层资产控制应用程序的虚拟表示以预期方式运行。然后,可以将该完整的分层资产控制应用提供给系统,用于操作相应的物理工业系统。

[0128] 图8B示出了根据本公开的各种实施例确定智能资产模板和识别智能数据模板的流程图。该逻辑流程表示对应于图7所示的一个或多个智能资产模板的选择(步骤720)、智能代理实例的创建(步骤730)以及智能代理的开发和填充(步骤740)的各种过程。对于已经处理的每个已验证的设备元件,基于设备列表和智能资产库822中的可用条目来定义对应的智能代理实例(步骤820)。一旦为给定智能资产定义了智能代理实例(步骤820),就为刚刚定义的父资产(步骤820)的任何已知子智能资产定义智能资产实例(步骤824)。

[0129] 应当理解,在智能资产库822内可能存在部分未完成或完全未表示的智能资产模板。本公开考虑了这些可能性,并允许随后的智能资产表征更新智能资产库822。以这种方式,智能资产库822将随着每次后续系统使用而随时间而改进。本公开还考虑使用可从诸如ASME或IEEE组织获得的“通用”智能资产模板。这种智能资产模板可能缺少一些有利于本文所述过程的信息,然而在描述设备元件(例如冷却泵等)的一些基本特性时可能是有用的。

[0130] 对于每个智能资产实例,如果确定物理设备的一个或多个特性与智能资产模板的一个或多个特性匹配,则形成映射。应当理解,智能资产到智能资产模板的这种映射不必是一对一关系,可以存在多对一关系,部分地由与设备元件相关联的特性的相对复杂性确定。当每个智能资产映射完成时,为每个智能资产创建智能代理数据结构(步骤826)。设备元件和智能资产之间存在一对一的关系。每个智能资产都可以作为所开发的分层资产控制应用构造内的设备元件的虚拟表示。

[0131] 为开发设备元件的精确虚拟模型,可以为每个物理资产开发几个特征并将其填充到智能代理数据结构中。为帮助确定特定智能资产的运营能力,针对特定工业应用,步骤828为每个智能资产定义诸如约束之类的特性。这些约束条件可能包括但不限于以每个资产为基础定义的环境、可靠性和安全约束。应该理解的是,虽然可能存在普通的设备元件,但是如何将该设备元件用于特定的工业应用,作为智能资产的操作特性,可能实质上影响一个或多个操作约束的性质,如同操作特性对智能资产的影响。作为各种实例的一种,由于操作的批处理性质,连续操作以将饮用水从一个位置移动到另一个位置的泵,可能比一天仅运行两次以将棉花糖浆从一个容器移动到另一个容器的同一泵,具有大大缩短的使用寿命。在这种情况下,相同设备元件(例如泵)的可靠性,安全性和环境因素可能会在任何数量的工业应用中发生显著变化。为智能资产,步骤828定义这些操作约束的每一个,并且在步骤830合并至基于每个智能资产基础(或者在一些情况下基于智能资产分组)的智能代理中。每个虚拟资产代表可以具有各种表征数据,这些表征数据用于部分地确定特定工业应用如何与支持设备交互。应该意识到,可以将一系列约束数据并入每个资产中。在智能资产、集合、子集的各种实施例中,在一些情况下约束可以为空值或综合智能资产控制系统运行之后确定的值。尽管在此讨论了诸如安全性、可靠性、环境和网络安全约束等操作约束,但应该理解的是,可以应用各种各样的约束类型和基础数据。

[0132] 步骤831创建父/子控制关系以开发智能资产的分层结构和综合智能资产控制系统可能的对应控制的各个方面。一旦定义了资产所有特性,包括任何定义的约束数据828,

步骤832将智能资产数据结构填充至资产,并将其存储在智能资产数据库(步骤834)以根据需要重新使用。这种重复使用的例子可以是类似的工业应用的资产或一系列资产的后续调试。此外,应该认识到,重复使用智能资产数据结构的精度来表示各种工业应用中的资产可能会增加,从而进一步推进工业设计的所述目标之一,以使系统具有良好的特征和可重复性。工业系统内的所有智能资产重复该过程(步骤836)。一旦每个智能资产在实例化/调试之后定义为智能代理,则整个系统智能资产列表838可用于进一步处理。

[0133] 图8C是本公开的各种实施例中的智能资产模板和数据结构840的示例的图示。为了开发物理资产的精确虚拟模型,开发了几个特征并将其填充至每个设备单元740的智能代理数据结构中。包含在智能代理数据结构中的数据量和类型是各种各样的,但可以包括资产标识数据、资产工业应用数据、物理建模数据,包括但不限于可用性、平台和安全约束,以及用于详细描述实物资产的硬件和系统特性。应该认识到,根据具体的工业应用和相应的配套设备,数据的类型和数量是多种多样的。

[0134] 图8D是说明本公开的各种实施例中的分层资产控制应用的验证和模拟的流程图。对于系统的特定实施方式,可以省略或者可选这些步骤中的任一个。通过步骤842可得完整的系统智能资产列表,并且从设备元素到智能资产数据结构进行处理,可以在提出的解决方案与物理工业系统投入使用之前执行可选的验证和/或可选的模拟。利用父/子控制关系针对每个智能资产进行映射,步骤844进行校验以验证每个通信和控制路径是存在并且可用的。如果步骤846确定存在与这些父/子通信路径相关的问题,则执行修复步骤848,继续执行直到问题解决步骤858。补救措施可能包括但不限于更改设备清单、智能资产清单和/或智能代理数据结构。在工业应用中进行实际硬件控制之前,这种验证可能是有益的,以防止出现非常严重的结果。一旦验证了资产父/子关系,可生成分层资产控制应用。

[0135] 然而,在对基于硬件的系统进行应用或实例化之前,完整的、经验证的分层资产控制应用850和可选部分862的仿真可能是有益的,以确定在基于硬件的工业系统是否存在或可能出现意外或不期望的结果。如同验证步骤844一样,步骤850模拟整个分层资产控制应用。步骤854如果确定存在与分层资产控制应用的模拟操作相关的任何问题,则可以进行修复步骤856,可以继续执行直到问题解决步骤858。

[0136] 完成时,生成有效的和模拟的分层资产控制应用并且可以利用步骤860来开发相应的控制硬件需求。然后可以使用分层资产控制应用对应的控制硬件将控制硬件/软件与基础设备元件集成以最终建立综合智能资产控制系统(例如,如图5B所示)。在一些实施例中,可以在作为运行的工业应用的实际硬件集成和/或运行时间执行之前,对综合智能资产控制系统或分层资产控制应用对应的控制硬件使用仿真工具进行审查。图8E是说明本公开的各种实施例中分层资产控制应用的硬件实例化的流程图。只要经验证且模拟的分层资产控制应用存在且由系统870检索,步骤872中系统本身可自动要求或用户输入要求被禁主机资源的备用容量。一旦完成,步骤874可以生成所需硬件平台的列表以及存储在智能代理数据库内的所有智能资产的硬件平台需求。步骤875选择硬件平台类型,并且继续执行步骤876向目标机器分配需要硬件平台的智能代理。每个智能代理可以包括:使用一个目标机器实例创建每个所需硬件平台类型的列表,选择一个硬件平台类型,为该硬件平台类型选择智能代理,针对智能代理工业应用的需求收集可用性和资源需求,确定应用所需的目标数量,根据需要添加其他目标硬件平台,尝试在所需数量的目标机器上安装应用,检查应用的

特性,防止剩余目标硬件平台的可用容量。

[0137] 本公开的实施例考虑可用资源的平衡性,可涉及考虑是否有使用多于一种硬件类型,以及应用是否满足备用容量需求以确定适当的替代资源。如果资源超过容量,则系统可以从目标移除资源,否则产生新的目标机器并从先前指定的目标机器中减去资源。该过程可以继续,直到特定平台内处理了所有智能代理(步骤880)和处理了所有代理(步骤882)。一旦处理了所有智能资产882并且确定了验证后的分层工业资产系统/应用的硬件实例的各种特性,则生成汇总报告886,将各选项与系统设计器进行比较并且定义优选配置。此时,步骤886中系统或系统的用户可以选择和调整各种参数选项以调整步骤874定义的被禁主机资源的现有配置。这些调整可以影响工业系统的操作,并且任何调整都可以以替代方式操作该系统。

[0138] 这种情况的一个例子是将系统调整到期望的最佳状态,以在特定特性上最大化,如利润、运行时间或安全性。许多这样的调整是可能的并且在本公开内容的各个实施例中可设想。一旦进行了各种调整,如果需要,则最终的硬件设计提交至诸如系统定义数据库888的储存库以供稍后使用。

[0139] 应该意识到图8E中描述的系统能够使用多种计算资源配置来实例化。示例可以包括图28中描述的资源。本公开的原理设想分配任何计算资源以实现分布式故障点的益处,降低基础设施成本,模块化,便携性或特定于特定工业应用的其他益处。

[0140] 3. 示例处理

[0141] 图9A是表示本公开的各种实施例的工业过程单元设备组织示例的图。示出了包含三个反应器单元900的示例单元。根据系统的实施情况,可以针对单个单元开发分层资产控制应用,并针对特定单元适当地进行复制,独立地和/或协调运行。反应器单元A904、反应器单元B905和反应器单元C906连接到冷却水储存器901,处理单元900内的泵902供应的所有反应器单元共用该冷却水储存器901。温度指示器903TI和流量指示器903FI测量离开工厂的废水的温度和流量。阀定位器903FV控制直接进入流出物的冷却水的流量,以降低流出物的温度。

[0142] 应该理解的是,图9A是综合智能资产控制系统控制的许多设备的一种表示,其可以处于单元/工作单元资产级别,图9B可以处于如图5B描述的智能资产级别。图9B中的完整的反应器单元905,可以对应于图9A中的反应器单元A 904。取决于特定的工业应用,其中一个或两个可以是综合的智能资产控制系统结构。针对整个结构的各种层级开发了分层资产控制应用。

[0143] 图9B是本公开的各种实施例的工业过程示例的图。

[0144] 图示的完整反应器单元905包括反应器容器910和多个传感器和阀定位器。压力指示器910PI、温度指示器910TI和液位指示器910LI提供反应器容器内的测量值。具有相关流量阀911FV的反应堆冷却套911控制进入反应堆冷却套911的冷却水的流量。阀门定位器915FV控制从反应堆冷却套911到设备流出物的温水流量,并通过流量指示传感器915FI和温度指示器915TI监控,测量流出反应器单元910的流出物的温度和流量。反应器搅拌器912搅拌试剂以确保完全反应。“产品C”具有关联的泵913和流量阀913FV。紧急反应骤冷罐914和相关联的流量阀914FV用于停止反应并固化反应物,使反应器容器910不可用。热交换器920控制泵送到反应器套911的冷却水的温度,其与一系列的传感器和阀定位器相关联。温

度指示器920TI、流量指示器920FI和阀门定位器921FV测量并维持到换热器920的冷却水。淡水泵940将淡水泵至热交换器。该淡水泵送到反应器夹套911中以去除来自反应器容器910的热量。与该淡水泵940FV相关联的阀门定位器控制进入热交换器920的冷却水的流量。“试剂A”对应的泵950将试剂材料泵入反应器容器910中。与泵相关的是流量传感器950FI和阀门定位器950FV。对于“试剂B”存在类似的结构,其中泵960将试剂泵入反应器容器910中。与泵相关的是流量传感器960FI和阀门定位器960FV。

[0145] 当反应器容器910内的压力超过极限时,卸压阀970打开排气,排放到对外部环境敞开的烟囱里。

[0146] 在本示例中,使用供应的冷却器和储液器980将公共水冷却到期望的温度并将利用泵985泵入反应器冷却套911。此外,在异常高的温度条件下,可以将其直接泵入反应器冷却套911中,以在保护反应器容器的同时快速减慢或停止反应。这种冷水也可以直接加入废水中,以减少释放到环境中的BTU。图10是本公开的各种实施例中开始开发层级资产控制应用的基础设备元件的初始处理的示例的各方面的图。在图示的放热反应堆工业系统1000中,步骤1040确定并获得设备列表,用于描述包括反应堆工业系统1000的设备元件及其相应参数。该列表将由图9中示出和描述的各种设备元件组成。步骤1050选择第一个设备元件开始处理设备列表。在本例中,选择放热反应器910。如前所述,可以选择任何设备元件来开始该过程。在这种情况下选择放热反应器910,因为它是系统中的基本设备并且已知具有与资产分组的各种父/子关系,例如流量阀913FV和用于“产品C”1010的任何关联设备,热交换器资产分组1020,与“试剂B”资产分组1030关联的流量阀960FV。放热反应器910的每个子元件排队等待处理,并将其标记为潜在的父/子控制元件以用于后续处理。例如,添加到与父资产放热反应器910连接的潜在子控制设备元件的列表中。步骤1060处理列表中的每个设备元件,直到处理完所有设备元件。在本示例中,可以处理热交换器920并且所有子元件到达热交换器920,例如淡水泵940和流量阀940FV和921FV。与初始父资产一样,只需所有设备都得到处理,不存在处理每个设备资产的特定的顺序。图11是示出根据本公开的各种实施例的开发用于层级资产控制应用的智能代理的分层结构的示例的各个方面的图。利用在反应堆工业系统1100中定义的所有设备,系统现在基于步骤820中的设备列表定义资产实例,并为每个智能资产创建智能代理。与处理设备列表一样,系统可以选择任何点进行处理。在本示例中,选择放热反应器910并且基于设备列表中定义的特性来定义步骤820中的资产实例。为了帮助定义智能资产库822中的智能资产模板,可以使用包含各种智能资产模板来开始表征智能资产。示例智能资产模板在图8C中示出。应该意识到,对于可以填充到这种智能资产模板中的数据的数据的数量和类型,存在高度的灵活性。用于群体的智能资产/智能代理数据可以来自操作历史的使用数据/操作特征,可以由组件供应商提供,可以作为通用组件模型(例如,典型的热交换器具有可靠曲线...)。

[0147] 一旦设备元件映射到智能资产模板并定义,则在步骤824选择智能资产模板组件并为每个智能资产1110创建智能代理数据结构以准备填充其他特征数据。在本示例中,创建对应于放热反应器的智能资产模板并且填充可用信息,该可用信息可以包括但不限于使用放热反应器名称、类别、型号、序列号和放热反应器的应用类型。该数据在设备列表的初始处理时可用,并且在选择和创建专门用于放热反应器910的智能资产数据结构时填充到智能资产数据结构中。

[0148] 当智能资产和工业应用已确定时,定义资产828(在本示例中为放热反应器910)的约束特性。尽管可能存在各种限制,但在具体示例中,可以考虑安全、环境和可靠性约束。安全约束的例子可以是放热反应器仅可以操作到如压力计910PI所指示的绝对最大值500MPa。违反该约束可能导致放热反应器910的灾难性故障并且存在实质的安全隐患。环境约束示例可涉及由于反应器中的放热反应引起的放热反应器夹套911中的水的温度。例如,如温度计910TI指示,来自夹套的温水仅能在由温度计910TI指示的100华氏度的温度下排出到当地供水中。不遵守这种操作风险约束可能导致监管处罚和对当地环境的危害。最后,可以给定可靠性约束示例,如放热反应器910具有支持连续材料处理的最大100,000小时的使用寿命。超过该限制可能导致放热反应器910的效率降低和/或反应器元件操作故障的风险,这两者都会影响集成智能资产控制系统的控制、管理和优化以及与集成智能资产控制系统关联的过程。这些以及任何其他约束条件中的每一个都填充到智能资产数据结构832给给定设备元件(在该示例中为放热反应器910)。这种现在完成的放热反应器智能代理数据结构可以存储到智能资产数据库834中。所有设备重复该创建智能代理数据结构的过程,如“产品C”泵913和阀913FV设备分组,热交换器设备分组1020和“试剂B”设备分组1030。

[0149] 一旦已经计算出所有约束条件并且具有智能资产基础,则可导出系统或系统用户定义的任何变量(例如实时运营利润)的任何优化,并且执行每个资产1120创建的优化,并存储在每个智能资产的智能代理中。该过程继续,直到已经为物理设备的每个元素创建了智能资产数据结构,并且针对反应堆工业系统1100存在完整的系统/应用资产列表838,且每个智能资产包含填充的具有相对约束、目标和优化的对应智能资产解决方案1130。

[0150] 图12是本公开的各种实施例的用于分层资产控制应用和对应的控制硬件的仿真和验证的示例的各个方面的图。

[0151] 该验证可以包括智能资产本身的验证以及智能资产组件形成的层级的验证。当步骤842中针对反应堆工业系统1200的完整系统/应用智能资产列表存在时,步骤844验证每个父/子资产通信和控制路径。存在各种方法来验证这样的路径,包括但不限于资产内通信,诸如数据包“ping”或其他更正式的握手协议,例如但不限于TCP/IP寻址。示例工业系统的验证可以包括利用资产列表开始验证并且确定每个父元件可以传达给每个子元件。在本示例中,控制泵送到反应器夹套911的冷却水的温度的热交换器920将验证其子资产,其包含温度指示器920TI用于提供冷却水的温度测量,流量指示器920FI用于测量冷却水的流量,阀门定位器920FV用于控制冷却水的流量,阀门定位器921FV用于控制流向热交换器的冷却水的流量。此过程将继续进行,直至整个智能资产列表经过评估验证,单个智能资产和分层资产控制应用的资产集合形成的控制层级中的通信均被验证。步骤846系统进行查询以确定父/子验证是否存在任何问题或异常。如果存在任何问题,则对它们进行修复步骤848,并且一旦修复步骤852完成,或者如果没有问题存在,则该过程继续模拟完整验证分层工业系统/应用的步骤。给定用于反应堆工业系统1200的完整的经验证的工业资产分层结构的示例,在控制系统调试之前,可以执行对分层资产控制应用1220的模拟以进一步确认所提出的工业解决方案在硬件中实例化时将如预期的那样运行。如果在步骤1230执行层级应用控制应用的模拟并且确定存在问题,则可以提出该问题以进行修复。例如,负责从形成冷却器资产1210的冷却器和储液器980提供冷却水的泵985,对于诸如流量、物理尺寸或任何其他参数的特性不是适当的类型时,如由系统或用户在设置硬件系统之前,系统可以在

步骤856修复该问题。这样的修复可以包括但不限于调整特定资产的资产模板,调整智能资产数据结构以适应其他考虑因素,或者用适合工业应用的设备替换特定设备(在这种情况下是泵985)。一旦已经完成这种替换,则应重复整个过程:确定设备列表710、选择一个或多个资产模板720、创建智能代理数据结构730、开发智能代理740,以及验证和模拟整个系统以彻底验证整个综合智能资产控制系统。一旦完全验证的分层资产控制应用可用,步骤1240可以创建、部署支持控制系统的硬件实例,并且结合将图8E中描述的分层应用控制应用转换为综合智能资产控制系统所需的任何控制硬件(如图5B中示出)与底层设备元件集成。

[0152] 分层资产控制应用的扩展控制方面实际上划分为实时控制的两个一般类别。首先是为业务的基本目标提供实时控制,其中可能包括但不限于盈利能力、运营盈利能力、运营效率和资产可靠性。其次是对目标的动态约束提供实时控制,例如但不限于安全风险、环境风险和安全规则。附图13显示了用于分层资产控制应用的目标和动态约束的基本系统模型优化功能的示例。图中的每个框代表整个控制系统的一个方面。“提高运营效率的过程控制”涉及与目标资产相关的过程控制。在下述中,每个其他功能将参照附图13和图3B单独描述。

[0153] 控制系统组件

[0154] 分层资产控制应用的扩展控制方面可以分成实时控制的两个一般类别。例如,为业务目标的基本目标提供实时控制,如盈利能力、运营盈利能力、运营效率和资产可靠性可以是一个类别。第二类可以是对目标的动态约束提供实时控制,例如安全风险、环境风险和安全规则。附图13示出了用于系统的目标和动态约束的控制系统模型的示例。图中的每个方框表示整个控制系统的一个方面或组件。附图3B示出了与智能资产或智能资产集合或其他智能资产分组相关联的CPS中的智能代理325的示例组件,用于提供对商业的基本目标和目标的动态约束的实时控制(即,实时控制盈利能力,可靠性,流程效率,安全风险,环境风险和安全规则)。在一些实施例中,智能代理325可以包括实时(RT)收益控制器330、RT过程效率控制器335、RT可靠性控制器355、RT环境风险控制器345和RT安全风险控制器350。应该注意到,在一些实施例中,智能代理325可以包括更多或更少的控制器,从而提供对更多或更少领域的控制。在一些实施例中,协调器模块340可以包括在智能代理中,用于根据控制层级来协调控制器的执行。在其他实施例中,智能代理325可以包括除了RT控制器之外的其他模块。这样的模块示例可以包括但不限于:历史记录模块365和小数据分析引擎370。

[0155] 参考附图3B,在一些实施例中,智能代理325可以包括其他模块,例如历史模块365和小数据分析引擎370。历史模块365可以生成与资产或资产组相关联的历史数据。这样的历史数据可以包括传感器的测量结果、设定点、与设定点的偏差,采取的纠正措施等,并且可以提供在某个时间点的资产或资产组的状态或健康状况的快照。历史数据可以报告给更高级别的资产集(例如,用于计算)和/或导出到其他系统,例如参考附图22描述的大数据分析引擎2205。小数据分析引擎370可现场收集和分析与资产或资产组相关联的数据,并直接或通过更高层次的智能代理将结果报告给附图22中的大数据分析引擎2205。参考附图13,框1315表示由与目标资产相关联的用于过程控制的自动化系统提供的过程控制功能。过程控制功能可以由附图3B所示的RT过程效率控制器335实现。现在将在下面的描述中分别描述其他每个功能。

[0156] I. 提高运营盈利能力的实时盈利能力控制

[0157] 在一些实施例中,实时盈利能力控制功能可以划分为对应框1305和框1300两个组件,如图13所示的模型所示。在智能资产或智能资产集层级上的这些控制功能可以由工业资产基础1325或本文中定义的其他结构(包括分层资产控制应用或集成智能资产控制系统)来表示,可以通过RT利润率控制器330,特别是图3B所示的商业收益控制器330a和运营收益控制器330b实现。如本文所使用的,运营盈利能力定义为在工业运营中做出的决定为商业创造的盈利能力,而商业盈利能力定义为在工业运营上做出的决策为商业创造的盈利能力。运营盈利能力作用以商业盈利能力作用为指导。

[0158] 商业盈利控制功能1300表示包括运营以上级别的商业决策的控制决策。这些决定可能包括诸如按合同承诺计划生产等事情。例如,合同承诺可能涉及在规定的交货日期生产规定数量的产品。在正常生产运营中履行承诺,没有出现重大风险,在这种时刻,可接受合同。如果在运营中发生某些事情会增加合同无法履行的风险,则可能需要在该级别作出决定以控制结果。例如,如果系统确定满足生产计划所需资产的可靠性以意想不到的速度下降并且智能资产可能需要维护,则可能需要在该时刻做出决策以确定最佳业务决策是否是冒险持续执行运营直至达成承诺或是关闭以进行维护。这种控制决策通常由经验丰富的生产经理人员手动做出(手动控制),但一旦通过运营的新性能测量经验获得足够的知识,就可以自动做出(自动控制)。合适的自动控制系统可以是模拟最佳生产经理的决策过程的专家系统。商业盈利控制功能1300的输出可以级联到运营的实时盈利性控制功能1305,并且这些控制可以一起向实时盈利性控制策略提供指导(设定点,自动/手动等)。

[0159] 在一些实施例中,实时盈利性控制视为级联控制策略的主回路是有用的,其中次回路是传统上与改进的运营效率相关联的过程控制回路。从这个角度来看,实时盈利控制器的输出将是为提高运营效率而设计的控制器的设定点。过程控制系统中的每个设定点都需要在适于运营的特定值或特定的数值范围内设置,以最大限度地提高运营利润率。实时盈利能力控制器可以相应地设置这些设定点。

[0160] 从手动控制的角度来看,实现实时盈利控制的方式是负责设置运营控制器的设定点的操作员查看运营的实时盈利性度量,并且在每个允许范围内修改设定点。然后操作员查看实时盈利能力测量值,以确定他们是增加、减少还是保持不变。如果它们增加,操作员将继续在导致增加的方向上改变设定点。如果他们减少,操作员将退回设定点以改变减少,如果他们没有改变,操作员可以尝试其他设定点。随着时间的推移,操作员将了解在每个运营阶段哪些设定点提供最佳效益,并相应确定设定点操作的优先级。由于流程的实时盈利能力是动态的,因此操作员应不断地修改设定点以确定是否有持续改进的机会。

[0161] 利用专家系统技术,操作者采用自动化方法,可以开发自动实时收益控制器。随着时间的推移以及手动收益能力控制的经验,可以针对运营的不同阶段确定适当的设定点优先级、值和变化方向。可以开发专家系统控制器直接和自动地执行最有利的持续设定点修改,并且可以使用图28中所示的组件来实现。

[0162] 或者,对于与运营的每个部分相关联的实时盈利的测量,可以采用积分控制器。基于先前的实时盈利经验,可以将实时盈利能力控制器的设定点设置为高范围。可以设置积分控制器的输出,以基于偏离设定值的增量信号来驱动增量信号,该信号可以以方向补偿的方式附加到每个过程控制器设定点,增加或减少每个过程控制设定点的增量值,以适当

的方向促进盈利。在这种情况下,积分控制是一个合适的选择,因为控制回路正确工作时不依赖物理固有周期。一些实时收益控制回路可能不会限制在一个固定的时期,因为它们可能是人为确定的。

[0163] 为了理解如附图所示的以下示例的目的,特征和功能是通过分层资产控制应用开发的可操作的集成智能资产控制系统以及相应的为基础设施元件开发的相应控制硬件来实现和执行的。

[0164] 实时盈利能力测量设计为在有限时间段内确定来自智能资产或智能资产集合或其他智能资产分组在实际操作中的实时组件利润影响。在一些实施例中,该测量可以由以下示例等式来定义:

[0165] $RT\text{盈利能力} = \text{生产价值} - (\text{消耗的能源成本} * \text{能源消耗} + \text{材料成本} * \text{材料消耗}) \Delta t$

[0166] 其中,生产价值是所考虑的时间范围内生产的产品的数量乘以所生产的产品的当前价值(Δt)。生产产品的价值可以通过多种方式建立,具体取决于客户。例如,如果客户使用转移定价机制,则所生产产品的价值可以是转让价格。举另一个例子来说,价值可能是产品在生产时的当前市场价值,尽管它们可能实际上并未以该价格出售。客户应该如何实施这个变量,因为这是一个基于人的,而不是以科学为基础的决定。消费能源成本等于消耗时的能源成本乘以能源消耗量。材料成本相当于消耗时间的材料成本乘以消耗材料的数量。

[0167] II. 实时资产安全风险约束的确定附图14A是框图,附图14B是示出根据本公开的各种实施例的确定与分层资产控制应用中的资产相关的安全风险约束的逻辑流程图。安全风险是指资产可能涉及内在安全事件的概率乘以安全事件的预期严重性,其是基于过去的经验,推测或两者的组合。定义的安全风险测量可能与其他约束测量非常相似,如可靠性测量。安全风险的主要区别方面是相关后果的严重性。可靠性故障可能会导致设备关闭和损坏,但对损坏严重程度的预期低于安全阈值。安全风险意味着设备损坏的程度可能更高,并且可能会对人员和工厂设施造成危害。与单纯的可靠性风险相比,每个工业运营可以评估将风险视为安全风险而不仅仅是可靠性风险所必需的后果水平。

[0168] 分层资产控制应用的整体RT安全风险可以通过导出的可靠性安全风险、操作安全风险和条件安全风险的最大值来定义。选择可靠性安全风险、操作安全风险和条件安全风险的最大值,是由于它提供了确定在给定时间与运营过程相关的三个最重要的风险的一种方法。

[0169] 可靠性安全风险输入模块1402确定可靠性安全风险并且是由以下关系确定该值:

[0170] $\text{安全风险} = \text{MAX}(p_1S(t) * E_1, p_2S(t) * E_2, \dots, p_nS(t) * E_n)$ 。

[0171] 其中: $p_iS_i(t)$ 是在时间 t 发生的安全事件 I 的概率,并且 E_i 是事件 I 发生时的预期结果。

[0172] 在分层资产控制应用中可能发生的安全事件的类型有两个基本方面。首先是导致安全事故的资产故障。其次是与可能导致安全错误的资产或资产组相对应的过程的错误。

[0173] 在第一种情况下,从可靠性测量的角度来看, $p_iS(t)$ 项基本上等同于设备故障的可能性。 E_i 项是由这种错误导致的预期后果水平。由于安全风险通常是工业运营中的关键问题,因此将 E_i 设置为与所定义的安全故障相关的最大预期后果,可能是合适的并且是明智的。应该意识到,其他值能够设置并且认为是本公开的一部分。将 E_i 设置为最高后果级别的预期后果级别的决定是工厂管理或其他方的责任。在任何一种情况下,安全风险测量方

法和计算都以相同的方式工作。一旦完成智能资产的资产可靠性测量评估,将相应直接地进行开发智能资产安全风险评估。唯一需要添加的信息是每个潜在安全风险事件的预期后果值。

[0174] 第二种类型的安全故障是由过程安全故障引起的,其可能涉及多个同时变化的变量,这些变量共同导致安全事件。在智能资产或智能资产集合或其他智能资产分组内发生过程安全事件的可能性,可通过分析过去发生事件来确定,通过在当前或类似资产内使用历史数据确定过去安全事故的主要指标的组合。分析后,利用任何潜在的指示来确定资产中的当前操作条件是否具有类似类型的重复过程安全事件的内在可能性。

[0175] 该确定可以通过利用设计为识别引导指示器的实时工作流程来完成。应针对与资产相关联的所有过去的过程安全事件执行此操作。过程安全风险的 $p_{Si}(t)$ 可以通过确定过去的提前指示值与安全事件发生之间的平均时间,并将该时间扩展至概率分析中的 t 来确定。发生主要指标时立即将概率设置为高值在处理安全风险分析时可能是适当的。这通常是工厂管理或其他责任方的责任。应该指出,在分层资产控制应用中可能没有足够的安全事件来为全面的流程安全风险分析奠定基础。在这些情况下,分析其他类似或类似操作中发生的安全事故可能有助于为可靠分析提供必要的历史信息基础。这种类似或类似的分层资产控制应用的控制应用安全数据的库可以从各种来源获得。

[0176] 安全风险检查的有效性与安全事件 E_i 的预期值相关联。安全事件后果的预期值 E_i 是预期预测类型的事件可能的损害程度、受伤或死亡程度的数字指标。由于严重程度是定性和定量相结合的指标,因此,为便于对潜在事件间的安全风险建立更强的相对评估,可以将 E_i 表示为标准化值。 E_i 可能是过去最糟糕的同类型事件的最大潜在严重程度,而不是预期的严重程度。较好的代表是应该适用于工业运营中的安全风险的警告。同样,是否采用最大潜在的严重程度为预期严重程度是工厂管理层或其他责任方的责任。

[0177] 操作安全风险输入模块1404确定操作安全风险,并且其是由诸如安全检查的彻底性和及时性等特征确定的值。这些检查可以由工业应用操作员根据当地标准或相应的管理机构(如OSHA)定义。现场安全小组或其他责任方确定操作安全风险。

[0178] 条件安全风险输入模块1406确定条件安全风险,并且是基于过去安全事件的分析结果确定的潜在安全事件的主要指标而确定的值。如果识别出潜在安全事件的主要指标,则根据过去的经验,根据事件发生的预期时间和严重程度设置条件安全风险值。现场的安全团队或其他责任方决定条件安全风险。

[0179] 为了评估整体安全风险,整个过程将接收可靠性安全风险信息1410,操作安全风险信息1411和条件安全风险信息1412。该信息可以从用户输入到系统或从系统本身实时地输入。例如,从存储设备传输到系统1403,或者从系统外部的存储库,例如与存储设备传输。

[0180] 利用这些输入和条件安全风险工作流程监视器1405的输入,系统将确定如上定义的可靠性安全风险1413,操作安全风险1414和条件安全风险1415。通过派生的可靠性安全风险,操作安全风险和有条件的安全风险的最大值来评估层级资产控制应用的总体RT安全风险1416。

[0181] 由于总体RT安全风险评估的结果1416将分析总体安全风险1408的输出并基于总体RT安全风险应用任何待评估的行动计划1417。通知模块1407将向系统的用户或系统本身提供通知1419,并且工作流触发和校正动作模块1409将触发针对系统禁止的工作流1418以

维持或补救观察和确定的状况。

[0182] 该总体RT安全风险1416可以由实时安全控制功能1320使用,并向实时效率控制1315和实时赢利性控制1305功能提供约束。实时安全风险的控制功能涉及两种方法。首先是通过有效的过程控制策略对生产过程进行安全控制,旨在将过程控制在安全范围内。其次是评估当前的实时安全风险以及与每个资产和资产集相关的定义时间段内的安全风险变化,以确定安全风险特征是否达到不可接受的水平。客户(例如运营管理和专业团队)可以定义不可接受的安全风险水平。如果安全风险控制器确定安全风险接近不可接受的水平,则控制器可以确定适当的动作并向过程控制系统和/或实时盈利能力控制系统的适当控制器发送消息以采取行动。例如,如果安全风险接近不可接受的水平,则最初的安全风险控制行动可以是向实时盈利能力控制功能发送消息,其可以采取行动来减缓生产以便减少实时安全风险。如果实时安全风险更为重要,那么安全风险控制措施可能是向过程控制系统发送一个控制信息,通过改变设定值直接减少生产,以降低安全风险,或者关闭部分或全部避免安全事件的过程,或两者的组合。

[0183] 在一些实施例中,实时安全风险控制可以由图3B中所描绘的RT安全风险控制器350实施。在一些实施例中,用于实时安全风险控制的控制器可以基于模拟安全专家响应的专家系统或自动工作流程,并将适当的输出发送到实时盈利能力控制功能或过程控制功能,或两者中更适当的一个。在其他实施例中,实时安全风险控制可以例如由安全专业人员手动实施。

[0184] III、实时资产环境风险约束确定

[0185] 图15A是框图,图15B是逻辑流程图,其表示根据本公开的各种实施例确定的与分层资产控制应用中资产有关的环境风险约束。

[0186] 环境风险是安全风险的特例,其中预期的损害可能发生在工厂边界之外。环境风险是指根据过去的经验,外推法(或推断法)或两者结合的方式,衡量资产涉及内在环境事件的概率乘以环境事件的预期严重程度。

[0187] 分层资产控制应用的整体RT环境风险可以由导出的可靠性环境风险,操作环境风险和条件环境风险的最大值来定义。选择环境安全风险,操作安全风险和条件安全风险的最大值,是因为它提供了一种方法来确定在给定时间与操作过程相关的三个最重要的风险。

[0188] 可靠性环境风险输入模块1521确定可靠性环境风险并且是由以下关系确定的值:

[0189] 环境风险 = MAX ($p_{1E}(t) * E_1, p_{2E}(t) * E_2, \dots, p_{nE}(t) * E_n$)

[0190] 其中: $p_{E_i}(t)$ 是发生在时间t的环境事件的概率,并且 E_i 是事件I发生时的预期后果。

[0191] 在工业运营中可能发生的环境事件的类型主要有两种。首先是导致环境事件的资产的失效。其次是整个资产或一组资产可能导致环境失效的过程失败。

[0192] 在第一种情况下,从可靠性测量的角度来看, $p_{iS}(t)$ 项基本上等同于设备故障的可能性。 E_i 项是由这种失败导致的预期后果水平。由于环境风险通常是工业运营中的关键问题,因此将 E_i 设置为与所定义的环境故障相关的最大预期后果可能是适当和可取的。应该意识到,也能够设置其他值被并且也同样作为本公开的一部分。将 E_i 设置为预期后果级别的最大值是工厂管理者或其他方的责任。在任何一种情况下,环境风险测量方法和计算

方式均相同。一旦资产可靠性测量评估已经完成,资产环境风险评估可以直接进行。唯一需要添加的信息是每个潜在环境风险事件预期后果值。

[0193] 第二种类型的环境故障源自过程环境故障,其可能涉及多个同时发生变化的变量,这些变量一起导致环境事件。过程环境事件发生在资产或资产组内的可能性可以通过分析过去发生的事件来确定,这些事件是通过使用当前或类似资产中的历史数据来识别过去环境事件的主要指标的组合。分析后,利用任何潜在的指示来确定资产中的当前操作条件是否表示类似类型的重复过程环境事件的内在可能性。

[0194] 上述确定可以通过识别主要指标的实时工作流程来完成。对于与该资产相关的所有过去的过程环境事件都应该这样做。过程环境风险的 $pSi(t)$ 可以通过确定过去主要指标与环境发生率之间的平均时间并在概率分析中将时间外推到 t 来建立。在进行环境风险分析时,一旦出现主要指标,可以立即将其概率设定为高值。这通常是工厂管理或其他责任方的责任。应该注意的是,在分层资产控制应用中可能没有足够的环境事件来为综合过程环境风险分析奠定基础。在这些情况下,分析其他类似或类似操作中发生的环境事件可能有助于为可靠性分析提供必要的历史信息基础。类似这样的分层资产控制应用环境数据库可以从各种来源获得。

[0195] 环境风险测量的有效性将与环境事件 E_i 的预期结果值相关。环境事件后果的预期值 E_i 是对预测类型的事件可能预期的损害,伤害或死亡程度的数字指标。由于严重程度是定性和定量相结合的指标,因此可以将 E_i 表示为标准化值,以便对潜在事件中的环境风险建立更强的相对评估。 E_i 可能是过去最糟糕的同类型事件的最大潜在严重程度,而不是预期的严重程度。这可能更好表明在工业运营中对待环境风险应采取谨慎态度。同样,是否采用最大潜在严重程度的预期严重程度是工厂管理层或其他责任方的责任。

[0196] 操作环境风险输入模块1523确定操作环境风险并且是由诸如环境检查的完整性和及时性等特征确定的值。这些检查可以由工业应用操作员定义,如本地标准或相当的管理机构(如OSHA或EPA)定义。现场环境小组或其他责任方决定操作环境风险。

[0197] 条件环境风险输入模块1525确定条件环境风险,并且是通过识别潜在环境事件的主要指标而确定的值,所述潜在环境事件通过分析过去的环境事件而确定。如果潜在环境事件的潜在指标被确认,那么根据过去的经验中事件发生的预期时间和严重程度来设置条件环境风险值。现场环境小组或其他责任方对环境风险做出决定。

[0198] 为了评估整体环境风险,该过程将接收可靠性环境风险信息1530,操作环境风险信息1531和条件环境风险信息1532。该信息可以从用户输入到系统或从系统本身实时地输入。例如,从存储设备传输到系统1522,或者从系统外部的存储库,例如与存储设备传输。

[0199] 利用这些输入和条件环境风险工作流程监视器1524的输入,系统将确定如上定义的可靠性环境风险1533,操作环境风险1534和条件环境风险1535。根据导出的可靠性环境风险,操作环境风险和条件环境风险的最大值评估1536分层资产控制应用的总体RT环境风险。

[0200] 作为总体RT的评估的结果,环境风险1536将分析总体环境风险1527的输出,并基于整体RT环境风险应用任何要评估的行动规则1537。通知模块1526将向系统的用户或系统本身提供通知1539,并且工作流触发和校正动作模块1528将触发针对系统禁止的工作流1538以维持或补救观察和确定的条件。1540表示环境风险分析测量模块。

[0201] 实时环境风险可认为是实时安全风险的特例。实时环境风险控制功能1320为实时效率控制1315和实时盈利能力控制功能1305提供约束。实时环境风险的控制功能可能涉及两种方法。首先是通过应用有效的过程控制策略持续控制过程中的环境排放(气体,液体和固体),以便将排放控制在安全范围内。这涉及对气体和液体流中的排放物的直接测量,并且对固体废物的测量程度较低。其次是评估当前的实时环境风险以及与每个资产和资产组相关的限定时间段内的环境风险变化,以确定环境风险特征是否接近不可接受的水平。环境风险的不可接受的水平可以由企业(例如,运营管理和专业团队)和/或外部机构来定义。在一些实施例中,实时环境风险控制功能1320可以通过图(3B)中描绘的RT环境风险控制器345来实现。如果环境风险控制器确定遇到不可接受的水平,则确定适当的动作并向过程控制系统的适当控制器和/或实时盈利能力控制系统发送消息以采取行动。例如,如果环境风险接近不可接受的水平,则初始环境风险控制行动可以向实时盈利能力控制功能发送消息,其可以采取行动来减缓生产以便减少实时环境风险。如果实时环境风险更重要,则控制器可以向过程控制系统发送控制消息,以通过改变设定值来直接减少生产以降低环境风险,或者关闭部分或全部过程以避免一起安全事件,或两者的组合。

[0202] 在一些实施例中,RT环境风险控制器可以基于专家系统或自动工作流程来模拟环境专家的响应,并将适当的输出发送到实时盈利能力控制功能或过程控制功能,或者两者均可。在其他实施例中,实时环境风险控制功能可以手动实施,例如由环境专业人员实施。

[0203] 在条件和操作环境事件分析中,概率是特定资产相对于潜在环境事件的函数。

[0204] 事件的潜在严重性可以通过相同类型的过去最糟糕事件的严重性(就成本、损害、受伤和死亡而言)来确定。由于伤害和死亡成本的具体措施是主观的,潜在的严重程度可以归一化以包括这些定性因素。

[0205] IV. 实时资产可靠性风险约束确定

[0206] 图16A是框图,图16B是逻辑流程图,其表示根据本公开的各种实施例确定的与分层资产控制应用中的资产相关的可靠性风险约束。

[0207] 可以通过导出的可靠性风险,操作可靠性风险和条件可靠性风险的最大值来定义分层资产控制应用的总体RT可靠性风险。选择了可靠性安全风险,操作安全风险和条件安全风险的最大值,因为它提供了一种方法来确定在给定时间与操作过程相关的三个最重要的风险。

[0208] 有两种实时度量方法提供了所考虑的资产的当前可靠性的不同方面。首先是“资产失效概率”(pF),定义为资产在时间段t内失效的概率。第二个是“资产维持状态”(MS),定义为衡量当前状态下最大资产表现与理想最大表现之间的关系。这两项定义提供了不同但相关的衡量资产可靠性的指标,并且可以对这两项指标进行控制以提高整体资产可靠性。每个资产或资产组必须根据其特定特征进行建模,但资产和资产组之间存在共同因素,可作为实时可靠性计算的基础,如以下关系所定义的那样:

[0209] $MS = \text{资产的当前表现} / \text{资产的预期表现}$

[0210] 如果资产适当地运营,那么,资产的当前表现可以作为资产工作产出的函数来衡量。资产的预期表现可以通过分析资产的能源和/或物质输入以及如果资产正在运营设计时确定资产的产出应该是什么来确定。对于基础设备资产,例如泵,电动机,压缩机和管道,资产的预期性能应由设备制造商通过在设备开发的设计或测试阶段制定的性能曲线来确

定。这些性能曲线可以嵌入到设备的软件模型中,并且可以使用模型来确定运营期间资产的实际预期性能。

[0211] 由于任何资产的表现可能在其操作范围上不是线性的,所以资产的维持状态在沿其操作范围的不同点处可能不同。另外,资产的性能可以根据资产处理的材料的类型而变化,例如高腐蚀性材料或高粘性材料等。在这些情况下,可能存在与不同材料特性相关的不同性能曲线。

[0212] 对于由多个基础设备资产(例如处理单元或工作单元)组成的更复杂的资产集合,维护状态能够以与基础设备资产相同的方式被确定。在这种情况下,可能有必要利用工厂设计阶段使用的设计模型来确定资产集的性能的预期值。

[0213] 可靠性风险输入模块1641确定可靠性风险并且是由以下关系确定的值:

[0214] 可靠性资产失效 = $\text{MAX}(p_{\text{msf}}(t), p_{\text{cif}}(t), \dots, p_{\text{cnf}}(t))$

[0215] 其中: $p_{\text{msf}}(t)$ 是由于资产的维持状态而导致的故障的概率,并且 $p_{\text{cif}}(t)$ 是由于测量的条件*i*引起的故障的概率。测量的条件包括变量,如温度,运行时间,启动次数和/或与资产相关的其他变量。

[0216] 失败的概率由以下关系确定:

[0217] $pf(t) = 1 - e^{-ut}$

[0218] 其中u是随时间*t*的故障率。

[0219] 对于基础设备资产,将根据设备制造商规格和测试信息确定基于每个测量资产条件(包括维护状态作为特殊条件)的故障概率。大多数设备制造商在设计和测试期间确定这些信息。然而,这些信息并不常用于实时确定故障的可能性。这些信息可以以模型的形式加载到资产故障分析模块的概率中。通过对这些设备模型进行分析并与当前的操作条件进行比较,以确定每种情况导致故障的可能性。资产的总体失效概率将确定为基于条件的失效概率的最大值。

[0220] 在一些设备中,基于在设备中执行的过程可能存在额外的故障概率,其可能无法通过基于个体条件的故障概率来确定,而可能需要通过分析条件组合来确定。在这些情况下,设备制造商可能会使用组合模型来确定多变量设备过程条件下发生故障的可能性。或者,可以通过分析在这个或类似的运营资产内发生的过去事件来预测组合过程故障,以便识别过去故障的主要指标,然后利用这些主要指标来确定资产中的当前操作条件是否表示资产内在的失效可能性。

[0221] 对于较高级别的资产(单元,工作单元,区域,工厂,企业),通过分析维护的每个设备资产(或下一个较低级别资产)的故障概率,可以得到类似的故障分析概率,其是上一级资产的一部分,并且确定较高级别资产的失败概率是下一级较低级别资产失败概率的最大值。

[0222] 可能存在与设备资产中的方式相同的高级资产中的故障的过程条件概率。这些可以以非常类似的方式确定基础设备资产的基于过程的故障可能性。来自过程历史的数据应通过利用同类过去故障的主要指标来帮助识别基于过程的故障概率。

[0223] 因为在此描述的类型可靠性的直接实时测量通常不是针对工业资产进行的,所以在此时对于任何特定的工业资产没有测量响应和交互的历史。可以预见的是,随着时间和历史的发展,将会针对个别资产和资产类别开发更具体的方程式,这些方案将能够被广

泛应用。其中：

[0224] 操作检查风险输入模块1643确定操作可靠性风险并且是由诸如可靠性检查的彻底性和及时性等特征确定的值。这些检查可以由工业应用操作员根据当地标准或相应的管理机构(如OSHA)定义。现场或其他责任方的可靠性团队确定操作可靠性风险。

[0225] 条件可靠性风险输入模块1645确定条件可靠性风险,该模块是通过对过去可靠性事件的分析来确定潜在可靠性事件的主要指标而确定的值。如果潜在可靠性事件的潜在指标已识别,则条件可靠性风险值根据过去的经验以及根据事件发生的预期时间和严重性来设定。现场维护团队或其他责任方决定条件可靠性风险。

[0226] 为了评估整体可靠性风险,该过程将接收可靠性风险信息1650,操作可靠性风险信息1651和条件可靠性风险信息1652。该信息可以从用户输入到系统,或从系统本身实时地输入,例如从存储设备传输到系统1642,或者从系统外部的存储库(例如云)传输。

[0227] 利用这些输入以及条件可靠性风险工作流程监控器1644的输入,系统将确定如上定义的可靠性风险(即,资产故障风险)1653,操作可靠性风险1654和条件可靠性风险1655。根据导出的可靠性风险,操作可靠性风险和条件可靠性风险的最大值,评估1656层级资产控制应用的整体RT可靠性风险。

[0228] 基于总体RT可靠性风险1656的评估结果,将得到总体可靠性风险1647的输出,并基于整体RT环境风险应用任何待评估的动作规则1657。通知模块1646将向系统的用户或系统本身提供通知1659,并且 workflow 触发和校正动作模块1648将触发被禁止用于系统的工作流1658以维持或补救观察和确定的状况。由此产生的总体RT可靠性风险分析测量将提供给应用程序或用户1660。

[0229] 应该认识到,有多种方式实时影响工业资产的可靠性。例如,第一种方式可以是改变资产的运营级别(例如,减慢压缩机)以便随着时间的推移减少操作退化。第二种方法是执行特定的维护操作,以改善维护状态并降低故障发生的可能性(实时可靠性)。控制实时可靠性可能不像控制实时盈利那么简单,因为运营效率和运营盈利能力直接受到实时可靠性和资产维护状态的影响。因此,控制实时可靠性可能涉及运营的业务决策。例如,运营业务的最佳动作可能是将生产减速一定百分比,以减少生产运行过程中发生故障的可能性,即使瞬时实时盈利能力可能暂时降低以确保完成整个生产。

[0230] 在一些实施例中,图13中所描绘的实时可靠性控制功能1310考虑了每种资产的实时可靠性度量和维护状态度量。上述两者可以组合使用,以得到最佳可靠性结果。在一些实施例中,实时可靠性控制功能1310可以由图3B中描绘的RT可靠性控制器355来实现。

[0231] 从手动控制角度来看,实现实时可靠性控制的方式,是通过负责设置操作控制器的设定值的操作员查看实时可靠性控制的资产的实时可靠性和维持状态度量来实现,该操作将与资产运营控制相关联的设定值修改为每个可允许的值,或者请求维护操作,或两者均有。如果操作员确定维护状态或实时可靠性下降超出预期的期望值,他或她可以评估生产计划的关键程度,并从中采取行动。一种行动可能是放慢进程以降低退化程度。另一个行动可能是安排维护行动。

[0232] 在一些实施例中,自动实时可靠性控制器可以用于实时可靠性控制。控制器可以通过专家系统技术实现操作自动化,但这可能比自动实时盈利控制器更复杂,因为适当的操作通常与业务盈利控制决策相关联。随着时间的推移以及手动可靠性控制的经验,可以

为资产确定适当的设定值和维护操作,并且可以在专家系统中实施,该系统以与实时盈利能力控制类似的方式自动模拟操作员操作。但是,优化操作性能可能需要实施更高级别的专家系统(自动或手动),该系统接受来自实时可靠性控制器的实时可靠性输入并执行控制规则以确定最佳操作应该适用于当前生产或生产计划,维护的状态退化曲线或故障概率的业务。这由图13所示的图中的商业盈利控制功能来表示。这个业务盈利能力控制功能的高级专家可以确定最有利可图的行为,例如:继续当前生产以完成当前运行,然后执行维护;减缓生产以降低实时可靠性的下降,以便能够完成当前运行然后执行维护;或者关闭进行维护,然后继续生产。应该理解,本公开包括了其他方法。

[0233] 由于任何资产的执行在其操作范围内可能不是线性的,所以资产的维持状态在沿其操作范围的不同点处可能不同。因此,可选地,最大当前效率与最大理想效率的比率可用于确定资产的维持状态。

[0234] 在一些实施例中,与资产的可靠性的测量有关的计算,可以基于电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全的IEC 61508标准,其全部纳入本申请的参考文献中。

[0235] V. 实时资产安全风险约束确定

[0236] 图17A是框图,图17B是逻辑流程图,表示根据本公开的各种实施例确定的与分层资产控制应用中的资产相关的安全风险约束。

[0237] 图6A中描绘的实时安全风险控制功能630用来控制网络安全风险。实时安全风险衡量的是在控制资产或资产集合的控制环境中,网络安全事件即将发生的可能性。在一些实施例中,实时安全风险控制功能可以包括确定网络安全事件发生的概率何时高或严重并且采取一个或多个动作(例如,使受影响的资产或资产集离线并通知人员)。实时安全风险控制功能可以由图6B所示的RT安全风险控制器675来实现。

[0238] 安全风险输入模块1761确定安全风险并且是由以下关系确定的值:

[0239] $RT\text{网络安全风险} = f(\text{意外/未识别的网络输入的数量}) \Delta t$

[0240] 由于预期的/未识别的网络输入的预期数量为0,所以针对特定时间段内的多个意外/未识别的网络输入,在发生任何意外/未识别事件和严重(>90%)事件时,可将p(网络安全事件)设置为高(>50%)。调整参数可以是时间段。

[0241] 在一些实施例中,可以使用内部入侵检测系统(IDS),来自诸如国土安全部,私人安全公司或其组合的外部信息来确定安全风险。内部IDS可以提供关于外部攻击尝试的频率和保护层内的任何渗透的度量。外部数据可能提供有关其他地方发生的威胁级别提高的信息。

[0242] 可响应于增加的威胁动态地采取的控制动作的一些非限制性示例是:将认证从密码改变为密码和生物识别登录参数的组合;减少,替换和/或删除个人或角色的授权;禁用和/或启用加密运动数据和/或静止数据;更改加密密钥的长度;增加和/或减少系统上证书变更的频率;改变网络访问权限和/或打开和/或关闭通信端口;从互联网或其他工厂区域断开工厂的一部分;和其他措施来提高安全层的鲁棒性。

[0243] 由于利用本文规定类型的实时度量几乎没有工业经验,因此随着时间和使用这些测量的经验,测量可跨越资产和资产类别变得更加标准化。

[0244] 应该注意的是,控制这些措施(类似于用于提高运营效率的过程控制)可能涉及实际直接控制对高级度量有贡献的具体措施。例如,与直接控制任何运营效率措施相比,应用

流程控制来提高运营效率,通常涉及直接控制物流措施,如流量,水平,温度和压力。例如,在实时可靠性控制的情况下,实际控制可能取决于所考虑资产的速度(例如泵,压缩机),这将直接影响资产的实时可靠性。

[0245] 操作检查风险输入模块1763确定操作安全风险并且是由诸如安全检查和及时性等特征确定的值。这些检查可以由工业应用操作员根据当地标准或相应的管理机构(如OSHA)定义。现场安全团队或其他责任方确定操作安全风险。

[0246] 条件安全风险输入模块1765确定条件安全风险并且是通过过去的分析确定的潜在安全事件的潜在指标而确定的值。如果确定了潜在安全事件的主要指标,则根据过去经验中事件发生的预期时间和严重程度设置条件安全风险值。现场维护团队或其他责任方决定有条件的安全风险。

[0247] 为了评估整体安全风险,过程将接收安全风险信息1770,操作安全风险信息1771和条件安全风险信息1772。该信息可以从用户输入到系统,或从系统本身实时输入,从存储设备到系统1762,或者从系统外的存储库(例如云)进行存储。

[0248] 利用这些输入和条件安全风险工作流程监视器1764的输入,系统将确定如上定义的安全风险,即资产故障风险1773,操作安全风险1774和条件安全风险1775。通过导出的安全风险,操作安全风险和条件安全风险的最大值对分层资产控制应用的总体RT安全风险进行评估。

[0249] 作为整体RT安全风险1776评估的结果,将分析整体安全风险1767的输出,并且基于整体RT环境风险应用任何待评估的行动计划1777。通知模块1766将向系统的用户或系统本身提供通知1779,并且工作流触发和校正动作模块1768将触发为系统禁止的工作流1778以维持或补救观察和确定的条件。由此产生的整体RT安全风险分析测量将提供给应用或用户1780。

[0250] 应该认识到,有多种方式实时影响工业资产的安全性。例如,第一种方式可以是改变资产的运营级别(例如,减慢压缩机)以便随着时间的推移减少操作退化。第二种方法可以是执行特定的维护操作,以改善维护状态并降低故障发生的可能性(实时安全性)。控制实时安全性可能不像控制实时盈利一样简单,因为运营效率和运营盈利能力直接受到实时安全和资产维护状态的影响。因此,控制实时安全可能涉及运营的业务决策。例如,运营业务的最佳动作可能是将生产减速一定百分比,以减少生产运行过程中发生故障的可能性,这可能使实时盈利能力暂时降低,但可以确保完成整个生产。

[0251] 在一些实施例中,图13中所描绘的实时安全控制功能1330考虑了每项资产的实时安全措施和维护状态措施。两者可以组合使用,以推动最佳的安全结果。在一些实施例中,实时安全控制功能1310可以由图3B中所示的RT安全控制器360来实现。

[0252] 规范扩展控制变量的约束条件

[0253] 图18A是框图,图18B是逻辑流程图,其示出了根据本公开的各种实施例的规范约束所确定的与分层资产控制应用中的资产相关的目标。

[0254] 传统上,不论线性或非线性以及静态或动态系统,优化均已应用于工业操作中。这些优化方法通常基于选择单个目标函数并将所有其他目标函数转换为约束函数以添加到对目标的实际约束上。执行这些优化器的计算资源非常重要,往往将优化器的执行时间限制在几小时甚至几天。虽然使用优化程序可以获得非常好的结果,但随着业务速度的不断

提高,优化程序的效率下降。原因是优化器执行并产生结果时,结果不再符合正在优化的业务情况。因此,优化器不会优化目标。其次,随着工业企业的复杂性不断增加,同时存在多个目标,单目标优化的有效性已经降低。

[0255] 随着工业业务的速度和复杂性不断增加,传统单目标优化器缺乏有效性可能成为工业上有待解决的问题。根据本公开,对这种情况的动态解决方案可以包括以平衡的方式控制较高级别的变量,这将使得能够同时控制多个目标和约束以连续驱动最佳结果。这些目标的可视化可以通过图19A和19B中描绘的雷达图来实现。雷达图使得操作中的每个人都能看到不同动态目标和约束之间的平衡,从而以一种持续最佳手动管理的方式驱动每一种控制策略。

[0256] 图19A示出了具有多个约束和多个目标的分层资产控制应用的当前和最优度量的可视化。在其它实施例中,这可以是作为人机界面的一部分的可视化,其也可以便于确认、模拟和/或其他操作员动作。在这个例子中,虽然利润目标处于或接近最优,但效率目标以及可靠性和安全约束是次优的。此外,环境约束是超优化的,可能表现出效率损失,甚至可能超出操作边界。

[0257] 图19B示出了具有多个约束和多个目标的分层资产控制应用的当前和最优度量的可视化。在其它实施例中,这可以是作为人机界面的一部分的可视化,其也可以便于确认、模拟和/或其他操作员动作。在这个例子中,与环境风险约束一样,利润目标接近过程极限,但安全和可靠性风险约束都在过程极限内。这种可视化可以为分层资产控制应用的操作员提供关于整个系统相对于所述目标和约束如何执行的即时反馈。

[0258] 在一些实施例中,扩展控制变量的自动平衡控制可以实现为随着时间获得手动平衡控制的经验。自动平衡控制可以通过仿真专家操作员平衡不同控制变量的专家系统来实现。这样的专家系统可以根据操作目标适当地对每个控制变量进行权衡,并评估每个控制域的实际值和期望值之间的误差,以确定控制系统为实现自动平衡所要执行的动作。

[0259] 前面定义的实时测量可以为当前情况提供数据点。理想情况可以针对资产静态计算并用作显示的目标,或者在参考图13描述的较高级业务盈利能力控制功能模块1300中动态计算。在任何一种情况下,运营的业务都可以处于实时控制的级别,从而实现实时优化结果。

[0260] 诸如安全性,可靠性和环境等约束的标准化可以通过以下关系表示:

[0261] $\text{标准化约束} = 1 - [(\text{约束限制} - \text{实际值}) / \text{约束限制}]$

[0262] 实时运营利润的标准化可以通过以下关系来表示:

[0263] $\text{标准化运营利润} = 1 - [(\text{最佳运营利润} - \text{当前运营利润}) / \text{最佳运营利润}]$

[0264] 应当理解的是,尽管上述示例将实时运营利润详细描述为优化的目标变量,但是可以将任何其他目标变量用于实时运营优化单元或参数。

[0265] 图19C示出根据本公开的各种实施例的动态约束的交集以形成分层资产控制应用的操作边界和优化点。

[0266] 为了确定如图19A和19B所示的受约束的过程边界、分层资产控制应用区域1940以及实时运营利润的优化点1950,使用标准化约束,诸如环境1910、安全1920和可靠性1930。应该理解的是,这些约束本质上是动态的,从而导致分层资产控制应用1940和用于实时运营利润的优化点1950本质上是动态的。

[0267] 图18A描述负责各种约束和目标的标准化的各种功能块。对标准化输入数据1880,运营盈利输入1883,安全和环境风险约束数据1884,可靠性风险约束数据1885进行评估。可以访问要存储或检索的任何目标和/或约束数据1882。通知模块1886将向用户或者系统提供任何通知,控制分析1887以及工作流触发器1888将作为分析的一部分来执行。

[0268] 标准化过程可以从接收操作可靠性标准化信息1890以及标准化约束信息1891开始。将确定分层资产控制应用上的约束限制1892以及从当前操作值到最优值的差异1893。评估当前和将来的状态的操作设定点/阈值和/或状态以确定必要的改进1894。

[0269] 一旦确定,在步骤1895,动作规则就被应用到更多从当前状态到最佳状态的改进中。在步骤1896中任何必要的工作流被触发,并且在步骤1897中通知被提供给相应用户或系统。最后,在步骤1898,得到新的目标测量值。

[0270] 从这种对约束和目标的标准分析中,将了解分层资产控制应用的实时消息(有点问题),例如:应用的当前操作(由图19B中的虚线指示);与应用、相关的过程限制(由图19B中的实线表示);操作区域应用1940和实时运营利润的优化点1950。

[0271] 基于确定约束和目标以及实现对潜在大型分层资产控制应用的变更的期望的实时性,阐述了一种分层方法,以允许对部署在应用中的资产进行强有力的监视和处理,从而导出实时目标和约束。此外,为了实现将应用程序从当前状态改进到最佳状态的控制,资产的控制也以分层方式部署。

[0272] 图20A是框图,图20B示出了根据本公开的各种实施例的用于与集成智能资产控制系统相关联的分层资产控制应用中从资产到集合,从集合到单元(或其他跨智能资产分组通信)之间的风险约束通信的逻辑流程。根据实施的性质,智能资产可以根据适用于特定应用的任何数量的构造进行分组控制。例如,资产组可以由跨智能资产层次结构的多个层次形成。

[0273] 在层次结构的智能资产层确定风险约束(如本申请中上文所讨论的)。智能资产包括设备或设备组,其根据构成综合智能资产控制系统的分层资产控制应用程序和控制硬件实现其功能。其中一个例子可以是反应器容器和相关联的传感器,例如温度传感器。图20A示出了多个智能资产2020、2022、2024、2026。这些智能资产将自行利用智能代理确定与它们有关的任何约束。应该意识到,其中,什么样的约束与什么样的智能资产相关是基于智能资产的特性以及应用。在步骤2030,这些智能资产2020、2022、2024、2026中的每一个都在分层结构的资产层次上被处理。这决定了在步骤2032什么约束适用于每个智能资产。

[0274] 一旦确定约束条件,在步骤2034,每个资产将数据传输到它们的位于集合层的父资产。资产层级处的通信路径2021、2023、2025、2027和父/子关系在创建集成智能资产控制系统时事先确立。步骤2036中,执行验证以确保所有的智能资产在资产层被处理。

[0275] 一旦完成,集合层的智能资产2010、2014在步骤2038被处理以在步骤2040确定他们各自的约束。接着,步骤2042,这些集合智能资产将来自每个集合资产2010、2014的数据经由它们各自的通信路径2011、2015发送到他们位于单元层2000的父资产。与资产层一样,在步骤2044根据一个实施方式进行验证以确保所有智能资产已经在集合层被处理。应该理解,其他实施方式是可能的,并且这种类型的功能可以用于集成智能资产控制系统的子集。

[0276] 最后,在步骤2046,所有单元层的智能资产2000被处理。准备开发控制以将其应用关联到已经得到的实时运营收益点。

[0277] 图21A是框图,图21B是逻辑流程图,示出了根据公开的各种实施例的分层资产控制应用中从单元到集合,以及从集合到资产的控制通信结构。

[0278] 为了确定操作或设定点约束参数,所有单元层的智能资产2100在步骤2150被处理,以在步骤2152确定集合层的子资产的操作设定点或约束参数。完成后,在步骤2154,这些单元智能资产2100将其数据经由它们各自的通信路径2111、2115传送到其在集合层中各自的子资产2110、2114。在步骤2156进行验证以确保所有智能资产已经在单元层被处理。应当理解,其他方式实现是可能的并且这种类型的功能可以用于集成智能资产控制系统的子集。

[0279] 一旦完成,步骤2158处理位于集合层2110、2114处的智能资产以在步骤2160确定其各自的子智能资产的操作或设定点约束参数。接着,在步骤2162,这些集合智能资产从每个集合资产2110、2114经由它们各自的通信路径2121、2113、2125、2127发送它们的数据到达它们在资产层2120、2122、2124、2126处的父资产。与集合层一样,步骤2164进行验证以确保所有智能资产已经在集合层被处理。最后,步骤2166,当资产层2120、2122、2124、2126中的所有智能资产被完成处理完成时,分层资产控制应用中的每个层级中都将进行操作或设定点约束参数以在实时运营收益设定点处操作。

[0280] 小型和大型数据分析

[0281] 在一些实施例中,资产控制系统可以包括用于信息管理和分析的分析组件或引擎,以随着时间持续优化工业运营的性能。分析引擎可以与实时控制系统并行工作,但没有实时限制。图22是描绘根据本公开的一些实施例的资产控制系统的分析视图的图。如图所示,与资产相关联的每个CPS可以利用网络连接来直接或间接地向大数据分析引擎2205报告由CPS中的智能代理生成和/或接收的数据(例如,过程历史、测量数据、采取的动作)。例如,在一些情况下,主资产CPSs可以直接向大数据分析引擎2205报告数据。在其他情况下,单元/工作单元资产集智能代理可以从其负责的主要智能资产中收集数据,并将数据报告给更高级别资产集或大数据分析引擎2205。大数据分析引擎2205可收集和处所报告的数据以提取可用于优化上述运营效率和/或其它控制功能的指令。在一些实施例中,与智能资产或智能资产集或其他智能资产分组相关联的每个智能代理可以包括小型数据分析引擎(例如,图3B的小型数据分析引擎370),该小型数据分析引擎可以本地收集和分析与资产或资产集相关联的数据,并且直接或通过更高级智能代理向大数据分析引擎2205报告结果。

[0282] 4. 示例处理

[0283] 图23是根据本公开的各种实施例的工业过程实例图。用于专利申请和其它设计文件的示例性放热反应器单元。

[0284] 完整的反应器单元2300,其包括反应器容器2310和多个传感器和阀定位器。压力指示器2310PI、温度指示器2310TI和液位指示器2310LI提供反应器容器内的测量值。带有相关流量阀2311FV的反应器冷却套2311控制进入反应器冷却套2311的冷却水的流量。阀门定位器2311FV控制从反应器冷却套2311到工厂流出物的温水流量,并由流量指示器传感器2315FI和温度指示器2315TI监测,以提供离开反应器单元2310的流出物的温度和流量的测量值。

[0285] 反应器搅拌器2312搅拌试剂以确保完全反应。“产品C”具有相关联的泵2313和流动阀2313FV。紧急反应骤冷罐2314和相关的流量阀2314FV可用于停止固化反应物并使反应

容器2310不可用。

[0286] 用于控制被泵送到反应器夹套2311中的冷却水温度的热交换器2320与一系列传感器和阀定位器相关联。温度指示器2320TI、流量指示器2320FI和阀定位器2320FV测量并保持输送到热交换器2320中的冷却水。淡水泵2340将新鲜水泵入热交换器。该新鲜水被泵送到反应堆夹套2311中以从反应堆容器2310移除热量。与该淡水泵2340相关联的阀定位器控制进入热交换器2320的冷却水的流速。

[0287] “试剂A”泵2350将试剂材料泵入反应器容器2310中。与泵相关的是流量传感器2350FI和阀定位器2350FV。对于“试剂B”存在类似的结构，其中泵2360将试剂泵入反应器容器2310中。与泵相关的是流量传感器2360FI和阀定位器2350FV。

[0288] 当反应堆容器2310内的压力超过极限时，泄压阀2370排气口打开。其排放到向外部环境开放的烟堆。

[0289] 在本实施例中，使用冷却器和储液器2830的供应来将公共水冷却到期望的温度，并将泵2832泵入反应器冷却夹套2311中。此外，在异常高温条件下，可以将其直接泵入反应器冷却夹套2311中，以在保持反应器容器的同时快速减慢或停止反应。这种冷却水也可以直接加入到流出物中以减少释放到环境中的BTU。

[0290] 图24是根据本公开的各种实施例的工业过程实例图。用于专利申请和其它设计文件的示例性放热反应器单元。作为许多实例中的一个，放热反应器2310、反应器夹套2311、温度指示器2310TI和2310LI包括称为反应器资产的单个资产的设备。其它智能资产如图23所示的方式存在，并且已经被识别和表征为集成智能资产控制系统的一部分，该集成智能资产控制系统出于示例性的目的包括冷却器资产2830、热交换器资产2320、试剂A 2350和B 2360、产品C 2313、紧急急冷2314、搅拌器2312和流出物资产2315。为了附图所示的以下示例的目的，应当理解，特征和功能由从分层资产控制应用开发的可操作集成智能资产控制系统和为关于图23讨论的底层设备元件开发的相应控制硬件来实现和执行。

[0291] 作为整个分层资产控制应用正在进行的实时优化的一部分，在每个单独资产上确定对安全2410、可靠性2420和环境2430的约束。每个资产约束的参数由如上所述的用户或系统导出，并且对于组成资产、应用以及实时和历史数据的设备而言是特定的。作为许多可能的示例之一，对于排放物的水输出的环境约束可能要求根据EPA指南的温度范围为35至65摄氏度并且每分钟最大5加仑。所有约束都是在反应堆资产和应用程序中所有其他智能资产的资产级别派生的。如图20A和20B中详细描述，导出每个单独的资产约束集并将其传输到其父资产，直到单位级资产。

[0292] 向系统输入最佳目标点。一个例子可以是利用连续操作每天生产10,000磅产品C。对于本示例，要优化的目标是利润，该利润可以在已知各种参数的情况下计算，所述各种参数例如关于操作开销的各种参数和每磅产品C的利润。

[0293] 除了要优化的目标之外，对最优值的约束限制也被输入到系统中。现在已经导出了当前操作点和当前约束。对于系统已知的每个约束和目标，所有约束和目标的标准化的对于执行优化是必要的。一旦完成该标准化，应用操作的区域将是已知的，在从应用进行测量的特定时间点处的应用的优化点也将是已知的。

[0294] 利用当前状态和现在已知的最佳状态，可以导出最优结果。图25是示出根据本公开的各种实施例的确定分层工业资产集的优化的各种示例的图。

[0295] 一旦所有约束已经基于对整个应用的实时监控而导出并输入到分层资产控制应用2510中,并且如图18A和18B中所描述的标准化2520,则当前状态、过程操作区域和最优状态是已知的,并且可以导出2530给定约束和目标的优化。

[0296] 图26是示出调整分层工业资产集以实现应用改变到最佳操作点的各种示例的图。在本示例中,导出的优化可以包括:根据温度指示器2310TI,当放热反应器中的温度太高以满足环境约束时,将冷却水从冷却器2830设备引入反应器夹套2311。此外,搅拌器2312设备可在反应器夹套2311上通过流动阀2311FV启动流出物净化,以进一步确保流出物温度在约束范围内。最后,为了满足每分钟加仑的要求,将监测温度2311TI和流速2311FI,并且根据需要通过阀2322FV关闭流出物。

[0297] 已推导出2610优化特性,并将其传输到智能资产、智能资产组或其他智能资产组中。从上述示例到集成智能资产控制系统2620的控制优化可以包括以每分钟5加仑的速率泵送冷却水2385,同时打开反应器夹套流动阀2311FV以允许较暖的反应夹套水通过相关联的流动阀2115FV净化的控制。例如,可以允许该优化持续一段时间,并通过完整集成智能资产控制系统的实时分析来验证优化2630。

[0298] 以这种方式,如在本公开的实施例中所预期的,综合智能资产控制系统可针对任何选定的目标和约束集实时操作和优化,同时工业过程操作者、企业或不断发展的工业确定其收益。

[0299] 5. 资产控制系统的示例特征或方面

[0300] 下面提供了根据本公开的一些实施例的资产控制系统的各种示例特征或方面。

[0301] 在一些实施例中,资产控制系统为工厂内的每个资产提供完全自动或半自动的控制系统。

[0302] 在一些实施例中,较低级别的设备资产控制系统由设备供应商预配置。

[0303] 在一些实施例中,被配置为较低级别的化身或智能代理的系统的自动控制系统自动地与较高级别的化身连接并变形为较高级别的化身。

[0304] 在一些实施例中,配置被简化为每个级别的配置仅涉及该级别的特定功能。

[0305] 在一些实施例中,从用于效率改进的实时过程控制扩展到用于效率、可靠性、安全风险、环境风险、安全风险和盈利能力改进的实时过程控制。

[0306] 在一些实施例中,在每个上层化身或智能代理处强制执行系统。在一些实施例中,每个智能代理提供与资产或资产集层相关联的功能的完整补充,该资产或资产集层与智能代理相关联,所述补充包括但不限于:监视、上下文分析、资产性能控制、资产优化、资产安全性和/或资产历史(操作、维护、性能)。

[0307] 在一些实施例中,动态业务过程(盈利能力等)以与动态物理过程相同的方式处理。

[0308] 在一些实施例中,控制粒度减小到1,并且这种单循环粒度给出了前所未有的可伸缩性。

[0309] 在一些实施例中,资产控制系统具有单回路完整性,并且任何故障仅需要单回路备份。

[0310] 在一些实施例中,电力需求由能量采集器提供,能量采集器可以是智能资产或CPS的组成部分。能量采集器可以从周围环境(例如振动)中提取能量。

[0311] 在一些实施例中,资产控制系统是自识别和配置的。在资产控制系统中,设备供应商可以为每个设备资产提供CPS和相关联的智能代理。当智能代理连接到较大的资产控制系统中时,它提供合乎逻辑的并且唯一的智能代理标识符,以用于向系统进行验证。

[0312] 在一些实施例中,控制和资产管理嵌入在实际资产中,而不是传统过程控制的典型“固定”。

[0313] 在一些实施例中,物理过程设备或智能资产自身建模。没有模拟智能资产所需的人工设备模型。智能资产自行建模。

[0314] 在一些实施例中,资产变得与如过程资产一般通常“可控”。在一些实施例中,将必要的感测/测量与资产本身中相同资源中的控制、输出/致动和资产管理相结合。

[0315] 在一些实施例中,控制和资产管理是围绕自然存在的过程设备集群的“集群”(在公共通信“雾”中)。

[0316] 在一些实施例中,设备供应商为其设备智能资产提供控制算法和资产性能管理。可以向哑过程设备或智能资产提供智能,以控制其自身并监视其自身的运行状况。这可以应用于像简单的管道长度一样的哑过程设备或智能资产。在一些实施例中,可以通过本公开中公开的技术向任何资产提供这种智能。

[0317] 在一些实施例中,“控制”与设备本身一起销售,而不是“附加的”。

[0318] 在一些实施例中,至少智能代理可以在稍后被下载到智能资产。在一些实施例中,资产性能智能由供应商提供。

[0319] 在一些实施例中,完全消除了用于连接以及联网的布线。

[0320] 在一些实施例中,将“控制”的定义扩展到操作控制,就像控制回路一样,除了控制业务价值性能度量,还可以设置和满足财务预测度量,而不仅仅是作为过程参数。

[0321] 在一些实施例中,控制被分配给设备或资产,并且由收获的电力供电,在组合网格的无线云上通信,在统一系统框架内操作。

[0322] 在一些实施例中,控制不再“卡住”。它是原点,是过程的一部分。

[0323] 在一些实施例中,工厂进行自身建模并且其控制代表实际工厂。

[0324] 在一些实施例中,资产控制系统以尽可能低的成本提供最大的可靠性和弹性。

[0325] 在一些实施例中,控制从过程扩展到商业。

[0326] 在一些实施例中,物联网应用于工业过程控制是因为其功能性,而不仅仅是连通性。

[0327] 6. 计算机系统化

[0328] 图27示出了计算机系统的示例形式的机器的图示,在该计算机系统内可以执行一组指令,用于使机器执行本文所讨论的任何一种或多种方法。在图27的示例中,计算机系统2700包括处理器、主存储器、非易失性存储器和接口设备。为了说明的简单性,省略了各种通用组件(例如高速缓冲存储器)。计算机系统2700旨在示出一种硬件设备,在该硬件设备上可以实施任何本公开中描述的组件和方法。例如,分别在图14A、15A、16A、17A、18A中描绘的处理器单元1400、1500、1600、1700、1800可以是硬件设备,诸如能够执行运算、计算、处理等以执行本文所描述的任务的处理器或计算机系统。计算机系统2700可以是任何适用的已知或方便的类型。计算机系统2700的组件可以经由总线或通过一些其它已知或方便的设备耦合在一起。

[0329] 处理器可以是例如传统的微处理器,例如Intel Pentium微处理器或Motorola power PC微处理器。相关领域的技术人员将认识到,术语“机器可读(存储)介质”或“计算机可读(存储)介质”包括处理器可访问的任何类型的设备。

[0330] 存储器通过例如总线耦合到处理器。存储器例如可以包括但不限于随机存取存储器(RAM),诸如动态RAM(DRAM)和静态RAM(SRAM)。存储器可以是本地的、远程的或分布式的。

[0331] 总线还将处理器耦合到非易失性存储器和驱动单元。非易失性存储器通常是磁性软盘或硬盘、磁光盘、光盘、只读存储器(ROM),诸如CD-ROM、EPROM或EEPROM、磁卡或光卡,或者用于大量数据的其他形式的存储器。在执行计算机2800中的软件期间,这些数据中的一些通常通过直接存储器访问过程写入存储器中。非易失性存储器可以是本地的、远程的或分布式的。非易失性存储器是可选的,因为可以用存储器中可用的所有适用数据来创建系统。典型的计算机系统通常至少包括处理器、存储器和将存储器耦合到处理器的设备(例如总线)。

[0332] 软件通常存储在非易失性存储器和/或驱动单元中。实际上,对于大型程序,甚至不可能将整个程序存储在存储器中。然而,应当理解,对于运行的软件,如果必要,它被移动到适于处理的计算机可读位置,并且为了说明的目的,该位置在本文中被称为存储器。即使当软件被移动到存储器以供执行时,处理器通常也将利用硬件寄存器来存储与软件相关联的值和本地高速缓存。理想情况下,这有助于加快执行速度。如本文所使用的,当软件程序被称为“在计算机可读介质中实现”时,假定软件程序被存储在任何已知或方便的位置(从非易失性存储器到硬件寄存器)。当与程序相关联的至少一个值被存储在处理器可读的寄存器中时,处理器被认为“被配置为执行程序”。

[0333] 总线还将处理器耦合到网络接口设备。接口可以包括调制解调器或网络接口中的一个或多个。可以理解,调制解调器或网络接口可以被认为是计算机系统的一部分。接口可以包括模拟调制解调器、ISDN调制解调器、电缆调制解调器、令牌环接口、卫星传输接口(例如“直接PC”)或用于将计算机系统耦合到其它计算机系统的其它接口。接口可以包括一个或多个输入和/或输出设备。作为示例但不限于,I/O设备可以包括键盘、鼠标或其他定点设备、磁盘驱动器、打印机、扫描仪和其他输入和/或输出设备,包括显示设备。显示设备例如可以包括但不限于阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)或一些其它可应用的已知或方便的显示设备。为了简单起见,假定未示出的任何设备的控制器驻留在它们各自的接口中。

[0334] 在操作中,计算机系统2700可以由包括文件管理系统(例如盘操作系统)的操作系统软件控制。具有相关联的文件管理系统软件的操作系统的软件的一个示例是来自华盛顿州雷蒙德市的微软公司的称为Windows的操作系统系列及其相关联的文件管理系统。操作系统软件及其相关联的文件管理系统软件的另一示例是Linux操作系统及其相关联的文件管理系统。文件管理系统通常存储在非易失性存储器和/或驱动单元中,并使处理器执行操作系统输入和输出数据以及将数据存储在存储器中所需的各种动作,包括将文件存储在非易失性存储器和/或驱动单元上。

[0335] 详细描述的一些部分可以根据对计算机存储器内的数据位的操作算法和符号表示来呈现。这些算法描述和表示是数据处理领域的技术人员用来最有效地将其工作的实质传达给本领域的其他技术人员的手段。算法在此通常被认为是导致期望结果的自相一致的操作序列。这些操作是需要对物理量进行物理操纵的操作。通常,但不一定,这些量采取能

够被存储、传输、组合、比较和以其他方式操纵的电信号或磁信号的形式。主要出于常用的原因,有时将这些信号称为比特,值,元素,符号,字符,术语,数字等被证明是方便的。

[0336] 然而,应当记住,所有这些和类似的术语将与适当的物理量相关联,并且仅仅是应用于这些量的方便标签。除非从下面的讨论中特别说明,否则应当理解,在整个描述中,使用诸如“处理”或“运算”或“计算”或“确定”或“显示”等术语的讨论是指计算机系统或类似电子计算设备的动作和过程,其将表示为计算机系统的寄存器和存储器内的物理(电子)量的数据操作和转换为类似地表示为计算机系统存储器或寄存器或其他这种信息存储、传输或显示设备内的物理量的其他数据。

[0337] 本文所呈现的算法和显示器并不固有地与任何特定计算机或其它装置相关。各种通用系统可以与根据本文教导的程序一起使用,或者可以证明构造更专用的装置来执行一些实施例的方法是方便的。下面的描述将显示各种这些系统所需的结构。此外,不参考任何特定编程语言来描述这些技术,因此可以使用各种编程语言来实现各种实施例。

[0338] 在可选实施例中,机器作为独立设备操作或者可以连接(例如联网)到其它机器。在网络化部署中,机器可以以客户端-服务器网络环境中的服务器或客户端机器的容量操作,或者作为对等(或分布式)网络环境中的对等机器操作。

[0339] 机器可以是服务器计算机、客户端计算机、个人计算机(PC)、平板PC、膝上型计算机、机顶盒(STB)、个人数字助理(PDA)、蜂窝电话、iPhone、黑莓、处理器、电话、web设备、网络路由器、交换机或网桥,或者任何能够执行指定该机器要采取的动作的指令集(顺序或其他)的机器。

[0340] 虽然在示例性实施例中机器可读介质或机器可读存储介质被示出为单个介质,但是术语“机器可读介质”和“机器可读存储介质”应当被理解为包括存储一组或多组指令的单个介质或多个介质(例如,集中式或分布式数据库和/或相关联的高速缓存和服务器等)。术语“机器可读介质”和“机器可读存储介质”还应被理解为包括能够存储、编码或承载一组指令以由机器执行并且使得机器执行当前公开的技术和创新的任何一种或多种方法的任何介质。

[0341] 一般而言,被执行以实现本公开的实施例的例程可以被实现为被称为“计算机程序”的操作系统或特定应用、组件、程序、对象、模块或指令序列的一部分。计算机程序通常包括在不同时间设置在计算机中的各种存储器和存储设备中的一个或多个指令,并且当由计算机中的一个或多个处理单元或处理器读取和执行时,使得计算机执行操作以执行涉及本公开的各个方面的元件。

[0342] 此外,虽然已经在全功能计算机和计算机系统的上下文中描述了实施例,但是本领域技术人员将理解,各种实施例能够以各种形式作为程序产品来分发,并且本公开同样适用,而不管用于实际实现分发的机器或计算机可读介质的特定类型如何。

[0343] 机器可读存储介质、机器可读介质或计算机可读(存储)介质的其他示例包括但不限于可记录类型的介质,诸如易失性和非易失性存储设备、软盘和其他可移动盘、硬盘驱动器、光盘(例如,光盘只读存储器(CD ROMs)、数字通用盘(DVDs)等),以及诸如数字和模拟通信链路的传输类型介质。

[0344] 除非上下文另有明确要求,否则在整个说明书和权利要求书中,词语“包括”、“包含”等应被理解为包含性的,而不是排他性或穷举性的;也就是说,在“包括但不限于”的意

义上。如本文所用,术语“连接的”、“耦合的”或其任何变型表示两个或多个元件之间的任何直接或间接连接或耦合;元件之间的连接耦合可以是物理的、逻辑的或其组合。此外,当在本申请中使用时,词语“在此”、“上面”、“下面”和类似含义的词语将作为一个整体而不是指本申请的任何特定部分。在上下文允许的情况下,使用单数或复数的上述详细描述中的单词也可以分别包括复数或单数。“或”一词指的是两个或多个项目的列表,涵盖该词的以下所有解释:列表中的任何项目、列表中的所有项目以及列表中项目的任何组合。

[0345] 本公开的实施例的上述详细描述并不旨在穷举或将教导限制于上述公开的精确形式。尽管上文出于说明性目的描述了本发明的特定实施例和实例,但如相关领域技术人员将认识到的,在本发明的范围内各种等效修改是可能的。例如,虽然进程或块以给定顺序呈现,但是备选实施例可以执行具有步骤的例程,或者采用具有不同顺序的块的系统,并且可以删除、移动、添加、细分、组合和/或修改一些进程或块以提供备选或子组合。这些过程或块中的每一个可以以各种不同的方式实现。此外,虽然过程或块有时被示出为串联执行,但是这些过程或块可以替代地并行执行,或者可以在不同的时间执行。此外,本文中提到的任何特定数字仅是示例:替代实施方式可以采用不同的值或范围。

[0346] 这里提供的本公开的教导可以应用于其它系统,而不一定是上述系统。上述各种实施例的元件和动作可以被组合以提供进一步的实施例。

[0347] 上面提到的任何专利和申请以及其他参考文献,包括任何可能列在随附提交文件中的参考文献,通过引用并入本文。如果需要,可以修改本公开的各方面,以使用上述各种参考文献的系统、功能和概念来提供本公开的又一实施例。

[0348] 根据以上详细描述,可以对本公开进行这些和其他改变。尽管以上描述描述了本公开的某些实施例,并且描述了预期的最佳模式,但是无论以上在文本中出现得多详细,本教导可以以多种方式实践。系统的细节在其实现细节上可以有很大的变化,同时仍然被本文公开的主题所涵盖。如上所述,当描述本公开的某些特征或方面时使用的特定术语不应当被认为暗示该术语在此被重新定义为限于与该术语相关联的本公开的任何特定特性、特征或方面。一般而言,除非上面的详细描述部分明确地定义了这样的术语,否则在以下的权利要求中使用的术语不应被解释为将公开限制于说明书中公开的特定实施例。因此,本公开的实际范围不仅包括所公开的实施例,而且包括在权利要求下实践或实现本公开的所有等同方式。

[0349] 从前面的描述中,应当理解,这里出于说明的目的已经描述了具体实施例,但是在不背离实施例的精神和范围的情况下可以进行各种修改。因此,除了所附权利要求之外,本公开不受限制。

100

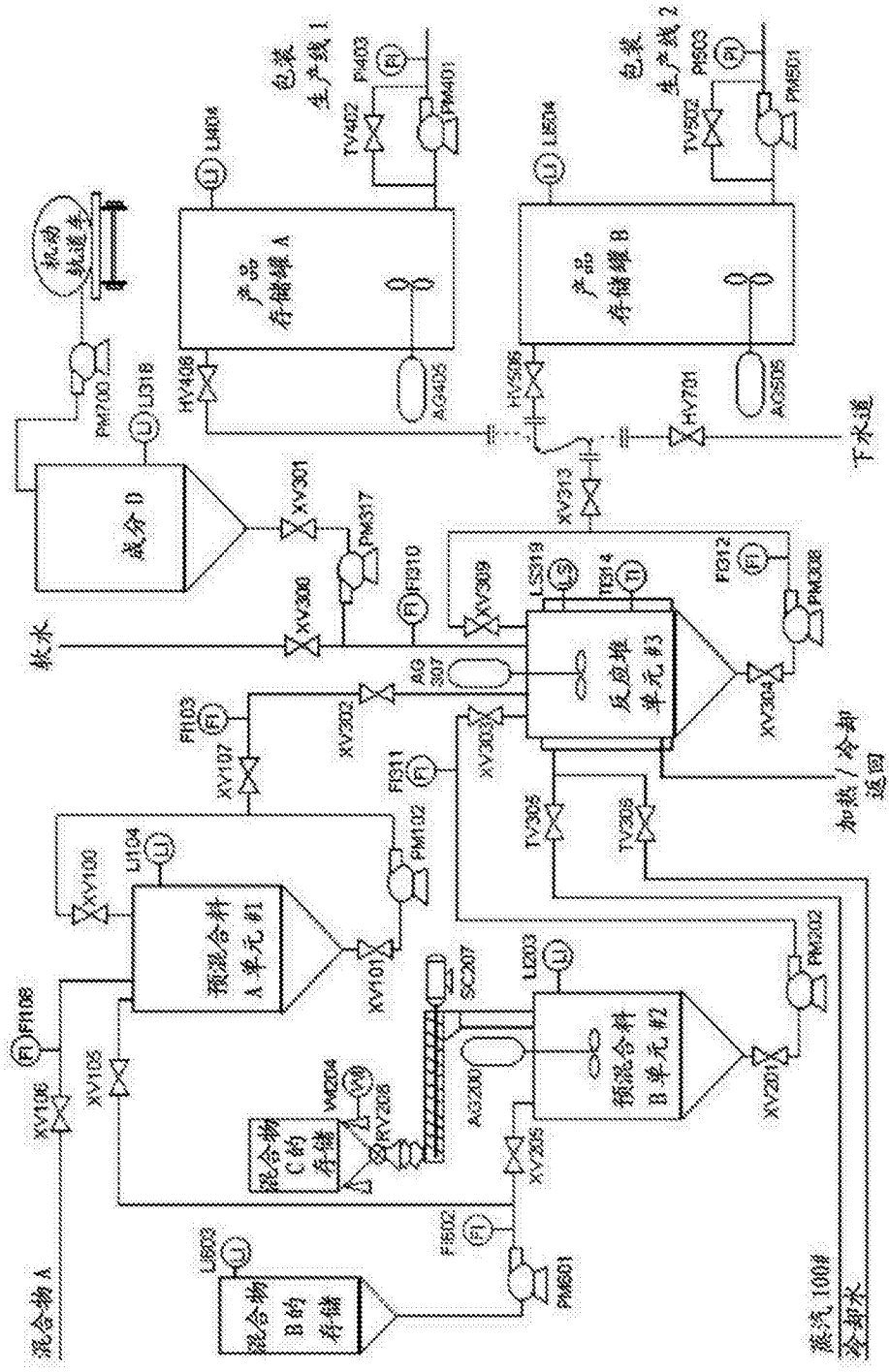


图1

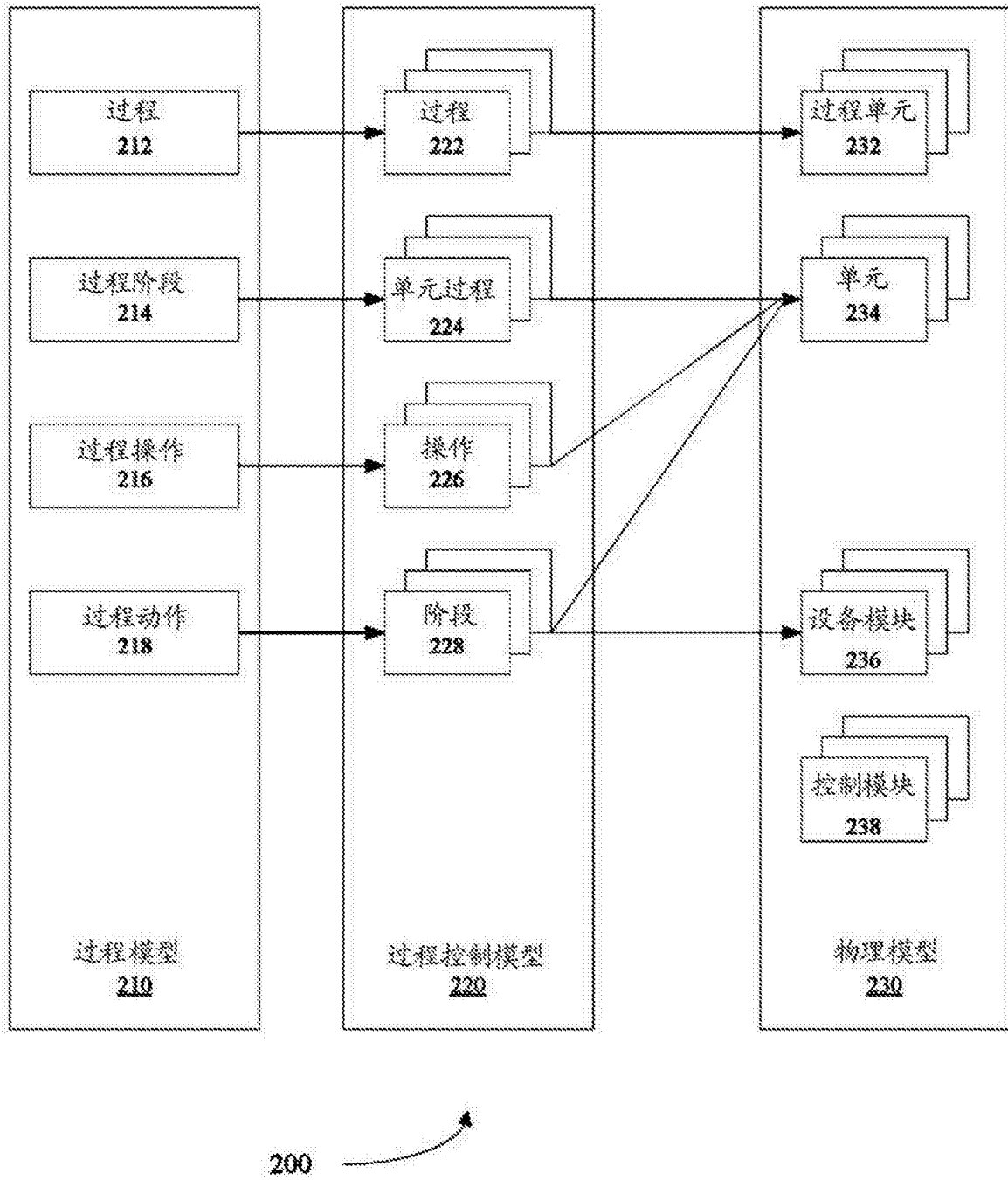


图2A

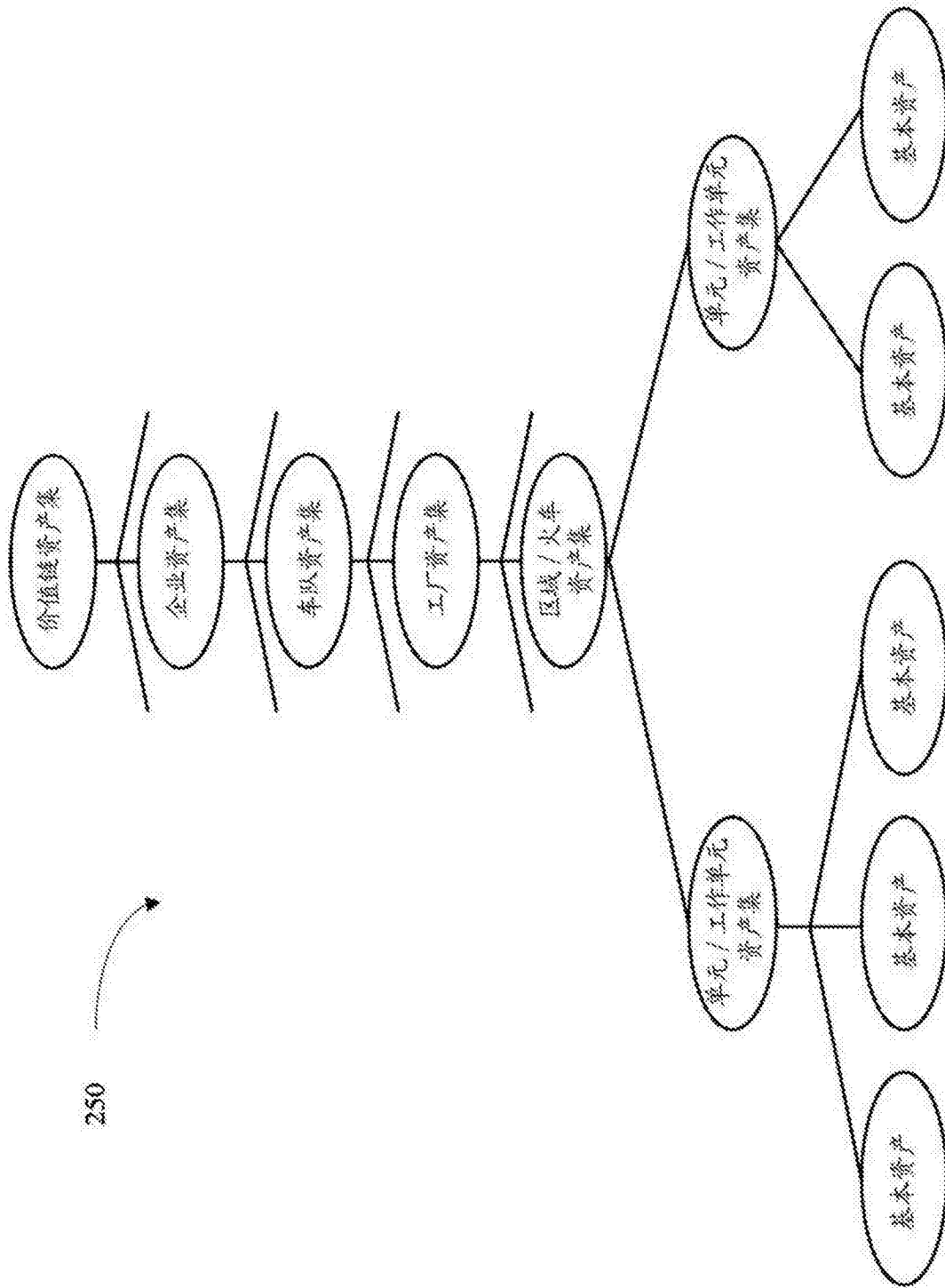


图2B

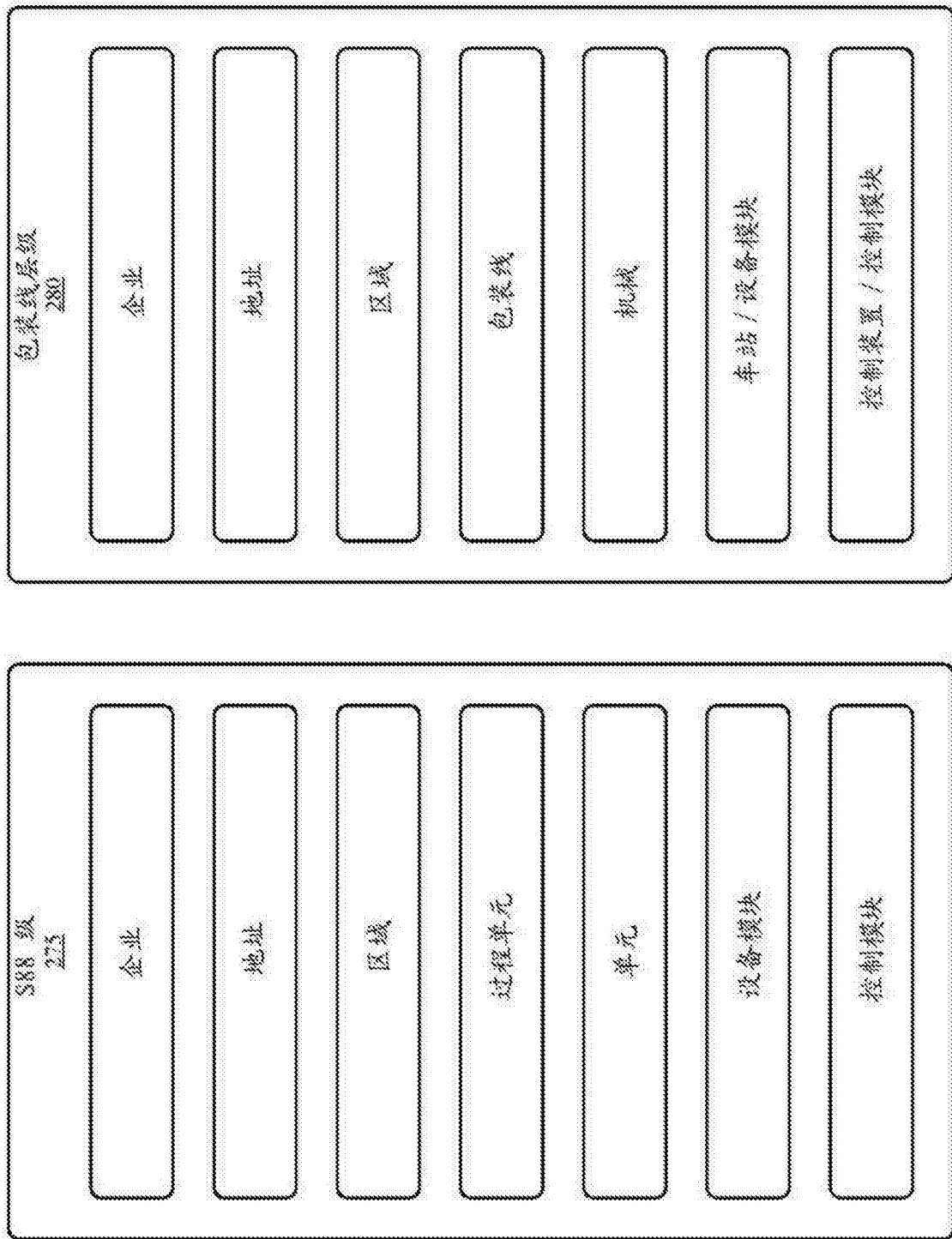


图2C

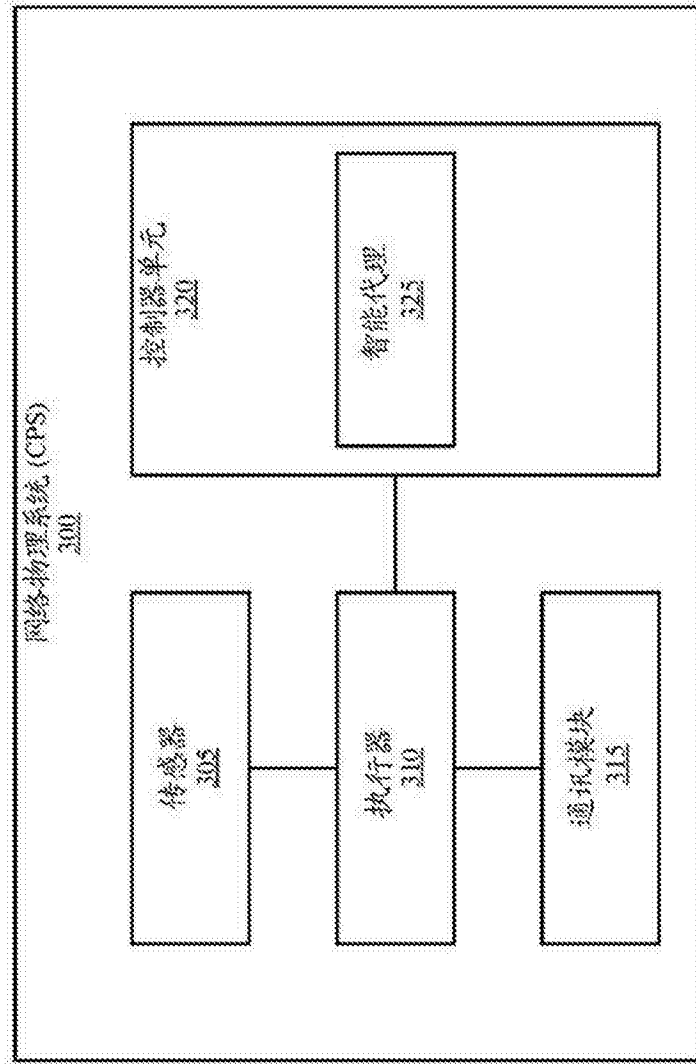


图3A

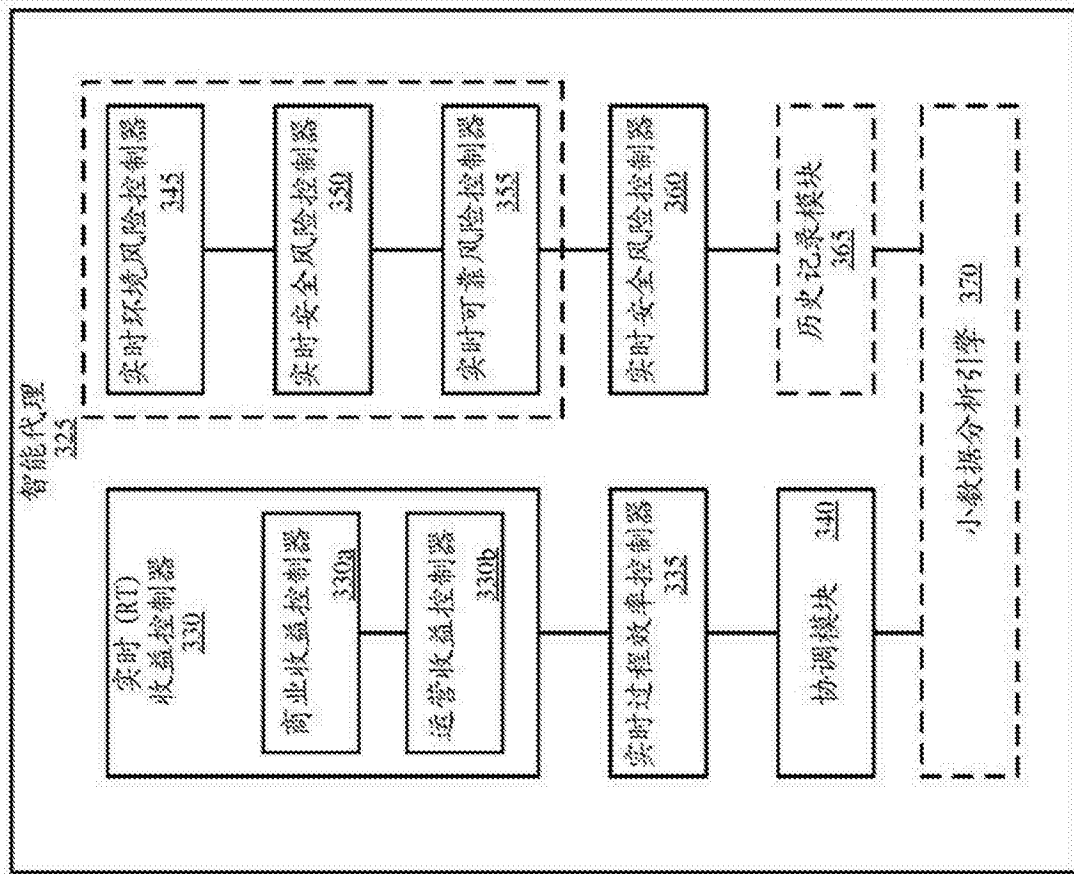


图3B

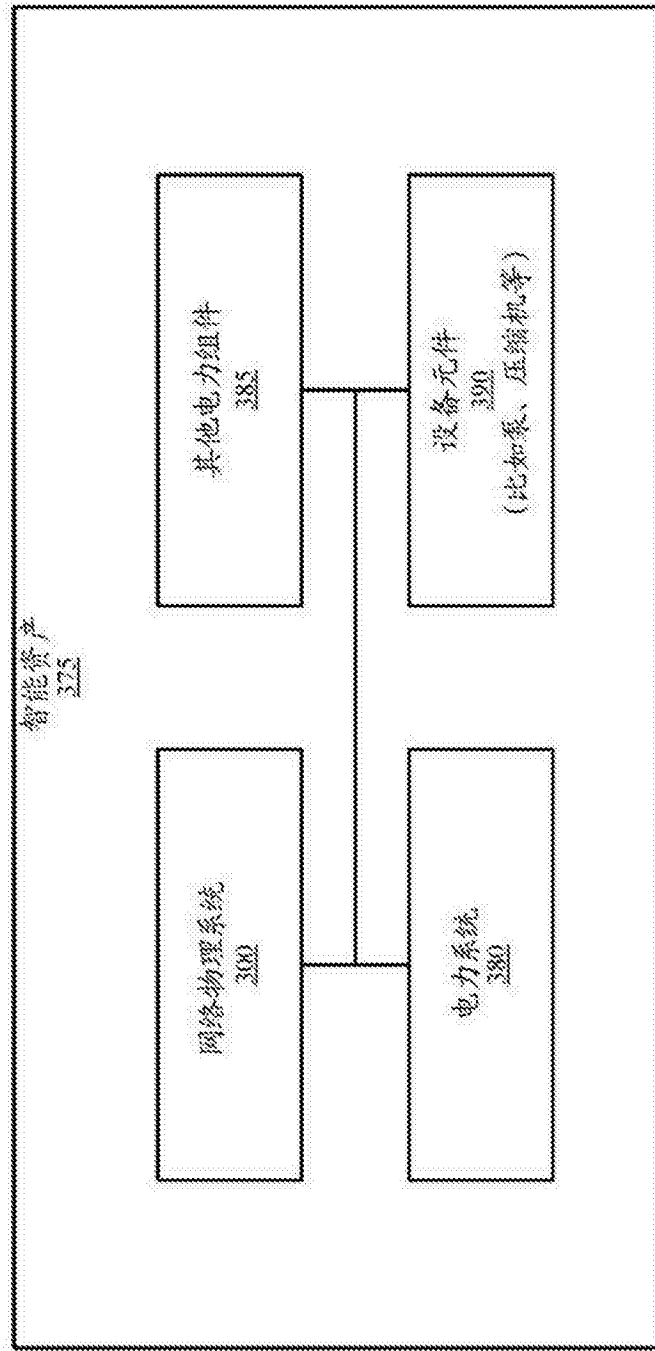


图3C

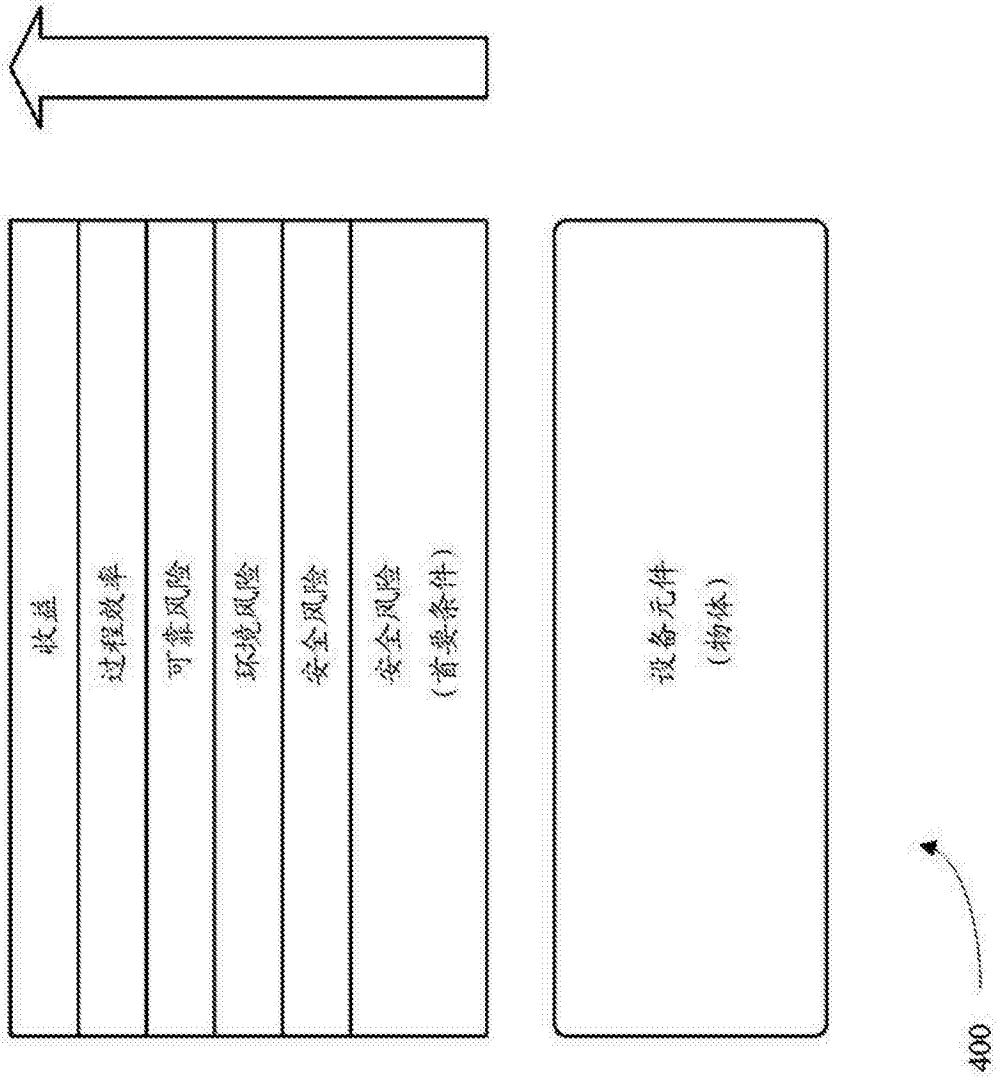


图4A

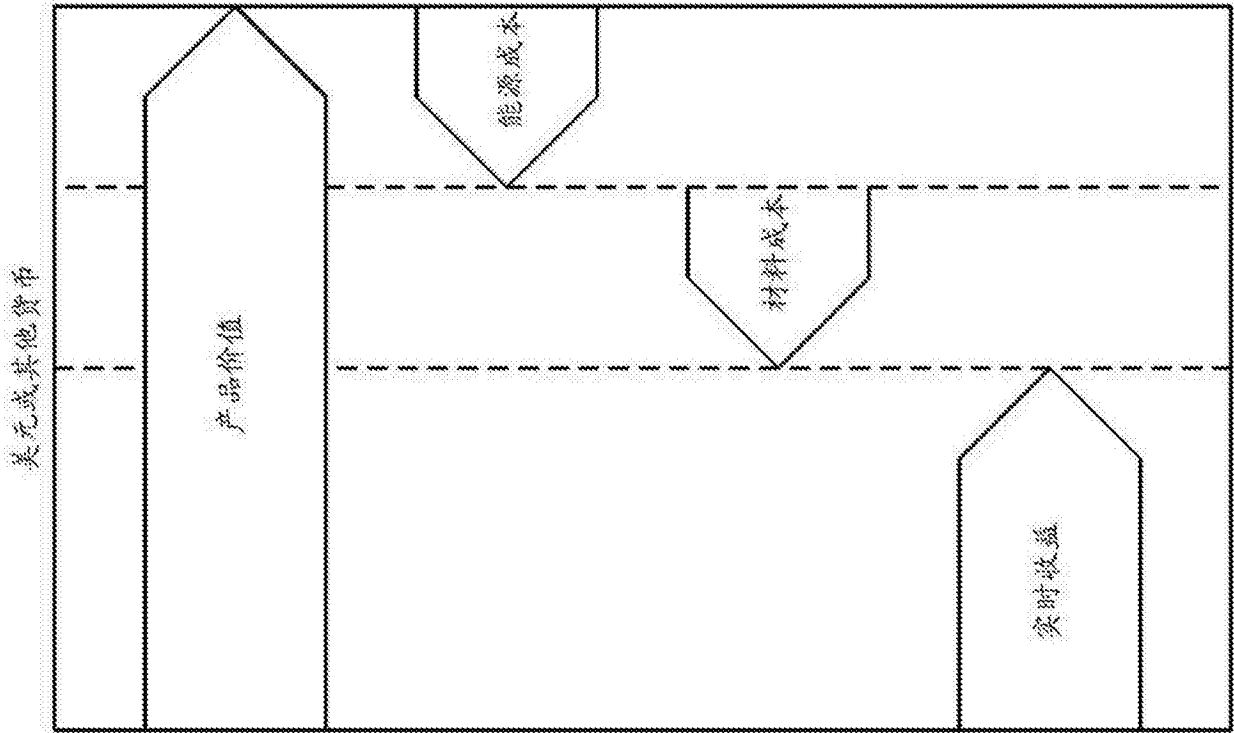


图4B

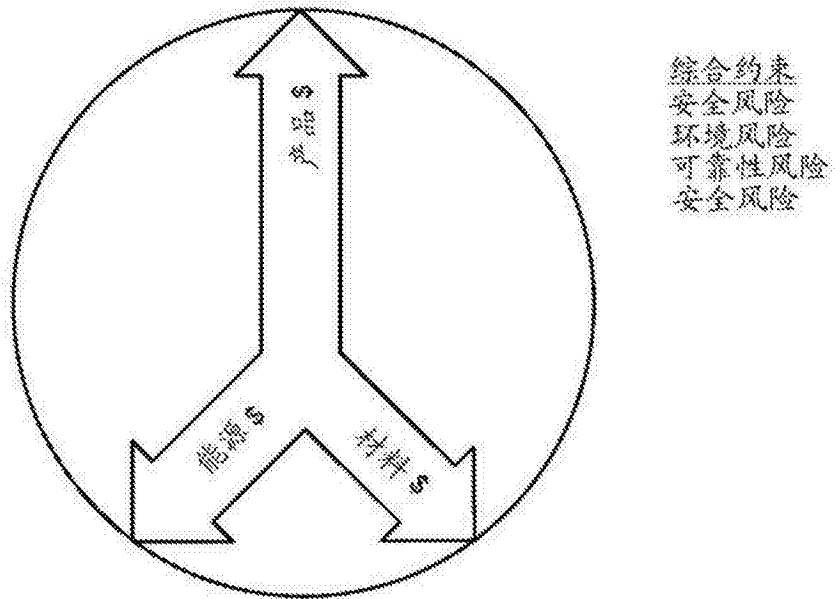


图4C

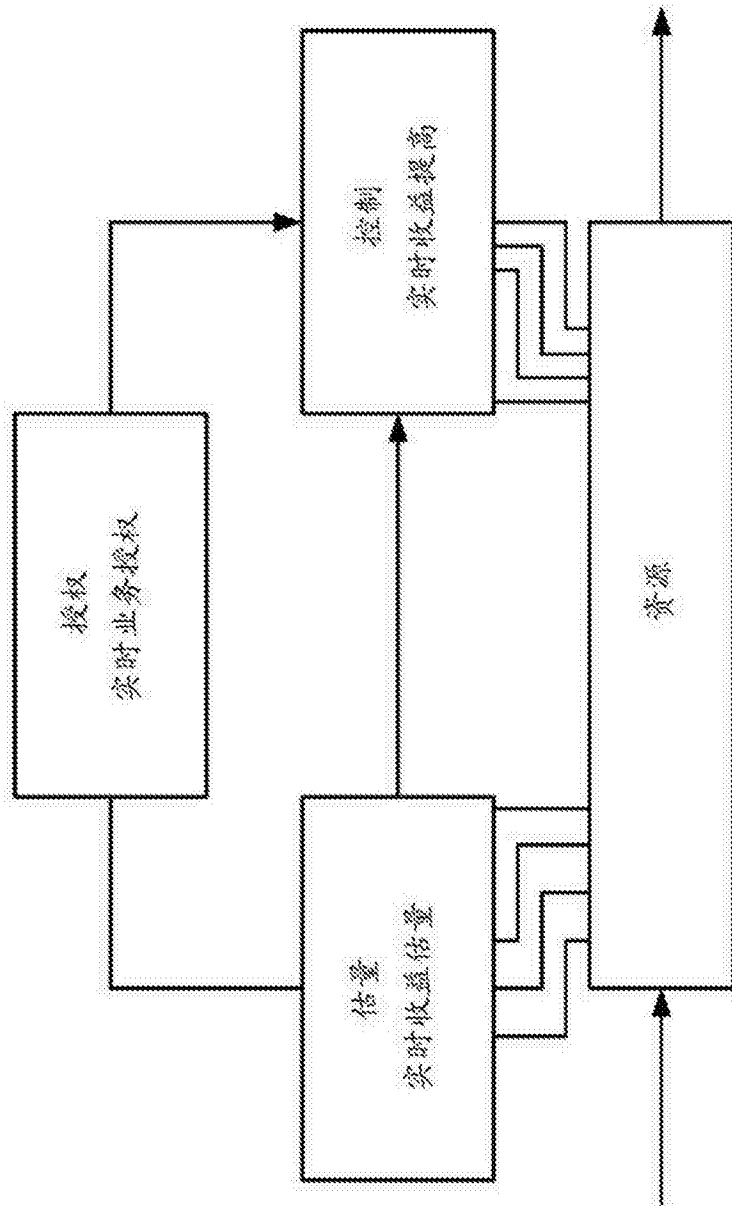


图4D

自动	自动预测控制	自动反馈控制
手动	手动预测控制	手动反馈控制
	预测	反馈

图4E

IA: 智能代理
CPS: 网络物理系统

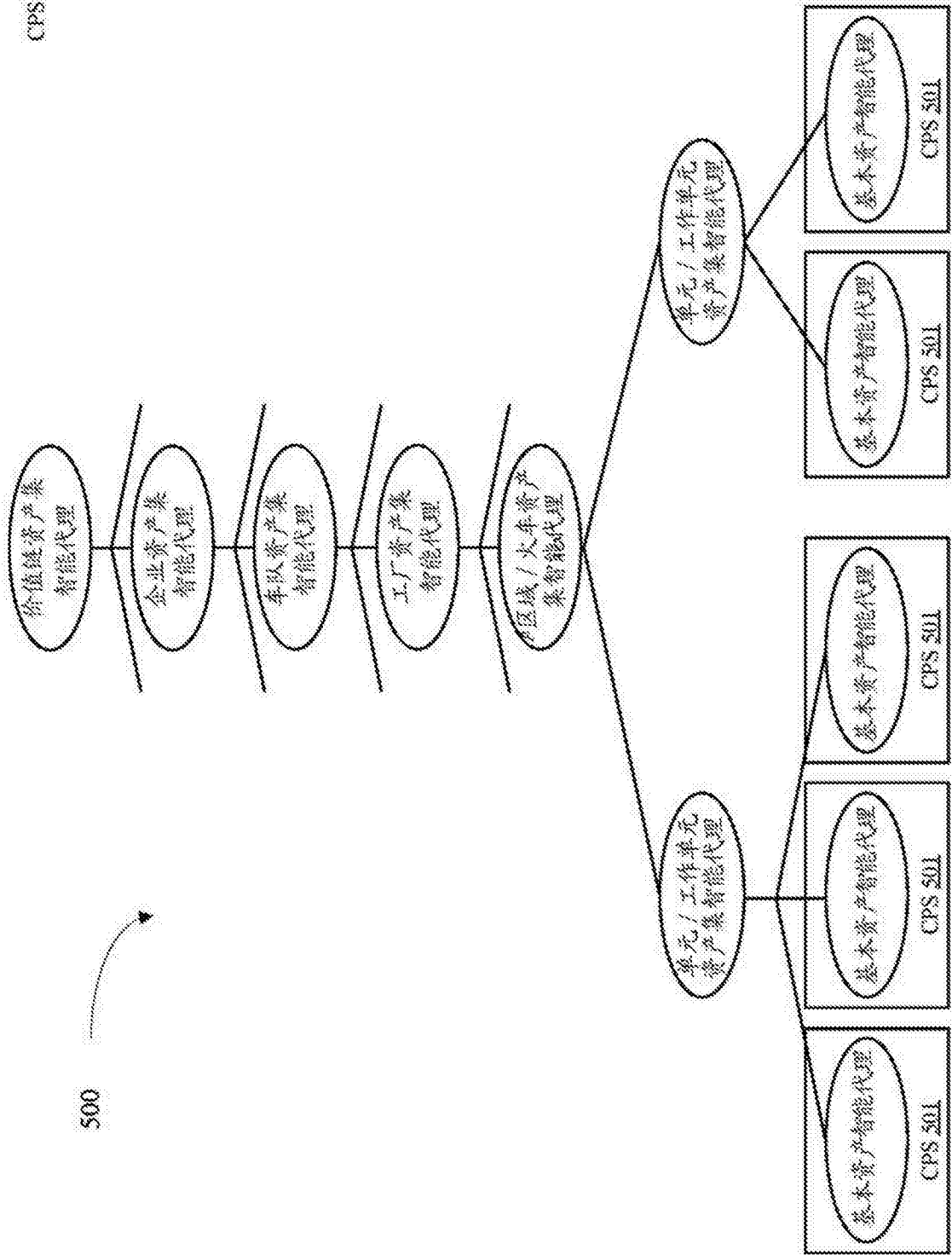


图5A

IA: 智能代理
CPS 网络物理系统

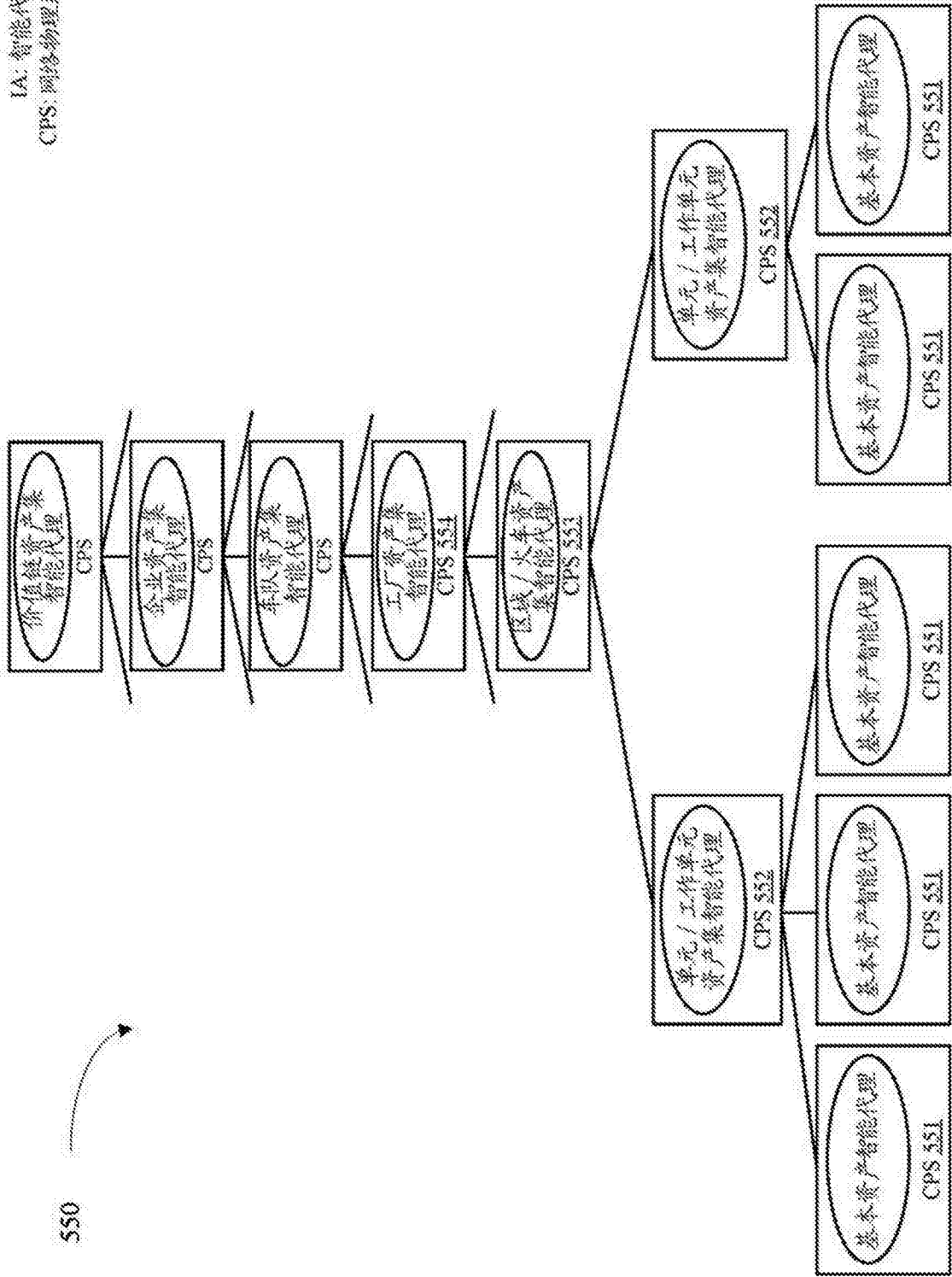


图5B

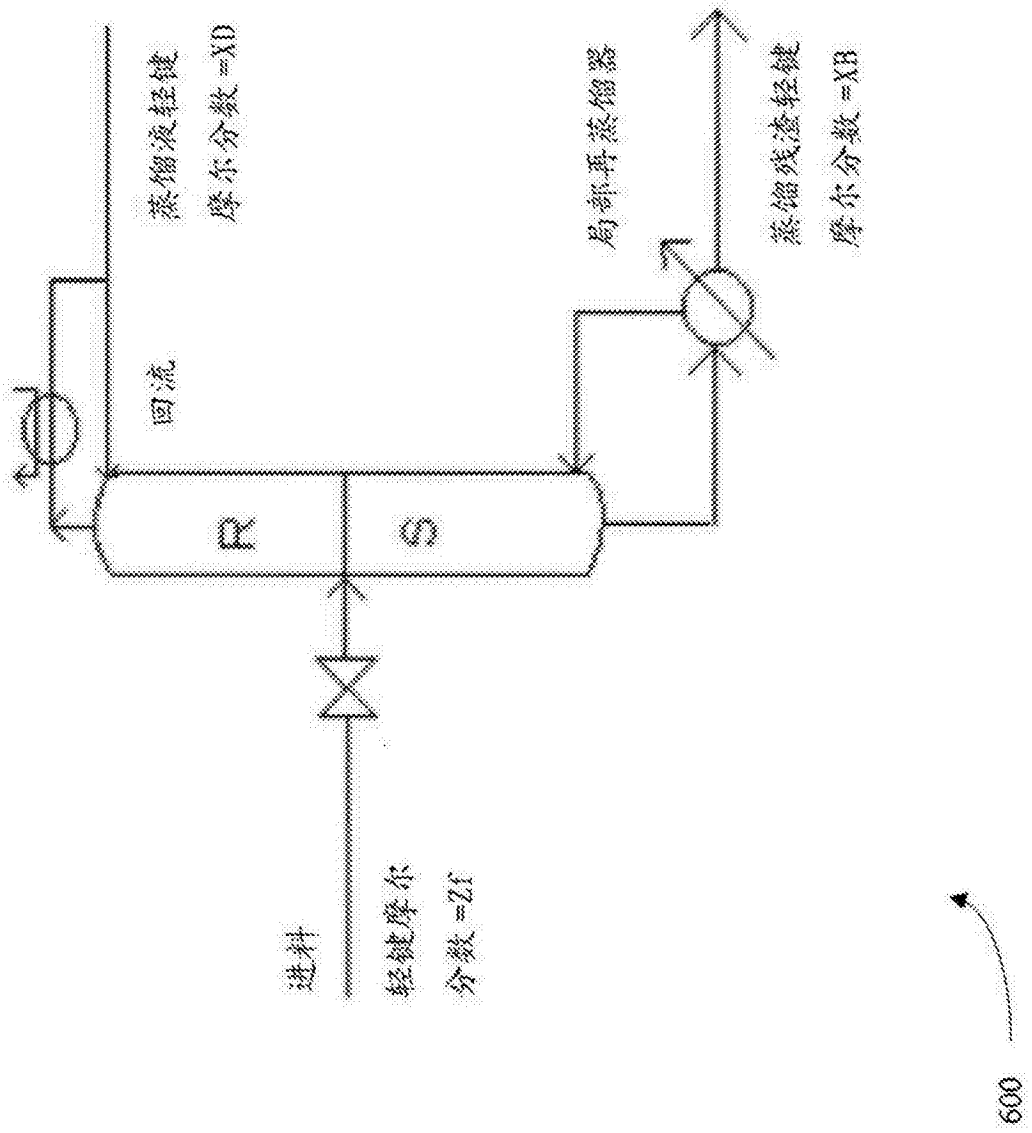


图6

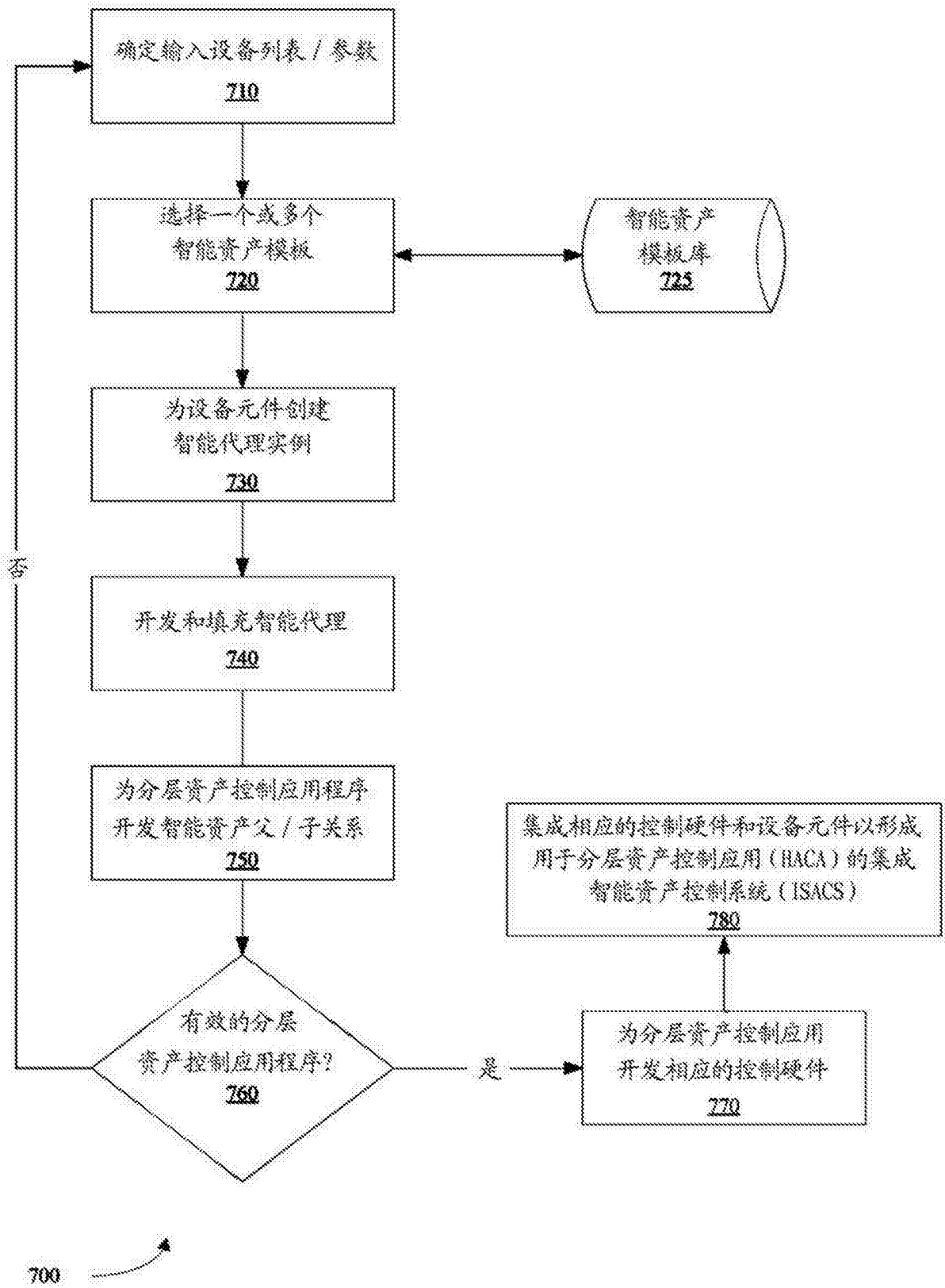


图7

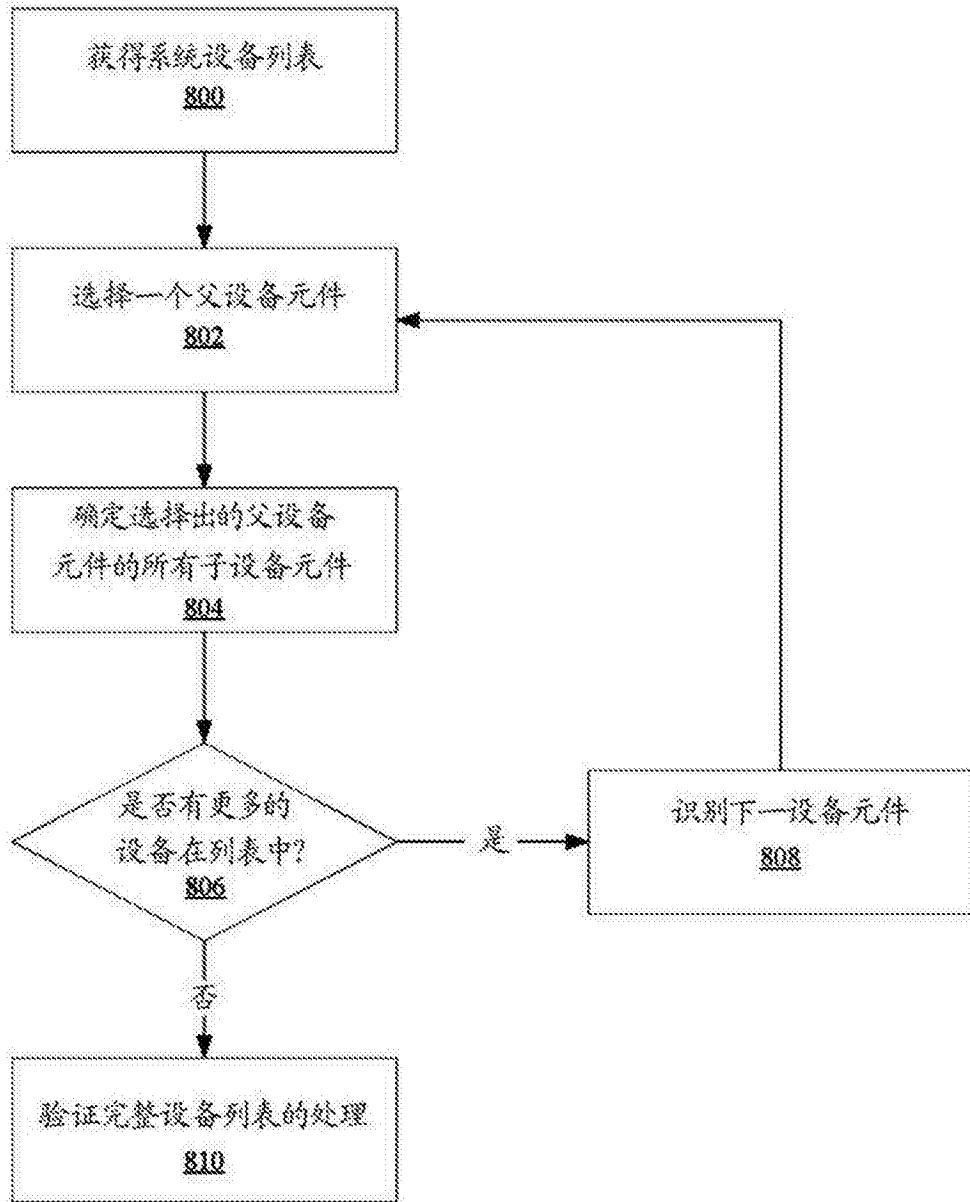


图8A

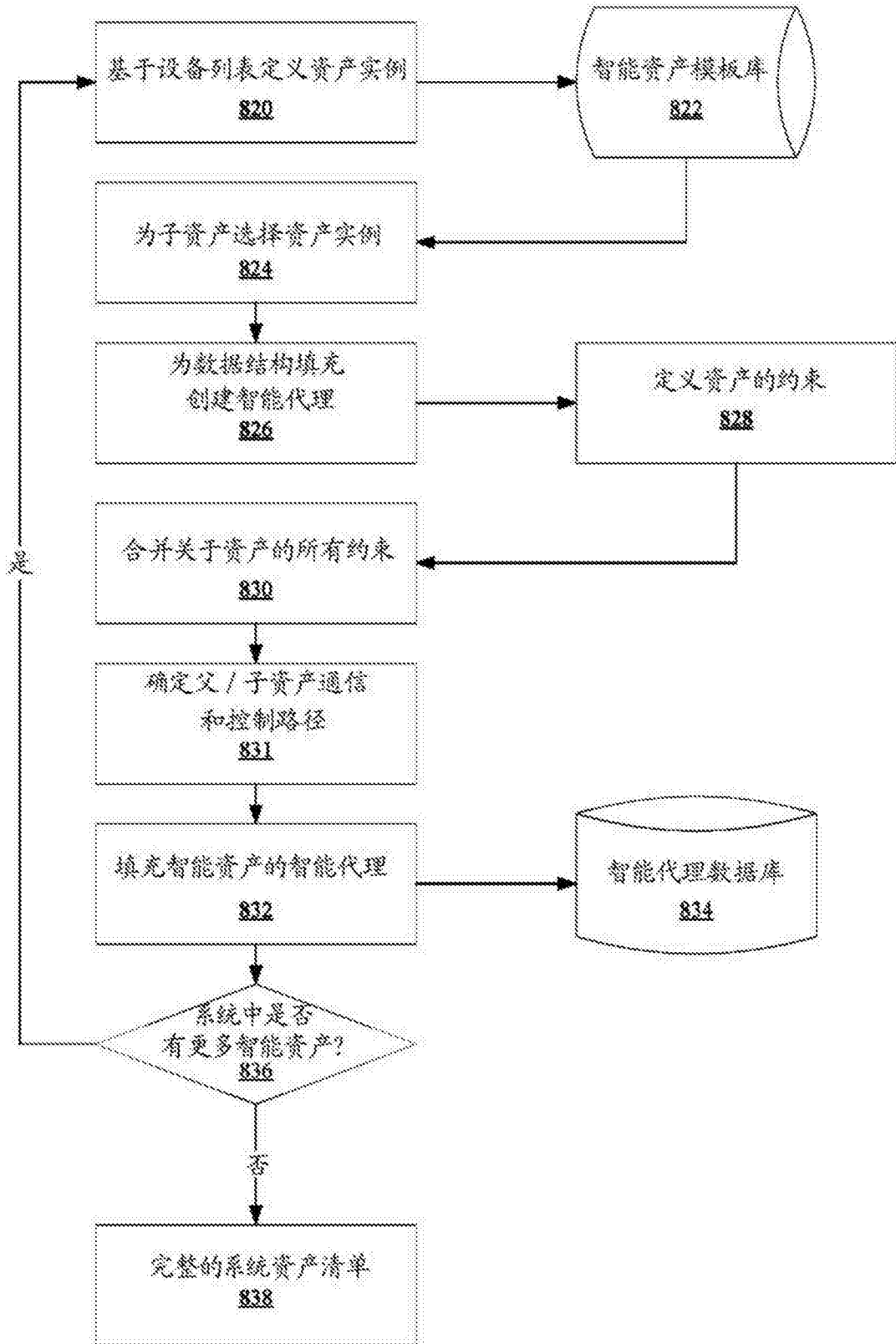


图8B

智能资产模板	
元件名称	价值
资产标识	
资产名称	
资产类别	
资产类型	
资产模型	
资产序号	
资产供应商	
资产申请	
行业类别	
应用程序类型	
资产地点	
资产区域	
资产处理单元	
资产单元	
资产设备模块	
资产控制模块	
支持状态的资产列表	
资产智能代理约束	
资产智能代理的可用性	
资产智能代理的危险性	
资产智能代理平台	
资产智能代理网络安全规则	
资产智能代理特性	
动态存储器要求	
长期存储器要求	
操作系统特征	
资产应用约束	
资产安全约束 1	
... 资产安全约束 N	
资产环境约束 1	
... 资产环境约束 N	
资产可靠性约束 1	
... 资产可靠性约束 N	

840



图8C

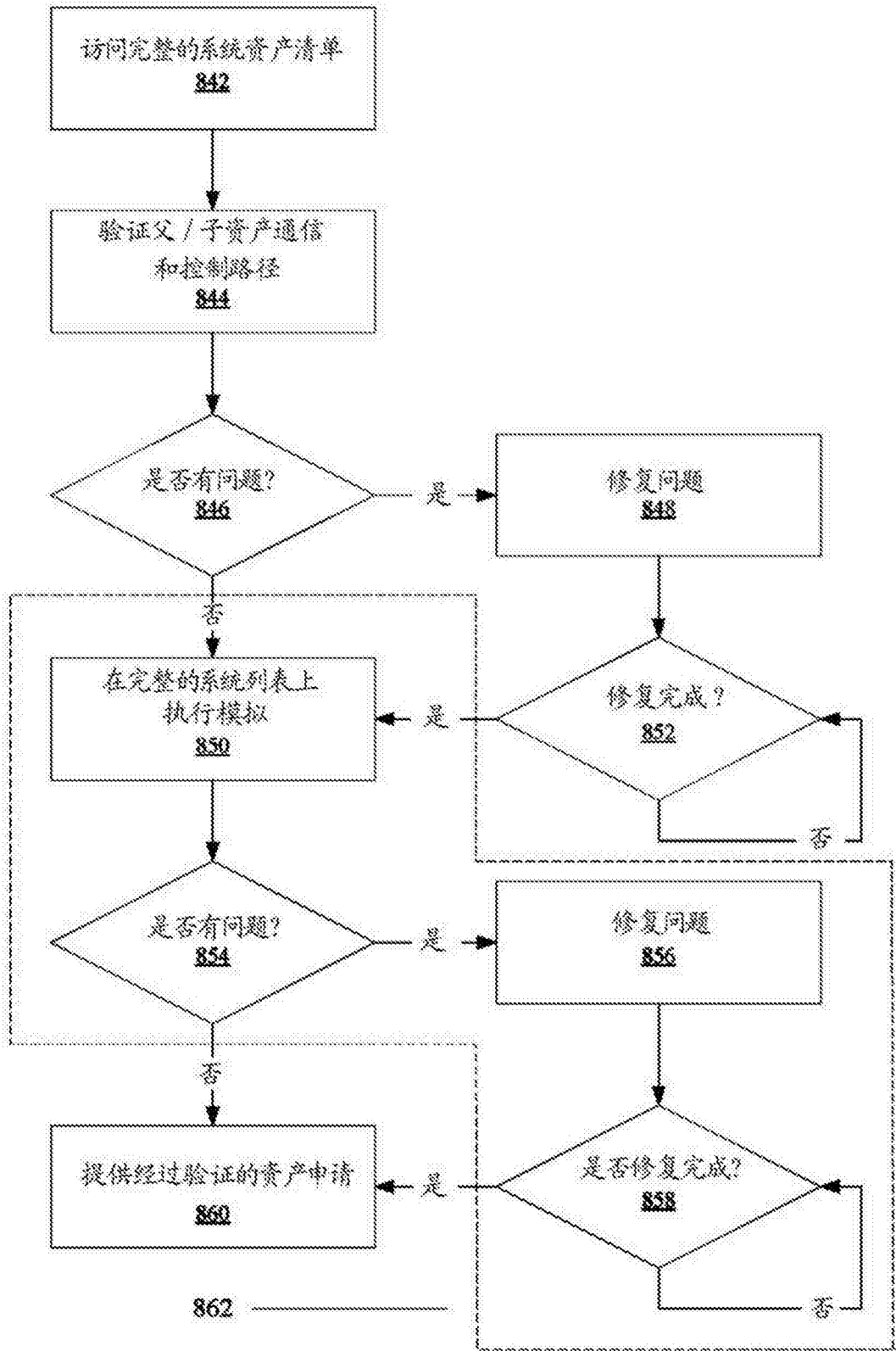


图8D

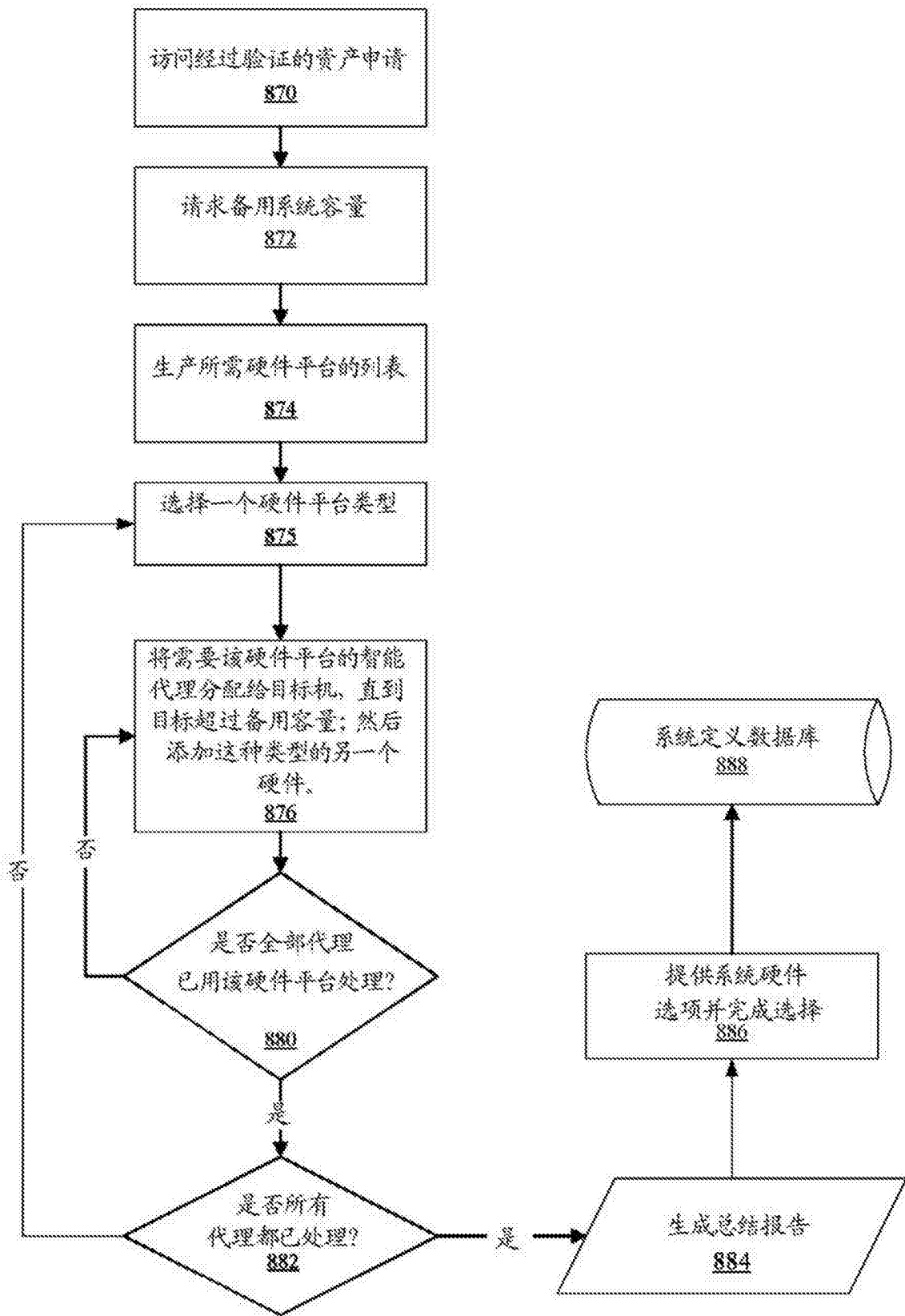


图8E

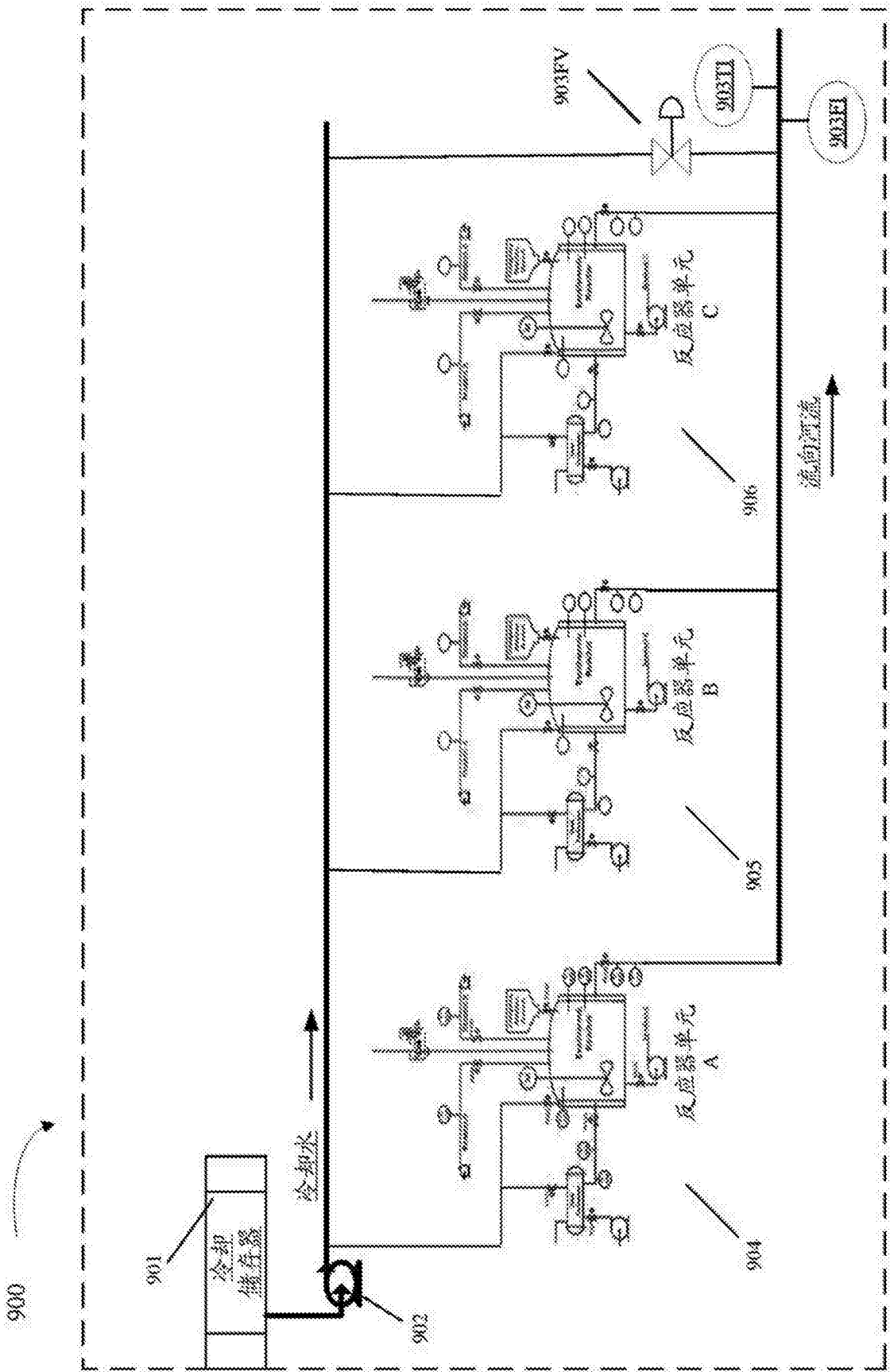


图9A

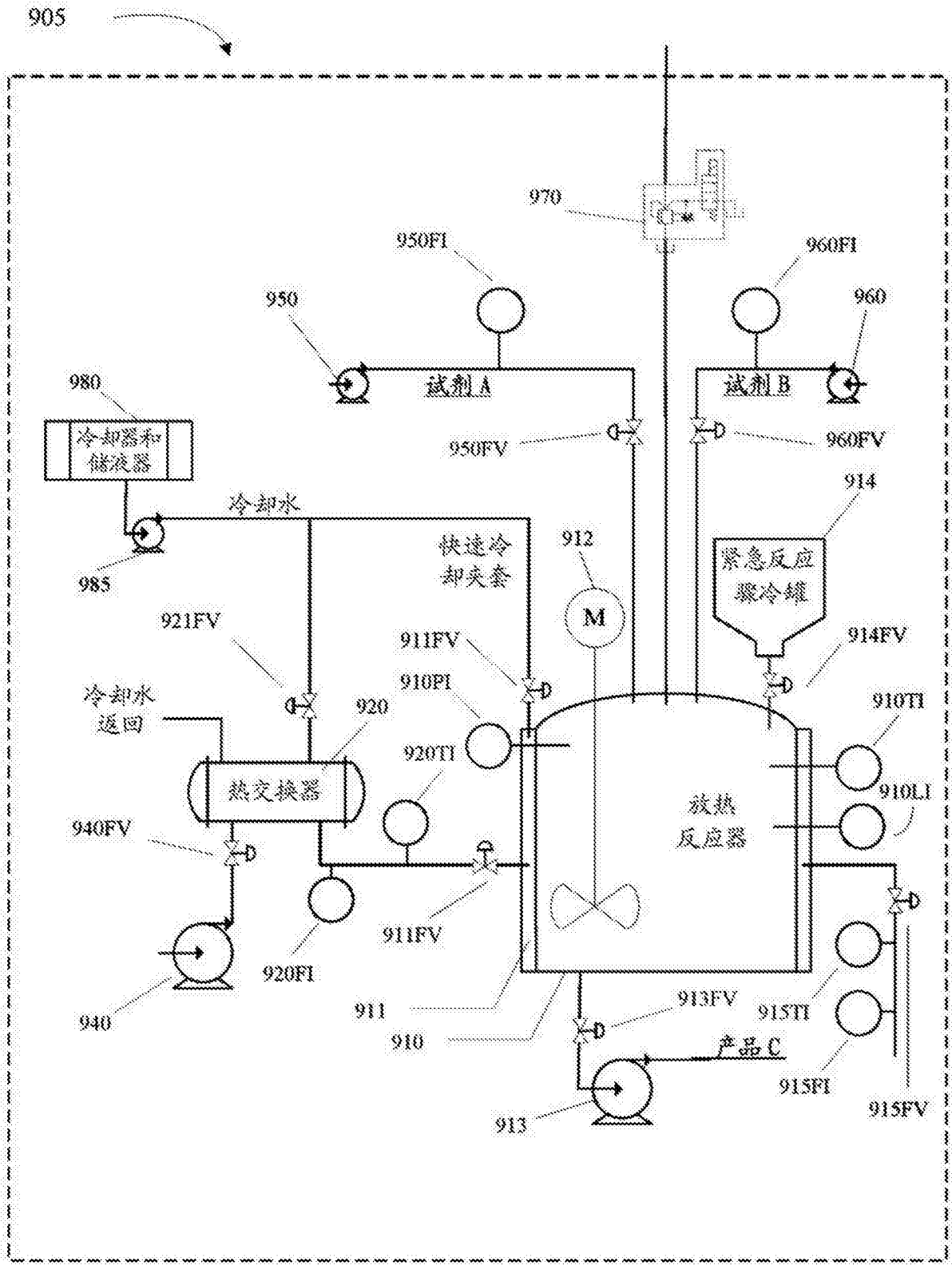


图9B

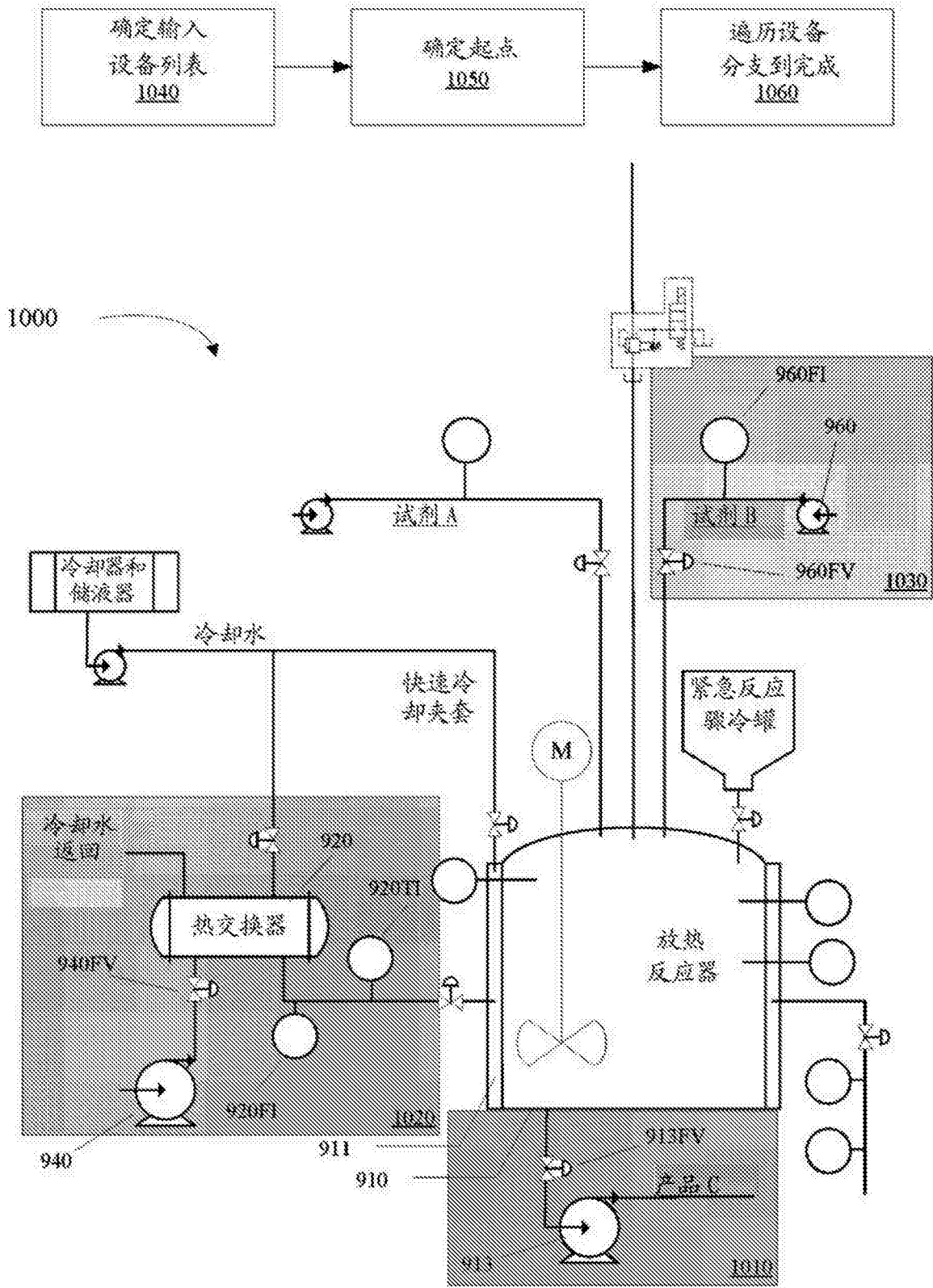


图10

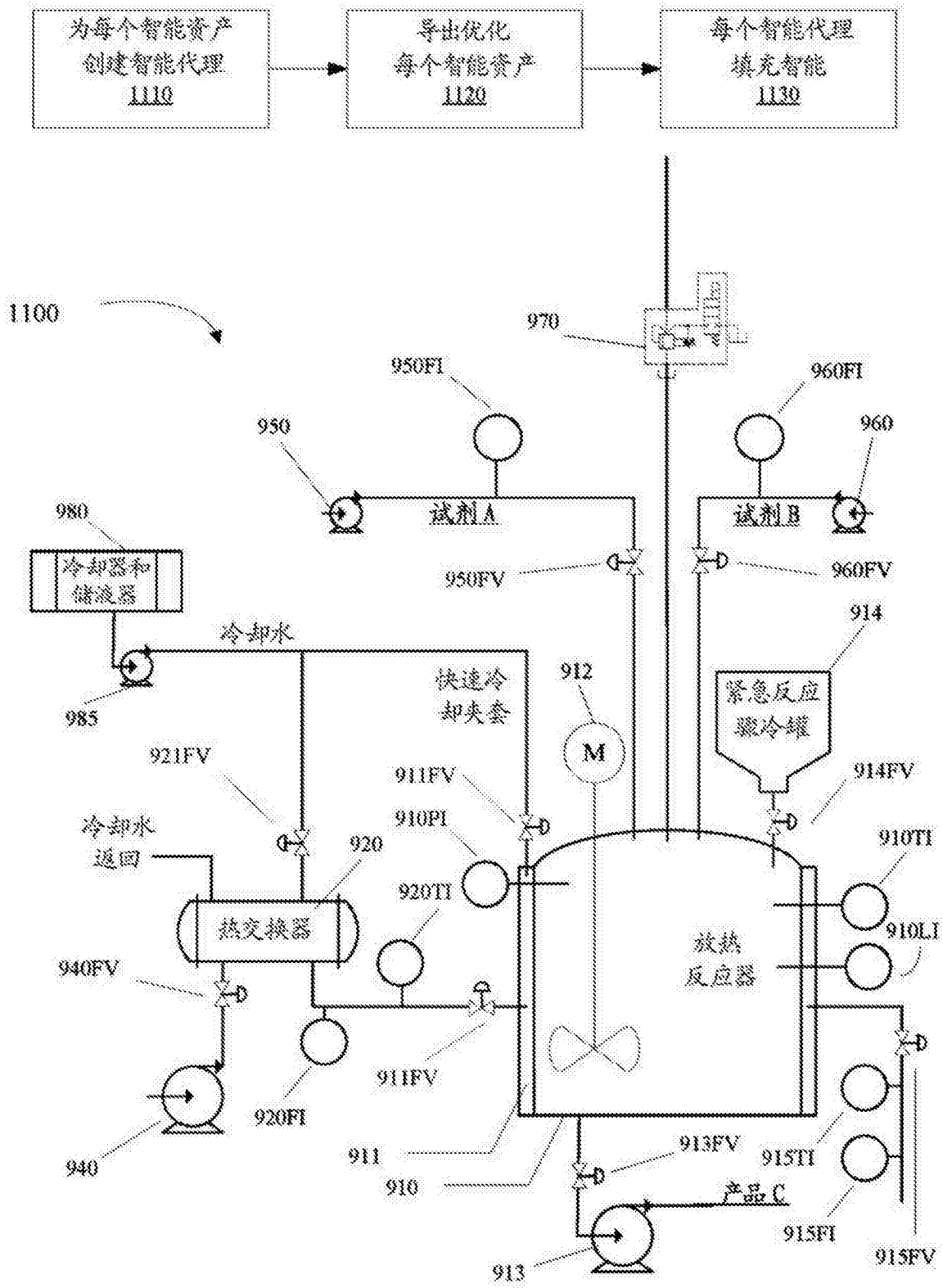


图11

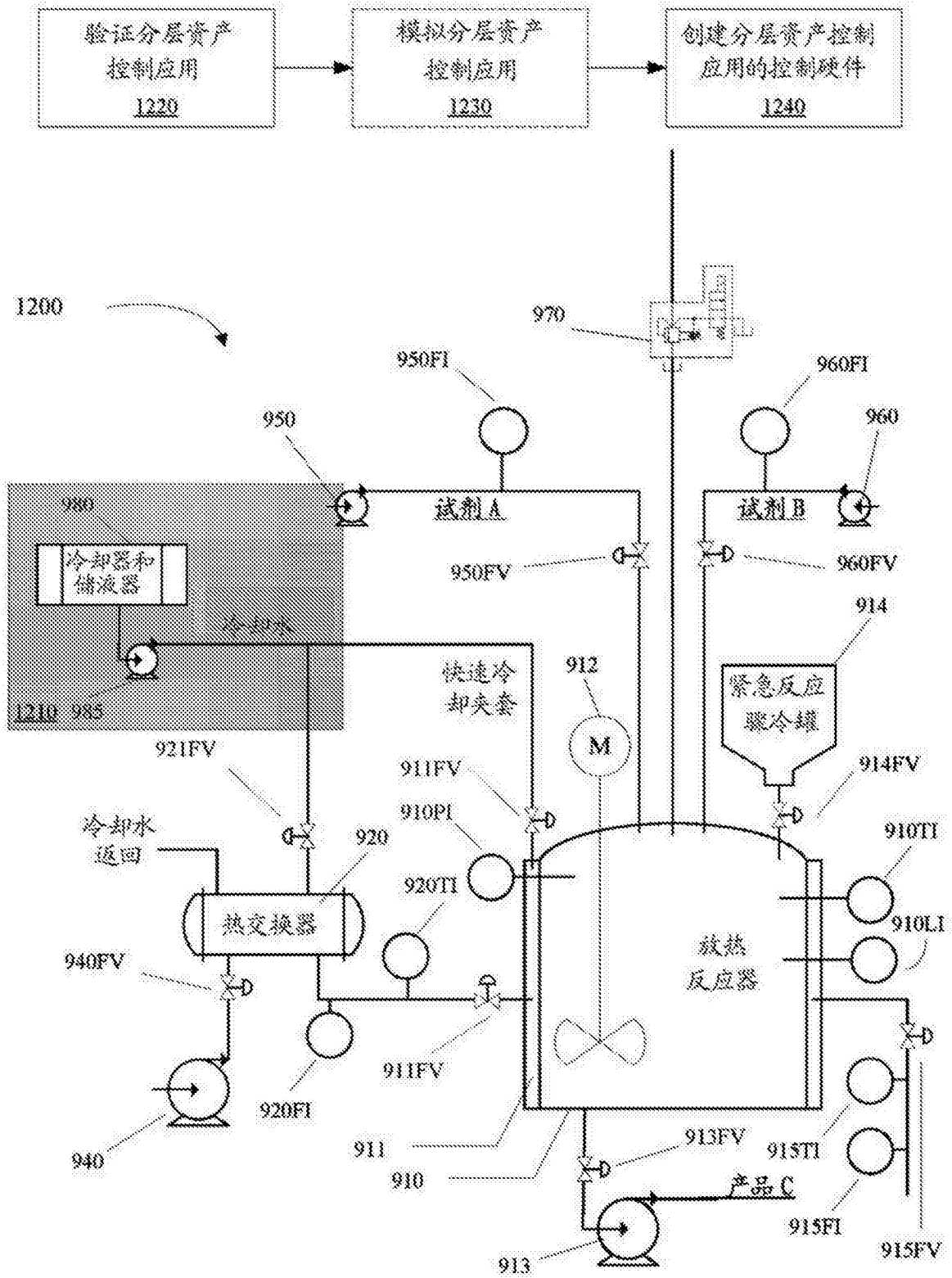


图12

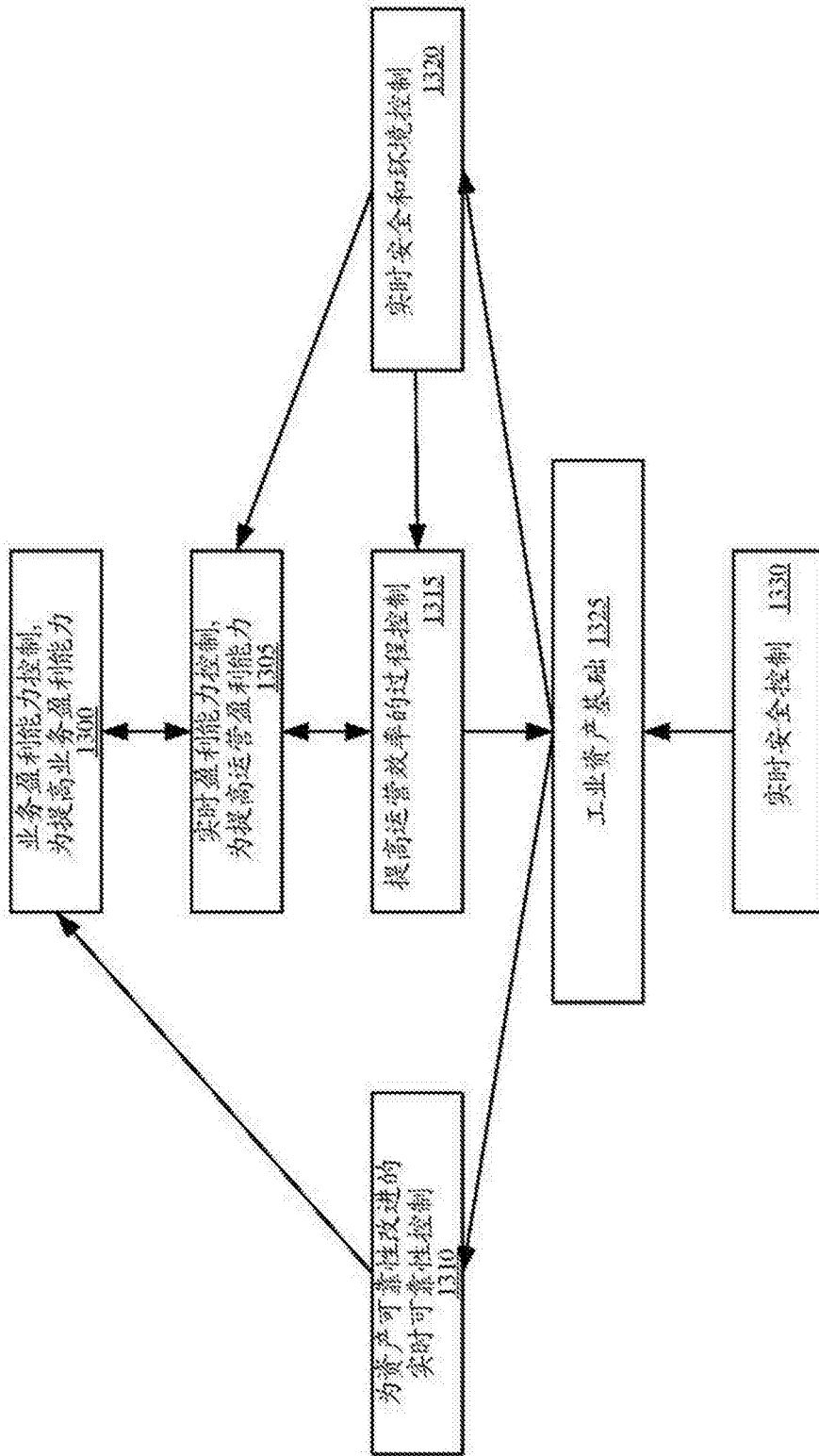


图13

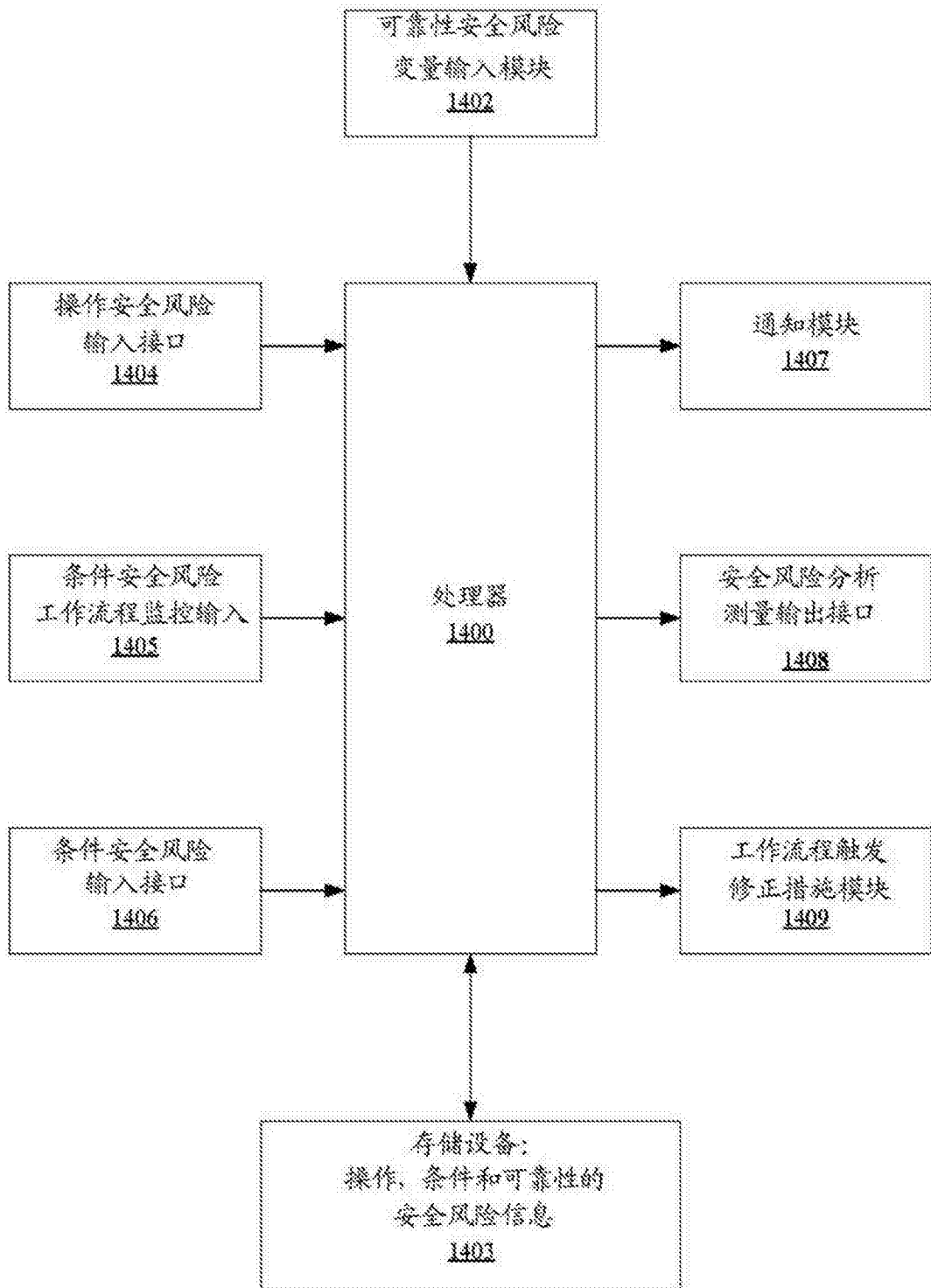


图14A

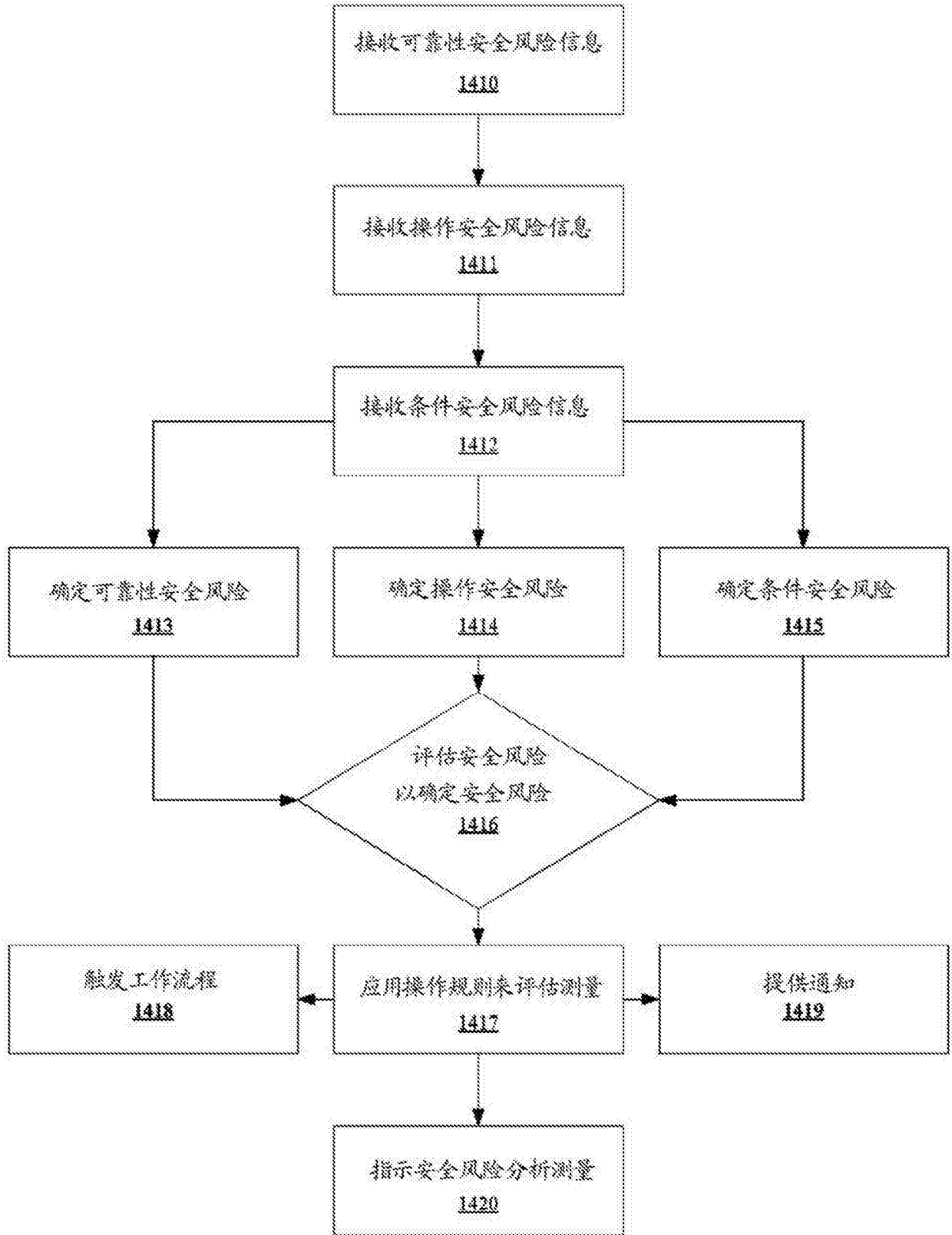


图14B

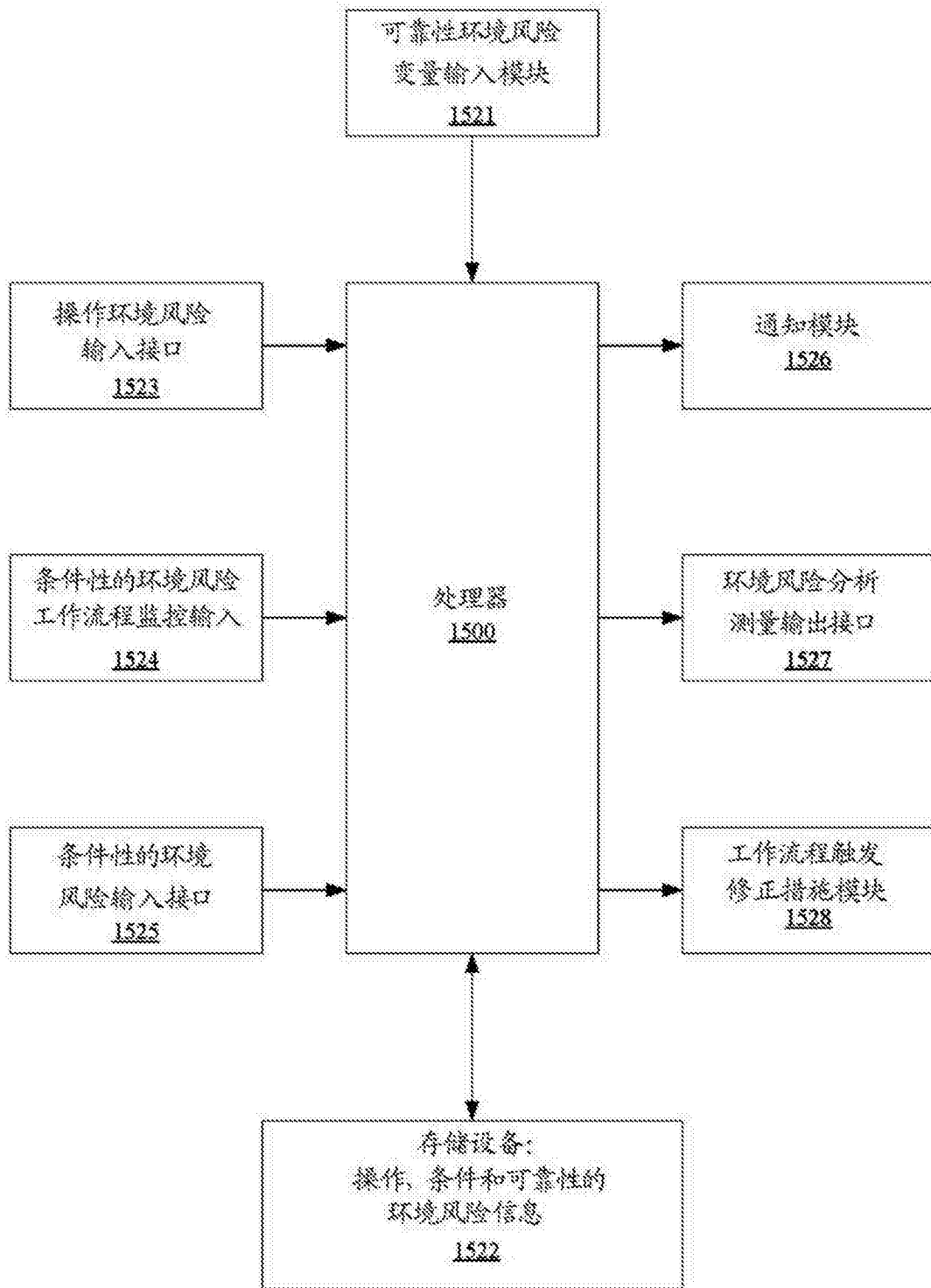


图15A

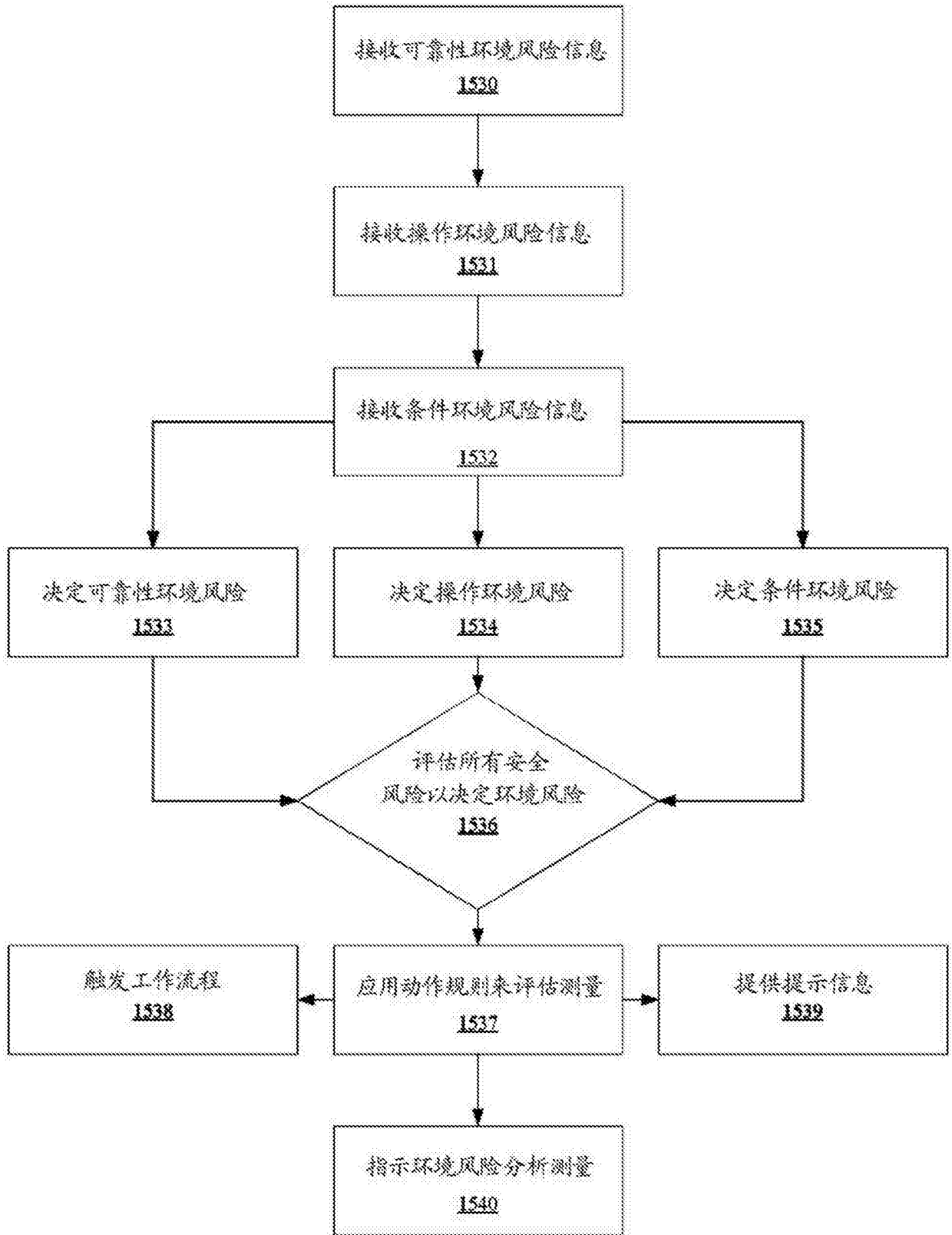


图15B

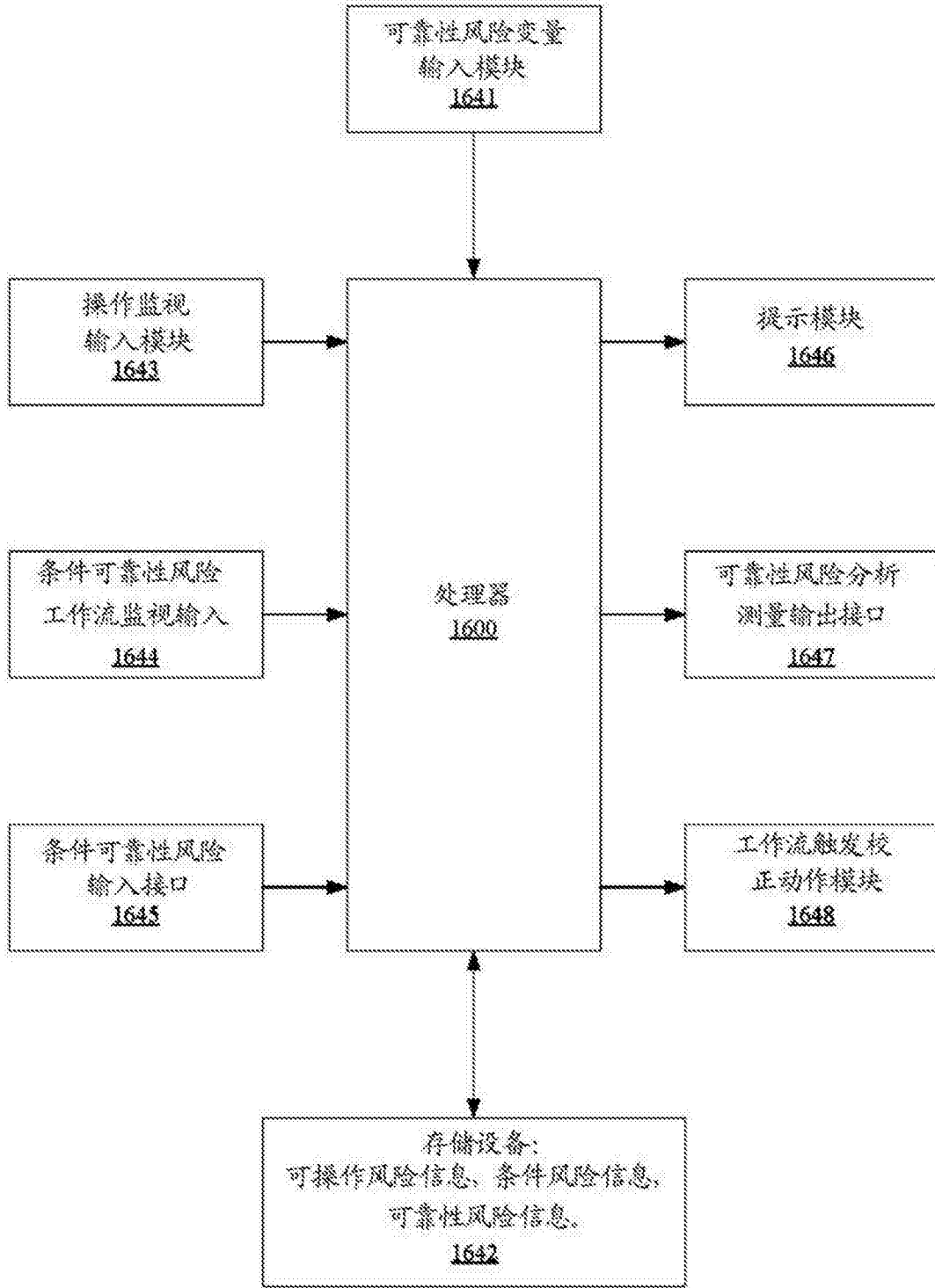


图16A

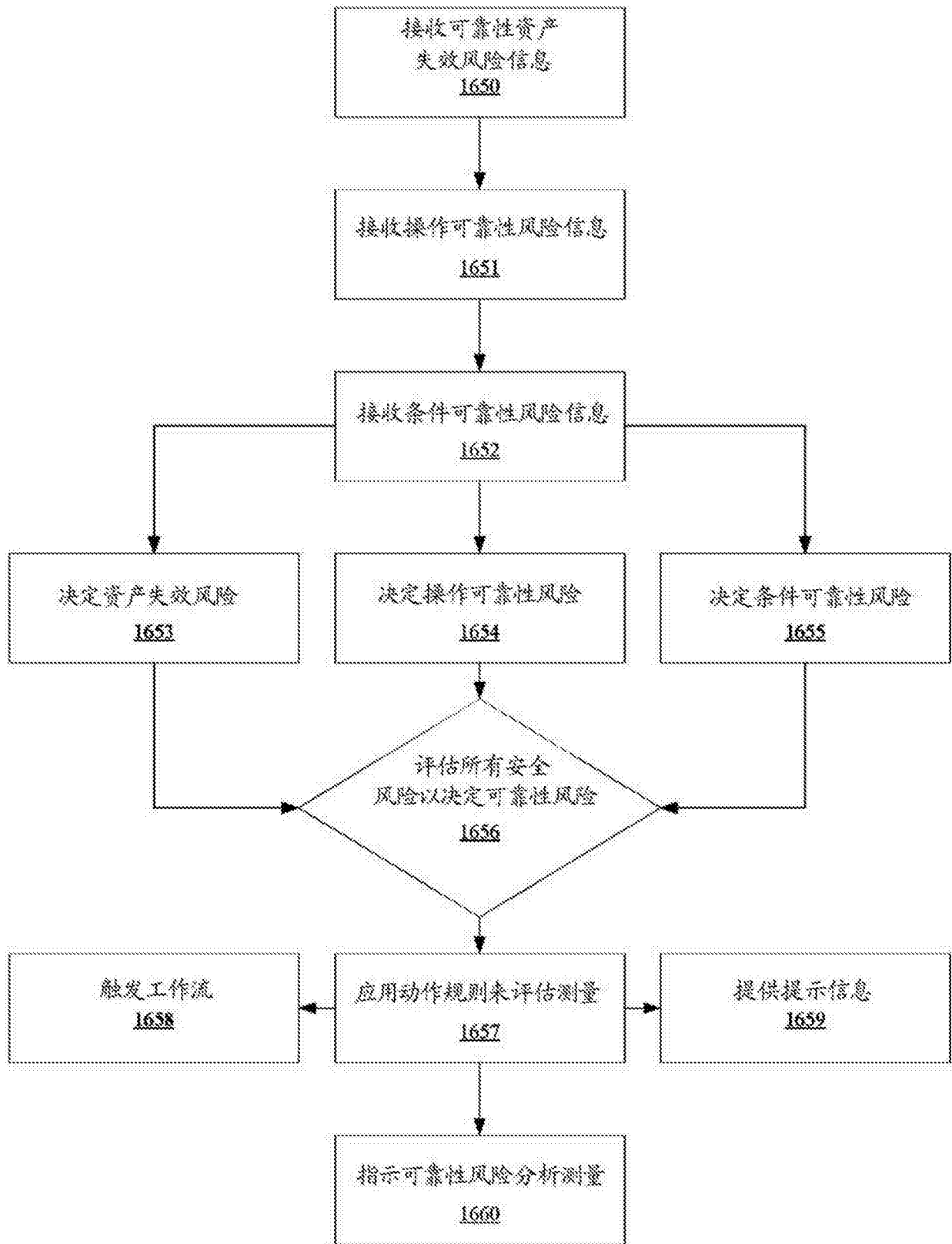


图16B

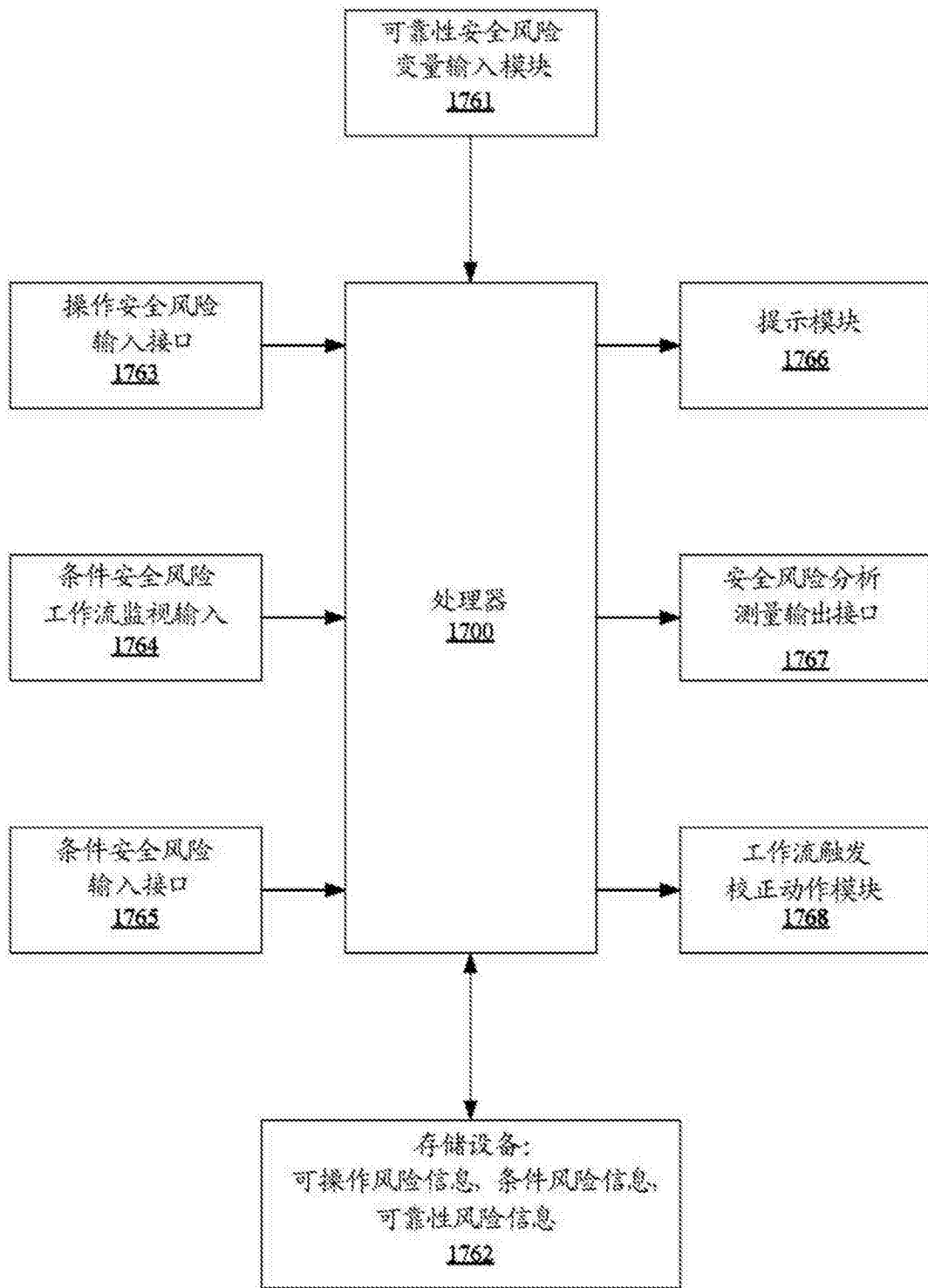


图17A

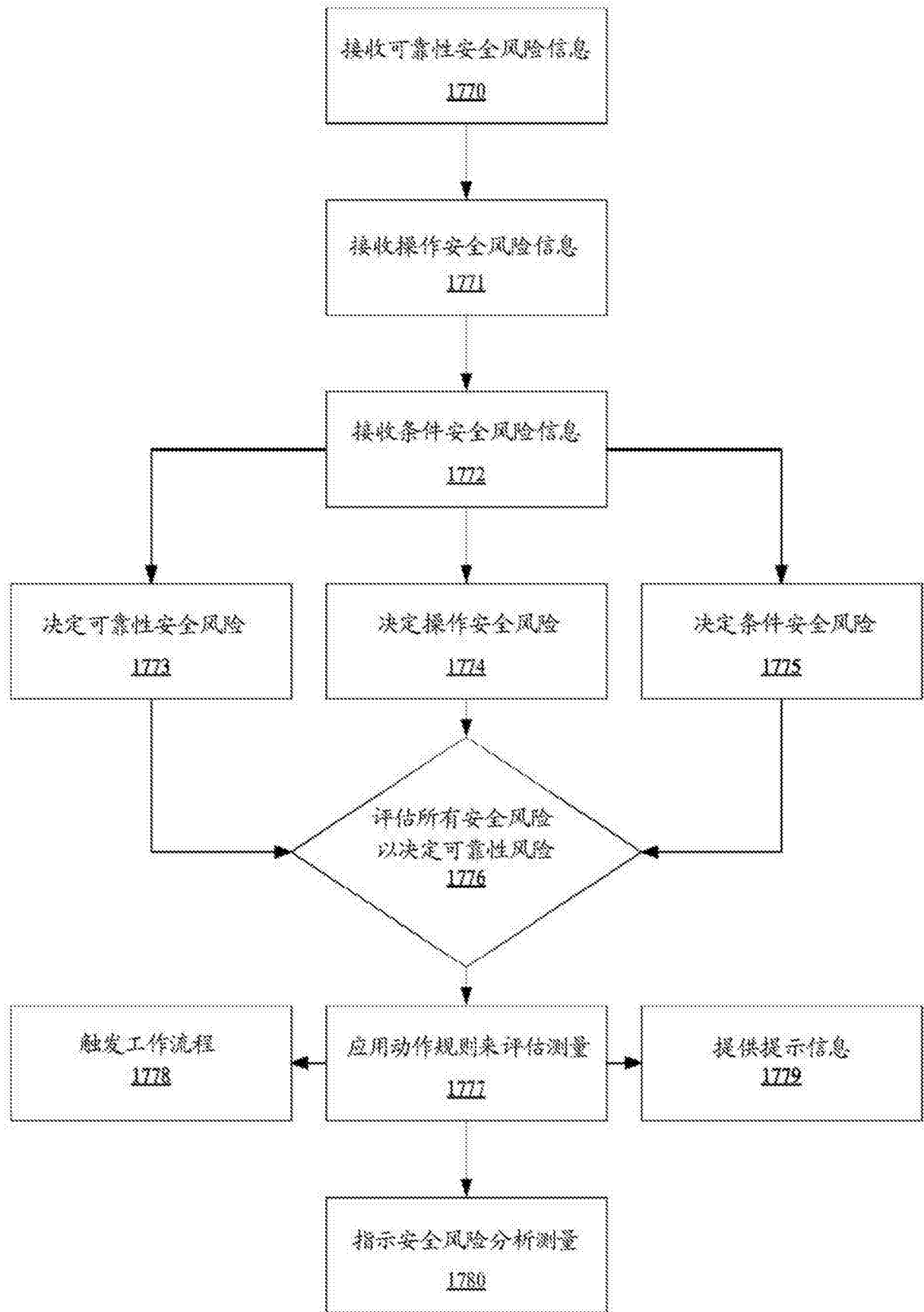


图17B

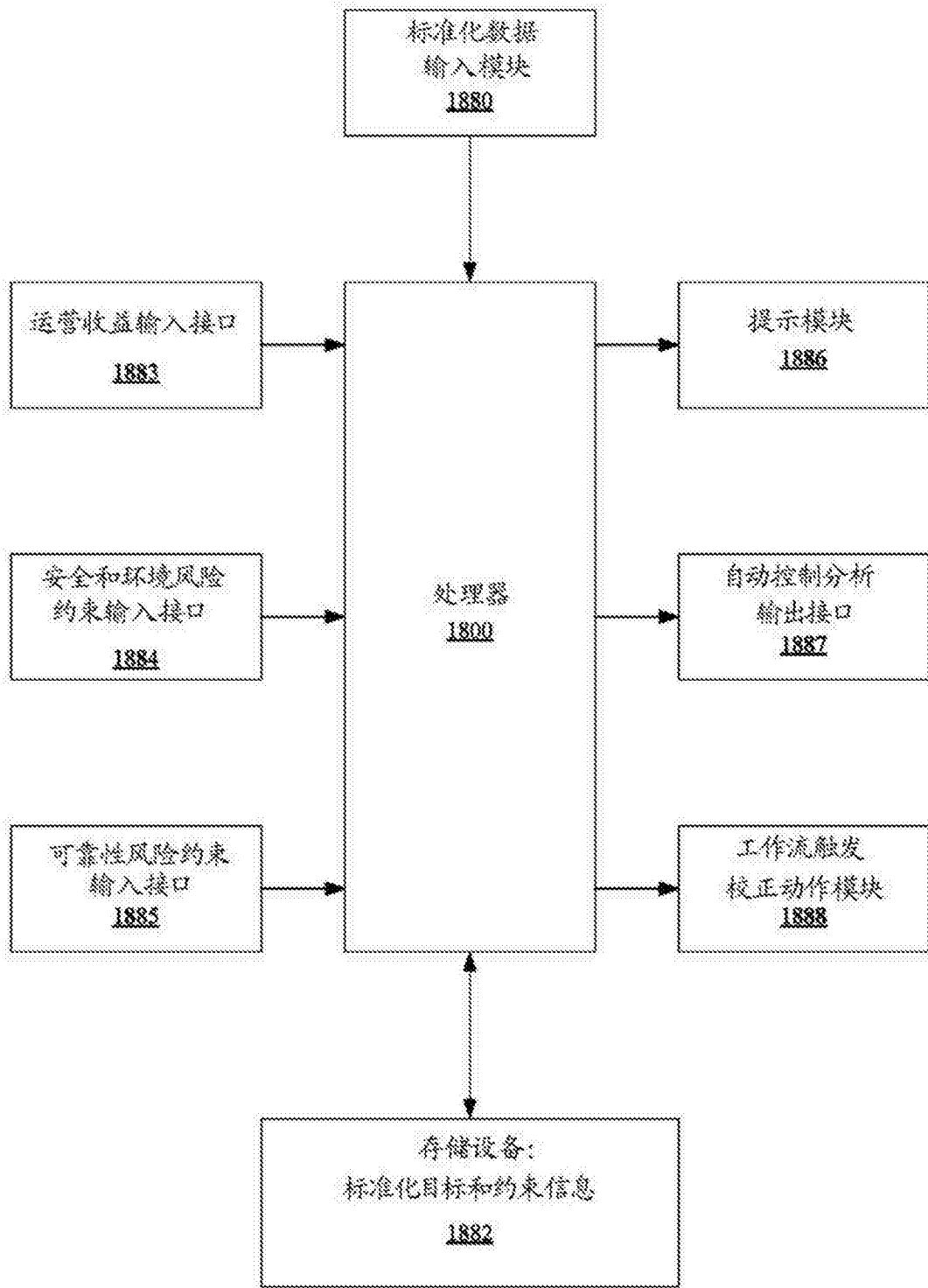


图18A

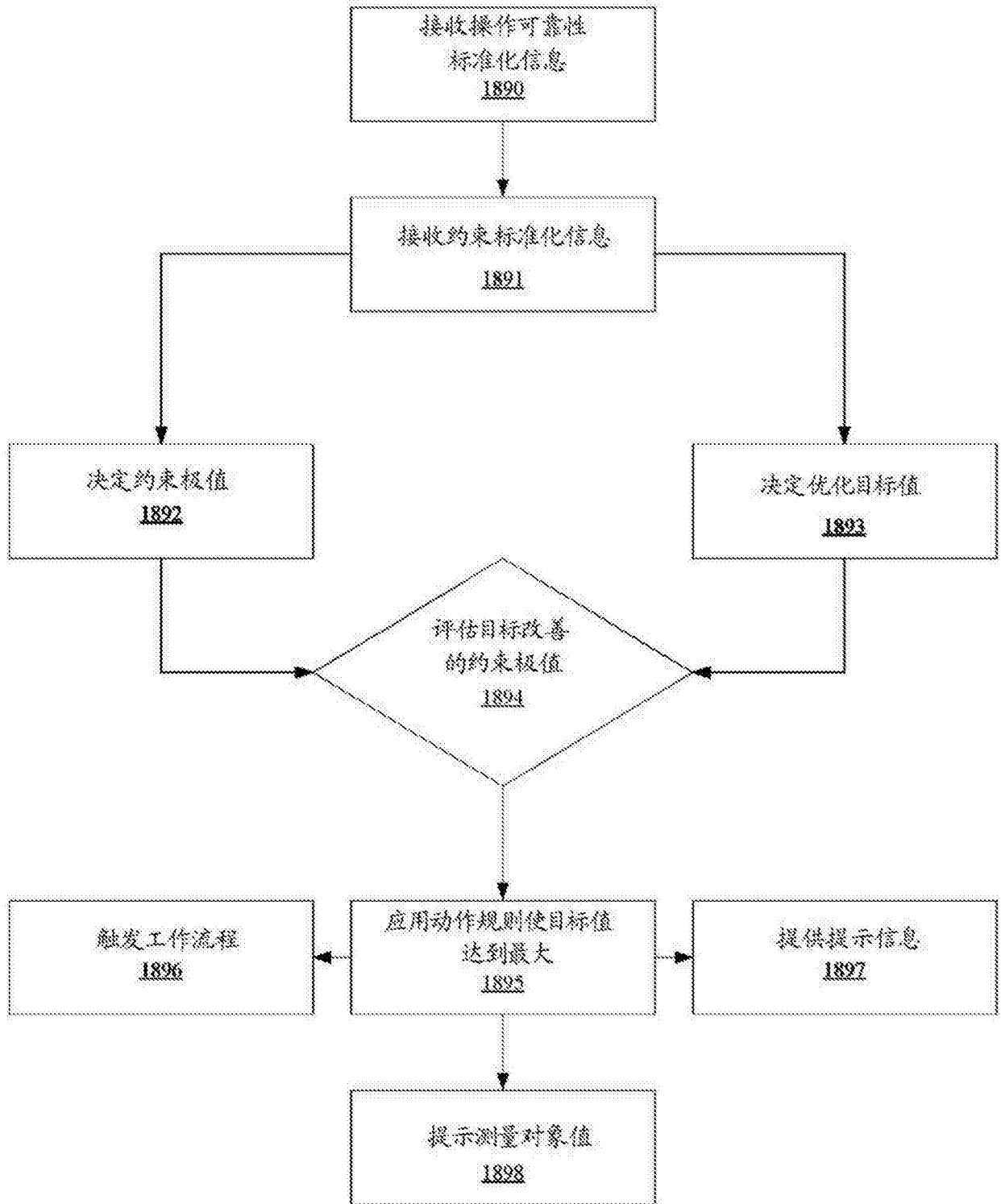


图18B

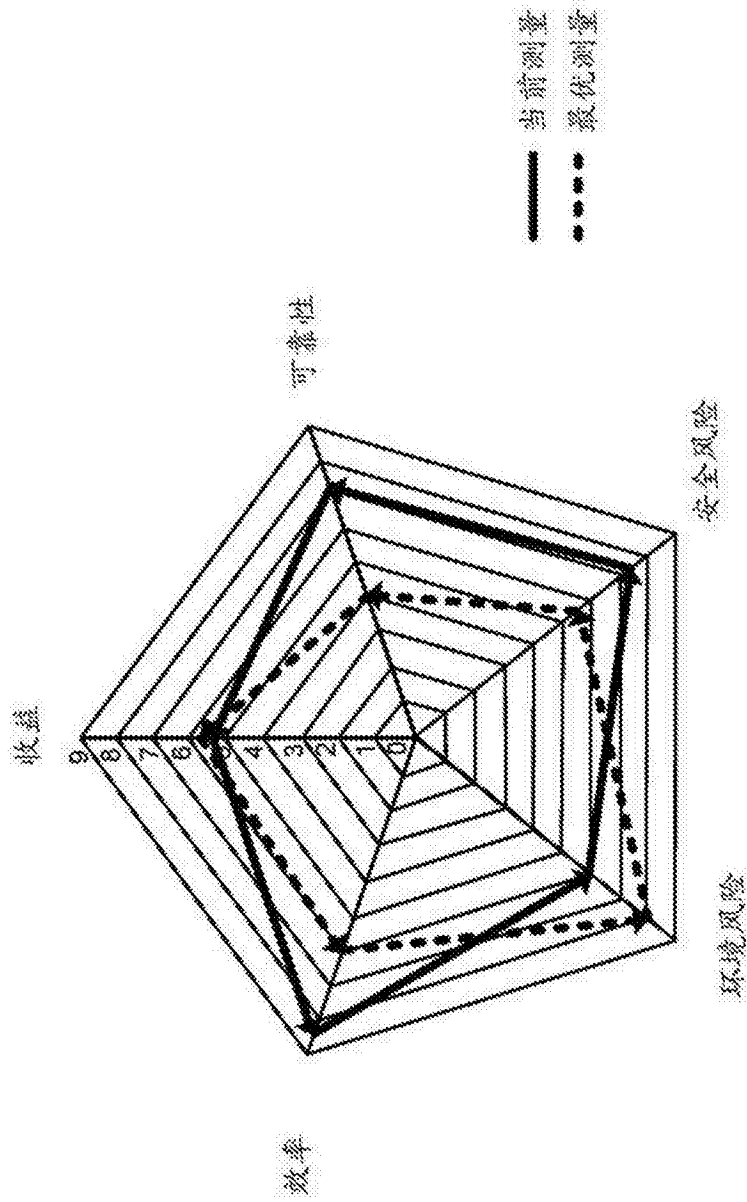


图19A

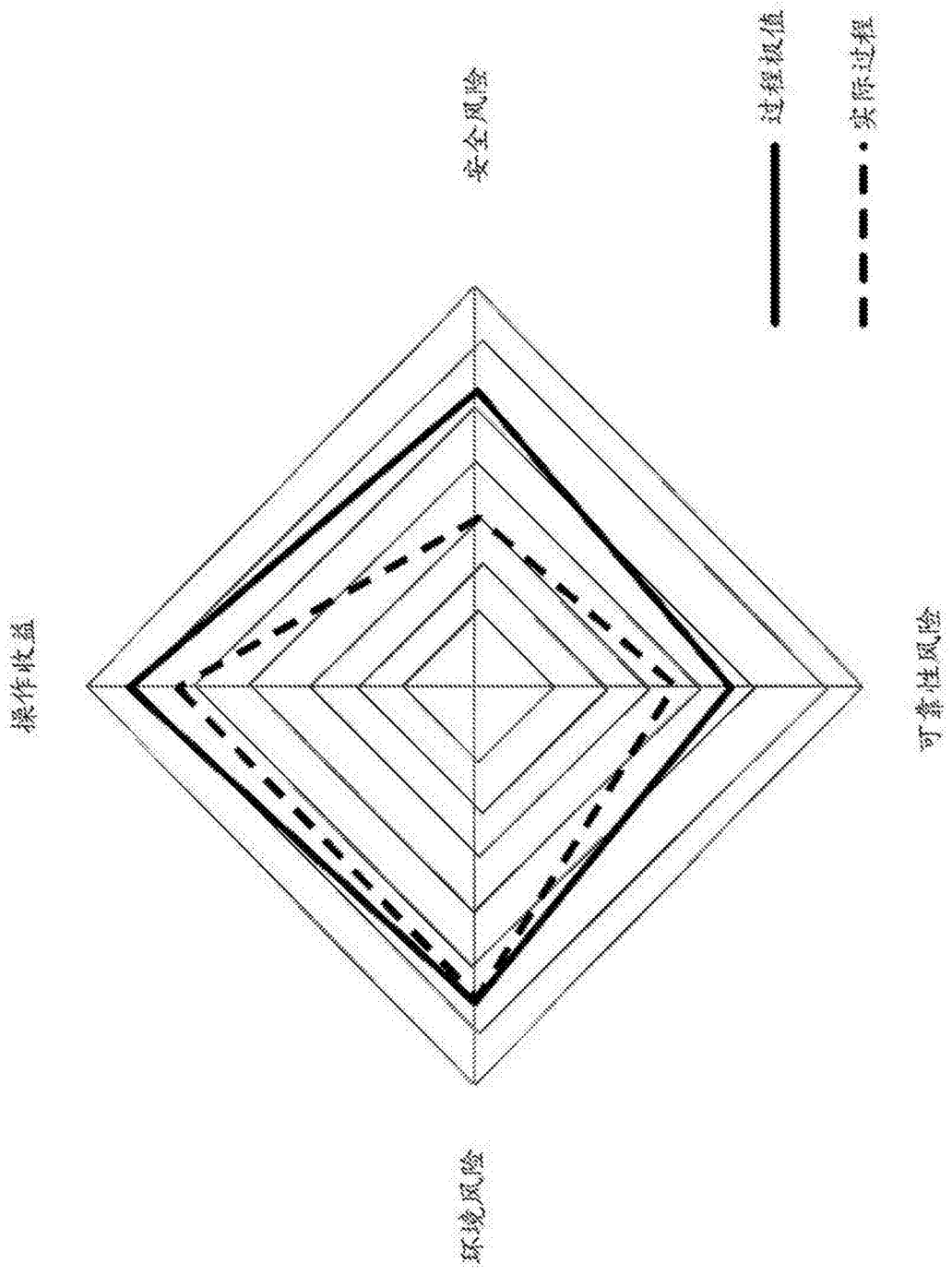


图19B

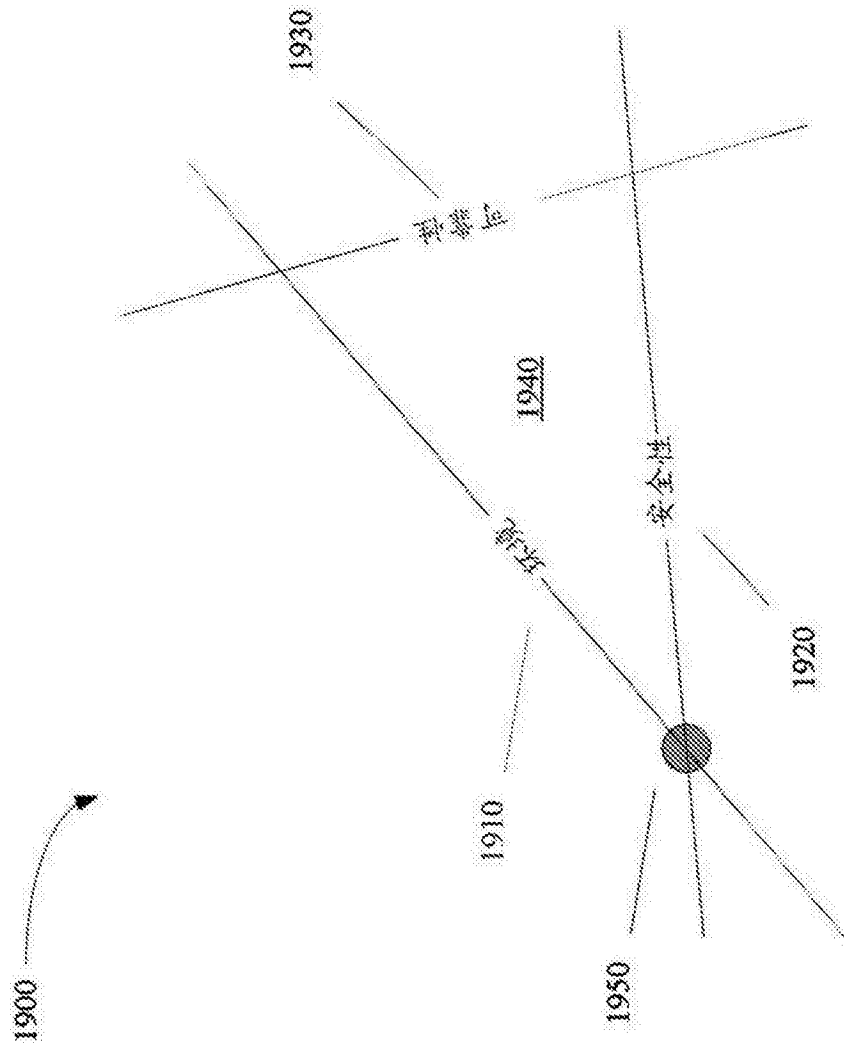


图19C

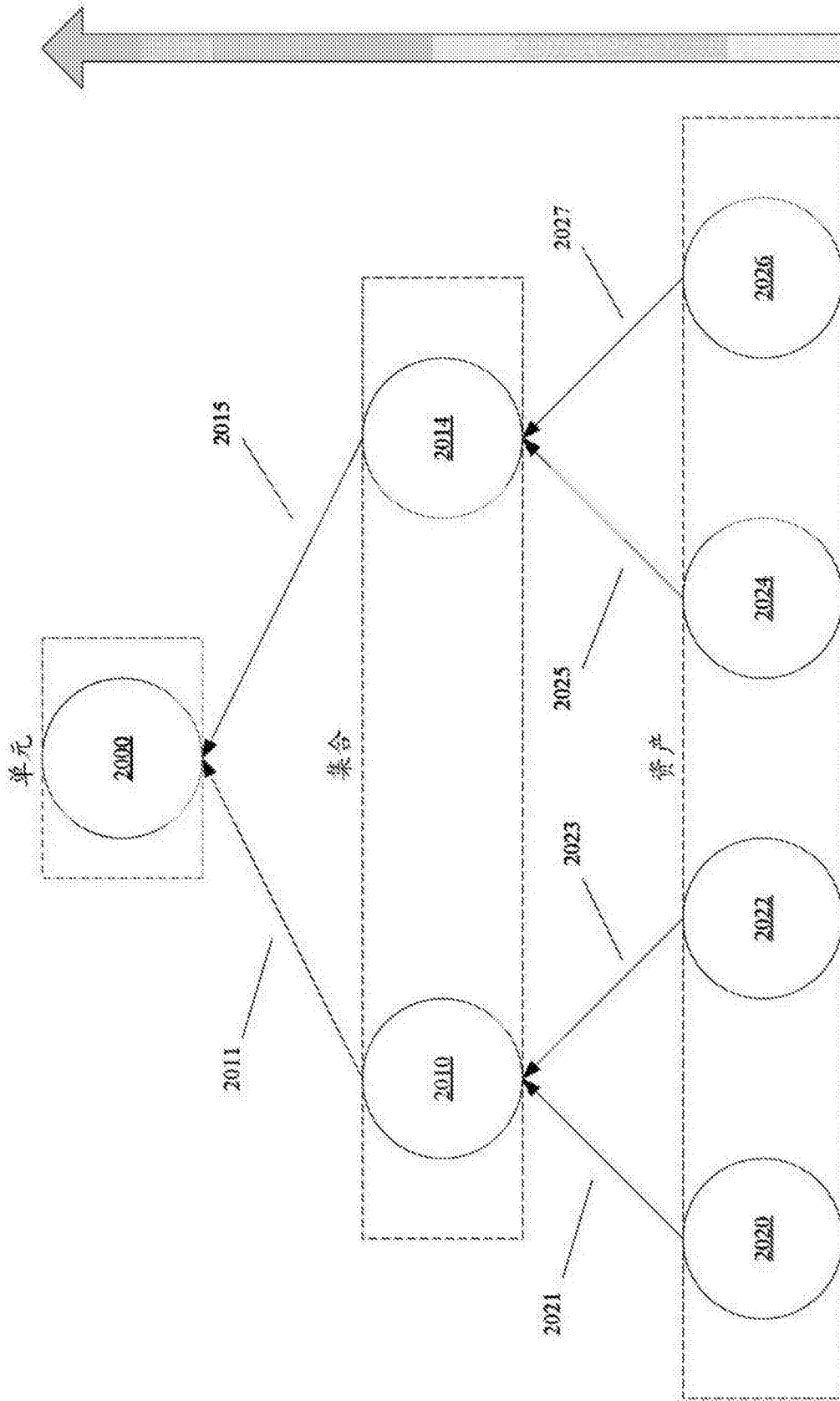


图20A

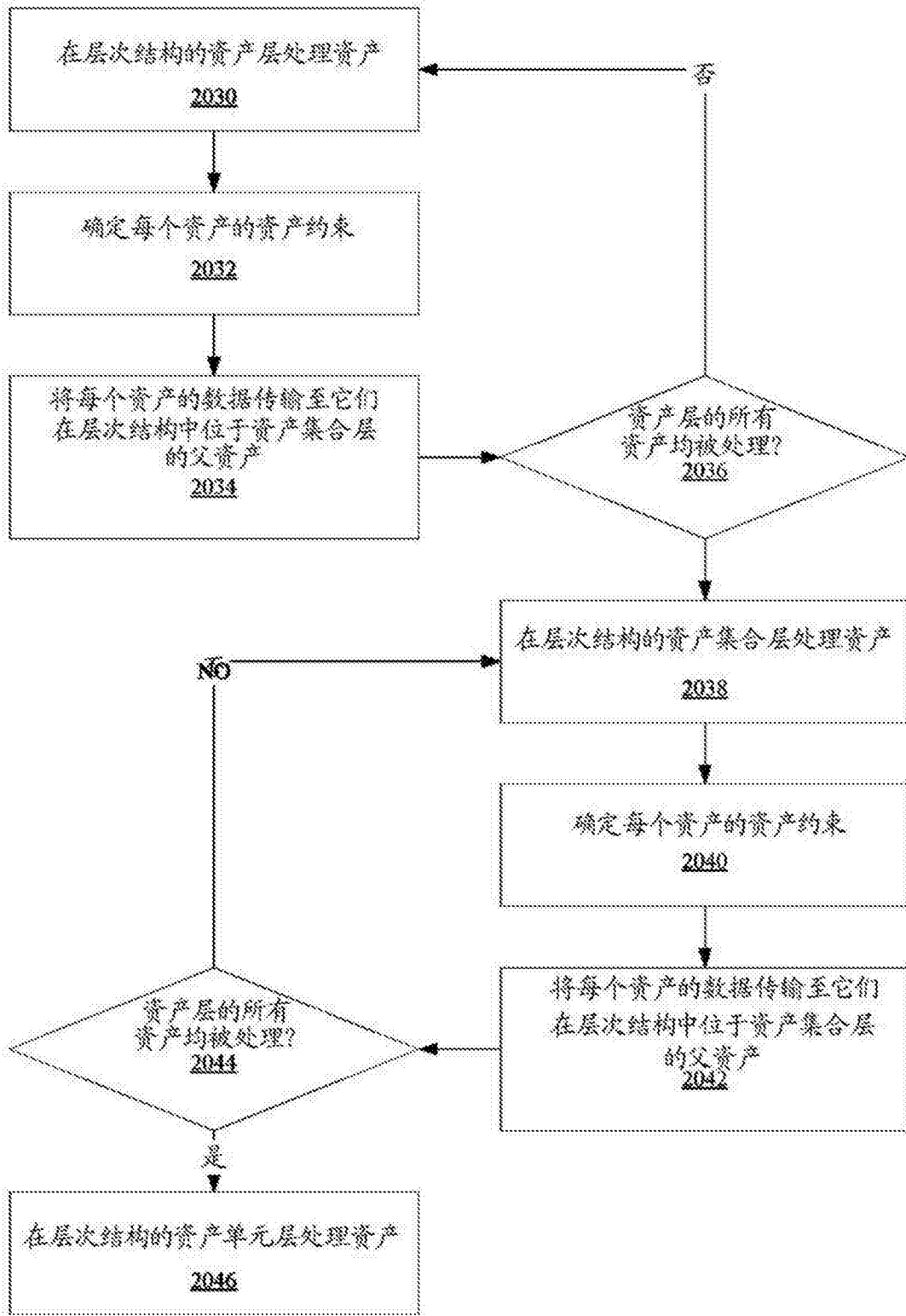


图20B

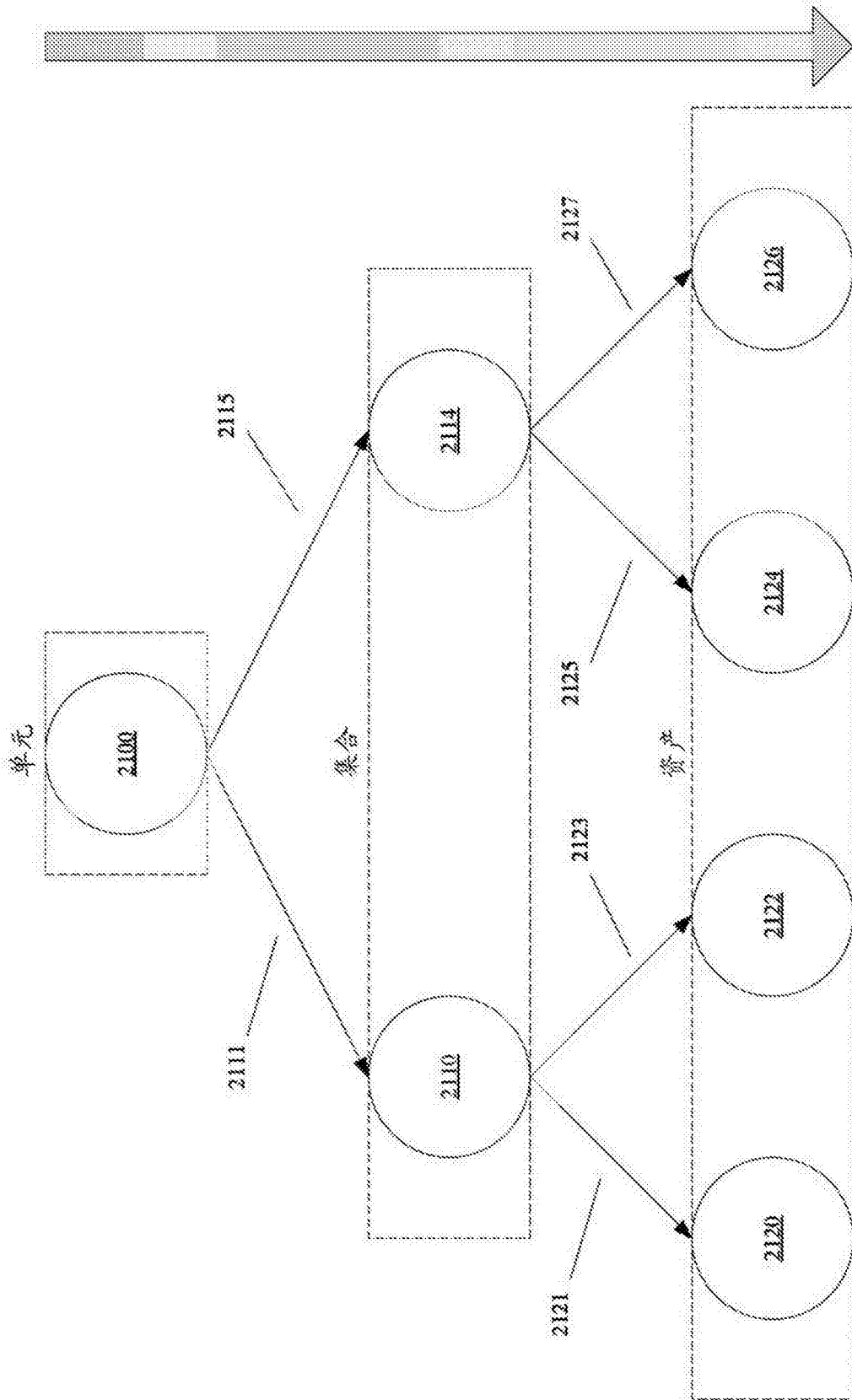


图21A

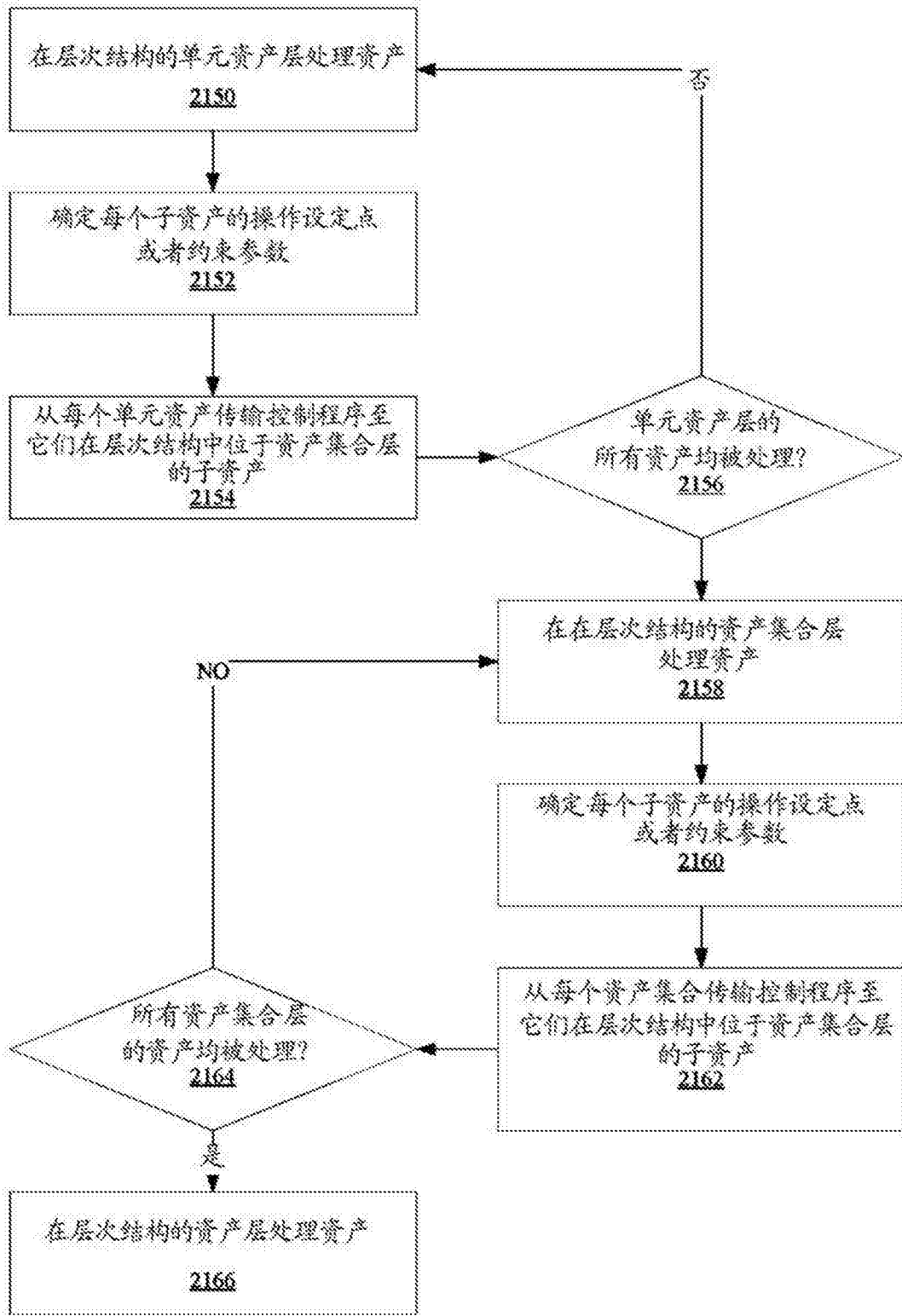


图21B

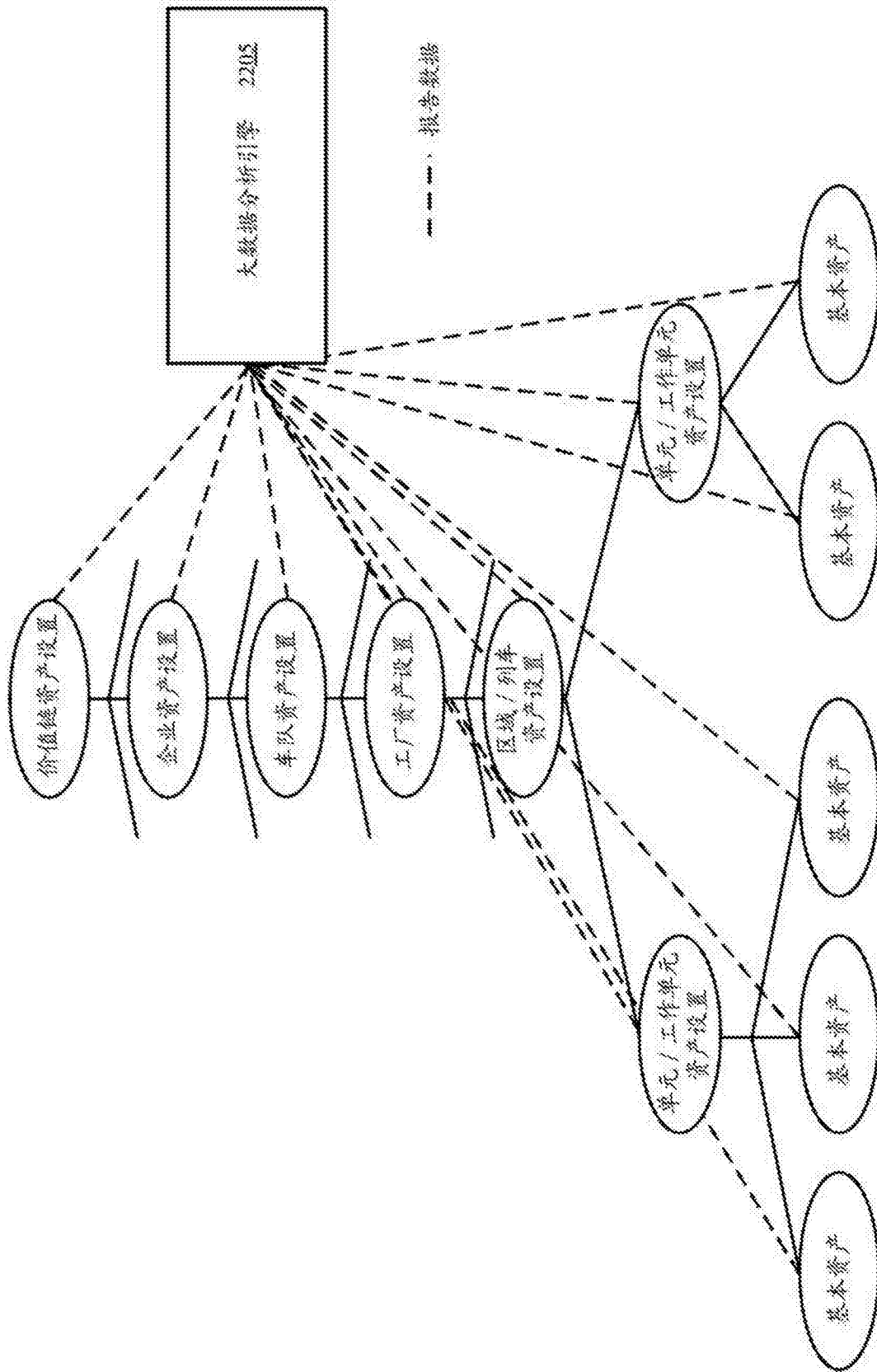


图22

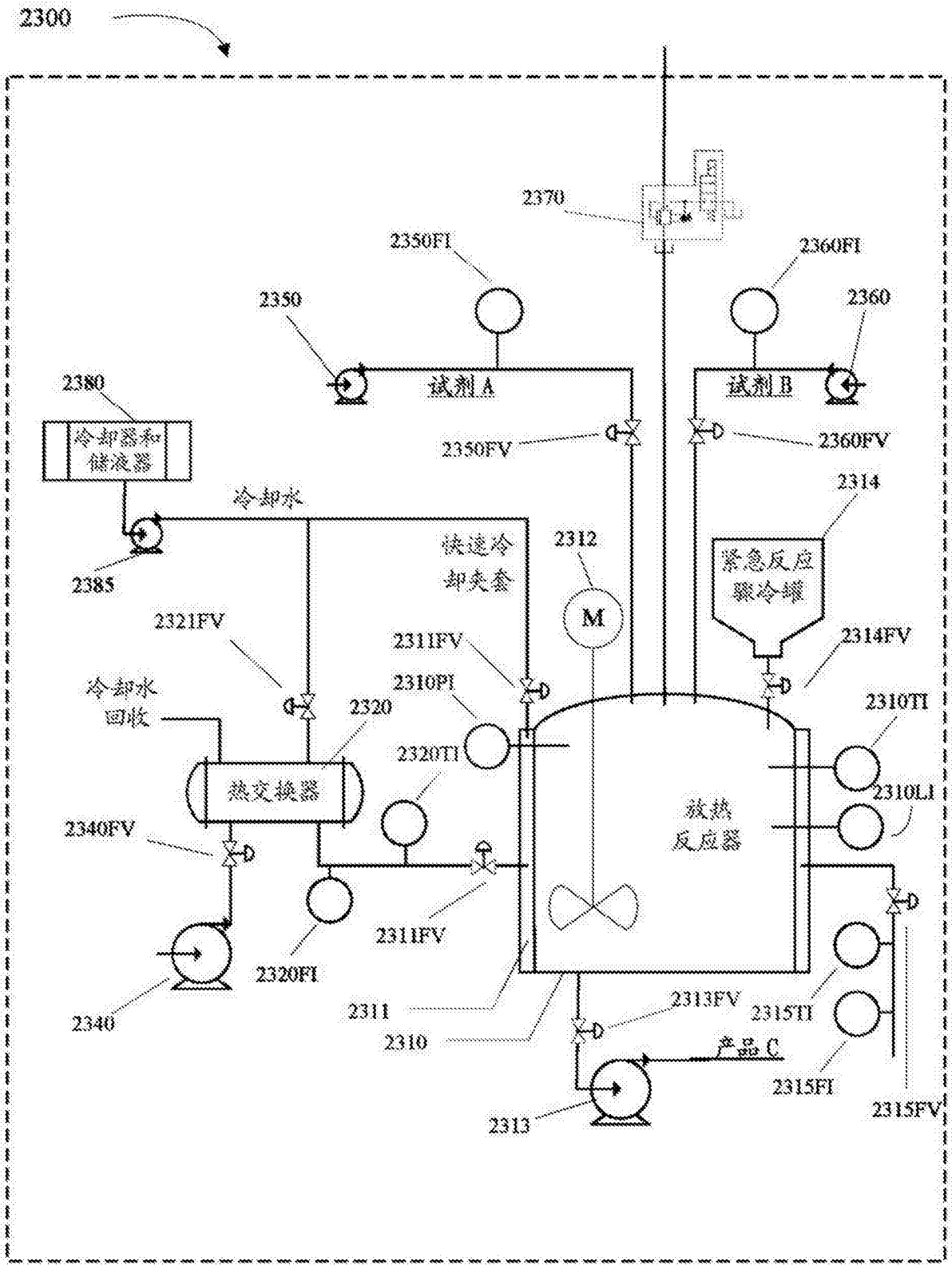


图23

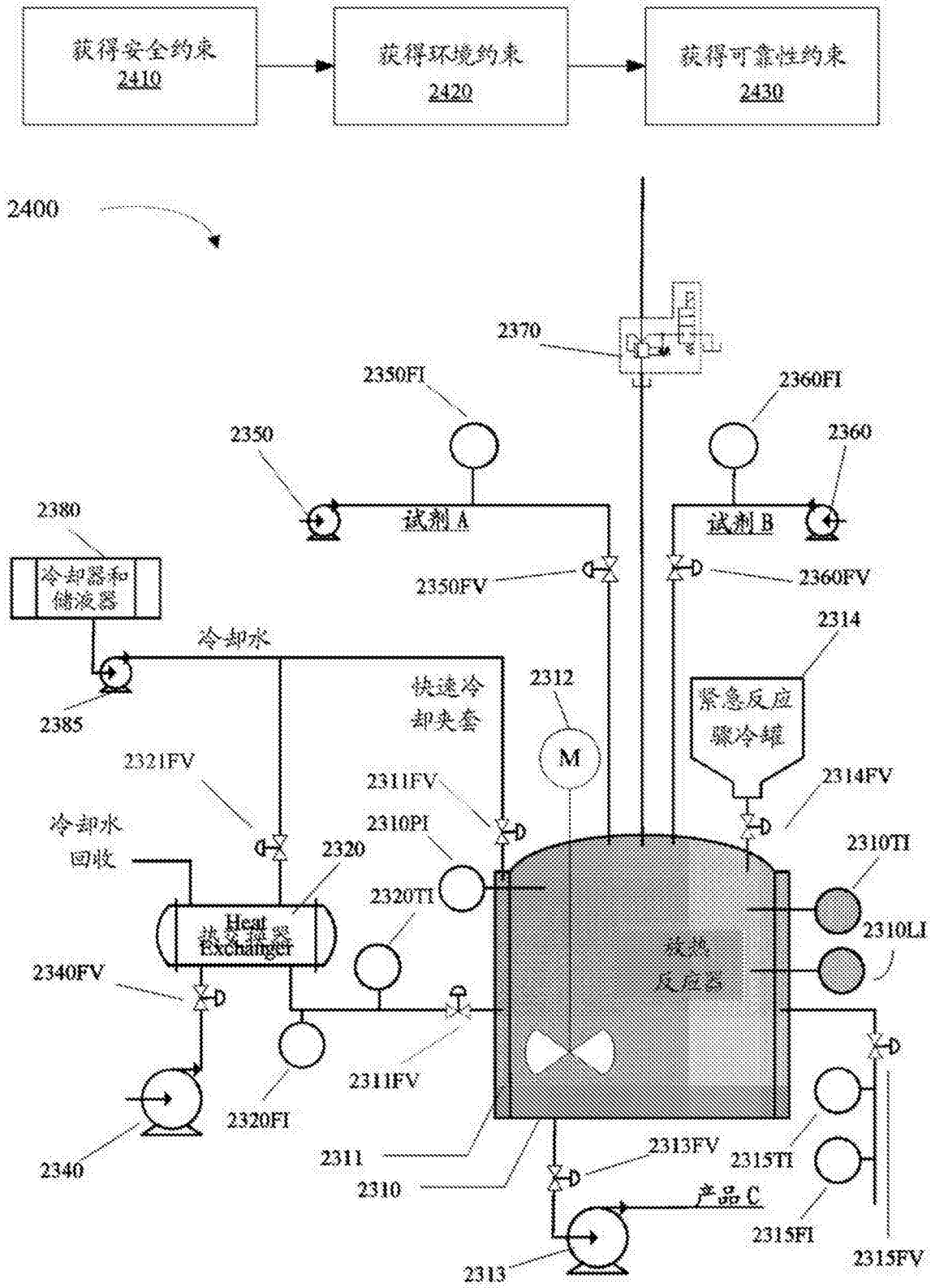


图24

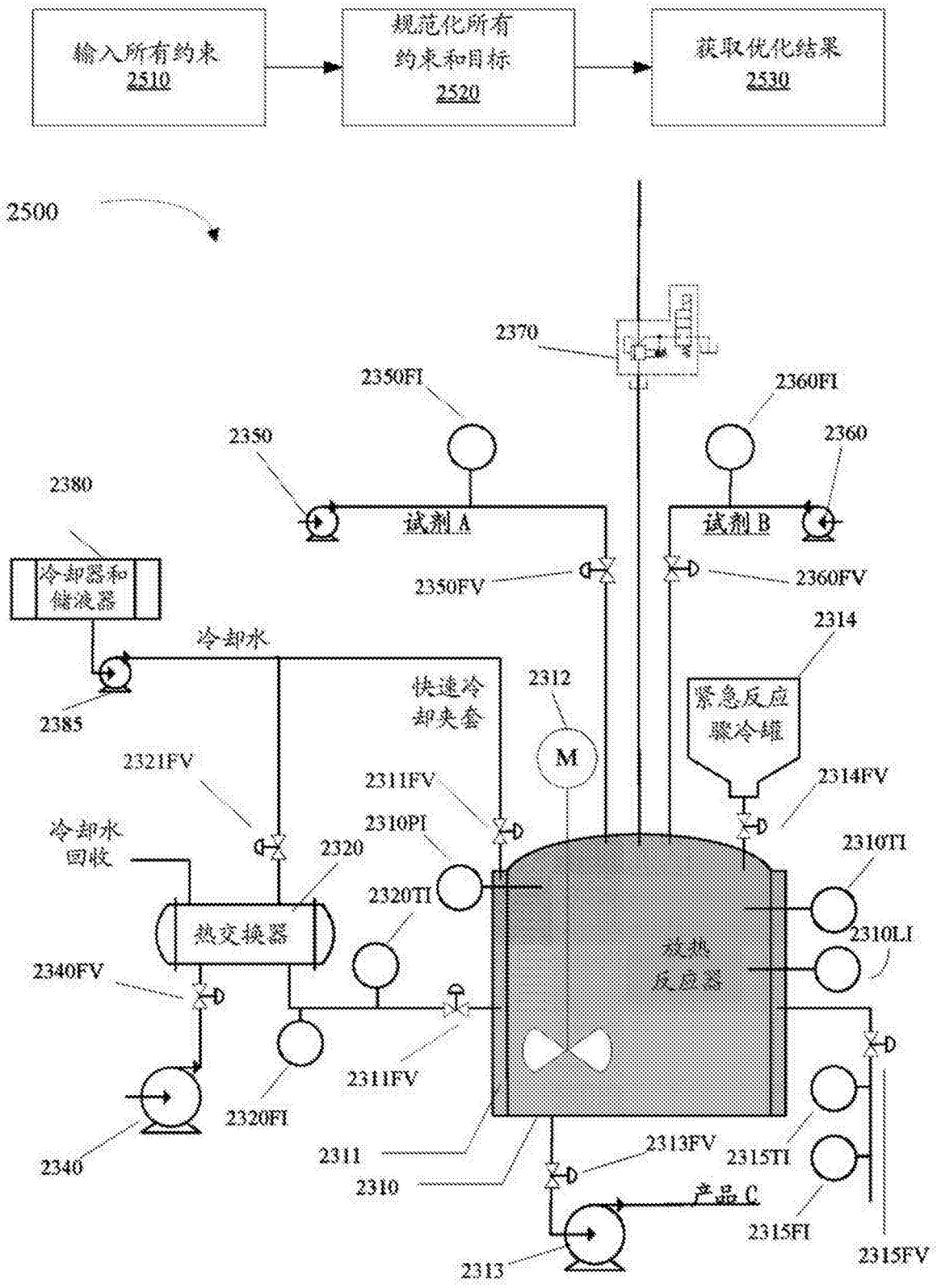


图25

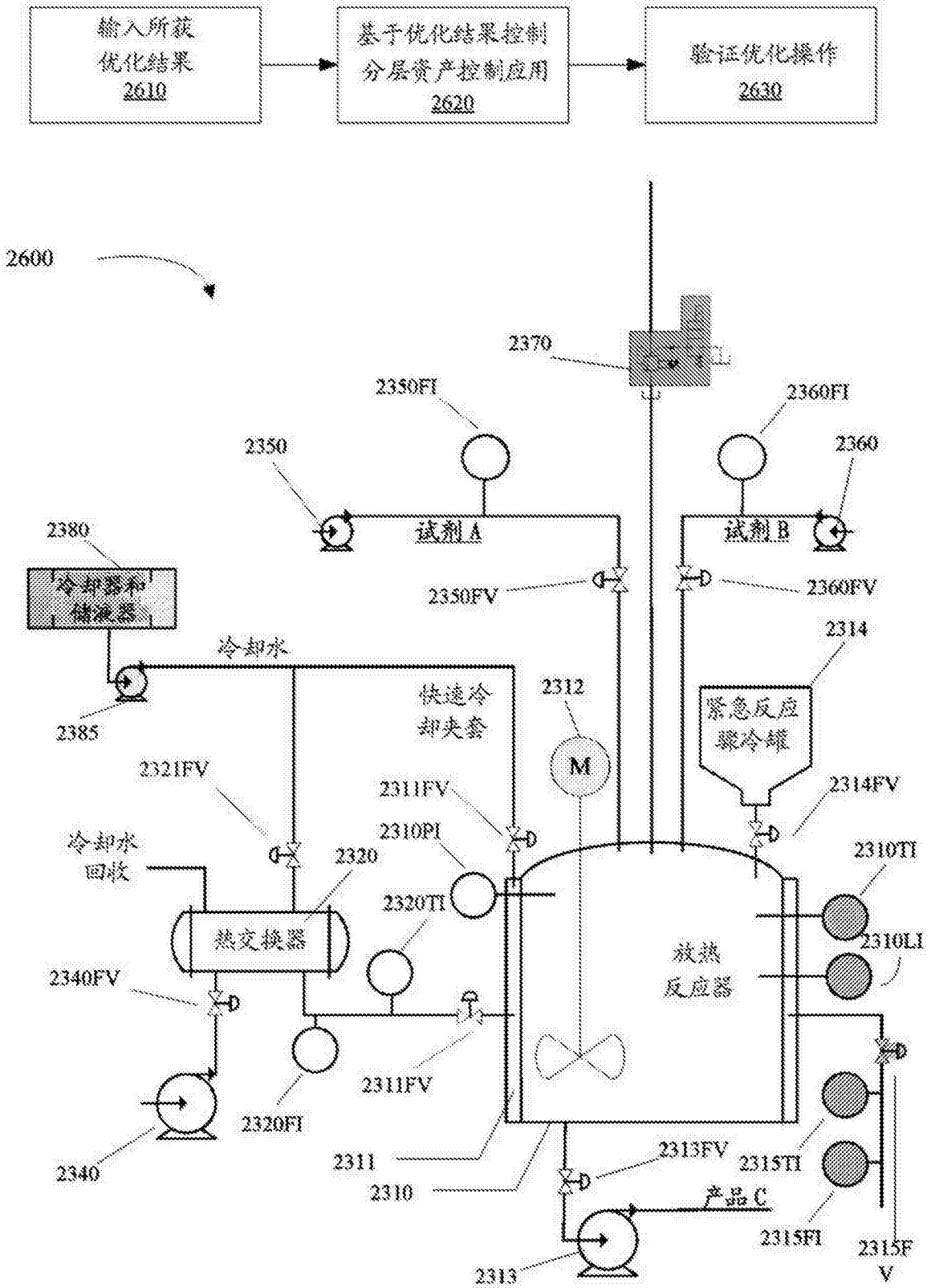


图26

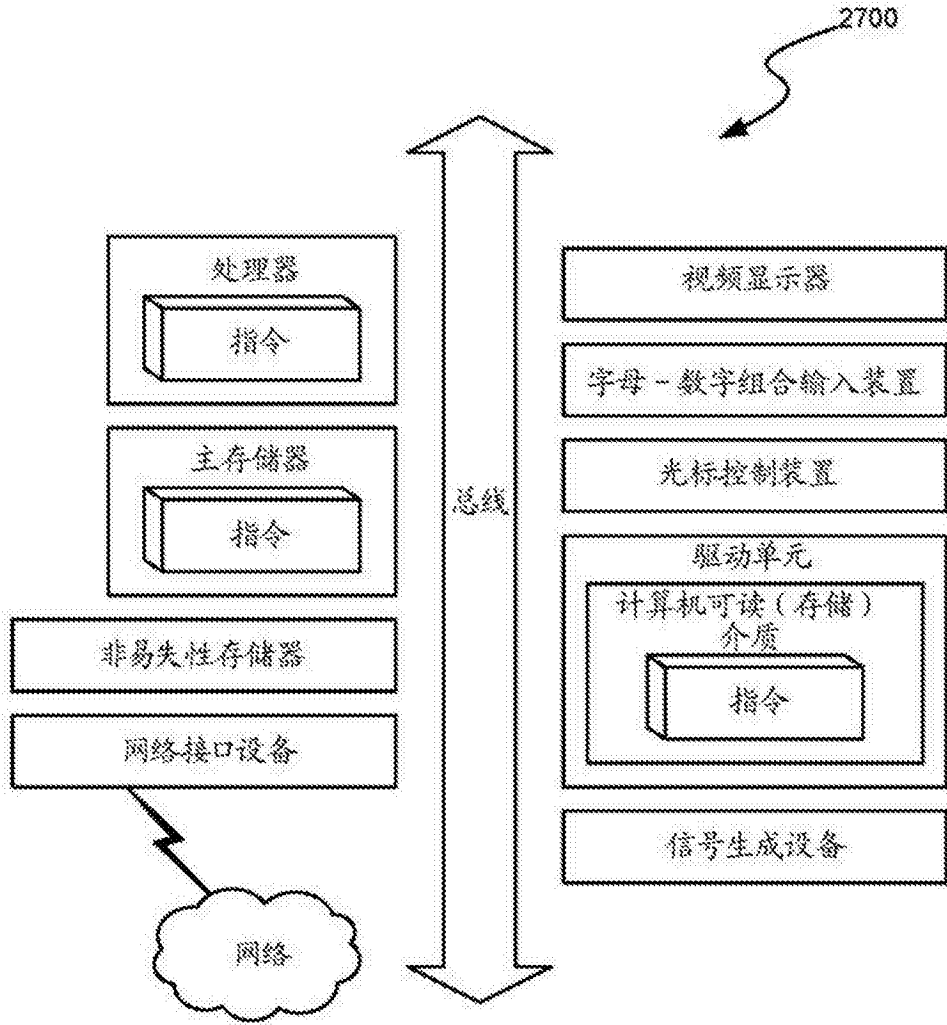


图27