



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107656512 B

(45) 授权公告日 2022.11.08

(21) 申请号 201710610352.2

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

(22) 申请日 2017.07.25

72002

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107656512 A

专利代理人 曹雯

(43) 申请公布日 2018.02.02

(51) Int.CI.  
G05B 23/02 (2006.01)

(30) 优先权数据

审查员 史珊珊

201621025381 2016.07.25 IN  
15/381,868 2016.12.16 US

(73) 专利权人 费希尔-罗斯蒙特系统公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 C·R·比蒂科费 A·弗古森  
C·P·坎茨埃 J·韦斯特布罗克  
T·D·勒 A·C·拉塞尔三世  
A·R·杜威 M·R·达拉尔  
T·M·德普克

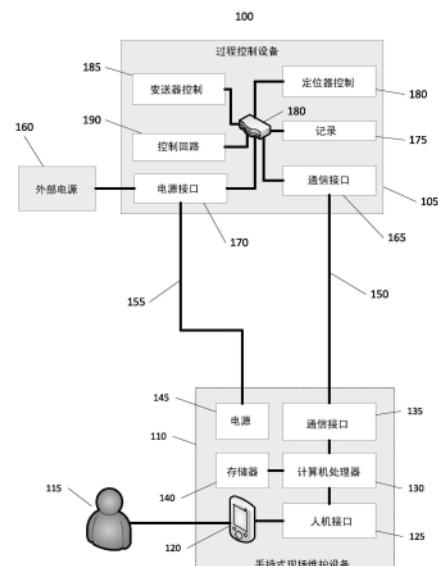
权利要求书4页 说明书15页 附图16页

## (54) 发明名称

连接监测现场维护工具

## (57) 摘要

连接到过程控制设备(例如基金会现场总线设备和高速可寻址远程传感器设备)的多功能现场维护(FM)工具可以自动地检测并且同步识别在过程控制工厂中的通信、检修连接以及供电。通过推荐的检修步骤指导多功能FM工具的用户来简化检修过程,而同步检测和校正问题减少了需要维护过程控制设备的工具的数量,减少了破坏的风险以及通过最小化生产停工时间提高效率。



1. 一种由计算机处理器执行的方法,包括:检测在所述处理器与过程控制设备之间通信地耦合的路径的存在;测量所述通信地耦合的路径的电性特征;从存储器设备取回所述过程控制设备的通信协议的电性要求;计算在存在的所述通信地耦合的路径中的、并在所述电性特征与所述电性要求之间的缺陷;从所述存储器设备取回减少所述缺陷的电性减弱;以及将所述电性减弱显示在显示设备上。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述电性特征包括所述通信地耦合的路径上的电压,并且其中,所述电性要求包括在所述过程控制设备内所要求的电压。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述缺陷包括不足以适当地操作所述过程控制设备的电势,并且其中,所述电性减弱包括向所述过程控制设备提供满足所述电性要求的电压。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述电性减弱进一步包括修改所述通信地耦合的路径中的布线配置,并且其中,所述处理器使得布线指令显示在所述显示设备上。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述布线指令包括对过程控制设备上的适当的布线连接的说明。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述电性特征包括与所述通信地耦合的路径相关联的电阻。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述缺陷包括与所述通信地耦合的路径相关联的、不足以支持所述处理器与所述过程控制设备之间的通信的电阻,并且其中,所述电性减弱包括修改所述通信地耦合的路径中的电阻,以允许所述处理器与所述过程控制设备之间的通信。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述电性减弱包括修改与所述通信地耦合的路径相关联的电流,以便:(i)使得致动器设备能够运行和通信或者(ii)移动致动器设备。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述处理器在所述显示设备上显示选项,用于修改与所述通信地耦合的路径相关联的电阻。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述处理器被包含在符合高速可寻址远程传感器协议的现场维护工具内,并且其中,所述现场维护工具被配置为使用快速傅里叶变换来检测基金会现场总线通信。

11. 根据权利要求10所述的方法,进一步包括检测通信回路上的模拟或数字通信的缺失,并且其中,所述电性减弱包括对于通信回路上的设备进行轮询。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述电性减弱包括以下操作中的至少一个:将167欧姆的电阻增加到所述通信地耦合的路径;将250欧姆的电阻增加到所述通信地耦合的路径;以及将500欧姆的电阻增加到所述通信地耦合的路径。

13. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述缺陷包括电源容量已经被超过,并且其中,所述电性减弱包括从所述电源中减少设备源的数量或者移除所述电源的电流限制。

14. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述缺陷包括所述通信地耦合的路径中的导线被短路,并且其中,所述电性减弱包括更换所述通信地耦合的路径中的导线。

15. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述处理器被包含在符合基金会总线协议的现场维护工具内。

16. 根据权利要求15所述的方法,进一步包括将电压从所述现场维护工具提供到所述

过程控制设备。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述缺陷包括高于由所述电性要求设置的阈值的电压,并且其中,所述过程控制设备符合基金会总线协议。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述电性减弱包括禁止将电压从所述现场维护工具提供到所述过程控制设备的尝试。

19. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述缺陷包括以下情况中的至少一个:(i)由所述电性要求设置相反极性的电压,(ii)没有设备被检测到,(iii)检测到短路,以及(iv)电源容量被超过了。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中,所述电性减弱包括以下情况中的至少一个:使由所述现场维护工具提供的电压的极性反向;或者所述处理器使得说明显示在所述显示设备上,以便修改从所述现场维护工具至所述过程控制设备的布线提供电压。

21. 一种现场维护工具,包括:计算机处理器;存储器设备;显示设备;电性测量传感器;和通信连接器;其中,所述处理器被配置为:检测在所述处理器、所述通信连接器与过程控制设备之间通信地耦合的路径的存在;使用所述电性测量传感器来测量所述通信地耦合的路径的电性特征;从所述存储器设备取回所述过程控制设备的通信协议的电性要求;计算在所述电性特征与所述电性要求之间的缺陷;从所述存储器设备取回减少所述缺陷的电性减弱;以及将所述电性减弱显示在显示设备上。

22. 根据权利要求21所述的工具,其中,所述电性特征包括所述通信地耦合的路径上的电压,并且其中,所述电性要求包括在所述过程控制设备内所要求的电压。

23. 根据权利要求22所述的工具,其中,所述缺陷包括不足以适当地操作所述过程控制设备的电势,并且其中,所述电性减弱包括向所述过程控制设备提供满足所述电性要求的电压。

24. 根据权利要求23所述的工具,其中,所述电性减弱进一步包括修改所述通信地耦合的路径中的布线配置,并且其中,所述处理器使得布线指令显示在所述显示设备上。

25. 根据权利要求24所述的工具,其中,所述布线指令包括对过程控制设备上的适当的布线连接的说明。

26. 根据权利要求21所述的工具,其中,所述电性特征包括与所述通信地耦合的路径相关联的电阻。

27. 根据权利要求26所述的工具,其中,所述缺陷包括与所述通信地耦合的路径相关联的、不足以支持在所述处理器与所述过程控制设备之间的通信的电阻。

28. 根据权利要求27所述的工具,其中,所述电性减弱包括修改与所述通信地耦合的路径相关联的所述电阻。

29. 根据权利要求28所述的工具,其中,所述处理器使得以下中的至少一个被实现:(i)在所述显示设备上显示选项,以便修改与所述通信地耦合的路径相关联的电阻,(ii)提供电流,以便致动器设备运行和通信,以及(iii)用于移动致动器设备的电流。

30. 根据权利要求21所述的工具,其中,所述现场维护工具符合高速可寻址远程传感器协议。

31. 根据权利要求30所述的工具,进一步包括检测通信回路上的模拟通信或数字通信的缺失,并且其中,所述电性减弱包括对于通信回路上的设备进行轮询。

32. 根据权利要求31所述的工具,其中,所述电性减弱包括以下操作中的至少一个:(i)将167欧姆的电阻增加到所述通信地耦合的路径,(ii)将250欧姆的电阻增加到所述通信地耦合的路径,以及(iii)将500欧姆的电阻增加到所述通信地耦合的路径。

33. 根据权利要求23所述的工具,其中,所述缺陷包括电源容量已经被超过,并且其中,所述电性减弱包括从所述电源中减少设备源的数量或者移除所述电源的电流限制。

34. 根据权利要求23所述的工具,其中,所述缺陷包括所述通信地耦合的路径中的导线被短路,并且其中,所述电性减弱包括更换所述通信地耦合的路径中的导线。

35. 根据权利要求21所述的工具,其中,所述处理器被包含在符合基金会总线协议的现场维护工具内。

36. 根据权利要求35所述的工具,进一步包括电压源,其中,所述电压源将电压从所述现场维护工具提供到所述过程控制设备。

37. 根据权利要求36所述的工具,其中,所述缺陷包括高于由所述电性要求设置的阈值的电压,并且其中,所述过程控制设备符合基金会总线协议。

38. 根据权利要求37所述的工具,其中,所述电性减弱包括禁止将电压从所述现场维护工具提供至所述过程控制设备的尝试。

39. 根据权利要求36所述的工具,其中,所述缺陷包括由所述电性要求设置的相反极性的电压。

40. 根据权利要求39所述的工具,其中,所述电性减弱包括以下操作中的至少一个:使由所述现场维护工具所提供的电压的极性反向,或者所述处理器在所述显示设备上显示说明,以便修改从所述现场维护工具至所述过程控制设备的布线提供电压。

41. 一种由计算机处理器执行的方法,包括:检测在所述处理器与过程控制设备之间通信地耦合的路径的存在;测量所述通信地耦合的路径的电性特征;从存储器设备取回所述过程控制设备的通信协议的电性要求;计算在存在的所述通信地耦合的路径中的、并在所述电性特征与所述电性要求之间的缺陷;从所述存储器设备取回减少所述缺陷的电性减弱;以及将所述电性减弱显示在显示设备上;其中,所述电性减弱进一步包括修改所述通信地耦合的路径中的布线配置,并且其中,所述处理器在所述显示设备上显示布线指令,并且其中,所述布线指令包括对过程控制设备上的适当的布线连接的说明。

42. 根据权利要求41所述的方法,进一步包括对于高速可寻址远程传感器设备进行轮询,并且其中,所述电性特征和电性要求包括以下中的至少一个:(i)在所述通信地耦合的路径上,电压的存在和高速可寻址远程传感器协议通信的存在,(ii)在所述通信地耦合的路径上,电压的存在且没有通信,以及(iii)在所述通信地耦合的路径上,没有电压且没有通信。

43. 根据权利要求41所述的方法,进一步包括启动基金会总线通信,并且其中,所述电性特征和电性要求包括:所述通信地耦合的路径上的电压以及基金会现场总线通信的存在。

44. 根据权利要求41所述的方法,其中,进一步包括检测对在所述处理器与过程控制设备之间所述通信地耦合的路径的切断。

45. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述电性特征和电性要求包括所述通信地耦合的路径上的通信和电压,其中,所述电性减弱包括修改所述通信地耦合的路径上的电流,以

及其中,所述电性减弱包括向所述过程控制设备供应电压。

46. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述电性要求包括对基金会现场总线通信的要求,并且其中,所述电性特征包括高速可寻址远程传感器通信。

47. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述电性要求包括对高速可寻址远程传感器通信的要求,并且其中,所述电性特征包括基金会现场总线通信。

48. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述电性减弱包括向所述过程控制设备供给电流,并且其中,所述过程控制设备是定位器。

49. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述电性减弱包括在诊断或者软件升级期间,增加所述过程控制设备的电流。

50. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述过程控制设备包括变送器,并且其中,电性要求包括变送器控制信号。

51. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述过程控制设备包括定位器,并且其中,所述电性要求包括变送器控制信号。

52. 根据权利要求41所述的方法,包括在所述处理器处接收指示,以便取消所述电性减弱。

53. 根据权利要求41所述的方法,包括随着所述电性特征改变,动态地更新所述电性减弱在所述显示设备上的显示。

54. 根据权利要求41所述的方法,包括响应于所述电性特征的改变,尝试所述通信地耦合的路径上的通信。

55. 根据权利要求41所述的方法,包括响应于来自人机接口的撤销指示而撤销所述电性减弱。

56. 根据权利要求41所述的方法,包括在没有来自人机接口的指示的情况下,重复所述电性减弱。

57. 根据权利要求41所述的方法,其中,所述电性减弱包括防止对所述通信地耦合的路径的电性修改。

## 连接监测现场维护工具

### 技术领域

[0001] 本公开内容总体上涉及用于过程控制系统的现场维护工具,更具体地,涉及经优化以在过程控制系统中存在危险状况的情况下运行的现场维护工具。

### 背景技术

[0002] 像在化学、石油过程中使用的那些过程控制系统一样的过程控制系统通常包括经由模拟、数字或者组合的模拟/数字通信链路通信地耦合到至少一个主机或者操作者工作站以及一个或者多个现场设备的一个或者多个过程控制器。

[0003] 现场设备通常是或者包括致动器、传感器或者其某种组合。现场设备在过程工厂内执行功能,例如,打开或者关闭阀门以及测量过程参数。示例现场设备包括阀门、阀门定位器、开关、泵和变送器(例如,用于发送经由温度、压力或者流量传感器获得的测量)。现场设备可以经由无线或者有线链路通信地连接到过程控制器和/或其他现场设备,并且可以根据各种协议进行通信。

[0004] 过程控制器(有时被称为“控制器”)接收指示由现场设备进行的过程测量的信号和/或与现场设备有关的其他信息,使用该信息来实现控制例程,并且随后产生控制信号,该控制信号通过总线或者其他通信信道被发送以控制现场设备的操作。当控制器执行一个或者多个控制例程时,控制器基于以下信息向现场设备发送控制信号(即,控制输出):(i)一个或者多个接收的控制输入(例如,指示由现场设备进行的过程测量的一个或多个接收的信号和/或与现场设备有关的其他信息),以及(ii)一个或者多个控制例程的逻辑。

[0005] 使用从现场设备和过程控制器收集的信息,操作者或者技术人员可以在操作者工作站上实施执行与该过程相关的任何所需功能的一个或者多个应用,例如,配置过程、查看过程的当前状态和/或修改过程的操作。

[0006] 如上所述,现场设备可以被配置为根据各种通信协议与控制器和/或其他现场设备进行通信。在传统的4-20mA系统中,现场设备通过携带指示测量或者控制命令的4-20mA信号的电流回路(例如,一个或者多个导线)与控制器进行通信。例如,液位变送器可以感测罐液位,发送对应于该测量的电流信号(例如,针对0%的4mA信号、针对50%的12mA信号、针对100%的20mA)。控制器接收电流信号,基于电流信号确定罐液位测量,并且基于罐液位测量(例如,打开或者关闭入口阀门)采取某项措施。由于设计的简单性和有效性,传统的4-20mA系统在业内颇受欢迎。遗憾的是,传统的4-20mA电流回路仅可以发送一个特定的过程信号。因此,包括携带材料的管道上的控制阀门和流量变送器的装置可能需要三个单独的电流回路:一个用于携带指示对于阀门的控制指令的4-20mA信号(例如,将阀门移动到60%打开);第二个用于携带指示阀门的实际位置的4-20mA信号(例如,使得控制器知道阀门已经对控制命令做出响应的程度);第三个用于携带指示测量的流量的4-20mA信号。因此,在具有大量现场设备的工厂中的传统4-20mA装置可能需要大量布线,这可能是昂贵的并且当设置和维护通信系统时可能导致复杂性。

[0007] 最近,在过程控制行业内已经存在实现过程控制环境内的数字通信的举措。例如,

高速可寻址远程变送器(HART®)协议不仅使用回路电流幅度来发送和接收模拟信号,而且将数字载波信号叠加在电流回路信号上,以实现与智能现场仪器的双向现场通信。作为另一个示例,FOUNDATION Fieldbus®(基金会现场总线)协议在与全数字I/O通信网络相關联的双线总线上提供所有的数字通信。

[0008] 这些数字通信协议通常使更多的现场设备能够连接到特定总线,支持现场设备和控制器之间的更多和更快的通信和/或允许现场设备发送更多和不同类型的信息(诸如,与现场设备本身的状态和配置相关的信息)到过程控制器。此外,这些标准数字协议使得由不同制造商制造的现场设备能够在同一过程控制网络内一起使用。

[0009] 不管利用的通信协议如何,现场设备可能需要现场设置、配置、测试和维护。例如,在现场设备可以安装在过程控制工厂的特定位置处之前,现场设备可能需要被编程,然后需要在现场设备安装之前和之后进行测试。出于维护的原因,已经安装的现场设备还可能需要被定期检查,或者例如,当检测到故障并且为了维修或者修理需要诊断现场设备时。一般来说,现场设备的配置和测试使用手持式、便携式维护工具在位置上执行。由于许多现场设备安装在远程、难以到达的位置,对用户而言使用手持式、便携式维护工具而不是使用全配置及测试设备来测试安装在这些远程位置中的设备是更方便的,其中全配置及测试设备可能是重的、庞大的、非便携式的,通常需要将已安装的现场设备运送到诊断设备的现场。

[0010] 在现场设备至少部分地可操作并且经由本地总线供电的情况下,诸如便携式测试设备(“PTD”的手持式维护工具可以连接到现场设备的通信端子以运行诊断例程。通常,现场设备和PTD通过通常称为总线的双线或者四线通信连接或者线路进行通信。已知使用手持式设备连接到例如FOUNDATION Fieldbus®或HART®通信线路或其他通信总线以与连接到该通信线路或者总线的设备进行通信。

[0011] 在某些情况下,除非向现场设备供电,否则在位置上测试现场设备可能是不可能的。这可能发生在例如,当存在停电时、当存在局部到现场设备本身的功率问题时或者当一个或者多个现场设备离线时,即处于故障情况时。通常,可以通过经由双线功率线路将现场设备连接到电源来向现场设备供电。例如,FOUNDATION Fieldbus®设备经由用于与FOUNDATION Fieldbus®设备进行通信的相同端子供电。然而,便携式电源考虑和本质安全(“IS”)标准限制了可以向现场设备供电的方式,特别是当现场设备安装在现场的关键或者危险的过程控制系统内时。

[0012] 在某些情况下,本质安全(“IS”)标准限制了可以向现场设备供电和其他通信信号的方式,特别是当现场设备安装在现场中的关键或者危险过程控制系统内时。通常,用于向现场设备供电的电压高于用于与现场设备进行通信的电压。此外,在为现场中的现场设备供电之前,某些安全措施必须被实现。特别地,根据IS指南,技术人员不能在现场设备本身内接通现场设备的电源,并且不能使用产生超过某些预定水平的电压的设备。

[0013] IS指南禁止内部功率切换和更大的电压的产生,因为现场设备通常安装在易挥发物质或者易失性过程附近,因此当高电压或者高功率连接应用于现场设备时,存在通过电弧或者产生火花而引起爆炸的较高可能性。作为参考,内部开关可以被认为是整体连接在现场设备内或者物理地容纳在现场设备内和/或固定到现场设备的任何开关。因此,维修现场设备的技术人员不能在现场设备中使用或者安装开关,以从所提供的或者冗余的功率线路为设备接通功率。

[0014] 相关的IS指南还建议不要在连接到现场设备并且位于现场设备附近的PTD内部接通功率。当向安装在现场的非操作或者非供电的现场设备施加功率时,IS标准通常需要手动干预。虽然可能预期将具有自动功率功能的现有PTD配置为用于向现场设备供电,但是在IS标准下该配置通常被禁止,特别是当向现场设备提供更高功率信号以向现场设备供电或者用于测试目的时。

[0015] 为了符合IS标准,某些现有的PTD包括具有四个连接端口的接口,四个连接端口用于在PTD和正在进行测试的现场设备之间耦合四条线路或者导线。通常,第一对线路用于按照第一电压范围发送通信信号,并且第二对线路用于按照第二和更高的电压或者电压范围向现场设备供电。每当现场设备正在进行测试时,第一对线路主要地被使用,并且仅当需要向现场设备供电时,才能使用第二对线路/导线以使现场设备能够实施功能(例如,测试功能或者配置功能)。

[0016] 以这种方式,用于进行测试的现场设备的另外功率总是需要手动干预,其包括在现场设备和PTD之间连接另外导线。简而言之,IS标准通常限制了便携式现场设备测试设备的开发,以需要两套单独的线路或者引线组以及用于将现场设备连接到便携式测试设备的三个或者四个端口。

[0017] 在通用的过程工厂中安装和维护仪器需要多个便携式工具,例如,用于初始设置和配置的通信器、用于验证和对仪器输出调整的校准器以及用于对回路布线、连接、电源和仪器本身进行检修的数字万用表。例如,维护旋转设备(例如,电机、泵和发电机)可能需要用于收集和分析用于检测即将发生的故障的振动数据的另外工具。

[0018] 爆炸性气体或者粉尘的潜在存在经常会对由诸如“工厂互保(Factory Mutual)”或者“加拿大标准协会(Canadian Standards Association)”等机构进行测试和认证的这些便携式工具提出另外的要求,以便被认证为安全用于危险区域,例如,上述讨论的IS标准。因此,技术人员经常需要获取和/或携带多种专用便携式工具进入工厂,以便执行所需的工作。

[0019] 当诸如维修技术人员的用户沿着数字过程控制系统执行维护测试和/或与现场设备的通信时,手持式维护工具通常电性连接到电性回路或者用于数据的总线和/或电源,或者直接连接到现场设备。维护工具最初尝试与现场设备进行通信,例如,通过沿着回路或者总线发送和/或接收数字通信信号。如果电性回路或者总线处于适当的操作状态,则可以毫无问题地发送和/或接收通信信号。然而,如果电性回路或者总线或者现场设备包含诸如短路或者断路的电性故障,则通信可能被阻止,并且可能需要诊断回路、总线和/或现场设备以识别故障。

[0020] 在过去,当这种故障被识别时,第二、单独的回路诊断工具将用于测试线路。这将要求技术人员携带第二工具和/或要求技术人员去获得第二工具。此外,如果设备位于危险区域(即,在潜在的爆炸性气氛中),则技术人员将需要确保具有本质安全的回路诊断工具。这是必要的,因为回路诊断工具经常包括向正在被测试的电性线路发射功率水平的电流的万用表或者类似设备。

[0021] 过程工业中的维护技术人员执行包括仪器的安装、配置/设置、校准、数据收集以及仪器和测量回路的检修的各种任务。这些任务的执行需要大量不断变化的便携式工具,每个便携式工具都具有独特的用户界面、菜单和显示。

[0022] 在过去,虽然已经存在与这些数字过程控制系统现场设备进行通信的本质安全的维护工具,但是这些维护工具还没有具有提供本质安全的回路诊断的能力。在处理系统中安装和/或以其它方式工作时,减少维护技术人员需要携带并且在过程工厂中工作的工具的数量将是有利的。

[0023] 在易燃的材料或者爆炸性气体的存在下,不正确的连接可能引起对过程控制设备的破坏。通过连接过程安全地指导技术人员并且以安全和适当的方式执行连接步骤,本质安全的维护工具提高了过程控制系统的整体可靠性和安全性。

[0024] 此外,通过提供允许各种功能(例如,通信、过程测量、功率供应等)在同一设备内共存的工具,维护工具提高了维护事件的可靠性和效率。通过自动化检测、测量和减弱功能以及具有同一设备中随手拿来各种工具,该工具可以消除可能的错误维护过程源,从而提高过程控制系统的整体安全性。

## 发明内容

[0025] 本公开内容描述了多功能现场维护(FM)工具,适用于连接到现场设备,识别由现场设备支持的通信协议,以及通过所识别的通信协议与现场设备进行通信。有利地,FM工具执行以前需要多个工具的任务。当用户需要对先前需要携带针对每种类型的设备进行检修的便携式工具进行对FOUNDATION Fieldbus®设备和HART®设备进行检修时,例如,同一用户现在可以仅使用FM工具执行相同任务。

[0026] FM工具可以包括用于连接到通信总线的各种端子。多个端子的子集可以被配置用于连接通信总线,该通信总线被配置用于各种通信协议。例如,多个端子的第一子集可被配置用于连接到HART®总线或者回路,并且多个端子的第二子集可被配置为连接到FOUNDATION Fieldbus®分段。此外,FM工具可以使用HART®总线或者回路识别并且连接到FOUNDATION Fieldbus®设备以及在FOUNDATION Fieldbus®分段上的HART®设备。

[0027] FM工具可以包括用于识别所连接的通信总线和/或现场设备的通信协议的例程。例如,例程可以自动地将第一通信协议(例如,HART®)与多个端子的第一子集相关联,并且可以自动地将第二通信协议(例如,FOUNDATION Fieldbus®)与多个端子的第二子集相关联。

[0028] FM可以包括用于通过所识别的通信协议与现场设备进行通信的例程。例如,例程可以根据所选择的协议来格式化消息。

[0029] 在某些实施例中,FM工具可以显示与现场设备和/或通信总线相关的信息,例如,功率状态或者通信状态。此外,FM工具可以在其功率端子处进行测量,决定是否可以允许用户使能功率,使能功率以及进行后续测量以确定是否按预期使能了功率。可能发生的问题包括检测短路、设备的缺失、连接了错误类型的设备。进一步,在某些实施例中,FM工具能够在需要本质安全的环境(例如,可能存在爆炸性气体和灰尘的危险环境)内执行上述操作中的任一个或者多个。

[0030] 关于图像显示,FM工具可以根据任务和设置(例如,根据需要执行的(一个或多个)测量以及由现场设备使用的(一个或多个)通信协议),显示FM工具上的连接端子的图像以及当连接了FM工具时需要使用的适当端子的指示。通过提供这些图像,FM工具简化了连接FM工具,最小化用户错误,并且最小化用户所需的用户培训量。在其他实施例中,提供图像,

例如以各种描绘 (rendering) 显示整个FM设备、其端子和过程控制设备,可以提供另外的反馈和检修步骤,以进一步辅助用户。

[0031] 关于对连接到外部供电的回路或者分段的端子的验证以及在连接到无供电现场设备的端子处的功率供应,FM工具可以执行电压和电流检查,并且可以在适当时向回路或者分段供电。在某些实施例中,当用户将FM工具连接到FOUNDATION Fieldbus®分段或者HART®回路并且尝试发起与现场设备的通信时,FM工具自动对分段或者回路上的电压进行检查。通过执行该电压检查,FM工具验证连接和极性。进一步,电压检查使FM工具能够检测回路或者分段是否被供电。如果回路或者分段被配置用于总线功率但未向现场设备供电,则FM工具可为用户提供来自FM工具的回路/分段供电的选项。例如,如果未检测到外部电源,则FM工具可以提示用户选择“源功率”,如果需要的话。进一步,当电压检查显示在回路或者分段上的功率可用时,则FM工具可以阻止另外的功率的应用。确保功率不会施加于已经供电的回路或者分段,对于避免干扰回路或分段以及阻止其恰当的运行是至关重要的。

[0032] 向供电的分段或者回路供电导致对用于回路/分段或者FM工具的电源的破坏,或者熔断在回路中本质安全屏障中的保险丝。即使一旦启动了“源功率”来为不具有外部电源的回路供电,FM工具将继续执行背景电压和电流检查,以确保过剩的功率不会施加到回路。如果电压或者电流的替代电源被检测到,则由FM工具提供的功率将自动关闭。如果FM工具检测到超出预期工作情况的变化(例如,功率出现、功率消失、检测到过电压或者欠压情况、检测到过电流或者欠电流情况等),则无论用户交互如何,FM工具可以自动关闭向回路/分段的供电。

[0033] 关于通信检修,FM工具可以对回路或者分段上的通信进行监听,以确定通信设备是否存在并且确定FM工具是否已经使用与回路或者分段相关联的通信协议(例如,HART®或者FOUNDATION Fieldbus®)而被正确地连接。如果没有检测到通信,则FM工具可以执行各种功能。例如,如果在HART®回路上没有检测到通信,则FM工具可以向用户显示对设备进行轮询的选项。作为另一个示例,FM工具可以为用户提供增加回路电阻的选项,并且通过显示回路布线图表来引导用户完成该过程,以确保在检修过程中不产生危险。

[0034] 在一个实施例中,方法可以由计算机处理器执行以检测处理器和过程控制设备之间通信地耦合的路径的存在,测量通信地耦合的路径的电性特征,以及从存储器设备取回过程控制设备的通信协议的电性要求。该处理器可以计算电性特征与电性要求之间的缺陷,从存储器设备取回减少缺陷的电性减弱(electrical mitigation),并且在显示设备上显示电性减弱。

[0035] 在另一个实施例中,现场维护工具包括计算机处理器、存储器设备、显示设备、电性测量传感器以及通信连接器。处理器可以被配置为检测在处理器、通信连接器和过程控制设备之间通信地耦合的路径的存在。该工具测量通信地耦合的路径的电性特征,取回过程控制设备的通信协议的电性要求,并且计算电性特征和电性要求之间的缺陷。此外,该工具从存储器设备取回减少缺陷的电性减弱,并且在显示设备上显示电性减弱。

## 附图说明

[0036] 下面描述的附图描绘了本文公开内容的系统和方法的各个方面。应当理解的是,

每个附图描绘了公开的系统和方法的特定方面，并且附图中的每个附图旨在符合其可能的方面。进一步，凡是可能之处，以下描述涉及以下附图中包括的附图标记，其中在多个附图中描绘的特征用一致的附图标记表示。

[0037] 在附图布置中示出了当前讨论的附图，然而，应当理解的是，本实施例不限于所示的精确布置和媒介，其中：

[0038] 图1示出了根据本公开内容的实施例的过程控制系统的框图；

[0039] 图2示出了根据本公开内容的实施例的用于自动检测到过程控制设备的连接的过程的框图；

[0040] 图3示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到外部供电的HART®变送器的连接的过程的框图；

[0041] 图4示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到由手持式现场维护工具供电的HART®变送器的连接的过程的框图；

[0042] 图5示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到外部供电的HART®定位器的连接的过程的框图；

[0043] 图6示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到由手持式现场维护工具供电的HART®定位器的连接的过程的框图；

[0044] 图7示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到外部供电的FOUNDATION Fieldbus®设备的连接的过程的框图；

[0045] 图8示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到由手持式现场维护工具供电的FOUNDATION Fieldbus®设备的连接的过程的框图；

[0046] 图9示出了根据本公开内容的实施例的示例性状态屏幕；

[0047] 图10示出了根据本公开内容的实施例的具有连接选项的示例性状态屏幕；

[0048] 图11示出了根据本公开内容的实施例的示例性HART®连接检查屏幕；

[0049] 图12示出了根据本公开内容的实施例的示例性FOUNDATION Fieldbus®连接指导性屏幕；

[0050] 图13示出了根据本公开内容的实施例的替代的示例性FOUNDATION Fieldbus®连接指导性屏幕；

[0051] 图14示出了根据本公开内容的实施例的针对双线系统的示例性回路电阻修改指导性屏幕；

[0052] 图15示出了根据本公开内容的实施例的针对四线系统的示例性回路电阻修改指导性屏幕；

[0053] 图16示出了根据本公开内容的实施例的示例性计算系统；以及

[0054] 图17示出了根据本公开内容的实施例的非暂时性计算机可读介质。

[0055] 附图仅仅为了说明的目的描绘了优选的实施例。在不脱离本文所描述的本发明的原理的情况下，可以采用本文所示的系统和方法的替代实施例。

## 具体实施方式

[0056] 虽然以下文本阐述了许多不同的实施例的详细描述，但是应当理解的是，描述的合法范围由本专利末尾所提出的权利要求的词语和等同物限定。详细描述将被解释为仅是

示例性的，并且不会描述每个可能的实施例，因为描述每个可能的实施例将是不切实际的。可以使用当前技术或者在本专利申请日之后开发的技术来实现许多替代实施例，这仍然落在权利要求的范围内。

[0057] 图1示出了过程控制系统100，其包括过程控制设备105，在某些实施例中，过程控制设备105可以是FOUNDATION Fieldbus®现场设备、HART®变送器或者定位器，或者根据本公开内容的实施例的其他设备。过程控制设备可以通过导线组（可以包括通信导线150和/或供电导线155）通信地耦合到诸如Trex手持式维护工具的手持式现场维护（FM）设备110。用户115可以使用屏幕120与FM设备110交互，屏幕120通过人机界面125连接到计算机处理器130。计算机处理器130可以连接到存储处理器可执行指令和数据的存储器140以及连接到通信地耦合到通信导线150的通信接口135。在某些实施例中，FM设备110可以包括可以通信地耦合到供电导线155来为过程控制设备105供电的电源。然而，在其他实施例中，FM设备110可以不向过程控制设备105供电，并且可以从外部电源160向过程控制设备105供电。

[0058] 在某些实施例中，过程控制设备105可以包括FOUNDATION Fieldbus®设备、HART®变送器或者定位器，或者过程控制设备的另一个实施例可以包括通信地与通信导线150耦合的通信接口165以及与供电导线155和替换地外部电源160通信地耦合的电源接口170。根据过程控制设备105的配置和应用，过程控制设备105还可以包括控制回路190、记录能力175以及替换地的变送器控制器185和定位器控制器180。过程控制设备105的内部部件可以使用消息传递和控制器设备180进行互相通信。其他实施例可以包括其内所示的设备中的某些、全部或者不包括其内所示的设备，因此，图1中所示的实施例在本质上是示例性的。类似地，FM设备110可以包括其内的所示的设备中的某些，全部或者不包括其内所示的设备。

[0059] 图2示出了根据本公开内容的实施例的用于自动检测例如图1的FM设备110和图1的过程控制设备105之间的连接的过程的框图。例如，处理器130可以在块205处在FM设备110的所有端子处采集测量和/或识别通信以确定连接的状态。用户115可以在块210处选择过程控制设备105是HART®设备还是FOUNDATION Fieldbus®设备，并且该过程可以在块212处终止。在替代实施例中，处理器130可以从HART®设备的角度来分析连接，并且可以检测到在其他端子处没有电压或通信，并且在HART®端子处于以下状态中的一个是真的：电压存在、以及HART®通信被检测到或未检测到、或者没有电压被检测到并且没有HART®通信被检测。随后，处理器130可以在块225处对HART®设备进行轮询，例如在地址零处，或者在多个地址中的另一个实施例中，直到找到或者未找到设备。其中在块225处找到设备的实施例中，FM设备在块230处可以显示通信成功的指示并且显示设备列表或者控制面板。

[0060] 然而，如果在块225处没有接收到对轮询的响应，则处理器可以在块220处采集所有端子处的测量。另一个实施例包括处理器130在块215处检测其他端子处的电压，或者处理器130检测电压和FOUNDATION Fieldbus®通信，并且在块220处在所有端子处采集测量。因此，处理器130在块235处可以从FOUNDATION Fieldbus®通信角度来分析FM设备110的端子的电性特征，并且如果检测到电压和FOUNDATION Fieldbus®通信，则在块240处启动FOUNDATION

Fieldbus®通信，并且在块230处在通讯成功处显示设备列表或者控制面板。替代地，处理器130可以重复块205并且采集测量和/或识别所有端子处通信。

[0061] 图3示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到外部供电的HART®变送器的连接的过程的方框图300。在块305处，处理器130确定（例如来自图2的框图200的）自动检测不成功，并且（例如在图2的块210处）用户选择过程控制设备105是HART®设备。因此，用户115可以在块310处使用显示器120和人机界面125向处理器130指示他们不打算用FM设备105为过程控制设备105供电，并且过程控制设备是HART®变送器。处理器130在块315处可以在FM设备105的所有端子处采集测量和/或识别通信。基于来自块315的测量，处理器130在块320处可以分析是否存在未预期的功率或者通信。

[0062] 例如，处理器130在块320处可以检测在除了HART®端子之外的端子处的未预期的测量或者通信，或者HART®端子上的电压和FOUNDATION Fieldbus®通信，并且因此在块325处，例如，在显示器120上示出强调关于HART®端子的图形以及关于测量到的内容和检测到的错误的内容的指令。处理器130可以允许用户115在块310处改变对问题的回答，例如，打算用Trex FM设备105供电，或者HART®设备是定位器还是变送器。替代实施例包括处理器在块325处自动重试测量并且在块315处识别通信，其中假设在块325处响应于示出的图形，用户改变了硬件。

[0063] 在块320处，基于来自用户115的反馈，处理器130可以检测预期的功率状态，诸如，通信导线150上没有电压或者存在电压，并且继续使用地址零或者多个地址对HART®设备进行轮询。在某些实施例中，四线过程控制设备105或者电池供电的HART®设备可能在其通信端子处不具有电压。在处理器130在块330处检测到对轮询没有响应的情况下，处理器在块335处可以示出强调关于HART®端子的图形，并且针对用户115采取另外的检修步骤的指令。一个这种实施例包括处理器130在340处提示用户115改变轮询，并且如果在块345处选择说明了改变轮询选项，因此在块350处启动对HART®设备进行轮询。然而，如果处理器没有检测到响应，则在某些实施例中处理器可以示出在块355处增加回路电阻器的选项，并且块360处示出了电阻器选项。增加电阻器可以包括在所有端子处进一步的测量和/或识别通信并且基于预期的电压拓扑结构和Trex回路电阻来重新分析。在块365处根据电阻器改变进行后续轮询可以进一步导致没有响应，并且允许用户115在块375处重新开始该过程。在块330、350和365处对HART®设备进行轮询期间中的任何点，处理器130可以在块370处检测通信成功并且显示设备列表或者控制面板。

[0064] 图4示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到由手持式现场维护工具供电的HART®变送器的连接的过程的框图。在块405处，处理器130确定自动检测不成功，并且用户115已经选择过程控制设备105是HART®设备。随后，处理器130在块410处确定用户115已经指示他们打算使用Trex FM设备110（例如，通过供电导线155）为过程控制设备105供电，并且HART®设备是变送器。因此，在块415处，处理器130在Trex FM设备110的所有端子处（例如，使用电源145和通信接口135）采集测量和/或识别通信。基于来自块415的测量，处理器在块420处基于块405和410中的反馈来分析测量，并且可以确定除了HART®端子以外存在的未预期测量或通信或者HART®+power（功率）端子处的电压，例如，如果HART®设备正在接收来自外部电源160的功率。

[0065] 因此,处理器130在块425处可以示出强调关于HART+pwr端子的图形,并且指令用户115测量到的内容和/或检测到的未预期的内容。用户115在块430处可以向处理器130指示在块405处再次开始该过程,或者使用来自块405和410的相同答案在块415重试测量。在替代实施例中,处理器130可以允许用户在块410处改变他们的答案。

[0066] 在块420处,处理器130可以分析来自415的测量以指示预期的功率状态,例如,在HART®+功率端子处没有检测到电压,并且在块435处使能来自Trex FM设备105的功率。如果处理器130检测到没有设备、短路、不正确的设备或电源容量被超过了,则处理器在块425处可以示出强调HART®+pwr端子的图形,并且指示用户115测量到的内容和/或检测到内容是未预期的。替代地,如果处理器130检测到使能电源,则处理器130在块440处可以在地址零或者多个地址处对HART®设备进行轮询。如果没有发生对轮询的响应,则在块445处,处理器130可以示出强调关于HART®+pwr端子的图形,并且向用户115指令更多选项,诸如,在块450处改变轮询。如果用户115在块450处向处理器指示改变轮询,则处理器130在块455处可以示出在块455处的改变轮询选项,并且在块460处对HART®设备进行轮询。在其中没有发生对设备进行轮询的响应的情况下,处理器130指示在块465处通信失败并且该过程重新开始。然而,如果响应于轮询而存在来自HART®设备的响应,则处理器在块470处可以显示通信成功并显示设备列表或控制面板。

[0067] 图5示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到外部供电的HART定位器的连接的过程的框图。在块505处,处理器130确定(例如,来自图2的框图200的)自动检测不成功,并且(例如,在图2的块210处)用户选择过程控制设备105是HART设备。因此,用户115在块510处可以使用显示器120和人机界面125向处理器130指示它们不打算用FM设备105为过程控制设备105供电,并且该过程控制设备是HART®定位器。处理器130在块515处可以在FM设备105的所有端子处采集测量和/或识别通信。基于来自块515的测量,处理器130可以在520处分析是否存在未预期的功率或者通信。

[0068] 例如,处理器130在块520处可以检测在除了HART®端子之外的端子处的未预期测量或者通信,或者HART®端子上的电压和FOUNDATIONFieldbus®通信,并且因此在块525处(例如在显示器120上)示出强调关于HART®端子的图形以及关于被测量的内容和检测为错误的内容的指令。处理器130在块510处可以允许用户115改变对问题的答案,例如,打算从Trex FM设备105供电,或者HART®设备是定位器还是变送器。替代实施例在块525处包括该处理器自动重试测量并且在块515处识别通信,假设用户在块525处已经响应于示出的图形而改变了硬件。

[0069] 在块520处,基于来自用户115的反馈,处理器130可以检测预期的功率状态(例如,没有电压存在),并且在块530处使用地址零或者多个地址对HART®设备进行轮询。在块530处理器130检测到没有对轮询的响应的情况下,处理器在块535处可以示出强调关于HART®端子的图形以及对用户115采取另外的检修步骤的指令。一个这种实施例包括处理器130在540处提示用户115改变轮询,并且如果在块545处被选择示出改变轮询选项,因此在块550处启动对HART®设备进行轮询。然而,如果处理器没有检测到响应,则在某些实施例中处理器可以示出在块555处增加电流控制的选项,并且在块560处示出增加电流控制选项。增加电流控制可以包括在所有端子处进一步的测量和/或识别通信,并且基于预期

的电压拓扑结构和Trex电流控制进行重新分析。在块565处根据电流改变进行的后续轮询可能进一步导致没有响应，并且在块570处允许用户115重新开始该过程。在块530、550和565处对HART®设备进行轮询期间的任何点处，处理器130在块575处可以检测通信成功并且显示设备列表或者控制面板。

[0070] 图6示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到由手持式现场维护工具供电的HART®定位器的连接的过程的框图。在块605处，处理器130确定自动检测不成功，并且用户115选择过程控制设备105是HART®设备。随后，处理器130在块610处确定用户115已经指示他们打算用Trex FM设备110（例如，通过电源导线155）为过程控制设备105供电，并且HART®设备是定位器。因此，在块615处，处理器130（例如使用电源145和通信接口135）在Trex FM设备110的所有端子处采集测量和/或识别通信。基于来自块615的测量，处理器在块620处基于块605和610中的反馈来分析测量，并且可以确定存在除了HART®端子以外的未预期的测量或通信或者HART®+功率（power）端子处的电压，例如，如果HART®设备正在接收来自外部电源160的功率。

[0071] 因此，处理器130在块625处可以示出强调关于HART+pwr端子的图形，并且指示用户115测量到的内容和/或检测到是未预期的内容。用户115在块630处可以向处理器130指示在块605处再次开始该过程，或者使用来自块605和610的相同答案在块615重试测量。在替代实施例中，处理器130在块610处可以允许用户115改变他们的答案。

[0072] 在块620处，处理器130可以分析来自615的测量以指示预期的功率状态，例如，在HART+功率端子处检测到没有电压，并且在块635处使能功率并且按照来自Trex FM设备的4mA进行电流控制。如果处理器130检测到没有设备、不正确的设备类型或电源容量被超过了，则处理器在块625处可以示出强调的HART®+pwr端子的图形，并且指令用户115测量的内容和/或检测到未预期的内容。替代地，如果处理器130检测到电源被使能，则处理器130在块640处可以在地址零或者多个地址对HART®设备进行轮询。如果没有发生对轮询的响应，则在块645处，处理器130可以示出强调关于HART®端子的图形，并且向用户115指令更多选项（例如，在块650处改变轮询）。如果用户115向处理器130指示在块650处改变轮询，则处理器130在块665处可以示出在块665处改变轮询选项和对HART®设备进行轮询。在其中块665处对设备进程轮询没有响应的情况下，处理器130在块670处可以允许用户115增加电流并且在块675处示出增加电流选项。如果在块675可以选择增加电流选项，则处理器130在块680处可以在块680处对HART®设备进行轮询。在其中块680处对轮询没有响应或者用户115向处理器130指示未选择增加电流，则处理器130在块685处可以显示通信已经失败并且重新开始该过程。然而，如果响应于轮询而存在来自HART®设备的响应，则处理器可以在块490处显示通信成功并且显示设备列表或者控制面板。

[0073] 图7示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到外部供电的FOUNDATION Fieldbus®设备的连接的过程的框图。在块505处，处理器130确定（例如，来自图2的框图200的）自动检测不成功，并且用户（例如，在图2的块210处）选择过程控制设备105是FOUNDATION Fieldbus®设备。因此，用户115在块510处可以使用显示器120和人机界面125向处理器130指示它们不打算用FM设备105为过程控制设备105供电。处理器130在块715处可以在FM设备105的所有端子处采集测量和/或识别通信。基于来自块715的测量，处理器

130在720处可以分析是否存在未预期的功率或者通信。

[0074] 例如,处理器130在块720处可以检测除了FOUNDATION Fieldbus®端子以外的端子处的未预期的测量或通信,或者FOUNDATION Fieldbus®端子处没有电压、或者FOUNDATION Fieldbus®端子处错误电压极性,并且因此在块725处示出了(例如,在显示器120上)具有强调FOUNDATION Fieldbus®端子的图形,以及关于所测量的和所检测的内容是不正确的指令。处理器130可以在块710处允许用户115改变对问题的答案,例如,打算用Trex FM设备105供电。替代实施例包括在块725处,处理器自动重试测量并且在块715处识别通信,假设在块725处响应于示出的图形,用户已经改变了硬件。

[0075] 在块720处,基于来自用户115的反馈,处理器130可以检测预期的功率状态,例如,FOUNDATION Fieldbus®端子处的电压,并且在块730处继续启动FOUNDATION Fieldbus®通信。

[0076] 在处理器130检测FOUNDATION Fieldbus®网络的情况下,处理器130在块735处可以显示设备列表。如果处理器130在750处找到FOUNDATION Fieldbus®设备,则处理器130可以指示用户115可以访问设备。然而,如果在列表中没有找到FOUNDATION Fieldbus®设备,则用户115在块740处可以向处理器130指示该设备未被发现,并且在块745轮询所有网络地址并且减速网络,从而返回块735处的显示器设备列表。

[0077] 图8示出了根据本公开内容的实施例的用于检修到由手持式现场维护工具供电的FOUNDATION Fieldbus®设备的连接的过程的框图。在块805处,处理器130确定自动检测不成功,并且用户115已经选择过程控制设备105是FOUNDATION Fieldbus®设备。随后,处理器130在块810处确定用户115已经指示他们打算用Trex FM设备110(例如,通过供电导线155)为过程控制设备105供电。因此,在块815处,处理器130(例如,使用电源145和通信接口135)在Trex FM设备110的所有端子处采集测量和/或识别通信。基于来自块815的测量,处理器在块820处基于块805和810中的反馈来分析测量,并且可以确定存在除了FOUNDATION Fieldbus®以外的端子处未预期的测量或通信或者FOUNDATION Fieldbus®处上的电压,例如,如果FOUNDATION Fieldbus®接收来自外部电源160的功率。

[0078] 因此,处理器130在块825处可以示出强调关于FOUNDATION Fieldbus®+pwr端子的图形,并且指令用户115测量的内容和/或检测的是未预期的内容。用户115在方块830处可以向处理器130指示在块805再次开始该过程,或者在块815处使用来自块805和810相同的答案重试测量。在替代实施例中,处理器130可以允许用户115在块810处改变他们的答案。

[0079] 在块820处,处理器130可以分析来自815的测量以指示预期的功率状态,例如,在FOUNDATION Fieldbus®端子处检测到没有电压,并且在块835处使能来自Trex FM设备105的功率。如果处理器130检测到没有设备、短路或者超过了电源容量,则处理器在块825处可以示出强调关于FOUNDATION Fieldbus®+pwr端子的图形,并且指令用户115测量的内容和/或检测到未预期的内容。替代地,如果处理器130检测到电源被使能,则处理器130在块840处可以继续启动FOUNDATION Fieldbus®通信。

[0080] 在处理器130检测FOUNDATION Fieldbus®网络的情况下,处理器130在块845处可以显示设备列表。如果处理器130在860处找到FOUNDATION Fieldbus®设备,则处理器130可

以指示用户115可以访问设备。然而,如果在列表中没有找到FOUNDATION Fieldbus®设备,则用户115在块850处可以向处理器130指示该设备未被找到,并且在块855处轮询所有网络地址并且减速网络,因此在块845处返回到显示器设备列表。

[0081] 图9包括图形接口窗口900的实施例(例如,由用户115的处理器130示出)。在窗口900中,处理器130示出了在HART®设备(例如,过程控制设备105)上检测到电压910,然而与过程控制设备105的通信不能被建立。示例性窗口900包括指示930,该指示930表明FM设备110内的处理器130正在尝试验证FM设备110与过程控制设备105之间的连接。此外,窗口900包括针对用户115向处理器130指示连接过程应当使用取消按钮940终止的选项。在某些实施例中示出的窗口900可以对应于图2的块215。在某些实施例中,可以以每秒一次的速率更新功率状态和电压状态,预期用户115可以响应于FM设备110的提示而修改硬件。然而,在另一个实施例中,当在用FM设备110供电的同时修改硬件时,检修过程可以重新开始。

[0082] 图10包括图形接口窗口1000的实施例(例如,由用户115的处理器130示出)。窗口1000包括在HART®设备内检测到电压1010的指示,然而通信1020还没有被建立。窗口1000包括针对用户115向FM设备105的处理器130指示过程控制设备符合HART®协议1030或FOUNDATION Fieldbus®协议1040。在某些实施例中,示出的窗口1000可以对应于图2的块210。在某些实施例中,窗口1000可以随着自动检测特性的继续运行动态地更新。因此,当显示窗口1000时,用户115可以在未来的任何点出连接过程控制设备105。

[0083] 图11包括图形界面窗口1100的实施例(例如,由用户115的处理器130示出),其在某些实施例中可以对应于图5的块425和图6的块625。窗口1100包括没有检测到电压并且通信1120没有被建立的指示1110。此外,窗口1100包括由处理器130创建的图形说明,其示出了用于Trex供电的HART®设备的适当的功率和接地连接1130。例如,当布线被修改时,重试按钮1140允许处理器130检测来自用户115的、打算重复供电过程的指示。

[0084] 图12示出了根据本公开内容的实施例的示例性FOUNDATION Fieldbus®连接指导性屏幕1200。在一个实施例中,屏幕1200对应于图7的块725。屏幕1200包括连接到(例如,由外部供电的示例性FOUNDATION Fieldbus®分段供电的)示例性FOUNDATION Fieldbus®设备的示出的指令。

[0085] 图13示出了根据本公开内容的实施例的替代示例性FOUNDATION Fieldbus®连接指导性屏幕1300。在一个实施例中,屏幕1300对应于图8的块825。屏幕1300包括连接到未供电的FOUNDATION Fieldbus®设备的示出的指令1320,并且存在HART®端子处检测的电压,该电压在用户正在尝试为FOUNDATION Fieldbus®设备供电时是不应该存在的。指导性屏幕1300包括处理器130检测到返回到图7的块715的重试按钮1330。

[0086] 图14示出了根据本公开内容的实施例的用于四线系统的示例性回路电阻修改指导性屏幕1400。在一个实施例中,屏幕1400对应于图3的块360。屏幕1400包括用于FM设备110和HART®设备之间的四线配置的布线图1410,以及用于当已经实现布线修改后继续下一个按钮1420的能力。

[0087] 图15示出了根据本公开内容的实施例的用于双线系统的示例性回路电阻修改指导性屏幕1500。在一个实施例中,屏幕1500对应于图3的块360。屏幕1500包括用于FM设备110和HART®设备之间的双线配置的布线图1510,以及用于当已经实现布线修改后继续

下一个按钮1520的能力。

[0088] 图16示出了示例性计算系统1600,其包括通过多访问总线1625和1640耦合到支持设备的一个或者多个微处理器1605。这种计算系统可以位于处理控制设备105内、FM设备内110来通信和控制过程控制工厂的元件。动态随机存取存储器1630和1635可以与数据总线1625连接,并且存储由一个或多个微处理器1605使用的数据。系统1600包括指令寄存器1620和数据寄存器1615,指令寄存器1620存储一个或多个微处理器1605的可执行指令,并且数据寄存器1615存储用于执行的数据。

[0089] 在某些实施例中,系统1600包括用于协助或者补充一个或多个微处理器1605的一个或多个算术协处理器1610。数据总线1640包括到图形接口1645的接口,在某些实施例中该接口可以处理和发送在显示器或者类似设备上的用于用户的图形数据。类似地,数据总线1640包括用于数字I/O接口的接口,该数字I/O接口处理和发送例如,键盘、指示设备以及由用户或者其他机器产生和消耗的其它数字和模拟信号。网络接口1655通过用于将系统1600连接到其他机器和用户的有线和无线网络处理和发送编码信息。数据总线1640还包括到至少一个非易失性存储器接口的接口,其可以处理和发送位于非易失性存储器设备上的数据。

[0090] 图17示出了包括处理器可执行指令1710的非暂时计算机可读介质1700。这种处理器可执行指令可以包括由图1的一个或者多个处理器130执行的指令和/或图16的一个或者多个微处理器1605。

[0091] 以下另外的考虑适用于前述的讨论。在整个说明书中,多个实例可以实现被描述为单独实例的部件、操作或者结构。虽然一个或者多个方法的独立操作被示出并且被描述为单独的操作,但是可以同时执行一个或者多个独立的操作,并且不需要以示出的顺序执行操作。作为示例配置中呈现为单独部件的结构和功能可以被实现为组合的结构或者部件。类似地,作为单独部件呈现的结构和功能可以被实现为单独部件。这些和其他变化、修改、增加和改进落入本文主题的范围内。

[0092] 另外,在本文中被描述某些实施例包括逻辑或者多个例程、子例程、应用或者指令。这些可以构成软件(例如,在机器可读介质上或者传输信号中实现的代码)或者硬件。在硬件中,例程等是能够执行某些操作的有形单元,并且可以以某种方式被配置或者被布置。在示例实施例中,一个或多个计算机系统(例如,独立式、客户端或者服务器计算机系统)或者计算机系统的一个或多个计算机系统(例如,处理器或者一组处理器)可以由软件(例如,应用例程或者应用部分)被配置作为操作以执行如本文所述的某些操作的硬件模块。

[0093] 在各种实施例中,可以机械地或电子地实现硬件模块。例如,硬件模块可以包含永久被配置为执行某些操作的专用电路或逻辑(例如,特定目的处理器,诸如现场可编程门阵列(FPGA)或特定应用集成电路(ASIC))。硬件模块还可以包含暂时由软件被配置为执行某些操作的可编程序逻辑或电路(例如,如在通用处理器或其它可编程处理器内所含有的)。将会理解,是用专用和永久配置的电路还是用暂时配置的电路(例如,由软件配置的)来机械地实现硬件模块的决策可以由成本和时间考虑来驱动。

[0094] 因此,应该理解术语“硬件模块”涵盖有形的实体,是物理上构造的、永久配置(例如,硬连接)或暂时配置(例如,编程)为用某种方式操作和/或执行在此描述的某些操作的有形实体。考虑其中硬件模块被暂时配置(例如,编程)的实施例,不必实时地在任何一个实

例外配置或实例化每一硬件模块。例如,当硬件模块包含使用软件配置的通用处理器时,通用处理器在不同时间可以配置为各个不同的硬件模块。软件可以相应地配置处理器,例如,以在一个时间实例处构成特殊的硬件模块,以及在不同的时间实例处构成不同的硬件模块。

[0095] 硬件模块可以提供信息给其它硬件模块,以及从其它硬件模块接收信息。因此,所描述的硬件模块可以被认为是通信地耦合的。当多个这样的硬件模块同时存在时,可以通过连接硬件模块的信号传输(例如,经由合适的电路和总线)完成通信。在其中不同时间配置或实例化多个硬件模块的实施例中,这些硬件模块之间的通信可以例如通过信息在多个硬件模块所访问的存储器结构中的存储与取回来实现。例如,一个硬件模块可以执行操作并将该操作的输出存储在其通信地耦合的存储设备中。进一步的硬件模块然后可以在稍后的时间访问存储设备以取回并处理所存储的输出。硬件模块还可以用输入/输出设备开始通信,且可以对资源进行操作(例如,收集信息)。

[0096] 在此描述的示例方法的各种操作可以至少部分地由一个或更多个暂时配置(例如,由软件)或永久被配置为执行相关操作的处理器执行。不论暂时地还是永久地配置,这样的处理器可以构成运转以执行一个或更多个操作或功能的处理器实现的模块。在某些示例实施例中,在此提到的模块可以包含处理器实现的模块。

[0097] 类似地,在此描述的方法可以至少部分是处理器实现的。例如,方法的至少某些操作可以由一个或更多个处理器或处理器实现的模块执行。某些操作的执行可以分布在一个或更多个处理器之中,不是只驻留在单个机器之内,而是部署于多个机器之中。在某些示例实施例中,一处理器或多处理器可以位于单个位置(例如,在家庭环境、办公室环境之内或作为服务器机群),而在其它实施例中,多处理器可以分布在多个位置之中。

[0098] 操作中某些的性能可以分布在一个或者多个处理器中,不仅驻留在单独机器内,而且部署在多个机器上。在某些示例实施例中,一个或者多个处理器或者处理器实现的模块可以位于单独地理位置(例如,在家庭环境、办公室环境或者服务器场内)。在其他示例实施例中,一个或者多个处理器或者处理器实现的模块可以分布在多个地理位置。

[0099] 除非具体声明,否则,本文讨论使用诸如“处理”、“运算”、“计算”、“确定”、“显示”等的术语可以指代机器(例如,计算机)的动作或过程,该计算机操作或变换在一个或多个存储器(例如,易失性存储器、非易失性存储器或者其组合)、寄存器或接收、存储、发送或显示信息的其他机器部件内表示为物理量(例如,电子、磁或光)的数据。

[0100] 如本文所使用的,对“一个实施例”或者“实施例”的任何引用旨在结合实施例描述的具体特性、结构、操作或特征包括在本发明的至少一个实施例中。在说明书中的各个地方的短语“在一个实施例中”的出现不一定都指代同一实施例。

[0101] 可以使用表达“耦合的”和“连接的”以及它们的衍生物来描述某些实施例。例如,可以使用术语“耦合的”来描述某些实施例以指示两个或者多个元件处于直接地物理接触或者电接触。然而,术语“耦合的”也可以意味着两个或者更多个元件彼此不直接接触,但是仍然彼此协作或者相互作用。实施例在本上下文中不受限制。

[0102] 如本文所使用的,术语“包括”、“包括”、“包含”、“包含”、“具有”、“具有”或者其任何其它变体旨在涵盖非排他性包含。例如,包括元素列表的过程、方法、制品或者装置不一定仅限于这些元件,还可以包括未明确列出的或者其它这些过程、方法、制品或者装置固有

的元件。进一步,除非有明确的相反说明,否则“或者”指代包容性的或者不是专属的或者。例如,条件A或B满足以下任一条件:A为真(或者存在)并且B为假(或者不存在),A为假(或者不存在)并且B为真(或者存在),而A和B都是真的(或者存在的)。

[0103] 另外,使用“一”或者“一个”来描述本文实施例的元件和部件。这仅出于方便考虑并给出本发明的一般性意义。该说明书以及随后的权利要求应被阅读为包括一个或者至少一个,并且单数也包括复数,除非明确地表明其他。

[0104] 在本专利申请末尾处的专利权利要求不旨在解释在35U.S.C. §112(f)段,除非明确地叙述了传统的功能性模块语言,例如在(一个或多个)权利要求中明确叙述的“用于…的模块”或者“用于…的步骤”语言。

[0105] 该具体描述将理解为仅举例说明而非描述每个可能实施例,因为描述每个可能实施例如果并非不可能则将不切实际。可以使用在本申请的申请日之后开发的当前技术或者技术实现许多替代实施例。

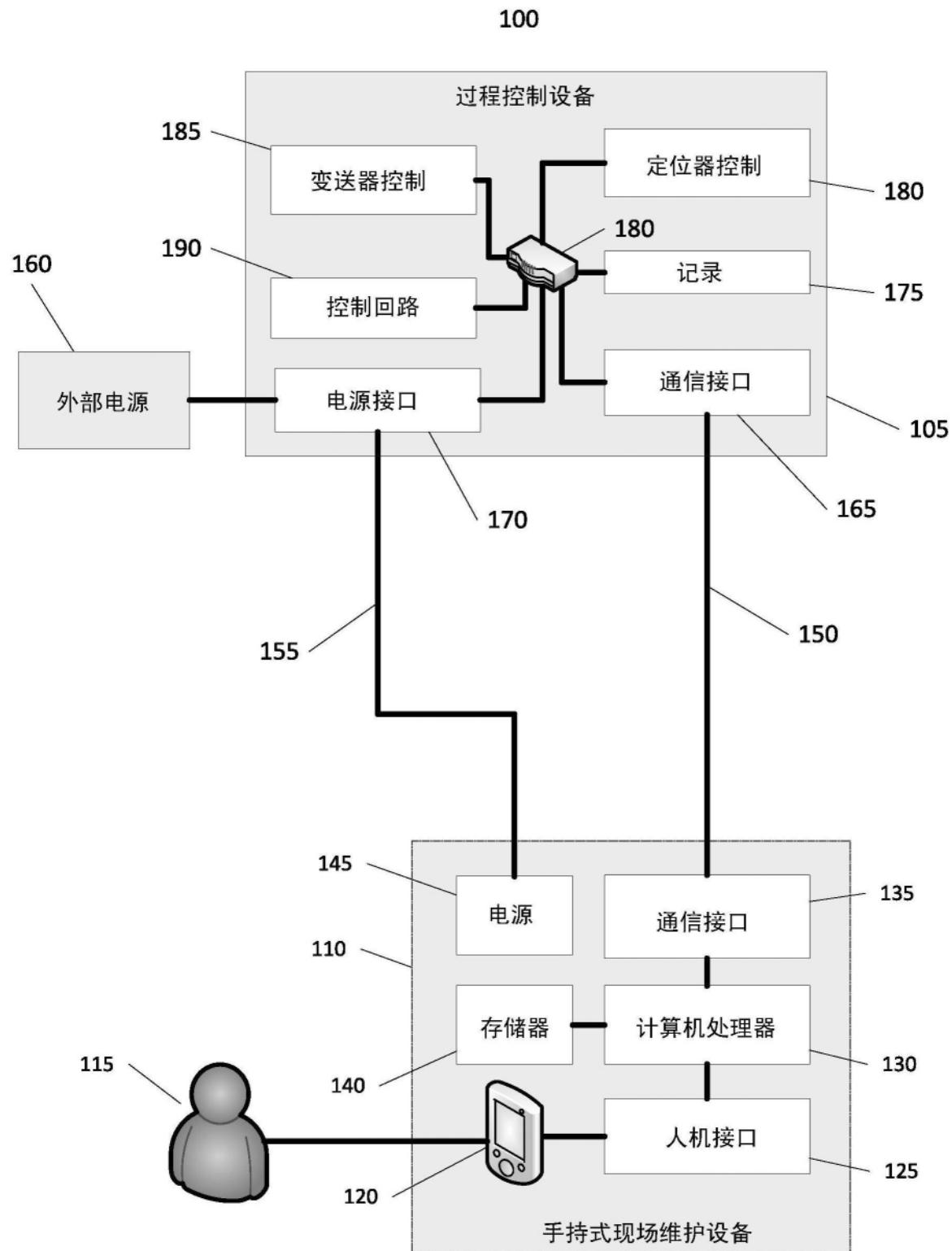


图1

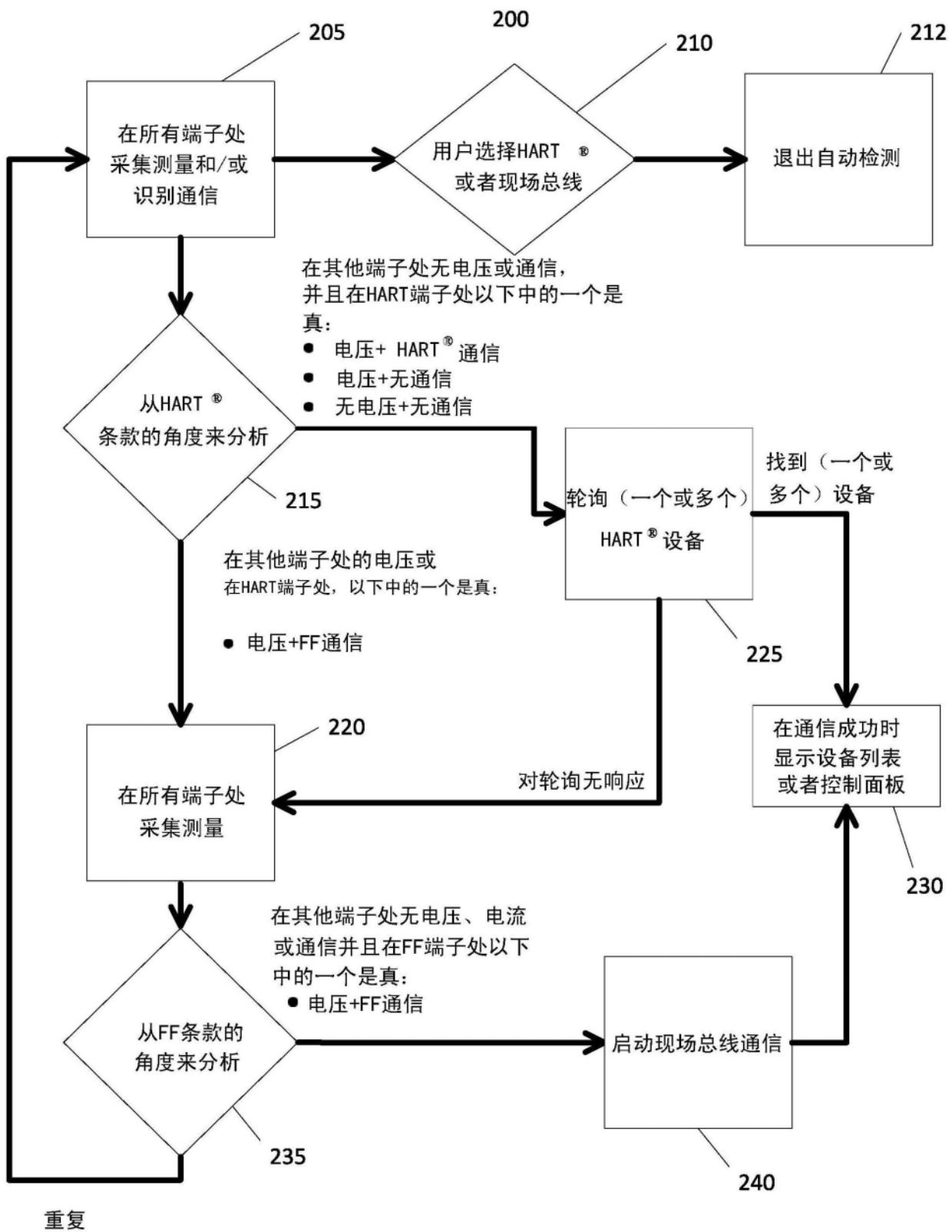
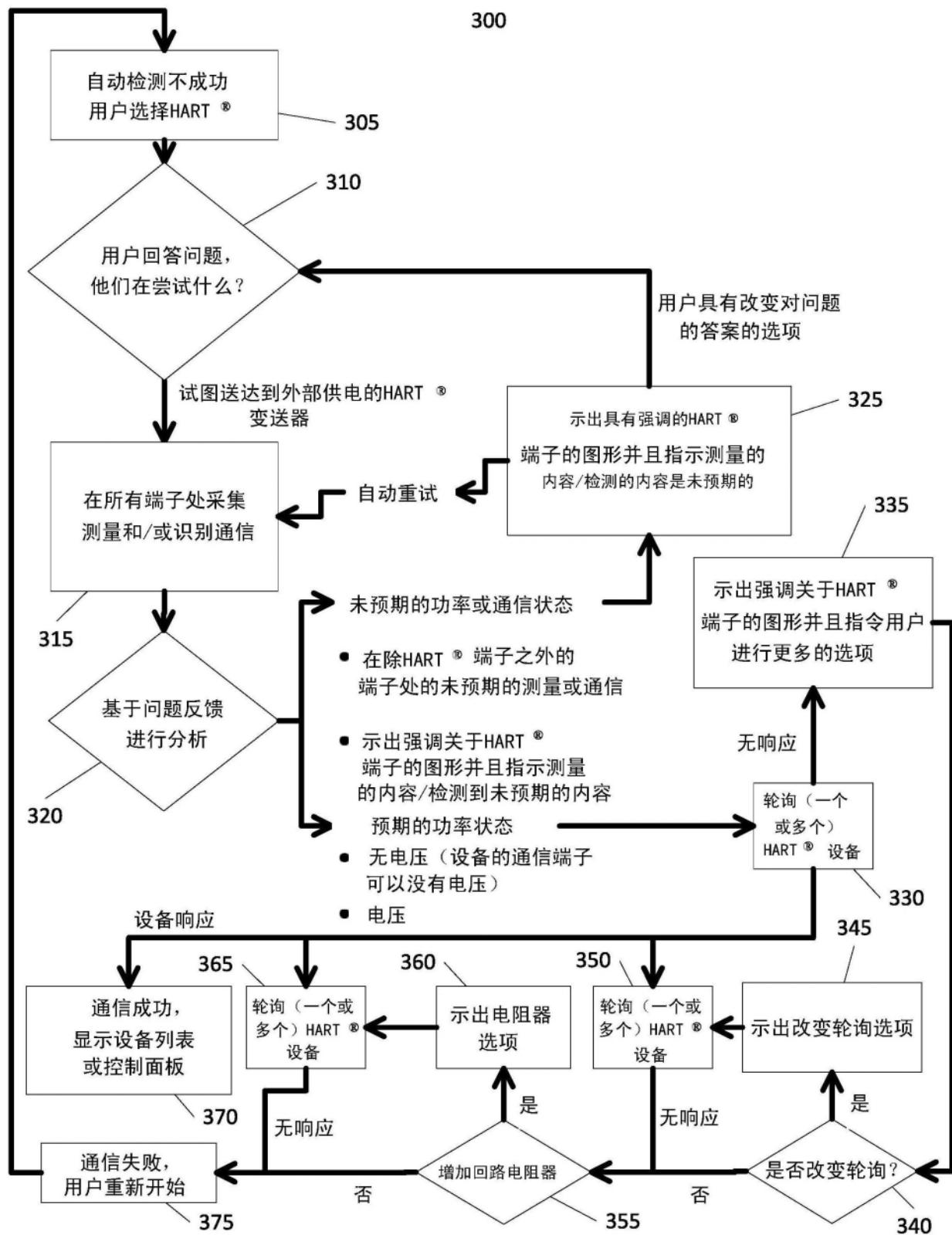
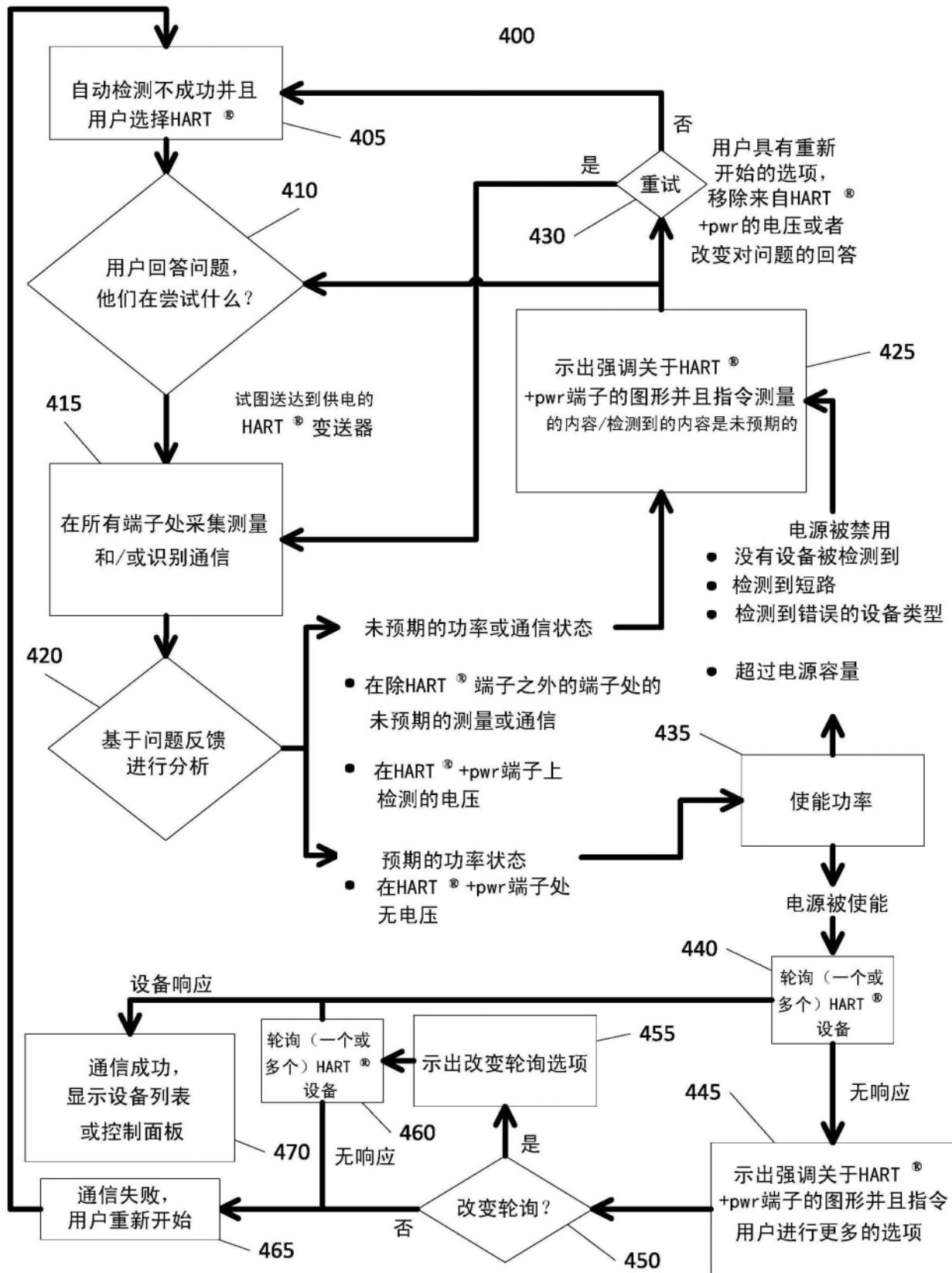


图2





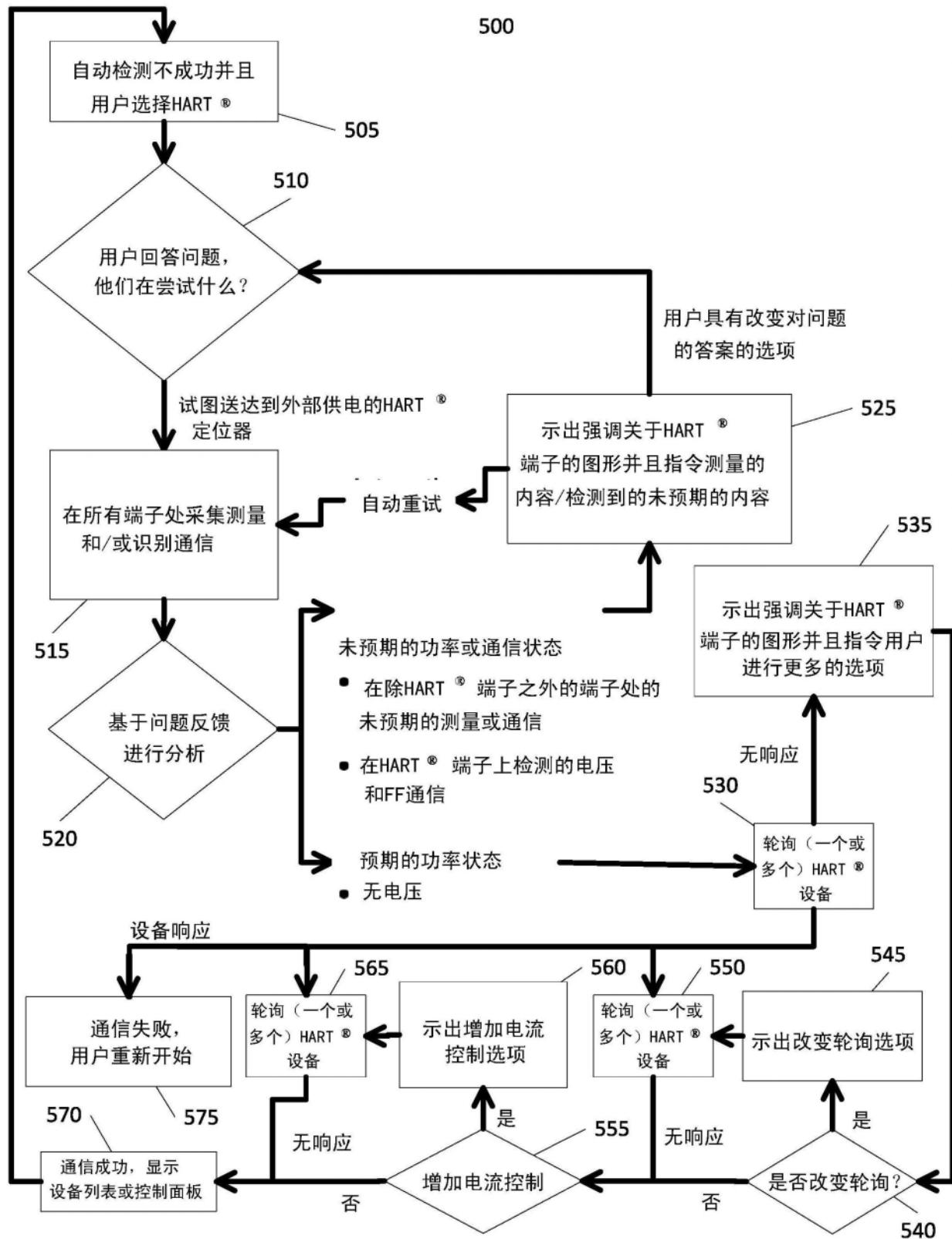


图5

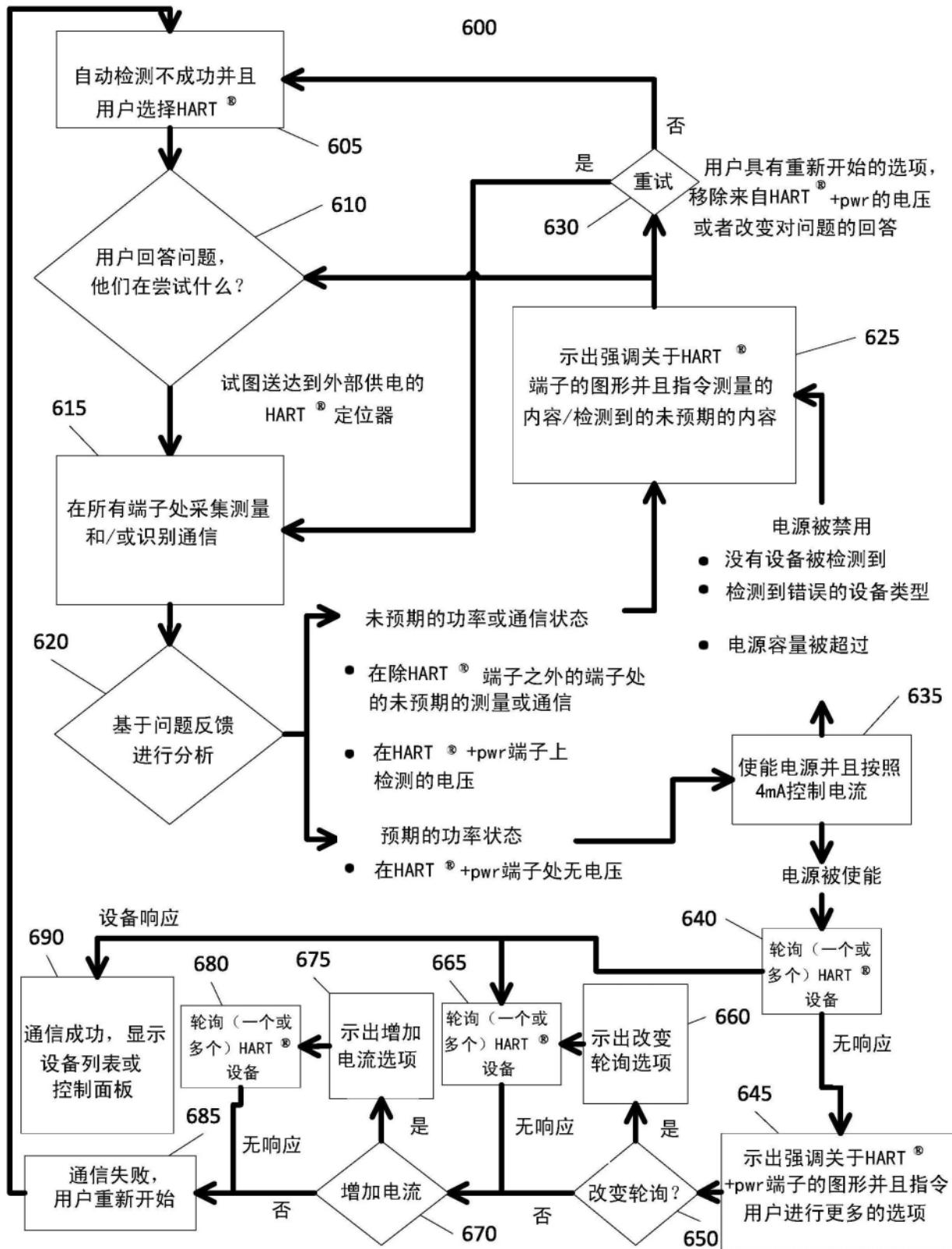


图6

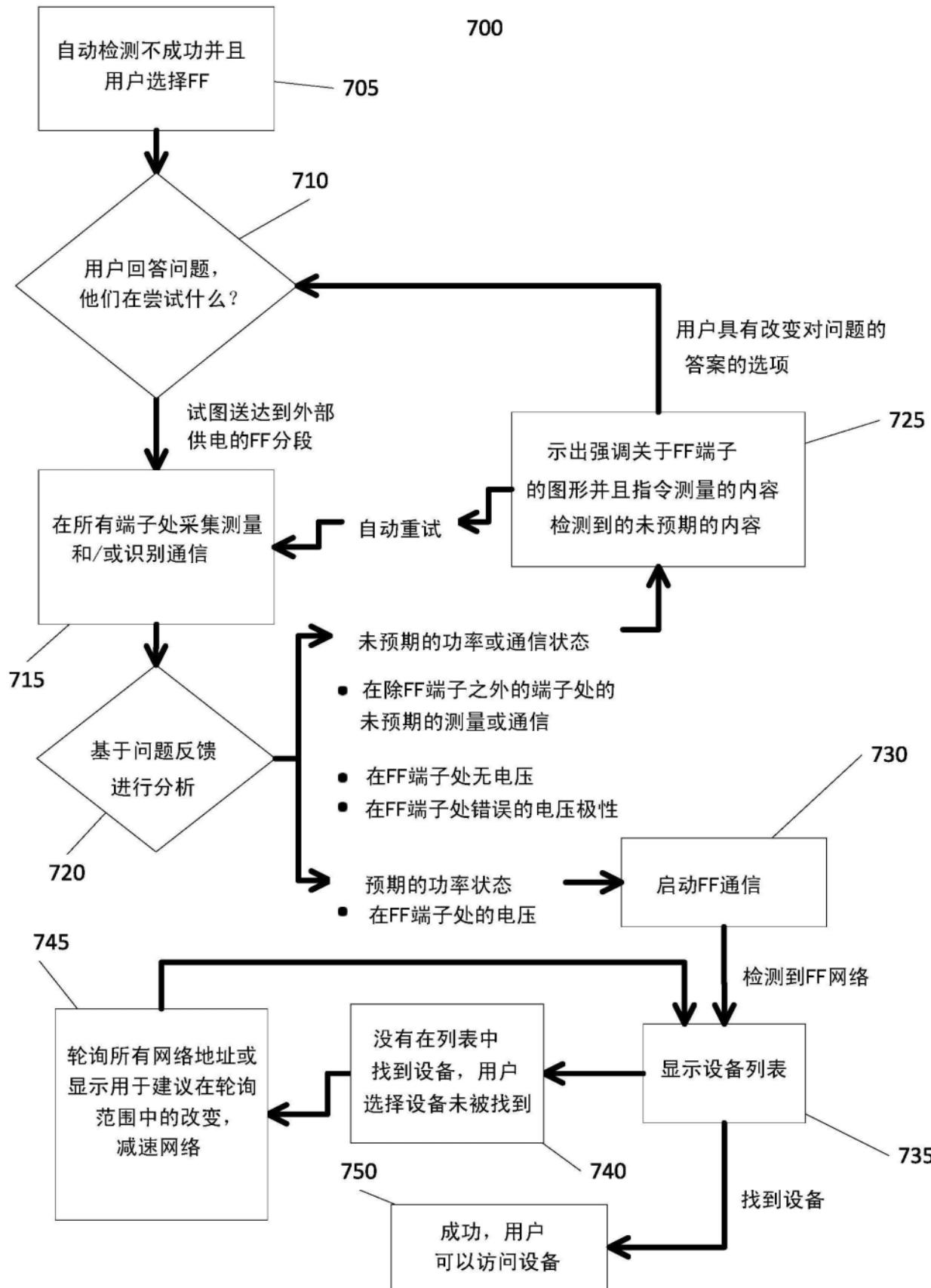


图7

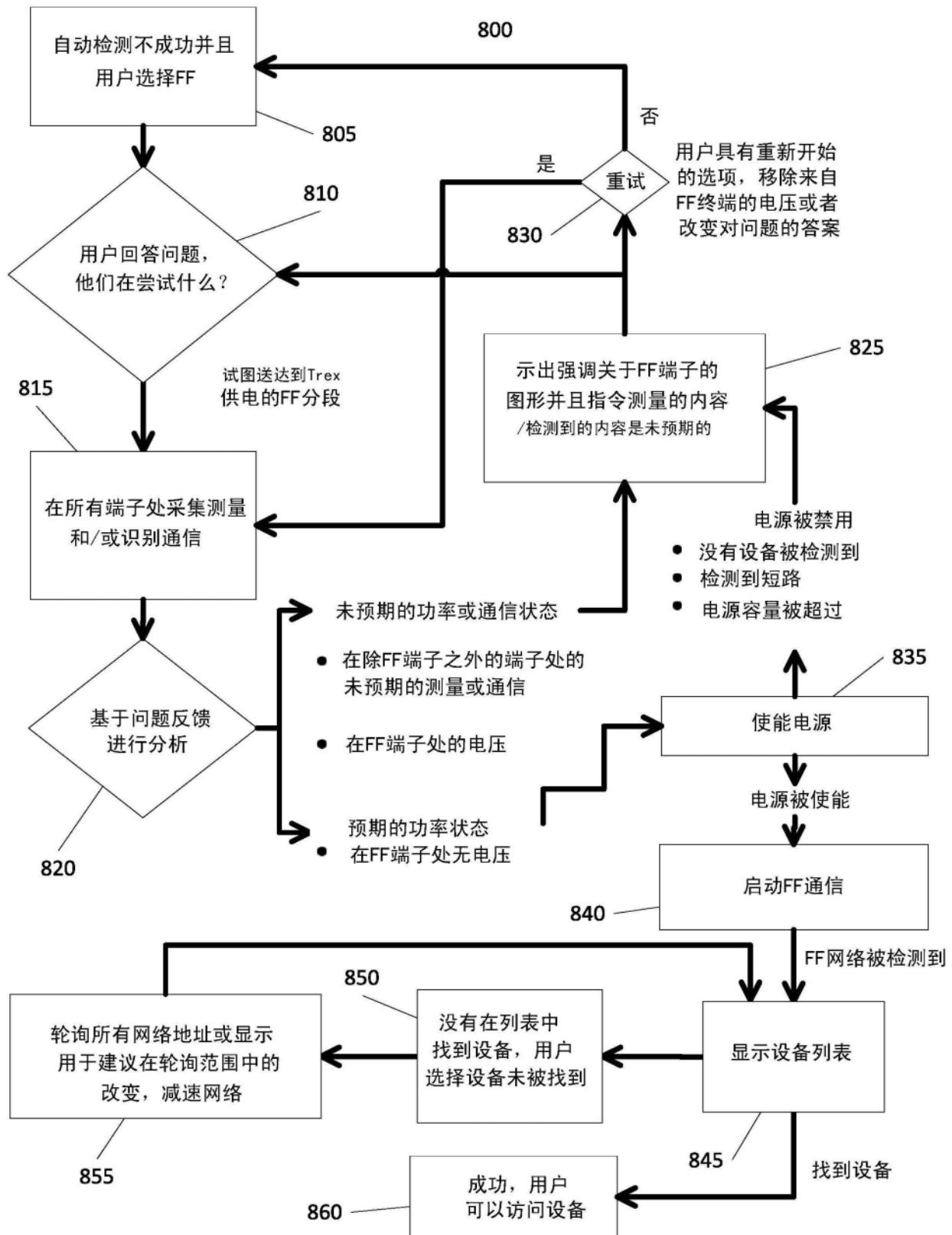


图8

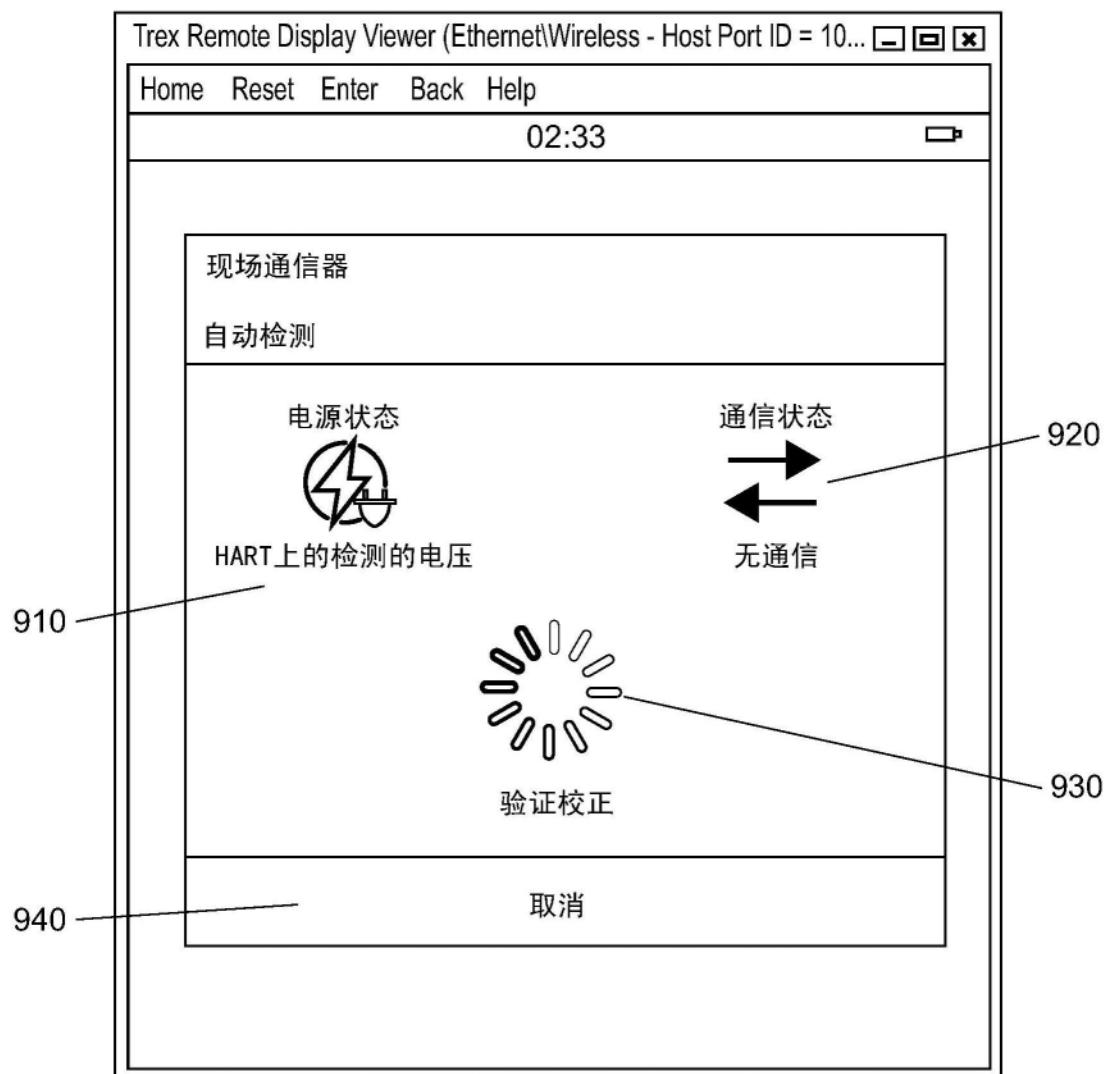
900

图9

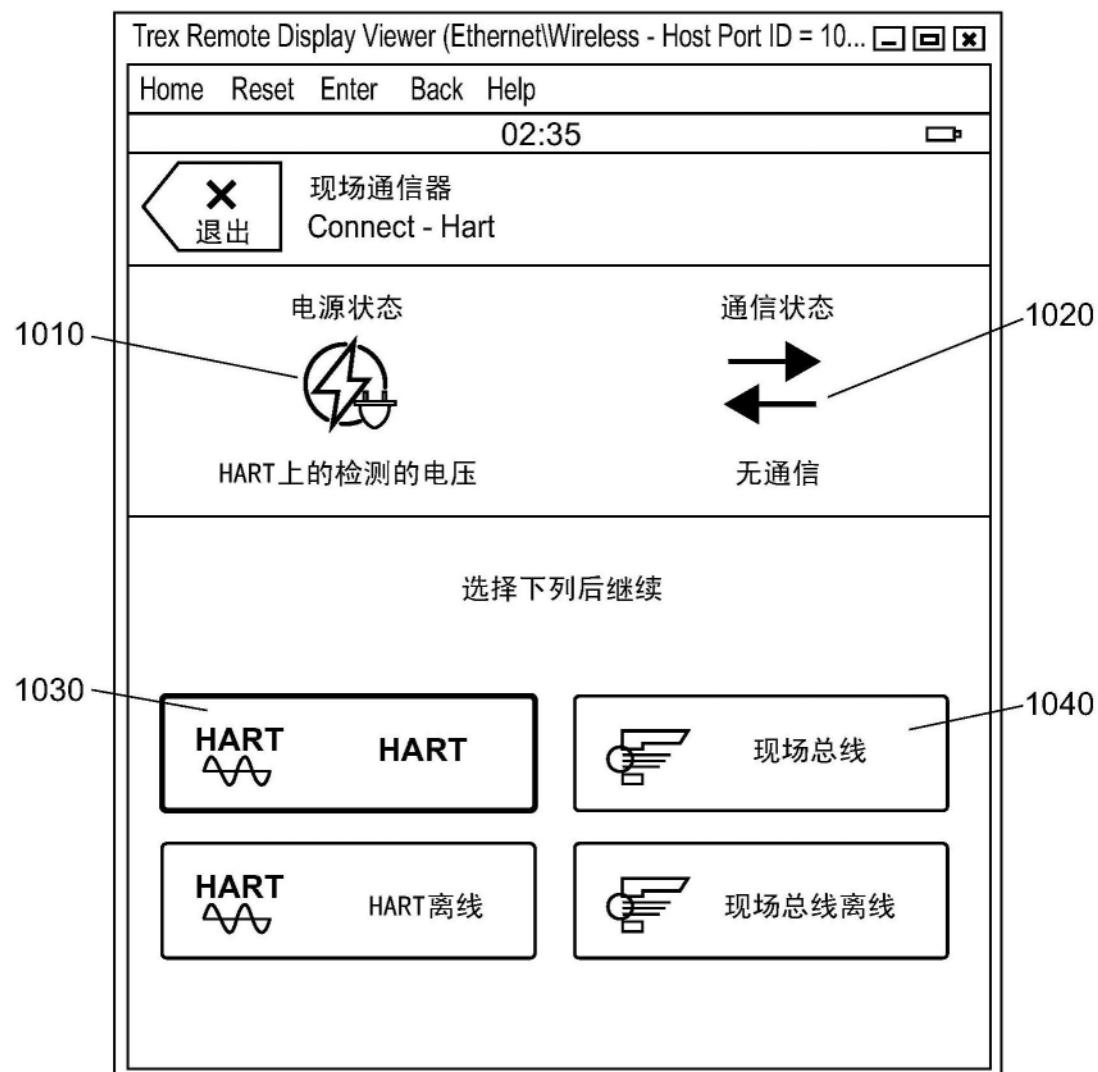
1000

图10

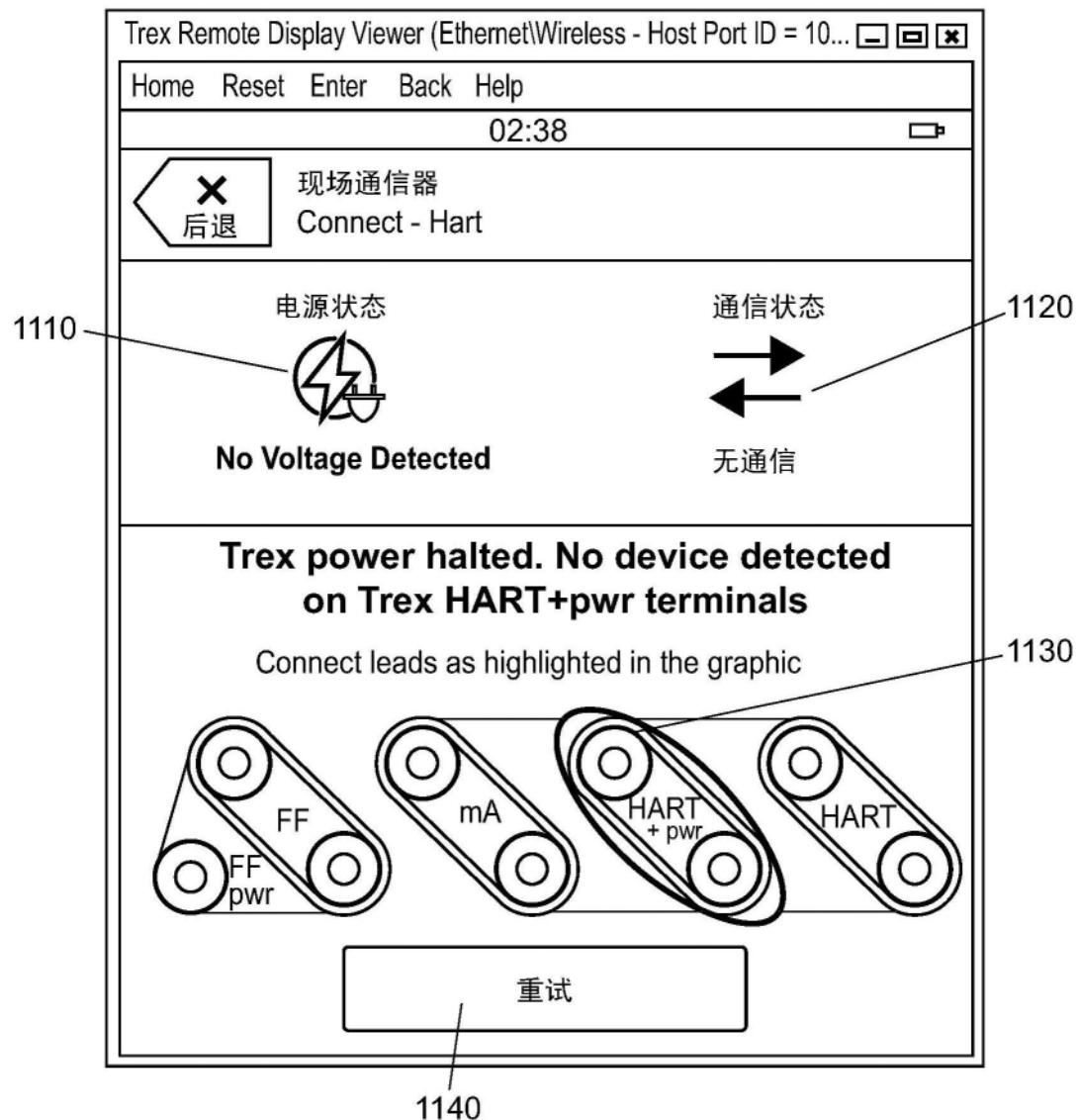
1100

图11

1200



电源状态



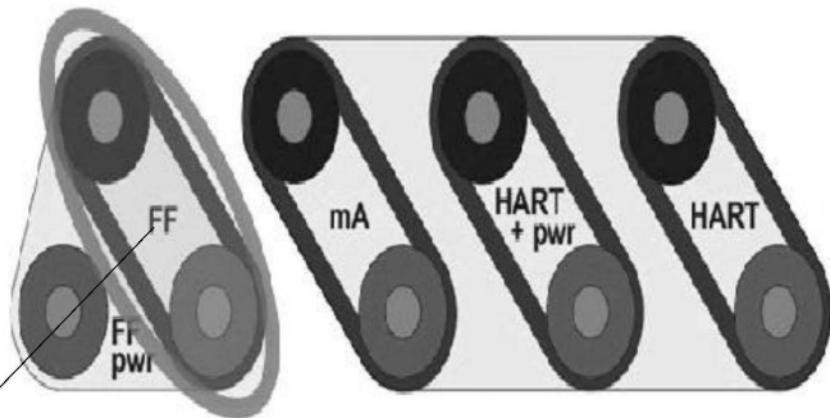
HART上的检测的电压

通信状态



无通信

在FF（基金会现场总线）端子上未检测到外部电压



如在图形中突出的连接导线

1220

图12

1300

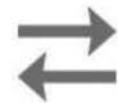


电源状态



HART上的检测的电压

通信状态



无通信

在HART端子处检测电压  
移除连接到HART端子的引线并且重试

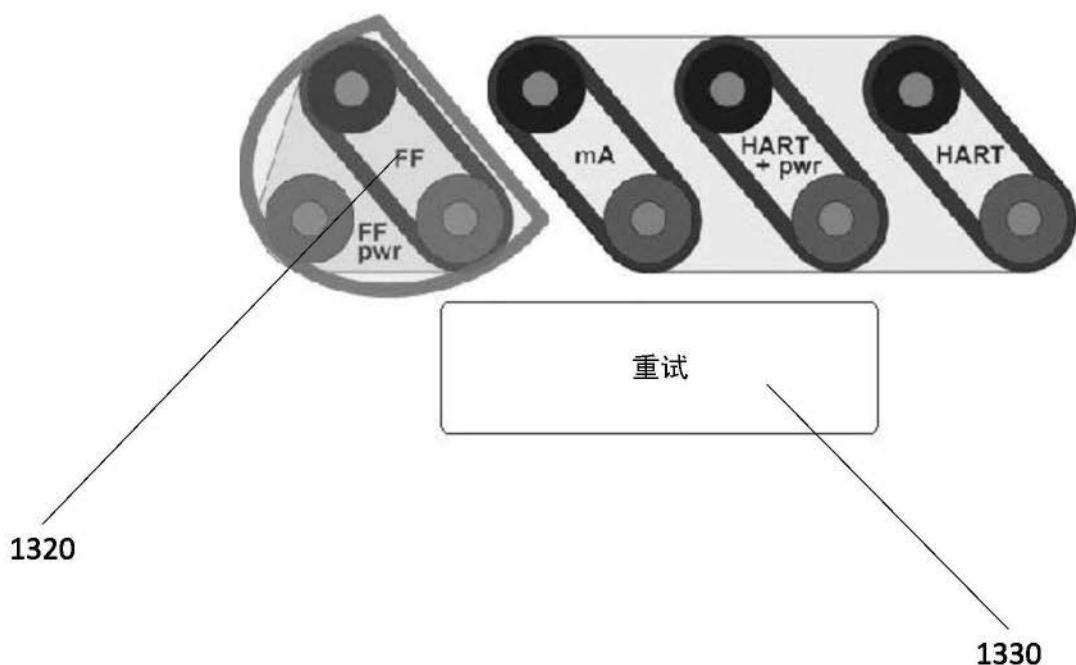


图13

1400

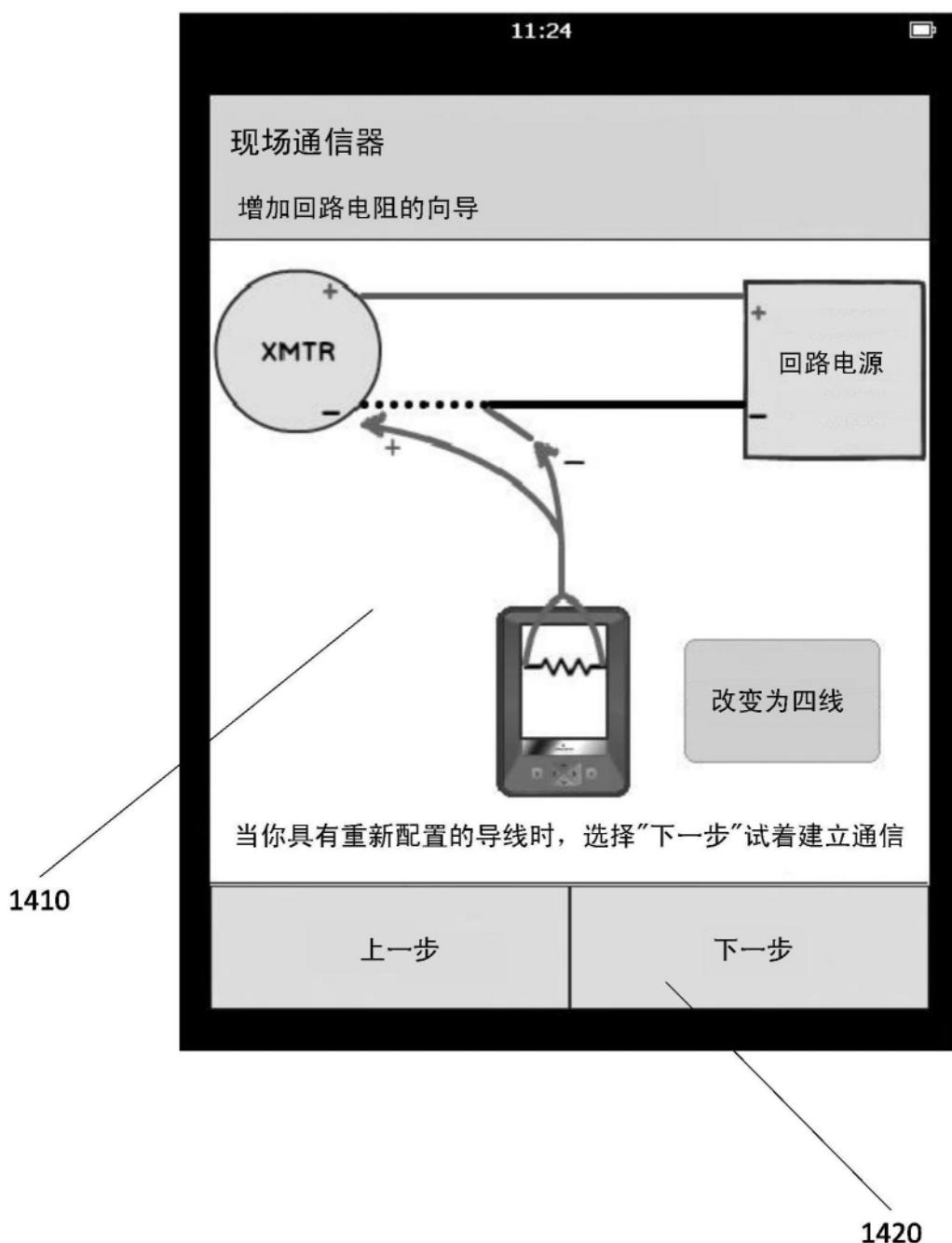


图14

1500

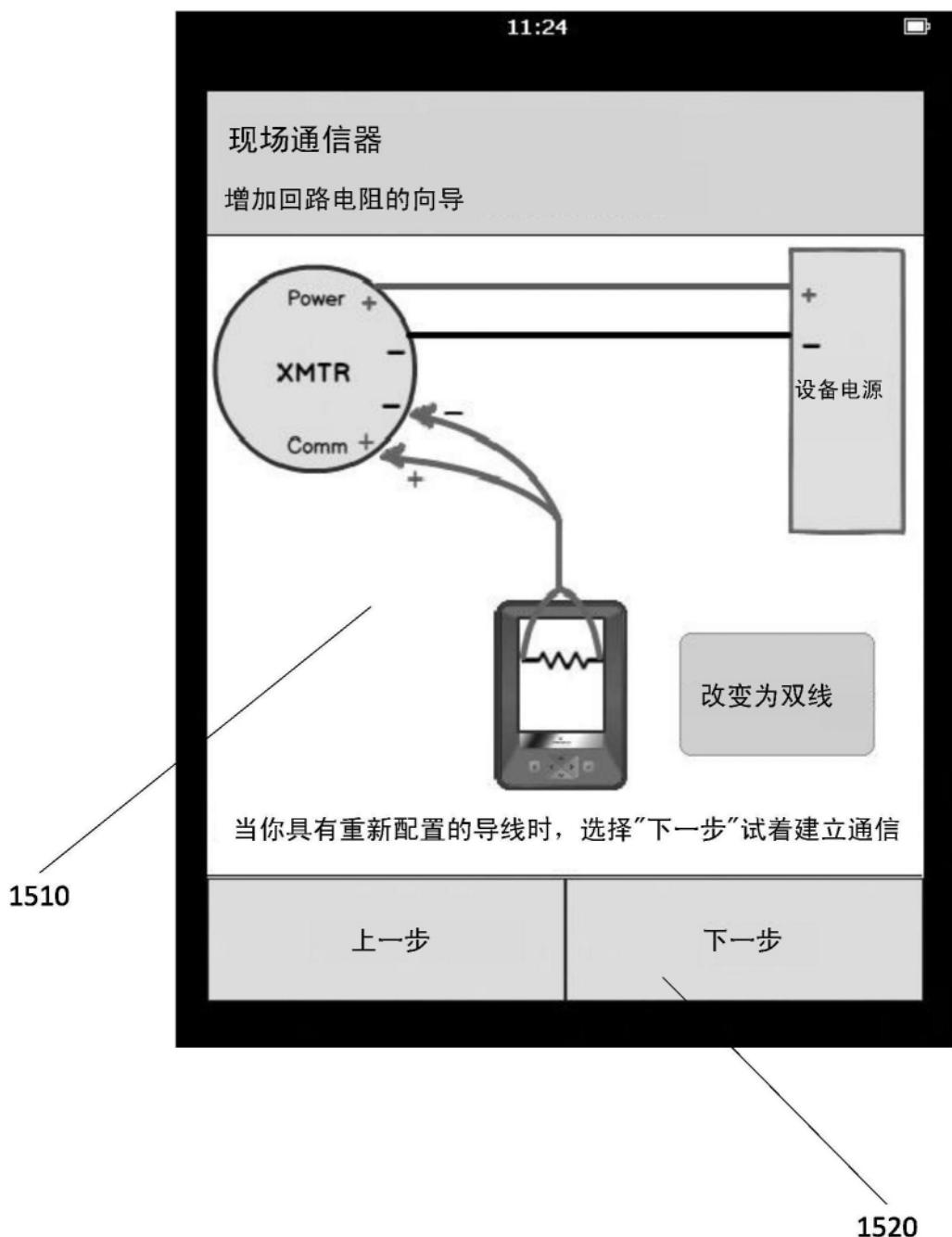


图15

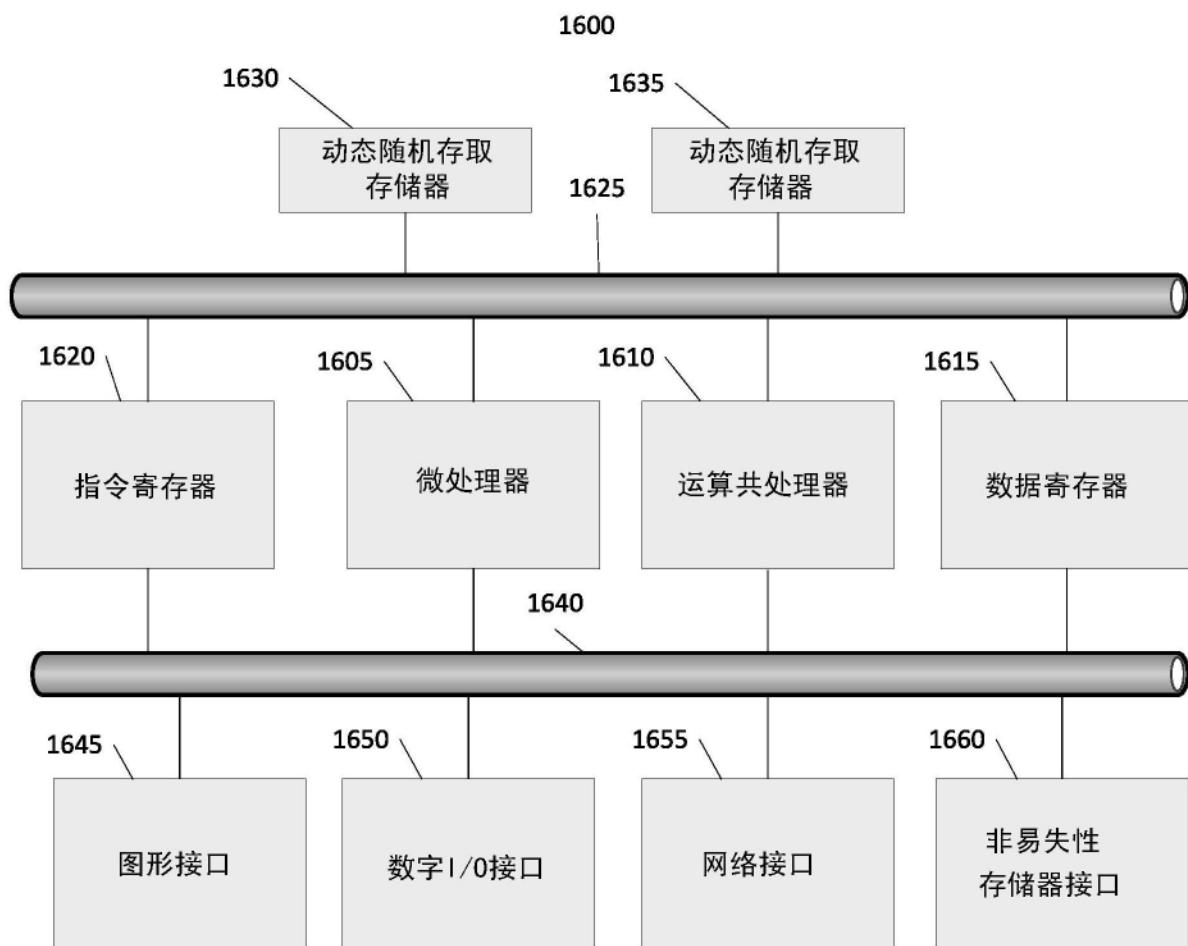


图16

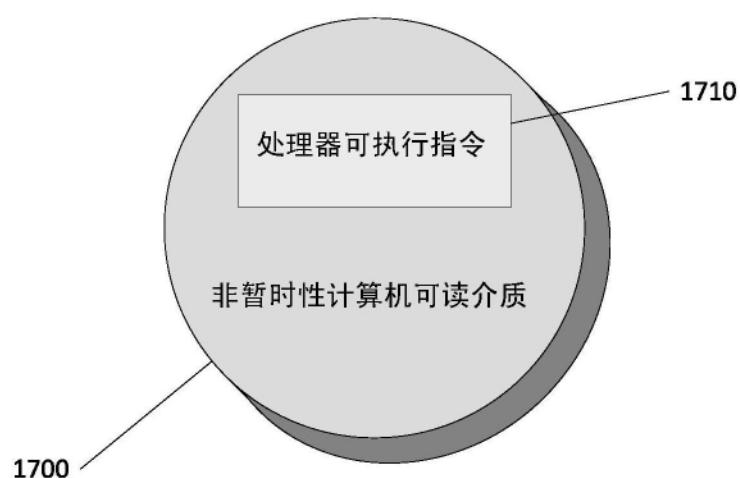


图17