

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580027169.5

[51] Int. Cl.

G06F 7/60 (2006.01)

G06F 17/10 (2006.01)

G06G 7/48 (2006.01)

G06G 7/56 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 1 月 2 日

[11] 公开号 CN 101099127A

[22] 申请日 2005.6.21

[21] 申请号 200580027169.5

[30] 优先权

[32] 2004.8.11 [33] US [31] 10/915,853

[86] 国际申请 PCT/US2005/021976 2005.6.21

[87] 国际公布 WO2006/023041 英 2006.3.2

[85] 进入国家阶段日期 2007.2.9

[71] 申请人 恩特格里公司

地址 美国明尼苏达

[72] 发明人 吴群伟 约瑟夫·E·斯密斯

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

代理人 赵科

权利要求书 10 页 说明书 15 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于优化和模拟热管理系统及预测流量控制的系统和方法

[57] 摘要

本发明实施例提供了用于优化热管理系统的系统和方法。本发明的一个实施例包括计算机程序产品，其包括用于执行以下操作的可执行计算机指令：接收一组包括流体参数和热交换器参数的工艺参数，和确定分配流体达到目标温度的时间。此外，这些指令可执行以确定导致达到目标温度的时间在预定限以下的一组工艺参数。按照本发明的另一实施例，一组计算机指令可计算分配流体达到目标温度的时间，用于加热/冷却流体的预测流量控制。

1. 一种模拟热管理系统的方法，包括：

基于图形用户界面中的输入，接收所述热管理系统的一组初始工艺参数；

确定热交换器入口温度；

基于所述一组初始工艺参数确定热交换器出口温度；以及

比较所述热交换器出口温度与目标温度；

如果所述热交换器出口温度已经达到所述目标温度，则确定分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

2. 如权利要求 1 所述的方法，进一步包括：

如果所述热交换器出口温度还没有达到所述目标温度，则设定箱温度等于所述热交换器出口温度。

3. 如权利要求 1 所述的方法，进一步包括：

比较分配流体达到所述目标温度所用的时间量与目标时间；

如果分配流体达到目标温度所用的时间量超过所述目标时间，则选择一组新的初始工艺参数；

否则，在图形用户界面中输出分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数包括一组对应于热交换器的热交换器参数。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其中选择一组新的初始工艺参数包括选择一组新的热交换器参数。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数包括：

一组热交换器参数；

一组分配流体参数；

一组加热/冷却流体参数；和

所述目标温度。

7. 如权利要求 5 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数进一

步包括：

分配流体流速；和
加热/冷却流体流速。

8. 如权利要求 6 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数进一步包括：

泵参数；和
过滤器参数。

9. 如权利要求 1 所述的方法，进一步包括确定维持流速。

10. 如权利要求 1 所述的方法，进一步包括确定分配后的恢复时间。

11. 如权利要求 1 所述的方法，其中图形用户界面包括被模拟的热管理子系统的形象表示。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中所述形象表示进一步包括：
箱的表示；
泵的表示；
过滤器的表示；和
热交换器的表示。

13. 如权利要求 12 所述的方法，进一步包括利用图形用户界面选择从中导出至少一个工艺参数的至少一个项。

14. 如权利要求 12 所述的方法，利用图形用户界面输入至少一个工艺参数。

15. 一种模拟热管理系统的方法，包括：

(a) 基于用户界面的输入，接收热管理系统的一组初始工艺参数；

(b) 确定热交换器入口温度；

(c) 基于所述一组初始工艺参数确定热交换器出口温度；和

(d) 比较所述热交换器出口温度与目标温度；

如果所述热交换器出口温度已经达到所述目标温度，则确定分配流体达到所述目标温度的时间量，

如果所述热交换器出口温度还没有达到所述目标温度，则设定箱温度等于所述热交换器出口温度并重复步骤(b) - (d)。

16. 如权利要求 15 所述的方法，进一步包括：

(e) 比较分配流体达到所述目标温度所用的时间量与目标时间；如果分配流体达到目标温度所用的时间量超过所述目标时间，则选择一组新的初始工艺参数并重复步骤(b) - (e)；

否则，在用户界面中输出分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数包括一组对应于热交换器的热交换器参数。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其中选择一组新的初始工艺参数包括选择一组新的热交换器参数。

19. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数包括：

一组热交换器参数；
一组分配流体参数；
一组加热/冷却流体参数；和
所述目标温度。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数进一步包括：

分配流体流速；和
加热/冷却流体流速。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述一组初始工艺参数进一步包括：

泵参数；和
过滤器参数。

22. 如权利要求 15 所述的方法，进一步包括确定维持流速。

23. 如权利要求 15 所述的方法，进一步包括确定分配后的恢复时间。

24. 如权利要求 15 所述的方法，其中用户界面包括被模拟的热管理子系统的形象表示。

25. 如权利要求 24 所述的方法，其中所述形象表示进一步包括：
箱的表示；
泵的表示；
过滤器的表示；和
热交换器的表示；

26. 如权利要求 25 所述的方法，进一步包括利用用户界面选择从中导出至少一个工艺参数的至少一个项。

27. 如权利要求 26 所述的方法，进一步包括利用用户界面输入至少一个工艺参数。

28. 一种计算机程序产品，包括一组存储在计算机可读介质上的计算机指令，其中所述一组计算机指令包括用于以下操作的可执行指令：

接收用于热管理系统的一组初始工艺参数；

确定热交换器入口温度；

基于所述一组初始工艺参数确定热交换器出口温度；以及

比较所述热交换器出口温度和目标温度；

如果所述热交换器出口温度已经达到所述目标温度，则确定分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

29. 如权利要求 28 所述的计算机程序，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

如果所述热交换器出口温度还没有达到所述目标温度，则设定箱温度等于所述热交换器出口温度。

30. 如权利要求 28 所述的计算机程序产品，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

比较分配流体达到所述目标温度所用的时间量与目标时间；

如果分配流体达到目标温度所用的时间量超过所述目标时间，则选择一组新的初始工艺参数；

否则，输出分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

31. 如权利要求 30 所述的计算机程序产品，其中所述一组初始工艺参数包括一组对应于热交换器的热交换器参数。

32. 如权利要求 31 所述的计算机程序产品，其中选择一组新的初始工艺参数包括选择一组新的热交换器参数。

33. 如权利要求 28 所述的计算机程序产品，其中所述一组工艺参数包括：

一组热交换器参数；
一组分配流体参数；
一组加热/冷却流体参数；以及
所述目标温度。

34. 如权利要求 33 所述的计算机程序产品，其中所述一组初始工艺参数进一步包括：

分配流体流速；以及
加热/冷却流体流速。

35. 如权利要求 33 所述的计算机程序产品，其中所述一组初始工艺参数进一步包括：

泵参数；和
过滤器参数。

36. 如权利要求 28 所述的计算机程序产品，进一步包括用于维持流速的可执行指令。

37. 如权利要求 28 所述的计算机程序产品，进一步包括用于确定分配后恢复时间的可执行指令。

38. 一种计算机程序产品，包括一组存储在计算机可读介质上的计算机指令，其中所述一组计算机指令包括用于执行以下操作的可执行指令：

提供进一步包括热管理系统的形象表示的图形用户界面，其中所述图形用户界面允许用户输入至少一个工艺参数和选择从中导出至少一个附加工艺参数的项；

基于通过所述图形用户界面的输入确定一组初始工艺参数；
基于所述一组初始工艺参数确定热交换器出口温度；和
比较所述热交换器出口温度与目标温度；

如果所述热交换器出口温度已经达到所述目标温度，则确定分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

39. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，进一步包括用于在所述图形用户界面中输出分配流体达到所述目标温度所用的时间量的可执行指令。

40. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

如果所述热交换器出口温度还没有达到所述目标温度，则设定箱温度等于所述热交换器出口温度。

41. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

比较分配流体达到所述目标温度所用的时间量与目标时间；

如果分配流体达到目标温度所用的时间超过所述目标时间，则选择一组新的初始工艺参数；

否则在图形用户界面中输出分配流体达到所述目标温度所用的时间量。

42. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，其中所述图形用户界面允许用户选择热交换器。

43. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，其中所述图形用户界面允许用户指定：

一组分配流体参数；

一组加热/冷却流体参数；和

所述目标温度。

44. 如权利要求 43 所述的计算机程序产品，其中所述图形用户界面允许用户指定：

分配流体流速；以及

加热/冷却流体流速。

45. 如权利要求 43 所述的计算机程序产品，其中所述图形用户界面允许用户指定：

至少一个泵参数；和

至少一个过滤器参数。

46. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，进一步包括用于确定维持流速和在图形用户界面中输出所述维持流速的可执行指令。

47. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品，进一步包括用于确定分配后恢复时间和在图形用户界面中输出所述恢复时间的可执行指令。

48. 一种控制流量的方法，包括：

接收一组工艺参数，其中所述一组工艺参数包括加热/冷却流体的第一流速；

基于所述一组工艺参数确定分配流体达到目标温度所用的时间量；

为加热/冷却流体确定第二流速；

为近似等于分配流体达到所述目标温度所用的时间量的第一时间段判定对应于所述第一流速的第一设定点；

为所述第一时间段后的第二时间段判定对应于所述第二流速的第二设定点。

49. 如权利要求 48 所述的方法，进一步包括：

确定恢复时间段。

50. 如权利要求 49 所述的方法，进一步包括：

接收分配已经发生的指示；

为近似等于所述恢复时间段的第三时间段重新判定第一设定点。

51. 如权利要求 50 所述的方法，进一步包括：

在所述第三时间段后重新判定第二设定点。

52. 如权利要求 48 所述的方法，其中确定分配流体达到目标温度所用的时间量进一步包括：

确定热交换器入口温度；
确定热交换器出口温度；
比较所述热交换器出口温度和所述目标温度。

53. 如权利要求 52 所述的方法，其中：

如果所述热交换器出口温度已经达到所述目标温度，则计算分配流体达到所述目标温度的时间量；以及

如果所述热交换器出口温度还没有达到所述目标温度，则设定箱温度等于所述热交换器出口温度。

54. 如权利要求 48 所述的方法，其中所述一组工艺参数包括：

一组热交换器参数；
一组分配流体参数；
一组加热/冷却流体参数；和
所述目标温度。

55. 如权利要求 54 所述的方法，其中所述一组工艺参数进一步包括分配流体流速。

56. 如权利要求 54 所述的方法，其中所述一组工艺参数进一步包括：

泵参数；和
过滤器参数。

57. 如权利要求 48 所述的方法，其中所述第二流速对应于维持流速。

58. 一种计算机程序产品，包括存储在计算机可读介质上的可由处理器执行的一组计算机指令，其中所述一组计算机指令进一步包括用于以下操作的可执行指令：

接收一组工艺参数，其中所述一组工艺参数包括加热/冷却流体的第一流速；

基于所述一组工艺参数确定分配流体达到目标温度的时间量；

为所述加热/冷却流体确定第二流速；

为近似等于分配流体达到所述目标温度的时间量的第一时间段

判定对应于所述第一流速的第一设定点；

为所述第一时间段后的第二时间段判定对应于所述第二流速的第二设定点。

59. 如权利要求 58 所述的计算机程序产品，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

确定恢复时间段。

60. 如权利要求 59 所述的计算机程序产品，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

接收分配已经发生的指示；

为近似等于所述恢复时间段的第三时间段重新判定第一设定点。

61. 如权利要求 59 所述的计算机程序产品，进一步包括用于以下操作的可执行指令：

在所述第三时间段后重新判定第二设定点。

62. 如权利要求 58 所述的计算机程序产品，其中确定分配流体达到所述目标温度的时间量进一步包括：

确定热交换器入口温度；

确定热交换器出口温度；

比较所述热交换器出口温度和所述目标温度。

63. 如权利要求 62 所述的计算机程序产品，其中：

如果所述热交换器出口温度已经达到所述目标温度，则计算分配流体达到所述目标温度的时间量；和

如果所述热交换器出口温度还没有达到所述目标温度，则设定箱温度等于所述热交换器出口温度。

64. 如权利要求 58 所述的计算机程序产品，其中所述一组工艺参数包括：

一组热交换器参数；

一组分配流体参数；

一组加热/冷却流体参数；和

所述目标温度。

65. 如权利要求 64 所述的计算机程序产品，其中所述一组工艺参数进一步包括分配流体流速。

66. 如权利要求 64 所述的计算机程序产品，其中所述一组工艺参数进一步包括：

泵参数；以及

过滤器参数。

67. 如权利要求 58 所述的计算机程序产品，其中所述第二流速对应于维持流速。

用于优化和模拟热管理系统 及预测流量控制的系统和方法

技术领域

本发明涉及热管理系统。更具体地，本发明实施例涉及用于优化和模拟热管理系统的系统和方法。再具体地，本发明的实施例涉及优化和模拟半导体制造工艺系统中热管理子系统的系统和方法。

背景技术

在半导体制造中，分配流体（dispense fluid）的温度必须被高度调节。通常，作为整个半导体制造系统一部分的热管理子系统被用来加热或冷却分配流体至所需温度。通常的热管理子系统包括分配流体箱、泵、过滤器、热交换器和流量控制器。在操作中，箱被填充以分配流体。泵产生压力差以使流体从箱移动到热交换器。随着分配流体流过热交换器，其温度增加或降低。在通过热交换器后，分配流体达到目标温度。

热管理子系统的一个问题是确定使用的组件。一般地，特定半导体制造工艺将要求特定的流体在特定温度被分配。分配流体的温度基于箱中流体的温度和体积、泵所提供的热、过滤器处的热损耗或增益、在热交换器处传递的热和循环流体量。对于许多半导体制造商来说，在加热或冷却分配流体中特别重要的因素是流体达到分配温度所用的时间量减少将导致更大的产量。

通常，基于分配的流体的量和类型选择箱容积、泵和过滤器。因此，选择适当的热交换器和通过热交换器的冷却/加热流体的流量是优化热管理子系统最重要的方面。热管理子系统的供应商在实验室中建立子系统的原型，并根据经验确定哪个热交换器满足客户的要求。这对于供应商来说是成本高且耗时的过程。因为较大的热交换器可以以

较大的工艺参数范围工作，所以供应商通常选择比所要求的更大的热交换器。这就减小了选择热交换器所要求的时间量，但导致了选择比热管理子系统所需要的更大和更昂贵的热交换器。因此，需要一种系统来更好地优化和选择热管理子系统的组件。

发明内容

本发明的实施例提供了优化热管理系统的系统和方法，其消除或至少显著减少了现有技术的热管理系统和方法的缺点。更特别地，本发明的一个实施例包括一种优化热管理系统的方法，包括接收热管理系统的一组初始工艺参数，确定热交换器入口温度，基于这组初始工艺参数确定热交换器出口温度，比较热交换器出口温度和目标温度，且如果热交换器出口温度已经达到目标温度，则确定分配流体到达目标温度所用的时间量。另一方面，如果热交换器出口温度还没有达到目标温度，则该方法可进一步包括设定箱温度等于热交换器出口温度。

本发明的另一实施例可包括（a）接收热管理系统的一组初始工艺参数；（b）确定热交换器入口温度；（c）基于这组初始工艺参数确定热交换器出口温度；和（d）比较热交换器出口温度和目标温度。该实施例可进一步包括如果热交换器出口温度已经达到目标温度则确定分配流体达到目标温度所用的时间量，或如果热交换器出口温度还没有达到目标温度则设定箱温度等于热交换器出口温度并重复步骤（b）-（d）。

本发明的另一实施例可包括计算机程序产品，其包括一组存储在计算机可读介质中的计算机指令，其中该组计算机指令包括可执行以接收热管理系统的一组初始工艺参数的指令，确定热交换器入口温度，基于这组初始工艺参数确定热交换器出口温度，和比较热交换器出口温度和目标温度。如果热交换器出口温度已经达到目标温度，则指令可被执行以确定分配流体达到目标温度所用的时间量。另一方面，如果热交换器出口温度还没有达到目标温度，则指令可被执行以设定箱温度等于热交换器出口温度。

本发明再一实施例可包括一种方法，该方法包括接收一组包括加热/冷却流体的第一流速的工艺参数，基于该组工艺参数确定分配流体达到目标温度的时间量，确定加热/冷却流体的第二流速，在近似等于分配流体达到目标温度的时间量的第一时间段判定对应于第一流速的第一设定点，并在第一时间段后的第二时间段判定对应于第二流速的第二设定点。

本发明的再一实施例可包括计算机程序产品，其包括一组存储在计算机可读介质上并可由处理器执行的计算机指令，其中该组计算机指令进一步包括可执行以下操作的指令，即接收一组可以包括加热/冷却流体的第一流速的工艺参数，基于该组工艺参数确定分配流体达到目标温度的时间量，确定加热/冷却流体的第二流速，在近似等于分配流体达到目标温度的时间量的第一时间段判定相应于第一质量流速的第一设定点，在第一时间段后的第二时间段判定对应于第二流速的第二设定点。

本发明的另一实施例可包括计算机程序产品，其包括一组存储在计算机可读介质上的计算机指令，其中该组计算机指令包括可执行以执行以下操作的指令：提供进一步包括热管理系统的形象表示的图形用户界面，其中图形用户界面允许用户输入至少一个工艺参数和选择可从中推导出至少一个附加工艺参数的项；基于通过图形用户界面的输入确定一组初始工艺参数，基于这组初始工艺参数确定热交换器出口温度，和比较热交换器出口温度和目标温度。如果热交换器出口温度已经达到目标温度，则确定分配流体达到目标温度所用的时间。

本发明的实施例通过减小按大小排列（size）热交换器所需的时间量而相对于现有技术中的系统和方法提供优势。

本发明的实施例通过允许为热管理系统容易并快速地计算的多个工艺参数而相对于现有技术的系统和方法提供另一优势。

本发明的实施例通过提供预测流量控制而相对于现有技术的系统提供另一优势。

附图说明

通过结合附图参考下面的描述，可以获得对本发明及其优点更完全的理解，附图中相似的附图标记表示相似的特征，其中：

图 1 是热管理系统的示意表示；

图 2A 是表示按照本发明一个实施例的热管理系统的用户界面屏幕的示意表示；

图 2B 是表示按照本发明一个实施例的热管理系统的另一用户界面屏幕的示意表示；

图 2C 是输出时间以达到目标温度的用户界面屏幕的示意表示；

图 3 是流程图，其示出优化热管理系统的实施例；

图 4 是计算机系统的一个实施例的示意表示；和

图 5 是示出一个预测流量控制方法的流程图。

具体实施方式

本发明的优选实施例在附图中示出，各图中相似的数字用来表示相似和相应的部件。

本发明的实施例提供用于优化热管理系统的系统和方法。本发明的一个实施例可包括计算机程序产品，其包括可执行以下操作的指令：接收一组包括流体参数和热交换器参数的工艺参数，和确定分配流体达到目标温度的时间。此外，指令可执行以确定一组使到达目标温度的时间在预定极限以下的工艺参数。按照本发明的另一实施例，一组计算机指令可计算分配流体达到目标温度所用的时间，用于加热/冷却流体的预测流量控制。

图 1 是热管理系统 100 的示意表示。系统 100 可以是独立系统或更大系统 - 诸如半导体制造系统 - 的子系统。热管理系统 100 可包括箱 102、泵 104、过滤器 106（例如在线过滤器（inline filter）或本领域公知的其它过滤器）、热交换器 108 和流量控制器 112。热管理系统 100 可包括连接多个部件的附加管线（piping）、分配流体到工艺处理腔室（process chamber）或其它工艺处理工具的分配路径 114

和将流体从热交换器 108 的出口循环到箱 102 的循环路径 116。流量控制器 112 可控制到热交换器 108 的加热/冷却流体的流量。

在操作中，分配流体可被添加到箱中。添加到箱中的分配流体将具有温度 T_1 。泵 104 可将流体从箱 102 移动到热交换器 108，同时过滤器 106 从分配流体过滤杂质。流体将在通过泵 104 时获得热量（由 Q_{in} 表示），并在通过过滤器 106 时将失去热量（如果流体温度比环境温度高）或获得热量（如果流体温度比环境温度低）（由 Q_{out} 表示）。在热交换器 108，热量将被转移到冷却流体或从加热流体传递出。通过流量控制器 112，冷却加热流体被提供给热交换器 108。然后，所有或部分分配流体可选地通过分配路径 114 被分配和/或经循环路径 116 被循环至箱 102。

多种因素影响热交换器的出口温度（ T_{out} ），且因此影响分配温度，包括例如分配流体的类型、分配流体的流速（ m_{disp} ）、箱中分配流体的温度、泵所添加的热量、过滤器处的热量损失、进入热交换器的分配流体的温度（ T_{in} ）、加热/冷却流体的类型、加热/冷却流体的输入温度（ t_{in} ）、加热/冷却流体的速度（ m_{heat} ）和所选热交换器的类型。按照本发明的一个实施例，计算机程序（对于该应用目的称为“优化程序”）可计算分配流体的热交换器的出口温度（ T_{out} ），并确定 T_{out} 达到预定目标温度所用的时间。如果 T_{out} 达到预定目标温度所用的时间大于预定的目标时间，则按照一个实施例，优化程序可以选择性地改变工艺参数以确定一组工艺参数，其中在该组工艺参数下， T_{out} 在目标时间内达到目标温度。

图 2A 示出用于输入一组初始工艺参数的图形用户界面 200 的屏幕的一个实施例。如图 2A 所示，用户界面 200 可包括被模拟的热管理系统的形象表示，包括箱、泵、过滤器和热交换器的形象表示。用户界面 200 可允许用户输入各种工艺参数。例如，用户可输入分配流体的入口温度（入口温度框 202）、分配流体的体积（箱容积框 204）、来自泵的热分配（热分配框 206）、过滤器外壳体积（过滤器外壳体积框 208）、加热/冷却流体的流速（壳体（shell）流速框 210）、分

配体积（分配体积框 212）和目标温度（目标温度框 214）。此外，用户可进入界面中另一屏幕以输入热交换器参数（例如通过选择热交换器参数按钮 216）。

图 2B 是热交换器参数界面 218 屏幕的一个实施例的示意表示，其中当用户“点击”热交换器参数按钮 216 时可进入该屏幕。对于图 2B 的例子，假定热交换器是管壳式热交换器（shell and tube heat exchanger）。然而，应该理解，其它类型的热交换器也可使用。通过热交换器参数界面 216，用户可指定热交换器的操作模式，诸如并行或逆流（例如，操作模式下拉菜单 222），和热交换器（热交换器下拉菜单 224）。在所示的例子中，用户已经选择管直径为 5.72 厘米且长度为 0.305 米的热交换器。基于该输入，优化程序可以例如访问热交换器的数据库或列表，以确定所选择的热交换器的热传递表面积为 0.88 m^2 ，具有 680 根管，管内径或与所选热交换器相关联的其它特性。用户也可指定加热/冷却流体的入口温度（ t_{in} ）（入口温度框 225）。此外，在这个热交换器参数界面 218 的实施例中，用户在区段 226 中可指定分配流体（管侧）和加热冷却流体（壳体侧）的各种特性，诸如粘度、比重、比热和传导率。在本发明的另一实施例中，用户可仅仅选择流体，而优化程序可从流体特性的数据库中确定流体特性。

图 2A 和 2B 中给出的屏幕是以例子的形式给出的，且也可实现其它用户界面。此外，图 2A 和 2B 中所指定的参数组也是以例子的形式给出的。用户界面可允许用户指定可允许计算达到目标温度的时间的任何一组初始工艺参数。例如，用户界面可给出选项来指定管线的类型和长度、各个部件的热增益或热损耗、或其它影响被模拟热管理系统的热传递的参数。优化程序可对这组初始工艺参数应用公知的热传递方程，以确定分配流体达到目标温度需要多长时间。

图 2C 按照本发明一个实施例示出具有用于图 2A 和 2B 的例子中所示的工艺参数的一组输出的用户界面的一个实施例。在图 2C 的情形中，借助所指定的输入，达到目标温度 40°C 的初始时间是 4.19 分钟（框 232）。在该情形中，优化程序可考虑泵的热分配和外壳的容积。

一旦分配流体达到目标温度，就可以以流过热交换器壳体的流量为0.0047 lpm（框 234）而保持目标温度。对于每次迭代，该流量补偿到环境的热损耗。可以计算的其它因素包括在分配后达到目标温度的时间（框 236）、分配后的翻转（turn over）（框 238）、箱温度（框 240）、分配后的总容量交换（框 242）和来自环境的热损耗或增益（框 244）。

本发明的实施例因此提供热管理系统的形象模拟，并允许通过选择各种工艺参数和/或装置来优化系统。可通过用户界面所提供的下拉式菜单、框或其它输入机构选择工艺参数或可从中得到工艺参数的项，诸如特定热交换器。因此，用户界面允许用户输入工艺参数并选择可从中导出工艺参数的项。此外，用户界面提供特定模拟或优化结果的可视输出。应该指出，图 2A、2B 和 2C 中所示出的用户界面仅以例子的形式给出。

图 3 是流程图，其示出优化热管理系统的方法的一个实施例。图 3 的处理可以例如被实现为一组被存储在计算机可读介质上并可由处理器执行的计算机指令（为简单起见称为“优化程序”）。优化程序可在计算机或其它计算装置上运行，以模拟热管理系统，诸如图 1 中所示的。为了例示，将根据优化热交换器来讨论图 3 的方法，但也可以优化其它参数。

在步骤 310，可输入被模拟的热管理系统的初始工艺参数。初始工艺参数可包括用于确定热管理系统的热交换器出口温度的任何参数。这些可包括例如箱参数、泵参数、过滤器参数、分配流体参数、分配体积和循环流速。泵参数可包括用来确定当分配流体流经泵时添加到分配流体的容量的参数。对于许多泵，这可能是已知的，或可能对于给定流速是已知的。因此，泵参数可仅仅包括例如来自泵的热量分配（即，到分配流体的热量分配）。过滤器参数可包括确定多少热量从过滤器损失的参数。对于在线过滤器，例如，热损耗的量取决于过滤器外壳的容积。因此，过滤器参数可包括过滤器外壳的容积。为过滤器指定的其它参数可包括例如过滤器外壳材料或与过滤器处热量

损耗量相关的任何其它参数。流量控制器参数可包括例如加热/冷却流体的类型、加热/冷却流体的入口参数和加热/冷却流体的流速。

此外，用户可输入一组热交换参数。例如，热交换器参数可包括热交换器的操作模式（例如逆流或并行）、热交换器的尺寸（例如，管直径和热交换器长度）、分配流体和加热/冷却流体的传导率、分配流体和加热/冷却流体的比重、分配流体和加热/冷却流体的粘度。前述热交换器参数是以例子的形式给出的，且应该理解，热交换器参数可包括任何用来确定被模拟的热交换器的总热传递系数的参数。

应该指出，可得到多个输入参数。例如，用户可在图形用户界面中从下拉菜单选择泵和过滤器。通过选择特定型号的泵或过滤器，计算机指令可从数据库中确定适当的泵和过滤器参数。类似地，可以为用户提供选择特定热交换器的选项。基于所选择的热交换器，优化程序可从数据库中确定适当的热交换器参数。上面结合图 2A 和 2B 讨论了输入工艺参数的示例性界面。

在步骤 315，可确定分配流体的混合温度。对于第一次迭代，混合温度等于箱入口温度。按照本发明的一个实施例，对于第一次迭代，箱的混合温度 (T_{tank}) 可以等于箱入口温度（例如在图 2A 的入口温度框 202 所指定的温度）（例如 $T_{\text{tank}} = T_1$ ）。然后，在步骤 320，优化程序可确定热交换器处分配流体的入口温度 (T_{in})。按照本发明的一个实施例，优化程序可设定入口温度等于混合温度。按照本发明的另一实施例，优化程序可在确定 T_{in} 时考虑来自泵和过滤器的热损耗或增益。例如，这可以利用公知的热传递方程实现，诸如：

$$Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} = m_{\text{disp}} C_{p(\text{disp})} (T_{\text{in}} - T_{\text{tank}}) \quad (\text{方程 1})$$

Q_{in} = 从泵进入的热量；

Q_{out} = 从过滤器散出的热量；

m_{disp} = 分配流体的质量流速；

$C_{p(\text{disp})}$ = 分配流体的比热。

应该指出，方程 1 是作为例子给出的，并且本领域公知的其它热传递方程可用来确定箱的 T_{in} 。

在步骤 323，优化程序可按照本领域公知的任何热传递方法计算热交换器的总热传递系数。按照一个实施例，热交换器的总热传递系数基于分配流体和加热/冷却流体的特性和速度以及热交换器的特性。例如，可基于下式计算总热交换器系数（ U_o ）：

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_{heat}} + \frac{\ln(\frac{r_o}{r_i})}{k} + \frac{A_o}{h_{disp}A_i}} \quad (\text{方程 2})$$

其中：

r_o 是热交换器管的外径

r_i 是热交换器管的内径

A_o 是热交换器管的外表面积

A_i 是热交换器管的内面积

k 是热交换器管的传导率

h_{heat} 是加热/冷却流体的热传递系数

h_{disp} 是分配流体的热传递系数。

根据本发明的一个实施例，优化程序可基于用户所提供的分配流体和加热/冷却流体特性、由流量控制器所提供的加热/冷却流体的流速、以及分配流体和加热/冷却流体的比重、粘度、比热和传导率确定 h_{heat} 和 h_{disp} （例如循环流速）。例如， h_{heat} 和 h_{disp} 可从查询表确定或可按照本领域公知的任何方法确定。此外，优化程序可基于用户所选择的热交换器确定 r_o ， r_i ， A_o ， A_i 和 k 。按照本发明的另一实施例，优化程序可假定热交换器是薄膜热交换器（即，具有薄的管壁），以便按照下式计算总热传递系数：

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_{heat}} + \frac{1}{h_{disp}}} \quad (\text{方程 3})$$

在上面的例子中， U_o 被计算而没有考虑污垢热阻、鳍片热阻（fin resistance）或多程流量通道（multipass flow channel）。按照本发明其它实施例，优化程序可计算 U_o 以考虑污垢、鳍片、多程流量通道或

本领域技术人员所理解的其它影响总热传递系数的因子。

基于热交换器的总热传递系数、热交换器入口处分配流体温度 (T_{in})、分配流体质量流速 (m_{disp})、分配流体的比热 ($C_{p(dis)}$)、加热/冷却流体的入口温度 (t_{in})、加热/冷却流体的比热 ($C_{p(heat)}$) 和加热/冷却流体的质量流速 (m_{heat})，优化程序在步骤 330 可按照本领域中公知的热传递方程计算热交换器出口处分配流体温度 (T_{out})。例如，基于下面的公知关系式，优化程序可确定 T_{out} ：

$$Q_{disp} = m_{disp}c_{p(dis)}(T_{in}-T_{out}) \quad (\text{方程 4})$$

$$Q_{heat} = m_{heat}c_{p(heat)}(t_{out}-t_{in}) \quad (\text{方程 5})$$

$$Q_{ex} = U_oA\Delta T_{lm}Y \quad (\text{方程 6})$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{in} - t_{out}) - (T_{out} - t_{in})}{\ln \frac{(T_{in} - t_{out})}{(T_{out} - t_{in})}} \quad (\text{方程 7})$$

流体的质量流速和比热可从用户所提供的流体特性确定、从数据库加载或以其它方式确定。 U_o 是总热传递系数。 Y 是可基于所选择的热交换器确定的多程校正因子。方程 4 表示传递到分配流体/从分配流体传出的总热量 (Q_{disp})，方程 5 表示传递到加热/冷却流体/从加热/冷却流体传出的总热量 (Q_{heat})，方程 6 表示热交换器中流体之间传递的总热量，而方程 7 表示方程 6 中所用的对数平均温度差。按照本发明的一个实施例， Q_{disp} 可近似等于 Q_{heat} ，而 Q_{heat} 可近似等于 Q_{ex} 。根据方程 4、方程 5 和方程 6，优化程序可利用本领域公知的数值方法求解 T_{out} 和 t_{out} 。按照本发明的另一实施例，如果 Q_{disp} 和 Q_{heat} 稍微不同，则热交换器传递可被设定为等于热传递的平均速率：

$$Q_{ex} = \frac{1}{2}(Q_{disp} + Q_{heat}) \quad (\text{方程 8})$$

而且，在该情形中，在方程 4、方程 5、方程 6 和方程 8 中，仅有两个未知数， T_{out} 和 t_{out} 。因此，优化程序可求解这些变量以确定热交换器出口处的分配流体温度 (T_{out})。应该注意，上面的方程是作为例子给出的，且本领域公知的热传递方法可用来确定 T_{out} 。

在步骤 335，优化程序可确定分配流体是否已经达到分配温度。

在分配流体冷却的情形中，优化程序可确定 T_{out} 是等于还是小于分配温度。对于分配流体加热，优化程序可确定 T_{out} 是等于还是大于分配温度。如果 T_{out} 还没有达到分配温度，则优化程序可考虑迭代并返回到步骤 315，设定 T_{tank} 为 T_{out} （步骤 340）。将用于迭代的箱混合温度设定为来自前一迭代的 T_{out} 实际上就假设箱在流体被循环路径置换前被排空。在该情形中，不管迭代多长，都采用分配流体的容积来循环通过热交换器。例如，如果分配流体的流速为 7 lpm，且有 20 升分配流体，则迭代需要约 2.86 分钟。

虽然在实用中，从热交换器循环的分配流体可与箱中剩余的分配流体混合，但假设箱在每次迭代中排空就显著简化了优化程序在假设对于每次迭代输入到热交换器中的分配流体的温度对于该迭代是恒定的时必须执行的计算。这允许优化程序采用较少的计算资源。按照其它实施例，优化程序可不断更新热交换器处的输入温度，以考虑循环流体和箱中流体的混合。

如果在步骤 335，优化程序确定 T_{out} 已经达到目标温度，则优化程序在步骤 345 可考虑迭代，并计算 T_{out} 达到目标温度所用的时间。作为例子，假设循环流速为 7 lpm，箱容积为 20 升且目标温度为 40 摄氏度。在该情形中，每次迭代需要 2.86 分钟。如果在第一次迭代后 T_{out} 为 36.09 摄氏度，则下一次迭代的输入 (T_{in}) 可以是 36.09 摄氏度（为了简单，这假设进出泵和过滤器的热量可忽略），且输出温度 T_{out} 可以是 47.87 摄氏度。因为 T_{out} 大于目标温度，所以达到目标温度的时间大于 2.86 分钟（20 升达到 36.09 摄氏度的时间），且小于 5.72 分钟（20 升达到 47.87 摄氏度的时间）。优化程序可通过插值法、曲线拟合或其它本领域公知的数值方法确定达到 40 度的时间。

除了计算分配流体达到目标温度所用的时间之外，优化程序还可以计算其它工艺输出。例如，优化程序可确定维持目标温度的经过壳体的流速 (m_{heat})。可基于方程 4、5、6 和 7 计算经过壳体的流速。在该情形中， T_{out} 是已知的（例如 40 摄氏度），因此未知数仅是 m_{heat} 和 t_{out} 。因此，优化程序可求解 m_{heat} 。

此外，优化程序可确定在分配后，分配流体要用多长时间来恢复到目标温度。在该情形中，优化程序可返回到步骤 315，并基于前一次迭代的 T_{out} 和来自箱的分配流体的入口温度 (T_1) 计算混合温度 (T_{tank})。然后，优化程序可重复步骤 315 - 345，以确定分配流体在分配后要用多长时间达到目标温度。优化程序也可确定其它工艺参数，诸如为了维持分配流体在特定温度的经壳体的流速、在分配工艺后交换的总热量、来自环境的总热损耗或增益。

如上面所述，图 2C 示出由优化程序所提供的几个输出。在该情形中，优化程序显示达到目标温度的时间。如果该时间大于目标时间，则用户可以选择性地改变工艺参数，直到达到目标温度的时间小于目标时间。例如，用户可选择新的热交换器、新的 T_1 、新的 t_{in} 、新的 m_{disp} 、新的 m_{heat} 、或其它工艺参数。

在另一实施例中，在步骤 348，优化程序可确定达到目标温度的时间是否大于目标时间。如果是，则优化程序可改变一个或更多工艺参数（步骤 350），直到达到目标温度的时间小于预定极限。例如，优化程序可改变经壳体的流速、所选的热交换器、过滤器外壳容积、来自泵的热分配、箱温度、热交换器入口处加热/冷却流体的温度、或其它参数，直到一组工艺参数使达到目标温度的时间在目标时间范围内。通常，优化程序不改变分配流体、分配体积或目标温度，因为它们对于被模拟的特定分配工艺一般是恒定的（例如，客户要求）。然而，按照本发明的其它实施例，优化程序可改变任何工艺参数。然后，优化程序可输出导致在目标时间内达到目标温度的工艺参数（步骤 355）。图 3 的过程可按需要或要求任意重复。

按照本发明的另一实施例，优化程序可在计算机系统中实现。图 4 是其中可实现优化程序的一个实施例的计算机系统 400 的一个实施例。计算机系统 400 可包括处理器 402、主存储器 404（例如，RAM，ROM，闪存或本领域公知的其它计算机可读介质）、辅助存储器 406（光盘，磁盘或本领域公知的其它计算机可读介质）、辅助存储器控制器 408、网络接口 410 和网络控制器 411。处理器 402 可经总线 412

与计算机系统 400 的各元件通信。没有示出的其它元件包括例如 I/O 接口、附加网络接口和控制器、输入装置、输出装置和本领域公知的其它计算机元件，但不局限于此。例如，计算机系统 400 可以是用于模拟热管理系统的台式个人计算机或工作站，但不局限于此。

优化程序 420 可被存储在辅助存储器 406 上。辅助存储器控制器 408 可控制对辅助存储器 406 的存取。在执行过程中，所有或部分优化程序可被存储在主存储器 404 中。辅助存储器 406 也可存储一组数据 422，其使优化程序的一部分或可被优化程序存取。数据组 422 可包括例如用于各种热交换器的热交换器数据、与流体特性相关的数据和优化程序 420 可用的其他数据。优化程序 420 可被实现为可执行的 Visual Basic 程序、C++ 程序、较大程序的模块、或按照本领域公知的任何其它编程方案实现。

在上面的例子中，优化程序确定对于给定的一组参数分配流体达到目标温度的时间量以及导致分配流体在目标时间内达到目标温度的一组工艺参数。优化程序可以例如在用于模拟热管理系统的计算机上运行且不必与热管理系统交互作用。换句话说，优化程序可用于模拟和设计热管理系统。按照本发明的另一实施例，一组计算机指令（例如“流量控制程序”）可以在流量控制器（例如图 1 的流量控制器 112）或可操作地判定流量控制器的设定点的装置处被执行。流量控制程序可使用如上所述的分配流体达到目标温度的时间量的确定来确定何时减小加热/冷却流体的流量。

图 5 是流程图，其示出预测流量控制方法的一个实施例。在步骤 502，流量控制程序可接收一组热管理系统工艺参数。这些工艺参数可通过图形用户界面被提供，如上所述，被加载到存储器或按照本领域公知的任何提供数据的方式提供。在步骤 504，流量控制程序可确定分配流体达到指定的目标温度的时间量、将分配流体维持在目标温度的加热/冷却流体流速（例如维持流量）、和分配后的恢复时间，如结合图 3 所描述的那样。使用图 2C 的例子，对于给定的工艺参数，需要 4.19 分钟达到目标温度。

在步骤 505, 流量控制程序可基于初始工艺参数判定第一设定点。例如, 如果初始工艺参数规定加热冷却流体的流速为 2 lpm (如图 2B 所示), 则对于分配流体达到目标温度的时间 (例如, 图 2C 的例子中为 4.19 分钟), 流量控制程序可为流量控制器判定设定点以允许加热/冷却流体的流速为 2 lpm。在所确定的分配流体达到目标温度的时间附近, 流量控制程序可为流量控制器判定第二设定点 (步骤 506) 以使流量控制器允许将分配流体维持在目标温度的加热/冷却流体的流量 (例如图 2C 的情形中为 0.0047 lpm)。因此, 流量控制程序可为近似等于分配流体达到目标温度的时间量的第一时间段判定第一设定点, 并为第二时间段判定第二流速。

在步骤 508, 流量控制程序可接收表示分配处理已经发生的指示。在步骤 510, 流量控制程序可再次判定第一设定点以增加加热/冷却流体的流量, 以便将分配流体加热/冷却至目标温度。在图 2C 的情形中, 第一设定点可对应于 2 lpm 的流量。流量控制程序可为从分配处理恢复所用的时间量重新判定第一设定点。当已经达到从分配处理恢复所用的时间时, 在步骤 512, 流量控制程序可重新判定对应于将分配流体保持在目标温度的加热/冷却流体流量 (例如在图 2C 的情形中为 0.0047 lpm) 的第二设定点。因此, 流量控制程序可为第三时间段 (例如近似等于恢复时间) 重新判定第一设定点, 且然后重新判定第二设定点。

在本发明的一个实施例中, 在为流量控制器判定设定点时, 流量控制程序可依靠达到目标温度的时间的计算、维持流速和从分配恢复的时间, 而无须要求来自温度传感器的输入。换句话说, 流量控制程序可以以预测方式动作, 从而控制经热管理系统的流量。按照本发明的其它实施例, 流量控制程序可接收来自温度传感器的输入以确定热交换器出口处分配流体的温度, 并可基于温度读数调整判定的设定点。使用温度传感器来确定 T_{out} 可以被用来确保预测流量控制对于热管理子系统保持正确的校准。

虽然已经参考特定实施例描述了本发明, 但是应该理解, 这些实

施例是说明性的，且本发明的范围不局限于这些施例。对上述施例可以进行许多变化、修改、增补和改进。这些变化、修改、增补和改进在如权利要求所详细描述的本发明的范围内。

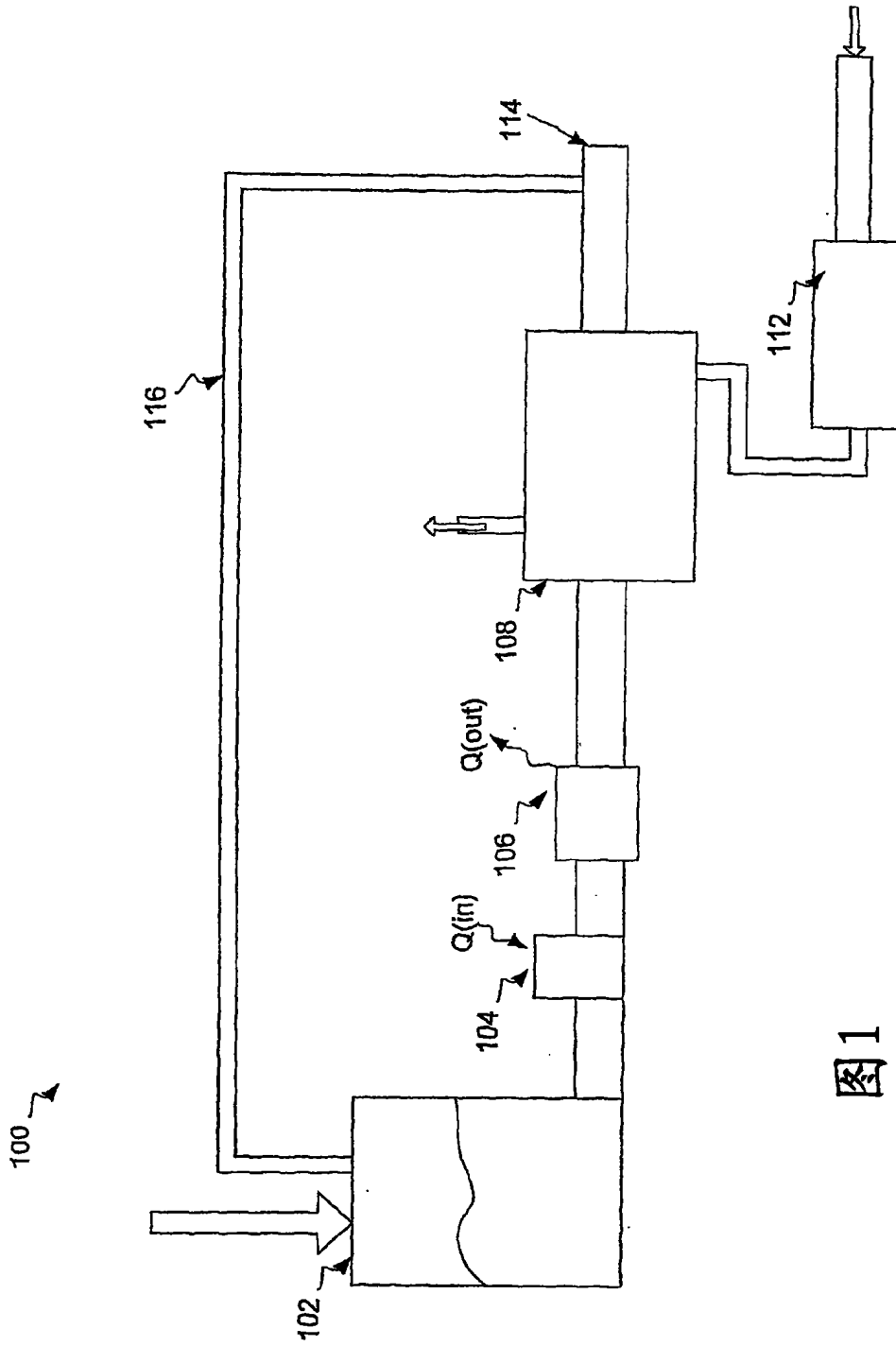


图1

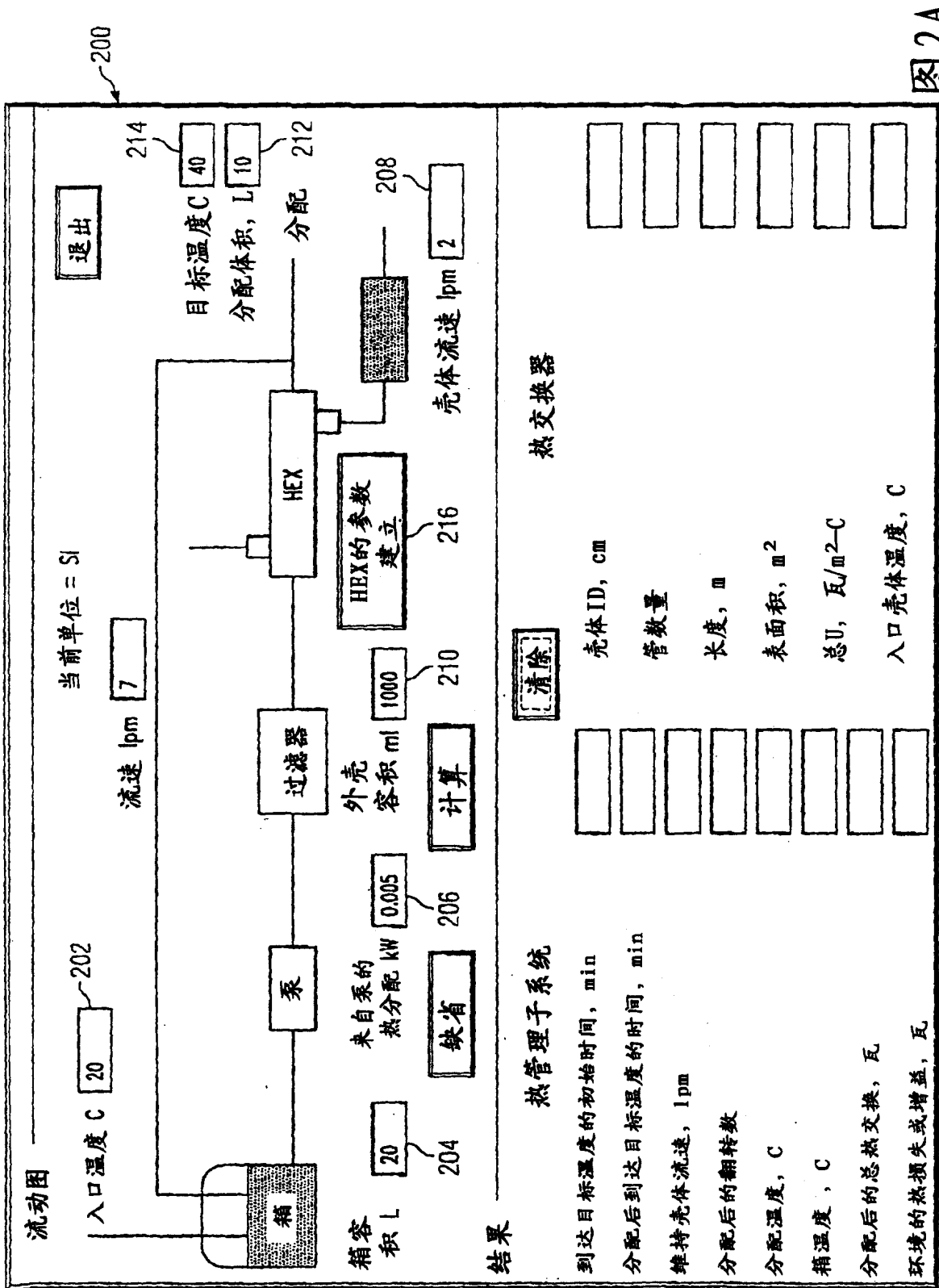


图 2A

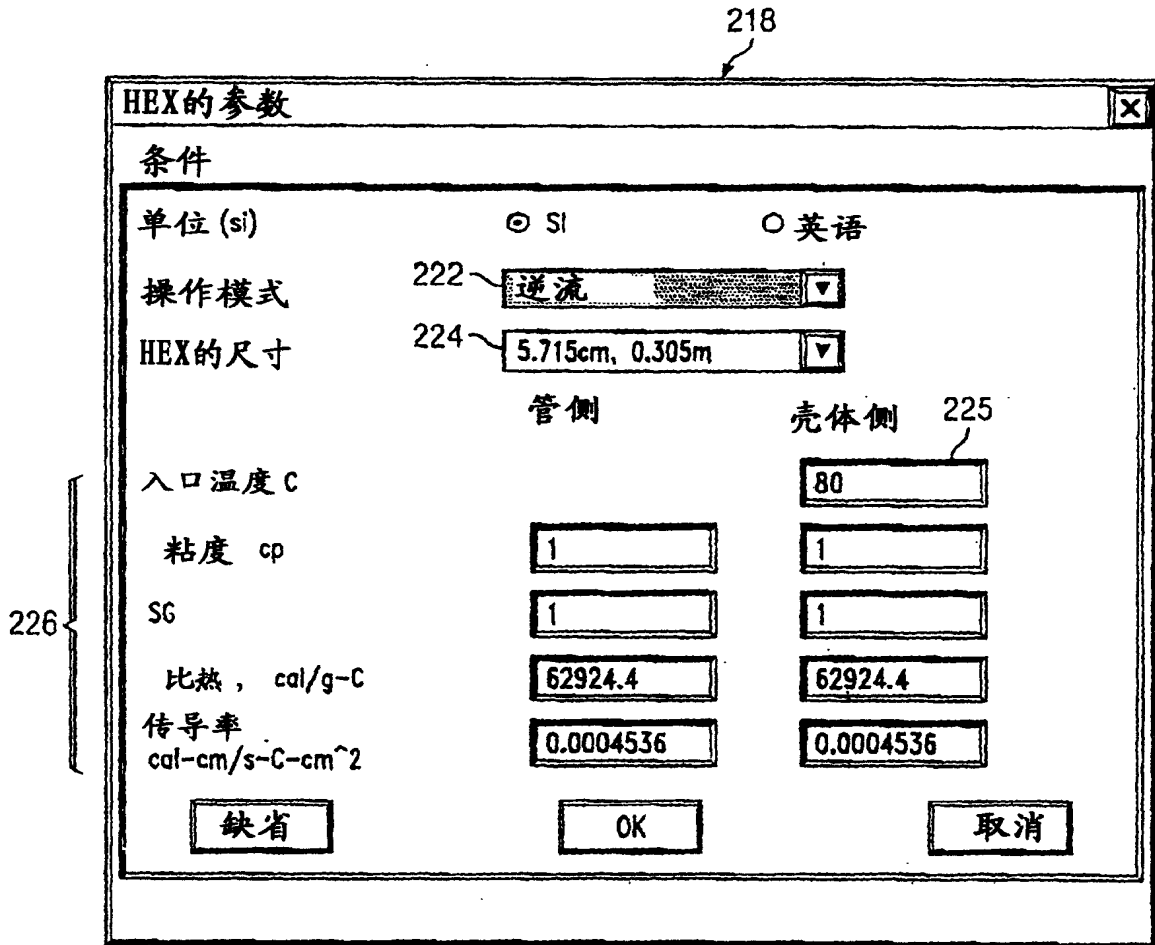


图 2B

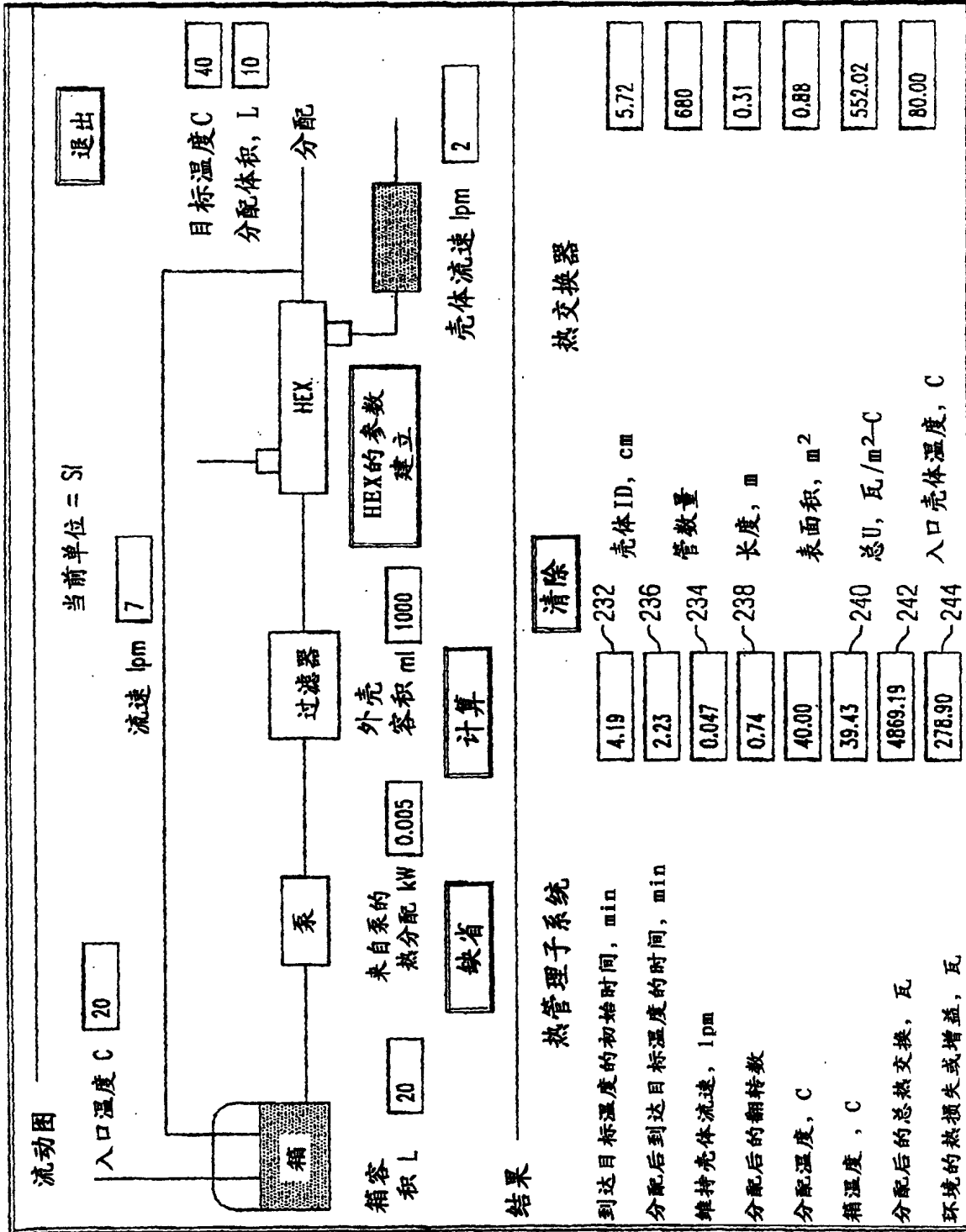


图 2C

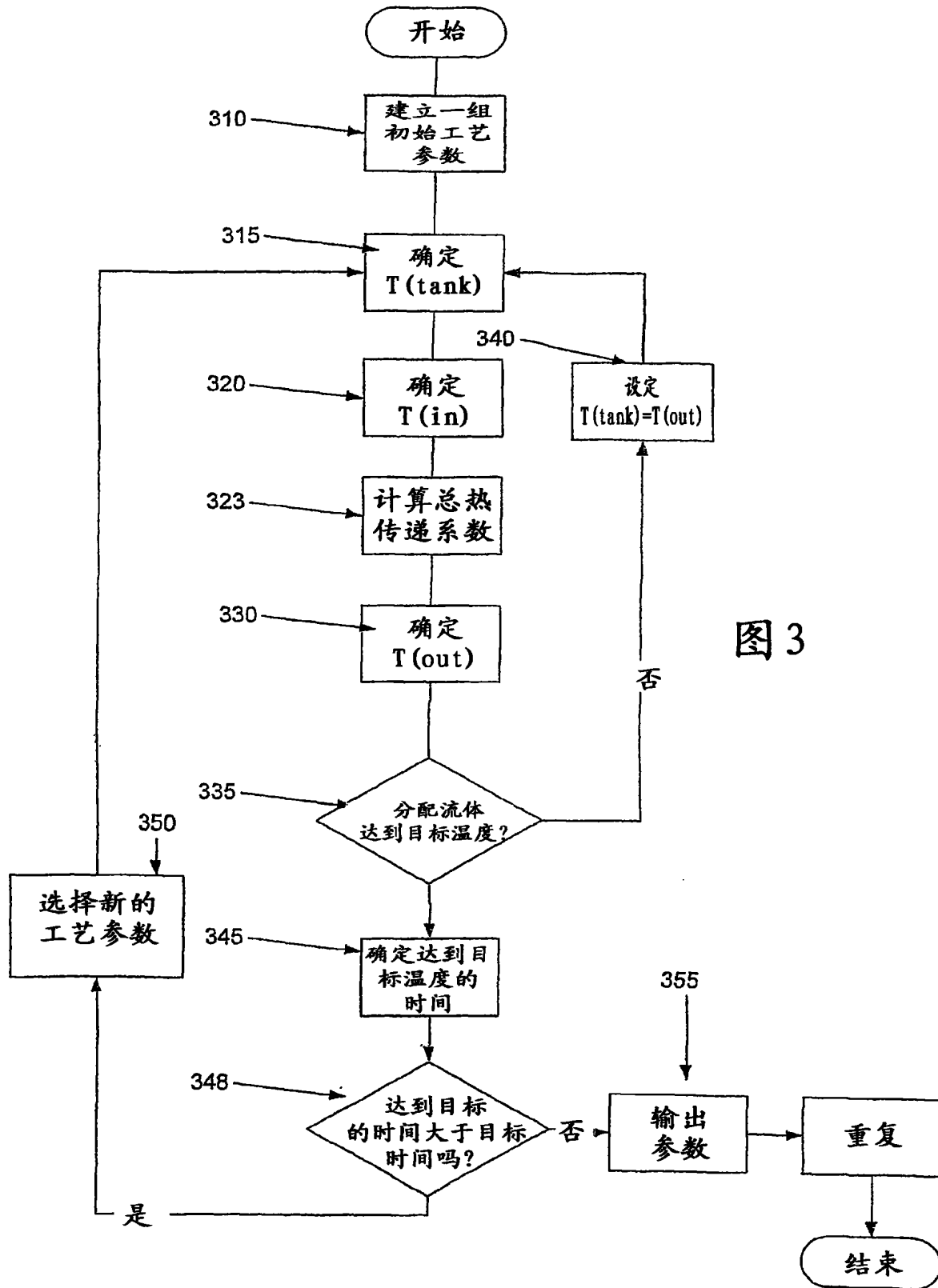


图 3

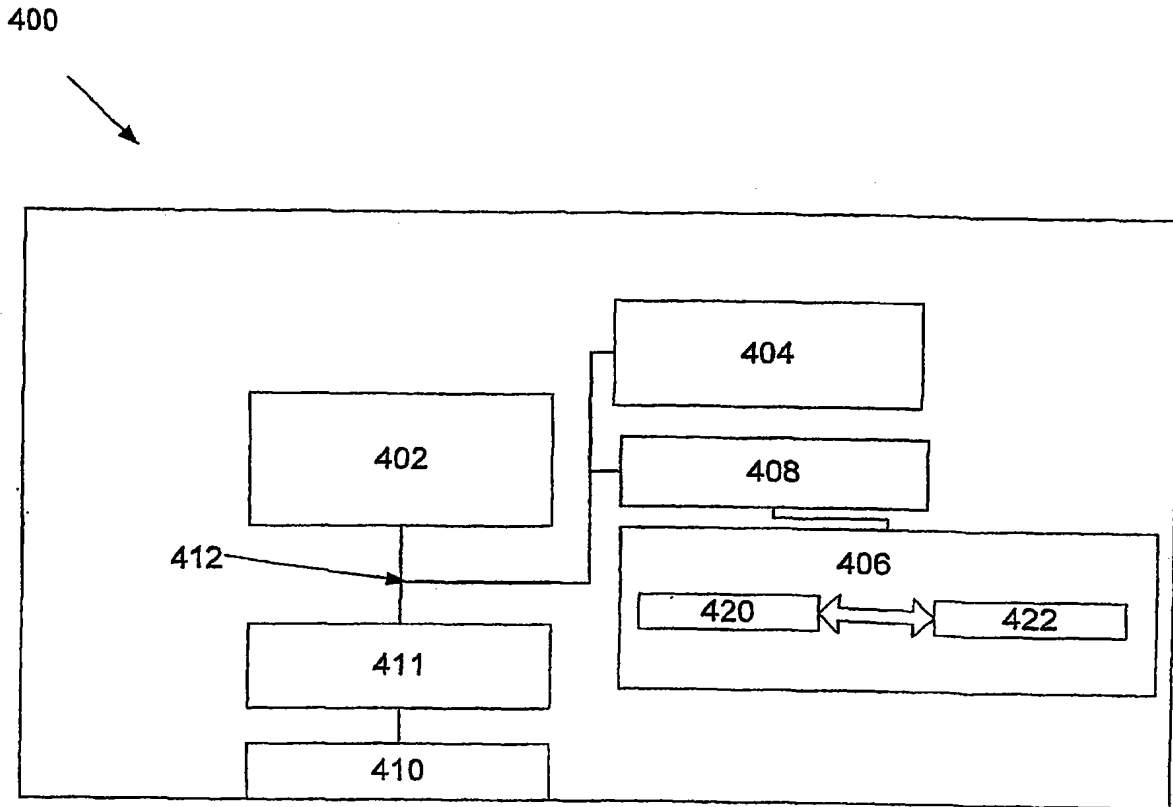


图 4

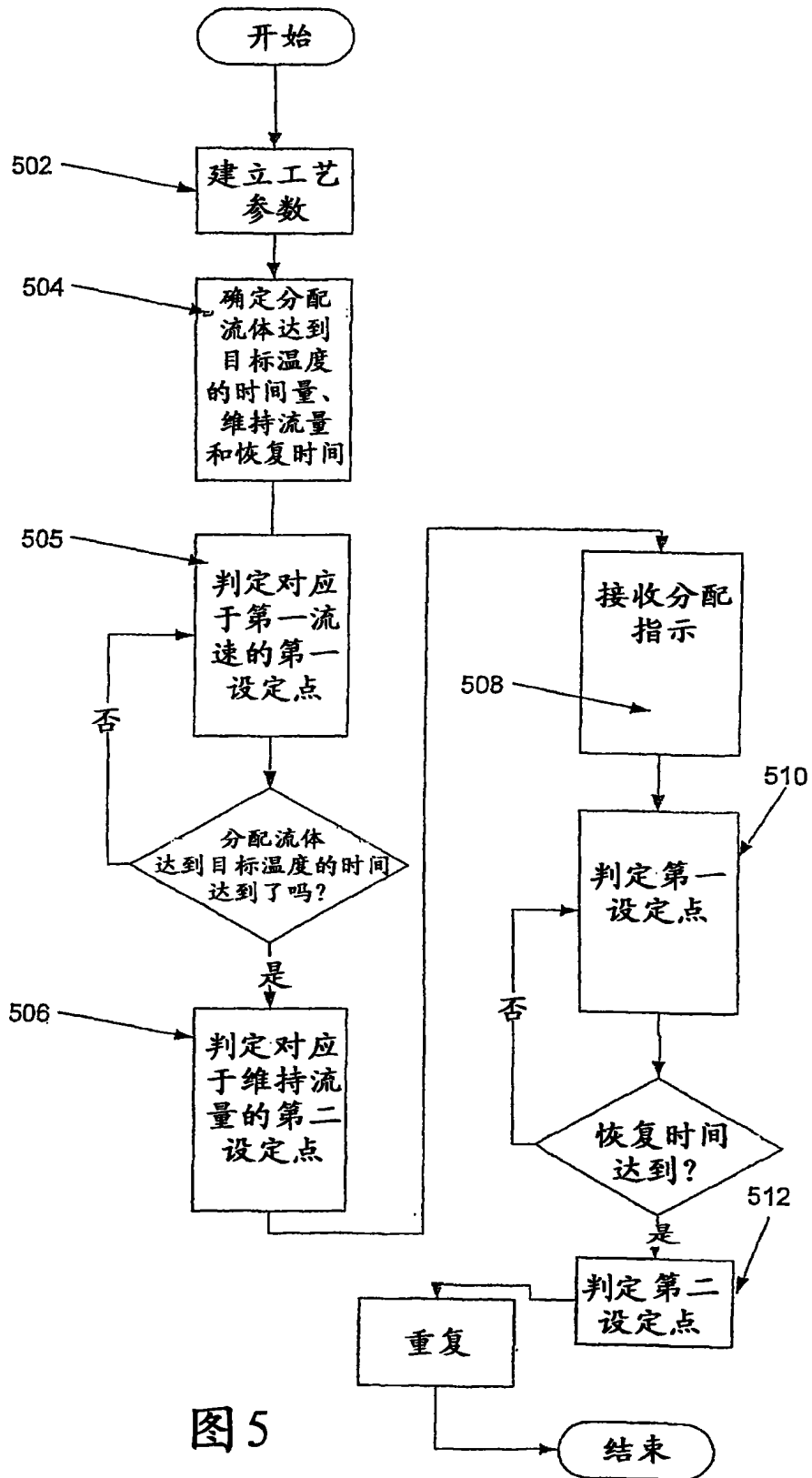


图5