



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109996602 B

(45) 授权公告日 2024.05.31

(21) 申请号 201780055885.7

(22) 申请日 2017.09.12

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109996602 A

(43) 申请公布日 2019.07.09

(30) 优先权数据  
1615561.6 2016.09.13 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.03.12

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/072946 2017.09.12

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/050661 EN 2018.03.22

(73) 专利权人 卡塔根有限公司  
地址 英国贝尔法斯特

(72)发明人 A·伍兹 J·斯图尔特  
R·奥肖内西 R·M·斯托克

(74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所  
11313

专利代理师 崔雁 徐瑞红

(51) Int.Cl.

*B01J* 19/00 (2006.01)  
*F01N* 9/00 (2006.01)  
*G01M* 15/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101725394 A, 2010.06.09

CN 1422324 A, 2003.06.04

EP 0814902 A1, 1998.01.07

WO 2013124627 A1, 2013.08.29

CA 2363378 A1, 2002.05.20

DE 10347826 A1, 2005.05.12

WO 2016118507 A1, 2016.07.28

CN 105781765 A, 2016.07.20

CN 109932334 A, 2019.06.25

CN 104776896 A, 2015.07.15

审查员 陈念

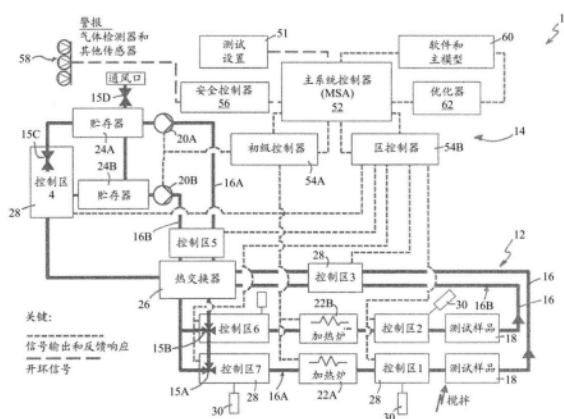
权利要求书8页 说明书19页 附图4页

## (54) 发明名称

具有再循环流体反应器的测试系统

(57) 摘要

一种测试系统,所述测试系统包括具有流体回路的反应器和用于待测物品的测试区。在所述流体回路中包括多个控制区,用于根据控制信息来控制流体参数。一种控制系统接收指定流体参数的测试值的输入数据,使用所述输入数据和反应器的数学模型来预测流体的行为,基于所述所预测流体行为来计算控制信息,并且将所述控制信息传达给控制区。所述系统可通过选择性地使用流体排空和稀释以及使用温度和流动旁通回路来模拟瞬态测试条件。



1. 一种测试系统,所述测试系统包括:

再循环流体反应器,所述再循环流体反应器包括

再循环流体回路,所述再循环流体回路配置成在所述再循环流体反应器内再循环流体,

测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述再循环流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述再循环流体回路中流动的流体,

多个控制区,所述多个控制区在所述再循环流体回路的相应不同位置处包括在所述再循环流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置,其中,对于所述控制区中的至少一者,所述至少一个控制装置包括至少一个流体注射器,所述至少一个流体注射器可操作以根据所述控制信息将流体注射到所述再循环流体回路中;以及

控制系统,所述控制系统用于控制所述再循环流体反应器的操作,所述控制系统与所述控制区通信以向所述控制区提供所述控制信息,并且其中所述控制系统被配置来:

接收指定所述至少一个参数的至少一个测试值的输入数据;使用所述输入数据和所述再循环流体反应器的数学模型来预测在所述再循环流体回路中流动的所述流体的关于所述至少一个流体参数的未来行为;其中,所述控制系统被配置为使用模型预测控制(MPC)和至少一个神经网络(ANN)中的一者或两者来对所述再循环流体反应器进行数学建模;

基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为来计算所述控制信息;并且

基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为来将所述控制信息传达给所述控制区中的至少一者,

其中,关于所述控制区中所述至少一者,所述至少一个控制装置包括至少一个流体注射器,所述控制系统配置成基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为来提供所述控制信息,以致使所述至少一个流体注射器将流体注射到所述再循环流体回路中,从而基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为根据所述控制信息来操纵所述再循环流体回路中流体的化学组成和/或混合物组成。

2. 如权利要求1所述的系统,其中所述至少一个参数包括:指示所述流体的化学组成的流体组成参数、指示所述流体的温度的温度参数和指示所述流体的流速的流速参数,并且其中通过使用所述输入数据和所述数学模型,所述控制系统被配置来计算对由所述流体组成参数、所述流体温度参数和所述流体流速参数中的任何两者或更多者的所述至少一个测试值的一个或多个组合产生的所述流体的组成、温度和流速中的任何一者或多者的一个或多个影响。

3. 如权利要求1所述的系统,其中所述控制系统被配置来使用所述控制信息和所述再循环流体反应器的所述数学模型来预测所述流体在所述再循环流体回路中的一个或多个位置处关于所述至少一个流体参数的所述行为,以基于所述所预测流体行为来计算另外的控制信息;并且将所述另外的控制信息传达给所述控制区中的至少一者。

4. 如权利要求3所述的系统,其中所述控制系统被配置来将所述另外的控制信息发送给与所述一个或多个位置相关联的一个或多个控制区,并且将所述控制信息发送给与一个或多个其他位置相关联的一个或多个控制区。

5. 如权利要求1所述的系统,其中所述控制区中的至少一些包括用于测量相应位置处的所述流体的一个或多个特性的至少一个传感器,以及用于根据控制信息来控制所述流体的一个或多个特性的至少一个控制装置;并且其中所述控制系统被配置来向所述控制区提供所述控制信息并且从所述控制区接收指示由所述相应的至少一个传感器所测量的所述流体特性中的一者或多者的相应实际值的反馈信息,并且其中所述控制系统对来自所述控制区中的一个或多个的所述反馈信息做出响应,以计算所述控制区中的至少一个的至少一个新设定点,并且将所述至少一个新设定点传达给所述控制区中的至少一者。

6. 如权利要求1-5中任一项所述的系统,其中所述控制系统被配置来通过使用模型预测控制(MPC)对所述再循环流体反应器进行数学建模来计算所述控制信息。

7. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述数学模型包括神经网络模型,并且其中所述控制系统被配置来使用人工神经网络来计算所述控制信息。

8. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述控制系统被配置来计算所述控制信息以在所述测试区中创建期望的测试环境,所述测试环境由所述至少一个流体参数限定。

9. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述控制信息包括一个或多个设定点,每个设定点指示所述至少一个流体参数中的相应者的期望值。

10. 如权利要求9所述的系统,其中每个控制区对接收到所述设定点做出响应以启动至少一个相应控制装置以操纵所述流体的一个或多个参数来实现相应所述设定点。

11. 如权利要求10所述的系统,其中,所述至少一个相应控制装置被启动来操纵相应控制区的相应位置处的一个或多个流体参数。

12. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述流体注射器可操作以在相应控制区的相应位置处将流体注射到所述再循环流体回路中。

13. 如权利要求12所述的系统,其中所述至少一个控制装置包括用于控制所述流体注射器对所述流体的注射的质量流量控制器(MFC)。

14. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述控制区中的至少一者具有呈阀形式的至少一个控制装置,所述阀可操作以操纵所述再循环流体回路中的流体的流动。

15. 如权利要求14所述的系统,其中,所述阀可操作以操纵所述再循环流体回路中相应控制区的相应位置处的流体的流动。

16. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中泵送装置被并入所述再循环流体回路中,所述泵送装置可操作以致使所述流体围绕所述再循环流体回路循环。

17. 如权利要求16所述的系统,其中所述控制系统被配置来向所述泵送装置提供控制信息,所述控制信息指定至少一个设定点,所述设定点指示所述泵送装置的相应操作特性的期望值,所述泵送装置对所述控制信息做出响应以根据所述至少一个设定点来操作或尝试操作。

18. 如权利要求17所述的系统,其中所述相应操作特性为操作速度。

19. 如权利要求17或18所述的系统,其中所述控制系统被配置来接收与所述泵送装置的操作有关的反馈信息,并且对所述反馈信息做出响应以计算所述泵送装置和/或所述控制区中的一者或多者的一个或多个新设定点,并且将所述一个或多个新设定点分别传达给所述泵送装置或所述控制区。

20. 如权利要求19所述的系统,其中所述反馈信息是从所述泵送装置和/或从所述控制

区中的一者或多者接收。

21. 如权利要求16所述的系统,其中所述泵送装置包括至少一个风扇。

22. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中加热装置被并入所述再循环流体回路中,所述加热装置可操作以加热所述再循环流体回路中的所述流体。

23. 如权利要求22所述的系统,其中所述控制系统被配置来向所述加热装置提供控制信息,所述控制信息指定至少一个设定点,所述设定点指示所述加热装置的相应操作特性的期望值,所述加热装置对所述控制信息做出响应以根据所述至少一个设定点来操作或尝试操作。

24. 如权利要求23所述的系统,其中所述相应操作特性为操作温度。

25. 如权利要求23或24所述的系统,其中所述控制系统被配置来接收与所述加热装置的操作有关的反馈信息,并且对所述反馈信息做出响应以计算所述加热装置和/或所述控制区中的一者或多者的一个或多个新设定点,并且将所述一个或多个新设定点分别传达给所述加热装置或所述控制区。

26. 如权利要求25所述的系统,其中所述反馈信息是从所述加热装置和/或从所述控制区中的一者或多者接收。

27. 如权利要求22所述的系统,其中所述加热装置包括至少一个加热炉。

28. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述控制系统被配置来提供控制信息以致使所述控制区中的一者或多者操纵所述再循环流体回路中的所述流体的所述化学组成和/或所述混合物组成。

29. 如权利要求28所述的系统,当从属于权利要求12至26中任一项时,其中所述控制区中的至少一者可操作以通过将一种或多种流体注射到所述再循环流体回路来操纵所述再循环流体回路中的所述流体的所述化学组成和/或所述混合物组成。

30. 如权利要求29所述的系统,其中,所述控制区中的至少一者可操作以通过在相应控制区的相应位置处将一种或多种流体注射到所述再循环流体回路来操纵所述再循环流体回路中的所述流体的所述化学组成和/或所述混合物组成。

31. 如权利要求29所述的系统,其中所述控制区中的至少一者可操作以通过将一种或多种化学反应物注射到所述再循环流体回路中来操纵所述再循环流体回路中的所述流体的所述化学组成。

32. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中每个控制区可操作以监测和/或控制以下系统参数中的任何一者或多者:流体流速、流体流动平衡;供应流体到所述再循环流体回路中的递送;流体组成;流体温度;流体流量和混合物分布。

33. 如权利要求16所述的系统,其中所述控制系统被配置来通过以下中的任何一者或多者来控制流体流速:(i) 控制所述泵送装置的操作;(ii) 组合来自多个流体贮存器和/或来自所述再循环流体回路的多个部分和/或来自多个流体回路的流体流;和/或(iii) 控制一个或多个阀。

34. 如权利要求22所述的系统,其中所述控制系统被配置来通过以下中的任何一者或多者来控制流体温度:(i) 控制所述加热装置的操作;(ii) 控制所述流体组成以促进放热反应或吸热反应。

35. 如权利要求12所述的系统,其中所述流体注射器被布置来通过具有多个孔的入口

将所述流体注射到所述再循环流体回路中,所述流体同时流动通过所述多个孔。

36. 如权利要求35所述的系统,其中所述入口包括网或格栅。

37. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述控制系统被配置来致使所述控制区中的一者或多者在一个或多个位置处将一种或多种所选流体注射到所述再循环流体回路中,这取决于在所述一个或多个位置处的所述再循环流体回路中和/或在所述再循环流体回路中的一个或多个其他位置处的所述流体的一个或多个所检测特性。

38. 如权利要求37所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据由所述控制系统计算且指定待注射的所述流体或每种流体的量以及待注射的所述流体或每种流体的所述注射的定时的相应递送曲线来注射所述一种或多种所选流体。

39. 如权利要求37所述的系统,其中由所述控制系统选择所述一种或多种待注射流体,以在所述再循环流体回路中的所述注射位置或每个注射位置和/或一个或多个其他位置处引起期望的化学反应。

40. 如权利要求39所述的系统,其中由所述控制系统选择所述一种或多种待注射流体以及所选的递送曲线,以在所述再循环流体回路中的所述注射位置或每个注射位置和/或一个或多个其他位置处引起期望的化学反应。

41. 如权利要求37所述的系统,其中由所述控制系统选择所述一种或多种待注射流体,以在所述再循环流体回路中的所述注射位置或每个注射位置和/或一个或多个其他位置处引起所述流体的混合物组成的期望变化。

42. 如权利要求41所述的系统,其中由所述控制系统选择所述一种或多种待注射流体以及所选的递送曲线,以在所述再循环流体回路中的所述注射位置或每个注射位置和/或一个或多个其他位置处引起所述流体的混合物组成的期望变化。

43. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中在所述测试区或每个测试区的上游提供相应控制区。

44. 如权利要求43所述的系统,其中,紧接所述测试区或每个测试区的上游提供相应控制区。

45. 如权利要求43所述的系统,其中,所述相应控制区包括至少一个流体注射器。

46. 如权利要求27所述的系统,其中在所述加热炉或每个加热炉的下游提供相应控制区。

47. 如权利要求46所述的系统,其中,紧接所述加热炉或每个加热炉的下游提供相应控制区。

48. 如权利要求46所述的系统,其中,所述相应控制区包括至少一个流体注射器。

49. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述流体参数包括以下中的任何一者或多者:流体流速;流体流动平衡;流体组成;流体温度;流体压力。

50. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述再循环流体反应器包括所述再循环流体回路中的一者以上以及一个或多个阀,所述阀能够由所述控制系统操作,以选择性地将所述再循环流体回路中的任何一者或多者的全部或部分与所述再循环流体回路中的任何一个或多个其他者进行连接或隔离。

51. 如权利要求1至5中任一项所述的系统,其中所述再循环流体回路包括流体出口,所述再循环流体反应器包括具有排空控制装置的排空控制区,所述排空控制装置可操作以打

开或关闭所述流体出口，

并且其中所述控制系统被配置来利用所述控制信息操作所述排空控制装置以控制流体从所述再循环流体回路的排空。

52. 如权利要求51所述的系统，其中所述流体出口定位于所述测试区的出口处。

53. 如权利要求51所述的系统，其中所述控制系统被配置来操作所述排空控制装置以调整所述再循环流体回路中所述流体的再循环量。

54. 如权利要求51所述的系统，其中所述控制系统被配置来操作所述排空控制装置以从所述再循环流体回路移除所计算量的所述流体。

55. 如权利要求54所述的系统，其中所述控制系统被配置来根据所述再循环流体回路中的所述流体的流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的任何一者或多者的所确定值来计算所述量。

56. 如权利要求55所述的系统，其中所述控制系统被配置来确定关于所述再循环流体回路中的指定位置中的所述流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的所述一者或每者。

57. 如权利要求56所述的系统，其中，所述控制系统被配置来确定在所述测试区的出口处的所述流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的所述一者或每者。

58. 如权利要求51所述的系统，其中所述控制系统被配置来控制从所述再循环流体回路的流体排空，以调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者。

59. 如权利要求58所述的系统，其中，所述控制系统被配置来控制从所述再循环流体回路的流体排空，以调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者，为所述再循环流体回路中的所述流体建立基准条件。

60. 如权利要求51所述的系统，其中所述流体包括由至少一种体相流体组成的基流体，所述系统通过至少一个流体入口装置连接到所述至少一种体相流体的源，所述流体入口装置用于在所述控制系统的控制下将所述至少一种体相流体引入所述再循环流体回路中。

61. 如权利要求60所述的系统，其中所述至少一种体相流体包括空气。

62. 如权利要求61所述的系统，其中所述基流体包括按体积计在10%至100%之间的空气。

63. 如权利要求62所述的系统，其中所述基流体包括按体积计在25%至100%之间的空气。

64. 如权利要求60所述的系统，其中所述控制系统被配置来通过控制所述至少一种体相气体到所述再循环流体回路中的引入以稀释所述再循环流体回路中的所述流体来调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者。

65. 如权利要求64所述的系统，其中所述控制系统被配置来通过控制所述至少一种体相气体到所述再循环流体回路中的引入以稀释所述再循环流体回路中的所述流体来调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者，为所述再循环流体回路中的所述流体建立基准条件。

66. 如权利要求64所述的系统，其中所述控制系统被配置来根据所述再循环流体回路中的所述流体的流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的任何一者或多者的所确

定值来计算要引入所述再循环流体回路的所述至少一种体相流体的量。

67. 如权利要求51所述的系统,其中所述再循环流体回路包括可操作以加热所述再循环流体回路中的所述流体的加热装置,并且其中所述再循环流体回路包括用于使流体围绕所述加热装置转向的旁通回路部分,以及可操作以控制所述再循环流体回路中的流动通过所述旁通回路部分和所述加热装置的所述流体的相应比例的至少一个阀,并且其中所述控制系统被配置来控制所述至少一个阀的操作以便控制所述再循环流体回路中的所述流体的温度。

68. 如权利要求67所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体温度的所确定值来计算所述相应比例。

69. 如权利要求68所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体温度的所确定值来计算所述相应比例,为所述流体建立基准条件。

70. 如权利要求51所述的系统,其中所述再循环流体回路包括用于使流体围绕所述测试区转向的旁通回路部分,以及可操作以控制所述再循环流体回路中的流动通过所述测试区旁通回路部分和所述测试区的所述流体的相应比例的至少一个阀,并且其中所述控制系统被配置来控制所述至少一个阀的操作以便控制所述测试区处的所述流体的流速。

71. 如权利要求70所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体流速的所确定值来计算所述相应比例。

72. 如权利要求71所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体流速的所确定值来计算所述相应比例,为所述流体建立基准条件。

73. 一种测试系统,所述测试系统包括:

再循环反应器,所述再循环反应器包括

再循环流体回路,所述再循环流体回路配置成在所述再循环反应器内再循环流体,

测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述再循环流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述再循环流体回路中流动的流体,

多个控制区,所述多个控制区在所述再循环流体回路的相应不同位置处包括在所述再循环流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述再循环流体回路中流动的所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

控制系统,所述控制系统用于控制所述再循环反应器的操作,所述控制系统与所述控制区通信,以向所述控制区提供所述控制信息,其中,所述控制系统被配置为使用模型预测控制(MPC)和至少一个神经网络(ANN)中的一者或两者来对所述再循环反应器进行数学建模;

其中所述再循环流体回路包括流体出口,所述再循环反应器包括排空控制区,所述排空控制区具有可操作以打开或关闭所述流体出口的排空控制装置,

并且其中所述控制系统被配置来利用所述控制信息操作所述排空控制装置以控制流体从所述再循环流体回路的排空,以便:

调整所述再循环流体回路中所述流体的再循环量;和/或

从所述再循环流体回路移除所计算量的所述流体;和/或

调整所述再循环流体回路中所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者。

74. 如权利要求73所述的系统,其中所述流体出口定位于所述测试区的出口处。

75. 如权利要求73所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据所述再循环流体回路中的所述流体的流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的任何一者或多者的所确定值来计算所述量。

76. 如权利要求75所述的系统,其中所述控制系统被配置来确定关于所述再循环流体回路中的指定位置中的所述流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的一者或每者。

77. 如权利要求76所述的系统,其中所述控制系统被配置来确定在所述测试区的出口处的所述流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的一者或每者。

78. 如权利要求73至77中任一项所述的系统,其中所述控制系统被配置来控制从所述再循环流体回路的流体排空,以调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者,为所述再循环流体回路中的所述流体建立基准条件。

79. 如权利要求73至77中任一项所述的系统,其中所述流体包括由至少一种体相流体组成的基流体,所述系统通过至少一个流体入口装置连接到所述至少一种体相流体的源,所述流体入口装置用于在所述控制系统的控制下将所述至少一种体相流体引入所述再循环流体回路中。

80. 如权利要求79所述的系统,其中所述至少一种体相流体包括空气。

81. 如权利要求80所述的系统,其中所述基流体包括按体积计在10%至100%之间的空气。

82. 如权利要求81所述的系统,其中所述基流体包括按体积计在25%至100%之间的空气。

83. 如权利要求79所述的系统,其中所述控制系统被配置来通过控制所述至少一种体相气体到所述再循环流体回路中的引入以稀释所述再循环流体回路中的所述流体来调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者。

84. 如权利要求83所述的系统,其中所述控制系统被配置来通过控制所述至少一种体相气体到所述再循环流体回路中的引入以稀释所述再循环流体回路中的所述流体来调整所述再循环流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者,为所述再循环流体回路中的所述流体建立基准条件。

85. 如权利要求83所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据所述再循环流体回路中的所述流体的流体组成参数、流体温度参数或流体流速参数中的任何一者或多者的所确定值来计算要引入所述再循环流体回路的所述至少一种体相流体的量。

86. 如权利要求73至77中任一项所述的系统,其中所述再循环流体回路包括可操作以加热所述再循环流体回路中的所述流体的加热装置,并且其中所述再循环流体回路包括用于使流体围绕所述加热装置转向的旁通回路部分,以及可操作以控制所述再循环流体回路中的流动通过所述旁通回路部分和所述加热装置的所述流体的相应比例的至少一个阀,并且其中所述控制系统被配置来控制所述至少一个阀的操作以便控制所述再循环流体回路中的所述流体的温度。

87. 如权利要求86所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体温度的所确定值来计算所述相应比例。

88. 如权利要求87所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体温度的所确定值

来计算所述相应比例,为所述流体建立基准条件。

89. 如权利要求73至77中任一项所述的系统,其中所述再循环流体回路包括用于使流体围绕所述测试区转向的旁通回路部分,以及可操作以控制所述再循环流体回路中的流动通过所述测试区旁通回路部分和所述测试区的所述流体的相应比例的至少一个阀,并且其中所述控制系统被配置来控制所述至少一个阀的操作以便控制所述测试区处的所述流体的流速。

90. 如权利要求89所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体流速的所确定值来计算所述相应比例。

91. 如权利要求90所述的系统,其中所述控制系统被配置来根据流体流速的所确定值来计算所述相应比例,为所述流体建立基准条件。

92. 一种控制再循环流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述再循环流体反应器包括配置成在所述再循环流体反应器内再循环流体的再循环流体回路,所述方法包括:在控制系统处接收指定所述至少一个参数的至少一个测试值的输入数据;由所述控制系统使用所述输入数据和所述再循环流体反应器的数学模型来预测在所述再循环流体回路中流动的所述流体的关于所述至少一个流体参数的未来行为;在所述控制系统处基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为来计算控制信息;并且基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为来将所述控制信息传达给至少一个流体控制装置,其中所述至少一个控制装置包括至少一个流体注射器,所述至少一个流体注射器可操作以根据所述控制信息将流体注射到所述再循环流体回路中,并且其中所述控制信息被计算以致使所述至少一个流体注射器将流体注射到所述再循环流体回路中,从而基于所述再循环流体回路中流动的所述流体的所预测流体未来行为根据所述控制信息来操纵所述再循环流体回路中流体的化学组成和/或混合物组成;其中,所述控制系统被配置为使用模型预测控制(MPC)和至少一个神经网络(ANN)中的一者或两者来对所述再循环流体反应器进行数学建模。

## 具有再循环流体反应器的测试系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及产品测试系统。本发明具体地涉及用于测试产品在变化的环境条件下和/或随时间推移的性能的系统。

### 背景技术

[0002] 制造商通常对他们的产品在不同的环境条件下和/或随时间推移的性能(例如,产品在特定环境下如何老化或退化)进行测试。此类产品的本质差异很大,并且包括电气和电子部件、机械部件、润滑剂、燃料、油漆、涂料和化学化合物。通常,专用测试装备被设计来适应特定产品并且执行特定测试。

[0003] 常规测试装备往往缺乏能量有效性和灵活性。因此,测试过程往往昂贵、范围有限且速度慢。因此,期望的是,提供改进的测试装备。

### 发明内容

[0004] 本发明的第一方面提供一种测试系统,所述测试系统包括:

[0005] 反应器,所述反应器包括

[0006] 流体回路,

[0007] 测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述回路中流动的流体,

[0008] 多个控制区,所述多个控制区在相应不同位置处包括在所述流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

[0009] 用于控制所述反应器的操作的控制系统,所述控制系统与所述控制区通信,以向所述控制区提供所述控制信息,并且其中所述控制系统被配置来:

[0010] 接收指定所述至少一个参数的至少一个测试值的输入数据;

[0011] 使用所述输入数据和所述反应器的数学模型来预测所述流体的关于所述至少一个流体参数的行为;

[0012] 根据所述所预测流体行为来计算所述控制信息;并且

[0013] 将所述控制信息传达给所述控制区中的至少一者。

[0014] 所述数学模型可采用任何合适的形式,例如包括适合与模型预测控制一起使用的模型,或适合与人工神经网络一起使用的模型。

[0015] 本发明的第二方面提供一种测试系统,所述测试系统包括:

[0016] 反应器,所述反应器包括

[0017] 流体回路,

[0018] 测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述回路中流动的流体,

[0019] 多个控制区,所述多个控制区在相应不同位置处包括在所述流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

[0020] 用于控制所述反应器的操作的控制系统,所述控制系统与所述控制区通信,以向所述控制区提供所述控制信息,

[0021] 其中所述流体回路包括流体出口,所述反应器包括具有排空控制装置的排空控制区,所述排空控制装置可操作以打开或关闭所述流体出口,

[0022] 并且其中所述控制系统被配置来利用所述控制信息操作所述排空控制装置以控制流体从所述流体回路的排空。

[0023] 本发明的第三方面提供一种测试系统,所述测试系统包括:

[0024] 反应器,所述反应器包括

[0025] 流体回路,

[0026] 测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述回路中流动的流体,

[0027] 多个控制区,所述多个控制区在相应不同位置处包括在所述流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

[0028] 用于控制所述反应器的操作的控制系统,所述控制系统与所述控制区通信,以向所述控制区提供所述控制信息,其中所述流体包括由至少一种体相流体组成的基流体,所述系统通过至少一个流体入口装置连接到所述至少一种体相流体的源,所述流体入口装置用于在所述控制系统的控制下将所述至少一种体相流体引入所述流体回路中,并且其中所述至少一种体相流体包括空气,通常为按体积计在大致10%至100%之间的空气。

[0029] 本发明的第四方面提供一种测试系统,所述测试系统包括:

[0030] 反应器,所述反应器包括

[0031] 流体回路,

[0032] 测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述回路中流动的流体,

[0033] 多个控制区,所述多个控制区在相应不同位置处包括在所述流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

[0034] 控制系统,所述控制系统用于控制所述反应器的操作,所述控制系统与所述控制区通信以向所述控制区提供所述控制信息,其中所述控制系统被配置来通过控制所述至少一种体相气体到所述流体回路中的引入以稀释所述流体回路中的所述流体来调整所述流体回路中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者,优选地为所述回路中的所述流体建立基准条件。

[0035] 本发明的第五方面提供一种测试系统,所述测试系统包括:

[0036] 反应器,所述反应器包括

[0037] 流体回路,

[0038] 测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述回路中流动的流体,

[0039] 多个控制区,所述多个控制区在相应不同位置处包括在所述流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

[0040] 控制系统,所述控制系统用于控制所述反应器的操作,所述控制系统与所述控制区通信以向所述控制区提供所述控制信息,其中所述流体回路包括加热装置,所述加热装

置可操作以加热所述流体回路中的所述流体,并且其中所述流体回路包括用于使流体围绕所述加热装置转向的旁通回路部分以及可操作以控制所述流体回路中的流动通过所述旁通回路部分和所述加热装置的所述流体的相应比例的至少一个阀,并且其中所述控制系统被配置来控制所述至少一个阀的操作,以便控制所述流体回路中的所述流体的温度。

[0041] 本发明的第六方面提供一种测试系统,所述测试系统包括:

[0042] 反应器,所述反应器包括

[0043] 流体回路,

[0044] 测试区,所述测试区用于至少一个待测物品,所述测试区包括在所述流体回路中,以在使用期间使所述至少一个物品暴露于在所述回路中流动的流体,

[0045] 多个控制区,所述多个控制区在相应不同位置处包括在所述流体回路中,每个控制区包括用于根据控制信息来控制所述流体的至少一个参数的至少一个控制装置;以及

[0046] 控制系统,所述控制系统用于控制所述反应器的操作,所述控制系统与所述控制区通信以向所述控制区提供所述控制信息,其中所述流体回路包括用于使流体围绕所述测试区转向的旁通回路部分以及可操作以控制所述流体回路中的流动通过所述测试区旁通回路部分和所述测试区的所述流体的相应比例的至少一个阀,并且其中所述控制系统被配置来控制所述至少一个阀的操作,以便控制所述测试区中的所述流体的流速。

[0047] 本发明的第七方面提供一种控制流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述方法包括:在控制系统处接收指定所述至少一个参数的至少一个测试值的输入数据;由所述控制系统使用所述输入数据和所述反应器的数学模型来预测所述流体的关于所述至少一个流体参数的行为;在所述控制系统处基于所述所预测流体行为来计算控制信息;并且将所述控制信息传达给至少一个流体控制装置。

[0048] 本发明的第八方面提供一种控制流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述方法包括:控制流体从所述流体反应器的排空,以调整所述流体反应器中的所述流体的再循环量和/或从所述流体反应器移除所计算量的所述流体。

[0049] 本发明的第九方面提供一种控制流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述方法将至少一种体相流体引入所述流体反应器中,其中所述至少一种体相流体包括空气,通常为按体积计在大致10%与100%之间的空气。

[0050] 本发明的第十方面提供一种控制流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述方法包括通过控制所述至少一种体相气体到所述流体反应器中的引入以稀释所述流体反应器中的所述流体来调整所述流体反应器中的所述流体的组成、温度或流速中的任何一者或多者,优选地为所述反应器中的所述流体建立基准条件。

[0051] 本发明的第十一方面提供了一种控制流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述方法包括使所述流体中的至少一些围绕加热装置转向,以便控制所述反应器中的所述流体的温度。

[0052] 本发明的第十二方面提供了一种控制流体反应器中的流体的至少一个参数的方法,所述方法包括使所述流体中的至少一些围绕测试区转向,以便控制所述测试区处的流体的流速。

[0053] 优选特征在所附从属权利要求中进行叙述。

[0054] 所述系统的优选实施方案包括再循环流体反应器,所述再循环流体反应器是能量

有效的并且允许精确地控制待测产品或材料所在的一个或多个反应(测试)区中的化学组成、流量和温度。有利地,基于数学模型的控制在一个或多个控制区处实施。通常,反应器的操作涉及将一种或多种气体和/或液体递送到具有固定已知容积的封闭系统中。

[0055] 多个测量源、预测模型和经校准气/液递送系统的三角测量确保了动态环境中的准确性。

[0056] 在优选实施方案中,所述再循环气体或液体(流体)反应器包括至少一个,通常有两个或更多个循环气体系统/回路,所述系统/回路具有集成加热炉、存储贮存器和鼓风机。热量通过通过热交换器进行再使用,并且可存储在整个系统中。

[0057] 本发明的优选实施方案提供在已知浓度和已知温度下精确地控制对流体回路中在已知时间和位置处的已知量的一种或多种气体的递送。这使得在非常高的已知水平的可重复性、准确性和稳定性下,可能评估和比较性能,并且确定在宽范围工况下的宽范围传感器和测量系统的测量系统能力。

[0058] 优选实施方案能够复制全尺流速、温度、化学组成、分布和搅拌。组成可意指构成流体/气体和/或它们的浓度(在适用的情况下),并且可涵盖化学组成和/或混合物组成(在适用的情况下)。

[0059] 通过阅读特定实施方案的以下描述并且参考附图,本发明的另外的有利方面将对本领域普通技术人员显而易见。

## 附图说明

[0060] 现在通过举例并且参考附图来描述本发明的实施方案,在附图中使用类似标号来表示类似部件,并且在附图中:

[0061] 图1是体现本发明的一个方面的测试系统的示意图;

[0062] 图2是作为图1的测试系统的一部分的控制区的示意图;

[0063] 图3是说明质量流量控制器结合系统控制器的示例性动作的流程图,所述质量流量控制器和系统控制器各自为图1的系统的一部分;

[0064] 图4是说明由系统控制器实施的示例性流量控制动作的流程图;并且

[0065] 图5是测试系统的另选实施方案的示意图。

## 具体实施方式

[0066] 现在参考附图中的图1和图2,图中示出体现本发明一个方面的整体指示为10的测试系统。测试系统10包括反应器12和用于控制反应器12的操作的控制系统14。反应器12旨在在使用时引起和控制化学反应,并且可被描述为化学反应器。反应器12控制一种或多种待测产品(PUT)(未示出)向一种或多种流体的暴露,因此可被描述为流体反应器。流体通常包括一种或多种气体,在此情况下,反应器12可被描述为气体反应器,但也可使用或另选地使用液体。反应器12包括一个或多个流体回路,流体可通过所述流体回路在反应器12内再循环,因此,反应器12可被描述为再循环流体反应器。如下文更详细描述,反应器12可包括连接到一个或多个通风口的一个或多个阀,以允许特别地在测试执行期间反应器12中的流体的全部或一部分从反应器12排空或移除。因此,在测试期间,在0%与100%之间的任何百分比的流体可进行再循环,这取决于执行哪类排空(如果有的话)。通过在测试期间控制

相关阀,可改变再循环流体的量以适应测试。

[0067] 系统10的优选实施方案适用于与任何期望的PUT一起使用,所述PUT包括但不限于电气部件和物品、电子部件和物品、机械部件和物品、液体和化学品(呈液体或固体形式)。特定产品的实例包括但不限于集成电路、固态装置、汽车部件和组件、催化剂、润滑剂、燃料、油漆和涂料、金属、合金、材料和复合材料。

[0068] 反应器12包括一个或多个流体回路16,在使用期间,流体围绕流体回路16进行循环,并且优选地进行再循环。在所示实施方案中,反应器具有两个流体回路16A、16B,但在另选实施方案中,可存在更多或更少流体回路。流体回路16可具有任何便利结构,通常包括以下中的任何一者或多者:一个或多个管、一个或多个管子、软管、一个或多个导管和/或其他流体管道。这些可由例如金属或塑料的任何便利材料形成,并且可任选地是绝热的。

[0069] 每个流体回路16包括至少一个相应测试区18,一个或多个PUT在使用时定位于所述测试区中。测试区18可采用任何合适的形式,例如包括并入相应回路16中或作为形成回路16的管道的一部分的腔室。测试区18与相应的流体回路16流体连通,使得在使用期间流体通过测试区18,从而将PUT暴露于循环流体。任选地,测试区18可包括用于向PUT施加一个或多个机械力(例如振动、震荡、应力、应变、张力、扭转、压缩、加载、压力和/或摩擦)的一个或多个机械装置,和/或用于形成电场和/或磁场的一个或多个装置。任何一个或多个常规机械装置(未示出,但在图1中表示为“搅拌”)可用于此目的,例如,振动或振荡床、一个或多个弹簧、一个或多个夹具、一个或多个致动器、磁体、电磁体和/或电场发生器。此外,还可控制PUT的环境条件。

[0070] 所述系统可包括用于此目的的一个或多个装置,包括用于加热或冷却周围环境、环境湿度和/或用于调整环境空气流量和/或环境空气压力的任何常规装置中的任何一者或多者。此允许围绕测试区模拟真实世界环境条件。

[0071] 反应器12可包括一个或多个流体贮存器24,用于存储具有已知浓度的一定量的气体(或液体)混合物,并且通常还用于存储能量(即,通过存储与回路中的流体相比处于升高温度下的流体)。在典型实施方案中,每个流体回路16A、16B包括相应贮存器24A、24B。在另选实施方案(未示出)中,可省略贮存器。

[0072] 反应器12包括用于致使流体围绕每个回路16流动的泵送装置20。泵送装置可致使流体单独地围绕每个回路16A、16B流动,或者围绕包括每个回路16A、16B的全部或一部分的组合流体回路流动,这取决于一个或多个相应阀15的设置。每个回路16A、16B可具有它自身的泵送装置20A、20B,所述泵送装置20A、20B可以任何常规方式并入相应回路16A、16B中或以其他方式操作性地联接到相应回路16。另选地,可为一个以上流体回路提供常见泵送装置。在所述流体是气体的典型实施方案中,泵送装置可包括一个或多个风扇。在所示实施方案中,在每个回路16A、16B中提供相应风扇20A、20B。风扇20可以例如是离心式风扇或鼓风机,其可有序地并入相应回路16中。更一般地,泵送装置可包括任何其他适当的泵送装置,包括轴流风扇、螺旋桨风扇、离心(径流)风扇、混流风扇和横流风扇、离心泵和正排量泵、压缩机和/或涡轮机。泵送装置是可控制的,由此控制流动,并且特别地,控制围绕所述或每个回路16A、16B或任何可行组合回路的流体的流速。

[0073] 在所示实施方案中,阀15A、15B、15C是可配置的,由此使得流体可同时围绕流体回路16A、16B两者(即,当阀15A、15B和15C打开时)或仅围绕回路16A、16B中的任一者(即,当相

应阀15A、15B打开而另一个关闭时)进行泵送。可视需要提供一个或多个其他阀(未示出)以产生包括主流体回路16A、16B的全部或一部分的一个或多个复合流体回路。阀15中的任何一者或多者可以是可操作的,由此控制通过阀的流体流动限制的水平,作为控制流体流动的手段。可提供在打开时允许流体压力从储存器24A、24B泄放的附加阀15D。通过控制一个或多个相关阀,压力泄放可在需要释放压力或需要低压点的一个或多个回路周围的任何位置实行。

[0074] 反应器12包括用于控制每个回路16中的流体的温度的加热装置22。在典型实施方案中,加热装置包括一个或多个加热炉或其他加热装置。每个回路16可具有一个或多个相应加热装置,这些加热装置可以任何常规方式并入相应回路16中或以其他方式操作性地联接到相应回路16。另选地,可为一个以上流体回路提供一个或多个常见加热装置。在所示实施方案中,为每个回路16A、16B提供相应加热炉22A、22B。加热炉22可以是例如化学或燃气加热炉(例如,丙烷或天然气加热炉)或电加热炉(例如,红外加热炉、电子管加热炉或平床加热炉)或任何其他便利加热装置,包括一个或多个电加热器、一个或多个红外加热器、一个或多个燃气加热器和/或一个或多个加热灯(例如,石英或钨加热灯)。加热装置22是可控的,由此控制和/或调节相应回路16中的流体的温度,从而控制和/或调节测试区18中的基准温度。

[0075] 优选地,对泵送装置20和/或加热装置22进行逆变器控制以提供相对精确的控制,从而允许功率调节并且促进实现期望的设定点,如下文更详细描述。

[0076] 反应器12可包括一个或多个热交换器26,以提高反应器12的效率,特别地,关于在反应器12中能量有效地维持期望的流体温度。所述或每个热交换器可在例如两个或更多个流体承载管道相对靠近的位置处并入所述或每个流体回路16A、16B中。视情况而定,热交换器可以是气对气型、气对液型或液对液型。

[0077] 反应器12包括至少一个但优选地多个控制区28。优选地,每个流体回路16A、16B包括至少一个控制区28。每个控制区28可在相应位置处并入一个或多个流体回路16A、16B中。

[0078] 控制区28中的任何一者或多者可经配备以测量反应器的操作的至少一个方面。通常,每个控制区28可被配置来测量在一个或多个相应流体回路16中控制区所并入的相应位置处的流体的一个或多个特性。如下文更详细描述,每个控制区28可被配置来测量以下流体特性中的任何一者或多者:流速、温度、化学组成、压力。

[0079] 控制区28中的任何一者或多者可被配置来控制一个或多个相应流体回路16中的流体的一个或多个特性(例如,流体流速、温度、化学组成和/或压力),和/或使流体转向到例如通风口或多个回路分支中的选定者。为此,每个控制区28可包括一个或多个控制装置,例如,一个或多个阀15、流体注射器30或流体混合装置,如下文更详细描述。一个或多个相应控制装置中的任何一者或多者可定位于相应控制区28处,在此情况下,控制区28直接控制其在所在位置的相关流体特性。另选地,一个或多个相应控制装置中的任何一者或多者可远离相应控制区28定位,在此情况下,控制区28控制一个或多个流体回路中远离控制区28本身的一个或多个位置的相关流体特性。在此类情况下,控制区28可被视为包括控制装置,因为它控制所述控制装置的操作。

[0080] 在优选实施方案中,控制区28中的任何一者或多者可被配置来监测和控制一种或多种流体(通常为气体)到控制区所并入的一个或多个相应流体回路16中的引入。为此,每

个此类控制区28控制一个或多个流体注射器30。每个流体注射器30可采用任何常规形式,通常包括一个或多个阀29和连接到一个或多个流体源32(例如,罐、压缩机和/或贮存器24中的一个或多个)(通常为加压流体源)的一个或多个管道31。每个流体源32可包含单一流体或两种以上流体的混合物,这取决于应用和由相应控制区所执行的任务。每个流体注射器30可操作以经由一个或多个流体入口(未示出)选择性地将一种或多种流体注射到一个或多个相应流体回路中。便利地,一个或多个流体入口定位于相应控制区28处,但另选地或除此之外,它们可,定位于一个或多个流体回路中的其他位置。便利地,每个流体注射器30定位于相应控制区28处,但另选地或除此之外,它们可定位于一个或多个流体回路中的其他位置。任选地,可提供一个或多个流体注射器(未示出),用于将一种或多种流体注射到一个或多个贮存器中。

[0081] 在典型实施方案中,在一个或多个回路中循环的流体可包括以下中的任何一者或多者:空气、氮气、氧气、二氧化碳、一氧化碳、水蒸气、丙烷、丙烯、氮氧化物( $\text{NO}_x$ )或甲烷。控制区或其他流体注射点可被配置来视需要根据测试规范引入这些流体中的任何一者或多者(包括视需要引入到贮存器)。通常,循环流体包括基流体,视需要在一个或多个控制区处向所述基流体添加一种或多种其他流体以实施测试规范以制造组合循环流体流。基流体通常包括一种或多种含氧气体,例如空气、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 或 $\text{CO}_2$ ,和/或氮气和/或水蒸气。所添加流体通常包括一种或多种烃类,通常是纯烃气体,例如,丙烷、丙烯或甲烷。流体的组成及其构成部分的浓度可取决于所实施的测试和/或在测试的过程期间变化,如下文更详细描述。

[0082] 举例来说,典型测试可涉及以下内容。在从系统中移除空气的测试开始时,可将90%的 $\text{N}_2$ 和10%的 $\text{CO}_2$ 注射到反应器12中,直到移除所有空气(或其他流体)。一旦达到测试温度,就视需要将空气和丙烷或丙烯或甲烷或它们的任何组合注射到(在此实例中)控制区1和2中。同时将空气和丙烷注射到控制区3中。存在全流气体混合物,其通常包含0%-4%的 $\text{CO}$ 、500ppm-3000ppm的 $\text{HC}$ (烃类)、0%-21%的 $\text{O}_2$ 、10%-15%的 $\text{CO}_2$ 、5%-10%的水蒸气和平衡氮气。这些可以是典型的稳态浓度,但可各自单独进行调整并且可超出所示范围或者所添加的另一气体类型,所有这些都取决于所实施的测试规范。

[0083] 任选地,控制区28中的任何一者或多者可被配置来控制一个或多个流体回路16中的一者或多者的流体流动平衡。控制流体平衡通常涉及借助于诸如文丘里管式喷嘴或孔板的流量测量装置在每个回路上进行的流量测量。

[0084] 指示实时压力测量值的信号被发送到执行质量流速计算所在的主控制器。如图所示,每个回路上可存在一个测试样品18。每个样品可具有不同的几何形状,所述不同的几何形状具有不同的背压,从而更改流体动力学。如果主控制器计算出回路之间存在流量差异,那么它可通过以下手段实行补偿:1.通过使用风扇逆变器来调整风扇20a和/或20b的每分钟转数(rpm);和/或2.例如通过调节旋转流量阀中的一者或两者来调整其操作,以增加一个或两个回路中的背压,从而跨测试样品实现相等质量流量。

[0085] 为了监测相关流体特性和/或监测由一个或多个相应流体注射器进行的流体注射,每个控制区28可包括在图2中整体表示为一个或多个测量装置34的一个或多个传感器。例如,所述传感器可包括以下中的任何一者或多者的一个或多个实例:热电偶、温度传感器、流体流量测量装置(例如,文丘里管、叶轮、孔板或其他已知流量测量装置)、质量流量控制器(MFC)、压力变换器、 $\lambda/\text{O}_2/\text{NO}_x$ CAN传感器、压力变换器、气体分析器、流体分析器、光谱

仪(例如FTIR分析器)和/或排放分析器。便利地,任何前述传感器可定位于相应控制区28处。另选地或除此之外,每个控制区28可与一个或多个远程定位的传感器(例如,一个或多个排放分析器、光谱仪或其他流体分析器)协作。在任何情况下,控制区28中的一者或多者可执行对由它们的相应传感器所检测的任何测量值的分析。如下文更详细描述,这可能导致一个或多个反馈信号的生成以供控制系统使用。另选地或除此之外,可在不进行分析的情况下将一个或多个传感器输出提供给控制系统。

[0086] 控制区28中的任何一者或多者可包括一个或多个阀15,用于控制(包括限制和/或可选择地阻止)一个或多个相应流体回路16中的流体流动,例如(经由一个或多个入口)流入,(经由一个或多个管道)通过,和/或(经由一个或多个出口)流出控制区28本身。

[0087] 应注意,每个控制区28的配置无需相同,并且可取决于相应控制区28意图控制的系统10的一个或多个特性以及将如何执行控制而变化。

[0088] 为了与系统10的其他部件(包括例如一个或多个远程分析器和/或控制系统)通信,每个控制区28可包括视需要包括一个或多个有线和/或无线通信装置的通信系统38。

[0089] 控制区28通常包括外壳40,视便利情况所述外壳中容纳有所述控制区之部件15、29、31、32、38中的至少一些。外壳40可例如包括并入一个或多个相应回路16的腔室或一个或多个相应回路16的相应管道所连接或通过腔室,或者可包括形成相应回路16的一个或多个管道的一部分。

[0090] 测试系统10包括控制系统14,所述控制系统用于控制系统部件(包括控制区28(包括传感器34和阀15、29(在适用的情况下)的操作)、风扇20、加热炉22)、机械搅拌/力装置和/或用于形成电场和/或磁场的一个或多个装置的操作。控制系统14通常包括一个或多个合适地编程或配置的硬件、固件和/或软件控制器,例如,包括一个或多个合适地编程或配置的微处理器、微控制器或其他处理器,例如,IC处理器,诸如ASIC、DSP或FPGA(未示出)。优选地,控制系统14是实时可重新配置的,并且因此可便利地由FPGA实施其中的至少一部分。视便利情况,控制系统14可分布在系统10中或者设置在中央位置处。

[0091] 在优选实施方案中,控制系统14将控制信息传达给系统10的其他部件(例如,控制区28、风扇20和/或加热炉22),以便例如根据测试设置(未示出)实施测试,所述测试设置可通过任何便利手段(例如,测试设置接口单元51)提供给控制系统14。测试设置可指定所述或每个PUT将在相应测试区18中暴露的环境测试条件,例如,与一个或多个温度、一种或多种化学组成、一个或多个流速、一个或多个压力和/或搅拌或其他机械力、电力或磁力有关的环境测试条件。控制系统14还可从系统10的其他部件(例如,控制区28和/或加热炉22)接收反馈信息,响应于所述信息,控制系统14可向一个或多个相关系统部件发出另外的控制信息。为此,控制系统14可执行对由控制区28所提供的测量值或其他信息的分析。此分析可由控制系统14自动地实时执行。另选地或除此之外,对系统测量值和性能的分析可由操作者实时或离线地执行。操作者可通过经由接口单元51提供控制指令来调整系统10的操作。

[0092] 控制系统14可包括主控制器52和多个子控制器54。在所示实施方案中,子控制器54包括一个或多个初级控制器54A和一个或多个区控制器54B。初级控制器54A控制风扇20和加热炉22和/或其他系统部件(诸如机械搅拌/力装置和/或用于形成电场和/或磁场的一个或多个装置)的操作。可为每个风扇20和/或每个加热炉22和/或其他相应系统部件提供相应初级控制器。区控制器54B控制控制区28的操作。可为每个控制区28提供相应区控制器

54B。在主控制器52的控制下,初级控制器54A和区控制器54B可向相应风扇、加热炉或控制区发送控制信号并且从它们接收反馈信号。初级控制器54A和区控制器54B基于从相应风扇、加热炉或控制区所接收的反馈将反馈信号提供给主控制器52。子控制器54还可包括一个或多个安全控制器56,所述安全控制器56可从一个或多个警报传感器58(例如,可包括在系统中的气体传感器或泄露检测器或紧急停止器)接收警报信号,并且基于从警报传感器58所接收的警报信号将警报信息提供给主控制器52。应理解,主控制器52和子控制器54可以任何便利方式(例如,作为整体控制系统14的一个或多个单独硬件、固件和/或软件部件)来实施。

[0093] 在优选实施方案中,控制系统14,并且更具体地主控制器52被配置来例如通过支持数学建模软件或固件60实施系统建模逻辑,以使控制系统14能够对系统10的行行为,并且具体地反应器12的行为进行数学建模,这取决于测试设置和/或在系统10的操作期间从一个或多个系统部件所接收的反馈信号。

[0094] 优选地,控制系统14被配置来实施模型预测控制(MPC)。通过使用MPC,控制系统14致使在与相关设定点的对应偏差实际发生之前调整控制区28的控制动作。当与传统反馈操作组合时,此预测能力使控制系统14进行的调整更平滑并且更接近原本将获得的最佳控制动作值。举例来说,系统10的控制模型可以Matlab、Simulink或Labview编写并且由主控制器52执行。有利地,MPC可处理MIMO(多输入多输出)系统。

[0095] 另选地,控制系统14可被配置来实施人工神经网络(ANN)。便利地,主控制器52可被配置来实施ANN。举例来说,ANN可包括多层前馈人工神经网络,优选地具有偏置神经元。在使用时,借助于至少一种学习算法(并且通常为一个或多个成本函数),使用从系统10的相关部分所接收的输入数据来训练至少一个神经网络模型,以产生用于控制系统10的相关部分的一个或多个输出(例如,一个或多个设定点)。ANN可例如使用优选地具有自动学习速率、动量项和/或数据归一化的反向传播算法来进行训练。在使用时,基于ANN的控制系统14,或更具体地主控制器52,向每个控制区28和/或每个初级控制器54A(在适用的情况下)提供其监测的每个参数的设定点,并且还从区28和/或初级控制器54A(在适用的情况下)接收反馈数据。ANN允许控制系统14/主控制器52视需要改变设定点,如由ANN自学习算法所确定的。初级控制器54A和区控制器54B监测相应参数并且可视需要发起控制动作。任选地,初级控制器54A和/或区控制器54B可被配置来实施相应(局部化)ANN(其可不断变化)以执行相关控制动作。

[0096] 基于ANN的控制系统14使用通过反应器12的行为来训练的至少一个神经网络模型对反应器12进行数学建模。优选的基于ANN的控制系统14基于人工智能中的模式识别和计算学习理论进行操作。它构建算法并且基于从系统输入和历史数据所收集的数据对控制相应区28进行预测。优选的基于ANN的控制系统14提供隔离、抵消和实时控制每个控制参数的能力。

[0097] 举例来说,基于ANN的控制系统14可将期望在反应器12中的相应位置处(例如,在测试区18的输入处)递送的一个或多个参数曲线(例如,02曲线或其他流体曲线)作为输入。输入曲线可从测试规范获得。所述输入还可包括由一个或多个传感器34(例如,MFC)(其可与一个或多个控制区或者一个或多个测试区(在适用的情况下)相关)所提供的一个或多个所测量和/或所递送流体(例如,02)曲线或其他参数曲线。所述输入还可包括由控制系统14

维护以供ANN使用的(例如,与所测量和/或所递送流体曲线和/或控制动作有关的)历史数据。通过使用ANN,控制系统14产生供在反应器12中的相应位置处(例如,在测试区18的输入处)进行递送的一个或多个参数曲线(例如02曲线或其他流体曲线)和/或用于实现一个或多个所计算曲线的对应控制信息,作为输出。输出数据视情况被添加到历史数据并且用于更新ANN。

[0098] 通常,主控制器52接收限定待实施的测试规范的输入数据,并且通过将测试规范应用于反应器的一个或多个数学模型(其可包括用于实施模型预测控制(MPC)的数学模型,或经训练神经网络模型(在适用的情况下))来预测流体的关于反应器中的流体的至少一个参数的行为。控制器52基于所预测流体行为来计算控制区的控制信息,并且将相关控制信息传达给相关控制区。

[0099] 在优选实施方案中,关于其进行预测并且计算控制信息的流体参数包括指示流体的化学组成的流体组成参数、指示流体的温度的温度参数和指示流体的流速的流速参数。化学组成可包括在反应器中的整个流体混合物中存在哪一种或多种流体和/或所存在流体的相对浓度。通过使用测试规范和数学模型,控制器52计算对根据模型将由测试规范的一个或多个方面的实施所产生的所述流体的组成、温度和流速中的任何一者或多者的一个或多个副作用或者它们之间的其他相互作用。此类副作用可能是测试规范中规定的流体组成、流体温度和流体流速中的任何两者或更多者之间的所预测相互作用的结果。然后,控制器52基于系统的所预测行为生成控制区的控制信息。所述控制信息考虑任何所预测副作用或其他所预测相互作用,任选地包括用于致使一个或多个控制区采取中和或至少减轻所预测副作用或其他所预测相互作用的动作的控制信息。然后将控制信息传达给相关控制区。

[0100] 在优选实施方案中,控制器52被配置来使用控制信息和/或测试规范以及反应器的数学模型来预测关于流体回路中的一个或多个位置处的流体的所述或每个相关流体参数的行为,以基于所预测流体行为来计算另外的控制信息;并且将所述另外的控制信息传达给所述或每个相关控制区。便利地,控制器52将所述另外的控制信息发送给与所述或每个位置相关联的一个或多个控制区,通常还将控制信息发送给与一个或多个流体回路中的一个或多个其他位置相关联的一个或多个控制区。以此方式,控制器52能够致使与流体回路中的特定位置相关联的一个或多个控制区采取行动来中和、减轻或以其他方式考虑实施测试规范将在回路中的一个或多个特定位置处具有的所预测效果。可关于流体参数中的任何一者或多者执行此控制方面。

[0101] 所述控制的基于模型的预测本质促进以非常高的已知水平的可重复性、准确性和稳定性在已知浓度和已知温度下精确地控制对流体回路中在已知时间和位置处的已知量的一种或多种气体的递送,从而使得可能评估和比较性能并且确定宽范围工况下的宽范围传感器和测量系统的测量系统能力。

[0102] 在优选实施方案中,控制系统14包括用于在生成控制信息(例如,设定点)时执行优化以供传递到控制区28和其他系统部件的优化器62。在给定输入值与输出值之间的通过数学函数描述的变换的情况下,优化涉及通过从允许的集合内系统地选取输入值、计算函数的输出以及记录在所述过程期间的最佳输出值来从一组可用另选方案生成并且选择最佳解决方案。举例来说,优化器62可以Matlab、Simulink或Labview创建,并且由主控制器52运行。

[0103] 为了与系统10的其他部件通信,包括控制区28、风扇20、加热炉20、机械搅拌/力装置和用于形成电场和/或磁场的的一个或多个装置的任何系统部件视需要设置有任何便利的常规有线和/或无线通信装置。包括控制区28、风扇20、加热炉、用于形成电场和磁场的的一个或多个机械搅拌/力装置的系统部件对从控制系统14所接收的信号做出响应以执行一个或多个对应操作和/或修改所述一个或多个操作的性能,如下文更详细描述。

[0104] 通常,控制系统14向包括控制区28、风扇20、加热炉22、机械搅拌/力装置和用于形成电场和/或磁场的的一个或多个装置的一个或多个其他系统部件提供一个或多个设定点,每个设定点指示与相应系统部件的操作有关的一个或多个参数的期望值。例如,所述参数可涉及流体特性:流动平衡、流速、温度、化学组成、压力,或者可涉及搅拌或其他机械力、电力或磁力,和/或风扇转速或加热炉温度。设定点可从测试设置来获得或者从测试设置得出和/或可由控制系统14基于从一个或多个其他系统部件(包括控制区28、风扇20、加热炉22、机械搅拌/力装置和用于形成电场和/或磁场的的一个或多个装置)所接收的反馈信号来计算出。主系统控制器还可控制PUT的环境测试条件(诸如PUT上的环境温度(包括零度以下应用)、高度、湿度和流速等),但这些系统可另选地由本地控制器独立地控制。在优选实施方案中,前述内容由主系统控制器52结合初级控制器54A和区控制器54B(在适用的情况下)实施。

[0105] 在优选实施方案中,主系统控制器52可被称为实时可重新配置控制和监测系统,并且可包括用户可编程FPGA,有利地具有用于高速控制、在线数据处理以及复杂的定时和触发控制设施的定制硬件。

[0106] 在优选实施方案的典型操作中,主系统控制器52总体控制系统10,包括子控制器54。主控制器52向每个区控制器54B和初级控制器54A提供其所监测的所述或每个参数的相应设定点,并且有利地还接收来自区54B和初级控制器54B的反馈信号,这允许它视需要改变设定点。有利地,响应于反馈信号,建模软件60,优选地结合测试设置(在适用的情况下)执行对设定点的计算。初级控制器54A和区控制器54B通过监测相应系统部件(例如,加热炉22、风扇22或控制区28)的操作来监测它们的一个或多个相应参数,并且在观察到与相应设定点的偏差的情况下可发起控制动作。所述控制动作可涉及调整相应系统部件的操作,例如,改变风扇20的转速,改变加热炉22的热量,或者调整在控制区28处注射到系统中的一种或多种流体的量、速率和/或组成。因此,相应区控制器54B可提供相应控制区36的相应控制系统36的全部或一部分,并且可定位于相应控制区28处或远离相应控制区28定位。

[0107] 在优选实施方案中,系统10连续地监测并且视需要控制在一个或多个再循环流体回路16中流动的流体的一个或多个特性,所述特性有利地包括流体的化学组成。这是通过对(特别地,在控制区28处的)供应气体(或其他流体)的集成控制,以及通过对流体(通常为气体)的化学反应(初级和次级)以及一个或多个流体回路中的一个或多个位置处(通常在控制区28中的一个或多个处)的流体温度和流速的控制来实现的。在优选实施方案中,系统10能够隔离、抵消和控制在高流量和高温条件下的化学反应。

[0108] 在优选实施方案中,每个控制区28可操作以监测和控制以下系统参数中的任何一者或多者:流体流速;流体流动平衡;供应流体到一个或多个相应流体回路16中的递送;(例如,在一个或多个相应注射点处所注射的流体的和/或在流体回路中相应控制区处流动的流体的)流体组成;(例如,在一个或多个相应注射点处所注射的流体的和/或在流体回路中

相应控制区处流动的流体的) 流体温度; 流体流动和混合物分布。

[0109] 对流动通过测试区18的流体的系统流速(以及任选地流体回路之间的流动平衡)的控制可通过以下中的一者或多者来实现: (i) 对泵送装置20(例如, 一个或多个风扇鼓风机/鼓风机组件)的控制, 优选地通过逆变器控制的方式, (ii) 组合来自多个贮存器24A、24B和/或流体回路16A、16B的流体, 以及(iii) 控制阀15(例如, 在完全打开和完全关闭状态之间, 或者按不同的量限制流体流动的一个或多个部分打开状态之间)。在优选实施方案中, 对风扇20或其他泵送装置的控制由相应初级控制器54A来执行。控制区28中的一者或多者可包括或可以其他方式控制一个或多个阀15, 通过所述阀可实施流量控制方法(ii)和(iii)。

[0110] 关于流动平衡, 可能期望的是, 在测试期间跨定位于不同测试区18中的多个测试样品(PUT)形成基本相等的流体流动(例如, 在流速、压力和/或组成方面)。实现这一点涉及对一个或多个阀15的控制和调节(例如, 控制旋转控制阀的角度以控制背压, 从而控制每个回路的流速), 所述阀15可操作以选择性地连接或隔离两个或更多个相应流体回路16和/或可调整地限制两个或更多个相应流体回路16之间的流体流动。优选地, 阀15是旋转控制阀。便利地, 出于流动平衡控制的目的, 控制区28中的一者或多者控制一个或多个相应阀15的操作。通过在反应器(特别地, 流体回路)设计中使用对称性并且若必要使用流阻来平衡背压也可帮助对流量平衡的控制。

[0111] 期望的是, 能够精确地控制一种或多种流体到一个或多个流体回路16的供应, 特别地, 精确地控制所递送流体的量和递送的定时。为此, 控制区28中的一者或多者可包括流体注射器30中的一者或多者。优选地, 流体注射器30包括质量流量控制器(MFC)以促进结合可以是电磁阀的阀29进行的对流体递送的快速且精确的控制。因此, 优选的流体注射器30能够以相对高的速度将流体递送到一个或多个相应流体回路16中, 从而允许任何一种或多种附加流体以随时间的任何期望的递送曲线注射到系统中。有利地, MFC允许控制区28及因此控制系统14确定, 特别地, 测量实际递送到系统10的流体曲线, 并且这促进确定并且起作用以校正由控制系统14所实施的反馈控制中的误差。

[0112] 控制区28中或一个或多个流体回路中其他位置的各个气体组成浓度可通过以下方式中的任何一者或多者来操纵:

[0113] A. 使用一个或多个相应流体注射器30。这有利地使流体能够通常在相应控制区28的位置处以随时间推移的受控递送曲线被添加到相应流体回路16。质量流量控制器的优选使用促进了这一点。在优选实施方案中, 以此方式对一种或多种流体的注射涉及经校准的已知气体浓度到已知固定容积的封闭系统(即一个或多个相应流体回路16)中的注射。容积可在一个或多个回路的配置改变的情况下改变, 但可被视为在重新配置之间的任何给定时间段内是已知的。应注意, 由任何给定流体注射器30所注射的流体可以是纯气体或液体或者两种或更多种气体或液体的混合物, 并且任何给定控制区28可具有对一种或多种此类流体注射器30的控制。

[0114] B. 精确地定时的分离/旁通、存储和/或释放是控制流体组成和/或浓度的另一关键方式。例如, 如果回路中存在不期望的量或气体混合物“包”, 系统可通过以下任何技术中的一者或多者确保它不触及测试样品: 1. 分离/旁通—此涉及通过控制一个或多个相关阀通过沿另一管(参见图5, 其显示用于此目的的旁通管)将包发送出并且可能发送回给贮存

器以供稀释或另一控制区以供中和来使包远离样品转向;2. 存储—通过将不期望的气体/流体包存储在贮存器中直到它可被过程调用。3. 释放—这涉及通过使用由主控制器所控制的一个或多个阀通过对将不期望的气体混合物的包从回路释放到通风口的精确地定时来排空所述包(排空通常通过在反应器中形成低压点来实现)。可能期望的是,使气体包移动通过具有低横截面积的管道系统来阻止扩散。它还允许在体系催化剂(其可在合适的控制区中提供或视需要包括在流体回路中的其他位置)或其他中和控制区中的中和以更可控的方式发生。为了帮助释放,可使用单向阀来确保流动仅沿一个方向流动,并且提供在“无流动”情况下控制系统周围的压力梯度的手段。

[0115] C. 在一个或多个流体回路16中引起和/或控制化学反应以产生一种或多种新流体,特别地,一种或多种气体。可使用包括以下中的任何一者或多者的任何便利方法在一个或多个流体回路16中的一个或多个位置处以期望的浓度形成一定量的流体(尤其是气体): 提供一种或多种体系催化剂,引起一种或多种自发化学反应,可控地增加反应物表面积或流体浓度,提供一种或多种酶,操纵温度,操纵压力,提供电磁辐射,提供UV光。这些方法中的任何一者或多者可在一个或多个流体回路16中的任何一个或多个位置处(例如,在控制区28中的一者或多者处)实施。用于实施方法的任何必要装置(例如,UV光源或其他EM辐射源、加热器、压力装置)可例如作为控制区28中的一个或多个的一部分设置在一个或多个流体回路16中的任何一个或多个适当位置处,并且可作为控制区28的一部分由控制系统14控制。应理解,上述方法中的一些可通过将一种或多种流体(例如,适当反应物)在期望位置处且以期望的递送曲线(量和定时)注射到一个或多个流体回路16中来实施。

[0116] D. 中和一个或多个流体回路16中一定量的不必要的气体(或其他流体)混合物。这可涉及在一个或多个流体回路中的一个或多个位置处(例如,在控制区28中的一个或多个处)提供一种或多种体系催化剂,以及致使流体注射器30中的一个或多个以期望的递送曲线(量和定时)在相关注射点处注射一种或多种适当的中和反应物。

[0117] E. 在一个或多个流体回路16中提供一个或多个流体过滤器(例如,膜过滤器),用于通过扩散的方式或通过流体动力学手段减少或移除气体/流体浓度。

[0118] 控制区28中的温度可通过以下方式中的任何一者或多者来控制:(i) 控制所述或每个加热炉22(或其他加热器)的操作,特别地,通过精确且稳定地控制一个或多个加热炉所递送的功率。每个加热炉可以不同方式设置以形成期望的温度;(ii) 控制气体/流体浓度和/或混合以促进影响温度的放热或吸热反应。这可使用一个或多个相应流体注射器30来实现;(iii) 提供一个或多个辅助加热或冷却装置和/或实施废热回收方法。

[0119] 为了流动和混合物分配,优选通过具有多个孔(例如,包括网、格或格栅)的入口(未示出)将流体(特别地,气体)递送到一个或多个流体回路16中,其中流体同时流动穿过所述多个孔。孔的尺寸和间距影响注射的流体与已存在于流体回路中的流体的混合和分布,这进而可影响在注射流体时就可能发生的任何化学反应。例如,相对高密度的相对小的孔促进了相对精细的流体注射喷射,从而导致与主流体流的相对高度均匀的混合。当期望在流体注射点处或附近形成并促进局部化学反应时,这是有利的。相反地,相对低密度的孔减少并延迟化学反应。因此,在(例如,任何控制区28的一个或多个流体注射器30的任何流体注射点)处,可选择入口孔的尺寸和间距以递送期望的混合特性。因此,所选孔尺寸和间距可在注射点间不同。便利地,孔入口可设置为管道或其他结构的一部分,相关控制区或流

体回路的其他部分由所述结构形成。流体注射器30可被布置成使得流体基本上垂直于流体回路或相应控制区的相应部分中的主流体流进行注射。可改变注射角度以促进或阻止反应速率。

[0120] 显而易见的是,在控制区28处实行的控制措施对测试区18处的环境条件具有一定影响。

[0121] 在图2中,控制区28被显示为具有分析A、控制C、系统模型P和优化器O元素。这些表示由控制系统14关于控制区28(对于MPC实施方案)执行的分析、建模、优化和控制,而不一定表示控制区本身的部件。

[0122] 任选地,可提供一个或多个初级流体回路16以使一个或多个PUT经受测试条件,并且可提供一个或多个次级流体流动回路(未示出),用于支持一个或多个初级流体回路的操作。一个或多个次级回路可例如用于以下中的任何一者或多者:1.隔离或清洁污染物的一个或多个初级回路;2.为一个或多个初级回路形成反应气体/流体;3.形成具有已知气体浓度的次级反应气体(例如,所述次级反应气体可存储在贮存器或管道系统中且在需要时由控制系统递送到一个或多个初级回路)。可提供一个或多个阀(现在示出),用于在控制系统14的控制下视需要连接和断开次级回路和初级回路。

[0123] 任选地,可在控制系统14的控制下将一种或多种污染物(例如,毒物,其可呈固体、液体或气体形式)添加到一个或多个流体回路16中。污染物可在定位于一个或多个回路中的任何期望位置处添加,便利地在控制区28处或在测试区18处添加。流体注射器30或其他注射装置可用于此目的。在污染物是固体的情况下,它可溶解在溶剂中,并且若需要,在进入测试区18或其他回路位置之前进行气化。

[0124] 从上述内容显而易见的是,本发明可体现为测试装备,所述测试装备以高能效和可重复的方式再现高温、高流量和变化的化学组成受控条件。优选系统可测量并且记录实时系统数据,以确保精确记录条件和测试样品响应。体现本发明的系统可用于以下应用中的任何一者或多者:用于比较产品评估的真实世界模拟;对高温和高流量部件的使用寿命确定;作为材料、部件、润滑剂和燃料的开发工具;作为耐久性/老化工具;作为实验工具,用于加深了解材料、化合物、产品涂层在高温下随时间的行为;作为模拟工具,用于开发和验证表征测试样品/系统性能的算法和模型。

[0125] 在典型实施方案中,最复杂的控制区28是刚好在一个或多个测试区18之前,即紧接测试区18上游的那些区。通常,这些控制区28具有多个流体入口和多个测量位置和/或测量传感器34。

[0126] 在优选实施方案中,将相应控制区28提供在每个测试区18的上游,优选地紧接上游。优选地,将相应控制区28提供在每个加热炉22的出口处,即下游,优选地紧接下游。任选地,根据所示实施方案,将控制区28提供在加热炉与测试区18之间,使得控制区28在测试区18的上游、优选地紧接上游并且在加热炉的下游,优选地紧接加热炉的下游。

[0127] 在优选实施方案中,将相应控制区28提供在每个热交换器的上游,优选地紧接上游。

[0128] 优选地,将相应控制区28提供在每个贮存器24与相应加热炉22的入口之间,即在贮存器的下游和加热炉的上游。

[0129] 实际上,控制区的数目和位置取决于系统待执行的测试。因此,可能比图1所示的

更多或更少。控制区可定位于一个或多个流体回路中的任何位置,但所述位置可取决于控制区的目的,例如,用于促进化学反应或在系统中的另一位置处实现特定测试条件。

[0130] 通常,被配备来将流体注射到一个或多个回路16中的控制区定位于(或至少它们的一个或多个流体注射器定位于)加热炉22之前(例如,在入口处)、加热炉之后(例如,在出口处),或在热交换器之前(例如,在入口处)。

[0131] 在图1所示的实施方案中,控制区1、2、6和7可各自配备来执行所有监测和控制功能:流体流速;流体流动平衡;将流体供应到一个或多个相应流体回路16中的递送;(例如,在一个或多个相应注射点处所注射的流体和/或在相应控制区处的流体回路中流动的流体的)流体组成;(例如,在一个或多个相应注射点处所注射的流体和/或在相应控制区处的流体回路中流动的流体的)流体温度;流体流动和混合物分布。然而,这些控制区不一定在系统10内执行相同功能。例如,控制区1和2可由控制系统14使用来在相应测试区18中实现特定测试条件,而控制区6和7可用于调节或清洁流体回路中的流体。控制区3也可类似地配备并且用于执行流体调节/清洁功能。控制区4可仅用于执行流体检查功能,因此可被配备来监测(并且任选地控制)流体流动平衡和温度。控制区5可被使用和配备来监测(并且任选地控制)流体流动平衡、流速和温度。

[0132] 应注意,除已经描述的控制系统14的部件之外,一些系统部件(例如,独立阀、控制装置或致动器)可具有它们自身的控制器(例如,处理器)以控制它们的操作。所述特定实例是MFC,它优选地用于测量和控制液体和气体的注射。

[0133] 从前述内容显而易见的是,在优选实施方案中,控制区28中的每一个操作以根据由主控制器52所确定的相应设定点来控制一个或多个相应流体特性。主控制器52监测所有控制区28的性能并且因此可分析总体系统行为,从而允许它以集成方式确定每个控制区的控制动作,优选地通过基于从控制区28所接收的当前反馈信号来预测系统10的未来行为。有利地,主控制器52具有在任何给定时间预期和预测系统10的多个位置处的条件的能力,以通过调整设定点并且致使相应控制区28以协调方式实施相应控制动作来解决所述问题,即致使期望的控制动作在一个或多个期望位置和一个或多个期望时间发生在一个或多个流体回路16中。在流体围绕一个或多个流体回路16移动时,控制系统14可连续地执行控制动作和校正。期望的流体混合物、流速和温度的规范在每个控制区处可随时间改变,如由主控制器52响应于从控制区28所接收的测试设置和/或反馈所确定的。

[0134] 图3示出主控制器52与控制区1和3之间的相互作用的实例,举例来说,假设控制区1和3包括相应MFC以控制流体到流体回路16A中的注射,并且期望根据设定点注射指定量的流体。在301处,主控制器52基于测试设置来计算设定点,并且传达给控制区1,特别地,传达给相关流体注射器30的MFC。在302处,MFC接收设定点并且通过尝试达到设定点并稳定在高速来实施指定注射。在303处,MFC测量实际流体递送并且将此信息反馈给主控制器52。在304处,主控制器52测量设定点与实际递送之间的误差,计算新设定点(通常基于控制区1的MFC和可能的一个或多个其他控制区(例如,控制区3)的MFC的多个数据点),并且将相关设定点发送给相应控制区以供协调实施。在305处,控制区1的MFC可能正在测试区18A中的测试样品中发起基线化学反应,而控制区3的MFC可能正起作用以抵消所述反应的产物和/或通过促进次级反应来中和它们。在306处,使误差最小化,从而保持离开控制区3的一组已知浓度。

[0135] 图4示出主控制器52与风扇20和旋转控制阀之间的相互作用的实例。在401处,主控制器52基于测试设置来计算相应设定点(针对风扇转速),并且将其传达给风扇20。在402处,风扇20将它们的实际转速反馈给主控制器52。主控制器52也从控制区5接收流速信息。在403处,主控制器52可接收关于在其他控制区28中的一个或多个处进入一个或多个流体回路16中的流体的流速的信息。在404处,测量流速误差并基于反馈信息来计算风扇20的新设定点。在405处,主控制器52将新设定点发送给风扇22,以在一个或多个相关控制区中形成期望流速。

[0136] 当执行测试时,期望为测试区上游的至少一个位置处(即,在测试区的入口处或之前,例如,在典型实施方案中,贮存器与测试区之间的位置)的流体建立一组已知基准条件,所述基准条件通常由流体的组成、温度和流速限定。一旦已确定基准条件,就可根据测试规范调整(同样在测试区上游的位置处)组成、温度和流速的一个或多个参数,例如,通过注射已知量的一种或多种气体(通常为烃类气体),使得测试区中的物品经受测试规范中所规定的测试条件(通常限定测试区中的流体组成、温度和流速)。离开测试区的流体的对应条件往往与关于限定参数中的至少一个的基准条件不同,这不仅是因为根据测试规范进行的任何调整,而且有时是由于可能在测试区中发生的机械和/或化学过程(这取决于所执行的测试和所测试的物品)。出于效率的原因,优选的是,使流体出口流中的至少一些进行再循环,因此需要视需要调整流体出口流的组成、温度和/或流速中的一者或多者,以便在一个或多个相关上游位置处重新建立期望的基准条件(或建立一组不同的期望的基准条件,如测试规范所要求的)。这允许所述或每个测试准确且可重复地执行。建立和重新建立基准条件可由控制器52使用上文参考图1至图4所述的技术和设备中的任何一者或多者来执行。

[0137] 对于一些测试,由测试规范所规定的流体参数值中的一个或多个可在测试期间或在连续测试之间和/或在同一测试的连续循环之间相对快速地改变。为了可靠且准确地产生此类瞬态流体条件,需要非常快速地建立或重新建立期望的基准条件。现在参考图5描述实现这一点的优选技术,图5示出体现本发明的整体指示为110的测试系统。

[0138] 测试系统110类似于图1的系统10,除非另有说明,否则类似标号用于表示类似部分并且相同或相似的描述适用,这对技术人员是显而易见的。测试系统110包括反应器112、用于控制反应器112的操作的控制系统(未示出)、流体回路116、测试区118、泵送装置120(通常为一个或多个风扇)、加热装置122(通常为加热炉)、贮存器124和多个控制区128。应理解,系统10的特征中的任一者可包括在系统110中,反之亦然。

[0139] 反应器112包括通过阀172连接到流体回路116的流体出口170(例如包括通风口),所述阀172可操作以打开或关闭出口170。当出口170打开时,来自回路116的流体通常通过排空经由出口170离开回路116。通常,回路116与打开的出口之间的压差足以致使流体从回路116排出,但任选地可提供泵以帮助移除流体。优选地,阀172可操作以不仅采用完全打开状态和完全关闭状态,而且采用一个或多个部分打开状态,以便控制流体可经由出口170离开回路116的速率。在优选实施方案中,出口170定位于测试区118的下游,优选地在测试区118的出口处。在另选实施方案(未示出)中,可在回路116周围的任何期望位置处提供一个以上的出口和控制阀。出口170可视需要将流体排出到周围环境或储罐(未示出)。便利地,阀172包括在控制区128A中。如下文更详细描述,可操作阀172以控制来自测试区118的出口流的比例,所述出口流围绕回路116再循环和/或致使一定量的流体在一个或多个期望的

时间从回路116移除,这些都在控制系统的控制下,以便实施测试规范。特别地,阀172可在测试期间和/或在连续测试之间操作,以调整所发生再循环的量和/或移除不需要量的流体。这对于从回路116中移除具有偏离期望的基准条件的组成、温度和/或流速的流体特别有用,从而促进在回路116中的相关位置处建立期望的基准条件。

[0140] 控制流体的温度可通过控制加热炉122的操作来执行。然而,以此方式调整流体的温度相对较慢。因此,有利地,回路116包括第一旁通回路部分174,所述第一旁通回路部分174在打开时允许回路116中的流体的一些或全部绕过加热炉。通常,回路部分174在回路116中加热炉122(或其他加热器(在适用的情况下))的入口之前的位置175至回路中加热炉122的出口之后的位置176之间延伸。提供用于控制通过旁通回路部分174的流体的流动的一个或多个阀178。优选地,一个或多个阀可操作以打开回路部分174,从而允许回路116中的流体的一些或全部绕过加热炉122,或者关闭回路部分174,从而防止流体绕过加热炉122。优选地,阀178可操作以不仅采用完全打开状态和完全关闭状态,而且采用一个或多个部分打开状态,以便控制绕过加热炉122的流体的量。通常,未通过旁通回路部分174转向的任何流体都通过加热炉122。任选地,可提供一个或多个阀179以例如在期望回路116中的所有流体都应绕过加热炉122的情况下防止任何流体通过加热炉122。在所示实施方案中,出于说明目的,阀178和179分开示出,但便利地,它们可为同一阀。在任何情况下,所述或每个阀178、179由通常为控制区28B的一部分的控制系统操作,以便实施测试规范。经由旁通回路部分174到达位置176的流体不会被加热炉加热,因此与经由加热炉122到达位置176的流体相比相对较冷。因此,控制系统能够通过控制流动通过旁通回路部分174的流体的量来(相对快速地)控制位置176处的流体的温度。此控制可结合控制炉122的操作(若需要)来执行,并且促进在回路116中的一个或多个相关位置处建立期望的基准条件。可在系统中所包括的每个加热炉或其他加热器周围提供类似旁通回路部分。

[0141] 控制流体的流速可通过控制一个或多个风扇120的操作来执行。然而,以此方式调整流体的流速相对较慢。因此,有利地,回路116包括在打开时允许回路116中的流体的一些或全部绕过测试区118的第二旁通回路部分180。通常,回路部分180在回路116中测试区118的入口之前的位置182至回路116中测试区118的出口之后的位置184之间延伸。提供一个或多个阀186,用于控制通过旁通回路部分180的流体的流动。一个或多个阀优选地可操作以打开回路部分180,从而允许回路116中的流体的一些或全部绕过测试区118,或者关闭回路部分180,从而防止流体绕过测试区118。优选地,阀186可操作以不仅采用完全打开状态和完全关闭状态,而且采用一个或多个部分打开状态,以便控制绕过测试区118的流体的量。通常,未通过旁通回路部分180转向的任何流体都通过测试区118。任选地,可提供一个或多个阀188以例如,在期望回路116中的所有流体都应绕过测试区118的情况下防止任何流体通过测试区118。在所示实施方案中,出于说明目的,阀186和188分开示出,但便利地,它们可为同一阀。在任何情况下,所述或每个阀186、188由通常为控制区28C的一部分的控制系统操作,以便实施测试规范。控制系统能够通过控制流动通过旁通回路部分180的流体的量来(相对快速地)控制测试区118中的流体的流速。此控制可结合一个或多个风扇的操作(若需要)来执行,并且促进在回路116中的一个或多个相关位置处建立期望的基准条件。类似的旁通回路部分可设置在系统中的任何一个或多个其他测试区周围和/或一个或多个风扇120或其他泵送装置周围。

[0142] 回路116中的流体通常包括基流体,根据测试规范向所述基流体添加一种或多种其他流体。如图5所示,可在测试区118的入口处添加通常包含一种或多种烃类气体和/或至少一种含氧气体的一种或多种所添加流体,以便在测试区118的入口处形成期望的测试条件。出于此目的,在测试区118的入口处提供控制区128D。基流体包括可被添加到系统中并且在一个或多个位置处添加到回路116中的一种或多种体相流体。通常,一种或多种体相流体中的至少一些被添加到贮存器124中,通常可使用一个或多个阀(未示出)在控制系统的控制下将它们从贮存器124引入回路116中。另选地或除此之外,一种或多种体相流体中的至少一些可在一个或多个其他位置处(例如,在控制区128E处和/或在一个或多个风扇120的输出端处)注射到回路116中。任何合适的流体注射装置(未示出)可用于将流体供应到贮存器或回路116中的其他位置。

[0143] 为了帮助确定回路116中的基准条件,可将一定量的任何一种或多种可用体相流体引入回路116中以稀释回路116中的流体。此稀释对于调整流体组成特别有用,例如,减少可能存在于流体中的不需要的流体浓度(与期望的基准条件相比),但也可对回路116中的流体的温度和/或流速有影响。

[0144] 上述技术中的任何一者或多者(即,通过控制排空来控制再循环的量,通过绕过加热炉来控制温度,通过绕过测试区进行流量控制,以及稀释)可单独地或以任何组合来执行,以调整回路116中的流体的组成、温度和/或流速。所述技术对于快速调整流体参数以便例如通过允许快速地建立期望的基准条件来实施瞬态测试条件特别有用。当控制系统正计算如何实施测试规范时,它可以任何组合并且结合任何其他可用控制技术来使用这些技术中的任何一者或多者。因此,由控制系统所生成的对应控制信息将包括用于致使一个或多个相关系统部件(通常在一个或多个相关控制区处)以实施测试规范所需的方式实施所选控制技术的控制信息。在适用的情况下,这包括用于控制相关阀(包括可以例如是旋转控制阀的阀172、178、179、186、188)的打开的定时和程度的控制信息。控制相关阀以精确且重复地控制回路中,并且特别是通过测试样品的流体,以视需要实施瞬态或静态测试条件。如同其他控制区一样,存在对致动点处的阀位置的高速控制和位置测量,然后将位置信息实时发送回给主控制器。

[0145] 基流体的组成取决于所实施的一个或多个测试。最常见的基流体是气态的,包含一种或多种气体并且任选地,水蒸气。添加到基流体的流体通常也是气态的,最常见包含一种或多种纯烃类气体和/或至少一种含氧气体。常规地,基流体主要包含诸如氮气的惰性气体,通常与较小浓度的一种或多种其他合成气体结合。当在反应器112中形成快速变化的流体条件时,这可能是有问题的,因为存在对于可将大量所供应合成气体注射到反应器中的速率的限制。此外,体相合成气体相对昂贵。为解决这些问题,本发明的优选实施方案使用空气作为用于提供基流体的体相气体。基流体(即空气)的比例取决于所实施的测试,但优选地在大致10%与100%之间,更优选地在大致50%与100%之间。在一些实施方案中,基气体是100%的空气。在基气体不是100%的空气的情况下,可视需要提供一种或多种其他合成气体(例如,氮气或二氧化碳)和/或水蒸气作为体相气体来补充基气体。

[0146] 除可自由使用之外,使用空气作为基流体的重要且优选主要组分的优点在于,可使用任何合适的常规空气泵或空气压缩机或者其他流体入口装置便利地从周围环境相对快速地将空气供应到反应器112并引入回路116中。这促进上述稀释技术。在优选实施方案

中,通过压缩机(未示出)将空气从周围环境供应到贮存器124和/或回路116中的一个或多个其他位置。

[0147] 从上述内容将显而易见的是,体现本发明的优选系统能够向测试样品递送气体浓度、流量和温度的精确静态或瞬态条件。在静态条件测试中,基气体的流速在测试期间通常是恒定的。测试区的入口处的流体的温度可以是恒定的,或者在测试期间在两个或更多个设定点之间可不同。在测试期间,测试区入口处的流体的组成可以是恒定的,但更通常地,一种或多种构成流体的浓度在两个或更多个设定点之间变化。对于瞬态测试条件,组成、温度和流量的参数中的每一者可贯穿测试基本上连续变化,例如,以便模拟车速、加速度和发动机负荷的变化。

[0148] 特别地,主要使用空气作为柴油模拟的基气体允许全尺复制真实世界条件,而无需过量的氮气或其他所供应基气体。

[0149] 对于一些测试(包括废气模拟),基气体包含按体积计高达21%的氧气。例如,对于实施柴油发动机排气模拟的测试,基气体包含按体积计在大致6%至21%之间的氧气,通常使用按体积计25%至100%的空气。对于实施诸如汽油发动机排气模拟的其他模拟的测试,基气体通常包含按体积计0%至21%体积%的氧气。因此有利地,对于许多此类测试,特别是需要按体积计10%至21%体积%氧气的测试,空气被用作基气体的主要组分,视需要通常存在于按体积计基气体的大致50%至100%体积%之间。

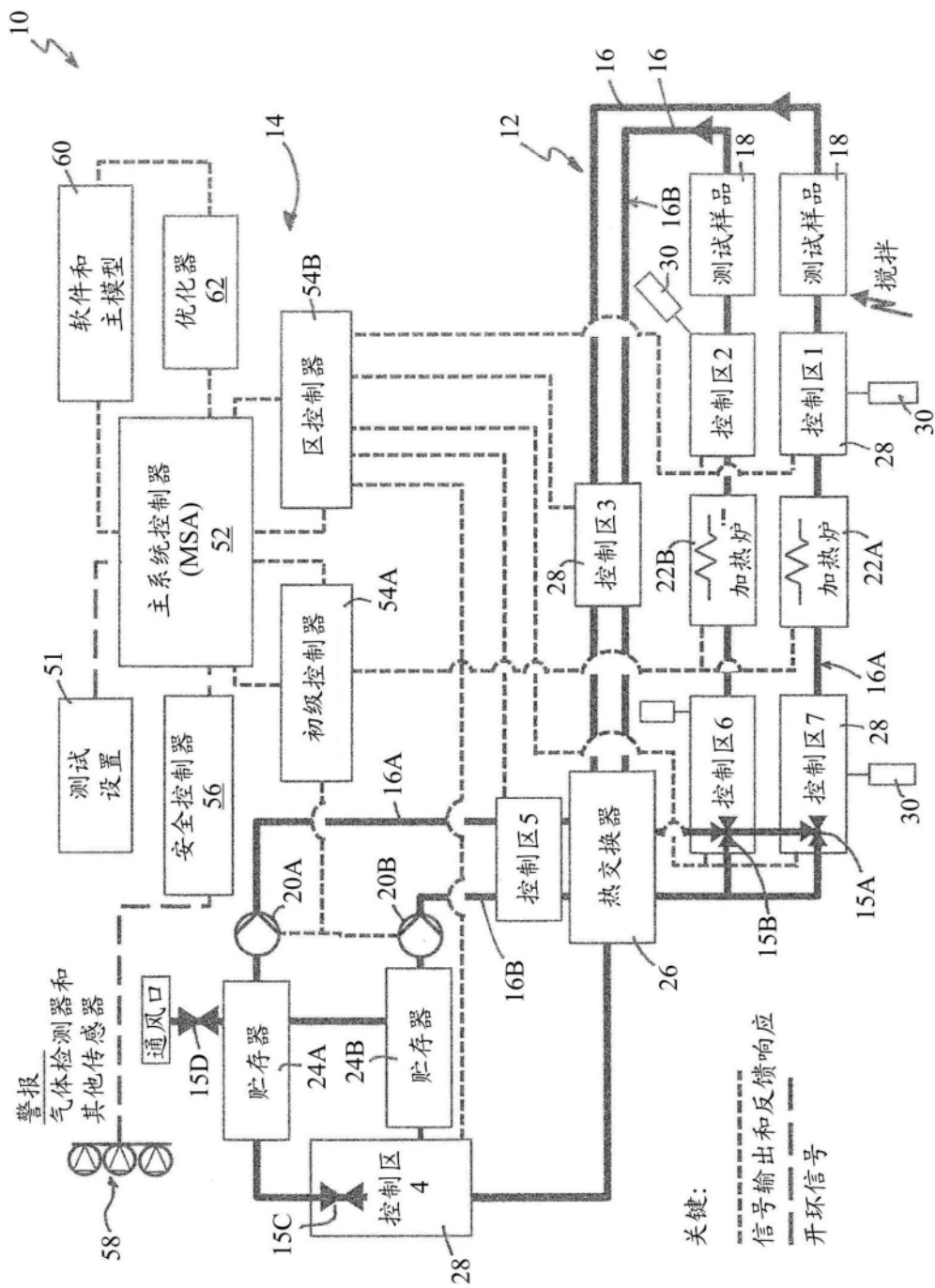
[0150] 在优选实施方案中,控制系统使用再循环和排空的组合来在流体中维持所需气体并且排出不需要的气体(例如,汽车相关测试中的CO<sub>2</sub>或CO)。再循环的量可以在0与100%之间,这取决于测试和所测试的物品。例如,在0%与50%之间的再循环可用于催化剂测试样品,或者在0%至100%之间的再循环用于任何其他测试样品类型。相对较低水平的再循环促进控制侵蚀性瞬态条件,同时再循环降低流体供应需求并且使能效最大化。

[0151] 任选地,体现本发明的系统可包括用于控制测试区18、118周围环境的环境条件(不同于测试样品所经受的测试区的流体条件)的一个或多个装置(未示出)。此类装置可包括用于加热或冷却周围环境和/或用于调整环境空气流量和/或环境空气压力的任何常规设备。此允许在测试区周围模拟真实世界环境条件。

[0152] 因此,优选系统不仅实现对测试样品入口测试条件的复制而且还实现样品外部(环境)测试条件,所述测试条件可包括:在例如-30°C至+50°C的范围内的外部温度控制、通过大气控制箱或类似压力控制装置进行的对不同高度条件例如在100%真空至+1000巴的范围内的模拟、通过使用湿度箱或其他装置进行的0%至100%的相对湿度条件和/或通过使用诸如鼓风机、风扇等的空气移动装置所复制的强制对流条件。可通过经由化学反应、电热器在样品外部提供即时热量来实现热冲击的复制。还可通过水溅、水喷雾、使用液氮或其他适当流体冷却测试样品的外部来实现对热冲击的复制。

[0153] 优选实施方案促进真实世界模拟(例如,针对EUR06c或其他排放法规进行测试的排放控制系统)进行比较产品评估并且符合全球立法试验条件。优选实施方案可用于表征和评估排放测量系统在已知输入测试条件下的性能。高精度的性能评估包括:可重复性;再现性;准确性;稳定性;和解析度。

[0154] 本发明不限于本文所述的一个或多个实施方案,而是在不脱离本发明范围的情况下可加以修正或修改。



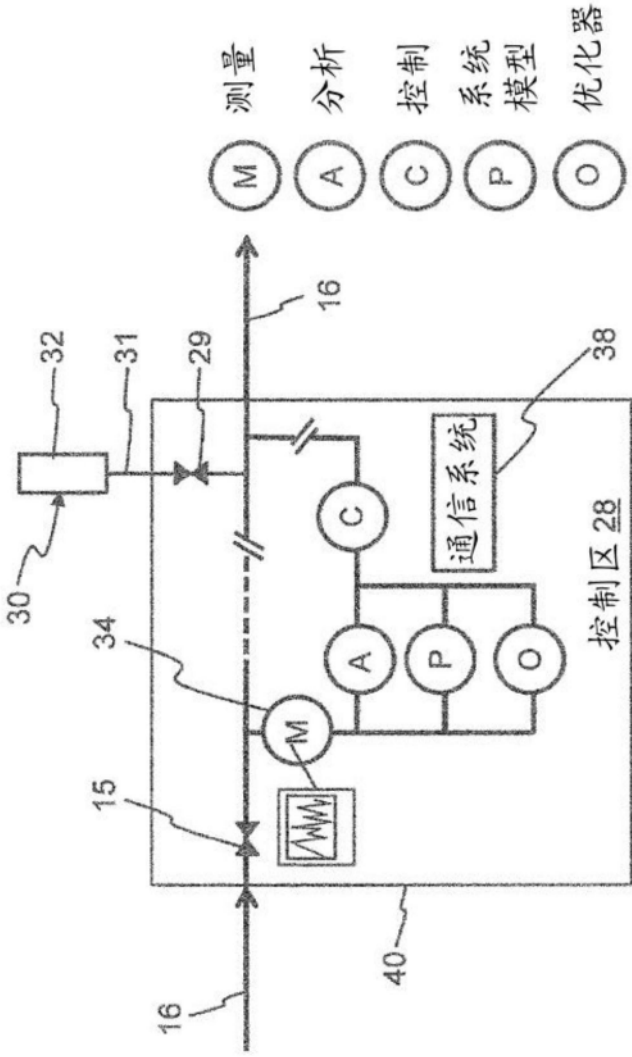


图2

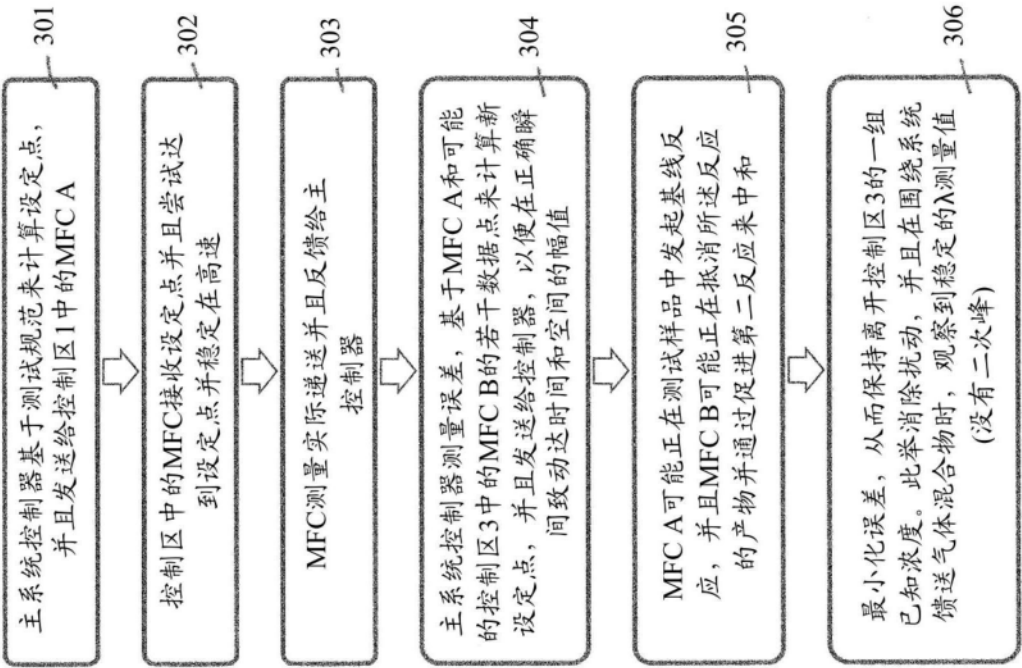


图3

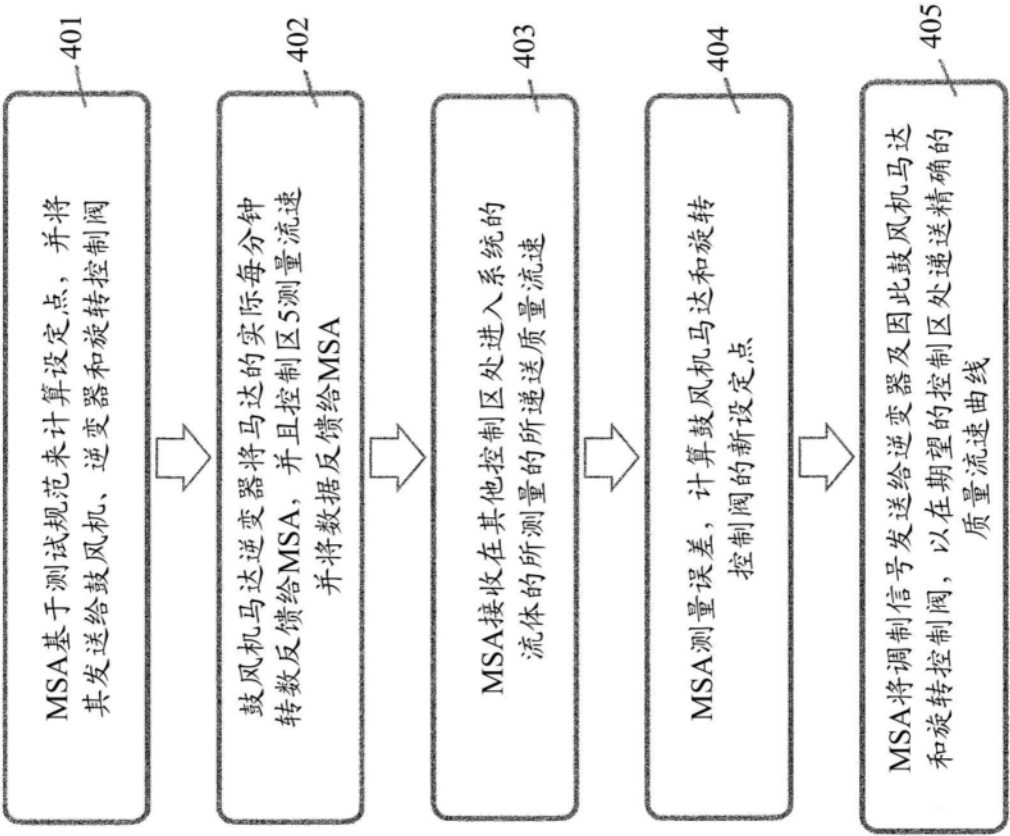


图4

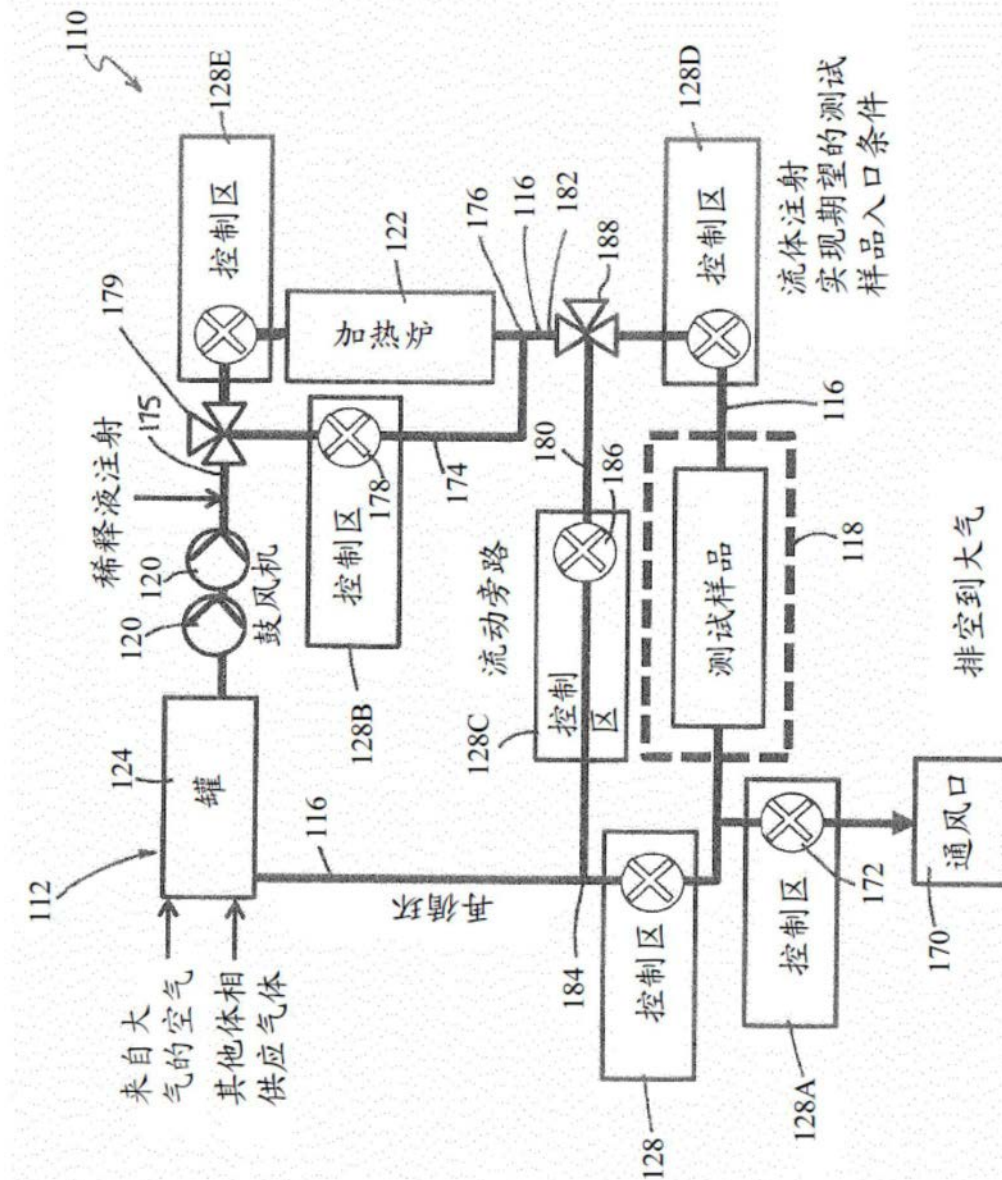


图5