[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 17/20 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580009290.5

[43] 公开日 2008 年 2 月 13 日

[11] 公开号 CN 101123917A

[22] 申请日 2005.3.21
[21] 申请号 200580009290.5
[30] 优先权
[32] 2004. 3.22 [33] US [31] 60/555,240
[32] 2004. 4. 5 [33] US [31] 10/818,314
[32] 2004. 7.14 [33] US [31] 60/587,693
[32] 2005. 2.28 [33] US [31] 11/067,959
[86] 国际申请 PCT/US2005/009273 2005.3.21
[87] 国际公布 WO2005/092022 英 2005.10.6
[85] 进入国家阶段日期 2006.9.22
[71] 申请人 爱尔康公司
地址 瑞士洪恩伯格
[72] 发明人 米哈伊尔·伯克尼 拉斐尔·乔丹 迈克尔·莫甘 安·亚德洛斯基
[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 李镇江

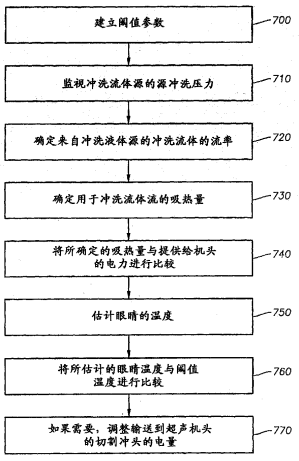
权利要求书 6 页 说明书 21 页 附图 15 页

[54] 发明名称

基于冲洗流控制外科系统的方法

[57] 摘要

能检测堵塞开始或其他外科事件以及堵塞解除时刻的外科系统。为帮助避免冲头过热，系统使用冲洗流率确定眼睛的温度，以及如果预测过热情形，自动地降低机头的电力。代替地或另外，系统监视由机头耗费的电力，其表示冲头上的切割负载，以及自动地调整冲头的电力或冲程以便补偿冲头上增加的负载。



1. 一种控制外科系统的方法，所述外科系统具有超声机头，所述超声机头具有切割冲头，所述方法包括步骤：

建立阈值温度；

监视在延伸到所述超声机头的管线中的冲洗压力；

计算冲洗流体的流率；

确定用于所计算的冲洗流体的流率的吸热量；

基于所确定的吸热量和提供给所述超声机头的电量，确定眼睛的温度；

将所确定的眼睛温度与阈值温度进行比较；以及

基于确定温度和阈值温度的比较，如果必要，调整输送到所述超声机头的切割冲头的电量。

2. 如权利要求 1 所述的方法，调整电量的步骤包括调整所述超声机头的输出的占空比。

3. 如权利要求 1 所述的方法，调整电力的步骤包括调整所述超声机头的输出的冲程或振幅。

4. 如权利要求 1 所述的方法，调整电力的步骤包括如果所确定的温度超出阈值温度，降低电力。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其中，如果所确定的温度低于阈值温度，维持或增加电力。

6. 一种控制外科系统的方法，所述外科系统具有超声机头，所述超声机头具有切割冲头，所述方法包括步骤：

建立阈值温度；

监视在延伸到所述超声机头的管线中的冲洗压力；

计算冲洗流体的流率；

确定用于所计算的冲洗流体的流率的吸热量；

基于所确定的吸热量和提供给所述超声机头的电量，确定眼睛的温度；

将所确定的眼睛温度与阈值温度进行比较；以及

确定冲洗压力的变化率；

基于冲洗流体的变化率，确定堵塞阶段；以及

基于所确定的堵塞阶段和基于所确定的温度和阈值温度的比较，如果必要，调整输送到所述超声机头的切割冲头的电量。

7. 如权利要求 6 所述的方法，调整电量的步骤包括调整所述超声机头的输出的占空比。

8. 如权利要求 6 所述的方法，调整电力的步骤包括调整所述超声机头的输出的冲程或振幅。

9. 如权利要求 6 所述的方法，调整电力的步骤包括如果所确定的温度超出阈值温度，降低电力。

10. 如权利要求 6 所述的方法，其中，如果所确定的温度低于阈值温度，维持或增加电力。

11. 如权利要求 6 所述的方法，进一步包括检测冲洗压力的数据图。

12. 如权利要求 11 所述的方法，检测图的步骤包括确定在外科系统操作期间预定图和冲洗压力数据间的线性关联。

13. 如权利要求 12 所述的方法，确定线性关联的步骤包括执行线性变换。

14. 如权利要求 11 所述的方法，检测图的步骤包括计算第一操作参数的数据随时间的导数。

15. 如权利要求 11 所述的方法，检测图的步骤包括在外科系统操作期间，执行预定图和第一操作参数的数据的卷积。

16. 如权利要求 1 所述的方法，进一步包括确定所述超声机头的抽吸真空的变化率。

17. 如权利要求 16 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤基于冲洗压力和抽吸真空的变化率。

18. 如权利要求 6 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别堵塞的开始或初步指征。

19. 如权利要求 18 所述的方法，所述开始通过正在增加的抽吸真空来识别。

20. 如权利要求 19 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，所述开始通过日益增加的冲洗压力和抽吸真空来识别。

21. 如权利要求 20 所述的方法，冲洗压力以比抽吸真空更快的速率增加。

22. 如权利要求 6 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别堵塞前期状况。

23. 如权利要求 22 所述的方法，堵塞前期状况通过基本上恒定的冲洗压力来识别。

24. 如权利要求 19 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，所述堵塞前期状况通过基本上恒定的冲洗压力和正在增加的抽吸真空来识别。

25. 如权利要求 24 所述的方法，在堵塞前期状况下的抽吸真空以比在堵塞开始和堵塞前期状况间的时间周期期间更慢的速率增加。

26. 如权利要求 6 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别完全堵塞。

27. 如权利要求 26 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，通过基本上恒定的冲洗压力和抽吸真空来识别所述完全堵塞。

28. 如权利要求 6 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别堵塞解除。

29. 如权利要求 28 所述的方法，第一操作参数包括冲洗压力，通过正在减小的冲洗压力来识别所述解除。

30. 如权利要求 29 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，通过正在减小的冲洗压力和抽吸真空来识别所述堵塞解除。

31. 如权利要求 6 所述的方法，确定堵塞级的步骤包括识别从堵塞解除恢复。

32. 如权利要求 31 所述的方法，所述恢复通过冲洗压力的减小速率的减慢来识别。

33. 如权利要求 32 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，所述恢复通过冲洗压力的减小速率的减慢和抽吸真空的减小速率的减慢来识别。

34. 如权利要求 6 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括确定识别以下内容:

堵塞开始，

在开始后的堵塞前期状况，

在堵塞前期状况后的完全堵塞，

完全堵塞解除；或

在解除后恢复。

35. 一种控制外科系统的方法，所述外科系统具有超声机头，所述超声机头具有切割冲头，所述方法包括步骤:

建立阈值温度;

监视在延伸到所述超声机头的管线中的冲洗压力;

计算冲洗流体的流率;

确定用于所计算的冲洗流体的流率的吸热量;

基于所确定的吸热量和提供给所述超声机头的电量，确定眼睛的温度;

将所确定的眼睛温度与阈值温度进行比较；以及

确定冲洗压力的变化率;

基于冲洗流体的变化率，确定堵塞阶段；以及

基于所确定的堵塞阶段和基于所确定的温度和阈值温度的比较，如果必要，调整输送到所述超声机头的切割冲头的电量;

如果所确定的温度超出阈值温度，降低输送到所述机头的电力，以及如果预定温度低于阈值温度，维持或增加输送到所述机头的电力。

36. 如权利要求 35 所述的方法，调整电量的步骤包括调整所述超声机头的输出的占空比。

37. 如权利要求 35 所述的方法，调整电力的步骤包括调整所述超声机头的输出的冲程或振幅。

38. 如权利要求 35 所述的方法，进一步包括检测冲洗压力的数据图。

39. 如权利要求 38 所述的方法，检测图的步骤包括确定在外科系统操作期间预定图和冲洗压力数据间的线性关联。

40. 如权利要求 39 所述的方法，确定线性关联的步骤包括执行线性变换。

41. 如权利要求 38 所述的方法，检测图的步骤包括计算冲洗压力的数据随时间的导数。

42. 如权利要求 35 所述的方法，检测图的步骤包括在操作外科系统期间预定图和执行冲洗压力的数据的卷积。

43. 如权利要求 35 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率。

44. 如权利要求 43 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤基于冲洗压力和抽吸真空的变化率。

45. 如权利要求 35 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别堵塞的开始或初步指征。

46. 如权利要求 45 所述的方法，所述开始通过正在增加的抽吸真空来识别。

47. 如权利要求 35 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别堵塞前期状况。

48. 如权利要求 47 所述的方法，堵塞前期状况通过基本上恒定的冲洗压力来识别。

49. 如权利要求 48 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，所述堵塞前期状况通过基本上恒定的冲洗压力和日益增加的抽吸真空来识别。

50. 如权利要求 49 所述的方法，在堵塞前期状况下的真空压力以比在堵塞开始和堵塞前期状况间的时间周期期间更慢的速率增加。

51. 如权利要求 35 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别完全堵塞。

52. 如权利要求 51 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，通过基本上恒定的冲洗压力和抽吸真空来识别所述完全堵塞。

53. 如权利要求 35 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别堵塞解除。

54. 如权利要求 53 所述的方法，第一操作参数包括冲洗压力，通过正在减小的冲洗压力来识别解除。

55. 如权利要求 54 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，通过正在减小的冲洗压力和抽吸真空来识别堵塞解除。

56. 如权利要求 35 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括识别从堵塞解除恢复。

57. 如权利要求 56 所述的方法，所述恢复通过冲洗压力的减小速率的减慢来识别。

58. 如权利要求 57 所述的方法，进一步包括确定抽吸真空的变化率，所述恢复通过冲洗压力的减小速率的减慢和抽吸真空的减小速率的减慢来识别。

59. 如权利要求 35 所述的方法，确定堵塞阶段的步骤包括确定识别以下内容:

堵塞开始，

在开始后的堵塞前期状况，

在堵塞前期状况后的完全堵塞，

完全堵塞解除；或

在解除后恢复。

基于冲洗流控制外科系统的方法

相关申请的交叉引用

本申请是 2004 年 4 月 5 日提交的共同未决美国专利申请序号 10/818,314 的部分继续申请，在 35 U.S.C.§120 下要求其优先权，该共同未决美国专利申请在 35 U.S.C. §119 下，要求 2004 年 3 月 22 日提交的美国临时申请序号 60/552,240 的优先权。本申请还在 35 U.S.C. §119 下，要求 2004 年 7 月 14 日提交的、U.S.临时申请序号 60/587,693 的优先权。

技术领域

本申请一般涉及眼科手术领域，以及更具体地说，涉及基于包含冲洗压力的确定结果，控制晶状体乳化系统的外科参数的方法。

背景技术

人眼用来通过称为角膜的清澈外部分透射光，以及通过晶状体，将图像聚焦在视网膜上，提供视力。聚焦图像的质量由许多因素，包括眼睛的大小和形状，以及角膜和晶状体的透明度而定。当年龄或疾病导致晶状体变得不太透明时，由于能透射到视网膜的光减少，导致视力降低。这种缺陷医学上称为白内障。用于白内障的可接受的治疗是手术去除白内障以及将晶状体替换为人造晶状体（IOL）。在美国，使用称为晶状体乳化法的外科技术，去除大多数白内障晶状体。在该过程期间，将薄的切割冲头插入患病的晶状体中并超声波振动。振动切割冲头液化或乳化晶状体以便使晶状体吸出眼睛。患病的晶状体一旦移出，由 IOL 替代。

适合于眼科过程的典型的超声波外科设备包括超声波驱动的机头、附加的切割冲头、冲洗套管以及电控台。机头组件通过电缆或连

接器以及柔性管连接到控制台。外科医生通过按压踏板请求达到在控制台上设定的电力的最大量的电力，在任何指定时间控制输送到机头的切割冲头并施加在组织上的超声电量。柔性管通过机头组件输送冲洗流体并从眼睛汲取抽吸流体。

机头的操作部是连接到压电晶体组的中央定位的、空的谐振棒或操作杆。晶体受操作台控制并在晶状体乳化期间，输送驱动操作杆和所附切割冲头的超声振动。通过柔性固定件，在机头的空体或外壳内悬挂晶体/操作杆组件。机头体端接在本体的远端处的缩小直径部或锥头中。外部拧上锥头以便容纳冲洗套管。同样地，在其远端内部地拧上操作杆膛以便容纳切割冲头的外部螺纹。冲洗套管还具有拧在锥头的外螺纹上的内螺纹膛。调整切割冲头以便冲头仅凸出冲洗套管的开口端预定量。

在使用中，切割冲头和冲洗套管的末端插入到角膜、巩膜或其他位置中的预定宽度的小切口中。通过晶体驱动的超声操作杆，在冲洗套管内，沿其纵向轴超声振动一种已知的切割冲头，从而就地乳化所选组织。切割冲头的空膛与操作杆中的膛连通，操作杆中的膛又与从机头到操作台的抽吸管道连通。其他适当的切割冲头包括产生纵向和扭转振荡的压电元件。这种切割冲头的一个例子在美国专利号6,402,769（Boukhny）中描述过，其内容在此引入以供参考。

操作台中的降低的压力或真空源通过切割冲头的开口端、切割冲头和操作杆膛以及抽吸管道，将乳化组织从眼睛汲取或抽吸到收集设备中。通过冲洗套管的内表面和切割冲头间的小的环形隙，注入手术位置中的盐溶液或其他冲洗剂，帮助抽吸乳化组织。

一种已知的外科技术是尽可以少地使切口进入眼睛的前房以便降低诱发散光的风险。这些小的切口导致将冲洗套管与振动冲头紧紧地挤压的非常绷紧的伤口。冲洗套管和振动冲头间的摩擦产生热。通过流入冲头内的抽吸流体的冷却效果，降低冲头过热和烧伤组织的风险。

当冲头由于乳化组织变得阻塞或堵塞时，会降低或消除抽吸流，

使冲头加热，从而降低冷却以及导致温度增加，这可能会烧伤切口处的组织。另外，在阻塞期间，更大真空能在抽吸管中形成以致当切口最终破裂时，能从眼睛快速地抽吸更多流体，可能导致眼球塌陷或眼睛的其他损坏。

已知设备已经使用检测抽吸真空的大的增加，以及基于特定预定真空级，检测堵塞的传感器。基于该检测堵塞，可以降低机头的电力和/或能增加冲洗或抽吸流。见 U.S.专利序号 5,591,127，5,700,240 和 5,766,146（Barwick, Jr.等人），其全部内容在此引入以供参考。然而，这些设备使用固定的抽吸真空级来触发系统响应。该固定级是基于被选真空上限的固定百分比的阈值。然而，由于它们直到达到预定真空级时才响应，限制这些系统的使用和效率。Boukhny 等人的美国专利 6,179,808 描述了当温度超出基于测量或估计的冲洗流计算出的预定极限时，降低信号振幅和/或占空比的系统，其全部内容在此引入以供参考。

由于实际上，在不同堵塞阶段期间，真空级会在短的时间周期中改变，由此能改进已知堵塞检测系统。将该预定真空极限设置太低导致系统过早改变其操作参数，以及在消除堵塞后，保持那些参数。将极限设置太高会导致系统将其设定值改变成太接近堵塞的实际具体值，以及在清除堵塞前，将其设定值改变回额定值。另外，当堵塞切割冲头时，最大化切割效率，因此当检测到堵塞状况时增加电力最大化切割效率，但增加使冲头周围的组织过热的风险。

另外，在整个手术中，有时冲头压向晶状体以便乳化晶状体组织，以及有时冲头不与晶状体接触。然而，超声能量仍然存在直到外科医生释放踏板为止，即使在当抽吸晶状体物质，外科医生使冲头拉离晶状体，或晶状体移离冲头时也是这样。手术效率降低，以及浪费的能量会导致冲头的不必要加热，这可能增加不期望地烧伤切口处的组织的可能性。

因此，仍然需要存在一种堵塞检测系统，能更精确地检测外科抽吸系统中堵塞的出现和清除。能由控制系统使用该信息来相应地调整

电力，例如在堵塞期间增加电力以便改进超声冲头的切割效率和/或当相对温度达到预定阈值时，降低电力以便防止过分加热。通过增加检测冲头何时不再与晶状体物质接触以及自动地调整电力的负载检测系统，能进一步增加切割效率。

发明内容

根据一个实施例，一种通过建立阈值温度和监视延伸到超声机头的冲洗管道中的冲洗压力，控制外科系统的方法。计算冲洗流体的流率和用于冲洗流体流的吸热量。通过为了确定眼睛的温度比较或分析吸热量和提供给超声机头的电力，来确定眼睛的温度，将其与阈值温度比较。基于比较，根据需要调整输送到超声机头的切割冲头的电量。

根据另一实施例，建立阈值温度以及监视超声机头的冲洗压力。计算冲洗流体流率以及确定用于冲洗流体流率的吸热量。基于吸热量和提供给超声机头的电力，确定眼睛的温度。将眼睛温度与阈值温度进行比较。另外，确定冲洗压力的变化率，以及基于变化率，确定堵塞级。基于堵塞级和比较，根据需要调整输送到超声机头的切割冲头的电力。

在另一实施例中，控制外科系统的方法包括建立阈值温度，监视冲洗压力和计算冲洗流体的流率，基于用于所计算的冲洗流体流率的吸热量和提供给超声机头的电力，确定眼睛的温度。将眼睛温度与阈值温度进行比较。另外，确定冲洗压力的变化率。基于变化率，确定堵塞级，以及基于堵塞级和比较，根据需要调整输送到超声机头的切割冲头的电力。例如，如果所确定的温度超出阈值温度，能降低输送到机头的电力，而如果确定温度低于阈值温度，能保持或增加电力。

根据各个实施例，通过调整占空比或调整超声机头的机头输出的冲程或振幅，能调整电力。能识别的堵塞级包括堵塞的开始或初步指征、堵塞前期情形、完全堵塞、堵塞解除或从堵塞解除恢复。

附图说明

现在参考附图，其中，相同的参考标记表示相应的部件，其中：

图 1 是可以由各个实施例使用的示例性外科系统的立体图；

图 2 是表示外科系统的部件的框图；

图 3A-B 示例说明由各个实施例使用的示例性超声机头；

图 4 是示例说明基于模型和一个或多个操作参数的变化率，调整输送到机头的电力的方法的一个实施例的流程图；

图 5 示例说明能由本发明的实施例使用的堵塞级；

图 6 示例说明在图 5 所示的不同堵塞级，抽吸真空和冲洗压力图；

图 7 是示例说明用于调整电力以便防止传感器冲头过热的方法的一个实施例的流程图；

图 8 是图 7 所示的实施例的一种实现的更详细流程图；

图 9a-9b 示例说明具有恒定振幅和不同断开时间的示例突发模式脉冲，由踏板的下压控制不同断开时间；

图 10 示例说明具有不同占空比的示例性脉冲模式脉冲，占空比受踏板下压控制；

图 11 示例说明根据一个实施例的切割脉冲间的非零检测电力级；

图 12 是示例说明基于电力、阈值和灵敏度计算，调整电力的方法的流程图；

图 13 是可以由一个实施例使用的机头电源系统的示意图；

图 14 示例说明根据另一实施例，具有短于图 11 所示的检测电力级持续时间的持续时间的非零检测电力级；

图 15 示例说明根据另一实施例，切割级间的具有随时间改变的持续时间的非零检测电力级；

图 16 示例说明根据另一实施例，切割脉冲间的单独的非零检测电力脉冲，以及在切割和检测电力脉冲间的为零的电力；

图 17 根据另一实施例，示例说明切割脉冲间的单独的检测电力脉冲，以及比在图 16 中所示的检测电力脉冲的持续时间更短的检测电力脉冲的持续时间；

图 18 根据另一实施例，示例说明具有随时间改变的持续时间的

单独的非零检测电力脉冲；

图 19 根据另一实施例，示例说明正好在切割脉冲前的非零检测电力脉冲；

图 20 根据另一实施例，示例说明正好在切割脉冲后的非零检测电力脉冲；

图 21 根据另一实施例，示例说明切割脉冲间的单独的检测电力脉冲和基于衰减的检测电力脉冲所进行的检测电力测量；

图 22 示例说明相对于更慢衰减检测电力脉冲所进行的测量；

图 23 示例说明相对于更快衰减检测电力脉冲所进行的测量；以及

图 24 根据另一实施例，示例说明在切割脉冲从高电平转变到低电平后，相对于切割脉冲的衰减率所进行的检测测量。

具体实施方式

本说明书描述用于控制用在例如晶状体乳化手术中的外科系统的方法的实施例。实施例提供能通过检测抽吸系统、冲洗系统或其组合的压力级的变化，检测外科事件（诸如堵塞）的阶段，例如在堵塞开始、堵塞前期情形、完全堵塞，以及何时堵塞解除的外科系统。通过监视抽吸或冲洗压力级如何改变，能精确地检测堵塞的开始和结束。只要检测到堵塞，能编程外科系统来通过增加冲头的冲程或通过增加脉冲超声电力的占空比，增加可用于机头的电力。

为帮助避免冲头过热，外科系统监视冲洗流率以及如果预测过热情形，自动地降低到机头的电力。代替地，或者另外，能监视由机头汲取的电量，其表示冲头上的切削负载。能使用该信息来自动地调整冲头的电力或冲程（位移）以便补偿冲头上的负载变化。在下述描述中，参考附图，附图通过示例，但不是限制，表示能利用的具体实施例。

通过适当的硬件或软件控制，能在商业上可获得的外科系统或控制台上实现实施例。在图 1 中总体上示例说明一个适当的系统 100 以

及其表示可从 Alcon Laboratories, Inc.，6201 South Freeway，Q-148，Fort Worth，Texas 76134 获得的 INFINITI®视觉系统。

图 2 进一步详细地示例说明一个示例性控制系统 100。控制系统 100 用来操作超声机头 112 以及包括控制台 114，该控制台包括控制模块或 CPU116，抽吸、真空或蠕动泵 118，机头电源 120，冲洗压力传感器 122 和阀 124。控制台 114 可以是商业上可获得的外科控制台，诸如 ACCURUS®外科系统，也可以从 Alcon Laboratories, Inc.获得。

能利用各种超声机头 112 和切割冲头，包括但不限于在美国专利序号 3,589,363; 4,223,676; 4,246,902; 4,493,694; 4,515,583; 4,589,415; 4,609,368; 4,869,715; 4,922,902; 4,989,583; 5,154,694 和 5,359,996 中所述的机头和冲头，其全部内容在此引入以供参考。为说明目的，在图 3A-B 中示出了示例性机头，但不是限制。

再参考图 2，CPU116 可以是任何适当的微处理器、微控制器、计算机或数字逻辑控制器。泵 118 可以是蠕动、隔板、文杜里管或其他适当的泵。电源 120 可以是任何适当的超声驱动器，诸如集成在 ACCURUS®外科系统中，也可以从 Alcon Laboratories, Inc.获得。阀 124 可以是任何适当的阀，诸如螺线管激活的夹管阀。可以通过可以作为在瓶或袋中提供的任何商业上可获得的冲洗溶液的盐源 126，提供冲洗流体，诸如盐的注入。

使用中，冲洗压力传感器 122 通过冲洗管线 130，132 和 134，连接到机头 112 以及注入流体源 126。冲洗压力传感器 122 测量从源 126 至机头 112 的冲洗流体的压力，以及通过电缆 136，将该信息传送到 CPU116。可以由 CPU116 使用冲洗流体压力数据，使用软件命令，控制该控制台 114 的操作参数。例如，CPU116 可以通过电缆 140，改变通过电力电缆 142 发送到机头 112 和冲头 113 的电源 120 的输出。CPU116 也可以使用由冲洗压力传感器 122 提供的数据来通过电缆 144，改变泵 118 的操作。泵 118 通过管线 146，从机头 112 抽吸流体，并通过管线 148，注入收集容器 128 中。CPU116 也可以使用由冲洗压力传感器 122 提供的数据和电源 120 的应用输出以便将可听音提供给

用户。能在美国专利序号 6,179,808（Boukhny 等人）和 6,261,283（Morgan 等人）中找到有关这些外科系统的另外的细节，其全部内容在此引入以供参考。

在一个实施例中，控制台 114 能基于堵塞事件的阶段，控制输送到机头 112 的电量。更具体地说，基于抽吸真空级、冲洗压力级，或抽吸真空和冲洗压力级两者的变化，进行电力调整。变化能是例如抽吸真空和/或冲洗压力的增加或减少的变化率。

如图 4 所示，能进行输送到机头的电量的调整。初始地，在步骤 400，在一定时间周期上，检测在堵塞或其他外科事件期间，外科操作参数图。操作参数能是真空压力和/或冲洗压力。也能检测两种压力，然而，为说明目的而不是限制，主要参考一种操作参数。在步骤 410，能确定或计算操作参数的值和/或变化率。基于该计算，确定堵塞程度。在步骤 430，基于堵塞阶段，根据需要，能调整输送到机头 112 的切割冲头的电量。

更具体地说，在堵塞前、期间和后，已经确定抽吸真空和冲洗压力级遵循可检测图。能使用该图来识别堵塞程度以及相应地调整输送到机头 112 的电力。

如图 5 所示，典型的堵塞事件具有下述阶段：堵塞开始 500、堵塞前期 510、完全堵塞 520、堵塞解除 530 和恢复 540。术语“开始”通常用来指堵塞的刚刚开始或初始阶段，以及“堵塞前期”通常用来指在堵塞开始后以及完全堵塞前的时间。换句话说，“开始”通常用来指堵塞的发展的开始，以及“堵塞前期”通常用来指堵塞正转变为完全堵塞的阶段。

图 6 更详细地示例说明被检测的抽吸真空和冲洗压力的图。对每一阶段，在时间（t）上，抽吸真空表示为（mmHg），以及在相同时间（t）上，冲洗流体或盐的压力表示为（cmH_2O）。这些阶段在下文更详细地描述。

如图 6 所示，堵塞开始事件或情形 500 特征在于从真空或冲洗压力相对稳定或恒定的无堵塞状态（600 和 605）抽吸真空快速增加 610

以及冲洗压力快速增加 615。换句话说，真空和冲洗压力增加的速率>0。如所示，通过增加抽吸真空和冲洗压力，标识开始 500。然后，冲洗压力可能稍微减小（617）以及稳定（618），然而，抽吸真空级初始地增加，以及当冲洗压力保持稳定时持续增加。

在堵塞开始事件 500 后，堵塞发展或转变为堵塞前期事件或情形 510。如图 6 所示，堵塞前期事件 510 的特征在于抽吸真空的增加率的减缓 620，以及相对稳定的冲洗压力 625。因此，抽吸真空和冲洗压力的增加率逐步地减小到零。换句话说，真空和冲洗压力变得相对稳定。

堵塞前期情形 510 转变为完全堵塞 520。完全堵塞的特征在于最大极限 630。另外，冲洗压力稳定 635。

在完全堵塞 520 后，堵塞解除 530。堵塞解除事件 530 的特征在于抽吸真空 640 和冲洗压力 645 的快速减小。如图 6 所示，在堵塞解除后，抽吸真空和冲洗压力级快速地减小（分别速率为<0）。在快速减小后，抽吸真空和冲洗压力级的下降率减小 642，而冲洗级压力可能相反地短暂上升 647，然后稳定 648。

在堵塞解除 520 后为堵塞恢复阶段 530。恢复阶段 530 的特征在于抽吸真空 650 和冲洗压力 655 的减小率的持续减缓，最终达到基本上恒定的水平。换句话说，真空和冲洗压力的下降率从负值逐渐地增加到接近 0。

基于所测试的外科系统，图 6 所示的真空和冲洗压力图从一个外科系统到另一外科系统是兼容的，以及能使用各种已知的数字信号处理方法检测。在一个实施例中，使用相关方法，检测真空和冲洗压力。例如，通过计算预定图和来自外科系统的实际抽吸真空或冲洗压力传感器读数间的线性关联，能检测堵塞的阶段。定义堵塞开始的抽吸真空的预定图可以是例如四点相同真空读数后面跟着 12 点线性增加真空读数。

例如，两个序列 x_i 和 y_i 间的线性关联是经线性变换，能将一个序列如何接近地变换成另一个序列的度量：

$$y_i = ax_i + b$$

其中：a=线性相关系数，b=偏差。

假定两个序列，线性相关 R 计算如下：

$$R=\frac{\sum_{i=0}^{N}x_iy_i-\frac{\sum_{i=0}^{N}x_i\sum_{i=0}^{N}y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N}x_i^2-\frac{\left(\sum_{i=0}^{N}x_i\right)^2}{N}}\sqrt{\sum_{i=0}^{N}y_i^2-\frac{\left(\sum_{i=0}^{N}y_i\right)^2}{N}}}$$

其中：N-相关长度（即序列中点的数量）

线性相关系数计算如下：

$$a=\frac{\sum_{i=0}^{N}x_iy_i-\frac{\sum_{i=0}^{N}x_i\sum_{i=0}^{N}y_i}{N}}{\sum_{i=0}^{N}x_i^2-\frac{\left(\sum_{i=0}^{N}x_i\right)^2}{N}}$$

根据一个实施例的方法包含计算在使用外科系统期间收集的抽吸真空和/或冲洗压力传感器读数的样本序列和表示所述堵塞事件的预定图间的线性关联。所计算的关联值反映样本序列和预定图间的类似性，最高可能值 1.0 表示绝对匹配。表示足够关联的值的范围优选在 0.8 和 0.99 间。

只要确定匹配或可接受关联，一些外科事件，诸如堵塞前期和堵塞恢复的可信度为高，以及能根据需要调整系统的外科参数。

对诸如堵塞开始和堵塞解除的事件，应当基于测试值的变化率，限定图匹配。使用反映测试序列和预定图的斜率的线性相关系数，能估计真空和冲洗压力的变化率，该变化率由此能用来估计样本序列是否具有用于特定事件的足够变化率。

在一个实施例中，变化率是导数（ΔValue/ΔTime），或在某段时间上的值的变化的直接计算。以不同设定值（例如不同抽吸泵率），对指定系统，能经验地建立用于足够率的标准。

对要求对图匹配和变化率限定的情形，当满足两个条件时，视为检测到堵塞事件。只要检测到堵塞事件，能调整系统的外科参数。能应用所述方法来检测堵塞序列中的所有事件（堵塞开始、堵塞前期、

堵塞、堵塞解除以及恢复）。通过检测抽吸真空和/或冲洗压力级的图，能精确地确定何时应当调整电力的定时。因此，实施例能比依赖于识别完全堵塞的阈值或预先确定的抽吸真空级的已知系统更精确。

在另一实施例中，使用卷积而不是关联来完成图的匹配。因此，本领域的普通技术人员将意识到在此所述的关联、导数和卷积技术仅是示例性例子，以及不打算限定。

在另一实施例中，能调节输送到机头的电量以便防止冲头 113 过热，其会导致损坏眼睛组织。该实施例称为 Thermal Watch™ 以及总体上在图 7 中示例说明。

在步骤 700 中，建立阈值温度。在步骤 710，监视冲洗流体 126 的源，诸如盐的压力。在步骤 720，计算或确定来自被监视的冲洗流体源 126 的冲洗流体的流率。在步骤 730 中确定吸热的冲洗流体的流量或冲洗流体的吸热量。在步骤 740，分析或比较输送到机头 112 的所确定的吸热量和电力。基于该比较或分析，在步骤 750 中确定眼睛或其他组织的温度。

例如，通过在离散的时间步骤执行温度计算可计算出眼睛的近似温度，在离散的时间步骤中，通过将在前温度估计乘以冷却系数（<1），然后加上在该时间间隔期间输送的电力乘以电力系数的结果以及减去该时间间隔期间的流量乘以流量系数的结果，找到不同时间的估计温度。

在步骤 760，比较所估计的眼睛温度和阈值温度。基于所估计的温度是否超出阈值或超出该阈值预定量，在步骤 770，根据需要，调整输送到超声机头 112 的切割冲头 113 的电量。例如，如果所估计的温度超出阈值，通过降低超声信号的振幅和/或减小超声信号的占空比，可以降低输送到机头的电力，而如果所估计的温度低于阈值，可以维持或增加电力。

图 8 示例说明图 7 所示的过程的一种实现。参考图 8，在步骤 800，确定是否允许 Thermal Watch™ 特性。如果不允许 Thermal Watch™，那么，在步骤 805，系统使用线性超声控制功能操作。换句话说，由

控制台设定值和外科医生下压踏板，控制所输送的超声电力。

如果允许 Thermal Watch™，那么，在步骤 810，由系统记录或读取由外科医生设定的阈值。阈值可以无单位及可以是从“关”到“最大值”之间的任意数量的阶。

在步骤 815 中，系统监视冲洗流体的压力（“IPS 读数”）和/或步骤 820 中冲洗流体源瓶 126 的高度。在步骤 825 中，这些冲洗流体压力参数表示冲洗流体的流率，即在某段时间上冲洗流体的数量。已知冲洗流体流率，能近似用于冲洗流体流率的热淬火量（步骤 830）。时间的流量函数 $F(t)$ 能近似射流管线上压降的线性函数：$F(t)=R(P_0-P(t))$，其中，P_0 是冲洗源压力（例如冲洗瓶高），$P(t)$ 是冲洗压力传感器读数，以及 R 是压力源和冲洗压力传感器间的射流管线电阻。对指定射流（即一次性）结构，经验地确定电阻 R。上述近似产生用于稳定状态流量状况的精确结果。为提高用于瞬时响应的估计精度，能将指数衰减校正加到上述等式，如下：

$$F(t)=R[(1+\delta)(P_0-P(t))-\delta\frac{1}{\tau_0}\int_{-\infty}^{t}e^{\frac{\tau}{\tau_0}}(P_0-P(\tau))d\tau]$$

其中，δ 是瞬变系数，以及 τ_0 是近似射流管线的时间常数。对指定射流（即一次性结构），经验地建立两个值。对可消耗的 Alcon INFINITI® 系统一次性所建立的样本值为：$\delta=0.3$，$\tau_0=1.3$ 秒。上述等式能容易地转换成允许方法的具体实现的离散形式。

在步骤 835 中，还监视由机头 112 的超声切割冲头 113 所产生的热量（即超声或“US 电力级”）。然后，在步骤 840，将用于冲洗流体流的热淬火量的近似值与由超声切割冲头 113 生成的热量进行比较，以便确定眼睛的近似温度。在步骤 845 中，确定眼睛的温度是否高于预定阈值或在阈值的某一余量内。例如，该余量可以是阈值内（例如低于）三度华氏温度（3°F），如图 8 所示。本领域的技术人员将意识到根据所需系统灵敏度，还能利用其他预定量或余量。

如果眼睛的温度不在余量（例如 3°F）内或不超出阈值，那么能使用线性超声控制函数（步骤 850）。然而，如果眼睛的温度在余量

内或超出阈值，那么在步骤 855 中，系统利用算法来计算近似占空比。控制算法可以是例如标准线性控制算法，诸如 PI（比例积分）或 PID（比例-积分-导数）控制算法。控制算法也可以是非线性控制算法，诸如具有或不具有磁滞的开关式控制器。本领域的技术人员将意识到各种算法能用在不同应用中。

例如，在步骤 860 中，初始确定系统当前是否在连续模式中操作。在连续模式中，将连续电源施加到机头而不中断。如果系统在连续模式中，那么在步骤 865，系统将操作模式从连续开关到脉冲超声电力。如果系统不在连续模式中，那么在步骤 870 中确定系统在突发还是脉冲模式中操作。

参考图 9a-9b，突发模式提供超声电力的一系列周期性、固定宽度的恒定振幅脉冲 900，这些脉冲分别在“断开”时间 910 后。本领域的技术人员将意识到在实际中，在图 9a-9b 和其他图中所示的脉冲不是“理想”脉冲。相反，由于例如电容和电感而发生不同状态间的脉冲转变或倾斜。因此，为说明和例示目的，提供图 9a-9b 和其他图中所示的理想或模型矩形脉冲，而实际上，脉冲不具有理想的矩形形状。

固定宽度脉冲 900 间的断开时间 910 受经例如下压踏板的外科医生输入控制。换句话说，在突发模式中，每一脉冲 900 具有固定的“接通”时间，以及变量“断开”时间。通过调整踏板或脚踏开关的位置，改变“断开”时间。

例如，图 9a-9b 示例说明在四个位置中的脚踏开关。当踏板初始位于位置 1 并进一步下压到位置 2 时，断开时间 910 减小，以及当踏板从位置 2 下压到位置 3 时，进一步减小。因此，随着进一步下压踏板，在一定时间周期中，固定宽度、恒定振幅脉冲的数量增加。随着进一步下压踏板，断开时间最终等于接通时间。在这种情况下，将踏板从位置 3 进一步下压到位置 4 导致脉冲振幅增加，同时维持相同的断开时间 910。换句话说，在断开时间与接通时间相同后，能产生脉冲振幅，从而增加输送到机头的电力。

再参考图 8 和 9a-9b，如果系统在突发模式中，在步骤 875 中，

通过减小电源“开”时间或增加电源“关”时间，能调整具有相同脉冲宽度的超声电力的多个脉冲，从而在指定时间中提供更少固定宽度脉冲，以及将更少电力提供给超声冲头 113，以便冷却冲头 113。如果系统不在突发模式中，在步骤 880，系统在脉冲模式中。

参考图 8 和 10，如果系统在脉冲模式中，那么脉冲 1000 的振幅保持恒定，以及通过调整输送到机头 112 的电力脉冲的占空比，在步骤 885 中，能调整输送到机头的电力。在矩形脉冲 1000 的理想序列中，脉冲持续时间与脉冲周期之比或“高”脉冲电平的持续时间与“高”和“低”电平的持续时间的总和（一个周期）的比为占空比，表示为小数或百分比。因此，能改变每一恒定振幅脉冲 1000 的持续时间（例如变得更窄或更宽）以便改变占空比，由此改变输送到机头的电量。

另外，如果系统在连续模式中操作（860），以及眼睛的温度高于阈值，那么能断开电源直到眼睛温度下降低于阈值为止。另外，如果系统在突发或脉冲模式中操作，以及眼睛的温度高于阈值，对剩余脉冲，可以断开电源，以及如果必要，能延迟下一电力脉冲，直到眼睛温度下降低于阈值为止。

本领域的技术人员将意识到能与各种脉冲（例如连续型、脉冲型、突发型）和具有不同图（诸如在本说明书中稍后所述并如图 14-24 所示）的脉冲一起使用 Thermal Watch 特征，因为 Thermal Watch 充当周期性地确定所输送的电量的调节器，而与脉冲类型或脉冲图，以及与如何将所确定的电量与阈值进行比较，以及如何将电量与阈值比较（如前所述）无关。

当检测到堵塞事件时，能进行类似的电力调整。例如，在一个实施例中，通过超声占空比中增加“接通”时间或减少电源“断开”时间，能增加输送到冲头 113 的电力，以便增加机头 112 的切割效率。使用 Thermal Watch™ 特征，能监视眼睛温度以便在冲头 113 变得过热前，减小电源“接通”时间，或增加电源“断开”时间。因此，实施例提供必要时（例如堵塞事件发生时）有效增加电力，而且当必要时，有效地监视和降低电力，以便防止冲头 113 过热和烧伤或损坏眼睛组织的方

式。

另一实施例针对负载检测系统和方法，通常称为“按需供电”，如果确定请求太多电力，能限制或管理外科医生请求的电量以便防止损坏眼睛组织。系统能利用变化的硬度检测切割冲头 113 何时不再与晶状体组织接触，或与晶状体组织的不同部分接触，以及自动地调整输送到机头的电量。

如前所述，由电源提供的电力驱动机头 112 中的一个或多个压电晶体。晶体振荡，又使机头中的针振动和发出超声能量。外科医生放置针以便将超声能量传送到眼睛组织，诸如晶状体，以便例如分解白内障。单独的抽吸系统用来去除组织碎片。外科医生可以通过例如下压脚踏开关或其他开关致动器，请求将一定量的电力输送到冲头 113。在手术过程期间，系统将低电压电平施加到晶体上，使它们发出少量超声能量。然后测量在这种情况下晶体两端的电压和通过晶体的电流。使用电压和电流值来计算由机头耗费的电力值。当冲头 113 与更硬组织或物质（诸如白内障晶状体）接触时，超声机头 112 倾向于耗费更多电力以便维持指定冲程（振幅）。在较低电力设定值，已经发现可测量基于由典型的白内障手术中与冲头所遇到的物质的接触的该电力增加。在改进的脉冲模式中，将少量电力施加到用来切割组织的更高电力脉冲间的冲头 112。换句话说，在低电力周期期间，施加少量电力。

例如，如图 11 所示，脉冲模式型驱动信号包括高或切割电力 110a-e（通常 1100）的交变间隔，以及在切割间隔 1100 间的低或检测电力 1110a-e（通常 1110）的交变间隔。然后，检测间隔 1110 的振幅大于零。换句话说，在切割间隔后，检测电力不减小到零。

在所示实施例中，切割间隔 1100 和检测间隔 1110 的持续时间近似相同。在检测间隔期间执行电压和电流测量以便将在检测间隔期间，机头 112 所耗费的电量与冲头 113 的负载 1130 关联。由于少量电力仍然施加到冲头上，某种程度的切割也会发生，然而，切割主要发生在较高电力切割间隔期间。因此，尽管本说明书引用“检测”间隔，但在

该间隔期间，检测和切割均会发生。

然后，使用在检测间隔 1110 期间确定的、由机头 112 耗费的电量来调整下一或后续切割间隔 1100 的电力。基于所检测的电力和外科医生请求，成比例地调整电力。换句话说，如果在冲头检测到较高负载，在下一切割间隔，将输送由外科医生所请求的较大部分（可能全部）电力。同样地，如果检测到较低负载，在下一切割间隔 1110 期间，将输送由外科医生请求的少部分（可能没有）电力。

例如，在检测间隔 1110a 期间检测的电力将用来成比例地调整下一切割间隔 1100b 的电力电平。类似地，在检测间隔 1110b 期间检测的电力用来成比例地调整下一切割间隔 1100c。因此，持续地调整切割电力 1100 以便补偿机头 112 的超声冲头 113 上的不同负载 1130。

如图 11 所示，检测间隔 1110 的电力电平随时间相对恒定。然而，检测间隔 1110 可能改变，但应当不为零或太低以致检测不到冲头上的负载。检测间隔 1110 的电力电平能根据例如系统参数和测量装置的灵敏度改变。因此，使用非零检测周期的实施例与典型地使用交变高电力和零电力脉冲，即在“开”和“关”间开关，而不是在高电力和低电力间开关或在“开”和“低电力”间开关的已知“脉冲模式”驱动系统形成对比。

由于超声机头和切割冲头的变化，负载 1130 检测特征将会在每一手术开始时校准。例如，在“调谐周期”期间，执行校准，在该期间，将机头冲头 113 放在充满冲洗流体的测试室中。此时，在检测电力设定时，将超声电力施加到冲头 113。将在该基准情形下，由机头 112 耗费的电量保存在控制系统存储器中，作为阈值或“无负载”情形。如果需要，当手术进行时，控制系统 114 可以使用自动阈值调整来基于在手术期间测量的负载 1130，调整该阈值。

负载检测特征也允许外科医生控制由控制系统 114 进行的调整的灵敏度。更具体地说，灵敏度调整是设置当检测到低于全负载时所进行的电力降低的增益的线性或系数调整。只要设置阈值和灵敏度，可以基于算法，调整机头 112 的电力。

图 12 和 13 示例说明用于基于所检测的电压和电流负载 1130，执行这些电力冲程或振幅变化的算法和基于该算法操作的系统的一个实施例。初始地，在步骤 1200 中确定阈值 1355。如前所述，阈值电力 1355 是在冲洗液或盐或其他参考环境中，操作超声机头 112 后确定的固定值。换句话说，阈值电力 1355 表示当未切割组织时的基准电力。

在步骤 1210 中监视切割冲头 113 所耗费的电力。电源 120 耦合到机头 112，并经电力管线 1302，将电力输送到冲头 113。电力控制系统 1300 经连接器 1303-1305，连接到电源 120 的输入和输出。连接器 1304 和 1305 耦合到电源 120 的输出，以及连接器 1303 耦合到电源 120 的输入。

所示的电源控制系统 1300 包括用于电压和电流的反馈 1310 和 1311。反馈元件 1310 和 1311 耦合到连接器 1304 和 1305。在检测间隔 1110 期间获得的电压和电流测量值基于机头 112 中的压电晶体上的应力。如果针或冲头 113 遇到更耐切割（高负载）的组织，电压和/或电流的大小可能增加，而如果针或冲头 113 遇到更容易切割（低负载）的组织，电压和/或电流的大小可能降低。将在每一检测间隔 1110 期间，由反馈 1310 和 1311 获得的电压和电流值提供给各个均方根（“RMS”）转换器 1320 和 1321。

RMS 转换器 1320 和 1321 确定在预定时间周期上的平均电压大小和平均电流大小。这些 RMS 值提供给模数（“A/D”）转换器 1330 和 1331，其将表示各个测量模拟电压和电流的数字信号提供给微处理器 1340。

微处理器 1340 能是与上述相同的微处理器 116 或单独的微处理器或控制器。数字电压和电流值由 A/D 转换器 1330 和 1331 提供给微处理器 1340。微处理器 1340 中的软件基于由 A/D 转换器 1330 和 1331 提供的值，将在检测间隔 1110 期间检测的“检测”电力 1352 计算 1350 为电力（“P”）=电压（“V”）×电流（“I”）。因此，计算包含线性计算，而不必考虑非线性属性，诸如相位和共振。检测电力 1352 然后与阈值或基准电力 1355 进行比较。

当机头 112 需要电力来切割组织时，即当机头 112 被施加除基本材料或流体，诸如盐外的东西时，所计算的检测电力 1352 超出阈值或基本电力 1355。基于机头 112 的冲头 113 所遇到的组织的特性，在步骤 1240 中，不管在下一切割间隔期间的哪一点上，使用检测电力 1352 和阈值电力 1355 的比较来确定应当如何调整将输送到机头 112 的电力。将该比较乘以在机头或软件中存储的比例系数 1356，其将检测电力 1352 超出阈值电力 1355 的量与所检测的完全负载 1357 的部分进行关联。比例系数可以是例如基于系统的先前操作经验确定的。

除该阈值比较和百分比负载计算外，由外科医生基于检测电力 1352 超出阈值电力 1355 的量设置灵敏度调整或系数 1360 以便表示在下一切割间隔期间，应当将由外科医生所请求的哪一部分传送到冲头。灵敏度系数 1360 范围从 0-1 或者通常表示为 a%值，例如 20%、50%或 85%。这些值可以向外科医生表示为关、低、中、高或一些其他比例或表示。在步骤 1250 中，由（检测电压-阈值）x 比例因子计算获得的值乘以灵敏度系数 1360。以比较低灵敏度系数更高的灵敏度系数，将更大量请求电力 1370（例如由脚踏开关 1375 的程度表示）输送到机头 112。例如，如果外科医生经踏板 1375 请求“X”量电力 1370，那么根据灵敏度系数 1360，可以将一些、全部或无“X”电力 1370 传送到机头 112。

因此，实际输送到机头 112 的电力 1380 可以低于或等于由外科医生 1370 通过下压踏板 1375 所请求的电量。因此，实施例使用基于灵敏度系数的线性关系和计算、阈值确定和线性计算，以便调整输送到机头 112 的电力 1380 的量。

图 11 示例说明包括与如图 12 和 13 所示的按需供电系统一起使用的切割和检测间隔的一个脉冲图。图 11 所示的脉冲图包括相对恒定和近似相同持续时间的切割和检测间隔。在另外的实施例中，对于不同切割和检测间隔，可以使用不同脉冲图，如图 14-24 所示。为示例说明不同切割和检测脉冲和间隔，所示脉冲不具有相应的负载，然而，本领域的技术人员将意识到根据机头的冲头上的负载，根据需要，可

以调整切割间隔的大小。本说明书引用“间隔”和“脉冲”。脉冲是从零电力开始和结束的信号，而间隔可以视为脉冲的一部分，由此以零电力开始或结束。然而，为说明目的，这些术语可互换，因为它们均提供检测电力的持续时间和切割电力的持续时间。因此，打算使“间隔”包括“脉冲”以及打算使“脉冲”包括“间隔”。

参考图 14，在另一实施例中，检测间隔 1110 的持续时间随时间近似相同并短于切割间隔 1100 的持续时间。在另一实施例中，如图 15 所示，检测间隔 1110 的持续时间随时间改变，以致短于、约等于或长于切割间隔。能调整检测间隔 1110 的持续时间以便调节例如信噪（S/N）比和系统响应。较长检测间隔 1110 可以提供更好 S/N 比和更衰减的响应。因此，能选择检测间隔 1110 的持续时间以便与系统部件和性能协调。

参考图 16，在另外的实施例中，检测间隔 1110 能刚好先于单独的切割间隔 1100。例如，在检测间隔 1110 期间，电力从零电平增加到低电力电平。刚好在检测间隔 1100 后为切割间隔 1100。切割间隔 1100 处于比检测间隔 1110 更高的电力电平。在切割间隔 1100 后，电力返回到零，以及能重复间隔顺序。图 17 示例说明除高电力切割脉冲 1100 刚好在零电力周期后外的类似的结构。检测间隔 1110 刚好在较高电力电平切割间隔 1100 后，然后，紧跟零电力，根据需要可重复这一过程。

图 18 示例说明在单独的较高电力切割脉冲 1100 间，触发单独的低电力、检测脉冲 110 的另一实施例。在所示的实施例中，切割和检测脉冲 1100 和 1110 具有约相同的持续时间。图 19 示例说明利用单独的检测脉冲 1110 和切割脉冲 1100 且其中检测脉冲 1110 的持续时间短于切割脉冲 1100 的持续时间的另一实施例。图 20 示例说明单独的检测脉冲 1110 具有变动持续时间且在切割脉冲 1100 间的另一实施例。

图 21 示例说明包括单独的检测脉冲 1110 和切割脉冲 1100 且在检测脉冲 1110 的衰减 2100 期间获得电压和电流数据的另一实施例。在图 22 和 23 中进一步示例说明该实施例。代替如图 11 所示确定负载，

系统能配置成确定检测间隔脉冲 1110 衰减到某一电平所用的时间。在冲头上的负载能影响衰变率。例如，较大负载将使检测脉冲更快地衰减，而较小负载将导致检测脉冲更慢地衰减。图 22 表示由于较小负载，花费较长衰减时间的检测脉冲，以及图 23 示例说明由于较大负载，更快速地衰减的检测脉冲。该衰减技术能施加到其他脉冲图，包括刚好在切割间隔后的检测间隔，诸如图 17 所示的检测间隔。

检测脉冲或间隔衰减到某一电平所需的时间能与冲头的负载关联。这能使用例如将衰减率与冲头处的负载交叉关联的查找表实现。然后，如果需要，使用该衰减和负载信息来调整下一切割脉冲或间隔的电力电平。例如，参见图 22 和 23 中的参考点 C，图 23 所示的脉冲的衰减率快于图 22 所示的脉冲的衰减率。结果，在图 22 所示的检测脉冲后的下一切割脉冲期间输送的电量可以小于在图 23 所示的检测脉冲后的下一切割脉冲期间输送的电量，因为图 23 所示的脉冲由于冲头处的较大负载衰减更快。能重复衰减率分析以便连续地调整在下一切割脉冲或间隔期间，输送到冲头处的电力。

根据另一实施例，切割和检测脉冲能处于不同频率。例如，能以特定脉冲施加切割脉冲，以及能以切割脉冲频率的谐波的一个施加检测脉冲。例如，可以以约 40kHz 施加切割脉冲，以及能以谐波的一个，诸如 80kHz 或 120kHz，施加检测脉冲。

本领域的技术人员将意识到图 11 和 14-23 提供为示例性检测和切割间隔图，以及不打算限制，因为检测和切割间隔能根据不同系统和应用的需要调整。另外，本领域的技术人员将意识到在较低电力检测间隔期间，检测和某种程度的切割可以发生，因为检测发生在非零电平，以及某些切割会发生，尽管与在较高电力切割间隔期间发生的切割相比，切割量较小。本领域的技术人员也将意识到 Thermal Watch 特征可用于这些不同脉冲图，因为 Thermal Watch 考虑所输送的电量以及不取决于特定脉冲图。

参考图 24，在另一实施例中，将切割脉冲 1100 的衰减率 2400 与冲头处的负载关联。根据切割脉冲 1100 的振幅，期望采样衰减脉冲

2400 的末端 2410，因为在衰减周期开始时，衰减切割脉冲的电力电平可能太高，从而导致与电力和电流测量干扰。能以查找表交叉参考切割脉冲衰减到某一电平所需的时间以便能将衰减率与冲头处的负载关联。然后如果需要，使用该衰减和负载信息来调整下一切割脉冲的电力电平。

尽管在上述描述中参考各种实施例，本领域的普通技术人员将意识到在不背离实施例的范围的情况下，可以对所述实施例做出非实质改进、改变和替代。例如，本领域的普通技术人员将意识到能单独或结合操作各个性能和实施例。例如，在另一实施例中，旨在确定抽吸真空和/或冲洗压力的改变的实施例能与图 7 和 8 所示的“Thermal Watch”实施例和/或参考图 9-11 所述和所示的“按需供电”实施例结合。类似地，参考图 7 和 8 所述和所示的“Thermal Watch”实施例能与参考图 9-11 所述和所示的按需供电实施例结合。因此，实施例能一起或单独地操作以便提供所需系统功能性。

图1

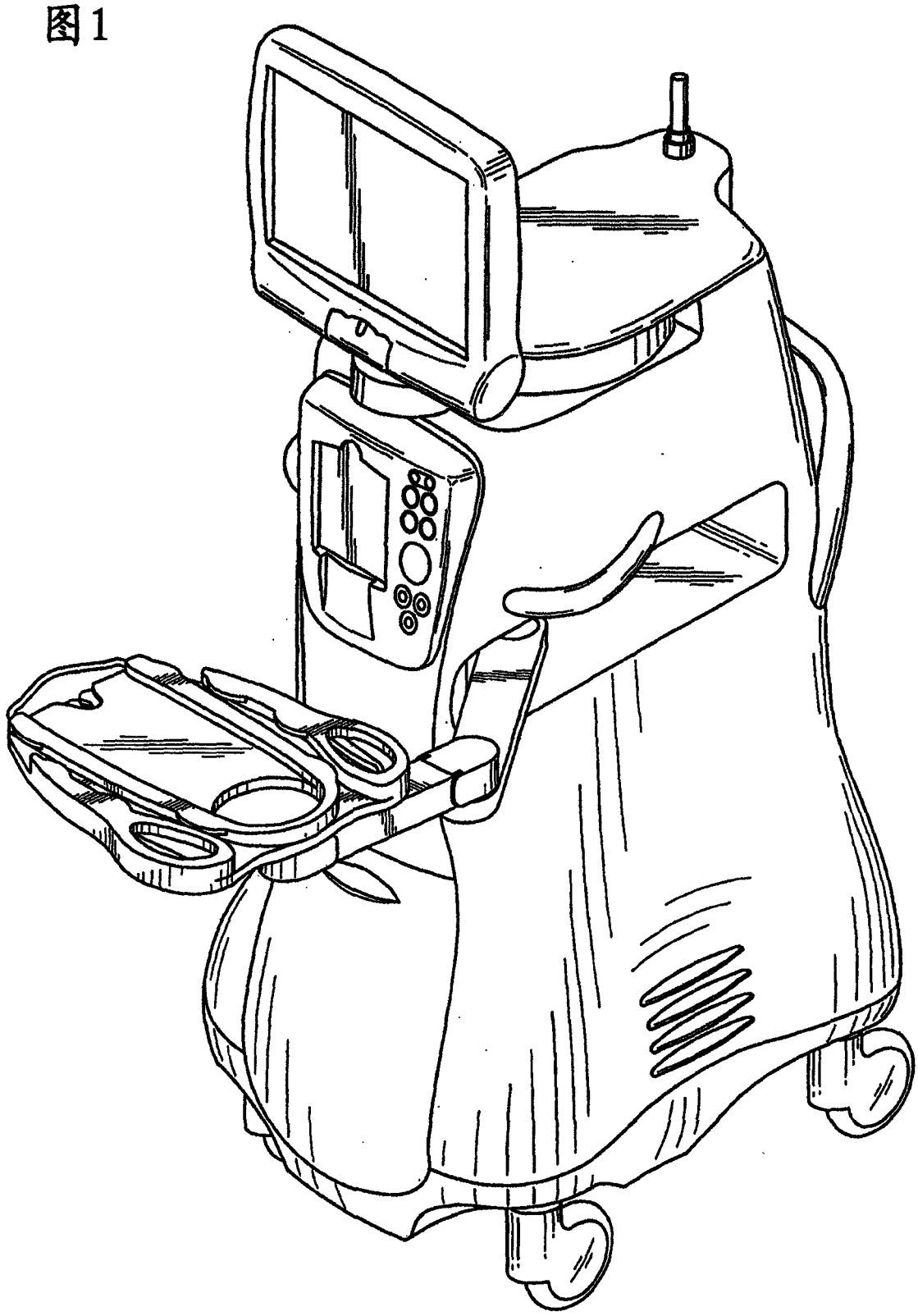
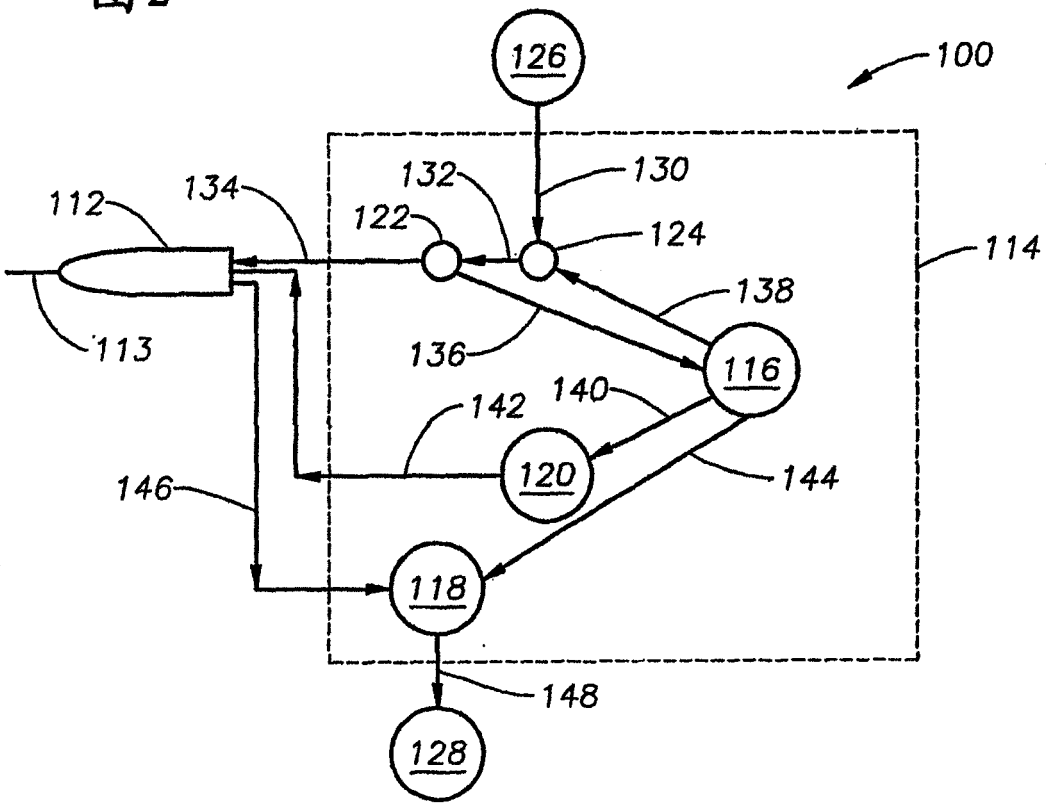


图2


126
100
112
134
132
130
122
124
114
113
136
138
116
140
142
120
144
146
118
148
128

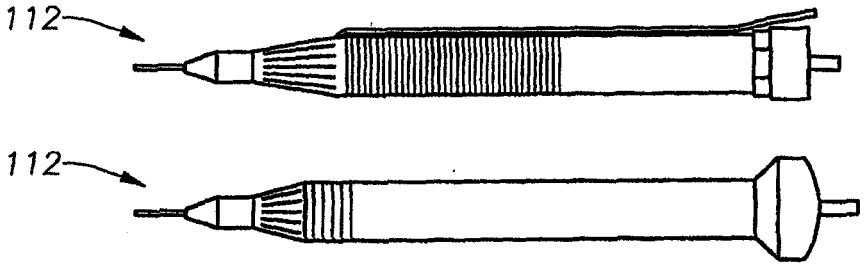

112
112

图3A

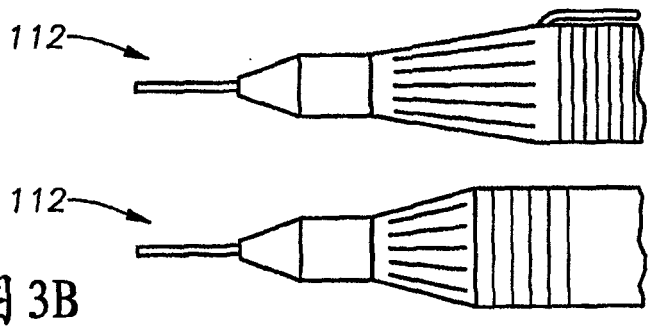

112
112

图3B

图4

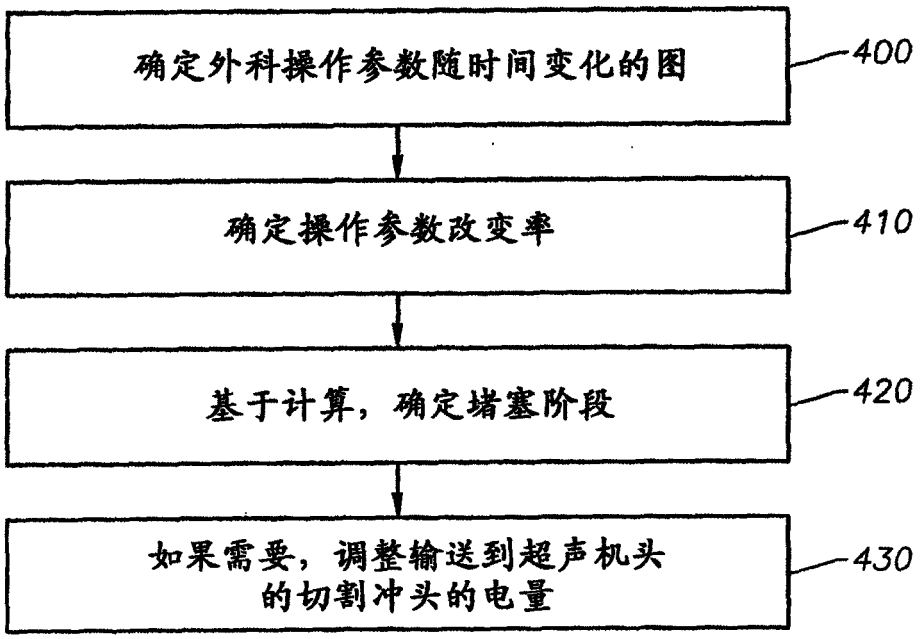

确定外科操作参数随时间变化的图
400
确定操作参数改变率
410
基于计算，确定堵塞阶段
420
如果需要，调整输送到超声机头
的切割冲头的电量
430

图5

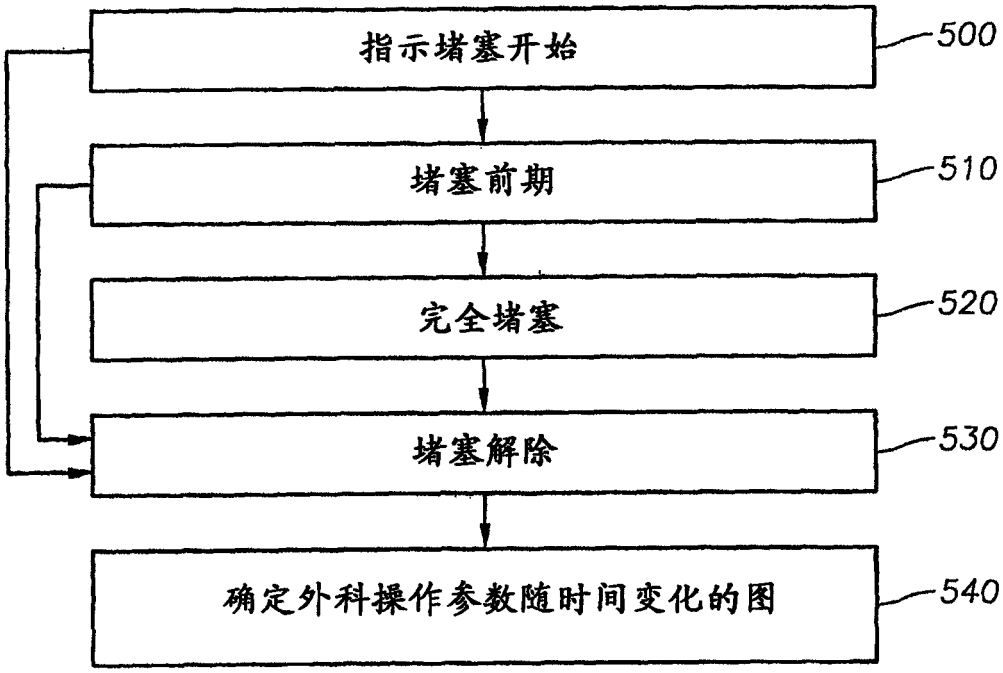

指示堵塞开始
500
堵塞前期
510
完全堵塞
520
堵塞解除
530
确定外科操作参数随时间变化的图
540

图6

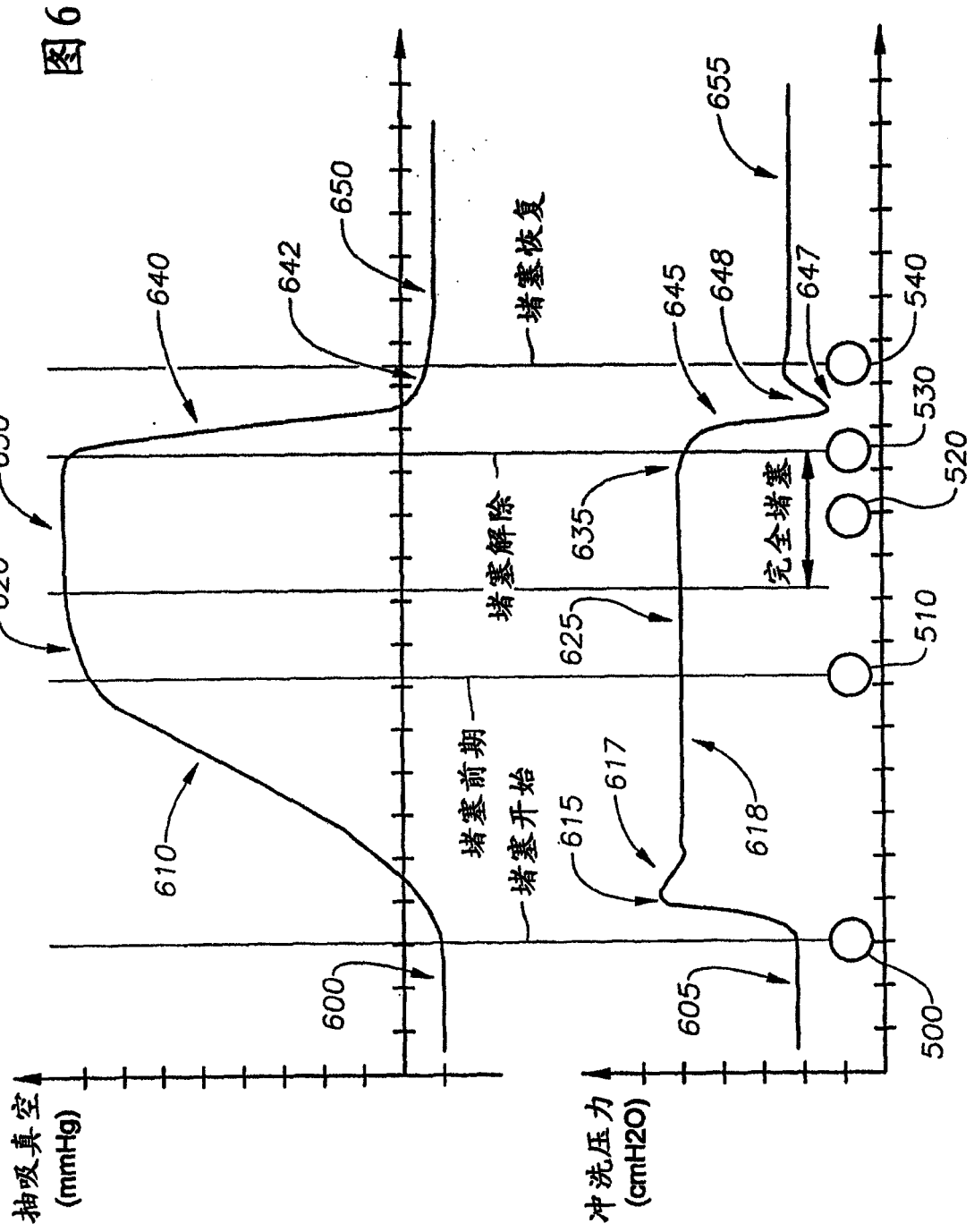

抽吸真空
(mmHg)
冲洗压力
(cmH2O)
堵塞开始
堵塞前期
堵塞解除
堵塞恢复
完全堵塞
600
605
610
615
617
618
620
625
630
635
640
642
645
647
648
650
655
500
510
520
530
540

图7

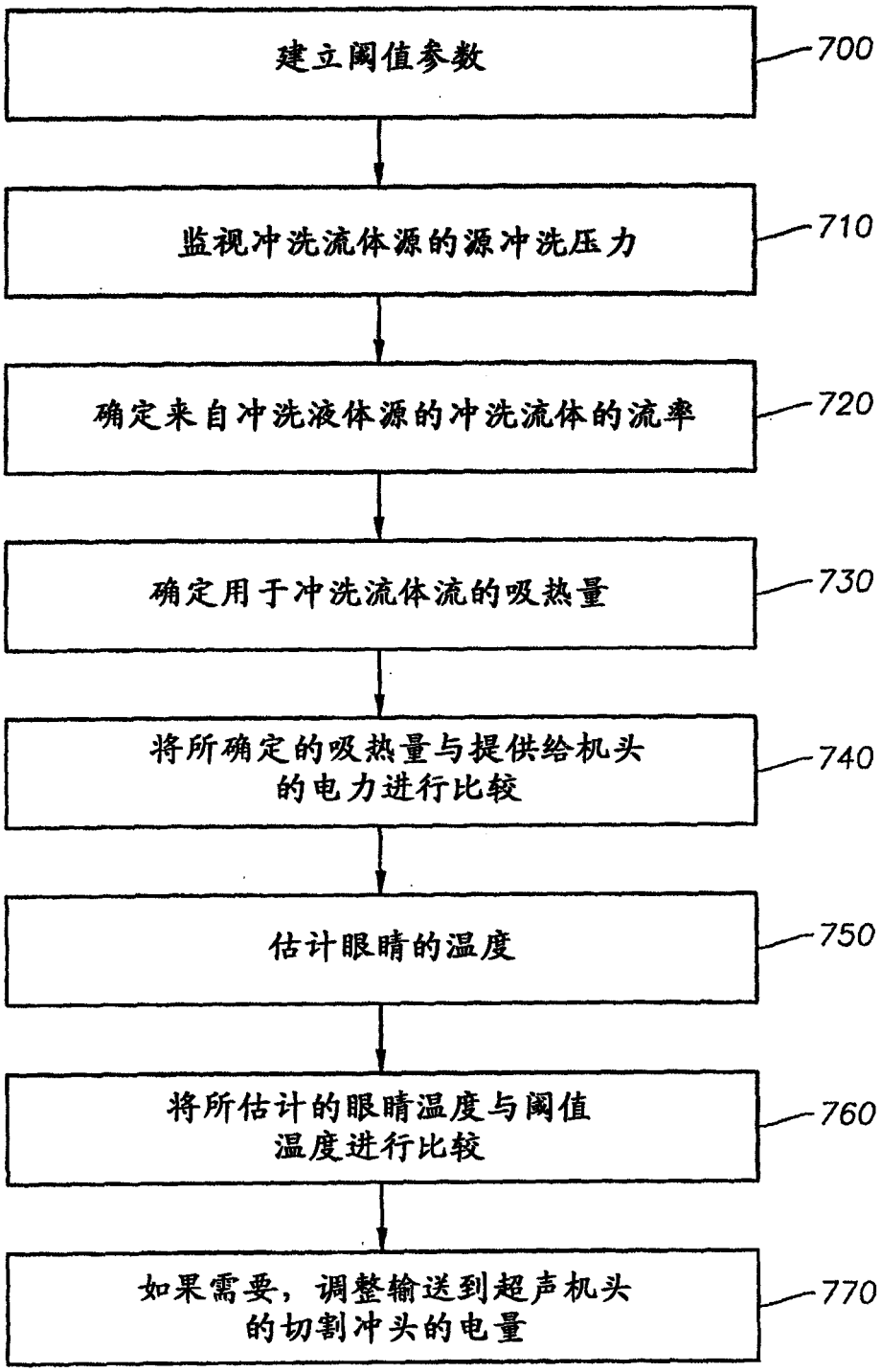

建立阈值参数
700
监视冲洗流体源的源冲洗压力
710
确定来自冲洗液体源的冲洗流体的流率
720
确定用于冲洗流体流的吸热量
730
将所确定的吸热量与提供给机头的电力进行比较
740
估计眼睛的温度
750
将所估计的眼睛温度与阈值温度进行比较
760
如果需要，调整输送到超声机头的切割冲头的电量
770

图8A

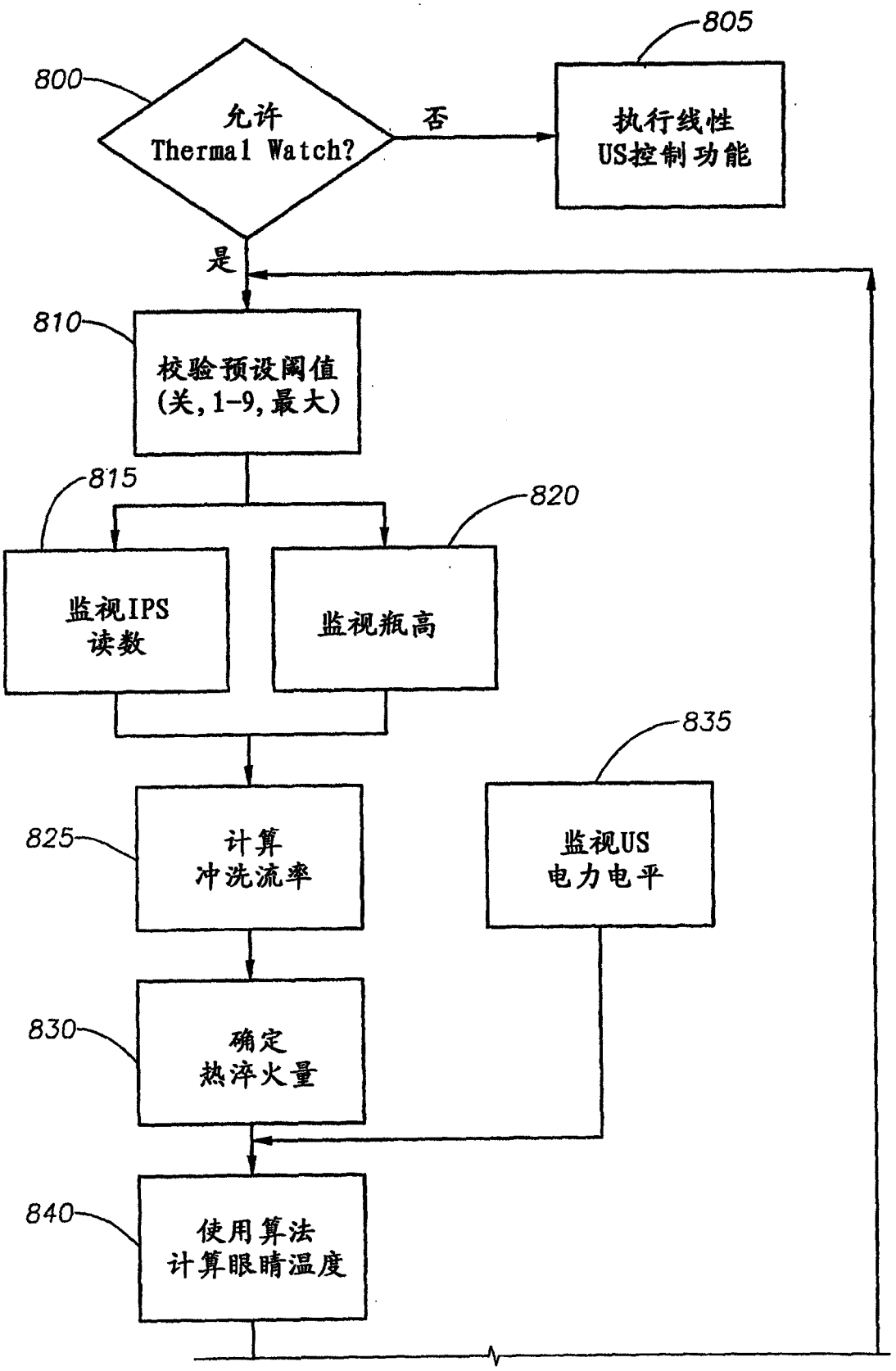

800
允许
Thermal Watch?
否
805
执行线性
US控制功能
是
810
校验预设阈值
(关,1-9,最大)
815
820
监视IPS
读数
监视瓶高
835
825
计算
冲洗流率
监视US
电力电平
830
确定
热淬火量
840
使用算法
计算眼睛温度

图8B

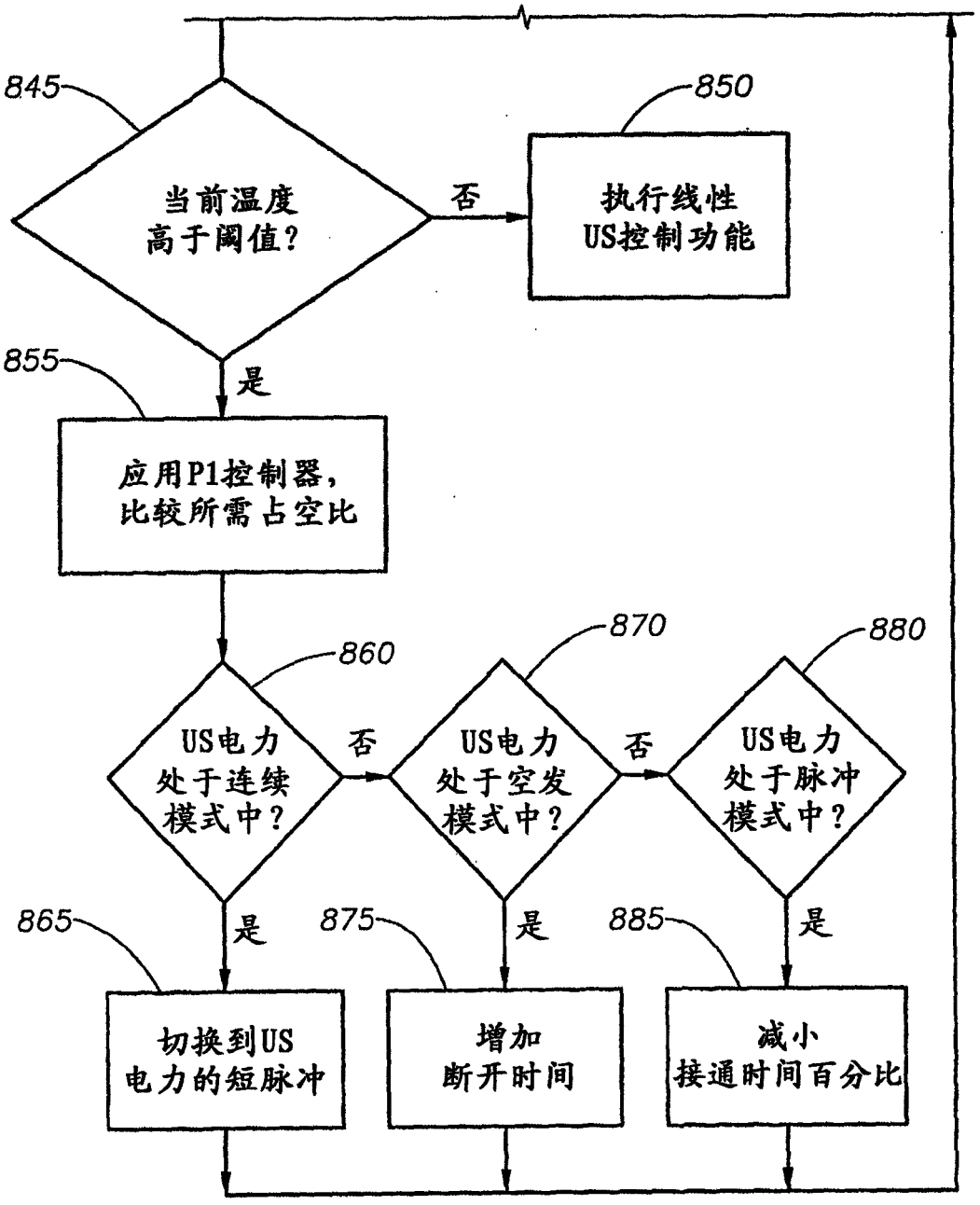
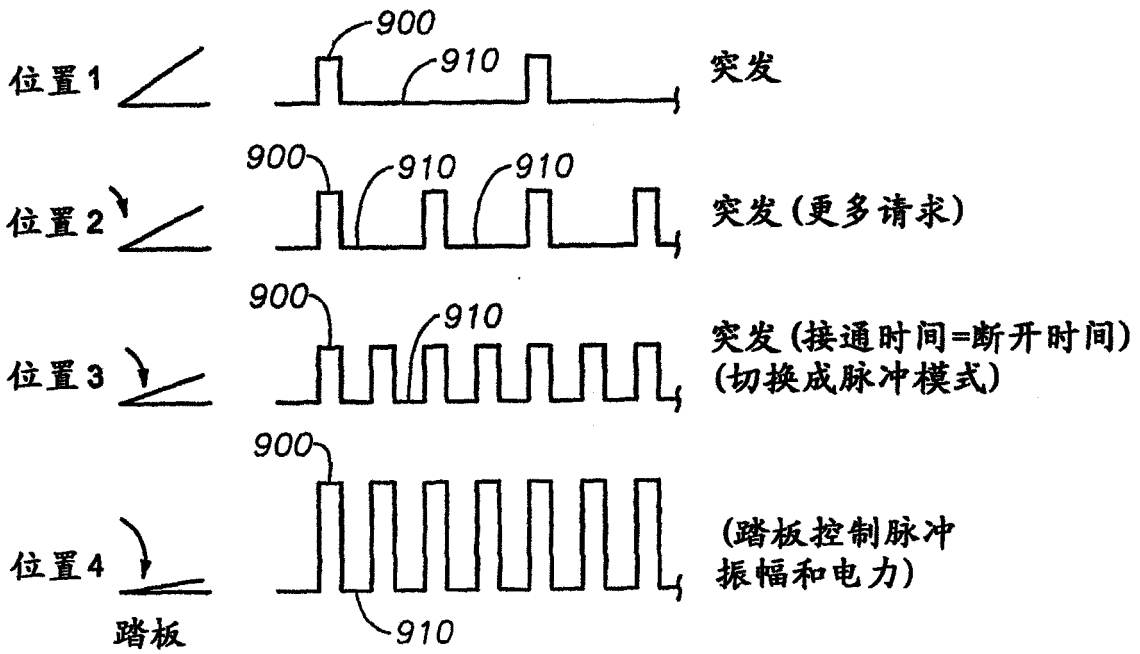
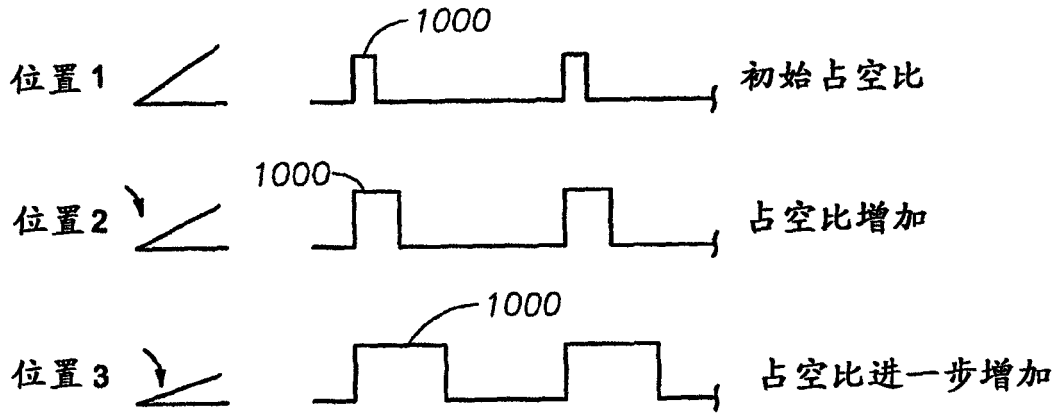

845
当前温度
高于阈值?
否
850
执行线性
US控制功能
是
855
应用P1控制器,
比较所需占空比
860
US电力
处于连续
模式中?
否
870
US电力
处于空发
模式中?
否
880
US电力
处于脉冲
模式中?
是
865
切换到US
电力的短脉冲
是
875
增加
断开时间
是
885
减小
接通时间百分比

图9



(突发模式)

图10



(脉冲模式)

图11

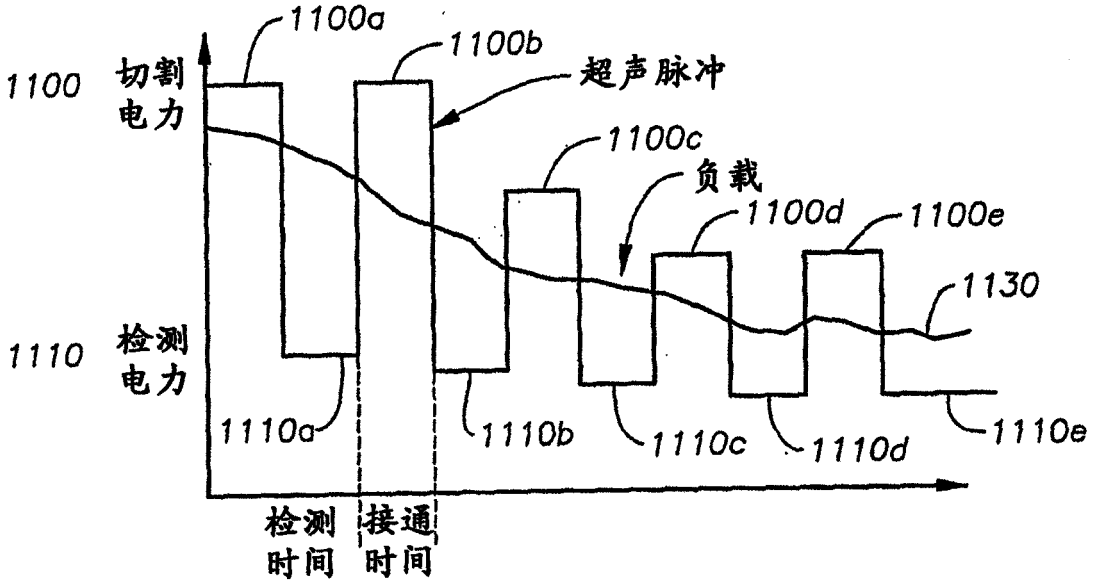
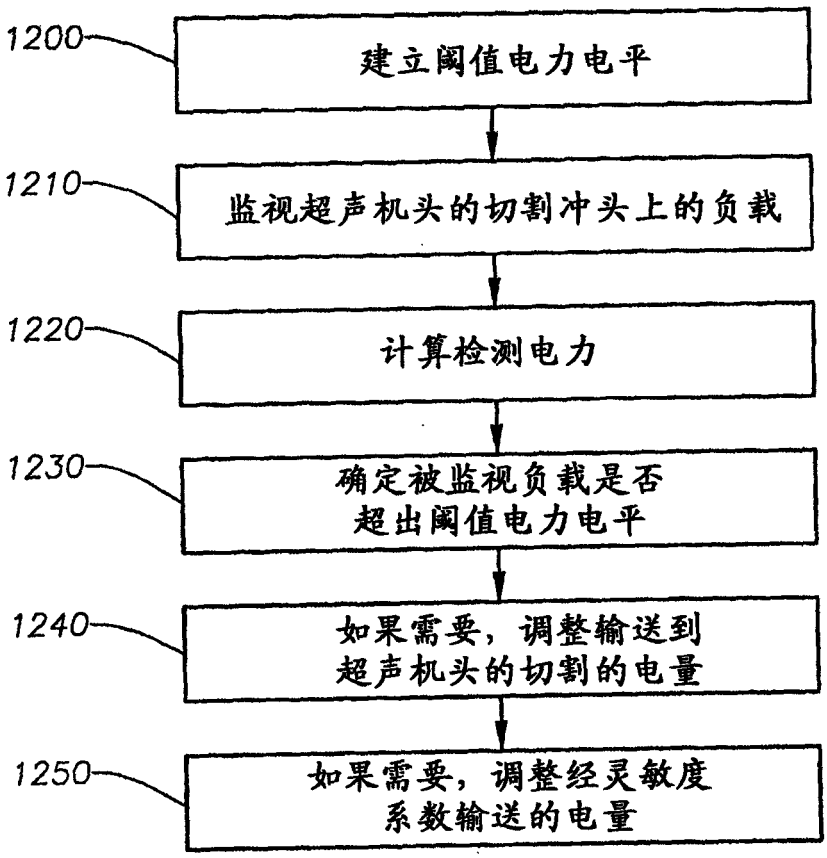

1100a
1100b
超声脉冲
1100
切割
电力
1100c
负载
1100d
1100e
1130
1110
检测
电力
1110a
1110b
1110c
1110d
1110e
检测
时间
接通
时间

图12


1200
建立阈值电力电平
1210
监视超声机头的切割冲头上的负载
1220
计算检测电力
1230
确定被监视负载是否
超出阈值电力电平
1240
如果需要，调整输送到
超声机头的切割的电量
1250
如果需要，调整经灵敏度
系数输送的电量

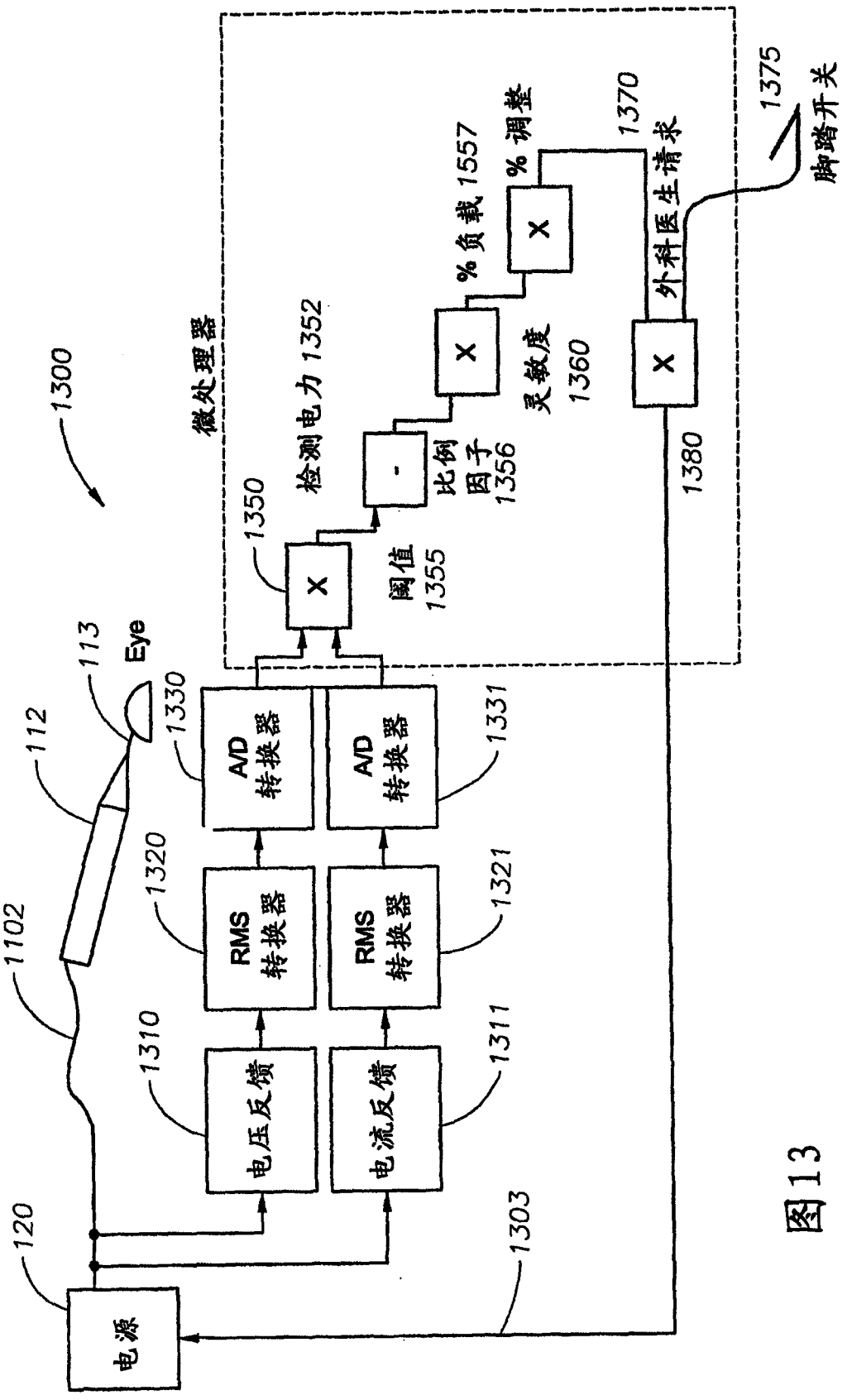

1300
微处理器
1350
检测电力 1352
阈值 1355
比例因子 1356
% 负载 1557
灵敏度 1360
% 调整
1370
外科医生请求
1375
脚踏开关
1380
A/D 转换器
1330
A/D 转换器
1331
RMS 转换器
1320
RMS 转换器
1321
电压反馈
1310
电流反馈
1311
113
Eye
112
1102
120
电源
1303

图13

图14

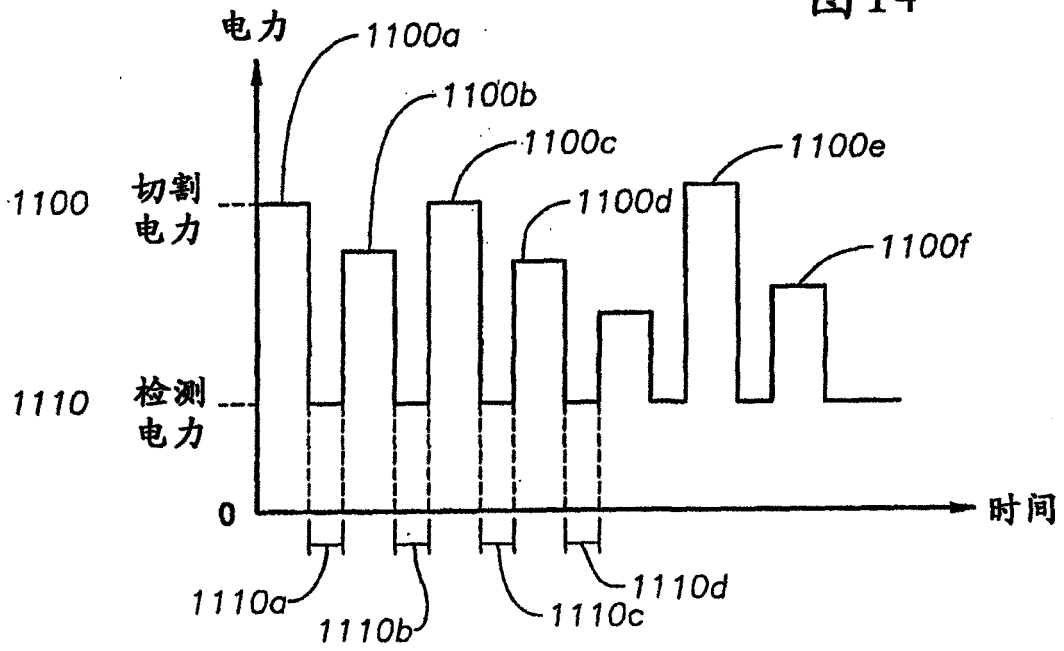

电力
1100a
1100b
1100c
1100e
1100d
1100f
1100
切割
电力
1110
检测
电力
0
时间
1110a
1110b
1110c
1110d

图15

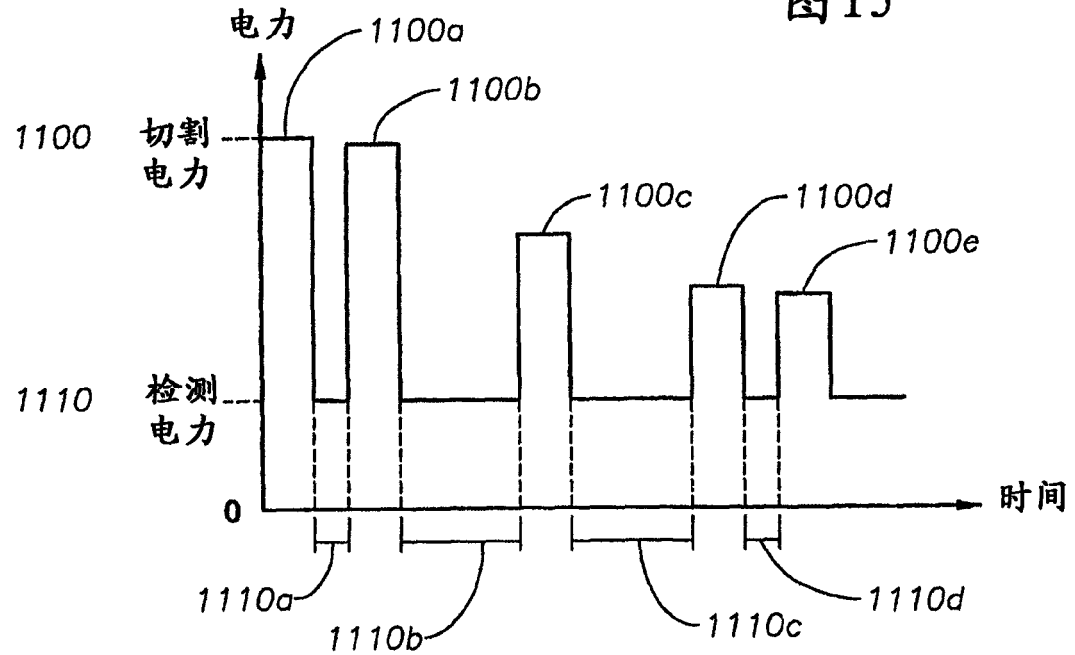

电力
1100a
1100b
1100
切割
电力
1100c
1100d
1100e
1110
检测
电力
0
时间
1110a
1110b
1110c
1110d

图16

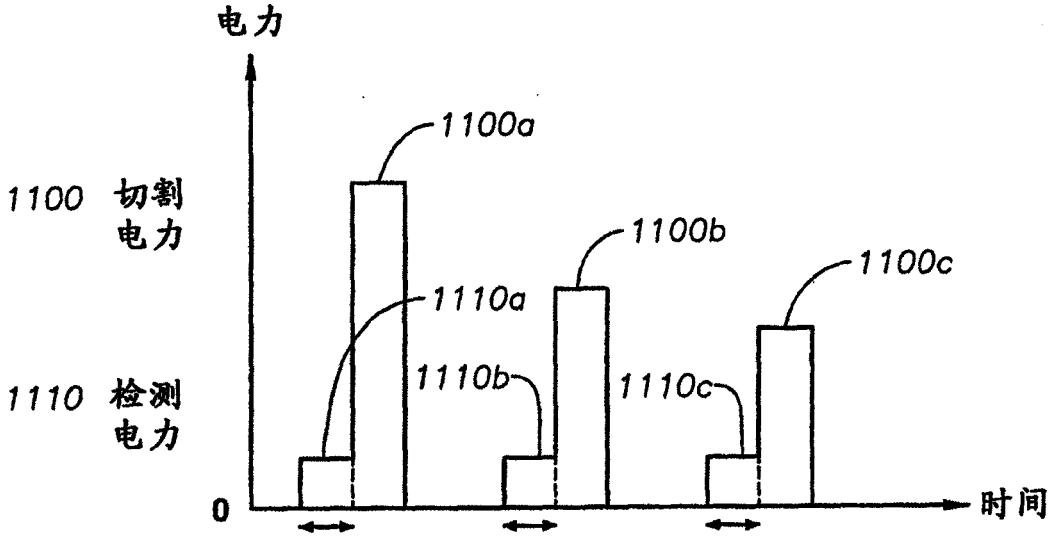

电力
1100 切割电力
1110 检测电力
1100a
1100b
1100c
1110a
1110b
1110c
0
时间

图17

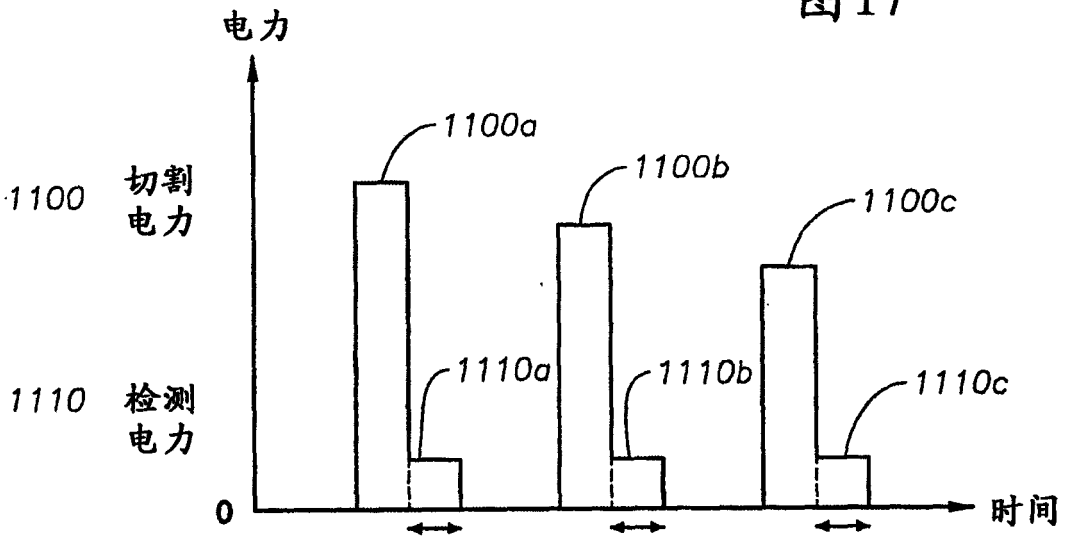

电力
1100 切割电力
1110 检测电力
1100a
1100b
1100c
1110a
1110b
1110c
0
时间

图18

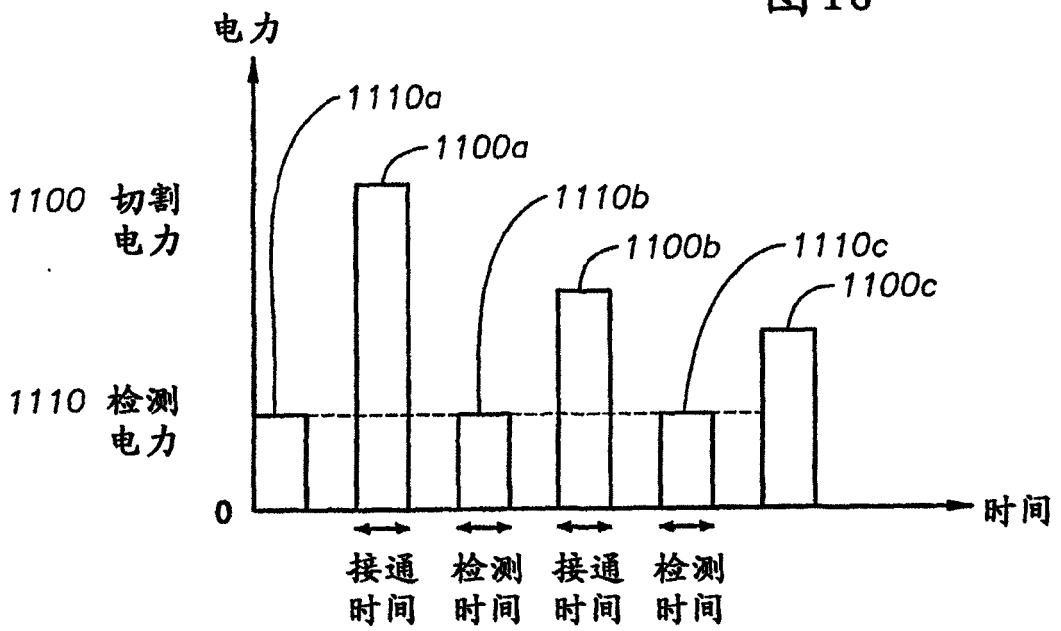

电力
1110a
1100a
1110b
1100b
1110c
1100c
1100 切割电力
1110 检测电力
0
时间
接通时间
检测时间
接通时间
检测时间

图19

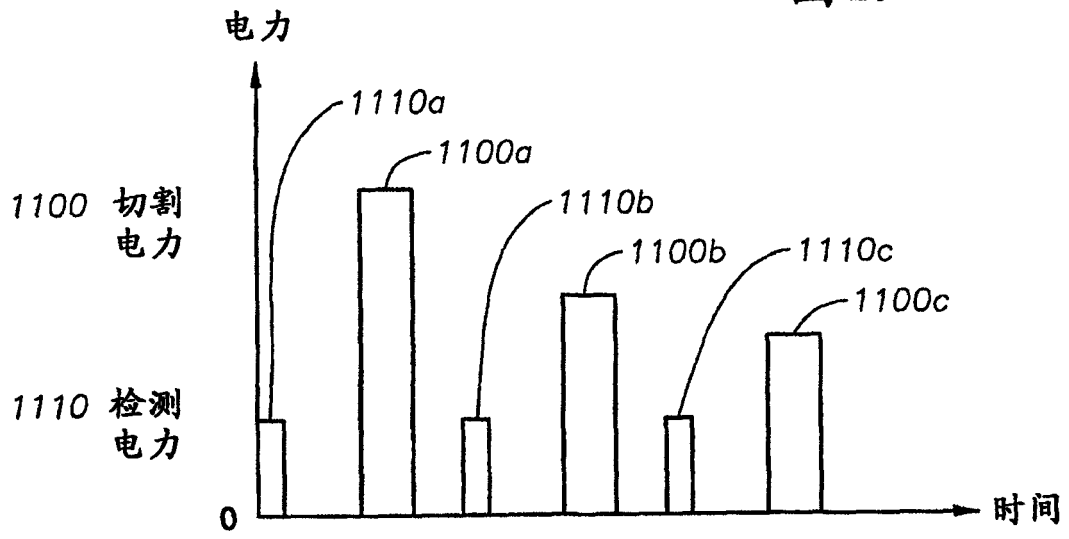

电力
1110a
1100a
1110b
1100b
1110c
1100c
1100 切割电力
1110 检测电力
0
时间

图20

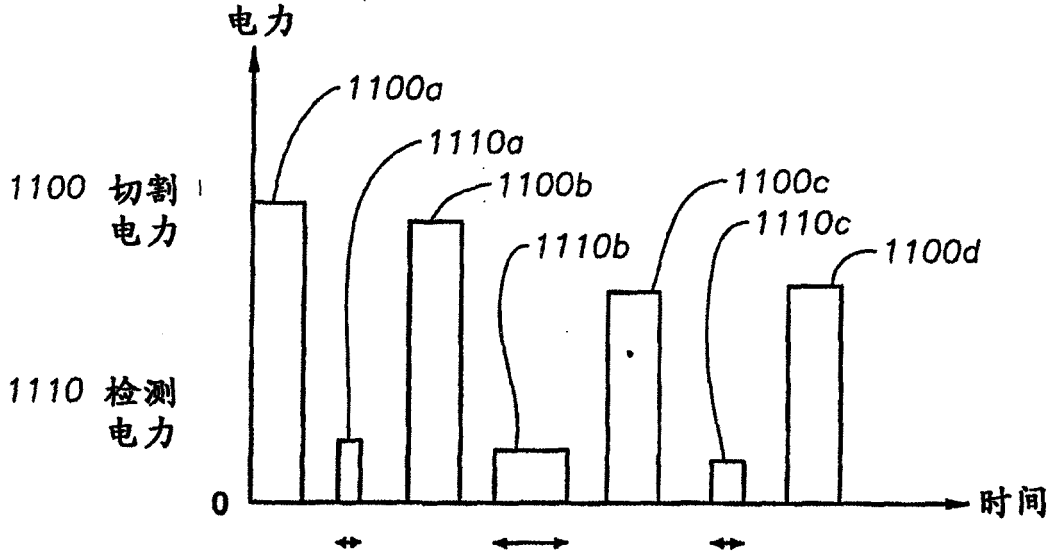

电力
1100a
1110a
1100b
1100c
1110c
1110b
1100d
1100 切割电力
1110 检测电力
0
时间

图21

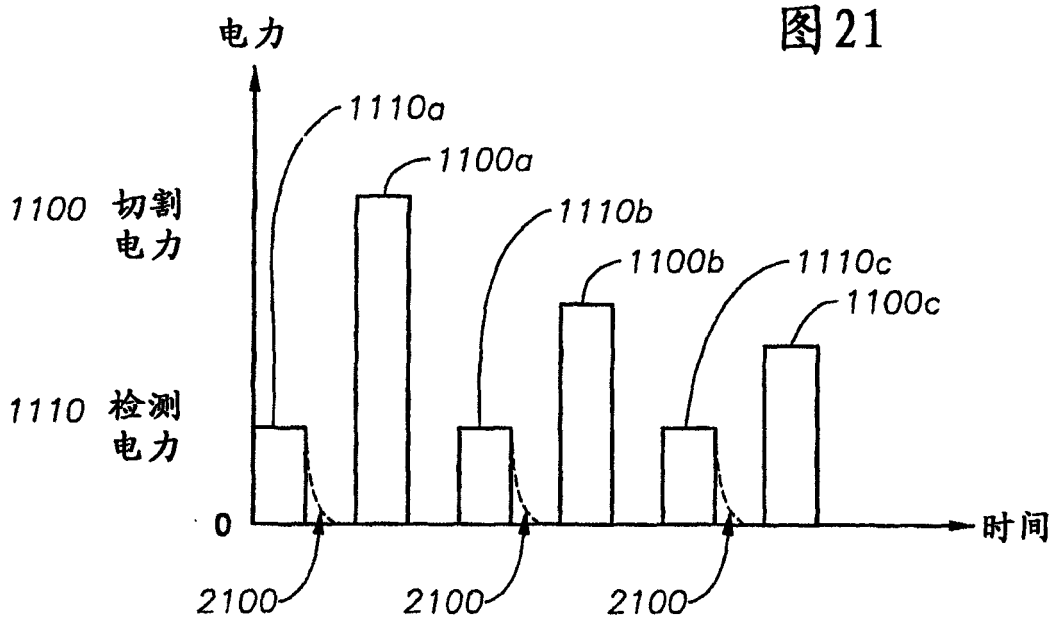
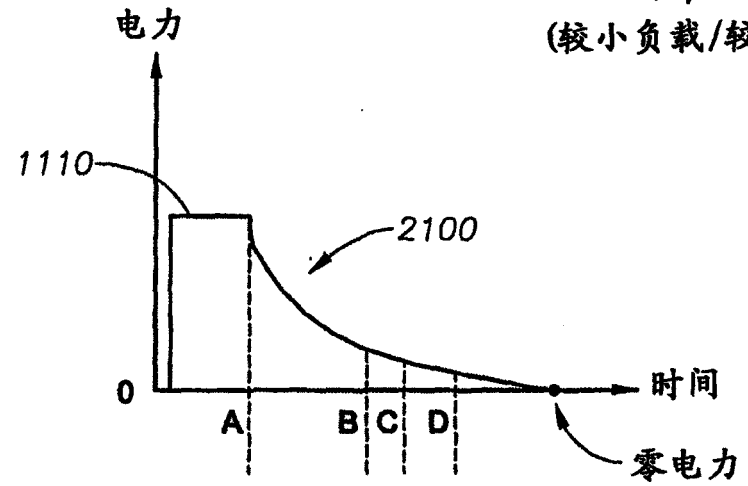

电力
1110a
1100a
1110b
1100b
1110c
1100c
1100 切割电力
1110 检测电力
0
时间
2100
2100
2100

图22
(较小负载/较小衰减)



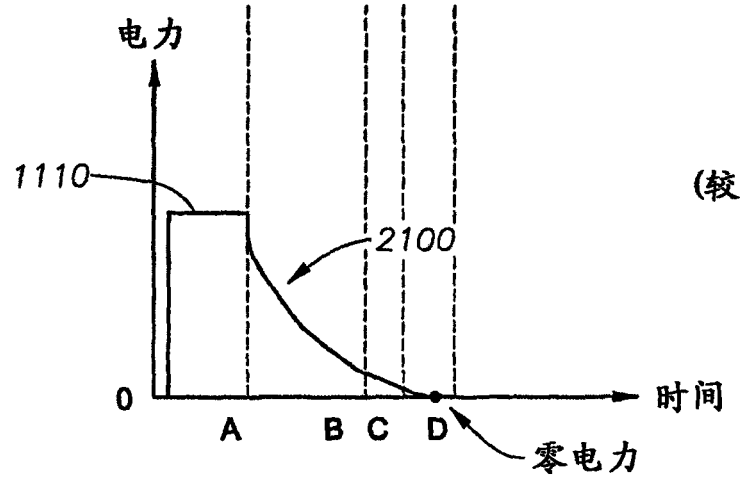


图23
(较大负载/较快衰减)

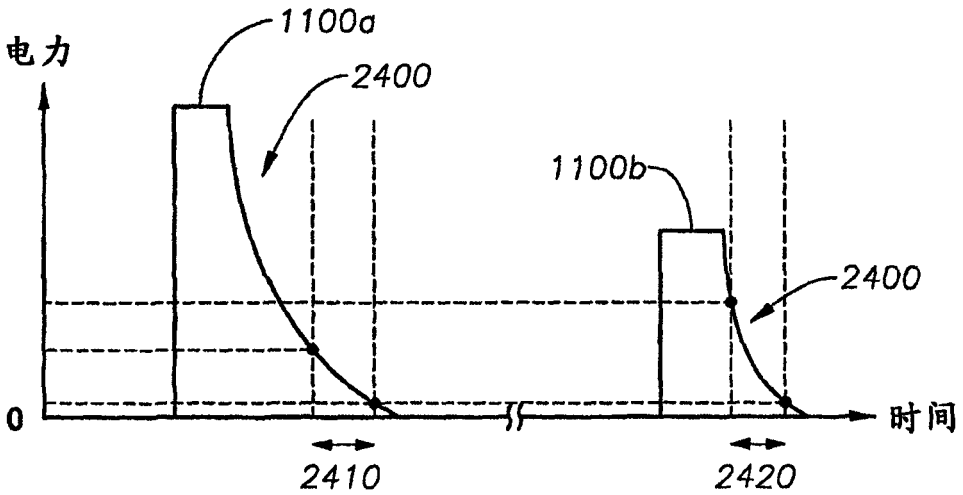
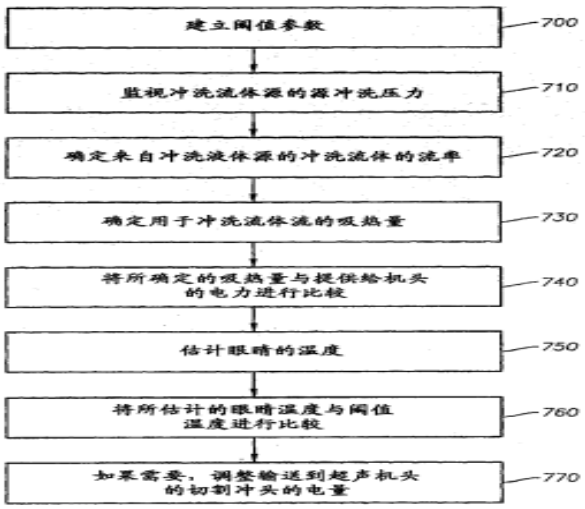


图24

专利名称(译)	基于冲洗流控制外科系统的方法		
公开(公告)号	CN101123917A	公开(公告)日	2008-02-13
申请号	CN200580009290.5	申请日	2005-03-21
[标]申请(专利权)人(译)	爱尔康公司		
申请(专利权)人(译)	爱尔康公司		
当前申请(专利权)人(译)	爱尔康公司		
[标]发明人	米哈伊尔伯克尼 拉斐尔乔丹 迈克尔莫甘 安亚德洛斯基		
发明人	米哈伊尔·伯克尼 拉斐尔·乔丹 迈克尔·莫甘 安·亚德洛斯基		
IPC分类号	A61B17/20 A61B17/00 A61B17/32 A61F9/007 A61M1/00 A61M3/02		
CPC分类号	A61M1/0058 A61M2205/3368 A61M3/0258 A61F9/00745 A61B2017/00973 A61M3/0216 A61M3/022 A61M2205/50		
代理人(译)	李镇江		
优先权	60/555240 2004-03-22 US 10/818314 2004-04-05 US 60/587693 2004-07-14 US 11/067959 2005-02-28 US		
其他公开文献	CN100558306C		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

能检测堵塞开始或其他外科事件以及堵塞解除时刻的外科系统。为帮助避免冲头过热，系统使用冲洗流率确定眼睛的温度，以及如果预测过热情形，自动地降低机头的电力。代替地或另外，系统监视由机头耗费的电力，其表示冲头上的切割负载，以及自动地调整冲头的电力或冲程以便补偿冲头上增加的负载。