



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108169394 A

(43)申请公布日 2018.06.15

(21)申请号 201711430039.7

(22)申请日 2017.12.26

(71)申请人 迈克医疗电子有限公司

地址 611731 四川省成都市高新区安和二
路8号4栋

(72)发明人 杨建华 陆辉

(74)专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

代理人 彭琼

(51)Int.Cl.

G01N 30/28(2006.01)

G01N 30/32(2006.01)

权利要求书4页 说明书13页 附图12页

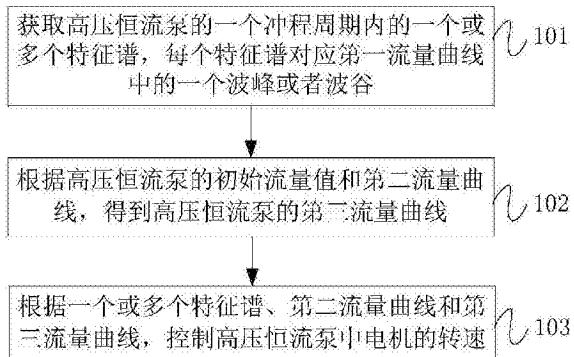
(54)发明名称

流量控制方法和装置、分析仪器及计算机可
读存储介质

(57)摘要

本发明实施例公开一种流量控制方法和装
置、分析仪器及计算机可读存储介质。该流量控
制方法包括：获取高压恒流泵的一个冲程周期内
的一个或多个特征谱，每个特征谱对应第一流量曲
线中的一个波峰或者波谷；根据高压恒流泵的初
始流量值和第二流量曲线，得到高压恒流泵的第
三流量曲线，第二流量曲线用于表示高压恒流泵的
输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系，第三流
量曲线用于表示高压恒流泵需要的补偿流
量和色谱柱中负载压力之间的关系；根据一个或
多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线，
控制高压恒流泵中电机的转速，使高压恒流泵的
输出流量值趋近于初始流量值。采用本发明实施
例中的技术方案，能够使高压恒流泵输出流量的
趋于恒定。

A
CN 108169394



1. 一种流量控制方法,其特征在于,包括:

获取所述高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱,每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷,所述第一流量曲线用于表示所述高压恒流泵的输出流量和运行时间之间的关系;

根据所述高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线,得到所述高压恒流泵的第三流量曲线,所述第二流量曲线用于表示所述高压恒流泵的输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系,所述第三流量曲线用于表示所述高压恒流泵需要的补偿流量和所述色谱柱中负载压力之间的关系;

根据所述一个或多个特征谱、所述第二流量曲线和所述第三流量曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速,使所述高压恒流泵的输出流量值趋近于所述初始流量值。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

获取所述色谱柱中负载压力随时间变化的压力脉动曲线,将所述压力脉动曲线作为所述第一流量曲线。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取所述高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱,包括:

获取所述第一流量曲线中一个冲程周期内的所有波峰或者波谷;

计算每个波峰或者波谷的峰值到基准值之间的第一差值;

若所述第一差值大于预定差值,则将与所述第一差值对应的波峰或者波谷作为所述高压恒流泵的一个冲程周期内的特征谱。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述一个或多个特征谱、所述第二流量曲线和所述第三流量曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速,包括:

根据所述一个或多个特征谱,得到第一转速曲线;

根据所述第二流量曲线和所述第三流量曲线,得到第二转速曲线;

根据所述第一转速曲线和所述第二转速曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述一个或多个特征谱,得到第一转速曲线,包括:

获取与每个特征谱对应的特征时间段;

为每个特征时间段的起点和终点配置第一转速值,及为每个特征时间段的中点配置第二转速值;

根据所述第一转速值和所述第二转速值,得到与每个特征谱对应的转速补偿曲线,每条转速补偿曲线的开口和对应特征谱的开口相反;

利用与所述一个或多个特征谱对应的转速补偿曲线,更新所述高压恒流泵中的原始转速曲线,得到所述第一转速曲线。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述获取与每个特征谱对应的特征时间段,包括:

将与每个特征谱对应的初始时间段作为与所述特征谱对应的特征时间段;或者,

将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第一时长,得到更新后的时间段,将所述更新后的时间段作为与所述特征谱对应的特征时间段,所述第一时长小于所述初始时间段所在的冲程周期的起点到所述初始时间段的起点之间的时长;或者,

将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第二时长，并将所述初始时间段的终点后移第三时长，得到更新后的时间段，将所述更新后的时间段作为与所述特征谱对应的特征时间段，所述第二时长小于所述初始时间段所在的冲程周期的起点到所述初始时间段的起点之间的时长，且所述第三时长大于所述初始时间段的终点到所述初始时间段所在的冲程周期的终点之间的时长。

7. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二流量曲线和所述第三流量曲线，得到第二转速曲线，包括：

分别将所述第二流量曲线和所述第三流量曲线中与每个负载压力值对应的输出流量值和补偿流量值相加，得到第四流量曲线；

根据所述第四流量曲线，得到所述第二转速曲线。

8. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二流量曲线和所述第三流量曲线，得到第二转速曲线，包括：

根据所述高压恒流泵的流量控制精度，将所述色谱柱中负载的压力分为多个变化区间；

根据所述多个变化区间对所述第二流量曲线进行分区处理，使每个压力区间对应一个区间输出流量值或者区间输出流量曲线；及根据所述多个变化区间对所述第三流量曲线进行分区处理，使每个压力区间对应一个区间补偿流量值或者区间补偿流量曲线；

分别将与每个压力区间对应的区间输出流量值和区间补偿流量值相加，得到第五流量曲线；

根据所述第五流量曲线，得到所述第二转速曲线。

9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，

所述根据所述高压恒流泵的流量控制精度，将所述色谱柱中负载的压力分为多个压力变化区间，包括：

根据所述高压恒流泵的流量控制精度，得到所述高压恒流泵的控制流量下限；

利用所述控制流量上限匹配所述第三流量曲线，将所述色谱柱中负载的压力变化分为多个区间，每个压力区间对应的补偿流量值的变化量大于或等于所述控制流量上限。

10. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述根据所述一个或多个特征谱、所述第二流量曲线和所述第三流量曲线，控制所述高压恒流泵中电机的转速，包括：

获取所述色谱柱的当前分析周期中所述色谱柱中负载的压力值所在的压力区间的最大压力值；

若所述色谱柱中负载的压力值达到所述最大压力值，则判断所述色谱柱是否处于平衡期，所述平衡期内所述色谱柱的分析结果不受所述高压恒流泵流量跳变的影响；

若所述色谱柱处于平衡期，则根据所述一个或多个特征谱和所述第五流量曲线，控制所述高压恒流泵中电机的转速，使所述高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值；

若所述色谱柱未处于平衡期，则等待所述平衡期到来后，再根据所述一个或多个特征谱和所述第五流量曲线，控制所述高压恒流泵中电机的转速，使所述高压恒流泵的输出流量值达到所述下一压力区间所需的控制流量值。

11. 一种流量控制装置，其特征在于，包括：

获取模块,用于获取所述高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱,每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷,所述第一流量曲线用于表示所述高压恒流泵的输出流量和运行时间之间的关系;

计算模块,用于根据所述高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线,得到所述高压恒流泵的第三流量曲线,所述第二流量曲线用于表示所述高压恒流泵的初始输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系,所述第三流量曲线用于表示所述高压恒流泵需要的补偿流量和所述色谱柱中负载压力之间的关系;

控制模块,用于根据所述一个或多个特征谱、所述第二流量曲线和所述第三流量曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速,使所述高压恒流泵的输出流量值趋近于所述初始流量值。

12. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述获取模块还用于,获取所述色谱柱中负载压力随时间变化的压力脉动曲线,将所述压力脉动曲线作为所述第一流量曲线。

13. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述获取模块包括:

第一获取单元,用于获取所述第一流量曲线中一个冲程周期内的所有波峰或者波谷;

第一计算单元,用于计算每个波峰或者波谷的峰值到基准值之间的第一差值;

比较单元,用于若所述第一差值大于预定差值,则将与所述第一差值对应的波峰或者波谷作为所述高压恒流泵的一个冲程周期内的特征谱。

14. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述控制模块包括:

第二计算单元,用于根据所述一个或多个特征谱,得到第一转速曲线;

第三计算单元,用于根据所述第二流量曲线和所述第三流量曲线,得到第二转速曲线;

第一控制单元,用于根据所述第一转速曲线和所述第二转速曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速。

15. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述第二计算单元包括:

获取子单元,用于获取与每个特征谱对应的特征时间段;

配置子单元,用于为每个特征时间段的起点和终点配置第一转速值,及为每个特征时间段的中点配置第二转速值;

第一计算子单元,用于根据所述第一转速值和所述第二转速值,得到与每个特征谱对应的转速补偿曲线,每条转速补偿曲线的开口和对应特征谱的开口相反;

更新子单元,用于利用与所述一个或多个特征谱对应的转速补偿曲线,更新所述高压恒流泵中的原始转速曲线,得到所述第一转速曲线。

16. 根据权利要求15所述的装置,其特征在于,所述获取子单元具体用于,

将与每个特征谱对应的初始时间段作为与所述特征谱对应的特征时间段;或者,

将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第一时长,得到更新后的时间段,将所述更新后的时间段作为与所述特征谱对应的特征时间段,所述第一时长小于所述初始时间段所在的冲程周期的起点到所述初始时间段的起点之间的时长;或者,

将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第二时长,并将所述初始时间段的终点后移第三时长,得到更新后的时间段,将所述更新后的时间段作为与所述特征谱对应的特征时间段,所述第二时长小于所述初始时间段所在的冲程周期的起点到所述初始时间段的起点之间的时长,且所述第三时长小于所述初始时间段的终点到所述初始时间段所在

的冲程周期的终点之间的时长。

17. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述第三计算单元包括:

第二计算子单元,用于分别将所述第二流量曲线和所述第三流量曲线中与每个负载压力值对应的初始输出流量值和补偿流量值相加,得到第四流量曲线;

第三计算子单元,用于根据所述第四流量曲线,得到所述第二转速曲线。

18. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述第三计算单元还包括:

第一分区子单元,用于根据所述高压恒流泵的流量控制精度,将所述色谱柱中负载的压力分为多个变化区间;

第二分区子单元,用于根据所述多个变化区间对所述第二流量曲线进行分区处理,使每个压力区间对应一个区间输出流量值或者区间输出流量曲线;及根据所述多个变化区间对所述第三流量曲线进行分区处理,使每个压力区间对应一个区间补偿流量值或者区间补偿流量曲线;

第四计算子单元,用于分别将与每个压力区间对应的区间输出流量值和区间补偿流量值相加,得到第五流量曲线;

第五计算子单元,用于根据所述第五流量曲线,得到所述第二转速曲线。

19. 根据权利要求18所述的装置,其特征在于,所述第一分区子单元具体用于,根据所述高压恒流泵的流量控制精度,得到所述高压恒流泵的控制流量下限;利用所述控制流量下限匹配所述第二流量曲线,将所述色谱柱中负载的压力分为多个变化区间,每个压力区间对应的补偿流量值的变化量大于或等于所述控制流量上限。

20. 根据权利要求18所述的装置,其特征在于,所述控制模块包括:

第二获取单元,用于获取所述色谱柱的当前分析周期中所述色谱柱中负载的压力值所在的压力区间的最大压力值;

判断单元,用于若所述色谱柱中负载的压力值达到所述最大压力值,则判断所述色谱柱是否处于平衡期,所述平衡期内所述色谱柱的分析结果不受所述高压恒流泵流量跳变的影响;

第二控制单元,用于若所述色谱柱处于平衡期,则根据所述一个或多个特征谱和所述第五流量曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速,使所述高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值;

第三控制单元,用于若所述色谱柱未处于平衡期,则等待所述平衡期到来后,再根据所述一个或多个特征谱和所述第五流量曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速,使所述高压恒流泵的输出流量值达到所述下一压力区间所需的控制流量值。

21. 一种分析仪器,其特征在于,包括如权利要求11-20任意一项所述的流量控制装置。

22. 一种计算机可读存储介质,其上存储有程序,其特征在于,所述程序被处理器执行时实现如权利要求1-10任意一项所述的流量控制方法。

流量控制方法和装置、分析仪器及计算机可读存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械领域，尤其涉及一种流量控制方法和装置、分析仪器及计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 成分分析是医用分析仪器的主要目的，比如血红蛋白分析仪。高压恒流泵的输出端和色谱柱连接，高压恒流泵的工作原理为：利用高压恒流泵中柱塞的往复运动，使高压恒流泵在每个冲程周期内交替吸液和吐液，以将流动相从试剂瓶中输入到色谱柱中。整个测试过程中高压恒流泵输出流量的恒定与否直接影响到分析仪器测试结果的准确性。目前，高压恒流泵输出流量的恒定与否有两个指标：一是平均流量恒定，指的是高压恒流泵一个周期或者冲程中的液体流量恒定；二是瞬时流量恒定，指的是高压恒流泵中柱塞的往复运动引起的流量波动。

[0003] 但是，随着使用时间的延长，色谱柱中的负载压力逐渐升高，一般从几兆帕上升至几十兆帕，使得高压恒流泵的平均流量也逐渐变化，导致色谱峰逐渐偏移，同时柱塞的往复运动是不可避免的，因柱塞往复运动引起的瞬时流量波动会使得色谱图的噪声变大，降低样本的分析精度。

[0004] 为保证高压恒流泵的平均流量恒定，现有技术中的方法为利用参考机台对高压恒流泵的平均流量进行校准。但是，利用参考机台对高压恒流泵的平均流量进行校准的方式仅能够保证多台高压恒流泵的台间平均流量一致，无法保证负载压力升高过程中高压恒流泵的平均流量恒定。为降低高压恒流泵的瞬时流量波动，现有技术中的方法为增加柱塞数量或者增加阻尼器等，通过分流的方式降低每个高压恒流泵受到的瞬时流量波动。但是，增加柱塞数量或者增加阻尼器的方式会增加流动相的死体积，即色谱柱中未被固定相占据的空隙体积，导致样本的分析精度降低。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种流量控制方法和装置、分析仪器及计算机可读存储介质，能够使高压恒流泵输出流量的趋于恒定。

[0006] 第一方面，本发明实施例提供了一种流量控制方法，该方法包括：

[0007] 获取高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱，每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷，第一流量曲线用于表示高压恒流泵的输出流量和运行时间之间的关系；

[0008] 根据高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线，得到高压恒流泵的第三流量曲线，第二流量曲线用于表示高压恒流泵的输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系，第三流量曲线用于表示高压恒流泵需要的补偿流量和色谱柱中负载压力之间的关系；

[0009] 根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线，控制高压恒流泵中电机的转速，使高压恒流泵的输出流量值趋近于初始流量值。

[0010] 在第一方面的一些实施例中，该方法还包括：获取色谱柱中负载压力随时间变化的压力脉动曲线，将压力脉动曲线作为第一流量曲线。

[0011] 在第一方面的一些实施例中，获取高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱，包括：获取第一流量曲线中一个冲程周期内的所有波峰或者波谷；计算每个波峰或者波谷的峰值到基准值之间的第一差值；若第一差值大于预定差值，则将与第一差值对应的波峰或者波谷作为高压恒流泵的一个冲程周期内的特征谱。

[0012] 在第一方面的一些实施例中，根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线，控制高压恒流泵中电机的转速，包括：根据一个或多个特征谱，得到第一转速曲线；根据第二流量曲线和第三流量曲线，得到第二转速曲线；根据第一转速曲线和第二转速曲线，控制高压恒流泵中电机的转速。

[0013] 在第一方面的一些实施例中，根据一个或多个特征谱，得到第一转速曲线，包括：获取与每个特征谱对应的特征时间段；为每个特征时间段的起点和终点配置第一转速值，及为每个特征时间段的中点配置第二转速值；根据第一转速值和第二转速值，得到与每个特征谱对应的转速补偿曲线，每条转速补偿曲线的开口和对应特征谱的开口相反；利用与一个或多个特征谱对应的转速补偿曲线，更新高压恒流泵中的原始转速曲线，得到第一转速曲线。

[0014] 在第一方面的一些实施例中，获取与每个特征谱对应的特征时间段，包括：将与每个特征谱对应的初始时间段作为与特征谱对应的特征时间段；或者，将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第一时长，得到更新后的时间段，将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段，第一时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长；或者，将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第二时长，并将初始时间段的终点后移第三时长，得到更新后的时间段，将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段，第二时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长，且第三时长小于所到初始时间段的终点到初始时间段所在的冲程周期的终点之间的时长。

[0015] 在第一方面的一些实施例中，根据第二流量曲线和第三流量曲线，得到第二转速曲线，包括：分别将第二流量曲线和第三流量曲线中与每个负载压力值对应的输出流量值和补偿流量值相加，得到第四流量曲线；根据第四流量曲线，得到第二转速曲线。

[0016] 在第一方面的一些实施例中，根据第二流量曲线和第三流量曲线，得到第二转速曲线，包括：根据高压恒流泵的流量控制精度，将色谱柱中负载的压力分为多个变化区间；根据多个变化区间对第二流量曲线进行分区处理，使每个压力区间对应一个区间输出流量值或者区间输出流量曲线；及根据多个变化区间对第三流量曲线进行分区处理，使每个压力区间对应一个区间补偿流量值或者区间补偿流量曲线；分别将与每个压力区间对应的区间输出流量值和区间补偿流量值相加，得到第五流量曲线；根据第五流量曲线，得到第二转速曲线。

[0017] 在第一方面的一些实施例中，根据高压恒流泵的流量控制精度，将色谱柱中负载的压力分为多个压力变化区间，包括：根据高压恒流泵的流量控制精度，得到高压恒流泵的控制流量下限；利用控制流量下限匹配第三流量曲线，将色谱柱中负载的压力变化分为多个区间，与每个压力区间对应的补偿流量值的变化量大于或等于控制流量上限。

[0018] 在第一方面的一些实施例中,根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,包括:获取所述色谱柱的当前分析周期中色谱柱中负载的压力值所在的压力区间的最大压力值;若色谱柱中负载的压力值达到最大压力值,则判断色谱柱是否处于平衡期,平衡期内色谱柱的分析结果不受高压恒流泵流量跳变的影响;若色谱柱处于平衡期,则根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值;若色谱柱未处于平衡期,则等待平衡期到来后,再根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值。

[0019] 第二方面,本发明实施例提供了一种流量控制装置,该装置包括:

[0020] 获取模块,用于获取高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱,每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷,第一流量曲线用于表示高压恒流泵的输出流量和运行时间之间的关系;

[0021] 计算模块,用于根据高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线,得到高压恒流泵的第三流量曲线,第二流量曲线用于表示高压恒流泵的初始输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系,第三流量曲线用于表示高压恒流泵需要的补偿流量和色谱柱中负载压力之间的关系;

[0022] 控制模块,用于根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的实际输出流量值趋近于初始流量值。

[0023] 在第二方面的一些实施例中,获取模块还用于获取色谱柱中负载压力随时间变化的压力脉动曲线,将压力脉动曲线作为第一流量曲线。

[0024] 在第二方面的一些实施例中,获取模块包括:第一获取单元,用于获取第一流量曲线中一个冲程周期内的所有波峰或者波谷;第一计算单元,用于计算每个波峰或者波谷的峰值到基准值之间的第一差值;比较单元,用于若第一差值大于预定差值,则将与第一差值对应的波峰或者波谷作为高压恒流泵的一个冲程周期内的特征谱。

[0025] 在第二方面的一些实施例中,控制模块包括:第二计算单元,用于根据一个或多个特征谱,得到第一转速曲线;第三计算单元,用于根据第二流量曲线和第三流量曲线,得到第二转速曲线;第一控制单元,用于根据第一转速曲线和第二转速曲线,控制高压恒流泵中电机的转速。

[0026] 在第二方面的一些实施例中,第二计算单元包括:获取子单元,用于获取与每个特征谱对应的特征时间段;配置子单元,用于为每个特征时间段的起点和终点配置第一转速值,及为每个特征时间段的中点配置第二转速值;第一计算子单元,用于根据第一转速值和第二转速值,得到与每个特征谱对应的转速补偿曲线,每条转速补偿曲线的开口和对应特征谱的开口相反;更新子单元,用于利用与一个或多个特征谱对应的转速补偿曲线,更新高压恒流泵中的原始转速曲线,得到第一转速曲线。

[0027] 在第二方面的一些实施例中,获取子单元具体用于,将与每个特征谱对应的初始时间段作为与特征谱对应的特征时间段;或者,将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第一时长,得到更新后的时间段,将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段,第一时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长;或者,将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第二时长,并将初始时间段的终点后移第三

时长,得到更新后的时间段,将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段,第二时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长,且第三时长小于所到初始时间段的终点到初始时间段所在的冲程周期的终点之间的时长。

[0028] 在第二方面的一些实施例中,第三计算单元包括:第二计算子单元,用于分别将第二流量曲线和第三流量曲线中与每个负载压力值对应的初始输出流量值和补偿流量值相加,得到第四流量曲线;第三计算子单元,用于根据第四流量曲线,得到第二转速曲线。

[0029] 在第二方面的一些实施例中,第三计算单元还包括:第一分区子单元,用于根据高压恒流泵的流量控制精度,将色谱柱中负载的压力分为多个变化区间;第二分区子单元,用于根据多个变化区间对第二流量曲线进行分区处理,使每个压力区间对应一个区间输出流量值或者区间输出流量曲线;及根据多个变化区间对第三流量曲线进行分区处理,使每个压力区间对应一个区间补偿流量值或者区间补偿流量曲线;第四计算子单元,用于分别将与每个压力区间对应的区间输出流量值和区间补偿流量值相加,得到第五流量曲线;第五计算子单元,用于根据第五流量曲线,得到第二转速曲线。

[0030] 在第二方面的一些实施例中,第一分区子单元具体用于,根据高压恒流泵的流量控制精度,得到高压恒流泵的控制流量下限;利用控制流量下限匹配第二流量曲线,将色谱柱中负载的压力分为多个变化区间,与每个压力区间对应的补偿流量值的变化量大于或等于控制流量上限。

[0031] 在第二方面的一些实施例中,控制模块包括:第二获取单元,用于获取色谱柱的当前分析周期中色谱柱中负载的压力值所在的压力区间的最大压力值;判断单元,用于若色谱柱中负载的压力值达到最大压力值,则判断色谱柱是否处于平衡期,平衡期内色谱柱的分析结果不受高压恒流泵流量跳变的影响;第二控制单元,用于若色谱柱处于平衡期,则根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值;第三控制单元,用于若色谱柱未处于平衡期,则等待平衡期到来后,再根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值。

[0032] 第三方面,本发明实施例提供了一种分析仪器,该分析仪器包括如上所述的流量控制装置。

[0033] 第四方面,本发明实施例提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有程序,程序被处理器执行时实现如上所述的流量控制方法。

[0034] 根据本发明的实施例,可以获取高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱,每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷,然后根据高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线,得到高压恒流泵的第三流量曲线,第二流量曲线和第三流量曲线分别表示高压恒流泵的输出流量和需要的补偿流量和色谱柱中负载压力之间的关系。接下来根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,可以使高压恒流泵的输出流量值趋近于初始流量值。

[0035] 如上所述,本发明的实施例一方面可以根据一个或多个特征谱控制高压恒流泵中电机的转速,将一个冲程周期内的波峰压低,波谷填平,从而降低高压恒流泵的瞬时流量波动;另一方面可以根据第二流量曲线和第三流量曲线控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值趋近于初始流量值(初始平均流量值)。

[0036] 因此，本发明实施例中的流量控制方法不仅能够降低高压恒流泵的瞬时流量波动，而且能够将高压恒流泵的输出流量值趋近于所述初始流量值，从而实现高压恒流泵输出流量的恒定。与现有技术中的仅能够保证多台高压恒流泵的台间平均流量一致相比，本发明实施例中的流量控制方法能够保证负载压力升高过程中高压恒流泵的平均流量恒定。与现有技术中的需要增加柱塞数量或者增加阻尼器来降低高压恒流泵的瞬时流量波动相比，本发明实施例中的流量控制方法能够在不增加柱塞数量或者增加阻尼器的前提下，降低高压恒流泵的瞬时流量波动。

附图说明

[0037] 从下面结合附图对本发明实施例的具体实施方式的描述中可以更好地理解本发明，其中，相同或相似的附图标记表示相同或相似的特征。

- [0038] 图1为本发明一实施例提供的流量控制方法的流程示意图；
- [0039] 图2为本发明一实施例提供的色谱柱中负载压力的压力脉动曲线的示意图；
- [0040] 图3为对图2中的虚线框区域的压力脉动曲线的放大示意图；
- [0041] 图4为本发明另一实施例提供的流量控制方法的流程示意图；
- [0042] 图5为本发明实施例提供的原始转速曲线的示意图；
- [0043] 图6为本发明实施例提供的补偿转速曲线的示意图；
- [0044] 图7为本发明一实施例提供的色谱柱中负载压力的压力脉动曲线的示意图；
- [0045] 图8为与图7对应的补偿后的色谱柱中负载压力的压力脉动曲线的示意图；
- [0046] 图9为本发明再一实施例提供的流量控制方法的流程示意图；
- [0047] 图10为本发明一实施例提供的压力-流量曲线的示意图；
- [0048] 图11为本发明另一实施例提供的压力-流量曲线的示意图；
- [0049] 图12为本发明第四实施例提供的流量控制方法的流程示意图；
- [0050] 图13为本发明又一实施例提供的压力-流量曲线的示意图；
- [0051] 图14为本发明又一实施例提供的压力-流量曲线的示意图；
- [0052] 图15为本发明第一实施例提供的流量控制装置的结构示意图；
- [0053] 图16为本发明第二实施例提供的流量控制装置的结构示意图；
- [0054] 图17为本发明第三实施例提供的流量控制装置的结构示意图；
- [0055] 图18为本发明第四实施例提供的流量控制装置的结构示意图；
- [0056] 图19为本发明第五实施例提供的流量控制装置的结构示意图；
- [0057] 图20为本发明第六实施例提供的流量控制装置的结构示意图；
- [0058] 图21为本发明第六实施例提供的流量控制装置的结构示意图。

具体实施方式

[0059] 下面将详细描述本发明实施例的各个方面的特征和示例性实施例。在下面的详细描述中，提出了许多具体细节，以便提供对本发明实施例的全面理解。

[0060] 本发明实施例提供一种流量控制方法和装置、分析仪器及计算机可读存储介质，用于液相色谱仪或者糖化血红蛋白分析仪的高压恒流泵中。高压恒流泵是一种由微电脑控制的往复式双凸轮柱塞泵，具有操作方便、流速稳定、压力脉动小和故障率低的特点。

[0061] 高压恒流泵的输出端和色谱柱连接,能够向色谱柱中输送流动相液体。色谱柱在多次使用后,色谱柱中负载的压力会逐渐升高,使得高压恒流泵中柱塞内流动相的体积压缩量和密封泄漏量逐渐增大,导致高压恒流泵一个周期或者冲程中的液体流出量(即平均流量)逐渐降低,严重时会导致无法寻峰。采用本发明实施例中的技术方案,能够在色谱柱中负载压力变化的前提下,保证高压恒流泵的平均流量恒定。

[0062] 此外,高压恒流泵中柱塞的往复运动会不可避免地引起高压恒流泵单位冲程周期内输出流量波动。采用本发明实施例中的流量控制方法,还能够降低单位冲程周期内因柱塞的往复运动而引起的高压恒流泵输出流量波动。

[0063] 图1为本发明一实施例提供的流量控制方法的流程示意图。图1中示出的流量控制方法包括步骤101至步骤103。

[0064] 在步骤101中,获取高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱,每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷。

[0065] 其中,第一流量曲线用于表示高压恒流泵的输出流量和运行时间之间的关系。由于液相色谱分析领域中高压恒流泵的流量通常很小,瞬时流量更是难以测量,可以通过获取一个冲程周期内色谱柱中负载压力随时间的变化曲线来表示高压恒流泵一个冲程周期内的瞬时输出流量随时间的变化关系。

[0066] 图2中示出了色谱柱中负载压力的压力脉动曲线。图2中的横坐标为时间,纵坐标为色谱柱中的负载压力,其中,高压恒流泵的输出流量呈周期性连续变化。

[0067] 虚线框区域201示出了一个冲程周期内的高压恒流泵输出流量的变化。图3为对虚线框区域201的放大示意图,图3中示出的一个冲程周期内高压恒流泵的输出流量共存在3个波谷,与3个波谷对应的特征谱从左向右依次为第一特征谱301、第二特征谱302和第三特征谱303,每个波谷峰值对应一个高压恒流泵的输出流量最低值。

[0068] 在一个示例中,为提高高压恒流泵输出流量的控制精度,可以通过以下方式获取第一流量曲线中一个冲程周期内的所有波峰或者波谷:

[0069] 首先,计算每个波峰或者波谷的峰值到基准值之间的第一差值。其中,基准值的选取可以参阅图2,比如将与压力值P1对应的输出流量值作为基准值。需要说明的是,图2中示出的压力值P1对应压力脉动曲线的波动上限,本领域技术人员也可以根据实际情况可以选取与大于P1或者小于P1的压力值对应的输出流量值作为基准值,此处不进行限定。

[0070] 然后,判断第一差值是否大于预定差值,若第一差值大于预定差值,则将与第一差值对应的波峰或者波谷作为高压恒流泵在一个冲程周期内的特征谱。

[0071] 在步骤102中,根据高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线,得到高压恒流泵的第三流量曲线。

[0072] 其中,第二流量曲线用于表示高压恒流泵的输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系。由于采集到的高压恒流泵输出流量为离散数据,可以对这些离散数据进行拟合处理,比如线性拟合,得表示色谱柱中的负载压力值和高压恒流泵的输出流量值的第二流量曲线。

[0073] 第三流量曲线用于表示高压恒流泵需要的补偿流量和色谱柱中负载压力之间的关系。具体地,可以利用高压恒流泵的初始流量值对第一曲线中的与每个负载压力对应的输出流量值做差,得到相同负载压力下的表示色谱柱中的负载压力和高压恒流泵需要的补

偿流量值的第三流量曲线。

[0074] 在步骤103中,根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值趋近于初始流量值。

[0075] 如上所述,本发明的实施例一方面可以根据一个或多个特征谱控制高压恒流泵中电机的转速,将一个冲程周期内的波峰压低,波谷填平,从而降低高压恒流泵的瞬时流量波动;另一方面可以根据第二流量曲线和第三流量曲线控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值趋近于初始流量值(即初始平均流量值)。

[0076] 因此,本发明实施例中的流量控制方法不仅能够降低高压恒流泵的瞬时流量波动,而且能够将高压恒流泵的输出流量值趋近于所述初始流量值,从而实现高压恒流泵输出流量的恒定。与现有技术中的仅能够保证多台高压恒流泵的台间平均流量一致相比,本发明实施例中的流量控制方法能够保证负载压力升高过程中高压恒流泵的平均流量恒定。与现有技术中的需要增加柱塞数量或者增加阻尼器来降低高压恒流泵的瞬时流量波动相比,本发明实施例中的流量控制方法能够在不增加柱塞数量或者增加阻尼器的前提下,降低高压恒流泵的瞬时流量波动。

[0077] 为便于本领域技术人员理解上述技术方案,下面举例对本发明实施例中的流量控制方法进行详细说明。

[0078] 图4为本发明另一实施例提供的流量控制方法的流程示意图。图4与图1的不同之处在于,图1中的步骤103可细化为图4中的步骤1031至步骤1033。

[0079] 在步骤1031中,根据所述一个或多个特征谱得到第一转速曲线。

[0080] 在步骤1032中,根据所述第二流量曲线和所述第三流量曲线,得到第二转速曲线。

[0081] 在步骤1033中,根据所述第一转速曲线和所述第二转速曲线,控制所述高压恒流泵中电机的转速。

[0082] 具体地,为得到第一转速曲线,可以获取与每个特征谱对应的特征时间段,并为每个特征时间段的起点和终点配置第一转速值,及为每个特征时间段的中点配置第二转速值。然后根据第一转速值和第二转速值,得到与每个特征谱对应的转速补偿曲线,每条转速补偿曲线的开口和对应特征谱的开口相反。接着利用与一个或多个特征谱对应的转速补偿曲线,更新高压恒流泵中的原始转速曲线,得到第一转速曲线。

[0083] 如图3所示,t1至t2之间的时间区段为与第二特征谱302对应的特征时间段。其中,t1表示第二特征谱302的起点,t2表示第二特征谱302的终点。在一个示例中,高压恒流泵的转速补偿曲线表达式可以为正弦波函数: $y = A \cos(\omega x + \Phi)$,其中,A和Φ为未知参数,ω为预设调节因子。

[0084] 以求解与第二特征谱302对应的转速补偿曲线中的A和Φ为例,只需要将与第二特征谱302的起点t1对应的转度值v1,与第二个特征谱的起点t2对应的转度值v2,就能求解出A和Φ。其中,v1、v2和ω的取值可以根据经验值确定。

[0085] 如图5中的原始转速曲线501所示,高压恒流泵中的通常为一条水平直线,双凸轮柱塞泵中的凸轮轴会在电机带动下做匀速旋转。

[0086] 如图6中的与第二特征谱302转速补偿曲线601所示,转速补偿曲线601为三角函数曲线。转速补偿曲线601的开口方向与第二特征谱302的开口方向相反。

[0087] 在一些实施例中,可以将与每个特征谱对应的初始时间段作为与特征谱对应的特

征时间段,比如第二特征谱302的初始时间段为[t1,t2] (参阅图3)。

[0088] 在另一些实施例中,考虑到电机加减速段的存在,为避免由于电机加减速段而引起的高压恒流泵的瞬时输出流量的控制延迟,可以使与特征谱对应的转速补偿曲线的特征时间段长度大于初始时间段的长度。

[0089] 在一个示例中,可以将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第一时长,得到更新后的时间段,将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段,第一时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长。比如,可以将第二特征谱302的初始时间段的起点t1前移,得到更新后的时间段[t1',t2],其中,t1>t1',然后将更新后的时间段[t1',t2]作为与第二特征谱302对应的特征时间段(参阅图3和图6)。

[0090] 在另一个示例中,可以将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第二时长,并将初始时间段的终点后移第三时长,得到更新后的时间段,将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段,第二时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长,且第三时长小于所到初始时间段的终点到初始时间段所在的冲程周期的终点之间的时长。比如,可以将第二特征谱302的初始时间段的起点t1前移,且将初始时间段的终点t2后移,得到更新后的时间段[t1'',t2''],其中,t1>t1''且t2<t2'',然后将更新后的时间段[t1'',t2'']作为与第二特征谱302对应的特征时间段(参阅图3和图6)。

[0091] 此外,考虑到对色谱柱中负载压力测量的滞后性,为避免因负载压力滞后而引起的高压恒流泵的瞬时输出流量的控制延迟,若一个冲程周期内第二特征谱302在第一流量曲线中的峰值位于第一时刻 T_K^1 ,第二特征谱302的转速补偿曲线601的峰值位于第二时刻 T_K^2 ,可以使第二时刻 T_K^2 早于第一时刻 T_K^1 (参阅图3和图6)。

[0092] 需要说明的是,由于转速补偿曲线601的横坐标为角度,纵坐标为凸轮转速,可以根据第二时刻 T_K^2 换算得到转速补偿曲线601的峰值处的角度 θ_K 。

[0093] 图7和图8分别为采用本发明实施例中的方法对特征谱702进行补偿前后的压力脉动曲线的示意图。与图7相比,图8中的特征谱702的波谷峰值得到明显抑制,从4.95MPa上升至接近5Mpa。

[0094] 下面结合图9-图11对步骤1032中的第一种连续流量控制方式进行详细说明。如图9所示,步骤1032可细化为步骤10321和步骤10322。

[0095] 在步骤10321中,分别将第二流量曲线和第三流量曲线中与每个负载压力值对应的输出流量值和补偿流量值相加,得到第四流量曲线;

[0096] 在步骤10322中,根据第四流量曲线,得到第二速度曲线。

[0097] 图10示出了表示色谱柱中负载压力和高压恒流泵的输出流量之间的关系。其中,横坐标为色谱柱中负载的压力,纵坐标为高压恒流泵的输出流量。图10中示出的F0为色谱柱中的初始负载压力,也可以理解为色谱柱的额定负载压力, Q_n^0 为高压恒流泵的初始流量,即色谱柱负载压力为F0时高压恒流泵的输出流量, Q_n^1 为色谱柱负载压力为F1时高压恒流泵的输出流量。

[0098] 图10中示出的曲线的计算公式可以表示为:

$$Q_n = a \times F + b \quad (1)$$

[0100] 其中, Q_n 为高压恒流泵的输出流量, F 为色谱柱中负载的压力, a 和 b 分别为系数。

[0101] 从图10可以看出, 高压恒流泵的输出流量随色谱柱负载压力的升高是逐渐降低的, 根据反向补偿原理, 高压恒流泵的补偿流量随负载压力的升高应该是逐渐升高的。

[0102] 图11示出了色谱柱中负载压力和高压恒流泵需要的补偿流量之间的关系。其中, 横坐标为色谱柱负载压力, 纵坐标为高压恒流泵需要的补偿流量值。图11中示出的 F_0 为色谱柱中的初始负载压力, Q_b^0 为色谱柱的负载压力为 F_0 时高压恒流泵需要的初始补偿流量值, Q_b^1 为色谱柱的负载压力为 F_1 时高压恒流泵的补偿流量值。

[0103] 图11中示出的曲线的计算公式表示为:

$$Q_b = c \times F + d \quad (2)$$

[0105] 其中, Q_b 为高压恒流泵需要的补偿流量值, F 为色谱柱负载压力, c 和 d 分别为系数。

[0106] 结合图10和图11可以看出, 图11中的曲线是利用高压恒流泵的初始流量值减去为图10中曲线的与每个负载压力对应的输出流量值得到的。两条曲线在负载压力分别为 F_0 和 F_1 时的关系表示为:

$$\text{[0107]} \quad \text{当} F=F_0 \text{ 时, } Q_b=Q_b^0=0;$$

$$\text{[0108]} \quad \text{当} F=F_1 \text{ 时, } Q_b=Q_b^1=Q_n^0-Q_n^1.$$

[0109] 可以理解地是, 只需要分别将高压恒流泵在每个负载压力值下的输出流量值 Q_n (对应第二流量曲线) 和补偿流量值 Q_b (对应第三流量曲线) 相加, 就可以得到与该负载压力值对应的流量控制值 Q_c (对应第二速度曲线)。

[0110] 示例性地, 电机转速和流量控制值 Q_c 之间的关系可以表示为:

$$\text{[0111]} \quad N=Q_c/V \quad (3)$$

[0112] 其中, N 为电机转速, V 为高压恒流泵的柱塞在一个冲程周期中排除的流动相体积。

[0113] 只需要根据计算出的流量控制值 Q_c , 计算出需要控制的电机转速, 然后由电机根据计算出的电机转速带动凸轮转动, 驱动柱塞杆的直线运动。电机转速越快, 则高压恒流泵柱塞在一个冲程周期中的输出流量越大。

[0114] 考虑到实际应用中, 虽然色谱柱中的负载压力缓慢升高, 且随着色谱分析样本的进样量和样本成分等不同, 色谱柱中负载压力的升高速度也不相同, 但是单次测试中色谱柱的负载压力变化却是很小(与多次测试相比, 单次测试中色谱柱的负载压力变化是可以忽略不计的)。因此, 本发明实施例可以引入分段流量控制方式, 即对色谱柱中的负载压力变化量进行分段(区)控制。

[0115] 下面结合图12至图14对步骤1032的第二种分段流量控制方式进行详细说明。如图12所示, 步骤1032还可细化为步骤10323和步骤10326, 用于避免高压恒流泵控制平均输出流量的过程中引入单个冲程周期内的输出流量波动。

[0116] 在步骤10323中, 根据高压恒流泵的流量控制精度, 将色谱柱中负载的压力分为多个变化区间。

[0117] 在步骤10324中, 根据多个变化区间对第二流量曲线进行分区处理, 使每个压力区间对应一个区间输出流量值或者区间输出流量曲线; 及根据多个变化区间对第三流量曲线进行分区处理, 使每个压力区间对应一个区间补偿流量值或者区间补偿流量曲线。

[0118] 在步骤10325中, 分别将与每个压力区间对应的区间输出流量值和区间补偿流量

值相加,得到第五流量曲线。

[0119] 在步骤10326中,根据第五流量曲线,得到第二转速曲线。

[0120] 图13示出了色谱柱中的负载压力和高压恒流泵需要的补偿流量值之间的关系。其中,横坐标为色谱柱中的负载压力,纵坐标为高压恒流泵需要的补偿流量值。图13中示出的负载压力被分为多个区间:[0,F_x]、[F_x,F_x+ΔF]、[F_x+ΔF,F_x+2ΔF]和[F_x+2ΔF,F_x+3ΔF],其中,

[0121] 区间[0,F_x]对应的补偿流量值为Q_b^{F_x},

[0122] 区间[F_x,F_x+ΔF]对应的补偿流量值为Q_b^{F_x+ΔF},

[0123] 区间[F_x+ΔF,F_x+2ΔF]对应的补偿流量值为Q_b^{F_x+2ΔF},

[0124] 区间[F_x+2ΔF,F_x+3ΔF]对应的补偿流量值为Q_b^{F_x+3ΔF}。

[0125] 具体地,可以根据高压恒流泵的流量控制精度,得到高压恒流泵的控制流量上限,然后利用控制流量上限匹配第三流量曲线,将色谱柱中负载的压力变化分为多个区间,与每个压力区间对应的补偿流量值的变化量小于或等于所述控制流量上限。

[0126] 在一个示例中,可以根据以下公式(4),计算高压恒流泵的控制流量上限:

$$\Delta Q_{\max} = H \times Q_n^0 \quad (4)$$

[0128] 其中,ΔQ_{max}为高压恒流泵的最小控制流量,H为高压恒流泵的流量控制精度,Q_n⁰为初始流量。

[0129] 需要说明的是,虽然图11中示出的多个压力区间之间的宽度部分相等,第一个区间之间的宽度为F_x,剩余区间的宽度均为ΔF,但是多个压力区间之间的宽度也可以全部相等或者全部不等,只需要满足各区间对应的流量差小于或等于ΔQ_{max}即可。比如,若高压恒流泵的流量控制精度为1%,则与相邻两个压力区间对应的流量差ΔQ满足:ΔQ ≤ 0.01 × Q_n⁰。

[0130] 如上所述,由于本发明实施例通过对流量的变化量进行分段,由于每段补偿的流量均小于高压泵精度要求所容许的高压恒流泵的控制流量上限,以此避开了因流量补偿造成的流量超出预定范围的情况。

[0131] 但是,本申请的发明人发现,对于区间之间,比如从区间[0,F_x]到区间[F_x,F_x+ΔF]之间的F_x节点,上述实施例中的方案中仍然存在控制参数跳变,该跳变仍然会导致高压恒流泵单个冲程周期内输出流量的波动变大。

[0132] 考虑到液相色谱分析领域中色谱柱的每次分析周期中存在一段平衡期,该平衡期内对色谱柱的分析效果不受高压恒流泵流量跳变的影响,跳变发生的次数在色谱柱的寿命内约几次到十几次。因此本发明实施例可以将各区间之间的控制参数的跳变设计在色谱柱的平衡期间,以避免区间之间的控制参数跳变对高压恒流泵的瞬时输出流量的影响。

[0133] 具体实施方式为:获取色谱柱的当前分析周期中色谱柱中负载的压力值所在的压力区间的最大压力值。若色谱柱中负载的压力值达到最大压力值,则判断色谱柱是否处于平衡期,平衡期内色谱柱的分析结果不受高压恒流泵流量跳变的影响。

[0134] 在一个示例中,若色谱柱处于平衡期,则根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值。

[0135] 在另一个示例中,若色谱柱未处于平衡期,则等待平衡期到来后,再根据一个或多

个特征谱和第五流量曲线，控制高压恒流泵中电机的转速，使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值。

[0136] 也就是说，并不是每次测试时补偿一次，而是压力传感器会做出判断，当负载达到控制节点 F_x 或者 $F_x + \Delta F$ 后，在下一个测试的色谱柱平衡期间进行流量调节，如此设置，就不会影响到该领域分析效果。

[0137] 图14中示出了采用本发明实施例中的分段流量控制方案后的高压恒流泵的流量输出效果。其中，横坐标为色谱柱中负载压力，纵坐标为高压恒流泵的输出流量。与图10相比，图14中的高压恒流泵的输出流量趋近于初始流量 Q_n^0 ，处于斜划线域所示的流量区间 $[Q_{\min}, Q_{\max}]$ 内。

[0138] 图15为本发明第一实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图15中示出的流量控制装置包括获取模块151、计算模块152和控制模块153。

[0139] 其中，获取模块151用于获取高压恒流泵的一个冲程周期内的一个或多个特征谱，每个特征谱对应第一流量曲线中的一个波峰或者波谷。第一流量曲线用于表示高压恒流泵的输出流量和运行时间之间的关系。

[0140] 在一个示例中，获取模块151还用于获取色谱柱中负载压力随时间变化的压力脉动曲线，将压力脉动曲线作为第一流量曲线。

[0141] 计算模块152用于根据高压恒流泵的初始流量值和第二流量曲线，得到高压恒流泵的第三流量曲线，第二流量曲线用于表示高压恒流泵的初始输出流量和色谱柱中负载压力之间的关系，第三流量曲线用于表示高压恒流泵需要的补偿流量和色谱柱中负载压力之间的关系。

[0142] 控制模块153用于根据一个或多个特征谱、第二流量曲线和第三流量曲线，控制高压恒流泵中电机的转速，使高压恒流泵的输出流量值趋近于初始流量值。

[0143] 图16为本发明第二实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图16与图15的不同之处在于，图15中的获取模块151可细化为图16中的获取单元1511、第一计算单元1512和比较单元1513。

[0144] 其中，获取单元1511用于获取第一流量曲线中一个冲程周期内的所有波峰或者波谷。

[0145] 第一计算单元1512用于计算每个波峰或者波谷的峰值到基准值之间的第一差值。

[0146] 比较单元1513用于若第一差值大于预定差值，则将与第一差值对应的波峰或者波谷作为高压恒流泵的一个冲程周期内的特征谱。

[0147] 图17为本发明第三实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图17与图15的不同之处在于，图15中的控制模块153可细化为图17中的第二计算单元1531、第三计算单元1532和控制单元1533。

[0148] 其中，第二计算单元1531用于根据一个或多个特征谱，得到第一转速曲线。

[0149] 第三计算单元1532用于根据第二流量曲线和第三流量曲线，得到第二转速曲线。

[0150] 控制单元1533用于根据第一转速曲线和第二转速曲线，控制高压恒流泵中电机的转速。

[0151] 图18为本发明第四实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图18与图17的不同之处在于，图17中的第二计算单元1531可细化为图18中的第一获取子单元15311、配置子单

元15312、第一计算子单元15313和更新子单元15314。

[0152] 其中,第一获取子单元15311用于获取与每个特征谱对应的特征时间段。

[0153] 在一个示例中,第一获取子单元15311具体用于将与每个特征谱对应的初始时间段作为与特征谱对应的特征时间段。

[0154] 在另一个示例中,第一获取子单元15311具体用于将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第一时长,得到更新后的时间段,将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段,第一时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长。

[0155] 在又一个示例中,第一获取子单元15311还具体用于将与每个特征谱对应的初始时间段的起点前移第二时长,并将初始时间段的终点后移第三时长,得到更新后的时间段,将更新后的时间段作为与特征谱对应的特征时间段,第二时长小于初始时间段所在的冲程周期的起点到初始时间段的起点之间的时长,且第三时长小于所到初始时间段的终点到初始时间段所在的冲程周期的终点之间的时长。

[0156] 配置子单元15312用于为每个特征时间段的起点和终点配置第一转速值,及为每个特征时间段的中点配置第二转速值。

[0157] 第一计算子单元15313用于根据第一转速值和第二转速值,得到与每个特征谱对应的转速补偿曲线,每条转速补偿曲线的开口和对应特征谱的开口相反。

[0158] 更新子单元15314用于利用与一个或多个特征谱对应的转速补偿曲线,更新高压恒流泵中的原始转速曲线,得到第一转速曲线。

[0159] 图19为本发明第五实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图19与图17的不同之处在于,图17中的第三计算单元1532可细化为图19中的第二计算子单元15321和第三计算子单元15322。

[0160] 其中,第二计算子单元15321用于分别将第二流量曲线和第三流量曲线中与每个负载压力值对应的初始输出流量值和补偿流量值相加,得到第四流量曲线。

[0161] 第三计算子单元15322用于根据第四流量曲线,得到第二转速曲线。

[0162] 图20为本发明第六实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图20与图17的不同之处在于,图17中的第三计算单元1532还可细化为图20中的第一分区子单元15323、第二分区子单元15324、第四计算子单元15325和第五计算子单元15326。

[0163] 其中,第一分区子单元15323用于根据高压恒流泵的流量控制精度,将色谱柱中负载的压力分为多个变化区间。

[0164] 在一个示例中,第一分区子单元15323具体用于根据高压恒流泵的流量控制精度,得到高压恒流泵的控制流量上限;利用控制流量上限匹配第二流量曲线,将色谱柱中负载的压力分为多个变化区间,与每个压力区间对应的补偿流量值的变化量大于或等于控制流量上限。

[0165] 第二分区子单元15324用于根据多个变化区间对第二流量曲线进行分区处理,使每个压力区间对应一个区间输出流量值或者区间输出流量曲线;及根据多个变化区间对第三流量曲线进行分区处理,使每个压力区间对应一个区间补偿流量值或者区间补偿流量曲线。

[0166] 第四计算子单元15325用于分别将与每个压力区间对应的区间输出流量值和区间

补偿流量值相加,得到第五流量曲线。

[0167] 第五计算子单元15326用于根据第五流量曲线,得到第二转速曲线。

[0168] 图21为本发明第七实施例提供的流量控制装置的结构示意图。图21与图20的不同之处在于,图20中的控制单元可细化为图21中的第二获取子单元15331、判断子单元15332和第一控制子单元(或者第二控制子单元15334)。

[0169] 其中,第二获取子单元15331用于获取色谱柱的当前分析周期中色谱柱中负载的压力值所在的压力区间的最大压力值。

[0170] 判断子单元15332用于若色谱柱中负载的压力值达到最大压力值,则判断色谱柱是否处于平衡期,平衡期内色谱柱的分析结果不受高压恒流泵流量跳变的影响。

[0171] 第一控制子单元15333用于若色谱柱处于平衡期,则根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值。

[0172] 第二控制子单元15334用于若色谱柱未处于平衡期,则等待平衡期到来后,再根据一个或多个特征谱和第五流量曲线,控制高压恒流泵中电机的转速,使高压恒流泵的输出流量值达到下一压力区间所需的控制流量值。

[0173] 本发明实施例还提供一种分析仪器,该分析仪器包括如上所述的流量控制装置。

[0174] 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有程序,程序被处理器执行时实现如上所述的流量控制方法。

[0175] 需要明确的是,本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同或相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。对于装置实施例而言,相关之处可以参见方法实施例的说明部分。本发明实施例并不局限于上文所描述并在图中示出的特定步骤和结构。本领域的技术人员可以在领会本发明实施例的精神之后,作出各种改变、修改和添加,或者改变步骤之间的顺序。并且,为了简明起见,这里省略对已知方法技术的详细描述。

[0176] 但是,需要明确,本发明实施例并不局限于上文所描述并在图中示出的特定配置和处理。并且,为了简明起见,这里省略对已知方法技术的详细描述。在上述实施例中,描述和示出了若干具体的步骤作为示例。但是,本发明实施例的方法过程并不限于所描述和示出的具体步骤,本领域的技术人员可以在领会本发明实施例的精神之后,作出各种改变、修改和添加,或者改变步骤之间的顺序。

[0177] 以上所述的结构框图中所示的功能块可以实现为硬件、软件、固件或者它们的组合。当以硬件方式实现时,其可以例如是电子电路、专用集成电路(ASIC)、适当的固件、插件、功能卡等等。当以软件方式实现时,本发明实施例的元素是被用于执行所需任务的程序或者代码段。程序或者代码段可以存储在机器可读介质中,或者通过载波中携带的数据信号在传输介质或者通信链路上传送。“机器可读介质”可以包括能够存储或传输信息的任何介质。机器可读介质的例子包括电子电路、半导体存储器设备、ROM、闪存、可擦除ROM(EROM)、软盘、CD-ROM、光盘、硬盘、光纤介质、射频(RF)链路,等等。代码段可以经由诸如因特网、内联网等的计算机网络被下载。

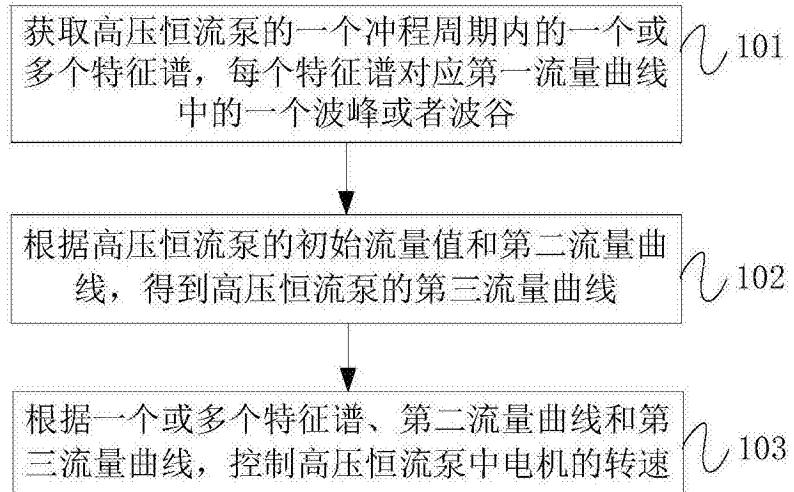


图1

色谱柱中负载压力的压力脉动曲线

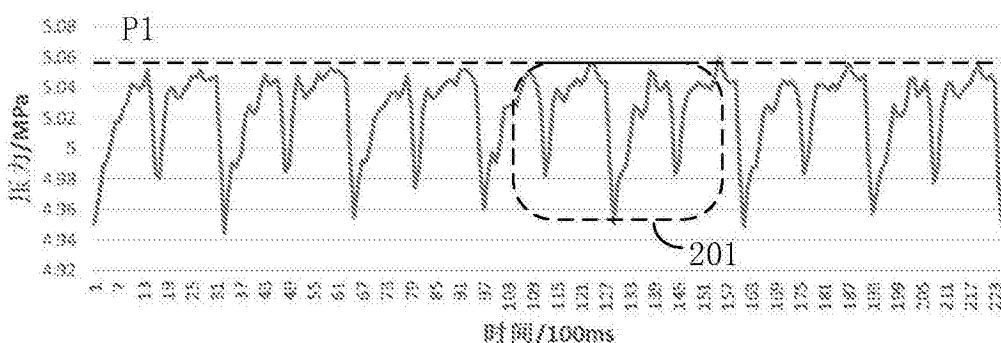


图2

一个周期内的压力脉动曲线

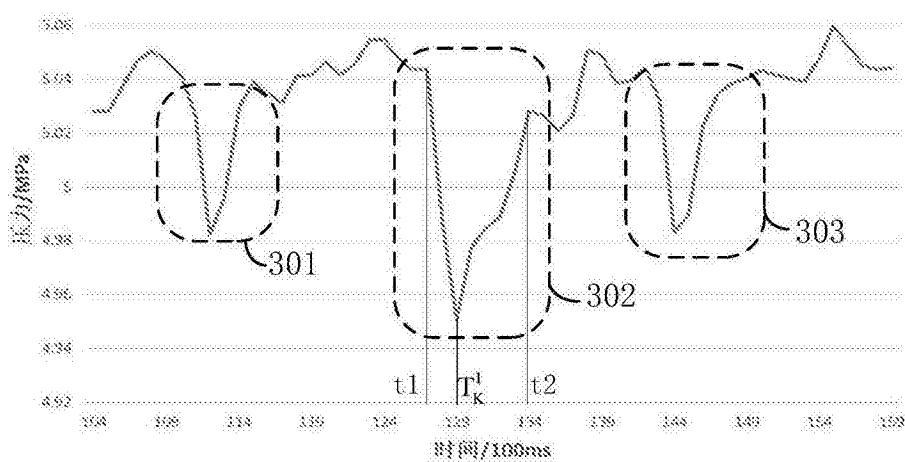


图3

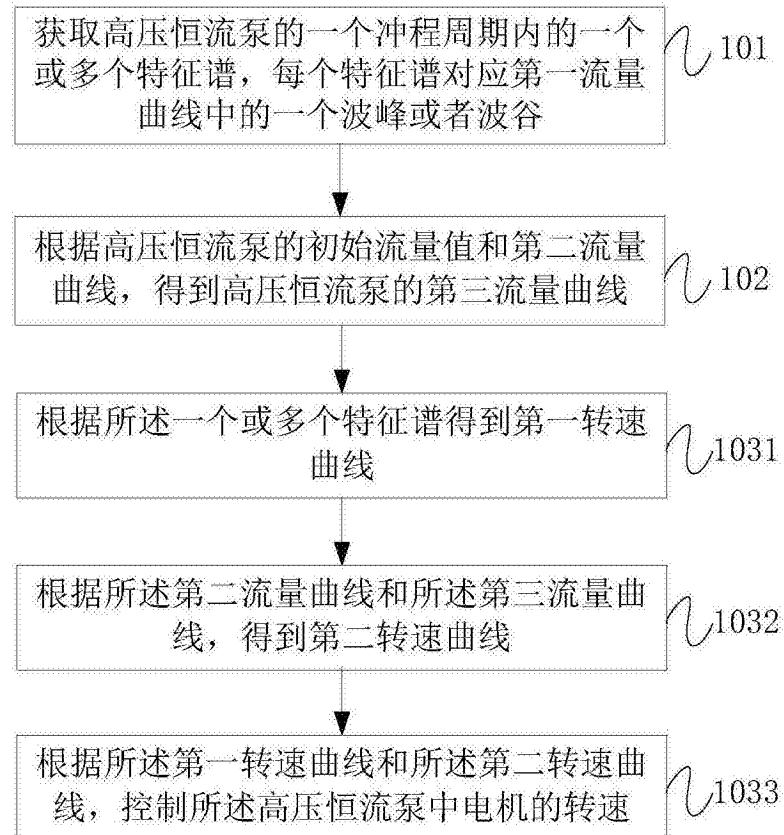


图4

双凸轮柱塞泵的速度控制曲线

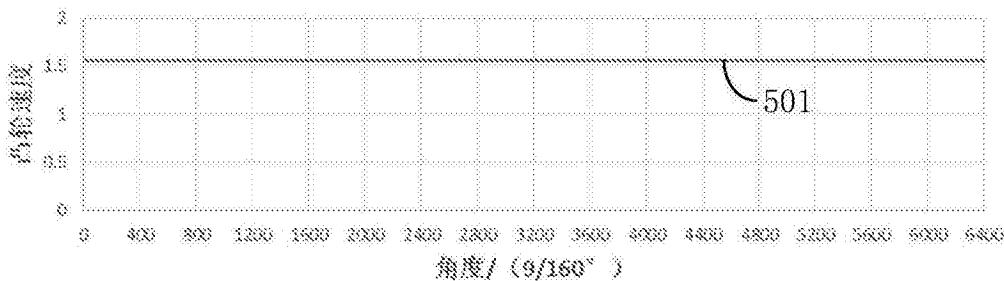


图5

修正后的双凸轮柱塞泵的速度控制曲线

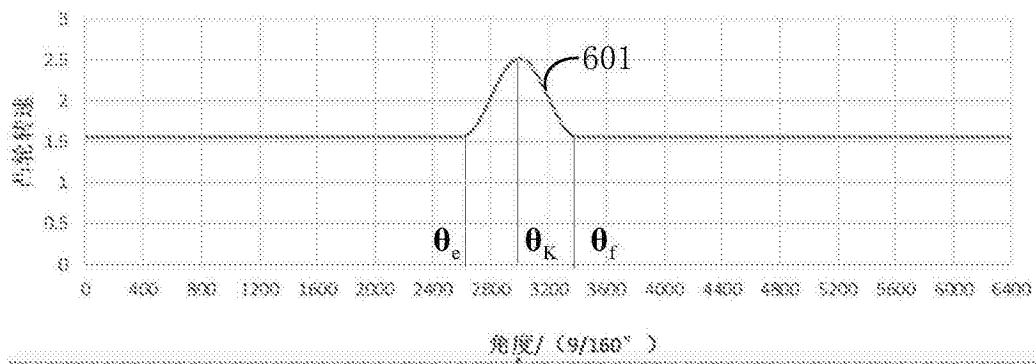


图6

未补偿的压力脉动曲线

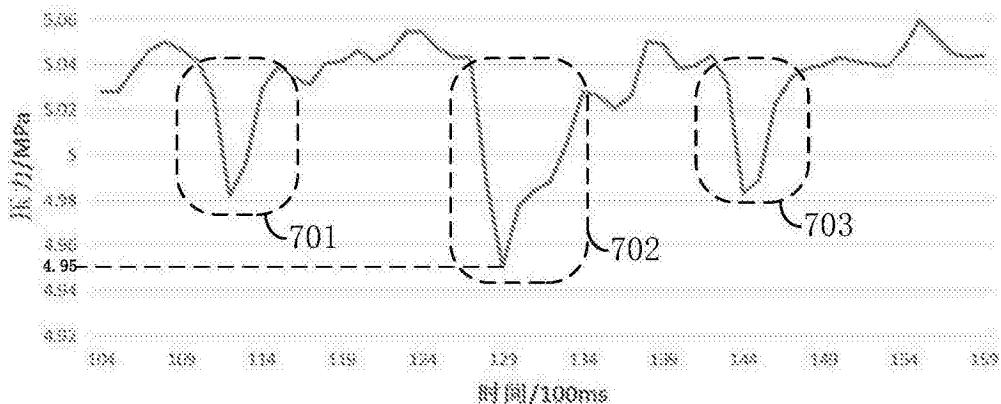


图7

补偿后的压力脉动曲线

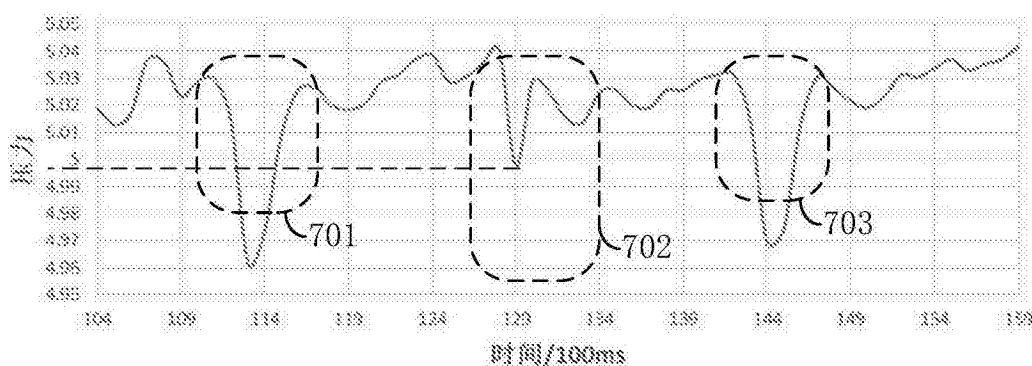


图8

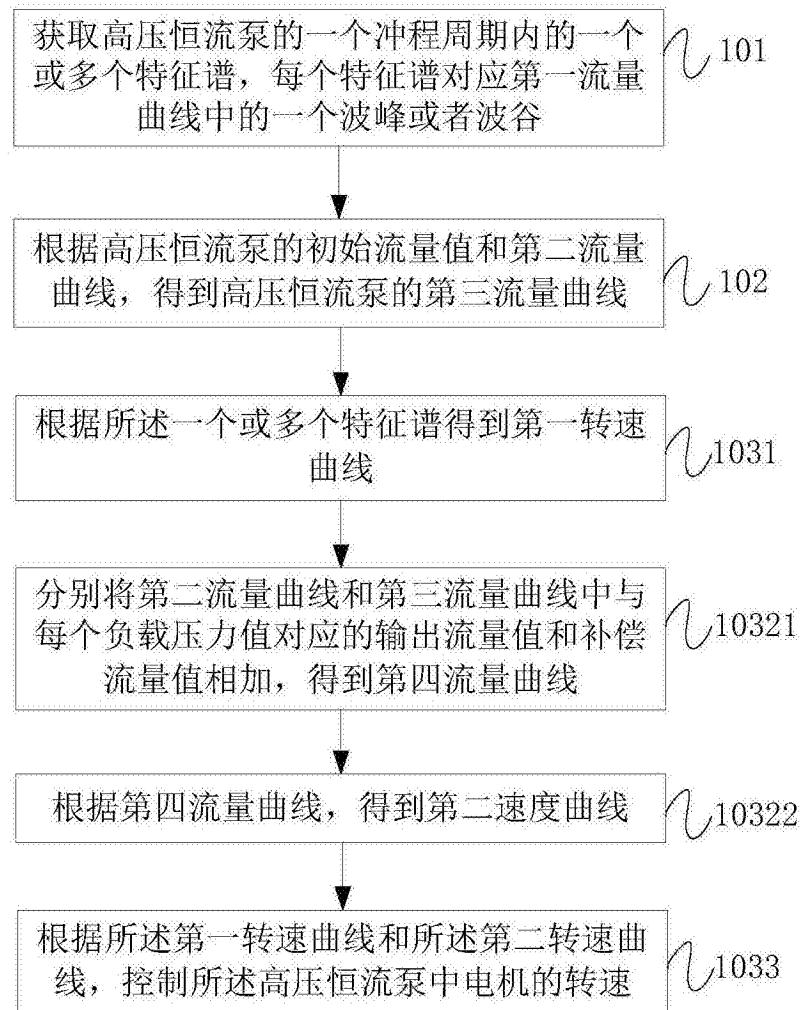


图9

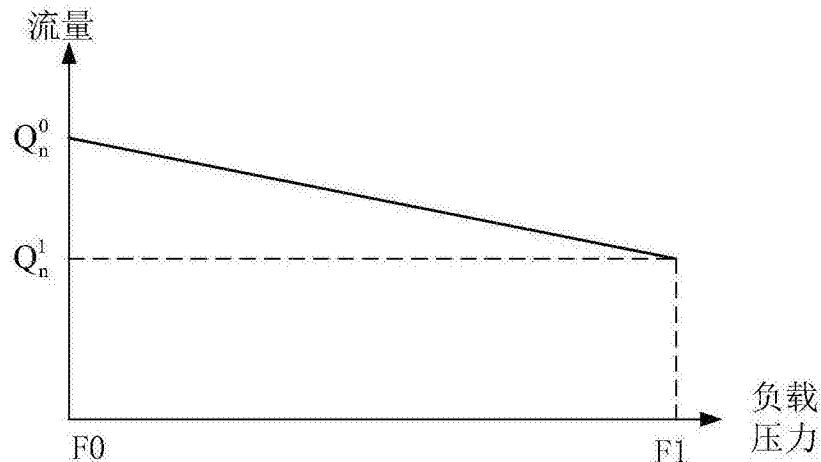


图10

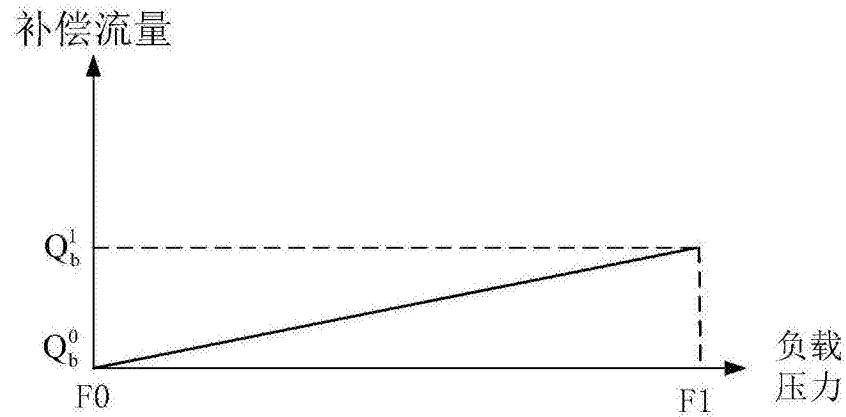


图11

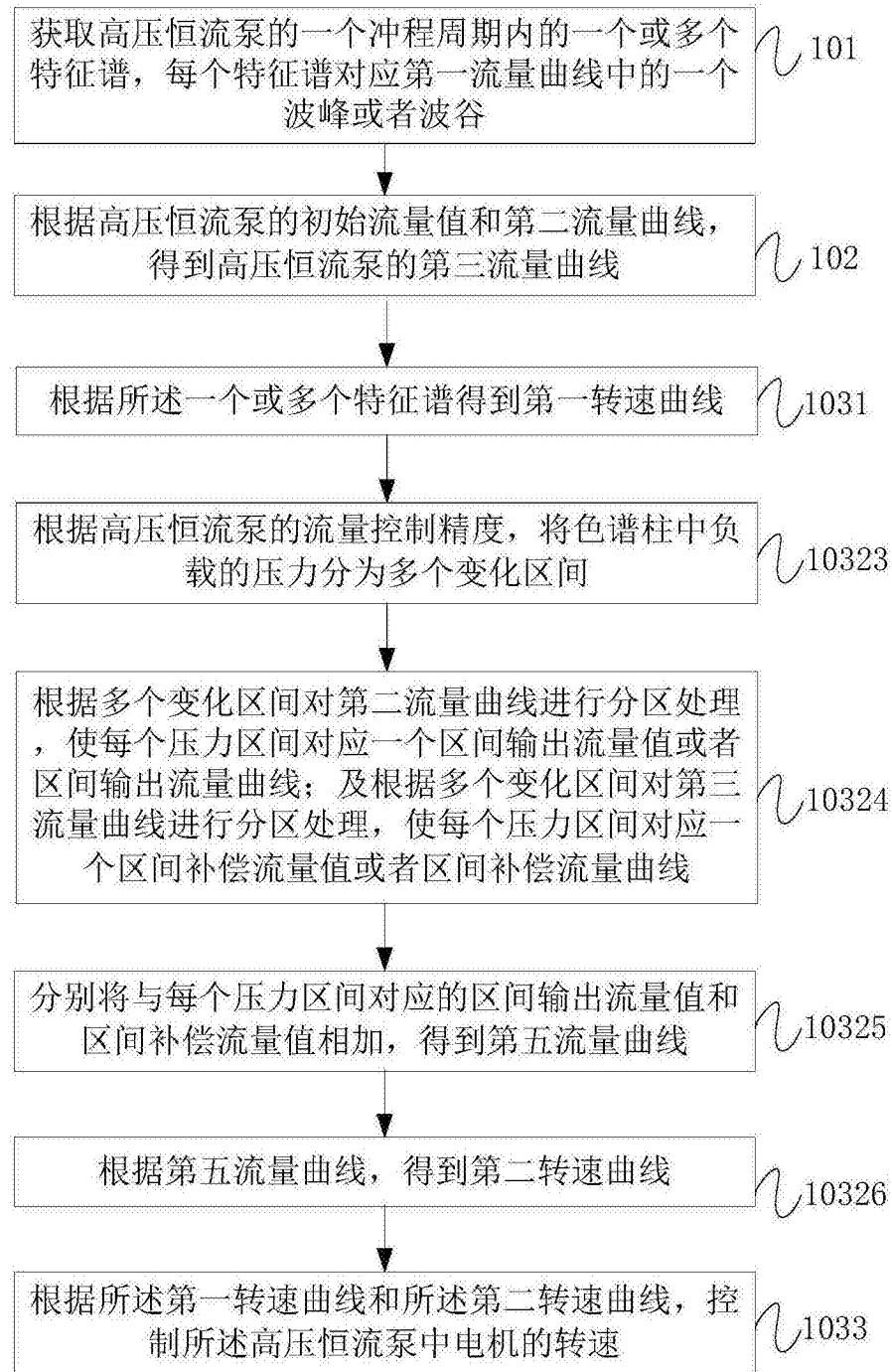


图12

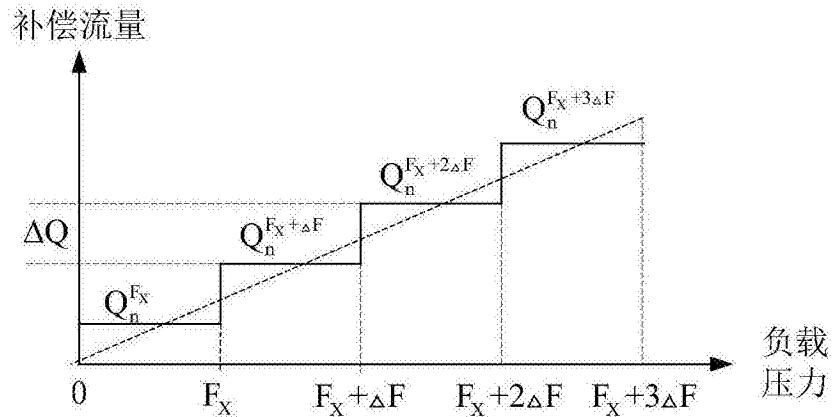


图13

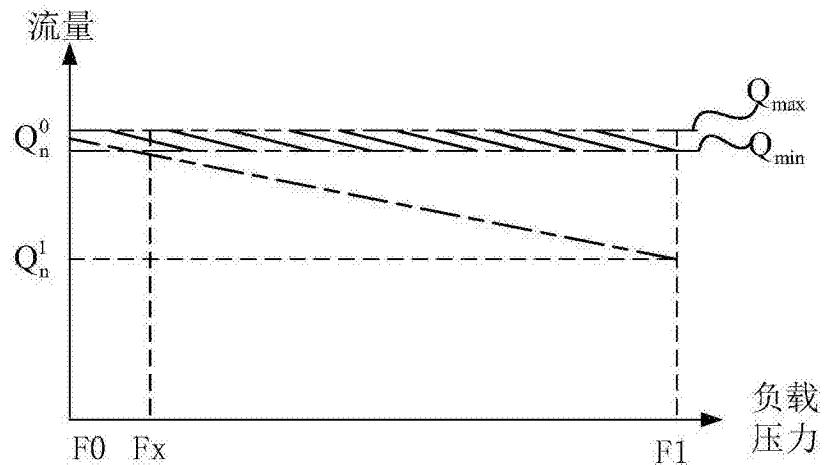


图14

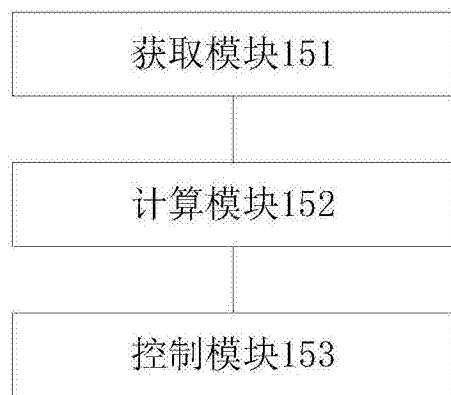


图15



图16



图17

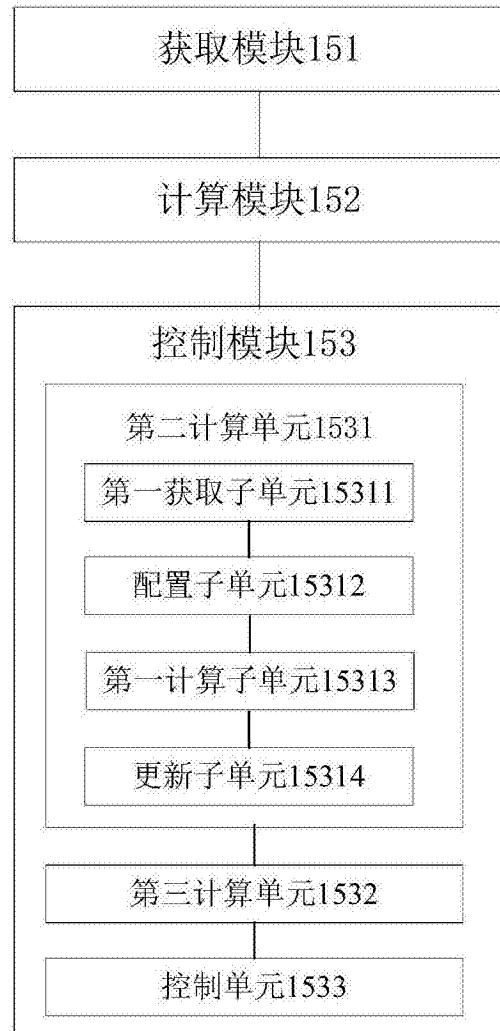


图18



图19



图20



图21