

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B60T 13/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710090669.4

[43] 公开日 2007年10月10日

[11] 公开号 CN 101049825A

[22] 申请日 2007.3.30

[21] 申请号 200710090669.4

[30] 优先权

[32] 2006.4.3 [33] JP [31] 2006-102064

[32] 2006.4.3 [33] JP [31] 2006-102461

[32] 2006.4.7 [33] JP [31] 2006-106191

[32] 2006.4.13 [33] JP [31] 2006-111242

[71] 申请人 株式会社爱德克斯

地址 日本爱知县刈谷市

[72] 发明人 牧一哉 小久保浩一 内藤政行

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
代理人 张文 王艳江

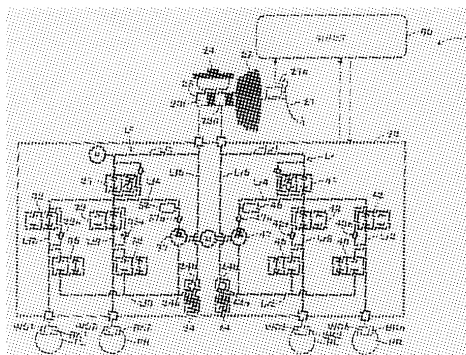
权利要求书3页 说明书43页 附图27页

[54] 发明名称

用于车辆的制动装置

[57] 摘要

一种用于车辆的制动装置，包括液压制动装置(B)和再生制动装置(A)，所述液压制动装置(B)产生基础液压以在各车轮(FL、FR、RL、RR)处产生基础液压制动力，所述液压制动装置通过产生受控液压而在车轮处产生受控液压制动力；所述再生制动装置(A)在任意车轮处产生再生制动力，其特征在于，所述制动装置进一步包括制动力替换控制装置(60)，用于在制动时用受控液压制动力逐渐替换再生制动力，以实现制动力替换控制的目的，从而通过以处于预定范围内的变化率减少再生制动力以及通过响应于该再生制动力的减少而增加受控液压制动力来确保总制动力。



1. 一种用于车辆的制动装置(1),包括液压制动装置(B)和再生制动装置(A),所述液压制动装置(B)包括主缸(23)、泵(37、47)、液压控制阀(31、41)和流体通道(Lf、Lr),并响应于制动操作由所述主缸产生基础液压,从而将所产生的基础液压施加到设置于各车轮(FL、FR、RL、RR)处的轮缸(WC1、WC2、WC3、WC4),所述轮缸(WC1、WC2、WC3、WC4)通过设置有所述液压控制阀的所述流体通道连接到所述主缸,从而在车轮处产生基础液压制动力,所述液压制动装置通过由电动机(12)驱动所述泵来产生受控液压,从而将所产生的受控液压施加到所述轮缸而在车轮处产生受控液压制动力;所述再生制动装置(A)响应于制动操作的状态在任意车轮处产生再生制动力,其特征在于,所述用于车辆的制动装置进一步包括制动力替换控制装置(60),用于在至少施加有再生制动力的制动中用所述受控液压制动力逐渐替换所述再生制动力,以实现制动力替换控制的目的,从而通过以处于预定范围内的变化率减少再生制动力以及通过响应于该再生制动力的减少而增加受控液压制动力来确保车轮所需的总制动力。

2. 如权利要求1所述的用于车辆的制动装置(1),其中所述制动力替换控制装置(60)在车速达到开始替换车速(V_a)时开始制动力替换控制并在车速达到小于所述开始替换车速的结束替换车速(V_b)时终止制动力替换控制,所述开始替换车速和所述结束替换车速能够变化,从而在制动力替换控制过程中以处于预定范围内的变化率减少再生制动力。

3. 如权利要求2所述的用于车辆的制动装置(1),其中基于制动过程中的减速度和再生制动力中的至少一个来限定所述开始替换车速(V_a)和所述结束替换车速(V_b)。

4. 如权利要求3所述的用于车辆的制动装置(1),进一步包括用于检测所述减速度的减速度检测装置(60),其中所述制动力替换控制装置(60)在所检测到的减速度大于预定值(ΔV_a)时响应于由所述减速度检测装置检测到的减速度的增加而增大所述开始替换车速(V_a)。

5. 如权利要求3所述的用于车辆的制动装置(1),进一步包括用于检测减速度的减速度检测装置(60),其中所述制动力替换控制装置(60)在所检测到的减速度大于预定值($\Delta V\alpha$)时响应于由所述减速度检测装置检测到的减速度的增加而减小所述结束替换车速(Vb)。

6. 如权利要求5所述的用于车辆的制动装置(1),其中所述结束替换车速(Vb)受到结束替换车速下限(VbL)的限制。

7. 如权利要求1所述的用于车辆的制动装置(1),其中所述液压制动装置(B)至少在制动操作状态量增加的任意期间内产生受控液压制动力。

8. 如权利要求7所述的用于车辆的制动装置(1),其中从制动操作状态量开始增加起到过去预定的时间为止,禁止所述再生制动装置(A)产生再生制动力,且所述液压制动装置(B)产生受控液压制动力来替代被禁止产生的再生制动力。

9. 如权利要求8所述的用于车辆的制动装置(1),其中所述预定的时间能够根据制动操作状态量的改变速率而变化。

10. 如权利要求7所述的用于车辆的制动装置(1),其中在制动操作状态量增加期间,禁止所述再生制动装置(A)产生再生制动力,且所述液压制动装置(B)产生受控液压制动力来替代被禁止产生的再生制动力。

11. 如权利要求7所述的用于车辆的制动装置(1),其中从制动操作状态量开始增加起的预定时间内,所述再生制动装置(A)响应于制动操作状态产生占车轮(FL、FR、RL、RR)所需总制动力预定比例(a)的再生制动力,且所述液压制动装置(B)产生占所述总制动力剩余比例的基础液压制动力和受控液压制动力。

12. 如权利要求 11 所述的用于车辆的制动装置 (1), 其中所述预定比例 (a) 能够根据由制动操作引起的制动开始时的车速而变化。

13. 如权利要求 1 所述的用于车辆的制动装置 (1), 其中所述制动力替换控制装置 (60) 规定用液压制动力替换再生制动力的替换量从替换开始起随着时间的流逝逐渐增加。

14. 如权利要求 1 所述的用于车辆的制动装置 (1), 其中当制动力替换控制开始时, 所述制动力替换控制装置将电动机 (M) 的转速增加到预定程度, 在该预定程度的转速下, 获得替换开始时所需要的制动液排出量。

用于车辆的制动装置

技术领域

本发明总体上涉及一种用于车辆的制动装置。更特别地，本发明涉及一种用于车辆的制动装置，其响应于制动操作状态获得作为由液压制动装置产生的液压制动力与由再生制动装置产生的再生制动力的总和的施加在车轮上的总制动力。

背景技术

例如在 JP2006-21745A 中公开的已知的用于车辆的制动装置包括液压制动装置和再生制动装置。液压制动装置响应于制动操作由主缸产生基础液压，并通过设置有液压控制阀的流体通道将所产生的基础液压施加到设置在与主缸相连的各车轮处的轮缸，使得在各车轮处产生液压制动力。此外，液压制动装置向轮缸施加通过驱动泵而产生的受控液压，使得在与施加有受控液压的相应轮缸对应的各个车轮处产生受控液压制动力。再生制动装置响应于制动操作的状态而导致在前轮或后轮处产生再生制动力。

依据上述的用于车辆的制动装置，为了确保车轮所需的总制动力，通过在至少施加有再生制动力的制动过程中逐渐地用受控液压制动力替换再生制动力来进行制动力替换控制（即用受控液压制动力来替换再生制动力）。

将参照图 9 来解释制动力替换控制。图 9 中的上方视图示出制动力和时间之间的相互关系，而下方视图示出制动踏板行程和时间之间的相互关系。在 t_1 处，驾驶人员开始压下运动车辆中的制动踏板。从 t_1 到 t_2 ，制动踏板以预定的压下速率移动。从 t_2 到 t_3 ，制动踏板的压下量是恒定的。从 t_1 到 t_3 ，基础液压制动力（图 9 中具有从左下角到右上角的上升斜线、标为“VB 液压”的部分）和再生制动力（图 9 中具有从右下角到左上角的上升斜线、标为“再生制动力”的部分）施加到车轮。也就是说，进行再生协作制动。

当车速降低时，再生制动力相应地减少，这会导致车轮所需总制动力中的再生制动力的不足。再生制动力的匮乏通过受控液压制动力（图 9 中

具有从右下角到左上角的上升斜线、标为“ESC 加压”的部分)来弥补或补偿。也就是说,制动力替换控制以在 t_3 处开始及在 t_4 处结束的方式进行。

如图 10 所示,当车速在 t_3 处达到预定速度(即开始替换车速) V_{a1} 时,再生制动力开始减少。当车速进一步减少而达到预定速度(即结束替换车速) V_{b1} 时,停止施加再生制动力。也就是说,制动力替换控制在车速达到预定速度 V_{a1} 时开始并在车速达到预定速度 V_{b1} 时结束。相应地,在点 t_4 之后,基础液压制动力和受控液压制动力施加到车轮,并且车辆最终在 t_5 处停止。

依据 JP2006-21745A 中所公开的用于车辆的制动装置,当在 t_3 和 t_4 之间执行制动力替换控制时,由于将受控液压施加到轮缸的泵的操作,制动踏板不通过驾驶人员的进一步操作就进一步压下或下降,即踏板行程大于在 t_2 和 t_3 之间的时间段内所获得的行程。因此,驾驶人员可能会有一种不舒服的感觉——制动踏板不通过他或她的进一步操作就进一步地压下或下降。

特别地,比较图 10 和图 11——其中车辆的减速度比图 10 中的要大——所示的情形,由于较大的减速度,图 11 中车速达到结束替换车速的时间段较小,即使制动力替换控制以相同的再生制动力在相同的时间 t_3 处开始。也就是说,在图 11 中,再生制动力的减少率大,从而,虽然踏板行程的量相同,制动踏板的压下率变大。相应地,车辆的驾驶人员可能会有一种不舒服的感觉——制动踏板不通过进一步操作就突然压下。

此外,在用受控液压制动力替换再生制动力的情形中,在替换开始时由泵供应的制动液变得不足,从而可能会发生受控液压制动力的启动延迟,因此不能保持替换前所获得的减速度。

从而,需要一种用于车辆的制动装置,其可通过在制动力替换控制过程中获得特定的压下率来提供改善的制动感觉。进一步地,还需要一种用于车辆的制动装置,其可在替换开始时防止因泵供应的制动液不足而导致的受控液压制动力的启动延迟,以保持替换前所获得的减速度。

发明内容

依据本发明的一个方面,一种用于车辆的制动装置包括液压制动装置

和再生制动装置，所述液压制动装置包括主缸、泵、液压控制阀和流体通道，并响应于制动操作由所述主缸产生基础液压，从而将所产生的基础液压施加到设置于各车轮处的轮缸，所述轮缸通过设置有所述液压控制阀的所述流体通道连接到主缸，从而在车轮处产生基础液压制动力，所述液压制动装置通过由电动机驱动所述泵来产生受控液压，从而将所产生的受控液压施加到所述轮缸而在车轮处产生受控液压制动力；所述再生制动装置响应于制动操作的状态在任意车轮处产生再生制动力，其特征在于，所述用于车辆的制动装置进一步包括制动力替换控制装置，用于在至少施加有再生制动力的制动中用受控液压制动力逐渐替换再生制动力，以实现制动力替换控制的目的，从而通过以处于预定范围内的变化率减少再生制动力以及通过响应于该再生制动力的减少而增加受控液压制动力来确保车轮所需的总制动力。

依据上述发明，在制动力替换控制装置向车轮至少施加再生制动力的制动中，再生制动力以处于预定范围内的变化率减少且受控液压制动力响应于该再生制动力的减少而增加，从而逐渐地用受控液压制动力来替换再生制动力，以实现可确保车轮所需的总制动力的制动力替换控制。从而，及时在大减速度的制动时，用于制动力替换控制的再生制动力能以处于预定范围内的变化率减少，其可使得在通过泵的操作来施加受控液压时所获得的制动踏板下压速率被规定在驾驶人员对制动踏板的进一步下压不再感觉异常的程度内。

附图说明

通过下文参照附图的详细描述，本发明上述及其它的特征与特性将变得更为清楚，其中：

图 1 为示意图，示出采用了依据本发明实施方式的用于车辆的制动装置的混合动力车辆的结构；

图 2 为示意图，示出依据本发明实施方式的混合动力车辆中的液压制动装置的结构；

图 3 为依据第一实施方式的各目标再生制动力的开始替换车速和车辆减速度之间的相关图；

图 4 为依据第一实施方式的各目标再生制动力的结束替换车速和车辆

减速度之间的相关图；

图 5 为依据第一实施方式的制动 ECU 所执行的控制程序的流程图；

图 6 为依据第一实施方式的制动 ECU 所执行的控制程序的另一流程图；

图 7 为时间图，示出依据第一实施方式的在开始替换车速变动的情形中的制动力替换控制；

图 8 为时间图，示出依据第一实施方式的在结束替换车速变动的情形中的制动力替换控制；

图 9 为时间图，示出依据第一实施方式的制动力组成与制动踏板行程之间的关系；

图 10 为时间图，示出依据第一实施方式的制动力替换控制，其不在制动力替换控制过程中提供不舒服的踏板感觉；

图 11 为时间图，示出依据传统装置的制动力替换控制，其提供不舒服的踏板感觉；

图 12 的视图示出依据第二实施方式的轮缸压力和制动踏板行程之间的关系种的迟滞；

图 13 为依据第二实施方式的制动 ECU 所执行的控制程序的流程图；

图 14 为依据第二实施方式的制动 ECU 所执行的控制程序的另一流程图；

图 15 为时间图，示出依据第二实施方式的制动力组成、各制动力的目标值以及制动踏板行程之间的关系；

图 16 为时间图，示出依据第二实施方式的第一可选实施方式的制动力组成、各制动力的目标值以及制动踏板行程之间的关系；

图 17 为依据第二实施方式的第二可选实施方式的制动 ECU 所执行的控制程序的流程图；

图 18 的视图示出依据第三实施方式的轮缸压力和制动踏板行程量之间的关系；

图 19A 和 19B 为时间图，示出依据第三实施方式的制动力组成和制动踏板行程之间的关系；

图 20 为依据第三实施方式的制动 ECU 所执行的再生协作控制的流程图；

图 21 为依据第三实施方式的制动 ECU 所执行的再生协作控制中映射判定过程的流程图；

图 22 的视图示出再生要求液压随时间变化的特性；

图 23 为依据第三实施方式的可选实施方式的映射判定过程的流程图；

图 24A 和 24B 为时间图，示出依据第三实施方式的可选实施方式的制动力组成和制动踏板行程之间的关系；

图 25A 和 25B 为时间图，示出依据传统装置的制动力组成和制动踏板行程之间的关系；

图 26 为示出依据第四实施方式的制动力组成的时间图；

图 27 为依据第四实施方式的电动机转速设定过程的流程图；

图 28 为时间图，示出在依据第四实施方式执行电动机转速设定过程时再生制动力和电动机转速的变化；

图 29 为轮缸压力每单位时间的变化量的计算过程的流程图；以及

图 30 的视图示出对于各轮缸压力每单位时间的变化量的轮缸压力和电动机转速之间的关系。

具体实施方式

将参照附图来解释用于混合动力车辆中的依据本发明第一实施方式的用于车辆的制动装置 1。图 1 的示意图示出混合动力车辆的结构。图 2 的示意图示出混合动力车辆的液压制动装置的结构。在混合动力车辆中，驱动轮——即例如左前轮 FL 和右前轮 FR——由图 1 所示的混合动力系统驱动。混合动力系统为组合使用两种动力源——即发动机 11 和电动机 12——的动力系。依据本发明，使用了并行混合动力系统，其中发动机 11 和

电动机 12 都直接驱动车轮。除了并行混合动力系统之外，还已知有串联混合动力系统，其中电动机驱动车轮而发动机用作电动机的电力供应源。

结合有并行混合动力系统的混合动力车辆包括发动机 11 和电动机 12。发动机 11 的驱动力通过动力分配机构 13 和动力传输机构 14 传输到驱动轮，即依据本实施方式的左前轮 FL 和右前轮 FR。电动机 12 的驱动力通过动力传输机构 14 传输到驱动轮。动力分配机构 13 将发动机 11 的驱动力适当地分成车辆驱动力和发电机驱动力。动力传输机构 14 响应于车辆的运行状态而适当地合成发动机 11 和电动机 12 的驱动力并将之传输到驱动轮。动力传输机构 14 在 0 到 100% 与 100% 到 0 之间的范围内调节发动机 11 所传输的驱动力相对于电动机 12 所传输的驱动力的百分比。动力传输机构 14 包括有变速功能。

电动机 12 辅助发动机 11 的输出，从而增加施加到车轮 FL 和 FR 的驱动力。在车辆制动时，电动机 12 还通过产生电能来对电池 17 进行充电。发电机 15 在接收到发动机 11 的输出时产生电能并在发动机启动时起到启动器的作用。电动机 12 和发电机 15 电连接到与电池 17 电连接的逆变器 16，该电池用作直流电源。逆变器 16 将来自于电动机 12 和发电机 15 的交流电压输入转换成直流电压，该直流电压然后供应到电池 17；以及相反地，将来自于电池 17 的直流电压输入转换成交流电压，该交流电压然后供应到电动机 12 和发电机 15。

依据本实施方式，电动机 12、逆变器 16 以及电池 17 构成再生制动装置 A。再生制动装置 A 响应于由制动操作状态检测装置所检测的制动操作状态导致在前轮或后轮处（准确地，是由依据本实施方式作为驱动源的电动机 12 所驱动的左前轮 FL 和右前轮 FR）产生再生制动力。

制动操作状态为制动踏板（制动操作构件）21 的操作状态，例如制动踏板 21 的行程量、制动踏板压力（即，制动踏板 21 的下压）以及与制动踏板压力相关的主缸压力。检测这些制动操作状态的制动操作状态检测装置由用于检测制动踏板 21 行程量的踏板行程传感器 21a、用于检测主缸压力的压力传感器 P 等构成。

发动机 11 由发动机 ECU（电子控制单元）18 控制，该 ECU 18 通过遵循来自于混合动力 ECU（控制装置）19 的发动机输出要求值向可电气控制的节气门（未示）输出打开指令，以控制发动机 11 的转数。

逆变器 16 连接到混合动力 ECU 19, 使得逆变器 16 和混合动力 ECU 19 彼此连通。混合动力 ECU 19 基于加速器开度和换档位置 (其通过来自于未示出的换档位置传感器的换档位置信号输入而计算) 来计算所需要的发动机输出 (即发动机输出要求值)、电动机扭矩 (即电动机扭矩要求值) 以及发电机扭矩 (即发电机扭矩要求值)。计算出的发动机输出要求值传输到发动机 ECU 18, 从而可以控制发动机 11 的驱动力。混合动力 ECU 19 基于计算出的电动机扭矩要求值和发电机扭矩要求值通过逆变器 16 来控制电动机 12 和发电机 15。另外, 为了监控电池 17 的充电状态、充电电流等, 电池 17 连接到混合动力 ECU 19。进一步地, 为了检测加速器开度, 组装在加速踏板 (未示) 上的加速器开度传感器 (未示) 连接到混合动力 ECU 19, 从而, 混合动力 ECU 19 输入来自于加速器开度传感器的加速器开度信号。

混合动力车辆包括用于将液压制动力直接施加到各车轮 FL、FR、RL 和 RR 从而制动车辆的液压制动力装置 B。如图 2 所示, 依据液压制动力装置 B, 响应于通过压下制动踏板 21 所获得的制动操作状态, 在主缸 23 产生基础液压。所产生的基础液压直接分别施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR 的轮缸 WC1、WC2、WC3 和 WC4, 所述轮缸分别通过设置有液压控制阀 31 和 41 的流体通道 Lf 和 Lr 连接到主缸 23, 从而导致在各车轮 FL、FR、RL 和 RR 处产生与基础液压对应的基础液压制动力。同时, 液压制动力装置 B 将独立于所述基础液压获得的受控液压施加到相应车轮 FL、FR、RL 和 RR 的轮缸 WC1、WC2、WC3 和 WC4, 该受控液压响应于制动操作状态通过泵 37 和 47 的驱动以及液压控制阀 31 和 41 的控制而产生。液压制动力装置 B 可以在各车轮 FL、FR、RL 和 RR 处产生受控液压制动力。

液压制动力装置 B 包括真空助力器 22、主缸 23、储液罐 24 以及制动致动器 (受控液压制动力产生装置) 25。真空助力器 22 是用于通过从发动机 11 向结合在真空助力器 22 中的隔膜施加歧管空气压力来辅助和促进 (即增加) 在驾驶人员压下制动踏板 21 时产生的制动操作力的助力设备。主缸 23 产生具有基础液压的制动液 (或油) 并将该制动液供应到轮缸 WC1 至 WC4, 所述基础液压响应于由真空助力器 22 增加的制动操作 (即制动踏板 21 的操作状态) 而获得。储液罐 24 存储制动液并为主缸 23 补充制动液。制动致动器 25 设置在主缸 23 和轮缸 WC1 至 WC4 之间, 以产生受控液压。制动踏板 21、真空助力器 22、主缸 23 以及储液罐 24 构成基础液压制动力产生装置。

在液压制动装置 B 中，采用了前制动系统和后制动系统。也就是说，主缸 23 的第一液压室 23d 和第二液压室 23f 分别连接到流体通道 Lr 和 Lf，如图 2 所示。流体通道 Lr 使得第一液压室 23d 分别与左后轮 RL 和右后轮 RR 的轮缸 WC3 和 WC4 连通，而流体通道 Lf 使得第二液压室 23f 分别与左前轮 FL 和右前轮 FR 的轮缸 WC1 和 WC2 连通。

当每个轮缸 WC1、WC2、WC3 和 WC4 都通过流体通道 Lf 和 Lr 从主缸 23 接收液压（即基础液压和受控液压）时，轮缸 WC1、WC2、WC3 和 WC4 导致分别设置于轮缸 WC1、WC2、WC3 和 WC4 处的制动装置 BK1、BK2、BK3 和 BK4 操作，从而液压制动力（即基础液压制动力和受控液压制动力）施加在各车轮 FL、FR、RL 和 RR 上。制动装置 BK1、BK2、BK3 和 BK4 中的每一个都由盘式制动器、鼓式制动器等构成，其中例如制动片和制动靴的摩擦构件限制集成设置在各车轮中的盘形转子、制动鼓等的转动。

将参照图 2 详细地描述制动致动器 25。已知类型的制动致动器 25 包括全部都封装在单个壳体中的液压控制阀 31 和 41，例如增压控制阀 32、33、42 和 43 及减压控制阀 35、36、45 和 46 的 ABS（防抱死制动系统）控制阀，压力控制贮液器 34 和 44，泵 37 和 47，以及电动机 M。

下面将解释制动致动器 25 的前制动系统。由差压控制阀构成的液压控制阀 31 设置在流体通道 Lf。液压控制阀 31 通过制动 ECU（控制装置）60 在连通确立状态和差压状态之间切换。当通常处于连通确立状态的液压控制阀 31 设成差压状态时，与轮缸 WC1 和 WC2 相连的流体通道 Lf2 可保持在比连接到主缸 23 的流体通道 Lf1 高预定压力（即差压）的较高压力上。响应于控制电流，所述预定差压由制动 ECU 60 调节。

流体通道 Lf2 分成两个部分，其中之一设置有用于以 ABS 控制的增压模式来控制施加到轮缸 WC1 的制动液压的增加的增压控制阀 32，而其中的另一个设置有用于以 ABS 控制的增压模式来控制施加到轮缸 WC2 的制动液压的增加的增压控制阀 33。增压控制阀 32 和 33 都由双位阀构成，该双位阀可通过制动 ECU 60 控制在连通确立状态（即打开状态）和连通中断状态（即关闭状态）之间。当增压控制阀 32 和 33 受控而处于打开状态时，通过主缸 23 获得的基础液压和/或通过泵 37 的驱动（即通过泵 37 的抽吸或加压）以及液压控制阀 31 的控制所获得的受控液压可施加到各轮缸 WC1 和 WC2。此外，增压控制阀 32 和 33 可以与减压控制阀 35 和 36 以及泵 37 一起执行 ABS 控制。

在不进行 ABS 控制的正常制动状态的情形中，增压控制阀 32 和 33 受控处于正常打开状态。进一步地，安全阀 32a 和 33a 彼此并联地分别设置在增压控制阀 32 和 33 处，利用上述安全阀，在 ABS 控制时，当制动踏板 21 释放时制动液从轮缸 WC1 和 WC2 返回储液罐 24。

布置在增压控制阀 32 和 33 与轮缸 WC1 和 WC2 之间的流体通道 Lf2 通过流体通道 Lf3 与压力控制贮液器 34 的贮液器孔 34a 连通。减压控制阀 35 和 36 设置在流体通道 Lf3 处并通过制动 ECU 60 控制在连通确立状态（即打开状态）和连通中断状态（即关闭状态）之间。在正常制动状态时（即不执行 ABS 控制），减压控制阀 35 和 36 受控处于正常关闭状态。减压控制阀 35 和 36 适当地打开，以从而通过流体通道 Lf3 将制动液送到压力控制贮液器 34。相应地，可以控制轮缸 WC1 和 WC2 处的制动液压，以防止车轮锁死的倾向。

进一步地，泵 37 和安全阀 37a 设置在流体通道 Lf4 处，该流体通道 Lf4 将布置在液压控制阀 31 与增压控制阀 32 和 33 之间的流体通道 Lf2 连接到压力控制贮液器 34 的贮液器孔 34a。此外，流体通道 Lf5 设置成使压力控制贮液器 34 的贮液器孔 34b 通过流体通道 Lf1 连接到主缸 23。响应于来自于制动 ECU 60 的指令，泵 37 由电动机 M 驱动。在 ABS 控制的减压模式下，泵 37 抽吸轮缸 WC1 和 WC2 中的制动液或者是存储在压力控制贮液器 34 中的制动液，然后通过处于打开状态的液压控制阀 31 将制动液返回到主缸 23。进一步地，在获得受控液压以稳定地控制车辆操作的情形中——例如在 ESC（电子稳定控制）、牵引控制和制动辅助控制中，泵 37 通过流体通道 Lf1 和 Lf5 抽吸主缸 23 和压力控制贮液器 34 中的制动液，然后通过流体通道 Lf4 和 Lf2 及处于打开状态的增压控制阀 32 和 33 将制动液排出到各轮缸 WC1 和 WC2，从而可以在切换到差压状态的液压控制阀 31 处产生差压。为了吸收从泵 37 排出的制动液的脉冲，阻尼器 38 设置在流体通道 Lf4 中位于泵 37 的上游侧。

为了检测与主缸 23 中的制动液压力对应的主缸压力，压力传感器 P 设置在流体通道 Lf1 处。压力传感器 P 的检测信号传输到制动 ECU 60。可选地，压力传感器 P 可设置在流体通道 Lr1 处。将主缸压力看作制动操作状态。

制动踏板 21 的踏板行程也被考虑为制动操作状态。踏板行程通过设置在制动踏板 21 处的踏板行程传感器 21a 检测。踏板行程传感器 21a 的检

测信号传输到制动 ECU 60。在图 1 和 2 中，示出了压力传感器 P 和踏板行程传感器 21a。然而，依据本实施方式，仅有压力传感器 P 安装在用于车辆的制动装置 1 中。作为其它实施方式的示例，可设置踏板行程传感器 21a 以替代压力传感器 P。

制动致动器 25 的后制动系统具有与前制动系统类似的结构。也就是说，与前制动系统的流体通道 Lf 相同，构成后制动系统的流体通道 Lr 包括流体通道 Lr1、Lr2、Lr3、Lr4 和 Lr5。与液压控制阀 31 对应的液压控制阀 41 和与压力控制贮液器 34 对应的压力控制贮液器 44 设置在流体通道 Lr 处。然后，与贮液器孔 34a 和 34b 对应的贮液器孔 44a 和 44b 设置在压力控制贮液器 44 处。与前轮管路中的增压控制阀 32 和 33 对应的增压控制阀 42 和 43 设置在分成分别与轮缸 WC3 和 WC4 连通的两个部分的流体通道 Lr2 处。此外，与前轮管路中的减压控制阀 35 和 36 对应的减压控制阀 45 和 46 设置在流体通道 Lr3 处。进一步地，与前轮管路中的泵 37、安全阀 37a、阻尼器 38 对应的泵 47、安全阀 47a、阻尼器 48 设置在流体通道 Lr4 处。进一步地，与前轮管路中的安全阀 32a 和 33a 对应的安全阀 42a 和 43a 彼此并联地分别布置在增压控制阀 42 和 43 处。

因此，可通过在相应车轮 FL、FR、RL 和 RR 的轮缸 WC1、WC2、WC3 和 WC4 上施加受控液压而在各车轮 FL、FR、RL 和 RR 处产生受控液压制动力，所述受控液压通过泵 37 和 47 的驱动以及液压控制阀 31 和 41 的控制获得。

如图 1 所示，用于车辆的制动装置 1 包括车轮速度传感器 Sf1、Sfr、Srl 和 Srr。分别设置在车轮 FL、FR、RL 和 RR 附近的车轮速度传感器 Sf1、Sfr、Srl 和 Srr 响应于各车轮 FL、FR、RL 和 RR 的转动向制动 ECU 60 输出具有频率的脉冲信号。

用于车辆的制动装置 1 包括与车轮速度传感器 Sf1、Sfr、Srl 和 Srr、压力传感器 P、控制阀 31、32、33、35、36、41、42、43、45 和 46 以及电动机 M 相连的制动 ECU 60。制动 ECU 60 基于来自于上述各传感器的检测信号在液压制动装置 B 的各控制阀 31、32、33、35、36、41、42、43、45 和 46 上进行状态切换控制或电流供应控制，以控制施加在轮缸 WC1 到 WC4 的受控液压，即施加到各车轮 FL、FR、RL 和 RR 的受控液压制动力。

进一步地，制动 ECU 60 连接到混合动力 ECU 19，使得二者彼此连通。制动 ECU 60 在由电动机 12 进行的再生制动和液压制动之间执行协作控制，

使得车辆的总制动力可等于仅采用液压制动的车辆的制动力。准确地，响应于驾驶人员的制动需求——即制动操作状态，制动 ECU 60 向混合动力 ECU 19 输出再生制动装置遵循的再生要求值，作为再生制动装置的目标值，即目标再生制动力。通过考虑车速、电池充电状态等，混合动力 ECU 19 基于输入的再生要求值（即目标再生制动力）来计算作为再生制动实际施加的实际再生值。然后，混合动力 ECU 19 通过逆变器 16 控制电动机 12，使得电动机 12 可以产生与计算出的实际再生值对应的再生制动力，并且将计算出的再生执行值输出到制动 ECU 60。

在其间至少施加有再生制动力的制动期间，制动 ECU 60 执行制动力替换控制（制动力替换控制装置）。依据制动力替换控制，再生制动力逐渐被受控液压制动力替换，同时确保车轮 FL、FR、RL 和 RR 所需要的总制动力。特别地，再生制动力以处于预定范围内的变化率减少，同时受控液压制动力响应于再生制动力的减少而增加。

制动 ECU 60 还包括用于存储如图 3 所示的第一映射或算式以及如图 4 所示的第二映射或算式的存储单元 61（存储装置）。第一映射或算式指示用于各目标再生制动力的开始替换车速 V_a 和减速度 ΔV 之间的关系。开始替换车速 V_a 为再生制动力减少——即制动力替换控制——开始时的车速。第二映射或算式指示用于各目标再生制动力的结束替换车速 V_b 和减速度 ΔV 之间的关系。结束替换车速 V_b 为再生制动力减少——即制动力替换控制——完成时的车速。结束替换车速 V_b 规定成小于开始替换车速 V_a 。

在第一映射中，当目标再生制动力 F_{rb}^* 限定成 F_{rb1} 、 F_{rb2} 、 F_{rb3} 等时，开始替换车速 V_a 和减速度 ΔV 之间的关系限定成 f_1 、 f_2 、 f_3 等。 F_{rb1} 、 F_{rb2} 、 F_{rb3} 等之间设有预定的间隔。

如图 10 所示，当在制动力替换控制（即用受控液压制动力来替换再生制动力）过程中（即图 10 中 t_3 与 t_4 之间的时间段），通过泵 37 和 47 的操作而施加受控液压时，制动踏板 21 不通过驾驶人员的进一步操作就进一步地压下或下降。此时，踏板行程大于到 t_3 时所获得的踏板行程。也就是说，在开始制动力替换控制时，制动踏板 21 不通过驾驶人员的进一步操作就进一步压下或降低。在制动踏板 21 的下压速度——即 V_{bp} ——大于预定速度 V_{bp}^* 的情形中，驾驶人员有制动踏板突然压下或下降的不舒服的感觉，并且，在另一方面，当下压速度 V_{bp} 小于预定速度 V_{bp}^* 时，驾驶人员没有感觉到这种不舒服。

制动踏板下压速度 V_{bp} 与再生制动力的减少速率（即减少率）之间彼此相关。当下压速度 V_{bp} 大于预定速度 V_{bp}^* 时——即再生制动力的减少率 ΔFrb 大于与预定速度 V_{bp}^* 对应的预定变化率 ΔFrb^* 时，驾驶人员有制动踏板突然压下或下降的不舒服的感觉。当下压速度 V_{bp} 小于预定速度 V_{bp}^* 时——即再生制动力的减少率 ΔFrb 小于预定变化率 ΔFrb^* 时，驾驶人员没有感觉到不舒服。也就是，预定速度 V_{bp}^* ——即预定变化率 ΔFrb^* ——是判断驾驶人员是否感到不舒服的阈值。在此情形中，预定变化率 ΔFrb^* 可具有一预定的范围。该预定范围应当规定成与在驾驶人员没有感到不舒服时的制动踏板 21 下压速度相对应。

如图 11 所示，在与图 10 所示的情形——其中减速度 ΔV 较小从而使制动力替换控制在相同时间 t_3 处以相同的再生制动力开始驾驶人员也没有感到不舒服——相比减速度 ΔV 较大的情形中，因为大的减速度 ΔV ，车速达到替换结束车速 V_{b1} （即 t_{4a} ）的时间段较短。再生制动力的变化率 ΔFrb 大于预定变化率 ΔFrb^* ，从而，即使踏板行程的总量相同，制动踏板的下压速度 V_{bp} 也会大于预定速度 V_{bp}^* 。

为了把再生制动力的变化率 ΔFrb 降低至预定变化率 ΔFrb^* 或者低于预定变化率 ΔFrb^* 、从而使得在如图 11 所示的车速加速度较大的情形中制动踏板的下压速度 V_{bp} 降低至预定速度 V_{bp}^* 或者低于预定速度 V_{bp}^* ，可以基于在替换控制开始时的再生制动力是固定的（与图 10 所示相同）且结束替换车速 V_b 固定为 V_{b1} 的假设来把开始替换车速 V_a 从 V_{a1} 变到大于 V_{a1} 的 V_{a2} 。开始替换车速 V_{a2} 规定为：通过该开始替换车速 V_{a2} ，使得再生制动力的减少率 ΔFrb 等于预定变化率 ΔFrb^* ，即，使得制动踏板的下压速度 V_{bp} 等于预定速度 V_{bp}^* 。此外，减速度 ΔV 越大，开始替换车速 V_a 就越大。

同时，在减速度 ΔV 较小、从而即使制动力替换控制在相同时间 t_3 处以相同的再生制动力开始驾驶人员也没有感到不舒服的情形中，因为小的减速度 ΔV ，车速达到结束替换车速 V_{b1} 的时间段是长的，即车速在图 10 所示的点 t_4 之后达到结束替换车速 V_{b1} 。也就是说，再生制动力的变化率 ΔFrb 小于预定变化率 ΔFrb^* 、从而制动踏板的下压速度 V_{bp} 小于预定速度 V_{bp}^* ，这防止驾驶人员感觉到不舒服。因此，当减速度 ΔV 小于预定值 ΔV_α 时，不需要改变开始替换车速 V_a 。预定值 ΔV_α 为判断再生制动力变化率 ΔFrb 是否大于预定变化率 ΔFrb^* ——即制动踏板下压速度 V_{bp} 是否

大于预定速度 V_{bp}^* 的阈值、从而判定改变开始替换车速 V_a 的必要性。

如上所述,当减速度 ΔV 小于预定值 ΔV_α 时,不需要改变开始替换车速 V_a 。此外,当减速度 ΔV 大于预定值 ΔV_α 时,响应于减速度 ΔV 的增加,开始替换车速 V_a 应规定得较大。因此,在开始替换车速 V_a 和减速度 ΔV 之间的关系——即图 3 所示的第一映射中的 f_1 、 f_2 、 f_3 等中,当各减速度 ΔV 小于各预定值 $\Delta V_{\alpha 1}$ 、 $\Delta V_{\alpha 2}$ 、 $\Delta V_{\alpha 3}$ 等时,开始替换车速 V_a 规定成是恒定的,而在另一方面,当各减速度 ΔV 大于各预定值 $\Delta V_{\alpha 1}$ 、 $\Delta V_{\alpha 2}$ 、 $\Delta V_{\alpha 3}$ 等时,响应于减速度 ΔV 的增加,开始替换车速 V_a 规定得较大。

上述的开始替换车速 V_a 和减速度 ΔV 之间的关系——即 f_1 、 f_2 、 f_3 等——按照再生制动力的大小而从上到下地排列。这是因为:为了在替换控制开始时在相同的减速度 ΔV 下改变再生制动力的大小、从而使得再生制动力变化率 ΔFrb 等于预定变化率 ΔFrb^* ,需要响应于替换控制开始时的再生制动力的大小来将开始替换车速 V_a 规定得较大。

然后,在图 4 所示的第二映射中,当目标再生制动力 Frb^* 限定成 Frb_1 、 Frb_2 、 Frb_3 等时,结束替换车速 V_b 与减速度 ΔV 之间的关系定义成 g_1 、 g_2 、 g_3 等。 Frb_1 、 Frb_2 、 Frb_3 等设成其间具有预定的间隔。

如图 11 所示,在与图 10 所示的情形——其中减速度 ΔV 较小从而驾驶人员没有感到不舒服——相比减速度 ΔV 较大的情形中,为了将再生制动力的变化率 ΔFrb 降低至预定变化率 ΔFrb^* 或低于预定变化率 ΔFrb^* 、从而使得在替换控制开始时的再生制动力是固定的(与图 10 所示相同)且开始替换车速 V_a 固定为 V_{a1} 时制动踏板的下压速度 V_{bp} 降低至预定速度 V_{bp}^* 或低于预定速度 V_{bp}^* ,结束替换车速 V_b 可从 V_{b1} 改变成小于 V_{b1} 的 V_{b2} 。结束替换车速 V_{b2} 规定为使得再生制动力的减少率 ΔFrb 等于预定变化率 ΔFrb^* ,即,使得制动踏板的下压速度 V_{bp} 等于预定速度 V_{bp}^* 。此外,减速度 ΔV 越大,结束替换车速 V_b 就越小。同时,在减速度 ΔV 较小从而驾驶人员没有感到不舒服的情形中,减速度 ΔV 小于预定值 ΔV_α ,从而不需要改变结束替换车速 V_b 。

如上所述,当减速度 ΔV 小于预定值 ΔV_α 时,不需要改变结束替换车速 V_b 。此外,当减速度 ΔV 大于预定值 ΔV_α 时,响应于减速度 ΔV 的增加,结束替换车速 V_b 应规定得较小。因此,在结束替换车速 V_b 和减速度 ΔV 之间的关系——即图 4 所示的第二映射中的 g_1 、 g_2 、 g_3 等中,当各减速

度 ΔV 小于各预定值 $\Delta V\alpha 1$ 、 $\Delta V\alpha 2$ 、 $\Delta V\alpha 3$ 等时,结束替换车速 V_b 规定成是恒定的,而在另一方面,当各减速度 ΔV 大于各预定值 $\Delta V\alpha 1$ 、 $\Delta V\alpha 2$ 、 $\Delta V\alpha 3$ 等时,响应于减速度 ΔV 的增加,结束替换车速 V_b 规定得较小。

上述的结束替换车速 V_b 和减速度 ΔV 之间的关系——即 g_1 、 g_2 、 g_3 等——按照再生制动力的大小而从下到上地排列。这是因为:为了在替换控制开始时在相同的减速度 ΔV 下改变再生制动力的大小、从而使得再生制动力变化率 ΔFr_b 等于预定变化率 ΔFr_b^* ,需要响应于替换控制开始时的再生制动力的大小来将结束替换车速 V_b 规定得较小(即结束替换再生制动力较小)。

结束替换车速 V_b 由结束替换车速下限 V_{bL} 限制,使得结束替换车速 V_b 不会落到结束替换车速下限 V_{bL} 之下。从而能够可靠地防止在低车速范围中的错误操作。

制动ECU 60中的存储单元61预先存储指示制动操作状态与目标总制动力之间的关系的映射、表格或算式,其中所述制动操作状态对等于主缸压力(或制动踏板21的行程),所述目标总制动力响应于制动操作状态施加到车轮FL、FR、RL和RR。另外,存储单元61预先存储指示制动操作状态与基础液压制动力之间的关系的映射、表格或算式,其中所述制动操作状态对等于主缸压力,所述基础液压制动力响应于制动操作状态施加到车轮FL、FR、RL和RR。进一步地,储存单元61预先储存指示制动操作状态与目标再生制动力之间的关系的映射、表格或算式,其中所述制动操作状态对等于主缸压力,所述目标再生制动力响应于制动操作状态施加到车轮FL、FR、RL和RR。制动ECU 60存储如图5和6所示的协作控制程序(车辆制动控制程序)。

将参照图5和6所示的流程图解释具有上述结构的用于车辆的制动装置1的操作。例如,当车辆的点火开关(未示)处于ON的状态时,制动ECU 60以预定的时间间隔(即计算出的时间段) T 执行对应于该流程图的程序。在步骤102中,制动ECU 60输入来自于压力传感器P的指示制动操作状态的主缸压力,然后在步骤104中基于该输入的主缸压力计算目标总制动力 $F_{tb}^*(n)$ 。此时,制动ECU 60使用预先存储并指示主缸压力——即制动操作状态——与施加到车轮FL、FR、RL和RR上的目标总制动力之间的关系的映射、表格或算式。

当在步骤 106 中判断出标记 F 等于 0 时——其指示没有执行制动力替换控制，则在步骤 108 中制动 ECU 60 基于所输入的主缸压力计算目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。此时，制动 ECU 60 使用预先存储并指示主缸压力——即制动操作状态——与施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR 上的目标再生制动力之间的关系的映射、表格或算式。

在另一方面，当在步骤 106 中判断出标记 F 等于 1 时——其指示执行了制动力替换控制，则在步骤 110 中制动 ECU 60 通过与步骤 104 中所进行的计算不相同的其它方法来计算制动力替换控制过程中的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。准确地，制动 ECU 60 执行如图 6 所示的制动力替换控制过程中的目标再生制动力的计算子程序。

每次在步骤 200 中执行子程序时，在步骤 202 中，制动 ECU 60 基于分别从轮速传感器 Sfl、Sfr、Srl 和 Srr 输入的各车轮 FL、FR、RL 和 RR 的轮速来计算车速 V。此时，可选地，可独立地设置用于检测车速的速度传感器，使得所检测到的车速可输入到制动 ECU 60。

当在步骤 204 中判断出标记 F 等于 0 时，则目前不执行制动力替换控制，并且因此制动 ECU 60 执行从步骤 206 到步骤 210 的过程，以判定制动力替换控制的开始替换车速 V_a 和结束替换车速 V_b 。另一方面，当在步骤 204 中判断出标记 F 等于 1，则当前执行制动力替换控制，并且因此制动 ECU 60 跳过从步骤 206 到步骤 210 的过程并且程序前进到步骤 212，因为不需要制动力替换控制的开始替换车速 V_a 和结束替换车速 V_b 。

在从步骤 206 到步骤 210 的过程中，制动 ECU 60 判定制动力替换控制的开始替换车速 V_a 和结束替换车速 V_b 。在步骤 206 中制动 ECU 60 基于计算出的车速 V 计算减速度 ΔV （即减速度检测装置）。此时，通过先前已计算并存储的每隔预定时间间隔的车速 V 以及当前所计算出的车速 V 来获得减速度 ΔV 。例如，当前所计算出的车速 V 与先前所计算出的车速 V 之间的差除以计算时间长度 T。在此情形中，可选地，可独立地设置用于检测车辆纵向加速度的加速度传感器，使得检测到的加速度输入到制动 ECU 60。

在步骤 208 中，制动 ECU 60 从第一映射中选择与先前计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 相符的关系。例如，当目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 等于 F_{rb1} 时，选择关系 f1。在步骤 210 中，制动 ECU 60 使用所选择的关系响应于所计算出的减速度 ΔV 来计算开始替换车速 V_a 。在此情形中，仅仅

改变了开始替换车速 V_a ，而结束替换车速 V_b 保持为固定值 V_{b1} 。

从步骤 208 到步骤 210，可采用第二映射来计算结束替换车速 V_b ，以仅仅改变结束替换车速 V_b 并将开始替换车速 V_a 保持为固定值 V_{a1} 。可选地，可使用第一映射和第二映射来计算开始替换车速 V_a 和结束替换车速 V_b ，以改变开始替换车速 V_a 和结束替换车速 V_b 。

在步骤 212 中，制动 ECU 60 比较先前计算（或输入）的车速 V 以及先前计算出的开始替换车速 V_a 。当判断出车速 V 还未达到开始替换车速 V_a 时，该子程序终止。另一方面，当判断出车速 V 达到开始替换车速 V_a 时，开始制动力替换控制，并在步骤 214 到步骤 222 中执行制动力替换控制。

也就是说，因为在步骤 214 中判断出标记 F 等于 0，所以，在步骤 216 中，制动 ECU 60 将标记 F 设为 1，从而指示正在执行制动力替换控制。直到车速 V 从开始替换车速 V_a 进一步降低而达到结束替换车速 V_b （步骤 218），制动 ECU 60 才在步骤 220 中设定目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 以预定变化率 ΔF_{rb}^* 减少。特别地，通过从前一计算程序中获得的目標再生制动力 $F_{rb}^*(n-1)$ 减去对应于预定变化率 ΔF_{rb}^* 的预定值 ΔF 而获得该目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。然后，当车速 V 达到结束替换车速 V_b 时，在步骤 222 中标记 F 设为 0 且制动力替换控制终止。

当如图 6 所示的制动力替换控制过程中的目标再生制动力计算子程序终止时，程序进行到图 5 中的步骤 112。在步骤 112 中，制动 ECU 60 基于先前计算出的目标总制动力 $F_{tb}^*(n)$ 和目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 来计算目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ （即 $F_{cfb}^*(n) = F_{tb}^*(n) - F_{rb}^*(n)$ ）。

当在步骤 114 中判断出目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 大于 0 时，制动 ECU 60 控制制动致动器 25，从而能够在步骤 116 中获得目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 。也就是说，制动 ECU 60 以下述方式控制制动致动器 25：电流供应到液压控制阀 31 和 41，从而使得当驱动电动机 M 而驱动泵 37 和 47 时，从泵 37 和 47 供应到轮缸 $WC1$ 到 $WC4$ 的制动液的液压可等于目标受控液压。因此，液压制动装置 B 将目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 施加在车轮 FL 、 FR 、 RL 和 RR 。当目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 为 0 时，制动致动器 25 不受控制。

当在步骤 118 中判断出目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 大于 0 时，在步骤

120 中, 制动 ECU 60 将在步骤 108 或步骤 110 中计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 输出到混合动力 ECU 19。然后, 混合动力 ECU 19 输入表示目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 的再生要求值, 从而基于该输入值通过逆变器 16 来控制电动机 12, 以通过考虑车速、电池充电状态等来产生再生制动力, 并且将实际再生值输出到制动 ECU 60。

因此, 在驾驶人员压下制动踏板 21 (即进行了制动操作)、同时目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 等于 0 且目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 大于 0 的情形中, 除基础液压制动力之外, 仅仅还有再生制动力施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR。

另一方面, 在驾驶人员压下制动踏板 21、同时目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 大于 0 且目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 大于 0 的情形中, 除基础液压制动力之外, 还有再生制动力以及受控液压制动力施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR。

进一步地, 在从步骤 122 到步骤 128 的过程中, 制动 ECU 60 补偿目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 和由再生制动装置 A 实际施加到前轮 FL 与 FR 或后轮 RL 与 RR 的再生制动力 $F_{rb-act}(n)$ 之间的差。具体地, 在步骤 122 中, 制动 ECU 60 从混合动力 ECU 19 输入表示与在步骤 108 或步骤 110 中所计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 相关的、由再生制动装置 A 实际施加到前轮 FL 与 FR 或后轮 RL 与 RR 的再生制动力 $F_{rb-act}(n)$ 的实际再生值。然后, 在步骤 124 中, 制动 ECU 60 计算在步骤 108 或步骤 110 中计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 与在步骤 122 中输入的实际再生制动力 $F_{rb-act}(n)$ 之间的差。当计算出的差大于预定值 a 时, 在步骤 126 中, 制动 ECU 60 检测到再生制动力变化。

当在步骤 126 中检测到再生制动力的变化时, 制动 ECU 60 以如下方式控制制动致动器 25: 在步骤 128 中, 电流供应到液压控制阀 31 和 41, 从而使得当驱动电动机 M 而驱动泵 37 和 47 时, 从泵 37 和 47 供应到轮缸 WC1 到 WC4 的制动液的液压可等于目标受控液压。因此, 液压制动装置 B 将受控液压制动力——即目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 和实际再生制动力 $F_{rb-act}(n)$ 之间的差——施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR。

同时, 在步骤 130 中, 当没有检测到再生制动力的变化时, 制动 ECU 60 停止控制制动致动器 25。

依据上述的用于车辆的制动装置 1, 如图 9 所示, 运动中的车辆的驾驶人员在时间 t_1 处开始压下制动踏板 21。然后, 制动踏板 21 以预定的下压速率移动, 直至 t_2 。从 t_2 到 t_3 , 制动踏板 21 的压下量是恒定的。在 t_1 到 t_3 之间, 基础液压制动力 (图 9 中带有从左下角到右上角的上升斜线、示为“VB 液压”的部分) 和再生制动力 (图 9 中带有从右下角到左上角的上升斜线、示为“再生制动力”的部分) 施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR (即再生协作制动)。

同时, 当车速降低时, 再生制动力因此减少。因此, 在车轮 FL、FR、RL 和 RR 所需要的总制动力中的再生制动力可能变得不足。该不足部分通过受控液压制动力 (图 9 中带有从右下角到左上角的上升斜线、示为“ESC 加压”的部分) 来弥补或补偿。这就是制动力替换控制 (即用受控液压制动力来替换再生制动力), 其在 t_3 处开始并在 t_4 处结束。

将参照图 7 来解释改变开始替换车速 V_a 以进行制动力替换控制的情形。制动 ECU 60 通过使用步骤 110 中的第一映射基于在步骤 108 中计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 与在步骤 206 中计算出的减速度 ΔV 将开始替换车速 V_a 改变到 V_{a2} 。当车速 V 在 t_{3a} 处达到 V_{a2} 时, 在步骤 216 中开始制动力替换控制。点 t_{3a} 早于在图 10 与图 11 中的 t_3 。

然后, 直至车速 V 降低至达到结束替换车速 $V_b (= V_{b1})$ (从 t_{3a} 至 t_{4a}), 目标再生制动力从在时间 t_{3a} 处在步骤 220 中所获得的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 以变化率 ΔF_{rb} 减少。从而, 图 7 中以虚线示出的具有大变化率的再生制动力可变成图 7 中以实线示出的具有小变化率 (即预定变化率 ΔF_{rb}^*) 的再生制动力, 从而防止驾驶人员感到不舒服。图 7 中以虚线示出的制动踏板的迅速下压速度可变成以实线示出的预定速度 V_{bp}^* , 从而防止驾驶人员感到不舒服。

当车速 V 达到固定的结束替换车速 $V_b (= V_{b1})$ 时 (t_{4a} 处), 停止施加再生制动力。在点 t_{4a} 之后, 基础液压制动力和受控液压制动力施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR, 使得车辆最终在 t_{5a} 处停止。

将参照图 8 来解释改变结束替换车速 V_b 以进行制动力替换控制的情形。制动 ECU 60 通过使用步骤 110 中的第二映射基于在步骤 108 中计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 与在步骤 206 中计算出的减速度 ΔV 将结束替换车速 V_b 改变到 V_{b2} 。当车速 V 在 t_3 处达到固定的开始替换车速 V_a

($=V_{a1}$) 时, 在步骤 216 中开始制动力替换控制。点 t_3 与在图 10 与图 11 中的相同。

然后, 直至车速 V 降低至达到先前限定的结束替换车速 V_{b2} (从 t_3 至 t_{4b}), 目标再生制动力从在时间 t_3 处在步骤 220 中所获得的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 以变化率 ΔF_{rb} 减少。从而, 图 8 中以虚线示出的具有大变化率的再生制动力可变成图 8 中以实线示出的具有小变化率 (即预定变化率 ΔF_{rb}^*) 的再生制动力, 从而防止驾驶人员感到不舒服。图 8 中以虚线示出的制动踏板的迅速下压速度可变成以实线示出的预定速度 V_{bp}^* , 从而防止驾驶人员感到不舒服。

当车速 V 达到 V_{b2} 时 (t_{4b} 处), 停止施加再生制动力。在点 t_{4b} 之后, 基础液压制动力和受控液压制动力施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR, 使得车辆最终在 t_{5a} 处停止。

如上所述, 依据本实施方式, 在如图 9 所示的至少施加有再生制动力的制动过程中, 用作制动力替换控制装置的制动 ECU 60 如图 7 和图 8 所示以预定变化率 ΔF_{rb}^* (或者处于预定范围内的变化率) 减少再生制动力。此外, 制动 ECU 60 响应于再生制动力的减少而增加受控液压制动力, 从而逐渐地用受控液压制动力来替换再生制动力。由此, 制动 ECU 60 执行制动力替换控制, 以确保车轮 FL、FR、RL 和 RR 所需要的总制动力。因此, 即使在加速度很大的制动过程中, 用于制动力替换控制的再生制动力以预定变化率 ΔF_{rb}^* (或处于预定范围内的变化率) 减少, 因此, 在通过泵 37 与 47 的操作来施加受控液压时所获得的制动踏板 21 下压速率可限定为速率 V_{bp}^* , 因此防止驾驶人员感到例如制动踏板突然下压的不舒服。

此外, 当车速 V 达到开始替换车速 V_a 时, 制动 ECU 60 开始制动力替换控制, 然后, 在车速 V 达到小于开始替换车速 V_a 的结束替换车速 V_b 时结束制动力替换控制。而且, 开始替换车速 V_a 和/或结束替换车速 V_b 可以变化, 从而使得在制动力替换控制中再生制动力以预定变化率 ΔF_{rb}^* (或者处于预定范围内的变化率) 减少, 从而容易及可靠地执行制动力替换控制。

因为基于制动过程中的减速度 ΔV 和再生制动力中的至少一个来限定开始替换车速 V_a 和结束替换车速 V_b , 因此可以基于减速度 ΔV 和再生制动力中的至少一个来适当地执行制动力替换控制。

如上所述, 存储单元 61 包括表示开始替换车速 V_a 与减速度 ΔV 之间的关系的第二映射, 依据该第二映射, 在减速度 ΔV 大于预定值 ΔV_α 的情形中, 开始替换车速 V_a 响应于减速度 ΔV 的增加而变大。此外, 设置减速度检测装置 (步骤 206) 来计算减速度 ΔV 。基于第二映射与减速度 ΔV 来计算开始替换车速 V_a , 从而可以容易及可靠地计算开始替换车速 V_a 。

进一步地, 存储单元 61 包括表示结束替换车速 V_b 与减速度 ΔV 之间的关系的第二映射, 依据该第二映射, 在减速度 ΔV 大于预定值 ΔV_α 的情形中, 结束替换车速 V_b 响应于减速度 ΔV 的增加而变小。此外, 设置减速度检测装置 (步骤 206) 来计算减速度 ΔV 。基于第二映射与减速度 ΔV 来计算结束替换车速 V_b , 从而可以容易及可靠地计算结束替换车速 V_b 。

进一步地, 结束替换车速 V_b 受结束替换车速下限 V_{bL} 限制, 从而可靠地防止在低车速范围中的错误操作。

依据上述实施方式, 除了图 7 所示的第一映射, 还可以使用表示在各减速度处的开始替换车速 V_a 与目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 之间的关系的映射。此映射可以与第一映射相同的方式设定。进一步地, 除了图 8 所示的第二映射, 还可以使用表示在各减速度处的结束替换车速 V_b 与目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 之间的关系的映射。此映射可以与第二映射相同的方式设定。

而且, 依据上述第一实施方式, 当车速达到开始替换车速时, 制动力替换控制装置开始制动力替换控制, 然后在车速达到小于所述开始替换车速的结束替换车速时结束制动力替换控制。此外, 开始替换车速和/或结束替换车速可以变化, 从而使得在制动力替换控制中再生制动力能够以处于预定范围内的变化率减少, 从而容易及可靠地执行制动力替换控制。

而且, 依据上述第一实施方式, 基于制动过程中的减速度和再生制动力中的至少一个来规定开始替换车速和结束替换车速。从而可以基于制动过程中的减速度和再生制动力中的至少一个来适当地执行制动力替换控制。

而且, 依据上述第一实施方式, 存储单元包括表示开始替换车速与减速度之间的关系的第二映射, 依据该第二映射, 在减速度大于预定值的情形中, 开始替换车速响应于减速度的增加而变大。此外, 设置减速度检测

装置以计算减速度。基于第一映射与减速度来计算开始替换车速，从而可以容易及可靠地计算开始替换车速。

进一步地，依据上述第一实施方式，存储单元包括表示结束替换车速与减速度之间的关系的第二映射，依据该第二映射，在减速度大于预定值的情形中，结束替换车速响应于减速度的增加而变小。此外，设置减速度检测装置以计算减速度。基于第二映射与减速度来计算结束替换车速，从而可以容易及可靠地计算结束替换车速。

进一步地，依据上述第一实施方式，结束替换车速受结束替换车速下限的限制，从而可靠地防止在低车速范围中的错误操作。

接下来将参照图 12 到 17 来解释用于混合动力车辆中的依据本发明第二实施方式的用于车辆的制动装置。第二实施方式的结构与第一实施方式的结构大致相同，从而将省略对类似结构的解释，且下文将仅仅对不同的部分进行描述。

如图 12 所示，依据第二实施方式，在轮缸压力和制动踏板 21 的行程之间的关系中，液压制动装置 B 具有迟滞。也就是说，假设制动踏板 21 的行程相同，与制动踏板 21 释放时产生的轮缸压力相比，制动踏板 21 压下时产生的轮缸压力较大。

这是因为真空助力器 22 包括大气压进气阀和负压进气阀，大气压进气阀在制动踏板 21 下压时打开以朝前移动真空助力器 22 的助力输出杆，而负压进气阀在制动踏板 21 释放时打开以朝后移动助力输出杆。大气压进气阀和负压进气阀的打开正时彼此不同，且此不同导致了行程的迟滞。此外，主缸 23 和轮缸 WC1 到 WC4 包括用于密封或防止液压的相应皮碗。由于各皮碗的劣化，迟滞可能会发生，导致即使行程变化但是液压仍然不改变。

如上所述，因为即使行程量相同，制动踏板 21 下压时的轮缸压力大于制动踏板释放时的轮缸压力，所以，在制动踏板 21 下压到一定程度然后释放之后液压（即准确地说是受控液压）减少时，行程的减少不等于轮缸压力的减少。

将参照图 13 与 14 所示的流程图以及图 15 所示的时间图来解释依据第二实施方式的用于车辆的制动装置 1 的操作。例如当车辆的点火开关（未

示)处于 ON 的状态时,制动 ECU 60 以预定的时间间隔(即计算出的时间段) T 执行与该流程图对应的程序。在步骤 102 中,制动 ECU 60 输入来自于压力传感器 P 的指示制动操作状态的主缸压力,然后在步骤 104 中基于该输入的主缸压力来计算目标总制动力 $F_{tb}^*(n)$ 。此时,制动 ECU 60 使用预先存储并指示主缸压力——即制动操作状态——与施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR 的目标总制动力之间的关系的映射、表格或算式。在步骤 104 中,制动 ECU 60 还基于输入的主缸压力来计算基础液压制动力 $F_{vb}(n)$ 。此时,制动 ECU 60 使用预先存储并指示主缸压力——即制动操作状态——与施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR 的基础液压制动力之间的关系的映射、表格或算式。

然后制动 ECU 60 在步骤 106 中计算目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。准确地说,制动 ECU 60 执行如图 14 所示的制动力替换控制过程中的目标再生制动力的计算子程序。

每次在步骤 200 中执行子程序时,在步骤 202 中,制动 ECU 60 基于分别从轮速传感器 S_{fl} 、 S_{fr} 、 S_{rl} 和 S_{rr} 输入的各车轮 FL、FR、RL 和 RR 的轮速来计算车速 V。此时,可选地,可独立地设置用于检测车速的速度传感器,使得所检测到的车速输入到制动 ECU 60。

在步骤 204 中,制动 ECU 60 计算目标总制动力的微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 。也就是说,例如制动 ECU 60 获得当前计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 与先前计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n-1)$ 之间的差值、或者是通过用时间 T 来除该差值所获得的值。制动 ECU 60 还可以基于在过去所获得的多个数据来计算 $dF_{tb}^*(n)$ 。

当在步骤 206 和步骤 208 中分别判断出车辆在车速 V 大于开始替换车速 V_a 、以及微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 大于 0 的条件下开始制动(t1 处)时,在步骤 210 中,制动 ECU 60 将目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 设为 0。然后,在步骤 108 中,制动 ECU 60 基于此目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 来计算目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 。也就是说,目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 通过从目标总制动力 $F_{tb}^*(n)$ 减去基础液压制动力 $F_{vb}(n)$ 与目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 的总和而获得。此情形等同于以下情形:其中在总制动力由基础液压制动力和再生制动力组成时施加受控液压制动力而不施加再生制动力。从而,在通过基础液压制动力和再生制动力来施加总制动力的情形中,可以计算目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$,然后,计算出的目标再生制

动力 $F_{rb}^*(n)$ 可认为是目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 。

由于在步骤 110 中判断出目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 大于 0，制动 ECU 60 控制制动致动器 25，从而能够在步骤 112 中获得目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 。进一步地，由于目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 等于 0（即在步骤 114 中的判定为否），制动 ECU 60 终止当前的程序。

因此，从制动开始（在 t_1 处）到目标总制动力微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 等于 0（在 t_2 处），制动 ECU 60 仅仅通过基础液压制动力（图 15 中带有从左下角到右上角的上升斜线、标为“VB 液压”的部分）和受控液压制动力（图 15 中带有从右下角到左上角的上升斜线、标为“ESC 加压”的部分）来施加总制动力。也就是说，制动 ECU 60 执行第一控制，以在制动操作状态（即主缸压力）正在增加的任意时间段中（依据本实施方式，在整个时间段中）至少施加受控液压制动力。

当目标总制动力的微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 等于 0 时（即步骤 208 中的判定为否），制动 ECU 60 执行逐渐地用再生制动力来替换受控液制动力的控制。也就是说，在第一控制之后，制动 ECU 60 执行第二控制，以通过逐渐地减少受控液压制动力同时响应于受控液制动力的减少而逐渐地增加再生制动力来至少施加再生制动力。

具体地，当目标总制动力的微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 等于 0 时（在 t_2 处），在步骤 214 中，制动 ECU 60 使目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 增加 ΔF_1 。在目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 小于在步骤 216 中基于当时的制动操作状态及映射而计算的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)_{-map}$ 的情形中，制动 ECU 60 将在步骤 214 中计算出的值设为目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。然后，使用此目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ ，制动 ECU 60 在步骤 108 中计算目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 。

由于在步骤 110 中判断出目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 大于 0，制动 ECU 60 控制制动致动器 25，从而能够在步骤 112 中获得目标受控液压制动力 $F_{cfb}^*(n)$ 。而且，由于在步骤 114 中判断出目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 大于 0，在步骤 116 中，制动 ECU 60 将在步骤 106 中计算出的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 输出到混合动力 ECU 19。混合动力 ECU 19 输入表示目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 的再生要求值、并通过逆变器 16 来控制电动机 12，从而基于该输入的再生要求值、同时考虑车速和电池充电状态等来

产生再生制动力。混合动力 ECU 19 还将实际再生值输出到制动 ECU 60。

因此，从目标总制动力的微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 等于 0 处（即在 t_2 处）开始，制动 ECU 60 开始用再生制动力来替换受控液压制动力的控制。然后，制动 ECU 60 在目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 等于目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)_{-map}$ 的 t_3 处结束用再生制动力来替换受控液压制动力的控制。也就是说，在 t_2 和 t_3 之间的时间段中，制动 ECU 60 用基础液压制动力、受控液压制动力和再生制动力（图 15 中带有从右下角到左上角的上升斜线、标为“再生制动力”的部分）来施加总制动力。

当在步骤 216 中判断出在步骤 214 中所计算的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 大于基于当时的制动操作状态及映射而计算的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)_{-map}$ 时，在步骤 218 中，制动 ECU 60 将目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)_{-map}$ 设为目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。然后，制动 ECU 60 以上述的方式计算目标受控液压制动力 $F_{c fb}^*(n)$ 。然而，在 t_3 和 t_4 之间的时间段中，目标受控液压制动力 $F_{c fb}^*(n)$ 为 0。

因此，在 t_3 和 t_4 之间的时间段中，制动 ECU 60 仅仅通过基础液压制动力和再生制动力来施加总制动力。

当车速降低时，再生制动力相应地减少，这可导致车轮 FL、FR、RL 和 RR 所需要的总制动力中的再生制动力的不足。再生制动力的匮乏通过受控液压制动力（图 15 中带有从右下角到左上角的上升斜线、标为“ESC 加压”的部分）来弥补或补偿，其为在 t_4 处开始及在 t_5 处结束的制动力替换控制（即用受控液压制动力来替换再生制动力）。

制动 ECU 60 在车速 V 达到开始替换车速 V_a 时（在 t_4 处）开始制动力替换控制。也就是说，当车速 V 等于或小于开始替换车速 V_a （即在步骤 206 中的判断为否）且大于结束替换车速 V_b （即在步骤 220 中的判断为是）时，制动 ECU 60 逐渐地减少目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。准确地说，在步骤 222 中，目前等于目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)_{-map}$ 的目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 设为减少 ΔF_2 。

当车速 V 达到结束替换车速 V_b 时（在 t_5 处），在步骤 224 中将目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 设为 0，从而停止施加再生制动力并终止制动力替换控制。因此，在 t_4 和 t_5 之间的时间段中，制动 ECU 60 用基础液压制

动力、再生制动力和受控液压制动力来施加总制动力。因此，制动 ECU 60 执行第三控制，以通过减少再生制动力、同时响应于该再生制动力的减少而增加受控液压制动力来逐渐地用受控液压制动力替换再生制动力。

在 t_5 之后，基础液压制动力和受控液压制动力施加到车轮 FL、FR、RL 和 RR，并且然后车辆停止（在 t_6 处）。

依据上述第二实施方式，如图 15 所示，驾驶人员在 t_1 处开始压下运动中的车辆的制动踏板 21。在用受控液压制动力来替换再生制动力的第三控制之前压下制动踏板 21 的第一控制中（从 t_1 到 t_2 ），可以预先获得用于制动力替换控制的至少一部分（准确地说，依据本实施方式是所有的）行程增量 ΔS ，该行程增量 ΔS 在泵驱动时——即泵的抽吸或加压——发生。也就是说，在第一控制中，踏板行程可以增加到 S_1 ，通过将行程增量 ΔS 加到图 15 中以虚线所示的传统踏板行程而获得该踏板行程 S_1 。

进一步地，在如图 12 所示的轮缸压力与制动踏板 21 行程之间的关系中，由主缸 23、轮缸 WC1 到 WC4 等组成的液压制动装置 B 具有迟滞。也就是说，假设制动踏板 21 行程量相同，制动踏板 21 压下时的轮缸压力大于制动踏板 21 释放时所产生的轮缸压力。即使液压（即准确地说受控液压）在制动踏板 21 压下到一定程度然后释放之后减少，行程的减少不等于轮缸压力的减少（依据本实施方式，行程从 S_1 减少到 S_2 ，如图 15 所示）。因此，在 t_2 到 t_4 之间的时间段中，受控液压通过第二控制而减少、从而减少制动踏板 21 的行程，然而，行程的减少度可通过迟滞来降低。行程的减少度可降低到一定的程度，即 S_2 。 S_2 大于传统的踏板行程。

在从 t_4 到 t_5 的第三控制中，因为泵 37 和 47 的抽吸，受控液压增加、因而从 S_2 起增加行程。然而，由于在第三控制中因泵抽吸导致的行程增加在第一控制中预先地获得、且然后因第二控制中的受控液压减少而引起的行程减少可得以最小化（即 S_2 ），所以，在第三控制开始时的行程是相对较大的。因此，相比于传统的情形，在第三控制开始处所获得的行程与响应于由基础液压制动力和受控液压制动力合成的液压制动力的行程（即 S_1 ）之间的差可得以最小化。由此，在第三控制中，当泵驱动时的进一步压下的行程量可得以最小化。

在整个制动的后半部分的制动力替换控制中，由泵 37 和 47 的驱动而导致的制动踏板 21 的进一步压下预先发生——即当制动踏板 21 在整个制

动的前半部分中由驾驶人员压下时，从而在制动力替换控制中减少制动踏板 21 的进一步压下或使之最小化，因此防止驾驶人员感到不舒服。

进一步地，在第一控制中，在制动操作状态量增加的整个阶段中（即从 t_1 到 t_2 ），阻止施加再生制动力，相反地，施加以受控液压制动力。相应地，受控液压制动力可预先可靠施加。

接下来下面将参照图 16 所示的时间图来详细地解释第二实施方式的第一可选实施方式。在依据第二实施方式的第一控制中，再生制动力的施加受到阻止、且相反地施加以受控液压制动力。然而，依据此可选实施方式，车轮响应制动操作状态所需要的总制动力（或总液压制动力）的预定比例通过再生制动力来施加。剩余部分的总制动力可通过液压制动力施加，所述液压制动力由基础液压制动力和受控液压制动力合成。

在此情形中，与目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 设成 0 的步骤 210 相反，通过将目标总制动力 $F_{tb}^*(n)$ 乘以预定比例 a (a 大于 0) 来设定目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 。

依据此可选实施方式，如图 16 所示，可以在第一控制中预先地——即在第三控制之前——获得在制动力替换控制过程中发生于泵驱动时的行程增量 ΔS 中的至少一部分 ΔS_a ，在第一控制中，制动踏板 21 由驾驶人员压下。也就是说，踏板行程增加到值 S_{1a} ——该值 S_{1a} 通过将行程增量 ΔS_a 加到如图 16 的虚线所示的传统情形中的增加踏板行程而获得。

在与第二实施方式中相同的第二控制中，在 t_2 和 t_4 之间的时间段中，随着受控液压的减少，行程减少。然而，行程的减少可通过迟滞而得以最小化。也就是说，行程的减少可最小化到一定的程度，即 S_{2a} 。 S_{2a} 大于传统的踏板行程。

在从 t_4 到 t_5 的第三控制中，因为泵 37 和 47 的抽吸，受控液压增加，因而从 S_{2a} 起增加行程。然而，由于在第三控制中因泵抽吸导致的行程增加在第一控制中预先获得、且然后因第二控制中的受控液压减少而引起的行程减少可得以最小化（即 S_{2a} ），所以，在第三控制开始时的行程是相对较大的。因此，相比于传统的情形，在第三控制开始处所获得的行程与响应于由基础液压制动力和受控液压制动力合成的液压制动力的行程（即 S_{1a} ）之间的差可得以最小化。由此，在第三控制中，当泵驱动时的进一

步压下的行程量可得以最小化。

在整个制动的后半部分的制动力替换控制中，由泵 37 和 47 的驱动而导致的制动踏板 21 的进一步压下预先发生——即当制动踏板 21 在整个制动的前半部分中由驾驶人员压下时，从而在制动力替换控制中减少制动踏板 21 的进一步压下，因此防止驾驶人员感到不舒服。

预定比例 a 为与制动开始时的车速对应的变量。响应于制动开始时的车速增加，该预定比例可设得较小。因此，液压制动力和再生制动力可响应于车速以适当的比例施加。可高效地利用再生能量、同时预先地施加受控液压制动力。

在此情形中，再生制动力可通过再生制动力上限来限制，该再生制动力上限规定为使得可以至少施加最少的受控液压制动力。因此，受控液压制动力可预先适当且可靠地施加。

将参照图 17 所示的流程图来解释第二实施方式的第二可选实施方式。在依据第二实施方式的第一控制中，在制动踏板 21 的行程增加时，当目标总制动力的微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 大于 0 时，阻止施加再生制动力、且相反地施加以受控液压制动力。在此可选实施方式中，在从制动操作状态量开始增加时（即图 15 中的 t_1 ）到已经过去预定时间 T_a 处的时间段中，阻止施加再生制动力、且相反地施加以受控液压制动力。

在此情形中，在步骤 252 中，当目标总制动力的微分值 $dF_{tb}^*(n)$ 大于 0 时（步骤 208）——即制动开始（在 t_1 处），制动 ECU 60 记数计时器 T 。当计时器 T 的值等于或小于预定时间 T_a 时（步骤 254），目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 在步骤 210 中设为 0。当计时器 T 的值大于预定时间 T_a 时，计时器 T 重置为 0、且目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 在步骤 214 中设成逐渐地增加。例如，在过去了预定时间 T_a 处的点为 t_2 时，目标再生制动力 $F_{rb}^*(n)$ 的增加与图 15 所示的相同。

依据此可选实施方式，在从制动操作状态量开始增加（ t_1 ）处到过去了预定时间 T_a 处（ t_2 ）的第一控制中，阻止施加再生制动力、且相反地施加以受控液压制动力，从而可靠地预先施加受控液压制动力。

进一步地，预定时间 T_a 可依据制动操作状态量的改变速率（即制动踏板 21 的压下速率）而变化。压下速率越大，预定时间 T_a 越短。由此，

可以施加所需时间的受控液压而不是再生制动力，从而有效地利用再生能量。

进一步地，依据上述的第二实施方式和可选实施方式，在第二控制中，再生制动力应当迅速地增加到再生制动力最大值。该再生制动力最大值为基于该时的制动操作状态以及映射而计算出的目标再生制动力 $F_{rb^*}(n)$ -map。因此，可以尽可能迅速地用再生制动力来替换受控液压制动力，从而有效地利用再生能量。

进一步地，在第二控制中除基础液压制动力之外仅仅施加有再生制动力的时间段应当尽可能地缩短。如图 15 所示，通过抑制 t_2 处踏板行程的减少并将 S_2 保持在高的程度上，可以使得在制动力替换控制的第三控制中制动踏板 21 的进一步下压最小。

依据上述的第二实施方式，在制动力替换控制过程中，在泵驱动时——即泵抽吸时——所发生的行程增量的至少一部分可在制动踏板由驾驶人员压下的第一控制中——即在第三控制之前——预先地获得。

进一步地，在如图 12 所示的轮缸压力与制动踏板行程之间的关系中，由主缸、轮缸等组成的液压制动装置具有迟滞。也就是说，假设制动踏板行程量相同，在制动踏板压下时的轮缸压力大于制动踏板释放时所产生的轮缸压力。因此，当液压（即受控液压部分）在制动踏板由驾驶人员压下到一定程度之后减少时，行程的减少不等于轮缸压力的减少。从而，受控液压通过第二控制所引起的减少导致了行程的减少，然而，行程的减少可通过迟滞而抑制在一个低的程度上。

在第三控制中，受控液压增加，其导致行程增加。然而，由于通过第三控制因泵驱动所导致的行程增加已经在第一控制中预先地实现了、然后在第二控制因受控液压减少所导致的行程减少可以最小，所以，在第三控制开始时的行程是相对较大的。相应地，相比于传统的装置，在第三控制开始时的行程与响应于为基础液压制动力和受控液压制动力总和的液压制动力的行程之间的差可以减少。在第三控制中，通过泵驱动导致的进一步压下的制动踏板行程量可得以最小化。

进一步地，在第一控制中，在从制动操作状态量开始增加到过去了预定时间处的时间段中，阻止施加再生制动力，相反地，施加以受控液压制

动力，从而可靠地获得需预先产生的受控液压制动力。

进一步地，上述的预定时间可响应于制动操作状态量的改变速率而变化，从而在所需的足够时间内施加受控液压制动力而不是再生制动力。因此可以有效地利用再生能量。

进一步地，在第一控制中，在制动操作状态量增加的整个时间段中，阻止施加再生制动力，相反地，施加以受控液压制动力，从而可靠充分地获得需预先产生的受控液压制动力。

进一步地，依据上述的第一可选实施方式，在第一控制中，车轮响应于制动操作状态所需要的总制动力的预定比例作为再生制动力施加，而总制动力中的剩余部分作为液压制动力施加，该液压制动力由基础液压制动力和受控液压制动力合成。因此，可有效地利用再生能量、同时获得需预先产生的受控液压制动力。

进一步地，该预定比例响应于由驾驶人员的制动操作启动的制动开始处的车速而变化，从而响应于制动开始处的车速以适当的比例施加液压制动力和再生制动力。

进一步地，再生制动力受再生制动力上限的限制，从而可靠适当地获得需预先产生的受控液压制动力。

进一步地，在第二控制中，再生制动力可迅速地增加到再生制动力的最大值，从而有效地利用再生能量。

接下来将参照附图来解释用于混合动力车辆中的依据本发明第三实施方式的用于车辆的制动装置 1。第三实施方式的结构与第一和第二实施方式的结构大致相同，从而将省略对类似结构的解释，且下文将仅仅对不同的部分进行解释。

将参照图 18 到 25 来解释依据第三实施方式的用于车辆的制动装置 1。在对制动装置 1 的详细操作进行解释之前，下文将描述为何进行该操作的理由。

图 18 是示出轮缸压力和制动踏板 21 行程量之间的关系的图表。如图 18 所示，轮缸压力增加与行程量不呈线性关系。在小行程量的范围内，相比于行程量的增加，轮缸压力的增加是小的。另一方面，在大行程量的范

围内，相比于行程量的增加，轮缸压力的增加是大的。

从而，例如在用受控液压制动力替换再生制动力的情形中，当行程量如图 18 所示从点 A 改变到点 B 时，在替换的早期，相比于行程量的增加，轮缸压力的增加是小的。然后，随着替换的继续，相比于行程量的增加，轮缸压力的增加逐渐变大。因此，假设用受控液压制动力替换再生制动力的情形中每单位时间的再生制动力减少是恒定的，即可替换再生制动力的轮缸压力每单位时间的增加是恒定的，行程量的每单位时间的增加在替换早期是最大的、然后逐渐地变小。也就是说，出现如图 25 所示的状态，其使驾驶人员的制动感觉很差。

图 25A 示出依据传统装置基于时间轴来用受控液压制动力替换再生制动力的状态。图 25B 示出制动踏板 21 的行程量的改变与图 25A 的时间轴之间的关系。

如图 25A 所示，在用受控液压制动力（图 25A 中标为“ESC 加压”的部分）替换再生制动力（图 25A 中标为“再生制动力”的部分）的情形中，再生制动力随时间以恒定的量减少，且该减少通过受控液压制动力来补偿。因此，可用受控液压制动力来替换再生制动力，同时驾驶人员所需要的目标制动力不改变。

然而，如图 25B 所示，当主缸 23 内的制动液被消耗掉时，相对于时间的流逝，行程量不是恒定的。在开始用受控液压制动力来替换再生制动力的瞬间，行程量的变化变大，这会导致不舒服的制动感觉。相应地，如果行程量的变化（即增加）大致恒定或逐渐变大、而不是在开始替换的瞬间突然变大，就可以防止该不舒服的制动感觉。

因此，依据第三实施方式，每单位时间的再生制动力的减少——即可替换再生制动力的轮缸压力的每单位时间的增加——在替换早期是小的、然后逐渐变大，使得每单位时间的行程增量可以是恒定的。

图 19A 示出在通过依据第三实施方式的制动装置 1 产生制动力的情形中基于时间轴来用受控液压制动力（图 19A 中标为“ESC 加压”的部分）替换再生制动力（图 19A 中标为“再生制动力”的部分）的状态。图 19B 示出制动踏板 21 的行程量的改变与图 19A 的时间轴之间的关系。

如图 19A 所示，在用受控液压制动力替换再生制动力的情形中，在替

换早期再生制动力减少是小的，然后从替换开始以后随时间的流逝而逐渐地变大。然后，再生制动力的减少通过受控液压制动力得以补偿。因此，如图 19B 所示，每单位时间的行程增量可以是恒定的，从而避免使驾驶人员的制动感觉很差。

接下来下面将对制动 ECU 60 执行的、目的是使行程量每单位时间的变化恒定的协作控制过程进行解释。图 20 为协作控制过程的流程图，其在点火开关处于 ON 状态时根据预先存储在制动 ECU 60 的 ROM 等中的程序而在每个预定计算周期内执行。

首先，在步骤 100 中，执行输入过程。准确地说，制动 ECU 60 输入来自于压力传感器 P 的检测信号以获得主缸压力、来自于混合动力 ECU 19 的再生制动控制所需的各个数据等。主缸压力响应于制动踏板 21 的行程量而产生、从而指示驾驶人员所需要的制动力。然后，在步骤 110 中，制动 ECU 60 基于所获得的主缸压力来计算目标总液压——即产生驾驶人员要求的制动力所需要的轮缸压力。也就是说，制动 ECU 60 获知与主缸压力值等价的驾驶人员所要求的制动力。

在步骤 120 中，判断是否允许再生。具体地，判断能够用再生制动装置 A 来产生再生制动力的条件是否满足。所述条件包括例如制动踏板 21 由驾驶人员压下、车速等于或大于预定的速度、电池 17 不会处于故障状态或完全放电状态等等。可基于输入到制动 ECU 60 的制动开关（未示）检测信号来判断驾驶人员是否压下制动踏板 21。可基于从控制电池 17 的状态的混合动力 ECU 19 接收到并传送到制动 ECU 60 的数据来判断电池 17 的状态。

当在步骤 120 中判断出不允许再生时，所需的制动力仅由液压制动装置 B 产生的液压制动力组成，而不依赖于由再生制动装置 A 产生的再生制动力。从而，程序前进到步骤 130，其中步骤 110 中所获得的目标总液压直接设为目标轮缸压力。

另一方面，当在步骤 120 中判断出允许再生时，程序前进到步骤 140，其中判断是否正在进行用受控液压制动力来替换再生制动力。基于替换开始标记来作出此判断，在步骤 150 中所进行的替换开始判断做出了肯定判断时设定该替换开始标记。当在步骤 140 中作出了否定判定时，程序进行到步骤 150，其中进行替换开始判断。

通过预先存储在制动 ECU 60 的 ROM 等中的程序来执行替换开始判断。当判断出替换开始时，通过减少从制动 ECU 60 送往混合动力 ECU 19 的再生指令值等来进行用受控液压制动力来替换再生制动力。为了在车速于车辆停止前达到预定速度时完成用受控液压制动力替换再生制动力，再生开始正时限定为处于车速达到预定速度之前处的预定时间。然后，在达到替换开始正时时，判定替换开始。可选地，可以在车速达到预定速度时判断出替换开始。可在替换开始判断中应用当前采用的各种示例、从而在此省略对其的详细解释。

当以上述方式进行替换开始判断、并判断出替换开始时，设定替换开始标记。然后，在步骤 160 中，基于是否已经设定了替换开始标记来判断替换是否已经开始。当作出否定的判断时，程序前进到步骤 170。

在步骤 170 中，计算再生要求液压。通过从步骤 110 中所获得的目标总液压中减去主缸压力来获得再生要求液压。具体地，由液压制动装置 B 产生的液压制动力基本上由以在真空助力器 22 的助力作用下发生于主缸中的主缸压力为基础的轮缸压力构成。然后，由泵 37 及 47 的操作引起的轮缸压力的可能增加导致总轮缸压力的增加。在替换开始之前时，因为不存在由泵 37 及 47 引起的轮缸压力增加，对应于期望再生制动力的再生要求液压等于从目标总液压中减去主缸压力所获得的值。

然后，程序前进到步骤 180，其中计算再生要求扭矩。再生要求扭矩为与步骤 170 中获得的再生要求液压等价的扭矩。再生要求扭矩为基于电动机 12 产生动力而产生的制动扭矩。

另一方面，当在步骤 160 中作出肯定的判断时，程序前进到步骤 190，其中执行映射判定过程，以判定在替换过程中再生要求扭矩的映射。图 21 的流程图示出映射判定过程的细节。

在步骤 300 中，计算再生执行液压。准确地说，由混合动力 ECU 19 获得的再生执行扭矩或再生执行制动力转换成液压以获得再生执行液压。

然后，在步骤 310 中，计算在再生制动控制结束时的估计轮缸压力。准确地说，获得在本计算周期的轮缸压力、然后把在步骤 300 中获得的再生执行液压加到所计算出的当前轮缸压力上，从而获得在再生制动控制完成时的估计轮缸压力。也就是说，如图 19A 所示，因为在再生制动控制完

成时再生制动力全部由受控液压制动力替换，可通过把再生执行液压加到本计算周期的轮缸压力上来估计在再生制动控制结束时产生的轮缸压力。

在此情形中，可基于当前获知的减速度来获得本计算周期的轮缸压力。例如，基于通过来自于轮速传感器（未示）的检测信号所获得的车轮速度来计算车速、然后求得该计算出的车速的时间微分，或者直接地来自于加速度传感器（未示）的检测信号来获得减速度，从而获知可导致该减速度的制动力。然后，所获得的制动力转换成轮缸压力，以获得本计算周期的轮缸压力。

程序然后前进到步骤 320，其中计算制动踏板 21 的行程量。基于轮缸压力和行程量之间的特性来获得行程量。例如，在图 18 中示出了轮缸压力和行程量之间的特性。从而，表示图 18 所示关系的映射（或者其逼近函数）预先存储在制动 ECU 60 的 ROM 等中，以在步骤 310 中获得与当前轮缸压力对应的行程量。随后，程序前进到步骤 330，其中基于表示图 18 所示关系的映射来获得与再生制动控制结束时的估计轮缸压力对应的行程量。

在步骤 340 中，基于步骤 320 中获得的与当前轮缸压力对应的行程量和步骤 330 中获得的与再生制动控制结束时的估计轮缸压力对应的行程量之间的差来计算替换过程中的行程变化。程序然后前进到步骤 350，其中计算每单位时间的行程变化。具体地，计算从再生制动控制的开始处到其结束处的时间间隔，其结果被用来除步骤 340 中所获得的行程变化。

然后，在步骤 360 中，基于每单位时间的行程变化来判定再生要求液压映射。也就是说，判定轮缸压力和行程量之间的映射，由此使得每单位时间的行程变化恒定。例如，可以获得图 22 所示的关系，其中再生要求液压的减少程度随着时间的流逝而逐渐地变大。

在上文中使用了映射。然而，由映射表示的关系可近似成一个二次函数表达式或者更高次的函数表达式，从替换开始起所经过的时间代入到该函数表达式中，以获得再生要求液压。在此情形中，当识别出车速时，就可以识别出在每个时间段中为替换所设置的二次函数表达式或者更高次的函数表达式。

当以上述方式完成映射判定过程时，程序返回到图 20 所示的协作控

制过程并前进到步骤 200。在步骤 200 中，基于由在步骤 190 中的映射判定过程所判定的映射来计算再生要求扭矩。准确地说，测量从替换开始起所经过的时间，然后从映射中读出与之对应的再生要求扭矩。例如通过从设置替换开始标记处起启动结合在制动 ECU 60 中的计时器、通过每个计算周期增加计数器（未示）的计数值等等来获得从替换开始起所经过的时间。

然后，在步骤 210 中，表示在步骤 200 中所获得的再生要求扭矩的信号送到混合动力 ECU 19。混合动力 ECU 19 然后使得电动机 12 通过逆变器 16 驱动——例如通过将电动机 12 连接到或脱离前轮 FL 及 FR 的电磁离合器设在连接状态，使得电动机 12 由前轮 FL 及 FR 的转力驱动而产生动力。调节电动机 12 此时——例如电磁离合器连接时的驱动状态，从而控制再生制动力使其响应于再生要求扭矩。同时，混合动力 ECU 19 基于此时在电动机 12 处的反电动势来计算再生执行扭矩、并将表示该计算出的再生执行扭矩的信号送往制动 ECU 60。

因此，在步骤 220 中，制动 ECU 60 从混合动力 ECU 19 接收该表示再生执行扭矩的信号。然后，在步骤 230 中，制动 ECU 60 通过把再生执行扭矩转换为液压来计算再生执行液压，其后在步骤 240 中通过从步骤 110 中获得的目标总液压中减去在步骤 230 中获得的再生执行液压来获得目标轮缸压力。

当在步骤 130 或 240 中获得了目标轮缸压力时，程序前进到步骤 250，其中通过从目标轮缸压力减去主缸压力来计算产生受控液压所需要的线性阀输出值。在此情形中，线性阀输出等于为获得在液压控制阀 31 和 41 处所期望产生的差压而需要的电流值。在液压控制阀 31 和 41 处所产生的差压对应于轮缸压力可相对于主缸压力增大的差值。从而，在液压控制阀 31 和 41 处所产生的差压直接等于轮缸压力的增加，其对应于期望在泵驱动时产生的液压制动力。

最后，在步骤 260 中，在步骤 250 中所获得的电流值作为线性阀输出而供应到液压控制阀（线性阀）31 和 41 的螺线管，使得响应于期望形成的液压制动力的、与轮缸压力增加相对应的差压可在液压控制阀 31 和 41 处产生。

依据上述的协作控制过程，在用受控液压制动力来替换再生制动力的

情形中，为了使每单位时间的行程量恒定，在替换早期每单位时间的再生制动力的减少是小的，然后逐渐地变大，如图 19A 所示。从而使得每单位时间的行程增量恒定，如图 19B 所示，从而防止差的制动感觉。

现在将对第三实施方式的可选实施方式进行解释。依据第三实施方式，在替换早期每单位时间的再生制动力的减少是小的，然后逐渐地变大，以从而使得每单位时间的行程增量恒定。依据本可选实施方式，在替换早期，每单位速度而不是每单位时间的再生制动力的增加是小的，然后逐渐地变大。从而，用于车辆的制动装置 1 的结构与第三实施方式的结构大致相同，并且仅仅是由制动 ECU 60 所执行的映射判定过程是不同的，其将在下文中进行解释。

图 23 的流程图示出由设置在依据本可选实施方式的制动装置 1 上的制动 ECU 60 执行的映射判定过程。如图 23 所示，该映射判定过程中的步骤 300 到 340 与第三实施方式中的相同。在步骤 370 中，计算每单位速度的行程变化。每单位速度的行程变化为当车速改变一个预定速度时的行程量。例如，通过将替换开始到替换结束为止的速度改变分成相等的间隔来限定预定速度。

在步骤 380 中，通过轮缸压力和行程量之间的映射来判定再生要求液压映射，从而使得每单位速度的行程变化可以是恒定的。例如，可以获得图 22 所示的关系，其中水平轴从时间变成速度。在此情形中，采用了映射。可选地，由映射表示的关系可近似成一个二次函数表达式或者更高次的函数表达式。

当映射判定过程以上述方式完成时，程序返回到图 20 所示的协作控制程序并前进到步骤 200，从而与第三实施方式相同地执行控制。

因此，可以实现用于获得每单位速度的行程变化是恒定的控制。在此情形中，严格地说，每单位时间的行程变化并不是精确地恒定的。然而，因为车速随时间流逝大致恒定地减少，仍然可以获得与第三实施方式类似的优点，即使每单位速度的行程变化并不恒定。

然而，车速随时间流逝的减少有时可能是不恒定的。当执行替换而控制每单位时间的行程变化使其恒定时，如果车速减少是大的、从而车速比预期要早地达到 0，则车速可能在替换完成之前达到 0。从而，在考虑这

种情形时，应当执行使每单位速度的行程变化是恒定的控制，从而获得与第三实施方式相同的优点以及更好的稳定性，同时可靠地完成替换。

依据上述的第三实施方式，在替换早期每单位时间的再生制动力的减少是小的，然后逐渐地变大，从而使得每单位时间的行程增量恒定。因此，驾驶人员不会感受到差的制动感觉。类似地，可以防止行程量的变化在替换开始的瞬间突然变大，从而也防止了差的制动感觉。

在图 24A 和 24B 中示出了行程量的变化从替换开始起逐渐变大的情形。图 24A 示出基于时间轴通过受控液压制动力来替换再生制动力的状态。图 24B 示出制动踏板 21 行程量改变与时间轴之间的关系。如图 24A 和 24B 所示，从替换开始起行程量的改变逐渐地变大。可通过使用映射（或近似的高次函数表达式）来获得这个每单位时间的行程量改变，其中行程量随时间流逝的增加比图 22 所示的映射中的再生要求液压与时间的相对关系中的要大。

进一步地，依据上述的第三实施方式及其可选实施方式，获得各轮缸压力、然后获得与各轮缸压力相应的各个制动踏板 21 的行程量，从而使用如图 18 所示的轮缸压力与踏板行程量之间的关系。以类似的方式，除轮缸压力之外，车轮的制动力、减速度等作为指示或对应于轮缸压力的参数是可以变化的，并且也具有图 18 所示的特性（即关系）。相应地，可以获得制动力或减速度、从而基于制动力与踏板行程量或减速度与踏板行程量之间的关系来获得与所获得制动力或减速度相应的踏板行程量。

进一步地，依据上述的第三实施方式及其可选实施方式，使用作为与再生要求扭矩对应的参数的再生要求液压的映射或函数表达式（参见步骤 360），以获得在替换时的再生要求扭矩。作为替代地，可以从一开始就产生与再生要求液压等价的扭矩的映射或函数表达式，并用其来获得再生要求扭矩。

流程图中的每个步骤都对应于用于执行各个过程的每个装置。例如，用于执行步骤 110 中的过程的过程的制动 ECU 60 的一个部分对应于目标总制动力计算装置，用于执行步骤 310 中的过程的一个部分对应于参数检测装置，用于执行步骤 320 中的过程的一个部分对应于替换过程中的行程量检测装置，用于执行步骤 330 中的过程的一个部分对应于再生结束时的行程量检测装置，用于执行步骤 340 中的过程的一个部分对应于行程变化计算装置，

用于执行步骤 350 及 370 中的过程的一个部分对应于每单位时间或单位速度的变换的计算装置，用于执行步骤 360 及 380 中的过程的一个部分对应于再生要求扭矩特性判定装置，以及用于执行步骤 200 中的过程的一个部分对应于再生要求扭矩检测装置。

依据第三实施方式及其可选实施方式，用来替换再生制动力的受控液压制动力的替换量逐渐地增加，使得行程量的变化可以是恒定的，或者防止在替换的瞬间行程量突然变大，从而避免给出差的制动感觉。

进一步地，依据第三实施方式及其可选实施方式，在于替换过程中计算行程量变化的基础上获得在替换过程中及在替换结束时的行程量。然后，可以计算每单位时间或每单位速度的行程量变化，使得每单位时间或每单位速度的行程增量可以是大致恒定的、或者从替换开始起随时间的流逝或速度的减少而逐渐地增大。在此过程中，与每单位时间或每单位速度的行程量变化对应的再生要求扭矩的映射或函数表达式得以判定并被用来获得再生要求扭矩，从而通过再生制动装置产生对应的再生制动力，因此避免给出差的制动感觉。

在此情形中，再生要求扭矩特性判定装置可使用其中再生要求扭矩从替换开始起随时间流逝而变大的映射、或者使用其中再生要求扭矩从替换开始起随车速减少而变大的映射，从而使得再生要求扭矩与每单位时间或每单位速度的行程量变化对应。

进一步地，再生要求扭矩特性判定装置可使用近似从替换开始起所流逝的时间或从替换开始起的速度与再生要求扭矩之间的关系的二次函数表达式或者更高次的函数表达式，从而使得再生要求扭矩与每单位时间或每单位速度的行程量变化对应。

进一步地，作为与轮缸压力对应的参数，可使用车辆的减速度或车轮的制动力以及轮缸压力本身。

将参照附图来解释用于混合动力车辆中的依据本发明第四实施方式的用于车辆的制动装置 1。第四实施方式的结构与第一、第二和第三实施方式的结构大致相同，从而将省略对类似结构的解释，且下文将仅仅对不同的部分进行解释。

将参照图 26 到 30 来解释依据第四实施方式的用于车辆的制动装置 1

的操作。在对制动装置 1 的操作进行详细的解释之前，下文将描述执行该操作的理由。

图 26 示出从制动开始起所流逝的时间和各制动力之间的关系。如图 26 所示，在制动开始时，驾驶人员要求的制动力通过将由再生制动装置 A 所产生的再生制动力加到由基于制动踏板 21 的操作力而产生于主缸 23 中的主缸压力导致的液压制动力（即基础液压制动力）而获得，所述制动踏板 21 的操作力在真空助力器 22 处放大。然后，随时间的流逝，通过由泵驱动产生的液压制动力（受控液压制动力）来替换再生制动力。

当在由制动 ECU 60 所进行的替换开始判断时作出了肯定判断时，开始用受控液压制动力来替换再生制动力。替换方法与第三实施方式中所解释的相同。

在替换开始时，为了使受控液压制动力可以跟随再生制动力的减少——即为了防止在泵驱动时供应到轮缸 WC1 和 WC2 的制动液的量不足，在替换开始之前将电动机 M 设成高速旋转的状态。

具体地说，从制动开始时起，使电动机转动。然而，在用受控液压制动力来替换再生制动力之前，电动机 M 的转速设成与其负载（即该时的轮缸压力、制动液的粘性阻力等）相应。也就是说，电动机 M 仅仅为抑制在电动机 M 启动时的时滞以及为不能通过再生制动力及基础液压制动力来满足要求制动力的情形作准备的目的而旋转。电动机 M 响应于其负载的转速远小于替换所需要的转速。从而，需要将电动机 M 的转速预先地增加到足以实现替换的特定程度。此时，将电动机 M 转速增加到一个高的程度的开始点可以是任意的时间，只要在泵驱动时电动机 M 的转速开始达到可以补偿再生制动力的减少的特定程度。然而，电动机 M 过早地在一个高的程度上旋转会导致电力的浪费，这是应当避免的。

从而，依据本实施方式，电动机 M 的转速设定为使得通过获得该电动机 M 转速，可以在泵开始驱动时补偿再生制动力的减少、同时尽可能地避免电力的浪费。

接下来下面将对在制动 ECU 60 执行协作控制以设定电动机 M 的转速的过程中的电动机转速设定过程进行解释。由于协作控制的概况与传统装置大致相同，所以将省略对其的解释，并仅对不同之处——即电动机转速

设定过程——进行描述。

图 27 为电动机转速设定过程的流程图。在制动过程中（即例如未示的制动开关处于 ON 的状态），以预定的计算周期依据预先存储在制动 ECU 60 的 ROM 等中的程序来进行该电动机转速设定过程。

图 28 的时间图示出在执行电动机转速设定过程时的再生制动力和电动机转速改变。依据本实施方式，如图 28 所示，替换在车速 V 达到 $Vs3$ （第二速度）时完成、并在车速 V 达到比 $Vs3$ 大预定速度的 $Vs2$ （第一速度）时开始。然后，将车速 V 达到 $Vs1$ （第三速度）处设成转速增加开始时间，使得电动机 M 的转速达到替换所需的程度。

在步骤 100 中，执行输入过程。准确地说，制动 ECU 60 输入来自轮速传感器的检测信号以获得车速 V 、来自压力传感器 P 的检测信号以获得主缸压力、来自混合动力 ECU 19 的再生制动控制所需的各个数据等。

然后，在步骤 110 中，判断是否正在进行替换。也就是说，判断车速 V 是否大于第二速度 $Vs3$ 并同时小于第一速度 $Vs2$ （即 $Vs3 < V < Vs2$ ）。当没有执行替换时，作出否定的判断并然后程序前进到步骤 120。

在步骤 120 中，判断替换是否将要开始。也就是说，判断车速 V 是否小于第三速度 $Vs1$ 并同时等于或大于第一速度 $Vs2$ （即 $Vs2 \leq V < Vs1$ ）。作出否定的判断并然后程序前进到其中电动机 M 的转速设成与其负载相应的步骤 130，直至替换将要开始。另一方面，当判断替换将要开始、且在步骤 120 中作出了肯定的判断时，程序前进到步骤 140。

在步骤 140 中，电动机 M 的转速设成逐渐增加。准确地说，当达到替换开始时间时，电动机 M 的转速设成增加到转速程度 Nm ， Nm 通过表示轮缸压力与每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 之间的关系的映射来确定。

下文将对每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 、以及表示轮缸压力与每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 之间的关系的映射进行解释。

通过将替换过程中的总轮缸压力改变量除以替换时间来获得每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ ，且根据图 29 所示的每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 的计算过程流程图来计算该每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 。

首先，在步骤 200 中，计算在替换过程中——即从替换开始到替换结束——的总轮缸压力改变量。总轮缸压力改变量等于再生执行液压，其可通过将从混合动力 ECU 19 接收到的再生执行扭矩转换成液压来获得。可选地，混合动力 ECU 19 可预先将再生执行扭矩转换成液压。然后，表示所获得的再生执行液压的数据可输入到制动 ECU 60 中。在此情形中，制动 ECU 60 在步骤 200 中输入表示再生执行液压的数据。

然后，在步骤 210 中计算替换时间。计算时间为用受控液压制动力来替换再生制动力所需要的总时间。通过车速的时间微分所获取的减速度、基于车速 V 从 V_{s2} 减速度到 V_{s3} 的时间段与替换时间相对应的假设来获得替换时间。也就是说，通过将 V_{s2} 和 V_{s3} 之间的速度差除以在替换开始时的减速度（即 $(V_{s2}-V_{s3})/\text{减速度}$ ）所获得的值被认作是替换时间。

在步骤 220 中，通过将在步骤 200 中所获得的总轮缸压力改变量除以在步骤 210 中获得的替换时间来计算每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 。

在替换开始时所需要的电动机 M 的转速——即需要排出的制动液量——与待产生的轮缸压力是相关的。两者之间的关系根据每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 而变化。图 30 示出在每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 变换成三个级别（即 $DpWC1$ 、 $DpWC2$ 和 $DpWC3$ ）的情形中（在此情形中， $DpWC1 < DpWC2 < DpWC3$ ）的轮缸压力与电动机转速之间的关系。如图 30 所示，为了实现每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ ，在所产生的轮缸压力较小时，所需要的电动机转速是较大的（即所需要排出的制动液量是较大的），而在另一方面，在所产生的轮缸压力较大时，所需要的电动机转速是较小的（即所需要排出的制动液量是较小的）。此外，每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 越大，所需要的电动机转速越大（即所需要排出的制动液量越大），即使所产生的轮缸压力是相同的。

因此，在制动 ECU 60 的 ROM 等中预先存储多个映射（或函数表达式）——每个映射都表示与各每单位时间轮缸压力改变量 $DpWC$ 相应的轮缸压力和电动机转速之间的关系，使得在需要每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 时可以选择与之相应的映射。

因此，在步骤 140 中，当依据图 29 所示的计算过程来获得每单位时间的轮缸压力改变量 $DpWC$ 时，从多个存储的映射中选出与所获得的每单位时间轮缸压力改变量 $DpWC$ 对应的映射，以获得在替换过程中的总轮缸

压力。此时的总轮缸压力是以替换过程中在推进真空助力器 22 时产生于主缸 23 中的主缸压力为基础的，从而基于步骤 100 中的主缸压力输入而获得。

当选择了与每单位时间轮缸压力改变量 $DpWC$ 对应的映射、并获得了轮缸压力时，通过所选择的映射来获取与所获得的轮缸压力对应的电动机转速、然后将其存储为 Nm 。

然后，将通过从所述转速中减去在步骤 130 中所设定的与电动机负载对应的转速而获得的值作为获取的转速改变量，直至替换开始，该转速改变量然后除以步骤 210 中所获得的替换时间，以获得每单位时间的转速改变量。电动机转速逐渐地增加，以与此每单位时间的转速改变量相符合。例如，在替换开始之前处，在每个计算周期都执行步骤 140 中的过程。从而获得作为每单位时间转速改变量的每个计算周期的转速改变量，然后，每当进行了步骤 140 中的过程，电动机 M 的转速就增加一个每计算周期的转速改变量。

电动机 M 的转速以上述的方式增加，且在达到替换开始时间时，在步骤 110 中作出肯定的判断。在此情形中，程序前进到步骤 150，其中电动机 M 的转速设成 Nm 。

当在上述步骤 130 到 150 中规定了电动机 M 的转速时，程序前进到步骤 160，其中响应于该规定的电动机 M 转速的电流供应到电动机上，使得电动机 M 的转速达到所规定的转速级别。

因此，如图 28 所示，电动机 M 的转速可以受控在替换所需要的特定程度上，从而防止受控液压制动力因泵 37 和 47 所供应的制动液的不足而延迟启动。

如上所述，依据本实施方式的用于车辆的制动装置 1，电动机 M 的转速在替换之前就开始增加以获得一特定的级别，由此，可以补偿在泵驱动开始时所引起的再生制动力的减少。因此，防止了由泵 37 和 47 所供应的制动液的不足，然后，可以获得与液压控制阀 31 和 41 的差压指令值相等的轮缸压力。可以在替换后保持住在替换之前所获得的减速度，从而防止因泵 37 和 47 供应的制动液不足所引起的液压制动力启动延迟的问题。

进一步地，调节电动机 M 旋转的开始时间，使得电动机 M 在替换开始

时获得所需要的转速。从而，可以防止因为电动机M过早地高速转动而导致的电力浪费。

依据本实施方式，当出速V达到Vs1时，执行替换前的电动机M的转速增加开始正时。Vs1的设定决定了电动机M转速的增加率。此增加率与电动机M转动时的噪音程度、由泵37和47的驱动导致的主缸23中的制动液的抽吸量——即制动踏板21的进一步压下的量——相关，因此应当考虑这些因素。

进一步地，依据本实施方式，流程图中的每个步骤都与执行各个过程的各个装置对应。例如，用于执行步骤140中的过程的一个部分对应于电动机转速设定装置，用于执行步骤200中的过程的一个部分对应于总改变量计算装置，用于执行步骤210中的过程的一个部分对应于替换时间计算装置，以及用于执行步骤220中的过程的一个部分对应于每单位时间改变量计算装置。

进一步地，依据第四实施方式，在替换开始之前，电动机转速增加到一个特定的程度，在该程度处，当泵开始驱动时，可以补偿再生制动力的减少，从而防止由泵供应的制动液量的不足。由此，防止受控液压制动力的启动延迟。

进一步地，依据第四实施方式，当车速从第一速度改变到第三速度时，电动机转速逐渐地增加。从而，可以调节电动机转速增加的开始时间，从而在替换开始时获得特定的转速，这可以防止可能因为马过早地高速转动而导致的电力浪费。

进一步地，依据第四实施方式，与替换开始时的轮缸压力对应的电动机转速(Nm)可以通过使用表示轮缸压力与电动机转速之间的关系、与每单位时间的轮缸压力变化相关的映射或函数表达式来获得。然后，在替换开始之前，电动机的转速可增加到所获得的程度，从而防止受控液压制动力因泵所供应的制动液的不足而延迟启动。

依据上述的实施方式，在发动机前置、驱动轮前置的车辆中设置有前制动系统和后制动系统。然而，可采用发动机前置、驱动轮后置的车辆中的前制动系统和后制动系统。进一步地，依据上述的实施方式，真空助力器22用作助力设备。然而，可使用在蓄压器中积聚由泵产生的液压、然

后放大或增加所积聚的液压的助力设备。

进一步地，依据上述的实施方式，电动机 12 直接连接到车轮 FL 和 FR 或其轴上。然而，作为替代地，电动机 12 可通过减速器连接。在这种情形中，仍然可以使用本发明的实施方式。

进一步地，依据上述的实施方式，制动 ECU 60 和混合动力 ECU 19 构成了控制装置。然而，控制装置可与其它 ECU 一起构成。此外，制动 ECU 60 和混合动力 ECU 19 所包括的每个功能都仅仅是示例，并可通过集成有制动 ECU 60 和混合动力 ECU 19 的单个 ECU 实现。实现上述每个功能的功能部分可设置在除制动 ECU 60 和混合动力 ECU 19 之外的其它 ECU 中。

进一步地，依据上述的实施方式，制动踏板作为制动操作构件来解释。可选地，制动杆可以作为制动操作构件。进一步地，根据压力传感器 P 的检测信号来获得与制动操作构件的操作相应的驾驶人员所需要的制动力。在此情形中，其它的产生与驾驶人员所需制动力相应的输出——例如用于检测制动踏板 21 的下压的踏板压力传感器检测信号——的组件或部件也是可以接受的。

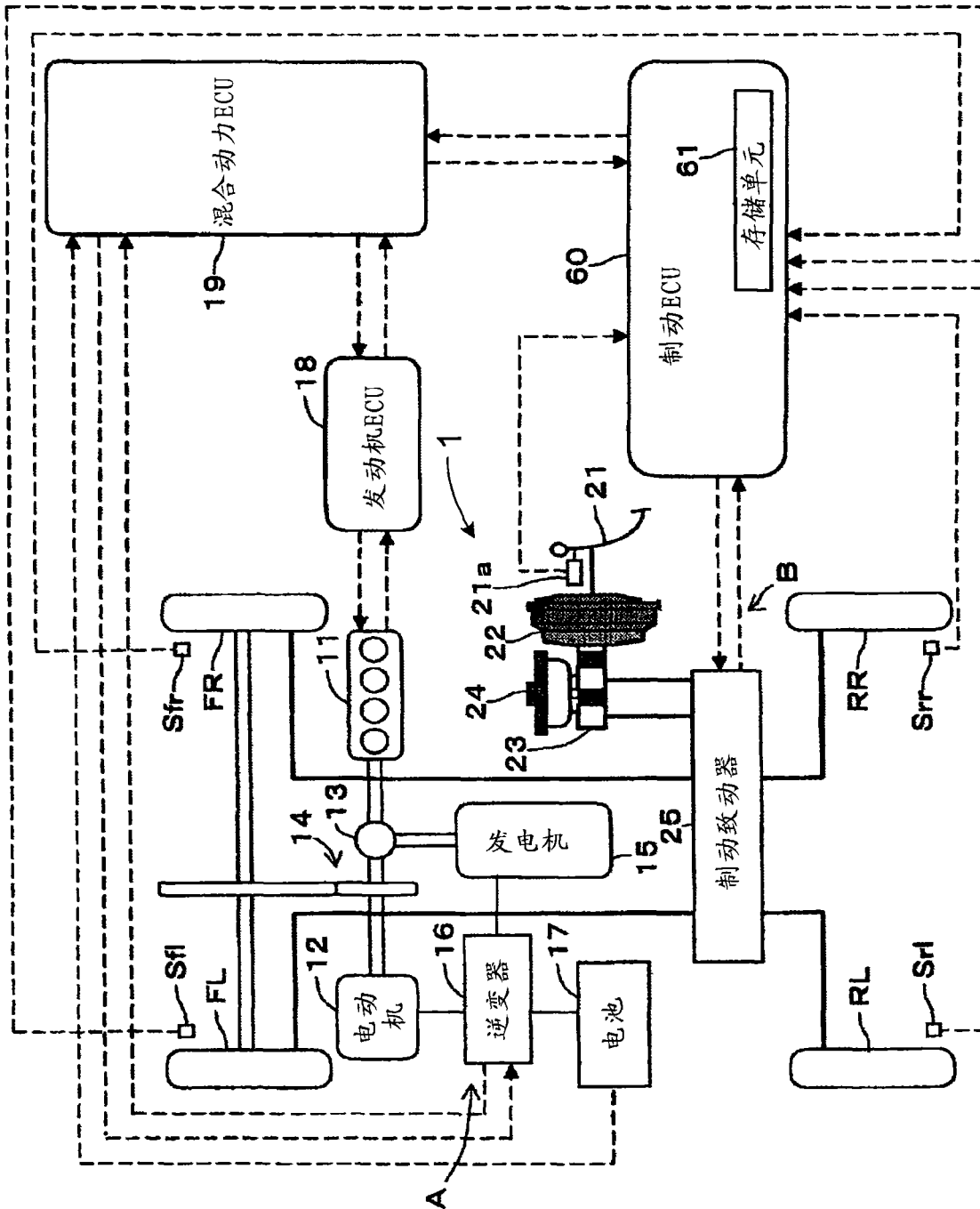


图1

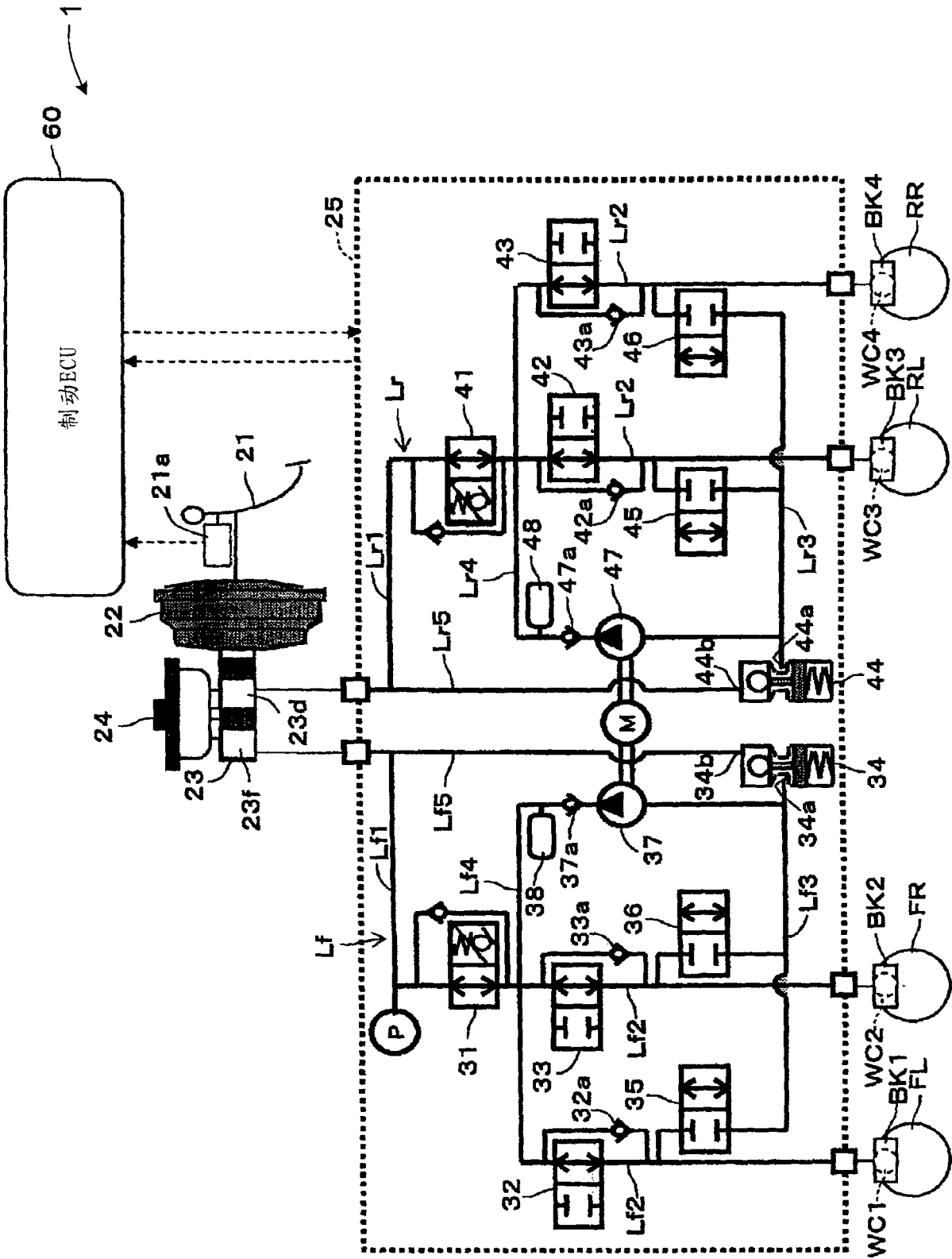


图2

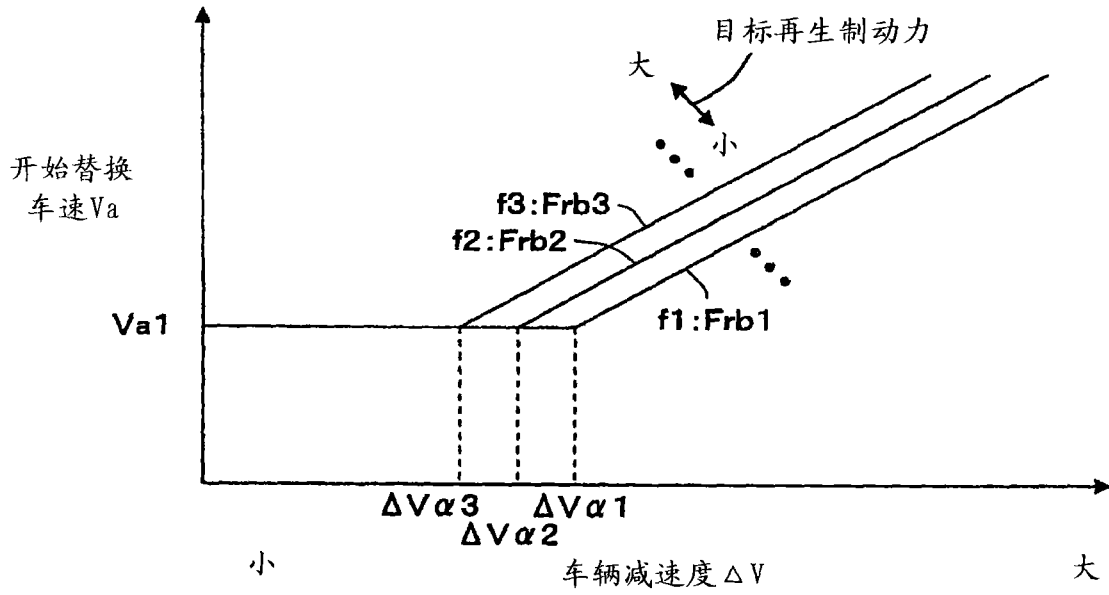


图3

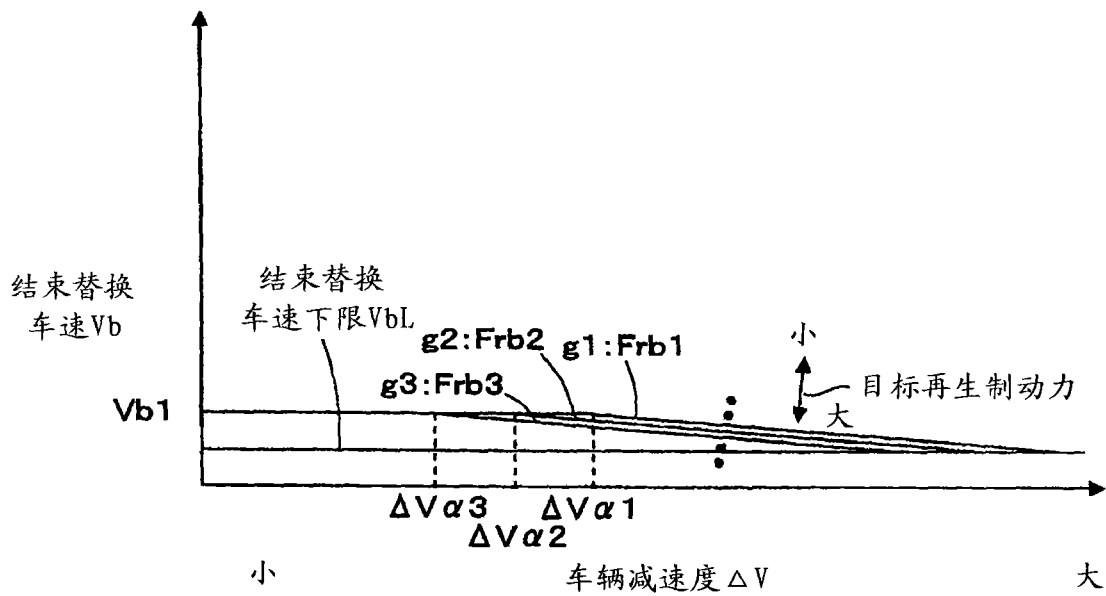


图4

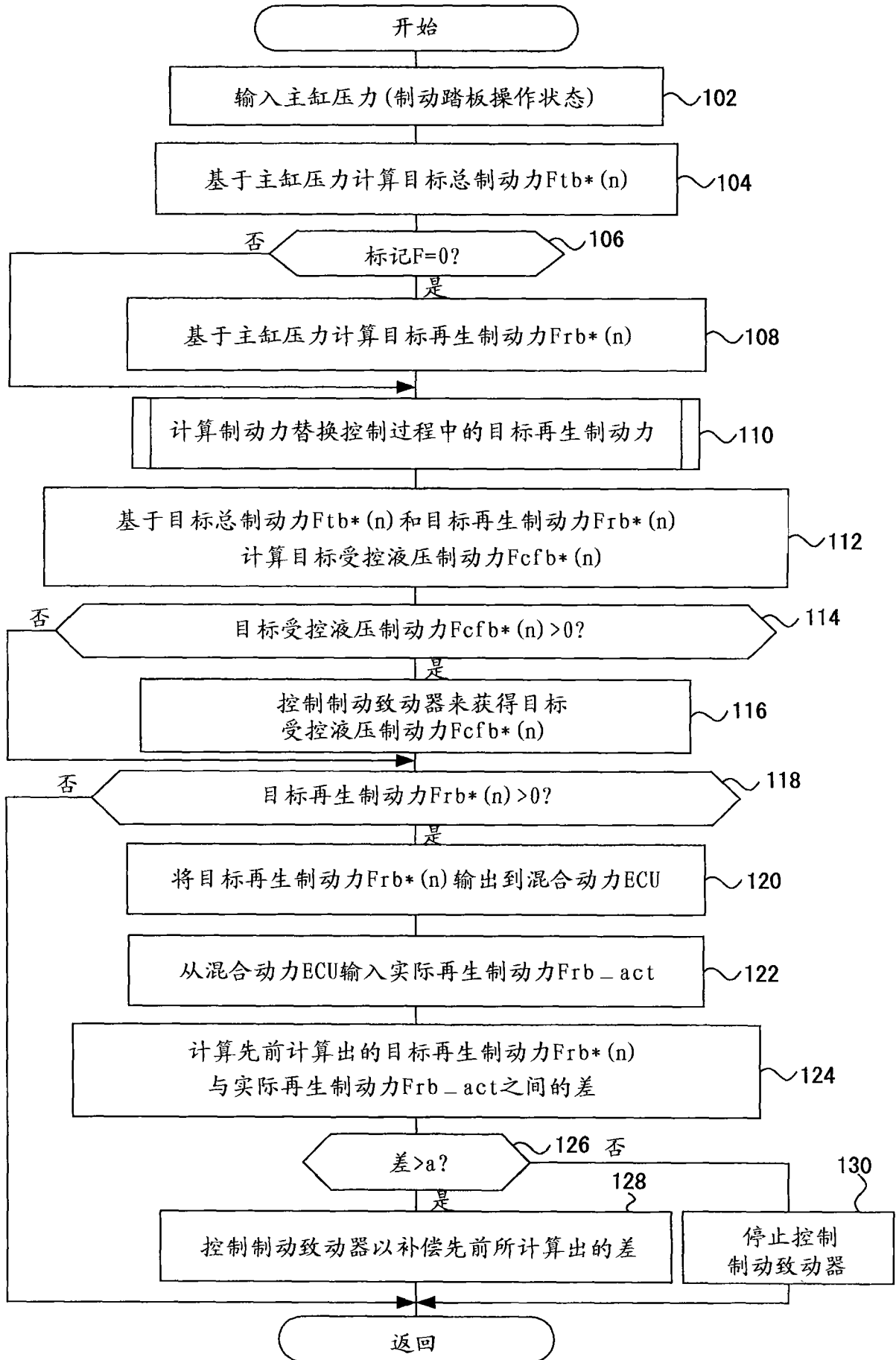


图5

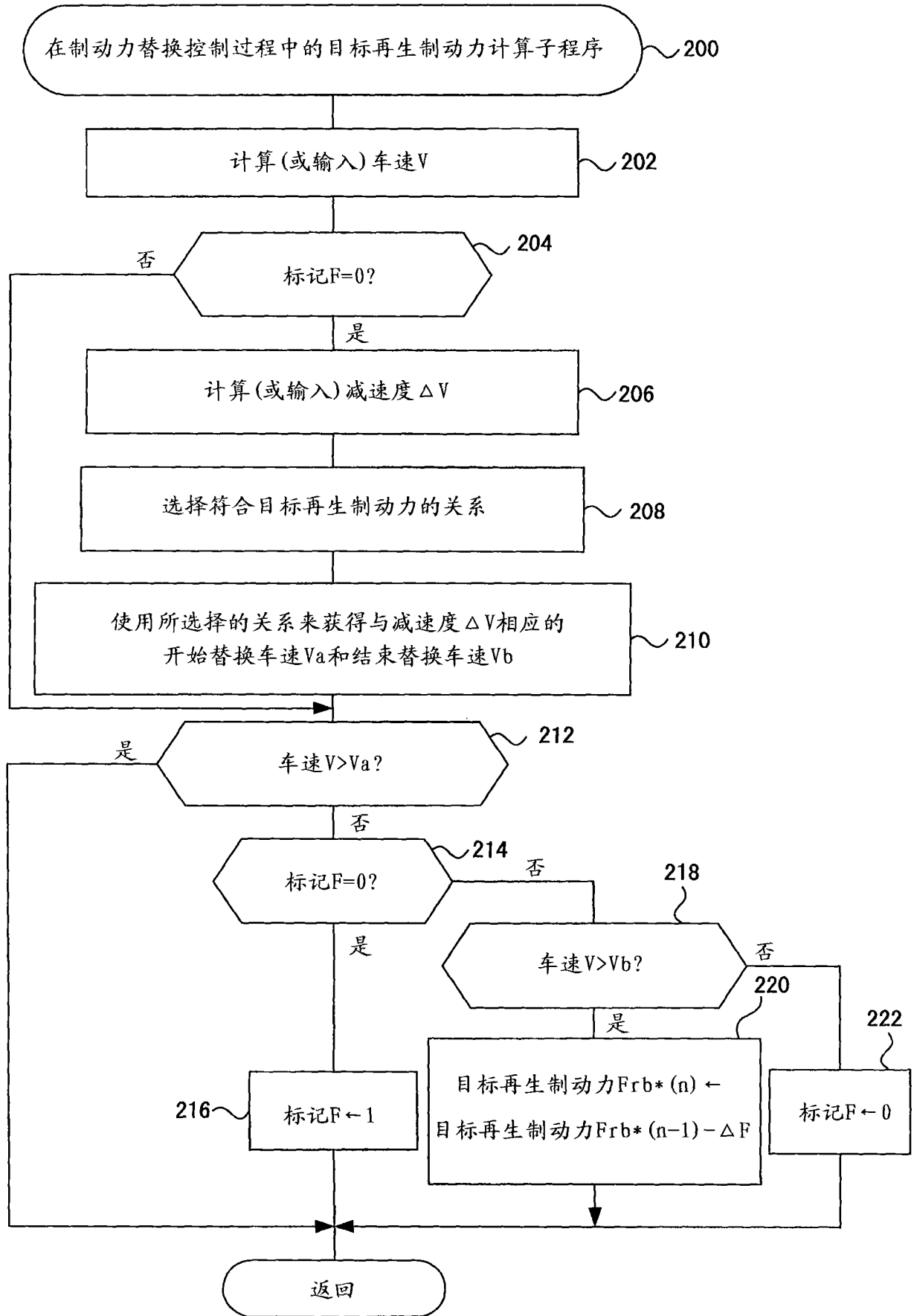


图6

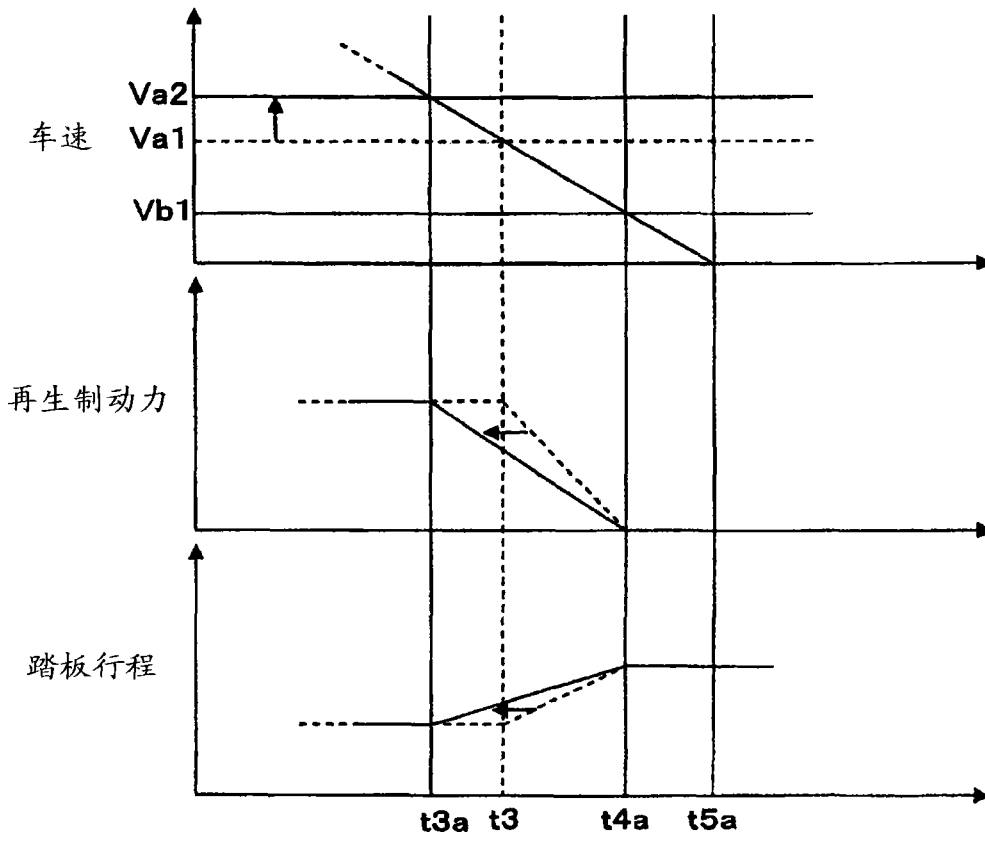


图7

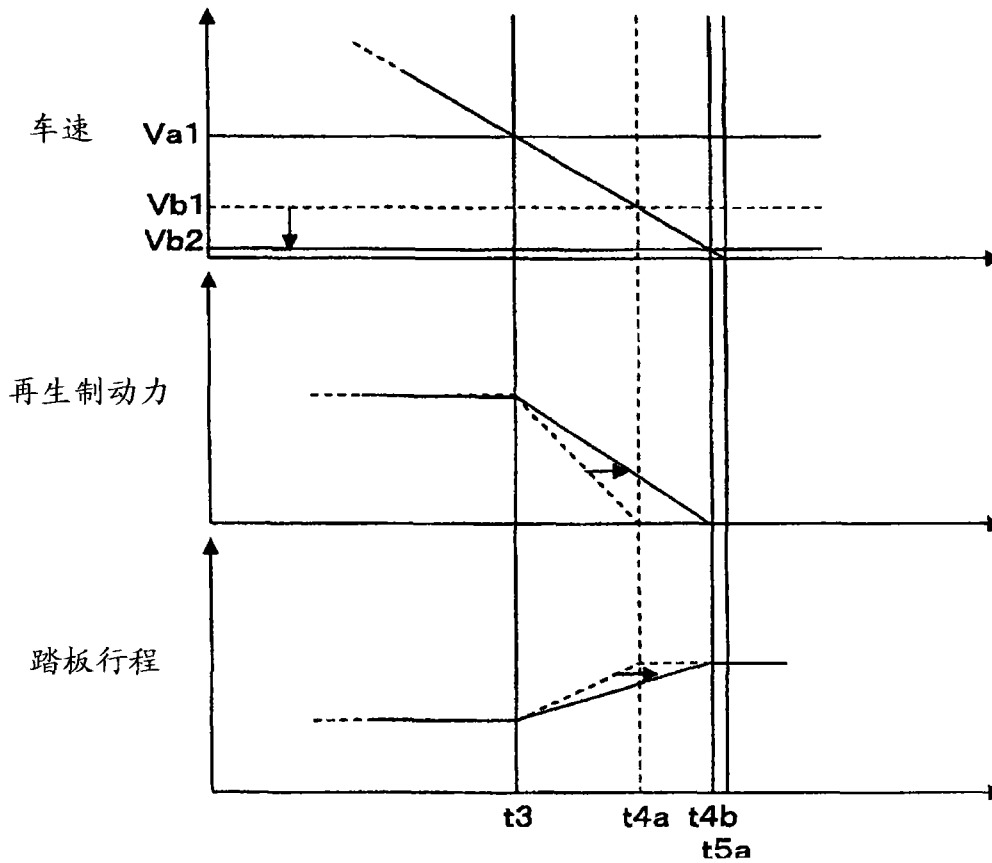


图8

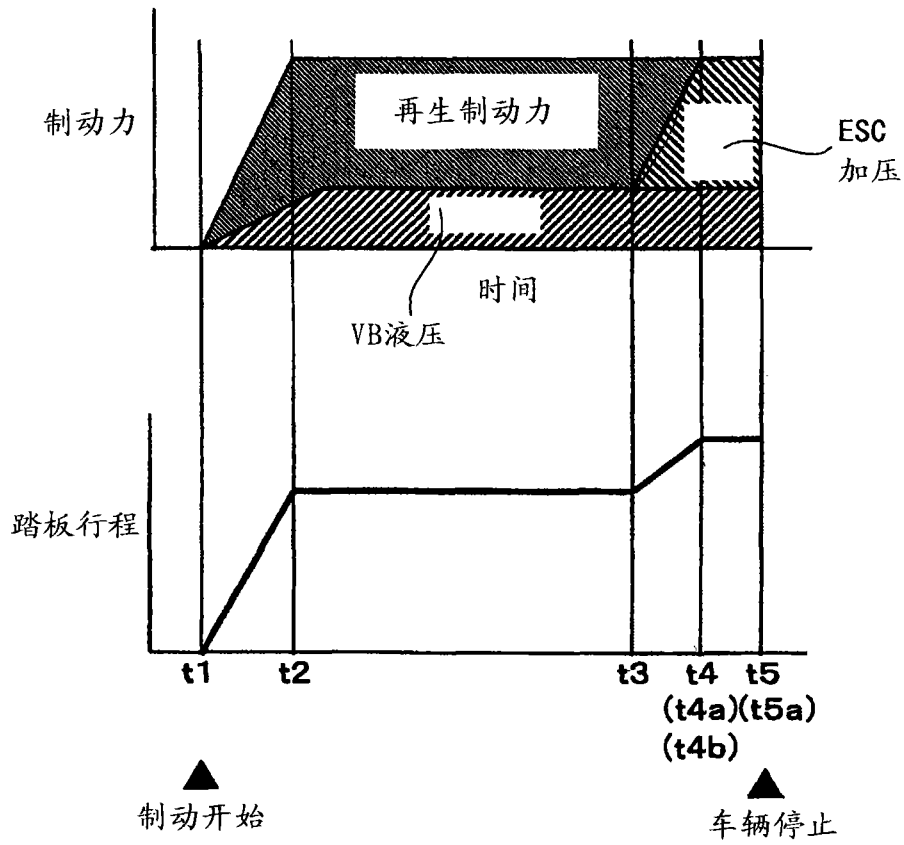


图9

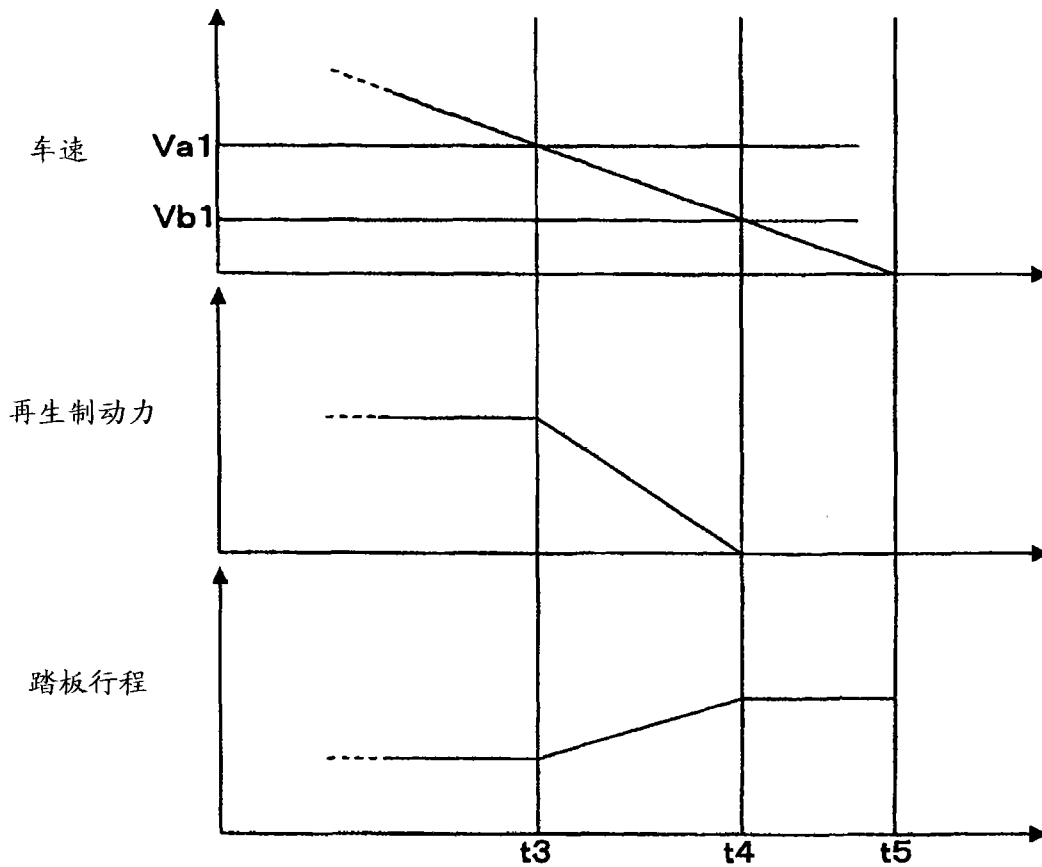


图10

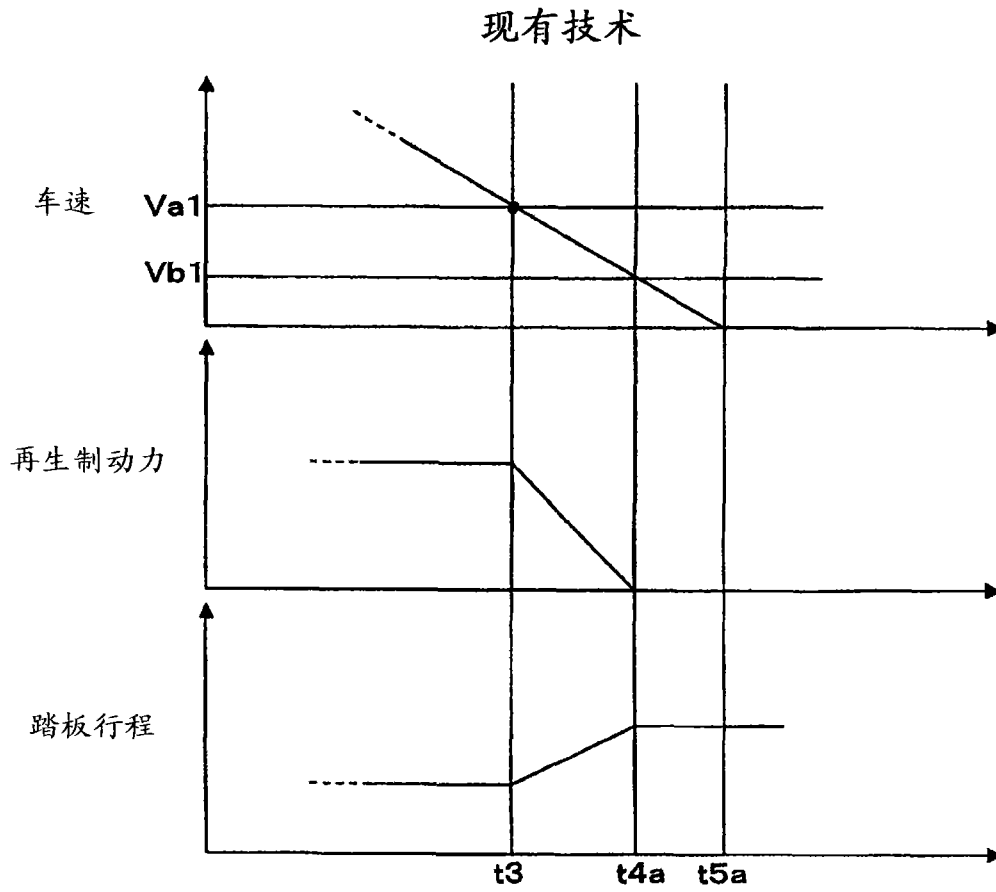


图11

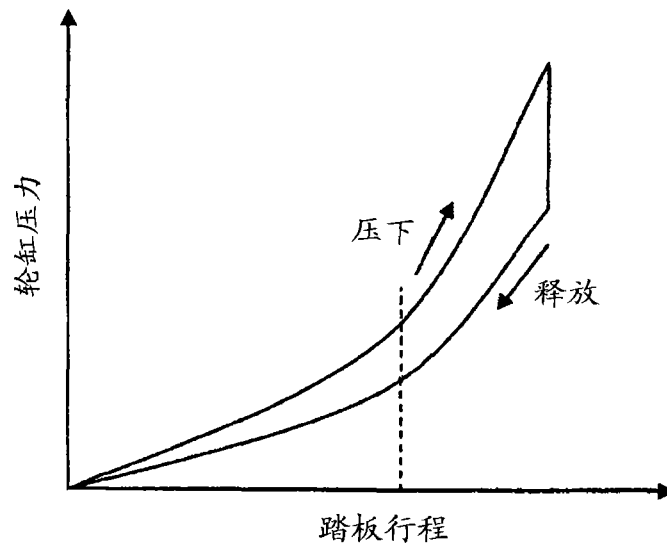


图12

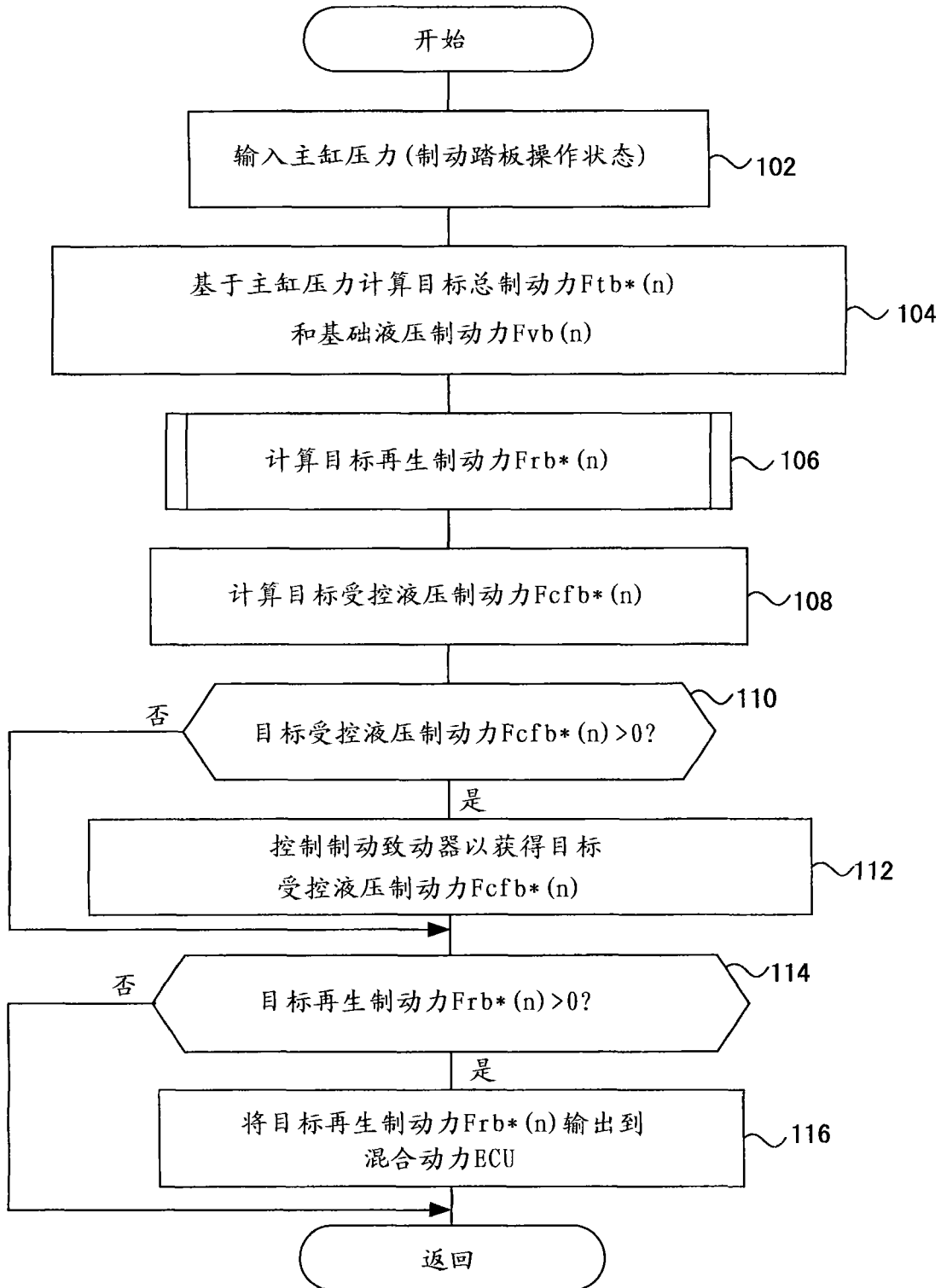


图13

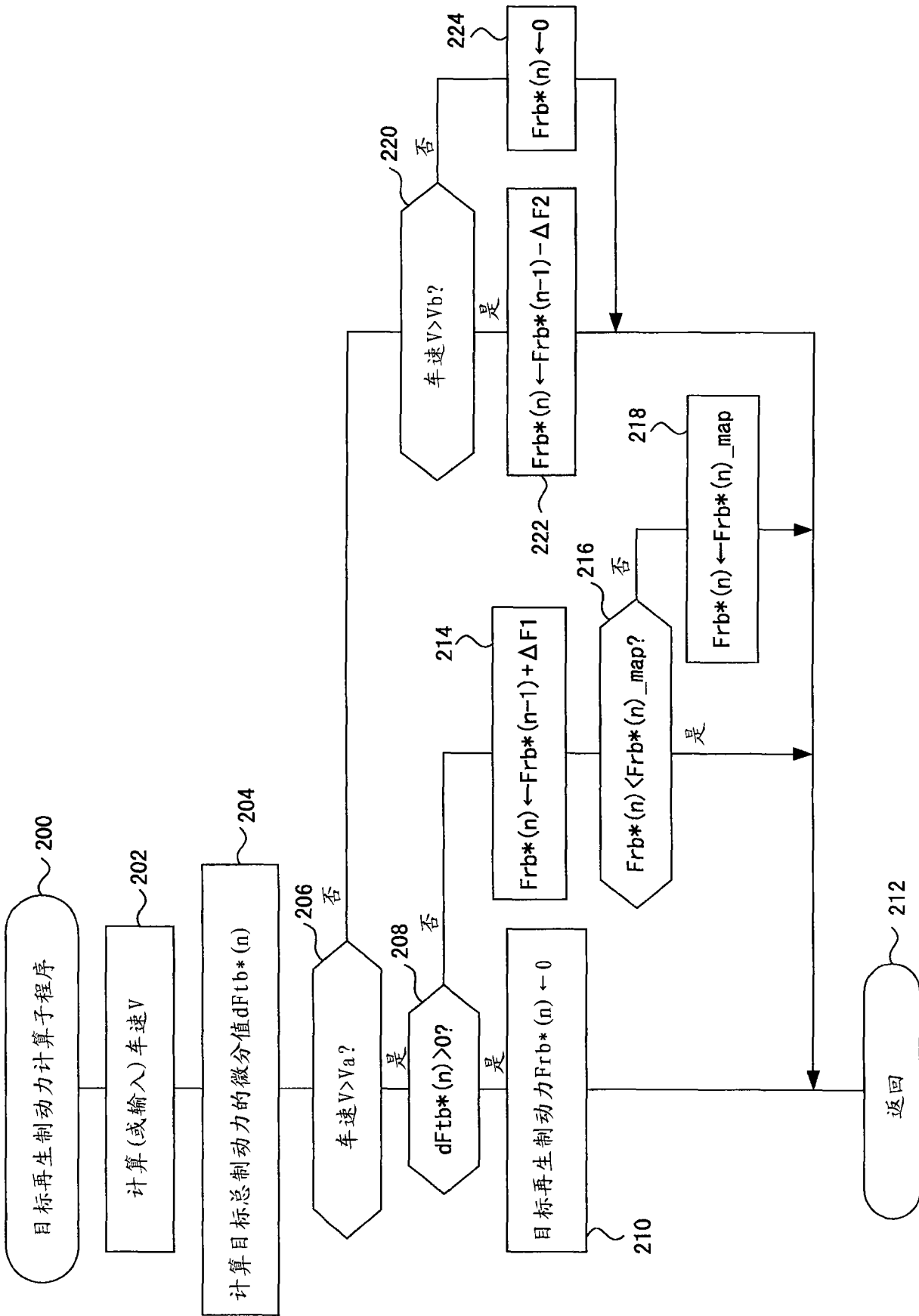


图14

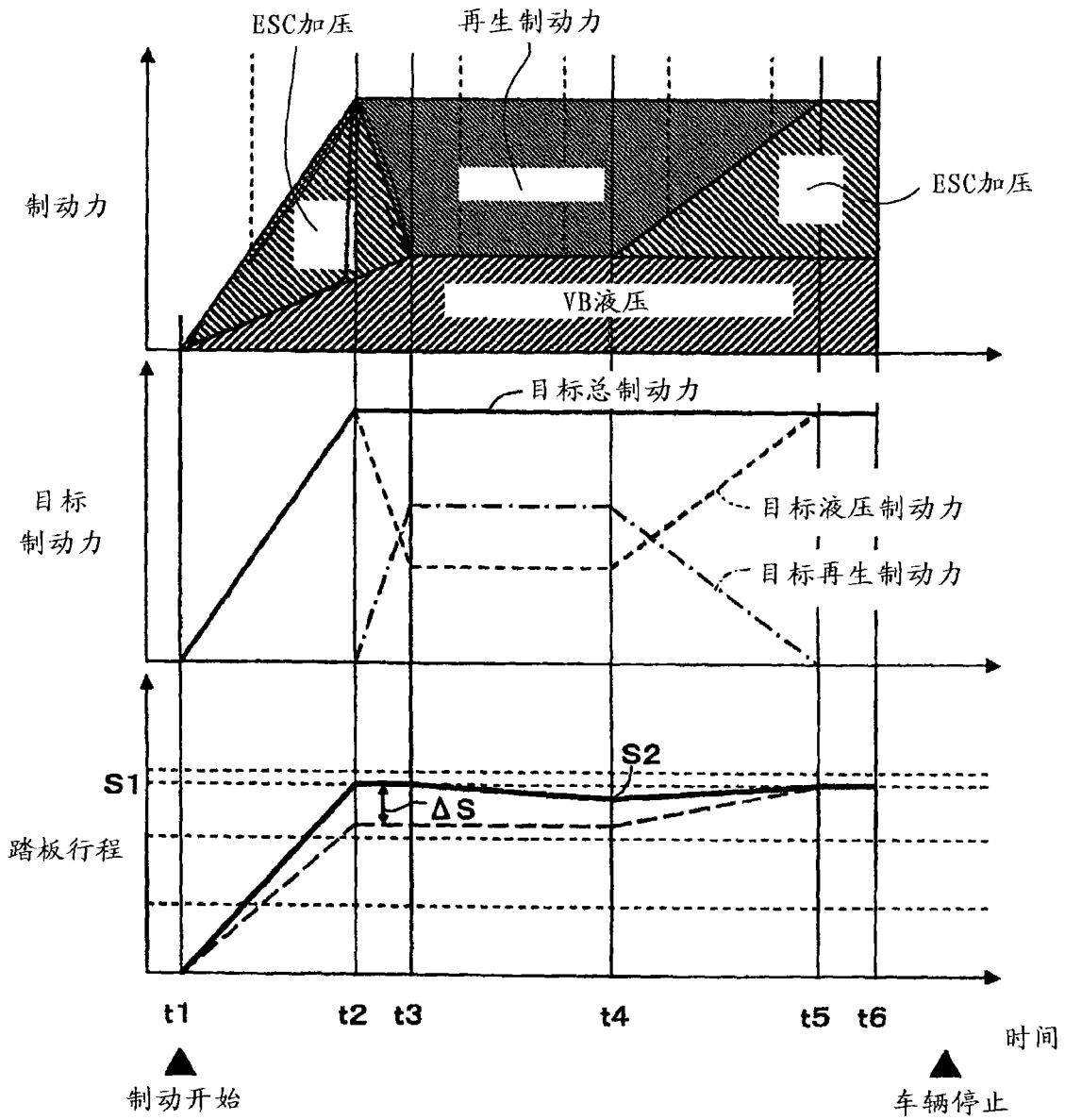


图15

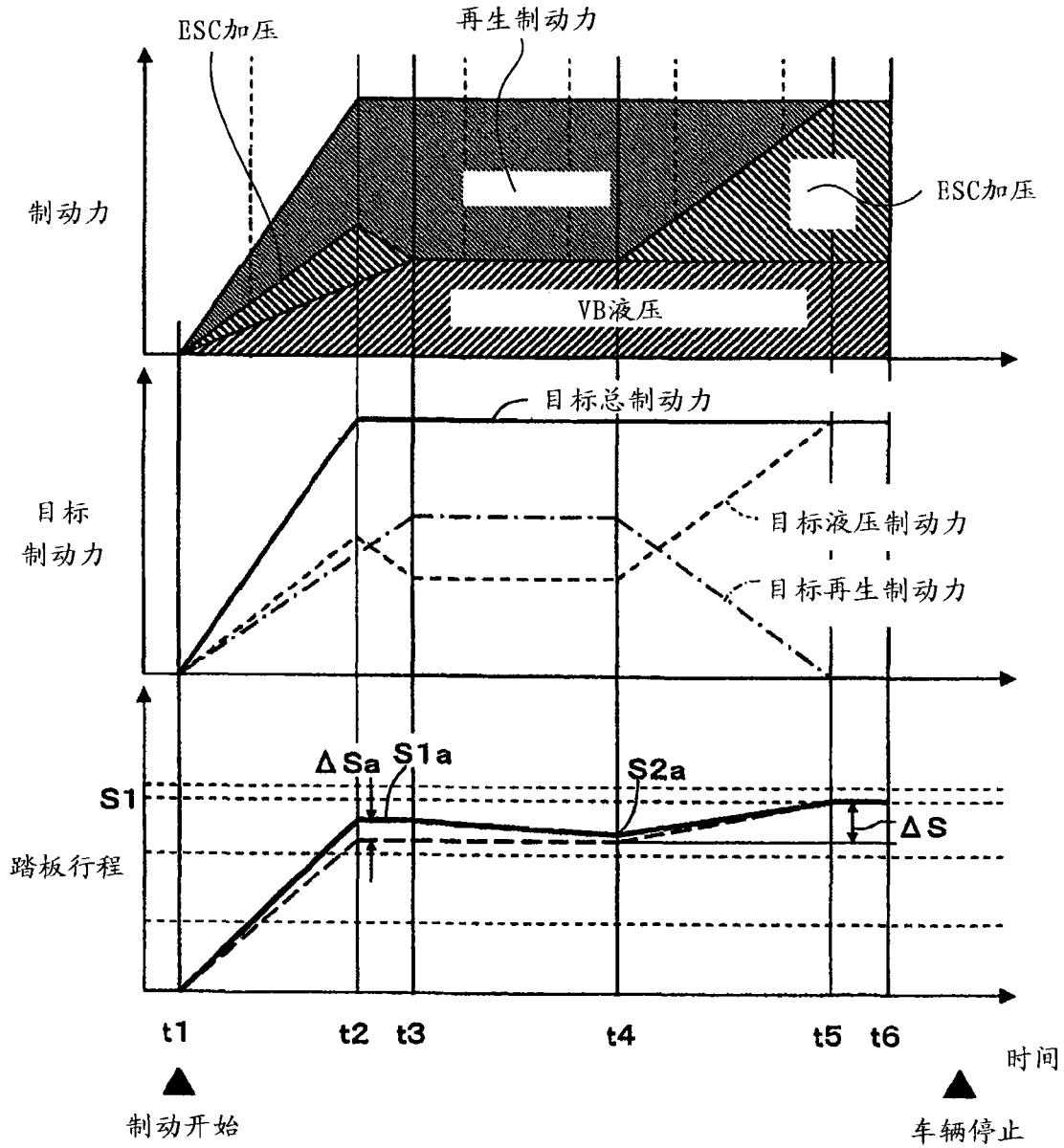


图16

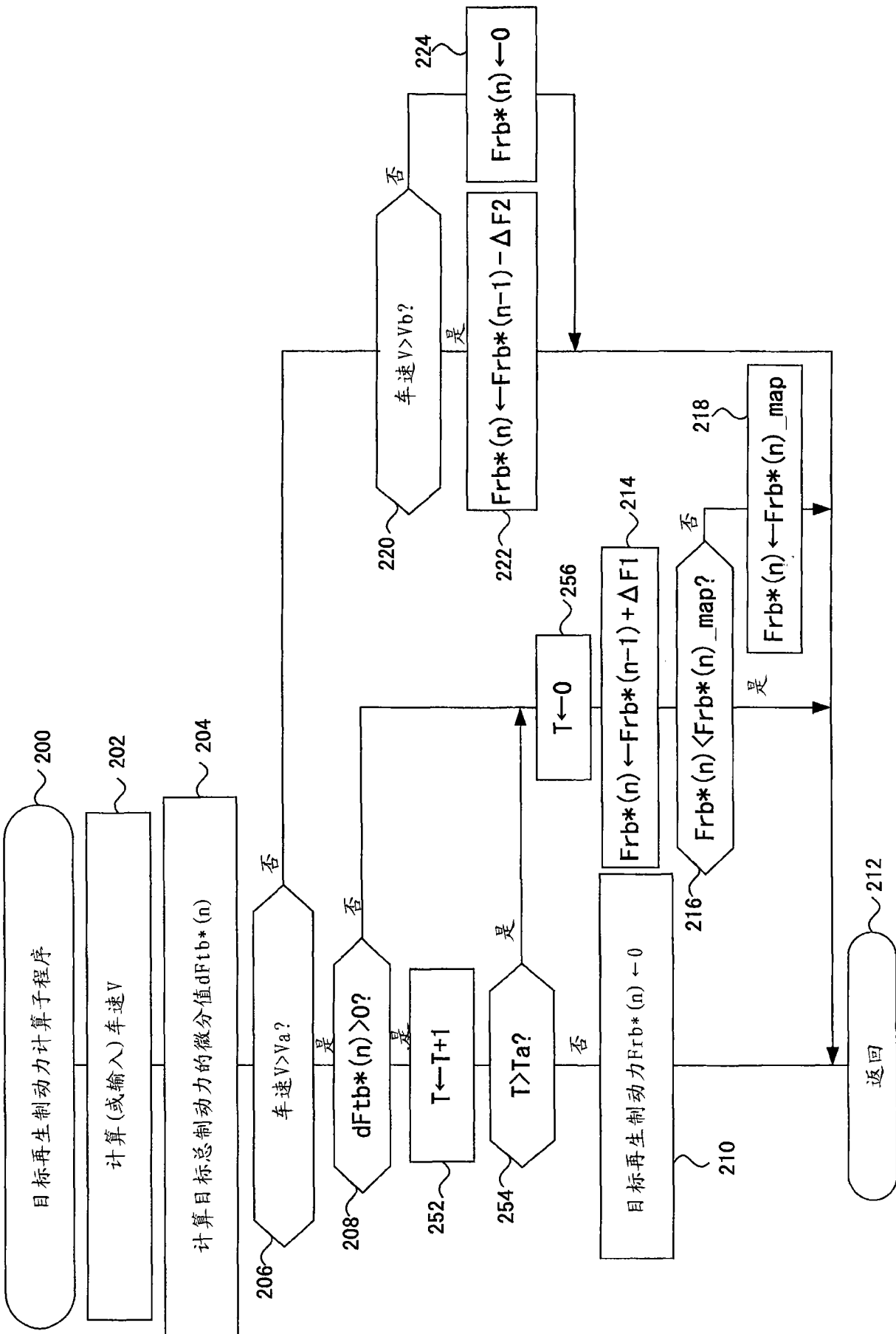


图17

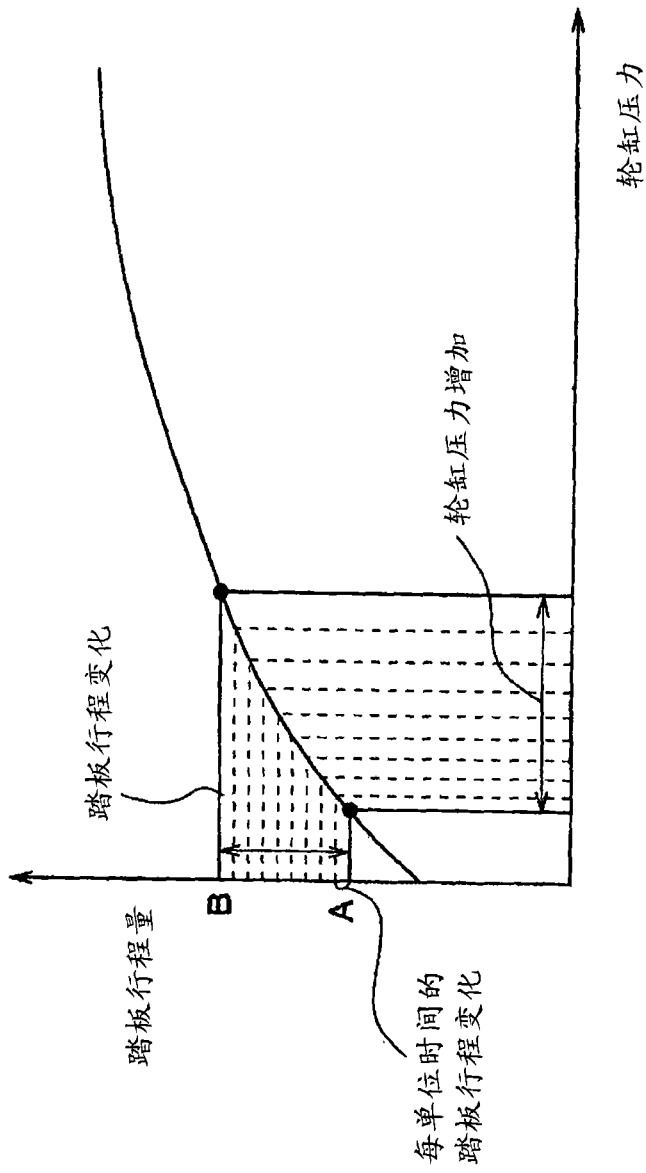


图18

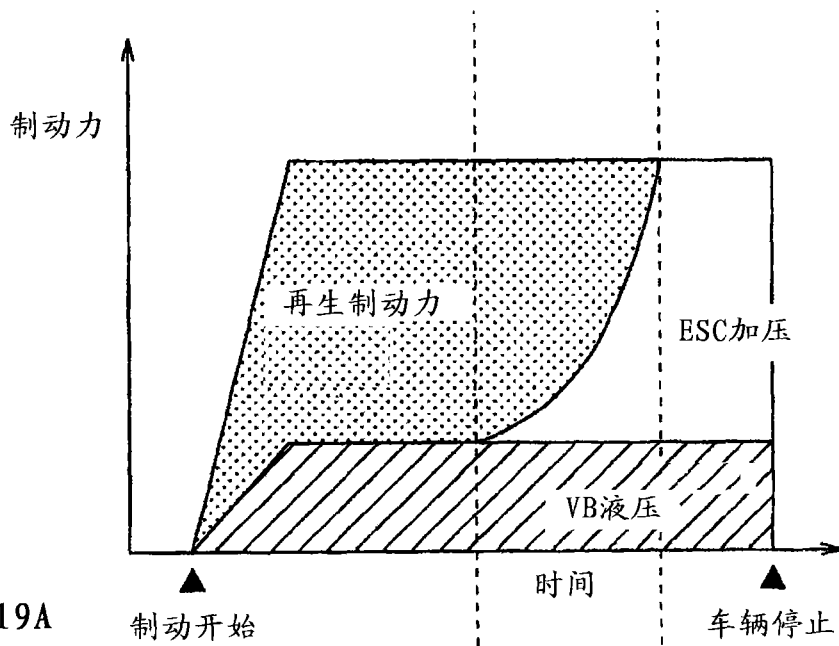


图19A

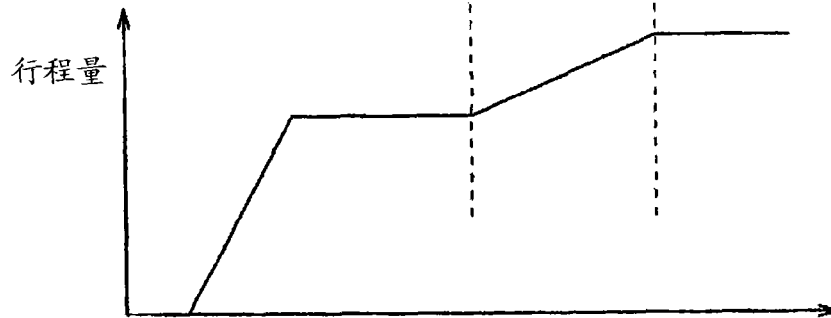


图19B

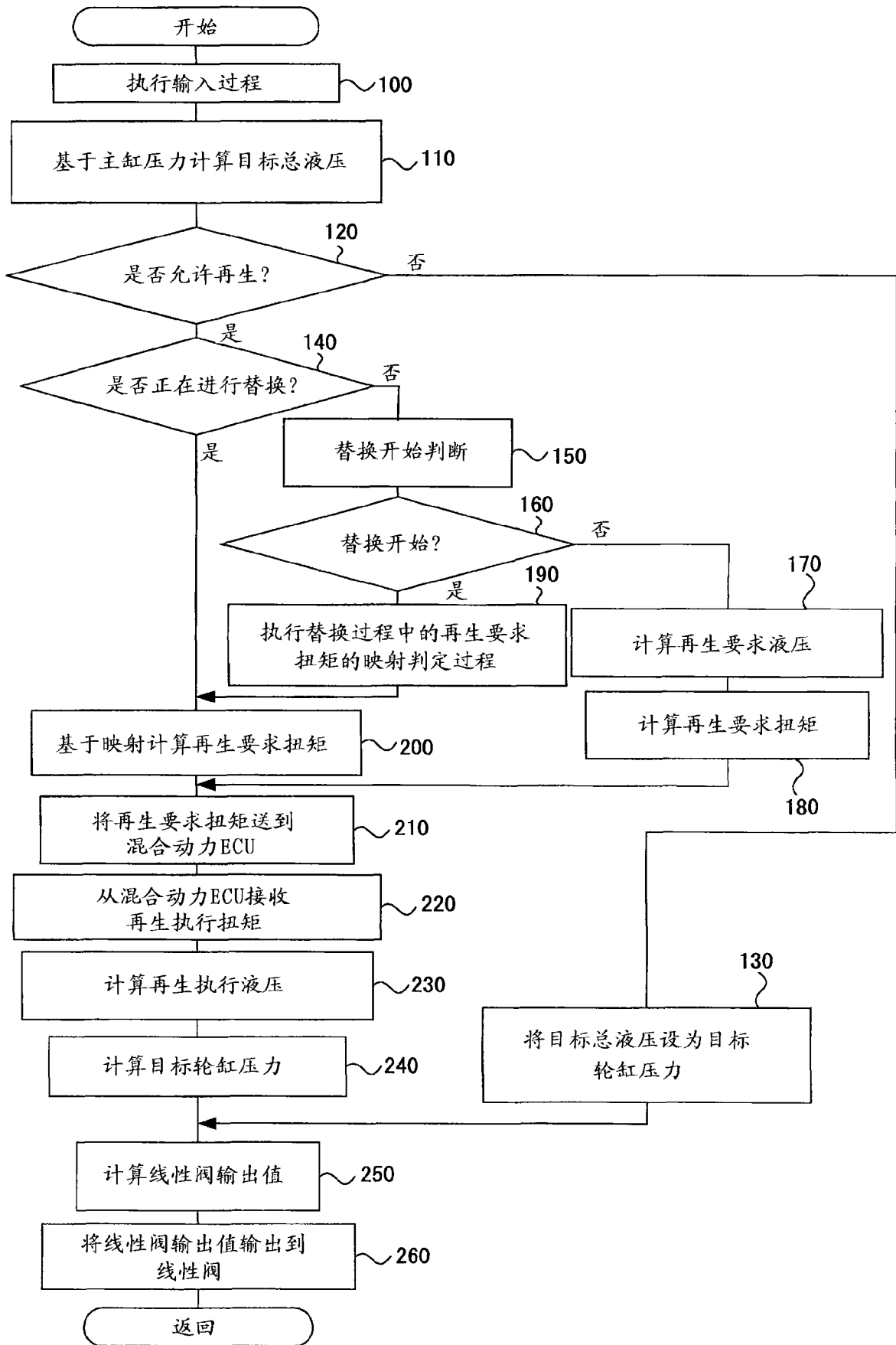


图20

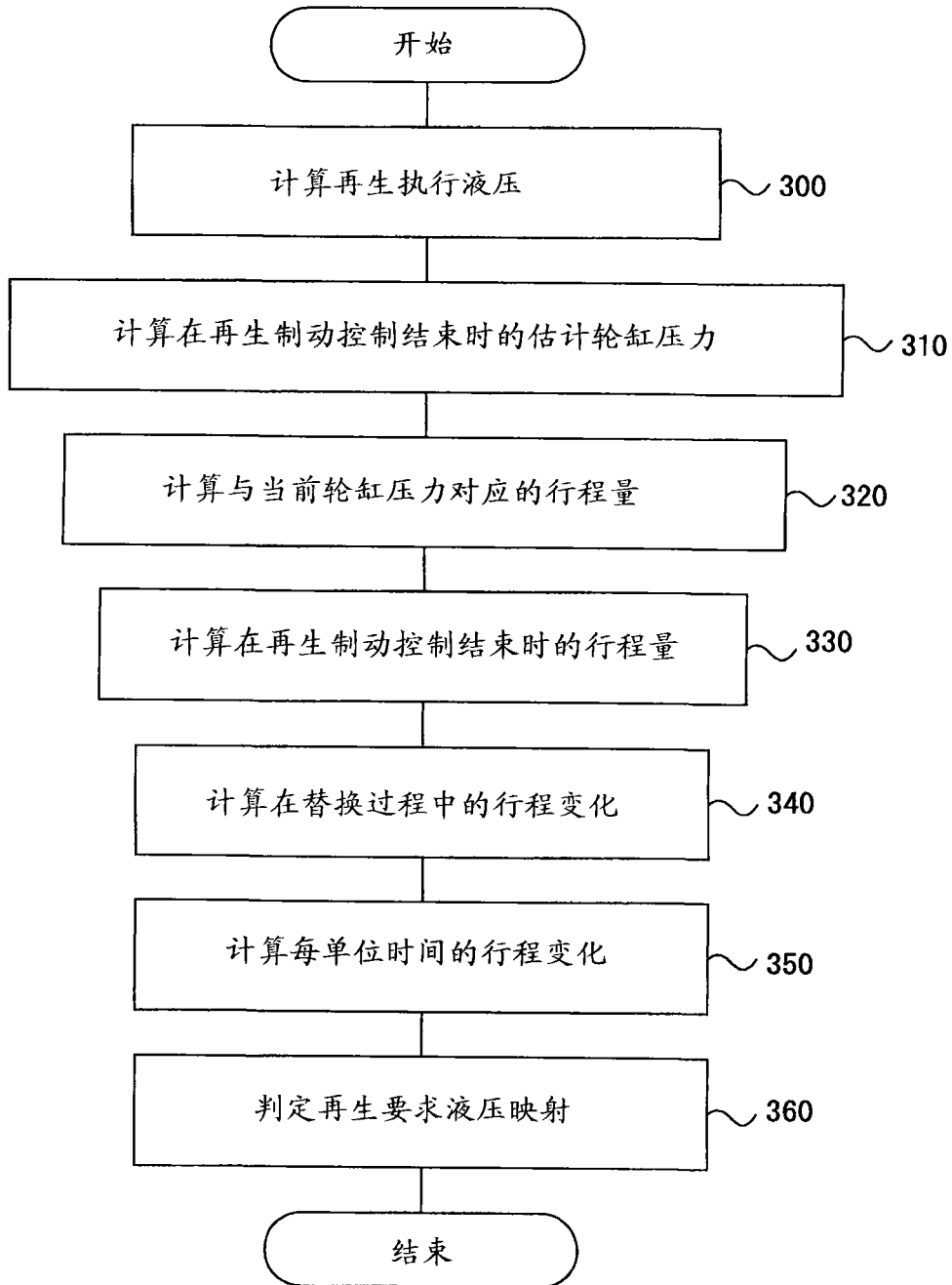


图21

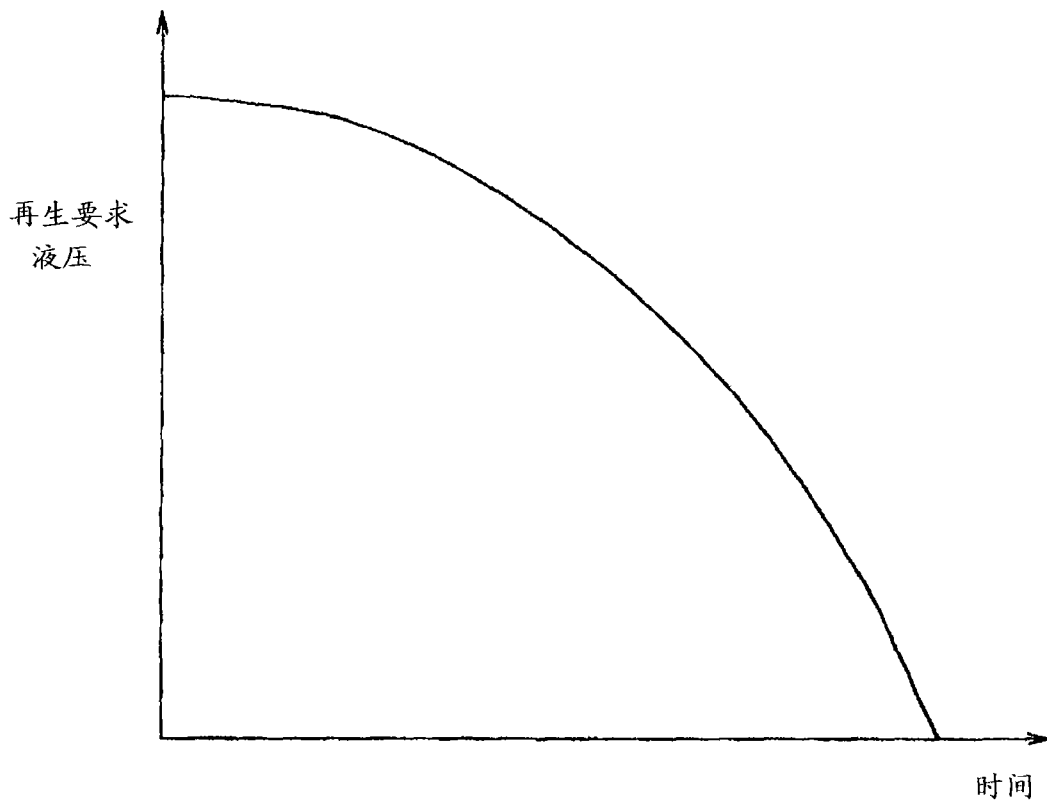


图22

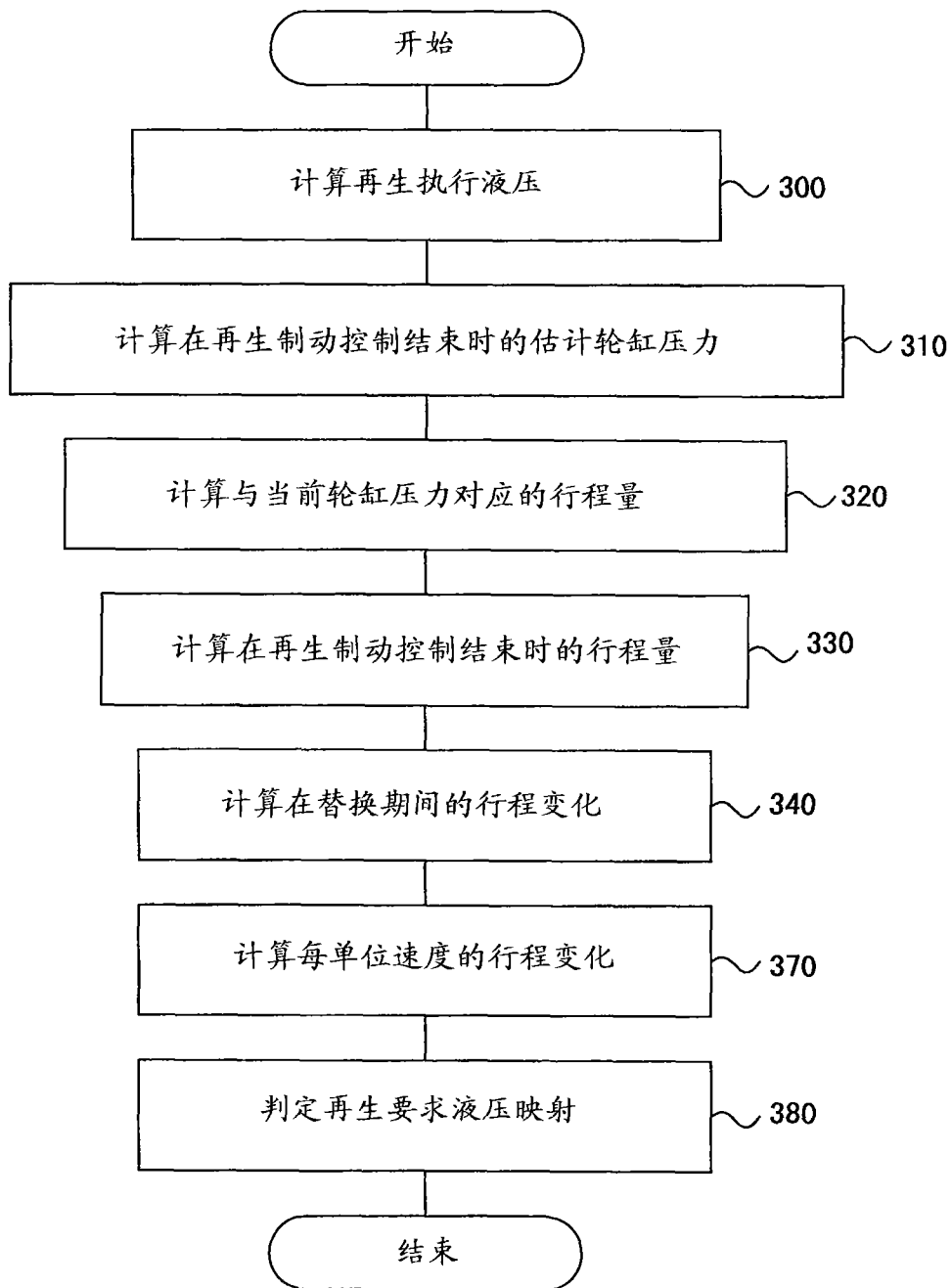


图23

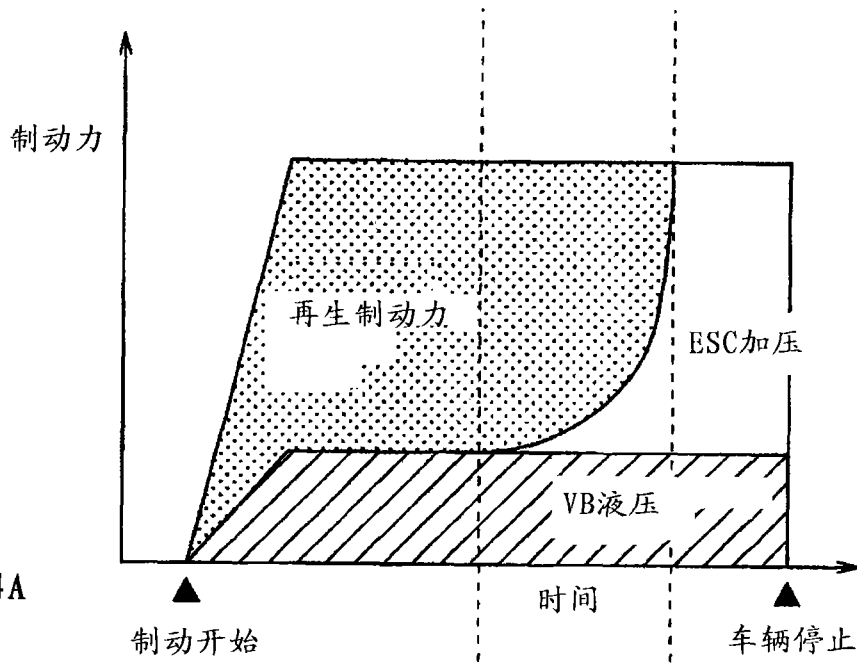


图24A

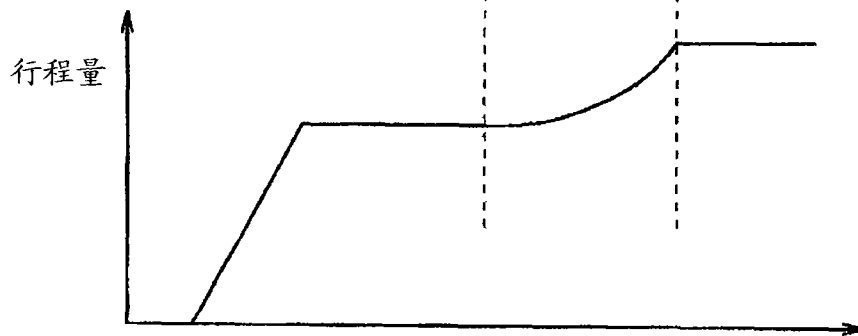


图24B

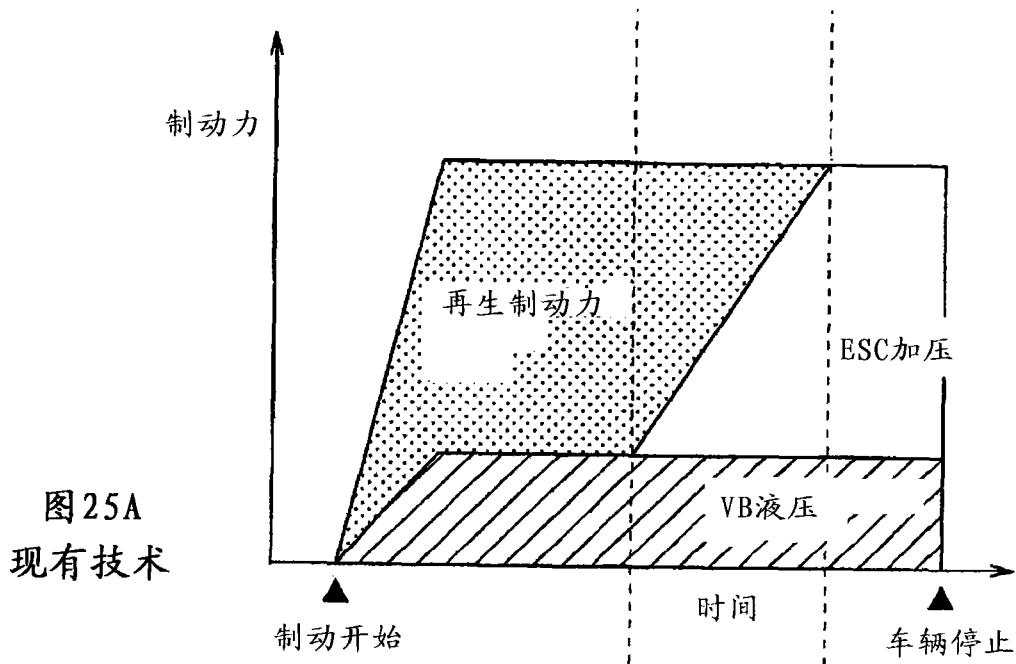


图25A
现有技术

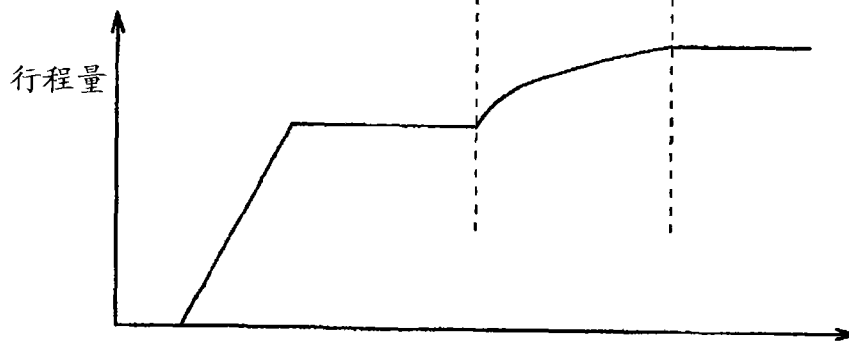


图25B
现有技术

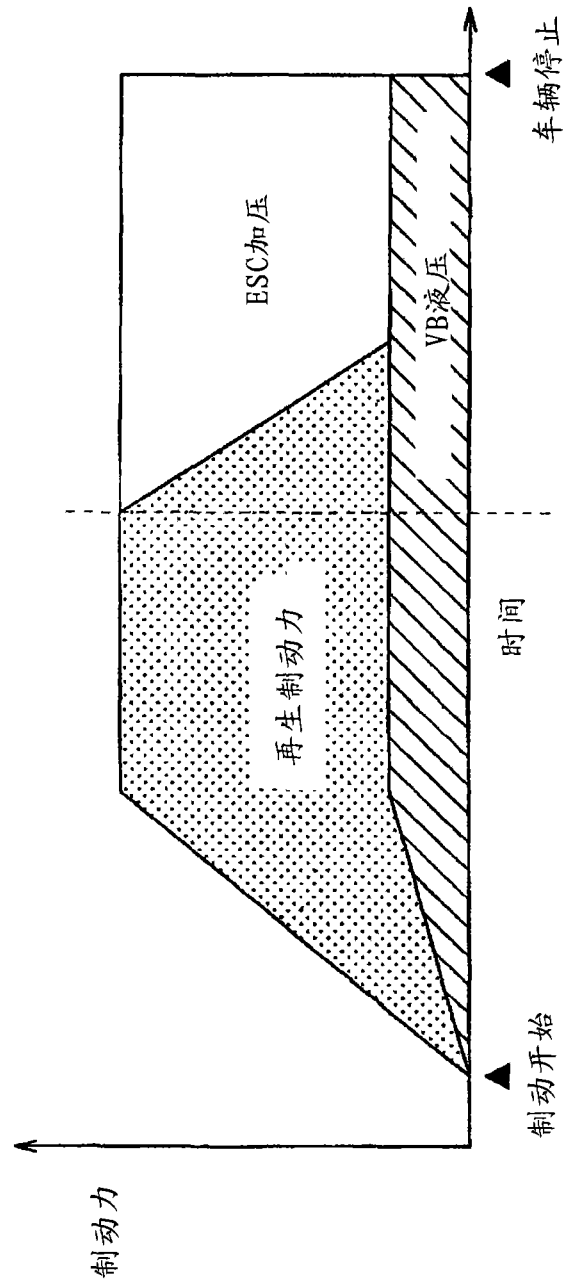


图26

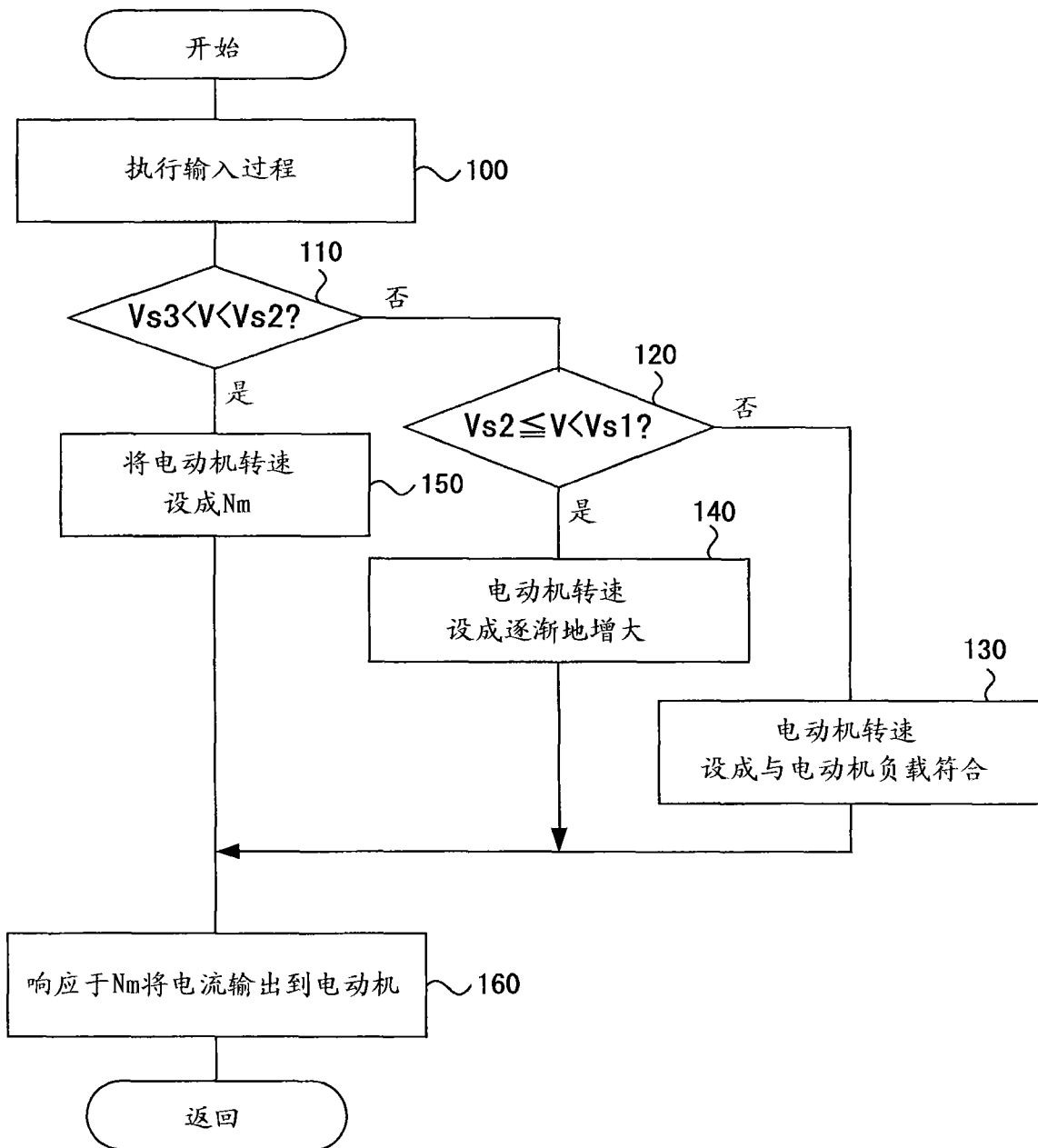


图27

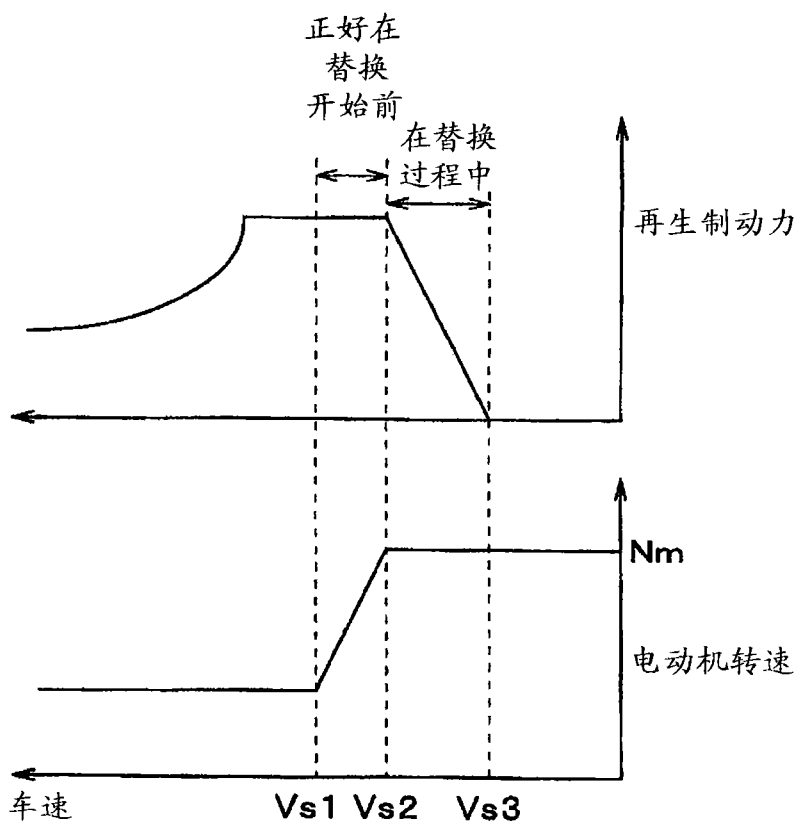


图28

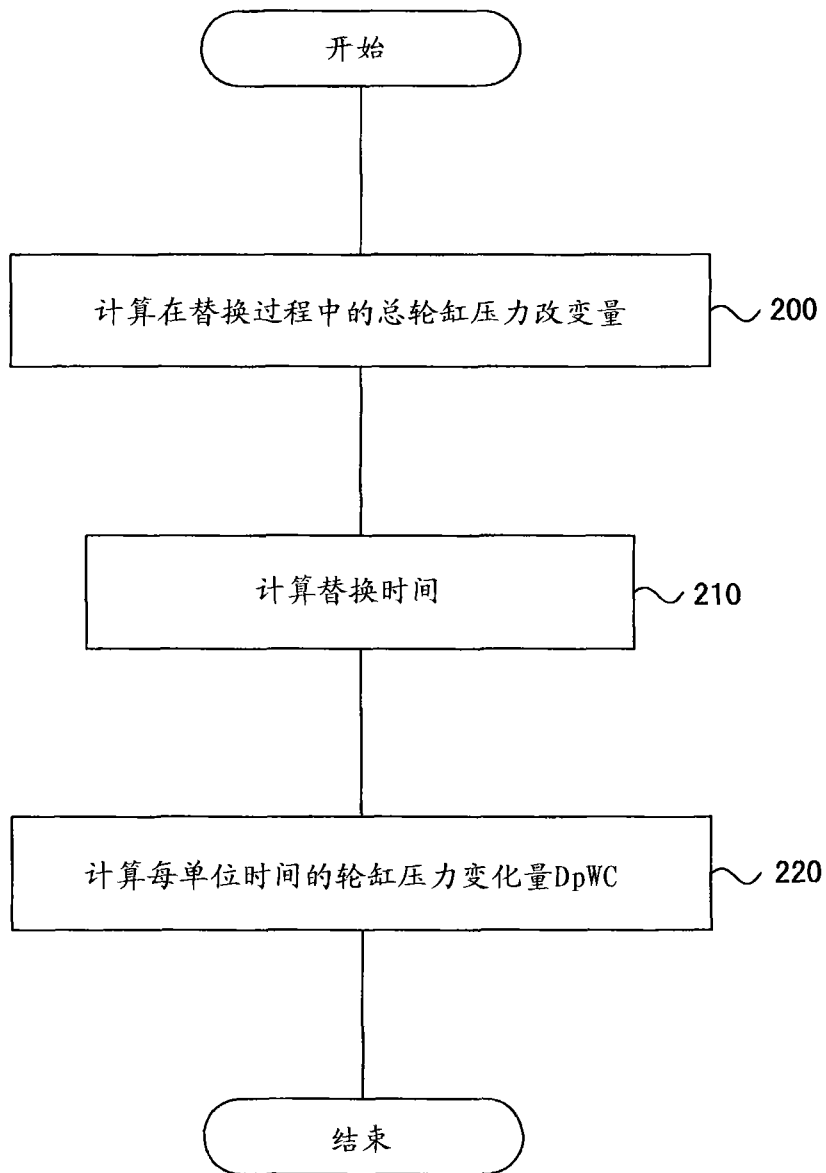


图29

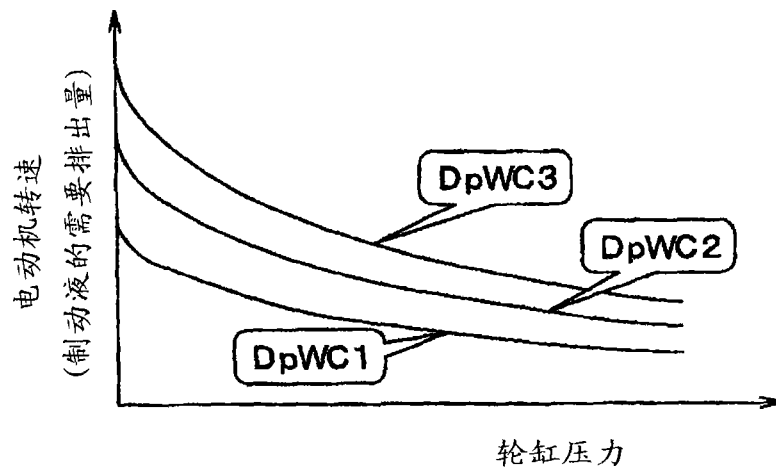


图 30