



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110691901 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 08

(21) 申请号 201780065269.X

(22) 申请日 2017.10.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110691901 A

(43) 申请公布日 2020.01.14

(30) 优先权数据
62/411,943 2016.10.24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.04.22

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/058078 2017.10.24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/081115 EN 2018.05.03

(73) 专利权人 康明斯公司

地址 美国印第安纳州

(72) 发明人 D·J·本森 P·佩夫勒

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 王小东 黄纶伟

(51) Int.Cl.
F02D 41/38 (2006.01)
F02M 59/02 (2006.01)
F02M 59/08 (2006.01)
F02M 63/02 (2006.01)

审查员 刘若凡

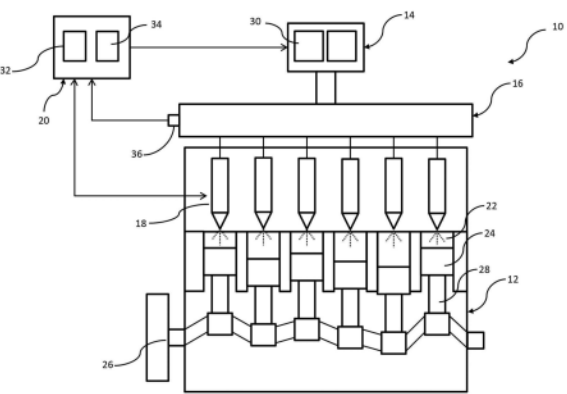
权利要求书4页 说明书12页 附图34页

(54) 发明名称

燃料泵压力控制结构与方法

(57) 摘要

提供了一种控制泵的方法和系统,该泵具有泵送元件,该泵送元件构造成将加压燃料提供给共轨蓄能器,该共轨蓄能器连接到多个燃料喷射器,所述多个燃料喷射器构造成将燃料喷射到发动机的相应的多个气缸中,包括:接收轨压值,该轨压值表示蓄能器中的当前燃料压力;并且通过控制泵送元件在泵送元件的每个潜在泵送事件期间的操作以在至少一些潜在泵送事件期间产生实际泵送事件来响应所接收的至少一个轨压值,从而使轨压值保持在期望的范围并且实现以下中的至少一项:提高泵的总效率、降低由泵产生的可听噪声、增加泵的可靠性以及减少多个燃料喷射器处的喷射压力变化。



1. 一种控制泵的方法,所述泵具有包括第一泵送元件和第二泵送元件的多个泵送元件,所述多个泵送元件构造成将加压燃料提供给共轨蓄能器,所述共轨蓄能器联接到多个燃料喷射器,所述多个燃料喷射器构造成将燃料喷射到发动机的相应的多个气缸中,该方法包括:

接收至少一个轨压值,该至少一个轨压值表示所述共轨蓄能器中的当前燃料压力;并且

通过控制所述多个泵送元件在所述多个泵送元件的每个潜在泵送事件期间的操作以在至少一些潜在泵送事件期间产生实际泵送事件来响应所接收的至少一个轨压值,从而使所述至少一个轨压值保持在期望的范围内或实现期望的压力值;

其中,所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件与所述多个燃料喷射器的喷射事件同时发生,并且所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件不与所述多个燃料喷射器的喷射事件同时发生。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一泵送元件和所述第二泵送元件是单个泵的部件。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述第一泵送元件和所述第二泵送元件均构造成使潜在泵送事件与所述多个燃料喷射器的喷射事件的比率为1、1.5或2中的一个。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,从而提高所述泵的总效率。

5. 根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件;并且

在所述第二泵送元件的所有潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,由此降低由所述泵或所述发动机产生的可听噪声。

6. 根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件;并且

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,由此降低由所述泵或所述发动机产生的可听噪声。

7. 根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件;并且

在所述第二泵送元件的潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,

由此提高所述泵的总效率并降低所述泵或所述发动机的可听噪音。

8. 根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收

的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件；并且

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件。

9. 根据权利要求2所述的方法，其中，通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件的一半潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送大于不期望燃料输送百分比的燃料量；

在所述第一泵送元件的另一半潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送小于所述不期望燃料输送百分比的燃料量；并且

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件，由此提高所述泵的可靠性。

10. 根据权利要求2所述的方法，其中，通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送0%燃料输送或大于不期望燃料输送百分比的燃料量；并且

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送0%燃料输送或大于不期望燃料输送百分比的燃料量。

11. 根据权利要求2所述的方法，其中，通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送0%燃料输送或大于不期望的燃料输送百分比的燃料量；并且

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件。

12. 根据权利要求2所述的方法，其中，通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件和所述第二泵送元件中的一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件；并且

在所述第一泵送元件和所述第二泵送元件中的另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件。

13. 根据权利要求2所述的方法，其中，通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件和所述第二泵送元件中的一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件，以输送大于不期望的燃料输送百分比的燃料量；并且

在所述第一泵送元件和所述第二泵送元件中的另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件，以输送小于所述不期望的燃料输送百分比的燃料量，

由此提高所述泵的可靠性。

14. 根据权利要求2所述的方法，其中，通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括：

在所述第一泵送元件和所述第二泵送元件中的一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件;并且

在所述第一泵送元件和所述第二泵送元件中的另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件。

15.根据权利要求14所述的方法,其中,100%燃料输送的实际泵送事件在所述第一泵送元件的潜在泵送事件期间,由此降低所述泵或所述发动机的可听噪声。

16.根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件;

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件;并且

在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件。

17.根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:

在所述第一泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送小于或大于不期望燃料输送百分比的燃料量;并且

在所述第二泵送元件的每个潜在泵送事件期间并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件。

18.根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以将一定量的燃料输送到所述蓄能器,从而使轨压在每个喷射事件开始时基本相同。

19.根据权利要求2所述的方法,其中,通过控制所述多个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以将一定量的燃料输送到所述蓄能器,从而使轨压在每个喷射事件期间基本相同。

20.一种控制具有多个泵送元件的燃料泵的方法,该方法包括:

确定期望轨压范围或期望轨压值中的至少一者;

确定在对应于所述多个泵送元件的每个潜在泵送事件期间输送的燃料量,从而实现以下中的至少一项:将轨压保持在所述期望轨压范围内或接近所述期望轨压值,并且提高泵效率、降低由所述燃料泵产生的可听噪声或提高泵可靠性;并且

在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送所确定的燃料量;

其中,产生实际泵送事件包括以下中的一者:

产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,从而提高泵效率;

在潜在泵送事件期间产生相对于喷射事件处于定相关关系的实际泵送事件,从而降低泵可听噪声;并且

产生实际泵送事件以输送大于或小于不期望的燃料输送百分比的燃料量,从而改善泵可靠性。

21.一种燃料供应系统,该燃料供应系统包括:

燃料泵,该燃料泵包括多个泵送元件;

蓄能器,该蓄能器联接至所述燃料泵;

压力传感器,该压力传感器联接到所述蓄能器,所述压力传感器构造成输出轨压值;

多个燃料喷射器,所述多个燃料喷射器联接到所述蓄能器以接收加压燃料,以在喷射事件期间输送到发动机;以及

控制器,该控制器联接到所述燃料泵、所述压力传感器和所述多个燃料喷射器,所述控制器构造成:

确定轨压值的期望范围;

确定在对应于所述多个泵送元件的每个潜在泵送事件期间输送的燃料量,从而将所述轨压值保持在所述期望范围内并且增加燃料泵效率、减少由所述燃料泵产生的可听噪声或提高燃料泵可靠性;并且

在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送所确定的燃料量;

其中,所述控制器构造成产生实际泵送事件,使得所述实际泵送事件是以下中的一者:

100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,从而提高泵效率;

在潜在泵送事件期间相对于喷射事件处于定相关关系的实际泵送事件,从而降低泵可听噪声;和

输送大于或小于不期望的燃料输送百分比的燃料量的实际泵送事件,从而改善泵可靠性。

燃料泵压力控制结构与方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请涉及2016年10月24日提交的题为“FUEL PUMP PRESSURE CONTROL STRUCTURE AND METHODOLOGY”的美国临时申请第62/411,943号并要求该美国临时申请的优先权,该美国临时申请的全部公开内容以引用方式明确并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及燃料泵,并且更具体地,涉及燃料泵操作控制方法。

背景技术

[0004] 通常控制燃料供应系统(特别是使用共轨蓄能器的燃料供应系统),以将燃料喷射器可用的燃料保持在所需的压力范围内。为此,用于燃料泵的传统控制方法接收表示轨压的反馈并且使得燃料泵的泵送元件在每个泵送循环期间将部分容量的燃料输送到蓄能器。然而,当燃料泵在低于满容量的情况下运行时,其本质上是低效的。此外,在许多系统配置中,一定百分比的泵送循环与燃料喷射器的操作不是优选定相关关系。因此,在每个泵送循环期间引起燃料输送可能导致可听噪声、振动和不平顺性增加。而且,仅将泵操作控制到轨压可以包括在损害可靠性和耐久性的区域中操作泵送元件和/或在燃料喷射事件时或期间引起轨压的不期望的可变性。因此,期望提供用于燃料供应系统的控制方法,其解决了传统方法的这些和其他缺点。

发明内容

[0005] 根据一个实施方式,本公开提供了一种控制泵的方法,该泵具有至少一个泵送元件,该泵送元件构造成将加压燃料提供给共轨蓄能器,该共轨蓄能器联接到多个燃料喷射器,所述多个燃料喷射器构造成将燃料喷射到发动机的相应的多个气缸中,该方法包括:接收表示蓄能器中的当前燃料压力的轨压值;并且通过控制所述至少一个泵送元件在所述至少一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间的操作以在至少一些潜在泵送事件期间产生实际泵送事件来响应所接收的至少一个轨压值,从而使轨压值保持在期望的范围内或实现期望的压力值并且实现以下中的至少一项:提高泵的总效率、降低由泵或发动机产生的可听噪声、提高泵的可靠性以及降低在多个燃料喷射器处的喷射压力变化。在该实施方式的一个方面,至少一个泵送元件包括两个泵送元件。在该方面的变型中,两个泵送元件构造成使潜在泵送事件与多个燃料喷射器的喷射事件的比率为具有1X,1.5X或2X中的一个。在另一变型中,通过控制至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,从而提高泵的总效率。在另一变型中,通过控制至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,所述100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的所有潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,所述0%

燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相,由此降低由泵或发动机产生的可听噪声。在又一变型中,通过控制至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件,所述大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,所述0%燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相,由此降低由所述泵或所述发动机产生的可听噪声。在又一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件,所述100%燃料输送的实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,所述100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相,由此提高所述泵的总效率并降低所述泵或所述发动机的可听噪音。在另一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件,所述100%燃料输送的实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件,所述大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相。在另一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的一半潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送大于不期望燃料输送百分比的燃料量,该实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;在所述一个泵送元件的另一半潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送小于所述不期望燃料输送百分比的燃料量,该实际泵送事件相对于所述喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,所述0%燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相,由此提高所述泵的可靠性。在又一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送0%燃料输送或大于不期望燃料输送百分比的燃料量,该实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送0%燃料输送或大于不期望燃料输送百分比的燃料量,该实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相。在又一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送0%燃料输送或大于不期望的燃料输送百分比的燃料量,该实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,所述0%燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相。在另一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件。在另一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件,以输送大于不期望的燃料输送百分比的燃料量;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件,以输送小于所述不期

望的燃料输送百分比的燃料量,由此提高所述泵的可靠性。在又一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件。在该变型的另一个特征中,100%燃料输送的实际泵送事件相对于喷射事件优选定相,由此降低所述泵或所述发动机的可听噪声。在另一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生100%燃料输送的实际泵送事件,所述100%燃料输送的实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;在所述一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件,所述大于0%但小于100%的燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相;并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件。在又一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送小于或大于不期望燃料输送百分比的燃料量,该实际泵送事件相对于喷射事件优选定相;并且在所述一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间并且在另一个泵送元件的每个潜在泵送事件期间产生0%燃料输送的实际泵送事件,所述0%燃料输送的实际泵送事件相对于所述喷射事件未优选定相。在又一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以将一定量的燃料输送到所述蓄能器,从而使轨压在每个喷射事件开始时基本相同。在另一变型中,通过控制所述至少一个泵送元件的操作来响应所接收的至少一个轨压值包括:在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以将一定量的燃料输送到所述蓄能器,从而使轨压在每个喷射事件期间基本相同。

[0006] 本公开的另一实施方式提供了一种控制具有多个泵送元件的燃料泵的方法,该方法包括确定期望轨压范围或期望轨压值中的至少一者;确定在对应于所述多个泵送元件的每个潜在泵送事件期间输送的燃料量,从而实现以下中的至少一项:将轨压保持在所述期望轨压范围内或接近所述期望轨压值,并且提高泵效率、降低由所述燃料泵产生的可听噪声、提高泵可靠性或降低在燃料喷射事件期间的轨压变化;并且在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送所确定的燃料量。在该实施方式的一个方面,产生实际泵送事件包括:产生100%燃料输送或0%燃料输送的实际泵送事件,从而改善泵可靠性。在另一方面,产生实际泵送事件包括:在潜在泵送事件期间产生相对于喷射事件优选定相的实际泵送事件,从而降低泵可听噪声。在又一方面,产生实际泵送事件包括:产生实际泵送事件以输送大于或小于不期望的燃料输送百分比的燃料量,从而改善泵可靠性。在又一方面,产生实际泵送事件包括:产生实际泵送事件以输送一定量的燃料,从而使轨压在每个喷射事件开始时或在每个喷射事件期间基本相同。

[0007] 在本公开的另一实施方式中,提供了一种燃料供应系统,该燃料供应系统包括:燃料泵,该燃料泵包括多个泵送元件;蓄能器,该蓄能器联接至所述燃料泵;压力传感器,该压力传感器联接到所述蓄能器,所述压力传感器构造成输出轨压值;多个燃料喷射器,所述多个燃料喷射器联接到所述蓄能器以接收加压燃料,以在喷射事件期间输送到发动机;以及控制器,该控制器联接到所述燃料泵、所述压力传感器和所述多个燃料喷射器,所述控制器构造成:确定轨压值的期望范围;确定在对应于所述多个泵送元件的每个潜在泵送事件

期间输送的燃料量,从而将所述轨压值保持在所述期望范围内并且增加燃料泵效率、减少由所述燃料泵产生的可听噪声、提高燃料泵可靠性或降低燃料喷射事件期间的轨压值变化;并且在每个潜在泵送事件期间产生实际泵送事件以输送所确定的燃料量。

[0008] 虽然公开了多个实施方式,但是根据示出和描述了本发明的例示实施方式的以下具体实施方式,对于本领域的技术人员而言,本发明的其他实施方式将变得清楚。因此,附图和说明书在本质上将被认为是例示性的,而非限制性的。

附图说明

[0009] 通过参照以下结合附图对本公开的実施方式的描述,本公开的以上提到的和其他特征及其获得方式将变得更清楚并且本公开本身将更好理解,其中:

[0010] 图1A是燃料供应系统和发动机的概念图;

[0011] 图1B是图1A的燃料供应系统的泵送元件的横截面侧视图;

[0012] 图2A是高压燃料泵的典型效率曲线图。

[0013] 图2B至图2C是提供图3至图31中描绘的系统和控制方法的特征的概述的表。

[0014] 图3是用于第一泵送配置的现有技术控制方法的结果的曲线图。

[0015] 图4至图12是与图3的泵送配置一起使用的根据本公开的控制方法的结果的曲线图;

[0016] 图13是用于第二泵送配置的现有技术控制方法的结果的曲线图。

[0017] 图14至图16是与图13的泵送配置一起使用的根据本公开的控制方法的结果的曲线图;

[0018] 图17是用于第三泵送配置的现有技术控制方法的结果的曲线图。

[0019] 图18至图30是与图17的泵送配置一起使用的根据本公开的控制方法的结果的曲线图;和

[0020] 图31是根据本公开的控制方法与图3的泵送配置一起使用的结果的曲线图。

[0021] 虽然本公开可能有各种修改和替代形式,但是特定实施方式已经以举例方式在附图中示出并且在以下进行详细描述。然而,本公开并不限于所描述的特定实施方式。相反,本公开旨在覆盖落入随附权利要求书的范围内的所有修改形式、等同形式和替代形式。

具体实施方式

[0022] 本领域普通技术人员将认识到,所提供的实施方式可以以硬件,软件,固件和/或其组合来实现。例如,这里公开的控制单元可以形成处理子系统的一部分,该处理子系统包括具有存储器,处理和通信硬件的一个或多个计算装置。控制单元可以是单个装置或分布式装置,并且控制单元的功能可由硬件和/或由在非暂态计算机可读存储介质上的处理指令来执行。例如,控制单元中的计算机指令或编程代码(例如,电子控制模块(“ECM”))可以用任何可行的编程语言实现,例如C,C++,HTML,XML,JAVA或任何其他可行的高级编程语言,或高级编程语言和低级编程语言的组合。

[0023] 如本文所使用的,与数量结合使用的修饰语“约”包括所述值并且具有由上下文指示的含义(例如,其至少包括与特定数量的测量相关联的误差程度)。当在范围的上下文中使用时,修饰语“约”也应被视为公开由两个端点的绝对值定义的范围。例如,“约2至约4”的

范围也公开了“从2到4”的范围。

[0024] 现在参考图1A,示出了燃料供应系统10和发动机12的部分。燃料供应系统10通常包括燃料泵14、共轨燃料蓄能器16、多个燃料喷射器18和控制器20。发动机12通常包括多个气缸22,多个活塞24在燃料燃烧提供的动力下在气缸22中往复运动,从而使曲轴26通过相应的多个连杆28旋转。在该示例中描绘为具有两个泵送元件30(下面进一步描述)的燃料泵14接收来自燃料源(未示出)的燃料,对燃料加压,并将加压燃料提供给蓄能器16。如本领域所公知的,燃料喷射器18在控制器20的控制下连接到蓄能器16并从蓄能器16接收燃料,在发动机循环期间的特定时间将燃料(也在控制器20的控制下)输送到气缸22。

[0025] 图1A中示出的高度简化的控制器20包括处理器32和存储器34。当然,控制器20实质上更复杂,并且可以包括多个处理器和存储器设备以及多个其他电子部件。在该示例中,控制器20从联接到蓄能器16的压力传感器36接收压力测量值。压力测量值表示蓄能器16中的燃料压力。控制器20响应于以这里描述的方式的压力测量值来控制泵14的操作。更具体地,控制器20独立地控制每个泵送元件30的每个潜在高压泵送事件的输送泵送量输出。如下面进一步描述的,控制各个泵送事件输送量的能力允许控制器20基于泵和系统的瞬时操作状态以不同的控制模式操作泵14,以改善关于期望输出的性能(诸如燃料经济性和效率)、可听噪声、泵驱动系统应力、泵耐久性和可靠性以及压力变化。

[0026] 图1B更详细地描绘了图1A的泵送元件30的一个示例。如图所示,泵送元件30通常包括壳体38、挺杆40和滚轮42。由螺线管46控制的入口阀44设置在壳体38的上端。出口阀48也设置在壳体38中。壳体38包括筒50,筒50限定泵送室52。连接到挺杆40的柱塞54在泵送室52中往复运动,从而在向上泵送冲程期间压缩泵送室52中的任何燃料,以便输送到出口阀48,并从那里输送到蓄能器16。在向下填充冲程期间,燃料通过入口阀44输送到泵送室52。

[0027] 柱塞54的往复运动由凸轮轴56(其连接到图1A的曲轴26)的旋转运动和复位弹簧58的向下偏置力提供动力。当凸轮轴56旋转时,安装至凸轮轴56的偏心凸角60也旋转。由于弹簧58的偏置力,滚轮42保持与凸角60接触。因此,在凸轮轴56旋转的一半期间,凸角60向上推动滚轮42(和挺杆40和柱塞54),并且在另一半期间,弹簧58向下推动滚轮42(和挺杆40和柱塞54)以与凸角60接触。入口阀44和出口阀48的操作由控制器20控制,以使泵送元件30根据下面描述的各种控制方法将大量燃料输送到蓄能器16。

[0028] 所有类型的泵都具有效率曲线,其表示泵的能量效率与泵的输出关系。在图2A中描绘了高压燃料泵(例如图1A的泵14)的典型效率曲线。如图所示,当输送的泵送量等于其泵送能力的100%时,泵实现了最高的总效率(约80%)。如本领域中已知的,总是存在固定的能量损失,这阻止任何泵实现100%的效率。如图2A所示,对于低于40%且特别是低于20%的泵送量,泵的总效率迅速降低。该示例性曲线简单地提供了已知原理的图示:燃料泵在其最大泵送能力下操作时以更高效率运行。该原理用于在根据本公开的多种控制方法中实现更高效的泵操作。

[0029] 在传统的燃料泵控制方法中,控制器20接收来自压力传感器36的蓄能器燃料压力反馈并控制泵14的操作,从而实现并保持蓄能器16中的所需平均压力。当由压力传感器36测量的压力低时,控制器20命令泵14的操作,使得更多的压力更高的燃料被提供给蓄能器16。在稳态时间平均操作条件下,当喷射器18从蓄能器16移除燃料以输送到气缸22时,泵14向蓄能器16提供相同量的燃料。

[0030] 另外,在传统的燃料供应系统10中,已知所选择的泵必须具有大于在发动机12的各种运行条件下所需的输送能力。在某些操作条件下(通常是瞬态条件),发动机12将需要大量的燃料,因此泵的尺寸必须能够提供该数量加上额外的余量(例如,15%,20%等)以考虑系统中的其他变量。例如,燃料泵可能在某些工作温度下经历泄漏。因此,燃料泵必然“过度设计”。结果,典型的燃料泵很少以满容量运行,如图2A所示,这导致不期望的效率。

[0031] 虽然本公开不影响燃料泵所需的“过度设计”余量,但它确实为各种配置的燃料泵提供各种控制方法以实现不同的泵操作目标,其中之一是更高的总效率。更具体地,对于具有不同物理配置和驱动机构(例如,联接至曲轴26的齿轮)的泵,本公开的控制方法允许定制泵操作以实现更高的效率,更少的可听噪声、振动和不平顺性,更高的泵可靠性/生命周期更恒定的总蓄能器燃料压力和/或在燃料喷射过程中更恒定的燃料压力。根据泵的运行条件,可以实现这些目标的加权或未加权组合。

[0032] 上述控制方法可被视为具有以下四个特征中的一个或多个:(1)二进制泵送;(2)分阶段泵送;(3)温和泵送;(4)泵送以使喷射压力变化最小化。如下面更详细描述,二进制泵送表示在每个泵送事件期间以二进制或数字方式操作每个泵送元件30,使得泵送元件30以其容量的100%或其容量的0%输出燃料。相控泵送表示操作泵送元件30以提供相对于燃料喷射器18的喷射事件的定相时间优先的燃料输送泵送事件。如下面还要进一步描述的,温和泵送表示在凸轮轴56的某些旋转位置处操作泵送元件30,以减少由燃料输送引起的泵14所经历的突然能量瞬变。最后,下面描述的用于使喷射压力变化最小化的特征包括:以使得蓄能器16在燃料喷射器18的每次喷射事件的开始或期间具有相同或基本相同的燃料压力的方式操作泵送元件30。

[0033] 图2B至图2C提供了图3至图31中描绘的系统和控制方法的特征的概述。图2B至图2C的实施方式不是穷举的,而是为了说明用于实现不同目标的不同泵送结构的替代控制方法而提供的。如图2B至图2C所示,图3至图12和图31描绘了用于硬件配置的控制方法的操作,其中泵具有以两倍的燃料喷射频率泵送的可能性。图13至图16描绘了控制方法的操作,其中泵具有以喷射频率泵送的可能性。图17至图30描绘了控制方法的操作,其中泵送事件不在喷射事件的整数倍处发生。然而,应该理解,泵送至喷射比可以是任何值,并且本公开仍然可以预期。图2B至图2C的第二列表征是否可以通过单个泵送元件30提供所需的轨压。

[0034] 图3中示出了具有带有两个泵送元件30的泵14的典型燃料供应系统10的现有技术控制方法。在图3中示出了轨压62(由压力传感器36测量,单位:巴)由于泵送事件和喷射事件随时间变化(以曲轴26的旋转角度或曲柄角表示)。喷射事件64被描绘为脉冲,在此期间,一个或多个燃料喷射器18将燃料喷射到发动机12的一个或多个气缸22中。该示例中的喷射事件64以120度的间隔发生,例如在六缸发动机的操作期间。潜在泵送事件66(以虚线示出)表示可以控制燃料泵14的两个泵送元件30中的第一泵送元件30输送燃料的时间段(再次,以曲柄角度表示)。如图所示,在该示例系统中,潜在泵送事件66具有120度的起动间隔。类似地,潜在泵送事件68(以虚线示出)表示可以控制第二泵送元件30输送燃料的时间段。潜在泵送事件68也以120度的起动间隔发生。潜在泵送事件66,68被示出为具有不同的高度,仅仅是为了更容易在视觉上区分它们。最后,实际泵送事件70示出了使用控制元件30实际将燃料输送到蓄能器16的定时和持续时间。

[0035] 从前面的描述中可以明显看出,图3描绘了在潜在泵送事件66,68和喷射事件64之

间具有2X比率的系统的操作(下文中,“2X泵送喷射比”)。换句话说,潜在泵送事件66,68总共以喷射事件64的两倍频率发生。在该示例中,描绘了现有技术的控制方法,其中在每个潜在泵送事件66,68结束时发生基本上小于100%燃料输送的实际泵送脉冲70。泵送的燃料量从泵送开始(即,在泵柱塞54处于底部死点(“BDC”)之后)输送并且取决于泵送量,直到泵柱塞54接近上止点(“TDC”)的时间。通过确定何时开始对燃料加压并控制经由入口阀46输送到泵送元件30的燃料量来影响输送的燃料量。从图3中可以看出,每次发生实际泵送事件70时,轨压62增加,并且每次发生喷射事件64时,轨压62减小。

[0036] 如上所述,泵的效率随着泵的输送量的增加而增加。为了提高泵的效率,可以使用二进制泵送方法。在二进制泵送中,系统的轨压62使用单独的泵送事件来控制,所述泵送事件被控制为100%输送或0%输送。作为该控制方法的结果,可以提高泵的效率 and 系统的燃料经济性。如图所示,图3的典型控制方法不使用二进制泵送,而是控制在每个潜在泵送事件66,68期间发生小于100%(即,较低效率)的实际泵送事件70。

[0037] 现在参照图4,使用根据本公开的二进制泵送方法,根据需要控制100%燃料输送的实际泵送事件70,以维持轨压62并实现相对于图3的方法的更高效率。如图所示,潜在泵送事件66,68与图3中所示的相同,而不是在每个潜在泵送事件66,68期间引起如图3中的短持续时间(即,低输送百分比)的实际泵送事件70,在图4中,每个实际泵送事件70提供100%燃料输送(即,它们使用潜在泵送事件66或68的整个持续时间)并且它们在每个潜在泵送事件66,68期间不发生。由于100%递送实际泵送事件70实现最高效率(参见图2A),以图4为基础的控制方法比以图3为基础的控制方法更有效。

[0038] 然而,如图4所示,轨压62比图3中的噪声更大(或波动更大)。在图4中的每个大的实际泵送事件70之后,轨压62显著增加。然后,在每次喷射事件64之后,轨压62减小。在该示例中,当轨压62达到低压阈值,并且轨压62将不足以用于下一次喷射事件64时,提供100%输送的实际泵送事件70。在这个意义上,控制方法预测燃料喷射器18的未来需求。作为示例,即使轨压62处于低压阈值,在潜在泵送事件68期间也未在540度处产生实际泵送事件70。控制方法预期下一个喷射事件64将在下一个潜在泵送事件66期间发生,并且在潜在泵送事件66期间提供的实际泵送事件70将增加轨压62足以满足该喷射事件64的需求。应当理解,实际泵送事件70可以由轨压62到达低压阈值以外的事件触发,例如偏离最大压力,平均压力等。

[0039] 现在参考图5,在该二进制泵送控制方法中,控制100%燃料输送的实际泵送事件70以实现高效率并且以与喷射事件64的优选定相关系发生。而在图4中,一些实际泵送事件70相对于喷射事件64处于优选定相关系,而一些不是,在图5中,所有实际泵送事件70都相对于喷射事件64处于优选定相关系。在一些发动机和系统配置中,通过在所选择的操作条件期间以图5中示出的方式控制实际泵送事件70和喷射事件64的相对定相,可以改善泵和使用该泵的发动机的可听噪声、振动和不平顺度相互作用。此外,每个实际泵送事件70仅在潜在泵送事件68期间发生,而不是在潜在泵送事件66期间发生。当泵送元件30中的一个可能发生故障或其耐用性有问题时,可以使用这种控制模式。

[0040] 现在参考图6,在该控制方法中,所有实际泵送事件70相对于喷射事件64处于优选定相关系,并且针对每次喷射事件64仅发生一次。该控制方法仅使用一个泵送元件30(即,对应于潜在泵送事件66的泵送元件30)提供相控泵送,并且导致可听噪声降低。应该理解的

是,实际泵送事件70不必与喷射事件64同时发生。它们可以在喷射事件64之前或之后发生,但是每次偏离喷射事件64的相同曲柄角。还应注意,图6的实际泵送事件70导致比图3中的那些更高的效率。如果图3的实际泵送事件70表示例如30%的燃料输送并且图6的实际泵送事件70表示60%的燃料输送,那么从前述内容应该清楚每次喷射事件64的60%的输送事件70和0%的输送事件70(如图6中所示)比两个30%的输送事件70(如图3中所示)更有效。而且,如图6所示,与前面的图中的轨压62相比,轨压62表现出非常小的变化。因此,以图6为基础的控制方法使用单个泵送元件30提供增加的效率、降低的可听噪声和稳定的轨压62。

[0041] 现在参考图7,描绘了另一种控制方法,其结合了二进制泵送(用于提高效率)和相控泵送(用于降低可听噪声、振动和不平稳性)。在该示例中,所有实际泵送事件70都是100%燃料输送,从而导致效率提高(例如,相对于图6的控制方法)。大多数实际泵送事件70(即,在潜在泵送事件66期间发生的那些)处于相对于喷射事件64的优选定相关系,从而导致可听噪声降低。然而,在该示例中,相对于喷射事件64处于优选定相关系的实际泵送事件70不足以将足够的燃料输送到蓄能器16以维持期望的轨压62。因此,当轨压62下降到低压阈值时,产生相对于喷射事件64不处于优选定相关系的实际泵送事件70(例如,在大约270度、630度和1100度的潜在泵送事件68期间)。

[0042] 图8描绘了采用部分二进制泵送和部分相控泵送的另一种控制方法。在该示例中,在潜在泵送事件66期间发生的所有实际泵送事件70是100%燃料输送事件,并且相对于喷射事件64处于优选定相关系。与图7中的情况一样,这些实际泵送事件70不足以满足维持期望轨压62的需求。与图7的控制方法不同,图7的控制方法在潜在泵送事件66期间周期性地产生100%的输送实际泵送事件70,以维持轨压62,这里在每个潜在泵送事件68期间产生小的输送实际泵送事件70。导致更稳定的轨压62,尽管总体效率有所降低。

[0043] 现在参考图9,示出了采用部分相控泵送的另一种控制方法。图9至图12都描述了优先考虑避免不期望的输送百分比的控制方法。与图8的方法不同,在图9中,在潜在泵送事件66期间相对于喷射事件64处于优选定相关系的实际泵送事件70小于100%的输送事件。在潜在泵送事件68期间相对于喷射事件64不具有优选定相关系的实际泵送事件70也略小于图8中的那些。然而,总的来说,相同量的燃料被输送到蓄能器16,但是使用以图9为基础的方法,保持了更稳定的轨压62,尽管总体效率稍微降低了。

[0044] 图10的控制方法也设计用于其中每个泵送事件的特定燃料输送百分比被认为是不合需要的情况。对于一些系统,泵送元件30的操作区域在耐用性和可靠性方面是非最佳的。例如,当泵送量处于泵输送能力的中心区域时,泵14内的动态压力通常最高,如下面进一步说明的。在这些情况下,为了提高泵和发动机系统的耐用性和可靠性,可以使用泵送控制方法,该方法优先考虑不在可能具有不期望的效果的区域中操作的实际泵送事件70。在图10的示例中,仅在潜在泵送事件66期间发生的实际泵送事件70足以满足需求并将轨压62保持在期望范围内。所有实际泵送事件70相对于喷射事件64处于优选定相关系。然而,这里,一半的实际泵送事件70输送高于不期望的燃料输送百分比的燃料量,并且一半事件70输送低于不期望的燃料输送百分比的燃料量。因此,图10的控制方法允许泵送元件30避免不期望的输送百分比,以相对于喷射事件64的优选定相关系操作(从而降低噪声),并且保持相对稳定的轨压62。

[0045] 图11的控制方法类似于图10的控制方法,除了所有实际泵送事件70输送的燃料量

都大于不期望的燃料输送百分比。在该示例中,每个其他实际泵送事件70(例如,在180度、540度、900度、1260度等)不是以相对于喷射事件64的优选定相关关系发生,以将轨压62保持在期望的范围内。在图11的系统中输送与图10的系统大约相同量的燃料,但是图11所示的方法实现了更高的总效率,因为所有实际泵送事件70几乎是100%的燃料输送。这种效率增加是以增加噪声为代价的,因为事件70相对于喷射事件64不处于优选定相关关系,而是稍微不太稳定的轨压62。从前面应该显而易见的是,在图11中,实际泵送事件70非常相似,因此提供类似的泵送量,该泵送量构造在不应产生不期望的效果的范围内,并且泵送频率是一致的。

[0046] 图12的控制方法也类似于图10的控制方法,除了所有实际泵送事件70输送的燃料量都大于不期望的燃料输送百分比并且所有事件70都相对于喷射事件64处于优选定相关关系。在图12的示例中,与图10不同,相对于喷射事件64处于优选定相关关系的实际泵送事件70足以满足需求并将轨压62保持在期望范围内。

[0047] 现在参考图13,示出了基线现有技术控制方法,用于在潜在泵送事件66,68和喷射事件64之间具有1X比率的系统(下文中,“1X泵送喷射比”)。针对每个喷射事件64,发生一个潜在泵送事件66或68。使用传统的控制方法,在每个潜在泵送事件66,68期间产生小于100%输送的实际泵送事件70,以将轨压62保持在期望的范围内。这不会实现增强的效率,但是导致相对低的噪声(所有实际泵送事件70相对于喷射事件64处于优选定相关关系)和相对稳定的轨压62。

[0048] 图14描绘了根据本公开的二进制泵送控制方法的结果,其与图13的1X泵送喷射比系统一起使用。如图所示,每个实际泵送事件70提供100%燃料输送并且根据需要发生以确保轨压62足以用于下一次喷射事件64。因此,不是在每个潜在泵送事件66,68期间都需要实际泵送事件。虽然与图13所示的控制方法相比,二进制泵送导致效率提高,但轨压62显示出更多变化。

[0049] 现在参考图15,部分二进制控制方法用于其中单个泵送元件30不能满足所需燃料量的系统。这里,在每个潜在泵送事件66期间产生100%输送的实际泵送事件70,但这不足以将轨压62保持在期望范围内。因此,在每个潜在泵送事件68期间产生小的实际泵送事件70以供应必要的燃料。结果是与以图14为基础的方法相比效率降低。

[0050] 现在参考图16,示出了控制方法的结果,其中温和泵送是控制考虑因素。在该示例中,泵14的可靠性是主要考虑因素。如上面参考图10所述,泵送元件30的某些操作区域在耐用性和可靠性方面是非最佳的。更具体地,如图1B所示,在凸轮轴56旋转的某些部分(以60A表示)期间,柱塞54以最大速度移动(例如,在柱塞54的BDC位置和柱塞54的TDC位置之间,凸角60不太尖锐地弯曲)。在柱塞54的这些高速区域期间,在泵出口阀48关闭的情况下,由于在柱塞54的轴向位移的变化率最大化的区域中凸轮凸角60和滚轮42的几何形状导致的高的压幅波动,泵14(尤其是泵送元件30)可能经受高应力。在这些区域中,例如,泵送元件30中的燃料可以转变为蒸汽,从而引起潜在空化。因此,在温和泵送期间(其可在高速发动机操作期间使用),在泵送事件期间避免这些高速区域

[0051] 现在参照图17,示出了一种系统的现有技术控制方法,其中潜在泵送事件66,68没有以喷射事件64的整数倍间隔开(不同于图3至图12的系统,其间隔为2X)和不同于图13至图16的系统,其间隔为1X)。在该系统中,潜在泵送事件66与潜在泵送事件68一样间隔180

度,而不是如上面讨论的图所示的120度或240度。然而,喷射事件64保持间隔120度。这样,以图17为基础的系统的潜在泵送事件66,68与喷射事件64的间隔比为1.5(下文称为“1.5泵送喷射比”)。在以图17为基础的现有技术控制方法中,在每个潜在泵送事件66,68期间产生部分实际泵送事件70,以将轨压62控制在期望范围内。从前述内容应该显而易见的是,使用这种部分实际泵送事件70导致整体泵效率降低。

[0052] 图18描绘了根据本发明的使用二进制泵送的1.5泵送喷射比系统配置的操作。如图所示,所有实际泵送事件70提供100%的燃料输送。在该示例中,间歇二进制泵送能够将轨压62保持在期望的压力范围内。实际泵送事件70相对于喷射事件64不处于优选定相关系,而是在轨压62达到低压阈值并且下一个喷射事件64需要额外的燃料压力时根据需要产生。因此,实际泵送事件70在某些时间在潜在泵送事件66期间以及在其他时间在潜在泵送事件68期间发生。所有实际泵送事件70提供100%燃料输送的事实导致泵14的总效率增加。

[0053] 现在参考图19,使用根据本发明的替代控制方法描绘了1.5泵送喷射比系统的操作。如图所示,控制方法采用二进制泵送并仅使用一个泵送元件30(即,对应于潜在泵送事件66的泵送元件30)来维持轨压62。当对应于潜在泵送事件68的泵送元件30发生故障或者不期望使用时,可以采用这种控制方法。虽然图19中所示的具有一个泵送元件30的二进制泵送相对于以图17为基础的控制方法导致效率提高,但图19中的轨压62显示出比图18中的轨压62更大的变化。

[0054] 以图20为基础的控制方法在1.5泵送喷射比系统中采用二进制相控泵送,其中使用一个泵送元件30足以将轨压62保持在所需压力范围内。如图所示,每360度100%输送的实际泵送事件70足以满足介入喷射事件64的需求。二进制泵送提高了效率,并且相控泵送提供降低的可听噪声、振动和不平顺性。而且,如图中可见,保持相对稳定的轨压62。

[0055] 以图21为基础的控制方法类似于图20的控制方法,但是仅使用图20所需的相控泵送不能在图21的系统配置中保持轨压62。换句话说,在潜在泵送事件66期间,每360度100%输送的实际泵送事件70导致轨压逐渐减小(将紧随在180度的实际泵送事件70之后的轨压62与紧随在540度的实际泵送事件70之后的轨压62进行比较)。因此,需要周期性地实现相对于喷射事件64不具有优选定相关系的实际泵送事件70(例如720度处的实际泵送事件70)以将轨压62保持在期望压力范围内。以这种方式,以图21为基础的控制方法为相对于喷射事件64在期望的定相(即,每360度)产生100%输送的实际泵送事件70实现了高优先级,并且为根据需要使用相同的泵送元件30但不在期望的定相产生100%输送的实际泵送事件70实现了较低优先级,从而将轨压62保持在期望的压力范围内。

[0056] 图22中描绘了用于1.5泵送喷射比系统的控制方法的另一种变化的结果。该控制方法类似于图21的控制方法,因为它为每360度在潜在泵送事件66期间产生100%输送的实际泵送事件70实现了高优先级,并且为根据需要使用相同的泵送元件30但不在期望的定相产生100%输送的实际泵送事件70实现了较低优先级,从而保持轨压62保持在期望的压力范围内。而不是周期性地产生相对于喷射事件64不处于优选定相关系的100%输送的实际泵送事件70(例如图21中720度处的实际泵送事件70)以维持轨压62,图22的控制方法在每个泵送事件66期间产生部分输送的实际泵送事件70,部分输送的实际泵送事件70相对于喷射事件64处于优选定相关系。与图21相比,该方法导致效率稍微降低,因为所有实际泵送事件70不是100%燃料输送,但它提供更稳定的轨压62。

[0057] 图23的控制方法与图20的控制方法非常相似。唯一的区别是通过图23的方法产生部分输送(而不是100%输送)的实际泵送事件70。在图23的1.5X泵送喷射比系统中,每360度在潜在泵送事件66期间使用小于100%输送的实际泵送事件70,可以将轨压62保持在期望的压力范围内。比较这两个图表明,由图23的控制方法和系统产生的轨压62比图20中的轨压62更稳定。

[0058] 与图10的控制方法一样,图24的控制方法被设计用于其中每个泵送事件的特定燃料输送百分比被认为是不期望的情况,但是图24的方法控制1.5倍泵送喷射比系统而不是2X泵送喷射比系统。在该方法中,实际泵送事件70相对于喷射事件64不处于优选定相关系,并且使用两个潜在泵送事件66,68产生。实际泵送事件70在输送高于不期望的输送百分比的燃料量和低于不期望的输送百分比的燃料量之间交替。

[0059] 在图25中,控制方法还避免了输送不期望的燃料百分比的实际泵送事件70。然而,在此,所有实际泵送事件70输送的燃料量大于不期望的燃料量并且在必要时(即,在潜在泵送事件66,68期间)产生以在考虑即将到来的喷射事件64时保持轨压62。。

[0060] 以图26为基础的控制方法产生实际泵送事件70,以避免用于1.5泵送喷射比系统的不期望的燃料百分比,其中实际泵送事件70相对于喷射事件64处于优选定相关系并且全部由对应于潜在抽水事件66的泵送元件30输送。在该方法中,实际泵送事件70在小于不期望的百分比的燃料输送量和大于不期望的百分比的燃料输送量之间交替。

[0061] 现在参考图27,示出了另一种控制方法的结果,该方法避免了输送不期望的燃料百分比的实际泵送事件70。在该方法中,所有实际泵送事件70输送的燃料量大于不期望的燃料百分比,并且全部发生在潜在泵送事件68期间。

[0062] 图28描绘了控制方法的第一示例的结果,该控制方法构造为实施泵送以使喷射压力变化最小化(不是二进制泵送、相控泵送或温和泵送)。一致的喷射压力可用于改善燃料经济性并减少不期望的排放。如图所示,使用该控制方法,在每个潜在泵送事件66,68期间根据需要产生实际泵送事件70,而不管相对于喷射事件64的定相,以在每个喷射事件64开始时实现基本恒定的轨压62(由圆圈72表示)。图29描绘了类似的控制方法的结果,该控制方法控制轨压62以在每个喷射事件64的中间期间基本恒定(由圆圈74表示)。

[0063] 图30描绘了控制方法的结果,该控制方法构造为根据优选定相关系实施泵送,其中喷射事件64与实际泵送事件70不同时发生。如图所示,根据需要在每隔一个潜在泵送事件66期间产生部分泵送事件70,以将轨压62保持在期望的范围内。图30示出了应用于1.5泵送喷射比系统的该控制方法,图31示出了应用于2X泵送喷射比系统的相同方法。

[0064] 应当理解,图3至图31描绘了在稳态发动机操作期间的控制方法的操作,但是也可以在瞬态发动机状况期间采用这些方法。还应该理解,响应于发动机操作要求或其他影响的变化,可以根据需要采用多种控制方法。如上所述,在实施二进制泵送、相控泵送、温和泵送或以最小化喷射压力变化的泵送中的一些组合的控制方法中,对应于这些操作模式的目标的相对重要性(例如,效率、降噪、泵可靠性和喷射压力控制)可以进行加权以实现一组定制的操作目标。

[0065] 应当理解,本文包含的各图中所示的连接线旨在表示各种元件之间的示例性功能关系和/或物理联接。应该注意,在实际系统中可以存在许多替代或附加的功能关系或物理连接。然而,益处、优点、问题的解决方案以及会造成发生任何益处、优点或解决方案或变得

更加显著的任何要素将不被解释为关键、需要或必要的特征或元件。因此,范围仅受所附权利要求的限制,其中对单数形式的元件的引用并非旨在表示“一个且仅一个”,除非明确地如此陈述,而是“一个或多个”。此外,在权利要求中使用类似于“A,B或C中的至少一个”的短语的情况下,意图将该短语解释为意味着在实施方式中可以单独存在A,可以仅存在B在一个实施方案中,单独的C可以存在于一个实施方案中,或者元素A,B或C的任何组合可以存在于单个实施方案中;例如,A和B,A和C,B和C,或A和B和C。

[0066] 在本文的详细描述中,对“一个实施方式”、“实施方式”、“示例实施方式”等的引用指示所描述的实施方式可以包括特定特征、结构或特性,但是每个实施方式可以不必包括特定的特征、结构或特征。而且,这些短语不一定是指同一实施方式。此外,当结合实施方式描述特定特征、结构或特性时,认为受益于本公开,结合其他实施方式实现这样的特征、结构或特性在本领域技术人员知识范围内,无论是否明确描述。在阅读说明书之后,相关领域的技术人员将明白如何在替代实施方式中实现本公开。

[0067] 此外,无论元件、部件或方法步骤是否在权利要求中明确地陈述,本公开中的元件、部件或方法步骤都不旨在专用于公众。本文中的任何权利要求都不应根据35U.S.C 112 (f) 的规定来解释,除非使用短语“用于…的装置”明确叙述该元素。如本文中使用的,术语“包括”、“具有”和其任何变型旨在涵盖非排他性包含物,使得包括一系列要素的处理、方法、制品或设备并不一定限于这些元件,而是可包括未明确列出或此处理、方法、制品或设备固有的其他要素。

[0068] 可在不脱离本发明的范围的情况下对讨论的示例性实施方式进行各种修改和添加。例如,虽然上述实施方式涉及特定特征,但是本发明的范围还包括具有不同特征组合的实施方式和不包括所有上述特征的实施方式。因此,本公开的范围旨在包括落入权利要求范围内的所有这些替代、修改和变化以及其所有等同物。

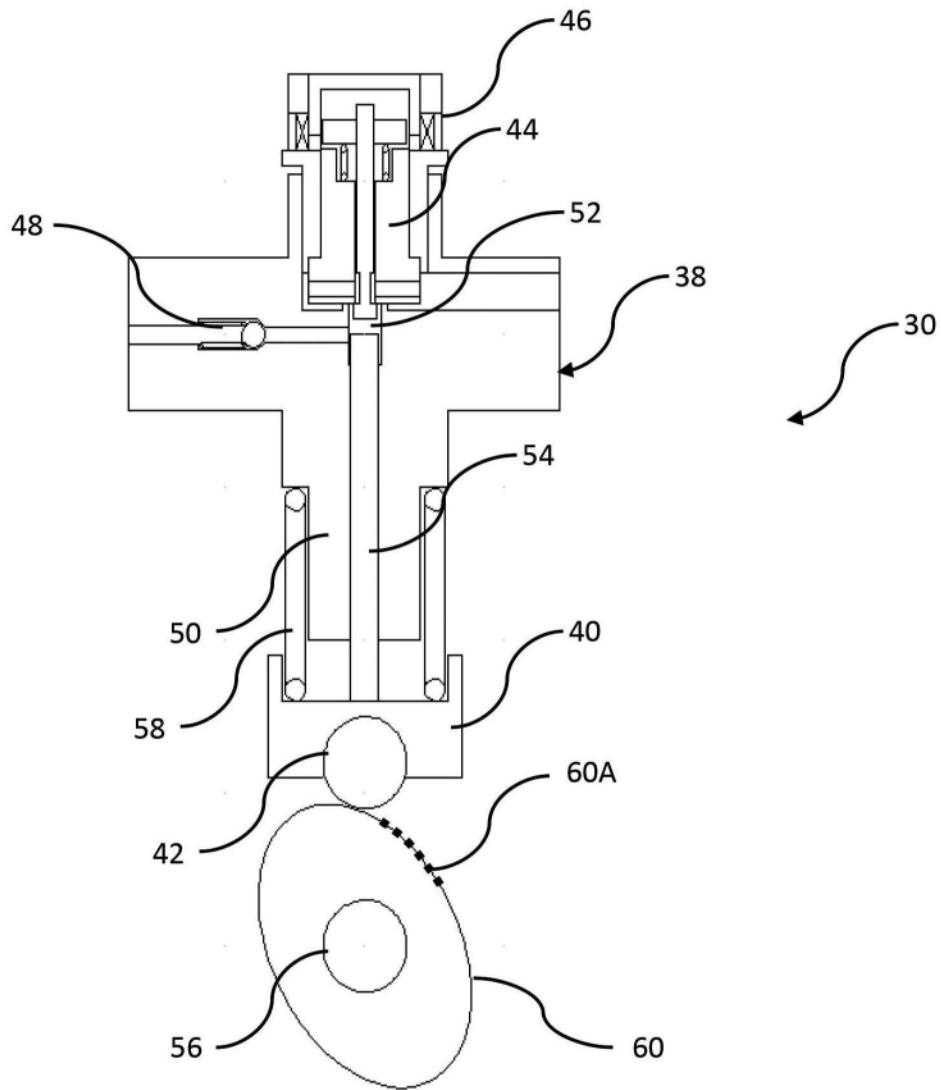


图1B

高压泵总效率

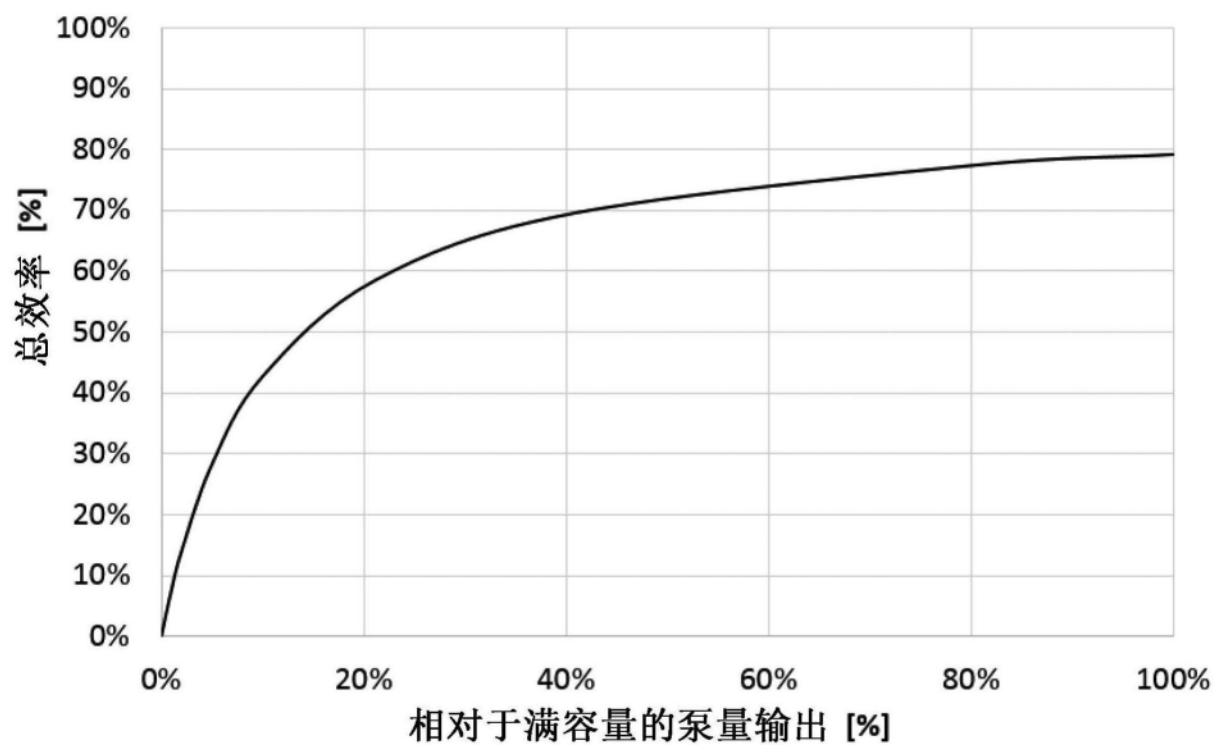


图2A

图	泵送硬件配置/潜在泵送事件与喷射频率的比率	当仅靠与喷射一致的多个泵送柱塞进行泵送时，可以在操作状态下实现期望压力水平吗？	当仅靠单个泵送柱塞进行泵送时，可以在操作状态下实现期望压力水平吗？	可以被指令在该操作状态下进行泵送的泵送柱塞的可能数量	控制系统优选数字泵送事件吗？	泵送指令在该操作状态下总是数字（满或零）吗？	对于与喷射一致的柱塞来说，泵送指令是数字（满或零）吗？	控制系统优选与喷射一致的泵送吗？	仅针对与喷射一致的泵送柱塞指令泵送吗？
3	2X	是或否	是和否	全部	否	否	否	否	否
4	2X	是或否	是和否	全部	是	是	是	否	否
5	2X	是	是	一个	是	是	是	是	是
6	2X	是	是	一个	否	否	否	是	是
7	2X	否	否	全部	是	是	是	是	否
8	2X	否	否	全部	是	否	是	是	否
9	2X	是或否	是和否	全部	否	否	否	否	否
10	2X	是	否	一个	否	否	否	是	是
11	2X	是或否	是和否	全部	否	否	否	否	否
12	2X	是	否	一个	否	否	否	否	是
13	1X	是	是和否	全部	否	否	否	是	是
14	1X	是	是和否	全部	是	是	是	是	是
15	1X	是	否	全部	是	否	否	是	是
16	1X	是	是和否	全部	否	否	否	是	是
17	非同步	是或否	是和否	全部	否	否	否	否	否
18	非同步	是或否	是和否	全部	是	是	是	否	否
19	非同步	是或否	是	一个	是	是	否	否	否
20	非同步	是或否	是和否	全部	是	是	是	是	是
21	非同步	否	否	全部	是	是	是	是	否
22	非同步	否	否	全部	是	否	是	是	否
23	非同步	是	是和否	全部	否	否	否	是	是
24	非同步	是或否	是和否	全部	否	否	否	否	否
25	非同步	是或否	是和否	全部	否	否	否	否	否
26	非同步	是或否	是和否	全部	否	否	否	是	是
27	非同步	是	是	一个	否	否	否	否	否

图2B

图	泵送硬件配置/潜在泵送事件与喷射频率的比率	当仅靠与喷射一致的多个泵送柱塞进行泵送时，可以在操作状态下实现期望压力水平吗？	当仅靠单个泵送柱塞进行泵送时，可以在操作状态下实现期望压力水平吗？	可以被指令在该操作状态下进行泵送的泵送柱塞的可能数量	控制系统优选数字泵送事件吗？	泵送指令在该操作状态下总是数字（满或零）吗？	对于与喷射一致的柱塞来说，泵送指令是数字（满或零）吗？	控制系统优选与喷射一致的泵送吗？	仅针对与喷射一致的泵送柱塞指令泵送吗？
28	非同步	是	是	全部	否	否	否	否	否
29	非同步	是	是	全部	否	否	否	否	否
30	非同步	是	是	全部	否	否	否	否	否
31	2X	是	是	全部	否	否	否	否	否

图2C

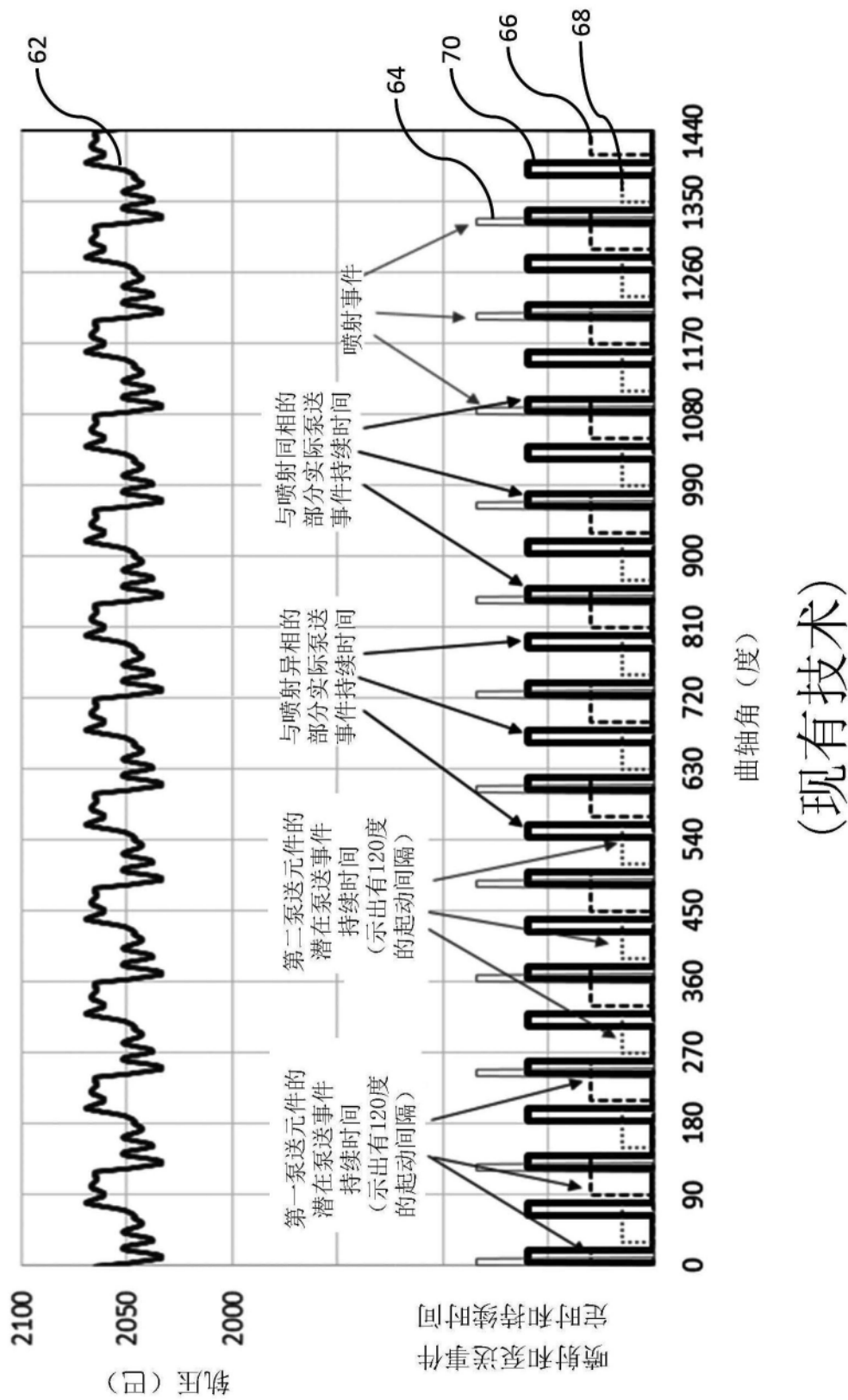


图3

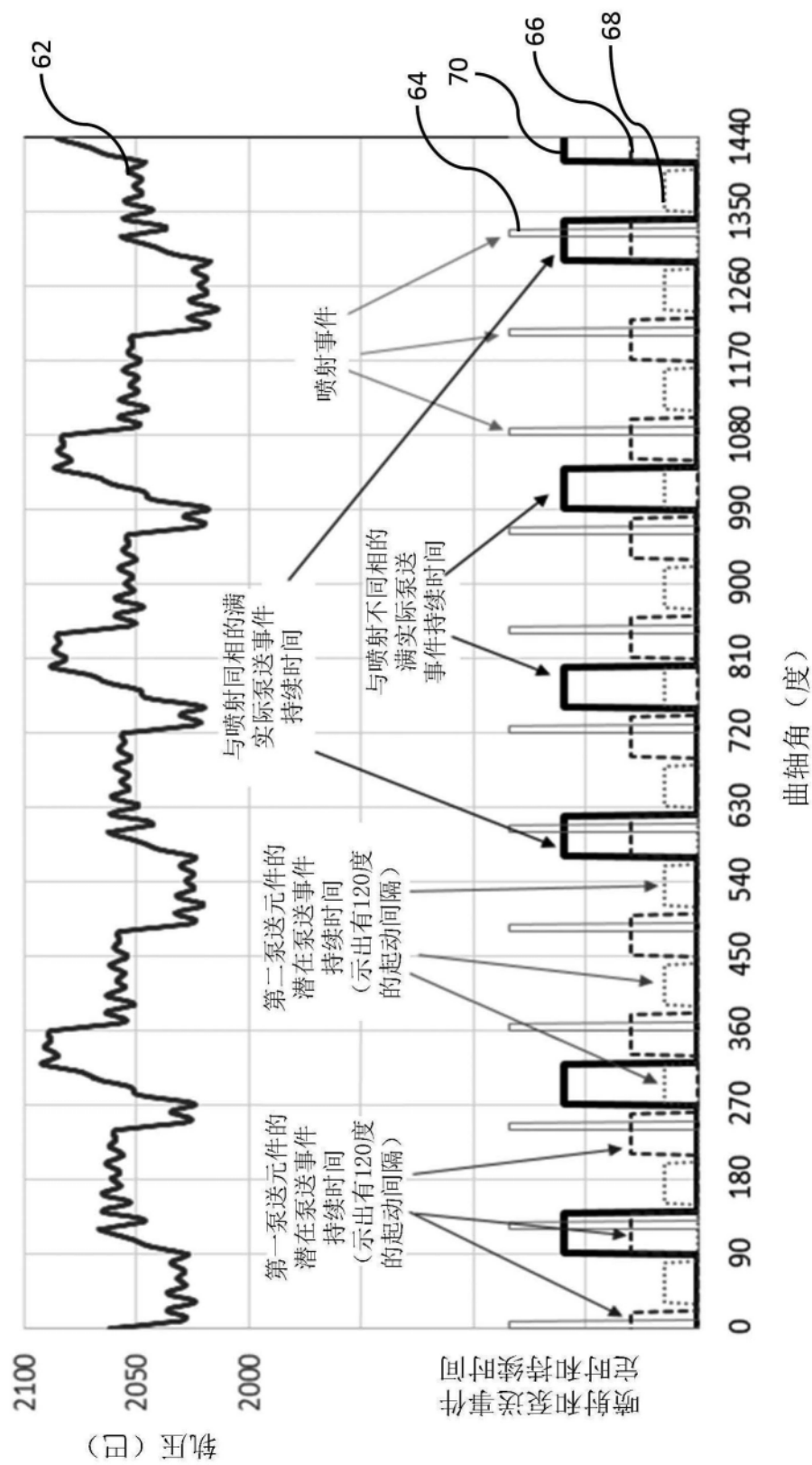


图4

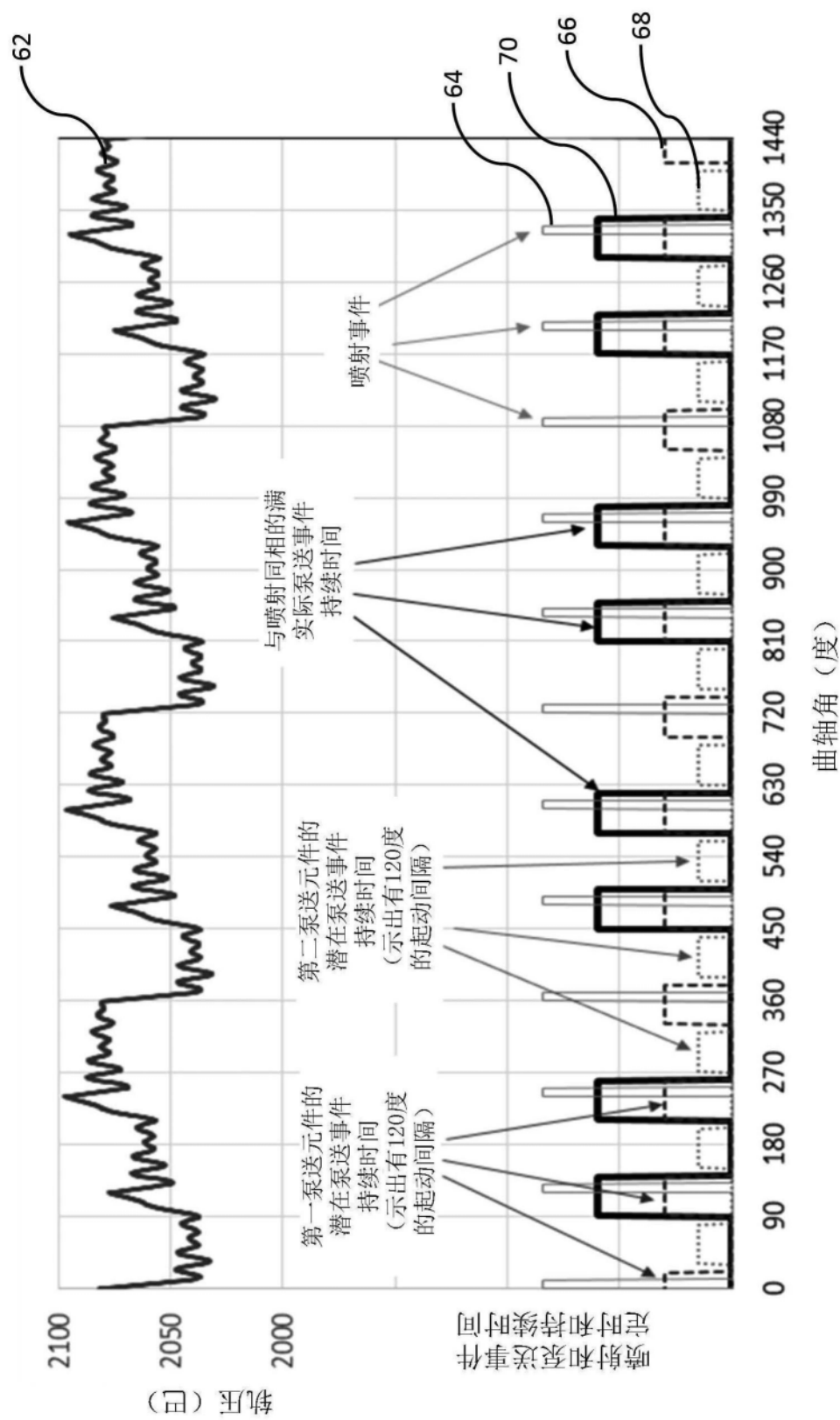


图5

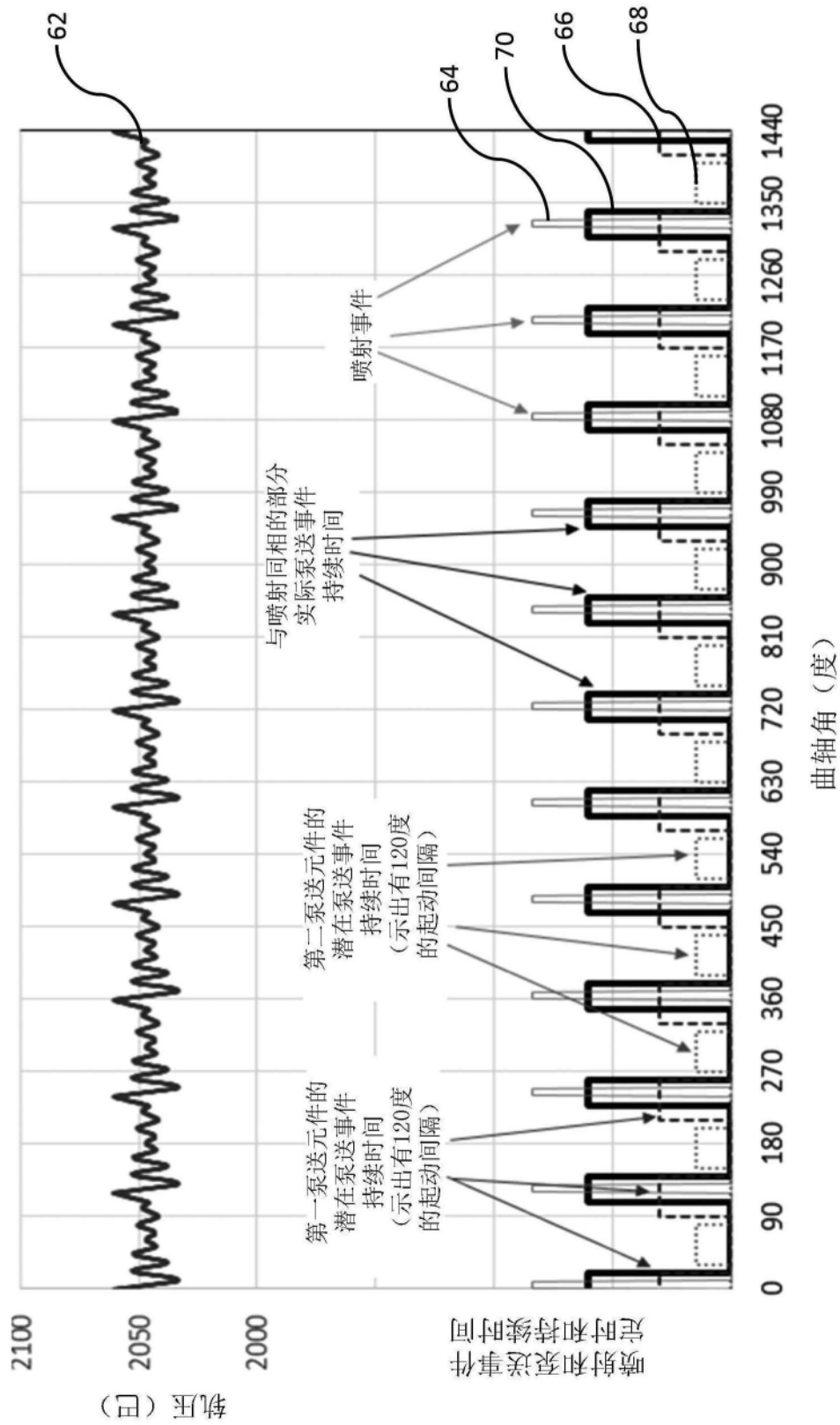


图6

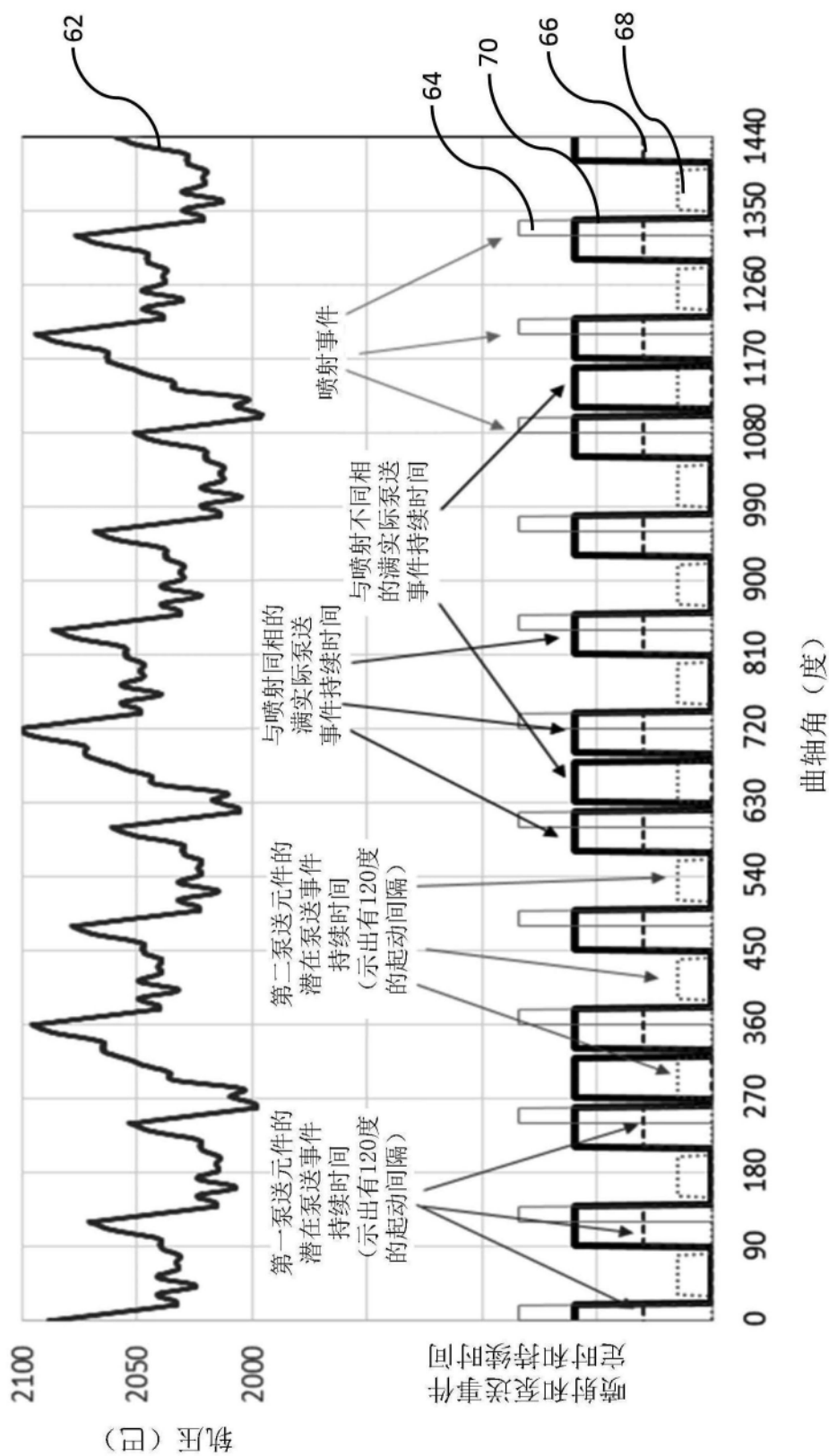


图7

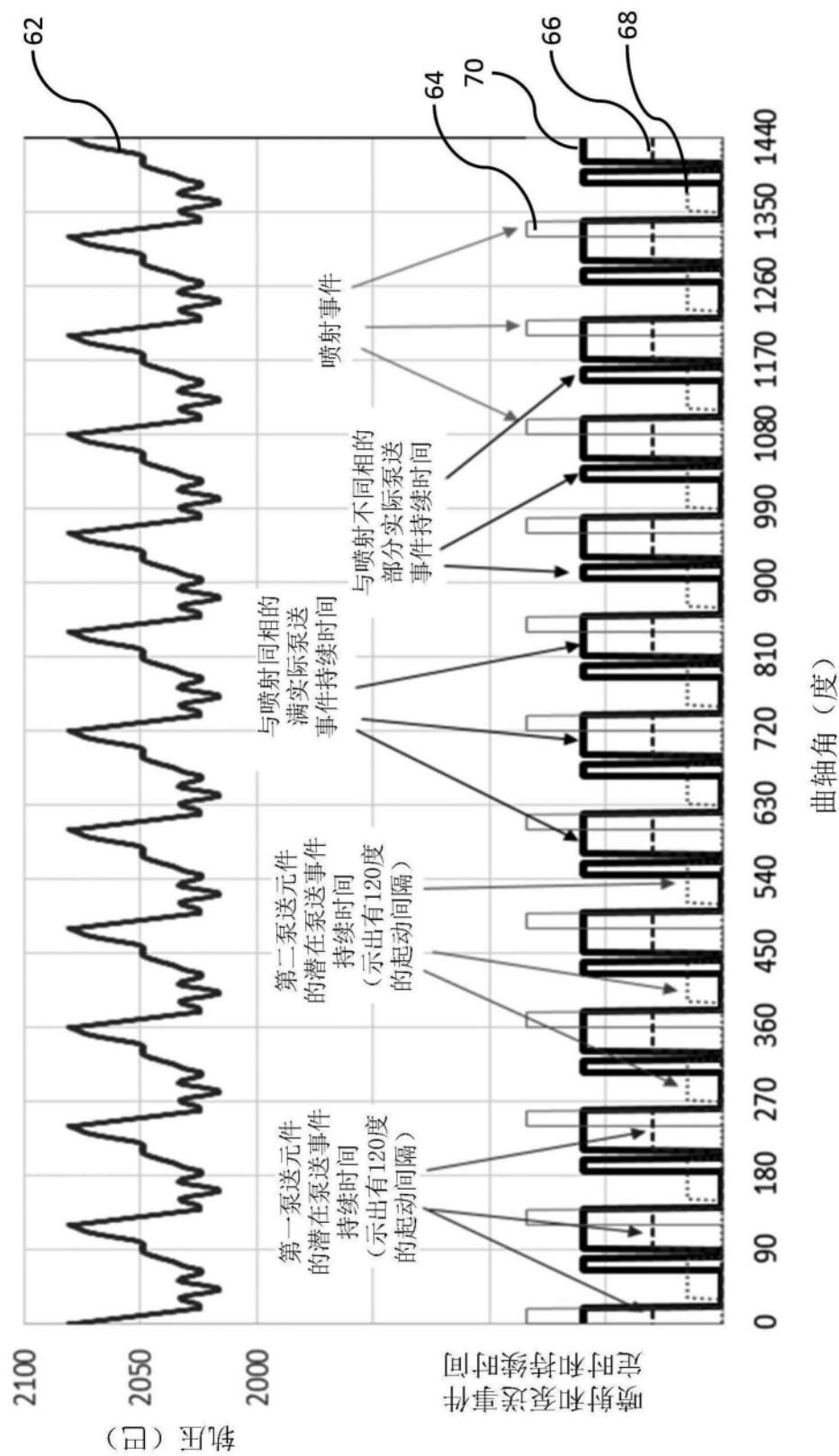


图8

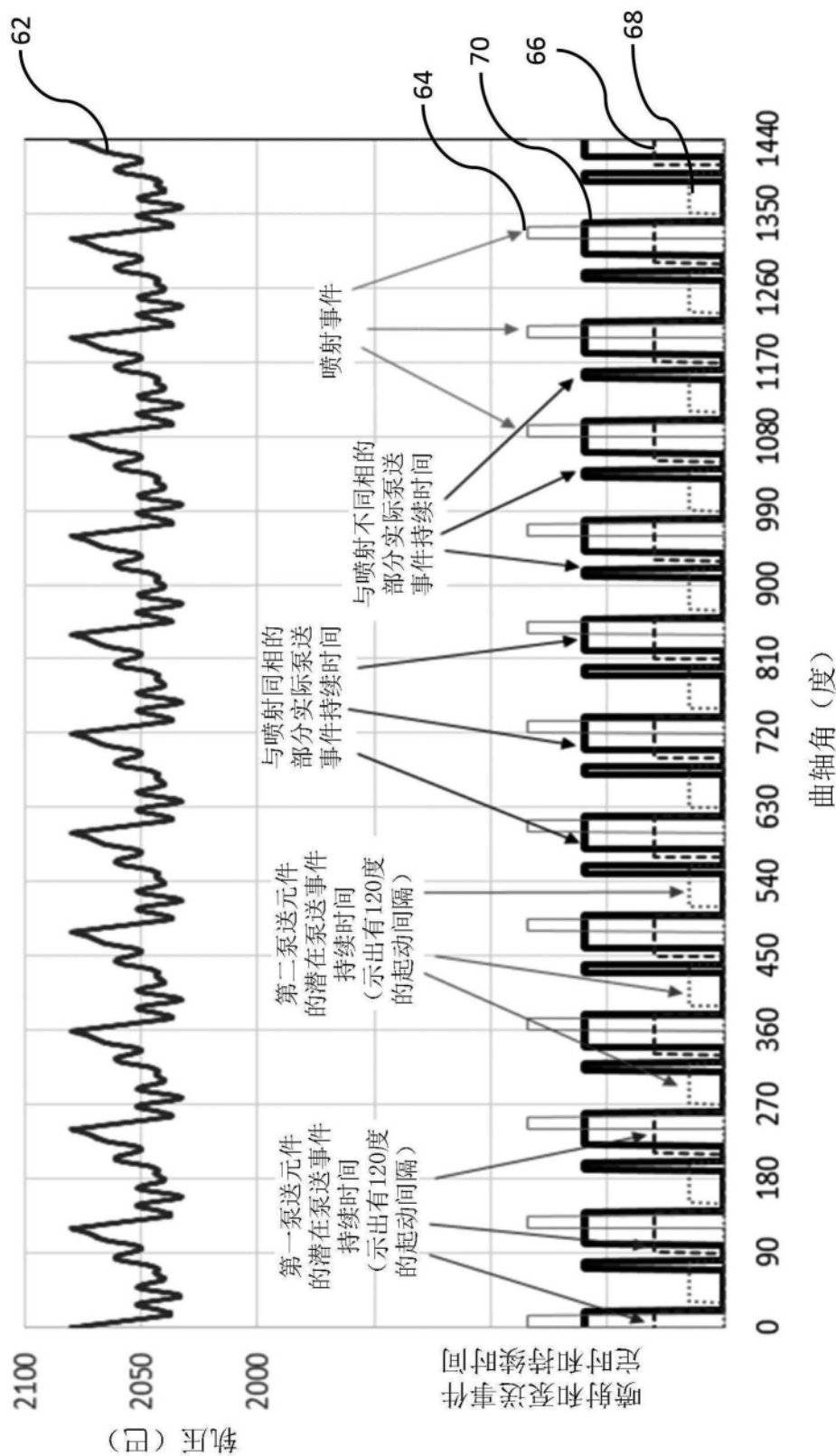


图9

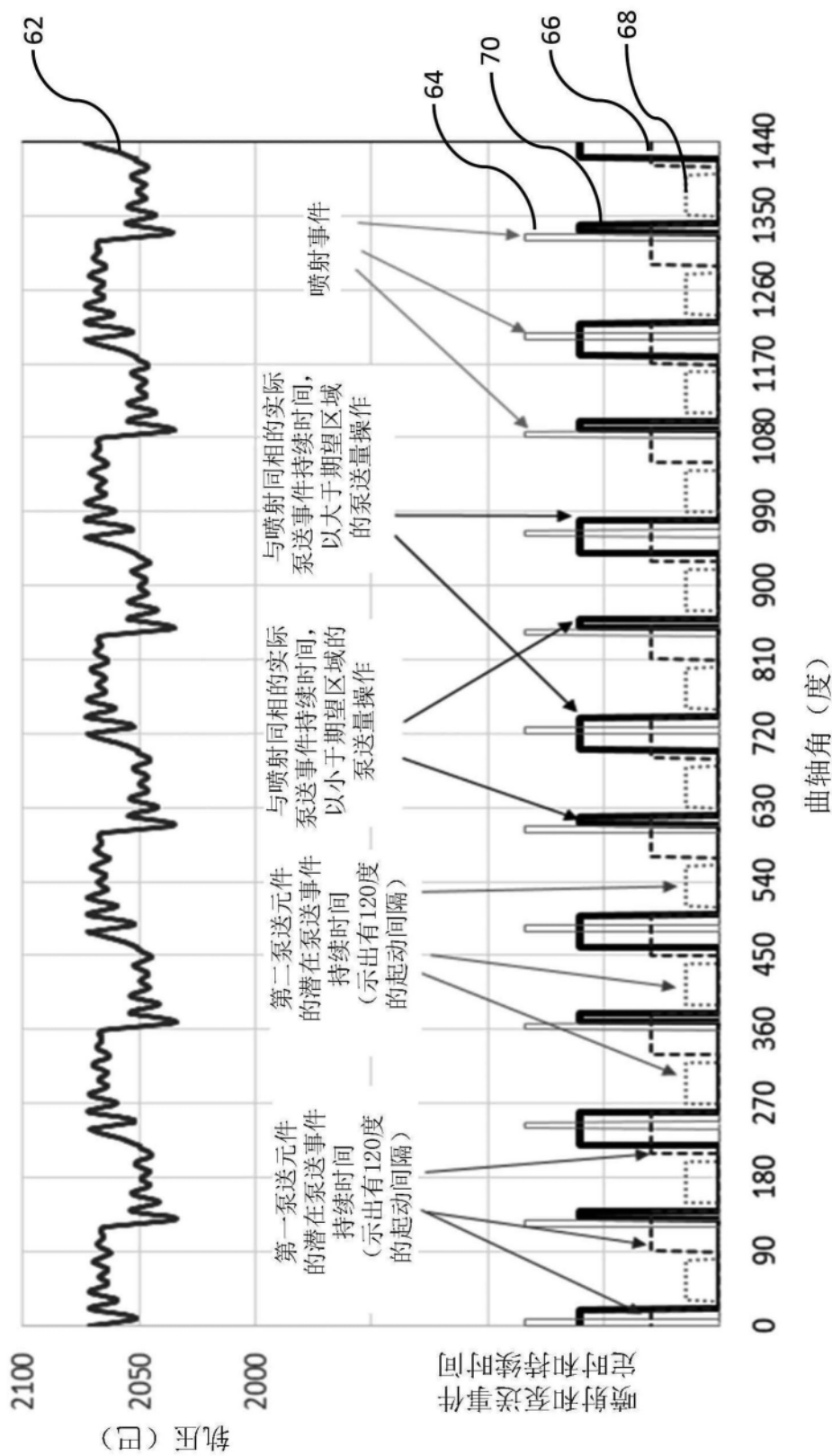


图10

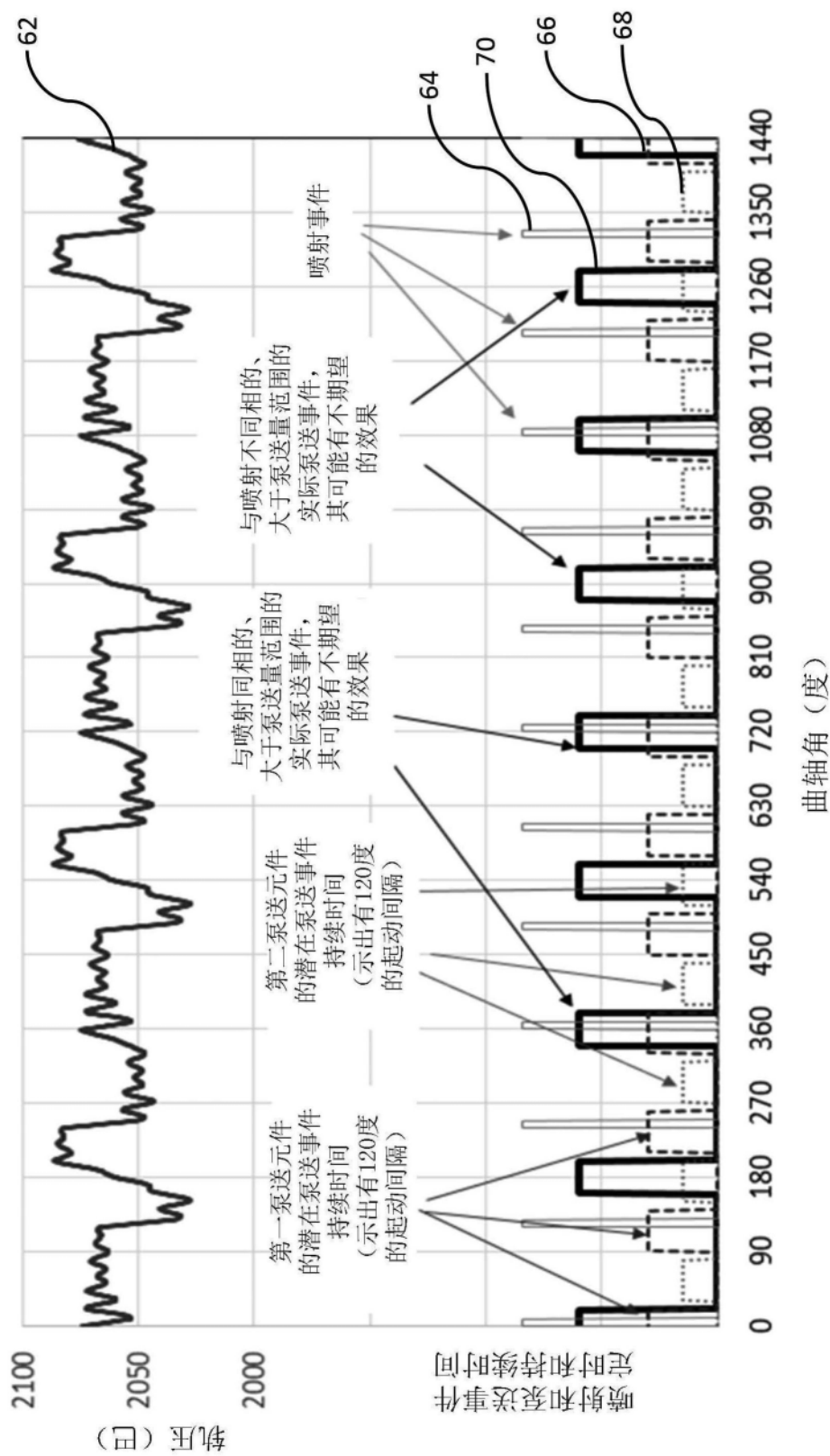


图11

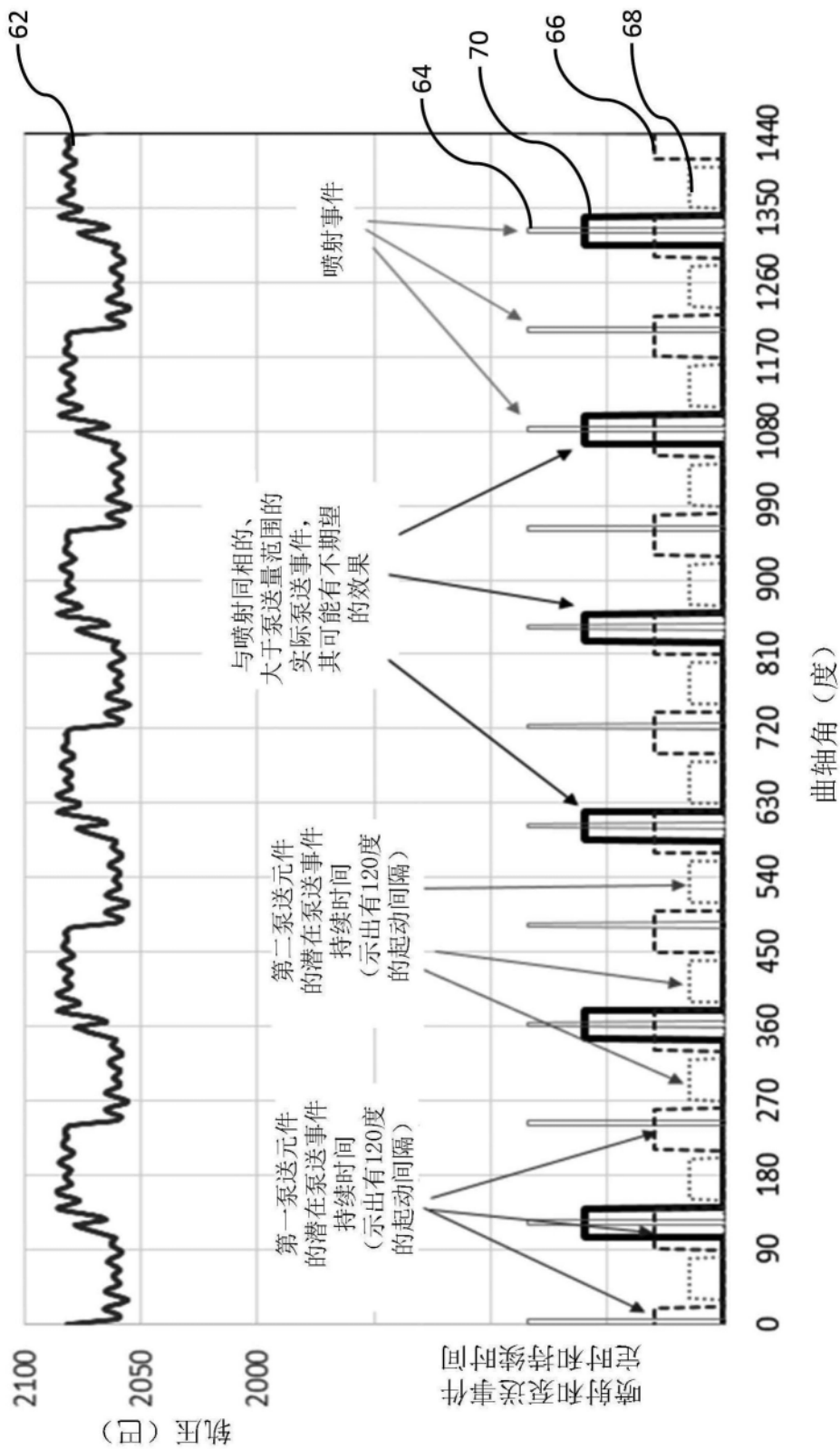


图12

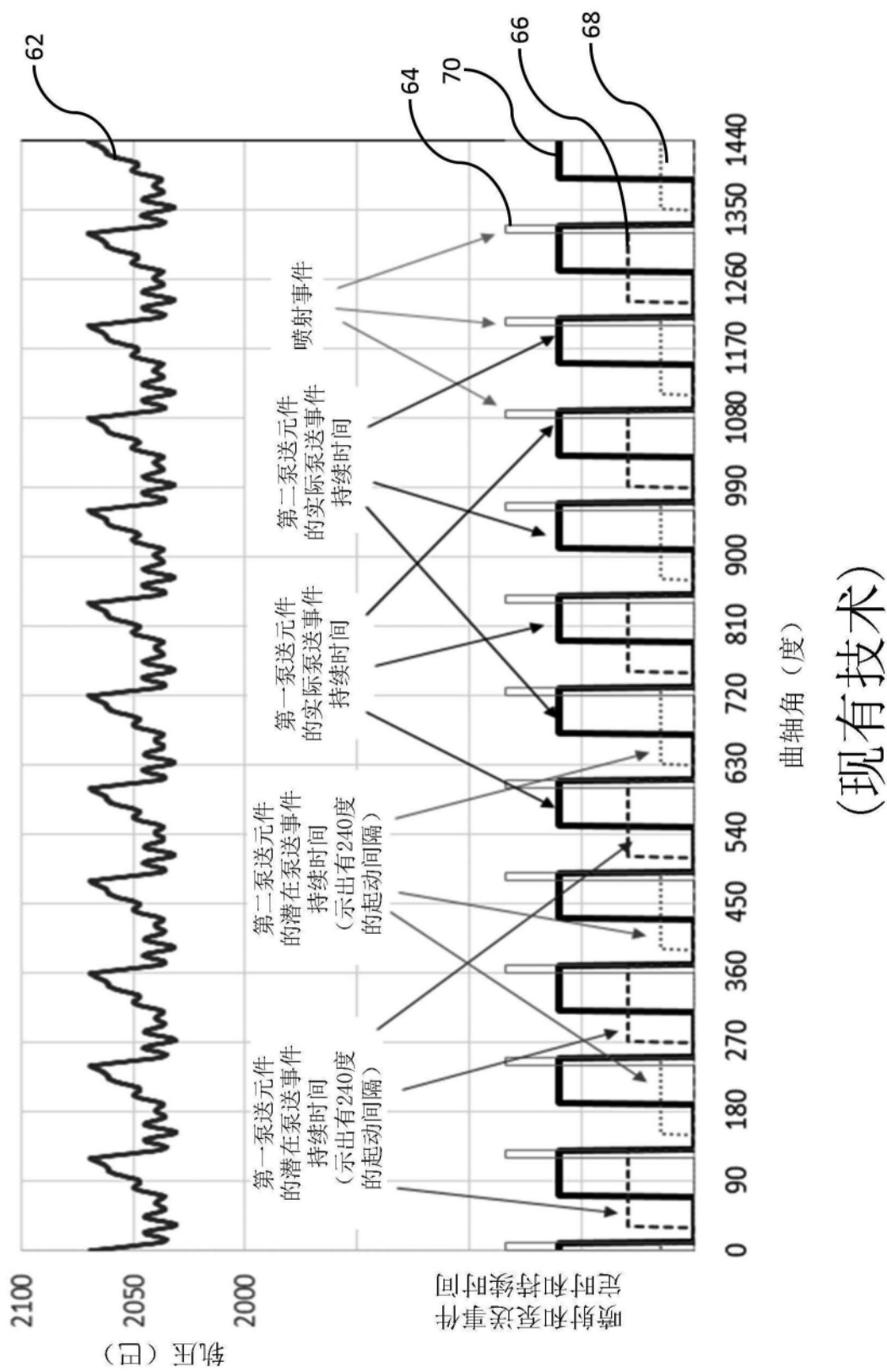


图13

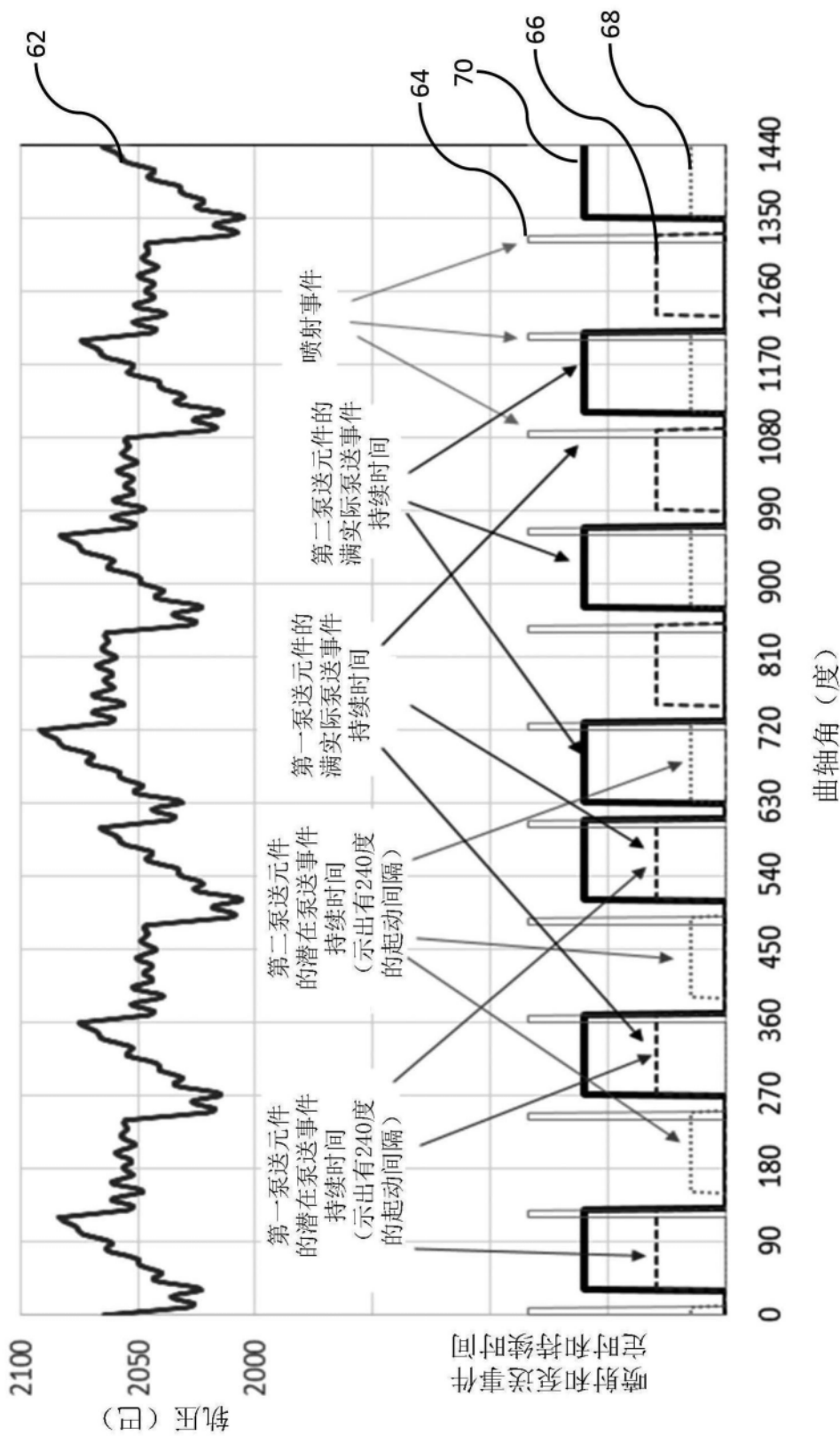


图14

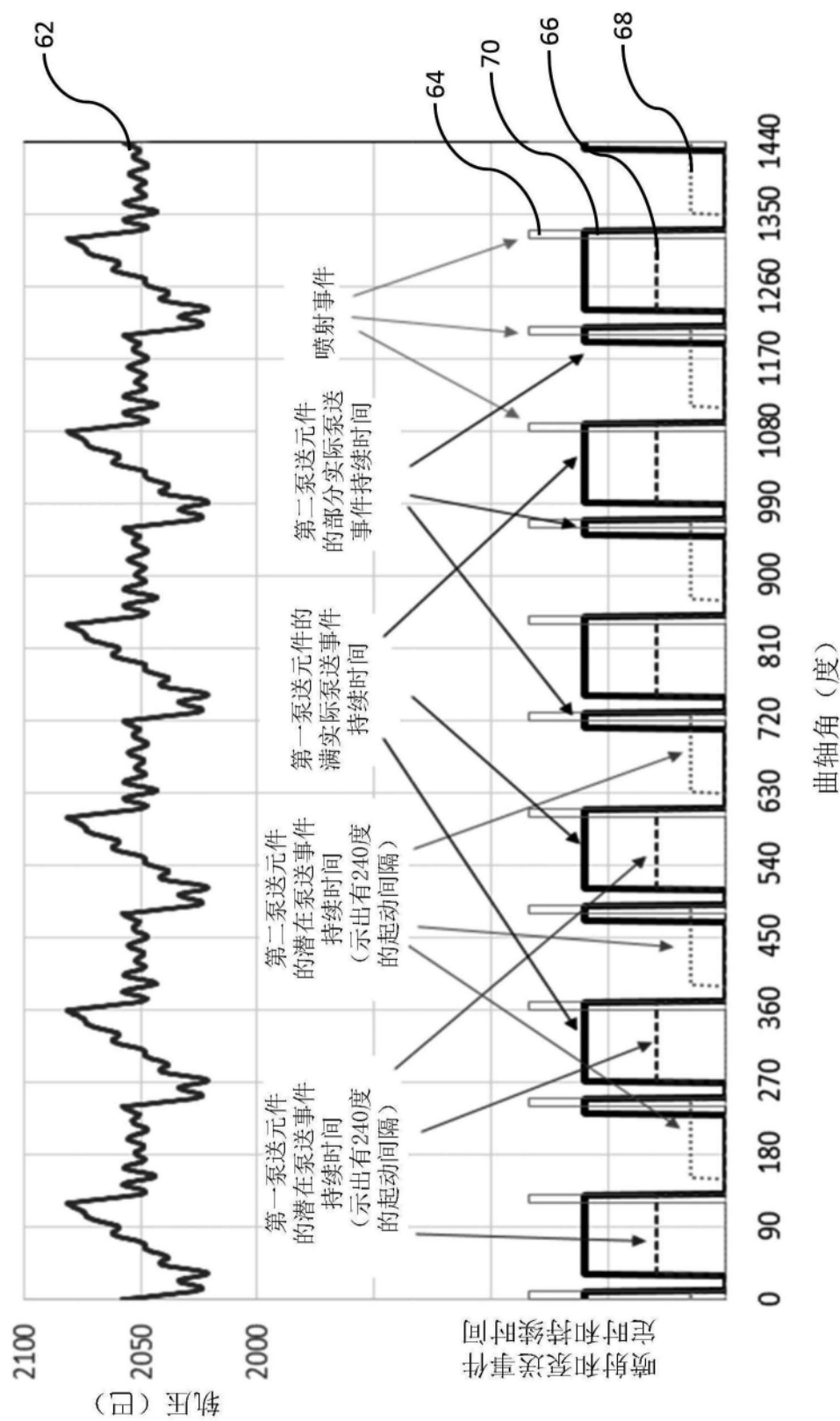


图15

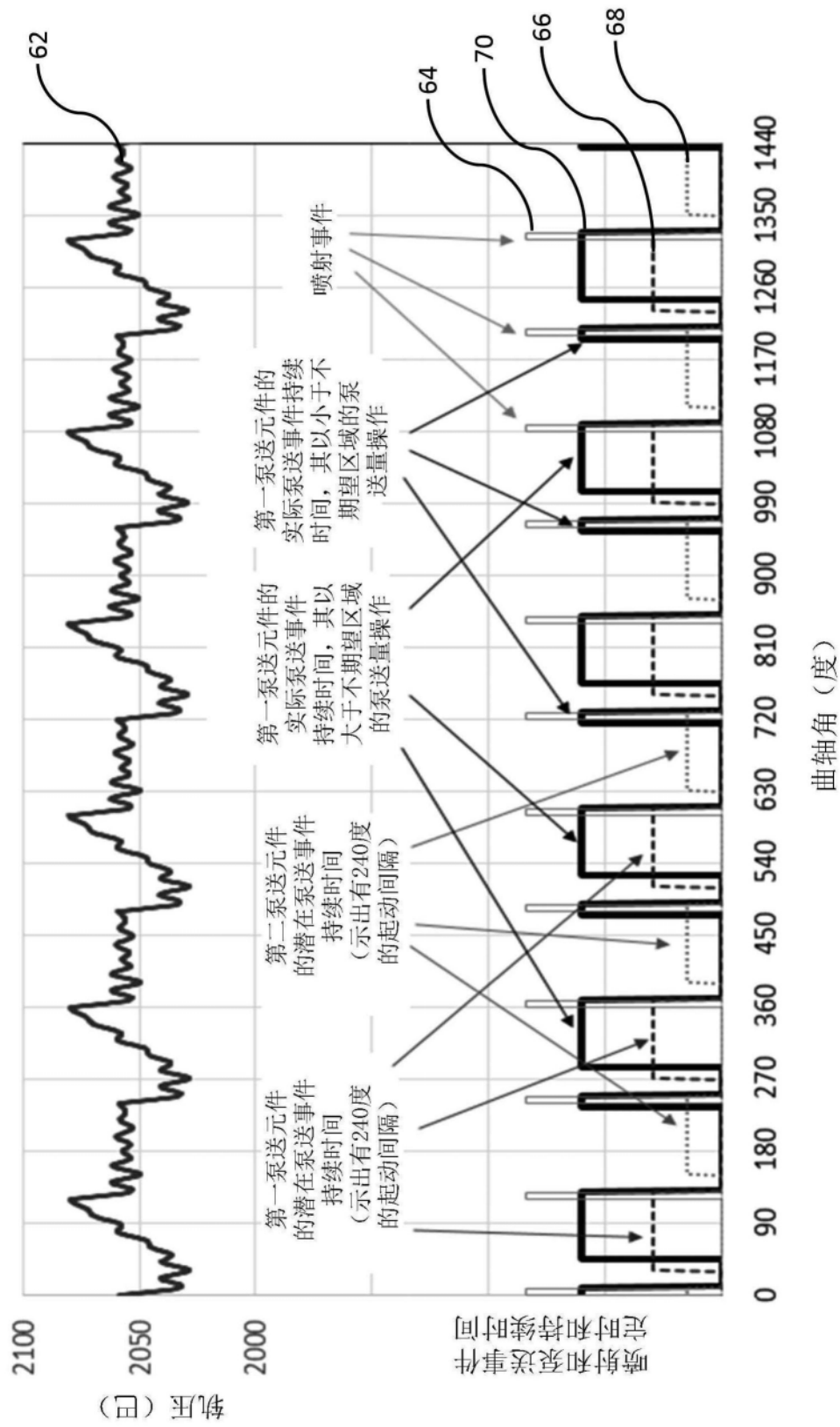


图16

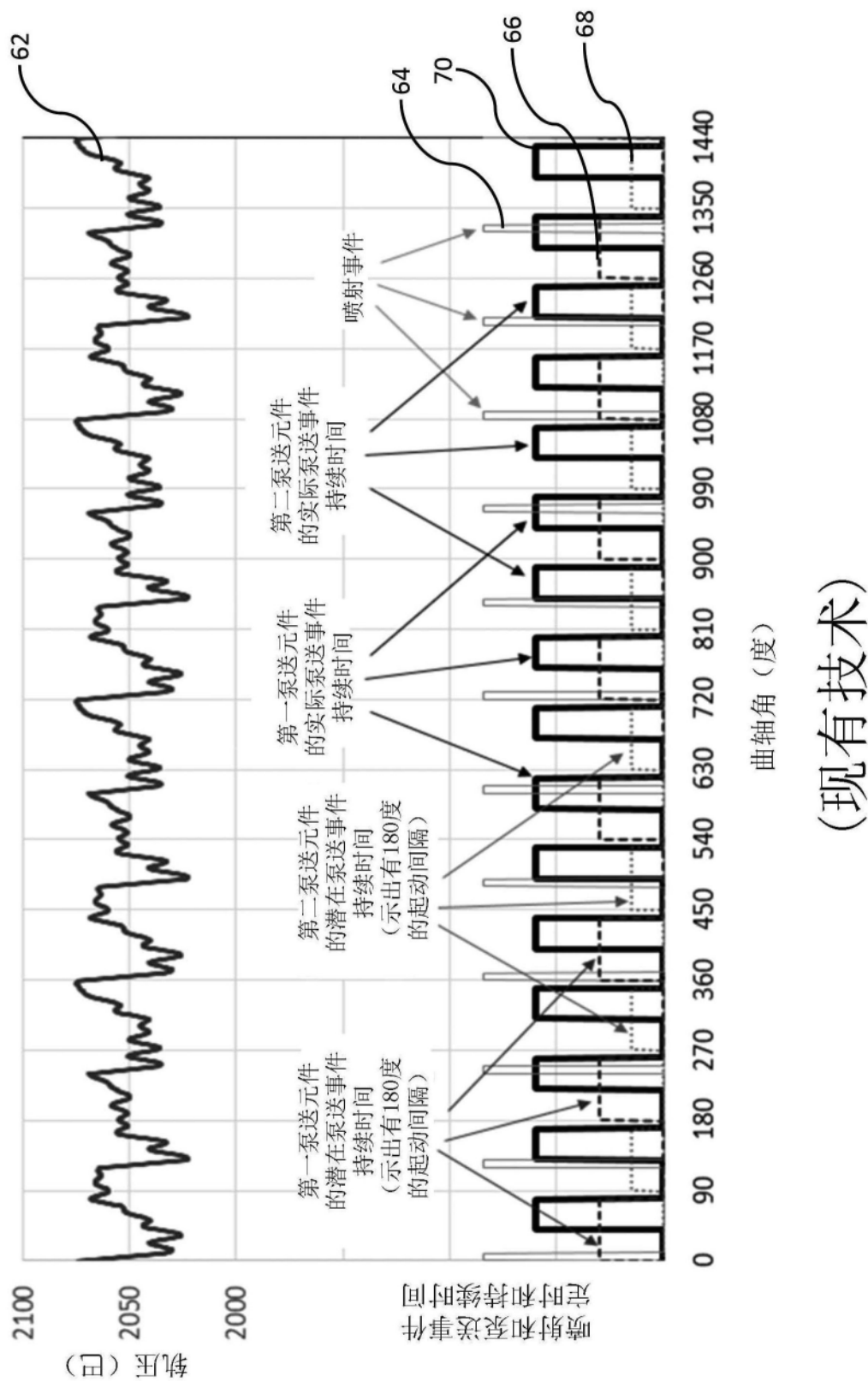


图17

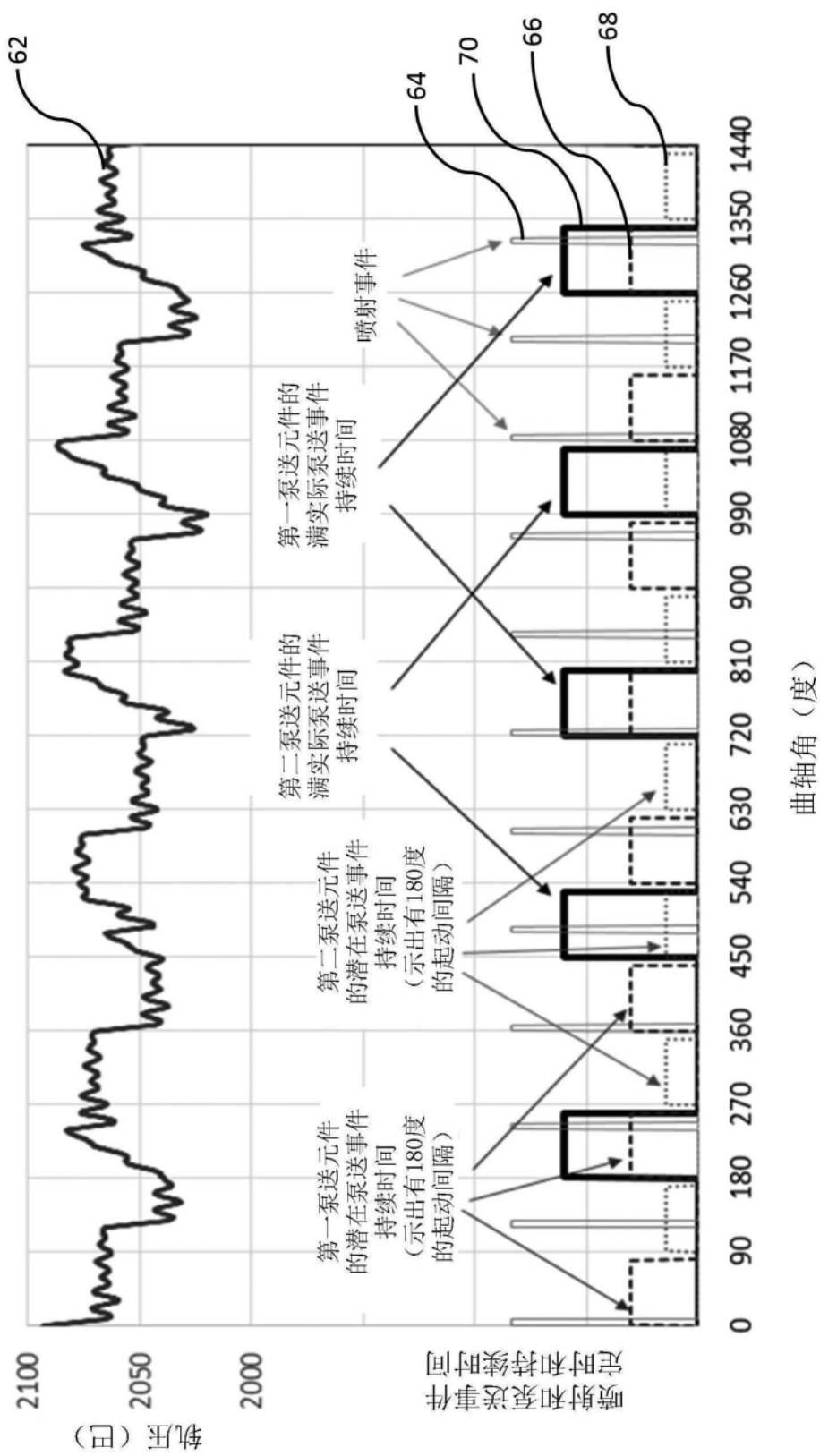


图18

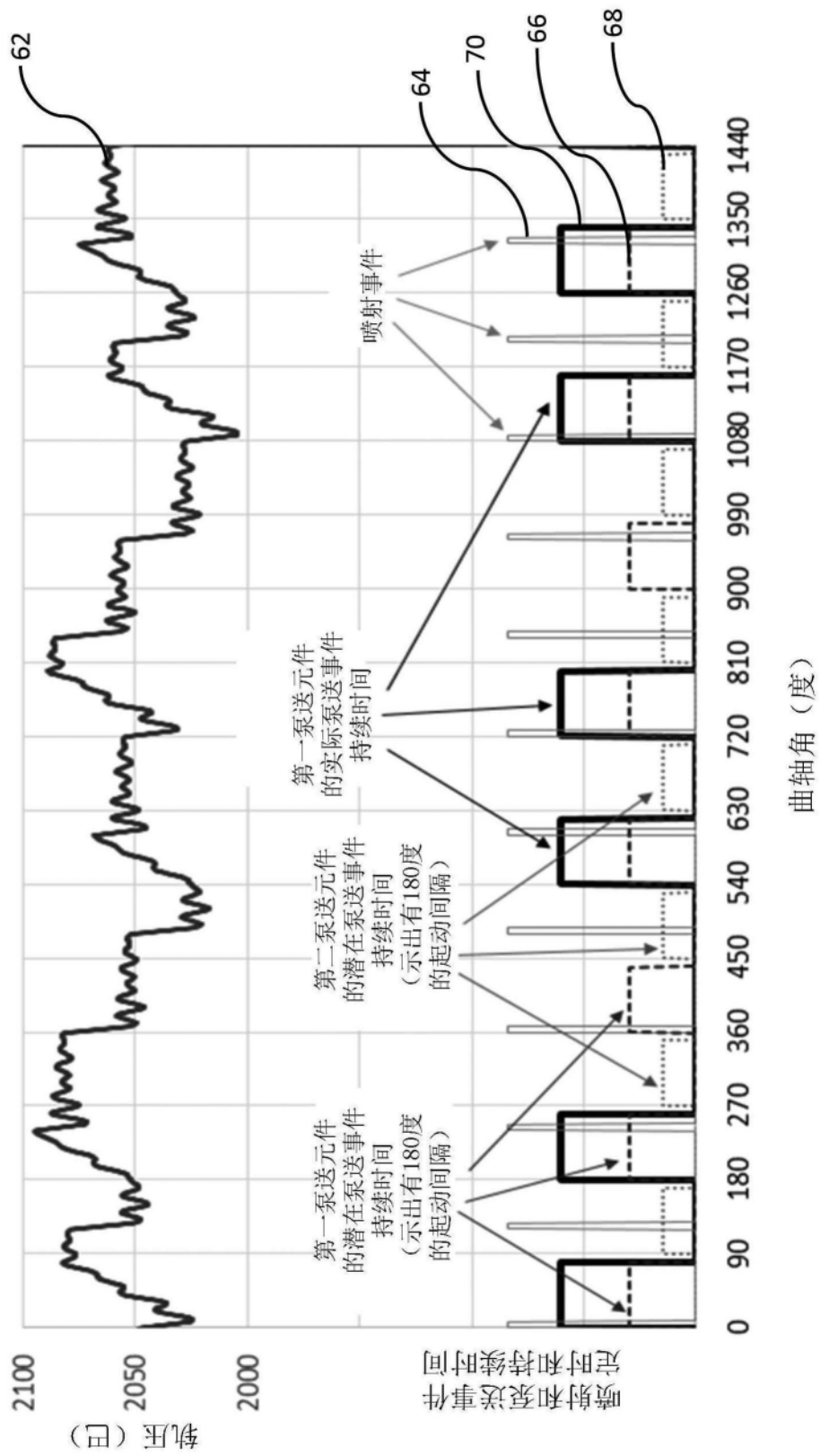


图19

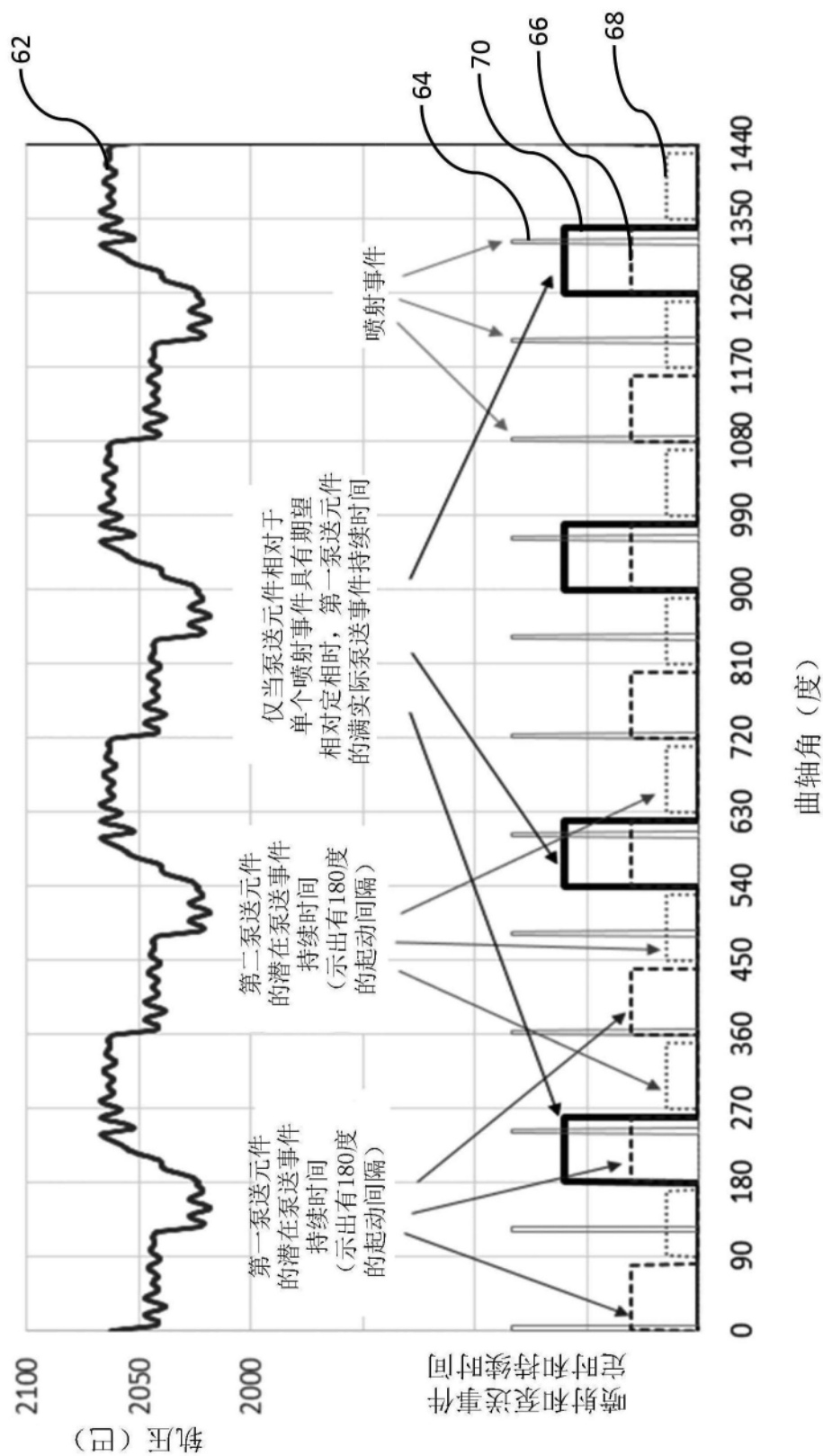


图20

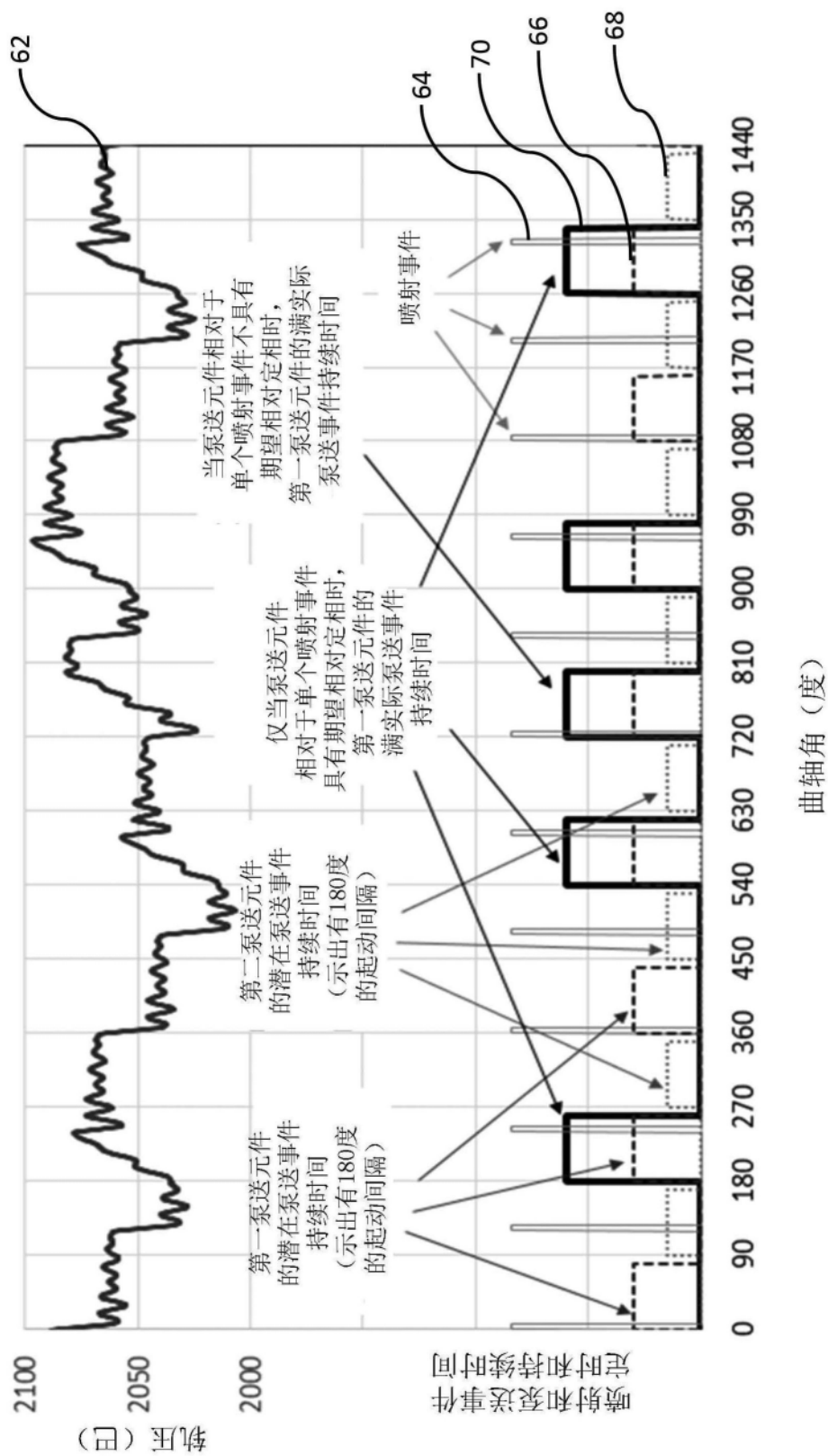


图21

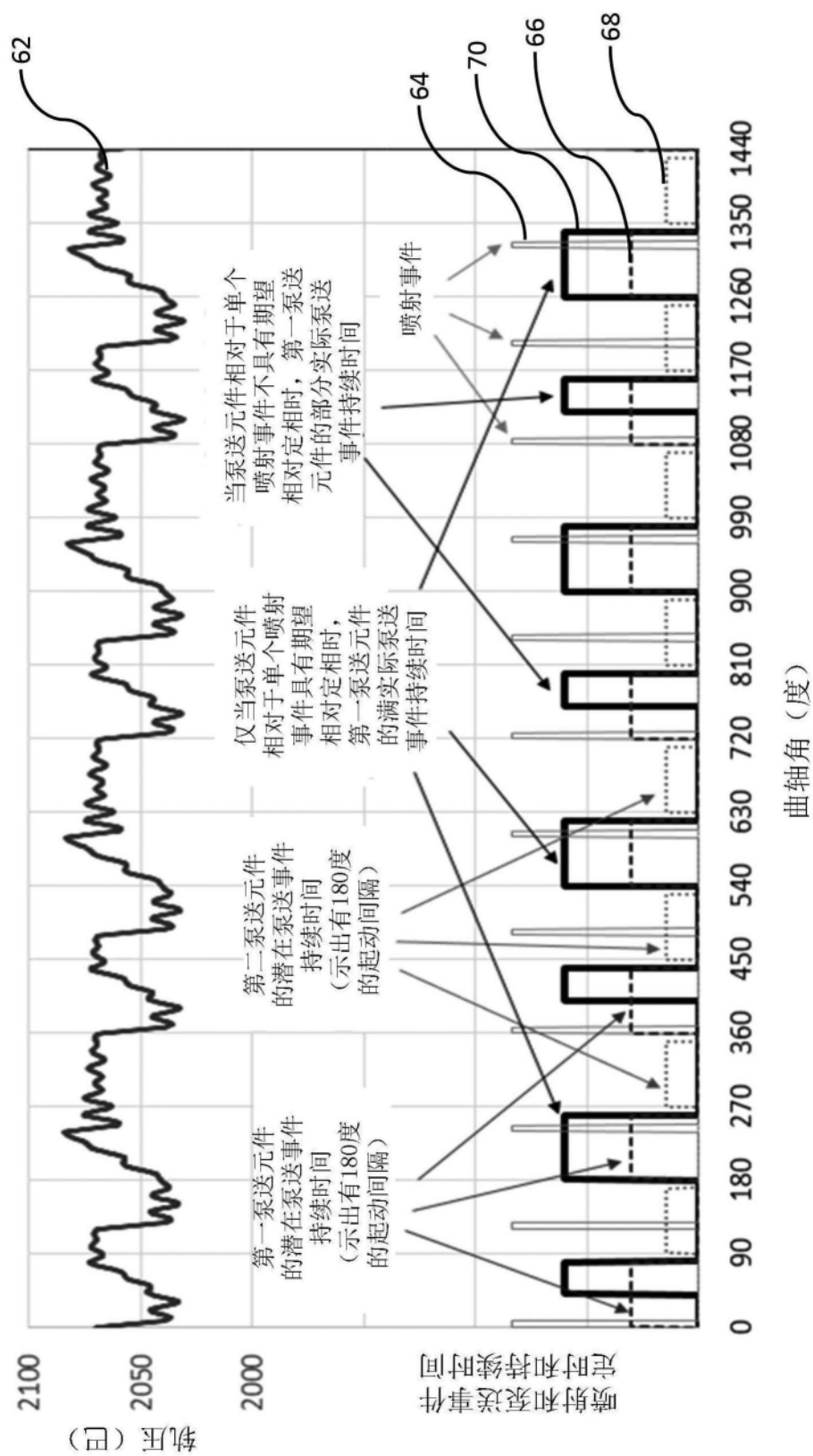


图22

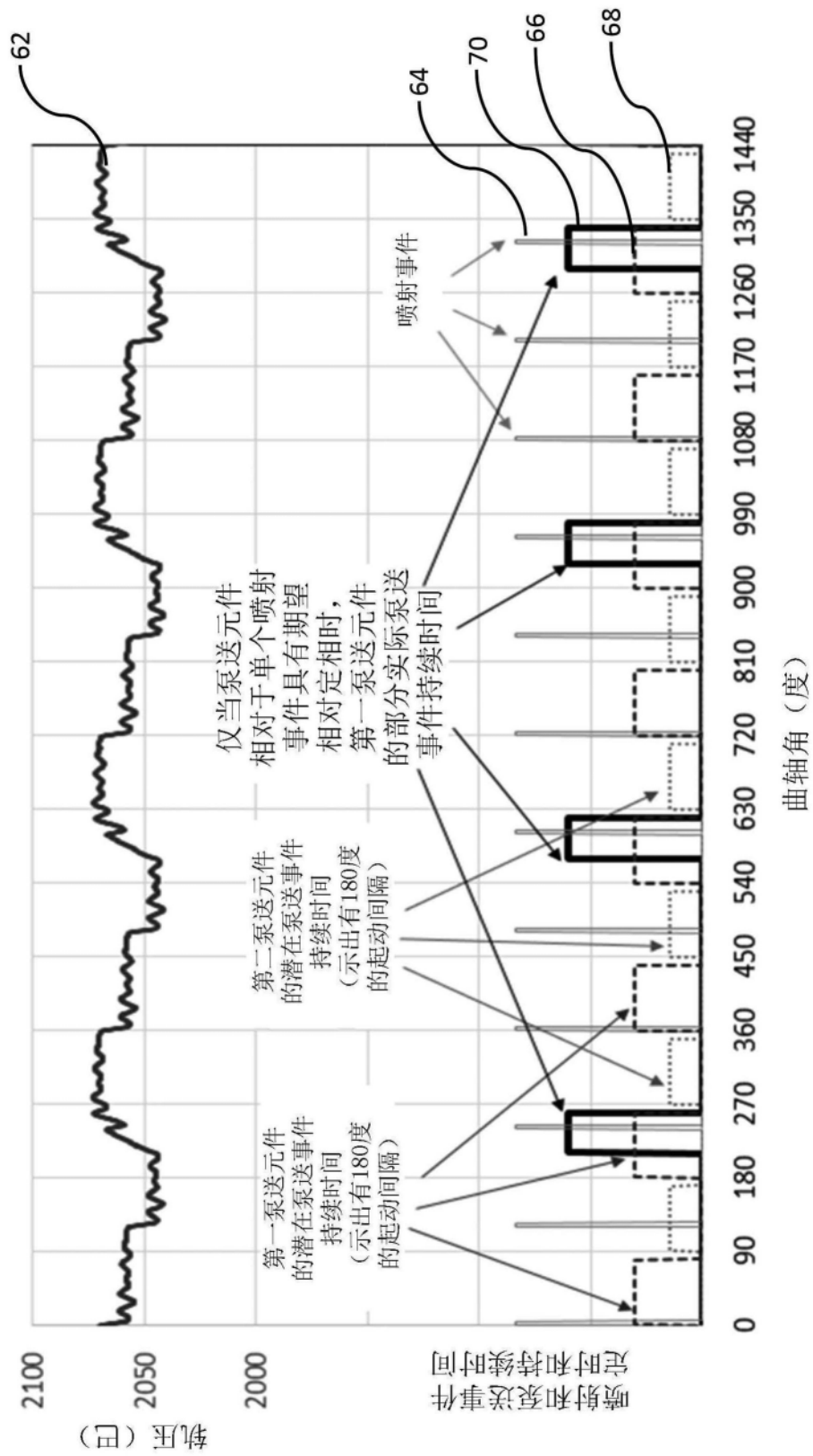


图23

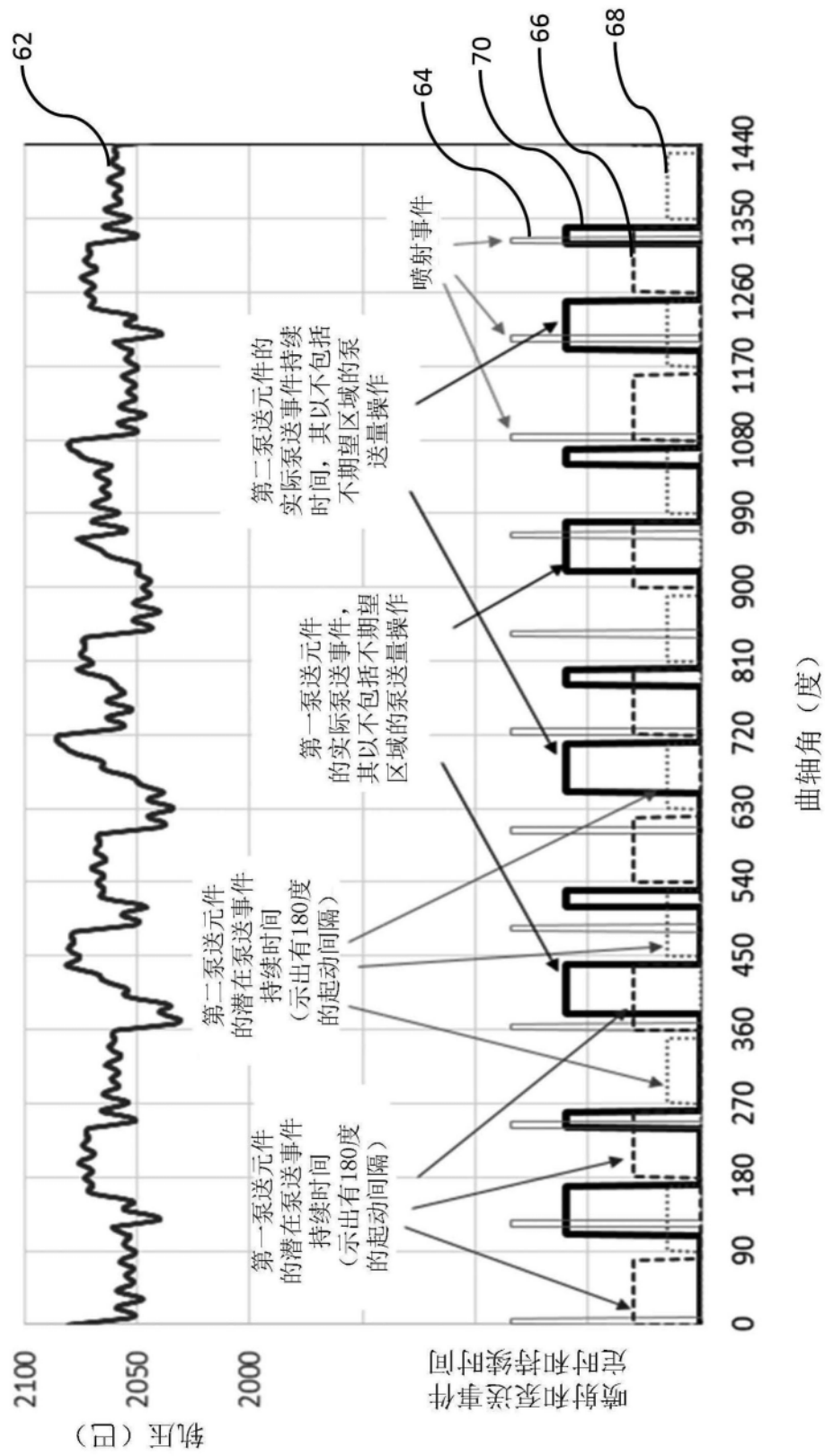


图24

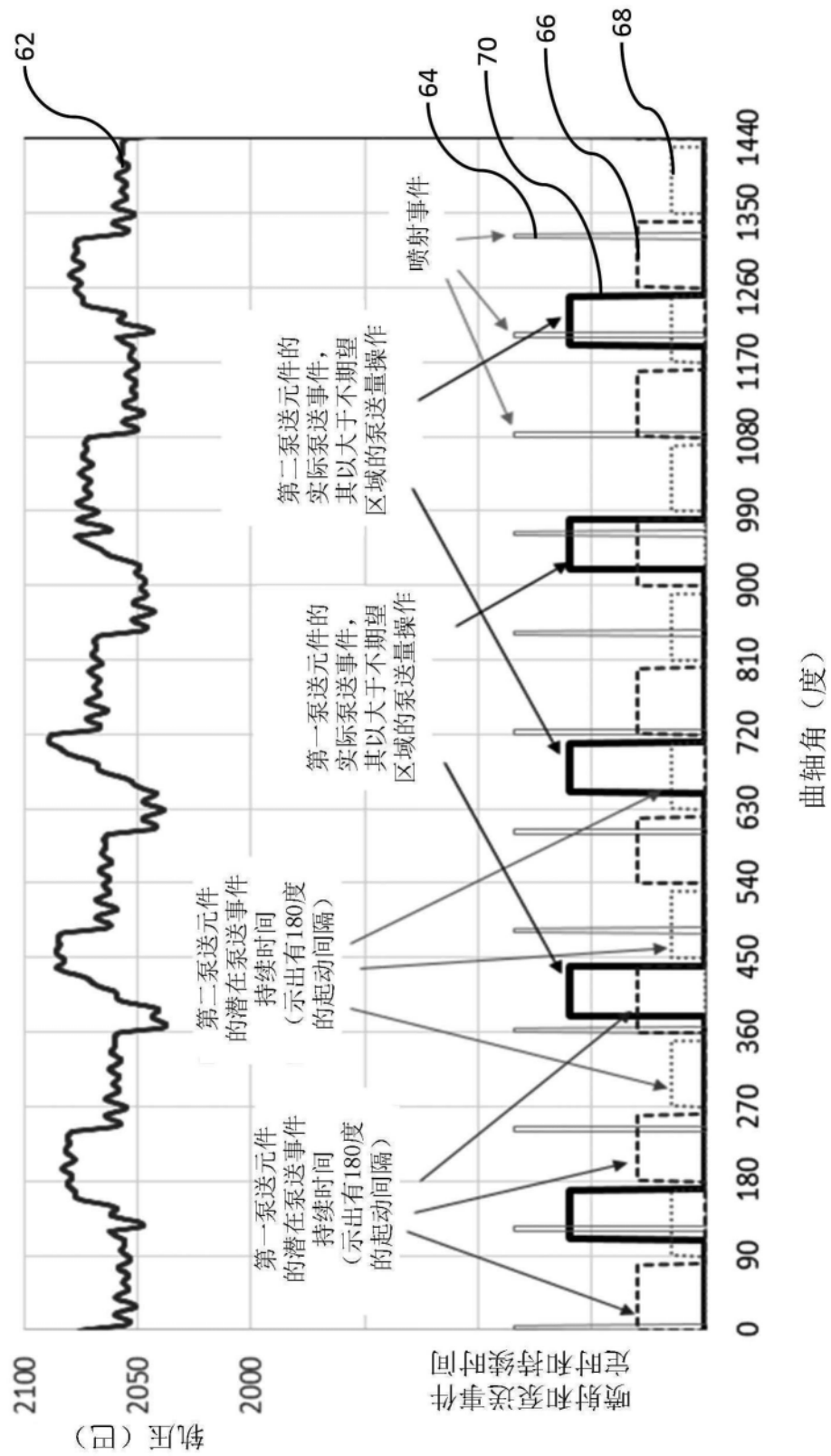


图25

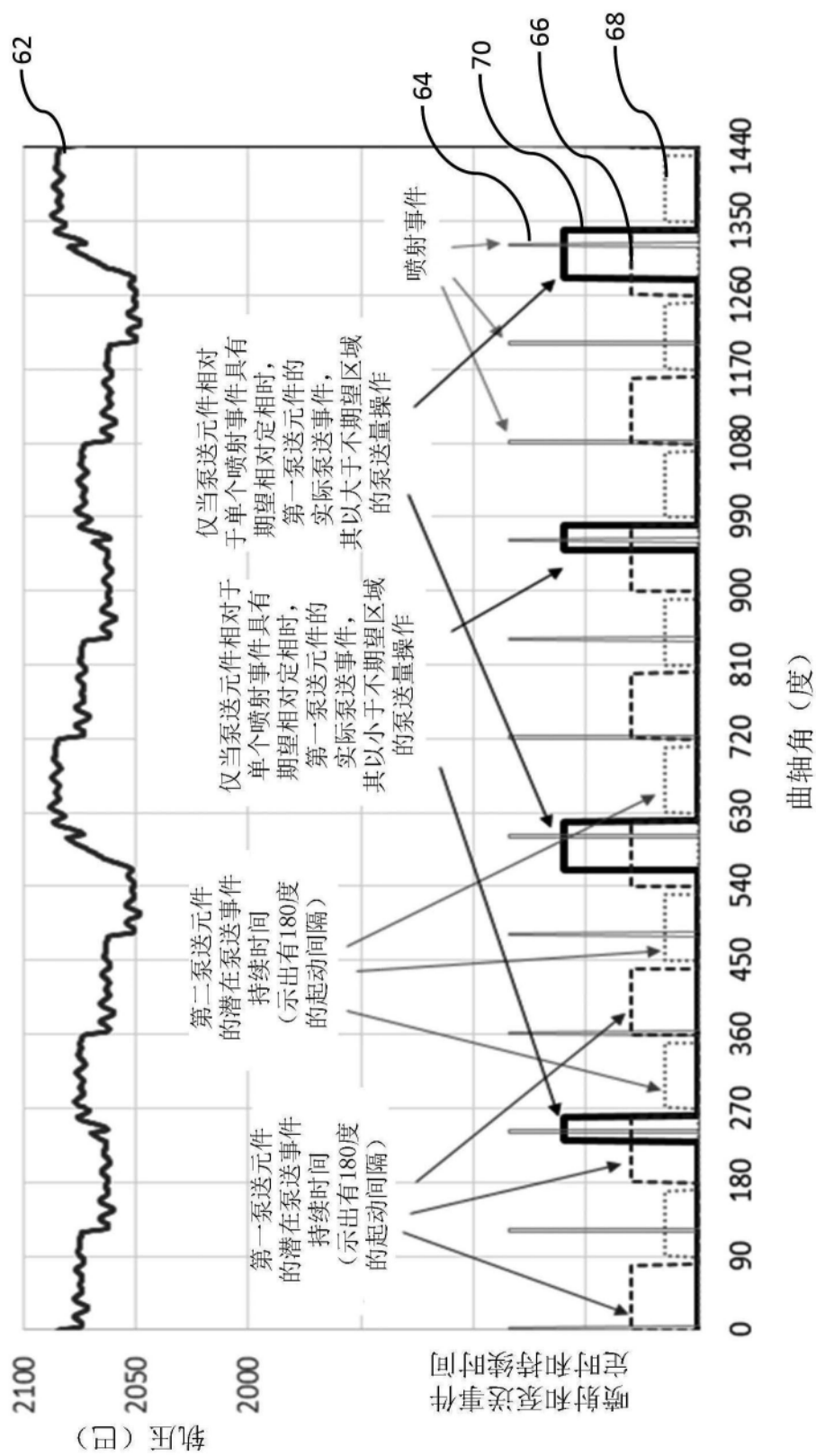


图26

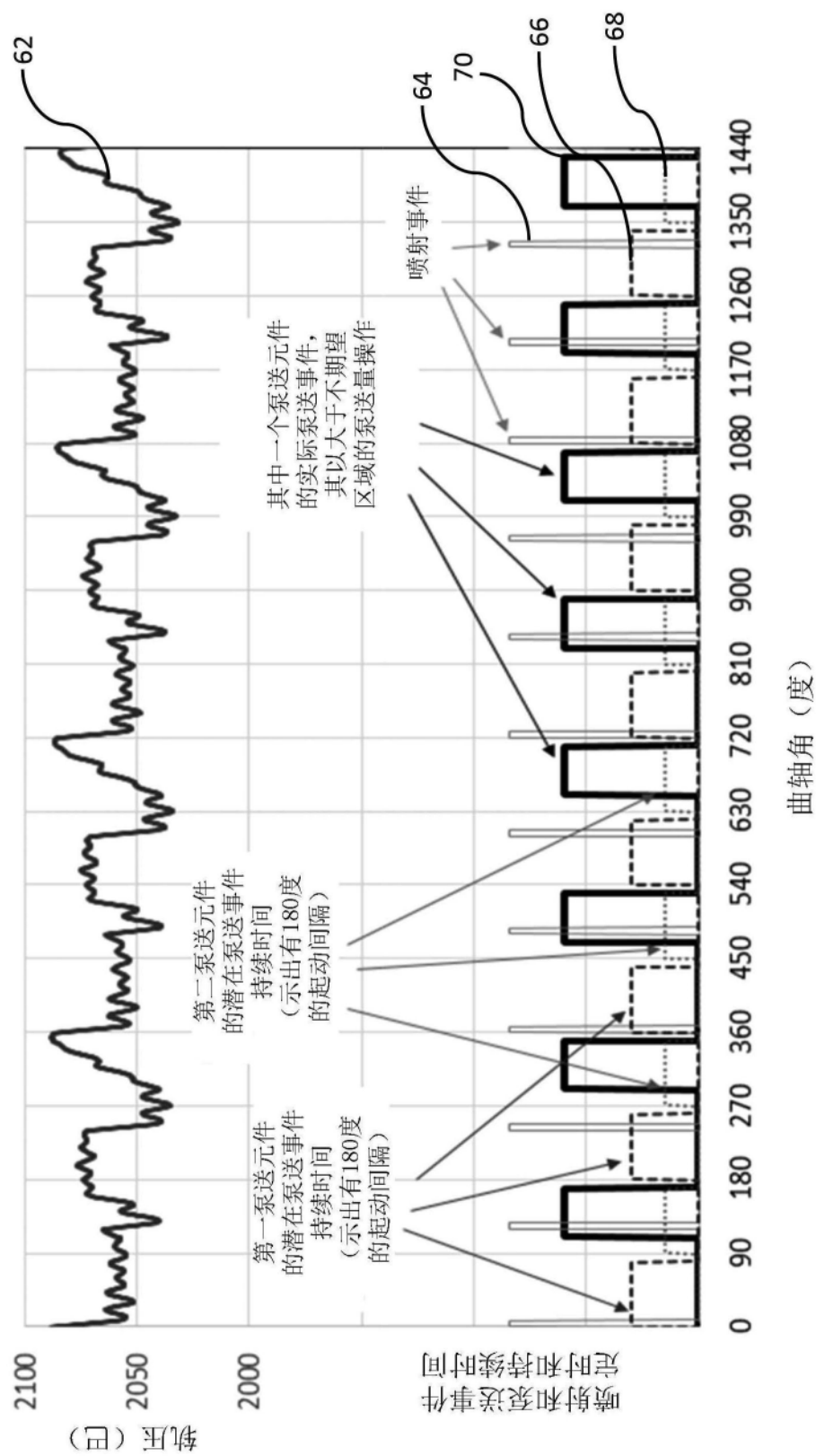


图27

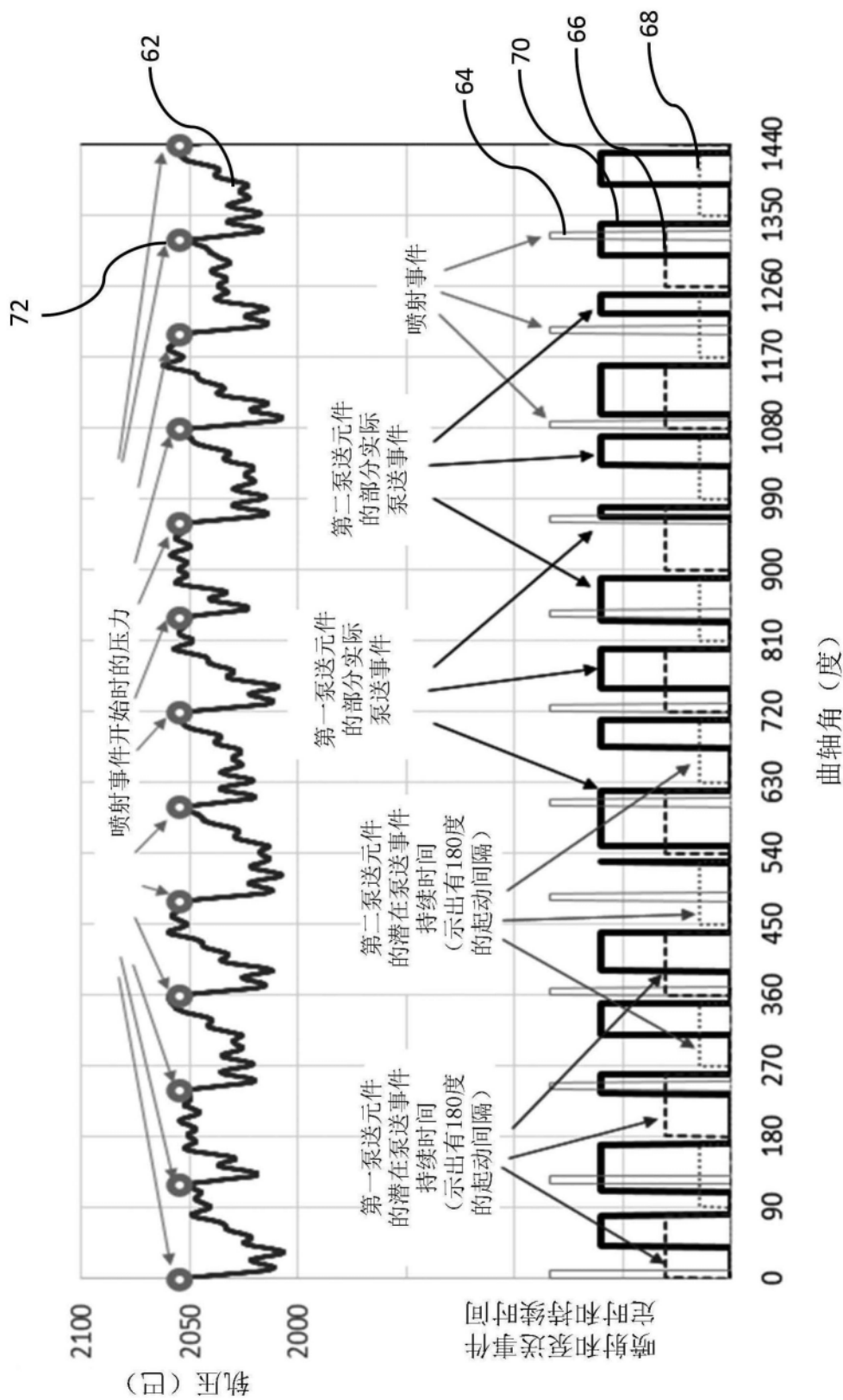


图28

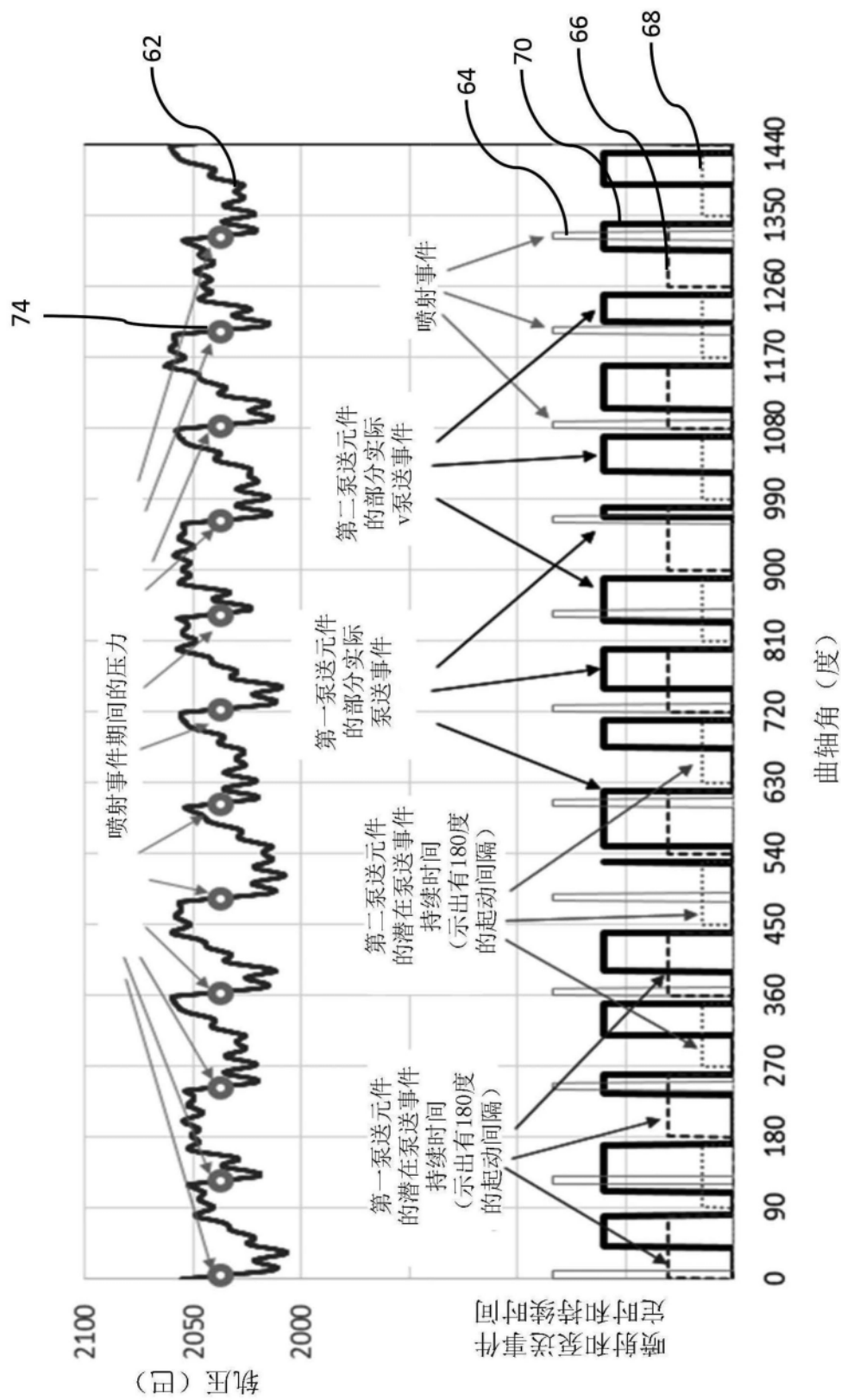


图29

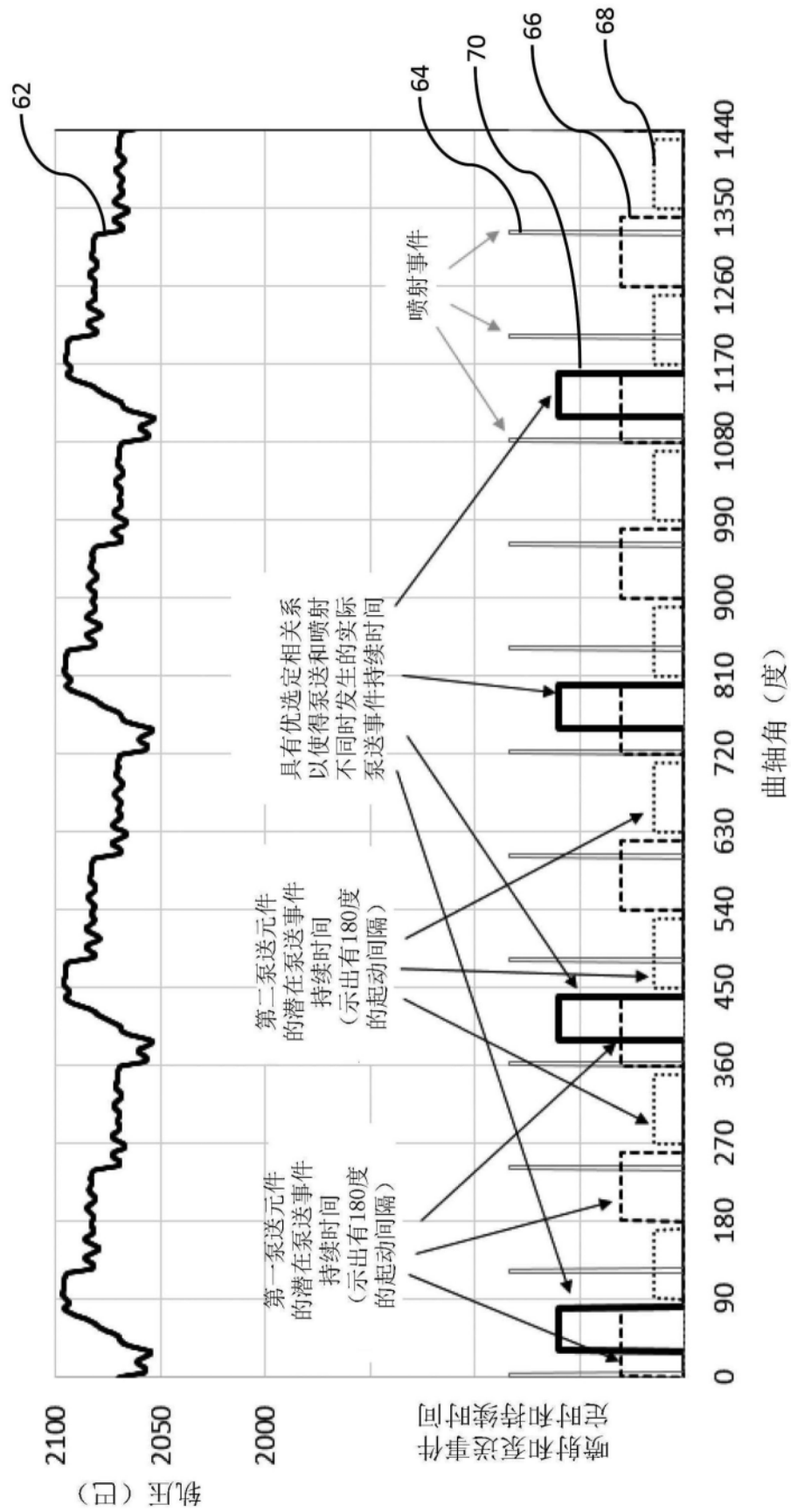


图30

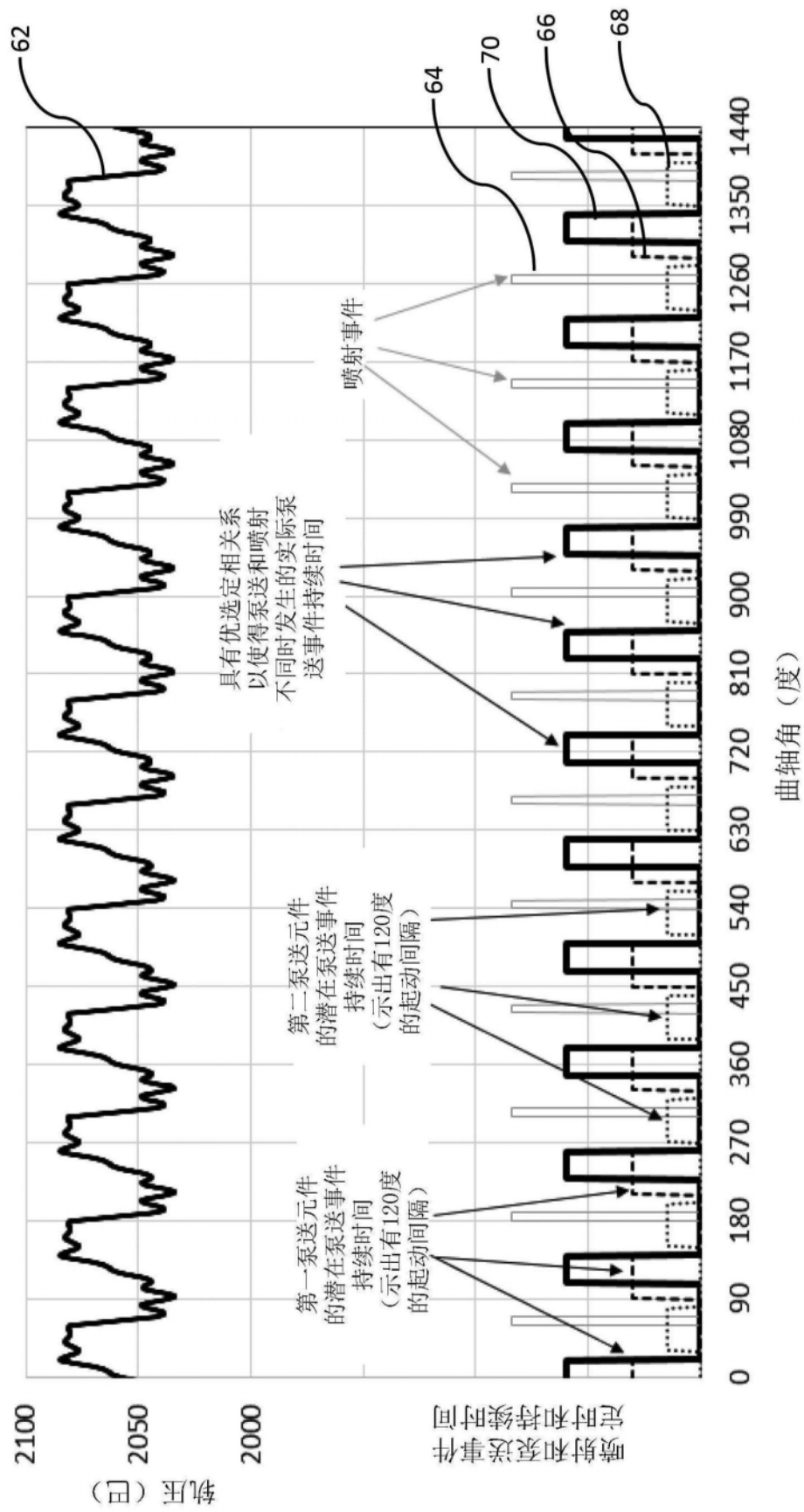


图31