(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105190658 B
(45)授权公告日 2019.01.15

(21)申请号 201380076324.7
(22)申请日 2013.03.04
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105190658 A
(43)申请公布日 2015.12.23
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.11.04
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/054281 2013.03.04
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/135191 EN 2014.09.12
(73)专利权人 ABB瑞士股份有限公司
地址 瑞士巴登
(72)发明人 S.萨利巴 B.亨里克森 H.诺伦 S.伊斯拉尔森坦佩 S.施密特
(续)
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 李强 肖日松
(51)Int.Cl.
G06Q 10/08(2012.01) (续)
(56)对比文件
CN 101329579 A,2008.12.24,
CN 101996358 A,2011.03.30,
CN 101587571 A,2009.11.25,
US 2010/0021272 A1,2010.01.28,
US 2006/0182527 A1,2009.08.17,
Robert Stahlbock et al.Operations research at container terminals:a literature update.《OR Spectrum》.2008,第30卷(第1期),第1-52页. (续)
审查员 张罗

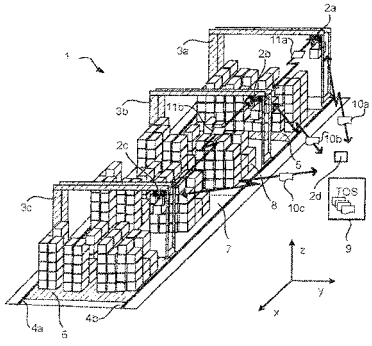
权利要求书3页 说明书10页 附图6页

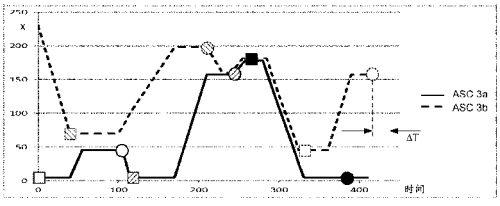
(54)发明名称

控制至少两个自动化非穿过式轨道安装式龙门起重机的系统和方法

(57)摘要

描述了一种用于控制至少两个自动化非穿过式的轨道安装式龙门起重机(3a,3b,3c)的系统和方法。该系统包括针对各个起重机的起重机控制单元(2a,2b,2c),其用于确保相应的起重机从外部调度系统(9)接收的至少一个工作指令(10a,10b,10c)得以执行。为了改善起重机的效率,该系统还包括再调度单元,其基于针对各个工作指令所确定的沿着轨道(4a,4b)的预期轨迹而执行至少一个工作指令的再调度。这种再调度通过将至少一个工作指令拆分成至少两个新的工作指令,并通过对所产生的工作指令进行再排序和再分配来实现,从而减少了一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的数量或持续时间,并且/或者减少了起重机之间工作负载的不平衡性。再调度单元与起重机控制单元(2a,2b,2c)并行操作,即在执行原始工作指令期间进行操作,并动态地更新这些原始工作指令。





CN 105190658 B

[转续页]

[接上页]

(72)发明人 A.扎纳里尼 K.穆克斯费尔特

(51)Int.Cl.

B66C 13/48(2006.01)

B66C 19/00(2006.01)

(56)对比文件

赵霞等.非对称最优法在轨道式集装箱门式起重机自动纠偏控制系统中的应用.《起重运输机械》.2008,第2008年卷(第12期),第97-102页.

Christian Bierwirth et al.A fast heuristic for quay crane scheduling with interference constraints.《Journal of Scheduling》.2009,第12卷(第4期),第345-360页.

Taejin Park et al.Real-time scheduling for twin RMGs in an automated container yard.《OR Spectrum》.2010,第32卷(第3期),第593-615页.

Ri Choe et al.Real-time scheduling of twin stacking cranes in an automated container terminal using a genetic algorithm.《Acm Symposium on Applied Computing》.2012,第238-243页.

Uno Bryfors et al.Cranes with brains.《ABB review》.2006,第56-59页.

1.一种用于控制至少两个彼此不能穿过的自动化轨道安装式龙门起重机(3a,3b,3c)的系统,所述系统包括用于各个起重机的起重机控制单元(2a,2b,2c),其包含:

至少一个控制输入接口(22a;22b),其用于从调度系统(9)一次接收至少一个工作指令(10a;10b),并用于接收至少一个传感器信息(20a;20b),其反映了相应的起重机对一个工作指令的执行情况,其中各个工作指令规定了有待被相应的起重机移动的目标集装箱(8)的至少一个起始位置和终止位置(x,y,z),

控制处理单元,其用于处理所述至少一个工作指令和所述至少一个传感器信息,以产生控制信息(21a;21b),从而确保所述至少一个工作指令被相应的起重机执行,和

至少一个控制输出接口(22a;22b),其用于将所述控制信息传递给相应的起重机的至少一个促动器(AA;AB),其特征在于,

所述系统还包括再调度单元,其包含

至少一个输入接口(22a),其用于接收所述至少一个工作指令(10a,10b)用于所有起重机,

数据处理模块(23a),其适合于通过以下步骤执行再调度,

沿着所述轨道(4a,4b)在相对应的起始位置和终止位置之间产生用于各个工作指令的预期轨迹,

通过在起始位置和终止位置之间引入至少一个中间位置,将至少一个工作指令拆分成至少两个新的工作指令,和

针对所产生的新的和未拆分的工作指令确定顺序和起重机的分配,从而减少至少一个以下再调度准则:

一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的数量,

一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的持续时间,

在所述起重机之间的工作负载的不平衡性,

至少一个输出接口(22a),其用于将新的和未拆分的工作指令传递给相应分配的起重机的起重机控制单元的至少一个控制输入接口,其中

所述再调度单元与执行所述工作指令的起重机控制单元(2a,2b,2c)并行操作,且

所述控制处理单元将接收自所述再调度单元的工作指令视为所有之前接收的工作指令的更新。

2.根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述数据处理模块(23a)确定了中间位置,使其满足至少一个以下位置准则:

与有待拆分的工作指令的预期轨迹具有最短距离的空的位置,

从有待拆分的工作指令的预期轨迹具有最佳可接近性的空的位置,

不会阻碍接下来要移动的任何目标集装箱的空的位置。

3.根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述数据处理模块(23a)进一步考虑了至少一个工作指令或至少一个工作指令的子任务的最早起动时间和/或最迟完成时间。

4.根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述数据处理模块(23a)反复地执行再调度。

5.根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述再调度单元集成在一个起重机控制单元(2a)中。

6.根据权利要求1或2所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)为新近接收的工作指令列表执行一次再调度，或者在接收到外部触发的任何时候执行再调度。

7.根据权利要求1或2所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)在再调度期间考虑了关于正在进行的工作指令和/或未来执行的工作指令的至少一个以下附加信息：

相应工作指令的目标集装箱的当前位置，

分配给进行再调度的工作指令的起重机的当前操作状态，

当前由分配给进行再调度的工作指令的起重机所执行的工作指令执行的状态和/或时机，

未来工作指令的执行时机。

8.根据权利要求1或2所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)根据预期轨迹确定相对应的冲突时间长度，在此期间，分配给相对应的工作指令的起重机必须避让和/或等待。

9.根据权利要求1或2所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)通过计算和比较在预定的时间周期内由各个起重机执行的工作指令数量和/或在预定的时间周期内各个起重机的空闲时间长度，根据预期轨迹确定所述起重机之间的工作负载不平衡性。

10.根据权利要求8所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)确定当所述冲突时间长度和/或所述工作负载不平衡性超过相对应的预定阈值时需要拆分工作指令。

11.根据权利要求1或2所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)通过应用调度算法执行再调度，所述调度算法直接将所述工作指令安排和分配给所述至少两个起重机，所述至少两个起重机采用用于所有起重机的至少一个工作指令作为输入，其中所述调度算法

容许通过利用优先级拆分所述至少一个工作指令，

遵守至少一个以下限制：

其持续时间或其相对应的预期轨迹下降到相对应的预定阈值以下的工作指令不拆分，

高于预定优先级的工作指令不拆分，

不违反预定工作指令优先级，

不违反或最少地违反所述至少一个工作指令的预定的最早起动时间和/或最迟完成时间，或所述至少一个工作指令的子任务的预定的最早起动时间和/或最迟完成时间，和

根据至少一个以下目的而优化所产生的工作指令的顺序和分配：

最大限度地减小所述至少一个工作指令的整个执行时间，

最大限度地减小那些处于卸载状态的起重机的移动距离，

最大限度地减小在起重机之间的冲突时间长度，

最大限度地减小在起重机之间的工作负载不平衡性，

最大限度地减小其它集装箱搬运设备等待起重机完成工作指令的等待时间，

使所述至少一个工作指令的最迟完成时间和预计完成时间之间的时间差保持在零值以上，且

最大限度地减小起重机所使用的能量。

12.根据权利要求10所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)考虑了由于各个工作指令拆分所产生的附加的拾取和降下时间。

13.根据权利要求10所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)组合了目标，其考虑了针对至少一个有待组合的目标而预定的优先权和/或权重。

14.根据权利要求11所述的系统，其特征在于，所述数据处理模块(23a)组合了目标，其考虑了针对至少一个有待组合的目标而预定的优先权和/或权重。

15.一种用于控制至少两个彼此不能穿过的自动化轨道安装式龙门起重机(3a,3b,3c)的方法，所述方法针对各个起重机包括：

从调度系统(9)一次接收至少一个工作指令(10a;10b)，

接收至少一个传感器信息(20a;20b)，其反映了相应的起重机对一个工作指令的执行情况，其中各个工作指令规定了有待由相应的起重机移动的目标集装箱(8)的至少一个起始位置和终止位置(x,y,z)，

处理所述至少一个工作指令和所述至少一个传感器信息，以产生控制信息(21a;21b)，从而确保所述至少一个工作指令被相应的起重机执行，和

将所述控制信息传递给相应的起重机的至少一个促动器(AA,AB)，其特征在于，

所述方法还包括

接收所述至少一个工作指令用于所有起重机，

通过如下步骤执行再调度

沿着轨道在相对应的起始位置和终止位置之间产生用于各个工作指令的预期轨迹，

通过在所述起始位置和所述终止位置之间引入至少一个中间位置，将至少一个工作指令拆分成至少两个新的工作指令，和

针对所产生的新的和未拆分的工作指令确定顺序和起重机的分配，从而减少至少一个以下再调度准则：

一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的数量，

一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的持续时间，

在所述起重机之间的工作负载的不平衡性，

将所述新的和未拆分的工作指令传递给相应分配的起重机，其中

所述再调度是与所述工作指令的执行并行执行的，和

从所述再调度接收的工作指令被相应分配的起重机视为所有之前接收的工作指令的更新。

控制至少两个自动化非穿过式轨道安装式龙门起重机的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制至少两个不能彼此穿过的自动化轨道安装式龙门起重机的系统和方法，该系统包括用于各个起重机的起重机控制单元，其包含至少一个控制输入接口，至少一个控制输入接口用于从调度系统一次接收至少一个工作指令，并用于接收至少一个传感器信息，其反映了相应的起重机对所述至少一个工作指令的执行情况，其中各个工作指令规定了由相应的起重机所移动的目标集装箱的至少一个起始位置和终止位置。起重机控制单元均还包括控制处理单元和至少一个控制输出接口，控制处理单元用于处理至少一个工作指令和至少一个传感器信息，以产生控制信息，用于确保至少一个工作指令被相应的起重机执行，控制输出接口用于将控制信息传递给相应起重机的至少一个促动器。

背景技术

[0002] 世界上大部分经贸货物经过海道由集装箱船进行运输。数量日益增加的国际贸易对全世界的集装箱码头产生了更高的要求，以便以提高的速度处理更多的货物，即进口、储存和/或出口更多的货物。

[0003] 例如海运港口中的集装箱码头具有在几小时至几周范围的时间周期内储存集装箱的需求。一般说来，集装箱堆场是集装箱储存区域，其中集装箱以3维方式通过将它们某些并排放置在地面上形成矩形形状，并通过将其它集装箱堆叠在地面上的集装箱的顶部而进行储存。一个或多个龙门起重机用于吊起堆场中的集装箱，在堆场内部位置之间移动集装箱，并再次从堆场拾取它们。不同类型的龙门起重机是已知，尤其橡胶轮胎的龙门起重机(RTG)和轨道安装式龙门起重机(RMG)。本发明致力于RMG起重机，其中起重机在轨道上移动，并且集装箱堆场位于两个或多个这些轨道之间，使得RMG起重机横跨这些堆场。RMG起重机时常以自动化方式进行操作，在这种情况下，它们也被称为自动化堆码起重机(ASC)。在集装箱堆场中，各个ASC可具有其自身的成对轨道，或者ASC可安装在相同的轨道上。在后者情况下，ASC不能彼此穿过，其在下面被标注为非穿过式的起重机。在两个非穿过式的起重机的情况下，这些起重机也被称为双堆码起重机或双RMG。

[0004] 在由Bryfors等人于ABB Review 3/2006中所公布的文章“智能起重机”中描述了一种集装箱码头的自动化，其中集装箱储存区域被划分成区块，并且每个区块装备了两个ASC，其被称为自动化轨道安装式龙门起重机(ARMG)。为了控制ARMG的运动，它们均装备了起重机控制系统，其集成了来自系统的传感器信息，用于目标和障碍物位置测量以及用于负载位置测量。基于该信息，起重机控制系统通过将合适的控制信息提供给底层位置和运动控制器而找到堆场中的最佳运输路径，谨慎避免碰撞并尽可能低地保持负载的摇摆运动，底层位置和运动控制器为起重机的驱动器和电动机产生促动信号。

[0005] 关于哪个集装箱由哪个起重机从哪个起始位置移动至哪个终止位置的信息是由所谓的码头操作系统(TOS)产生的。TOS采用所需要的集装箱装卸作业作为输入，从而卸载

和装船。此外，其在集装箱堆场的陆地侧考虑集装箱装卸作业用于装卸货车或列车。此外，其考虑了作业的目标集装箱放置在某些其它集装箱下面的情形。然后，由TOS产生相对应的工作指令，用于将上面的集装箱重定位在附近堆码上。这些重定位工作指令可被称为再搬运作业。

[0006] 集装箱堆场中的各个ASC一个接一个地从TOS接收其工作指令。在非穿过式的ASC的情况下，工作指令利用先来先服务策略来执行，其意味着首先接收其工作指令的ASC具有较高的优先权。因此，如果ASC具有冲突的工作指令，即一个ASC工作指令与其它ASC位置重叠时，具有较低优先权的ASC必须屈服，并等待，以避免碰撞。这些情形在下文中被称为冲突。为了确定哪个起重机实际上具有优先权和是否可能发生冲突，ASC的起重机控制系统可交换相对应的信息。

[0007] 从US 2006/0182527 A1获悉一种用于自动化集装箱码头调度的方法，其提出当资源，即起重机可用于执行相对应的任务时重新组织码头中的集装箱。重新组织的目的是更好地使码头中的集装箱的位置适应外部变化，例如船舶和/或货车到达位置的变化、集装箱上的货舱或港口设备故障。因此，US 2006/0182527 A1描述了码头操作系统，其产生用于集装箱码头中的各种起重机以及其它设备的更新调度。

[0008] 在EP 2 006 237 B1中，公开了一种用于起重机的起重机控制系统，其在集装箱码头的特定区块中移动集装箱。其提出起重机控制系统承担集装箱在其相对应的区块中的储存优化。由起重机控制系统承担的任务是为陆运或海运的新的集装箱找到最佳的安放方法，从而在可能最短的时间将集装箱从区块移除，并在在低的起重机负载期间将集装箱重新定位到更有利的位置。因此，起重机控制系统从TOS接管了一部分调度功能，其在EP 2 006 237 B1中被称为港口后勤系统。

[0009] 在这两个文献US 2006/0182527 A1和EP 2 006 237 B1中没有解决非穿过式的ASC的问题。

[0010] 在R. Choe等人在美国纽约第27届关于应用计算的年度ACM讨论会专题论文集的SAC'12期刊的pp.238-243 ISBN:978-1-4503-0857-1论文“自动化集装箱码头中利用遗传算法的双堆码起重机的实时调度”中，解决了双自动化ASC的调度问题。调度系统首先标识了有待在集装箱码头执行的所谓的主要作业，其中主要作业是用于卸船和装船的海边作业以及用于从外部货车载入和载出集装箱的陆边作业。

[0011] 然后，Choe等人所述的调度系统会产生所谓的筹备作业，其是被标识为可能但不一定有助于主要作业的作业。筹备作业尤其是上面解释的再搬运作业和再定位作业。再定位作业是将集装箱移动至更靠近其最终目标位置的另一位置的作业。由于再定位作业，可减少由于ASC之间的冲突所造成的延迟，因为一个ASC可临时将集装箱放下到冲突范围之外的位置，并执行其它作业，直至其它ASC移走。

[0012] 在筹备作业产生之后，执行实际的起重机调度，以确定由双ASC中的哪个ASC按哪个顺序执行哪个作业。对于起重机调度，ASC的分配被限定为仅仅是筹备作业所需要的，就如Choe等人所论述的编排中，海边作业只能由海边ASC来执行，并且陆边作业只能由陆边ASC来执行。此外，主要作业和筹备作业是作为独立的作业进行处理的。如果筹备作业的调度导致不合适的作业顺序，例如再定位作业跟随其相对应的主要作业，或者最初阻塞的集装箱现在位于其堆码的顶部，那么相应的筹备作业变成过时的。

[0013] 因此，Choe等人描述了一种调度系统，其通过引进再定位作业而扩展了TOS的已知功能，从而减少在非穿过式的ASC之间的冲突。调度的主要作业和筹备作业然后将传递给分别指定的ASC和其相对应的用于执行作业的起重机控制系统。

[0014] 为了在现存的TOS中实现这种建议的方案，已经存在的所有用于作业处理的算法将不得不进行更换，因为所建议的调度代表整体解决方案。因此，将需要相当大的付出，以用于改变系统的实际测试和试运行。另外，运转系统的整个变化总是导致技术问题和系统故障的风险增加，至少在已经执行这种改变之后的刚开始。

发明内容

[0015] 本发明的一个目的是提供一种用于控制至少两个非穿过式的自动化轨道安装式龙门起重机的系统和方法，由此可增加集装箱堆场的吞吐量，而无需在现存的集装箱码头系统中作出大量的变化。

[0016] 这个目的是通过根据独立权利要求的系统和方法来实现的。

[0017] 在简介所述用于控制至少两个非穿过式的自动化轨道安装式龙门起重机的系统中，引入了再调度单元，其包含

[0018] 至少一个输入接口，其用于接收至少一个工作指令用于所有起重机，

[0019] 数据处理模块，其适合于通过以下步骤执行再调度，

[0020] 针对各个工作指令产生沿着轨道在相对应的起始位置和终止位置之间的预期轨迹，

[0021] 通过在起始位置和终止位置之间引入至少一个中间位置，从而将至少一个工作指令拆分成至少两个新的工作指令，和

[0022] 针对所产生的新的和未拆分的工作指令确定顺序和起重机的分配，从而减少至少一个以下再调度准则：

[0023] 一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的数量，

[0024] 一个起重机的预期轨迹阻碍了另一起重机的预期轨迹的情形的持续时间，

[0025] 在起重机之间的工作负载的不平衡性，

[0026] 至少一个输出接口，其用于将新的和未拆分的工作指令传递给相应分配的起重机的起重机控制单元的至少一个控制输入接口。

[0027] 再调度单元与当前执行工作指令的起重机控制单元并行操作，并且这些起重机控制单元的控制处理单元将从再调度单元接收的工作指令视为所有之前接收的工作指令的更新。

[0028] 因此，在ASC位于相同轨道上的情况下，例如双RMG的情况下，有待应用的本发明提出保持已知的TOS和集装箱码头的起重机控制功能不受触动。这意味着TOS继续产生预搬运作业，并为各个ASC调度工作指令，从而实现上面所述的主要作业以及预搬运作业。TOS还继续将工作指令一个接一个地传递给相对应分配的起重机。或者，其可传送将它们作为若干个未来工作指令列表传递给相对应分配的起重机。起重机控制继续被单独指定给各个ASC的起重机控制单元所执行，其中起重机控制单元从TOS接收工作指令，并控制这些工作指令的执行。

[0029] 本发明的基本思想是在TOS和起重机控制之间为编排的工作指令引入再调度功

能，其中再调度单元检查可能的工作指令拆分是否将导致改进的工作指令调度，并且这种再调度是与起重机控制并行执行的，即动态地，并且在与已经起动的执行工作指令同一时间执行的，使得附加的再调度不会造成任何时间延迟。

[0030] 再调度和可能的拆分是基于预期轨迹而执行的，即依赖时间的路径，预期轨迹是由再调度单元的数据处理模块针对各个工作指令产生的，其中轨迹从相对应的起始位置通向由相应工作指令给定的集装箱终止位置。

[0031] 再调度单元可为具有其自身输入和输出数据通信硬件的独立的数据处理装置，或者是添加到或集成在一个起重机控制单元或TOS中的子单元，或者是另一已经存在的集装箱码头的数据处理装置。作为子单元，其可至少部分地设有自身的硬件或仅仅采用软件模块的形式，以便添加到或集成在现存的软件模块中，并共用已经存在的硬件模块。

[0032] 因此，一个起重机控制单元的控制处理单元和再调度单元的数据处理模块可为同一个硬件。另外，控制输入接口和再调度单元的输入接口以及控制输出接口和再调度单元的输出接口可至少部分地共用相同的硬件。

[0033] 由于本发明，促进了现存集装箱码头的快速且简单地升级至为非穿过式的ASC提供作业拆分的方案，因为只引入了附加的硬件和/或软件构件，并且集装箱码头自动化系统的现存部件的内在功能，尤其TOS和起重机控制可保持不变。因为附加的硬件和/或软件构件与起重机控制单元并行工作，所以它们不会阻碍或减慢TOS所提供的原始工作指令的执行，并且出于测试的目的，或者在故障的情况下，它们可以很容易地停用，而不会扰乱原始工作指令的执行。

[0034] 因此作业拆分为起重机至少减少了避让操作和等待时间中的一个，并且/或者更好地平衡了起重机之间的工作负载。因而，减少了起重机沿着轨道的总的移动时间和移动距离，其潜在地造成了更加能量有效的操作，改进了起重机之间的协作，并最终提高了每个集装箱堆场或区块的集装箱吞吐量，其中高的集装箱吞吐量是集装箱码头的主要目的，因为其减少了船舶在港口中的系泊时间。

[0035] 在一个实施例中，再调度单元的数据处理模块确定了拆分工作指令的中间位置，使得中间位置满足至少一个以下位置准则：

[0036] 例如在通过起重机控制单元所传递的可能的集装箱位置的地图中，其定位在空的位置，其同其它空的位置相比离有待拆分的工作指令的预期轨迹具有最短的距离。

[0037] 其定位在从有待拆分的工作指令的预期轨迹来看具有最佳的可达性的空的位置。这样，例如较高高度的位置可为优选的，因为它们已经减少了集装箱降下和拾取次数。

[0038] 其定位在不会阻碍任何目标集装箱下一移动的空的位置，短语“下一移动”可预先定义为意味着例如“在以下一定量的工作指令中移动”或者“在一定的将来时间范围内移动”。

[0039] 在进一步的实施例中，数据处理模块进一步考虑了至少一个工作指令或至少一个工作指令的子任务的最早的起动时间和/或最迟的完成时间。该信息也可由TOS提供，从而确保工作指令的及时执行。子任务例如可为在转移区域拾取或降下集装箱，其必须在规定的时间内执行，或者不能早于规定的时间执行。

[0040] 此外，数据处理模块可反复地执行再调度，直至例如超过了一个再调度准则的预定阈值。

[0041] 除此之外，数据处理模块可针对新近接收的工作指令列表或无论何时接收到外部触发时执行再调度，其中触发可能来自至少起重机控制单元或外部服务器中的一个。工作指令列表可包含仅仅用于至少两个RMG起重机的各个RMG起重机的单个下一工作指令，例如总共两个或三个工作指令，或每个起重机若干个工作指令。例如当用于执行工作指令的外部条件已经变化时，可产生触发，导致采用再调度准则，例如其中一个非穿过式的ASC的意外故障，其将需要相同轨道上的其它ASC承接至少某些其作业，使得ASC之间的工作负载不平衡性甚至是适宜的。

[0042] 在再调度期间，数据处理模块可进一步考虑关于正在进行的工作指令执行和/或未来工作指令执行的至少一个以下附加信息，其可优选通过一个或若干个起重机控制单元或备选地通过监测系统来传递：

[0043] 相应工作指令的目标集装箱的当前位置，

[0044] 分配给进行再调度的工作指令的起重机的当前操作状态，

[0045] 当前由分配给进行再调度的工作指令的起重机所执行的工作指令执行的状态和/或时机，和

[0046] 未来工作指令的执行时机。

[0047] 在起重机控制单元和再调度单元之间的紧密协作和信息交换可为有利的，因为上面列出的信息可有助于再调度单元改善所确定的预期轨迹的精度和适用性。结果，再调度的工作指令更好地适合于在当前工作指令执行期间或预计执行未来工作指令期间所发生的任何特殊性。

[0048] 在特别的实施例中，数据处理模块可根据预期轨迹确定相对应的冲突时间长度，在此期间，分配给相对应的工作指令的起重机必须避让和/或等待。该信息然后如下面解释的那样可用于不同的目的。

[0049] 在另一特殊的实施例中，数据处理模块可通过计算和比较在预定的时间周期内由各个起重机执行的工作指令数量和/或通过计算和比较在预定的时间周期内各个起重机的空闲的时间长度，从而从预期轨迹确定起重机之间的工作负载不平衡性。

[0050] 然后通过数据处理模块可作出是否需要拆分工作指令的判断，其依赖于冲突时间长度和/或工作负载不平衡性是否超过相对应的预定阈值。

[0051] 数据处理模块一方面可基于直观推断式规则逐步执行再调度，其中对于各个步骤而言(即，预期轨迹的产生、工作指令的拆分、针对产生的新的和未拆分的工作指令而作出顺序和起重机分配的判断)限定了分开采用的规则，从而考虑了上述各种准则以及冲突时间长度和/或工作负载的不平衡性。

[0052] 另一方面，数据处理模块可通过应用调度算法执行再调度，调度算法直接将工作指令安排和分配给所述至少两个起重机，起重机采用用于所有起重机的至少一个工作指令作为输入。调度算法可尤其

[0053] 考虑通过利用优先权拆分所述至少一个工作指令，这是从经典发动机调度理论而为人所知的；

[0054] 遵守至少一个以下限制：

[0055] 其持续时间或其相对应的预期轨迹下降到相对应的预定阈值以下的工作指令不拆分，

[0056] 高于预定优先级的工作指令不拆分，

[0057] 不违反预定工作指令的优先级，

[0058] 不违反或最少违反所述至少一个工作指令或所述至少一个工作指令的子任务的预定的最早起动时间和/或最迟完成时间，和

[0059] 根据至少一个以下目的而优化所产生的工作指令的顺序和分配：

[0060] 最大限度地减小所述至少一个工作指令的整个执行时间，尤其多个预选工作指令的整个执行时间，其也被称为跨度，其中多个预选的工作指令可按每起重机、每集装箱堆场或每个另一预定的起重机组来认定，

[0061] 最大限度地减小那些处于卸载状态的起重机的移动距离，

[0062] 最大限度地减小在起重机之间的冲突时间长度，

[0063] 最大限度地减小在起重机之间的工作负载不平衡性，

[0064] 最大限度地减小其它集装箱搬运设备等待起重机完成工作指令的等待时间，

[0065] 使所述至少一个工作指令的最迟完成时间和预计完成时间之间的时间差保持在零值以上，且

[0066] 最大限度地减小起重机所使用的能量。

[0067] 关于优先级，经典发动机调度理论容许调度器或调度算法在任何时间点中断工作指令的处理，工作指令也被称为作业，并且将不同的作业放置到机器上，这里是起重机。已经接收的优先作业的处理或工作指令执行的数量不会丢弃。当优先作业在后面放回该机器或者另一并行工作的机器时，需要从这个机器保留处理时间。同经典优先级对比，调度算法必须进一步考虑原始计划的工作指令执行时间，集装箱码头上各个工作指令的拆分引入了用于额外降下和拾取操作的附加的时间量。

[0068] 不同的优化目的可通过数据处理模块，通过考虑针对至少一个有待组合的目的而预定的优先权和/或权重来组合。

[0069] 在最后的步骤中，可允许将针对一个或多个上述优化目的或优化目的的组合的结果同针对由TOS排定的工作指令所确定的相同指标进行比较，并且只有在用于未拆分的工作指令的指标不够有利时才最终容许工作指令的拆分。换句话说，确定了通过在将工作指令发送给起重机控制单元之前计划拆分的工作指令的确减少了预计的整个执行时间或移动距离或冲突时间长度或工作负载不平衡性等等。

[0070] 用于控制至少两个彼此不能穿过的自动化轨道安装式龙门起重机的方法和其实施例通过由包含在上述系统中的元件和单元所执行的上述步骤来限定。

附图说明

[0071] 本发明和其实施例将从下面结合附图所述的示例中变得显而易见，其中附图显示了：

[0072] 图1是具有非穿过式的自动化RMG的集装箱堆场，

[0073] 图2是用于产生工作指令和用于控制非穿过式的双RMG的已知装置，

[0074] 图3是根据本发明一个实施例的用于产生工作指令和用于控制非穿过式的双RMG的装置，

[0075] 图4a，4b是应用直观推断的调度工作指令和再调度工作指令的轨迹，

[0076] 图5a,5b是应用直观推断的调度工作指令和再调度工作指令的进一步的轨迹，

[0077] 图6a,6b是应用调度算法的调度工作指令和再调度工作指令的轨迹。

具体实施方式

[0078] 在图1中显示了简图，其显示了集装箱码头的集装箱堆场1，其包含相当大量的堆叠的集装箱8。通常，集装箱码头可能包含若干个这种集装箱堆场。集装箱堆场1包括三个自动化堆码起重机3a,3b,3c。ASC 3a,3b3c设置在一对轨道4a,4b上，使得它们可在第一转移区域5和第二转移区域6之间移动，穿过定位在第一转移区域和第二转移区域之间中间的主集装箱储存区域。因为ASC使用同一对轨道4a,4b，所以它们不能彼此穿过。在集装箱堆场中更普遍的布置是两个非穿过式的ASC的使用，也被称为双RMG。

[0079] 转移区域是属于集装箱堆场的区域，并且定位在其一个外端。在这种转移区域中，集装箱可被ASC 3a,3b,3c临时降下，从而在后面很短时间内被外部集装箱码头设备装载到海边的船舶上，或者装载到集装箱堆场1的陆边货车或列车上。如图1中可见，转移区域5和6均定位在矩形集装箱堆场1的一个短的末端上，其中海边和陆边装载区域直接坐落在集装箱堆场1的后面。因此，各个集装箱8将通过一个短的末端进入并离开集装箱堆场1。这种布置可被称为末端装载的集装箱堆场。

[0080] 中间区域7定位在集装箱堆场1的主储存区域的集装箱正中，其将主储存区域划分成两个所谓的区块。多个集装箱8以三维方式放置在各个转移区域5,6以及与中间区域7相邻的两个区块的各个区块中，即集装箱不仅覆盖集装箱堆场1的地面，而且还彼此堆叠在一起。

[0081] ASC 3a,3b,3c设置为用于使集装箱8在转移区域5,6之间，以及在一个转移区5或6和主堆场之间移动。ASC 3a,3b,3c沿着这对轨道4a,4b的运动，以及其相对应的用于拾取、保持和降下其中一个集装箱8的末端执行器的运动受到用于各个ASC的相对应的起重机控制单元2a,2b,2c的控制。

[0082] 因此，起重机控制单元2a,2b,2c各产生了控制信号，用于促动相应的ASC的单元，尤其电动机，使得促动器可造成ASC执行其指定工作指令所需要的运动。为了知道接下来移动哪个集装箱，ASC 3a,3b,3c设置为用于获得工作指令10a,10b,10c。工作指令10a,10b,10c是从码头操作系统(TOS)9产生并进行传递的。

[0083] 如图1中所示，ASC 3a,3b,3c在堆场中具有较多或较少的相同的工作范围。工作范围的差异通过两个转移区域5,6来限定，其中在各个转移区域中始终存在位置，其只能被其中一个ASC接触到，因为ASC是非穿过式的，即使在某些较大的转移区域设计中，可容许其中两个或所有ASC 3a,3b,3c的部分接近。

[0084] 传统上，ASC工作指令10a,10b,10c通过TOS 9来创建并进行调度，并且ASC 3a,3b,3c分别接收一个接一个地分配给它们的工作指令10a,10b,10c。然后通过ASC 3a,3b,3c利用先来先服务的策略来执行工作指令，其意味着在工作指令冲突的情况下，首先接收其工作指令的ASC具有最高的优先权，而其它ASC必须相应地进行避让和/或等待。

[0085] 这里公开的实施例涉及在至少其中两个ASC 3a,3b,3c之间调度工作指令。更详细地说，某些实施例涉及通过引进再调度功能而用于改善ASC 3a,3b,3c的效率的策略。所公开的实施例可通过简单地将软件添加至其中一个已经存在的起重机控制单元2a,2b或2c上

来实现。或者，可引入附加的再调度装置或再调度单元。

[0086] 现在将参照图2和图3解释在TOS、起重机控制单元和相对应的ASC之间的相互作用。

[0087] 在图2中可看到用于控制两个ASC 3a和3b的系统25以及TOS 9。该系统以及其与TOS 9的布置是本领域中已知的。系统25包括两个分别属于ASC 3a和3b的起重机控制单元2a,2b。各个起重机控制单元2a,2b包含接口单元22a,22b，其是控制输入接口和控制输出接口的组合。控制输入接口均设置为用于从TOS 9一次接收一个工作指令10a,10b，其中所述一个工作指令10a,10b是有待被相应的起重机3a或3b执行的下一工作指令，并且所述一个工作指令10a,10b规定了在集装箱堆场1中有待被相应的起重机移动的目标集装箱8的起始位置和终止位置。

[0088] 接口单元22a,22b的控制输入接口进一步设置为用于从传感器SA,SB接收传感器信息20a,20b，其中传感器信息20a,20b反映了当前工作指令的执行情况。传感器信息20a,20b例如可为相应的起重机相对于成对轨道4a,4b的位置信息，或者是接下来要移动的集装箱8的位置和/或尺寸信息，或者是关于起重机即将采用的路径中的障碍物信息。

[0089] 起重机控制单元2a,2b还包含控制处理单元23a,23b，其用于处理所述一个工作指令10a,10b和所述至少一个传感器信息20a,20b，以便产生控制信息21a,21b，从而确保所述一个工作指令10a,10b被相应的ASC 3a,3b执行。控制信息21a,21b例如可为用于底层控制器的参考值，其控制相应的ASC的一个或几个促动器AA,AB，尤其电动驱动器和/或电动机。如果没有底层控制器，那么控制信息21a,21b也可为至少一个促动信号，其可直接应用于促动器AA,AB。

[0090] 接口单元22a,22b的控制输出接口设置为用于通过底层控制器或直接地传递控制信息21a,21b给所述至少一个促动器AA,AB，如这里所示。

[0091] TOS 9还装备了输入/输出接口28的组合，其用于与起重机控制单元2a,2b通信并用于从外部来源接收输入信号27，例如基于人为或机器的监视器或集装箱码头操作员。其还包括数据处理单元29，其设置为用于为ASC 3a,3b产生工作指令10a,10b并调度它们，其中通过处理用于船舶、货车和/或列车的装卸计划，通过在集装箱堆场1中为进入的集装箱8选择位置，并且如果需要且合适，通过预搬运作业而产生工作指令。

[0092] 图3显示了根据本发明具有扩展功能的系统25。再调度单元ReS集成在属于集装箱堆场1的一个已经存在的数据处理装置中，这里是起重机控制单元2a。再调度单元ReS使用起重机控制单元2a的现存的硬件构件，其意味着再调度单元ReS的构件都是以软件模块来实现的。在备选方案中，再调度单元ReS还可作为附加的硬件装置或作为附加的硬件模块和软件模块的混合物来实现。

[0093] 再调度单元ReS包含集成在接口单元22a中的输入接口，其用于接收与所有ASC相同的工作指令，即在这个示例中接收工作指令10a和10b或工作指令10a,10b的列表。在图3中，图2的已知系统的差异通过使用虚线来表示。

[0094] 再调度单元ReS还包含集成在控制处理单元23a中的数据处理模块，其适合于执行所接收的工作指令10a,10b的再调度，从而产生新的工作指令，这将在下面参照图4a 6b进行解释。

[0095] 此外，再调度单元ReS包含集成在接口单元22a中的输出接口，其用于将再调度工

作指令24，包含新的工作指令以及未拆分的工作指令传递给分别分配的起重机的起重机控制单元2a或2b。在图3的示例中，对起重机控制单元2a的传递当然发生在内部，从用于再调度的软件模块传递给用于工作指令执行的软件模块。然而，同图2的系统25相比，再调度工作指令24至另一起重机控制单元22b的传递需要附加的通信连接。

[0096] 再调度单元ReS与起重机控制单元2a,2b并行操作，即在起重机控制单元2a,2b开始执行新近接收的工作指令10a,10b的同时，再调度单元ReS对它们进行再调度，从而在相同的工作指令期间，在一些时间之后潜在地引进附加的降下和拾取动作。一旦起重机控制单元2a,2b已经接收了再调度的工作指令，它们将其视为所有之前接收的工作指令的更新。因此，可能发生的情形是起重机控制单元开始一个工作指令，但在接收更新之后中断它，并继续另一工作指令。

[0097] 现在将借助于图4a至6b举例说明再调度单元ReS的数据处理模块的操作。图4a,5a和6a涉及由TOS 9产生的调度工作指令，并且图4b,5b和6b涉及通过再调度单元ReS产生的再调度工作指令。

[0098] 再调度单元ReS的数据处理模块首先沿着成对轨道4a,4b在相应工作指令的起始位置和终止位置之间产生用于各个接收的工作指令10a,10b的预期轨迹。在图4a至6b中以实线显示了用于ASC 3a的轨迹，并以虚线显示了用于ASC 3b的轨迹。各个工作指令的起始位置通过方形来表示，并且终止位置通过圆形来显示，其中属于ASC 3a的方形和圆形具有连续的轮廓，并且属于ASC 3b的方形和圆形具有虚线轮廓。在图4a至6b所述的示例中，仅仅在纵向维度X方向，沿着成对轨道4a,4b显示了集装箱的起始位置和终止位置。在各个纵向位置x，可将若干个集装箱放置在Y轴方向上排成一行(见图1)。另外，某些集装箱可在Z轴方向上堆叠到其它集装箱的顶部。因此，在ASC执行的实际拾取和降下动作期间进一步考虑了水平尺寸y和竖直尺寸z。因此，从TOS 9接收的工作指令10a,10b以[x,y,z]-三联体表示起始位置和终止位置，其包含纵向分量x以及相对应的横向分量y和竖直分量z。

[0099] 在图4a中，用于ASC 3a的三个工作指令的列表和仅仅一个用于ASC 3b的工作指令通过再调度单元ReS来接收。相对应的图4a的轨迹显示了在吊起或放下集装箱的同时ASC沿着轨道的一系列运动，其在相应的ASC保持于相同位置的地方被周期性地中断了。该轨迹指示ASC 3a将在轨道位置零点x=0开始其运动，并且ASC 3b开始于集装箱堆场1的中间，在按米为单位给出的轨道位置240，x=240。ASC 3a的第一拾取位置处于位置零点，而ASC 3b的第一拾取位置处于70。对于ASC 3a，将花费一定的时间，直至吊起相应的集装箱8，而ASC 3b可直接开始向其第一拾取位置移动，其处于卸载状态。ASC 3a的第一降下位置位于位置150。然而，轨迹显示了当ASC 3a开始向这个降下位置移动时，其将在中途受到ASC 3b的阻碍，ASC 3b在位置70吊起其集装箱。因此，ASC 3a不得不等待，直到结束吊起。然后，ASC 3a和ASC 3b可同时分别向它们的降下位置150和200移动。然后，ASC 3a将单独地执行其两个进一步的工作指令，而ASC 3b保持空闲和静止。

[0100] 从图4中可以懂得由TOS 9产生和调度的工作指令显示了一定的改善的可能性。在ASC 3b的吊起操作期间，ASC 3a的等待时间消耗了有价值的时间。此外，在两个起重机之间的工作负载是不平衡的，因为ASC 3b在相当长的时间周期内不会得到任何工作指令。这两者都减少了整个起重机的效率。

[0101] 为了改善起重机的效率，再调度单元ReS的数据处理模块设置为用于通过在起始

位置和终止位置之间引进至少一个中间位置而将图4a所示的至少一个工作指令拆分成至少两个新的工作指令，并为产生的新的工作指令和那些仍未拆分的工作指令确定ASC 3a和3b的顺序和分配。这种调度通过数据处理模块来执行，从而减少其中一个ASC的预期轨迹阻碍另一ASC预期轨迹的情形，或者在ASC之间工作负载不平衡的情形，或这两种情形的数量和/或持续时间。

[0102] 对图4a的工作指令执行再调度的可能的结果如图4b中所示。从图中可看出由ASC 3a执行的第一工作指令被拆分，所以不是简单地等待ASC 3b，而是ASC 3a在位置45降下第一集装箱并继续其初始第三工作指令，将相对应的目标集装箱从起始位置零点移动至终止位置160。然后，ASC 3a在起始位置180和终止位置零点之间执行其初始第二工作指令，而ASC 3b不得不避让一定的时间，然后通过在位置45拾取集装箱并通过将其移动至其原始终止位置160从而可承接ASC 3a的第一工作指令的剩余的第二部分。

[0103] ASC 3a和ASC 3b的原始四个工作指令现在作为一个拆分的工作指令和三个剩余未拆分的工作指令而被一起执行，拆分的工作指令导致两个新的工作指令。工作指令执行所需要的时间周期比原始四个工作指令所需要的时间周期短时间差ΔT。

[0104] 图5a至6b显示了在调度工作指令和再调度工作指令之间的同类比较。虽然图4b和图5b呈现了通过再调度单元应用直观推断式规则所产生的结果，但是图6b显示了具有集成优化功能的调度算法的结果。这两者在上面都有所描述。

[0105] 当在图5a中看去时，显而易见的是，ASC 3b在终点再次空闲相当长的时间周期，并且ASC 3a需要等待若干时间，例如在时间点700至800以及1000和1200之间。在图6a中，ASC 3b的空闲时间分布在整个时间长度上，这可从ASC 3b的降下和拾取操作之间的长的等待时间中看出。

[0106] 图5b和6b中所示的再调度的结果显示了每个ASC的工作指令顺序被部分重新安排，例如在起始位置和终止位置由具有划线符号的工作指令来表示。此外，某些工作指令被拆分，如图由粗体符号所示，并且内部带有选中图案的符号在这些示例中都是拆分工作指令，其在同一时间被相应的其它ASC接管。当然，拆分工作指令的这两个部分还可能由同一个ASC来执行。此外，工作指令可能不仅按每个ASC进行重新安排，而且还可能完全从一个ASC切换至另一个ASC。

[0107] 在图5b和6b中，用于执行所有工作指令的时间周期再次被成功地减少时间周期ΔT。图6b显示了再调度算法的附加特征。ASC 3b已经在时间点1450完成了其最后工作指令。之后，其不会直接返回空闲位置，而是似乎跟随ASC 3a。ASC 3b的轨迹实际上是故意这样计划的，从而保持就近，以防新的工作指令从TOS 9到达，TOS 9需要拆分当前由ASC 3a执行的工作指令。这样，可进一步减少空闲起重机的不必要的移动时间。

[0108] 所有上述用于控制两个ASC 3a和3b的系统的示例和其构件所执行的方法可扩展至在相同的成对轨道4a,4b上工作的三个和多个ASC。

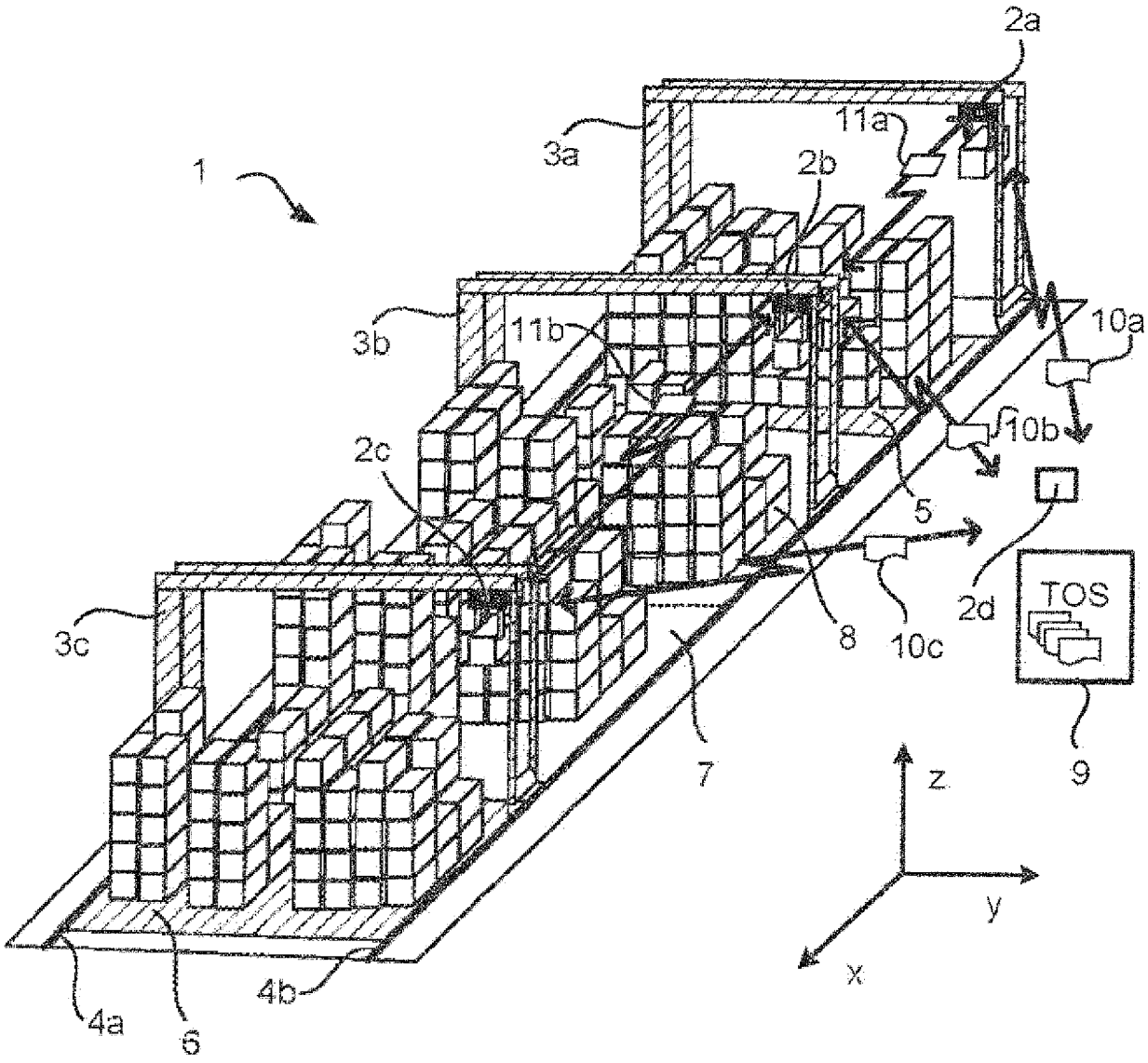


图 1

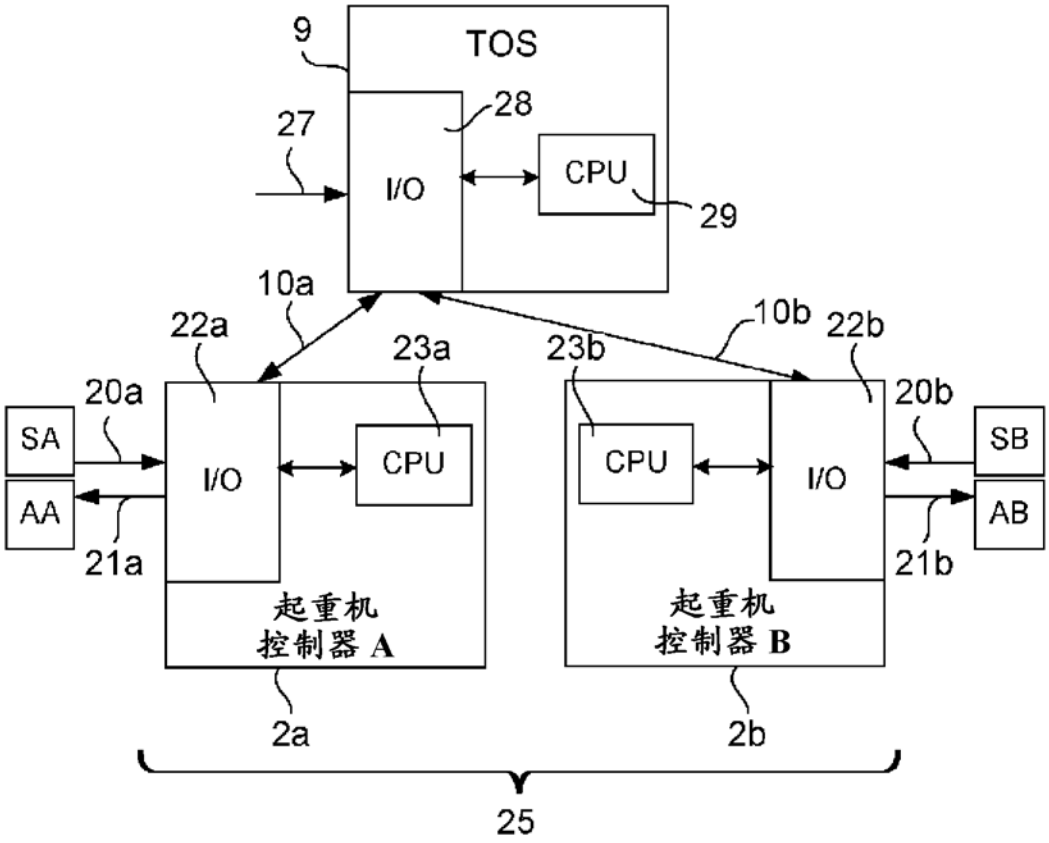

9
TOS
27
28
I/O
CPU
29
10a
10b
22a
23a
23b
22b
20a
20b
SA
AA
I/O
CPU
CPU
I/O
SB
AB
21a
21b
起重机
控制器 A
起重机
控制器 B
2a
2b
25

图 2

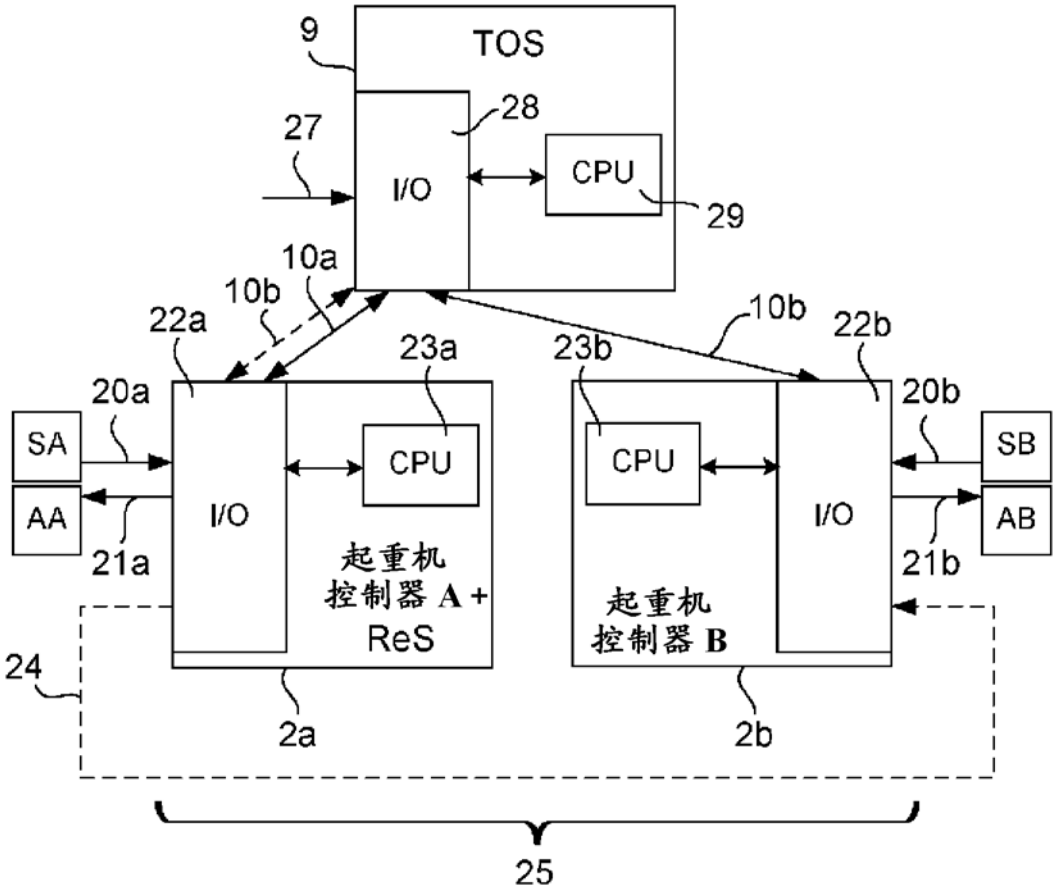

9
TOS
27
28
I/O
CPU
29
10a
10b
22a
23a
23b
10b
22b
20a
20b
SA
AA
CPU
CPU
SB
AB
I/O
I/O
21a
21b
起重机
控制器 A +
ReS
起重机
控制器 B
24
2a
2b
25

图 3

图 4a

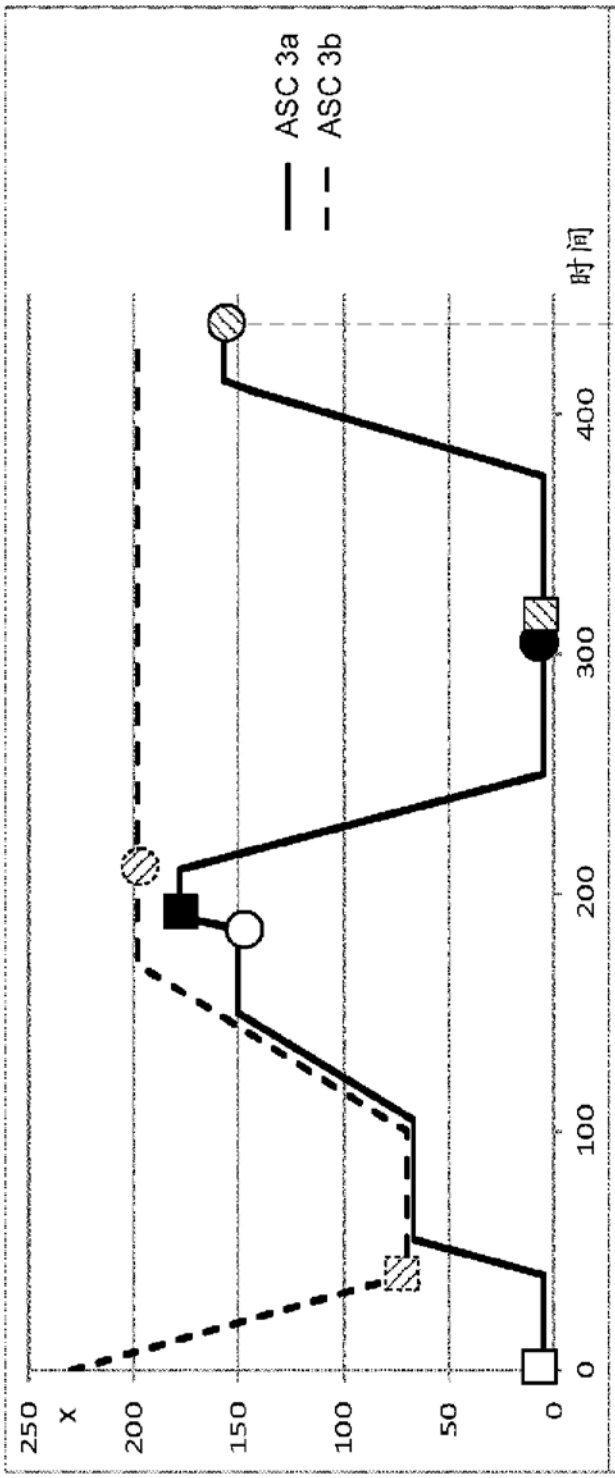

ASC 3a
ASC 3b
时间
X
0
50
100
150
200
250
0
100
200
300
400

图 4b

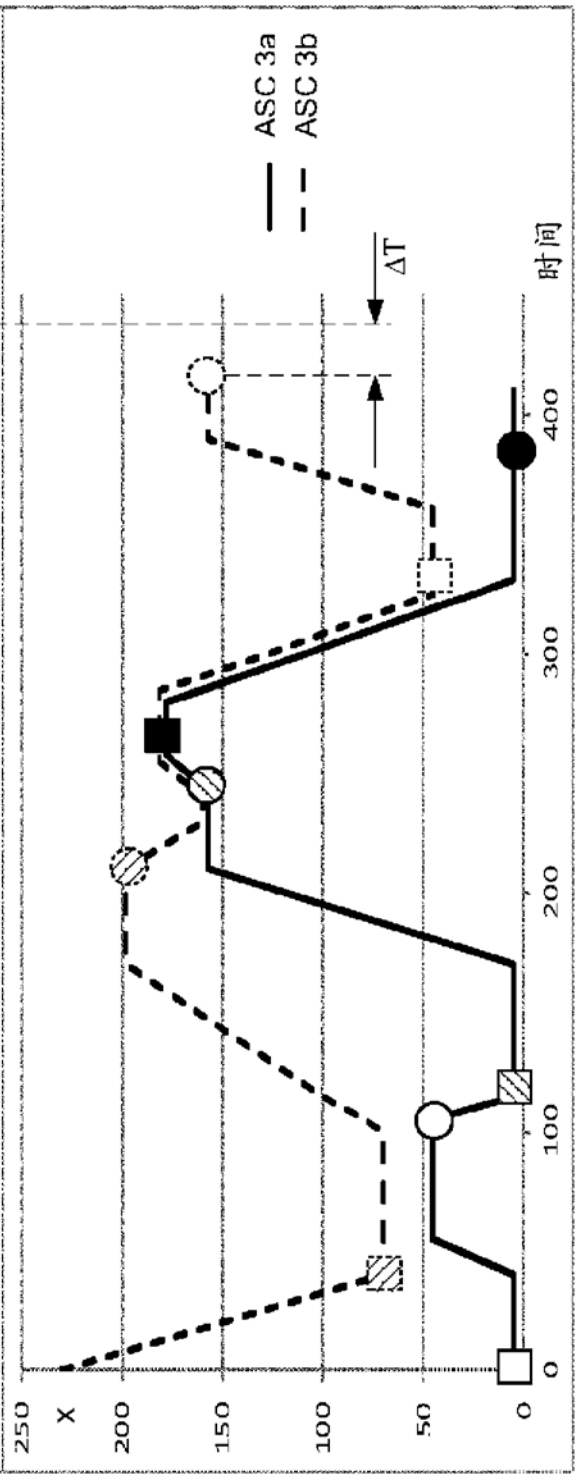

ASC 3a
ASC 3b
ΔT
时间
X
0
50
100
150
200
250
0
100
200
300
400

图5a

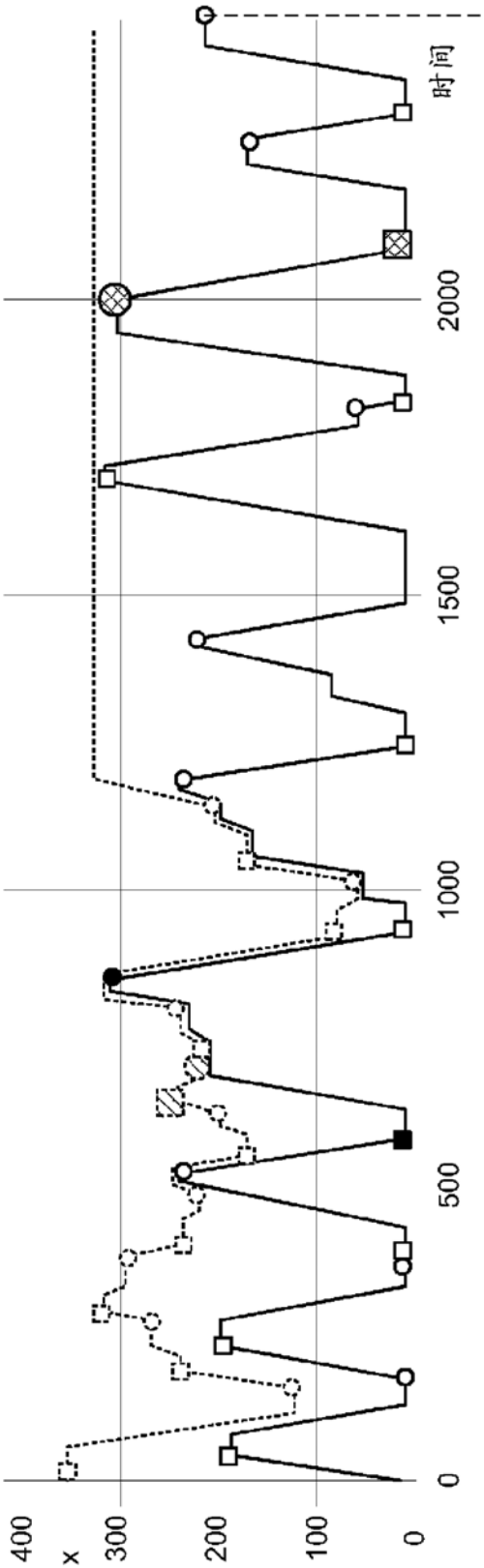

时间
0
500
1000
1500
2000
x
0
100
200
300
400

图5b

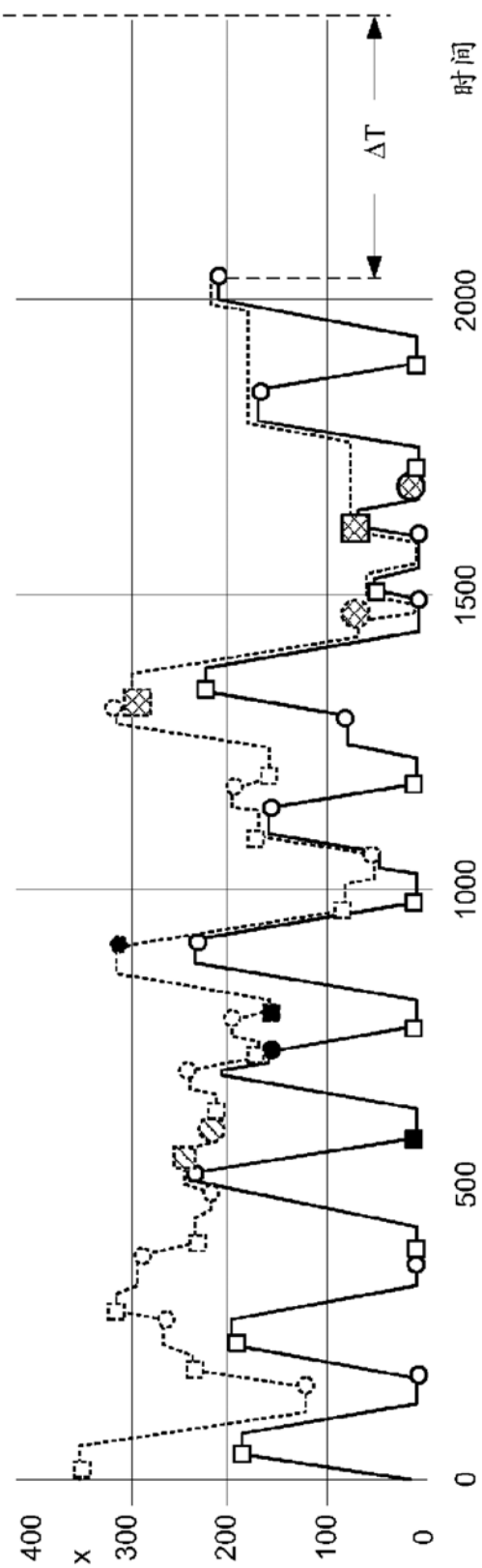

ΔT
时间
0
500
1000
1500
2000
x
0
100
200
300
400

图 6a

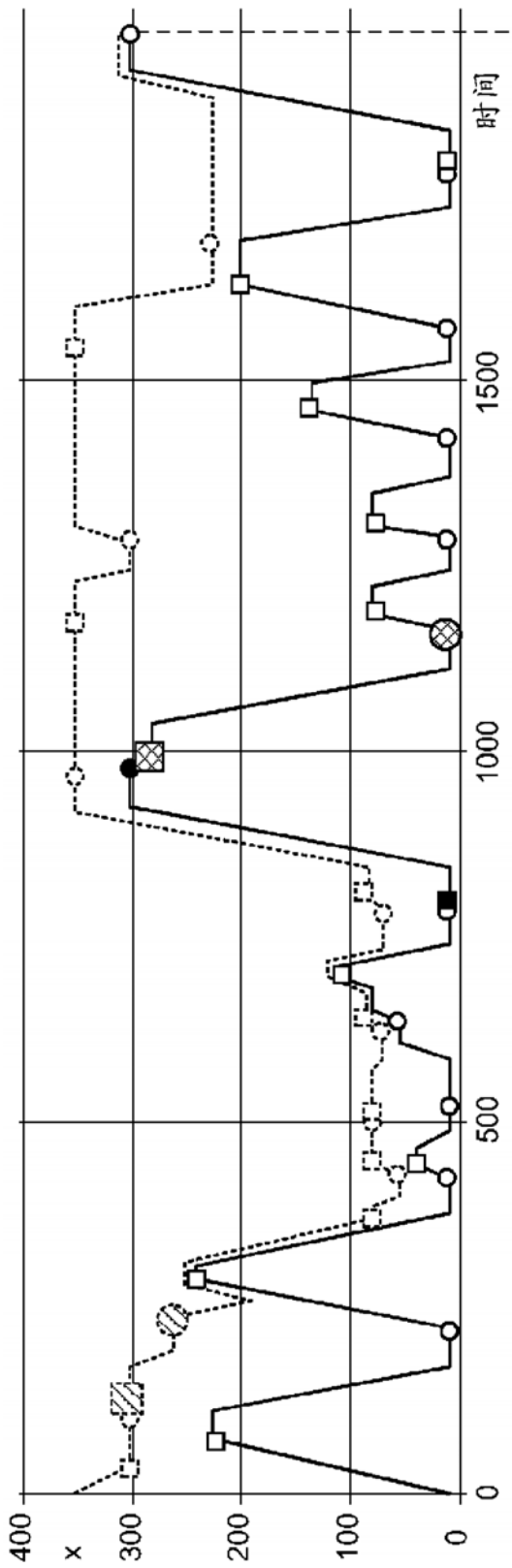
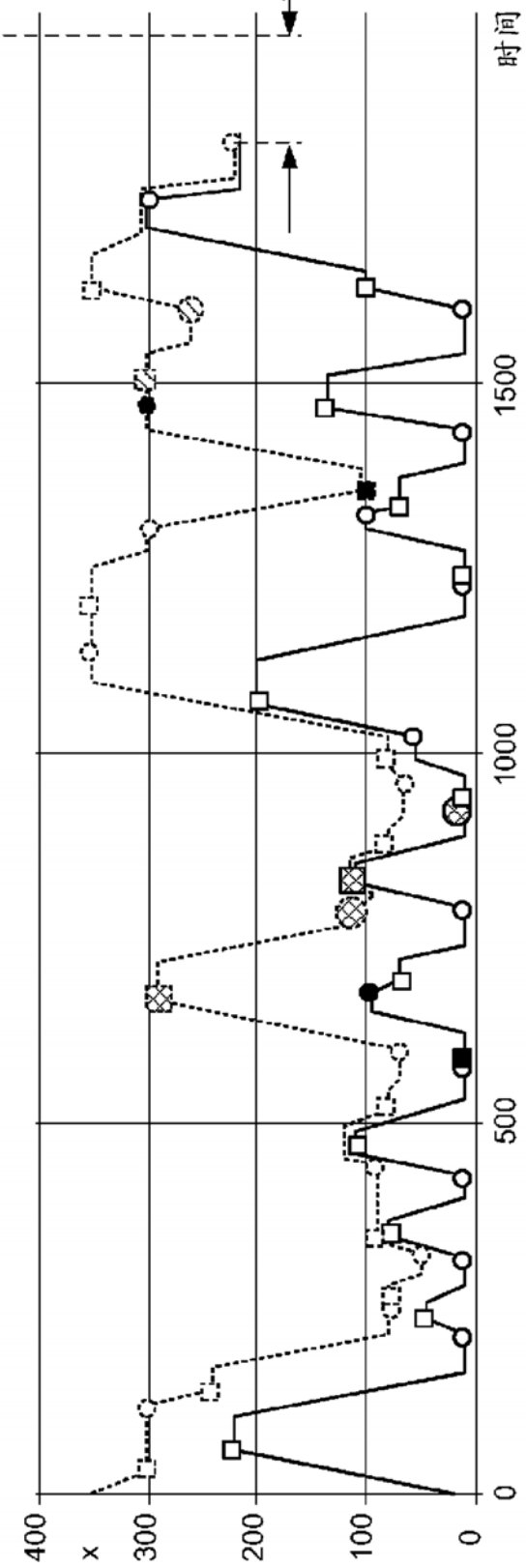

400
300
200
100
0
x
0
500
1000
1500
时间

图 6b


ΔT
400
300
200
100
0
x
0
500
1000
1500
时间