



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107001097 B

(45)授权公告日 2020.05.05

(21)申请号 201580063106.9

(22)申请日 2015.09.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107001097 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(30)优先权数据

14/492,580 2014.09.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.05.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/050879 2015.09.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/048817 EN 2016.03.31

(73)专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 J·H·阿伦斯

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司  
31100

代理人 高宏伟 江磊

(51)Int.Cl.

C03B 17/06(2006.01)

G01B 21/08(2006.01)

审查员 张晓慧

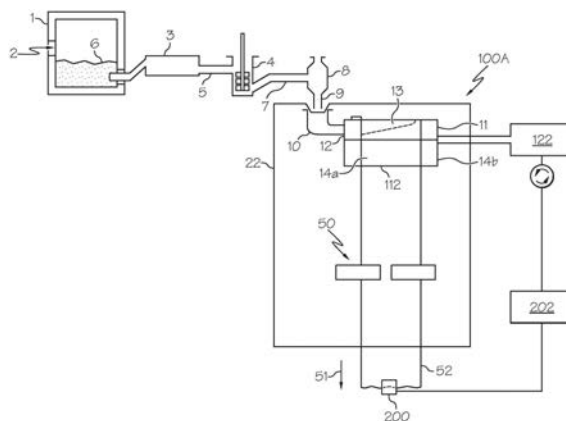
权利要求书2页 说明书13页 附图14页

### (54)发明名称

用于控制玻璃带中的厚度楔形的方法

### (57)摘要

一种用于控制玻璃带中的楔形变化的方法，所述方法包括使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面，从成形容器的根部拉制玻璃带，测量玻璃带的至少一部分宽度上的楔形变化，基于所测得的楔形变化对成形容器的倾斜以及成形容器的堰附近的温度进行调节，以减少玻璃带的该宽度上的楔形变化，以及对玻璃带的该部分宽度上的楔形变化进行重新测量。



1. 一种控制玻璃带中的楔形变化的方法,该方法包括:  
使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面;  
从所述成形容器的根部拉制玻璃带,且所述玻璃带具有宽度;  
测量所述玻璃带的至少一部分所述宽度上的楔形变化;  
确定所测量的楔形变化的高频分量和所测量的楔形变化的低频分量;  
基于所测量的楔形变化的高频分量来确定所述成形容器的倾斜变化;  
根据所测量的楔形变化的低频分量来确定所述成形容器堰附近的温度变化;以及  
基于所确定的倾斜变化对所述成形容器的倾斜进行调节以及基于所确定的所述堰附近的温度变化对所述成形容器的堰附近的温度进行调节,以减少所述玻璃带的所述宽度上的楔形变化。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对所述成形容器的倾斜所进行的调节包括相对于所述成形容器的第二端部对所述成形容器的第一端部的位置进行调节,其中,所述成形容器的所述第一端部和所述第二端部与所述成形容器的所述会聚侧面相垂直,且相隔所述成形容器的长度。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对在所述堰附近的温度所进行的调节包括对至少一个位于所述成形容器的上部附近的加热机件的功率输出进行调节。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对在所述堰附近的温度所进行的调节包括对位于所述成形容器周围的冷却机件的功率输出进行调节。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对在所述堰附近的温度所进行的调节包括对至少一个加热机件的功率输出进行调节以及对位于所述成形容器周围的冷却机件的功率输出进行调节。

6. 一种熔合拉制装置,其包含:

成形容器,所述成形容器具有第一端部和第二端部以及位于所述成形容器的上表面中的槽,所述第一端部和第二端部定义位于第一端部和第二端部之间的所述成形容器的长度;

倾斜机件,所述倾斜机件被构造成改变所述成形容器的所述第一端部相对于所述成形容器的所述第二端部的位置;

至少一个加热机件,所述加热机件被构造成加热所述成形容器的堰附近的区域;以及  
自动厚度控制系统,其包含位于拉制装置底部的厚度计以及控制器,所述控制器包含处理器和存储计算机可读可执行指令组的存储器,当所述指令组被所述处理器执行时:

接收来自厚度计的楔形变化信号;

基于所接收的楔形变化信号,通过对楔形变化信号的傅里叶变换中的峰进行识别确定所述楔形变化的高频分量和所述楔形变化的低频分量;其中低频指的是大于第一预定小时数的周期,高频指的是低于第二预定小时数的周期,其中第二预定小时数小于第一预定小时数,第一预定小时数和第二预定小时数之间的差大于或等于2小时;

计算用以降低所述楔形变化的高频分量的倾斜设定值;

计算用以降低所述楔形变化的低频分量的温度设定值;

向所述倾斜机件提供所述倾斜设定值;以及

向所述至少一个加热机件提供所述温度设定值。

7. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,所述自动厚度控制系统基于所述倾斜设定值对所述成形容器的倾斜角度进行调节。

8. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,所述自动厚度控制系统基于所述温度设定值对向所述成形容器的所述堰附近的区域提供的热量的量进行调节。

9. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,还包含位于所述堰附近的冷却机件,其中,所述自动厚度控制系统基于所述温度设定值使所述成形容器的所述堰附近的区域被主动冷却。

10. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,所述自动厚度控制系统对所述倾斜设定值进行计算以使所述楔形变化的所述高频分量降到最小。

11. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,所述自动厚度控制系统对所述温度设定值进行计算以使所述楔形变化的所述低频分量降到最小。

12. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,所述自动厚度控制系统对不依赖于所述楔形变化的所述低频分量的所述倾斜设定值进行计算。

13. 如权利要求6所述的熔合拉制装置,其特征在于,所述自动厚度控制系统对不依赖于所述楔形变化的所述高频分量的所述温度设定值进行计算。

14. 一种用于控制玻璃带的宽度上的楔形变化的方法,所述方法包括:  
使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面;  
从所述成形容器的根部拉制玻璃带,且所述玻璃带具有宽度;  
测量所述玻璃带的一部分所述宽度上的楔形变化;  
确定所测量的楔形变化的高频分量和所测量的楔形变化的低频分量;  
基于所述楔形变化的所述高频分量对所述成形容器的倾斜进行调节,以减少所述玻璃带的所述宽度上的楔形变化;

基于所述楔形变化的所述低频分量对所述成形容器的堰附近的温度进行调节,以减少所述玻璃带的所述宽度上的楔形变化;以及

测量所述玻璃带的所述宽度的所述部分上的调节后的楔形变化。

15. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,所述玻璃带的所述宽度的所述部分不包括所述玻璃带的凸缘区域。

16. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,对所述成形容器的所述倾斜所进行的调节包括基于所述倾斜的角度和所述楔形变化的量来确定倾斜设定值。

17. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,对所述堰附近的温度所进行的调节包括基于温度和所述楔形变化的量来确定温度设定值。

18. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,还包括:

基于所述调节后的楔形变化的高频分量来对所述成形容器的倾斜进行调节;以及

基于所述调节后的楔形变化的低频分量来对所述成形容器的堰附近的温度进行调节。

## 用于控制玻璃带中的厚度楔形的方法

[0001] 背景

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请依据35U.S.C.§120要求于2014年9月22日提交的美国专利申请系列号14/492580的优先权,本文以该申请为基础且该申请的全部内容通过引用纳入本文。

### 技术领域

[0004] 本说明书总体上涉及玻璃板的制造方法,更具体而言,所述方法涉及用于控制生产玻璃板的玻璃带中的厚度楔形的方法。

### 技术背景

[0005] 随着玻璃基材更广泛地用于多种应用中,对玻璃的各属性进行控制的能力变得越来越重要。具体而言,使玻璃板保持特定的厚度属性对于许多消费装置应用而言是重要的,因为规格以外的变化会影响玻璃基材的匹配和/或装置的最终整体尺寸。

[0006] 通常,使用下拉法来制造可被分割成离散玻璃板的玻璃带。形成玻璃带的熔融玻璃的流动和温度变化可导致玻璃缺陷,例如板材厚度的变化以及其它影响。因此,可对玻璃的流动和温度进行控制以使玻璃带的厚度变化降到最小。然而,用于补偿玻璃带的厚度的长期变化的常规方法可加重玻璃带的厚度的短期变化,导致制造损耗和生产成本的增加。

[0007] 因此,需要用于控制玻璃带的厚度的替代性方法,所述方法能够同时解决厚度的长期和短期变化而降低由玻璃带形成的玻璃板的厚度变化。

[0008] 发明概述

[0009] 根据一种实施方式,一种用于控制玻璃带中的楔形变化的方法,所述方法包括使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面,从成形容器的根部拉制玻璃带,测量玻璃带的至少一部分宽度上的楔形变化,基于所测得的楔形变化对成形容器的倾斜以及成形容器的堰附近的温度进行调节,以减少玻璃带的该宽度上的楔形变化,以及对玻璃带的该部分宽度上的楔形变化进行重新测量。

[0010] 在另一种实施方式中,熔合拉制装置包含成形容器、倾斜机件、至少一个加热机件和自动厚度控制系统。成形容器具有第一端部、第二端部和位于该成形容器上表面中的槽。倾斜机件使成形容器倾斜以改变成形容器的第一端部相对于成形容器的第二端部的位置;加热机件向成形容器的堰附近的区域供热。自动厚度控制系统包含具有处理器和存储计算机可读可执行指令组的存储器的控制器。当指令组被处理器执行时,多变量控制系统接收来自拉制底部的厚度计的楔形变化计算结果;基于所接收的楔形变化计算结果确定楔形变化的高频分量(component)和楔形变化的低频分量;计算用以降低楔形变化的高频分量的倾斜设定值;计算用以降低楔形变化的低频分量的温度设定值;向倾斜机件提供倾斜设定值;以及向至少一个加热机件提供温度设定值。

[0011] 在另一种实施方式中,一种用于控制玻璃带的宽度上的楔形变化的方法包括使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面;从成形容器的根部拉制玻璃带;测量玻璃带的一部分宽

度上的楔形变化;基于楔形变化的高频分量对成形容器的倾斜进行调节,以减少玻璃带的所述宽度上的楔形变化;基于楔形变化的低频分量对成形容器的堰处的温度进行调节,以减少玻璃带的所述宽度上的楔形变化;以及测量玻璃带的所述部分宽度上的调节后的楔形变化。

[0012] 在以下的详细描述中给出了本发明的附加特征和优点,通过所作的描述,其中的部分特征和优点对于本领域的技术人员而言是显而易见的,或者通过实施包括以下详细描述、权利要求书以及附图在内的本文所描述的实施方式而被认识。

[0013] 应理解,前面的一般性描述和以下的详细描述都描述了各种实施方式且都旨在提供用于理解所要求保护的题目的性质和特性的总体评述或框架。包括的附图提供了对各种实施方式的进一步理解,附图并入本说明书中并构成说明书的一部分。附图例示了本文所描述的各种实施方式,且与描述一起用于解释所要求保护的题目的原理和操作。

[0014] 附图的简要说明

[0015] 图1A图示了根据本文所述的一种或多种实施方式的熔合拉制法;

[0016] 图1B图示了根据本文所述的一种或多种实施方式的熔合拉制装置的透视图;

[0017] 图2图示了根据本文所述的一种或多种实施方式的熔合拉制装置的侧视图;

[0018] 图3是根据本文所述的一种或多种实施方式的利用多变量控制系统执行对楔形厚度的控制的方法的流程图;

[0019] 图4是显示楔形厚度数据(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0020] 图5是显示楔形厚度数据(y轴)随图4中所示的楔形厚度数据的频率(x轴)而变化的图表;

[0021] 图6是显示熔合拉制装置的倾斜角的变化(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0022] 图7是显示楔形厚度的变化(y轴)随与图6所示的倾斜角变化相对应的时间(x轴)而变化的图表;

[0023] 图8是显示楔形厚度的变化(y轴)随与上侧温度变化 $-0.3^{\circ}\text{C}$ 相对应的时间(x轴)而变化的图表;

[0024] 图9是显示使用用于热调节和倾斜的常规的比例和积分(PI)控制系统得到的楔形变化的增益响应(y轴)随频率(x轴)而变化的图表;

[0025] 图10是显示根据常规PI控制系统得到的温度位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0026] 图11是显示根据多变量控制算法得到的温度位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0027] 图12是显示根据常规PI控制系统得到的倾斜位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0028] 图13是显示根据多变量控制算法得到的倾斜位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0029] 图14是显示使用常规PI温度控制系统得到的模拟的楔形变化(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0030] 图15是显示使用常规PI倾斜控制系统得到的模拟的楔形变化(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0031] 图16是显示使用多变量控制系统得到的模拟的楔形变化(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0032] 图17是显示在倾斜控制下的楔形量(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0033] 图18是显示在使用常规的自动化厚度控制系统(ATCS)的热控制下的楔形量(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;

[0034] 图19是显示相比于使用常规ATCS控制楔形的热控制的结果的倾斜控制结果的楔形量(y轴)的箱线图;

[0035] 图20是显示楔形的滚动标准偏差(y轴)随时间(x轴)而变化的图表;以及

[0036] 图21图示了使用多变量楔形控制(MWC)、常规ATCS以及PI控制系统所得到的总楔形控制、长期楔形控制和短期楔形控制的结果,其中,楔形的量沿着y轴测得。

[0037] 发明详述

[0038] 下面对用于控制玻璃带中的楔形变化的方法和设备的各种实施方式进行详细描述,其例子在附图中示出。只要可能,在附图中使用相同的附图标记表示相同或相似的部件。熔合拉制装置的一种实施方式示于图1B中,该装置在本文中通常以附图标记100总体表示。通常,熔合拉制装置包含成形容器、使成形容器倾斜以改变成形容器的第一端部相对于成形容器的第二端部的位置的倾斜机件、至少一个位于熔合拉制装置的上部的向成形容器的堰附近的区域供热的加热机件、和自动厚度控制系统。自动厚度控制系统基于楔形变化来确定倾斜设定值和温度设定值以减少玻璃带中的楔形变化。具体而言,自动厚度控制系统向倾斜机件提供倾斜设定值以降低楔形变化的高频分量,并且向加热机件提供温度设定值以降低楔形变化的低频分量。下面将具体参照附图对用于控制玻璃带中的楔形变化的方法和设备的各种实施方式进行描述。

[0039] 现在参照图1A,其图示了一种用于由熔融玻璃形成玻璃基材的示例性的玻璃制造设备100A,其中,使用熔合拉制装置使熔融玻璃形成玻璃基材。玻璃制造设备100A包含熔融容器1、澄清容器3、混合容器4、递送容器8和熔合拉制装置100。如箭头2所示,将玻璃批料引入熔融容器1中。熔化批料以形成熔融玻璃6。澄清容器3具有从熔融容器1接收熔融玻璃6的高温处理区域,在该区域内,气泡被从熔融玻璃6中除去。澄清容器3通过连接管5流体连接至混合容器4。即,从澄清容器3流向混合容器4的熔融玻璃流经连接管5。混合容器4进而通过连接管7流体连接至递送容器8,以使从混合容器4流向递送容器8的熔融玻璃流经连接管7。

[0040] 递送容器8经由下液管9将熔融玻璃6供给入熔合拉制装置100中。熔合拉制装置100包含壳体22,在壳体22中置有入口10、成形容器11和至少一个拉制组件50。如图1A所示,来自下液管9的熔融玻璃6流入引向成形容器11的入口10中。成形容器11包含接收熔融玻璃6的开口12,熔融玻璃6流入槽13中并随后溢流并沿着成形容器11的两个会聚侧面14a和14b向下流动,随后在两个侧面汇合处的成形容器11的底部边缘112(以下称为根部112)处熔合在一起。然后,沿着向下的方向51利用拉制组件50将所得到的玻璃基材拉制成连续的玻璃基材52,下文中也称其为玻璃带。

[0041] 更具体而言,如图1B所示,熔合拉制装置100包含成形容器102,成形容器102具有第一端部104、第二端部106和位于成形容器102的上表面中的槽108。第一端部104和第二端部106与成形容器102的会聚侧面14a和14b相垂直且相隔成形容器102的长度L。熔融玻璃被

从成形容器102的第一端部104提供至槽108,溢流过堰110,沿着成形容器102的外表面流动直至到达根部112。根部112由成形容器102的侧面14a和14b会聚而成。在根部112处,沿着成形容器102的各个侧面流下的两片熔融玻璃汇合在一起而形成玻璃带114。利用多个拉边辊和牵引辊从成形容器102的根部112对玻璃带114进行拉制(图1A)。玻璃带114具有与槽108平行的宽度116和与玻璃带114的宽度116相垂直的厚度118。厚度118可沿着玻璃带114的宽度116变化。例如,成形容器102的第一端部104附近的玻璃带114的厚度118可大于第二端部106附近的玻璃带114的厚度,且玻璃带114的厚度118可从第二端部106向第一端部104线性增加,以使玻璃带114沿着玻璃带114的宽度116具有“楔形”形状。因此,如本文所述,将厚度118沿着玻璃带114的宽度116的斜坡称为“楔形”。在各种实施方式中,楔形可表示厚度118沿着玻璃带114的宽度116的一部分的斜坡,例如下文所述的不受端部效应影响玻璃带114的宽度116的一部分。

[0042] 数种变量可影响楔形。具体而言,堰110处的温度可通过影响流过成形容器的玻璃的粘度来影响楔形。例如,提高堰110附近的温度会促进玻璃从入口端(即入口10附近的成形容器102的端部)流向压缩端(即与入口10相隔成形容器102的长度L处的成形容器102的端部),而降低温度会抑制熔融玻璃流过成形容器102。为了影响熔融玻璃的温度,熔合拉制装置100还包含至少一个与堰110相邻的加热机件120。在一些实施方式中,一个或多个加热机件120可以是电阻式加热器、燃气式加热器等。虽然图1图示了一种具有两个加热机件120的熔合拉制装置100,可使用更多或更少的加热机件,这取决于具体的实施方式。例如,可在与各堰110相邻的位置处安置一个或多个加热机件120。加热机件120向成形容器102的堰110处的区域供热。可打开或调高加热机件120(例如提高加热机件的热量输出)以对成形容器102的堰110处的区域进行主动加热。相反,可关闭或调低加热机件120(例如降低加热机件的热量输出)以对成形容器102的堰110处的区域进行被动冷却。

[0043] 在一些实施方式中,熔合拉制装置100可包含主动冷却机件(未在图中显示)。主动冷却机件可使用强迫空气、水或其它冷却剂来降低成形容器102在堰110附近的区域的温度。因此,可通过对成形容器102在堰110附近的区域进行主动加热、被动冷却、主动冷却和/或组合进行主动加热和主动冷却来控制成形容器102在堰110附近的区域的温度。

[0044] 除了成形容器102的堰110处的熔融玻璃的温度以外,成形容器102的倾斜量也会影响利用成形容器102形成的玻璃带的楔形。例如,(如图1A所示)利用倾斜机件122使成形容器102向下倾斜(即,提高成形容器102的第一端部104相对于成形容器102的第二端部106的位置)会促进熔融玻璃从第一端部104流向第二端部106。相反,利用倾斜机件122使成形容器102向上倾斜(即,降低第一端部104相对于第二端部106的位置)会抑制熔融玻璃流过成形容器102。因此,在各种实施方式中,熔合拉制装置100利用倾斜机件122使成形容器102倾斜,以改变成形容器102的第一端部104相对于成形容器102的第二端部106的位置,从而加快或减慢熔融玻璃在成形容器的堰110上的流动,进而影响利用成形容器102形成的玻璃带的楔形。

[0045] 在各种实施方式中,通过对成形容器102的倾斜以及对堰110附近的温度的调节的组合来控制楔形变化。更具体而言,可使成形容器102倾斜以降低楔形变化的高频(例如短期)分量,而可利用加热机件120调节温度以降低楔形变化的低频(例如长期)分量。如本文所用,术语“高频”是指约三小时或更短的周期,而术语“低频”是指约十小时或更长的周期。

然而,楔形变化的高频和低频分量可根据具体实施方式而变化,前提是在高频和低频之间存在一些带间隔区域。高频和低频分量之间的带间隔区域的所需水平可取决于对变量的控制水平。为了控制楔形,所定义的高频和低频范围之间的频率在计算时可以忽略不计,且会基于对高频和低频分量的控制而自然而然地受到调节。例如,因为玻璃需要一段时间才能对热调节作出响应(即加热或冷却),因此,其对玻璃带114的堰116上的厚度分布的影响会更加缓慢,可在堰110处进行温度调节以减少长时间内的楔形变化,例如十小时或更多天。然而,温度调节在对楔形变化进行短期控制时并不奏效。因此,为了快速解决楔形变化并且减少超出楔形变化范围的玻璃带114的总量,可使成形容器102倾斜,其对玻璃带上的厚度分布的影响要比温度调节迅速得多。

[0046] 可单独调节倾斜以同时补偿低频和高频变化。然而,解决低频变化所需的倾斜角的变化可相对较大,并且可对熔合拉制装置产生负面效果。例如,大幅改变倾斜角可导致明显的带位改变,其会对带形状产生负面影响,因为玻璃带与拉制下方的牵引辊之间会相互作用,并且最终对从该带上切下的最终玻璃板的形状产生影响。因此,在各种实施方式中,进行倾斜以解决楔形的高频变化,同时对堰附近的温度进行调节以补偿楔形的低频变化。这使得能够进行更少的倾斜,并且允许对楔形变化进行相对迅速的控制和修正。

[0047] 现在参照图2,图2描绘了根据一种或多种实施方式的倾斜后的成形容器102的侧视图。例如,玻璃带114的宽度上的楔形变化可由厚度计200确定。厚度计可位于熔合拉制装置的拉制底部。厚度计200可以是例如基于激光的厚度计。厚度计200对玻璃带114的至少一部分宽度上的玻璃带114的厚度进行测量。在成形容器102的任一端部,所谓的“端部效应”可增加流动密度,导致玻璃带114在其两个垂直边界处的厚度增加。厚度的增加在从垂直边界向玻璃带114中心延伸的有限宽度上发生,它们被称为“凸缘区域(bead region)”。在各种实施方式中,在不包括玻璃带114的凸缘区域的玻璃带114的一部分宽度,例如玻璃带的中心线上对玻璃带114的厚度进行测量。在各种实施方式中,在不包括凸缘区域的玻璃带114的宽度上测量楔形。

[0048] 基于由厚度计200算得的楔形变化,可使用倾斜机件122改变成形容器102的第一端部104相对于成形容器102的第二端部106的位置。当第一端部104高于第二端部106,会有更多的熔融玻璃流向第二端部106,使第二端部106附近的玻璃带114增厚。通过使成形容器102的第一端部104降低能够有效减少第一端部104与第二端部106之间的高度差的量,可在第二端部106附近得到更薄的玻璃带114。因此,对成形容器102的倾斜所进行的改变能够对玻璃带114的宽度116上的楔形变化进行调节。

[0049] 现在参照图1A~2,为了控制玻璃带114的楔形变化,利用(图1A中所示的)熔合拉制装置100的多变量控制系统202来控制成形容器102的温度和倾斜,所述多变量控制系统202基于由获得的厚度测量结果算得的楔形变化来运行,以调节成形容器102的温度和倾斜。多变量控制系统202与厚度计200和一个或多个加热机件120通信相连,并且通常包含具有处理器和存储计算机可读可执行指令组的存储器的控制器。在各种实施方式中,对温度和倾斜的调节是基于对经时楔形变化进行测量和再测量的重复过程。当多变量控制系统202的处理器执行计算机可读可执行的指令组时,该指令组使控制器接收来自厚度计的楔形变化信号,然后基于所接收的楔形变化信号确定楔形变化的高频分量和楔形变化的低频分量。楔形变化的高频分量和低频分量可例如通过对楔形变化信号的傅里叶变换中的峰进



行自动识别、或者通过确定与“高频”和“低频”相对应的用户定义窗口内的变化来确定。指令组还使控制器计算用以降低楔形变化的高频分量的倾斜设定值,以及计算用以降低楔形变化的低频分量的温度设定值。指令组还使控制器向倾斜机件提供倾斜设定值以及向加热机件提供温度设定值。多变量控制系统的处理器可以各种方式执行这些指令,这取决于具体的实施方式。例如,根据一种实施方式的用于控制玻璃带中的楔形变化的方法300的框图示于图3。

[0050] 如图3所示,在多变量控制器的比较器306中对当前的楔形设定值302和测得的楔形304的量进行比较,以确定楔形变化。比较器306输出表示所测定的楔形变化的楔形变化信号,并将该楔形变化信号输入多变量控制器的楔形控制器中,其基于所接收的楔形变化信号来确定楔形变化的高频分量和楔形变化的低频分量。楔形变化的高频分量和低频分量可例如通过对经时楔形数据的量级和频率进行定量来确定。例如,可将用户定义的频率中的最大量级识别为高频分量,例如1~3小时,可将不同的用户定义的频率内的最大量级识别为低频分量,例如超过10小时。在一些实施方式中,楔形变化的高频分量和低频分量可通过识别楔形厚度-时间图中频率的傅里叶变换的最大峰来确定。在一些实施方式中,高频和低频分量可分别与1~3小时以及超过10小时以外的时间段相对应,前提是在频率分量之间存在被清晰识别的带间隔区域。在各种实施方式中,在频率部分的区段之间应当存在至少2小时的带间隔区域。

[0051] 在步骤308中,多变量控制系统的控制器对温度设定值310进行计算,以降低或将楔形变化的低频分量降到最低,并且对倾斜设定值312进行计算,以降低或将楔形变化的高频分量降到最低。可以各种方式计算温度设定值310和倾斜设定值312,这取决于具体实施方式。例如,可基于成形容器的几何构型和流体流动的物理性质对倾斜响应(即,倾斜的改变所导致的玻璃带中的厚度变化)进行建模,以得到大致的倾斜设定值312。类似地,可基于传热原理和流体流动对温度响应进行建模,以得到大致的温度设定值310。使用倾斜设定值312和温度设定值310为系统替换或升级当前的倾斜和温度设定值。或者,可使用处理试验对倾斜和温度响应进行建模,在所述处理试验中逐步改变倾斜或温度并对楔形的影响进行测量。倾斜和温度设定值的各种组合中所测得的楔形的变化可存储在自动厚度控制系统的存储器中的查询表(LUT)中,且控制器可利用这些数据确定未来的倾斜和温度设定值,以在玻璃带中实现所需的楔形的变化。

[0052] 在各种实施方式中,可对倾斜和温度响应的模型进行组合和调节以生成多变量控制器所使用的多变量控制算法。多变量控制算法使得热处理和倾斜处理的处理效果能够根据它们对楔形所起的影响来表征。可对这些处理影响进行叠加以只解决在某些频率下观察到的楔形变化。例如,在各种实施方式中,可使用H-infinity(H-无限)控制方法。在各种实施方式中,使用H-infinity控制方法包括对不依赖于楔形变化的低频分量的倾斜设定值进行计算,以及对不依赖于楔形变化的高频分量的温度设定值进行计算。Kemin Zhou的《鲁棒控制基础》(Essentials of Robust Control, Prentice Hall出版社,1998)对H-infinity控制方法进行了更加详细的描述,该文献通过引用全文纳入本文。例如,对温度调节应用H-infinity控制方法的最优成本函数中的高频体系,以使所得到的控制算法只为温度选择低频调节,对倾斜调节应用H-infinity控制方法的最优成本函数中的低频体系,以使所得到的控制算法只为倾斜选择高频调节。结果是一种输出温度设定值和倾斜设定值的控制算

法。

[0053] 仍然参照图3,表示温度设定值310的温度设定值信号和当前温度信号被输入比较器316中,比较器316对温度设定值信号和当前温度信号进行比较并计算实现所需效果的温度变化。温度变化被输入温度控制器318中,温度控制器318将温度变化转化成实现温度变化所需的加热器的功率水平。随着加热器的功率的升高或降低,加热处理320将成形容器的堰附近的温度升高或降低至调节后的温度(新的当前温度314),该温度被反馈至比较器316。温度的变化有助于通过加热楔形处理322改变楔形。

[0054] 表示由楔形控制器算得的倾斜设定值312的倾斜设定值信号与表示当前倾斜角326的当前倾斜角信号一起被输入比较器324中。在比较器324中,计算倾斜的改变量以实现所需的效果。表示倾斜的改变量的信号被转换成步骤328中倾斜机件输出的扭矩的量,以在玻璃带的楔形实现的所需的降低。在步骤330中,随着所算得的扭矩的量被应用在倾斜机件中,成形容器的倾斜角增大或减小至调节后的倾斜角。所述调节后的倾斜角,即等价于以倾斜设定值信号表示的倾斜设定值312的新倾斜角326被反馈至比较器324。调节后的倾斜角通过倾斜楔形处理332对楔形进行调节。

[0055] 热楔形处理322的效果和倾斜楔形处理332的效果在加合点334处结合,以确定对楔形产生的效果的受控量。对楔形产生的效果的受控量与楔形扰动的量336一起导致了所测得的楔形总量340。楔形扰动336可由各种因素导致,例如玻璃在成形容器上的不均匀流动或成形容器上的不均匀的热分布。所测得的楔形量340被作为测得的楔形量304反馈至比较器306。

[0056] 测量、调节和再测量的处理使得系统能够通过控制短期变化来连续补偿长期变化,反之亦然,实现了对楔形变化的更好的总体控制。

## 实施例

[0057] 利用以下实施例对用于控制玻璃带中的楔形的方法的各种实施方式进行阐述。

### [0058] 实施例1

[0059] 使用厚度计测量周期为两周的玻璃带中的楔形变化。图4显示了楔形厚度数据(y轴)随时间(x轴)而变化的情况。使用傅里叶变换对图4中的数据进行变换以生成图5。更具体而言,图5是显示图4中所示的信号的频率分量的图表。图5中的图表对楔形变化的量级(y轴)和频率(x轴)进行了定量。可在图5中发现高频和低频变化。如图5所示,楔形扰动在相对低频处(十小时或更长的周期)和相对高频处(例如三小时或更短的周期)发生变化。具体而言,形成了周期约为两小时的明显的循环。可使用图5中所示的数据确定楔形变化的高频分量和低频分量。

[0060] 例如,如图5所示,大的峰出现在与2小时循环、3~10小时循环和30小时循环相对应的点处。基于这些峰和带间隔区域,与2小时循环相对应的峰被识别为高频分量,而与30小时循环相对应的峰被识别为低频分量。因为在与2小时循环相对应的峰和与3~10小时循环相对应的峰之间不存在界限清晰的带间隔区域,出于识别频率分量的目的而忽略3~10小时循环,它们将会作为控制高频和低频分量的函数而受到控制。

### [0061] 实施例2

[0062] 为了确定倾斜对楔形变化的影响,逐步改变倾斜度数,并观察其对楔形的影响(即

楔形的改变)。这使得系统对倾斜变化的响应能够被表征。更具体而言,将倾斜角从0度的起始角度向上倾斜(即,使第一端部104相对于第二端部106降低)0.3度(至0.3度的最终角度),并对楔形响应进行约40分钟的观察。图6和7显示了观察到的对倾斜角改变0.3度所做出的楔形响应。如图6所示,使成形容器向上倾斜0.3度。所得到的楔形响应图示于图7。图7中,y轴表示增益(或楔形的变化),x轴表示时间(单位为秒)。用一级加空载时间模型被拟合至响应,且如图7所示,该模型与处理数据( $R^2=0.98$ )相关联。 $R^2$ 值表明一级模型与所观察到的由倾斜的逐步改变而导致的增益密切相关。与下述实施例3中得到的模型一起使用拟合至响应的一级加空载时间模型,以生成多变量控制算法。

[0063] 图7还显示倾斜对楔形变化的影响可有效地解决楔形变化的高频分量。具体而言,518秒的时间延迟代表倾斜角发生变化的时间点与楔形开始响应的时间点之间所经过的时间,确认了能够在对成形容器的倾斜进行调节的约10分钟内观察到其影响。另外,该模型还得到了91秒的时间常量,表明在91秒内,倾斜角的影响达到了其最终值的约63%。

#### [0064] 实施例3

[0065] 为了确定温度对楔形变化的影响,以0.3℃对温度进行逐步改变,并对楔形影响(即楔形的变化)进行约90分钟的观察。这使得系统对热变化的响应能够被表征。图8图示了所观察到的楔形对上侧温度改变-0.3℃所做出的响应。图8中,y轴表示增益(或楔形的变化),x轴表示试样的持续时间,每个试样为15秒。一级(即线性)加空载时间模型被拟合至上述响应。一级加空载时间模型与处理数据( $R^2=0.94$ )关联良好,表明模型拟合良好,可被用于基于热变化估计楔形响应。因此,一旦楔形开始响应热变化,热变化就与所观察到的楔形响应直接而线性地相关。确定样品的楔形增加1.18(楔形/℃)使得温度降低了0.3℃。发现了约1926秒的时间常量和约714秒的时间延迟。时间常量表示热变化达到其最终值的约63%所需的时间。时间延迟表示上侧温度设定值发生变化的时间点至楔形开始响应的时间点之间所经过的时间。对图8的数据与图7的数据进行比较,证明相对于倾斜调节,热调节使得楔形更缓慢地变化。与上述实施例2中得到的模型一起使用拟合至响应的一级加空载时间模型,以生成多变量控制算法。

#### [0066] 实施例4

[0067] 在理解由实施例1得到的所观察到的楔形响应频率信息、由实施例2得到的倾斜步骤响应以及由实施例3得到的温度步骤响应后,使用电脑模拟和分析计算确认了使用倾斜和温度进行控制的估计的极限。换言之,通过对响应这些频率内的每一个控制的楔形影响进行观察,确认了由图5得到的估计的“高频”和“低频”范围。

[0068] 图9是显示使用用于热调节和倾斜的比例和积分(PI)控制系统得到的楔形变化的增益响应(y轴)随频率(x轴)而变化的图表。PI控制系统能够控制每一个热变量和倾斜变量,且能够控制各个彼此独立的变量。另外,如结合多变量楔形控制器所作的阐述所述,PI控制系统可能不会在忽略高频楔形分量的同时特别采用热变量来控制低频楔形分量,以及在忽略低频楔形分量的同时采用倾斜变量来控制高频楔形分量。图9中,高频分量通常是指图中右手边,而低频分量通常是指图中的左手边。更具体而言,低频分量表示 $10^{-1}$ 频率记号的左侧,表示10小时或更长的时间。高频分量以x轴上的 $10^{-1}$ 频率记号与 $10^0$ 频率记号之间的虚线表示。如上所述,与“高频”和“低频”相对应的特定时间周期可在具体实施方式中改变。图9确认了对利用实施例1中的图5的实验所确定的与高频分量和低频分量相对应的周期的

估计对于实现所需的控制水平而言是可以接受的。具体而言,图9确认了与“高频”和“低频”相对应的所选的时间周期在可利用相应变量(例如分别为倾斜和温度)进行控制的范围内。

[0069] 线900显示了当使用常规PI对温度进行控制时所预计的楔形扰动衰减。线900显示预计的低频变化( $0.083\text{小时}^{-1}$ )衰减至原来的0.2倍(即降低了80%)。然而,高频变化( $0.5\text{小时}^{-1}$ )增大了2.4倍,这被认为是无法接受的。因此,这表明虽然可使用温度控制来修正低频处(周期约为10小时或更长)的楔形扰动,其对于修正高频下的楔形扰动不起作用,楔形扰动的影响的量级在高频下大于1。

[0070] 图9中的线902显示了当使用倾斜机件的常规PI控制时所预计的楔形扰动衰减。线902显示低频变化( $0.083\text{小时}^{-1}$ )的超过90%可受到补偿。高频变化( $0.5\text{小时}^{-1}$ )的预计楔形扰动衰减增益为0.56,相比于通过使用温度的常规PI控制而得到的增益,其降低了接近50%。线902的量级在更高频率下保持小于1的值,表明倾斜控制可在这些更高的频率下有效地控制楔形扰动。另外,线902表明倾斜控制可在高频和低频下有效地控制楔形扰动。

[0071] 实施例5

[0072] 在确认了热控制可用于对10小时或更长周期的楔形影响进行控制,以及倾斜控制可用于对实施例4中的更短周期的楔形影响进行控制以后,开发了多变量控制算法。图10~16图示了组合实施例2和3的用于控制楔形变化的模型而得到的模拟结果。具体而言,对由实施例2和3得到的模型进行组合,并使用H-infinity控制方法生成算法,所述算法选择温度调节以解决低频变化,以及选择倾斜调节以解决高频变化。更具体而言,对拟合至实施例2和3的数据的模型进行组合以形成使用H-infinity控制方法处理的算法。

[0073] 在H-infinity控制方法中,操控温度变量以使低频变化降到最低,而不考虑高频变化,同时操控倾斜变量以使高频变化降到最低,而不考虑低频变化。将所得到的多变量控制算法应用至实施例1中收集的数据中,以生成图10~16中所示的模拟数据。

[0074] 图10是显示根据常规PI控制系统得到的温度位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表。图11是显示根据多变量控制算法得到的温度位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表。从图10和11中可以发现,模拟数据表明PI热控制相比于多变量控制算法具有更大的短期和长期变化(例如温度变化了许多次且变化呈现出更大的量级)。

[0075] 图12是显示根据常规PI控制系统得到的倾斜位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表。图13是显示根据多变量控制算法得到的倾斜位移(y轴)随时间(x轴)而变化的图表。如图13所示,模拟数据表明多变量控制算法相对于常规PI控制系统具有很小的长期变化。对倾斜位移进行调节以解决高频分量。这会导致当与标准PI控制相比时,倾斜位移信号具有小得多的量级(前者约为后者的五倍)。

[0076] 图14、15和16分别图示了使用常规PI温度控制系统、常规PI倾斜控制系统和多变量控制系统得到的模拟楔形变化。通过比较图14~16可以发现多变量控制系统实现了小得多的楔形变化,相比于只使用倾斜改善了70%。因此,组合方法相比于单独使用倾斜或热补偿能够提供更好的控制。

[0077] 实施例6

[0078] 在对使用倾斜控制相比于只使用热控制能够改善对楔形变化的控制进行估计之后,实施了一个实验以证实该模拟结果。该实验采用与实施例2相同的参数。具体而言,采用由实施例2得到的模型确定更新的倾斜设定值,以解决观察到的楔形(其结果示于图17)。

[0079] 图17和18图示了用于确定对楔形变化进行倾斜控制的可行性的实验的结果。具体而言,图17是显示在约2.5天的周期下的倾斜控制下的楔形量(y轴)随时间(x轴)而变化的图表。图18是显示在使用常规的自动化厚度控制系统(ATCS)的热控制下的楔形量(y轴)随时间(x轴)而变化的图表。如结合多变量楔形控制器所作的阐述所述,常规的ATCS不会在忽略高频楔形分量的同时特别采用用于控制低频楔形分量的热变量。通过比较图17和18可以发现,尽管在倾斜控制的运行过程中出现了功率不调,相比于利用常规ATCS提供的热控制来控制楔形变化,使用倾斜控制实现了楔形变化的改善。显而易见的是,在实验过程中对倾斜机件的角度变化的最小值进行了调节,且控制位移的粗糙度限制了可实现的带宽和解决高频变化的能力。然而,该实验显示了良好的结果,预计该结果能够通过更激进的动作控制而得到改善。

[0080] 图19是显示相比于(如图18所示的)使用ATCS控制楔形的热控制的结果的(如图17所示的)倾斜控制结果的箱线图。倾斜控制显示四分位距(即中间分布(midspread)或中间50%(middle fifty))改善了27%。四分位距表示数据点的分散情况,四分位距的改善表明不一致性的减小。尽管倾斜动作控制系统存在限制,相对于热控制实现了短期变化的改善。

[0081] 图20显示了图17和18所示的数据的楔形的滚动标准偏差(“STD”)(y轴)随时间(x轴)而变化的情况。对整个数据组(约45小时)使用六小时的窗口并且以十秒为步长。倾斜下的楔形结果以线2000显示,使用常规ATCS的热控制下的楔形结果以线2002显示。倾斜控制的六小时滚动STD数据组的平均变化值以线2004显示,常规ATCS热控制的六小时滚动STD数据组的平均变化值以线2006显示。该数据表明倾斜楔形控制系统的平均短期变化比ATCS热控制小约15%(0.07比0.0825)。同样地,尽管在倾斜控制实验过程中发生了温度波动,仍然观察到了上述结果。因此,图19和20证明利用倾斜来控制楔形可得到比只利用热控制来控制楔形更好的控制和更小的变化。

#### [0082] 实施例7

[0083] 在确认了利用倾斜控制来控制楔形的可行性之后,对所生成的多变量控制算法进行测试,以确定其是否相对于只使用热控制的常规楔形控制方法具有优势。具体而言,在实验过程中不进行任何倾斜移动以确定多变量控制算法是否对热变量发挥了预期的作用。因此,对几天后的系统的楔形进行测量,所述系统按照多变量楔形控制、常规ATCS和常规PI控制系统的指示通过热控制对楔形进行控制。更具体而言,对经过7天后的常规PI控制系统和经过18天后的多变量楔形控制系统的楔形进行测量。对总楔形、短期频率(1~3小时)和长期(长于10小时)频率的楔形变化进行观察和比较。

[0084] 具体而言,图21图示了使用多变量楔形控制(MWC)、常规ATCS和常规PI控制系统的楔形控制的结果。表1提供了额外的比较数据。

	MWC	ATCS	PI	与 ATCS 的 差异%	与 PI 的差 异%
中位数	0.000759	-0.01583	0.002275	95	67
[0085] 总 STD	0.36549	0.050328	0.046535	27	21
低频 STD	0.009657	0.035076	0.012548	72	23
高频 STD	0.034284	0.032869	0.043157	-4	21

[0086] 表1:MWC、ATCS和PI控制系统的楔形变化的比较。

[0087] 图21的左侧箱线图比较了总楔形变化。可以发现,MWC具有比常规ATCS和PI控制系统更小的中等和收紧变化范围。中间的箱线图显示了楔形的低频变化(长周期)。图21的右侧箱线图显示了高频处的楔形变化。其中,所观察到的使用MWC的变化与所观察到的使用常规ATCS的变化相似(前者比后者差了4%),比所观察到的使用常规PI控制系统的变化更好(改善了21%)。因此,相比于常规ATCS,MWC似乎并未补偿高频变化,但其也未如算法设计所预测的那样像常规PI控制系统那样增大高频变化。

[0088] 基于上文所述,应当已理解本文对用于控制玻璃带中的厚度楔形的方法的各种方面进行了阐述。根据第一方面,一种用于控制玻璃带中的楔形变化的方法,所述方法包括使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面,从成形容器的根部拉制玻璃带,该玻璃带具有宽度,测量玻璃带的至少一部分宽度上的楔形变化,基于所测得的楔形变化对成形容器的倾斜以及成形容器的堰附近的温度进行调节,以减少玻璃带的该宽度上的楔形变化。

[0089] 在第二方面中,一种熔合拉制装置包含具有成形容器,所述成形容器具有定义该成形容器的长度的第一和第二端部以及位于该成形容器的上表面中的槽;倾斜机件,所述倾斜机件使所述成形容器倾斜以使所述成形容器的第一端部相对于上述成形容器的第二端部的位置发生改变;至少一个加热机件,所述加热机件向所述成形容器的堰附近的区域供热;自动厚度控制系统,其包含具有处理器和存储计算机可读可执行指令组的存储器的控制器。当计算机可读可执行的指令组被处理器执行时,指令组接收来自拉制底部的厚度计的楔形变化计算结果;基于所接收的楔形变化计算结果确定楔形变化的高频分量和楔形变化的低频分量;计算用以降低楔形变化的高频分量的倾斜设定值;计算用以降低楔形变化的低频分量的温度设定值;向倾斜机件提供倾斜设定值;以及向至少一个加热机件提供温度设定值。

[0090] 在第三方面中,一种用于控制玻璃带的宽度上的楔形变化的方法包括使熔融玻璃流过成形容器的会聚侧面;从成形容器的根部拉制玻璃带,该玻璃带具有宽度;测量玻璃带的一部分宽度上的楔形变化;基于楔形变化的高频分量对成形容器的倾斜进行调节,以减少玻璃带的所述宽度上的楔形变化;基于楔形变化的低频分量对成形容器的堰的温度进行调节,以减少玻璃带的所述宽度上的楔形变化;以及测量玻璃带的所述部分宽度上的调节后的楔形变化。

[0091] 第四方面包含第一至第三方面中的任一项,其中,还包括基于楔形变化的高频分量来确定成形容器的倾斜变化。

[0092] 第五方面包含第一至第四方面中的任一项,其中,对成形容器的倾斜所进行的调节包括相对于成形容器的第二端部对成形容器的第一端部的一部分进行调节,其中,成形容器的第一端部和第二端部与成形容器的会聚侧面相垂直,且相隔成形容器的长度。

[0093] 第六方面包含第一至第五方面中的任一项,其中,还包括根据楔形变化的低频分量来确定堰的温度变化。

[0094] 第七方面包含第一至第六方面中的任一项,其中,对堰的温度所进行的调节包括对至少一个位于成形容器的上部附近的加热机件的功率输出进行调节。

[0095] 第八方面包含第一至第七方面中的任一项,其中,对堰的温度所进行的调节包括对位于成形容器周围的冷却机件的功率输出进行调节。

[0096] 第九方面包含第一至第八方面中的任一项,其中,对堰的温度所进行的调节包括对至少一个加热机件的功率输出进行调节以及对位于成形容器周围的冷却机件的功率输出进行调节。

[0097] 第十方面包含第一至第九方面中的任一项,其中,自动厚度控制系统基于倾斜设定值对成形容器的倾斜角度进行调节。

[0098] 第十一方面包含第一至第十方面中的任一项,其中,自动厚度控制系统基于温度设定值对向成形容器的堰处的区域提供的热量的量进行调节。

[0099] 第十二方面包含第一至第十一方面中的任一项,其中,还包含位于堰附近的冷却机件,其中,自动厚度控制系统基于温度设定值使成形容器的堰处的区域被主动冷却。

[0100] 第十三方面包含第一至第十二方面中的任一项,其中,自动厚度控制系统对倾斜设定值进行计算以使楔形变化的高频分量降到最小。

[0101] 第十四方面包含第一至第十三方面中的任一项,其中,自动厚度控制系统对温度设定值进行计算以使楔形变化的低频分量降到最小。

[0102] 第十五方面包含第一至第十四方面中的任一项,其中,自动厚度控制系统对不依赖于楔形变化的低频分量的倾斜设定值进行计算。

[0103] 第十六方面包含第一至第十五方面中的任一项,其中,自动厚度控制系统对不依赖于楔形变化的高频分量的温度设定值进行计算。

[0104] 第十七方面包含第一至第十六方面中的任一项,其中,玻璃带的所述部分的宽度不包括玻璃带的凸缘区域。

[0105] 第十八方面包含第一至第十七方面中的任一项,其中,对成形容器的倾斜进行的调节包括基于倾斜的角度和楔形变化的量来确定倾斜设定值。

[0106] 第十九方面包含第一至第十八方面的任一项,其中,对堰附近的温度所进行调节包括基于堰的温度和改变量来确定温度设定值。

[0107] 第二十方面包含第一至第十九方面中的任一项,其中,还包括:基于调节后的楔形变化的高频分量来对成形容器的倾斜进行调节;以及基于调节后的楔形变化的低频分量来对成形容器的堰处的温度进行调节。

[0108] 本领域的技术人员显而易见的是,可以在不偏离要求专利权的主题的精神和范围的情况下,对本文所述的实施方式进行各种修改和变动。因此,本说明书旨在涵盖本文所述

的各种实施方式的修改和变化形式,且这些修改和变化形式落入所附权利要求及其等同内容的范围之内。



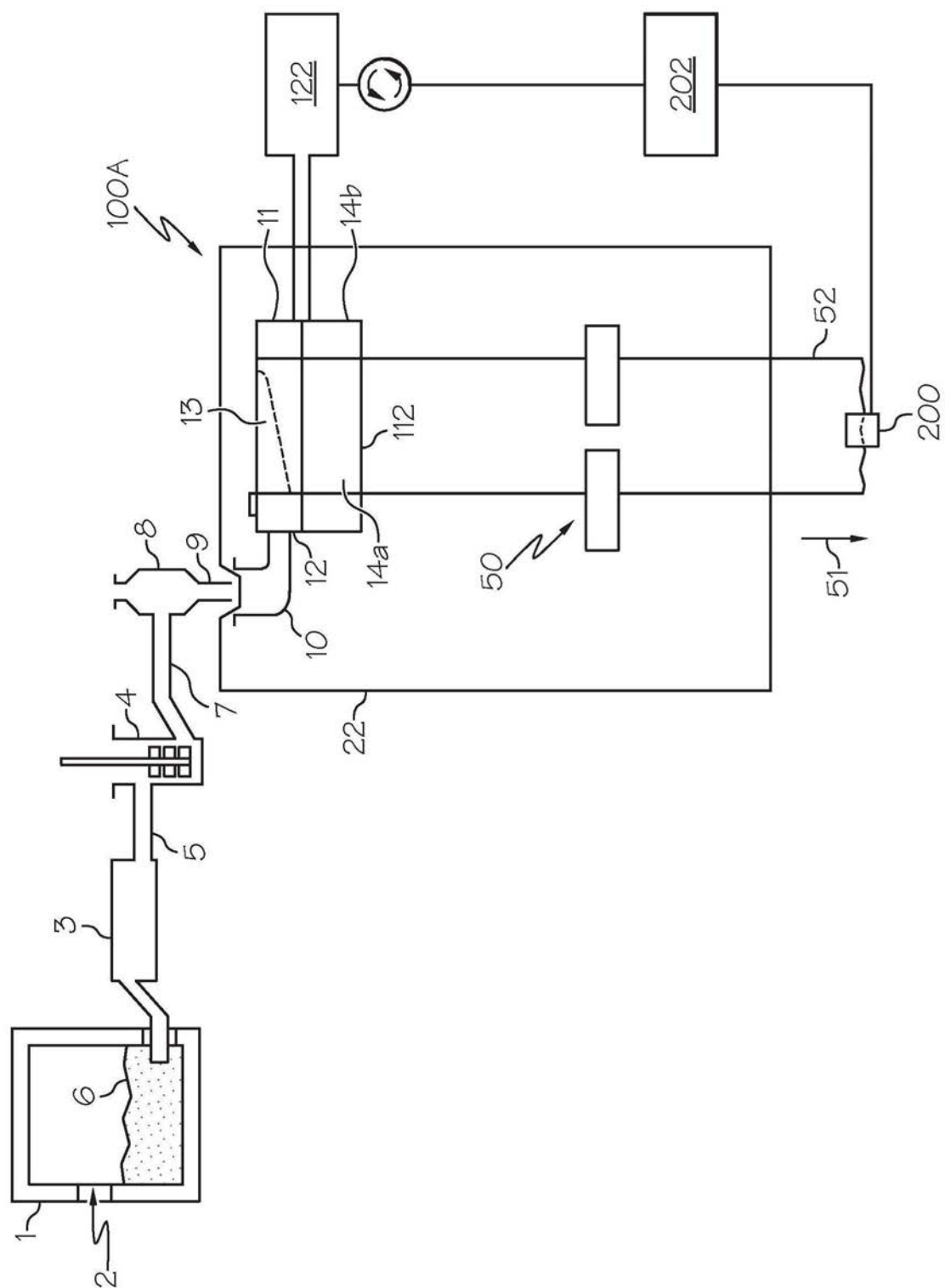


图1A



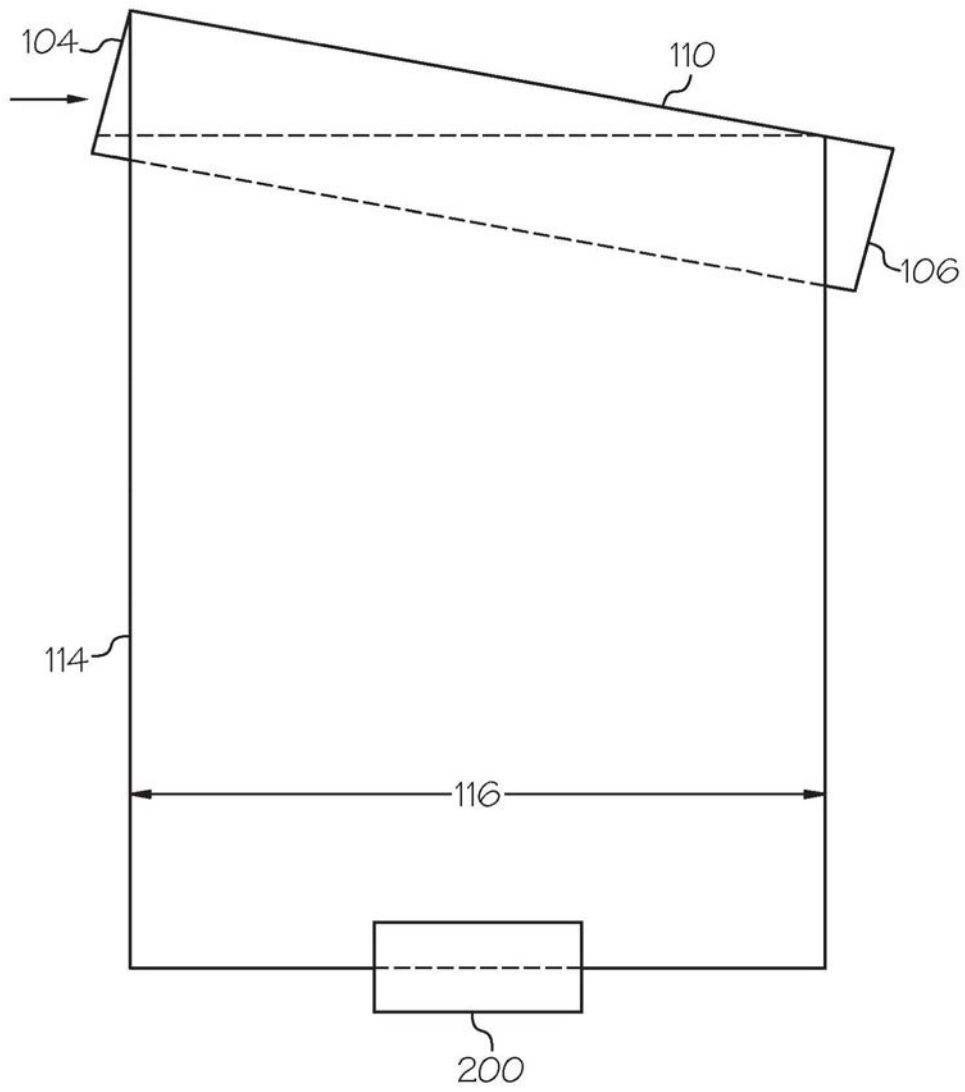


图2

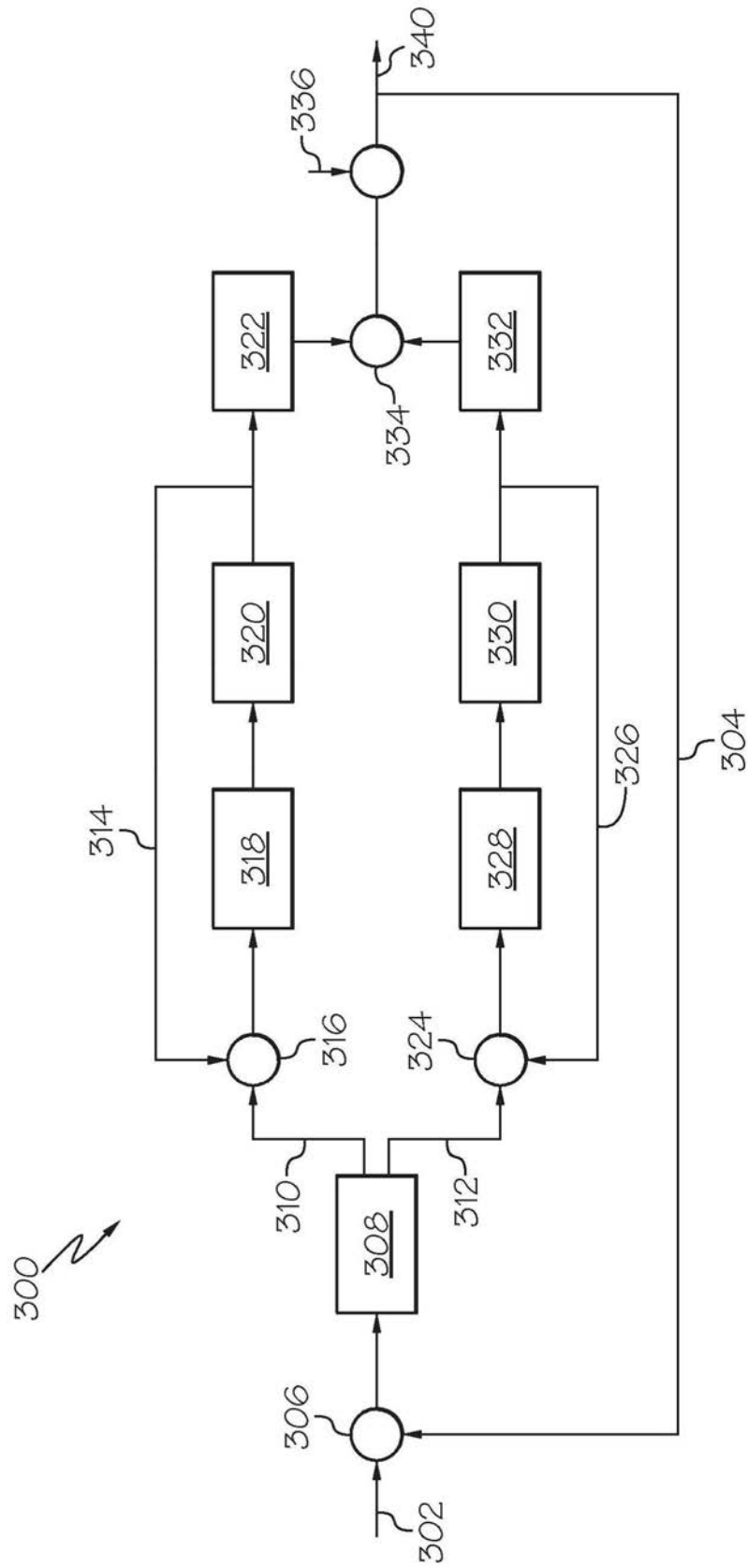


图3

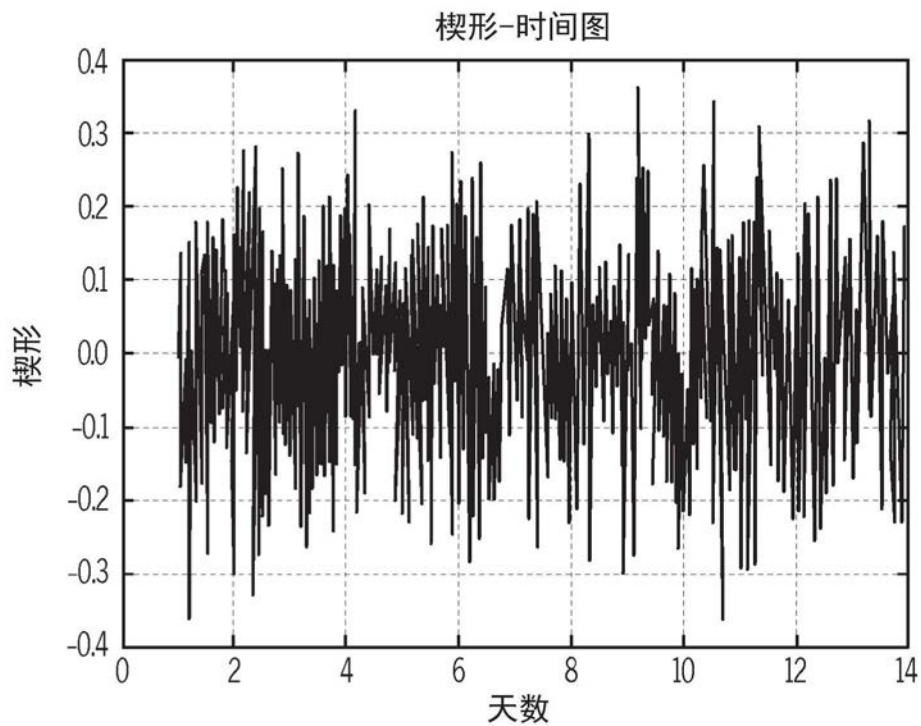


图4

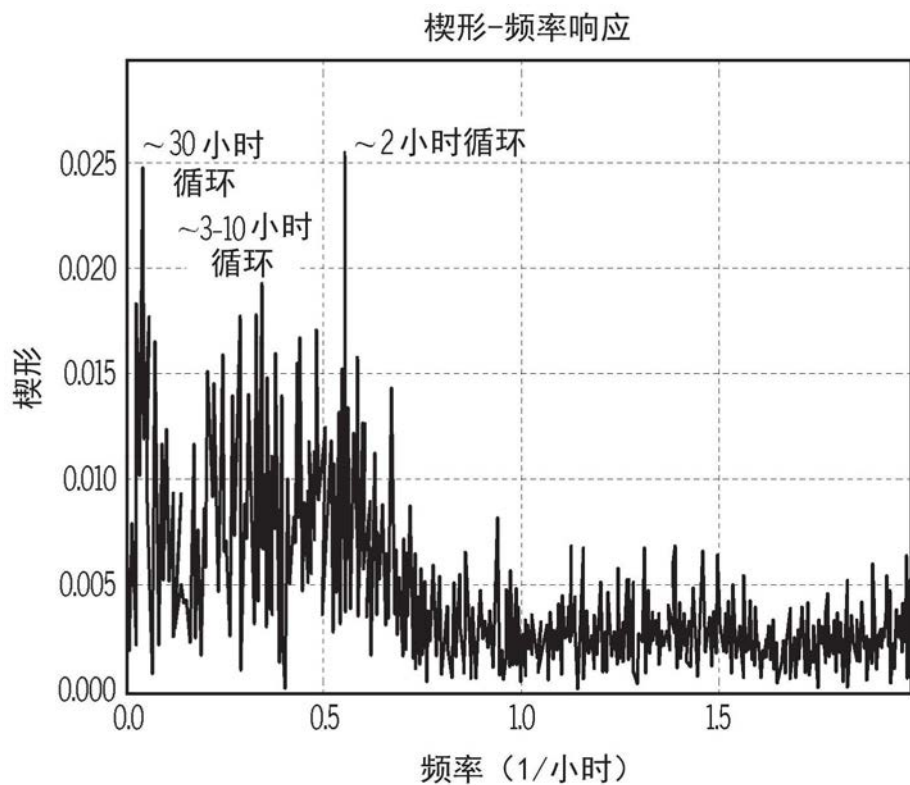


图5

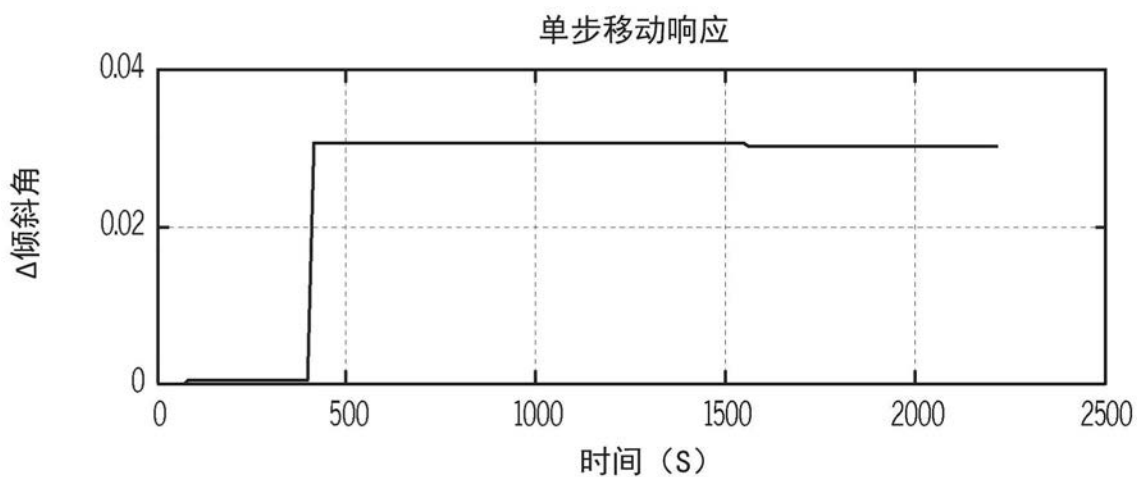


图6

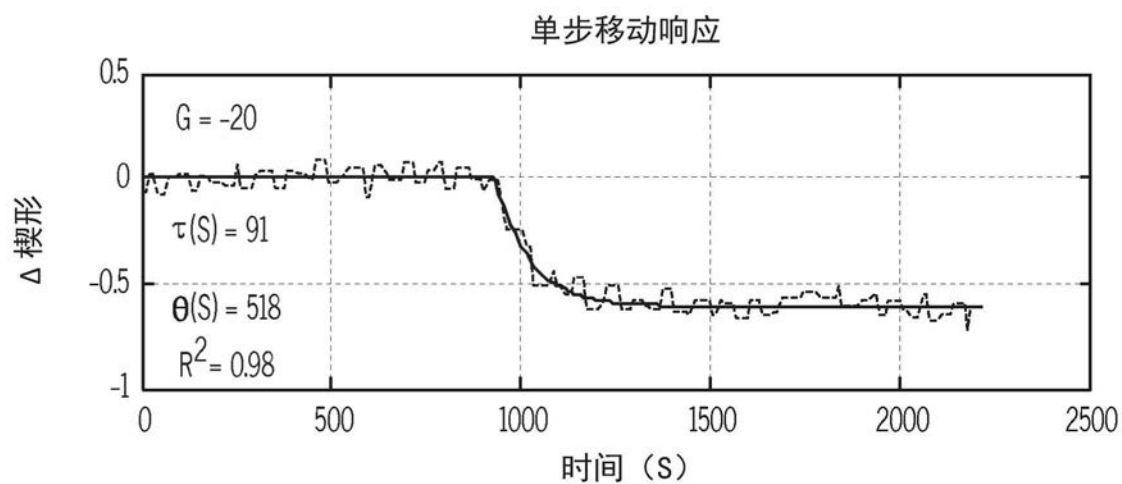


图7

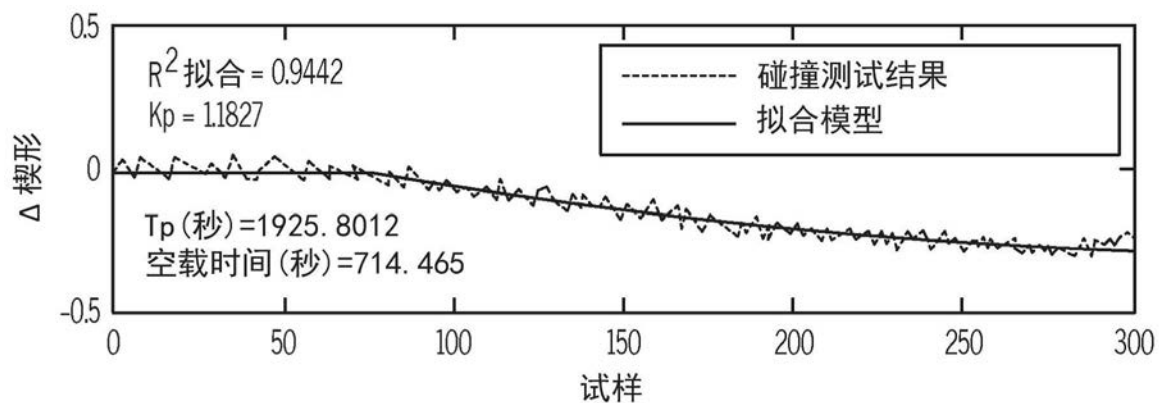


图8

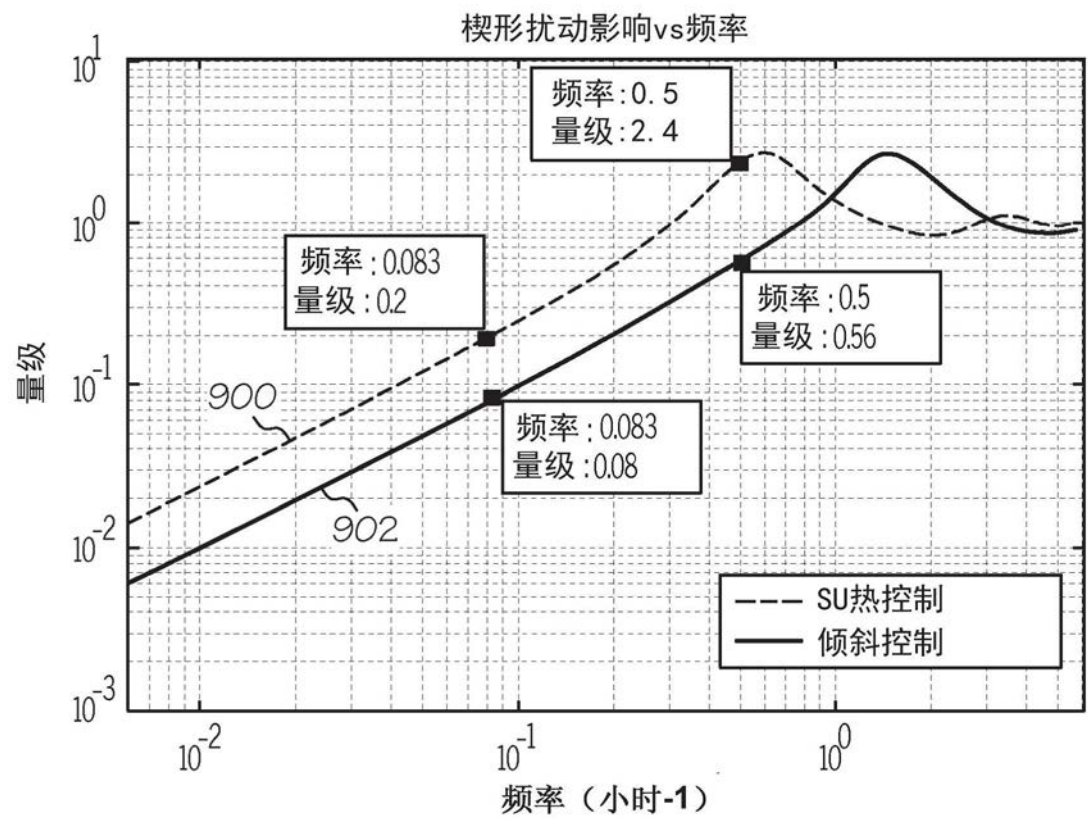


图9

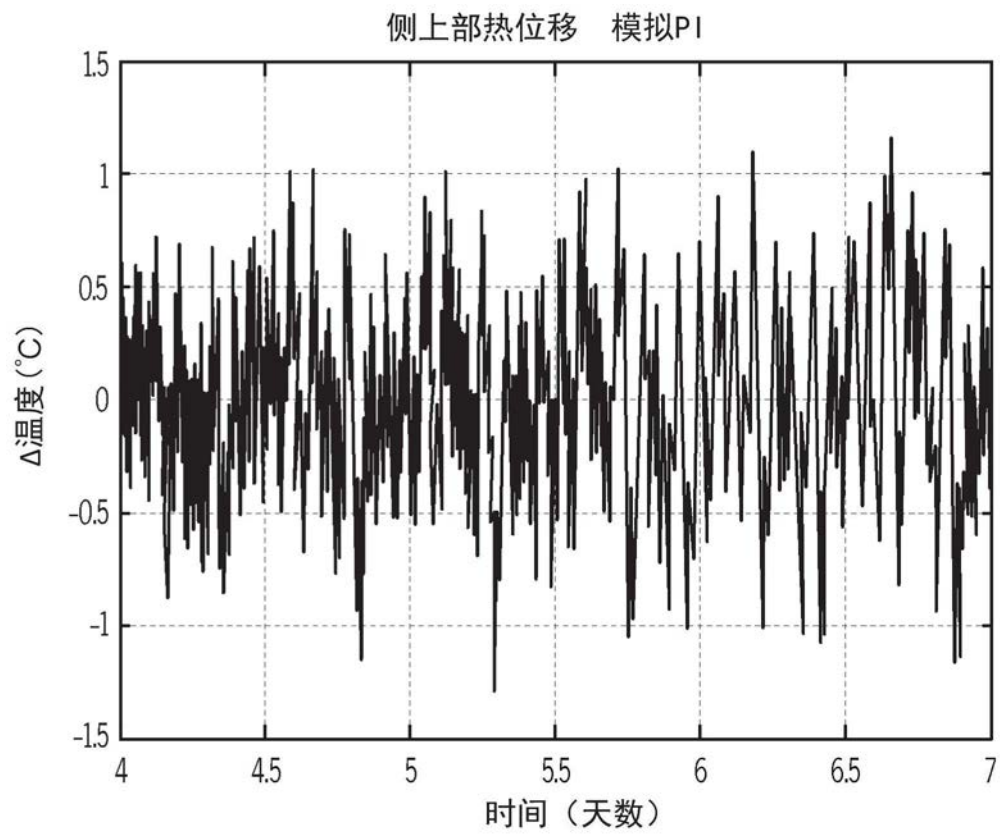


图10



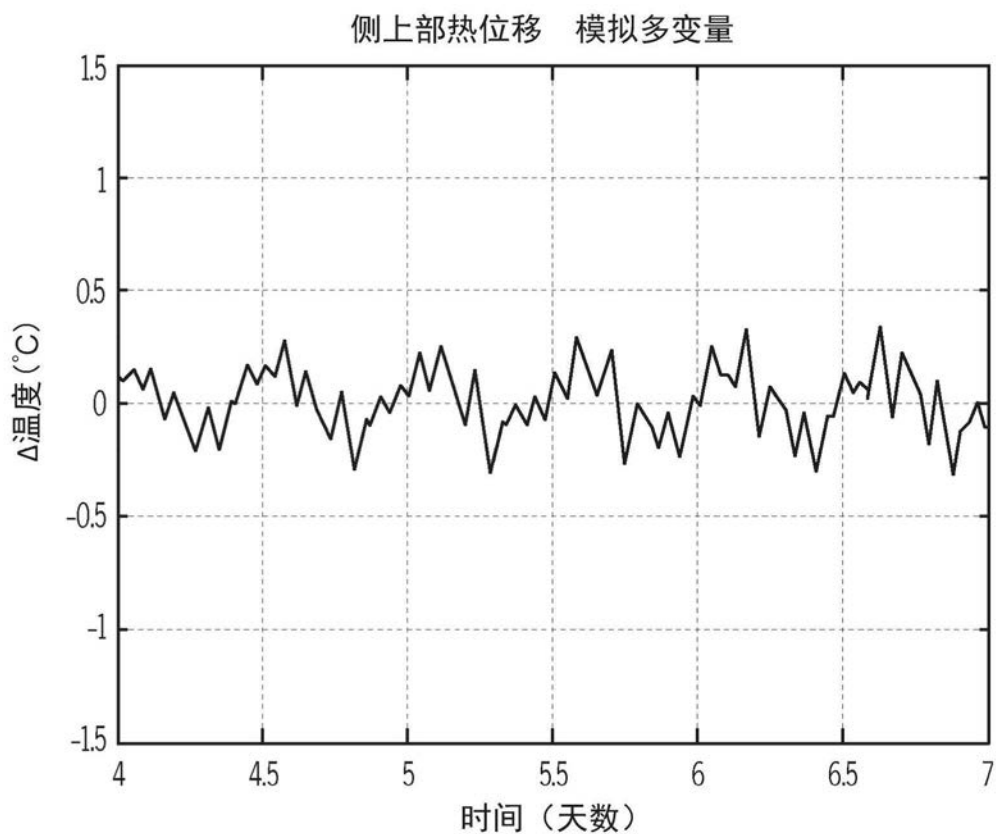


图11

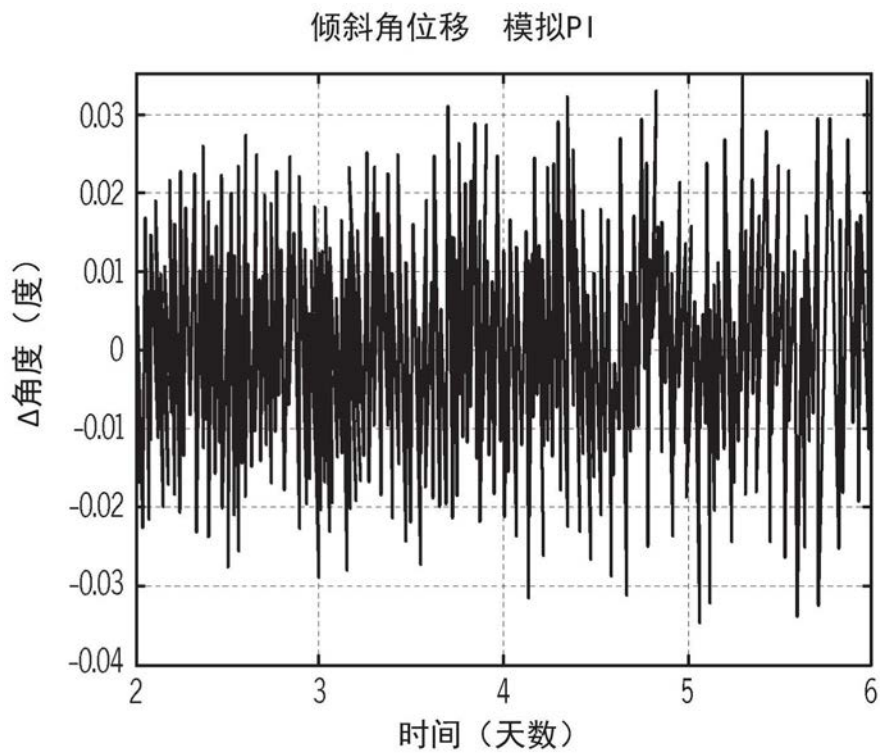


图12

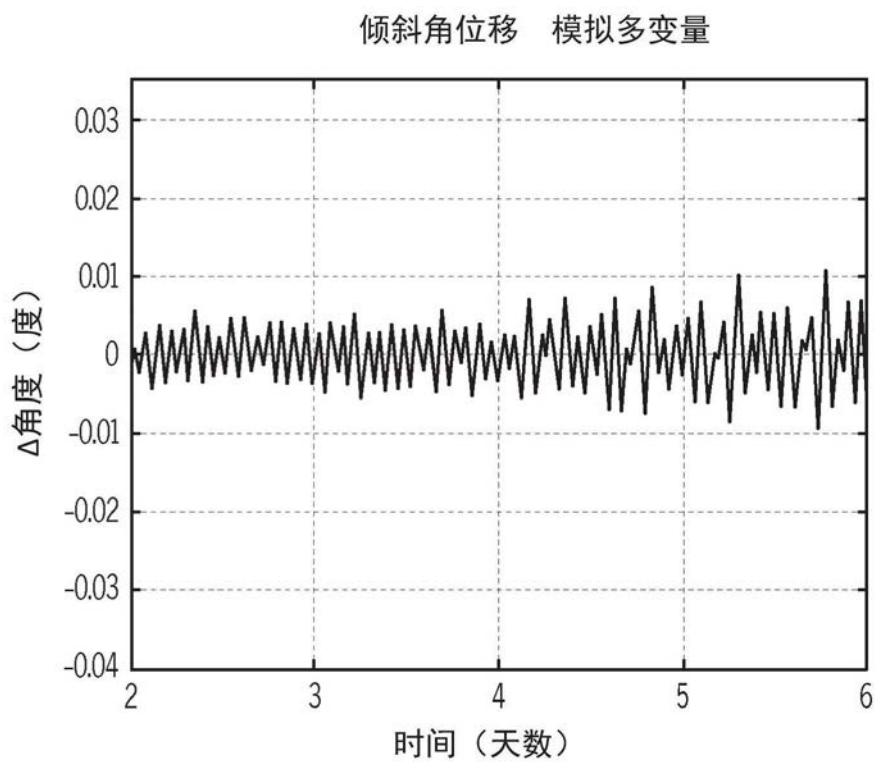


图13

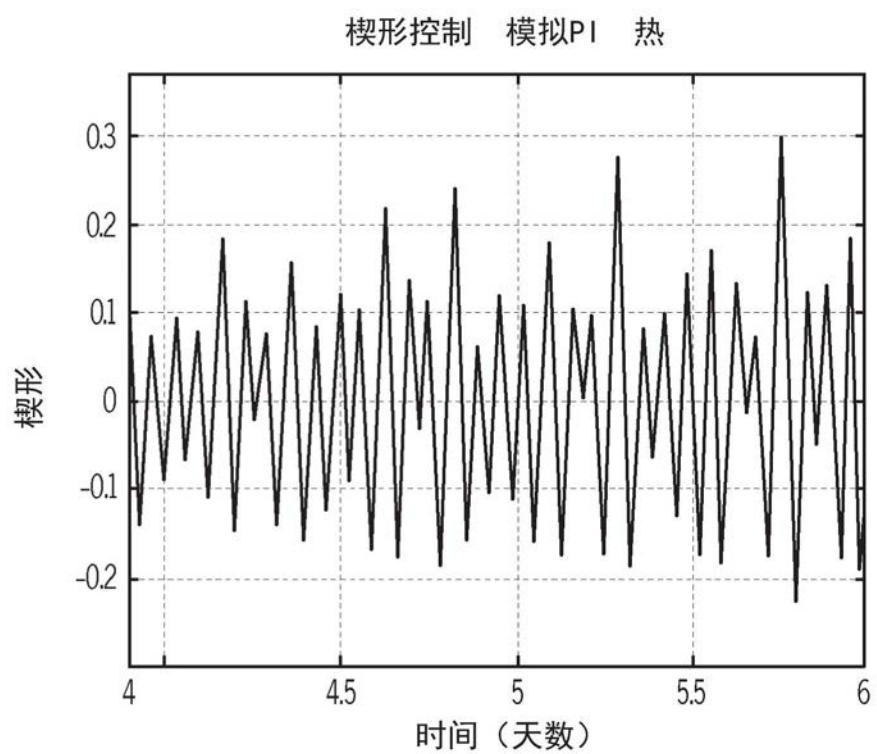


图14

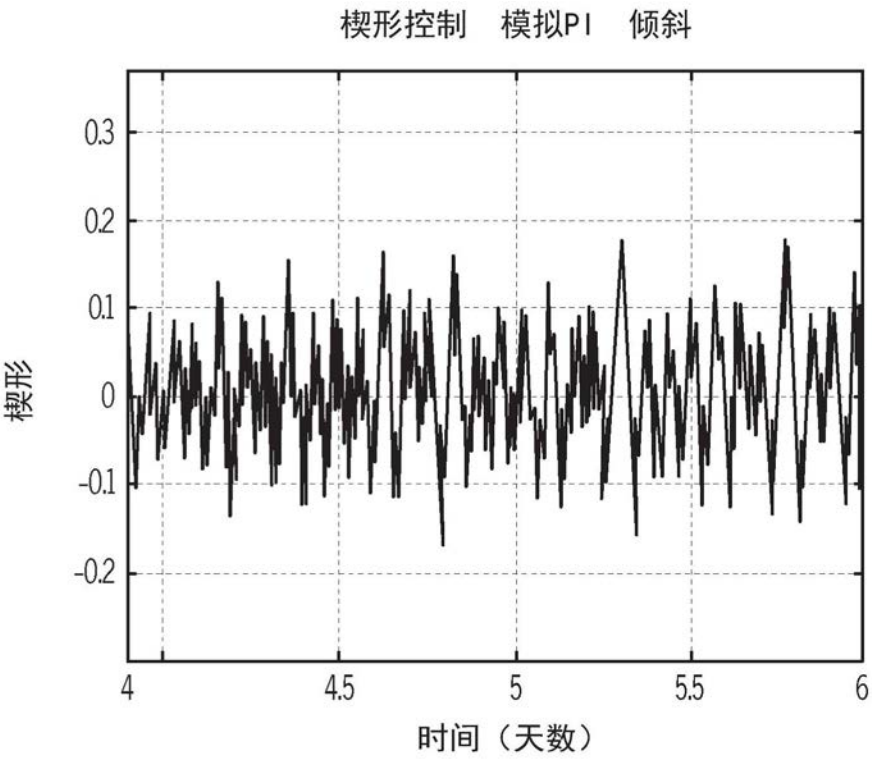


图15

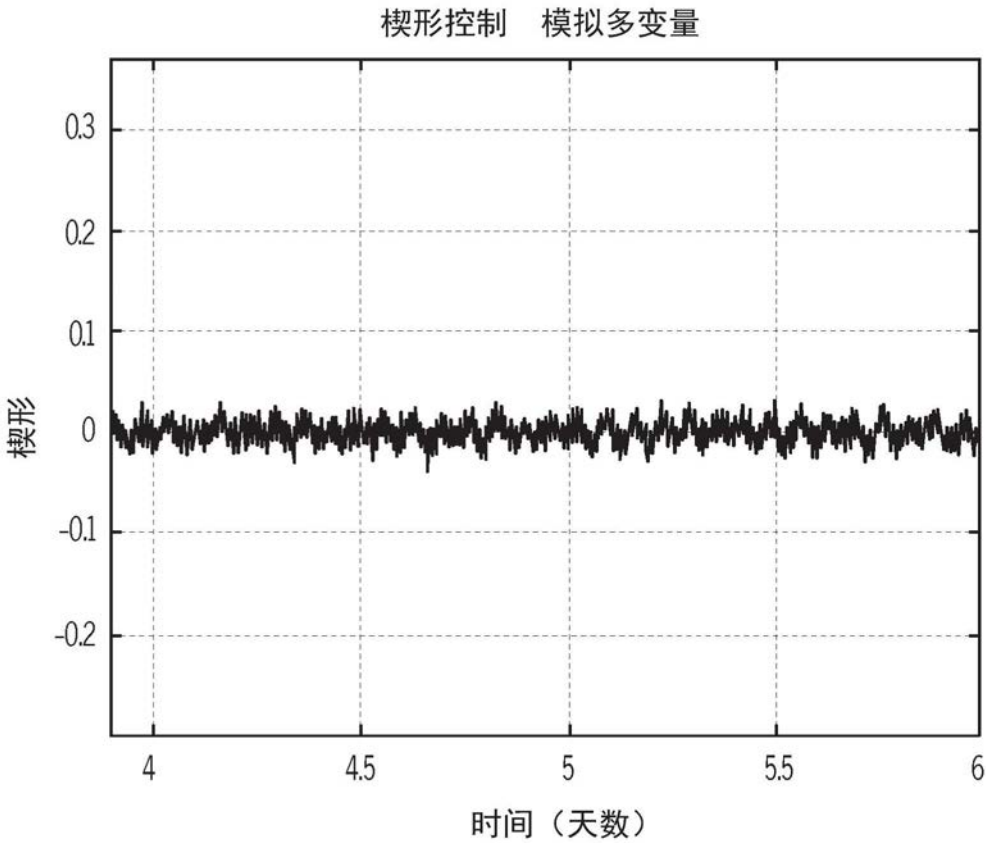


图16

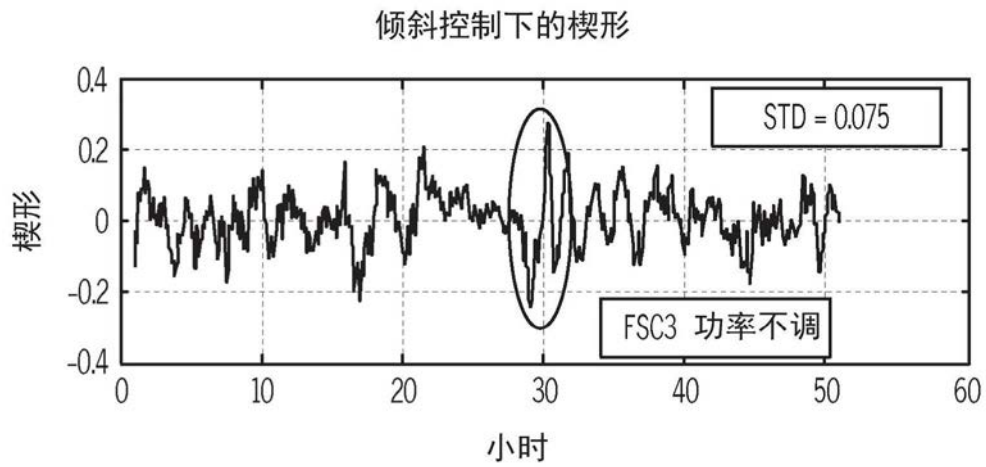


图17

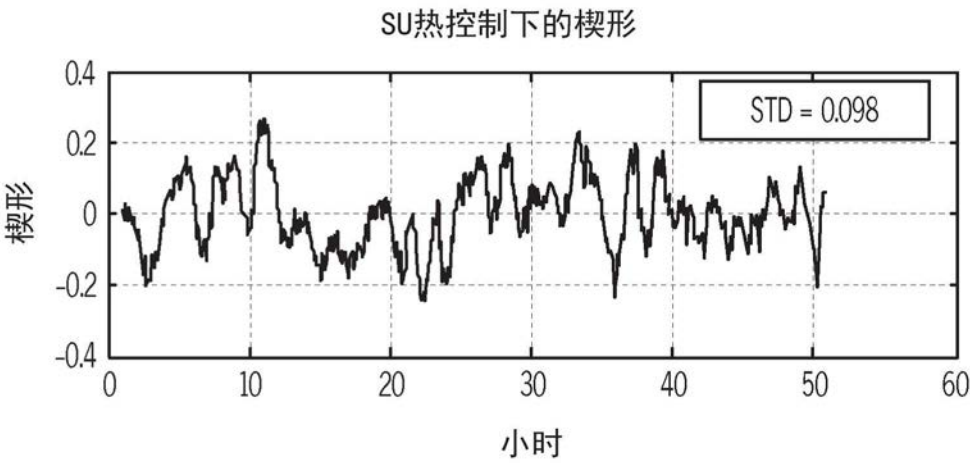


图18

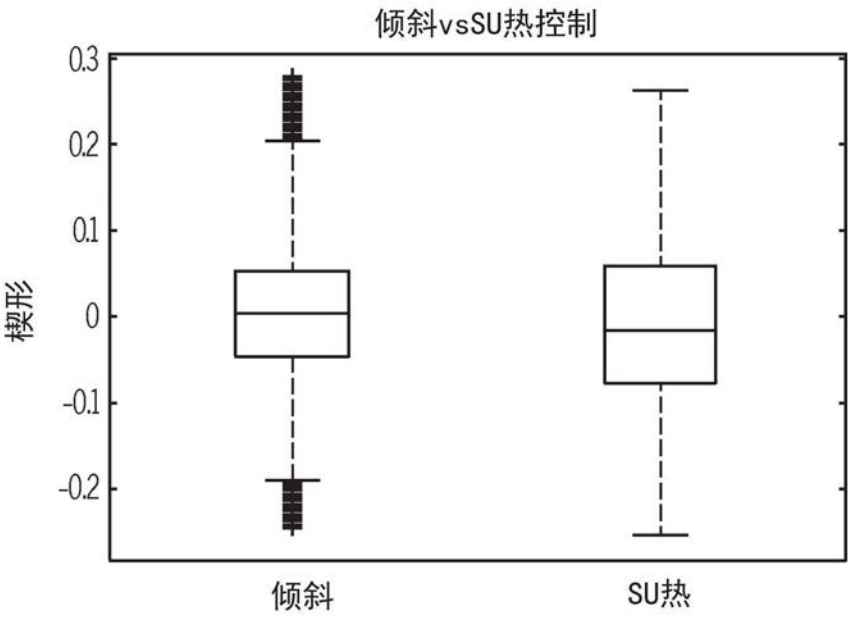


图19

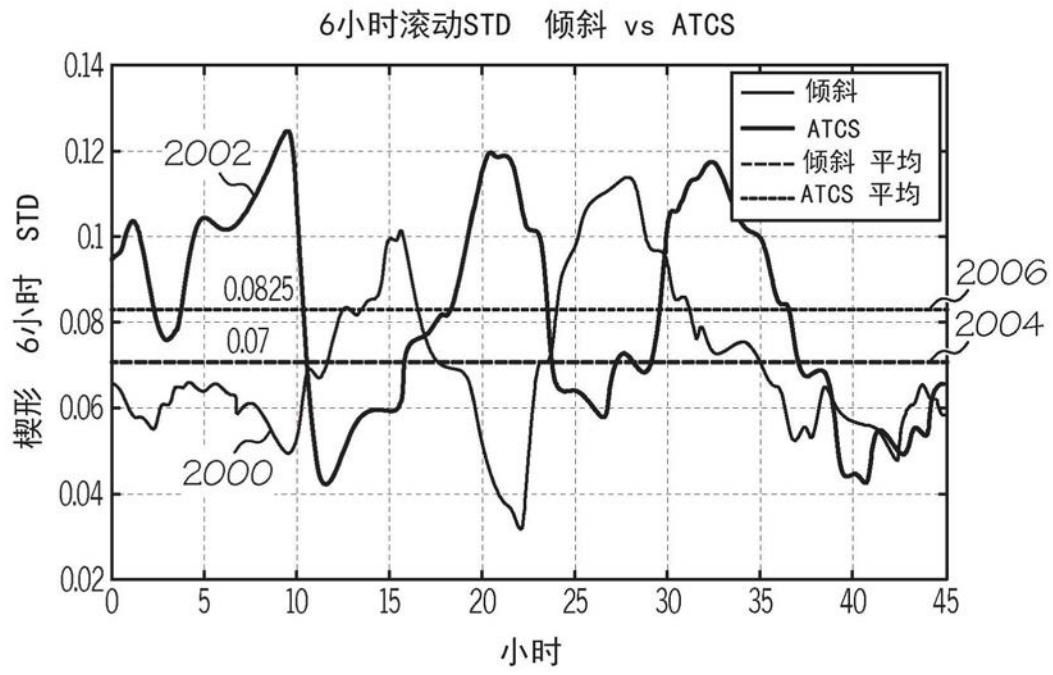


图20

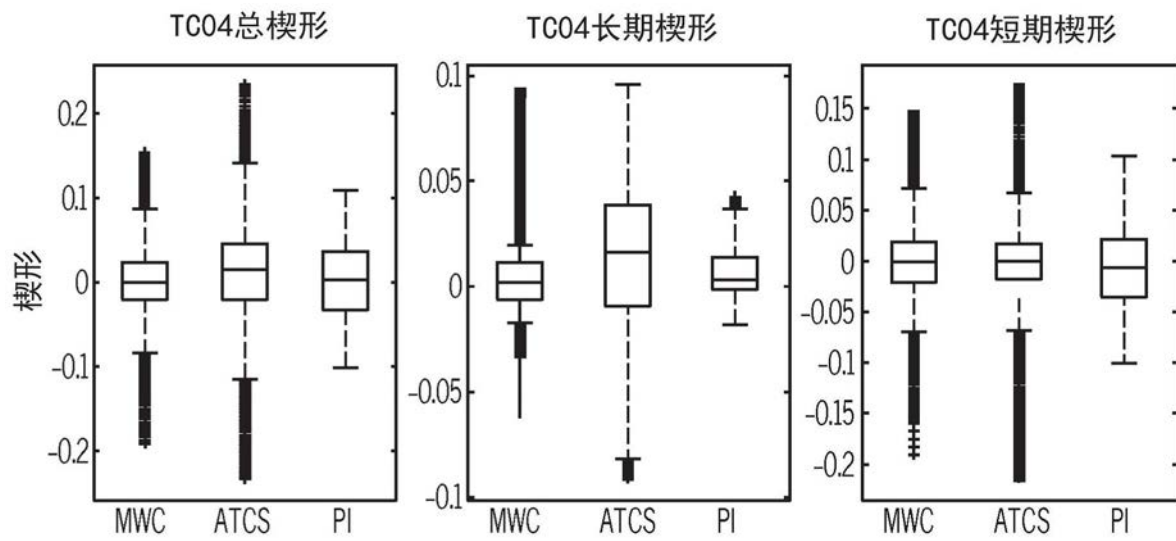


图21