



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102243080 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 16

(21) 申请号 201110103504. 2

(22) 申请日 2011. 04. 25

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 李慧 李立京 毕兰 张春熹

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有

限公司 11260

代理人 郑立明 陈亮

(51) Int. Cl.

G01C 25/00(2006. 01)

G01C 19/72(2006. 01)

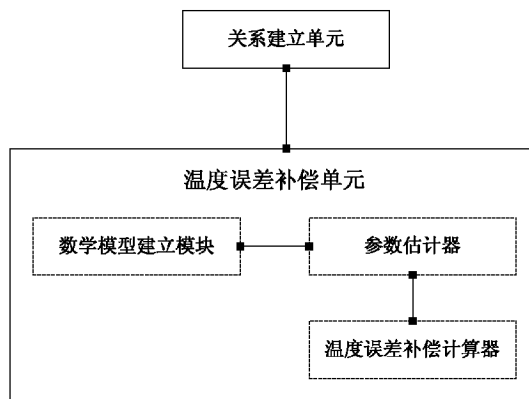
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法
及装置

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法及装置。所述方法首先获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;然后根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度补偿。本实施例通过分析光纤陀螺输出数据与温度的关系,以及采用自适应信号重构原理根据温度模型重构光纤陀螺输出数据,解决了温度变化使得光纤陀螺全温标度因数重复性变差的问题,优化了数字信号检测方案,提高了光纤陀螺的温度环境性能,对高精度光纤陀螺的工程化具有重要的意义。



1. 一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法,其特征在于,所述方法包括:

获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;

根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,具体包括:

环境温度为恒温点的实验数据测试,需测试的环境温度点为 -40 、 -20 、 0 、 $+25$ 、 $+40$ 、 $+60^{\circ}\text{C}$,需要记录恒温点的温度值与光纤陀螺输出数据的变化曲线,具体为每到温度测试点保温两个小时后,记录光纤陀螺内部温度值和在此温度下光纤陀螺的零偏与标度因数;

环境温度变化时的实验数据测试,需测试环境温度温变速率为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 或 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$,需要记录环境温度的温变速率与光纤陀螺输出数据的关系曲线。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿,具体包括:

根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过最佳平方逼近方法建立温度与光纤陀螺标度因数的数学模型,并选择全温理想的标度因数,取常温 $+25^{\circ}\text{C}$ 时的标度因数,设为 K_0 ,且 K_0 为已知量;

根据上述数学模型建立所述标度因数关于温度的参数估计器,该参数估计器根据实时测得的温度值预测出该温度点的标度因数,并设为 $K(t)$,将 $K(t)$ 和 K_0 送入计算器;

所述计算器根据选定的设计准则和所获得的参数估计值 $K(t)$,以及未调整的光纤陀螺输出数据 out_0 ,来计算出最优的光纤陀螺输出数据为 out ,具体通过如下公式计算:

$$out = out_0 * K_0 / K(t)$$

根据上述公式重构出最优的光纤陀螺输出数据 out ,实现对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

4. 一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测装置,其特征在于,所述装置包括:

关系建立单元,用于获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;

温度误差补偿单元,用于根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

5. 如权利要求 4 所述的装置,其特征在于,所述温度误差补偿单元包括:

数学模型建立模块,用于根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过最佳平方逼近方法建立温度与光纤陀螺标度因数的数学模型,并选择全温理想的标度因数,取常温 $+25^{\circ}\text{C}$ 时的标度因数,设为 K_0 ,且 K_0 为已知量;

根据上述所建立的数学模型建立所述标度因数关于温度的参数估计器,该参数估计器用于根据实时测得的温度值预测出该温度点的标度因数,并设为 $K(t)$,将 $K(t)$ 和 K_0 送入温度误差补偿计算器;

所述温度误差补偿计算器,用于根据选定的设计准则和所获得的参数估计值 $K(t)$,以及未调整的光纤陀螺输出数据 out_0 ,计算出最优的光纤陀螺输出数据为 out ,具体通过如下公式计算:

$$\text{out} = \text{out}_0 * K_0 / K(t)$$

所述温度误差补偿计算器根据上述公式重构出最优的光纤陀螺输出数据 out, 实现对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光纤陀螺技术领域,尤其涉及一种高精度光纤陀螺带温度补偿的数字信号检测方法及其装置。

背景技术

[0002] 目前,干涉式光纤陀螺是随着光纤传感技术的发展而发展起来的一种新型、高稳定性的角速度传感器。具有无转动部件、无须预热、结构简单、动态范围宽、启动时间短、抗电磁干扰和抗振动冲击能力强、制造成本低、体积小、重量轻、功耗低等优点,因此在惯性设备中具有相当强的竞争力。目前,国内外高精度光纤陀螺技术上相比,环境性能上的差距尤为突出,这些差距极大地限制了国内高精度光纤陀螺的实用化水平。

[0003] 为了满足实用化需要,一般要求光纤陀螺在较宽的工作温度范围(-40°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$)下都可以满足其性能指标的要求正常工作,以适应各个领域的应用。但是由于光源的波长 λ ,石英光纤线圈的几何参数D和L对环境温度都比较敏感,导致光纤陀螺的关键性能参数受环境温度变化的影响后零偏及零偏稳定性、全温标度因数重复性变差,制约了其实际应用。

[0004] 目前在现有技术中还没有从机理上解决温度对光纤陀螺性能影响的方案,如何提高高精度光纤陀螺的温度特性是目前迫切需要解决的关键技术问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法及其装置。能够提高高精度光纤陀螺在环境温度变化时的标度因数全温重复性,从而提高了系统的测量精度和温度性能。

[0006] 本发明实施例提供了一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法,所述方法包括:

[0007] 获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;

[0008] 根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0009] 所述获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,具体包括:

[0010] 环境温度为恒温点的实验数据测试,需测试的环境温度点为 -40 、 -20 、 0 、 $+25$ 、 $+40$ 、 $+60^{\circ}\text{C}$,需要记录恒温点的温度值与光纤陀螺输出数据的变化曲线,具体为每到温度测试点保温两个小时后,记录光纤陀螺内部温度值和在此温度下光纤陀螺的零偏与标度因数;

[0011] 环境温度变化时的实验数据测试,需测试环境温度温变速率为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 或 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$,需要记录环境温度的温变速率与光纤陀螺输出数据的关系曲线。

[0012] 所述通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿,具体包括:

[0013] 根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过最佳平方逼近方法建立温度与光纤陀螺标度因数的数学模型,并选择全温理想的标度因数,取常温 +25℃时的标度因数,设为 K_0 ,且 K_0 为已知量;

[0014] 根据上述数学模型建立所述标度因数关于温度的参数估计器,该参数估计器根据实时测得的温度值预测出该温度点的标度因数,并设为 $K(t)$,将 $K(t)$ 和 K_0 送入计算器;

[0015] 所述计算器根据选定的设计准则和所获得的参数估计值 $K(t)$,以及未调整的光纤陀螺输出数据 out_0 ,来计算出最优的光纤陀螺输出数据为 out ,具体通过如下公式计算:

$$[0016] \quad out = out_0 * K_0 / K(t)$$

[0017] 根据上述公式重构出最优的光纤陀螺输出数据 out ,实现对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0018] 本发明还提供了一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测装置,所述装置包括:

[0019] 关系建立单元,用于获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;

[0020] 温度误差补偿单元,用于根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0021] 所述温度误差补偿单元包括:

[0022] 数学模型建立模块,用于根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过最佳平方逼近方法建立温度与光纤陀螺标度因数的数学模型,并选择全温理想的标度因数,取常温 +25℃时的标度因数,设为 K_0 ,且 K_0 为已知量;

[0023] 根据上述所建立的数学模型建立所述标度因数关于温度的参数估计器,该参数估计器用于根据实时测得的温度值预测出该温度点的标度因数,并设为 $K(t)$,将 $K(t)$ 和 K_0 送入温度误差补偿计算器;

[0024] 所述温度误差补偿计算器,用于根据选定的设计准则和所获得的参数估计值 $K(t)$,以及未调整的光纤陀螺输出数据 out_0 ,计算出最优的光纤陀螺输出数据为 out ,具体通过如下公式计算:

$$[0025] \quad out = out_0 * K_0 / K(t)$$

[0026] 所述温度误差补偿计算器根据上述公式重构出最优的光纤陀螺输出数据 out ,实现对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0027] 由上述本发明提供的技术方案可以看出,所述方法首先获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据,并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;然后根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系,通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度补偿。本实施例通过分析光纤陀螺输出数据与温度的关系,以及采用自适应信号重构原理根据温度模型重构光纤陀螺输出数据,解决了温度变化使得光纤陀螺全温标度因数重复性变差的问题,优化了数字信号检测方案,提高了光纤陀螺的温度环境性能,对高精度光纤陀螺的工程化具有重要的意义。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用

的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图。

[0029] 图 1 为本发明实施例所提供的高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法流程示意图;

[0030] 图 2 为本发明实施例所建立的未补偿的温度和标度因数关系示意图;

[0031] 图 3 为本发明实施例所提供的标度因数补偿方案的示意图;

[0032] 图 4 为本发明实施例所提供标度因数全温补偿效果的实验数据图;

[0033] 图 5 为本发明实施例所提供高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测装置的结构示意图。

具体实施方式

[0034] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0035] 本发明实施例通过分析光纤陀螺输出数据与温度的关系,以及采用自适应信号重构原理根据温度模型重构光纤陀螺输出数据,解决了温度变化使得光纤陀螺全温标度因数重复性变差的问题,优化了数字信号检测方案,提高了光纤陀螺的温度环境性能,对高精度光纤陀螺的工程化具有重要的意义。

[0036] 下面将结合附图对本发明实施例作进一步地详细描述,本发明实施例研究如何通过理论分析与实验数据建立温度模型以及设计相应的补偿算法,其中温度模型建立的方法如下所示:

[0037] 根据光纤陀螺的工作原理可知:

$$D_{\text{out}}(t) = K(t) \Omega(t) \quad (1)$$

[0039] 其中, $\Omega(t)$ 为输入角速度, $D_{\text{out}}(t)$ 为光纤陀螺输出数据, $K(t)$ 为标度因数,

[0040] 当输入角速度 $\Omega(t)$ 恒定时,光纤陀螺输出数据 $D_{\text{out}}(t)$ 和标度因数 $K(t)$ 成正比,因此可以通过补偿光纤陀螺输出数据 $D_{\text{out}}(t)$ 来补偿标度因数 $K(t)$,在此原理下,根据自适应控制理论建立自适应信号重构系统。

[0041] 如图 1 所示为本发明实施例提供的高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测方法的流程示意图,所述方法包括:

[0042] 步骤 11:获得未补偿的光纤陀螺的内部温度和相应温度下的标度因数数据。

[0043] 在该步骤中,首先建立标度因数的温度补偿模型。在 -40°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 范围内,光纤陀螺的内部温度和陀螺输出数据的模型建立,所需要测量的温度实验数据包括:

[0044] 1、环境温度恒为恒温点时,建立光纤陀螺的温度模型需要测试的实验数据

[0045] 测试环境温度点为 -40 、 -20 、 0 、 $+25$ 、 $+40$ 、 $+60^{\circ}\text{C}$ 时,需要记录恒温点的温度值与光纤陀螺输出数据的变化曲线。实验方法为每到温度测试点保温两个小时后,记录光纤陀螺内部温度值和在此温度下陀螺的零偏与标度因数。

[0046] 2、环境温度变化时,建立光纤陀螺的温度模型需要测试的实验数据

[0047] 当测试环境温度在 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 或 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 变化时, 需要记录温度与光纤陀螺输出数据的变化曲线。

[0048] 通过以上两步试验数据得到未补偿的光纤陀螺的内部温度和相应温度下的标度因数数据, 建立温度和标度因数的关系如图 2 示。

[0049] 步骤 12: 根据光纤陀螺内部温度和标度因数的关系, 通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0050] 在该步骤中, 具体的补偿方案如图 3 所示, 图 3 中: 基于光纤陀螺温度模型来实现温度补偿, 具体温度补偿方案包括以下三步:

[0051] (1) 基于实验得到未补偿的陀螺的内部温度和相应温度下的标度数据的关系, 并通过最佳平方逼近方法建立温度与光纤陀螺标度因数的数学模型, 并选择全温理想的标度因数 (一般取常温 $+25^{\circ}\text{C}$ 时的标度因数, 设为 K_0 , K_0 为已知量)。

[0052] (2) 根据 (1) 中的数学模型建立标度因数关于温度的参数估计器, 该参数估计器根据实时测得的温度值预测出该温度点的标度因数, 并设为 $K(t)$, 将 $K(t)$ 和 K_0 送入计算器。

[0053] (3) 计算器根据选定的设计准则和 (2) 中获得的参数估计值 $K(t)$, 以及未调整的陀螺输出数据 out_0 , 来计算出最优的陀螺输出数据为 out , 计算器的设计准则:

[0054] out_0 与 out 的关系, 如公式 (2) 所示

$$[0055] \quad out = out_0 * K_0 / K(t) \quad (2)$$

[0056] 根据公式 (2) 重构出最优的陀螺输出数据 out 。可见, 此方案为根据自适应原理设计的光纤陀螺标度因数补偿的自适应信号重构系统。

[0057] 通过上述技术方案的实施, 就可以通过以上光纤陀螺温度模型以及信号处理方法解决了温度变化使得光纤陀螺全温标度因数重复性变差的问题, 优化了数字信号检测方案, 提高了光纤陀螺的温度环境性能, 对高精度光纤陀螺的工程化具有重要的意义。

[0058] 在具体实施过程中, 将带温度补偿的数字信号检测方法应用于高精度光纤陀螺得到的静态精度优于 $0.01\text{deg}/\text{h}$, 并且同一只高精度光纤陀螺具体的标度因数全温补偿前后效果实验数据图可以参考图 2 与图 4 所示, 可以看出: -40°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 范围内, 未采用本发明所述方法进行补偿的标度因数重复性大于 2000ppm , 如图 2 所示; 采用本发明所述带温度补偿的信号检测方法后, 标度因数重复性小于 50ppm , 如图 4 所示。并且通过工程化的大量高精度光纤陀螺的实验数据验证表明此方案是可行的, 可有效的优化高精度光纤陀螺全温的标度因数重复性指标。

[0059] 本发明实施例还提供了一种高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测装置, 如图 5 所示为本发明实施例所提供高精度光纤陀螺带温度补偿的信号检测装置的结构示意图, 所述装置包括:

[0060] 关系建立单元, 用于获得未补偿的光纤陀螺内部温度和相应温度下的标度因数数据, 并建立内部温度和相应温度下标度因数的关系;

[0061] 温度误差补偿单元, 用于根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系, 通过自适应信号重构原理对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0062] 另外, 所述温度误差补偿单元包括:

[0063] 数学模型建立模块, 用于根据所建立的光纤陀螺内部温度和标度因数的关系, 通

过最佳平方逼近方法建立温度与光纤陀螺标度因数的数学模型,并选择全温理想的标度因数,取常温 +25℃时的标度因数,设为 K_0 ,且 K_0 为已知量;

[0064] 根据上述所建立的数学模型建立所述标度因数关于温度的参数估计器,该参数估计器用于根据实时测得的温度值预测出该温度点的标度因数,并设为 $K(t)$,将 $K(t)$ 和 K_0 送入温度误差补偿计算器;

[0065] 所述温度误差补偿计算器,用于根据选定的设计准则和所获得的参数估计值 $K(t)$,以及未调整的光纤陀螺输出数据 out_0 ,计算出最优的光纤陀螺输出数据为 out ,具体通过如下公式计算:

$$[0066] \quad out = out_0 * K_0 / K(t)$$

[0067] 所述温度误差补偿计算器根据上述公式重构出最优的光纤陀螺输出数据 out ,实现对光纤陀螺的输出数据进行温度误差补偿。

[0068] 值得注意的是,上述装置实施例中,所包括的各个单元只是按照功能逻辑进行划分的,但并不局限于上述的划分,只要能够实现相应的功能即可;另外,各功能单元的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本发明的保护范围。

[0069] 综上所述,本发明实施例能够提高高精度光纤陀螺在环境温度变化时的标度因数全温重复性,使得高精度光纤陀螺系统具有较强的环境抑制能力,提高了系统的测量精度和温度性能。

[0070] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

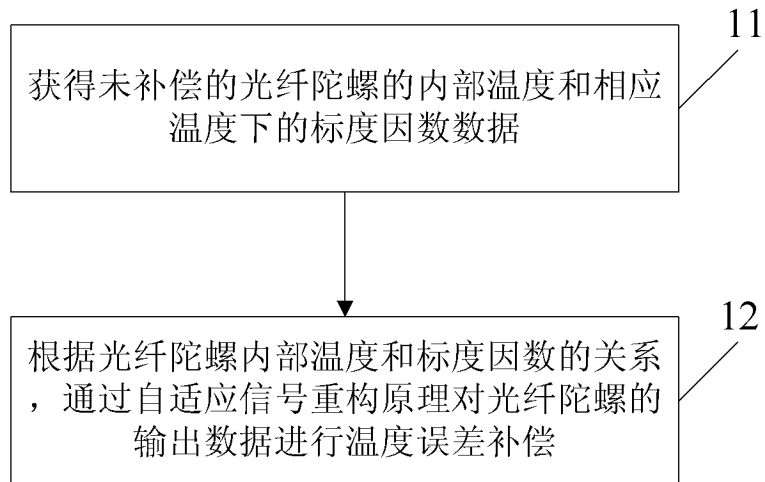


图 1

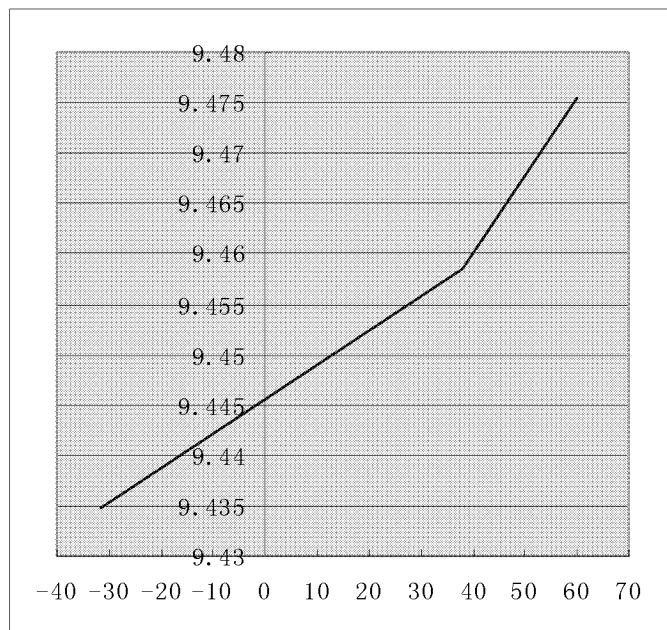


图 2

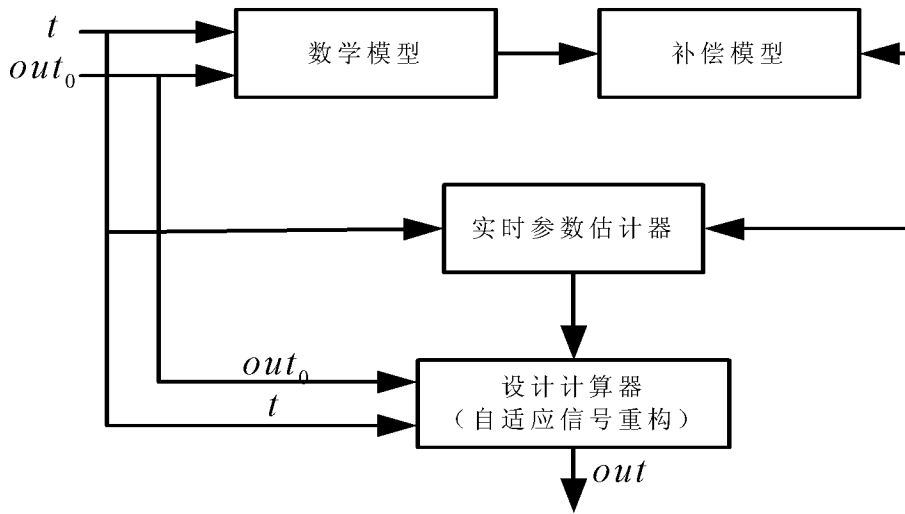


图 3

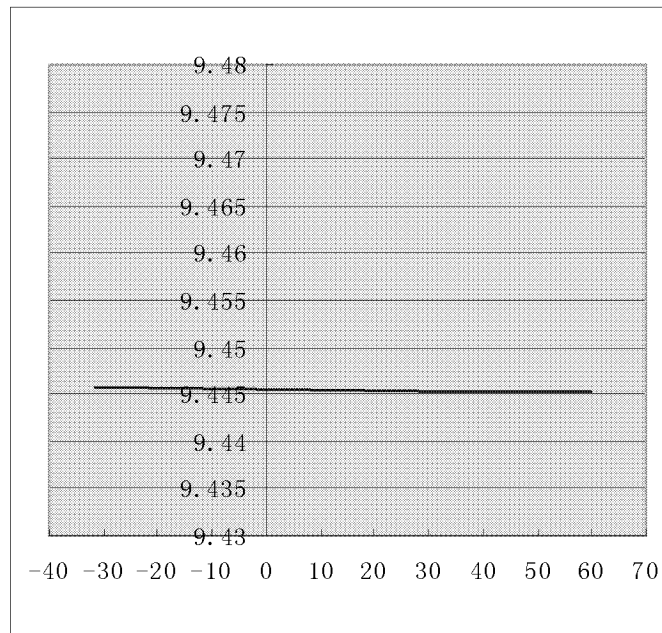


图 4

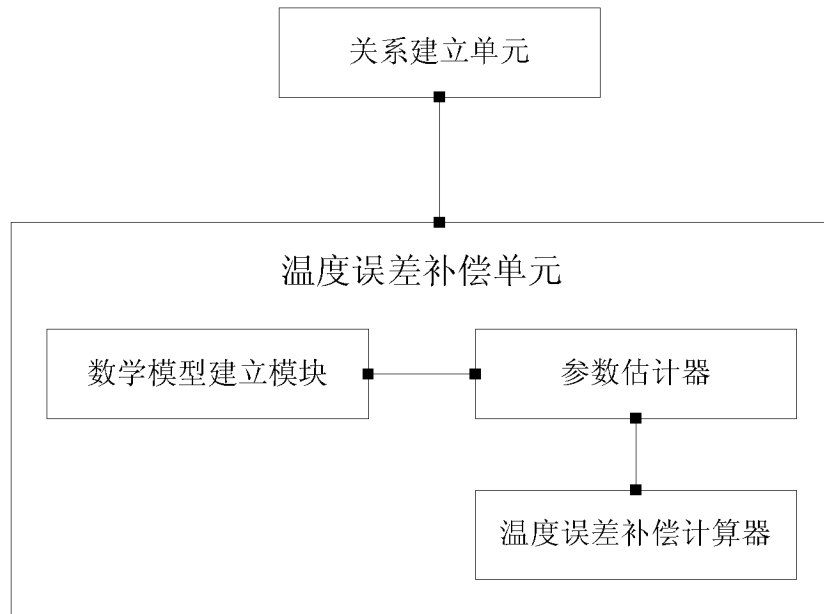


图 5