

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01B 21/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510035936.9

[45] 授权公告日 2009年2月18日

[11] 授权公告号 CN 100462677C

[22] 申请日 2005.7.8

[21] 申请号 200510035936.9

[73] 专利权人 鸿富锦精密工业(深圳)有限公司
地址 518109 广东省深圳市宝安区龙华镇
油松第十工业区东环二路2号

共同专利权人 鸿海精密工业股份有限公司

[72] 发明人 张旨光 阳华伟

[56] 参考文献

EP0373309A1 1990.6.20

CN1542628A 2004.11.3

US4939678 1990.7.3

CN1374502A 2002.10.16

US4782598 1988.11.8

审查员 汪平平

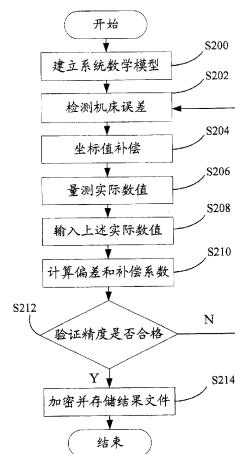
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

[54] 发明名称

三坐标测量机床误差补偿系统及方法

[57] 摘要

本发明提供一种三坐标测量机床误差补偿系统，该系统包括一输入/输出模块、一计算模块、一数据安全模块、一数据存储模块。输入/输出模块用于数据采集和误差补偿结果输出；计算模块用于误差补偿计算和返回前坐标值的计算；数据安全模块用于测量和计算过程中的文件进行加密和解密，以确保文件的安全性。数据存储模块用于测量计算过程中所产生的各种结果文件的暂存，其包括各项参数及补偿文件的存储。本发明还提供一种三坐标测量机床误差补偿方法。本发明的三坐标测量机床误差补偿系统及方法，能快速大范围的补偿三坐标测量机床误差，且降低了机构的加工成本，提高了机台量测精度。



- 1.一种三坐标测量机床误差补偿系统，其特征在于，该系统包括：
 - 一输入/输出模块，用于误差数据采集和输出误差补偿结果；
 - 一计算模块，用于计算上述误差数据对应的坐标值所在的区间，计算各轴坐标值的总误差，将各轴坐标值加上上述总误差并乘以相应的线性系数以得到补偿后的坐标值，计算所述三坐标量测机床上—标准件实际数值的偏差，并根据该偏差和三坐标测量机床的精度规格验证所述偏差的精度是否合格，及进行返回前坐标值的计算；及
 - 一数据存储模块，用于计算过程中所产生的各种结果的暂存，其包括各项参数及补偿文件的存储。
- 2.如权利要求1所述的三坐标测量机床误差补偿系统，其特征在于，还包括一数据安全模块，用于对测量和计算过程中的结果和文件进行加密和解密，确保文件的安全性。
- 3.如权利要求2所述的三坐标测量机床误差补偿系统，其特征在于，其中所述的数据安全模块采用二进制数据流加密补偿文件，确保文件的安全性，其包括加密参数设定、数据加密和数据解密。
- 4.如权利要求1所述的三坐标测量机床误差补偿系统，其特征在于，其中所述的输入/输出模块采集的数据包括原始误差和线性系数相关数据。
- 5.如权利要求1所述的三坐标测量机床误差补偿系统，其特征在于，其中所述计算模块进行的误差补偿计算包括单项误差计算、总误差计算和垂直度误差计算。
- 6.一种三坐标测量机床误差补偿方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：
 - 建立系统数学模型；
 - 采用校正标准设备检测并获取机床的误差坐标值；
 - 计算上述误差坐标值所在的区间；
 - 计算单项误差并计算各轴座标值的总误差；
 - 将各坐标值加上上述总误差并乘以线性系数，得到补偿后的坐标

值;

在所述三坐标测量机台上量测一标准件的实际数值;

计算所述实际数值的偏差和补偿系数;

通过将计算出的偏差与所述三坐标测量机床的精度规格进行比较,以验证所述计算出的偏差的精度是否合格;

若上述计算出的偏差小于精度规格,则认为该验证精度合格;

若上述计算出的偏差大于精度规格,则重复检测机床误差并补偿。

7. 如权利要求6所述的三坐标测量机床误差补偿方法,其特征在于,所述机床误差包括三坐标测量机床的位置度误差、直线度误差和角摆误差。

8. 如权利要求6所述的三坐标测量机床误差补偿方法,其特征在于,所述量测实际数值指由量测软件测试得到标准件的结果。

9. 如权利要求6所述的三坐标测量机床误差补偿方法,其特征在于,所述偏差指量测实际数值与标准件的真实值之差。

10. 如权利要求6所述的三坐标测量机床误差补偿方法,其特征在于,所述单项误差指三坐标测量机床三轴的各项误差,其包括所述位置度误差、直线度误差及角摆误差。

11. 如权利要求6所述的三坐标测量机床误差补偿方法,其特征在于,还包括一步骤:返回补偿前坐标值。

12. 如权利要求11所述的三坐标测量机床误差补偿方法,其特征在于,其中返回补偿前坐标值的步骤包括:

读取上述补偿后的坐标值;

计算上述坐标值所在的区间;

计算单项误差,该单项误差指三坐标测量机床三轴的各项误差,其包括位置误差、直线度误差及角摆误差;

计算各轴坐标值的总误差;

将各坐标值除以线性系数并减去上述总误差,返回补偿前坐标。

三坐标测量机床误差补偿系统及方法

【技术领域】

本发明是关于一种误差补偿系统及方法，尤其是关于一种三坐标测量机床误差补偿系统及方法。

【背景技术】

三坐标测量机(Coordinate Measurement Machine)，是目前使用最广泛的大型通用检测仪器，主要有龙门式、立柱式、机器臂式等几种。三坐标测量机用于零件和部件的尺寸误差和形位误差的测量，对保证产品的质量起着重要的作用。

三坐标测量机的测量精度较普通量具测量准确，但其必定存在测量误差。随着生产的发展，对测量精度的要求也越来越高。因此，为了使三坐标测量机的测量结果最大限度地满足机械设计、制造、检验的需要，必须分析三坐标测量机测量误差产生的原因。通常，三坐标测量机的测量误差主要分为五个方面，即测量方法误差、测量环境误差、测量人员误差、被测工件本身误差及三坐标测量机设备误差。其中，测量方法误差是因为测量者所选用的检测原则不正确，选用的方法不完善、不严密、不确切的缘故。测量环境误差和测量人员误差很容易得到解决。因三坐标测量机测量工件时均是测量工件上若干点，然后对测量的数据进行分析计算得出测量结果，被测工件本身的表面粗糙度和形状精度对测量误差造成了影响，因此，对被测工件，特别是对高精度的工件，必须要使工件的表面粗糙度与尺寸精度、形状精度、位置精度相匹配。由于光栅尺读数系统的误差和三坐标测量机床的机构加工装配误差(如导轨系统的不完善)，严重影响量测精度，传统的做法是通过调整机构部分来补偿误差。此方法费时，且效果不明显。

因此，需要一种系统可以在三坐标测量机量测零件或部件的尺寸误差及形位误差时对误差进行良好的补偿，提高测量的准确度及缩短

测量时间。

【发明内容】

本发明较佳实施例提供一种三坐标测量机床误差补偿系统，该系统包括一输入/输出模块，用于误差数据采集和输出误差补偿结果；一计算模块，用于计算上述误差数据对应的坐标值所在的区间，计算各轴坐标值的总误差，将各轴坐标值加上上述总误差并乘以相应的线性系数以得到补偿后的坐标值，计算所述三坐标量测机床上一标准件实际数值的偏差，并根据该偏差和三坐标测量机床的精度规格验证所述偏差的精度是否合格，及进行返回前坐标值的计算；一数据安全模块，用于对测量和计算过程中的文件进行加密和解密，以确保文件的安全性；及一数据存储模块，用于测量计算过程中所产生的各种结果文件的暂存，其包括各项参数及补偿文件的存储。

本发明较佳实施例还提供一种三坐标测量机床误差补偿方法，该方法包括如下步骤：建立系统数学模型；采用校正标准设备检测并获取机床的误差的坐标值，所述误差包括三坐标测量机床的机构加工装配误差和光栅尺读数的原始误差；计算上述误差坐标值所在的区间；计算单项误差并计算各轴坐标值的总误差；将各坐标值加上上述总误差并乘以线性系数，得到补偿后的坐标值；采用量测软件测试标准件得到量测实际数值；将上述量测实际数值输入到输入/输出模块；计算所述量测实际数值的偏差和补偿系数；通过将计算出的偏差与三坐标测量机床的精度规格进行比较，以验证所述量测实际数值的偏差精度是否合格；若上述偏差小于精度规格，则认为该验证精度合格；若上述偏差大于精度规格，则重复检测机床误差并补偿。

相较现有技术，所述三坐标测量机床误差补偿系统及方法，利用校正设备，如镭射干涉仪，测得机构和光栅尺读数的原始误差，并通过补偿函数能精确补偿三坐标测量机床线性和非线性变化的定位误差、直线运动误差、角运动误差及垂直误差。其补偿范围广，速度快，且降低了机构的加工成本，提高了机台量测精度。

【附图说明】

图1是本发明三坐标测量机床误差补偿系统较佳实施例的硬件架

构图。

图 2 是本发明三坐标测量机床误差补偿系统客户端计算机的功能模块图。

图 3 是本发明三坐标测量机床误差补偿方法较佳实施例的作业流程图。

图 4 是本发明三坐标测量机床误差补偿方法较佳实施例的机床误差补偿作业流程图。

图 5 是本发明三坐标测量机床误差补偿方法较佳实施例的返回补偿前坐标值作业流程图。

【具体实施方式】

如图 1 所示，是本发明三坐标测量机床误差补偿系统较佳实施例的硬件架构图。该三坐标量测机床误差补偿系统 4 包括一三坐标测量机床 1、一校正标准设备 2 及至少一客户端计算机 3。三坐标测量机床 1 包括一导轨系统 10，其是导致三坐标测量机床产生机构加工装配误差的主要原因。校正标准设备 2，如镭射干涉仪等，用于检测三坐标测量机床 1 的位置度误差、直线度误差和角摆误差。客户端计算机 3 提供一操作界面，用于三坐标测量机床误差补偿，其包括一量测软件 30 的操作运行，该量测软件 30 用于测量标准件（如块规等）得到量测实际数值。

如图 2 所示，是本发明三坐标测量机床误差补偿系统客户端计算机的功能模块图。该客户端计算机 3 包括一输入/输出模块 40、一计算模块 42、一数据安全模块 44 及一数据存储模块 46。输入/输出模块 40，用于数据采集和输出误差补偿结果，其中，数据采集包括原始误差采集和线性系数相关数据采集，所述原始误差指直接用镭射干涉仪等校正标准设备 2 测得三坐标测量机床 1 的位置度误差、直线度误差和角摆误差，所述线性系数相关数据指量测软件 30 通过测试三坐标测量机床 1 上的标准件（如块规等）得到的结果。计算模块 42，用于误差补偿计算和坐标值返回计算。误差补偿计算包括单项误差计算、垂直度误差计算和总误差计算。其中，各轴的单项误差采用线性插补的方法计算，所述单项误差指三坐标测量机床 1 的 X、Y、Z 垂直度误

差、位置度误差、移动产生的直线误差、自转误差、偏摆误差及俯仰误差等；垂直度误差计算采用直线摊合函数，使用最小二乘法计算；总误差计算指把单项误差和垂直度误差按照其相互影响关系计算出来，例如，设 X、Y 和 Z 为坐标值， D_{xx} 为 X 轴的位置度， D_{xy} 和 D_{xz} 为 X 轴移动产生的直线误差， R_{xx} 为 X 轴自转误差， R_{xy} 为 X 轴的偏摆误差， R_{xz} 为 X 轴的俯仰误差， S_{xy} 和 S_{xz} 为垂直度误差，则 X 轴总误差

$$\Delta X = D_{yx} - D_{xx} + D_{zx} - Y * S_{xy} - Z * S_{xz} + R_{xz} + Z * (R_{yy} - R_{xy});$$

坐标值返回计算采用多次逼近的方法。数据安全模块 44，通过二进制数据流加密补偿文件，用于确保文件的安全性。该数据安全模块 44 用于对测量和计算过程中产生的文件进行加密和解密，该数据安全模块 44 包括三项内容，即加密参数设定、数据加密及数据解密。其中，加密参数设定主要是密钥和初始化向量、加密方法和加密算法等的设定。三坐标测量机床误差补偿系统 4 中的加密算法采用对称演算法，该对称演算法在加密及解密资料时使用相同的密钥和初始化向量。数据加密和解密指首先把文件转成文件流，然后转换为加密流，最后转换成二进制数据流。数据存储模块 46，用于测量计算过程中所产生的各种结果文件的暂存，其包括各种参数及补偿文件的存储。

如图 3 所示，是本发明三坐标测量机床误差补偿方法较佳实施例的作业流程图。首先，通过数学方法建立系统数学模型（步骤 S200）。并用镭射干涉仪等校正标准设备 2 检测三坐标测量机床 1 的位置度误差、直线度误差和角摆误差（步骤 S202）。对上述误差的坐标值进行误差补偿（步骤 S204）。通过量测软件 30 在三坐标测量机床 1 上测试标准件得到量测实际数值，上述测试标准件指块规等（步骤 S206）。将上述量测实际数值输入到输入/输出模块 40（步骤 S208）。计算模块 42 计算量测数值偏差和补偿系数，该量测数值偏差指量测实际数值与标准件的真实值之差，所述补偿系数包含线性变化的光学尺位置误差和两轴间的垂直误差系数，例如，XY、YZ、ZX 之间的垂直度（步骤 S210）。验证精度是否合格，即比较量测数值偏差与设备厂商提供的机床精度规格，若量测数值偏差小于该精度规格，则认为验证精度合格；若量测数值偏差大于上述精度规格，则返回步骤 S202，重新对

机床误差进行检测和补偿，直到验证精度合格（步骤 S212）。精度验证合格后，加密并存储上述验证结果文件（步骤 S214）。

如图 4 所示，是本发明三坐标测量机床误差补偿方法较佳实施例的机床误差补偿作业流程图。读取步骤 S202 所检测出的机床误差数值（步骤 S20400）。将上述误差数值的坐标值输入到输入/输出模块 40（步骤 S20402）。计算坐标值所在区间（步骤 S20404）。使用线性插补的方法计算单项误差，上述线性插补是指按一定比例得到两个节点之间的数值，例如，间隔为 30，在 30 处偏差是 0.03，在 60 处的偏差是 0.05，则在 40 处的偏差 $W=(0.05-0.03)/30*(40-30)+0.03$ （步骤 S20406）。计算各轴坐标值的总误差 E（步骤 S20408）。各坐标值加上 E 得到 N（步骤 S20410）。然后 N 乘以各轴线性系数，得到补偿后的坐标值（步骤 S20412）。

如图 5 所示，是本发明三坐标测量机床误差补偿方法较佳实施例的返回补偿前坐标值作业流程图。返回补偿前坐标值本身对三坐标测量机床的误差补偿没有直接意义，其主要用于三坐标测量机床的运行。返回补偿前坐标值采用多次逼近的方法得到原始坐标值，上述原始坐标值指没有补偿过的坐标值。例如，原始值为 100，补偿后的值为 100.1，第一次执行完返回补偿前坐标值后得到 100.05，则需要第二次返回补偿，直到得到原始值 100。首先，读取上述补偿过后的坐标值（步骤 S300）。将其输入到输入/输出模块 40（步骤 S302）。计算该坐标值所在区间（步骤 S304）。使用线性插补的方法计算单项误差（步骤 S306）。计算各轴坐标值的总误差 E（步骤 S308）。用各坐标值除以线性系数得到 N（步骤 S310）。N 减去总误差 E 得到返回补偿前的坐标值（步骤 S312）。

在步骤 S20406 和步骤 S306 中，单项误差指三坐标测量机床 X、Y、Z 三轴的各项误差，其包括位置误差、直线度误差和角摆误差。上述位置误差包括三坐标测量机床所使用的光栅尺的读数系统误差和阿贝误差，所述阿贝误差指测量线和光栅尺不在同一直线上所产生的误差。上述直线度误差指沿一个轴方向移动时，会在其它两个方向产生直线度误差，例如，当沿 X 轴移动时，会产生 Y 和 Z 方向的直线

度误差。上述角摆误差指每个轴运动时，绕三根轴自转、俯仰和偏摆所产生的误差。

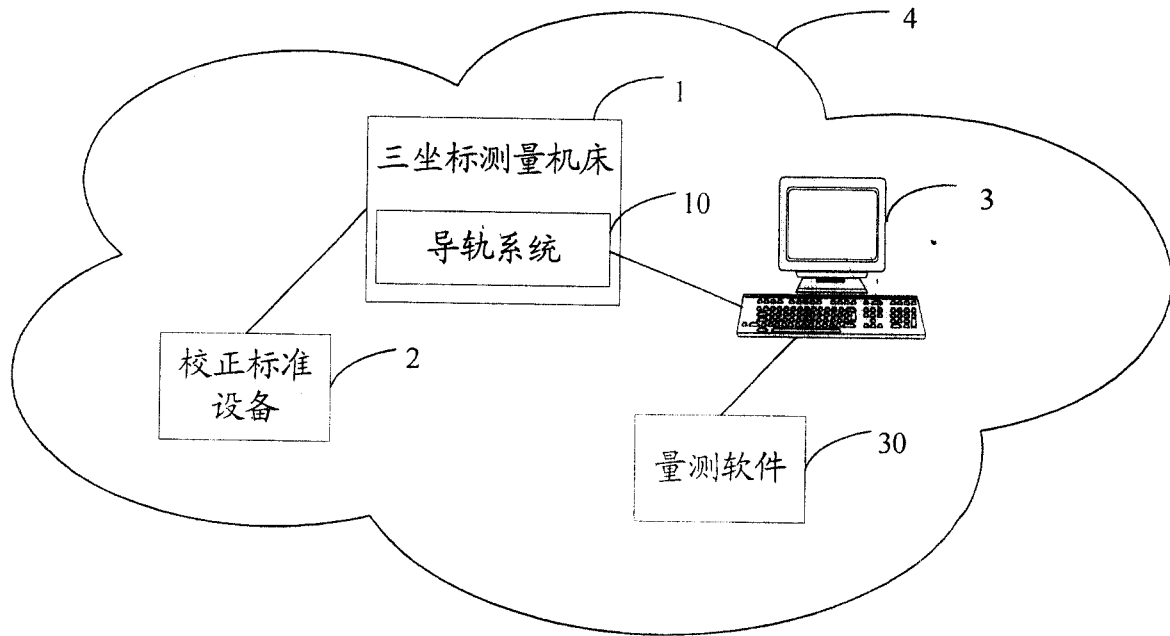


图 1

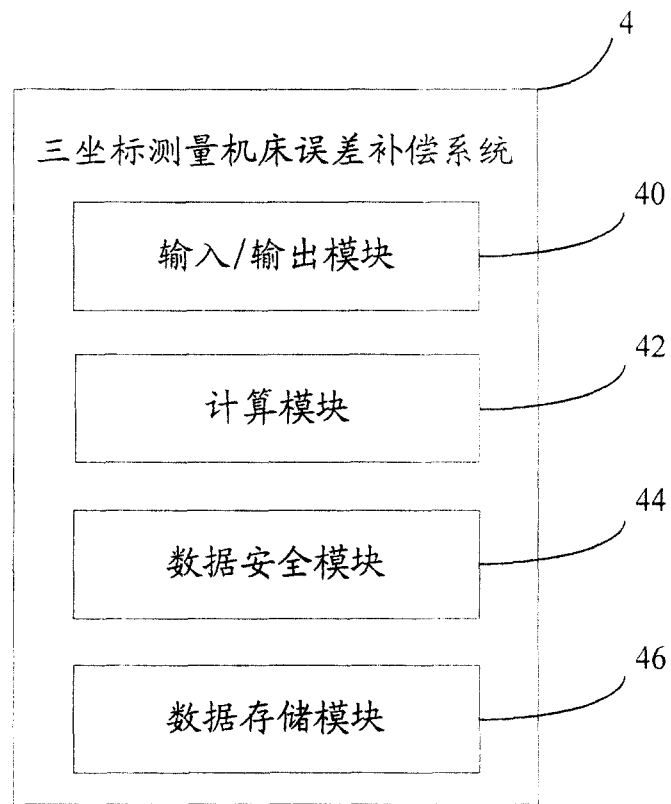


图 2

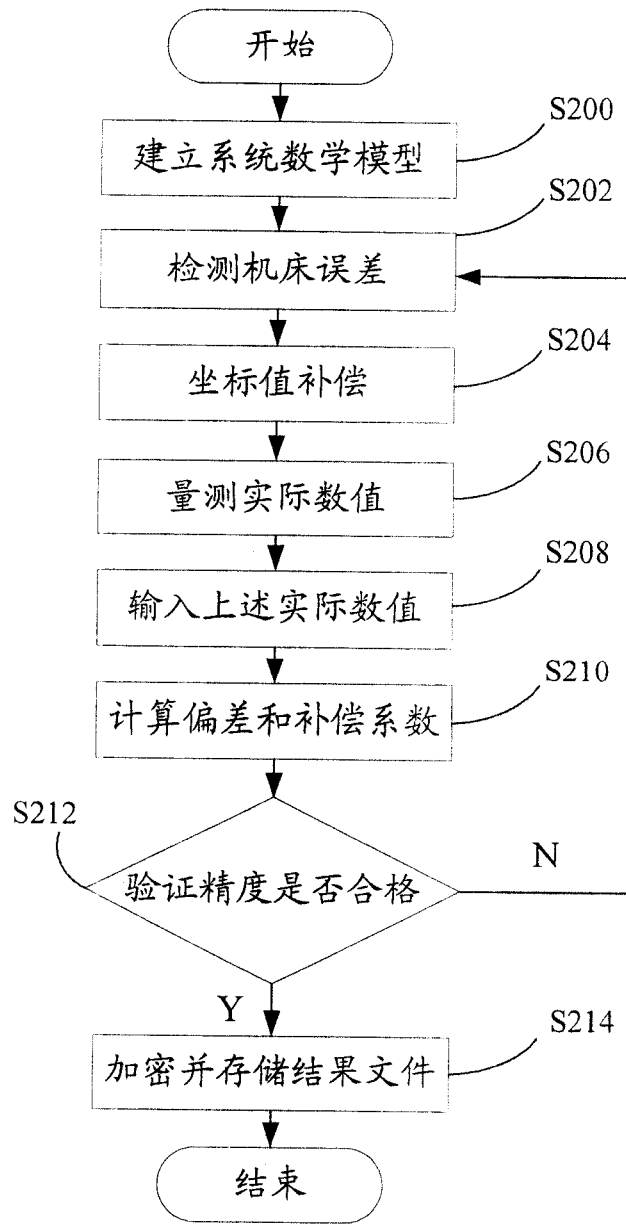


图 3

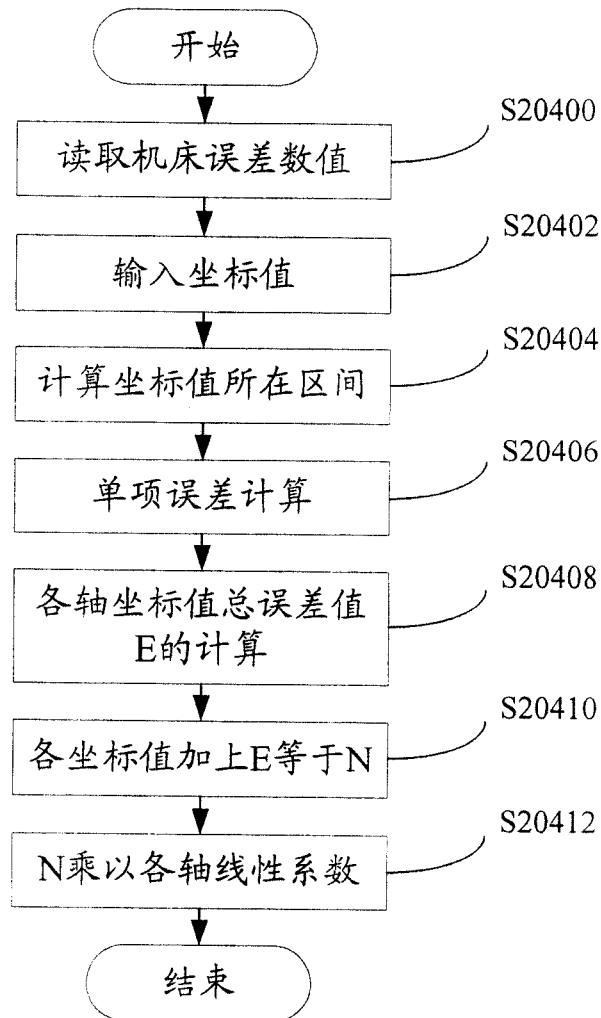


图 4

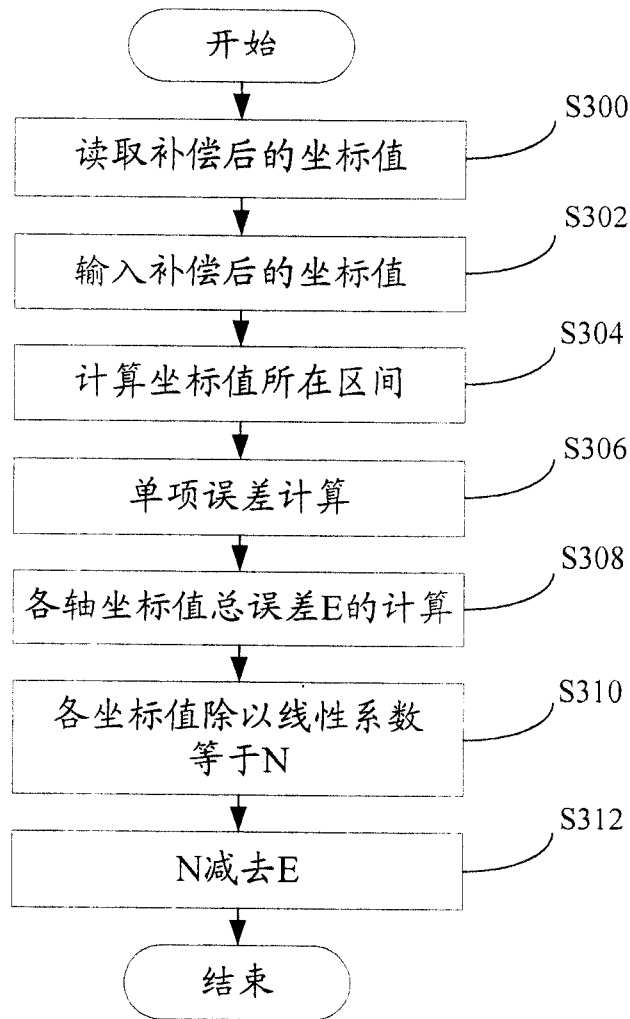


图 5