



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109343473 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201811127646.0

(22)申请日 2018.09.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109343473 A

(43)申请公布日 2019.02.15

(73)专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72)发明人 王红才

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.

G05B 19/41(2006.01)

(56)对比文件

CN 107229240 A, 2017.10.03,

RU 2267221 C1, 2005.12.27,

CN 102615647 A, 2012.08.01,

JP 3640909 B2, 2005.04.20,

王宝仁.级联式多轴运动控制系统及其同步策略.《计算机集成制造系统》.2017,第23卷(第11期),第2467-2474页.

审查员 董海英

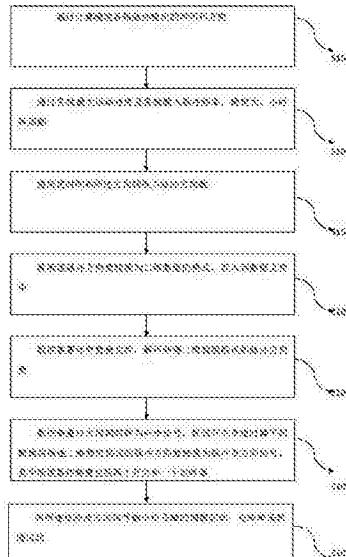
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动的控制方法

(57)摘要

发明公开了一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动控制方法,最终目的是向各轴的伺服驱动输出脉冲序列及方向信号。通过计算确定脉冲输出时间及方向;根据各轴最大运动速度和输入脉冲范围,确定大小时钟周期,将时间和方向信号转换为脉冲方向数,以二维数组的形式存放在数据文件中;数控装置读取、解析数据文件中二维数组格式的脉冲方向数,经过其开关及定时器,以大周期时钟为同步信号,不间断地将二维数组格式的脉冲方向数转换为脉冲及方向信号,输出给各轴的伺服驱动,完成轨迹运动。本发明通过计算和硬件同步输出方式,实现了高速与高精度多轴同步运动控制,并且通过高速提高了加工效率,高精度提高了产品的加工质量。



1. 一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动控制方法，其特征在于，包括以下步骤：
通过计算确定各轴脉冲输出的时间和方向；
通过各轴最大运动速度及各轴输入脉冲频率，确定大、小时钟周期；
将所述时间和所述方向转换为脉冲方向数；
将所述脉冲方向数转换为二维数组的格式，存入到数据文件中；
数控装置读取数据文件，解析获得二维数组格式的脉冲方向数；
数控装置以大周期时钟为同步信号，经过开关及定时器不间断地将所述二维数组格式的脉冲方向数转换为脉冲及方向信号，其中，所述数控装置包括两个开关和一个定时器；
将所述脉冲及方向信号输出给各轴的伺服驱动，完成单条轨迹运动。
2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述脉冲输出的时间和方向是根据轨迹、速度、加速度及各轴的脉冲当量，计算获得。
3. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述脉冲方向数长度用字节长度来表示，所述字节长度至少包括以下之一：
8bit、16bit、24bit或32bit。
4. 根据权利要求3所述的方法，其特征在于，脉冲方向数长度中最高位的1bit表示方向信号，其余位表示小时钟周期数。
5. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述大时钟周期为小时钟周期的N1倍，脉冲当量以最快速度移动所需时间是小时钟周期的N2倍，N1小于N2，保证每轴在每个大时钟周期内输出的脉冲及方向信号最多只有一个。
6. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述数据文件中包含多个单条轨迹的数据。
7. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述两个开关中，一个开关受脉冲方向数的方向控制，用于给各轴的伺服驱动输出方向信号；
另一个开关受脉冲输出时刻控制，在大时钟周期内有脉冲输出时，开关处于打开状态，定时器开始工作，在大时钟周期内没有脉冲输出时，开关处于关闭状态，定时器停止工作。
8. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述数控装置通过DMA及双缓冲区方式将数据文件载入内存。
9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述双缓冲区方式是将内存缓冲区分为上下两个半区，将所述数据文件中的数据填充上半区，在上半区的数据传输到数控装置中的同时，数据填充入下半区，当下半区的数据传输到数控装置中的同时，数据填充上半区，如此循环，直至将数据文件中的表示单段轨迹的二维数组传输完。

一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及数控技术领域,特别是一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动控制方法。

背景技术

[0002] 数控技术是采用数字控制方法对位置、角度、速度等物理量及其他开关量实现自动控制技术,是现代先进制造技术的重要组成部分。数控系统一般都是指计算机数控系统,是用计算机实现数值控制的系统。计算机数控系统主要包括输入输出装置、数控装置和伺服驱动三部分,这是数控技术的核心。

[0003] 一般的计算机数控系统都有插补器,简单的有直线插补和圆弧插补,复杂的有螺旋线插补、样条曲线插补等。插补的目的是将曲线的起点、终点之间的轨迹进行数据密化。一般采用软、硬件插补相结合的方法,软件完成粗插补机数据增量插补,硬件完成精插补及脉冲增量插补。插补的最终结果是想各轴输出脉冲序列及相应方向信号,每个脉冲代表最小位移及脉冲当量,脉冲数量代表运动的位移量,脉冲的频率代表运动的速度。

[0004] 目前的CNC系统,因插补给实现高速高精度带来了不利影响:

[0005] 粗插补的近似处理带来位移的误差,不利高精度。如专利:基于插补精度和加速度限制的变插补周期曲线插补方法(CN201210369252.2),用大量微小直线段逼近待插补曲线,带来位移的误差。

[0006] 精插补将相邻输出脉冲间隔处理成插补周期的整数倍,带来时间的误差,不利高精度。如专利:一种高精度变插补周期的多轴联动运动控制方法(CN201310238069.3),粗插补周期虽可变,精插补周期是固定的,带来时间的误差。

[0007] 插补在线运算影响了插补周期的缩短,不利高速度。

[0008] 如果能规避插补的不足,高速精确地给各轴输出脉冲序列,对实现CNC系统的高速高精度加工有重要意义。

发明内容

[0009] 为了解决上述问题中出现的位移误差,时间误差,在线运算影响了插补周期等问题,本发明提供了一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动的控制方法,弥补了上述问题的缺陷,实现各轴输出脉冲序列的高速高精度。

[0010] 通过离线计算,获得各轴按先后顺序排列的脉冲方向数,组成一个二维数组存入数据文件中,作为计算机数控系统的输出信息,数控装置根据数据文件中的数据给各轴的伺服驱动高速精确地输出脉冲序列和方向。具体方案如下:

[0011] 一种基于双时钟的高速高精度多轴同步运动控制方法,包括以下步骤:

[0012] 通过计算确定各轴脉冲输出的时间和方向;

[0013] 通过各轴最大运动速度及各轴输入脉冲频率,确定大、小时钟周期;

[0014] 将所述时间和所述方向转换为脉冲方向数;

- [0015] 将所述脉冲方向数转换为二维数组的格式,存入到数据文件中;
- [0016] 数控装置读取数据文件,解析获得二维数组格式的脉冲方向数;
- [0017] 数控装置根据大周期时钟为同步信号,经过开关及定时器不间断地将所述二维数组格式的脉冲方向数转换为脉冲及方向信号,其中所述数控装置包括两个开关和一个定时器;
- [0018] 将所述脉冲及方向信号输出给各轴的伺服驱动,完成单条轨迹运动。
- [0019] 具体地,所述各轴脉冲输出的时间和方向是根据轨迹、速度、加速度及各轴脉冲当量,通过计算获得。
- [0020] 具体地,所述脉冲方向数长度用字节长度表示,字节长度至少包括以下之一:8bit、16bit、24bit或32bit。
- [0021] 具体地,脉冲方向数中最高位的1bit表示方向信号,其余位用来表示小时钟周期数。
- [0022] 具体地,所述大时钟周期为小时钟周期的N1倍,以最快的速度移动的脉冲当量所需时间为小时钟周期的N2倍,N1小于N2,保证每轴在每个大时钟周期内输出的脉冲最多只有一个。
- [0023] 具体地,所述数据文件包含多个单条轨迹的数据。
- [0024] 具体地,所述两个开关中,一个开关受脉冲方向数的方向控制,用于给各轴的伺服驱动输出方向信号;
- [0025] 另一个开关受脉冲输出时刻控制,在大时钟周期内有脉冲输出时,开关处于打开状态,定时器开始工作,在大时钟周期内没有脉冲输出时,开关处于关闭状态,定时器停止工作。
- [0026] 具体地,数控装置通过DMA及双缓冲区方式载入内存。
- [0027] 具体地,所述双缓冲区方式是将内存缓冲区分为上下两个半区,先将所述数据文件中的数据填充上半区,在上半区的数据传输到数控装置中的同时,数据文件中的数据填充入下半区,当下半区的数据传输到数控装置中的同时,数据文件中的数据填充上半区,如此循环,直至将数据文件中表示单段轨迹的二维数组传输完。
- [0028] 本发明的有益效果如下:运动精度高,离线计算可采用各种复杂的算法,保证各轴各脉冲输出的位移精度和时间精度,双时钟方式输出各轴的脉冲,在不降低输出周期的同时提高了各轴输出脉冲的精度,增加了产品的加工品质;运动速度快,不需要在线计算,硬件输出可实现很高的输出频率,提高了加工效率;且便于多轴同步控制,只要按大时钟频率将数据文件中的二维数组经各轴的开关及定时器输出到各轴的伺服驱动,就能实现;设备成本低,离线计算放在设计阶段进行,数控装置不需要插补器。

附图说明

- [0029] 图1为本发明实施例的双轴联动位移图;
- [0030] 图2a为本发明实施例的合速度时间图;
- [0031] 图2b为本发明实施例的X轴速度时间图;
- [0032] 图2c为本发明实施例的Y轴速度时间图;
- [0033] 图2d为本发明实施例的X轴方向时序图;

- [0034] 图2e为本发明实施例的X轴脉冲时序图；
- [0035] 图2f为本发明实施例的Y轴方向时序图；
- [0036] 图2g为本发明实施例的Y轴脉冲时序图；
- [0037] 图3为本发明实施例的二维数组序列图；
- [0038] 图4为本发明实施例提供的一种多轴同步运动的控制方法流程图。

具体实施方式

[0039] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将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，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动成果前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0040] 图4为本发明实施例提供的一种多轴同步运动的控制方法的流程图，如图4所示，该方法具体包括：

[0041] S101、确定各轴脉冲输出的时间和方向；

[0042] 在本实施例中，X轴与Y轴组成直角坐标系，从原点出发，初速度为0，以 40m/s^2 的加速度运动 $5\mu\text{m}$ ，匀速运动 $5\mu\text{m}$ ，再以 -40m/s^2 的加速度运动 $5\mu\text{m}$ ，运动到坐标(12, 9)停止；然后，反向以 40m/s^2 的加速度运动 $5\mu\text{m}$ ，匀速运动 $5\mu\text{m}$ ，再以 -40m/s^2 的加速度运动 $5\mu\text{m}$ ，运动到原点停止，如图1所示；X轴最高速率为 16mm/s ，Y轴最高速率为 12mm/s ，通过离线计算，获得合速度时间图，X轴速度时间图和Y轴速度时间图，如图2a、2b、2c所示。

[0043] S102、通过各轴最大运动速度及各轴输入脉冲频率，确定大、小时钟周期；

[0044] 由于多轴运动轨迹的各轴输出脉冲不一定同步，每个轴都要有各自的数据文件，数控装置要分别处理各轴的脉冲和方向，这样不利于同步控制，也增加数控装置的复杂性。为了便于多轴实现同步运动，所以选用了大时钟周期和小时钟周期对脉冲输出时刻进行描述。因为脉冲输出时刻决定了控制精度，脉冲频率由最大运动速度决定，单用小时钟周期输出，小时钟控制精度，但是数据量大，单用大时钟周期输出，控制精度差，两者结合用大、小双时钟周期输出可兼顾速度与精度。

[0045] S103、将所述时间和所述方向转换为脉冲方向数；

[0046] 脉冲在大时钟周期内相对开始时刻出现的时刻是可变的，其值设为小时钟周期的 n_{ij} 倍， n_{ij} 的值为0至 N_1 ， n_{ij} 为0时其间无脉冲出现。将 n_{ij} 与1bit的相应方向信号组成脉冲方向数 $p_{di,j}$ ，组成一个二维数组，完全描述单段轨迹对应各轴的运动；

[0047] 设两轴的脉冲当量为 $1\mu\text{m}$ ，取小时钟的周期为 T_1 ， T_1 值为 $0.5\mu\text{s}$ ，大时钟的周期为 T_2 ， T_2 值为 $50\mu\text{s}$ ，这时， N_1 为100， N_2 为125， N_1 小于 N_2 ，保证了每轴在每个 T_2 内输出的脉冲数最多只有一个；

[0048] 脉冲在 T_2 内相对开始时刻出现的时刻为 T_1 的 n_{ij} 倍，本实施例中， i 取值范围是1至50， j 取值范围是1至2（分别对应X轴和Y轴），用字节表示脉冲方向数 $p_{di,j}$ ，最高位的1bit表示方向信号，0为正向，1为反向，本实施例中，脉冲方向数长度为8bit，其余7位表示 n_{ij} ，关系式为： $p_{di,j} = n_{ij}$ （对应正向）或 $p_{di,j} = n_{ij} + 128$ （对应反向）；此外，用来表示脉冲方向数的字节长度至少为下列之一：8bit、16bit、24bit和32bit。

[0049] S104、将所述脉冲方向数转换为二维数组的格式，存入到数据文件中；

[0050] 从图2b、2c可获得X轴的方向时序图和脉冲时序图、Y轴的方向时序图和脉冲时序图,如图2d、2e、2f、2g所示。将得出的计算结果转换成先后排列的脉冲方向数。

[0051] 进一步将脉冲方向数以二维数组的形式存入数据文件中,如图3所示,并将数据文件中的二维数组格式的脉冲方向数作为计算机数控系统的输入信息。

[0052] S105、数控装置读取数据文件,解析获得二维数组格式的脉冲方向数;

[0053] 数控装置是以DMA及双缓冲区方式,将数据文件中的二维数组数据载入内存。

[0054] 采用DMA的目的是加快数据文件与内存、内存与数控装置内的开关与定时器的传输速度,采用双缓冲区方式的目的是数控装置能不间断地从内存中取得二维数组数据。

[0055] 双缓冲区方式在数控装置中作用为:将内存缓冲区分成上下两个半区,先用数据文件中的数据填满上半区;其次,启动数据传输,将上半区的数据传给数控装置内的开关与定时器,同时继续使用数据文件的数据填充下半区;然后继续数据传输,将下半区的数据传给数控装置内的开关与定时器,同时继续使用数据文件的数据填充上半区;如此循环,直至将数据文件中表示单段轨迹的二维数组传完;为此填充速度高于传输速度。

[0056] S106、所述数控装置以大周期时钟为同步信号,经过开关及定时器不间断地将所述二维数组格式的脉冲方向数转换为脉冲及方向信号,其中所述数控装置包括两个开关和一个定时器;

[0057] 本实施例中,数控装置以20kHz的同步信号,经过开关及定时器不间断地将二维数组格式的脉冲方向数转换成脉冲及方向信号。

[0058] 数控装置包含两个开关一个定时器,一个开关受脉冲方向数的方向控制,用于给各轴的伺服驱动输出方向信号,另一个开关受脉冲输出时刻控制,在大时钟周期内有脉冲输出时,开关处于打开状态,定时器开始工作,在大时钟周期内没有脉冲输出时,开关处于关闭状态,定时器停止工作;

[0059] S107、将所述脉冲及方向信号输出给各轴的伺服驱动,完成单条轨迹运动。

[0060] 本发明实施例提供的基于双时钟的高速高精度多轴同步运动控制方法,根据轨迹和运动参数,用过计算,获得各轴各脉冲输出的精确时间及相应方向,根据各轴最大运动速度及各轴的输入脉冲频率,确定脉冲输出时刻的大小时钟周期,将得到的时间和方向转换为脉冲方向数,将脉冲方向数转换为二维数组的格式,存入数据文件中。数控装置读取数据文件解析获得二维数组格式的脉冲方向数,数控装置根据大时钟周期为同步信号,经过开关定时器不间断地将二维数组格式的脉冲方向数转换为脉冲及方向信号,其中数控装置包括两个开关和一个定时器,将脉冲及方向信号输出给各轴的伺服驱动,完成单条轨迹运动,通过上述步骤可以实现运动精度高,速度快,便于多轴同步控制,且设备成本低,不需要插补器,显著的降低设备的成本。

[0061] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、同等替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

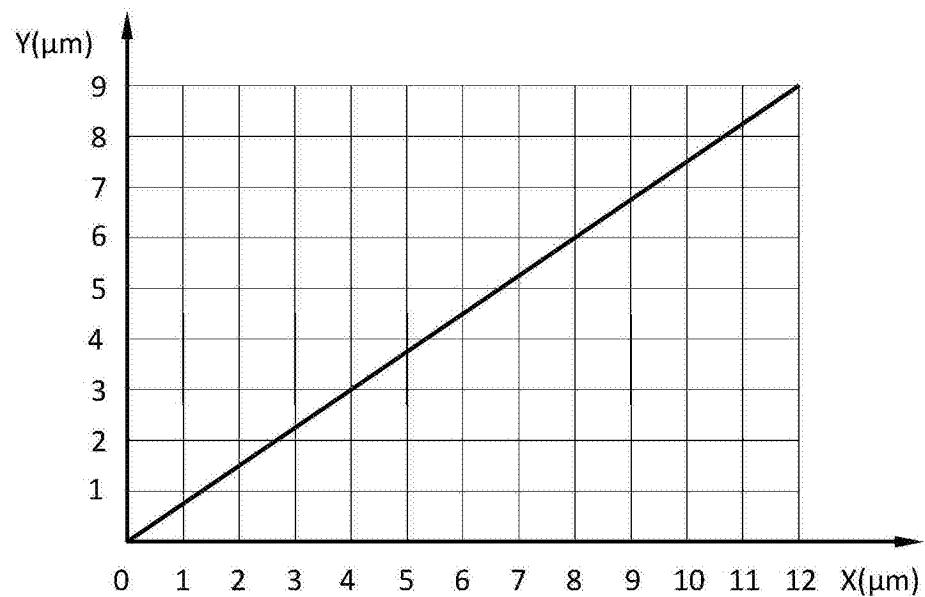
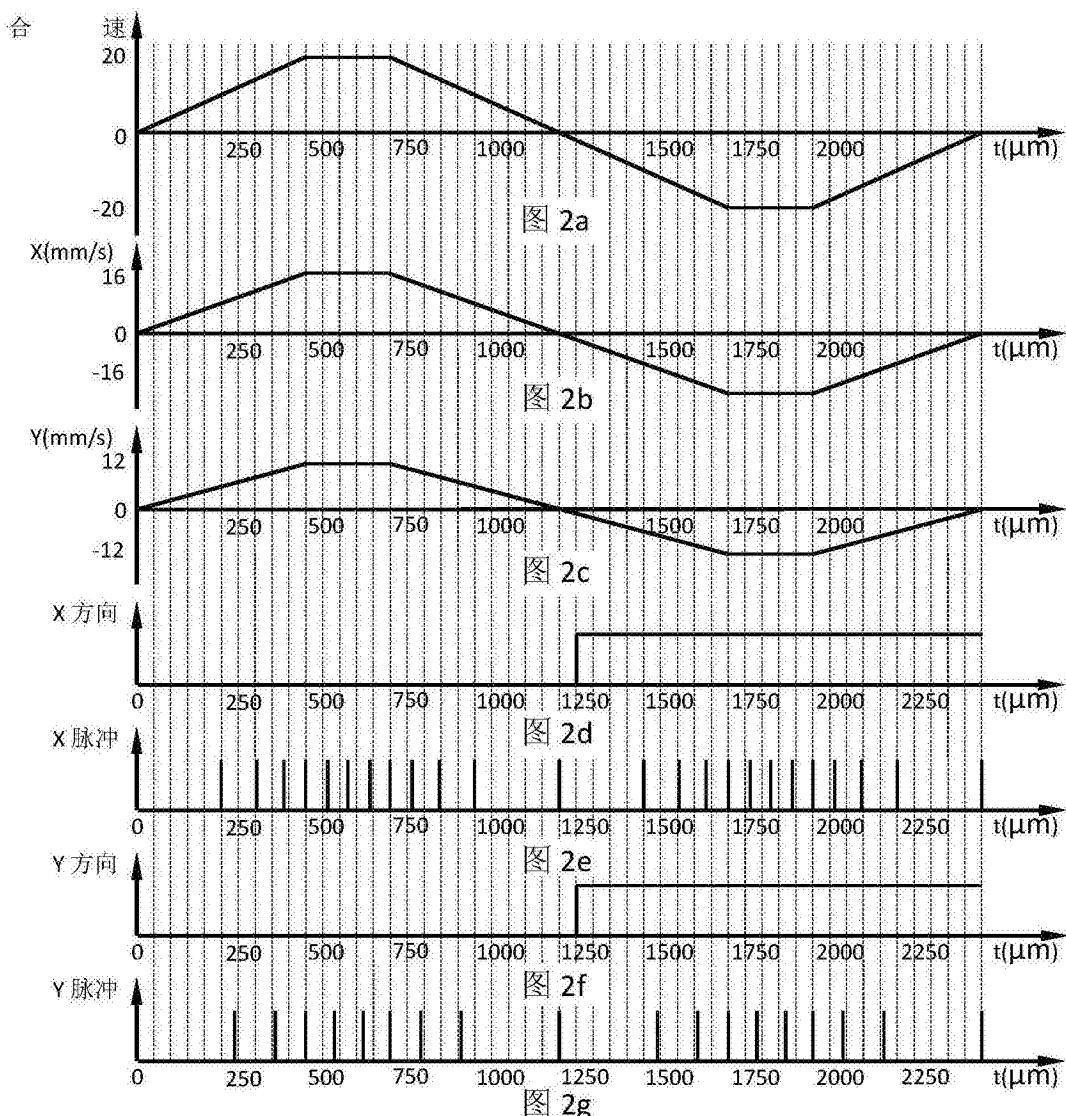


图1



```

{{0,0},{0,0},{0,0},{100,0},{0,77},{0,0},{7,0},{66,16},{100,0},{0,0},{0,0},{25,67},{5,0,0},{75,33},{100,100},{0,0},{34,84},{93,0},{0,0},{100,23},{0,0},{0,0},{0,0},{0,0},{100,100},{128,128},{128,128},{128,128},{228,128},{128,205},{128,128},{135,128},{194,144},{228,128},{128,128},{128,128},{153,195},{178,128},{203,161},{228,228},{128,128},{162,212},{221,128},{128,128},{228,151},{128,128},{128,128},{128,128},{128,128},{228,228}}

```

图3

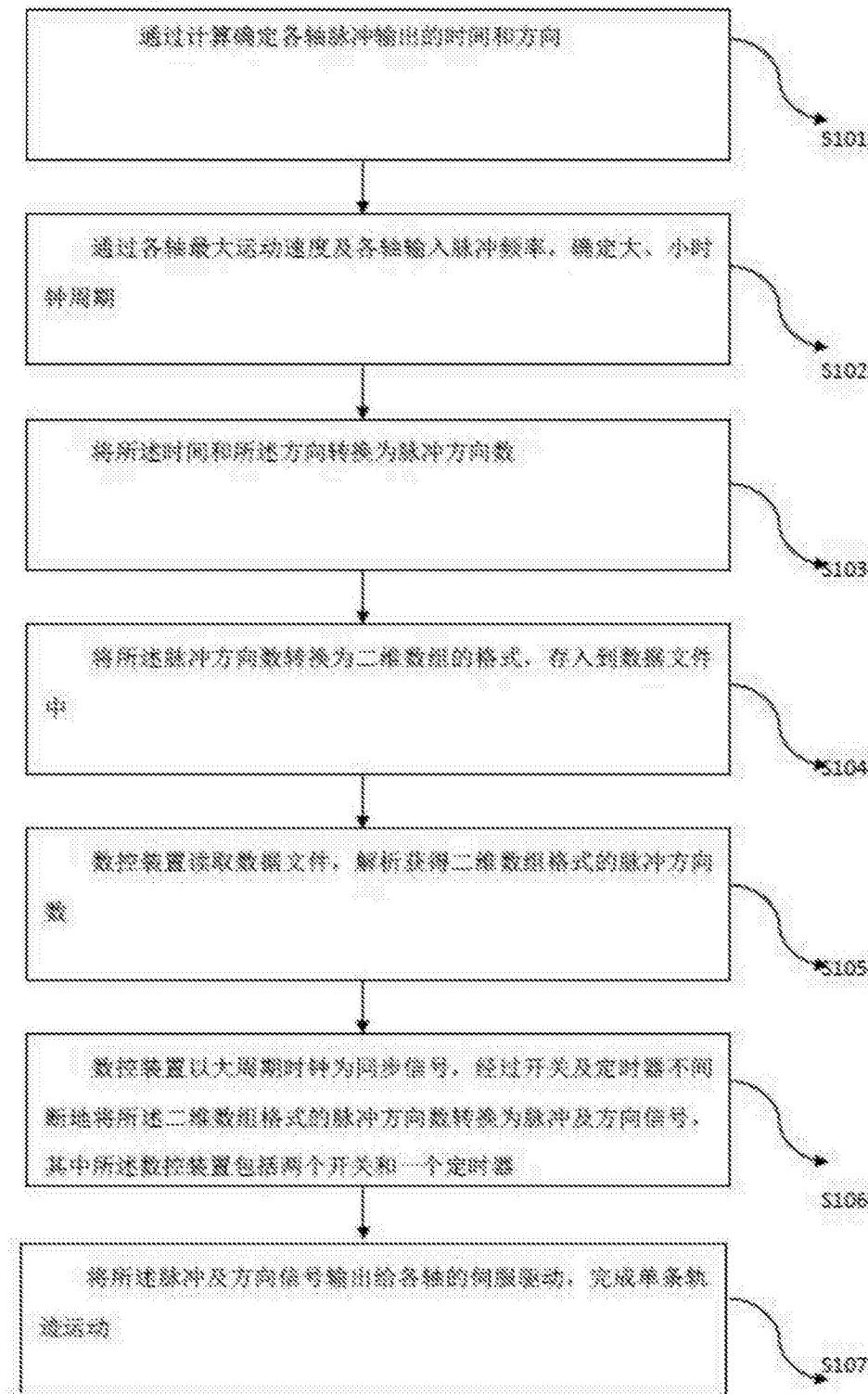


图4