



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105005322 B

(45)授权公告日 2018.02.02

(21)申请号 201510355207.5

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.06.24

G05D 3/12(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 李彦琴

申请公布号 CN 105005322 A

(43)申请公布日 2015.10.28

(73)专利权人 大族激光科技产业集团股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区高新技术园北区新西路9号大族激光大厦

专利权人 深圳市大族电机科技有限公司

(72)发明人 王光能 秦红燕 李玉廷 张国平
丁兵 高云峰

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 何平

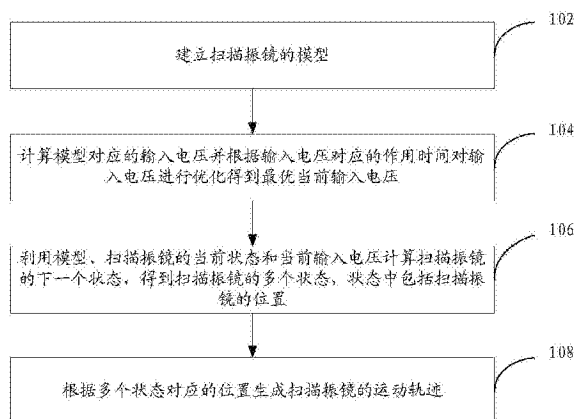
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

扫描振镜运动轨迹的规划方法和装置

(57)摘要

本发明涉及一种扫描振镜运动轨迹的规划方法,所述方法包括:建立扫描振镜的模型;计算所述模型对应的输入电压并根据所述输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压;利用所述模型、所述扫描振镜的当前状态和当前输入电压计算所述扫描振镜的下一个状态,得到所述扫描振镜的多个状态,所述状态中包括扫描振镜的位置;根据所述多个状态对应的位置生成所述扫描振镜的运动轨迹。采用本方法能够通过计算简单且容易实现的方式让扫描振镜最大限度发挥自身效率。此外还提供一种扫描振镜运动轨迹的规划装置。



1. 一种扫描振镜运动轨迹的规划方法,所述方法包括:

步骤102:建立扫描振镜的模型;

步骤104:计算所述模型对应的输入电压,并根据所述输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压;包括:

确定所述输入电压对应的作用时间;根据预设的最小作用时间和最大作用时间确定输入电压对应的作用时间;

根据所述作用时间和所述模型计算对应的输入电压;根据所述作用时间将所述模型对应的连续状态空间方程进行离散化,得到所述模型对应的离散状态空间方程;利用所述扫描振镜的初始状态、结束状态和所述离散状态空间方程计算得到输入电压;

根据所述输入电压调整所述作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度;判断输入电压是否大于预设最大输入电压;若是,则确定输入电压对应的作用时间为最小作用时间;否则,确定输入电压对应的作用时间为最大作用时间;利用上述确定的最小作用时间或最大作用时间对所述输入电压对应的作用时间进行调整,计算作用时间时一并计算对应的精度;重复执行上述根据作用时间和模型计算对应的输入电压、以及根据输入电压调整作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度的步骤,直至调整后的作用时间对应的精度达到预设精度;利用达到预设精度的作用时间再次对所述模型的连续状态空间方程进行离散化,重复执行利用所述扫描振镜的初始状态、结束状态和所述离散状态空间方程计算得到输入电压的步骤,得到最优当前输入电压;步骤106:利用所述模型、所述扫描振镜的当前状态和所述最优当前输入电压计算所述扫描振镜的下一个状态,得到所述扫描振镜的多个状态,所述状态中包括扫描振镜的位置;

步骤108:根据所述多个状态对应的位置生成所述扫描振镜的运动轨迹。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述输入电压对应的作用时间的步骤包括:

根据预设的最小作用时间和最大作用时间确定所述输入电压对应的作用时间。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述模型对应的连续状态空间方程为:

$$\dot{Z}(t) = A * Z(t) + B * U(t);$$

$$X(t) = C^T * Z(t);$$

$$Z(t) = (X(t), V(t), I(t));$$

其中A为状态转移矩阵,B为输入矩阵, C^T 为输出矩阵,U(t)为输入电压,Z(t)为状态空间矢量,X(t)为扫描振镜的位置,V(t)为扫描振镜的运动速度,I(t)为输入电流。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述模型对应的离散状态空间方程为:

$$Z(K+1) = A_d * Z(K) + B_d * U(K)$$

$$X(K) = C_d^T * Z(K)$$

其中 A_d 为状态转移矩阵A的离散化, B_d 为输入矩阵B的离散化, C_d^T 为输出矩阵 C^T 的离散化,Z(K)为第K个采样点的状态,Z(K+1)为第K+1个采样点的状态,U(K)为第K个采样点的输入电压,X(K)为第K个采样点的位置。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述在建立扫描振镜的模型的步骤之后,还包括:对所述模型进行优化,得到优化后的模型,所述优化后的模型包括:

$$U = T * \frac{d\theta}{dt} + L \frac{dI}{dt} + I * R$$

$$I * T - K * (\theta - \varphi) = J * \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$K * (\theta - \varphi) = J * \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

其中,其中U为输入电压;T为力矩常数;L为扫描振镜的电感;R为扫描振镜的电阻;J为扫描振镜和镜片的转动惯量; θ 为扫描振镜转轴转过的角度;I为随时间变化的流过扫描振镜的电流;K为旋转连接部位的刚度系数; Φ 为电机负载的转角。

6. 一种扫描振镜运动轨迹的规划装置,其特征在于,所述装置包括:

模型建立模块,用于建立扫描振镜的模型;

电压计算模块,用于计算所述模型对应的输入电压,并根据所述输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压,所述电压计算模块包括:确定模块、计算模块、调整模块、和迭代模块,其中:

确定模块,用于确定所述输入电压对应的作用时间;根据预设的最小作用时间和最大作用时间确定输入电压对应的作用时间;

计算模块,用于根据所述作用时间和所述模型计算对应的输入电压;根据所述作用时间将所述模型对应的连续状态空间方程进行离散化,得到所述模型对应的离散状态空间方程;利用所述扫描振镜的初始状态、结束状态和所述离散状态空间方程计算得到输入电压;

调整模块,用于根据所述输入电压调整所述作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度;判断输入电压是否大于预设最大输入电压;若是,则确定输入电压对应的作用时间为最小作用时间;否则,确定输入电压对应的作用时间为最大作用时间;利用上述确定的最小作用时间或最大作用时间对所述输入电压对应的作用时间进行调整,计算作用时间时一并计算对应的精度;

迭代模块,用于重复执行上述根据作用时间和模型计算对应的输入电压、以及根据输入电压调整作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度的步骤,直至调整后的作用时间对应的精度达到预设精度;利用达到预设精度的作用时间再次对所述模型的连续状态空间方程进行离散化,重复执行利用所述扫描振镜的初始状态、结束状态和所述离散状态空间方程计算得到输入电压的步骤,得到最优当前输入电压;

状态计算模块,用于利用所述模型、所述扫描振镜的当前状态和所述最优当前输入电压计算所述扫描振镜的下一个状态,得到所述扫描振镜的多个状态,所述状态中包括扫描振镜的位置;

轨迹生成模块,用于根据所述多个状态对应的位置生成所述扫描振镜的运动轨迹。

7. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述确定模块还用于根据预设的最小作用时间和最大作用时间确定所述输入电压对应的作用时间。

8. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述模型对应的连续状态空间方程为:

$$\dot{Z}(t) = A * Z(t) + B * U(t);$$

$$X(t) = C^T * Z(t);$$

$$Z(t) = (X(t), V(t), I(t));$$

其中A为状态转移矩阵,B为输入矩阵, C^T 为输出矩阵,U(t)为输入电压,Z(t)为状态空间矢量,X(t)为扫描振镜的位置,V(t)为扫描振镜的运动速度,I(t)为输入电流。

9. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述模型对应的离散状态空间方程为:

$$Z(K+1) = A_d * Z(K) + B_d * U(K)$$

$$X(K) = C_d^T * Z(K)$$

其中 A_d 为状态转移矩阵A的离散化, B_d 为输入矩阵B的离散化, C_d^T 为输出矩阵 C^T 的离散化,Z(K)为第K个采样点的状态,Z(K+1)为第K+1个采样点的状态,U(K)为第K个采样点的输入电压,X(K)为第K个采样点的位置。

10. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,装置还包括:模型优化模块,用于对所述模型进行优化,得到优化后的模型,所述优化后的模型包括:

$$U = T * \frac{d\theta}{dt} + L \frac{dI}{dt} + I * R$$

$$I * T - K * (\theta - \varphi) = J * \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$K * (\theta - \varphi) = J * \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

其中,其中U为输入电压;T为力矩常数;L为扫描振镜的电感;R为扫描振镜的电阻;J为扫描振镜和镜片的转动惯量; θ 为扫描振镜转轴转过的角度;I为随时间变化的流过扫描振镜的电流;K为旋转连接部位的刚度系数; φ 为电机负载的转角。

扫描振镜运动轨迹的规划方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及工业控制技术领域,特别是涉及一种扫描振镜运动轨迹的规划方法和装置。

背景技术

[0002] 随着激光技术的发展,激光振镜也称扫描振镜得到了广泛应用,如通过对扫描振镜的控制进行高速扫描,可以进行复杂的激光动画演示等。在高速扫描过程中,现有扫描振镜的运动轨迹有两种,一种是固定步长的运动轨迹,另一种则是采用传统的轨迹规划算法规划出来的运动轨迹,传统的轨迹规划算法如T速度曲线加减速轨迹规划算法,S型曲线加减速轨迹规划算法等。

[0003] 固定步长的运动轨迹实现起来简单,有利于计算,缺点是扫描控制系统振动大,不适用于高速运动情况,不能充分发挥扫描振镜的效率。T速度曲线加减速轨迹规划算法由于它采用恒定的加速度,在加减速阶段的起点和终点处加速度会有突变,这将导致扫描控制系统出现振动和噪声,而且速度曲线不够平滑,运动精度低,导致扫描振镜的效率较低。S型曲线加减速轨迹规划算法通过控制加加速度值的大小来最大限度的减小对扫描控制系统造成的冲击,具有平滑的速度和加速度曲线,缺点是计算复杂,不能最大限度地发挥振镜的自身效率。如何通过一种计算简单且容易实现的方式让扫描振镜最大限度的发挥自身效率成为目前的一个技术难题。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种能够通过计算简单且容易实现的方式让扫描振镜最大限度发挥自身效率的扫描振镜运动轨迹的规划方法和装置。

[0005] 一种扫描振镜运动轨迹的规划方法,所述方法包括:

[0006] 建立扫描振镜的模型;

[0007] 计算所述模型对应的输入电压并根据所述输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压;

[0008] 利用所述模型、所述扫描振镜的当前状态和当前输入电压计算所述扫描振镜的下一个状态,得到所述扫描振镜的多个状态,所述状态中包括扫描振镜的位置;

[0009] 根据所述多个状态对应的位置生成所述扫描振镜的运动轨迹。

[0010] 一种扫描振镜运动轨迹的规划装置,所述装置包括:

[0011] 模型建立模块,用于建立扫描振镜的模型;

[0012] 电压计算模块,用于计算所述模型对应的输入电压并根据所述输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压;

[0013] 状态计算模块,用于利用所述模型、所述扫描振镜的当前状态和当前输入电压计算所述扫描振镜的下一个状态,得到所述扫描振镜的多个状态,所述状态中包括扫描振镜的位置;

[0014] 轨迹生成模块,用于根据所述多个状态对应的位置生成所述扫描振镜的运动轨迹。

[0015] 上述扫描振镜运动轨迹的规划方法和装置,通过建立扫描振镜的模型;计算模型对应的输入电压并根据输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压;利用模型、扫描振镜的当前状态和当前输入电压得到扫描振镜的多个状态;根据多个状态对应的位置生成扫描振镜的运动轨迹。由于扫描振镜的下一个状态是根据该模型、扫描振镜的当前状态和当前输入电压得到的,每个状态中包括扫描振镜的位置,因此通过这种简单的计算方法即可得到每个扫描振镜的位置。当前输入电压是根据扫描振镜的模型计算并迭代优化后得到的,从而使得当前输入电压是最优的,进而能够以最短的时间使得扫描振镜在每个状态处于对应的位置,由此能够通过计算简单且容易实现的方式让扫描振镜最大限度的发挥自身效率。

附图说明

[0016] 图1为一个实施例中扫描振镜运动轨迹的规划方法的流程图;

[0017] 图2-1为一个实施例中X振镜的位置曲线;

[0018] 图2-2为一个实施例中X振镜的速度曲线;

[0019] 图2-3为一个实施例中X振镜的加速度曲线;

[0020] 图3为一个实施例中扫描振镜的运动轨迹;

[0021] 图4为一个实施例中扫描振镜运动轨迹的规划装置的结构示意图;

[0022] 图5为一个实施例中电压计算模块的结构示意图;

[0023] 图6为另一个实施例中扫描振镜运动轨迹的规划装置的结构示意图。

具体实施方式

[0024] 在一个实施例中,如图1所示,提供了一种扫描振镜运动轨迹的规划方法,该方法具体包括:

[0025] 步骤102,建立扫描振镜的模型。

[0026] 扫描振镜包括X振镜和Y振镜,其中X振镜具有相连的X镜片,Y振镜具有相连的Y镜片。控制卡与X振镜装置(包括X振镜驱动器和X振镜)、Y振镜装置(包括Y振镜驱动器和Y振镜)组成扫描控制系统。控制卡规划X振镜与Y振镜的运动轨迹并向X振镜驱动器与Y振镜驱动器下发运动指令,X振镜驱动器与Y振镜驱动器分别响应运动指令,分别驱动X振镜和Y振镜按照运动轨迹进行运动,从而实现激光打印或者演示激光动画等。

[0027] 在不考虑扫描振镜的摩擦力、谐振、环境等非线性因素的情况下,建立扫描振镜的模型。具体的,可以用二阶微分方程来表达,如下所示:

$$[0028] \quad U = T * \frac{d\theta}{dt} + L \frac{dL}{dt} + I * R$$

$$[0029] \quad I * T = J * \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

[0030] 其中U为扫描控制系统的输入电压(即控制卡的输入电压);T为力矩常数;L为扫描振镜的电感;R为扫描振镜的电阻;J为扫描振镜和镜片的转动惯量; θ 为扫描振镜转轴转过

的角度; I 为随时间变化的流过扫描振镜的电流。

[0031] 步骤104,计算模型对应的输入电压并根据输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压。

[0032] 获取扫描振镜的初始状态和结束状态。其中初始状态表示为 $Z(0)$,结束状态表示为 $Z(n)$ 。在扫描控制系统上电后扫描振镜开始工作时的初始状态是已知的,在扫描振镜完成工作时的结束状态也是已知的。初始状态与结束状态对应的值可以相同。例如, X 振镜的初始状态 $Z(0) = (0.05, 100, 0)$,其中 X 振镜的初始位置坐标为0.05m,初始运动速度为100m/s,初始输入电流为0A。 X 振镜的结束状态 $Z(n) = (0.05, 100, 0)$ 。 Y 振镜的初始状态 $Z(0) = (0.05, 100, 0)$, Y 振镜的结束状态 $Z(n) = (0.05, -100, 0)$ 。

[0033] 将扫描振镜的初始状态、结束状态代入该模型对应的离散状态空间方程计算扫描控制系统的输入电压,也就是扫描振镜的模型对应的输入电压。如果计算出的输入电压大于扫描控制系统的预设最大输入电压,则表明作用在扫描控制系统上的输入电压是变化的,而且该输入电压对应的作用时间也是变化的。对输入电压对应的作用时间进行调整,得到调整后的作用时间和对应的精度。根据调整后的作用时间对输入电压进行优化,得到当前输入电压。通过对输入电压进行优化,可以使得当前输入电压最优。

[0034] 步骤106,利用模型、扫描振镜的当前状态和当前输入电压计算扫描振镜的下一个状态,得到扫描振镜的多个状态,状态中包括扫描振镜的位置。

[0035] 通过拉普拉斯变换将该模型的方程用连续状态空间方程来表示,进而根据输入电压对应的作用时间将该连续状态空间方程离散化,得到该模型对应的离散状态空间方程。根据离散状态空间方程能够计算出在离散过程中扫描振镜在每个采样点的状态,扫描振镜的状态中包括扫描振镜的位置、运动速度和输入电流。当前输入电压为最优时,当前状态的加速度最大,加速时间也就最短,扫描振镜能够在最短的时间内到达下一个状态所处的位置,进而能够以最短的时间使得扫描振镜在每个状态处于对应的位置,让扫描振镜最大限度的发挥自身效率。如图2-1所示,为其中一个实施例中 X 振镜的位置曲线,如图2-2所示,为其中一个实施例中 X 振镜的速度曲线,如图2-3所示为其中一个实施例中 X 振镜的加速度曲线。

[0036] 步骤108,根据多个状态对应的位置生成扫描振镜的运动轨迹。

[0037] 多个状态对应的位置也就是在扫描振镜在多个采样点的位置。根据扫描振镜在多个采样点的位置生成扫描振镜的运动轨迹,具体包括:根据 X 振镜在多个采样点的位置生成 X 振镜的运动轨迹,根据 Y 振镜在多个采样点的位置生成 Y 振镜的运动轨迹,将 X 振镜的运动轨迹与 Y 振镜的运动轨迹进行合成得到扫描振镜的运动轨迹,从而得到扫描振镜最优的运动轨迹。如图3所示,为其中一个实施例中扫描振镜的运动轨迹。其中 X 振镜跟随 X 轴进行运动, Y 振镜跟随 Y 轴进行运动。

[0038] 本实施例中,建立扫描振镜的模型;计算模型对应的输入电压并根据输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压;利用模型、扫描振镜的当前状态和当前输入电压得到扫描振镜的多个状态;根据多个状态对应的位置生成扫描振镜的运动轨迹。由于扫描振镜的下一个状态是根据该模型、扫描振镜的当前状态和当前输入电压得到的,每个状态中包括扫描振镜的位置,因此通过这种简单的计算方法即可得到每个扫描振镜的位置。当前输入电压是根据扫描振镜的模型计算并迭代优化后得到的,从而使得

当前输入电压是最优的,进而能够以最短的时间使得扫描振镜在每个状态处于对应的位置,由此能够通过计算简单且容易实现的方式让扫描振镜最大限度的发挥自身效率。

[0039] 在一个实施例中,计算模型对应的输入电压并根据所述输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压的步骤包括:确定输入电压对应的作用时间;根据作用时间和模型计算对应的输入电压;根据输入电压调整作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度;重复执行根据作用时间和模型计算对应的输入电压的步骤对输入电压进行优化,直至调整后的作用时间对应的精度达到预设精度,并将达到预设精度的调整后的作用时间对应的输入电压确定为模型的最优当前输入电压。

[0040] 本实施例中,利用扫描振镜的模型可以根据输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化,得到扫描振镜在当前状态时扫描振镜的模型对应的最优当前输入电压。在其中一个实施例中,确定输入电压对应的作用时间的步骤包括:根据预设的最小作用时间和最大作用时间确定输入电压对应的作用时间。输入电压具有对应的作用时间。最小作用时间是指输入电压对应的最小作用时间,最大作用时间是指输入电压对应的最大作用时间。最小作用时间和最大作用时间可以根据用户的需求进行设定。通常最小作用时间取0,最大作用时间是采样时间的整数倍。采样时间是指对扫描振镜的模型的连续状态进行采样得到离散状态的周期。最小作用时间可以表示为 T_{min} ,最大作用时间可以表示为 T_{max} ,作用时间可以表示为 T_i ,作用时间的计算公式可以表示为:

$$[0041] \quad T_i = \frac{T_{min} + T_{max}}{2}$$

[0042] 在其中一个实施例中,根据作用时间和模型计算对应的输入电压的步骤包括:根据作用时间将模型对应的连续状态空间方程进行离散化,得到模型对应的离散状态空间方程;利用扫描振镜的初始状态、结束状态和离散状态空间方程计算得到输入电压。

[0043] 本实施例中,模型对应的连续状态空间方程为:

$$[0044] \quad \dot{Z}(t) = A * Z(t) + B * U(t);$$

$$[0045] \quad X(t) = C^T * Z(t);$$

$$[0046] \quad Z(t) = (X(t), V(t), I(t));$$

[0047] 其中A为状态转移矩阵,B为输入矩阵, C^T 为输出矩阵,U(t)为输入电压,t为输入电压作用在模型上的时刻,Z(t)为状态空间矢量,X(t)为扫描振镜的位置,V(t)为扫描振镜的运动速度,I(t)为输入电流。

[0048] 对该模型的连续状态进行采样,得到离散状态空间方程。在其中一个实施例中,模型对应的离散状态空间方程为:

$$[0049] \quad Z(M+1) = A_d * Z(M) + B_d * U(M)$$

$$[0050] \quad X(M) = C_d^T * Z(M)$$

[0051] 其中 A_d 为状态转移矩阵A的离散化, B_d 为输入矩阵B的离散化, C_d^T 为输出矩阵 C^T 的离散化。能够根据 A_d 、 B_d ,扫描控制系统在第M个采样点的输入电压U(M)和扫描控制系统在第M个采样点的Z(M)能够及时出扫描控制系统在第M+1个采样点的状态。扫描控制系统在第M+1个采样点的状态包括扫描振镜在第M+1个采样点的位置、运动速度和输入电流。

[0052] 获取扫描振镜的初始状态和结束状态,将扫描振镜的初始状态、结束状态代入该

模型对应的离散状态空间方程计算扫描控制系统的输入电压,其中输入电压表示为 U_i 。具体的,计算输入电压的公式如下:

$$[0053] \quad U_i = \frac{Z(n) - A_d * Z(0)}{B_d}$$

[0054] 在一个实施例中,根据输入电压调整作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度的步骤包括:根据输入电压调整最小作用时间或者最大作用时间;根据调整后的最小作用时间或者调整后的最大作用时间再次计算作用时间,得到调整后的作用时间与对应的精度。

[0055] 本实施例中,通过调整作用时间来对输入电压进行优化。在其中一个实施例中,根据输入电压调整所述最小作用时间或者最大作用时间的步骤包括:判断输入电压是否大于预设最大输入电压;若是,则确定输入电压对应的作用时间为最小作用时间;否则,则确定输入电压对应的作用时间为最大作用时间。

[0056] 在根据上述计算输入电压的公式计算出该模型对应的输入电压后,将该输入电压与预设最大输入电压进行比较。如果该输入电压大于预设最大输入电压,则将该输入电压对应的作用时间更新最小作用时间,也就是将输入电压对应的作用时间作为最小作用时间与最大作用时间一起再次代入作用时间的计算公式进行计算,得到调整后的作用时间。每次计算作用时间时一并计算对应的精度。精度可以表示为 Ac_p ,调整作用时间的次数表示为 p ,具体的,精度可以根据如下公式计算:

$$[0057] \quad Ac_p = \frac{1}{2^p}$$

[0058] 如果计算出的输入电压小于预设最大输入电压,则将该输入对应的作用时间作为最大作用时间对当前状态的作用时间进行调整,也就是将输入电压对应的作用时间作为最大作用时间与最小作用时间一起再次代入作用时间的计算公式进行计算,得到调整后的作用时间。多次迭代进行计算,直到调整后的作用时间对应的精度达到预设精度。例如预设精度为 $1/256$,需要对作用时间重复计算8次。在每次调整作用时间之后,根据计算输入电压的公式再次计算输入电压。计算作用时间的次数与计算输入电压的次数相同。经过多次迭代计算,在调整后的作用时间对应的精度达到预设精度后,将达到预设精度的调整后的作用时间对应的输入电压确定为扫描振镜的模型所对应的当前输入电压。通过多次迭代计算,可以得到扫描振镜在当前状态时扫描振镜的模型所对应的最优当前输入电压,进而能够利用当前输入状态、当前输入电压准确计算出扫描振镜的下一个状态。

[0059] 在一个实施例中,在建立扫描振镜的模型的步骤之后,还包括:对模型进行优化得到优化后的模型。

[0060] 本实施例中,考虑到扫描振镜的摩擦力、谐振、环境等非线性因素的影响,将扫描振镜的模型进行优化。优化后的模型可以如下二阶微分方程来表示:

$$[0061] \quad U = T * \frac{d\theta}{dt} + L \frac{dL}{dt} + I * R$$

$$[0062] \quad I * T - K * (\theta - \varphi) = J * \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$[0063] \quad K * (\theta - \varphi) = J * \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$$

[0064] 其中,K为旋转连接部位的刚度系数; Φ 为电机负载的转角。

[0065] 通过拉普拉斯变换将优化后的模型用连续状态空间方程来表示,进而根据输入电压对应的作用时间将该连续状态空间方程离散化,得到该模型对应的优化后的离散状态空间方程。利用优化后的离散状态空间方程计算优化后的当前输入电压,利用优化后的离散状态空间方程、扫描振镜的优化后的当前状态和优化后的当前输入电压计算所述扫描振镜优化后的下一个状态,得到扫描振镜优化后的多个状态,根据优化后的多个状态对应的优化后的位置生成扫描振镜优化后的运动轨迹。由于扫描振镜的模型进行了优化,由此能够生成扫描振镜优化后的运动轨迹,从而能够对扫描振镜进行更精确的操控。

[0066] 在一个实施例中,如图4所示,提供了一种扫描振镜运动轨迹的规划装置,该装置包括:模型建立模块402、电压计算模块404、状态计算模块406和轨迹生成模块408,其中:

[0067] 模型建立模块402,用于建立扫描振镜的模型。

[0068] 电压计算模块404,用于计算模型对应的输入电压并根据输入电压对应的作用时间对输入电压进行优化得到最优当前输入电压。

[0069] 状态计算模块406,用于利用模型、扫描振镜的当前状态和当前输入电压计算扫描振镜的下一个状态,得到扫描振镜的多个状态,状态中包括扫描振镜的位置。

[0070] 轨迹生成模块408,用于根据多个状态对应的位置生成扫描振镜的运动轨迹。

[0071] 在一个实施例中,如图5所示,电压计算模块404包括:确定模块414、计算模块424、调整模块434和迭代模块444,其中:

[0072] 确定模块414,用于确定输入电压对应的作用时间。

[0073] 计算模块424,用于根据作用时间和模型计算对应的输入电压。

[0074] 调整模块434,用于根据输入电压调整作用时间得到调整后的作用时间与对应的精度。

[0075] 迭代模块444,用于重复执行根据作用时间和模型计算对应的输入电压的步骤对输入电压进行优化,直至调整后的作用时间对应的精度达到预设精度,并将达到预设精度的调整后的作用时间对应的输入电压确定为模型的最优当前输入电压。

[0076] 在一个实施例中,确定模块414还用于根据预设的最小作用时间和最大作用时间确定输入电压对应的作用时间。

[0077] 在一个实施例中,计算模块424还用于根据作用时间将模型对应的连续状态空间方程进行离散化,得到模型对应的离散状态空间方程;利用扫描振镜的初始状态、结束状态和离散状态空间方程计算得到输入电压。在其中一个实施例中,模型对应的连续状态空间方程为:

$$[0078] \quad \dot{Z}(t) = A * Z(t) + B * U(t);$$

$$[0079] \quad X(t) = C^T * Z(t);$$

$$[0080] \quad Z(t) = (X(t), V(t), I(t));$$

[0081] 其中A为状态转移矩阵,B为输入矩阵, C^T 为输出矩阵,U(t)为输入电压,Z(t)为状态空间矢量,X(t)为扫描振镜的位置,V(t)为扫描振镜的运动速度,I(t)为输入电流。

[0082] 在其中一个实施例中模型对应的离散状态空间方程为：

[0083] $Z(K+1) = A_d * Z(K) + B_d * U(K)$

[0084] $X(K) = C_d^T * Z(K)$

[0085] 其中 A_d 为状态转移矩阵 A 的离散化， B_d 为输入矩阵 B 的离散化， C_d^T 为输出矩阵 C^T 的离散化。

[0086] 在一个实施例中，调整模块434还用于根据输入电压调整最小作用时间或者最大作用时间；根据调整后的最小作用时间或者调整后的最大作用时间再次计算作用时间，得到调整后的作用时间与对应的精度。

[0087] 在一个实施例中，调整模块434还用于判断输入电压是否大于预设最大输入电压；若是，则确定输入电压对应的作用时间为最小作用时间；否则，则确定输入电压对应的作用时间为最大作用时间。

[0088] 在一个实施例中，如图6所示，该装置还包括：模型优化模块410，用于对模型进行优化得到优化后的模型。

[0089] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0090] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。因此，本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

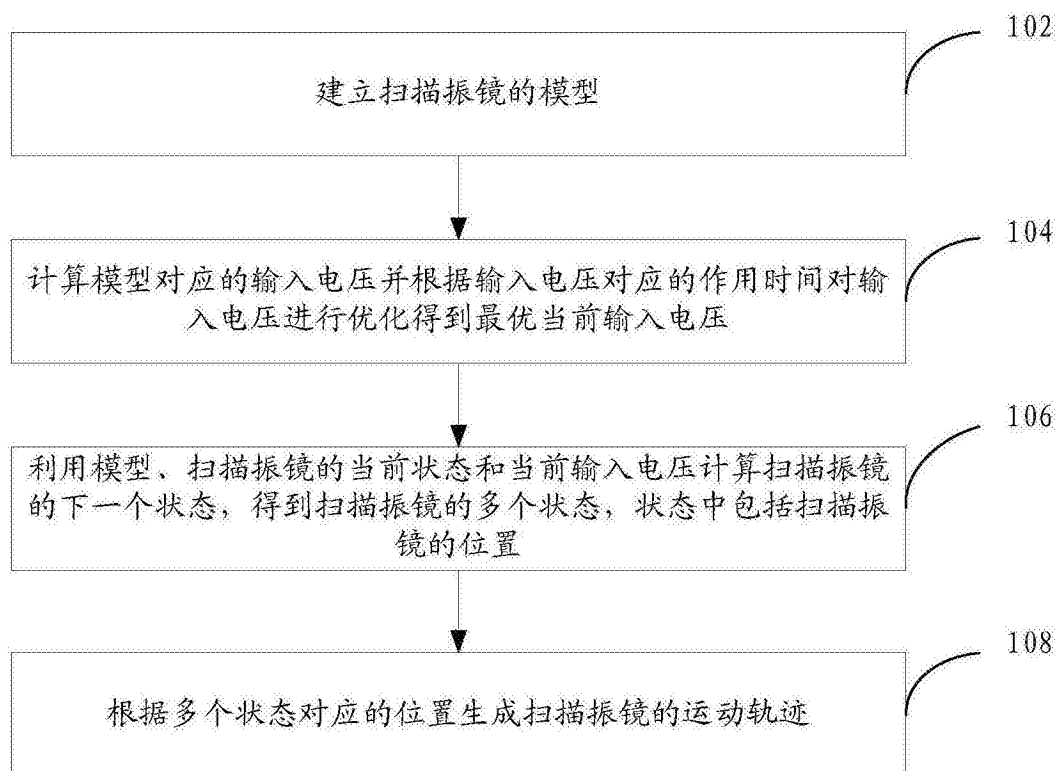


图1

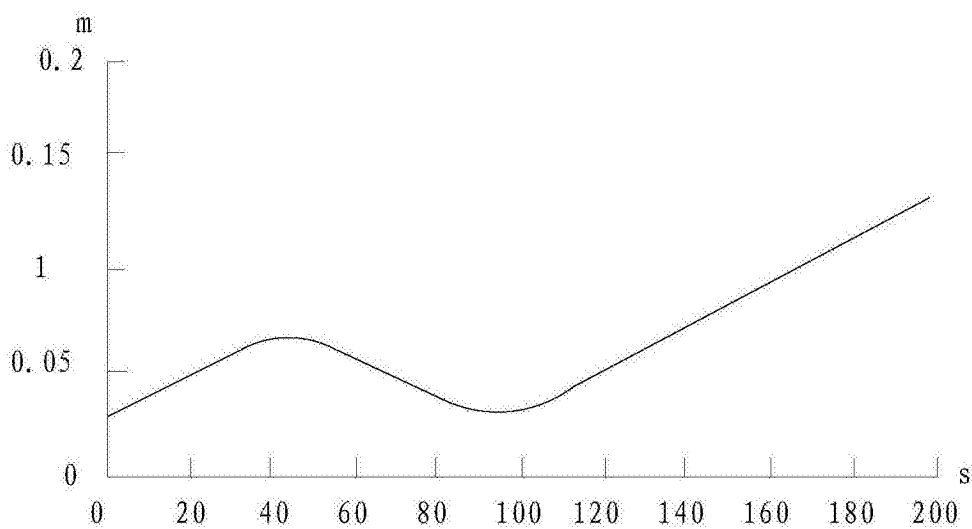


图2-1

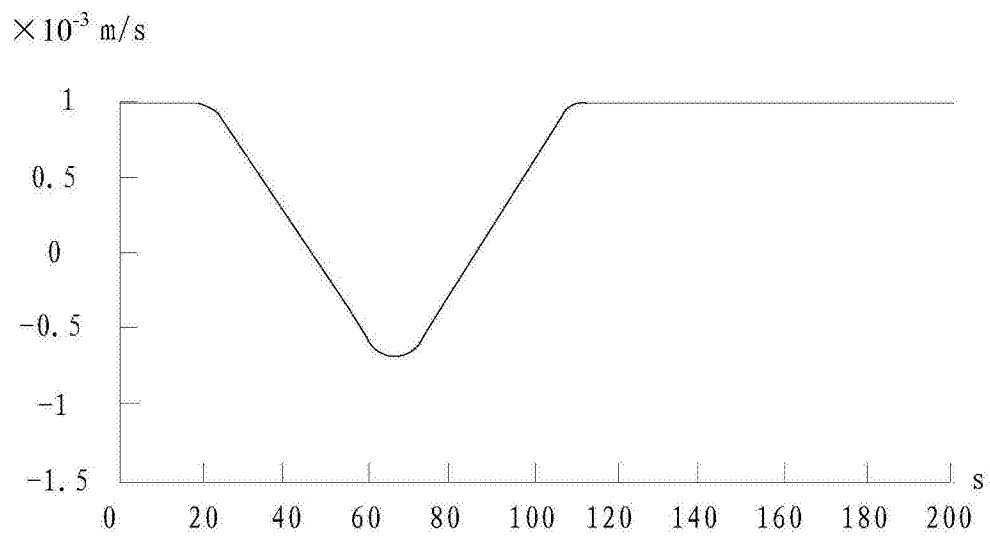


图2-2

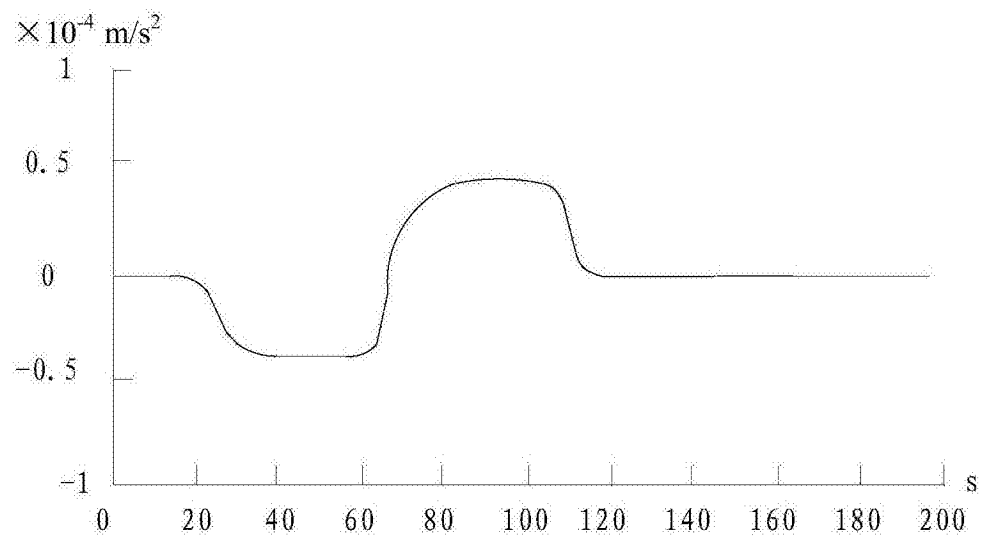


图2-3

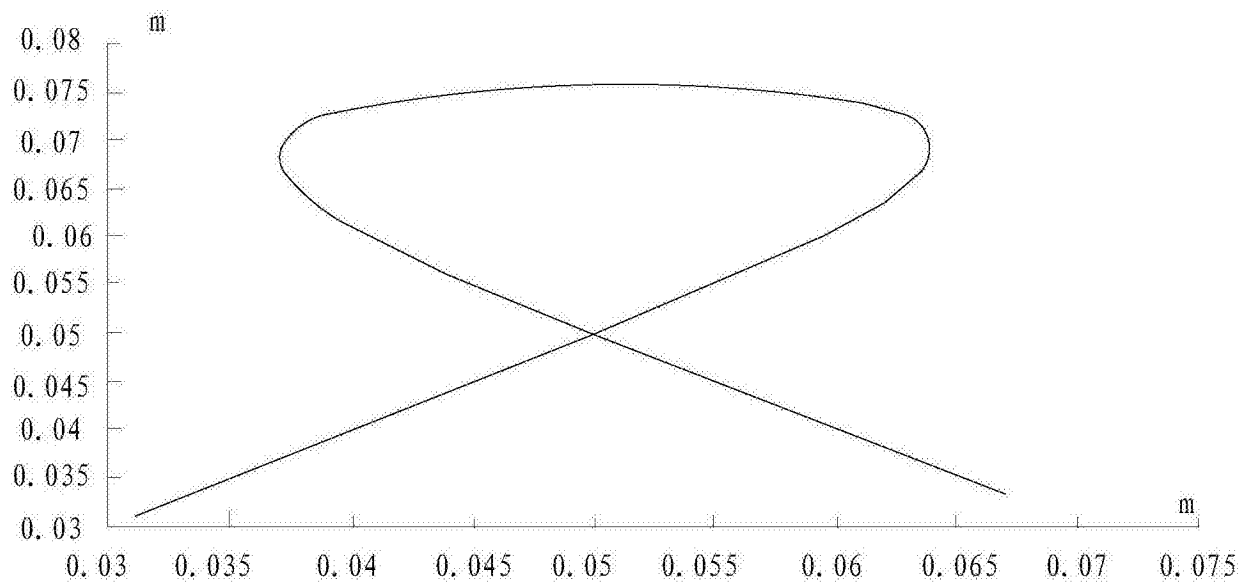


图3

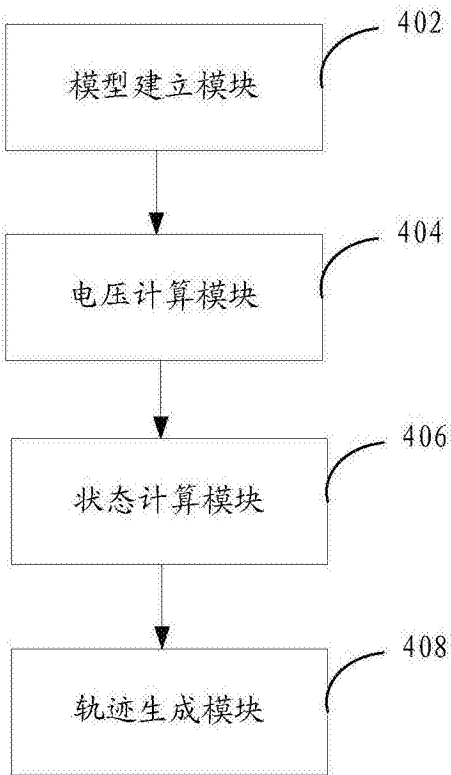


图4

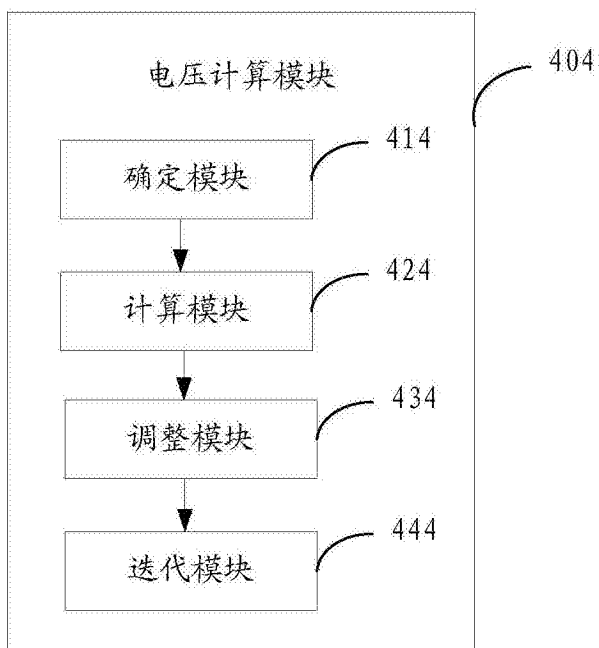


图5

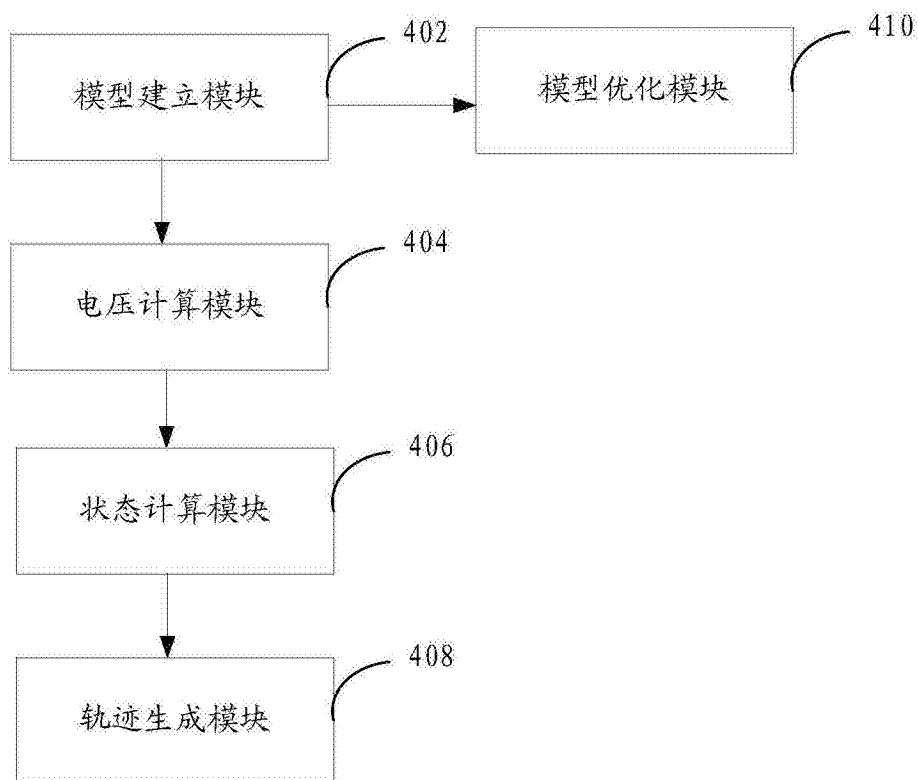


图6