

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 1 月 26 日 (26.01.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/000361 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 30/20 (2020.01) *G06F 30/15* (2020.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/109030
- (22) 国际申请日: 2021 年 7 月 28 日 (28.07.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110811030.0 2021 年 7 月 19 日 (19.07.2021) CN
- (71) 申请人: 武汉理工大学 (WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞狮路 122 号, Hubei 430070 (CN)。
- (72) 发明人: 胥军 (XU, Jun); 中国湖北省武汉市洪山区珞狮路 122 号, Hubei 430070 (CN)。 向前
- (74) 代理人: 武汉知产时代知识产权代理有限公司 (WUHAN ZHICHANSHIDAI INTELLECTUAL PROPERTY CO., LTD); 中国湖北省武汉市洪山区鲁磨路 442 号地大天街 9 楼 903-B, Hubei 430074 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: PNEUMATIC BRAKE SYSTEM ELEMENT PRESSURE RESPONSE SIMULATION MODEL LIBRARY CONSTRUCTION METHOD

(54) 发明名称: 气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法

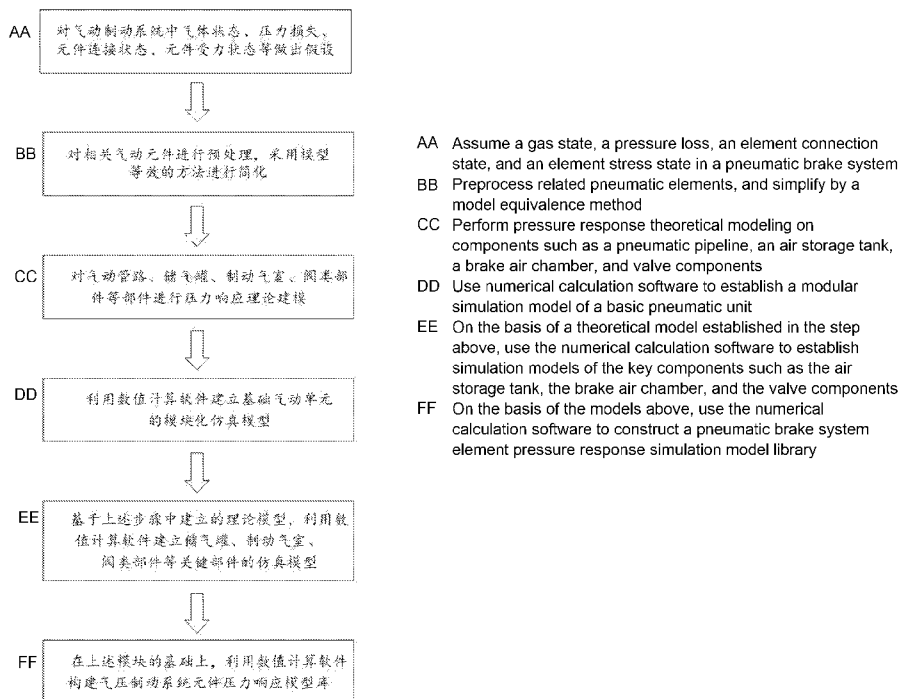


图 1

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is a pneumatic brake system element pressure response simulation model library construction method, comprising first establishing pressure response simulation models of a basic pneumatic element and key components in a pneumatic brake system, and then using numerical calculation software to integrate the simulation models, so as to construct the pneumatic brake system element pressure response simulation model library. The method has strong applicability and compatibility, is irrelevant to a platform, and is suitable for different numerical calculation software or programming languages. Moreover, the modeling

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

difficulty is greatly reduced; repeated modeling work is reduced, the models in the model library can be quickly applied to different pneumatic brake systems, and the working efficiency of modeling personnel is greatly improved.

(57) 摘要: 本发明公开了一种气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法, 其特征在于先建立气压制动系统中基础气动元件以及各关键部件的压力响应仿真模型, 然后利用数值计算软件将上述仿真模型进行集成, 构建气压制动系统元件压力响应仿真模型库; 适用性和兼容性强, 与平台无关, 适用于不同数值计算软件或编程语言。同时大大降低建模难度; 减少重复建模工作, 模型库中的模型可快速应用于不同的气压制动系统, 大大提高建模人员工作效率。

气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法

技术领域

本发明涉及汽车制动领域，尤其涉及车辆气压制动系统制动压力响应计算与分析的数值建模方法，具体来说是一种气压制动系统元件
5 压力响应仿真模型库建构方法。

背景技术

气压制动系统是为以压缩气体为工作介质，它通过各种元件组成不同功能的基本回路，再由若干基本回路有机地组合成的整体，进行
10 动力或信号的传递与控制。气压制动系统设计的关键在于：从完善气源系统入手，择优选取和合理使用气动元件，综合运用气动流体力学和气压系统动力学，对气压制动系统回路进行设计，使终端气体压力按照预定规律变化。在对不同结构的气压制动系统进行仿真时，需要重新建立各部件的仿真模型，模型复用性不强。

15

发明内容

本发明要解决的技术问题在于提供一种气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法。

为解决上述技术问题，本发明采用如下技术方案：

20 一种气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于先建立气压制动系统中基础气动元件以及各关键部件的压力响应仿真模型，然后利用数值计算软件将上述仿真模型进行集成，构建气

压制动系统元件压力响应仿真模型库；包括如下步骤：

步骤一、对气压制动系统中气体状态、压力损失、元件连接状态、元件受力状态做出假设；

5 步骤二、对基础气动元件进行预处理，采用模型等效的方法进行简化；将接头等效为固定节流孔，将阀口等效为可变节流孔，将制动气室容腔以及阀类部件的内腔室等效为气容单元；

步骤三、对包括气动管路、储气罐、制动气室、阀类部件在内的关键部件进行压力响应理论建模；

步骤四、利用数值计算软件建立基础气动元件的模块化仿真模型；

10 步骤五、基于上述步骤三中建立的理论模型，利用数值计算软件建立关键部件的仿真模型；

步骤六、在上述各仿真模型的基础上，构建气压制动系统元件压力响应模型库。

上述技术方案中，步骤一包括如下具体步骤：

15 步骤 101、气体为理想气体，满足理想气体的各种定律；

步骤 102、忽略气体流动造成的压力损失，忽略气压制动系统中各连接密封处的气体泄漏；气体在接头和阀口处的流动均为等熵过程，动态过程为准平衡过程；

20 步骤 103、除管路外，气压制动系统的其它关键部件中各参数视为集中参数，同一部件的腔室内气体压力、密度和温度分布均匀；

步骤 104、阀内的运动元件所受的重力和摩擦力相对气压力较小时，忽略阀芯重力和摩擦力。

上述技术方案中，步骤二按如下步骤进行：

步骤 201、将气压制动系统中部件与管路连接所用的接头等效为固定节流孔，使用 ISO 6358 流体特性参数表示上述固定节流孔的流量特性参数；

- 5 步骤 202、对于继动阀、串联双腔制动阀在内的阀类部件，将阀口等效为可变节流孔，使用有效流通面积 S 表示气体流通能力，同步步骤 201，使用 ISO 6358 流体特性参数表示上述可变节流孔的流量特性参数；

- 10 步骤 203、将制动气室容腔以及阀类部件的内腔室等效为气容单元。

上述技术方案中，步骤三按如下步骤进行：

步骤 301、计算固定节流孔的流量特性，得到不同压力比下流经节流孔的质量流量计算式；

- 15 步骤 302、计算可变节流孔的流量特性，得到不同压力比下流经节流孔的质量流量计算式；

步骤 303、确定基于多变过程的气容压力响应理论模型，得到气容压力和气容温度计算式；

步骤 304、确定基于换热过程的气容压力响应理论模型，得到气容压力和气容温度计算式；

- 20 步骤 305、根据步骤 304 中确定的考虑换热的气容压力响应模型计算储气罐中气体压力；

步骤 306、建立制动气室压力响应理论模型，根据步骤 301 确定

的固定节流孔流量特性公式，计算流入气室的气体质量流量；根据步骤 304 确定的考虑换热的气容理论模型，计算制动气室内气体温度和压力；

5 步骤 307、采用有限差分法将管路等分为有限个格子，以每个管路格子为控制体，利用气体状态方程、运动方程、连续性方程和能量方程建立管路理论模型；

步骤 308、将阀体部件分为阀腔室和阀芯两部分，假设腔室内气体流动过程为等温过程，推导阀类部件的压力与流量方程。

上述技术方案中，步骤四按如下步骤进行：

10 步骤 401、确定基础气动单元的模型接口及连接规则；

步骤 402、建立多变过程和基于传热过程的气容仿真模型；

步骤 403、使用 CIP 法精确求解管路的分布参数模型，并设置计算边界条件，即设置管路入口和出口气体状态参数。

15 上述技术方案中，步骤五中采用的数值计算软件为 Simulink，利用 Simulink 建立储气罐、制动气室、阀类部件在内的关键部件的仿真模型。

上述技术方案中，步骤六以数值计算软件 Simulink 构建气压制动系统元件压力响应模型库。

上述技术方案中，步骤六按如下步骤进行：

20 步骤 601、点击 Simulink 菜单栏中“Simulink Library Browser”，进入模块 library，在“File”菜单中选择新建 library 并命名；

步骤 602、将封装好的关键部件仿真模型复制到新的 library 中并保存，此时各模块的属性就是从 browser 中调用时的默认属性；

步骤 603、在 MATLAB 安装路径中“toolbox”路径下创建一个文件夹，命名与新建的 library 名字相同，将库文件（.mdl 文件）复制
5 到该文件夹中；

步骤 604、在该文件夹中创建一个 slblocks.m 文件，其中定义了新建 library 名，以及在 browser 中 library 的显示名；

步骤 605、将.mdl 文件所在的目录添加到 path 中，运行 slblocks.m 文件；

10 步骤 606、刷新 Simulink library browser，添加的自定义模块库将显示在左侧导航栏。本发明的优点在于：

（1）模型库中模型建构方法与平台无关，适用于不同数值计算软件或编程语言。

15 （2）将气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构过程流程化，大大降低建模难度。

（3）减少重复建模工作，模型库中的模型可快速应用于不同的气压制动系统，大大提高建模人员工作效率。

附图说明

20 图 1 为根据本发明实施的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法的流程图。

图 2 节流孔处气体流动图。

图 3 阀口处气体流动图。

图 4 为本发明基于多变过程的气容仿真模型框架图。

图 5 为本发明基于传热过程的气容仿真模型框架图。

具体实施方式

5 为了更好地理解上述技术方案，下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细说明。

本发明的目的在于提供一种气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法。为了说明本发明的技术方案，下面通过具体实施例来说明。

10 步骤一、对气压制动系统中气体状态、压力损失、元件连接状态、元件受力状态等做出假设。

气体为理想气体，满足理想气体的各种定律；

忽略气体流动造成的压力损失，忽略系统中各连接密封处的气体
15 泄漏；气体在接头和阀口处的流动均为等熵过程，动态过程为准平衡过程；

除管路外，其它关键部件中各参数视为集中参数，同一部件的腔室内气体压力、密度和温度分布均匀；

阀内的运动元件所受的重力和摩擦力相对气压力较小时，忽略阀芯重力和摩擦力。

20 步骤二、对相关气动元件进行预处理，采用模型等效的方法进行简化。

步骤 201、将气压制动系统中部件与管路连接所用的接头等效为固定节流孔，使用 ISO 6358 流体特性参数表示上述固定节流孔的流量特性参数。

5 步骤 202、对于继动阀、串联双腔制动阀等阀类部件，将阀口等效为可变节流孔，使用有效流通面积 S 表示气体流通能力，同步骤 201，使用 ISO 6358 流体特性参数表示上述可变节流孔的流量特性参数。

步骤 203、将制动气室容腔以及阀类部件的内腔室等等效为气容单元。

10 步骤三、对气动管路、储气罐、制动气室、阀类部件等部件进行压力响应理论建模。

步骤 301、计算固定节流孔的流量特性。

节流孔处气体流动如图 2 所示，其中 P_{up} 为节流孔上游气容的绝对压力，Pa； T_{up} 为节流孔上游气体温度，K； P_{down} 为节流孔下游气容的绝对压力，Pa； Q 为流通的质量流量，kg/s。上游气容内气体通过
15 节流孔向下游气容充气，在某一压力比时，流量将达到最大值，此时的压力比称为临界压力比，分别计算出压力比超过临界压力比和压力不超过临界压力比时流经节流孔的气体质量流量。特别地，在压力比接近 1 时，采用层流模型替换亚音速流动模型，得到流经节流孔的
20 质量流量计算式为：

$$q = \frac{dm}{dt} = \begin{cases} \eta p_{up} \left(1 - \frac{p_{down}}{p_{up}}\right) \sqrt{\frac{T_0}{T_{up}}} & , \frac{p_{down}}{p_{up}} \geq b_{high} \\ p_{up} C \rho_0 \sqrt{\frac{T_0}{T_{up}}} \sqrt{1 - \left(\frac{p_{down} - b}{1 - b}\right)^2} & , b_{high} > \frac{p_{down}}{p_{up}} > b \\ p_{up} C \rho_0 \sqrt{\frac{T_0}{T_{up}}} & , b \geq \frac{p_{down}}{p_{up}} > 0 \end{cases}$$

式中： $\eta = \frac{1}{1 - b_{high}} C \rho_0 \sqrt{1 - \left(\frac{b_{high} - b}{1 - b}\right)^2}$ 为线性增益，其中 b_{high} 为层流模型临界压力比。

步骤 302、计算可变节流孔的流量特性。

- 5 阀口处气体流动如图 3 所示，其中 h 表示阀芯运动产生的阀芯开口位移，m； D 为气体通过阀口的环形大直径，m； d 为气体通过阀口的环形小直径，m。阀芯运动导致阀口开度 h 变化，从而影响阀类部件内部气体的流通能力。用有效流通面积 S (m²) 描述阀口的流通能力。分别计算出压力比超过临界压力比和压力不超过临界压力比时
- 10 流经节流孔的气体质量流量。特别地，考虑层流压力比，同步骤 301，得到流经节流孔的质量流量计算式为：

$$q = \frac{dm}{dt} = \begin{cases} \eta p_{up} \left(1 - \frac{p_{down}}{p_{up}}\right) \sqrt{\frac{T_0}{T_{up}}} & , \frac{p_{down}}{p_{up}} \geq b_{high} \\ Sp_{up} \sqrt{\frac{2\gamma}{R_m T_{up} (\gamma - 1)} \left[\left(\frac{p_{down}}{p_{up}}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_{down}}{p_{up}}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right]} & , b_{high} > \frac{p_{down}}{p_{up}} > b \\ Sp_{up} \sqrt{\frac{\gamma}{R_m T_{up}} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}} & , b \geq \frac{p_{down}}{p_{up}} > 0 \end{cases}$$

式中： $\eta = \frac{1}{1-b_{high}} S \rho_0 \sqrt{1 - \left(\frac{b_{high} - b}{1-b}\right)^2}$ 为增益系数，当阀口流通面积固定不变时，阀口可视为固定节流孔，固定节流孔音速流导与有效截面积在数值上的换算关系为： $S = 502C$

步骤 303、确定气容压力响应模型，在多变过程条件下，得到气

5 容压力计算式：

$$\frac{dp}{dt} = n \left[\frac{RT}{V} (q_{in} - q_{out}) - \frac{p}{V} \frac{dV}{dt} \right]$$

气容温度计算式：

$$\frac{dT}{dt} = \frac{n-1}{n} \frac{T}{p} \frac{dp}{dt}$$

多变指数 n 不同时，对应不同的热力学过程。 $n=1$ 时为等温过程，

10 $n=\gamma=1.4$ 时为绝热过程。

当考虑换热时，气容压力计算式为：

$$\frac{dp}{dt} = \frac{R}{V} q_{in} \gamma T_q - \frac{RT}{V} q_{out} \gamma - (\gamma-1) \frac{p}{V} \frac{dV}{dt} + (\gamma-1) \frac{T \dot{Q}}{pV}$$

气容温度计算式为：

$$\frac{dT}{dt} = \frac{RT}{pV} q_{in} (\gamma T_q - T) - \frac{RT^2}{pV} q_{out} (\gamma-1) - (\gamma-1) \frac{T}{V} \frac{dV}{dt} + (\gamma-1) \frac{T \dot{Q}}{pV}$$

15 步骤 304、根据步骤 303 中确定的考虑换热的气容压力响应模型计算储气罐中气体压力。

步骤 305、建立制动气室压力响应理论模型，其中制动气室充气过程中膜片的变形力变化为：

$$F_m = \begin{cases} F_{m0} + 4F_{m0} \frac{x_{chamber}}{x_{maxchamber}}, & 0 \leq x_{chamber} \leq \frac{1}{4}x_{maxchamber} \\ 2F_{m0} & , \frac{1}{4}x_{maxchamber} < x_{chamber} \leq \frac{3}{4}x_{maxchamber} \\ 0 & , \frac{3}{4}x_{maxchamber} < x_{chamber} < x_{maxchamber} \end{cases}$$

F_{m0} 为制动气室膜片初始变形力，N； $x_{chamber}$ 为推杆位移，m；

$x_{maxchamber}$ 为制动气室推杆最大位移，m。

- 制动气室的进气口和出气口为同一个接头，根据步骤 301 确定的
- 5 固定节流孔流量特性公式，计算流入气室的气体质量流量。

气室为末端部件，制动时仅充气，气室内温度变化较大，因此考虑制动气室中气体温度变化，根据步骤 303 确定的考虑换热的气容理论模型，计算制动气室内气体温度和压力。

- 步骤 306、采用有限差分法将管路等分为有限个格子，以每个管
- 10 路格子为控制体，利用气体状态方程、运动方程、连续性方程和能量方程建立管路理论模型。

步骤 307、将阀体部件分为阀腔室和阀芯两部分，假设腔室内气体流动过程为等温过程，推导阀类部件压力与流量方程。

- 步骤四、本实施例中采用的数值计算软件为 Simulink，利用其建
- 15 立气动单元的模块化仿真模型。

步骤 401、确定基础气动单元的模型接口及连接规则

步骤 402、建立多变过程和基于传热过程的气容仿真模型，图 4 所示为基于多变过程的气容充放气仿真模型，图 5 所示为基于传热过程的气容充放气仿真模型。

步骤 403、使用 CIP (Cubic Interpolated Profile, 立方插值拟质点) 法精确求解管路的分布参数模型, 并设置计算边界条件, 即设置管路入口和出口气体状态参数。

5 步骤五、本实施例中采用的数值计算软件为 Simulink, 基于上述步骤中建立的理论模型, 利用 Simulink 建立储气罐、制动气室、阀类部件等关键部件的仿真模型。

步骤六、以数值计算软件 Simulink 为例, 在上述模块的基础上, 构建气压制动系统元件压力响应模型库。

10 步骤 601、点击 Simulink 菜单栏中“Simulink Library Browser”, 进入模块 library, 在“File”菜单中选择新建 library 并命名。

步骤 602、将封装好的关键部件仿真模型复制到新的 library 中并保存, 此时各模块的属性就是从 browser 中调用时的默认属性。

15 步骤 603、在 MATLAB 安装路径中“toolbox”路径下创建一个文件夹, 命名与新建的 library 名字相同, 将库文件 (.mdl 文件) 复制到该文件夹中。

步骤 604、在该文件夹中创建一个 slblocks.m 文件, 其中定义了新建 library 名, 以及在 browser 中 library 的显示名。

步骤 605、将.mdl 文件所在的目录添加到 path 中, 运行 slblocks.m 文件。

20 步骤 606、刷新 Simulink library browser, 添加的自定义模块库将显示在左侧导航栏。

权利要求书

1、一种气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于先建立气压制动系统中基础气动元件以及各关键部件的压力响应仿真模型，然后利用数值计算软件将上述仿真模型进行集成，构建气压制动系统元件压力响应仿真模型库；包括如下步骤：

步骤一、对气压制动系统中气体状态、压力损失、元件连接状态、元件受力状态做出假设；

步骤二、对基础气动元件进行预处理，采用模型等效的方法进行简化；将接头等效为固定节流孔，将阀口等效为可变节流孔，将制动气室容腔以及阀类部件的内腔室等效为气容单元；

步骤三、对包括气动管路、储气罐、制动气室、阀类部件在内的关键部件进行压力响应理论建模；

步骤四、利用数值计算软件建立基础气动元件的模块化仿真模型；

步骤五、基于上述步骤三中建立的理论模型，利用数值计算软件建立关键部件的仿真模型；

步骤六、在上述各仿真模型的基础上，构建气压制动系统元件压力响应模型库。

2、根据权利要求1所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤一包括如下具体步骤：

步骤 101、气体为理想气体，满足理想气体的各种定律；

步骤 102、忽略气体流动造成的压力损失，忽略气压制动系统中各连接密封处的气体泄漏；气体在接头和阀口处的流动均为等熵过程，动态过程为准平衡过程；

步骤 103、除管路外，气压制动系统的其它关键部件中各参数视为集中参数，

同一部件的腔室内气体压力、密度和温度分布均匀；

步骤 104、阀内的运动元件所受的重力和摩擦力相对气压力较小时，忽略阀芯重力和摩擦力。

3、根据权利要求 1 所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤二按如下步骤进行：

步骤 201、将气压制动系统中部件与管路连接所用的接头等效为固定节流孔，使用 ISO 6358 流体特性参数表示上述固定节流孔的流量特性参数；

步骤 202、对于继动阀、串联双腔制动阀在内的阀类部件，将阀口等效为可变节流孔，使用有效流通面积 S 表示气体流通能力，同步骤 201，使用 ISO 6358 流体特性参数表示上述可变节流孔的流量特性参数；

步骤 203、将制动气室容腔以及阀类部件的内腔室等效为气容单元。

4、根据权利要求 1 所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤三按如下步骤进行：

步骤 301、计算固定节流孔的流量特性，得到不同压力比下流经节流孔的质量流量计算式；

步骤 302、计算可变节流孔的流量特性，得到不同压力比下流经节流孔的质量流量计算式；

步骤 303、确定基于多变过程的气容压力响应理论模型，得到气容压力和气容温度计算式；

步骤 304、确定基于换热过程的气容压力响应理论模型，得到气容压力和气容温度计算式；

步骤 305、根据步骤 304 中确定的考虑换热的气容压力响应模型计算储气罐中气体压力；

步骤 306、建立制动气室压力响应理论模型，根据步骤 301 确定的固定节流孔流量特性公式，计算流入气室的气体质量流量；根据步骤 304 确定的考虑换热的气容理论模型，计算制动气室内气体温度和压力；

步骤 307、采用有限差分法将管路等分为有限个格子，以每个管路格子为控制体，利用气体状态方程、运动方程、连续性方程和能量方程建立管路理论模型；

步骤 308、将阀体部件分为阀腔室和阀芯两部分，假设腔室内气体流动过程为等温过程，推导阀类部件的压力与流量方程。

5、根据权利要求 1 所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤四按如下步骤进行：

步骤 401、确定基础气动单元的模型接口及连接规则；

步骤 402、建立多变过程和基于传热过程的气容仿真模型；

步骤 403、使用 CIP 法精确求解管路的分布参数模型，并设置计算边界条件，即设置管路入口和出口气体状态参数。

6、根据权利要求 1 所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤五中采用的数值计算软件为 Simulink，利用 Simulink 建立储气罐、制动气室、阀类部件在内的关键部件的仿真模型。

7、根据权利要求 1 所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤六以数值计算软件 Simulink 构建气压制动系统元件压力响应模型库。

8、根据权利要求 7 所述的气压制动系统元件压力响应仿真模型库建构方法，其特征在于步骤六按如下步骤进行：

步骤 601、点击 Simulink 菜单栏中“Simulink Library Browser”，进入模块 library，在“File”菜单中选择新建 library 并命名；

步骤 602、将封装好的关键部件仿真模型复制到新的 library 中并保存，此时各模块的属性就是从 browser 中调用时的默认属性；

步骤 603、在 MATLAB 安装路径中“toolbox”路径下创建一个文件夹，命名与新建的 library 名字相同，将库文件（.mdl 文件）复制到该文件夹中；

步骤 604、在该文件夹中创建一个 slblocks.m 文件，其中定义了新建 library 名，以及在 browser 中 library 的显示名；

步骤 605、将.mdl 文件所在的目录添加到 path 中，运行 slblocks.m 文件；

步骤 606、刷新 Simulink library browser，添加的自定义模块库将显示在左侧导航栏。

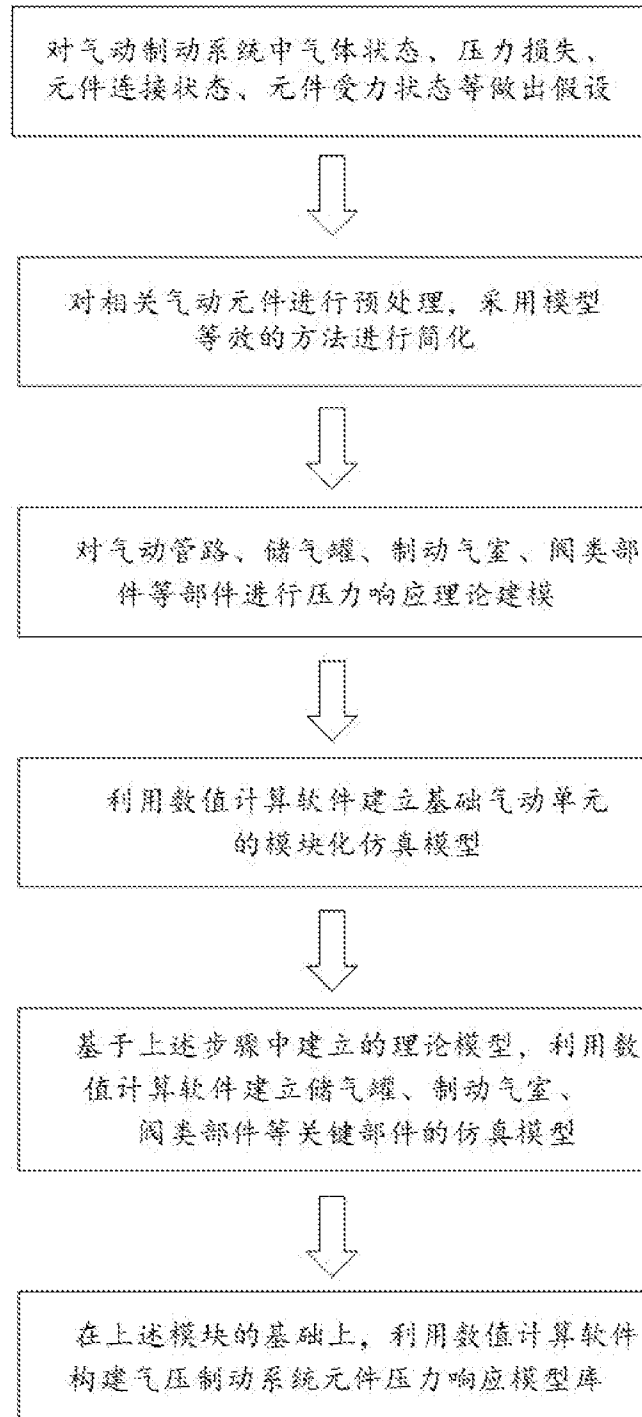


图 1

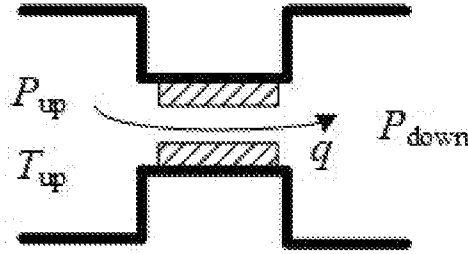


图 2

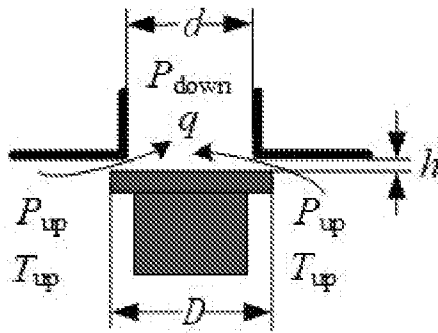


图 3

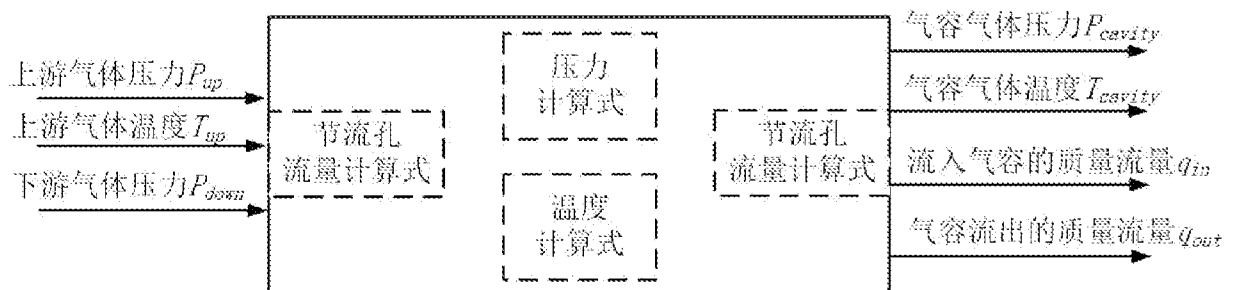


图 4

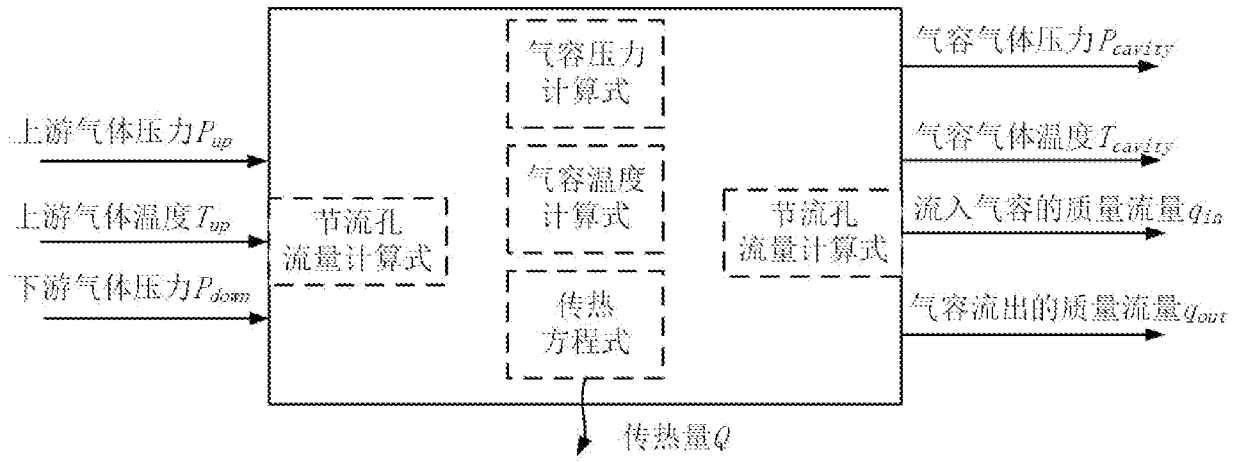


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/109030

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06F 30/20(2020.01)i; G06F 30/15(2020.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 气压, 制动, 压力响应, 仿真, 模型库, 构建, 理论, 气动管路, 储气罐, 制动气室, 阀, air, brak+, pressure, response, simulat+, model, library, construct+, pneumatic, key, component		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	胥军 等 (XU, Jun et al.). "商用车气压制动系统压力响应模型构建与验证 (Construction and Verification of Pressure Response Model for Commercial Vehicle Pneumatic Braking System)" <i>西安交通大学学报 (Journal of Xi'an Jiaotong University)</i> , Vol. 54, No. 7, 30 July 2020 (2020-07-30), abstract, and text, sections 1-2	1-8
A	CN 103939423 A (XUZHOU XCMG HYDRAULICS CO., LTD.) 23 July 2014 (2014-07-23) entire document	1-8
A	CN 108732939 A (BEIJING SPACE TECHNOLOGY RESEARCH AND TEST CENTER) 02 November 2018 (2018-11-02) entire document	1-8
A	WO 2020186382 A1 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 24 September 2020 (2020-09-24) entire document	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 April 2022		Date of mailing of the international search report 19 April 2022
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2021/109030

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	103939423	A	23 July 2014	None	
CN	108732939	A	02 November 2018	None	
WO	2020186382	A1	24 September 2020	US 11002212 B1	11 May 2021
				CN 109783998 A	21 May 2019
				US 2021140382 A1	13 May 2021

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/109030

<p>A. 主题的分类</p> <p>G06F 30/20(2020.01)i; G06F 30/15(2020.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																	
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06F</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI, CNPAT, WPI, EP0DOC: 气压, 制动, 压力响应, 仿真, 模型库, 构建, 理论, 气动管路, 储气罐, 制动气室, 阀, air, brak+, pressure, response, simulat+, model, library, construct+, pneumatic, key, component</p>																	
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>胥军 等. “商用车气压制动系统压力响应模型构建与验证” 西安交通大学学报, 第54卷, 第7期, 2020年7月30日 (2020 - 07 - 30), 摘要、正文第1-2节</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103939423 A (徐州徐工液压件有限公司) 2014年7月23日 (2014 - 07 - 23) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108732939 A (北京空间技术研制试验中心) 2018年11月2日 (2018 - 11 - 02) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2020186382 A1 (大连理工大学) 2020年9月24日 (2020 - 09 - 24) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	胥军 等. “商用车气压制动系统压力响应模型构建与验证” 西安交通大学学报, 第54卷, 第7期, 2020年7月30日 (2020 - 07 - 30), 摘要、正文第1-2节	1-8	A	CN 103939423 A (徐州徐工液压件有限公司) 2014年7月23日 (2014 - 07 - 23) 全文	1-8	A	CN 108732939 A (北京空间技术研制试验中心) 2018年11月2日 (2018 - 11 - 02) 全文	1-8	A	WO 2020186382 A1 (大连理工大学) 2020年9月24日 (2020 - 09 - 24) 全文	1-8
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	胥军 等. “商用车气压制动系统压力响应模型构建与验证” 西安交通大学学报, 第54卷, 第7期, 2020年7月30日 (2020 - 07 - 30), 摘要、正文第1-2节	1-8															
A	CN 103939423 A (徐州徐工液压件有限公司) 2014年7月23日 (2014 - 07 - 23) 全文	1-8															
A	CN 108732939 A (北京空间技术研制试验中心) 2018年11月2日 (2018 - 11 - 02) 全文	1-8															
A	WO 2020186382 A1 (大连理工大学) 2020年9月24日 (2020 - 09 - 24) 全文	1-8															
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																	
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																	
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2022年4月6日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2022年4月19日</p>															
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>王伟</p> <p>电话号码 86-(10)-53961525</p>															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/109030

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103939423	A	2014年7月23日	无			
CN	108732939	A	2018年11月2日	无			
WO	2020186382	A1	2020年9月24日	US	11002212	B1	2021年5月11日
				CN	109783998	A	2019年5月21日
				US	2021140382	A1	2021年5月13日