

(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
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/134622 A1

- (51) 国际专利分类号:
B62D 5/06 (2006.01) *B62D 3/08* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/116096
- (22) 国际申请日: 2019 年 11 月 6 日 (06.11.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811622588.9 2018 年 12 月 28 日 (28.12.2018) CN
201822230759.5 2018 年 12 月 28 日 (28.12.2018) CN
- (71) 申请人: 南京航空航天大学 (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) [CN/CN]; 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10 号三才大厦 3 栋, Jiangsu 210000 (CN)。南京天航智能装备研究

院有限公司 (NANJING TIANHANG INSTITUTE OF INTELLIGENT EQUIPMENT CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10 号三才大厦 3 栋, Jiangsu 210000 (CN)。

- (72) 发明人: 赵万忠 (ZHAO, Wanzhong); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10 号三才大厦 3 栋, Jiangsu 210000 (CN)。周小川 (ZHOU, Xiaochuan); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10 号三才大厦 3 栋, Jiangsu 210000 (CN)。栾众楷 (LUAN, Zhongkai); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10 号三才大厦 3 栋, Jiangsu 210000 (CN)。王春燕 (WANG, Chunyan); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10 号三才大厦 3 栋, Jiangsu 210000 (CN)。张自宇 (ZHANG, Ziyu); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路 10

(54) **Title:** MAGNETO-RHEOLOGICAL FLUID-BASED RECIRCULATING BALL ELECTRO-HYDRAULIC STEERING SYSTEM AND OPTIMIZATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统及其优化方法

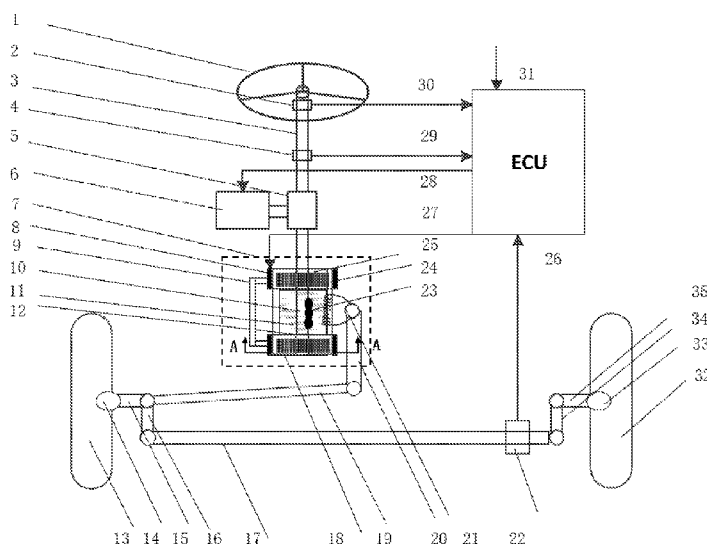


图 1

(57) **Abstract:** A magneto-rheological fluid-based recirculating ball electro-hydraulic steering system and an optimization method therefor. Said system comprises: a mechanical transmission module, an electric power assist module, a magneto-rheological fluid power assist module, and a power assist control module (ECU); magneto-rheological fluid materials (25) are provided in magneto-rheological fluid cavities (24) in a recirculating ball steering gear (7); excitation coils (8) are provided outside a recirculating ball steering gear

号三才大厦3栋, Jiangsu 210000 (CN)。 王一松 (WANG, Yisong); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路10号三才大厦3栋, Jiangsu 210000 (CN)。 汪桢旭(WANG, Anxu); 中国江苏省南京市秦淮区白下高新科技园永智路10号三才大厦3栋, Jiangsu 210000 (CN)。

(74) 代理人: 江苏圣典律师事务所(JIANGSU SUNDY LAW FIRM); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街68号4A栋6层杨文晰, Jiangsu 210019 (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, 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, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

housing (18); and the direction of the magnetic field generated by energizing the excitation coils (8) is perpendicular to the direction of the electric field formed by energizing electrode plates (12). By establishing an electro-hydraulic steering system optimization model and performing optimization using a niche multi-target particle swarm optimization algorithm, the structure of said system is simplified and the controllability of steering feel is improved.

(57) 摘要: 一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统及其优化方法, 系统包括: 机械传动模块、电动助力模块、磁流变液助力模块和助力控制模块(ECU); 磁流变液材料(25)置于循环球转向器(7)内的磁流变液空腔(24), 励磁线圈(8)置于循环球转向器壳体(18)的外部, 励磁线圈(8)通电产生的磁场方向与电极板(12)通电形成的电场方向相互垂直。通过建立电液转向系统优化模型, 采用小生境多目标粒子群优化算法进行优化, 简化了系统的结构, 提高了转向路感的可控性。

一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统及其优化方法

技术领域

本发明属于汽车转向系统技术领域，具体涉及一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统及其多目标优化方法。

背景技术

磁流变液是一种新型液体材料，当附加在磁流变液上的磁场发生变化时，其表观粘度将随着磁场的改变而改变，从而使得磁流变液可以在流体和类固体之间进行可逆的转变，同时其还具有可控性好、磁导率高、无污染、低能耗等优点。由于磁流变液能根据附加磁场在短时间内产生强大的阻尼力，可以实现传递力矩和改变阻尼的功能，目前在汽车悬架系统、传动系统、制动系统都得到了广泛应用。在汽车转向系统领域，磁流变液目前也有少量应用，例如中国专利申请号为 CN201610913543.1，专利名称为“一种车辆转向控制系统”提出了一种汽车转向控制系统利用了磁流变液设计新型离合器，提升了汽车驾驶模式切换时的安全性和可靠性；中国专利申请号为 CN201110185746.0，专利名称为“线控转向汽车路感模拟执行装置”利用磁流变液阻尼器作为主要的路感模拟执行机构，并通过磁流变液阻尼器控制回正速度，保证方向盘的平稳；中国专利申请号为 CN201420522322.8，专利名称为“一种复合式转向横拉杆”公开了一种复合式转向横拉杆，利用磁流变液的物理特性，在汽车爆胎时控制磁流变液黏度从而锁死横拉杆，减小了爆胎带来的危害。

根据磁流变液一系列优秀的特性，在汽车转向系统中其还具有较大的应用空间和价值。电液转向助力系统是一种较新颖的转向助力系统，其结合了电动助力转向系统和电控液压转向助力系统的优点，具有低能耗、经济性好、响应快、助力力矩较大、高速路感较好等优点。但是现有的电液转向系统仍采用传统的液压助力机构，整个系统能耗较高，且结构较为复杂、不便于安装与维护、制造和维修成本也相应的增加、路感与灵敏度之间不够协调。

发明内容

针对于上述现有技术的不足，本发明的目的在于提供一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统及其优化方法，解决了传统转向系统中存在的能量浪费较大的问题，本发明利用磁流变液的物理性能实现助力作用，大大简化了系统的结构，同时提高了高速时转向路感的可控性。

为达到上述目的，本发明采用的技术方案如下：

本发明的一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统，包括：机械传动模块、电动助力模块、磁流变液助力模块和助力控制模块；

所述的机械传动模块包括方向盘、转向轴、循环球转向器、转向摇臂、转向直拉杆、转向横拉杆、左转向节臂、左梯形臂、左转向节及左侧车轮、右转向节臂、右梯形臂、右转向节、右侧车轮；

所述转向轴的上端与方向盘相连，下端与循环球转向器输入端连接；所述循环球转向器包括转向螺杆、转向螺母齿条、循环球转向器壳体、齿扇以及循环钢球，其中循环钢球放置于转向螺母齿条与转向螺杆之间的密闭管路内；循环球转向器的输出端通过齿扇与转向摇臂的一端连接，转向摇臂的另一端通过转向直拉杆和左转向节臂相连，带动左转向节和左侧车轮偏转；左转向节臂经左梯形臂与转向横拉杆的一端相连；转向横拉杆的另一端与右梯形臂相连，右梯形臂经右转向节臂与右转向节相连，右转向节带动右侧车轮转向；

所述的电动助力模块包括助力电机和助力电机减速机构，所述的助力电机减速机构的输入端与助力电机相连，所述助力电机减速机构的输出端与转向轴相连；

所述的磁流变液助力模块包括磁流变液空腔、磁流变液材料、励磁线圈、电极板；

所述的磁流变液材料置于循环球转向器内的磁流变液空腔；所述的励磁线圈置于循环球转向器壳体的外部，励磁线圈通电产生的磁场方向与电极板通电形成的电场方向相互垂直；

所述的助力控制模块的输入端与转矩传感器、车速传感器、方向盘角位移传感器、位移传感器相连，输出端分别与助力电机、励磁线圈和电极板相连。

进一步地，所述的转矩传感器安装在转向轴上，通过转向轴获取驾驶员输入的转矩并将转矩信号传递给所述助力控制模块；所述的车速传感器安装在车辆上，用于获取车速信号；所述的方向盘角位移传感器安装在方向盘上，用于获得汽车转向时驾驶员输入的方向盘转角信号；所述的位移传感器安装在转向横拉杆上，用于获得转向横拉杆输出的位移信号。

进一步地，所述的循环球转向器为长方体；其中，转向螺母齿条的两端分别设置一个密封绝缘的磁流变液空腔，两个磁流变液空腔内充满磁流变液材料，并通过导液管相互连通。

进一步地，所述电极板的数量为两个，分别沿径向置于所述循环球转向器壳体内部的前后两端，电极板的外部设有绝缘层，通电时两个电极板之间产生电场。

进一步地，所述励磁线圈截面为矩形且为完全一致的两对，两对励磁线圈沿轴向对称安装于循环球转向器壳体外部的两侧，每对励磁线圈沿径向置于所述循环球转向器壳体外部的上下两端，励磁线圈中电流方向保持一致且励磁线圈安装平面垂直于电极板安装平面，同一侧上下两个励磁线圈中间使用绝缘材料隔开。

本发明的系统，转向时，驾驶员输入的转矩依次带动方向盘、转向轴转动；助力控制模块（ECU）根据各传感器采集到的信号，输出助力电机控制信号控制助力电机进行助力，助力电机输出的电磁转矩经助力电机减速机构作用在转向轴上，实现第一级转向助力；转向轴带动循环球转向器的转向螺杆运动，转向螺杆推动转向螺母齿条沿轴向运动，转向螺母齿条通过齿扇驱动转向摇臂往复摇动；助力控制模块通过输出励磁线圈控制信号改变励磁线圈中电流大小，调整产生的磁场大小，进而控制磁流变液材料的特性，改变其在励磁线圈和电极板形成的相互垂直的电场中受到的洛伦兹力的大小，洛伦兹力施加在转向螺母齿条上，实现第二级助力效果。

本发明还提出了一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法, 基于上述系统, 包含以下步骤:

(1) 建立电液转向系统模型、整车动力学模型和轮胎模型;

(2) 选取车辆电液转向系统的转向路感、转向灵敏度和转向系统能耗作为性能评价指标;

(3) 选取转向螺杆中心距 r_a 、齿扇节圆半径 r_p 、转向柱刚度 K 、电机转动惯量 J_m 、励磁线圈匝数 N 、转向螺母有效面积 A 、齿扇转动惯量 J_c 作为优化变量, 以转向路感及转向系统能耗为优化目标, 在转向灵敏度和转向助力范围的约束条件下, 建立电液转向系统多目标优化模型;

(4) 采用小生境多目标粒子群优化算法对电液转向系统的优化变量进行优化, 根据优化算法得出最优解。

进一步地, 所述的电液转向系统模型包括转向盘模型、循环球转向器模型、电动助力模块模型、磁流变液助力模块模型。

进一步地, 所述的步骤 (4) 中的小生境多目标粒子群优化算法具体步骤如下:

4.1 初始化粒子种群 m , 随机生成初始位置 X_0 和初始速度 V_0 , 粒子的初始个体最优位置 $P_{best} = X_0$, 外部集合 N_s 为空, 迭代次数 $t=0$;

4.2 计算每个粒子的目标函数, 将非支配解存入外部集合中;

4.3 计算外部集合中每个粒子的适应度, 按照联赛选择方法随机选择外部集合中的粒子作为历史全局最优位置 G_{best} ;

4.4 根据公式 (1) 和公式 (2) 更新粒子的位置和速度, 并用当前粒子群中的非支配解更新外部集合 N_s ;

$$V_i(t+1) = V_i(t) + c_1 * r_1 * (P_{best}(t) - X_i(t)) + c_2 * r_2 * (G_{best}(t) - X_i(t)) \quad (1)$$

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \quad (2)$$

式中, $V_i(t)$ 、 $V_i(t+1)$ 分别为 t 时刻和 $t+1$ 时刻粒子的速度, $X_i(t)$ 、 $X_i(t+1)$ 分别为分别为 t 时刻和 $t+1$ 时刻粒子的位置, c_1 和 c_2 为学习因子, r_1 和 r_2 为取值在 0 到 1 之间的随机数;

4.5 判断外部集合中的粒子数是否超过给定的最大容量, 若超过则删除适应度值最小的粒子, 否则进行下一步 4.6;

4.6 在外部集合中根据变异概率, 执行变异操作, 搜索新产生的非支配解;

4.7 若满足终止条件, 则停止搜索, 从外部集合中输出 Pareto 最优解集, 否则转步骤 4.3 再循环直至结束输出 Pareto 最优解集。

进一步地, 所述步骤 4.3 中的计算采用如下公式:

$$\begin{cases} F_i = \frac{1}{S_i}, i = 1, 2, \dots, N_s \\ S_i = \sum_{j=1}^{N_s} f_{sh}(d_{ij}), j = 1, 2, \dots, N_s \\ f_{sh}(d_{ij}) = \begin{cases} 1 - (\frac{d_{ij}}{\sigma_{share}})^\alpha, 0 \leq d_{ij} \leq \sigma_{share} \\ 0, d_{ij} > \sigma_{share} \end{cases} \\ d_{ij} = \|X_i - X_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \end{cases}$$

式中：\$F_i\$ 为外部集合中个体 \$X_i\$ 的适应度；\$N_s\$ 为小生境内的个体数量；\$S_i\$ 为个体 \$X_i\$ 的共享度；\$f_{sh}(d_{ij})\$ 为个体 \$X_i\$ 和个体 \$X_j\$ 之间的共享函数；\$\alpha\$ 为控制共享函数形状的参数；\$\sigma_{share}\$ 为初始指定的共享距离；\$d_{ij}\$ 表示个体 \$X_i\$ 和个体 \$X_j\$ 之间的欧氏距离。

进一步地，所述步骤（3）具体包括：选取转向螺杆中心距 \$r_a\$、齿扇节圆半径 \$r_p\$、转向柱刚度 \$K\$、电机转动惯量 \$J_m\$、励磁线圈匝数 \$N\$、转向螺母有效面积 \$A\$、齿扇转动惯量 \$J_c\$ 作为优化变量，则所述的小生境多目标粒子群优化算法中的向量空间为七维向量空间，且在初始的 \$m\$ 个粒子的位置向量和速度向量组中，第 \$i\$ 个粒子的位置 \$X'_i\$ 和速度向量 \$V'_i\$ 表示如下：

$$X'_i = \{X'_{ir_a}, X'_{ir_p}, X'_{iK}, X'_{iJ_m}, X'_{iN}, X'_{iA}, X'_{iJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$V'_i = \{V'_{ir_a}, V'_{ir_p}, V'_{iK}, V'_{iJ_m}, V'_{iN}, V'_{iA}, V'_{iJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)。$$

进一步地，所述 4.1 和 4.4 步骤中 \$P_{best}\$ 表示的个体最优位置对应优化变量的向量空间为：

$$P_{best} = \{P_{bestr_a}, P_{bestr_p}, P_{bestK}, P_{bestJ_m}, P_{bestN}, P_{bestA}, P_{bestJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)。$$

进一步地，所述 4.3 和 4.4 步骤中 \$G_{best}\$ 表示的粒子的历史全局最优位置对应优化变量的向量空间为：

$$G_{best} = \{G_{bestr_a}, G_{bestr_p}, G_{bestK}, G_{bestJ_m}, G_{bestN}, G_{bestA}, G_{bestJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)。$$

本发明的有益效果：

本发明与现有的电液复合转向系统相比，采用了磁流变液助力模块，大大简化了系统结构，解决了传统液压助力模块中的路感与灵敏度问题，同时利用磁流变液的物理特性有效提高了路感的可控性能。

本发明利用磁流变液与励磁线圈和电极板的结合代替了复杂的液压机构，产生相似助力效果的同时提高了系统的可靠性和可控性。

本发明的优化方法考虑了电液转向系统的多目标耦合，采用小生境多目标粒子群算法，同时对电液转向系统的转向路感、转向灵敏度和能耗进行优化，能够得到综合性能较好的优

化结果。

附图说明

图 1 为本发明系统的原理结构框图；

图 2 为本发明循环球转向器的 A-A 剖面图；

图 3 为本发明优化方法流程图；

图 4 为本发明所用算法流程图；

图中：1-方向盘，2-转角传感器，3-转向轴，4-转矩传感器，5-助力电机减速机构，6-助力电机，7-循环球转向器，8-励磁线圈，9-导液管，10-转向螺杆，11-转向螺母齿条，12-电极板，13-左侧车轮，14-左转向节，15-左转向节臂，16-左梯形臂，17-转向横拉杆，18-循环球转向器壳体，19-转向直拉杆，20-转向摇臂，21-齿扇，22-位移传感器，23-循环钢球，24-磁流变液空腔，25-磁流变液材料，26-位移信号，27-励磁线圈控制信号，28-助力电机控制信号，29-转矩信号，30-方向盘转角信号，31-车速信号，32-右侧车轮，33-右转向节，34-右梯形臂，35 右转向节臂。

具体实施方式

为了便于本领域技术人员的理解，下面结合实施例与附图对本发明作进一步的说明，实施方式提及的内容并非对本发明的限定。

参照图 1、图 2 所示，本发明的一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统，包括：机械传动模块、电动助力模块、磁流变液助力模块和助力控制模块（ECU）。

所述的机械传动模块包括方向盘 1、转向轴 3、循环球转向器 7、转向摇臂 20、转向直拉杆 19、转向横拉杆 17、左转向节臂 15、左梯形臂 16、左转向节 14 及左侧车轮 13、右转向节臂 35、右梯形臂 34、右转向节 33、右侧车轮 32；

所述转向轴 3 的上端与方向盘 1 相连，下端与循环球转向器 7 输入端连接；所述循环球转向器 7 包括转向螺杆 10、转向螺母齿条 11、循环球转向器壳体 18、齿扇 21 以及循环钢球 23，其中循环钢球 23 放置于转向螺母齿条 11 与转向螺杆 10 之间的密闭管路内；循环球转向器 7 的输出端通过齿扇 21 与转向摇臂 20 的一端连接，转向摇臂 20 的另一端通过转向直拉杆 19 和左转向节臂 15 相连，带动左转向节 14 和左侧车轮 13 偏转；左转向节臂 15 经左梯形臂 16 与转向横拉杆 17 的一端相连；转向横拉杆 17 的另一端与右梯形臂 34 相连，右梯形臂 34 经右转向节臂 35 与右转向节 33 相连，右转向节 33 带动右侧车轮 32 转向；

其中，所述的循环球转向器为长方体；其中，转向螺母齿条 11 的两端分别设置一个密封绝缘的磁流变液空腔，两个磁流变液空腔内充满磁流变液材料，并通过导液管 9 相互连通。

此外，所述的循环球转向器壳体 18 包围转向螺杆 10、转向螺母齿条 11、循环钢球 23 和齿扇 21。

所述的电动助力模块包括助力电机 6 和助力电机减速机构 5，所述的助力电机减速机构 5

的输入端与助力电机 6 相连，所述助力电机减速机构 5 的输出端与转向轴 3 相连；

所述的磁流变液助力模块包括磁流变液空腔 24、磁流变液材料 25、励磁线圈 8、电极板 12；

所述的磁流变液材料 25 置于循环球转向器 7 内的磁流变液空腔 24；所述的励磁线圈 8 置于循环球转向器壳体 18 的外部，励磁线圈 8 通电产生的磁场方向与电极板 12 通电形成的电场方向相互垂直；

所述的助力控制模块（ECU）的输入端与转矩传感器 4、车速传感器、方向盘角位移传感器 2、位移传感器 22 相连，输出端分别与助力电机 6、励磁线圈 8 和电极板 12 相连。

其中，所述的转矩传感器 4 安装在转向轴 3 上，通过转向轴 3 获取驾驶员输入的转矩并将转矩信号 29 传递给所述助力控制模块；所述的车速传感器安装在车辆上，用于获取车速信号 31；所述的方向盘角位移传感器 2 安装在方向盘 1 上，用于获得汽车转向时驾驶员输入的方向盘转角信号 30；所述的位移传感器 22 安装在转向横拉杆 17 上，用于获得转向横拉杆输出的位移信号 26。

其中，所述电极板的数量为两个，分别沿径向置于所述循环球转向器壳体内的前后两端，电极板的外部设有绝缘层，通电时两个电极板之间产生电场。

其中，所述励磁线圈截面为矩形且为完全一致的两对，两对励磁线圈沿轴向对称安装于循环球转向器壳体外部的两侧，每对励磁线圈沿径向置于所述循环球转向器壳体外部的上下两端，励磁线圈中电流方向保持一致且励磁线圈安装平面垂直于电极板安装平面，同一侧上下两个励磁线圈中间使用绝缘材料隔开。

本发明的系统，转向时，驾驶员输入的转矩依次带动方向盘、转向轴转动；助力控制模块根据各传感器采集到的信号，输出助力电机控制信号 28 控制助力电机进行助力，助力电机输出的电磁转矩经助力电机减速机构作用在转向轴上，实现第一级转向助力；转向轴带动循环球转向器的转向螺杆运动，转向螺杆推动转向螺母齿条沿轴向运动，转向螺母齿条通过齿扇驱动转向摇臂往复摇动；助力控制模块通过输出励磁线圈控制信号 27 改变励磁线圈中电流大小，调整产生的磁场大小，进而控制磁流变液材料的特性，改变其在励磁线圈和电极板形成的相互垂直的电场中受到的洛伦兹力的大小，洛伦兹力施加在转向螺母齿条上，实现第二级助力效果。

参照图 3 所示，本发明还提出了一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法，基于上述系统，包含以下步骤：

（1）建立电液转向系统模型、整车动力学模型和轮胎模型；

所述的电液转向系统模型包括转向盘模型、循环球转向器模型、电动助力模块模型、磁

流变液助力模块模型;

其中, 电液转向系统模型为:

$$\begin{cases} J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m = T_m - T_s \\ U_{A1} = L \dot{I}_{A1} + R_{A1} I_{A1} + K_{T1} \omega_1 \\ I_{A1} = K_a K_s (\theta_s - \theta_{lg}) \\ J_{lg} \ddot{\theta}_{lg} + B_{lg} \dot{\theta}_{lg} = T_s - F_b \cdot r_a \\ m_{lm} \ddot{x}_m + B_{lm} \dot{x}_m = F_{lm} - T_{cs} / r_w + F_{MRF} \\ J_c \ddot{\theta}_{cs} + B_{cs} \dot{\theta}_{cs} = T_{cs} - T_p \end{cases}$$

式中, θ_m 、 J_m 、 B_m 、 T_m 分别为助力电机的转角、转动惯量、阻尼系数、输出助力转矩, L_{A1} 、 U_{A1} 、 I_{A1} 、 R_{A1} 分别为助力电机电枢的电感系数、电压、电流、电阻, K_{T1} 、 K_a 、 ω_1 分别为助力电机的电压感应系数、比例系数、角速度, J_{lg} 为转向螺杆的转动惯量, θ_{lg} 为转向螺杆转角, B_{lg} 为转向螺杆的粘性阻尼系数, T_s 为转矩传感器测得的转矩值, F_b 为转向螺杆的轴向工作载荷, r_a 为螺杆力的中心距, m_{lm} 为转向螺母的质量, x_m 为转向螺母齿条的位移, B_{lm} 为转向螺母齿条的粘性阻系数, F_{lm} 为螺母齿条轴向力, T_{cs} 为齿扇转矩, r_w 为齿扇节圆半径, B_{cs} 为齿扇的粘性阻尼系数, θ_{cs} 为齿扇转角, T_p 为等效转向阻力矩, J_c 为齿扇的转动惯量, F_{MRF} 为磁流变液模块所提供的助力;

整车动力学模型为:

$$\begin{cases} I_z \dot{\omega}_r - I_{xz} \ddot{\phi} = N_r \omega_r + N_\beta \beta + N_\phi \phi + N_\delta \delta \\ mu(\omega_r + \dot{\beta}) - m_s h \ddot{\phi} = Y_r \omega_r + Y_\beta \beta + Y_\phi \phi + Y_\delta \delta \\ I_x \ddot{\phi} - m_s u(\omega_r + \dot{\beta}) h - I_{xz} \dot{\omega}_r = L_p \dot{\phi} + L_\phi \phi \end{cases}$$

轮胎模型为:

$$T_r = \frac{2dk_1}{G_p} (\beta + \frac{a\gamma}{u} + E_1 \phi - \delta)$$

式中, I_z 为汽车质量对 z 轴的转动惯量, ω_r 为横摆角速度, ϕ 为车身侧倾角, N_r 、 N_β 、 N_ϕ 、 N_δ 分别为单位横摆角速度、单位质心侧偏角、单位侧倾角速度、单位前轮转角对 z 轴的力矩, u 为纵向速度, m 为整车质量, I_x 为悬挂质量对 x 轴的转动惯量, β 为质心侧偏角, α 为前轮侧偏角, δ 为前轮转向角, I_{xz} 为悬挂质量对 x、z 轴的惯性积, d 为轮距, G_p 为螺杆到前轮传动比, h 为悬挂质心至侧倾轴线的距离, L_p 、 L_ϕ 分别为单位侧倾角速度、单位侧倾角对 x 轴的外力矩, Y_r 、 Y_β 、 Y_ϕ 、 Y_δ 分别为单位横摆角速度、单位整车侧偏角、单位侧倾角、单位前轮转角引起的地面侧向反作用力, k_1 为前轮侧偏刚度, E_1 为弧度因子。

(2) 选取车辆电液转向系统的转向路感、转向灵敏度和转向系统能耗作为性能评价指标;

(3) 选取转向螺杆中心距 r_a 、齿扇节圆半径 r_p 、转向柱刚度 K 、电机转动惯量 J_m 、励磁线圈匝数 N 、转向螺母有效面积 A 、齿扇转动惯量 J_c 作为优化变量, 以转向路感及转向系统能耗为优化目标, 在转向灵敏度和转向助力范围的约束条件下, 建立电液转向系统多目标优化模型;

所述的电液转向系统多目标优化模型为:

$$\begin{cases} \min [f_1(X), 1/f_2(X)] \\ \text{where } X = [r_a, r_p, J_m, J_c, A, K, N] \\ \text{s.t. } 0.01 < r_a < 0.05, 5 < r_p < 20, 1e-5 < J_m < 5e-4 \\ 1e-4 < J_c < 5e-4, 300 < A < 850, 0.5 < K < 15, 700 < N < 1300 \\ 800 < g_1(X) < 4000, g_2(X) > 0.005 \end{cases}$$

式中, $f_1(X)$ 为转向系统能耗, $f_2(X)$ 为转向路感, $g_1(X)$ 为转向助力范围, $g_2(X)$ 为转向灵敏度。

(4) 采用小生境多目标粒子群优化算法对电液转向系统的优化变量进行优化, 根据优化算法得出最优解;

参照图 4 所示, 所述的小生境多目标粒子群优化算法具体步骤如下:

4.1 初始化粒子种群 m , 随机生成初始位置 X_0 和初始速度 V_0 , 粒子的初始个体最优位置 $P_{best} = X_0$, 外部集合 N_s 为空, 迭代次数 $t=0$;

4.2 计算每个粒子的目标函数, 将非支配解存入外部集合中;

4.3 计算外部集合中每个粒子的适应度, 按照联赛选择方法随机选择外部集合中的粒子作为历史全局最优位置 G_{best} ;

4.4 根据公式 (1) 和公式 (2) 更新粒子的位置和速度, 并用当前粒子群中的非支配解更新外部集合 N_s ;

$$V_i(t+1) = V_i(t) + c_1 * r_1 * (P_{best}(t) - X_i(t)) + c_2 * r_2 * (G_{best}(t) - X_i(t)) \quad (1)$$

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \quad (2)$$

式中, $V_i(t)$ 、 $V_i(t+1)$ 分别为 t 时刻和 $t+1$ 时刻粒子的速度, $X_i(t)$ 、 $X_i(t+1)$ 分别为分别为 t 时刻和 $t+1$ 时刻粒子的位置, c_1 和 c_2 为学习因子, r_1 和 r_2 为取值在 0 到 1 之间的随机数;

4.5 判断外部集合中的粒子数是否超过给定的最大容量, 若超过则删除适应度值最小的粒子, 否则进行下一步 4.6;

4.6 在外部集合中根据变异概率, 执行变异操作, 搜索新产生的非支配解;

4.7 若满足终止条件, 则停止搜索, 从外部集合中输出 Pareto 最优解集, 否则转步骤 4.3 再循环直至结束输出 Pareto 最优解集。

其中, 所述步骤 4.3 中的计算采用如下公式:

$$\begin{cases} F_i = \frac{1}{S_i}, i = 1, 2, \dots, N_s \\ S_i = \sum_{j=1}^{N_s} f_{sh}(d_{ij}), j = 1, 2, \dots, N_s \\ f_{sh}(d_{ij}) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{d_{ij}}{\sigma_{share}}\right)^\alpha, 0 \leq d_{ij} \leq \sigma_{share} \\ 0, d_{ij} \geq \sigma_{share} \end{cases} \\ d_{ij} = \|X_i - X_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \end{cases}$$

式中： F_i 为外部集合中个体 X_i 的适应度； N_s 为小生境内的个体数量； S_i 为个体 X_i 的共享度； $f_{sh}(d_{ij})$ 为个体 X_i 和个体 X_j 之间的共享函数； α 为控制共享函数形状的参数； σ_{share} 为初始指定的共享距离； d_{ij} 表示个体 X_i 和个体 X_j 之间的欧氏距离。

其中，所述步骤（3）具体包括：选取转向螺杆中心距 r_a 、齿扇节圆半径 r_p 、转向柱刚度 K 、电机转动惯量 J_m 、励磁线圈匝数 N 、转向螺母有效面积 A 、齿扇转动惯量 J_c 作为优化变量，则所述的小生境多目标粒子群优化算法中的向量空间为七维向量空间，且在初始的 m 个粒子的位置向量和速度向量组中，第 i 个粒子的位置 X'_i 和速度向量 V'_i 表示如下：

$$X'_i = \{X'_{ir_a}, X'_{ir_p}, X'_{iK}, X'_{iJ_m}, X'_{iN}, X'_{iA}, X'_{iJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$V'_i = \{V'_{ir_a}, V'_{ir_p}, V'_{iK}, V'_{iJ_m}, V'_{iN}, V'_{iA}, V'_{iJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)。$$

其中，所述 4.1 和 4.4 步骤中 P_{best} 表示的个体最优位置对应优化变量的向量空间为为：

$$P_{best} = \{P_{best r_a}, P_{best r_p}, P_{best K}, P_{best J_m}, P_{best N}, P_{best A}, P_{best J_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)；$$

其中，所述 4.3 和 4.4 步骤中 G_{best} 表示的粒子的历史全局最优位置对应优化变量的向量空间为：

$$G_{best} = \{G_{best r_a}, G_{best r_p}, G_{best K}, G_{best J_m}, G_{best N}, G_{best A}, G_{best J_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)。$$

本发明具体应用途径很多，以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以作出若干改进，这些改进也应视为本发明的保护范围。

权利要求书¹⁰

1. 一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统，其特征在于，包括：机械传动模块、电动助力模块、磁流变液助力模块和助力控制模块；

所述的机械传动模块包括方向盘、转向轴、循环球转向器、转向摇臂、转向直拉杆、转向横拉杆、左转向节臂、左梯形臂、左转向节、左侧车轮、右转向节臂、右梯形臂、右转向节、右侧车轮；

所述转向轴的上端与方向盘相连，下端与循环球转向器输入端连接；所述循环球转向器包括转向螺杆、转向螺母齿条、循环球转向器壳体、齿扇以及循环钢球，其中循环钢球放置于转向螺母齿条与转向螺杆之间的密闭管路内；循环球转向器的输出端通过齿扇与转向摇臂的一端连接，转向摇臂的另一端通过转向直拉杆和左转向节臂相连，带动左转向节和左侧车轮偏转；左转向节臂经左梯形臂与转向横拉杆的一端相连；转向横拉杆的另一端与右梯形臂相连，右梯形臂经右转向节臂与右转向节相连，右转向节带动右侧车轮转向；

所述的电动助力模块包括助力电机和助力电机减速机构，所述的助力电机减速机构的输入端与助力电机相连，所述助力电机减速机构的输出端与转向轴相连；

所述的磁流变液助力模块包括磁流变液空腔、磁流变液材料、励磁线圈、电极板；

所述的磁流变液材料置于循环球转向器内的磁流变液空腔；所述的励磁线圈置于循环球转向器壳体的外部，励磁线圈通电产生的磁场方向与电极板通电形成的电场方向相互垂直；

所述的助力控制模块的输入端与转矩传感器、车速传感器、方向盘角位移传感器、位移传感器相连，输出端分别与助力电机、励磁线圈和电极板相连。

2. 根据权利要求 1 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统，其特征在于，所述的转矩传感器安装在转向轴上，通过转向轴获取驾驶员输入的转矩并将转矩信号传递给所述助力控制模块；所述的车速传感器安装在车辆上；所述的方向盘角位移传感器安装在方向盘上；所述的位移传感器安装在转向横拉杆上。

3. 根据权利要求 1 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统，其特征在于，所述的循环球转向器为长方体；其中，转向螺母齿条的两端分别设置一个密封绝缘的磁流变液空腔，两个磁流变液空腔内充满磁流变液材料，并通过导液管相互连通。

4. 根据权利要求 1 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统，其特征在于，所述电极板的数量为两个，分别沿径向置于所述循环球转向器壳体内部的前后两端，电极板的外部设有绝缘层，通电时两个电极板之间产生电场。

5. 根据权利要求 1 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统，其特征在于，所述励磁线圈截面为矩形且为完全一致的两对，两对励磁线圈沿轴向对称安装于循环球转向器壳体外部的两侧，每对励磁线圈沿径向置于所述循环球转向器壳体外部的上下两端，励磁线圈中电流方向保持一致且励磁线圈安装平面垂直于电极板安装平面，同一侧上下两个励磁线圈中间使用绝缘材料隔开。

6. 一种基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法，基于上述权利要求 1 至 5 中任意一项所述的系统，其特征在于，包含以下步骤：

(1) 建立电液转向系统模型、整车动力学模型和轮胎模型；

(2) 选取车辆电液转向系统的转向路感、转向灵敏度和转向系统能耗作为性能评价指标；

(3) 选取转向螺杆中心距 r_a 、齿扇节圆半径 r_p 、转向柱刚度 K 、电机转动惯量 J_m 、励磁线圈匝数 N 、转向螺母有效面积 A 、齿扇转动惯量 J_c 作为优化变量，以转向路感及转向系统能耗为优化目标，在转向灵敏度和转向助力范围的约束条件下，建立电液转向系统多目标优化模型；

(4) 采用小生境多目标粒子群优化算法对电液转向系统的优化变量进行优化，根据优化算法得出最优解。

7. 根据权利要求 6 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法，其特征在于，所述的电液转向系统模型包括转向盘模型、循环球转向器模型、电动助力模块模型、磁流变液助力模块模型。

8. 根据权利要求 6 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法，其特征在于，所述的步骤 (4) 中的小生境多目标粒子群优化算法具体步骤如下：

4.1 初始化粒子种群 m ，随机生成初始位置 X_0 和初始速度 V_0 ，粒子的初始个体最优位置 $P_{best} = X_0$ ，外部集合 N_s 为空，迭代次数 $t=0$ ；

4.2 计算每个粒子的目标函数，将非支配解存入外部集合中；

4.3 计算外部集合中每个粒子的适应度，按照联赛选择方法随机选择外部集合中的粒子作为历史全局最优位置 G_{best} ；

4.4 根据公式 (1) 和公式 (2) 更新粒子的位置和速度，并用当前粒子群中的非支配解更新外部集合 N_s ；

$$V_i(t+1) = V_i(t) + c_1 * r_1 * (P_{best}(t) - X_i(t)) + c_2 * r_2 * (G_{best}(t) - X_i(t)) \quad (1)$$

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \quad (2)$$

式中， $V_i(t)$ 、 $V_i(t+1)$ 分别为 t 时刻和 $t+1$ 时刻粒子的速度， $X_i(t)$ 、 $X_i(t+1)$ 分别为分别为 t 时刻和 $t+1$ 时刻粒子的位置， c_1 和 c_2 为学习因子， r_1 和 r_2 为取值在 0 到 1 之间的随机数；

4.5 判断外部集合中的粒子数是否超过给定的最大容量，若超过则删除适应度值最小的粒子，否则进行下一步 4.6；

4.6 在外部集合中根据变异概率，执行变异操作，搜索新产生的非支配解；

4.7 若满足终止条件，则停止搜索，从外部集合中输出 Pareto 最优解集，否则转步骤 4.3 再循环直至结束输出 Pareto 最优解集。

9. 根据权利要求 8 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法，其特征在

于, 所述步骤 4.3 中的计算采用如下公式:

$$\begin{cases} F_i = \frac{1}{S_i}, i = 1, 2, \dots, N_s \\ S_i = \sum_{j=1}^{N_s} f_{sh}(d_{ij}), j = 1, 2, \dots, N_s \\ f_{sh}(d_{ij}) = \begin{cases} 1 - (\frac{d_{ij}}{\sigma_{share}})^\alpha, 0 \leq d_{ij} \leq \sigma_{share} \\ 0, d_{ij} \geq \sigma_{share} \end{cases} \\ d_{ij} = \|X_i - X_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \end{cases}$$

式中: F_i 为外部集合中个体 X_i 的适应度; N_s 为小生境内的个体数量; S_i 为个体 X_i 的共享度; $f_{sh}(d_{ij})$ 为个体 X_i 和个体 X_j 之间的共享函数; α 为控制共享函数形状的参数; σ_{share} 为初始指定的共享距离; d_{ij} 表示个体 X_i 和个体 X_j 之间的欧氏距离。

10. 根据权利要求 6 所述的基于磁流变液的循环球式电液转向系统的优化方法, 其特征在于, 所述步骤 (3) 具体包括: 选取转向螺杆中心距 r_a 、齿扇节圆半径 r_p 、转向柱刚度 K 、电机转动惯量 J_m 、励磁线圈匝数 N 、转向螺母有效面积 A 、齿扇转动惯量 J_c 作为优化变量, 则所述的小生境多目标粒子群优化算法中的向量空间为七维向量空间, 且在初始的 m 个粒子的位置向量和速度向量组中, 第 i 个粒子的位置 X'_i 和速度向量 V'_i 表示如下:

$$X'_i = \{X'_{ir_a}, X'_{ir_p}, X'_{iK}, X'_{iJ_m}, X'_{iN}, X'_{iA}, X'_{iJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$V'_i = \{V'_{ir_a}, V'_{ir_p}, V'_{iK}, V'_{iJ_m}, V'_{iN}, V'_{iA}, V'_{iJ_c}\} (i = 1, 2, \dots, m)。$$

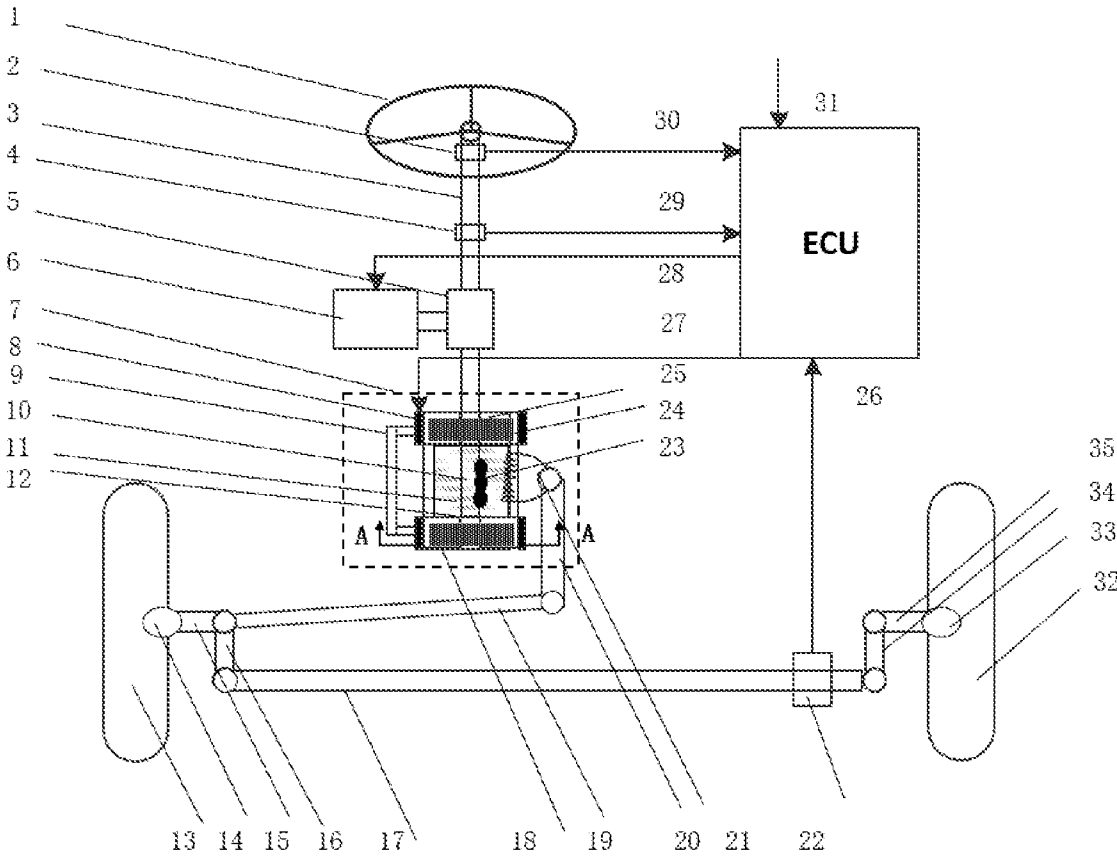


图 1

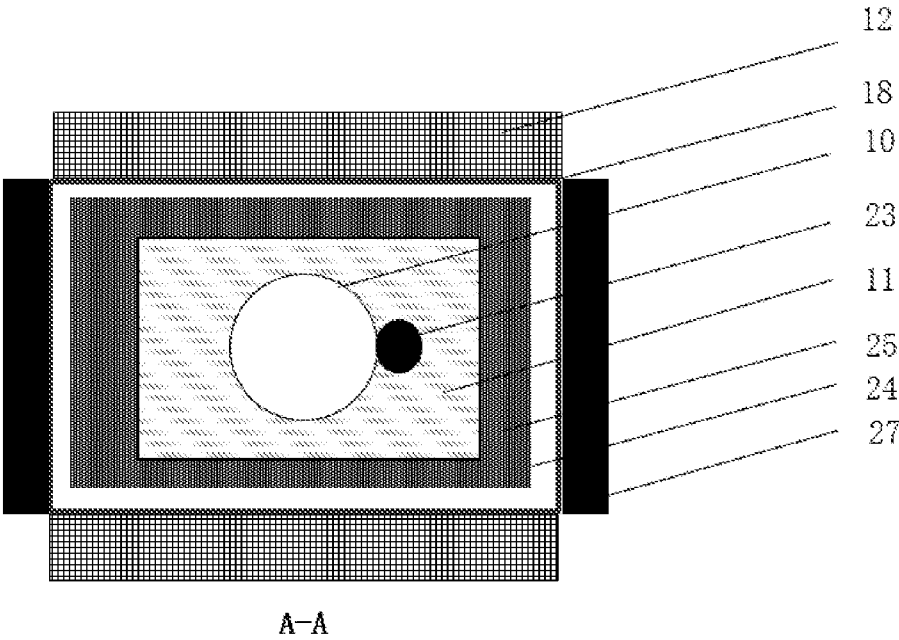


图 2

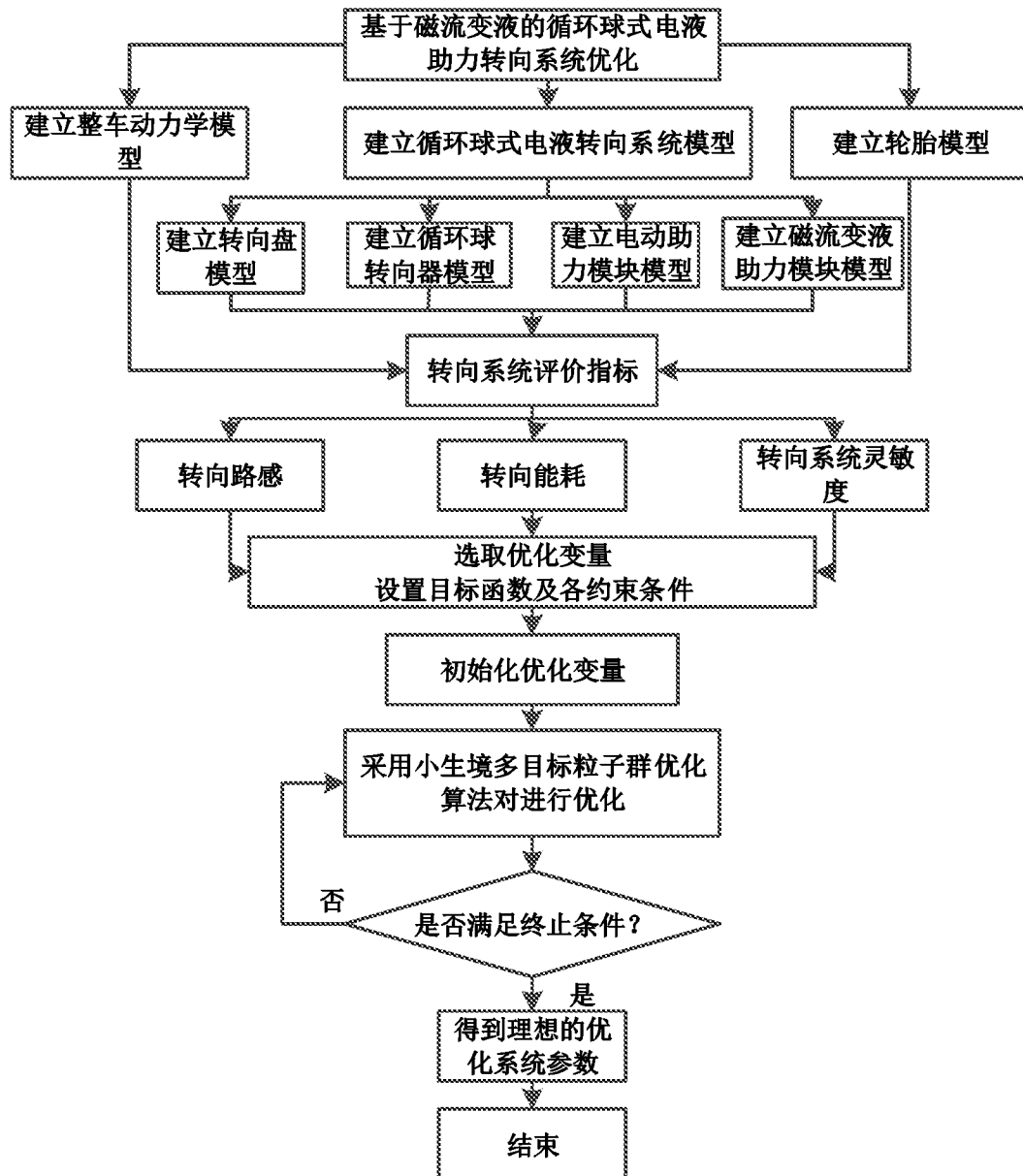


图 3

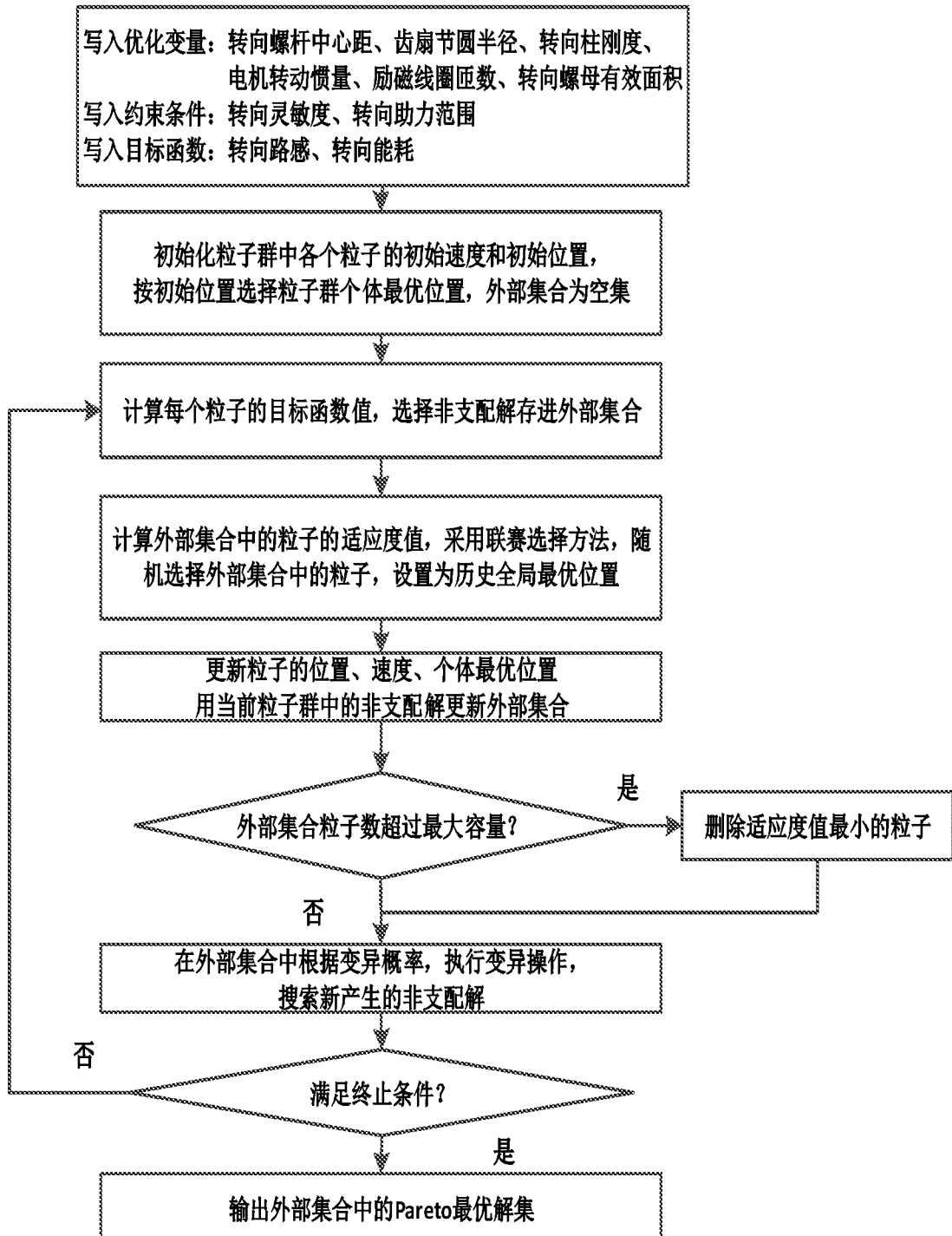


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/116096

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D 5/06(2006.01)i; B62D 3/08(2006.01)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)

B62D

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 磁流变液, 循环球, 中间球, 滚珠, 转向, 助力, 螺杆, 蜗杆, 丝杆, 丝杠, 电机, 电动机, 马达, magnetorheological, fluid, ball, steer+, motor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109969255 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 05 July 2019 (2019-07-05) claims 1-10	1-10
A	CN 108725573 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 02 November 2018 (2018-11-02) description, paragraphs 43-73, and figures 1-3	1-10
A	CN 104884335 A (ROBERT BOSCH AUTOMOTIVE STEERING GMBH) 02 September 2015 (2015-09-02) entire document	1-10
A	CN 206914424 U (JIANGSU GANGYANG STEERING SYSTEM CO., LTD.) 23 January 2018 (2018-01-23) entire document	1-10
A	US 2018086370 A1 (STEERING SOLUTIONS IP HOLDING CORPORATION) 29 March 2018 (2018-03-29) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

15 January 2020

Date of mailing of the international search report

23 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
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/CN2019/116096

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109969255	A	05 July 2019	None			
CN	108725573	A	02 November 2018	None			
CN	104884335	A	02 September 2015	BR	112015011432	A2	11 July 2017
				JP	2016501768	A	21 January 2016
				DE	102012111211	A1	22 May 2014
				WO	2014079635	A1	30 May 2014
				US	2015291209	A1	15 October 2015
				IN	201503556	P4	01 July 2016
CN	206914424	U	23 January 2018	None			
US	2018086370	A1	29 March 2018	CN	107882946	A	06 April 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/116096

A. 主题的分类

B62D 5/06(2006.01)i; B62D 3/08(2006.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B62D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI: 磁流变液, 循环球, 中间球, 滚珠, 转向, 助力, 螺杆, 蜗杆, 丝杆, 丝杠, 电机, 电动机, 马达, magnetorheological, fluid, ball, steer+, motor

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109969255 A (南京航空航天大学) 2019年 7月 5日 (2019 - 07 - 05) 权利要求1-10	1-10
A	CN 108725573 A (南京航空航天大学) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 说明书第43-73段, 图1-3	1-10
A	CN 104884335 A (罗伯特博世汽车转向有限公司) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 全文	1-10
A	CN 206914424 U (江苏罡阳转向系统有限公司) 2018年 1月 23日 (2018 - 01 - 23) 全文	1-10
A	US 2018086370 A1 (STEERING SOLUTIONS IP HOLDING CORPORATION) 2018年 3月 29日 (2018 - 03 - 29) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 1月 15日

国际检索报告邮寄日期

2020年 1月 23日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

吴雨亭

电话号码 86-10-53960910

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/116096

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	109969255	A	2019年 7月 5日	无			
CN	108725573	A	2018年 11月 2日	无			
CN	104884335	A	2015年 9月 2日	BR	112015011432	A2	2017年 7月 11日
				JP	2016501768	A	2016年 1月 21日
				DE	102012111211	A1	2014年 5月 22日
				WO	2014079635	A1	2014年 5月 30日
				US	2015291209	A1	2015年 10月 15日
				IN	201503556	P4	2016年 7月 1日
CN	206914424	U	2018年 1月 23日	无			
US	2018086370	A1	2018年 3月 29日	CN	107882946	A	2018年 4月 6日