



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107244201 B

(45)授权公告日 2019.04.02

(21)申请号 201710313082.9

B60K 7/00(2006.01)

(22)申请日 2017.05.05

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107244201 A

US 8905416 B1,2014.12.09,
CN 101378947 A,2009.03.04,

(43)申请公布日 2017.10.13

审查员 牛伯瑶

(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72)发明人 杨昊光 李奇钟 李博鑫 陈煜
高政坤 施炯明 郑钢铁

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

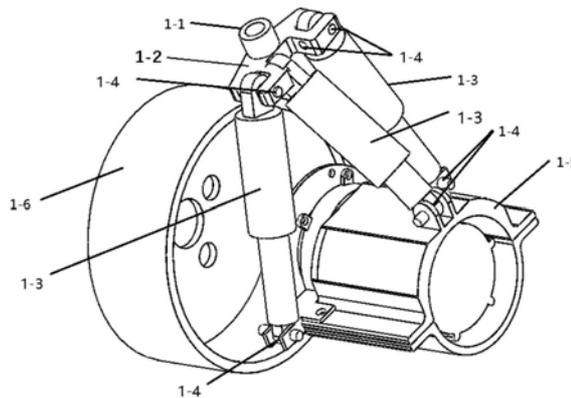
代理人 廖元秋

(51)Int.Cl.
B60G 3/28(2006.01)
B60G 11/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称
360度全向单边独立悬架系统

(57)摘要
本发明提出的360度全向单边独立悬架系统,属于四轮独立驱动电动车悬架系统技术领域,当车轮电动源采用传统轴式电机时,包括位于轮毂内侧的转向器机械接口、直接缓冲式支架、转动副或球铰、笼状动力支架;当车轮采用电动源采用轮毂电机时,包括轮毂,以及位于该轮毂同一侧的转向器机械接口、摇臂式支架、转动副或球铰、板状动力支架;本发明实现了四轮独立驱动、独立转向,进而可实现车辆横向移动、原地转向,同时尽可能地保留了与现行汽车行驶系组件通用的机械接口与元件,具有良好的可移植性。



1. 一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用传统轴式电机作为动力源的车轮,其特征在于:包括位于轮毂内侧的转向器机械接口、直接缓冲式支架、转动副或球铰和笼状动力支架;其中,所述转向器机械接口与直接缓冲式支架一端一体成型;直接缓冲式支架还通过转动副或球铰与笼状动力支架连接,笼状动力支架内部安装有传统轴式电机以直接驱动车轮;所述转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转;

所述直接缓冲式支架包括偏置支架和弹性阻尼单元,所述偏置支架与转向器机械接口一体成型,偏置支架的形状根据转向器的输出轴轴线与车轮中心面之间的偏置距离确定;所述弹性阻尼单元包括至少3个呈锥形布置的弹性元件阻尼器,弹性元件阻尼器两端均通过转动副或球铰分别与偏置支架和笼状动力支架连接,其中第一、第二弹性元件阻尼器平行于车轮平面,且分列车轮中轴线两侧,其余弹性元件阻尼器斜交于车轮平面以承受车轮载重,且斜交的弹性元件阻尼器连接笼状动力支架的位置远于第一、第二弹性元件阻尼器。

2. 一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用轮毂电动机作为动力源的车轮,其特征在于:包括位于轮毂内侧的转向器机械接口、摇臂式支架、转动副或球铰和板状动力支架;其中,所述转向器机械接口与摇臂式支架一端一体成型;摇臂式支架还通过转动副或球铰与板式动力支架连接;轮毂电机大部分位于轮毂空腔内,该轮毂电机定子作为固定的车轮轮轴、该轮毂电机转子与轮毂固定连接,板式动力支架一侧提供动力源的安装位置以直接驱动车轮;转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转;

所述摇臂式支架包括摇臂子架和弹性阻尼单元,所述摇臂子架为呈圆弧状的一体结构;所述弹性阻尼单元包括至少3个呈锥形布置的弹性元件阻尼器,弹性元件阻尼器两端均通过转动副或球铰分别与摇臂子架和板状动力支架连接,其中第一、第二弹性元件阻尼器垂直于车轮平面,且分列车轮中轴线两侧,其余弹性元件阻尼器斜交于车轮平面以承受车轮载重。

3. 一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用轮毂电动机作为动力源的车轮,其特征在于:包括位于轮毂内侧的转向器机械接口、摇臂式支架、转动副或球铰和板状动力支架;其中,所述转向器机械接口与摇臂式支架一端一体成型;摇臂式支架还通过转动副或球铰与板式动力支架连接;轮毂电机大部分位于轮毂空腔内,该轮毂电机定子作为固定的车轮轮轴、该轮毂电机转子与轮毂固定连接,板式动力支架一侧提供动力源的安装位置以直接驱动车轮;转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转;

所述摇臂式支架包括偏置支架和弹性阻尼单元,该偏置支架与转向器机械接口一体成型,偏置支架的形状根据转向器的输出轴轴线与车轮中心面之间的偏置距离确定;

所述弹性阻尼单元包括6个呈锥型布置的弹性元件阻尼器,其中,第一、第二弹性元件阻尼器位于与轮毂所在平面平行的竖直面内且分列于轮毂中轴线两侧,所述第一、第二弹性元件阻尼器两端通过转动副或球铰分别与偏置支架、板状动力支架连接;第三、第四弹性元件阻尼器位于与轮毂所在平面垂直的水平面内,所述第三、第四弹性元件阻尼器一端通过转动副或球铰与板状动力支架连接、另一端通过转动副或球铰共同连接;第五弹性元件阻尼器一端通过转动副或球铰与偏置支架连接、另一端与第三和第四弹性元件阻尼器的共

同连接端通过转动副或球铰连接;第六弹性元件阻尼器位于其他五个弹性元件阻尼器构成的三棱锥空间内,该第六弹性元件阻尼器的两端通过转动副或球铰连接分别与第三和第四弹性元件阻尼器的共同连接端、板状动力支架连接。

4.如权利要求1~3中任意一项所述的全向单边独立悬架系统,其特征在于,所述转动副或球铰均安装有橡胶减振垫。

360度全向单边独立悬架系统

技术领域

[0001] 本发明属于四轮独立驱动电动车悬架系统技术领域,尤其涉及一种360度全向单边独立悬架系统。

背景技术

[0002] 传统构型的机动车,采用内燃机或电动机为集中动力输出,通过由齿轮、连杆等构件组成的传动系统,驱动车轮旋转。这一驱动模式使得车轮受到的轴系与连杆约束较多,各个车轮无法独立转向,造成车辆在通过狭窄急弯或平行泊车时面临困难。

[0003] 而随着技术的进步,电动车经过构型的改进具备了四个车轮独立转向的条件。一方面,轮毂电机与力矩电机的成熟,使车辆动力可以分布在各个车轮上,省略了复杂而笨重的变速箱与传动系统,车轮之间不再有轴系与连杆限制其运动自由度。另一方面,电子线控转向系统(Steering By Wire System)开始替代传统的纯机械式转向系统和液压助力转向系统,方向盘与转向轮采用控制信号连接,在以方向盘转角和车辆姿态为输入、车轮转角为输出的合理控制率之下,可以改善汽车转向的角传递特性,也使各个独立转向轮转速/转角/转矩的综合控制成为可能。

[0004] 独立驱动与独立转向的特征,要求车轮具有独立悬架。为实现360度独立转向,独立悬架之间仅通过转向系统到车身这样的路径连接,缺少了限制车轮转向的车轴和悬挂结构,为车轮的安装提供了两种选择,即悬架骑在车轮上的双边支撑和安装在车轮一侧的单边支撑。现有双边支撑结构的受力情况较单边支撑结构更佳,然而存在拆装不便、只能使用转动惯量较大而最大速度有限的轮毂电机等缺点。单边支撑结构的优点是车轮外侧和传统的车轮外侧相同,而且不仅可以配置单边轴、功率更高和低速特性较好的轮毂电机,还可以配置高速特性好、稳定、附加转动惯量小、更换更加简便的传统轴式电机作为动力源。缺点是单边支撑结构的力学复杂度高于双边支撑。单边支撑结构被NASA的MRV试验车与MobileRobots公司的SeeKur无人车采用,然而其减振装置的布置较为简单,仅能吸收单方向(上下方向)的冲击,受到前后向/左右向冲击时易损坏。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服已有技术的不足,提供一种360度全向单边独立悬架系统。通过将整个悬架和分布式动力系统置于一个可旋转的底座上,使得四个车轮可以相互独立地处于不同转动角度上,同时可以输出不同的扭矩,进而可以通过电传操纵实现车辆的更加多样化的行驶模式,包括指向与运动方向分离的平动机动、原地转向、平动泊车等。

[0006] 本发明提出的一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用传统轴式电机作为动力源的车轮,其特征在于:包括位于轮毂内侧的转向器机械接口、直接缓冲式支架、转动副或球铰和笼状动力支架;其中,所述转向器机械接口与直接缓冲式支架一端一体成型;直接缓冲式支架还通过转动副或球铰与笼状动力支架连接,笼状动力支架内部安装有传统轴式电机以直接驱动车轮;所述转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连

接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转。

[0007] 本发明提出的另一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用轮毂电动机作为动力源的车轮,其特征在于:包括位于轮毂内侧的转向器机械接口、摇臂式支架、转动副或球铰和板状动力支架;其中,所述转向器机械接口与摇臂式支架一端一体成型;摇臂式支架还通过转动副或球铰与板式动力支架连接;轮毂电机大部分位于轮毂空腔内,该轮毂电机定子作为固定的车轮轮轴、该轮毂电机转子与轮毂固定连接,板式动力支架一侧提供动力源的安装位置以直接驱动车轮;转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转。

[0008] 本发明的特点及有益效果:

[0009] 该悬架的主要减振部件基于常规元器件设计,兼容基于现有汽车的轮轴总成,具备兼容360度全向转向能力,单边轴动力输入,悬架与转向系统之间相互独立工作,悬架可整体独立绕转向轴360°全向旋转。同时,该悬架系统提供各轮分布式驱动的解决方案。

[0010] 本发明所述的悬架系统完全独立,因此可以很方便地改装成主动悬架,只需将原有被动式的弹性元件阻尼器更换为可调节刚度或者阻尼的主动式减振设备,就可以进一步地吸收行车过程中的冲击能量,并更加灵活地应对阻尼器的大变形情况,进一步提高车辆的舒适性。

[0011] 本发明由于四个轮子采用了完全独立的电机驱动,不再有驱动轮之间的机械连接,四个轮子可以进行独立的驱动力分配,增加了车辆的运动自由度;同时,电子线控转向系统可以实现各车轮独立转向,因此大大改善了车辆的可操纵性并提高了车辆转向的灵活性,进而实现横向移动、原地转向等新型驾驶模式。此外,电机直接驱动车辆转动,提高了传动效率,可以进一步节约电能。同时,这样四个悬架系统及动力输出相互独立的分布式系统也使车辆在单个动力系统或刹车系统出现故障时有能力切换到应急状态,通过剩余的完好驱动系统保障行车安全至最近的维修点。

[0012] 本发明是安装在车轮一侧的实现单边悬挂的独立悬架系统,且提供各轮分布式独立驱动的解决方案;采用与传统车轮相容的单边轴设计,电机输出轴和传统汽车半轴与车轮轴连接的部分相同,这样可以沿用传统汽车的车轮轴总成的基本形式和刹车总成以及车轮和轮毂。

[0013] 此外,本悬架设计可以应对来自上下/前后/左右三向的冲击,运行鲁棒性好。根据安装成本与行驶舒适型的取舍,减振装置可以选用参数固定的被动减振设备或参数可调节的主动减振设备,

附图说明

[0014] 图1是本发明实施例1的组成结构示意图。

[0015] 图2是本发明实施例2的组成结构示意图。

[0016] 图3是本发明实施例3的组成结构示意图。

[0017] 图4是本发明实施例4的组成结构示意图。

[0018] 附图标记:

[0019] 1-1转向器机械接口;1-2偏置支架;1-3弹性阻尼单元;1-4转动副或球铰;1-5笼状动力支架;1-6轮毂。

[0020] 2-1转向器机械接口;2-2摇臂子架;2-3弹性阻尼单元;2-4转动副或球铰;2-5板式动力支架;2-6轮毂;2-7轮毂电机。

[0021] 3-1转向器接口;3-2偏置支架;3-3弹性阻尼单元;3-4转动副或球铰;3-5板式动力支架;3-6轮毂;3-7轮毂电机。

[0022] 4-1转向器机械接口;4-2偏置支架;4-3弹性阻尼单元;4-4转动副或球铰;4-5笼状动力支架;4-6轮毂。

具体实施方式

[0023] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确规定与限定,术语“连接”应做广义理解。例如,可以是固定连接,也可以是拆卸连接,或一体连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接连接,可以通过中间媒介简介相连,也可以是两个元件内部的连通。

[0024] 本发明主要应用于四轮独立驱动独立转向的电机车,该电机车的每个车轮均可连续360度转向,每个车轮的转向角任意。

[0025] 本发明提出的一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用传统轴式电机作为动力源的车轮,该悬架系统包括:位于轮毂内侧的转向器机械接口、直接缓冲式支架、转动副或球铰和笼状动力支架;其中,转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转,转向器机械接口与直接缓冲式支架一端一体成型;直接缓冲式支架还通过转动副或球铰与笼状动力支架连接,笼状动力支架内部安装有传统轴式电机以直接驱动车轮。

[0026] 所述直接缓冲式支架包括偏置支架和弹性阻尼单元,所述偏置支架与转向器机械接口一体成型,偏置支架的形状根据转向器的输出轴轴线与车轮中心面之间的偏置距离确定(所述“偏置距离”的大小,取决于不同车架结构设计给车轮回转预留的空间);所述弹性阻尼单元包括至少3个呈锥形布置的弹性元件阻尼器,弹性元件阻尼器两端均通过转动副或球铰分别与偏置支架和笼状动力支架连接,其中第一、第二弹性元件阻尼器平行于车轮平面,且分列车轮中轴线两侧,其余弹性元件阻尼器斜交于车轮平面以承受车轮载重,且斜交的弹性元件阻尼器连接笼状动力支架的位置远于第一、第二弹性元件阻尼器。

[0027] 本发明提出的另一种360度全向单边独立悬架系统,应用于采用轮毂电动机作为动力源的车轮,该悬架系统包括:位于轮毂内侧的转向器机械接口、摇臂式支架、转动副或球铰和板状动力支架;其中,转向器机械接口通过机械传动与转向电机的减速输出端连接,转向电机带动悬架系统和车轮整体旋转,转向器机械接口与摇臂式支架一端一体成型;摇臂式支架还通过转动副或球铰与板式动力支架连接;轮毂电机大部分位于轮毂空腔内,该轮毂电机定子作为固定的车轮轮轴、该轮毂电机转子与轮毂固定连接,板式动力支架一侧提供动力源的安装位置以直接驱动车轮。

[0028] 所述摇臂式支架可采用以下两种结构形式实现:

[0029] 第一种包括摇臂子架和弹性阻尼单元,该摇臂子架呈圆弧状,且与转向器机械接口一体成型;所述弹性阻尼单元包括至少3个呈锥形布置的弹性元件阻尼器,弹性元件阻尼器两端均通过转动副或球铰分别与摇臂子架和板状动力支架连接,其中第一、第二弹性元件阻尼器垂直于车轮平面,且分列车轮中轴线两侧,其余弹性元件阻尼器斜交于车轮平面

以承受车轮载重。

[0030] 第二种包括偏置支架和弹性阻尼单元,该偏置支架与转向器机械接口一体成型,偏置支架的形状根据转向器的输出轴轴线与车轮中心面之间的偏置距离确定(所述“偏置距离”的大小,取决于不同车架结构设计给车轮回转预留的空间);所述弹性阻尼单元包括6个呈锥型布置的弹性元件阻尼器,用其中的1个弹性元件阻尼器代替第一种摇臂式支架中的摇臂子架,从而可进一步节省空间。

[0031] 以下结合附图及具体实施例对本发明的悬架系统及各部件的功能说明如下:

[0032] 实施例1:

[0033] 实施例1的360度全向单边独立悬架系统总体结构如图1所示,应用于采用传统轴式电机作为动力源的车轮,该悬架系统包括:位于轮毂1-6内侧的转向器机械接口1-1、由偏置支架1-2和阻尼单元1-3构成的直接缓冲式支架、转动副或球铰1-4、笼状动力支架1-5;其中,转向器机械接口1-1与安装在车架上的转向电机的减速输出端连接;转向器机械接口1-1与偏置支架1-2一体成型;阻尼单元1-3上端与偏置支架1-2通过转动副或球铰1-4连接,下端与动力支架1-5通过转动副或球铰1-4连接;动力支架1-5一端固定在轮毂1-6内侧,另一端为动力源提供安装位置,动力源通过该动力支架将扭矩输出至轮毂1-6,驱动轮毂转动。

[0034] 所述转向器机械接口1-1包括但不限于齿轮、轴承、铰链等;该转向器机械接口所连接的转向器,包括安装在车架之内的转向舵机和机械传动机构,转向器输出轴通过转向器机械接口驱动本悬架系统(偏置支架、阻尼单元、笼状动力支架、轮毂)旋转,转向器本身不属于本发明所述悬架系统的范畴;所述转向器机械接口与转向器之间的连接包括但不限于一体化成形、螺栓固连、齿轮啮合、轴系配合等。

[0035] 所述偏置支架的形状根据转向器的输出轴轴线与车轮中心面之间的偏置距离确定,可以适应不同的车架结构和应用场景。本实施例的偏置支架1-2平面呈U型,该偏置支架通过所述转动副或球铰1-4与所述阻尼单元1-3连接,限制弹性元件阻尼器1-3的自由度,同时作为转向器与车轮之间的主要承力部件,用以传递车身重力。偏置支架提供弹性元件阻尼器的安装机械接口,通过弹性元件阻尼器连接到车轮总成上。所述车轮总成采用常规的车轮总成,包括刹车底板、车轮轴、轮毂等部件,在刹车底板和所述笼状动力支架上有与本悬架系统的弹性元件阻尼器相匹配的孔位和连接件(如铰链等)。考虑到沿车轮轴向布局应尽量紧凑以减小转向时所需的空间,刹车系统建议采用盘式刹车。

[0036] 本实施例的阻尼单元1-3由三个弹性元件阻尼器构成,其中两个位于与轮毂1-6所在平面平行的竖直面内且分列于轮毂中轴线两侧;另一个位于与轮毂所在平面垂直的竖直面内、形成斜支撑,该弹性元件阻尼器与动力支架1-5的连接点位置到轮毂所在平面的距离,远于另两个弹性元件阻尼器,以协助平衡载重带来的弯矩;单个弹性元件阻尼器在其长度方向可以伸缩,上下两端通过安装有橡胶减振垫的转动副或球铰1-4分别与偏置支架1-2、动力支架1-5连接,在车辆受到冲击时通过弹性元件阻尼器内部的弹性元件减缓冲击,同时通过弹性元件阻尼器内部的阻尼器消耗振动能量使车辆行驶状态平稳,提高乘客的舒适性。所述弹性元件阻尼器中的弹性元件可以是螺旋弹簧、空气弹簧、油气弹簧等,但不限于此;所述弹性元件阻尼器中的阻尼器可以是无控的被动阻尼器,也可以是有控制的主动阻尼器,还可以是参数可以调整的半主动阻尼器,但不限于此。弹性元件阻尼器的参数可以通过动力学建模优化,根据车辆的具体载重情况和运行条件决定各弹性参数。

[0037] 所述笼状动力支架1-5固定安装在车轮轮毂1-6一侧,该动力支架内部安装有传统轴式电机,电机的输出轴连接到车轮轮轴上,进而带动车轮在车轮平面内转动。电机输出轴和传统汽车半轴与车轮轴连接的部分相同,以兼容市售车辆的现有轮毂。

[0038] 实施例2:

[0039] 实施例2的360度全向单边独立悬架系统总体结构如图2所示,本实施例的动力源将实施例1采用的传统轴式电机替换为轮毂电机2-7,本实施例的悬架系统包括:位于轮毂2-6内侧的转向器机械接口2-1、由摇臂子架2-2和阻尼单元2-3构成的摇臂式支架、转动副或球铰2-4、板状动力支架2-5;其中,转向器机械接口2-1与安装在车架上的转向电机的减速输出端连接;摇臂子架2-2与转向器机械接口2-1一体成型;阻尼单元2-3一端与摇臂子架2-2通过转动副或球铰2-4连接,另一端与板状动力支架2-5通过转动副或球铰2-4连接。板状动力支架2-5与轮毂电机2-7的定子固定连接。本实施例因为使用了轮毂电机2-7,所以将实施例1的偏置支架替换为摇臂子架2-2,所述阻尼单元提供摇臂子架与板状动力支架之间的辅助连接,限制摇臂子架的振动轨迹,增强了悬架系统的抗冲击性。

[0040] 所述轮毂电机2-7,将该轮毂电机定子作为固定的车轮轮轴,而将该轮毂电机的电机转子与轮毂固定连接,轮毂电机2-7大部分可以纳入轮毂2-6的几何轮廓之内,占用的空间小于实施例1采用的传统轴式电机,因而原偏置支架可以演化为摇臂架2-2,而动力支架则退化为板状。

[0041] 所述摇臂子架2-2呈圆弧状、为一体成型,在使用传统轴式电机代替轮毂电机的情下,即还原为实施例1的偏置支架,板状动力支架也恢复实施例1中的笼状动力支架。此时,各部件的安装顺序与连接关系可保持不变。

[0042] 本实施例的阻尼单元2-3,由三个弹性元件阻尼器构成,其中两个位于与轮毂2-6所在平面垂直的水平面内,作为摇臂子架连接杆;另一个位于与轮毂2-6垂直的竖直面内、构成斜支撑,载重主要由该构成斜支撑的弹性元件阻尼器承受。单个弹性元件阻尼器在其长度方向可以伸缩,单个弹性元件阻尼器两端通过安装有橡胶减振垫的转动副或球铰2-4分别与轮毂电机2-7、摇臂架2-2连接。弹性元件阻尼器的具体实现方式与实施例1相同,此处不再赘述。

[0043] 实施例3:

[0044] 本实施例是对实施例2中阻尼单元的改进,本实施例的动力源也采用轮毂电机3-7,实施例3的360度全向单边独立悬架系统总体结构如图3所示,包括位于轮毂3-6内侧的转向器机械接口3-1、由偏置支架3-2和阻尼单元3-3构成的摇臂式支架、转动副或球铰3-4、板状动力支架3-5;其中,转向器机械接口3-1与安装在车架上的转向电机的减速输出端连接;偏置支架3-2与转向器机械接口3-1一体成型;阻尼单元3-3两端通过转动副或球铰3-4分别与偏置支架3-2、板状动力支架3-5连接。

[0045] 所述的阻尼单元3-3由呈三棱锥型分布的六个弹性元件阻尼器构成,其中,第一、第二弹性元件阻尼器位于与轮毂3-6所在平面平行的竖直面内且分列于轮毂中轴线两侧,所述第一、第二弹性元件阻尼器两端通过转动副或球铰3-4分别与偏置支架3-2、板状动力支架3-5连接;第三、第四弹性元件阻尼器位于与轮毂3-6所在平面垂直的水平面内,作为摇臂连接杆,所述第三、第四弹性元件阻尼器一端通过转动副或球铰3-4与板状动力支架3-5连接、另一端通过通过转动副或球铰3-4共同连接;第五弹性元件阻尼器不与板状动力支架

3-5直接连接,其一端通过转动副或球铰3-4与偏置支架3-2连接、另一端与第三和第四弹性元件阻尼器的共同连接端通过转动副或球铰3-4连接,第五弹性元件阻尼器为实施例2中摇臂子架的变式,进一步节约了空间;第六弹性元件阻尼器位于其他五个弹性元件阻尼器构成的三棱锥空间内,一端与第三和第四弹性元件阻尼器的共同连接端通过转动副或球铰3-4连接,另一端通过转动副或球铰3-4连接到板状动力支架,第六弹性元件阻尼器可以抑制车轮在行驶时的内倾或外倾倾向;所述转动副或球铰3-4均安装有橡胶减振垫。

[0046] 所述轮毂电机3-7,将该轮毂电机定子作为固定的车轮轮轴,而将该轮毂电机的电机转子与轮毂固定连接,轮毂电机3-7大部分可以纳入轮毂3-6的几何轮廓之内,占用的空间小于实施例1采用的传统轴式电机,动力支架退化为板状。

[0047] 实施例4:

[0048] 本实施例是对实施例1中阻尼单元的改进,动力源采用传统轴式电机,实施例4的360度全向单边独立悬架系统总体结构如图4所示,包括位于轮毂4-6内侧的转向器机械接口4-1、由偏置支架4-2和阻尼单元4-3构成的直接缓冲式支架、转动副或球铰4-4、笼状动力支架4-5;各部件的连接关系与实施例1相同,此处不再赘述。

[0049] 与实施例1不同的是,所述阻尼单元4-3,由呈四棱锥型分布的四个弹性元件阻尼器构成;其中第一、第二弹性元件阻尼器位于与轮毂4-6所在平面平行的竖直面内且分列于轮毂中轴线两侧,所述第一、第二弹性元件阻尼器两端通过转动副3-4分别与偏置支架4-2、笼状动力支架4-5连接;第三、第四弹性元件阻尼器位于与轮毂4-6所在平面斜交的平面内且分列于轮毂中轴线两侧、构成斜支撑,所述第三、第四弹性元件阻尼器两端通过球铰4-4分别与偏置支架4-2、笼状动力支架4-5连接,四棱锥式的阻尼单元增强了本悬架系统的稳定性;所述转动副或球铰4-4均安装有橡胶减振垫。

[0050] 本发明悬架系统的阻尼单元还可以推广为更复杂的结构(例如采用超大直径轮毂时,可以更改动力支架的弹性元件阻尼器连接点位置与数量,形成更复杂多连杆结构,优化悬架的传递函数)。

[0051] 上述四个实施例的电机、弹性元件阻尼器、轮毂,在保证接口兼容性时,可以采用传统机动车的市售部件实现。

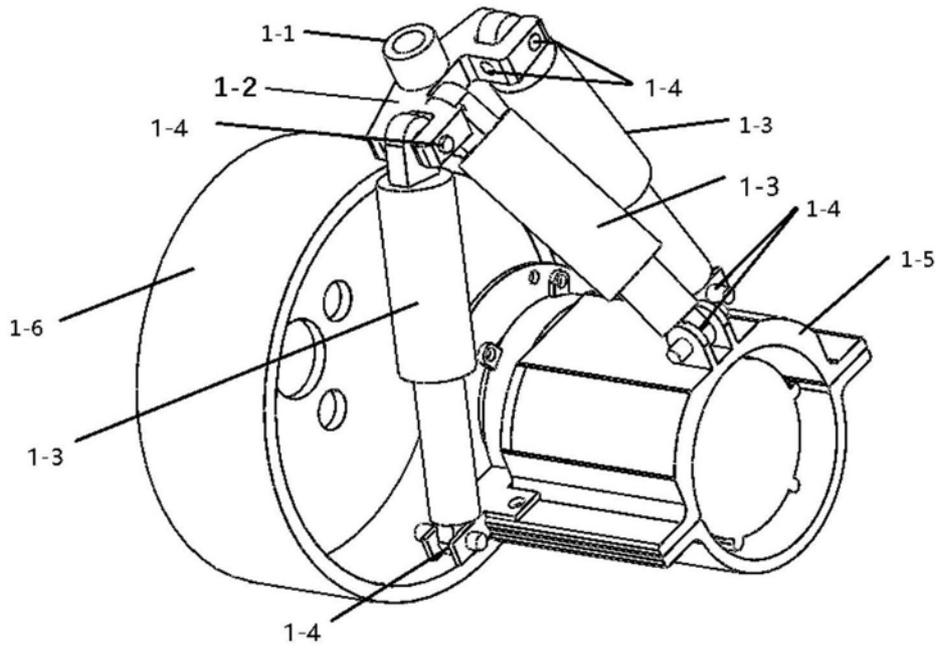


图1

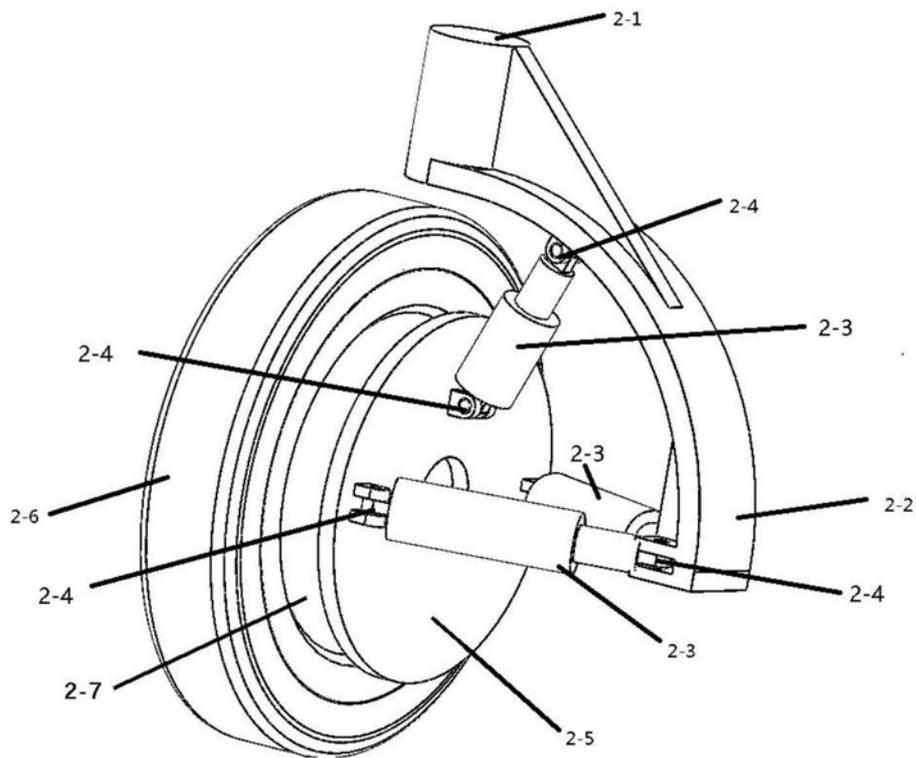


图2

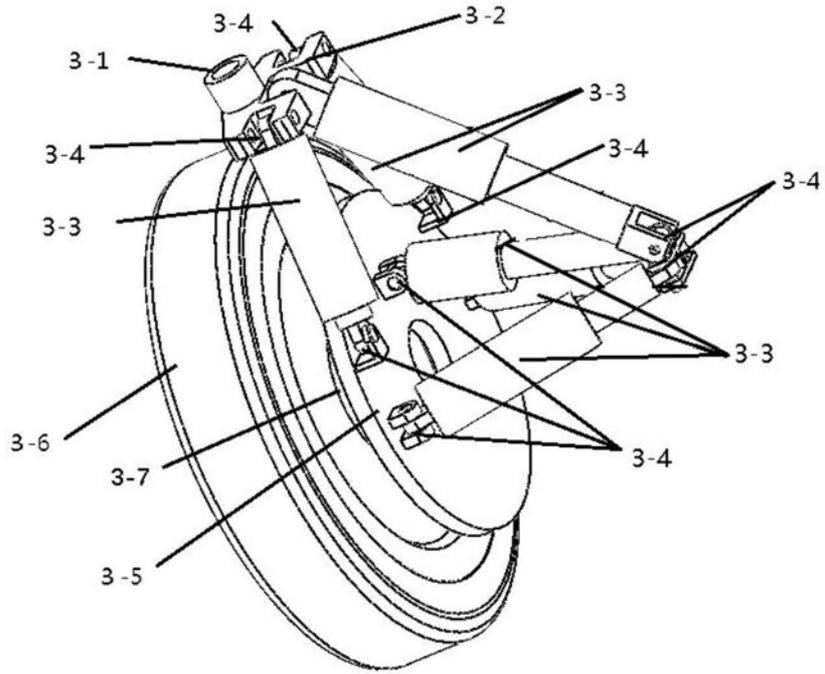


图3

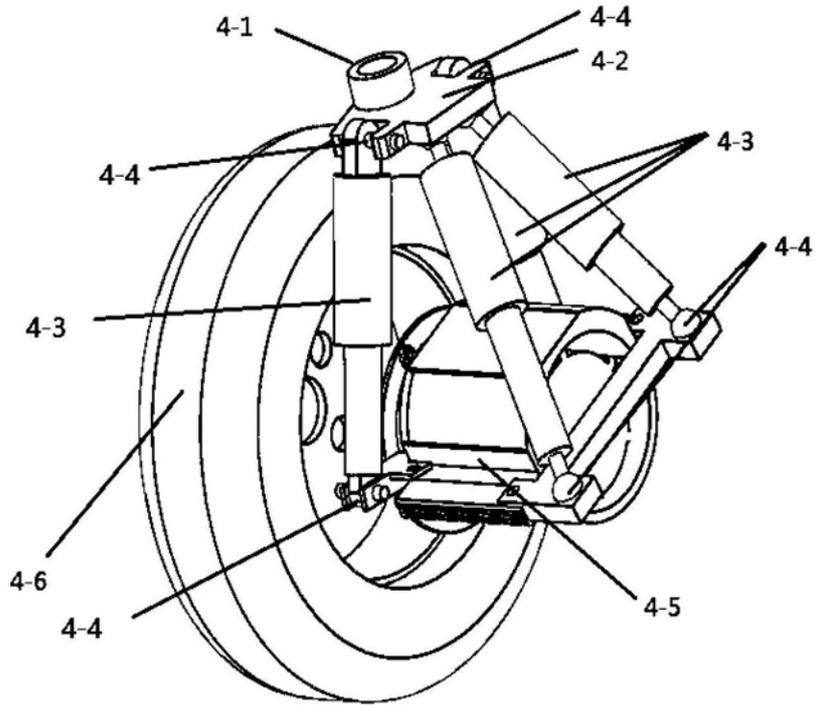


图4