

固定沙发手动隐藏脚踏机构研究

谢淑辉 王宇 刘玉洲

浙江顾家梅林家居有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i5.7762

[摘要] 固定类沙发功能化已逐渐成为趋势,传统固定类沙发无法实现从坐姿到躺姿状态转化,不能提供用户在不同场景下需求选择。为解决上诉问题,研究设计出具有隐藏性、操作简单、跨产品应用手动隐藏脚踏。从功能需求分析、到运动机构简图、经过自由度计算、solidworks 三维设计、有限元力学分析,并通过打样论证,得到最终两种隐藏脚踏方案。

[关键词] 手动隐藏脚踏; 机构运动简图; 力学分析; 自由度计算

Research on Manual Hidden Foot Pedal Mechanism for Fixed Sofa

Xie Shuhui Wang Yu Liu Yuzhou

Zhejiang Gujia Meilin Home Furnishings Co., Ltd

[Abstract] Functionalization of fixed sofas has gradually become a trend, and traditional fixed sofas cannot achieve the transition from sitting to lying position, and cannot provide users with different needs and choices in different scenarios. To address the appeal issue, research and design a manually hidden foot pedal with concealment, simple operation, and cross product application. From functional requirement analysis, to motion mechanism diagram, through degree of freedom calculation, Solidworks 3D design, finite element mechanics analysis, and through sample demonstration, the final two hidden foot pedal schemes are obtained.

[Key words] Manually hide the foot pedal; Mechanism motion diagram; Mechanical analysis; Degree of Freedom Calculation

引言

随着人们对居住品质的要求越来越高,固定沙发的设计也逐渐向着更加舒适、实用和美观的方向发展。而沙发脚踏作为固定沙发的重要组成部分之一,其设计不仅关系到沙发的舒适性和腿部支撑性,也直接影响到沙发的整体外观和空间利用。目前,市场上常见的固定沙发脚踏通常采用固定式设计,无法隐藏,不仅影响美观,还可能限制座椅的舒适性。因此,需要研究一种手动隐藏式的固定沙发脚踏机构,解决上诉问题。

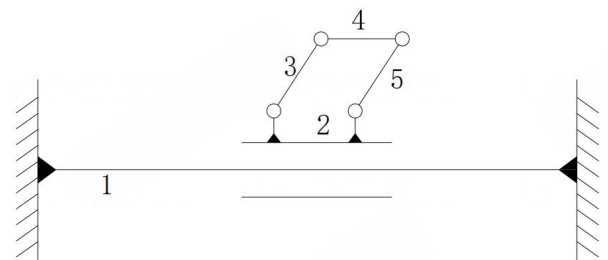
需求分析

通过大量用户需求调研,统计总结出隐藏沙发脚踏需要具备以下功能:

- 1、脚踏应该具备隐藏性功能;
- 2、能够给予用户腿部足够支撑且不易下降;
- 3、脚踏拉出顺畅,不卡顿;
- 4、脚踏板抬升速度缓慢,达到自动上升效果,给予用户舒适的操作体验;
- 5、脚踏使用状态下脚踏板末端能够承受力 $F_1 \geq 250\text{N}$;
- 6、脚踏下降力 $F_2 \leq 80\text{N}$,且下降仅需通过脚踏板力作用点和方向达到目的;
- 7、推回顺畅,摩擦力小,噪音小。

方案设计

基于需求分析、功能提炼,构思出以下运动机构简图方案,并进行自由度计算验证。



机构运动简图

依据上图运动简图计算机构自由度。根据机械设计原理,平面机构自由度计算公式为:

$$F=3n-(2p_L+p_h) \quad (1)$$

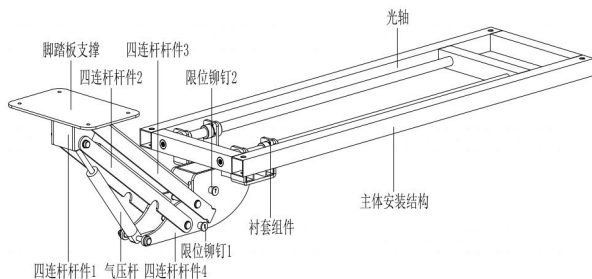
式(1)中: n 为除机架以外构件数; p_L 为构件连接之后形成的低副数目; p_h 为构件连接之后形成的高副数目。则手动隐藏脚踏机构运动简图自由度数目 $F=3n-(2p_L+p_h)=4 \times 3 - 2 \times 5 = 2$ 。

由机械原理课可知移动副自由度为 1, 四连杆机构自由度为 1, 隐藏脚踏是直线轴承机构移动副和四连杆机构共同构成的运动简图,自由度为 2, 进一步论证自由度数量。

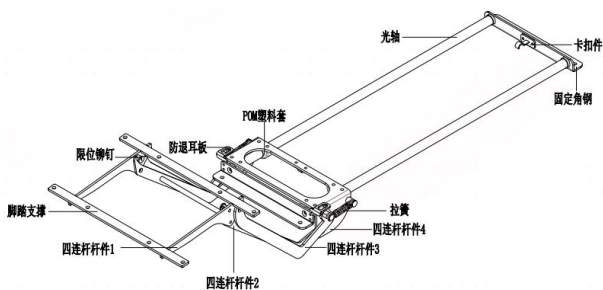
技术设计

由机构运动简图,进一步构思原理方案。首先解决移动副方案设计问题,常见的移动副机构有直线轴承、直线导轨、

滑块和滚珠导轨等。本设计研究将采用直线轴承和光轴构成的移动副方案,整个机构结构设计简单、稳定性高、价格便宜等优点。其次需要解决四连杆机构设计问题,四连杆机构棘手问题则需要解决目标杆件运动轨迹难题,轨迹如果满足初始状态、过程状态和最终状态需求,那么四连杆机构形态、稳定性、强度、刚度都可以进行测试或计算加强。基于上诉的构思方案,进一步进行CAD草图设计,如下:



方案一(该方案设计特点:1、主体框架采用普通碳钢方管焊接而成,经济实惠,便于安装,能够跨产品品类复用;2、移动副采用直线轴承和光轴构成,安装便捷、成本低寿命长特点;3、四连杆机构是由杆件1、杆件2、杆件3、杆件4构成,每根杆件形态和作用都不同。杆件1是与直线轴承固接一体,既能使脚踏板进行水平移动,又确保脚踏板在用状态能够满足用户支撑腿部作用和复位状态脚踏进行隐藏。杆件二和杆件三确定脚踏抬升高度、角度,限位铆钉能够控制杆件2和3最终状态。脚踏板支撑就是杆件4,支撑用户腿部作用。气压杆确保在使用状态下脚踏末端能够承受力 $F_1 \geq 250\text{N}$ 、下降力仅需 $F_2 \leq 80\text{N}$,且下降仅需通过脚踏板力作用点和方向达到目的)

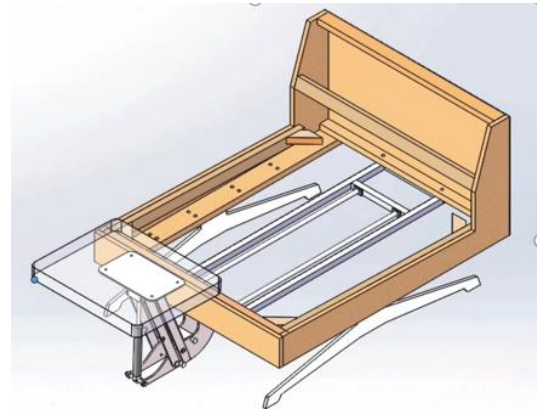


方案二(该方案设计特点:

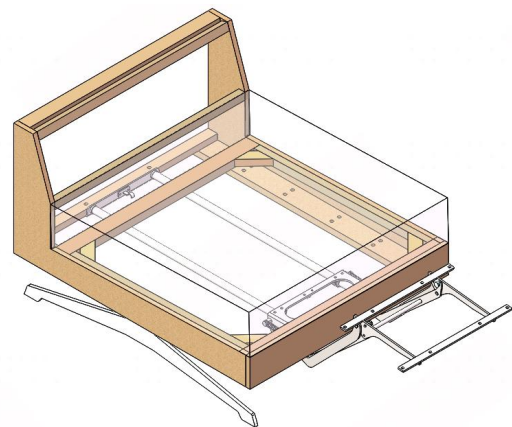
1、方案二整体成本较方案一有较大的提升。直线轴承钢材质换成 POM 塑料自润滑件,具有摩擦系数和噪音小特性,后期论证效果比方案一直线轴承好。2、区别于方案一主体框架采用方管焊接方式,该方案主体结构采用折弯角铁与光轴柔性连接一体方式,具有更好的工艺性,更高的柔性,更低的成本。3、鉴于脚踏处于隐藏状态时,脚踏前后移动副自由度未被约束,导致脚踏存在滑动风险,为了规避这一风险,方案二采用卡扣件解决了该问题。4、同时该方案采用两组四连杆机构,减少构件宽度与壁厚,进一步降低成本,优化脚踏稳定性,脚踏板左右支撑点跨度越大,脚踏左右晃动稳定性越好。为了解决方案一四连杆机构稳定性,需加宽加厚杆件2和杆件3材料,成本增加。该方案两组四连杆机构稳定性更好,材料更薄更窄成本更低。5、采用不

同方案一连杆运动轨迹和控制方案:方案一脚踏板运动轨迹下降过程中产生前移,则在隐藏状态下需要更大的沙发座深隐藏脚踏,方案二脚踏板优化这一缺点,四连杆机构上升和下降过程中不产生水平方向位移。方案二控制采用机构自锁,较方案一气弹簧控制方案成本更优。)

基于CAD草图完成后进行详细零部件图绘制、材料选择、工艺和公差确认。



方案一:三维装配总图如图所示。其主要包含沙发支撑腿、隐藏沙发脚踏机构、沙发木架结构。隐藏沙发脚踏通过主体框架固定在沙发木架结构上,支撑腿支撑沙发木架主体结构。隐藏沙发脚踏常态是隐藏与木架下面。当用户需要使用脚踏时,先将脚踏拉出来,并且提供一个向上冲量,气压杆持续提供抬升力,直到杆件2到达限位为止。用户需要隐藏脚踏时,仅需要按脚踏板后端,提供不大于80N按压力,即能够克服气弹簧弹力做功,脚踏板距离地面越紧,气弹簧与水平夹角越小,用户提供的按压力持续动态减少,直到四连杆机构杆件3到达限位为止。



方案二:三维装配总图如果所示。主要包含隐藏脚踏、沙发木架结构、沙发支撑腿。操作方式与方案一基本类似,用户将脚踏拉出来后,在拉簧弹力作用下,脚踏能够自动抬升,无需提供冲量或持续向上的用户作用力。拉簧持续提供四连杆机构运动拉力,既能够保证脚踏拉出来即可实现抬升,又能够让脚踏板收回隐藏状态进一步抬升,隐藏效果更好,满足了用户扫地机器人清理高度要求。

基于详细结构设计完成后,后续进一步进行零件强度校核,其目的确保零部件经济性和避免零件强度失效。

如下图所示,已完成对方案一静力学分析。运动轨迹已经在结构设计中完成,即运动状态、高度、操作方式等满足用户对隐藏脚踏机构的需求。力学分析前首先要对模型进行预处理,首先研究对总装模型干涉进行分析计算,把干涉问题消除。其次进行必要的零部件删除,对于不参与静力学计算零部件进行删除,减少计算强度和计算时间。最后对零部件部分圆角进行处理,目的是为了减少网格数量。

模型进行预先处理完成后进行静力学有限元分析。

第一步:设置材料(设置总装图中每个零部件应用材料,对于材料未有的属性进行人工添加设置,主要包含塑料和碳钢,具体过程这里不一一说明);

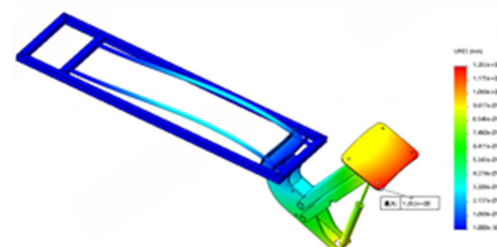
第二步:设置连接方式(默认为全局接触,对于其它特殊零部件装配关系需要一一设置无穿透、允许贯穿等);

第三步:固定夹具(设置固定几何体,并依据实际工况装配关系进行设置);

第四步:外部载荷(这里设置脚踏板实际在使用工况下受力情况,根据实际工况设置 300N,力均布作用在脚踏板



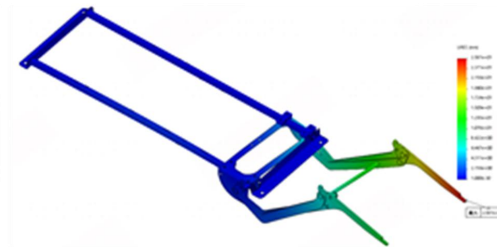
方案一计算结果应力图解



方案一计算结果位移图解



方案二计算结果应力图解



方案二计算结果位移图解

从应力图解分析,最大应力 $2.09\text{e}+08\text{N/m}^2$, 小于普通碳钢屈服力 $2.2\text{e}+08\text{N/m}^2$, 力学性能满足材料的屈服强度,不会出现材料断裂失效情况。从位移图解分析,最大位移 10.78 mm, 位移能够满足实际使用需求。

技术论证

经过对隐藏脚踏方案一和方案二机构打样论证、功能测试、用户体验,均满足固定沙发手动隐藏脚踏功能,满足用户调研需求分析功能。功能论证满足条件并进行实验测试,依据市场通用测试标准,方案一和方案二功能循环疲劳测试均满足 2.5 万次。

以上两种方案均具备隐藏功能,能够给予用户腿部足够支撑不下降,操作拉出顺畅,不卡顿,推回顺畅,摩擦力等共同特性。

方案一较方案二具备脚踏抬升速度缓慢,达到自动上升效果,用户体验感更好。气压杆寿命长,不易失效。方案二较方案一成本更低,具有更好的经济效益。四连杆轨迹垂直

上,方向垂直于脚踏板向下);

第五步:网格化(可以依据计算的精确度进行网格密设置,网格密度越好,计算精度越高,计算时间越长,这里设置默认网格化密度);

第六步:运行(基于前面设置后运行计算,如果计算过程中出现错误,需要一一进行排查后重新计算,最终得到正确的结果);

第七步:结果分析(这里主要分析应力、位移和应变。如果计算结果超过材料应力范围,则需要重新优化材料结构设计或更换应力更高的材料,位移和应变依据实际情况判断讨论);

第八步:后处理(依据计算结果,针对性的进行结构优化、加宽加厚、减薄、成本降低等优化)。

从应力图解分析,最大应力 $2.17\text{e}+08\text{N/m}^2$, 小于普通碳钢屈服力 $2.2\text{e}+08\text{N/m}^2$, 力学性能满足材料的屈服强度,即不会出现材料断裂失效情况。从位移图解分析,最大位移 1.281mm, 位移能够满足设计需求。

向上,运动轨迹更符合用户需求。使用状态和隐藏状态设置卡位装置,无滑移风险。

结语

隐藏式沙发脚踏体操作方便、省力,体验感好,成本低。撇开原有电动、手动产品使用不友好的用户体验,实现脚踏轻松打开,悬停和关闭,增加产品舒适性与多样性。用户可在不占用空间的情况下享受脚踏的便利,提升生活品质。

参考文献

- [1] Suit 系列沙发与脚踏设计[J]. 现代装饰, 2018.
- [2] 六杆搁脚机构的设计与优化[J]. 胡冲; 黄松檀; 应富强; 段立江. 机械传动, 2017(06).
- [3] 老人椅辅助站立机构参数优化设计[J]. 周辉; 秦宝荣; 张冬冬; 项秉乐; 鲍家华; 王郑兴. 机械传动, 2016(02).
- [4] 办公休闲椅折叠式搁脚机构的开发[J]. 蔡欢; 秦宝荣; 王郑兴; 王淑花; 余敏文. 机械设计与研究, 2015(01).