

基于用户多场景床靠背机构研究

谢淑辉 王 宇 刘玉洲

(浙江顾家梅林家居有限公司 浙江杭州 310020)

摘 要: 通过大量业务市场用户调研分析得知, 不同用户对床靠背有不同场景需求, 即对床靠背有不同场景角度的需求。本文旨在探索基于用户多场景床靠背机构功能设计研究, 从功能需求分析、运动机构简图、自由度计算、solidworks 三维设计、有限元力学分析, 到打样论证, 最终得到四种解决方案。

关键词: 床靠背; 不同场景需求; 机构运动简图; 自由度计算; 有限元分析

引言

床靠背作为床中的重要组成部分, 直接关系到生活的舒适度和用户体验。随着生活节奏的加快和人们对生活品质的追求, 床靠背的功能需求也在不断提升。然而, 目前市场上的床靠背都是固定靠背, 无法进行角度调节, 无法满足用户的多场景下的需求。

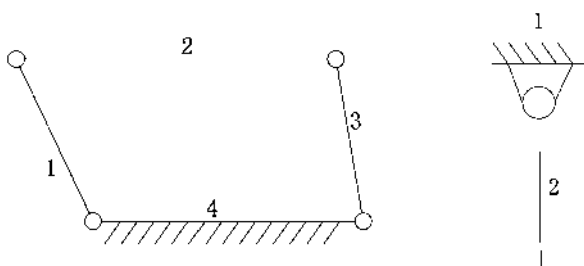
需求分析

通过用户需求调研, 总结出多场景床靠背需要具备以下功能:

- 1、床靠背能够调节角度 ; 2、靠背调节运动轨迹不能是圆周运动, 否则靠背末端会抬高, 异物感强, 用户舒适度降低; 3、靠背运动轨迹是复杂的曲线, 既需要保证靠背能角度调节, 又要靠背能够前移避免抬升; 4、靠背角度需要进行控制, 以满足用户多场景需求; 5、靠背角度可以通过电动控制、手动控制, 档位控制和无极控制。

方案设计

基于功能提炼分析, 给出以下运动机构简图方案, 并进行自由度计算。



方案一 四连杆机构运动简图 方案二 铰链机构运动简图

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:

$$F=3n-(2pL+ph) \text{-----} (1)$$

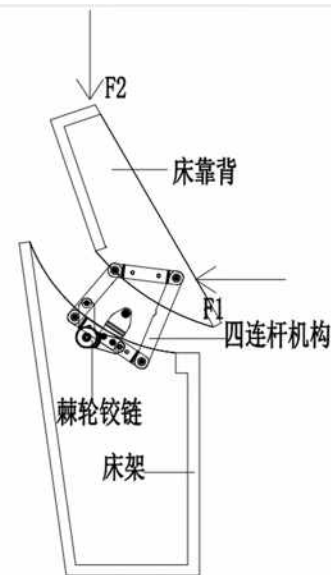
式(1)中: n 为除机架以外构件数; pL 为构件连接之后形成的低副数目; ph 为构件连接之后形成的高副数目。则方案一运动简图自由度数目 $F=3n-(2pL+ph)=3 \times 3-2 \times 4=1$ 。方案二运动简图自由度数目 $F=3n-(2pL+ph)=3 \times 1-2 \times 1=1$ 。

方案一中四连杆机构形态决定靠背运动轨迹, 其中杆件 4 与床架固定, 杆件 2 与床靠背固定一体, 杆件 2 运动轨迹定义了床靠背运动轨迹, 确保靠背既能角度调节又能移动的复合运动, 该方案是最佳的方案选择。

方案二采用转动副控制靠背的运动轨迹, 杆件 1 与床架固定, 杆件 2 与床靠背固定一体, 由于是圆周运动, 靠背只能角度调节, 床靠背末端会被抬高, 异物感强, 用户舒适度降低, 该方案不是最佳的方案选择, 后续不再研究。

技术设计

由机构运动简图, 进一步构思原理想方案。解决用户多场景需求, 则需要控制四连杆在不同位置均能够悬停。目前靠头靠背解决悬停问题基本上采用棘轮控制, 棘轮是单项受力件, 如果上四连杆机构采用棘轮控制运动状态, 则 CAD 草图设计如下图:



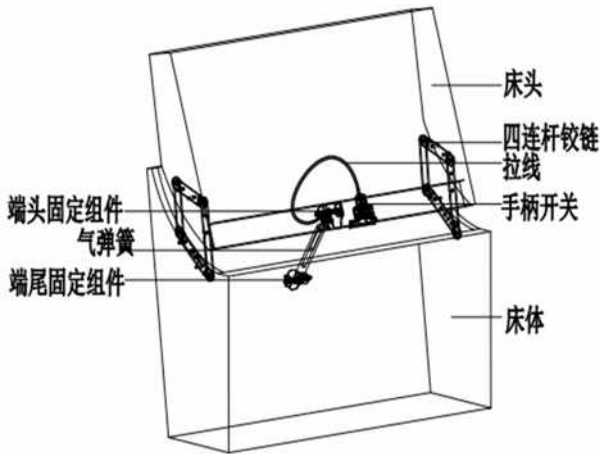
用户在使用床靠背时, 由于无法判断用户在床靠背施加力的方向, 如果施加力的方向如图 F1 所示, F1 力学方向能够控制四连杆机构中间状态悬停。如果施加力方向如图 F2 所示, F2 力方向无法

控制四连杆机构中间状态悬停，四连杆机构会继续运动，无法满足用户这个角度的需求。

如何有效控制四连杆运动状态来满足用户多场景靠背需求，是本文重点研究内容，以下提供四种技术方案控制四连杆运动状态。

方案一：气弹簧控制四连杆运动状态技术方案

CAD 草图设计如下：



该方案采用气弹簧控制方式，通过控制气弹簧行程高度达到控制四连杆机构状态。用户当需要调节靠背角度时，只需打开气弹簧开关，拉动靠背运动至所需角度后，关闭气弹簧开关，气弹簧悬停后，四连杆运动停止。用户施加靠背任何方向力时，由于气弹簧开关是关闭状态，气弹簧不升降和压缩，不带动四连杆机构运动，即杆件 2 不运动，靠背悬停，该角度状态下满足用户所需场景需求。基于 CAD 草图完成后进行零部件图绘制、材料选择、工艺和公差确认。四连杆运动机构、气弹簧、手柄开关，床架和床头等。手柄开关能够提供用户较好的操作体验，符合人体用户操作行为习惯。

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，已完成对方案静力学分析。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，把干涩问题消除。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，渐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，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（这里设置靠背实际在使用工况下受力情况，

根据实际工况设置 500N，力均布作用在脚踏板上，方向垂直靠背）；

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）；

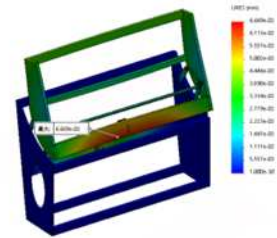
第六步：运行（基于前面设置后运行计算，如果计算过程中出现错误，需要一一进行排查后重新计算，最终得到正确的结果）；

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）。



方案一计算结果应力图解

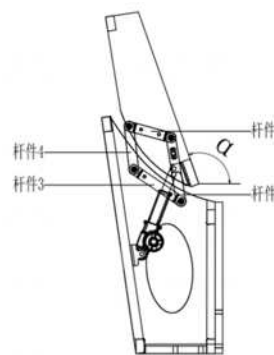


方案一计算结果位移图解

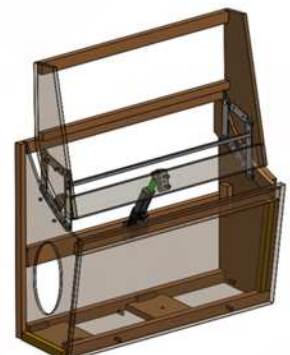
从应力图解分析，最大应力 $5.256 \times 10^7 \text{N/m}^2$ ，小于普通碳钢屈服力 $2.2 \times 10^8 \text{N/m}^2$ ，力学性能满足材料的屈服强度，即不会出现材料断裂失效情况。从位移图解分析，最大位移 $6.669 \times 10^{-2} \text{mm}$ ，靠背材料设置为普通碳钢，实际为 LVL 夹板，最大位移不具有实际参考意义，应为 LVL 夹板实际弯曲情况，经过大量的验证是小于 5mm 被市场认可。

方案二：电机控制四连杆运动状态技术方案

Cad 草图和装配图设计如下：



方案二 CAD 设计图解



方案二计算结果位移图解

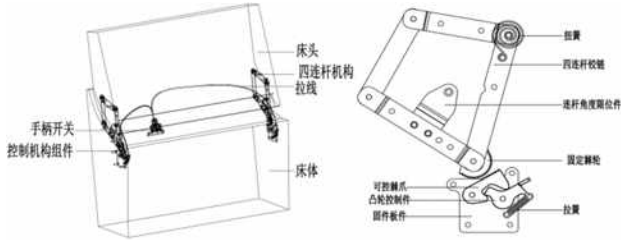
电机控制四连杆机构运动状态方案与气弹簧控制方案原理相同，用户只需控制电机开关按钮，开启电机运动，待靠背到达用户所需角度关闭开关，电机停止运作，即可满足用户在该场景下的需求。

方案二有限元计算分析和方案一相同，气杆承受力工况和电机相同，电机能够承受 1500N 而不失效，远大于气弹簧受力极限，故

无需进行受力分析。

方案三：可控棘轮控制四连杆运动状态技术方案

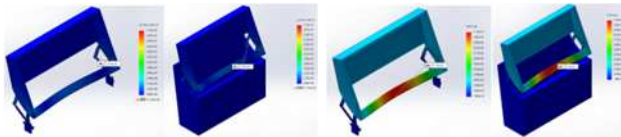
Cad 总体设计图解如下：



方案三 CAD 设计图解

方案三总体思路和方案一、方案二思路不相同，方案一、二是通过控制靠背运动状态来控制四连杆运动状态，是间接控制不稳定四连杆机构件。方案三是直接控制四连杆机构件其中一根杆件运动来达到控制四连杆机构运动状态。该方案主要包含床靠背、床体、四连杆机构、手柄开关、拉线、控制机构组件等零部件构成。控制机构是由拉簧、可控棘爪、凸轮控制件、固定棘轮、固定板件等构成。用户通过调节拉线带动凸轮控制件运动，凸轮控制件带动可控棘轮运动，可控棘轮与固定棘轮进行啮合后，用户释放拉线开关，凸轮控制件在拉簧拉力作用下进行圆周运动，直到与可控棘爪干涉后为止。由于固定棘轮与四连杆机构其中一根杆件进行刚性连接原因，四连杆机构必须通过解锁可控棘轮与固定棘轮啮合脱离后，通过释放自由度后四连杆机构发生机械运动。

基于详细结构设计完成后，进一步进行零件强度校核。

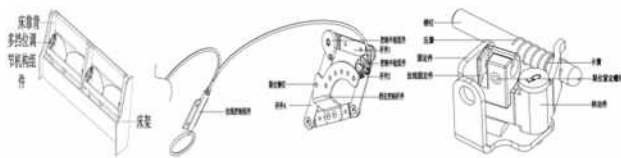


方案三计算结果应力图解

方案三计算结果位移图解

从应力图解分析，最大应力 $5.114e+07N/m^2$ ，小于普通碳钢屈服力 $2.2e+08N/m^2$ ，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 $1.136mm$ ，位移能够满足需求。

方案四：五档功能调节控制四连杆运动状态技术方案



方案四 CAD 设计图解

方案四总体思路和方案三相同，是间接控制不稳定四连杆机构件。方案四是通过销钉限位控制四连杆机构运动状态。

基于 CAD 草图完成后进行星系零部件图绘制、材料选择、工艺和公差确认。方案主要包含床靠背、床架、四连杆机构、手柄开关、

拉线、多档位调节机构组件等构成。控制机构是由拉簧、可控棘爪、凸轮控制件、固定棘轮、固定板件等构成。用户通过拉动拉线，带动转动件转动，转动件带动销钉移动，销钉脱离档位控制杆件后，四连杆机构杆件二与档位控制杆件转动自由度是否，四连杆机构运动达到用户需求角度后，释放拉线开关，销钉在卡簧弹力作用下，移动到控制杆件孔位出，杆件二与档位控制杆件无相对运动，四连杆机构运动状态被限位，满足用户该状态下场景需求。

基于详细结构设计完成后，进一步进行零件强度校核。



方案四计算结果应力图解

方案四计算结果位移图解

从应力图解分析，最大应力 $2.032e+07N/m^2$ ，小于普通碳钢屈服力 $2.2e+08N/m^2$ ，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，LVL 多层板最大位移与方案一相同，结果满足要求。

技术论证

经过对方案一、方案二、方案三和方案四机构打样论证、功能测试、用户体验，均满足调研需求分析功能，满足了不同用户在不同场景下的需求，改善用户体验，提升产品舒适度和溢价能力。这些结果为床靠背机构的设计与优化提供了重要参考。

结语

床靠背为卧室床重要组成部分，其设计与功能对用户的生活质量有着重要影响。本文通过调研用户在多场景下对床靠背机构的需求、提炼用户需求、设计方案、技术论证等过程，最终解决用户对床靠背多场景下核心痛点问题，为后续优化设计提供了理论与实践指导。未来的研究可以进一步扩展床靠情景化、智能化、人体功效学舒适规模和研究方法，以更好地满足用户的需求和期望。

参考文献：

[1] 护理床靠背调节机构专利技术发展分析[J]. 骆静. 中国科技信息, 2017.
[2] 坐姿可调节轮椅结构设计与分析 [J]. 杨帅旗; 王丙旭; 杨景; 赵德明; 高兴文. 装备制造技术, 2022.
[3] 基于 SolidWorks 软件的多功能沙发靠背机械结构设计与实现 [J]. 宋刚. 机械工程师, 2022.
[4] 高校图书馆座椅的舒适性研究 [J]. 孔浩宇. 东北林业大学, 2022.