

# 针对行动不便人群的新型轮椅开发设计

东静, 闫俊鹏, 冯永杰, 刘宜坤, 胡学明, 高红爽

(天津科技大学 机械工程学院, 天津市 300457)

**摘要:** 现针对行动不便人群的床、椅转换问题设计一款新型轮椅。该轮椅与普通轮椅相比加装背部支起机构、麦克纳姆轮底座和连接滑轨, 具有平躺、自由转向和转移功能。可以轻松将行动不便的人员从轮椅放置于床上, 减少护理人员工作强度, 降低受助者心理负担。

**关键词:** 行动不便; 新型轮椅; 背部支起机构; 麦克纳姆轮; 连接滑轨

## 一、引言

据中国康复器具协会统计数据, 中国有近 2.5 亿老年人口和 8500 万左右的残疾人是轮椅的使用群体。轮椅的出现改善了这接近三亿人的生活, 但是也会给行动不便的人群上下床带来诸多麻烦。尽管市面上轮椅功能种类丰富, 但大多数轮椅只保证了使用者的基本行动需求, 却忽略了细节上的用户体验, 且无一款轮椅能让行动不便的人群轻松切换于轮椅与床之间。通常情况下, 行动不便的人需要看护人员的协助才能完成轮椅与床之间的切换。这一过程不但费时费力, 而且加重了受助者的心理负担[1]。

针对这种情况, 现介绍一种针对行动不便人群的新型轮椅开发设计方案, 以解决行动不便人群在轮椅与床之间切换的问题。

## 二、基本结构设计

### (一) 总体结构概述

新型轮椅结构如图 1 所示。上半部分的座椅和下半部分的底座之间连有横向布置的滑轨。上半部分的座椅可通过滑轨移动到外部的支架上。轮椅靠背处装有支起机构, 推杆一端固定在背部铰链固定梁, 另一端通过铰链固定在推杆支撑板上, 推杆伸缩运动带动背部靠板总成绕铰链转动, 完成背部支起运动。底座采用麦克纳姆轮作为轮椅的主要行走部件, 以实现在任意方向上的平移和原地旋转。

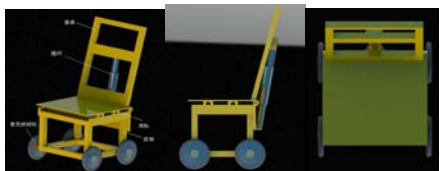


图 1 新型轮椅布局总图

### (二) 背部支起机构

以连杆机构为原理的背部支起机构, 铰接点少, 机构简单, 可靠性相对较高。背部支起机构如图 2 所示, 推杆一端通过铰链固定在推杆固定板上, 另一端通过铰链固定在背部铰链固定梁上, 推杆通过伸缩运动带动背部靠板绕铰链的转动, 完成背部支起活动。



图 2 背部支起机构

背部支起机构的机构简图如图 3 所示。以坐板为水平面, 以座板和靠背铰接点 B 为轴, 靠背与水平方向形成的夹角为  $\theta$ 。A 是推杆与支撑板的铰接点, 推杆与水平方向夹角为  $\alpha$ 。C 为推杆与背部固定梁的铰接点。B 铰链和 C 铰链水平方向距离为 a, A 铰链和 B 铰链竖直距离为 b。各参数的几何关系如下<sup>[2]</sup>:

$$s = \sqrt{a^2 + b^2 + 2abs \sin \theta}, \quad \sin \alpha = \frac{b + a \sin \theta}{\sqrt{a^2 + b^2 + 2abs \sin \theta}}$$

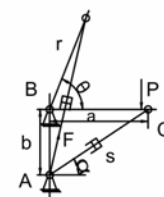


图 3 背部支起机构简图

推杆作用力为 F, 推杆在力 F 方向上的位移为  $ds$ , 背部靠板承载力 P 在竖直方向的位移为  $dh$ , 则可得到:

$$P \square dh = F \square ds$$

根据已得到的各参数的几何关系可推算出推杆受力与运动尺寸的关系:

$$\begin{aligned} Pr \sin \theta \square d\theta &= F \square ds \\ F &= \frac{Pr \tan \theta \sqrt{2abs \sin \theta}}{ab} \end{aligned}$$

### (三) 麦克纳姆轮底座

新型轮椅的底座使用四个麦克纳姆轮, 分别为两个左旋轮和两个右旋轮。刚体在平面内的运动可以分解为三个独立分量: X 轴平动、Y 轴平动、yaw 轴自转。如下图所示, 底盘的运动也可以分解为三个量:

- 表示 X 轴运动的速度, 即左右方向, 定义向右为正;
- 表示 Y 轴运动的速度, 即前后方向, 定义向前为正;
- 表示 yaw 轴自转的角速度, 定义逆时针为正。

以上三个量一般都视为四个轮子的几何中心(矩形的对角线交点)的速度, 其受力分析图如图 5 所示。

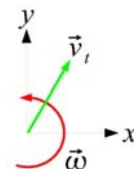


图 4 受力分析图

底盘沿 X 轴平移, 沿 Y 轴平移, 绕几何中心自转时:

$$\begin{cases} v_{w1} = -v_{tx} \\ v_{w2} = +v_{tx} \\ v_{w3} = -v_{tx} \\ v_{w4} = +v_{tx} \end{cases} \begin{cases} v_{w1} = v_{ty} \\ v_{w2} = v_{ty} \\ v_{w3} = v_{ty} \\ v_{w4} = v_{ty} \end{cases} \begin{cases} v_{w1} = +\omega(a+b) \\ v_{w2} = -\omega(a+b) \\ v_{w3} = -\omega(a+b) \\ v_{w4} = +\omega(a+b) \end{cases}$$

麦克纳姆轮的应用目的在于控制轮椅灵活地转位。当左右两个轮子的转向相反时, 轮椅车前进或后退; 当左右两边轮子的转向转同时, 轮椅车向左移动或向右移动; 当左右两边轮子的转向相同, 转速不同, 可实现轮椅车向任意方向运动。<sup>[3]</sup>

### (四) 连接滑轨

滑轨又称为导轨, 主要是由金属材料制成槽和脊, 用于承受、

引导移动装置并减少表面相互摩擦的一种装置。本新型轮椅采用直线滚轨式导轨引导上半部分的座椅和下半部分的底架相对运动，如图 6 所示。



图 5 轮椅导轨转移

考虑轮椅使用者为行动不便的老人和残疾人，轨道的设计要有导向精度，并保证运动的平稳性，具有足够的承载能力和刚度，使用寿命长等必要特点，所以新型轮椅采用滚动直线导轨。

产品四个方向等载荷承载能力强，根据结构力学可知，滚动直线导轨副采用四列圆弧轨道结构，接触角为  $45^\circ$ ，可同时承受径向、反径向及横向负载时，能力相当。

### 三、工作过程

新型轮椅工作示意图见图 7 所示。看护人员将固定在床侧的导轨支架升起，并将轮椅推至床边支架位置并锁住轮椅。受助者坐在该新型轮椅上，看护人员水平推动上半部分的座椅，使座椅部分通过导轨从轮椅底架滑向床边支架，并将轮椅锁在支架上。

看护人员缓缓放平座椅靠背，该过程受助者也随着靠背缓缓后仰直到上半身平躺在轮椅上，并与床齐平。看护人员将脚板缓慢上抬直至水平，此时靠背、座板、脚板水平铺展在床边位置。

然后看护人员水平移动行动不便的受助者，使其从轮椅过渡到床。打开座椅与支架的锁紧装置，将座椅原位返回到轮椅底架上，并放下床边支架。



图 6 床、椅转换过程图

### 四、结语

护理人员在日常照顾伤、病、老人时简单的“上床、下椅”动作都可能成为行动不便人员无法逾越的障碍，以往靠人力搬、抱的方式不但费时费力，而且存在安全隐患。我们设计了一种针对行动不便人员的新型轮椅，尽量减少受助者完全离开轮椅全部依靠人力实现床、椅过度的困难。总之，借助该新型轮椅可以完成行动不便人员床椅轻松转换，减少护理人员的负担，丰富行动不便人员的日常生活，而且该轮椅加工较容易，可操作性强。

### 参考文献

- [1]赖佳路, 钟仁明. 一种方便行动不便放射治疗患者摆位的专用轮椅设计[J]. 医疗装备, 2019, 第 32 卷(9 期): 15-16.
- [2]邢坤, 程武山. 多功能智能轮椅背部支起机构优化设计[J]. 轻工机械, 2019, 第 37 卷(5 期): 90-91.
- [3]李雨潭, 马博, 杨瑞洋, 王鹏程, 宋晓斌, 徐泽成, 袁博. 基于麦克纳姆轮的半自主辅助如厕轮椅设计[J]. 科技创新与应用, 2019, 30 期: 32-33.
- [4]王利. 滑轨式和升降式康复辅助洗浴器具的浴槽结构设计与研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2012.

作者简介:

王虎讲师, 孙涌讲师