宁波市科技进步奖项目公示

1. **项目名称：**

智能转运护理系统研发及产业化应用

**二、推荐单位：**

宁波职业技术学院

**三、主要完成单位：**

宁波职业技术学院、浙江佑仁智能机器人有限公司、宁波大学、燕山大学

**四、项目简介：**

所申报项目属于生命健康—数字医疗与创新医疗器械领域。护理工作服务于人的生老病死全过程，是卫生健康事业的重要组成部分。在所有护理工作中，患者的搬移和转运对医护人员的数量、体力以及安全性等都有较高要求；然而，现有产品普遍存在功能单一、智能化程度低、“卧床-过床-离床”整体护理方案缺失等问题，导致应用效果不佳，无法满足患者的转运需求。智能转运护理系统研发及产业化应用项目的开展，对解决护工短缺、减轻医护人员和家属负担等具有重要意义。

宁波职业技术学院、浙江佑仁智能机器人有限公司、宁波大学和燕山大学多年来联合攻关，系统性的研究了智能转运护理系统的核心理论与关键技术，研发了4类8款智能转运护理设备，形成了智能转运护理全流程解决方案，取得了多项国内外领先应用成果，解决了卧床患者转运、翻身、出行护理中的多项急难愁盼事项。

主要科技创新如下：

**1. 分体式患者智能转运机构创新设计与协同控制技术**

创新性的提出了卧床位姿不受限的分体式过床搬移方案，解决了多模块协同转运机构设计难题，研制出超薄型/对称型分体式患者转运护理机器人，设计了交互式姿态自调节算法实现了人机协同控制。

**2. 弱约束下整体式微感转运机构创新设计与柔顺控制技术**

开展了弱约束环境下的过床转运机理研究，首次提出了整体式多体位自动对接双向转运患者过床方法，设计了微感转运机构，研制出手动/电动两款转运护理机器人，解决了单一卧位转运到包含Fowler体位、特氏位/反特氏位等多姿态转运的难题。

**3. 柔性翻身机构设计与防褥疮调姿控制技术**

开展了人体自然曲度变化机理与俯仰侧翻身运动的精准力学建模研究，设计了高刚性、泛柔性、大承载翻身调姿机构；提出了柔性驱动与紧急制动冗余控制方法，实现了翻身控制自适应调整。

**4. 折展轮椅机构创新设计与运动控制技术**

提出了具有担架车和轮椅双重功能的折展机构构型，研制出通用型（轮式和腿式）、可如厕型以及卷筒型三种轮椅担架车；开展了动态环境下的智能导航与马桶对接技术研究，彻底解决了患者离床后的出行、如厕等护理难题。

项目共发表相关学术论文17篇，授权发明专利17项，实用新型专利21项，外观设计专利5项，软件著作权2项；查新结果显示项目核心技术均达国际先进水平。项目成果现已应用于2家上市企业、5家科技型企业，近三年新增销售额4.01亿元，利润0.61亿元，有效提升了我国智能护理装备的技术水平，经济社会效益显著。

**五、主要科技创新：**

**创新点1：分体式患者智能转运机构创新设计与协同控制技术**

针对患者行动不便所导致的过床困难等问题，创新性的提出了卧床位姿不受限的分体式过床搬移解决方案，解决了多模块协同转运机构设计难题；提出了搬运模块双向传动自纠正机构，实现了分体转运过程中的防跑偏、防打滑，研制出超薄型、对称型两款分体式患者转运护理机器人；突破了动态负载速度跟踪技术，设计了交互式姿态自调节算法，实现了转运过程中的人机协同控制。（专利：[1] 一种应用于转运床的方位调整方法, 石立宏,**王洪波**,**桑凌峰**,卢辉,甘中学. [2] 双向转运护理机器人, **王洪波**,解丽玉,**牛建业**,刘正操,李东,张玉翔,胡国清. [3] 一种转运护理机器人的控制系统, **王洪波**;卢辉;**王旭升**;**冯永飞;桑凌峰**;申艾欣;**田宇**;石少华;徐小丰;何洪杰. 论文：[1] Structural Design and Preliminary Tests of a Novel Patient Transfer Apparatus for Medical Scenarios, **Yu Tian**, **Hongbo Wang**, Yongshun Zhang, Bowen Su, Jiazheng Du, Xincheng Wang, **Yongfei Feng**, Bo Cheng, **Jianye Niu**. [2] Design and Evaluation of a Novel Person Transfer Assist System, T**u Tian**, **Hongbo Wang**, Yongshun Zhang, Bowen Su, Lipeng Wang, **Xusheng Wang**, **Lingfeng Sang**, Y**ongfei Feng**, **Jianye Niu**.）

**创新点2：弱约束下整体式微感转运机构创新设计与柔顺控制技术**

开展了弱约束环境下的过床转运机理研究，首次提出了多体位自动对接式双向转运患者过床方法，设计了床体-过床模块结合的整体式微感转运机构，研制出手动、电动两款整体式转运护理机器人；提出了整体式转运机构与目标设备之间的自动对接控制方法，设计了基于人机间作用力的速度跟踪同步控制算法，制定了平滑姿态控制策略，解决了单一卧位转运到包含Fowler体位、特氏位/反特氏位等多姿态转运的难题。（专利：[1] 一种可双向转运病人的转移车, **王洪波**,**桑凌峰**,胡国清,李珊,**王旭升**,申艾欣,梁吉磊,董艳,张喆辉,谭都. [2] 一种卧床病人双向转移装置, **王洪波**;**严浩**;王辛诚;张陶然;兰陟;李东;于鸿飞;张亚军. [3] 一种核磁共振病人转运车, **桑凌峰**;王浩吉;李正刚;杨永帅;陈罡. 论文：[1] Analysis, Design and Experimental Research of a Novel Bilateral Patient Transfer Robot, **Lingfeng Sang**, **Hongbo Wang**, **Yu Tian**. [2] 新型双侧患者搬移机器人的创新设计与实验, **桑凌峰**, **王洪波**, 史海燕, 张喆辉.）

**创新点3：柔性翻身机构设计与防褥疮调姿控制技术**

开展了人体自然曲度变化机理与俯仰侧翻身运动的精准力学建模研究，提出了高刚性、泛柔性、大承载耦合机构设计方法，设计了柔性翻身调姿机构；提出了基于位姿压力信息的患者褥疮生发高危区域判别方法，进而确立了压力动态分布与患者卧姿调整策略间的映射关系；提出了与微调运动摩擦力学特性相匹配的柔性驱动和紧急制动冗余控制方法，实现了卧姿翻身控制自适应调整。（专利：[1] 一种自动化抛光装置, **王正才**. [2] 一种柔性翻身护理轮椅床, **王洪波**;林木松;李双双;郭皓天;刘国伟;孙博文;苏博文. ）

**创新点4：折展轮椅机构创新设计与运动控制技术**

面向卧床患者离床日常生活动需求，创新性的提出了具有担架车和轮椅双重功能的折展机构构型，解决了单自由度驱动下折展状态变化机构设计难题，并通过最小包容面积法确定了各构件的最优尺寸，研制出通用型（轮式和腿式）、可如厕型以及卷筒型三种离床轮椅担架车；开展了室内动态环境下的智能导航技术、马桶对接控制技术，彻底解决患者离床之后的出行、如厕等生活护理难题。（专利：[1] 一种电动轮椅担架车, **王洪波**;**桑凌峰**;郭皇惶;翟清海;吴少振;申艾欣;卢辉;**田宇**. [2] 折叠式电动轮椅担架车, **王洪波**;张玉翔;王慧;兰陟;王强;赵雄;史洪敏;张亚军. 论文：[1]A novel Human-Carrying Quadruped Walking Robot, **Lingfeng Sang**, **Hongbo Wang**, Hongnian Yu, Lui Vladareanu. [2] Analysis, Design, and Experimental Research of a Novel Wheelchair-Stretcher Assistive Robot, **Lingfeng Sang**, Masayuki Yamamura, Fangyan Dong, Zhongxue Gan, Jianzhong Fu, **Hongbo Wang**, **Yu Tian**. [3] 智能轮椅担架车的折展机构设计与分析, **桑凌峰**, 傅建中, 甘中学, **王洪波**. [4] Kinematic Analysis of a Serial-Parallel Hybrid Mechanism and Its Application to a Wheel-Legged Robot, **Jianye Niu, Hongbo Wang,** Zhiwen Jiang, Li Chen, Jianjun Zhang, **Yongfei Feng**, Shijie Guo. [5] 轮椅担架一体化护理机器人设计, **桑凌峰**, 傅建中, 甘中学,**王洪波**. [6] Study on Structural Modeling and Kinematics Analysis of a Novel Wheel-Legged Rescue Robot, **Jianye Niu**, **Hongbo Wang**, Hongmin Shi, Nicolae Pop, Dong Li, Shanshan Li, Shaozhen Wu.）

**六、主要完成人**：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **排名** | **姓名** | **技术职称** | **工作单位** |
| 1 | 桑凌峰 | 副教授 | 宁波职业技术学院 |
| 2 | 王洪波 | 教授 | 浙江佑仁智能机器人有限公司 |
| 3 | 冯永飞 | 讲师 | 宁波大学 |
| 4 | 王正才 | 教授 | 宁波职业技术学院 |
| 5 | 牛建业 | 副教授 | 燕山大学 |
| 6 | 田宇 | 无 | 燕山大学 |
| 7 | 王旭升 | 高级工程师 | 浙江佑仁智能机器人有限公司 |
| 8 | 严浩 | 讲师 | 浙江佑仁智能机器人有限公司 |
| 9 | 王劲 | 副教授 | 宁波职业技术学院 |

**七、代表性论文论著及作者**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **作者** | **论文专著名称/刊物** | **年卷页码****(X年X卷X页)** |
| **Yu Tian**, **Hongbo Wang**, Yongshun Zhang, Bowen Su, Jiazheng Du, Xincheng Wang, **Yongfei Feng**, Bo Cheng, **Jianye Niu** | Structural Design and Preliminary Tests of a Novel Patient Transfer Apparatus for Medical Scenarios/ Journal of healthcare engineering | 2021, 2770846 |
| **Yu Tian**, **Hongbo Wang**, Yongshun Zhang, Bowen Su, Lipeng Wang, **Xusheng Wang**, **Lingfeng Sang**, Y**ongfei Feng**, **Jianye Niu** | Design and Evaluation of a Novel Person Transfer Assist System./IEEE Access | 2021, 9: 14306-14318 |
| **Lingfeng Sang**, **Hongbo Wang**, **Yu Tian** | Analysis, Design and Experimental Research of a Novel Bilateral Patient Transfer Robot/ Machines | 2022, 10(1): 1-20 |
| **桑凌峰**, **王洪波**, 史海燕, 张喆辉 | 新型双侧患者搬移机器人的创新设计与实验/机械设计与研究 | 2022, 38(04): 43-48 |
| **Lingfeng Sang**, **Hongbo Wang**, Hongnian Yu, Lui Vladareanu | A novel Human-Carrying Quadruped Walking Robot/International Journal of Advanced Robotic Systems | 2017, 14(4): 1-17 |
| **Lingfeng Sang**, Masayuki Yamamura, Fangyan Dong, Zhongxue Gan, Jianzhong Fu, **Hongbo Wang**, **Yu Tian** | Analysis, Design, and Experimental Research of a Novel Wheelchair-Stretcher Assistive Robot/ Applied Sciences | 2020, 10(1):264 |
| **桑凌峰**, 傅建中, 甘中学, **王洪波** | 智能轮椅担架车的折展机构设计与分析/浙江大学学报(工学版) | 2019, 53(4):613-620 |
| **Jianye Niu, Hongbo Wang,** Zhiwen Jiang, Li Chen, Jianjun Zhang, **Yongfei Feng**, Shijie Guo | Kinematic Analysis of a Serial-Parallel Hybrid Mechanism and Its Application to a Wheel-Legged Robot/IEEE Access | 2020(8): 111931-111944 |
| **桑凌峰**, 傅建中, 甘中学,**王洪波** | 轮椅担架一体化护理机器人设计/机械设计与研究 | 2018, 34(5):65-69 |
| **Jianye Niu**, **Hongbo Wang**, Hongmin Shi, Nicolae Pop, Dong Li, Shanshan Li , Shaozhen Wu | Study on Structural Modeling and Kinematics Analysis of a Novel Wheel-Legged Rescue Robot/ International Journal of Advanced Robotic Systems | 2018,15(1):1-17 |

**八、主要知识产权及发明人：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **授权项目名称** | **知识产权类别** | **国别** | **授权号** | **发明人** |
| 一种应用于转运床的方位调整方法 | 授权发明专利 | 中国 | ZL201810179647.3 | 石立宏;**王洪波**;**桑凌峰**;卢辉;甘中学 |
| 双向转运护理机器人 | 授权发明专利 | 中国 | ZL201611218398.1 | **王洪波**,解丽玉,**牛建业**,刘正操,李东,张玉翔,胡国清 |
| 一种转运护理机器人的控制系统 | 授权发明专利 | 中国 | ZL202010172974.3 | **王洪波**;卢辉;王旭升;**冯永飞**;**桑凌峰**;申艾欣;**田宇**;石少华;徐小丰;何洪杰. |
| 一种可双向转运病人的转移车 | 授权发明专利 | 中国 | ZL202010897621.X | **王洪波**,**桑凌峰**,胡国清,李珊,**王旭升**,申艾欣,梁吉磊,董艳,张喆辉,谭都 |
| 一种卧床病人双向转移装置 | 授权发明专利 | 中国 | ZL201610984097.3 | **王洪波**;**严浩**;王辛诚;张陶然;兰陟;李东;于鸿飞;张亚军 |
| 一种核磁共振病人转运车 | 授权发明专利 | 中国 | ZL202111205621.X | **桑凌峰**;王浩吉;李正刚;杨永帅;陈罡. |
| 一种自动化抛光装置 | 授权发明专利 | 中国 | ZL202010534077.2 | **王正才** |
| 一种柔性翻身护理轮椅床 | 授权发明专利 | 中国 | ZL202010431195.0 | **王洪波**;林木松;李双双;郭皓天;刘国伟;孙博文;苏博文 |
| 一种电动轮椅担架车 | 授权发明专利 | 中国 | ZL201710624167.9 | **王洪波**;**桑凌峰**;郭皇惶;翟清海;吴少振;申艾欣;卢辉;**田宇** |
| 折叠式电动轮椅担架车 | 授权发明专利 | 中国 | ZL201610156981.8 | **王洪波**;张玉翔;王慧;兰陟;王强;赵雄;史洪敏;张亚军. |