

护理机器人

胡志刚 张晓兰 杜 喆 等编著

进入21世纪,我国逐渐步入老龄化社会,如何缓解老龄化社会带来的巨大压力,将人们从繁重的护理劳动中解脱出来,改善护理条件、提高老年人生活质量,促进人类社会和谐发展,是我们必须面对的一个重大课题。

不管你愿意不愿意,护理机器人来了……



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

护理机器人

胡志刚 张晓兰 杜 喆 何 琳 编著
付东辽 李振伟 李华杰 王 伟



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书主要阐述护理机器人技术及其应用。全书共 11 章,第 1 章简要介绍了护理机器人的基本概念;第 2 章介绍了护理机器人机械系统设计;第 3 章介绍了机器人的运动学与动力学;第 4 章介绍了护理机器人传感器技术;第 5 章介绍了护理机器人视觉;第 6 章介绍了护理机器人语音识别技术;第 7 章介绍了护理机器人生命体征监护技术;第 8 章介绍了护理机器人控制技术;第 9 章介绍了护理机器人可靠性与安全性设计;第 10 章介绍了护理机器人人机工程学设计;第 11 章简要介绍了护理机器人的应用实例。

本书可供从事护理机器人有关工作的工程技术人员阅读参考,还可作为高校研究生教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

护理机器人/胡志刚等编著. —北京:电子工业出版社, 2015.3

ISBN 978-7-121-25561-8

I. ①护… II. ①胡… III. ①机器人—保养 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 033538 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:苏颖杰

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:16.25 字数:411 千字

版 次:2015 年 3 月第 1 版

印 次:2015 年 3 月第 1 次印刷

定 价:69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。



前 言

随着人们生活水平不断提高以及医疗公共卫生事业快速发展,世界上许多国家已经步入老龄化社会。高龄老年人的自我照料能力差,护理费用高、劳动强度大,护理条件急需改善。为此,国内外许多学者专家针对这些问题进行了大量的研究,也提供了许多性能可靠、价格低廉的自动化护理设备,改善了老年人的生活质量,体现了对老年群体的关怀。关爱老年群体,提高生命质量,实现健康老龄化,为老年人提供更加安全舒适的产品和服务,已成为衡量社会进步和科技发展水平的重要标志。

护理机器人作为一个全新的课题,涉及计算机技术、电子技术、自动控制技术、机械工程、人机工程学和人工智能等多个学科领域,旨在缓解老龄化社会带来的巨大压力,将人们从繁重的护理劳动中解脱出来,改善护理条件,提高老年人的生活质量,促进人类社会和谐发展。目前,世界上许多国家的科学家、企业和科研院所,如美国的 Endorphin 公司、瑞士的 Hocoma 公司、意大利的 ChineSport 公司和斯洛文尼亚的卢布尔雅那大学等,对于护理机器人的研究产生了极大的热情,政府部门也纷纷制定和实施相应的发展战略。我国也将护理机器人列为优先支持和鼓励的研究领域,浙江大学、哈尔滨工业大学以及河南科技大学等许多单位都在进行护理机器人的研究、开发和应用工作。

本书根据编者的自身研究经历,结合和借鉴国内外优秀研究成果,对护理机器人的基本概念和基本理论,以及对机器人技术所涵盖的各个知识领域,包括机械系统、动力学和运动学、传感技术、视觉技术、语音识别技术、生命体征监护技术、控制技术、人机工程学设计及护理机器人的典型应用等内容做了深入的阐述。

本书由河南科技大学胡志刚教授进行筹划并负责全书统稿工作,河南科技大学张晓兰、杜喆、何琳、付东辽、李振伟、李华杰和王伟等参与编写。其中,第1章由胡志刚编写;第2、4章由杜喆编写;第3、6章由何琳编写;第5章由李振伟编

写；第 7、8 章由张晓兰编写；第 9 章由李华杰编写；第 10 章由王伟编写；第 11 章由付东辽编写。

此外，本书在编写过程中，河南科技大学提供了良好的科研和工作条件，在此向参与和支持本书出版的教师及河南科技大学的领导致以衷心的感谢。

感谢国家国际科技合作项目“个人卫生护理机器人关键技术研究”（项目编号：2011DFA10440-3）的支持和资助。

本书编写过程中参阅了同行专家学者和一些科研院所的教材、资料和文献，在此向文献作者致以诚挚感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不当之处和谬误，敬请各位专家及广大读者给予批评指正。

编著者

2015 年 1 月



录

第 1 章 绪论

1.1 护理机器人的基本概念	1	1.3.1 国外护理机器人的发展状况	6
1.1.1 护理机器人的定义	1	1.3.2 国内护理机器人的发展状况	8
1.1.2 护理机器人的分类	1	1.3.3 护理机器人的发展趋势	10
1.2 护理机器人的特点及基本结构	5	1.4 护理机器人的关键技术	10
1.2.1 护理机器人的特点	5	本章小结	12
1.2.2 护理机器人的基本结构	6	参考文献	12
1.3 护理机器人的发展历程及其发展趋势	6		

第 2 章 护理机器人机械系统设计

2.1 概述	13	2.4.2 谐波减速器	25
2.2 结构设计	13	2.4.3 RV 减速器	26
2.2.1 系统分析	13	2.5 传动机构	27
2.2.2 运动参数的确定	14	2.5.1 直线传动机构	27
2.2.3 护理机器人结构设计实例	14	2.5.2 旋转传动机构	28
2.3 驱动单元	15	2.6 机械本体	30
2.3.1 驱动方式	15	2.6.1 机身设计	30
2.3.2 步进电动机驱动系统	16	2.6.2 行走机构设计	32
2.3.3 伺服电动机驱动系统	18	本章小结	35
2.4 减速单元	21	参考文献	36
2.4.1 行星齿轮减速器	21		

第 3 章 机器人的运动学与动力学

3.1 概述	37	3.4.2 机器人的力雅可比矩阵	47
3.2 机器人运动学	37	3.4.3 机器人的动力学分析	49
3.2.1 刚体在空间中的位姿描述	37	3.5 机器人动力学建模与仿真	50
3.2.2 齐次坐标变换	38	3.5.1 机器人动力学建模	50
3.2.3 变换方程	40	3.5.2 机器人动力学仿真	50
3.3 机器人逆运动学	42	本章小结	51
3.4 机器人动力学	43	参考文献	51
3.4.1 机器人的速度雅可比矩阵	44		

第 4 章 护理机器人传感器技术

4.1 概述	52	4.1.1 特点与分类	52
--------------	----	-------------------	----

4.1.2 发展趋势	53	4.3.4 其他传感器	66
4.2 内部传感器	54	4.4 护理机器人多传感器信息融合	66
4.2.1 位移传感器	54	4.4.1 概述	66
4.2.2 速度和加速度传感器	60	4.4.2 多传感器信息融合技术基础	67
4.3 外部传感器	61	4.4.3 多传感器信息融合实例	71
4.3.1 触觉传感器	62	本章小结	73
4.3.2 应力传感器	63	参考文献	73
4.3.3 接近度传感器	64		

第5章 护理机器人视觉

5.1 概述	74	5.5.3 目标识别	99
5.2 坐标系与三维变换	74	5.5.4 神经网络	102
5.2.1 坐标系	74	5.5.5 比例估计	107
5.2.2 三维变换	77	5.6 几何测量	109
5.3 摄像机视觉模型	81	5.6.1 单目测量距离	109
5.3.1 单目视觉模型	81	5.6.2 单目测量角度	111
5.3.2 双目视觉模型	82	5.6.3 双目测量距离	111
5.4 摄像机标定技术	83	5.7 洗浴机器人洗头装置定位实例	112
5.4.1 摄像机畸变模型	83	5.7.1 系统结构与定位原理	112
5.4.2 摄像机标定算法	84	5.7.2 摄像机选择与标定	113
5.5 摄像机视觉图像处理技术	88	5.7.3 头顶轮廓提取与偏移量计算	114
5.5.1 图像分割与轮廓提取	88	本章小结	115
5.5.2 表示与描绘	95	参考文献	115

第6章 护理机器人语音识别技术

6.1 概述	116	6.5 语音识别芯片	133
6.1.1 语音识别的基本原理	116	6.5.1 UniLite 芯片的结构和参考设计	133
6.1.2 语音识别的方法	116	6.5.2 基于 UniLite 芯片的嵌入式语音识别技术	134
6.2 语音信号的预处理	117	6.5.3 典型应用举例	135
6.2.1 语音采样与量化	117	6.6 语音情感识别技术	135
6.2.2 使用 MATLAB 处理语音信号	118	6.7 汉语语音与口型匹配技术	136
6.2.3 去除噪声	120	6.7.1 汉语语音与口型匹配的基本机理	136
6.3 语音信号的分析与处理	120	6.7.2 汉语语音口型的几何匹配	138
6.3.1 语音信号的时域处理	120	6.7.3 汉语语音与口型的时间匹配	140
6.3.2 语音信号的频域处理	122	本章小结	141
6.3.3 端点检测	127	参考文献	142
6.4 隐马尔可夫基本原理及其在语音识别中的应用	129		
6.4.1 隐马尔可夫模型	130		
6.4.2 HMM 在语音识别中的应用	131		

第7章 护理机器人生命体征监护技术

7.1 概述	143	7.3.2 信号模拟处理	157
7.2 生命体征参数测量原理	144	7.3.3 信号数字处理	159
7.2.1 心电的测量	144	7.4 生命体征监护系统实例	159
7.2.2 脉搏波的测量	145	7.4.1 连续血压监护系统原理框图	160
7.2.3 血压的测量	147	7.4.2 连续血压监护系统硬件设计	160
7.2.4 血氧饱和度的测量	151	7.4.3 连续血压监护系统软件设计	162
7.2.5 其他监护参数的测量	154	本章小结	166
7.3 生命体征监护系统设计	155	参考文献	166
7.3.1 信号检测	156		

第8章 护理机器人控制技术

8.1 概述	167	8.5.2 柔顺控制的种类	179
8.2 护理机器人控制方式与策略	168	8.6 温度控制	180
8.3 护理机器人位置控制	172	8.7 智能控制	181
8.3.1 单关节位置控制	172	8.7.1 模糊控制	181
8.3.2 多关节位置控制	177	8.7.2 专家系统与专家控制系统	182
8.4 护理机器人的速度和加速度控制	177	8.7.3 神经网络控制系统	185
8.5 力(力矩)控制	178	本章小结	186
8.5.1 机器人的柔顺	178	参考文献	186

第9章 护理机器人可靠性与安全性设计

9.1 护理机器人可靠性预计与可靠性分配	187	9.2.6 故障树结构函数	200
9.1.1 可靠性预计	187	9.2.7 故障树分析	202
9.1.2 可靠性分配	190	9.3 护理机器人安全性	208
9.1.3 护理机器人失效分析	191	9.3.1 安全性概述	208
9.2 故障树分析	197	9.3.2 安全性评价	209
9.2.1 故障事件因果关系分析的演绎 方法与归纳方法	197	9.3.3 安全性设计	214
9.2.2 故障树分析法的特点与应用	197	9.3.4 安全性实现	217
9.2.3 故障树分析法的步骤	198	9.3.5 护理机器人的安全使用	222
9.2.4 故障树名词术语和符号	198	本章小结	222
9.2.5 建立故障树的原则	200	参考文献	223

第10章 护理机器人人机工程学设计

10.1 老年人生理特征的变化及其影响	224	10.3.3 舒适性设计原则	227
10.2 人机工程学在护理机器人设计中的作用	225	10.4 适应老年人的护理机器人人机工程 设计流程	228
10.3 护理机器人人机工程通用设计法则	226	10.4.1 确定护理机器人的工作流程	228
10.3.1 安全设计原则	226	10.4.2 确定护理机器人的作业空间	229
10.3.2 简易操作原则	227	10.4.3 确定护理机器人的人机尺寸	229

10.4.4 护理机器人的外观内饰设计·····	230	本章小结·····	239
10.4.5 护理机器人的安置环境设计·····	232	参考文献·····	239
10.4.6 护理机器人样机设计分析·····	233		

第 11 章 应用实例

11.1 卫生护理机器人·····	240	11.4 智能轮椅·····	247
11.2 辅助站立机器人·····	243	本章小结·····	249
11.3 导盲机器人·····	245	参考文献·····	249

第 1 章 绪论

1.1 护理机器人的基本概念

1.1.1 护理机器人的定义

护理机器人 (Patient Care Robot) 是一种特殊的医用机器人, 它在病房或者家庭中专门协助护理人员对重症病患者或长期卧床的病人进行护理操作, 例如为病人送药、进食、喝水、洗头、洗澡等。护理机器人主要是帮助行动不便的人做一些工作, 它在服务机器人中占有重要的地位。与清洁机器人、搬运机器人等其他服务机器人相比, 护理机器人不仅有安全性的要求, 而且它的用户界面特殊。虽然要求工作强度不大, 精度不高, 但是要有一定的智能化。

1.1.2 护理机器人的分类

护理机器人的应用被视为机器人产业最有潜力的新市场。在总体机器人产业中, 护理机器人约占 10%, 仅次于军事、农业及建筑用机器人, 总体产值排名第四。全世界正在使用的护理机器人约有一万多部, 其种类相当多, 下面就其用途及工作方式两方面进行分类分析。

1. 按护理机器人用途分类

1) 助餐机器人

简单来说, 助餐机器人就是对残疾患者进行进食、饮水等一些日常的饮食护理。1987 年, 英国 Mike Topping 公司开发的 Handy 1 护理机器人如图 1-1 所示, 它用来帮助身体部分功能障碍的患者进餐、饮水等。该护理机器人能使一位患有脑瘫的 11 岁男孩独立完成就餐, 证明它是一部较为成功的助餐机器人。随后, 该公司又对该护理机器人进行了二次开发, 对其人机界面进行改造, 不仅解决了因其系统结构过大而不能使男孩同家人共同进餐的问题, 而且还增加了化妆、刷牙、刮胡须、绘画等诸多功能, 从而成为功能更加完善的护理机器人。

美国 Sammons Preston 公司生产的 Electric Self-Feeder 电动助餐机器人如图 1-2 所示。根据被护理人员的不同身高, 可以调节该护理机器人的桌面高度以方便患者进食, 同时患者可以按照自己的进食速度控制碟盘的旋转。患者在取餐的时候只要稍微触动下颌选择开关, 就可启动动力推送器将食物推进餐匙, 然后自动送至口中。如果餐匙里的食物过多, 患者可以操作控制系统将食物放回盘中, 重新取用。对于无法使用下颌开关的患者, 可使用手、脚控制器。该助餐护理机器人配有方便袋、餐匙、碟、碗、下颌开关、玻璃托架、转盘、备托架及手动/脚动控制器等装置, 而且结构紧凑, 小巧灵活。

助餐护理机器人的研发解决了手残患者的饮食护理问题, 同时, 这样能减轻护理人员的工作强度, 并增强了残疾患者自主进餐的生活成就感和自信心, 进而增强了患者的身心健康。



图 1-1 早期 Handy 1 护理机器人



图 1-2 电动助餐机器人

2) 个人卫生护理机器人

个人卫生护理机器人主要对老年人或者行动不便的重残人提供洗头、洗澡、干身、按摩等日常护理。目前，许多国家已经研制出了许多机械式或半机械式的卫生护理设备。日本研制了轮椅洗澡机，该洗澡机将浴缸与轮椅紧密结合，其坐椅作为浴缸的一部分，洗浴者进入浴缸很方便，平均 15min 完成一次洗浴。但是该洗澡机对老年人自动护理不足，需要人工护理，不能完成自动洗浴。

鉴于以上的不足，洛阳圣瑞机电技术有限公司在国家“863”计划的支持下，联合河南高校及洛阳浮法玻璃集团等单位共同研制了个人卫生护理机器人，如图 1-3 所示。该机器人针对老年人、残疾人行动不便的特点，利用智能化控制、模块化设计、人机工程学等技术方法，实现了洗浴过程自动化。这台高度自动化机器人不仅具有节水、节能、减小使用空间、回收脏物等功能，而且由于采用了基于模糊理论的智能洗浴控制程序，可以准确模拟洗浴环境下人体的不同倾角姿势，使身体各部位的受力均匀分布，继而能让老年人等特殊群体可以以多种姿势洗浴。该护理机器人可以帮助行动不便的人用温水泡浴、超声波清洁，并为其做保健按摩，与此同时，在整个洗浴过程中它还能对生命体征进行实时监护。

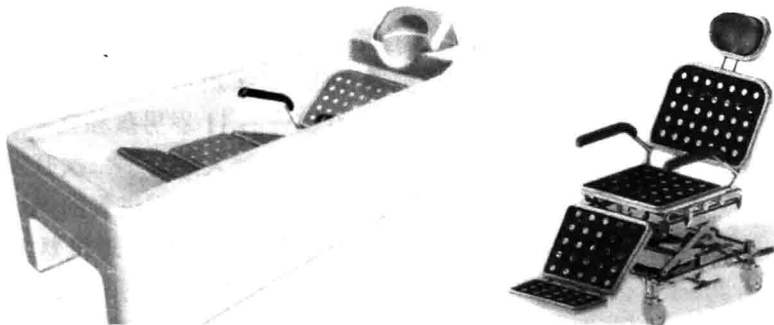


图 1-3 个人卫生护理机器人

无论在养老院还是残疾人家庭，对于老年人及残疾人，个人卫生护理洗浴无疑都是一个难题。尤其是对行动不便的老年人或重残人来说，能够独立洗澡更是一种奢望。为满足老年人等特殊群体的个人卫生护理需求，开发和研制个人卫生护理机器人将具有非常广阔的市场前景和社会效益。

3) 助行复健机器人

助行复健机器人主要帮助肢体残疾的患者或者行动有困难的老年人站立、行走和运动等。

它具有残障人（包括老年人、残疾人、伤残人等）补偿或改善功能，能改善各种下肢功能障碍人群的步行能力以及日常生活活动能力。使用该护理机器人是提高这类特殊人群的生存质量，增强社会生活参与能力的最直接有效的手段之一。助行复健机器人已成为国内外机器人研究机构的一个研究热点，该类产品也日益增多。长安大学与陕西福音众达电子科技有限公司联合研制的截瘫康复机器人助行器，适用于脊髓损伤以及下肢无力的截瘫患者，它能使患者像正常人一样站立和行走。清华大学精密仪器与机械学系张济川等人在国家自然科学基金资助下开发了电驱动外骨骼助行机器人。该助行机器人可以按照人体自然步态规律运动，患者可以根据需要手动调节步行速度。它还具有自锁功能，在控制系统失效时可处于自锁状态，以确保使用者的安全，患者可以通过手动解锁实现站、坐姿的切换。

2. 按护理机器人工作方式分类

1) 工作站式护理机器人

这类护理机器人多数安装在由多种设备构成的操作平台上，按照操作要求，用机械手从相应的物品架上灵活地抓取所需的物品。该机器人典型的设计模式是具有足够自由度的串联结构加上适合残疾人使用的人机界面。典型的工作站式护理机器人有美国 Tolf Corporation 研发的 DEVAR 系统、法国 CEA 公司开发的 MASTER 系统、加拿大研制的 Regenesys 系统以及英国 Oxford Intelligent Machines 公司开发的 RAID 系统等。这种护理机器人是早期机器人在护理领域的一次成功应用。英国 Mike Topping 研制的 Handy 1 助餐机器人也属于工作站式护理机器人。

2) 移动式护理机器人

由于工作站式护理机器人适应能力差、工作范围小，满足不了残疾人的某些护理要求。因此，在工作站式护理机器人的基础上，科研人员开发了移动式护理机器人。该护理机器人是安装在自主或半自主移动小车上的护理机械手，扩大了护理机器人的活动空间，实现了大范围作业。

美国 Stanford 大学研制的 MOVAR 护理机器人可以穿行于各个房间，机械手上装有力传感器及接近视觉传感器以保证工作安全。该护理机器人在医院可以同时护理多个病人。法国 Evry 大学研制了一种护理机器人 ARPH，它由视觉、运动、传感、导航、操作及控制系统组成。使用者对其进行远程控制，可以使该机器人完成定位及抓取操作。

此外，美国 TRC 公司研制了 HelpMate 护理机器人，如图 1-4 所示，它是一种全自主移动护理机器人，不需要事先做计划，一旦编写好程序，它就可以随时完成为患者送药、送水等各项任务。该护理机器人由行走部分、控制器和多种传感器组成。机器人中装有它所在建筑物的地图，在明确目的地后它运用航线推算法自主地规划路径，由视觉传感器和全方位超声波传感器可以探测静止或者运动的物体，并能对航线进行自主修正。全方位触觉传感器能保证该护理机器人成功地避开障碍物，以免与人或物相撞。基于这样复杂的导航系统，它可以在各个房间或者走廊里自由行动。必要的时候，该护理机器人还有开门和操纵电梯升降的独特功能，它可以在医院、家庭、收发室等多种场合中使用。

科研工作者还研发了另外一种移动式护理机器人，它能够平稳地抱起病人，并将其放到轮椅上，再送到卫生间、浴室等目的地。这就解决了患者的转移问题，也大大减轻了护理人员的劳动强度。2006 年，日本理化研究所研发的 RI-MAN 护理机器人如图 1-5 所示。它有五个触觉传感器，能感受一定的压强；还有视觉、听觉和嗅觉传感器，能根据声源定位并通过视觉处理找到护理对象，理解声音指令，然后抱起患者。除此之外，它还能通过嗅觉传感器来判断怀抱里的护理对象的健康状况。目前该护理机器人系统还在进一步完善中。

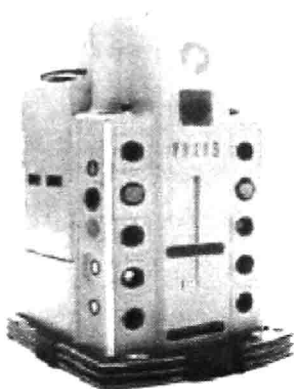


图 1-4 HelpMate 护理机器人



图 1-5 RI-MAN 护理机器人

3) 搭载式护理机器人

搭载式护理机器人有多种表现形式，其中智能轮椅是比较典型的一种。智能轮椅又称轮椅式护理机器人，它是智能护理系列产品中的一个重要研究领域。美国麻省理工学院完成了 WheelSley 项目，如图 1-6 所示。该护理机器人采用半自主式控制方式，使用者可以通过操纵手柄、PC 菜单界面及用户界面三种不同的方式来控制护理机器人。尤其是在用户界面操作方式下，操作者只需要通过自己眼睛的运动带动系统进行控制护理机器人的运动方向。比较著名的研究项目还有 SIAMO（西班牙）项目、MAID（德国）项目以及 MEYRA（希腊）项目等。这些研究项目所要实现的目的及实现方法不同，则每个项目的护理机器人具体的功能也就不一样。例如，MEYRA 项目护理机器人获取周围环境的信息是通过声呐和视觉传感器实现的，并由自身所配置的 PC 进行分析和控制运行，同时人机交互是通过操作者的触屏或者声控方式实现的。可以看出，该项目和美国研究的 WheelSley 项目有所不同。

我国研究这种护理机器人具有代表性的有中国科学院开发的多模态交互式护理机器人和香港中文大学研制的智能轮椅等。图 1-7 所示为中科院研究的护理机器人，它运用了模式识别、计算机视觉、语音识别及图像处理等技术，具有视觉和口令导航、简单的人机对话等功能，使用者可以通过语音来控制它的运动。



图 1-6 WheelSley

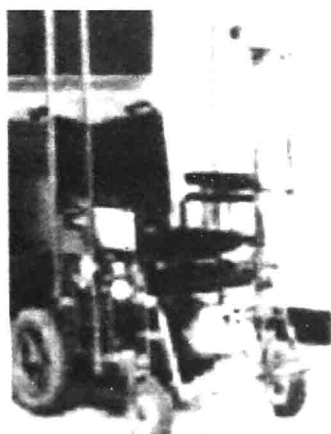


图 1-7 中科院研究的轮椅机器人

4) 智能护理床式护理机器人

针对空巢老人、患慢性疾病的老年人、失去自理能力的病人以及骨伤疗养者人群，国内外

科研人员开发了智能护理床式护理机器人。这种护理机器人是将普通护理床数字化、智能化及网络化,使其具有自主移动、智能检测人体的生理参数、智能坐便、人机交互、智能紧急呼救和报警、远程监控及网络控制等功能,同时具有操作简单、方便、节省时间和精力等特点。

目前,智能护理床式护理机器人的高端技术主要由欧美的少数国家掌握。美国 Metrocare 公司研制的护理床可以使患者自动抬背、屈腿等,大大减轻了护理人员的劳动强度。在此基础上,美国 Devicelink 公司做了进一步的改进,将护理床与轮椅真正融为一体,开发了一款如图 1-8 所示的护理机器人,床身通过变形可成为轮椅,患者无须离开护理床,通过人机界面即可实现卧姿和坐姿的自由切换。在轮椅状态时,患者可以操作护理机器人四处活动。而该护理机器人的缺点是不能同时满足抬腿、翻身等护理体位的要求。

我国在智能护理床式护理机器人方面也有一定的研究。华南理工大学开发了一种多功能护理床,如图 1-9 所示。它可以通过按键、语音交互两种方式完成普通的肢体动作,同时该护理床成功地嵌入了基于 ARM 的多生理参数监护系统,实现了对心电、呼吸、血压、血氧饱和度、体温等人体生理参数的实时监测,能比较全面地评估人体循环系统和呼吸系统的功能。



图 1-8 Devicelink 公司开发的护理床式机器人

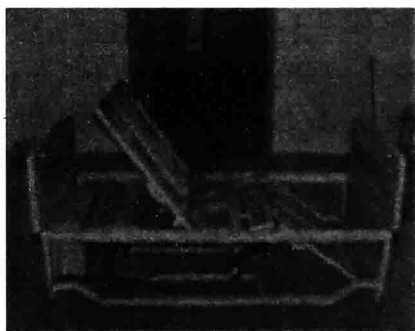


图 1-9 华南理工大学开发的多功能护理床

以上从护理机器人用途和工作方式两个方面进行了简单的分类介绍。随着微电子技术和信息技术的发展,在不久的将来会有更多各式各样的护理机器人展现在人们面前。在老年人和病人的日常护理中,护理机器人也将发挥更重要的作用。

1.2 护理机器人的特点及基本结构

1.2.1 护理机器人的特点

护理机器人的服务对象是人,与工业机器人相比较,对护理机器人的外观造型、安全性、人机界面等都提出了更高的设计要求;而护理机器人对高速和低周期循环的要求并不严格,但这些恰是工业机器人的重要指标。

一般要求护理机器人做到行走和停靠平稳、转向半径小,能适应家庭或病房等不同护理环境;机械手要有力学反馈、用适度的力将物体抓起或托起;图像识别要具有自主导航和判断能力,以使机器人在无人操作的情况下自主执行一些简单任务;人机交互系统(如界面操作、语音、手势和身体语言等)能让机器人更好地理解操作人员的意图、执行任务,保证人机接口的

柔顺性和端点阻抗的可控性。

1.2.2 护理机器人的基本结构

护理机器人一般包括三个部分：机身、传感系统和控制系统。机身是整个系统的基础和前提，决定着护理机器人能否完成任务以及机器人的性能，主要是根据控制指令进行相应的护理工作，是整个系统的执行机构；传感系统相当于人的眼睛、耳朵、鼻子和皮肤等，用来感知机器人所处的周围的环境、需要监控的参数或所要操控的目标；控制系统则是护理机器人的大脑，根据所感知的信息进行分析、决策并发出控制命令。这三部分各有分工，相辅相成，在整个护理机器人系统中发挥着重要的作用。

1.3 护理机器人的发展历程及其发展趋势

机器人的出现，象征着人类科技的发展与生活的进步，信息和电子技术的发展进一步使得机器人的概念、内涵更加的丰富和多元化。2004年2月25日，世界第一届机器人会议在日本福冈市落下帷幕，会议发表了《世界机器人宣言》，与会代表一致认为：机器人正经历着从工业机器人时代向生活机器人时代的转变。进入21世纪，随着社会生活节奏的加快、生活压力的增大以及老龄化程度的加深，护理机器人已逐渐融入了人们的日常生活中。

1.3.1 国外护理机器人的发展状况

国际上，随着科学技术和电子技术的快速发展，各国都在积极研制和开发适合家庭护理和康复保健的护理机器人。欧美国家在护理机器人的研究和应用方面起步较早。欧洲在护理机器人方面的研究起源于20世纪70年代中期，主要有法国针对高位截瘫患者远程操作而开发的Spartacus操作手项目和德国联邦研发技术部研究的Heidelberg项目。英国从20世纪70年代末开始，推行并实施了一系列支持机器人发展的政策和措施，例如大力宣传使用机器人的益处，鼓励机器人研究单位与企业之间的合作，给予购买机器人补贴等，使英国机器人得以广泛应用，促进了机器人的研发脚步。美国也是在相当早的时期便开始研制机器人，但政府和企业是在进入20世纪80年代之后才开始研究护理机器人，重视护理机器人的研发，并制定发展计划，加大投资，在市场上推出了一定数量的护理机器人。

著名的“机器人之父”恩格尔伯格在1958年创建了Unimation公司，研制出了世界上第一台工业机器人。1983年，就在工业机器人日渐火爆的时候，恩格尔伯格和他的同事们毅然将Unimation公司卖给了西屋公司，并创建了TRC公司，开始研制应用于服务行业的机器人。因为他认为服务机器人与人们的生活密切相关，服务机器人的应用将不断改善人们的生活质量，这也是人们所追求的目标，服务机器人具有很大的潜力。TRC公司的第一个服务机器人“护理助手”于1985年开始研制，到1990年开始出售，目前已在世界上几十家医院使用。“护理助手”的研发及成功的应用，推动了机器人在护理领域的进一步发展。

20世纪80年代，许多国家都将目光都投向了大家一致认为最具发展潜力的护理机器人，市场上也相继出现了各种各样的护理机器人。1982年，荷兰开发了一个安装在茶托上的实验用机械手RSI，主要为需护理人进食和翻书。1984年，荷兰在RSI的基础上又研制了轮椅机械手

Manus,它具有五个自由度,经过几年的测试后,该产品由荷兰 Exact Dynamicsbv 公司生产并投入市场。在这个时期,日本机械工程研究院开发了一个名为“MELKONG”的护理机器人,主要用于照顾行动不便的人。它能平稳地抱起患者,并将其放到床上、轮椅上、卫生间和浴室等目的地。

20 世纪 90 年代初期,欧盟提出了 TIDE 计划,目的在于促进技术的研发,以满足社会和工业要求,改进老年人和残疾人的生活质量,提高欧洲工业和服务业市场的发展水平。进入 21 世纪以来,法国国家科学院、德国联邦研究协会分别提出了 Robea、GURP 计划,积极推动日常生活中照顾、护理老年人或病残者的机器人的研究。另外,日本和韩国在机器人领域启动了国家级战略,政府、学术界、企业等各界共同努力制定计划,将研究开发护理机器人纳入国家的规划中。“韩国信息技术 839 战略”中,韩国政府将智能服务机器人确定为 21 世纪推动国家经济增长的九个新增长引擎之一。

目前,日本的机器人技术走在了时代的前列,在护理机器人的研究和应用方面也处于领先地位。除了政府大力支持机器人产业的发展外,日本企业对护理机器人的开发也非常重视。2001 年 8 月,日本的横须贺市举办了一场机器人博览会,一种专门为护理人员设计的可穿戴助力机器人受到了众人的好评。有了这种机器人,就连护理人员中比较瘦弱的女性也会变成“大力士”。该护理机器人上安装许多传感器,分别与护理人员的胳膊、大腿、小腿和臀部的肌肉相连。通过这些传感器,人体肌肉收缩的信息便很快能传递到与护理机器人相连接的计算机上,随后计算机立即发出信号,“激活”护理机器人,增强人体的肌肉力量。这种护理机器人不是靠电压驱动,而是完全依靠气压工作。

随着社会的进步,护理机器人也在不断地进行改进。2004 年 10 月,日本 SECOM 公司的一种自助护理机器人“SECOM 升降机”(如图 1-10 所示),可以帮助被护理人员独自在床上和轮椅上自由切换。2006 年,日本理化学研究所的科研人员开发了照顾老年人和体弱多病者的护理机器人——RI-MAN。RI-MAN 的成功研发标志着护理机器人向前迈进了一大步,在当年被《时代》杂志评选为年度医学类最佳发明,为以后抱取护理机器人的发展奠定了基础。



图 1-10 SECOM 升降机

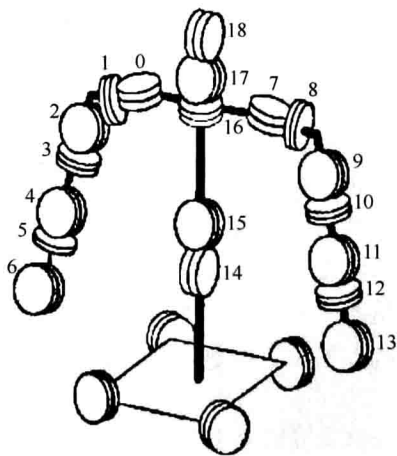


图 1-11 RIBA 的关节结构

2010 年,日本科研人员在 RI-MAN 的基础上又研制出了适用性更为广泛的护理机器人 RIBA。RIBA 采用了如图 1-11 所示的关节结构,基于 RI-MAN 的经验和由计算机试验模拟抱人的数据结合得到其链路长度、关节配置以及可移动关节的范围。其中采用了耦合驱动器的机制,联合节点 (0, 1)、(2, 3)、(4, 5)、(7, 8)、(9, 10) 和 (11, 12) 处的双电动机提供了两个

自由度。这样就实现了当一个节点不需要移动的时候，两个电动机的输出就会集中在另一个节点上。因此，即使该护理机器人的臂膀很轻、很瘦，也能承受较大的有效载荷，这样就提高了护理机器人 RIBA 的负重性能和抱取能力。

RIBA 与 RI-MAN 相比，除了提高了负重性能和抱取能力，还在抱取患者的时候增加了与患者的接触面积，它的整个身体关节都覆盖着柔软的材料，如聚氨酯泡沫、硅胶弹性体等。这样不但确保了患者在接触时的安全性和稳定性，而且还增加了患者的舒适度。RIBA 同样也具有语音识别、面部识别和声源定位的功能以确定患者的位置。该护理机器人采用了让人容易接受，更让患者有舒适感的类似巨大白色玩具熊的外观。

更重要的是，RIBA 采用的是触觉指导，护理人员通过直接接触该护理机器人运动的部分指引它找到患者的位置、方向和所需的运动速度。RIBA 所有的关节都安装了触觉传感器，通过这些传感器，它就可以对患者各个部位的抬举以及自身的姿态进行调整。车体控制模式、姿态形成模式和运动调节模式是目前 RIBA 运用的三种触觉工作模式。基于这三种模式的切换、组合，RIBA 可以成功地将患者从床上抱到轮椅上，再从轮椅上抱到床上或其他目的地。

以上介绍了国际上护理机器人的发展历程。在刚开始的研究中，护理机器人大多数只是简单的功能。时代在进步，科学技术在发展，护理机器人在原有的简单功能基础上，发展了自助运行性、环境适应性以及人机交互等。当前国际上研制出了各种形式和功能的护理机器人，随着老年人数量的增加，护理机器人的需求量肯定会飞速增长，并推动护理机器人水平的不断提高。

1.3.2 国内护理机器人的发展状况

与欧美、日本等国家相比我国在护理机器人领域的研究起步较晚，但是经过科研人员不懈的努力，也取得了一定的成绩。1995 年，清华大学开发了一个七自由度移动式护理机器人，护理对象主要是高位截瘫患者，在无人看护的情况下能帮助患者取药、送水、翻书等。上海交通大学康复工程经过近二十年的研究，成功研制了 JNH 手臂稳定度测试康复仪。另外，复旦大学、哈尔滨工业大学等也都在护理机器人领域有所研究。

护理机器人是服务机器人中相当重要的一种机器人，用户需求量大、护理对象特殊，引起了国家的高度重视。2005 年，我国将发展服务机器人列为“863”计划先进制造与自动化技术领域重点项目。同年 6 月，国家“863”计划先进制造与自动化技术领域又邀请有关企业、业内专家在北京召开了“服务机器人”发展战略研讨会，专家组针对国内需求分析，提出了“十一五”期间机器人的发展方向及发展重点。2006 年，发展智能服务机器人被列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》。在国家“863”计划的支持下，我国加大了对护理机器人产品的研发力度，并开发出了一定数量的产品。机器人护理床、智能轮椅等各种助老助残护理机器人的相继问世，积极推进了护理机器人产业的发展进程。

2008 年 4 月，台湾交通大学研究团队研发完成了居家照护智能机器人 ROLA。ROLA 拥有语音辨识和自然对话功能，听得懂中英文夹杂的普通话，也能进行普通话和闽南话夹杂的对话。ROLA 具有实时人体辨别系统和追踪检测功能，当它接收到主人的命令后，就会寻声辨位，通过主人身上的佩戴物品或人脸来辨别主人身份和所在位置，如影随形地跟着主人。同时，ROLA 还装有雷达测距仪设备，可以侦测辨识室内家具位置，在行走过程中会自动避开，以免碰撞。此外，它也可以追踪监测主人，在主人跌倒等意外发生时，它会在第一时间赶到主人身旁的同时，自动通过无线网络通信系统或 3G 手机给在外工作的家人发出求救信号，并把现场影像传送到家人手机上。