



# 医疗领域的机器人 技术



# 前言

经过十多年的公私合作创新，丹麦成功创建了一个现代化的医疗系统。此系统以患者为先，同时关注专业医护人员和医院的工作人员。

人口日益老龄化和慢性病患者不断增加意味着未来会有更多的人需要医疗服务。而我们预计熟练工也会面临严重短缺，因此使用创新型技术解决方案将成为更有效地提供医疗服务的关键。随着对新方法的需求与日俱增，机器人技术提供的机会对医疗领域而言愈发宝贵。

丹麦是医疗领域开发和使用机器人技术的领跑者，机器人在丹麦医院的日常运作中发挥着不可或缺的作用。丹麦各大区积极参与项目，努力开展研究并进行实践，力求开发并贯彻落实能为患者提供最优质的治疗的技术。同时，此举还可保障健康的工作环境，保护医护人员免受重复单调的工作任务给身体造成的伤害。

无论是大规模和小规模的投资者，还是国家和地区的政策制定者都深知丹麦在机器人技术方面具有绝对优势。我们世界一流的医疗系统以及优良的公私合作与创新传统为推动医疗机器人技术的发展贡献了力量，为丹麦患者带来了全新解决方案，同时也为公司创造了出口机会——这无疑是一项互利共赢的壮举。



丹麦各大区希望能通过这份关于“机器人在丹麦医疗领域的应用”的出版物进一步推动关于“机器人技术在未来医疗领域的作用”的对话。此文中描述的一些机器人已投入使用，另外一些机器人仍在开发之中。

**Anders Kühnau**

丹麦大区主席

# 目录

- 6 简介
- 8 丹麦: 机器人集群遍布全国
- 14 现代化的工作流程机器人缓解了  
医院工作人员的压力
- 24 关爱照护者
- 32 新兴技术
- 38 特别鸣谢和来源





## 丹麦医疗机器人可完成以下任务：

- 协助进行手术
- 对房间进行消毒
- 运输医疗设备和药品
- 配药
- 抬起患者
- 协调任务
- 使远程患者通过远程呈现方式与专业医务人员交流

# 简介

医疗领域机器人技术正在飞速发展。医疗机器人保障高水平的患者护理、高效的临床流程，并为患者和卫生工作者提供安全的环境

虽然有必要重新审视为医护人员和机器人分配任务所蕴含的巨大优势，但患者和医护人员不必担心机器人“接管”会造成麻烦。机器人主要用于分配常规任务和行政工作，让医护人员和专业医疗人员能够集中精力照顾患者。在人与人之间的接触比以往任何时候都更加重要的时候，我们应依靠技术来弥补人力的不足，同时缓解医护人员身体上的压力。

凭借其高度数字化的医疗系统，丹麦跻身全球十大自动化国家/地区之列。技术在所有专业医护人员的日常工作中都发挥着不容小觑的作用，无论是在医院、普通诊所、疗养院，还是在家中照顾患者。

尽管如此，人工或行政工作还是占据了医院熟练人员的大部分宝贵时间，并需要工作人员具备专业知识。因此，我们必须利用已有技术充分调动资源。

丹麦在第三大城市欧登塞建立了强大的国家机器人和无人机集群，这进一步巩固了丹麦在医疗机器人领域的领先地位。开发创新技术既费钱又费时，而欧登塞机器人技术在开发阶段为公司提供全程支持和专业知识，在全国范围内带头推动创新和增长。参与该项目的公司受邀与大学的顶尖研究人员合作，以加快并提高其创新水平。



# 丹麦：机器人集群遍布全国

尽管丹麦的机器人集群起源于欧登塞地区，但全国各地都设有协作机器人和移动机器人创新大本营。虽然机器人被广泛用于工业领域，但其易编程性以及对患者和工作人员的安全性对医疗健康领域大有裨益。

南丹麦大学和欧登塞大学医院联合成立了临床机器人中心，旨在促进公司和研究环境之间的联系，进而在各医院实施新型机器人技术。

## 独一无二的生态系统

下述举措推动了在丹麦建立机器人技术大本营：

- 在丹麦各大学开展综合课程。此举对于保障人才具备相关能力以及维持丹麦的创新工作而言至关重要。
- 投资者愿意为未来的技术承担风险，无论是通过对退出的资本进行再投资，还是对国内和国际风险基金进行新投资。此类投资有助于促进新技术的发展，并能够有效推动机器人初创企业和高增长公司扩张。
- 欧登塞机器人技术是欧洲唯一获得黄金认证的机器人技术集群。在市政府及其集群管理团队的支持下，该集群的创业中心为机器人领域的初创企业和其他新锐企业家提供了最佳条件，使其能够蓬勃发展、积极创新。

## 世界领先的测试市场

丹麦为无人机和机器人在医疗、农业和制造业的应用提供了一系列测试基地，支持在各种实景中以真正的终端用户为对象测试机器人与健康技术，如疗养院、生活实验室和专门用于无人机技术的实景机场。此外，丹麦还在独立的设施中还提供了带有振动和自动转向测试设备的精密应用轨道。







## 欧登塞持续十年之久的公私合作历史

欧登塞大学医院和南丹麦大学在合作、知识共享和创新方面有着深厚的传统。通过将医疗领域的需求与最新的研究相匹配，这种伙伴关系带来了极具竞争力的全新解决方案，使公司、医护人员、政府机构和患者都能受益匪浅。

在欧登塞地区，公私合作的范例数不胜数，其中涉及拥有关于协作机器人和移动机器人的专业知识的公司、医疗领域和国际领先的研究环境：

- 欧登塞机器人技术、南丹麦大区医疗创新中心以及丹麦生命科学集群使医疗主管部门、公司和各研究环境参与到有关移动机器人技术的知识共享以及匹配中。
- 欧登塞大学医院和南丹麦大学共同创办了研究与协作基地**创新医疗技术中心**。该中心汇集了各家医院和各所大学，率先开发出关于远程医疗、视频咨询、无人机飞行和患者结果报告的解决方案。该中心还开发出了胶囊内窥镜摄像机和应用程序。





## 您知道吗?

欧登塞的机器人技术历史始于欧登塞钢铁船厂 (Lindø), 马士基集团在长达近一个世纪的时间里都是委托该厂制造船只。30 年前, 他们开始开发和投资焊接机器人, 以简化大型船舶的生产工作。

1997 年, A.P. Moller 基金会向南丹麦大学捐赠了 1 亿丹麦克朗以支持机器人开发工作, 并设立了 Maersk Mc-Kinney Moller Institute 研究所。该研究所为丹麦机器人技术研究播下了火种, 吸引了无数该领域的专家, 并与商业界合作开发技术, 使丹麦在机器人技术领域享誉全球。



# 现代化的工作流程**机器人**缓解了医院工作人员的**压力**

为确保医院流程的一致性，服务机器人现用于简化采购和库存跟踪等日常工作，以便根据需要提供用品、设备和药物。

自动消毒机器人负责对患者病房和手术室有效消毒。机器人还被用于抬起患者和移动病床，以减少工作人员的体力消耗，从而优化工作环境并提高医院的效率。

尽管如此，日常人工工作或简单的行政工作还是占据了医院熟练工作人员的大部分时间，并需要工作人员具备专业知识。通过让工作流引擎处理耗时的琐碎任务，医护人员就可以集中精力处理重要的任务，这不但能使患者获益，还能显著降低出错的风险。

以下几页介绍了丹麦的一些创新解决方案，这些解决方案简化了当代医院的日常运作程序。



# 通过移动机器人优化医院内部物流

新西兰大学医院的五个医院部门接收来自中央消毒中心的交付品。移动工业机器人 (MiR) 帮助我们在所规划的占地 19 万平方米的“超级医院”中实现灵活且自动化的物流配送。

该医院的 10 辆推车由自主移动机器人 (AMR) 驾驶, 每周行驶一百多公里, 有效地改善了服务、优化了存储能力, 同时能够防止短缺。

## 优化的工作流程

医院中的 AMR 主要负责运输:

- 废物箱和手推车
- 床单
- 将饭菜从厨房运到病房
- 无菌用品
- 药品、护理用品、实验室检测用品等



“MiR 机器人的设计拥有一个极大的优势, 即完全可以在人类活动的区域运行, 无需改造现有设施。机器人可以使用电梯, 在工作人员和患者旁边沿着走廊行驶, 还可以避开障碍物, 甚至自主开门。”

新西兰大学医院的运营经理 Johnny Hansen。



# UV-C 辐射用于医院的安全自动房间消毒

医院获得性感染是造成住院期间并发症的罪魁祸首之一，会造成严重的人身和经济后果。采用高强度紫外线消毒的自动化机器人使医院环境卫生得到了显著改善。UV 辐射提供了一个几乎无菌的环境，同时减轻了人员负担，并可为患者和工作人员提供安全的环境。



患者和医护人员的安全问题越来越受到全世界管理者的重视。最近，在启动使用个人防护设备计划、改善手部卫生计划和抗菌素管理计划的同时，医院还引入了消毒机器人，以限制病原体微生物的传播风险。

虽然短波 UV-C 辐射消毒早已屡见不鲜，但 UVD 机器人率先采用机器人进行自主消毒，以确保光线在整个房间内有效分布。UVD 机器人可利用紫外线杀菌辐照，使医院环境中高接触和低接触表面的病原体失去活性，完善了现有的清洁和消毒做法。

**“该机器人可杀死 99.99% 的病毒、细菌和真菌孢子。”**

意大利 Policlinico Abano 连锁医院肿瘤外科机器人和新技术负责人 C.Huscher 博士表示：“该机器人可杀死 99.99% 的病毒、细菌和真菌孢子。使用此机器人后，护士、医生或患者中便再未出现新冠肺炎病例。” C.Huscher 博士预计，该机器人最终会成为各家医院必须使用的设备。

2021 年，欧盟委员会已经向欧盟各地捐赠了 305 台 UVD 机器人。这些机器人不仅是为了抗击新冠肺炎，也是为了使在环境中传播的病原体失去活性。



## 与机器人和人类的沟通：将任务分配给较为空闲的资源

在当代医院引入自动化流程给工作人员带来了新的考验，如学习使用申请任务的联合平台。一个由 Systematic 开发的平台使临床医生不仅可以向搬运工、清洁工和其他员工群体求助，还可以向机器人求助。

在 Columna Flow 任务管理系统中登记任务后，其规则引擎会根据同事或 AMR 的忙碌程度分配任务。该系统还可以进行自定义，将所有紧急任务直接发送给工作人员，并将非紧急任务分配给 AMR。此系统为医护人员避免了决策流程，节省了宝贵时间并大大减少了等待时间。这使各部门能够按计划进行手术、咨询和各个程序，如 X 光检查和诊断成像。

将任务直接外包给特定工作人员的传统方式往往会造成瓶颈。这会增加等待时间，增加一些工作人员的工作量，而另一些同事却无所事事。数字系统可以将任务分配给较为空闲的人类或机器人资源，使这一问题迎刃而解。

任务系统成为了临床医生的共享交流平台，让他们能腾出时间来完成照顾患者的主要任务。





# 智能化床位存储和处理提高了效率和安全性

医院设备的垂直搬运和存储让人们可以更智能地利用医院床位、减少了空间需求，同时支持医护人员以符合人体工程学要求的方式工作。



斯塔万格大学医院计划采用机器人来垂直存储病床、医疗设备和其他用品，以降低该地区居民的医疗成本。

斯塔万格项目从项目伊始即遵循三个前提条件：

- 1.人力成本零增长。
- 2.患者床位增加。
- 3.流程和物流得到优化。

HospiMat 存储解决方案将实现床位搬运和垂直存储，可根据需要提供床位并避免了搬运工长途跋涉。目前，病床存放在四个高度从 26 米到 40 米不等的塔楼中。传统的垂直升降机模块需要花费 23 分钟才能从三个不同的楼层提取出 25 个床位，而 38.5 米高的 EffiMat 塔楼只需要 7 分钟就能处理 75 个床位。

斯塔万格的各个部门将由六个 EffiMat 供应塔提供服务，由医院的地下主仓库提供补给。



# 关爱 照护者

工人的技能对疗养院、医院和其他医疗机构的日常运作而言至关重要。引入机器人能够协助日常活动，保障工作人员的安全和身心健康，让工人集中精力提供优质护理，而不必在耗时费力的人工任务上浪费时间。低效的工作流程往往会使工作环境恶劣不堪，对市民和患者都没有好处。有了机器人，医护人员就可以将更多的时间和专业知识有效地投入到可增加其工作满意度的任务上，并更加专注于照顾患者。在治疗

和出院后康复中提高机器人的使用频率也将使患者受益，对于这些患者而言尽早恢复活动至关重要。

下述案例显示了机器人如何协助存档、搬运重物和转移患者，以尽量减少医护人员所面临的体力挑战。为所有人提供更健康的工作环境，使医疗系统更强大、更有效。





# 灵活安全的患者搬运减轻了工人和患者的负担

需要转移患者的情况数不胜数：从床上到轮椅上，从轮椅上到卫生间或淋浴椅上，或从救护车担架到病床上。意外跌倒造成的紧急情况也时有发生，而机器人可以为照护者提供重要帮助。机器人协助康复可以调节对患者身体重量的支撑力，对于患者在中风后的步态训练中实现自力更生而言也尤为重要。

新西兰大学医院 (Køge) 的一位理疗师说：

**“这个机器人操作起来十分简单，令人叹为观止。虽然乍一看是一个庞然大物，但是驾驶起来十分灵巧方便。您只需触摸操纵杆就可以顺利地驶向任何方向。”**

从事患者重新定位、转移和康复工作会对照顾者的健康带来严重威胁。身体上的压力可能会造成急性损伤和整体负担过重，特别是颈部、背部和肩部的压力。随着人口老龄化，预计新西兰大学医院将出现严重的人力资源不足，而借助机器人技术保障患者的安全转移不仅可以改善患者的体验，还可以为该院的其他患者腾出宝贵资源。



为了创建一个灵活的工具以提高工作规程的效率和工作环境的安全性，新西兰大学医院（克厄）和 Blue Ocean Robotics 联手开发了 PTR 机器人。它可搬运 250 公斤（550 磅）以下的患者，减轻了繁重的搬运工作，使医护人员能有更多的时间来照顾患者。

- 作为一类医疗设备，PTR 机器人具备安全措施，如障碍物检测、自动车轮锁和面板控制接入代码。
- 目前，新西兰大学医院 (Køge) 正在其现有楼宇中部署 PTR 机器人，同时准备从 2022 年夏季开始搬入新型“超级医院”。

# 下肢康复领域的创新机器人

新型康复机器人减轻了医护人员重复活动的体力负担，同时能够促进患者康复。

康复训练是中风、癌症或脊髓损伤等疾病治疗中不可或缺的一部分。移动和重复是恢复下肢功能的关键，特别是对老年患者来说。康复机器人可重复患者需要完成的许多移动活动，以激活受伤的髋关节、膝关节或其他关节和肌肉，进而减轻理疗师的负担。

该机器人旨在让患者独立执行定制的锻炼方案，避免了需要长时间锻炼的限制。患者可改善神经可塑性、保持或增加肌肉质量，并扩大运动范围。专业医护人员可通过显示器检查患者的进度。

Neurology Centre Østerskoven 的理疗师 Stine Hansen 发现：“机器人能为训练患者的瘫痪侧提供极大的支持。在进行这种训练时，不断重复动作和提起重物让我和我的同事们不堪重负。在做需要俯身的宽运动路径锻炼时，该解决方案能够提供独一无二的支持。”

长期卧床的患者能尽早接受移动训练，同时由于机器人承担了患者的体重，专业医护人员的身体负担得到了减轻。只需花两分钟安装，专业人员就能将精力放到更复杂的任务上。

该机器人由生命科学机器技术公司与北丹麦地区的北区神经科、奥尔堡神经康复中心和西丹麦的脊髓损伤中心协作开发。



康复机器人已在欧洲、亚洲和美国的许多医疗机构中得到应用，患者十分肯定其对恢复自理能力的帮助。



# 通过病理切片存档系统减轻工作人员的负担

欧登塞大学医院病理科常规工作数字化使工作流程和程序均得到了显著改善。医生和实验室工作人员可腾出时间来处理其他紧急任务。

病理部门为南丹麦大区的医院提供组织样本分析，以进行广泛的诊断。在技术人员短缺时，人工登记、归档以及在薄玻璃片上培养的大型病理样本库中检索组织样本等耗时费力的工作进一步增加了工作量。为减轻实验室技术人员的负担，该部门开发了一个用于存储、检索和处理的自动化系统，可随时处理多达 3 万个载玻片。全新自动化系统可根据玻璃幻灯片的二维码在几秒钟内将其编入索引，并将其存放在存档系统的空槽中。同样，它可瞬间完成载玻片检索。

除了为其他实验室任务腾出时间外，档案系统还可更快速地回应请求，对病理档案室所服务的各个临床部门的生产能力产生了间接影响。自动化的另一个优势是改善了实验室的工作条件。



该载玻片存档系统是与丹麦公司 KILDE Automation A/S 合作开发的，并由丹麦创新基金提供资金支持。

该存档系统宽 4 米，深 2 米。



# 新兴技术

丹麦的医疗主管部门和公司不断探索先进的机器人技术，以为民众、患者和专业医护人员提供可能性。

两个突破性的创新成果让人们对其前景充满信心。这两项成果能够尽早检测类风湿性关节炎，并提高重度残障人士的自理能力。

- 一款结合了人工智能和机器人技术的独特自动超声扫描仪能够在与患者进行直接互动的过程中评估疾病活动。
- 一种人机界面使截瘫患者能够通过肌肉、舌头和大脑信号来完成复杂的动作。

此类解决方案将在医疗系统以及家庭中发挥越来越重要的作用。有身体或精神残疾的人士借助各种机器人完成清洁和修剪草坪等家务，加强自理能力。

在丹麦医疗领域，机器人技术得到了越来越多的使用，这标志着人们突破了传统医疗观念的藩篱。同时，人们对更有效的工作流程和自动化流程的需求与日俱增，这为能够与其他机器进行沟通的自我优化机器人铺平了道路。



# 适用于类风湿性关节炎患者的快速可靠的自动超声扫描

一台使用先进机器人技术和人工智能的用户友好型自动超声扫描仪加快了诊断速度，同时为类风湿性关节炎患者提供更可靠的监测。

ROPCA 开发出了一款用于诊断类风湿性关节炎 (RA) 患者的全自动超声扫描系统。ARTHUR 是首款无需工作人员的支持就能与类风湿性关节炎患者直接进行互动的产品，正如其别名所示 (ARTHUR 是 arthritis (关节炎) 一词的别名)。患者被置于疾病监测设备的中心，能够根据需要接受客观的疾病评估。对于临床医生而言，该机器人通过为诊断和监测提供快速、可靠、统一的决策支持，缩短了等待时间并削减了费用。

在一项对机器人界面进行可用性测试的临床试验中，受试者发现该程序可与经验丰富的风湿病专家相媲美。超过 90% 的受试者表示他们希望能将 ARTHUR 用于类风湿性关节炎监测。

该机器人是即插即用系统，可与诊所使用的超声机兼容。它不仅能使用内置的人工智能算法对图像进行自动分级，其超声图像的质量还符合经验丰富的医生提供的标准。



机器人的用户友好型图形界面为患者提供全程引导，从身份登记到将手放在触摸屏显示器上。然后，机器人将超声探头从检测对象的一个手指关节移动到下一个手指关节，以进行超声扫描。每张超声图像都使用人工智能算法进行评分，以评估疾病活动。

这些数据存储在患者记录中，使机器人能够为临床医生跟踪疾病进展。ARTHUR 的客观评估对密切监测患者而言至关重要，同时可显著节省医生的时间。它保障了免疫抑制药物的正确使用，对患者和整个社会都具有重要意义。



# 由舌头控制的机器人可增强重度残障人士的能力

奥尔堡大学的康复机器人中心专注于通过用户参与以及跨学科研究与开发来改善治疗和辅助技术。其目标是增强患有神经系统疾病的残障人士的能力，例如由脊髓损伤、中风或肌萎缩性脊髓侧索硬化症造成的残疾。

该跨学科中心广泛的国内和国际网络对其活动产生了巨大影响。研究人员与来自不同领域的用户、临床医生、企业和科学家通力合作，力求通过开发基于肌肉、舌头和大脑信号的人机接口改善重度残障人士的生活质量。用户的双臂和双腿可能完全瘫痪，因此这项任务极其复杂。

Itongue 项目是该中心的众多项目之一。研究人员与 TKS 公司展开合作，竭力使那些完全瘫痪但有舌头控制能力的人能够操作轮椅、电视机、智能手机等物品。该解决方案的控制盒能够与各类电动轮椅兼容，将让所有用户受益。

该中心还参与了新机器人和外骨骼的创新和开发，力求改善神经康复治疗效果，同时减少治疗师的工作量和工伤风险。中心为缓解人口变化带来的影响做出了贡献，如医疗部门日益严重的劳动力短缺问题。

“能够独立自主地完成一些事具有重大意义。”

丹麦脊髓损伤协会



康复机器人中心开发的 EXOTIC 外骨骼产品是世界上首款由舌头控制的完整的臂/手外骨骼，使颈部以下完全瘫痪的患者能够自主喝水和吃饭。

该技术在 2021 年以脊髓损伤用户为对象进行了测试，并准备进入创新过程，预计将在 1-2 年内投产。该项目目前接受有意向的投资者进行投资。进一步的研究旨在整合 EXOTIC 的大脑控制功能。

该中心得到了 Aage and Johanne Louis-Hansen's Foundation 基金会以及奥尔堡大学的支持。

# 特别鸣谢和来源

## 主编

丹麦医疗保健, Muqdad Al-Dakhiel, mad@hcd.dk  
医疗领域的机器人技术-2022 年 3 月  
发表的 Tripe-I 系列文章: 丹麦告知 – 启迪 – 邀请

## 特别鸣谢

丹麦大区  
欧登塞城  
临床机器人技术中心  
Systematic  
Mobile Industrial Robots  
UVD 机器人  
PTR 机器人  
Effimat  
生命科学机器人技术  
南丹麦大区  
南丹麦大学, SDU 机器人技术  
ROPCA  
奥尔堡大学, 康复机器人技术中心

## 图片来源

|        |  |
|--------|--|
| 首页     | IStock by Getty Images / Ivan Bajic          |
| 第 3 页  | 中丹麦大区  |
| 第 4 页  | 丹麦医疗   |
| 第 5 页  | 丹麦医疗   |
| 第 6 页  | 丹麦医疗   |
| 第 7 页  | 丹麦医疗   |
| 第 9 页  | 丹麦医疗   |
| 第 10 页 | 丹麦医疗   |
| 第 12 页 | Getty Images / Westersoe                     |
| 第 13 页 | Getty Images / Westersoe                     |
| 第 15 页 | Mobile Industrial Robots                     |
| 第 17 页 | Mobile Industrial Robots                     |
| 第 18 页 | Blue Ocean Robotics / Jamie S. Boyd Simonsen |
| 第 21 页 | Systematic                                   |
| 第 22 页 | Effimat                                      |
| 第 23 页 | Effimat                                      |
| 第 25 页 | 丹麦医疗   |
| 第 27 页 | 丹麦医疗   |
| 第 29 页 | 生命科学机器人技术                                    |
| 第 31 页 | 欧登塞大学医院病理科                                   |
| 第 33 页 | Getty Images / Andresr                       |
| 第 35 页 | ROPCA  |
| 第 37 页 | 奥尔堡大学/William Brændstrup                     |





您想获得更多信息、  
灵感或对话邀请吗？

Healthcare DENMARK 安排圆桌会议、网络研讨会和代表团访问，并代表丹麦生命科学和医疗护理界参加海外会议。

我们期待聆听您的心声。