

## 多模态数据与人工智能在心力衰竭远程监护管理中的研究进展

杨肖

华中科技大学同济医学院附属同济医院 湖北武汉

**【摘要】目的** 综述多模态数据与人工智能在心力衰竭远程监护管理中的研究进展。**方法** 通过检索近年来国内外相关文献，对多模态数据融合技术、人工智能算法及远程监测系统在心力衰竭管理中的应用进行系统分析。**结果** 多模态数据与 AI 技术可显著提升心力衰竭的风险预测、远程监测及个体化管理水平，但在数据安全、模型泛化能力等方面仍存在挑战。**结论** 未来应加强多中心研究及技术整合，以推动远程智慧护理模式的规范化发展。

**【关键词】** 心力衰竭；智慧医疗；多模态数据；人工智能；综述

**【收稿日期】** 2026 年 5 月 6 日

**【出刊日期】** 2026 年 6 月 1 日

**【DOI】** 10.12208/j.cn.20260291

### Research progress on multimodal data and artificial intelligence in remote monitoring and management of heart failure

Xiao Yang

Tongji Hospital Affiliated to Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei

**【Abstract】Objective** To review the research progress of multimodal data and artificial intelligence in the remote monitoring and management of heart failure. **Methods** By reviewing relevant literature from recent years both domestically and internationally, this study systematically analyzes the application of multimodal data fusion technologies, AI algorithms, and remote monitoring systems in heart failure management. **Results** Multimodal data and AI technologies significantly enhance risk prediction, remote monitoring, and personalized management of heart failure; however, challenges remain in areas such as data security and model generalization capabilities. **Conclusion** Future efforts should focus on strengthening multicenter studies and technological integration to promote the standardized development of remote intelligent nursing models.

**【Keywords】** Heart failure; Smart medical; Multimodal data; Artificial intelligence; Review

心力衰竭作为一种复杂的临床综合征，已成为全球范围内的重要公共卫生问题。随着人口老龄化和心血管疾病发病率的上升，心力衰竭的患病率持续增加，给医疗卫生系统带来了巨大负担<sup>[1]</sup>。传统的护理模式已难以满足日益增长的患者需求，因此，探索新的护理方法和技术势在必行<sup>[2]</sup>。近年来，远程医疗和人工智能技术的快速发展为心力衰竭护理带来了新的机遇<sup>[3-4]</sup>。远程护理通过整合多模态数据和人工智能算法，能够实现更精准的病情监测、更及时的风险预警和更个性化的治疗方案，有望显著提高心力衰竭患者的生活质量和预后<sup>[5-6]</sup>。本文旨在系统回顾心力衰竭护理的远程智慧化发展现状，深入探讨多模态数据融合和人工智能技术在心血管护理管理中的创新应用，以期为该领域的未来发展提供思路和参考。

作者简介：杨肖（1990-）女，汉族，湖北枝江人，护师，本科。

### 1 心力衰竭远程监护管理的研究背景和意义

#### 1.1 研究背景

心力衰竭（heart failure, HF）是各种心脏疾病的严重表现或终末阶段，是一种复杂的临床综合征。随着全球人口老龄化的加剧以及心血管疾病发病率的上升，心力衰竭的患病率也在逐年增加，已成为一个严峻的公共卫生问题。流行病学研究显示，心力衰竭患者的 1 年死亡率可达 10%-20%，5 年死亡率高达 50% 以上<sup>[7]</sup>。心力衰竭不仅严重影响患者的生活质量，导致患者出现呼吸困难、乏力、水肿等症状，限制其日常活动能力，还具有较高的死亡率和再住院率。因此，如何有效地管理心力衰竭患者，降低其死亡率和再住院率，提高生活质量，成为了心血管领域亟待解决的重要问题。

传统的心力衰竭管理模式主要依赖于患者定期到医院就诊，医生根据患者的症状、体征和检查结果进行诊断和治疗调整。然而，这种模式存在诸多局限性。一方面，患者在院外期间缺乏有效的监测和管理，难以及时发现病情变化并采取相应的治疗措施；另一方面，频繁的医院就诊不仅给患者带来不便，还增加了医疗资源的浪费。因此，远程监护管理作为一种新型的医疗模式应运而生，它通过利用现代通信技术和信息技术，实现了对患者生命体征、症状等信息的实时监测和远程传输，使医生能够及时了解患者的病情变化，并予以相应的指导和治疗建议，从而有效提高了心力衰竭患者的管理水平。

### 1.2 研究方向和意义

多模态数据融合与人工智能技术的飞速发展，为心力衰竭远程监护管理带来了新的机遇和挑战<sup>[8]</sup>。其核心在于利用先进的信息技术和智能算法，实现对患者的远程监测、诊断和干预。这种新型护理模式突破了传统医疗的时空限制，使患者能够在家中接受专业化的医疗照护，大大提高了医疗服务的可及性和效率。远程智慧化心力衰竭护理具有重要的现实意义，主要体现在以下几点：首先，它能够实现持续、实时的生理参数

监测，有助于早期发现病情变化；其次，通过大数据分析 and 人工智能算法，可以提供更精准的风险评估和个性化治疗建议；再次，远程护理能够减少患者往返医院的次数，降低医疗成本，提高患者生活质量；最后，这种模式有利于建立长期的患者健康档案，为临床研究和医疗决策提供宝贵的数据支持。

同时，远程智慧化心力衰竭护理的发展也面临一些挑战。技术层面，如何确保数据的准确性、安全性和隐私保护是需要解决的关键问题。临床层面，需要进一步验证远程护理的有效性和成本效益，并制定相应的规范和标准。此外，患者和医护人员对新技术的接受度和使用能力也是影响远程护理推广的重要因素。尽管如此，随着技术的不断进步和临床经验的积累，远程智慧化心力衰竭护理必将在未来发挥越来越重要的作用。

## 2 远程监护管理模式的系统构架设计

### 2.1 系统构架

多模态数据与人工智能在心力衰竭远程监护管理中的应用是对多模态数据的融合技术、人工智能模型和 AI 算法等多项技术的综合运用。其系统构架设计如图 1 所示。

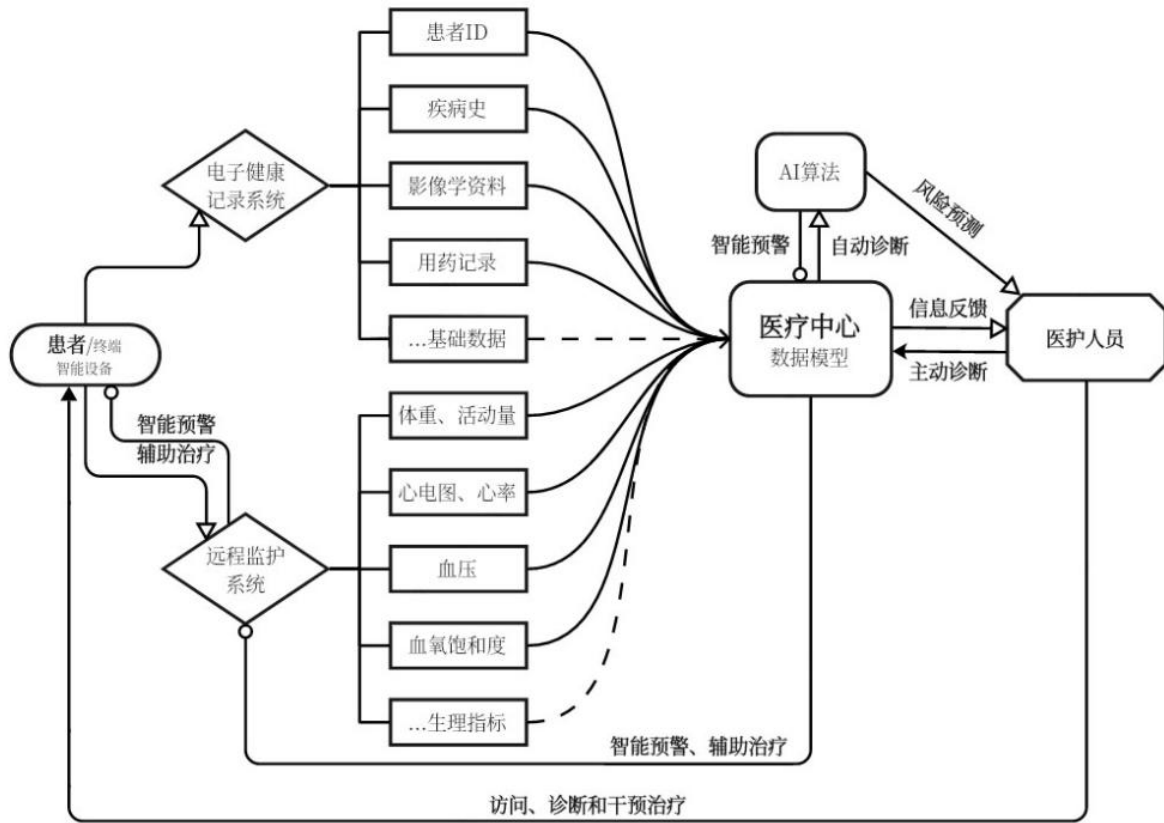


图 1 心力衰竭远程监护管理系统构架设计图

将多模态数据与人工智能技术应用于心力衰竭远程监护管理,是科技创新与临床医学的结合运用。一方面,它可以提高心力衰竭的诊断准确性和治疗效果,降低患者的死亡率和再住院率,改善患者的生活质量;另一方面,它可以优化医疗资源的配置,提高医疗服务的效率和可及性,为心血管疾病的防治提供新的思路和方法。

## 2.2 多模态数据系统

多模态数据是指来自不同来源、不同类型的数据,如生理信号(心电图、心率、血压等)、影像数据(超声心动图、心脏磁共振成像等)、实验室检查数据(血液生化指标、心肌标志物等)以及患者的症状、生活方式等信息<sup>[9-10]</sup>。数据分析与处理是核心环节,借助人工智能技术,能够从多模态数据中挖掘出有价值的信息,为临床决策提供有力支持,其流程涵盖数据清洗、特征提取、模型训练与评估等关键步骤。这些数据蕴含着丰富的病理生理信息,能够从多个角度全面反映患者的病情。通过将多模态数据进行融合分析,可以更准确地评估患者的病情严重程度、预测疾病的发展趋势,为制定个性化的治疗方案提供有力支持。多模态数据融合是远程智慧化心力衰竭护理的重要基础<sup>[11]</sup>。通过整合来自不同来源的异构数据,可以更全面、准确地评估患者的健康状况,为临床决策提供有力支持。在心力衰竭管理中,常用的多模态数据包括生理参数、影像学数据、实验室检查结果、患者报告结局等。

## 2.3 人工智能系统

人工智能技术是利用人工智能算法构建心力衰竭诊断、预测和治疗方案优化模型,并对模型性能进行评估。在模型训练阶段,根据数据特点和研究目的,选择合适的人工智能算法。对于心力衰竭的诊断,可采用支持向量机(SVM)、随机森林等分类算法<sup>[12-13]</sup>,将提取的多模态数据特征作为输入,训练模型对患者是否患有心力衰竭以及心力衰竭的类型进行分类判断。在预测心力衰竭的风险和病情发展时,采用逻辑回归、深度学习模型等,如长短期记忆网络(LSTM)<sup>[14]</sup>,它能够处理时间序列数据,捕捉数据中的长期依赖关系,通过对患者历史生理参数、症状等数据的学习,预测未来心力衰竭的发生风险和病情变化趋势。在训练过程中,通过调整模型参数,如神经网络的层数、节点数、学习率等,优化模型性能,使其能够准确地从数据中学习心力衰竭的相关模式和规律。机器学习、深度学习等,具有强大的数据处理和分析能力,能够自动从海量的数据中提取特征和模式,实现对疾病的精准诊断、风险预

测和治疗方案优化<sup>[15]</sup>。在心力衰竭远程监护管理中,人工智能技术可以对多模态数据进行实时分析和处理,及时发现异常情况并发出预警,帮助医生做出更准确的决策<sup>[16]</sup>。例如,通过机器学习算法对心电图数据进行分析,可以实现对心律失常的自动诊断<sup>[17]</sup>;利用深度学习模型对超声心动图数据进行处理,可以准确评估心脏的结构和功能<sup>[18]</sup>。

## 2.4 远程监测系统

远程监测技术在心力衰竭护理中发挥着关键作用<sup>[19]</sup>。通过可穿戴设备、智能终端等,可以实时采集患者的心率、血压、血氧饱和度等生理参数,以及体重、活动量等行为数据。这些数据能够反映患者的病情变化和治疗效果,为及时调整治疗方案提供依据。例如,体重的突然增加可能是心力衰竭恶化的早期信号,远程监测系统可以及时预警,避免病情进一步加重。可穿戴设备和移动健康技术的快速发展为心力衰竭的远程监测提供了有力支持。智能手表、贴片式传感器等设备能够持续、无创地监测多项生理指标,并通过无线传输将数据发送至医疗中心。这些设备不仅提高了数据采集的便捷性和连续性,还能够通过振动、声音等方式向患者提供实时反馈,增强患者的自我管理能力。

## 2.5 电子健康记录系统

电子健康记录(EHR)系统的应用为心力衰竭的远程护理提供了全面的数据支持<sup>[20]</sup>。EHR整合了患者的病史、检查结果、用药记录等多维度信息,为医护人员提供了完整的患者画像。通过分析EHR数据,可以识别高危患者,优化治疗方案,并评估护理效果。此外,EHR系统还支持多学科协作,促进不同医疗机构之间的信息共享,提高诊疗效率。

## 2.6 AI算法在临床应用中的拓展

人工智能技术在心力衰竭远程护理管理中的应用正在快速推进,为心力衰竭的预防、诊断和治疗带来了革命性的变化。机器学习算法能够从海量的医疗数据中挖掘出有价值的模式和信息,为临床决策提供支持<sup>[21]</sup>。在心力衰竭管理中,机器学习被广泛应用于风险预测、早期诊断和预后评估等方面。例如,通过分析患者的电子健康记录、影像学数据和基因组信息,可以构建个性化的风险预测模型,帮助识别高危患者并采取预防措施。

深度学习技术在医学影像分析中的应用为心力衰竭的诊断和管理提供了新的工具。卷积神经网络(CNN)等深度学习算法能够自动提取医学影像中的特征,辅助医生进行心脏结构和功能的评估<sup>[22]</sup>。例如,

在超声心动图分析中,深度学习算法可以自动测量左心室射血分数、心室容积等关键参数,提高诊断的准确性和效率<sup>[23]</sup>。此外,深度学习还被用于冠状动脉 CT 血管成像的分析,有助于早期发现冠状动脉疾病,预防心力衰竭的发生<sup>[24]</sup>。人工智能在个性化治疗和临床决策支持系统中的应用是心力衰竭管理的另一个重要方向。通过整合多模态数据和先进的算法, AI 系统能够为每位患者提供个性化的治疗建议。例如,基于强化学习的决策支持系统可以模拟不同治疗方案的效果,帮助医生选择最优的治疗策略<sup>[25]</sup>。在药物研发方面, AI 算法可以分析患者的基因型、药物代谢特征和既往治疗反应,预测药物疗效和不良反应发生率,实现需求导向的精准干预<sup>[26]</sup>。

### 3 面临挑战与未来展望

尽管远程智慧化心力衰竭护理展现出巨大潜力,但其发展仍面临诸多挑战。数据安全和隐私保护是首要问题。多模态数据的采集和传输涉及大量敏感信息,如何确保数据的安全存储和传输,防止未经授权的访问和泄露,是亟需解决的关键问题。其次,技术的可靠性和准确性仍需进一步验证。远程监测设备的测量精度、AI 算法的预测准确性等都需要通过大规模的临床研究来评估和优化。另一个重要挑战是如何将远程护理有效整合到现有的医疗体系中。这需要制定统一的标准和规范,建立跨机构的数据共享机制,并培训医护人员掌握相关技能。此外,还需要考虑如何平衡技术应用与人文关怀,确保在提高效率的同时不降低医疗服务的质量。

展望未来,远程智慧化心力衰竭护理有几个重要的发展方向。首先,将进一步深化多模态数据的融合和应用。随着新型传感器和成像技术的发展,将能够采集更多维度的生理和行为数据,为精准医疗提供更丰富的信息。其次, AI 算法将更加智能化和个性化。通过结合联邦学习、迁移学习等技术,可以构建更精准的预测模型,同时保护患者隐私。此外,虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术的应用将为远程护理带来新的可能性,如远程手术指导、虚拟康复训练等。另一个重要趋势是远程护理与社区医疗、家庭护理的深度融合。通过建立“医院-社区-家庭”三级联动的远程护理网络,可以实现对心力衰竭患者的全程管理。这种模式不仅能够提高医疗资源的利用效率,还能够增强患者的自我管理能力和改善长期预后。

最后,远程智慧化心力衰竭护理的发展还需要政策支持和跨学科合作。政府应制定相应的政策和法规,

鼓励技术创新和临床应用。同时,需要加强医学、工程学、信息科学等领域的跨学科合作,共同推动该领域的发展。

### 4 小结

多模态数据与人工智能在心力衰竭远程监护管理中的应用将推动医疗模式的变革。远程医疗将从单纯的数据监测向全面的医疗服务拓展,实现患者与医生之间的实时互动和远程诊疗。同时,医疗大数据的共享与协同将成为趋势,不同医疗机构之间可以共享心力衰竭患者的多模态数据,开展联合研究和诊疗,提高医疗资源的利用效率,推动心力衰竭诊疗水平的整体提升。未来的研究应着重于验证远程护理的有效性和成本效益,优化算法模型,提高系统的智能化水平,并探索与现有医疗体系的深度融合。同时,需要加强跨学科合作,制定相关标准和规范,为远程智慧化心力衰竭护理的广泛应用奠定基础。相信在不久的将来,这种创新的护理模式将为心力衰竭患者带来更好的治疗效果和生活质量,为应对全球心力衰竭负担做出重要贡献。

### 参考文献

- [1] DeKeyser F G ,Keshet R ,Muhammad E , et al.The need for palliative and support care services for heart failure patients in the community.[J].European journal of cardiovascular nursing: journal of the Working Group on Cardiovascular Nursing of the European Society of Cardiology,2020,20(2): 1474515120951970-1474515120951970.
- [2] 段永杰,钟琴,饶宠佑,等.慢性心衰患者的远程疾病管理计划有效性评价:一项非劣效性随机对照试验[J].解放军医学院学报,2024,45(03):213-222+238.
- [3] Ahmed A ,Jennifer D ,A K S , et al.Factors Affecting Patient and Physician Engagement in Remote Health Care for Heart Failure: Systematic Review.[J].JMIR cardio,2022,6(1):e33366-e33366.
- [4] Josef S ,Carsten S ,Biykem B , et al.Continuous Wearable Monitoring Analytics Predict Heart Failure Hospitalization: The LINK-HF Multicenter Study.[J].Circulation. Heart failure,2020,13(3):e006513.
- [5] Hasan M M S ,Joanna F ,Alex J H , et al.Estimation of Changes in Intracardiac Hemodynamics Using Wearable Seismocardiography and Machine Learning in Patients With Heart Failure: A Feasibility Study.[J].IEEE transactions on bio-medical engineering,2022,69(8):2443-

- 2455.
- [6] Shah J A ,Isakadze N ,Levantsevych O , et al.Detecting heart failure using wearables: a pilot study[J].Physiological Measurement,2020,41(4):044001.
- [7] Sebastian K ,Vincent P ,Sven H , et al.From population- to patient-based prediction of in-hospital mortality in heart failure using machine learning.[J].European heart journal. Digital health,2022,3(2):307-310.
- [8] Yuta N ,Tomomi I ,Tae H , et al.Home-based cardiac rehabilitation using information and communication technology for heart failure patients with frailty.[J].ESC heart failure,2022,9(4):2407-2418.
- [9] Samol A ,Bischof K ,Luani B , et al.Single-Lead ECG Recordings Including Einthoven and Wilson Leads by a Smartwatch: A New Era of Patient Directed Early ECG Differential Diagnosis of Cardiac Diseases?[J].Sensors, 2019,19(20):4377-4377.
- [10] Karim B ,Mohammed G ,Abdallah E , et al.Smart wearable devices in cardiovascular care: where we are and how to move forward.[J].Nature reviews. Cardiology,2021,18(8): 581-599.
- [11] 肖爽,赵庆华,邹依然,等.多模态数据融合的护理信息系统架构及应用分析[J].护理学杂志,2020,35(19):88-90.
- [12] 卢静,孙国珍,王洁,等.慢性心力衰竭患者社会衰弱现状及其影响因素可解释性分析研究[J].中国全科医学,2025, 28(02):220-227.
- [13] 于桂香,张颖慧,秦双燕,等.老年慢性心力衰竭患者院内发生急性心力衰竭风险预测模型构建与比较[J].中国医学前沿杂志(电子版),2022,14(05):37-41.
- [14] Zhang J C ,Lu Y ,Tang Q F , et al.Heart failure classification using deep learning to extract spatiotemporal features from ECG.[J].BMC medical informatics and decision making, 2024,24(1):17-17.
- [15] 卢文婷,姚远,熊静,等.机器学习在心血管病辅助诊断模型中的效果[J].中华全科医学,2023,21(01):112-117.
- [16] Yasuyuki S ,Shinichi G ,Nozomi N , et al.Improved prediction of sudden cardiac death in patients with heart failure through digital processing of electrocardiography. [J].Europace : European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology : journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology, 2023,25(3)
- [17] 李娜,罗玮敏,雷蕾,等.基于 RR 间期构建常见心律失常 Informer 分类模型的研究[J/OL].心脏杂志,1-6[2025-03-09].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1268.r.20241203.1130.001.html>.
- [18] Sulaiman S ,J A R ,Felix R , et al.Deep learning and the electrocardiogram: review of the current state-of-the-art.[J].Europace : European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology : journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology, 2021,23(8):1179-1191.
- [19] Sara S ,Basem F ,Adeebah N R M , et al.Harnessing artificial intelligence in cardiac rehabilitation, a systematic review[J].Future Cardiology,2021,0(0):154-164.
- [20] 李臻,陈若愚,鲁兴华,等.用于心衰患者重入院预测的 LSTM 模型[J].计算机应用与软件,2023,40(06):343-349.
- [21] Jili L ,Siru L ,Yundi H , et al.Predicting Mortality in Intensive Care Unit Patients With Heart Failure Using an Interpretable Machine Learning Model: Retrospective Cohort Study.[J].Journal of medical Internet research,2022, 24(8):e38082-e38082.
- [22] 郭汉,帅仁俊,马力,等.基于 AB-CNN-BiLSTM 心衰死亡率预测模型[J].计算机应用与软件,2021,38(04):37-42.
- [23] 赫兰,路洋,夏志刚,等.基于深度学习的人工智能模型自动量化超声心动图左心室射血分数初步探索[J].实用临床医药杂志,2024,28(09):9-14.
- [24] 张岩,张力,彭君,等.基于精益六西格玛法及人工智能探索冠状动脉 CT 血管成像高效检查模式[J].临床医药实践,2024,33(05):362-365.
- [25] Zijun C ,Tingming L ,Sheng G , et al.Machine learning-based in-hospital mortality risk prediction tool for intensive care unit patients with heart failure.[J].Frontiers in cardiovascular medicine,2023,101119699-1119699.
- [26] 乔连生,李军,谢兰,等.基于靶向转录组、专家经验和人工智能研发守正创新中药的路径探索——以治疗慢性心力衰竭的中药新药研发为例[J].中医杂志,2023,64(03): 217-224.

版权声明：©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS