

# 人工智能大模型在医疗领域的应用现状与前景展望

郑琰莉<sup>1</sup> 韩福海<sup>2</sup> 李舒玉<sup>3</sup> 苏文星<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 泰达国际心血管病医院 天津 300203 <sup>2</sup> 麒麟软件有限公司 天津 300450

<sup>3</sup> 先进操作系统创新中心(天津)有限公司 天津 300450

<sup>4</sup> 中国科学院大学应急管理科学与工程学院 北京 100049)

[摘要] 目的/意义 梳理分析人工智能大模型在医疗领域的应用现状,为人工智能大模型在该领域的研究提供新思路。方法/过程 在相关文献分析基础上,梳理人工智能大模型在智慧医疗、医疗元宇宙、医学研究等领域的应用场景及具体实例,总结人工智能大模型在医疗领域应用的风险与挑战。结果/结论 人工智能大模型在医疗领域具有广阔的发展空间,应推动人工智能大模型核心技术发展,进一步完善相关规范与法律。

[关键词] 人工智能;大模型;智慧医疗;医疗元宇宙;医学研发

[中图分类号] R-058 [文献标识码] A [DOI] 10.3969/j.issn.1673-6036.2024.06.005

## Application Status and Prospect of Artificial Intelligence Large Models in Medicine

ZHENG Yanli<sup>1</sup>, HAN Fuhai<sup>2</sup>, LI Shuyi<sup>3</sup>, SU Wenxing<sup>4</sup>

<sup>1</sup> TEDA International Cardiovascular Hospital, Tianjin 300203, China; <sup>2</sup> Kylin Software Co. Ltd., Tianjin 300450, China; <sup>3</sup> Advanced Operating System Innovation Center (Tianjin) Co. Ltd., Tianjin 300450, China; <sup>4</sup> School of Emergency Management Science and Engineering, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

[Abstract] **Purpose/Significance** To sort out and analyze the application status of artificial intelligence (AI) large models in medicine, so as to provide new perspectives for research in this domain. **Method/Process** Based on a review of relevant literatures, the paper outlines the application scenarios and examples of AI large models in the fields of smart medical care, medical metaverse, medical research and development, etc. It also summarizes the risks and challenges in the application of AI large models in medicine. **Result/Conclusion** AI large models have great development potential in medicine, and it is necessary to promote the core technologies of AI large models and improve relevant regulations and laws.

[Keywords] artificial intelligence; large models; smart medical care; medical metaverse; medical research and development

## 1 引言

医疗领域数字化建设和智慧医疗建设是“十四五”时期的重要任务。DALL-E、GPT-4、LLaMA 等人工智能大模型的出现,为智慧医疗带来前所未

[修回日期] 2024-03-22

[作者简介] 郑琰莉,护师,发表论文2篇;通信作者:苏文星。

有的技术突破<sup>[1]</sup>。大模型又称预训练模型、基础模型，能够整合医疗领域的海量多模态数据，基于超大规模参数进行预训练并通过微调适配医疗领域具体任务的需要<sup>[2]</sup>，如电子病历理解、医疗问答、医学教育培训、医学影像生成、疾病辅助诊断、药物研发以及虚拟医院和医疗虚拟数字人等诸多应用场景<sup>[3]</sup>，涵盖医疗领域就诊全流程。本文梳理当前大模型在医疗领域的应用现状，分析其面临的风险与挑战，旨在为大模型在该领域的研究提供新思路。

## 2 人工智能大模型概述

### 2.1 人工智能大模型发展

2014 年生成对抗网络 (generative adversarial network, GAN)<sup>[4]</sup> 出现，推动了生成式人工智能的革命性发展，随后以 Transformer<sup>[5]</sup>、BERT<sup>[6]</sup> 为代表的预训练模型诞生，颠覆了既往深度学习模型的网络结构，大幅提升模型训练速度、多模态感知以及创作和推理能力，同时模型的参数量级也从百万级跃升到百亿级，甚至千亿级。截至 2023 年 6 月，国内外有超百种大模型相继发布，如 Stable Diffusion、GPT-4、Med-PaLM、文心系列大模型、华为盘古大模型等。从研究方向看，主要集中在自然语言处理、计算机视觉、多模态 3 大领域。从模态类型转换层面看，包括将文本转为图像 (DALLE-2)、文本转为 3D 图像 (Dreamfusion)、图像转为文本 (Flamingo)、文本转为视频 (Sora)、文本转为音频 (AudioLM) 等。从工程角度看，模型即服务 (model as a service, MaaS) 正在成为该领域的新模式，助力大模型从数

据预处理、模型构建、模型训练、模型评估到模型服务的全流程构建。

### 2.2 人工智能大模型构建流程

大模型构建包括预训练、微调、奖励模型、强化学习等关键阶段。预训练即利用海量数据和无监督学习方法学习通用特征或知识，并将这些特征或知识迁移到其他任务，用于增强模型的泛化能力。微调，常见的方法有提示调优、指令调优和前缀调优，指在已有预训练语言模型基础上，在新的数据集上进行少量训练，使模型能够更好地适应新的任务或领域。大模型的输出结果通过奖励模型评估后，强化学习阶段根据其反馈结果持续优化输出策略，不断使奖励最大化，从而使大模型生成的结果更加符合期望。

## 3 人工智能大模型在医疗领域的应用

### 3.1 人工智能大模型在医疗领域应用现状

目前医疗大模型覆盖医学知识问答、生物及药物研发、智慧诊疗、医保知识管理等领域。现代化智慧医疗迫切需要有效地利用和深入挖掘医疗领域积累的海量多模态数据<sup>[7]</sup>。根据临床场景数据交互类型的不同，可分为文本任务、视觉任务、语音任务、跨模态任务等。具体临床场景，如就诊前的挂号问诊、健康宣教、知识问答；就诊中的辅助诊断、电子病历生成、手术模拟；就诊后的健康管理、医药服务、慢病管理；医学研究领域的文献挖掘、药物研发；医疗元宇宙中的场景构建、情感交互等。部分医疗大模型应用情况，见表 1。

表 1 部分医疗大模型应用情况

大模型名称	发布时间	发布单位	应用场景	数据类型
盘古药物分子大模型	2022 年 4 月	华为云计算技术健康智能实验室	药物研发	多模态
BioMedLM	2022 年 12 月	斯坦福基础模型研究中心	医学问答	文本
GatorTron	2023 年 3 月	佛罗里达大学	医学问答、病例识别	文本
OpenMEDLab 浦医	2023 年 6 月	上海人工智能实验室	医学图像、医学文本、生物信息、蛋白质工程	多模态
HealthGPT	2023 年 6 月	叮当健康科技集团有限公司	药物咨询、营养指导、健康建议	文本
华佗 GPT	2023 年 6 月	深圳市大数据研究院	健康咨询、就医导诊、情感陪伴	多模态
紫东太初	2023 年 6 月	中国科学院自动化研究所	手术辅助、辅助诊疗	多模态
京医千询	2023 年 7 月	京东健康股份有限公司	辅助诊疗、健康管理、文献挖掘、病历报告生成	多模态
Med-PaLM	2023 年 7 月	谷歌	医学问答	文本
知问	2023 年 9 月	上海金仕达卫宁软件科技有限公司	医保和商保知识问答	文本

医疗元宇宙作为智慧医疗的重要创新，通过虚拟显示技术打破空间和资源的限制，促进医疗服务的协同发展<sup>[7]</sup>。然而，构建医疗元宇宙需要创建大量的虚拟场景、复杂的推理预测、丰富的交互和情感表达等<sup>[8]</sup>。在医药生物研究方面，也面临着海量数据和分子结构推理困难的问题。目前的研究主要采用互联网、专业数据库和私有数据库的多模态数据进行自监督预训练，通过少量下游任务提示或上下文提示对通用大模型微调，并利用迁移学习的思想，提高零样本与小样本学习能力，快速构建出不同的专用大模型以满足上述场景的需求<sup>[3]</sup>。此外，大模型参数规模巨大，软硬件的协同工作、分布式并行处理和模型压缩等手段对于推动医疗大模型的落地应用至关重要。

### 3.2 人工智能大模型在医疗领域应用的构想

医疗领域大模型依托计算机视觉、自然语言处理、多模态技术使其具有强大的创作能力、交互能力、孪生能力、推理决策能力，为下游具体场景应用奠定基础，并通过微调、提示工程覆盖智慧医疗全周期、医学研究和医疗元宇宙等场景的应用，见图 1。

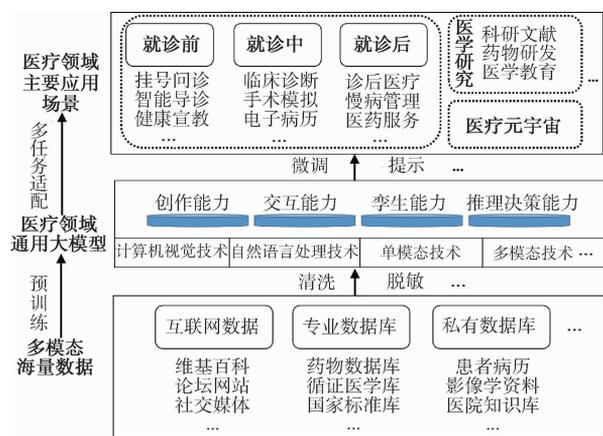


图 1 人工智能大模型在医疗领域的应用架构

### 3.3 人工智能大模型在智慧医疗全周期的应用

3.3.1 就诊前 2022 年 Ayers J W 等<sup>[9]</sup>关于医疗问答的研究表明 ChatGPT 在绝大多数方面表现得较执业医师更加出色，在“回答质量”和“同理心”

方面尤为突出。2023 年 4 月 Cascella M 等<sup>[10]</sup>进一步论述 ChatGPT 在医疗问答、健康宣教等场景中的优势。这些研究表明，大模型能够有效缓解医务人员

在就诊前环节的压力，提升患者就诊效率。  
3.3.2 就诊中 电子病历是临床诊疗中不可或缺的工具，但内容繁杂且形式多样，导致临床中记录、使用和分析过程效率不高<sup>[11]</sup>。利用大模型的理解分析和创造能力，通过口述或手写记录辅助医务人员生成结构化的电子病历或医疗报告，可以显著提升工作效率。大模型还能检查病历内容的规范性和合理性，分析诊疗方案的科学性，并智能推荐诊断和治疗方案。大模型具备强大的计算机视觉和推理决策能力，可用于提升医学影像质量、辅助医疗诊断决策和推演治疗方案等。结合虚拟现实技术，大模型可以在术前多次模拟患者手术方案，有效提高手术成功率<sup>[12]</sup>。

3.3.3 就诊后 大模型能够从病历中提取关键的医疗信息和指标，为患者定制个性化的健康管理方案，并持续进行健康监测与风险评估。通过分析来自可穿戴设备或家庭监测系统的实时数据，大模型能够及时发现患者的异常状况或病情变化，从而便于医务人员及时介入和调整治疗方案。He N 等<sup>[13]</sup>分析 GPT-3.5 和 GPT-4 在用药咨询方面的准确性和可行性，大模型在医疗保健领域具有应用潜力。此外，苏龙翔等<sup>[14]</sup>利用大模型对真实病例预测预后和死亡风险，取得了积极成效。

### 3.4 人工智能大模型在医学研究的应用

3.4.1 药物研发 大模型凭借其强大的分析能力，在模拟细胞培养和药物试验等环节发挥关键作用，不仅提升精确性和效率，还有助于缩短研发周期并降低成本。2021 年 Hu F 等<sup>[15]</sup>利用大模型设计蛋白酶抑制剂和活性基探测剂的鉴定实验，取得了显著成果。阿姆斯特丹大学医学中心 Cloesmeijer M E 等<sup>[16]</sup>探讨大模型技术在定量药理学领域的应用前景。Jumper J 等<sup>[17]</sup>提出的 AlphaFold 模型使耗时、困难且复杂的预测蛋白质结果任务缩减到分钟级别，极大加速了癌症、抗生素和靶向药物的研发进程。

3.4.2 医学教育 医学教育依赖于庞大的知识体系和丰富的实践经验。大模型凭借快速学习的能力，能够通过多模态交互方式高效地向医务人员传授知识，辅助医学信息检索和前沿科研成果分析，降低获取新知识的边际成本，有效促进高水平医疗人才的培养，以及医疗领域的创新发展。医务人员还可以利用虚拟医院来接诊虚拟患者、操作虚拟医疗设备以及模拟手术方案。

### 3.5 人工智能大模型在医疗元宇宙中的应用

3.5.1 医疗场景工程 医疗场景工程是构建医疗元宇宙的基础，其建设主要依靠大模型强大的建模能力<sup>[18]</sup>，将现实世界的医疗实体通过建模和数字孪生的方式映射到虚拟空间，创建医疗元宇宙外在的“形”。2021 年 Mildenhall B 等<sup>[19]</sup>提出的 NeRF 技术，可根据给定的 2D 图像及拍摄视角快速重建 3D 对象。2022 年 Poole B 等<sup>[20]</sup>推出基于文本描述自动生成 3D 模型的全新人工智能工具。上述成果都显著降低了“形”的构建难度。在此基础上大模型基于专家知识库、医疗知识和诊疗经验产生的多模态数据进行分析、理解和推断，继而赋予“形”以“魂”。

3.5.2 医疗虚拟数字人 虚拟数字人是医疗元宇宙的核心，大模型在赋能元宇宙生命体的同时也改变了数字内容生产的规模、形式和交互方式<sup>[3]</sup>，整体构想，见图 2。借助大模型，医患可在医疗元宇宙中体验到无限接近真实世界的感受和体验。如在心理治疗方面，虚拟数字人能够根据患者需求切换风格，通过人性化互动的方式抚慰患者情绪，减少患者的恐惧和排斥，提升治疗效果。



图 2 医疗虚拟数字人构想

3.5.3 虚拟医院 虚拟医院依托医疗场景工程将现实世界的实体医院“复制”到虚拟空间，提供与

实体医院相同的医疗服务，如远程诊疗、病历共享、会诊交流等。虚拟医院的建立将为智慧医疗的发展带来新范式，更好地服务于患者的同时提高医院的综合治理能力，推动医疗领域生态体系的变革。

## 4 人工智能大模型在医疗领域应用的风险与挑战

### 4.1 技术风险

新技术的快速发展往往伴随着一定风险<sup>[21-22]</sup>。如大模型生成的音频仍不够自然，带有明显的机械感，虚拟数字人的动作和表情也显得生硬。在智能问答任务中，也会出现“答非所问”的情况。算法模型的准确度高度依赖训练数据的质量，而高质量数据的获取始终是该领域的难题。此外，大模型的“黑箱”特性也导致其可解释性不足。考虑到医疗领域的特殊性和对风险的高度敏感性，应用大模型技术时必须格外谨慎。

### 4.2 内容风险

大模型多依托提示工程生成内容，若人为给模型注入一定量“负样本特征提示词”，模型可能会产生敏感、有害和虚假信息，甚至导致幻象<sup>[23]</sup>，误导公众或患者，干扰医疗决策。现阶段大模型还不具备临床工作所需的精准度，存在一定内容安全风险。如果大模型遇到算法攻击挑战、数据泄露和数据投毒等数据安全场景，产生的内容给用户带来的风险不可小觑。医疗安全与群众的生命安全息息相关，如果出现上述安全问题，将带来不可挽回的后果。

### 4.3 伦理与法律风险

大模型作为新兴领域，行业标准和法律法规仍不健全。大模型的训练依赖于海量医疗数据，而医疗数据大多包含病历、遗传信息等个人敏感信息。如果这些数据泄露或被滥用，可能会严重侵犯患者的隐私权。如果大模型在医学诊疗中出现错误或误导性信息，可能延误患者的治疗或带来医疗事故，引发法律和伦理纠纷。大模型的不可解释性导致生

成的内容也存在医疗知识产权侵权的风险。

## 5 人工智能大模型在医疗领域应用发展建议

### 5.1 推动人工智能大模型核心技术发展

在大模型技术研究方面,我国与国际领先水平相比仍存在一定差距。为了提升我国在大模型核心技术领域的竞争力,需要在政府的政策指导下,激励社会各方积极参与该领域的建设。包括整合优质资源,聚焦医疗领域大规模预训练模型和算力基础设施建设,推动产业链上下游协同发展。须重点关注大模型在内容识别、审核鉴定、隐私保护和安全对齐<sup>[24]</sup>等关键领域的研究,确保医疗大模型的安全与健康发展。此外,在人才培养方面要重视学科交叉、协同合作,加快大模型在医疗领域的应用创新。

### 5.2 完善相关规范与法律

大模型正处于快速发展阶段,面临应用不规范、知识产权保护意识不强、隐私伦理问题突出等挑战,迫切需要制订和完善相关法律法规,加强对大模型在医疗领域应用的监管,确保医疗数据安全和患者隐私安全,同时需明确责任归属,促进大模型技术在医疗领域的健康发展。2023 年 5 月法国推出以保护个人隐私为核心的人工智能治理行动计划<sup>[25]</sup>;同年 7 月我国发布《生成式人工智能服务管理暂行办法》<sup>[26]</sup>,9 月《医疗健康行业大模型应用技术要求》<sup>[27]</sup>正式发布。可见,各国政府或组织都在积极制定相关政策,以确保医疗大模型的规范化发展。

## 6 结语

大模型为医疗领域带来新的发展方向,本文首先阐述大模型在医疗领域应用的构想,其次梳理并展望大模型在智慧医疗全周期、医学研究、医学元宇宙等场景的应用。虽然目前大模型存在一定的风险与挑战,相信在政府、企业和社会各方的共同参与和努力下,其在医疗领域的应用会有广阔前景。

**作者贡献:** 郑琰莉负责论文撰写;韩福海、李舒玉负责文献调研;苏文星负责论文构思、指导、审核

与修订。

**利益声明:** 所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- 1 李白杨,白云,詹希旎,等.人工智能生成内容(AIGC)的技术特征与形态演进[J].图书情报知识,2023,40(1):66-74.
- 2 BOMMASANI R, HUDSON D A, ADELI E, et al. On the opportunities and risks of foundation models [EB/OL]. [2023-07-13]. <https://arxiv.org/abs/2108.07258>.
- 3 王皓,潘昱杉,潘毅.生成式人工智能大模型赋能的元宇宙生命体:前瞻和挑战[J].大数据,2023,9(3):85-96.
- 4 GOODFELLOW I, POUGET-ABADIE J, MIRZA M, et al. Generative adversarial networks [J]. Communications of the ACM, 2020, 63(11):139-144.
- 5 VASWANI A, SHAZEER N, PARMAR N, et al. Attention is all you need [EB/OL]. [2023-07-13]. <https://proceedings.neurips.cc/paper/7181-attention-is-all>.
- 6 DEVLIN J, CHANG M, LEE K, et al. Bert: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding [EB/OL]. [2023-07-13]. <https://arxiv.org/abs/1810.04805>.
- 7 刘雷,曾丽艳.智能医学:数据与模型驱动的医工融合[J].医学信息学杂志,2023,44(7):1-8.
- 8 苏文星,郑琰莉,宋元涛.元宇宙在医疗领域应用研究[J].医学信息学杂志,2023,44(4):17-21,57.
- 9 AYERS J W, POLIAK A, DREDZE M, et al. Comparing physician and artificial intelligence chatbot responses to patient questions posted to a public social media forum [J]. JAMA internal medicine, 2023, 183(6):589-596.
- 10 CASCELLA M, MONTOMOLI J, BELLINI V, et al. Evaluating the feasibility of ChatGPT in healthcare: an analysis of multiple clinical and research scenarios [J]. Journal of medical systems, 2023, 47(1):33-37.
- 11 马春花.大数据技术在医院电子病历信息管理系统中的应用探析[J].数字通信世界,2023(5):110-112.
- 12 蔡自兴,蔡昱峰.智慧医疗临床应用与技术[J].医学信息学杂志,2021,42(10):48-53.
- 13 HE N, YAN Y, WU Z, et al. Chat GPT-4 significantly surpasses GPT-3.5 in drug information queries [EB/OL]. [2023-07-13]. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1357633X231181922>.
- 14 苏龙翔,翁利,李文雄,等.大型语言模型在重症医学中的应用与挑战[J].中华医学杂志,2023,103

- (31): 2361–2364.
- 15 HU F, WANG L, HU Y, et al. A novel framework integrating AI model and enzymological experiments promotes identification of SARS-CoV-2 3CL protease inhibitors and activity-based probe [J]. *Briefings in bioinformatics*, 2021, 22 (6): 1–14.
  - 16 CLOESMEIJER M E, JANSSEN A, KOOPMAN S F, et al. ChatGPT in pharmacometrics? Potential opportunities and limitations [J]. *British journal of clinical pharmacology*, 2024, 90 (1): 360–365.
  - 17 JUMPER J, EVANS R, PRITZEL A, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold [J]. *Nature*, 2021, 596 (7873): 583–589.
  - 18 GOZALO-BRIZUELA R, GARRIDO-MERCHAN E C. ChatGPT is not all you need. A state of the art review of large generative AI models [EB/OL]. [2023-07-13]. <https://arxiv.org/abs/2301.04655>.
  - 19 MILDENHALL B, SRINIVASAN P P, TANCIK M, et al. Nerf: representing scenes as neural radiance fields for view synthesis [J]. *Communications of the ACM*, 2021, 65 (1): 99–106.
  - 20 POOLE B, JAIN A, BARRON J T, et al. Dreamfusion: Text-to-3d using 2d diffusion [EB/OL]. [2023-07-13]. <https://arxiv.org/abs/2209.14988>.
  - 21 陈兵. 生成式人工智能可信发展的法治基础 [J]. *上海政法学院学报 (法治论丛)*, 2023, 38 (4): 13–27.
  - 22 DAVE T, ATHALURI S A, SINGH S. ChatGPT in medicine: an overview of its applications, advantages, limitations, future prospects, and ethical considerations [J]. *Frontiers in artificial intelligence*, 2023, 6 (1): 1–5.
  - 23 AZAMFIREI R, KUDCHADKAR S R, FACKLER J. Large language models and the perils of their hallucinations [J]. *Critical care*, 2023, 27 (120): 1–2.
  - 24 SHEN T, JIN R, HUANG Y, et al. Large language model alignment: a survey [EB/OL]. [2023-10-11]. <https://arxiv.org/abs/2309.15025>.
  - 25 Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés. Artificial intelligence: the action plan of the CNIL [EB/OL]. [2023-07-23]. <https://www.cnil.fr/en/artificial-intelligence-action-plan-cnil>.
  - 26 生成式人工智能服务管理暂行办法 [EB/OL]. [2023-07-23]. [http://www.cac.gov.cn/2023-07/13/c\\_1690898327029107.htm](http://www.cac.gov.cn/2023-07/13/c_1690898327029107.htm).
  - 27 医疗健康领域大模型应用技术标准规范正式发布 [EB/OL]. [2023-10-13]. [http://finance.youth.cn/finance\\_djgj/202310/t20231009\\_14836305.htm](http://finance.youth.cn/finance_djgj/202310/t20231009_14836305.htm).

(上接第 23 页)

**作者贡献:** 熊乐佳负责采集、整理、分析数据, 撰写论文; 魏毅负责设计研究方案和论文框架, 提供指导; 吴旭生负责设计研究方案和论文框架, 提供材料支持; 胡德华、和晓峰负责提出研究选题, 提供指导, 审阅论文。

**利益声明:** 所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- 1 李志, 唐波. 数字健康治理的国际经验与启示 [J]. *改革*, 2020 (12): 145–154.
- 2 “十四五”全民健康信息化规划 [J]. *中国实用乡村医生杂志*, 2023, 30 (1): 1–11.
- 3 刘頔, 李韬, 邢悦, 等. 数字健康业态类型评价分析及思考 [J]. *医学信息学杂志*, 2021, 42 (5): 14–19.
- 4 李梅, 尹岭. 开创大健康时代、跨越健康数字鸿沟 [C]. 重庆: 自主创新与持续增长第十一届中国科协年会, 2009.
- 5 KOUROUBALI A, KATEHAKIS G D. The new European interoperability framework as a facilitator of digital transformation for citizen empowerment [J]. *Journal of biomedical informatics*, 2019, 94 (6): 103166.
- 6 卢倩娜, 田蕴祥. 数字健康治理的挑战及对策研究 [J]. *改革与开放*, 2022 (20): 28–35.
- 7 林炜炜. 数字健康的基本内涵与发展路径 [J]. *山东工商学院学报*, 2023, 37 (1): 116–124.
- 8 申曙光, 吴艳艳. 健康治理视角下的数字健康: 内涵、价值及应用 [J]. *改革*, 2020 (12): 132–144.
- 9 李韬. 数字健康产业有望成为拉动内需的新动力 [J]. *人民论坛*, 2020 (36): 103–105.
- 10 黄如意, 井淇. 数字化时代的数字健康: 内涵、特征、挑战与治理路径 [J]. *卫生经济研究*, 2022, 39 (6): 60–63, 66.
- 11 刘文先. 推进数字健康发展重塑管理服务模式 [J]. *中国党政干部论坛*, 2022 (6): 67–70.
- 12 张建楠, 李莹莹, 顾宴菊, 等. 健康医疗数据共享基本原则探讨 [J]. *中国工程科学*, 2020, 22 (4): 93–100.
- 13 金涛, 王建民. GB/T 39725—2020《信息安全技术 健康医疗数据安全指南》[J]. *标准生活*, 2022 (3): 46–51.
- 14 KIERKEGAARD P. Governance structures impact on eHealth [J]. *Health policy and technology*, 2015, 4 (1): 39–46.
- 15 孙茜, 冯霞, 隆云滔, 等. 数字技术赋能我国医疗治理现代化建设研究 [J]. *中国科学院院刊*, 2022, 37 (12): 1705–1715.