

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.04.007

大数据驱动下多院区智慧医院的构建

罗斐斐¹, 陶昭君¹, 刘孜佳¹, 潘晓东²

(1. 联勤保障部队第九〇三医院信息科, 浙江杭州 310010;

2. 联勤保障部队第九〇三医院医学工程科, 浙江杭州 310010)

【摘要】目的 针对多院区信息系统分散、异构的现实难题,探索一体化智慧医院建设路径,提升医疗质量与管理效率。**方法** 构建“线上诊疗平台+线下数智运营”的融合架构,推进技术与管理协同,围绕医疗、服务、管理三大维度,落实质量、效率、安全与体验的全流程闭环建设。**结果** 系统平稳运行22个月,2023年体检量同比增长45%,患者信息化满意度提升17.9%,耗材费用下降3.4%。**结论** 多院区智慧医院建设实现了服务均质化、管理智能化与运营精细化,显著改善了患者的就医体验,助力医院实现高质量发展。

【关键词】多院区智慧医院;智慧医疗;大数据交互平台;资源调度算法;微服务架构

【中图分类号】R197.32

【文献标志码】A

文章编号: 1674-1242 (2025) 04-0463-08

Construction of Multi-Campus Smart Hospital Driven by Big Data Logistics

LUO Feifei¹, TAO Zhaojun¹, LIU Zijia¹, PAN Xiaodong²

(1. Department of Information, The 903rd Hospital of Joint Logistics Support Force of PLA,
Hangzhou, Zhejiang 310010, China;

2. Department of Medical Engineering, The 903rd Hospital of Joint Logistics Support Force of PLA,
Hangzhou, Zhejiang 310010, China)

[Abstract] **Objective** To address the challenges of fragmented and heterogeneous information systems in multi-campus hospitals by constructing an integrated smart hospital system aimed at improving medical quality and management efficiency. **Methods** An integrated framework combining an online diagnosis and treatment platform with an offline intelligent operation center was established to enable synergy between technology and management. Construction focused on three dimensions as medical care, services, and administration across four aspects of quality, efficiency, safety, and patient experience. **Results** After 22 months of stable operation, the number of physical examination visits increased by 45% in 2023. Patient satisfaction with informatization rose by 17.9%, and consumable expenses decreased by 3.4%. **Conclusion** The smart hospital model enabled homogeneous services, intelligent management, and refined operations across multiple campuses, significantly improving patient experience and promoting high-quality hospital development.

【Key words】 Multi-Campus Smart Hospital; Smart Healthcare; Big Data Interaction Platform; Resource

收稿日期: 2025-04-19。

作者简介: 罗斐斐(1983—),河南漯河人,硕士研究生,高级工程师,从事医院信息化研究。邮箱(E-mail): ro_phy@163.com。

通信作者: 潘晓东(1978—),浙江杭州人,本科生,高级工程师,从事医疗设备与智能化研究。邮箱(E-mail): 35920117@qq.com。

Scheduling Algorithm; Microservice Architecture

0 引言

近几年,国家相继出台了《公立医院运营管理信息化功能指引》《国务院办公厅关于推动公立医院高质量发展的意见》《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》等政策,要求加强信息支撑、强化数据应用,推进一院多区智慧医院建设。为响应国家政策,在数字技术加速创新发展和数据互联互通造福人民的背景下,多家大型公立医院着手进行多院区智慧医院建设。

“智慧医院”一词最初在美国医疗健康论坛上提出,指的是将智能技术广泛应用于医院建设^[1]。国内外医疗机构对智慧医院建设进行了实践探索,但不同医院对建设多院区智慧医院体系的理解和认知存在差异^[2-3]。本研究借鉴浙江大学医学院附属第二医院、浙江医院和联勤保障部队第九〇三医院多院区建设实践,总结基于大数据驱动建设多院区智慧医院的思路及经验。

1 需求分析

1.1 业务一体化需求

在多院区环境下,资源配置难以统一,需求多样,建设难度大,且原有技术架构落后,数据存储量有限,可扩展性差,院区之间的诊疗记录无法共享。同时,由于缺少智能信息系统的支撑^[4],部分业务无法闭环,制约了医疗质量的提升。

1.2 服务智能化需求

医院智能化的基础是数据互联互通。由于缺乏统一的建设标准,不同业务系统之间数据的一致性和分析效能低下,缺乏有效的数据治理体系,影响了数据的可用性和准确性,智能化服务水平有待提升。

1.3 管理同质化需求

在一院多区的模式下,各院区地理位置分散、各自独立运营,信息化建设水平存在显著差异,学科配置不平衡,同质化服务程度不足,质控标准不统一,制度不完善,增加了管理难度。

1.4 网络数据安全需求

医院网络有院区之间互联的内网。在用于连通医保中心的专网,以及包括互联网、物联网等在内的

多网共存的模式下,数据汇聚、上报传输过程中的私密性和安全性备受关注,亟须对网络安全进行升级。

2 系统设计

根据需求分析,明确智慧医院建设的方向和重点,即智慧医院体系以高质量发展为导向,以提质增效为目标,以技术创新为驱动,以底层数据为基础,以安全防护体系为保障,以信息技术与医疗服务深度融合为手段,以新技术减少物理空间和时间的制约提高就医体验为重要举措,实现患者就医的便捷化和医院管理的科学化。下面详细阐述系统的架构设计。

2.1 整体架构

智慧医院建设以数据驱动为基石,通过应用结构一体化、架构层次化、数据存储集中化、平台组件化、服务智能化等技术,结合医疗场景,从智慧医疗、智慧服务、智慧管理、智慧科研等多维度实现医院全方位数字化、全流程智慧化(见图1)。

2.2 网络架构

在基础网络架构上,各院区之间的网络采取光纤直连的双冗余链路方式(见图2),关键节点采用万兆光纤技术,通过路由控制实现链路互备。数据中心的网络采用“核心—汇聚—接入”交换机架构,以提升网络的稳定性和扩展性。在平台部署的安全措施方面,采用“院内网+虚拟私人网络”模式,结合多层次的安全措施,如防火墙、入侵检测系统(Intrusion Detection System, IDS)、安全管理平台、防病毒软件及漏洞扫描工具等,配置综合性安全访问规则和策略,确保数据传输的安全性。

2.3 数据架构

智慧医院的数据平台采用微服务架构搭建一套完备的医院信息系统(Hospital Information System, HIS)接口服务,通过中间件技术构建可靠的信息传输平台(见图3),将原先分布在各院区各异构业务系统的数据进行抽取、转换、加载和标准化处理^[5],以患者主索引为中心进行整合,交换到医院大数据平台。用HL7消息标准模型和CDA标准规范实现数据的互联互通、同步和互动统一。

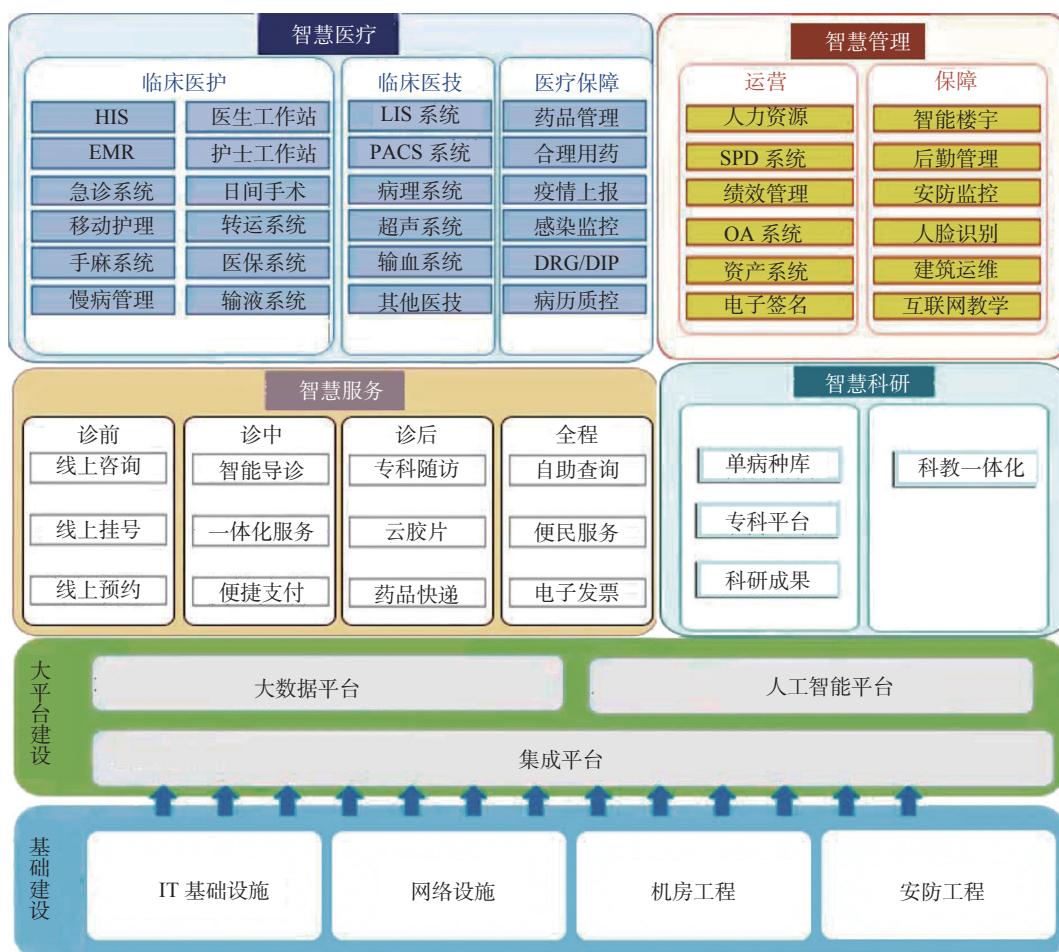


图1 智慧医院整体架构
Fig.1 Overall architecture of the smart hospital

3 系统功能

多院区智慧医院建设遵循顶层规划、数据整合和信息安全等基本原则，深入考虑自身管理架构和运营模式，从点上设计、面上统筹，使临床业务和运营管理既深度融合又相互区分，实现以下主要功能（见图4）。

3.1 智慧一体化医疗

面向医务人员的智慧医疗是指以电子病历为核心的系统与实验室信息系统（Laboratory Information System, LIS）、影像归档和通信系统（Picture Archiving and Communication System, PACS）等集成，充分利用临床数据中心资源，确保数据互通共享，再结合医保智能审核和合理用药系统规则，根据算法模型智能研判，及时警示医师，从而减少医疗差错^[6]。同时，通过一体化线上平台

实现院前、院中、院后闭环数据共享。在患者路径预测方面，系统基于医院三年来的住院电子病历、检查检验时间序列及转科/手术流程数据，构建长短期记忆（Long Short-Term Memory, LSTM）网络模型，对住院患者关键路径节点（如术前准备、首次手术、转入ICU、预计出院等）进行时间预测与路径推荐。该模型可根据患者病种与治疗方案自适应匹配路径模板，辅助医生提前识别延误风险与资源调配冲突。

智慧病房系统通过部署高带宽、低时延、光网电网互为补充的网络体系，使床头屏、门口屏和护理屏、电视屏“四屏合一”，实现数据融合，方便医生智能查房和护士移动办公。床头屏能够为患者推送个性化健康宣教内容，并通过互动反馈进行智能数据统计，实现“千人千面”的精准推送^[7]。设备物联的数据采集使传统PDCA闭环管理[计划

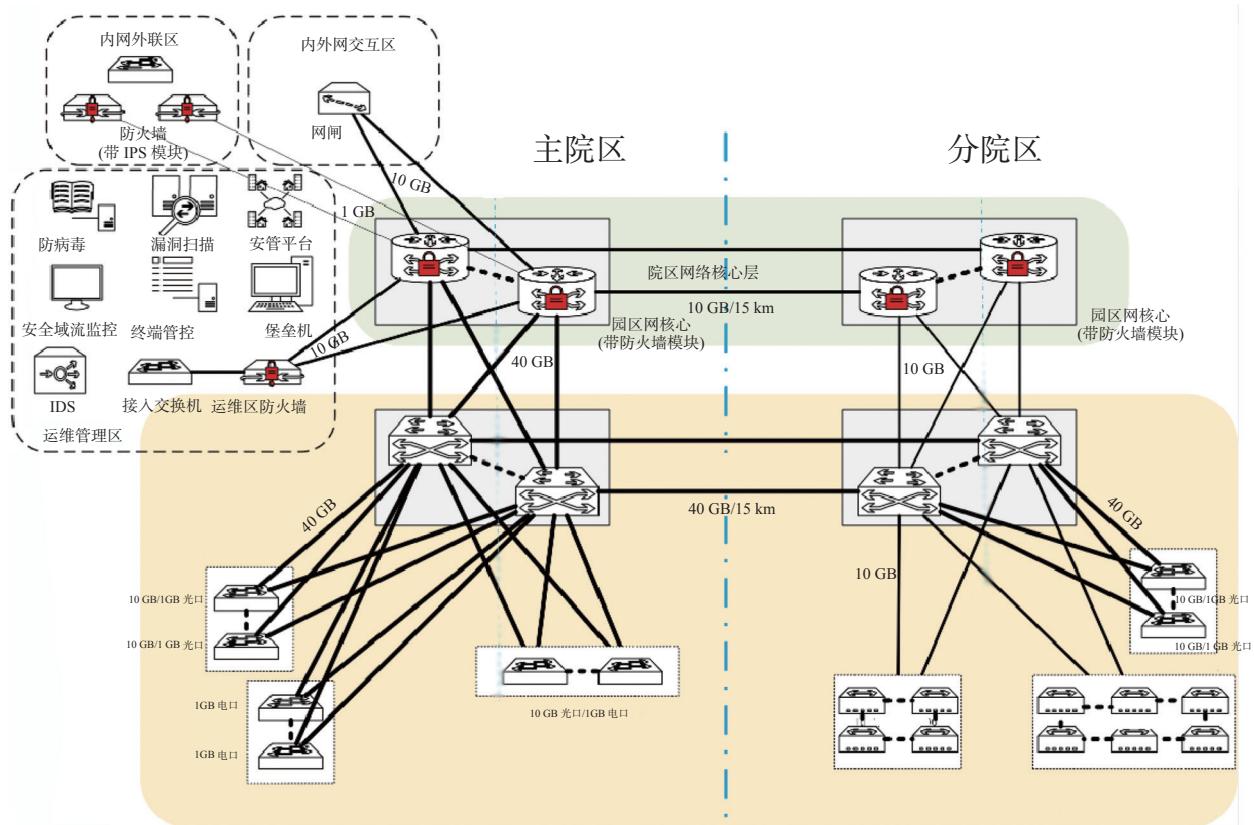


图 2 多院区智慧医院网络架构
Fig.2 Network architecture of multi-campus smart hospital

(plan)、执行 (do)、检查 (check)、调整 (act)] 转为实时预警过程, 多场景下根据指标触发预警, 并实现全流程跟踪。患者离院后, 根据病种和出院科室对其进行分组并安排随访, 结合电子问卷和智

能佩戴设备进行数据采集与健康提醒, 定制个性化健康管理方案^[8], 完成智慧医疗的生态闭环。

3.2 智慧一站式服务

面向患者的智慧服务主要利用互联网信息平台

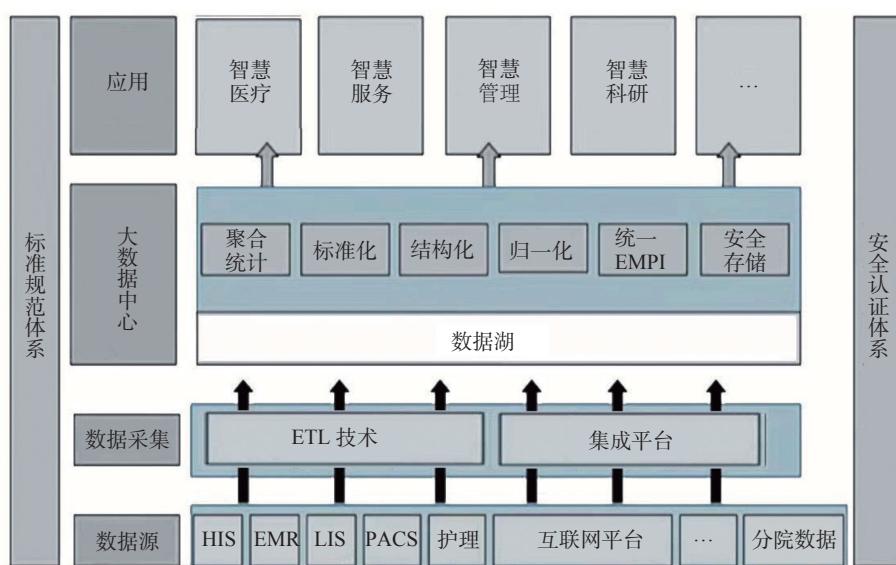


图 3 多院区智慧医院数据架构
Fig.3 Data architecture of multi-campus smart hospital

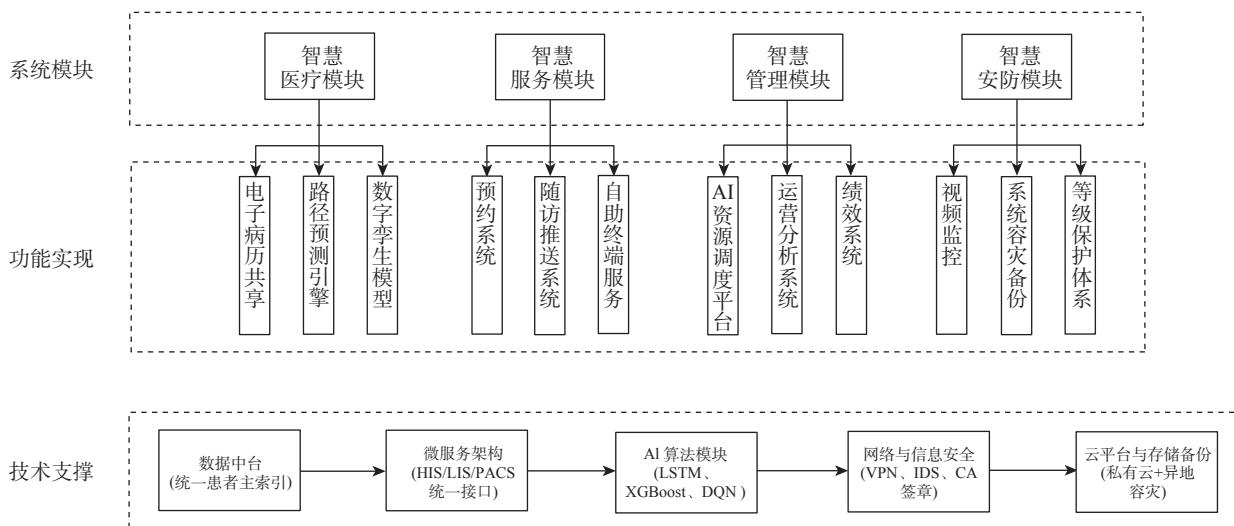


图 4 多院区智慧医院系统功能与技术实现模式
Fig.4 System functions and technical realization models of multi-campus smart hospital

和自助服务体系, 为患者提供一系列个性化、智能化、精准化的一站式服务, 以诊前、诊中和诊后为服务维度, 实现服务流程从优化升级到重塑的转变。患者可通过医院公众号或微信小程序进行挂号和分时段诊疗预约, 并在专家号源紧张时启动候补机制, 实现在有退号的情况下自动预约。患者就诊时能享受智能分诊、移动支付、云胶片等自助查询、缴费、打印服务带来的便利。支付完成后, 患者将收到信息提醒, 可选择送药到家服务。同时, 系统能根据个人需求定制个性化体检方案, 帮助评估患者健康状态。

随着 5G 网络、物联网终端、可穿戴技术、机器人自动化等信息通信技术的进一步发展, 借助低延时、超高清、有力反馈的远程医疗系统^[9], 可以将优质医疗资源通过数字化形式复制到基层医疗单位。同时, 系统还能通过视频会议形式的线上培训与实时沟通, 使临床医疗、护理技能基本一致, 并使多院区具有同种健康需求的患者得到相同质量的医疗服务, 提升基层单位的医疗服务水平^[10]。

3.3 智慧联动管理

面向多院区管理的挑战, 智慧管理主要采用线下资源整合配置、硬件集中部署和一体化运营, 以数据资产为新动能, 层次化推进医院标准化管理。在智能化管理方面, 采用“多院区标准化管理、一体化运营、差异化发展”的思路, 统一规划、配置、

协调、核算。医疗业务与行政管理信息系统可实现信息公开、资源共享、工作审批、财务报销等, 实现在线业务的流转和管理, 简化办公流程, 提高工作效率; 推进医院办公自动化, 使用电子签章 CA 等技术手段实现业务流程各环节的信息溯源, 自动生成到相关记录表单中, 实现办公无纸化。在 AI 资源调度方面, 系统融合多源异构数据(如门诊挂号量、专家排班表、设备使用率、床位空余率等), 构建强化学习驱动的智能排班与资源匹配模型。平台将深度 Q 网络(Deep Q Network, DQN)与遗传算法相结合, 动态调整诊疗资源配置, 优化多院区之间的人员与设备调配。

医院供应链管理系统能够对药品、试剂、耗材等进行全流程跟踪, 实现医院财务与业务流程的紧密连接, 有助于各部门综合分析和管理决策, 提高医院运营管理效率^[11]。通过运营管理系统对医疗质量、医院运营等关键指标进行实时监控, 实现对数据的日、月、季、年的同比和环比分析, 为医院决策提供科学依据; 通过高效支撑决策释放数据价值, 为医院的管理活动赋能。

3.4 智慧安防监控

智慧医院在机房、网络中心、计算中心等关键部位建立视讯中心, 完善医疗综合应用体系; 通过数字孪生技术实现容灾备份^[12], 进一步提高系统的稳定性和安全性, 为医疗服务提供更加可靠的技术

支持。各院区通过构建视频系统连接,建立应急联动体系,同时推进智能楼宇建设,包括安防管理、智慧监控等。在安全与系统建设方面,医院同步实施超融合、存储虚拟化、异地存储备份等技术,保障数据的安全性和可靠性。在实现业务和办公需求方面,全院采用统一网络覆盖,通过防火墙、逻辑隔离等手段,建立三级等保安全域,从而实现医疗运营的高效协同与安全管理。

4 建设挑战与成效

多院区智慧医院通过体系、技术、管理模式等多方面的创新,深刻影响和改变了患者的就医模式,升级了医院的空间功能布局和服务模式,革新了医院的运营管理机制,服务、管理、运营效率得到了全方位提升。智慧医院建设面临挑战的同时也取得了较大成效。

4.1 建设中的挑战及对策

多院区智慧医院的建设是一项涉及范围广、结构复杂的系统性工程,需要投入大量人力和资金,更要注重数据安全。传统的医院信息系统大多为C/S两层架构,数据库压力巨大,且原设备的兼容性和延展性不适合智慧医院建设,国产化替代、软硬件升级代价不菲。在整个建设过程中,管理层重视,一把手负责,多次调研论证;医工、医信、医管三方面有机融合,汇聚各方力量,形成合力,从痛点需求出发,分解任务,以自身发展目标定位为导向,从运营管理的实际情况和资金状况出发,制定适合医院现实情况的规划,并选择合适的设备和软件厂商等共同建设,匹配适合医院建设的框架体系和模式。在建设过程中,建立完善的安全防护体系和齐抓共管的管理模式,提升全员安全意识,用前10%带动后90%,用技术和管理相结合的方式保障网络与数据安全,确保业务的连续性。

4.2 建设成效

4.2.1 智慧医疗专业、高效

集成平台通过全流程、全要素、全角色、全周期的信息采集,构建了全量实时数据中心,实现了患者历次门诊、住院、体检、咨询、随访等信息共享查询多并发、高性能、快速响应的数据服务,医生可快捷地获取患者全景病历,快速了解病情(从

之前的3分钟以上缩减到1分钟)。在病房基础设施方面,电口交换机升级为光电交换机,增设无线AP点位,由病区走廊延伸到每个病房,提升了信号强度和质量,以及稳定性和兼容性,满足了患者在住院期间的诊疗、护理、生活的信息需求,住院患者信息化满意度由原来的76.3%提升至94.2%。为进一步评估平台的系统性能,本研究采用模拟并发访问与真实业务操作相结合的方式,对平台核心模块进行了运行性能测试。测试结果显示,平台平均响应时间为0.93秒,系统稳定承载并发用户量达1000人次/秒,数据交互成功率维持在99.97%以上,满足临床与管理双场景下的高频次调用需求。此外,平台稳定运行22个月未出现重大服务中断,具备良好的系统冗余与容错能力,为智慧医疗业务的连续性提供了有力保障。

4.2.2 智慧服务便捷、贴心

线上预约挂号和分时段预约诊疗服务打破了区域空间限制,缩短了患者的候诊时间;引入的加号候补机制和多学科联合会诊机制有效缓解了患者就医焦虑;自助查询服务(如检验检查结果、云胶片等)减少了患者就医往返次数;移动支付和智能导检的普及降低了患者排队频率,就医秩序明显好转,体检量增加了45%;患者通过一体化服务台检查预约,就诊时长缩短近1小时;院内外资源共享及线上线下一体化整合为患者提供了专业、便捷、高效的就医体验,满足了他们的多元化健康服务需求。

4.2.3 智慧管理科学、精细

协同化管理使资源配置更加合理;一体化运营使药品、耗材集中采购更加规范,成本管控更加细致。2023年药占比同比降低了1.68%,耗占比同比降低了4.47%。无纸化办公不仅完善了信息闭环,还在2023年为70类表单节约了3.4%的耗材费用,降低了管理成本和院感风险。数据驱动可实现学科控费,监测医疗服务价格和医保基金使用情况,减轻患者就医负担。2023年人均住院费用比2022年降低了15.9%,有效发挥了综合监管效能。数据赋能可实现业务数据统计展示,实现收入、成本、工作量等基础数据的自动化提取,结合医院绩效分配方案,实现各科室奖金的自动化核算。此外,通过

信息推送支撑文化建设，提升医护人员的幸福感和使命感，进一步增强团队凝聚力。

5 结语

虽然智慧医院建设在智慧医疗、智慧服务、智慧管理等方面取得了较大进步，但智慧科研等功能还有待完善。各业务系统需要通过统一数据治理体系实现系统集成，提高数据质量和数据处理的计算能力，为科研助力的同时让科研反哺医院建设，让大数据驱动智慧医院建设和高质量发展^[13-14]。随着社会的发展和科技的进步，以及人工智能在诊疗中的深入应用和物联网设备的普及，医院将继续深切关注医、教、研、管、病患一线用户需求，应用新兴技术有效连接散落在医院各个单元的数据资源，并将信息、技术、设备与医疗管理需求有机结合，深度挖掘各类数据的应用价值^[15-16]，研发柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统和人机协同的智能临床诊疗方案，为医疗服务增添更多创新元素与高效性能。

参考文献

- [1] 连万民, 肖志轩, 李晖, 等. 医院智能孪生体建设探索与实践 [J]. **中华医院管理杂志**, 2022, 38 (4) : 270-274.
LIAN Wanmin, XIAO Zhixuan, LI Hui, et al. Exploration and practice of the construction of hospital intelligent twins[J]. **Chinese Journal of Hospital Administration**, 2022, 38(4): 270-274.
- [2] 葛芳民, 钱欢, 沈雯, 等. 基于互联数智多维服务体系的多院区管理实践 [J]. **中华医院管理杂志**, 2023, 39 (3) : 179-183.
GE Fangmin, QIAN Huan, SHEN Wen, et al. Practice of multi-campus hospital management based on integrated interconnected and digital intelligence-based service system[J]. **Chinese Journal of Hospital Administration**, 2023, 39(3): 179-183.
- [3] KWON H, AN S, LEE H Y, et al. Review of smart hospital services in real healthcare environments[J]. **Healthc Inform Res**, 2022, 28(1): 3-15.
- [4] ZHANG G W, GONG M, LI H J, et al. The “trinity” smart hospital construction policy promotes the development of hospitals and health management in China[J]. **Front Public Health**, 2023, 11: 1219407.
- [5] 蒋帅, 王成增, 付航, 等. 高质量发展背景下智慧医院建设的关键问题及对策 [J]. **中国医院管理**, 2022, 42 (11) : 6-8.
JIANG Shuai, WANG Chengzeng, FU Hang, et al. Discussion on the key issues and strategies of smart hospital construction in the high-quality development[J]. **Chinese Hospital Management**, 2022, 42(11): 6-8.
- [6] 程川, 周彬, 张江江. 医院信息管理现状与问题对策研究 [J]. **中国数字医学**, 2023, 18 (9) : 49-53.
CHENG Chuan, ZHOU Bin, ZHANG Jiangjiang. The current situation and problems solutions of hospital information management[J]. **China Digital Medicine**, 2023, 18(9): 49-53.
- [7] 高伟, 张雷. 基于 5G 技术的医院智慧病房建设探讨 [J]. **中国医院建筑与装备**, 2024, 25 (4) : 63-66.
GAO Wei, ZHANG Lei. The construction of hospital intelligent ward based on 5G technology[J]. **Chinese Hospital Architecture & Equipment**, 2024, 25(4): 63-66.
- [8] 周小芹, 刘慧珍, 王婷, 等. 人工智能赋能医学领域的挑战与发展方向 [J]. **中国胸心血管外科临床杂志**, 2025, 32 (2) : 244-251.
ZHOU Xiaoqin, LIU Huizhen, WANG Ting, et al. Challenges and future directions of medicine with artificial intelligence[J]. **Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery**, 2025, 32(2): 244-251.
- [9] 韩伟鹏, 陈适, 汤蕊, 等. 面向互联网诊疗的医疗服务质量评估新框架 [J]. **中国卫生信息管理杂志**, 2023, 20 (6) : 912-918, 926.
HAN Weipeng, CHEN Shi, TANG Rui, et al. A new framework of health care quality evaluation for internet diagnosis and treatment[J]. **Chinese Journal of Health Informatics and Management**, 2023, 20(6): 912-918, 926.
- [10] 何慧, 吴伟晴, 廖淑萍, 等. 智慧健康管理的实践与探索 [J]. **中华健康管理学杂志**, 2023, 17 (1) : 63-66.
HE Hui, WU Weiqing, LIAO Shuping, et al. Practice and exploration of smart health management[J]. **Chinese Journal of Health Management**, 2023, 17(1): 63-66.
- [11] 梁晓彤, 丁辉. 医院供应链管理内部控制评价体系研究 [J]. **中国医院**, 2022, 26 (9) : 56-58.
LIANG Xiaotong, DING Hui. Study on evaluation system of internal control of hospital supply chain management[J]. **Chinese Hospitals**, 2022, 26(9): 56-58.
- [12] 胡慧娟, 王明帮, 雷崎方, 等. 数字孪生医院: 改变医疗的未来 [J]. **生物医学工程学杂志**, 2024, 41 (2) : 376-382.
HU Huijuan, WANG Mingbang, LEI Qifang, et al. Digital twin hospitals: Transforming the future of healthcare[J]. **Journal of Biomedical Engineering**, 2024, 41(2): 376-382.
- [13] 张永勤, 贾旺, 古丹, 等. 医院智慧运营管理平台建设与应用 [J]. **中华医院管理杂志**, 2022, 38 (3) : 213-216.
ZHANG Yongqin, JIA Wang, GU Dan, et al. Discussion on the construction and application of hospital intelligent operation management platform[J]. **Chinese Journal of Hospital Administration**, 2022,

- 38(3): 213-216.
- [14] 魏东海, STEVEN S, LOUIS R, 等. 从远程医疗到互联网 + 人工智能 (AI) 医疗看医疗数字化的演进 [J]. **中国研究型医院**, 2022, 9 (5) : 64-69.
WEI Donghai, STEVEN S, LOUIS R, *et al.* From telemedicine to internet+artificial intelligence (AI) healthcare to see the evolution of healthcare digitization[J]. **Journal of Chinese Research Hospitals**, 2022, 9(5): 64-69.
- [15] 李聪, 徐慧, 陈楠, 等. 公立医院一院多区管理的探索与实践 [J]. **中华医院管理杂志**, 2022, 38 (1) : 1-5.
LI Cong, XU Hui, CHEN Nan, *et al.* Exploration and practice of multiple campuses of one hospital for public hospitals[J]. **Chinese Journal of Hospital Administration**, 2022, 38(1): 1-5.
- [16] 陈淑华, 连万民, 李晖, 等. 基于医院智能孪生体的全场景智慧医院建设实践探索 [J]. **中华医院管理杂志**, 2022, 38 (3) : 266-269.
CHEN Shuhua, LIAN Wanmin, LI Hui, *et al.* Practice and exploration of an all-scenario smart hospital based on hospital intelligent twins[J]. **Chinese Journal of Hospital Administration**, 2022, 38(3): 266-269.