

基于数字化转型平台的智慧医院建设规划与研究

徐安琪^① 韩娇娇^① 徐一涵^① 范春^①

1 卫宁健康科技集团股份有限公司，上海市，200072

本论文由上海市经信委软件和集成电路产业发展专项资金支持，课题名称：《基于数据驱动的样板智慧医院建设》，基金号：190243

[摘要] 目的：阐释基于数字化转型平台的智慧医院建设规划与研究。方法：结合医院信息化建设实践及社会发展需求，总结归纳智慧医院建设规划。结果：智慧医院的总体架构是以数据中台、技术中台和业务中台组成的数字化转型平台为基础，向上支撑智慧医疗、智慧管理、智慧服务和区域协同四大类智慧应用。结论：智慧医院作为医疗健康新基建的重要组成部分，将推动医疗健康产业转型升级与高速发展。

[关键词] 智慧医院，数字化转型平台，技术中台，业务中台，数据中台

Planning and Research of Smart Hospital Construction Based on Digital Transformation Platform

XU An-qi Han Jiao-jiao Xu Yi-han FAN Chun

Winning Health Technology Group Co.,Ltd. ,Shanghai 200072,China

[Abstract] Objective: Explain the planning and research of smart hospital construction based on digital transformation platform. Methods: Combining the practice of hospital informatization construction and the needs of social development, summarize the construction plan of smart hospital. Results: The overall architecture of smart hospital is based on the digital transformation platform

composed of data middle platform, technology middle platform and business middle platform, and supports four types of smart applications, namely smart medical, smart management, smart service and regional collaboration.

Conclusion: As an important part of the new medical and health infrastructure, smart hospitals will promote the transformation, upgrading and rapid development of the medical and health industry.

[Keywords] Smart Hospital, Digital Transformation Platform, Technology Middle Platform, Business Middle Platform, Data Middle Platform

1. 新时代医疗信息化行业发展趋势

早期医院信息系统主要是以床位、收费、药品、材料管理为核心，以费用为导向的系统建设。进入临床信息系统阶段后，HIS重心从费用管理转向临床管理，形成以应用为导向的系统建设。随着CIS的发展，各个临床业务系统产生了大量的临床数据，这些数据分散在各自的业务系统，用户面临着互通共享、有效调用等结构性和操作性问题^[1]。为解决这些问题，逐步形成了以电子病历为核心、以数据为导向的集成系统建设。随着医疗数据的大量积累以

及数据治理体系的完善，未来将逐步建设以数据为中心、以智能为导向的系统建设，迈向智能时代^[2]。

2. 传统医院与智慧医院的差距分析

传统医院信息系统在进行数字化转型时，技术层面受限于如下三个方面：系统功能碎片化严重，医疗业务日新月异，现有系统功能无法满足新的业务需求，频繁引进新的功能模块“打补丁”，降低工作效率；信息系统架构落后，高耦合、低内聚的设计导致现有系统架构弹性不足，移植性、维护性和横向拓展性受到限制；数据价值有待开发，由于缺乏全面、统一的数据标准，数据普遍存在质量问题，同时由于数据模型、算法效率和应用场景等方面还有待提升，大量的医疗健康数据价值未得到充分释放^[3]。

相应的，智慧医院在技术层面需要完成：系统体系化设计，以临床为核心、以医嘱为主线，系统功能朝着广覆盖、一体化、规范化、智能化方向深入发展；系统架构重构，基于低耦合、高内聚、开放包容的设计理念，采用平台或中台等新的技术架构，建设新一代应用系统；数据资产管理，对大规模多源异构的医疗信息完成治理，提升数据质量和互联互通能力，释放数据在敏锐洞察、精准决策等方面的巨大价值^[4, 5]。

3. 智慧医院的建设与规划

3.1. 建设目标

构建可持续发展、开放性的智慧医院信息系统，以数字化转型平台为基础，以人工智能、云计算、大数据、物联网、区块链等技术为引擎，以数据统一治理和深度利用为核心，适应复杂多变的应用需求和业务场景，使得数据、业务和技术运用融合为一，驱动数据和知识实现全场景全流程智慧应用，打造线上线下融合、云端协同、开放互联的服务生态。

3.2. 需求背景

智慧医院信息化建设处于技术发展、政策驱动、医院管理、行业监管等因素的持续影响，信息化建设需要不断针对5G、云大物移智、新兴临床诊治手段、精准医疗等新技术的引入与运用，对分级诊疗、远程医疗协作、医联体/医共体、互联互通、医保控费等国家医改政策和特定政策法规的落地，对提升患者就医体验、提升医疗效率、质量、安全、绩效、合规等医院管理要求的支撑作出调整和转变，这个过程亟需要解决和处理“一静一动”两方面业务需求。

需要将经常变化的业务环节进行管控与流程调整，如与医保政策、与医疗质量与安全、与费用控制、与行业监管政策要求相关的充满个性化的业务处理环节的管控；对灵活多变的就医流程的设置，包括提升患者就医体验、加强医疗业务管理、履行特定政策法规要求以及对血透、放化疗、日间手术、围产保健等特殊流程的设置和调整，此外，还要考虑面对突发公共卫生事件、以及突发公共卫生事件常态化时全院信息化的转换机制。

同时，还需要将临床长期稳定的诊断与治疗模式进行专业业务域的设计和组件化，如与诊查体系相关的临检、生化、微生物、超声诊断、放射诊断、核医学检查、病理诊断、内镜检查、基因检测、耳鼻喉、皮肤、口腔、眼视光学等检查；与治疗体系相关的手术、放疗、化疗、输血、生物治疗、康复理疗、针灸、中医治疗、药物治疗、基因治疗、营养调理等处置内容；与知识与经验体系相关的规则、术语、指南、约束、案例参考等支持性内容。将临床诊疗核心内容进行固化。

为此，智慧医院数字化转型平台的规划与设计，应重点在以下几个方面实现突破。

3.3. 总体架构

智慧医院的总体架构是以数据中台、技术中台和业务中台组成的数字化转型平台为基础，向上支撑智慧医疗、智慧管理、智慧服务和区域协同四大类智慧应用。智慧医院总体架构图如图 1 所示。



图 1 智慧医院总体架构图

3.4. 数字化转型平台

数字化转型平台包括技术中台、数据中台、业务中台三部分，为医疗服务提供共性基础资源和基础设施，支撑各类个性化的业务场景。

业务中台基于领域驱动设计（Domain-Driven Design, DDD）的设计理念，遵循面向服务、聚焦内容、高内聚低耦合的原则建立领域模型^[6]，形成人、就诊、临床、记录、知识、物品、费用以及护理 8 个医疗业务域。在医疗业务域之内，根据业务流程对服务进行识别、抽象和融合，建立服务模型。业务中台将各类标准流程、临床路径、业务逻辑、闭环规范等共性流程和操作，以服务组件或微服务形式进行封装。智慧应用由业务中台服务组件按照医疗场景和流程组合而成，支撑医疗流程的灵活配置。如图 2 所示，预约挂号应用涉及到患者服务和就诊服务两大业务域中的一些服务组件，通过业务中台 API 网关就可以组合、调用这些组件组成预约挂号应用，根据医疗场景的需要，可选择全部组件（A）或部分组件（B），组件之间的顺序可以随意调换（C）。

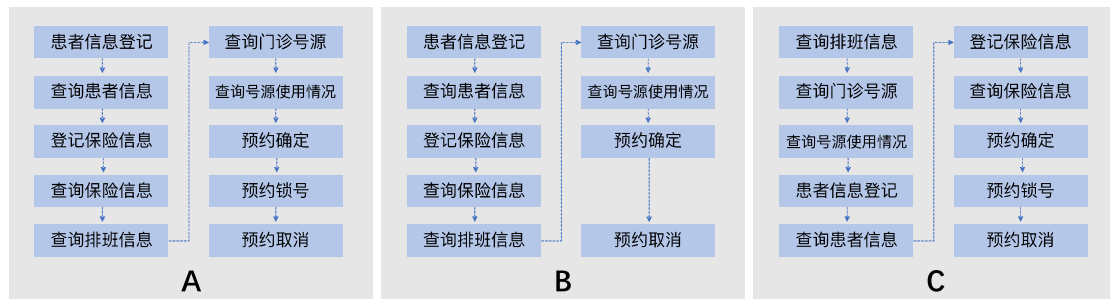


图 2 预约挂号应用的服务组件组合方式（示例）

数据中台由三层组成。数据采集/同步层对各业务域半结构化数据、知识数据等进行历史批量同步，并基于事件实时采集日志、影像、病历等临床信息。采集与同步到的数据经由数据治理，实现数据标准统一、实体统一，而后存储于全域数据中心。一站式开发套件包含离线计算、实时计算以及一系列算法引擎和知识图谱，以 API 形式向智慧应用提供统一的数据基础服务、数据建模服务和数据分析服务，形成数据产生-采集-加工-赋能的数据闭环。数据中台支持知识驱动的智能辅助决策，通过分析患者的病症信息，利用知识图谱、模型推算出可能的病状诊断，为医生提供决策支持。

技术中台支撑数据中台和业务中台运行，是整个医疗数字化转型平台的底层引擎。技术中台整合和包装云基础设施，具备弹性计算能力，兼容传统数据中心、公有云、私有云和混合云部署，建立微服务、分布式缓存、消息队列、搜索引擎等各种技术中间件，并在此基础上建设和封装简单易用的能力接口，支持各种新技术平台搭建。

3.5. 智慧应用

以中台思维构建的医疗数字化转型平台，可以支持临床医疗、医院管理、患者服务、区域协同、三医联动、院内和院外医疗健康服务融合等应用。医疗数字化转型平台可以针对不同的场景，用平台的标准组件或微服务进行动态配置以建立满足不同需求的应用场景，智慧应用的集成界面、载体、应用形式等通过技术中台的可视化、人工智能、人机交互、物联网、虚拟现实等技术提供支撑。

智慧医疗主要服务于医护人员，具体包括医生工作站、临床辅助诊疗、临床路径管理、智能病历书写、检验检查、护士工作站、移动护理、专病视图、闭环管理、医疗质控等应用；智慧服务主要服务于患者，为患者提供线上和线下相结合的诊前、诊中和诊后全就医闭环服务，主要包括诊前咨询、智能导诊、智能分诊、就医导航、报告解读、精准用药、疾病筛查、健康宣教、慢病管理等应用，实现院内和院外服务的一体化；智慧管理服务于医院管理者和科主任，主要包括绩效考核、医务管理、病案管理、药事管理、医疗质量控制、医保控费、药品和耗材管理、后勤保障、消毒供应、医疗设备和基础设施的数字化运营监管等应用；区域协同实现院际之间的分级诊疗、远程诊疗、远程会诊、远程查房等应用，以医联体、医共体、专科团队建设等方式加强基层医疗卫生机构的临床服务能力，推动医疗和公共卫生服务的联动。

无论是智慧医疗、智慧服务、智慧管理还是区域协同，其应用功能都可以抽象并分拆到人、就诊、临床、记录、知识、物品、费用、护理这8个医疗业务域，每个业务域由多个对象或事件组成，每个对象描述或事件则由多个微服务根据设定的业务逻辑、规则或数据模型、知识等进行构造生成，与业务逻辑、规则相关的微服务由业务中台提供，与数据模型、知识相关的微服务由数据中台提供，微服务以API的方式对外开放供调用。每个医疗业务域只专注描述、处理、解决和记录本领域专业的问题或需求，类似于生产流水线，每段流水线只完成事先设定好的组件或模块的生产，再将这些组件和模块组装成一件完整的产品。在设计规划时通过反向工程或逆向思维，对医疗服务信息化这一复杂庞大的工程进行拆解，将原来数据、业务流程或功能耦合性紧密的大黑盒转变为可由模块自由组装的透明白盒，这种白盒在可塑性、可扩展性、可视化、可解析性能力方面具有显著的优势。以门诊就诊应用为例（见下图），整个业务过程可解构为8个医疗业务域，分别用不同的颜色标注，8个业务域确保了应用功能为适应不断变化的需求而能实现快速灵活配置的特点，包括业务流程调整、多源化的数据对接、全过程的知识体系支撑等。

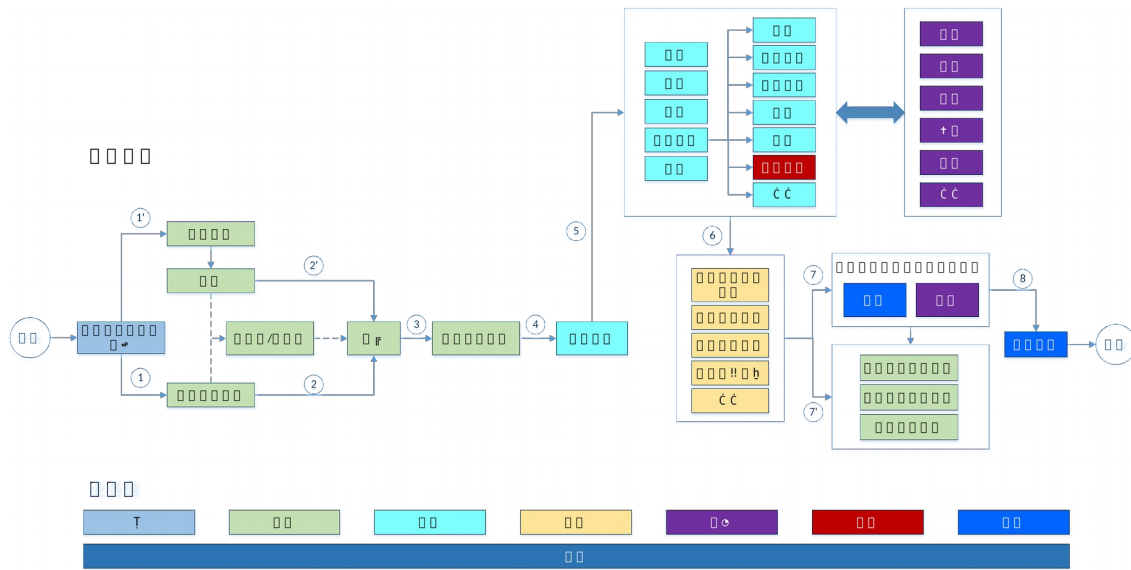


图 3 门诊就诊的业务域设计

“门诊挂号”的功能，除了与“自助预约就诊”进行对接，还可以扩展为与“基层首诊”进行对接，提高医院对分级诊疗、院际协同的适应能力；“预问诊/护士台”作为流程中的备用功能，可以通过配置加入到就诊流程中，根据具体业务需求决定是否要对转诊、自助预约的患者增加预检环节，如当传染病等突发公共卫生事件爆发的情况下，需增加对所有患者信息采集内容；收费、发药、打印门诊电子病历、获取检验检查报告、获取影像文件，在流程上不限定先后顺序，可以根据先付费后诊疗或先诊疗后付费两种模式进行配置；物品域包含药品、耗材、制剂、器械、样本等，反映了与临床活动相关联、相对应的物品动态信息，也与医院后勤保障管理、物资供应等相关，物品的动态变化信息通过信息录入、或物联网自动感知采集的方式进行维护，实现多源化的数据接入；知识域负责对“门诊诊疗”全过程（即其它 7 个医疗业务域）提供规则、术语、指南、约束、提醒、警示等规范性支撑，确保诊疗的科学性和合规性，确保费用的合理性，确保医疗质量，主要以数据中台 API 对业务提供支持，包括知识图谱（病种知识图谱、检验知识图谱、检查知识图谱、解剖知识图谱、体征知识图谱等）、规则知识（检查业务规则、手术业务规则、药品业务规则、输血业务规则、膳食业务规则、报告解读业务规则等）、术语知识（诊断、症状、体征、解剖、检验、检查、药品、病种等）、静态文本知识（人卫社知识库、中医知识库、权威书籍、专业文献、医学指南、临床路径、专家共识、临床数据等）和病例案例知识等。

同一个应用功能，其调用业务中台或数据中台的微服务不是一成不变的，会根据业务需求的变化发生调整，只需要对微服务调用规则进行配置就能使应用功能快速适应这一变化。还是以“门诊挂号”为例，假定当前为新冠肺炎传染性疾病爆发期间，需要对“门诊挂

号”相关应用功能做出一系列快速调整，以对突发公共卫生事件进行应急处置，需要做出调整的功能包括传染病报告、预问诊/护士台、门诊医生病历书写、下达检验医嘱、下达检查医嘱、开立处方和危急值管理等，应用功能调用微服务的变化关系见下图：

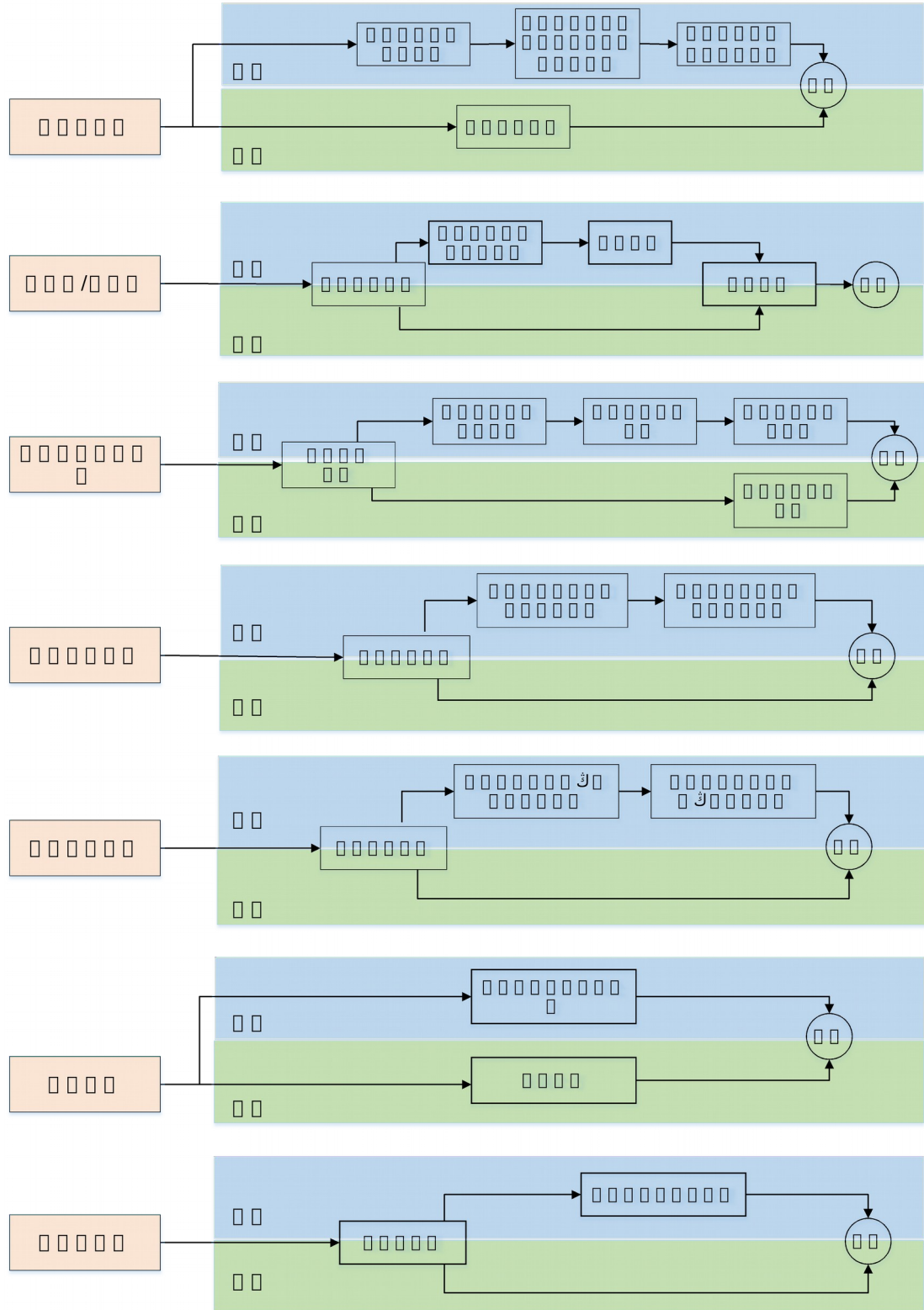


图 4 门诊就诊的微服务调用设计

以中台思维构建的医疗数字化转型平台，为智慧医疗各类应用提供基础支撑。各医疗临床系统产生的业务系统源数据一方面存储在数据中台以供服务随时调用，保证中台对数据的实时使用，另一方面支持数据输出到临床数据仓库（CDR）并做加工处理形成知识之后，再流入到数据中台供服务调用。同时利用大数据处理和分析技术、机器学习等技术在数据中台形成新的知识图谱和知识库，创建新的医疗知识服务，返哺至业务中台。业务中台不断更新汇聚医疗规范化流程、临床路径、操作规范和业务逻辑等信息，并将其医疗业务及相关逻辑服务化，形成对外开放服务API。从而能够提高医院应对各类临床医疗需求的快速响应能力和为患者提供个性化医疗的服务能力，支撑全生态的临床决策，实现新型医疗健康服务体系的闭环。

4. 未来展望

在确保信息安全的前提下，通过搭建灵活多元、高度兼容、易于扩展的数字化转型平台，包含标准统一的数据体系、高度兼容的技术架构和多元化的交互支持等要素，实现多源异构数据的整合、治理和共享。智慧医院的智慧应用涉及临床治疗、患者服务和医院管理运营的方方面面，具有丰富的应用场景和广阔的想象空间。因此，伴随着数字化转型的智慧医院将秉承“场景开放”的创新思路，充分调动医院、企业等各方力量，吸引多元主体共同参与智慧医院智慧应用的建设。在国家推动“新基建”战略机遇下，智慧医院作为医疗健康新基建的重要组成部分，将持续推动大数据、云计算、人工智能、区块链等技术与医疗健康业务的深度融合与应用，以先进的技术能力推动医疗健康产业转型升级与高速发展。

参考文献:

- 【1】 张建忠, 李永奎, 曹玲燕, 张艳. 国内外智慧医院建设研究[J]. 中国医院管理, 2018, 38(12): 64-66.
- 【2】 崔文彬, 唐燕, 刘永斌, 王淑, 高春辉, 王淼, 于广军. 智慧医院建设理论与实践探索[J]. 中国医院, 2017,21(8): 1-4.
- 【3】 张红伟, 翟鹏程, 冯思度, 杨健叶, 贾贻然. 数字化医院多源异构数据集成平台研究与设计[J]. 医学信息学, 2019, 40(1): 23-25.
- 【4】 刘艳亭, 李健, 郭敬鹏. 智慧医院规划建设与应用研究进展[J]. 中国医学装备, 2019, 16(6): 177-181.

- 【5】 徐安琪, 范春. 智慧医院建设及应用场景的研究与实践 [J]. 中国数字医学, 2018, 13(07): 90-92.
- 【6】 周红林, 曾春生, 常欢欢. 基于领域驱动的企业中台设计研究 [J]. 现代信息科技, 2019(20): 79-81.