

# 智慧医院建设与规划研究\*

徐安琪 韩娇娇 徐一涵 范春

(卫宁健康科技集团股份有限公司 上海 200072)

〔摘要〕 分析传统医院与智慧医院差距, 详细阐述智慧医院建设与规划路径, 包括建设目标、业务需求、总体架构、数字化转型平台、智慧应用等方面, 为相关研究提供参考。

〔关键词〕 智慧医院; 建设规划; 数字化转型平台

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.05.010

**Study on the Building and Planning of Smart Hospital** XU Anqi, HAN Jiaojiao, XU Yihan, FAN Chun, Winning Health Technology Group Co. Ltd., Shanghai 200072, China

〔Abstract〕 The paper analyzes the gap between traditional hospitals and smart hospitals, elaborates the building and planning path of smart hospitals in detail, including the building target, business requirement, overall architecture, digital transformation platform and intelligent applications, etc., and provides references for related study.

〔Keywords〕 smart hospital; building plan; digital transformation platform

## 1 引言

早期医院信息系统建设是以床位、收费、药品、材料管理为核心, 以费用为导向。进入临床信息系统阶段后, 医院信息系统 (Hospital Information System, HIS) 重心从费用管理转向临床管理, 形成以应用为导向。随着临床信息系统 (Clinical Information System, CIS) 的发展, 大量临床数据生成并分散在各自业务系统中, 用户面临互通共享、有效

调用等结构性和操作性问题<sup>[1]</sup>。为解决这些问题逐步形成以电子病历为核心、以数据为导向的集成系统建设。随着医疗数据大量积累以及数据治理体系的完善, 未来将逐步开展以数据为中心、以智能为导向的系统建设, 迈向智能时代<sup>[2]</sup>。

## 2 传统医院与智慧医院差别分析

### 2.1 传统医院信息系统技术受限

在进行数字化转型时传统医院信息系统技术层面受限于 3 方面: 一是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业务需求, 频繁引进新功能模块“打补丁”, 降低工作效率; 二是信息系统架构落后, 高耦合、低内聚设计导致现有架构弹性不足, 移植性、维护性和横向拓展性受到限制; 三是数据价值有待开发, 由于缺乏全面、统一的标准, 数据普遍存在质量问题, 同时数据模型、算法效率和应用场景等方面有待提升,

〔修回日期〕 2020-09-18

〔作者简介〕 徐安琪, 硕士, 高级咨询顾问, 中级工程师, 发表论文 3 篇, 参编论著 1 部; 通讯作者: 范春, 高级工程师。

〔基金项目〕 上海市经信委软件和集成电路产业发展专项“基于数据驱动的样板智慧医院建设”(项目编号: 190243)。

大量医疗健康数据价值未得到充分发挥<sup>[3]</sup>。

## 2.2 智慧医院信息系统技术升级目标

相应地智慧医院在技术层面需要完成 3 项任务：一是系统体系化设计，以临床为核心、以医嘱为主线，系统功能向广覆盖、一体化、规范化、智能化方向深入发展；二是系统架构重构，基于低耦合、高内聚、开放包容设计理念，采用平台或中台等新技术架构建设新一代应用系统；三是数据资产管理，完成对大规模多源异构医疗信息的治理，提升数据质量和互联互通能力，发挥数据在精准决策等方面的巨大价值<sup>[4-5]</sup>。

## 3 智慧医院建设与规划

### 3.1 建设目标

构建可持续发展、具有良好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、业务和技术运用相融合，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

3.2.1 概述 智慧医院信息化建设受到技术发展、政策驱动、医院管理、行业监管等因素持续影响。需要不断引入与运用 5G、“云大物移智”、新

兴临床诊治手段、精准医疗等技术，推动分级诊疗、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落地，这个过程亟需解决和处理“一静一动”两方面业务需求。

3.2.2 应对动态业务需求 对经常变化的业务环节进行管控与流程调整，包括对与医保政策、医疗质量及安全、费用控制、行业监管政策要求相关的个性化业务处理环节管控；对灵活多变的就医流程进行设置，以及提升患者就医体验、加强医疗业务管理、履行特定政策法规要求以及血透、放化疗、日间手术、围产保健等特殊流程设置和调整。此外还要考虑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转换机制。

3.2.3 应对静态业务需求 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。

### 3.3 总体架构

智慧医院的总体架构是以数据、技术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 4 类智慧应用，见图 1。



图 1 智慧医院总体架构

### 3.4 数字化转型平台

3.4.1 业务中台 基于领域驱动设计 (Domain - Driven Design, DDD) 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<sup>[6]</sup>, 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、抽象和融合进而建立服务模型。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, 支撑医疗流程灵活配置。其中, 预约挂号应用涉及患者和就诊服务两大业务域中部分服务组件, 通过业务中台应用程序接口 (Application Programming Interface, API) 网关即可组合、调用组件组成预约挂号应用, 根据医疗场景需要可选择全部组件 (A) 或部分组件 (B), 组件之间顺序可以随意调换 (C), 见图 2。

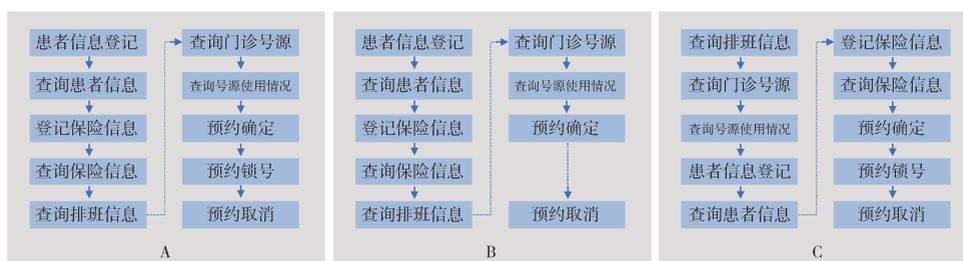


图 2 预约挂号应用的服务组件组合方式 (示例)

3.4.2 数据中台 由 3 层结构组成。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, 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标准、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、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数据基础、建模和分析服务, 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。

3.4.3 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, 在此基础上建设和封装简单易用的能力接口, 支持新技术平台搭建。

### 3.5 智慧应用

3.5.1 概述 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场景, 利用平台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。

3.5.2 服务对象 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; 智慧服务主要针对患者, 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, 实现院内外服务一体化; 智慧管理主要服务于医院管理者和科主任, 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

团队建设等方式提升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联动。

3.5.3 应用功能 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、护理等 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 方式对外开放以供调用。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生产并组装成完整产品。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，其在可塑性、可扩展性、可视化、可解析性方面具有更显著优势。以门诊就诊应用为例，整个业务过程可解构为 8 个医疗业务域并分别使用不同颜色标注，8 个业务域确保应用功能为适应不断变化的需求而快速灵活配置，包括业务流程调整、多源化数据对接、全过程知识体系支撑等，见图 3。

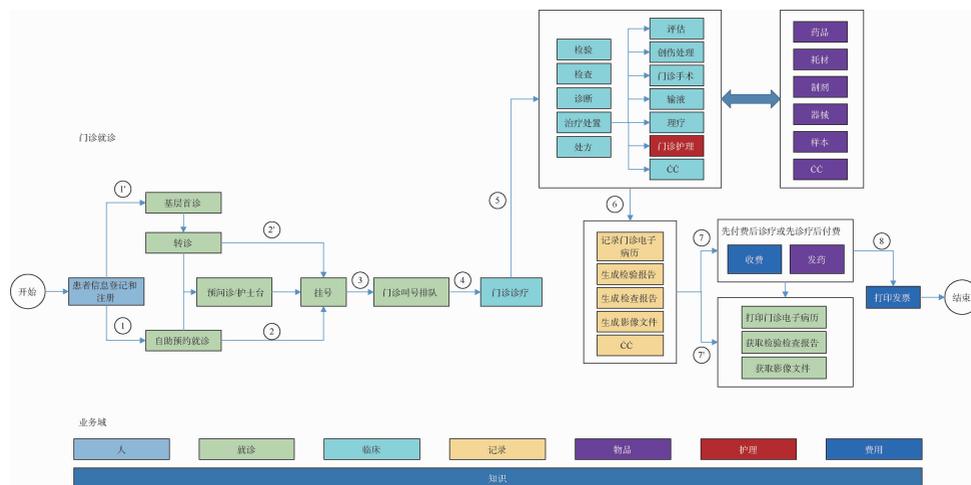


图 3 门诊就诊业务域设计

3.5.4 功能实现 门诊挂号功能除与自助预约就诊对接，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、自助预约患者增加预检环节，如当传染病等突发公共卫生事件发生时，需增加患者信息采集内容；收费、发药、打印门诊电子病历、获取检验检查报告及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，反映与临床活动相关联、相对应的物品动态信息，与医院后勤保障管理、物资供应等相关，物品动态变化信息通过信息录入或物联网自动感知采集

方式进行维护，实现多源化数据接入；知识域负责对门诊诊疗全过程（即其他 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，确保诊疗科学性和合规性、费用合理性及医疗质量，主要利用数据中台 API 对业务提供支持，包括知识图谱（病种、检验、检查、解剖、体征知识图谱等）、规则知识（检查、手术、药品、输血、膳食、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。

3.5.5 应用功能调整 同一应用功能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

务需求变化而调整，只需要对微服务调用规则进行配置就实现应用功能快速适应变化。以门诊挂号为例，在传染性疾病暴发期间需要对“门诊挂号”相关应用功能快速做出一系列调整，以应对突发公共

卫生事件，需要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，见图 4。

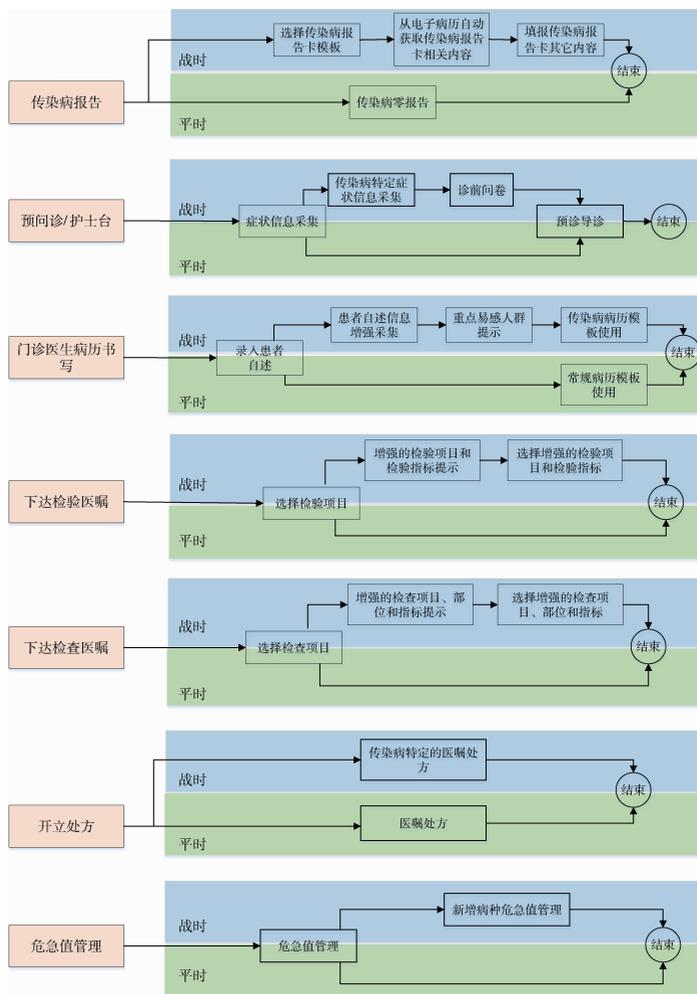


图 4 门诊就诊的微服务调用设计

3.5.6 平台基础支撑作用 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，保证中台对数据实时使用，另一方面支持数据输出到临床数据仓库 (Clinical Data Repository, CDR) 并做加工处理形成知识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、机器学习等技术在数据中台形成新的知识图谱和知识库，创建新的医疗服务，支撑业务中台。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，将医疗业务及相关逻辑形成对外开放服务 API，从而提高医院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服务的能力，支撑全生态临床决策，实现新型医疗健康服务体系闭环。

#### 4 结语

在确保信息安全前提下，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

(下转第 78 页)

者电子病历信息必须使用患者本人电子健康卡，即只有获得患者允许才可以访问其病史，见图 4。

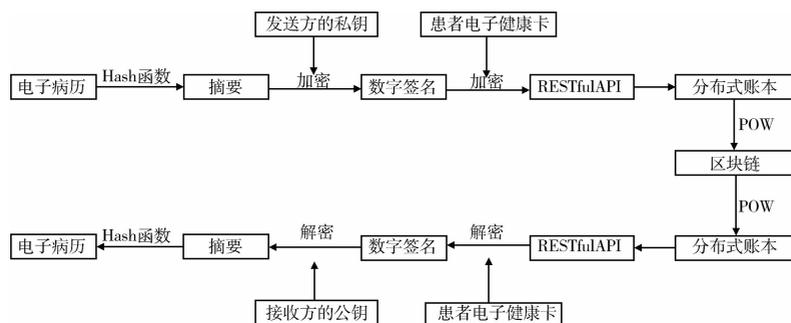


图 4 区块链数字签名电子病历架构

### 3 结语

区块链与数字签名技术在电子病历系统中的应用，使电子病历具有和手工签名一样的法律效力且不可篡改、抵赖。患者电子病历信息经过哈希算法、非对称加密和椭圆曲线加密后存储在服务器中，保证隐私安全。将患者电子病历信息以 API 方式登记在就诊记录账本中，每家医院的就诊记录账本都会有相同记录。只有在患者允许的情况下医生才可以访问其所有电子健康记录，有助于准确了解病情；医院管理制度更规范、更严谨；实现无纸化，减少资源浪费；区块链 POW 机制可有效防止黑客攻击。电子病历具有统一格式，可以方便地进行大数据分析处理与深度学习，以辅助诊断并为医疗信息化发展提供优质平台。

(上接第 60 页)

交互支持等要素，实现多源异构数据整合、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，具有丰富应用场景和广阔发展空间。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应用建设。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深度融合与应用，以先进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 陈隆轩, 马俊秋, 倪若宇, 等. 区块链技术在电子病历上的应用研究 [J]. 大数据时代, 2018 (5): 11-13.
- 2 田国栋, 符晓婷, 宗文红, 等. 数字签名技术在电子病历中的应用及发展趋势 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2011, 8 (6): 58-61.
- 3 黄建华, 江亚慧, 李忠诚, 等. 区块链在医疗行业的应用前景 [J]. 医学信息学杂志, 2018, 39 (2): 2-8.
- 4 王文翠, 李志强, 秦芳, 等. 基于数字签名的可信电子病历系统 [J]. 中国数字医学, 2016, 11 (3): 19-21.
- 5 Jorwekar GJ, Dandekar KN, Baviskar PK, et al. Picture Archiving and Communication System (PACS): clinician perspective about filmless imaging [J]. The Indian Journal of Surgery, 2015, 77 (3): 774-777.
- 6 熊志强, 周昊. 基于区块链技术的电子病历研究 [J]. 中国数字医学, 2019, 14 (1): 64-66.

### 参考文献

- 1 张建忠, 李永奎, 曹玲燕, 等. 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, 等. 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, 等. 数字化医院多源异构数据集成平台研究与设计 [J]. 医学信息学杂志, 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 (7): 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.