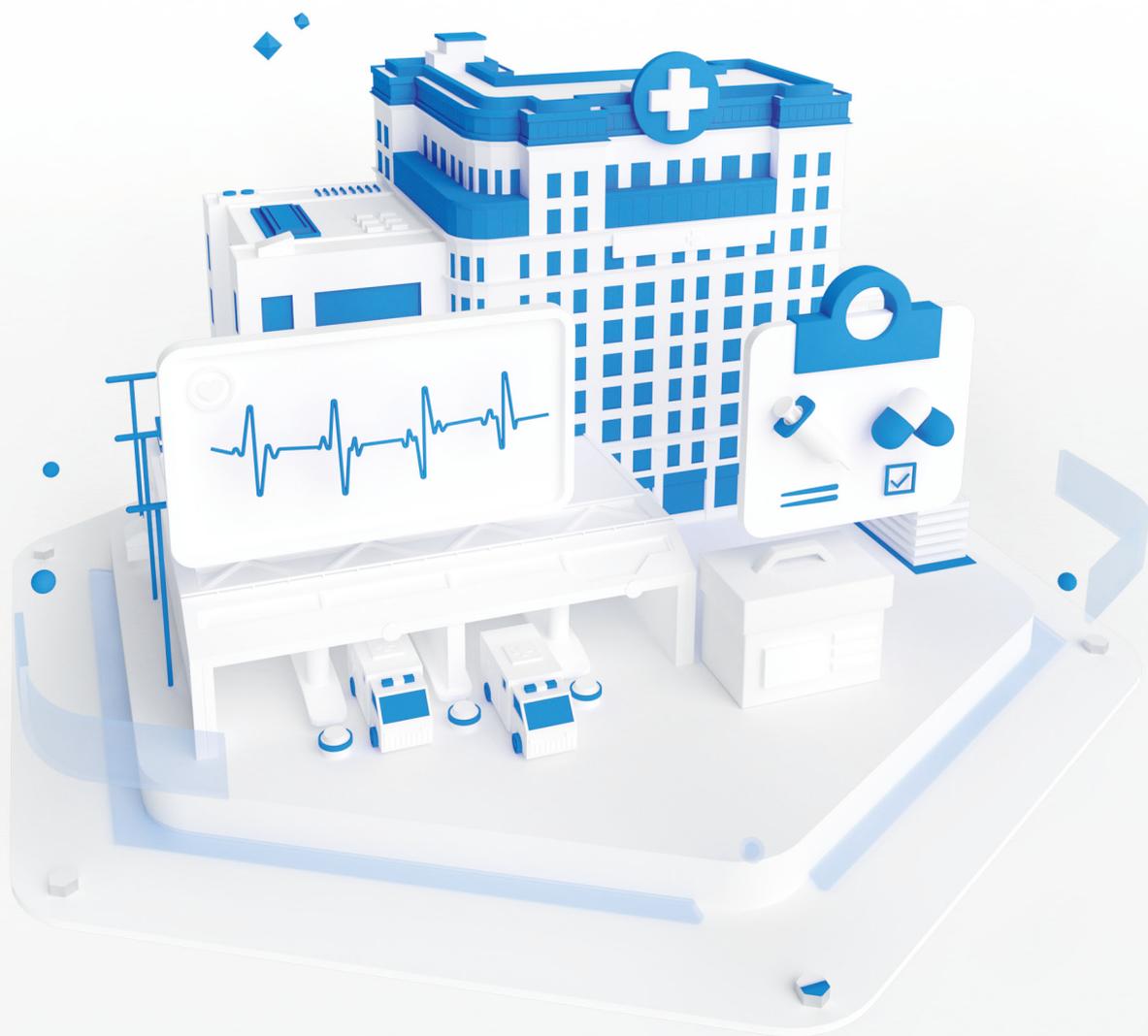


WHITE PAPER
OF MEDICAL KNOWLEDGE
MIDDLE PLATFORM

2021 医疗知识中台 白皮书





序

近年来，随着经济的快速发展和社会的不断进步，人民群众对医疗服务的质量及精细化程度要求不断提高。与此同时，当前医疗资源在配置方面仍存在着诸如优质医疗资源分布过度集中、基层医疗诊疗能力薄弱等问题。

随着中国医疗卫生领域体制改革的不断深化，具有中国特色的创新型医疗健康服务体系正在逐步形成。同时，在云计算、大数据和人工智能等技术的驱动下，互联网线上问诊、临床辅助诊疗、病案质控等创新性医疗业务场景已经从概念走向实际应用，为缓解医疗资源供需矛盾带来新的解决思路。

百度是拥有强大互联网基础的领先 AI 公司，在云计算、大数据和人工智能等领域具有深厚的技术积累和丰富的产业实践，形成了从技术到平台、应用、生态和人才培养的完整产业发展赋能体系。在技术创新方面，突破知识增强的跨模态深度语义理解关键技术，形成超大规模知识图谱和知识增强大模型；同时，为降低行业生态伙伴应用 AI 技术的门槛，打造平台，自主研发了飞桨产业级深度学习开源开放平台，为产业智能化升级提供支撑。

在医疗健康领域，百度携手人民卫生出版社、中华医学会等权威医疗知识服务机构，进行医疗行业的数据积累和知识沉淀，打造“数据 + 知识”双驱动的智慧医疗整体解决方案，构建权威、专业、可循证的医疗知识服务平台，并广泛应用在医疗健康服务和诊疗业务场景，已经为 400 余家医疗机构、超过 1,500 万的患者提供医疗知识服务。

在可以预见的未来，新兴技术驱动的创新型医疗健康服务体系将日趋完善。医疗知识服务的智能化开放平台，将具有更多的应用场景和更大的市场空间。衷心希望，新技术能够带来更多积极力量，推动医疗行业发展，为人民群众的健康生活带来更多幸福。

CONTENTS

目录

01

引言

03

一、医疗行业发展面临的新挑战

- 04 1.1 医疗健康服务需求不断攀升，对医疗资源分布配置提出新挑战
- 07 1.2 人均医疗资源供给依旧不足，优质医疗资源分布过于集中
- 09 1.3 政策推陈出新解决供需矛盾，推动优质医疗资源扩容下沉

11

二、新兴技术助力医疗行业向知识化、智能化、中台化迈进

- 12 2.1 医疗知识是医疗行业的根基，显性化表达将成为新趋势
- 14 2.2 AI技术加速提升机器认知能力，为医疗行业智能化发展注入新活力
- 16 2.3 构筑中台是医疗机构智能化升级的关键抓手，也是能力沉淀的有效途径

17

三、医疗知识中台—遵循医疗逻辑的智能化开放平台

18 3.1 基本定位

19 3.2 架构分层

21 3.3 产品功能

27 3.4 产品特征

29

四、赋能用户

31 4.1 医疗机构智能化升级

32 4.2 区域医疗中心/医联体建设

33 4.3 医疗IT公司智能化应用开发

35

五、未来发展展望

36 5.1 建设路径

37 5.2 生态发展

38

结束语

引言

随着我国人口老龄化程度的不断攀升和新冠疫情的常态化影响，人民群众对优质医疗服务的需求也与日俱增，进一步加剧了我国医疗资源供需不平衡矛盾。为了切实有效缓解就医难、看病贵的社会问题，国家高度重视医疗健康领域的发展，陆续发布了《“健康中国 2030”规划纲要》《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》《关于实施健康中国行动的意见》等多项重要文件，明确提出利用新技术加快医疗健康行业数字化转型和构建完善的医疗健康服务体系，为人民群众提供全方位、全周期健康服务。

医疗行业是知识密集型行业，具有高复杂度、零容错性和需要循证等特点。新兴技术需要与医疗知识进行深度融合，才能更好地赋能医疗行业发展。当前快速发展的人工智能技术，已经能够支持机器实现对医疗知识的理解、组织和利用，提高机器运用医疗知识的深度与广度，使得机器像医生一样思考；此外，中台架构的出现，能够有助于医疗机构进行自身医疗知识的沉淀、积累与共享，更好地为医疗机构发展奠定基础。

围绕新时代智慧医疗发展态势及未来趋势，百度依托在医疗行业领域的经验积累和海量异构数据汇聚处理、知识加工等技术优势，打造了融合诊断指南、临床路径、专家共识、医疗标准的医疗知识中台，用医疗知识赋能医疗诊疗过程，使得医疗机构人员便捷、高效地获取优质权威的医疗知识，让医疗服务可以有章可循。

医疗知识中台的主要价值体现：

- 1、医疗知识中台是提供医疗知识服务和医疗知识加工的智能化开放平台，通过内置的基础工具，从经典权威的医学教科书、专家共识、临床指南中获取医疗知识，经过加工后形成便于机器识别理解的医疗知识，并对外提供医疗知识服务。

- 2、医疗知识中台是促进医疗行业应用智能化升级的关键底座，能够将隐性医疗知识转换成显性、标准化医疗知识，实现从医疗数据向医疗知识的跃升。

- 3、医疗知识中台将拓展知识的传递和应用方式。传统方式下，主要依据医生利用大脑中的医学逻辑去利用医疗知识；基于医疗知识中台，设备和设备之间、程序和程序之间互动成为可能，机器能够理解和利用医疗知识，可以将医疗知识嵌入到业务流程中辅助进行医疗知识利用，降低医生精力和脑力负担。

4、医学知识中台内置百度多年积累的医疗知识，医疗机构和行业生态伙伴能够快速部署应用。另外，针对“自有”的知识源/数据源，中台用户可以通过医疗知识加工环节，将“自有”知识更新到医疗知识库中，形成完整的闭环流程，满足特定业务场景按需构建医疗知识库的需求。

5、医疗知识中台结合了医学思维和技术思维，符合医学逻辑约束。传统基于大数据统计挖掘的 AI 计算模型，其数据置信度受到训练量以及概率影响，在严苛的医学场景下存在局限性。而医疗知识中台发挥中枢大脑作用，强调医疗知识的关键驱动和约束作用，使得机器能够认知医学知识，更好地为医疗机构和医疗从业人员服务。

6、医疗知识中台提供的开放、标准组件，使得行业生态能够以搭积木的方式，按照应用场景需要快速构建医疗知识服务体系，支撑场景应用开发，有助于医疗知识驱动下的应用生态培育。

医疗行业 发展面临的新挑战

随着我国居民健康观念从“治病”到“预防”的转变、人口老龄化程度不断加深和卫生总费用的持续攀升等变化，人民群众对医疗服务的需求不断增长。但我国医疗卫生体系长期面临着平均医护人员总量供给不足、优质医疗资源过于聚集、基层医疗资源质量短期难以大幅提高等挑战。国家历来高度重视医疗卫生领域的体系建设，近年来，先后出台了多项政策推动医疗行业高质量发展、提升医疗资源供给、保障居民的基本医疗服务。尤其是在“十四五”规划纲要中明确提出，通过打造国家医学中心、区域医疗中心和专病诊疗中心，借助新技术从根本上提升医疗服务水平和引导优质医疗资源下沉，缓解医疗供需不平衡难题。

1.1

医疗健康服务需求不断攀升 对医疗资源分布配置提出新挑战

“十三五”期间，中央和地方政府在医疗卫生领域的财政投入持续增加，我国居民主要健康指标得到不同程度的提升，其中人均预期寿命从 76.3 岁提高到 77.3 岁，婴儿死亡率从 8.1‰ 降至 5.6‰，孕产妇死亡率从 20.1/10 万降至 17.8/10 万¹。但随着人民群众健康观念的转变、人口老龄化趋势持续走高和新冠疫情防控常态化等综合要素的影响，整个社会对医疗服务的需求持续增大，具体表现为以下三方面：

首先，人民群众健康意识不断提升，从“治病”向“预防”转变。随着生活水平的不断提升，我国居民愈发重视维持自身健康，居民人均医疗保健消费支出复合增长率 7.1% 甚至超过了 GDP 的复合增长速度 6.4%，如图 1 和图 2 所示。同时，疫情期间健康知识广泛传播，居民对高质量医疗服务需求表现出上升态势，逐渐从“以治疗为主”转化为“以预防为主”，医疗服务市场规模将进一步扩大。

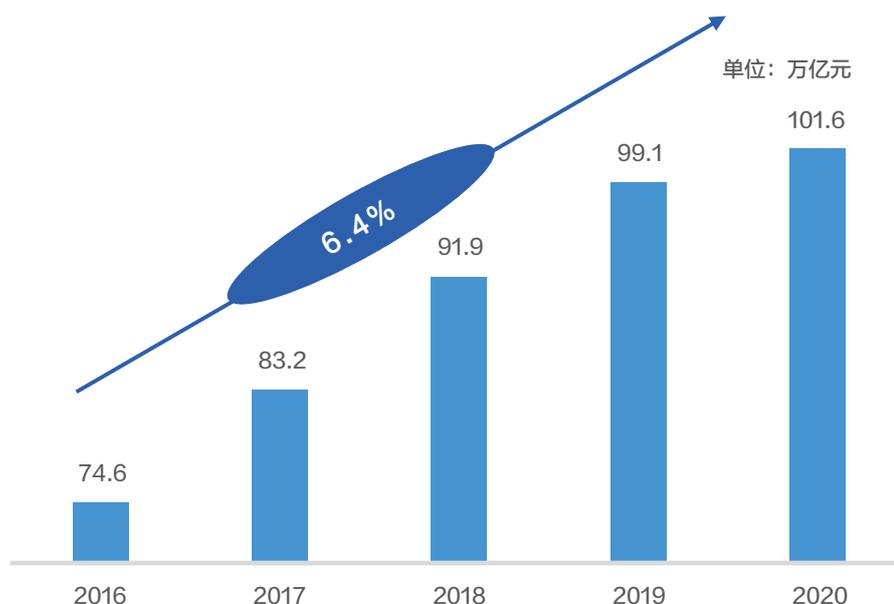


图 1 2016 -2020 年中国 GDP 变化情况图²

¹ 数据来源：国家统计局网站和卫健委官网

² 数据来源：国家统计局网站

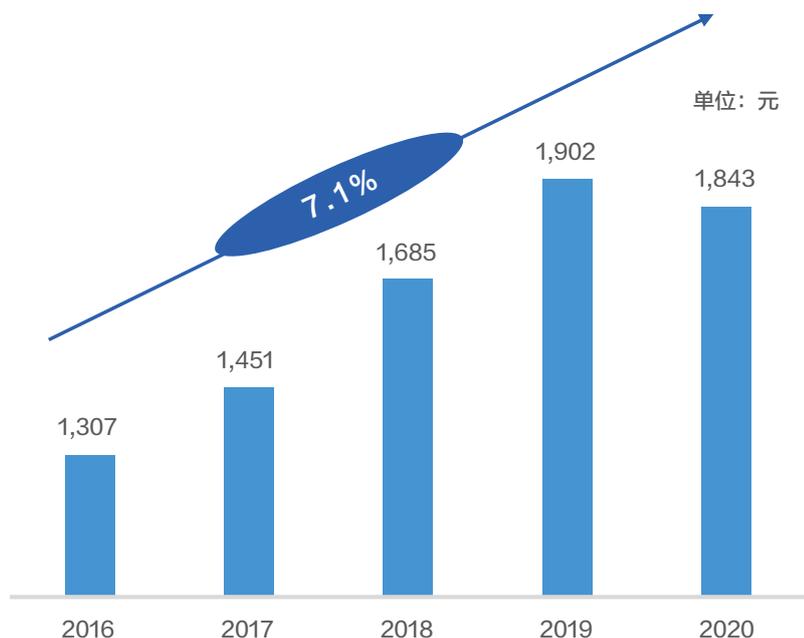


图 2 2016 -2020 年居民人均医疗保健消费支出情况³

其次，人口老龄化程度不断加深，对社会基础医疗保障服务能力提出更高要求。据第七次全国人口普查结果显示，我国人口总量为 14.11 亿，其中 60 岁及以上人口为 2.64 亿人，占 18.70%，如图 3 所示。预计到 2050 年 60 岁以上人群占比将高达 36%，中国将全面进入老龄化社会。老龄化将带来大量的慢性疾病患者，极易引发并发症和伴生性疾病，加剧医疗救治难度；同时，老龄化还将伴随大量的失智失能人口，加大社会养老负担，为老年人健康管理和康护服务提出新的挑战，医疗资源分配将面临更大难题。

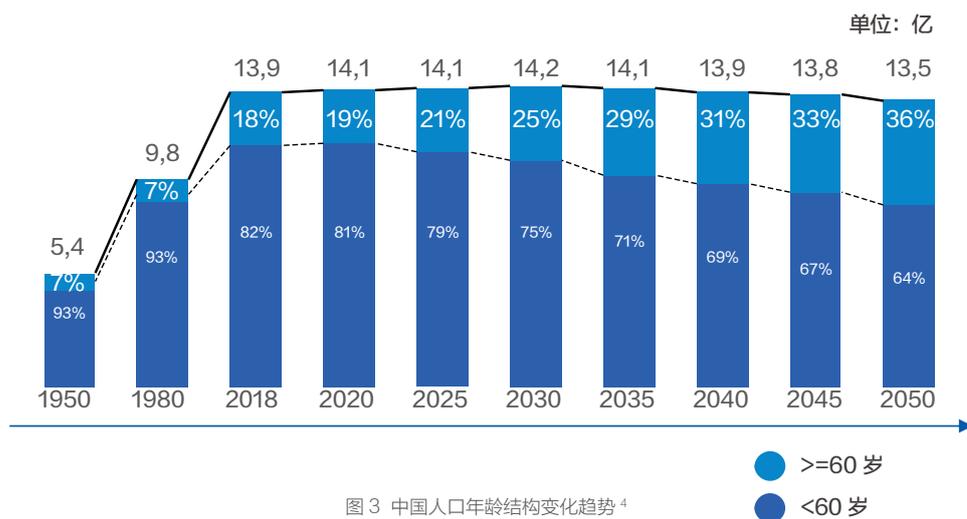


图 3 中国人口年龄结构变化趋势⁴

³数据来源：国家统计局网站

⁴数据来源：国家统计局网站

最后，卫生总费用持续攀升，医疗健康服务重视程度不断加深。卫生总费用（含政府、社会和个人）逐年上升，且占GDP的比重越来越大，2020年卫生总费用突破7.2万亿元，占GDP比重突破7%⁵，达到历史新高，如图4所示。一是政府持续加大优质医疗资源扩容和基层医疗服务能力建设，大幅增加了医疗卫生的投入，特别是新冠疫情后，卫生应急体系、疾病预防控制体系的经费预算进一步增加。二是社会支出持续上升，基本医疗保险参保人达到13.6亿人，医保支付总额持续增加，并且商业健康险保费支付年均复合增长率超过30%。三是随着居民生活水平的提高，更加关注疾病预防和健康管理，健康消费逐步升级，个人在医疗保健的支出力度不断增强。

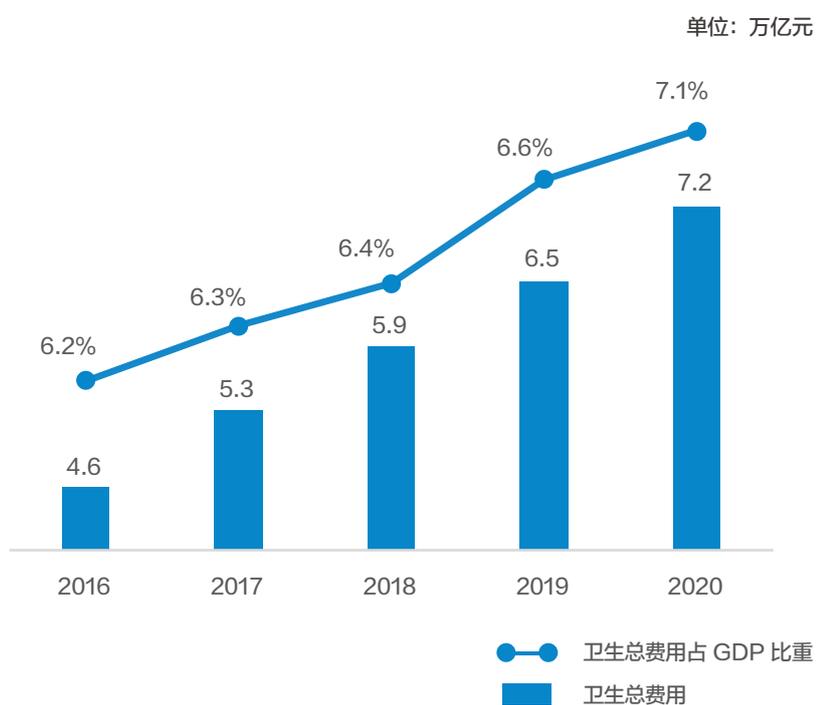


图 4 2016 -2020 年卫生总费用变化情况

⁵数据来源：2016 -2020 年卫生健康事业发展统计公报

1.2

人均医疗资源供给依旧不足 优质医疗资源分布过于集中

在“健康中国 2030”发展战略的引导下，分级诊疗、医联体、互联网医疗等政策陆续颁布，推动我国医疗卫生事业发展取得长足的进步，尤其是在新冠肺炎爆发以来，更是经受住了疫情的极端考验。但立足于我国庞大的人口基数和日益增长的医疗保健需求，医疗资源的供给依旧面临较大挑战。主要表现为平均医护人员数量仍显不足、优质医疗资源过于集聚、基层医疗服务质量短期难以大幅提高等。

首先，医护人员总量虽然位居世界第一，但千人医生和护士数仍显不足。近年来，医学教育改革提速，培养出大量优秀的医护队伍，医护人员总量突破 830 万人，支撑起世界上最大、遍及城乡的医疗卫生服务体系。但相较于金砖国家及主要发达国家，我国每千人医生护士数量仅高于印度与南非，大幅落后于其他金砖国家和主要发达国家，医疗人力资源指标与主要发达国家相比有一定差距，还有较大进步空间，如图 5 所示。

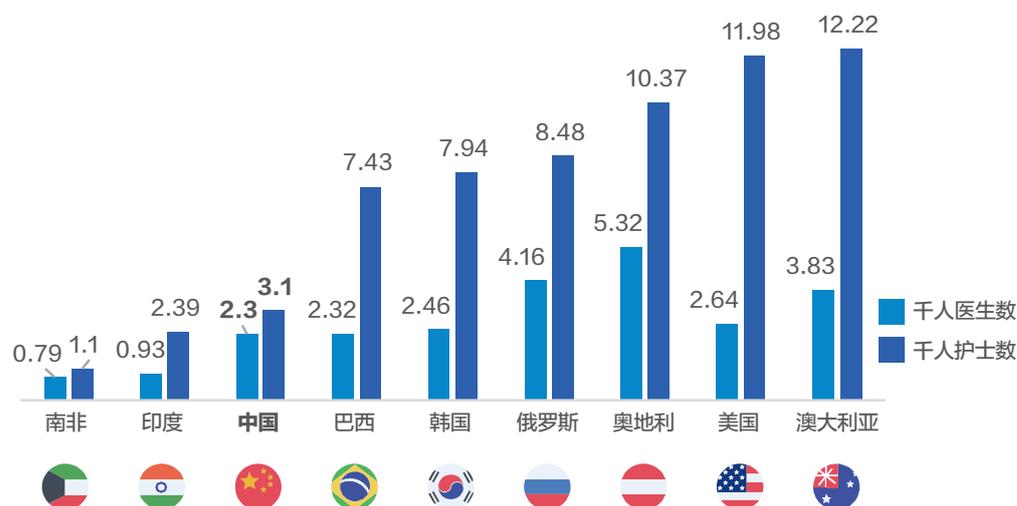


图 5 2019 年各国每千人医生数、每千人护士数情况⁶

⁶数据来源：OECD 经济合作组织官网数据库 Health resources

其次,医疗资源分布结构尚待优化,优质资源过于集聚。当前,“倒三角”的医疗服务体系依然存在,虽然基层医疗卫生机构占比达到 95%,但能够提供优质医疗服务的医生主要集中在大医院,而基层医疗机构高水平医生稀少、诊疗能力薄弱。患者更倾向于选择大医院就医,进而导致出现大医院门庭若市、小医院门可罗雀的局面。此外,医生诊疗需要丰富的临床经验和实践操作积累,基层缺乏足够多的资源来提升诊疗能力,而大医院虽具备优质诊疗能力,但在向基层传导的过程中存在诸多约束,导致优质医疗资源难以下沉到基层。

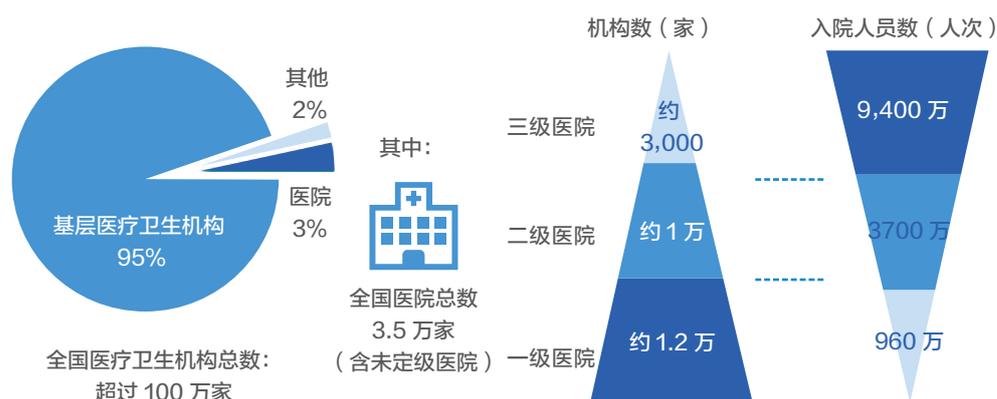


图 6 医疗卫生机构分布情况⁷

最后,基层医疗资源供给的质量不高,且短期内难以大幅提高。由于医学的复杂性,培养高质量医生的周期长、费用高,尤其是高质量全科医生需要 5-10 年培养周期,需经过长期的投入和知识沉淀,才能提高医疗资源的供给质量。当前,基层医疗机构中具备本科及以上学历的医生不足 17%,因此,医疗资源质量提升的瓶颈主要在于基层,但基层医疗机构具有数量多、分布广、位置偏远等特点,传统以教育为主的能力提升方式存在诸多限制,尤其是难以获取有针对性的医疗知识支持,从而导致短期内提升医疗服务质量的难度加大。

⁷ 数据来源: 2016 -2020 年卫生健康事业发展统计公报

1.3

政策推陈出新解决供需矛盾 推动优质医疗资源扩容下沉

随着我国城镇化加速、人口结构深刻转变和疾病谱的不断变化，对医疗健康服务需求的增长速度持续加快，而医疗资源的供给和布局难以在短时间内得到较大改善，在平时体现为看病难与医患矛盾，在突发的公共卫生事件面前则体现为医疗资源的被挤兑。因此，医疗健康服务供需不平衡的困境仍然是医疗行业面临的巨大挑战。为此，我国政府不断制定颁布应对政策，持续引导和优化医疗卫生体系发展。

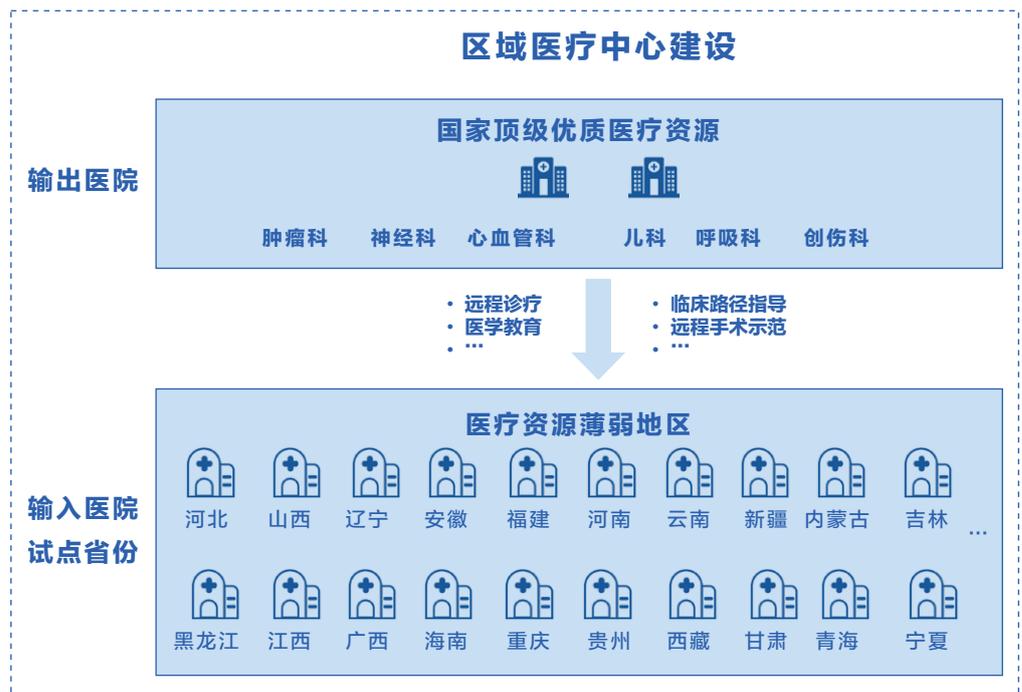


图7 区域医疗中心建设示意图

自“健康中国 2030”战略提出以来，举国上下深入贯彻实施，政府、医疗机构、医药企业和科技公司等社会资源协同创新，实施了一系列卓有成效的实质性举措，培育出互联网医疗、移动医疗、智慧医疗等新兴发展业态，成为推进三医联动、医保支付方式改革、医联体、分级诊疗、医养结合等政策落地的活跃力量，进一步促进了我国医疗健康服务体系的演进发展。尤其是新冠疫情以来，全国各地都组织开展了特色各异的疫情阻击战，取得了举世瞩目的成绩，进一步彰显了“以人民健康为中心”的发展理念。

为推进卫生健康领域供给侧改革、缩小区域间医疗技术水平差距、促进医疗资源合理分布和均衡发展，国家基于医联体政策的实践探索经验，提出区域医疗中心政策，并作为“十四五”期间重点建设任务，将头部医疗机构所积累的医疗知识下沉到基层医疗机构中，为基层赋能，如图 7 所示。但受到地域空间、技术手段、医生能力等方面的限制，部分区域医疗中心的建设效果仍难达预期。不同于医院单纯的规模扩张，区域医疗中心、医联体等跨医院之间的医疗资源建设，面临大量的医疗知识传递和积累需要。由于传统以医生经验、医疗诊疗路径为主的医疗知识传播方式和管理方式难以得到显性化、标准化的表达，从而限制了优质医疗资源所沉淀的医疗知识的传播范围和推广节奏，主要表现为建设周期过长、医生人力成本和精力成本过高以及医疗知识的运用方式较为单一等。因此，将医疗知识进行科学高效的管理进而赋能基层，在多个专科领域不断提升医疗服务能力，是推动区域医疗中心建设、优质医疗资源扩容下沉的关键。

新兴技术助力医疗行业向知识化、智能化、中台化迈进

在以人工智能为代表的新兴技术推动下，将迎来医疗行业新一轮数字化转型和智能化升级。医疗行业是知识密集型行业，具有高复杂度、低容错性和需要循证等特点，新兴技术需要与医疗知识进行深度融合才能更好地赋能医疗行业发展。技术的快速发展，使得机器能够识别、理解和组织医疗知识，进一步提高和促进了机器利用医疗知识的深度和广度；此外，中台架构的出现，能够支持医疗机构实现自身医疗知识的沉淀与积累，更好地为医疗机构智能化升级赋能。

2.1

医疗知识是医疗行业的根基 显性化表达将成为新趋势

医疗行业是知识密集型行业，无论是在经验医学、循证医学还是精准医学阶段，医学知识始终扮演着关键角色，是日常诊疗行为中不可或缺的要素之一，贯穿着临床诊疗与科研的始终，为临床诊疗、公共卫生、医学研究、药品研发提供指导和约束，如图 8 所示。

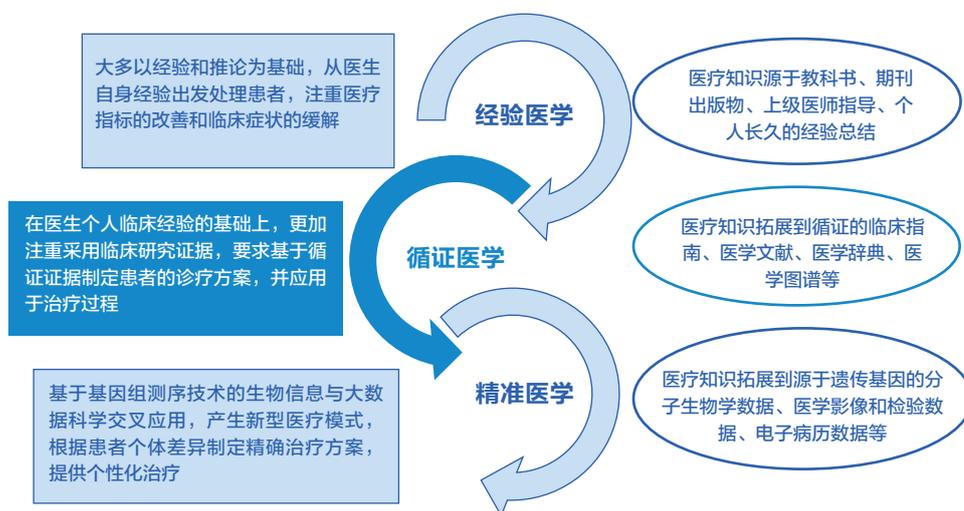


图 8 现代医学演进发展

随着新兴技术与医疗行业的深度融合，医疗服务提供方、监管方和 IT 公司等医疗行业不同角色，对医疗知识都提出了新的发展需求。

对于医院、基层医疗机构等医疗服务提供方而言，随着互联网、物联网等技术的广泛应用，产生了大量基于医疗知识的深度利用需求。传统依托于纸质文献、教科书、医学日志、专家经验为主要方式的知识应用，拓展到以电子病历、健康档案、影像学数据和检验数据等为主要载体的知识应用。新知识载体的出现，为机器利用医疗知识进行医疗行为带来新的可能。因此，将医疗知识进行显性化表达对于机器而言变得愈发重要，尤其是基于医疗知识图谱的表征方式，能够使得机器理解医疗知识。同时，由于医疗行业低容错的特性，通过数理统计计算产生的医

疗知识 / 模型，需要经过严谨的临床实践验证和循证支持后，医生才可信、临床才可用，因此对于医疗机构而言更希望利用已经达成行业共识的医疗知识。

对医疗行业的监管而言，需要确保整个医疗行为的可管可控，同样也存在将病历书写规范、医师行为规范、安全用药规范、医保合规使用规范等医疗标准固化到信息化平台中的需求，形成约束性的医疗规则，对医疗机构进行指导和约束，确保医疗过程符合规则约束，进而促进医疗行业良性发展。

对于医疗 IT 公司而言，在智能化发展的大趋势之下，其智能化产品的建设严重依赖于医学知识，符合医学逻辑的产品将更受市场认可、更具竞争力，因此基于知识驱动的应用系统开发也将成为新的发展需求。

综上，将隐性医疗知识进行显性化表达，从而支持机器对医学知识进行有效的组织和利用，并将医疗知识嵌入到业务流程之中，日益成为医疗行业未来发展的重要方向。

2.2

AI技术加速提升机器认知能力 为医疗行业智能化发展注入新活力

国家数字化政策的持续加码和新冠肺炎疫情的出现，加速了医疗行业数字化转型进程，尤其是在数据的采集汇聚、共享交换和互联互通等方面开展了大量建设，电子病历和集成平台最具典型代表。但如何有效处理和利用数字化资产，升级形成医疗知识，并使得机器进一步认识和理解医疗知识，面临着新的挑战，如图9所示。



图9 机器认知理解医疗知识并提供标准化服务

首先，海量数据未被挖掘生成知识，数据的应用价值被严重埋没。数字资产的承载形式从结构化数据拓展到非结构化数据，包括文本、图像、音视频等。数据形态的多样化，带来数据量的指数级增长，但由于大多数的医疗机构缺乏有效的处理能力来利用海量数据，医疗数据基本都在数据库中“沉睡”，并未形成医疗知识，医疗数据的应用潜力被严重埋没。其次，机器理解认知医疗知识存在挑战。由于医疗知识本身的复杂性和专业性，抬高了机器认知医疗知识的门槛，机器不仅要按照医学属性、逻辑和规则进行识别、解析、分词等，实现对结构、语义和时序的理解，而且还要为机器构建完整的医疗知识概念空间，从而将医学知识进行合理表征和组织，支持自主调用和利用知识，实现基于医疗知识的自主推理。最后，缺乏统一的医疗知识体系分类标准。当前在尝试向机器理解医学知识的探索中，由于对医疗知识的分类标准和描述方式等不统一不规范，导致医疗知识产品的可复用程度低，造成了大量的重复构建，并且为后期知识的一体化应用增加难度。

随着模式识别、自然语言处理、知识图谱、深度学习、图计算等一系列人工智能技术的不断发展，以百度为代表的科技公司不断发挥自身在 AI 技术的领先优势（百度以 13007 件专利的申请量和 3652 件专利的授权量四度蝉联 AI 专利申请量和授权量双第一，并在智慧医疗领域专利申请量排名首位⁸），基于完整的 AI 技术布局，创新提出全新的解决方案。运用知识增强的跨模态深度语义理解能力，通过集成化的多模态数据融合，构建智能化的医学知识体系，使得机器能够掌握、理解和利用医疗知识，不仅能够帮助医疗机构从繁杂的信息中提取医疗知识，拓展以往单纯从医学书籍、临床经验、科学研究等方式获取医学知识的途径，而且能够充分结合医疗机构个性化需求，生产符合自身需要的医疗知识，提供标准化的医疗知识服务，进而使机器像医生一样进行思考，辅助医生进行问诊、诊断和治疗，提高医疗服务质量、缓解医生的诊疗压力。

⁸ 数据来源：国家工业信息安全发展研究中心、工信部电子知识产权中心《中国人工智能高价值专利及创新驱动力分析》报告

2.3

— 构筑中台是医疗机构智能化升级的关键抓手，也是能力沉淀的有效途径

随着医院信息化的持续建设，以医院管理系统、电子病历、医学影像系统等为代表的医院信息系统数量持续增多，各个系统之间的交互关系越来越复杂，产生的医疗数据难以被有效的二次利用，还未将数据转换成知识，在知识的分享与应用、驱动业务增长方面还有较大增长空间。同时，面对新兴技术的快速发展和政府政策的不断推进，传统树形、固定的 IT 架构已经越来越难以适应这些变化，缺少技术手段来应对这些向智能化发展的变化，进而限制了医疗机构在数字化时代的系统升级与能力演进，因此，建立全新的信息与知识处理技术架构，已迫在眉睫。

中台架构的出现，在消除烟囱、架构解耦、能力重用等方面能够带来极大的改善，不仅能通过新的 IT 架构解决传统系统之间难以按需互联共享的问题，促进资源的整合与利用，为医疗机构实现数字化转型和智能化升级提供支持，而且通过中台的构建，可以将大量重用能力进行有效封装，避免后期多次重复开发，满足上层多样化应用的复用需要，真正意义上实现能力沉淀与复用。



图 10 中台架构示意图

而知识中台则更强调在知识层面的复用与沉淀，机器能够自主从数据中汲取知识、构建知识，以人机互动的服务方式接入医疗业务场景，将知识洞察与医疗核心业务能力结合，满足知识驱动模式下多样化场景应用的开发需求。

医疗知识中台 遵循医疗逻辑的智能化开放平台

为满足医疗机构智能化转型升级的迫切需求，医疗知识中台概念应运而生。以百度为代表的科技公司，发挥自身在人工智能技术领域的优势，并结合多年深耕于医疗行业的积累和沉淀，将医疗知识固化到机器中，打造出能够提供医疗知识加工和医疗知识服务的开放平台——医疗知识中台，赋能医疗行业中不同层级的医院、专业公共卫生机构、医疗 IT 公司等，加速行业智能化升级进程。本章节重点介绍医疗知识中台的概念定位、架构分层、产品功能和产品特征等。



3.1 — 医疗知识中台 基本定位

医疗知识中台是遵循医疗逻辑的智能化开放平台，具备医疗知识加工能力和医疗知识服务能力，其基本定位如图 11 所示。医疗知识中台基于自然语言处理、知识图谱等人工智能技术，专注医疗知识的生产、组织建设，从经典权威的医学教科书、专家共识、临床指南、路径规则标准中抽取医疗知识，经过加工后形成便于机器识别理解的医疗知识，并对外提供智能化医疗知识服务。

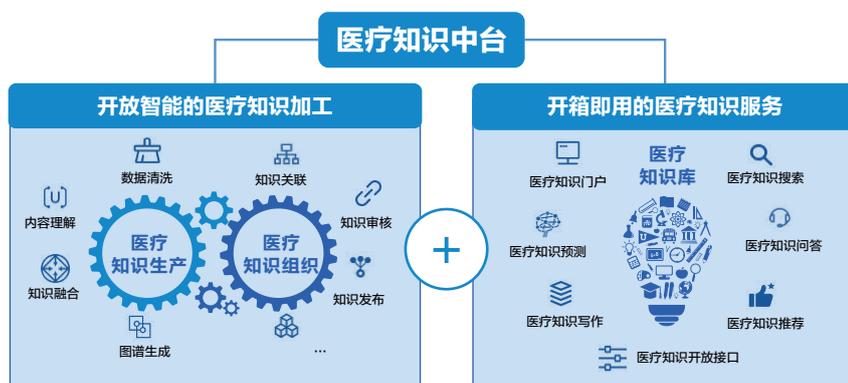


图 11 医疗知识中台基本定位

医疗知识中台通过对电子病历、健康档案等医疗数据信息进行知识提取、知识关联、知识分析、知识整合、知识组织等处理，实现医疗知识、临床路径、医疗规则的构建，满足医疗知识智能检索、智能推荐等通用应用和智能医生助手、辅助诊疗系统、智慧病案等具体场景应用的需求，如图 12 所示。

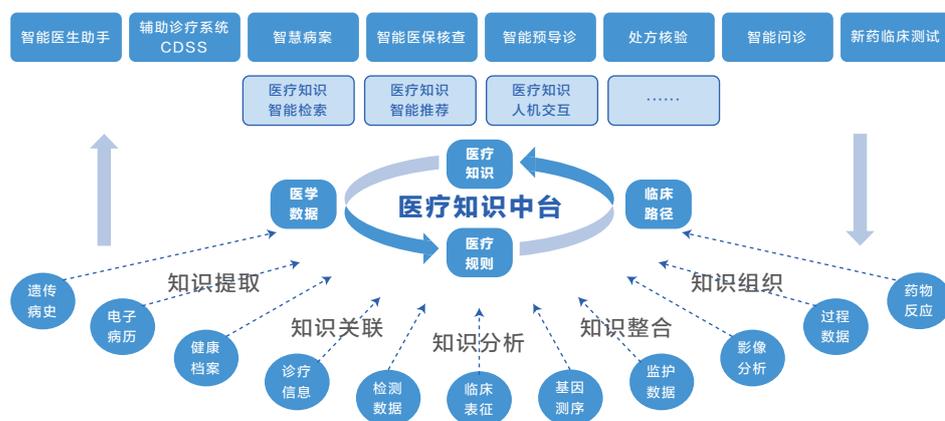


图 12 医疗知识中台业务架构

3.2 — 医疗知识中台 架构分层

医疗知识中台是促进医疗行业应用智能化升级的关键底座，能够实现从医疗数据到医疗知识的跃升。医疗知识中台处于知识源 / 数据源与场景应用层的中间位置，支持各类医疗场景的应用开发，其架构分层主要包括基础工具集、医疗知识加工、医疗知识库、中台内核和通用医疗知识应用，如图 13 所示。



图 13 医疗知识中台架构分层图

基础工具集是标准化的 AI 工具集，对医学教科书、医疗临床指南、电子病历等知识源 / 数据源预处理，转换成支持知识加工的数据格式；医疗知识加工遵循知识发现与构建的一般过程，实现对医疗知识的一站式构建和组织；医疗知识库是按照主题对医疗知识进行分类存储，对外提供医疗知识服务；中台内核是医疗知识中台的核心大脑，按照统一的医学术语、知识体系、标准规范等约束医疗知识的加工过程，确保符合医学逻辑；通用医疗知识应用能够提供医疗知识门户、知识搜索、知识问答等基础知识应用。

医疗知识中台内部运行流程，如图 14 所示。

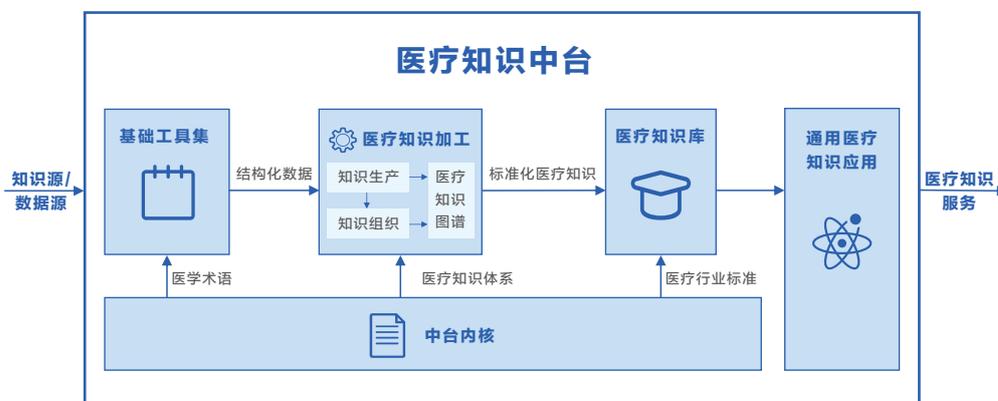


图 14 医疗知识中台内部运行流程图

医疗知识中台能够将隐性医疗知识转换成显性且标准化的医疗知识。首先，针对权威和广泛的知识源 / 数据源，医疗知识中台通过基础工具集的前置识别处理，形成结构化数据；其次，基于结构化数据，在中台内核的约束下，医疗知识加工进行知识生产和知识组织，形成标准化、机器可识别调用的医疗知识；最后，将医疗知识分门别类地存储于医疗知识库中，对外提供医疗知识服务，并支持通用医疗知识应用。

3.3

医疗知识中台 产品功能

医疗知识中台将改变医疗知识的应用方式，从传统由用户获取信息后自主利用的方式，升级到机器根据业务流程需要自动调取和利用医疗知识。医疗知识中台提供一整套覆盖医疗知识获取、加工和通用应用等功能于一体的产品，其产品功能组成如图 15 所示。



图 15 医疗知识中台产品功能图

3.3.1 基础工具集

基础工具集能够对广泛的知识源 / 数据源进行识别和处理，使得机器能够看清、听清并能够像人类一样具备学习和认知的能力。主要包括医疗文本识别、语音识别、图像识别、视频识别、自然语言处理等多种类型的基础工具，如图 16 所示。



图 16 基础工具集组成图

基础工具集支持以标准化组件的方式被第三方调用，并结合实际的医疗业务场景进行灵活的部署使用，支撑实现病历文本结构化、症状识别、病历理解、疾病症状关联等基本操作，大幅缩短开发部署周期。

机器识别方面：支持医疗文本、医疗语音、医疗图像 / 影像和医疗视频等多种文件类型的内容识别，将多种来源的知识源 / 数据源进行正确无误的识别，以支持医疗知识的构建。

医疗自然语言处理方面：通过建立知识增强的语义理解框架，增强医疗自然语言处理能力，并融入医疗知识以及增强小样本学习能力，进一步增强机器的阅读理解能力。

3.3.2 医疗知识加工

医疗知识加工是主要包括知识生产、知识组织和医疗知识图谱等，完成医疗知识的标准化输出，如图 17 所示。



图 17 医疗知识加工功能图

知识生产完成知识点的生产,从隐性的知识源和“沉睡的”数据源中主动提取挖掘医疗知识,通过数据清洗、内容理解、知识融合和图谱生成等过程,从数据中自动挖掘各类知识,从结构、语义和时序等方面提取医学实体,并对医学实体进行实体消歧和共指消解等知识融合,进而完成医疗知识图谱的构建。



图 18 医疗知识内容理解示意图

知识组织重点完成知识点与知识点之间的关联与管理,对发现的医疗知识进行统一组织,通过知识关联、知识审核、知识发布等过程,将生产的新知识按照医疗知识体系的分类要求与现有知识进行关联,依托知识审核,确保新生产知识的正确性,并通过知识发布满足全科、专科等多种场景下的知识应用需求。

医疗知识图谱是基于医疗知识生产和组织过程,能够基于疾病、症状、体征、药品、手术等各类医学本体及其之间的属性关系,生成可视化的图谱展现,并使得机器更加接近于人类的认知思维,为广泛应用提供坚实基础。

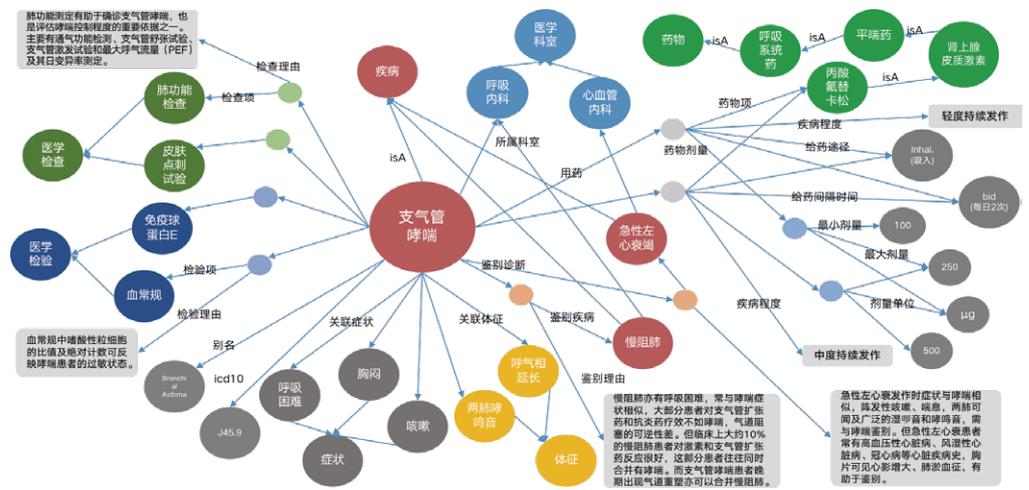


图 19 医疗知识图谱示意图

3.3.3 医疗知识库

医疗知识库对生成的医疗知识进行存储，通过中间件，向外提供医疗知识服务能力，既包括内嵌的基础医学知识，也包括后期新开发生产的医学知识，用户能够进行场景化的医疗知识应用开发。

行业中以百度为代表的科技公司，为便于医疗机构和行业生态伙伴快速使用医疗知识中台，将多年积累的医疗知识嵌入到医疗知识中台产品之中，向行业开放。医疗知识库按照知识的不同维度进行分类，主要包括疾病库、症状库、药品库、体征库、检查库、检验库和手术操作库等，覆盖医院临床科室、医技科室及行政科室等，如图 20 所示。



图 20 医疗知识库分类图

医疗知识主要从 5,700+ 书籍、30+ 科室专业指南、200+ 临床路径等知识源中采集获取可循证的医疗知识，形成包括数百万条的医学术语、数千万条的医学术语关系、数十万条的医学事理、数亿条的医学知识条目、4,000 种深度专病图谱、20 万深度药品图谱的知识库，具有知识结构化、术语体系完备、层级结构清晰等特点，能够覆盖诊前、诊中和诊后等诊疗全场景。同时，为便于对医疗知识的调用，医疗知识中台提供了中间件，支持 API、SDK 等方式的调用，满足可视化展示、检索、推理计算和开发应用的需要。

医疗知识库的内容可根据需要进行扩充和更新，医疗机构和行业生态伙伴可以在内嵌医疗知识的基础上，针对“自有”的知识源 / 数据源，通过医疗知识加工环节，产生新的医学知识，更新到医疗知识库中，形成完整的闭环流程，满足特定业务场景按需构建医疗知识库的需求，如图 21 所示。

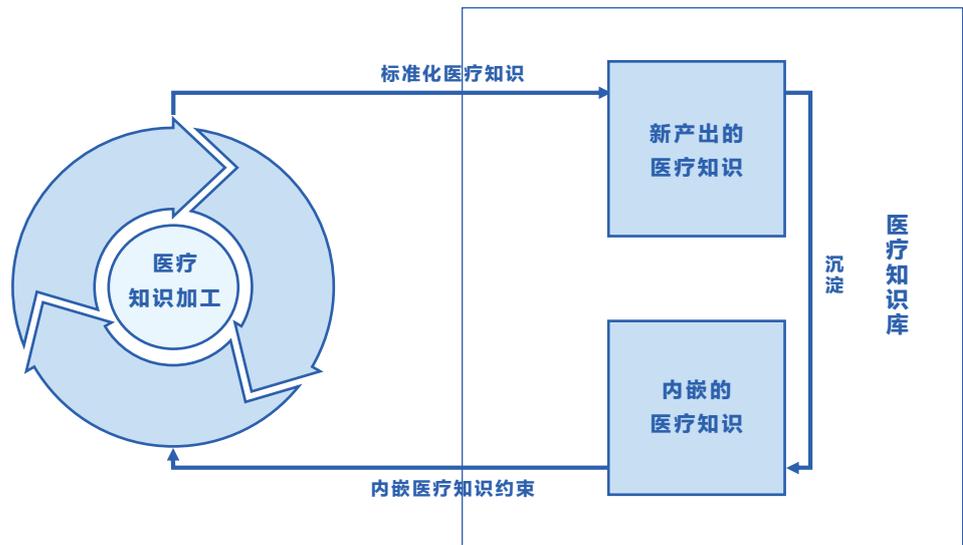


图 21 医疗知识库更新示意图

3.3.4 中台内核

中台内核按照医学术语、标准规范、路径等医疗业务逻辑的约束，将医疗业务的相关逻辑进行规则化表达，引导机器遵守并利用规则进行医疗知识生产，完成知识的积累和增长，如图 22 所示。



图 22 医疗知识规则引擎功能图

中台内核包括医疗知识规则、医疗知识体系和医疗术语集等。医疗知识规则主要将面向临床使用的临床指南、手术规则、诊疗标准、临床路径、医学常识、检验检查规则等标准规范转换成约束规则，约束知识加工过程；医疗知识体系是基于医学逻辑构建的统一医疗知识索引，将不规范的医疗表达映射为标准化的统一描述，从而支持机器对医疗知识的调用；医疗标准术语是遵循医学属性的标准化术语体系，便于机器进行分词、关联、理解等基础识别，同时也支持不同标准术语之间的映射。

3.3.5 通用医疗知识应用

通用医疗知识应用是医疗知识中台能够对外提供医疗知识服务的基本方式，主要包括知识门户、知识搜索、知识问答、知识推荐等，如图 23 所示。

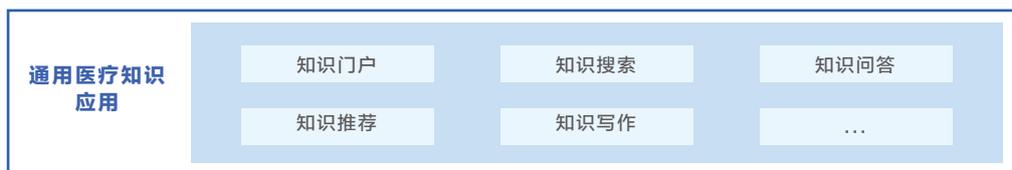


图 23 通用医疗知识应用图

医疗知识中台能够提供基于医疗知识图谱和医疗知识库的通用应用，包括知识门户、知识搜索、知识问答和知识推荐等，重点向基层医疗机构、个人 / 公众提供直接的医疗知识服务，满足终端用户按需获取所需医疗知识的需要。



图 24 医疗知识搜索示意图

3.4 — 医疗知识中台 产品特征

医疗知识中台具有组件标准、服务开放、共性复用、灵活重组、易取易用和迭代更新等六大特征，如图 25 所示。

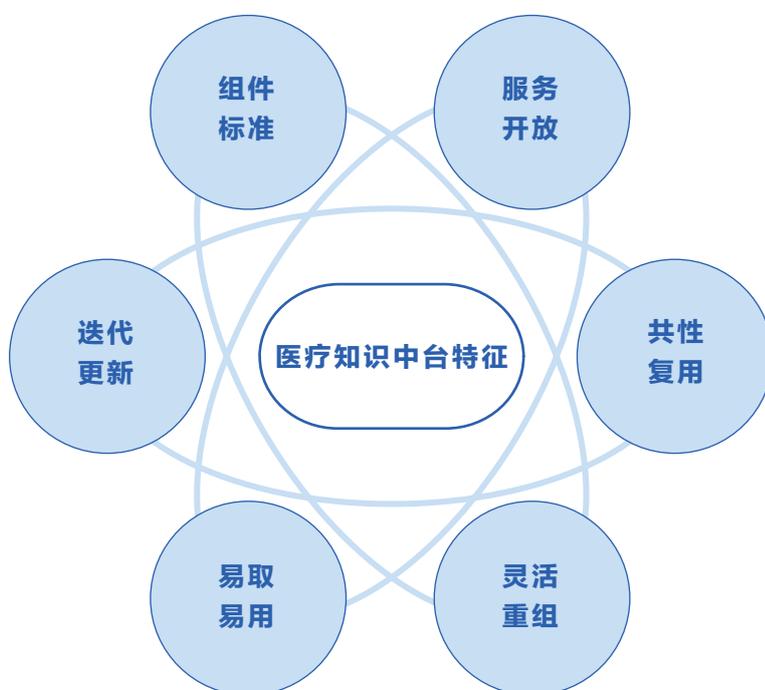


图 25 医疗知识中台特征

- 组件标准：医疗知识中台提供符合行业通用标准的组件化工具，支持对复杂医疗知识和海量数据进行快速处理，满足机器加工知识的前置需要；
- 服务开放：医疗知识中台具有开放架构，不仅支持百度内部的各个产品线直接调用，同时也面向行业生态中的医疗机构、医疗监管机构和医疗 IT 公司提供标准化的中间件，支持基于医疗知识中台的低代码、敏捷开发；

- 共性复用：医疗知识服务能够覆盖诊前、诊中、诊后等多个环节，将多个应用共同使用的医疗知识进行沉淀，满足其他应用便捷复用的需要；
- 灵活重组：医疗知识中台提供通用知识加工组件，使行业生态能够以搭积木地方式，按照应用场景需要快速构建系统性的知识服务体系 and 开发场景应用，如临床辅助决策、病案质控、合理用药等；
- 易取易用：医疗知识中台内嵌百度在医疗领域沉淀产生的医疗知识库，能够满足用户常用的医疗知识需要，简单易用；
- 迭代更新：医疗知识中台新产生的知识与内嵌的知识库彼此完善、相互补充，不断迭代更新，进而提高医疗知识中台的完备性和适配性。

医疗知识中台 赋能用户

依托知识加工和知识服务能力，医疗知识中台与医疗行业的应用场景具有高度适配性，既能基于公开权威的医疗知识，满足基层医生所需的医疗知识需要，也能针对个性化需求，按需定制医疗知识，提供专属服务。

医疗知识中台能够为广大医疗行业的参与者提供专业的医疗知识服务，既能够满足医疗知识生产方沉淀医疗知识的需要，也能够满足医疗知识消费方便捷使用医疗知识的需求，加速医疗行业智能化升级进程，如图 26 所示。下面主要以医疗机构智能化升级、区域医疗中心建设和医疗 IT 公司智能化应用开发为例进行介绍。

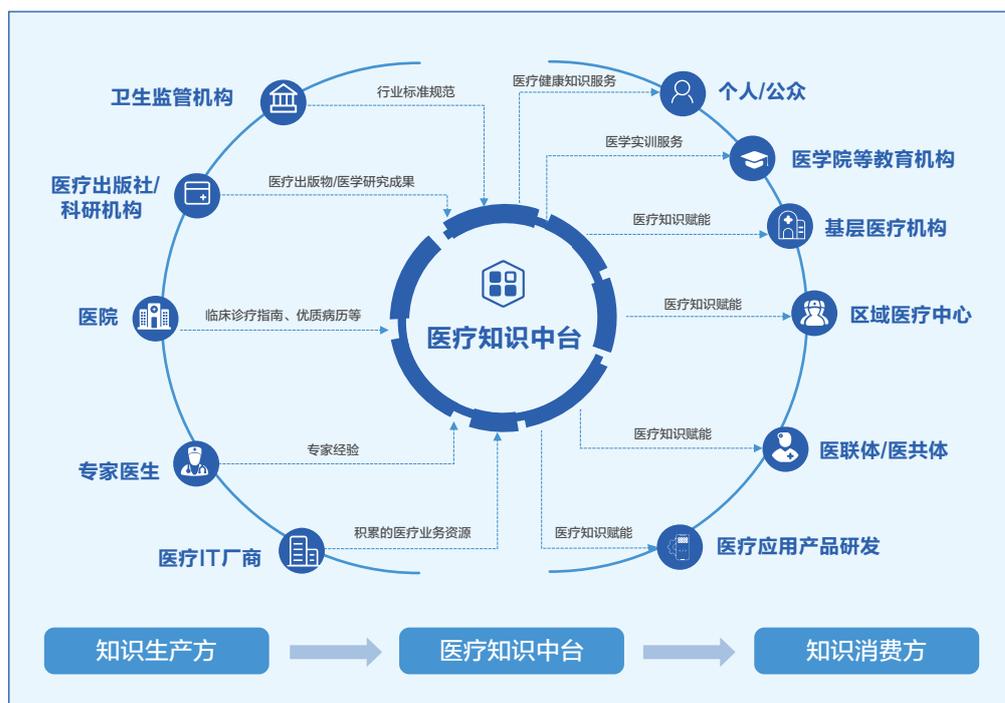


图 26 医疗知识中台支持的行业用户

4.1

—

医疗知识中台

促进医疗机构智能化升级

当前,我国公立医院发展正处于从“信息化、数字化”转向“智能化”转型升级的关键阶段,智慧医院建设有助于提升医疗服务质量和医疗效益,改善就医体验,优化区域资源配置。医疗知识中台将作为医疗机构的稳固基石,为智慧服务、智慧医疗和智慧管理等建设提供通用且可扩展的医疗知识服务,助力医疗机构不断朝着智慧医院迈进,如图 27 所示。



图 27 医疗知识中台促进智慧医院建设

在面向患者的智慧服务方面,以构建智慧化的就诊服务体系为目标,基于医疗知识中台,为患者提供触手可得的医疗服务,并嵌入到 AI 智能导诊、线上预问诊等应用场景中,为患者提供更加便捷和多样的就医服务,提高患者的就医体验。

在面向医务人员的智慧医疗方面,以提高医疗服务质量为目标,依托医疗知识中台进行知识的生产与组织,将医疗知识与经验进行沉淀,满足医院构建自主知识体系需要,并嵌入到临床辅助诊疗、合理用药等临床场景,给予医务人员决策支持,减轻脑力、精力负担。

在面向管理者的智慧管理方面,以打造精细化医院管理体系为目标,依托医疗知识中台,汇聚医院临床、教学、科研、管理等多个场景的医疗知识数据,建立医院内部知识资源目录,满足医院 IOC 运营管理、人财物资源管理等精细化管理需要。

4.2

—

医疗知识中台 助力区域医疗中心/医联体建设

为推进优质医疗资源下沉与扩容，国家出台国家医学中心、国家区域医疗中心、医联体等政策。在国家医学中心、区域医疗中心、医联体等建设过程中，核心诉求是沉淀、传递和共享医疗知识。医疗知识中台能够发挥自身在医疗知识管理和传播过程中的优势，将优质医疗机构的医疗知识向需要的医疗机构赋能，大幅提升后者的诊疗能力，提高诊疗质量，进一步辅助增强我国医疗服务体系的整体供给，如图 28 所示。

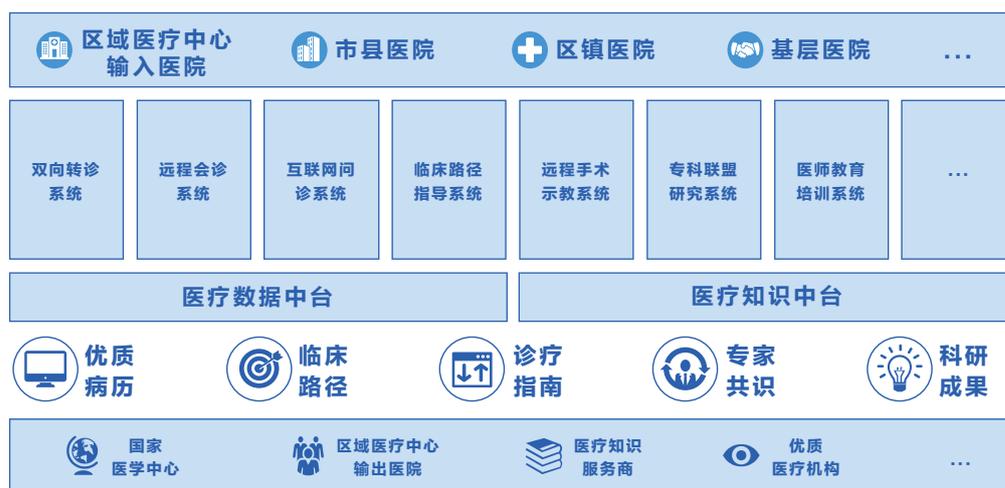


图 28 医疗知识中台助力区域诊疗中心 / 医联体建设

在区域医疗中心、医联体等建设任务中，主要由国家医学中心、区域医疗中心输出医院、大型医疗知识服务提供商等医疗机构提供优质医疗知识，利用医疗知识中台对优质病历、临床路径、诊疗指南、专家共识和科研成果等医疗知识的加工能力，构建形成大规模医疗知识图谱，将优质医疗知识转换成机器可以识别、理解和利用的医疗知识数据，实现医疗知识的规模化、规范化沉淀。进而，基于医疗知识中台提供的医疗知识服务能力，满足基层医疗机构对医疗知识检索查询、问答的基础需要，并且能够支持基于中台的二次开发，为临床、科研和教学等多样化场景构筑所需的应用，提高基层医疗机构的医疗服务能力，实现优质医疗资源的扩容与下沉。

4.3

— 医疗知识中台 支持医疗IT公司智能化应用开发

在医疗行业智能化升级的趋势之下，医疗 IT 公司在研发智能化场景应用时，需要医疗知识的支持。传统的开发构建模式，以场景应用为出发点，从底层知识加工开始，对所需知识源进行加工，形成可以被场景应用计算的医疗知识。再通过构建场景应用引擎，利用医疗知识进行循证计算，从而满足场景应用的需求。典型的场景应用如临床辅助决策 CDSS 重点构建以疾病为中心的临床知识库、AI 诊前助手重点构建症状知识库、智慧药学构建药品知识库，如图 29 所示。

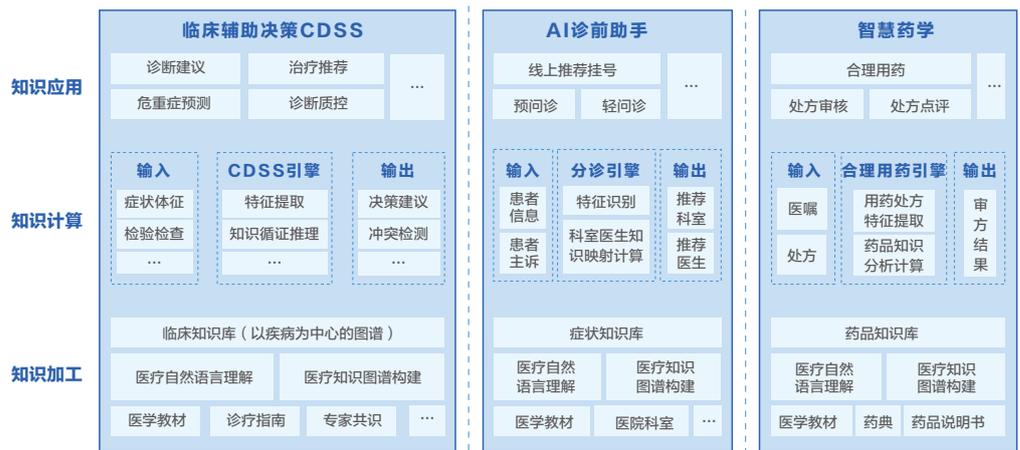


图 29 传统医疗 IT 公司智能化应用开发构建模式

上述应用开发模式存在两方面的弊端：一方面，需要较强的医疗自然语言理解和医疗知识图谱构建能力，才能准确、完整地将医学教材、诊疗指南、药典、药品说明书等知识源中的知识进行提取，限制了很多 IT 公司进入开发智能化医疗应用的门槛；另外一方面，不同的场景应用之间会存在对同样知识源的循证诉求，而彼此独立的开发方式，会造成大量的重复建设。

因此，医疗知识中台的出现能够很好的解决如上的问题，如图 30 所示。中台赋能的开发模式，不仅将经过验证审核的医疗知识直接对外提供服务，降低了 IT 公司基于医疗知识开发智能化场景应用的难度，使得 IT 公司能够将更多的精力放在场景应用的设计和建设中，而且依托统一的医疗知识平台，能够不断沉淀和优化进入计算内的医疗知识，避免了每次都重头再来的建设模式，促进整个生态形成迭代式的发展模式。

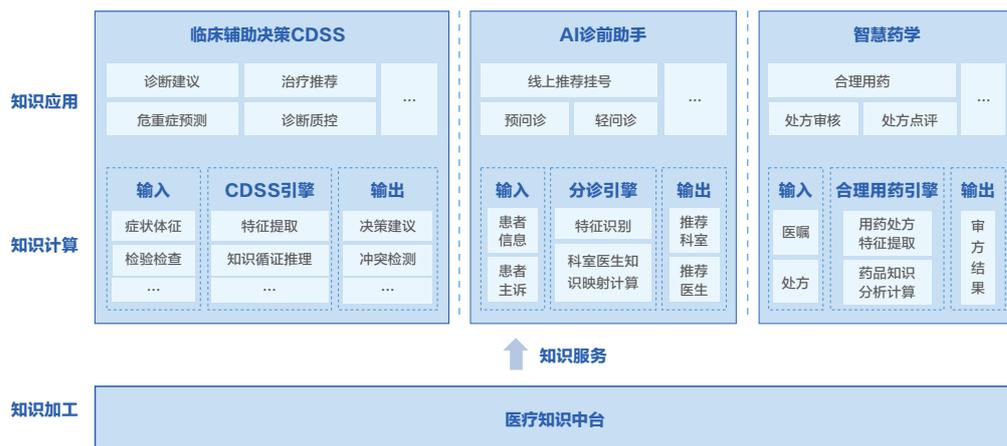


图 30 医疗知识中台支持下的智能化应用开发构建模式

医疗知识中台 未来发展展望

未来，在高度数字化的基础上，医疗行业知识化、智能化、中台化将成为医疗行业转型升级的新方向。医疗知识中台将推动医疗行业从顶层到基层、从理念到实践、从医疗服务到新药研发产生巨大变革，促使医学领域与其他科学领域实现跨领域、跨层次和跨体系的融合。医疗知识中台将先进技术应用于医疗知识生产与管理的过程，将赋能医疗、医药、医保等整个医疗健康生态链条，是未来医疗健康行业发展的稳固基石。

5.1

—

医疗知识中台建设路径

医疗知识中台的建设既需要医疗知识的长期沉淀积累，也需要根据医疗知识的发展持续迭代。目前，仅有极少数大型科技企业完成医疗知识中台的建设，既能够提供一整套完整的医疗知识加工平台型产品，满足生产医学知识的需要，也能够提供医疗知识服务，满足开箱即用的实际应用的需求。综合而言，医疗知识中台建设需要以下四步，如图 31 所示。

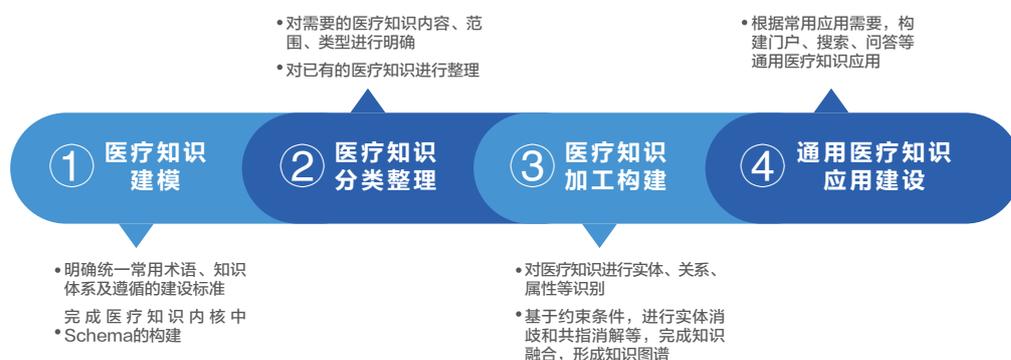


图 31 医疗知识中台建设路径

医疗知识建模：建设初期，需要明确使用的常用标准术语、知识分类体系、遵循的建设标准等基本事项，由医学业务专家和 IT 专家共同完成中台内核中的 Schema 建设，完成知识基本模型的设计。

医疗知识分类整理：从知识源出发，医疗知识中台首先需要将医疗知识进行分类整理，明确医疗知识中台建设过程中主要知识源的文件类型、格式、段落结构等，进而能够选择适合该类知识的基础工具。

医疗知识加工构建：重点基于自然语言处理、知识图谱等技术，在医疗知识引擎的约束和引导下，构建内容理解、知识融合、图谱生成等医疗知识加工模块，完成医疗知识加工能力的建设，并按需搭建医疗知识库，便于医疗知识的存储。

医疗知识应用建设：基于生产的医疗知识图谱，按需、分阶段构建基础通用应用，先期可选择门户、搜索等初级应用，后期可选择知识问答、知识写作等高级应用，最终形成满足医疗机构使用的完整医疗知识中台。

5.2 — 医疗知识中台 生态发展

医疗知识中台融合了医学思维和技术思维，是智慧医疗的中枢大脑，将在医疗创新中担当重任。医疗知识中台，能够围绕整个医疗健康行业生态，按照“开放服务、共建共用、多元场景”的理念，不断提升医疗服务提供方、医疗行业监管方、医疗 IT 公司等生态伙伴利用医疗知识的能力，满足多样化需求，衍生出丰富的行业应用，大大加速推进智慧医疗行业的发展进程，从而促进提高医疗服务质量、改善患者就医体验、节约医疗成本、强化医院运营管理，加速推进“健康中国”建设，如图 32 所示。

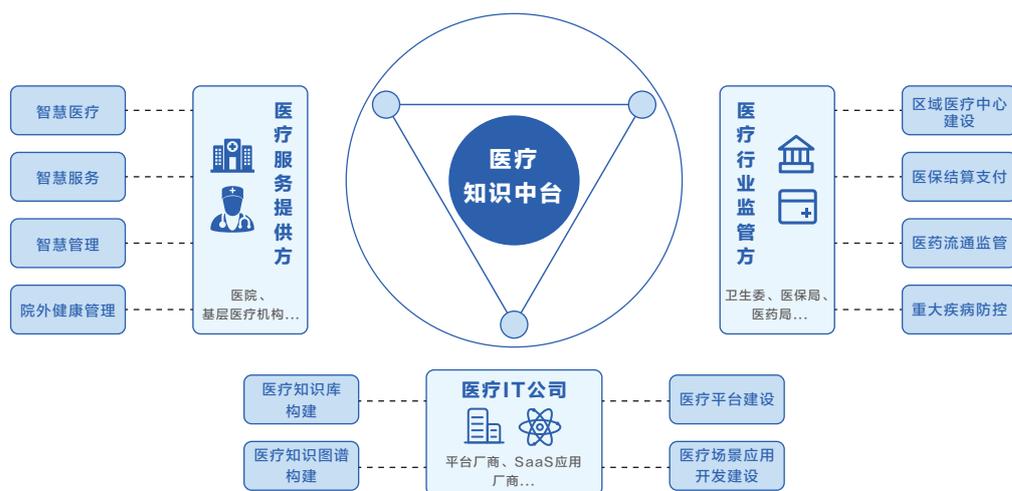


图 32 基于医疗知识中台的行业生态前景展望

医疗知识中台 结束语

随着国家“十四五”期间在区域医疗中心、省域优质医疗资源扩容下沉等领域建设的不断加码，跨医院、跨区域之间医疗知识共享的需求将更加迫切。医疗知识中台作为赋能医疗行业的基础底座，开展医疗知识中台建设将成为医疗机构提升核心竞争力的有效方式。

未来，百度将持续携手医疗行业内的生态伙伴，共同发力，加速医疗知识中台建设进程，打造“知识驱动”的应用建设新模式，不断推动医疗行业智能化升级，从而更好地满足人民群众的医疗服务需求。

—— 知识驱动，焕发医疗新活力！



版权所有

百度：

刘军伟

百度智慧医疗
总经理
liujunwei@baidu.com

阴法超

百度智慧医疗资深解决方案
架构师
yinfachao@baidu.com

杨青

百度智慧医疗院端产品
负责人
yangqing13@baidu.com

黄海峰

百度智慧医疗技术
负责人
huanghaifeng@baidu.com

王磊

百度智慧医疗技术总
架构师
wanglei15@baidu.com

贺庆

百度智慧医疗解决方案
工程师
heqing09@baidu.com

致谢：

万翔 刘李 王昌淼 深圳市大数据研究院 医疗大数据实验室

毕马威：

姚凤娥

毕马威中国医疗健康行业
主管合伙人
jenny.yao@kpmg.com

黄灏

毕马威中国管理咨询 生命科学与医疗行业
主管合伙人
harry.huang@kpmg.com

严继耀

毕马威中国管理咨询 生命科学与医疗行业
总监
mj.yan@kpmg.com

蔡华法

毕马威中国管理咨询 生命科学与医疗行业
副总监
Maxwell.cai@kpmg.com

胡大伟

毕马威中国管理咨询 生命科学与医疗行业
咨询经理
davi.hu@kpmg.com

关于我们

百度智能云介绍：

百度智能云是基于百度多年技术沉淀打造的智能云计算品牌，以“云计算为基础，人工智能为引擎，赋能千行百业”为战略，形成“云智一体”的独特竞争优势。百度智能云率先打造 AI 原生云计算架构，“适合跑 AI 的云”助力企业快速“上云”并实现智能化，同时向各行各业输出百度大脑的领先技术，“懂场景的 AI”使企业可以便捷高效的接入 AI 能力。百度智能云在智能制造、智慧金融、智慧能源、智慧城市、智慧医疗等领域拥有领先产品、技术和解决方案。

百度灵医智惠介绍：

灵医智惠是百度推出的 AI 医疗品牌，秉承“循证 AI 赋能基层医疗”的愿景，依托百度大脑的核心技术与 AI 能力，构建医疗 AI 中台、医疗知识中台和医疗数据中台，面向医疗全场景提供临床辅助决策、眼底筛查、智慧病案、慢病管理、医疗大数据服务等一体化解决方案，用科技的力量让优质医疗资源更可达。灵医智惠广泛联合医院、医生、HIS 厂商、电子病历厂商等合作伙伴，携手推动基层诊疗过程的标准化、规范化，提升基层医疗能力，降低医疗风险，控制医疗费用，服务“健康中国 2030”的国家战略。

毕马威介绍：

毕马威在中国内地、香港和澳门运营的成员所及关联机构统称为“毕马威中国”。

毕马威中国在二十七个城市设有三十家办事机构，合伙人及员工超过 14,000 名，分布在北京、长沙、成都、重庆、佛山、福州、广州、海口、杭州、合肥、济南、南京、宁波、青岛、上海、沈阳、深圳、苏州、太原、天津、武汉、厦门、西安、郑州、东莞、香港特别行政区和澳门特别行政区。在这些办事机构紧密合作下，毕马威中国能够高效和迅速地调动各方面的资源，为客户提供高质量的服务。

毕马威是一个由独立的专业成员所组成的全球性组织。成员所遍布全球 146 个国家及地区，在 2020 财年拥有接近 227,000 名专业人员，提供审计、税务和咨询等专业服务。各成员所均为各自独立的法律主体，其对自身描述亦是如此。毕马威国际有限公司是一家英国私营担保有限公司。毕马威国际有限公司及其关联实体不提供任何客户服务。

1992 年，毕马威在中国内地成为首家获准中外合作开业的国际会计师事务所。2012 年 8 月 1 日，毕马威成为四大会计师事务所之中首家从中外合作制转为特殊普通合伙的事务所。毕马威香港的成立更早在 1945 年。率先打入市场的先机以及对质量的不懈追求，使我们积累了丰富的行业经验，中国多家知名企业长期聘请毕马威提供广泛领域的专业服务（包括审计、税务和咨询），也反映了毕马威的领导地位。

版权声明:

报告版权属于北京百度网讯科技有限公司和毕马威企业咨询(中国)有限公司所有,未经双方事先书面授权许可,任何人不得修改、复制、转款、摘编或以其它任何方式使用本报告的全部或部分内容。

所载资料仅供一般参考用,并非针对任何个人或团体的个别情况而提供。虽然北京百度网讯科技有限公司和毕马威企业咨询(中国)有限公司已致力提供准确和及时的资料,但不能保证这些资料在阁下收取时或日后仍然准确。任何人士不应在没有详细考虑相关的情况及获取适当的专业意见下依据所载资料行事。

© 2021 北京百度网讯科技有限公司、百度智能云、灵医智慧的名称及标识均属于北京百度网讯科技有限公司的商标盟注册商标。

© 2021 毕马威企业咨询(中国)有限公司—中国有限责任公司,是与英国私营担保有限公司—毕马威国际有限公司相关联的独立成员所全球性组织中的成员。毕马威的名称和标识均为毕马威全球性组织中的独立成员所经许可后使用的商标。

版权所有,不得转载。在中国印刷。

联合出版：

百度智能云

地址：北京市海淀区西北旺东路 10 号院百度科技园

邮编：100094

电话：+86 4008-777-818

<https://cloud.baidu.com/>

灵医智惠

地址：北京市海淀区西北旺东路 10 号院百度科技园

邮政编码：100094

电话：+86 (10) 56083480 /+86 (10) 5800 3345

<https://01.baidu.com/>

毕马威中国

上海市南京西路 1266 号恒隆广场 2 号楼 25 楼

邮政编码：200040

电话：+86 (21) 2212 2888

传真：+86 (21) 6288 1889

www.kpmg.com

百度云智一体系列白皮书



百度智能云
官网



百度灵医智惠
官网



百度灵医智惠
微信公众号



毕马威企业咨询
中国官网