

智慧医疗：破解“铁三角”困局

倪剑，孙宝红，曾伏娥|文 李全伟|编辑

（提要）医疗保健领域存在铁三角困境，任何医疗卫生系统或政策都很难实现医疗准入、成本控制和医疗质量的同时提升。而日渐成熟的智慧医疗，能够从需求、供给、准入、支付这四个维度改变现有健康服务的提供链条和决策机制，能够破解“铁三角”困局。本文提出了四条突破性举措。

从宏观格局看，整个医疗产业可通过四个维度进行考察——需求、供给、准入和支付，这四个维度共同构筑了一个完整的医疗服务链条和价值实现周期，即患者的医疗需求通过一定的准入渠道从供给方获得满足，再全部或部分通过第三方实现支付，见图“医疗产业的四个维度”。在传统的医疗服务体系内，需求通常产生于患者出现症状（一般在显性化之后），然后通过信息和物理的准入到达供给方。供给方通常为医疗机构或药店，它们会对患者的信息或数据进行判断并给出解决方案即治疗或处方，提供服务。患者最后根据供给方报价全部或部分通过第三方支付方（不同形式的医疗保险）进行支付。



图 医疗产业的四个维度

但是传统的医疗体系存在问题。美国耶鲁大学教授威廉·基西克（William Kissick）1994年在他的作品《医疗的困境：无限需求和有限资源》（*Medicine's Dilemmas: Infinite Needs versus Finite Resources*）中曾提到过一个著名的“医疗铁三角悖论”，基本观点是，每个社会都有它们希望在医疗保健领域同时追求的三个目标：医疗准入、成本和质量。但是由于一定时期内每个社会的医疗需求是无限的，而医疗供给则相对有限，因此上述三个目标在现实中经常相互竞争，好比一个等边三角形，每个目标都是一个角，每个角都是60度，如果你扩大其中一个角，比如提高医疗准入，至少会影响另外两个角中的一个，如带来医

疗成本的增加或医疗质量的降低，而提高医疗质量则会带来医疗成本和（或）医疗准入的提高。结果是，任何医疗卫生系统或政策都难以同时实现全部三个目标。

这就是医疗“铁三角悖论”带来的治理困境，长时间困扰决策者。当然威廉·基西克的铁三角概念并不是绝对的，三重目标也可以同时实现，只不过同时实现特别具有挑战性，需要突破性创新思维。本文认为，作为传统医疗的一种突破性创新方式，智慧医疗（Smart Healthcare）可在很大程度上帮助改变整个医疗产业的格局并打破原有的医疗铁三角困局。

智慧医疗的兴起（小标题）

智慧医疗（Smart Healthcare）是最近广受关注的专有医疗名词，它以互联网为依托，基于大数据和人工智能，同时借助社交媒体、远程医疗、移动医疗等信息交互模式，利用最先进的物联网技术，通过打造健康档案区域医疗信息平台，实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备等的零响应时间互动，逐步达到信息化。广义的智慧医疗由三部分组成，分别是智慧医院系统、区域卫生系统和家庭健康系统；狭义的智慧医疗则专指基于大数据和人工智能的医疗管理体系。

智慧医疗最先由 IBM 公司 2008 年于“智慧地球”战略中提出。对于智慧医疗的兴起和发展，可大体归纳为三个方面的原因：第一，技术的发展，即支撑智慧医疗的基础技术体系包括基因排序、大数据、穿戴设备和人工智能等在近年内发展迅速并日益完善；第二，现实的需要，因为许多国家的医疗服务体系都面临着严峻挑战，比如高昂的医疗费用、不可持续的医疗费用增长、沉重的慢性疾病负担、效率低下的医疗服务体系、不断提高的健康需求与有限的供给间的矛盾等，这些挑战促使很多国家和政府不得不重新思考新的医疗模式；第三，资本市场的推动，资本市场以其资本分割的标准性、资本流动的充分性、交易的统一性、成本的低廉性、评估的客观性、产权的明确性、信息的公开性、运作的市场性等特征而使智慧医疗资源迅速实现优化配置。

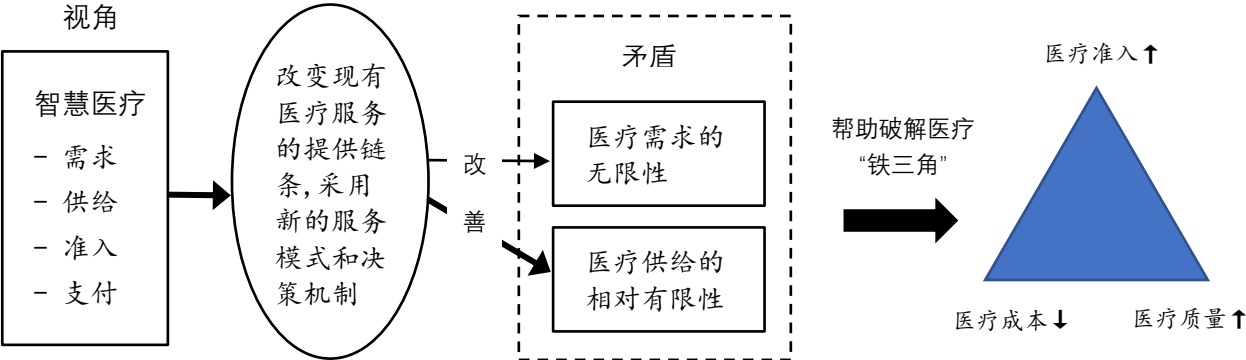
鉴于上述原因，智慧医疗目前已在世界范围内受到广泛关注并快速发展，而且智慧医疗在现有医疗体系中的不断尝试和实施还在潜移默化地改变医疗体系本身，如 2015 年美国提出精准医疗（Precision Medicine），希望通过整合分析基因数据、环境数据和个体生活数据来有效预防控制及治疗肿瘤和糖尿病等疾病。2016 年，中国也宣布把精准医疗纳入新

的五年计划，投入的科研经费高达 600 亿元人民币，在 40 多个开展精准医疗计划的国家中投资规模最大。

在企业层面，很多大型制药企业和医疗器械企业也已意识到这一趋势，均在积极通过投资、合作、收购等方式与新兴的技术企业和研究机构合作，为未来进行提前布局，比如 2016 年药明康德与华为合作，共同打造了中国首个精准医疗大数据云平台——明码云，用来储存和运算海量医疗数据，助力中国的精准医疗计划。而新兴的技术企业比如晶泰科技，则计划通过量子力学、计算化学和人工智能技术来缩短药物的开发周期，为制药企业节省巨额开支。此外，不少新兴的深度学习应用也将医疗服务作为一个极其重要的场景，以期解决现实紧迫问题，如卡耐基梅隆大学教授主持创立的分布式机器学习平台公司 Petuum，致力于将人工智能、机器学习的技术应用于医疗行业，研发新的模型和算法，让庞大复杂的数据产生价值。

当然，要实现智慧医疗，还需要商业上的创新和整合的平台，因此近年来中国出台了一系列政策帮助收集数据、推动整合平台的形成。在这种背景下，2017 年北京大学健康医疗大数据研究中心筹备建立了“中国健康医疗数据共享平台（China Medical Data Sharing System）”，不仅整合了来自科研机构的个体研究数据，还整合了来自制药企业的几万例临床试验和上市后的药物观察个体数据。

智慧医疗的兴起为“铁三角”治理提供了新思路。本质上看，医疗铁三角之所以形成，根源在于医疗需求的无限性和医疗供给的相对有限性这对矛盾。在传统的医疗体系下，这对矛盾基本上不可破解，但是如果导入智慧医疗体系，则有望帮助改变整个医疗产业的格局并打破原有的医疗铁三角困局。如图“医疗‘铁三角’治理视角与出路”所示，智慧医疗所涉及的是整个医疗产业在需求、供给、准入、支付这四个维度的服务模式和决策机制，通过从四个维度改变现有健康服务的提供链条和决策机制，智慧医疗未来将在现有投入要素不变的情况下，通过改变服务周期和提高效率来实现整个系统的优化，进而实现医疗准入、成本控制和医疗质量的同时提升，为破解医疗铁三角困局提供方向。



破解“铁三角”困局的四条举措（小标题）

如前所述，要同时完善医疗准入、医疗成本和医疗质量三大目标，破解铁三角困局，必须首先破解医疗需求的无限性和医疗供给的相对有限性这对矛盾，而这需要利用突破性创新思维，依托几个关键的技术体系在医疗需求、供给、准入和支付领域进行应用，以求多点突破。

1.全方位起点收集健康信息，增加预防性和及时性，同时基于大数据进行医疗需求挖掘和决策支持，从需求端寻求突破。正如我们此前提到传统的医药产业链条中，医疗的需求起点是症状的发生，包括患者发现自身症状而产生的治疗需求及由此带来的一切后续产品、服务要求和支付行为。但是这种传统的医疗体系是一种非常昂贵和低效的模式，不仅易使患者错过预警期，还往往导致过度治疗；而且疾病形成之后的治疗成本极高，由于现代社会的医疗费用很大程度上由第三方即社会保险或私营保险来负担，因此这种模式还会带来巨大的社会成本，从而拉大医疗需求无限性与医疗供应相对有限这对矛盾。

但是伴随基因科学的迅速发展，人们对疾病与个体基因以及基因变异之间的关系有了更深认识；同时，人们还认识到除整体环境因素外，个体的生活习惯等也与健康状况息息相关，都与疾病之间存在内在的联系。所以，对于一些重大疾病（如肿瘤）和长期慢性疾病，如果能在疾病发生之前认识到这些关系并有效介入，在疾病发生时通过基因分析高效地为不同患者提供治疗方案和药品，提高药品有效性并减少副作用，同时在疾病治疗后的维持期进行有效的疾病管理等，对患者而言将最大程度地避免疾病治疗所带来的痛苦，对整个社会而言则会节约大量社会成本，控制医药费用。正是基于这一核心理念，个性化医疗（Personalized Medicine）和精准医疗（Precision Medicine）应运而生。

个性化医疗和精准医疗的基础在于大数据支持。在医疗领域，大数据主要由以下四个方面的具体数据构成：临床数据，包括电子病历、电子处方、医学影像；基因组数据，比如基

因序列；行为数据，包括穿戴设备数据和社交媒体信息数据；功能公共卫生数据，例如地区流行病学数据。

对这几方面的数据进行有效整合与分析就可以对个体健康需求进行深入挖掘，从而形成具有预防性、控制性和个体化的健康供给决策。另外通过对大数据进行分析和利用，可对个体健康的潜在需求作进一步识别，从而在疾病形成和症状出现前介入和干预，这就是将传统医疗中症状出现后的治疗需求提前转化成预防性和控制性的医疗需求，并根据个体数据本身的差异提供具有针对性的治疗。

对个体以及群体健康需求进一步深入挖掘的最终目的是帮助健康供给方作出决策，即通过获得对医疗需求更清晰的认识和掌握来提高医疗供给的有效性和及时性，从而提供具有预防性、及时性、有效性和个体性的医疗供给。通过大数据分析对医疗的潜在需求进行及时的介入和满足，在合适的时间进行恰当的医疗介入，可以减少和避免在疾病发生后的医疗成本。

在广州举办的 2017 财富全球论坛上，许多与会嘉宾就曾指出，对于疾病预防，大数据分析加中西医结合是颇具潜力的发展方向。一些科技企业如飞利浦公司等，也正致力于打造预防性解决方案。目前飞利浦已在中国建立了一个创新平台，旨在通过中西方合作来了解疾病根源，从而进行有效预防。除此之外，其他公司如 IBM、腾讯、阿里巴巴等，也在利用大数据、人工智能、远程医疗、移动医疗、物联网、在线支付等技术开展或尝试开展个体化医疗和精准医疗，这些探索均在客观上缓解了医疗需求无限性与医疗供应相对有限这对矛盾，从而从需求端帮助破解“铁三角”困局，见表“个体化医疗和精准医疗技术创新与解决难题”。

表 个体化医疗和精准医疗技术创新与解决难题

技术类型	例子	对消费者的价值	解决难题
大数据	飞利浦公司创新平台 中国健康医疗数据共享平台	疾病预防 精准治疗	信息整合
人工智能	IBM 沃森 腾讯觅影	超人诊断 自然语言问答 自动检测和控制 早期筛查 辅诊治疗	满足医疗需求 提高诊疗精准度

互联网医院	好大夫 杏树林	医疗资源最优匹配 远程诊断和治疗 病案智能化管理	突破地域限制 改善诊疗效率
在线支付	阿里巴巴 微信医保支付	减少价格不确定性 提供信用	支付便捷化

2.基于人工智能探索医疗供给的效力和效率优化，从供给端寻求突破。人工智能，简单而言是指让计算机具有像人一样的认知、判断和决策复杂问题的能力。人工智能的基础在于一系列计算机技术，如算法机器学习、深度学习、语言识别、图像识别、人工神经网络、人工专家网络、模糊逻辑等。

在医疗服务的诊断领域，医学影像是医生进行诊断的最重要的依据，但是这类非结构化的数据数量庞大，过去的 IT 技术不能很好地识别、整合和分析这些数据。不仅如此，许多著名医学家还指出，医生的决策经常是基于经验、推测和惯例等，甚至只是出于习惯和便利。但是现在，人工智能可以有效利用其大数据分析能力，通过对海量数据进行有效分析建立模型，从而形成针对医学影像数据得出准确诊断的能力。

2016年，谷歌公司的研究人员在《美国医学会杂志》（JAMA）发表了一篇题为《开发并验证一种深度学习算法通过眼底视网膜照片检测糖尿病性视网膜病变》（Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Funds Photographs）的文章。该研究通过对 1.1 万名患者眼底视网膜照片的检测形成一套算法，可以得出精确度达到 99.6%-99.8%的预测值（Predictive Value）。这个结果证明，在此领域，计算机算法完全可以达到甚至超越眼科医生的诊断准确度，并在效率上全面碾压眼科医生。

由此类推，在其他领域，医学影像的诊断也很有可能由计算机高效准确完成，从而为医生做出正确治疗决策提供科学支持。这种技术一方面节省了宝贵的医疗人工资源，提高了诊断速度，同时还由于它突破了空间限制，因此对部分医疗资源有限的区域，可以进行迅速补充。而且，建立在大数据基础上的人工智能诊断，伴随着数据的增多，对数据的分析和总结会更加全面，建立的决策模型也会更加准确，因此可以实现自身不断优化的良性发展路径。

在中国，腾讯近日正式发布了首个人工智能医学辅诊开放平台，宣布开放旗下的“腾讯觅影”辅诊引擎。“觅影”是腾讯第一次将人工智能技术应用在医学领域的产品，它具备

AI 医学图像分析和 AI 辅助诊疗两项核心能力，能够帮助互联网医疗服务完成智能化升级，是为医疗行业打造面向下一代智能医疗服务的超级大脑。

人工智能在医疗供给领域的另一个实践是慢病管理和控制。目前，慢病管理的基础在于患者自身的管理和医生定期的管理，但前者取决于患者本身对于疾病的有效管理，这一点从实践的数据情况来看并不佳。

2012 年，美国由于患者不遵守医生的医嘱对自身进行有效管理所产生的额外医疗费用达到 1005 亿美元，约占美国可避免的医疗成本的一半。而通过医生进行患者的慢病管理虽然目前已经成为各国进行慢病观管控的共识，但同时也存在着供给不足和无法做到实时监控等问题，具体表现为，医生无法做到对每个患者的疾病情况随时监控并作出有效治疗决策。

而基于可穿戴设备的医疗数据实时监控系统，为人工智能介入慢病管理奠定了基础。针对慢病明确的指标体系和相应的介入工具，则为人工智能在其中进行有效介入创造了有效的决策模型。这种介入既包括软性的介入，如行为提醒、用药提醒、风险提示等，也包括硬性的介入，如直接给药和治疗等。基于霍普金斯大学的 Emocha 利用移动平台数据帮助病人提高遵医嘱的程度，在丙肝、肺结核和 opioid 瘾治疗上取得了显著成效。

2016 年 9 月，美国食品药品监督管理局（FDA）批准了美敦力公司的人工胰岛素 MiniMed 670G，该产品在经过半年的患者满意度调查后，于 2017 年下半年在美国正式上市。作为全球第一款人工胰脏产品，MiniMed 670G 融合了可穿戴设备的数据实时监控技术，基于算法的人工智能平台以及胰岛素的输入装置。该产品可以根据人体血糖水平进行实时监测水平，在人工智能的平台上对实时数据进行分析判断并在必要时进行胰岛素注入人体以保证血糖水平的持续正常。与传统技术相比，该产品具有实时监控和及时介入的特点，可以更加有效地进行糖尿病的疾病管理。这个产品也是第一个人工智能与慢病管理类医疗器械结合的产物，在可以预见的未来，这类产品将会更多地出现。

人工智能还会应用在医疗和医药的其他领域，比如人工智能可以在早期药物的筛选中提高成功概率，降低药品研发成本；人工智还能在医院病房和手术室流程管理中进一步优化现有资源，提高医院资源使用效率等。这些都提高了医疗服务和产品供给的效力和效率。

儿科就诊难是中国就医难问题的突出体现，其主要原因是儿科医生资源分布不均、儿科医患配比严重不足。2007 年 10 月，阿里巴巴宣布和上海交通大学医学院附属新华医院合作

探索建立智慧医院，合作协议中一个重要部分即搭建云儿科医联体平台，以缓解儿科医疗资源紧缺的现象。

医疗是人类社会中最为复杂的领域，其涉及到专业、人文、心理、经济、社会等多方面的复杂因素，正如美国医生特鲁多（E.L.Trudean）的名言——“偶尔治愈，常常帮助，总是安慰（To cure some times, to relieve often and to comfort always）”，在整个医疗行为中，医生与患者互动的过程具有不可替代性，这是其他行业不能相比的。因此，短时间内由机器取代医生去给患者进行诊疗活动并进行直接互动既不现实，也不太可能。要想让电影《超能陆战队》里智能又贴心的医疗机器人“大白”出现在现实中，我们还需要耐心等待一段时间，不过这一天一定会到来。

3.基于社交媒体和互联网设计医疗准入，推动资源有效分配，从准入领域寻求突破。医疗准入主要包括两类：一是信息准入，即消费者如何获取自己所需要的医疗和药品的信息；二是物理准入，即消费者如何得到其需要的医疗资源的供给并获得产品和服务。信息准入是物理准入的前提，患者只有知道了该去哪儿求医问诊，才有可能到达那里。

第一类：信息准入方面。传统的医疗信息准入模式是单向的信息搜寻或传播机制，即消费者通过朋友、熟人打听相关资源或通过其他媒介了解相关信息，或者医疗或药品提供方通过媒体来传递信息给潜在消费者。由于医疗的高度专业性，这类信息搜寻和信息传播之间就无可避免地存在信息不对称。患者所获得的信息未必是最适合其医疗需求的信息，而对于传播的信息，患者也无法进行有效甄别。至于传统的医疗物理准入，主要取决于空间距离，即距离医疗资源较近的地域就具有更加便利的准入条件。物理准入主要存在准入成本和资源分布不均等问题。

与传统媒体相比，社交媒体（Social Media）是一种基于互联网的交互式信息创造和分享体系。由于具有互动性，社交媒体可以让此前互相隔绝的主体，如医生和患者，在同一个平台上进行有效的互动，并让患者可以通过多个信息渠道对其需要的医疗资源进行有效搜寻和评估，同时借助这个沟通平台进行决策。社交媒体的沟通对象是多元的，包括医生与患者、患者与患者、医生与医生这些不同主体之间的沟通。

由于信息多元，沟通方便，社交媒体在医疗领域已经逐步深入地应用于患者获取、交流医疗信息，甚至开展医患沟通和在线准入。美国的患者社群（Patients Like Me）是一个让不同疾病患者可沟通的共享平台。在这个平台上，患者之间互相交流疾病的治疗经验和就医

体验，获取信息来帮助自身作就医决策。同时，还有可让患者对医生进行搜寻和评价的 Zoc.doc、Health Grades 等网络平台。医疗机构和医生也充分利用社交媒体进行患者教育、招募临床试验志愿者和患者搜集以及医患沟通等工作。

通过运用社交媒体，医患双方可以进行有效互动，降低信息不对称带来的决策成本，减少决策失误。在中国，也有类似丁香园等提供面向医生、患者、医疗机构、医药从业者以及生命科学领域人士的交流平台。在丁香园，有专业的医生团队为大众用户科普健康医学知识、提供优质的线上问诊服务、推荐靠谱的医院等。

第二类：物理准入方面。物理准入方面的关键在于让医疗突破空间限制，发挥其边际效益。物理准入的主要形式有远程医疗（Telemedicine）、互联网医疗（E-health）和移动医疗（M-health）。

远程医疗（Telemedicine）侧重于空间概念，指的是患者与医生之间在存在一定空间距离的情况下进行的诊疗行为。这种医疗行为依托的信息沟通和传输工具不仅限于互联网，同时也包括其他电信工具。

互联网医疗（E-health）侧重于工具概念，其主要依托的是互联网和相关的互联网技术，比如好大夫在线这个互联网医疗平台，汇集了优质权威医生，为患者提供网上看病、挂专家、线上开药、买药、复诊、预约手术等全方位服务。

移动医疗(M-health)则更侧重于平台概念，其重点在于以手机作为一个接入口，接入互联网平台之后，依托手机开展诊疗活动。杏树林就是这样一家专注于移动互联网医疗应用软件开发的公司，它为中国的医务工作者提供基于智能手机和平板电脑的临床信息服务。基于互联网的远程医疗和移动医疗可以有效改善医疗资源分布不均这一问题，提高患者医疗供给的准入和可及性。同时，由于基于互联网的远程医疗和移动医疗还可以有效减少患者和医生的时间支出，因此成本也会极大地降低。但是从目前的具体实践来看，这种远程医疗和移动医疗仍在临床、法律等多方面存在一定争议，要大规模普及尚需进行大量探索，解决诸多问题。

4.价值评估的医疗支付体系，增强支付能力，从支付领域寻求突破。传统的医疗第三方支付行为发生于患者疾病症状出现后的就医，伴随患者治疗过程的完成，支付过程也随即完成。在这个过程中，第三方支付依据患者在一个疾病治疗周期——症状出现、就医、处方及治疗过程——所获得的服务量来进行支付。这种支付机制让医疗机构将其工作重点放在

如何提供满足患者医疗需求的服务量上（Volume-Based），形成以工作量为基础的支付模式，但是这种支付机制不可避免地诱导医疗服务提供者提供更多医疗服务。

大数据和人工智能技术的发展应用可以在此发挥作用。通过重新界定医疗服务的支付标准——从服务量到价值的改变，并利用人工智能的监控功能，有效地控制医疗费用的不合理增长。2016年8月，微信就在深圳的五家医院试点医保推行移动支付，除了用微信挂号外，患者可以通过手机微信绑定深圳的金融社保卡，一键完成“医保+自费”的混合支付，从此医保支付结算不再单一依赖线下刷医保卡。

大数据技术的发展可以将医疗服务链条延伸到患者疾病症状出现之前，重新定义医疗服务的价值及其支付机制——从以治疗疾病为核心的支付模式过渡到以疾病有效管理和患者健康效果评估为核心的支付模式（Value Based Payment）。这种模式考核的重点在于医疗机构如何进行有效的健康管理。要实现这个转化，就需要医疗提供者掌握所服务患者的多种数据信息，如历史诊疗数据、基因数据、行为数据、流行病数据等，然后通过大数据分析判断所服务人群的主要健康风险和疾病诱因，进而通过疾病发生之前的有效健康管理来预防疾病的发生。针对治疗后的患者医疗机构可以通过对其日常数据的监控来及时了解患者的疾病情况，并进行有效及时的介入，最大程度地避免患者的再次入院。

在治疗方面，现有药品、器械和耗材的报销准入和定价，更多地取决于药品和器械研发生产机构自身开展的临床试验和药物经济学数据；而引入大数据和人工智能则能对于医保的准入进行更加科学的分析和判断。同时，通过在治疗过程中对患者数据进行分析，可以对一种药品的有效性进行更加科学的大数据评估。人工智还能通过分析、整合海量的患者病历、处方信息、医学影像以及药品信息和药品使用过程中的反馈信息等得出用药结论，这种结论既可以有效辅助医生的处方行为，也可以应用到医保智能审核的系统流程之中，对临床合理用药进行有效管理，可让医疗支付变得更加科学、合理和有效。

智慧医疗的前景令人憧憬，未来它或将与更新更热的技术例如区块链技术等相结合，催生更多发展机会，国家也会制定更加系统完善的政策来扶持并监管。但是目前，一些挑战依然存在，比如数据平台基础薄弱、用户数据隐私和安全问题突出等，解决这些问题需要大量探索和心理准备。

在中国，目前互联网巨头包括阿里巴巴和腾讯等已纷纷进军医疗领域，与各大医院合作开发人工智能辅诊助手，通过大数据和云平台打造智慧医院。仅仅短短几年，中国就见证了智慧医疗的迅猛发展，也在此领域获得了卓著成果，然而实践智慧医疗的道路依然漫漫，

除了技术和商业模式上的尝试和突破性创新，我们也期待看到智慧医疗越来越多地在基层运用，真正做到“慧”及大众。

倪剑是约翰霍普金斯大学副教授。

孙宝红是长江商学院副院长、市场营销学教授、杰出院长讲席教授。

曾伏娥是武汉大学经济与管理学院教授。

致谢：感谢《哈佛商业评论》两位编辑和长江商学院温霞的支持。感谢研究助理陆彦豆和陈建伟提供的非常有效的帮助。倪剑感谢 Rustgi Family Fund in Entrepreneurship 的资助。曾伏娥感谢国家自然科学基金(#71832010)的资助。