V C B E A T R E S E A R C H



医疗健康物联网白皮书 (2020)

Medical Internet of Things Whitepaper 2020

MIoT 无锡医疗物联网研究院

蛋壳研究院 VCBeat Research

医疗健康物联网白皮书（2020）编委会

主编

兰　青　江苏省卫生健康委员会
戴美忠　无锡市卫生健康委员会

副主编

笪学荣　无锡市卫生健康委员会
刘晓强　江苏省卫生统计信息中心

成员

胡建平 国家卫生健康委统计信息中心
李岳峰 国家卫生健康委统计信息中心
董方杰 国家卫生健康委统计信息中心
王爱年 江苏省卫生健康委员会
谢寿坤 无锡市卫生健康委员会
刘星宇 无锡市卫生健康委员会
刘丹红 第四军医大学
杨梦宁 重庆大学
钟代笛 重庆大学
王　东 上海交通大学 RFID 与物联网研究所
王　澄 无锡新吴区科技局
陈　翀 无锡医疗物联网研究院
张　斌 无锡医疗物联网研究院
沈天翊 无锡医疗物联网研究院
刘　东 动脉网蛋壳研究院
刘宗宇 动脉网蛋壳研究院
李成平 动脉网蛋壳研究院
陈　鹏 动脉网蛋壳研究院

感谢以下专家提供宝贵意见或提供典型案例（以姓氏笔画排序）：

叶　刚 无锡海鹰医疗科技股份有限公司
叶　凯 江苏曼荼罗软件股份有限公司
刘　军 无锡识凌科技有限公司
何柄谕 中泰证券股份有限公司
余小益 创业慧康科技股份有限公司
张炎炎 中国移动通信集团设计院有限公司

版权声明

本白皮书版权属于无锡医疗物联网研究院和动脉网蛋壳研究院，并受法律保护。任何单位和个人未经无锡医疗物联网研究院和动脉网蛋壳研究院共同书面授权，不得以任何目的（包括但不限于学习、研究等非商业用途）修改、使用、复制、截取、编纂、编译、上传、下载等方式转载和传播本书中的任何部分，授权后转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明来源。违反上述声明者，将被追究其相关法律责任。

序

医疗健康物联网（MIoT，Medical Internet of Things）是物联网技术在医疗健康行业的一个重要应用领域。随着大数据、互联网+、区块链等前沿技术的充分整合和运用，医疗健康物联网越来越呈现出强大的影响力和生命力，对推进深化医药卫生体制改革、加快“健康中国”建设和推动医疗健康产业发展，起到重要的支撑作用。在突如其来的新冠疫情中，医疗健康物联网被广泛应用于各地防疫，发挥了巨大的作用，体现了医疗健康物联网的巨大潜力。

经过一段时间的高速发展后，我国医疗健康物联网的发展正在加速，并体现出了良好的发展态势。但是，在顶层架构、系统设计和落地模式上，我国医疗健康物联网还需要不断完善。2016 年《健康中国 2030 规划纲要》发布以后，医疗健康物联网建设方向及时完成了从医疗卫生到医疗健康的转变，并对相应的解决方案进行了调整。针对新时代、新任务和新要求，研究院组织业内专家研究和编制了《医疗健康物联网白皮书（2020）》，在之前研究院发布的《医疗健康物联网白皮书（2016）》和《医疗健康物联网白皮书（2018）》两个版本的基础上更新了医疗健康物联网的应用现状和发展趋势、存在的问题、机遇和挑战，并为医疗健康物联网产业的发展提供了系统性规划和思考，旨在为医疗健康物联网产业发展提供建设指导，为政府部门前瞻规划提供决策参考，为医疗服务机构开展医疗健康物联网应用提供行业指导，并与业内同仁分享我们对医疗健康物联网的经验与思考。

《医疗健康物联网白皮书（2020）》编制工作量较大，涉及面较广，难免有疏漏，敬请广大读者不吝批评指正，以便我们后续改进。

目录

1 **医疗健康物联网概述** 7
1.1 医疗健康物联网的定义及简要发展 7
1.2 “新冠疫情”及“新基建”对医疗健康物联网的影响 9
1.3 推动医疗健康物联网的“五驾马车”：技术、标准、政策、市场和资本 11
2 **医疗健康物联网基础架构及技术** 12
2.1 医疗健康物联网的四层基础架构概述 12
2.2 医疗健康物联网感知层 12
2.2.1 感知层技术 12
2.3 医疗健康物联网网络层 17
2.3.1 医疗健康物联网主流网络技术 18
2.3.2 无线技术未来发展趋势 23
2.4 医疗健康物联网平台层 27
2.4.1 平台层技术未来趋势 27
2.5 医疗健康物联网应用层 28
2.5.1 应用层技术未来趋势 28
3 **医疗健康物联网主要标准解析** 30
3.1 国际标准组织有关医疗健康物联网技术标准制定工作现状 30
3.1.1 ISO 有关医疗健康物联网技术标准现状 30
3.1.2 ITU 有关医疗健康物联网技术标准现状 32
3.1.3 IEEE 有关医疗健康物联网技术标准现状 33
3.1.4 HL7 有关医疗健康物联网技术标准现状 36
3.2 我国相关机构有关医疗健康物联网技术标准制定及推进工作现状 36
3.2.1 国家标准化管理委员会有关医疗健康物联网技术标准现状 37
3.2.2 国家卫生信息标委会有关医疗健康物联网技术标准的推动工作 38
3.2.3 中国通信标准协会 CCSA 有关医疗健康物联网技术标准的推动工作 38
3.2.4 CHMIA 有关医疗健康物联网技术标准及联盟的推动工作 39
3.2.5 无锡医疗物联网研究院有关医疗健康物联网技术标准及联盟的推动工作 40
3.3 国内医疗健康物联网标准化工作的发展建议 40
4 **医疗健康物联网主要政策分析** 42
4.1 全球医疗健康物联网发达地区医疗健康物联网行业政策分析 42
4.1.1 美国 44
4.1.2 欧盟 44
4.1.3 日本 45
4.1.4 韩国 45
4.2 国内医疗健康物联网政策分析 46
4.2.1 一战略 51
4.2.2 二层次 51
4.2.3 三对象 52
4.2.4 四周期 53
4.3 国际国内医疗健康物联网政策对比以及发展建议 54

5 **医疗健康物联网近年来的市场及资本环境** 55
5.1 全球及国内医疗健康物联网市场规模预测 55
5.1.1 全球医疗健康物联网市场规模预测 55
5.1.2 国内医疗健康物联网市场规模预测 57
5.1.3 我国公立医院医疗健康物联网相关招投标数据解读 59
5.2 全球及国内医疗健康物联网投融资、收购及产业基金分析 61
5.2.1 国际医疗健康物联网投融资及收购分析 61
5.2.2 我国医疗健康物联网融资及收购分析 63
5.2.3 国际国内医疗健康物联网融资及收购对比分析 64
6 **我国医疗健康物联网产业发展分析** 66
6.1 产业生态链 67
6.1.1 芯片 67
6.1.2 传感器 67
6.1.3 操作系统 68
6.1.4 无线模组 68
6.1.5 网络运营 69
6.1.6 平台服务 70
6.1.7 软硬件开发及集成应用 70
6.2 国内物联网产业联盟发展分析 71
6.3 国内物联网产业基金发展情况分析 72
6.4 我国医疗健康物联网市场竞争格局及应用场景发展潜力评析 73
6.5 国产替代背景下，国内企业及机构在全球生态链中的地位及其机会 76
7 **医疗健康物联网应用场景透视** 78
7.1 医疗健康物联网应用场景分类 78
7.1.1 智慧临床 78
7.1.2 智慧患者服务 79
7.1.3 智慧管理 79
7.1.4 远程健康 79
7.2 智慧临床类应用场景 80
7.2.1 医疗急救管理 80
7.2.2 移动护理管理 81
7.2.3 输液监护管理 82
7.2.4 智慧病区 83
7.2.5 床旁智能交互 84
7.3 智慧患者服务类应用场景 85
7.3.1 院内导航 85
7.3.2 院内人员定位管理 87
7.3.3 报警求助 88
7.4 智慧管理类应用场景 89
7.4.1 院内智慧后勤管理 89
7.4.2 院内物资及物流管理 90
7.4.3 院内医废管理 91

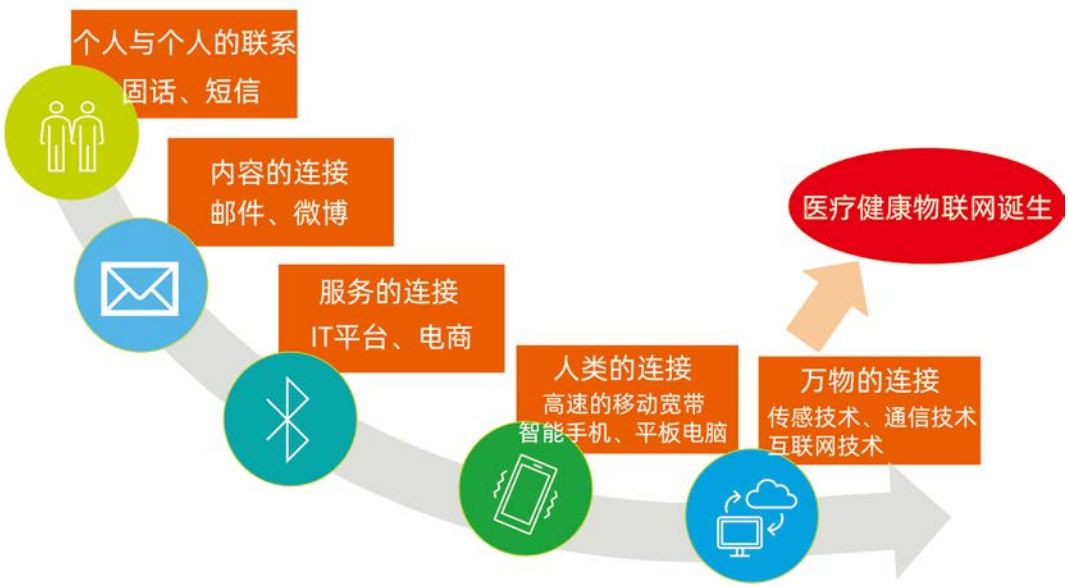
7.4.4 中医及西医药品溯源管理 92
7.5 远程健康应用场景 93
7.5.1 社区慢病管理 93
7.5.2 社区公卫体检服务 94
7.5.3 社区生命体征监测 95
7.5.4 远程消费医疗 96
7.5.5 疾病早筛预防 97
7.5.6 5G+癌症筛查 98
8 **对我国医疗健康物联网发展的建议和思考** 100
8.1 强化产业集聚，进一步扶持打造全球性医疗健康物联网高地 100
8.2 增加研发投入，确保行业自主可控可持续性发展 100
8.3 完善安全建设，打造完全自主可控的医疗健康物联网安全体系 101
8.4 推动应用示范，促进物联网与医疗健康的结合，用技术为医疗健康赋能 101

1　医疗健康物联网概述

1.1 医疗健康物联网的定义及简要发展

物联网技术（IoT，Internet of Things）是近年来兴起的一个新兴概念，与互联网（Internet）相对应。1999 年，美国麻省理工学院自动化识别系统中心的创始人之一凯文·阿什顿（Kevin Ashton）在研究 RFID 时提出了物联网的概念并沿用至今。它是将射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按特定协议将设备物品与互联网相连接，从而彼此进行信息交换及通讯，以实现智能化识别、定位、追踪、监控和管理的一种网络技术。

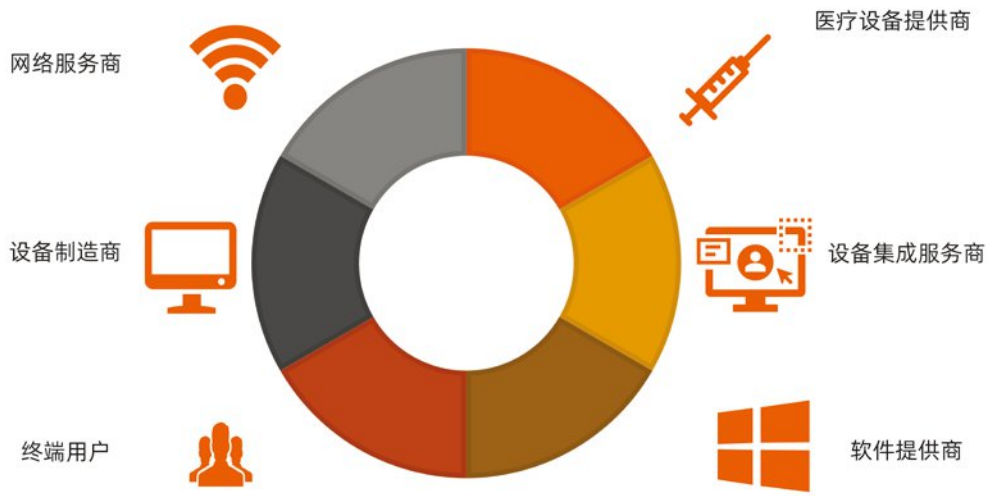
随着计算处理能力和无线技术微型化的进步，物联网应用场景逐渐拓展，从一个个概念变为现实。物联医疗设备开发的创新使得医疗健康行业愈发意识到物联网技术在医疗健康行业中的巨大作用。首先，物联网连通性的增强使其可以应用于大多数类别的医疗设备，进而使得应用物联网的医疗设备大幅增加。随后，物联医疗设备数量的大量增加，又进一步促使支持采集和传输医疗级别数据的传感器、物联网络、服务系统及软件的进步，最终将物联医疗设备和医疗健康 IT 系统通过物联网相连，从而持续自动传输医疗数据。这种将物联网和医疗保健 IT 系统的有机结合，也就是医疗健康物联网（MIoT，Medical Internet of Things）；或者，也可以称之为智慧医疗。



2003 年，医疗行业就开始借助互联网、RFID 技术和 EPC 标准等手段，开始医疗健康物联网的尝试。2004 年，利用射频信号实现无接触信息传递，并准确识别的 RFID 技术被应用于医疗健康物联网。因其成本低廉、简单可靠，RFID 得到大量采用，至今仍然是医疗健康物联网主要的传感技术。2005 年，美国少数医院开始部署 RFID 系统以追踪和管理患者、工作人员及资产设备。至此，医疗健康物联网形成初步商业模式。2006 年，美国率先应用植入式 RFID 微型芯片并开展临床试验，以通过终端设备监测慢病患者病情。医疗健康物联网逐渐得到医疗行业的认可，并快速发展出多种应用场景。

在我国，有识之士很早就意识到医疗健康物联网在慢性阻塞性肺疾病等慢性病呼吸疾病、糖尿病和充血性心力衰竭管理中的作用。2008 年，我国就有专家提出了物联网医学，设想将物联网应用于健康管理、医疗、术后管理和老年健康照护等领域 [1]，并提出将医疗健康物联网应用到分级诊疗实现癌症早筛的设想 [2]。2014 年和 2015 年，中国最早的两部物联网医学专著《实用物联网医学》及《物联网医学分级诊疗手册》先后出版，奠定了中国医疗健康物联网理论基础。

医疗健康物联网概念提出的时候正值全球医疗健康费用快速上涨时期，这使得医疗健康物联网一经提出就被医疗健康行业迅速采纳。2017 年，全球医疗健康支出为约 7.8 万亿美元，占当年全球 GDP 的 10%之多。2000-2017 年间全球医疗健康支出平均增长率达到 3.9%，高于同期全球 GDP 平均 3%的增幅 [3]。高盛在 2015 年经过调查后发布报告认为，医疗健康物联网可以有效增加收入并降低成本，可以帮助美国每年减少超过 3 千亿美元的医疗健康费用支出 [4]。当然，前提是能够将数以百万计的医疗健康物联网设备生成的数据转化为可操作的洞察力。



除此以外，医疗健康物联网对医疗健康行业的促进也是其被行业迅速采纳的重要原因。医疗器械行业每年生产超过 50 万种不同类型的医疗健康器械 [5]，包括可穿戴式医疗设备（皮肤贴片、胰岛素泵和血糖监测仪）、植入式医疗设备（起搏器和植入式心律转复除颤器设备）以及固定式医疗设备（家庭监控设备、连接成像设备和扫描设备）。医疗健康物联网极大地拓宽了医疗健康器械应用的广度和深度。首先，医疗健康物联网使医疗器械可以自动持续地传递所采集的患者身体信息，以使医护人员可以实时监控患者健康状况并调整患者行为，从而提高诊断和治疗的速度和准确性。其次，它还可以简化临床流程、信

[1] 白春学，中华医学信息导报：《物联网在医学中的应用》，2019 年第 34 卷第 8 期

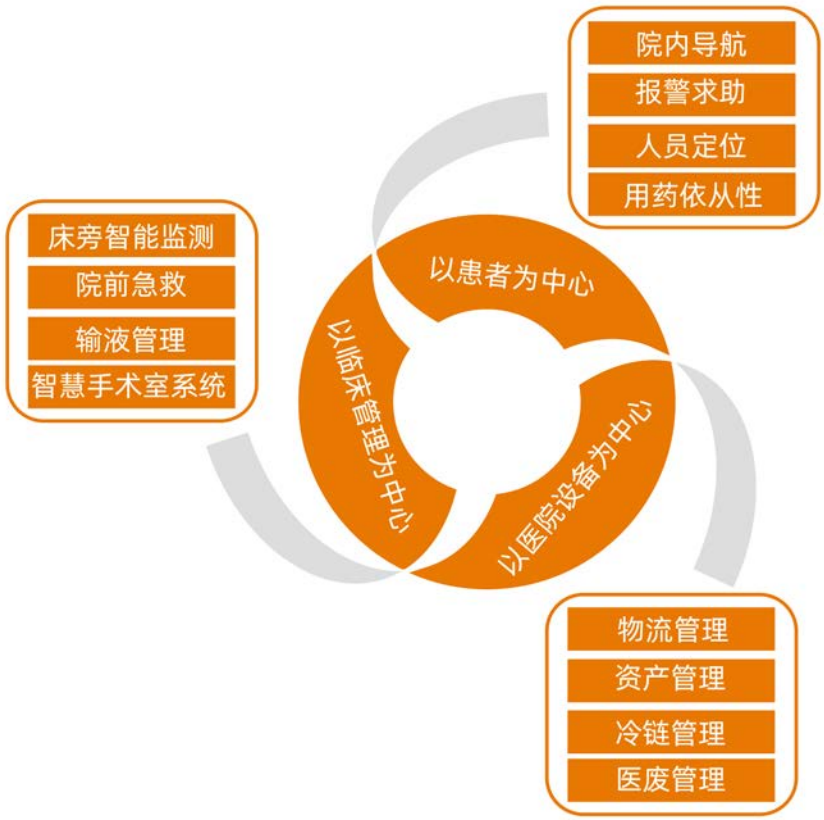
2 苏暄，中国医药科学：《白春学：借力云计算和终端，拥抱物联网医学新时代》，2016 年 2 月第 6 卷第 4 期

[3] WHO: Global Spending on Health: A World in Transition (2019)

[4] "Goldman Sachs Report: How the Internet of Things Can Save the American Healthcare System $305 Billion Annually". Engage Mobile Blog. Engage Mobile Solutions, LLC. 23 June 2016. Retrieved 26 July 2018

[5] Deloitte: Medtech and the Internet of Medical Things (2018) - How connected medical devices are transforming health care

息和工作流程，来提高医疗保健组织的运作效率和有效性。再次，医疗健康物联网还有助于对患者进行实时远程护理，并改善医疗机构内部和医疗机构之间的通信。最后，医疗健康物联网产生的大量数据为开发具有预测性、预防性、个性化和参与性的药物提供了数据基础。



随着时间的推移和技术的发展，医疗行业愈发发现医疗健康物联网的重要作用，并演变出如今五花八门的应用，但归根结底主要是为了实现下列几个方面的智能化管理，即人员管理智能化、设备管理智能化、医疗过程智能化、供应链管理智能化、医疗废弃物管理智能化和健康管理智能化。

1.2 “新冠疫情”及“新基建”对医疗健康物联网的影响

在前不久的新冠疫情中，医疗健康物联网展示了其在公共卫生领域的巨大作用。最让人印象深刻的两个场景均与医疗健康物联网密切相关。其一，全国人民通过架设在建设工地旁基于 5G 网络的摄像头实时了解医院建设动态。在后续的治疗中，5G 远程影像也极大地缓解了当地医疗资源不足的压力。其二，在雷神山和火神山医院中，无人机器人完成了病区消毒和配送医疗物资的任务，极大地帮助了抗疫。医疗健康物联网在整个过程中的应用数不胜数，从设备人员定位到运营管理都发挥了极大的作用。这些智能化应用不仅极大降低了医护人员的负担，有效缓解了疫情期间医疗系统过载的问题，更减少了医护人员与患者的直接接触，从而对疫情防控起到了积极作用。尽管如此，此次重大公共卫生事件还是暴露了我国现行医疗体系，尤其是公共卫生体系的不足。在 2020 年两会上，有不少议案建议和提案都涉及到医疗健康行业的完善。这意味着行业将获得政策的巨大推力。

包括医疗健康物联网在疫情中展示出来的巨大作用在内一系列因素的影响，2020 年 3 月以来，我国陆续出台了一系列“新基建”相关政策。“新基建”是相对于铁路、公路和机场等传统基础设施而言的高速信息网络基础建设，主要涉及 5G 基础设施、特高压电网、城际高铁和轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能和工业互联网七个领域。这七个领域几乎都与物联网技术紧密相关：工业互联网的核心便是物联网的“万物相通”；人工智能则是物联网应用层的支撑技术；5G 网络则将会与物联网共同演进发展，并赋予物联网低延迟、高速率和多终端交互能力；特高压和充电桩的部署运营，以及高铁和大数据中心的实时监控与调度都离不开物联网分布式监控管理。因此，“新基建”背景下的物联网将成为经济发展、社会进步和科技创新最重要的基础设施。



“新基建”包含 7 部分内容

与其他国家及地区相比，我国的物联网具有同发优势和行业重大影响力，技术研发水平处于世界前列。早在 1999 年，中国科学院就启动了传感网（也就是后来的物联网）的研究和开发。2013 年 9 月，在国家标准化管理委员会、工业和信息化部等相关部门的指导下，中国电子标准化研究院和无锡物联网产业研究院联合提出了《物联网：参考体系结构》标准提案。2018 年 8 月 30 日，基于该提案的 ISO/IEC 30141：IoT Reference Architecture 获得通过，成为全球首个物联网顶层架构国际标准。作为制造业大国，我国的物联网市场规模也处于全球前列。截至 2019 年底，我国已成为全球最大的物联网市场——全球 15 亿台蜂窝网络连接设备中有 9.6 亿台来自我国，占比高达 64%[6]。可想而知，随着“新基建”的逐步落地，医疗健康物联网将会获得“政策+科技”的双重提升。

其中，5G、大数据中心、工业互联网、人工智能都与物联网有很强的相关性；同时，能源基础设施和交通基础设施也需要物联网技术赋能。截至 2020 年 4 月中旬，我国已有 13 个省区市发布了 2020 年新基建相关重点项目投资计划；其中，8 个省份公布了计划总投资额，共计 33.83 万亿元 [7]。因此，“新

[6] 张汉青，《经济参考报》：“新基建”重塑物联网产业

[7] 《瞭望东方周刊》：新基建，是什么

基建”对于物联网有着极大的推动作用。

1.3 推动医疗健康物联网的“五驾马车”：技术、标准、政策、市场和资本

任何一个行业的发展，都无法离开多重因素的影响。根据经验，行业的快速发展需要标准、技术、政策、市场和资本“五驾马车”的拉动，缺一不可。医疗健康物联网行业同样不能免俗。

在推动医疗健康物联网发展的“五驾马车”中，政策的作用尤为重要，相当于行业发展的风向标。尤其在我国仍然处于“大政府”的背景下，政府政策往往能够引导社会资源向目标行业集中从而促进其发展。在 2009 年我国以政策形式将物联网正式列入国家五大新兴战略性产业后，包括医疗健康物联网在内的物联网全行业进入了高速发展态势。通过政策的引导，我国目前已经为医疗健康物联网初步营造出了良好发展环境，实现了对相关行业人才培养及企业发展的支持。

在通过政策引导后，行业获得了所需的资源。但其是否能够高速发展仍然取决于核心技术的突破。因此，核心技术相当于行业发展的发动机，直接决定行业是否能够发展，以及发展速度。以医疗健康物联网为例，物联网连接及传感器技术无疑是决定行业能否发展的决定性技术。事实上，医疗健康物联网的概念早已诞生，但当时的网络连接及传感器技术仅能满足一部分行业需求。4G、ZigBee 等技术的成熟为医疗健康物联网带来了希望，5G（其中包括 NB-IoT、LET-Cat.1）网络技术的出现则将彻底引爆医疗健康物联网，使其实现爆发式增长。

随着技术的逐渐完善，行业发展需要通过标准化助力。标准是指在经济、技术、科学和管理等社会实践中，对重复性的事物和概念按照统一、简化、协调和最优化的方式制订、发布和实施的统一规范，以获得最佳秩序和社会效益。标准制定需要行业各方参与，协调妥协后统一执行。因此，标准可以被认为是行业发展的催化剂。通过制定标准，往往可以消除行业壁垒，使各方技术彼此兼容对接，企业不用再针对不同标准进行多次开发，也不用担心产品服务无法在其他区域使用，从而迅速扩大市场规模。总的来说，目前我国在医疗健康物联网领域已经发布数项行业标准和团体标准，整体的《医疗健康物联网信息标准框架》正在研发当中；同时，还有多个课题正在研究之中，展现出极好的发展态势。

市场空间将决定行业发展的上限，缺乏足够市场规模的行业可能会导致企业前期研发的高投入难以获得足够的回报，从而迫使企业减少甚至放弃投入。依靠庞大市场规模对相关技术的促进，我国在很多行业逐渐实现了对先进国家的超越。高铁和 5G 是其中较为典型的案例。与之相对，曾经引发广泛关注的圆珠笔芯钢珠则是一个反面例子——该行业被少数几家国外企业把持并非因为技术门槛，恰恰是因为全行业市场规模过小，单价仅 0.002 元，全年市场仅有 1 亿元，去掉几千万元的研发费用后量产也难以获得价格优势，得不偿失[8]。我国人口众多，老龄化现象逐年加剧，医疗费用快速上升，种种情况对于医疗健康物联网有着迫切的市场需求。这都将刺激医疗健康物联网的发展。

事实上，资本投入是当代行业能否加速发展的重要助推力。尤其在行业发展早期，来自资本的融资能够帮助初创企业解决急缺的资金问题，从而完成产品研发，进而完善自身的造血功能。同时，资本的逐利又指引企业不断通过优化管理或是技术研发在市场竞争中占据优势。近年来，医疗健康物联网的融

[8] 郭琤琤，松禾资本：《国产替代：沸腾的十年大潮》

资和并购频繁。这也进一步说明了医疗健康物联网的市场活力和发展前景。

2 医疗健康物联网基础架构及技术

2.1 医疗健康物联网的四层基础架构概述

医疗健康物联网作为物联网的一个分支，其网络基础架构仍然遵循物联网的基本架构。作为专门负责电信、信息和通信技术（ICT）领域工作的联合国机构，国际电信联盟（ITU）下属的常设机构国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化发表建议书。在《ITU-T Y.4000Y.2060 物联网概述》中，将物联网分为四层结构：装置层（感知层）、网络层、业务支持和应用支持层（平台层）和应用层（见后页图）。

2.2 医疗健康物联网感知层

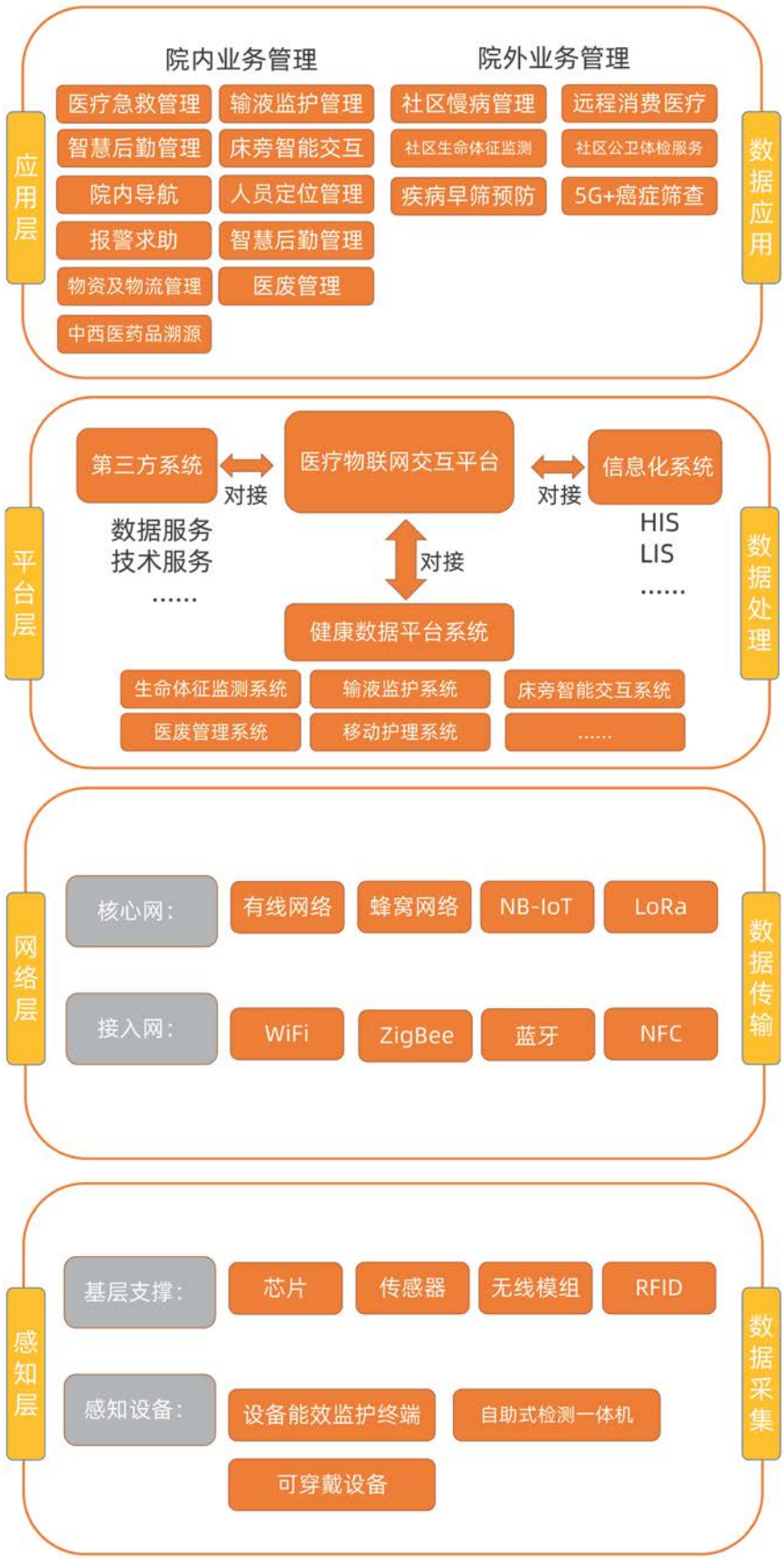
感知层（又称为传感层）是医疗健康物联网的基本特征，可以显著提高医疗健康物联网感知和识别物体及环境的能力。它由包括 RFID 以及各种智能传感器在内的传感器硬件，以及相应的数据感知、采集协议构成；用于实现远程通信与控制，并利用多种生理信号采集方式如 RFID、一维码、二维码、传感器和 GPS 等协同完成对医疗信息的采集。比如，电阻式传感器可以将位移、形变、力、加速度、湿度、温度等这些物理量转换成电阻值等从而完成信息收集的过程。

2.2.1 感知层技术

物联网的一大特点便是“感知”，而这正是基于各种传感器实现。因此，传感器技术是感知层的核心支撑。与此同时，感知层也少不了芯片技术和操作系统技术的支撑。

传感器

传感器是用于采集各类信息并将其转换为特定信号的器件，用于采集身份标识、运动状态、地理位置、姿态、压力、温度、湿度、光线、声音、气味等信息。它是医疗健康物联网的重要环节，借助传感器技术可实现对患者生命体征数据和治疗检查过程数据的采集，实现对医疗过程的监控，提高治疗效果；同时，实现对药品从采购到最终患者者手中的全程管理。按类型不同，传感器可分为物理类传感器、化学类传感器和生物类传感器三大类。医疗健康物联网传感器包括 RFID、敏感元器件、条形码、二维码、摄像头、读卡器及红外感应元器件等。针对不同的应用，这些传感器可以组成相应的传感器网络，如心电监测传感器、呼吸传感器、血压传感器、血糖传感器、GNSS 和摄像头等设备。



医疗健康物联网的基础架构

传感器类型	部分应用类型
陀螺仪	院内导航、院内人员定位、报警求助
加速度传感器	可穿戴监测、物流机器人
压力传感器	医废管理、智慧病区
磁力传感器	院内设备管理、输液监护管理、智慧病区
惯性测量传感器	物流机器人、可穿戴监测
声音传感器	医疗急救管理
生物传感器	体征监测
气体传感器	环境监测管理
光学传感器	医疗急救管理
温度传感器	环境监测管理
流体传感器	无创体征监测、环境管理、输液监护管理
红外传感器	无线测温、公共卫生防疫
RFID	院内人员定位、院内物资及物流管理、报警求助、资产管理

传感器及其对应的医疗健康场景

这其中，RFID 是我国医疗健康物联网应用得最多的传感器。它可以快速读写、长期跟踪管理，通过在物料、药品中植入传感器，并将传感器信号与物料产品信息相连接，医院通过计算机、自动识别系统，实现对物料、药品的全程监管。除此以外，其他类型的传感器也被广泛应用于医疗健康物联网各种应用。

微机电系统（MEMS，Micro Electro Mechanical Systems）代表了传感器技术的最新进展，将微电子技术与精密机械技术结合发展出来的工程技术，尺寸在 1-100 微米量级，涵盖机械（移动、旋转）、光学、电子（开关、计算）、热学、生物等功能结构。微机电系统是涉及机械、半导体、电子、物理、生物、材料等学科的交叉领域，主要通过半导体制造工艺实现。相比传统的机械传感器与致动器，它具有微型化、重量低、功耗低、成本低和多功能等竞争优势。



传感器的集成趋势

伴随着医疗健康物联网终端设备的发展，可穿戴设备对于元器件尺寸的大小提出了进一步的要求。因此，传感器技术的小型化趋势愈发明显，逐渐从微机电系统走向纳机电系统（NEMS，Nano Electro Mechanical Systems）。纳机电系统与微机电系统原理相同，只是在制造工艺上进化到纳米尺度，尺寸更小。随着制造工艺的不断进步，传感器正迅速向传感与数据处理一体化集成的智能传感器发展，通过将 MCU 或板上系统与 MEMS/NEMS 传感器一体化集成，形成智能传感器节点。

随着应用的复杂程度不断提升，多种传感器的融合趋势非常明显。以可穿戴设备为例，一般需要感

知四个自由度的线性加速度、旋转、重力、电子罗盘、计步器、活动监测与终端、运动探测等信息，涉及 MEMS 加速度计、MEMS 陀螺仪、MEMS 地磁计以及微控制器和软件。此外，可穿戴设备还需要包含实现医疗健康应用所需的生命体征传感器等。因此，将多种 MEMS 传感器进行功能集成是满足用户需求的重要发展方向。

随着柔性技术的不断进步，柔性传感器越来越受到医疗健康物联网的重视，尤其是可穿戴医疗健康设备。柔性电子器件是一种把电子器件安装在柔性、可延性塑料或薄金属基板上的新兴电子技术的统称，在一定范围内进行弯曲、折叠、拉伸、压缩等形变后，仍能保持工作能力的电子器件。可穿戴产品无法与皮肤共形贴合，监测能力遭遇了天花板，精准度和灵敏度都受到了考验。把传统的刚性器件变得柔软，使之更加贴合于皮肤、更适合佩戴后，监测或诊断结果会更加精确。因此，近年来，柔性传感器在人体体征监测方面应用广泛，不仅可以监测如血压、脉搏、体温等与人类健康有关的基本生理参数，而且能够对心电、脑电、神经等各类电信号进行监测。

生物传感器也是未来医疗健康物联网传感技术的一大趋势。可穿戴设备以其对人体生理信息动态、连续及实时的监控对我们的日常生活产生了广泛影响。不过，目前已经商业化的可穿戴设备主要实现心电图（ECG）和光电容积图（PPG）测量心率，分别属于电化学和光学生物传感器类型。生物传感器则通过无创测量体液中的生化标志物来反映生理状态。这些生物标志物主要包括汗液、泪液、唾液和间质液，以及体液中的代谢物、细菌及激素等。无创的方式意味着取样过程可以随时方便地进行，且不用担心有创取样可能导致的伤害或感染。以糖尿病患者为例，无创方式取样可以使得每日例行的血糖采集不再需要有创采血过程，体验提升巨大。

生物传感器依赖于高度特异的生物受体。这些生物受体能够在生理条件下识别复杂样品中的目标生物标记物及相关浓度。这一技术的推广也要求对体液的生化组成有深入的了解，如汗液或眼泪的生化组成及其与血液化学的关系。另外，为了实现不造成佩戴者不适前提下的无创采样，生物传感器还需要使用先进的材料和设计，从而提供必要的灵活性和延展性。目前，可穿戴生物传感器主要分为三类，分别是表皮可穿戴生物传感器、眼部可穿戴生物传感器和口腔可穿戴生物传感器。

生物传感器目前正处于研发验证中，其成功转化以及概念验证在商业市场上面临着与其基本操作功能相关的几个障碍。首先，可穿戴设备必须克服在不受控制的条件下长时间工作造成的稳定性问题、采样生物体液成分造成的生物污染以及生物识别组分本身固有的不稳定性。第二，设备必须能够在无需经常重新校准的前提下可靠地运行。因此，传感器的制备必须保证高的生物受体稳定性，以保持响应的准确性和可靠性。第三，还需要适当的流体取样系统，如微流控，以实现在传感器上提供生物体液的有效传输，确保可再现的、准确的信号，以及可忽略的样本污染。这种先进的流体系统还可以促进多步骤生物亲和测定，特别是对免疫测定而言。如果要用于长时间使用的可穿戴设备，免疫传感器的再生是另一个需要克服的主要挑战。最后，完全集成化的可穿戴生物传感平台需要结合具有供电的无线电子设备，以便数据处理和信号的安全传输。

芯片

医疗健康物联网领域极为庞杂，因此，不可能用一款芯片覆盖不断扩大的应用和市场。依据芯片功能的不同，医疗健康物联网感知层所需芯片可以分为集成在传感器及传感器模组中的特定功能芯片，用于通信、视频及图像处理、定位和安全等用途;以及嵌入在医疗健康物联网终端中的嵌入式微处理器(MCU

或 SoC）。医疗健康物联网设备所采用的嵌入式微处理器基本应用嵌入式 ARM 架构，其技术架构紧跟 ARM 架构的发展。这类处理器又可以分为两种类型，其一为大多数医疗设备上采用的传统嵌入式微处理器，需要配合单独的通信芯片接入物联网。另一种则是将通信部分集成至芯片内部的新型物联网专用处理器，相比传统嵌入式处理器，专用物联网处理器的集成度和成本都更具优势。

特定功能芯片中最知名之一莫过于定位芯片。利用医疗健康物联网对设备及人员进行定位，进而实施管理是医疗健康物联网一个重要的功能，包括人员、物流及设备的定位管理都广泛应用到定位芯片。利用近地同步卫星进行室外定位及导航目前已经较为成熟，并为大众所熟悉。北斗卫星导航系统（BDS，BeiDou Navigation Satellite System）是我国自主发展独立运行的全球卫星导航系统。它与美国 GPS、俄罗斯 GLONASS 和欧盟 Galileo 构成全球四大卫星导航系统。2020 年 6 月，我国成功发射了最后一颗北斗三号卫星，完成了北斗三号导航系统的组网。性能指标上，北斗三号全球范围定位精度优于 10 米、测速精度优于 0.2 米/秒、授时精度优于 20 纳秒、服务可用性优于 99%，亚太地区性能更优。根据全球连续监测评估系统最近一周的测算结果，北斗系统的全球实测定位精度均值为 2.34 米，而结合地基增强、精密单点定位，还能提供最高厘米级定位服务。这为医疗健康物联网在室外的应用带来了极大的增益。

除此以外，通信基带芯片也是物联网的主要应用。5G 基带是目前性能最好的基带芯片，高通和海思则是 5G 基带芯片当之无愧的霸主。其中，骁龙 X60 是高通第三代 5G 基带芯片，也是目前最先进的 5G 基带芯片，采用了 5nm 制造工艺。海思巴龙 5000 则是海思第二代 5G 基带芯片，由于发布时间较早，采用 7nm 制造工艺，各项指标上要稍逊一筹。按照往年惯例，巴龙系列本应在 2020 年下半年更新。不过，由于受到各种原因的干扰，巴龙 5000 的后续产品未必能如期发布。除了这两大巨头，联发科、三星和紫光展锐也有 5G 基带芯片产品。

5G 基带在医疗健康物联网中的潜在应用主要在于需要高速传输的远程场景，如远程手术、远程视频诊断或远程 AR 教学等等。但大多数的医疗健康物联网应用并不需要如此之高的传输性能，加上由于采用了目前最先进的 5nm 及 7nm 制造工艺，价格较为昂贵。因此，基于中速 LTE-Cat1 和窄带 NB-IoT 两种专用物联网芯片应用空间会更加广泛。

LTE-Cat.1 方面，翱捷（ASR）于 2019 年 9 月推出的 LTE-Cat.1 单模/多模系列芯片 ASR1601/3601 是业界首款面向移动物联网的 LTE-Cat.1/GMS 双模芯片。ASR1601 采用 ARM Cortex R5 处理器，专为物联网专用实时操作系统（RTOS）打造。其 624MHz 的主频更是同类产品中全球最高。发布于 2019 年底的紫光展锐春藤 8910DM 则是全球首颗针对 LTE-Cat.1bis（Cat.1 的单天线版本，具体细节参见 2.3.1 LTE-Cat.1 章节）芯片，采用 28nm 成熟工艺，同时集成了蓝牙和 WiFi 室内定位。通过系统优化设计，春藤 8910DM 具有显著的低功耗优势，是兼顾制式、性能、功耗、成本的优选物联网解决方案。

目前，海思在 NB-IoT 芯片领域占据了超过 70%的份额（2019 年），代表了目前 NB-IoT 芯片技术水平。其主力产品海思 Boudica 150 只支持 3GPP R14 版本，也就是说还没有支持 5G。不过，Boudica 150 发布于 2018 年，距今已有一段时间。2020 年，海思将发布的全新 NB-IoT 芯片 Boudica 200 将全面支持 3GPP R15 和 R16 的演进，支持 10 亿级 NB-IoT 连接，并集成了 GNSS、低功耗蓝牙、安全子系统、eSIM 和预集成物联网云平台等功能。同时，它进一步优化了 NB-IoT 低功耗的价值，休眠、接收状态下的功耗，典型场景功耗降低 40%，位居业界领先水平，非常适合对功耗极度敏感的可穿戴类设备。此外，包括紫光展锐春藤 8908A、芯翼信息 XY1100、高通 212、移芯通信 EC616 也是目前各家芯片厂商最新的 NB-IoT 芯片产品。

操作系统

物联网操作系统用于管理和控制物联网硬件和软件资源。它将传感器与已有的网络、数据库和中间件技术结合，构筑起了一个由无数联网的阅读器和移动标签组成的，比互联网更为庞大的物联网。医疗健康物联网设备对实时性要求较高，同时也要求较低的成本和功耗。RTOS（实时操作系统，Real-Time Operating System）除了具有实时性，还普遍具有极小的体积、极低的功耗和极高的启动速度，从而满足医疗健康物联网设备的轻量化需求，成为了医疗健康物联网在内的物联网设备的不二之选。

2.3 医疗健康物联网网络层

网络层的作用是实现所有物体的连接，并允许设备与网络内其它设备传输共享信息。医疗健康物联网的网络层实际上是一个异构网络，包含接入网和传输网，分别实现物联网设备的接入和设备之间信息的传输。因此，物联网网络层基本上综合了已有的全部网络形式，通过不同网络的互相组合，来实现更加广泛的“万物互联”。网络层需要从多个物理网络中获取并聚合信息，实现信息精准及时的传递；同时，它还要求医疗设备可以自动发现并连接处于动态变化的网络，并自动完成部署、管理和调度；此外，由于医疗健康行业的特点，网络层还必须同时满足安全性、长期连接的可靠性、实时响应所需的低延时和低功耗等要求。

不过，与互联网相比，物联网也有自己的特点，即单一数据量小但设备数庞大。包含医疗健康物联网在内，绝大多数物联网设备的单一数据量非常之小，在整个寿命周期中传输的数据量可能都无法与我们平时传递的一张图片或者一段视频相当。物联网的设备数量远比互联网设备数量更多，2018 年，物联网接入设备数已经达到 103 亿，估算 2025 年将有 246 亿设备接入物联网 [9]。如此巨大的设备数量使得承担主干传输作用的传输网对带宽的要求丝毫不亚于互联网，同时对网络协议也有相应的要求。因此，可以容纳近乎无限设备的 IPv6 协议也可以算得上是为物联网定制。

医疗健康物联网还尤其需要关注网络安全，否则将导致严重的后果，甚至危及使用者生命安全。2016 年，美国圣裘德医疗设备公司生产的可植入心脏装置被发现存在罕见的网络安全漏洞。黑客可利用这一漏洞远程控制患者的除颤器或起搏器，操纵它迅速耗尽可植入心脏装置的电池电量，从而改变患者的心跳速度并对患者心脏进行不当的危险电击 [10]。圣裘德医疗设备公司迅速修复了这一漏洞，并没有使其造成严重后果。不过，这也说明了医疗健康物联网网络层需要考虑的因素远比互联网更多。

[9] GSMA Intelligence: IoT – The Rise of enterprise (2020)

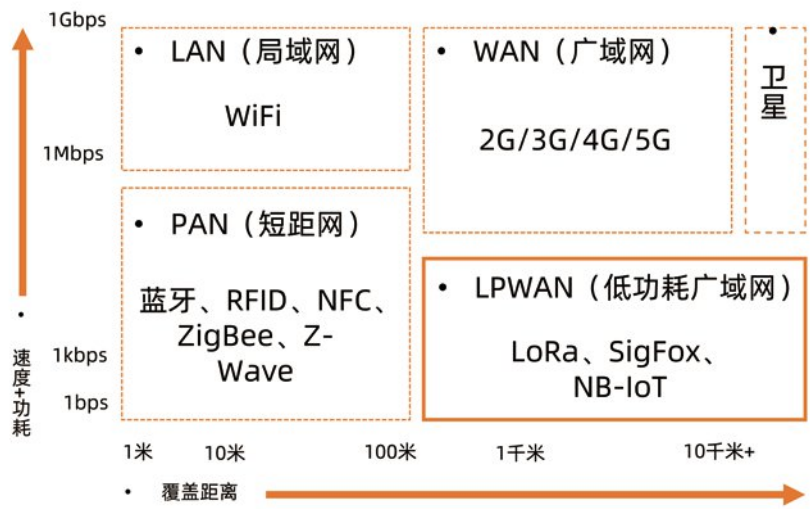
[10] FDA: Cybersecurity Vulnerabilities Identified in St. Jude Medical's Implantable Cardiac Devices and Merlin@home Transmitter: FDA Safety Communication

2.3.1 医疗健康物联网主流网络技术

名称	工作频率	数据传输率	覆盖距离	功耗	成本
2G/3G	蜂窝网络	10Mb/s	5~10千米	高	高
4G（LTE Cat.4）	蜂窝网络	150Mb/s	1~3千米	高	高
5G	蜂窝网络	20Gb/s	300米	高	高
蓝牙	2.4GHz	24Mb/s	300米	低	低
802.15.4	亚GHz、2.4GHz	40、250Kb/s	10~75米	低	低
Lora	亚GHz	0.3~50Kb/s	20千米	低	中
LTE Cat.0/1	蜂窝网络	1~10Mb/s	数千米	中	高
NB-IoT	蜂窝网络	50~60Kb/s	20千米	中	高
SigFox	亚GHz	0.1Kb/s	50千米	低	中
Weightless	2.4GHz	0.1~24Mb/s	数千米	低	低
Wi-Fi	亚GHz/2.4GHz/5GHz	54~450Mb/s	100米	中	低
WirelessHART	2.4GHz	250Kb/s	100米	中	中
ZigBee	2.4GHz	250Kb/s	100米	低	中
Z-Wave	亚GHz	40Kb/s	100米	低	中

主流医疗健康物联网接入网络技术特性对比

医疗健康物联网网络层的接入网有多种短距离无线网络标准可用，包括 Wi-Fi、ZigBee、蓝牙、UWB（Ultra Wide Band）、Z-Wave、RFID/NFC 和 IrDA 等。传输网除了涉及大众熟知的有线网络技术和以 5G 为首的蜂窝网络技术外，还包括 NB-IoT、EC-GSM、LoRa、SigFox 和 eMTC 等低功耗广域网技术（LPWAN）。目前，由于我国医疗健康物联网应用场景还不足够丰富，对网络要求不高，RFID/NFC、WiFi 和蓝牙等短距无线技术占据了主流。不过，随着医疗健康物联网应用场景逐渐丰富对网络要求的提升，新兴的几种专为物联网设计的无线技术（如 Z-Wave、ZigBee、NB-IoT 和 LET-Cat.1 等）在未来有着光明的未来前景。



医疗健康物联网网络技术一览

ZigBee

ZigBee 是一种低成本、低功耗的 Mesh 无线网络标准，基于 IEEE 802.15.4 所定义的物理层和媒体访问控制协议，用于低速率无线个人区域网络（WPAN），可以提供低延迟通信。它使用工业、科学和医疗（ISM）频段，无需许可证或费用，只需遵守一定的发射功率且不要对其它频段造成干扰即可。2.4GHz 是全球通用的 ISM 频段，为保证全球兼容，大多数商用 ZigBee 设备均使用这一频段，其他可用频段则由各国自行规定。在 2.4GHz 频段下，其数据传输率可达 250 kb/s，传输范围为 10-100 米。

ZigBee 已经经过十多年的发展。2004 年 12 月，IEEE 802.15.4-2003 ZigBee 协议发布。2005 年，ZigBee 联盟发布了 1.0 版协议（也被称为 ZigBee 2004）。之后，ZigBee 联盟又先后发布了 ZigBee 2006 和 ZigBee 2007。2015 年 8 月，ZigBee 联盟发布了 ZigBee 2015 Pro。

ZigBee 具有抗干扰能力强、保密性好和延时较低的优点；并且由于采用 Mesh 组网，其网络可扩展性较强，组网容易且自恢复能力强。为了满足不同行业间的应用情景，Zigbee 联盟针对不同行业发布了各种不同层面的应用协议来满足不同行业之间的应用需求，ZigBee Health Care（ZigBee HC）是其中专门针对医疗健康领域的版本。因此，ZigBee 具有较大的灵活性。企业可以高效地借助它来为通用应用构建无线产品，并能够很方便地实施定制。但也正因为此，不同企业的 ZigBee 设备通常无法兼容。尽管 ZigBee 联盟试图在新的标准中实现标准的统一以使设备可以互通，但目前来看成效并不明显。

Z-Wave

Z-Wave 主要针对家庭和小型商用建筑的监控和控制，被广泛用于照明控制、安全和气候控制，以及包括智能电表、家用暖通空调、烟雾探测器、门锁、安全传感器、家电和远程控制等领域。Z-Wave 使用亚 GHz 的 ISM 频段（在我国的工作频率为 868.4MHz），数据传输率达到 40kb/s（理论传输率可达 100kb/s），传输范围最大可达 100 米。

Z-Wave 最初由丹麦企业 Zensys 于 1999 年开发。2005 年前后，Z-Wave 联盟成立。2008 年 12 月，Sigma Design 收购了 Zensys。因此，不同于 ZigBee 有 Ember、飞思卡尔、德仪等多家制造商，Z-Wave 的芯片解决方案基本只能由 Sigma Design 提供。由于标准相对封闭且仅有一家芯片解决方案，Z-Wave 设备不存在兼容性问题；同时，相比 ZigBee 的 2.4GHz 频段存在较为严重的信号干扰问题，Z-Wave 的频段信号干扰也较少。

5G

5G（5th Generation mobile networks）是第五代蜂窝移动通信技术的简称。其目标是实现万物互联，做到“信息随心至，万物触手及”。它将影响到各行各业，极大改变人们的生产生活方式甚至人们的思维方式，被认为是下一代信息科技革命的制高点。

5G 技术的标准化工作主要通过国际标准化组织 3GPP 开展，其标准涵盖 R15（3GPP Release 15）、R16（3GPP Release 16）、R17（3GPP Release 17）三个版本，分别对应 5G 的三大应用场景增强移动

宽带（eMBB，Extreme Mobile Broadband）、高可靠低时延连接（uRLLC，Critical Machine Communication）和大规模机器类通信（mMTC，Massive Machine Communication）。

R15 是 5G 标准的第一个阶段，也是基础版本，主要针对增强移动宽带场景和部分高可靠低延时连接场景。该版本理论峰值下载速率高达 20Gb/s，网络延时不超过 4ms，传输速率比 4G 快 10-20 倍。将增强移动宽带场景作为第一步是因为两个因素：首先，可以较易实现 4G 的演化；其次，考虑到高传输速率更能让普通消费者产生明显的体验优势，进而使得 5G 更易推广。该版本从 2017 年开始推进，已于 2018 年标准冻结。

2018 年开始启动的 R16 是 5G 标准的第二阶段，重点针对低时延高可靠场景，面向工业互联网场景以及车联网应用进行优化，要求网络延时达到 1ms 的水平。同时，它还对增强移动宽带能力进行进一步提升。在基础网络架构能力提升的同时，该版本还要强化支持垂直产业应用，为 5G 的全面应用奠定坚实基础。R16 设计于 2019 年底完成，最终版本已于 2020 年 7 月 3 日正式冻结，满足 ITU IMT-2020 提出的要求。

2019 年 12 月，3GPP 全面启动 R17 5G 标准的设计工作。作为完全体的版本，R17 的工作重心将是大规模机器类通信应用场景，要求网络具备超千亿连接的支持能力，满足每平方千米 100 万连接数的密度指标要求，而且还要保证终端的超低功耗和超低成本。同时，R17 并对 R15、R16 的特定技术进行增强。根据计划，R17 预计在 2021 年中或年底冻结标准。

5G 的三大应用场景可以说是为医疗健康物联网应用提供了极大的推动。以往难以想象的应用场景在 5G 的帮助下逐渐成为现实。2019 年 3 月 16 日，中国人民解放军总医院成功完成了全国首例基于 5G 的远程人体手术。本次手术在中国移动和华为的帮助下，成功为距离北京 3000 千米外的海南医院的患者远程植入了帕金森病“脑起搏器”。4G 网络条件下手术视频卡顿、远程控制延迟明显的问题在 5G 环境下明显改善，手术近乎实时操作。通过 5G 网络，位于大型三甲医院高水平的专家在未来可以直接对偏远地区的患者进行远程手术，完成以往基层无法实施的手术。

5G 的想象空间当然不限于此。目前，5G 已经被用于远程急救或体检环节。集成 5G 通信能力的急救车可以在运输病人过程中实时与医院通信，医生通过远程诊断可以对患者情况有深入的了解，提前做好准备。集成 5G 通信能力的体检筛查车则可以让医生远程操作影像设备，并有效提升筛查报告的上传速度，减少工作时间提升效率。

NB-IoT

2020 年 7 月 9 日，国际电信联盟（ITU）ITU-R WP5D 会议圆满结束。3GPP 5G 技术正式被接受为 ITU IMT-2020 5G 技术标准。该标准中就包含了我国提交的 3GPP NR+NB-IoT RIT。这意味着，由我国产业链主导的 NB-IoT 在实践中获得了全球产业链的广泛认可与支持，成为 5G 标准的重要组成部分。

NB-IoT（Narrow Band Internet of Things）又称为 LTE-Cat.NB-1，是由 3GPP 标准化组织定义的一种技术标准。这是一种专为物联网设计的、可在全球范围内广泛使用的窄带射频技术。其使用授权频段，可采取带内、保护带或独立载波三种部署方式，可与现有网络共存。

NB-IoT 经历了较长时间的演化，最初是由华为和沃达丰于 2014 年联合提出的 LTE-M/NB-M2M 窄带技术。2015 年 5 月，该技术在融合了高通的 NB-OFDMA 后演变为 NB-CIoT。2015 年 9 月，英特尔、爱立信和诺基亚提出的 NB-LTE 又被融合进来，并成立了 NB-IoT 工作组。2016 年 6 月，NB-IoT 获得国际标准组织 3GPP 通过，并冻结标准，标志着 NB-IoT 商用化的开始。截至 2020 年，全球已经有 71 个国家投资建设了 129 张移动物联网，其中，NB-IoT 网络达到 93 张。



NB-IoT 演进路线

NB-IoT 具有低功耗、低成本、广覆盖、大连接等优势。采用该技术的物联网设备传输距离可达 20 千米，电池寿命可达 10 年以上，模组成本仅需 2-3 美元。单个 NB-IoT 基站可以连接 10 万个终端，只需 150 个基站即可覆盖 40 平方千米的城市空间。

	SigFox	Lora	NB-IoT
创立年份	2009	2015	2016
主要推动者	SigFox	LoRa Alliance产业联盟	3GPP
使用频谱	非授权亚GHz	ISM非授权亚GHz	ISM 1GHz以下授权频谱
信道带宽	100kHz	125-500kHz	180kHz
最远传输距离	50km	20km	20km
传输速率	100b/s	300b/s~50kb/s	50-60kb/s
可连接数	100万	25万	10万
优势	传输距离最长、功耗较低、提供现有SigFox基站和云端平台、全球性网络服务	运营成本低、功耗较低、数据传输速率弹性、可与多个运营商合作	使用授权频谱、干扰较小、可维持稳定的通信品质、可使用现有4G基站、无限制传输次数

NB-IoT、SigFox 与 Lora 技术对比

与采用非授权频段的 LoRa 和 SigFox 相比，NB-IoT 有两大优势：第一，NB-IoT 最初由运营商推出，其技术特性完全考虑到了运营商的实际情况。比如，它使用需授权的 GSM 和 LTE 频段，无需重新布建网络，只要更新软件就能使用现有的 4G 基站和相关设备。因此，NB-IoT 一经推出便得到了运营商的支持。相对而言，LoRa 和 SigFox 就没有这样的优势。LoRa 是由各产业联盟共同推动的开放式技术，情况稍好。SigFox 则是由法国 SigFox 公司自行开发，掌握核心网络的建设和营运。从频段来说，LoRa 与 Sigfox 所使用的非授权亚 GHz ISM 频段虽然不需额外付出授权费用，但却需要重新投入成本建设网络。

第二，NB-IoT 采用授权频谱，具有通信保障和不限数据传输次数的核心优势。相比非授权频段，NB-IoT 所受到的信号干扰较小，在通讯质量和信息安全性拥有高度的保障。同时，NB-IoT 不限制传输数据的次数。对比之下，LoRa 和 SigFox 存在每日传输次数的限制，每天传输时间很短，只适合在没有实时通讯需求的领域应用，大大限制了其应用领域。

	eMTC	NB-IoT
信道带宽	1.4MHz	180kHz
峰值速率	下载1Mb/s，上传1Mb/s	下载20kb/s，上传60kb/s
双工模式	半双工FDD/TDD	半双工FDD
移动性	优先移动性到全移动性	无移动性
VoLTE	支持	不支持
部署方式	LTE带内部署	带内部署、保护带部署、独立部署
容量	数万	10万
相对GMS增益	15dB	20dB
电池寿命	5-10年	5-10年
固件升级能力	有	无
延时	小于100ms	10s
芯片成本	目标小于1美元	1-2美元
模组成本	目标2-5美元	目标3美元

NB-IoT 与 eMTC 技术对比

与同样采用授权频段的 eMTC 相比，NB-IoT 具有更低成本、更长续航时间的优势，适合无移动性应用场景。与 NB-IoT 一样，eMTC 基于 LTE 演进而来且使用授权频谱。eMTC 具备高速移动下传输的可靠性和拥塞控制等功能，在延时和吞吐量指标上相比 NB-IoT 有较大优势；但也因此具有成本高且电池时间短的劣势。NB-IoT 追求更低的成本和更长的续航时间，比较适合对成本敏感但是终端数量较大，且无移动性的应用场景，与 eMTC 形成互补。

我国很早就将 NB-IoT 作为物联网的重点技术加以推进。2017 年 6 月，工信部发布《关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展通知》，明确以 14 条举措全面推进 NB-IoT 建设发展，并提出 NB-IoT 基站规模到 2020 年达到 150 万个。2020 年 5 月，工信部办公厅又发布《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》，提出 NB-IoT 与 LET-Cat1 将协同承接 2G/3G 物联连接：以 NB-IoT 满足大部分低速率场景需求，以 LTE-Cat1 满足中等速率物联需求和话音需求，以 5G 技术满足更高速率、低延时联网需求。

目前，在部分医用健康物联网场景，比如远程监控中，往往需要将传感器或整个监控设备通过蓝牙与手机相连，或是连接到家用 WiFi 中才能连入网络。这存在四个痛点：首先，设备不能独立工作，严重依赖智能手机或 WiFi 等局域网络；其次，这种方式网络配置复杂，每次更换网络需重新配置；再次，WiFi 相对耗电很多，不利于物联网场景；最后，该方式未能实现物联网专网，存在安全性和可靠性上的隐患。

通过在医用健康物联网设备上加装 eSIM 及 NB-IoT 模组后，这些设备便可以直接连入 NB-IoT 网络。相比之前通过蓝牙与手机相连或是连接 WiFi 的方式，NB-IoT 网络可以带来几个优势：第一，使用方便，智能医疗健康设备可独立使用；第二，专门为低功耗优化的 NB-IoT 通信模块功耗更低，续航时间更长；第三，电源及通信模块更小，可以有效降低设备尺寸和重量，应用于更新的场景；第四，作为物联网专网，NB-IoT 具有更好的安全性和可靠性。

LTE-Cat.1

LTE级别	Cat.M2(NB-IoT)	Cat.1	Cat.4
信道带宽	200kHz	20MHz	20MHz
最大速率	下载200kb/s，上传200kb/s	下载10Mb/s，上传5Mb/s	下载150Mb/s，上传50Mb/s
闲置电流	300mA	12mA	60mA
睡眠电流	2mA	1.5mA	5mA
待机电流	5uA	40uA	80uA
模组成本	20-30元	40-60元	60-150元

我国物联网高、中速规格与现行 4G 网络技术对比

LTE-Cat.1 全称是 LTE UE-Category 1，隶属于 4G 网络的分支。LTE-Cat.1bis 的 bis 来源于拉丁语“第二次或再一次”之意，放在 Cat.1 后代表其在传统 Cat.1 能力等级基础上的二次衍生。Cat.1bis 的研发初衷是为了满足可穿戴设备对微型化设计和传输性能的平衡，从而在 Cat.1 双天线的基础上衍生出的单天线版本。它的峰值传输率与 Cat.1 一致，成本减少 24-29%。根据终端接入能力等级提供不同服务能力，3GPP 标准组织将 4G LTE 划分为多个不同的等级。目前，主流手机使用的 4G LTE 网络主要为 LTE-Cat.4，前面提到的 NB-IoT 又称为 LTE-Cat.NB-1。LTE-Cat1 则是 3GPP 专门为未来物联网应用市场定义的组别。

随着 4G、5G 网络的普及，2G/3G 网络已经逐渐退出市场。原来基于 2G/3G 网络的物联网网络需要新的替代方案。目前，我国已确定由 NB-IoT 替代原有的 2G 网络作为低速物联网解决方案。LTE-Cat.1 则用于满足 3G 网络退网后的中等速率物联需求和话音需求。LTE-Cat.1 早在 2009 年就已经发布，时间甚至早于 NB-IoT，芯片及模组非常成熟。LTE-Cat.1 无需重建网络，网络覆盖度高；并具有中等网速、支持高速移动（移动速度可达时速 100 千米以上）、低延时、低功耗等特性。因此，自从 2019 年以来，LTE-Cat.1 的推进非常迅速。我国三大运营商纷纷部署 LTE-Cat.1 网络，众多国产通信芯片及模组厂商也纷纷发布相关产品，这使得 LTE-Cat.1 芯片及模组的成本迅速下降。LTE-Cat.1 的应用范围比 NB-IoT 更为广泛，一旦未来 LTE-Cat.1 方案大规模普及，成本持续下降甚至低于 NB-IoT，被用于替代 NB-IoT 也并非不可能。

2.3.2 无线技术未来发展趋势

对于医疗健康物联网而言，主要网络技术的发展已经基本定型，只需要按照预定的演进路线进一步发展即可。在网络传输的其他环节，包括室内定位、卫星通信、多网融合和网络安全等方面，医疗健康物联网仍然有不少发展空间。

可见光通信技术

无线网络技术的突破是医疗健康物联网发展的核心所在，正是因为 ZigBee、Z-Wave 以及 4G/5G 网络技术的突破，医疗健康物联网才得以在近年来满足更多的应用场景，从而实现高速增长。目前，短距离无线网络技术、低功耗广域无线网络技术以及全球定位网络技术基本成熟，能够满足大部分医疗健康物联网的应用场景。但在一些特殊的场合，如室内定位以及偏远区域通信上，仍然需要一些新技术的加持。

由于信号的衰减，在室外大显身手的卫星定位在室内非常困难，无法满足医疗机构在室内对医疗健康物联网设备进行定位的需求。目前，主流的室内定位技术包括红外线定位、蓝牙室内定位、超宽带室内定位、超声波室内定位、WiFi 室内定位、ZigBee 室内定位和 RFID 室内定位。不过，这些室内定位技术都有各自的明显短板。蓝牙室内定位是目前精度最高的室内定位技术，但也只能达到米级定位精度；最为关键的是，蓝牙极易在复杂的无线环境中受到干扰。总体来说，现有的室内定位技术在满足医疗健康物联网应用场景时多少有些力不从心。

可见光通信技术（VLC，Visible Light Communication）是近年来兴起的一种新型无线技术，理论最高定位精度可以达到厘米级，和目前其他主流技术最高米级的定位精度有本质区别。它通过对每个白光 LED 光源进行编码，将编码调制在灯光中，从而使每个 LED 光源不断发射自己的独有编码；随后，利用特殊的感光传感器（如 CMOS 摄像头）识别这些编码，并在预先设定好的光源地图中判断终端位置；然后根据灯光角度进一步细化定位结果。

行业普遍认为基于可见光通信的室内定位技术是一个比较有前景的技术：首先，光源是室内的必要基础设施，不需要进行额外部署；其次，白光 LED 是目前大量应用的光源，具有成本低廉和长寿命的优势；最后，光源进行部署后发生变动的可能性极小，位置可以实现精确量化，从而保证定位结果的精确性。

目前，可见光通信技术在北美一些地区已经开始部署。它的网络带宽在最近也实现了突破，提升到了 2.2Mb/s[11]的水平，这将不仅可以满足室内定位，同时也能满足一定的生物传感应用的需求。因此，可见光通信技术在医疗健康物联网中的前途一片大好。

卫星通信

卫星通信则是另外一个需要注意的新趋势。作为微波通信的一种，卫星通信相比地面通信具有覆盖范围更广、构建成本更低及距离不敏感等优点，主要用于海事通信和航空通信。由于我国公有移动通信网仅能覆盖 15%的国土面积，想要通过这种方式覆盖面积巨大的偏远地区及领海领空并不现实。引入卫星通信可以扩大医疗健康物联网的使用范围，使得未来一些特定的医疗健康物联网设备用户即使身处陆地基站难以涉足的地区也可以实现联网，从而保证医疗健康物联网的全天候应用。在此基础上还有可能引入全新的应用场景。卫星通信业务在国际上发展应用较为成熟，但我国由于起步较晚，基本很少涉及民用。2020 年 1 月 10 日，中国电信发布天通卫星业务，正式面向社会各界提供天通卫星通信服务，拉开了我国自主卫星移动通信时代的序幕。如何将卫星通信技术与医疗健康物联网结合，实现弯道超车也是一个值得探讨且非常具有想象力的话题，值得相关机构和行业加以探索。

多网融合

现阶段，医疗健康物联网存在多种网络制式，应用范围彼此重叠，各自具有相应的优势，很难说谁会被完全替代。在这个阶段，医疗机构在部署医疗健康物联网时往往也存在多种制式共存，一旦部署也不

[11] Newcastle University, 17 July 2020: New technology speeds up organic data transfer

可能在寿命期内轻易替换，导致难于管理且各种制式可能彼此干扰的痛点。正因为此，多网融合在目前医院内物联网建设中已是一个明显的趋势。

医院内物联网的多网融合目前有几种方式。一种是通过扩建多网融合医疗健康物联网基站实现内外网隔离，并在一套基站设备中融合多种网络制式（WiFi、ZigBee、蓝牙、NFC 等），并提供物联网定位、遥测、识别等功能，从而无缝消除漫游切换对业务的影响。另外一种方式则是利用 5G、LET-Cat.1 或 NB-IoT 等由运营商提供的物联网方案实现无线制式的统一。总之，无论哪种模式其目的都是为了使得医疗健康物联网的管理更为方便简单。

传统设备的“物联网化”

医疗健康物联网的兴起仍然只是最近十几年的事情。然而，对于医院来说，不少传统医疗器械或设备仍然没有接入物联网。这些传统医疗器械或设备在功能性上并没有什么问题，且耗资巨大，简单加以取代显然是不可行的。目前，已有不少企业开始提供相应的方案，为传统医疗器械设备增加传感器及网络接入模组，以使这些设备接入物联网，从而提升医院的设备管理能力。

网络安全

根据 IBM Security 的 2020 年数据泄露成本报告，2020 年全球医疗数据泄露平均成本高达 713 万美元，这比 2019 年 645 万美元的行业平均数据泄露成本增长了 10%以上。该报告对 2019 年 17 个行业发生的 500 多起数据泄露事件进行了调查，结果显示，医疗行业仍然面临着与数据泄露相关的最高成本。在所有行业中，数据泄露会给公司平均造成 386 万美元的损失，或者每条记录损失 1.49 美元。IBM 的研究发现，80%的此类事件导致客户个人识别信息（PII，ersonally Identifiable Information）暴露[12]。在这些漏洞暴露的所有类型的数据中，客户个人识别信息也是企业需要支付的成本最高的。

坦率而言，物联网数据安全的重要性要比互联网更为重要。对于互联网，安全问题只会造成数据泄露或是篡改，基本不可能会直接影响到使用者的生命安全。对于连接着各种医疗设备的医疗健康物联网就是另外一回事了——安全问题甚至有可能对使用者的生命安全造成直接威胁。2016 年，美国圣裘德医疗设备公司生产的可植入心脏装置被发现存在罕见的网络安全漏洞。黑客可利用这一漏洞远程控制患者的除颤器或起搏器，操纵它迅速耗尽可植入心脏装置的电池电量，从而改变患者的心跳速度并对患者心脏进行不当的危险电击。2016 年，Owlet 婴儿心脏监护仪也被曝出存在安全漏洞。该设备原本可以通过传感器监测婴儿心跳，并通过 WiFi 连入网络。一旦婴儿心跳出现任何异常即可实时通知父母。然而，Owlet 在传感器与热点的数据传输过程中并未采用任何数据加密措施，任何稍有经验的黑客都可以轻松拦截并篡改数据[13]。由此可见，无论把医疗健康物联网的安全问题提升到何种高度都绝不过分。

然而，即使在今天，医疗健康物联网的安全性依然不尽如人意。据 Gartner 调查，2018 年近 20%的企业或者相关机构在过去三年内遭受了至少一次基于物联网的攻击。Gartner 预测，为了防范安全威

[12] IBM Security：《2020 年数据泄露成本报告》

[13] The Register: Wi-Fi baby heart monitor may have the worst IoT security of 2016

胁，2020 年全球物联网安全支出将达到 24.6 亿美元 [14]。Unit 42 利用 Palo Alto Networks 物联网安全产品 Zingbox 对美国 IT 企业和医疗保健组织中数千个物理位置总计 120 万台物联网设备在 2018 年和 2019 年的安全情况进行了分析。他们发现美国的医疗保健组织表现出了极为糟糕的网络安全状况：98% 的物联网设备在传递信息的过程中是未加密的；57%的物联网设备易受中、重度攻击；83%的医疗成像设备运行在过时的操作系统上；医疗健康物联网设备中有 51%的威胁涉及成像设备；并且有 72%的医疗保健虚拟网络混合了物联网和 IT 资产，这使得恶意软件能够从用户的计算机传播到同一网络上易受攻击的物联网设备 [15]。国内的状况也不容乐观。据赛迪顾问统计，中国物联网安全事件 2017 年比 2016 年的增长率达到 113%，2018 年前三季度比 2017 年的增长率高达 138%。2019 年中国物联网的安全事件事发数量从 2018 年的 7648 件增长至 56121 件，一年增长七倍。

为了解决医疗健康物联网的安全性，我国近年来颁布了不少法规，首先从立法上予以重视。2015 年 7 月 1 日，《中华人民共和国国家安全法》正式开始实施，首次将网络空间正式上升成为我国继陆、海、空、天后的第五疆域。2017 年 6 月 1 日，《中华人民共和国网络安全法》正式实施，提出“国家采取措施，监测、防御、处置来源于中华人民共和国境内外的网络安全风险和威胁，保护关键信息基础设施免受攻击、侵入、干扰和破坏，依法惩治网络违法犯罪活动，维护网络空间安全和秩序”。

2019 年 5 月，我国又发布了《网络安全等级保护制度 2.0 标准》，于 2019 年 12 月 1 日实施。该标准针对云计算、物联网、移动互联网、工业控制、大数据新技术等新兴技术对安全标准提出了新的要求，并将遵循的法律条文从原本 1.0 标准的国务院 147 号令提高到《网络安全法》。自那之后，公立医院被以绩效考核的形式强制要求通过网络安全等级保护测试，这也带动了近年来公立医院安全招投标数量的激增。在蛋壳研究院对 2019 年全国公立医院招投标分析报告中，信息安全项目数量达到 459 个，在信息化采购项目中占比 11.4%，是第二多的项目 [16]。

除了从立法和绩效考核的形式上让行业重视安全，我国也在新的安全技术开发中取得了一定的成果，量子通信便是其中最为重要的成果。基于量子秘钥分配技术的数据安全通信网络可以保证信息传输中的安全问题，提升信息传输过程的安全性。目前，基于计算复杂性的传统加密技术在原理上存在着被破译的可能性。随着数学和计算能力的不断提升，经典密码被破译的可能性与日俱增。与经典通信不同，量子密钥分发通过量子态的传输，在遥远两地的用户共享无条件安全的密钥，利用该密钥对信息进行一次一密的严格加密，这是目前人类唯一已知的不可窃听、不可破译的无条件安全的通信方式。量子通信的另一重要内容是量子隐形传态，它利用量子纠缠可以将物质的未知量子态精确传送到遥远地点，而不用传送物质本身。远距离量子隐形传态是实现分布式量子信息处理网络的基本单元。正因为此，量子通信具有极大的潜力成为保障未来信息社会通信机密性和隐私的关键技术，从而成为电子政务、电子商务、医疗健康物联网等电子服务的驱动器。我国在量子通信上目前处于领先地位，并于 2016 年 8 月 16 日发射了全球首颗量子科学实验卫星“墨子号”，并于 2017 年宣布圆满完成全部既定科学目标。

---

[14] Gartner: Forecast: IoT Security, Worldwide, 2018

[15] Unit 42: 2020 Unit 42 IoT Threat Report

[16] 蛋壳研究院：《2019 公立医院信息化招投标统计分析报告》

2.4 医疗健康物联网平台层

平台层在物联网架构中起到承上启下的关键作用。平台层的核心是中间件技术，需要满足统一的服务规范。中间件的硬件和软件平台可以重复使用，从而为物联网提供一个低成本的平台，起到无缝集成物联网服务和应用程序的功能。总的来说，平台层需要提供类似通用即插即用（UPnP）的统一规范来识别通用的应用需求，并提供应用开发接口和协议来支持和满足服务、应用和用户需求，从而实现物联网终端设备的管理、控制和运行。

目前，通用物联网的平台层公认包括连接管理平台（CMP——Connectivity Management Platform）、设备管理平台（DMP——Device Management Platform）、应用赋能平台（AEP——Application Enablement Platform）和业务分析平台（BAP——Business Analytics Platform）四部分。但在目前的医疗健康物联网中，由于应用层应用非常丰富，平台层并没有这样多的分类。它主要是为上层应用提供数据为主，更多地偏向连接管理平台的层面，从而满足特定应用环境的设备接入、数据链接、基于内容的路由、协议转换及建立本地的物联网连接等功能。

标准化组织也在努力简化开发要求。比如，以制定 3D 图形 OpenGL、GPU 通用计算 OpenCL 及 Vulcan 等应用开发接口（API）广为人知的 Khronos 组织正在为物联网领域制定通用的应用开发接口，从而可以降低应用复杂性并最大限度地降低开发成本，加快上市时间。目前，Khronos 正在审核由嵌入式系统领导企业 Abaco 提交的 Takyon API[17]。这一应用开发接口提供五个核心功能，将低级点对点通信和信号功能结合在一起，有望支持高性能、可扩展、可移植和容错应用程序的快速发展。

2.4.1 平台层技术未来趋势

近年来，随着接入物联网设备数量的爆炸式增长，加上广域无线网的逐渐成熟，原来位于本地的物联网管理平台迅速向云端管理平台切换。目前，我国医疗健康物联网的云平台仍然以连接管理和设备管理为主，但连接价值仅占产业价值的 10%。包括通用物联网在内，全行业没有一家企业可以提供从终端设备管理到业务分析的完整服务。如果没有规模支撑，大量只具备连接管理和设备管理的平台在未来将会被逐渐淘汰。真正具备应用使能和业务分析能力，方便软硬件开发并优化企业业务升级的平台极为少见。如何以连接和平台为支点，向价值链的上下游延伸，挖掘垂直行业的应用价值和数据价值，是摆在众多医疗健康物联网云平台面前的一道难题。通过结合自身硬件、软件或运营优势，打造基于平台的商业模式；并聚焦延伸应用使能平台、大数据分析挖掘能力、SaaS 应用和针对医疗健康的行业解决方案是医疗健康物联网云平台未来的发展趋势。

此外，随着医疗健康物联网设备的暴增，集中式的海量数据处理将大大加重云数据中心的负担，将应用程序、数据处理及计算、安全功能由网络中心节点移往逻辑上边缘节点的边缘计算也在逐渐成为发展趋势。相比以往，边缘计算具有数据处理实时性、业务数据可靠性和应用开发多样化的特点。它与云平台原生应用协同结合产生的精细化计算能力将成为云计算未来发展的重要落地支撑。

[17] Abaco, Abaco Proposes Takyon API to Khronos Group for Consideration as New Open Standard for High Performance Embedded Computing Application Development

医疗健康物联网平台层的另外一个发展趋势无疑是物联网数据中心概念的引入。由于医疗健康物联网的快速落地实施，医疗机构越来越需要一个与临床数据中心相对应的物联网设备数据中心，可以实现所有设备的连接储存，从而为科研医疗服务提供连续实时、大规模高并发的数据存储服务，并为将来医院资产管理、后勤运维等提供有效的运行数据以提高业务能力。

2.5 医疗健康物联网应用层

应用层是物联网架构中的最顶层，也是物联网的显著特征和核心所在。应用层架构在平台层之上，根据业务需要设立相关的物联网应用，并通过云计算平台对感知层采集并传输的数据进行计算、处理和知识挖掘，从而实现对物理世界的实时控制、精确管理和科学决策。这其中，核心要素在于“数据”和“应用”。前者指应用层需完成数据管理和数据处理；后者则是需要应用层将数据与行业应用相结合。

2.5.1 应用层技术未来趋势

可穿戴

截至 2019 年，中国约有 3 亿 [18]慢病患者，庞大的慢病患者群体催生了大量慢病管理需求。现有的慢病管理设备还无法实现实时病情监控，需要患者自行检测各项生理指标，并进行上传，容易发生错检、漏检、或者忘记上传等情况，影响医生分析诊断的准确性。近年来，伴随医疗健康物联网技术的发展，设备数据的准确性与完整性大幅提升。医生可通过医生端慢病管理设备随时查询患者当前身体状况，调取患者既往检查记录，从而实现远程诊断，并指导患者自行服药治疗。

正因为此，医疗健康物联网重要的分支——可穿戴医疗健康设备在近年发展迅速。2016 年，全球可穿戴医疗器械市场总销售额为 20 亿美元，2018 年已经超过 30 亿美元，按照这一发展趋势，预计 2023 年有望超过 60 亿美元。我国的可穿戴医疗设备市场发展更加迅速。2015 年我国可穿戴医疗设备市场规模还只有 12 亿元，2018 年已经达到了 71 亿元，增长了近 6 倍，预计 2020 年我国可穿戴医疗设备有望突破 122 亿元 [19]。

由于传感器和智能化程度的提高，如今的可穿戴式医疗设备功能强大操作简单，患者端慢病管理设备可实时监控患者病情，无需患者自行检测上传，精度和实时性大为提高。这使其具有了实用价值，无需频繁前往医院检测，大大减少了对医疗资源的消耗，也方便了用户。一旦检测到异常，连入网络的可穿戴医疗设备可以自动通知医疗机构或是相关人员及时处理。这为职业病和慢性病防治提供了长期持续治疗的时间和可操作性。正是因为可穿戴医疗设备在疾病预防中的突出作用，与“健康 2030”规划精神十分相符，我国政府也提出了相应的政策刺激行业发展。早在 2015 年 5 月，国务院提出将发展医疗级可穿戴式医疗设备列为战略高度，要求提高其创新能力和产业化水平。

---

[18] 中关村新智源健康管理研究院、中南大学健康管理研究中心、社会科学文献出版社：《健康管理蓝皮书：中国健康管理与健康产业发展报告 No.2（2019）》

[19] 魏洪泽，火石创造：《可穿戴医疗设备市场现状及挑战》

人工智能

自 2017 年开始，人工智能技术与医疗健康物联网在实际应用中落地融合，对医疗设施覆盖率的短缺起到了不可或缺的作用。可穿戴设备和医疗仪器如心脏起搏器、无损血糖监测手环、内嵌在隐形眼镜的血糖仪、行为识别及跌倒检测等感知手段通过对移动终端数据 7×24 小时的监控，根据患者的身体状况及时做出必要的干预。同时，为了降低医疗服务资源紧缺压力，提高医疗品质，生命科学通过人工智能和机器学习，将研究领域重点转向以预防机制和个性化诊治为研究方向的基因疗法和精准医疗。通过人工智能建模，对经由医疗健康物联网和边缘设备抓取的数据进行比对分析，筛选出不同病例和人类基因之间的关联，尽早预防疾病的发生并进行针对性治疗。精准医疗是基于定量特征为个人量身定制的。随着全民基因组测序和可穿戴设备等新计划和新技术的出现，研究人员和临床医生如今可以获得先前无法取得的全新见解。

人工智能与医疗健康物联网结合已经被用于许多医疗领域，比如对帕金森病或阿尔茨海默病的智能看护。目前，这类患者用于治疗所花费的绝大部分费用是用于聘请看护者的费用（包括将家庭成员耗费的成本折算为费用）。然而，在照顾这类患者时，看护者在绝大部分时间都无所事事。更差的情况，很多患者负担不起护士提供的定期认知护理所需的费用。

人工智能和医疗健康物联网结合使用则可以很好地实现智能看护。帕金森病或阿尔茨海默病患者所使用的医疗健康物联网设备每时每刻都在收集大量数据。通过部署人工智能并基于此类患者收集的数据进行机器学习后，便可以训练人工智能来协助看护此类患者。例如，人工智能可以帮助阿尔茨海默病患者改善日常饮食、穿衣、社交、阅读和游戏等休闲活动的能力，发挥保持患者参与度的至关重要的作用——在大多数情况下，这类患者也患有抑郁症和孤独感。此外，以帕金森病为例，人工智能在通过学习后会自动识别震颤和冻结步态等表现出病情持续恶化的行为，进而向医生及其家人发送通知以采取特定措施。最后，人工智能基于这类数据所进行的分析，将很有可能为预防、延迟及治愈以阿尔茨海默病和帕金森病为首的认知疾病提供巨大的帮助。

目前，行业已经越来越意识到人工智能与医疗健康物联网结合的重大作用，这已经成为了毫无疑问的一大趋势。

大数据与云计算

物联网、大数据和云计算被一些国家确定成为将要大力发展的几大核心技术。这几个技术的进步往往被视为独立的实体。然而，物联网实际上可以被认为是一个大数据子集或是大数据通常使用的情况。两者是密切相关的。大数据、云计算和医疗健康物联网结合可以使得组织运营效率提高，做出更明智的决策，使其在竞争中领先，并能够降低发病率，节省医疗成本。

出于人们对数据的隐私和安全的关注，医疗健康行业对大数据和云计算的应用仍然落后于其他行业。尽管如此，部分机构也已经开始将医疗健康物联网和大数据及云计算相结合。医疗健康物联网设备可以时刻收集患者的信息。他们每天可能都会使用智能药瓶、食物摄入 App、睡眠监测器和血压器等医疗健康物联网设备。这些无处不在的设备可以提供患者在无医护人员在场情况下的表现情况。利用这些数据，相关机构可以对人口健康进行有效管理。以糖尿病为例，将医疗健康物联网和大数据结合分析，可以尽

早实现糖尿病的早期检测和治疗，发现患者的趋势和行为；在了解更深入的条件下，可以支持更有效的药品分配。

与此同时，在我国新冠疫情中，大数据、云计算和物联网的结合也对疫情防控做出了至关重要的贡献。通过智能手机二维健康码、位置服务生成的大数据进行交叉比对，疾控部门可以快速定位并追溯密接人群对其进行尽早隔离，减少传染。这正是我国新冠疫情能够得到有效控制的重要原因。

家庭化

除了可穿戴医疗设备，医疗健康物联网的另一个明显发展趋势则家庭化。根据《中国医疗器械行业发展报告》(2019)，我国已成为全球第二大医疗器械市场 [20]。其中，家用医疗器械行业又是医疗器械领域中增长最快的子行业之一，居民消费升级及人口老龄化的加速是医疗需求增加的推动力，便携式医疗设备开始进入越来越多的家庭。根据预测，2020 年我国家用医疗器械市场规模将达 1500 亿元 [21]。这其中，集成传感器并接入物联网的智能家庭医疗器械因其功能强大操作简单越来越受到用户的青睐；除此之外，医疗健康物联网也可以在未来为制氧机、电子体温计、血压计和血糖仪等传统家庭医疗器械提供赋能和加成。这一趋势已经表现得越来越明显。

这些医疗健康物联网设备可以对人体指标进行检测，得到血压、体脂和血糖等生理数据，再将数据上传至云。利用大数据处理分析，用户和医疗机构可以根据指标变化，及时针对用户制定相应的治疗措施。除此之外，针对近年来老年人的照料需求明显增加。医疗健康物联网可以利用传感器生成的数据建立跌倒模型，实现老人跌倒的实时报警。这都将是医疗健康物联网家庭化的重要动力。

3 医疗健康物联网主要标准解析

3.1 国际标准组织有关医疗健康物联网技术标准制定工作现状

国际上主要有国际标准化组织（ISO）、国际电信联盟（ITU）、电气电子工程师学会和 HL7 等标准组织。近年来，相关标准组织正在积极制定有关医疗健康物联网的技术标准，取得了不少进展。

3.1.1 ISO 有关医疗健康物联网技术标准现状

国际标准化组织（ISO，International Organization for Standardization）是一个全球性的非政府组织，是国际标准化领域中一个十分重要的组织，也是制定全世界工商业国际标准的国际标准建立机构。ISO 在 1998 年成立健康信息学技术委员会（Technical Committee 215，简称 TC215），主要负责健康信息以及健康信息与通信技术领域的标准化，促进相关健康信息系统、设施和健康信息共享技术手段的互相兼容和互操作，使健康信息或数据达到兼容和一致，尽力减少不必要的冗余，减少重复建设，以

[20] 中国药品监督管理研究会、社会科学文献出版社：《医疗器械蓝皮书：中国医疗器械行业发展报告（2019）》

[21] 中投顾问产业研究中心，中国医药报：《2020 年我国家用医疗器械市场规模将达 1500 亿元》

推动健康信息的数字化、网络化和全球共享。ISO/TC215 在医疗健康物联网领域制定的标准主要包括针对数据交换类标准、远程医疗类标准、信息安全类标准等。该系列标准能够帮助不同的健康设备相互之间交换健康数据，还包括专门为心血管健康状态和活动检测数据所定义的信息模型，填补了国际健康物联网产业的空白，为产业发展奠定基础。

标准号	内容	状态
ISO/IEC 20922:2016	Information Technology-Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1	发布
ISO/IEC 20924:2018	Information Technology-IoT-Vocabulary	发布
ISO/IEC 21823-1:2019	IoT-Interoperability for IoT Systems-Part 1: Framework	发布
ISO/IEC 21823-2:2020	IoT-Interoperability for IoT Systems-Part 2: Transport Interoperability	发布
ISO/IEC 21823-3 ED1	IoT-Interoperability for IoT Systems-Part 3: Semantic Interoperability	开发中
ISO/IEC 21823-4 ED1	Interoperability for IoT Systems-Part 4: Syntactic Interoperability	开发中
ISO/IEC TR 22417:2017	Information Technology-IoT Use Cases	发布
ISO/IEC TR 23188:2020	Information Technology-Cloud Computing-Edge Computing Landscape	发布
ISO/IEC WD 24391.2	Information Technology-Security Techniques-Guidelines for IoT-Domotics Security and Privacy	开发中
ISO/IEC CD 27030	Information Technology-Security Techniques-Guidelines for Security and Privacy in IoT Title Missing	开发中
ISO/IEC WD 27402	Cybersecurity-IoT Security and Privacy-Device Baseline Requirements	开发中
ISO/IEC 29161:2016	Information Technology-Data Structure-Unique Identification for the IoT	发布
ISO/IEC TR 29181-9:2017	Information Technology-Future Network-Problem Statement and Requirements-Part 9: Networking of Everything	发布
ISO/IEC 29341-30-1:2017	Information Technology-Upnp Device Architecture-Part 30-1: IoT Management and Control Device Control Protocol-IoT Management and Control Architecture Overview	发布
ISO/IEC 29341-30-2:2017	Information Technology-Upnp Device Architecture-Part 30-2: IoT Management and Control Device Control Protocol-IoT Management and Control Device	发布
ISO/IEC 29341-30-10:2017	Information Technology-Upnp Device Architecture-Part 30-10: IoT Management and Control Device Control Protocol-Data Store Service	发布
ISO/IEC 29341-30-11:2017	Information Technology-Upnp Device Architecture-Part 30-11: IoT Management and Control Device Control Protocol-IoT Management and Control Data Model Service	发布
ISO/IEC 29341-30-12:2017	Information Technology-Upnp Device Architecture-Part 30-12: IoT Management and Control Device Control Protocol-IoT Management and Control Transport Generic Service	发布
ISO/IEC 30071-1:2019	Information Technology-Development of User Interface Accessibility-Part 1: Code of Practice for Creating Accessible ICT Products and Services	发布

ISO/IEC 30118-1:2018	Information Technology-Open Connectivity Foundation (OCF) Specification-Part 1: Core Specification	发布
ISO/IEC 30118-4:2018	Information Technology-Open Connectivity Foundation (OCF) Specification-Part 4: Resource Type Specification	发布
ISO/IEC 30142 ED1	IoT-Underwater Acoustic Sensor Network (UWASN)-Network Management System Overview and Requirements	开发中
ISO/IEC 30143 ED1	IoT-Underwater Acoustic Sensor Network (UWASN)-Application Profiles	开发中
ISO/IEC 30144 ED1	IoT-Wireless Sensor Network System Supporting Electrical Power Substation	开发中
ISO/IEC AWI 30147	Information Technology-IoT-Methodology for Trustworthiness of IoT System/Service	开发中
ISO/IEC AWI 30149	IoT-Trustworthiness Framework	开发中
ISO/IEC AWI 30161	IoT-Requirements of IoT Data Exchange Platform for Various IoT Services	开发中
ISO/IEC TR 30164:2020	IoT-Edge Computing	发布
ISO/IEC AWI 30165	IoT-Real Time IoT Framework	开发中
ISO/IEC TR 30167 ED1	IoT-Underwater Communication Technologies for IoT	开发中
		数据来源：ISO官方网站

ISO 有关医疗健康物联网标准

2018 年 8 月，由我国牵头提出，并经 33 个成员国投票，ISO/IEC 30141 IoT Reference Architectire 成为全球首个物联网顶层架构国际标准项目。目前，ISO 共发布了数十个有关物联网的标准。

3.1.2 ITU 有关医疗健康物联网技术标准现状

标准号	内容
ITU-T K.133	2.4GHz和13.56MHz工业、科学和医疗频段上的穿戴设备的电磁环境
ITU-T H.810 (V4)	个人联网健康系统
ITU-T H.830.X	ITU-T H.810个人医疗设备的一致性
ITU-T H.840	ITU-T H.810个人医疗系统的一致性：个人医疗设备接口
ITU-T H.841-850.X	ITU-T H.810个人健康系统的一致性（第一部分~第十部分）
ITU-T X.1080.1	电子医疗和全球远程医疗通用通信协议。通过提供远程生物识别通信方面的总体模式而确定了ITU-T 1080.x系列建议书其它部分的框架
ITU-T X.1092	电子卫生和远程医疗生物认证数据保护综合框架
ITU-T Y.4110/Y.2065	电子卫生监测服务的服务和功能要求，其中介绍了三类电子卫生监测服务，包括其通用和具体的特性。建议书还描述了支持电子卫生监测服务的要求，还根据确定的服务要求详细介绍了功能要求
	数据来源：ITU官方网站

ITU 有关医疗健康物联网技术标准

国际电信联盟（ITU）是主管信息通信技术事务的联合国机构，负责分配和管理全球无线电频谱与卫星轨道资源，制定全球电信标准，向发展中国家提供电信援助，促进全球电信发展。ITU 的宗旨是保持和

发展国际合作，促进各种电信业务的研发和合理使用；促使电信设施的更新和最有效的利用，提高电信服务的效率，增加利用率和尽可能达到大众化、普遍化；协调各国工作，达到共同目的。国际电联电信标准化部门（ITU-T）各研究组汇集了来自世界各地的专家，他们的工作是制定被称为 ITU-T 建议书的国际标准。根据统计，每年 ITU 会发布超过 300 项标准，全球有超过 4000 项标准正在使用 [22]。这些国际标准是全球信息通信技术（ICT）基础设施的定义要素。其中，第 20 研究组专门负责物联网和智慧城市及社区领域的标准制定。ITU-T 在医疗健康物联网相关领域制定了很多标准，具体涉及电子卫生系统设计、电子卫生数据格式、远程医疗通用电信协议、医疗健康物联网性能评估框架等方面，重点在术语和参考框架、业务应用互操作、服务评估等领域设计相关规范。

3.1.3 IEEE 有关医疗健康物联网技术标准现状

电气电子工程师学会（IEEE）是国际性电子技术与电子工程师协会，同时也非常重视标准的制定工作。IEEE 专门设有 IEEE 标准协会（IEEE-SA），负责标准化工作。IEEE 标准协会是世界领先的标准制定机构，其标准制定内容涵盖信息技术、通信、电力和能源等多个领域。目前，IEEE 标准协会已经和多个国际标准组织建立了战略合作关系，其中包括国际电工委员会（IEC），国际标准化组织（ISO）以及国际电信同盟（ITU）等。为解决医疗健康中个人健康设备和 PoC 设备与信息系统直接的兼容性问题，IEEE 制定了 11073 系列标准，该系列标准详细统一了个人健康设备和 PoC 设备与信息系统直接的数据交互规范，包括健康数据的组织形式、传输规范等，实现了可穿戴设备与传输媒介(个域网和局域网)的无缝连接。该系列标准已在 CEN TC251 被转化为欧盟标准。

[22] ITU：Setting the standard（https://www.itu.int/zh/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-t-setting-the-standard.aspx）

标准号	内容
IEEE 1073-1996	IEEE Standard for Medical Device Communications-Overview and Framework
IEEE 1073.1.1.1-2004	IEEE Standard for Health Informatics-Point-of-care medical device communication-Part 10101: Nomenclature
IEEE 1073.2.1.1-2004	ISO/IEEE Draft International Standard for Health Informatics-Point-of-care medical device communication-Application profiles-Base Standard
IEEE 1073.3.3-2004	IEEE Standard for Health Informatics-Point-of-Care Medical Device Communication-Transport profile-IrDA based-Infrared Wireless
IEEE 1847-2019	IEEE Recommended Practice for Common Framework of Location Services for Healthcare
IEEE 2791-2020	IEEE Standard for Bioinformatics Analyses Generated by High-Throughput Sequencing (HTS) to Facilitate Communication
IEEE 3333.1.1-2015	IEEE Standard for Quality of Experience (QoE) and Visual-Comfort Assessments of Three-Dimensional (3D) Contents Based on Psychophysical Studies
IEEE 3333.2.1-2015	IEEE Recommended Practice for Three-Dimensional (3D) Medical Modeling
IEEE 7010-2020	IEEE Recommended Practice for Assessing the Impact of Autonomous and Intelligent Systems on Human Well-Being
IEEE 11073-00000	Health informatics-Point-of-care medical device communication-Framework and overview
IEEE 11073-00101-2008	IEEE Health informatics-PoC medical device communication Part 00101: Guide-Guidelines for the use of RF wireless technology
IEEE 11073-10101-2020	IEEE/ISO/IEC International Standard-Health informatics-Device interoperability-Part 10101: Point-of-care medical device communication-Nomenclature
IEEE 11073-10102-2012	Health informatics-Point-of-care medical device communication Part 10102: Nomenclature-Annotated ECG
11073-10103-2012	Health informatics-Point-of-care medical device communication Part 10103: Nomenclature-Implantable device, cardiac
IEEE 11073-10404-2010	IEEE Standard-Health Informatics-Personal Health Device Communication-Part 10404: Device Specialization-Pulse Oximeter
IEEE 11073-10407-2020	IEEE Health informatics-Personal health device communication Part 10407: Device specialization-Blood pressure monitor

IEEE 11073-10408-2019	IEEE Health informatics-Personal health device communication Part 10408: Device specialization-Thermometer
IEEE 11073-10415-2019	IEEE Standard-Health informatics-Personal health device communication Part 10415: Device specialization-Weighing scale
IEEE 11073-10417-2015	Health informatics-Personal health device communication Part 10417: Device specialization-Glucose meter
IEEE 11073-10418-2011	IEEE Standard-Health informatics-Personal health device communication Part 10418: Device specialization-International Normalized Ratio (INR) monitor
IEEE 11073-10418-2011/Cor 1-2015	IEEE Health informatics-Personal health device communication Part 10418: Device specialization-International Normalized Ratio (INR) monitor-Corrigendum 1
IEEE 11073-10420-2010	IEEE Health informatics-Personal health device communication Part 10420: Device specialization-Body composition analyzer
IEEE 11073-10421-2010	IEEE Standard-Health informatics-Personal health device communication Part 10421: Device specialization-Peak expiratory flow monitor (peak flow)
IEEE 11073-10441-2013	IEEE/ISO International Standard-Health Informatics-Personal Health Device Communication-Part 10441: Device Specialization-Cardiovascular Fitness and Activity Monitor
IEEE 11073-10442-2008	Health informatics-Personal health device communication Part 10442: Device specialization-Strength fitness equipment
IEEE 11073-10471-2008	IEEE Health informatics-Personal health device communication Part 10471: Device specialization-Independent living activity hub
IEEE 11073-10472-2010	Health informatics-Personal health device communication-Part 10472: Device specialization-Medication monitor
IEEE 11073-20601-2008	IEEE Health informatics-Personal health device communication-Part 20601: Application profile-Optimized exchange protocol
IEEE 11073-20601a-2010	IEEE Health informatics-Personal health device communication Part 20601: Application profile-Optimized Exchange Protocol Amendment 1
IEEE 11073-20701-2020	ISO/IEC/IEEE International Standard for Health informatics-Device interoperability-Part 20701:Point-of-care medical device communication-Service oriented medical device exchange architecture and protocol binding
IEEE/ISO 11073-30200-2000	ISO/IEEE Standard for Health informatics-Point-of-care medical device communication-Transport profile-Cable connected
IEEE 11073-30400-2010	IEEE Health informatics-Point-of-care medical device communication Part 30400: Interface profile-Cabled Ethernet
数据来源：IEEE官方网站	

IEEE 有关医疗健康物联网的标准

3.1.4 HL7 有关医疗健康物联网技术标准现状

Health Level Seven 组织（HL7）成立于 1987 年，是一个非营利的、美国国家标准学会（ANSI）认可的标准制定组织，致力于为电子健康信息的交流、整合、共享和检索提供全面的框架和相关标准，支持临床实践以及卫生服务的管理、提供和评估。HL7 主要制定标准化的卫生信息传输协议，也是医疗领域不同应用之间电子传输的协议。HL7 汇集了不同厂商用来设计应用软件之间接口的标准格式，允许各个医疗机构在异构系统之间进行数据交互。HL7 标准是开放系统互联（OSI）七层协议第七层（应用层）的协议，是作为规范各医疗机构之间，医疗机构与病人、医疗事业行政单位、保险单位以及其它单位之间各种不同信息系统进行医疗数据传递的标准。HL7 在医疗健康物联网领域主要规范 HIS/RIS 系统及其设备之间的通信，涉及到病房和病人信息管理、化验系统、药房系统、放射系统、收费系统等各个方面。HL7 的宗旨是开发和研制医院数据信息传输协议和标准，规范临床医学和管理信息格式，降低医院信息系统互连的成本，提高医院信息系统之间数据信息共享的程度。

标准号	内容
ISO/HL7 16527:2016	Health Informatics-HL7 Personal Health Record System Functional Model, Release 1 (PHRS FM)
ISO/HL7 27953-1:2011	Health Informatics-Individual Case Safety Reports (ICSRS) in Pharmacovigilance-Part 1: Framework for Adverse Event Reporting
ISO/HL7 27953-2:2011	Health Informatics-Individual Case Safety Reports (ICSRS) in Pharmacovigilance-Part 2: Human Pharmaceutical Reporting Requirements for ICSRS
ISO/HL7 21731:2006	Health Informatics-HL7 Version 3-Reference Information Model-Release 1
数据来源：ISO官方网站	

3.2 我国相关机构有关医疗健康物联网技术标准制定及推进工作现状

我国对于物联网的标准制定相当重视，早在 2015 年 9 月 11 日，国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会就发布了《物联网标识体系 物品编码 Ecode》（GB/T 31866-2015）。这是我国第一条专门为物联网制定的标准，于 2016 年 10 月 1 日起正式实施。从那时开始至今，我国共发布了 71 条有关物联网的标准，其中，61 条已经实施，10 条即将实施。

2018 年 8 月，由我国牵头提出，并经 33 个成员国投票，ISO/IEC 30141 IoT Reference Architectire 成为全球首个物联网顶层架构国际标准项目。该国际标准规定了物联网系统特性、概念模型、参考模型、参考体系结构视图（功能视图、系统视图、网络视图、使用视图等），以及物联网可信性。该国际标准的发布将为全球物联网实现提供体系架构、参考模型的总体指导，对促进国内外物联网产业的快速、健康发展具有重要意义。在制定物联网总体架构国际标准的同时，由全国信息技术标准化技术委员会归口，国家物联网基础标准工作组组织编写的国家标准 GB/T 33474-2016《物联网 参考体系结构》于 2016 年先于国际标准发布。作为国家物联网基础标准工作组秘书处单位和 ISO/IEC JTC 1/SC 41 国内技术对口单位，电子标准院目前正在积极组织物联网分技术委员会的筹建工作。

2020 年 7 月，在国际电信联盟第十六研究组（ITU-T SG16）的会议上，中国信息通信研究院提出的两项智慧医疗标准正式立项。两项标准分别为 F.MEMgt: Technical requirements of medical equipment management platform for digital hospitals（面向数字医院的医疗设备管理平台技术要求）和 F.MESafFra: Evaluation framework of safety and effectiveness of active health data collection terminal equipment（主动健康数据采集终端设备安全性和有效性评估框架）。其中，《面向数字医院的医疗设备管理平台技术要求》将主要梳理医疗设备管理云平台、边缘计算节点、医疗设备物联网接口和数据管理与实时采集监测能力，对推动医疗设备全生命周期管理具有重要意义。《主动健康数据采集终端设备安全性和有效性评估框架》则将依托“主动健康和老龄化科技应对”国家重点研发计划，开展主动健康数据采集终端设备的评估框架研究，制定人体健康态检测设备数据采集、存储、处理、互联互通等功能与性能要求。上述两项国际标准立项建议在 Q28/16 会议提出，并在本次 ITU-T 的全体会议上得到最终立项确认。这也标志着我国智慧医疗和数字健康领域的影响力持续扩大，标准推进工作得到国际社会认可。

目前，我国医疗健康物联网已有数部团体标准、行业标准和地方标准，相关单位正在紧锣密鼓地不断完善并推动标准制定工作，目标是尽快在未来推出相应的国家标准。2016 年，原国家卫计委统计信息中心和无锡医疗物联网研究院在无锡世界物联网博览会“医疗健康物联网高峰论坛”上发布了《医疗健康物联网白皮书（2016）》。这是我国首部有关医疗健康物联网的官方白皮书。

3.2.1 国家标准化管理委员会有关医疗健康物联网技术标准现状

我国标准主要由国家标准、行业标准、地方标准、团体标准和企业标准构成。国家标准“GB”由国家标准化管理委员会制定。国家市场监督管理总局对外保留国家标准化管理委员会的称谓和职能，以国家标准化管理委员会名义下达国家标准计划，批准发布国家标准，审议并发布标准化政策、管理制度、规划、公告等重要文件。行业标准则由各行业主管部门制定。目前，有关物联网的行业标准主要以通信行业为主，通信行业标准“YD”由信息产业部制定。卫生健康行业也有部分标准对医疗健康物联网相关要求作出了界定。比如，T/CHIA 团体标准就由中国卫生信息与健康医疗大数据学会制定并发布。地方标准“DB”则由各地相关机构制定并发布。

早在 2011 年，江西省就曾发布了《DB36/T 607-2011：医疗应用 RFID 流程规范》和《DB36/T 608-2011：医疗应用 RFID 数据接口规范》两部地方性标准。2012 年 12 月，信息产业部发布了我国第一部有关物联网的行业标准文件《YD/T 2437-2012：物联网总体框架与技术要求》。基于这一行业标准，一些省市制定了相应的地方标准。这其中，重庆市于 2016 年 10 月 15 日批准的《医疗健康物联网远程监控业务》（DB50/T 712-2016）地方标准是专为医疗健康物联网设计。该标准包括四个部分：平台功能、终端基本要求、数据采集和通信接口和应用层协议，对医疗健康物联网的远程监控应用做出了相应的规范。此外，一些涉及到医疗健康物联网的行业标准在这期间也应运而生。2016 年 12 月，原国家卫生计生委发布了《WS/T 529-2016：远程医疗信息系统基本功能规范》；随后，原国家卫生计生委在 2017 年又更新发布了《WS/T 545-2017：远程医疗信息系统技术规范》和《WS 539-2017：远程医疗信息基本数据集》。

随着地方标准和行业标准的试点应用，相关的国家标准制定工作在近年来也陆续展开。从 2017 年开始，我国制定了多部物联网行业的国家标准，截至 2020 年 7 月底已有 73 部与物联网相关的国家标准。不过，这些标准均为推荐性国家标准而非强制国家标准。与此同时，目前还没有专门针对医疗健康

物联网的国家标准发布。

3.2.2 国家卫生信息标委会有关医疗健康物联网技术标准的推动工作

国家卫生标准委员会信息标准专业委员会（以下简称：卫生信息标委会）是国家卫生健康委员会卫生标准委员会下属的专业委员会，负责国家卫生信息标准的制修订、技术审查、宣传培训、应用监督管理以及学术交流、国际合作等。卫生信息标委会主管的标准范围为卫生领域有关数据、技术、安全、管理及数字设备等卫生信息标准。各卫生业务领域中凡涉及卫生信息管理和卫生信息化建设有关标准的立项、制修订、审查及应用等工作，统一归口卫生信息标委会管理。卫生信息标委会秘书处挂靠国家卫生健康委员会统计信息中心，与其信息标准处合署办公。目前，卫生信息标委会已经发布了数部与医疗健康物联网相关的行业标准。

标准号	内容
WS/T 681-2020	卫生信息标识体系 对象标识符注册管理规程
WS/T 682-2020	卫生信息标识体系 对象标识符编号结构与基本规则
WS 537-2017	居民健康卡数据集
WS/T 546-2017	远程医疗信息系统预统一通信平台交互规范
WS/T 545-2017	远程医疗信息系统技术规范
WS/T 543.4-2017	居民健康卡技术规范 第4部分：用户卡命令集
WS/T 543.3-2017	居民健康卡技术规范 第3部分：用户卡应用规范
WS 539-2017	远程医疗信息基本数据集
WS 537-2017	居民健康卡数据集
WS/T 449-2014	慢性病监测信息系统基本功能规范

3.2.3 中国通信标准协会 CCSA 有关医疗健康物联网技术标准的推动工作

中国通信标准化协会（CCSA）于 2002 年 12 月 18 日成立。协会是由中国的企业和事业单位组成的，开展通信技术领域标准化活动的非营利性法人社会团体；主要任务是为了更好地开展通信标准研究工作，把通信运营企业、制造企业、研究单位、大学等关心标准的企事业单位组织起来，按照公平、公正、公开的原则制定标准，进行标准的协调、把关，把高技术、高水平、高质量的标准推荐给政府，把具有我国自主知识产权的标准推向世界，支撑我国的通信产业，为世界通信作出贡献。CCSA 与 ISO、IEEE、PCHA 等国际标准化组织密切合作，将不少国际标准在国内落地实施。

中国通信标准化协会下属两个技术工作委员会与医疗健康物联网有关。物联网技术工作委员会（TC10）主要面向物联网相关技术，根据各运营商开展的与物联网相关的各项业务，研究院所、生产企业提出的各项技术解决方案，以及面向具体行业的信息化应用实例，形成若干项目组，有针对性地开展标准研究。不过，TC10 中暂时还没有为医疗健康物联网设定单独的工作组。移动互联网应用和终端技术工作委员会（TC11）则是实现移动互联网应用的术语定义、需求、架构、协议、安全的研究及标准化；各种形态终端的能力及软硬件、接口、融合、共性等技术和终端周边组件、终端安全的研究及标准化。TC11 中的 SWG1 工作组主要负责“移动互联网+健康”，目标是推动国内智能医疗健康设备标准制定。目前，该工作组正在推动业务术语、智能医疗健康设备终端及互联互通、医疗健康应用及服务评价、医疗健康平台及应用安全等标准制定。

为了适应信息通信新技术、新业务发展，加强标准试验验证、产业应用、技术服务、认证和标准宣贯等标准实施推广工作，中国通信标准化协会还成立了若干标准推进委员会。其中包含慢性病防控信息技术推进委员会（TC605）重点研究无线网络、云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链、健康服务升级等信息通信技术与慢性病防控的融合应用。推动我国慢性病防控信息技术产业主体间的广泛交流和深度合作，促进供需对接和知识共享，推进慢性病防控信息技术标准的制定，切实解决慢性病防控现实问题。其中的 WG1 健康智能硬件信息标准工作组对慢性病防控智能硬件进行研究和标准化，主要侧重于慢性病防控智能硬件的硬件结构、接口、性能、中间件、业务适配，周边组件、信息安全等技术的研究。WG11 慢性病防控信息技术规划工作组则侧重研究无线网络、云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等信息通信技术与慢性病防控信息技术的融合应用，研究各技术的可用性，形成慢性病防控信息技术整体解决方案的标准化模式。

此外，互联网医疗健康标准推进委员会（TC609）主要研究无线网络、云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等信息通信技术与医疗健康行业的融合应用。其中的 WG1 医疗健康智能硬件工作组旨在对医疗健康智能硬件进行研究和标准化，主要侧重于医疗健康智能硬件的硬件结构、接口、性能、中间件、业务适配、周边组件和信息安全等技术的研究。WG2 无线医联网工作组则旨在推动无线医疗、远程医疗相关技术方案的研究与标准化制定，并推动标准的贯彻实施，促进无线技术在医疗行业的融合应用，研究无线医疗的业务流程、应用形态及功能、业务和应用互联互通及安全等。WG9 智慧健康规划工作组旨在研究无线网络、云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等信息通信技术与医疗健康行业的融合应用，研究各技术的可用性，形成智慧健康整体解决方案的标准化模式。WG10 医用装备工作组旨在对医用装备的软硬件及相关技术和应用进行研究和标准化，主要包括终端的硬件结构、接口、操作系统、中间件、应用软件、共性技术、业务适配、互联互通等。

3.2.4 CHMIA 有关医疗健康物联网技术标准及联盟的推动工作

中国卫生信息与健康医疗大数据学会（CHMIA，Chinese Medical Information and big data Association）是国家卫生健康委员会主管的国家一级学会。学会宗旨是团结全国广大卫生健康统计、信息化建设、健康医疗大数据、智慧医疗健康和人工智能应用发展等领域工作者，贯彻国家卫生健康工作方针、政策和健康中国建设规划，以卫生健康统计、信息化建设、健康医疗大数据、智慧医疗健康和人工智能应用发展为重点，促进工作水平的提高，促进人才队伍和新型智库建设，促进健康医疗科学知识普及，促进国家卫生健康事业和产业发展，为增强人民群众获得感、深化医改新动力、经济发展新动能、实施健康中国战略做出贡献。

标准号	内容
T/CHIA 9-2018	高血压患者家庭数据监测管理信息系统基本功能规范
T/CHIA 13-2018	医疗健康物联网 人体感知信息融合模型
T/CHIA 14.1-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第1部分：总则
T/CHIA 14.2-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第2部分：位置标识
T/CHIA 14.3-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第3部分：体温计
T/CHIA 14.4-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第4部分：血氧仪
T/CHIA 14.5-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第5部分：血压计
T/CHIA 14.6-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第5部分：血糖仪
T/CHIA 14.7-2018	医疗健康物联网 感知设备通信数据命名表 第5部分：能量检测仪

CHMIA 下属有多个分支机构。其中，卫生信息标准专业委员会是跨部门、跨行业、开展卫生信息标准化相关活动的专业性、全国性学术团体。它的主要任务开展学术交流与合作、开展信息标准化相关的理论与方法研究工作；开展卫生健康信息团体标准工作以及开展卫生信息标准技术咨询、培训、标准符合性测试技术研究等标准的应用与推广工作。

3.2.5 无锡医疗物联网研究院有关医疗健康物联网技术标准及联盟的推动工作

无锡医疗物联网研究院是由原国家卫生计生委统计信息中心和无锡市政府于 2013 年 3 月联合共建，以共同推进国家医疗健康行业和地方物联网产业深度融合发展。

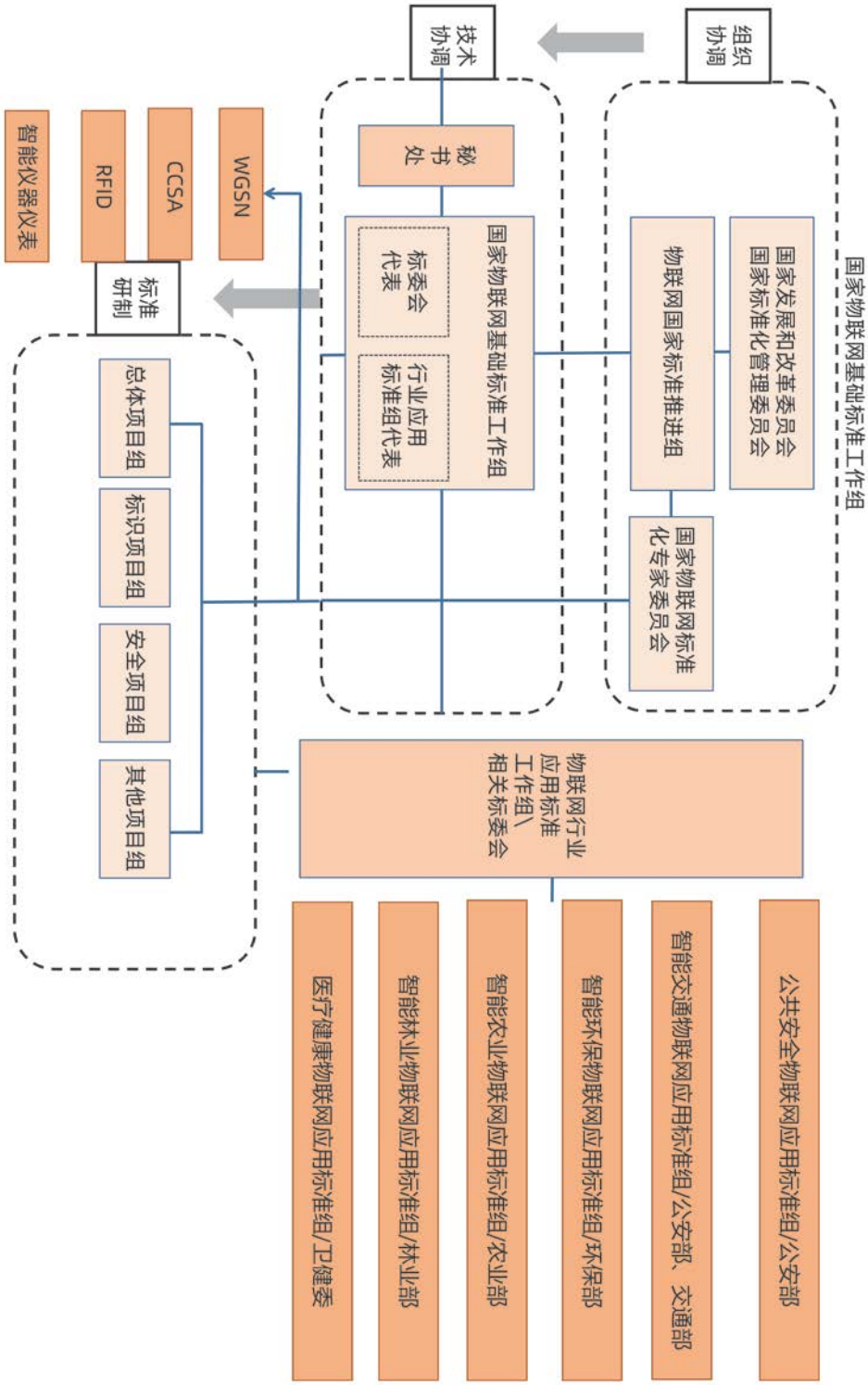
研究院在原国家卫生计生委统计信息中心和无锡市政府联合指导下，围绕国家战略需求，研究制订医疗健康物联网发展规划和标准，建设我国医疗健康物联网产业及产业链的应用示范，推动物联网技术、产品和标准在医疗健康领域的应用，培养医疗健康物联网专业人才。核心业务包括：医疗健康物联网相关规划研究及标准制订；医疗健康物联网相关核心技术研发；医疗健康物联网产品测评及认证；医疗健康物联网产业孵化等。2013 年至今，研究院承担了国家卫生计生委统计信息中心课题，统筹推进 12 项医疗健康物联网技术标准研制，推动医疗与健康物联网应用标准工作组成立。尤其值得一提的是，2019 年，中国卫生信息与健康医疗大数据学会在全国团体标准信息平台发布的 T/CHIA 13-T/CHIA 14.7 医疗健康物联网八项标准的制订均是由无锡医疗物联网研究院统筹推进，确保了标准制修订工作圆满完成。目前，研究院正承担国家卫健委《医疗健康物联网信息标准框架》的研发工作。同时，研究院先后发布《医疗健康物联网白皮书（2016）》、《医疗健康物联网白皮书（2018）》，填补了国内医疗健康物联网领域白皮书空白。

3.3 国内医疗健康物联网标准化工作的发展建议

近年来，我国在物联网国际标准化中的影响力不断提升，越来越多的国内企业开始积极参与国际标准的制定工作。我国已经成为 ITU 相应物联网工作组的主导国之一。2014 年 8 月，由我国牵头提出，并经 33 个成员国投票，ISO/IEC 30141 IoT Reference Architectire 成为全球首个物联网顶层架构国际标准项目。此外，我国也发起了数项医疗健康物联网国际标准的建议。同时，我国相关企业和单位一直深入参与相关标准组织的标准制定工作，并在行业标准和团体标准上颇有建树。不过，在专门针对医疗健康物联网的标准设定上，目前还没有国标问世。

医疗健康物联网的标准制定如此困难。主要有几个原因：首先，医疗健康物联网涉及不同的感知技术，传输技术和不同的业务应用，技术跨越度大。举例来说，医疗健康物联网所采用的网络技术五花八门，仅短距无线网络就包含了蓝牙、ZigBee、Z-Wave、RFID、UWB 和 WiFi 等等。其次，医疗健康物联网以应用为主体，涉及部门众多，横切面非常大，组织管理工作难度极大。以标准制定为例，卫生、电子、通信等机构都有所参与。最后，物联网涉及不同标准组织，各标准组织从自身的角度出发制定标准，沟通协调少，缺乏统一的规划，造成基础共性标准的不统一和标准互不兼容，以及行业应用标准的混乱。

目前，我国医疗健康物联网标准多沿用通用体系，专门医疗健康领域的标准较少，虽然发布了一些行业标准与团体标准，但尚未形成系统化的标准体系。因此，我国还需加大推进力度，利用行业标准和团体标准两种途径。尤其应该大力发展团体标准，充分调动相关企业与各方积极性，实现产学研用一体化。



我国物联网国家标准推进架构 [23]

[23] 国家物联网基础标准工作组总体组沈杰：物联网标准与医疗健康应用

4 医疗健康物联网主要政策分析

4.1 全球医疗健康物联网发达地区医疗健康物联网行业政策分析

政策是医疗健康物联网发展的重要推动力。2005 年 4 月 8 日，信息社会世界峰会（WSIS）在日内瓦举办，国际电信联盟特意成立了泛在网络社会国际专家工作组，作为一个国际物联网常设的咨询机构。美国也是在这一年开始在 RFID 系统上进行部署，用以追踪医疗患者、工作人员和设备信息。

2005 年，国际电信联盟（ITU）在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，发布了一份题为《ITU 互联网报告 2005：物联网》的年度报告，对物联网概念进行了扩展，提出了任何时刻、任何地点、任意物体之间互联和无所不在的计算的发展愿景，除 RFID 技术外，传感器技术、纳米技术、智慧终端等技术将得到更加广泛的应用。这个报告拉开了物联网高速发展的大幕，也成为了各个国家和地区推进物联网产业的依据。2009 年，美国总统奥巴马签署了 HITECH 法案《卫生信息技术促进经济和临床健康法案》，计划投入 200 多亿美元在全美推广使用医疗信息技术。2015 年欧盟重构物联网创新联盟（AIoTI），在 2016 年组建物联网创新平台（IoT-EPI），同时通过“地平线 2020”研发计划在物联网领域投入近 2 亿欧元，重点选取包括智能可穿戴设备和智能养老在内五个方面开展大规模示范应用。

目前看来，美国、欧盟、日本和韩国是国际上物联网研发应用较多的国家及地区。其所研发的技术由最初的条形码和 RFID 技术扩大到传感器技术、近程通信技术及计算技术等，应用范围也从商业零售、物流领域扩展至生物医疗、环境监测、智能基础等设施领域。2008 年经济危机爆发后，这些国家和地区纷纷把新兴产业作为应对危机的重要举措，加快了基于物联网的发展计划和行动步伐。我们试图通过各国发布的医疗健康物联网政策分析出他们的发展路径。

	年份	单位	政策名称
美国	2005年	美国国防部	智能微尘（SMARTDUST）列为重点研发项目
	2009年	奥巴马总统签署	2009年美国恢复与再投资法案
	2009年2月	两党议员	2917物联网网络安全改进法
	2009年2月	美国政府	《卫生信息技术促进经济和临床健康法案》（HITECH 法案）
	2010年3月	奥巴马政府	患者保护与平价医疗法案（PPACA、ACA）
	2014年4月	美国国家生命与健康委员会	联邦医保及联邦医助电子健康档案奖励计划（HER奖励计划）
	2016年5月	美国能源部	小企业创新研究/小企业技术转移计划（SBIR/STTR）
	2016年8月	美国联邦通信委员会	频谱新领域新提案
	2017年	美国	创新发展与物联网法案
	2018年1月	美国商务部和国土安全部	提高互联网与通信生态系统对僵尸网络及其他自动分布式威胁的抵御能力
	2019年3月	美国政府	物联网网络安全促进法案
	2019年7月	美国商务部	网络盾牌法案
	2020年1月	美众议院	促进美国5G国际领导力法案、促进美国无线领导力法案、保障5G及以上安全法案
	2020年3月	美国政府	2020年5G安全保障法
欧盟	1984年	欧盟	地平线2020研发计划
	2005年4月	欧盟执委会	公布未来5年欧盟信息通信政策框架i2010
	2007-2013年	欧盟	推动第7期欧盟科研架构（EU-FP7）研究补助计划
	2009年	欧盟委员会	欧盟物联网行动计划
	2009年10月	欧盟委员会	未来物联网战略
	2015年	欧盟	重构物联网创新联盟
	2019年3月	欧洲电信标准协会	技术规范TS 103 645
	2019年6月	欧盟	网络安全法案
	2020年1月	欧盟委员会	5G网络安全：欧盟风险缓解措施工具箱
日本	2000年	IT战略总部	IT基本法
	2001年1月	IT战略总部	e-Japan战略
	2003年	日本IT战略部	e-Japan II 战略
	2004年	日本信息通信产业主管机关总务省	U-Japan战略
	2009年7月	日本IT战略本部	I-Japan战略2015
	2019年1月	日本信息通信产业主管机关总务省	电气通信事业法
韩国	2004年	韩国政府	U-Korea战略
	2009年10月	韩通信委员会	物联网基础设施构建基本规划
	2014年5月	韩国政府	ioT 物联网基本规划
	2014年6月	韩国政府	制造业创新3.0
	2015年3月	韩国政府	制造业创新3.0战略实施方案
新加坡	2020年	信息通信媒体发展	物联网网络安全指南
澳大利亚	2019年4月	澳大利亚治疗用品管理局	医疗器械行动计划
	2020年8月	澳大利亚联邦政府	澳大利亚2020网络安全战略
	数据来源：动脉橙vbdata.cn		

4.1.1 美国

美国政府及相关研究机构对物联网的摸索和构想早在 2005 年就开始了。2005 年，美国国防部将智能微尘（SMARTDUST）列为重点研发项目，将其用于健康监控、环境监控和医疗等多领域。2008 年 7 月，在美国国家情报委员会（NIC）发表的《2025 对美国利益潜在影响的关键技术》报告中，物联网技术上榜，被视为“六种关键技术之一”。2008 年 IBM 提出“智慧地球”概念，即把传感器放到电网、铁路、桥梁和公路等物体中，通过能量极其强大的计算机群，对整个网络内部人员和物体实施管理和控制。在这一过程中，物联网是其中不可或缺的一部分。这一概念彼时在全球范围内得到极大的响应。2009 年 1 月，美国智库机构信息技术与创新基金会和 IBM 一起向奥巴马政府提交了《The Digital Road to Recover：A Stimulus Plan to Create Jobs，Boost Productivity and Revitalize America》，提出通过信息通信技术（ICT）投资可在短期内创造就业机会。美国政府只要新增 300 亿美元的 ICT 投资，在智能医疗、智能电网和宽带网络三大领域集中发展，便可为民众创造出 94.9 万个就业机会。这一提议得到了奥巴马政府的积极回应。奥巴马政府还把“宽带网络等信息技术”定位为振兴经济和确立美国全球竞争优势地位的关键性战略。同年，奥巴马签署《经济复苏和再投资法》，提出从能源、科技、医疗、教育等方面着手，通过政府投资、减税等措施来改善经济、增加就业机会，推动美国长期发展。2014 年 4 月，美国国家生命与健康委员会发布联邦医保及联邦医助电子健康档案奖励计划（HER 奖励计划），旨在向广泛应用于医疗保健、教育、车联网等的第五代移动通信开放 24GHz 以上共计 10.85MHz 高频频谱。

美国政府也出台经济扶持政策，支持企业发展。2010 年 3 月，奥巴马政府签署《患者保护与平价医疗法案》（PPACA、ACA），为智能健康和生物医学、电子硬件、机器人和无线技术等物联领域的技术开发项目提供国家经济支持；2016 年 5 月，美国能源部出台《小企业创新研究/小企业技术转移计划（SBIR/STTR）》，为智能健康和生物医学、电子硬件、机器人和无线技术等物联领域的技术开发项目提供种子基金。2019 年 3 月，美国政府出台《物联网网络安全促进法案》，规范政府部门和医疗机构采购物联网设备；7 月，出台《网络盾牌法案》，指出由商务部建立机制并鼓励医疗设备厂商对其物联网商品安全加密进行分级卷标认证。2020 年 1 月，美国众议院连续发布三项法案，以加强美国在 5G 相关国际标准制定机构中的领导地位。

4.1.2 欧盟

为恢复受到经济危机影响的欧盟成员国的经济活力，欧盟委员会也在大力拓展振兴欧洲经济的思路。欧盟是全球第一个系统提出物联网发展和管理计划的地区。2009 年，欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》(Internet of Things-An action plan for Europe)，以确保欧洲在构建物联网的过程中起主导作用。

2010 年，欧盟委员会制定了“欧洲 2020 战略”，提出了三大战略优先任务、五大量化目标和七大配套旗舰计划。其中，构建创新型社会居七大旗舰计划之首。2014 年，欧盟启动实施了该旗舰计划的创新政策工具——“地平线 2020”。欧盟通过“地平线 2020”研发计划在物联网领域投入近 2 亿欧元，建设连接智能对象的物联网平台，开展物联网水平行动，推动物联网集成和平台研究创新，特别是重点选取自动网联汽车、智慧城市、智能可穿戴设备、智能农业和食品安全、智能养老等五个方面开展大规模示范应用，希望构建大规模开环物联网生态体系。2015-2016 年间，欧盟动作不断，先后重构物联网创新联盟（AIoTI），组建物联网创新平台（IoT-EPI），希望构建一个蓬勃发展的、可持续的欧洲物联网生态系统，最大化发挥平台开发、互操作、信息共享等“水平化”共性技术和能力的作用。

2019 年 3 月，欧洲电信标准协会发布《技术规范 TS 103 645》，保护消费者免受物联网设备及医疗情境应用的违规侵害。2019 年 6 月，欧盟出台《网络安全法案》，采用欧洲网络安全认证系统框架，以确保欧盟 MIoT 产品、服务及流程具有足够的网络安全水平。2020 年 1 月，欧盟委员会发布《5G 网络安全：欧盟风险缓解措施工具箱》，旨在确定一套通用措施，以减轻 5G 网络的主要安全风险。

4.1.3 日本

进入 21 世纪以来，日本积极推进 IT 立国战略。2000 年，日本政府提出“IT 基本法”，其发展历程主要涵盖 e-Japan—u-Japan—i-Japan 三个阶段。日本从 2001 年 1 月开始实施以宽带化为核心开展的基础设施建设的 e-Japan 战略。2003 年，日本 IT 战略部又进一步制定了 e-Japan II 战略，将发展重点转向推进 IT 技术在医疗、食品、生活、中小企业金融、教育、就业和行政 7 个领域的率先应用。

2004 年，日本信息通信产业的主管机关总务省（MIC）推出了基于物联网的国家信息化战略 U-Japan 战略，希望催生新一代信息科技革命，以实现无所不在的便利社会。2009 年 7 月，日本 IT 战略本部提出了新一代的信息化战略——i-Japan 战略，将政策目标聚焦在电子化政府治理、医疗健康信息服务、教育与人才培育这三大公共事业。在医院事业，i-Japan 战略推动了电子病历、远程医疗等应用的发展。

2019 年 1 月，日本信息通信产业主管机关总务省发布《电气通信事业法》，要求最迟于 2020 年 4 月，医疗联网终端设备必须具有防范非法登录的功能（例如能切断外部控制、强制变更初始默认 ID 和密码，强制软件更新等），且唯有满足标准、获得认定的医疗设备才能在日本上市。

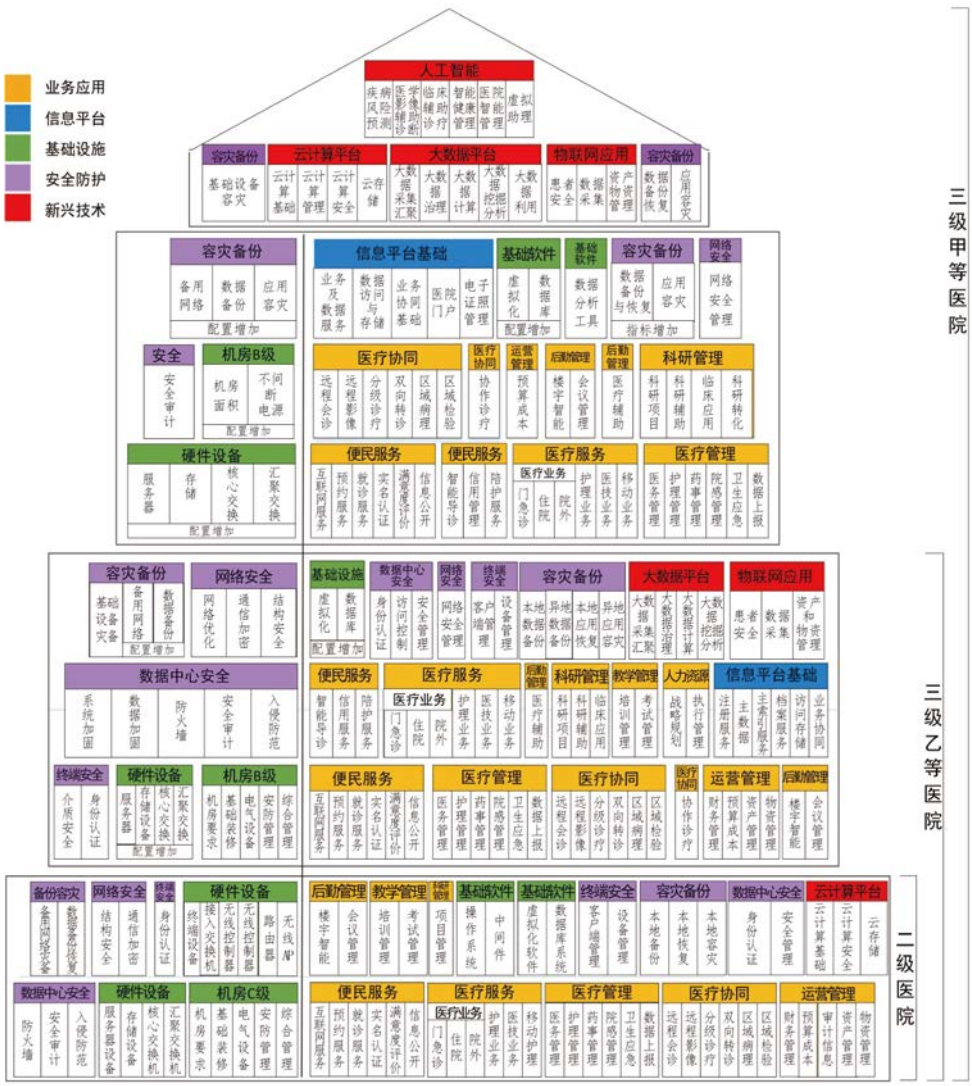
4.1.4 韩国

2004 年，面对全球信息产业新一轮“U”化战略的政策动向，韩国信息通信部也于 2004 年提出了 U-Korea 战略。U-Korea 战略是一种以无线传感网络为基础，把韩国的所有资源数字化、网络化、可视化、智能化，以此促进韩国经济发展和社会变革的国家战略。2006 年 3 月，韩国确定了总体政策规划，将 2006-2010 年定为这一战略的发展期，并计划在 2011-2015 年进入成熟期。

2009 年，韩国通过了 U-City 综合计划，并将 U-city 建设纳入了国家预算。U-City 是指通过宽带信息网，将 IT 的基础设施建设、技术等应用于卫生保健、公共安全、交通等诸多城市基本需求中。这标志着韩国对核心技术国产化的大力支持，也意味着韩国将智慧城市建设上升到了国家战略层面。2011 年末，韩国发表“2012 年广播电视通信核心课题”文件，强调了物联网对于民生环境的促进作用，提出重点推动智能交通、健康管理等物联网技术应用下相关服务的开发。

4.2 国内医疗健康物联网政策分析

产业的发展离不开国家政策的支持。自 2009 年 8 月温家宝总理提出“感知中国”以来,物联网被正式列为国家五大新兴战略性产业之一。2010 年，物联网首次写入“政府工作报告”后，受到了国内全社会极大的关注。随后的几年里，我国相继发布了《中国物联网白皮书（2011）》《物联网十二五发展规划》《物联网发展专项行动计划》。尤其在工信部于 2012 年 2 月发布的《物联网十二五发展规划》中，明确表示要重点支持公共安全、医疗卫生、智能家居等领域的物联网应用示范工程，并面向医疗、环保、交通、农业、电力、物流等重点行业需求，以重大应用示范工程为载体，总结成功模式和成熟技术，形成一系列具有推广价值的行业应用标准。在智能医疗方面，文件提出在药品流通和医院管理上，以人体生理和医学参数采集及分析为切入点面向家庭和社区开展远程医疗服务。



《全国医院信息化建设标准与规范》指标体系图

2018 年 4 月，国家卫生健康委员会规划与信息司发布《全国医院信息化建设标准与规范（试行）》，主要针对目前医院信息化建设现状，对未来 5 年～10 年全国医院信息化应用发展提出建设要求。文件将物联网技术列为新兴四大类技术之一，并明显加强了物联网、大数据、人工智能等新兴技术在三级医院的场景建设思路。

2018 年年底，中央经济工作会议提出“加快 5G 商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设”，新基建的概念由此产生，并被列入 2019 年政府工作报告。之后，“新基建”在国家、地方多个会议频繁出现。2020 年以来，“新基建”概念大火。2 月 3 日，中央政治局常委会会议首次做出部署，提出要加快新兴消费潜力，积极丰富 5G 技术应用场景，带动 5G 手机等终端消费，推动增加电子商务、电子政务、网络教育、网络娱乐等方面消费。随后的 30 天内，仅中央层面就至少 5 次部署与“新基建”相关的任务，各地相关政策文件更是不胜枚举。“新基建”已然成为我国未来发展的关键要素。到现在，几乎所有省级政府的 2020 年政府工作报告都提及了新型基础设施建设。

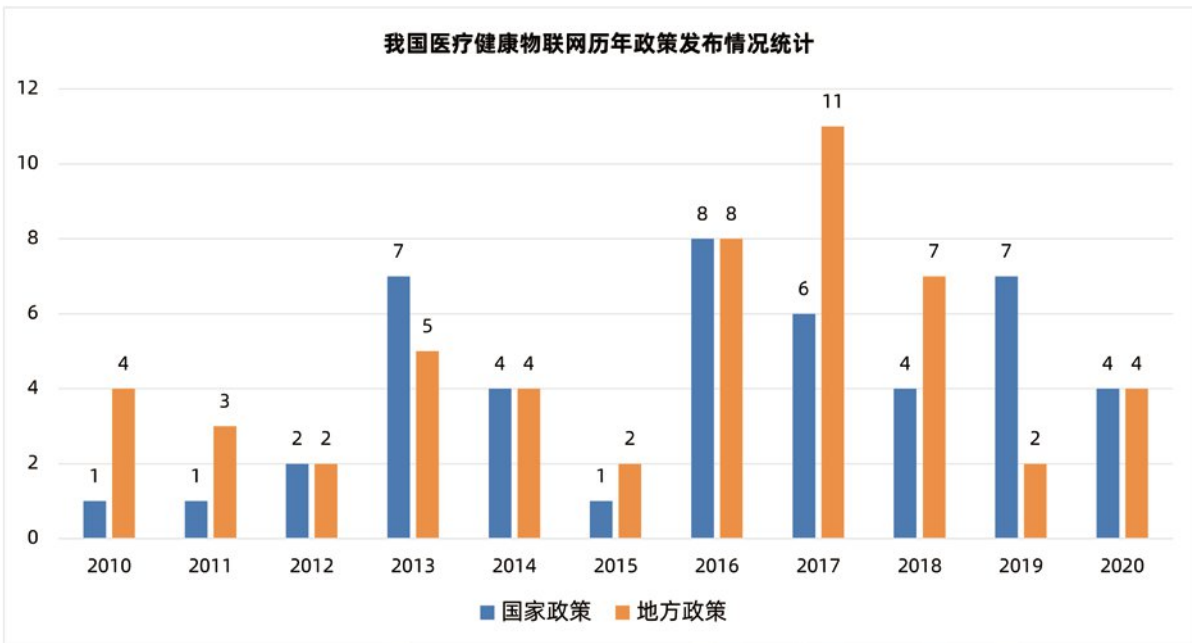
除了新基建政策的推动，卫生管理部门也通过标准及政策的形式来标准化医疗机构的物联网建设。2016 年 10 月，中共中央、国务院发布《“健康中国 2030”规划纲要》，部署全面推进实施健康中国战略，明确提出要规范和推动“互联网+健康医疗”服务，创新互联网健康医疗服务模式。2018 年 8 月，卫健委办公厅发布国卫办医发〔2018〕20 号《关于进一步推进以电子病历为核心的医疗机构信息化建设工作的通知》。《通知》要求推进系统整合和互联互通，要求到 2020 年，三级医院要实现院内各诊疗环节信息互联互通，达到医院信息互联互通标准化成熟度测评 4 级水平。2020 年 8 月，国家卫生健康委统计信息中心印发《医院信息互联互通标准化成熟度测评方案（2020 年版）》。相比之前的测评方案，2020 版对 5G 和物联网有相应侧重，通过五级需要具有物联网和 5G 部署能力。

2020 年 5 月，工信部发布《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》，重点指出制定移动物联网与垂直产业融合标准，深化推进物联技术与医疗养老领域融合应用，加强移动物联网终端、平台等技术标准及互联互通标准的制定和实施，提升健康养老产业应用标准化水平。

为了深入剖析政策对医疗健康物联网的影响，动脉橙统计了我国自 2010 年至今国家和地方发布的物联网相关政策，根据政策内容与医疗健康物联网的关联度，筛选出了 97 条（截至 2020 年 8 月）与医疗相关的物联网政策，其中国家层面政策有 45 条，地方层面政策有 52 条。

一级指标	二级指标	三级指标	具体内容和要求
物联网技术	物联网应用	数据采集	支持基于传感网络的物联网应用架构，支撑医疗环境 下的各类设备的数据采集与利用。 ①数据信息的加密传输； ②通过红外线、射频等介质进行数据传输； ③医疗设备的生命体征采集、大型医疗检查设备的能耗数据采集，医疗环境下的温湿度，污染颗粒数据采集等。 ④数据采集设备的安全接入和审计。 **二级医院** 推荐要求。 **三级乙等医院** 满足①②③④要求。 **三级甲等医院** 同上。
		患者安全	基于 RFID 电子标签的物联网应用架构，通过物联网终 端设备支持在医院就诊环境下的患者业务服务应用。 ①物联网终端的无障碍感应扫描，在不同业务场景下 感应功率的自动调节。 ②患者定位、身份识别、用药识别、业务监控等功能。 **二级医院** 推荐要求。 **三级乙等医院** 满足①②要求。 **三级甲等医院** 同上。
		资产和物资管理	基于传感网络的物联网应用架构，通过RFID电子标签，实现医院资产或药品的管理。 ①RFID标签和医院资产的匹配绑定。 ②区域内资产自动识别和盘点管理。 ③医院固定资产管理、特殊药品的综合管理，包括医疗设备、高值耗材、毒麻药品等物品的全生命周期管理等。 **二级医院** 推荐要求。 **三级乙等医院** 满足①②③要求。 **三级甲等医院** 同上。

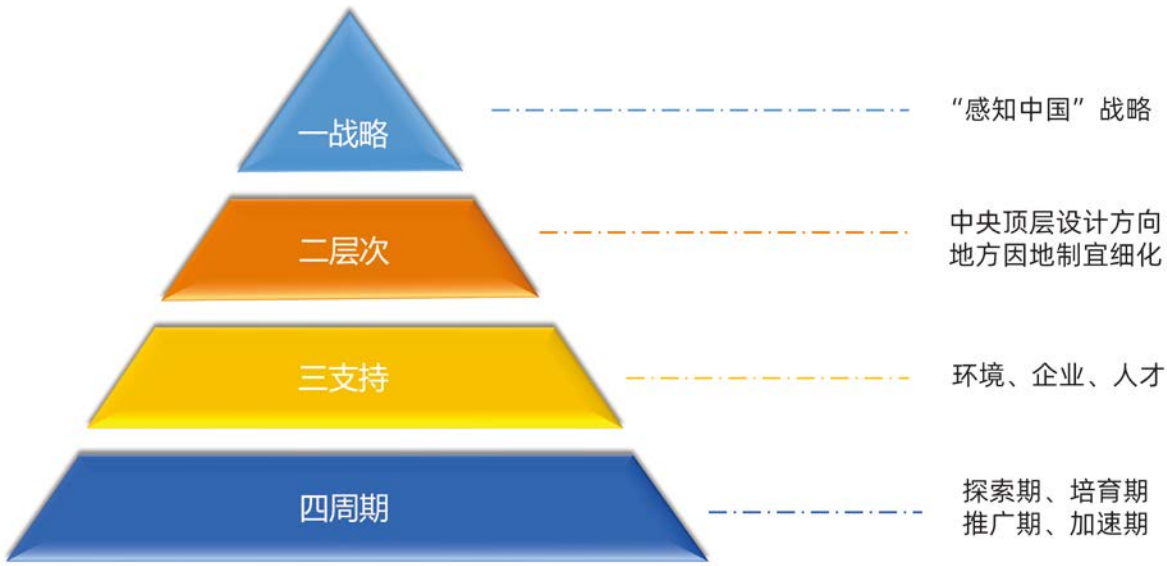
《全国医院信息化建设标准与规范》物联网技术要求



发布时间	部门	名称
2010年10月	国务院	关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定
2011年5月	工信部	中国物联网白皮书（2011）
2012年2月	工信部	物联网十二五发展规划
2012年8月	工信部	无锡国家传感网创新示范区发展规划纲要（2012-2020）
2013年2月	国务院	关于推进物联网有序健康发展的指导意见
2013年3月	国务院	国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012-2020年）
2013年8月	国务院	关于促进信息消费扩大内需的若干意见
2013年8月	国务院	关于信息消费扩大内需的若干意见
2013年9月	国家发改委等多部委	物联网发展专项行动计划（2013-2015）
2013年9月	国家发改委、科技部等多部委	十个物联网发展专项行动计划
2013年11月	国家发改委	关于组织开展2014-2016年国家物联网重大应用示范工程区
2014年4月	工信部	2014年物联网工作重点
2014年5月	工信部	工业信息化部2014年物联网工作要点
2014年6月	民政部	国家智能养老物联网应用示范工程
2014年8月	国家发改委、工信部等八部委	关于印发促进智慧城市健康发展的指导意见
2015年3月	工信部	开展2015年智能制造试点示范专项行动的通知
2016年6月	国务院	关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见
2016年7月	国务院	十三五国家科技创新规划
2016年9月	发改委、工信部	智能硬件产业创新发展专项行动（2016-2018年）
2016年10月	国务院	“健康中国 2030”规划纲要
2016年11月	国务院	十三五国家战略性新兴产业发展规划
2016年12月	国务院	十三五国家信息化规划
2016年12月	工信部	信息通信行业发展规划物联网分册（2016-2020年）
2016年12月	国务院	关于全面放开养老服务市场提升服务质量的若干意见
2017年1月	工信部	物联网发展规划（2016-2020）
2017年1月	国家发改委	物联网十三五发展规划（2016-2020）
2017年2月	工信部、民政部、原卫计委	智慧健康养老产业发展行动计划（2017-2020）
2017年6月	工信部	关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知
2017年8月	国务院	关于进一步扩大和升级信息消费持续释放内需潜力的指导意见
2017年11月	工信部	智能传感器产业三年行动指南（2017-2019年）
2018年4月	国务院	关于促进互联网+医疗健康发展的意见
2018年4月	国家卫健委	关于印发全国医院信息化建设标准与规范（试行）的通知
2018年7月	国家卫健委、国家中医药管理局	远程医疗服务管理规范（试行）
2018年8月	国家卫健委	关于进一步推进以电子病历为核心的医疗机构信息化建设工作的通知
2019年3月	国家卫健委	医院智慧服务分级评估标准体系（试行）
2019年4月	工信部、国资委	关于开展深入推进宽带网络提速降费支撑经济高质量发展2019专项行动的通知
2019年4月	国家卫健委	全国基层医疗卫生机构信息化建设标准与规范
2019年4月	国务院	关于推进养老服务发展的意见
2019年7月	健康中国行动推进委员会	健康中国行动（2019-2030）
2019年9月	发改委、民政部、国家卫健委	城企联动普惠养老专项行动实施方案(试行)
2019年11月	国家发改委等多部委	区域医疗中心建设试点工作方案
2020年1月	工信部、民政局、国家卫健委、国家市管局、全国老龄工委会	关于促进老年用品产业发展的指导意见
2020年3月	教育部、国家发改委、财政部	关于“双一流”建设高校促进学科融合 加快人工智能领域研究生培养的若干意见
2020年5月	工信部	关于深入推进移动物联网全面发展的通知
2020年8月	卫健委	医院信息互联互通标准化成熟度测评方案（2020年版）
数据来源：动脉橙vbdata.cn		

发布时间	地区	名称
2010年5月	江苏省	江苏省物联网产业发展规划纲要（2009-2012）
2010年10月	上海市	上海推进物联网产业发展行动方案（2010-2012）
2010年10月	广东省	关于加快发展物联网建设智慧广东的实施意见
2010年12月	浙江省	浙江省物联网产业发展规划（2010-2015年）
2011年4月	吉林省	吉林省战略性新兴产业培育计划（2011-2015年）
2011年8月	四川省	四川省物联网产业发展十二五规划
2011年12月	陕西省	陕西省“十二五”物联网产业发展专项规划
2012年3月	甘肃省	关于加快物联网发展的意见
2012年3月	云南省	云南省物联网产业发展建设规划(2011-2015年)
2013年4月	福建省	福建省加快物联网发展行动方案（2013-2015）
2013年9月	河北省	关于进一步推进物联网发展的实施意见
2013年9月	山西省	山西省人民政府办公厅关于推进物联网有序健康发展的实施意见
2013年11月	青海省	青海省人民政府关于建设宽带青海促进信息消费的指导意见
2013年11月	广东省	广东省物联发展规划（2013-2020）
2014年9月	江苏省	关于推进智慧江苏建设的实施意见
2014年11月	广西省	广西推进物联网有序健康发展的实施方案
2014年12月	重庆市	重庆市加快物联产业发展行动计划
2014年12月	湖南省	湖南省移动互联网产业发展规划（2014-2018年）
2015年3月	吉林省	吉林省人民政府关于促进互联网经济发展的指导意见
2015年6月	浙江省	宁波市人民政府关于加快发展智能装备产业的实施意见
2016年1月	北京市	关于积极推进互联网+行动的实施意见
2016年2月	上海市	上海市推进互联网+行动实施意见
2016年8月	广东省	深圳市信息化发展十三五规划
2016年9月	江苏省	无锡市十三五科技创新规划
2016年9月	浙江省	杭州市物联网产业发展“十三五”规划
2016年11月	天津市	天津市物联网产业发展“十二五”规划的通知
2016年12月	福建省	关于加快物联网产业发展八条措施
2016年	新疆	新疆维吾尔自治区物联网应用十三五发展规划
2017年2月	山东省	威海市物联网产业十三五发展规划
2017年2月	贵州省	贵州省十三五新兴产业发展规划
2017年2月	黑龙江省	黑龙江省地理信息产业发展规划（2016-2020年）
2017年2月	内蒙古	内蒙古自治区信息化发展“十三五”规划
2017年3月	辽宁省	关于印发沈阳市中国制造2020实施方案的通知
2017年4月	海南省	海南省人民政府关于印发加快推进“互联网+”行动实施方案的通知
2017年4月	福建省	厦门市物联网产业发展规划纲要（2017-2025）
2017年6月	河南省	河南省推动物联发展加快培育新业态新模式行动指南
2017年6月	宁夏	《宁夏回族自治区人民政府办公厅关于加快新型智慧城市建设的实施意见》
2017年7月	浙江省	浙江省物联网产业十三五发展规划
2017年9月	海南省	海南省人民政府办公厅关于印发海南省互联网产业“十三五”发展规划指导意见的通知
2018年1月	江西省	江西省移动物联网发展规划（2017-2020）
2018年1月	安徽省	安徽省十三五信息化发展规划
2018年2月	江苏省	关于进一步支持以物联网为龙头的新一代信息技术产业发展的政策意见
2018年6月	贵州省	关于促进大数据云计算人工智能创新发展加快建设数字贵州
2018年6月	海南省	《关于加快发展互联网产业的若干意见》
2018年7月	广东省	深圳市工业互联网发展行动计划（2018-2020）
2018年10月	江西省	关于加快建设物联江西的实施意见
2019年2月	宁夏	宁夏回族自治区“互联网+医疗健康”示范区建设规划（2019-2020）
2019年3月	上海市	上海证券交易所科创板企业上市推荐指引
2020年1月	广东省	政府工作报告
2020年1月	湖北省	政府工作报告
2020年3月	湖南省	数字经济发展规划（2020-2025年）
2020年3月	江苏省	无锡市5G产业发展规划（2020-2025）
数据来源：动脉橙vbdata.cn		

基于这些政策，蛋壳研究院提出政策分析金字塔模型，从政策的目的、空间维度和时间维度以及政策内容进行了分析，试图了解各个阶段的政策目的、国家与地方的政策联动内容，以期为行业参与者提供全面的政策参考指南。



4.2.1 一战略

从战略规划的顶层设计，到法律的保驾护航，再到切实可行的具体指导方案。一系列政策的核心目的就在于实现“感知中国”战略。

2009 年 8 月，温家宝总理在无锡视察时指出，“要在激烈的国际竞争中，迅速建立中国的传感信息中心或‘感知中国’中心”。随后，无锡市委、市政府迅速行动起来，专门召开市委常委会和市政府常务会议进行全面部署，精心组织力量，落实有力措施，全力以赴做好建设国家“感知中国”示范区（中心）的相关工作。2009 年的 11 月 1 日，集聚产业链上 40 余家机构的中关村物联网产业联盟成立。一南一北，由政府大力推动，具备产学研结合特征的两个实体，都意在打造中国的物联网产业中心。同年 11 月 12 日，中国科学院、江苏省和无锡市签署合作协议成立中国物联网研发中心。

4.2.2 二层次

从空间维度看，中央政府先出台顶层设计政策，地方政府相继出台实施方案（见 P49 下图）。

具体到政策的密度看，2013 年和 2017 年出现了两个高峰。2013 年 2 月，国务院出台《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》，争取到 2015 年，实现物联网在经济社会重要领域的规模示范应用，突破一批核心技术，初步形成物联网产业体系，安全保障能力明显提高。部分地区快速反应，因地制宜，经过一段时间的设计与研究，率先发布了医疗健康物联网相关的政策，重点在制定阶段性目标上。2016 年则是“十三五”开局之年，国家先后出台《十三五国家科技创新规划》、《物联网十三五发展规划（2016-2020）》，提出 “十三五”期间将加快物联网与医疗行业的深度融合，面向医疗领域组织实施行业重大应

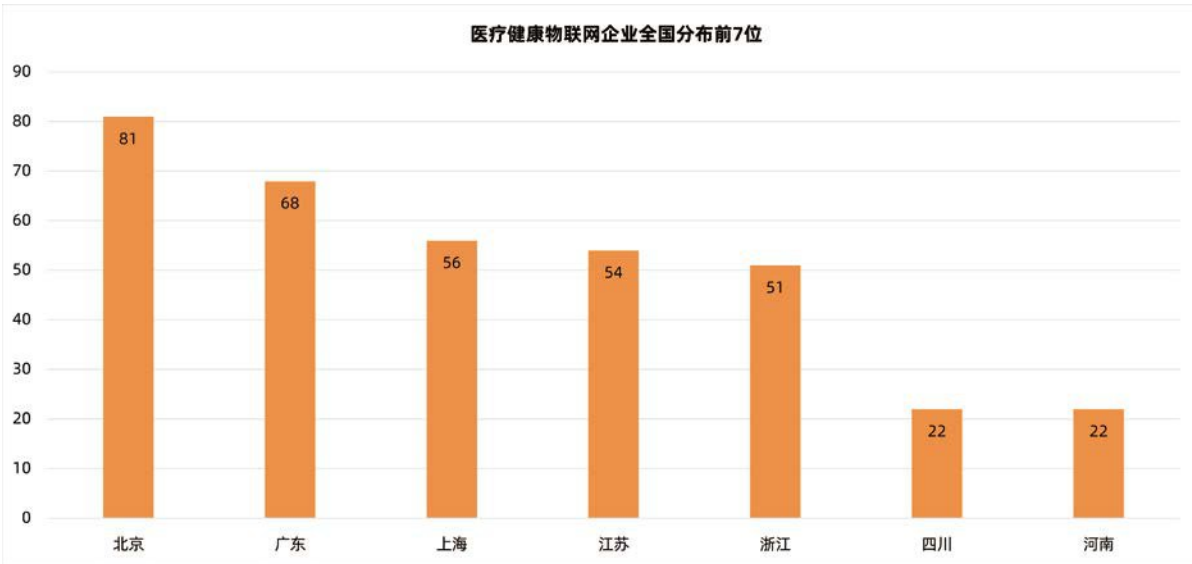
用示范工程，推进物联网集成创新和规模。此时，各地已逐步积累了一定的医疗健康物联网发展经验，形成了第二次政策集中期。政策体系的逐步完善，也加快推动了物联网从推广期向加速期发展。

4.2.3 三对象

如果按照政策支持对象可以分类为如下三类：

营造医疗健康物联网良好的发展环境

2013 年 2 月 5 日，由国家发改委、工信部联合相关部门起草的《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》中提到，要强调加大财政投入，用好现有政策，做好政策落实，充分利用好国家科技计划、重大专项、战略性新兴产业发展专项资金等，集中力量推进物联网关键核心技术研发和产业化，大力支持标准体系、创新能力平台、重大应用示范工程建设。《物联网“十二五”发展规划》中也明确指出，要在“十二五”期间初步完成物联网产业体系构建，形成较为完善的物联网产业链，充分考虑技术、人才、产业、区位、经济发展、国际合作等基础因素，在东、中、西部地区，以重点城市或城市群为依托，高起点培育一批物联网综合产业集聚区。



目前，我国物联网产业已初步形成了“四八格局”：“四”——环渤海、长三角、珠三角和中西部地区四大物联网产业集聚区域；“八”——即围绕北京、上海、无锡、杭州、广州、深圳、武汉、重庆八大城市建立物联网产业联盟和研发中心。此外，各地方政府也积极营造物联网产业发展环境，以土地优惠、税收优惠、人才优待、专项资金扶持等多种政策措施推动产业发展，并建立了一系列产业联盟和研究中心。

除了成都双流物联科技孵化园、无锡云栖小镇、广东省顺德物联网应用产业基地等建立时间较早的研究中心，近年来也出现了不少“后来者”。如 2018 年 9 月，由重庆经开区、美国高通和中科创达三方共同成立的“重庆经开区·Qualcomm 中国智能物联网联合创新中心”。2020 年 4 月，联东 U 谷·福州

物联网产业园二期项目也开始动工建设，将以物联网产业、电子信息业、智能制造业为核心，打造集科技研发、中试成果转化、生产组装、高端装备制造于一体的科技产业平台。

对医疗健康物联网相关人才培养的支持

2017 年 8 月 31 日，教育部出台《教育部关于进一步推进职业教育信息化发展的指导意见》。该意见以国务院 2018 年第 1 号公报的形式公开发布，公报指出，要加大物联网等新技术的应用，体现产教融合、校企合作、工学结合、知行合一等职业教育特色。

国家对医疗健康物联网相关人才的培养主要体现在三个方面：院校培养——支持相关高校和科研院所加强多学科交叉整合，加快培养物联网相关专业人才，积极建立多层次多类型的物联网人才培养和服务体系；企业培养——依托国家重大专项、科技计划、示范工程和重点企业，培养物联网高层次人才和领军人才；人才引进——加快引进物联网高层次人才，完善配套服务，鼓励海外专业人才回国或来华创业。

2010 年，教育部公布了通过审批的 140 个高等学校战略性新兴产业相关本科新专业，物联网成为“香饽饽”，约一半的高校新专业都与物联网有关。2019 年高职专业设置备案显示，今年备案开设高职“物联网应用技术”专业的高职院校已有 498 所。2020 年初，人社部公布 13 个新职业，物联网工程技术人员、物联网安装调试员占据两席。

对医疗健康物联网企业的支持

在《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》的重要任务中，提到要形成一批物联网技术研发实验室、工程中心、企业技术中心，促进应用单位与相关技术、产品和服务提供商的合作，加强协同攻关，突破产业发展瓶颈，大力培育具有国际竞争力的物联网骨干企业，积极发展创新型中小企业。在税收上，国家支持设立一批物联网创业投资基金，支持符合现行软件和集成电路税收优惠政策条件的物联网企业按规定享受相关税收优惠政策；经认定为高新技术企业的物联网企业按规定享受相关所得税优惠政策；重点培育对稳增长、扩内需、调结构、惠民生具有重要作用的龙头骨干企业，推进我国物联网有序健康发展。

4.2.4 四周期

从时间维度看，我国医疗健康物联网政策经历了四个阶段：摸索期、培育期、推广期和加速期。

（1）摸索期（2008 年以前）：在传感网、物联网关键技术等领域开始探索和研究，加快了微电子等新兴领域的技术突破；

（2）培育期（2009-2012 年）：“感知中国”物联网战略、物联网“十二五”发展规划相继颁布，政府重点支持医疗卫生等领域的物联网应用示范工程，旨在加快先进医疗设备、医用材料等生物医学工程产品的研发和产业化，促进规模化发展。另外，政府面向医疗、物流等重点行业需求，以重大应用示范工程为载体，总结成功模式和成熟技术，形成一系列具有推广价值的行业应用标准。在智能医疗方面，

政府还提到，要加强建设药品流通和医院管理等重点领域应用示范工程，以人体生理和医学参数采集及分析为切入点面向家庭和社区开展远程医疗服务。

（3）推广期（2013-2016 年）：不断扩大应用领域，面向农业、能源、环保、医疗等重要领域，组织实施行业重大应用示范工程，推进物联网集成创新和规模化应用，支持物联网与行业深度融合。行业中逐渐出现民生领域物联网产品，如发展智慧养老服务新业态，开发和运用智能硬件，推动移动互联网、云计算、物联网、大数据等与养老服务业结合，创新居家养老服务模式，重点推进老年人健康管理、紧急救援、精神慰藉、服务预约、物品代购等服务，开发更加多元、精准的私人订制服务。

（4）加速期（2017 年-至今）：推动物联网在个人生活领域的应用，面向消费电子、健康医疗等重点行业领域，加快物联网技术在智能家居、可穿戴设备、儿童及老人照看、宠物追踪及消费电子等产品中的应用，推进智能传感器向中高端升级。

4.3 国际国内医疗健康物联网政策对比以及发展建议

美欧、日韩在医疗健康物联网发展的领先地位与其起步早有关。日本与韩国的发展路径较为相似，主要将对医疗健康物联网技术的研发应用纳入了国家信息产业战略的制定之中，呈现出了前期以发展网络技术及基础设施为主，后期以成为信息输出大国为目的的转变。美国的物联网发展历程是从最初的军方试验逐渐转向民用推广。欧洲则较为注重制定全面完善的物联网规划体系，有序地逐一推进相关技术的发展。

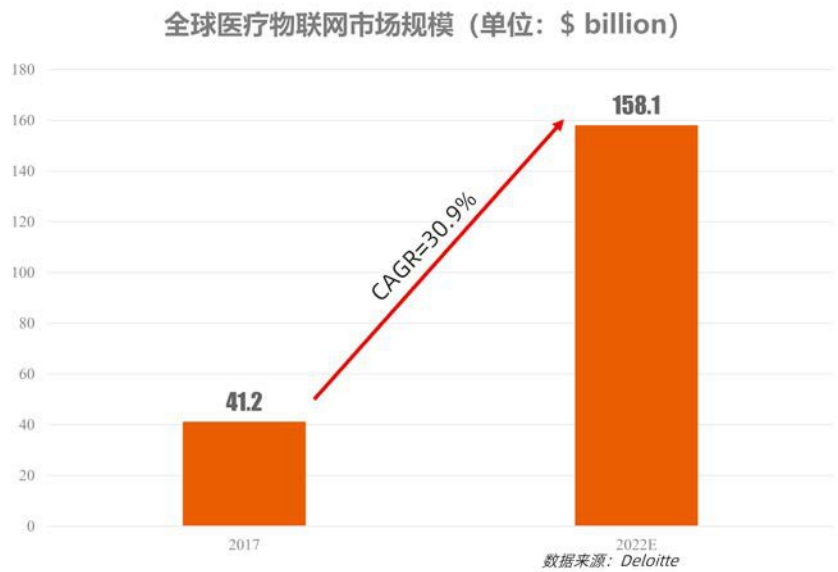
目前，我国在医疗健康物联网政策环境建设方面取得了显著成效。通过积极进行技术研发、行业示范应用以及制定相关的国家标准，我国已成为全球物联网发展最为活跃的地区之一。在政策上，在我国于 2009 年以政策形式将物联网正式列入国家五大新兴战略性产业后，我国医疗健康物联网就走上了高速发展之路。通过政策的引导，我国在医疗健康物联网领域的人才培养、企业支持方面都有了坚实的支撑。在医疗物联网标准制定上，2013 年至今，无锡医疗物联网研究院承担了原国家卫生计生委统计信息中心课题，统筹推进 12 项医疗健康物联网技术标准研制，推动医疗与健康物联网应用标准工作组成立。

但是，由于医疗健康物联网具有典型的跨行业特征，“多头管理”特征较为明显。各部门往往从自己的角度出发制定相应的政策，并没有一个协调统一的步骤。为了促进其发展，我国未来应该建立专门的协调工作组，将医疗健康、电子通信、物联网等领域的管理部门纳入其中，共同协调统一，以使医疗健康物联网的政策推动更具有整体性，从而加速行业的发展。同时，在未来，我国应该完善相关法律法规，保障物联网技术的知识产权保护，并通过各种方式鼓励私营企业和个人对物联网技术的研究和信息技术的突破。虽然中国已经逐渐缩小了与其他先发队伍的发展距离，但物联网事业的发展仍然道阻且长。

5 医疗健康物联网近年来的市场及资本环境

5.1 全球及国内医疗健康物联网市场规模预测

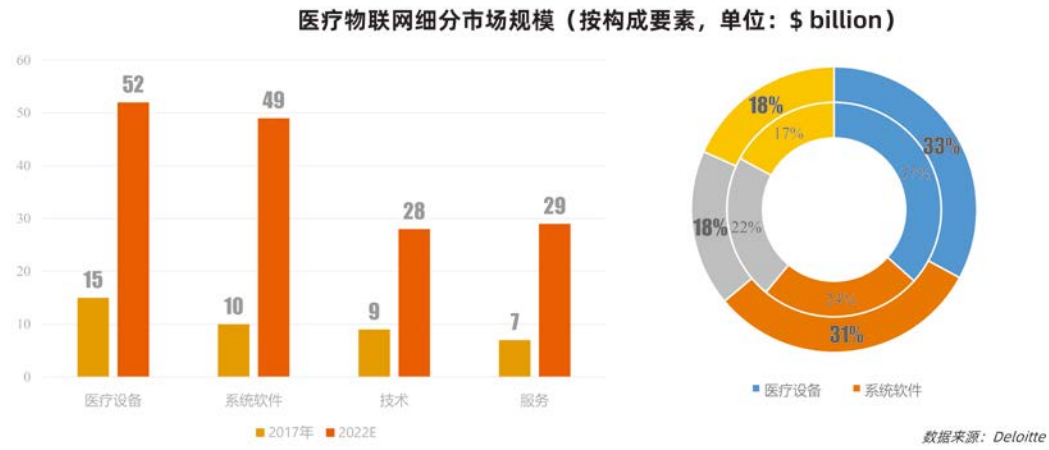
近年来，全球物联网市场规模增长迅速。根据全球移动通信系统协会（GSMA）统计数据显示，2010-2018 年全球物联网设备数量实现了高速增长，复合增长率达 20.9%；2018 年，全球物联网设备连接数量高达 91 亿个。据 GSMA 预测，2025 年全球物联网设备（包括蜂窝及非蜂窝）联网数量将达到 246 亿个 [24]。与此同时，根据 ITU 的统计，2020 年已有 2.37 亿个可穿戴医疗健康物联网设备接入网络。



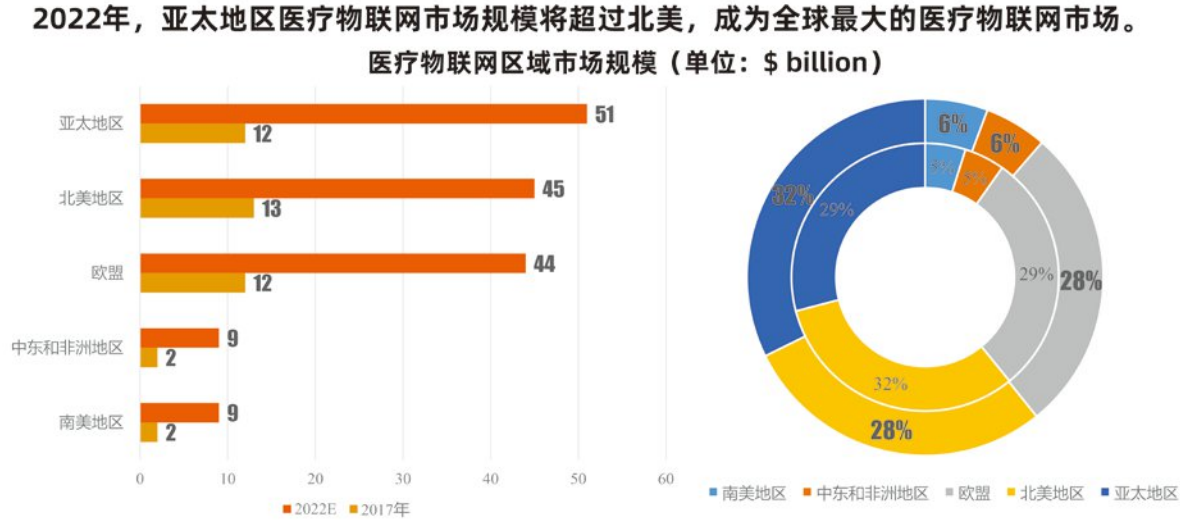
5.1.1 全球医疗健康物联网市场规模预测

伴随物联网市场的飞速发展，全球医疗健康物联网市场规模也在不断攀升。2017 年，全球医疗健康物联网市场规模达到 412 亿美元，年均复合增长率高达 30.8%。按照这一增长趋势，2022 年全球医疗健康物联网市场规模预计将达到 1581 亿美元。主要用于帮助诊断、监控和治疗病人的联网医疗健康物联网市场规模预计将从 2017 年的 149 亿美元增加到 2022 年的 522 亿美元 [5]。远程医疗的兴起、老龄化的加剧以及由此导致的慢性病发病率的增加是全球医疗健康物联网快速发展的主要原因。

[24] GSMA：Intelligence Brife: What is hot and not in IoT? (https://www.mobileworldlive.com/blog/intelligence-brief-what-is-hot-and-not-in-iot)



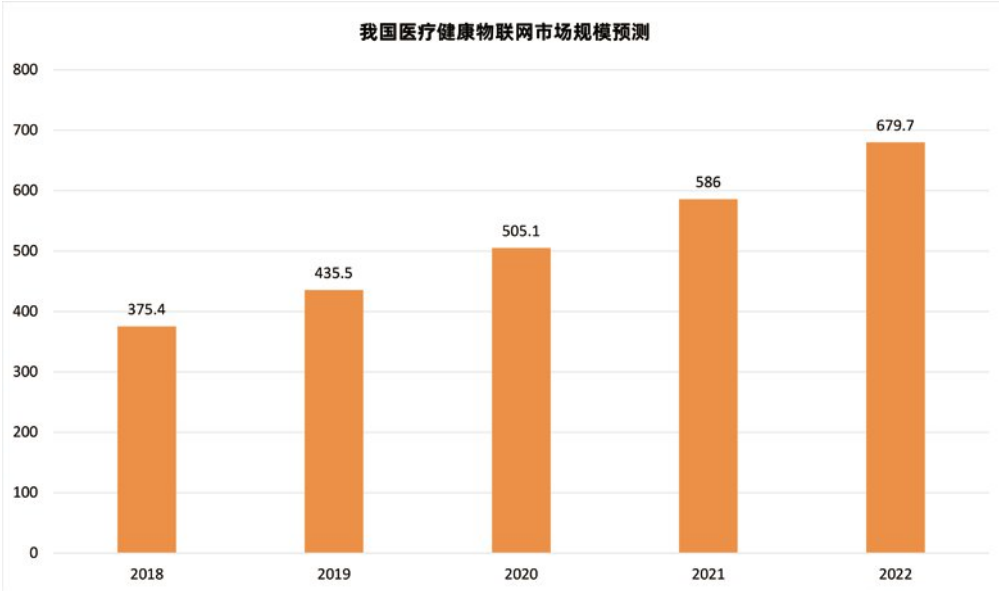
以分类来划分，医疗健康物联网可以划分为医疗设备、系统及软件、技术和服务四大类。预计到 2022 年，医疗设备将占据最大的份额，其市场规模将达到 520 亿美元；排在第二的则是系统及软件，市场规模预计到 2022 年可达 490 亿美元 [5]。



按地区来划分，亚太地区增长最为迅速。目前，亚太地区已经占据全球 47%的物联网连接数 [24]。预计到 2022 年，亚太地区医疗健康物联网产值将达到 510 亿美元，复合增长率高达 34.3%；从而超越北美地区的 450 亿美元（2022 年预计值），成为全球医疗健康物联网市场规模最大的地区。而在 2017 年，亚太地区医疗健康物联网的市场规模还只有 110 亿美元，排在北美（130 亿美元）和欧洲（120 亿美元）之后 [5]。我国医疗健康物联网市场规模的快速增长是亚太地区占比迅速提升的主要原因之一；另外一个原因则是因为亚太地区经济水平的提升，人们对于医疗服务质量和新技术的采用也呈现增加的趋势。

5.1.2 国内医疗健康物联网市场规模预测

根据中国通信工业协会物联网分会和世界移动通信大会（Mobile World Congress，即 MWC）的数据显示，2013-2018 年中国物联网行业高速增长，从 2013 年的 4896.5 亿元增加至 2018 年的 13300 亿元，复合增长率高达 22.12%。在 2019 年底，中国已成为全球最大的物联网市场，全球 15 亿台通过蜂窝网络连接的物联网设备中有 9.6 亿台来自中国，占比 64%[6]。截至 2020 年 2 月底，国内三大运营商 NB-IoT 连接数突破 1 亿，从运营商分布看，中国电信、中国移动的 NB-IoT 连接数各自实现 4000 多万，中国联通达到 1000 万。从 0 到 1 个亿，NB-IoT 只花了 3 年不到的时间 [25]。

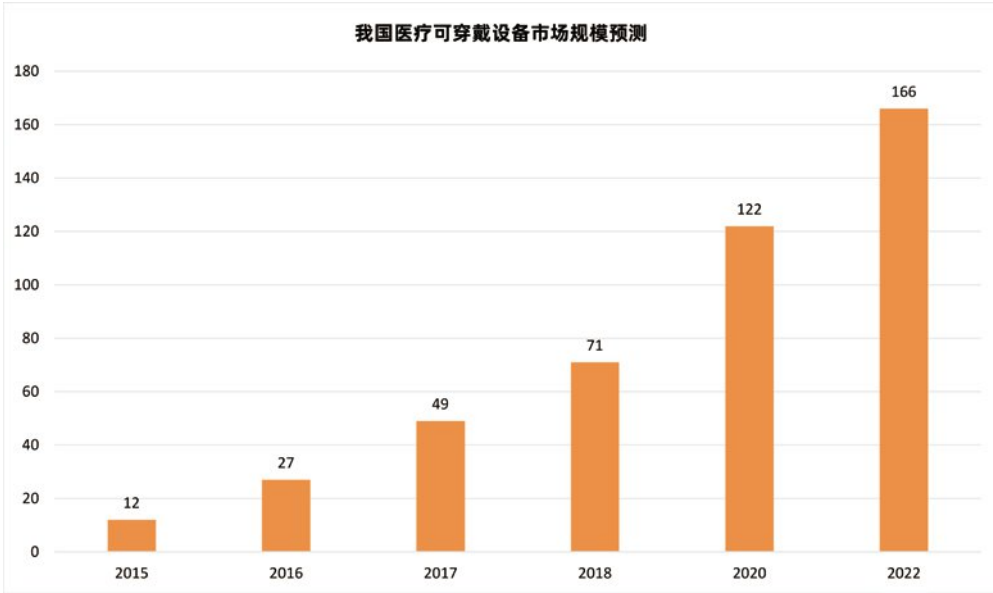


总体来说，由于医疗健康物联网在支持诊疗业务，尤其是促进护理工作方面显示出越来越大的作用，已经逐步成长为医院的关键业务系统。这使得我国医疗健康物联网处于快速增长态势。根据测算，2018 年我国医疗机构在医疗健康物联网上的投入为 375.4 亿元，预计 2020 年我国医疗机构医疗健康物联网市场规模为 505.5 亿元，预计 2022 年我国医疗机构医疗健康物联网市场规模将达到 679.7 亿元，2018 至 2022 年的年复合增长率为 16.1%[26]。

而在 2018 年底开展的一项年度医疗信息化调查中，我国有 38.2%的受访医院计划在未来两到三年中部署医疗健康物联网，而 43.6%的医院处于考虑中。两项比例都高于亚太区的平均值，显示出我国医疗机构对于医疗健康物联网的热情。在同一项调查中，我国有 35.9%的医院主要应用医疗健康物联网的自动化流程应用，排在第二位的则是床边监测。23.3%的受访医院正在计划进行相应的部署 [26]。调查结果显示，目前医院实验室检验自动化、药品分发自动化、运送机器人等项目是物联网应用的重头领域。

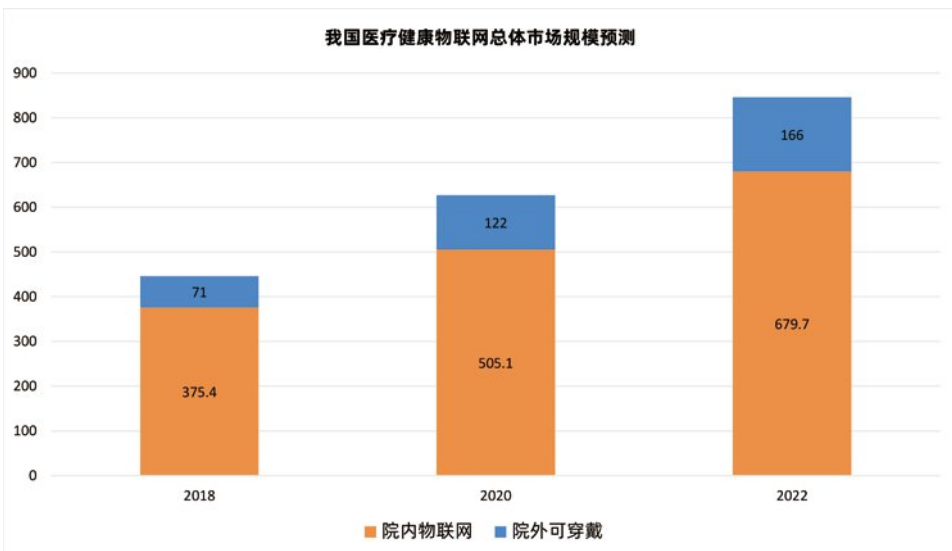
[25] 谭伦、张靖超，《中国经营报》，2020.7.27：《NB-IoT 产值空间破百亿，下半年模组将迎出货高峰》

[26] IDC Healthcare Insights: Internet of Things in Healthcare: Future of Connected Care



除了院内应用，以可穿戴医疗健康设备为主的院外应用在医疗健康物联网中同样重要。由于社会老龄化现象日益严重，慢性病人群不断扩大；加上现代社会压力持续加大，慢性病年轻化的趋势非常明显。因此，人们的健康观念正逐渐由被动治疗转变为主动监测和预防，希望尽早发现可能的风险，并及时干预以预防疾病的发生。正因为此，在监测与预防上可以起到事半功倍作用的可穿戴医疗健康设备呈现快速发展态势。数据显示，2015 年中国可穿戴医疗设备市场规模还只有 12 亿元，预计 2020 年有望突破 122 亿元，5 年复合增长率为 18%[27]。按照这一增长率估算，2022 年其市场规模将达到 165.9 亿元。

由于医疗健康可穿戴设备主要代表了院外应用，且绝大多数都属于医疗健康物联网的范畴。因此，将院内医疗健康物联网市场规模与医疗健康可穿戴市场规模叠加，可以大致估算整个医疗健康物联网的市场规模。按照这一方式，我们预计 2020 年我国医疗健康物联网市场规模将达到 627.1 亿元，2022 年预计将达到 845.7 亿元的市场规模。

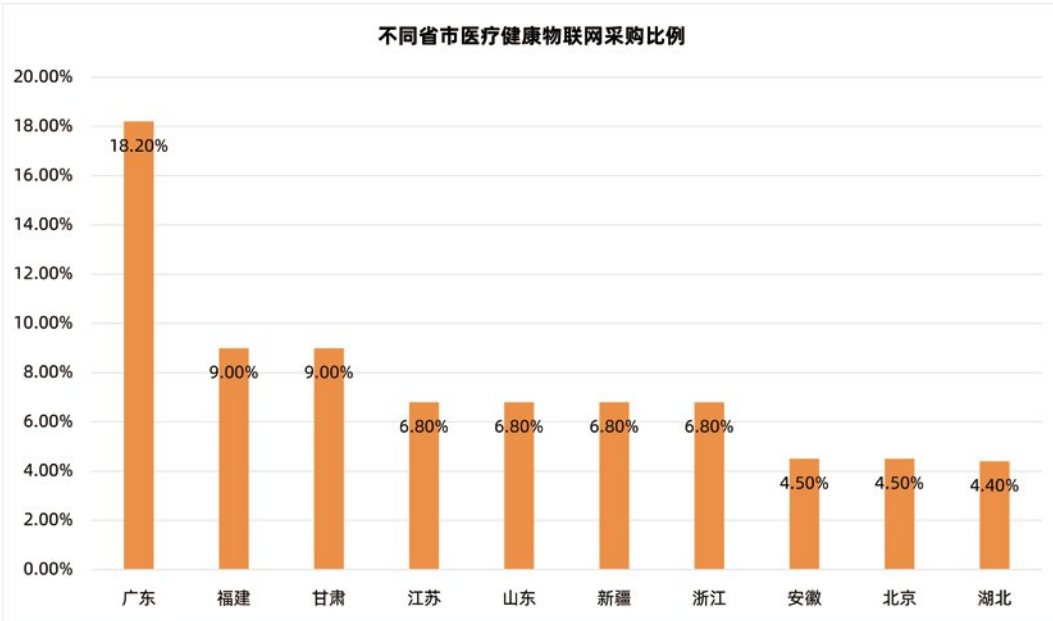


[27] 魏洪泽，火石创造：《可穿戴医疗设备市场现状及挑战》

5.1.3 我国公立医院医疗健康物联网相关招投标数据解读

医疗健康物联网的蓬勃发展带来的影响，直观地表现在更高的患者参与度、更佳的治疗效果、更少的医疗错误以及更好的患者体验上。为了探寻医疗健康物联网在医院中的实际应用情况，蛋壳研究院通过动脉橙采集来自中国政府采购网、31 省市政府采购网（不包含港澳台地区）公开的 2019 年、2020 年（截至 2020 年 7 月底）医疗健康物联网招标采购样本。通过对数据的结构化处理，我们提取出了 44 条有效样本，总共涉及金额 1.7355 亿元。

我们将通过发布时间、省市、采购项目名称、采购单位、中标单位、中标金额等维度，对医疗健康物联网招标采购中标样本数据进行基本数据分析及交叉数据分析，以此来观察医疗健康物联网的采购路径。

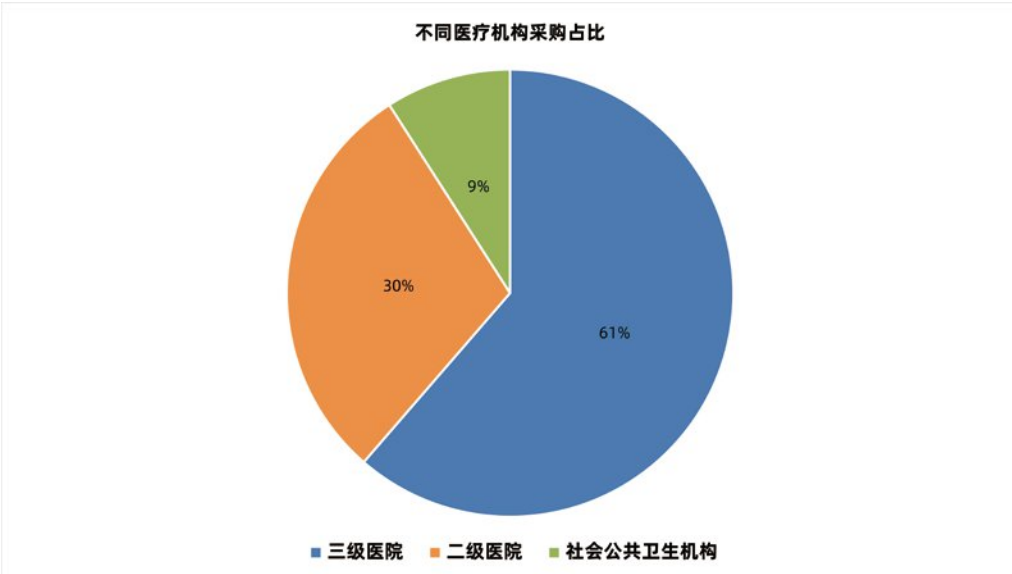


按照项目所在地划分，广东省一马当先，福建省、甘肃省紧随其后。前三位占据了总数量的 36.2%，接近四成。广东省和福建省的经济水平和信息化水平一直处于领先地位，对物联网招标需求大在情理之中。甘肃省排名第三令人意外。就卫生健康能力而言，甘肃省的医疗供给侧矛盾突出，地区之间发展不平衡，医疗保障水平仍然较低，且卫生人才资源、社会办医疗机构设施能力都相对薄弱。随着新医改的不断深入，甘肃省也在寻求新的突破。2016 年，甘肃省印发《甘肃省医疗卫生服务体系规划（2016—2020 年）》中就明确提出“健康甘肃”建设战略的实施，在提升基础医疗服务能力之外，同时指出云计算、物联网、移动互联网和大数据等信息技术的快速发展，将成为甘肃省医疗卫生事业发展的良好机遇。从具体的项目内容来看，甘肃省的招标项目主要以医疗专用无线物联网平台应用、分诊叫号、医用气体、护理呼叫设备为主的物联网基础建设设施。从这也看得出甘肃省追赶大部队的意图。

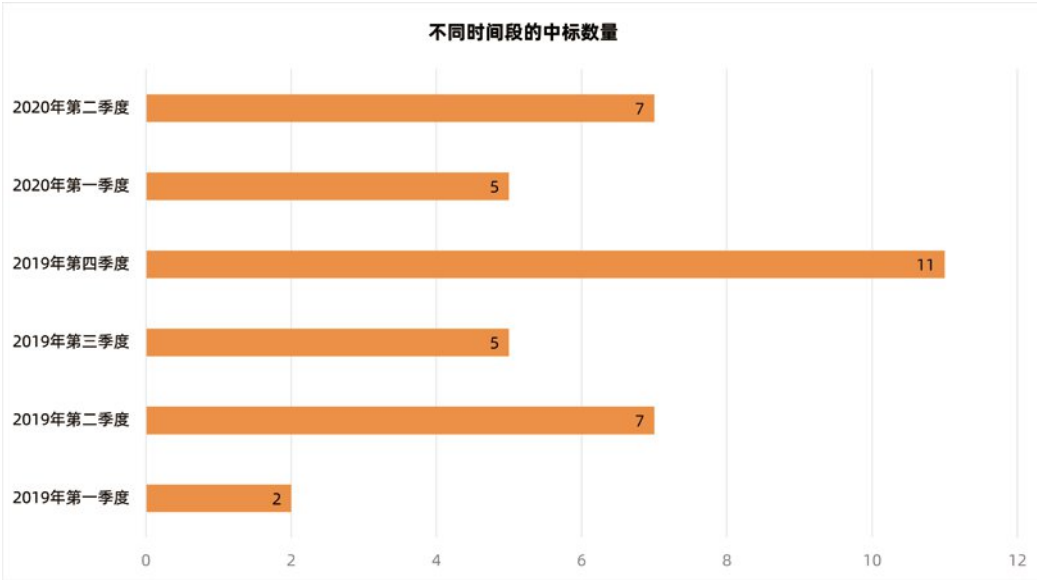
在中标企业的全国分布情况中，有 22.7%的中标企业来自浙江，独占鳌头，且与之后的省份拉开了差距，显示了浙江省强大的医疗健康物联网产业基础。排名第二位的广东也恰好是医疗健康物联网采购占比的第一位。广东省是我国公认的医疗健康物联网企业发展较为集中、水平较高的地区，中标企业分布排名前列在情理之中。排名第三、四位的北京和上海，其中标企业在占比中的比例明显超过了各自省份在整个样本中医疗健康物联网项目采购数目的比例，充分显示了北京和上海作为我国互联网高地和经济政治中心的双重优势。

中标企业全国分布情况					
浙江	22.70%	安徽	4.50%	四川	2.30%
广东	13.60%	江西	4.50%	甘肃	2.30%
北京	11.30%	新疆	4.50%	河南	2.30%
上海	6.80%	天津	2.30%	广西	2.30%
福建	6.80%	辽宁	2.30%	湖北	2.30%
江苏	4.50%	云南	2.30%	山东	2.30%
数据来源：动脉橙vbdata.cn					

在医院采购情况中，三级医院的采购项目数量占据了 61%的比例。这些医院门诊量大、服务类型多样复杂、医疗事务繁重、临床管理和医院管理的难度大、对新技术接受度高，对医疗健康物联网需求也较为强烈。另外，因为三级医院信息化投入早，早期物联网项目也开始逐步淘汰和升级。



二级医院的资金充裕程度和信息化重视程度上目前还比不上三级医院，但二级医院数量多，随着 2020 年全国启动二级医院绩效考核，以及新冠肺炎疫情中表现出的对医疗资源的挤兑，二级医院的信息化进程可能在 2020 年有一个加速。由于春节假期的影响，2019 年第一季度本就是信息化招投标的淡季，直至夏日之后开始迅速攀升。秋冬季是传统采购高峰期，所以 2019 年底成为全年招标高峰。进入 2020 年，受到疫情的影响，互联网医院建设需求猛增，在一定程度上带动了医疗健康物联网的发展。



5.2 全球及国内医疗健康物联网投融资、收购及产业基金分析

医疗健康投融资事件一直是医疗行业参与者的重要关注点。我们以 2018 年 1 月至 2020 年 7 月为分析区间，通过对动脉橙投融资数据的挖掘和清洗，筛选出了 93 条有效的国内外医疗健康物联网相关投融资数据，试图通过金额、轮次、时间、融资企业所在地等维度的基础分析和交叉分析，发现医疗健康物联网产业不断变化的发展趋势。

数据说明：为了便于统计，我们在对投融资数据处理时遵循以下原则：

1.本报告中涉及的融资事件包括从种子轮到 IPO 后的融资事件及并购事件，不包括捐赠事件等。

2.将天使轮、种子轮、种子 VC 等合并为种子轮，所有带 A 的轮次合并为 A 轮，所有带 B 的轮次合并为 B 轮,所有带 C 的轮次合并为 C 轮,所有带 D 的轮次合并为 D 轮,IPO 及以后的轮次合并为 IPO\IPO 以后，战略融资\股权融资等合并为其他轮次。

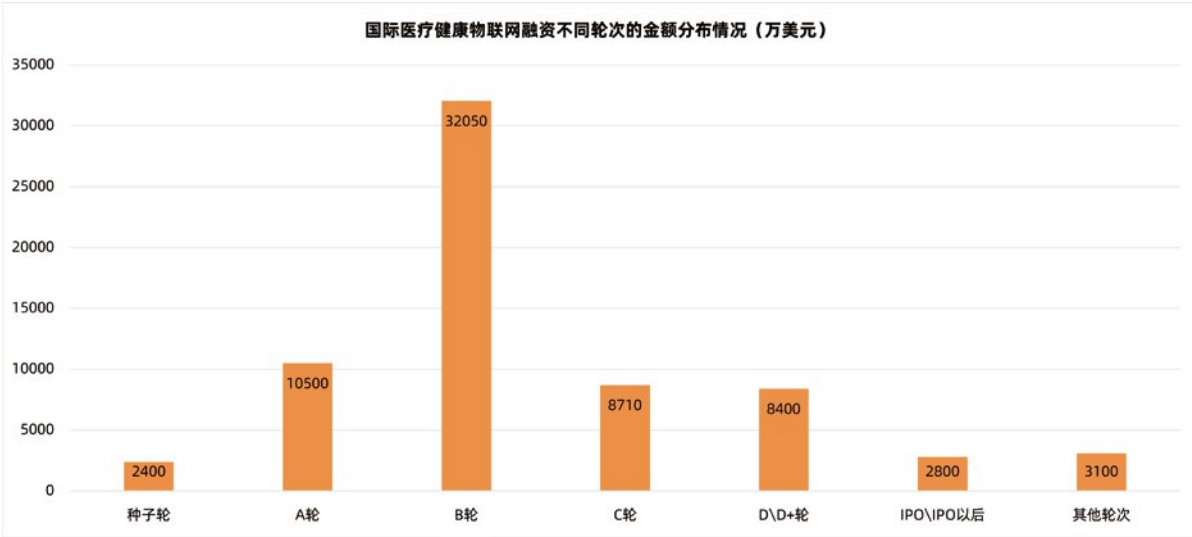
3、本报告数据样本时间自 2018 年 1 月 1 日至 2020 年 7 月 31 日，若在 7 月 31 日之后公布的数据，不计入本报告的统计范围。

4.将融资额为数百万/千万/亿统一划定为 1 百万/千万/亿。

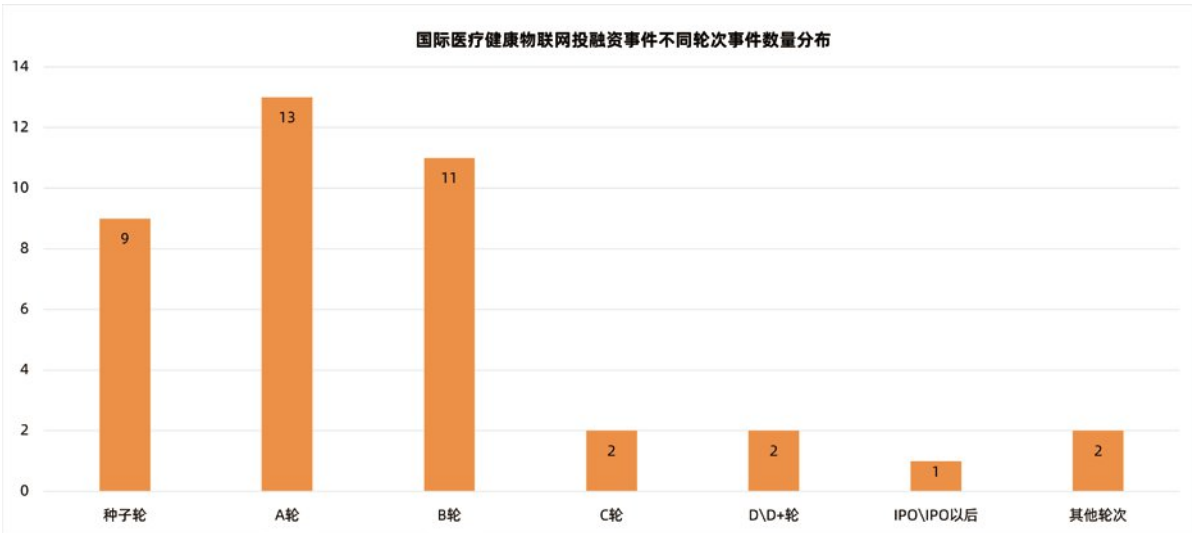
5.在图表中统计的融资事件仅包括披露融资金额的事件，不包括未披露金额的融资事件。

5.2.1 国际医疗健康物联网投融资及收购分析

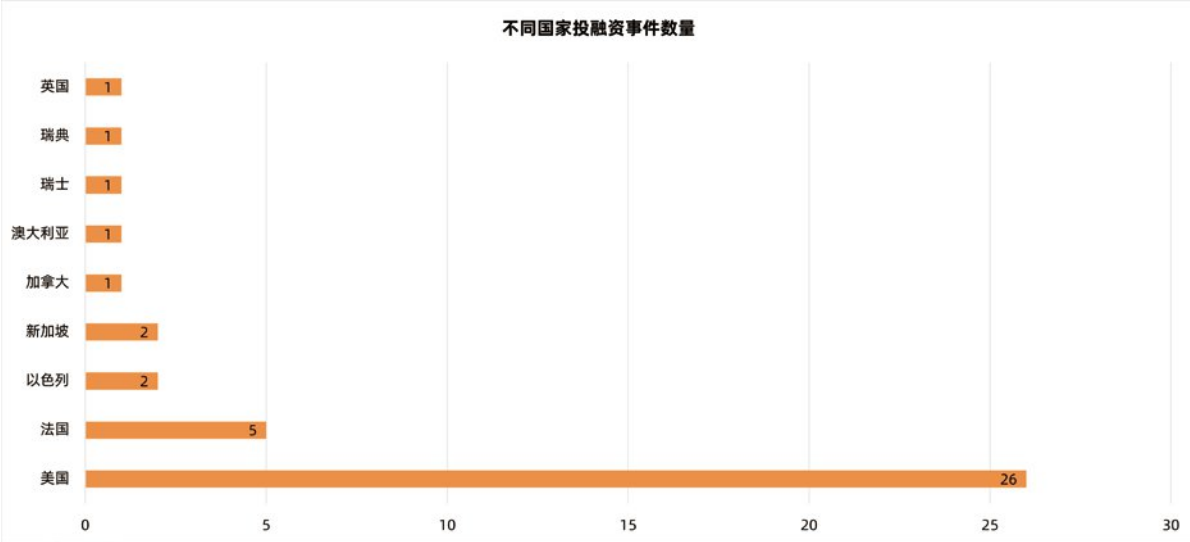
2018 年以来，国际医疗健康物联网领域一共发生 53 起融资及收购事件，其中公开披露金额的融资及收购事件为 43 起，涉及 9 个国家，36 家企业，总金额为 29.496 亿美元。



在融资方面，披露金额的融资事件为 40 起，涉及 9 个国家共 33 家企业，总融资额为 6.796 亿美元。其中，美国发生 26 起，融资金额达到 4.1408 亿美元。2019 年 6 月，可穿戴癫痫诊断商 BioSerenity 完成 6500 万美元 B 轮融资。这也是分析区间国外融资额最大的融资事件。在收购方面，披露金额的收购事件有 3 起，金额达到 22.7 亿美元。其中两件收购事件由 Google 参与。2019 年 1 月，Google 以 4000 万美元收购了 Fossil Group；时间来到了 11 月，Google 以 21 亿美元的大手笔收购 Fitbit。



项目融资轮次大多处于 B 轮及以前，占比超过 80%。说明大部分项目正处于快速发展期，需要资金支持后续的创新能力，融资需求大。另外，B 轮融资事件数和融资总额均位于前列，B 轮融资额达到 3.21 亿美元，超过总融资额的一半。项目进入 B 轮阶段，说明其具备较高的成长性，投资人看好其未来发展。

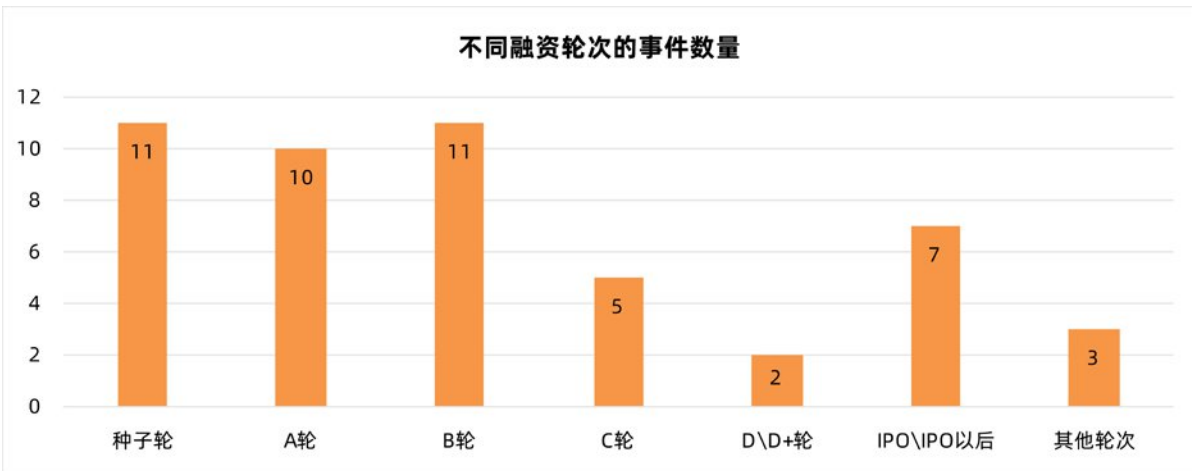


从融资事件发生的国家和地区看，美国一马当先，融资事件数为 26 起，占比高达 65 %；融资金额为 4.1408 亿美元，占比高达 60.9%。可见，美国在全球医疗健康行业中仍然占据着重要的领导地位。

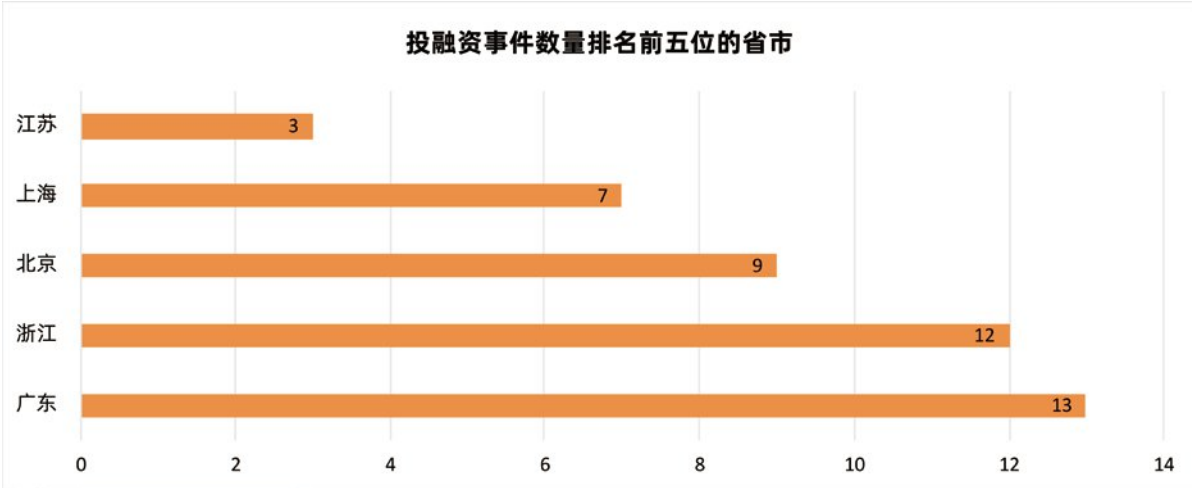
5.2.2 我国医疗健康物联网融资及收购分析

根据动脉橙数据，自 2018 年起至 2020 年 7 月，我国医疗健康物联网领域一共发生交易 105 起，其中公开披露金额的融资事件为 49 起，现融资总额共有 175.5828 亿元。

国内医疗健康物联网投融资轮次也主要集中在 B 轮及以前，种子轮、A 轮、B 轮共占比高达 65.3%。随着科技水平的发展，以及政策上对医疗健康物联网的重视，近年来，我国医疗健康物联网企业数量快速增加，但普遍规模不大，还处于早期成长阶段。从投资方角度看，医疗健康物联网企业多，选择范围更广，在投资态度上更为谨慎，倾向于“把鸡蛋放在更多的篮子里”，单笔投资额度比较小。



从单个省市医疗健康投融资规模来看，2018 年来我国医疗健康物联网投融资事件发生最为密集的五个区域依次是广东、浙江、北京、上海、江苏。浙江累计发生 12 件，筹集资金 45.63 亿元。从区域集群的发展来看，江浙沪地区近年来在医疗健康产业的影响力日益扩大，充分展示了作为我国四大物联网产业集聚区域之一的优势，预计未来将会形成中国投融资规模最大的医疗健康产业集群。



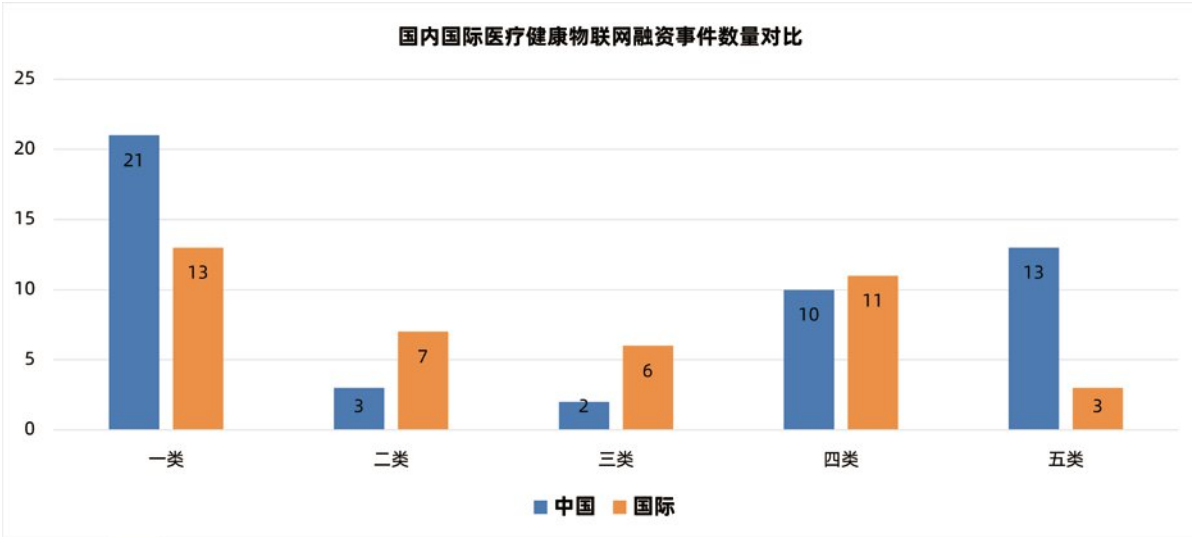
我们可以发现，物联网发展与各地的经济水平、科技力量存在高度关联。2020 年 1 月，全国 31 省市区（不包括港澳台地区）的 2019 年经济数据陆续出炉。投融资金额排名前四位的浙江、广东、北京、上海、江苏 GDP 排名分别为第 4、第 1、第 12、第 10 和第 2 名。虽然北京、上海 GDP 排名第 12、第 10，但人均 GDP 排名分别为全国第 1、第 2。

5.2.3 国际国内医疗健康物联网融资及收购对比分析

我们分别根据中外双方的投融资金额规模，将资金规模划分为五类，以此了解中外投融资金额分布规律。

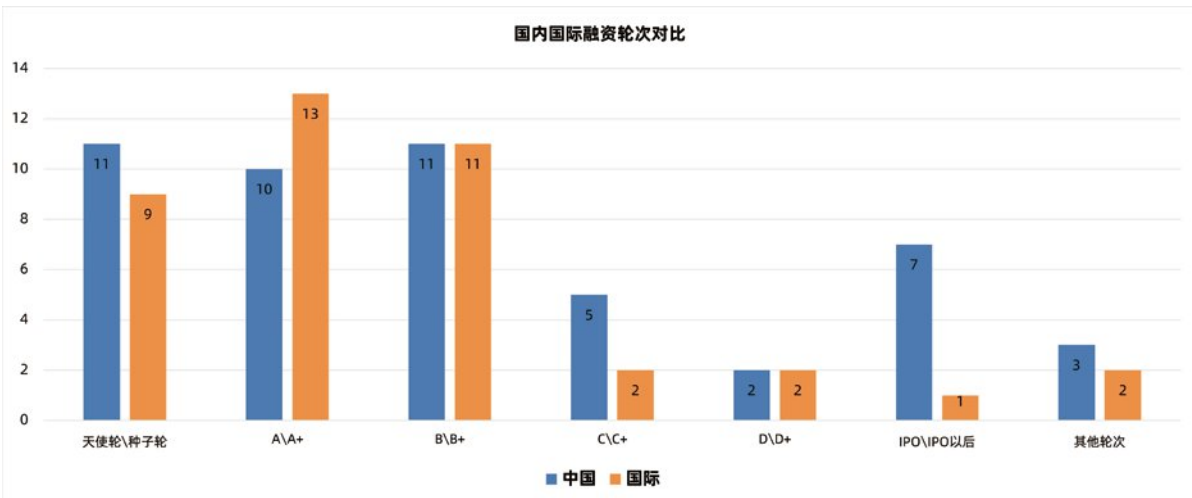
类别	一类	二类	三类	四类	五类
中国（万元）	≤1000	≤2000	≤5000	≤10000	＞10000
国际（万美元）	≤500	≤1000	≤2000	≤5000	＞5000

投融资金额可以侧面反映出企业的发展情况和阶段。种子轮作为股权融资的起始阶段，一般来说处在此阶段的项目还仅局限于“蓝图”，因此需要投入一定的资金才能正式启动项目，将概念中的产品转变为实际产品。种子轮的融资额度一般介于 50 万到 1000 万人民币之间。从融资规模来看，我国医疗健康物联网投融资事件多，但单笔规模较小，与我国种子轮融资事件偏多的现状相匹配。



A 轮一般是指首次正式引入战略投资者的融资环节，融资额度一般在 1000 万到 1.5 亿元人民币之间。A 轮融资引入的是战略投资者，因此投资者主要是风险投资、创业投资等机构投资者。企业进入 B 轮融资后便由初创期进入了成长期。一般在此阶段，多数企业已经要开始获得盈利，商业模式要相对竞品显示出可行、可持续的增长性，才有望获得投资机构的进一步投资。

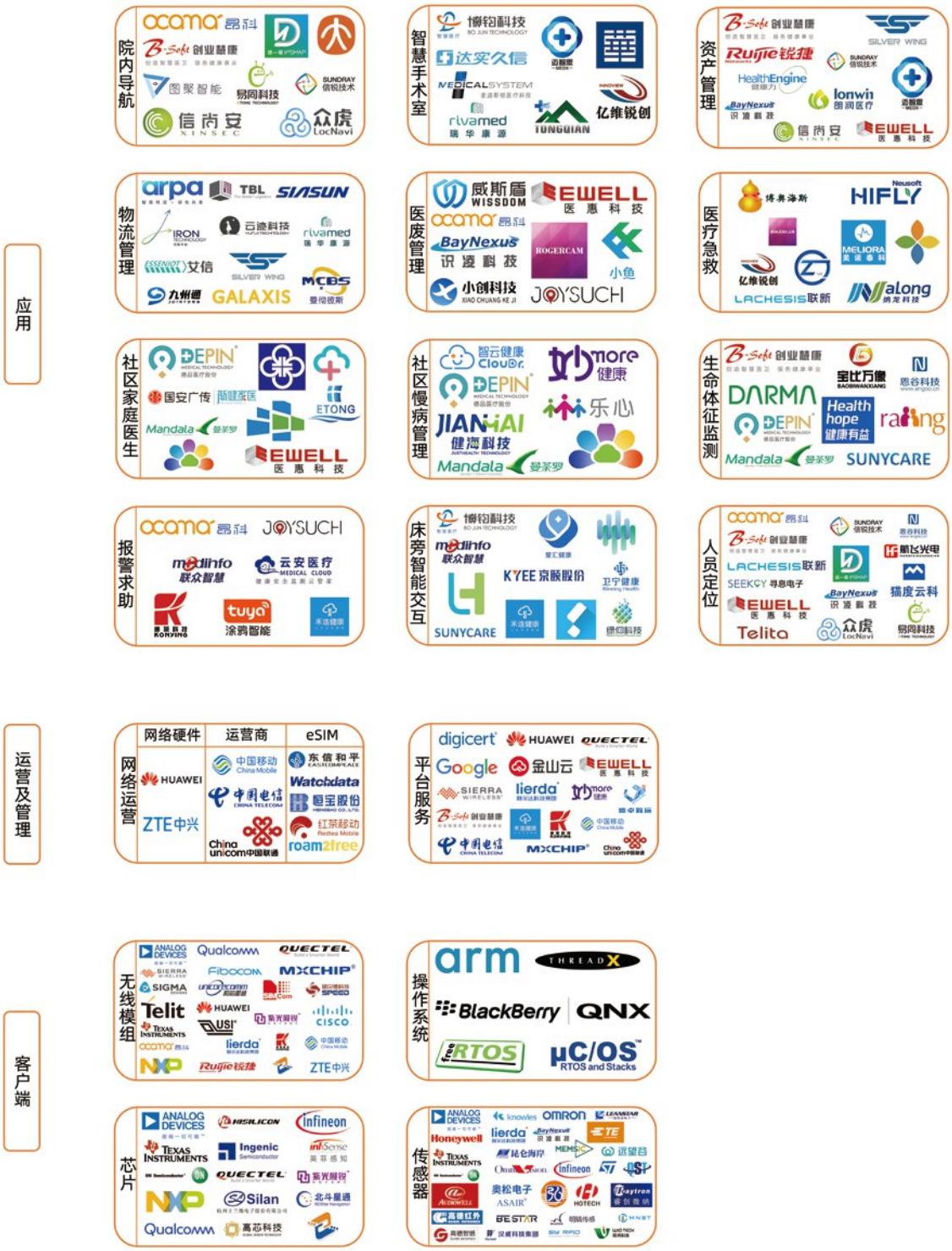
从融资轮次来看，国内国际投融资轮次都集中在 B 轮及以前阶段，这说明大部分项目都处于早期阶段，商业模式得到初步验证或还处于探索当中。



通过对 2018 年以来中外医疗健康物联网产业投融资数据的分析，我们可以看出，中外在医疗健康物联网领域的发展程度都还处于早中期，我国医疗健康物联网行业正在日益壮大，在全球医疗健康物联网领域已占有一席。同时，我们看到在全球风险投资市场趋于冷静的大环境下，投资者的态度更加谨慎，医疗健康物联网的投融资热度受到一定影响。总而言之，只有那些基础扎实技术强硬、有真正价值的医疗健康物联网企业才会走得长远。

6 我国医疗健康物联网产业发展分析

根据医疗健康物联网的四层基础架构，我们可以将其产业生态链分为六大环节，分别是芯片、传感器、无线模组、网络运营、平台服务、软硬件开发及系统集成应用。



6.1 产业生态链

6.1.1 芯片



医疗健康物联网上下游生态图

我国在物联网芯片上发展较早，处于行业前列水平。同时，我国在定位系统上也有自己的特色，北斗系统已经在针对室内导航进行研发。医药供应链可以应用定位系统收集、储存和处理空间信息，并且测量任何时间和地点的即时位置信息，实现供应链各环节之间的实时数据传递。总的来说，我国内地发展物联网产业相对较早，因此也有不错的产业基础，如海思、中兴微电子、上海移芯、紫光展锐、北京君正、全志科技、高德红外及其下属武汉高芯、北斗星通及其下属和芯星通等企业都具有较强的实力等。除此之外，传统的医疗信息化企业也在试图填补芯片上的空白。上市企业思创医惠就曾在 2019 年报中提到“拟以省重大形式”开发拥有核心技术的医疗健康物联网智能传感识别芯片[28]。

6.1.2 传感器



传感器行业广泛应用于各个行业，有较长的发展历史。国际巨头经过多年的发展在行业内有着明显的优势。恩智浦、意法半导体、德州仪器、霍尼韦尔、英飞凌、楼氏电子、欧姆龙、亚德诺半导体及应美盛等国际巨头占据了全球医疗健康物联网传感器领域主要的市场份额。我国传感器起步较晚，“七五”期间才确定为国家重点攻关项目。不过，随着应用范围的扩大和技术的进步，国内传感器在近年进步明

[28] 思创医惠科技股份有限公司 2019 年年度报告

显，逐渐形成了品类较为完整的传感器生态，某些特定领域甚至达到了国际一流水平。汉威科技、弘信电子、睿创微纳、华工科技、远望谷、识凌科技等国内传感器龙头企业都有涉及医疗健康物联网应用，很多在特定领域活跃的中小型传感器企业也有涉足医疗健康物联网。除了专业的传感器企业，传统医疗领域的龙头企业也在乘着物联网快速发展的春风进入到传感器领域。比如，思创医惠旗下子公司上扬无线在 RFID 传感器领域有相当实力，具有 10 亿枚 Inlay 产能。

6.1.3 操作系统



开源的 FreeRTOS 是目前应用最为广泛的 RTOS，其他诸如 uC/OS、RTX、QNX 和 ThreadX RTOS 也较为流行。国内也有相应的 RTOS 用于医疗健康物联网，如开源的 RT-Thread 以及华为 LiteOS 等。

6.1.4 无线模组



按照不同的用途，无线模组可以分为通信和定位两大用途，同时也包括了通信所需的移动终端天线和全球定位天线等。包括思科、高通、Sigma Design、恩智浦、德州仪器、亚德诺半导体、Telit 及 Sierra Wireless 等国外通信及半导体巨头皆有涉足。由于我国在物联网及 5G 通信技术上起步较早，发展相对成熟；加之我国是电子制造业大国，代工企业众多，本地化优势明显。因此，本土无线模组厂商众多，包括华为、中兴、环旭电子、移远通信、芯讯通、中移物联网公司、广和通、锐捷网络、上海庆科等均有涉足。

6.1.5 网络运营

我国三大通信运营商开展物联网探索时间较早，也是物联网发展最重要的推动者之一。三大运营商早在 2017 年就开始规模部署 NB-IoT 网络。2017 年,《工业和信息化部办公厅关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知》中制定的计划要求，2017 年末基本实现 NB-IoT 网络覆盖直辖市、省会城市等主要城市，基站规模达到 40 万个，连接超过 2000 万个；并在当年实现基于 NB-IoT 的 M2M（机器与机器）连接超过 2000 万，2020 年总连接数超过 6 亿。到 2020 年，NB-IoT 网络实现全国普遍覆盖，面向室内、交通路网、地下管网等应用场景实现深度覆盖，基站规模达到 150 万个。2020 年 5 月,《工业和信息化部办公厅关于深入推进移动物联网全面发展的通知》基于我国物联网发展现状对目标进行了更新，提出到 2020 年底，NB-IoT 网络实现县级以上城市主城区普遍覆盖，重点区域深度覆盖；移动物联网连接数达到 12 亿；推动 NB-IoT 模组价格与 2G 模组趋同，引导新增物联网终端向 NB-IoT 和 Cat1 迁移；打造一批 NB-IoT 应用标杆工程和 NB-IoT 百万级连接规模应用场景。目前，中国移动、中国电信和中国联通的 NB-IoT 用户分别在 4300 万、4000 万和 1000 万的量级 [29]。



目前，我国已经确定广域物联网网络制式规范，无论是 NB-IoT、LET-Cat1 还是 5G 均可与现行通信运营商网络复用。运营商设备方面，由于我国在物联网以及 5G 标准制定中的主导地位，华为、中兴等国内通信设备供应商在运营商设备中基本占据了主导地位。

相对传统的 WiFi 连接，或是通过蓝牙连接手机的模式，直接连接 NB-IoT 的方式具有更为明显的优势，将是未来可穿戴健康设备的应用主流。不过，这些设备体积小巧，不太适合插拔式的 SIM 卡设计；因此，近年来用于接入广域物联网的 eSIM 卡及 COS（Chip Operating System）芯片操作系统得到了重视。eSIM 卡的概念是将传统 SIM 卡直接嵌入到设备芯片上，不再单独配备。除了不占用空间以外，eSIM 还可以通过无线远程下载进行固件更新；同时，eSIM 可以让用户更加灵活地选择运营商套餐，并随时更换网络，不受运营商限制。与传统的 SIM 卡相比，eSIM 能更好地将多个设备捆绑融合到一个服务合同下，方便运营商管理。这一领域主要的供应商包括果通科技、红茶移动、东信和平、恒宝股份、天喻信息、握奇数据等企业。

[29] 谭伦、张靖超,《中国经营报》, 2020.7.27:《NB-IoT 产值空间破百亿，下半年模组将迎出货高峰》

6.1.6 平台服务



平台服务需要实现终端的管理，并为应用开发、服务提供和系统集成提供服务。医疗健康物联网用户可以通过平台服务对网络及设备进行管理。根据功能不同，平台服务主要包括连接管理、设备管理、应用开发、数据分析和安全管理。全球范围，Jasper（思科）、DCP（爱立信）、IBM、谷歌、Sierra Wireless、DigiCert 和艾拉物联等国际企业在这一领域较为知名。国内的医疗健康物联网平台服务包括几种类型：第一种是中国移动、中国电信和中国联通三大通信运营推出的针对医疗健康的物联网平台服务；第二种是以华为、果通科技和上海庆科等通信企业提供的泛健康领域的物联网平台服务；第三种则是如创业慧康、思创医惠和妙健康这样专门的医疗健康物联网企业利用自身对行业的理解提供的垂直式医疗健康物联网平台服务。

6.1.7 软硬件开发及集成应用

理想中的物联网软硬件平台应该采用开放兼容的标准，实现即插即用的应用生态。但实际上，目前的物联网应用环境尚难以达到理想状况。多数医疗健康物联网应用采用深度定制开发，软硬件开发紧密结合并集成应用，难以与其他企业的方案兼容匹配。目前，国内有数百家医疗健康物联网相关企业，多数都具备一定的软硬件开发及集成应用能力，可以为用户提供完整的应用方案。根据应用场景的不同分类，我们可以将医疗健康物联网软硬件开发及集成应用分为智慧临床、智慧患者服务、智慧管理和远程健康四大类企业。



我国医疗健康物联网集成应用企业图谱

6.2 国内物联网产业联盟发展分析

在标准制定过程中，行业协会（联盟）历来都发挥了较为重要的作用。目前，我国已经形成了一些比较有影响力的物联网联盟，在标准制定和技术推广上都起到了核心作用。

2009 年 11 月 1 日，中关村物联网产业联盟正式发起成立，联盟致力于推动产业发展、服务企业、服务政府、促进合作四大方面，通过搭建关键技术及公共服务平台，推动物联网技术发展。2010 年 7 月 10 日，中关村物联网产业联盟创建了“物联网关键应用技术工程研究中心”。2011 年 2 月，该产业联盟在国内首创了“产业集群投资”方式，实现了国有资本投资从点对点到产业链投资的新模式[30]。

2019 年 9 月 8 日，由中关村物联网产业联盟与国电高科等单位共同发起的中国卫星物联网产业联盟成立大会在无锡举行，大会旨在促进中国物联网的技术、应用及产业研究。

无锡在物联网产业联盟上的布局也非常早。2010 年，江苏省发布《江苏省物联网产业发展规划纲要（2009-2012）》，提到要积极推进产业联盟建立、国际国内标准制定以及产业公共技术、设备的服务平台建设和物联网人才培养。仅过数月，在 6 月 26 日，“感知中国”物联网联盟在无锡成立，这一联盟由

[30] 中关村物联网产业联盟官网

中国物联网研究发展中心、中国电信物联网应用和推广中心等 60 多家单位自愿缔结成立，广泛吸收全国有志于研究和从事物联网产业的单位参加，旨在共同推进物联网产业链各方价值创新与共同发展。

2016 年，在工信部指导下，中国传感器与物联网产业联盟(以下简称“SIA”或“联盟”)成立大会圆满举行。作为物联网领域首个国家级联盟，SIA 的成立将定义传感器与智能系统在工业与机器人、消费电子、智慧交通、健康医疗、智慧农业、智慧城市、人工智能等领域的技术应用，推动传感器行业向微型化、智能化、多传感器融合、互联网通讯、安全、绿色节能方向发展 [31]。

上海也曾于 2016 年成立了健康物联网联盟，该联盟由上海市物联网行业协会联合本市相关医疗机构、物联网企业、金融机构共同发起成立，并依托优势企业设立了三个专业委员会 [32]。

总的来说，医疗健康物联网领域缺乏具有影响力的全行业联盟。未来，要想进一步加速医疗健康物联网的发展，设立相关的行业联盟必不可少。

6.3 国内物联网产业基金发展情况分析

除了产业投融资外，产业投资基金也是市场经济环境下的一种创新金融制度，对促进企业结构的升级、推动经济发展、增加市场投资品种具有重要意义。比如，2020 年 10 月 12 日，天风天睿宣布，作为基金管理人，天风天睿联合无锡创业投资集团有限公司、无锡市梁溪经济发展投资集团有限公司共同发起设立智慧物联产业基金。该基金首期规模为 1.8 亿元，期限为 5 年，将重点投向物联网行业的龙头企业及具有成长潜力的优质企业，推动物联网产业高质量发展。

江苏省是国内物联网产业起步较早和相对集中的地区，省内的无锡更是被称为“中国物联网起航之城”，具有人才、市场、技术等多种优势。在产业基金建设上，无锡市也颇为重视，起步较早。

2010 年，江苏省出台《江苏省物联网产业发展规划纲要(2009-2012)》，要求至 2012 年，完成物联网特色化产业基地建设，形成全省产业发展的空间布局和功能定位，销售收入超过 1500 亿元，集聚规模以上企业 1000 家以上，形成年销售额超十亿元的龙头企业 10 家以上，孵化一批具备较强竞争力的创新型中小企业，培育上市企业 10 家以上。至 2015 年，销售收入超过 4000 亿元。

彼时，物联网尚属于新兴产业，发展初期研发投入大、收益预期不明朗，许多中小规模传感企业都存在融资难题。对此，江苏物联网研究发展中心、无锡市国联发展（集团）有限公司、无锡新区创新创业投资集团有限公司与大唐电信科技股份有限公司签署合作协议，共同发起成立了总规模为 50 亿元的“中国物联网产业投资基金”。

据人民邮电报报道，这是国内首支物联网产业基金，采用分期方式募集，基金存续期为 7 年，其中 5 年投资期，2 年退出期。第一期募集资金额为 10 亿元，各发起人第一期认缴总额为 6 亿元，其中大唐电信 2 亿元、物联网中心 1 亿元、无锡国联集团 2 亿元、无锡新区创投 1 亿元。

---

[31] 中科院上海微技术工研院官网，《中国传感器与物联网产业联盟正式成立》

[32] 浦东时报，2016 年 4 月 5 日报道《以物联网支撑“健康中国”战略，上海成立健康物联网联盟》

据悉，该基金成立后，通过产业资本、金融资本与政府政策支持相结合，对物联网产业的非上市企业进行直接股权投资，并对各类上市或非上市的技术领先型企业进行以产业整合为目的的并购重组，积极推动国内物联网产业的自主创新，以共同促进物联网产业发展并实现资本增值，为各方在物联网产业的发展创造先机、奠定坚实基础。

七年之后，无锡金投、梁溪城投、赛伯乐绿科、无锡市政建设集团共同成立了一支 50 亿元的物联网产业基金，旨在为优秀物联网项目提供金融资金支持，通过引导企业运用资本杠杆，在市场竞争中实现快速融资，促进世界物联网发展。

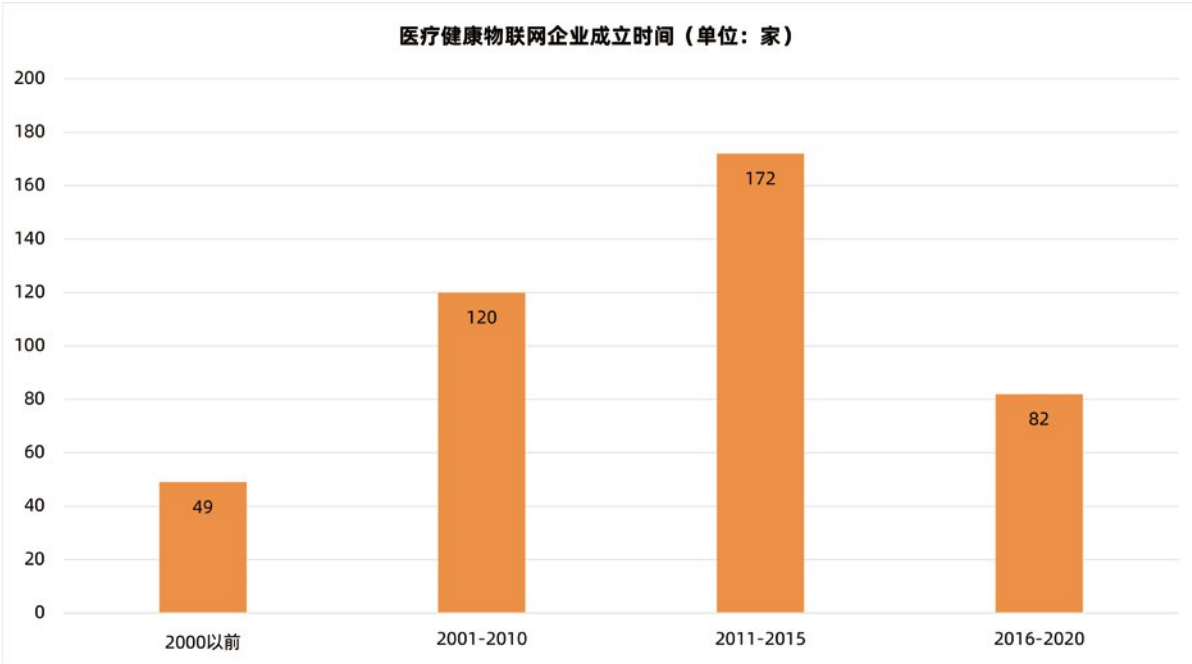
2018 年 2 月，无锡市政府发布《关于进一步支持以物联网为龙头的新一代信息技术产业发展的政策意见》，对产业基金给予了政策层面的支持。《意见》强调，鼓励企业或企业实际控制人在锡以设立物联网等新一代信息技术相关产业基金、并购基金等方式，对产业链上下游企业进行投资、并购。市级产业投资基金以认购基金份额的方式进行引导出资，出资比例最高不超过募资总额的 30%。对规模超过 1 亿元且业绩明显优秀的产业基金，在存续期内对受委托的投资基金管理机构，最高按其实际投资初创期物联网等新一代信息技术企业资金的 5%给予奖励，每年最高不超过 300 万元，连续支持不超过 2 年。

除了无锡，其他城市也在紧锣密鼓地进行物联网布局。2019 年始，为加速合肥市物联网产业上下游投资布局，吸引域外更多优质业内企业落地，有力促进合肥市智慧城市建设，合肥市产业投资引导基金与安徽华米信息科技有限公司，联合发起设立总规模 10 亿元的安徽华颖智慧物联基金，首期规模 5 亿元，重点投向物联网、智慧生活、医疗健康相关领域的高新技术企业。

6.4 我国医疗健康物联网市场竞争格局及应用场景发展潜力评析

随着物联网的普及程度越来越高，基于物联网技术的创新项目也越来越多。许多创新项目都明确指出物联网技术是其产品的技术支撑，物联网产品的服务对象、需求也变得更丰富、更精细化。国内越来越多的医疗健康物联网企业及医疗科技企业投入到新产品研发和全国医疗服务体系建设中。

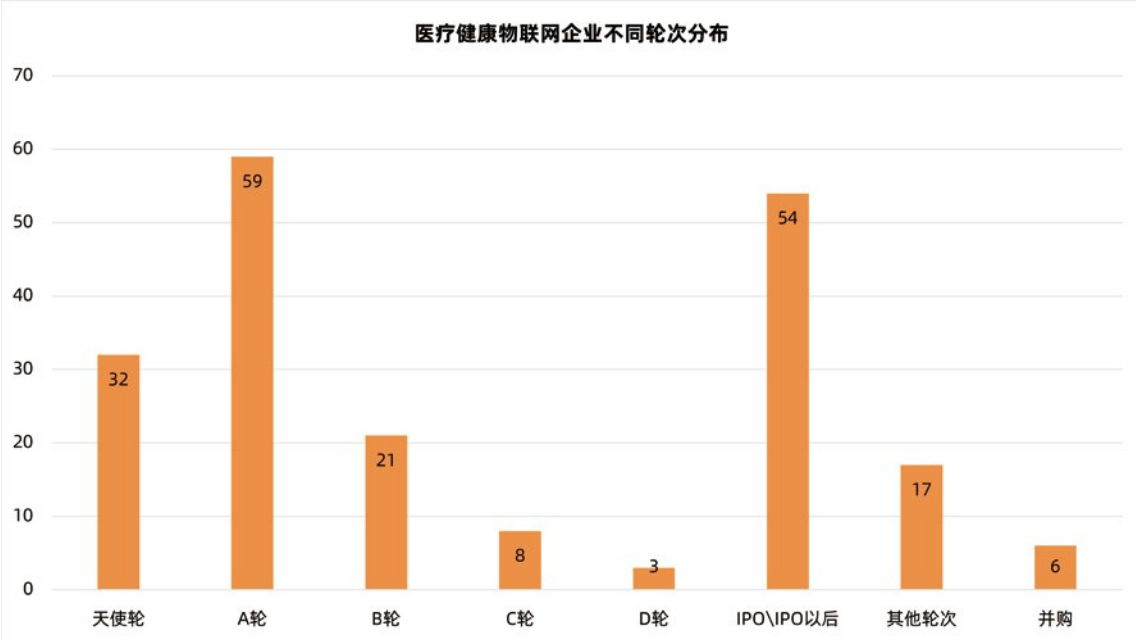
根据动脉橙的数据，我们搜集了 423 家医疗健康物联网企业名单，并依据应用场景分类绘就了医疗健康物联网企业图谱。这些医疗健康物联网企业都是为解决不同的医疗痛点、病人的实时监控、疾病预防问题而成立的。



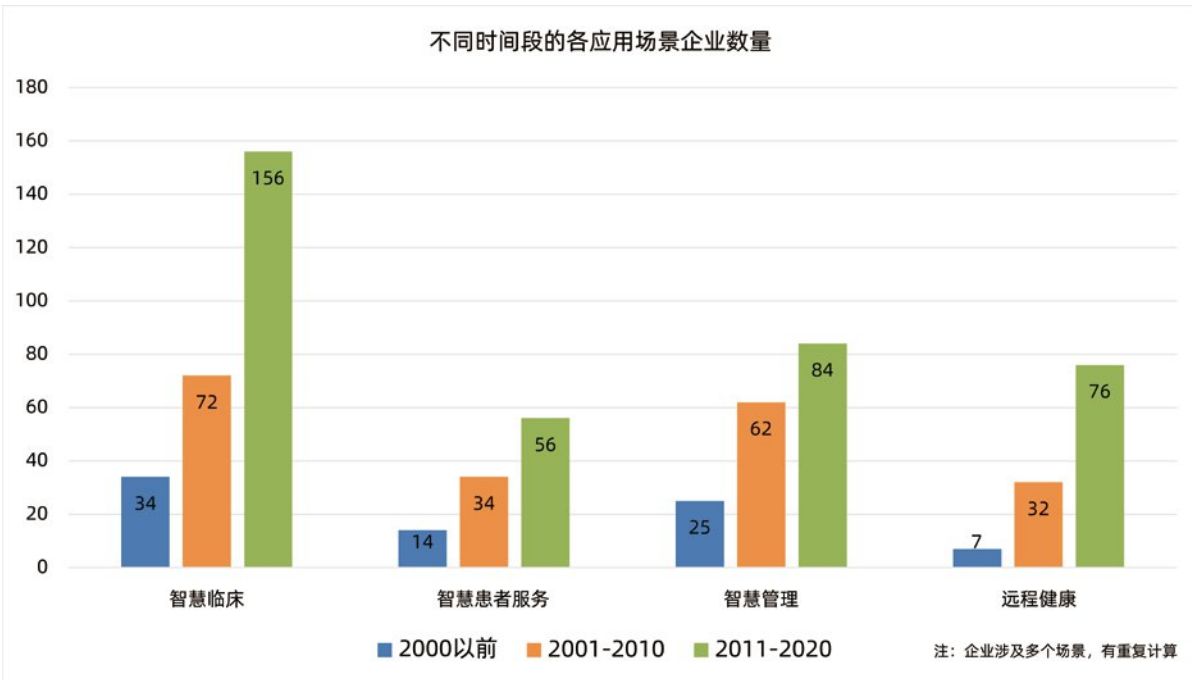
1999 年，“物联网”一词开始出现，不少对市场具有敏锐嗅觉的企业家开始涉足物联网领域，所以在 2000 后，国内出现了一批新兴物联网企业。2010 年，我国将物联网列为关键技术之一，并宣布物联网是长期发展计划的一部分。政策是市场的风向标。我国医疗物联网企业的成立时间也主要集中在 2011 年后。2014 年，“大众创业、万众创新”浪潮，更是掀起了一次医疗物联网创业风。2020 年后，随着 5G 商用、“新基建”政策推进，医疗物联网领域无疑将迎来新的发展高度。

随着我国医疗信息化市场的迅速增长，以及智慧医院的逐步深入建设，医疗健康物联网已经成为了医院信息化的主要发展趋势，越来越多的医疗企业投入到医院的核心业务场景中，提供完整的软硬件结合的智慧医疗解决方案。当政策环境趋于稳定后，资本将成为医疗健康物联网市场发展的主要驱动力。

随着我国医疗健康物联网正在快速发展，传统医疗信息化企业也将医疗健康物联网扩充为业务线，跑马圈地。同时，由于资本有很强的趋利性和行业敏感性，投资机构在该领域显得异常活跃。在 423 家医疗健康物联网企业中，有 223 家企业无融资记录。在剩余的 200 家医疗健康物联网企业中，投资事件主要集中在天使轮和 A 轮，分别为 32 起和 59 起，合计占比为 45.5%，逼近一半。



从投融资角度看，国内医疗健康物联网企业大多数还处于成长阶段，竞争激烈，淘汰风险大，只有少数企业能够进入 B 轮及以后。图中 IPO 阶段的融资数量和占比和 A 轮相当，这是由于这阶段的企业大多是传统信息化企业，医疗健康物联网属于其中的一个业务板块。它们的业务线和商业模式已经发展成熟，需要通过 IPO 进入另一个发展阶段。



我们将企业的具体业务分门别类划入四大类应用场景，可以对应用场景的现状和发展潜力进行具体分析。需要注意的是，由于企业往往不仅仅只涉足一类业务。在这种情况下，总的数目将会大于 423 家企业。

从具体的应用场景看，我国医疗健康物联网企业中涉及智慧临床应用场景的企业最多，共有 262 家企业涉足，超过半数。智慧临床分类场景多、总量多且增长迅速，显示了医疗健康物联网对于临床应用的赋能作用，也说明了此类应用仍然是医院最为关注的核心应用。与此同时，从空间环境来看，智慧临床、智慧患者服务和智慧管理都属于医院内部，这说明我国医疗健康物联网的应用主体仍然以医疗设备与患者连接、设备与医护人员连接、医疗设备之间连接、医患连接为主。

值得注意的是，物联网远程健康的应用场景在 2010 年后迅速增长。凭借超高的增长率，目前涉足远程健康的企业已经超越了涉足智慧患者服务的企业。按照这样的增长趋势，超越智慧管理也只是个时间问题，显示了极大的发展潜力。我国远程健康应用起步较晚，但发展速度较快。一方面是受重视程度高，由于国内医疗资源分布不均，不同等级医院、不同地区间差异较大。优质医疗资源主要集中于一线城市、大医院。政策上，促进分级诊疗改革，实现不同等级的医疗机构承担不同疾病治疗、基层首诊、双向转诊等目标成为医改的长期方向，而远程健康是实现分级诊疗、医联体建设的重要手段。另一方面，互联网医疗近年来的蓬勃发展对于远程健康发展起到了极大的促进作用。尤其在突如其来的新冠疫情期间，互联网医疗发挥了意料之外的巨大作用。考虑到医疗健康物联网设备中的可穿戴设备与互联网医疗能够产生奇妙的化学作用，毫无疑问，物联网远程健康的需求将会伴随着技术的成熟呈现快速增长。

6.5 国产替代背景下，国内企业及机构在全球生态链中的地位及其机会

从 2018 年开始，美国发动了一系列单边贸易保护主义举措，对两国贸易采取征收关税等限制措施。为了抑制我国高科技产业的发展，美国又进一步无端干扰打压我国中兴、华为等高科技企业，采取了将企业列入实体清单、断供芯片等多种手段。这给越来越全球化的医疗健康物联网行业发展带来了高度不确定性。在这样的背景下，从保证行业健康可控发展的角度出发，我国逐步加快了相关行业“国产替代”的步伐。

进入 2020 年后，我国政府在医用领域也持续加强了对国产品牌的扶持力度。2020 年 8 月，广东省财政厅在其官网发布了《关于省政协十二届三次会议第 20200567 号提案答复的函》(下称《答复函》)，其中关于支持国产大型医用设备推广应用的提案，要求积极鼓励公立医疗器械使用单位优先配置国产自主品牌乙类大型医用设备，逐步提高国产医用设备配置水平。截至 2020 年 8 月，已经有包括陕西、山东、上海、青海、湖北、福建、江苏、浙江、新疆、广西、黑龙江、北京、江西、河南、内蒙古等一共 29 个省级政府在其公布的政府采购政策中针对医疗器械等，明确提出要严格限制进口医疗器械，支持国产产品 [33]。

我国在物联网领域起步较早，加上政策扶持，建立了相对完善的医疗健康物联网行业生态。尤其在物联网广域网络技术上，我国主导了相关国际标准的制定，并且已经制定了高中低三种带宽的网络标准。三大运营商早早开始了物联网专网的建设，并已建成了全球最庞大的物联网网络，已有较为丰富的物联网平台管理经验。这些基础设施和经验可以很容易地应用到医疗健康领域。作为公认的制造大国，我国在相关设备硬件制造上有着明显的优势；在云计算和人工智能等新兴领域的应用和研发上也处于国际先

[33] 李振，二十一世纪经济报道，支持国产！多省发文严格限制进口医疗器械，广东将设置进口清单，国产配比约 14%

进水平。总的来说，我国在医疗健康物联网网络技术相关领域有着比较强势的行业地位。

在医疗健康物联网芯片领域，我国依托物联网网络技术的领先地位表现也颇为强势。目前，我国多家企业推出专用物联网芯片，且竞争力较强，在大规模招标中表现不错。2020 年 9 月，紫光展锐便中标了中国联通 Cat.1 芯片集中比选，采购规模达到 500 万套。这些产品很容易用于医疗健康领域。

不过，我国的半导体制造能力与设计能力严重不相称。目前，医疗健康物联网芯片普遍采用 28nm 制造工艺，与目前顶级的 7nm 制造工艺相比要求不高，包括中芯国际在内的国内半导体企业均可应付。不过，国产光刻机目前仅能达到 90nm 制造工艺，与主流水平仍然相去甚远。因此，在芯片制造上我国高度依赖国际供应商，或由国际供应商提供的设备。一旦供应商因为种种原因无法供货将对行业产生极大的负面影响。基于这一原因，我国对半导体制造领域的短板正在组织攻关。上海微电子装备（集团）目前正在攻关的 28nm 光刻机或有机会在 2022 年前供货；若能如期投产则将对我国医疗健康物联网的芯片制造能力提供坚实的保障。

相对而言，在医疗健康物联网生态链中较为重要的传感器是我国的短板之一。目前，RFID 是我国医疗健康物联网应用最为广泛的传感器品类，广泛应用于智慧临床、智慧患者服务以及智慧管理等应用场景。我国的 RFID 市场规模在近年来一直保持高速增长态势，预计 2019 年市场规模达到 1100 亿元，突破千亿大关。相比我国刚刚提出物联网概念的 2010 年，传感器市场规模扩大了接近十倍 [34]。高速增长的市场规模也吸引了不少企业进入这一行业。2010-2013 年间，传感器行业每年新注册企业数量不到 2000 家。自 2014 年开始，随着现代通讯技术的不断成熟和我国“新基建”政策下工业互联网搭建的实施，传感器的应用场景日趋增多，相关企业注册量直线上升。2014 年是我国传感器相关企业增长最快的一年，当年企业新增注册量接近 3000 家，同比增长 56%。2019 年传感器行业增势更为迅猛，全行业新注册企业超过 7600 家，同比增长 17.22%[35]。

然而，国内专注于医疗健康物联网应用的传感器企业相对稀缺，且该领域大部分为小型企业。我国 68%的传感器相关企业资本在 500 万以内，其中 34%的企业注册资本在 100 万以内 [35]。这些企业的产品研发投入无法与在行业浸淫多年的国际巨头相提并论，导致国产 RFID 传感器在精确性、稳定性和寿命上相比国外产品有一定的差距，在对各项指标有较高要求的中高端医疗健康物联网传感器领域相比国际巨头处于下风。近年来，我国中高端传感器进口比例达 80%，传感芯片进口比例达 90%，跨国公司在中国高端 MEMS 传感器市场占比高达 60%。

随着“国产替代”战略的提出和贯彻，国产传感器的应用比例也在逐步提升。过往我国在多个行业的突破已经证明，国内巨大的市场规模足以保证国内企业生存与发展，并逐步提升技术水平。在某些与医疗健康不相关的特定传感器领域，我国企业通过努力也已经达到了国际先进水平。在新兴的传感器类型，如生物传感器和柔性传感器的研发和应用上，我国并未落后太多。因此，在给予一定的扶持前提下，假以时日，我国企业在医疗健康物联网的传感器完全有机会赶上国际先进水平。

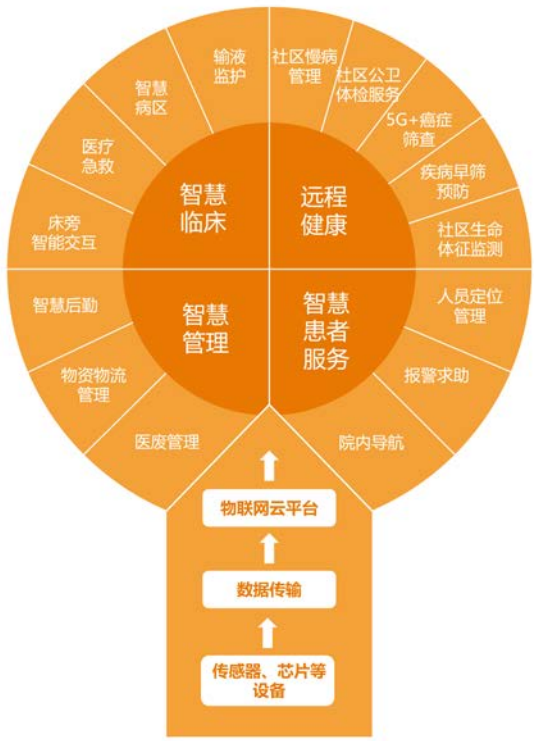
[34] 前瞻产业研究院：2020 年中国 RFID 行业市场前瞻与投资战略规划分析报告

[35] 数据来源，企查查

7　医疗健康物联网应用场景透视

7.1 医疗健康物联网应用场景分类

根据医疗健康物联网应用对象的不同，我们可以将其应用场景分为四大类，分别是智慧临床、智慧患者服务、智慧管理、远程健康。



7.1.1　智慧临床

智慧临床服务对象主要是护士这一群体。在医院信息系统基础上，运用移动终端设备实现物联网在病区临床护理管理中的引用，从护士的临床工作路径出发，覆盖护理管理、生命体征智能采集、信息互联互通等诸多方面，帮助护理人员即时获得患者最新信息，以此提供完善服务的同时，让护士得以从非护理工作中抽身，真正做到“将时间留给护士、把护士还给患者”。

物联网可以不受时间、空间等因素的限制，进行高效实时、动态连续地获取和分析多维度信息，为临床护理提供准确的数据基础和强大的人工智能处理。物联网通过大量信息生成设备，如以 RFID 为首的自动生成方式的传感器及移动 PDA 等设备，感知患者或其他被测量目标的信息，借助多网络的融合传递和移动计算等技术，按照设定的业务逻辑和网络协议进行传递、交换、通讯和信息处理，并提取有效信息支持决策和管理，及时反馈，最终实现对人、物、活动过程的智能化定位、控制、监控和管理的目的。智慧护理是智慧医疗的重要部分，要想推进智慧医疗建设，实现护理的“智慧化”也是重要一步。

7.1.2 智慧患者服务

医疗服务活动中，智慧患者服务应用场景包括了院内导航、人员定位和报警求助等。通过定位技术，准确定位患者的实时位置、分布区域，对患者实时点名，正确识别以及查询一段时间内患者的活动情况和行动轨迹，方便对患者的管理。异常预警功能的作用在于一旦患者有异常举动，如离开安全区域，擅闯禁区，某一区域滞留时间过长或者聚集异常，都会进行预警，安保人员可直接调取对应位置视频进行状况确认与处置。目前，医疗机构中室内定位技术比较常见的有 WiFi、蓝牙和 RFID 定位。

WiFi 定位技术是相对成熟且应用广泛的技术,通过移动设备和三个无线网络接入点的无线信号强度，通过差分算法来比较精准地对人或车辆进行交叉定位。WiFi 定位可以实现复杂且大范围的定位、监测和追踪任务，且普及程度高，无需专设网络线路，患者使用智能手机开启 WiFi、移动蜂窝网络即可。不过，WiFi 用于室内定位的精度只能达到约 2 米的定位精度，无法做到精准定位。

在定位的精准度上，蓝牙比 WiFi 略胜一筹。蓝牙技术是一种短距离低功耗的无线传输技术，通过测量信号强度进行定位。蓝牙技术主要应用于短距离定位，例如院内单层大厅或仓库。它最大的优点是设备体积小，易于集成在 PDA、PC 以及手机中，很容易推广普及。一般而言，对于持有集成了蓝牙功能移动终端设备的用户，只要设备的蓝牙功能开启，蓝牙室内定位系统就能够对其进行位置判断。

RFID 定位技术的基本原理是，通过一组固定的阅读器读取目标 RFID 标签的特征信息，同样可以采用近邻法、多边定位法、接收信号强度等方法确定标签所在位置。RFID 定位的作用距离很短，但它可以在几毫秒内得到厘米级定位精度的信息；且标识的体积小、造价低。但其不具有通信能力，抗干扰能力较差，不便于整合到其他系统之中，且用户的安全隐私保障和国际标准化都不够完善。

7.1.3 智慧管理

由于现代医院资产规模大、种类繁多，传统意义上的资产管理方式已经很难适应管理需求，为了提高资产管理效率和资产利用效率，保障医院资产安全，基于物联网技术的智慧管理系统应用而生。

对于以往尚未提供物联网支持的设备，医院在购入设备资产后需要对其进行登记入账处理，将设备的名称、场地等信息写入资产管理电子标签中，并粘贴上 RFID 标签。同时，医院在各个病房、公共区域安装相应的识别器。每个 RFID 识别器对应着各自的房间号或相应的公共区域。一旦带有 RFID 标签的移动设备进入某一病房或区域，立即被该区域的 RFID 识别器识别并把识别器号码和标签内码通过 WiFi 等无线网络传递给后台服务器，服务器会根据收到的信息就能自动跟踪每一台设备的位置，并在需要的时候进行清点，从而实现医疗资产的跟踪管理。对于新兴的本身支持物联网功能的设备，则只需将其接入物联网管理平台即可完成医疗资产的跟踪管理。

7.1.4 远程健康

随着政策推动、经济水平发展，健康服务发生了变化：其一，医疗内容从疾病治疗服务向康复医疗服务延伸；其二，医疗场景的延伸，如院内治疗延伸出了远程医疗、社区医疗、家庭健康。在家庭及社区环境中，通过在家庭中配置生命体征监测仪器、在社区设立“健康小屋”等方式，对患者进行生命体征信息的实时跟踪和采集，健康数据自动上传至物联网云平台，并将数据反馈到社区医院、家庭医生或相

关监护人处，通过系统分析，医务人员可以清晰了解患者的身体状况，提出相应的医疗健康方案。

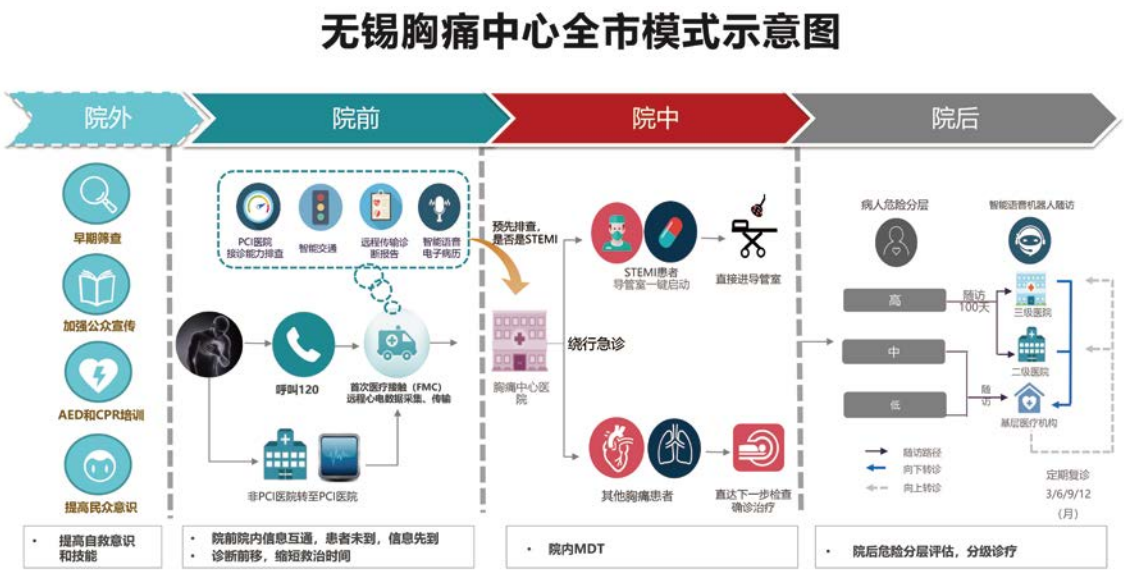
7.2 智慧临床类应用场景

智慧临床应用场景包括医疗急救管理、移动护理管理、输液监护管理、智慧病区和床旁智能交互。

7.2.1 医疗急救管理

根据统计推算，截至 2019 年，我国有 3.3 亿心血管病患者，冠心病患者 1100 万。2002-2017 年，我国急性心肌梗死患者的死亡率呈上升态势；尤其从 2005 年开始，急性心肌梗死死亡率快速上升。2013 年，我国农村地区急性心肌梗死死亡率超过城市平均水平心血管疾病。对胸痛急性发作的患者而言，时间就是生命。然而，根据 China PEACE 前瞻性心肌梗死研究，我国急性心肌梗死患者从症状发生到入院的平均时间长达 4 小时，29.0% 的患者甚至超过 6 小时。接受急诊介入治疗的患者从症状发作到介入治疗的平均时间为 5.5 小时 ，明显长于其他国家的数据。尤其值得一提的是，至省级医院就诊的患者可能由于交通拥堵等问题，从症状发作到接受再灌注治疗的时间反而更长。

国际上通常采用门球时间（D-to-B）衡量医疗机构对急性心肌梗死患者的急救能力。目前，我国平均门球时间为 105 分钟，仅 32.6%的患者能满足建议的 D2B ≤ 90 分钟的要求。就诊、转运、判断、启动等救治各个环节都存在延误现象；患者出院后与医院、医生联系不紧密，导致预后管理不完善，心梗复发率及重复住院率无法有效控制，加重社会医疗负担。



为了解决上述难题，2017 年，无锡市联合中国心血管健康联盟及阿斯利康等企业创造性地提出建设胸痛中心全市模式的构想，打破过去医院单独建设胸痛中心的方式，在全市范围内，符合条件的医院全面建设胸痛中心，与“120”院前急救系统全面对接，并通过物联网手段实现胸痛病人救治全流程信息（诊断、治疗以及时间点）的实时记录及互通互传（包括各级医院以及 120 系统）；做到真正的全市覆盖、数据共享，尽可能地缩短救治时间，为抢救患者生命赢得时间，为胸痛病人的救治提供更全面的保障。

无锡胸痛中心全市模式的建立使基层医院收治的患者可以快速地转运至中心医院，中心医院则能为基层医院提供规范化诊疗指导，通过上下联动使各级医疗资源合理分配，发挥最大效用，进而助力我国实现心血管疾病分级诊疗。同时，在物联网技术支持下，多方携手构建院前、院内、出院后无缝连接的一体化急性胸痛救治体系，最大限度地缩减急救时间，并集各领域合作伙伴之力，建立早期诊断、快速救治、科学随访的全病程管理模式，让更多急性心梗患者享受到精准覆盖病程各个环节的疾病管理。

无锡胸痛中心的建设能够提升胸痛救治水平，挽救更多生命，同时降低医疗支出。中国胸痛中心网的资料显示，胸痛中心采用快速、标准化的诊断方案可以对胸痛患者提供更快和更准确的评估，而医疗费用只有传统方案的 20%和 50%。最直观的还是救治时间的变化，“无锡模式”给出的数据是胸痛中心的平均救助时间是 69 分钟，而此前国内平均数据是 132 分钟——胸痛中心的建立切实提高了救治效率。

7.2.2 移动护理管理

临床护理工作是医院医疗工作的重要组成部分，其质量和效率的高低直接影响着医院的医疗水平。传统的临床护理工作主要依赖护士人工进行，存在下列问题：患者身份识别易出错、医嘱执行各环节无监控无记录、人工审核易出错、已停医嘱和未执行医嘱不能及时发现、护理记录需要二次录入、出入量等汇总数据需要人工计算等。各类护理文书的书写也消耗了护士大量时间，无法将护士的时间还给病人。此外还存在浪费情况，纸张浪费严重，经济效益差，患者就医体验差，满意度低。



识凌科技移动护理系统

江南大学附属医院采用识凌科技基于物联网 RFID 技术的移动护理系统。该系统采用 RFID 腕带，借助识凌科技 SDA 智能终端，实现智能的“三查八对”，各类体征信息实现床旁采集、床旁同步录入，各类信息均可在床旁查询，实现了床旁护理，优化了流程环节，提升了护理质量，减轻了护士工作强度，将护士时间还给病人，实现了“以病人为中心”的服务理念。借助 RFID 非接触识别及无光识别能力，隔着衣服被子即可识别病人腕带，夜晚无需开灯即可完成病人腕带识别，提高了对病人的人文关怀。此外，RFID 非接触识别技术的应用还可以有效减少护患之间的直接接触，减少新冠病毒等传染病毒的交叉感染，更好地保护患者及护理人员的健康。

7.2.3 输液监护管理

静脉输液是临床最常见的治疗手段之一。在医院环境中，输液工作繁忙、琐碎且重复性强，传统的输液进度需要患者或医务人员时刻观察。由于护理人员匮乏和护理工作繁重等问题，当前临床输液工作中多是护患双方共同监控输液进程。但这种人工方式依然存在着更换液体不及时、输液速度不精确及未能及时发现输液故障等问题。全过程费时费力，不仅影响患者休息，也给医务人员的工作增加了难度。

无线输液监控系统在不干扰输液流程的前提下，利用医疗健康物联网实时精确监测输液速度、余量和结束告警，并自动校准零偏问题、解决瓶身晃动和滴液中断问题，帮助护士们实现从医嘱下达、配液到执行全流程的闭环输液管理，提高了输液过程安全性，也降低了医护人员的工作强度。

输液监护管理系统主要包括了输液过程实时监测器、腕式脉搏血氧仪、数据网关、数据处理服务中心和护士站监控中心等部分：输液过程实时监测器主要用于实时监测输液过程中的液体剩余量、滴速等状态信息，若有异常自动报警，数据信息通过低功耗蓝牙承载并上传；腕式脉搏血氧仪主要用于监测病人的脉搏血氧，确保病人在输液的过程中的体征的正常，若有异常自动报警；数据网关负责将从输液过程实时监测节点采集到的实时状态信息转换成 WiFi，转发到医院内网，最终转发到数据处理服务中心；数据处理服务中心用于接收输液过程实时监测器发送来的数据，并对数据进行分析和处理，为监控中心提供输液状态信息和报警信息，引入专家系统，生成数据报表，并对输液过程实时监测器各种参数进行配置，改善系统的服务性能；护士站监控中心可以实时显示监控中心对各病房的输液状态信息，方便医护人员从监控中心直观的查看到每位患者的输液情况并根据用户的定制服务，主动为护士提示各种报警和工作调度信息。

输液监护管理系统主要功能是在病房中集中监控和管理多位患者的输液信息，实时准确地控制输液过程中的流量、剩余容量信息、并实时发送声音和可见的提示和呼叫、输入、存储、编辑、查询和备份每个患者的基本信息。护士可以在护士站及时了解患者的输液情况，减少不必要的来回移动，提高工作的效率。



派凡科技“智护安全输液系统”是智慧医院智能护理的创新产品，由“智护输液监测仪”、”智护腕式血氧仪”、“数据通信网关”、“物联网智慧医院大数据平台”和“护士站智护输液管理系统”多合一的整体输液解决方案，创新专利技术提高输液的安全同时，提高护士的输液管理效率。

派凡科技“智护输液监测仪”可以实时可以设置输液滴速，过缓过快提醒，输液结束自动关断防止回血等，数据每分钟上传系统及 HIS，发生异常及时报警。 在输液的同时，我们要求患者实时体征监测，通过“智护腕式血氧仪”监测患者脉搏血氧。如果输液的过程中，体征异常，系统及时提醒。

对于医护人员而言，该系统能够明显提高工作效率。患者住院后，住院信息会自动绑定到护士使用的操作台中。护士通过医院信息系统获取病人医嘱信息，信息自动生成二维码、条形码，护士配置好药品后，通过条形码扫描枪扫描药品的条形码，将条形码张贴于配置完毕的药品包装袋上；此时，护士台监控中心会自动显示患者所处位置、患者相关信息；到达患者所处位置后，确定个人信息后，即可输液；护士可以根据护士台监控信中心来判断是否有患者需要帮助或拔针、换药。

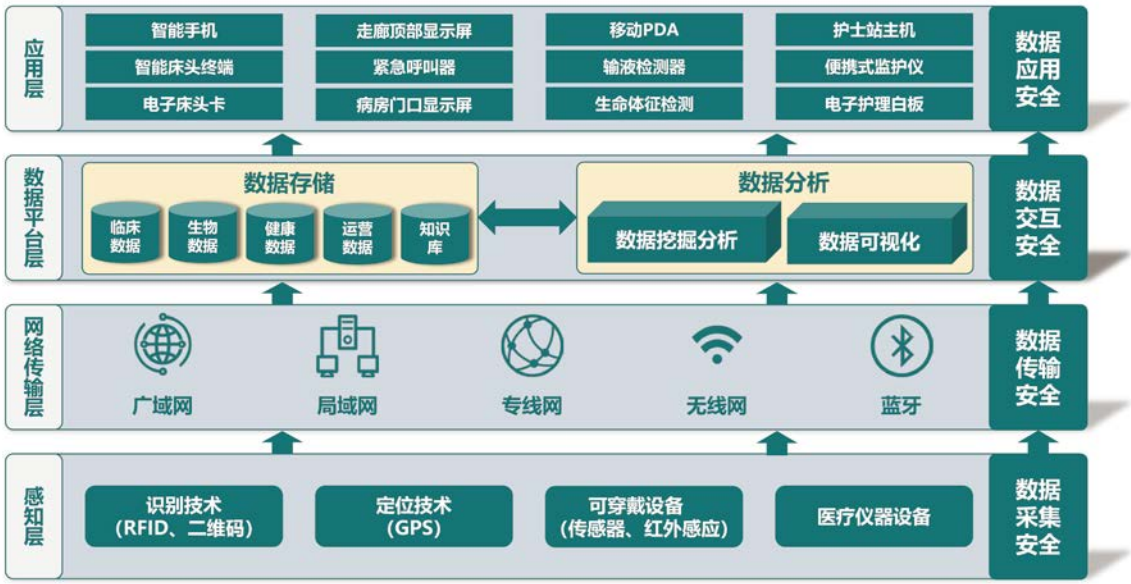
从医院角度来看，该系统提高了医院智能化、现代化水平。通过输液实时监测器和护士台监控中心，改变传统方式，使得医院整体环境变得井然有序、安静舒适；改善医院服务水平，提高患者满意度，避免医疗事故等。

7.2.4 智慧病区

创业慧康智慧病区整体以优质护理服务理念为引导，集成 HIS、EMR、LIS、PACS 等医院临床业务系统，借助物联网、互联网等信息化技术手段，从护理流程服务切入，通过对病区信息化建设的整体规划设计，满足“医-护-患”各个角色之间信息共享、服务交互的需求，构建病区医疗流程自动化、医患沟通智能化、护理管理精细化的数字化病区，是“以患者为中心”的住院诊疗服务模式的重要体现。

智慧服务

患者通过床旁智能交互终端可查看自己的诊疗安排及诊疗信息，观看学习健康宣教视频 ，与医护进行双向音视频通讯，满足了患者对诊疗知情权和参与的需求，改善了医患之间的沟通渠道，方便医护更好地响应患者的需求。智能监测设备的应用使护理人员从被动服务转变为主动服务，在患者有异常情况发生时，主动进行服务，例如采用输液监测设备及时了解患者输液情况，及时处理，为患者提供更具人文关怀的护理服务。



智慧医护

在智慧病区的建设中，以护理流程为基础构建了多信息系统、多终端的护理服务信息化支持体系。移动护理系统、护理电子白板系统、床旁智能交互系统交互协作，在病区内为护理服务形成了多场景的信息化应用，实现了业务操作高效，业务数据实时同步，护理服务闭环管理，减少了护士不必要的走动和工作，有更多的时间为患者提供服务。

便携式监护仪、体温贴、非接触式体征监护垫等智能设备通过体征数据自动采集、实时推送，有效辅助护理人员观察和监测患者的体征数据，颠覆传统的护理服务流程。通过信息系统和智能终端拓展的护理服务应用，对医护业务、医嘱执行、体征采集等进行全流程的数据整合与分析，以护理管理数据驾驶舱的形式将病区床位情况、护理业务执行情况、护理服务质量进行全面展示，让管理者全面了解病产区护理工作服务效率和质量。

7.2.5 床旁智能交互

医生、护士、患者及家属之间的互动围绕病床旁进行，方式多为面对面沟通，而医护人员每天面对众多患者，很难做到 24 小时一对一护理，使患者对自身病情及相关治疗、费用等信息不能随时了解。床旁智能交互系统是一种定位于医护使用为辅，患者使用为主的物联网平台系统，提供“以患者为中心”的医疗信息服务平台，深度对接床旁护理、床旁查房等可扩展应用，满足医院不断发展的为患者提供更优质服务的需求。



联众智慧病房整体解决方案通过对医院在开展智慧病房建设过程中存在现状进行分析，旨在优化病患住院照护体验，简化医护工作流程。床旁交互系统是其中一个重要功能，它以院内物联网为基础，可以显示患者信息和实现智能环境控制；并对患者进行实时检测，动态显示生命体征数据。医务人员则可通过随身携带的物联网终端与床旁交互系统对照实现信息录入、用药核对和体征信息采集等功能。方案还可以将服务接入提供的服务串联病房、护理站、移动装置与远程管理，整合各项设备之通讯平台，让病患需求更迅速传达到医护端，而医护人员也能透过系统分流加速处理，效率更高，落地“将时间还给医护人员，将医护人员还给病患”的优质护理服务示范目标。

7.3 智慧患者服务类应用场景

“智慧患者服务”是智慧医院建设的首要阶段，是面向患者的“智慧服务”。“智慧患者服务”功能模块覆盖患者诊前、诊中、诊后各环节，具体而言，院内导航系统、人员定位系统、人员报警求助系统均属于这一范畴。

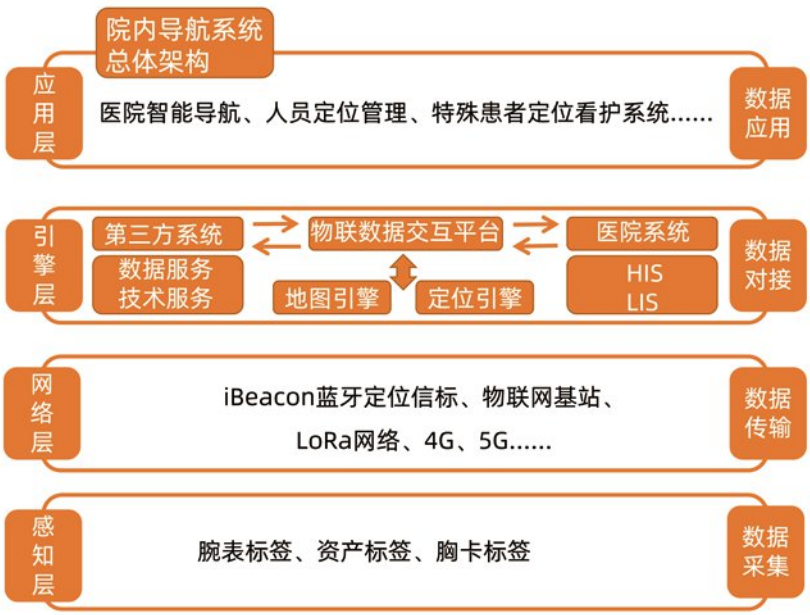
7.3.1 院内导航

候诊三小时，看病三分钟”已经成为多数公立医院的痛点。嘈杂拥挤的人群，一次就诊需要多次排队缴费，让不少患者心力交瘁。此外，医院内部结构错综复杂，建筑物内部联通性差，使得“找路”成了患者就诊的一大难题。医院人流量大，流动性强。为了保证正常的就诊秩序，医院为此设立了分诊台、流动岗，增加了安保人员和志愿者。花费人力的同时，医院运营成本也在提高。

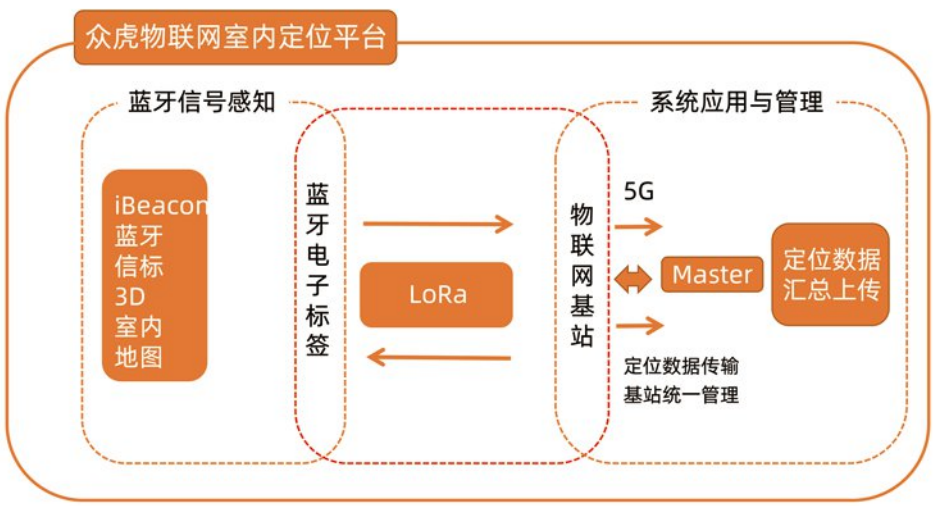
室内定位技术是一项基础性技术，但相比室外的卫星定位等，其技术水平和精度要求更高。在室外，卫星定位技术可谓“所向披靡”。其原理是根据卫星发射信号，反馈到物体，计算时间从而得到距离。若要精确确定物体的位置，需要 3 颗卫星通过差分算法，来对人和车辆进行交叉定位。可一旦进入室内，卫星无法判断目标楼层、科室，只能一筹莫展。

作为室外定位服务的纵向延伸，国内室内定位技术蓄力已久，自从 iBeacon 协议的出现，基于低功耗蓝牙的室内定位导航技术更是迎来了发展的春天，并向各大室内场景渗透，而且催生了一系列的室内定位解决方案。

2013 年，苹果公司发布基于蓝牙 4.0 低功耗协议（BLE）的 iBeacon 协议，引起广泛关注。iBeacon 蓝牙信标技术需要蓝牙信标硬件、智能终端应用、云端应用后台协同，才能正常运行。智能蓝牙定位导航系统通过在室内环境建设蓝牙定位感知网络，基于蓝牙信号，利用先进的室内定位引擎，在智能终端实现位置实时计算。智能蓝牙定位导航系统由蓝牙 Beacon 硬件、蓝牙智能终端设备（如手机、PDA）、定位引擎等组成。



浙江大学医学院附属邵逸夫医院上线的众寻医院智能导航系统，是专为医院患者量身打造的一款轻量级室内导航小程序，致力于解决患者在医院问路、找人以及寻车难的问题。系统能覆盖医院线上线下所有患者入口，深入患者各个就诊环节和流程，为患者提供基于移动端精准的院内实时导航服务。



众寻院内智能导航系统由众虎物联网科技有限公司推出，以“问路”为切入口，向患者提供基于就诊流程的自动导航、基于就诊流程的扫码导航以及用户自搜索导航，协助患者快速到达就诊科室；以“找人”为切入口，向患者提位置发送及实时位置共享功能，彻底解决院内找人难的问题，将位置共享与导航融为一体，大幅提升院内导航使用体验；以“寻车”为切入口，向患者提供停车场的空车位监测引导和反向寻车导航功能，帮助车主快速找到空车位，消除停车及寻车烦恼。众寻导航在业界率先推出的 VR 技术可以在患者实际导航过程中将关键节点位置周围的 720 全景图自动弹出、率先推出的 AR 技术可以在患者实际导航的过程中同时打开手机相机以增强现实感，基于众寻导航领先的高精度的室内定位、光标不漂移的技术基础，能真正保证患者的室内导航使用体验，大幅提升患者“最多跑一次”的医疗智慧服务质量。

针对浙江大学医学院附属邵逸夫医院（下沙院区）的门诊挑高中空大厅的定位覆盖,医院采用了众虎物联网推出的基于蓝牙 5.1 的智慧天线阵列 Super-5 Beacon PAD 产品，在极大地保证设备方便稳固安装的前提下，解决挑高无柱的室内中空大面积区域无法高精定位的挑战。部署了众虎 Super-5 Beacon PAD 的医院门诊大厅，可确保大厅内定位光标稳定不漂移，定位精度在 1-3 米以内，确保门诊大楼内在扶梯上实时导航时的光标稳定度，确保用户导航体验。

7.3.2 院内人员定位管理

在众多需要室内定位导航的行业中，医院的需求最为急切。一方面，从实际出发，出于对人员、资产安全的考虑，院内定位管理系统的普及势在必行；另一方面，政策也对此有所着重。在 2018 年的《全国医院信息化建设标准与规范（试行）》，对患者定位、患者安全、资产和物资管理等方面对不同等级的医院提出了要求。在 2019 年 3 月 5 日，在国家卫健委发布的《医院智慧服务分级评估标准体系（试行）》中，便将院内定位与导航纳入了医院智慧服务分级必选项；2020 年 5 月 21 日，国家卫健委发布的《关于进一步完善预约诊疗制度加强智慧医院建设的通知》，也强调了二级以上医院必须提供院内导航线上服务。其中，人员资产定位管理是其中的重要一环，愈发受到医院的重视。



首都医科大学附属北京天坛医院（下文简称北京天坛医院）采用了医惠科技提供的人员及资产定位管理系统。该系统基于定位网络配合标签实现人员资产定位，基于物联网标准架构，分为感知层、网络层、平台层、应用层。感知层是系统架构的核心，是信息采集的关键部分，主要由患者佩戴的定位手环、资产标签组成，实现对被管理对象的唯一标识和位置信息的感知采集。网络层的主要功能是“定位”与“传输”，是连接感知层与平台层之间的数据链路，主要由定位主机及定位分机等设备组成，以上设备与定位标签配合，实现被管理对象的位置获取与上报。平台层通过物联网中间件实现感知数据（如人员位置数据）的统一接收，并对数据进行解析、转换和存储，并将数据按照应用系统的需求进行数据分发，同

时完成对网关、标签的配置与管理功能。应用层则作为系统面向用户使用的部分，主要完成具体的业务功能。

北京天坛医院的人员定位管理主要覆盖了认知障碍性疾病科病区等特殊人群所在的六大病区，资产定位管理主要覆盖了医院的手术室区域。

人员定位管理系统可以实现医院患者的实时位置跟踪和活动状态监控、活动轨迹跟踪查询、出口报警、紧急呼叫、人员在线清点、病区活动统计分析等功能。系统为特殊患者管理提供极大的便利，通过为特殊患者佩戴定位手环，当患者未经授权擅自离开病区时会触发出口报警。同时，也可为不同的患者设定不同的电子围栏，一旦患者活动超出围栏范围予以报警，以便加强对特殊患者的安全监管。通过患者实时位置的定位，可以减少护士在日常工作中寻找患者所浪费的时间。手环上的 SOS 报警按键保证患者在出现身体不适或紧急情况时能发起紧急呼叫，医护人员第一时间知道患者的位置，并对其进行救助。

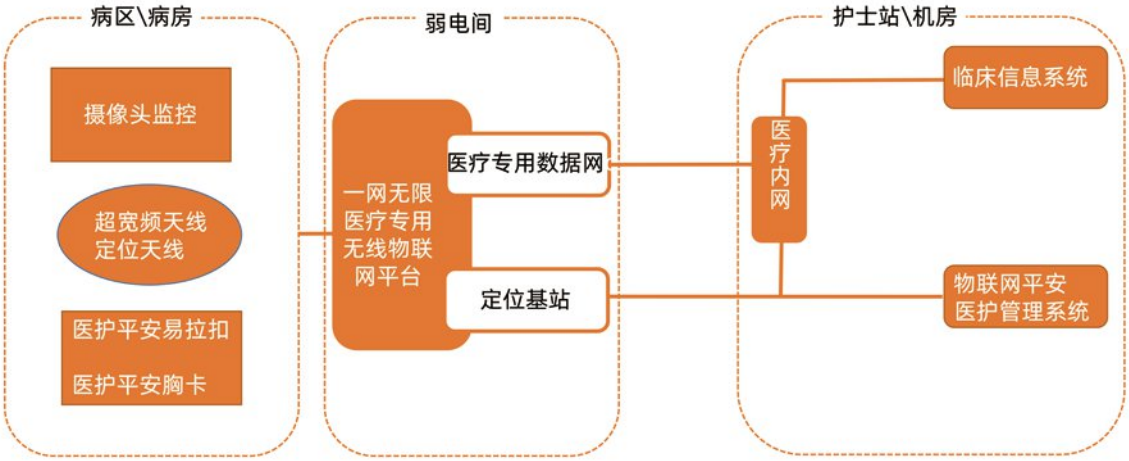
资产定位管理系统则通过在移动医疗资产上绑定电子标签，实现对资产位置信息实时、远程、动态地采集。通过该系统可以实时查看医疗设备在手术室、病区内的分布，并对资产运动路线进行跟踪回放，当设备未经授权被带出手术室时，系统会发出报警信息提醒医护人员，并且支持进行在线盘点，可以快速对指定区域内设备进行清点统计。系统不仅能让医护人员快速找到设备，节省寻找设备的时间，而且减少防止设备被盗或意外丢失，减少医院损失，也减少了护士日常进行资产盘点的时间。

基于上述建设的定位网络，还能扩展进行医护安全救护系统建设。系统为每位医护人员配置智能胸卡，当发生医闹或紧急事件时，医护人员可以通过智能胸卡上的报警按键发起紧急求助，安保中心可以第一时间收到报警信息并获取报警人员所在位置和基本信息，同时自动触发周边摄像头视频采集，安保人员既可通过摄像头监控事态发展情况，及时落实安保救助措施，保障医护人员安全。

7.3.3 报警求助

医疗暴力现已成为全球性问题，无论是发展中国家还是发达国家，无论生活水平、文明程度如何，医疗暴力都广泛存在。除了将医疗暴力上升到法律保护的层面，还需要将保护措施落实到实际工作中。

在医院的“三防体系”中，人防是基础，物防是保障，技防是核心。伤医事件屡屡发生，除其他较为复杂的因素外，与医院的安全措施相对滞后也有直接原因。所以优化医院“三防”体系中的“技防”就成为医院安保环节中亟待解决的问题。



在保护医务人员安全上，物联网也发挥了作用。昂科信息推出的平安医护系统就是基于其医疗无线物联网平台及医疗定位网设计。报警系统主要由两部分构成：前端一键报警设备和后端报警管理平台。两者通过无线网络传输的方式进行连接。

昂科平安医护系统使用 IR+LF+UHF 定位技术，以达到房间级定位精度，通过给医护人员佩戴胸牌式定位标签进行预报警。医患产生争执时，医护人员通过佩戴胸牌式定位标签按钮进行预报警，向安保部门发出报警，提供报警人员位置信息，并实时跟踪刷新。系统还可联动视频监控系统实时查看录像，安保人员接到报警后第一时间赶到现场进行劝阻和干预，来有效提升医院安保水平，切实保障医护人员的人身安全。

这一技术在在婴儿防盗上也发挥了重要作用。安徽省立医院采用先进的 RFID 无线射频技术，依托昂科一网无限医疗专用无线物联网平台，使信号无缝覆盖病区，并在出入口布置声光报警装置，实现主动预警，解决事故滞后性问题，有效杜绝了婴儿被盗、抱错等问题。

7.4 智慧管理类应用场景

智慧管理类应用场景包括智慧后勤管理、院内物资及物流管理，以及院内医废管理。

7.4.1 院内智慧后勤管理

医疗器械管理是医院管理的重要板块，医疗器械的使用情况能够在一定程度上反映医院的现代化程度、技术水平和诊断能力。如何科学、精细地对医疗器械进行管理，合理配置，使其发挥最大效能、产生最大效益，成为体现医院管理水平的一项重要标准。

一直以来，国家各相关部门非常重视医疗器械的使用与管理情况，并出台了一系列政策规范和加强医院对医疗器械的管理，促进医疗器械合理配置、安全与有效利用。2015 年，国家食品药品监督管理总局制订了《医疗器械使用质量监督管理办法》，要求医疗机构加强对医疗器械使用环节的监督管理，并明确提出“鼓励医疗器械使用单位采用信息化技术手段进行医疗器械质量管理”。同年，国务院办公厅印发了《国务院办公厅关于城市公立医院综合改革试点的指导意见》。《意见》中要求“推进医疗信息系统建

设与应用。依靠大数据支撑，强化对医疗卫生服务的绩效考核和质量监管。” 2016 年 2 月 1 日，《医疗器械使用质量监督管理办法》出台，该管理办法明确了医疗资产管理公司承担医院设备的维护保养工作的合法地位，鼓励医院将设备管理交给更加专业的，有资源整理能力的机构。

健康力（北京）医疗科技有限公司通过物联网、互联网、大数据等技术手段，建设基于工业互联网架构的医疗设备全生命周期数据化智能监管应用平台。平台有效地帮助医院提升了医疗设备综合管理能力，同时推进“互联网+医疗设备智能化信息化管理服务”，实现设备管理系统升级优化，促进各级医疗机构及卫健委信息化建设，并实现区域统一数据中心的构建。

2019 年，公司为福建省 69 所公立医院安装了健康力医疗设备智能化 Med·Pro 系统，实现了区域内医疗设备智能化信息化管理，信息化设备管理模式帮助各级医疗机构在新冠疫情期间展示了良好的运行效果。2019 年底，健康力逐步优化医疗设备物联网大数据应用服务平台，在医疗领域推动政务大数据深入挖掘应用，掌握真实、准确、实时的医疗设备大数据及可视化分析、决策系统，实现了医疗设备全生命周期智能化、信息化的动态管理，有效提升政府基于大数据的科学决策能力、精细化管理能力和风险防范水平，以医疗设备全生命周期跨机构、跨地域、跨角色、跨行业和跨场景的智能协同，彻底解决传统管理手段无法化解的行业难题。

物联网大数据应用平台有着重要的社会价值和深远的意义，患者、医疗机构及政府部门都将获益。首先是人民群众受益。医疗设备全生命周期数字化管理，确保设备运行正常，提高设备安全可靠性，有效避免医疗事故发生。医疗设备检查结果精确、检查资料互认，让患者更放心、少花钱，切实提高了群众就医满意度。二是医疗机构受益。通过平台数字化管理，有效整合医疗资源，减少设备闲置，发挥设备最大化价值，减少了医疗机构采购、维护、运营成本。三是政府财政受益。医疗设备价值最大化发挥，医疗资源最优化配置，有效减少了财政资金支出，切实减轻了政府财政负担。

7.4.2 院内物资及物流管理

随着医院规模的扩大，大量的药品、器械、被服、污物等物品需要频繁在各科室、各楼宇之间进行转运，物资输送效率和安全性问题愈发严重。另外，医院自动化、信息化和智能化建设的程度也在越来越高。在这一背景下，智慧物流系统在越来越多的医院中落地开花。

现代智能化物流仓储系统主要分为四类，即中型物流、轨道小车、气动物流和机器人。四类物流系统各有千秋，不同类型的技术出现满足了医院对不同物资在速度和重量上的需求。

轨道小车和中型箱式物流系统运载量大，但速度慢，适合体积较大的器械、液体、后勤和办公物资运送；气动物流造价低、传输距离长、速度快，适用于药品血液、检验标本、术中病理切片等急需物品的运输；AGV 机器人可以借助机器人将物资直接从仓库配送至对应病房或病床，实现自动化的全品类物资点对点配送。所以在实际的物流系统建设中，不仅需要考虑物流系统本身的特点，还要考虑到医院布局、定位和学科情况等实际情况，“因院制宜，对症下药”。

在四类仓储系统中，气动物流系统是目前医院使用普及程度最高的自动化物流系统。气动物流系统以压缩空气为动力，由 PVC、钢材制成管道，使用 PVC 小瓶做载体，搭载小型物体在楼内、楼宇间进行物品的快速传输，常用于快速运输部分紧急物品。 自动导航车支持按配送任务定制计划，如按病房类型

定制（普通病房、传染病房、ICU 等），按配送物资定制（药品、餐食、被服），按配送载荷定制（高达300KG）等，配送计划可分为例行配送和特例配送等模式，可以满足多种配送任务要求。

江苏省人民医院采用的是银翼医疗的整体解决方案。该医院共设置了 153 个气动物流站点，工作日日均传输量达到 5230 次。简单来说，就是医院平均每天有 5230 个运输瓶在银翼医疗的气动物流管道里被运送至不同的医疗科室。

以江苏省人民医院采血处为例。在自动化系统未投入使用之前，人工取送血液传输时间平均需要 13.8 分钟/次。气动物流投入使用后，传输时间仅需要 1.2 分钟/次，传输效率增长率为 11.5 倍。而原本负责运送标本和紧急药物任务的工作人员得到了时间上的释放，可以将精力更多地应用在临床工作上。

在提高手术室物资保障方面，银翼医疗为江苏省人民医院特别定制了一套国际先进水平的智能仓储物流系统。这一系统贯穿了医院中心供应室、门诊手术室、DSA 和大手术室，一次性解决了手术室内的消毒器械、辅料、高值耗材等物资的存储和运输问题。另外，银翼医疗还将仓储物流系统和医院 HIS 系统联网，需要通过其运输的消毒物品，可以对应到手术室的每一台手术。任何一台手术，生成订单后，手术需要的器械包就会被运送到指定的位置。

7.4.3 院内医废管理

医疗保健行业正在飞速发展，伴随而来的是医疗废弃物的显著增加。据世界卫生组织（WHO）统计，发达国家每张病床每天产生的医疗废弃物约有 0.5kg，而发展中国家每张病床每天可以产生 0.5-2.5kg 医疗废弃物。医疗废弃物属于高危垃圾，具有空间传染、急性传染和潜伏性传染等危险特性。

基于物联网的医疗废物处置管理则可以依托物联网、移动计算、条形码识别等先进技术，实现医院对医疗废弃物从产生起，到分类收集、计量打包、回收转运、入出库的全过程闭环管理，以及对医疗废弃物转运车辆位置、路线等进行实时监控，实现对医疗废弃物回收全过程可监管、可追溯管理。

首先，借助医疗健康物联网技术可明确每袋医疗废弃物的科室（病区）、种类、数量、重量以及何时由何人送到周转站；从而避免交叉感染，实现对医疗废弃物的动态实时管理。其次，院内医废管理系统还可对特定医疗废弃物进行全流程追踪，甚至追踪特定医疗废弃物的重量变化（减轻），从而有效防止医疗废弃物周转站称重不准或者非法分装外流，降低医疗废弃物的处理成本。此外，它还可以获得医疗废弃物周转站的峰值存储量，为周转站的合理布局提供重要数据。最后，它还可以统计出医疗废弃物发生地的分地域（病房、门诊和急诊）、分科室、分类型、分时段信息，从而为制定有针对性的医疗废弃物管理方案提供数据依据。

由北京威斯盾网络科技有限公司为江苏省连云港市打造的医疗废弃物监测平台可实现对当地医疗废弃物从院内收集、转运、入暂存库和出暂存库后的院外转运、入暂存库直至处置的全过程实时监测管理和异常报警功能，并能对院外的运输轨迹、医疗废弃物存储的环境（温湿度）、处置时的参数（温度、压力及时间）进行实时监测。目前，该平台可对连云港市 7 家三级医院、28 家二级医院、92 家乡镇卫生院、24 家社区卫生中心和 1700 家卫生所/室的医疗废物从院内收集直至院外处置的全过程实施在线实时监测管理。

平台针对医疗机构、各级卫健委和环保监管部门对医疗废弃物的实际监管需求进行三级权限分层和

分段设计，医疗机构和各级监管单位根据自身职能拥有不同的管理权限。包括市/区县级医疗废弃物追溯管理可视化监管平台、院内数据监管平台和院外医疗废弃物整体可视化监管平台。

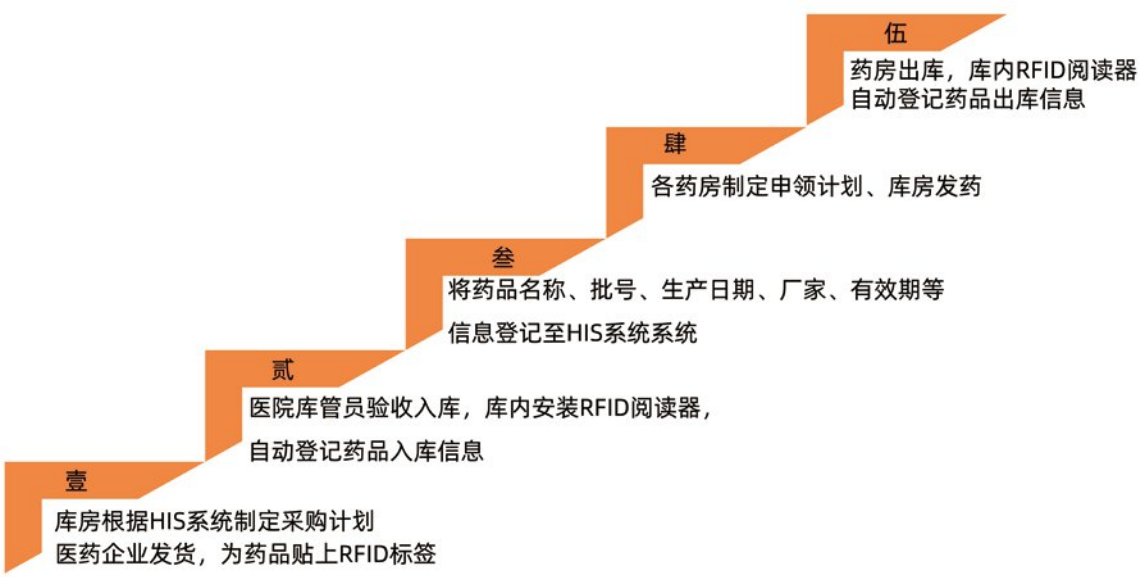
其中，院内数据监管平台可用于医疗机构对院内整体医疗废弃物的流转情况进行实时监测和跟踪，监管支持按时间段筛选，查看及统计医疗废弃物产出量走势及医疗废弃物类型产出量，显示异常报警占比。平台分别为二级以上医疗机构和基层卫生机构分别提供了专属的管理方案。针对二级以上医疗卫生机构医疗废弃物日产量大、类型复杂的特点，主要提供以智能医疗废弃物收集车为核心的智能化解决方案，实现院内医疗废弃物的快速收集转运、智能称重和复核和实时监测预警机制。针对基层医疗卫生机构区域分布广、医疗废弃物产量低、医疗废弃物类型单一的特点，平台提供了性价比极高的便携式医疗废弃物收集解决方案，实现基层医疗卫生机构的医疗废弃物快速收集、智能称重和实时异常上报机制。

目前，该项目已经完成前两阶段的实施，正紧锣密鼓完成最后一阶段的实施。在整体项目部署完成后，将会在连云港市建立起现代化的全市医疗废物追溯监测管理体系，实现对医疗废弃物从院内收集至最终处置的全程实时监测，并由此杜绝医疗废弃物随意倾倒、流出倒卖、混入生活垃圾等问题。降低因医疗废弃物暴露导致的感染概率、提高人民群众的日常生活安全。

7.4.4 中医及西医药品溯源管理

药品是一种特殊的物品，管理措施必须非常严格。若管理不当，或被错误使用，它有可能会给人们的身体健康及生命安全带来极大威胁。目前，供应链效率和药品质量是药品流通中主要的难点、痛点。在确保患者安全的前提下，保障药品从原厂制造、销售、药品配送，直至最终病人用药这一全流程的安全进行，是医药流通行业中的当务之急。

物联网技术的加持，使得这一全流程问题得以解决：从药品生产商到最终使用者，其中任何一个环节都能对药品进行有效跟踪识别，实现药品供应链上的所有环节可追溯，最大程度保障患者的用药安全。



基于物联网的药品追溯管理系统充分利用网络基础设施，整合互联网、物联网采集和存储的药品供应链相关信息资源，系统在安全机制与标准规范的框架中运行，形成统一的整体，从数据采集、数据服务、数据应用 3 个层面保证系统架构的合理性和高效性。

联新病区智能药品管理系统以保障药品安全为核心，将中心药房前置到病区，成为卫星药房，是全院药品管理中不可或缺的重要部分。智能硬件+软件+平台组成的一体化系统，打破了传统的药品从药房到病区的配送环节，优化取药流程，减少了患者等待用药的时间，实现远程对病区药品的安全储存、自动化调剂、库存效期管理及精准跟踪。

7.5 远程健康应用场景

远程健康应用场景主要包含社区慢病管理、社区公卫体检服务、社区生命体征监测、远程消费医疗、疾病早筛预防，以及 5G 结合健康服务等应用场景。

7.5.1 社区慢病管理

慢性病的防控主要有两大难点：一是数据如何连续地进行采集，二是如何持续地跟踪和改善。医疗健康物联网技术的出现极大地缓解了这种情况，结合云计算和当下热门的“互联网+”医疗可以实现无边界、数字化的健康管理。医疗健康物联网使得慢性病患者每一次在家的监测数据都可以轻松上传网络，通过后台的监控形成数据报告，每天监测和提醒，从而促进慢病的康复。

医疗健康物联网的引入使得慢病管理可以形成闭合的循环系统，包括自我健康管理（健康教育、健康记录等）、健康监测（包括健康指标检测，如血压、血糖、血氧等，智能健康预警，查看居民健康档案，查看健康常识与健康指导等）和远程医疗协助（包括用药指导、膳食指导、运动指导、慢性病例等）。它们相互作用环环相扣，保证了对慢性病患者健康的全程监控。

妙+平台是由妙健康打造的医疗健康物联网大数据平台，是妙健康的三大核心技术之一。该平台通过物联网接入市面上 90%以上智能健康硬件，包括智能手环、血压计、血糖仪、体脂秤、体温计等 300 余款可穿戴检测型设备，覆盖全球用户超 6.5 亿，能够采集到包括运动、睡眠、营养、心理等健康行为类数据以及心率、血压、血糖、体重、体温等身体指标数据。此外，平台涵盖医疗健康、运动健康、医疗康复、行为分析等各类健康数据入口，还提供体检、挂号绿通、在线问诊、海外医疗等 28 个类别的 400 余项医疗健康服务。妙+平台通过与 H-健康风险分级管理平台和 M-人工智能健康干预平台结合后，可实现对多维度健康数据进行综合解读，为保险、医疗体检、养老机构等行业和个人用户提供智能化健康数据管理服务，并输出“千人千面”的健康管理服务。

妙+平台于 2018 年联合中国疾控中心慢病中心、工信部中国信通院开发国内首个“物联网健康数据交互平台”，获中国通信标准化协会 CCSA 各项审核批准，为行业建立了标准。

新冠疫情期间，基于物联网结合“互联网+”的数字化慢病管理平台发挥了巨大的作用。“健康武汉”APP 是武汉市卫健委主导，唯一官方认证的公众移动医疗与健康服务平台，妙健康通过“健康武汉”APP 第一时间向武汉当地隔离居民发放了价值 200 万的居家自测体温计和血氧仪，借助妙+平台赋能的数据连接和数据监测功能，居民可以通过具有数据连接功能的智能体温计和智能血氧仪，在家对自己的身体

状况进行连续监测，发现异常后直接线上问诊，做到“早发现、早治疗”，缓解了疫情时期医疗资源紧张的局面，有效避免疑似患者以及普通感冒用户集中到医院就医时出现的交叉感染。与此同时，利用多年打造的“妙+”物联网健康数据交互平台的能力，妙健康帮助“健康武汉”App 填补了院外健康数据接入能力上的空白，并完善慢性病患者居家监测和线上远程健康管理的能力，从而提升了医疗健康服务的可及性。

7.5.2 社区公卫体检服务

从“以治病为中心”转向“以健康为中心”是近年来医改工作的核心内容，并上升为国家战略。由基层卫生服务机构设立的家庭医生团队及相应的签约服务制度，则是链接个人、家庭、社会和政府参与健康中国行动的重要且有效抓手。然而，基层能力问题始终是制约家庭医生签约服务有效开展的关键因素。尤其是今年年初的疫情突发，让我们深刻意识到基层卫生服务体系及公共卫生应急能力方面所存在的短板。

基层卫生服务机构主要承担着公共卫生、基本医疗、健康管理三大服务板块任务，其中公共卫生板块的事务性内容最多、最为繁琐，数据处理类的工作量也最大，且成本支出大，考核难达标，经费拿不到位，弄虚作假问题十分突出。痛点基本可归纳为三点：服务效能低、居民获得感差、规范管理难。进一步分析后，“数字化能力”的缺失是导致这些突出问题的根本因素，也成为了痛点解决的关键路径。

北京国安广传基于基层实际痛点，以“工作电子化+设备智能化+服务标准化”三化赋能为设计模型，三年多来累计投入近 5000 万打造的“渐健家医”公共卫生体检赋能解决方案，以物联网通讯（5G）、大数据分析、远程影像、人脸识别、扫描抓取等技术为基础，结合运用 AI 智能算法、AI 语音识别等领先技术，有效解决了行业内长期存在的数据高效采集、信息互通共享、服务覆盖率低等难题，在市场渗透力、产品深度、用户口碑等方面表现卓越，已跃居成为国内该赛道头部企业。



“渐健家医”国家公共卫生体检服务车是其主力产品，可等同于移动的“二级医院检验科”。它以特种车辆作为载体，集成多种智能体检设备，进行身份信息以及包括血压、心电、B 超、生化、血常

规、尿常规、体重身高在内的 7 大项 52 小项健康数据采集，协助基层卫生机构将服务半径扩展至社区、农村、养老院等，打通服务“最后一公里”。同时，它还可采用“6+7+7”模型（即 6 大数据云管理系统、7 大标准化改装、7×24 小时运营及售后团队），输出标准化的运营外包服务。据渐健家医相关负责人介绍，从当前的运营数据来看，一辆车年均可服务 1.5-2 万人次。

区别于同类大多数单一化产品，渐健家医的“三化赋能”解决方案涵盖了软件、硬件以及运营服务，将从“增效、降本、提质”多维度全方位的提升基层在公共卫生体检版块的服务品质。



以广西宜州德胜镇中心卫生院 2019 年 11 月报表数据为例，渐健家医公卫体检项目不仅提高了当地家庭医生工作效率，使得单日体检人数大幅增加；还节省了 7 名信息人员的人力，以及 15 万元的纸质费用，真正实现了降本增效。同时，提速并未造成服务质量的降低。例如，在湖北郧西县城关镇中心卫生院，渐健家医公卫体检项目落地实施后，不仅服务效率大幅提升，重点人群覆盖率也保持在较高水平，居民满意度则高达 98%。

近年来，国家在基本公共卫生版块的财政投入便逐年加大，今年 6 月 16 日提前发布的《关于做好 2020 年基本公共卫生服务项目工作的通知》中，明确提出 2020 年人均基本公共卫生服务经费补助标准为 74 元。与此同时，各地方政府也在不断加大对公共卫生体系的财政支持，增加对应的专项配套资金。以老年人体检为例。据不完全统计，目前全国大部分地区面向 65（或 60）岁及以上老年人的公卫体检补助标准已达到 180 元/人以上。按 15%的比例测算，全国约 2.1 亿老年人可参与，市场达 378 亿元。以上数据仅是老年人公卫体检的补助，其他重点人群（如扶贫、慢病、妇幼等）也有相应的补助资金，意味着整个公卫体检市场比这还要大。按今年新发布的基本公共卫生服务人均补助标准 74 元来计算，整个全国市场可达 1036 亿元。

7.5.3 社区生命体征监测

针对传统监护仪到不了的临床场景，基于物联网技术的移动可穿戴监测可以打通更多的临床场景，让患者享受到更好的服务。这将很好地补充完善监测产品触达的临床场景，拓宽生命体征监测的市场，从而打开一个完全不同的生态。

新冠疫情期间，基于物联网技术的社区生命体征监测系统得到了全国的广泛应用，被应用在社区隔离人员的定期检测，体现了公共卫生领域的巨大发展潜力。以无线体温监测为代表的社区体征监测可以用于居家观察、宾馆集中隔离等场景的云端中央监护。用户将无线体温计等体征监测设备连接到手机，便可查看自身实时体温数据。同时，用户的体温数据可自动传送至云端，社区及医务管理者可在网页或 APP 上整体监控在观人员体温变化。类似功能的社区生命体征监测系统使社区管理者无需上门便可获得体温数据，并结合在观人员授权的手机 LBS 地址信息，可提前预警发现发热人员及其行动轨迹，不仅节省了大量人力，还避免了特殊时期的社区交叉感染。

专注于研发穿戴式生命体征监测设备的睿仁医疗提供的物联网解决方案、数据及人工智能服务，旨在帮助医生更好地诊断、管理、预防和干预，帮助人们更好地管理自己的健康。睿仁医疗为四川省部分地区的社区提供了基于物联网的无线体温设备及相应软件，且与企鹅医生、中国电信等企业共同合作将实时在观人员体温数据整合进定制 APP，社区管理人员通过 APP 可以查看用户的实时体温、本日最高体温、早晚报送固定时间体温等数据。在疫情期间，睿仁医疗开启了包含四川、北京、浙江、湖北在内的 6 个社区检测项目，监测人员超 3000 人，累计测温超 40 万小时，极大地助力了基层抗疫，展示了基于医疗健康物联网技术的社区生命体征监测场景的巨大潜力。同时，睿仁医疗基于医院手术室、ICU、病房和社区居家的无线体温、无线多参数移动监护解决方案已在国内 30 多家三级医院和社区实现落地。

7.5.4 远程消费医疗

随着物联网的普及程度越来越高，基于物联网技术的创新项目也越来越多。许多创新项目都明确指出物联网技术是其产品的技术支撑，物联网产品的服务对象、需求也变得更丰富、更精细化。近些年，物联网技术在消费医疗领域中也出现了诸多尝试，物联网助听器、物联网智能眼镜、物联网牙套等概念也开始出现在大众面前。

在听力方面，2017 年，美国最大国际消费性电子展上亮相了全球首支物联网助听器 Opn。Opn 能够实现与手机等移动终端的连接，并且能够处理好多声源嘈杂环境的问题，让听损人群随时与智能设备和智能电话连接，可以 360°实时收集所有声源，在交流对话的同时也留意到周围的声音细节。即使在嘈杂环境中，也可满足同时和多人进行对话的需求。

为了“帮助听力缺失人士听得更清楚，更容易听到并记得更多”，Opn 应用了在单一助听器设计中，同时集成双耳处理和直接连接功能的创新 TwinLink 技术：结合双耳处理和 2.4 GHz/蓝牙无线连接，允许新型 Opn 助听器直接连接至外部的蓝牙功能设备，包括智能手机、电视和更多设备。直接连接外部蓝牙功能设备的连接部份，则使用了 CEVA 开发的技术组件。

同一年，西万拓听力技术（苏州）有限公司全新推出西万博品牌，面向轻、中、重度的听障人士，特别开发出了在线听力测试、myVibe 远程调试等先进的物联网科技，配合助听器验配师在线客服，给予听损患者足不出户即可享受的专业助听服务。西万拓的新一代助听远程科技 myVibe 实现了居家远程一键验配功能。远程 myVibe 微调是西万拓全球研发团队特别开发的远程助听器调试黑科技，通过一个专属链接，生成一个声音信号，使得客户在手机端即可调试自己的助听器。用户可以不受时间、空间限制，通过手机、平板、电脑等多种电子设备接收 myVibe 信号，该信号无需借助任何 APP 或蓝牙，自带远程验配程序，当用户的助听器在“听到”电子设备发出的信号后，便会根据用户所在环境进行瞬时智能微调。myVibe 远程技术打破了预约慢、验配远、等待长、调试繁传统验配困境。有专家认为，该技术将有助于

新型助听器在国内的推广和发展，具有一定的进步性意义。

此外，在牙科方面国际上也有一些进展。美国医疗科技企业 Prevent Biometrics 研发了一款智能牙套，能够准确检测出外部撞击力，并且评估是否存在脑震荡风险。同时，该牙套会通过这款移动 App 向父母或其他人发送实时警报，以便他们采取适当的措施。

7.5.5 疾病早筛预防

据统计，我国慢性非传染病疾病导致的死亡人数占总死亡人数的 88%，导致的疾病负担占总疾病负担的 70%以上，成为制约健康预期寿命提高的重要因素。同时，肝炎、结核病、艾滋病等重大传染病以及新型冠状病毒等新发传染病的防控形势依然严峻。如何利用物联网、人工智能等新技术准确识别预警信息，降低漏报、误报等情况，国内一些在医疗健康物联网领域布局领先的地区已经有了一些尝试。无锡市与江苏曼荼罗科技股份有限公司合作部署了“基于大数据和物联网的重大疾病监测预警和防控应对平台”，探索大数据、物联网等信息技术在重大疾病监测预警和防控应对中的支撑作用，并推进相关体系建设。

平台针对高血压、糖尿病等常见重大慢病、胃癌等无锡地区高发重大疾病以及传染性疾病等公共卫生疾病，分别进行各病种监测指标监控，并通过人工智能大数据分析，实现危险因素智能识别和动态评估，做到防控关口前移，提升全社会对重大疾病防控工作的参与度，同时为重大疾病防控政策研究提供大数据支撑，为国家重大疾病控体系建设提供综合解决方案依据。

此外，还在重大疾病应对方案中开展“基于医疗健康物联网的运动处方干预”和“普及健康管理服务”等多种健康管理服务。其中，心肺运动评估系统和运动康复系统是核心。

心肺运动评估系统

心肺运动评估属于非侵入性评价心肺功能的方法，是综合评价运动状态下器官系统整体功能的一项措施，此种方法主要是详细记录患者运动期间心电图，肺通气功能，心率和血压等数据，并按照记录数据对患者心肺功能进行计算，目的在于充分评价患者运动耐力及心肺功能，并且是在患者不同的负荷状态下进行的，从而对其心肺储备功能及运动耐力做出客观准确地评价，长期以来被广泛应用在临床检验当中。平台标配的运动心肺评估系统包括运动心肺、踏车、运动血压仪及配套软件系统，可应用于心电图、肺功能、运动医学和大规模筛选，也可用于康复医学。评估流程主要包括医护人员了解受试者的基本情况，机器、环境、容量、气体的标定，软件的运行以及受试者完整的测试（包括热身阶段、测试阶段及恢复阶段）。

运动康复系统

标准的康复系统主要由控制主机、台车（同运动心肺评估）、运动康复控制软件构成，系统可同时管理多台设别同时进行运动踏车训练、运动平板训练、自由训练等康复训练，运动设备通过物联网实时传输数据，进行血压、血氧实时监护。

除此之外，在健康管理普及服务中，除了提供“互联网+健康咨询、宣教服务”外，通过物联网设备实现生理体征数据的完整和精准监测，实现健康监测从机构内向居民家庭的延伸、实现跨时空的公众健

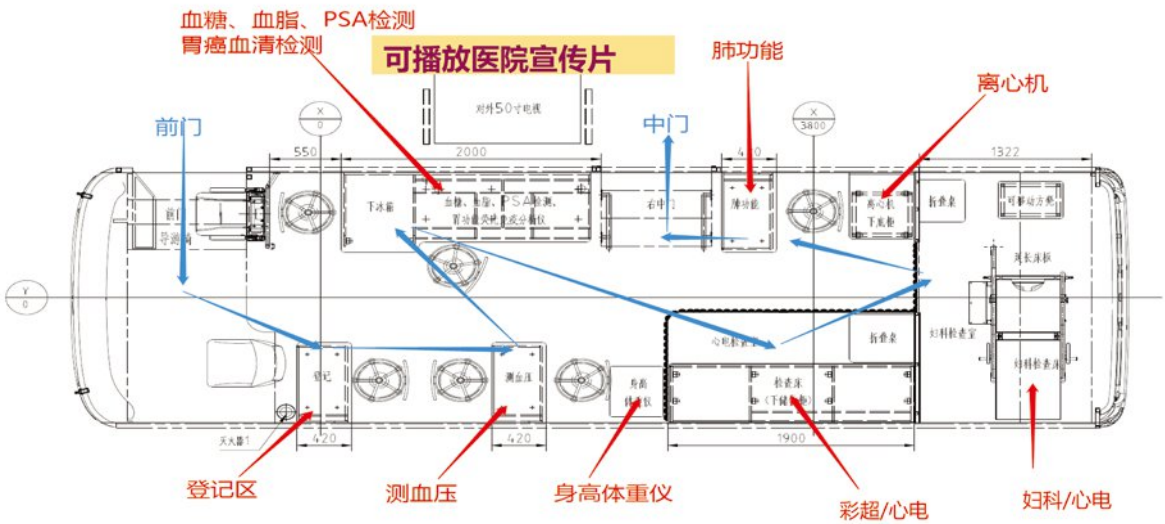
康监测管理和自助式的居家健康服务。

7.5.6 5G+癌症筛查

重大疾病尤其是肿瘤等的早期发现和治疗具有重大意义，可以有效提升患者长期生存率，降低医疗成本。《“健康中国 2030”规划纲要》中提出，要强化慢性病筛查和早期发现以及重点地区癌症的早诊早治工作。但是由于基层居民对于健康体检和早筛的意识不强，不仅不了解肿瘤早筛的重要性和必要性，对于一些慢性疾病例如慢阻肺、糖尿病的防治观念仍是不足。

在这一背景下，由中国初级卫生保健基金会发起，阿斯利康独家支持的“健康专县-联县健康直通车”移动筛查车在河南省平舆县首发。这是一款体现了医工融合，由物联网、5G 等新技术赋能的移动筛查车，并通过数字化的平台进行全流程的整合，全车物联提升效率，实现数据的互联互通。

筛查车整体解决方案包括筛查医学路径、车辆设计、筛查设备、数字平台四个板块。



“健康专县”筛查车首创了四病+四癌多病种联合移动筛查的模式，围绕胃癌、乳腺癌、前列腺癌、宫颈癌四类主要肿瘤，以及高血压、高血脂、糖尿病、慢阻肺四类常见慢病，确定了各疾病的筛查手段，并设计了多病种联合筛查的筛查路径。



根据疾病筛查路径，借助云计算、物联网等数字化技术进行赋能，阿斯利康规划设计了较为完善的数字化平台进行筛查前、筛查中以及筛查后的全流程管理。车辆内划分了签到区，采血区，检测区，B 超/心电检查区，妇科检查区及肺功能检查区等 6 大功能区域。另外，车辆选取了长度适中的车型，车身外侧安装了折叠式遮阳篷，随车配备了 50 英尺液晶屏和音响设备，可以有效支撑基层筛查中的健康宣教。

该移动筛查车首度在移动筛查场景下，将跨治疗领域的多种 POCT 设备以车辆作为载体，借助物联网技术连接到移动筛查工作站进行整合。设备包括：血压计、血脂仪、血糖仪、便携式肺功能仪、便携式 B 超、十二导联心电、胃功能荧光免疫层析智能检测系统、PSA 微流控精准 POCT 等。

作为移动医疗解决方案，筛查车可以灵活部署到基层，如县/区，乡镇，村，不受地理位置的限制。车内搭载了所有的医疗设备，并部署了相应的网络和软硬件环境，可以通过 5G/4G 进行通信。该系统的筛查问卷、预约、报告均为云端部署模式，便于患者使用。同时，筛查工作站为车载工作站，实现本地部署，具备和医院 HIS 打通的能力。

5G 的应用是“健康专县”四病四癌移动筛查车的一大特色。5G 主要的应用场景在于对与高危人群的导诊和转诊的赋能。一方面，对于医护人员而言，通过 5G 通信，可以有效提升筛查报告的上传速度，减少工作时间提升效率。根据实测，以每日筛查 60 人为例，在 4G 环境下，需要医护人员大概 2 小时左右的时间进行确认及上传，在出现网络不稳定的情况下，还会出现重传的状况；在 5G 环境下，上传的时间可以降低到 20 分钟以内，这样就大大节省了医护人员的工作时间。另一方面，对于筛查人群来说，当日即可获取筛查报告。若是高危或中危人群可当日进行诊疗，这样便可有效降低转诊脱落率。这对于基层患者的健康而言，具有重大意义。5G 通信也使得乳腺癌的远程超声诊断以及人工智能技术应用到基层移动筛查成为可能。车上所搭载的超声和心电设备均可以支持云端的人工智能辅助诊断的能力，可以作为医生诊断的有效补充，提升诊断率降低漏诊率。

四病四癌移动筛查车的应用，将会带来明显的经济和社会效益。一方面，对于患者，可通过标准化

的移动筛查、诊疗流程，提升患者对优质筛查、诊疗方案和药物的可及性和服务体验。对于政府，重大疾病的早诊早筛，可节约政府医保资金支出，减少癌症发病率和死亡率。能够助力政府完善慢病筛查及管理体系，解决农村偏远地区慢病管理有效性问题；对于医院，可以通过筛查带动学科建设，提升重大疾病的防、治、管的综合管理能力，同时通过筛查增加病人流量，带动医院经济效益提升。

重大疾病的早期发现和治疗具有良好的社会效益。在单病种筛查的模式下，以消化道早癌的早期筛查为例，其成本效益比为 0.85:1。这意味着每投入 0.85 元，收入为 1 元，收入大于成本，表示筛查具有经济性。在多病种模式下，进一步将进行后续的卫生经济学研究，对成本效益进行更加量化的分析。

8 对我国医疗健康物联网发展的建议和思考

近几年来，物联网概念加快与产业应用融合，成为智慧城市和信息化整体方案的主导性技术思维。物联网已由概念炒作、碎片化应用、闭环式发展逐渐进入跨界融合、集成创新和规模化发展的新阶段，取得了明显的成果。“十二五”“十三五”建设期间，我国政府不断加强对物联网发展的顶层设计，探索物联网产业链生态构建。这对于提振产业信心、推动产业发展成效显著，已经营造出有利于物联网产业发展的环境。目前，我国已形成包括芯片、元器件、设备、软件、系统集成、运营、应用服务在内的较为完整的物联网产业链，各关键环节的发展也取得重大进展。在 M2M 服务、中高频 RFID 及二维码等环节上产业链较为成熟，国内市场份额不断扩大，具备一定领先优势。同时，在基础芯片设计、高端传感器制造、智能信息处理等相对薄弱环节，我国近年来也取得不小进展，与国外差距不断缩小。此外，我国物联网第三方运营平台不断整合各种要素形成有序发展局面，平台化、服务化的发展模式逐渐明朗，成为中国物联网产业发展的一大亮点。但无论是物联网还是医疗健康物联网，我国仍然有极大的发展空间。通过本白皮书系列的归纳总结，不难发现我国医疗健康物联网可以考虑从以下几个方面加以补强。

8.1 强化产业集聚，进一步扶持打造全球性医疗健康物联网高地

我国物联网发展的重要政策纲领《物联网“十二五”发展规划》中明确指出，我国要在“十二五”期间初步完成物联网产业体系构建，形成较为完善的物联网产业链，充分考虑技术、人才、产业、区位、经济发展、国际合作等基础因素，在东、中、西部地区，以重点城市或城市群为依托，高起点培育一批物联网综合产业集聚区。

经过数年发展，我国医疗健康物联网政策力度不断加大，技术创新成果接连涌现，各领域应用持续深化，产业规模保持快速增长，并形成环渤海、长三角、珠三角和中西部地区四大产业集聚区。来自上述地区的医疗健康物联网企业在动脉橙数据库中收录的企业中占据超八成的比例。未来，我国应加强领先地区的应用示范等工作，加大政策和资金支持，以土地优惠、税收优惠、人才优待、专项资金扶持等多种政策措施推动产业发展，并建立一系列产业联盟和研究中心；积极组织实施重大应用示范工程，推进示范区和产业基地建设，多层次、全方位推进核心地区的产业建设，打造全球性医疗健康物联网高地。

8.2 增加研发投入，确保行业自主可控可持续性发展

目前，我国已初步构建起较为完善的医疗健康物联网产业链，初步覆盖传感器、芯片模组、元器件、

设备、网络通信、平台、系统集成、操作系统、应用服务等环节。其中，传感器产业基础日趋增强，已经形成长三角地区等为核心的 MEMS 四大产业聚集区。通信模组产业发展势头向好，国内企业在国际市场份额逐渐占据一席之地。物联网操作系统关键基础软件相关技术获得一定突破，国内企业陆续推出具有自主知识产权的物联网终端操作系统产品。不过，由于我国大部分医疗物联网企业属于小型企业，成立时间短、研发投入少，在高端产品上与国外产品有一定的差距。与此同时，作为医疗健康物联网基础的半导体制造行业在我国也较为薄弱，从国际形势出发，该领域亟待突破。

考虑到行业现状，我国应由国家相关机构牵头，协调产学研合作加强关键核心技术攻关，尤其是完成某些关系到行业发展的“卡脖子”工程攻关，增强产品供给能力。结合国家中长期发展规划重点任务布局，发挥新型举国体制和超大规模市场优势，推进跨学科、大协作、高强度的协同创新基础平台建设，针对关键核心技术和基础共性技术开展集中攻关，锻长项补短板；从而提升我国医疗健康物联网行业在生态链中的地位，确保行业自主可控可持续性发展。

8.3 完善安全建设，打造完全自主可控的医疗健康物联网安全体系

物联网市场规模逐年增长，万物互联时代正在到来。但物联网为我们的工作和生活带来便携的同时，也带来了风险，物联网安全事件随时发生，物联网的设备、网络、应用将面临安全的挑战。尤其在关系到病人生命安全的医疗健康物联网环节，安全更是需要重点考虑的头等大事。然而，我国大多数医疗机构仍未意识到新时代下物联网安全问题的复杂性，仍然仅仅只是以通过安全等级考核为目的，并没有主动应对安全威胁的意识。与此同时，国内安全企业对物联网安全的研究也缺乏针对医疗健康物联网终端安全产品以及医疗健康物联网安全顶层设计与统筹管理。

我国未来应加强医疗健康物联网安全建设，持续提升医疗健康物联网的安全标准，通过实施强制性安全标准及规范，或者设立专门的安全岗位等手段来迫使企业和医疗机构安全防护水平的提升。同时，考虑到医疗健康物联网安全关系到国计民生，有必要对国内相关行业的发展予以一定倾斜，以政策或者优先采购的形式促进相关行业的发展，从而确保完全自主可控的医疗健康物联网安全体系。

8.4 推动应用示范，促进物联网与医疗健康的结合，用技术为医疗健康赋能

尽管在物联网产业上我国有着尚可的产业基础和技术水平，但我国绝大多数医疗机构的信息化水平仍然较为低下。这不仅表现在技术应用水平上的低下，更关键是体现在思想意识上的低下。这极大地制约了先进技术在医疗机构中的应用。由于我国医院以公立医院为主，因此可以由政府牵头在有条件的地区设立医疗健康物联网应用示范区，由政府予以一定的扶持，根据当地实际情况设立目标，在部分示范医院实施新技术应用示范试点，形成带头效应向周边地区辐射。从而促进物联网与医疗健康的结合，真正实现用技术为医疗健康赋能。

无锡医疗物联网研究院
地址：江苏省无锡市新吴区清源路530创业大厦A区412
电话：（+86 510）85387610
电子邮件：ylwlwyanjiuyuan@163.com