

中国工程科技医药卫生与人口健康领域 2035 技术预见研究

孙殿军¹, 孙长颢¹, 张凤民¹, 丛斌², 乔杰³, 高彦辉¹, 张勇¹, 吴立军¹, 金焰¹, 赵世光¹,
申宝忠¹, 高旭¹, 李霞¹, 田野¹, 牛玉梅¹, 赵丽军¹, 李冬梅⁴, 徐建国⁵, 杨宝峰¹

(1. 哈尔滨医科大学, 哈尔滨 150081; 2. 河北医科大学, 石家庄 050017; 3. 北京大学, 北京 100191;
4. 中国工程院, 北京 100088; 5. 中国疾病预防控制中心, 北京 102206)

摘要: 为了把握医药卫生和人口健康领域国内外技术发展趋势, 适应国家重大战略需求, 开展未来 20 年我国医药卫生和人口健康领域关键技术预见, 旨在促进我国居民健康及经济、社会发展。以国内外现有技术预见成果、文献计量和专利分析等为基础, 提出备选技术需求清单, 向领域内科技专家和产业专家进行德尔菲问卷调查。根据问卷调查结果, 结合专家研判, 提出了面向 2035 年我国工程科技医药卫生和人口健康领域的前 10 项重要关键技术、重要共性技术和重要颠覆性技术, 分析了关键技术的实现时间、发展水平和制约因素, 为医药卫生和人口健康领域重大工程建设提供了科学依据。

关键词: 医药卫生; 人口健康; 2035; 德尔菲调查; 技术预见

中图分类号: R-1 **文献标识码:** A

Technology Foresight Research on China's Medical and Population Health Engineering Science and Technology to 2035

Sun Dianjun¹, Sun Changhao¹, Zhang Fengmin¹, Cong Bin², Qiao Jie³, Gao Yanhui¹,
Zhang Yong¹, Wu Lijun¹, Jin Yan¹, Zhao Shiguang¹, Shen Baozhong¹, Gao Xu¹, Li Xia¹,
Tian Ye¹, Niu Yumei¹, Zhao Lijun¹, Li Dongmei⁴, Xu Jianguo⁵, Yang Baofeng¹

(1. Harbin Medical University, Harbin 150081, China; 2. Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, China;
3. Peking University, Beijing 100191, China; 4. Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China;
5. Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China)

Abstract: Key technology foresight in the fields of medical and population health is very important to China's population health, economy, and social development. Such foresight permits technological development trends in medical and population health to be grasped, thereby meeting major national strategic demands. In this paper, a list of alternative technologies is put forward on the basis of technology foresight, bibliometrics, and patent analysis (both domestic and international). A Delphi investigation of the list was carried out among experts in the fields of medical technology and medical industry all over the country. A total of 10 major key technologies, 10 major common technologies, and 10 major disruptive technologies were put forward, by analyzing the results of the Delphi investigation in combination with the experts' judgment. The realization time, development level, and limiting factors of these major technologies were also analyzed. The results of this study provide a scientific basis for the raising of major projects in the fields of medical and population health.

Keywords: medical health; population health; 2035; Delphi method; technology foresight

收稿日期: 2016-12-12; 修回日期: 2017-01-10

通讯作者: 杨宝峰, 中国工程院, 院士, 哈尔滨医科大学, 校长, 主要研究方向为药理学; E-mail: yangbf@ems.hrbmu.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国工程科技 2035 发展战略研究”(2015-ZD-14)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

21 世纪以来,我国的人口结构、国民生活方式、疾病谱系、健康需求和主要医疗卫生问题已发生明显的变化 [1, 2], 疾病的预防模式、诊疗手段和管理技术等都在发生深刻变革 [3~5]。2016—2035 年,是我国社会经济生活的又一重大关键转折时期,将突破未来医药卫生和人口健康领域所面临的重大瓶颈问题,并对医药卫生和人口健康领域工程科技的跨越式发展提出迫切需求。

本课题按照“中国工程科技 2035 发展战略研究”项目总体组的要求,由中国工程院医药卫生学部负责,组织领域内院士、专家,以国内外现有技术预见成果、文献计量和专利分析等为基础,提出备选技术需求清单,并针对医药卫生和人口健康 12 个子领域的 75 项技术,向领域内科技专家和产业专家进行德尔菲问卷调查。

二、德尔菲调查情况概述

在工程科技 2035 技术预见德尔菲问卷调查中,医药卫生与人口健康领域设立了 12 个子领域,共 75

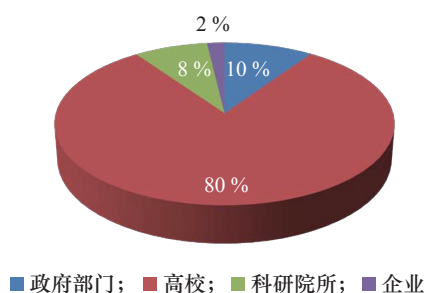


图 1 参与专家所在单位分布

个技术方向。调查邀请专家 1 760 人,其中填报人数 484 人,专家参与度为 27.05%。有 479 名专家填写了单位信息,各领域具体比例见图 1。

收回的问卷中,对所有填报的技术项,62% 的回函专家选择“很熟悉”或“熟悉”,总体看回函具有一定专业性,统计分析有较高的参考价值,结果见图 2。

三、医药卫生和人口健康领域关键技术方向

经技术预见结果统计和领域专家研讨分析,提出本领域综合重要性最高的前 10 项技术方向,见表 1。排名前 3 位的技术方向描述如下。

(一) 新药发现研究与制药工程关键技术

目前,新药研究还处于发展阶段,与美国等发达国家相比仍然存在较大差距。新药研发需借助药物敏感性、毒性、耐药性等一系列指标,从而实现和发展包括基于表观遗传调控的新药发现技术,完善并促进我国制药工程的发展。

(二) 人工智能与大脑模拟关键技术(交叉)

人工智能的目的,就是研究和完善等同于或

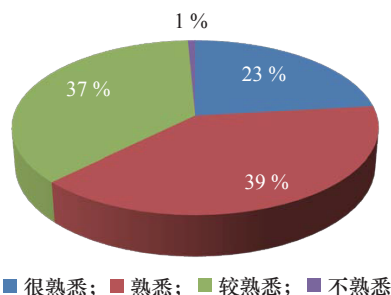


图 2 参与专家对调查技术熟悉程度的分布

表 1 医药卫生和人口健康领域关键技术方向

序号	子领域	技术方向
1	药物工程	新药发现研究与制药工程关键技术
2	认知与行为科学	人工智能与大脑模拟关键技术(交叉)
3	中医学	中药资源保护、先进制药和疗效评价技术
4	生物物理与医学工程	新型生物材料与纳米生物技术
5	再生医学	细胞与组织修复及器官再生的新技术与应用
6	疾病防治	慢性病防控工程与治疗关键技术(包括肿瘤、心脑血管疾病、糖尿病、慢性阻塞性肺病及肾脏疾病等)
7	生物与分子医学	基于组学大数据的疾病预警及风险评估技术
8	预防医学	食品安全防控识别体系及安全控制技术
9	生殖医学	不孕不育治疗体系优化
10	预防医学	应对突发疫情、生物恐怖等生物安全关键技术

超过人的思维能力的人造思维系统。目前，被人们广泛关注的技术有助听、助视等交流辅助技术，以及认知计算与神经系统关键技术，基于脑认知的视觉加工模型技术，基于视觉的自然环境感知技术，多层次神经信息检测技术，自动语言识别技术，利用计算机视觉原理开发出人造视网膜和仿脑制导系统技术等。人工智能和大脑模拟将成为未来科技进步的重要标志之一。为此，以美国为代表的一些发达国家设立了项目开展研究，并取得飞速进展。在“十三五”期间，我国将加大该技术方向的研究，但仍需长期加大跨学科合作研究的力度，不断解决神经系统疾病临床治疗和康复难以解决的问题。

（三）中药资源保护、先进制药和疗效评价技术

我国在该领域处于世界领先水平。目前，合理开发、利用和保护中药资源，实现资源的可持续利用，已成为医药行业必须高度重视和亟待解决的问题。同时，还需探索天然活性成分鉴定、分离技术和科学的中药疗效评价技术，促进中医制药领域的发展。

四、医药卫生和人口健康领域共性技术方向

本领域前 10 项重要共性技术方向见表 2。其中，前 3 项中，有 1 项技术与本领域关键技术相重合，其余 2 项技术方向描述如下。

（一）基于分子检测和分子影像的精准诊断及疗效评价技术

随着分子检测技术的不断成熟以及分子影像学

的发展，体外和活体的精准诊断及疗效评价技术取得了进步。但是，目前分子影像学的发展较为滞后，对活体组织细胞分子进行精确定位和检测还存在较大的缺陷。因此，亟待开发高精密度的光学分子成像系统，并与分子检测技术联合，用于疾病的早期预警、诊断、个体化疗效评价。

（二）面向社区的健康大数据及智能健康管理系统

互联网+与大健康产业的结合，使得基于计算机、通信、云计算、大数据等技术的健康产业呈现高速发展的态势。以个人为中心的健康数据正进行着快速积累，预计未来的 5~10 年将形成庞大的健康大数据，并通过与医院诊疗数据的互联互通形成海量的医疗健康大数据。建立基于大数据分析的智能健康管理服务系统，将在面向智能医疗的健康管理与服务的海量数据分析及处理领域取得突破性进展。

五、医药卫生和人口健康领域颠覆性技术方向

本领域前 10 项重要颠覆性技术方向见表 3。其中，前 3 项中，有 1 项技术与本领域关键技术或重要共性技术相重合，其余 2 项技术方向描述如下。

（一）生物 3D 打印技术与生物 4D 打印技术的研发及应用

生物 3D 打印是 3D 打印技术最前沿的研究领域，在生物医疗领域的发展势头迅猛，而引入时间维度可自动变形材料发展起来的生物 4D 打印技术

表 2 医药卫生和人口健康领域重要共性技术方向

序号	子领域	技术方向
1	药物工程	新药发现研究与制药工程关键技术
2	生物与分子医学	基于分子检测和分子影像的精准诊断及疗效评价技术
3	整合医学与医学信息技术	面向社区的健康大数据及智能健康管理系统
4	中医学	中药资源保护、先进制药和疗效评价技术
5	生物与分子医学	基于生物医学大数据的个性化健康管理技术
6	疾病防治	慢病防控工程与治疗关键技术（包括肿瘤、心脑血管疾病、糖尿病、慢性阻塞性肺病及肾脏疾病等）
7	预防医学	环境污染与人类健康关系综合评价技术及相关疾病防治技术
8	预防医学	食品安全防控识别体系及安全控制技术
9	生殖医学	不孕不育治疗体系优化
10	法医学	法医分子遗传检验技术

表3 医药卫生和人口健康领域重要颠覆性技术方向

序号	子领域	技术方向
1	生物物理与医学工程	生物3D打印技术及生物4D打印技术的研发与应用
2	药物工程	新药发现研究与制药工程关键技术
3	生物物理与医学工程	基于声、光、电、磁的新型诊断治疗技术
4	生物与分子医学	体液免疫及修饰性免疫细胞治疗新技术
5	再生医学	基于合成生物学的人工生物系统建立技术
6	预防医学	环境污染与人类健康关系综合评价技术及相关疾病防治技术
7	生殖医学	不孕不育治疗体系优化
8	法医学	成瘾机制及干预技术(包括药物、网络等各类成瘾)
9	药物工程	智能药物递送体系与新型药物制剂技术
10	疾病防治	预防及干预药物与疫苗研发关键技术

为生物医疗领域的应用带来无穷空间。突破共性的关键科学问题并开发高合成率的技术,是实现构建复杂、全功能组织器官,实现组织与器官完美再生的重要手段。通过在本技术方向的研究和积累,使3D、4D打印技术尽快实现临床转化。

(二) 基于声、光、电、磁的新型诊断治疗技术

通过原位生物作用定点合成对肿瘤和心脑血管等疾病相关病灶部位精准靶向快速标记的成像分子探针,建立活体原位生物合成近红外荧光探针及其生物靶向成像技术等医学诊断、治疗新技术,实现非侵入式的活体病灶实时动态的高灵敏快速示踪和多模态监测与治疗。

六、医药卫生和人口健康领域技术实现时间分布

(一) 预期实现时间分布

医药领域技术的世界技术实现时间、我国技术实现时间和我国社会实现时间分别见图3。

对所有技术的预期,世界技术实现时间为2019—2031年,主要集中在2022—2026年,有55项,约占全部技术的73%。

总体上来看,我国技术实现时间平均晚于世界3~5年,我国社会实现时间晚于技术实现时间2~3年。

(二) 中国技术实现时间与世界技术实现时间跨度分析

75项技术中,除了中医学7项技术,其他子领域的绝大多数技术在中国的技术实现时间均晚于

世界技术实现时间,平均晚2.6年,结果见图4。

预计不孕不育治疗体系优化技术和新型中医诊疗器械及设备技术中国与世界会同步实现。

新药发现研究与制药工程关键技术、智能药物递送体系与新型药物制剂技术、大(超)型人群队列研究及数据集挖掘与分析技术、神经系统疾病防控新技术、儿童和青少年发育行为学测量与干预技术和基于合成生物学的人工生物系统建立技术等6项技术在中国技术实现时间是2026—2030年,比世界技术实现时间晚4~5年。可见上述技术中国与世界的差距较大。

(三) 中国技术实现时间与社会实现时间跨度分析

我国75项技术从技术实现到社会实现的时间跨度为1~4年,平均为2.3年,结果见图5。

“不孕不育治疗体系优化”和“植入前、产前无创遗传学诊断”两项技术将率先在2020年左右实现,2021年将应用于临床。

干细胞介导生物口腔和五官组织再生技术、基于发育学原理的口腔和五官组织再生技术、可控生命体构建与重塑技术、人工智能及大脑模拟关键技术(交叉)等技术实现时间相对较晚,为2032—2033年。

七、医药卫生和人口健康领域技术发展水平与约束条件

(一) 研发水平指数

医药卫生领域各子领域技术方向研发水平指

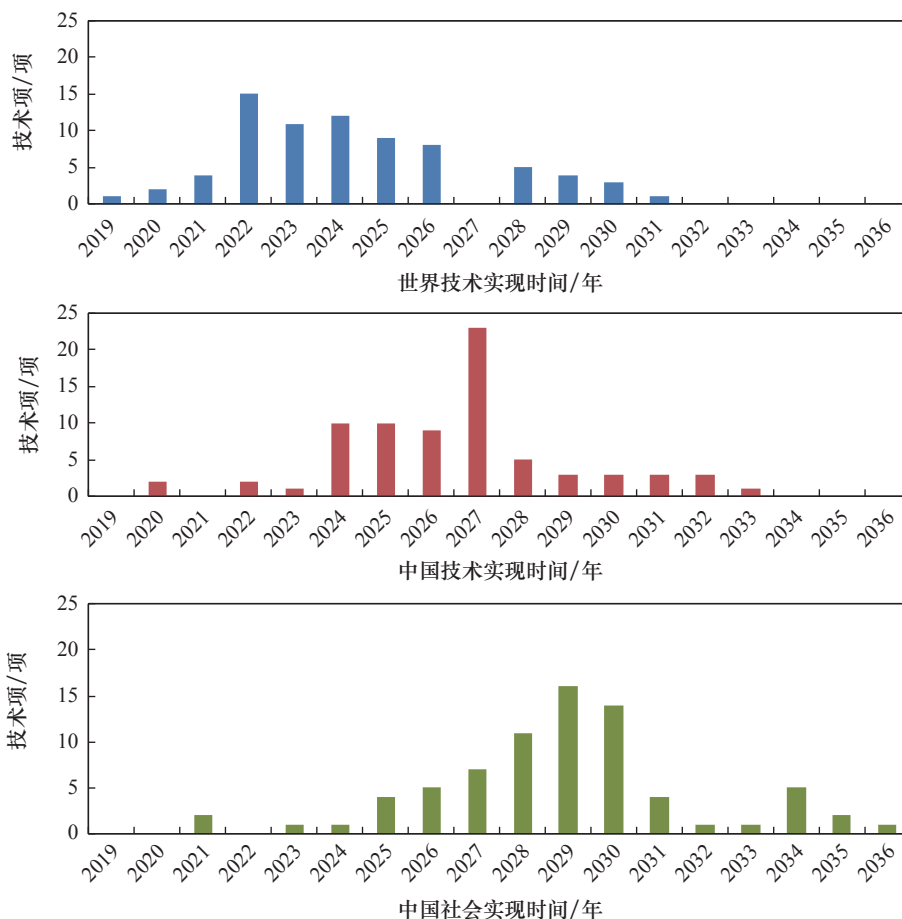


图 3 三类预期实现时间的比较分析

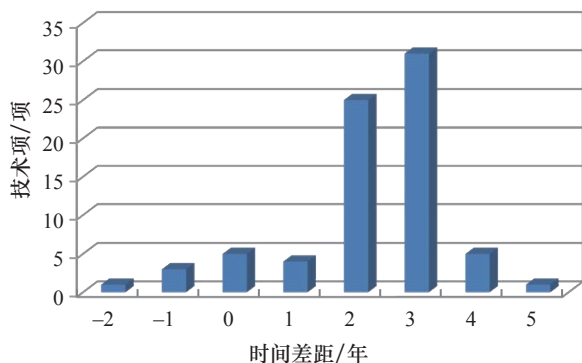


图 4 中国技术实现时间与世界技术实现时间差距

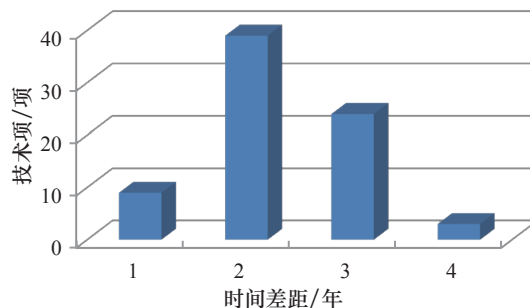


图 5 中国技术实现时间与社会实现时间差距

数分析结果见表 4。75 项技术研发水平指数均值为 33.29。其中，中医药学子领域 7 个技术方向研发水平指数均值为 82.54。除去中医药学，其他 11 个子领域研发水平指数均值下降到 28.22。可见，我国医药卫生领域技术方向总体研发水平不高。

(二) 技术领先国家

医药卫生领域各项技术领先国家的判断如下：

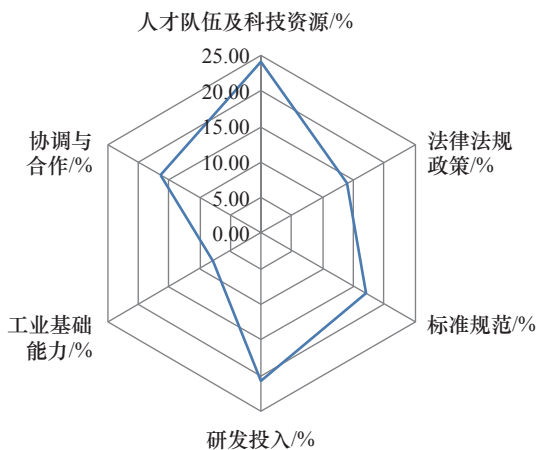
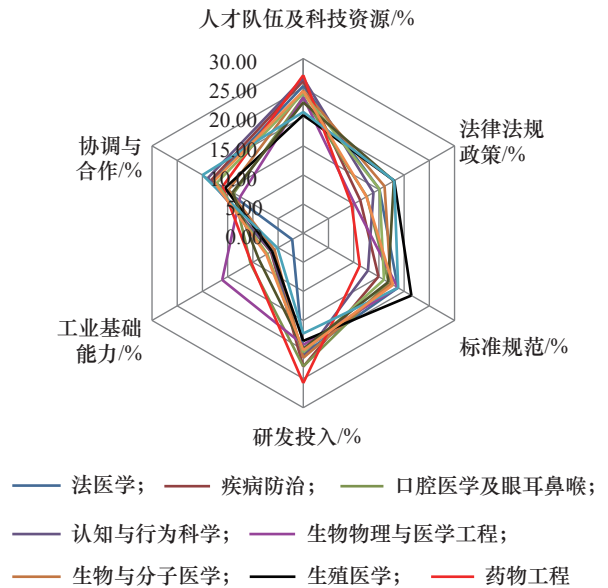
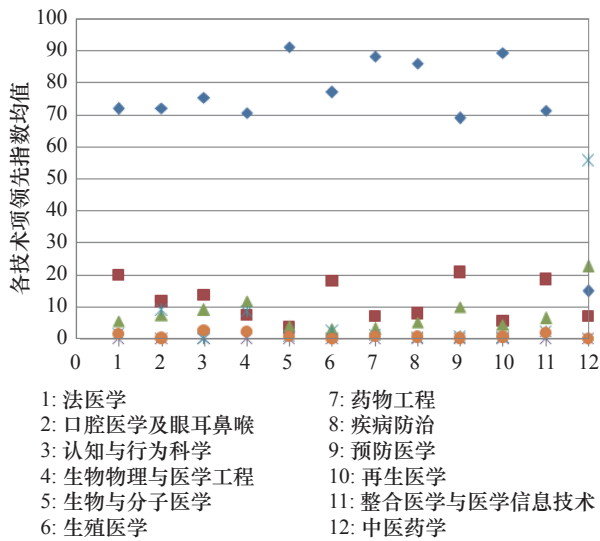
除中医药学子领域外，美国在其他所有子领域拥有绝对技术优势，其次为欧盟和日本；中医药学方面，除中国外，日本具有一定优势。结果见图 6。

(三) 制约因素分析

整体来看，人才队伍及科技资源是医药领域技术发展的首要制约因素，其次是研发投入，而医药领域技术的发展受工业基础能力的影响不大，结果见图 7。各子领域的制约因素情况结果见图 8。

表4 医药卫生领域各子领域技术方向研发水平指数分析结果

子领域名称	≤20	20~40	40~60	60~80	>80	平均研发水平指数
法医学	3		5			32.08
疾病防治		5	2			37.48
口腔医学及眼耳鼻喉		3	2			37.58
认知与行为科学	3	1				15.16
生物物理与医学工程		7	2			31.85
生物与分子医学		5				24.05
生殖医学		4	2			37.81
药物工程	3	3				18.29
预防医学	5	2				22.41
再生医学	1	5				28.80
整合医学与医学信息技术	5					15.67
中医药学				2	5	82.54
全部子领域	20	35	13	2	5	33.29



八、结语

本课题根据德尔菲调查的结果,结合专家研判,提出了面向2035年我国工程科技医药卫生和人口健康领域的前10项重要关键技术、重要共性技术和重要颠覆性技术。总体上来看,我国医药领域技术实现时间平均晚于世界3~5年。总体研发水平不高,除去中医药学领域,处于较落后和落后的领域占到80.88%。人才队伍及科技资源是我国医药卫生与人口健康领域技术发展的首要制约因素,其次是研发投入。据此,加大人才队伍建设是首要任务,也是持续、长期的任务;其次科研投入应不断

增加,而不能削弱; 三要加强法律法规政策和标准规范的制定,以促进或保障关键技术的发展 [6~8]。

参考文献

- [1] 张车伟, 林宝, 杨舸. “十三五”时期老龄化形势与对策 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2016.
Zhang C W, Lin B, Yang G. The situation and countermeasures of aging in the period of the 13th Five - Year Plan [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2016.
- [2] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 中国居民营养与慢性病状况报告 (2015年) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Report on the nutrition and chronic diseases in Chinese residents in 2015 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015.
- [3] 颜雨春, 周典, 朱启星. 数字化医院建设与管理 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2010.
Yan Y C, Zhou D, Zhu Q X. Construction and management of digital hospital [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 2010.
- [4] 陈根. 可穿戴医疗 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
Chen G. Wearable medical treatment [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2015.
- [5] 李玲. 健康大数据: 一场关于健康行为的革命 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
Li L. Health big data , a revolution in healthy behavior [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015.
- [6] 裴雪涛. 再生医学——理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
Pei X T. Theory and technology of regenerative medicine [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2010.
- [7] 王廷华, 潘兴华, 李力燕. 干细胞理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
Wang T H, Pan X H, Li L Y. Theory and technology of stem cell [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2013.
- [8] 沈秀芹. 人体基因科技医学运用立法规制研究 [M]. 济南: 山东大学出版社, 2015.
Shen X Q. Study on the legislation of human genome science and technology [M]. Jinan: Shandong University Press, 2015.