

# 生命健康领域前沿探测方法和 技术预见实践探索

崔宇红, 王 飒, 赵 霞, 崔 崑, 赵宝晶

(北京理工大学, 北京 100081)

**摘 要:** 把人民生命健康放在优先发展战略地位, 以科技创新引领卫生健康事业新发展, 需要通过开展技术预见科学判断和前瞻把握生命健康领域的“卡脖子”问题、关键核心技术和未来发展趋势, 回答生命健康科学技术如何促进经济社会发展和提升人民群众生活质量等一些科学问题。本研究旨在综合利用多源数据和计算机算法, 探索性地构建基于数据挖掘的科技前沿探测方法模型和实施流程, 识别出生命健康9个子领域计算机的95个前沿技术课题。同时组织开展德尔菲调查, 依靠专家智慧, 综合考量未来愿景、社会发展和民生需求, 遴选出面向2035年的11项优先发展技术方向, 为党和政府科学决策服务、为提高全民科学素质和推动创新驱动发展提供重要的战略支撑。

**关键词:** 生命健康, 数据挖掘, 德尔菲调查, 技术预见, 前沿探测, 优先技术领域

## 1. 引言

人民对美好生活的向往, 最基本的需求就是生命健康。人民的需要和呼唤, 是科技进步和创新的时代声音。在抗击新冠疫情的实践中, 用科技护航人民生命健康是战胜病毒的关键。2020年9月, 习近平总书记在原有“坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求”的基础上, 提出将“面向人民生命健康”作为科技事业发展的新方向, 这必将推动生命健康相关科学研

究迈上新台阶, 带动生命健康产业进入快速发展阶段。

目前, 我国在创新型国家行列中正处于从“并跑”“跟跑”朝着“领跑”前进的转折点时期, 必须重视技术预见这一重要战略研究工具。技术预见是一种对科学技术与经济社会协同发展进行战略前瞻性研究的系统方法, 用于对未来科技发展方向和重点领域进行选择 and 战略布局<sup>[1]</sup>。生命科学和健康医疗技术被认为是新一轮科技创新最有可能的引爆点,

---

**作者简介:** 崔宇红, 女, 博士, 研究馆员, 北京理工大学, 研究方向为数据分析与科技预测, 数字学术交流, 高等教育研究。

王 飒, 女, 博士, 副研究馆员、北京理工大学图书馆, 战略情报部副主任, 研究方向为战略情报、科技评价、科研数据管理。

赵 霞, 女, 博士, 副研究馆员、北京理工大学图书馆, 研究方向为战略情报、科技评价、科研数据管理。

崔 崑, 女, 博士, 馆员, 北京理工大学图书馆, 研究方向为战略情报、科技评价、科研数据管理。

赵宝晶, 女, 博士, 馆员, 北京理工大学图书馆, 研究方向为战略情报、科技评价、科研数据管理。

**基金项目:** 中国科协创新战略研究院科研项目“生命健康领域研究前沿发现和技术预见研究”(项目编号: 2019ys1-1-2-3)。

美国、日本等世界主要科技强国均将生命健康领域纳入技术预见的研究范畴, 通过制定科技政策使科技成果最大化作用于经济及社会发展<sup>[2]</sup>。我国从20世纪90年代开始由国家计委和国家科委组织关键技术遴选活动, 主要由政府部门、专业科技咨询组织和学术机构等三类主体开展面向不同需求的生命健康领域技术预见研究, 例如, 科技部2019年组织的第六次国家技术预测中包括生物、人口健康等17个领域。中国科学院的战略咨询机构在2015年启动“中国未来20年技术预见研究”项目, 出版生命健康领域的技术预见报告<sup>[3]</sup>。2019年, 北京理工大学与爱思唯尔联合发布国内首份《医工交叉前沿报告》<sup>[4]</sup>。2020年的新冠肺炎疫情全球公共卫生突发事件显示, 要把人民健康放在优先发展战略地位, 就要集中力量解决一批“卡脖子”问题和变革性技术关键科学问题, 这为生命健康领域的技术预见提出了新任务和新挑战。

本研究是中国科协于2019年启动“面向2035的技术预见”系列研究项目的组成部分, 旨在科学严谨地描绘出生命健康技术的未来全景, 回答生命健康科学技术如何促进经济社会发展和提升人民群众生活质量等一些科学问题。项目重点在方法理论和实践应用两个层面上开展研究工作, 一是基于项目组的前期研究积累, 利用计算机探测算法和多源指标数据, 探索性地构建面向技术预见的科技前沿探测方法模型和实施流程, 提出未来生命健康领域的技术清单; 另一方面充分发挥中国科协的组织优势, 调动社会各界参与未来社会愿景形塑, 在德尔菲调查设计和实施过程中注重对技术实现影响因素的研判分析, 为充分预见优先发展技术方向、准确把握未来技术的发展趋势和实现时间提供依据<sup>[5]</sup>。

## 2. 研究设计

### 2.1 生命健康领域的界定和学科分类

本研究聚焦保护人类身心健康的基础科学,

与疾病治疗相关的应用技术, 以及药品、医疗器械、疫苗等产业市场的全创新链条。从学科角度, 生命科学和健康科学是相似的, 它们都专注于研究地球上不同的生物体。生命科学试图了解地球上所有生物体(如植物、动物和人类等)是如何生存的, 它们各自的生命过程、行为和结构, 以及不同生物体彼此之间及其与环境之间的关系。健康科学是生命科学的一个分支, 它侧重于研究和理解人类和其他动物的功能, 而对动物的研究目的是获取足够的信息和知识来帮助人类治疗和预防各种疾病<sup>[6]</sup>。生命健康领域与生命科学和健康科学的层次关系如图1所示。

一个主题中的文献可能隶属于多个学科领域, 计算所有主题文献的学科共现关系可以展示生命科学各子领域的学科交叉程度, 如图2所示, 圆圈的大小表示隶属于某学科分类的主题数量, 并根据主题文献的学科相似性进行聚类, 用颜色标记两个学科集群, 学科节点间的线条粗细代表学科关联程度。可以发现, 图中较大的红色圆圈代表医学和生物化学、基因和分子生物学处于生命健康领域的核心位置, 并与免疫和微生物学, 药理学、毒理学、药理学, 生物医学工程, 神经科学等子领域有更加紧密的关联, 而与健康、护理、心理学等子领域的关联性相对较弱。

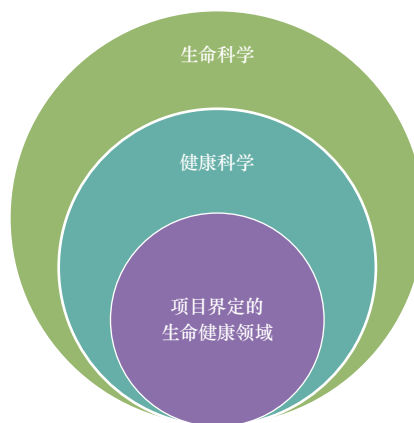


图1 生命健康领域的研究范围

### 2.2 研究思路和实施过程

研究综合采用情景分析、数据挖掘和专家法

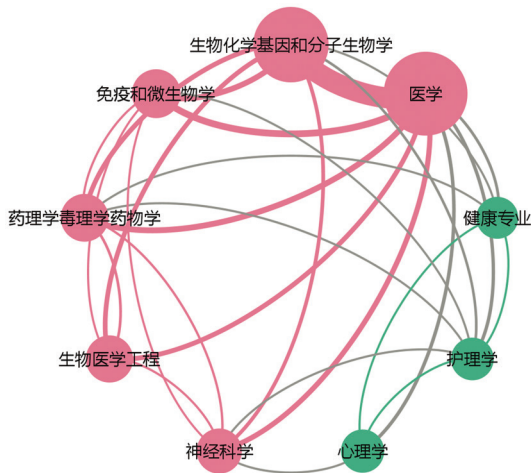


图2 生命健康领域学科关联图

来实现从愿景需求扫描、前沿技术探测到专家预见决策的过程，以确定优先技术领域和关键技术课题，研判生命健康领域的未来趋势和社会影响。具体流程包括7个步骤：① 收集国内外生命健康领域的政策战略、科技基金等文献，尤其是深入分析《“健康中国2030”规划纲要》《“十三五”健康产业科技创新专项规划》和《“十三五”国家科技创新规划》，梳理我国生命健康领域的主要技术需求表现；② 结合我国经济社会发展趋势和挑战，从产业创新需求、经济社会发展需求，尤其是公众利益与需求（如医疗费用、疾病谱、老年化和伦理道德等）三个角度，对科学技术需求

的重要程度和实现可能性进行分析；③ 基于海量文献、专利、互联网数据和政策文本，利用科学计量学、机器学习、文本分析技术实现自动化的技术前沿主题探测，并从新兴热点、社会关注、技术转化和跨学科研究等四个维度，分别遴选出初步技术主题，进入生命健康领域技术备选分析池；④ 梳理国内外权威咨询机构最新发布的战略报告以及相关的技术预见报告，详细分析日本第11次技术预见中健康/医疗/生命科学领域的96个主题<sup>[7]</sup>，以及韩国第五次技术预见中医疗生命领域的47个技术主题<sup>[8]</sup>，从中凝练重点关注的共性问题且未在前面的数据挖掘中发现的技术主题，作为补充进入生命健康领域技术备选分析池；⑤ 成立技术预见专家组，召开第一次专家研讨会，对备选技术主题进行审核修订、评估验证和多轮迭代；⑥ 实施德尔菲调查，分析德尔菲调查结果，对技术课题的实现可能性和重要性进行研判；⑦ 召开第二次专家研讨会，依靠领域专家智慧确定优先技术领域和重点技术课题，针对领域、子领域和关键技术主题课题发展给出意见和建议（图3）。

### 2.3 基于数据挖掘的前沿技术探测

如图4所示，生命健康领域技术主题的探测识

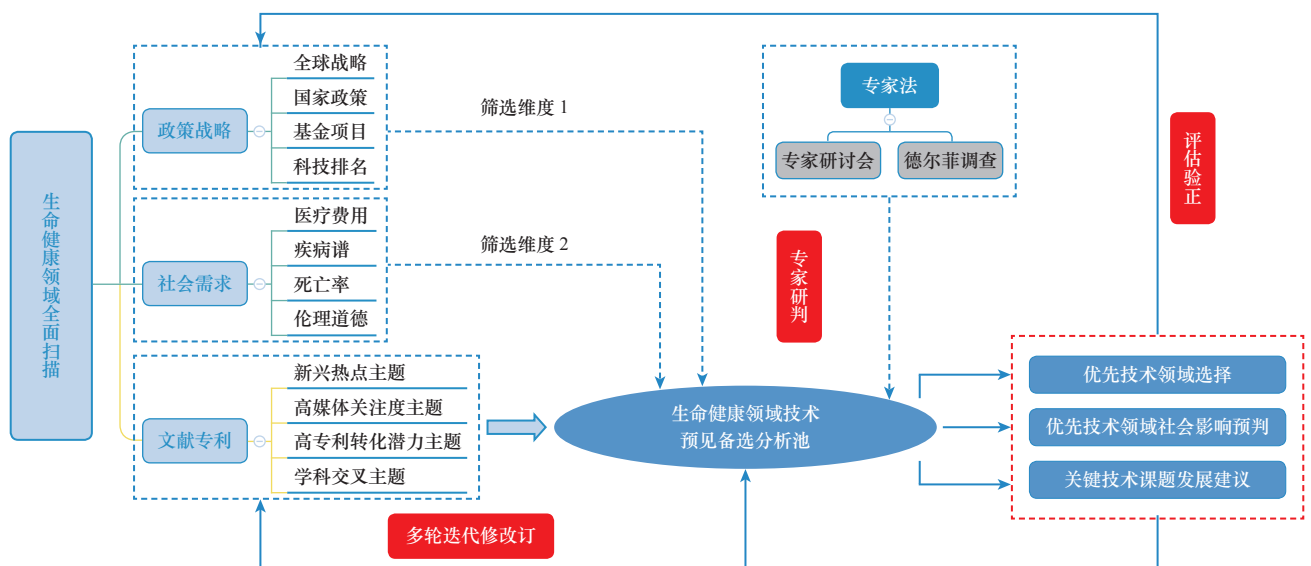


图3 项目研究思路和实施过程



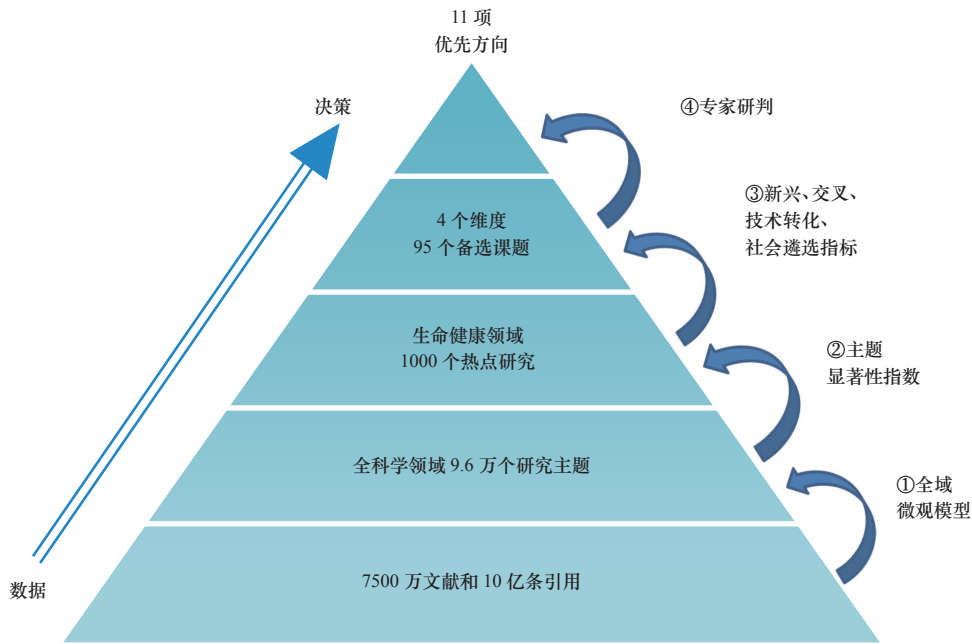


图4 前沿技术探测的金字塔模型示意图

别是类似于金字塔模型的数据筛选过程。首先，基于7500万条文献数据和10亿个引用链接，通过聚类算法和关键词自动抽取技术，将具有相同研究兴趣和知识基础组成的论文聚合，形成全学科领域上的9.6万个研究主题。每个研究主题计算显著性百分位数值，显著性指标越高，表示越来越多的研究者正在关注这个主题，说明这个主题的增长势头越猛<sup>[9]</sup>；第二步，将生命健康领域映射到10个学科大类146个学科子类，显著性指数阈值设置为前1%，获得近1000个生命健康领域的热点研究主题；第三步，依据新兴热点、社会关注、技术转化潜力、学科交叉四个维度，计算指标特征值并进行排序，遴选出100个左右的技术前沿主题；最后，结合国家战略规划、竞争态势分析和日韩等国家的技术预见报告主题，去重补充后得到95个生命科学领域的技术主题，用于专家调查、研判和决策。

图5展示了前沿技术主题特征指标的四螺旋结构，四个特征维度上前沿主题可能存在相互交叉和重叠，例如，新出现或者增长迅速的新兴前沿主题也可能是社会公众高度关注的话题，显然，在2个甚至更多维度上都出现的重叠区域也是研究

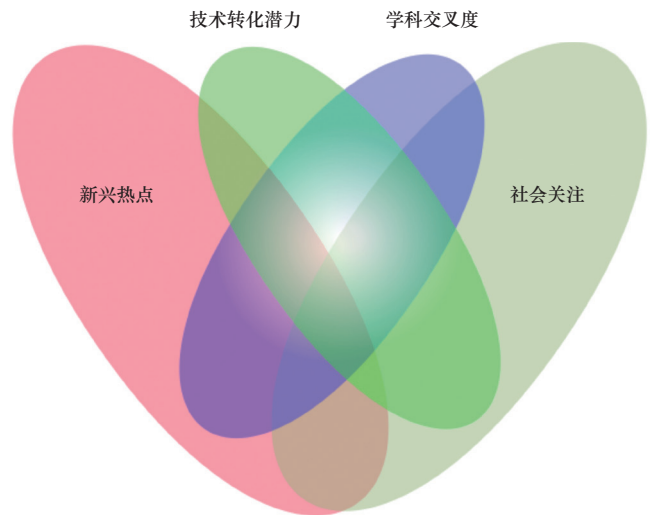


图5 前沿技术主题特征的四维螺旋图

中重点关注的课题。前沿主题计算遴选中除采用论文文献指标和数据外，在计算社会关注度时引入社交媒体数据，即时反映公众需求和新闻媒体报道的焦点领域。在计算技术转化潜力时引入了专利引用数据和产学合作指标，预测和评估基础科学与应用技术转化的程度。

#### 2.4 基于专家共识的德尔菲调查

德尔菲调查问卷设计坚持“全面、简洁、客观、可行、一致”的原则，主要通过在线调查方式获取专家对生命健康9个子领域95项备选技术课题

进行五大判断，即：未来实现时间、实验室技术实现制约因素、技术推广应用和普及制约因素、未来技术的影响因素、未来技术的领先国家等。

被调查专家在很大程度上影响德尔菲调查结果，本次技术预见活动聘请国际宇航科学院院士、北京理工大学医工融合研究院副院长邓玉林教授为首席专家，采用“专家推荐制”和项目组稽核专业领域相结合来确定德尔菲调查专家库。被调查专家均为高级职称，来自高校、科研院所、企业、医院和政府部门等不同类型，以保证调查的权威性和全面性。

实施过程中，项目组共开展两轮德尔菲调查，结果表明，对技术课题“熟悉”和“一般”的专家分别占比41.45%和40.60%，合计占比80%以上，保证了德尔菲调查结果的专业性和可信度。参考中科院面向2035技术预见，结合专家情况，对“熟悉”、“一般”和“不熟悉”的选项分别赋予权重4、2和1，用加权回函专家人数取代实际回函专家人数，统计对某一问题的认同度，使判断更趋向于熟悉技术课题的专家判断。

为凝练专家共识，在德尔菲调查结果分析阶段，计算“技术课题未来实现时间”时采用中位数法，即将专家的预测结果在时间轴上按先后顺序排列，并将考虑专家熟悉程度的加权专家人数分为两等份，在中分值点的结果即为预测的“技术课题未来实现时间”。在进行技术课题制约因素分析和对未来影响的判断分析时，采用专家认同度来表征，即回函专家选某项的人数（考虑专家熟悉程度影响的加权人数）占回函专家总数（考虑专家熟悉程度影响的加权人数）的比例。

### 3. 生命健康领域前沿技术课题和优先技术方向遴选

生命健康领域遴选出的95个备选前沿技术主题按照基础研究、技术开发和应用研究归类为9个子领域，即属于基础研究的脑科学、免疫和再生医学等子领域，属于技术开发的基因技术、生

物材料检测、纳米医学和医学影像等子领域，属于应用研究的疾病预防、药物研发和健康管理等子领域。技术主题按子领域开展德尔菲调查，在调查基础上再通过专家研讨会进一步凝练整合筛选，最终提出11个优先技术方向。

#### 3.1 前沿技术课题

表1列出了四个维度上排名前十的前沿技术课题。可以看到，在新兴热点主题中，癌症免疫治疗相关主题出现较多，其中，“嵌合抗原受体T细胞（CAR-T细胞）免疫疗法”是近十年来免疫医学的重大突破，同时也是高技术转化价值的前十主题之一，当前各大制药公司与创新型公司纷纷抢占CAR-T细胞治疗市场。此外，正念疗法作为一种有效的心理辅助治疗方式，被广泛应用于治疗和缓解焦虑、抑郁、强迫、冲动等情绪心理问题，其疗效获得了从神经科学到临床心理方面的大量科学实证支持，相关主题的研究获得了美国国立卫生研究院等的大力支持。

高技术转化价值主题更多是关于基因技术的研究，其中“CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用”同时出现在新兴热点和高社会关注度的前沿主题前十行列，2020年的诺贝尔化学奖被颁发给了基因编辑领域的两位科学家，以表彰其发现了基因技术中的超级工具——CRISPR/Cas9基因剪刀；此外，中国科学家在基因编辑方面的研究成果入选中国科协生命科学学会联合体发布的《2019年度中国生命科学十大进展》。同时《科学》杂志将“充满道德争议的基因编辑”列为2018年最大的“科学故障”，也体现了基因编辑技术的复杂性。

社会高关注度主要集中在寨卡病毒、埃博拉病毒等传染病预防主题上，结合2020年新型冠状病毒的流行情况，有可能引起全球流行性爆发且尚无合理应急预案的未知传染性疾病的主题更为社会所关注，例如，麻省理工学院-哈佛大学博德研究所张锋研究团队已经利用CRISPR-Cas13剪切新冠病毒基因组用于新冠病毒的临床检测和

快速诊断中<sup>[10]</sup>; 此外, 有关肥胖、电子烟、心血管疾病等健康管理主题表明人们对健康关注度明显上升。

学科交叉角度筛选的技术主题涉及较多的是医学影像和生物检测方向, 其中“医学图像分析中的深度学习研究”主题中将深度学习用于影像分析, 从医学图像大数据中自动学习提取隐含的疾病诊断特征, 近几年已迅速成为医学图像分析研究热点。

### 3.2 优先技术方向研判

专家组结合国家重大战略需求、未来社会发展需求和愿景分析, 同时兼顾技术覆盖领域, 在95项技术课题上进一步整合凝练, 提出面向2035年最重要的11项优先技术方向, 具体方向及相关

的前沿技术课题如表2所示。

## 4. 生命健康领域德尔菲调查结果分析

### 4.1 技术课题的未来实现时间

生命健康领域技术课题“在中国的技术实验室预计实现时间”集中在2025年前后, 预计在2023-2029年实现的技术课题为81项, 占德尔菲调查清单课题总量的85.26%。对不同子领域在中国的实验室实现时间进行对比分析, 脑科学、免疫治疗相关课题在中国实验室预计实现时间平均值在2024年左右, 为9个子领域中时间相对较早的领域; 疾病预防相关课题在中国实验室预计实现时间为2031年左右, 在9个子领域中时间相对较晚的领域。

表1 生命健康领域四个维度上排名前10的前沿技术课题

新兴热点	高社会关注度	高技术转化价值	高学科交叉性
纳米胶束性能及其药物控释研究	寨卡病毒生物学研究	CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用	光学相干断层血管造影
免疫检查点抑制剂在肿瘤治疗中的应用	阿片类处方镇痛药与疼痛治疗	CRISPR/Cas系统及其在噬菌体中的作用	3D打印微流控芯片技术
嵌合抗原受体T细胞(CAR-T细胞)免疫疗法	人肠道微生物组学与肥胖	嵌合抗原受体T细胞(CAR-T细胞)免疫疗法	组织和器官的3D生物打印
T淋巴细胞代谢重编程的方法和机制	电子烟的安全性评价与风险评价	抗体依赖性细胞介导抗体疗法	医学图像分析中的深度学习研究
CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用	CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用	用于癌症治疗的抗体药物偶合物	环境中抗生素耐药基因研究
小胶质细胞与神经退行性疾病	尼安德特人基因组序列	诱导多能干细胞重编程机制	全基因组组装算法
环境中抗生素耐药基因研究	埃博拉病毒治病机理、临床表现与治疗	BET溴结构域抑制剂在肿瘤治疗中的应用	正念疗法对焦虑和抑郁的影响
组织和器官的3D生物打印	膳食糖摄入量与肥胖、2型糖尿病和心血管等疾病风险分析	通用流感病毒抗体和疫苗研究	抗菌聚合物作用机理、活性因子及应用
正念疗法对焦虑和抑郁的影响	运动性脑震荡研究	神经系统中的光遗传学	生态毒理学研究和风险评估
寨卡病毒生物学研究	免疫检查点抑制剂在肿瘤治疗中的应用	外显子组测序及基因组变异分析	细胞外基质作为生物支架材料的结构与功能



表2 生命健康领域优先技术方向与核心技术课题

序号	优先技术方向	相关的前沿技术课题
1	复杂脑疾病的诊断与调控技术	小胶质细胞与神经退行性疾病；神经退行性疾病诊断和分类研究；正念疗法对焦虑和抑郁的影响；昼夜节律和睡眠对身体和大脑健康的影响
2	脑机接口与类脑人工智能技术	脑机接口中脑电图分析及稳态视觉技术
3	干细胞调控与类器官技术	组织和器官的3D生物打印；诱导多能干细胞重编程机制和能够调控干细胞增殖、分化和功能的关键技术
4	免疫稳态与疾病防治关键技术	PD-1/PD-L1抑制剂在肿瘤治疗中的应用；免疫检查点抑制剂在肿瘤治疗中的应用；嵌合抗原受体T细胞(CAR-T细胞)免疫疗法；T淋巴细胞代谢重编程的方法和机制；新型基因修饰肿瘤细胞疫苗技术
5	新一代基因测序、编辑技术与应用	全基因组组装算法；单细胞RNA序列分析与转录组学；外显子组测序及基因组变异分析；纳米孔测序；CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用
6	纳米生物材料与生物检测应用技术	量子点在生物医学体外诊断的应用；金属纳米颗粒对体内外免疫反应的影响；基于表面拉曼散射的体外检测；3D打印微流控芯片技术
7	医疗器械的智能感知与智能交互关键技术	医学图像分析中的深度学习研究；具有超灵敏和实时数据解释与判断能力的智能远程手术机器人系统；能够进行远程治疗和护理医疗系统；基于AI的快速病理诊断系统
8	未知病原体的智能检测、预警与防控技术	通用流感病毒抗体和疫苗研究；冠状病毒相关诊断、病理学和病因学研究；利用病原体数据库分离鉴定未知病原体技术；新兴传染病对人类影响的预测和评估系统；传染病（流行病）疫情信息智能检测、预警；冠状病毒相关疫苗和药物方面的研究；重大疫情的生态环境风险综合评估与防控策略
9	源于传统中药的新药发现技术	中药复方新药以及中药组分或单体新药的研发；基于AI的药物研发（化合物筛选、设计和靶点）发现
10	靶向药物智能递送系统	纳米胶束性能及其药物控释研究；药物研发、药剂与作用靶点研究；基于靶标结构的药物结构修饰与优化研究；通过药物运载系统实现将核酸药物靶向到目标组织和器官；纳米药物靶向输运透过血脑屏障的研究；细胞穿透肽在核酸和肿瘤药物传递的应用；自组装纳米粒非病毒性基因载体
11	多模态医疗健康大数据交互与应用技术	医疗健康大数据云平台

“在中国的技术应用推广和普及时间”集中在2029年前后，预计在2028-2033年实现的技术课题为62项，占德尔菲调查清单中课题总量的65.26%。对不同子领域在中国的应用推广和普及时间进行对比分析，免疫治疗和基因技术在中国的技术大规模普及时间平均值在2027年左右，为9个子领域中时间相对较早的领域；干细胞和再生医学相关技术课题在中国的技术大规模普及时间在2033年左右，为9个子领域中时间相对较晚

的领域。

#### 4.2 实验室技术实现制约因素

对生命健康9个子领域在实验室技术实现的制约因素进行分析，整体来看，制约因素中科学原理突破、高层次人才及团队以及学科交叉程度影响较大，主要涉及免疫治疗、健康管理、疾病预防和脑科学领域；其次为相关学科发展情况、研发资金、产学研合作、研发设施设备；国内政策

支持和国外竞争限制影响相对较小。

### 4.3 技术应用推广和普及制约因素

表4对生命健康9个子领域在技术应用推广和普及的制约因素进行分析, 整体来看成果转化中

试基地、社会或风险资金、产业链配套能力制约程度较高, 主要涉及基因技术、疾病预防、健康管理、脑科学、生物材料和检测、药物研发等领域; 其次为公众需求、市场竞争程度、危害性或伦理风险、国内示范推广; 科技中介服务和国外

**表3 生命健康领域实验室技术实现制约因素分析**

技术	实验室技术实现的制约因素分析 (专家认同度, %)								
	科学原理突破	相关学科发展情况	学科交叉程度	高层次人才及团队	研发资金	研发设施设备	产学研合作	国内政策支持	国外竞争限制
脑科学	49.7	42.0	63.5	60.2	25.0	22.8	18.7	6.0	0.0
干细胞和再生医学	61.0	34.6	59.8	52.2	31.1	21.2	15.7	4.8	1.3
免疫治疗	75.0	0.0	25.0	100.0	62.5	0.0	37.5	0.0	0.0
基因技术	57.8	51.1	42.2	58.9	40.0	13.3	25.6	7.8	0.0
生物材料和检测	33.0	54.4	55.2	31.9	19.8	21.6	48.4	9.6	1.5
医疗器械	46.7	36.5	59.8	44.1	27.5	13.5	43.6	12.6	4.2
疾病预防	59.0	58.5	80.7	41.0	36.0	0.0	15.7	9.2	0.0
药物研发	50.7	35.1	31.3	55.9	55.5	21.1	21.9	12.3	2.3
健康管理	66.8	63.3	30.7	30.6	42.6	10.8	23.0	22.6	0.0
总计	55.5	44.1	50.1	51.5	38.2	13.4	26.8	9.8	0.9

**表4 生命健康领域技术应用推广和普及制约因素分析**

技术	技术应用推广和普及的制约因素 (专家认同度, %)								
	社会或风险资金	成果转化中试基地	产业链配套能力	科技中介服务	公众需求	市场竞争程度	危害性或伦理风险	国内示范推广	国外限制竞争
脑科学	33.3	68.0	51.1	25.6	35.5	6.9	19.5	35.7	2.1
干细胞和再生医学	42.8	58.5	58.5	9.8	35.3	15.7	22.7	16.9	2.9
免疫治疗	37.5	12.5	12.5	0.0	100.0	12.5	75.0	37.5	0.0
基因技术	80.0	81.1	48.9	6.7	24.4	18.9	4.4	31.1	0.0
生物材料和检测	18.4	51.6	61.4	14.1	25.4	31.4	26.4	27.1	8.0
医疗器械	50.4	48.1	59.3	6.5	36.0	11.2	7.0	46.8	5.7
疾病预防	72.0	59.5	74.4	3.9	31.5	8.0	37.6	13.1	0.0
药物研发	45.0	57.3	61.1	2.9	29.8	31.3	18.0	20.3	10.7
健康管理	70.0	53.6	38.0	8.9	32.4	28.1	20.1	29.9	1.8
总计	53.1	56.9	53.1	8.3	36.5	18.6	24.3	27.6	3.3



限制竞争的制约程度相对较小。

#### 4.4 技术课题对未来影响的判断

表5对生命健康9个子领域对未来国家安全、产业升级、社会发展和生活质量的影响进行分析，整体来看生命健康对社会发展、生活质量的影响较为突出。其中疾病预防、脑科学对国家安全的影响，免疫治疗、基因技术对产业升级的影响，免疫治疗、干细胞和再生医学对社会发展的影响，健康管理、脑科学、疾病预防对生活质量的影响较为突出。

#### 4.5 技术课题的领先国家和地区

95项技术课题中，我国接近国际水平的有73项，占比77%，落后国际水平的有18项，占比19%，领先国际水平的有4项，分别是“外显子组测序及基因组变异分析”“冠状病毒相关诊断、病理学和病因学研究”“冠状病毒相关疫苗和药物方面的研究”“中药复方新药以及中药组分或单体新药的研发”。相比之下，美国目前处于领先位置的有87项，涉及生命健康9个子领域。日本目前处于领先位置的有8项，主要集中在基因技术、疾病预防

和药物研发。

### 5. 总结和建议

#### 5.1 结果验证和存在的问题

研究与预测未来生命健康领域科学技术的发展及其对人类生活的影响是一项兼具挑战性与争议性的工作，难度很大。本研究通过系统性地探索前沿预测方法和开展技术预见活动，构建了多决策目标下多源数据融合和前沿发现流程，实现数据智能与专家智慧的有效整合，精准识别生命健康领域科技创新战略重点领域和优先发展技术清单。实践发现，基于数据挖掘的前沿技术在很大程度上与专家研判结果得到相互印证，专家提出的意见主要针对技术课题的描述和主题的颗粒度上，对所选技术本身的质疑很小，证明了技术主题识别方法是有效和可信的。

11项优先技术方向与日本、韩国的技术预见主题相类似的较多，如“复杂脑疾病的诊断与调控技术”与日本技术主题中的“基于神经退行性疾病（例如阿尔茨海默氏病）的发病前生物标记物的

表5 生命健康对未来影响的判断

技术	技术课题对未来影响的判断（专家认同度，%）			
	国家安全	产业升级	社会发展	生活质量
脑科学	11.2	23.4	34.9	30.6
干细胞和再生医学	5.6	25.1	42.3	27.0
免疫治疗	6.3	37.5	43.8	12.5
基因技术	20	34.4	27.2	18.3
生物材料和检测	5.1	31.1	38.7	25.2
医疗器械	3.0	31.9	35.4	29.7
疾病预防	29.9	4.0	35.6	30.5
药物研发	8.4	30.9	33.8	26.8
健康管理	4.2	14.3	39.7	41.8
总计	12.0	25.0	36.0	27.0

有效预防和治疗发病的疾病缓解疗法”“血液对癌症和痴呆症的早期诊断和病理监测”“阐明记忆、学习、认知和情感等大脑功能、意识、社会性、创造力等高阶神经功能”和“基于抑郁和双相情感障碍的细胞水平脑病理学新疗法”“通过细胞移植和基因治疗治疗中枢神经网络功能障碍（帕金森病、肌萎缩性侧索硬化症、脊髓损伤等）”相类似；“脑机接口与类脑人工智能技术”在韩国未来技术中也有类似的主体，如“完全植入式神经通路设备”、“人机交互脑机接口技术”。未在日韩技术预见重要主题中出现的有“源于传统中药的新药发现技术”和“靶向药物智能递送系统”。

由于受德尔菲调查专家规模的限制，参与调查的专家更多集中在学术机构中，对经济社会的发展趋势和公众社会需求的全局把控较为困难。因此，在面向2035新一轮中长期规划以及在中美贸易摩擦背景下，坚持以科技创新和经济社会发展双轮驱动的科技政策导向，需要不断增强技术预见方法和实践上的独立探索和开拓创新能力。

## 5.2 生命健康领域技术发展建议

生命健康领域技术预见的目标是有效支撑相关决策、研究和规划，为实现我国生命健康领域的未来技术引领提供参考建议。基于德尔菲调查中生命健康领域的主要制约因素，提出促进和保障我国生命健康领域未来技术发展的可行性建议。

一是要加强基础研究，努力实现科学原理突破。尤其是免疫治疗、健康管理、干细胞和再生医学、疾病预防、基因技术、药物研发和脑科学等子领域都已经到了技术突破的紧迫阶段，要提出新理论、发展新方法，争取获得重大开创性的原始创新成果。同时，加快互联网和大数据技术与健康产业结合，加快业态创新、技术创新、产品创新、管理创新以及服务创新。

二是要面向人民生命健康和国家战略重大需求，发展关键应用技术。在测序仪、测序试剂、

疫苗生产原料及生产设备、高端医疗器械等“卡脖子”的技术瓶颈，亟须加快突破关键核心技术的制约。鼓励企业拓展自主研发，推动建立适应健康新业态、新模式发展的产、学、研、用协同创新体系，构建全链条新业态科技支撑体系。

三是以跨领域跨学科交叉融合方式应对人类健康挑战。不断优化学科布局，设置和发展智能医学等新兴医学、交叉医学专业。培养生命健康基础或应用研究、生命健康服务业、生命健康制造业等的创新创业人才；培养具有全球视野和社会责任感、跨文化交流能力强、解决全球健康问题、引领未来的世界顶尖复合型大健康人才。

四是要重视伦理审查，加强行业监管力度。适时根据生物医学研究的新进展、新问题出台新的伦理审查指导原则或指南；建立规范、统一的生物医学研究伦理审查行业标准，进行同行监督，相互学习、相互促进，以期使生物医学研究及伦理审查健康发展，进而推动生命健康产业和技术的良性发展。

责任编辑：李琦 校对：贺茂斌 李琦

## 参考文献

- [1] 本刊首席时政观察员. 主动性 前瞻性 突破性 以技术预见推动科技创新战略转型[J]. 领导决策信息, 2019, 1165(20):10-11.
- [2] 高卉杰, 王达, 李正风. 技术预见理论、方法与实践研究综述[J]. 中国管理信息化, 2018(17).
- [3] 中国科学院创新发展研究中心, 中国生命健康技术预见研究组. 中国生命健康2035技术预见[M]. 北京: 科学出版社, 2020.
- [4] 北京理工大学和爱思唯尔联合发布国内首份医工交叉前沿报告[EB/OL]. (2020-07-09) [2020-11-15]. [https://www.sohu.com/a/406044303\\_120728294](https://www.sohu.com/a/406044303_120728294).
- [5] 赵立新, 梁帅. 新形势下中国科协开展技术预见的实践与思考[J]. 今日科苑, 2020(8):1-6.
- [6] How do health sciences differ from life

sciences? [EB/OL]. (2019-10-28) [2020-12-14]. <https://www.quora.com/How-do-health-sciences-differ-from-life-sciences>.

[7] 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 «第11回科学技術予測調査» [EB/OL]. (2019-07) [2020-12-14]. <https://www.nistep.go.jp/research/science-and-technology-foresight-and-science-and-technology-trends>.

[8] The 5th Science and Technology Foresight (2016-2040) [EB/OL]. (2017-10-25) [2020-12-14]. <http://www.kistep.re.kr/en/c3/sub4.jsp?brdType=R&bbIdx=11502>.

[9] 崔宇红, 王飒, 高晓巍, 等. 基于全域微观模型的研究前沿主题探测和特征分析[J]. 图书情报工作, 2018, 62(15):75-82.

[10] Patchsung M, Jantarug K, Pattama A, et al. Clinical validation of a Cas13-based assay for the detection of SARS-CoV-2 RNA. Nature Biomedical Engineering. 2020(26):1-10.

## Frontier detection methods and technology foresight practical exploration in the fields of life and health

Cui Yu-hong, Wang Sa, Zhao Xia, Cui Kun, Zhao Bao-jing

(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In order to making people's lives and health as the priority development strategy, and leading the new development of health care with scientific and technological innovation, it is necessary to carry out technical foresight research to scientifically judge and foresee the stranglehold problems, key and core technologies and future development trends in the field of life and health, and to answer scientific questions about how life and health science and technology can promote economic and social development and improve people's lives. The study aims to use computer detection algorithms and massive multi-source data platforms to exploringly build a data mining-based technology frontier detection method system and implementation process, and identify 95 frontier technology topics in 9 sub-fields of life and health. At the same time, the study organizes and conducts Delphi surveys. Relying on experts' wisdom and considering future vision, social development and people's livelihood needs, the study selects 11 priority development technical directions for 2035 to provide strategic support for scientific decision-making of the Party and the government, improving people's scientific literacy, and promoting innovation-driven transformation.

**Key words:** life and health; data mining; Delphi survey; technology foresight; frontier detection; priority technical fields