

• 学科建设 •

高校医工交叉科研融合发展路径构建与实践经验

——以四川大学“医学+信息”中心为例

孙雅婧 辜永红 苏泽灏 田宸宇 殷晋 应志野 杨晓妍 曾筱茜 张伟 李春漾

四川大学华西医院华西生物医学大数据研究院, 成都 610041

通信作者: 李春漾, Email: lichunyang@wchscu.cn, 电话: 028-85422819

【摘要】 目的 总结四川大学“医学+信息”中心在探索医工交叉科研融合发展路径的实践经验, 结合国内外高水平高校做法分析提炼理论基础, 为同类型高校提供参考借鉴。方法 采用案例研究法, 以四川大学“医学+信息”中心为例, 通过建设医工融合软硬件基础设施, 配载全流程项目管理、数据治理与经费支持等制度体系, 启用医学与理工科双项目负责人负责制研究制, 健全医工交叉学术交流和人才培养体系四个方面完成。结果 该路径的突出特色为深度科研合作与基础科研服务并重, 聚焦服务供给、规范制度保障, 从而培育了多元的学术生态。结论 本研究通过实践总结, 为高校医工交叉科研融合发展提供一套可复制推广的参考路径。

【关键词】 科研管理; 医工融合; 学科交叉; 双项目负责人负责制; 模块化服务

基金项目: 四川大学引导专项省配套—学科内涵发展—华西医学中心—医学+信息专项(0084204151016)

【中图分类号】 R19; R-05 **【文献标识码】** A DOI: 10.3760/cma.j.cn113565-20251029-00289

Construction of development pathways and practical experiences for medical-engineering integration in universities: a case study of the Med-X Center for informatics at Sichuan University

Sun Yajing, Gu Yonghong, Su Zehao, Tian Chenyu, Yin Jin, Ying Zhiye, Yang Xiaoyan, Zeng Xiaoxi, Zhang Wei, Li Chunyang

West China biomedical big data center, West China hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Li Chunyang, Email: lichunyang@wchscu.cn, Tel: 0086-28-85422819

【Abstract】 Objective To summarize the practical experience of the Med-X Center for Informatics at Sichuan University in exploring the integrated development path of medical-engineering interdisciplinary research, and, by analyzing the approaches of high-level universities both domestically and internationally, to distill a theoretical foundation that can serve as a reference for similar institutions. **Methods** A case study approach was adopted, taking the Med-X Center for Informatics at Sichuan University as an example. The study was carried out through four aspects: building the hardware and software infrastructure for medical-engineering integration, implementing a comprehensive system encompassing full-process project management, data governance, and financial support, activating a dual-primary investigator research system led by experts from both medicine and engineering, and improving the systems for interdisciplinary academic exchange and talent cultivation. **Results** The prominent feature of this path was the balanced emphasis on deep scientific collaboration and fundamental research services, focusing on service provision and standardized institutional guarantees, thereby fostering a diverse academic ecosystem. **Conclusions** This study provides a practical summary that offers a replicable reference path for the integrated development of medical-engineering interdisciplinary research in universities.

【Key words】 Research management; Medical-engineering integration; Interdisciplinary; Dual-primary investigator responsibility system; Modular service

Fund program: Sichuan University Guidance Special Provincial Supporting Project-Discipline Connotation Development - West China Medical Centre-Medical Information Project (0084204151016)

DOI: 10.3760/cma.j.cn113565-20251029-00289

随着新一轮科技革命和产业变革的深入发展, 交叉学科已成为国家突破科学前沿、解决重大民生需求新的增长点与着力点。在医学与健康领域, 推进医工融合是科技创新和服务“健康中国”战略的双重需要^[1]。国家通过设置科研项目引导交叉学科发展, 如科技部重点研发计划中的“生物与信息融合

(BT 与 IT 融合)”专项, 重点支持医疗人工智能、生物医学大数据等 7 个方向, 建立从需求牵引到交叉攻关至临床验证的全链条机制^[2-4]。另外, 政府出台多项政策引导医工融合加速发展, 国务院《关于加快医学教育创新发展的指导意见》^[5]中提到发挥综合性大学学科综合优势, 建立“医学+X”多学科交叉

融合平台和机制。教育部发布《服务健康事业和健康产业人才培养引导性专业指南》^[6], 指导设置包含生物医药数据科学, 医疗器械与装备工程等在内的 5 个新医科人才培养专业。

1 医工交叉科研融合发展面临挑战

我国高校的医工融合交叉科研活动具有显著的集成创新特征, 虽有国家层面大力扶持, 但其发展目前仍面临诸多挑战^[7-11]。

1.1 破除学科藩篱存在阻力

开展医工融合科学研究需要整合医学、工程学及其他相关学科的知识和技术, 但学科间存在学科体系、培养模式和思维方式等方面的壁垒, 给建立跨学科合作造成了一定的障碍。不同学科间参与者的贡献评估难的问题, 也是高校不同学院间面临的难题之一。

1.2 缺乏医工交叉制度体系

数据时代的医工交叉高质量研究离不开医学数据价值利用, 医学数据的挖掘使用很大程度上有赖于数据的共享。目前合作院校间缺乏合适规范的数据共享机制, 不利于跨领域科研合作、数据使用及共享, 制约着交叉领域的发展速度和合作效率。此外, 缺乏服务医工融合项目的规范标准导致研究成果共享不顺畅, 也不利于跨领域科研合作。

1.3 交叉学科人才匮乏

高校在交叉学科培养上, 体系化的设计较为欠缺。面临比较突出的问题是, 能够引领方向的跨学科带头人较少, 往往导致学科顶层设计不合理。同时由于学科基础人才断层, 使整体科研团队人才梯度建立较为困难。另外, 在技术转化环节缺少既懂医学又懂理工科的交叉学科人才从中翻译, 推动成果落地。以上因素的叠加, 容易引发交叉学科人才储能持续下降。

1.4 国内外高校医工融合科研发展现状

放眼全球, 笔者主要对比了斯坦福大学、麻省理工学院等国际高校及中国科学技术大学、上海交大等国内高校^[12-22] 医工融合发展方面的做法(表 1)。尽管各校在组织形式与侧重领域上存在差异, 但其成功经验具有共性特征:

一是固化组织平台作为基础设施。国内外高校普遍设立实体或虚实结合的跨学科机构, 譬如斯坦福大学的 Bio-X 中心、麻省理工学院的媒体实验室, 北京大学的前沿交叉学科研究院等, 为学科交叉融

合提供了稳定的物理空间与组织载体, 大大降低了院系壁垒, 为不同学科培养贯通式科研人才培养提供实训机会。

二是保证专项资源投入。例如上海交通大学的医工交叉研究基金, 为项目提供资金保障。如清华大学多个跨学科虚实体机构完善的管理制度和支撑体系, 可确保项目规范有序完整的实施。斯坦福大学则是通过多样化资金支持, 为交叉研究提供稳定保障。实践证明交叉研究落地实施需要持续且专注的资源投入。

三是注重交叉人才培养。剑桥大学博士训练中心强调实训与产业化结合, 清华大学开设交叉课程与联合培养项目, 都是瞄准人才培养链条完整化的道路, 具备跨学科能力的复合型人才是医工交叉合作的关键性因素。

四是保持交叉学术生态的活跃度。通过营造开放、协作、高频的学术交流氛围, 能够持续激发科研创新灵感, 可有效促成实质性合作。如中国科学技术大学的“理工医”沙龙、上海交通大学的论坛与期刊联盟等, 都收获了开放的交流平台, 有效促进了医工合作的紧密互动。

2 四川大学“医学+信息”中心实践模式

在高校医工交叉融合发展大背景下, 四川大学“医学+信息”中心通过自身发展实践, 探索出一套行之有效的科研融合发展路径, 对于破解上述高校医工交叉共性挑战具有重要借鉴意义。

通过跟其他国内外高校比较发现, 四川大学在实践中不仅涵盖了上述关键的共性基础要素, 另外还创新性地采用医学与理工科双项目负责人(以下简称“双 PI”)负责制的深度科研合作与模块化的基础科研服务双重路径实现创新升级, 建立科技攻关和基础研究共同进步, 提高了科研服务的管理效能, 产出一批有代表性兼具实用性的科研成果。具体建设路径将在下文详述。

2019 年四川大学率先提出由医学牵头、理工科积极参与, 投入学校、学院、社会等各方力量, 创建以“医学+信息”中心、“医学+制造”中心、“医学+材料”中心和 5G 医学转化应用平台为有组织的科研平台, 更好地为医工融合科研服务。其中“医学+信息”中心(以下简称“中心”)以生物医学数据为基础, “医学+”、“信息+”双引擎推进数据科研发展, 已形成一套有自身特色的交叉融合运行发展机制(图 1)。

表 1 国内外高校医工融合科研发展现状表

高校名称	重要举措	具体做法
斯坦福大学	设立 Bio-X 中心	以生物学为基础,医学、工程学、计算机科学、物理学和化学等多学科交叉的大型跨学科研究计划。独立且灵活的组织架构和用人方式
麻省理工学院	医学工程与科学学院、媒体实验室	通过跨学科乃至反学科理念组织研究计划、课题组和实验室等多种形式推进学科交叉研究,建立跨学科高度协作的实验群组,催生了大量颠覆性的原始创新
剑桥大学	纳米科学与纳米技术博士训练中心	通过重视实训和产业化密切结合等举措,大力促进纳米科技领域的交叉学科研究生培养
普林斯顿大学	普林斯顿精准健康计划	整合计算机科学、生物学、社会科学、政策、心理学、伦理学和医学等多学科,使用大型、复杂数据集,以更精确、有效和无偏见的方式制定医疗保健政策和提供服务
中国科学技术大学	建立“科大新医学”	设立新兴交叉学科门类、“理工医”交叉学术沙龙活动、试行“扎实理科+临床医学”的培养方案,着力打造临床医学“本—硕—博”一体化创新人才培养体系
上海交通大学	设立“医工交叉研究基金”	一体化统筹推进医工交叉工作,包括举办医工融合创新与成果转化论坛、医工交叉期刊联盟、设立“交大之星”计划医工交叉研究专项基金等
清华大学	成立三个实体跨学科交叉和七个虚体跨学科交叉科研机构	完善的管理体系、制度体系、支撑体系是跨学科交叉科研机构良好运行的关键保障因素。同时举办论坛、地市项目推动、开设交叉学科课程,设立联合培养项目培养复合型人才等
北京大学	前沿交叉学科研究院	虚实结合的组织形式、系统改革的制度体系、科研主导的管理理念、科教结合的人才培养、互助共赢的组织文化
西安交通大学	三校合并后完成综合性学科布局	加强顶层设计、完善组织管理机制、夯实研究平台、设立交叉基金和强化人才培养模式等

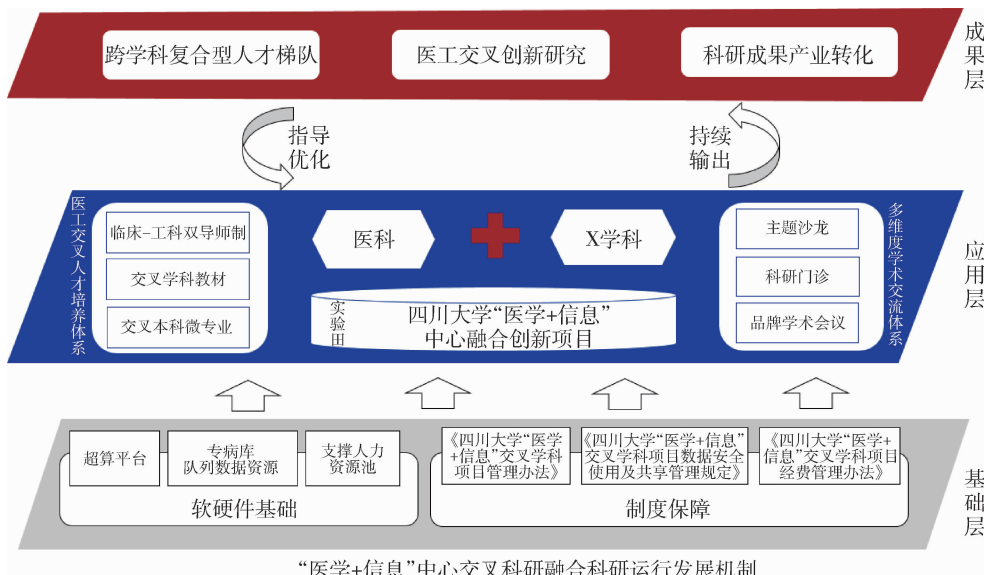


图 1 “医学+信息”中心交叉融合科研运行发展机制图

2.1 夯实软硬件基础

中心的硬件基础包括超算平台和数据资源两部分。其中,超算平台由高性能计算集群、私有云平台 and AI 计算集群三个部分组成,同时配备了完整的安全设备和安全策略,用来保障医疗数据安全。平台总体量包含 107 个计算节点、超 7 400 个 CPU 核

心数量、14PB 存储空间,算力达到 1.2Pflops。超算平台成为中心进行模块化科研服务中提供算力资源的核心保障,为交叉科研团队提供安全强力的计算和存储资源。

数据资源涵盖乳腺癌、食管癌、肾脏病及精神类疾病等 9 个专病数据库,其中精神类疾病专病,

包含 45 720 余名患者约 3 亿 4 183 万条信息,包括人口统计学信息、临床症状、住院记录和出院诊断等字段。另外,中心建立 6 个前瞻性临床研究队列,针对队列中多模态多来源数据,中心组织专业人员开发自动化数据清洗标化流程,主要针对缺失值、异常值及重复数据进行自动化处理,并已联合临床专家完成数据标注等工作。经过治理的标准化数据资源,也构成了模块化科研服务中数据资源服务的重要组件,同时为双 PI 负责的交叉项目在疾病的诊疗、预防及科研提供坚实的数据支撑。

中心组建各学科背景交叉研究队伍,提供技术咨询、研究设计和数据挖掘分析建模等各项技术服务。这支队伍是模块化科研服务的主要人力载体,

更是通过主动深入联结临床科室与理工科院系,从日常的科研工作中,积累储备需求清单和技术清单,在高密度的互动活动中充当医工结合的双面人,严格双向匹配临床需求与技术特色,成为医工融合科研发展的重要支撑。该研究队伍在服务的同时,也不断提高自身科研水平,在实践中为中心双 PI 制的医工合作项目提供了更好的前期预判,为模块化服务中前来咨询和合作的科研人员提供更确切的需求定位。

中心硬件资源、数据资源及相关数据技术能力面向全校科研工作者开放共享。医工交叉项目可根据自身研究需求,灵活选择相应的服务模块(图 2)。同时,依托配套建立的医工交叉融合制度,保障项目全过程的顺利实施。

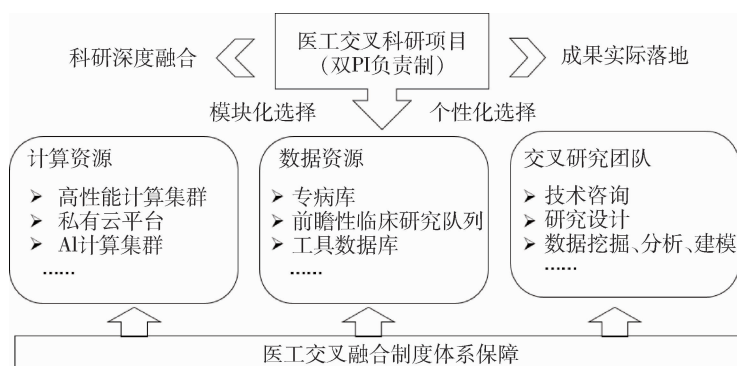


图 2 四川大学“医学+信息”中心软硬件服务模式图

2.2 优化交叉融合制度保障

除上述计算资源、数据及技术服务能力的支撑外,中心也创新性的设置“医+X”交叉双 PI 负责制项目,同时配套制定了一系列制度,保障项目顺利实施(图 3)。

为打破学科藩篱,中心于 2021 年发布“医学+信息”交叉学科建设开放项目计划。该计划突破传统单一项目负责人模式,采用医学与理工科双负责人负责制。临床负责人负责明确真实医学场景中面临的技术问题需求,工程负责人领衔主导技术方案设计与迭代优化。该计划落实推动了从基础研究到临床应用的创新发展,有效破除了不同学院间的学科壁垒,计算业绩时不同学院的 PI 符合条件承担的其他学院的医工交叉项目可计入工作量,双 PI 双算的方案有效解决了不同学院参与者的贡献评估问题。为充分发挥交叉学科优势,拓宽人才来源渠道,实现人才资源共享,川大鼓励并支持中心以双聘的形式引进人才。

医工合作研究项目多源于研究者自发合作,项

目管理制度不健全,导致合作经常难以持久维继,为解决此类问题,中心制定《四川大学“医学+信息”交叉学科项目管理办法》,要求立项评审委员会由医学、信息科学和工程学等多学科领域的专家组成,对项目申请阶段体现出的创新性、可行性及交叉融合深度开展联合审查。办法明确项目通过人类遗传资源管理备案、伦理风险审查及体(干)细胞临床研究备案为申请立项的前置条件,主要是为了从项目起始阶段就确保研究的合规性与伦理安全。项目通过评审立项,进入实施阶段,项目组需提交年度进展报告。报告内容包括项目进展、阶段性成果及未来研究方向,由跨学科联合专家组进行评议,动态评估项目实施情况,作为是否滚动资助的重要依据。若研究方向需重大调整的项目,通过年度报告及时反馈,利于专家组进行监督。项目验收时,中心严格对照项目既定研究计划与任务书中的考核指标考核验收,综合评价项目完成情况、成果产出水平及经费执行情况,确保研究完成质量和实施效果。

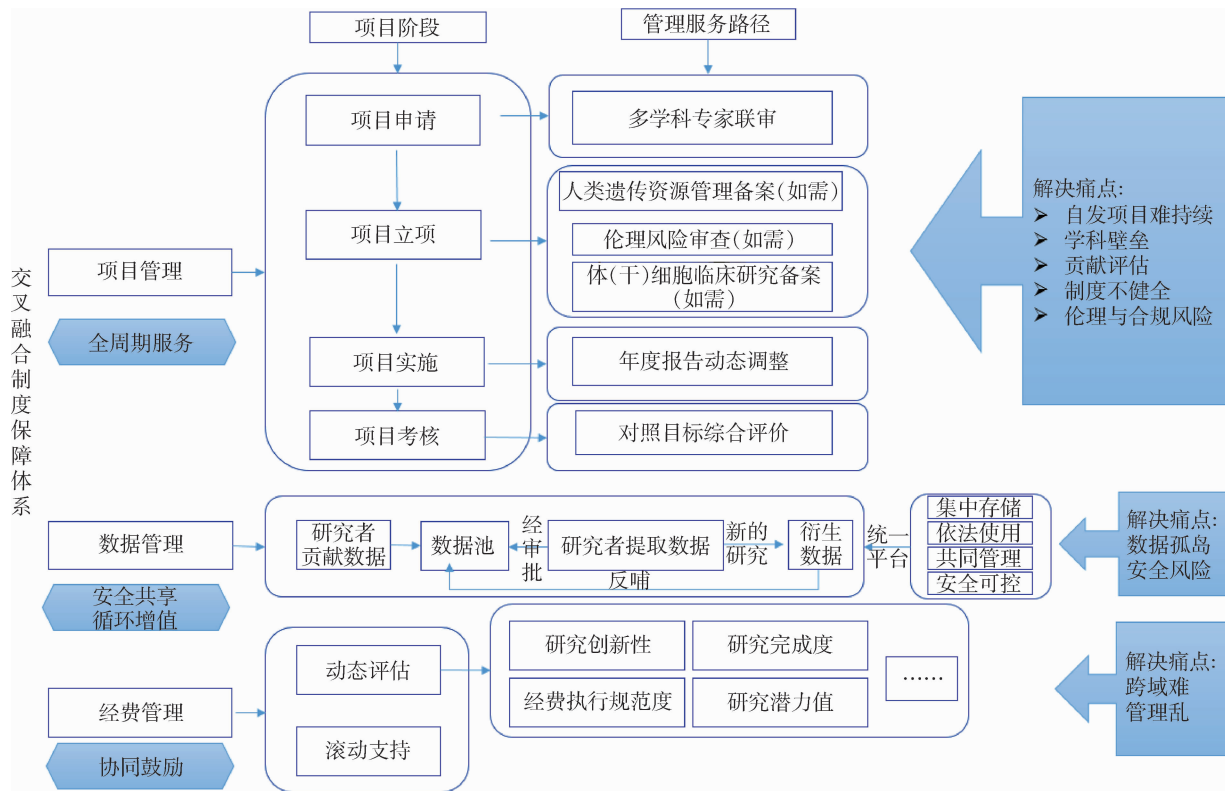


图 3 交叉融合制度保障体系图

数据共享机制不畅通,有碍数据发挥更大价值,中心以数据资源的安全使用和高效循环为重要考量,制定了《四川大学“医学+信息”交叉学科项目数据安全使用及共享管理规定》。该制度要求研究人员通过统一平台提交数据使用申请,经数据原始贡献团队审核批准后方可获取。在数据提取时,管理规定要求研究者需提供数据使用的详细字段,对同一项目的不同申请者也要求按人员按数据分级分类推送,从而提高了数据安全管理的精度。规定还要求新研究产生的衍生数据应反哺至中心数据库,形成有自生力的数据资源池,实现数据增值闭环。中心通过一系列数据的归集、使用、共享、导出、安全监督及追责等全流程规范约束,使平台拥有了较为完整的数据管理链条。

双 PI 项目的研究经费在共同账户,增加了经费管理和执行难度,配套建立经费管理制度,规范经费使用行为,解决 PI 们的后顾之忧,中心同步制定《四川大学“医学+信息”交叉学科项目经费管理办法》,严格依据国家科研经费使用的相关政策与规定,建立经费日常管理和动态评估支持机制。管理办法涵盖经费预算管理、项目经费开支范围、项目经费使用

管理和项目经费报销管理等方面,为交叉研究专项经费跨学院执行提供管理依据。经费滚动支持机制使有限的科研资源能够流动起来,有效激发交叉学科创新活力。

2.3 健全学术交流与人才培养体系

2.3.1 建立多场景学术交流体系 中心开展系列主题式学术沙龙、科研咨询门诊等多场景交流,创建“医信荟·数智角”系列特色学术活动。围绕“流体力学在临床医学中的应用研究”和“脑科学电生理信号”等主题,开展医工交叉主题沙龙。该活动主要特色为小领域范围内,不设置固定报告者,与会者自由交流模式。活动中先由临床研究者自由陈述其在诊疗实践、疾病管理中遇到的真实瓶颈与迫切需求;再由文、理、工科研究者针对前述临床问题,展示其领域内的前沿技术、模型算法或创新材料等潜在解决方案。基于上述基础,双方就技术路径的可行性、创新性及临床适用性进行深入研讨,实质性地推动合作意向的达成,完成研究团队的初步组建。

中心还设立 6 个方向的技术咨询服务。包括数据库及数据清洗标化、统计分析、队列建设、生物信息、人工智能、大数据相关项目预算及成果转化。咨

询服务因“科学问诊,对症下药,注重实操”的实际效果获得了科研人员较高的满意度。

同时中心积极与数学学院、计算机学院、商学院和匹兹堡学院等理工学院或联合主办或共同邀请讲者,已牵头举办 10 届以生物医学大数据·智能技术会议为代表的学术交流活动。

2.3.2 完善医工交叉人才培养体系 为了解决高校交叉学科建设普遍面临的交叉人才匮乏问题,四川大学在交叉人才的培育方面有一些创新举措,例如在研究生培养阶段设立临床—工科双导师制。该举措是由医学导师与信息学或工程学导师共同指导研究生,这种协同发展模式有效促进学生开展交叉课题深入研究,也为医工交叉合作提供了更多对话场景和机会。

在医工交叉课程体系建设过程中,中心开设数据科学课程,组织交叉学科专家共同编写《医学数据科学》教材,成为相关课程的重要教学资源。

此外,中心自 2025 年春季起,面向全校本科生开设“医学人工智能”微专业。该专业主要设置 6 门核心课程:医学大模型与生成式 AI 应用、数据研究设计与应用、医学数理统计与机器学习、生物信息与计算生物学、数字信号处理与生理信号监测、深度学习基础与医学图像。这些课程密切追踪医学与人工智能交叉领域的前沿发展,强调本科生的实践教学和能力培养。通过项目驱动的学习方式,让学生们在真实医学场景中开展 AI 建模、分析与应用训练,有效提升本科生解决医学问题的综合能力,为他们将来进入交叉学科深造提供引桥。

2.4 模式特色——创新实现科研合作与科研服务同步发展

除针对医工交叉科研融合发展面临的挑战,为推进医工交叉科研的顺利实施,中心还创新性的提出深度科研合作、基础科研服务二者有机结合的同步发展道路。

针对深度科研合作,中心实施医学与理工科双 PI 项目负责制,要求医学专家与理工科专家在项目申报、方案设计、研究实施与成果转化等全过程中共同承担科研引领职责。以实际临床问题为导向,医学 PI 负责凝练真实的临床需求、明确医学问题导向并提供临床验证场景;理工科 PI 负责技术路径设计、算法开发与工程实现。如在智能诊疗器械研发项目中,临床医生从操作难点出发提出功能需求,理工团队根据需求进行结构设计与智能控制算法开

发,双方在从需求到技术,从技术到产品的优化迭代中深化合作。这种做法打破过去医科只负责提需求、工科只负责做开发的松散协作模式,形成以解决实际真问题、科研产出真成果为导向的深度融合攻关机制。

在基础科研服务板块,中心优化设计了模块化科研服务体系,该体系提供计算资源、数据资源和数据分析服务三大服务模式。研究者可根据自身项目阶段与实际需求,像搭建积木一样灵活选用单项或多项组合服务。近年来运行结果显示,模块化的服务模式可显著降低平台的建设与运维成本,能够实现科研资源的按需分配与高效循环,较大提升资源利用效率与服务响应速度,促进不同规模、不同阶段的医工交叉研究因为得到更为精准持续的支持而共同发展。

3 实施成效

3.1 管理效能与科研产出双提升

在推动医工交叉科研合作方面,中心先后完成 34 个临床科室和 17 个文理医工类学院走访联结。截至 2024 年,已实现 200 余项医工交叉合作项目的精准对接。通过主动搭建学科交叉桥梁,有效促进跨学科合作的实质性启动。

此外,服务规模大幅增长,管理效能有效提升。2020—2024 年承接项目数从 77 项增至 224 项,其中 2024 年增量最大,增长 111 项,同比增长 95.7%,表明该模式对科研人员的强大吸引力。从计算资源的服务量上看,5 年间集群已累计执行约 120 万个运算任务。项目领域涵盖基因组分析、药物研发和医学图像处理、队列数据库建设和医学 AI 机器人等方面。如图 4 所示,医工合作项目数量逐年稳步增长。

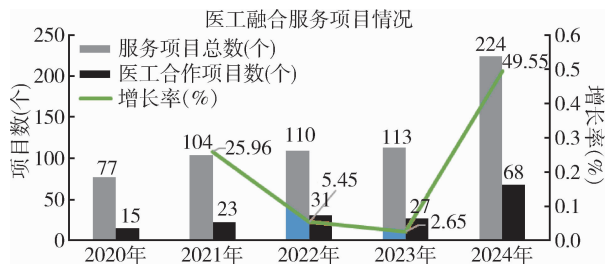


图 4 2020—2024 年四川大学

“医学+信息”中心科研服务量增长趋势图

注:图中数据来源为四川大学“医学+信息”中心统计合作项目数量

从科研产出来看,中心自成立以来,不断创新突破,已支撑发表高水平研究论文从 2021 年 120 余篇

增长到 2024 年 230 余篇,授权专利与软件著作权百余项,并获批多项国家级项目。尤其在医疗机器人、医学人工智能、机器感知与智能穿戴设备等研发领域,相关技术成果已成功转化,孵化的科技公司相关产品使更多患者实际获益。中心研究团队多家产业机构,联合发布多组学数据加速分析平台。该平台基于 GPU 加速,集数据存储、计算、管理、使用为一体,使得 30X 人类 WGS 胚系变异分析时间从 24 小时缩短至 7 分钟,这是全球首次将人类全基因组分析推进至分钟级时代,在多组学数据分析领域具有

表 2 2020—2025 年生物医学大数据·智能技术会议部分届次讲者学科背景情况表

会议届次(年份)	临床医学(人次)	信息科学(人次)	基础科学(人次)	其他/交叉学科(人次)	讲者总数(人次)	交叉学科讲者比例(%)
第 6 届(2020)	2	5	2	5	14	35.71
第 7 届(2021)	2	8	8	5	23	21.74
第 8 届(2022)	2	8	2	7	19	36.84
第 9 届(2023)	2	6	13	7	28	25.00
第 10 届(2024)	3	4	5	6	18	33.33
第 11 届(2025)	4	6	6	9	25	36.00

4 讨论与启示

虽然四川大学“医学+信息”中心前期实践已经取得了一些成效,但在长期合作激励、跨学科成果评价等方面问题时仍面临挑战,不过恰恰是因为对这些挑战的思考为未来如何提升医工交叉科研融合质量方面指明了方向。

4.1 构建深度耦合机制,但注意长效激励与评价

中心医工交叉项目的顺利推进与实施,其关键在于实行了双 PI 负责制。该制度的核心在于通过明确的权责利界定,在项目启动之初即构建一个责任共担、目标协同的强制性合作框架,从而为跨学科协作提供坚实的制度保障。好处是从源头上遏制了合作松散、目标不明确的问题,确保项目以临床实际问题为导向,均为可落地、可执行的项目,使研究从临床开始,又回到临床中去。但这一机制的成功运行,暴露出一个更大的制度瓶颈,就是如何解决跨学科合作的长期激励与学术评价难题。共同成果的归属认定、面向应用的研发工作价值如何,都缺乏明确的普遍性规则。因此,如果高校及科研管理机构能够协同创新,建立一套跨学科贡献认定的专项评价通道,从职业发展层面为参与者提供确定性保障,本模式的可推广复制性将大大增强。

4.2 资源精准配置,但需向整体化考虑升级

中心搭建合作桥梁,有效促进“医工”交叉合作,提升科研服务效能,另一个关键在于建立“模块化、

跨时代的意义。

3.2 交叉学科学术氛围日益浓厚

中心通过“医信荟·数智角”品牌活动及“生物医学大数据·智能技术会议”等系列学术交流活跃交叉学术氛围。其中,生物医学大数据·智能技术系列会议十余年来共吸引来自全球 10 余个国家、国内 30 余个省市人员参会,并邀请百余位不同学科领域的领军学者作大会报告。据统计,大会讲者学科背景呈现出显著的交叉性与多元化趋势(表 2),现已成为国内医工交叉领域内品牌学术活动。

可配置”的服务模式。通过将计算资源和数据分析技术能力分块、标准化,医工交叉合作项目可根据自身能力需求,自由选择所需的科研服务,显著提升了资源配置和响应效率。当前,这一模式运行良好,已很好地完成了资源精准匹配。其下一阶段的挑战在于如何从提供服务跃迁到整个学术平台的提升。平台能否有自己的造血功能,超越对现有需求的响应,主动联合顶尖学者,提出医工交叉领域颠覆性的科学问题?这就要求有类似功能的平台不仅把自己的角色定位在服务者,也要同时兼具引领者,具备真正的学术领导力。

4.3 可持续发展,依赖系统性制度创新

为提升平台的可持续发展能力与创新活力,中心创新性地构建了“申请—审批—反哺”的数据使用闭环与经费动态评估滚动支持的制度协同管理机制。这两项机制解决了医工交叉合作的两大核心资源问题,从制度设计上确保了资源的可持续发展。但这两项机制如何发挥更大的效能,需要放在更宏观的科研管理体系来考虑。例如,数据反哺取决于跨机构的数据合规与互认标准;经费的滚动支持需要高校或科研机构基础的财务管理改革作为基础设施。所以未来局部、小范围的机制创新是突破口,但真正要实现深度融合,必须要有更大范围的制度环境协同进化。

5 结论

四川大学“医学+信息”中心的实践揭示,高校医工融合的成功关键在于从物理的接触走向发生融合的化学反应。本案例正是以双 PI 负责制保障深度合作,以模块化服务实现支撑的特色之路。该研究为我国高校响应“新医科”建设、提升医工交叉创新效能提供了一套经实践历练、具有参考价值的发展模式。

利益冲突 所有作者均声明无利益冲突

作者贡献声明 孙雅婧:研究设计、文章撰写;辜永红、苏泽灏、田宸宇、殷晋、应志野、杨晓妍:分别参与数据共享安全等制度、教学、平台建设部分内容修改;曾筱茜、张伟:实践工作指导、经费支持;李春漾:研究设计与指导、论文审阅与修改、经费支持。

志谢 感谢本次科研及论文写作过程中科室同事的指导和大力支持

参 考 文 献

[1] 中共中央,国务院. 国家创新驱动发展战略纲要[EB/OL]. (2016-05-19)[2025-05-12]. https://www.gov.cn/zhengce/2022-03/content_3635217.htm.

[2] 国家自然科学基金委员会. 生物与信息融合(BT与IT融合)重点专项 2023 年度项目申报指南[EB/OL]. (2023-04-11)[2025-05-12]. <https://www.nsf.gov.cn/p1/3381/2824/79219.html>.

[3] 中共中央,国务院. “健康中国 2030”规划纲要[EB/OL]. (2016-10-25)[2025-05-12]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm.

[4] 国务院办公厅. 关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见[EB/OL]. (2016-06-21)[2025-05-12]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-06/21/content_5085091.htm.

[5] 国务院办公厅. 关于加快医学教育创新发展的指导意见[EB/OL]. (2020-09-23)[2025-05-12]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm.

[6] 教育部办公厅. 关于印发《服务健康事业和健康产业人才培养引导性专业指南》的通知[EB/OL]. (2023-12-14)[2025-05-12]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202312/t20231218_1094153.html.

[7] 齐曦明,李扬,黄华贵,等. 地市级医院医工交叉科研合作的探索与实践[J]. 中华医学科研管理杂志, 2021, 34(6): 468-471. DOI:10.3760/cma.j.cn113565-20210310-00126.

[8] 刘雷,曾丽艳. 智能医学:数据与模型驱动的医工融合[J]. 医学信息学杂志, 2023, 44(7): 1-8. DOI:10.3969/j.issn.1673-6036.2023.07.001.

[9] 李学沧,钱凤翠. 医工结合背景下医学信息专业产学研协同育人体系研究[J]. 医学信息学杂志, 2023, 44(2): 98-102. DOI:10.3969/j.issn.1673-6036.2023.02.019.

[10] 肖瑞,蔡晓鸿,胡芳,等. 智能医学背景下医工融合型一流专业人才培养模式探索[J]. 医学信息学杂志, 2024, 45(8): 96-99. DOI:10.3969/j.issn.1673-6036.2024.08.018.

[11] 宋月丽,宋国强,吴娟,等. 医学院校“大数据管理与应用”专业建设现状与人才培养体系探索[J]. 四川大学学报:医学版, 2022, 53(5): 782-789. DOI:10.12182/20220960105.

[12] 董樊丽,聂文洁,张兵. 美国高校学科交叉融合发展借鉴及启示——以斯坦福大学 Bio-X 计划为例[J]. 科学管理研究, 2020, 38(5): 146-152. DOI:10.3969/j.issn.1004-115X.2020.05.023.

[13] 王洋洋,张媛. 麻省理工学院媒体实验室建设对国内高校的启示[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(1): 223-227. DOI:10.19927/j.cnki.syyt.2025.01.041.

[14] 彭嘉隆,张检发,徐威,等. 剑桥大学交叉学科研究生培养模式探究——以剑桥大学纳米科学与纳米技术博士训练中心为例[J]. 军事高等教育研究, 2024, 47(2): 68-74. DOI:10.3969/j.issn.1672-8874.2024.02.011.

[15] Princeton School of Engineering and Applied Science. Using the tools of computer science to improve health care[EB/OL]. (2023-05-11)[2024-12-23]. <https://engineering.princeton.edu/news/2023/05/11/using-tools-computer-science-improve-healthcare>.

[16] 中国科学技术大学. 中国科大特色交叉学科研究与建设初见成效[EB/OL]. (2020-09-25)[2025-05-12]. <https://gradschool.ustc.edu.cn/article/2258>.

[17] 戴智华,王新德. 促进高校科技创新能力的学科交叉机制研究——以上海交通大学医工学科交叉为例[C]// 高校科技管理研究会. 高校科技管理研究会 2011 年学术年会论文集. 北京: 高校科技管理研究会, 2011: 12-16.

[18] 杨照,周煦然,樊笑哈,等. 北京大学第一医院健康医疗大数据平台的建设实践与思考[J]. 中华医学科研管理杂志, 2024, 37(6): 492-496. DOI:10.3760/cma.j.cn113565-20240408-00101.

[19] 丁帆,刘国卿,苟青华,等. 国内外一流大学跨学科交叉科研机构比较研究——以清华大学为例[J]. 北京教育(高教), 2020(10): 61-64. DOI:10.3969/j.issn.1000-7997.2020.10.020.

[20] 上海交通大学. 上海交通大学成立医工交叉期刊联盟,率先开展医工交叉学术期刊集群化发展试点[EB/OL]. (2024-04-17)[2024-12-23]. <https://news.sjtu.edu.cn/jdyw/20240417/196206.html>.

[21] 李宁,黄俊平,黄海军. 交叉融合 相生共赢——北京大学前沿交叉学科研究院建设模式探索[J]. 大学与学科, 2021, 2(4): 108-120.

[22] 李艳,马锋,王渊,等. 高校学科交叉研究的探索与实践——以西安交通大学为例[J]. 中华医学科研管理杂志, 2022, 35(5): 368-373. DOI:10.3760/cma.j.cn113565-20220414-00112.

(收稿日期:2026-03-11)