

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.02.007

# 面向医工融合的“知识-能力-课程” 三位一体课程矩阵设计及教学实践

宋剑, 李哲, 刘杰, 张超

(中山大学生物医学工程学院, 广东深圳 518107)

**【摘要】** 医工融合在促进我国原创医疗技术和高端医疗装备发展方面具有重要意义。针对既往教学实践中存在的医工融合难题, 该文以优秀教学队伍的塑造为依托, 以医工融合为主线, 围绕创新人才的高质量培养, 强化顶层设计, 以课程矩阵打破知识孤岛, 打造创新育人平台; 强化医工融合, 以教学资源优化推动能力进化, 形成育人合力; 强化“知识-创新”转化, 实现课程小训练与创新项目的深度融合。最终, 该文建设了更加完善的人才培养体系, 并促进学生创新能力的全面提升, 有效服务于生物医学工程专业创新人才的培养。

**【关键词】** 医工融合; 教学改革; 人才培养; 生物医学工程

**【中图分类号】** G642

**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242(2025)02-0171-05

## Design and Teaching Practice of a Trinitarian Curriculum Matrix of “Knowledge-Ability-Course” Oriented towards Medical-Engineering Integration

SONG Jian, LI Zhe, LIU Jie, ZHANG Chao

(School of Biomedical Engineering, Sun Yat-sen University, Shenzhen, Guangdong 518107, China)

**【Abstract】** Medical-engineering integration plays a significant role in promoting the development of original medical technologies and high-end medical equipment in China. To address the challenges in medical-engineering integration in previous teaching practices, this paper focuses on building an excellent teaching team, with the medical-engineering integration as the core. It emphasizes high-quality cultivation of innovative talent, and through top-level design and breaking down knowledge silos with a curriculum matrix, creates an innovative education platform. By strengthening medical-engineering integration, and optimizing teaching resources to enhance capabilities, it fosters a cohesive educational force. And it promotes the transformation of “knowledge into innovation” to achieve deep integration of small-scale course exercises with innovation projects. Ultimately, this paper establishes a more comprehensive talent cultivation system, significantly improving students’ innovative abilities and effectively supporting the training of innovative professionals in biomedical engineering.

**【Key words】** Medical-Engineering Integration; Educational Reform; Training of Professional; Biomedical Engineering

收稿日期: 2024-08-14。

基金项目: 2024 年中山大学校级本科教学质量工程类项目 (76190-11220003)。

第一作者: 宋剑 (1991—), 男, 贵州贵阳人, 博士, 副教授, 研究方向: 生物摩擦学、生物力学; 邮箱 (E-mail): songj67@mail.sysu.edu.cn。

通信作者: 李哲 (1986—), 男, 河南洛阳人, 博士, 副教授, 研究方向: 微创介入方法、智能医疗器械、功能医用材料; 邮箱 (E-mail): lizhe28@mail.sysu.edu.cn。通信地址: 广东省深圳市光明区公常路 66 号中山大学深圳校区生物医学工程学院。

## 0 引言

随着新一轮科技革命和产业变革的深入发展,世界百年变局正在加速演进,培养高素质创新人才、抢占科技制高点已经成为国际社会的共识。高校是国家创新体系的重要组成部分,作为国家战略科技力量,担负着培养高层次创新人才的责任,也负有“为党育人、为国育才”的创新人才培养使命<sup>[1]</sup>。

生物医学工程是自然科学、工程技术、生命科学及医学等学科高度交叉的工科专业,致力于在不同尺度上研究人体系统、器官、组织的状态变化,并利用工程技术手段,解决影响人体生命健康的医学问题。生物医学工程的人才培养是指通过指导学生在工程学视域下解析生命、健康与疾病的奥秘,发展创新诊疗方法,研制高端医疗器械及装备,为我国的大健康产业输送高素质人才,从而持续为“健康中国”战略贡献力量<sup>[2]</sup>。

针对生物医学工程“背靠工科、面向医科、医工融合”的专业特色,S 大学以创新人才培养为引领,以学生成长为中心,以能力提升为主线,铸造优秀青年教师教学团队,打造“知识-能力-课程”培养方案顶层设计,构建医工交叉、特色鲜明的课程矩阵,“学练结合、学以致用”,加强基础理论和实践技能的转化;培养具有医学背景,并能够进行工程技术创新的复合型人才,推动学生学习力、思想力、行动力、创新力的全面提升,取得了较好的育人成效。本文梳理了 S 大学生物医学工程专业当前课程中存在的主要问题,提出相关课程体系改革及实践路径,希望能对各兄弟院校生物医学工程专业的本科教育教学改革起到借鉴作用。

## 1 当前课程中存在的主要问题

### 1.1 传统工科课程缺乏医工内涵

生物医学工程处于医学和工程的交叉领域,具有典型的多学科交叉特征。国务院办公厅发布《国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见》,强调了医工融合的重要性。如何发挥多学科交叉特点,培养高素质、复合型人才,是生物医学工程专业在“新工科+新医科”背景下创新人才培养的关键。现有的生物医学工程专业培养方案大多源于各相关的工科专业,具体课程的授课内容大多

借鉴各专业的工科教材及其教学大纲。以 S 大学生物医学工程专业的培养方案为例,其早期开设的“工程制图”“机械设计”等课程,在学院早期发展阶段,受师资力量和发展阶段的制约,授课内容大多借鉴相关工科强校(如清华大学、北京航空航天大学、大连理工大学等)的经典课程;基于传统的工科案例,相关授课内容缺乏与医学实践相结合的部分,导致学生难以理解相关知识在本专业中的实际应用场景。由此,S 大学在针对生物医学工程专业学生进行授课的过程中产生了如下问题:①教学资源依托传统工科教学资源与素材,未能与生物医学工程专业进行有效的融合;②不同的课程由不同的教师授课,存在部分教学内容重复或知识断层的现象,易形成“知识孤岛”,难以围绕生物医学工程专业的人才培养,构建系统化、立体化的知识体系;③采用知识导向型授课模式,教学内容枯燥,缺乏实践环节,无法在教学周期内形成“知识-能力”的转化,难以实现医工实质性融合。

### 1.2 课程“教-学-实践”的能力培养不够深入

为满足生物医学工程专业的人才培养需求,考虑到生物医学工程的学科交叉属性,在课程设置上,学生所学科目较多,这使相关理论课程的授课学时有所缩减;与之对应,讲授内容的深度和广度也受到影响。同时,工科专业的诸多课程都是具有很强的实践属性的技术基础课,但由于授课内容被压缩,实践环节的学时难以得到充分保障。此外,各专业课的设置较为独立,任课教师之间沟通较少,课程实践任务少有衔接和递进。这种“重理论、轻实践”的教学模式往往会导致学生动手能力不足,使实践环节的教学效果一直不尽如人意,由此导致的知行分离成为制约创新人才培养的一大短板。

### 1.3 第二课堂与第一课堂融合得不够紧密

著名教育家朱九思在 20 世纪 80 年代便提出了“第二课堂”的理念<sup>[3]</sup>,但当前第二课堂的建设仍处于探索阶段。学生是第二课堂的主要参与人,第二课堂作为第一课堂的补充和辅助,如何在不增加学生负担的同时,让学生积极主动地参与进来,是机制设置上面临的一个难题。尤其在当前盛行的“唯成绩论”的片面导向下,如何引导学生从第一课堂

走向第二课堂，也是一个重要的难题。此外，由于缺乏完善的制度规范和评价标准，学生参与积极性不高、获得感不强，难以精准衔接第一课堂的人才培养目标。第二课堂与第一课堂融合得不够紧密是高校创新型人才培养需要破解的又一关键难题。因此，从提升教学内容应用的角度开展基于课程项目化的教学“小训练”，同时鼓励、引导学生参与科技比赛和大创训练的“大创新”，将“小训练”和“大创新”进行有机结合，是高校深入贯彻“三全育人”理念的重要举措。

## 2 课程体系设计及教学实践

S 大学生物医学工程学院通过组建具有医工交叉科研背景的优秀青年教师教学团队，打造坚实的医工交叉创新人才培养基础，并从以下几个层面对课程体系进行了系统的改革：①以经典工科教材为依托，以医工融合为主线，围绕学生高素质成长这个中心点，重构教学资源与素材，打造特色鲜明的医工融合教学资源；②围绕医工融合人才培养，优化培养方案，打造模块化、系统化、立体化的课程体系；③面向创新人才培养，以理论类课程为基础，以实践类课程为载体，以生物医学工程行业前沿需求赋能实践教学，架构“知识-能力-课程”三位

一体的育人体系，依托课堂教学的“小项目”，带动学生知识应用能力和实践能力的提升，促进学生创新思维、创新能力、工程意识、解决问题能力的切实和高效提升。

### 2.1 强化顶层设计，以课程矩阵打破“知识孤岛”，打造创新育人平台

培养医工融合复合型创新人才的课程体系，需要涵盖医学的基础知识和工科的相关基本理论与技术。S 大学生物医学工程专业以培养方案梳理为切入，以机械类课程为试点，在传统“工程制图”“机械设计基础”“金工实习”等课程的基础上，拓展和加深“机械加工工艺”“机械精度设计”等教学内容，结合专业背景增加“工程力学及有限元仿真基础”“精密医疗器械设计基础”两门课程，并开展“工程制图”课程的计算机辅助建模和制图实验课，以及有限元仿真的上机实验课，构建具有生物医学工程特色的“机械+”课程矩阵。从全局视角审视教学大纲，串联能力领域、知识领域、情感领域的育人目标，加强课程联系，强化知识衔接，形成课程矩阵创新育人平台，全面提升学生从“抽象”的知识到“具象”的医疗器械装备的双向演绎能力，如图 1 所示。

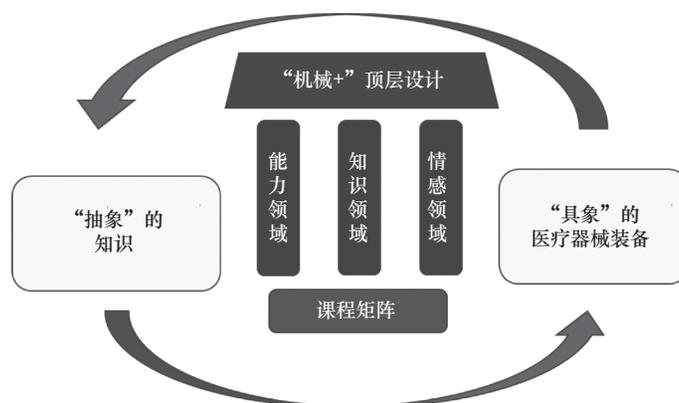


图 1 用顶层设计的“机械+”课程矩阵打破“知识孤岛”

Fig.1 Implementing “Top-level Design” and “mechanical+” course matrix to deal with the problem of “Islands of Knowledge”

### 2.2 强化医工融合，以教学资源整合优化推动能力进化，形成育人合力

S 大学生物医学工程学院以机械类课程教师队伍培育为抓手，以虚拟教研室建设为依托，在课程矩阵教学素材和思政元素上下功夫。以临床问题引

导教学内容，强调学科交叉，采集部分科研课题素材，用于构建适用于课程矩阵的教学案例库；同时，以短视频、微科普、慕课等学生喜闻乐见的数字化手段丰富教学内容，盘活教学素材。把结课当绪论，把绪论当总结，打通各年级之间的课程衔接点。以

典型的医工融合思政元素为载体，在提升课堂活跃度的同时，可以协助开展特色鲜明的课程思政实践。多管齐下，最终形成高素质拔尖创新人才的育人合力。

### 2.3 强化“知识-创新”转化，实现“课程小训练”与“创新大项目”的深度融合，维持创新生态

S 大学生物医学工程学院在机械类课程矩阵中用实践为理论教学赋能，围绕高端医疗器械及装备人才培养这个目标，在传统的“工程制图”“机械设计”等课程中开展医工交叉的项目化课程设计。通过让学生从兴趣出发，结合生物医学工程专业背景，以小组项目制的形式，以查阅文献、实物测绘等方式，从实体建模到工程图样绘制，再到机械传动设计，自主完成医疗器械作品开发，将所学的工程图学、机械设计、工程力学等相关理论知识与现代医疗器械产品设计紧密联系，转变学生的学习观念，提升学生学习的积极性和主动性，让学生从做中学，在学中做<sup>[4]</sup>。例如，增设创新的团队作业，全班同学以 3~5 人的小组开展具有一定复杂度的仪器/医疗器械系统等的三维建模（如康复机器人、成像设备、手术机器人等），结合文献调研和资料搜索，开展系统的三维建模、核心零件的工程图绘制及关键零件的受力仿真。其中，零件的受力仿真属于超前的体验性内容，旨在帮助学生提前意识到后续学习内容的重要性及前后学习内容的连贯性。结课时，通过让各团队提交设计报告并做汇报答辩，实现学生实践能力的提升。进一步地，针对后续课程的相关教学内容，同样安排学生以小组的形式，针对生物医学工程中的一些典型应用问题，如关键假体的植入、微针穿刺器械、传感装置等，结合建模-设计-力学分析，利用课程的学习内容，进行综合的项目训练，并以此为契机，鼓励学生延续课程设计内容，广泛参与全国大学生生物医学工程创新设计竞赛、大学生创新创业训练项目等第二课堂科创活动，促进第一课堂和第二课堂的有机融合，激发学生的创新潜能，使学生积极主动地参与到创新实践中，维持创新生态。基于“课程小训练”与“创新大项目”的创新生态构建如图 2 所示。

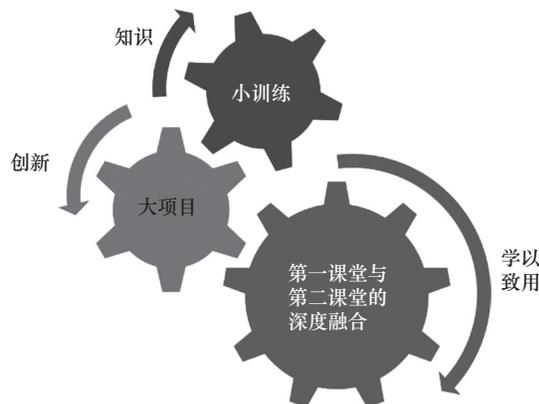


图 2 基于“课程小训练”与“创新大项目”的创新生态构建  
Fig.2 The Ecosystem for innovation based on “in-class mini-training” and “innovation projects”

## 3 成果创新及育人成效

### 3.1 成果创新

(1) 提出了面向医工交叉创新型人才培养的“知识-能力-课程”三位一体课程矩阵培养体系。创新始终是时代发展的重大课题。贯彻创新发展理念的关键在于培养创新人才，培养创新人才的关键则在于人才培养模式的创新。“知识-能力-课程”三位一体课程矩阵以创新型人才培养为驱动，以知识强调能力，以能力设计课程，从创新意识、创新视野和创新能力三个层面发力，重构了医工交叉创新型人才培养课程模式。

(2) 提出了多课程融合“教-学-实践”能力进化培养路径。培养引领未来的创新型人才已经成为世界一流大学的共识<sup>[5]</sup>。基于前述课程改革路径，本文以课程矩阵虚拟教研室为载体，进行全局教学策划和培养方案修订。把结课当绪论，把绪论当总结，打通各年级之间的课程衔接点。开展项目化教学，强调课程之间的关联性和整体性，使“教-学”进一步延伸为“教-学-实践”。在进行知识传授的同时，注重能力培养和价值塑造，主动满足创新时代的需求。

(3) 提出了“小训练”与“大创新”齐步走的“知识-创新”转化培养策略。课堂教学的学以致用是“知识-创新”转化培养的根本目标。本文倡导从第一课堂的“小训练”延展到第二课堂的“大创新”，以赛促学、以创促教、产教融合、教学相长，以“知识-创新”转化呼应“知识-能力-课程”设计，

进一步丰富新工科背景下生物医学工程专业的人才培养内涵。

### 3.2 育人成效

(1) 医工融合课程体系改革卓有成效, 人才培养体系建设日趋完善。面向我国及粤港澳大湾区对原创、高性能医疗仪器研发的迫切需求, 基于 S 大学生物医学工程学院在工学院时期的传统工科课程, 背靠工科, 面向医科, 医工融合, 以“力学-机械-设计”类课程为切入点, 开展课程体系改革。将纯理论授课的“工程制图 II”改革为“工程制图 II (理论+实验)”; 将传统的“机械设计”细化为“工程力学及有限元仿真基础(理论+实验)”“精密医疗器械设计基础”; 对“生物力学(理论+实验)”的教学内容进行了重构和梳理。最终建立了面向高性能医疗仪器设计研发的“机械+”医工融合课程体系, 有力地保障了医工交叉创新人才的培养。

(2) 学生创新能力全面提升, 学习获得感显著增强。本文设计的“知识-能力-课程”三位一体课程矩阵已全面覆盖 S 大学生物医学工程学院 2019—2023 级本科生, 培养学生约 900 人次, 夯实了学生的力学、机械基础, 强化了团队协作能力和创新意识。教学评价优异, 各课程学生教评得分均在前 25%, 其中 2022 年第 1 学期“机械设计基础”课程教评得分位列全校课程前 9.6%。教学实践效果突出, 选课学生近三年来共有 40 余项作品获得全国大学生生物医学工程创新设计竞赛奖励, 另有 100 余项大学生创新创业训练计划项目获得校级立项资助。

(3) 教学相长, 教师培育示范作用显现。系列课程由一支年轻的教师教学团队完成, 团队成员平均年龄 36.4 岁。在课程改革期间, 团队以教促学, 教学相长, 通过一系列课程改革实践和探索, 共计承担校级教改项目 2 项, 承担校级教材建设项目 1 项; 团队成员以第一作者身份发表教改论文 3 篇, 获得校级本科教育教学成果奖 1 项, 校级教师教学竞赛二等奖 1 项, 院级教师教学竞赛一等奖 1 项、三等奖 1 项, 承担校级本科教学观摩课 2 次, 形成了较好的示范效应。

## 4 总结

生物医学工程专业具有典型的多学科交叉特

色。破除相关学科之间的壁垒, 促进医工融合, 对提升我国原创医疗技术和高端医疗装备发展水平具有重要意义。本文聚焦生物医学工程专业在教学内容体系化、“教-学-实践”能力转化及第一课堂与第二课堂的有机融合等医工融合教学实践中遇到的困难, 提出了“知识-能力-课程”三位一体课程矩阵设计, 通过更加完善的人才培养体系建设, 促进学生创新能力的提升, 取得了较好的实践效果。

### 参考文献

- [1] 王新风. 我国高校拔尖创新人才自主培养模式与实践难点[J]. **中国高教研究**, 2023(7): 39-45.  
WANG Xinfeng. Self cultivation mode and practice difficulties of top innovative talents in colleges and universities[J]. **China Higher Education Research**, 2023(7): 39-45.
- [2] 秦方雨, 邱意弘, 白景峰, 等. 基于 OBE 理念的生物医学工程专业本科人才培养体系建设与探索[J]. **生物医学工程学进展**, 2023, 44(1): 103-108.  
QIN Fangyu, QIU Yihong, BAI Jingfeng, et al. The outcome-based education for biomedical engineering program[J]. **Progress of Biomedical Engineering**, 2023, 44(1): 103-108.
- [3] 肖婷, 董雨, 刘瑞. “双一流”建设视域下研究生第二课堂课程体系的构建[J]. **研究生教育研究**, 2022(5): 56-61.  
XIAO Ting, DONG Yu, LIU Rui. On construction of the second classroom curriculum system for postgraduates from the perspective of double first-class construction[J]. **Journal of Graduate Education**, 2022(5): 56-61.
- [4] 宋剑, 李哲, 蔡曦煜, 等. 新工科背景下生物医学工程专业实验教学改革——以工程制图课程为例[J]. **中国现代教育装备**, 2022(23): 1-3.  
SONG Jian, LI Zhe, CAI Jingxuan, et al. Teaching reform of biomedical engineering experiment course under the background of new engineering: taking engineering drawing course as an example[J]. **China Modern Educational Equipment**, 2022(23): 1-3.
- [5] 赵展, 胡秀枋, 胥义. 层进式医疗器械创新人才培养的实验教学改革[J]. **生物医学工程学进展**, 2020, 41(3): 183-186.  
ZHAO Zhan, HU Xiufang, XU Yi. Experimental teaching reform with gradual advancement on cultivation of innovative medical instrument talents[J]. **Progress of Biomedical Engineering**, 2020, 41(3): 183-186.