

# 新工科背景下高校生物安全人才培养体系建设

宋馨宇<sup>1,2,3,4,5</sup>, 宋洁<sup>1,5</sup>, 张卫文<sup>1,2,3,4</sup>

- 1 天津大学 生物安全战略研究中心, 天津 300072
- 2 教育部合成生物学前沿科学中心, 天津 300072
- 3 教育部系统生物工程重点实验室, 天津 300072
- 4 天津大学 化工学院 合成微生物学实验室, 天津 300072
- 5 天津大学 法学院, 天津 300072

宋馨宇, 宋洁, 张卫文. 新工科背景下高校生物安全人才培养体系建设. 生物工程学报, 2022, 38(5): 2003-2011.

SONG XY, SONG J, ZHANG WW. Developing biosecurity training program under the background of new engineering education in colleges and universities. Chin J Biotech, 2022, 38(5): 2003-2011.

**摘要:**近年来,全球生物安全形势日趋严峻,重大传染病疫情、生物技术误用和谬用、生物武器等生物安全威胁不断显现,生物安全已跃升为我国国家安全的重要组成部分;而与此同时,生物安全作为一门新兴的交叉型学科,其教育体系的建立与完善还处于起步阶段。受国内外生物安全形势、生物安全产业发展以及国家安全学学科设立的影响,凸显了我国在生物安全这一交叉领域的人才储备的短板和不足。尤其在新工科建设背景下,更加显现出生物安全人才培养的重要性。本文根据作者在实际教学中的经验,从建立交叉融合课程体系、构建创新性教学模式、探索通识教育改革方案和完善持续改进机制等几个方面,系统介绍了新工科背景下完善生物安全领域人才体系的具体措施。

**关键词:** 生物安全; 新工科; 人才培养; 体系优化

**Received:** September 27, 2021; **Accepted:** November 24, 2021

**Supported by:** National Key Research and Development Program of China (2020YFA0908600)

**Corresponding author:** ZHANG Weiwen. E-mail: wwzhang8@tju.edu.cn

**基金项目:** 国家重点研发计划 (2020YFA0908600)

# Developing biosecurity training program under the background of new engineering education in colleges and universities

SONG Xinyu<sup>1,2,3,4,5</sup>, SONG Jie<sup>1,5</sup>, ZHANG Weiwen<sup>1,2,3,4</sup>

1 Center for Biosafety Research and Strategy, Tianjin University, Tianjin 300072, China

2 Frontier Science Center for Synthetic Biology, Ministry of Education, Tianjin 300072, China

3 Key Laboratory of Systems Bioengineering, Ministry of Education, Tianjin 300072, China

4 Laboratory of Synthetic Microbiology, School of Chemical Engineering & Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China

5 Law School, Tianjin University, Tianjin 300072, China

**Abstract:** The global biosecurity situation has become increasingly severe in recent years. The threats from outbreaks of epidemics, misuse and abuse of biotechnology, biological weapons and so on are emerging, which make biosecurity an important part of national security. Meanwhile, as a new interdisciplinary program, the education for biosecurity is still in its infancy. The challenges of domestic and international biosecurity and the quick development of biosecurity industry necessitate the establishment of security disciplines, which expose the deficiencies of talent pool in the interdisciplinary field involving biosecurity in China. Especially under the background of new engineering education, the importance of biosecurity training program has become more obvious than before. On the basis of our teaching experience, we systemically introduced the specific measures to improve the training system of biosecurity in the context of new engineering education, such as establishing an integrated curriculum system, constructing innovative teaching modes, exploring general education reform plans, and perfecting continuous improvement mechanisms.

**Keywords:** biosecurity; new engineering; talent training; system optimization

## 1 完善生物安全教育体系的必要性

### 1.1 生物安全是关乎国家安全发展的重要内容

生物安全是国家安全的重要组成部分,新冠肺炎疫情在全球的暴发,凸显了生物安全的重要性。随着生物技术的迅猛发展,加之国际格局深刻演变和中华民族复兴步伐加速迈进,导致我国面临的生物安全形势更加复杂<sup>[1-2]</sup>。我国近十年出现非典型肺炎、甲型 H1N1 流感、

H7N9 禽流感等大量传染病疫情,这些新突发传染病的暴发扩散和传播威胁难以即时感知,带来了生物安全隐患。此外,生命科技研发成本逐渐下降、信息和设备获取便利、生物黑客规模扩张等因素,造成前沿生物技术误用乃至滥用难以有效管控。其次,我国面临外来生物入侵和遗传资源流失的形势愈加严峻,已成为遭受外来入侵物种危害最严重的国家之一,给国家经济和安全造成了巨大损失。最近,《中华人民共和国生物安全法》(简称《生物安全法》)

的正式实施,也对生物安全风险的治理提出了更高的需求<sup>[3]</sup>。

## 1.2 强化生物安全人才队伍是生物安全产业发展的需要

新冠肺炎疫情在全球的暴发与蔓延,导致生物安全产品需求量暴增,对于技术创新的需求不断涌现。借此契机,我国生物安全产业增长迅速,再者 P3、P4 生物安全实验室基础设施建设取得进展也为应急管理、技术开发奠定了坚实基础。尽管如此,在生物安全产业发展方面还存在短板。比如,目前生物安全企业主要集中在紧急医学救援产品研发,高端检测和防护设备还依赖于进口,尚不能满足生物安全产业整体统筹发展的需求;生物安全产品和技术产业发展缺乏自主创新,大型、关键装备的科技含量低,产品生产以代工为主;有些高端检测、生化、核辐射防护等设备依赖进口,核心技术领域存在“卡脖子”危机<sup>[4]</sup>。在生物安全产业发展的窗口期,我国在生物安全领域的专业人才储备明显不足,亟需精通生命科学、医学和计算机科学等生物安全相关领域的复合型人才助力产业发展。

## 1.3 完善生物安全教育体系是国家安全学学科建设的需要

为贯彻落实总体国家安全观、构筑国家安全人才基础、夯实国家安全能力建设,我国全面加强国家安全科学研究和人才培养体系建设,并设立“国家安全学”一级学科。生物安全关乎人民安全、政治安全和国家利益,习近平总书记在中央全面深化改革委员会第十二次会议上强调了从保护人民健康、保障国家安全、维护国家长治久安的高度,把生物安全纳入国家安全体系,系统规划国家生物安全风险防控和治理体系建设,全面提高国家生物安全治理能力<sup>[5]</sup>。尤其在新冠疫情突发以来,社会各界

更加清醒地意识到生物安全已经成为影响国家安全的重要元素。生物安全是国家安全的重要组成部分,因此,生物安全教育体系的建设与完善成为建立健全国家安全学学科建设的重要保障。生物安全作为国家安全体系中的一门基本学科,伴随国家安全学学科的建设,对其人才培养提出了更高的要求。

## 1.4 新工科建设背景下推动工程教育创新的国家战略和需求

生物安全涉及人类、动植物、生态环境、社会安全等多方面,涉及的学科领域非常广泛,是一门具有交叉性质的前沿学科。我国仅有少数高等院校设立了生物安全课程,但教学内容主要关注某一学科所涉及的安全问题,比如转基因安全、实验室安全和食品安全等<sup>[6]</sup>,尚未形成系统性的生物安全教育体系。随着生物技术快速发展、生物技术产业化进程不断推进,加之机器人、自动化、人工智能、医学和生物学的加速融合,导致新型生物安全问题不断涌现<sup>[7]</sup>,更加突出了高校生物安全人才培养的不足。2017年,教育部提出“新工科”理念,旨在以推进新工科的教育和发展深化工程教育改革,以新理念、新要求、新途径培养多元化、创新型的卓越工程人才<sup>[8]</sup>。生物安全产业发展与技术创新是提升国家生物安全治理能力的物质基础,然而人才的短缺限制了产业发展和技术创新。因此,高等教育系统应积极响应“新工科”概念,填补我国生物安全新型交叉领域人才培养体系的空缺。

## 2 建立健全生物安全人才培养体系的挑战与问题

生物安全是一个新兴的交叉领域,专业人才需要在熟知生物技术与生物伦理等专业问题

的基础上融合危机治理、风险管理和信息技术等学科知识<sup>[9]</sup>。如今,我国在生物安全领域的专业人才储备仍然存在缺口。具体原因分析如下。

### 2.1 生物安全人才培养体系不完善

后疫情时代,国家的生物安全能力建设需要大量生物安全高素质人才,现有教育培养体系不能适用新挑战和新要求。虽然我国一些高等院校也开设了涉及生物安全内容的专业课程,但在培养体系上还存在诸多不足,比如培养体系缺乏系统性、学科建设投入不足、适合的教材较少、专业课程师资匮乏、受重视程度不够等问题。相比而言,西方国家在生物安全领域的教育培训起步较早,1955年美国开始举办生物安全大会分享讨论军队实验室中常见的生物安全问题,目前会议已经成功举办了64届,这类生物安全大会为传授生物安全知识提供重要平台。在高等教育培养系统,多个院校和研究机构设立了生物安全教育体系,并且开设了大量生物安全学课程<sup>[10]</sup>。

### 2.2 教学过程理论联系实际不够

生物安全核心目标是保证人的生命安全,是国家的生命工程<sup>[11]</sup>。对于生物安全专业人才的培养,掌握理论知识的同时还需要具备理解与应用的能力,才能够满足国家和人民的需求。目前为数不多的生物安全课程还停留在课堂教育阶段,缺乏与企业、跨专业的交流合作,理论指导实践不足。为了让学生掌握流感病毒分离鉴定知识技术,北京大学与高等教育出版社建立国家虚拟仿真实验教学一流课程“BSL-2实验室中流感病毒分离鉴定虚拟仿真实验”。类似的虚拟仿真实验在其他高校和研究所也有推行,内容涉及传染病居多,缺乏针对于生物安全领域的系统性实践体系。《生物安全法》实施后,教育系统尚未形成生物安全领域理论实践

相结合的教学模式,未能与国家能力导向的新型人才培养战略目标相契合。

### 2.3 课程教育覆盖面不够广泛

新工科背景下,生物技术与电子科学、计算机科学、材料科学、医学等领域加速融合。尤其受疫情影响,大数据、人工智能和云计算等数字技术,为我国战胜疫情发挥了关键作用。与此同时,大量生物数据散布在网络,使得生物安全的范畴已经从传统的传染病、两用技术、生物恐怖和生物武器等领域拓展至虚幻的网络空间。然而教学课程还仅仅维持在少数专业中,显现出现有人培养体系难以满足现今学科交叉融合发展的态势。交叉领域如数学、计算机科学、材料科学和管理学等专业的学生很可能因为缺乏知识体系,在科研工作中发生违背生物安全、生物伦理的恶性事件。天津大学生物安全战略研究中心开设了面向全校本科生的通识教育选修课,为完善生物安全教育体系提供了思路,但是课程的规模和影响力还需要进一步改善。

### 2.4 学生就业渠道不明朗

通常,高考学生在选择就读专业时会关心专业的就业方向以及就业前景。尽管目前生物安全还没有作为一个独立的专业广泛出现在培养方案中,但随着国家安全学一级学科的建立和《生物安全法》的正式实施,可以预见,未来几年内,我国教育系统将会投入大量精力完善生物安全教育体系。尤其是在研究生培养方案中,除了以往军事科学研究院、疾病预防与控制中心等已有的生物安全规划以外,将会有大批量学校投入人力和财力来设立生物安全研究方向。在此背景下,没有形成完善的就业渠道和就业服务,将会直接影响学生选择生物安全专业的意愿,引发资源分配不均衡、学生就业困难等问题。

### 3 完善高校生物安全人才培养体系的措施

为贯彻落实总体国家安全观和国家人才培养战略指导思想<sup>[12]</sup>,生物安全人才培养工作应在广度和深度上全面布局。一方面,生物安全具备典型的交叉学科特点,因此,相关的人才培养工作应该扩大覆盖面,在涉及生物安全相关领域的综合类院校和工科类院校系统普及生物安全知识,为生物安全领域培养预备人才。另一方面,生物安全在国防、医学、农业、工业等不同领域产生的具体问题有很大区别,对相关领域从业人员的能力需求和要求也有所差异。因此,对于涉及具体生物安全问题的专业院校,如转基因、生物武器、外来物种入侵、传染病疫情等,应该结合国家需求和专业特征设置具有针对性和有效性的人才培养方案。本文将从构建个性化培养体系、推进理论与实践相结合、探索通识教育和完善可持续性改进几个方面,总结高校生物安全人才培养的具体措施。

#### 3.1 构建学科交叉融合的个性化人才培养体系

生物安全的核心内容覆盖了生物、医学、食品、环境等诸多领域,高等院校应分别针对

不同专业背景和不同教育层次制定个性化人才培养课程体系,开展差异性教育方式。结合生物安全领域相关交叉学科的课程体系、本科生和研究生培养体系,以及丰富的线上教学资源,探索更为灵活的培养模式。在生命科学相关专业学生培养方面,应在本科期间将生物安全课程纳入到培养方案当中,扎实树立专业人员的安全意识;在非专业学生的培养方面,要注重生物安全知识的广泛普及,将生物安全作为可选课程拓宽学生的知识体系;对于本专业相关研究生的培养,应将生物安全列入必修专业课,强化专业人员应对生物威胁的能力。构建人才培养体系还应充分考虑学生毕业后的择业选择去向实行模块化的培养模式,根据就业模块、考研模块和出国模块等不同培养需求,设立培养内容和考核方式。尤其在后疫情时代,生物安全产业对于高精尖专业人才的需求数量和要求标准都有所提高,相应的人才培养体系也应该随着国家和社会的整体需要进行优化。前期教学中,发生过工科背景的学生放弃保研资格转到文科专业的情况,如果能够建立多学科交叉融合的创新人才培养体系,将为培养高水平新工科人才提供新途径(图1)。

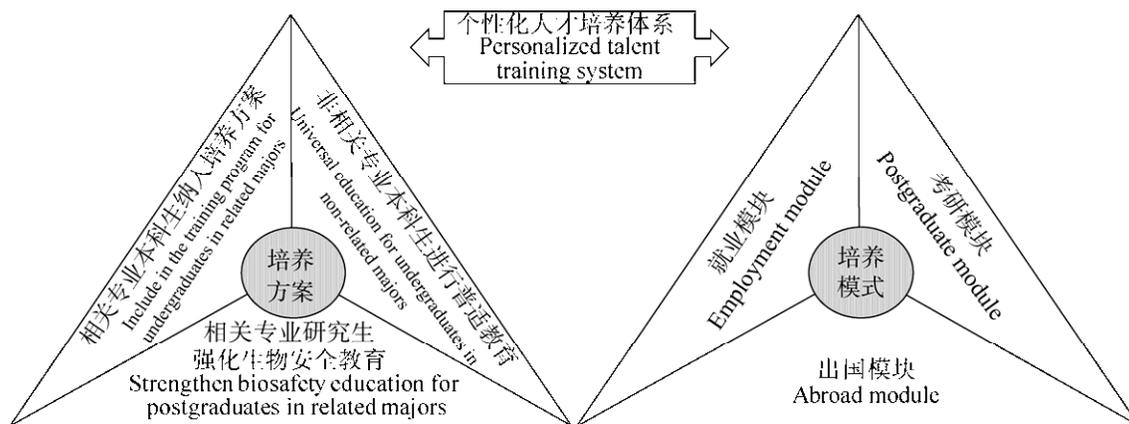


图1 构建个性化人才培养体系示意图

Figure 1 Schematic diagram of building a personalized talent training system.

### 3.2 推进理论与实践相结合的递进式教学模式

从事生命科学及其交叉专业的学生，有义务和责任维护国家乃至全球生物安全。因此，对于本专业学生来说，提升应对生物安全威胁的创新实践能力尤为重要。在教学过程中，建立由浅入深的实践课程体系，为学生逐渐提高应对和处置生物安全威胁的实践能力提供学习保障。首先，依托实验教学基地、重点实验室等平台，为学生提供课内实验和虚拟仿真实验课程，演习哪一环节存在安全隐患、可能产生什么危害，使学生切实感受到学习生物安全

知识的重要意义；第二，设置命题类实践课程，建立模拟现场研讨生物安全议题，让学生亲身体会生物安全风险防控的挑战和我国的突出成果。天津大学在全校性通识教育选修课程《生物安全与职业伦理》中，教师通过分享自身参与《禁止生物武器公约》的经历，引起了学生对于国际公约谈判的强烈兴趣(图2)。未来可以尝试利用实践教学模式，模拟国际公约谈判现场，使学生深度参与，既能够激发学生的学习热情，又能够使树立起国家主人翁的责任感、自豪感和归属感。

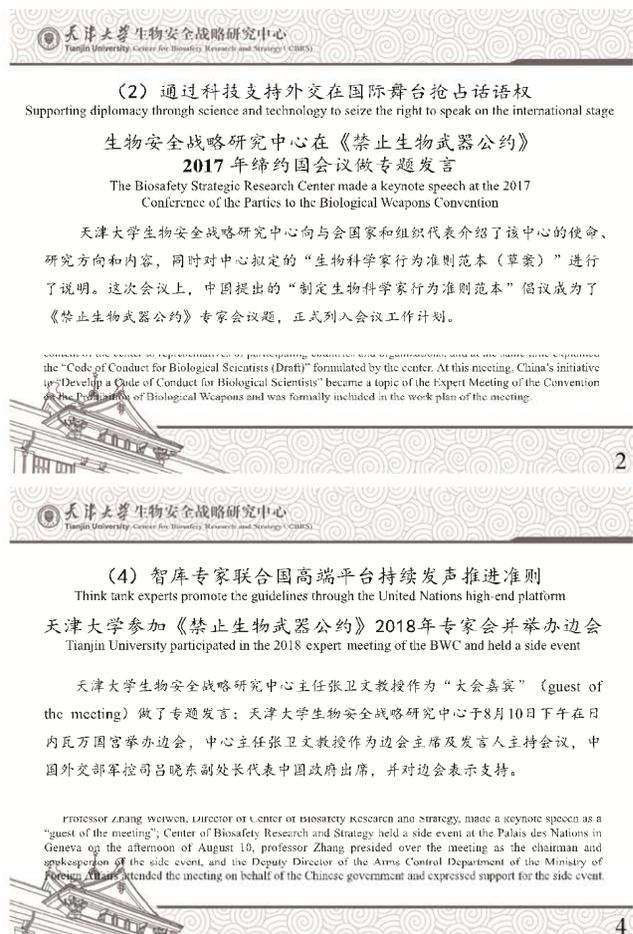
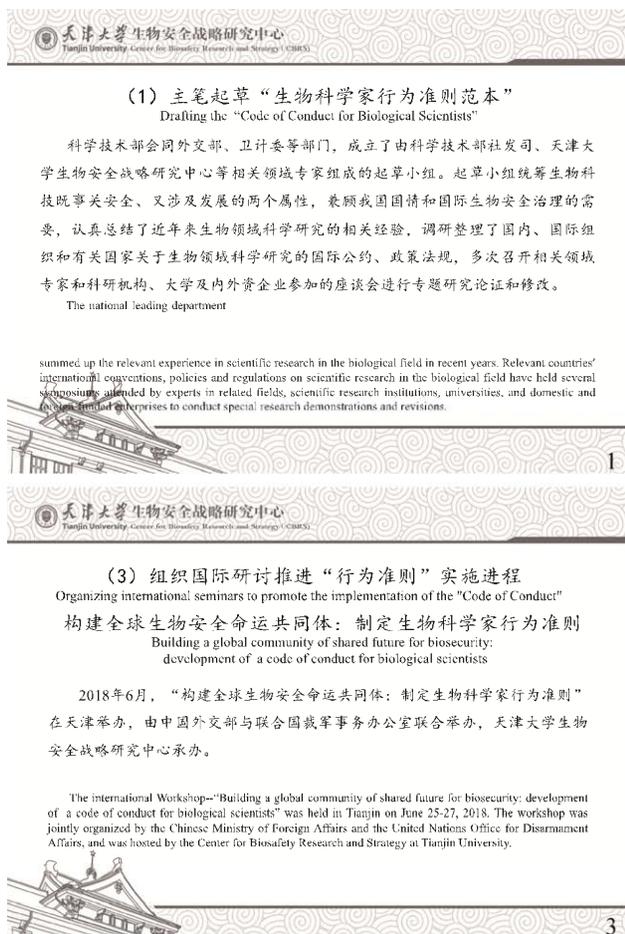


图2 课件展示教师团队参与国际谈判样例

Figure 2 The experience of the teacher team in the international negotiation.

### 3.3 探索创新型通识教育课程改革方案

通识教育思想是我国传统的教学理念,“新工科”背景下的通识教育应该让工程类的学生不仅能够具备坚实、宽厚的专业知识基础,而且可以把相应的人文素养及国际视野内化于心,把跨学科能力、创造性思维和文化遗产外化于行<sup>[12]</sup>。现代的人类生活中,几乎任何活动都与生命科学存在联系,从医疗保健、生物产品、心智艺能发展,以及社群活动都是以生命为主体在进行。新冠肺炎疫情的暴发让越来越多的人开始关注生物安全问题。在前期教学中发现,选择生物安全通识课程的学生专业背景分布广泛,大多数学生的专业并非生命科学(图3)。这体现出各领域学生对于生物安全这一领域高度的关注,对“新工科”背景下生物安全教师提出了新的教学挑战和任务。如何为学生普及生物安全知识、帮助学生增强安全意识和基本处置能力,如何用通俗易懂的语言将生物安全基本理论渗透到生活实践中,是生物安全通识教育的重点和难点,沉浸式教学为此提供了新的方法。沉浸式教学最早应用于第二语言的学习,取得了突出的成果<sup>[13]</sup>。近年来,沉浸

式教育在我国的教育培训、教学课堂中也逐渐受到重视<sup>[14]</sup>。采用沉浸式教学方法开展生物安全通识课程,突破了时间和空间的限制,使学生置身于生物安全危机处理、实验室生物安全事故、国际公约谈判事件等具体情境中,让学生在轻松愉悦的环境中获得生物安全理论知识,同时也能够通过人物参与的代入感获得基本的生物安全危机应对能力。

### 3.4 完善教育教学质量持续性改革机制

高校肩负着以国家发展和社会需求为导向培养一流人才的责任和义务,面对当前愈加严峻的国家安全和生物安全形势,为了更好地应对不断出现的新问题、新挑战,高等教育系统应该高度重视生物安全人才的系统培养。生物安全涉及国防、医学、农业、工业等多个领域,这一新兴交叉领域的人才培养应该根据不同领域的特点进行不断修订完善。在具体实施过程中,可以通过形成循环式持续改进措施,在不断发现新问题、建立新方法的持续改进措施推动下,达到全方位育人的教学目的<sup>[15-16]</sup>(图4)。首先,在教学管理方面,组建交叉领域教研团队,设立师生反馈渠道和评价改进机制;

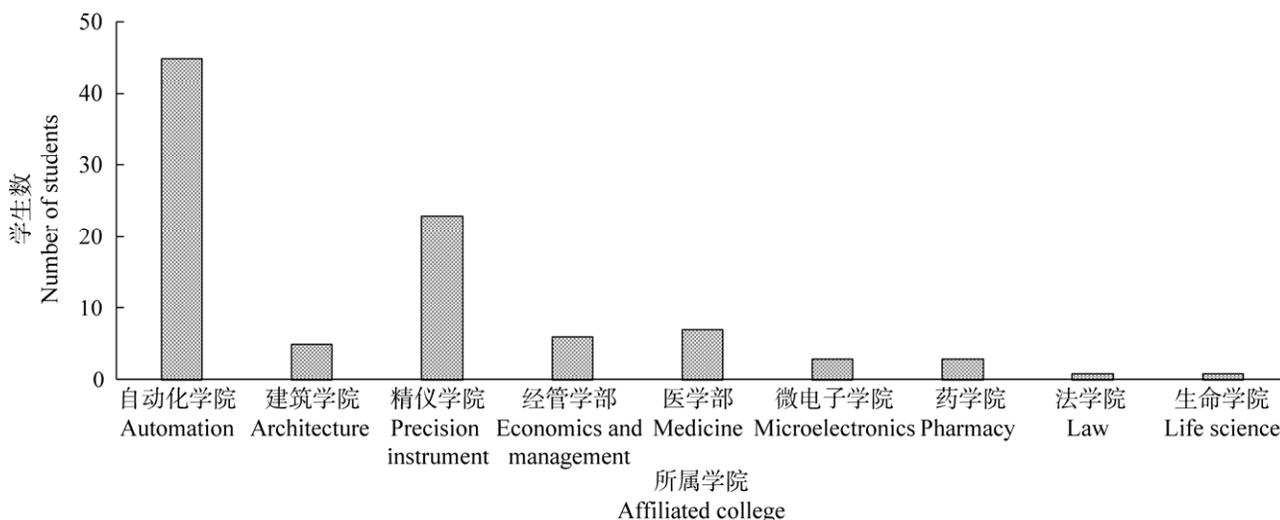


图3 选课学生所属学院分布情况

Figure 3 The distribution of students in different departments.

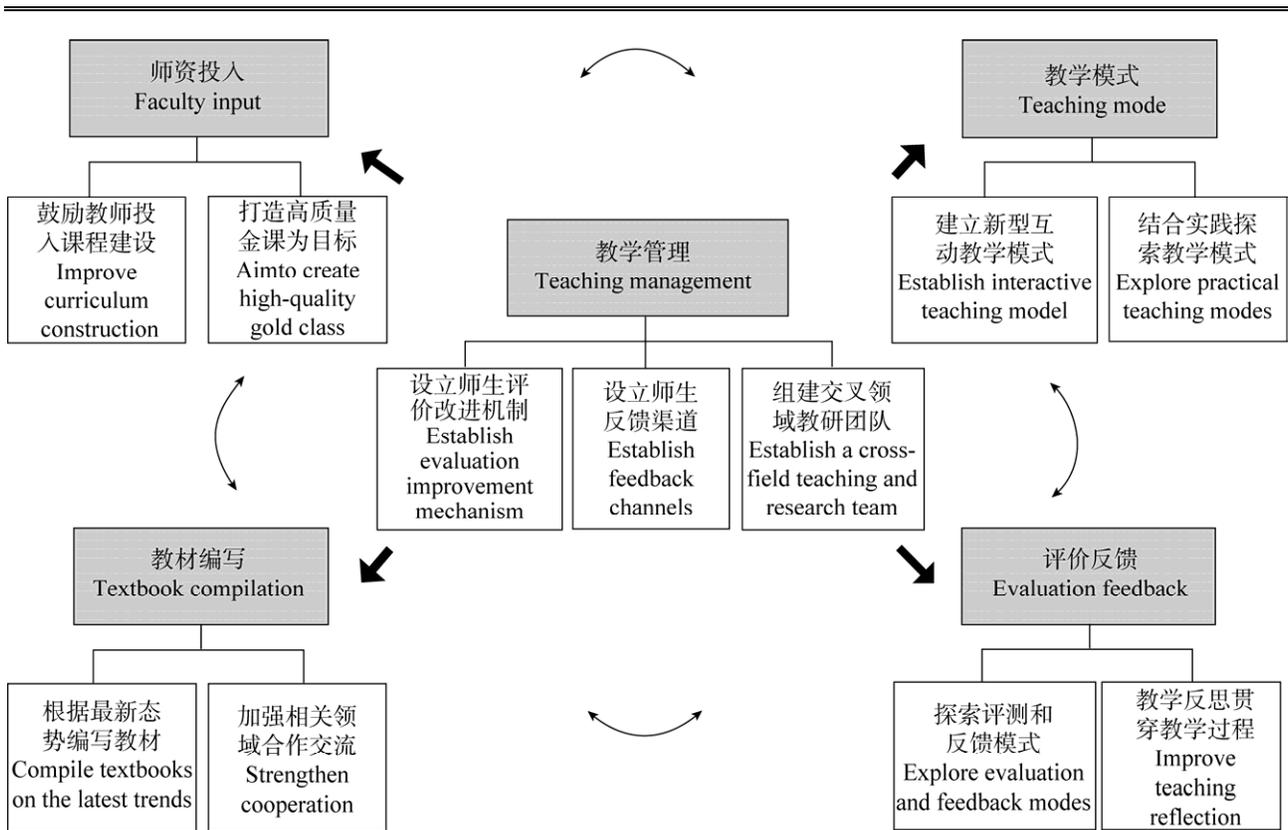


图4 完善教育质量持续性改进机制示意图

Figure 4 Schematic diagram of perfecting the continuous improvement mechanism of education quality.

第二，在师资方面，鼓励专业教师积极投入课程建设，争取打造一批高质量的金课；第三，在教材方面，加强不同领域之间的合作交流，根据最新领域态势编写新教材；第四，在教学模式方面，结合实践探索新型教学模式，形成生动有趣的互动教学模式；第五，在教学评价与反馈方面，教学反思贯穿于课程教学，探索最优的评测方法和反馈机制；最后，再根据评测与反馈结果，重新优化教学管理和教学过程的各个环节。

## 4 总结

生物安全是一门理论与实践紧密结合的新兴交叉学科，在总体安全观视域下为创新型专业人才的培养发挥着重要的作用，尤其在新工

科教育背景下，培养满足经济与社会发展需求的创新型人才，成为了工科专业教学要求的重要目标。教学一线团队结合国家安全重大战略需求，总结我国现有生物安全人才培养体系中存在的短板，分享近几年在生物安全教育工作中的问题和经验，从构建培养体系、推进教学实践、探索课程改革、完善持续性改进机制几方面为相关教学改革和探索提供思路和启示。

致谢：感谢天津大学“体育美育劳动教育”及“四史类教育”通识选修课建设立项对本文的支持。

## REFERENCES

- [1] 谢贵平. 全面提升国家生物安全治理能力[N]. 安徽日报, 2020-07-07(6).
- [2] 宋馨宇, 刁进进, 张卫文. 对两用生物技术发展现状与生物安全的思考. 微生物与感染, 2018, 13(6): 323-329. Song XY, Diao JJ, Zhang WW. Recent progress on

- dual-use biotechnology and their biosafety implications. *J Microbes Infect*, 2018, 13(6): 323-329 (in Chinese).
- [3] Wang L, Wang F, Zhang W. Bioethics in China's Biosecurity Law: forms, effects, and unsettled issues. *J Law Biosci*, 2021, 8(1): lsab019.
- [4] 抓住生物安全产业发展的机会窗[EB/OL]. [2020-03-20]. <http://www.nopss.gov.cn/n1/2020/0320/c373410-31641556.htm>.
- [5] 如何理解“把生物安全纳入国家安全体系”[EB/OL]. [2020-03-30]. [http://www.qstheory.cn/zhuanqu/bk/jx/2020-03/30/c\\_1125787193.htm](http://www.qstheory.cn/zhuanqu/bk/jx/2020-03/30/c_1125787193.htm)
- [6] 时小东, 李锐, 黄静玮, 等. 新冠肺炎疫情影响下高校开设生物安全和实践通识课程的思考. *高教学刊*, 2021(1): 7-10,15.  
Shi XD, Li R, Huang JW, et al. Reflection on the general education curriculum: biosafety and practice under the background of novel coronavirus pneumonia. *J High Educ*, 2021(1): 7-10,15 (in Chinese).
- [7] Wang FZ, Zhang WW. Synthetic biology: recent progress, biosafety and biosecurity concerns, and possible solutions. *J Biosaf Biosecurity*, 2019, 1(1): 22-30.
- [8] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动. *高等工程教育研究*, 2017(3): 1-6.  
Zhong DH. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education. *Res High Educ Eng*, 2017(3): 1-6 (in Chinese).
- [9] 肖晞, 陈旭. 总体国家安全观下的生物安全治理——生成逻辑、实践价值与路径探索. *国际展望*, 2020, 12(5): 119-137, 161-162.  
Xiao X, Chen X. Biosecurity governance in China's national security concept: logic, value, and approach. *Glob Rev*, 2020, 12(5): 119-137, 161-162 (in Chinese).
- [10] 李秀珍, 顾昊, 李勤, 等. 中外高校生物实验室安全管理比较. *实验科学与技术*, 2017, 15(2): 155-158.  
Li XZ, Gu H, Li Q, et al. Comparison on the biological laboratory safety management between Chinese and foreign universities. *Exp Sci Technol*, 2017, 15(2): 155-158 (in Chinese).
- [11] 郑涛. 我国生物安全学科建设与能力发展. *军事医学*, 2011, 35(11): 801-804.  
Zheng T. Biosecurity subject construction and capacity building of China. *Mil Med Sci*, 2011, 35(11): 801-804 (in Chinese).
- [12] “新工科”背景下通识教育探索 [EB/OL]. [2020-08-04]. <http://www.chinaqking.com/yc/2020/2419487.html>
- [13] 张利红, 谭学良. VR 技术在沉浸式汉语口语教学中的应用初探. *汉字文化*, 2019(20): 34-35.  
Zhang LH, Tan XL. A preliminary study on the application of VR technology in immersive oral Chinese teaching. *Sinogram Cult*, 2019(20): 34-35 (in Chinese).
- [14] 艾兴, 李苇. 基于具身认知的沉浸式教学:理论架构、本质特征与应用探索. *远程教育杂志*, 2021, 39(5): 55-65.  
Ai X, Li W. Immersive teaching based on embodied cognition: Theoretical framework, essential features and application exploration. *J Distance Educ*, 2021, 39(5): 55-65 (in Chinese).
- [15] 蒋嘉骏. 普通高中开展沉浸式党史学习教育的实践研究. *教育观察*, 2021, 10(23): 1-3.  
Jiang JJ. Practical research on the development of immersive learning and education of party history in ordinary high schools. *Surv Educ*, 2021, 10(23): 1-3. (in Chinese).
- [16] 张浩, 郭文忠, 董晨, 等. 新工科背景下的网络空间安全人才培养模式. *计算机教育*, 2021(8): 91-95.  
Zhang H, Guo WZ, Dong C, et al. Cyberspace security personnel training mode under the background of new engineering. *Comput Educat. Comput Educ*, 2021(8): 91-95 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)