

iGEM 竞赛对本科生实践教学科研能力培养模式的探索

胡鑫¹ 万由衷² 贺玉泉¹ 安培培² 师越茹²

¹吉林大学中日联谊医院心血管内科, 吉林 长春 130033; ²吉林大学中日联谊医院癌症生物学实验室, 吉林 长春 130033

[摘要] 国际基因工程机器 (iGEM) 竞赛作为全球最具影响力的大学生科技赛事, 为本科生提供了科研训练与社会实践的平台。该文深入探讨 iGEM 竞赛在实践教学中对本科生科研创新能力发展的积极影响, 通过提炼 iGEM 竞赛获奖要素及案例分析, 提出基于 iGEM 项目的教育新模式, 打造更优质的科研训练平台, 助力本科生实现科研素养与国际竞争力的综合提升, 为高校实践教学改革提供新思路。

[关键词] 国际基因工程机器竞赛; 本科生; 科研能力培养; 跨学科协作; 实践教学

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2026.03.023

Participating in iGEM competition enhances research capabilities of undergraduate students through practical teaching

Hu Xin¹, Wan Youzhong², He Yuquan¹, An Peipei², Shi Yueru²

¹ Department of Cardiology, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, China; ² Cancer Biology Laboratory, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, China

[Abstract] As an interdisciplinary contest in synthetic biology with global influence, the international genetically engineered machine (iGEM) competition provides an excellent platform for comprehensive training on research capabilities and practical skills of undergraduate students. This study summarizes the impact of participating in iGEM competition on enhancing research capacities of undergraduate students, proposes an iGEM-based new educational model by analyzing iGEM competition winning points and case studies, establishes research training platforms with high qualities to promote research and international competition capabilities of undergraduate students, provides creative ideas for practical teaching reforms in universities.

[Key words] International genetically engineered machine competition; Undergraduate students; Training on research capabilities; Interdisciplinary cooperation; Practical teaching

在科技迅猛发展的 21 世纪新时代背景下, 高等教育的核心使命应向培养兼具创造性思维和能够解决实际问题的实用型和复合型人才转变。目前学科边界日益模糊、跨学科体系日渐完善, 常规教学方法已经难以满足社会对多元化人才的需求^[1]。国际基因工程机器 (International genetically engineered machine, iGEM) 竞赛项目, 是由美国麻省理工学院于 2003 年发起, 凭借其创新的评估体系与多学科领域交叉的特性, 为本科生搭建了能够展现学生自我科研潜力与创新成果的国际化平台, 可以满足社会对多元化人才的需求^[2-3]。

iGEM 竞赛核心目标是通过运用标准化的生物模块构建基因工程生物系统, 从而解决实际生活中遇到的困难和挑战^[4]。经过二十几年的发展, iGEM 竞赛先后吸引了哈佛大学、牛津大学、普林斯顿大学、加州大学伯克利分校、剑桥大学等多所世界著名高校的学生踊跃参加, 目前已成为最具国际影响力的顶级大学生科技赛事。2007 年 iGEM 竞赛引入国内后, 北京大学、清华大学、北京师范大学等高校积极组织学生参赛并屡获佳绩,

在中国高等教育界产生了重要影响^[5]。竞赛倡导的创新与实践培养理念符合我国高等教育改革方向, 为本科生实践教学的创新与改革提供了有效途径。在参赛过程中, 学生既能学习合成生物学的前沿知识, 又能在多学科协作、课题设计、实验操作、社会需求分析等方面得到综合锻炼, 在实践中实现创新能力的提升。

我国高等教育的重要课题之一就是如何提高本科生的创新能力和科研能力, 虽然各大高校已强化实践教学, 但是, 仍然存在许多问题。如任课教师单向灌输多, 学生被动学习, 学生的独立思考 and 自主探索能力受到限制^[6]。实践课程内容与实际科研状况脱节, 学生在科研上的参与度较低, 教师对学生的评价方式单一, 难以准确衡量学生的实践能力和创新潜力^[7]。本科生教学培养方案中缺少学科融合体系, 导致学生知识结构单一, 难以满足现代科研对复合型人才的需求。综上所述, 这些问题的存在阻碍了学生创造性思维的发展, 导致学生理论应用能力薄弱, iGEM 竞赛的出现为这些问题的解决提供了新的途径。

本文通过结合 iGEM 竞赛赛事规则、iGEM 竞赛的获奖要素和案例分析, 系统分析 iGEM 竞赛在实践教学中对本科生科研能力培养模式的影响。通过探究跨学科协作、自主学习、实践应用和国际化交流等方面的教育成果, 构建基于 iGEM 竞赛的科教融合新模式, 为高校实践教学改革提供新思路。

1 iGEM 竞赛的规则与流程

iGEM 竞赛有明确的规范化流程, 包含团队组建、选题、实验验证与模型构建及成果汇报等关键环节^[8]。在完成组队后, 各团队要聚焦医学健康、能源、环境等国际前沿领域提出原创性研究构想, 随后利用标准化生物模块元件库, 运用基因工程技术构建人工生物系统并开展实验验证与模型构建。项目最终以团队网页、视频和演示文稿及现场答辩等形式呈现并接受专业评委提问。评审委员会由合成生物学领域的专家、学者和企业代表组成, 依据项目的创新性、技术可行性、社会影响力等维度进行综合评价。iGEM 竞赛设立多种奖项体系, 有金、银、铜奖和全球大奖、赛道奖、特别奖和社区奖, 从不同维度对参赛团队进行表彰, 充分肯定参赛团队所做出的科研学术成果与社会应用价值。

2 iGEM 竞赛获奖要素与案例分析

2.1 iGEM 竞赛获奖要素

2014 年吉林大学作为国内顶尖研究型大学首次组织队伍参加 iGEM 竞赛^[9]。2016 年, 吉林大学 iGEM 团队获得首枚金牌, 实现吉林大学 iGEM 金牌“零”的突破。迄今为止, 吉林大学根据历年参赛经验, 总结 iGEM 竞赛获奖要素, 已获得 11 金、6 银、1 铜的优异成绩。吉林大学 iGEM 参赛团队凭借多年、多队伍、多学院的参赛经验, 积

累形成了一套独特的参赛模式, 见图 1。该模式以跨学科合作为核心, 汇聚了医学、生命科学、药学、公共卫生、计算机科学、数学、化学、艺术、工商管理等多个领域的优秀学生, 实现知识体系交叉融合互补。同时由资深教授与科研人员组成指导教师小组, 在团队组建、队员招募选拔、实验设计和数据分析等关键环节给予专业指导, 确保项目的科学性、创新性和可实现性。

团队首先通过 iGEM 宣讲来招募队员并进行择优选拔、确定成员。然后将成员根据不同的学院专业进行分组和任务分配。团队通常由建模 (Model) 组、湿实验 (Wet Lab) 组、网页与视频 (Wiki & Video) 组、综合人类实践与教育 (HP & Education) 组和演示汇报 (Presentation) 组构成。通常 Wet Lab 组学生由临床医学、生命科学等专业学生组成, Model 组以数学学院、计算机学院学生为主, HP & Education 组学生专业多样, 临床医学、生命科学、电子、商学与管理学学生均可参与, Wiki & Video 组需要计算机学院和数学学院的同学搭建网页, 艺术学院中具有绘画天赋的同学进行团队网页、周边、Logo 等的设计, 而 Presentation 组学生需要具备较强的英语口语能力及写作能力, 能够熟练进行英文展示与汇报。iGEM 的备赛过程包含文献调研、实验设计、数学建模、社会实践、科普宣传、网站设计等多个环节, 通常需要持续近 1 年的时间, 全方位提升了学生的科研能力、团队协作能力和项目管理能力。最后, 项目成果在大集会 (Jamboree) 现场通过团队展位 (Team Booth)、评审答辩环节 (Judging Session) 和现场舞台演讲 (Live Stage Talk) 等多形式呈现, 并与世界一流高校团队开展学术互动, 充分彰显吉林大学在国际学术舞台的竞争实力。

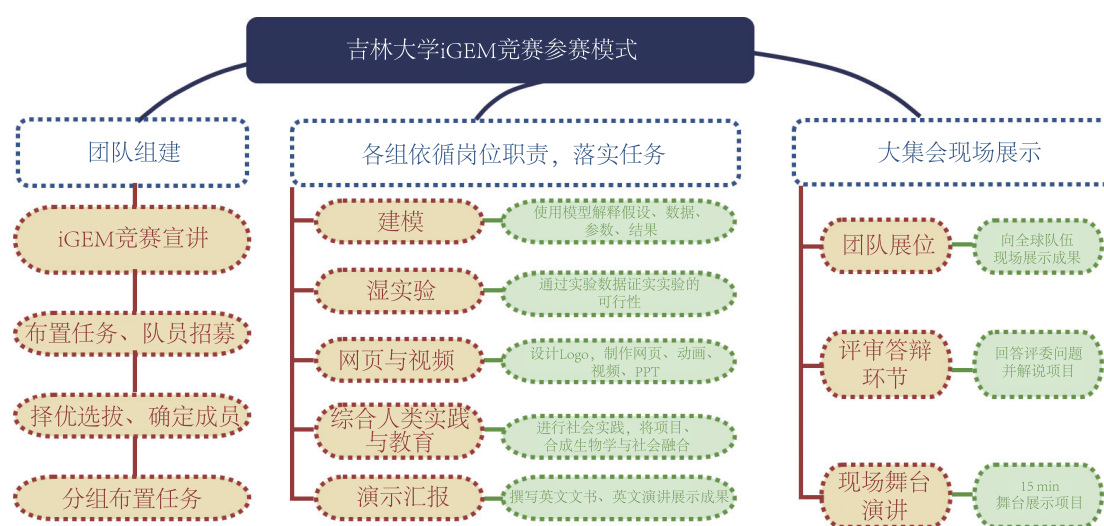


图 1 吉林大学 iGEM 竞赛参赛模式流程图

Fig. 1 Jilin university iGEM competition mode flow chart

2.2 案例分析

以2024年CJUH-JLU-China吉林大学iGEM团队为例,团队在蝉联金牌的同时获得5项提名,分别为最佳诊断项目(Best Diagnostics Project)提名、最佳建模奖(Best Model)提名、最佳教育奖(Best Education)提名、最佳综合人类实践奖(Best Integrated Human Practices)提名和最佳网页奖(Best Wiki)提名,创造了吉林大学iGEM竞赛的最好成绩。

CJUH-JLU-China团队的金牌项目聚焦于逆向肿瘤心脏病学这一新兴交叉领域,旨在探究心血管疾病促进癌症进程这一问题,开发了针对心肌梗死患者的癌症早期筛查试剂盒。CJUH-JLU-China团队凭借其创新性的研究、扎实的工作,以及广泛的社会实践获得金牌和5个单项奖提名,彰显了该项目在多维度的卓越表现,得到了评委们的充分肯定和认可。①团队以诺贝尔奖成果miRNA为检测靶标,结合无细胞系统和环启动RNA激活因子(Loop-initiated RNA activator, LIRA),高效标识心肌梗死患者中癌症高危人群,最终通过实验成功实现了对2个miRNA靶标的检测,共计上传48个元件,获得最佳诊断项目(Best Diagnostics Project)提名。②通过生物信息学分析与功能实验验证,并用NUPACK软件进行模拟,设计出一系列miRNA识别域处于不同位置的LIRA序列并与实验紧密结合进行验证,根据靶标miRNA浓度变化的情况绘制报告基因增强型绿色荧光蛋白表达量的三维模拟图,获得了最佳建模奖(Best Model)提名。③在教育方面,团队以更广泛更深入为核心理念,以“教育树”为蓝图,以PDCA循环计划(Plan)、执行(Do)、检查(Check)、行动(Act)为纲要,以认知发展理论为依据,在幼儿园、小学、初中、高中、大学、社区、老年大学、少数民族以及边远山区开展了一系列覆盖不同年龄段人群的教育活动,共计17所学校、1682名参与者,影响力广泛。此外,团队秉持寓教于乐的理念,注重线上线下相结合的教育模式,设计出RevPipes管道游戏、拼图游戏、SYNO卡牌等一系列原创教育游戏,其中“我的小章鱼”以其可爱的画风与创新的玩法收获了一致好评。同时,团队创新性地提出了“多感官学习”的教育理念,通过“视”“听”“闻”“尝”“触”等不同感官激发不同年龄段人群的学习兴趣。团队还推出了一系列教育活动,包括“iGEMers Day”和“21天养成良好作息打卡”等,并将微生物作画与刮画艺术融入其中,深受参与者喜爱。团队以其精彩丰富的教育活动给评委留下了深刻的印象,收获评委一致好评,获得最佳教育奖(Best Education)提名。④为了提高公众对心脏病与癌症的重视程度、增进其对于逆向肿瘤心脏病学地了解,团队通过综合人类实践进行了广泛的背景调研与概念

推广。自项目伊始共完成了对24名不同领域人士的咨询,把来自医生、伦理学教授、商学教授、律师、企业家、投资顾问、体育老师乃至患者的建议与反馈落实到项目改进中,完成了从倾听世界到反馈世界的闭环,并进行商业计划书的撰写,推动心肌梗死患者中癌症筛查试剂盒未来的成功落地。此外,团队还开展了心脏保健操和飞盘、网球活动等一系列公益活动,并推出科学防癌手册、伦理手册等科普读物,获得了从评委至公众的一致肯定,获得最佳综合人类实践奖(Best Integrated Human Practices)提名。⑤团队Wiki以紫色为基调,设计出一系列精美的网页交互效果,被评委称为“艺术品”,获得了最佳网页奖(Best Wiki)提名。在网页中的团队(Team)页面中,除了团队成员的自我介绍外,还有根据每位成员特点绘制的独特卡通形象,更通过动画增加了趣味与设计感。同时,Wiki每个页面首图均手绘完成,且在目录处增加了创意的交互效果;网页中根据文稿设计的严谨美观的概念图,使网页既灵动活泼又清晰易懂,精美的网页与清晰的成果展示极大体现了团队成员的想象力与创造力。

3 基于iGEM竞赛的本科生科研能力培养的模式构建

iGEM竞赛是合成生物学领域的竞赛,涉及医学、生命科学、药学、公共卫生、计算机科学、数学、化学、艺术、工商管理等不同专业,同时还涉及人文社会科学。这种跨学科的团队模式不仅促使学生体验到多学科交叉碰撞的火花,还在项目具体实施过程中不断融合各种学科理论进而打破传统的专业壁垒,促进多学科交叉融合。同时为了应对医学与生命科学领域对复合型研究人才日益增长的需求以及高等教育对象需不断提升学习能力的期待,吉林大学以iGEM竞赛为契机,通过深化课程改革,构建跨学科课程体系、建立以学生为中心的教育模式,再到实践教学、推动国际化教学交流与合作,不断提升复合型科研人员的综合素质,显著提高了国际化复合型科研人才培养的质量,营造了良好的国际化教育环境。

3.1 建立以学生为中心的教学模式

iGEM竞赛是由参赛者独立完成项目选题、实验方案设计、实验操作和数据分析等全部流程,需要学生具备自主能动性和创造力的比赛。这种促使学生在实践中培养独立思考与自主决策的能力的比赛模式与传统实践教学中的教师主导模式显著不同,需要高校施行“以学生为中心”的培养方式,以显著提升学生的主观能动性和创造力。吉林大学在此基础上有针对性地开展中英文双语“精英化”教学,以“翻转式”“互动式”的教育理念为基础,鼓励学生自主查阅中英文文献资料自主选题。课堂上讲解iGEM竞赛往年金牌案例,使学生从原来的“被动学”转变为课堂上喜欢的

“主动讲”的模式,学生通过对金牌案例的讲解及 iGEM 网站的解读能够更加了解 iGEM 相关比赛规则和项目要求,在参加比赛前更好地适应比赛。同时吉林大学 iGEM 团队在每届赛事结束后,面向全校学生进行比赛总结暨新一届 iGEM 竞赛的招募宣讲,往届参赛队员进行比赛总结,汇总项目闪光点,重点找出并分析执行过程中出现的问题,以“传-帮-带”的形式传递到下一届项目中,保证 iGEM 竞赛的丰富经验保留并过渡到下一届。

3.2 探索实践教学的科研能力培养

iGEM 竞赛注重理论知识与实际应用的有机结合^[10]。参赛学生需要将课堂理论概念与实际项目需求相结合,通过实验验证、数据分析等手段解决在项目进展中的实际问题。在本科生培养方案中,吉林大学不仅具有完善的理论基础教授课程、指导教师面对面交流和引导,还不断强化实践教学环节、显著提升实践类课程占比,当学生具备一定理论基础与实验操作经验后可以申请进入科研实验室参与项目实施。吉林大学充分利用优质的科研资源,先后开设“本科生科研训练计划项目”“大学生创新创业训练计划项目”和“开放性创新实验项目”等选修课程,同时鼓励本科生积极参加 iGEM 竞赛等项目,支持教师招募优秀的本科生合作开展小型科研项目,培养学生的实践动手能力,并促进学生了解先进科学技术与研究方法,参与实验室工作的学生在观察研究人员日常工作的同时需要独立完成小型课题设计与操作,以增强科研兴趣与自主探究能力,提升学生分析与解决问题的能力。以 2023 年和 2024 年吉林大学白求恩第三临床医学院 iGEM 竞赛参赛队伍为例:参加过“本科生科研训练计划项目”课程的本科生 100% 加入了 iGEM 竞赛团队;参加过“大学生创新创业训练计划项目”课程的本科生加入 iGEM 竞赛团队的比率分别为 60% 和 75%;参加过“开放性创新实验项目”课程的本科生加入 iGEM 竞赛团队的比率分别为 29% 和 50%。通过上述选修课程的学习,学生们不仅积累了扎实的理论知识,更重要的是在实践操作方面得到了全方位的锻炼,实际动手能力显著提升。同时,课程中融入的科研思维训练和创新方法指导,进一步提升了学生们的科研素质和创新能力。这些高素质学生的加入为 iGEM 竞赛优异成绩的取得做出重要贡献。

3.3 多元化评价体系与多学科融合的复合型人才培养

iGEM 竞赛为本科生实践教学提供了多元化的评价视角,强调从单一的理论考核转向理论实践相结合的综合评价。在 iGEM 竞赛中,学生不仅需要有扎实的理论基础,还需要具备将理论知识应用于解决实际问题的能力。因此,评价体系应涵盖理论知识、实践操作、创新思维、团队协作、沟通表达等多维度能力。在项目设计时,学生们

需要将所学理论用于科研实践,共同确定合理的研究方案;在项目实施过程中,学生们需具备熟练的实验操作技能和数据分析能力;项目优化时,全队队员展示创新思维,提出独特的解决方案,以应对实验的种种挑战等。这种综合性的评价方式能够更全面地反映学生在科研实践中的综合素养,为高校实践教学改革提供了借鉴。

吉林大学基于 iGEM 竞赛,通过国际交流与跨学科课程体系培养复合型人才。吉林大学系统性开发跨学科课程、构建综合性知识培养体系,例如:创新创业教育学院面向全校学生开设了《iGEM 国际创新项目设计》课程,吸引了来自临床医学院、生命科学学院、计算机学院、数学学院、化学学院、艺术学院、商学与管理学院等学生积极选课并参加 iGEM 竞赛。该课程不但讲授与创新国际竞赛 iGEM 相关的基本知识、相关理念,还通过讲解 iGEM 竞赛奖项和赛道设置,让学生了解竞赛核心,提高学生的参赛能力和团队协作力,为培养具有国际竞争力的复合型人才提供有力的支撑。在 iGEM 竞赛的项目成果展示和现场答辩环节,参赛者通过与其他国际参赛队伍互动交流,在拓宽国际视野的同时能够获得国际前沿的研究动态和技术发展趋势^[11-12]。此外,吉林大学积极与国外知名高校寻求合作,共同创建创新型人才国际合作培养项目,搭建本科生国际合作交流平台;系统构建国际化师资队伍、积极引进国外优质教育资源,为师生提供了与全球顶尖团队同台竞技的高质量平台,在提升国际竞争力的同时形成了“以赛促学、以赛促教”的良性循环。

4 结论与展望

iGEM 竞赛作为一项国际性、跨学科、原创性成果高的赛事,通过竞赛项目驱动实践教学进而提升本科生的科研能力,基于跨学科合作、自主学习和实践应用的培养模式,不仅能够提升学生的科研能力,还能够培养学生的创新思维、团队协作能力和国际视野。吉林大学通过 iGEM 竞赛重点培养具有国际视野的复合型人才,为高等教育创新改革提供实践范例。

目前 iGEM 在实践教学中仍面临挑战。比如,学科课程建设需要突破跨专业、跨年级选课的范围,实践环节开展需要依赖指导教师的科研平台,国际交流合作有待拓展更广泛的国际化资源等。未来,高校应进一步加强实践教学改革,完善跨学科课程体系,增加实践教学资源投入,推动国际化合作与交流,为本科生科研创新能力的培养创造具有国际竞争力的条件。

参考文献

- [1] 王启要,李鹏飞,高淑红,等. 国际基因工程机器大赛对本科生综合能力培养模式的探索[J]. 生物工程学报,2021,37(4):1457-1463.

- Wang Q Y, Li P F, Gao S H, et al. Exploration of an integrated competency development model for undergraduates training by participating the international genetic engineering machine competition [J]. *Chin J Biotech*, 2021,37(4):1457-1463.
- [2] 赵霞,卢曙光,王竞,等. 国际基因工程机器大赛在中国[J]. *生物工程学报*,2018,34(12):1915-1922.
Zhao X, Lu S G, Wang J, et al. Development of international genetically engineered machine competition in China [J]. *Chin J Biotech*, 2018,34(12):1915-1922.
- [3] 王碧云,严会芬,巩雪. 研究生科研训练困境及对策分析[J]. *华北电力大学学报(社会科学版)*,2016(1):127-132.
Wang B Y, Yan H F, Gong X. An analysis of predicaments and countermeasures for postgraduates' scientific research training [J]. *J North China Electr Power Univ (Social Sciences)*, 2016(1):127-132.
- [4] 宋娟,朱梦梅,钱珂文,等. 中美大学生社会实践模式的比较研究——基于国际基因工程机器大赛(iGEM)的视角[J]. *大学教育*,2022(2):1-3,7.
Song J, Zhu M M, Qian K W, et al. Comparative study on the social practice modes of Chinese and American university students-from the perspective of iGEM competition [J]. *University Education*, 2022(2):1-3,7.
- [5] 唐悦,李裕康,朱旭东,等. 国际基因工程机器大赛高中赛道发展概况[J]. *生物工程学报*,2022,38(12):4816-4826.
Tang Y, Li Y K, Zhu X D, et al. Development of the iGEM high school track [J]. *Chin J Biotech*, 2022,38(12):4816-4826.
- [6] 沈琛越. 跨学科融合视域下高职视障生“推拿手法”课程教学改革探析[J]. *现代职业教育*,2025,(8):117-120.
Shen C Y. Teaching reform of “Tuina Techniques” for visually impaired students in higher vocational education from the perspective of interdisciplinary integration [J]. *Mod Voca Educ*, 2025(8):117-120.
- [7] 彭伟盼,程新宽,石梦婷,等. 工程教育“五元融合”的中外合作国际化人才培养新模式[J]. *生物工程学报*,2025,41(5):2188-2201.
Peng W P, Cheng X K, Shi M T, et al. A new model of “five-element integration” for cultivation of international talents in engineering based on Sino-foreign cooperation [J]. *Chin J Biotech*, 2025,41(5):2188-2201.
- [8] 吕原野,张益豪,王博祥,等. 国际基因工程机器大赛对本科生科研教育的启示[J]. *生物工程学报*,2018,34(12):1923-1930.
Lv Y Y, Zhang Y H, Wang B X, et al. Bringing scientific research education closer to undergraduates through International genetically engineered machine competition [J]. *Chin J Biotech*, 2018,34(12):1923-1930.
- [9] 贺爽,郭芮兵,梁龙琪,等. 吉林大学化学学科国际化人才培养模式的探索与实践[J]. *化学教育*,2022,43(14):17-21.
He S, Guo R B, Liang L Q, et al. International talent training mode of chemistry discipline in Jilin university [J]. *Chin J Chem Educ*, 2022,43(14):17-21.
- [10] 陈金波,殷实,刘芳南,等. 基于国际遗传工程机器竞赛(iGEM)的大学生创新能力培养模式研究——以北京师范大学生命科学学院为例[J]. *大学教育*,2020,9(12):111-113.
Chen J B, Yin S, Liu F N, et al. Research on the cultivation model of college students' innovation ability based on iGEM: a case study of the school of Life sciences, Beijing Normal University [J]. *University Education*, 2020,9(12):111-113.
- [11] Mitchell R, Dori Y J, Kuldell N H. Experiential engineering through iGEM-an undergraduate summer competition in Synthetic Biology [J]. *J Sci Educ Technol*, 2011,20(2):156-160.
- [12] 徐德昌. 合成生物学与 iGEM [J]. *生物信息学*, 2012,10(2):145-147.
Xu D C. Synthetic biology and iGEM [J]. *Chin J Bioinform*, 2012,10(2):145-147.