

医卫及纺织用海洋生物材料发展现状研究

胡惜文¹ 贺志鹏² 伏广伟² 杨萍² 宋林南¹

1. 中联品检(北京)技术集团有限公司(中国)

2. 中国纺织信息中心(中国)

摘要: 海洋生物资源种类多、功能佳、安全性高且成本低,在医卫及纺织领域具有巨大的开发潜力和广阔的应用场景。分析医卫及纺织用海洋生物材料的主要种类、开发利用现状及发展中存在的问题,从推进创新平台建设、加强技术创新、加强政策引导、广纳高水平人才及团队4个方面对我国医卫及纺织用海洋生物材料的研发提出建议。

关键词: 海洋生物材料; 医卫及纺织用; 壳聚糖; 海藻酸; 胶原蛋白

Research on the development status of marine biomaterials for medical and textile applications

Hu Xiwen¹, He Zhipeng², Fu Guangwei², Yang Ping², Song Linnan¹

1. C-UTS United Testing Services (Beijing) Technology Group Co., Ltd., Beijing/China

2. China Textile Information Center, Beijing/China

Abstract: With many kinds, good functions, high safety, and low cost, marine biological resources have great development potential and broad application scenarios in the field of medical care and textile. The main types, development and utilization status, and development problems of marine biological materials for medical and textile applications were analyzed. Some suggestions were put forward for the future development of marine biomaterials for medical and textile applications in China, focusing on four areas: advancing the construction of innovation platforms, enhancing technological innovation, strengthening policy guidance, and attracting high-level talents and teams.

Keywords: marine biomaterial; medical and textile application; chitosan; alginic acid; collagen

近年来,国家生态文明建设和“十四五”规划对于提高海洋资源开发能力、积极扩展海洋经济发展空间做出了新部署。中国拥有广阔的海域,丰富的海洋生物资源,发展海洋经济具有独特的优势。海洋生物材料的开发是发展海洋经济的一部分,海洋生物材料以其优良的生物相容性、生物活性、抗菌性及环保性能在医卫和纺织行业的应用中优势明显,例如:海藻可产生促进伤口修复的化合物,可用于制作敷料和药物;一些海洋生物材料中含有的抗菌物质对于制备医用敷料和开发功能性纺织品非常重要;大多数海洋生

物材料可再生,具备更好的可持续性。总之,海洋生物材料在种类、功能、价格、安全性等方面相较于传统材料具有较大优势,在医卫及纺织领域具有广阔的应用前景,是研究热点之一。

1 医卫及纺织用海洋生物材料主要种类

根据海洋生物材料分子的不同成分,海洋生物资源可划分为无机类材料、天然高分子多糖类材料

和天然高分子蛋白类材料^[1]。珊瑚礁生物材料、海藻酸钠生物材料、壳聚糖生物材料和胶原蛋白生物材料等均为天然可再生生物资源,这些材料具有多种结构和功能,且生产加工成本较低,产品附加值高。

1.1 壳聚糖材料

壳聚糖材料是一种新型的生物基材料,源于水产品加工过程中的副产物,如虾壳和蟹壳等,是一种天然多糖,具有环保、高度亲和人体等优点,具有极大的发展前景^[1]。壳聚糖纤维是我国新材料产业的发展重点之一,也是生物基新纤维重点支持发展对象。目前,壳聚糖纤维已广泛应用于海绵、薄膜、纤维、粉末、凝胶和喷雾等产品中^[2]。

壳聚糖材料的多重功能,如止血性、抗菌性、保湿性、促进性、成型性等,使之成为制备创伤敷料的首选材料。青岛海洋大学和军事医学科学院卫生装备研究所共同研发的人造皮肤和生物敷料,不仅能有效抑制细菌感染,还能渗透水分和空气,促进伤口愈合^[3]。另外,将壳聚糖材料与甲壳素材料混合,制成的纤维强度高,可作为手术缝合线使用。该缝合线能够被生物体内的溶菌酶分解,不仅能避免拆线损伤,而且还能被机体充分吸收,不触发过敏反应。

在纺织领域,陈志峰^[4]在西安工程大学进行的一项试验表明,通过使用壳聚糖对经过双氧水漂白的毛织物进行整理可以获得显著的染色效果。此外,壳聚糖材料还可用于生产毛巾、抗菌袜、卫生用品等,被视为一种新型环保抑菌材料。

1.2 海藻纤维

海藻酸提取自褐藻,具备高生物相容性、高吸湿性、高透氧性和无毒性,同时还具有生物凝胶性、生物降解性及抗菌性等优良特性,在医药行业应用十分广泛,尤其是在医用敷料、藻酸钙膜和海藻酸共混纤维方面。海藻酸和壳聚糖混合后可以制备各种新型材料,包括纤维制品和可注射材料,甚至可用于制备与骨骼相似的复合材料。而海藻酸和明胶混合后,可用于制备阻隔细菌的医用纱布和创面敷料,并具有促进伤口愈合和止血的功能^[5]。

海藻纤维不仅在医药学领域得到广泛应用,在纺织服装领域其价值也相当高。海藻纤维的大分子结

构具有亲水基团且微孔较多,从而使其表现出优异的吸湿和保湿能力。海藻纤维对水的吸收能力是其自身质量的20倍,并且比棉纤维的回潮率还高,因此以海藻纤维为原料的服装具有更好的穿着舒适度。此外,海藻纤维的极限氧指数(LOI) $\geq 45\%$,具有自熄、无烟、无毒和无熔滴等特性。与火焰接触时,高温刺激海藻纤维发生炭化反应后,其呈暗黑状而非燃烧状,因此使用海藻纤维制作窗帘、地毯等家居用品,既能有效预防火灾,又能减少因燃烧产生的有害烟雾对人体的危害。

1.3 海洋胶原蛋白

海洋胶原蛋白提取自鱼类加工废弃物中,包括鱼皮、鱼骨和鱼鳍等,来源广泛。因其具有保护和支撑人体组织、促进伤口愈合、增强骨骼强度、改善关节功能等功能,用途广泛^[6],如用于皮肤修复支架、真皮再生基膜、口腔膜等产品。海洋胶原蛋白在传统医疗领域中主要用于止血、构建药物载体等方面,也可用于烧伤和烫伤的治疗中。

2 医卫及纺织用海洋生物材料开发利用现状

2.1 国外开发利用现状

美国一直在积极开展海洋生物医疗用纺织材料的研究与开发,在纺织材料的特性、材料表面处理、纤维结构设计、组织工艺、性能测试等方面不断探索,拓展应用领域。目前,美国已经开发出各类生物医疗用专用纺织材料,涉及心血管疾病、癌症、创伤等多个领域,如血管支架、血管补片、人工心脏瓣膜等,这些产品已在临床上得到了应用。

日本在医疗用纺织材料领域拥有深厚的技术积累,其医疗用纺织材料具有广泛的应用。医疗用海洋生物材料,如胶原蛋白、海绵等,已广泛应用于骨科、牙科和整形外科等多个医疗领域,并取得了显著疗效。此外,日本企业还在卫生巾、纸尿裤等产品中使用海洋生物纤维素材料,既保证了产品的环保性质,又提高了使用者的舒适感。

近年来,全球海洋强国纷纷增加对海洋生物资源产业的投入。海洋生物科技的创新已成为世界海洋

产业的关键。美国国家研究委员会和国立癌症研究所、欧共体海洋科学和技术、日本海洋科学技术中心及日本海洋生物技术研究院等机构每年投入数亿美元用于海洋资源的研究开发,以促进海洋生物材料的研发和成果转化。国际组织和主要海洋国家也推出了多项海洋产业发展规划和行动计划。例如:美国国会海洋政策委员会建议加大海洋生物技术领域的研发工作,鼓励跨学科研究海洋物种的生态、进化、化学和分子生物学,以发现潜在的海洋生物产品,并推进实用化合物的研制;欧盟《海洋生物技术战略研究与创新路线图》(2016—2030年)指出,在工业酶、药物、功能性食品、化妆品和农产品市场上,海洋生物资源的利用具有重要的拓展机遇;爱尔兰出台《2021海洋研究创新战略》,以充分利用海洋资源,促进海洋经济繁荣为目标,这也促进了海洋生物医药和制品产业的发展。^{[7]14-15}

2.2 中国开发利用现状

海洋生物材料及制品产业是我国海洋战略性新兴产业之一,也是发展“蓝色经济”的重要内容^{[7]15}。近年来,中国的海洋生物医药与制品产业取得了巨大进步,尤其是在国家海洋经济创新发展示范项目的支持下,许多科技成果已成功产业化落地。中国的海洋经济总产值中,海洋生物医药产业的比例持续上升且发展势头良好,2017—2022年,产值增长迅速(图1)^[8-13],已成为发展迅猛的海洋战略性新兴产业之一。

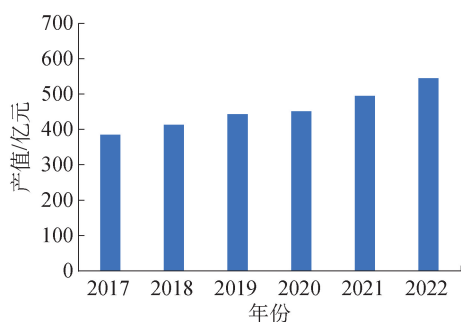


图1 中国海洋生物医药产业产值

根据国家专利网的检索结果,截至目前,已申请的壳聚糖相关的发明专利数量约为11 260项。调研发现,目前与壳聚糖相关的标准共有18项(表1),与

海藻酸相关的标准有11项,与胶原蛋白相关的标准则有16项^[14],具体见表1。由此可见,中国在医卫及纺织用海洋生物材料领域已经积累了一定的研究基础,并形成了一定规模的技术创新。

此外,中国还涌现了众多专门从事海洋生物材料研发工作的科研机构。青岛大学海洋纤维新材料研究院主要研究海洋生物质纤维成形理论、海洋生物高分子材料学、海洋生物基能源与环境材料、通用材料仿生设计改性等^{[15]6};东华大学生物医用纺织材料团队专注于生物医用纺织品的设计、制备和系统评价,研究重点包括人工血管、血管支架、疝修复补片、抗菌缝合线、功能敷料、外科清创材料、压力袜和医用护具等;中国海洋大学和武汉大学在壳聚糖机器衍生物的医用领域也有着较深入的研究和积累;四川大学、浙江大学、中科院过程工程研究所及中科院大连化学物理研究所也在开展药物缓释载体材料的相关研究^{[16]12}。

近些年,中国海洋生物材料研发生产企业也不断涌现,青岛源海新材料科技有限公司与青岛大学海藻纤维研发团队合作成功研制了具有抑菌、防霉、护肤、抗过敏、阻燃、止血、耐盐水和耐洗涤等多重特性的海藻纤维,用于生产纺织服装、卫生用品、防火材料、医疗器械和其他非织造物品;海斯摩尔生物科技有限公司实现纯壳聚糖纤维千吨级产业化,在壳聚糖纤维及其制品生产和海洋生物再生纤维的研发等领域占有重要地位^{[16]12};青岛明月海藻集团有限公司等共同推进“海洋生物医用材料关键技术及产业化”项目,开展海藻酸盐的氧化、酯化等改性技术研究,研发的海洋生物医用材料包括海洋生物纤维、海绵和敷料等,具备高吸湿、快速止血、促进愈合等多种功能;在手术止血新材料领域,青岛博益特生物材料有限公司成功推出了壳聚糖基止血非织布产品并通过了临床试验^[17];厦门百美特生物材料科技有限公司研发的系列生物海藻酸盐医用敷料在止血、促进伤口愈合和生物降解吸收性等方面表现卓越,已成功建成年产100 t海藻纤维湿法纺丝生产线。

总之,中国海洋生物材料的研究已经逐渐形成规模,其应用领域涉及食品、保健品、化妆品、纺织品及医药行业等多个领域。目前,中国对于海洋生物资源的开发利用正逐步向着科学化、系统化和可持续化的方向发展。

表 1 现行的相关标准

壳聚糖	海藻酸	胶原蛋白
T/QGCML 167—2021《生物材料级甲壳质与壳聚糖》	HG/T 5932—2021《肥料增效剂海藻酸》	T/ZGKSL 004—2023《化妆品用重组胶原蛋白原料》
T/SDAQI 033—2021《纺织品 定量化学分析 壳聚糖纤维与棉、毛纤维的二组分混合物(冰乙酸法)》	FZ/T 51018—2020《纤维用海藻酸钠》	YY/T 1805.2—2021《组织工程医疗器械产品 胶原蛋白 第2部分:I型胶原蛋白分子量检测——十二烷基硫酸钠聚丙烯酰胺凝胶电泳法》
YY/T 0953——2020《医用羧甲基壳聚糖》	YY/T 1654—2019《组织工程医疗器械产品 海藻酸钠》	YY/T 1849—2022《重组胶原蛋白》
YY/T 1699—2020《组织工程医疗器械产品 壳聚糖》	HG/T 5515—2019《含海藻酸磷酸一铵、磷酸二铵》	T/GDFPT 0010—2021《冻干蛋白类制品(豆制品、胶原蛋白、蛋制品)生产技术规范》
FZ/T 64077.3—2019《壳聚糖纤维非织造布 第3部分:针刺非织造布》	FZ/T 52049—2018《海藻酸盐短纤维》	NY/T 3608—2020《畜禽骨胶原蛋白含量测定方法 分光光度法》
FZ/T 64077.2—2019《壳聚糖纤维非织造布 第2部分:水刺非织造布》	YY/T 1574—2017《组织工程医疗器械产品 海藻酸盐凝胶固定或微囊化指南》	DB61/T 1202—2018《I型胶原蛋白通用技术要求》
FZ/T 64077.1—2019《壳聚糖纤维非织造布 第1部分:热风非织造布》	DB37/T 3314—2018《肥料中海藻酸含量测定 分光光度法》	YY/T 1511—2017《胶原蛋白海绵》
GB/T 38135—2019《医用壳聚糖短纤维》	NY/T 3174—2017《水溶肥料 海藻酸含量的测定》	YY/T 1453—2016《组织工程医疗器械产品 I型胶原蛋白表征方法》
SC/T 3403—2018《甲壳素、壳聚糖》	HG/T 5049—2016《含海藻酸尿素》	DB35/T 1397—2013《鱼类加工副产物酶法提取胶原蛋白(明胶)技术规范》
DB37/T 3313—2018《肥料中壳聚糖含量测定 分光光度法》	HG/T 5050—2016《海藻酸类肥料》	SB/T 10373—2012《胶原蛋白肠衣》
GB/T 35257—2017《纺织品 定量化学分析 壳聚糖纤维与某些其他纤维的混合物(乙酸法)》	YY/T 0606.8—2008《组织工程医疗产品 第8部分:海藻酸钠》	SB/T 10634—2011《淡水鱼胶原蛋白肽粉》
NY/T 3175—2017《水溶肥料 壳聚糖含量的测定》		QB 2732—2005《水解胶原蛋白》
FZ/T 50037—2017《壳聚糖纤维脱乙酰度试验方法》		T/SHRH 031—2020《化妆品紧致、抗皱功效测试—体外成纤维细胞I型胶原蛋白含量测定》
DB44/T 2078—2017《壳聚糖纤维类敷料》		T/CAB 0063—2020《III型胶原蛋白促进细胞粘附性测定 分光光度法》
FZ/T 01125—2014《纺织品 定量化学分析 壳聚糖纤维与某些其他纤维的混合物(胶体滴定法)》		T/CAB 0062—2020《III型胶原蛋白鉴定 液相色谱—串联质谱法》
FZ/T 12038—2013《壳聚糖纤维与棉混纺本色纱线》		T/GDFPT 0010—2020《冻干蛋白类制品(豆制品、胶原蛋白、蛋制品)生产技术规范》
FZ/T 72011—2011《壳聚糖纤维混纺针织面料》		
FZ/T 52012—2011《壳聚糖短纤维》		

3 医卫及纺织用海洋生物材料发展问题及思考

近年来,中国医卫及纺织用海洋生物材料的开发

利用水平在不断发展,但是相对于美国等科技强国而言差距依然较大。从近年来中国海洋生物材料专利申请数量与公开数量来看,整体申请数量较少,2022年仅为34件(表2)。总体而言,我国医卫及纺织用海洋生物材料技术活跃度相对较低。

表2 中国医卫及纺织用海洋生物材料专利申请数量统计

年份	数量/件
2017年	23
2018年	33
2019年	19
2020年	26
2021年	22
2022年	34

3.1 发展相对滞后,技术创新不足

相比国际上的研发,我国的医卫及纺织用海洋生物材料行业发展还不够成熟,整体水平有待提高。其中,海藻纤维专用纺丝原料的研究还较有限,对于海藻酸的监测和控制手段也相对不足,导致我国海藻纤维的质量不稳定,如纺织用海藻纤维存在强度低、容易碎裂、柔软度差、弹性不足、颜色不良等问题,医用海藻纤维的伤口敷料抗菌性能和稳定性还需进一步改善^[18]。

3.2 原材料供应相对困难

我国在海洋生物资源方面优势明显,但就充分开发利用海洋生物资源而言,目前尚存在原材料供应不足的问题。如:海藻类纤维的原料取自海带中的海藻酸盐,2021年我国海带养殖的产量从2017年的148.66万t增长至174.24万t,其中大部分用于食品加工与出口,而当年我国海带需求量约173.94万t,海带原材料缺口严重。随着生产工艺的不断进步和应用领域的不断拓展,预计到2026年,中国海藻纤维产量将超过2万t,届时可能会出现原材料供应短缺的问题^[19]。

3.3 产品品质标准体系不健全

医卫及纺织用海洋生物材料的研究需要跨越多个领域,然而,我国目前针对海洋生物材料应用于不同领域产品的标准还不够完善,尤其是对于医卫及纺织用海洋生物材料及其产品的安全性、质量指标的考核体系还不健全,包括海洋生物医用材料的生物学评价、生物医用材料的安全性评价、海洋生物纺织品安全性及质量评价等方面。

3.4 产业化瓶颈

目前,医卫及纺织用海洋生物材料行业的发展规模仍然相对较小。产学研结合不够紧密,知识产权保护滞后,这些问题都制约了该行业的进一步发展。因中试环节投入不足,很多海洋高新技术成果无法成功

转化,成为该行业发展的瓶颈^{[15]6}。

4 医卫及纺织用海洋生物材料发展建议

4.1 推进创新平台建设,加快创新成果转化

医卫及纺织用海洋生物材料产业是一个新兴领域,为了促进其长期健康发展,应支持并鼓励采用“产学研用”合作模式,以促进各个产业链参与者间的充分交流。目前,国内部分企业的海洋生物医用材料的开发技术体系已较为成熟,应深入挖掘并加以多元化拓展^[20],同时创建医卫及纺织用海洋生物材料科研创新和科技创新平台,深化共享资源、集中培养和大规模转化成果以形成丰富的区域产业优势,构建企业、高校和科研机构等多方合作的海洋生物材料工程技术创新平台和产业化示范基地,攻克技术瓶颈,增强成果转化率。

4.2 加强技术创新,提升企业核心竞争力

加强关键技术研究 and 重大产品创新,以实现海洋生物材料制品的高水平产业化和产业可持续发展。引导企业进行技术创新,加大培育产品创新力度,提高海洋生物材料制品的附加值。鼓励企业开拓国际市场,逐步提升产业研发实力和市场空间,从而促进产业的可持续发展。同时,建设科学合理的产品指导和审批制度,加快产品的市场化进程。

4.3 加强政策引导,加大产业发展支持力度

加强政府政策的扶持力度,增加财政资金投入,促进医卫及纺织用海洋生物材料的研发。例如:在科技计划中增加该领域的扶持资金;对企业和项目给予政策倾斜;还可通过补贴注册企业和实施税收优惠政策来鼓励其发展,以支持医疗和纺织等领域中海洋生物材料的研发、应用及公共服务平台的建设。

4.4 广纳高水平人才及团队

创新人才培养机制,大力培养企业基础应用研究人才和海洋生物材料专业人才。同时,鼓励高校和科研院所与企业进行技术合作与交流,积极引进高端专业人才。此外,积极培育“海洋科学+其他行业”的复合型人才,以满足纺织、医疗及其他不同领域对人才的需求。

参 考 文 献

- [1] 汪军.基于壳聚糖衍生物的功能化纳米/微米药物传递体系的研究[D].武汉:武汉大学,2011.
- [2] 牛方.从“零”到“全产业链”:自立自强的壳聚糖纤维[J].中国纺织,2017(12):68-71.
- [3] 汤薇,董静,赵金荣,等.壳聚糖改性及改性壳聚糖应用研究进展[J].济南大学学报(自然科学版),2023,37(1):84-93.
- [4] 陈志锋.壳聚糖在毛织物染色中的应用[J].毛纺科技,2010,38(1):4-8.
- [5] 白亚莉,李凌.海藻纤维制备方法的专利研究[J].新材料产业,2020(5):48-51.
- [6] 刘利清.胶原蛋白的功效及其应用发展[J].大陆桥视野,2016(8):281.
- [7] 陈兴麟,吴黄铭,汤熙翔.中国海洋生物医药与制品产业发展建议:基于四个城市的调研分析[J].中国发展,2020,20(4).
- [8] 国家统计局.中华人民共和国 2022 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2023-02-28)[2023-5-25]. <http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t202302281919011.html>.
- [9] 国家统计局.中华人民共和国 2021 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2022-02-28)[2023-5-25]. <https://www.gov.cn/xinwen/2022-02/28/content5676015.htm>.
- [10] 国家统计局.中华人民共和国 2020 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2021-02-28)[2023-5-25]. <https://www.gov.cn/xinwen/2021-02/28/content5589283.htm>.
- [11] 国家统计局.中华人民共和国 2019 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2020-02-28)[2023-5-25]. <https://www.gov.cn/xinwen/2020-02/28/content5676015.htm>.
- [12] 国家统计局.中华人民共和国 2018 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2019-02-28)[2023-5-25]. <https://www.gov.cn/xinwen/2019-02/28/content5369270.htm>.
- [13] 国家统计局.中华人民共和国 2017 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2018-02-28)[2023-5-25]. <https://www.gov.cn/guowuyuan/2018-02/28/content5269506.htm>.
- [14] 国家标准信息公共服务平台.国家标准目录[EB/OL][2023-05-25]. <https://std.samr.gov.cn/gb/gbQuery>.
- [15] 郭春花.依托山东纺织优势打造海藻纤维品牌[J].纺织服装周刊,2020(39).
- [16] 顾其胜,位晓娟.我国海洋生物医用材料研究现状和发展趋势[J].中国材料进展,2011,30(4).
- [17] 席宁.纺织服装用海藻纤维国际首创[J].纺织科学研究,2017(1):23-25.
- [18] 秦洪花,房学祥,赵霞,等.海藻纤维新技术进展与青岛海藻纤维产业发展现状及对策[J].产业用纺织品,2018,36(4):1-6.
- [19] 北京新思界国际信息咨询有限公司.2021—2026 年中国海藻纤维行业市场深度调研及发展前景预测报告[EB/OL].(2021-10-12)[2023-05-25]. <http://newsijie.com/baogao/2021/1012/11302041.html>.
- [20] 刘凯.经略海洋的战略思考 推进海洋来源材料在医疗器械产业的发展[J].中国食品药品监管,2019(10):86-90.

欢迎订阅 2025 年《国际纺织导报》

《国际纺织导报》(双月刊),大 16 开,全彩色印刷,定价 12.00 元/册,全年 72.00 元,中国标准连续出版物号 ISSN 1007-6867,邮发代号 4-245。

《国际纺织导报》由东华大学主办,德国著名的专业出版机构协办,东华大学期刊中心出版。期刊已入编中国学术期刊(网络版)、万方数据一数字化期刊群、中文科技期刊数据库、超星期刊域出版平台及长江文库,入选 CACJ 中国应用型入库期刊,为第五届上海市高校科技期刊案例库特色科技期刊。

《国际纺织导报》报道国内外纺织、服装、产业用纺织品及其相关领域科研、生产和技术应用的最新成果,介绍行业内的重要学术会议、展览及技术、经济信息,依托东华大学纺织、纤维材料等优势学科,开设有纤维原料、纤

维与纱线、纤维生产、纺纱、机织、针织、非织造技术、产业用纺织品、印染与整理、测试与标准、服装与面料、营销与管理、环境保护及纺织资讯等栏目。

《国际纺织导报》将利用丰富的信息源架起中国与世界纺织业间的桥梁,推进中国纺织行业的进一步发展。

《国际纺织导报》承接相关广告,并热诚为客户宣传,欢迎有意者来电、来函或 E-mail 联系。

地 址:上海市延安西路 1882 号

东华大学第三教学楼 15 楼

电 话:021-62373227

E-mail: mc@dhu.edu.cn

采编平台: <http://gfzb.cbpt.cnki.net>

