

甘肃省大学生创新创业训练计划

项目申报表

(创新训练项目)

推荐学校：西北师范大学（盖章）

项目名称：微生物燃料电池在绿色照明
装置中的研究及应用

所属一级学科名称：生物科学类

项目负责人：杨彩云

联系电话：18298434820

指导教师：令利军

联系电话：13919343210

申报日期：2019年4月25日

甘肃省教育厅 制

项目名称		微生物燃料电池在绿色照明装置中的研究及应用					
项目所属一级学科		生物科学类					
项目实施时间		起始时间： 2018 年 11 月 完成时间： 2019 年 11 月					
项目简介 (100 字以内)	使用高通量筛选的方法获取环境中优势电化学活性菌资源，实验室驯化后作为燃料电池阳极微生物。通过实验确定不同电池环境中菌种的最佳组合与配比，并选择合适构型的微生物燃料电池，将其应用于低功耗光源装置中。						
申请人或申请团队		姓名	年级	学号	所在院系/专业	联系电话	E-mail
	主持人	杨彩云	15 级	201574010425	生命科学学院生物科学	18298434820	1765260052@qq.com
	成员	马蕊	16 级	201674010117	生命科学学院生物科学	13893424934	marui@163.com
		王佳文	16 级	201674010224	生命科学学院生物科学	17361634476	xixi529014015@163.com
		苏芳	16 级	201674010221	生命科学学院生物科学	17361634475	3144699348@qq.com
		李子彬	17 级	2017212117	生命科学学院微生物学	15379768830	15379768830@163.com
		赵云花	18 级	2018212238	生命科学学院微生物学	17339916559	Yanazyh@126.com
	指导	第一指导教师	姓名	令利军		单位	西北师范大学
		年龄	44		专业技术职务	副教授	

教师	主要成果	先后参与和主持项国家及省部级科研项目 12 项, 获得甘肃省科技进步奖 2 项。近年来在 SCI 及国家级专业学术期刊发表论文 17 篇, 其中 SCI 3 篇, 出版专著 1 部。目前已公开国家发明专利 3 项, 注册 “毓苑草木” 商标 1 件。指导的学生作品获得第八届全国大学生电子商务 “创新、创业及创意” 挑战赛甘肃选拔赛三等奖等奖项 6 项
一、申请理由 (包括自身具备的知识条件、自己的特长、兴趣、已有的实践创新成果等) 微生物燃料电池是近年来新兴的一种绿色能源装置, 现已被广泛的应用于污水处理、生物传感器和能源供应等领域中。课题组对其进行了长时间的关注并做了深入了解。课题组成员均具备良好的实验技能与浓厚的兴趣, 且人员搭配合理, 各有所长, 项目指导老师具备丰富的知识储备与深厚的应用研究背景, 课题组能充分的发挥出在本项目的研究优势。目前, 课题组已搭建了完善的电化学菌筛选体系和电化学活性测试体系, 具备良好的数据处理能力与资料获取能力。现已从多种环境当中分离出了多株具备良好电化学活性菌株, 具有扎实的项目实施基础。		
二、项目方案 2.1 项目研究背景 近年来, 能源与环境问题日益受到人们重视, 不断增加的能源需求与不平衡的能源利用模式之间的矛盾愈加突出。三废处理把控愈加严格, 使之成为各大高污染企业心病。微生物燃料电池的发展为污水处理开辟了新途径也为特殊能源的供应提供了新思路。研究者们研究发现微生物燃料电池具有广泛的污水处理能力, 且对环境无二次污染, 并且具有良好的同步发电性能, 因此原来越多的科研工作者参与到了微生物燃料电池在污水处理的研究当中。 自 MFC 开始发展以来, 电池输出功率密度低仍然是制约 MFC 实际应用的主要因素。如何使 MFC 的功率输出最大化, 除了优化 MFC 的构造、修饰电极等非生物因素外, 在 MFC 产能的过程中, 作为阳极催化剂的产电菌, 其产电呼吸速率直接影响 MFC 的底物处理效果和功率输出。电化学活性菌广泛存在于自然界中, 并在元素地球循环中扮演着重要的角色, 需要更多地挖掘自然界中的产电菌资源, 并发挥其更大的作用。目前, 国际上已报道分离获得的产电微生物约 30 株, 其中细菌约 20 余株, 主要分布于变形菌门 (Proteobacteria) 和厚壁菌门 (Firmicutes), 包括希瓦氏菌属 (Shewanella sp.)、地杆菌属 (Geobacter sp.)、红育菌属 (Rhodoferax sp.) 和芽孢杆菌属 (Bacillus sp.) 等。国内研究者也报道了分离出的产电菌, 包括费氏柠檬酸杆菌 (Citrobacterfreundii)、嗜根考克氏菌 (Kocuria rhizophila)、克雷伯氏菌 (Klebsiella sp.)、Nitratireductorsp. 等。 目前, MFC 已被应用于多种污水的处理之中。吴伟杰、Min 等分别利用不同构型的 MFC 对较高 COD 值的生活污水进行处理, 在系统稳定运行后, 前者最大		

功率密度为 77.6 mW/m³, 后者 COD 去除率为 79%, 平均输出功率密度约为 43 mW/m³。均展现了较好的效果。MFC 技术在处理含汞、Cr、银、锰等废水中也得到了大量的应用, 并且都展现了较高降解率和较大输出功率。其中, 在回收汞中获得最大的功率密度达到 433.1 W/m², 处理含银废水中, 回收率最高可达 99.91%。MFC 不仅可以回收有价值金属, 在降解重金属废水的同时还获得电能, 它作为燃料电池的一位重要而特殊的成员, 在处理重金属废水方面势必会发挥越来越大的作用。MFC 已经涉及到多种工业废水处理领域, 包括: 酿酒废水、淀粉生产废水、其它难降解有毒废水的处理及反硝化脱氮中的应用。其中在处理淀粉生产废水中效果最为突出, Lu 等利用单室空气阴极 MFC, 以玉米淀粉废水作为接种液和基质, 探讨了高浓度 COD、高氨氮有机废水处置和产电的可行性。发现, 试验最高输出电压达 490.8 mV, 相应的电流密度为 893.3 mA/m², 最大功率密度达 239.4 mW/m², 内阻约为 120 Ω COD 的去除率达到 98%。随着 MFC 对工业废水处理的进一步研究, 对它的应用可向实用化推进, 并且为工业废水的处理提供了一条既能高效降解又可以产能的新途径。

微生物燃料电池是一个良好的能源供应装置, 自英国植物学家 Potter 发现微生物具有产电能力以来, 各种构造的微生物燃料电池被开发出来, 研究者们一直致力于微生物燃料电池产电效能的提升。随着功率的提升, 微生物燃料电池逐渐被用于一些特殊场合的电源供应, 并且体现出了极大地优势, 越来越多的研究在这方面展开。针对目前下水道监测装置和驱动装置的电池更换不便等问题, 田野等提出利用微生物燃料电池(MFC)处理下水道污水获得电能, 为监测设备等供电, 同时降解清洁污水中的部分有机污染物, 并且设计出了能利用处理实际污水获得的能量经能量采集电路收集和低功耗能量管理驱动了监测设备。董文博等研究发现微生物燃料电池可以为低功耗的微生物电解池(MEC)供电。研究发现 MFC 输出电压高于 280 mV 时, 电路中有明显的电流出现, 且随着阳极有机底物的消耗呈现出一定的变化规律, 说明 MFC 能启动起 MEC, 用 MEC 以氢气的形式储存 MFC 所产生的电能是可行的。同时他们对相关参数进行了分析, 讨论了联合运行系统内 MFC 与 MEC 的相互影响。

因以微生物作为特殊催化剂, 微生物燃料电池对外界环境具有极高的灵敏性, 研究者根据这一特性, 开发出了微生物燃料电池生物传感器, 用来监测各种环境指标。为了克服传统 BOD 检测费时费力的缺点, 吴锋等以 MnO₂ 代替金属铂作阴极催化剂、以阳离子交换膜代替了昂贵的质子交换膜, 构建了单室微生物燃料电池 BOD 传感器, 进行实际水样检测结果显示, 传感器最低检出限为 0.2 mg/L, 测量线性范围为 BOD 浓度 5~50 mg/L, 最佳测定范围为 BOD 浓度 20~40 mg/L, 精确度为 0.33%, 标准曲线线性相关系数达 0.999, 与 BOD₅ 比较, 相对误差在 4.0% 以内。MFC 阳极室中的生态环境稳定, 微生物能够在已适应的环境中有效地进行生物降解作用并同时产生电流。如果在阳极室中加入毒性物质, 微生物适宜的环境受到破坏, 则微生物会大量死亡, 并伴随着 MFC 产电性能的大幅度下降的现象发生。因此, MFC 可作为一个毒性报警装置, 用于废水处理系统中进水的实时监测。Shen 等在实验中, 向一个运行稳定的单室 MFC 阳极室内加入一定剂量的盐酸, 改变了阳极室内的 pH, 出现了 MFC 输出电压迅速下降的现象, 随后的一段时间内又恢复稳定。当 MFC 阳极室内微生物正常的生长环境受到破坏,

MFC 展现出了高度的敏感性和快速的恢复性。如果降低阳极室的 HRT, MFC 的敏感性会进一步得到提升。Stein 等在研究中向稳定运行的 MFC 阳极室中加入了一定剂量的铜, 也出现了 MFC 输出电压迅速下降并很快恢复稳定的现象。因此, 微生物燃料电池传感器能够作为毒性报警装置, 以保证废水处理稳定并有效的进行。

本课题具有充分的理论支持, 课题组目前已经搭建了多种微生物燃料电池反应器和数据采集平台, 并且已经具备相关数据的采集与分析能力, 在电化学活性菌筛选分离和菌株电化学活性测定方面具有良好的理论与实践基础。目前, 课题组已从环境中分离获得多株优良的电化学活性菌, 后续应用研究实验也在逐步开展

2.2 项目研究目标及主要内容

- (1) 筛选获得丰富的电化学活性菌资源并对其电化学活性进行鉴定、分析
- (2) 选取最适菌株组合与配比以提升微生物燃料电池性能
- (3) 构建合适微生物燃料电池并应用于低功耗光源装置之中

2.3 项目创新特色概述

本项目通过筛选和定向优化菌株组合配比来提升微生物燃料电池的性能, 使不同应用环境中的微生物燃料电池性能最优, 以便搭建低功耗光源的绿色能源装置。

2.4 项目研究技术路线

项目主要包括产电菌高通量筛选和产电性能验证、最优菌株组合及配比和微生物燃料电池能源装置构建三个主要步骤。拟采取的技术路线如下:

2.5 研究进度安排

(文献查阅)	2018	年	12	月至	2019	年1 月
(方案设计)	2019	年	2	月至	2019	年3 月
(实验研究)	2019	年	4	月至	2019	年8 月
(数据处理)	2019	年	8	月至	2019	年9 月
(撰写论文或研究报告)	2019	年	9	月至	2019	年10 月
(结题和答辩):	2019	年	10	月至	2019	年11 月

2.6 项目组成员分工

杨彩云团队负责人负责团队协调、进行数据采集处理工作, 苏芳, 王佳文进行性能验证, 马蕊负责菌种筛选鉴定, 李子彬、赵云花负责装置构建与运行。

三、学校提供条件（包括项目开展所需的实验实训情况、配套经费、相关扶持政策等）

学院目前具备完善的设备支持，项目涉及的基础实验操作与数据分析均有相关课程开展。

四、预期成果

- (1) 撰写学术论文两篇，
- (2) 完善实验平台，
- (3) 加强团队建设，
- (4) 提升成员创新意识和能力。

五、经费预算

总经费（元）	26000	财政拨款（元）	21000	学校拨款（元）	5000
--------	-------	---------	-------	---------	------

注：总经费、财政拨款、学校拨款由学校按照有关规定核定数目进行填写

具体包括：

1、设备材料费

(1) 设备购置费 10000

(2) 试剂购置费 5000

2、材料费 5000

3、交通费 1000

4、出版/文献/信息传播/知识产权事务费 500

5、论文发表费、图书资料费、专用软件购买费等 4000

6、其他支出 500

六、导师推荐意见

该项目已具备一定的研究基础，具有一定的创新性，能在一定程度上提高学生的动手能力与创新能力，同意推荐。

签名: 令利军

2019年4月25日

七、院系推荐意见

同意推荐

院系负责人签名:



学院盖章:



2019年4月26日

八、学校推荐意见:

同意推荐

学校负责人签名:



学校公章



2019年5月5日

注：表格栏高不够可增加。