**【项目名称】**

废水多尺度调控生物强化处理技术研发及其应用

**【推荐单位】**

四川省环境保护厅

**【项目简介】**

该项目针对废水生物处理中存在的有毒有害污染物处理难、运行不稳定以及处理成本高等问题，以太阳能电池生产废水（二乙二醇单丁醚废水、清洗剂废水）、场镇生活污水为研究对象，以高效、稳定与经济运行为目标，贯穿“污染诊断与分析-产品与技术研发-成果应用与推广”全链条技术体系，从微观尺度研究特征污染物降解机理，研发环境微生物菌剂和激活促进剂；从中观尺度弄清制约微生物降解效果的关键因子，优化运行参数；从宏观尺度优化组合工艺，集成创新研发废水多尺度调控生物强化处理技术，以技术植入方式于已建废水处理设施工程示范，并推广应用。主要创新点如下：

1、基于不同废水水质特征，定向选育特征污染物降解微生物菌（群），获得了有毒难降解污染物二乙二醇单丁醚高效降解菌株；从已有环境菌种库中筛选出清洗剂废水降解菌株，拓展已有环境微生物菌种的应用范围；定向选育出异养硝化-好氧反硝化菌株与耐低温硝化菌群，研制出有机物降解激活促进剂与硝化菌群低温促进剂；有效提高了菌（群）的降解性能与耐受性能。

2、研究确定了不同废水处理过程制约微生物降解效果的关键因子，基于微生物菌（群）生长与降解特性，研发针对不同废水处理的参数联动调控技术，提高污染物降解效率，降低运行成本。研发获得了DGBE废水处理菌胶团快速形成技术、营养物添加技术及以pH为核心的多参数联动调控技术，解决了菌种流失、泡沫量大的难题；研发了以气水比、pH为核心的清洗剂废水处理参数联动调控技术，突破清洗剂废水低温生物处理技术难题；研发硝化菌群快速增殖技术与以pH、氨氮浓度为核心的参数联动调控技术，解决了硝化菌群增殖慢的难题。

3、从微观尺度、中观尺度、宏观尺度提出了废水处理多尺度调控生物强化技术体系。针对不同废水，集成研发了基于微生物菌剂与激活促进剂研制、参数联动调控技术、工艺组合优化的废水多尺度调控生物强化处理技术，提高了微生物耐冲击负荷能力，保障了废水处理的稳定达标运行，降低了处理成本，并成功应用于DGBE废水、清洗剂废水和生活污水生物脱氮处理工程。 该项目申请国家发明专利7项，授权6项，发表论文25篇。通过该项目技术成果的应用，DGBE废水处理成本单方造价降低30%以上，运行成本降低40%以上，污泥产率降低50%以上；清洗剂废水处理系统容积负荷提高127.9%，COD平均去除率提高51.2%，处理成本降低39%以上；冬季生活污水氨氮去除率提高38.8%；工艺改造后，氨氮去除率较改造前提高23.7%。

该项目成果已在四川、重庆、陕西、广东等地成功应用于太阳能电池生产废水（DGBE废水、清洗剂废水）、生活污水脱氮、米糠高效综合利用废水、鱼籽酱生产废水、手机外壳生产阳极废水、汽车涂装废水、工业园区废水等处理工程。已累计处理工业废水520余万吨，COD减排6700余吨，节约运行费用近350万元，新增销售额1757万元，新增利润48.95万元；累计处理处理生活污水300余万吨，COD减排350吨以上，氨氮减排25吨以上，节约运行成本30万元以上。（以上数据截至2017年6月19日）

**【客观评价】**

1、项目验收意见

项目“污水处理功能微生物多尺度调控技术研究与工程示范”于2012年2月22日通过了中国科学院生命科学与生物技术局组织的验收，由中国科学技术大学俞汉青教授任组长的专家组认为“课题针对当前污水处理系统难稳定运行和运行成本高等问题，开展了基于微生物菌剂的种群、激活促进剂的酶活、操作参数的处理单元及工艺系统等的多尺度调控技术的研发工作，研制出具有自主知识产权的菌剂、激活促进剂以及配套的模块化过滤器等产品与设备，改进后的技术效率明显提高，为保障污水处理过程的稳定运行和高效低耗运行提供了技术支持”。

项目“废水生物脱氮稳定运行多尺度调控技术应用研究”于2016年8月4日通过四川省科技厅组织的验收，由四川省林业科学研究院慕长龙研究员任组长的专家认为“课题研究了低温或有毒冲击下脱氮微生物系统压力响应机制，研制了激活促进剂，研发了低温或有毒冲击下脱氮功能菌快速增殖技术，研发了低温或有毒冲击下生物系统脱氮系统优化技术及生物脱氮系统稳定运行多尺度调控技术，并在污水处理厂实现了工程应用。该技术可望为氨氮减排提供技术支持，保持工艺的稳定运行与减少污染物的排放”。

2、成果查新报告

2017年5月22日，委托中国科学院上海科技查新咨询中心完成了对该项目主要研究成果的国内外科技查新，提交的查新报告给出了“1、多尺度调控生物强化技术处理二乙二醇单丁醚（DGBE，亦称BDG）废水。通过向生物处理单元中投加DGBE高效降解微生物菌剂来强化生物处理效果，无需经厌氧及物化处理单元处理；2、多尺度调控技术生物强化处理光伏产业清洗剂废水，在处理清洗剂废水时，通过投加PEG高效降解微生物菌剂直接进行生物强化处理以提高COD去除率；3、多尺度调控生物强化处理技术应用废水生物脱氮过程，采取不同低温胁迫方式的策略来考察硝化菌群的低温耐受性和恢复性，得到经20℃条件下驯化一段时间后的硝化菌群比温度直接由20℃骤降至10℃以及20℃缓慢降低至10℃的硝化菌群的硝化效果更佳的结论，并进一步解析了20℃驯化有助于提高硝化菌群的低温耐受性和恢复性的作用机制。在上述检索范围和时限内，未见与项目方完全相同的相关研究报道，因此其研究课题具有新颖性”。

3、学术影响

成都商报以《寻找争光家乡人聚焦成都新生代》为题，对本项目第一完成谭周亮博士进行了报道，报道中提到谭周亮博士在生物环保反应器研制、废水生物处理多尺度调控等方面取得了系列成果。

4、专利情况

该项目共获得国家授权发明专利6项，发表论文25篇（SCI收录5篇）。

5、获奖情况

（1）该项目部分成果“多尺度调控生物强化技术在二乙二醇单丁醚废水处理中的应用”，获2012年中国微生物学会简浩然环境工程奖。

（2）该项目部分成果“多尺度调控技术在光伏废水处理中的应用”，获2016年四川省环境保护科学技术奖一等奖。

**【推广应用情况】**

该成果在太阳能电池生产废水、生活污水、米糠综合利用加工废水、鱼籽酱生产废水、手机外壳生产阳极废水、汽车涂装废水、工业园区废水等处理工程中得到成功应用。已累计处理DGBE废水36万吨，COD减排2124吨，节约运行费用216万元；累计处理清洗剂废水180万吨，COD减排1620吨，节约运行费用131.4万元；累计处理生活污水200万吨以上，COD减排260吨以上，氨氮减排20.5吨以上，节约运行成本30万元以上。累计处理涂装废水113.9万吨，减排COD量1139吨；累计处理阳极废水废水量182.5万吨，减排COD量1825吨。累计实现营业额1757万，创造利润48.95万。该项目技术成果的应用可有效提高我国废水生物处理系统的稳定性和出水达标率，切实降低工艺运行成本，这对于有效治理我国水体污染，保障饮用水安全，为高效节能减排、污水再生回用、污水处理提标升级改造提供技术支撑。

**【主要知识产权目录】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 授权号 | 授权日期 |
| 发明专利 | 一株高效苯胺降解菌及其用途和使用方法 | ZL 2009 10058557.X | 2012-02-15 |
| 发明专利 | 一株高效甲醛降解菌及其用途和使用方法 | ZL 2010 10185446.8 | 2012-11-21 |
| 发明专利 | 一种环境微生物菌剂保存剂 | ZL 2010 10185379.X | 2013-04-24 |
| 发明专利 | 一种提高含油废水处理系统稳定性的生物强化法 | ZL 2006 10020316.2 | 2008-11-19 |
| 发明专利 | 一种模块化过滤装置及其使用 方法和用途 | ZL 2011 10215403.4 | 2014-04-30 |
| 发明专利 | 一种难降解废水的处理方法 | ZL 2006 10022549.6 | 2009-09-09 |

**【主要完成人情况表】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 谭周亮 | 排名 | 1 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 研究员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：全程指导并研发了多尺度调控生物强化处理技术，DGBE、清洗剂降解和脱氮环境微生物菌剂研制、激活促进剂研制及现场工程应用主要完成者。主要贡献成果：获得授权发明专利6项，发表高水平论文10篇，证明材料见附件1-3，12-14，20-29。 |
| 姓名 | 陈杨武 | 排名 | 2 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 其他 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1.2、2.2、3.3做出了创造性贡献，具体包括：清洗剂废水高效降解菌群筛选；清洗剂废水处理实验室研究与工艺运行参数优化；清洗剂废水降解菌剂的研制与批量生产；生活污水处理设施诊断与工艺改造方案的提出。主要贡献成果：发表高水平论文3篇。证明材料见附件21，24，27。 |
| 姓名 | 周后珍 | 排名 | 3 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 副研究员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1（1.1，1.3）、2.1、3.1做出了创造性贡献，具体包括：硝化菌群筛选与研制；DGBE废水处理实验室研究与工艺运行参数优化；DGBE废水生物强化菌剂研制及现场运行调试。主要贡献成果：授权发明专利2项，发表高水平论文7篇。证明材料见附件2，3，20-22，25，26，28，29。 |
| 姓名 | 谢翼飞 | 排名 | 4 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 副研究员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1.3、3.3做出了创造性贡献，具体包括：硝化菌剂、低温激活促进剂的批量生产；硝化菌剂的现场应用与工程调试，并将相关技术推广应用于鱼子酱废水处理工程。主要贡献成果：授权发明专利1项。证明材料见附件13，18。 |
| 姓名 | 李旭东 | 排名 | 5 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 研究员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：指导各类微生物菌种的定向选育、类废水处理的实验室研究与工艺调控研究和各类废水生物强化处理现场工程应用。主要贡献成果：授权发明专利6项，发表高水平论文6篇。证明材料见附件1-3，12-14，20-22，25，26，29。 |
| 姓名 | 兰书焕 | 排名 | 6 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 研究实习员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1.3、2.2、3.2做出了创造性贡献，具体包括：不同低温胁迫方式下硝化菌群的硝化效果、能量代谢与抗氧化酶活响应研究；清洗剂废水生物处理参数优化、清洗剂废水处理现场工艺运行调试。主要贡献成果：发表高水平论文2篇。证明材料见附件21，24。 |
| 姓名 | 陈茂霞 | 排名 | 7 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 讲师 |
| 工作单位 | 乐山师范学院 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1（1.1，1.2，1.3)、2.3、3.3做出了创造性贡献，具体包括：DGBE和清洗剂降解菌剂的批量生产；硝化菌株的筛选、硝化菌群的胁迫响应机制研究以及快速增殖技术研发；生活污水处理工艺现场调控。主要贡献成果：申请发明专利1项，发表高水平论文7篇。证明材料见附件15，19，20，22，23，25，26，28。 |
| 姓名 | 朱晓华 | 排名 | 8 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 助教 |
| 工作单位 | 西华师范大学 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1（1.2，1.3）、2.2、3.2做出了创造性贡献，具体包括：清洗剂废水生物处理实验室小试研究、菌剂研制和现场工程调试运行；HN-02菌的盐胁迫响应研究。主要贡献成果：发表高水平论文2篇。证明材料见附件23，26。 |

**【主要完成单位及创新推广贡献】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中国科学院成都生物研究所 | 排名 | 1 |
| 创新推广贡献：项目的原始创新研究单位，取得了系统完整的研究成果。在菌（群）筛选、激活促进剂研发、硝化菌群快速增殖技术研发、多尺度调控生物强化处理技术研发及其现场示范应用等方面作出独立的创新贡献。与企业合作进行成果产业化转化过程中，作为技术负责方在菌种改良、菌剂和激活促进剂研制、工艺运行调试等方面负责制定技术路线和研究方案、指导并参与企业的具体实施。在项目的实施过程中，该单位作为牵头单位，起草了一系列项目相关文件，多次组织专家讨论项目实施方案的合理性和创新性，组织了项目研讨会，推动了项目的发展进程。此外，该单位在人力、物力、财力等多方面给项目实施大力支持，协调各方面的关系，为该项成果的取得提供了有力支撑和保障。 |

**【完成人合作关系说明】**

中国科学院成都生物研究所为该项目完成单位，完成人谭周亮、陈杨武、周后珍、谢翼飞、李旭东、兰书焕、陈茂霞、朱晓华等人为多尺度生物强化调控技术研发的核心人员，在相关项目中具有良好的合作。

完成人在项目中的合作经历如下：

1、合作项目

（1）中国科学院知识工程创新项目“污水处理功能微生物多尺度调控技术研究与工程示范 ”（2009-2011）课题，参加人员有：谭周亮，李旭东，谢翼飞，周后珍，陈茂霞等。

（2）四川省科技厅项目“废水生物脱氮稳定运行多尺度调控技术应用研究”（2012-2015）课题，参加人员有：谭周亮，李旭东，周后珍，陈杨武，兰书焕等。

（3）企业委托项目“商洛比亚迪实业有限公司BDG废水生物强化处理技术研究”课题，参加人员有：谭周亮，周后珍，陈茂霞，谢翼飞，李旭东等。

（4）企业委托项目“商洛比亚迪实业有限公司聚乙二醇清洗剂混合废水处理系统诊断与调控研究”课题，参加人员有：谭周亮，陈杨武，兰书焕，朱晓华，李旭东等。

2、共同获奖

（1）完成人共同获得2012年中国微生物学会首届简浩然环境工程奖，获奖人员有：谭周亮，周后珍，陈茂霞等。

（2）完成人共同获得2016年四川省环境保护科学技术奖，获奖人员有：谭周亮，周后珍，陈杨武，朱晓华、李旭东等。

3、合作知识产权

（1）发明专利：“一株高效苯胺降解菌及其用途和使用方法(ZL 2009 1 0058557.X) ”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：李旭东；武洪杰；谭周亮。

（2）发明专利：“一株高效甲醛降解菌及其用途和使用方法(ZL 2010 1 0185446.8) ”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：谭周亮；周后珍；李旭东等。

（3）发明专利：“一种环境微生物菌剂保存剂(ZL 2010 1 0185379.X) ”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：谭周亮；周后珍；李旭东等。（4）发明专利：“一种提高含油废水处理系统稳定性的生物强化法(ZL 2006 1 0020316.2) ”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：李旭东；谭周亮等。

（5）发明专利：“一种模块化过滤装置及其使用 方法和用途(ZL 2011 1 0215403.4) ”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：谭周亮；陈茂霞；周后珍；李旭东。

（6）发明专利：“一种难降解废水的处理方法(ZL 2006 1 0022549.6) ”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：李旭东；谭周亮等。

（7）发明专利：“一种耐低温硝化菌群中温富集培养及其低温应用方法(CN 201410312938.7)”，权利人为中国科学院成都生物研究所，发明人员有：谭周亮；陈茂霞；周后珍；李旭东。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者（项目排名） | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同立项 | 谭周亮（1），李旭东（2），谢翼飞（3），周后珍（4），陈茂霞（5） | 2009.01-2011.12 | 中国科学院知识创新工程项目“污水处理功能微生物多尺度调控技术研究与工程示范”课题 | 附件4 |
| 2 | 共同立项 | 谭周亮（1），李旭东（2），周后珍（3），陈杨武（4），兰书焕（5） | 2012.01-2015.12 | 四川省科技支撑计划项目“废水生物脱氮稳定运行多尺度调控技术应用研究”课题 | 附件5 |
| 3 | 共同立项 | 谭周亮（1），周后珍（2），陈茂霞（3），谢翼飞（4），李旭东（5） | 2011.01-2012.12 | 企业委托项目“商洛比亚迪实业有限公司BDG废水生物强化处理技术研究”课题 | 附件33 |
| 4 | 共同立项 | 谭周亮（1），陈杨武（2），兰书焕（3），朱晓华（4），李旭东（5） | 2014.01-2016.12 | 企业委托项目“商洛比亚迪实业有限公司聚乙二醇清洗剂混合废水处理系统诊断与调控研究”课题 | 附件34 |
| 5 | 共同获奖 | 谭周亮（1）、周后珍（2）、陈茂霞（7） | / | “多尺度调控生物强化技术在二乙二醇单丁醚废水处理中的应用”项目首届中国微生物学会简浩然环境工程奖 | 附件30 |
| 6 | 共同获奖 | 谭周亮（1）、周后珍（2）、陈杨武（4）、朱晓华（6）李旭东（7） | / | “多尺度调控技术在光伏废水处理中的应用”2016年四川省环境保护科学技术奖 | 附件31 |
| 7 | 共同知识产权 | 李旭东（1）、谭周亮（3） | 2009.03至今 | 一株高效苯胺降解菌及其用途和使用方法（ZL 2009 1 0058557.X） | 附件1 |
| 8 | 共同知识产权 | 谭周亮（1）、周后珍（4）、李旭东（5） | 2010.05至今 | 一株高效甲醛降解菌及其用途和使用方法（ZL 2010 1 0185446.8） | 附件2 |
| 9 | 共同知识产权 | 谭周亮（1）、周后珍（2）、李旭东（3） | 2010.05至今 | 一种环境微生物菌剂保存剂（ZL 2010 1 0185379.X） | 附件3 |
| 10 | 共同知识产权 | 李旭东（1）、谭周亮（3） | 2006.02至今 | 一种提高含油废水处理系统稳定性的生物强化法（ZL 2006 1 0020316.2） | 附件12 |
| 11 | 共同知识产权 | 谭周亮（1）、李旭东（3） | 2011.07至今 | 一种模块化过滤装置及其使用 方法和用途（ZL 2011 1 0215403.4） | 附件13 |
| 12 | 共同知识产权 | 李旭东（1）、谭周亮（2） | 2006.12至今 | 一种难降解废水的处理方法（ZL 2006 1 0022549.6） | 附件14 |
| 13 | 共同知识产权 | 谭周亮（1）、陈茂霞（2）、周后珍（3）、李旭东（4） | 2014.01至今 | 一种耐低温硝化菌群中温富集培养及其低温应用方法（CN 201410312938.7） | 附件15 |