

## 一、项目名称

河湖底泥重金属污染治理与资源化关键技术及应用

## 二、提名者

提名者：山东省生态环境厅

## 三、提名等级

一等奖

## 四、项目简介

本项目属于水污染治理技术领域。

河湖底泥（简称“底泥”）是河流和湖泊污染累积及物质交换的中枢，底泥重金属污染是水生态健康的痛点及水环境治理修复的难点。项目组历时十余年，通过国家水专项、重点研发计划、山东省重大科技创新工程和自然科学基金等项目联合攻关，开发了具有自主知识产权的底泥重金属污染治理与资源化关键技术及装备，为河湖水生态安全保障提供了强有力的技术支撑。

主要创新技术如下：

1. 创建了大区域底泥重金属调查及污染识别技术。揭示了底泥重金属赋存特征及释放性能，构建了自然水域底泥重金属迁移模型，首创的底泥污染调查“双分布点法”实现了污染范围、种类和污染底泥量的快速确定；发明了低扰动柱状底泥采样器，显著提高了底泥样品采集和微区研究精度；建立了底泥重金属污染等级评价方法。

2. 创新开发了底泥重金属稳定化处理技术及装备。发明了生物基复合改性底泥重金属稳定剂，克服了常规无机稳定剂“返浸”问题；开发了振动式筛分底泥分级稳定化技术及装备，实现污染底泥分类处理；发明了底泥制备高强轻质建材骨料技术，揭示了

升温过程重金属形态“先活后稳”机理，提高了污染底泥治理减量化、无害化和资源化水平。

3. 研发了重金属污染底泥植物原位修复技术及装备。阐明了底泥重金属胁迫下的植物代谢和吸收机制，优选了适宜山东地域的底泥重金属修复植物种类及配置，开发了对应的水生植物种植装备；开发了重金属富集植物协同制备玻化瓷粒技术及装备，破解了危废协同资源化及重金属固化技术难题。

项目获授权国家发明专利 50 多项，发表相关学术论文 160 余篇，其中 SCI 收录 70 余篇。在国内首次完成了省级尺度底泥重金属污染调查，起草了国内首部省级底泥重金属污染治理专项行动计划，研究成果成功应用于南水北调东线（山东段）、小清河防洪综合治理工程、山东省水网建设等国家及省重大工程中。技术成果还推广到湖北、福建、河北等省份，生态环境和社会经济效益显著。

### 五、主要知识产权和标准规范目录（限 10 件）

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
标准	底泥污染状况调查点位布设技术规范	中国	DB37/T 4327-2021	2021-03-11	山东省市场监督管理局	山东建筑大学，山东省科学院，山东省生态环境规划研究院，山东瑞密迪环保科技有限公司	张志斌、张彦浩、朱英、史会剑、李艺、薛维纳、张晓蕊、张健、邢丽贞、张向阳、王宁、赵增文	有效	是	是

发明专利	大区域水体底泥重金属污染状况调查点位布设方法	中国	ZL201310326188.4	2015-04-15	第1631897号	山东建筑大学	张志斌, 张彦浩, 王猛, 孙翠珍, 朱英, 王炜亮	有效	是	是
发明专利	湖泊重金属污染底泥的处理方法及装置	中国	ZL201210261287.4	2013-08-07	第125012号	山东瑞密迪环保科技有限公司	张志斌, 张晓蕊, 康兴生, 张彦浩, 孙翠珍, 陈文兵, 武道吉, 李善仁	有效	是	是
发明专利	一种天然河道柱状底泥采集装置	中国	ZL201410843442.2	2017-02-22	第2391857号	山东建筑大学	张彦浩, 张志斌, 黄理龙, 孙翠珍, 林建伟, 张亚雷	有效	是	是
发明专利	一种利用海产品废弃物制备除砷吸附剂的方法	中国	ZL201310352924.3	2015-04-15	第1632270号	山东建筑大学	孙翠珍, 张晓蕊, 张志斌, 张彦浩, 武道吉, 孙玉林	无效	是	是
发明专利	一种铈盐改性甲壳类废弃物吸附剂的制备方法	中国	ZL2016101275265	2018-08-07	第3037445号	山东建筑大学	孙翠珍, 孙彩娟, 赵阳, 张志斌, 陈冬辰, 张晓蕊, 邱金伟, 张彦浩, 张惠	无效	是	是
发明专利	一种湖泊河道底泥中沉水植物种植装置	中国	ZL201611168085.X	2019-02-22	第3264961号	山东建筑大学	张彦浩, 崔万里, 张志斌, 孙翠珍, 曹国勋, 张昊晗, 邱金伟, 王晓栋	有效	是	是
发明专利	河道污染底泥原位生态修复方法	中国	ZL201210273969.7	2013-08-28	第1262059号	山东瑞密迪环保科技有限公司	张志斌, 李锦祥, 孙翠珍, 张彦浩, 张天元, 张文辉, 武道吉	有效	是	是

发明专利	一种河道污染底泥生态修复方法	中国	ZL2017106552663	2020-10-23	第4042833号	山东建筑大学	张彦浩,曹国勋,张志斌,孙翠珍,夏四清,朱广伟,史会剑,张昊晗,李海翔,崔万里,王宇辰	有效	是	是
发明专利	一种镉锌污染河道的修复方法	中国	ZL201810815038.2	2021-06-08	第4472475号	山东建筑大学	张彦浩,王宇辰,李鹏,张晓蕊,张志斌,曹国勋,夏四清,林建伟,朱广伟,孙翠珍	有效	是	是

## 六、主要完成人和完成单位情况

**主要完成人：**张志斌，夏四清，张彦浩，王圣瑞，朱广伟，薛维纳，刘长青，林建伟，李艺，张晓蕊，张向阳，张旭，孔祥辉，黄理龙，邢梦龙。

**主要完成单位：**山东建筑大学，同济大学，北京师范大学珠海校区，中国科学院南京地理与湖泊研究所，青岛理工大学，上海海洋大学，山东省生态环境规划研究院，山东瑞密迪环保科技有限公司。

### 主要贡献情况：

排序	主要完成人姓名	工作单位	主要贡献
1	张志斌	山东建筑大学	作为项目负责人，确定了研究方法和技术路线，组织开展了技术研发及示范应用。主要贡献：研发了底泥重金属污染调查双分布点法，指导开展了全省底泥重金属污染调查；提出了重金属污染底泥梯级；研发了一体的振动式筛分底泥分级减量和稳定化技术，起草了全省重金属污染治理行动计划；参与研发了生物基复合改性底泥重金属稳定剂；参与优选了底泥重金属修复植物种类及配置。
2	夏四清	同济大学	作为项目技术骨干，参与编制试验方案及技术路线等工

			作，主要贡献：参与了底泥重金属调查点位布设方案编制；研发了底泥重金属稳定化药剂；参与发明了河道污染底泥生态修复方法；参与了示范工程建设指导。
3	张彦浩	山东建筑大学	负责作为项目技术骨干，参与编制试验方案及技术路线等工作，主要贡献：参与了底泥重金属调查点位布设方案编制；发明了天然河道柱状底泥采集装置、湖泊河道底泥中沉水植物种植装置、河道污染底泥生态修复方法及镉锌污染河道的修复方法等；参与起草了《底泥污染状况调查点位布设技术规范》(DB37/T 4327-2021)；参与创建了底泥污染调查“双分布点法”；参与底泥稳定剂的研发。
4	王圣瑞	北京师范大学珠海校区	作为项目技术骨干，参与了项目技术路线制定工作，主要贡献：完成了底泥重金属赋存及释放规律研究；参与建立了自然水体底泥重金属迁移模型；参与了示范工程建设指导，贡献率 20%。
5	朱广伟	中国科学院南京地理与湖泊研究所	作为项目主要参与人员，参与了项目技术路线与实施方案的制定，主要贡献：研发了生物基复合改性底泥重金属稳定剂；参与开发了底泥重金属稳定化工艺及装备；参与了示范工程建设指导。
6	薛维纳	山东建筑大学	作为项目主要参与人员，参与完成了项目实施方案的制定及试验分析，主要贡献：参与完成了底泥重金属生态风险分析、污染等级评价方法研究；参与起草了《底泥污染状况调查点位布设技术规范》(DB37/T 4327-2021)。
7	刘长青	青岛理工大学	作为项目主要参与人员，参与完成了项目研究方案的制定、协调项目参与单位合作关系，主要贡献：研发了底泥制备高强轻质建材骨料技术，优化了相关参数；参加了重金属富集植物协同制备玻化瓷粒的技术研究；参与了示范工程建设指导。
8	林建伟	上海海洋大学	作为项目主要参与人员，参与完成了项目研究方案的制定，主要贡献：参与完成了底泥重金属稳定化药剂的研发；参与了底泥重金属稳定化示范工程指导。
9	李艺	山东省生态环境规划研究院	作为项目主要参与人员，参与完成了底泥重金属调查点位布设、样品采集，主要贡献：参与起草了《底泥污染状况调查点位布设技术规范》(DB37/T 4327-2021)；参与创建了底泥污染调查“双分布点法”。
10	张晓蕊	山东省环科院环境工程有限公司	作为项目主要参与人员，参与完成相关技术研发工作，主要贡献：研发了生物基复合改性底泥重金属稳定剂，实现了底泥重金属和磷的协同控制；参与起草了《底泥污染状况调查点位布设技术规范》(DB37/T 4327-2021)。
11	张向阳	山东建筑大学	作为项目主要参与人员，参与完成相关技术研发工作，主要贡献：参与研究开发了富集植物和油泥固废协同制备玻化瓷粒技术；参与起草了《底泥污染状况调查点位布设技术规范》(DB37/T 4327-2021)。
12	张旭	山东建筑大学	作为项目主要参与人员，参与完成相关技术研发工作，主要贡献：参与开展底泥重金属植物修复机理研究。
13	孔祥辉	山东建筑大学	作为项目主要参与人员，参与完成相关技术研发工作，主要贡献：参与了底泥路用资源化产品技术研发。
14	黄理龙	山东省环科院环境工程有限公司	作为项目主要参与人员，主要参与完成相关技术研发工作及相关试验测试分析工作，主要贡献：参与无扰动柱

			状采样器的研发；参与建立了污染底泥稳定剂钝化量与投加比的响应模型。
15	邢梦龙	山东瑞密迪环保科技有限公司	作为项目主要参与人员，主要贡献：参与底泥污染修复示范工程建设；参与起草了《底泥污染状况调查点位布设技术规范》（DB37/T 4327-2021）。