

2023 年度青岛市科学技术奖提名公示

一、项目名称

多源固废制备低碳混凝土关键技术及其在人工鱼礁中的应用

二、提名单位（专家）及提名意见、提名等级（不超过 600 字符）

青岛农业大学为本项目第一提名单位。

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。按照要求，我单位及完成人所在单位均进行了公示，无异议。

该项目针对多源固废制备低碳混凝土人工鱼礁关键技术问题，通过理论和试验研究以及推广应用，解决了多源固废材料品质提升、低碳混凝土制备及生态性能提升以及人工鱼礁结构性能优化及工程应用等问题，取得了以下科技创新：

（1）构建了建筑固废、工业固废和海洋固废高品质再生粗骨料、细骨料颗粒整形强化工艺；提出了高活性矿物掺合料机械活化处理技术；创建了再生骨料和再生矿物掺合料质量控制标准；（2）构建了低碳生态型混凝土材料组成体系，创建了生态型混凝土制备技术，实现了混凝土制备降碳减排技术路径的新突破和混凝土材料生态性能的提升；（3）建立 3D 打印人工鱼礁混凝土水化速率和流变性能同步表征技术，揭示 3D 打印人工鱼礁混凝土流变性能与成型质量控制的时变

机制，实现了高品质 3D 打印人工鱼礁混凝土结构性能优化等。

项目获授权国家发明专利 9 项、实用新型专利 2 项，参与编制标准 2 部，发表高水平学术论文 20 篇，SCI 收录 15 篇、EI 收录 2 篇，其中 10 余篇被《Journal of Cleaner Production》(IF=11.07)、《Additive manufacturing》(IF=10.998)、《Cement and Concrete Composites》(IF=9.93)、《Construction and Building Materials》(IF=7.693)等国际权威期刊收录；培养硕士研究生 16 名。项目相关研究成果现已应用于人工渔礁生产并形成规模化产业，每空方人工渔礁生产成本下降 15%左右，人工渔礁生产企业和海洋牧场企业直接经济效益和间接经济效益显著。人工渔礁生产和海洋牧场应用企业累计生产投放人工鱼礁 20 万空方，直接经济效益和间接经济效益 6000 余万元。多源固废制备低碳混凝土关键技术的人工渔礁生产和在海洋牧场建设中的应用，产生了显著的社会、经济、生态效益。

参照青岛市科学技术奖推荐条件，推荐该项目申报 2023 年度青岛市科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

近年来，我国大力发展海洋牧场，人工鱼礁作为海洋牧场建设的基础，越来越受重视。由于混凝土制品易成型且无毒性，是制备人工鱼礁的最常用材料。然而，普通混凝土生

物附着效果较差，投放后见效慢、生态性能不佳。

随着山东省城镇化快速发展，每年产生建筑垃圾超过 1 亿吨，其中废弃混凝土约占 40%，成为制约可持续发展的瓶颈之一；同时，钢渣等工业固废使用率不足三成、沿海地区牡蛎壳等海洋固体废弃物堆积严重影响了生态环境。另一方面，随着生态保护和节能减排力度加大，导致 2011 年至 2020 年山东各地砂石骨料价格持续上涨，最高达 2 倍以上，粉煤灰等矿物掺合料价格也明显上扬。因此，将建筑垃圾、钢渣、牡蛎壳等多源固废资源化再生利用，变废为宝，意义重大。

针对固体废弃物来源复杂、再生骨料均匀性差、再生微粉品质低等难题，开发了废弃混凝土、钢渣及牡蛎壳再生粗、细骨料和微粉的全组分再生利用技术，建立了再生材料质量控制标准，构建了多源固废低碳混凝土材料组成体系和混凝土制备方法，揭示了 3D 打印人工鱼礁混凝土流变性能与成型质量控制的时变机制，实现了高品质 3D 打印人工鱼礁混凝土结构性能优化，形成了完整的理论体系与成套技术。解决了低碳混凝土人工鱼礁材料、结构和应用中的关键科学与技术问题，保障了固体废弃物资源化与高附加值制品安全利用，为实现青岛市固废资源化战略目标以及海洋渔业可持续发展提供了重要的科技支撑。

主要技术创新如下：

(1)创建了废弃混凝土全再生利用的理论框架：建立了考

虑附着砂浆定量影响的再生粗骨料分析模型，重构了再生混凝土多重界面结构，提出了降低再生骨料质量波动性的加工工艺，研发了再生微粉深加工技术，实现了废弃混凝土再生粗骨料、细骨料和微粉的全组分高效利用。

(2)提出了再生混凝土材料的制备和调控方法：揭示了再生粗骨料、细骨料和微粉对再生混凝土等再生材料性能的影响规律及其内养护机理，提出了再生混凝土短期（早期收缩）和长期性能控制多路径技术，建立了再生混凝土配合比设计理论与方法，推动了再生混凝土商品化供应。

(3)构建了 3D 打印人工鱼礁混凝土组成体系，提升打印结构精度和性能，建立了 3D 打印人工鱼礁混凝土水化速率和流变性能同步表征技术，揭示了 3D 打印人工鱼礁混凝土流变性能与成型质量控制的时变机制，实现了高品质 3D 打印人工鱼礁混凝土结构性能优化，为 3D 打印人工鱼礁混凝土的进一步应用提供理论基础。

项目获授权国家发明专利 9 项、实用新型专利 2 项，参与编制标准 2 部，发表学术论文 20 篇（SCI 收录 15 篇、EI 收录 2 篇）。

项目相关研究成果现已应用于人工渔礁生产并形成规模化产业，每空方人工渔礁生产成本下降 15%左右，人工渔礁生产企业和海洋牧场企业直接经济效益和间接经济效益显著。人工渔礁生产和海洋牧场应用企业累计生产投放人工

鱼礁 20 万空方,直接经济效益和间接经济效益 6000 余万元。

多源固废制备低碳混凝土关键技术在人工渔礁生产和在海洋牧场建设中的应用,产生了显著的社会、经济、生态效益。

山东省海洋研究会对项目给予高度评价,认为项目总体达到国内领先水平。该项目的推广,有利于加快青岛市建筑业、工业、海洋渔业新旧动能转化,助力美丽青岛建设,前景广阔,突显社会公益性。

四、主要知识产权和标准规范等目录

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
国家发明专利	一种制备抗冻型植生生态混凝土的方法	中国	ZL201610025106.6	2018.06.29	2981200	青岛农业大学	全洪珠	有效
PCT 专利	Ecological Artificial Reef Concrete Using Multiple Solid Wastes and Preparation Method Thereof	南非	LU500716	2022.09.29	BL5308	青 岛 农 业 大学	全洪珠	有效
国家发明专利	一种含有改性木粉的 3D 打印保温胶凝材料及其制备方法与应用	中国	ZL202210685438.2	2023.02.03	5723682	青 岛 农 业 大学	陈明旭, 李秋义, 王亮, 岳公冰, 郭远新	有效
国家发明专利	一种含有木质骨料的 3D 打印轻质材料及其制备方法与应用	中国	ZL202210621220.0	2023.03.17	5788332	青 岛 农 业 大学	陈明旭, 李秋义, 王亮, 岳公冰, 郭远新	有效
国家发明专利	一种再生混凝土加工用集料活性性能改善装置,	中国	ZL202011137392.8	2022.03.22	5014062	青 岛 农 业 大学	倪松远, 王倩颖	有效
国家发明专利	一种再生混凝土骨料的改性	中国	ZL202111333523.4	2022.07.26	5338048	青 岛 农 业 大学;	王亮,王美楠,李秋义, 刘桂	有效

	方法及其混凝土组合物与应用					青 岛 青 建 新 型 材 料 集 团 有 限 公 司；青 岛 青 建 蓝 谷 新 型 材 料 有 限 公 司	宾，于琦，陈旭，许冬，李浩然	
国家发明专利	一种含有再生骨料的混凝土及其制备方法与应用	中国	ZL202210965067.3	2023.08.01	6200678	青 岛 农 业 大 学	郭远新,孔哲,李秋义,岳公冰,王亮	有效
国家发明专利	一种斜面浇筑植生型生态再生混凝土防溢出装置	中国	ZL202010964353.9	2022.01.18	4897079	青 岛 农 业 大 学	郭远新,孔哲,李秋义	有效
全-标准	生态型	中国					刘红飞, 吴国祥, 昊党中, 蒋元海, 毛荣良, 水中和, 全洪珠, 李锋、黄殿武, 陈应华, 翟冠杰, 姜正平, 顾芳艇, 万小梅, 户广族, 于洪阳, 陈嘉奇, 宋字名, 桂福坤, 郭学武, 韩宇栋, 何建明, 陈勇, 丁忠, 陶海波, 刘刚, 李海涛, 李艳, 沈焱, 方建, 周先卿, 韦华, 刘泽, 王恩茂、周健, 薛力梨, 刘远祥, 宋伟华, 韩晓雪, 黄磊, 陈智丰, 郑芬, 苏照元, 张长森, 田斌	有效
山东省工程建设标准	再生混凝土配合比设计规程	中国	DB37/T5176-2021	2021.05.01	J15600-2021	青 岛 农 业 大 学； 山 东 省 建 筑 科 学 研 究 院 有 限 公 司	李秋义, 崔洪涛, 郭远新, 蔡贵生, 陈际洲, 于琦, 娄德利, 岳公冰, 王可, 陈勇, 潘玉珀, 王树	有效

							福, 肖建庄, 李绍纯, 唐兴 滨, 刘桂宾, 孙浩, 房海波, 张冬, 马静, 李青灿	
--	--	--	--	--	--	--	---	--

五、主要完成人情况

1. 姓名：全洪珠；排名：1/10；技术职称：教授；行政职务：副院长（主持工作）；工作单位：青岛农业大学；完成单位：青岛农业大学；具体贡献：对本项目创新点（1）的贡献是揭示了工业及海洋固废再生骨料强化机理，创新了工业和海洋固废再生骨料性能提升方法，对创新点（2）贡献是提出了多源固废混凝土制备方法；对本项目创新点（3）的贡献是提出了人工鱼礁结构性能优化方法。

2. 姓名：陈明旭；排名：2/10；技术职称：教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；完成单位：青岛农业大学；具体贡献：对本项目创新点（2）的贡献是构建了人工鱼礁混凝土多源固废材料组成体系，对创新点（3）贡献是揭示了 3D 打印人工鱼礁混凝土流变性能与成型质量控制的时变机制，建立了 3D 打印人工鱼礁混凝土水化速率和流变性能同步表征技术。

3. 姓名：倪松远；排名：3/10；技术职称：副教授；行政职务：系主任；工作单位：青岛农业大学；完成单位：青岛农业大学；具体贡献：对本项目创新点（1）的贡献是提出了低碳混凝土原材料组成方法，对创新点（2）的贡献是

提出了人工鱼礁混凝土低碳制备方法。

4. 姓名：王正华；排名：4/10；技术职称：工程师；行政职务：董事长；工作单位：青岛三星工程有限公司；完成单位：青岛三星工程有限公司；具体贡献：对本项目创新点（1）的贡献是提出了多源固废材料分选方法，提出了多源固废材料质量控制标准，对创新点（3）的贡献是提出了多源固废混凝土人工鱼礁的中试实验和现场制作方法。

5. 姓名：孔利国；排名：5/10；技术职称：高级工程师；行政职务：总经理；工作单位：日照市岚山区海洋发展有限公司；完成单位：日照市岚山区海洋发展有限公司；具体贡献：对本项目创新点（2）贡献是提出了多源固废混凝土人工鱼礁多因素评价方法；对本项目创新点（3）的贡献是完善了人工鱼礁结构海洋环境适应性优化案。

6. 姓名：王亮；排名：6/10；技术职称：副教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；完成单位：青岛农业大学；具体贡献：对本项目创新点（1）的贡献是提出了高品质再生粗骨料、细骨料改性强化方法，促进了再生混凝土组合物的工程应用；对创新点（2）贡献是揭示了再生骨料海洋生态混凝土防腐性能的影响机理，创建了高性能固废基海洋混凝土制备工艺及其自修复技术。

7. 姓名：赵玉超；排名：7/10；技术职称：工程师；行政职务：海洋开发科主管；工作单位：日照市岚山区海洋发

展有限公司；完成单位：日照市岚山区海洋发展有限公司；
具体贡献：对本项目创新点（2）和创新点（3）贡献是优化了多源固废混凝土人工鱼礁的实验和中试实验和现场试验方法，确保准确高效第评估人工鱼礁的生态性能和海洋环境适用性。

8. 姓名：郭远新；排名：8/10；技术职称：副教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；完成单位：青岛农业大学；具体贡献：对本项目创新点（1）的贡献是开发了建筑固废高品质再生粗骨料、细骨料颗粒整形强化工艺，提出了再生骨料质量控制技术；对创新点（2）贡献是揭示了再生骨料品质和掺量对低碳生态型混凝土性能的影响规律，创建了低碳生态型混凝土多路径利用技术。

9. 姓名：孟祥斌；排名：9/10；技术职称：工程师；行政职务：海洋开发科科长；工作单位：日照市岚山区海洋发展有限公司；完成单位：日照市岚山区海洋发展有限公司；具体贡献：对本项目创新点（2）和创新点（3）贡献是优化了多源固废混凝土人工鱼礁的实验和中试实验和现场试验方法，确保准确高效第评估人工鱼礁的生态性能和海洋环境适用性。

10. 姓名：王玉宝；排名：10/10；技术职称：工程师；行政职务：副总经理；工作单位：青岛三星工程有限公司；完成单位：青岛三星工程有限公司；具体贡献：对本项目创

新点（2）的贡献是提出了多源固废人工鱼礁混凝土工厂化搅拌技术，优化了混凝土配合比，提升了商品化混凝土的经济性。

六、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	青岛农业大学	排名	1
对本项目应用推广情况的贡献： 青岛农业大学是本项目的第一完成单位。主要在以下方面取得创新性成果：（1）构建了建筑固废、工业固废和海洋固废高品质再生粗骨料、细骨料颗粒整形强化工艺；提出了高活性矿物掺合料机械活化处理技术；创建了再生骨料和再生矿物掺合料质量控制标准；（2）构建了低碳生态型混凝土材料组成体系，创建了生态型混凝土制备技术，实现了混凝土制备降碳减排技术路径的新突破和混凝土材料生态性能的提升；（3）建立3D打印人工鱼礁混凝土水化速率和流变性能同步表征技术，揭示3D打印人工鱼礁混凝土流变性能与成型质量控制的时变机制，实现了高品质3D打印人工鱼礁混凝土结构性能优化等。该项目研究成果授权发明专利8项、实用新型专利2项；获山东省科技进步奖一等奖1项；参编国家行业标准《生态型混凝土鱼礁》（JC/T 2603-2021）1件；发表高水平学术论文18篇，SCI收录17篇、EI收录1篇；培养博士研究生3名、硕士研究生16名。相关研究成果已应用于海洋牧场并形成规模化产业，累计投放人工鱼礁5万余空方，单个海洋牧场建设的人工			

鱼礁成本降低 15%左右，节约成本 500 余万元，社会、经济、生态效益显著。

单位名称	青岛三星工程有限公司	排名	2
对本项目应用推广情况的贡献： 青岛三星工程有限公司有限公司是本项目第二完成单位，主要在以下方面取得创新性成果：提出了多源固废材料分选方法，提出了多源固废材料质量控制标准；提出了多源固废混凝土人工鱼礁的中试实验和现场制作方法。			

单位名称	日照市岚山区海洋发展有限公司	排名	3
对本项目应用推广情况的贡献： 日照市岚山区海洋发展有限公司是本项目第三完成单位，主要在以下方面取得创新性成果：提出了多源固废混凝土人工鱼礁多因素评价方法；完善了人工鱼礁结构海洋环境适应性优化案。			

七、完成人合作关系说明

项目第一完成人全洪珠教授为第一完成单位该项目的团队负责人，与本单位成员长期保持合作关系；全洪珠教授与第二、第三参与单位通过技术开发方式开展横向课题合作，并联合发表学术论文、获专利授权等。