附件4-3：

**推荐高等学校科学研究优秀成果科学技术奖（含科普类）项目公示**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 生态性微生物胶凝材料和功能混凝土及其应用 |
| 推荐单位（专家） | 东南大学 |
| 主要完成人 | 钱春香，张耀明，万克树，麻秀星，郑春扬，郭景强，巫亚明，詹其伟，王瑞兴，荣辉，罗勉，伊海赫，李思齐，张旋，於孝牛 |
| 主要完成单位 | 东南大学，西卡（中国）有限公司，科之杰新材料集团有限公司，江苏奥莱特新材料股份有限公司，江苏省交通工程集团有限公司 |
| 水泥混凝土等建筑材料面广量大，其制造过程的高能耗、高污染和使用过程与自然生态的低相容性已严重制约可持续发展,但未来基础设施建设对材料仍有巨大需求。该项目针对需求与生态的矛盾，在国内外率先并系统持续开展了十五年研究，将自然界缓慢的微生物矿化现象,提升为温和、绿色的建筑材料微生物矿化技术，制备了系列微生物胶凝材料，替代传统材料解决了生态相容性问题，并运用微生物矿化技术调控水泥混凝土的微观结构，在提升混凝土结构性能的同时，开发了其自修复、自装饰功能,实现了结构-功能一体化。  1. 建立了建筑材料中微生物矿化技术基础。筛选、驯化获得了在岩土、钢渣和水泥基材料中具有诱导矿化能力的巴氏芽孢杆菌、胶质芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、醋酸杆菌、耐碱芽孢杆菌等多种微生物，优化了芽孢制备方法,揭示了酶催化和矿化产物形成的影响因素、规律及晶粒尺寸与粘附力的关系,提出了从菌种、阴、阳离子等调控晶粒尺寸的方法。  2. 发明了五类生态微生物胶凝材料。用于岩土深层胶结和重金属钝化的生物碳酸盐类、生物磷酸盐类、生物碳酸盐-磷酸盐复合类，用于建筑工地扬尘抑制、沙漠治理等浅层胶结的生物碳酸盐类,以及微生物-钢渣胶凝材料。解决了国际上微生物胶凝材料释放氨气、塑料抑尘网二次污染、传统碱性材料处理岩土影响植物生长、钢渣制品安定性不良等难题。抑尘后土壤风蚀量从2356.7g/m2降至20.8g/m2。使用微生物后，钢渣制品同成本强度提升70%，钙、镁利用率从不足50%提升至近80%，引发安定性不良的游离氧化钙、氧化镁被消除。  3. 研发了结构-功能一体化自修复混凝土和清水混凝土。发明了氧气驱动型和在国际范围全新的二氧化碳驱动型自修复技术及自修复混凝土设计方法，裂缝修复更快更好，成本更低，0.4mm及以下宽度裂缝修复率高达95%以上；建立了微生物矿化抗泛碱、现场混凝土外观质量定量评价、气泡控制、专用高性能减水剂、专用脱模剂等清水混凝土成套技术，解决了清水混凝土泛碱顽疾，并提高了外观美学的稳定性，表面气孔面积率从3.4%降至0.23%,统计标准差从1.37%降至0.09%。  项目获国家发明专利授权32项，发表SCI和EI论文97篇，出版专著1部。通过“研-学-产-用”结合，形成了十余种产品及其产业化和工程应用技术，发布产品标准和应用技术指南15部。培养研究生和技术人员100余人。以唐明述院士为首的鉴定专家组认为,成果创新性突出，达到国际领先水平。成果已推广应用于土壤重金属处理、建筑工地扬尘治理千万平方米，水工和地下防水工程，及建筑、桥梁、市政和高铁清水混凝土工程中，清水和自修复混凝土总用量逾千万立方米，支撑多项重点工程获中国土木工程“詹天佑奖”、国家优质工程奖、全国市政金杯示范工程。近三年新增销售9.84亿元、利税2.15亿元,减排二氧化碳78.9万吨，节省附加防水、装饰、修补、维护等费用1.8亿余元，并消除了附加装饰层脱落的安全隐患。项目为传统材料提供了替代性绿色材料，促进了混凝土向结构-功能一体化更新换代，符合节能减排和可持续发展战略。 | |
| 主要完成单位及创新推广贡献：  1.东南大学  负责完成项目中的主要技术内容。建立了建筑材料中微生物矿化的技术基础；发明并研制了五类生态微生物胶凝材料；研发了结构-功能一体化自修复混凝土和清水混凝土；发表SCI和EI论文97篇，专著1部，获得发明专利授权32项，另申请受理21项；与项目合作的4家企业一起，编制产品企业标准和技术指南15部，将研发的多项产品投入生产与应用，新增产值13.98亿元，新增利税3.03亿余元，经济效益显著；成果在高铁、桥梁、市政、水利、建筑、地铁等30余项工程中得到应用，部分替代硅酸盐水泥，降低能耗、减少污染、缓解资源紧缺、提高生态相容性，并高效安全利用钢渣资源，消除了裂缝对混凝土耐久性的危害，大幅提升了混凝土自防水和自装饰功能，减少了维护成本，直接支撑重点工程成功问鼎中国土木工程“詹天佑奖”、国家优质工程奖及全国市政金杯示范工程。项目应用过程直接减排和吸收二氧化碳78.9万吨。为建立建材微生物技术新兴学科，巩固我国在该领域的国际领先地位做出了突出贡献。  2.西卡（中国）有限公司  参与本项目中清水混凝土配制技术、清水混凝土外加剂的研发、生产与推广应用。与东南大学合作，共同立项研发了清水混凝土配制技术与清水混凝土外加剂，参与编制了《清水混凝土制备技术指南》。将本项目研究成果推向工业化生产，在重庆西站、港珠澳大桥、青岛地铁R3线等重点工程中推广应用，实现清水混凝土气孔、色差的稳定控制，减少维护成本。应用效果好，广受好评，取得显著的经济与社会效益，对于指导制备外观质量稳定的清水混凝土具有重要的推动作用。  3. 科之杰新材料集团有限公司  参与项目中自修复水泥基材料、清水混凝土外加剂、结构-功能一体化墙体材料、道路铺装材料的研发、生产与推广应用。与东南大学合作，共同立项研发结构-功能一体化墙体材料及道路铺装材料，参与编制了《微生物矿化路面砖》、《微生物矿化透水路面砖》、《微生物矿化自修复水泥基材料》产品标准、《清水混凝土制备技术指南》。将与东南大学共同研发的成果推向工业化生产，在重庆西站、厦深高铁、厦门西客站、厦门快速公交系统BRT工程、渝黔高铁、杏林大桥等重点工程建设中推广应用，应用效果好，广受好评，功能混凝土的应用，减少了工程维护成本，取得显著的经济与社会效益。  4．江苏奥莱特新材料股份有限公司  参与项目中清水混凝土配制技术、清水混凝土外加剂、专用脱模剂的研发、生产与推广应用。与东南大学合作，共同立项研发了清水混凝土配制技术与清水混凝土外加剂，参与编制了《清水混凝土外加剂》产品标准和《清水混凝土制备技术指南》，获得发明专利授权1项。将与东南大学共同研发的成果推向工业化生产，在杭黄高铁、济青高铁、镇江五峰山长江特大桥、沪通长江大桥等重点工程建设中推广应用，应用效果好，实现清水混凝土气孔、色差的稳定控制，减少维护成本，取得显著的经济与社会效益，对于指导制备外观质量稳定的清水混凝土具有重要的推动作用。  5. 江苏省交通工程集团有限公司  参与项目中扬尘抑制剂、重金属钝化剂、清水混凝土配制技术、自修复混凝土、道路铺装材料的研发、生产与推广应用。与东南大学合作，共同立项研发清水混凝土配制技术，参与编制了《微生物水泥》、《碳酸盐微生物重金属钝化剂》、《生物碳酸盐胶凝材料》、《生物磷酸盐胶凝材料》、《磷酸盐微生物重金属钝化剂》、《生物复合胶凝材料》、《微生物矿化钢渣路面砖》、《微生物矿化钢渣透水路面砖》产品标准和《清水混凝土制备技术指南》、《微生物水泥治理扬尘应用技术指南》。将与东南大学共同研发的成果推向工程应用，在盐城市范公路南延标段、九圩港船闸、连申线（海安段）桥梁、南通市通启路高架、崇明至启东长江公路通道等重点工程建设中推广应用，应用工程成功问鼎中国土木工程“詹天佑奖”、国家优质工程奖及全国市政金杯示范工程。微生物抑尘剂代替塑料防尘网无二次污染，且不影响植物生长；功能混凝土的应用，减少了工程维护成本，取得显著的经济与社会效益。 | |
| 推广应用情况：  **项目成果部分应用情况和用户评价**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 应用单位 | 应用技术 | 起止时间 | 联系人/电话 | 应用情况和用户评价 | | 科之杰新材料集团有限公司 | 清水混凝土技术和外加剂 | 2011-2018 | 林添兴  18965109486 | 近三年新增销售额17775.43万元、利润2937.8万元、税收1406.87万元 | | 厦门天润锦龙建材有限公司 | 自修复混凝土和清水混凝土技术 | 2014-2018 | 刘君秀  18905925159 | 近三年新增销售额5176.85万元、利润739.55万元、税收372.38万元 | | 江苏省交通工程集团有限公司 | 微生物抑尘剂、清水混凝土和自修复混凝土技术 | 2012-2018 | 张永胜  13775550153 | 近三年新增销售额9789.43万元、利润1355.51万元、税收671.98万元 | | 江苏奥莱特新材料股份有限公司 | 清水混凝土技术和外加剂 | 2011-2018 | 李伟  18100609563 | 近三年新增销售额37406.84万元、利润5373.83万元、税收2686.9万元 | | 西卡（中国）有限公司 | 清水混凝土技术和外加剂 | 2011-2018 | 陆旺杰  15262478577 | 近三年新增销售额15461.3万元、利润2208.75万元、税收1134.37万元 | | 南京玛莎新型建材有限公司 | 钢渣和混凝土铺装材料 | 2014-2018 | 张明  15169227809 | 近三年新增销售额2208.62万元、利润190.75万元、税收198.7万元 | | 太仓申昆混凝土有限公司 | 清水混凝土技术 | 2016-2018 | 许朝阳  13501823029 | 近三年新增销售额4572.73万元、利润645.18万元、税收322.59万元 | | 昆山申昆联合混凝土有限公司 | 清水混凝土技术 | 2011-2018 | 陆建东13585824091 | 近三年新增销售额6025.86万元、利润868.90万元、税收416.98万元 | | 中国科学院南京土壤研究所 | 微生物重金属钝化剂 | 2016-2019 | 黄标  15996252655 | 苏州昆山花桥生态园、昆山天禾农业生态园、南京八卦洲农田，共10万m2，与传统物理、化学方法对比，重金属钝化效果提高一倍以上 | | 江苏省交通工程集团有限公司 | 清水混凝土技术 | 2010-2011 | 丁玉春  13851556020 | 崇明至启东长江公路通道工程,实现气孔、色差的稳定控制,减少维护成本 | | 江苏省交通工程集团有限公司 | 清水混凝土技术 | 2011-2012 | 黄大鹏  13775550153 | 南通通启路高架工程,实现气孔、色差的稳定控制,减少维护成本 | | 江苏中伟建设集团有限公司 | 微生物抑尘剂 | 2015 | 陈晓彬  17351786226 | 施工便捷、工艺先进，抑尘效果显著，生态相容性好 | | 中铁大桥局集团有限公司连镇铁路项目经理部 | 清水混凝土技术 | 2015-2019 | 张健  18855585529 | 镇江五峰山长江特大桥，实现气孔、色差的稳定控制，减少维护成本 | | 中铁大桥局集团第四工程有限公司沪通长江大桥项目经理部 | 清水混凝土技术 | 2014-2019 | 刘明  15083466567 | 沪通长江大桥，主塔、塔座、墩身及现浇梁，实现气孔、色差的稳定控制，减少维护成本 | | |
| 主要知识产权证明目录：   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **知识产权**  **类别** | **知识产权具体名称** | **国家** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** | | 授权发明专利 | 一种利用碳酸盐矿化菌固化土壤的方法 | 中国 | ZL200810156941.9 | 2010.03.31 | 605744 | 东南大学 | 钱春香，陆旺杰，王瑞兴，王剑云 | 有效 | | 授权发明专利 | 生物磷酸盐和碳酸盐复合胶凝材料固结松散砂颗粒的方法 | 中国 | ZL201410612163.6 | 2016.06.08 | 2099990 | 东南大学 | 钱春香，於孝牛，薛彬，  王欣 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种采用微生物降解草甘膦用于重金属离子矿化的方法 | 中国 | ZL201510393343.3 | 2017.03.15 | 2413834 | 东南大学 | 钱春香，詹其伟 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种基于微生物矿化诱导技术制备固体废弃物建材制品的方法 | 中国 | ZL201510907609 | 2018.03.20 | 2852822 | 东南大学 | 钱春香，伊海赫，王凯 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种用于修复水泥基材料裂缝的方法 | 中国 | ZL201310301782.8 | 2014.09.03 | 1474864 | 东南大学 | 钱春香，任立夫，荣辉，  李瑞阳 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种用于水泥基材料裂缝自修复的表面预涂覆方法 | 中国 | ZL201710045212.5 | 20190125 | 3231227 | 东南大学 | 钱春香，艾果果，伊海赫 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种用于增强水泥基材料抗泛碱性能的方法 | 中国 | ZL201410610689.X | 2016.04.06 | 2019018 | 东南大学 | 钱春香，曹天骥 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种用于评价水泥基材料抗泛碱性能的方法 | 中国 | ZL201410610168.4 | 2016.08.31 | 2219202 | 东南大学 | 钱春香,曹天骥 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种清水混凝土专用脱模剂及其制备方法 | 中国 | ZL201510307254.2 | 2017.08.11 | 2583100 | 江苏奥莱特新材料股份有限公司 | 仇影，  丁蓓，  郑春扬，姜海东，王毅，  石宇 | 有效 | | 授权发明专利 | 一种基于数字体积相关法的三维图像配准方法 | 中国 | ZL201410005842.6 | 2016.08.17 | 2183898 | 东南大学 | 万克树,杨鹏 | 有效 | | |
| 主要完成人情况：  1.钱春香，排名1，中心主任，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目主要负责人，对创新点1、2、3均有重要贡献。建立了岩土、钢渣和水泥基材料中微生物矿化技术基础,发明了系列生态性微生物胶凝材料, 研发了结构性能与自修复、抗泛碱自装饰一体化水泥基材料,发明专利24项,专著1部,论文87篇,标准和技术指南15部,协助成果产业化和应用。  2.张耀明，排2，中心主任，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点2、3有贡献。指导并参与项目技术研究，完善关键技术路线。参与编制了产品标准和技术指南：《生物复合胶凝材料》、《磷酸盐微生物重金属钝化剂》、《生物磷酸盐胶凝材料》、《生物碳酸盐胶凝材料》、《碳酸盐微生物重金属钝化剂》、《清水混凝土外加剂》企业产品标准与《清水混凝土制备技术指南》。  3.万克树，排3，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点2、3有重要贡献。开展微生物钢渣胶凝材料产物和微观结构、微生物矿化水泥基材料梯度结构、裂缝区矿化修复特征结构表征研究，发明了水泥基材料灰度双CT无损表征方法，采用自编数字图像配准软件，对混凝土中主要成分的CT灰度进行标定，获取内部微观结构信息，获授权专利7项，发表论文11篇。参与编制了产品标准和技术指南7部。  4.麻秀星，排4，总裁，正高级，工作单位：科之杰新材料集团有限公司，完成单位：科之杰新材料集团有限公司，是该项目的主要研究骨干，对创新点2、3有贡献。与东南大学长期合作并共同立项开展自修复混凝土、清水混凝土外加剂、清水混凝土配制技术的研发、生产与推广应用。参与编制了产品标准和技术指南3部。将研究成果推向工业化生产，应用效果好，取得了显著的经济和社会效益。  5.郑春扬，排5，法人兼总经理，副教授，工作单位：江苏奥莱特新材料股份有限公司，完成单位：江苏奥莱特新材料股份有限公司，是该项目的主要研究骨干，对创新点3有贡献。与东南大学共同立项开展清水混凝土外加剂、专用脱模剂和清水混凝土配制技术的研发、生产与推广应用。参与编制了《清水混凝土外加剂》企业标准和《清水混凝土制备技术指南》。将产品推向工业化生产，在杭黄高铁、济青高铁、石济高铁、湖北公安长江大桥、沪通长江大桥等多项重点工程中推广应用，取得了显著的经济和社会效益。  6.郭景强，排6，技术总监，副高级，工作单位：西卡（中国）有限公司，完成单位：西卡（中国）有限公司，是该项目的主要研究骨干，对创新点3有贡献。与东南大学长期合作并共同立项开展清水混凝土外加剂和清水混凝土配制技术研究、生产与推广应用。参与编制了《清水混凝土外加剂》企业标准和《清水混凝土制备技术指南》。将研究成果推向工业化生产，在港珠澳大桥、重庆西站、青岛地铁R3线等工程清水混凝土建设中推广应用，取得了显著的经济和社会效益。  7.巫亚明，排7，集团副总裁，高级工程师，工作单位：江苏交通工程集团有限公司，完成单位：江苏交通工程集团有限公司，是该项目的主要研究骨干，对创新点2、3有贡献。与东南大学共同立项开展清水混凝土、自修复混凝土、微生物抑尘剂的研发、生产与推广应用，参与编制企业产品标准和技术指南6部。典型应用包括：南通九圩港船闸工地、崇明至启动长江公路通道工程、南通市通启路高架工程、盐城范公路南延标段等，获得中国土木工程“詹天佑奖”、国家优质工程、全国市政金杯示范工程，取得了显著的经济和社会效益。  8.詹其伟，排8，副教授，工作单位：南京师范大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点1、2有贡献。2014年9至2018年8月在东南大学攻读博士学位期间，参与项目技术研发与成果推广应用。研制了碳酸盐类微生物胶凝材料，针对扬尘治理和重金属污染修复开展了微生物胶凝材料的施用工艺、用量、效果及经济性等工程应用研究；协助该项目研究成果在实际工程中大规模应用。  9.王瑞兴，排9，副教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点2有贡献。参与项目技术研发与成果推广应用。揭示了碳酸盐矿化菌的矿化机理，探明了生物矿物沉积速度和数量的调控方法，在此基础上，协助研究了道路铺装材料，协助了该项目研究成果在实际工程中大规模应用。  10.荣辉，排10，副教授，工作单位：天津城建大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点1、2有贡献。2010年3月至2014年9月在东南大学攻读博士学位期间，参与项目技术研究，发明了用于深层胶结的微生物碳酸盐胶凝材料，揭示了碳酸盐微生物的矿化机理、影响因素及规律，协助该项目研究成果产业化和工程应用。  11. 罗勉，排11，讲师，工作单位：扬州大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点1、3有贡献。2011年9月至2017年8月在东南大学攻读博士学位期间，参与项目技术研发与成果推广应用。研发了矿化微生物及其芽孢的制备方法，在此基础上研发了微生物自修复水泥基材料，获得了微生物自修复剂及制备方法，提高了水泥基材料的耐久性，同时协助该项目研究成果在实际工程中大规模应用。  12.伊海赫，排12，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点2有贡献。参与项目技术研发与成果推广应用。研制了新型钢渣胶凝材料及其制品的生产方法，获得了以生物碳酸盐为主要胶结物质的胶凝材料体系，协助该项目研究成果产业化和工程应用，项目研究成果的提炼整理。  13. 李思齐，排13，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点2、3有贡献。参与项目技术研发与成果推广应用。研究了清水混凝土外加剂、现场混凝土外观质量定量评价方法、气孔和色差控制技术，参与编制了《清水混凝土外加剂》、《生物复合胶凝材料》、《磷酸盐微生物重金属钝化剂》、《碳酸盐微生物重金属钝化剂》、《生物磷酸盐胶凝材料》、《生物碳酸盐胶凝材料》企业标准和《清水混凝土制备技术指南》；协助该项目研究成果在实际工程中应用，项目研究成果的提炼整理。  14. 张旋，排14，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点2、3有贡献。参与项目技术研发与成果推广应用。研究了生物自修复水泥基材料，参与编制了《清水混凝土外加剂》、《生物复合胶凝材料》、《磷酸盐微生物重金属钝化剂》、《碳酸盐微生物重金属钝化剂》、《生物磷酸盐胶凝材料》、《生物碳酸盐胶凝材料》企业标准和《清水混凝土制备技术指南》；协助该项目研究成果在实际工程中应用，项目研究成果的提炼整理。  15. 於孝牛，排15，讲师，工作单位：温州大学，完成单位：东南大学，是该项目的主要研究骨干，对创新点1、2有贡献。2012年9月至2016年9月在东南大学攻读博士学位期间，参与项目技术研发，发明了生物碳酸盐-磷酸盐复合胶凝材料，并基于磷酸酶菌发明了生物磷酸盐胶凝材料，攻克了氨气释放难题，协助该项目研究成果产业化和工程应用。 | |
| 曾获科技奖励情况：  无 | |