

公 示

(一) 项目名称：退役风电叶片多尺寸分级处理及低碳资源化关键技术及应用

(二) 提名单位：衡水市人民政府

(三) 项目简介：

1、项目名称：退役风电叶片多尺寸分级处理及低碳资源化关键技术及应用

2、项目所属科技领域：非金属材料

3、立项背景：

随着全球变暖问题日趋严重，新能源的研发成为了各国研究的热点，其中风能因其高效、可持续、清洁等优点，使得风电行业飞速发展。随着风电机组退役潮的到来，风电行业将产生大量废物，退役风电叶片将成为我国急需解决的大型固体废弃材料。对于退役风电叶片的回收及再处理问题，目前国内外并没有成熟的处理技术，也缺乏相关的系统性研究，主要的处理方式为填埋、焚烧，造成严重的环境污染及大量的资源浪费。因此，探索废旧叶片的回收利用新领域和新方法具有重要意义。

4、主要技术内容及创新点

主要技术内容：

退役风电叶片多尺度分级处理及低碳循环体系：

1) 调整退役风电叶片破碎设备及工艺，优化退役风电叶片破碎后的分离操作，得到分离率较高的多尺寸分级的固体废弃物，以保证其利用率；

2) 提出退役风电叶片的体量化和高附加值化利用方案，建立废弃纤维和废弃石英砂对水泥制品性能影响模型，通过表面改性技术优

化水泥制品性能；利用废弃玻璃钢微粉作为造孔组分，协同工业固体废弃物制备人工骨料，并将其应于混凝土管道等领域；

3) 利用生产工序中产生的高温烟气协同蒸汽对混凝土管道等制品进行碳酸化处理，通过调控碳酸化试验条件，优化制品的基本性能。

创新点：

1) 退役风电叶片破碎-分级-利用全流程资源化技术创新：提出从退役风电叶片破碎工艺、多尺度分级处理、多领域阶梯式消纳等全流程技术优化，并针对设备原理优化、材料改性、多基复合的理论开展研究，具有基础理论创新。

2) 退役风电叶片处理后固废-烟气零排放技术创新：采用烟气碳酸化养护技术与低碳型胶凝材料、固废基人工骨料相协调制备高性能混凝土层，节能降碳、降本增效，形成闭合循环技术，从而突破退役风电叶片大体量应用的瓶颈，具有应用技术创新。

3) 废弃混杂纤维改性高性能混凝土技术创新：主要研究废弃纤维等多种纤维与混凝土之间的复合性能，研发一种改性技术增强纤维与混凝土基体的兼容性能，实现废弃混杂纤维增强技术的创新。

5、技术经济指标

1) 玻璃纤维混凝土预应力复合管道材料：环向抗拉强度 (kN/M) ≥ 2000 ；轴向抗拉强度 (kN/M) ≥ 150 。

2) 低碳混凝土抗压强度 $\geq 70\text{MPa}$ ，抗折强度 $\geq 10\text{MPa}$ ；

3) 三种人工骨料：低密度型密度小于 600kg/m^3 、强度高于 1.0MPa ；中密度 1000kg/m^3 、强度高于 5.0MPa ；高密度 1800kg/m^3 、强度高于 8.0MPa 。

4) 每年可达到生产玻璃钢混凝土预应力复合管道 60 公里，实现销售收入 24000 万元。

6、应用推广及效益情况

本成果已在中交一航局第一工程有限公司、南水北调宿迁市尾水导流工程建设处、江苏博惠建设工程有限公司、山东公用建设集团有限公司、福建汇能全景综合能源服务有限公司等多家企业推广应用，

自 2021 年 1 月首次应用，至 2024 年上半年累计销售本技术管道 6 万余米，销售额达 2 亿余元，创造利润近 6000 万元。

（四）主要完成单位及创新推广贡献：

主要完成单位：恒润集团有限公司，华北理工大学，武汉理工大学

创新推广贡献：

恒润集团有限公司，作为项目的主持单位，组织、指导、统筹、协调相关部门和技术人员，推进项目的开展，支持课题组开展本项目涉及的科研实验工作，提供了完备的实验条件和分析检测手段；同时作为项目的实施单位，协调企业内部技术人员推进项目的中试工作，并完成了项目成果的产业化，积极推进项目成果的市场推广，将玻璃钢混凝土预应力复合管推向国内外市场，创造了显著的经济效益和社会效益。

华北理工大学作为技术支撑单位，提出了退役风电叶片破碎-分级-利用全流程资源化技术、退役风电叶片处理后固废-烟气零排放技术、废弃混杂纤维改性高性能混凝土技术，突破了退役风电叶片大体量应用和环保降碳的瓶颈，研发了一种改性技术增强纤维与混凝土基体的兼容性能，实现了废弃混杂纤维增强技术的创新；在对本项目应用技术进行深度开发的基础上，协助恒润集团将项目成果推向市场、推动项目成果的产业化方面也做出了一定的贡献。

武汉理工大学作为技术支撑单位，提出了利用废弃玻璃钢微粉在人工骨料制备过程中产生的高温烟气协同蒸汽对混凝土管道等制品进行碳酸化处理，通过调控碳酸化试验条件，优化了制品的基本性能（力学性能、孔隙结构、抗侵蚀性能、抗冻性能）。在对本项目应用技术进行深度开发的基础上，协助恒润集团将项目成果推向市场、推动项目成果的产业化方面也做出了一定的贡献。

（五）应用情况及效益情况

本成果已在福州水务平潭引水开发有限公司、中交一航局第一工程有限公司、南水北调宿迁市尾水导流工程建设处、福清市闽江调水工程建设开发有限公司、江苏瑾瑜建设有限公司、江苏博惠建设工程有限公司、山东公用建设集团有限公司、山东公用水利发展集团有限公司、福建汇能全景综合能源服务有限公司等多家企业推广应用，自2021年1月首次应用，至2024年上半年累计销售本技术管道6万余米，销售额达2亿余元，创造利润近6000万元。

（六）主要知识产权和标准规范等目录

（1）发表论文：

论文名称: Tingting Zhang, Tong Li, Ziyu Zhou, Min Li, Yuan Jia*, Christopher R. Cheeseman. A novel magnesium hydroxide sulfate hydrate whisker-reinforced magnesium silicate hydrate composites[J]. Composites Part B: engineering, 2021, (198): 108203. (SCI, 1区 top, 影响因子: 13.1)

论文名称: Tingting Zhang, Ziyu Zhou, Min Li, Ziming He, Yuan Jia*, Christopher R. Cheeseman, Caijun Shi. Effect of hydrated magnesium carbonate grown in situ on the property of MgO-activated reactive SiO₂ mortars[J]. Journal of Sustainable Cement-Based Materials, 2022, 5(11): 286-296. (SCI, 3区, 影响因子: 4.4)

论文名称: 胡晨光, 白瑞英, 刘刚, 刘菊芳, 严兆顺, 封孝信. 利用废弃玻璃钢制备陶粒及其性能研究[J]. 墙材革新与建筑节能 . 2018 (07):

（2）发明专利

序号	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	是否包含河 北省完成单 位/完成人
1	已授权发明 专利	一种利用退役 风力发电机叶 片制备改性混 凝土的工艺	中国	ZL20241007 8809.X	2024-3-12	证书号第 6779505 号	河北省多基复 合材料产业技 术研究院有限 公司	韩继明; 杨 伟; 谢鹏飞	有效专 利	是
2	已授权发明 专利	基于退役风机 叶片的回收装 置及得到玻璃 纤维的方法	中国	ZL20241016 7737.6	2024-4-9	证书号第 6885449 号	河北省多基复 合材料产业技 术研究院有限 公司	韩继明; 杨 伟; 谢鹏飞	有效专 利	是
3	已授权发明 专利	一种复合玻璃 钢废弃物轻质 高强陶粒及其 制备方法	中国	ZL20181042 2264.4	2020-11-24	证书号第 4111230 号	华北理工大 学; 恒润集团 有限公司; 河 北省多基复合 材料产业技术 研究院有限公 司	胡晨光; 白 瑞英; 贾援; 宋建华; 杨 立荣; 刘刚; 宋方园; 安 宇坤; 姚少 巍; 封孝信	有效专 利	是

4	已授权发明专利	一种高延性混凝土中空管及其制作方法	中国	ZL201410717116.7	2017-2-1	证书号第2368918号	武汉理工大学；恒润集团有限公司	张小玉；李卓球；宋建国；宋建华；陈建中；宋鹏飞；韩继明；孙明清；方玺；吕泳；徐东亮	未交费失效专利	是
5	已授权发明专利	一种高性能水泥基复合材料管	中国	ZL201510903478.X	2018-11-20	证书号第3152990号	武汉理工大学；恒润集团有限公司	孙明清；宋鹏飞；李俊；宋建华；崔友国；宋建国；严兆顺；尹建妙；张小玉；李卓球；王应军	有效专利	是

6	已授权发明专利	一种玻璃钢钢筋混凝土复合管及其制备方法	中国	ZL202211597991.7	2023-03-31	证书号第5832938号	河北省多基复合材料产业技术研究院有限公司; 恒润集团有限公司; 河北润恒新型管道有限公司; 河北瑞太通电子科技有	陈建中; 宋建华; 于婷婷; 国彤; 宋鹏飞; 郑莉君; 曾爱军; 徐东亮; 王真; 李秀捧; 张菲菲; 袁丽丽	有效专利	是
7	已授权发明专利	一种复合缠绕玻璃钢管及其制备方法	中国	ZL202211597980.9	2023-4-7	证书号第5858561号	河北省多基复合材料产业技术研究院有限公司; 恒润集团有限公司; 河北润恒新型管道有限公司; 河北瑞太通电子科技有	宋建华; 陈建中; 于婷婷; 徐东亮; 宋鹏飞; 曾爱军; 杨舒涵; 王真; 郑莉君; 李其国; 陈宁	有效专利	是

(七) 主要完成人情况

序号	姓名	行政职务	技术职称	工作单位
1	贾援	系主任	副教授	华北理工大学
2	韩继明	总监	高级工程师	恒润集团有限公司
3	宋鹏飞	总经理	工程师	恒润集团有限公司
4	陈建中	实验中心主任	副教授	武汉理工大学
5	胡晨光	副教授	副教授	华北理工大学
6	王真	总监	--	恒润集团有限公司
7	尹建妙	总监	工程师	恒润集团有限公司
8	袁丽丽	工程师	工程师	恒润集团有限公司

(八) 完成人合作关系说明及完成人合作关系情况汇总表

公司拟申报“退役风电叶片多尺寸分级处理及低碳资源化关键技术及应用”项目的河北省科学技术进步奖，项目完成人贾援、胡晨光为华北理工大学人员，韩继明、宋鹏飞、王真、尹建妙、袁丽丽为恒润集团有限公司人员，陈建中为武汉理工大学人员，是该项目研发的核心成员。

完成人贾援为本项目的主要负责人，主要负责项目统筹、协调，改性技术优化等工作。是本项目 ZL201810422264.4 发明专利的主要发明人，是本项目论文《A novel magnesium hydroxide sulfate hydrate whisker-reinforced magnesium silicate hydrate composites》、《Effect of hydrated magnesium carbonate grown in situ on the property of MgO-activated reactive SiO₂ mortars》的通讯作者，是河北省重点研发计划项目《玻璃钢废弃物资源化规模化利用关键技术研究及工程示范》（项目编号：19273803D）技术负责人。

完成人韩继明为项目的主研人，负责项目的退役风电叶片设备改造、安全优化、废弃纤维表面改性技术研发等工作，是本项目发明专利 ZL202410078809.X、ZL202410167737.6、ZL201410717116.7 的主要发明人。

完成人宋鹏飞为项目的主研人，负责该项目的管道结构设计，设计构思新型组合式管道，任务分配及实施协调等工作，是本项目 ZL202211597991.7、ZL202211597980.9、ZL201410717116.7、ZL201510903478.X 等 4 项发明专利的主要发明人。

完成人陈建中为项目的主研人，主要负责项目的重新优化预应力管道结构体系，制备高延性、高强度、高耐腐蚀、高水力性能的玻璃钢混凝土预应力复合管道等工作，是本项目 ZL202211597991.7、ZL202211597980.9、ZL201410717116.7 等 3 项发明专利主要发明人。

完成人胡晨光为项目的主研人，主要负责项目的组分精细调控和纤维改性技术，制备高强人工骨料等工作，是本项目发明专利 ZL201810422264.4 的主要发明人，是本项目论文《利用废弃玻璃钢制备陶粒及其性能研究》的第一作者，是河北省重点研发计划项目《玻璃钢废弃物资源化规模化利用关键技术研究及工程示范》(项目编号：19273803D) 主研人。

完成人王真为项目的主研人，负责项目的玻璃钢钢筋混凝土的设计工作，是本项目 ZL202211597991.7、ZL202211597980.9 等 2 项发明专利的主要发明人。

完成人尹建妙为项目的主研人，负责项目的多重固废协同利用制备人造骨料技术开发，是本项目发明专利 ZL201510903478.X 的主要发明人，是河北省重点研发计划项目《玻璃钢废弃物资源化规模化利用关键技术研究及工程示范》(项目编号：19273803D) 主研人。

完成人袁丽丽为项目的主研人，负责项目的玻璃钢钢筋表面改性的工作，是本项目发明专利 ZL202211597991.7 的主要发明人。

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果
1	专利、论文、产业合作	贾援	2019 年	发明专利：《一种复合玻璃钢废弃物轻质高强陶粒及其制备方法》；论文：《A novel magnesium hydroxide sulfate hydrate whisker-reinforced magnesium silicate hydrate composites》、《Effect of

				hydrated magnesium carbonate grown in situ on the property of MgO-activated reactive SiO ₂ mortars》；项目：《玻璃钢废弃物资源化规模化利用关键技术研究及工程示范》
2	专利合作	韩继明	2014 年	发明专利： 《一种利用退役风力发电机叶片制备改性混凝土的工艺》、《基于退役风机叶片的回收装置及得到玻璃纤维的方法》、《一种高延性混凝土中空管及其制作方法》
3	专利合作	宋鹏飞	2014 年	发明专利： 《一种玻璃钢钢筋混凝土复合管及其制备方法》、《一种复合缠绕玻璃钢管及其制备方法》、《一种高延性混凝土中空管及其制备方法》、《一种高性能水泥基复合材料管》
4	专利合作	陈建中	2022 年	发明专利： 《一种玻璃钢钢筋混凝土复合管及其制备方法》、《一种复合缠绕玻璃钢管及其制备方法》、《一种高延性混凝土中空管及其制作方法》
5	专利合作	胡晨光	2019 年	发明专利： 《一种复合玻璃钢废弃物轻质高强陶粒及其制备方法》； 论文： 《利用废弃玻璃钢制备陶粒及其性能研究》； 项目： 《玻璃钢废弃物资源化规模化利用关键技术研究及工程示范》
6	专利合作	王真	2014 年	发明专利： 《一种玻璃钢钢筋混凝土复合管及其制备方法》、《一种复合缠绕玻璃钢管及其制备方法》
7	专利、产业合作	尹建妙	2015 年	发明专利： 《一种高性能水泥基复合材料管》； 项目： 《玻璃钢废弃物资源化规模化利用关键技术研究及工程示范》
8	专利合作	袁丽丽	2022 年	发明专利： 《一种玻璃钢钢筋混凝土复合管及其制备方法》