附件4-2：

**推荐高等学校科学研究优秀成果发明技术奖项目公示**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 工程结构增强用高性能连续纤维复合材料制备及应用关键技术 |
| 推荐单位（专家） | 东南大学 |
| 主要完成人 | 吴智深，汪昕，咸贵军，冯鹏，沈锋，程正珲 |
| 主要完成单位 | 东南大学，哈尔滨工业大学，清华大学，南京锋晖复合材料有限公司，南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司，江苏绿材谷新材料科技发展有限公司 |
| 项目简介：轻质、高强、耐腐蚀的纤维增强树脂基复合材料（简称FRP）合理替代自重大、比强度低且易腐蚀的结构钢材，是实现重大工程结构高性能与长寿命的有效途径。针对FRP 在重大工程结构应用中存在的制品形式单一、强度利用率低、缺乏设计评价方法、价格昂贵及缺少关键应用技术等瓶颈问题，通过材料设计、改性提升、工艺革新和结构设计创新等途径，提出高性能、复杂形态、连续化FRP的关键制备技术、品质控制、性能设计和提升技术，在此基础上针对工程结构的长寿命、轻量化和高性能的综合需求，提出基于FRP的结构耐久、可恢复和大跨结构增强技术。1、FRP制品的连续化及复杂形态制备技术针对土木工程结构对增强材料FRP的性能稳定性、形式可设计性和复杂形态等综合要求，通过纤维布设、预张力控制、工艺和新技术组合等技术创新，开发出连续化工艺制备的双向浸胶一体化FRP网格、异形FRP及混杂FRP拉索、表面复杂螺纹FRP筋、复杂形态及可弯曲FRP型材、大直径高耐压中空FRP锚杆、基于3D打印的FRP箍筋等先进FRP制品的制备技术。突破了传统结构用FRP制品的制备效率低、性能稳定性差、制品形式单一无法满足结构增强需求的瓶颈。牵头制定了FRP网格、拉索和型材的国家标准。2、FRP制品品质控制、性能提升和设计方法针对当前结构用FRP普遍存在的性能离散大，缺乏快速有效检测方法以及在极端环境-荷载耦合下性能亟需提升和缺乏有效设计方法等瓶颈，从性能检测方法、纤维表面处理、纤维混杂设计、基体改性等方面，提出基于原位观测SEM-疲劳测试的FRP的快速品质检测方法、短期力学性能提升技术（拉伸性能提升30%以上，离散率降至5%以下）、长期疲劳、蠕变及耦合腐蚀因素下的性能控制提升（疲劳强度提升20%以上，蠕变率降低50%以上）和设计方法。解决了多种FRP品质控制、性能提升和长期性能可设计性问题，突破了国外对FRP性能控制技术的垄断，为实现FRP增强结构性能和寿命提升建立了系统的分析评价基础。3、面向工程结构寿命、损伤控制和轻量化的FRP关键应用技术基于高性能化FRP制品和设计方法，发明提出三类结构的关键增强技术，包括：FRP筋/网格混合配筋高耐久-损伤可控混凝土结构、预应力FRP板条/网格增强结构、轻量化大跨桥梁用大吨位FRP拉索锚固技术和设计方法。显著提升了混凝土结构中FRP的利用效率和可设计性，实现了结构服役寿命和极端地震作用下的损伤可控性能提升；FRP预应力技术极大改善了结构的综合性能和增强效果；大吨位FRP拉索的锚固技术发明突破了拉索在大跨桥梁中的应用瓶颈。成果包括：授权国内外发明专利39项，发表SCI论文60篇，专著1部，主编国家标准3部、地方标准1部。该项目技术创新应用于具有重要战略意义的三沙市岛礁结构、长江南北交通大动脉南京长江大桥加固、南通洋口港航道等多项重要土建交通工程。开发的系列FRP制品成功解决了工程结构耐久性、综合性能提升等方面的实际难题，近三年为企业创造直接经济效益超1亿元，出口创汇超1000万美元。**该项目主要完成人获国际土木工程纤维增强复合材料学会最高奖、茅以升科学技术奖、中国复合材料青年科学家奖等多项学术荣誉。** |
|  |
| 曾获科技奖励情况：无 |
| 推广应用情况：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 应用单位名称 | 应用技术 | 应用的起止时间 | 应用单位联系人/电话 | 社会、经济效益（万） |
| 海军工程设计研究局 | 三沙市导标，采用FRP筋增强混凝土 | 2015年5月 | 刘波010-66977088 | 采用了FRP筋作为内部增强筋，全部替代传统钢筋，有效提升了结构的耐久性和使用寿命；FRP智能筋在结构关键部位进行长期性能监测。 |
| 东南大学建筑设计研究院有限公司 | 南京长江大桥加固，采用FRP筋、FRP网格 | 2017年3月~2018年3月 | 秦向杰13813850210 | 提升了结构力学性能和耐久性能，解决了传统钢筋加固过大地增大构件截面的问题。 |
| 重庆善固建筑工程有限公司 | 重庆市永川区跳石河桥预应力加固示范工程，采用FRP板条 | 2016年12月~2017年3月 | 卓静18008377835 | 桥梁结构承载力显著提高，加固前产生的裂缝完全闭合，且无新裂缝出现，加固取得预期效果。 |
| 中交路桥建设有限公司 | 贵州道安高速（隧道），采用FRP锚杆 | 2013年~2015年 | 余洋18618430677 | 由于FRP锚杆重量轻、易切割等优点，提高了施工效率。 |
| 中交隧道局南京市纬三路过江通道项目经理部 | 南京纬三路过江隧道，采用FRP筋作为地连墙配筋 | 2011年 | 陈云峰18507711555 | 由于FRP筋具有易切割特性，盾构机掘进过程中刀头可直接切断地连墙中FRP筋，直接穿越地连墙，不需人工破除，施工快捷安全性高，可有效降低施工成本。 |
| 中海工程建设总局洋口港航道工程项目经理部 | 南通洋口港区15万吨级航道工程，采用FRP筋增强格栅板 | 2017年~2018年 | 马志峰17784618658 | 解决了钢筋锈蚀后带来的安全隐患，为整个港口建设的长久性、安全性提供了保障。 |

 |
| 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（地区） | 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 |
| 发明专利 | 一种用于结构加固的平面网格筋、模具及制作方法 | 中国 | ZL201310107956.7 | 2015.04.29 | 1652358 | 江苏绿材谷新材料科技发展有限公司，东南大学，江苏杰成凯新材料科技有限公司 | 吴智深，刘建勋，吴智仁，吴刚，朱中国，朱虹 | 有效 |
| 发明专利 | 一种裂缝•损伤可控FRP网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构 | 中国 | ZL201310528934.8 | 2016.02.03 | 1938503 | 东南大学，江苏绿材谷新材料科技发展有限公司 | 吴智深，汪昕 | 有效 |
| 发明专利 | 一种适用于大吨位FRP拉索的锚固方法 | 中国 | ZL201310645316.1 | 2015.12.02 | 1866526 | 东南大学，江苏绿材谷新材料科技发展有限公司 | 吴智深，汪昕，徐鹏程，朱中国 | 有效 |
| 发明专利 | 一种提升纤维增强复合材料耐碱性能的改性方法及纤维增强复合材料 | 中国 | ZL2014106331154 | 2018.04.06 | 2870740 | 东南大学 | 吴智深，施嘉伟，汪昕 | 有效 |
| 发明专利 | 一种表面具有螺纹结构的纤维复合筋及其制备方法 | 中国 | ZL201310082210.5 | 2015.08.05 | 1748810 | 哈尔滨工业大学 | 咸贵军，陆中宇，李惠 | 有效 |
| 发明专利 | 预应力碳纤维增强塑料板材的锚具及其制作方法 | 中国 | ZL201510938715.6 | 2017.11.14 | 2697798 | 哈尔滨工业大学 | 咸贵军，李承高 | 有效 |
| 发明专利 | FRP箍筋的制造方法 | 中国 | ZL201511003575.X | 2017.11.21 | 2706238 | 清华大学 | 冯鹏，王泽源 | 有效 |
| 发明专利 | 大直径高耐压中空纤维增强塑料锚杆及其生产工艺 | 中国 | ZL201310374814.7 | 2015.04.15 | 1635905 | 南京锋晖复合材料有限公司 | 金双华，沈锋 | 有效 |
| 发明专利 | 高性能纤维弯曲型材生产方法及生产线 | 中国 | ZL201310225258.7 | 2015-05-27 | 1680511 | 南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司 | 程正珲，程逸建 | 有效 |
| 发明专利 | 梯形截面的高强度复合材料绞线及其一步法制备方法 | 中国 | ZL201310225283.5 | 2016-01-20 | 1896699 | 南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司 | 程正珲，程逸建 | 有效 |

 |
| 主要完成人情况：（摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目技术创造性贡献）样式如下：1. 吴智深，排名1，东南大学校务委员会副主任，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，对发明点1、2、3均有重要贡献，率先提出连续化FRP网格制备技术、混杂FRP拉索、树脂增韧提升FRP耐碱性、FRP损伤检测评价技术、FRP网格/预应力网格桥梁综合性能加固技术、高耐久及损伤可控可恢复混凝土结构形式、以及轻量化大跨度长寿命桥梁结构用FRP拉索锚固技术的概念。获2017年度国家技术发明二等奖（排名1），2016年国际土木工程纤维增强复合材料学会最高奖，2016年度中国公路学会科技奖（一等），2014年度江苏省科学技术一等奖（排名1），2012年度国家科技进步二等奖（排名1），2011年度教育部科技进步一等奖（排名1）。
2. 汪昕，排名2，东南大学城市工程科学技术研究院副院长，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对发明点1、2、3均有重要贡献，开发了混杂FRP拉索技术，FRP网格连续化生产技术，FRP材料耐碱性提升技术，高耐久/损伤可控结构，以及大吨位拉索变刚度锚固技术。获2011年度教育部科技进步一等奖（排名14）
3. 咸贵军，排名3，哈尔滨工业大学土木工程学院学科副主任，教授，工作单位：哈尔滨工业大学，完成单位：哈尔滨工业大学，对发明点1、3有重要贡献，开发了螺纹纤维筋的制备工艺，显著提升纤维筋和混凝土之间的粘结性能；发明了预应力CFRP板的锚具并开发了相应的制作方法，有效解决了预应力CFRP板端部应力集中问题，保证了预应力CFRP板与结构之间有效的荷载传递。获国家技术发明二等奖（2017，排4），黑龙江省自然科学二等奖（2018，排1），黑龙江省科技进步一等奖（2016，排11）。
4. 冯鹏，排名4，教授，工作单位：清华大学，完成单位：清华大学，对发明点1有重要贡献，提出了一种打印FRP箍筋的构造、性能与加工方法，FRP箍筋具有质量轻、强度高、耐腐蚀等优势，该种加工方法具有截面任意控制、可现场施工成型等优点。获得2018年度国家科学技术进步一等奖（清华大学工程结构创新团队）；“第二届中国复合材料青年科学家”奖项；2017年度茅以升科学技术奖——北京青年科技奖。
5. 沈锋，排名5，南京锋晖复合材料有限公司总经理，工作单位：南京锋晖复合材料有限公司，完成单位：南京锋晖复合材料有限公司，对发明点1有重要贡献，南京锋晖复合材料有限公司创始人、总经理。2002年在国内率先发明全螺纹FRP锚杆（筋材），并进行了大规模推广应用，有效解决了钢锚杆、钢筋不易切割的工程问题，大幅提高了施工效率。
6. 程正珲，排名6，南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司副总经理，工作单位：南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司，完成单位：南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司，对发明点1有重要贡献，开发了可弯曲FRP型材和梯形截面的高强度FRP绞线，突破了传统结构用 FRP 制品的制备效率低、性能稳定性差、制品形式单一无法满足结构增强需求的瓶颈问题。2016年度江苏省复合材料学会科技进步一等奖（排名1）。
 |
|  |