

推荐国家科学技术进步奖项目公示

项目名称	结构防灾减灾加固实用技术
推荐单位	湖南省科学技术厅
推荐单位意见： <p>我单位认真审阅了推荐书及附件材料，所填内容、数据属实，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。经专家审查，其技术都是紧密结合工程实际对国民经济发展影响重大的实用型技术。对推动行业进步和科学技术发展做出了重要贡献。其中钢筋沥青隔震技术具有中国自主知识产权，获得国家发明专利 3 项，出版地方技术规程一部。该技术在我国城镇乡村地区具有重要的推广和应用价值，如能普及使用，将造福国民，确保民生安全（不会发生汶川地震那样死亡 7 万人的惨剧）。高性能复合砂浆钢筋网防灾加固技术可对超载、疲劳荷载、火灾、震灾、风灾、爆灾等受灾的钢筋混凝土建筑、桥梁及砌体等结构进行灾前预防和灾后加固。滨河路雨污检查井加固工程采用该技术节省资金 2.972 亿元。获国家发明专利 1 项，出版地方、协会技术规程 2 部。该技术取材容易、施工简单、适用面广，已在全国得到广泛应用，社会效益凸显。预应力碳纤维板加固桥梁成套技术，获得发明专利 4 项，攻克了传统（非预应力）碳纤维加固受弯构件中的碳纤维材料强度利用率低、容易与主体结构剥离的难题；研制了有效的张拉锚固机具，解决了预应力张拉碳纤维板的滑移问题，节约原材料近 70%，且操作简单，不需封闭交通。我省采用该技术加固的多座桥梁，节约了资金 1495 万元，实践证明，该技术使用价值高，应用前景广阔。</p> <p>对照国家科学技术进步奖授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家科学技术进步奖一等奖。</p>	

项目简介：

目前我国公共安全的社会基础、保障条件还较薄弱，急需预防和减少各类灾害的发生。其中，地震是造成死亡人数最多的自然灾害。因此为确保民生安全，大量的建、构筑物需要防灾减灾，老旧建筑、桥梁结构需要维修或加固。而对建、构筑物的防灾减灾加固技术研究也一直是结构工程领域的重大科研难题。该项目课题组经十多年科研、试验和实践，自主研发了已有效服务于该领域的**防灾减灾加固实用技术**，共由两部分技术组成：

（一）防灾减灾技术

该技术创造性地运用用动力弹塑性稳定理论，将常见的建筑材料钢筋与沥青结合，发明了钢筋沥青复合隔震技术。该技术就地取材、构造简易、施工制造方便，价格低廉，对房屋减震、隔震效果优越，比常规的橡胶隔震支座造价低 80%以上，适用于城镇乡村大量的单、多层房屋。

经鉴定：“该成果整体上居国内领先水平，其中农村民居新型隔震技术具有国际领先水平”。支持该技术发明专利共 3 项，国内外 EI 及核心期刊发表论文 40 余篇，编制地方标准一部，出版相关著作两部。

2011 年 12 月，已在长沙望城莲花镇建成隔震民居示范房一栋。湖南日报、长沙晚报、科技日报、湖南教育、经视台等新闻媒体分别发布相关新闻。

该技术旨在造福民众，我国有 60%的地区处于强震带，采用该技术，社会、经济效益凸显。

（二）防灾加固技术

防灾加固包括重力超载、疲劳荷载、火灾、震灾、风灾、爆灾等钢筋混凝土建筑和桥梁、砌体结构的防灾和灾后加固。

（1）高性能复合砂浆钢筋网防灾加固技术

该技术自主研发的高性能复合砂浆与钢筋网形成高性能加固薄层，辅以剪切销钉与原结构结合成共同工作的整体，以提高结构各项承载能力，从而达到良好的加固效果。该技术就地取材，不需支模和浇注，施工简单，加固费用比传统方法节省成本 50%以上。

推广应用已十多年，2010-11 年在长沙市芙蓉区、雨花区校舍安全抗震加固中采用该技术节约资金 3500 多万元；在长沙市滨河路雨污井加固工程中使用该技术节约资金 2.972 亿元。

该技术的四项成果鉴定结论：“整体达到国际先进水平，其中二次受力性能研究为原创性成果，居于国际领先水平。”

该技术获发明专利 1 项、其他专利 1 项、发布协会技术规程 2 部、出版相关著作 2 部、国内外 EI 及核心期刊发表相关论文 70 余篇。

（2）预应力碳纤维板加固桥梁成套技术

该技术主要用于加固桥梁，研究成果克服了传统（非预应力）碳纤维加固受弯构件中碳纤维材料强度利用率低、容易与主体结构剥离、预应力张拉碳板滑移等难题，研制了不依赖胶的张拉、锚固机具。用预应力碳纤维板加固受弯构件，充分利用碳纤维板的高强度，可节约 4 倍价格昂贵的碳纤维材料，且操作简单，施工工期短，不需封闭交通。仅本省 2006 年以来用此方法加固株津渡大桥等 4 座桥梁，节约资金 1495 万元。

该技术鉴定结论为：**整体上达到国际先进水平**，其中碳纤维板材在时间及温差影响下的工作应力变化方面的研究成果，**处于国际领先水平**，具有广阔的应用前景。

支持本项目的发明专利共 4 项，其他专利 1 项国内外 EI 及核心期刊发表有关论文 12 篇。

客观评价

防灾减震加固实用技术是经十多年的科研、试验实践完成的科研成果。共由两部分内容组成，创建了完善的设计理论体系和施工工法。经多年应用证实效果极佳，便于推广，在我国公共安全领域起到重大作用。

（一）防灾减震技术

我国地处世界两大地震带之间，60%为高烈度地震区。从唐山、汶川到雅安等地，每一次震灾都由于建筑物的倒塌带来了惨痛的人员伤亡和巨大的经济损失，因此在我国建筑物抗震减震尤为重要，国家急需行之有效便于普及的防灾减震技术。避免建筑物倒塌最有效的措施是在建筑物基础底部或上、下部结构之间设置隔震层，目前国内大多采用国外引进的橡胶隔震支座，其取材难制作复杂，每个高达一到三万元，一栋农房一般需用一、二百个，其造价之高难以在我国城镇乡村地区普及。该项目经十多年科研试验和实践所研发的防灾减震技术创造性地利用动力弹塑性稳定理论，发明了钢筋和沥青结合组成的隔震层，有效地对建筑物进行减震以防止倒塌。经对2011年建成的隔震示范房实测数据显示：实测减震系数0.6以下，即减小加速度40%以上，隔震效果极佳。该技术就地取材，施工简易，比常规的橡胶隔震支座造价低80%以上。国内有关报刊、杂志、新闻媒体均有相关报导。2012年3月7日《湖南日报》、《长沙晚报》同时发表新闻：“湖大隔震技术遇8度地震房子不忐忑”、“我省首座隔震新民居望城落成遇8度至9度烈度地震岿然不倒”。科研成果《农村居民震后重建实用技术研究》于2009年1月11日通过湖南省建设厅鉴定。结论为：“该项成果整体上居国内领先水平，其中农村民居新型隔震技术具有国际领先水平，建议进一步加强配套技术研究，以便推广应用”。该技术获发明专利3项，出版技术规程一部，发表相关论文40余篇，其中建筑结构学报2012.33(3)发表的“钢筋-沥青隔震墩砌体足尺模型试验研究”被遴选进入F5000中国顶尖学术论文领跑者5000。

（二）防灾加固技术

1、高性能复合砂浆钢筋网防灾加固技术

目前国内外因各种原因引发各类灾害事故频频发生，不但给民生造成巨大损失，也给社会稳定造成压力。由此，建筑物的防灾和灾后加固技术的发展应用刻不容缓。高性能复合砂浆钢筋网防灾加固技术可对建筑物进行灾前加固，也可对超载、疲劳荷载、火灾、震灾、风灾、爆灾等受灾的钢筋混凝土建筑、桥梁及砌体等结构进行加固。其核心技术是以自主研发的高性能复合砂浆结合普通钢筋网，形成高强度粘结性能好的加固薄层，辅以剪切销钉与被加固结构形成共同工作的整体，以提高被加固结构各项承载能力，从而达到良好的加固效果。高性能复合砂浆耐高温耐腐蚀性能优越，是环保型无机材料，由于就地取材施工简便且突破了传统加固需支模的弱点，加固费用比传统方法节省成本50%以上。该技术在2010、2011年校舍安全抗震加固中起到了重要作用，长沙市芙蓉区重点工程建设领导小组办公室公函认为高性能复合砂浆钢筋网加固技术是非常适合于结构抗震加固的新技术，经济上明显节约，实体工程量减少，工期明显缩短，质量上有保证，具有十分广阔的推广应用前景。长沙市雨花区教育局基建处公函认为高性能复合砂浆钢筋网加固技术是非常适合于结构补强加固的新技术，具有十分广阔的推广应用前景。

该技术主要成果鉴定结论：

(1) 2005. 4. 25 日省科技厅组织专家组对“新型钢丝网复合砂浆薄层加固受弯构件研究”课题进行鉴定，结论为：该研究成果整体上达到国际先进水平，其中三面粘结钢丝（筋）网复合砂浆及其加固受弯构件二次受力性能研究为原创性的成果居于国际领先水平。

(2) 2006. 12. 22 日省科技厅组织以龙驭球院士为首的专家组对“高性能水泥复合砂浆钢筋网薄层加固混凝土受压构件研究”课题进行鉴定，结论：该项目成果整体上达到了国际先进水平，其中二次受力静载加固轴心受压构件和偏心受压构件研究，以及二次受力抗震加固研究为原创性成果居于国际领先水平。

(3) 2010. 1. 26 日湖南省交通厅组织专家组对“高性能复合砂浆钢筋网加固桥梁结构性能研究”课题进行鉴定，结论为：该成果整体上达到了国际先进水平，其中对高性能复合砂浆钢筋网加固桥梁受弯构件的 200 万次疲劳性能研究成果具有国际领先水平。

由于该技术适应面广，已在全国各地广泛推广和应用。据不完全统计周边地区应用此加固技术所产生的经济效益超过六亿元。支持该技术的发明专利 1 项，其他专利 1 项、发布有关协会技术规程 2 部、出版相关著作 2 部、发表相关论文 70 余篇。2012 年获湖南省科技进步一等奖。

2、预应力碳纤维板加固桥梁成套技术

中国建国已逾 60 年，大量的桥梁、建筑已进入老龄期，需要进行维修和加固。据统计目前国内约有 4000 余座钢筋砼梁桥，许多桥梁被超载超速车辆碾压已开裂变形，安全隐患严重，急需维护加固。传统的加固方法如黏贴钢板或碳纤维都使用了有机材料，耐久性差，体外预应力钢绞索加固施工复杂，并需封闭交通。该技术成果克服了传统（非预应力）碳纤维加固受弯构件中碳纤维材料强度利用率低、容易与主体结构剥离、预应力张拉碳板滑移等难题，研制了不依赖有机胶的张拉、锚固机具。用预应力碳纤维板加固受弯构件，充分利用了碳纤维板的高强度，可节约 70% 昂贵的碳纤维材料，且操作简单，施工工期短，不需封闭交通。加固后的桥梁还可再使用到或超过原设计基准期。比再建 4000 座桥梁节约的投资和减少对环境的污染产生的社会效益将是无可估量的。湖南省 2006 年以来用该技术加固了 4 座桥梁，其中浏阳金刚头桥加固使用至今已超过十年，在株津渡大桥等三座桥梁加固过程中，节约资金 1495 万元，使用至今已有三年，实践证明该技术实用价值高加固效果极佳，应用前景广阔。

长沙市公路管理局公函认为“预应力碳纤维片材加固技术”以及“预应力碳纤维板张拉加固机具”在金刚头桥的加固工程中应用取得了令人满意的效果，一方面通过碳纤维板施加的预应力有效地提高了桥梁结构承载能力，显著减少了桥梁结构变形，使该桥可重新满足日益增长的交通流量；另一方面该技术施工简便易行，对交通影响小，实际加固工程的成功证明了该技术已经建立了完善的设计理论体系，具有实用价值，值得推广。

2008. 9. 9 日湖南省交通厅组织专家组对“预应力碳纤维布（板）加固桥梁受弯构件的技术研究”课题进行了鉴定，鉴定结论为：该研究成果整体上达到了国际先进水平，其中碳纤维板材在时间及温差影响影响下的工作应力变化方面的研究成果，处于国际领先水平，具有广阔的应用前景。

该技术获发明专利 4 项其他专利 1 项，发表相关论文十多篇。

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
长沙市岳麓区莲花镇五丰村村民委员会	防灾减灾技术隔震示范房	2010.3-2011.12	李明/13786179744
湘潭市公路管理局	预应力碳纤维加固桥梁	2012.3-2013.12	唐白鸥/13907328959
长沙市芙蓉区城投公司	高性能复合砂浆薄层加固法	2010.5-2011.12	胡远辉/13707498895
长沙市雨花区教育局	高性能复合砂浆薄层加固法	2010.5-2011.9	李科 13617489900
浏阳市公路管理局	预应力碳纤维加固桥梁	2005.1-2006.1	何贤峰/13975172668
湘阴湾河中学	高性能复合砂浆薄层加固法	2005.1-2006.1	孙治平/13017202946
郴州魔泰大酒店	高性能复合砂浆薄层加固法	2005.5-2006.3	肖运祥/13974981258
长沙海底世界	高性能复合砂浆薄层加固法	2010.3-2011.1	赖贤爵/13974934408
湖南省博物馆 武警营房	高性能复合砂浆薄层加固法	2009.3-2009.12	许宁/18684690124
长沙市芙蓉城市建设有限责任公司	高性能复合砂浆薄层加固法	2015.12-2016.3	赵帅/13723890405
泛华建设集团公司	高性能复合砂浆薄层加固法	2015.1-2015.10	何彦成/18670509816
湘潭市公路管理局	预应力碳纤维加固桥梁	2014.2—2015.8	唐白鸥/13907328959

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	一种复合隔震层	中国	ZL200810032063.X	2009年9月23日	553754	湖南大学	尚守平等
发明专利	一种基于砌体结构的隔震结构	中国	ZL201010208470.9	2012年5月30日	959218	湖南大学	杜运兴
发明专利	一种纤维板材预应力张拉装置	中国	ZL200510031702.7	2008年11月26日	446111	尚守平等	尚守平等
发明专利	土木建筑工程用的碳纤维板锚具	中国	ZL200610031436.2	2007年8月15日	341238	尚守平	尚守平等
实用新型专利	用于凿毛混凝土或砌体类表面的凿毛件	中国	ZL200720065482.4	2008年10月29日	1124282	尚守平	尚守平等
发明专利	一种辊轴式桥梁支座	中国	ZL201310179888.5	2015年1月14日	1568867	尚守平	尚守平等
发明专利	新型钢筋砼摩擦阻尼器	中国	ZL201410029792.5	2016年1月6日	1914687	湖南大学	尚守平
实用新型专利	一种三维隔震墩	中国	ZL201420489052.5	2014年12月31日	4036213	湖南大学	尚守平等
发明专利	一种基于混凝土受弯构件加固的复合板材	中国	ZL201310547509.3	2015年7月22日	1730741	湖南大学	杜运兴
发明专利	一种无机植筋胶栓及其制备方法	中国	ZL201310355827.X	2016年1月20日	1903524	尚守平	尚守平

主要完成人情况：

1. **尚守平**，排名 1，湖南大学教授，985 首席科学家，工作单位：湖南大学，完成单位：湖南大学。是该项目的主要负责人，创新点 1-6 的主要贡献人，为“钢筋沥青复合隔震层”、“一种纤维板材预应力张拉装置”、“土木建筑工程用的碳纤维板锚具”等发明专利第一发明人。创新提出钢筋沥青隔震技术，预应力碳纤维加固技术，高性能水泥复合砂浆钢筋网加固技术。为省科技进步一等奖“结构加固新技术”第一获奖人。
2. **杜运兴**，排名 2，湖南大学副教授，工作单位：湖南大学，完成单位：湖南大学。对创新点 1、2、5 做出贡献，提出了一种砌体结构隔震的措施及采用纤维复合板材进行结构加固、并对纤维复合板的性能进行了研究。是“一种基于砌体结构的隔震结构”发明专利的第一发明人。
3. **王海东**，排名 3，湖南大学副教授，工作单位：湖南大学，完成单位：湖南大学。对创新点 3、5 做出贡献，2000 年开始参加预应力碳纤维加固技术研究，作为主要人员参与开发了预应力碳纤维张拉装置；作为主要人员提出了《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术》中部分公式的限制条件。
4. **文学章**，排名 4，湖南大学副教授，工作单位：湖南大学，完成单位：湖南大学。结构防灾减震理论与实验研究，对创新点 1、2 做出贡献。
5. **姚菲**，排名 5，河海大学讲师，工作单位：河海大学，完成单位：湖南大学。作为“钢筋-沥青复合隔震层”的发明人之一，针对该隔震技术开展了一系列理论与实验研究，开展了隔震层的振动台试验与拟静力试验，研究了隔震层在大震的内力重分布现象及其非线性受力机理，建立了考虑非线性内力重分布的隔震层计算模型。对创新点 1、2 做出贡献。
6. **雷敏**，排名 6，中南林业科技大学讲师，工作单位：中南林业科技大学，完成单位：湖南大学。主要研究：1. 土-结构动力相互作用研究及参数反演分析；2. 复合砂浆加固砌体的抗震性能试验研究。对创新点 1、3 做出贡献。
7. **尚卿**，排名 7，高级工程师，工作单位：上海市机电设计研究院有限公司，完成单位：湖南大学。主要参与相关技术节点构造研发；相关技术规程编制；示范工程设计；新技术推广应用。对创新点 1、3 作了创造性贡献。
8. **曾令宏**，排名 8，湖南大学副教授，工作单位：湖南大学，完成单位：湖南大学。作为重要参与人，对高性能复合砂浆钢筋网薄层加固技术的试验研究和理论分析做出贡献，对创新点 3、4 做出贡献。
9. **蒋隆敏**，排名 9，湖南工业大学教授，工作单位：湖南工业大学，完成单位：湖南大学。是 HPFL 加固研究子项的主要负责人，是该子项的总体规划及方案设计者，重点制定 HPFL 加固压弯构件总体研究方案和实施计划，并主持其总体研究工作，对 HPFL 加固的创新点做出了创造性贡献；是获湖南省科技进步一等奖项目“结构加固新技术”的第三完成人，是实用新型专利“轴心受压柱非卸载加固试验装置”（授权号：ZL201320659460.6）、“偏心受压柱非卸载加固试验装置”（授权号：ZL201420095005.2）的第一完成人，在该项技术研究中投入的工作量占本人同期工作量的 70%。
10. **彭晖**，排名 10，长沙理工大学教授，工作单位：长沙理工大学，完成单位：湖南大学。

作为重要参与者：负责 CFRP 夹锚设备及张拉设备的初始研制；负责预应力 CFRP 加固桥梁构件的静力承载性能研究；负责预应力 CFRP 加固桥梁构件的疲劳性能研究。

11. **刘可**，排名 11，工程师，工作单位：江苏省南京市鼓楼区江东北路 218 号 2 栋 1507，完成单位：湖南大学。作为重要贡献人，参与研发专利：一种复合隔震层（专利号：200810032063.X，授权号：CN：100543250c）；通过改造电液伺服作动器，制作了中型振动台，利用它对新型隔震层进行了一系列的振动台试验。对创新点 1、2 做出贡献。
12. **周志锦**，排名 12，工程师，工作单位：湘潭市建筑设计院，完成单位：湖南大学。作为重要参与者，对钢筋-沥青复合隔震层模型试件的模拟振动台试验，得到了其在地震作用下的动力特性和隔震效果，为钢筋沥青复合隔震层技术的推广应用提供了经验参数和资料。对创新点 1、2 做出贡献。
13. **陈婉若**，排名 13，湖南工学院讲师，工作单位：湖南工学院，完成单位：湖南大学。参与课题申报与实验研究，并发表论文。对创新点 4 做出贡献。
14. **李知兵**，排名 14，湖南工学院讲师，工作单位：湖南工学院，完成单位：湖南大学。主要研究：1. 首次研究了预应力 CFRP 加固桥梁结构在温度变化下应力状态变化规律；并在平截面等假设基础上，推导得到了预应力 CFRP 板温度应变计算公式。2. 系统研究冻融循环作用下预应力 CFRP 板加固钢筋混凝土梁受力性能变化规律，分析了冻融循环次数、混凝土强度、初始应力大小等影响因素对冻融环境下碳纤维片材-混凝土界面粘结性能的影响规律；3. 提出了预应力 CFRP 加固钢筋混凝土梁的承载能力随冻融循环作用下的计算模型。4. 研究考察了 CFRP 混凝土的界面应力分布的界面粘结性能，分析了粘结长度等因素对界面粘结性能的影响。对创新点 5、6 做出贡献。
15. **周可威**，排名 15，工作单位：湖南大学设计研究院有限公司，完成单位：湖南大学。作为隔震研究工作的主要贡献者之一，参与了复合隔震装置的设计、理论研究和实验研究。对创新点 1、2 做出贡献。

主要完成单位及创新推广贡献

湖南大学承担了该项目的全部任务，从 2001 年至今，前后一共有 100 多名研究生和十几位教师参与了本项目的研究工作，课题经费主要来源于湖南省住建厅、交通厅、科技厅。

主要贡献：

(1) 围绕创新点进行了一系列的理论研究工作和大量的数值计算工作。

(2) 围绕创新点进行了一系列的试验研究工作，包括低频振动台足尺试验研究，水泥复合砂浆加固混凝土构件及砌体结构各种试验，预应力碳纤维板张拉机和锚具的制作和研究工作，预应力碳纤维板静力拉伸试验，预应力碳纤维动力疲劳试验，得到了一系列具有工程实用价值的研究成果（包括规范规程，技术书籍）。

以上各项研究工作的总结及鉴定，还包括实际工程应用以及隔震示范工程的设计及施工指导工作。从 2003 年以来，我们对该项目的各分支研究课题进行了 6 次技术鉴定，获得过省部级二等奖，三等奖多次，省科技进步一等奖（排名 1）1 次，省科技进步一等奖（排名 3）1 次，国家科技进步二等奖（排名 4）1 次，撰写论文 300 多篇，出版相关著作 3 本，出版相关技术规程 3 本，获得国家发明专利和实用新型专利共 16 项，研究出的成果在多个实际工程中获得应用。据有关文件证明，使用该技术节约资金达 3 亿多元（据湖南周边省市的不完全统计，节约资金超过 6 亿元）。

该项目经过十多年的研究，凝聚了 100 多名研究生和教师及工程技术人员的心血，得到了一系列具有中国自主知识产权的创新性成果。

完成人合作关系说明：

由项目负责人尚守平主持该项目，提出项目的总体目标、试验方案和技术措施等，该项目主要完成人按总目标完成各分支科研课题，本项目主要完成人均具有长期合作关系。

排名人 1、2、3、4、5、7、11、12、15 合作完成“农村民居震后重建实用技术研究”课题及隔震示范工程的设计与施工指导，获专利 3 项，发表论文 40 余篇。

排名人 1、4、6、7、8、9、11、13 合作完成“高性能复合砂浆钢筋网加固桥梁结构性能研究”、“高性能水泥复合砂浆钢筋网薄层加固混凝土受压构件研究”、“新型钢丝网复合砂浆薄层加固受弯构件研究”等课题，获发明专利一项，其他专利一项，发表论文 70 余篇。

排名人 1、2、3、4、7、10、14 合作完成“预应力碳纤维布（板）加固桥梁受弯构件的技术研究”课题，获发明专利四项，发表论文 10 余篇。

排名人 1、2、4、5、7、11、12、13、15 合作参与完成《多层房屋钢筋沥青基础隔震技术规程》。

排名人 1、2、4、6、7 合作参与完成《高性能水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构技术规程》（地方标准）。

排名人 1、3、8、9 合作参与完成《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》（协会标准）。

