
2023 年度四川省科学技术奖提名项目公示信息

科学技术进步奖

一、项目名称

多种极端作用下工程结构韧性设计理论、关键技术及应用

二、提名者

四川省教育厅

三、提名意见

项目组在国家重点研发计划和国家自然科学基金的持续支持下，瞄准“韧性城市”国家战略，立足工程结构韧性提升，前后历时 12 年，针对强震，研发了高韧性功能可恢复装配式结构体系，针对火灾，研发了型钢混凝土柱的抗火设计理论，针对连续倒塌，研发了新型装配式 RCS 组合结构体系及抗连续倒塌高韧性设计方法，针对易侵蚀环境，突破了抗侵蚀组合构件设计方法与核心材料制备工艺。项目成果广泛应用于成都露天音乐公园、四川凉山金阳河特大桥等多项重大工程，实现了工程结构的高韧性性能突破。

同意提名该项目为 2023 年度四川省科学技术进步奖。

四、项目简介

强震、火灾、连续倒塌、易侵蚀环境等极端作用对工程结构的破坏巨大，仅地震作用 1 项，2022 年造成的直接经济损失就高达 224.5 亿元。惨痛损失的根源在于：传统工程结构韧性不足，自身抵御灾害的能力偏低。因此，有效提升工程结构的韧性性能，应对诸多极端作用，成为当前工程结构面临的重大挑战。

直面挑战，项目组在国家重点研发计划和国家自然科学基金的持续支持下，瞄准“韧性城市”国家战略，立足工程结构韧性提升，前后历时 12 年，陆续攻克了“传统耗能元件更换难，强震耗能功效低；型钢混凝土柱高温下粘结滑移性能和机理不明；钢筋混凝土柱-钢梁（RCS）组合框架抗连续倒塌悬链线机制高效构建；钢管混凝土柱管壁易锈蚀且核心材料易脱空脱粘而性能退化。”等技术瓶颈，填补了多项国内外空白，主要创新点如下：

创新点 1：针对强震，研发了高韧性功能可恢复装配式结构体系。研发的轻量化耗能器重量和更换成本比国内外同类产品分别降低 70% 和 40%，综合耗能性能提高 35%，实现直接检视和中震耗能突破；研发的功能可恢复结构体系装配效率提高 35%，修复时间和成本降低 90%。为发展高韧性装配式结构提供新思路。

创新点 2：针对火灾，研发了型钢混凝土柱的抗火设计理论。明确型钢混凝土柱高温下的粘结滑移性能和机理，给出极限粘结荷载计算公式；揭示型钢混凝土柱耐火性能，提出耐火极限计算方法；最后构建高温后型钢混凝土柱残余承载力计算理论。为型钢混凝土结构抗火和火灾加固提供理论支撑。

创新点 3：针对连续倒塌，研发了新型装配式 RCS 组合结构体系及抗连续倒塌高韧性设计方法。研发 RCS 组合结构柱贯通和梁贯通两类梁柱节点构型，节点极限塑性转角超过传统 RC 框架结构极限转角限值约 1 倍；阐释装配式 RCS 组合结构抗连续倒塌工作机制。支撑和促进建筑工业化体系创新与工程应用。

创新点 4：针对易侵蚀环境，突破了抗侵蚀组合构件设计方法与核心材料制备工艺。揭示基于应力路径的被动约束混凝土与不锈钢管协同受力机理，提出的不锈钢管混凝土柱承载力算法精度超过现有国内外算法约 20%；攻克抗侵蚀组合构件核心混凝土易脱空脱粘的制备工艺技术瓶颈。为易侵蚀环境的结构安全服役保驾护航。

项目研发过程中，授权发明专利 14 项，实用新型专利 29 项，省部级工法 22 项；参编 1 部行业标准，4 部地方标准；发表学术论文 95 篇，其中：SCI 收录 47 篇（ESI 论文 1 篇），《土木工程学报》等 EI 期刊高水平论文 48 篇，5 篇代表作他引 167 次；项目成果广泛应用于成都露天音乐公园、四川凉山金阳河特大桥等多项重大工程，实现了工程结构的高韧性性能突破，近三年直接经济效益约 4 亿元；培养四川省高层次人才青年项目 1 人，四川省学术和技术带头人后备人选 2 人，经济和社会效益显著。

由国家杰青、长江学者、东南大学常务副校长吴刚教授担任组长的专家组鉴定后，一致认为：“CFRP 约束双相不锈钢钢管混凝土短柱韧性提升机理和设计方法”达到国际领先水平，“附加轻量化阻尼器的结构抗震与韧性提升技术”达到国际先进水平。

五、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 |
|------------|----------------|--------|------------------|------------|----------------|-------------|------------|--------------|
| 发明专利 | 双 T 核可视检屈曲约束支撑 | 中国 | ZL201710056158.4 | 2018-12-28 | 3195788 | 东南大学 | 王春林；刘焯；程晓强 | 有效 |

| | | | | | | | | |
|------|---------------------------|----|------------------|------------|---------|----------------|--------------------------------------|----|
| 发明专利 | 双核可视检屈曲约束支撑 | 中国 | ZL201710062764.7 | 2018-11-16 | 3152521 | 东南大学 | 王春林;刘焯 | 有效 |
| 发明专利 | 竹节形圆棒耗能杆 | 中国 | ZL201710056139.1 | 2018-11-16 | 3152520 | 东南大学 | 王春林;刘焯 | 有效 |
| 发明专利 | 一种诱导损伤可观测竹节耗能杆 | 中国 | ZL201711122067.2 | 2019-08-06 | 3480698 | 东南大学 | 王春林;刘焯;高远 | 有效 |
| 发明专利 | 附加弹簧的摩擦阻尼器 | 中国 | ZL202010284143.5 | 2021-08-24 | 4638947 | 东南大学 | 吕清芳;韩同宸;王维扬;刘焯 | 有效 |
| 发明专利 | 腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-边柱节点 | 中国 | ZL201710493174X | 2019-04-30 | 3354301 | 东南大学 | 李灿军,周臻 | 有效 |
| 发明专利 | 一种超长隧道锚利用隧道横洞横向转运钢拉杆施工的方法 | 中国 | ZL201610452455.6 | 2017-11-07 | 2686315 | 四川路桥华东建设有限责任公司 | 唐中波,徐国挺,伏冠西,张艳丽,李清培,田雪梅,黎飞,胡盼,张磊 | 有效 |
| 发明专利 | 一种利用边跨压塔索兼作扣挂系统背索的施工方法 | 中国 | ZL201811226844.2 | 2020-06-23 | 3855637 | 四川路桥华东建设有限责任公司 | 邓亨长,李清培,聂东,强永林,李豪,周咏凯,鲁翼,张维福,陈星州,侯朝银 | 有效 |
| 发明专利 | 一种湍急岩质河床双壁钢围堰快速定位与稳固施工方法 | 中国 | ZL201811268882.4 | 2021-01-26 | 4222727 | 四川路桥华东建设有限责任公司 | 李清培,周咏凯,强永林,唐中波,李豪,袁英,王小祎,陈星州 | 有效 |
| 发明专利 | 一种三塔四跨悬索桥主梁的施工方 | 中国 | ZL201910036875.X | 2021-04-13 | 4361797 | 四川路桥华东建设有 | 邓亨长,李清培,唐中波, | 有效 |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|-----------|-------------------------------------|--|
| | 法 | | | | | 限责任 公司 | 强永林, 周咏凯, 胡盼, 侯 朝银, 陈 伟 | |
|--|---|--|--|--|--|-----------|-------------------------------------|--|

六、论文专著目录

| 序号 | 论文(专著) 名称/刊名 /作者 | 年卷页 码 (xx年 xx卷 xx页) | 发表时 间(年 月 日) | 通讯作者 (含共 同) | 第一作 者(含 共同) | 国内作者 | 他 引 总 次 数 | 检 索 数 据 库 | 署 名 单 位 是 否 包 含 国 外 单 位 |
|----|---|---------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|--|
| 1 | Experimental investigation of a precast concrete connection with all-steel bamboo-shaped energy dissipaters/ Engineering Structures/ Wang Chun-Lin, Liu Ye, Zheng Xiaolong, Wu Jie | 2019,178 :298-308 | 2019- 01-01 | Wang Chun-Lin | Wang Chun- Lin, Liu Ye | Wang Chun-Lin, Liu Ye, Zheng Xiaolong, Wu Jie | 77 | SCI | 否 |
| 2 | Study on the progressive collapse behavior of fully bolted RCS beam-to-column connections/ Engineering Structures/ Tang Hongyuan, Deng Xuezhi, Jia Yigang, Xiong Jingang, Peng Chunmei | 2019,199 ,109618 | 2019- 10-01 | Tang Hongyuan | Tang Hongyu an | Tang Hongyuan, Deng Xuezhi, Jia Yigang, Xiong Jingang, Peng Chunmei | 31 | SCI | 否 |
| 3 | Experimental investigation of FRP-confined concrete-filled stainless steel tube stub columns under axial compression/ Thin-Walled Structures/ Tang Hongyuan, Chen Junlong, Fan Luyao, Sun Xujie, Peng Chunmei | 2020,146 :106483 | 2020- 01-01 | Tang Hongyuan | Tang Hongyu an | Tang Hongyuan, Chen Junlong, Fan Luyao, Sun Xujie, Peng Chunmei | 36 | SCI | 否 |

| | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|------------|-------------|------------|---|----|-----|---|
| 4 | Mechanical behavior of cross-shaped steel reinforced concrete columns after exposure to high temperatures /Fire Safety Journal / Liu Ziqing, Wang Yuzhuo, Li Guoqiang, Jiang Jian, Fu Chuanguo | 2019,10 8:10 2857 | 2019-09-01 | Li Guoqiang | Liu Ziqing | Liu Ziqing, Wang Yuzhuo, Li Guoqiang, Jiang Jian, Fu Chuanguo | 10 | SCI | 否 |
| 5 | 柱贯通梁柱节点非对称钢筋混凝土柱-钢梁框架结构抗连续倒塌性能研究 /建筑结构学报/唐红元, 邓雪智, 熊进刚, 黄靖翔 | 2021,42(4):92-102 | 2021-04-01 | 熊进刚 | 唐红元 | 唐红元, 邓雪智, 熊进刚, 黄靖翔 | 13 | EI | 否 |

七、主要完成人

| 姓名 | 排名 | 技术职称 | 完成单位 | 工作单位 |
|-----|----|-------|------------------|------------------|
| 唐红元 | 1 | 教授 | 西华大学 | 西华大学 |
| 刘焯 | 2 | 副研究员 | 四川大学 | 四川大学 |
| 王玉镯 | 3 | 教授 | 山东建筑大学 | 山东建筑大学 |
| 周臻 | 4 | 教授 | 东南大学 | 东南大学 |
| 周孝军 | 5 | 副教授 | 西华大学 | 西华大学 |
| 李清培 | 6 | 教授级高工 | 四川路桥华东建设有限责任公司 | 四川路桥华东建设有限责任公司 |
| 舒波 | 7 | 教授 | 西华大学 | 西华大学 |
| 李文睿 | 8 | 高工 | 中建三局第一建设工程有限责任公司 | 中建三局第一建设工程有限责任公司 |
| 薛宇 | 9 | 高工 | 中建三局第一建设工程有限责任公司 | 中建三局第一建设工程有限责任公司 |
| 卢宇杰 | 10 | 其他 | 东南大学 | 东南大学 |
| 周咏凯 | 11 | 工程师 | 四川路桥华东建设有限责任公司 | 四川路桥华东建设有限责任公司 |
| 谈鸿霏 | 12 | 其他 | 西华大学 | 西华大学 |

八、完成单位

| 排名 | 单位名称 |
|----|------------------|
| 1 | 西华大学 |
| 2 | 四川大学 |
| 3 | 中建三局第一建设工程有限责任公司 |

| | |
|---|----------------|
| 4 | 东南大学 |
| 5 | 山东建筑大学 |
| 6 | 四川路桥华东建设有限责任公司 |

西华大学2023年度四川省科学技术奖拟报奖材料公示。

西华大学2023年度四川省科学技术奖拟报奖材料公示。