
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。