

# 2020 年度陕西省科技进步奖提名公示内容

一、项目名称：约束再生混凝土结构体系关键技术及工程应用

二、提名者及提名意见：陕西省土木建筑学会，二等奖及以上

## 三、项目简介

为了有效解决再生混凝土结构性能偏低的不足，从 2008 年开始，项目组将钢管（型钢）约束增强原理与再生混凝土相结合，系统开展了三向约束再生混凝土力学性能、钢管（型钢）与再生混凝土粘结滑移关系、钢管约束再生混凝土结构和型钢再生混凝土结构等约束再生混凝土结构体系关键技术及其应用的研究，先后获得了国家自然科学基金、陕西自然科学基金、广西科技攻关等项目的持续支持，重点解决了约束再生混凝土原理与结构体系的若干关键科学问题，取得了一批具有自主知识产权的原创性成果，提出了一整套关于约束再生混凝土结构体系的基本理论和关键技术，并将研究成果推广应用于实际工程。主要创新性研究成果如下：

1. 提出了适用于不同强度等级的再生混凝土配比技术，揭示了再生混凝土三轴受压破坏准则和破坏规律，建立了三轴受压状态下再生混凝土力学性能指标的计算方法，构建了再生混凝土三轴受压本构关系和破坏准则。

2. 明确了钢管（型钢）约束再生混凝土界面的黏结传力机理和破坏规律，建立了钢管（型钢）约束再生混凝土界面黏结力传递模型，提出了钢管（型钢）约束再生混凝土界面黏结强度的计算方法，建立了钢管（型钢）约束再生混凝土界面黏结滑移本构模型。

3. 揭示了钢管约束再生混凝土柱及框架的力学行为和破坏机理，提出了钢管约束再生混凝土构件的承载力计算方法和结构地震损伤评估方法，建立了钢管约束再生混凝土结构的计算理论和抗震设计方法。

4. 系统阐明了型钢再生混凝土结构的力学性能和受力机理，建立了型钢再生混凝土梁、柱、节点承载力计算理论；明确了型钢再生混凝土结构性能水准及位移角限值，提出了型钢再生混凝土结构的抗震性能化设计方法。

本项目立足于约束条件下再生混凝土结构性能提升的关键技术开发，将约束增强技术应用于再生混凝土结构中以解决其性能较低的问题，重点围绕约束再生混凝土结构体系关键技术进行了系统深入研究，有力提升了现有再生混凝土结构的力学性能，扩大了再生混凝土的工程应用范围，推动了我国新型绿色建筑结构的科技进步和可持续发展。研究成果已成功应用于陕西、广西、广东、河南及江苏等省、自治区多项重要工程，取得了显著的经济、社会和环境效益。

## 四、客观评价

1. 鉴定结论及评价

陕西省土木建筑学会在西安组织召开了本项目成果鉴定会，鉴定意见如下：项目组通过试验研究、理论分析及数值模拟等研究手段，针对约束再生混凝土结构体系关键技术进行了全面系统研究，本项目研究成果技术先进，创新性强，在陕西、广西、广东及江苏等多项重大工程中得到应用，取得了显著的经济、社会与环境效益。鉴定委员会一致认为项目成果整体上达到国际先进水平，其中约束条件下再生混凝土三轴受压强度理论、型钢再生混凝土结构设计理论等研究成果达到国际领先水平。

## 2.项目结题评价

本成果在国家自然科学基金（51178384、51408485、51608435）、陕西省自然科学基金（2016JQ5024）、广西科技攻关（14124005-1-2、12118023-3）等项目的支撑下，达到了预期研究目标，结题材料丰富、齐全，为约束再生混凝土结构体系的研究及工程应用提供了可靠的科学依据。

## 3.教育部科技查新工作站评价

经检索并对相关文献分析对比表明，除本查新项目的研究成果外，在国内、外公开发表的中外文文献中与本查新项目创新点完全相同的未见报道。

## 4.同行评价

本项目部分研究成果发表在《Engineering Structures》、《Construction and Building Materials》、《Steel and Composite Structures》以及《土木工程学报》、《建筑结构学报》、等国内外著名期刊，其中发表在《建筑材料学报》的论文“再生混凝土基本力学性能试验及应力应变本构关系”被他引288次，得到了国内外同行学者的高度认可和正面引用；另外，5篇学术论文入选F5000-中国精品科技期刊顶尖学术论文。

## 五、应用情况

本项目围绕约束条件下再生混凝土三轴受压强度理论、钢管（型钢）约束再生混凝土界面黏结滑移关系、钢管约束再生混凝土结构受力性能、型钢再生混凝土结构破坏机理等约束再生混凝土结构体系的重要科学和技术问题进行了系列研究，取得了一批具有自主知识产权的原创性成果，提出了一整套关于约束再生混凝土结构体系的基本理论和关键技术方法。研究成果已成功应用于陕西、广西、广东、河南及江苏等省、自治区多项重要工程，取得了显著的经济、社会和环境效益。

**主要应用单位情况表**

| 序号 | 单位名称           | 应用的技术          | 应用对象及规模      | 应用起止时间      | 单位联系人/电话            |
|----|----------------|----------------|--------------|-------------|---------------------|
| 1  | 陕西盛泰浩景建材有限公司   | 建筑废弃物资源化再生利用技术 | 商品房建设工程及改造工程 | 2015年-2017年 | 尹文<br>/15829666294  |
| 2  | 陕西建科建设特种工程有限公司 | 钢管约束再生混凝土技术    | 商品房建设工程及改造工程 | 2015年-2017年 | 毛冬旭<br>/18098307900 |

|    |                |                |                 |             |                     |
|----|----------------|----------------|-----------------|-------------|---------------------|
| 3  | 陕西三原矩阵住宅工业有限公司 | 再生混凝土技术        | 绿色民居工程等         | 2014年-2019年 | 陈建仓<br>/13571816825 |
| 4  | 深圳市零五建筑工程有限公司  | 钢管约束再生混凝土技术    | 商品房建设工程         | 2016年-2018年 | 王瀛<br>/18607557316  |
| 5  | 南京富源资源利用有限公司   | 再生混凝土技术        | 建筑结构及路面等        | 2015年-2019年 | 陈杰<br>/15256696666  |
| 6  | 广西宾阳县建华混凝土有限公司 | 再生混凝土技术        | 公共建筑建造项目        | 2016年-2018年 | 陈俊忠<br>/13878166248 |
| 7  | 广西宾阳县建丰混凝土有限公司 | 建筑废弃物资源化再生利用技术 | 商品房建设工程、道路及工业厂房 | 2015年-2019年 | 许安邦<br>/13878888706 |
| 8  | 河南坤瑞建筑规划设计有限公司 | 钢管约束再生混凝土技术    | 公共建筑建造项目        | 2015年-2017年 | 陈欢<br>/1513793134   |
| 9  | 河南乐晟建筑设计有限公司   | 钢管约束再生混凝土技术    | 商品房建设工程         | 2015年-2018年 | 王乐<br>/18568166656  |
| 10 | 河南世融工程设计咨询有限公司 | 钢管约束再生混凝土技术    | 商品房建设工程         | 2015年-2017年 | 曹永明<br>/18637993711 |

## 六、主要知识产权和标准规范等目录

| 序号 | 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                              |
|----|--------|--------------------------|--------|------------------------|---------------------|--------------|---------------|----------------------------------|
| 1  | 专著     | 型钢再生混凝土组合结构基本受力性能与抗震设计方法 | 中国     | ISBN:<br>9787030457035 | 2015年<br>10月<br>01日 | 北京:<br>科学出版社 | 西安建筑科技大学      | 薛建阳,<br>马辉,<br>陈宗平,<br>任瑞        |
| 2  | 专著     | 再生混凝土及其构件的力学性能           | 中国     | ISBN:<br>9787030563057 | 2019年<br>12月<br>01日 | 北京:<br>科学出版社 | 广西大学、西安建筑科技大学 | 陈宗平                              |
| 3  | 发明     | 薄壁冷弯钢管再生骨料混凝土异形柱         | 中国     | ZL201510487670.5       | 2015年<br>08月<br>10日 | 29337501     | 河海大学          | 伍凯,<br>张贺,<br>曹平周,<br>毛范燊<br>桑胜涛 |

|   |    |   |    |   |                     |   |                 |                                  |
|---|----|---|----|---|---------------------|---|-----------------|----------------------------------|
| 4 | 发明 | 采用废弃粘土砖和废弃混凝土的再生骨料混凝土及其制备方法   | 中国 | ZL201510487349.7                                      | 2015年<br>08月<br>10日 | 2805486   | 河海大学            | 伍凯,<br>陈峰,<br>张鹏,<br>南洋,<br>张贺   |
| 5 | 发明 | 型钢翼缘削弱再生混凝土抗震耗能组合柱及其制作方法  | 中国 | ZL201510487666.9                                      | 2015年<br>08月<br>10日 | 2751162   | 河海大学            | 伍凯,<br>桑胜涛,<br>曹平周,<br>章恒,<br>张贺 |
| 6 | 论文 | Experimental and numerical studies on the frame-infill interaction in steel reinforced recycled concrete frames | 中国 | Steel and Composite Structures (ISSN: 1229-9367)      | 2016年<br>04月<br>30日 | 2016, 20(6): 1391-1409. (SCI检索: 0003768274 00013) | 西安建筑科技大学        | 薛建阳,<br>黄小刚,<br>罗峥,<br>高亮        |
| 7 | 论文 | Cyclic loading tests and shear strength of steel reinforced recycled concrete short columns                     | 中国 | Engineering Structures (ISSN: 0141-0296)              | 2015年<br>06月<br>01日 | 2015, 92(6): 55-68 (SCI检索: 0003537328 0 0005)     | 西安理工大学、西安建筑科技大学 | 马辉,<br>薛建阳,<br>刘云贺,<br>张锡成       |
| 8 | 论文 | Seismic performance of steel-reinforced recycled concrete columns under low cyclic loads                        | 中国 | Construction and Building Materials (ISSN: 0950-0618) | 2013年<br>11月<br>01日 | 2013, 48(11): 229-237 (SCI检索: 0003275612 00030)   | 西安理工大学、西安建筑科技大学 | 马辉, 薛建阳, 张锡成, 罗大明                |
| 9 | 论文 | 再生混凝土空心砌块填充墙-型钢再生混凝土框架结构抗震性能试验研究  | 中国 | 建筑结构学报 (ISSN: 1000-6869)                              | 2014年<br>03月<br>05日 | 2014, 35(03): 77-84 (EI检索: 2014161758 6194)       | 西安建筑科技大学        | 薛建阳,<br>高亮,<br>罗峥,<br>雷思维,<br>刘菲 |

|    |    |                               |    |                             |                     |   |               |                             |
|----|----|-------------------------------|----|-----------------------------|---------------------|---|---------------|-----------------------------|
| 10 | 论文 | 多轴受力状态下再生混凝土的破坏准则及应力-应变本构关系研究 | 中国 | 土木工程学报<br>(ISSN: 1000-131X) | 2015年<br>12月<br>15日 | 2015,<br>48(12): 23-33<br>(EI检索:<br>2015520172<br>6437) | 广西大学、西安建筑科技大学 | 陈宗平,<br>陈宇良,<br>徐金俊,<br>薛建阳 |
|----|----|-------------------------------|----|-----------------------------|---------------------|---|---------------|-----------------------------|

## 七、主要完成人情况

| 序号 | 姓名  | 排名 | 行政职务        | 技术职称  | 工作单位           | 完成单位         | 对本项目贡献                               |
|----|-----|----|-------------|-------|----------------|--------------|--------------------------------------|
| 1  | 薛建阳 | 1  | 教师发展中心副主任   | 教授    | 西安建筑科技大学       | 西安建筑科技大学     | 项目总负责，主持完成整个项目研究。                    |
| 2  | 马辉  | 2  | 土木工程系副主任    | 副教授   | 西安理工大学         | 西安理工大学       | 负责完成型钢再生混凝土柱、组合节点及框架的研究。             |
| 3  | 任瑞  | 3  | 研究生院副院长     | 讲师    | 西安建筑科技大学       | 西安建筑科技大学     | 负责完成型钢再生混凝土界面、节点及框架的研究。              |
| 4  | 徐金俊 | 4  | 无           | 讲师    | 南京工业大学         | 广西大学         | 负责完成再生混凝土力学性能、钢管约束再生混凝土界面及构件受力性能的研究。 |
| 5  | 陈宗平 | 5  | 教育部重点实验室副主任 | 教授    | 广西大学           | 广西大学         | 负责完成再生混凝土力学性能、钢管约束再生混凝土界面及结构的研究。     |
| 6  | 伍凯  | 6  | 无           | 副教授   | 河海大学           | 河海大学         | 负责完成再生混凝土材料制备及钢管约束再生混凝土构件的研究。        |
| 7  | 张风亮 | 7  | 所长          | 高级工程师 | 陕西省建筑科学研究院有限公司 | 西安建筑科技大学     | 负责完成再生混凝土材料制备及钢管约束再生混凝土技术成果的推广。      |
| 8  | 黄新良 | 8  | 院长          | 高级工程师 | 浙江汉林建筑设计有限公司   | 浙江汉林建筑设计有限公司 | 负责完成再生混凝土材料制备及钢管约束再生混凝土研究成果的推广。      |

|    |     |    |   |     |          |          |                         |
|----|-----|----|---|-----|----------|----------|-------------------------|
| 9  | 刘祖强 | 9  | 无 | 副教授 | 西安建筑科技大学 | 西安建筑科技大学 | 负责完成型钢再生混凝土柱等构件的研究。     |
| 10 | 董静  | 10 | 无 | 讲师  | 西安理工大学   | 西安理工大学   | 负责完成型钢再生混凝土柱-钢梁组合框架的研究。 |
| 11 | 张向冈 | 11 | 无 | 讲师  | 河南理工大学   | 广西大学     | 负责完成钢管约束再生混凝土框架结构的研究。   |

## 八、主要完成单位及创新推广贡献

| 完成单位         | 排名 | 对本项目科技创新和应用推广情况的贡献   |
|--------------|----|--|
| 西安建筑科技大学     | 1  | 完成了再生混凝土材料基本力学性能、型钢再生混凝土界面黏结滑移性能、型钢再生混凝土柱、节点、框架及填充墙结构等抗震性能的试验研究工作，并组织科研力量对约束再生混凝土结构体系的计算理论和设计方法开展理论分析，组织实施了本项目研究成果的工程推广应用。 |
| 广西大学         | 2  | 在再生混凝土材料力学性能及钢管约束再生混凝土结构的设计方法等方面做出重要贡献，开展了再生混凝土材料三轴力学性能、钢管约束再生混凝土构件及框架结构的抗震性能关键试验工作，并进行了相关的理论研究，组织实施了科研成果的工程推广应用。          |
| 西安理工大学       | 3  | 在型钢再生混凝土柱、组合节点及框架结构等抗震性能及设计方法方面做出了重要贡献，开展了型钢再生混凝土柱、组合节点及框架结构的抗震性能关键试验工作，并进行了相关的理论研究，参与科研成果的工程推广应用。                         |
| 浙江汉林建筑设计有限公司 | 4  | 在再生混凝土材料制备技术及钢管约束再生混凝土结构的优化设计方法等方面做出积极贡献，并参与科研成果的工程推广。   |
| 河海大学         | 5  | 在再生混凝土材料制备技术、钢管约束再生混凝土构件的设计计算方法等方面做出积极贡献，协同合作单位完善了约束再生混凝土结构的计算理论。  |

## 九、完成人合作关系说明

2008年，在西安建筑科技大学薛建阳教授的带领下，项目组开始围绕约束再生混凝土结构体系基础理论及关键技术进行了系列研究，项目完成人合作关系说明如下：

(1) 马辉是2013年薛建阳教授指导毕业的博士生，现工作于西安理工大学，读博期间主要针对型钢再生混凝土柱的抗震性能及设计方法进行研究，毕业后围绕型钢再生混凝土柱-钢梁组合框架抗震机理和设计理论进行研究。

(2) 任瑞是2014年薛建阳教授指导毕业的博士生，现工作于西安建筑科技大学，读博期间主要针对型钢再生混凝土节点及框架的抗震性能及设计方法进行研究，毕业后围绕型钢再生混凝土界面黏结滑移性能进行研究，对本项目研究成果的转化做出了重要贡献。

(3) 徐金俊2016年毕业于广西大学（博导为薛建阳教授和陈宗平教授），现工作于南京工业大学，读博期间主要针对再生混凝土材料性能、钢管约束再生混凝土构件力学性能及计算方法进行研究。

(4) 陈宗平2007年毕业于西安建筑科技大学（博导为赵鸿铁教授和薛建阳教授），毕业后就职于广西大学，围绕再生混凝土材料性能、钢管约束再生混凝土构件及结构的受力机理和设计理论进行研究。

(5) 伍凯2010年毕业于西安建筑科技大学（博导为薛建阳教授和赵鸿铁教授），毕业后就职于河海大学，主要围绕再生混凝土力学性能、钢管约束再生混凝土构件设计方法进行研究。

(6) 张风亮2013年毕业于西安建筑科技大学（博导为赵鸿铁教授和薛建阳教授），毕业后就职于陕西省建筑科学研究院有限公司，毕业后围绕结构加固技术、再生混凝土工程推广应用等方面进行研究，对本项目研究成果转化做出了重要贡献。

(7) 黄新良就职于浙江汉林建筑设计有限公司，与项目完成人徐金俊合作开展再生混凝土材料制备及钢管再生混凝土结构优化设计等研究工作，并联合申报国家专利，对本项目研究成果转化做出了贡献。

(8) 刘祖强是2012年薛建阳教授指导毕业的博士生，现就职于西安建筑科技大学，毕业后围绕型钢再生混凝土柱的抗震性能及承载力计算方法进行相关研究；

(9) 董静2020年毕业于西安理工大学（系刘云贺教授和马辉副教授指导的博士生），现就职于西安理工大学，读博期间主要针对型钢再生混凝土柱-钢梁组合框架的抗震性能及设计方法进行相关研究；

(10) 张向冈2014年毕业于广西大学（博导为薛建阳教授和陈宗平教授），现工作于河南理工大学，读博期间主要针对钢管约束再生混凝土构件及框架的力学性能及抗震设计方法进行相关研究。