

福建省科学技术奖提名项目公示内容

1. 项目名称：面向大型建筑的高性能组合结构关键技术和工程应用

2. 提名奖种：福建省科学技术进步奖

3. 提名单位（专家）：华侨大学

4. 项目简介：

我国新型城镇化进程的加速推进，催生了超高层建筑和大跨度公共建筑的规模化建设需求。此类建筑普遍具有高荷载特征，采用传统结构形式往往导致构件截面尺寸过大，不仅占用大量建筑使用面积，还会增加结构自重和地震荷载，严重影响结构的整体受力性能和综合经济效益。针对上述问题，项目组研发了系列基于高强/超高强混凝土的新型高性能组合构件，并从受力性能、设计分析方法和结构体系应用三个方面开展了系统研究，取得的主要创新成果如下：

（1）研发了内置螺旋箍筋、附加约束拉杆和外包套管三类附加约束方钢管高强/超高强混凝土柱，揭示了圆钢管和附加约束方钢管高强/超高强混凝土柱的受力机理和抗震性能，构建了抗震设计方法和高效数值计算模型。首创了可直接测量钢管和混凝土轴力分量的新型试验方法，首次完全基于试验量化了圆钢管高强/超高强混凝土柱中的组合作用效应，探明了脱空缺陷对其受力性能的影响；揭示了钢管和附加约束部件对高强/超高强混凝土的复合约束机制，建立了双重约束下高强/超高强混凝土的本构模型和附加约束柱的高效数值模型；揭示了关键参数对各类钢管高强/超高强混凝土柱抗震性能的影响规律，建立了相应的抗震设计方法。

(2)研发了外包钢板-螺旋箍筋约束高强/超高强混凝土组合剪力墙,系统揭示了新型组合剪力墙的工作机理和受力性能,建立了相应的设计分析方法。通过大比例缩尺模型试验,揭示了新型组合剪力墙的损伤发展过程和破坏机制,明确了关键参数对其受力性能的影响规律;揭示了外包钢板的全过程受压屈曲性能,建立了相应的等效本构模型;开发了新型组合剪力墙的高效数值模型,建立了各类截面形状组合剪力墙的双向压弯承载力计算方法和变形能力设计方法。

(3)研发了钢管混凝土柱和外包钢板混凝土组合剪力墙与钢筋混凝土构件的新型连接节点及其深化设计方法,有效解决了传统节点构造复杂、施工困难等技术问题。首次成功求得带加强连梁多肢剪力墙在标准荷载作用下结构反应的解析解,构建了环带加强框架-核心筒结构的简化数值计算方法并识别了影响结构反应的关键参数,建立了上述两类超高层结构体系的优化设计方法。

本项目获授权发明专利 21 项,主编 CECS 标准 1 部,出版专著和教材各 1 部,发表 SCI 论文 29 篇、EI 论文 6 篇。项目成果成功应用于南京金融城二期 C1 塔楼、厦门现代服务业基地等 10 个超高层建筑和厦门新会展中心、福州长乐国际机场等 15 个大跨度建筑,总计增加建筑有效使用面积 5650 平米,减少混凝土用量 2.8 万余方,减少钢材用量 8000 余吨,有效降低了碳排放,取得了显著的社会、经济和环境效益。专家组鉴定项目成果总体达到国际先进水平,其中新型外包钢板高强混凝土组合构件抗震设计方法、带加强连梁多肢剪力墙结构优化设计方法的成果达到国际领先水平。

5. 主要完成单位:

华侨大学，中国建筑第四工程局有限公司，中建协和建设有限公司，中建五局海西投资建设有限公司，厦门合立道工程设计集团股份有限公司，厦门市湖里区建设服务中心，福建理工大学

6. 主要完成人及其贡献:

(1) 胡红松（华侨大学）：项目负责人，负责本项目的整体规划、总体研究方案的制定和具体实施；牵头研发了新型钢管高强/超高强混凝土柱和外包钢板高强/超高强混凝土组合剪力墙及其与钢筋混凝土构件的新型连接节点，揭示了新型组合构件的受力机理和抗震性能，建立了相应的设计分析方法以及典型带加强层超高层结构体系的优化设计方法。对本项目创新点 1、2、3 有创造性贡献。

(2) 郭子雄（华侨大学）：参与了本项目研究方案的制定和具体实施；参与研发了新型钢管高强/超高强混凝土柱和外包钢板高强/超高强混凝土组合剪力墙及其与钢筋混凝土构件的新型连接节点，揭示了新型组合构件的受力机理和抗震性能，建立了相应的设计分析方法以及典型带加强层超高层结构体系的优化设计方法。对本项目创新点 1、2、3 有创造性贡献。

(3) 赖木火（中国建筑第四工程局有限公司）：参与揭示了圆钢管高强/超高强混凝土柱的受力性能，研发了新型连接节点；实施了钢管高强混凝土柱、外包钢板高强混凝土组合剪力墙和新型连接节点技术在多个超高层建筑和大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 1、3 有创造性贡献。

(4) 苏龙辉（中建协和建设有限公司）：参与揭示了附加约束方钢管高强/超高强混凝土柱的受力机理并建立了设计方法；实施了钢管高强混

凝土柱技术在多个大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 1 有创造性贡献。

(5) 陈波克(中建五局海西投资建设有限公司): 参与揭示了外包钢板高强混凝土组合剪力墙的外包钢板全过程受压屈曲性能, 研发了新型连接节点; 实施了钢管高强混凝土柱和新型连接节点技术在多个超高层建筑和大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 2、3 有创造性贡献。

(6) 陈跃辉(厦门合立道工程设计集团股份有限公司): 参与建立了外包钢板高强/超高强混凝土组合剪力墙的设计方法, 研发了新型连接节点; 实施了钢管高强混凝土柱和新型连接节点技术在多个超高层建筑和大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 2、3 有创造性贡献。

(7) 卢惟铭(厦门市湖里区建设服务中心): 参与揭示了附加约束方钢管高强/超高强混凝土柱的受力机理并建立了设计方法; 参与实施了钢管高强混凝土柱在多个超高层建筑和大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 1 有创造性贡献。

(8) 许力(福建理工大学): 参与揭示了附加约束方钢管高强/超高强混凝土柱的受力机理并建立了设计方法。对本项目创新点 1 有创造性贡献。

(9) 叶勇(华侨大学): 参与揭示了圆钢管高强/超高强混凝土柱的受力性能并建立了相应的设计方法。对本项目创新点 1 有创造性贡献。

(10) 洪哲(厦门合立道工程设计集团股份有限公司): 参与建立了外包钢板高强/超高强混凝土组合剪力墙的设计方法; 实施了钢管高强混凝土柱在多个超高层建筑和大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 1 有创造性贡献。

土柱和新型连接节点技术在多个超高层建筑和大跨度建筑中的应用。对本项目创新点 2 有创造性贡献。

7. 主要知识产权目录

(1) 发明专利，一种钢板-超高强度混凝土组合柱结构，ZL201910077270.5，华侨大学，胡红松；郭子雄；黄经纬；王晨

(2) 发明专利，一种常温养护超高性能钢管混凝土柱的施工装置及方法，ZL201811479763.3，华侨大学，胡红松；郭子雄；林凡；王晨

(3) 发明专利，一种钢管混凝土受压本构关系的测试结构及其使用方法，ZL201711037869.3，华侨大学，胡红松；林康；郭子雄；刘阳

(4) 发明专利，一种钢板-超高强度混凝土组合剪力墙结构，ZL201910077292.1，华侨大学，胡红松；黄经纬；王浩祚；郭子雄

(5) 发明专利，组合约束双钢板混凝土剪力墙及其施工方法，ZL201710173159.7，华侨大学，胡红松；高鹏；郭子雄；黄群贤

(6) 发明专利，一种大吨位集成多功能空间加载装置，ZL201811339669.8，华侨大学，胡红松；郭子雄；黄经纬；柴振岭

(7) 发明专利，一种钢管混凝土柱与钢筋混凝土柱的拼接节点及施工方法，ZL202010614405.X，华侨大学，胡红松；陈振新；郭子雄

(8) 发明专利，一种双钢板组合剪力墙与楼板的连接节点及其施工方法，ZL201910696102.4，华侨大学，胡红松；陈振新；郭子雄；王海峰

(9) 发明专利，双钢板-混凝土组合剪力墙连接节点结构及连接施工方法，ZL202310768326.8，华侨大学，胡红松；胡元昶；陈跃辉

(10) 发明专利, 一种钢管混凝土柱-无梁楼盖连接节点及其施工方法, ZL201910801865.0, 华侨大学, 胡红松; 郭子雄; 王锐涛; 柴振岭

8. 发表论文及著作等情况

(1) 科学出版社, 钢管超高强混凝土组合柱——原理与设计, 2025 年 3 月 30 日, 胡红松, 华侨大学为论文署名的第一单位

(2) Engineering Structures, Behavior of eccentrically loaded square spiral-confined high-strength concrete-filled steel tube columns, 2020, 216: 110743, 2020 年 6 月 23 日, 胡红松; 许力; 郭子雄; Bahram M. Shahrooz, 华侨大学为论文署名的第一单位

(3) Engineering Structures, Local buckling of steel plates in composite members with tie bars under axial compression, 2020, 205: 110097, 2020 年 2 月 15 日, 胡红松; 方膨膨; 刘阳; 郭子雄; Bahram M. Shahrooz, 华侨大学为论文署名的第一单位

(4) Journal of Structural Engineering, Axial compressive behavior of square spiral-confined high-strength concrete-filled steel-tube columns, 2020, 146(7): 04020136, 2020 年 7 月 1 日, 胡红松; 王浩祚; 郭子雄, 华侨大学为论文署名的第一单位

(5) Engineering Structures, Analytical study of stiffened multibay planar coupled shear walls, 2021, 244: 112770, 2021 年 8 月 27 日, 王锐涛; 胡红松; 郭子雄, 华侨大学为论文署名的第一单位