

提名国家科学技术进步奖项目公示

项目名称	现代木结构关键技术与工程应用
提名单位	江苏省科学技术厅
<p>项目简介：</p> <p>该项目属于土木建筑领域。现代木结构是三大装配式建筑结构体系之一，具有绿色生态、健康宜居、抗震能力强等特点。但国内研究起步晚、发展慢，在制造工艺、设计理论、连接技术、防灾防护及配套集成等方面明显落后于先进国家。项目组经过十五年技术攻关，攻克了现代木结构的制造工艺、构件增强、节点连接、防火抗震、结构体系等成套关键技术，有力推动了现代木结构在我国的应用与发展。取得的创新性成果如下：</p> <p>1、创建了大断面/异型胶合木构件工业化制造工艺，开发了系列高性能构件，奠定了现代木结构发展的材料基础。探明了系列木结构材料的物理力学性能，揭示了木-胶界面机理及粘结强度演化规律；攻克了木材含水率、改性处理、制造环境及粘结匹配性等多因素耦合制造过程质量控制难题；开发了组合木梁、CLT板、木-混凝土组合梁等高性能构件，并建立了力学模型和实用设计方法。</p> <p>2、研发了现代木结构系列增强技术，确立了增强型构件的界面剥离失效分析方法，提出了破坏模式判定方法，创建了统一计算理论。发明了钢筋植入、FRP平铺及竖嵌、拉挤成型等系列增强技术，编制了国家标准，填补了国内空白；研发了内嵌和体外预应力木梁、张弦木梁等预应力增强构件，解决了大跨木结构变形控制的难题；探明了木构件增强机理，创建了通用计算模型并给出了破坏模式判定方法，建立了增强型构件的统一计算理论。</p> <p>3、研发了系列木结构连接技术，探明了节点受力机理，建立了计算模型和设计方法，编制了国家标准。研发了木结构梁柱钢填板套管连接等新型木结构连接技术，建立了轻型木结构钉连接、齿板连接等承载力本构关系；发明了抑制横向劈裂的自攻螺钉增强螺栓节点；探明了植筋连接多参数影响规律，揭示了植筋粘结锚固机理，建立了界面粘结应力-滑移模型；研发了耗能植筋连接节点，提出了组件法计算理论。</p> <p>4、研发了现代木结构防火抗震防腐等防灾技术，发明了防蠕变控制技术。揭示了火灾中木材及其界面性能演化规律；构建了木结构高温及受火作用下二维热传导分析模型，创建了多尺度失效分析方法；提出了木材防火控制技术和螺栓连接防火设计方法；研发了木夹板剪力墙、木壳屈曲约束支撑等新型抗侧力构件，研发了木-混凝土和钢-木等新型混合结构新体系并提出计算方法；提出了多高层木结构体系阻尼比和层间位移角限值等抗震性能指标；发明了木材满细胞压力浸渍防腐提升关键技术；建立了胶合木梁、拱蠕变模型及控制措施。</p> <p>5、构建了集成绿色节能和安全智能技术的现代木结构建筑应用体系。研发了智能通风保温屋盖、单向透气保温复合木墙体等十余项创新产品；开发了光热转换蓄能、雨污水回用蒸发制冷等绿色低碳技术；构建了主动式安全节能木屋控制系统；通过工程示范实现了现代木结构技术在国内多个领域的首次应用。</p> <p>本项目获授权国家发明专利 27 项，省级工法 5 项，出版木结构专著 1 部；发表论文 200 篇（SCI 检索 40 篇、EI 检索 45 篇）；获软件著作权 1 项；在木结构领域主编国家标准 7 部、参编 5 部，主编行业标准 1 部；培养博硕士研究生 120 余名；成果已应用于 100 余项工程，如苏州胥虹桥（世界最大跨度木拱桥）、贵州省榕江游泳馆（国内最大木结构游泳馆）等，新增产值 15.5 亿元，社会效益显著。项目成果经聂建国院士、陈政清院士等专家鉴定，总体达到国际领先水平。</p>	

客观评价：

1、科技奖励

项目组在现代木结构的制造工艺、构件增强、节点连接、防火抗震、结构体系等方面的研究成果，获得 2017 年度江苏省科学技术奖一等奖。

2、成果鉴定

1) 项目组在现代木结构的制造工艺、构件增强、节点连接、防火抗震、结构体系等方面的研究成果，在 2016 年 5 月通过了江苏省教育厅的科技成果鉴定（苏教鉴字[2016]第 7 号），以聂建国院士和陈政清院士为组长的鉴定委员会一致认为项目工作“总体达到国际领先水平”。

2) 项目组在绿色建筑中木结构体系应用关键技术方面的研究成果，在 2014 年 5 月通过了江苏省住房和城乡建设厅的科技成果鉴定（苏建科鉴字[2014]第 21 号），鉴定委员会一致认为项目工作“总体达到国际先进水平”。

3、科技查新

1) 教育部科技查新工作站（G14）查新报告（201636000G140324）：除该查新项目委托人的研究文献外，均未见：与该项目完全相同的①提出了增强型胶合木构件通用的极限承载力计算模型和破坏模式判定方法；提出了采用横铺或竖嵌纤维增强复合材料（简称 FRP）板、FRP 筋和钢筋对速生杨木胶合木进行增强的方法；在偏心受压木柱内采用竖嵌 FRP 的增强方法；开发了拉挤成型木质芯材复合材料夹芯板；②建立了考虑位置函数的胶合木-植筋粘结应力-相对滑移关系模型，开发了应用于大跨木结构的耗能装配式植筋节点，系统提出了木结构耗能植筋节点的组件法计算模型和计算方法；③分别采用树脂浸渍改性和 FRP 增强技术对速生杨木构件进行增强，并提出速生杨木及木结构构件的蠕变性能控制和设计方法的报道。

2) 教育部科技查新工作站（G14）查新报告（201436000G140262）：未见与该项目技术特点相类似的混合树种胶合木构件及其竖嵌 FRP 的复合工艺和胶合木拱蠕变性能的研究。

3) 教育部科技查新工作站（G14）查新报告（201636000G140166）：未见与该项目胶合木框架-剪力墙结构体系技术相同的研究。

4、标准编制

木结构领域主编国家标准 7 部、参编 5 部，主编行业标准 1 部，参编地方和行业标准 2 部。

1) 主编国家标准 7 部

《多高层木结构建筑技术标准》（GB/T 51226-2017）

《木结构设计标准》（GB 50005-2017）

《装配式木结构建筑技术规范》（GB/T 51233-2016）

《木骨架组合墙体技术规范》（GB/T 50361-2005）

《胶合木结构技术规范》（GB/T 50708-2012）

《增强型胶合木构件技术标准》（报批）

主编国家标准报批：《结构用集成材木质复合层板》（报批）

2) 参编国家标准 5 部

《木结构试验方法标准》(GB/T 50329-2012)
《木结构工程施工质量验收规范》(GB 50206-2012)
《木结构工程施工规范》(GB/T 50772-2012)
《结构用锯材力学性能测试方法》(GB/T 28993-2012)
《结构用木质复合材产品力学性能评定》(GB/T 28986-2012)

3) 主编行业标准 1 部

《轻型木桁架技术规范》(JGJ/T 265-2012)

4) 参编行业标准 1 部

《木丝水泥板应用技术规程》(JGJ/T377-2016)

5) 参编地方标准 1 部

《低层木结构建筑设计规程》(DB22/JT 159-2016)

5、国外著名行业协会评价

欧洲木业协会 (European Wood) 主席 Jan Soderlind 先生评价: “As Chairman of European Wood, I am writing to confirm that we are looking forward to collaborating with Nanjing Tech University (NJTU) to promote and advance comfortable and efficient building systems based on the benefits of using wood and wood products. In view of your research team’s high research reputation on engineered wood products (such as Glulam, CLT, etc.), timber structural building and so on, we are eager to cooperate with NJTU to promote and advance wood structure construction in China. ……” (作为欧洲木业协会主席, 我们期待与南京工业大学合作, 共同推广使用木材、木制品和木结构建筑, 促进和推动舒适、高效的建筑体系。鉴于您的研究团队在工程木产品 (如胶合木、正交胶合木等)、木结构建筑及其标准化等方面有着很高的研究声誉, 我们迫切期待与南京工业大学合作共同推进木结构建筑。……)

6、用户评价

1) 苏州胥虹桥 (世界最大单跨跨度木结构拱桥)

苏州胥口市镇开发建设有限公司用户评价: 项目采用了植筋节点、大型承弯型螺栓节点、大断面异形胶合木结构加工技术以及户外木结构耐久性处理等新技术。桥梁结构经专家论证、现场静动力检测等工作发现: 木结构方案合理、各项性能指标稳定可靠且均达到甚至超过设计要求, 同时, 该桥技术在具有承载能力高的同时, 还实现了美观、安装方便、工厂化作业程度高等特点。结构达到现行国家规范要求, 提高工厂化生产率 60%, 施工效率提高 60%, 施工环境污染降低 50%, 采用本项目技术成本节约 30%。

2) 贵州省榕江县游泳馆 (国内最大面积木结构游泳馆、国内首次应用且跨度最大张弦木拱)

贵州省榕江县住房和城乡建设局用户评价: 项目是国内首次将胶合木张弦拱体系应用于大型游泳馆建筑中, 应用了植筋连接技术、大型抗弯螺栓连接技术、大断面异形胶合木结构加工技术以及户外木结构耐久性处理等新技术。木结构屋盖方案合理、各项性能指标稳定可靠、均达到了设计要求和预期效果, 施工效率以及施工环境污染降低量均超过 80%以上。

3) 江苏省绿色建筑博览园主展馆（国内首座木结构框架-剪力墙体系建筑）

江苏武进绿锦建设有限公司用户评价：江苏省绿色建筑博览园主展馆项目采用了重型胶合木结构体系，应用了树形柱、植筋连接、大跨度屋面技术，采用了现代化制造工艺，集成了绿色种植屋面、太阳能屋面等绿色生态技术，展馆获得了二星级绿色建筑设计标识。采用的现代木结构构件加工技术，实现木构件强度提升 50%，耐火性能提升 30%，耐久性能提升 40%。除此以外，在新型结构体系及节点连接技术的应用、在先进设计软件的使用及节能技术的应用等方面均表现出亮点和特色。

4) 南京佛手湖国际建筑艺术展-水榭（国内首座直纹曲面屋盖木结构建筑）

南京佛手湖建筑艺术发展有限公司用户评价：应用的木结构标准化连接技术与产品在两年来的使用过程中，各项性能指标稳定可靠，经受了大风、大雪等恶劣天气的考验，同时，该技术在具有承载能力高的同时，还实现了美观、安装方便、工厂化作业程度高等特点。结构满足现行抗震设防要求，提高工厂化生产率 80%，施工效率提高 25%，施工环境污染降低 50%。

5) 南京六合滁河景观木桥（国内首座木结构 FRP 增强桥梁）

南京六合新区建设发展有限公司用户评价：项目采用了南京工业大学提出的竖嵌 FRP 增强木梁和索与变截面梁、拱组合结构体系等具有自主知识产权的新技术、新体系。经实验室和现场综合检测，各项性能指标稳定可靠，经受了风吹日晒雨淋、大雪寒冬等恶劣气候的考验，采用的技术在具有承载能力高的同时，还实现了美观、安装方便、工厂化作业程度高等特点。该技术节约项目成本 30%。

6) 苏州香山工坊技艺展示馆（国内首座门架式木结构建筑）

苏州香山工坊置业有限公司用户评价：技艺展示馆采用了新型木结构体系、异形胶合木结构技术与螺栓节点等技术，项目施工安装方便快捷，高度实现了工厂化生产、现场装配式安装；自 2010 年 12 月建成以来，结构安全可靠、技术先进、经济合理、维护方便。新技术、新工艺利用率达到 35%。

7、检测报告

1) 竖嵌 FRP 增强胶合木梁及钢筋增强胶合木梁：经第三方资质机构检测（JGM16022），结果表明：抗弯强度为 67.5MPa、抗弯弹性模量为 12800MPa；钢筋增强胶合木梁抗弯强度为 56.9MPa，抗弯弹性模量为 14600MPa。

2) 植筋连接性能：经第三方资质机构检测（JGM16023），结果表明：植筋连接的抗剪强度为 7.8MPa。

3) FRP 增强型胶合木：经第三方资质机构检测（JGM13012），结果表明：FRP 增强型胶合木中，FRP 与木材胶缝抗剪强度为 7.47MPa，FRP 与 FRP 胶缝抗剪强度为 7.17MPa。

4) FRP 增强型胶合木层板：经第三方资质机构检测（JGM13026），结果表明：FRP 增强型胶合木层板剥离率符合规范要求。

推广应用情况：

本项目的研究成果为木结构在我国的推广应用提供了技术支撑，通过产学研结合，将科研成果与工程实践进行相互转化。成果已应用于 100 余项国内具有影响力的木结构工程项目中，如苏州胥虹桥（世界最大单跨跨度木结构拱桥）、贵州省榕江游泳馆（国内最大面积木结构游泳馆）、苏州园博会企业馆（国内首座异形曲面木网壳）等，形成产值 15.5 亿元、新增利润 2.1 亿元，经济效益和社会效益显著。

主要知识产权证明目录:

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	授权号	授权日期	权利人	发明人
1	发明专利	一种结构用层板胶合木圆木柱及制备方法	ZL 201210073755.5	2014.06.25	南京工业大学	刘伟庆、岳孔、陆伟东、霍瑞丽、杨会峰
2	发明专利	一种木框架剪力墙体	ZL 201310229107.9	2015.10.28	南京工业大学	陆伟东、郑维、刘伟庆、刘杏杏
3	发明专利	一种内藏式预应力木梁	ZL 201410818162.6	2016.05.25	南京工业大学	杨会峰、朱文祥、刘伟庆、徐伟、鞠冬冬
4	发明专利	插槽增强型大跨度胶合木柱梁连接结构	ZL 201310177091.1	2015.12.30	南京工业大学	刘伟庆、徐德良、陆伟东、周叮、雷英、岳孔、季栋梁
5	发明专利	一种拉挤成型的木质芯材复合材料夹层板及其生产工艺	ZL 201310202075.3	2015.11.11	南京工业大学	陆伟东、刘伟庆、齐玉军、方海、施冬
6	发明专利	一种可变角度的空间自由曲面木网壳装配式节点	ZL 201410816483.2	2016.08.24	南京工业大学	陆伟东、吴江昊、孙小鸾、罗伟、熊伟
7	发明专利	具有抗蠕变变形性能的预应力胶合木及其制备方法和用途	ZL 201310029781.2	2014.12.24	南京工业大学	岳孔、刘伟庆、陆伟东、刘宇、霍瑞丽
8	发明专利	胶合木用三聚氰胺-尿素-甲醛树脂及其制备工艺和使用方法	ZL 201310710649.8	2015.08.05	南京工业大学	岳孔、方智锐、刘伟庆、陆伟东等
9	发明专利	一种木结构榫卯节点的加固与耗能减震装置	ZL 201310411178.0	2015.08.26	南京工业大学	杨会峰、任啸、刘伟庆、凌志彬、陆伟东
10	软件著作权	木结构住宅桁架设计	2011SR078276	2011.05.30	同济大学	——

主要完成人情况：

1、姓名：刘伟庆

排名：1

行政职务：副校长

技术职称：教授

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目总负责人，领导团队的整体研究工作，项目选题研究的提出者，负责项目总体思路设计与统筹安排；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 1、2、5 做出了创造性贡献，并对创新点 3、4 做出了重要贡献。研发了组合木梁等系列高性能木构件，提出了高强材料与木材复合的构件增强方法，组织团队完成了现代木结构技术在国内多个领域的首次工程示范。

2、姓名：陆伟东

排名：2

行政职务：院长

技术职称：教授

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目执行负责人，负责项目研究的执行和协调；

(2) 个人主要贡献：对创新点 1~5 做出创造性贡献。研发了应力梯度组坯 CLT 板，提出了 FRP 竖嵌增强技术，研发了自攻螺钉增强螺栓节点，开发了木壳屈曲约束支撑抗侧力构件，提出了多高层木结构体系阻尼比和层间位移角限值等抗震性能指标，研发了胶合木构件蠕变控制技术。带领团队完成现代木结构技术在国内多个领域的首次工程示范。

3、姓名：何敏娟

排名：3

行政职务：无

技术职称：教授

工作单位：同济大学

完成单位：同济大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责木结构连接机理、结构体系开发及抗震数值模拟等工作；

(2) 个人主要贡献：对创新点 3、4 做出创造性贡献。研发了木结构梁柱钢填板套管连接等新型木结构连接技术，建立了轻型木结构钉连接、齿板连接等承载力本构关系；提出了钢-轻木混合结构楼盖体系，建立了现代木结构的精细化有限元分析方法和抗震数值模拟分析方法；开发了"木结构住宅桁架设计"软件并获著作权；研究成果应用于灾后重建等实际工程。

4、姓名：杨会峰

排名：4

行政职务：系主任

技术职称：教授

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责木构件增强机理、设计理论，植筋连接研发与设计计算；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 1、2、3 做出了创造性贡献。发明了内藏式预应力木梁和耗能植筋节点，开发了预制装配式木-混凝土组合梁；提出了增强型构件界面应力计算方法和破坏模式判定方法，创建了增强构件通用计算方法；提出了系统的植筋节点组件法计算模型和理论。

5、姓名：岳孔

排名：5

行政职务：无

技术职称：副研究员

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责木构件制备工艺和结构材防腐抗火提升研究；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 1、4、5 做出创造性贡献。探明了系列木结构材料的物理力学性能，揭示了木-胶界面胶合机理及粘结强度演化规律；创建了大断面/异型胶合木构件工业化制造工艺；揭示了火灾中木材力学性能演化和界面性能劣化规律；开发了满细胞压力浸渍的木材防腐性能提升技术。

6、姓名：杨学兵

排名：6

行政职务：主任

技术职称：教授级高级工程师

工作单位：中国建筑西南设计研究院有限公司

完成单位：中国建筑西南设计研究院有限公司

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责木结构标准编制工作；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 3、4 做出了重要贡献。负责多部国家标准的编制工作，将现代木结构技术纳入国家相关标准之中，为现代木结构在我国的推广应用提供技术支撑。

7、姓名：李征

排名：7

行政职务：无

技术职称：助理研究员

工作单位：同济大学

完成单位：同济大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责钢木混合结构体系研究；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 4 做出了重要贡献。发明了具有震后自复位功能的钢木混合

抗震墙结构体系，揭示了钢木混合结构的受力机理，建立了钢木混合结构的力学计算模型并提出了其设计方法。

8、姓名：程小武

排名：8

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责防灾技术研究以及工程示范；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 4、5 做出了重要贡献。研发了胶合木框架支撑体系，提出了抗震设计方法，完成了多项典型木结构工程的结构设计。

9、姓名：孙小鸾

排名：9

行政职务：无

技术职称：讲师

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责结构体系、连接技术研究以及工程示范；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 3、5 做出了重要贡献。研发了木网壳空间装配式节点，提出了张弦木梁结构体系，完成了多项典型木结构工程的结构设计。

10、姓名：王璐

排名：10

行政职务：副院长

技术职称：副教授

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 项目研究骨干，主要负责木结构理论分析、高温及抗火计算与设计；

(2) 个人主要贡献：对本项目创新点 2、4 做出了创造性贡献。建立了复合材料增强木结构极限承载力及变形计算公式，提出了界面剥离失效分析方法；构建了木结构高温及受火作用下二维热传导分析模型，创建了多尺度失效分析方法，完成了木构件受火试验与理论分析工作。

主要完成单位：

1、南京工业大学

主持承担了国家 973 计划前期课题、863 计划子课题、国家自然科学基金项目等，主编国家规范，成果广泛应用于实际工程并获江苏省科学技术奖一等奖，对 5 个创新点均有贡献。

2、同济大学

主持承担了国家自然科学基金项目和“十一五”科技支撑计划子课题等，主编国家规范，对创新点 3 和 4 有贡献。

3、中国建筑西南设计研究院有限公司

主编多部木结构领域的国家标准和行业标准，将现代木结构技术纳入国家相关标准，为现代木结构在我国的推广应用提供技术支撑。对创新点 3 和 4 有贡献。

4、苏州昆仑绿建木结构科技股份有限公司

开发了现代木结构应用成套技术，开展工程示范，对创新点 5 有贡献。

5、中意森科木结构有限公司

开展工程示范，对创新点 5 有贡献。

6、南京工业大学建筑设计研究院

开展工程示范，对创新点 5 有贡献。

完成人合作关系说明：

1、合作开展科学研究

在国家重大基础研究（973）前期专项“采用单元重组速生木材的新型木结构基础研究（编号：2002CCCD1700）”中，项目第一完成人为负责人，项目第四完成人作为研究骨干承担具体研究工作。

在国家重点研发计划“绿色生态木竹结构体系研究与示范应用（编号：2017YFC0703500）”中，项目第一完成人为负责人，项目第二完成人为课题六负责人，项目第三完成人为课题七负责人，项目第四完成人、第五完成人和第七完成人分别负责一个子课题。

项目第二完成人、项目第四完成人、项目第五完成人、项目第八完成人、项目第九完成人、项目第十完成人均在项目第一完成人所牵头的研究团队，长期合作开展现代木结构领域的研究与实践。

2、合作编制国家标准

中国建筑西南设计研究院有限公司主编、同济大学参编国家标准《胶合木结构技术规范》（GB/T 50708-2012）的编制工作，项目第六完成人和项目第三完成人共同参编。

南京工业大学主编、中意森科木结构有限公司参编《增强型胶合木构件技术标准》和《结构用集成材木质复合层板》两部国家标准。

中国建筑西南设计研究院有限公司主编、同济大学和苏州昆仑绿建木结构科技股份有限公司（原名：苏州皇家整体住宅系统股份有限公司）参编国家标准《木结构设计标准》的编制工作。

中国建筑西南设计研究院有限公司和同济大学主编，南京工业大学和苏州昆仑绿建木结构科技股份有限公司参编国家标准《装配式木结构建筑技术规范》（GB/T 51233-2016）的编制工作。

中国建筑西南设计研究院有限公司和南京工业大学共同主编，同济大学、苏州昆仑绿建木结构科技股份有限公司和中意森科木结构有限公司参编国家标准《多高层木结构建筑技术标准》（GB/T 51226-2017）的编制工作。

南京工业大学主编，中国建筑西南设计研究院有限公司、同济大学、中意森科木结构有限和苏州昆仑绿建木结构科技股份有限公司参编国家规范《木结构技术规范》。

3、合作开展工程咨询与实践

苏州昆仑绿建木结构科技股份有限公司、中意森科木结构有限公司、南京工业大学建筑设计研究院长期与南京工业大学在现代木结构设计与工程实践方面保持密切合作，开展了大量工程咨询与实践工作。