

一、项目名称

人造板连续平压生产线节能高效关键技术

二、提名者及提名意见

提名者：云南省

提名意见：同意提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介：

该项目属木材加工与人造板工艺技术领域。围绕制约人造板产业发展的共性技术，以连续平压升级改造间歇式生产技术，在人造板胶黏剂、热压固化、配套工艺技术与装备等关键环节进行研发创新，突破了降低人造板工业能耗、提高生产效率的技术关键。

1、更新完善了甲醛系列树脂合成反应机理，创建了树脂合成复杂化学体系的多尺度模拟，建立了研究树脂合成反应机理和结构形成的新方法；发现了脲醛树脂合成路线中后期添加尿素导致的去支化效应，揭示了低摩尔比脲醛树脂结构缺陷；发明了高支化结构改造技术路线，解决了低摩尔比脲醛树脂性能劣化和生产效率低下的技术难题，为大幅度降低人造板甲醛释放量提供了技术支撑。

2、开发研制了穿透式蒸汽预热加速固化的成套技术体系，研制了喷蒸预热装置，克服了常规热压技术传热效率低导致生产效率低的不足，提高连续平压中密度纤维板生产线生产效率 15~40%；研发了具备压力释放特征的加压技术，提高了板坯密实化和树脂固化匹配性，降低了板坯内部蒸汽压对板坯的冲击破坏，消除了回弹应力对固化树脂的破坏，提高板材内结合强度 10%以上。通过集成创新，研发了连续平压生产线 3mg/100g 以下甲醛释放中密度纤维板制造技术。

3、研发了刨花板连续平压生产线国产化模块配置方案，显著降低连续平压刨花板生产线成本 30%以上，刨花板单位能耗降低 30%以上，提高了刨花板单线产能和产品品质；创建了高浓度甲醛制备与树脂制备一体化技术，节省制胶能耗 30%以上，解决了制胶废水污染。通过技术集成创新，连续平压刨花板生产线热压因子由 6 提高至 4.8，生产效率提高 15%以上，刨花板甲醛释放量控制在 3mg/100g 以下。

该项目实现了连续平压生产线制造过程节能、生产工艺高效、产品性能环保的目标，相关技术已实现大规模工业化生产转化。项目为我国人造板节能高效技术提升和生产线升级改造提供了实施方案与技术支撑，产生了显著的经济效益和社会效益。

在该项目成果研究和推广应用过程中，获省部级科学技术奖一等奖 3 项，授权发明专利十余件，培养了一批学术与技术骨干，发表研究论文 60 余篇。

四、客观评价

1、国内外同行专家关于该项目的评价意见

“基于量子化学计算的甲醛系木材胶黏剂合成反应机理研究”的评价意见：成果丰富了传统木材胶黏剂合成理论，成果整体处于国际领先水平。

“人造板节能高效生产工艺及配套装备关键技术”的评价意见：该成果创造了重大的经济效益、社会效益，总体技术水平和主要技术经济指标达到国际领先水平。

2、技术检测报告

不脱水高固体含量树脂主要指标：脲醛树脂固体含量 61.5%；三聚氰胺-尿素-甲醛树脂固体含量 58.4%。

云南新泽兴人造板有限公司工业化生产的刨花板主要技术指标：甲醛释放量 2.8mg/100g，静曲强度 14.2MPa，弹性模量 2700MPa，内结合强度 0.43MPa，表面结合强度 1.18MPa，2h 吸水厚度膨胀率 0.7%。

商丘市鼎丰木业股份有限公司工业化生产的刨花板主要技术指标：甲醛释放量 3mg/100g，静曲强度 14.8MPa，弹性模量 3020MPa，内胶合强度 0.43MPa，表面胶合强度 0.9MPa，2h 吸水厚度膨胀率 2.1%。

东营正和木业有限公司工业化生产的中密度纤维板主要技术指标：甲醛释放量 1mg/100g，静曲强度 32.9MPa，内结合强度 1.03MPa。

3、项目验收意见

国家林业局 948 项目“人造板热压工艺技术引进”验收意见：引进了中密度纤维板和刨花板热压工艺技术、人造板断面密度控制技术，研发了热压过程中板坯内部的压力释放技术，该技术较之传统的分段式卸压工艺，提高了人造板物理力学性能及缩短热压周期。项目完成了合同规定的任务，达到了考核指标，验收委员会同意通过验收。“热压过程中板坯内部压力释放技术”被认定为科技成果。

国家林业局 948 项目“高性能 MUF 共缩聚树脂木材胶黏剂制备技术引进”验收意见：引进了高性能三聚氰胺改性脲醛树脂合成技术，研发了高性能 MUF 共缩聚树脂并成功用于低甲醛释放刨花板生产技术的生产，同时研发了室外型刨花板生产技术。项目完成了合同规定的任务和考核指标，验收委员会一致同意通过验收。“高性能 MUF 共缩聚树脂及室外型刨花板生产技术”被认定为科技成果。

两个国家自然科学基金项目通过结题验收。

4、国内外重要科技奖励

(1) “甲醛系列树脂人造板胶黏剂合成与应用”获 2018 年高等学校科学研究优秀成果奖（申报中）；

(2) “苯酚-尿素-甲醛共缩聚树脂结构形成及控制机理”获 2009 年云南省自然科学奖一等奖；

(3) “节能环保型连续平压刨花板制造成套技术及工业化”获第九届梁希林业科学技术奖一等奖；

(4) “人造板节能高效生产工艺及配套装备关键技术”获 2018 年云南省科技进步奖一等奖。

五、应用情况

上世纪末，国内外人造板行业开始使用低摩尔比脲醛树脂，但低摩尔比脲醛树脂导致性能劣化及生产效率降低，经典合成理论对这一现象缺乏合理解释，工业界也缺乏应对的技术路线。针对这一难题，项目组使用量子化学方法对甲醛系列树脂合成反应机理展开深入研究，研究成果得到国内外同行专家的一致高度认可。该项目研发的树脂合成技术作为连续平压人造板企业配套技术已在合作企业转化应用。

在承担国家科技支撑计划课题研究任务“甲醛系树脂低温加速固化技术”过程中，项目组提出了穿透式蒸汽预热加速固化技术方案，上海人造板机器厂有限公司设计研发了成套装置，并于 2014 年 12 月在山东茌平县能通密度板有限责任公司实现工业化安装运行。由于提高产能效果显著，该技术迅速推广至上海人造板机器厂有限公司销售的 20 余条连续平压中密度纤维板生产线。

我国传统刨花板生产线以间歇式工艺为主体，单线产能低，同时，节能环保性能差，制造过程能耗高，产品优等率较低，而进口连续平压生产线资金投入大、维护成本高、投入产出比高，以上问题严重制约了刨花板工业的工艺进步和技术升级。针对这一技术现状，通过国产化模块配置自主配套，显著降低连续平压刨花板生产线成本 30% 以上。云南新泽兴人造板有限公司和商丘市鼎丰木业股份有限公司等企业建成的节能高效型连续平压刨花板示范生产线项目自投产后，迅速在行业内产生积极影响，国内十余家企业复制了示范生产线。全国后续新建刨花板生产线多以连续平压生产技术为主体。

六、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	一种共缩聚树脂型甲醛捕捉剂及其制备方法	中国	ZL201210106439.3	2014.06.11	1417478	西南林业大学	杜官本, 雷洪, 邓书端	有权
发明	一种高性能环保型脲醛树脂胶黏剂及其制备方法	中国	ZL201510988289.7	2018.05.29	2942009	西南林业大学	王辉, 吴志刚, 雷洪, 杜官本	有权
发明	一种刨花板含水率梯度构建方法	中国	ZL201310336351.5	2016.06.22	2123292	西南林业大学	杜官本, 雷洪	有权
发明	一种超长贮存期的三聚氰胺-尿素-甲醛树脂及制备方法	中国	ZL201410078243.7	2016.06.29	2128888	西南林业大学	周晓剑, 杜官本, 王辉, 吴章康, 李君	有权
发明	一种低甲醛释放的高支化树脂胶黏剂及其制备方法与应用	中国	ZL201310274157.9	2014.11.05	1515114	西南林业大学	杜官本, 邓书端, 李向红	有权
发明	三聚氰胺-尿素-甲醛共缩聚树脂木材胶黏剂及制备方法	中国	ZL200810058522.1	2012.05.23	953801	西南林学院	杜官本, 雷洪	有权
发明	一种改性胶黏剂及其制备方法	中国	ZL201610088292.8	2018.05.08	2917382	西南林业大学	雷洪, 杜官本, 王辉, 席雪冬	有权
发明	环保型中、高密度纤维生产工艺	中国	ZL200810016035.9	2010.02.10	598848	东营正和木业有限公司	刘保卫, 李杰, 刘冬, 李林	有权
发明	增白型中、高密度纤维板生产工艺	中国	ZL200810016036.3	2011.04.13	759500	东营正和木业有限公司	刘保卫, 李杰, 刘冬, 李林	有权
发明	用于直接印刷的中高密度纤维板生产工艺	中国	ZL200810016031.0	2009.12.09	578159	东营正和木业有限公司	刘保卫, 李杰, 刘冬, 李林	有权

七、主要完成人情况

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
杜官本	1	副校长	教授	西南林业大学	西南林业大学	1) 项目总体研发计划和实施方案主要设计人和负责人, 对创新点 1、2、3 作出主要贡献。2) 指导开展了甲醛系列树脂合成反应机理研究, 提出树脂结构改造技术方案; 提出加速固化技术方案, 发明强化传热技术方法, 主导研发具备压力释放特征热压工艺技术; 提出高浓度甲醛制备与树脂制备一体化技术, 主导低甲醛释放刨花板生产技术研发。3) 在项目实施过程中与企业合作, 参与工业化生产技术方案制定。
雷洪	2	副院长	教授	西南林业大学	西南林业大学	1) 作为主要研究人员, 全程参与项目研发与实施, 对创新点 1、2、3 作出重要贡献。2) 参与甲醛系列树脂反应机理研究, 负责树脂型甲醛捕捉剂研发; 参与甲醛系列树脂低温加速固化技术开发, 参与刨花板含水率梯度构建方案设计; 负责低甲醛释放树脂胶黏剂配方工艺研发与优化。3) 在项目实施过程中与企业合作, 参与工业化生产技术方案实施。
李涛洪	3	无	副教授	西南林业大学	西南林业大学	1) 自 2009 年参与项目研发与实施, 对创新点 1 作出主要贡献。2) 是量子化学方法研究甲醛系列树脂合成反应机理的具体负责人, 建立了研究树脂反应机理新方法, 首次提出了甲醛系列树脂合成的普适性原理, 创建的新型研究模式与方法。3) 参与了高支化结构改造树脂合成工艺的研发。
杨志强	4	无	高级工程师	上海人造板机器厂有限公司	上海人造板机器厂有限公司	1) 是板坯喷蒸预热装置的技术方案负责人及设计师, 对创新点 2 作出主要贡献。2) 负责构建了穿透式蒸汽预热加速固化技术体系, 负责完成了板坯预加热系统技术方案整体设计。3), 参与了喷蒸预热成套装备的研制与应用; 参与了连续平压刨花板生产线设备及配套技术研发。
刘翔	5	无	高级工程师	上海人造板机器厂有限公司	上海人造板机器厂有限公司	1) 是板坯预热系统的工艺和工程方案负责人, 对创新点 2 作出主要贡献。2) 完成了板坯预热系统的工艺及工程实施方案的整体设计, 提出板坯加

						热系统的工艺要求。3) 提供了其他相设备与板坯预热系统联系的优化方案; 参与了连续平压刨花板生产线设备及配套技术研发。
储键基	6	副总经理	教授级高工	云南新泽兴人造板有限公司	云南新泽兴人造板有限公司	1) 是刨花板工业化生产技术整体设计者, 对创新点 3 作出主要贡献。2) 负责刨花板连续平压生产线国产化模块配置, 负责高浓度甲醛制备与树脂制备一体化技术工业化应用, 负责连续平压生产线低甲醛释放量刨花板制造成套技术实施; 负责改性低摩尔比脲醛树脂的工业化应用。
刘保卫	7	董事长	高级工程师	东营正和木业有限公司	东营正和木业有限公司	1) 是连续平压中密度纤维板生产技术和穿透式蒸汽预热技术工业化应用主要负责人, 对创新点 2 作出重要贡献。2) 指导企业研发人员开展产学研结合, 开展核心技术创新, 开展了高强度 E0 级中密度纤维板生产工艺、防潮环保中密度纤维板生产工艺等研发, 通过技术集成创新, 实现了低甲醛释放中密度纤维板制造技术大规模工业化生产转化。
王辉	8	无	讲师	西南林业大学	西南林业大学	1) 负责高支化结构改造树脂研发, 负责高浓度甲醛制备与树脂制备一体化技术研发与实施, 对创新点 1、2 作出重要贡献。2) 参与了甲醛系树脂低温加速固化技术开发, 参与了连续平压中密度纤维板生产工艺技术应用推广。3) 是超长贮存期三聚氰胺-尿素-甲醛树脂研发主要完成人之一, 参与了甲醛系列树脂竞争反应机理研究。
周晓剑	9	无	副研究员	西南林业大学	西南林业大学	1) 负责一种超长贮存期三聚氰胺-尿素-甲醛树脂研发, 对创新点 1 作出重要贡献。2) 参与低甲醛释放刨花板工艺技术开发, 参与高支化结构改造研发。3) 参与高固体含量树脂制备一体化合成技术研发工作。
文天国	10	工程师	技术总监	云南新泽兴人造板有限公司	云南新泽兴人造板有限公司	1) 是连续平压刨花板工业化应用技术实施方案负责人, 对创新点 3 作出重要贡献。2) 是人造板节能高效生产技术方案负责人, 参与了刨花板连续平压生产线国产化模块配置方案制定与实施, 参与了高浓度树脂制备一体化合成技术工业化应用, 参与了低甲醛释放刨花板制造技术实施。

八、主要完成单位及创新推广贡献

西南林业大学：

西南林业大学是支撑该项目的 5 个科研课题的承担单位，主要负责各类课题的具体实施，重点完成了甲醛系列树脂合成反应机理研究，攻克了低摩比脲醛树脂性能改善技术关键，主导了高支化结构改造树脂研发，倡导并推进加速固化技术实施，开发了具备压力释放特征的加压技术，研发了高浓度甲醛制备与树脂制备一体化技术，参与了 3mg/100g 以下甲醛释放中密度纤维板和刨花板连续平压生产线节能高效生产技术开发与实施。

西南林业大学在该项目实施过程中整合了高校和企业力量，充分发挥了高校与企业的积极性和有利条件，优势互补，基础研究和应用研究同时进行，项目成果应用无缝对接企业生产实际，为项目的持续推进创造了条件。

上海人造板机器厂有限公司：

上海人造板机器厂有限公司主要负责板坯预加热系统设计、实施与推广应用，重点解决和突破了对板坯加热、传热不均匀的技术难题，打破了国外专利的垄断，更好地满足不同板坯厚度的生产工艺技术需求。开发了湿热蒸汽温度检测跟踪技术，从产品本身保证了生产线运行速度的有效提升并确保成品板材的物理性能达到国家或国际标准。上海人造板机器厂有限公司负责开发的穿透式蒸汽预热装置节能增效显著，销售情况良好。参与了云南新泽兴人造板有限公司节能高效刨花板连续平压生产线国产化模块配置，在国内刨花板行业产生了积极示范作用，推动了我国刨花板生产技术的升级改造。

云南新泽兴人造板有限公司：

云南新泽兴人造板有限公司是支撑本项目的 3 个课题的参加单位，主要负责人造板节能高效技术工业化和推广。完成了高固体含量胶粘剂合成，负责高固体含量树脂制造相关设备改造与工业化生产，负责节能高效刨花板生产线定向配置及生产线建设，完成了低甲醛释放量胶粘剂及刨花板开发研究工作，负责高性能刨花板制造技术的成果转化，与西南林业大学开展产学研结合，共同完成节能高效刨花板研发与工业化生产技术转化。参与加速固化设备改造和工艺改进，协助西南林业大学完成各生产技术的研发和工业化生产试验。云南新泽兴人造板有限公司集成本项目成果的节能高效型刨花板生产线为我国人造板生产线升级

改造提供了优良示范。

东营正和木业有限公司：

东营正和木业有限公司主要负责中密度纤维板用甲醛系列树脂胶黏剂的工业化生产技术研发、实施和推广应用。通过技术集成，开展了中密度纤维板制备成套工艺参数优化，涉及树脂制备、固化复配、施胶体系、热压工艺技术等，研发了低甲醛释放、高耐水性、高强度中密度纤维板制备成套技术，形成系列自主知识产权，突破了甲醛释放量在 3mg/100g 以下中密度纤维板生产工艺技术，为高端中密度纤维板的生产提供技术支持。

东营正和木业有限公司公司与西南林业大学共同组建研发小组，共同完成了树脂工艺技术改进及应用技术实施。同时，积极协助项目第一完成单位完成树脂胶黏剂的研发与工业化推广应用。自项目实施以来，所开发的低甲醛释放纤维板产品生产质量稳定，社会、经济效益明显。

商丘市鼎丰木业股份有限公司：

商丘市鼎丰木业有限公司参与创新点 3 工作，并作出重要贡献。

商丘市鼎丰木业有限公司自 2013 年初与上海人造板机器厂有限公司和西南林业大学合作开展连续平压刨花板生产线自主配置和生产技术节能高效创新，2014 年 8 月集成该项目成果的节能高效型刨花板连续平压生产线建成投产，年产量 25 万立方米，产品供应国内一线定制家具品牌，为我国人造板生产线升级改造和产业升级提供了优良示范。

九、完成人合作关系说明

在该项目中：

项目第二候选人雷洪全程参加项目实施，是本人主持的 4 个科技计划任务的主要完成人，与本人共同授权发明专利 5 件。

项目第三候选人李涛洪于 2009 年开始参加项目实施，是项目所涉及 1 个科技计划任务的负责人，本人主持的 1 个科技计划任务的主要完成人，主要负责甲醛系列树脂合成反应机理研究。

项目第四候选人杨志强于 2012 年开始参加项目实施，主要负责板坯预热系统技术开发，与本人所在课题组共同开展产业合作。

项目第五候选人刘翔于 2012 年开始参加项目实施，主要负责板坯预热系统工艺和工程方案整体设计，与本人所在课题组共同开展产业合作。

项目第六候选人储键基全程参加项目研发和实施，主要负责连续平压刨花板生产线配置及刨花板生产技术，是本人主持的 3 个科技计划任务的主要完成人，所在云南新泽兴人造板有限公司（原昆明新飞林人造板有限公司）是 3 个科技计划任务的协作单位。

项目第七候选人刘保卫与本人所在课题组共同开展产业合作，共同开发甲醛释放量低于 3mg/100g 的中密度纤维板及其产业化技术。

项目第八候选人王辉于 2011 年开始参加项目实施，是项目第一完成人主持的 2 个科技计划任务的主要完成人，与本人共同授权发明专利 3 件。

项目第九候选人周晓剑于 2011 年开始参加项目实施，负责超长贮存期 MUF 共缩聚树脂研发，是项目第一完成人主持的 2 个科技计划任务的主要完成人，与本人共同授权发明专利 1 件。

项目第十候选人文天国全程参与项目研发与实施，是本人主持的 2 个科技计划任务的主要完成人。