

云南省自然科学奖项目公示

一、项目基本情况

项目名称：乙二醛基树脂合成理论及应用基础研究

项目完成人：邓书端、杜官本、张俊、雷洪、王辉、周晓剑、席雪冬

项目完成单位：西南林业大学

提名单位：西南林业大学

拟提名等级：提名云南省自然科学二等奖

二、项目简介

我国是世界人造板生产和消费第一大国，占比约 60%。人造板胶黏剂是人造板产业关键及核心技术，世界人造板胶黏剂以甲醛系树脂为主，其中脲醛树脂用量占比约 80%，我国人造板工业 90%左右使用脲醛树脂，存在甲醛释放等问题。

研究团队率先以无毒、低挥发的乙二醛替代甲醛合成人造板胶黏剂，开展合成理论及应用基础研究，旨在彻底消除或显著降低人造板甲醛释放对环境及人体健康的危害。在国家自然科学基金、国家林业和草原局“948”项目、云南省基础研究重点项目等项目资助下，围绕乙二醛基树脂合成反应机理、合成路径、合成-结构-性能相关性等关键科学问题展开研究，重要科学发现点如下：

（1）阐明了乙二醛基树脂合成反应机理。基于量子化学密度泛函理论，结合 NMR 和 MALDI-TOF-MS 等分析，首次发现碳正离子中间体是酸性条件下乙二醛-尿素、乙二醛-羟甲基脲树脂加成和缩聚阶段的最重要中间产物，采用量子化学计算方法揭示了乙二醛基树脂合成反应热力学、反应势能面和合成竞争反应机制，其中质子转移机理为活化能垒较低的水催化夺氢（WCP）反应路径。

（2）创建了乙二醛-尿素-甲醛（GUF）共缩聚树脂合成方法。首次提出了羟甲基脲（单羟甲基脲、二羟甲基脲）直接与乙二醛进行原位（*in-situ*）合成制备乙二醛-尿素-甲醛（GUF）共缩聚树脂的反应路径，有效解决了乙二醛反应活性低的科学问题，该新合成方法所制备 GUF 树脂的共缩聚程度较高，是迄今制备 GUF 树脂最高效的合成反应路径。

（3）揭示了乙二醛基树脂合成-结构-性能相关性。研究了合成反应的基本特点及各种反应条件对树脂结构与性能的影响机制，从分子水平揭示了树脂合成与固化反应的内在规律与本质特征，实现了乙二醛基树脂结构的定向合成与树脂性能调控。

（4）突破了生物质胶粘剂耐水性差的“技术瓶颈”。以乙二醛代替甲醛作交联剂，合成了零甲醛释放的乙二醛基木质素、乙二醛基大豆蛋白、乙二醛基单宁及乙二醛基糠醇等生物质多组分共缩聚树脂，阐明了合成反应条件对共缩聚树脂性能的影响规律，显著提高了生物质树脂砂轮片及热固性塑料的力学性能和环保

性。

该项目发表论文 86 篇，其中 SCI 论文 32 篇；8 篇代表性论文论著 SCI 他引 118 次。20 篇核心论文论著 SCI 他引 274 次。研究工作在世界范围内产生了广泛的学术影响，多次被本领域国际主流学术期刊《Chemical Engineering Journal》、《Journal of Cleaner Production》等杂志图文评述，且被多个国内外著名木材胶黏剂团队采纳并在此基础上进行木材胶黏剂的创新研发。出版学术专著 2 部，授权国家发明专利 5 件。项目第一完成人入选 2022 年全球前 2% 顶尖科学家及云南省“万人计划”产业技术领军人才。研究团队成员 16 人次入选国家百千万人才工程、国家青年拔尖人才、云南省“兴滇英才支持计划”科技领军人才、云岭学者、青年拔尖人才、云南省中青年学术和技术带头人等，3 人晋升正高级职称，2 人晋升副高级职称，形成了一支在国内外木材胶黏剂领域具有影响力的研究团队，培养研究生 10 人。中科合创（北京）科技成果评价中心组织专家对项目进行了评价，专家组一致认为该项目在乙二醛基树脂合成反应机理研究方面已达到国际领先水平。

三、主要完成人（完成单位）

姓名	职称	职务	工作单位（完成单位）
邓书端	教授	无	西南林业大学
杜官本	教授	副校长	西南林业大学
张俊	副教授	无	西南林业大学
雷洪	教授	无	西南林业大学
王辉	副教授	无	西南林业大学
周晓剑	研究员	生物质材料国际联合研究中心专职副主任	西南林业大学
席雪冬	讲师	无	西南林业大学

四、代表性论文目录

- [1] **Shuduan Deng, Guanben Du***, Xianghong Li, A. Pizzi. Performance and reaction mechanism of zero formaldehyde-emission urea-glyoxal (UG) resin [J]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2014, **45** (4):2029-2038.
- [2] **Shuduan Deng**, Antonio Pizzi, **Guanben Du***, Jizhi Zhang, **Jun Zhang**. Synthesis, structure and characterization of glyoxal-urea-formaldehyde cocondensed resins [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2014, **131** (21):41009-41018.

- [3] **S. Deng**, A. Pizzi*, **G. Du**, M. C. Lagel, L. Delmotte, S. Abdalla. Synthesis, structure characterization and application of melamine-glyoxal adhesive resins [J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2018, **76**:283-296.
- [4] **Jun Zhang**, **Xuedong Xi***, Jiankun Liang, Antonio Pizzi, **Guanben Du**, **Shuduan Deng**. Tannin-based adhesive cross-linked by furfuryl alcohol-glyoxal and epoxy resins [J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2019, **94**:47-52.
- [5] **Jun Zhang**, Wenli Wang, **Xiaojian Zhou***, Jiankun Liang*, **Guanben Du**, Zhigang Wu. Lignin-based adhesive crosslinked by furfuryl alcohol-glyoxal and epoxy resins [J]. Nordic Pulp & Paper Research Journal, 2019, 34 (2):228-238.
- [6] Zhigang Wu, **Hong Lei***, Ming Cao, **Xuedong Xi**, Jiankun Liang, **Guanben Du**. Soy-based adhesive cross-linked by melamine-glyoxal and epoxy resin [J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2016, **30** (19):2120-2129.
- [7] **Hui Wang**, Feng Wang, **Guanben Du***. Enhanced performance of urea-glyoxal polymer with oxidized cassava starch as wood adhesive[J].Iranian Polymer Journal, 2019,**28**(12) : 1015-1021.
- [8] 范恩庆, **邓书端*** 曹龙, **杜官本**, 康昆勇,不同物质的量之比乙二醛-尿素-甲醛共缩聚树脂的合成与性能[J]. 林业工程学报, 2021, 6 (1) : 86-91.