

同行专家业内评价意见书编号： 20250856102

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名： 李佳和

学号： 22260331

申报工程师职称专业类别（领域）： 材料与化工

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月23日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

一、本专业基础理论知识掌握情况

系统掌握了化工原理（三传一反）、化学反应工程、化工热力学、传递过程原理等基础理论，能够运用质量-

能量守恒、反应动力学等分析复杂化工过程。在纤维素解构领域，熟练应用胶体化学与表面化学理论分析纳米纤维分散稳定性问题。深入理解高分子化学与物理、材料表征技术（SEM/XRD/FTIR）、植物化学等课程，在纤维素纳米纤维研究中，建立了从木质素-半纤维素-纤维素三元结构到纳米尺度纤维解离的全链条认知框架。掌握制浆造纸原理与工程、造纸湿部化学、纸张结构性能学等专业知识，特别在纳米纤维增强纸张机理研究方面，建立了纤维间结合能理论模型与实验验证体系。

二、专业技术知识掌握情况

精通高压均质法、机械研磨法、TEMPO氧化法等主流CNF制备工艺，掌握关键参数（如Zeta电位、原料种类）对纤维性能的调控规律。熟悉TEMPO介导氧化、磷酸化、季铵盐化等表面改性技术，实现纤维素基材料的定制化开发。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

填料是大多数纸产品的重要成分，它不仅影响成本，还直接负责拓展功能性。无机矿物填料由于其良好的物理稳定性被广泛应用于各类纸产品，但是其尺寸和纤维相差较大，很难在纸张纤维网络结构中实现良好的空间分布和机械嵌合；同时和纤维之间的界面相容性差。因此传统的造纸加填方法需要解决如何提高填料的留着率、如何提高填料的分散性、如何补偿因为填料加入而引起的力学性能衰减等问题。本工程通过开发了一种具有高长径比和高表面带电量的CNF，其可同时作为填料助留剂和纸张增强剂，在单次添加的情况下成功制备了高填料量并保留高力学性能的纸材料，极具工业化应用前景。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

本实践针对传统造纸工业中填料添加量与纸张强度难以协同提升的技术瓶颈，系统研究了纤维素纳米纤维（CNF）作为多功能造纸助剂的作用机制与应用技术。本实践通过创新性材料设计与工艺优化，成功开发出兼具高助留效率与显著增强效果的新型造纸体系，为高附加值纸制品的开发提供了重要的理论依据和技术支撑。首先通过温和的过氧乙酸脱木质素和TEMPO媒介氧化法预处理制备了具有高带电量、高长径比的纤维素纳米纤维（hCNF）。然后开发了配套的造纸加填技术，在经典的沉淀碳酸钙（PCC）填料体系中系统探究了填料絮聚的机理，以及对后续高填料纸的性能的影响规律。最后验证了在SiO₂、Mg(OH)₂和TiO₂等功能填料上的普适性。

实践的研究工作取得了以下主要结论：

（1）制备高质量的CNF基造纸助剂。和传统基于漂白纸浆制备的TEMPO-

CNF相比，终端hCNF具有同样的高带电量，但是更高的长径比；这些优点可以转移到CNF组装形成的膜材料，赋予卓越的力学性能（杨氏模量6.9 GPa、拉伸强度175 MPa）。

（2）揭示CNF作为助留剂和增强剂的机理。得益于hCNF的高长径比和高表面带电量，可以高效包埋在PCC填料颗粒表面形成稳定的絮聚体，在极低的CNF用量（1%）情况下实现高填料留着率（90.3%相较于使用TEMPO-

CNF时的73.8%）。同时因为hCNF与纸浆纤维具有天然的高相容性，既可以促进填料的均匀分

布，也可以在纤维间形成纳米尺度的网络结构，有效增强纸张的力学性能。和其他文献报道的CNF助留填料的文章相比，具有最高的助留和增强效果（填料-抗张因子高达2.0），为后续纳米纤维素基造纸助剂的开发提供指导。

（3）开发Ca²⁺交联剂联用助留体系进一步提高填料絮聚效果。针对CNF表面富含带负电羧基基团的特点，可以与Ca²⁺通过配位键形成稳定交联，提高絮聚体稳定性，最终提高填料留着率与分散性。并将该助留体系成功应用在不含Ca的其他填料颗粒（Mg(OH)₂、SiO₂和TiO₂等）上，制备了功能性高填料纸。

工程实践的创新点

（1）充分发挥CNF在高填料纸中同时作为助留剂和增强剂的双重功能，在单次添加的操作下制备了具有兼顾高填料量和高力学性能的纸材料，拓展了CNF在高性能纸张中的应用范围，同时为高填料纸的制备提供了新的技术路径。

（2）巧妙设计了Ca²⁺交联剂，在极低的用量（Ca²⁺约占终端纸产品的0.7‰）下既可以交联CNF包埋的填料颗粒来形成更大的絮聚体，又可以助留CNF本身保证后续其作为增强剂的效果，为造纸加填技术提供重要的理论依据和技术支持。

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申 请时间等	刊物名称 /专利授权 或申请号等	本人 排名/ 总人 数	备注
Papers with high filler contents enabled by nanocelluloses as retention and strengthening agents	一级期刊	2025年03月15日	Carbohydrate Polymers	1/5	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩: 84 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间: 1.5 年(要求1年及以上) 考核成绩: 88 分
本人承诺	
个人声明: 本人上述所填资料均为真实有效, 如有虚假, 愿承担一切责任, 特此声明! 申报人签名: 李佳和	

浙 江 大 学 研 究 生 院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260331		姓名：李佳和		性别：男		学院：工程师学院				专业：材料与化工				学制：2.5年	
毕业时最低应获：24.0学分				已获得：26.0学分				入学年月：2022-09				毕业年月：			
学位证书号：						毕业证书号：						授予学位：			
学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期		新时代中国特色社会主义思想理论与实践			2.0	87	公共学位课	2022-2023学年春季学期		自然辩证法概论			1.0	79	公共学位课
2022-2023学年秋季学期		工程技术创新前沿			1.5	86	专业学位课	2022-2023学年夏季学期		研究生英语基础技能			1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋季学期		化学品设计与制造			2.0	88	专业学位课	2022-2023学年春夏学期		化学品制造技术进展			2.0	82	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期		工程伦理			2.0	83	公共学位课	2022-2023学年春夏学期		高阶工程认知实践			3.0	86	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期		研究生论文写作指导			1.0	84	专业学位课	2022-2023学年夏季学期		“四史”专题			1.0	87	公共选修课
2022-2023学年冬季学期		化工制造安全与环境			2.0	92	专业选修课	2022-2023学年夏季学期		研究生英语			2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年冬季学期		产业技术发展前沿			1.5	87	专业学位课			硕士生读书报告			2.0	通过	
2022-2023学年春季学期		数学建模			2.0	70	专业选修课								

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：
成绩校核人：张梦依
打印日期：2025-06-03

Web of Science™

Search

Sign In

Register

MENU

Search >

Refine results for Papers with high filler contents enabled by nanocelluloses...

1 result from All Databases for:

Papers with high filler contents enabled by nanocelluloses as retention and strengthening agents (Topic)

Copy query link

+ Add Keywords

Refined By: NOT Database: Preprint Citation Index X Clear all

1 Documents

You may also like...

Analyze Results

Citation Report

Create Alert

Refine results

Export Refine

Search within topic...

Quick Filters

None of the results contain data in this field.

Publication Years

2025 1

0/1

Add To Marked List

Export

Sort by Relevance

1 of 1

1

Papers with high filler contents enabled by nanocelluloses as retention and strengthening agents

Li, JH; Wu, RF; (...); Yang, X

Jun 15 2025 | CARBOHYDRATE POLYMERS 358

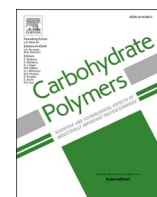
The development of economic and functional papers relies on the introduction of functional filler particles but faces several challenges, especially the low filler retention and inferior mechanical properties. This study introduces plant-based cellulose nanofibrils (CNFs) as dual-function retention and strengthening agents, offering a sustainable alteri ... Show more

Full Text at Publisher

71 References

Related records





Papers with high filler contents enabled by nanocelluloses as retention and strengthening agents[☆]

Jiahe Li, Roufen Wu, Wen-Jun Wang^{*}, Khak Ho Lim^{*}, Xuan Yang^{*}

Key Laboratory of Biomass Chemical Engineering of Ministry of Education, State Key Laboratory of Chemical Engineering, College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, PR China
Institute of Zhejiang University – Quzhou, Quzhou 324000, PR China

ARTICLE INFO

Keywords:

Cellulose Nanofibrils
PCC
Flocculation
Filler retention
Paper strength

ABSTRACT

The development of economic and functional papers relies on the introduction of functional filler particles but faces several challenges, especially the low filler retention and inferior mechanical properties. This study introduces plant-based cellulose nanofibrils (CNFs) as dual-function retention and strengthening agents, offering a sustainable alternative to petroleum-based polymer additives. Precipitated calcium carbonate (PCC), a widely used filler, is selected as the model system. The effects of CNF dosage, aspect ratio, and surface carboxyl content on the filler flocculation process were systematically investigated, with additional enhancement achieved through cationic ion crosslinking to improve filler bridging. Remarkably, a superior filler retention rate (>90 %) and filler-tensile factor (2.0) were achieved for the final papers at very low CNF dosage (1 %), surpassing most literature data. Detailed analyses of filler morphology and distribution elucidated the structure-property relationships underlying this performance. Furthermore, the versatility of the approach was demonstrated with other functional fillers, imparting properties such as flame retardancy, oil/water separation, high brightness, and soluble organic pollutant absorption. Overall, this study reveals the critical feature of CNFs in simultaneously improving filler retention and mechanical properties, demonstrating their high potential for their applications in the papermaking industry.

1. Introduction

Fillers have long been integral to papermaking for various reasons, including reducing pulp usage, increasing paper structural density, as well as providing functionalities (Dong et al., 2008; Griggs, 1988; Shen et al., 2011). Such functionalities are often ensured by high filler contents. For example, titanium dioxide (TiO₂) is commonly used to enhance brightness in decoration paper, magnesium hydroxide (Mg(OH)₂) is added for fire retardancy, and silica (SiO₂) is utilized to tailor the hydrophobicity (M. Hubbe & Gill, 2016). Among these minerals fillers, precipitated calcium carbonate (PCC) is one of the most commonly used fillers that can substitute >30 % of the pulp fibers in the final paper products due to its abundance and low cost (Gaudreault et al., 2015). However, their fine size, more-or-less spherical shape, and inferior bonding ability to pulp fibers cause two significant drawbacks: 1) low filler retention rate as the fillers are prone to lose through the

sieves (M. Hubbe et al., 2009), and 2) vastly decreased mechanical properties due to the disruption of the original fiber-fiber bonding (M. Hubbe & Gill, 2016; Shen et al., 2010).

Different strategies have been developed to increase the retention rate, including: 1) fiber lumen loading method that deposits fillers inside the lumen instead of the inter-fiber regions (Allan et al., 1992); 2) filler pre-flocculation method to generate large cluster particles (Sang et al., 2011b); 3) fillers surface modification to directly improve the bonding between pulp fibers and fillers (X. Huang et al., 2014); 4) adding flocculation/retention agents such as cationic polyacrylamide (CPAM) (De Oliveira et al., 2009; Kang et al., 2020; Subramanian et al., 2007), chitosan (Ghosh et al., 2020), cationic starch (Peng et al., 2015; Sang et al., 2011a; Sang et al., 2011b), etc. to modulate the filler aggregate size and improve the mechanical interception between fillers and fibers. On top of that, the addition of strengthening agents such as starch, polyacrylamide (PAM), and carboxymethyl cellulose (CMC) is normally

[☆] This article is part of a special issue entitled: ACS/CELL conference published in Carbohydrate Polymers.

^{*} Corresponding authors at: Key Laboratory of Biomass Chemical Engineering of Ministry of Education, State Key Laboratory of Chemical Engineering, College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, PR China.

E-mail addresses: wenjuncwang@zju.edu.cn (W.-J. Wang), khlhlim@zju.edu.cn (K.H. Lim), xuan.yang@zju.edu.cn (X. Yang).