

论坛六十五：纸基功能材料论坛

分论坛主席：姚献平院士

65-01

纸基功能材料产业发展报告

姚献平

1. 杭州市化工研究院 2. 国家造纸化学品工程技术研究中心 3. 浙江省生物基全降解及纳米材料创新中心, 浙江 杭州 310014

摘要:纸基功能材料是采用现代造纸工艺技术制造, 具有三维网络结构和特定功能特性的高附加值材料, 是新材料领域的重要组成部分, 市场需求迫切、战略意义重大。报告介绍了国内外纸基功能材料新产品、新技术的发展现状及趋势, 分析了我国纸基功能材料产业的主要任务及存在问题, 提出了加大支撑“卡脖子”技术联合攻关, 加强领军型企业建设, 健全人才和创新成果保障制度等提出了相应的对策及建议。报告内容已编入中国新材料产业报告, 即将出版。

关键词: 纸基功能材料、现状及趋势、任务与问题, 对策与建议

个人简介



姚献平, 教授级高工, 浙江省特级专家, 俄罗斯自然科学院院士, 中国化工学会会士, 国务院特殊津贴获得者, 现任杭州市化工研究院院长、中国造纸化学品工业协会荣誉理事长、中国造纸学会特聘副理事长、国家造纸化学品工程技术研究中心主任、中国材料与试验团体标准委员会生物基化工材料技术委员会副主任、浙江省生物基全降解及纳米材料创新中心主任、浙江省新材料新能源联合会理事长等职; 长期从事造纸化学品、淀粉衍生物、纳米纤维素等生物质基功能材料的研发, 主持科研项目 30 余项, 开发新产品 80 多个, 其中国家重点新产品 10 个, 获国家科技进步二等奖 1 项, 部省级科技进步一等奖 3 项、技术发明一等奖 1 项, 中国优秀专利奖 2 项。研发成果全部实现产业化, 经济效益显著, 获“十一五”国家科技计划执行突出贡献奖、中国造纸行业十大领军人物(2019)、侯德榜化工科学技术奖、科学中国人年度人物、全国化工优秀科技工作者、浙江省最美科技人(2020)和科学企业家(2021)等荣誉称号。

65-02

高附加值功能型纸基材料的制备及应用

王海松*, 鲁杰, 杜健, 吕艳娜, 陶叶晗

大连工业大学轻工与化学工程学院, 生物基纤维材料与造纸化学品团队, 辽宁
大连 116034

摘要: 在石油基资源短缺、塑料污染加剧和国家“禁塑”、“双碳”政策的大背景下, 纤维素纸基材料因具有天然可降解性、柔韧性好、易掺杂、原料易得、价格低廉和便于工业化生产等诸多优势, 在可降解多功能代塑材料领域展示出巨大的应用潜力。然而, 纤维素纸基材料固有的亲水性及功能限制严重阻碍了其应用领域和

附加值。报告将从纤维素纤维的多羟基结构出发,分析亲/疏水调控的机理及改善策略,分别采用浆内添加、表面涂布、气相沉积等手段制备超亲/疏水纸基材料改善功能和附加值,并介绍其在代塑纸吸管、防潮抗水纸箱、全纤维可降解湿巾纸、抗菌果蔬保鲜纸、可降解地膜纸、锂电池隔膜纸、全植物纤维发泡缓冲材料、超灵敏柔性传感等方面的应用。

关键词:超疏水;代塑;湿巾纸;果蔬保鲜;地膜纸;发泡材料

国家基金(21978029; 22278047; 22208038; 22208040; 32201501)重点研发项目(2022YFD2100105)资助

个人简介



王海松,博士,教授、博士生导师,大连工业大学轻工技术与工程学科学术带头人、生物基纤维材料与造纸化学品团队负责人。近几年主持国家自然科学基金4项、国家科技支撑计划子课题2项、国际合作项目4项、国内企业转化项目6项等项目30多项,累计经费2600多万元。在国内外学术期刊如ACS Nano, Chem. Eng. J., Nano Energy等发表SCI收录论文100余篇(中科院一区60余篇)。Scientific Reports、PBM、IJMS、大连工业大学学报等期刊编委。国家自然科学基金重点、国际合作、面地青及多个省市科技奖评审人。申请国内专利21件,PCT专利2件,授权12件。曾获辽宁省优秀人才计划、辽宁省百千万人才百人层次、兴辽英才计划科技创新领军人才(特聘教授)、辽宁省科技进步二等奖(第1)、中国产学研合作创新奖(个人)、中国石油和化学工业联合会技术发明三等奖(第2)、辽宁省自然科学学术成果一等奖(第1)等。

65-03

一种热封纸的研制及其应用性能研究

刘忠

天津科技大学轻工科学与工程学院

摘要:随着人们环保意识的增强,限塑令再度升级,各地逐步禁止使用不可降解塑料袋,鼓励使用可重复利用和可生物降解的购物袋。为了减轻像塑料袋这样的制品给环境带来的负面影响,解决传统纸袋纸不可热封的问题,本研究以木质纤维为原料,通过控制纸浆打浆度、添加助剂等方式调整纸料参数,根据在不同的应用场景的使用条件制备适合不同应用场景的产品。如可热封纸袋、纸基打包带、可重复使用的纸袋用纸。结果表明,当PVA纤维的添加量为9%,热封温度为110℃,热封时间为6s时,热封效果较好,此时手抄片粘合部位的粘合强度为2.61 kN/m,高于标准QB/T 4379-2019要求的2.50 kN/m。所研制的纸可以用于制备热封纸袋、打包带等产品。废弃的制品可回收重复使用,并可生物降解。为“以纸代塑”开拓了一条新途径。

关键词:热封纸;助剂;纸张强度;PVA纤维

个人简介



刘忠,天津科技大学,教授,博士生导师,现为中国造纸学会副理事长。主要研究方向为:木质生物质组分分离与利用;纸基功能材料。主持完成的纵向项目有:科技部国家重点研发计划重点专项课题1项;国家自然科学基金项目3项;省部级项目6项。与企业的协作项目有:高填料文化纸技术研究、大麻秆制浆的研究、麦草制浆漂白新技术研究、湿强剂的合成技术等

30 多项。主编教材 4 部，参编教材及著作 4 部；在国内外发表论文 200 余篇，其中部分被 SCI、EI 收录。授权发明专利 8 件。

65-04

纳米纤维素改性酚醛树脂提升 PEMFC 用碳纸综合性能

郭大亮

浙江科技学院轻化工程系

摘要：质子交换膜燃料电池（PEMFC）因其能量转换效率高、无污染排放和稳定可靠，在新能源汽车和便携式电源等领域引起极大兴趣。碳纸作为 PEMFC 气体扩散层最重要的基础材料，在机械支撑、质量输运和电子传导中起着重要的作用。碳纤维原纸一般通过酚醛树脂浸渍、热压成型及碳化石墨化来赋予碳纸良好的强度、导电及孔隙结构特性。酚醛树脂碳化后基质碳含量高，但是由于纯酚醛树脂存在脆性大、韧性差的问题，导致酚醛树脂与碳纸原纸界面结合差，导电性与强度性能相互制约。因此，如何通过酚醛树脂浸渍热压碳化实现碳纸强度、孔隙率、透气度和导电性能的协同提升是技术难点。本研究采用不同添加比例改性纳米纤维素作为酚醛树脂的改性剂和成孔剂，改善热压碳纸原纸的性能，研究发现，通过纳米纤维素改性酚醛树脂制备碳纸组装质子交换膜燃料电池，峰值功率密度可达到 325.42 mW/cm^2 ，比未改性碳纸(209.55 mW/cm^2)性能提高了 55%。纳米纤维素改性碳纸作为质子交换膜燃料电池的基础材料具有很大的实际应用潜力。

个人简介：



郭大亮，副教授，硕士生导师，浙江省新世纪 151 人才，浙江科技学院轻化工程系主任、龙游特种纸科技创新管理服务中心技术负责人。目前，主要从事纸基功能材料与生物质高值化利用方面研究工作。近年来，主持浙江省“尖兵”计划项目、国家自然科学基金项目、浙江省自然科学基金项目、中国博士后基金项目等 10 余项科研项目，主要参与 2 项国家自然科学基金项目、4 项省部级项目研究工作，参与国家重点研发计划项目（2017YFB0308301）部分研究工作，获浙江省科技进步三等奖 1 项，发表学术论文 50 余篇，授权发明专利 11 项。

65-05

湿法无纺布技术的展望

王习文

华南理工大学 制浆造纸工程国家重点实验室；造纸与污染控制国

家工程研究中心

摘要：本文主要介绍湿法无纺布的定义、工艺特点和关键技术。湿法无纺布功能材料可以应用到航空航天、新能源、电气等领域。论文主要针对湿法无纺布新能源材料（锂电池、超容、燃料电池）、净化材料（空气过滤、水过滤）、生物基皮革、轻质材料（芳纶、碳纤维）的市场和应用进行了介绍及展望。

关键词：湿法无纺布；新能源材料；轻质材料

个人简介



王习文，华南理工大学，研究员；研究领域，纸基功能材料。主持科研项目 30 余项，发表论文 100 余篇，国家发明专利 30 项。开发的电池隔膜、RO 膜支撑体、电磁屏蔽材料、电子玻璃衬纸等产品在多家企业得到了推广应用。获得广东省科技进步二等奖 1 项，指导学生多次获得创业大赛金奖。

65-06

高性能绿色阻燃纤维结构板材研究

夏新兴，刘可欣，李尧，潘睿东，苏蜜蜜

浙江理工大学纺织学院

Email: xiaxx@zstu.edu.cn

摘要：目前阻燃纸生产通常采用浸渍法，纸张存在机械强度低、易吸水变形等问题。本文合成了一种由乙基纤维素（EC）包覆的聚磷酸铵（APP）阻燃剂，利用浆内添加法制备本征阻燃纸。经过 EC 包覆后，APP@EC 的负电性减弱。另外，APP@EC 在 75℃ 下溶解度从 5.57 g/100 mL 降低至 1.56 g/100 mL，水接触角从 26.54° 提高至 101.52°。Kraft/APP@EC 的 LOI 值从 28.7% 增加到 31.2%，抗张强度则略微下降。锥形实验结果表明，Kraft/APP@EC 的峰值放热速率、总释放热和有效燃烧热分别降低了 31.70%，21.71% 和 25.65%。此外，与 Kraft/APP 相比，Kraft/APP@EC 的残炭量增加了 43.99%，Kraft/APP@EC 炭层的 ID/IG 下降了 13.43%，表明 APP@EC 显著促进了更致密残炭层的形成。综上所述，APP 经过 EC 包覆后显著降低了其在水中的溶解度及电负性，所制备的阻燃纸具有更好的阻燃性能。

关键词：纤维板材，阻燃，聚磷酸铵，乙基纤维素，微胶囊包覆

个人简介



夏新兴，博士、三级教授，博士生导师，制浆造纸专业，浙江省造纸学会常务理事，衢州市特种纸专家工作站负责人。曾在造纸企业工作十余年，2003 年至今在高校从事教学与科研工作。曾任陕西科技大学轻工技术与工程学科带头人。承担国家级、省部级科研项目 10 多项，其它项目 20 余项。获国家科技进步二等奖 1 项、省部级一等奖和二等奖各 2 项；发表学术论文 90 余篇；参编“十一五”国家计划教材 1 部，作为副主编编写“十二五”国家重点出版书籍 1 部；授权国家发明专利 17 件。多项科研成果产业化，填补国内空白。

65-07

复合汽车空气滤纸的研制及应用

惠岚峰

天津科技大学轻工科学与工程学院

摘要：空气过滤纸是汽车滤清器中的关键组成部分，决定着空气过滤器的性能，空气滤纸通常包括用普通木浆为主要成分制成的一种纸质的过滤层，由于普通木浆纤维制成的空气滤纸

普遍存在着紧度高、过滤效率低、过滤精度差、容尘量低，耐温、耐水性能差，使用寿命短等缺点。由于空气过滤需求的要求越来越高，对于空气滤纸的性能需求也在不断提高。目前，市场上大多是单层滤纸，但是单层滤纸的内部结构单一，无法较好的调节过滤阻力与过滤效率的矛盾。为了在过滤效率、过滤阻力和容尘量之间寻找一个平衡点，很多厂家把目光投向了复合滤纸。

内部梯度结构复合过滤纸是目前主要研究的一种结构，即通过对工艺条件的有效控制，在内部实现孔径在剖面方向上的梯度分布，以实现逐层过滤的效果。本文就总定量、定量比、入流层与出流层浆料对比对双层复合空气滤纸原纸性能的影响进行了探究；对复合滤纸原纸进行树脂浸渍固化，探究树脂浸渍量、固化时间和固化温度对复合滤纸性能的影响。

本研究探索了制备双层复合空气滤纸原纸的不同方法，通过抗张指数、透气度、孔径、容尘量、过滤效率等性能以及横截面结构图判断出利用动态纸页成型器制备复合滤纸，其透气度、过滤效率、容尘量较高；层间界面不明显；过滤效果良好。同时，通过探究玻璃纤维、静电纺纳米纤维以及纳米纤维素对空气滤纸性能的影响，制得具有良好透气度、松厚度、孔隙结构以及过滤效率的空气过滤纸，从而满足空气滤纸市场的需求，增加纸质材质在空气净化器中的应用。

关键词：复合空气滤纸 过滤效率 纳米纤维 静电纺丝

个人简介



惠岚峰，博士，教授，博士生导师，天津市制浆造纸实验示范中心主任，国家一流课程负责人，主持国家自然科学基金等国家级项目 3 项，省部级项目 4 项，发表论文 60 余篇，申请专利 15 项，授权 5 项，参编专著教材 2 本。主要研究方向：纸基功能材料，特种功能纸。

65-07

特种纤维关键技术装备

桑如岳

轻工业杭州机电设计研究院

摘要：报告介绍轻工业杭州机电设计研究院有关大麻、亚麻、剑麻、马尼拉麻、棉短绒等特种纤维制备的关键技术装备，玻璃纤维、芳纶纤维（1313 和 1414）成型关键技术装备以及其他特种装备，并简单介绍甲酸法制浆和乙酸法制浆新工艺的应用。

个人简介



桑如岳同志现任轻工业杭州机电设计研究院副院长。正高、国务院特殊津贴专家。主持完成科技部研究所专项资金项目《航空航天用宽幅热熔预浸料复合材料生产设备的研制》、国家“十一五”科技支撑计划国产高速纸机的研制——课题 3：靴式宽压区压榨装置的研发；参加国家“863 项目”、国家“十一五”科技支撑计划项目课题研发。获省部级科学技术进步二等奖 2 项、中国轻工业联合会科学技术进步三等奖 2 项；全国建材行业技术开发类一等奖 1 项、建材集团其余各类科技奖 6 项。授权发明专利 2 件，实用新型 6 件。

65-08

纸基荧光传感材料的构建及应用

郭延柱

大连工业大学，辽宁省生物质化学与材料重点实验室

摘要：纸基荧光传感器是一类常见的纸基功能材料，被报道过用于多种物质的检测。通常荧光传感纸中需要加入荧光活性物质来感应和显现待测物质。荧光碳点（CDs），是一种尺寸通常小于10 nm的新型“零维”荧光碳纳米材料，因其具有优异的光致发光性及良好的生物相容性等优势，在化学传感、生物成像、药物输送等领域具有极大的应用价值。因此，基于碳点构建的荧光探针近年来备受研究者的广泛关注，但是荧光碳点的工业化应用因其碳源的来源有限等受到限制。纤维素和木质素等生物质资源，因其来源广泛、价格廉价等优点，是碳点构建的理想原料。报告人针对生物质资源的特性，采用氧化预处理、胺化预改性等，对生物质基碳点的荧光性能、得率等进行了调控，采用调整掺杂剂类型等实现了绿光、黄光等长发射波长的生物质基碳点的构建，借助二氧化硅封装技术构建了生物质基碳点磷光材料。深入探索了制得的碳点在金属离子、抗生素、色素、爆炸物等物质的荧光检测，并实现了碳点在防伪涂料领域的应用。

关键词：荧光；碳点；水热处理；木质素；纤维素

个人简介



郭延柱，教授，博士生导师，针对生物质资源的高效转化利用难题，围绕生物质基材料和高附加值产品开展了一系列研究，在纤维素纳米材料、木质素基废水处理材料等方面取得了创新性成果。相关成果在 Chem. Eng. J., Green Chem.等 SCI/EI 期刊上发表论文 75 篇（以第一/通讯作者身份发表 30 余篇，单篇影响因子高达 15.1），共获授权国家发明专利 8 件（其中已实现企业转化专利 1 件，转化额为 11 万元）。主持国家自然科学基金（面上和青年基金）、辽宁省青年拔尖人才等项目共 12 项，以主要完成人参与重大工程项目 1 项，效益收益高达 1280 万元。入选辽宁省“兴辽英才计划”青年拔尖人才、“百千万人才工程”千层次和万层次人才；获中国轻工业技术联合会技术发明奖二等奖 1 项（排名第三）。

65-09

淀粉衍生物纸基功能材料的开发与产业化应用

姚臻

杭州纸友科技有限公司

摘要：淀粉衍生物是重要的纸基功能材料。杭化院和纸友科技研发团队历经 38 年，通过对天然淀粉多元化改性，开发了具有增强、助留、节能减排、提高纸张表面特性等系列功能产品；开发了连续流态管道化绿色新工艺；研究了在造纸湿部、层间、表面施胶和涂布关键应用技术与应用装备，形成了年产 40 万吨的产业化规模，产品在国内外大型现代纸机实现了广泛应用，为造纸工业提高纸和纸板功能特性和产品质量、节能减排、减轻污染发挥了重要作用。本文简要介绍了系列淀粉基功能产品、绿色化先进工艺、应用技术与装备等系列创新，实现产业化应用的系列成果。

65-10

pH-UCST 响应型木质素表面活性剂在纤维素酶回收中的

应用

李飞云^{1,*}, 唐艳军¹, 楼宏铭²

¹浙江理工大学纺织科学与工程学院(国际丝绸学院), 杭州, 310018

²华南理工大学化学与化工学院, 广州, 510641

*Email: tsefyli@zstu.edu.cn

摘要: 酶解是木质纤维素糖平台技术产业化助力“碳中和”和“绿色低碳发展”重大国家战略落地的重要环节, 酶解效率低和酶解成本高是糖平台技术产业化的关键技术瓶颈。强化酶解和回收循环利用纤维素酶可有效减少酶解用量和降低酶解成本。

以酶解残渣木质素为原料接枝磺基甜菜碱合成具有灵敏pH和最高临界溶解温度(UCST)响应的木质素磺基甜菜碱 LSB, 在木质纤维素酶解条件下(温度 50°C, pH 5.0)溶解, 酶解后调低酶解液 pH (4.0) 和温度 (25~38°C) 时与纤维素酶通过静电和疏水作用产生共沉淀。将 3.0g/L LSB 用于玉米芯残渣酶解体系中纤维素酶的回收, 可节约酶解液中 50%的纤维素酶用量。

针对 LSB 不能强化木质纤维素酶解的问题, 利用磷酸酯甜菜碱接枝改性酶解木质素合成可强化酶解的 pH-UCST 响应型木质素磷酸酯甜菜碱 LPB。将 LPB 用于玉米芯残渣酶解体系的酶解强化和纤维素酶回收(添加量 3.0g/L LPB), 酶解条件下(温度 50°C, pH 5.0)通过减少木质素对酶的无效吸附可提高酶解效率 1.3 倍, 酶回收条件下(温度 25°C, pH 3.2)通过与酶共沉淀可节约 50%的酶用量。

木质素占木质纤维素原料的 15%~35%, 纤维素乙醇生产过程中残留木质素约占原料的 50%, 然而目前主要用作燃料, 尚难以得到资源化高效利用。将酶解木质素改性制备木质素表面活性剂, 并用于强化木质纤维素酶解和回收纤维素酶, 不仅可实现木质素残渣的资源化高效利用、增加其附加值, 还可降低木质纤维素糖平台技术产业化成本。

关键词: 木质素; 酶解; 纤维素酶

65-11

非晶态配位反应对聚苯胺/纤维素纤维复合材料的性能影响

研究

常紫阳, 郭大亮, 沙力争, 赵会芳

浙江科技学院, 浙江省杭州市 310023

摘要: 随着柔性电子设备的快速发展, 开发高性能的柔性电极材料对于能源存储至关重要。纤维素纤维具有可持续、低成本和柔韧性等特点, 完全满足柔性电极材料的需求, 但其电绝缘性会降低储能性能。本研究采用羟基氧化锆对纤维素纤维进行改性, 并将其应用于苯胺原位聚合过程, 以制备高性能的纸基柔性电极材料(PANI:SSA/Zr-CFs)。结果表明, 非晶态配位聚合物的生成可以明显促进纤维素纤维上聚苯胺的高效负载。PANI 在纤维素纤维上的负载量的增加不仅提高了柔性电极的电导率, 还提高了其比电容。电化学测试结果显示: PANI:SSA/Zr-CFs 电极在 1 mA/cm² 下的面积比电容为 4181 mF/cm², 远高于未改性纤维素纤维基电极材料。本研究为制备基于纤维素纤维的高性能柔性电极材料提供了新的参考。

关键词: 纤维素纤维; 聚苯胺; 高负载量; 原位聚合

65-12

纳米纤维素在热升华转印纸涂层上的应用实践

陈辉、李坤

1 国家造纸化学品工程技术研究中心, 杭州, 311305; 2 浙江杭

化新材料科技有限公司，杭州，311305; 3 杭州市化工研究院有限公司，杭州，310014.

摘要：以改性纳米纤维素为胶黏剂，与不溶淀粉复配成新型的热升华转印涂层，用以替代传统的 CMC 涂层配方。结果表明：改性纳纤基热转印涂层，在涂布量 $3\text{g}/\text{m}^2$ 的情况下，能用更少的胶黏剂用量，达到更好的转印效果。同时，改性纳米纤纤基胶黏剂在浙江某特种纸厂进行了上机终端应用，涂布量最低降至 $2.5\text{g}/\text{m}^2$ ，转移率明显好于市售 31g 仙鹤低定量转印纸。

关键词：纳米纤维素，热升华转印，油墨干燥速度

65-13

纸用防水防油涂层剂的开发

宁吕华

杭州杭化哈利玛化工有限公司

摘要：纸质材料为亲水性材料，本身具有无数的孔洞，容易被水、水蒸气、油等浸湿渗透。为了改善这些性能，一般的采用聚乙烯（PE）等进行淋膜处理，但是 PE 淋膜的纸张需要在循环利用时，将纸与 PE 膜进行剥离，存在循环使用性差的问题，为此我司开发了可降解涂层助剂——防水防油涂层剂。该产品可以赋予纸质基材优异耐水·耐油性、水蒸气阻隔性、热封性等 PE 淋膜的性能要求；并且进行涂布的纸张解离性能优越，易循环再利用；产品使用美国 FDA 认证聚合物组成，可在食品用途纸张上放心使用。

关键词：防水防油涂层剂、防水性、防油性、水蒸气阻隔、热封性能