

绿色化学中的环保材料制备与性能研究

彭丽娅

贵州黔西中水发电有限公司 贵州省黔西市 551500

摘要：可持续发展理念不断深入之际，绿色化学引领下的环保材料研发成为材料科学领域的重要走向，本文全面探究环保材料从设计、制备直至性能评价再到应用难点的整个流程。首先，论述按照绿色化学原则的材料设计策略，包含选用可再生原料并规划低毒性合成途径；其次，剖析生物基材料、可降解高分子以及无机—绿色复合材料的代表性制备技术；进而，形成起覆盖环境相容性、力学热学性能以及降解情况的综合性能评价体系；最后，就规模化生产遭遇的技术障碍、经济价值及其未来的革新态势展开探讨，从而为环保材料后续的发展提供理论支撑。

关键词：绿色化学；环保材料；制备技术；性能评价；可持续发展

引言

传统材料工业在推动社会发展之时，亦造成资源损耗和环境污染两大压力，在此情形下，绿色化学应运而生，给材料科学指示出新方向，其重点在于源头防止污染，按照原子经济性、采用无毒无害原料等准则来引导新材料的研发。环保材料充当此理念的体现者，期望在整个生命时段缩减对自然和人体健康的不良影响，本研究关注环保材料的设计、制作以及性能评定这个系统工程，目的在于整理其中蕴含的科学原理和技术路线，文章会依照从基本设计概念出发，经过具体的制作手段，然后到全面的性能考量，最后对未来应用情况作出预测这样一条思路，逐步推进，力求创建起一套完整的研究体系，从而提供人们认识和开发环境友好型材料明晰的认知角度。

1 环保材料的设计策略

1.1 绿色材料的设计原则

绿色材料的设计原则源自绿色化学的基本框架，其主要目的在于达成材料全生命时段的环境友好性，原子经济性原则表明，在规划合成路径的时候，要最大程度地利用原料中的原子，并将其变成最终产物，这样就能从源头缩减废弃物的生成量。预防污染原则重视在材料设计阶段规避使用或者产生有毒有害物质，把环境影响降到最低限度，而且，设计节能工艺原则提倡在温和的反应条件下执行合成，以此来减小能源消耗，这常常依靠高效催化剂的运用，这些原则不是彼此独立的，它们相互联系，协同发挥作用，形成一个有机的整体，一起引导环保材料更新设计，使得材料既具有

必要的使用性能，又能在从“摇篮到坟墓”的全过程符合可持续发展的需求。

1.2 可再生原料的选择与利用

可再生原料的选取与利用，对于缩减材料碳足迹、减轻对化石资源的依赖十分关键，理想的原料需源自丰富又可持续，而且不会同人类竞争粮食的生物质资源，比如农业废弃物、林业剩余物或者非粮作物等。这些原料大多包含纤维素、半纤维素、木质素、淀粉、植物油以及蛋白质等天然高分子，其利用流程一方面要直接利用这些生物质结构，另一方面也要经由化学、生物或者物理手段把它们分解成平台化合物，然后作为合成新型高分子材料的单体或者前身物质，这种战略要想达成必然要透彻认识原料的化学成分、结构特点及其转化途径，目的在于创建一条从可更新资源通往高性能材料的绿色转化路径，做到自然碳循环的有效融合。

1.3 低毒性合成路径设计

低毒性合成路径设计重点在于去除或者替换材料制作时可能出现的各类有害物质，需采用无毒或者低毒的溶剂、试剂以及催化剂。就溶剂而言，水、超临界二氧化碳、离子液体这些绿色溶剂正在慢慢取代传统挥发性有机溶剂；在反应试剂上，则偏向于选用高选择性的催化剂，格外是酶催化剂和仿生催化剂，从而防止使用化学计量的有毒试剂来提升反应效率并缩减副产物数量；而且，路径设计还要顾及反应自身的安全性，首先考虑那些条件较为平和、危险系数较低的化学反应，这种设计理念存在于从最初原料一直到最终产品的整条合成链路上，保证制作过程不会给操作人员健康以

及自然环境带来危害，这便是做到绿色化学“更安全的化学品与合成”目标的实际举措。

2 典型环保材料的制备方法

2.1 生物基材料的制备技术

生物基材料的制备技术主要围绕如何将生物质资源有效地转化为具有实用价值的材料。这些技术大致可分为三类：一是对天然高分子物质（比如纤维素、甲壳素）执行物理处理或者化学改性，以此来提升其溶解性、加工性，亦或是增添新性能，经由酯化、醚化反应可以制备出纤维素衍生物；二是把生物质借助生物或者化学手段转变成小分子平台化合物（像乳酸、丁二酸），然后凭借聚合反应合成诸如聚乳酸之类的生物基聚合物；三是利用微生物或者酶体系直接合成目标材料，依靠微生物发酵去制造聚羟基脂肪酸酯，这些技术的关键难点就在于怎样达成高效又可控的转变，并且维持过程的经济性以及环境友好性，它们的发展同催化科学和生物技术的提升密切相关。

2.2 可降解高分子合成工艺

可降解高分子的合成工艺目标是制造出使用过后可在特定环境条件下分解成无害小分子的聚合物，化学合成法属于主要途径之一，经由丙交酯的开环聚合可制备聚乳酸，借助脂肪族二元酸与二元醇的缩聚也可制备聚酯，此工艺重点在于催化剂的选择、反应条件的精准掌控以及分子量的有效调节，从而得到理想的力学性能和降解速率。生物合成法同样是重要途径，利用微生物合成聚羟基烷酸酯时，菌种选育、发酵过程改良和下游获取技术是关键所在，不论采用何种方法，分子结构设计都是根本，要在分子主链中加入酯键、酰胺键等易断裂的化学键以做到可控降解。

2.3 无机 - 绿色复合材料的构建

无机 - 绿色复合材料期望把无机成分的优良特性（比如高强度、高耐热性、阻隔性）同绿色基体材料的环境友好性融合起来，得到性能相互补充的杂化材料，常见的合成手段有溶胶 - 凝胶法，这种方法可以在较温和的条件下于聚合物基体当中创建纳米级别的无机网络架构，做到分子层面的复合；插层复合法多被用于聚合物和层状硅酸盐（像蒙脱土之类的）的纳米复合，经由单体向聚合或者聚合物熔体 / 溶液执行插层，促使聚合物链踏入硅酸盐片层之间，从而形成插层或者剥离的结构，大幅优化材料的力学性能和阻隔性能。

3 环保材料的性能评价体系

3.1 环境相容性评价方法

环境相容性评价方法是判断环保材料是否真正“绿色”的核心依照，它重点放在材料对自然环境的潜在影响上，生物降解性检测属于基本部分，经由在可控制的堆肥、土壤或者水性环境下，观察材料的重量削减情况、二氧化碳排放量或者耗氧量，以此来定量评定它的降解速度和最终降解水平。生态毒性检测会直接考量材料以及其降解产物对于特定生物体（诸如水生生物、土壤微生物、蚯蚓等）所产生的毒性作用，从而保证降解产物对环境来说是安全的；生物基含量分析要测量材料当中放射性碳同位素的占比，这样才能精确地计算出源自可再生资源的碳含量，这可是评判其可再生性质的重要标准，这些方法合在一起便形成了一套用以考量材料环境安全性的一系列指标系统。

3.2 力学与热学性能测试

力学与热学性能评定是考量环保材料是否符合实际应用需求的重要部分，力学性能评定重点在于考察材料受外力时的行为表现，拉伸强度、断裂伸长率、弯曲模量、冲击强度等指标均包含在内，这些数据同材料的耐用性、可靠性及其适宜的领域直接相关联；热学性能评定侧重于观察材料对于热量的反应情况，玻璃化转变温度会决定材料的耐低温能力以及使用的最低温度，熔融温度影响着加工环境，热变形温度体现出材料短期内承受高温的能力，热重分析用来评判其热稳定性，这些性能参数既是材料设计时参考的依照，也是环保材料同传统石油基材料竞争以进入当前市场所必需具备的资格，性能达标才是环保材料得以开展商业性应用的基础所在。

3.3 降解性能与生命周期分析

深入评价降解性能时，并非仅仅针对基本的生物降解能力展开考察，而是着重探究降解机理、动力学以及降解产物给环境带来的影响，要按照不同的环境条件来模拟材料的降解流程，判断其中是否存在水解、酶解、光降解或者这些现象之间的协同效应，还要识别出降解过程中产生的中间产物和终产物的类型及其毒性，从而保证彻底分解成对环境无害的物质；而寿命分析属于一种更具宏观视野和系统性的考量手段，这种手段会量化评定材料从原材料取得开始，经过制造加工，直至最终被丢弃为止的整段生命时段当中，对于资源、能源的耗费情况以及诸如全球变暖、酸化、富营养化

之类环境因素造成的全部影响。LCA 利于找出材料体系中突出的环境问题，防止局部改良却造成整体恶化，给环保材料的全面客观评定以及绿色设计改良提供科学依据。

4 应用挑战与发展趋势

4.1 规模化生产的技术瓶颈

环保材料由实验室成果向大规模工业生产迈进时会遭遇诸多技术瓶颈，原料层面，生物质原料往往成分繁杂，存在季节性供应和品质波动情况，这给连续稳定的生产造成难题。工艺放大过程中，不少绿色合成路径在实验室规模下效率较高，但扩大时可能出现传质、传热效率下滑，催化剂难以回收，反应选择性变差等状况，格外是生物酶催化过程中的成本把控和稳定性十分艰巨；而且，精准控制降解性能极具挑战性，怎样保证材料在使用期间性能稳定，废弃之后又能按照预定速度可控降解，达成性能与寿命的良好兼顾，仍然必要进一步探究，要跨越这些技术瓶颈就得依靠化学工程、材料科学和生物技术的跨学科联合创新。

4.2 经济性与市场适应性分析

当下，经济成本成为限制环保材料大规模应用的主要因素，很多环保材料的原料成本和制造成本仍然高于传统石油基材料，这使得它们在价格竞争中处于不利地位。从经济性分析来看，要综合考虑原材料价格、生产过程中的能耗、设备投资、规模效应以及可能的环境税或者碳交易收益；而市场适应性包含性能替代性和社会接受度两个方面，材料的性能至少得与传统材料相当，甚至更优，才有可能被下游产业所接纳。创建明晰的绿色标识认证体系，并给予强有力的政策支撑，比如政府执行绿色采购、实施补贴或者出台强制性替代法规等，这对于塑造初期市场、优化消费者认知及其接受度十分关键，也是促使环保材料渗入市场的重要外部力量。

4.3 绿色材料未来创新方向

未来环保材料的更新会朝着高性能化、功能智能化以及循环高级化方向发展，高性能化希望借助纳米复合、分子结构精准设计等方式，极大地优化材料的强度、韧性、耐热性等性能，并拓展到高端应用领域。功能智能化指的是研发具有自修复、形状记忆、刺激响应降解等智能特性的材料，从而提升其附加值和应用场景；循环高级化并非仅仅是可降解这么简单，而是要设计出容易循环再生，甚至可以升级回

收的材料体系，以做到最大限度地保留材料价值。跨学科深度融合成为关键推动力，合成生物学技术很可能会改变原料来源与制造模式，塑造起真正可持续的材料制造新形式，促使环保材料迈进新的发展时期。

结语

绿色化学理念给环保材料研发形成了系统的理论与方法根基。当下，分子设计、绿色制备、性能评价等方面均取得了很大发展。不过，规模化生产缺乏经济性、降解不可控等问题仍然很突出未来后要想有所超越，就要关注材料向高性能化、功能向智能化方向发展。并全方位改善其使用寿命期间的表现，经由多学科相互融合来更新换代材料体系，只有解决了从基础研究过渡到产业应用这些主要障碍，才能够做到环保材料对传统材料的切实替换，从而给可持续发展提供稳固的保障。

参考文献：

- [1] 蒲双双 . 基于数字化实验的绿色化学材料性能表征与应用研究 [J]. 现代盐化工 ,2025,52(03):65–67.
- [2] 尹合林 , 王磊 . 绿色化学材料在生态环保中的应用探索 [J]. 中原文化与旅游 ,2025,(04):101–103.
- [3] 黄雅芳 , 孙慧囡 , 王平 . 绿色化学在有机化学化工中的应用 [J]. 化纤与纺织技术 ,2025,54(08):63–65.
- [4] 王姣姣 . 绿色化学化工技术在现代化学工业中的应用 [J]. 现代盐化工 ,2025,52(03):28–29+55.
- [5] 黄波 , 宿高峰 . 绿色化学在玩具材料开发中的应用：从原料选择到产品设计 [J]. 应用化学 ,2025,42(07):1031–1032.
- [6] 殷群超 . 碳基纳米材料的电化学性能及其在电容去离子中的应用 [D]. 青岛科技大学 ,2023.
- [7] 同黎娜 . 这种绿色材料“飞进百姓家” [N]. 中国纺织报 ,2023-12-13(002).
- [8] 路小彬 , 陈鸿媛 . 绿色材料发展现状及研究进展 [J]. 山东化工 ,2022,51(03):61–62+65.1.
- [9] 陈振邦 , 王芸硕 . 绿色化学化工基本问题的发展与研究 [J]. 化工设计通讯 ,2016,42(01):147–148.
- [10] 程运平 , 王安 , 陈美成 . 浅谈生物质材料的发展趋势 [J]. 河南建材 ,2017,(06):21–22.

作者简介：彭丽娅，1984 年 10 月，女，苗族，贵州省六盘水市盘州市，本科，助理工程师，发电厂化学化验专业