

绿色建筑材料在土木工程中的应用及发展探析

张春雷

甘肃陆展建设有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21098

[摘要] 本文从分类特性、典型应用和发展的驱动三个方面对绿色建筑材料在土木工程中的实践途径和演变过程进行系统的分析。天然可再生材料和工业废弃物再生材料在结构构件、围护装饰体系上形成了不同的替代方案,政策标准、技术创新、全生命周期评价、市场接受共同成为其规模化发展的主要机制。经研究得知,绿色建筑材料由原来的个别试点向整体集成发展,是土木工程低碳转型的重要支撑。

[关键词] 绿色建筑材料; 土木工程; 应用策略; 可持续发展

中图分类号: F407.9 **文献标识码:** A

Analysis on the Application and Development of Green Building Materials in Civil Engineering

Chunlei Zhang

Gansu Luzhan Construction Co., Ltd.

[Abstract] This article systematically analyzes the practical approach and evolution process of green building materials in civil engineering from three aspects: classification characteristics, typical applications and development drivers. Natural renewable materials and industrial waste recycled materials have formed different alternatives in terms of structural components and enclosure decoration systems. Policy standards, technological innovation, full life cycle assessment, and market acceptance have jointly become the main mechanisms for their large-scale development. According to research, it is known that green building materials have developed from individual pilot projects to overall integration, which is an important support for the low-carbon transformation of civil engineering.

[Key words] green building materials; civil engineering; application strategy; sustainable development

传统的建筑材料生产、使用过程中消耗大量的资源,并且产生很大的碳排放,促使绿色建筑材料在土木工程领域得到广泛应用已经成为行业转型的重要途径。绿色建筑材料具有节能、环保、可循环等特点,分为天然可再生材料、工业废弃物再生材料和高性能环保复合材料等三大类。本文对绿色建筑材料基本特性进行梳理,分析其在结构构件、围护体系等土木工程中常见的应用方式,从政策驱动、技术创新、市场接受度等角度来预测绿色建筑材料的发展前景,为工程实践和产业升级提供一定的参考。

1 绿色建筑材料分类与特性

绿色建筑材料不是单一的种类,而是各种来源、加工方法的材料集合。按照原料的来源和环境影响程度可以分为天然可再生材料和工业废弃物再生材料两大类。两类材料在应用特性、性能优势方面各有不同,一起形成了绿色建材的基础。

1.1 天然可再生材料应用特性

天然可再生材料是来源于自然界、生长或者更新周期较短

的生物质材料,典型的有竹材、木材、秸秆、麻类纤维等。该类材料在土木工程中主要的应用特点有三个。

第一,资源可再生性和低碳排放。竹木材料的生产加工能耗比钢材、水泥低得多。同等体积下,竹材的碳排放只有混凝土的十分之一。第二,力学性能好。竹材的抗拉强度接近钢材,密度只有钢材的六分之一,具有较好的比强度;经过重组加工的竹集成材、胶合木可以用于梁、柱等承重构件。第三,加工、施工方便。天然材料可以进行切割、钻孔、钉接等常规操作,不需要大型机械设备,适合于山地、偏远地区土木工程。另外天然材料还有调节室内温度和湿度、提高居住舒适度的附加功能。秸秆墙体有很好的保温隔热性能,能减少建筑的运行能耗。但是天然可再生材料也存在着耐久性差、易受虫蛀和火灾隐患等问题,需要通过防腐、阻燃等改性来解决。现代土木工程中天然材料大多用作非承重的围护结构、装饰面层和小型景观构筑物,随着复合技术的发展,它在低层装配式建筑中的应用前景越来越广阔。

1.2 工业废弃物再生材料性能优势

工业废弃物再生材料就是将粉煤灰、矿渣、钢渣、建筑垃圾、废弃轮胎等工业副产品或者废弃物,通过破碎、筛分、活化等工艺处理之后,再制成土木工程中使用的新型材料。该类材料的优势主要表现在资源节约、力学改善和环境相容性这三个方面。

工业废弃物再利用材料可以大幅度地削减天然原料的开采量。用粉煤灰混凝土代替水泥10%,就可以减少相应比例的石灰石消耗和碳排放。另外一些废弃物具有火山灰活性或者胶凝性质,加入之后可以改善材料的工作性能和长期强度。矿渣微粉和粉煤灰复配可以提高混凝土的抗渗性、抗硫酸盐侵蚀性以及后期强度。再生骨料(废弃混凝土破碎后得到的)可以用于路基基层、透水砖、非承重混凝土制品等,达到建筑垃圾资源化循环的目的。从环境相容性来讲,经过稳定化处理后的工业废渣不会释放出有害物质,一些材料,比如钢渣还有吸附重金属离子的功能。性能优势具体表现在再生沥青混合料用废旧轮胎橡胶粉改性可以提高路面的抗裂性和降噪性,再生塑料和木粉复合成木塑材料耐水耐腐蚀,适合户外地板和护栏。工业废弃物再生材料的性能受源头废弃物质量波动的影响较大,所以必须有严格的分级利用标准和质量控制体系。所以此类材料在土木工程中有着应用前景,既是对工业固废的一种处置手段,又是减少工程碳足迹的一种技术手段^[1]。

2 绿色建筑材料典型应用场景

绿色建筑材料已经从实验室研究走向了工程实践,在土木工程中它的应用涉及结构承重、围护装饰等各个方面。本节主要研究结构构件的绿色替代方案、围护装饰体系的环保优化两个典型场景。

2.1 结构构件绿色替代方案

结构构件是土木工程的受力骨架,传统的结构构件以钢筋混凝土和钢结构为主。绿色建筑材料在结构上不是简单的替换,而是用材料复合、截面优化、体系创新来达到受力性能和环保性的平衡。

目前比较成熟的方法有竹木复合结构、再生骨料混凝土结构和高性能纤维增强复合材料(FRP)结构。竹木复合结构是用竹条、木单板层积胶合而成的规格材或者正交胶合木,可以用于多层建筑的主梁、柱和楼板。我国的《木结构设计规范》已经包含胶合木结构的相关内容,在工程实践中江苏园博园、天津生态城等都使用了现代木结构,实现了低碳施工和快速装配。再生骨料混凝土结构存在强度变异大问题,现行规范一般要求再生骨料取代率不超过50%,采用降低水胶比、掺加纤维等方法提高可靠性。目前再生混凝土主要用作非关键受力构件,如基础垫层、道路基层和预制路缘石。FRP材料(碳纤维、玻璃纤维增强复合材料)轻质高强、耐腐蚀,可用来做桥梁拉索、混凝土加固和海上平台护栏,大大降低钢材用量和维护费用。另外,植物混凝土(麻混凝土)是一种超轻材料,虽然不能作为主要承重材料,但是可以用于填充墙和保温层,减小结构自重。未来结构构件绿色

替代的发展方向是多材料协同设计,在保证安全冗余度的前提下,按照受力梯度分层使用不同种类的绿色材料,达到材料效率与环境效益的最优组合^[2]。

2.2 围护装饰体系环保优化

围护结构(外墙、屋面、门窗)和装饰体系(内墙、地面、吊顶)对于建筑材料的需求量大、更换周期短,是绿色建材最有潜力的应用领域。环保优化的主要途径就是使用低毒低排放材料,提高可循环比例,延长使用寿命。

绿色墙体材料有蒸压加气混凝土砌块、轻集料空心砌块、复合秸秆板等。这些材料生产过程中能耗小,具有较好的保温隔热性能,可以降低建筑的采暖、制冷负荷。屋面系统可以采用绿色种植屋面技术,防水层上面设置排蓄水板、过滤层和轻质种植基质,蓄排水板多为再生塑料制成,既减少城市热岛效应,又延长屋面防水寿命。门窗体系采用铝木复合窗框、中空Low-E玻璃,木材为速生林或者废旧木料回收。环保涂料、水性漆、再生壁纸、竹木地板等已经广泛使用。重点优化方向为选择无甲醛或者低挥发性的胶粘剂和密封材料;优先使用废弃陶瓷、玻璃、贝壳等加工成的再生装饰板代替天然石材开采;推广装配式内装技术,把面层材料和基层板在工厂预先制作好,现场干法施工,削减湿作业引发的材料损耗和粉尘污染。围护装饰体系的环保优化还要考虑全生命周期的清洁和翻新方便性,使用可拆卸的卡扣式墙板,局部更换和回收再利用比较方便。经过以上措施之后,围护装饰体系不但提高了建筑的环境表现,而且改善了使用者的健康舒适度,是绿色建筑材料普及的重要突破口。

3 绿色建筑材料发展驱动因素

绿色建筑材料由研发走向大规模应用,要靠多种动力推动。政策标准给予制度保证,技术创新冲破性能束缚,全生命周期评价和市场接纳决定它的推广快慢和范围^[3]。

3.1 政策标准与技术创新协同

政策与标准属于引导绿色建筑材料发展所用的顶层工具,技术创新是实现材料升级的底层动力,二者互相推动,相辅相成。

在我国,已经出台了绿色建筑评价标准(GB/T50378)等有关文件,把绿色建材的应用比例作为星级绿色建筑的必选评价项目。多地对使用绿色建材的项目给予容积率奖励、税收减免或者财政补贴。另外,“双碳”目标之下,建材行业碳达峰行动方案提出要提高固废利用率、普及低碳技术。从标准方面来说,主管部门陆续发布绿色建材产品认证目录以及评价标准,包含砌体材料、保温材料、预拌混凝土、陶瓷砖等几十类产品,形成了分级认证体系(一星到三星)。标准化工作可以降低市场识别成本,给绿色建材提供质量背书。

技术创新就是政策目标得以实现的能力保证。近几年来关键的技术突破有:用二氧化碳养护混凝土技术,使预制构件吸收工业排放的CO₂并变成碳酸钙,成为负碳建材;用碱激发胶凝材料制备的地聚合物混凝土完全取代硅酸盐水泥,碳排放减少80%以上;用微生物诱导碳酸钙沉淀技术,原位修复裂缝,制备自愈合生物混凝土。另外,利用材料基因组方法、机器学习等手段大

大缩减了绿色建材研发的时间。政策标准和技术创新的协同机制就是政策提出需求(低碳、高固废等),技术给出解决办法,技术成果成熟之后,标准及时跟进,良性循环。目前急需解决高性能再生混凝土长期耐久性数据缺乏、部分绿色建材生产成本偏高等难题,依靠产学研联合攻关和示范工程推广,打通实验室到工程应用的最后环节。

3.2全生命周期评价及市场接受

全生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是从原材料开采、生产制造、运输施工、使用维护到最终废弃物处理的全过程环境影响评价方法。把LCA应用到绿色建筑材料评价体系当中,可以有效地避免出现只看单一指标好但是整体环境负荷高的误区。市场接受决定绿色建筑材料能否实现产业化、规模化。

就LCA应用而言,已经创建了建筑材料碳排放因子数据库,可以计算出不同建材的全球变暖潜值、酸化潜值等指标。普通实心粘土砖的LCA结果表明它的单位体积碳排放比蒸压加气混凝土砌块高得多,为后者替代提供量化的依据。新型绿色建材的LCA可以找出其环境影响最大的阶段(运输或者胶粘剂的加入等),进而给出工艺改良的方向。目前绿色建材认证正在逐渐加入LCA门槛值,即要求申报产品给出从摇篮到工地(或者从摇篮到坟墓)的环境声明。因此生产企业开始主动核算并削减碳足迹^[4]。

市场接受方面,绿色建筑材料所遇到的主要障碍有初次采购成本较高(高性能中空玻璃价格比普通玻璃高2~3倍)、工程人员缺乏认知、业主对新型材料的耐久性存在质疑等。突破途径有三个,一是规模化生产、工艺改进以降低成本,再生混凝土骨料分级加工技术已经使得价格接近天然骨料;二是建立展示工程和试点项目,使设计、施工、用户对绿色建材的性能和效益

有直观的感受;三是完善绿色金融支持,把绿色建材的应用同绿色信贷、绿色保险联系起来,减轻使用方的资金压力和风险顾虑。伴随着社会对环保意识的提高以及建筑碳交易制度的建立,市场对于绿色建筑材料的接受程度也越来越高。预计到2030年绿色建材在新建建筑中的使用比例将超过70%。

4 结语

绿色建筑材料在土木工程中应用越来越广泛,它的发展依靠的是材料科学、施工技术的不断革新,也需要政策标准、市场机制的共同促进。目前天然材料资源化、工业固废建材化以及全生命周期评价技术趋于成熟,但是成本控制、耐久性验证和工程认知还有待提高。未来要加大跨学科研究力度,健全绿色建材认证体系,促使设计、施工和运维环节形成绿色闭环,让绿色建筑材料成为土木工程低碳转型的主要依托,达成工程效益与生态环境的双赢。

[参考文献]

- [1]蒋永凯,郭伟,杜传业.新型绿色建筑材料的研发与力学性能研究[J].陶瓷,2026,(5):160-162.
- [2]郭建永,李佳.纸基建筑材料在绿色建筑中的环保性能与应用研究[J].华东纸业,2026,56(5):160-162.
- [3]于淑萍.新经济常态下绿色建筑材料在土木工程施工中的应用[J].防灾减灾工程学报,2026,46(2):488.
- [4]于曙光.新型绿色建筑材料在土木工程中的应用与发展趋势[C]//广西网络安全和信息化联合会.第七届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.[出版者不详],2025:202-203.

作者简介:

张春雷(1993--),男,汉族,甘肃平凉人,大学本科,中级工程师,研究方向:绿色建造与材料研究。