

智能建筑材料在土建工程中的应用前景

李发业

(青海金世纪工程项目管理有限公司, 青海 格尔木 816000)

摘要 智能建筑材料以其能够对环境变化做出反应的独特属性, 为提高建筑能效、减少维护成本以及提升居住舒适度提供了新的可能性。本文从智能建筑材料的定义和分类入手, 详细介绍了自修复材料、热响应和光响应材料以及能量转换材料的工作原理和应用案例。通过对这些材料在实际建筑项目中的应用现状、面临的挑战及解决方案进行分析, 展现了智能建筑材料在推动建筑行业向可持续发展转型中的潜力和价值。同时, 对未来发展方向进行了展望, 指出技术创新、成本降低、政策与市场驱动以及对可持续发展目标的贡献是推动智能建筑材料发展的关键因素。通过综合考虑这些因素, 智能建筑材料的研究与应用将为建筑行业的可持续发展提供重要支撑。

关键词 智能建筑材料; 自修复材料; 热响应材料; 光响应材料

中图分类号: TU5

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0022-03

全球化和城市化进程的加速, 使建筑行业面临着前所未有的挑战和机遇。传统建筑材料虽然在历史上扮演了重要角色, 但在环境适应性、能效、耐久性等方面的局限性逐渐凸显。例如, 传统混凝土和钢材在遭遇极端天气和长期磨损后, 往往需要频繁的维修和更换, 这不仅增加了维护成本, 也对环境造成了额外负担。此外, 随着能源成本的上升和环保要求的提高, 对建筑材料的能效和环境影响提出了更高的要求。在这样的背景下, 智能建筑材料应运而生, 被视为解决这些问题的关键技术之一。

1 智能建筑材料的概述

智能建筑材料是指那些能够感知环境变化并相应地调整自身性能的材料。它们通过嵌入的传感器、微处理器和执行机构等智能系统, 可以对温度、湿度、压力等环境因素做出反应, 从而实现自适应调节、自我修复等功能。这类材料的开发和应用, 标志着建筑材料科学进入了一个新的阶段, 即从被动承受环境影响向主动适应和调控环境的转变。

研究智能建筑材料在土建工程中的应用, 具有深远的意义。首先, 它有助于提高建筑的能效和舒适度, 通过智能调控, 建筑不仅能够减少能源消耗, 还可以根据室内外环境的变化, 自动调整内部条件, 为居住和工作提供最优环境。其次, 智能建筑材料能显著提高建筑的耐久性和安全性。通过自我修复功能, 这些材料能够延长建筑寿命, 减少维护需求, 降低长期运营成本。此外, 智能材料还能增强建筑对环境变化的

适应能力, 特别是在应对气候变化和自然灾害方面, 减少灾害对建筑和居民的影响。最后, 智能建筑材料的研究与应用, 也是推动建筑行业向可持续发展转型的关键途径, 它们的使用有助于减少建筑对自然资源的依赖和对环境的负面影响, 符合全球可持续发展的目标。

2 智能建筑材料的分类与功能

2.1 自修复材料

自修复材料是一类具有自我修补能力的智能材料, 它们能够在检测到裂纹或损伤时自动启动修复过程, 无需外部干预。这种材料的开发灵感多来源于自然界, 如人体皮肤的自我愈合能力, 它们通过模拟自然界的这一机制, 实现了建筑材料的自我修复功能。自修复材料的工作原理主要有两种: 内在自修复和外在自修复。

1. 内在自修复: 这种机制通常涉及材料内部预埋的微胶囊或微管道, 其中填充有可以修复裂缝的化学物质。当材料出现裂缝时, 这些微胶囊会破裂, 释放出修复剂, 与材料中的催化剂反应, 从而实现裂缝的自动修补。

2. 外在自修复: 这种机制需要外部刺激(如光照、温度变化等)来激活修复过程。例如, 一些特定的外加剂可以通过光照或加热被激活, 进而触发材料中的化学反应, 实现损伤的修复。

自修复混凝土是一个典型的应用实例。在这种混凝土中, 研究人员通过添加微胶囊或者微生物, 使其在出现微裂纹时能自动修复。微胶囊在裂缝处破裂,

释放修复剂填补裂缝；而微生物则通过代谢过程产生钙质物质，从而愈合裂缝。这种自修复混凝土已经在桥梁、道路和建筑物的建设中得到了应用，显示出显著的延长使用寿命和减少维护需求的潜力。

自修复材料在延长建筑寿命、减少维护成本方面的贡献不容小觑。首先，它们通过自我修补机制，能够有效防止裂缝和损伤的扩散，延长建筑结构的使用寿命。其次，这种材料减少了对人工检查和维修的依赖，从而大幅降低了维护成本和时间。此外，自修复材料还有助于提高建筑安全性，减少因结构损伤引起的事风险^[1]。

随着材料科学和工程技术的不断进步，自修复材料的性能和应用范围将进一步扩大，为建筑行业提供更多创新解决方案，促进其朝着更加可持续和智能的方向发展。

2.2 热响应和光响应材料

热响应和光响应材料代表了一类智能建筑材料的重要发展方向，这些材料能够感知环境中的温度变化和光照强度，进而自动调节其性能，以适应不同的环境条件。通过这种智能调节机制^[2]，热响应和光响应材料在提升建筑节能效率和居住舒适度方面展现出巨大潜力。

1. 工作原理。(1) 热响应材料：这类材料能够在特定温度下改变其物理或化学性质，如形状、颜色、透光性等。一种常见的应用是相变材料 (PCM)，它们在吸收或释放热量时能够改变物态，从而在建筑内部创造更为稳定的温度环境。(2) 光响应材料：光响应材料能够根据光照强度调整其颜色、透光性或反射性。例如，光致变色材料可以在强光照下变暗，减少光照强度，而在阴暗环境下恢复透明度，以最大化自然光的利用。

2. 应用实例。(1) 热响应窗户：这类窗户可以根据外部温度变化自动调整透光率和反射率，夏季反射太阳光，减少室内温度上升；冬季则增加透光率，利用太阳能进行取暖。(2) 光致变色玻璃：用于建筑的窗户，能够根据光照强度调整透光性，有效控制室内光照和温度，减少对空调和照明的依赖。

3. 节能减排与居住舒适度。热响应和光响应材料在节能减排和提升居住舒适度方面具有显著效果。通过自动调节建筑的热学和光学性能，这些材料能够大幅降低建筑的能耗，减少对传统供暖、制冷和照明系

统的依赖^[3]，从而直接降低能源消耗和碳排放。同时，它们通过创造更加稳定和舒适的室内环境，提高了居住和工作的舒适度，尤其是在面对极端天气条件时，能够有效保护居住者免受外界环境的不利影响。

此外，热响应和光响应材料的应用还能够提高建筑的美观性和实用性，通过智能调节光照和温度，创造动态变化的建筑外观，同时满足室内外环境的需求，展现出一种全新的建筑美学和功能性的结合。

随着研究的深入和技术的发展，热响应和光响应材料的性能和应用范围将进一步扩大，为建筑设计和施工提供更多创新的解决方案。这些材料不仅能够提高建筑的能源效率和居住舒适度，还能够响应全球节能减排的呼声，为实现更加可持续的建筑环境做出贡献。

2.3 能量转换材料

能量转换材料在智能建筑领域占据了一席之地，它们通过将自然能源，如太阳能、风能或热能，转换为电能或热能，为建筑提供可持续的能源供应。这类材料的开发和应用是应对能源危机和环境变化挑战的关键技术之一，对于推动建筑行业实现能源自给自足和减少碳足迹具有重要意义。

1. 转换机制。(1) 太阳能转换材料：这类材料能够吸收太阳光，并将其转换为电能或热能。最常见的例子是光伏 (PV) 面板，它们利用半导体材料在光照下产生电压和电流，从而生成电能。另一种是太阳能热水器中使用的吸热材料，它们能够吸收太阳光并转化为热能，用于加热水^[4]。(2) 风能转换材料：虽然风力发电主要依赖于风力发电机的机械转换，但新型风能转换材料，如基于压电效应的材料，能够将风力直接转换为电能。这些材料可以在建筑表面或结构中集成，捕捉微风并产生电力。(3) 热能转换材料：包括热电材料，它们能够利用温差直接产生电能。这种材料可以用于捕获建筑内外的温差，如室内外温差、工业排放热等，将其转换为电能，用于建筑内部的电力需求。

2. 应用潜力。能量转换材料在实现建筑能源自给自足方面展现出巨大潜力。首先，这些材料可以大幅减少建筑对外部能源供应的依赖^[5]，尤其是在偏远地区或能源基础设施不足的地区，能够提供一种可靠的能源解决方案。其次，通过利用可再生能源，能量转换材料有助于减少化石燃料的消耗和温室气体的排放，对抗气候变化。此外，将能量转换材料与智能建筑技

术相结合,可以实现更加高效和智能的能源管理。例如,通过智能控制系统,可以根据建筑的实际能源需求和外部环境条件,调节能源的收集、存储和使用,优化能源利用效率。

3. 技术挑战与发展趋势。尽管能量转换材料的应用前景广阔,但在实际应用中仍面临诸多挑战,如提高能量转换效率、降低成本、增强材料的稳定性和耐久性等。未来的研究将聚焦于开发新型高效能量转换材料,以及优化能量收集、存储和管理系统。随着新材料的不断开发和技术的进步,能量转换材料有望在建筑行业中得到更广泛的应用,不仅为建筑提供清洁、可持续的能源解决方案,还能够推动整个社会向更加绿色和可持续的未来发展^[6]。为了实现这一目标,跨学科的合作变得尤为重要,包括材料科学、建筑设计、能源工程和信息技术等领域的专家需要共同努力,以解决技术和应用中的挑战。

3 智能建筑材料应用中面临的挑战与限制

在智能建筑材料的应用和发展过程中,尽管其潜力巨大,但仍面临一系列挑战与限制。成本与技术成熟度是首要问题,智能建筑材料往往需要较高的初始投资,这不仅包括材料本身的成本,还有安装和集成到建筑系统中的相关费用。此外,部分智能建筑材料尚处于开发早期阶段,技术成熟度不足,这限制了它们的广泛应用。例如,某些自修复材料在实验室条件下表现出色,但在实际建筑应用中可能因环境复杂性而效果大打折扣。

1. 维护与替换是一大难题。智能材料需要特殊的维护程序,而这些程序对于维护人员来说是全新的,需要额外的培训和设备。一旦这些材料出现损坏或技术故障,替换成本可能远远超过传统材料。此外,智能建筑材料的长期耐久性和可靠性仍需进一步验证,频繁更换不仅增加成本,也会对建筑的正常使用造成影响。

2. 环境与健康考量同样不容忽视。智能建筑材料的生产、使用和处置过程可能对环境产生负面影响,例如某些材料可能含有有害物质,对人体健康构成潜在威胁。因此,开发环保型智能建筑材料,以及确保这些材料在整个生命周期中对环境和人体健康影响最小化,成为研发过程中的重要方向。

要克服这些挑战,需要跨学科的合作、持续的研发投入和政策支持。通过改进材料设计、优化生产工艺,

可以降低智能建筑材料的成本并提高其技术成熟度。同时,开发更高效的维护和替换策略,提高材料的耐用性和可靠性,以减少长期维护成本。此外,加强环境和健康影响评估,推动绿色可持续材料的研发和应用,将有助于最大限度地减少智能建筑材料对环境和人体的潜在负面影响。通过这些努力,可以推动智能建筑材料的健康发展,实现其在建筑行业中的广泛应用。

4 未来发展方向与展望

未来发展方向与展望中,智能建筑材料的广泛应用和进一步发展受到多方面因素的影响。技术创新与成本降低是推动这些材料更广泛应用的关键。随着新材料的研发、生产技术的改进以及规模化生产的实现,预期智能建筑材料的成本将大幅下降。技术创新,如改进材料的自修复能力、能量转换效率和环境适应性,不仅可以扩大其应用范围,还可以通过提高材料的性能来降低整体的使用成本。此外,数字化和信息技术的融合,例如物联网(IoT)技术的集成,将进一步增强智能建筑材料的功能,使其能够更有效地与建筑自动化系统集成,实现能源和环境管理的优化。

政策和市场需求也是推动智能建筑材料发展的关键动力。智能建筑材料在帮助实现建筑行业的可持续发展目标方面扮演着至关重要的角色。

综上所述,智能建筑材料的未来发展将是多方面驱动的,涉及技术创新、成本管理、政策支持和市场需求等多个维度。通过这些相互作用和支持,智能建筑材料将在实现建筑行业可持续发展中发挥越来越重要的作用。

参考文献:

- [1] 沈武. 智能建筑材料与新型建筑结构创新在工程建筑中的应用分析[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(20):83-85.
- [2] 王巧东. 基于新型节能建筑材料在建筑工程施工中应用[J]. 财富时代, 2022(04):163-165.
- [3] 吴珂. 论碳纤维复合材料在智能建筑结构中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021(11):107-108.
- [4] 聂崇军. 生态节能材料及智能建筑材料探微[J]. 科技资讯, 2023,16(20):69-70.
- [5] 杨文玲. 生态节能材料及智能建筑材料探析[J]. 建材与装饰, 2022(11):56-57.
- [6] 同 [3].