

煤气化渣在建筑材料中的利用路径及意义探究

柳玉 贺妮 姬文明

陕西北元化工集团股份有限公司，陕西神木，719300；

摘要：本论文着重探究煤气化渣在建筑材料领域的应用，系统剖析其基础特性，梳理在建材领域的主要应用方向，像作为水泥混合材、混凝土掺合料以及用于制备新型墙体材料等。深入探究煤气化渣应用于建筑材料所带来的经济价值、环境效益和社会意义，旨在为煤气化渣的资源化高效利用提供理论支撑和实践指引，推动建筑材料行业朝着绿色可持续方向发展，为实现“双碳”目标贡献力量。

关键词：煤气化渣；建筑材料；利用路径；意义探究

DOI：10.69979/3029-2727.25.07.023

1 煤气化渣的基本特性

1.1 化学成分

煤气化渣的核心化学组成包括二氧化硅、氧化铝、氧化铁、氧化钙和氧化镁，其中二氧化硅与氧化铝含量较高，两者总占比通常在 50% 至 70% 之间。基于这些成分，煤气化渣具有潜在的火山灰活性，能够在水泥水化过程中参与反应，这为其在建筑材料领域的应用提供了化学依据。需要注意的是，煤气化渣的具体化学成分并非一成不变，受煤气化工艺类型和原料煤种的影响，其成分会有所不同。以德士古气化炉和 Shell 气化炉为例，它们所产出的煤气化渣中氧化钙含量就存在差异。而这些成分含量的细微变化，会对煤气化渣用于建筑材料时的性能产生直接影响，进而关系到其在实际工程应用中的效果^[1]。

1.2 物理性质

在建筑材料领域应用煤气化渣时，物理特性是核心考量要点。该材料颗粒尺寸跨度较大，小颗粒仅有几微米，大颗粒可达几百微米，且颗粒形状毫无规则，表面遍布凹凸不平的结构和众多孔隙。这些孔隙使得煤气化渣具备 $300 - 600 \text{m}^2/\text{kg}$ 的较大比表面积，当与水泥等胶凝材料混合时，能充分接触，显著强化界面过渡区的性能，让材料整体的结合效果得到提升。不过，其多孔构造也存在不足。因为孔隙丰富，煤气化渣吸水性较强，要是在混凝土中添加量过多，就会对材料的施工操作性能产生干扰，还会影响后期强度的增长。此外，它的密度在 $2.0 - 2.5 \text{g/cm}^3$ 之间，堆积密度约为 $0.8 - 1.2 \text{g/cm}^3$ 。所以在设计建筑材料配合比时，必须对这些物理参数进行仔细考量，通过合理把控煤气化渣的用量，才

能充分发挥其优势，确保建筑材料的质量。

1.3 矿物组成

煤气化渣的矿物结构十分复杂，包含莫来石、石英、钙长石等结晶相，以及占比 50% 到 80% 的玻璃相。玻璃相作为其中的重要成分，让煤气化渣拥有了特殊的化学性质。当它与碱性激发剂或者水泥水化产物接触后，玻璃相内部的化学键会断裂解聚，随后重新聚合，生成具有胶凝性能的水化物质。这些水化物质在建筑材料中相互交织，能显著提升材料的强度和耐久性。煤气化渣的矿物组成并非固定不变，会受气化温度和冷却方式的影响。高温气化时，物质快速熔融，经快速冷却后，原子无法规则排列，大量形成无序结构的玻璃相，使其活性增强；低温气化时，物质反应不充分，缓慢冷却会促使原子有序排列，生成更多结晶相，导致煤气化渣活性降低^[2]。

2 煤气化渣在建筑材料中的利用路径

2.1 制备水泥混合材

在水泥生产过程中，混合材的合理选用至关重要，既能改善水泥品质，又能降低成本、保护环境。煤气化渣作为工业生产的副产品，因其具备潜在的火山灰活性，成为水泥混合材的优质选择。将煤气化渣投入水泥生产，首先要进行精细研磨，把它的比表面积控制在 $350 - 450 \text{m}^2/\text{kg}$ 。这就好比把食材切得细碎，方便后续烹饪时更好入味。接着，按照 $10\% - 30\%$ 的比例，将处理好的煤气化渣与水泥熟料、石膏等原料一起粉磨，制成复合水泥。

这种复合水泥与普通硅酸盐水泥相比，性能特点鲜

明。刚制成时，它的强度增长速度较慢，不过随着时间推移，强度会大幅提升，28天强度甚至能超过普通水泥的标准。这就像树木生长，初期生长缓慢，后期却能快速成材。水泥水化产生的氢氧化钙，会与煤气化渣中的活性成分发生火山灰反应，生成凝胶物质，填充水泥石孔隙，让水泥结构更密实，强度更高。此外，煤气化渣还能增强水泥的抗侵蚀能力，在复杂工程中发挥重要作用，为各类建筑提供可靠保障。

2.2 作为混凝土掺合料

在建筑工程领域，混凝土的使用极为广泛，而煤气化渣这一工业废弃物正逐步成为混凝土的重要组成部分。将煤气化渣掺入混凝土，不仅能减少水泥用量、降低生产成本，还能显著提升混凝土性能，实现工业废渣的资源化利用。在混凝土配合比设计时，煤气化渣的掺量一般控制在10%至40%之间，主要通过内掺法和外掺法进行添加。内掺法是直接用煤气化渣替代部分水泥，外掺法则是在水泥用量不变的基础上额外加入。从工作性能上看，适量掺入煤气化渣的混凝土优势明显。因其多孔结构如同“小海绵”，能够有效锁住水分，减少蒸发，使混凝土坍落度损失减小，和易性得到改善，更利于施工操作。在力学性能方面，虽然混凝土早期强度会随着煤气化渣掺量的增加而降低，但后期强度会快速增长，最终的长期强度完全能够满足工程建设要求。耐久性上，煤气化渣同样表现出色。它可以降低混凝土内部的碱含量，抑制碱骨料反应，并且在水化过程中参与火山灰反应，生成的凝胶物质能够填充混凝土内部孔隙，增强抗渗性和抗氯离子渗透能力，大幅延长混凝土结构的使用寿命^[3]。

2.3 生产新型墙体材料

在建筑行业探索创新转型的进程中，煤气化渣作为新型墙体材料原料崭露头角，其中蒸压加气混凝土砌块与免烧砖极具代表性。蒸压加气混凝土砌块的生产需将煤气化渣与石灰、水泥、铝粉等按精确比例调配，混合浇注后，铝粉发生化学反应释放气体，促使混合物膨胀发泡，随后经过静停、切割处理，最终在高温高压蒸压养护下成型。煤气化渣所含的硅质和铝质成分参与水化反应，生成托勃莫来石晶体，让砌块兼具高强度与良好的保温隔热性能。免烧砖则以煤气化渣为主料，搭配水泥、骨料和添加剂，经搅拌均匀后压制成型，再通过养护提升性能。这种生产方式可依据工程对墙体材料强度

的不同要求，灵活调整原料配比与工艺参数。凭借生产流程简便、能耗低的特点，免烧砖不仅有效控制成本，还能大量消纳煤气化渣，解决固废堆积难题，实现资源循环利用与环境保护协同发展，为建筑材料行业绿色转型提供新思路。

2.4 其他应用

煤气化渣作为工业固废，在道路工程与建筑陶瓷领域展现出独特的应用价值。在道路建设中，将其与石灰、粉煤灰等材料合理配比，再结合适当的压实工艺，就能制备出性能优良的基层材料。这种材料不仅力学性能出色，还具备良好的水稳定性，用于铺设道路基层后，能显著提升道路承载能力，减缓路面损坏速度，有效延长道路使用寿命。更值得关注的是，相比传统材料，使用煤气化渣基层材料能大幅降低建设成本，实现了固废的资源化利用，兼顾经济与环保效益。在建筑陶瓷生产中，煤气化渣同样发挥着关键作用。在陶瓷坯体制作过程中按比例添加煤气化渣，可调节坯体化学成分，改善其物理性能。一方面，它能降低陶瓷烧成温度，减少能源消耗，从而降低生产成本；另一方面，可使陶瓷表面更光洁，色泽更均匀，硬度和耐磨性也得到明显增强。煤气化渣的应用，为建筑陶瓷行业提供了新的发展方向，既推动了资源循环利用，又促进了产品质量提升，助力行业朝着绿色高效的方向转型，对两大领域的可持续发展影响深远^[4]。

3 煤气化渣在建筑材料中应用的意义

3.1 经济意义

在建筑材料生产领域，煤气化渣的应用潜藏着显著的经济价值。传统建筑材料依赖石灰石、黏土等天然原料，开采不仅需要投入高额的人力与物资成本，还因资源日益稀缺导致价格持续上涨。与之形成鲜明对比的是，煤气化渣作为工业生产的固体废弃物，获取成本低廉，为建筑材料生产提供了经济的替代方案。例如在水泥制造中，掺入煤气化渣替代部分水泥熟料，可使生产成本降低5%~15%，切实减轻企业成本压力。

从企业运营角度看，煤气化渣的堆存和处理一直是企业沉重的负担。为达到环保标准，企业需投入大量资金建设堆存场地，并持续开展场地维护和废渣处理工作。将煤气化渣应用于建筑材料生产，不仅能有效减少这部分开支，还能化废为宝。随着建筑材料行业对煤气化渣需求的增加，还将带动原料运输、加工设备制造等上下

游产业的发展，创造大量就业机会，推动地区经济发展，实现资源高效利用与经济效益的双重提升。

3.2 环境意义

煤气化渣在建筑材料领域的应用，为环境保护开辟了一条可持续发展的新路径。过去，大量堆积的煤气化渣不仅占用宝贵的土地资源，还如同隐藏的“环境炸弹”，存在着严重的污染风险。每逢降雨，废渣中的有害物质便会随着雨水渗透，污染土壤和水体，破坏生态平衡；遇到大风天气，扬尘又会加剧空气污染，给周边环境带来诸多负面影响。而将煤气化渣用于建筑材料，能将这些废渣合理利用，显著减少堆积量，释放被占用的土地，彻底消除潜在的污染威胁。

在原料供应层面，煤气化渣替代部分传统原料，有效减轻了对自然资源的依赖。以水泥生产为例，过去大规模开采石灰石，导致山体植被受损，引发水土流失等一系列生态问题。如今，煤气化渣作为替代原料投入使用，大大降低了对天然原料的开发力度，从根源上减少了对生态环境的破坏。

在节能减排方面，煤气化渣的应用更是成效显著。水泥生产过程中，二氧化碳排放量巨大，每生产 1 吨水泥熟料就会产生约 1 吨二氧化碳，是温室气体的重要来源。而将煤气化渣掺入水泥生产，能够减少水泥熟料的使用量，从而大幅降低二氧化碳排放，这对实现“双碳”目标、缓解温室效应意义重大，是推动建筑材料行业绿色转型的关键举措^[5]。

3.3 社会意义

煤气化渣用于建筑材料，在资源、产业和社会等多个维度都有着不可忽视的重要价值。资源利用方面，其将工业生产中占用土地、污染环境的煤气化渣，变废为宝成为建筑材料原料，既拓展了资源来源，又满足建筑行业用料需求，契合循环经济理念。在产业革新上，这一应用给建筑材料行业带来发展契机，企业为实现煤气化渣在生产中的运用，需对工艺设备改造升级，积极开展新产品研发。这不仅能推动行业向绿色可持续方向转型，还能凭借技术进步增强产品竞争力，实现产业链的优化。在社会层面，煤气化渣应用带动新产业环节兴起，催生出原料处理、产品生产等多样就业岗位。这些岗位增加了居民收入，缓解就业压力，改善民生，为社会稳定发展筑牢经济根基，实现多方共赢。

4 结论与展望

4.1 结论

煤气化渣凭借自身独特的化学成分、物理特性和矿物构成，在建筑材料领域展现出应用潜力。将其加工成水泥混合材料、混凝土掺合料或者新型墙体材料等，不仅能够优化建筑材料的性能，还能实现资源化利用。从经济角度而言，这种应用方式可降低材料成本，带来额外收益；在环境方面，能减少固废堆放占地，降低环境污染，助力生态保护；在社会层面，可推动建筑材料行业向绿色低碳方向转型，契合“双碳”目标要求。该利用方式对行业可持续发展意义重大，既实现了工业固废的高效利用，又为建筑材料领域的绿色革新提供了新路径，在经济、环境和社会三方面均具有显著价值。

4.2 展望

当下，煤气化渣在建筑材料领域的应用已取得一定进展，可仍有不少难题有待解决。从应用技术层面看，由于不同种类的煤气化渣性质存在差异，对建筑材料性能的影响也各不相同。只有深入分析其特性差别，精准掌握影响规律，才能优化预处理流程，科学调整掺混比例，让煤气化渣的性能得到充分利用。产品质量保障也至关重要，当下急需构建完善的质量规范和检测体系，这样才能确保煤气化渣基建材的品质稳定可靠。在产业推广方面，政府需要加强政策扶持，给予企业更多的引导和鼓励，吸引更多市场主体参与进来，推动产业朝着规模化方向发展。随着科研探索的不断深入和技术的持续创新，煤气化渣在建筑材料领域的应用前景将会更加广阔，在资源循环利用和绿色发展进程中发挥出更大的作用。

参考文献

- [1] 许云龙, 周长俊, 刘晓敏, 等. 路用煤气化渣混凝土的制备与微观结构[J]. 煤炭学报, 2024, 49: 424-433.
- [2] 古黎明. 煤气化渣在建筑材料中的利用分析[J]. 化工安全与环境, 2025, 38(1): 89-90.
- [3] 傅文煜, 孙文强, 王连勇. 煤气化渣资源化利用技术研究进展[J]. 环境工程, 2023, 41(12): 319-328.
- [4] 李颖, 李辉, 吴峰, 等. 高掺量煤气化渣制备免蒸压加气混凝土[J]. 洁净煤技术, 2024, 30(7): 154-161.
- [5] 乔会, 左岳, 屈洁, 等. 煤气化渣残碳的分离及应用研究进展[J]. 洁净煤技术, 2023, 29(S02): 109-117.