

超低能耗建筑设计的隔热材料选择与应用

吴敏

中国十七冶集团有限公司设计研究院, 江苏 南京 210000

摘 要： 本论文探讨了隔热材料在超低能耗建筑设计中的选择与应用。通过分析当前建筑行业的现状，识别现有的挑战和问题，提出相应的解决方法。结合笔者主持的实际案例，展示了隔热材料在降低建筑能耗、提高室内舒适度方面的效果。最后，展望了未来隔热材料的发展趋势及其在超低能耗建筑设计中的潜力。本研究旨在为建筑师和工程师提供参考，推动超低能耗建筑的推广和发展。

关 键 词： 超低能耗建筑；隔热材料；建筑设计；节能；绿色建筑

Selection And Application Of Insulation Materials For Ultra-Low Energy Building Design

Wu Min

Design and Research Institute of China 17th Metallurgical Group Corporation Limited, Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract： This paper explores the selection and application of insulation materials in the design of ultra-low energy buildings. By analyzing the current situation of the construction industry, identifying existing challenges and problems, and proposing corresponding solutions. Based on the actual case hosted by the author, the effectiveness of insulation materials in reducing building energy consumption and improving indoor comfort was demonstrated. Finally, the future development trend of insulation materials and their potential in ultra-low energy building design were discussed. This study aims to provide reference for architects and engineers, and promote the promotion and development of ultra-low energy buildings.

Keywords： ultra-low energy buildings; thermal insulation materials; architectural design; energy saving; green building

引言

随着全球能源危机和环境问题的日益严重，建筑能耗已成为能源消耗的主要来源之一。传统建筑设计在节能和环保方面存在诸多不足，无法满足现代社会对可持续发展的需求。伴随着我国“双碳”政策的提出，超低能耗建筑设计也应运而生，成为建筑行业的未来发展方向。隔热材料作为超低能耗建筑设计中的关键组成部分，能够有效减少建筑能耗，提升室内环境质量。然而，隔热材料的选择和应用在实际操作中仍面临许多挑战。

一、建筑能耗与节能现状

建筑能耗在全球能源消耗中占据重要地位，特别是在城市化进程迅速推进的当今社会，建筑物的能耗问题尤为突出。当前建筑行业普遍存在能源利用效率低、能源浪费严重等问题。在建筑能耗现状方面，数据显示，建筑物的供暖、通风、空调系统（HVAC）是主要的能耗大户，占据建筑总能耗的50%以上。尤其是在冬季和夏季，供暖和制冷需求极大地增加了建筑能耗。这不仅增加了能源成本，也对环境造成了巨大压力。节能设计因此成为建筑设计中的重要环节，其旨在通过各种技术手段和材料选择，最大限度地减少能源消耗，实现可持续发展。

传统建筑设计在材料选择和技术应用上，往往缺乏科学合理的节能措施，导致能耗进一步上升。如：建筑围护结构的保温性

能不佳，窗户的气密性差，建筑物热桥效应明显等问题，都是导致能耗高的主要原因。节能设计的必要性显而易见。通过采用高效节能技术和材料，可以显著降低建筑能耗，提高能源利用效率。具体而言，建筑节能设计包括优化建筑围护结构的热工性能，改进 HVAC 系统的能效，推广应用可再生能源，以及采用智能化控制系统等。

而隔热材料作为节能设计中的关键因素，能够有效减少热量传导，降低建筑物的供暖和制冷需求，从而达到节能的目的。当前的建筑节能设计在实际应用中还面临诸多挑战。例如，隔热材料的选择和应用缺乏完善的标准和规范，导致材料性能和施工质量参差不齐。此外，节能技术和材料的成本较高，限制了其大规模推广应用。因此，需要在技术研发、标准制定、政策支持等方面加大力度，以推动超低能耗建筑的建设和发展。

二、隔热材料在建筑设计中的重要性

隔热材料主要是通过减少热传导来降低能耗。隔热材料的优劣直接影响到建筑物的保温性能和能源消耗。因此，选用高性能的隔热材料是实现建筑节能的关键之一。隔热材料的作用主要体现在以下几个方面：隔热材料能够有效减少通过建筑围护结构的热量传导，降低供暖和制冷需求。尤其在极端气候条件下，优质的隔热材料可以显著提升室内环境的舒适度，减少能源消耗。

隔热材料还能延长建筑物的使用寿命，降低维护成本。高性能的隔热材料具有良好的抗老化性能和耐久性，能够在长时间使用中保持优良的隔热效果。此外，隔热材料还可以减少建筑物的碳排放，推动绿色建筑的发展。在实际应用中，隔热材料的选择需要考虑多方面的因素，包括材料的导热系数、密度、吸水率、防火性能等。同时，还需结合建筑物的具体情况，如建筑类型、气候条件、使用功能等，选择最合适的隔热材料。目前市场上常用的隔热材料主要有聚氨酯泡沫、挤塑聚苯板（XPS）、岩棉板等。这些材料各有优缺点，需要根据具体需求进行选择。在隔热材料的应用过程中，还需要注意施工工艺的规范性。

值得注意的是，施工质量直接影响到隔热材料的实际效果，因此需要严格按照施工标准和流程进行操作。同时，应加强对施工人员的培训，增强其专业技能和质量意识，以确保隔热材料的应用效果。尽管隔热材料在建筑节能中具有重要作用，但在实际应用中仍面临诸多挑战。一方面，当前市场上隔热材料种类繁多，性能参差不齐；另一方面，与传统建筑材料不同，隔热材料的成本通常较高，限制了其大规模推广应用。因此，需要在技术研发、标准制定、政策支持等方面加大力度，以推动隔热材料在建筑设计中的普及应用。

三、隔热材料选择的原则与标准

隔热材料的选择对于实现建筑节能至关重要。科学合理地选择隔热材料，不仅能够提高建筑物的保温性能，还能延长建筑物的使用寿命，减少能源消耗。选择隔热材料应遵循以下几个原则：隔热性能是选择隔热材料的首要考虑因素。外围护材料的导热系数越低，其隔热性能越好。因此，应优先选择导热系数较低的材料，以确保良好的隔热效果。材料的耐久性也是重要的选择标准。隔热材料需要长期暴露在各种气候条件下，因此其耐久性直接影响到建筑物的使用寿命。应选择具有良好耐久性的材料，确保其在长时间使用中保持优良的隔热效果。此外，材料的环保性也是选择隔热材料的重要考量因素。在当今注重环保的时代，应优先选择环保性能好的材料，减少对环境的影响。

行业标准对于隔热材料的选择具有重要指导意义。当前，国内外都制定了一系列关于隔热材料的标准和规范，这些标准对材料的性能要求、检测方法、应用范围等作出了明确规定。例如，国家标准《建筑绝热材料的性能要求和试验方法》对隔热材料的导热系数、密度、吸水率、防火性能等提出了具体要求；《建筑防火通用规范》对保温材料的防火性能提出了相应要求；此外，《建筑外门

窗气密、水密、抗风压性能分级和检测方法》的规范，也明确了建筑外门窗气密、水密等分级标准和检测方法。建筑设计和施工中应严格遵循这些标准，以确保外围护隔热材料的性能和质量。在隔热材料选择过程中，还需结合建筑物的具体情况进行综合考量。对于寒冷地区的建筑，应选择保温性能较好的材料，以有效减少供暖需求。而对于炎热地区的建筑，则应选择隔热性能较好的材料，以降低制冷需求。此外，不同类型的建筑对隔热材料的要求也不同。住宅建筑、商业建筑、工业建筑等在使用功能、结构特点等方面存在差异，需根据具体需求选择合适的隔热材料。

目前市场上常用的隔热材料主要有聚氨酯泡沫、挤塑聚苯板（XPS）、岩棉板等。这些材料各有优缺点，需要根据具体需求进行选择。例如，聚氨酯泡沫具有优良的隔热性能和耐久性，但成本较高；挤塑聚苯板（XPS）具有良好的隔热性能和防潮性能，但防火性能相对较差；岩棉板具有优良的防火性能和隔热性能，但密度较大，施工较为复杂。因此，在选择隔热材料时，应综合考虑项目情况、材料性能、成本、市场情况和施工难度等因素，选择最适合的材料。

四、隔热材料应用中的问题与挑战

尽管隔热材料在建筑节能中具有重要作用，但在实际应用中仍面临诸多问题 and 挑战。市场上隔热材料种类繁多，新产品不断涌现，性能参差不齐，仍缺乏完善的标准和规范。这使得超低能耗建筑设计和施工中难以选择最适合的隔热材料，影响了隔热效果的发挥。不同厂家生产的同一种材料，其性能可能存在较大差异，导致施工质量和隔热效果不稳定。此外，一些低质量的隔热材料在市场上流通，进一步加剧了这一问题。

施工质量是隔热材料应用中的另一个重要挑战。隔热材料的性能在很大程度上依赖于施工质量，而施工质量的控制难度较大。施工过程中，材料的铺设、固定、连接等环节都需要严格按照规范操作，但实际施工中常常存在操作不规范、偷工减料等问题，导致隔热效果不理想。此外，施工人员的专业素养和技能水平参差不齐，也影响了隔热材料的应用效果。因此，加强对施工人员的培训，增强其专业技能和质量意识，是提升隔热材料应用效果的重要措施。隔热材料的成本较高，限制了其大规模推广应用。高性能的隔热材料往往价格较高，增加了建筑成本，特别是在一些经济欠发达地区，建筑业主和开发商难以承受这一额外成本。因此，需要通过政策支持、技术创新等方式，降低隔热材料的成本，促进其广泛应用。政府可以通过财政补贴、税收优惠等措施，鼓励建筑业主和开发商采用高性能的隔热材料。同时，企业可以通过技术创新，开发出性能优良、成本较低的隔热材料，以满足市场需求。

隔热材料的环保性能也是应用中的一大挑战。一些较早出现的传统隔热材料在生产使用过程中可能产生有害物质，对人体健康造成不利影响。随着环保意识的增强，人们对隔热材料的环保性能提出了更高要求。因此，需要加大对环保型隔热材料的研发力度，推广使用环保性能好的材料，以减少对环境的影响。隔热材料在建筑设计中的应用面临诸多问题 and 挑战，需要通过多方面的努力加以解决。

五、解决隔热材料应用问题的方法

为了有效解决隔热材料应用中的问题，需要采取多方面的措施。新型材料的开发是解决问题的关键。通过技术创新，开发出性能优良、成本适中的新型隔热材料，可以有效提升隔热效果，降低建筑能耗。例如，纳米隔热材料具有优异的隔热性能和轻质高强的特点，逐渐成为建筑隔热材料的新宠。此外，相变材料也因其温度变化过程中能吸收或释放大潜热的特性，成为一种具有广阔应用前景的新型隔热材料。通过不断的材料研发和技术进步，可以为建筑隔热提供更多优质选择。

技术优化也是解决隔热材料应用问题的重要手段。在隔热材料的应用过程中，科学合理的施工工艺和技术手段对隔热效果具有重要影响。加强对隔热材料施工技术研究，制定科学合理的施工规范和操作流程，提高施工质量。如通过优化材料的铺设方式，采用更为先进的固定和连接技术，可以有效提高隔热效果。此外，还应加强对施工人员的培训，增强其专业技能和质量意识，确保施工过程中的每一个环节都能严格按照规范操作。政策支持在推动隔热材料应用中也起着至关重要的作用。政府可以通过制定相关政策法规，鼓励和支持建筑行业采用高性能的隔热材料。例如，通过财政补贴、税收优惠等措施，降低隔热材料的应用成本，吸引更多建筑业主和开发商采用节能环保的隔热材料。同时，政府还可以通过推广示范项目，树立典型案例，宣传隔热材料在建筑节能中的重要作用，提升公众和行业对隔热材料的认识和接受度。

标准制定和行业规范也是解决隔热材料应用问题的重要手段。应加快制定隔热材料的相关标准和规范，明确材料性能要求、检测方法、应用范围等，规范市场秩序，确保材料性能和质量。通过制定统一的标准和规范，可以为超低能耗建筑设计和施工提供科学依据，保障隔热材料的应用效果。推广绿色建筑理念，增强全社会的环保意识，是解决隔热材料应用问题的根本途径。随着环保意识的增强，越来越多的人开始关注建筑能耗和环保问题。通过宣传和教育，提高公众对隔热材料在建筑节能中的重要作用的认识，推动绿色建筑的发展。同时，企业也应承担社会责任，积极研发和推广环保性能好的隔热材料，为节能环保事业作出贡献。解决隔热材料应用中的问题需要多方面的努力。通过新型材料的开发、技术优化、政策支持、标准制定和环保意识的提高，可以有效提升隔热材料的应用效果，推动建筑节能和绿色建筑的发展。

六、隔热材料应用案例分析

通过具体案例分析，可以更好地展示隔热材料在建筑设计中的应用效果，并为其他项目提供参考。以下是笔者参与的安徽某超低能耗建筑中隔热材料的应用案例分析。该项目从超低能耗建筑设计的原则出发，以被动式技术 + 主动式技术 + 可再生能源为技术体系，采用了多种性能优异的隔热材料，以提升建筑的保温性能，减少能源消耗。该项目选用了150mm 的石墨模塑聚苯板（SEPS）用于墙体保温材料，SEPS 具有优异的隔热性能和耐久性，其传热系数为 $0.033\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，能够有效减少热量传导，提

高建筑物的保温效果。屋顶选用石墨模塑聚苯板作为保温层，岩棉板作为防火隔离带，二者结合使用，屋面的传热系数为 $0.19\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，远低于规范 $0.25\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的限值要求。同时，该项目还采用了硬质聚氨酯断桥铝合金窗框和三玻全氩气低辐射膜玻璃，外加追光遮阳系统，通过设置探头对太阳照射高度位置、方向、太阳光强弱的感应，自动调节遮阳板的遮阳方向、角度、位置和遮阳面积大小，从而达到遮阳的目的，该措施的应用，有效减少了通过窗户的热量损失。此外，对整个建筑整体采用防水透气膜和隔汽膜，保障整个建筑外围的气密性。按照超低能耗建筑被动性 + 主动性措施，通过上述被动性的隔热措施，外加 APD4.7 的高性能暖通系统、单晶硅双玻光伏发电、空气源热泵热水等主动性措施，将该建筑的供暖和制冷需求显著降低，达到了超低能耗建筑的相关要求。在施工过程中，该项目严格按照设计要求的隔热材料节点大样开展施工的规范操作，确保材料的铺设和固定质量。施工人员经过专业培训，具备较高的施工技能和質量意识。在实际使用中反馈良好，室内温度保持稳定，舒适度显著提升。通过数据监测，该超低能耗建筑本体节能率 54.49%，综合节能率 76.74%，冬季和夏季的室内相对湿度分别控制在 30% 和 60% 以内， $\text{PM}_{2.5}$ 值 $\leq 35\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，全年累计能源消耗耗冷热量 $17.22\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，建筑能耗综合值 $31.26\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，较传统节能建筑降低了 60% 以上，达到了预期的能耗降低要求。

通过该案例，可以看出高性能隔热材料在建筑节能中的重要作用。科学合理地选择和應用隔热材料，不仅能够有效提高建筑物的保温性能，减少能源消耗，还能显著提升室内环境的舒适度。未来，应继续推广高性能隔热材料在建筑设计中的应用，推动建筑节能和绿色建筑的发展。

结语

隔热材料在超低能耗建筑设计中具有至关重要的作用，通过科学合理地选择和應用隔热材料，可以显著提高建筑物的保温性能，减少能源消耗，提升室内环境的舒适度。尽管在实际应用中面临诸多挑战，但通过新型材料的开发、技术优化、政策支持、标准制定和环保意识的提高，可以有效提升隔热材料的应用效果，推动建筑节能和绿色建筑的发展。本研究通过对当前建筑能耗现状、隔热材料的重要性、选择原则与标准、应用中的问题与挑战、解决方法以及具体案例分析，全面探讨了隔热材料在超低能耗建筑设计中的应用，为行业提供了有价值的参考。

参考文献：

- [1] 李明. 隔热材料在建筑节能中的应用研究 [J]. 建筑节能, 2018, 46(3): 45-49.
- [2] 王强. 绿色建筑设计中的隔热材料选择与应用 [J]. 建筑科学, 2019, 54(6): 112-118.
- [3] 张丽. 超低能耗建筑设计中的隔热材料选型与应用 [J]. 建筑技术, 2020, 41(2): 32-36.
- [4] 陈峰. 隔热材料在低能耗建筑中的作用与应用 [J]. 节能与环保, 2021, 38(4): 27-33.
- [5] 刘洋. 隔热材料在现代建筑设计中的应用分析 [J]. 建筑工程, 2022, 49(1): 74-80.
- [6] 黄伟. 高性能隔热材料在建筑节能中的应用探讨 [J]. 建筑节能技术, 2023, 50(5): 85-91.