

低能耗材料在建筑设计中的运用

杜承甫

中国建筑技术集团有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5044

[摘要] 建筑设计中常用的低能耗材料有保温隔热材料、节能环保型墙体材料、低能耗门窗材料以及节能型屋面与地面材料几类。应用原则主要有适配性、能效最大化、整体协同性和长效稳定性。在围护结构、空间隔断、采光通风系统及降噪隔音设计中,材料分别起保温、隔断、调光和吸声的作用。技术优化策略包括材料组合搭配、施工工艺节能、结构适配结合以及全生命周期能耗管控,通过协同工作和过程控制来全面提升节能效果。

[关键词] 低能耗材料; 建筑设计; 能耗管控

中图分类号: TU201.5 **文献标识码:** A

Application of Low-Energy-Consumption Materials in Building Design

Chengfu Du

China Construction Technology Group Co., Ltd.

[Abstract] Common low-energy-consumption materials used in building design include thermal insulation materials, energy-saving and environmentally friendly wall materials, low-energy window and door materials, and energy-efficient roofing and flooring materials. Their application principles mainly involve compatibility, maximization of energy efficiency, overall coordination, and long-term stability. In building envelope structures, spatial partitions, lighting and ventilation systems, and noise reduction design, these materials perform functions such as thermal insulation, partitioning, light regulation, and sound absorption. Technical optimization strategies include material combinations, energy-saving construction techniques, structural compatibility, and life-cycle energy consumption control. Through coordinated application and process management, the overall energy-saving performance can be significantly improved.

[Key words] Low-Energy-Consumption Materials; Building Design; Energy Consumption Control.

引言

在建筑设计中,合理应用低能耗材料是降低建筑运行能耗的关键手段。常用的低能耗材料有保温隔热材料、节能环保型墙体材料、低能耗门窗材料以及节能型屋面与地面材料,各自具备独特的热工性能。应用时要遵循适配性、能效最大化、整体协同性和长效稳定性这几条原则,并在围护结构、空间隔断、采光通风及降噪隔音等模块中有针对性地使用。借助材料组合、施工优化、结构适配及全生命周期管控等技术策略,可以全面提升材料的节能贡献。

1 建筑设计中常用低能耗材料分类及性能特点

1.1 保温隔热类低能耗材料

保温隔热类低能耗材料主要用于建筑外围护结构,用来减少室内外热量传递。它的核心性能是低导热系数和良好的热惰性,能够延缓热量穿透材料层。材料内部通常含有多孔或纤维状构造,借助静止空气层来提升阻热能力。这类材料在干燥状态下

性能稳定,但受潮后隔热效果会明显下降,所以需要配合防潮构造使用。部分材料还兼有一定的吸声功能,有助于改善建筑声环境。

1.2 节能环保型墙体材料

节能环保型墙体材料在满足结构安全要求的前提下,降低生产和使用过程中的能耗。它的性能特点是体积密度较低、热阻值较高,这样墙体不用显著增加厚度就能获得不错的保温能力。这类材料优先用天然矿物或工业废渣作为主要组分,减少高能耗原料的消耗。材料通常水蒸气渗透性较好,能帮助调节室内湿度环境。施工方式上多采用干法作业或预制装配工艺,降低现场湿作业能耗。

1.3 低能耗门窗材料

低能耗门窗材料重点关注框架与透光部分的协同节能性能。框架用断桥构造降低金属部分的热桥效应,室内外温差不容易通过窗框传导。透光部分用多层结构并在层间填充低导热气

体,明显提升整窗的保温和隔热能力。材料表面可以加选择性涂层,在允许可见光进入的同时反射远红外热辐射,减少夏季得热和冬季失热。这类材料的密封性能好,能控制空气渗透,降低缝隙造成的无组织热损失。低能耗门窗可以在自然采光与热工性能之间取得较好的平衡。

1.4 节能型屋面与地面材料

节能型屋面材料通过反射太阳辐射或增加屋面系统热阻来降低屋顶得热。浅色或高反射性面层能减少屋面外表面温度升高,延缓热量向室内传递。屋面构造中加入多孔或轻质填充层,可以提升整体热惰性,顶层空间的温度波动幅度会因此减小^[1]。节能型地面材料侧重阻断地下冷热源对室内地板的直接影响,通过设置防潮与保温复合构造,减少地面对室内热环境的干扰。这类材料还兼顾一定的承载能力和耐磨性,保证在长期使用中节能性能不会明显下降。

2 低能耗材料在建筑设计中的应用原则

2.1 适配性设计原则

适配性原则要求低能耗材料的选择跟建筑所处环境、使用功能及结构形式相匹配。不同朝向的建筑立面接收太阳辐射的强度不一样,材料的保温或隔热性能要根据具体朝向进行调配。高湿度区域要选耐湿性好的材料,避免环境因素导致性能退化。材料的物理力学特性应与主体结构协同工作,既不增加不必要的结构负担,又能发挥节能潜力。适配性原则讲的是避免过度使用高性能材料,防止因性能冗余造成资源浪费。

2.2 能效最大化原则

能效最大化原则讲的是在建筑全生命周期中让低能耗材料发挥出最优节能潜力。这个原则要求在设计阶段合理设定材料的热工性能,让材料在冬季减少热量散失的同时,在夏季也能有效阻隔外部热量进入。材料布置的位置和厚度要经过优化,避免局部热桥削弱整体节能效果。能效最大化还意味着优先选用单位厚度热阻值较高的材料,在有限结构空间内获得更好的热工性能。材料之间的界面处理直接影响能效表现,连续完整的构造层可以防止热流绕过低能耗材料层。

2.3 整体协同性原则

整体协同性原则讲的是低能耗材料在建筑各构造部位之间形成相互配合的节能体系。外墙、屋面、地面及门窗这些不同部位的材料不能孤立工作,而要通过构造设计实现热工性能的连贯性。节点部位比如墙角、檐口及门窗洞口周围要特别处理,确保不同材料的交接处不出现明显的节能薄弱环节^[2]。整体协同性还体现在材料性能的时间匹配上,比如保温层与蓄热层的配合能让室内温度在昼夜交替中保持平稳过渡。这个原则是从建筑整体热平衡角度来配置材料,让各构造层次相互补充。

2.4 长效稳定性原则

长效稳定性原则关注低能耗材料在长期使用过程中保持初始性能的能力。材料经历温度变化、湿度循环及荷载作用后,不能出现明显的导热系数上升或力学性能下降。这个原则要求选抗老化、抗收缩及抗变形能力良好的材料,避免因材料劣化导

致节能效果逐年衰减。构造设计要为材料提供必要的保护层,防止紫外线、冻融循环或生物侵蚀对材料造成不可逆损伤。长效稳定性还意味着材料在使用寿命内不用频繁更换或大规模维修,减少后期维护带来的额外能耗。

3 低能耗材料在建筑各模块设计中的具体运用

3.1 建筑围护结构设计中的材料运用

在建筑围护结构设计中,低能耗材料主要用于外墙、屋面及与室外空气接触的楼板等部位。外墙构造中用轻质多孔类材料或纤维类保温材料,布置在主体结构外侧或内侧,形成连续热阻层来阻止热量传导。屋面部位用高反射性能的面层材料配合隔热填充材料,降低太阳辐射吸收量,减少向室内的传热。地基与地面交接处做防潮保温复合构造,阻断土壤冷热传导对首层室内环境的影响。围护结构中不同材料之间的接缝用柔性密封类低能耗材料,减少空气渗透带来的热损失。门窗洞口周边通过低导热系数的框架材料及断热构造件,消除金属部件形成的热桥效应,让建筑外壳具备稳定的热工防护能力。

3.2 建筑空间隔断设计中的材料运用

建筑空间隔断设计中的低能耗材料主要服务于室内不同功能区之间的热环境与湿度环境隔离。分隔采暖空间与非采暖空间的隔墙用有一定热阻值的轻质材料,减少热量向非必要区域流失。卫生间及厨房等潮湿空间与其他房间之间的隔断,用兼具防潮性能和低导热特性的材料,防止湿气扩散的同时避免冷热传递。楼层间的水平隔断也就是楼板构造中,用吸声与保温复合型材料,降低上下楼层之间的热传导和撞击声传播^[3]。室内隔断材料还注意减少自身蓄热能力过强导致的温度惯性,让各房间可以根据使用需求独立调节环境参数,实现分区热管理。

3.3 建筑采光通风系统配套材料运用

建筑采光通风系统配套的低能耗材料关注透光部件与气流通道的节能性能。采光区域用有低辐射特性的透光材料,允许可见光进入的同时限制长波热辐射通过,减少夏季室外热量进入和冬季室内热量外泄。透光材料的层间结构用低导热气体填充,进一步提升保温隔热能力。通风系统的管道及风口部位用表面光滑且热阻较高的材料,降低空气流动过程中的摩擦阻力与热量交换。进排风通道靠近外墙的部分用防结露构造材料,避免冷热交汇处出现冷凝水。可开启扇的密封部位用耐老化弹性材料,确保关闭时气密性良好,在满足采光通风需求的同时控制热损失。

3.4 建筑降噪隔音设计中的材料运用

建筑降噪隔音设计中运用的低能耗材料兼具吸声与隔声两种性能特征。吸声类低能耗材料布置在室内墙面及顶棚,它的多孔或纤维状构造让声波进入材料内部后因摩擦转化为热能,减少反射声对室内声环境的影响。隔声类低能耗材料用在墙体、楼板及管道包覆,通过较高的面密度或多层复合构造阻挡声波在建筑构件中的传递。对外部噪声敏感的房间,围护结构中使用质量与弹簧效应复合型材料层,在较薄构造下获得理想的隔声量。设备机房及管道井内部衬贴吸声与隔热复合型材料,同时降低

设备运行产生的空气声和结构声。门窗密封系统用高弹性低能耗材料,减小缝隙处的声音泄漏。

4 建筑设计中低能耗材料应用的技术优化策略

4.1 材料组合搭配的优化设计

材料组合搭配的优化设计是通过不同低能耗材料的协同工作,弥补单一材料在性能上的局限。保温类材料与蓄热类材料配合使用,白天可以吸收多余热量,夜间缓慢释放,减少室内温度波动幅度。反射型隔热材料与多孔型保温材料叠加布置,能同时应对夏季强辐射与冬季低气温两种工况。不同密度的隔音材料组合成多层构造,可以在较薄的总厚度下获得更宽的频率范围隔声能力。防潮材料与保温材料联合设置,防止湿气在保温层内积聚导致热工性能下降^[4]。组合设计中还要注意各材料层之间的相容性,避免因物理或化学性质差异产生界面劣化。

4.2 材料施工工艺的节能优化

材料施工工艺的节能优化关注在施工过程中降低因工艺不当造成的材料性能损失。低能耗材料的安装要尽量减少接缝数量,接缝处用专用密封构造或搭接工艺,防止热流从缝隙处绕过低能耗层。锚固件穿透保温层时切断热桥构造的专用连接件,减少金属件直接贯穿带来的局部热损失。湿作业类低能耗材料的拌合用水量与养护条件要严格控制,确保材料固化后达到设计要求的密度与热工参数。预制类低能耗材料的现场拼接按标准工序进行,避免因施工偏差导致材料层之间存在空腔或挤压变形。施工环境温度与湿度也要纳入控制范围,防止极端气候条件影响材料粘结强度和干燥收缩率。

4.3 结合建筑结构的材料适配优化

结合建筑结构的材料适配优化强调低能耗材料的选择与布置要服从主体结构的受力特征与变形规律。框架结构中填充墙部位可以选轻质低能耗材料,减少结构梁柱承受的附加荷载,同时利用框架自身的热惯性辅助调节室内温度。剪力墙及核心筒等承重部位外围设置连续保温层时,保温材料的压缩强度要与外墙饰面荷载匹配,防止长期受压后厚度减小。结构伸缩缝及沉降缝部位用高弹性低能耗填充材料,既能保持热工连续性,又能适应结构变位而不发生破损。预制装配式建筑中,低能耗材料优先与预制构件在工厂内复合完成,减少现场二次施工对结构整

体性的影响。结构与保温一体化构造里,低能耗材料同时承担模板或保护层作用,减少材料种类和施工工序。适配优化让节能措施与结构安全形成统一整体。

4.4 材料全生命周期能耗管控优化

材料全生命周期能耗管控优化从原料获取、加工制造、运输安装、使用维护直到拆除处置的全过程控制能耗。设计阶段要比较不同低能耗材料在生产能耗与使用节能之间的平衡关系,避免选生产能耗过高的材料抵消其长期节能收益。材料的运输能耗可以通过选产地较近或体积压缩率较高的材料种类来降低^[5]。使用阶段借助材料性能监测手段掌握热工参数的实际变化,及时判断是否存在老化或受潮导致的性能衰减。维护阶段的能耗管控要看是否选了耐久性好且易修复的低能耗材料,减少因更换频率过高带来的重复施工能耗。拆除阶段优先选可分离回收的材料组合方式,便于把废弃材料重新投入低能耗建材的生产循环。

5 结束语

建筑设计中低能耗材料的应用要系统整合材料分类、设计原则、模块运用及优化策略。保温隔热材料、节能墙体、低能耗门窗及节能屋面地面等各有各的热工特性,在适配性、能效最大化、整体协同性与长效稳定性这几条原则指导下,于围护结构、隔断、采光通风及降噪模块中合理布置。结合材料组合、施工工艺、结构适配及全生命周期能耗管控,能充分释放节能潜力,为降低建筑运行能耗提供可靠保障。

[参考文献]

- [1]李云海,王曦鹏.绿色建筑理念下超低能耗建筑设计施工策略研究[J].中州建设,2025(5):44-45.
- [2]刘珂韵.W超低能耗建筑项目施工阶段风险管理研究[D].哈尔滨商业大学,2025.
- [3]楼芷瑜.简谈智能建筑技术在超低能耗建筑中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(19):74-76.
- [4]郭雪雷.装配式超低能耗建筑外墙板关键构造节点研究[J].工程建设与设计,2025,(21):16-18.
- [5]陆松涛.基于检测的上海超低能耗建筑施工管理与控制分析[J].山西建筑,2025,51(21):28-32.