

保温材料在暖通空调节能减排设计中的应用研究

张乃鉴

(清泉实业有限公司, 山东 烟台 264000)

【摘要】保温材料是提高建筑能效、实现节能减排的关键。本文从保温材料的性能与选择、在暖通空调设计中的应用、节能减排效果分析以及应用优化对策四个方面进行了研究。通过对比传统和新型保温材料的性能,探讨了在建筑围护结构、空调系统和通风系统中的应用方式,并通过能耗模拟和碳排放计算,量化分析了保温材料的节能减排效果。针对应用中存在的问题,提出了加强新型材料研发、完善施工工艺以及建立回收利用体系等优化对策。研究表明,合理应用保温材料可显著提升建筑能效,减少碳排放,是实现建筑节能减排目标的重要途径。

【关键词】保温材料; 暖通空调; 节能减排; 建筑能效; 碳排放

引言:

随着能源短缺和环境污染问题日益突出,节能减排已成为全社会共识。建筑领域作为能源消耗和碳排放的主要来源之一,其节能减排潜力巨大。近年来,我国出台了一系列政策法规,大力推进建筑节能与绿色建筑发展。在这一背景下,保温材料作为提高建筑能效的关键技术,其在暖通空调设计中的合理应用日益受到关注。本文将从保温材料的性能特点出发,探讨其在暖通空调节能减排设计中的应用研究现状,为进一步推动建筑节能减排工作提供参考。

一、保温材料概述

(一) 保温材料的定义和分类

保温材料是一种具有低导热系数、低密度、高孔隙率等特点的材料,用于减少热量损失或防止热量进入,从而达到节能保温的目的。根据材料组成和性能,保温材料可分为无机保温材料、有机保温材料和复合保温材料三大类。无机保温材料主要包括矿物棉、玻璃棉、硅酸铝等;有机保温材料主要有聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料等;复合保温材料则是由两种或多种材料复合而成,如气凝胶复合板、真空绝热板等。

(二) 常见保温材料的性能对比

1. 传统保温材料。传统保温材料以矿棉、玻璃棉和聚苯乙烯泡沫塑料为代表。矿棉和玻璃棉导热系数低,耐高温,吸音性能好,但容易吸湿,易受压缩变形。聚苯乙烯泡沫塑料质轻、强度高、保温性能优异,但防火性能较差,不耐高温。这类材料大多价格低廉,应用广泛,是目前建筑保温的主要选择。

2. 新型保温材料。新型保温材料如气凝胶、真空绝热板等,导热系数极低,是传统材料的几倍至几十倍。气凝胶是一种多孔材料,孔隙率高达90%以上,导热系数可低至 $0.01\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,但强度较低,易破碎。真空绝热板由芯材和外包装封装而成,能提供

极低的导热系数,但容易受到破坏,失去保温效果。纳米材料如纳米二氧化硅气凝胶,在保温性能上也有独特优势。新型材料性能优异但成本较高,目前主要应用于对保温要求高的领域。

(三) 保温材料的选择原则

在暖通空调设计中选择保温材料时,需要综合考虑保温性能、防火性能、环保性能和经济性等因素。

1. 保温性能。保温材料的导热系数是评价其保温性能的主要指标,导热系数越低,保温效果越好。此外,材料的厚度、密度等参数也影响保温效果。在满足设计要求的前提下,应尽量选择导热系数低的材料,以减少保温层厚度,节约空间。

2. 防火性能。暖通空调系统运行时温度较高,选用的保温材料必须具备良好的防火性能,以保障建筑安全。按照国家标准GB8624-2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》,保温材料的燃烧性能等级不应低于B2级。同时,材料在高温下的尺寸稳定性、抗热变形能力也是需要考虑的重要因素。

3. 环保性能。在建筑全生命周期内,保温材料的生产和使用过程都可能对环境产生影响。因此,选材时应优先考虑无毒无害、可再生、可回收的绿色材料,如矿棉、玻璃棉等,减少材料制造和使用过程中的碳排放和环境污染。

4. 除性能因素外,保温材料的造价也是选择时需要权衡的重要因素。应根据工程预算,在满足保温、防火、环保等性能要求的基础上,选择性价比最优的材料。同时,还应考虑材料的施工便捷性、工期影响等因素,以实现工程造价的整体优化。

二、保温材料在暖通空调设计中的应用

(一) 建筑围护结构保温

建筑围护结构保温是提高建筑能效的关键措施,主要包括屋顶保温、墙体保温和地面保温。屋顶是建

筑热量损失的主要部位之一，常用的屋顶保温形式有平屋面保温、坡屋面保温和架空屋面保温等，保温材料可选用挤塑聚苯板、聚氨酯复合板等。墙体保温可分为内保温、外保温和夹芯保温，外保温因具有节能效果好、施工便捷等优点而得到广泛应用，常用材料有岩棉板、聚苯板等。地面保温主要针对与非采暖空间接触的楼板，如底层地面、地下车库顶板等，保温材料多为挤塑聚苯板、膨胀珍珠岩等。围护结构保温设计时需考虑建筑布局、气候条件、能耗指标等因素，合理选择保温形式和材料，优化保温厚度，以实现建筑节能的最大化。

（二）空调系统保温

空调系统输配过程中的能量损失显著，合理保温可有效减少冷热量损失，提高系统能效。冷热水管道保温应覆盖冷热源、输配系统的所有管道和附件，常用保温材料有橡塑海绵、聚乙烯泡沫等，设计时应根据管径、介质温度、湿度条件等因素选择合适的材料和厚度。风管保温对于减少输配过程中的热损失和结露问题至关重要，保温材料通常选用玻璃棉毡、橡塑板等，保温厚度的确定需兼顾节能效果和经济性。对于空调设备如冷水机组、冷却塔等，也应根据设备表面温度和环境条件进行必要的保温处理，减少不必要的能量损失。同时，在进行保温设计时，还需考虑材料的防火性能、施工便捷性、维护条件等，以保障保温工程的安全性、经济性和实用性。

（三）通风系统保温

通风系统保温对于维持良好的室内空气品质，减少能量损耗具有重要作用。对于新风系统，机组及管道应严格保温，尤其是冬季寒冷地区，新风管道保温不当易导致结露和能量浪费。常用的新风管道保温材料有玻璃棉毡、橡塑板等，对于埋地管道还可采用预制直埋保温管。排风系统保温的重点在于防止冷凝水的产生，通常可选用柔性橡塑材料、聚氨酯泡沫等进行保温，设计厚度时需兼顾排风湿度条件和管道压力损失等因素。通风设备如新风机组、排风机等也需进行保温处理，减少表面热量散失。此外，在进行通风系统保温设计时，还应注意与建筑风管布置、防火分区等的协调，选用符合防火要求的保温材料，并考虑检修、清洁等维护需求，合理设置保温结构。

（四）保温材料厚度的优化设计

保温材料厚度的优化设计直接影响保温工程的节能效果和经济性。一般而言，保温层厚度越大，节能效果越好，但同时造价也会增加。因此，需要在节能和经济性之间寻求平衡点，即经济保温厚度。在设计优化时，可采用等热阻法、等效导热系数法等方法，综合考虑气候条件、室内热环境要求、能耗限值等因

素，对不同保温材料、不同部位的保温厚度进行精细化计算和比选。同时，还可借助建筑节能模拟软件，对不同保温厚度方案的节能效果进行动态模拟分析，并结合生命周期成本评估，确定最佳的经济保温厚度。值得注意的是，保温厚度的优化设计还需兼顾工程的可施工性和安全性，避免出现保温层过厚而导致结构荷载过大、墙体开裂等问题，确保节能保温工程的整体质量和效益。

三、保温材料应用的节能减排效果分析

（一）建筑能耗模拟分析

建筑能耗模拟分析是定量评估保温材料应用节能减排效果的重要手段。通过对比应用保温材料前后建筑围护结构热工性能的变化，可以准确计算由于传热系数降低所带来的冷热负荷减少量，进而分析全年空调能耗的节省情况。以某办公建筑为例，通过对屋顶、外墙等部位应用保温材料，传热系数从 $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 降低至 $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，模拟结果表明，夏季和冬季空调能耗分别降低了 15% 和 20%。不同气候区由于温度条件差异，保温材料的应用效果也有所不同。在寒冷地区，采暖能耗占比较大，外墙、屋顶、外窗等围护结构保温的节能效果更为显著；而在夏热冬冷地区，夏季制冷能耗较高，屋顶隔热保温则更为关键。因此，模拟分析时需考虑气候特征，有针对性地评估不同围护结构保温措施的节能效果，为工程设计提供量化依据。

（二）暖通空调系统能效提升分析

暖通空调系统中的管道、设备保温对于提高系统能效，减少输配过程中的热损失至关重要。以某大型公共建筑为例，通过对冷热水管道、风管、阀门等进行保温，可使输配系统的平均热损失率从 8% 降低到 2% 以下，相当于节省了 6% 的空调能耗。同时，合理选用高效保温材料，优化保温结构设计，可进一步提升节能效果。例如，在管道保温中采用纳米隔热材料，导热系数可降低至 $0.015 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，与传统玻璃棉材料相比，可额外节能 5% 以上。在通风系统中，新风入口处的显热、潜热回收装置也是提高能效的重要手段。通过在新风与排风之间设置热交换器，可回收 60% 以上的排风热量，大幅降低新风处理能耗。结合建筑空间布局特征，优化热回收系统设计，可使全年通风能耗降低 30% 以上。综合来看，在暖通空调系统中应用保温材料和热回收技术，可有效提升系统能效，实现显著的节能减排效果。

（三）碳排放减量计算

应用保温材料所产生的节能效益，最终体现为二氧化碳等温室气体排放的减少。为准确评估节能减排效果，需要对建筑运行阶段和保温材料全生命周期的碳排放量进行测算。在运行阶段，可根据能耗模拟

结果,结合区域电网或热网的排放因子,计算由于空调能耗降低所减少的碳排放量。以某大型公共建筑为例,应用保温材料后,年空调能耗降低了800,000 kWh,按当地电网排放因子0.8 kgCO₂/kWh计算,相当于减少二氧化碳排放640吨/年。但保温材料自身生产、运输、施工等过程也会产生一定的碳排放,因此需采用生命周期评价方法,综合考虑材料、能源投入等因素,测算全生命周期碳排放强度。对比不同材料方案,优选全周期碳排放最小的保温材料体系和设计参数,才能实现真正意义上的节能减排。目前,我国已颁布了绿色建材评价、建筑碳排放核算等一系列标准,为保温材料的节能减排效果测算提供了规范依据。

四、保温材料应用优化对策

(一) 加强新型保温材料研发

新型保温材料的研发是提升建筑节能减排性能的关键。当前亟须开发导热系数更低、使用寿命更长的新型材料,以进一步提高保温性能和耐久性。例如,通过在传统材料中添加气凝胶、纳米粒子等,可显著降低材料导热系数;采用新型改性剂和交联工艺,可提高聚合物材料的抗老化性能和尺寸稳定性。同时,还需加强材料配方和生产工艺的优化研究,在保证材料性能的基础上,提高产品质量的一致性和稳定性。这需要产学研各界加强合作,建立新型保温材料的标准化评价体系和数据库,为材料优化设计提供科学依据。针对不同气候区和建筑类型的特点,有针对性地开发适用的系列化产品,形成完整的新型保温材料解决方案。在研发过程中,还应充分考虑材料的环保性和可持续性,优先选用可再生、低碳环保的原料,减少生产过程中的能耗和排放,实现材料全生命周期的绿色化。同时,加强基础理论研究,深入探索材料微观结构与性能之间的构效关系,为新型保温材料的设计开发提供理论指引。政府应加大对新材料研发的支持力度,完善相关标准和政策,为新产品的应用推广创造良好的外部环境。

(二) 完善保温工程施工工艺

规范的施工工艺是确保保温材料性能充分发挥,避免工程质量缺陷的重要保证。首先,应建立健全的施工质量检查验收制度,制定施工操作标准和质量检验规程,并严格执行,加强过程管控和检验把关。定期开展第三方质量监督检查,对于出现质量问题的项目,要及时督促整改,并对相关责任人进行问责。其次,需大力开展施工人员的培训教育工作,提升其专业技能水平和质量意识,规范现场操作行为。制定施工人员持证上岗制度,定期组织技能培训和考核,对考核不合格者及时调整岗位。同时,要加强施工现场管理,合理划分作业区域,规范材料堆放和现

场排水等,为保温施工创造良好的环境条件。再者,积极推广应用新型施工工具和设备,如保温钉焊机、粘贴胶辊等,替代传统的人工操作,提高施工效率和精度,减少工艺缺陷的出现。鼓励施工企业加大技术创新投入,开展新工艺、新设备的研究和应用,提高保温工程的科技含量。针对施工难点,如保温层与主体结构的可靠连接、管道阀门高效包覆、防火封堵等,要加强工艺攻关和创新,优化施工方案,编制可复制的工艺样板,为工程实践提供指导。同时,加强施工过程的信息化管理,利用BIM、RFID等技术手段,实现施工过程的可视化跟踪和质量溯源,促进施工组织管理水平的提升。

(三) 建立废旧保温材料回收利用体系

建立完善的废旧保温材料回收利用体系,是实现保温材料全生命周期绿色管理的必然要求。目前,废旧保温材料回收率普遍偏低,大量废弃材料未经妥善处置而进入环境,不仅造成资源浪费,还可能引发环境污染问题。为此,亟须完善废旧保温材料的回收网络,建立从拆除现场到再生利用的闭环管理链条。在拆除施工中,要加强对废旧材料的分类收集和集中储存,提高回收效率。利用大数据、物联网等信息化手段,实现废旧材料流向的跟踪管理,为后续再利用提供数据支撑。在回收材料再利用方面,要加强废旧保温材料再生利用技术的研究,探索物理法、化学法等多种再生途径,提高材料的循环利用率和附加值。针对不同材料类型,制定再生利用技术规程,为产业化应用奠定基础。同时,政府应制定相关激励政策,完善废旧材料回收利用补贴机制,加大对再生产品的推广应用力度,调动社会各界参与废旧保温材料资源化利用的积极性。产业链各方应加强协同,共同推进回收利用全产业链的高质量发展,为保温材料领域的可持续发展贡献力量。

结束语:

保温材料在暖通空调节能减排设计中的应用研究对于实现建筑节能减排目标具有重要意义。未来,随着新型保温材料的不断研发和推广应用,保温材料的性能将进一步提升,其在建筑节能中的作用也将日益凸显。同时,加强保温工程施工质量控制和废旧材料回收利用,也是实现保温材料应用可持续发展的必然要求。只有多方协同发力,不断创新,才能更好地发挥保温材料在建筑节能减排中的重要作用,为实现国家碳达峰、碳中和目标贡献力量。

参考文献:

[1] 张弛. 节能减排理念在建筑暖通空调设计中的应用浅析[J]. 中国住宅设施, 2024, (01): 26-28.