

寒冷地区居住建筑外保温系统构造设计优化与应用研究

周泽尧

中铁建安工程设计院有限公司 河北 石家庄 050043

【摘要】：寒冷地区气候条件严酷，对居住建筑的保温性能提出更高要求。外保温系统作为提升围护结构热工性能的关键技术，其构造设计的合理性直接关系到建筑节能效果与使用寿命。通过分析典型外保温系统的构造形式与传热机制，结合热桥处理、防火构造优化及材料区域适配性要求，探讨适应寒冷地区的优化路径，为节能设计与实际应用提供技术支持。

【关键词】：寒冷地区；外保温系统；构造设计；节能性能；适应性优化

DOI:10.12417/2811-0536.26.02.014

引言

寒冷地区气温低、采暖周期长，居住建筑能耗水平普遍偏高，围护结构的保温性能成为影响建筑节能成效的关键因素。外保温系统因其施工便捷、保温连续性强、热桥处理效果好，逐渐成为寒冷地区建筑节能的重要技术路径。在实际工程中，不同外保温构造形式在热工性能、结构适配性、防火安全与耐久性等方面表现各异，亟需从区域气候条件出发，系统优化设计参数与构造体系，实现保温效果与建筑品质的协同提升。

1 寒冷地区建筑节能面临的保温挑战

寒冷地区由于冬季气温极低、昼夜温差大、采暖期长，导致建筑能耗居高不下，围护结构保温性能的优劣直接影响居住建筑的热舒适性与节能水平。在实际工程中，传统建筑外墙普遍存在保温连续性差、热桥效应显著、保温层厚度不足等问题，难以有效阻断室内外热量传递，造成建筑热损失严重。此外，寒冷气候条件下霜冻、冷凝、风压频繁，给外保温材料的耐久性和结构稳定性带来巨大挑战。若外保温系统构造设计不合理，易引发开裂、脱落、渗水等工程质量问题，不仅影响节能效果，还危及建筑安全与使用寿命。

在具体施工过程中，寒冷地区建筑外保温系统还面临复杂的施工环境和技术限制。例如冬季低温环境下外保温施工受温度和湿度影响较大，粘结材料强度下降、界面层干燥不均等问题普遍存在，极易造成粘贴不牢或保温层空鼓。外保温系统节点构造设计不合理也会放大热桥效应，特别是在门窗洞口、楼板挑出部位、阳台连梁等部位热流密集，若未采取针对性热工处理措施，将严重削弱整体围护结构的保温性能。同时，为应对极端气候，保温材料需兼具高热阻、低吸水率、良好耐冻性和高稳定性，但目前多数常规材

料在高寒工况下的表现仍存在诸多局限，难以满足高性能节能建筑的长期运行需求。

随着寒冷地区绿色建筑发展的深入推进，对外保温系统的热工性能、耐候能力与施工适应性提出更高要求。在政策引导与节能标准不断提高的背景下，单一依赖传统保温材料或常规构造形式已难以满足严苛节能指标。建筑节能设计需从系统层面统筹考虑材料选择、构造层次、施工技术及热桥治理等因素，构建高效、稳定、持久的外保温体系。同时，应通过建筑能耗模拟与热工性能检测等技术手段，对不同构造方案进行评估优化，提升设计的科学性与适应性。

2 常用外保温系统构造形式分析

在寒冷地区居住建筑的节能设计中，外保温系统因其连续性好、热桥影响小和保温效果显著，被广泛采用。常见的外保温系统主要包括膨胀聚苯板薄抹灰外保温系统（EPS板）、挤塑聚苯板系统（XPS板）、岩棉板系统和保温装饰一体化系统等。EPS薄抹灰系统以其良好的保温性能、施工便捷性和经济性成为最常用形式之一，适用于大多数住宅建筑外墙保温。然而，其耐火等级相对较低，不适宜用于高层和防火要求较高的建筑。XPS板则因其闭孔结构具备更强的抗压性与更低的导热系数，适合用于底部墙体或地下室外墙保温，但其与基层粘结性能略差，易出现空鼓、脱落隐患。岩棉板系统在保温、防火和透气性能上表现优异，尤其适用于高层建筑与严寒地区，其憎水性和抗风压能力较强，但施工过程中需加强锚固与防护，避免板材吸水影响热工性能。

在实际构造设计中，各类外保温系统在层次组合与施工工艺上存在显著差异。以EPS和XPS系统为例，常采用粘结砂浆与锚栓联合固定方式，外部覆盖耐碱玻纤网格布与抗裂砂浆，形成连续的保护层，防止外力破坏与雨水渗透。岩棉板系统需采用满粘工艺

与机械锚固结合处理，并对板缝进行错缝排列及嵌缝处理，以提升保温层的完整性与热阻稳定性。此外，保温装饰一体化系统通过将保温层与饰面层预制复合成整体，在施工过程中实现干挂安装，减少了现场湿作业，提高了施工效率和饰面质量的均衡性。该类系统适用于新建及既有建筑改造项目，但需对构造节点、连接件、防火分隔带等细节进行精细化设计，确保系统热工、防火与力学性能协同达标。不同系统在构造组合上的优劣，直接决定了其在特定环境与建筑类型中的适用性。

在构造性能分析中，不同外保温系统在热阻值、防火等级、透气性能及耐久性等方面存在差异，需根据寒冷地区的气候特征与建筑功能要求进行合理选型与组合优化。EPS 系统热导率低，但耐高温性能差，需结合设置防火隔离带等措施提升安全性；XPS 板系统热工稳定性较强，适宜应用于受力集中或潮湿环境中；岩棉系统则在满足保温要求的同时，具备良好的防火和透气性能，尤其适用于高层与公共建筑外墙保温需求。随着绿色建筑评价标准的提高与建筑节能设计精细化的推进，外保温系统的构造形式不仅要满足热工指标，更应兼顾耐久性、施工性能与综合造价等多维度要求。因此，对常用外保温系统构造形式的深入比较与适应性分析，是推动寒冷地区居住建筑节能水平提升的关键技术基础。

3 适应寒冷气候的构造设计优化策略

在寒冷地区居住建筑的节能设计中，外保温系统构造的适应性优化是实现热工性能提升与建筑耐久性保障的核心环节。由于该类地区常年处于低温环境，建筑外墙长期暴露在较大的冷热梯度作用下，若构造处理不当，极易引发热桥、冷凝、开裂等问题。因此，在优化构造设计时，需从热工连续性、防水层次、结构安全与施工适应性等多方面协同考虑。外保温构造中应优先采用导热系数低、吸湿率小、尺寸稳定性强的保温材料，如聚苯板、岩棉板、酚醛泡沫等，并依据热阻需求设定合理厚度。在热桥控制方面，通过对门窗过梁、柱边、楼板挑檐等热桥集中部位设置保温包覆构造，形成连续绝热层，显著降低热损失，避免冷桥部位结露和霉变。

构造层次的系统性组合是优化设计中的关键因素。寒冷地区气候多为干冷或湿冷，外保温构造不仅需满足保温隔热性能，还应具备良好的防风、防潮与耐冻性能。针对基层结构常见的混凝土或砌块材质，应设置与其粘结力匹配的找平层与界面砂浆，以提高保温层附着稳定性；在保温层外侧配置抗裂砂浆复合

耐碱网格布作为保护层，既能有效控制干缩裂缝，又增强系统抗风压能力。对于迎风立面或高层住宅，应适当增加锚固件密度，确保系统整体稳定。同时，为防止外部雨雪渗入及防止水汽在墙体中形成结露，设计中需合理布置防水层、透气层与排水构造，提升围护结构的湿热耦合性能。不同地区的气候差异还决定了构造组合的具体形式。例如在新疆地区，由于其冬季寒冷、干燥，可采用“岩棉板+无机保温砂浆+透气防水层”的复合体系。岩棉板具有优良的保温和防火性能，无机保温砂浆可以进一步增强保温效果，透气防水层则能有效防止水汽侵入，同时允许墙体内部的水汽排出，避免冷凝现象。

在满足热工性能的基础上，构造优化还需兼顾建筑节能与建筑生命周期管理的要求。通过引入热工模拟软件（如 WUFI、THERM）进行节点热桥分析与材料热阻配置仿真，能够实现构造层次与厚度参数的动态优化，提升设计的科学性与经济性。同时，为适应严寒地区供暖周期长、温差大的运行条件，外保温系统应具备一定的蓄热能力和抗温变能力，可结合轻质高强材料与功能性涂层技术实现双重控制。在系统施工阶段，应制定严格的温控与湿控技术措施，避免冬期施工造成粘结不牢或热性能劣化。构造设计的优化不仅提高了建筑本体节能能力，更为后期运行管理、结构安全与维护提供了有力保障，推动寒冷地区居住建筑实现长期、稳定、高效的绿色节能目标。

4 外保温系统在工程中的应用实践

在寒冷地区居住建筑中，外保温系统的工程化应用已逐渐成熟，并在多个住宅项目中得到了验证与推广。其核心是通过在建筑外围护结构外侧设置保温材料，构建连续稳定的保温层，从而有效降低热量散失，提高建筑热工性能。在实际工程实施过程中，常采用膨胀聚苯板（EPS）、挤塑聚苯板（XPS）、岩棉板等作为保温层主体材料，并配合界面砂浆、锚固件、防护面层等构造构成完整系统。例如在新疆乌鲁木齐某住宅小区工程中，外墙采用厚度为 100mm 的岩棉板外保温体系，辅以薄抹灰涂料饰面，有效实现保温、防火与饰面一体化设计，建筑物冬季平均能耗较常规建筑下降近 25%，室内温度波动控制在 2°C 以内，显示出良好的节能与热稳定效果。

在工程实践中，为保障外保温系统的施工质量与使用耐久性，需严格控制施工工艺的各个环节。现场施工管理强调基层处理平整、保温板铺设紧密、锚固件布置合理、防护层厚度均匀等关键节点。由于寒冷地区冬季施工时间受限，施工组织通常采用分段分区

方式，配合施工缝预留与热桥断点处理，确保保温层的连续性与热惰性。在门窗洞口、挑檐、阳台、女儿墙等部位，需重点设计保温收边构造和防水节点，防止冷热桥效应和结露渗水现象。多个项目采用红外热成像技术进行保温质量检测，通过热缺陷扫描发现施工空鼓、裂缝等问题，及时修复，保障系统整体性能稳定运行。同时，不同项目根据气候参数和建筑朝向调整保温厚度与构造顺序，实现因地制宜的技术适配。

外保温系统的广泛应用不仅提升了居住建筑的能效水平，也推动了相关标准规范和评价体系的建立。在多个北方城市推广的绿色建筑二星级项目中，外保温构造设计成为评分的重要维度，其应用效果在节能测评中表现稳定。例如在新疆某高层住宅工程中，结合外保温系统实施建筑能耗模拟分析，优化了保温材料厚度与导热系数配置，并对不同构造节点进行了热工计算与湿度迁移模拟。

5 优化构造设计的节能效果对比分析

在寒冷地区居住建筑中，外保温系统的构造设计对建筑热工性能具有决定性影响。不同保温构造形式在传热路径优化、热桥控制效果及系统连续性等方面存在显著差异，直接导致建筑能耗水平的变化。以典型的膨胀聚苯板外贴法、岩棉板外挂法和保温装饰一体化系统为对比对象，采用能耗模拟软件对相同建筑模型在不同保温构造下的热负荷进行分析，结果显示，在相同厚度条件下，采用岩棉保温系统可将传热系数降低约18%，而一体化系统因节点处理更为完整、系统性更强，整体保温效果提升超过25%。在新疆地区的实际应用中，经过优化构造设计的外保温系统传热系数可稳定控制在 $0.28\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 以下，远优于国家现行节能标准。

构造优化不仅体现在保温层材料和厚度的调整，还需关注构造层次之间的协同设计。通过优化基层找

平层的附着性能、增强粘结层的抗剪强度以及细部节点的柔性连接处理，有效提高系统整体的热工完整性与稳定性。例如，在寒冷地区常出现因冷桥效应导致的墙体结露问题，在优化构造设计中通过设置内嵌式保温挡热板与双道密封圈，显著改善节点部位的传热连续性，避免冷热空气在墙体交界处交汇造成的凝露现象。从热工性能实测数据看，经上述优化后的构造系统传热系数可稳定控制在 $0.25\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 以下，远优于国家现行居住建筑节能设计标准。同时，构造层中加入防风压层与呼吸层设计，使系统具备良好的气密性与透湿性平衡，在长期运行中有效防止保温层吸湿退化现象，保障其节能性能持久稳定。

在实际工程应用中，通过对比采用常规构造与优化构造的居住建筑项目，能源费用支出与室内热舒适水平差异明显。以新疆乌鲁木齐某高层住宅小区为例，采用传统外贴保温系统的建筑在冬季供暖期间，单位面积能耗为每月 $16.5\text{kWh}/\text{m}^2$ ，而采用优化构造设计的一体化系统建筑能耗降低至 $12.3\text{kWh}/\text{m}^2$ ，节能率达到25%以上。不仅如此，用户反馈显示后者室内温度波动更小、墙体无冷凝现象，居住舒适性显著提升。施工单位在评价中指出，优化构造设计虽然在前期材料及节点处理上成本略高，但通过后期运行节能效果与维护成本下降，在建筑全生命周期中具备更强的经济效益与环保价值。

6 结语

寒冷地区居住建筑外保温系统的构造设计优化，是实现建筑节能目标的关键环节。通过科学选择保温材料、合理处理节点构造、强化系统连续性与气密性，可显著提升围护结构的热工性能，降低建筑能耗。工程实践表明，优化后的构造系统不仅具备更优的节能效果，还提升了居住舒适性与建筑耐久性。面对寒冷地区特殊气候条件，应持续推进构造设计与节能技术的融合应用，为绿色建筑发展提供坚实的技术支撑。

参考文献：

- [1] 刘建峰,张国柱.寒冷地区建筑外墙外保温系统节能性能分析[J].建筑科学,2021,37(6):85-89.
- [2] 王立峰,周金辉.居住建筑外保温构造优化设计与节能效果实证研究[J].建筑节能,2022,50(2):41-45.
- [3] 韩晓波,杜伟.外保温系统热工性能与构造节点处理研究[J].建筑技术,2020,51(7):64-68.
- [4] 赵建新,马晓宇.寒冷地区外墙保温系统防火与抗冻性能优化探讨[J].城市建筑,2021,(15):102-105.