

严寒地区超低能耗建筑围护结构保温一体化技术

阳 湄

四川电力设计咨询有限责任公司 四川 成都 610095

【摘要】：双碳目标驱动下，超低能耗建筑成为行业重要发展方向，但严寒地区围护结构保温一体化技术的实际应用仍面临多重阻碍，本文聚焦保温构造、施工工艺与材料性能三大核心问题，依托热工设计、现场施工和材料应用等实践经验，完善一体化构造体系并制定标准化施工流程，同时升级严寒专用保温材料，这套方案能够有效解决热桥、施工落地困难及材料耐候性不足等问题，为严寒地区超低能耗建筑围护结构保温一体化技术的普及与长效应用提供实践支撑。

【关键词】：严寒地区；超低能耗建筑；围护结构；保温一体化；构造优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.025

引言

建筑领域低碳转型不断推进，超低能耗建筑在严寒地区的建设规模持续扩大，围护结构保温一体化已成为实现节能目标的关键技术路径，受地域气候条件制约，既有体系在构造适配性、施工可控性及材料长期稳定性方面暴露出明显短板，制约技术大规模推广，立足低碳节能理念并融合区域气候特征与工程经验，针对现存问题提出优化策略与实施路径，推动保温一体化技术更好契合严寒地区建筑使用需求，助力建筑节能技术高质量发展。

1 严寒地区超低能耗建筑围护结构保温技术发展基础

在建筑节能与低碳发展这一行业趋势下，超低能耗建筑已升级为严寒地区建筑的主流方向，围护结构保温作为实现低能耗运行的核心环节，其技术体系正逐步走向成熟，现阶段形成了以外墙、外窗、屋面及地面为核心的综合保温体系，主流构造多采用厚层板材复合做法，常用石墨聚苯板等保温材料，外墙传热系数普遍控制在 $0.10\sim 0.20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 区间^[1]。外窗与平均窗墙面积比成为影响保温效果和建造成本的关键要素，外窗传热系数常规取值 $0.8\sim 1.8\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，行业在实践中不断结合能耗模拟、试验分析等手段优化构造参数，同时配套形成防热桥、气密性处理、分层错缝铺贴等专项施工做法，这些进展为保温一体化技术的推进筑牢了技术与实践根基。

2 严寒地区超低能耗建筑围护结构保温一体化应用短板

2.1 围护结构保温构造适配性不足

严寒地区对建筑热工性能的要求极为严苛，但现有保温一体化构造在整体搭配与节点处理上仍存在明显短板，不同围护部位的保温层级与厚度设计尚未形成统一协调的体系，外墙、屋面普遍采用 250mm 厚保温板材，地面保温厚度多为 100mm，

这种厚度差异容易在衔接位置催生隐性热桥，外窗与墙体的连接构造也缺乏一体化统筹，常规安装方式难以彻底阻断热量传递，窗墙面积比的变化会进一步放大构造缺陷，现有方案多偏向单一构件节能设计而未结合整体能耗需求完成优化，构件之间热工参数匹配度偏低，无法充分发挥保温结构综合效能，难以全面适配超低能耗建筑长期稳定的保温需求。

2.2 一体化施工工艺落地难度较大

保温一体化施工本就需要多道工序协同配合，严寒地区的复杂工况更是大幅提升了现场实施难度，大厚度保温板材得采用双层错缝铺贴工艺并搭配多层网格布与专用锚栓加固，流程繁琐且对施工精度要求极高，外窗内嵌安装、穿墙管道密封等一体化节点涉及大量工艺细节，每一处密封、搭接和固定环节都需严格把控标准，一线施工人员很难快速熟练掌握全套操作流程，室外低温与大风条件会影响粘结砂浆、防水密封材料的固化效果，进一步降低施工质量稳定性，目前这套一体化工艺缺少针对性的现场简化方案和标准化作业指引，规模化应用中容易出现施工偏差，制约技术全面落地。

2.3 保温材料严寒环境性能稳定性偏弱

当前主流保温板材虽说具备基础隔热能力，但在严寒气候长期作用下综合性能会逐步衰减，常用保温材料在持续低温环境中导热系数出现小幅波动，直接削弱了整体保温效果，长期冷热交替与水汽渗透会侵入板材内部破坏材料结构，进而诱发保温层空鼓、变形等问题，外墙与屋面大面积使用的保温板材在大风荷载反复作用下力学强度及粘结牢固度缓慢下降^[2]。部分配套密封、隔汽材料耐低温能力不足，低温环境下容易硬化、开裂，破坏围护结构气密性，各类材料的耐候性与抗冻性未能完全适配严寒地区极端气候，难以长期维持一体化保温系统的设计性能。

3 严寒地区超低能耗建筑围护结构保温一体化优化路径与实践应用

3.1 优化围护结构保温一体化构造体系

结合超低能耗建筑的热工设计要求,对围护结构各部位保温构造进行系统性整合,才能打造出整体协同的一体化构造模式,需统一统筹外墙、屋面、地面及外窗等关键部位的保温层级与厚度设计,依据热工需求合理设定保温板材厚度,弱化不同构件衔接处的热量传递路径,从根源减少热桥产生,针对外窗与墙体连接区域可采用内嵌式搭配隔热垫块的一体化构造做法,强化窗体周边断热设计,同时结合整体能耗标准合理控制窗墙面积比,让窗体保温性能与墙体体系相互匹配,对穿墙管线、构件交接等薄弱环节进行专项构造升级,预留空间填充保温材料并搭配分层密封结构保障整体气密性,改变单一构件独立设计的思路,以建筑整体节能目标为导向完成参数匹配,让保温构造形成有机整体,全面提升围护结构隔热能力,充分满足严寒地区超低能耗建筑长期运行的保温需求。

3.2 规范严寒地区一体化施工成套工艺

围绕严寒地区气候特点与保温一体化施工要求,建立标准化、流程化的施工工艺体系尤为关键,针对大厚度保温板材需推行双层错缝铺贴作业,明确板材粘结面积、拼接方式与分层施工顺序,搭配双层网格布与专用断桥锚栓的组合加固工艺来提升保温层整体稳定性,细化外窗安装、节点密封及管道封堵等关键工序的操作标准,统一搭接宽度、粘结长度等工艺指标,并明确不同工序的先后逻辑与质量管控要点,结合低温、大风环境特点调整砂浆和密封材料的施工时段与作业方式,规避环境因素对施工质量的负面影响,编制适配现场作业的标准化施工指引与实操规范,依托实体样板开展工艺培训,帮助施工人员熟练掌握全套操作要点,通过统一工艺标准、细化管控环节并强化岗前培训,降低人为操作偏差,保障一体化施工质量稳定,推动工艺在工程项目中实现规模化落地应用。如图1。

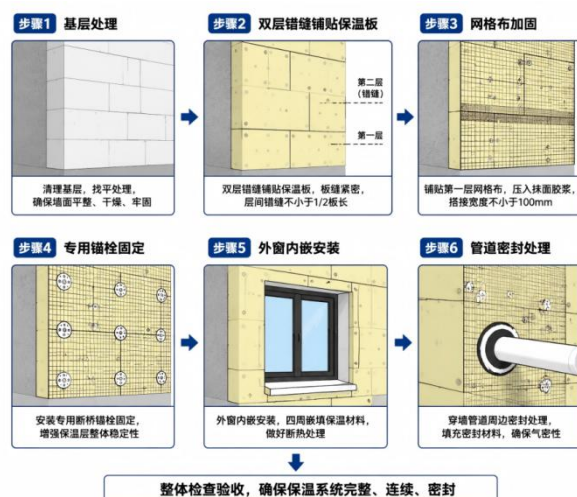


图1 外墙保温一体化施工

3.3 升级适配严寒环境的保温材料体系

立足严寒地区极端气候条件,对保温主材、辅材及配套材料进行全面升级,构建高稳定性的专用保温材料体系,需优选导热系数低、保温效果持久的高性能保温板材,提升材料在长期低温环境下的性能稳定性,抑制导热系数出现异常波动,同时强化板材抗冻与抗水汽渗透能力,优化内部结构以避免冷热交替及水汽侵入造成板材变形、空鼓等问题,从而延长保温层使用年限^[3]。同步升级密封、隔汽、透气类配套材料,选用耐低温且高弹性的成品材料,防止低温环境下材料硬化开裂,持续保障围护结构气密性,提升保温板材与粘结材料的结合强度,增强整体抗风荷载能力以适应室外大风工况,按照一体化系统应用要求统筹主材与辅材的性能参数,确保各类材料之间兼容性良好,让整套材料体系能够在严寒气候中长期保持设计性能,为保温一体化技术的长效运行提供可靠的材料支撑。

4 结语

严寒地区特殊的气候条件对超低能耗建筑围护结构保温一体化技术提出严苛要求,保温构造适配不足、施工工艺落地困难及材料耐候性薄弱等问题仍在制约技术的常态化应用,从构造体系、施工工艺和材料品类三个维度展开优化,能够有效化解现存短板,强化围护结构的隔热、密封与抗环境干扰能力,这套思路贴合严寒地区工程实际,有助于提升保温一体化系统综合性能,为区域内超低能耗建筑节能技术迭代与规模化建设提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 孙心威,石铁矛,夏晓东,等.严寒地区超低能耗公共建筑围护结构成本优化设计[J].建筑节能(中英文),2023,51(8):107-113.
- [2] 曲基臣,王丽颖.严寒地区农宅建筑超低能耗改造技术研究[J].中国建筑装饰装修,2023,(13):88-90.
- [3] 蔡倩,朱清宇,张欢,等.严寒地区超低能耗居住建筑围护结构施工技术研究[J].施工技术(中英文),2022,51(5):37-39.