

# 寒冷地区建筑外墙保温系统耐久性与施工工艺

龙祥辉

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 在寒冷地区,建筑围护结构的热工性能直接关系到采暖能耗、室内热舒适度及建筑全生命周期成本。外墙保温系统作为提升建筑能效的关键技术手段,其耐久性不仅影响建筑节能效果的长期稳定性,更关乎建筑安全与使用功能。本文系统梳理了寒冷地区常用外墙保温系统的类型及其构造特点,深入分析了影响其耐久性的关键因素,包括冻融循环、水汽迁移、材料老化、机械应力及施工缺陷等。在此基础上,重点探讨了薄抹灰外保温系统(ETICS)、夹芯保温墙体系统及内保温系统在寒冷地区的适用性与潜在风险。针对施工环节中的常见问题,提出了精细化施工控制要点。最后,从材料选择、节点设计、施工监管及后期维护等维度,构建了寒冷地区外墙保温系统全生命周期耐久性保障体系,旨在为相关工程实践提供理论支撑与技术参考。

**关键词:** 寒冷地区; 外墙保温系统; 耐久性; 施工工艺; 冻融循环; 水汽迁移

## 引言

我国严寒及寒冷地区范围广,冬季漫长低温,采暖期4-6个月,建筑通过围护结构散失热量占总能耗超40%,提升外墙保温性能是建筑节能降耗关键。自20世纪80年代起,我国大力推广外墙保温技术,形成多种以模塑聚苯板等为主材的保温系统。但实际应用中,外墙保温系统耐久性问题频发,饰面层开裂、空鼓脱落、保温层受潮失效甚至引发火灾等,在寒冷地区更突出。极端气候使保温系统各材料及界面粘结性能受挑战,冻融循环、水汽冷凝积聚、温差热应力会加速材料老化与结构破坏,施工不规范更是直接诱因。所以,深入研究寒冷地区外墙保温系统耐久性机理,建立科学施工工艺标准,对保障建筑节能长期有效、延长建筑寿命、维护公共安全意义重大。

### 1 寒冷地区外墙保温系统类型及构造特点

根据保温层在墙体中的位置,外墙保温系统主要分为外保温、内保温和夹芯保温三种形式。在寒冷地区,外保温系统因其能有效保护主体结构、避免热桥、改善室内热环境等优势,成为主流选择。

#### 1.1 薄抹灰外保温系统(ETICS)

ETICS是目前应用最广泛的外墙外保温形式。其基本构造自内向外依次为:基层墙体、粘结砂浆、保温板(如EPS/XPS/岩棉)、锚栓、抹面砂浆(内置耐碱玻纤网格布)、饰面层(涂料或柔性面砖)。该系统通过粘结与锚固相结合的方式将保温层固定于外墙,抹面层则起到抗裂、防水和承载饰面的作用。

#### 1.2 夹芯保温墙体系统

该系统将保温材料置于内外两层承重或非承重墙体

之间,形成“三明治”结构。保温材料通常为XPS板或PUR板,通过拉结件(如不锈钢或玻璃纤维连接件)将内外叶墙连接成整体。此系统保温效果好,防火性能优异,且保温层得到有效保护,但施工复杂,成本较高,多用于新建建筑。

#### 1.3 内保温系统

内保温系统将保温层设置于室内一侧,构造相对简单,施工便捷,不影响建筑外观。但在寒冷地区,其最大的弊端是易在保温层与结构墙交界处形成冷凝界面,导致墙体内部受潮、发霉,同时无法消除结构性热桥,节能效果远逊于外保温。

综合比较,ETICS凭借其综合性能优势,在既有建筑改造和新建建筑中均占据主导地位,故本文后续讨论将主要围绕ETICS展开。

### 2 影响寒冷地区外墙保温系统耐久性的关键因素

ETICS是一个由多种异质材料组成的复合系统,其耐久性取决于各组分材料自身的稳定性以及它们之间界面的协同工作能力。在寒冷地区,以下几个因素是威胁系统耐久性的核心。

#### 2.1 冻融循环作用

这是寒冷地区最严酷的环境考验。当保温系统因裂缝或密封不良而渗入水分后,在反复的冻结(体积膨胀约9%)与融化过程中,会在材料内部产生巨大的膨胀压力。这种压力会导致:(1)保温板:EPS/XPS板虽闭孔率高,但长期冻融仍可能导致其强度下降、尺寸稳定性变差<sup>[1]</sup>。(2)粘结/抹面砂浆:水泥基材料在冻融下易发生粉化、剥落,严重削弱其与保温板及基层的粘结力。(3)界面:冻胀应力极易在不同材料的界面处引发脱

粘、分层。

### 2.2 水汽迁移与冷凝

建筑室内外存在温湿度差，水蒸气会从高温高湿侧向低温低湿侧迁移。在寒冷地区冬季，水蒸气由室内向室外渗透。若保温层的水蒸气渗透阻设计不当，或系统存在薄弱环节（如门窗洞口、穿墙构件），水蒸气可能在墙体内部某处（通常是温度低于露点的位置）冷凝成液态水。这不仅会大幅降低保温材料的热阻（水的导热系数远高于空气），还会加速材料腐蚀、霉变，最终导致系统失效。

### 2.3 材料老化与性能衰减

（1）有机保温材料（EPS/XPS/PUR）：长期暴露在紫外线、氧气和温度变化下，会发生聚合物链断裂，导致脆化、收缩、导热系数增大。（2）无机保温材料（岩棉）：虽耐候性好，但若憎水处理不佳，吸湿后同样会丧失保温性能，且自身重量增加会加大系统负荷。（3）辅助材料：粘结砂浆、抹面砂浆的聚合物添加剂会随时间老化，玻纤网格布的耐碱涂层也可能被侵蚀，导致抗拉强度下降。

### 2.4 热应力与风荷载

昼夜及季节性的巨大温差使系统各层材料因热胀冷缩系数不同而产生反复的剪切应力，长期作用下易在薄弱处（如阴阳角、门窗四角）产生疲劳裂缝。此外，高层建筑所承受的强风负压，会对保温板产生持续的拉拔力，对锚固系统的可靠性构成挑战。

### 2.5 施工缺陷

再优良的设计与材料，也抵不过糟糕的施工。常见的施工缺陷包括：基层处理不净，存在浮灰、油污，导致粘结失效。粘结面积不足或布胶方式错误（如仅周边涂抹）。保温板拼缝不严，形成贯通缝隙。锚栓数量不足、入墙深度不够或在保温板上打孔位置不当<sup>[1]</sup>。网格布搭接不足、干搭或在阴阳角未做加强处理。抹面层过薄或过厚，养护不到位。这些人为失误往往是系统早期失效的直接原因。

## 3 寒冷地区外墙保温系统施工工艺要点

针对上述耐久性威胁，必须通过精细化的施工工艺加以规避和控制。

### 3.1 施工前准备

良好的开端是成功的一半。施工前的准备工作是确保后续工序顺利进行的基础。首先，必须对基层墙体进行严格验收，确保其平整、坚实、干燥、清洁。对于混凝土墙面，常需涂刷专用界面剂以增强其与粘结砂浆的粘附力；对于砌体墙面，则应预先抹好找平层，其平整

度偏差应控制在每2米不超过4毫米的范围内，以避免因基层不平导致粘结层厚度不均。其次，所有进场材料，包括保温板、粘结砂浆、抹面砂浆、耐碱网格布、锚栓等，都必须具备完整的质量证明文件，并按照国家相关规范进行见证取样和复验，重点检测其导热系数、抗拉强度、燃烧性能等关键指标，杜绝不合格材料流入施工现场。最后，必须密切关注天气状况，施工环境温度不应低于5℃，风力超过5级或遇雨雪天气时应立即停止作业，夏季高温时段也应采取遮阳措施，避免新施工的抹面层因水分蒸发过快而开裂。

### 3.2 保温板粘贴

保温板的粘贴是整个外保温系统施工的核心环节，其质量直接决定了系统的初始粘结强度和整体平整度。为确保粘结的可靠性，应优先采用“条粘法”或“满粘法”，确保粘结砂浆的实际覆盖面积不低于保温板总面积的60%，对于岩棉板这类刚性较差的材料，则必须采用100%满粘。严禁在高层建筑中使用粘结面积小、可靠性差的“点框法”。在排版时，应遵循错缝原则，上下层保温板的垂直缝应至少错开200毫米，以避免形成贯通的薄弱面。对于门窗洞口等特殊部位，应使用整块保温板切割成“L”型进行包覆，绝对禁止在洞口四角出现通缝，因为这些位置正是应力最集中的地方<sup>[1]</sup>。粘贴完成后，必须仔细检查板间缝隙，任何超过2毫米的缝隙都应用同材质的保温条紧密填塞，绝不能用粘结砂浆或抹面砂浆代替，否则会因材料收缩率不同而形成新的裂缝源。

### 3.3 锚固安装

锚固是对粘结的有力补充，尤其在系统承受风荷载时起着决定性作用。锚固作业应在保温板粘贴完成并初步固化后（通常为24小时）进行，过早钻孔会破坏尚未稳定的粘结层。锚栓的选择和布置必须经过精确计算，其有效锚固深度在混凝土墙体中不得少于30毫米，在砌体墙体中则不得少于50毫米，以确保足够的抗拉拔力。锚栓的数量并非一成不变，而应根据建筑高度、当地基本风压值以及所用保温材料的类型和厚度进行动态调整，一般情况下每平方米不少于6个，且在建筑阳角、门窗洞口四周等关键部位必须进行加密处理。安装过程中，钻孔直径必须与锚栓套管严格匹配，孔径过大将严重影响锚固效果。敲击锚栓时应力度均匀，确保塑料圆盘与保温板表面齐平，既不能凸出影响抹面层平整度，也不能凹陷导致局部应力集中。

### 3.4 抹面层施工

抹面层是系统的“防护外衣”，其施工质量直接关

系到系统的抗裂、防水和耐久性能。施工时,应先在保温板表面均匀涂抹一层厚度约为2至3毫米的底层抹面砂浆,随即趁湿压入耐碱玻纤网格布。网格布的铺设应自上而下进行,横向搭接宽度不得小于100毫米,纵向不得小于80毫米,且必须确保网格布被砂浆完全包裹,严禁出现“干搭”现象。在门窗洞口四角、建筑阴阳角等应力集中区域,必须进行加强处理,通常是在这些部位沿45度方向预先铺设一块200毫米乘300毫米的附加网格布,以有效分散应力,防止开裂。对于首层墙面或其它易受碰撞的部位,应采用双层网格布构造以增强抗冲击能力。待底层砂浆稍干至指触不粘手时,即可进行第二道抹面砂浆的施工,将网格布完全覆盖,最终抹面层的总厚度应严格控制在3至5毫米之间。过薄则保护不足,过厚则易因自身收缩而产生龟裂。

### 3.5 细部节点处理

细部节点是外墙保温系统的薄弱环节,也是最容易出现问题的地方,其处理质量往往决定了整个系统的成败。门窗洞口是重中之重,保温板应完全覆盖窗框外侧,形成“包口”构造,以切断热桥并保护窗框。洞口四周必须预埋或后装带有网格布的专用护角条,并辅以45度斜向加强网,形成多重防护。勒脚部位直接接触地面,既要防雨水溅射,又要防机械磕碰,通常应设置经防腐处理的金属托架来承托保温板,并在其上方做好防水密封<sup>[4]</sup>。建筑的变形缝处,保温板必须断开,缝内填充弹性良好的保温材料,并用耐候性优异的密封胶进行封闭,以适应结构的伸缩变形。对于空调孔、燃气管道等穿墙构件,其与保温层之间的环形缝隙必须用柔性密封材料(如发泡胶配合耐候密封胶)进行严密、连续的封堵,杜绝任何可能的渗水通道。

### 4 提升耐久性的全生命周期保障体系构建

为从根本上解决寒冷地区外墙保温系统的耐久性问题,必须摒弃“重建设、轻维护”的传统思维,建立起一个涵盖“设计-选材-施工-运维”全过程的全生命周期保障体系。在设计阶段,应摒弃经验主义,进行精细化的热工模拟与计算,不仅要确定合理的保温层厚度,更要对水蒸气渗透路径进行验算,科学配置各层材料的水蒸气渗透阻,从源头上杜绝内部冷凝的风险,并对门

窗、阳台、檐口等复杂节点进行标准化、精细化的构造设计。在材料选择上,应坚持性能优先原则,优先选用经过长期工程验证、性能稳定、耐候性好、燃烧等级高的保温材料及其配套系统,对粘结砂浆、抹面砂浆等关键辅材,应特别关注其柔韧性、长期粘结强度及防水性能。在施工监管环节,应大力推行“样板引路”制度,即在大面积施工前先做实体样板,经各方确认后再行推广;同时,实行全过程、全方位的旁站监理,并积极引入红外热像仪、超声波测厚仪等无损检测技术,在工程竣工后对保温系统的完整性、有无空鼓及渗漏隐患进行全面普查。在后期运维阶段,应为每栋建筑建立详细的外墙档案,明确保温系统的构造、材料品牌及施工信息,并制定定期巡检制度。一旦发现饰面层出现细微裂缝或局部空鼓,应立即采用弹性密封胶或专用修补砂浆进行及时修补,将水分侵入的风险扼杀在萌芽状态,从而最大限度地延长系统的使用寿命。

### 5 结语

本文研究表明,通过深刻理解冻融、水汽、老化等环境因素对系统各组分的影响机理,并在此基础上,严格执行精细化的施工控制要点,特别是保证足够的粘结面积、严密的板缝处理、合理的锚固设计以及完善的细部节点构造,能够有效规避绝大多数早期失效风险。未来,随着新材料(如真空绝热板、气凝胶)和新工艺(如预制保温装饰一体化板)的发展,外墙保温系统的性能将得到进一步提升。然而,无论技术如何演进,“质量源于细节,成败在于施工”的原则永远不会过时。唯有将严谨的科学态度贯穿于工程实践的每一个环节,才能真正筑就安全、节能、耐久的百年建筑。

### 参考文献

- [1]郑泽瀚,余逸潇.寒冷地区被动式建筑外墙保温体系设计研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(18):55-57.
- [2]葛贝德,程桢,鲁春梅,等.寒冷地区建筑外墙保温技术及施工要点分析[J].森林工程,2013,29(05):124-125+157.
- [3]宋吉.房屋建筑工程外墙保温装饰施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(31):148-150.
- [4]王恒.外墙保温节能技术在建筑施工中的应用策略[J].建材发展导向,2025,23(19):136-138.