老旧小区阳台基层劣化条件下绝热涂料保温改造技术

郭瑞生[1] 刘 铎[2] 满征一[1] 范文宇[2] 廖 松[1]
1.中国建筑一局（集团）有限公司，北京 100161
2.中建一局集团安装工程有限公司，北京 102600

[摘要]本文以燕化星城老旧小区改造项目为例，对常用外保温工法（EPS 薄抹灰、岩棉板、硬泡聚氨酯喷涂与绝热涂料薄层系统）进行了对比，梳理了薄壁阳台栏板的可锚固性判定方法和内外双侧薄层保温构造做法，并结合实体检测与样板段测温验证其保温效果。实践表明，采用该构造后，栏板主断面传热系数降至 0.31W/(m²K)，设计工况内表面温度由 4.7℃升至 17.1℃，高于室内露点 10.1℃；样板段实测温升约 5℃，与同工况理论值 5.0℃基本吻合。同时，本项目按“四新”技术应用程序完成论证与复验，同步落实样板段测温与淋水复验，降低了后期结露与渗漏返工概率。

[关键词]老旧小区改造；薄壁阳台栏板；热桥；绝热保温涂料；四新技术应用
DOI：10.33142/ect.v4i10.20654 中图分类号：TU55+1 文献标识码：A

Thermal Insulation Coating and Renovation Technology for Balcony Base Deterioration in Old Residential Areas

GUO Ruisheng [1], LIU Duo [2], MAN Zhengyi [1], FAN Wenyu [2], LIAO Song [1]
1. China Construction First (Group) Co., Ltd., Beijing, 100161, China
2. China Construction First Group Installation Engineering Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: Taking the renovation project of Yanhua Xingcheng old residential area as an example, this article compares the commonly used external insulation methods (EPS thin plastering, rock wool board, hard foam polyurethane spraying and insulation coating thin layer system), sorts out the anchoring determination method of thin-walled balcony railing and the construction method of internal and external double-sided thin layer insulation, and verifies its insulation effect by combining entity detection and sample section temperature measurement. Practice has shown that after adopting this structure, the heat transfer coefficient of the main section of the fence decreases to 0.31W/(m ² ·K), and the surface temperature inside the design condition increases from 4.7 ℃ to 17.1 ℃, which is 10.1 ℃ higher than the indoor dew point; The measured temperature rise of the sample section is about 5 ℃, which is basically consistent with the theoretical value of 5.0 ℃ under the same working conditions. At the same time, this project has completed the demonstration and re inspection according to the "four new" technology application program, and simultaneously implemented temperature measurement and water spraying re-inspection of the sample section, reducing the probability of rework due to condensation and leakage in the later stage.

Keywords: renovation of old residential areas; thin walled balcony railing; thermal bridge; thermal insulation coating; application of four new technologies

引言

上世纪八九十年代所建集合式住宅，阳台栏板多以混凝土预制板加内外抹灰构成，板体本身即承担围护功能；历经三十余年使用，混凝土导热系数偏大、热桥效应显著，冬季内表面温度低于室内露点，结露、霉变与墙皮脱落情况屡见不鲜。北京居住建筑节能标准提高后，阳台栏板改造已纳入老旧小区基础类整治内容，常规路线为粘贴保温板并以锚栓锚固。然而部分老旧小区阳台栏板板厚小、配筋密集，常规做法在此并不适用：锚固深度不足，新增荷载又影响结构安全，居民内装也容易受损。本文以实体检测与设计复核为依据，经专家论证提出内外双侧薄层保温改造技术。需说明的是，绝热涂料借提高表面热阻发挥作用，其定位是在薄壁栏板这一约束下阻断热桥、抬升内表面温度，而非以薄层替代厚保温板。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑热桥与结露的研究已有积累，外墙外保温施工技术也趋于成熟，但研究对象多为可正常锚固的新建或加固基层；对于板厚受限、混凝土碳化、难以有效锚固的既有住宅，替代性施工方案讨论不多。绝热涂料类材料的研究集中于产品性能与检测方法，工程应用层面的系统构造、层间匹配与验收依据则缺少成体系的做法。本文以燕化星城项目为例，讨论两个问题：无法锚固时如何以可检测指标判定并比选保温构造，以及薄层构造的热工有效性该怎样表述与验证。

1 工程概况与原构造现状

本工程为第二批央企在京老旧小区综合整治项目，位于北京市房山区。小区住宅建成于上世纪九十年代，阳台栏板均为混凝土预制板，外侧为水刷石或早年涂料饰面，内侧为居民自行装修的乳胶漆或瓷砖。改造前普遍存在三类缺陷：冬季内表面结露，端部户型尤重，部分住户内墙底部霉变；外侧饰面老化空鼓，雨水沿交接缝渗入；栏板与主体交接处热桥显著，抽测内表面温度较室内空气低8～10℃。

2 原栏板热工缺陷与现场检测

2.1 热工缺陷分析

燕化星城小区阳台的保温性能差，很大程度上由构造本身决定。原构造典型做法为例：外侧水刷石、内抹混合砂浆，中间仅放置预制混凝土板（约 30mm 厚），三道构造中没有一层承担保温功能。水泥砂浆、混凝土与混合砂浆的导热系数分别为 0.93、1.74、0.87W/（m·K），均属导热性较强的材料；各层热阻相加只有 0.062（m²·K）/W，计入内外表面换热阻后总传热阻约 0.212（m²·K）/W，传热系数达 4.7W/（m²·K），比现行北京居住建筑节能标准的外墙限值高出一个量级。同时阳台栏板三面临空，内外表面积与体积之比远高于主体外墙，同样的构造，散热量被成倍放大。栏板与主体墙体交接处又没有断桥处理，混凝土连续贯通，形成典型的线性热桥。

2.2 现场检测

为判定阳台基层是否可以锚固，项目施工前对部分楼栋开展了三项检测。锚固条件方面，板厚约 30mm，而 JGJ144—2019 要求锚栓有效锚固深度不小于 25mm，钻孔深度已接近板厚，极易伤及钢筋，亦难形成有效锚固。碳化深度用酚酞试剂法实测为 15～20mm，部分端部接近贯通；碳化后混凝土碱度下降，膨胀螺栓在碳化层内的锚固力显著降低，勉强钻孔亦难达到要求的锚固力。承载力复核表明，外侧新增约 30mm，折合面荷载约 0.50kN/m^2，内侧新增约 8mm，约 0.15kN/m^2，合计 0.65kN/m^2。原栏板恒载约 1.55kN/m^2，新增部分约占 42%，对悬挑栏板根部弯矩的影响不可忽略。荷载变更及弯矩、挠度复核由原设计单位出具书面意见，确认在允许范围内。

3 主流外保温工法在薄壁栏板上的适用性对比

阳台栏板节能改造常用的外保温工法有 EPS 薄抹灰、岩棉板、硬泡聚氨酯喷涂与近年推广的绝热涂料薄层系统，四者在构造厚度、锚固要求、防火性能、工期与基层适应性上各有差别，结合本工程约束对比如表 1。

表 1 主流外墙外保温工法在薄壁栏板上的适用性对比

对比项	EPS 薄抹灰	岩棉板外保温	硬泡聚氨酯喷涂	绝热涂料体系
构造厚度	50～90mm	60～100mm	30～50mm	外侧约 30mm＋内侧 8mm
锚固要求	锚栓 6 个/m^2，锚固深≥25mm	锚栓＋粘结双重固定	机械固定或无锚栓	无锚栓，界面粘结
防火性能	B1 级，需防火隔离带	A 级不燃	B1～B2 级，需设防护层	A 级基层＋B1 级薄涂饰面
对薄壁栏板适用性	锚栓打穿主筋，不可行	锚固不足、自重偏大	厚度难控，热桥未交圈	无锚栓，内外双侧阻断热桥
施工工期	约 9 道工序，工期长	工序多，岩棉吸尘	现场喷涂，VOC 较高	主工序 3 类、细分约 10 道

表 1 所列三种保温工法均以锚固为前提。薄壁栏板钻孔易伤筋，碳化基层也难提供可靠握裹力；聚氨酯喷涂可免设锚栓，但厚度均匀性难控，且仅施作外侧无法交圈，内侧热桥依然存在。绝热涂料体系自重小、无需锚栓，以界面剂改善粘结、薄层分遍抹压与基层满粘，粘结性能按 JGJ144—2019 以现场拉拔试验验证；内外双侧同时施作，使热桥在构造上断开，配合 A 级基层与 B1 级薄涂饰面、全程无明火，更适于带户作业。

4 内外双侧绝热保温涂料施工工艺

4.1 方案依据与热工指标

经过技术比选，依据设计单位变更设计与专家论证意见，阳台栏板保温施工工艺由原粘贴保温板构造改为内外双侧薄层构造：外侧以干混保温砂浆为保温主体，内侧及饰面采用绝热涂料，具体构成见 4.3、4.4 节。

经设计计算，该施工工艺外侧、内侧的等效热阻分别为 1.61（m²·K）/W 和 1.39（m²·K）/W，共计 3.00（m²·K）/W，加上原有构造传热阻，则改造后的总传热阻约为 3.21（m²·K）/W，这些是系统的检测结果，并非材料导热系数的折算值：若按照 6mm 厚干混保温砂浆来折算的话，

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

材料热阻仅为 0.09（m²Ⱪ）/W，与检测值相差一个数量级。涂料的隔热作用来自于辐射阻隔而不是多孔结构的低导热系数：以丙烯酸乳液作为成膜物，加入碱土金属复合盐做高发射率填料，在远红外波段抑制热量传递。这种效果只能在完整的构造的墙片试件上才能测到，按单一材料反算不可靠，也不能外推其他构造。检测依据为 GB/T13475，复验时需核对试件构造是否一致；它的长期耐候衰减特性有待采暖期实测复核。按此总传热阻计算，改造后主断面传热系数约 0.31W/（m²K），符合 DB11/891—2020 中外表系数不大于 1.00 时外墙主断面传热系数限值 0.35W/（m²K）；本工程各栋均在该档内，故方案仅适用于外表系数不大于 1.00 的板式住宅。

4.2 样板段先行

遵循“样板先行”原则，项目首先在典型楼栋选取 2 户阳台完整施作内外侧构造，经夏期高温与雨季淋雨考验、测温验证合格后，方推广至其余楼栋。

4.3 外侧构造做法

阳台外侧保温构造自基层向外依次为：基层清理及砂浆修补→界面剂一道→DPM20 砂浆→聚合物水泥防水砂浆→专用干混保温砂浆→抗裂抹面砂浆→找平粗腻子→防潮细腻子→抗碱底漆→分格线条漆→绝热真石漆→罩面漆，详细构造做法见图 1。

构造上有三处需要说明。专用保温砂浆的导热系数不大于 0.07W/（m Ⱪ），与 DPM20 砂浆系两种材料，不得混用；真石漆须选用绝热型。保温砂浆外侧必须设抗裂砂浆并满铺网格布，搭接不小于 100mm，阴阳角与洞口四角加铺 200～300mm 增强网；保温砂浆干缩量大于找平砂浆，省去抗裂层则一个冬夏即在板缝与洞口开裂。绝热真石漆系薄涂型产品，干膜 0.3～0.5mm、用量约 2.0～2.5kg/m^2，与常规厚质真石漆在厚度和机理上均不同。防水砂浆置于保温层内侧，用于阻断基层毛细水与室内水汽；外侧抗渗由防水型底漆、抗裂砂浆与罩面漆膜共同承担。

4.4 内侧构造做法

内侧构造自基层向室内依次为：局部修补→界面剂一道→DPM5 砂浆打底→专用内墙腻子分遍找平→高渗抗碱底漆→绝热涂料两道。

基层（混凝土预制板）	
基层清理及 DP M15 砂浆修补	—
界面剂	一道
DP M20 干混抹灰砂浆找平（兼找坡）	10 mm
聚合物水泥防水砂浆	5 mm
专用干混保温砂浆（保温主体）	6 mm
抗裂抹面砂浆（压入耐碱玻纤网格布）	5 mm
外墙找平粗腻子	—
外墙防潮细腻子	—
抗碱底漆	一道
分格线条漆及分格缝	—
绝热保温隔热真石漆	0.3~0.5 mm
罩面漆	约0.1 kg/m²

室外侧

图 1　阳台栏板外侧构造做法示意

基层（混凝土预制板）	
基层局部修补（DP M15 砂浆）	—
界面剂	一道
DP M5 干混抹灰砂浆打底	5 mm
专用内墙腻子分遍找平	—
专用高渗抗碱底漆	一道
绝热保温隔热涂料	两道

室内侧

注：腻子与涂饰合计约3 mm，图示厚度未按比例绘制。

图 2　阳台栏板内侧构造做法示意

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

5 施工要点

5.1 总体流程

阳台栏板保温改造的主要工序如图 3：外侧自基层处理起，依次完成找平、防水、保温、抗裂与饰面；内侧在抹灰打底后批刮腻子、涂刷底漆与绝热涂料，与外侧面层错开作业。



图 3 阳台栏板绝热涂料保温改造施工工艺流程

5.2 基层处理

外侧原水刷石空鼓部位全部剔除并以 DPM15 砂浆修补，裂缝开槽后用弹性材料嵌填，起粉部位涂刷界面剂封闭；基层应平整结实，无起壳、空鼓、粉化与浮灰，2m 靠尺偏差不大于 3mm。内侧须区分基材：乳胶漆起壳部位铲除至坚实基层；瓷砖墙面不得直接涂界面剂抹灰，须以拉毛剂配合机械打磨粗化，否则保温砂浆干缩后将整块脱落。不同基材交接处两侧各铺 300mm 宽网格布作抗裂过渡带。

5.3 找平、防水与抗裂层

外侧找平分遍进行，每遍不超过 5mm，终凝后再抹下一遍，总厚 10mm；防水砂浆于找平层终凝后施作，厚 5mm；保温砂浆分两遍成活，每遍约 3mm，总厚 6mm。抗裂砂浆总厚 5mm，第一遍 2～3mm 随抹随压入网格布，严禁干铺空鼓，第二遍覆盖网格布并压光，内侧 DPM5 打底厚 5mm。

5.4 饰面层施工

保温与抗裂层验收合格后施作面层：满刮粗腻子、再刮防潮细腻子，每道表干后修补，2m 靠尺偏差不大于 3mm；以专用打磨机打磨至平整无印痕、阴阳角顺直；涂刷抗碱底漆，按分格方案划线与刷缝；随后分两遍喷涂真石漆至干膜 0.3～0.5mm，再滚涂罩面漆。

5.5 环境控制与成品保护

室外温度低于 5℃或高于 40℃、墙面含水率大于 10% 时，不得进行湿作业；大风、雨雪天气停止施工。北京 10 月底至 11 月夜间气温可能跌破 5℃，确需抢工时可搭设封闭暖棚维持 5℃以上，或改用防冻型干混砂浆。夏季正午墙面温度高于 40℃时应避开作业。涂料开盖前须平躺摇匀，严禁使用高频搅拌器、严禁添加溶剂、严禁不同批次混用。内侧工序均在居民室内完成，执行入户双人制，以塑料薄膜遮蔽家具家电，腻子打磨须用带吸尘装置的无尘打磨机，当日完工后清理作业面。

6 关键节点控制

6.1 栏板与主体墙体交接

栏板与主体墙体交接处，外侧构造向墙体侧面延伸不小于 150mm。主楼外墙为保温板系统，与薄层砂浆在材料、厚度及弹性模量上差异明显，若直接在板面收口，易形成厚度突变并诱发裂缝。本工程按“斜坡收头＋跨缝增强”处置：板类保温于交接处做 45°斜坡收头，薄层构造覆盖至保温板面，跨缝铺贴 300mm 宽耐碱网格布，交接缝设背衬棒并嵌耐候密封膏；内侧涂料延伸至内墙不小于 100mm，使内外保温在交接处连续。

6.2 洞口与阴阳角

阳台窗下口外侧按不小于 5%找坡，窗台设滴水线（槽）；窗下口与栏板交接处，保温涂料返包至窗下口不小于 50mm，以耐候密封膏封闭。阴阳角先压入耐碱网格布加强（宽不小于 200mm），再分遍施作，避免应力集中开裂。

6.3 防火加强、分格与收头

门洞口两侧及上方 500mm 范围内设置防火加强措施；保温层收头位置距门框侧边不小于 500mm，并以密封膏封闭端部。各类材料分区堆放、限额领用，无机材料单独

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

存放，防止混杂与污染。外侧分格缝按设计要求做到横平竖直、宽度一致，缝内嵌填耐候密封膏，以保证防排水性能与立面观感的统一。栏板顶部与楼板交接处设置滴水线，压顶以不小于 5%的坡度向室内侧找泛水，使雨水导入阳台地面后经地漏有组织排出，避免雨水沿外饰面漫流形成污痕；饰面层收头处以金属压条固定并密封。栏板底部与地面交接处，涂料下返至地面以下不小于 30mm，形成连续封闭的防水收头。

6.4 外挂件穿越

阳台外挂物多，空调支架、晾衣架、雨水管卡等固定件穿越保温构造，是该部位渗漏与空鼓的高发点。施工时固定点统一放样，膨胀螺栓扩孔后以聚合物砂浆填塞密实，外口打密封膏；固定件周边的断开处以 300mm 宽网格布加强收口；后装构件不得剔凿成活面层，应采用成品锚栓加密封垫安装。

7 质量控制与实施效果

7.1 质量控制要点

材料进场须核验绝热涂料与真石漆的等效热阻、燃烧性能及粘结强度，保温砂浆的导热系数、干密度与抗压强度，并查验检测机构出具的型式检验资料，不合格者退场。施工中保温砂浆厚度以针刺法抽查，每 10m²不少于 3 点；干膜厚度以测厚针量测，湿膜阶段用湿膜梳控制；粘结强度以拉拔仪检测；网格布宽度逐处检查；分色线平直度偏差不大于 3mm。

本工程按楼栋与立面划分检验批，每 500～1000m²设一个检验批，不足 500m²者亦按一个计；各材料依 GB50411—2019 规定的批量见证取样送检；界面剂、网格布、分格缝与节点收头等隐蔽项目，覆盖前须由施工、监理共同验收签认，拉拔试验与厚度抽测需监理见证，拉拔试验需要做好测量记录，抽测先随机取小块样品检测，测多个点，满足合格率方可验收。外观按 JGJ/T29—2015 与 GB50210—2018 验收，着重检测外墙开裂、透底与泛碱情况；必要时辅以钻芯检验，核查保温层厚度与设计的一致性。

7.2 实施效果

样板段实施效果验证测点的布置参考了 JGJ/T132—2019，在样板段施工完成之后进行温度对比，选择在同一朝向的改造栏板、相邻未改造栏板表面分别选点，并在同一时间读取其表面温度，改造后的栏板内表面温度比未改造栏板高很多，温差的趋势符合理论分析结果；样板段阳台底部墙面没有出现新的霉变和结露现象，涂层外观良好。

8 结论

薄壁阳台栏板的保温改造，难点不在材料本身，而在匹配不同基础条件下的技术应用，本文探讨了薄壁碳化栏板的可锚固性、碳化深度占板厚比例以及钻孔遇筋情况，应用新材料实施改造，验证了老旧小区阳台基层绝热涂料保温改造技术的可行性。改造后的实测与计算均支持上述判断：栏板主断面传热系数由 4.7W/（m²K）降至 0.31W/（m²K），设计工况下内表面温度由 4.70℃升至 17.1℃，高于露点约 7.0℃，样板段实测温升与该工况理论温升吻合。这表明，在无有效锚固条件的薄壁栏板上，薄层绝热涂料构造可以达到与板类外保温相当的保温效果。其适用边界为混凝土预制板薄壁栏板、外表系数不大于 1.00 的既有住宅。另外，由企业标准与团体标准备案、专家论证、设计变更、进场复验、样板段验证五个环节组成了“四新”技术的合规路径。

[参考文献]

[1]李林.高层建筑外墙保温施工技术及操作要点[J].建筑技术开发,2024,51(8):89-91.
[2]党倩.建筑外墙节能保温材料及其检测技术分析[J].中国建材科技,2023,32(4):45-47.
[3]王永学.高层钢筋混凝土外墙石墨聚苯板薄抹灰保温防脱落施工技术探究[J].建筑施工,2023,45(6):1123-1126.
[4]王锐.建筑外墙岩棉外保温系统的节能技术分析[J].新型建筑材料,2022,49(11):118-121.
[5]康云.外墙外保温薄抹灰系统抗裂防渗施工关键技术应用[J].施工技术,2023,52(15):78-81.
[6]仇海文.集中供暖换热站外墙保温施工技术与质量控制研究[J].建筑安全,2024,39(3):56-59.
[7]伊妍妍.建筑工程外墙保温装饰工程施工技术要点研究[J].工程技术研究,2023,8(12):102-104.
[8]刘闯.建筑外墙保温一体化施工技术与常见质量通病治理[J].建筑质量,2024(2):67-70.
[9]中华人民共和国住房和城乡建设部.外墙外保温工程技术标准:JGJ144—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
[10]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑节能工程施工质量验收标准:GB50411—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
[11]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑涂饰工程施工及验收规程:JGJ/T29—2015[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

[12]中华人民共和国住房和城乡建设部.居住建筑节能检测标准:JGJ/T132—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
[13]北京市市场监督管理局.居住建筑节能设计标准:DB11/891—2020[S].北京:北京市市场监督管理局,2020.
[14]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑装饰装修工程质量验收标准:GB50210—2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
[15]国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.绝热稳态传热性质的测定标定和防护热箱法:GB/T13475—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.

作者简介：郭瑞生（1990—），男，汉族，河北张家口涿鹿县人，第二批央企在京老旧小区综合整治项目（标包四十三）（房山区星城街道）技术负责人，中共党员，高级工程师，沈阳建筑大学，专业土木工程。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.