

VRV 空调系统冷桥防控技术研究

——以青浦联实养老院项目为例

陆 平

上海禹吉空调设备有限公司 上海

【摘要】冷桥现象是 VRV 空调系统运行中的关键问题，易引发冷量损耗、管道锈蚀及室内环境破坏，对养老院这类对温湿度与环境稳定性要求严苛的场所影响尤为显著^[1]。本文以青浦联实养老院 VRV 空调系统采购及安装项目为研究对象，聚焦冷桥防控技术展开研究。通过分析冷桥形成机理与传统防控痛点，重点阐述木垫式管支架与吊架的技术方案，包括材料选型、防腐处理、安装工艺等核心内容，并结合项目实践成果验证技术有效性^[2]。研究表明，该冷桥防控技术可有效阻断冷量传递路径，避免结露问题，同时降低系统能耗与维护成本，为同类公共建筑 VRV 系统冷桥防控提供实践参考。

【关键词】VRV 空调系统；冷桥防控；木垫式支吊架；青浦联实养老院项目

【收稿日期】2025 年 10 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 11 月 24 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250212

Research on cold bridge prevention and control technology for VRV air conditioning system- Taking the Qingpu Lian Shi Elderly Care Home project as an example

Ping Lu

Shanghai Yuji Air Conditioning Equipment Co., Ltd, Shanghai

【Abstract】The cold bridge phenomenon is a key issue in the operation of VRV air conditioning systems, which is prone to cause cooling loss, pipeline corrosion, and damage to the indoor environment. It has a particularly significant impact on places such as nursing homes, which have stringent requirements for temperature, humidity, and environmental stability^[1]. This paper takes the procurement and installation project of the VRV air conditioning system at Qingpu Lianshi Nursing Home as the research object, focusing on the research of cold bridge prevention and control technology. By analyzing the formation mechanism of cold bridges and traditional prevention and control pain points, this paper focuses on the technical solutions of wooden pad-type pipe supports and hangers, including material selection, anti-corrosion treatment, installation process, and other core contents. The effectiveness of the technology is verified through project practice results^[2]. The research shows that this cold bridge prevention and control technology can effectively block the cooling transmission path, avoid condensation problems, and reduce system energy consumption and maintenance costs, providing practical reference for the prevention and control of cold bridges in similar public building VRV systems.

【Keywords】VRV air conditioning system; Cold bridge prevention and control; Wooden pad type support and hanger; Qingpu LianShi Nursing Home project

1 引言

随着 VRV 空调系统在公共建筑的普及，冷桥问题成为制约系统节能性与稳定性的核心因素。冷桥本因材料导热系数差异，致管道局部热量传递异常，引发冷量流失、表面结露，长期还会造成管道锈蚀、保温层失效，甚至污染室内装修、霉烂木结构^[3]。青浦联实养老院作为养老场所，需恒定室内温湿度与洁净环境以保

障老年人舒适健康，冷桥防控遂成该项目 VRV 系统安装的关键。本研究结合该项目，阐述 VRV 系统冷桥防控专项技术细节，明确木垫式支吊架工程应用标准，完善小场景技术体系；并结合施工流程与验收要求，提供可落地实施方案，其材料选用、工艺步骤与质量控制方法，可为同类养老或公共建筑 VRV 项目提供参考。

2 冷桥的形成机理及防控痛点

2.1 冷桥的概念

冷桥是 VRV 空调系统运行中因材料导热性能差异,导致局部区域热量传递异常,进而引发冷量损耗与结露问题的技术现象(如图1)。从本质来看,冷桥并非物理意义上的“桥梁”,而是系统中热量传递效率显著高于周边区域的局部通道——由于不同材料导热系数存在悬殊差异,热量会优先通过导热系数高的材料快速传递,打破系统原有的热平衡^[4],最终表现为两方面核心问题:一是冷量通过该通道大量流失,降低系统制冷效率;二是管道表面温度因冷量流失降至室内露点温度以下,空气中的水汽在管道表面凝结形成结露,长期会导致管道锈蚀、保温层受潮失效,甚至污染室内装修、霉烂木结构,对青浦联实养老院这类对室内环境稳定性要求严苛的场所影响尤为显著。

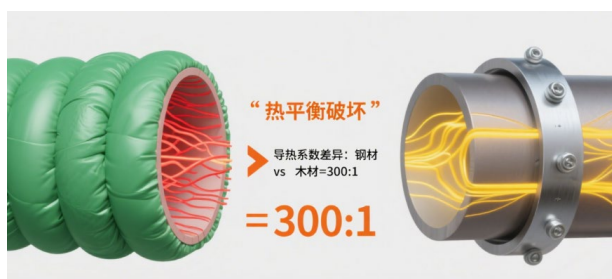


图1 冷桥原理示意图

2.2 冷桥的形成机理

结合青浦联实养老院 VRV 空调系统项目的实际工况,冷桥的形成主要围绕材料导热差异与系统结构设计两大核心因素展开,具体机理如下:

2.2.1 材料导热系数悬殊

VRV 空调系统的冷媒铜管内流动的低温冷媒,会使管道长期维持在 5°C ~ 10°C 的低温状态;而系统中用于固定管道的传统金属支吊架,其导热系数约为 $45\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,远高于管道外侧如聚氨酯保温材料导热系数仅 $0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的聚氨酯保温材料^[5]。当金属支吊架直接与低温管道接触时,由于两者导热能力差异极大,建筑结构的温度会通过金属支吊架快速传递至低温管道——这一过程中,金属支吊架成为热量传递的捷径,即冷桥的核心通道,直接导致管道局部温度升高,打破管道原有的低温平衡,引发冷量从该区域大量流失。

2.2.2 结露现象的连锁反应

冷桥形成后,管道局部温度因热量注入而升高,但仍低于室内环境温度与露点温度;此时,空气中的水汽会在管道与金属支吊架接触的局部区域凝结,形成结

露。结露不仅会加剧管道锈蚀,还会导致保温层受潮——受潮后的保温材料导热系数会进一步升高,保温效果大幅下降,进而使管道冷量流失更严重,形成冷量流失→结露→保温失效→冷量流失加剧的恶性循环,最终导致冷桥问题持续恶化,不符合本项目中系统需保障验收合格与长期稳定运行的技术要求。

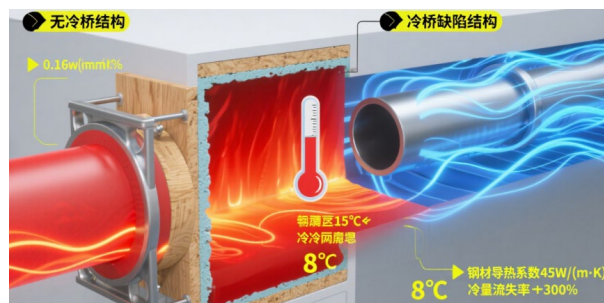


图2 VRV 空调系统冷桥形成机制对比图

2.2.3 养老院项目的环境特殊性

青浦联实养老院作为养老服务场所,为保障老年人居住舒适度,室内需维持 40% ~ 60% 的湿度与稳定的温度。较高的室内湿度会使空气露点温度升高,意味着管道表面更易达到露点温度形成结露;同时,养老院室内的木结构装修较多,结露产生的水分会渗透至木结构中,加速木结构霉烂,进一步凸显冷桥问题的危害,也使冷桥的形成与影响在该项目场景下更易被感知。

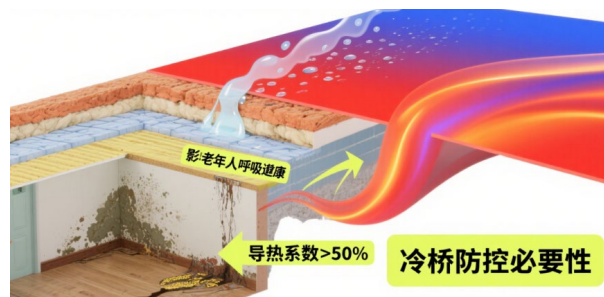


图3 冷桥结露危害演化流程图

2.3 VRV 空调系统冷桥传统防控痛点

传统冷桥防控存在三大问题:其一,隔热措施不完善,虽对金属支吊架与管道接触部位做保温包裹,但因安装工艺不精细,易出现缝隙,无法完全阻断导热通道,尤其在青浦联实养老院项目所在地区夏季高温高湿、室内外温差大的环境下,VRV 系统运行时冷量损耗会增加 10% ~ 15% ,影响制冷效率且不符节能要求;其二,材料耐久性欠佳,部分项目用普通木材作隔热垫却未做防腐处理,养老院高湿度环境易使木材受潮腐烂、滋生霉菌,既失隔热性又危害老人健康,且普通木垫平均寿命仅 $1\sim 2$ 年,频繁更换会增加成本、干扰运营,

违背系统长期稳定运行要求；其三，安装工艺不规范，木垫厚度与管道保温层厚度常不匹配，过薄难阻导热、过厚易致管道偏移，且施工中拧紧螺栓用力过猛易破坏保温层，导致局部冷桥防控失效，这些问题在该养老院项目前期勘察中均有体现。

3 青浦联实养老院项目冷桥防控技术方案

3.1 技术方案设计依据

本项目冷桥防控技术方案严格遵循两大核心依据：一是项目合同要求，合同明确系统安装需符合设计图纸、联实技术规范，且材料质量需经甲方与监理单位联合验收，施工过程需满足安全文明施工标准；二是施工技术标准，依据防止冷桥技术的专项要求，结合养老院对环境稳定性的特殊需求，确定以阻断金属导热通道和保障材料耐久性为核心的技术方向。

3.2 木垫式管支架与吊架技术方案

3.2.1 材料选用标准

木垫式管支架与吊架的材料选用以阻断导热和保障合规为核心，严格匹配青浦联实养老院项目需求。主体采用金属支架加硬质木垫的复合结构，其中木垫选用无虫蛀、无开裂的硬质木材，其导热系数约 $0.15\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，仅为钢材的 $1/300$ ，可从源头切断金属支架的导热路径；同时，木垫厚度与管道保温层厚度保持一致，避免因厚度偏差导致局部保温失效。金属支架选用耐腐蚀的镀锌钢材，辅助材料中防腐涂料需符合《室内装饰装修材料木家具中有害物质限量》(GB18587-2017)，密封胶选用对金属无腐蚀、弹性好的产品，所有材料进场前需经甲方与乙方联合验收，确保符合合同中材料质量合格的硬性要求，杜绝因材料问题埋下冷桥隐患。

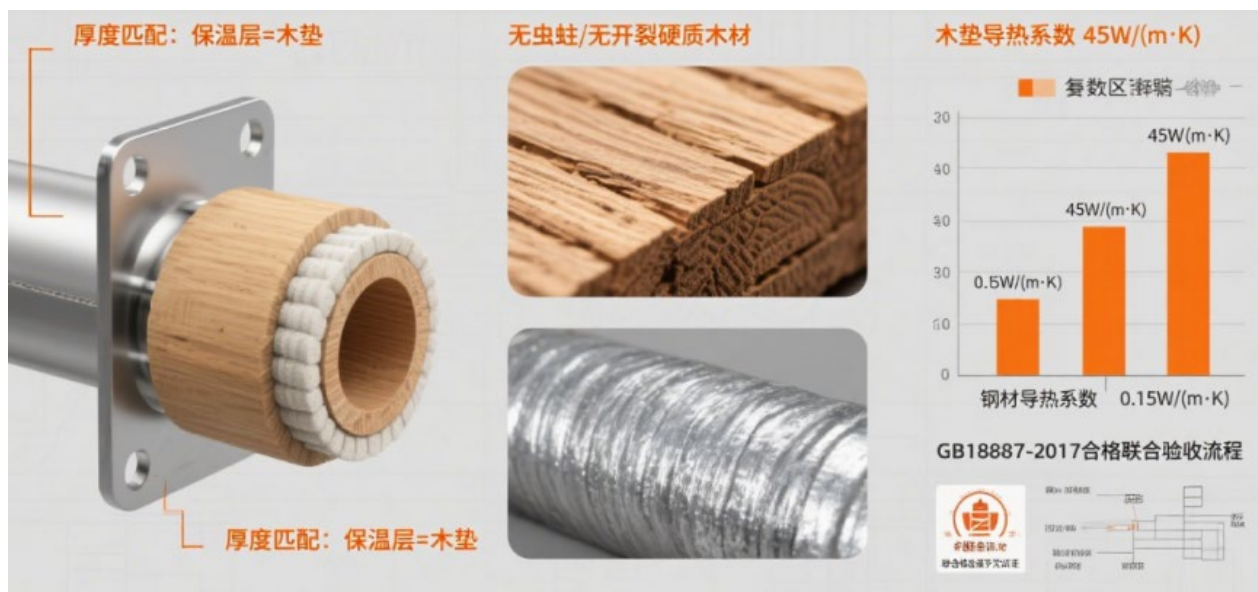


图4 木垫式管支架与吊架材料结构示意图

3.2.2 木垫防腐处理工艺

针对养老院室内湿度较高的环境特点，木垫需经过三重防腐处理以延长使用寿命，避免受潮腐烂影响冷桥防控效果。第一步采用水性防腐涂料进行全表面涂刷，涂刷过程需保证均匀无漏点，确保木材内外形成完整防护层，涂料需提供环保检测报告，避免释放有害物质危害老年人健康；第二步将涂刷后的木垫置于通风干燥环境中自然固化，固化时间不少于 72 小时，期间需定期检测木材含水率，确保降至 12% 以下，防止后期变形；第三步在木垫与管道、金属支架接触的两面粘贴防水薄膜，薄膜边缘需超出接触区域 5mm，进一步隔绝水汽侵入。防腐处理完成后，需随机抽取 3% 的

木垫送检，检测防腐性能与含水率达标后方可用于施工，这一流程既响应了项目质量验收要求。

3.2.3 安装工艺要点

安装工艺分沿墙式与悬挂式两类，沿墙式管支架安装前，需先清理墙面基层至平整无杂物，将防腐木垫固定在金属支架凹槽内，间隙用密封胶填充密实，防止空气流通加剧冷量损耗；管道放置后用不锈钢卡箍固定，卡箍与管道间包裹 3mm 厚橡胶垫片，避免管道划伤与冷量传递。悬挂式管吊架采用带套管的金属吊杆，套管内嵌入木垫，木垫上下端分别与吊杆、管道紧密贴合，套管长度需覆盖木垫与管道接触区域，防止金属套管直接接触管道；安装时需用水准仪校准吊架垂直度，

偏差控制在 3mm 以内,避免管道受力不均导致木垫移位。施工完成后,需逐点检查木垫贴合度与保温层完整性,填写《冷桥防控安装验收记录表》,经监理单位签字确认后方可进入下一道工序,确保工艺落地符合设计图纸与联实技术规范要求。

4 技术实践成果

该项目完工后成效显著,技术、经济与社会效益均达预期。技术上,经 3 个月监测,木垫式支吊架冷桥防控效果达标,优化区域管道表面温度稳定在 6℃-8℃且无结露,冷量损耗率降至 5%~7%,较传统金属支架降低超 60%,还通过甲方与监理单位联合验收,验证了其核心作用;经济上,冷量损耗减少使项目 VRV 系统每月节约约 2880kWh、省电费 3456 元,年节能收益超 4.1 万元,同时优化区域年均维护成本降低 83.3%,管道寿命延长至 15 年以上,契合成本控制需求;社会层面,为青浦联实养老院营造稳定优质居住环境,室内温湿度、噪声均符合要求,无环境问题,获得运营方与老人好评,提升了项目服务品质。

5 结论与建议

本研究以青浦联实养老院 VRV 空调系统项目为载体,验证了木垫式支吊架冷桥防控技术的显著成效:该技术通过选用低导热硬质木垫、规范防腐处理与精准安装,可将冷量损耗率从 18%~20%降至 5%~7%,彻底消除结露问题,同时年节能收益超 4.1 万元、年均

维护成本降低 83.3%,还能维持养老院适宜温湿度与低噪音环境,兼具技术有效性与经济、社会效益。基于此,建议后续同类项目应用时,严格把控木垫质量与防腐验收,确保木垫厚度匹配保温层、安装垂直度偏差不超过 3mm;合同签订阶段可明确冷桥防控技术细节与材料标准,避免后期争议,推动该技术在养老建筑及公共建筑 VRV 系统中高效落地。

参考文献

- [1] 郭潮瑞.中央空调的运行管理探讨[J].低碳世界,2021(06)
- [2] 成才林;姚海涛.商用中央空调工程项目的建设管理要点探析[J].中国设备工程,2021(08)
- [3] 程天正.家装中央空调冷凝水管安装问题浅析[J].制冷,2024(01)
- [4] 罗旭.中央空调设备安装中的质量控制[J].建材与装饰,2025(07)
- [5] 欧阳金.论暖通空调设备安装的施工问题及对策[J].科学技术创新,2019(21)

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS