

DOI: 10.7672/sgjs2023160149

寒冷地区超低能耗建筑外墙保温系统质量问题处置*

刘志茂,叶智武,吴自敏,刘卫军,李 成
(中建三局集团有限公司,湖北 武汉 430070)

[摘要] 介绍了超低能耗建筑需重点关注外墙外保温系统耐久性的原因,并概述了提升外墙保温系统耐久性的设计方法和节点构造。通过调研多个已建成的超低能耗居住建筑项目,发现项目频繁出现管线与外保温系统碰撞、窗台板部位外保温系统面层开裂和雨水管支架出外保温系统面层出现大孔的质量问题,直接影响了外保温系统的耐久性。结合设计现状分析问题成因并提出了相关处置建议。

[关键词] 超低能耗建筑;低碳;外墙;保温系统;质量问题

[中图分类号] TU55

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2023)16-0149-05

Treatment of Quality Problems of External Wall Insulation System of Ultra-low Energy Consumption Buildings in Cold Regions

LIU Zhimao, YE Zhiwu, WU Zimin, LIU Weijun, LI Cheng

(China Construction Third Engineering Bureau Group Co., Ltd., Hubei, Wuhan 430070, China)

Abstract: This paper introduces the reasons why ultra-low energy consumption buildings need to pay attention to the durability of external wall insulation system. The design method and node structure for improving the durability of external insulation system are summarized. Through the investigation of several ultra-low energy consumption residential building projects that have been built, it is found that the external insulation system of the project frequently encounters the collision between the pipeline and the external insulation system, the cracking of the surface layer of the external insulation system at the window sill plate and the quality problems of the large holes in the surface layer of the external insulation system of the rainwater pipe bracket, which directly affects the durability of the external insulation system. Combined with the design status, the causes of the problems are analyzed and relevant disposal suggestions are put forward.

Keywords: ultra-low energy consumption building; low-carbon; external wall; thermal insulation system; quality problem

0 引言

超低能耗建筑通过性能化设计方法确定外围护结构热工参数,并根据负荷适配相应的采暖和空调系统。外墙保温系统是构成外围护结构热工性能的主要因素之一,系统功率与外墙保温系统热工性能耦合程度高,功能裕量小,因此,要求外墙保温系统在服役期间保持热工性能相对稳定。当外墙保温系统热工性能劣化超过一定值时,将导致运行能耗超过标准要求或室内环境参数达不到设计指

标。外墙保温系统施工精细化程度高,在现有条件下,局部功能劣化难以通过翻修的方式恢复到原有热工性能或翻修成本显著提升^[1]。上述特点决定了应重点关注外墙保温系统的耐久性。

服役过程中避免雨水渗透或通过缝隙穿透面层进入保温层是提升外墙保温系统耐久性的重要方面^[2-3]。超低能耗建筑外墙保温系统在常规节能建筑外保温设计的基础上,将暴露在雨水中的水平或倾斜建筑构件按屋面设计对待以提升其耐久性。如屋面防水层上翻至女儿墙顶板并采用盖板设计、外窗下口部位保温采用金属窗台板设计、挑檐和敞开式阳台等外挑部位保温层设置防水层等^[4]。此外,超低能耗建筑节点设计还引入了大量降低热

* 中建股份科技研发课题:高海拔地区增压补氧模块化宜居建筑群关键技术研究(CSCEC-2021-Z-44)

[作者简介] 刘志茂,高级工程师,E-mail:48834552@qq.com

[收稿日期] 2023-04-20

桥效应的设计,如雨水管支架、穿外墙管道洞口等^[5],在一定程度上重塑了原有外墙外保温节点构造。

目前,对于建成的超低能耗建筑的研究主要集中在运行阶段的能耗和室内环境参数分析^[6-11],对于外保温系统暴露出的问题较少提及。通过调研若干项目,发现超低能耗建筑外墙保温系统中存在共性的质量问题,分为外墙保温系统与管线碰撞和外保温系统面层开洞、开裂。后者在项目竣工时均未出现,而是在交付后一段时间才逐步出现。研究分析共性质量问题产生的原因和处置方法有利于增强工作的科学性和预见性。

1 管线与外墙外保温系统碰撞

1.1 设计现状

高热阻的外墙保温系统和对热桥的控制是寒冷地区超低能耗建筑外墙保温系统的主要技术措施。高热阻外墙保温系统大幅度提升了保温层的厚度,控制热桥则通过增加保温层的厚度和覆盖面积来实现,如女儿墙和设备平台等。保温层厚度增加和覆盖面积增大是其区别于常规节能建筑最大的表现特征。

1.2 问题的提出

通过项目调研,发现管线与外保温系统的保温层碰撞具有普遍性,典型碰撞如图 1 所示。管线与保温层碰撞切开了对保温层有物理防护和防水作用的面层抗裂砂浆。大部分碰撞问题均在施工过程中暴露并在现场仅实施简单的补救工作,如在保温层面层砂浆与管道交接处加密封胶。外墙外保温系统的设计寿命为 25 年,而相应的密封措施属于计划外的工作,未经系统设计,处理后仍为相对薄弱位置,易开裂并引起渗水。

1.3 成因分析

管线与外保温系统碰撞是设计缺陷,需从设计端入手。设计人员未能识别超低能耗建筑技术实施带来的设计条件变化,沿用适用于常规节能建筑的设计习惯。高频碰撞部位及原因如表 1 所示。管线与外保温系统碰撞更深层次原因如下。

1)具有实践经验的设计人员较少,且分布不均衡。超低能耗建筑在国内发展虽经历 10 余年,但发展初期的建设总量仍较少,2013—2018 年的总竣工面积仅 16 万 m²,具有实践经验的群体往往集中在少部分设计院,经验总结提炼尚未达到能直接指导设计工作的程度。对于大多数设计工作者来说,实践未达到,则认识达不到,对实践过程中遇到的复杂场景难以做出正确判断。



图 1 各类管线与保温层碰撞现场
Fig.1 Collision between various pipelines and insulation layer

表 1 管道碰撞类型、位置及其原因

Table 1 Type, location and causes of pipeline collision		
碰撞管道类型	高频碰撞位置	碰撞原因
卫生间透气管、厨房烟道、屋面消防管道	女儿墙内侧	墙体保温厚度增加,但各类管道位置依然按常规建筑进行布置,导致碰撞
	屋面楼梯间外墙	
新风管、排风管、冷媒管	设备机房外墙	因热桥处理,底板保温厚度增加,新风和冷媒管布置过程中未充分考虑,导致碰撞
	设备平台底板	
侧排雨水管、设备平台雨水管	外墙外保温系统	因热工性能提升,外墙保温厚度增加,但雨水管布置过程中未考虑,导致碰撞

2)设计单位在超低能耗建筑技术研究过程中参与深度不足。对超低能耗建筑的研究以技术开发为主,研究主体为科研院所,设计单位在研究过程中参与深度不足,不能从设计角度上分析超低能耗技术实施所带来的设计条件变化。因社会分工不同,科研院所无法完全代替设计院进行设计条件的变化分析工作。

1.4 处置建议

项目在方案设计阶段各专业识别超低能耗建

筑技术带来的变化,并在设计过程中予以考虑。最重要的是确认预留洞口与外保温面层的位置关系。在诸多碰撞问题中,位于厨房外墙的新风管、排风管与设备平台底板的碰撞有一定的复杂性。为降低噪声对声环境敏感房间的影响,超低能耗居住建筑新风空调一体机的室内机组置于厨房吊顶空间内,用于放置室外机组的设备平台就近置于厨房外墙。厨房新风系统的进、排风管在吊顶空间内穿外墙,与设备平台底板保温层是否碰撞取决于建筑层高和吊顶高度、厨房面宽、设备平台相对楼板高度、室外机组高度、厨房外窗下口高度,需进行综合分析。以下有2种降低该部位碰撞的方法。

1)设备平台与出外墙管道在水平方向上错开(见图2a),管道位于设备平台垂直投影面之外。该方法受厨房面宽限制,面宽较小时难以实施。当厨房毗邻非噪声敏感的楼梯间或餐厅时可考虑将平台置于楼梯间和餐厅外墙。

2)减小设备平台底板保温层厚度,如图2b所示。减小设备平台底板保温层厚度会增加平台线性热桥,但超低能耗建筑减少了空调机组的数量,所需的设备平台数量减少,在总量上线性热桥带来的能耗增加量仍较小,文献[1]分析了该方法。

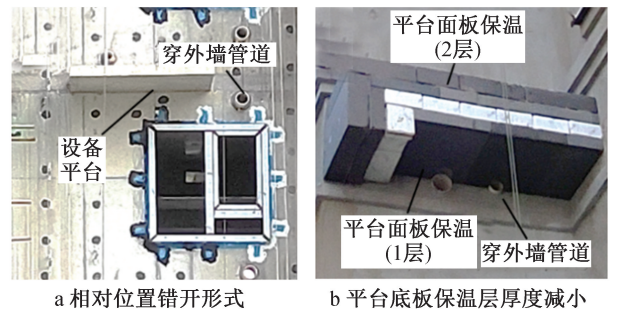


图2 出外墙管道与挑板保温层防碰撞

Fig.2 Anti-collision between external wall pipe and flip board insulation layer

2 外墙窗台板部位保温面层开裂问题

2.1 设计现状

室外侧设置金属窗台板是超低能耗建筑外窗普遍采用的安装形式,窗台板有以下作用:①能有效保护窗下口外保温系统免受物理冲击破坏;②能有效减少窗下口外保温系统面层与雨水接触的总量和滞留时间;③能减少雨水对外保温系统面层的冲击。

2.2 问题的提出

通过调研多个项目,发现与窗台板端部接触的外保温系统面层均存在开裂现象,如图3所示。由图3可知,窗角部位均有裂纹,且裂纹均从窗台板与

外保温系统相交部位引出;裂纹为雨水进入外保温系统提供了通道。



图3 窗角部位外墙外保温系统面层砂浆开裂

Fig.3 Mortar cracking on the surface of external wall external insulation system at the window corner

2.3 成因分析

1)窗台板嵌入外墙外保温层后破坏了外保温系统原有的面层抗裂设计。外墙外保温系统面层在窗洞口部位应力集中有开裂的风险,JGJ 144—2019《外墙外保温工程技术规程》规定在窗洞口部位设有分散应力作用的附加网格布以提升抗裂性,如图4所示,附加网格布设置在外保温转角部位。16J 908—8《被动式低能耗建筑-严寒和寒冷地区居住建筑图集》中窗台板安装如图5所示,可看出窗台板嵌入保温层。对比图4,5可知,窗台板安装位置与附加网格布重叠,附加网格布在窗台板安装过程中被切开,丧失了原有的抗裂功能。窗台板安装前后如图6所示,窗台板是在外墙外保温抗裂面层完成后再次切开的。

2)窗台板受热膨胀作用挤压外墙保温系统面层。窗台板为金属材质,热膨胀系数大于面层砂浆。嵌入保温层的金属窗台板夏季受热膨胀时挤压抹面层,挤压效应对裂纹的形成和拓展有推动作用。保温系统面层和窗台板材料性能如表2所示。

3)窗台板偶然受力挠度大。金属窗台板一侧固定在窗框另一侧悬挑,窗台板偶然受力时下弯挤压与窗台板相接触的外保温面层砂浆,导致开裂。

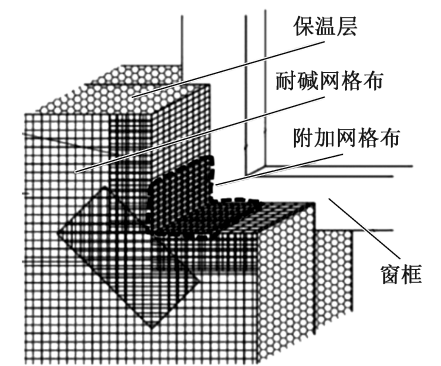


图 4 外窗角部耐碱网格布分布

Fig.4 Distribution of alkali resistant grid at the corner of outer window

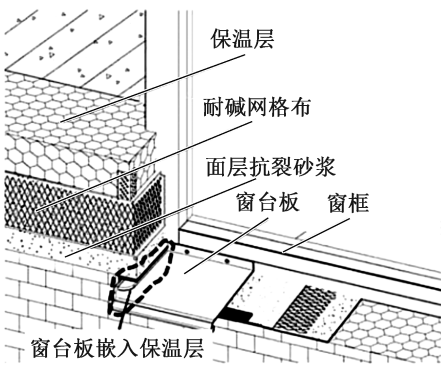


图 5 窗台板嵌入保温层示意

Fig.5 Window sill plate embedded in insulation layer



图 6 窗台板安装前后对比

Fig.6 Comparison before and after installation of window sill plate

表 2 材料的性能

Table 2 Properties of materials

部位	材料	热膨胀系数 1/k	弹性模量/GPa
保温系统面层	抗裂砂浆	8.5×10^{-6}	1.5
窗台板	不锈钢	$(12\sim15)\times10^{-6}$	200.0
	铝合金	23×10^{-6}	70.0

2.4 处置建议

窗台板可不嵌入外墙外保温系统面层,板下口

保温面层设计成一定坡度后能实现设计初衷,理由如下。

- 1)窗台板防护作用旨在规避一定尺寸以上物体直接碰撞外保温系统面层,窗台板无需完整覆盖板下保温,与侧口保温可留出一定间隙。
- 2)常规节能建筑外窗下口保温系统设置了一定坡度以实现导水作用,该设计方法经过了长时间的检验,设计可靠;常规节能建筑的坡度设计可以保留。

3)外墙外保温具有很强的系统性,面层的连续性被打破后难以通过其他路径补足其防水性能。

3 雨水管支架穿外墙外保温系统面层出现大孔

3.1 设计现状

雨水管支架是穿外保温系统面层频次较高的辅材。为降低支架点状热桥效应,超低能耗建筑采用延长传热路径和减小高导热系数支架与墙体直接接触面积的方式,即采用“几”字形扁铁代替螺栓式支架,扁铁与墙体间垫有隔热垫块,如图 7 所示。

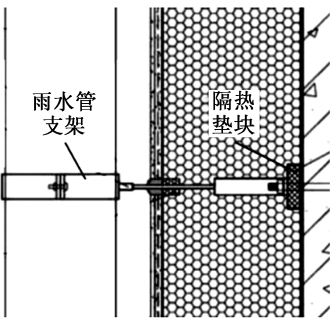


图 7 雨水管支架

Fig.7 Rainwater pipe support

3.2 问题的提出

某建成 7 年和建成 0.5 年的项目雨水管支架如图 8 所示。由图 8 可知,雨水管支架出外墙外保温面层出现大孔,已知两项目竣工交付时外墙外保温系统面层完好。大孔为雨水进入外墙保温系统提供了通道,且雨水会支架的导流作用下增加进入外保温系统的总量。

3.3 成因分析

1)支架长度增加,挠度增大。因超低能耗建筑外墙外保温层厚大大增加,雨水管支架悬挑长度有较大增量,在雨水管重力作用下有较大挠度,对外保温面层砂浆产生切割作用。雨水管支架对外保温面层的切割作用呈重力方向的垂直状(见图 8)。

2)隔热垫片服役过程中受挤压缩。现有标准体系对隔热垫片材料性能没有明确要求,施工过程中通常就地取材,采用易切割的挤塑聚苯板或普通橡胶,此类材料弹性模量通常较小。与支架接触

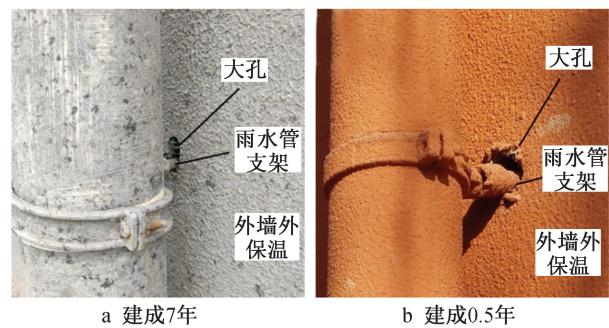


图 8 雨水管支架

Fig.8 Rainwater pipe support

部位的隔热垫片在服役过程中受压产生压缩,支架对压缩效应有放大作用,对外保温面层砂浆产生切割形成大孔。

3.4 处置建议

1)水平方向安装的雨水管支架改为竖向安装。竖向安装的雨水管支架底座增大了有效受力面积,减少了隔热垫片的压缩量,降低雨水管支架对外保温系统面层的切割作用。

2)增大雨水管支架截面惯性矩。采用增大雨水管支架尺寸或改变雨水管支架截面形式,增大截面惯性矩,减少挠度。其中增大雨水管支架尺寸会增加雨水管安装的点状热桥效应,需进行综合权衡。

3)明确隔热垫片的弹性模量。当前标准体系对隔热垫片提出了定性导热系数低的要求,建议增加弹性模量的要求,规避现场采用挤塑聚苯板等低弹性模量材料作为隔热垫片。高分子材料弹性模量与导热系数呈负相关,采用高分子材料为隔热垫片时,需进行综合判断。

4 结语

为提升设计效率,常规节能建筑在常规节能建筑标准体系的基础上固化了设计方法,对常规节能建筑有很好的满足性。超低能耗建筑技术实施后,对原有设计方法产生了新的设计约束条件,不能根据新的设计约束条件作出改变时将产生设计问题。本文所述的管线与外墙保温系统碰撞的根本原因即源于此。识别超低能耗建筑外保温系统增厚和覆盖面积增大的特点并有针对性地改变管线位置能有效减少碰撞问题。

参考文献:

[1] 吴自敏,楚洪亮,李晓晨,等.基于地产角度的超低能耗建筑施工图优化[J].新型建筑材料,2020,47(9):15-19.

WU Z M, CHU H L, LI X C, et al. Optimization of ultra-low energy building construction drawings based on the perspective of real estate [J]. New building materials, 2020, 47 (9): 15-19.

[2] 苏永波,单贺明,侯纲.被动式超低能耗建筑外墙保温系统施

工措施分析[J].混凝土与水泥制品,2019(5):84-86.

SU Y B, SHAN H M, HOU G. Analysis of construction measures for passive ultra low energy building external wall insulation system [J]. Concrete and cement products, 2019 (5): 84-86.

[3] 王龙龙.寒冷地区薄抹灰外墙外保温系统耐久性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2020.

WANG L L. Study on durability of thin plastered external wall external insulation system in cold regions [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2020.

[4] 凌宏杰,熊厚仁,余安妮,等.建筑外墙外保温系统饰面层劣化现状调查研究[J].新型建筑材料,2018,45(12):114-118.

LING H J, XIONG H R, YU A N, et al. Investigation and research on the deterioration of the decorative layer of the external insulation system of building external walls [J]. New building materials, 2018, 45 (12): 114-118.

[5] 徐洪涛.岩棉外墙外保温应用:理论、实践与思考[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.

XU H T. Application of rock wool external wall insulation: theory, practice, and reflection [M]. Beijing: China Construction Industry Press, 2017.

[6] 吴自敏,楚洪亮,尹述伟,等.对超低能耗建筑节点设计的几点思考[J].新型建筑材料,2020,47(12):107-110,113.

WU Z M, CHU H L, YIN S W, et al. Reflections on node design of ultra low energy buildings [J]. New building materials, 2020, 47 (12): 107-110,113.

[7] 闫帅兵.郑州地区近零能耗办公建筑的运行监测及优化研究与应用[D].郑州:郑州大学,2020.

YAN S B. Research and application of operation monitoring and optimization of near zero energy consumption office buildings in Zhengzhou [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2020.

[8] 冯国会,岳明靓,黄凯良.沈阳超低能耗建筑夏季夜间通风效果分析[J].建筑节能(中英文),2021(7):32-37.

FENG G G, YUE M L, HUANG K L. Analysis of the summer night ventilation effect of ultra low energy buildings in Shenyang [J]. Building energy efficiency, 2021 (7): 32-37.

[9] 吴剑林,李怀,于震,等.某近零能耗办公楼暖通空调系统优化运行分析[J].建筑科学,2020,36(6):35-41.

WU J L, LI H, YU Z, et al. Analysis of optimal operation of hvac systems in a near zero energy consumption office building [J]. Architecture science, 2020, 36 (6): 35-41.

[10] 李怀,于震,吴剑林,等.某近零能耗办公建筑4年运行能耗数据分析[J].建筑科学,2021,37(4):1-8.

LI H, YU Z, WU J L, et al. Analysis of 4-year operational energy consumption data of a near zero energy consumption office building [J]. Building science, 2021, 37 (4): 1-8.

[11] 高彩凤,曲斌,陈梦源,等.严寒地区超低能耗居住建筑设计要点及运行效果分析——以中海河山大观项目为例[J].暖通空调,2021,51(6):63-70.

GAO C F, QU B, CHEN M Y, et al. Design points and operational effects analysis of ultra low energy residential buildings in severe cold regions: taking the Zhonghai Heshan Grand View Project as an example [J]. Journal of HV & AC, 2021, 51 (6): 63-70.