

关于新型材料（硅墨硒保温材料+聚氨酯门窗） 在上海超低能耗建筑中的盈亏平衡分析

王忠康

上海申元工程投资咨询有限公司

摘要：在超低能耗建筑的发展和推进过程中，会使用大量的新材料、新技术、新工艺、新标准，由于这些新材料、新技术、新工艺、新标准在行业发展初期，相关厂家较少，市场不透明，直接导致超低能耗建筑较普通建筑增加费用“黑洞”，为了避免投资失控的风险，很多开发、建设单位不愿意去尝试超低能耗建筑，阻碍了超低能耗建筑在我国的发展。本文对超低能耗建筑的定义、发展和重要性进行了简单阐述，并就硅墨硒保温材料和聚氨酯门窗在上海市超低能耗建筑中的盈亏平衡进行了分析研究，希望能通过本文的研究来打消开发、建设单位对上海市超低能耗建筑可能增加的费用“黑洞”的担忧，推进上海市超低能耗建筑、近零能耗建筑和零能耗建筑的发展。

关键词：超低能耗建筑；盈亏平衡分析；硅墨硒保温板

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.05.040

前言

为了深入贯彻落实国家关于2030年碳达峰、2060年碳中和的重大战略决策，作为拉动中国经济高速增长重要支柱产业——房地产业深耕产业技术，在产业下行，利润见顶的大环境下，敢于自我革命，结合国内外超低能耗建筑建设经验，为实现国家碳达峰、碳中和的战略目标贡献一份行业力量，在保证一定的利润的前提下，探索落实新材料、新工艺在超能能耗项目中的应用与发展。

一、超低能耗建筑的定义与应用

（一）国家标准对于超低能耗建筑的定义

在中华人民共和国住房和城乡建设部发布的国家标准《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019中，根据建筑能效指标的不同，区分出了近零能耗建筑、超低能耗建筑和零能耗建筑，其中以近零能耗建筑为标准，超低能耗建筑是近零能耗建筑的初级表现形式。与近零能耗建筑相比，超低能耗建筑的室内环境参数与近零能耗建筑相同，但能效指标略低于近零能耗建筑，且建筑能耗水平应较现行相关国家标准降低50%以上。《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019中超低能耗建筑的室内环境参数、建筑能效指标要求如下：

建筑主要房间室内热湿环境参数

室内热湿环境参数	冬季	夏季
温度(℃)	≥20	≤26
相对湿度(%)	≥30	≤60

注：1 冬季室内相对湿度不参与设备选型和能效指标的计算

2 当严寒地区不设置空调设施时，夏季室内热湿环境参数可不参与设备选型和能效指标的计算；

当夏热冬暖和地区不设置供暖设施时，冬季室内热湿环境参数可不参与设备选型和能效指标的计算。

超低能耗居住建筑能效指标

建筑能耗综合值		≤65(kWh/(m ² ·a)) 或 ≤8.0(kgce/(m ² ·a))				
建筑本体性能指标	供暖年耗热量(kWh/(m ² ·a))	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	温和地区	夏热冬暖地区
		≤30	≤20	≤10		≤5
	供冷年耗冷量(kWh/(m ² ·a))	≤3.5 + 2.0 × WDH ₂₀ + 2.2 × DDH ₂₈				
建筑气密性(换气次数N ₅₀)	≤0.6		≤1.0			

注：1 建筑本体性能指标中的照明、生活热水、电梯系统能耗通过建筑能耗综合值进行约束，不作分项限值要求；

2 本表适用于居住建筑中的住宅类建筑，面积的计算基准为套内使用面积；

3 WDH₂₀ (Wet-bulb degree hours 20) 为一年中室外湿球温度高于20℃时刻的湿球温度与20℃差值的逐时累计值(单位：kWh·千度小时)；

4 DDH₂₈ (Dry-bulb degree hours 28) 为一年中室外干球温度高于28℃时刻的干球温度与28℃差值的逐时累计值(单位：kWh·千度小时)。

超低能耗公共建筑能效指标

建筑综合节能率		≥50%				
建筑本体性能指标	建筑本体节能率	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	温和地区	夏热冬暖地区
		≥25%		≥20%		
	建筑气密性(换气次数N ₅₀)	≤1.0		—		

注：本表也适用于非住宅类居住建筑。

（二）上海对于超低能耗建筑的定义

在利用技术手段和被动式建筑设计大幅度降低建筑空调、供暖以及照明需求的基础上，通过各种主动技术措施来提高能源设备和系统效率，用更少的能源消耗来提供更舒适室内环境的建筑，其中空调、供暖、照明以及生活热水、电梯能耗水平等应比2016年建筑节能设计标准降低50%以上。

（三）超低能耗建筑的意义

建筑节能的发展趋势存在三个阶段，第一阶段是发展超低能耗建筑，第二阶段是从超低能耗建筑发展至近零能耗建筑，第三阶段是通过前两个阶段的发展和积累，最终实现零能耗建筑的大规模实施。从世界范围来看，西方的美国、欧盟、德国、亚洲的日本等诸多地区和国家都制定了超低能耗建筑、近零能耗建筑、零能耗建筑的技术政策和发展目标。

2010年以来，中华人民共和国住房和城乡建设部通过示范引导，吸纳德国被动房技术理念，在国内不同气候区开展了一系列的超低能耗建筑示范项目的建设，取得了良好的应用效果。中华人民共和国住房和城乡建设部在2017年发布的《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》中，明确提出“在全国不同气候区积极开展超低能耗建筑建设示范”“开展超低能耗小区(园区)、近零能耗建筑示范工程试点”“到2020年，建设超低能耗、近零能耗建筑示范项目1000万平方米以上”。但目前我国已经建设完成的超低能耗建筑示范工程，以及相关技术标准、技术规范，都主要集中在寒冷地区和北方严寒地区。夏热冬冷、中部地区、东部地区在气候特征和用能习惯上与中国北方及欧洲地区有着明显的不同，在应用超低能耗建筑的理念和方案时，应该有着差异化的指标、技术路径

和相关规范。

上海作为中国中东部的唯一一座超大型城市，有着众多超大型城市均有的通病——环境和能源矛盾日益突出，能耗总量和建筑能耗强度上行压力不断加大。推进建筑能效水平不断提升，是上海建设生态之城的必由之路，也是上海实施绿色发展的必然选择。

（四）新型材料在超低能耗建筑中的应用

超低能耗建筑为了实现建筑能耗的降低，在技术上主要依靠以下五点来实现：

（1）门窗：采用隔声、保温等性能更高的门窗；

（2）围护结构：采用性能更好的保温材料完整的包裹住整个建筑；

（3）冷/热断桥：保温层连续不断的包住建筑所有与外界相连的部位；

（4）建筑整体气密性：尽量减少室内外热量和能量的交换；

（5）带热回收的新风、空调系统：在满足新风、空调需求的同时，同步进行高效的热回收，减少建筑内部的热量损失。

在以上降低建筑能耗的方案中，最重要的就是选择一个综合性能优秀的保温材料及外门窗。以硅墨硒保温材料为例，它不仅有着足够的强度，可以代替模板使用，使整个项目免拆模，大大加快了整个项目的建设速度，极大的减少了项目的建设周期，而且有着优秀的导热系数和燃烧性能，具体性能如下（参考某公司生产的硅墨硒保温板相关参数）：

某品牌硅墨硒保温板性能指标

项目	单位	性能指标		试验方法
		加强型	普通型	
干密度	kg/m ³	180±20	140±20	GB/T 5486
抗压强度	MPa	≥0.30	≥0.30	GB/T 5486
垂直于板面的抗拉强度	MPa	≥0.20	≥0.20	JGJ 144
压缩弹性模量	kPa	≥20000	-	GB/T 8813
抗弯荷载	N	≥3000	-	GB/T 19631
弯曲变形	mm	≥6	≥6	GB/T 10801.1
体积吸水率	%	≤6	≤6	
导热系数（25℃）	W/(m·K)	≤0.054	≤0.049	GB/T 10294 或 GB/T 10295
软化系数		≥0.8	≥0.8	JG/T 158
干燥收缩值	%	≤0.3	≤0.3	GB/T 11969
燃烧性能等级		A (A2) 级	A (A2) 级	GB 8624

二、新型材料的使用在超低能耗建筑中的盈亏平衡分析

以首个符合上海市相关技术要求并经审核通过的超低能耗建筑项目为例（以下简称“上海某项目”或“本项目”），计算硅墨硒保温材料+聚氨酯门窗在超低能耗建筑中的盈亏平衡点。

（一）项目简介

上海某项目位于上海市闵行区，项目地上业态为高层住宅+叠拼住宅，地上计容建筑面积约15.87万平米，精装交付。计划打造装配式超低能耗建筑的楼栋为5#-22#楼，计容建筑面积为12.13万平米，业态为高层住宅建筑。为响应上海市住房和城乡建设管理委员会发布的《关于推进本市超低能耗建筑发展的实施意见》要求，

在满足40%装配率的情况下，计划打造一个装配式的超低能耗建筑。通过多次调研与测算，本项目外围护结构采用了硅墨硒保温反打装配式外墙+硅墨硒保温一体化现浇外墙+聚氨酯门窗方案。

由于本项目外墙采用了硅墨硒保温反打装配式外墙+硅墨硒保温一体化现浇外墙，为简化计算，在计算外墙保温面积时，将装配式外墙外侧反打硅墨硒保温板计算在内，经计算，本项目相关技术指标如下（为了避免冷/热断桥，阳台侧墙、露台分隔墙等外墙采用硅墨硒保温一体化现浇外墙，阳台底面、顶面、梁侧均使用硅墨硒保温板覆盖，故本项目含量较类似常规项目指标偏高）：

上海某项目指标含量

指标项目	指标单位	类似常规项目指标	本项目指标	指标差
外墙保温面积/建筑面积	m ² /m ²	1.35 (0.7~1.2)	1.45	+ 0.5
门窗面积/建筑面积	m ² /m ²	0.35 (0.3~0.4)	0.35	-
混凝土体积/建筑面积	m ³ /m ²	0.33 (0.3~0.36)	0.38	+ 0.05
模板面积/建筑面积	m ² /m ²	3.1 (2.8~3.4)	2.8	- 0.3

（二）采用新型材料导致建设费用的变化

1. 采用硅墨硒保温板增加的费用

施工期间，市场上硅墨硒保温板材料单价约2300元/m³（综合考虑各种厚度），本项目外墙硅墨硒保温板厚度以85mm和50mm为主，综合计算后外墙硅墨硒保温板综合厚度约为70mm；类似常规项目一般外墙保温板采用40mm厚B1级岩棉保温板，B1级岩棉保温板同期材料单价约700元/m³，本项目外墙采用硅墨硒保温板增加费用约2339万元：

$$(2300 \times 0.07 - 700 \times 0.04) \times 121300 \times 1.45 = 23392705.00 \text{元}$$

2. 采用聚氨酯外门窗增加的费用

为了实现建筑能耗更好的降低，本项目外门窗型材采用聚氨酯型材，施工期间，市场上聚氨酯门窗材料单价约为1300元/m²（综合考虑各种窗型及开启方式），而普通外门窗材料单价约750元/m²，外门窗采用聚氨酯门窗增加费用约2335万元：

$$(1300 - 750) \times 121300 \times 0.35 = 23350250.00 \text{元}$$

3. 混凝土含量提高增加的费用

为了避免冷/热断桥和实现更好的节能效果，本项目阳台侧墙、露台分隔墙等常规项目采用砌体墙部位均采用硅墨硒保温一体化现浇外墙。施工期间，混凝土综合单价约1200元/m³（含钢筋、混凝土及模板），普通砌块外墙综合单价约850元/m³，外墙砌块改为混凝土增加费用约212万元：

$$(0.38 - 0.33) \times 121300 \times (1200 - 850) = 2122750.00 \text{元}$$

4. 新风空调设备增加的费用

为了实现建筑能耗更好的降低和更好的节能效果，本项目户内设计使用了一级能耗空调和带热回收新风系统。原计划仅在超低能耗建筑内部使用一级能耗空调和带热回收新风系统，为了提升客户感受和避免后期的客户投诉，本项目所有户内均采用一级能耗空调和带热回

收新风系统。

经计算，采用了一级能耗空调和带热回收新风系统相比于普通的空调和新风系统，每平米造价约增加100元（需按地上总建筑面积计算），总体增加约1857万元。

$$185700 \times 100 = 18570000 \text{元}$$

5. 模板节约的费用

由于硅墨硒保温板的优秀性能，本项目在采用硅墨硒保温一体化现浇外墙部位，硅墨硒保温板可以代替模板使用。施工期间，综合考虑本项目的模板周转次数，硅墨硒保温板替代常规木模，每平米约节约12元（仅替代木模板部分，相关支撑仍需要计算），累计可节约44万元。

$$(3.1 - 2.8) \times 121300 \times 12 = 436680.00 \text{元}$$

6. 其他不可预见因素增加的费用

经与相关单位沟通，项目若采用新型材料（硅墨硒保温材料+聚氨酯门窗）的超低能耗建筑方案，由于目前市场上相关材料厂家较少，新型材料的施工工艺也较为先进，且由于使用了非常规材料和工艺，导致现场管理难度也相应增加，故本项目较类似常规项目的材料检测、报建、营销、工程等其他不可预见费用约增加25元/m²（按地上总建筑面积计算），合计增加约464万元。

$$185700 \times 25 = 4642500 \text{元}$$

7. 采用新型材料导致增加的费用

综上所述，项目若采用新型材料（硅墨硒保温材料+聚氨酯门窗）的超低能耗建筑方案，累计增加成本约7204万元。

$$2339 + 2335 + 212 + 1857 - 44 + 464 = 7163 \text{万元}$$

（三）政府关于超低能耗建筑的奖励

依据上海市住房和城乡建设管理委员会发布的《上海市建筑节能和绿色建筑示范项目专项扶持办法》和《关于推进本市超低能耗建筑发展的实施意见》，相关政策支持如下：

四、支持标准和方式

（一）符合绿色建筑示范的项目，二星级绿色建筑运行标识项目每平方米补贴 50 元，三星级绿色建筑运行标识项目每平方米补贴 100 元。

（二）符合装配整体式建筑示范的项目，AA 等级每平方米补贴 60 元，AAA 等级每平方米补贴 100 元。

（三）符合超低能耗建筑示范的项目，每平方米补贴 300 元。

五、政策支持

（一）财政支持。本市对符合相关要求的超低能耗示范项目，给予财政补贴，具体按照相关扶持政策执行。

（二）容积率计算。超低能耗项目符合本市相关技术要求并经审核通过的，其外墙面积不计入容积率，但其建筑面积最高不应超过总建筑面积的3%；采用外墙保温一体化（仅采用内保温一体化的除外）的建设项目符合本市相关技术要求并经审核通过的，其外墙保温面积不计入容积率，但其建筑面积最高不应超过总建筑面积的1%。

具体按照下表执行。

容积率计算类型	符合《上海市超低能耗建筑技术导则（试行）》（沪建建材〔2019〕157号）要求，同时外墙平均传热系数≤0.4W/(m ² ·K)且采用外墙保温一体化的超低能耗建筑项目	符合本市建筑外墙保温一体化技术目录要求的其他采用外墙保温一体化的建筑项目
不计容外墙或外墙保温层面积不应超过总建筑面积的比例	3%	1%

1. 财政支持

本项目采用超低能耗建筑方案并通过评审（已通过），可获得政府财政补贴，依据上海市住房和城乡建设管理委员会发布的《上海市建筑节能和绿色建筑示范项目专项扶持办法》计算补贴金额为600万元（财政补贴上限为600万元）。

$$121300 \times 300 = 36390000 \text{元} > 6000000 \text{元}$$

2. 容积率奖励

本项目采用超低能耗建筑方案并通过评审（已通过），可获得容积率奖励，依据上海市住房和城乡建设管理委员会发布的《关于推进本市超低能耗建筑发展的实施意见》，符合相关要求的超低能耗建筑项目外墙面积可不计入容积率，但其建筑面积最高不超过总计容建筑面积的3%，容积率奖励面积为121300×3%=3639平米。

（四）新型材料的使用在超低能耗建筑中的盈亏平衡点计算

本项目使用了新型材料（硅墨硒保温材料+聚氨酯门窗）的超低能耗建筑方案，累计增加费用约为7204万元，远超政府的财政补贴费用600万元，应选择3639平米的容积率奖励。若本项目需要达到盈亏平衡，则需要住宅房屋售价超过19683.98元/m²

$$71630000 \div 3639 = 19683.98 \text{元/m}^2$$

（五）新型材料的使用在超低能耗建筑中的盈亏平衡分析

本项目位于上海市闵行区，销售备案单价约为6.4万元/m²，远超测算的盈亏平衡点1.97万元/m²，故本项目新型材料（硅墨硒保温材料+聚氨酯门窗）的超低能耗建筑方案，即使不考虑硅墨硒保温板代替模板节约的工期和后期运维节约的费用，也能产生约16120.77万元的收益。（6.4-1.97）×3639=16120.77万元

三、超低能耗建筑中使用新型材料的意义

在国家要求“2030年碳达峰、2060年碳中和”的大环境下，虽然超低能耗建筑和近零能耗建筑、零能耗建筑是未来建筑的发展方向，但不可否认的是，在超低能耗建筑和近零能耗建筑、零能耗建筑的发展中，需要不断淘汰老的材料和相对成熟的施工工艺、施工技术，完善和发展新的材料、新的施工工艺、新的施工技术和相关规范、标准。在发展前期，没有“石头可以摸着过河”的情况下，可能会导致各种建安费用的增加，这个时候，就需要各种相关政策支持和财政补贴来推动新材料、新工艺、新技术、新标准的发展，以覆盖参建单位的建安费用增加。只有参建单位有利可图，才会真心拥护新政策的落实，形成文件指导-政策支持-方案落地-产业发展的良性循环。

参考文献

[1] 《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》
 [2] 《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019
 [3] 上海市人民政府关于印发《上海市碳达峰实施方案》的通知沪府发〔2022〕7号
 [4] 《上海市超低能耗建筑技术导则（试行）》沪建建材联〔2019〕157号
 [5] 《外墙保温系统及材料应用统一技术规定（暂定）》
 [6] 《上海市建筑节能和绿色建筑示范项目专项扶持办法》
 [7] 《关于推进本市超低能耗建筑发展的实施意见》沪建建材联〔2020〕541号