

机电系统在超低能耗建筑中的应用

沈许青

上海隼翔房地产开发有限公司 上海 嘉定 200000

摘要: 本文通过上海市青浦区西虹桥沪青平公路北侧48-06A地块项目(璀璨名邸)实例,阐述了新风系统、空调地暖二联供系统、空气源热水器等系统如何应用到超低能耗建筑中,满足超低能耗验收要求。

关键词: 超低能耗建筑; 新风; 空调地暖二联供; 空气源热水器; VVVF电梯; 能耗监测

引言: 超低能耗建筑是通过适应气候特征和场地条件,充分利用自然通风、天然采光及维护结构保温隔热等技术措施,采用高效能源设备,利用被动式建筑设计和技术手段大幅降低建筑供暖、空调、照明能耗。

1 超低能耗建筑背景

现阶段居民对居住和工作环境的品质需求不断提高,而建筑行业是高能耗,高碳排放的行业,这与日益提升的居民品质需求相矛盾。习总书记在全球领导人气候峰会上也提出我国要在2030年实现碳达峰。为切实贯彻国家绿色发展理念,绿水青山就是青山银山,超低能耗建筑作为一种兼具超低能耗和环境舒适的建筑,其发展是趋势。^[1]

另一方面是被动式超低能耗建筑法规政策,标准规范也在日趋完善,上海市住房和城乡建设管理委员会也出台了一系列政策、意见、规范来推行超低能耗建筑,主要有《关于推进本市超低能耗建筑发展的实施意见》(沪建建材[2020]541号),《外墙保温系统及材料应用统一技术规定(暂行)》(沪建建材[2021]113号),《上海市超低能耗建筑项目管理规定(暂行)》(沪建建材[2021]114号),《上海市超低能耗建筑技术导则(试行)》(沪建建材[2019]157号)等。在《上海市超低能耗建筑项目管理规定(暂行)》对满足外墙保温一体化,外墙平均传热系数小于等于0.4,满足超低能耗导则要求,通过超低能耗建筑审核,便可获得额外容积率3%奖励,这对开发商来说是很大的激励政策。

上海通过政策引导和奖励支持等手段积极推进超低能耗建筑的发展,也是响应党中央的号召,距离习总书记在2021年“世界领导人气候峰会”上提出的中国将力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和的目标更近一步。

项目概况:

上海市青浦区西虹桥沪青平公路北侧48-06A地块项目(璀璨名邸)位于青浦区徐泾镇,东至泾南河路,西

至48-03地块,南至沪青平公路,北至会旭路。项目总用地面积:84412.8平方米,总建筑面积:247496.41平方米,地上建筑面积176889.16平方米,地下建筑面积70607.25平方米。本工程由1栋15层、5栋16层、20栋17层高层住宅组成。项目由商品房、保障房、公共服务设施(物业用房、社区服务站等)组成,住宅共计1907户。

根据超低能耗建筑符合《上海市超低能耗建筑技术导则(试行)》沪建建材[2019]157号等相关技术要求,为打造更加节能舒适、高水平的室内舒适度、实现高水平的建筑能效,为业主提供更高品质的居住环境,本工程采用超低能耗技术。

2 项目机电系统在超低能耗建筑中的应用

2.1 超低能耗建筑主要技术指标:

表1-1 超低能耗建筑主要技术指标

指标大类	指标项目	指标要求
供暖空调与新风系统	供暖空调系统	热水辐射供暖性能系数COP ≥ 3.2; 全年性能系数APF ≥ 4.5; 制冷综合性能系数IPLV ≥ 6.0
	新风系统	焓回收效率: 制冷 > 65%, 制热 > 70%; 温度回收效率: 制冷 > 70%, 制热 > 75%单位风量耗功率小于 0.45Wh/m ³
电气	照明	照明功率密度 < 3.5W/m ²
	电梯	采用带能量反馈的变频变压VVVF节能电梯
生活热水	生活热水	1级能效供热设备
能耗监测系统	能耗监测系统	对公共区域照明、电梯进行分项计量

2.2 空调供暖系统

本项目空调系统采用二联供系统供应空调和地暖。根据上海市气候特点、建筑围护结构热工性能及后期项目运营使用情况进行选型,最终选用设备品牌为“东芝”MINI-SMMS系列的多联机空调系统,下表为各户型具体设备选型表:

表1-2 空调设备选型表

TOSHIBA**空调负荷计算表 (优化方案)**

户型	套数	房间名称	房间面积	选择室内机型式	室内机型号	单台容量	台数	总容量	单位容量	室外机形式型号	单台制冷量	单台制热量	室外机数量	室内机总容量代码
			m ²			W		W	W/m ²		KW	KW		
A 户型	14	客餐厅	16.10	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0101 MPHYF-C	3200	1	3200	199	MiNiSMMS 中国_1fan	8.0	9.0	1	1.1
		主卧	11.43	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0071 JPHYF-C	2200	1	2200	192					0.8
		书房	6.30	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	270					0.6
			33.83	地暖模块_TCC	MMW-UP0271 LQ-C	8000	1	8000	236					2.5
			33.83				4	15100						5
B 户型	408	客餐厅	25.78	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0151 MPHYF-C	4500	1	4500	175	MCY-MHP0308 HT-CF3	8.0	9.0	1	1.7
		主卧	11.47	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	148					0.6
		次卧	6.82	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	249					0.6
			44.07	地暖模块_TCC	MMW-UP0271 LQ-C	8000	1	8000	182					2.5
			44.07				4	15900						5.4
C 户型	656	客餐厅	22.53	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0141 JPHYF-C	4000	1	4000	178	MCY-MHP0308 HT-CF3	8.0	9.0	1	1.5
		主卧	11.43	小巧型超薄风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	149					0.6

续表

C 户 型	656	次卧	9.00	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	189					0.6
		书房	6.30	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	270					0.6
			49.26	地暖模块_ TCC	MMW-UP0271 LQ-C	8000	1	8000	162					2.5
			49.26				5	17100						5.8
D 户 型	D 户 型	客餐厅	24.75	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0141 JPHYF-C	4000	1	4000	162	MCY-MHP0308 HT-CF	10.0	11.2	1	1.5
		主卧	14.13	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0071 JPHYF-C	2200	1	2200	156					0.8
		次卧	8.26	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	206					0.6
		书房	7.58	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	224					0.6
			54.72	地暖模块_ TCC	MMW-UP0271 LQ-C	8000	1	8000	146					2.5
			54.72				5	17600					6	
E 户 型	E 户 型	客厅	23.40	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0141 JPHYF-C	4000	1	4000	171	MCY-MHP0508 HT-CF	14.0	16.0	1	1.5
		餐厅	20.47	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0121 JPHYF-C	3600	1	3600	176					1.25
		主卧	16.72	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0081 JPHYF-C	2500	1	2500	150					0.9
		次卧	10.74	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	158					0.6
		老人房	11.27	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	151					0.6
		书房	11.44	小巧型超薄 风管机带泵 F_TCAC	MMD-UP0051 JPHYF-C	1700	1	1700	149					0.6
			94.04	地暖模块_ TCC	MMW-UP0421 LQ-C	12500	1	12500	133					4
			94.04				7	27700					9.45	

根据厂家的选型表, 我司委托专业检测机构检测, 热水辐射供暖性能系数COP值在3.45~3.48之间, 高于超低能耗要求的3.2; 全年性能系数APF在5.34~5.53之间, 高于超低能耗要求一级能耗4.5; 制冷综合性能系数IPLV为6.25, 高于超低能耗要求6.0。

2.3 二联供空调地暖系统与传统壁挂炉性能对比:

表1-3 二联供地暖与燃气壁挂炉对比

燃气壁挂炉	二联供地暖模块
极限效率约在93%, 低工况效率变差	极限效率约250%, 低工况效率变高
一般使用寿命在10-12年	一般外机寿命在15-20年
大温差小流量, 适合散热片	大流量小温差, 更适合地暖
有燃气和排烟相关隐患, 需经常维护	水电分离, 无需燃气
相比地暖模块造价低	造价为燃气壁挂炉的1.5倍

超低能耗建筑为大势所趋, 项目公司愿意以更大的代价采用两联供空调地暖系统换取小业主更美好的生活。

3 新风系统

本项目采用带有高效热回收装置的新风机, 采用品牌为“迈迪龙”的双向流低能耗绿色节能热回收新风机为每户提供新风。

室外新鲜空气经PVC管到进入设备, 经过新风设备处理后的新风通过PVC送风管送入客厅及卧室, 对户内的二氧化碳进行稀释, 然后通过客厅的回风口进入设备的热交换机芯, 与室外新风进行热交换, 然后经过排风管排到室外。当室内冷(热)负荷较大时, 启动循环风, 循环风可快速降低室内冷热负荷, 相当于家用汽车内循环功能。下图为新风运行示意图:

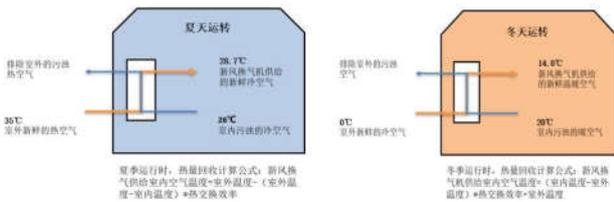


图1-1 新风系统运行示意图

本项目对每个卧室、起居室、餐厅都设置设置新风送风口, 并在新风口前端设置调节阀, 确保每个房间都有充足的风量, 因为新风设备进户后客厅为第一个风口, 若不设置调节阀, 最远的卧室风口和客厅的风口风量差距太大, 会导致风量不平衡, 影响用户体验。在客厅设置回风口, 每户在阳台反梁预留出回风口。因超低能耗要求, 出外墙管道为保证气密性, 在管道出墙内侧需做防水隔气措施, 保证超低能耗气密性要求。^[2]

3.1 新风系统设备性能

新风系统采用家用吊顶式全热回收新风机, 并具备

二联供地暖系统相比传统燃气有一核心优势, 我根据综合数据分析, 南方一户200平米住宅, 地暖敷设面积150平方, 采用燃气壁挂炉供地暖, 一个月燃气费用在2500元左右, 而采用两联供地暖系统, 一个月电费在900元左右。基于这一点, 坚定了我们项目采用天氟地暖两联供地暖设备决心。两联供空调地暖相比传统供暖方式还具备以下优点, 详见下表:

风量调节功能, 3档调速。热回收装置采用全热回收芯材, 焓回收效率: 制冷 > 65%, 制热 > 70%; 温度回收效率: 制冷 > 70%, 制热 > 75%。新风系统单位风量耗功率须 < 0.45 Wh/m³。功能房间之间设置过流设计措施, 在保障通风的同时阻隔噪声。本项目全热换气新风机参数如下表所示:

表1-4 全热换气机设备选型参数表

设备型号	服务区域	形式	热交换效率 (焓效率)		热交换效率 (温度效率)		风量 m ³ /h	机外静压 Pa	功率 kW	单位风量耗功率 w/m ³
			制冷	制热	制冷	制热				
XF-150	A/B/C/D 户型	全热交换	>70%	>75%	>70%	>75%	150	90	0.065	0.43
XF-250	E 户型	全热交换	>65%	>70%	>70%	>75%	250	100	0.11	0.43

3.2 新风系统控制模式

新风机采用带线控器, 过渡季节实现系统送、排风。项目在各末端出风口加装风量调节阀, 系统调试完后运行, 以便各房间风量均衡。

3.3 新风系统噪声控制

项目新风系统风管过墙、过梁的孔洞增加封堵, 并在风口末端施工连接安装增加消音软管解决隔声问题, 保护房间之间的私密性。风机安装时采用减震措施, 降低房间室内背景噪声。

4 生活热水系统

本项目采用空气源热泵热水系统供应热水（系统自带电辅助加热，辅热功率1.5kW）。项目选用的设备品牌为“浴普索兰”空气能热水器，空气源外机型号为：KFD75/150L-YP3，配150L水箱。额定输入功率760W；额定制热量3200W COP值4.21（当出水温度为55℃），COP值4.1（当出水温度为60℃）。本次项目使用的“浴普索兰”空气源热水器系统自带1.5kw辅助电加热，在达到设定时间段内，温度传感器探测到水箱内温度低于设定温度时自动开启电加热功能，达到设定温度时自动关闭当储水箱内水温低于设定温度，电加热自动启动，当储水箱内水温达到设定温度，电加热自动关闭。

表1-5 空气能热泵与传统能源的经济指标对比

能源种类	空气源热泵	天然气	标准煤	电	液化石油气
能源热值	4.21*3600kj/kwh	35590kj/m ³	29270kj/kg	3600kj/kwh	47472kj/kg
150L水消耗能源量（10℃加热至55℃）	4.18*150*(55-10)/4.21/3600=1.862kwh	4.18*150*(55-10)/35590=0.793m ³	4.18*150*(55-10)/29270/0.9=0.964kg	4.18*150*(55-10)/3600=7.838kwh	4.18*150*(55-10)/47472=0.594kg
各类能源价格	0.59元/kwh	3.05元/m ³	2.5元/kg	0.59元/kwh	5.9元/kg
加热150L水的费用（10℃加热至55℃）	1.862*0.59=1.1元	0.793*3.05=2.42元	0.964*2.5=2.41元	7.838*0.59=4.62元	0.594*5.9=3.5元

空气能热水器较传统能源热水器相比存在较大优势，相比于太阳能热水器也安装简便，占用空间面积小，维护也较为方便。上海地区目前空气能热水器并不是很普及，按照行业的发展趋势，空气能热水器发展空间很大，本项目最终决定选用空气能热水器为用户供应热水，也为后续的项目的推广和使用奠定基础。^[3]

5 照明系统

本项目使用高效照明灯具，采用更加高效节能的

表1-6 A户型照明功率密度计算表

房间	照度lx	灯具类型	灯具功率（W）	数量（个）	功率小计（W）	房间面积（m ² ）	照明功率密度（W/m ² ）
玄关	50	吸顶灯	10	1	10	3.3	3.02
厨房	100	集成灯	14	1	14	6.9	2.03
主卫	100	吸顶灯	10	2	20	5.8	3.47
客卫	100	吸顶灯	10	1	10	5.8	1.74
主卧	75	吸顶灯	10	2	20	15.3	1.3
次卧	75	吸顶灯	10	1	10	9.7	1.04
客厅	100	吸顶灯	10	6	60	20.6	2.91
餐厅	150	吸顶灯	10	3	30	9.9	3.04
走道	50	吸顶灯	10	1	10	3.4	2.93
客房	75	吸顶灯	10	1	10	10.4	0.97

经计算，本项目各户型照明功率密度小于3.5W/m²。符合超低能耗建筑要求。

6 电梯系统

本项目电梯采用通力电梯公司型号为KONEMONOSPACE系列电梯，应用高效节能马达的VVVF低能耗变频曳引

4.1 空气源热水器主要优点

(1) 安全可靠性强，空气源热泵用电量，无需燃气，不会出现煤气中毒，煤气爆炸等安全事故；不采用电加热棒加热，免去因漏电而导致的安全事故，安全性能高。

(2) 热效率高：与燃气锅炉，电热水器相比，热泵热水器是热效率最高的热水器，传统热水器热效率在60%-80%之间，而空气源热泵热效率在300%-500%之间。由于热泵热水器超高的热效率，加热热水的能力强，就会省电。本次选用的空气能热水器COP值在4.2左右，能效比高，花费成本更低。

下表为空气源热水器与传统能源的经济指标对比：

LED灯具。本工程中车库、门厅以及室外照明采用定时节能控制；走道、楼梯间、卫生间等人员流动场所采用声光感应中控制；其余一般场所采用就地灯具交叉控制方式，便于合理控制照度,有效节约能源。以户内为例，本项目使用TCL品牌灯具，吸顶灯型号为TCLMX-LED10，功率10W，L6方行铝扣板集成灯型号为TCLMY-LED12QR，功率14W，超低能耗建筑要求照明功率密度 < 3.5W/m²，以A户型为例，下表为A户型照明功率密度计算表：

机，能耗较低，有助于降低经营成本，减少项目碳排放，且保证运行舒适感和持久运行。

VVVF是可变电压、可变频率的变频调速系统。VVVF控制的逆变器连接电机，通过同时改变频率和电压，达到磁通恒定和控制电机转速从而达到节能

目的,多应用在变频器中。通力电梯公司的KONE MONOSPACE系列电梯自带变频调速VVF系统,且相比市场主流的三菱电梯,迅达电梯,日立电梯价格有优势,性价比较高,故项目最终选择通力的KONE MONOSPACE系列电梯。本项目共计使用本项目总计配置55台电梯。根据KONE MONOSPACE系列电梯的检测报告,能耗为A级能耗。^[4]

7 能耗监测系统:

本次超低能耗申报建筑为住宅建筑,本项目对公共部位的主要用能系统进行分类和分项计量,将公共部位消防电梯、普通电梯、公共照明、应急照明等进行分类计量。

本项目通过在电梯、照明的主要用能配电箱中安装Pilot SPM93多功能电表,测量配电箱内有功功率,无功功率,电流,电压,功率因素等电气参数,通过RS485通信先将数据传送到监控中心能耗监测系统主机,达到能耗监测的要求。

同时响应当地政府的节能监测要求,监控中心的能耗监测系统主机预留开放数据接口,当地节能办可根据自身需求,监测本项目能耗使用数据。

结束语

本文通过青浦区西虹桥沪青平公路北侧48-06A地块项目实例,介绍了空调系统、新风系统、生活热水系统、照明系统、能耗监测系统等在超低能耗建筑中的应用,详细阐述了高效能源设备能给日常生活带来的便利及经济效益,提升了生活品质。也为日后更好的推行超低能耗建筑提供了参考样板,希望未来我国在超低能耗建筑领域越做越好,早日实现碳达峰。

参考文献

- [1]王建国.机电系统在超低能耗建筑中的应用,2020(5):69-70.
- [2]陈思翰.机电系统在超低能耗建筑中的应用,2020(12):56-57.
- [3]谷松.机电系统在超低能耗建筑中的应用,2020(5):69-70.
- [4]杨林.机电系统在超低能耗建筑中的应用,2020(16):233.