

91.040.30

P

团体标准

T/CABEE-JH2018022

《夏热冬冷地区超低能耗住宅建筑技术标准》

Technical standard for ultra-low energy residential buildings in hot summer and cold winter areas

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

团 体 标 准

《夏热冬冷地区超低能耗住宅建筑技术标准》

Technical standard for ultra-low energy residential buildings in hot summer and cold winter areas

T/CABEE-XXX-201X

主编单位：上海市建筑科学研究院

批准部门：中国建筑节能协会

施行日期：20XX年X月X日

201X 北京

前 言

根据中国建筑节能协会《关于印发<2018 年度第二批团体标准制修订计划的通知》（国建节协[2018]057 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，总结实践经验，参考有关国际标准和国内先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.一般规定；4.指标设计；5.设计；6.施工；7.验收；8.运行指南，附件和条文说明。

本标准由中国建筑节能协会负责管理，由上海市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送上海市建筑科学研究院有限公司（地址：上海市闵行区申富路 568 号 10 号楼 3 楼，邮编 201108）。

本标准主编单位：

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 录

1 总则.....	1
2 术语.....	3
3 一般规定.....	7
4 指标设计.....	11
5 设计.....	16
5.1 设计原则	16
5.2 围护结构	16
5.3 供暖空调	35
5.4 自然采光和通风	40
6 施工.....	41
6.1 外墙和屋面保温	41
6.2 冷热桥处理	51
6.3 门窗	53
6.4 遮阳	55
6.5 气密性	56
6.6 设备系统	58
7 验收.....	63
8 运行指南.....	66
8.1 建筑运行策略	66
8.2 围护结构维保	67
8.3 空调设备运行	68
附录 A 能耗指标计算方法.....	71
附录 B 建筑气密性测试方法——示踪气体法.....	74
附录 C 建筑气密性测试方法——鼓风门法.....	75
附录 D 外墙及屋面使用建筑反射隔热涂料的等效热阻.....	76
附录 E 建筑自然通风潜力分析.....	78
附录 F 自然通风延长非采暖空调时间效果分析.....	80
附录 G 围护结构综合解决方案.....	82
本规范用词说明.....	90
引用标准名录.....	91

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms.....	3
3	General Requirements.....	7
4	Indexes.....	11
5	Design.....	16
5.1	Design Principles.....	16
5.2	Building Envelope.....	16
5.3	HVAC.....	35
5.4	Daylight and Ventilation.....	40
6	Construction.....	41
6.1	Exterior Wall and Roof Insulation.....	41
6.2	Thermal Bridge Treatment.....	51
6.3	Windows and Doors.....	53
6.4	Sun Shading.....	55
6.5	Air Tightness.....	56
6.6	Equipments and Systems.....	58
7	Acceptance.....	63
8	Operation Guide.....	65
8.1	Building Operation Strategy.....	65
8.2	Envelope Maintenance.....	66
8.3	HVAC Operation.....	67
Appendix A	Calculating Methods of Building Energy Criteria.....	70
Appendix B	Testing Methods of Air Tightness of Building Envelope——Tracer Gas Method.....	73
Appendix C	Testing Methods of Air Tightness of Building Envelope——Blast Door Method.....	74
Appendix D	Equivalent Thermal Resistance of Exterior Walls and Roofs using Reflective Insulation Coatings.....	75
Appendix E	Analysis of Building Natural Ventilation Potential.....	76
Appendix F	Effect Analysis of Natural Ventilation Extending Non-Heating and Air Conditioning Time.....	78
Appendix G	Comprehensive Solution for Envelope Structure.....	80
	Explanation of Wording in This Standard.....	88
	List of Quoted Standards.....	89

1 总则

1.0.1 为贯彻国家有关法律法规和方针政策，显著提升夏热冬冷地区住宅建筑室内环境和建筑质量，提高能源利用效率，制定本标准。

【条文说明】

在城镇化快速发展时期，经济社会发展和人民生活水平不断提高，导致能源和环境矛盾日益突出，建筑能耗总量和能耗强度上行压力增加，实施能源资源消费革命发展战略，推进城乡发展从粗放型向绿色低碳型转变，对实现新型城镇化，建设生态文明具有重要意义。

夏热冬冷地区气候特殊，夏季炎热、有较高的制冷需求，冬季寒冷、有显著的供暖需求。住宅建筑普遍采用“间歇时间、间歇空间”的用能模式，根据用电大数据分析，全年建筑采暖空调能耗较低，但是室内实测热舒适度也较差，表明未开启空调的居民仍占有一定比例。因此，夏热冬冷地区居民改善室内热舒适度是较为紧迫的需求，居住建筑能耗的刚性增长潜力较大。

巴黎气候变化大会上中国提出 2030 年碳排放达峰并争取提前达峰，《上海市城市总体规划（2017-2035 年）》提出，全市碳排放总量与人均碳排放量预计于 2025 年前达到峰值，至 2035 年，控制碳排放总量较峰值减少 5% 左右。建筑运行能耗占社会总能耗的 20% 以上，建筑能耗达峰也是一项迫在眉睫的事情。如何实现在室内舒适度显著提升，同时保持适度的能耗增加，是亟待解决的问题。

本标准主要从围护结构性能和空调采暖设备性能两个方面进行改善，虽然为了提升热舒适度，目前采用辐射式末端、集中供冷供暖的建筑和小区逐渐增多，此类住户的用能模式主要表现为持续式，但是间歇用能仍然是当前住宅建筑的主要方式，本标准将针对大部分居民的间歇用能模式进行技术体系的构建，最终实现热舒适度提升的同时控制能耗在合理范围内，优化用能策略，限制用能浪费行为，为建筑碳排放达标提供技术支撑。

1.0.2 本标准适用于夏热冬冷地区新建、扩建、改建和改造的住宅建筑的间歇用能模式下的能耗控制目标设定，以及能耗控制目标为约束指标的建筑设计、施工、验收和运行。

【条文说明】

夏热冬冷地区包含上海重庆两直辖市，湖北、湖南、江西、安徽、浙江五省，四川、贵州两省东半部，江苏、河南两省南半部，福建省北半部，陕西、甘肃两省南段，广东、广西两省区北端，涉及 16 个省、市、自治区。该地区夏季炎热、冬季寒冷，供暖和供冷需求均较高。本标准针对夏热冬冷地区所有的省份和典型城市进行技术体系推荐。

用能模式是能耗计算的重要边界条件之一，本标准针对的是夏热冬冷地区大部分居民采用的“部分时间、部分空间”的间歇用能模式。

1.0.3 超低能耗住宅建筑的设计、施工质量、验收、运行的质量控制除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现有相关标准的规定。

【条文说明】

本标准对超低能耗住宅建筑的技术指标和应采取的节能措施做出了规定，但是建筑节能设计的专业较多，相关专业均制定了相应的标准并做出了节能规定，因此，在进行建筑节能设计的同时，除应符合本标准外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

2 术语

2.0.1 超低能耗住宅建筑 ultra low energy residential building

在不进行可再生能源产能折减的情况下全年采暖空调电耗不高于 20kWh/m^2 ，且能符合室内居住舒适性要求的建筑。

【条文说明】

超低能耗住宅建筑特点主要体现在，适应气候特征和周边环境，将自然通风、自然采光、太阳辐射和室内非供暖热源得热等各种被动式节能手段与高性能围护结构相结合，提高采暖空调新风设备性能，在满足室内环境舒适的前提下最大限度地降低主动式采暖制冷设备的能源消耗。

2.0.2 性能化设计方法 performance-based design

以建筑室内环境参数和能耗指标为性能目标，利用能耗模拟计算软件，对设计方案进行逐步优化，最终达到预定性能目标要求的设计过程。

2.0.3 间歇用能模式 intermittent energy consumption mode

由人员行为模式影响房间采暖空调开启和关闭“间歇时间、间歇空间”用能模式。

2.0.4 微气候区 microclimate zone

结合不同城市的温度、相对湿度、太阳辐照量等气象参数，根据采暖度日数和制冷度日数，将夏热冬冷地区气候区聚类分为多个小的气候区，每个微气候区建筑的空调采暖需求特征相似。

2.0.5 年采暖空调通风耗电量 annual heating and cooling electricity consumption

为满足室内环境参数要求，按照设定计算条件，计算得出的单位套内面积年累计消耗的、需由室内供暖供冷设备供给的电量。

【条文说明】

该指标是约束性指标，计算方法见本标准附录 A 能耗指标计算方法。

2.0.6 套内面积 unit construction area

依据建筑户型图纸进行计算的平面面积，即建筑套内设置采暖或空调设施的各功能空间的使用面积之和，包括卧室、起居室（厅）、餐厅、厨房、卫生间、过厅、过道、贮藏室、壁柜、采暖或空调设施的阳台等使用面积的总和。

2.0.7 温度交换效率 sensible heat exchange efficiency

显热回收装置在对应风量下，新风进、出口温差与新风进口、排风进口温差之比，以百分数表示。

2.0.8 焓交换效率 enthalpy exchange efficiency

全热回收装置在对应风量下，新风进、出口焓差与新风进口、排风进口焓差之比，以百分数表示。

2.0.9 朝向窗墙比 window to wall ratio of one direction

单一朝向立面上窗户面积（包括阳台门透明部分）与该朝向外墙建筑立面面积（不包括女儿墙面积）之比，窗户面积按洞口面积计算。

2.0.10 开间窗墙比 ratio of window to wall of a room

房间窗户面积与该窗户所在开间外墙面积之比。

【条文说明】

朝向窗墙比用于规定外窗传热系数要求，开间窗墙比用于规定遮阳系数要求。在节能计算中，以建筑物主要朝向确定朝向。本标准中开间窗墙比是指建筑物主要朝向最大开间主卧室开间窗墙比。

2.0.11 高性能围护结构 high performance envelope

为实现在能耗指标控制前提下的热舒适，采用了加强冬季保温、强化夏季遮阳隔热、优化自然通风及（或）加快夏季室内散热等技术措施的具有性能提升的围护结构。

2.0.12 建筑气密性 building air tightness

建筑物在封闭状态下阻止空气渗漏的能力。可表征建筑物或房间在正常密闭情况下的无组织空气渗透量。通常采用压差实验检测建筑气密性，以换气次数 n_{50} ，即室内外 50Pa 压差下换气次数来表征建筑气密性。

【条文说明】

建筑的气密性关系到室内热湿环境质量、空气品质、隔声性能，对建筑能耗的影响也至关重要，是超低能耗建筑重要技术指标。我国现行相关标准主要对建筑门窗幕墙的气密性作了规定，但并未对建筑整体气密性能提出要求。建筑整体气密性能与所采用外窗自身的气密性、施工安装质量以及建筑的结构形式有着密切的关系，其中，精细化施工与保证良好气密性有直接关系。

气密性能需要在建筑建成后利用压差法或示踪气体法等方法进行实际检测，但良好的设计是实现建筑气密性的基础。设计阶段，设计师应该整体考虑建筑的气密性，尤其对关键节点的气密性的保证进行专项设计，以保证建筑整体气密性的实现，整体气密性的测试方法见本标准附录 C。

2.0.13 渗漏换气次数 leakage air change times

建筑外门窗自然关闭工况下，室内外 12℃温差下的室内空气每小时渗漏量，计算方法为渗漏风量/房间体积。

【条文说明】

本条款主要是对建筑围护结构气密性能提出具体指标要求，为了提升室内舒适度，尤其是冬季热舒适，减少室内无组织渗风，夏热冬冷地区的建筑气密性必须在当前水平上有所提升。通过实测和模拟分析均可以得到，在夏热冬冷地区，气密性过高会带来夏季能耗的显著升高，气密性太低影响室内热舒适的同时采暖能耗显著升高，为实现夏季和冬季的均衡，超低能耗住宅建筑气密性水平应该在当前节能设计标准要求上提高，减少冬季的无组织渗风，同时保证夏季房间散热。

研究表明，冬季采暖负荷对渗透换气次数数值较为敏感。冬季采暖时由于室内外温度存在显著差异，导致室内外存在一定的热压差，房间气密性不良将会存在较大的热压渗透通风，因此需要对该换气次数作出限制。冬季室内采暖设计温度一般为 18-20℃，而空调制热额定工况室外干球温度为 7℃，因此取室内外温差最小值为 $19-7=12^{\circ}\text{C}$ 。

2.0.14 换气次数 ventilation rate

单位时间内室内空气的更换次数，即通风量与房间容积的比值。

2.0.15 热桥 thermal bridge

围护结构中由于材料导热系数不同或厚度发生改变而使热量/冷量更易传递至室外的区域。

2.0.16 线性热桥 linear thermal bridge

在某一固定方向上，截面形状和面积始终不发生改变的热桥。根据形成热桥的构件（不包含门、窗等），可将线性热桥分为梁热桥、柱热桥、梁-楼板热桥；根据线性热桥构成元素的夹角，分为 180°线性热桥和 90°线性热桥。

【条文说明】

不同类型热桥、180°线性热桥、90°线性热桥，如图1-图3所示。

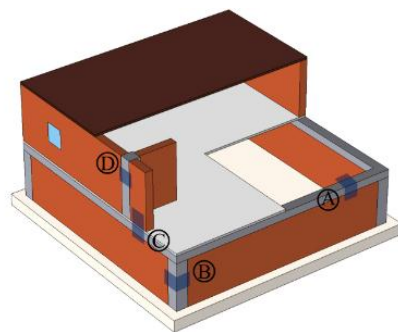


图1 不同类型热桥：梁热桥（A）、柱热桥（B、D）、梁-楼板热桥（C）

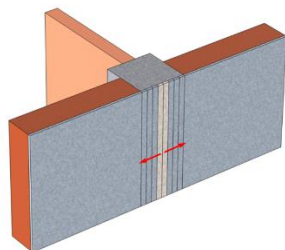


图2 直线型柱热桥

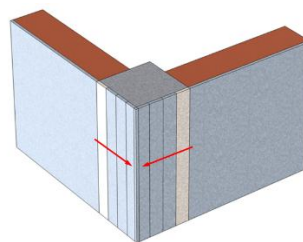


图3 直角型柱热桥

3 一般规定

3.0.1 建筑设计应根据气候特征和周边环境，通过被动式设计降低建筑冷热需求和通过主动式能源系统的能效提升达到超低能耗设计要求。

【条文说明】

本条文主要是描述超低能耗住宅建筑的特点，需要说明的是，鼓励超低能耗住宅建筑使用可再生能源，但可再生能源发电量不进行折减。

3.0.2 超低能耗住宅建筑约束性指标应包括室内环境参数及建筑耗电量，推荐性指标应包括围护结构、能源设备系统等技术性能指标。

【条文说明】

超低能耗建筑的目标是实现热舒适环境下的全年采暖空调电耗低于 20kWh/m^2 ，因此热舒适水平和年单位面积能耗是被动式建筑最根本的约束性指标。在此目标控制下，给出围护结构、能源设备系统的选择范围，超低能耗建筑围护结构和能源设备性能参数可以结合具体案例进行一定自由度的调节适配。

3.0.3 超低能耗住宅建筑应采用性能化设计方法、按照标准精细施工方法和优化运行模式三方面，从设计、施工和运营的角度来保障超低能耗目标的实现。

【条文说明】

性能化设计主要是在设计端对负荷和设备系统效率进行控制，实现低负荷和设备高性能；精细施工是为了保障施工质量，最大幅度的体现和完成设计指标要求；优化运行是在使用端对建筑能耗进行控制，以规避不合理的用能方式，引导居民合理用能，避免浪费。

3.0.4 宜进行全装修，并应防止装修对建筑围护结构及其气密性的损坏和对气流组织的影响。

【条文说明】

全装修指建筑功能空间的固定面装修和设备设施安装全部完成，达到建筑使用功能和性能的基本要求。超低能耗建筑气密性能要求较高，围护结构构造复杂，如在室内装修过程中对其进行破坏，容易导致气密性损坏，影响室内环境，降低建筑能效，因此，超低能耗新建建筑应进行全装修。

3.0.5 应依据不同微气候区进行超低能耗住宅建筑节能设计，微气候区划分应符合

合表 3.0.5 的规定。

表 3.0.5-1 夏热冬冷地区微气候区的划分依据

类别	CDD26	HDD18
A 区	≥ 120	800-1200
B 区	≥ 120	≥ 1200
C 区	≤ 120	800-1600
D 区	≤ 120	≥ 1600

表 3.0.5-2 夏热冬冷地区各微气候区的典型城市

类别	气候特点	典型城市
A 区	夏季炎热，冬季微冷	重庆、韶关、桂林、南平
B 区	夏季炎热，冬季寒冷	武汉、长沙、南昌、合肥、南京、杭州、上海
C 区	夏季微热、冬季微冷	成都、绵阳、宜昌
D 区	夏季微热、冬季寒冷	遵义、汉中

【条文说明】

夏热冬冷地区包含的省份和城市较多，覆盖面广，总体表现为夏季有较高的制冷需求、冬季有明显的供暖需求，各个城市的供热供冷特征差异较大，需要建立具有气候适应性的超低能耗节能技术路线，进行节能精细化设计。围护结构和通风策略也将根据不同的微气候区进行推荐。

编制组基于采暖度日数、制冷度日数、最冷月平均温度、最热月平均温度等气象参数的分析，以及能耗模拟，将夏热冬冷地区分为 4 个微气候区。各微气候区在采暖和制冷需求差异如下：1) A 区：制冷需求显著高于采暖需求；2) B 区：制冷和采暖相对均衡且较高；3) C 区：制冷和采暖需求相对均衡且均较低；4) D 区：供暖需求比制冷需求更高。

根据制冷度日数和采暖度日数，选取了各微气候区的典型城市绘制图 4，同时在地图上进行区域划分如图 5 所示。如果在建筑能耗计算时无法获取所在城市的采暖度日数或制冷度日数，可依据表格 3.0.5-2 选取就近的城市来确定所在微气候区。

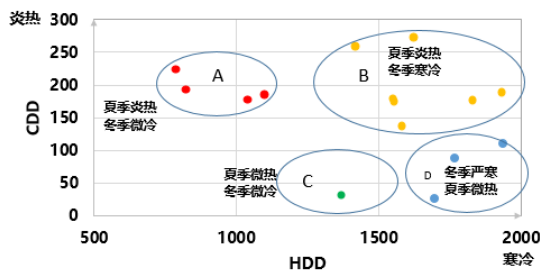


图 4 典型城市的微气候区划分



图 5 夏热冬冷地区微气候区的区域划分

3.0.6 住宅建筑典型间歇用能模式可按表 3.0.6 选用。

表 3.0.6 住宅建筑间歇用能模式

	工作日（周一——周五）	周末（周六、周日）
典型用能模式	客厅：18:00-24:00 卧室：18:00-次日 7:00	客厅：8:00-24:00 卧室：22:00-次日 8:00

注：1) 为了计算方法一致，客厅包括起居室、书房

2) 卧室包括住宅中所有的卧室，均采用同样的用能模式。

【条文说明】

夏热冬冷地区大多数居民采用“部分时间、部分空间”的用能模式，在本标准中将朝九晚五（或类似）的常规模式定义为典型模式，同时要覆盖四个微气候区调研得到的用能方式。

表 1 微气候区典型用能模式

	工作日 (周一——周五)	周末 (周六、周日)
A 区	客厅: 18:00-22:00 卧室: 22:00-次日 7:00	客厅: 18:00-24:00 卧室: 24:00-12:00
B 区	客厅: 18:00-22:00 卧室: 22:00-次日 7:00	客厅: 10:00-23:00 卧室: 23:00-次日 8:00
C 区	起居室、餐厅、书房 18:00-24:00 卧室 18:00-次日 7:00	起居室、餐厅、书房 8:00-24:00 卧室 0:00-24:00
D 区	客厅: 18:00-22:00 卧室: 22:00-次日 7:00	客厅: 08:00-22:00 卧室: 22:00-次日 7:00

4 指标设计

4.0.1 室内环境设计参数应达到表 4.0.1 的要求。

表 4.0.1 超低能耗建筑室内环境参数指标

室内环境设计参数	冬季	夏季
温度 (°C)	≥18	≤26
相对湿度 (%)	≥30	≤60
新风量	30m ³ /h.人	
噪声 dB (A)	卧室夜间不得高于 37dB, 昼间不得高于 45dB。 起居室不高于 45dB。(参考《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010)	

【条文说明】

本条规定是设计人员选用室内环境设计参数时需要遵循的条文。性能化设计进行能耗计算和评价时使用的室内环境参数应与设计选用的室内环境参数相同。

根据国内外有关标准和文献的研究成果,当人体衣着适宜且处于安静状态时,室内温度 20°C 比较舒适,18°C 无冷感,15°C 是产生明显冷感的温度界限。冬季热舒适 (-1≤PMV≤1) 对应的温度范围:18~24°C。结合目前夏热冬冷地区各个省市的节能设计标准要求,夏季的舒适温度仍定为 26°C,冬季的设计温度范围下限是 16°C,考虑到室内舒适度的提升,由于大部分居民用能习惯,本标准将冬季室内供暖设计温度设定为 18°C。

表 2 《夏热冬冷地区各省、直辖市居住建筑节能标准室内设计温度》

	室内环境设计温度
上海	冬季 18°C, 夏季 26°C
杭州	冬季 16°C, 夏季 26°C
南京	冬季 18°C, 夏季 26°C
合肥	冬季 18°C, 夏季 26°C
长沙	冬季 16-20°C, 夏季 26-28°C
武汉	冬季 18°C, 夏季 26°C
成都	冬季 18°C, 夏季 26°C
重庆	冬季 16-22°C, 夏季 24-28°C
南昌	冬季 18°C, 夏季 26°C

4.0.2 在满足间歇用能的室内舒适情况下,单位面积年采暖空调耗电量不应大于 20kWh/(m²a),并应符合下列规定:

(1) 采暖年耗热量和空调年耗冷量应包括围护结构的热损失和处理新风的热(或冷)需求;处理新风的热(冷)需求应扣除从排风中回收的热量(或冷);

(2) 超低能耗建筑的能耗指标计算应符合本标准附录 A 的规定。

【条文说明】

能耗指标是判别建筑是否达到超低能耗建筑标准的约束性指标,其计算方法应符合本标准附录 A 能效指标计算方法的规定。能耗的范围为供暖、通风、空调,进行性能化设计。本标准考核的能耗指标是建筑本体的采暖空调通风终端电耗(燃气等其它能源可进行折算),可再生能源的发电量不进行折减。指标中的 m^2 为套内面积。

能耗指标的确定主要采用实测和模拟的方式,分析思路如下:(一)调研夏热冬冷地区满足室内热舒适的项目能耗实测值,在该建筑能耗水平上实现一定幅度的降低,来确定能耗限值。(二)对典型建筑模型进行大量的优化分析计算,通过调节围护结构各个参数的性能、选用不同的自然通风策略进行全工况模拟,优化得到最佳方案实现最大限度的降低建筑负荷,同时利用高效的供暖、空调设备设施来降低建筑能耗。

通过大数据分析和实测可以看到夏热冬冷地区大部分省市的住宅年采暖空调用电量平均值范围 10-15 kWh/ m^2 .a,然而这个数据是在室内舒适无法保证的前提下产生的(调研发现居民冬季室内温度低于 14 $^{\circ}C$,夏季接近 30 $^{\circ}C$,舒适度低)。通过模拟和实测得到,如果实现室内间歇用能模式下的舒适,全年采暖空调耗电量约 30kWh/ m^2 .a。因此目标是通过提升围护结构性能和设备性能实现进一步节能 30%,年采暖空调能耗指标定为 20kWh/ m^2 。

为便于横向比较,各微气候区不单独设定能耗指标。

4.0.3 采暖空调负荷指标不宜高于表格 4.0.3 中的取值。

表 4.0.3 间歇用能模式下的负荷指标

	冷负荷 (W/ m^2)	热负荷 (W/ m^2)
指标要求	35	20

【条文说明】

本条文的负荷指标作为设计选取围护结构指标时参考用,不用于设备选型。为了保证围护结构性能提升,规避仅仅通过提高空调设备性能来实现能耗目标的做法,用单位面积负荷进行约束。因为围护结构参数随采暖负荷、制冷负荷的变化趋势相反,因此在计算负荷值时,采暖负荷或者制冷负荷指标只需要满足其中

一个即可。

在进行性能化计算的时候,可以根据负荷计算值对围护结构性能参数进行优化,使其最终达到 20kWh/m^2 的要求。在夏热冬冷地区的典型城市(微气候 A 区和 B 区),负荷计算时如果超出本表格范围,则应重点考虑加强夏季遮阳隔热,例如降低遮阳系数或应用隔热涂料等措施。在夏热冬冷地区的典型城市(微气候 D 区),负荷计算时如果超出本表格范围,则应重点考虑加强冬季保温。

本标准中的负荷指标是一个平均负荷指标的概念,计算方法如下:年能耗指标 20kWh/m^2 拆分为采暖和制冷两部分,然后分别除以采暖空调理论使用时间,乘以设备系统效率值(夏季 COP 取 3.0,冬季 COP 取 2.4),得到平均负荷值。结合典型气象年数据计算得到 4 个微气候区典型城市的采暖度日数和制冷度日数如表 3 所示,模拟计算不同典型城市的采暖空调累计负荷比如表 4 所示,全年理论制冷制热小时数如表 5 所示。

表 3 典型城市的采暖度日数、制冷度日数

	城市	制冷度日数 CDD26	采暖度日数 HDD18
A 区	重庆	183	1102
B 区	上海	135	1585
C 区	成都	31	1371
D 区	遵义	87	1767

表 4 典型城市的累计热负荷和累计冷负荷之比(参考值)

	城市	累计冷负荷: 累计热负荷
A 区	重庆	7:3
B 区	上海	6:4
C 区	成都	5:5
D 区	遵义	4:6

表 5 不同城市间歇用能工况下的制冷、制热小时数(参考值)

		制冷小时数(室内 $\geq 26^\circ\text{C}$ 开启空调)	制热小时数(室内 $\leq 18^\circ\text{C}$ 开启供暖)
A 区	重庆	1300	700
B 区	上海	1000	1100
C 区	成都	600	900
D 区	遵义	700	1200

因为全年累积冷/热负荷(耗电量)已经根据各地的气候特征进行了划分,体现在分配给各微气候区的冷热耗电量指标上,而累积冷/热负荷又和累积制冷/供暖时间直接相关,累积空调/采暖时间和气候特征也是直接相关,因此计算出来

各个微气候区的平均负荷已经不再体现气候特征了，宜制定统一的目标。需要注意的是，以成都为代表的 C 区，因为夏季冬季温度偏温和，负荷指标直接在目前节能设计标准上提升 30%，不根据 20kWh/m² 能耗指标来推算。

4.0.4 渗漏换气次数不应大于 0.3 次/h，可采用示踪气体测试法确定，测试方法应符合本标准附录 B 的规定。

【条文说明】

本条款主要是对建筑围护结构整体气密性能提出具体指标要求，为了提升室内舒适度，尤其是冬季舒适度，减少室内无组织渗风，夏热冬冷地区的建筑气密性是亟待解决的重要问题。通过实测和模拟分析看出，过高的气密性会引起夏季室内基础温度提升，室内热量蓄积，冷负荷增加，冬季则相反，气密性越高室内基础温度越高，利于舒适度提升和负荷降低。为实现夏季和冬季的均衡，超低能耗住宅建筑气密性水平应该在当前节能设计标准要求上提高，建筑气密性要求提升后，也促使部品部件性能提升，建筑施工质量提高。目前全国各省市节能设计标准中，换气次数范围为 0.45-1.0 次/h，在当前的水平上略做提升，选取 0.3 次/h 的渗漏换气次数可以保证室内新风量需求，减少冬季的无组织渗风，同时不影响夏季房间散热。

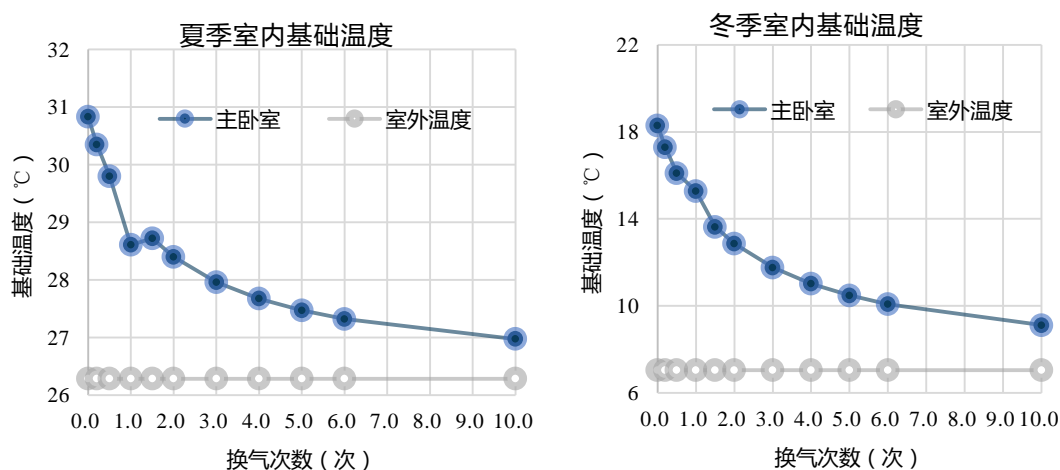


图 6 换气次数和室内基础温度的关系

4.0.5 采用新风热回收装置的住宅建筑，新风热回收装置性能参数应符合以下规定：

1 显热回收机组的显热交换效率在热量回收工况下不低于 75%或在冷量回收工况下不低于 70%；

2 全热回收机组的全热交换效率在热量回收工况下不低于 70%或在冷量回收工况下不低于 65%；

3 单位新风量耗功率应小于 0.45W/(m³/h)。

【条文说明】

按换热类型分为全热回收型和显热回收型两类。住宅建筑中推荐使用板式、转轮式热回收装置，性能理论值如表 6 所示。

表 6 热回收装置性能

项目	热回收装置类型		
	转轮式	板式	板翅式
能量回收形式	显热或全热	显热	全热
热回收效率	50%-85%	50%-80%	50%-70%

热回收交换效率应按式 (4.0.5-1)、(4.0.5-2) 计算：

$$\eta_{wd} = \frac{t_{OA} - t_{SA}}{t_{OA} - t_{RA}} \times 100\% \quad (4.0.5-1)$$

$$\eta_{sl} = \frac{d_{OA} - d_{SA}}{d_{OA} - d_{RA}} \times 100\% \quad (4.0.5-2)$$

$$\eta_h = \frac{h_{OA} - h_{SA}}{h_{OA} - h_{RA}} \times 100\% \quad (4.0.5-3)$$

式中： η_{wd} 、 η_{sl} 、 η_h ——分别为机组的显热、湿量、全热交换效率，%；
 t_{OA} 、 t_{SA} 、 t_{RA} ——分别为新风进口、送风出口、回风进口的干球温度，℃；
 d_{OA} 、 d_{SA} 、 d_{RA} ——分别为新风进口、送风出口、回风进口的含湿量，g/(kg·干)；
 h_{OA} 、 h_{SA} 、 h_{RA} ——分别为新风进口、送风出口、回风进口的焓值，kJ/kg

5 设计

5.1 设计原则

5.1.1 超低能耗住宅建筑的设计是以性能设计为导向，应以定量分析和优化为核心，选取最优化的围护结构性能参数与技术措施。

【条文说明】

夏热冬冷地区各个省份和城市目前各自有相应的节能设计标准，在 $20\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 作为目标的前提下，各微气候区住宅建筑围护结构需要提升的程度差异较大。围护结构性能参数指标作为推荐性指标，各地区可依据自身情况在满足去按年采暖空调新风能耗不高于 20kWh/m^2 的条件下对热工性能指标进行合理调整。

5.1.2 建筑总平面的规划布局和单体平面设计，应有利于自然通风、利于减少夏季的太阳热辐射、减少热岛效应，利于冬季日照并避开冬季主导风向。

5.1.3 建筑物的朝向宜采用南北向或接近南北向。

【条文说明】

夏热冬冷地区建筑朝向为南北向/接近南北向可以较好的保证采光和通风。

5.2 围护结构

I 基本要求

5.2.1 建筑体形宜避免过多的凹凸与错落，体形系数宜按表 5.2.1 选取。

表 5.2.1 住宅建筑的体形系数限值

建筑物	≤3 层	≥4 层
建筑的体形系数	≤0.55	≤0.40

【条文说明】

基于夏热冬冷地区气候的能耗模拟实测表明，建筑体形系数越小，通过围护结构的冷（热）损失越小，越有利于建筑节能，针对体形系数提出统一指标。另外，虽然表格中没有设定体形系数的下限值，但是考虑到采光和通风，建筑体形系数不宜低于 0.25。

建筑按层数分为两类，其中小于等于 3 层，且建筑高度小于等于 10m 是指低层居住建筑，按照《上海市城市规划管理技术规定》（2011 年修订版）的名词解释：“低层居住建筑的建筑高度必须小于、等于 10m，并且层数到一至三层。”因此，若建筑层数在 3 层及以下，但是建筑高度大于 10m，其体型系数应以 4 层及以上的体型系数限值作为规定指标。

5.2.2 建筑朝向窗墙比不宜超过表 5.2.2 中的限值。

表 5.2.2 朝向窗墙比的限值

朝向	窗墙比
北	≤0.30
东、西	≤0.35
南	≤0.45

【条文说明】

针对住宅建筑的各个朝向设定窗墙比，窗墙比和建筑朝向对建筑围护结构能耗影很大。本条规定了东南西北不同朝向外墙的窗墙比，由于夏天太阳的辐射作用及冬天的传热损失，故不同朝向外墙的窗墙比限值有不同的要求。窗墙比是指单一立面的窗墙比，即按照朝向规定，某一朝向可能会有 2 个或 2 个以上的单一立面，不可将同一朝向方位的不同立面合并计算窗墙比。

II 非透光围护结构

5.2.3 夏热冬冷地区超低能耗住宅建筑非透光围护结构的平均传热系数宜符合表 5.2.3 的规定。外墙的传热系数应考虑结构性热桥的影响。

表 5.2.3-1 微气候 A 区围护结构各部分（除外窗外）的传热系数

建筑及围护结构部位		传热系数 K[W/(m ² ·K)]	
		轻质 <200kg/m ²	普通 ≥200kg/m ²
3 层以上 建筑	外墙	K _m ≤0.8	K _m ≤1.0
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤1.2	
	分户墙、分户楼板	2.0	
3 层及以 下建筑	外墙	K _m ≤0.6	K _m ≤0.8
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤1.2	
	分户墙、分户楼板	1.4	

表 5.2.3-2 微气候 B 区围护结构各部分（除外窗外）的传热系数

建筑及围护结构部位	传热系数 K[W/(m ² ·K)]
-----------	-------------------------------

		轻质 <200kg/m ²	普通 ≥200kg/m ²
3层以上建筑	外墙	$K \leq 0.5$	$K \leq 0.7$
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤ 1.0	
	分户墙、分户楼板	1.8	
3层及以下建筑	外墙	$K \leq 0.3$	$K \leq 0.5$
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤ 0.8	
	分户墙、分户楼板	1.2	

表 5.2.3-3 微气候 C 区围护结构各部分（除外窗外）的传热系数

建筑及围护结构部位		传热系数 K[W/(m ² ·K)]	
		轻质 <200kg/m ²	普通 ≥200kg/m ²
3层以上建筑	外墙	0.6	0.8
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	1.0	
	分户墙、分户楼板	1.5	
3层及以下建筑	外墙	0.5	0.8
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	1.0	
	分户墙、分户楼板	1.2	

表 5.2.3-4 微气候 D 区围护结构各部分（除外窗外）的传热系数

建筑及围护结构部位		传热系数 K[W/(m ² ·K)]	
		轻质 <200kg/m ²	普通 ≥200kg/m ²
3层以上建筑	外墙	$K_m \leq 0.4$	$K_m \leq 0.6$
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤ 0.8	
	分户墙、分户楼板	1.5	
3层及以下建筑	外墙	$K_m \leq 0.3$	$K_m \leq 0.5$
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤ 0.6	
	分户墙、分户楼板	1.2	

注：1）普通指以各种混凝土、砌体（包括加气混凝土砌块）等为外墙或屋面材料，包括粉刷材料层。2）轻质指用于外墙屋面主体材料的单位面积质量小于 200kg/m² 的非砌体类材料，如轻质夹心墙板、金属夹心屋面板等。3）轻质应按《民用建筑热工设计规范》GB50176 规定，经隔热验算并符合规定要求。

【条文说明】

建筑围护结构的热工性能直接影响居住建筑采暖和空调的能耗，必须予以严格控制。本条主要针对外墙、楼板、分户墙和楼板等。

夏热冬冷地区微气候 A、B 区的夏季负荷显著高于冬季负荷，研究发现建筑围护结构保温性能越好，冷负荷越高，夏热冬冷地区不宜过度保温，但考虑到冬

季降低热负荷的需求,而且但保温性能增强时冷负荷增加的幅度小于热负荷降低的幅度,因此传热系数应该比当前节能设计标准更加严格。

微气候 D 区夏季微热、冬季寒冷,其供暖需求高于其他微气候区,故 D 区外围护结构热工指标要求高于其他微气候区。研究发现内围护结构的传热量不容小视,虽然内围护结构的热流密度低于外墙,但由于内围护结构的面积明显大于外墙,通过内墙和楼板的传热量都分别大于外墙的传热,而且明显高于外墙传热量。间歇运行时,分户墙、分户楼板等内围护结构的保温隔热十分必要。

分户楼板保温不仅对户内保温隔热及减少能耗有利,还可提高上下层相邻住户的撞击声隔声性能,有效解决楼上下噪音干扰和传热的问题。建筑设计时应结合保温要求合理确定楼板各层材料构造组成。毛坯房、全装修房分户楼板必须设置保温层,设计毛坯房时,应考虑避免施工时破坏楼板保温层的有效措施,并应在施工交底中予以明确,保证居住建筑竣工交付使用时楼板保温层的完好。

5.2.4 外墙保温可采用自保温、外保温、内保温和复合保温等形式。基于间歇式使用模式、保温功能层使用寿命和热反应系数的角度,宜采用“内保温+自保温”的组合保温形式。

【条文说明】

复合围护结构按照保温层位置可分为外保温、内保温、夹心保温以及自保温 4 种形式。按施工工法可采用保温与 PC 构件工厂复合法、保温与结构现场整体浇筑法、保温板现场粘贴法。夏热冬冷地区高层建筑较普遍,考虑到外保温易脱落,从安全性的角度不优先推荐外保温。

对于微气候 A 区,以重庆市为典型城市,在间歇采暖工况下,内保温墙体传热热量最小,其它 3 种墙体接近,内保温、自保温的热响应速度最快,所以内保温的节能性能优于其他保温形式。

微气候区 B 区居住建筑在夏季的典型用能模式为夜间供冷,外墙因此在日间蓄存了大量的热量。当墙体保温形式为外保温时,墙体中的热量在夜间供冷时难以释放至周围环境中,转而释放至室内,大幅增加了室内冷负荷。自保温和内保温比较适宜。采用自保温墙体时,应注意热桥处的保温。

考虑微气候区 D 区的气候特征、住宅间歇用能方式和冷桥处理等,且更快实现室内舒适和有效降低能耗,可合理采用外保温+内保温或自保温+内保温的

外墙保温形式。采用内外组合保温系统的热桥应进行保温处理，确保内表面温度不应低于室内空气在设计温度、湿度条件下的露点温度。

5.2.5 超低能耗住宅建筑采用内保温围护结构时应符合下列要求：

1 应通过围护结构内部冷凝的检验和计算；

2 应符合水蒸气“难进易出”的原则；应选用水蒸汽渗透系数较小的材料作为保温材料，选用水蒸汽渗透系数较大的材料作为主体材料；当保温材料的水蒸汽渗透系数较大时，其导热系数不应过小；当主体材料的水蒸汽渗透系数较小时，其导热系数不应过大；宜在围护结构蒸汽渗入侧设置隔汽层，使水蒸气难以渗入围护结构。

【条文说明】

夏季工况室内外温差小，水蒸气一般不会凝结发生围护结构内结露现象。在冬季工况，保温材料渗透系数较大时，会有更多水分从室内透过保温材料到达保温材料和主体材料的界面，如果这时保温材料导热系数小的话，会使界面上温度很低，饱和水蒸气分压力也小，水蒸气就会凝结。同理，如果主体材料水蒸气渗透系数较小，会有更多水分在保温材料和主体材料之间界面滞留而不能传递到室外，此时如果主体材料导热系数大，同样会导致界面温度更接近室外的低温，从而发生结露。以下给出具体计算方法。此条文是针对内保温，对于有多层材料组成的围护结构，结露计算原理仍然适用。为了增加计算方法的普适性，以下计算过程考虑有多层结构。根据围护结构内表面、外表面和墙体中封闭空气间层（如有）的对流换热系数 h_{in} 、 h_{out} 和 h_a ；第 i 层材料的导热系数 λ_i ；以及第 i 层材料的厚度 δ_i ，可根据下式算得围护结构的传热系数 K 。

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_{out}}}$$

根据围护结构内表面、外表面和墙体中封闭空气间层的散湿系数 β_{in} 、 β_{out} 和 β_a ；以及第 i 层材料的水蒸汽渗透系数 λ_{vi} ，可根据下式算得围护结构的水蒸汽渗透系数 K_v 。

$$K_v = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{in}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_{vi}} + \frac{1}{\beta_a} + \frac{1}{\beta_{out}}}$$

当室内、室外空气温度为 $t_{a,in}$ 和 $t_{a,out}$ 时，第 n 层材料层外表面的温度 t_n 可按下式

算得。

$$t_n = t_{a,in} - K \cdot (t_{a,in} - t_{a,out}) \cdot \left(\frac{1}{h_{in}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)$$

利用如下所示的经验公式可算得第 n 层材料层外表面的饱和水蒸气分压力 $P_{n,s}$ 。

$$P_{n,s} = \exp \left(\frac{c_1}{T_n} + c_2 + c_3 T_n + c_4 T_n^2 + c_5 T_n^3 + c_6 T_n^4 + c_7 \ln(T_n) \right)$$

$$T_n = 273.15 + t_n$$

$$c_1 = -5674.5359 \quad c_2 = 6.3925247$$

$$c_3 = -0.9677843 \times 10^{-2} \quad c_4 = 0.62215701 \times 10^{-6}$$

$$c_5 = 0.20747825 \times 10^{-18} \quad c_6 = -0.9484024 \times 10^{-12}$$

$$c_7 = 4.1635019$$

当室内、室外空气水蒸气分压力为 P_{in} 和 P_{out} 时，第 n 层材料层外表面的水蒸气分压力 P_n 可按下式算得。

$$P_n = P_{in} - K_v \cdot (P_{in} - P_{out}) \cdot \left(\frac{1}{\beta_{in}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{vi}} \right)$$

因此，当所有的 P_n 均小于 $P_{n,s}$ 时，墙体内部不发生结露。由于墙体内部是否结露受多个参数共同影响，故难以给出量化指标。同时，围护结构材料多为多孔材料，水分将在其孔隙中蓄积，使多孔材料含水率发生改变。多孔材料含水率随环境湿度发生变化。而当多孔材料含水率发生改变时，多孔材料的物性参数（如导热系数和蒸汽渗透系数）也会随之发生改变，因此有必要确定多孔材料物性参数和环境湿度间的关系。根据对相关文献的归纳，给出多孔材料含水率与环境相对湿度间的关系式以及多孔材料有效导热系数与含水率的关系式，分别如表6、表7所示，由此可以得到多孔材料有效导热系数与环境相对湿度间的关系；并给出多孔材料水蒸气渗透系数与环境相对湿度间的关系，如表8所示。

表6 多孔材料含水率与环境相对湿度经验公式汇总

多孔材料名称	适用温度	经验式
蒸压砂加气混凝土	23 °C	$u = \frac{6.9622 \times 10^{-4} \varphi}{1 + 0.0740 \varphi - 6.6071 \times 10^{-4} \varphi^2}$
聚苯乙烯泡沫	23 °C	$u = \frac{0.1042 \varphi}{1 + 52.2505 \varphi - 0.4338 \varphi^2}$

灰加气混凝土	23 °C	$u = \frac{6.1151 \times 10^{-4} \phi}{1 + 0.0671 \phi - 5.7417 \times 10^{-4} \phi^2}$
挤塑聚苯乙烯泡沫	23 °C	$u = \frac{0.0813 \phi}{1 + 36.9626 \phi - 0.3450 \phi^2}$
岩棉	23 °C	$u = \frac{8.5207 \times 10^{-4} \phi}{1 + 0.2306 \phi - 0.0015 \phi^2}$
专用砂浆	23 °C	$u = \frac{0.0033 \phi}{1 + 0.1253 \phi - 9.1197 \times 10^{-4} \phi^2}$
水泥砂浆	20 °C	$u = \frac{0.0015 \phi}{(1 + 0.0081 \phi)(1 - 0.0063 \phi)}$
红砖	20 °C	$u = \frac{0.0008 \phi}{1 + 0.1470 \phi - 0.00124 \phi^2}$

u ——多孔材料含水率, kg/kg;

ϕ ——环境相对湿度, %, 饱和时取 100。

表7 多孔材料有效导热系数与含水率经验公式汇总

多孔材料名称	适用温度	经验式
蒸压砂加气混凝土	23 °C	$\lambda = 799.6u^{2.611} + 0.1603$
聚苯乙烯泡沫	23 °C	$\lambda = 0.0138u^{0.3474} + 0.0316$
灰加气混凝土	23 °C	$\lambda = 67.15u^{1.954} + 0.1629$
挤塑聚苯乙烯泡沫	23 °C	$\lambda = 0.0036u^{0.0487} + 0.0317$
岩棉	23 °C	$\lambda = 0.0960u^{0.6570} + 0.0384$
专用砂浆	23 °C	$\lambda = 0.6512u^{0.3279} + 0.5563$
水泥砂浆	--	$\lambda = 2.416u^{0.4646} + 1.664$
红砖	--	$\lambda = 4.157u^{0.7318} + 0.9837$

λ ——环境相对湿度, W/(m·K)。

表8 多孔材料水蒸气渗透系数与环境相对湿度经验公式汇总

多孔材料名称	适用温度	经验式
蒸压砂加气混凝土	23 °C	$\beta = 1.1324 \times 10^{-10} \phi^{6.4504} + 5.2158 \times 10^{-11}$
灰加气混凝土	23 °C	$\beta = 5.6757 \times 10^{-11} \phi^{6.6401} + 3.6449 \times 10^{-11}$
聚苯乙烯泡沫	23 °C	$\beta = 7.6209 \times 10^{-12} \phi^{4.9373} + 5.8777 \times 10^{-12}$
挤塑聚苯乙烯泡沫	23 °C	$\beta = 5.3739 \times 10^{-12} \phi^{6.8122} + 3.3372 \times 10^{-12}$
岩棉	23 °C	$\beta = 2.493 \times 10^{-10} \phi^{5.4853} + 9.6726 \times 10^{-11}$
专用砂浆	23 °C	$\beta = 4.858 \times 10^{-10} \phi^{11.334} + 6.7222 \times 10^{-12}$

聚氨酯	20 °C	$\beta = 9.85 \times 10^{-11} \phi^{9.44} + 1.63 \times 10^{-12}$
水泥砂浆	20 °C	$\beta = 2.80 \times 10^{-10} \phi^{16.76} + 5.31 \times 10^{-12}$

β ——水蒸气渗透系数, $10^{-12} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s})$;

ϕ ——环境相对湿度, 饱和时取 1。

5.2.6 微气候区住宅建筑的屋面传热系数宜符合表 5.2.6 的规定。

表 5.2.6-1 微气候 A 区屋面的传热系数

建筑及围护结构部位	传热系数 $K[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	
	轻质 $< 200 \text{ kg}/\text{m}^2$	普通 $\geq 200 \text{ kg}/\text{m}^2$
3 层以上建筑	≤ 0.4	≤ 0.5
3 层及以下建筑	≤ 0.3	≤ 0.4

表 5.2.6-2 微气候 B 区屋面的传热系数

建筑及围护结构部位	传热系数 $K[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	
	轻质 $< 200 \text{ kg}/\text{m}^2$	普通 $\geq 200 \text{ kg}/\text{m}^2$
3 层以上建筑	≤ 0.5	≤ 0.6
3 层及以下建筑	≤ 0.4	≤ 0.5

表 5.2.6-3 微气候 C 区屋面的传热系数

建筑及围护结构部位	传热系数 $K[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	
	轻质 $< 200 \text{ kg}/\text{m}^2$	普通 $\geq 200 \text{ kg}/\text{m}^2$
3 层以上建筑	≤ 0.5	≤ 0.6
3 层及以下建筑	≤ 0.4	≤ 0.5

表 5.2.6-4 微气候 D 区屋面的传热系数

建筑及围护结构部位	传热系数 $K[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	
	轻质 $< 200 \text{ kg}/\text{m}^2$	普通 $\geq 200 \text{ kg}/\text{m}^2$
3 层以上建筑	≤ 0.4	≤ 0.5
3 层及以下建筑	≤ 0.3	≤ 0.4

【条文说明】

屋面传热系数对建筑物顶楼的影响比较明显, 能耗模拟结果表明, 随着屋面传热系数的增加, 夏季建筑能耗降低, 冬季能耗增加。考虑到节能、舒适和经济性, 屋面的保温隔热性能宜提升, 传热系数较目前建筑节能设计标准的要求更加严格。

5.2.7 屋面的保温隔热宜采用下列措施:

1 宜采用种植屋面或架空隔热屋面等构造形式, 种植屋面不得采用倒置式屋面, 正置式屋面应设置隔汽层;

2 宜采用平、坡屋顶结合的构造形式, 合理利用屋顶空间, 屋顶可设置花架,

种植攀缘植物，盆栽、箱栽植物等；

3 面层宜采用浅色饰面或建筑用反射隔热涂料，减少外表面对太阳辐射热的吸收。

【条文说明】

屋顶绿化是改善城区热岛效应和降低夏季空调负荷的有效措施，并可使周边建筑空中景观环境得益。屋顶绿化的种植土或种植介质为屋面增加了一道保温隔热层，其热阻可计入屋面传热系数的计算。

5.2.8 宜将地埋管换热器、太阳能集热器等采集到的自然冷热源直接作用于嵌管式围护结构，用于拦截通过围护结构的传热负荷。夏季宜将嵌管式围护结构与房间通风相结合，主动调节室内环境。

【条文说明】

围护结构是连接室内和室外，是建筑负荷的主要来源之一，围护结构的温度夏季往往高于室内，冬季往往低于室内，提供了利用自然能源拦截围护结构负荷的条件。嵌管式围护结构的埋管方式和位置应结合自然能源的温度进行确定。

III 透光围护结构

5.2.9 超低能耗住宅建筑不同朝向窗墙比的透光围护结构，其传热系数宜符合表 5.2.9 的规定。

表 5.2.9-1 微气候 A 区不同窗墙比下的外窗传热系数指标

单一立面窗墙比	传热系数 $K[W/(m^2.K)]$
窗墙比 ≤ 0.30	≤ 2.4
$0.30 < \text{窗墙比} \leq 0.35$	≤ 2.2
$0.35 < \text{窗墙比} \leq 0.45$	≤ 2.0

表 5.2.9-2 微气候 B 区不同窗墙比下的外窗传热系数指标

单一立面窗墙比	传热系数 $K[W/(m^2.K)]$
窗墙比 ≤ 0.30	≤ 2.2
$0.30 < \text{窗墙比} \leq 0.35$	≤ 2.0
$0.35 < \text{窗墙比} \leq 0.45$	≤ 1.8

表 5.2.9-3 微气候 C 区不同窗墙比下的外窗传热系数指标

单一立面窗墙比	传热系数 $K[W/(m^2.K)]$
窗墙比 ≤ 0.30	≤ 2.2
$0.30 < \text{窗墙比} \leq 0.35$	≤ 2.0

0.35 < 窗墙比 ≤ 0.45	≤ 1.8
-------------------	-------

表 5.2.9-4 微气候 D 区不同窗墙比下的外窗传热系数指标

单一立面窗墙比	传热系数 K[W/(m ² ·K)]
窗墙比 ≤ 0.30	≤ 2.0
0.30 < 窗墙比 ≤ 0.35	≤ 1.8
0.35 < 窗墙比 ≤ 0.45	≤ 1.6

【条文说明】

围护结构窗墙比、外窗传热系数均和建筑能耗直接相关，窗墙比越大，围护结构外窗传热系数越高，建筑能耗也越高。在以能耗为目标的前提下，窗墙比较小的建筑朝向，外窗传热系数要求可以适当放宽，窗墙比较大的房间，外窗传热系数应该更加严格。当单一立面窗墙比 > 0.45，在满足超低能耗设计的前提下自行权衡计算，优化选取最佳的外窗传热系数。

5.2.10 住宅建筑不宜设置凸窗。当设置凸窗时，应符合下列要求：

- 1 凸窗传热系数应比表 5.2.10 限值减少 10%；
- 2 凸窗的面积应按洞口面积计；
- 3 凸窗的顶板，底板及侧向不透明部分应采取保温措施。

5.2.11 住宅建筑的室内与阳台间的墙体和门窗，应符合建筑物外墙和外窗的热工要求。

【条文说明】

阳台是为楼层住户提供的室外空间，阳台空间与居室空间的分隔墙体及墙上设置的门窗定义为建筑外墙和外门窗，该墙体必须设置保温层，满足外墙传热系数限值要求，墙上窗的传热系数应满足规定限值。封闭阳台或者非封闭阳台的栏板不是外墙，可不设置保温层，阳台栏板上设置的封闭外窗也不考虑传热系数限值要求。

若建筑设计中所谓阳台与居室空间之间未设分隔墙和外门窗，则该阳台栏板已经不是简单防护栏板，应按照墙体设计视为建筑外墙，应设置保温层满足外墙传热系数限值，墙上的封闭外窗视为外门窗，应按照其封闭范围计算朝向单一立面窗墙比，确定外门窗传热系数限值。不应以封闭阳台与居室空间之间设置的未安装门窗的墙垛洞口计算窗墙比。

5.2.12 进户门的传热系数不宜大于 1.8 W/(m²·K)。

VI 遮阳与隔热

5.2.13 遮阳设计应根据当地太阳能资源气候特征、房间使用要求、窗口朝向、建筑周边环境及建筑安全性综合考虑。

5.2.14 超低能耗住宅建筑外窗综合遮阳系数以及外遮阳要求宜按表 5.2.14 选取；有外遮阳时，外窗综合遮阳系数取外窗遮阳系数与外遮阳系数乘积。无外遮阳时，外窗综合遮阳系数取外窗遮阳系数。

表 5.2.14-1 微气候 A 区外窗综合遮阳系数及外遮阳要求

开间窗墙比	外窗综合遮阳系数及外窗遮阳要求		外窗玻璃 遮阳系数
	东、西向	南向	
开间窗墙比 ≤ 0.20	/	/	≥ 0.6
$0.20 < \text{开间窗墙比} \leq 0.30$	≤ 0.35	≤ 0.40	
$0.30 < \text{开间窗墙比} \leq 0.40$	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.30	≤ 0.35	
$0.40 < \text{开间窗墙比} \leq 0.45$	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.25	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.30	
开间窗墙比 > 0.45	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.20	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.25	

表 5.2.14-2 微气候 B 区、C 区外窗综合遮阳系数及外遮阳要求

开间窗墙比	外窗综合遮阳系数及外窗遮阳要求		外窗玻璃 遮阳系数
	东、西向	南向	
开间窗墙比 ≤ 0.20	/	/	≥ 0.6
$0.20 < \text{开间窗墙比} \leq 0.30$	≤ 0.35	≤ 0.40	
$0.30 < \text{开间窗墙比} \leq 0.40$	≤ 0.35	≤ 0.35	
$0.40 < \text{开间窗墙比} \leq 0.45$	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.30	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.35	
开间窗墙比 > 0.45	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.25	设置外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.30	

表 5.2.14-3 微气候 D 区外窗（包括透明阳台门）遮阳要求

开间窗墙比	外窗综合遮阳系数及外窗遮阳要求		外窗玻璃 遮阳系数
	东、西向	南向	
开间窗墙比 ≤ 0.20	/	/	≥ 0.6
$0.20 < \text{开间窗墙比} \leq 0.30$	≤ 0.40	≤ 0.50	
$0.30 < \text{开间窗墙比} \leq 0.40$	≤ 0.35	≤ 0.40	
$0.40 < \text{开间窗墙比} \leq 0.45$	设置活动外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.30	设置活动外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.35	
开间窗墙比 > 0.45	设置活动外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.25	设置活动外遮阳并使外窗综合遮阳系数 ≤ 0.30	

注：表中的“东、西”指从东或西偏北 30° （包括 30° ）至偏南 60° （包括 60° ）的范围；“南”指从南偏东 30° 至偏西 30° 的范围；

【条文说明】

夏热冬冷地区，遮阳系数是围护结构指标中对建筑能耗敏感度最高的参数，夏季减少太阳辐射进入室内，因此要单独规定并严格执行。为方便设计和审查，以开间窗墙比作为确定综合遮阳系数的依据，所谓开间是指起居室和卧室等主要居室的开间。

当开间窗墙比 ≤ 0.20 时，不对遮阳系数规定，但是随着窗墙比增大，遮阳系数从 0.40 下降到 0.25 。遮阳系数一般指夏季遮阳要求。夏季窗户遮阳有利于节能，而冬季则希望有更多的阳光进入室内。

5.2.15 遮阳方式宜按照表 5.2.15 选取。

表 5.2.15 遮阳方式的选取

太阳辐射量	指标范围	遮阳方式	典型城市
夏季 < 160 ，冬季 < 50	太阳直射辐照量/散射辐照量 < 0.9	玻璃光学性能遮阳	重庆、成都
夏季 ≥ 160 ，冬季 ≥ 50	太阳直射辐照量/散射辐照量 ≥ 0.9	构件遮阳，宜采用活动式遮阳	武汉、长沙、合肥、南京、上海、杭州

【条文说明】

遮阳方式的选取可以根据夏季太阳直射散射比来判断，例如重庆、成都，直射散射比偏小，构件式遮阳效果不显著，玻璃自身光学性能遮阳更加适宜该地区，

采用构件遮阳的地区提倡采用活动外遮阳,可做到夏季放下遮阳达到较小的遮阳系数;冬天收起遮阳,使阳光尽可能进入室内,充分利用太阳热辐射提高室内温度,减少能耗。

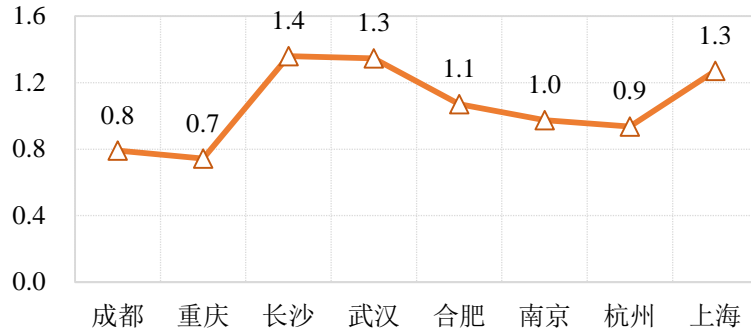


图8 典型城市夏季直射散射比

5.2.16 东向、西向外窗宜采用可调节外遮阳设施,南向外窗宜采用水平、竖向、阳台等固定遮阳措施和可调节外遮阳相结合的综合遮阳设施,高层建筑外窗宜采用可调节中置遮阳措施。

【条文说明】

夏热冬冷地区东向、西向外窗的遮阳主要以遮挡夏季散射、反射得热及低角度的太阳直射辐射得热为主,宜采用可调节外遮阳措施,南向外窗主要以遮挡夏季散射、反射得热及低角度的太阳直射辐射得热为主,主要处于南向阳台玻璃门窗和卧室外窗,阳台板外挑宽度一般为 1500~1800mm,可以形成较好的夏季遮挡效果,遮挡率可超过 25%,此外建筑物屋顶挑檐、散水挑檐、空调室外机板都可以形成水平遮阳,即南向外窗要综合考虑阳台、水平竖向等固定遮阳构件的综合作用,结合使用可调节外遮阳、玻璃遮阳措施。高层建筑由于防风雨安全等问题,宜采用可调节的中置遮阳措施。

5.2.17 建筑外墙及屋面宜使用建筑反射隔热涂料,要求如下:

1 外墙的污染修正后的太阳辐射吸收系数不宜高于 0.5,屋面的污染修正后的太阳辐射吸收系数不宜高于 0.4;

2 外墙或屋面的传热系数应采用等效热阻,并按下列公式计算:

$$K' = \left(\frac{1}{R_{eq} + 1/K} \right) \quad (5.2.19)$$

式中： K' ——外墙或屋面使用建筑反射隔热涂料的传热系数， $W/(m^2 K)$ ；

K ——外墙或屋面未使用建筑反射隔热涂料的传热系数， $W/(m^2 K)$ ；

R_{eq} ——外墙或屋面使用建筑反射隔热涂料的等效热阻， $m^2 K/W$ ，按本规程表 D.0.1、表 D.0.2 取值。

【条文说明】

目前，使用建筑反射隔热涂料的建筑应满足现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的隔热设计要求。由于隔热计算是个动态过程，只能直接带入污染修正后的太阳辐射吸收系数进行计算。

夏热冬冷地区使用建筑反射隔热涂料时，节能设计应重点考虑夏季的空调节能，同时应兼顾冬季的采暖能耗。为了改善室内热环境，建议夏季炎热地区，重质结构宜使用建筑反射隔热涂料；轻质结构使用反射隔热涂料性价比高、隔热效果显著，反过来说如果轻质结构不采用浅色建筑反射隔热涂料，则很难满足隔热要求。

当采用规定性的围护结构热工限值指标进行建筑节能计算时，采用热等效热阻进行计算，才能将反射隔热涂料的效果反映在围护结构的节能效果中。条文中给出了采用等效热阻时的传热系数计算方法。

V 气密性

5.2.18 建筑物外窗的气密性等级不应低于现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106-2008 规定的 7 级： $0.5 < q_1 \leq 1.5 m^3/(m \cdot h)$ ， $1.5 < q_2 \leq 3.0 m^3/(m^2 \cdot h)$ 。

【条文说明】

门窗气密性是影响建筑气密性的一个重要因素，因此对门窗气密性要提高要求。根据模拟研究发现，随着换气次数（有组织进风和无组织进风带来的房间每小时换气量）的增长，夏季室内温度逐渐降低，建筑负荷先降低后升高，冬季室内温度降低显著，建筑负荷呈显性上升，受换气次数的影响更大。因此将建筑外窗气密性最低要求提高到 7 级，并且对施工质量进行严格要求。

单位缝长空气渗透量为在标准状态下，单位时间通过单位开启缝长的空气量；单位面积空气渗透量为在标准状态下，单位时间通过外门窗试件单位面积的空气

量。建筑外门窗气密性应根据《建筑外窗气密、水密、抗风压性能分级及其检测方法(GB/T 7106-2008)》进行。本标准中外门窗及敞开式阳台门的气密性等级均较《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准(JGJ 134-2010)》中所规定的提高一级。

5.2.19 宜采用平开窗。

【条文说明】

气密性对窗本身有约束措施条件,可以从技术手段加以限制,比如平开窗比推拉窗气密性高很多,影响气密性的有以下几个方面:窗五金件的配合情况,窗面积大小,对选用合理的多点锁,确保气密性的关键;窗制作时活动扇与窗框的搭接量、胶条弹性、抗老化承度,都影响窗的使用时效过程中的气密程度;组装窗框及窗扇精度及是否设置组角件等材料也对气密影响有关联性;另外玻璃与型材之间的间隙宜采用密封胶填实,可以有效控制渗漏水及提升气密性有帮助;带有附框安装窗框连接,气密性会有影响。

5.2.20 各类管道穿透气密层及外墙时,应对洞口进行有效的气密性处理,并符合下列要求:

1 穿墙管预留孔洞直径宜大于管径 100mm 以上,墙体结构或套管与管道之间应填充保温材料;

2 外围护结构内侧应采用防水隔气膜粘贴。防水隔气膜与管道和结构墙体的搭接宽度均不小于 40mm;

3 外围护结构外侧应采用防水透气膜粘贴,防水透气膜与管道和结构墙体的搭接宽度均不小于 40mm。

【条文说明】

穿墙管是围护结构上的热工薄弱环节,普通穿墙管仅考虑防水密封而忽略的保温的设计,热桥现象明显。穿墙套管安装时在结构间填充保温材料,并于两侧加装气密性措施,实现防水、气密性、保温三维一体化设计。

Ⅶ 冷热桥

5.2.21 为了防止结露,不同微气候区的主要热桥形式的设计参数要求宜不高于表 5.2.21 的要求。

表 5.2.21 热桥部位传热系数指标要求

	热桥部位传热系数[W/m ² .K]
A 区	≤2.0
B 区	≤2.5
C 区	≤2.5
D 区	≤2.0

【条文说明】

建筑热工对围护结构设计的基本要求之一是内表面在采暖期不能结露。一般情况下，夏热冬冷地区外墙内或外侧经保温措施后，混凝土结构热桥部位不会结露。根据5种典型热桥形式计算得到热桥部位传热系数要求如表格所示。

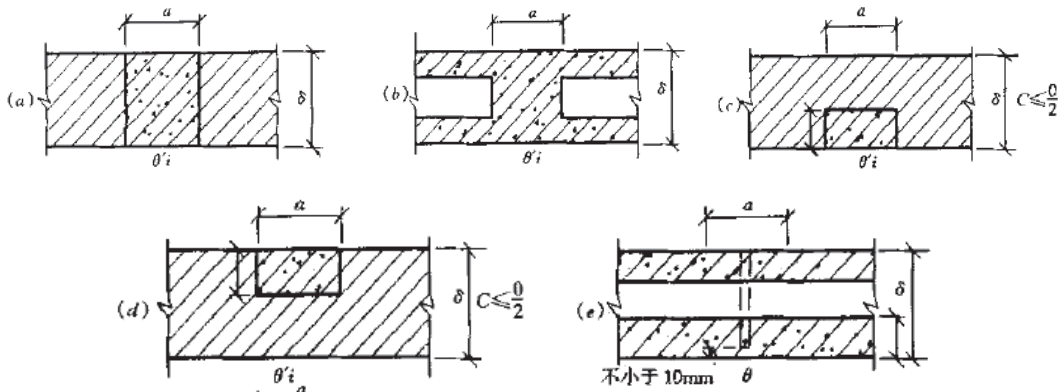


图9 五种典型热桥形式

表9-1 微气候A区热桥设计参数要求（主体墙非热桥部位传热系数为0.7W/m².K）

	热桥形式一	热桥形式二	热桥形式三	热桥形式四	热桥形式五
相对湿度	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数
90%	1.00	1.00	1.00	1.00	/
80%	2.00	2.00	1.67	1.67	/

表9-2 微气候B区热桥设计参数要求（主体墙非热桥部位传热系数为0.5W/m².K）

	热桥形式一	热桥形式二	热桥形式三	热桥形式四	热桥形式五
相对湿度	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数
90%	0.71	0.71	0.71	0.77	1.67
80%	1.43	1.43	1.43	1.43	/
70%	2.50	2.00	2.00	2.00	/
60%	2.50	2.50	2.50	2.50	/

表9-3 微气候C区热桥设计参数要求（主体墙非热桥部位传热系数为0.6W/m².K）

	热桥形式一	热桥形式二	热桥形式三	热桥形式四	热桥形式五
--	-------	-------	-------	-------	-------

相对湿度	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数
90%	0.91	0.91	0.83	0.91	/
80%	1.67	1.67	1.67	1.67	/
70%	/	/	2.50	2.50	/
60%	/	/	/	/	/

表 9-4 微气候 D 区热桥设计参数要求（主体墙非热桥部位传热系数为 $0.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ）

	热桥形式一	热桥形式二	热桥形式三	热桥形式四	热桥形式五
相对湿度	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数	热桥处传热系数
90%	0.77	0.77	0.71	0.77	1.43
80%	1.67	1.67	1.43	1.67	/
70%	2.50	2.50	2.00	2.00	/

5.2.22 对180°热桥进行部分保温时，宜先进行中央的保温；对90°热桥进行部分保温时，宜先进行外侧的保温。对梁与楼板形成的热桥进行部分外保温时，宜优先进行梁处的保温。

【条文说明】

如图9-(a)所示，根据形成热桥的构件（不包含门、窗等）的不同，可将线性热桥分为梁热桥（A）、柱热桥（B、D）、梁-楼板热桥（C）；根据线性热桥构成元素所呈角度的不同，又可将线性热桥分为180°线性热桥（A、C、D）和90°线性热桥（B），分别如图9-(b)和图9-(c)所示。若对180°线性热桥部分区域进行外保温时，应先对热桥中央进行保温，而后再对热桥外侧进行保温，如图9-(b)中箭头所示；若对90°线性热桥部分区域进行外保温时，应先对热桥外侧部分进行保温，而后再对热桥中央进行保温，如图9-(c)中箭头所示。对热桥进行部分保温的意义在于，当对90°柱热桥外表面敷设面积为热桥面积60%~75%的20 mm厚的可发性聚苯乙烯板、且敷设部位在热桥两侧时，该线性热桥的传热系数已与墙体相同，因此无进一步增大保温材料面积的必要。

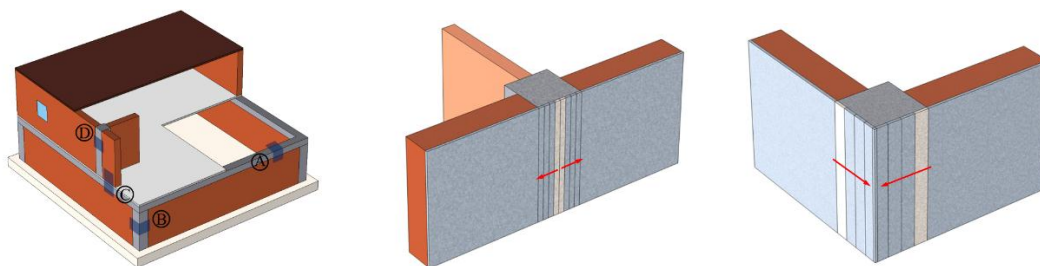


图 9-(a) 不同类型热桥示意图 图 9-(b) 直线型柱热桥 图 9-(c) 直角型柱热桥

梁-楼板热桥由梁和楼板两部分构成。由图10可知，梁处外表面温度显著高于非热桥区域，而楼板处外表面温度与非热桥区域无显著差别。由此可知，更多的热量从梁处耗散至室外，因此宜优先对梁进行保温。由于热桥对能耗的影响在采用自保温墙体的建筑中尤为显著，因此此处认为墙体采用自保温的方式，而热桥处的保温则采用外保温的形式。

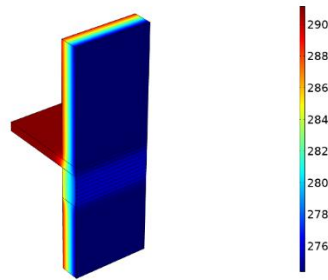


图10 梁-楼板热桥温度云图

5.2.23 外窗框与外墙之间缝隙宜采用高效保温材料填充，并用密封材料嵌缝。外门窗外表面与基层墙体的联结处宜采用防水透汽材料密封，门窗内表面与基层墙体的联结处应采用气密性材料密封。

【条文说明】

外窗框与墙洞口之间的缝隙相对于窗扇与窗框等部位是主要薄弱环节，应采用弹性高效保温材料填充，并采用耐候防水密封胶嵌缝，不得采用普通水泥砂浆填缝。

外窗外框与建筑窗洞连接处可预压缩膨胀密封带，膨胀预压密封带是一种经过特殊浸泡及预压缩处理的密封带，具有遇空气膨胀的性能。用于门窗框侧边、凸出墙面支架、管线与保温系统接缝处，具有密封性和防水性。可在保温系统与门窗框、保温系统与预埋件、保温系统与穿墙管道等之间，起到一定柔性过度及防水的作用。

5.2.24 外墙保温层采用锚栓固定时，应采用断热桥锚栓固定。

【条文说明】

锚栓相对保温层导热系数大，热桥效应明显，应采用保温材料进行断热处理。

5.2.25 应避免在外墙上固定导轨、龙骨、支架等可能导致热桥的部件；当必需固定时，应在外墙上预埋断热桥的锚固件，并采用有效措施降低传热损失。

【条文说明】

外墙上的各种支架如空调支架、太阳能热水器支架和雨水管支架都是容易产生热桥的部位，应作隔热桥处理。金属构件不宜直接埋入外墙，应在基墙上预留支架的安装位置，金属支架与墙体之间垫装隔热垫层，减少金属支架的散热面积。有效措施包括采用减少接触面积、增加隔热间层及使用非金属材料等。

5.2.26 外门窗安装方式应根据墙体的构造方式和建筑高度进行优化设计。外门窗与基层墙体的联结件应采用阻断热桥的处理措施。

【条文说明】

外门窗可采用整体外挂式安装，可较好地实现窗框外侧与墙体之间形成的冷热桥。对于中高层建筑，整体外挂式安装相对于内嵌式安装方式安全性降低，因此外门窗安装方式应根据墙体的构造方式和建筑高度进行优化设计。

5.2.27 窗户外遮阳设计应与主体建筑结构可靠连接，连接件与基层墙体之间应采取阻断热桥的处理措施。

【条文说明】

外遮阳需要可靠连接的同时也成为破坏窗墙结合部保温构造的潜在危险因素之一，因此外遮阳的设计必须与外墙和外窗的节能设计联合起来。

5.2.28 屋面保温层隔汽层及排气构造设计应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB50345 的规定。

【条文说明】

屋面保温层靠近室外一侧应设置防水层，防水层应延续到女儿墙顶部盖板内，使保温层得到可靠防护。为了防止室内空气中的水蒸气随热气流上升，透过结构层进入保温层，从而降低保温效果，应当在保温层下面设置隔汽层。

5.2.29 女儿墙等突出屋面的结构体，其保温层应与屋面、墙面保温层连续，不得出现结构性热桥。女儿墙、土建风道出风口等薄弱环节，宜设置金属盖板，以提高其耐久性，金属盖板与结构连接部位，应采取避免热桥的措施。

【条文说明】

女儿墙的内侧及上部均覆有防水保温层，既保护了主体结构，又减少了温度变化造成的热应力破坏，从而防止墙体开裂。同时，为防止雨水渗入保温层和防止外力破坏，在保温层的上面安装的铝合金盖板以保证其耐候性。

5.2.30 穿屋面管道的预留洞口宜大于管道外径 100mm 以上。伸出屋面外的管道

应设置套管进行保护，套管与管道间应填充保温材料。

【条文说明】

穿屋面管和穿墙管一样也是围护结构上的热工薄弱环节，伸出屋面外的管道应设置套管进行保护，套管与管道间应填充保温材料。

5.3 采暖空调

5.3.1 超低能耗住宅建筑不宜采用集中冷热源方式的采暖空调系统。

【条文说明】

大量理论研究和实际工程案例表明，在面对众多需求不一致的用户末端时，采用单一的集中系统同时为这些末端提供服务所消耗的能源，远远高于采用分散式方式各自独立使用时的能源消耗。因此，居住建筑超低能耗居住建筑的采暖空调系统冷热源不宜采用集中供暖方式，特别是不应采用集中供冷方式。集中系统形式和分散系统形式的选择，取决于不同的需求和热源获取的经济性。在宿舍等作息规律一致的居住建筑中，经技术经济分析合理时，可采用区域集中供暖方式，宜推广热电联产等技术。采用集中式系统的居住建筑，宜采用集散式冷（热）水系统。

5.3.2 超低能耗住宅建筑采暖空调系统应综合经济技术因素进行性能参数优化和方案比选，宜符合下列规定：

- 1 冷热源优先选用能效等级二级以上的产品；
- 2 宜采用高性能的变频空调系统；
- 3 在条件允许的情况下优先使用自然能源；

4 当设置新风系统时，宜根据全年运行的合理性和可靠性确定设置新、排风热回收系统，当采用新、排风热回收系统时，应考虑其装置的抗风特性。新、排风热回收系统宜设置高效低阻的空气净化装置。

【条文说明】

在设计选用超低能耗居住建筑的供暖空调系统时，应注意如下问题：

1 采用高能效等级的采暖空调设备产品是保证良好节能效果的重要条件，机组能效等级不宜低于本标准建议值。另外，在关注设备能效的同时，还需要关注提高整个系统的能效，实现真正的运行节能。

2 空调变频技术目前已经大量应用，技术发展较为成熟，能够根据房间负荷变化动态调节空调输出能力，长期运行条件下，与定频空调器相比，变频空调具有一定的节能潜力。结合空调性能与成本支出综合考虑，建议选择二级能效的变频空调器。目前已有结合 APP 进行智能调控的空调器，采用大数据智能分析，对运行参数进行优化控制，给出参数设置建议。建议用户选用此类空调器安装使用。

3 系统设计时应考虑采用必要的技术措施高效利用自然冷源，以进一步降低超低能耗建筑的供冷供热量。如：在合适的条件下，利用室外冷空气或地下冷水满足室内供冷需求。

4 对于采用机械新风的空调系统，需根据技术经济性评价及可靠性分析，确定是否设置新、排风热回收系统。在条件适宜地区，采用新、排风热回收系统不仅能够满足室内新风量的供应需求，而且可以通过回收利用排风中的能量降低建筑采暖空调负荷以及系统容量，实现建筑超低能耗目标。同时，为保障新风系统能够正常工作，应考虑其装置的抗风特性。设置低阻高效过滤器能够提高室内空气品质舒适性，并保证新风量的稳定供给。

5.3.3 冷热源宜采用下列产品或系统形式：房间空调器、户用多联式空调（热泵）机组、空气源热泵冷（热）水机组，冷热源设备宜采用能够满足空调与采暖需求的变频调速型热泵机组。

【条文说明】

房间空调器、户用多联式空调（热泵）机组、户用型空气源热泵冷（热）水机组是典型的分散式供热空调系统。大型空气源热泵冷（热）水机组可应用于可采用需求一致末端的区域集中供暖系统。冷热源设备宜采用变容量热泵型机组，以提高系统能效；系统的用户末端设备应具有独立调节的功能，为用户行为节能提供条件。

5.3.4 超低能耗住宅建筑采暖空调系统的末端宜采用对流末端（房间空调器室内机、风机盘管、散热器），可辅助采用热响应较慢的辐射末端（辐射地板、辐射墙面）。

【条文说明】

相比于水辐射末端而言，对流末端具有快速制冷、制热特点，因而超低能耗

居住建筑供暖空调系统的用户末端宜采用对流末端，包括房间空调器、多联机的直接膨胀式室内机、风机盘管等。由于对流末端供热时会因热风上浮产生一定的热不舒适，需通过实际运行进行调控，也可以结合电辐射末端（辐射地板、辐射墙面）构成混合末端（辐射与对流型末端）提高室内舒适性。电辐射末端主要包括低温辐射地板、辐射墙面等形式，可以采用石墨烯等低温辐射电热膜通电后发热，使围护结构内表面温度升高，再由整个地面或墙面作为低温辐射热源均匀加热室内空气。

5.3.5 热泵型转速可调型房间空调器的全年能源消耗效率（APF）和制冷季节能源消耗效率（SEER）不得低于表 5.3.5 规定的数值；单冷型转速可调型房间空调器的制冷季节能源消耗效率（SEER）不得低于表 5.3.5 规定的数值。

表 5.3.5 转速可控型房间空调器能效指标

容量	制冷季节能源消耗效率 (SEER) / [(W h)/(W h)]	全年能源消耗效率 (APF) [(W h)/(W h)]
CC≤4500 W	5.30	4.70
4500 W<CC≤7100 W	4.90	4.20
7100 W<CC≤14000 W	4.60	3.90

【条文说明】

根据国家重点研发计划课题提出的长江流域住宅建筑在满足热舒适标准前提下实现全年采暖空调能耗不超过 20 kW·h/m² 的能耗总量控制目标要求，需要通过建立依据全年运行季节耗电量的反向计算空调器额定性能系数的关系式及流程，确定满足这一要求的空调器额定性能系数及季节性能系数指标。为此，采用温频法以建筑负荷模型、空调器运行室外温度时间分布以及空调器性能模型为基础，以及不同外温发生时间下的季节性能指标的转换方法，确定了不超过 20 kW·h/m² 的能耗总量控制目标前提下的长江流域用空调器的额定性能系数限定值。按照国家能效标准 GB 21455 给定的各温度发生时间进行转换，其 SEER 为 5.3~5.6，HSPF 为 4.1~4.9，APF 为 4.6~5.1。根据现有空调器技术水平，确定了本标准中不同容量的房间空调器能效限定值。不同容量空调器的能效限定值超过了现行能效标准 GB 21455-2015 的一级能效指标。

5.3.6 户用多联式空调（热泵）机组的全年能源消耗效率或制冷季节能源消耗效率不得低于表 5.3.6 规定的数值。

表 5.3.6 户用多联式空调（热泵）机组能效指标

额定制冷量 (CC) /W	单冷型	热泵型
	制冷季节能源消耗效率 (SEER) / [(W h)/(W h)]	全年能源消耗效率 (APF) / [(W h)/(W h)]
CC<12 500	4.60	4.30
12 500≤CC<28 000	4.30	4.00

【条文说明】

多联机广泛应用于我国各个地区，2017年，其产品的总销售额占比已超过商用空调市场规模的50%，尤其是，在我国长江流域的夏热冬冷地区应用最广。户用多联机具有“省能耗、省设计、省空间、省工时”的优势，因此，多联机系统在住宅中的比例也相当高，达到了多联机总规模的一半以上。目前，我国尚没有专门的户用多联机标准，为了反映户用多联机在实际使用中的运行状态，已在国家标准《低环境温度多联式热泵（空调）机组》修订过程中，区分了户用型多联式热泵（空调）机组及工商业用型多联式热泵（空调）机组，也为未来夏热冬冷地区应用的户用多联机的研发提出了提高低负荷率时的能效的要求。

鉴于目前尚没有夏热冬冷地区户用多联机的产品性能要求，因此，当采用户用多联式空调（热泵）机组进行空调和(或)采暖时，本标准应满足现行国家标准《多联式空调（热泵）机组》GB/T 18837的基本要求。GB/T 18837对风冷式多联机采用了全年能源消耗效率APF及制冷季节能源消耗效率SEER作为其季节性评价指标，而国家标准《多联式空调（热泵）机组能效等级限定值及能源效率等级》GB 21454正在修订中，也将以GB/T 18837的评价指标对多联机性能进行能效限定（并将淘汰此前的制冷综合部分性能系数IPLV（C）指标）。

根据上述发展现状和超低能耗住宅建筑的设计思想，本标准采用全年能源消耗效率APF作为多联机的季节性能评价指标，仍以长江流域住宅建筑在满足热舒适标准前提下实现全年供暖空调能耗不超过20kW·h/m²的能耗总量控制目标，结合现有户用多联式空调（热泵）机组的技术水平，确定长江流域户用多联式空调（热泵）机组额定性能系数限定值。

5.3.7 当采用空气源热泵冷（热）水机组作为空调和(或)采暖的冷热源时，制冷综合部分性能系数和制热性能系数不得低于表5.3.7规定的数值。

表 5.3.7 风冷式空气源热泵机组能效指标

额定制冷量 (CC) /W	制冷综合部分性能系数 (IPLV) / [W/W]	制热性能系数 (COP) / [W/W]

CC≤50 000	3.80	3.30
CC>50 000	4.00	3.50

【条文说明】

随着人民生活水平的不断提高，建筑业的持续发展，推动了冷水机组的产品性能和质量的提升。住宅采用空气源热泵冷（热）水机组作为供暖空调的冷热源设备已成为户用集中空调系统的形式之一。空气源热泵冷（热）水机组可以配套采用风机盘管系统实现供冷、供热；冬季还可以结合散热器实现供热。

当采用空气源热泵冷（热）水机组作为空调和(或)采暖的冷热源时，冷水机组应满足《蒸气压缩循环冷水热泵机组 第2部分：户用及类似用途的冷水热泵机组》GB/T 18430.2-2016 的要求。机组应满足其制冷综合部分性能系数和制热性能系数的规定。在实际运行中，冷水机组绝大部分时间处于部分负荷工况，只选用单一的满负荷性能指标来评价冷水机组的性能不能全面地体现冷水机组的真实能效，还需考虑冷水机组在部分负荷运行时的能效。因此，本标准采用制冷综合部分性能系数 IPLV (C) 作为冷水机组的评价指标，其测试方法依据国家标准《蒸气压缩循环冷水热泵机组 第2部分：户用及类似用途的冷水热泵机组》GB/T 18430.2-2016 的规定，其能效指标采用国家标准《冷水机组能效等级限定值及能源效率等级》GB 19577-2015 规定的 1 级能效指标（参见表 10）。

表 10 空气源热泵冷（热）水机组的能效指标

类型	名义制冷量 (CC) kW	能效等级			
		1	2	3	
		(IPLV) W/W	(IPLV) W/W	(COP) W/W	(IPLV) W/W
风冷式 或蒸发冷却式	CC≤50	3.80	3.60	2.50	2.80
	CC>50	4.00	3.70	2.70	2.90
水冷式	CC≤528	7.20	6.30	4.20	5.00
	528<CC≤1 163	7.50	7.00	4.70	5.50
	CC>1 163	8.10	7.60	5.20	5.90

对制热而言，目前并没有国家标准给出其能源效率等级，因此在空气源热泵冷水热泵机组现有技术条件下，经调研给出了其能效限定值。

对于住宅建筑而言，多采用分散式户用型机组，其名义制冷量一般小于 50 kW；而对于集中式供热系统，仍可以采用空气源热泵机组进行集中供热。因此，本标准保留了大型空气源热泵的评价准则。

需要说明的是,目前我国空气源热泵的评价体系已经逐步形成了以全年能源消耗效率 APF 为评价准则的共识。其 APF 计算方法应当参考即将发布的行业标准《空气源热泵两联供机组》。

5.3.8 宜优先选用自带能耗计量装置的空调供暖设备。

【条文说明】

在设备选择时,推荐优先选用有能耗计量装置的空调供暖设备。建筑物空调采暖能效与能耗的计量和统计是反映实际能耗大小、判别是否节能的客观手段,也是检验系统设计是否合理、是否符合标准要求的必要条件,因此,通过各类能耗的计量、统计分析可以发现问题,并挖掘其节能潜力。

5.4 自然采光和通风

5.4.1 宜对小区进行风环境分析,小区整体布局与主导风向夹角不应小于 45 度。

5.4.2 应保证足够的通风口(或开启外窗)面积。居室等空调房间外窗通风开口面积不宜小于房间地板面积的 1/12(6 层及以下)和 1/15(7 层及以上)。在两个及两个以上房间串联通风时,宜采用气流组织优化设计。

【条文说明】

通风气流路线上应避免出现过流断面太小的喉部,保证气流通畅,宜提供室内气流组织报告。

5.4.3 宜进行气流组织设计,对户型进行自然通风节能潜力分析,保证各户/房间气流顺畅,充分利用穿堂风,消除气流死角。

【条文说明】

应使室外新鲜空气首先进入居室,然后经厨房、卫生间等非采暖、空调房间排出,充分利用排风中的冷、热量。排气口应设于建筑的负压区,防止污浊空气进入居室。

5.4.4 采用密闭性能良好的窗户时,居室宜设置可限定风量的单向进风口。

6 施工

6.1 外墙和屋面保温

I 通用要求

6.1.1 施工单位应编制保温工程专项施工方案，经审查批准后施工。施工前需进行技术交底，施工人员应经过培训并考核合格。

【条文说明】

保温工程作为技术质量要求严格的专项工程，不同的保温材料有不同的施工工艺、施工工法和质量验收要求，所以施工单位需要有针对性地制定保温工程专项施工方案，经审查批准后，组织施工技术交底和施工人员进行岗位培训。《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 规定，各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查。专项施工方案中应包括施工阶段的防火组织与管理方面的内容和措施。

6.1.2 保温隔热材料必须按照设计要求和现行国家防火规范，采用不燃或难燃材料，工程中严禁使用不合格材料。

【条文说明】

公安部、住房和城乡建设部联合下发《民用建筑外保温系统及外墙装饰防火暂行规定》，其中规定：民用建筑外保温材料的燃烧性能宜为 A 级，且不应低于 B2 级，将民用建筑外保温材料纳入建设工程消防设计审核、消防验收和备案抽查范围。凡建设工程消防设计审核和消防验收范围内的设有外保温材料的民用建筑，均应将建筑外保温材料的燃烧性能纳入审核和验收内容。

6.1.3 保温隔热材料进场，应检查外观和包装是否完整无损，相关质量证明文件是否齐全，填写进场复验报告，并存档保留。

【条文说明】

为确保保温隔热材料质量和质量验收要求，防止在出厂、运输等环节发生损坏，根据《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411 等规范要求，材料进场应进行外观和包装检查，同时核查出厂合格证、材料性能参数证明材料、施工说明及注意事项等相关出厂文件是否齐全，填写进场复查表格，存档留查。

6.1.4 保温工程的施工应在基层墙体和外门窗洞口质量验收合格后进行。

【条文说明】

基层墙体和外门窗洞口作为保温工程的前道工序，必须验收合格。对局部不合格位置，需进行处理，达到质量合格标准后，才能进行保温工程施工。

6.1.5 保温层施工前，应进行基层墙体检查或处理。基层墙体表面应洁净、坚实、平整，无油污和脱模剂等妨碍粘结的附着物，凸起、空鼓和疏松部位应剔除。

【条文说明】

基层墙体体表面应洁净、坚实、平整，验收合格，如果有油污、粘物必须清理干净，凹凸不平的部位应处理平整，否则容易热桥、缝隙，影响保温效果。

6.1.6 保温工程施工现场应采取可靠的防火安全措施，在保温专项施工方案中，应按国家现行标准要求，对施工现场消防措施作出明确规定，可燃、难燃保温材料的现场存放、运输、施工应符合消防的有关规定，保温工程施工期间现场不应有高温或明火作业。施工现场灭火器的配置和消防给水系统，应符合现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 的规定。

【条文说明】

在建筑保温材料施工过程中，因电焊、明火、施工不当等引发的多起火灾事件，造成严重的人员伤亡和重大财产损失，同时保温材料在燃烧过程中会释放大量的有毒有害气体，污染环境。

6.1.7 保温工程完工后，应做好成品保护。

【条文说明】

保温墙体材料，不允许雨淋受潮，因此在保温工程施工过程中级施工完毕后，对已完成的保温工程应及时做好成品保护，避免受潮和损坏。

6.1.8 保温材料的贮运、保管应采取防雨、防潮、防火的措施，应在干燥、通风的房屋内贮存并应分类摆放，搬运时应轻拿轻放。

【条文说明】

所有保温材料都不允许受潮、损坏，除 A 级不燃材料外，B1 难燃级及以下材料遇到明火都有燃烧的可能，因此管应采取防雨、防潮、防火的措施，搬运时应轻拿轻放。

6.1.9 保温工程应符合现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411、

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《砌体工程施工质量验收规范》GB50203、《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB50210 的相关规定。

I 外墙内保温

6.1.10 内保温工程施工期间以及完工后 24h 内，基层墙体及环境空气温度不应低于 0℃，平均气温不应低于 5℃。

【条文说明】

外墙内保温是将保温材料置于外墙体的内侧，施工在室内，因此不受室外风雨恶劣气候的影响，环境温度高于 0℃，平均气温不应低于 5℃即可施工。室内温度低于 5℃施工，保温砂浆、找平层材料、界面砂浆、粘结材料、抹面材料等的长期性能下降，造成工程隐患。

6.1.11 内保温工程施工前，水暖及装饰工程需要的管卡、挂件等预埋件，应留出位置或预埋完毕。电气工程的暗管线、接线盒等应埋设完毕，并应完成暗管线的穿带线工作。

【条文说明】

由于内保温是将保温材料置于外墙体的内侧，室内墙体上所有的预埋预留部位均属热桥部位，内保温施工前必须处理好，以便于内保温施工时热桥部位的保温处理。

6.1.12 当施工电气线路采取暗敷设时，应敷设在非燃烧体结构内，且其保护层厚度不应小于 30mm；当采用明敷设时，应穿金属管、阻燃套管或封闭式阻燃线槽。

【条文说明】

电气线路施工及使用存在发生短路、火花等隐患，保温工程施工现场防火管理不严，导致火灾时有发生。为确保防火安全，特制定本施工现场防火措施。

6.1.13 外墙内保温施工应符合国家现行标准《外墙内保温工程技术标准》JGJ261 和《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB50210 等有关规定。

【条文说明】

本技术标准未提及的有关外墙内保温施工技术要求，可遵照《外墙内保温工程技术标准》JGJ261 和《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB50210 执行，并符合国家现行有关标准的规定。

II 外墙夹心保温

6.1.14 保温工程施工期间的环境空气温度不应低于 5℃，5 级以上大风天气和雨雪天不应施工。

【条文说明】

由于外墙夹心保温需要搭设脚手架露天作业，5 级以上大风天气影响施工人员安全，雨雪天气会淋湿保温材料，因此应停止露天作业和高空作业。

6.1.15 外墙夹心保温采用应采用燃烧性能为 A 级或者 B1 级材料，同时夹心保温层外露部位设置不燃材料防火保护层。

【条文说明】

根据国标《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624 规定，外墙保温材料根据防火等级划分为 A 级（不燃）、B1 级（难燃）、B2 级（可燃），保温材料防火等级不同，耐火极限不同，对应的防火要求不同，划分防火分区的目的就是为了控制火灾蔓延，因此不同燃烧等级的保温材料应分开，并保持满足设计规范规定的防火间距。

6.1.16 当保温材料采用 B1 级材料时，必须在上下左右设置阻断措施，防止火灾蔓延。

【条文说明】

B1 级为难燃保温材料，因此需要上下左右设置防火隔离带或者其他有效阻断措施，防止火灾蔓延。

6.1.17 装饰砌块应采用同一生产厂家制品，不应混砌。

【条文说明】

为了保证装饰外墙的质量，装饰砌块应严格要求，必须采用同一生产厂家制品，不允许混砌。

III 外墙自保温（保温结构一体化墙板）

6.1.18 外墙保温工程施工期间的环境空气温度不应低于 5℃，5 级以上大风天气和雨雪天不应施工，且对已经砌筑的墙体采取遮挡雨雪措施，防止雨水侵入墙体。

【条文说明】

由于保温层在主体墙材外面，需要搭设脚手架露天作业，5级以上大风天气影响施工人员安全，雨雪天气会淋湿保温材料，因此应停止露天作业和高空作业，且对已经砌筑的墙体采取遮挡雨雪措施，防止雨水侵入墙体。

6.1.19 自保温墙体系统组成材料（高性能砌块、砌体保温板、粘结剂、防水界面剂等配套材料）应有出厂合格证、产品出厂检验报告、有效期内的型式检验报告，使用性能指标、产品施工说明及注意事项等，材料进场进行查验，资料归档。

【条文说明】

根据《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411 等规范要求，材料进场应进行外观和包装检查，同时核出厂合格证、材料性能参数证明材料、施工说明及注意事项等相关出厂文件是否齐全，填写进场复查表格，存档留查。

6.1.20 运输和装卸过程中应设置有效的保护措施，保护自保温墙体，避免受到碰撞损坏。

【条文说明】

为避免保温板材受潮和损坏，在运输和装卸过程中应采取有效的保护措施进行产品保护。

6.1.21 存放堆场应在室内，地面平整、干燥，堆放整齐，堆放高度不宜超过 2m，并留出通风搬运通道，且荷载总量不得超过堆载地面（楼板）的允许承重荷载。

【条文说明】

为了保护产品干净整洁，减少破损，保持存放环境通风干燥，运输通道顺畅，同时荷载总量不得超过堆载地面（楼板）的允许承重荷载，堆放高度不宜超过 2m，并留出通风搬运通道。

6.1.22 一体化自保温墙板表面应保持清洁干燥，表面明显受潮、污染时不得使用。

【条文说明】

自保温墙体体表面应洁净、坚实、平整，验收合格，如果有油污、粘结物必须清理干净，凹凸不平的部位应处理平整，否则影响保温效果，不能满足使用要求。

6.1.23 自保温墙体施工前应进行排版设计，布置拉结点的预埋件或植筋位置，根据排版图进行板块切割，切割面应垂直、平整。

【条文说明】

为保证自保温墙体施工质量，施工前应进行排版设计，布置拉结点的预埋件或植筋位置，根据排版图采用专用工具，进行板块切割，切割面应垂直、平整。

6.1.24 采用干法施工工艺，砌块和保温墙板表面不得浇水湿润，应采用与之性能配套的专用砂浆、专用砌筑粘结剂等进行砌筑。

【条文说明】

为保证自保温墙体材料保持干燥，应采用干法施工，施工过程中不得浇水。

IV 外墙外保温

6.1.25 外保温工程施工期间的环境空气温度不应低于 5℃，5 级以上大风天气和雨雪天不应施工，且对已经砌筑的墙体采取遮挡雨雪措施，防止雨水侵入墙体。

【条文说明】

由于保温层在主体墙材外面，需要搭设脚手架露天作业，5 级以上大风天气影响施工人员安全，雨雪天气会淋湿保温材料，因此应停止露天作业和高空作业，且对已经砌筑的墙体采取遮挡雨雪措施，防止雨水侵入墙体。

6.1.26 可燃、难燃保温材料的施工应分区段进行，各区段应保持足够的防火间距。

【条文说明】

根据国标《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624 规定，外墙保温材料根据防火等级划分为 A 级（不燃）、B1 级（难燃）、B2 级（可燃），保温材料防火等级不同，耐火极限不同，对应的防火要求不同，划分防火分区的目的就是为了控制火灾蔓延，因此不同燃烧等级的保温材料应分开，并保持满足设计规范规定的防火间距。

6.1.27 粘贴保温板薄抹灰外保温系统中的保温材料施工上墙后应及时做抹面层。

【条文说明】

抹面层由抹面胶浆与增强用玻纤网布复合而成，起防裂、防水、抗冲击作用的面层。保温板长期裸露容易破损受潮，降低甚至失去保温性能，因此保温板施工上墙后应及时做抹面层进行保护。

6.1.28 防火隔离带的施工应与保温材料的施工同步进行。

【条文说明】

防火隔离带是为阻止火灾大面积延烧，起着保护生命与财产功能作用的隔离

空间和相关设施。防火隔离带是外墙外保温系统的一部分，防火隔离带和保温层必须厚度相同。

6.1.29 外保温型式检验报告中应包括安全性和耐久性检验。

【条文说明】

外保温墙体有安全性和耐久性规定要求，采用的产品在施工现场只能进行外观包装等复查，对安全性和耐久性无法进行判断和检查。根据《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 规定，墙体节能工程采用外保温定型产品或成套技术时，其型式检验报告中应包括安全性和耐久性检验。

6.1.30 外墙外保温施工应符合现行行业标准《外墙外保温工程技术标准》JGJ144和《保温防火复合板应用技术规程》JGJ/T350的要求。

V 屋面保温

6.1.31 屋面保温层应均匀连续、热阻一致。屋面保温层与外墙保温层保持连续，避免出现结构性热桥。保温层基层应平整、干燥、干净。

【条文说明】

屋面和墙体是外围护结构整体中的两大组成部分，因此保温层必须均匀连续，热阻一致，不允许有缝隙产生，避免出现结构性热桥。

保温层的基层平整，保证铺设的保温层厚度均匀；保温层的基层干燥，避免保温层铺设后吸收基层中的水分，导致导热系数增大，降低保温效果；保温层的基层干净，保证板状保温材料紧靠在基层表面上，铺平垫稳防止滑动。

6.1.32 屋面保温层不宜在雨、雪天施工，5级以上大风不得施工。屋面保温层施工环境温度应符合表 6.1.34 的规定：

表 6.1.34 屋面保温层施工环境温度要求

保温层形式	施工环境温度
板块保温层	采用胶粘剂或水泥砂浆粘结施工时，不低于 5℃
喷涂硬泡聚氨酯保温层	15℃~35℃，风速不宜大于三级
现浇泡沫混凝土保温层	15℃~35℃

【条文说明】

由于屋面保温施工是露天作业，5级以上大风天气影响施工人员安全，雨雪

天气会淋湿保温材料，因此应停止露天作业和高空作业，且对已经施工完成的保温采取遮挡雨雪等保护措施，防止雨水侵入和破坏。

6.1.33 伸出屋面的管道、烟道、预埋件和放在屋顶的设备，应在结构层固定，防水层和保温层做好密封处理。屋面保温施工完成后，应进行成品保护，不得随意打孔、明火作业、堆放重物等。

【条文说明】

所有伸出屋面的管道、烟道、预埋件和放在屋顶的设备，应在结构层固定，不允许固定在保温层，同时防水层和保温层做好密封处理，防止冷热桥部位产生。随意打孔、明火作业、堆放重物会破坏屋面保温。

本技术标准未提及的有关屋面保温施工技术要求，可遵照《屋面工程技术规范》GB503453 和《屋面工程质量验收规范》GB50207 执行，并符合国家现行有关标准的规定。

6.1.34 板状材料保温层施工应符合下列规定：

1 相邻板块应错缝拼接，分层铺设的板块上下层接缝应相互错开，板间缝隙应采用同类材料嵌填密实；

2 采用干铺法施工时，板状保温材料应紧靠在基层表面上，并应铺平垫稳；

3 采用粘结法施工时，胶粘剂应与保温材料相容，板状保温材料应贴严、粘牢，在胶粘剂固化前不得上人踩踏；

4 采用机械固定法施工时，固定件应固定在结构层上，固定件的间距应符合设计要求。

【条文说明】

板状保温材料上下层错缝铺设，每道板缝之间用同类材料填充密实，可以有效减少热桥现象，保温效果更佳。

干铺法是将保温板材直接铺设在基层表面，必须铺平垫稳，以便为铺抹找平层提供平整的表面，板与板的拼接缝及上下板的拼接缝要相互错开，避免缝隙空腔等热桥产生。

胶粘剂固化前，保温板材没有粘贴牢固，上人踩踏会破坏屋面保温，因此在胶粘剂固化前不得上人踩踏。

固定件不允许固定在保温层上，破坏保温层。机械固定法是使用专用固定钉

及配件，将板状保温材料定点钉固在基层上的施工方法。本条规定选择专用螺钉和金属垫片，是为了保证保温板与基层连接固定，并允许保温板产生相对滑动，但不得出现保温板与基层相互脱离或松动。

6.1.35 纤维材料保温层施工应符合下列规定：

- 1 纤维保温材料在施工时，应避免重压，并应采取防潮措施。
- 2 纤维保温材料铺设时，平面拼接缝应贴紧，上下层拼接缝应相互错开。
- 3 屋面坡度较大时，纤维保温材料宜采用机械固定法施工。
- 4 在铺设纤维保温材料时，应做好劳动保护工作。

【条文说明】

纤维保温材料压缩强度很小，因此施工过程中应避免重压，并应采取防潮措施。纤维保温材料铺设时，平面拼接缝应贴紧，每道板缝之间用同类材料填充密实，上下层拼接缝相互错开，可以有效减少热桥现象，保温效果更佳。当屋面坡度较大时，纤维保温材料应采用机械固定法施工，以防止保温层下滑。纤维材料保温层重量较轻，容易下滑，在铺设过程中应采取的措施，防止高空坠落、大风吹掉等事故发生。

6.1.36 喷涂硬泡聚氨酯保温层施工应符合下列规定：

- 1 施工前应对喷涂设备进行调试，并应喷涂试块进行材料性能检测；
- 2 喷涂时喷嘴与施工基面的间距应由试验确定；
- 3 喷涂硬泡聚氨酯的配比应准确计量，发泡厚度应均匀一致；
- 4 一个作业面应分遍喷涂完成，每遍喷涂厚度不宜大于 15mm，硬泡聚氨酯喷涂后 20min 内严禁上人；
- 5 喷涂作业时，应采取防止污染的遮挡措施。

【条文说明】

硬泡聚氨酯喷涂前，应对喷涂设备进行调试。试验样品应在施工现场制备，一般面积约 1.5m²、厚度不小于 30mm 的样品即可制备一组试样，试样尺寸按相应试验要求决定。

喷涂硬泡聚氨酯时，喷嘴与基面应保持一定的距离，是为了控制硬泡聚氨酯保温层的厚度均匀，同时避免在喷涂过程中材料飞散。根据施工实践经验，喷嘴与基面的距离宜为 800mm~1200mm。

喷涂硬泡聚氨酯应根据设计要求的表观密度、导热系数及压缩强度等技术指标，来确定其中异氰酸酯、多元醇及发泡剂等添加剂的配合比。喷涂硬泡聚氨酯应做到配比准确计量，才能达到设计要求的技术指标。

一个作业面应分遍喷涂完成，一是为了能及时控制、调整喷涂层的厚度，减少收缩影响，二是可以增加结皮层，提高防水效果。一般情况下硬泡聚氨酯的发泡、稳定及固化时间约需 15min，故本条规定硬泡聚氨酯喷涂完成后，20min 内严禁上人，并应及时做好保护层。

喷涂过程中材料飞散，会对周围环境造成污染，因此在开始工作前，防止污染的遮挡设施应准备完毕。

6.1.37 现浇泡沫混凝土保温层施工应符合下列规定：

1 泡沫混凝土应按设计要求的干密度和抗压强度进行配合比设计，拌制时应计量准确，并应搅拌均匀；

2 泡沫混凝土应按设计的厚度设定浇筑面标高线，找坡时宜采取挡板辅助措施；

3 泡沫混凝土应分层浇筑，一次浇筑厚度不宜超过 200mm，终凝后应进行保湿养护，养护时间不得少于 7d。

【条文说明】

泡沫混凝土配合比设计，是根据所选用原材料性能和对泡沫混凝土的技术要求，通过计算、试配和调整等求出各组成材料用量。

泡沫混凝土保温层的厚度将决定屋面保温的效果，因此施工厚度必须遵守设计文件要求，其表面应平整，以确保铺抹找平层的厚度均匀。

施工时应重视泡沫混凝土终凝后的养护和成品保护，并保证养护时间。

6.1.38 倒置式屋面保温（外保温屋面）施工应符合下列规定：

1 倒置式屋面防水层完成并验收合格后，平屋面应进行 24h 蓄水检验，坡屋面应进行持续 2h 淋水检验，检验合格后再进行保温层施工；

2 保温层施工时应铺设临时保护层，对防水层进行保护；保护层施工时，应对保温层和防水层进行成品保护，避免损坏；

3 倒置式屋面的保温材料应采用憎水性材料；

4 倒置式屋面保温施工除满足《屋面工程技术规范》GB50345 相关规定要求

外，符合相关规定要求。

【条文说明】

倒置式屋面防水层是保温层的前道工序，进行蓄水检验和淋水检验是检查防水层施工质量的必要手段，必须在防水层无漏点，检验合格后才能进行保温层施工。设置保护措施的目的是为了防止防水层和保温层受到损坏，屋面一旦出现渗漏，很难找到渗漏部位，维修困难，无法满足使用功能。

倒置式屋面保温材料容易受到雨水浸泡，受到侵蚀后保温性能下降，故应尽量选用吸水率低、侵水后材料不宜变质的保温材料。

本技术标准未提及的有关倒置式屋面保温施工技术要求，可遵照《屋面工程技术规范》GB503453 和《倒置式屋面工程技术规程》JGJ230 执行，并符合国家现行有关标准的规定。

6.2 冷热桥处理

6.2.1 外墙和屋面保温、外门窗及其与墙体连接部位、外挑结构、女儿墙、穿外墙和屋面的管道烟道、外围护结构上固定件等部位，应进行断热桥处理。

【条文说明】

本条款列出了住宅建筑中容易产生热桥的部位，施工中需要重点关注，进行断热桥处理。

6.2.2 施工单位应在保温工程专项施工方案中包含针对冷热桥处理、气密性保障等关键环节的详细说明，确定热桥位置，绘制断热桥施工节点详图和施工工艺流程图，并严格按照施工节点详图和施工工艺流程图进行施工。

【条文说明】

冷热桥处理、气密性保障保温工程的关键环节，施工过程复杂繁琐，施工效果直接影响保温效果，需要精心准备，绘制断热桥施工节点详图和施工工艺流程图，并严格按照施工节点详图和施工工艺流程图进行施工。

6.2.3 保温层固定方式不应产生热桥，保温外墙板的竖缝和横缝均需填充同种保温材料进行断热桥处理。

【条文说明】

保温层固定应采用专用保温固定材料，应使用断热桥锚栓、防冷桥保温套筒

及螺钉等，避免产生热桥。

6.2.4 保温层进行锚栓施工时，应采用断热桥锚栓固定。

【条文说明】

断热桥锚栓是通过特殊构造设计，能有效减小或阻断锚钉热桥效应的锚栓。

6.2.5 外门窗与围护墙体四周连接部位应进行阻断热桥处理。

【条文说明】

普遍采用的减少热桥影响的施工工艺就是在外墙采用外墙保温材料(一般为聚苯颗粒保温砂浆或保温板)将门窗四周全部覆盖包裹处理。采用中空玻璃和隔热断桥(或塑钢)门窗。

6.2.6 屋面女儿墙与屋面连接处、金属龙骨之间应进行阻断热桥处理。

【条文说明】

屋面保温采用板状保温材料、喷涂硬泡聚氨酯保温、现浇泡沫混凝土保温，屋面的热桥主要出现在檐口、女儿墙与屋面连接等处。纤维材料铺设在基层上的木龙骨或金属龙骨之间，并应对木龙骨进行防腐处理；对金属龙骨进行防锈处理。在金属龙骨与基层之间应采取防止热桥的措施。

6.2.7 当采用外遮阳时，应在外窗安装完成后外保温施工前，确定并安装外遮阳固定连接件，连接件与外围护墙体之间应进行断热桥处理，

【条文说明】

当采用固定外遮阳时，可用保温材料将固定外遮阳设施完全包覆或从固定外遮阳悬挑处阻断热桥；当采用活动外遮阳时，应在活动外遮阳设施与外墙外保温系统相连的节点部位进行断热桥处理。

6.2.8 夏热冬冷地区，建筑外围护结构中的突出的柱和梁，可采用与墙体保温相同的材料进行包裹或保温砂浆抹灰，柱间采用填充墙方式安装，进行断热桥处理。

【条文说明】

在夏热冬冷地区，柱梁室外侧面裸露，钢筋混凝土构件隔热保温指标达不到规定的要求，可用较薄保温板包裹柱、梁，也可采用保温砂浆抹灰，达到满足保温、阻断热桥的目的。

以夏热冬冷地区某住宅建筑实际工程为例，外墙采用蒸压轻质加气混凝土板，无热桥措施如下：

墙：内、外墙体均采用 ALC 板内嵌法，保证墙体与梁、柱表面平齐，解决露梁、露柱问题。

梁：钢梁外侧包覆 50 厚 ALC 防火保温板，空腔内部填充岩棉板。

板：板外侧包覆 50 厚 ALC 防火保温板。

柱：钢柱外侧包覆 50 厚 ALC 防火保温板。

6.3 门窗

6.3.1 外门窗宜紧贴结构墙外侧安装，外门窗与结构墙之间的缝隙应采用耐久性良好的密封材料密封。门窗边框与墙体连接应预留出外保温层的厚度，将缝隙分层填塞严密，做好门窗表面保护。

【条文说明】

外门窗需在结构墙安装完毕验收合格后进行，外门窗四周与结构墙之间存在结构性缝隙，为了避免热桥产生和气密性要求，门窗边框与墙体连接应预留出外保温层的厚度，将缝隙分层填塞严密，玻璃作为易碎品，施工过程中及施工完成应做好保护工作。

6.3.2 窗安装可参照应按以下列步骤进行：

- 1 检查外窗结构洞口是否符合要求，如不符合要求，应进行修整；
- 2 外挂安装窗户，外挂专用金属支架安装应牢固并能调整，窗框与支架连接时，应保证窗户垂直平整且牢固可靠；
- 3 在窗框与结构墙间的缝隙处可装填预压自膨胀缓弹海绵密封带；
- 4 在窗框与结构墙结合部位进行防水密封处理；
- 5 安装外墙保温板，保温板外侧应加装网格布，并采用抗裂砂浆抹平；
- 6 在顶部设置专用成品滴水线。

6.3.3 外窗应采用专用金属支架固定，固定位置和间距按有关标准执行；当外窗较大时，应在外窗底部增加金属支架，保障安装牢固。

6.3.4 外窗洞口与窗框连接处应进行防水密封处理，室内侧宜粘贴隔汽膜，或刷防水保温涂料，避免水蒸气进入保温材料；室外侧宜采用防水透汽膜处理，以利于保温材料内水汽排出。

【条文说明】

外门窗应有良好的气密、水密及抗风压性能，满足国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T7016 的相关规定。外窗洞口必须做好防雨防水，避免发生渗透。

6.3.5 外窗安装时，应最大限度的减少外窗框的热桥损失。外墙保温层应多包住窗框，保温板包窗框外边缘部位宜用专用成品连接件进行连接，保证窗框与保温层的牢固连接和密封。

【条文说明】

外窗与结构墙连接部位，必须进行断热桥处理，外墙保温层应包住窗框四周，窗框与结构墙安装缝隙必须用保温材料填充密实。

6.3.6 外窗口保温层做薄抹灰面层时，应在窗口四角处多加一层网格布，加强保护；窗口顶部安装预制成品滴水线，阳角部位宜安装护角条。

【条文说明】

为了加强加固外窗口四角保温层抹灰面层，在窗口四角处多加一层网格布，窗口顶部安装预制成品滴水线，阳角部位宜安装护角条。

6.3.7 窗台板安装时，其向外的坡度不宜小于 10%，窗洞口反吊粉刷应尽量设有往外倾斜坡度。

【条文说明】

窗台板安装设置向外坡度，窗洞口反吊粉刷应尽量设有往外倾斜坡度，可控制在 3%~5%，可以有效防止雨水倒灌进入室内，同时也不影响外立面效果。

6.3.8 窗框与建筑之间安装空隙不宜大于 25mm。

【条文说明】

窗框与建筑之间空隙不宜大于 25mm，如按外墙保温厚度会过大，影响窗构造连接稳定性；如采用钢支架支撑，同样又增加了接触性的冷桥效应；建议空隙选用发泡剂与防水保温砂浆分层填实，外粉刷完成面宜搭接外框量不小于 10mm，但不超过 15mm；同时外侧窗框洞口边缘往外不小于 150mm 范围内做好二遍防水涂膜处理，防水处理后再进行外墙装饰饰面。

6.3.9 外门窗的玻璃间隔条应采用耐久性良好的暖边间隔条。

【条文说明】

暖边技术指在中空玻璃边部密封时，采用导热系数较低的材料代替传统的导

热系数较高的槽铝式密封构造,通过改善玻璃边缘的传热状况提高整窗的保温性能。

6.4 遮阳

6.4.1 外遮阳装置安装应在前道工序施工结束并达到质量要求后进行。安装施工应根据项目特点编制专项施工方案和实施计划。

【条文说明】

上海市和江苏省出台了建筑外遮阳都进行了相关技术规程,可遵照《上海市建筑遮阳工程施工质量验收规程》DGJ08-2209和《江苏省建筑外遮阳工程技术规程》DGJ32/J中规定执行。

施工必须要采取可靠的安全措施,户外施工必须要采取可靠的安全措施,未采取正确的预防措施,会导致发生人身伤害或设备损坏。重点控制承重支架与建筑结构、遮阳构件与承重支架之间连接可靠性,确保外遮阳产品寿命周期内使用安全。

6.4.2 建筑遮阳工程应使用绿色环保材料,部件和设备应符合国家有关标准。

【条文说明】

建筑遮阳所使用的主要原材料、产成品、半成品和设备的质量将直接影响到工程的整体质量,所以本规范规定所采购的应为符合国家强制性标准的产品,且在其进入施工现场时应进行实物到货验收。验收一般应由供货商、监理、施工单位的代表共同参与,建筑遮阳产品进场时应检验外观包装是否完好无损,核出厂合格证、产品性能参数、安装方法、使用说明等相关资料,并存档备查。

6.4.3 窗户外遮阳与主体结构可靠连接,连接件与基层墙体之间采取阻断热桥的处理措施。卷闸窗(硬卷帘)系统完成上述安装程序后,须对缝隙做封堵处理,以保证建筑外立面的效果。

【条文说明】

建筑主体外围护墙体和门窗安装结束并验收合格后,外遮阳与主体建在基层墙体上提前做好预留预埋,采取阻断热桥措施,施工过程中不允许破坏保温层和建筑外立面,对安装产生的缝隙用与墙体相同的保温材料进行封堵,避免热桥产生。

6.4.4 外遮阳产品安装需委派合格的专业人员进行，保证实现产品功能，工程质量达到设计要求与验收标准。

【条文说明】

外遮阳装置的安装，供货厂家应提供专项施工方案，施工单位根据供货厂家的产品施工方案制定实施计划，在基层墙面施工时提前做好连接固定件和电气穿墙墙洞的预留预埋工作和断热桥处理，配合外遮阳供货厂家完成安装调试工作。

6.4.5 外遮阳电源/控制线穿墙孔封堵应采取无热桥措施，内外墙面做密封处理。

【条文说明】

外遮阳电源/控制线穿墙孔应提前做好预留预埋，并做好断热桥处理，电源/控制线安装施工完毕后，应用与墙体相同的保温材料对墙空进行封堵密实，避免雨水渗透及破坏房间气密性。

6.4.6 外遮阳产品电气及控制系统安装接线及调试，应由持证专业电气施工人员进行。

【条文说明】

遮阳控制系统安装接线及调试，必须符合电气规范，保证产品用电安全，委派受过专业培训的电工到现场操作实施。

6.5 气密性

6.5.1 在施工工法、施工程序、材料选择各环节均应考虑气密性要求，包括外门窗安装、围护结构洞口部位、砌体与结构间缝隙、及屋面檐角等关键部位的气密性处理。

【条文说明】

施工过程中不可避免地会在各种连接部位产生缝隙，对产生缝隙的气密性关键节点应绘制施工大样图，严格按图施工，施工过程中加强管理，做好阶段性建筑气密性测试和预控措施，施工完成后应进行气密性检测，并达到气密性要求。

6.5.2 尽量避免和减少在外墙面和屋面上开口，如必须开口，应减小开口面积，并应协商设计制定气密性保障方案，保证气密性。

6.5.3 外门窗安装部位气密性处理应符合下列规定：

- 1 窗框与结构墙面结合部位是保证气密性的关键部位，在粘贴隔汽膜和防水透

汽膜时要确保粘贴牢固严密。支架部位要同时粘贴，不方便粘贴的靠墙部位可抹粘接砂浆封堵；

2 在安装玻璃压条时，要确保压条接口缝隙严密，如出现缝隙应用密封胶封堵。外窗型材对接部位的缝隙应用密封胶封堵；

3 门窗扇安装完成后，应检查窗框缝隙，并调整开启扇五金配件，保证门窗密封条能够气密闭合；

4 金属窗台板和窗框的接缝与保温层之间，应采用预压膨胀密封带密封。密封带粘胶一侧应粘贴在窗台板和窗框上。

【条文说明】

门窗安装不可避免地产生缝隙，窗框与结构墙面结合部位是保证气密性的关键部位，施工过程中应严格认真地检查，及时做好修补工作，采用性能良好的密闭材料，做好阶段性气密测试。

6.5.4 围护结构开口部位气密性处理应符合下列规定：

1 纵向管路贯穿部位应预留最小施工间距，便于进行气密性施工处理；

2 当管道穿外围护结构时，预留套管与管道间的缝隙应进行可靠封堵。当采用发泡剂填充时，应将两端封堵后进行发泡，以保障发泡紧实度，发泡完全干透后，应做平整处理，并用抗裂网和抗裂砂浆封堵严密。当管道穿地下外墙时，还应在外墙内外做防水处理，防水施工过程应保持干燥且环境温度不应低于 5℃；

3 管道、电线等贯穿处可使用专用密封带可靠密封。密封带应灵活有弹性，当有轻微变形时仍能保证气密性；

4 电气接线盒安装时，应先在孔洞内涂抹石膏或粘接砂浆，再将接线盒推入孔洞，保障接线盒与墙体嵌接处的气密性；

【条文说明】

管线穿墙和屋顶，需做好套管的预留预埋，预留套管与管道间的缝隙应进行可靠封堵，保证气密性。电气接线盒与墙体嵌接处的缝隙应用不燃保温材料进行封堵，保障接线盒与墙体嵌接处的气密性。

5 室内电线管路可能形成空气流通通道，敷线完毕后应对端头部位进行封堵，保障气密性。

【条文说明】

电气管线一般会预留穿墙孔洞,铺设完毕后应及时用不燃保温材料进行密闭封堵,保障气密性。

6.5.5 施工过程中应进行气密性检测。气密性检测可采用鼓风门法和示踪气体法。

【条文说明】

鼓风门法通过鼓风机向室内送风或排风,形成一定的正压或负压后,测量被测对象在一定压力下的换气次数,以此判断是否满足气密性要求。

示踪气体法使用人工烟雾,通过观察示踪气体向外界泄露的数量和位置,查找围护结构气密性缺陷。

6.5.6 建筑围护结构施工完成后,对围护结构的外墙节能构造和外窗气密性进行现场实体测试,测试结果应满足相关规定要求。

【条文说明】

建筑围护结构施工完成后,对围护结构的外墙节能构造和外窗气密性进行现场实体测试,抽样测试,对墙体传热系数进行测试,采用鼓风门法检验外窗的气密性,实体检测结果应合格。《建筑物气密性测定方法 风扇压力法》GB/T34010。

6.4.8 施工过程中宜对热桥及气密性关键部位进行热工缺陷和气密性检测,查找漏点并应及时修补。

【条文说明】

热桥和缝隙是在施工进行过程中不断产生的,应做好施工过程中的中间检查,查缺补漏,及时修复,才能保证整个建筑工程的质量。

6.6 设备系统

6.6.1 设备系统安装应满足现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242等相关标准要求。

6.6.2 风管系统安装完毕后,应按系统类别要求进行施工质量外观检验,合格后进行风管系统的严密性检验,空调设备、风管及其部件的绝热工程施工应在风管系统严密性检验合格后进行。

【条文说明】

风管系统安装是绝热工程的前道工序,风管系统施工完成后应进行严密性测

试检验，检验合格后才能进行绝热工程施工。

6.6.3 风管与钢支架的接触处，应采取隔绝和防腐绝缘措施。

【条文说明】

风管与钢支架之间应采用经防腐处理的隔热垫木，阻断热桥。

6.6.4 风管与砖、混凝土风道的连接接口，应顺着气流方向插入，并应采取密封措施。风管穿出屋面处应设置防雨装置，且不得渗漏。

【条文说明】

风管顺着气流方向插入有利于气流流动，减少风管阻力。风管与风道连接接口采取密闭措施，以免漏风。风管穿出屋面应设风帽、防雨百叶等防雨设施，阻止雨水和蚊虫进入风管。

6.6.5 复合材料风管的安装接缝应牢固，不应有孔洞和开裂，采用金属法兰连接时，应采取防冷桥的措施。

【条文说明】

复合材料风管作为预制品风管，材料进场应进行外观和包装检查，不应有孔洞和开裂等破损情况，采用金属法兰连接时，需对法兰连接部位用保温材料局部处理，阻断冷热桥。

6.6.6 外保温风管必须穿越墙体时，应加设套管，并做好密闭封堵工作。

【条文说明】

外保温风管穿越封闭的墙体时，应在墙体施工时提前预埋好套管并做好断热桥处理，当外保温风管施工完毕后，用保温隔热材料对套管和外保温风管之间的缝隙进行密闭封堵。

6.6.7 住宅厨房、卫生间排风道的结构、尺寸应符合设计要求，内表面应平整；各层支管与风道的连接应严密，做好洞口封堵工作，并应设置防倒灌的装置。

【条文说明】

厨房、卫生间内排风管道、排风竖井和各层支管的连接应严密，安装设计要求设置止回阀等防止倒灌的装置，对洞口做好封堵，防止漏风、漏雨等情况发生。

6.6.8 暖通空调系统施工应加强防尘保护、气密性、消声隔振、平衡调试以及管道保温等方面细节的处理和控制。

【条文说明】

暖通空调系统应保持干净，设备及风管局部施工完毕应及时封堵开口部位，防止灰尘及蚊虫进入，风管系统整体施工完毕应进行严密性检测，暖通空调风管系统应根据设计要求采用橡塑保温材料保温隔热，采用消音器和减震设施消音隔振。系统安装完毕由专业人员进行运行调试，达到设计使用要求。

6.6.9 防尘保护要点：

1 施工期间风系统所有敞口部位均应做防尘保护，包括风道、新风机组和过滤器。

2 应及时清洗过滤网，必要时更换新的过滤器。

【条文说明】

本条文对住宅类建筑风管系统的防尘控制点进行描述。集中新风，施工阶段建议不装滤网，交付后再装。户式新风应该不存在此问题。

6.6.10 新风机组安装要点：

1 机组与基础间、吊装机组与吊杆间均应安装隔声减震配件；管道与主机间应采用软连接，防止固体传声；

2 安装位置应便于维修、清洁和更换过滤器、凝结水槽和换热器等部件；

3 管道保温与主机外壳间应连接紧密，避免有缝隙，影响保温效果。

【条文说明】

本条款对新风机组的主要安装要点进行描述。新风机组基础上应铺设橡胶垫减震，设备进出风口和风管之间必须采用帆布短管柔性连接，不允许硬性连接。为了减少新风在传输过程中的能量损失，新风管道应安装设计文件要求外包保温隔热材料，保温材料铺设连续，不应有缝隙和空洞。新风机组中的过滤器需要不定期更换，换热器和凝结水槽需要清理，因此新风机组在安装时应考虑维修维护工作空间。

6.6.11 应对新风吸入口和排风口的安装位置进行现场核查，并满足以下要求：

1 新风吸入口应远离污染源，如垃圾厂、堆肥厂、停车场等，并应避免排风影响；同时宜远离地面，不受下雨、下雪的影响，且能防止人为破坏。

2 排风口应避免排气直接吹到建筑物构件上。

【条文说明】

新风必须干净清洁，不允许污染，保证室内空气新鲜，人员的身体健康不受

侵害，因此必须远离污染源，新风吸入口的高度应设在房间的上部。

6.6.12 风管系统施工要点：

1 宜采用高气密性的风管；安装新风系统时应及时封堵管道开口，防止灰尘和蚊虫等进入。

2 当进风管处于负压状态时，应避免和排风管布置在同一个空间里，防止排风进入送风系统；

3 新风管道负压段和排气管道正压段的密封是风系统施工的重点，宜在其接头等易漏部位加强密封，保障密闭性，同时减少噪声干扰。

【条文说明】

采用气密性高的风管漏风率低，效果好。新风管道系统在施工过程中对开口部位应及时做好封堵工作，保证风管内清洁干净，防止灰尘、蚊虫等进入，污染管道内的气流。

当新风管道处于负压时，室内空气可能渗入风管，影响新风管道内的气流品质，排气管道处于正压时，管道内的废气可通过缝隙渗入到室内，污染环境。因此新风管道负压段和排气管道正压段的密封是风系统施工的重点，易漏部位加强密闭。

6.6.13 新风系统安装完成后应进行风量平衡调节，每个送风口和排风口的风量应达到设计流量，总送风量应与排风量平衡。冷热源水系统应进行水力平衡调试，总流量及各分支环路流量应满足设计要求。

【条文说明】

风管系统和水系统安装完毕后，都要进行系统调试，通过调节风阀和水阀，使每个风口的风量达到设计流量，水系统的各个分支环路阻力平衡，流量满足设计要求。

6.6.14 室内管道固定支架与管道接触处应设置隔音垫，防止噪音产生及扩散，也可避免发生热桥。

【条文说明】

管道固定支架一般为金属材质，管道在铺设时采用木质垫块可防止噪音产生及扩散，同时阻断了冷热桥

6.6.15 室内排水管道及其透气管均应进行保温和隔音处理，可采用外包保温材料

的方式进行隔声。

【条文说明】

室内排水管道和透气管可能产生结露现象，排水管道内水流声音较大，可采用保温材料进行防结露和隔声处理。

6.6.16 屋面雨水管应设在建筑外保温层外侧。

6.6.17 对风管系统进行漏风检测，检测结果应符合设计要求和有关规定。抽样检查卧室和起居室，检测室内温度，检测结果应合格。

7 验收

7.0.1 验收应符合相关建筑施工规范要求，主要材料及设备应进行质量检查、进场验收和抽样复检，复验合格后方可使用。主要材料及设备应包括下列内容：

- 1 保温材料；
- 2 外门窗及外遮阳设施；透光、半透光遮阳材料的太阳光透射比、太阳光反射比应进行复验，
- 3 防水透汽材料、气密性材料；
- 4 供暖与空调系统设备。

7.0.2 通风与空调使用的设备、管道、自控阀门、仪表、绝热材料等产品应进行进场验收，并应进行技术功能参数和功能的核查。

7.0.3 验收和核查的结果应经过监理工程师检查认可，且应形成相应的验收记录。各种材料和设备的质量证明文件与相关技术资料应齐全，并应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

7.0.4 各道工序之间应进行交接检验，上道工序合格后方可进行下道工序。对于每一项节能分项工程，施工过程中应及时进行质量检查、隐蔽工程验收和检验批验收，施工完成后应进行节能分项工程验收。

1 主体结构完成后进行施工的墙体节能工程，应在基层质量验收合格后施工。与主体结构同时施工的墙体节能工程，应与主体结构一同验收。

2 主体结构完成后进行施工的门窗节能工程，应在外墙质量验收合格后对门窗框与墙体接缝处的保温填充做法和门窗附框等进行施工。

3 屋面节能工程应在基层质量验收合格后进行施工。

4 地面节能工程的施工，应在基层质量验收合格后进行。

7.0.5 墙体节能工程应对以下部位或内容进行隐蔽工程验收，隐蔽部位验收应在隐蔽前进行，并形成验收文件，包括文字记录和必要的图像资料：

- 1 保温层附着的基层及其表面处理；
- 2 保温板粘结或固定；
- 3 保温材料的度；
- 4 锚固件及锚固件节点做法；

- 5 增强网铺设;
- 6 抹面层厚度
- 7 热桥部位处理;
- 8 保温装饰板、预制保温板或预制保温墙板的位置、界面处理、板缝、构造节能及固定方式;
- 9 各种变形缝处的节能施工做法;
- 10 外门窗洞的处理、外门窗安装方式、窗框周边气密性处理等。

7.0.6 屋面节能工程隐蔽工程验收, 应有详细的文字记录和必要的图像资料:

- 1 基层及其表面处理
- 2 保温材料的种类、厚度、保温层的敷设方式
- 3 屋面热桥部位处理
- 4 隔汽层

7.0.7 建筑节能分部工程的质量验收, 应在施工单位自检合格, 且检验批、分项工程全部验收合格的基础上, 进行外墙节能构造、外窗气密性能现场实体检验和设备系统节能性能检测, 确认建筑节能工程质量达到验收条件后方可进行。

7.0.8 检查女儿墙、窗框周边、封闭阳台、出挑构件、预埋支架等重点部位的热桥处理效果, 穿墙管线保温密封处理效果。

7.0.9 建筑围护结构节能工程施工完成后, 应对围护结构的外墙节能构造、外窗、管线贯穿处等关键部位的气密性效果进行现场实体检验, 宜进行整体气密性检验。

【条文说明】

气密性保障应贯穿整个施工过程, 在施工工法、施工程序、材料选择等各环节均应考虑, 尤其应注意外门窗安装、围护结构洞口部位、砌体与结构间缝隙、及屋面檐角等关键部位的气密性处理。施工过程中应尽量避免在外墙面和屋面上开口, 如必须开口, 应尽量减小开口面积, 并应协商设计制定气密性保障方案, 保证气密性。

7.0.10 遮阳设施的验收, 核查质量证明文件; 检查隐蔽工程验收记录; 观察、尺量、手扳检查; 核查遮阳设施的抗风计算报告或产品检测报告。主要包括:

- 1 遮阳设施安装位置、角度应满足设计要求。
- 2 遮阳设施安装应牢固, 并满足维护检修的荷载要求。

3 外遮阳设施应满足抗风的要求。

8 运行指南

8.1 建筑运行策略

8.1.1 应在保证设备安全和满足室内环境设计参数的前提下对运行管理方案进行合理优化，宜符合下列规定：

- 1 充分利用建筑构件和设备的功能实施控制调节；
- 2 根据室外气象参数和室内实际使用情况做出动态运行策略调整。宜采取适宜的空调运行模式以降低运行能耗。
- 3 制定合理的运行策略，充分利用自然通风，减少空调运行时间。

【条文说明】

应充分利用建筑的气候响应设计措施，在运行中利用自然条件改善室内环境降低能源消耗：(1)当室外温度处于舒适区域，且空气质量较好时，应开窗通风，充分利用自然通风，避免开启机械通风及空调系统。(2)对于室内自然采光良好的区域，应加强照明控制系统的管理，充分利用自然光，减少照明灯具的开启。

家用空调器主要调节参数有设定温度和风速。一般空调器中均设有高、中、低、自动四种模式，当室内温度与设定温度差异较大时，使用较高风速，反之使用较低风速。建议普通用户选用自动模式，由空调器根据设定温度和当前室内温度的偏差自行调节风速。

设定温度直接反映了室内人员对当前工作（居住环境）的舒适期望，在自由调节的环境下，当室内温度偏离舒适区时，室内人员即会调节空调设定温度以达到舒适要求。例如当夏季炎热时，室内温度较高，设定温度一般会设定至较低 24°C 甚至更低，而当室外较为凉爽时，设定温度则不作调节（即默认温度 26°C ）。

影响冬季采暖负荷的主要因素是侵入风和渗透风，主要受开关门窗、建筑本体气密性能影响。当采用对流辐射末端时，人体热感觉往往是脚底冷头顶热。为保证人体热舒适，建议冬季空调采暖初始设定温度为 24°C 。

为有效利用自然通风、机械通风以延长非空调运行时间，必须制定合理的通风策略，在需要时及时进行通风以确保室内环境能满足人体热舒适要求。制定通风策略可以使用的关键参数有：1)室内温度，2)室外温度，3)室内外温度差，

4) 室外露点温度, 5) 室外焓值温度, 6) 前述参数组合。当室外温度低于计算适宜温度时, 即可启动通风运行。

8.1.2 宜针对围护结构、新风热回收系统以及建筑用能系统建立专项运行管理控制方案, 并应编制相应运行管理手册。

8.1.3 宜对建筑运行参数进行记录, 和数据分析。

【条文说明】

每年对建筑运行数据进行分析, 并应与上一年度相应数据进行纵向比对分析, 或与相同气候区、相同功能的超低能耗建筑运行数据进行横向比对分析。

8.1.4 超低能耗住宅建筑宜采用空调智能运行模式。

【条文说明】

应用智能模式运行时, 空调器能根据室内外环境温度、人体活动量、换热器表面温度等变化, 自行调节空调器设定温度、风速、运转模式、压缩机运转频率等, 进一步降低空调运行能耗。如睡眠模式、人体智能感应模式、节能模式等等。此外随着大数据技术的发展, 更先进的人工智能模式也将会出现在空调器设定模式中。

8.2 围护结构维保

8.2.1 建筑使用过程中, 应对建筑围护结构保温系统及气密性保障等关键部位进行维护, 并应符合下列规定:

- 1 保护保温系统完整性, 避免产生热桥。
- 2 避免在外围护结构打膨胀螺栓或钉子。如有孔洞发生, 需利用填缝剂立即封堵;
- 3 应保证防水隔汽层和气密层的完整;
- 4 不定期对外门窗及其五金配件进行质量检查, 并进行必要的保养。

【条文说明】

应避免在外墙或屋面上固定物体, 注意外墙内表面的抹灰层、屋面防水隔气层及外窗密封条是否完好、气密层是否遭到破坏。若发生气密层破坏, 应及时修补或更换密封条。应定期检查外门窗关闭是否严密, 中空玻璃是否漏气, 锁扣等五金部件是否松动及其磨损情况。每年应对门窗活动部件和易磨损部分进行保养。

8.2.2 二次装修应避免影响超低能耗建筑的围护结构及设备系统性能。

8.3 空调设备运行

8.3.1 空调设备应定期检查、保养，保证设备处于良好状态。

【条文说明】

空调器应定期保养，定期清洗过滤网、内外机换热器翅片。对于集中式空调系统例如一拖多的多联机、户式机系统、地源热泵系统等，建议安排专人管理，定期检查并记录系统状态，反馈的故障信息应及时记录并上报。有条件的场合，应建立智能在线监控系统。

8.3.2 夏季室外温湿度达到要求时，宜优先采用自然通风降温措施改善室内热环境。

【条文说明】

人体热舒适受多个参数共同作用，包括：1) 生理代谢率，2) 服装热阻，3) 空气干球温度，4) 环境辐射温度，5) 风速，6) 空气湿度，在相同的环境温度下，改善室内气流组织可以有效改善人体热舒适。

不同城市由于气象条件不同，因此利用自然通风满足热舒适的温湿度条件也略有差异，如图 7，在红线框图范围之内（空气流速 1m/s），均可以利用自然通风满足舒适要求。由图可以看出，当干球温度升高时，需要相对湿度降低，以达到相同的室内舒适度。如重庆当相对湿度为 15% 时，其最高允许干球温度为 31℃ 左右；当相对湿度为 90% 时，此时允许的最高干球温度要求低于 27℃。综合四个典型城市自然通风适宜区间，建议的自然通风允许室外温度、湿度区间为：上限：相对湿度 90%，要求干球温度最高为 26℃，下限：相对湿度 15%，要求干球温度最高为 30℃。

采用通风降温措施时，建议优先开启室内电风扇等增大气流速度，有进一步热舒适改善需求的，开启外窗，利用自然通风或者排风扇等引导室外气流顺畅流经起居室、卧室等人体主要活动场所。其中电风扇需要符合 GB/T 5089《电风扇用电动机通用技术条件》，排风扇需要符合 GB/T 23174《排风扇》。

开启空调运行时，建议关闭外窗，减少室外新风负荷带来的能耗增加。

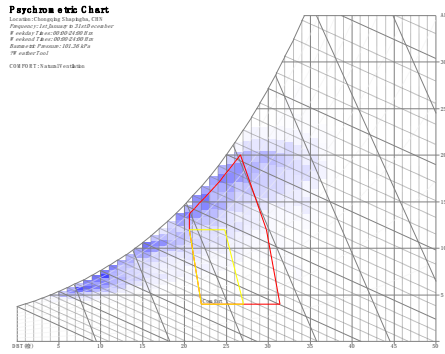


图 7-1 重庆自然通风舒适区间

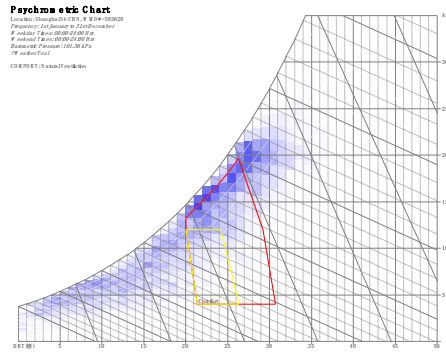


图 7-2 上海自然通风舒适区间

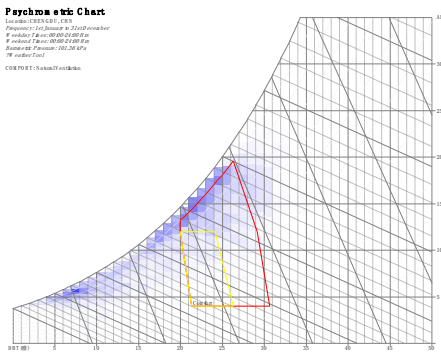


图 7-3 成都自然通风舒适区间

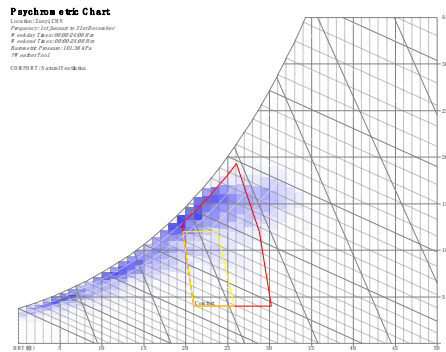


图 7-4 遵义自然通风舒适区间

8.3.3 新风机组的运行管理应符合下列规定：

- 1 应根据过滤器两侧压差变化制定清洗方案，必要时更换；
- 2 定期检查热回收装置的性能，保证热回收效率；
- 3 当供暖、制冷设备开启时，根据室外气象条件和室内功能需求控制新风热回收装置的旁通阀开闭。

【条文说明】

新风是健康需求，因此在密闭住宅建筑中应提供必需的新风量。建议首选的新风方式是开窗通风，其次是开启新风机组。新风机组能耗包括两部分：1) 风扇能耗，2) 制冷机组能耗。建议新风机组送风温度维持在室内等焓点状态。

8.3.4 应编制超低能耗建筑使用手册，并向居民做好相关告知和培训工作。

【条文说明】

对于住宅小区内的公共空间，物业管理部门应在醒目处设公告牌，以便长期和短期使用该空间的人员能够及时了解与节能有关的用户注意事项。

8.3.5 用户手册中应包括超低能耗建筑特点的介绍，并对用户使用时的注意事项进行提示。

【条文说明】

设备运行注意事项如下：

1 在空调季节，白天应关窗并宜放下遮阳装置，主动减少太阳辐射得热；夜间和早上可开窗通风；

2 空调或采暖时窗户应保持关闭状态，只有在新风系统关闭或室内人员过多引起空气品质不佳时，窗户可短期开启，空气品质恢复正常后应重新关闭。

3 过渡季节宜关闭新风系统，开窗通风；

4 始终保持送风口、过流口和排风口畅通，不要随意封堵；

5 定期检查新风进口风阀、排油烟机的排风自闭阀、门窗密封条等是否完好，保证建筑气密性。

6 使用节能电器和灯，设备不用时应完全关掉，不要让其处于长期待机状态；

7 对使用户式新风系统的建筑，用户手册应提供设备的型号、维修周期及厂家联系方式等信息，并建议用户请厂家专业人士定期对系统清理或更换部件。

附录 A 能耗指标计算方法

A.0.1 超低能耗建筑设计与评价软件应满足下列规定：

- 1 应计算围护结构（包括热桥部位）传热、太阳辐射得热、建筑内部得热、通风热损失四部分形成的负荷，可计算热回收装置和气密性对建筑供暖能耗的影响；计算中应考虑建筑热惰性对负荷的影响；
- 2 应考虑热桥部位对负荷的影响；
- 3 计算 10 个以上的建筑热工分区；
- 4 自动生成满足本标准要求的技术指标审核表。

A.0.2 能耗指标计算的方法和基本参数应满足下列规定：

- 1 气象参数按行业标准《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346 的规定计算；
- 2 应计算围护结构（包括热桥部位）传热、太阳辐射得热、建筑内部得热、通风热损失四部分形成的负荷，计算中应考虑建筑热惰性对负荷的影响；
- 3 供暖年耗热量和供冷年耗冷量应包括围护结构的热损失和处理新风的热（或冷）需求；处理新风的热（冷）需求应扣除从排风中回收的热量（或冷量）；
- 4 供暖空调系统及输配系统的能耗应考虑部分负荷的影响；
- 5 应考虑间歇使用对能耗性能的影响。

A.0.3 建筑能耗指标应以建筑套内面积为基准，并符合下列规定：

- 1 跃层住宅中的套内楼梯应按其自然层数的使用面积总和计入套内使用面积。
- 2 坡屋顶内设置供暖或空调设施的空间应列入套内使用面积中。坡屋顶内屋面板下表面与楼板地面的净高低于 1.2m 的空间不计算套内使用面积；净高在 1.2m~2.1m 的空间应按 1/2 计算套内使用面积；净高超过 2.1m 的空间应全部计入套内使用面积。
- 3 套内烟囱、通风道、管井等均不应计入套内使用面积。

A.0.4 超低能耗建筑室内热环境计算参数应满足下列条件：

- 1 冬季采暖室内平均温度不低于 18℃，换气次数为 0.5 次/h，相对湿度不低于 30%。
- 2 夏季空调建筑室内平均温度不高于 26℃，换气次数为 0.5 次/h，相对湿度不应高于 60%。

A.0.5 设计建筑能耗指标计算参数设置应符合下列规定：

- 1 建筑的形状、大小、朝向、内部的空间划分和使用功能、建筑构造尺寸、建筑围护结构传热系数、做法、外窗太阳得热系数、窗墙面积比应与建筑设计文件一致；
- 2 建筑功能区均应按设置采暖和空气调节计算；空气调节和采暖系统运行时间按表A.0.5-1设置；
- 3 房间人员密度及在室率、电器设备功率密度及使用率、照明开启时间按表A.0.5-2设置；
- 4 照明能耗计算的照明功率密度值应与建筑设计文件一致；照明能耗的计算应考虑自然采光和自动控制的影响；
- 5 采暖空调系统的系统形式和能效与设计文件一致；

表A.0.5-1 住宅建筑用能模式

	工作日（周一——周五）	周末（周六、周日）
典型用能模式	客厅：18:00-23:00 卧室：21:00-次日 7:00	客厅：8:00-24:00 卧室：21:00-次日 8:00

表A.0.5-2 不同类型房间人员、设备、照明内热设置

房间类型	人均占地面积 m ²	人员在室率	设备功率密度 W/m ²	设备使用率	照明功率密度 W/m ²	照明开启时长 h/月
起居室	32	19.5%	5	39.4%	6	180
卧室	32	35.4%	6	19.6%	6	180
餐厅	0	19.5%	5	39.4%	6	180
厨房	0	4.2%	24	16.7%	6	180
洗手间	0	16.7%	0	0.0%	6	180
车库	0	0.0%	0	0.0%	2	120

A.0.6 采暖、空调、照明一次能源消耗量按下式计算：

$$E_T = \frac{E_h \times f_i + E_c \times f_i}{A} \quad (\text{A.1.4})$$

式中： E_T ——建筑采暖、空调一次能源消耗量，kWh/m²；

A ——套内面积；

f_i —— i 类型能源的一次能源系数，一次能源系数应符合 A.0.8 条的规定；

E_h ——采暖系统的能源消耗（kWh）；

E_c ——空调系统的能源消耗（kWh）；

A.0.8 各种能源的一次能源换算系数应按照表 A.0.8 确定。

表A.0.8 一次能源换算系数

能源类型	换算单位	一次能源换算系数
标准煤	kWh _{一次} /kgce _{终端}	8.14
天然气	kWh _{一次} /m ³ _{终端}	9.85
电力	kWh _{一次} /kWh _{终端}	2.6

注：①表中数据引自国家标准《综合能耗计算通则》GB/T2589；生物质能换算系数参考国外数据；

②电力单位耗煤量指标来源于国家统计局。

A.0.9 能耗指标计算过程中涉及的关键输入参数、结果等信息应以文件的形式提交，文件应包括下列信息：

1 项目基本情况的简要描述，包括建筑层数、朝向、面积，窗墙面积比，围护结构的关键性能参数，暖通空调系统形式及关键性能参数；

2. 建筑内部物理分隔图及其是否供暖空调，能耗模拟工具中采用的热区分隔图等；

3 对计算结果产生影响的模型简化的说明文件；

4 能耗模拟工具的输入和输出文件及能耗指标计算报告。

附录 B 建筑气密性测试方法——示踪气体法

B.0.1 用示踪气体（SF₆或 CO₂）测定室内空气的换气率。

B.0.2 场所室内空气量测量：

- (1) 用直尺测量场所室内长度、宽度、高度，算出室内容积。
- (2) 用直尺测量室内物品（桌、沙发、柜、床、箱等）的总体积。
- (3) 计算场所室内空气量。

B.0.3 测定一小时前后室内空气中示踪气体含量。

B.0.4 1h 内自然进入室内空气量的计算

B.0.5 小时换气量的计算。

$$E = \frac{M_a}{M} \times 100\%$$

式中： E ——小时换气率，%

M_a ——1h 内自然渗入室内空气量

M ——室内空气量，m³

附录 C 建筑气密性测试方法——鼓风门法

C.0.1 建筑气密性测试宜采用压差法。

C.0.2 压差法的检测应在 50Pa 和-50Pa 压差下测量建筑物换气量，通过计算换气次数量化建筑外围护结构整体气密性能。

C.0.3 采用压差法检测时，宜同时采用红外热成像仪拍摄红外热像图，并确定建筑物的渗漏源。

C.0.4 建筑气密性能检测应按下列步骤进行：

- 1 将调速风机密封安装在房间的外门框中；
- 2 利用红外热像仪拍摄照片，确定建筑物渗漏源；
- 3 封堵地漏、风口等非围护结构渗漏源；
- 4 启动风机，使建筑物内外形成稳定压差；
- 5 测量建筑物的内外压差，当建筑物内外压差稳定在 50Pa 或-50 Pa 时，测量记录空气流量，同时记录室内外空气温度、室外大气压。

C.0.5 建筑外围护结构整体气密性能的检测值的处理应按下式处理：

1 换气次数应按下列公式计算：

$$N_{50}^{+} = L_{50}^{+}/V \quad (\text{F.1.5-1})$$

$$N_{50}^{-} = L_{50}^{-}/V \quad (\text{F.1.5-2})$$

式中： N_{50}^{+} 、 N_{50}^{-} ——室内外压差为 50Pa、-50 Pa 下房间的换气次数 (h^{-1})；

L_{50}^{+} 、 L_{50}^{-} ——室内外压差为 50Pa、-50 Pa 下空气流量的平均值 (m^3/h)；

V ——被测房间或建筑换气体积 (m^3)。

2 建筑或房间的换气次数应按下式计算：

$$N_{50} = (N_{50}^{+} + N_{50}^{-})/2 \quad (\text{F.1.5-3})$$

式中： N_{50} ——室内外压差为 50pa 条件下，建筑或房间的换气次数 (h^{-1})。

C.0.6 当以户为对象进行气密性能检测时，测试户数不应少于整栋建筑户数的 5%，且至少应包括顶层、中间层和底层的典型户型各 1 户；当以单元为对象进行气密性能检测时，测试单元不应少于整栋建筑单元数的 10%，且不应少于 1 个单元。

附录 D 外墙及屋面使用建筑反射隔热涂料的等效热阻

D.0.1 夏热冬冷地区外墙使用建筑反射隔热涂料的等效热阻应按表 D.0.1 取值。

表 D.0.1 夏热冬冷地区外墙使用建筑反射隔热涂料的等效热阻值

		污染修正后的太阳 辐射吸收系数		$\rho_c \leq 0.3$	$0.3 < \rho_c \leq 0.4$	$0.4 < \rho_c \leq 0.5$	$0.5 < \rho_c \leq 0.6$
		夏热 冬 冷地 区	等效热 阻值 R_{eq} ($m^2 \cdot K/W$)	$1.2 < K \leq 1.5$	0.19	0.16	0.12
			$1.0 < K \leq 1.2$	0.24	0.20	0.15	0.09
			$0.7 < K \leq 1.0$	0.28	0.23	0.18	0.11
			$K \leq 0.7$	0.40	0.34	0.25	0.16

注： K 为外墙或屋面未采用建筑反射隔热涂料的传热系数，单位 $W/(m^2 \cdot K)$ 。

D.0.2 夏热冬冷地区屋面使用建筑反射隔热涂料的等效热阻应按表 D.0.2 取值。

表 D.0.2 夏热冬冷地区屋面使用建筑反射隔热涂料的等效热阻值

		污染修正后的太阳 辐射吸收系数		$\rho_c \leq 0.3$	$0.3 < \rho_c \leq 0.4$	$0.4 < \rho_c \leq 0.5$	$0.5 < \rho_c \leq 0.6$
		夏热 冬 冷地 区	等效热 阻值 R_{eq} ($m^2 \cdot K/W$)	$0.8 < K \leq 1.0$	0.43	0.33	0.25
			$0.6 < K \leq 0.8$	0.54	0.42	0.31	0.22
			$0.4 < K \leq 0.6$	0.71	0.56	0.42	0.29
			$K \leq 0.4$	1.07	0.83	0.63	0.44

注： K 为外墙或屋面未采用建筑反射隔热涂料的传热系数，单位 $W/(m^2 \cdot K)$ 。

附录 E 建筑自然通风潜力分析

E.0.1 风压作用下的房间逐时最大通风量计算方法

不考虑热压作用，对于长方形建筑物，当风向与建筑物迎风面垂直时，气流流量可以近似的由下式求出：

$$L=0.5 \cdot K \cdot A \cdot V \quad (1)$$

式中，L：空气流量，m³/s；

K：取决于进排气口净面积比的系数；

A：进气口面积，m²；

V：风速，m/s。

风压作用下的 K 值按照表 E.0.1 选取。

表 1. K 值选用表

排气口面积/进气口面积	K
0.25	0.21
0.5	0.38
0.75	0.51
1	0.6
2	0.76
3	0.81
4	0.82
5	0.83

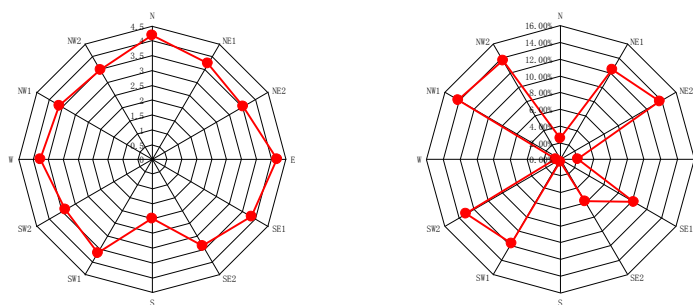
为了强化风压作用，充分利用自然通风，在设计时，应考虑建筑物的进风面与夏季主导风向成 60°~90°角，不宜小于 45°，而且，排风窗与进风窗面积比不宜小于 1，假定进排气净面积比为 1，则查得 K 值为 0.6。

假定建筑房间进风窗所在的高度为 10 米，由气象站风速折算后得到实际风速。考虑最大的风压作用，长方形建筑物，且风向始终与建筑物迎风面垂直时，自然通风量最大，对自然通风在该理想的通风状态下在长江流域典型城市能够延长非空调的时间以及节能潜力进行研究。

E.0.2 采用气流组织计算软件对建筑通风方式进行优化

对既定建筑房间进行气流组织模拟，保证过渡季节、夏季房间开窗通风时气流顺畅，气流组织模拟主要用于分析室内空间布局（也可以分析小区建筑布局风环境），保证最大程度利用自然通风、复合通风措施实现节能降耗。分析可以按照如下步骤进行：

1 根据气象文件绘制过渡季节和夏季空调季节各月风速风向玫瑰图，找出各月小时平均风速风向边界条件



(a) 风速大小分布

(b) 风速频率分布

图 E.0.2 某市 9 月风速风向玫瑰图：(a)- (b)（示例）

2 建立住宅建筑模型，利用 CFD 软件进行室内气流组织分析，有条件时还应进行小区风环境模拟分析，计算时应详细列出边界条件设置情况，主要包括：

- 1) 建筑模型的网格类型、网络数目，网格质量检查结果，
- 2) 进口风速的大小、风向以及选取原则，
- 3) 门窗洞口等的压力系数取值以及依据，
- 4) 更详细计算要求可参考 JGJT 449 《民用建筑绿色性能计算标准》。

要求在主导风向下，打开窗户进行自然通风时，室内起居室、卧室等主要人员活动场所气流顺畅。

附录 F 自然通风延长非采暖空调时间效果分析

F.0.1 采用温度分析的方法确定既定城市自然通风舒适小时数，温度分析应该在设计的初期阶段。

F.0.2 自然通风热舒适小时数分析按如下步骤进行：

1 求解居住建筑室内热舒适温度

在考虑人体对冷热环境自适应的基础上，我国学者针对 5 个城市包括哈尔滨、北京、西安、上海和广州的住宅建筑做了人体主观热反应的问卷调研和现场测试，得到了人体中性温度与室外空气平均温度的统一关联式，如下所示，

$$T_a = 0.30T_o + 19.7 \quad (1)$$

式中， T_a 为室内中性温度， $^{\circ}\text{C}$ ；范围：18-30 $^{\circ}\text{C}$ ； T_o 为室外空气平均温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

2 求解室内逐时自然温度

建立住宅能耗模型，使用 DeST/EnergyPlus/Equest/DesignBuilder 等软件进行过渡季节/空调季节逐时自然室温计算，计算时室内换气次数取为 1 次/h。

计算自然逐时温度与式(1)对比求解室内舒适温度，统计舒适温度小时数。

通风节能潜力指标 NVCP 进行计算，该指标定义为自然通风状态下的热舒适小时数占评价期间总小时数百分比，具体公式如下，

$$\text{NVCP} = \frac{H_{nv}}{H} \times 100\% \quad (2)$$

式中， H_{nv} 为特定时间段内，建筑自然通风时室内自然室温能够达到舒适范围内的小时数； H 为计算时间段内的总小时数。

当 NVCP 大于 20%时，需要进行房间气流组织模拟分析，以有效利用自然通风。

图 F.0.2 是上海、重庆、杭州三个城市的自然通风节能潜力分析结果，可以看出，5-10 月 8:00-18:00 工作时段内，上海具有最好的自然通风节能潜力，尤其是 5、6、9 月，上海自然通风 NVCP 值均高达 50%以上，7、8、10 月上海 NVCP 值分别为 38%、43%、35%左右。除 8 月略低于杭州之外，上海在三个城市中具有最好的自然通风节能潜力。

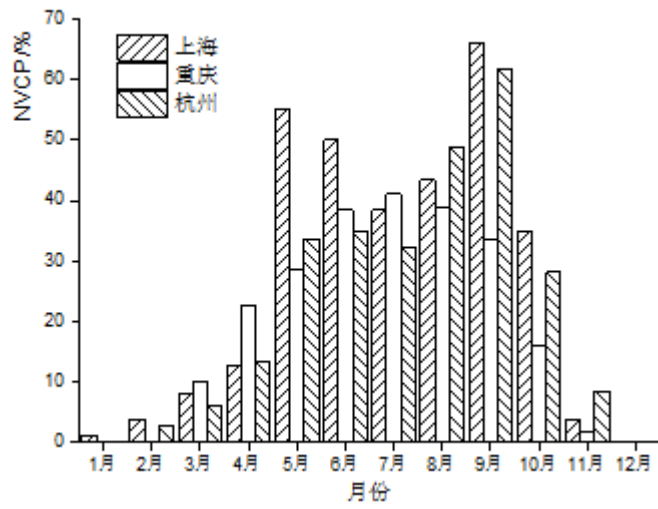


图 F.0.2 自然通风节能潜力对比 (8:00-18:00)

附录 G 围护结构综合解决方案

表 G. 1. 1 外墙构造、保温系统

(传热系数 $0.3-0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ 范围内的外墙结构)

	基墙材料	基墙材料厚度 (mm)	保温材料	保温材料厚度 (mm)	间隔层热阻 ($\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$)	传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$)	
举 例	外墙总传热系数 $0.3 \leq K < 0.4$						
	1	页岩多孔砖	240	聚氨酯硬泡沫塑料 (PU)	50	0.06	0.33
	2	陶粒混凝土空心砌块	240	挤塑聚苯板(XPS)	70	0.06	0.33
	3	钢筋混凝土	240	SW 保温隔声板	70	0.06	0.33
	4	页岩多孔砖	200	聚氨酯硬泡沫塑料 (PU)	50	0.06	0.33
	5	陶粒混凝土空心砌块	200	挤塑聚苯板(XPS)	70	0.06	0.34
	6	钢筋混凝土	240	聚氨酯硬泡沫塑料 (PU)	50	0.06	0.35
	7	钢筋混凝土	200	聚氨酯硬泡沫塑料 (PU)	50	0.06	0.35
	8	钢筋混凝土	240	挤塑聚苯板(XPS)	70	0.06	0.37
	9	钢筋混凝土	240	SW 保温隔声板	70	0.06	0.37
	10	陶粒混凝土空心砌块	200	STP 板	20	0.06	0.37
11	钢筋混凝土	200	挤塑聚苯板(XPS)	70	0.06	0.38	
举 例	外墙总传热系数 $0.4 \leq K < 0.5$						
	1	钢筋混凝土	200	STP 板	20	0.06	0.42
	2	粘土多孔砌块	240	岩棉板	70	0.06	0.42
	3	陶粒混凝土空心砌块	240	挤塑聚苯板(XPS)	50	0.06	0.42
	4	粘土多孔砌块	200	岩棉板	70	0.06	0.43
	5	陶粒混凝土空心砌块	200	挤塑聚苯板(XPS)	50	0.06	0.44
	6	钢筋混凝土	200	SW 保温隔声板	50	0.06	0.44
	7	粉煤灰烧结砖	240	发泡水泥板	70	0.06	0.45
8	粉煤灰烧结	200	发泡水泥板	70	0.06	0.46	

	砖						
9	钢筋混凝土	240	膨胀聚苯板(EPS)	70	0.06	0.48	
10	钢筋混凝土	200	膨胀聚苯板(EPS)	70	0.06	0.48	
举 例	外墙总传热系数 $0.5 \leq K < 0.6$						
	1	钢筋混凝土	240	挤塑聚苯板(XPS)	50	0.06	0.50
	2	钢筋混凝土	240	发泡水泥板	70	0.06	0.53
	3	钢筋混凝土	200	STP板	15	0.06	0.53
	4	钢筋混凝土	200	发泡水泥板	70	0.06	0.53
	5	粘土多孔砌块	240	岩棉板	50	0.06	0.53
	6	粘土多孔砌块	200	岩棉板	50	0.06	0.55
	7	粉煤灰烧结砖	240	发泡水泥板	50	0.06	0.56
	8	钢筋混凝土	240	无机保温砂浆	70	0.06	0.57
	9	钢筋混凝土	240	SW硅墨烯保温板	70	0.06	0.57
10	粉煤灰烧结砖	200	发泡水泥板	50	0.06	0.58	

注：1. 外墙总传热系数计算中内表面换热热阻 R_i 取值 $0.11 \text{ m}^2\text{K/W}$ ，外表面换热热阻 R_e 取值 $0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ 。

2. 保温材料 STP 板导热系数为 0.008 W/m K ，SW 保温隔声板导热系数 $\leq 0.030 \text{ W/m K}$ ，SW 硅墨烯保温板导热系数 $\leq 0.049 \text{ W/m K}$ 。

3. 表中传热系数为墙体构造本身传热系数，未考虑保温方式和保温材料应用位置的修正。

表 G. 1. 2 金属隔热型材外窗传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})]$
(传热系数 $1.6\text{-}2.2\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$ 范围内的外窗型式)

玻璃类型		玻璃传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})]$	窗框传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})]$			
			3.1	3.0	2.9	2.8
中空玻璃	6 高透光 Low-E+12Ar+6	1.5	2.2	2.2	2.2	2.2
	5 中透光 Low-E+12Ar+5	1.5	2.2	2.2	2.2	2.2
	5 高透光 Low-E+15Ar+5	1.6	-	-	-	2.2
	5 中透光 Low-E+15Ar+5	1.4	2.2	2.1	2.1	2.1
	5 低透光 Low-E+15Ar+5	1.2	2.1	2.0	2.0	2.0

	5 高透光 Low-E+20Ar+5	1.6	-	-	-	2.2
	5 中透光 Low-E+20Ar+5	1.4	2.2	2.1	2.1	2.1
	5 低透光 Low-E+20Ar+5	1.2	2.1	2.0	2.0	2.0
三玻 双腔 中空 玻璃	5 高透光 Low-E+6Ar+5+6A+5	1.5	2.2	2.2	2.2	2.2
	5 中透光 Low-E+6Ar+5+6A+5	1.3	2.1	2.1	2.0	2.0
	5 低透光 Low-E+6Ar+5+6A+5	1.1	2.0	2.0	1.9	1.9
	5 高透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.5/1.2	2.2/2.0	2.2/2.0	2.2/2.0	2.2/1.9
	5 中透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.3/1.0	2.1/1.9	2.1/1.8	2.0/1.8	2.0/1.8
	5 低透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.1/0.7	2.0/1.7	2.0/1.7	1.9/1.6	1.9/1.6
	5 高透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	1.2/1.0	2.0/1.9	2.0/1.8	2.0/1.8	1.9/1.8
	5 中透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	1.1/0.9	1.9/1.8	1.9/1.8	1.9/1.7	1.9/1.7
	5 低透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	0.8/0.7	1.8/1.7	1.7/1.7	1.7/1.6	1.7/1.6

注：1. “/”前数值对应填充气体为空气，“/”后数值对应填充气体为氩气；

2. 采用暖边技术时，外窗传热系数表中对应数值-0.1；

3. 框玻比为 30:70；

4. 外窗玻璃遮阳系数 ≥ 0.6 的玻璃类型有：6 高透光 Low-E+12Ar+6、5 高透光 Low-E+15/20Ar+5、5 高透光 Low-E+6Ar+5+6A+5、5 高透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5、5 高透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5。

表 G. 1.3 金属隔热型材系统窗传热系数[W/(m² K)]
(传热系数 2.1-2.2W/m² K 范围内的平开窗型式)

玻璃类型		玻璃传 热系数 [W/(m ² K)]	窗框传热系数[W/(m ² K)]			
			3.1	3.0	2.9	2.8
中空玻璃	6Low-E+12Ar+6	1.5	2.2	2.2	2.2	2.1
三玻双腔中 空玻璃	5Low-E+9A+5+9A+5	1.5	2.2	2.2	2.2	2.1
	5Low-E+9Ar+5+9A+5	1.4	2.2	2.1	2.1	2.1

注：1. 铝合金型材均为粉末喷涂；

2. 系统窗的气密和水密性能高于普通金属型材窗，以平开窗为例，气密性达到 1.5m³/(m² h)，水密性达到

700Pa。

表 G. 1. 4 塑料型材外窗传热系数 $[W/(m^2 K)]$
(传热系数 1.6-2.2 $W/m^2 K$ 范围内的外窗型式)

玻璃类型		玻璃传 热系数 $[W/(m^2 K)]$	窗框传热系数 $[W/(m^2 K)]$	
			2.2	1.9
中空 玻璃	5 高透光 Low-E+9Ar+5	2.0	-	2.2
	5 中透光 Low-E+9Ar+5	1.7	2.1	2.0
	5 低透光 Low-E+9A/Ar+5	1.8/1.5	2.2/1.9	2.1/1.8
	5 高透光 Low-E+12A/Ar+5	1.9/1.7	2.2/2.1	2.1/2.0
	5 中透光 Low-E+12A/Ar+5	1.8/1.5	2.2/2.0	2.1/1.9
	5 低透光 Low-E+12A/Ar+5	1.6/1.2	2.0/1.8	1.9/1.6
	5 高透光 Low-E+15A/Ar+5	1.8/1.6	2.2/2.0	2.1/1.9
	5 中透光 Low-E+15A/Ar+5	1.6/1.4	2.2/1.9	1.9/1.8
	5 低透光 Low-E+15A/Ar+5	1.4/1.2	1.9/1.7	1.8/1.6
	5 高透光 Low-E+20A/Ar+5	1.8/1.6	2.2/2.0	2.1/1.9
	5 中透光 Low-E+20A/Ar+5	1.6/1.4	2.2/1.9	1.9/1.8
	5 低透光 Low-E+20A/Ar+5	1.4/1.2	1.9/1.7	1.8/1.6
三玻 双腔 中空 玻璃	5+6Ar+5+6A+5	2.1	-	2.2
	5+9A/Ar+5+9A+5	2.0/1.9	-	2.1/2.1
	5+12A/Ar+5+12A+5	1.9/1.8	2.2/2.1	2.1/2.0
	5 高透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5	1.8/1.5	2.2/2.0	2.1/1.9
	5 中透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5	1.7/1.3	2.1/1.8	2.0/1.7
	5 低透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5	1.5/1.1	1.9/1.7	1.8/1.6
	5 高透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.5/1.2	2.0/1.7	1.9/1.7
	5 中透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.3/1.0	1.8/1.6	1.7/1.5
5 低透光 Low-E+9A +5+9A+5	1.1	1.7	1.6	

	5 高透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	1.2/1.0	1.7/1.6	1.7/1.5
	5 中透光 Low-E+12A+5+12A+5	1.1	1.7	1.6

注：1. “/”前数值对应填充气体为空气，“/”后数值对应填充气体为氩气。

2. 采用暖边技术时，外窗传热系数表中对应数值-0.1。

3. 外窗玻璃遮阳系数 ≥ 0.6 的玻璃类型有：5 高透光 Low-E+9Ar+5、5 高透光 Low-E+12A/Ar+5、5 高透光 Low-E+15A/Ar+5、5 高透光 Low-E+20A/Ar+5、5+6Ar+5+6A+5、5+9A/Ar+5+9A+5、5+12A/Ar+5+12A+5、5 高透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5、5 高透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5、5 高透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5。

表 G. 1.5 木型材和铝包木型材外窗传热系数[W/(m² K)]
(传热系数 1.3-2.2W/m² K 范围内的外窗型式)

玻璃类型		玻璃传 热系数	窗框传热系数
		[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
			1.8
中空 玻璃	5 高透光 Low-E+9A/Ar+5	2.2/2.0	-/2.2
	5 中透光 Low-E+9A/Ar+5	2.1/1.7	-/2.0
	5 低透光 Low-E+9A/Ar+5	1.8/1.5	2.1/1.8
	5 高透光 Low-E+12A/Ar+5	1.9/1.7	2.1/2.0
	5 中透光 Low-E+12A/Ar+5	1.8/1.5	2.0/1.8
	5 低透光 Low-E+12A/Ar+5	1.6/1.2	1.9/1.6
	5 高透光 Low-E+15A/Ar+5	1.8/1.6	2.0/1.9
	5 中透光 Low-E+15A/Ar+5	1.6/1.4	1.9/1.8
	5 低透光 Low-E+15A/Ar+5	1.4/1.2	1.7/1.6
	5 高透光 Low-E+20A/Ar+5	1.8/1.6	2.0/1.9
	5 中透光 Low-E+20A/Ar+5	1.6/1.4	1.9/1.8
	5 低透光 Low-E+20A/Ar+5	1.4/1.2	1.7/1.6
三玻	5+6A/Ar+5+6A+5	2.3/2.1	-/2.2
双腔	5+9A/Ar+5+9A+5	2.0/1.9	2.1/2.0
中空	5+12A/Ar+5+12A+5	1.9/1.8	2.0/2.0

玻璃	5 高透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5	1.8/1.5	2.0/1.8
	5 中透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5	1.7/1.3	2.0/1.7
	5 低透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5	1.5/1.1	1.8/1.6
	5 高透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.5/1.2	1.8/1.6
	5 中透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.3/1.0	1.7/1.5
	5 低透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5	1.1/0.7	1.6/1.3
	5 高透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	1.2/1.0	1.6/1.5
	5 中透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	1.1/0.9	1.6/1.4
	5 低透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5	0.8/0.7	1.4/1.3

注：1. “/”前数值对应填充气体为空气，“/”后数值对应填充气体为氩气；

2. 采用暖边技术时，外窗传热系数表中对应数值-0.1；

3. 框玻比为 30:70；

4. 外窗玻璃遮阳系数 ≥ 0.6 的玻璃类型有：5 高透光 Low-E+9A/Ar+5、5 高透光 Low-E+12A/Ar+5、5 高透光 Low-E+15A/Ar+5、5 高透光 Low-E+20A/Ar+5、5+6A/Ar+5+6A+5、5+9A/Ar+5+9A+5、5+12A/Ar+5+12A+5、5 高透光 Low-E+6A/Ar+5+6A+5、5 高透光 Low-E+9A/Ar+5+9A+5、5 高透光 Low-E+12A/Ar+5+12A+5。

表 G. 1.6 玻纤增强聚氨酯外窗传热系数[W/(m² K)]
(传热系数 1.2-2.2W/m² K 范围内的外窗型式)

玻璃类型		玻璃传热系数 [W/(m ² K)]	窗框传热系数[W/(m ² K)]				
			1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
中空玻璃	5Low-E+12A/Ar+5	1.9/1.7	2.0/1.8	1.9/1.8	1.9/1.8	-	-
三玻双腔中空玻璃	5+9A/Ar+5+9A/Ar+5	2.0/1.8	2.0/1.8	1.9/1.8	1.9/1.8	-	-
	5Low-E+9A/Ar+5+9A/Ar+5	1.5/1.3	1.7/1.5	1.7/1.5	1.6/1.5	-	-
	5Low-E+9A/Ar+5Low-E+9A/Ar+5	1.1/1.0	-	1.4/1.3	1.35/1.3	-	-
	5+12A/Ar+5+12A/Ar+5	1.9/1.7	-	-	1.9/1.8	1.8/1.7	1.8/1.6
	5Low-E+12A/Ar+5+12A/Ar+5	1.3/1.2	-	-	1.5/1.4	1.5/1.4	1.4/1.3

	5Low-E+12A/Ar+5Low-E+12A/Ar+5	1.0/0.9	-	-	1.3/1.2	1.3/1.2	-
	5Low-E+15A/Ar+5+15A/Ar+5	1.2/1.1	-	-	-	-	1.4/1.3

注：1. “/”前数值对应填充气体为空气，“/”后数值对应填充气体为氩气；

2. 窗框与玻璃结合处的线传热系数：普通玻璃传热系数为 0.04W/(m K)、Low-E 玻璃传热系数为 0.06W/(m K)。当采用暖边技术时，两玻单腔线传热系数取 0.04W/(m K)，表中对应数据-0.1；三玻两腔线传热系数取 0.03W/(m K)，表中对应数据-0.15；

3. 表中所示 Low-E 玻璃均为高透光玻璃，外窗玻璃遮阳系数 ≥ 0.6 ；

4. 框玻比为 30:70。

表 G. 1. 7 中空玻璃遮阳系数、可见光透射比

玻璃构造		遮阳系数 (SC)	可见光透射比 (%)	太阳得热系数 (SHGC)
普通中空	5+6A+5	0.87	81	0.76
	5+9A+5	0.87	81	0.76
	5+12A+5	0.87	81	0.76
	6+12A+6	0.84	80	0.73
	8+12A+8	0.81	78	0.70
在线低辐射 中空玻璃	高透光在线	0.65~0.70	60~75	0.57~0.61
	中透光在线	0.60~0.65	50~60	0.52~0.57
离线低辐射中空 玻璃（单银）	高透光离线单银	0.55~0.65	60~70	0.48~0.57
	中透光离线单银	0.35~0.55	45~60	0.30~0.48
	低透光离线单银	0.25~0.40	25~45	0.22~0.35
离线低辐射中空 玻璃（双银）	高透光离线双银	0.40~0.50	60~70	0.35~0.44
	中透光离线双银	0.30~0.40	45~60	0.26~0.35
	低透光离线双银	0.25~0.30	35~45	0.22~0.26
离线低辐射中空 玻璃（三银）	高透光离线双银	0.32~0.37	55~70	0.28~0.32
	中透光离线双银	0.25~0.32	45~55	0.22~0.28

表 G. 1.8 遮阳方式选取

遮阳方式	类型	性能要求	适用范围
外遮阳	金属百叶帘、金属卷闸帘（硬卷帘）	完全关闭时遮阳系数 ≤ 0.21	多层及以下建筑
集传热、散热、遮阳通风一体的外窗（中置遮阳）	铝合金百叶，中空玻璃，纳米隔热涂料和高效选择性吸热涂层作为涂层材料	整窗传热系数 ≤ 2.3 ， 气密性 7 级	多层或高层建筑

备注：宜采用电动操控的遮阳设施，采用本地开关控制、无线遥控控制、群组集中控制、风/光/雨感应自动控制以及楼宇系统智能管理。

表 G. 1.9 冬季辅助加热解决方案——电辐射保温材料性能的要求

项目	单位	性能指标
导热系数	W/m. K	$\lambda \leq 0.035$
压缩强度	KPa	≥ 1000
燃烧性能	/	B1 级
环保要求	不含 HCFC、CFC、HBCD	

备注：高强度 XPS 地暖模块：由高强度挤塑聚苯板和附着其表面的均热层组成。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《近零能耗建筑技术标准》 GB51350-2019
- 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB50736
- 《民用建筑室内热湿环境评价标准》 GB/T50785
- 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB50243
- 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB50242
- 《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB50411
- 《屋面工程技术规范》 GB503453
- 《倒置式屋面工程技术规程》 JGJ230
- 《建筑物气密性测定方法 风扇压力法》 GB/T34010
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 《砌体工程施工质量验收规范》 GB50203
- 《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB50210
- 《空气-空气能量回收装置》 GB/T 21087
- 《电风扇用电动机通用技术条件》 GB/T 5089
- 《排风扇》 GB/T 23174
- 《民用建筑绿色性能计算标准》 JGJT 449