

91.040.10

P

# 团体标准

T/CABEE-JH201809

---

## 《夏热冬冷地区被动式居住建筑 技术指南》

Technical Guide for Passive Residential Building in  
Hot Summer and Cold Winter Zone

---

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

# 团 体 标 准

## 《夏热冬冷地区被动式居住建筑 技术指南》

Technical Guide for Passive Residential Building in  
Hot Summer and Cold Winter Zone

T/CABEE-XXX-201X

主编单位：

批准部门：

施行日期：

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，指南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，编制本指南。

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

本指南由中国建筑节能协会负责管理，由 XXXXX 负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至 XXXXXX（地址：XXXXXX）。

本指南主编单位：

本指南参编单位：

本指南主要起草人员：

本指南主要审查人员：

# 目录

1 总则.....	8
2 术语.....	10
3 一般规定.....	12
4 指标.....	15
5 设计.....	18
5.1 一般规定.....	18
5.2 基础条件分析.....	21
5.3 建筑方案设计.....	26
5.4 非透明围护结构设计.....	30
5.5 外门窗设计.....	40
5.6 外遮阳设计.....	46
5.7 热桥处理.....	49
5.8 气密性设计.....	55
5.9 暖通系统设计.....	56
5.10 可再生能源的利用.....	62
5.11 电气节能设计.....	63
6 施工.....	64
6.1 一般规定.....	64
6.2 保温施工.....	65
6.3 无热桥施工.....	68
6.4 气密性施工.....	68
6.5 隔声施工.....	69
6.6 门窗及遮阳施工.....	71

6.7 新风系统的安装与调试.....	72
6.8 空调系统能源端的安装与调试.....	75
6.9 高舒适空调末端的安装与调试.....	78
7 验收.....	80
7.1 一般规定.....	80
7.2 墙面、屋面及地面保温.....	80
7.3 外门窗.....	83
7.4 通风与空调系统.....	85
7.5 建筑气密性.....	86
7.6 可再生能源.....	87
8 运行管理.....	88
8.1 用户手册.....	88
8.2 外围护系统维保.....	88
8.3 暖通系统维保.....	89
8.4 运行数据监测.....	90
8.5 智慧能源管理.....	91
附录 A 能耗指标计算方法.....	98
附录 B 建筑外围护结构整体气密性能检测方法.....	101

# Contents

1 General Provisions .....	8
2 Terms .....	10
3 General Requirements.....	12
4 Indexes .....	15
5 Design .....	18
5.1 Fundamental Conception .....	18
5.2 Basic Analysis .....	21
5.3 Architectural Design .....	26
5.4 Building's Opaque Envelope .....	30
5.5 Window and Gate.....	40
5.6 Exterior Sunshade .....	46
5.7 Control of Thermal Bridging.....	49
5.8 Building Airtightness .....	55
5.9 HVAC Design .....	56
5.10 Usage of Renewable Energy .....	62
5.11 Electric Equipments .....	63
6 Construction.....	64
6.1 General Requirements .....	64
6.2 Thermal Insulation .....	65
6.3 Control of Thermal Bridging.....	68
6.4 Building Airtightness .....	68
6.5 Noise Reduction .....	69
6.6 Window and Sunshade .....	71

6.7 Ventilation System .....	72
6.8 Air Conditioning Energy End .....	75
6.9 High Comfortable Air Conditioning Terminal.....	78
7 Acceptance .....	80
7.1 General Requirements .....	80
7.2 Thermal Insulation .....	80
7.3 Window and Sunshade .....	83
7.4 Air Conditioning System.....	85
7.5 Building Airtightness .....	86
7.6 Usage of Renewable Energy .....	87
8 Management and Maintenance .....	88
8.1 Guide Manuel.....	88
8.2 Building Envelope Maintenance .....	88
8.3 HVAC System Maintenance .....	89
8.4 Data Monitoring .....	90
8.5 Smart Energy Management.....	91
Addition A: Calculation Method of Building Energy Criteria .....	98
Addition B: Testing Method of Building Airtightness .....	101

# 1 总则

**1.0.1** 为贯彻国家有关法律法规和方针政策,显著提升改善建筑室内环境和建筑质量,提高能源利用效率,推动可再生能源建筑应用,制定本指南。

## 【条文说明】

我国正处在城镇化快速发展时期,经济社会快速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。

夏热冬冷地区的气候比较特殊,夏季炎热、有较高的制冷需求,冬季寒冷、有显著的供暖需求,大部分老百姓仍采用间歇用能模式,室内实测热舒适比较低,改善室内舒适迫在眉睫。为了提升室内舒适度,采用辐射式末端、集中供冷供暖的建筑和小区逐渐增多,充分保证了居民在室内的全年舒适,然而能耗的增长也是很显著的,在当前的围护结构技术体系下采用持续用能模式的能耗增长2倍以上。因此采用怎样的解决方案来实现舒适同时建筑能耗不过度增长,是我们编制这本指南的主要用意。

**1.0.2** 本指南适用于新建、扩建、改建和改造的居住建筑的能耗控制目标设定,以及以建筑能耗控制目标为约束指标的设计、施工和运行。

## 【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。本指南将针对夏热冬冷地区所有的省份和典型城市进行技术体系的推荐。

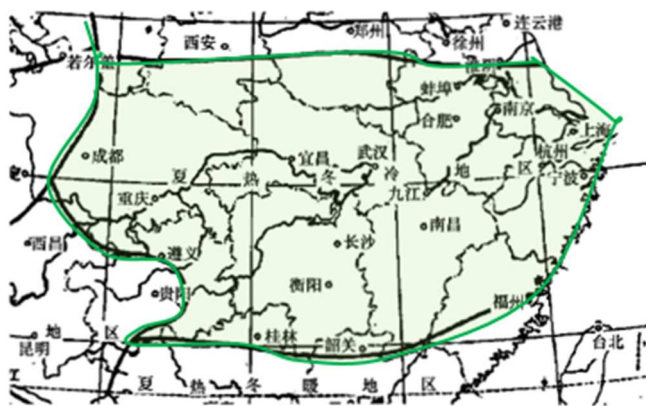


图 1.0.2: 夏热冬冷气候区的范围



**1.0.3** 被动式建筑的设计、施工质量控制与验收、运行和评价除应符合本指南的规定外，尚应符合国家现有有关标准的规定。

**【条文说明】**

本指南对近零能耗的技术指标和应采取的节能措施做出了规定，但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，除应符合本指南外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.4** 本指南主要针对市场上比较常见的小高层和高层建筑。

**【条文说明】**

本指南主要考虑的是市场接受度、认可度以及可操作性，因此主要针对的也是近些年新建楼盘中比较常见的小高层（ $10\text{m}<h\leq 27\text{m}$ ，通常4~9层）和高层（ $27\text{m}<h\leq 100$ ，通常10~33层）建筑。别墅与低层洋房在市场上的比例很少，总量也较少，暂不包括在本指南中。

## 2 术语

### 2.0.1 被动式建筑 passive building

被动式建筑是指适应气候特征和自然条件，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保温隔热性能建筑围护结构相结合，大力提高围护结构气密性能，采用高效新风热回收技术，充分利用可再生能源，最大限度地降低主动式机械采暖制冷设备的能源消耗，最终实现在显著提高室内环境舒适性。

#### 【条文说明】

“被动式建筑”一词源于德国的“被动房”(Passivhaus)，德国被动房研究所(Passivhaus-Institut, PHI)于2015年4月15日颁布了最新的德国被动房标准。其中提到，被动房可在实现超低能耗的同时提供很高的舒适性，被动房的建造过程也是以性能化设计和精细化施工而著称。采用被动式建筑的称谓就意味着本指南对舒适和质量的要求是以德国被动房为标杆，同时对围护结构性能指标要求较高。

由于德国被动房建筑是针对冬季持续供暖的气候特征而提出来的，本指南主要是针对夏热冬冷地区，这个气候带的气候特征和用能习惯和德国有很大的差异，因此还需要因地制宜的制定技术路线来实现节能舒适的目标。

### 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 年耗冷(热)量 annual cooling and heating demand

为满足室内环境参数要求，按照设定计算条件计算出的单位套内使用面积年累计消耗的、需要由室内设备供给的冷量和热量，单位为 kWh/(m<sup>2</sup>a)。

#### 【条文说明】

这项指标反映了建筑自身的冷热需求水平，包括处理新风所需的冷热需求。该指标是约束性指标，其单位面积年制冷和供暖能耗。相应计算方法见本标准附录 A 能耗指标计算方法。

### 2.0.4 建筑气密性 building airtightness

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 50 Pa 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、隔热性能，对建筑能耗的影响也至关重要，是被动式建筑重要的技术指标。建筑整体气密性能与所采用的外窗自身的气密性、施工安装质量以及建筑的结构形式有着密切的关系。其中，精细化的施工与良好气密性的保障有直接关系。

### 2.0.5 气密层 airtightness layer

由防水隔气材料、抹灰层、气密性部件等形成的防止空气渗漏的连续构造层。被动式建筑单体内需要保障气密性的空间的外边界。

### 2.0.6 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。

### 2.0.7 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。

### 2.0.8 建筑能源系统调适 commissioning

通过对建筑物能源系统及其联动控制的建筑构件、中控系统进行调试、性能验证、验收和季节性工况验证等工作实施全过程管理，以确保建筑的用能系统实现设计意图并满足用户的实际使用要求的工作程序和方法。

### 2.0.9 被动区 passive zone

栋式建筑单体内利用设备进行室内热湿环境调节的区域与包裹该区域的围护结构的总和。

## 3 一般规定

**3.0.1** 本指南规定的室内环境参数及建筑采暖空调通风能耗指标应为约束性指标，围护结构、能源设备和系统等技术性能指标应为推荐性指标。

### 【条文说明】

被动式建筑的目标是实现热舒适环境下的能耗控制，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。为实现此目标，围护结构、能源设备和系统等性能的选取给定范围，被动式建筑的性能参数可以结合具体案例在此区间内进行一定自由度的调节适配。

**3.0.2** 夏热冬冷地区的微气候分区如下：

表 3.0.2：夏热冬冷地区的微气候分区

	气候特征	主要省份及城市
A 类	夏季炎热、冬季较暖	重庆、广东韶关、广西桂林、福建南平
B 类	夏季炎热、冬季寒冷	武汉、长沙、南昌、合肥、南京、杭州、上海
C 类	夏季凉爽、冬季温和	成都
D 类	夏季凉爽、冬季寒冷	贵州遵义、河南信阳、陕西安康

### 【条文说明】

夏热冬冷地区包含的省份和城市较多，覆盖面广，总体处于夏季有制冷需求、冬季有供暖需求的气候带，但是基于采暖度日数、制冷度日数、太阳辐射量等气象参数的分析，以及大量能耗模拟发现在此地区有的城市制冷需求显著高于采暖需求，有的城市制冷和采暖相对均衡，有的城市供暖需求更加明显，因此可以根进一步细分为不同的微气候区。在本指南中，据制冷和采暖的具体需求分成四个微气候区，其中微气候 A 区的制冷需求最高，微气候 D 区的供暖需求最高，微气候 B 区的制冷需求和供暖需求均衡、均较高，微气候 C 区制冷和供暖需求均衡、均较低。围护结构和通风技术体系也将根据不同的微气候区进行推荐。

**3.0.3** 被动式建筑的能耗指标计算应符合本指南附录 A 的规定。

### 【条文说明】

不同于传统建筑节能的规定性指标，被动式建筑以室内环境参数和能效指标作为评价指标，为建筑设计方案的多样性和创新提供空间，这是一种性能化设计方法。能效指标计算依赖能耗模拟计算软件，建筑能耗的计算结果受软件和技术人员的影响较大，这是性能化判断方法应用的主要障碍。国际上普遍采用提供工具并配合详细的计算方法的方式提高性能化设计和评价结

果的有效性和一致性，编制组在附录 A 能效计算方法中对计算机软件提出了要求，并对计算参数进行了规范化，保证计算结果的一致性和权威性。因此，进行能耗计算和评价的工具应具有以下特点：

1 一致化原则。在系统性能参数设置上，尽量遵循准确统一的原则，尽力实现不同工程师计算结果的一致性。

2 推荐采用《Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads》[ISO 52016-1:2017]的建筑能耗计算方法，并与 ISO 标准体系和我国建筑标准体系相结合。软件界面应友好，方便业内人士使用。

3 计算便捷快速并直接输出计算报告。软件在完成计算周期后，能直接输出包括建筑主要信息和计算结果并满足评价要求的计算报告，方便用户查看整体计算情况。

**3.0.4** 被动式建筑应根据气候条件，通过被动式技术手段降低建筑用能需求，通过主动式能源系统和设备的能效提升降低建筑暖通空调能源消耗。

**【条文说明】**

总体思路为“被动优先，主动优化”。

**3.0.5** 被动式建筑的设计、施工及运行应以能耗指标为约束目标，采用性能化设计方法、精细化施工方法和智能化运行模式。

**【条文说明】**

被动式建筑是以能耗为控制目标，设计达标判定不以具体建筑体形系数、窗墙比、围护结构性能指标、冷热源设备系统性能系数等性能指标的取值为依据。应采用更加严格的施工质量标准，保证精细化施工，并进行全过程质量控制。应针对具体特点，实施智能化运行，强调人的行为作用对节能运行的影响，编制运行管理手册和用户手册。

**3.0.6** 被动式建筑应进行全装修，室内装修应由建设方统一进行，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。室内装修宜采用获得绿色建材标识（认证）的材料部品。

**【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。被动式建筑气密性能要求较高，围护结构构造复杂，如果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，被动式建筑应进行全装修。

绿色建材评价标识是指依据绿色建材评价技术要求，对建材产品进行评价，确认其等级并进行信息性标识的活动，建筑材料的污染物散发长期影响室内环境，考虑到近零能耗建筑高气密性特点，其室内装修宜采用获得绿色建材标识（认证）的材料部品。

## 4 指标

### 4.0.1 被动式建筑室内环境参数：

表 4.0.1：被动式建筑室内环境参数指标

室内环境参数	冬季	夏季
温度(°C)	$\geq 20$	$\leq 26$
相对湿度(%)	$\geq 30$	$\leq 60$
CO <sub>2</sub> 浓度(ppm)	1000	
PM <sub>2.5</sub> (年浓度)	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
噪声 dB(A)	夜间不得高于 30 dB，昼间不得高于 40 dB。	

#### 【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 是产生明显的冷感的温度界限。冬季热舒适( $-1 \leq \text{PMV} \leq 1$ )对应的温度范围：18~24°C。基于节能和舒适的原则，以及本指南包括进去的集中式系统，本着提高生活质量、满足室内舒适度的条件下尽量节能，将冬季室内供暖温度设定为 20°C。

**4.0.2** 被动式建筑用户端单位面积采暖供冷能耗控制指标（包括采暖用燃气能耗）和负荷指标应符合表 4.0.2 的规定。能耗计算方法参考附录 A 执行。

表 4.0.2：能耗指标和负荷指标的级别划分

	采暖空调通风能耗 Q [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	负荷[W/m <sup>2</sup> ]
1 级	$Q \leq 30$	采暖负荷 $\leq 45$
2 级	$30 < Q \leq 40$	采暖负荷 $\leq 60$

注：①建筑性能指标中的照明、生活热水能耗不进行分项限值要求；

②指标中的 m<sup>2</sup> 为套内面积，扣减不需要进行采暖空调的地下室面积。

#### 【条文说明】

能耗指标是判别建筑是否达到被动式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。设定了 2 级指标，根据具体项目的禀赋来选取不同的等级作为目标，然后进行性能化设计。

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）调研夏热冬冷地区的围护结构性能较高、室内热舒适度得到全时全室满足的 20 个项目的能耗监测值，在该建筑能耗水平上实现一定幅度的降低，来确定能耗的上限。能耗水平仍然低于国际相近气候区。（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的模拟，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，经综合比较确定建筑单位面积年能耗的下限。本指南考核的能耗指标代表的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。

负荷指标的设定主要是为了规避为了达到能耗指标仅通过提高采暖空调等主动式设备性能，而不对围护结构等被动式技术性能进行提升的行为。本指南中的负荷指标是一个平均负荷指标的概念。

为了实现横向比较，对于各个微气候区不进行单独的能耗指标的设定。

**4.0.3** 照明功率密度值应与建筑设计文件一致。

**4.0.4** 生活热水的系统形式和能效应与设计文件一致，生活热水系统的用水量应与设计文件一致，并应符合现行国家标准《民用建筑节能设计标准》[GB50555]的规定。

**4.0.5** 建筑整体气密性指标用室内外压差 50 Pa 下的换气次数来表征，气密性的取值可根据表 4.0.5 选取。

表 4.0.5：建筑气密性指标

分级	$n_{50}$
1 级	$1.0 \text{ h}^{-1}$
2 级	$1.5 \text{ h}^{-1}$

**【条文说明】**

建筑气密性影响建筑的保温、防潮、隔声和舒适性，是建筑品质的必要条件。在过渡季节通过开启门窗的自然通风是可以实现延长非采暖空调时间，降低建筑峰值负荷，在室外空气质量较高的时间里，自然通风是非常有益的，夏热冬冷地区居民也有常年开窗通风的习惯。但不同于主动开窗通风，建筑气密性差导致的无组织渗漏和通风不仅影响能耗也影响室内舒适（尤其是冬季），同时又无法有效保证健康的环境，因此需要对建筑的气密性进行要求。夏热冬冷地区室内外温差相对较小，相对德国被动房降低了气密性的要求，但依然在现行节能标准的基础上有大幅度提升。



**4.0.7** 房屋气密性的测试方法应符合本指南附录 B 的规定。

# 5 设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 被动式建筑的设计是以性能为导向的设计，应以基于客观条件的定量分析和优化为工作核心，实施建筑和设备关键参数对建筑负荷及能耗的敏感性分析，同时应结合建筑全生命周期实施经济效益分析，选取性能优秀、成本合理的设计参数与技术措施。

### 【条文说明】

被动式建筑的设计是因地制宜、以人为本的性能化设计，一方面应满足既定的室内环境目标与很高的能效标准，另一方面应适应项目所在地的气候、地理、规划、政策、基础设施等诸多条件。同时，被动式建筑应在全生命周期具有合理的经济效益，初投资成本可控；倘若为实现较高的价值及性能目标而过度投资、堆砌技术，将有违推广被动式建筑的初衷。

被动式建筑项目应在项目伊始明确合适的室内环境及能效目标。截止 2019 年 10 月，可应用于夏热冬冷气候区被动式建筑项目的超低能耗建筑技术标准有《近零能耗建筑技术标准》[GB/T51350-2019]、《上海市超低能耗建筑技术导则（试行）》、德国被动房研究所(PHI)标准(Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit- und PHI-Energiesparhaus-Standard, 2015)等，江苏省、湖北省、湖南省等省份的超低能耗建筑导则还处在编制阶段。现阶段，夏热冬冷气候区各省市普遍施行居住建筑 65%节能标准，开发商或业主亦可自行制定高于当地现行节能设计标准的能效指标。

性能化设计(performance-based design)要求设计的阶段成果接受能效方面的定量验证，并且在验证过程中调整，从而找到最优化的性能参数，并以此为基础制定相应的技术措施。常见的能效模拟计算软件有 energyplus、DesignBuilder、IES、eQuest、TRNSYS、WUFI® Passive、爱必宜(IBE)、PHPP 等等。采用可逐时动态模拟的软件可以提高定量验证的精度。

此外，性能化设计也要求设计人员对被动式建筑的设计策略及能效水准具有一定的敏感性。无论把能效目标定在本指南、住建部近零能耗建筑还是德国被动房的水准，被动式建筑的设计都应遵循因地制宜、以人为本的原则，其设计思路、节能策略是大体一致的，不同能效目标造成的解决方案的差别往往体现在具体技术配置的参数高低与细部构造上。本指南兼顾不同等级的能效目标，力图从原理出发阐释被动式建筑的设计思路和方法，并且提供一些基于经验和原理的基本策略与快捷方法，以便协助设计人员在实施细致的能耗定量模拟验证之前就能做到“心中有数”。

**5.1.2** 被动式建筑项目设计的推进应遵循多专业协同一体的工作模式，并且应使这样

的工作模式贯穿方案设计、初步设计、施工图设计与专项设计的每个环节以及建筑、暖通、结构、给排水、电气与室内装修等全部相关专业。推荐采用 BIM 工作模式。

**【条文说明】**

多专业协同一体的设计工作模式包含全流程与全专业两个维度。基于被动式建筑理念的设计策略及其相应技术方案的发展应贯穿设计工作的全流程。被动式建筑项目设计工作每个阶段所产出的设计策略或技术方案成果应覆盖全部相关专业。在设计工作的各个阶段，各专业应在一起工作、交流、讨论，切忌各专业分别自行推进之后再汇总。BIM 以及其它形式的设计协同平台是推进一体化设计工作的有力手段。

根据《建筑工程设计文件编制深度规定》(2016)，“全专业”在本气候区主要涉及建筑、暖通、结构、电气、给排水、五个专业，其中建筑和暖通是最重要的两个专业；“全流程”包括方案设计、初步设计、施工图设计与专项设计四个阶段。根据实际项目的操作经验，方案设计又可分为基础条件分析、总图规划设计与建筑方案设计三个逻辑上前后相继的子阶段；专项设计应与相关部品部件供应商单位共同实施。

无论对于新建、扩建、改建还是改造项目而言，被动式建筑的设计理念越早介入项目流程，被动式建筑的实现就越容易，其成本就越低。

在建筑工程设计不同阶段，性能化设计的主要工作内容可参考下表所示：

**表 5.1.2-1：建筑工程设计不同阶段性能化设计工作主要内容（新建项目）**

建筑工程 设计阶段		性能化设计工作主要内容	
		建筑/结构/给排水	暖通/电气
方案 设计	基础 条件 分析	□ 气候条件分析（温度、湿度、太阳辐射、主导风向、风速、空气质量、场地微环境等）	
		□ 场地条件分析（地形、地貌、海拔、土壤、水文、植被等）	
		□ 规划条件分析（绿建政策、控规、配套基础设施等）	
		□ 人居传统分析（传统人居形态、主要人居痛点等）	

	总图 规划 设计	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 性能导向的总图分析与设计优化（间距、体形、朝向等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 明确暖通系统的总体类型（集中式、半集中式或户式）</li> <li>□ 明确主要的空调能源端类型（地源热泵、水源热泵、空气源热泵、空调室外机或其它）与末端类型（对流或辐射）</li> <li>□ 明确可再生能源的利用模式</li> </ul>
	建筑 方案 设计	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 明确结构类型</li> <li>□ 明确被动区的范围与气密层的位置</li> <li>□ 性能导向的户型设计优化</li> <li>□ 性能导向的立面设计优化（窗墙比、遮阳形态、阳台、飘窗、挑板、绿化等）</li> <li>□ 能耗需求初步模拟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 人员在室率与照明、设备使用率分析</li> </ul>
	初步设计	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 围护系统性能参数设计优化</li> <li>□ 建筑气密性设计</li> <li>□ 采光遮阳构造初步设计及室内光环境模拟</li> <li>□ 保温构造初步设计</li> <li>□ 自然通风设计及模拟</li> <li>□ 能耗需求详细模拟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 暖通系统图</li> <li>□ 新风系统功能设计</li> <li>□ 气流组织设计（送风、排风、回风、厨房补风等）及模拟</li> <li>□ 空调末端设计优化</li> <li>□ 生活热水系统设计</li> <li>□ 产能系统设计</li> <li>□ 设备建筑结合初步设计（设备平台、吊顶、降板、穿梁等）</li> <li>□ 设备控制逻辑设计</li> <li>□ 建筑综合能耗值（一次能源消耗量）模拟计算</li> </ul>
	施工图设计	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 保温构造设计</li> <li>□ 外门窗/透明幕墙配置设计</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 空调设备配置与选型</li> <li>□ 新风设备配置与选型</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 遮阳配置设计</li> <li>□ 内围护构造设计</li> <li>□ 围护系统节点详细设计</li> <li>□ 热桥处理</li> <li>□ 能耗需求模拟调整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 热水设备配置与选型</li> <li>□ 产能设备配置与选型</li> <li>□ 设备降噪设计</li> <li>□ 环境及能耗监测系统设计</li> <li>□ 智能控制系统设计</li> <li>□ 管线布置设计</li> <li>□ 风管、风口设计</li> <li>□ 设备建筑结合详细设计</li> <li>□ 明确能耗分户计量的方式</li> <li>□ 建筑综合能耗值（一次能源消耗量）模拟计算调整</li> </ul>
专项设计	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 保温系统深化设计</li> <li>□ 外门窗/透明幕墙系统深化设计</li> <li>□ 外遮阳设施深化设计</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 新风系统深化设计</li> </ul>

在扩建、改建和改造项目中，总图规划设计与建筑方案设计方面的施展余地可能受到较多的限值，即便如此，仍然应在基础条件分析的基础上找出最优化的技术策略。

### 5.1.3 被动式建筑的设计策略与技术应兼顾建筑整体与单个户型。

#### 【条文说明】

被动式建筑的能效表现是基于建筑整体而言的。但是在集合住宅里，不同户型的能效表现可能因朝向、窗地比与体形系数的不同而产生明显差异；即使户型和朝向都相同，在使用集中式冷热源的情况下，因为处在楼栋不同的位置，能源消耗也会出现明显差异。

在整个楼栋的意义上合理、连贯的被动式建筑方案不一定等于在单户的意义上也同样合理。采用分户计量能耗的被动式建筑项目宜在建筑设计与暖通设计方面尽量缩小不同楼层、不同户型之间单方能耗和单方负荷的差异。

## 5.2 基础条件分析

5.2.1 方案设计启动伊始，应针对项目所在地的气候条件、场地条件与规划条件三方面展开细致的分析。同时，应考察当地传统的人居习惯及人居痛点。

#### 【条文说明】

在当前项目的室内环境目标与能效目标已确定的基础上，气候条件、场地条件与规划条件是制约被动式建筑项目技术路径的三个框架条件。在方案设计启动伊始，只有针对这三方面展开细致的考察，并从中推导相应的技术策略，才能合理发掘出被动式建筑因地制宜的性能潜力。

气候条件(climate)首先是指项目所属市(区、县)域的宏观气候特征，包括不同季节、月份、时辰的气温、湿度、太阳辐射量、太阳路径、直射散射比、主导风向、风速、空气质量等指标，也包含项目所在场地的风环境、光环境等微观气候环境条件。

场地条件(geography)是指项目所在地块及其周边地带的地形、地貌、海拔、土壤、水文、植被、声环境、热岛等局地中观尺度上的自然及经济地理特征。

规划条件(policies & facilities)是指项目所在的各级行政机关颁布的适用于项目所在地块的绿建政策、控制规划、商品房限价、峰谷电价等政策方针，以及项目所在地块既有的配套设施，譬如市政供热、能源站、燃气等。

此外，应考察项目当地传统的人居习惯及人居痛点，一方面可了解当地传统的建筑形态与室内环境需求的重点，另一方面也可了解到当地人居的主要痛点。这些信息可为规划设计、建筑设计与暖通系统设计提供指引。例如，重庆的住宅因为冬季阳光稀缺而通常不注重开窗的朝向，长三角的住宅则非常重视；再例如，长三角的梅雨季除湿问题是很大的痛点：开窗通风无济于除湿，除湿机除湿会升高室内温度，空调除湿又容易过冷，吹风扇则容易束缚人在室内的活动自由；又例如，长三角某些地区（南京、杭州等）冬季阳光的直射散射比比较高，居民会在冬季利用南向阳台晾晒衣物、被单等，既可高效晒干，又有“杀菌”之效。

**5.2.2** 被动式建筑的方案设计应基于当地的气候条件，应在本指南 3.0.2 条划分的微气候区的基础上综合考虑气温、太阳辐射、湿度、空气质量、主导风环境、场地风光微环境等气候条件，以冬季和夏季的室内热平衡为基础发展被动式建筑的设计策略。

#### 【条文说明 1】

被动式建筑可以理解成人居生活与自然环境之间的界面，有助于营造舒适人居的气候要素应加以利用，有损于营造舒适人居的气候要素应予以阻隔。

迄今为止，民用建筑设计热工分区皆是基于温度。温度是影响被动式建筑设计策略的最重要的气候要素。此外，太阳辐射、含湿量对于被动式建筑设计策略也有显著影响。

本指南划分的四个微气候区，其内部在各主要气候要素（气温、太阳辐射、含湿量）上体现出整体一致、局部有异的特征，现总结如下：

表 5.2.2-1：不同微气候区主要气候要素特征小结

微气候区	代表城市	气温	太阳辐射	含湿量
A类	重庆、桂林、 韶关、南平	夏季炎热、 冬季较暖	1. 夏季强烈、冬季稀缺 (重庆、桂林、韶关) 2. 夏季强烈、冬季丰富 (南平)	全年高湿
B类	上海、杭州、 南京、合肥、 南昌、武汉、 长沙	夏季炎热、 冬季寒冷	夏季强烈、冬季丰富	1. 夏季高湿、冬季稍 干(上海、杭州、南 京、合肥、南昌、武 汉) 2. 全年高湿(长沙)
C类	成都	夏季凉爽、 冬季温和	全年较少	全年高湿
D类	遵义、信阳、 安康	夏季凉爽、 冬季寒冷	1. 全年较少(遵义) 2. 夏季强烈、冬季丰富 (信阳、安康)	1. 全年高湿(遵义) 2. 冬干夏湿(信阳、 安康)

【条文说明2】

合理的被动式设计策略应围绕冬季和夏季的室内热平衡发展。热平衡方程如下所示：

$$Q_H = Q_T + Q_V - \eta_G * (Q_S + Q_I) \quad (5.2.2-1)$$

$$Q_C = Q_S + Q_I - \eta_L * (Q_T + Q_V) \quad (5.2.2-2)$$

式中：  
 $Q_H$ ：供暖耗热量（显热）       $Q_C$ ：供冷耗冷量（显热）  
 $Q_T$ ：传导散热       $Q_V$ ：对流散热  
 $Q_S$ ：太阳辐射得热       $Q_I$ ：室内得热  
 $\eta_G$ ：得热利用率       $\eta_L$ ：散热利用率

冬季，一方面减少传导热损失与对流热损失，另一方面增强太阳辐射得热，就能降低主动供暖的耗热量；夏季最炎热时，减少来自传导、对流、太阳辐射得热，就能降低主动供冷的耗冷量；过渡季与夏季不太炎热时，利用自然冷量平衡得热，也能降低主动供冷的耗冷量。

内部热源的功率及时间、空间分布，包括人员(occupancy)、设备(miscellaneous equipments)、照明(lighting)、炊事(catering)等分项，最迟应在方案设计期间予以明确。内部热源的大小对最终的采暖空调通风能耗  $Q$  有很大影响——无论在哪个气候区、哪个季节，行为节能始终是最有

效率的降耗手段。

在夏热冬冷气候区，影响热平衡的主要因素总共有十项，本段下文将用数字标出。①内部热源与②新风量受室内舒适度要求制约，不属于被动式建筑设计的范畴。在这两者已经确定的前提下，在夏热冬冷气候区，对采暖空调通风能耗 $Q$ 影响最大的热平衡分项是③冬季传导散热(transmission heat loss)、④夏季辐射得热(summer solar gain)、⑤冬季辐射得热(winter solar gain)与⑥夏季自然通风(natural ventilation)。其中，前两者对降耗不利，应尽量控制；后两者对降耗有利，应尽量利用。夏季辐射得热包括非透明外围护结构的辐射得热。⑦建筑气密性、⑧新风热回收效率、⑨热桥、⑩夏季传导得热在本气候区对能耗的影响不及③~⑥四项那么大。③~⑩共八项都是可以通过被动式建筑设计策略加以优化的。

在冬季室外气温较低的地区(微气候B区、D区)，为减少传导热损失、维持室内温度，被动式设计策略应把重点置于建筑体形设计、朝向设计、窗墙比设计、外围护结构的保温设计与热桥处理；为减少对流热损失，应着重加强建筑气密性设计与新风热回收配置。

在夏季室外气温较高的地区(微气候A区、B区)，为减少传导得热、维持室内温度，被动式设计策略应把重点置于外围护结构的隔热设计。

在夏季室外气温较温和的地区(微气候C区、D区)，为减少室内主动供冷能耗，被动式设计策略应重点考虑自然通风的设计。

在冬季太阳辐射较丰富的地区(微气候B区、南平、信阳、安康)，为增大太阳辐射得热，被动式设计策略应重点考虑朝向设计、窗墙比设计与外窗的得热性能设计，此外可考虑太阳能的利用。场地自身的光环境条件不应忽视，尤其应注意建筑的彼此遮挡对太阳得热的影响。

在夏季太阳辐射强烈的地区(微气候A区、B区)，为减少太阳辐射得热，被动式设计策略应重点考虑外围护结构的遮阳设计与隔热设计，此外可考虑太阳能的利用。

基于热平衡方程的被动式设计策略通常仅能解决显热的负荷问题。潜热的负荷问题与室内空气质量问题仍然需要借助设备解决。

在冬季室外含湿量稍低的地区(上海、杭州、南京、合肥、南昌、武汉、信阳、安康)，为达到室内湿度目标，设计策略宜考虑室内加湿手段。

在夏季及过渡季室外含湿量较高的地区，即整个夏热冬冷气候区，为达到室内湿度目标，设计策略应重点考虑防潮手段、室内除湿手段与供冷末端的形式。

在大气污染严重的地区，设计策略应考虑新风系统的过滤功能以及新风、自然通风之间的切换逻辑。



**5.2.3** 被动式建筑的方案设计应考虑项目所在地的场地条件与规划条件，充分利用其中有助于提高能效、降低成本的要素。

**【条文说明】**

项目伊始，应熟稔项目当地现行的居住建筑节能设计规范与超低能耗或近零能耗建筑技术导则，并且了解当地的绿建激励政策、绿建认证评审机构、近零能耗建筑评价机构、平均房价与商品房限价政策。

同时，应积极获取已有的环评报告、地勘报告、水文报告、基建图纸、控规图纸等基础资料。

1 应充分考察可再生能源利用的可行性，例如太阳能、地源热泵、水源热泵等可再生能源形式的利用。

**【条文说明】**

通过分析场地的地理环境，判断项目利用可再生能源的可行性以及项目可选的能源端类型。

基于气候分析的结果，可判断利用太阳能的可能性。位于微气候 B 区的项目宜尽量考虑利用太阳能资源。

夏热冬冷气候区以冬、夏两季都有较高用能需求为特色，能源端适合采用注重冬夏热平衡、能效比高的地源热泵。地理环境分析应考察项目所在地的土壤品质，黏土、砂土土质适合打地源井，岩石土质则不适合。

地理环境分析还可考察项目所在地附近是否有较大且有一定深度的天然水体，最好是流动的水体。倘若有，在政策允许的前提下，项目能源端可考虑水源热泵。

2 应根据场地实际情况考察项目有条件采用的能源端形式，譬如天然气、市政供暖、工业废气热回收等。

**【条文说明】**

通过分析市政配套的基础设施，了解项目所在地块是否享有外来的市政供暖、天然气与废热资源，并可据此进一步对项目有条件采用的能源端形式做出判断。

如果项目地块有充足的天然气供应，可考虑分布式热电联产或户式壁挂炉作为能源端，充分利用天然气的燃烧热能。

如果项目地块附近有稳定的工业余热，亦可加以利用，满足冬季的供暖需求。

如果项目地块已接入市政供热，应考虑弃用市政供热的被动式建筑的增量成本与运行费用相比包含市政供热的常规方案是否划算。

**5.2.4** 如果项目的总图规划设计已完成，针对总图规划的分析能够为基于场地微气候的被动式建筑设计优化提供判断依据，分析和优化时应全面考虑地块周边热岛、建筑单体形态、地形（高差）、植被等多重因素。

**【条文说明】**

在社区规划总图尚有调整余地的前提下，针对总图规划的分析和优化可以判断场地微气候对被动式建筑设计策略的影响，挖掘出社区整体的节能潜力。主要的分析手段有风环境模拟分析与光环境模拟分析。

通过风环境分析，优化每个楼栋所受的风压，促进过渡季与夏季的户内及室外场地自然通风，同时尽量避免较大的立面风压差以及冬季北风。

通过光环境分析，一方面找出楼栋的最佳排布位置，减少彼此遮挡；另一方面找出建筑单体的最佳朝向，尽量避免夏季过多得热，同时争取最多的冬季日照，促进冬季太阳得热。

## 5.3 建筑方案设计

**5.3.1** 建筑方案设计时应明确被动区的范围。建筑设计图纸中应始终标识出被动区的范围。

1 相邻的被动区应合并。

2 标识被动区范围的曲线位于被动区外围护的外侧，应连续并包围整个被动区外围护结构。

3 在夏热冬冷气候区，阳台通常不在被动区内。

**【条文说明】**

被动区是指被动式建筑单体内利用设备进行直接或间接室内热湿环境调节的区域与包裹该区域的围护结构的总和。包裹被动区的外围护结构称为被动区外围护。

集合住宅的公共交通区域虽然通常无热湿环境调节的需求，但出于减少体形系数的考虑，通常也包括在被动区内。

就居住建筑单体而言，公共部分如楼道、首层门厅、屋顶电梯间等，以及户内部分包括厨房、卫生间、起居室、卧室、书房（工作室）、客厅、餐厅、阳台、过道等，都属于被动区。但通常直接使用空调设备调节室内环境的只有卧室、客厅、餐厅与书房（工作室），这四类空间可称为“主要房间”。

地下室是否在被动区范围内，取决于地下室是否有利用设备进行室内热湿环境调节的需求。

倘若该需求不存在，则地下室通常不在被动区内，分隔地下室与其上方楼层之间的围护结构应视作被动区外围护；倘若该需求存在，则地下室位于被动区之内。

**5.3.2** 建筑气密层位于包裹被动区的外围护结构内侧的基层，且在各个方向上完全连续。建筑设计图纸中宜始终标识出气密层的位置。

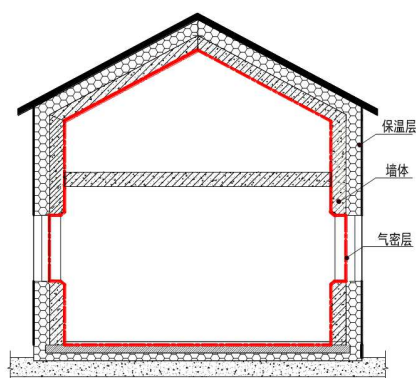


图 5.3.2-1：建筑气密层的位置

**【条文说明】**

气密层是指被动式建筑单体内需要保障气密性的空间的外边界。被动区包含的空间通常就等于需要保障气密性的空间。气密层应在各个方向上完全连续，不可中断。在图纸中标注气密层，可便于检验气密层是否连续。

**5.3.3** 建筑单体的设计应尽量实现较小的体形系数。

1 集合住宅以及独栋别墅整栋建筑的体形系数宜采用下表的推荐：

表 5.3.3-1：不同高度建筑的体形系数推荐

建筑层数	推荐体形系数(A/V)
≤3 层	≤0.60
4~5 层	≤0.50
6~8 层	≤0.45
≥9 层	≤0.40
≥18 层	≤0.35

**【条文说明】**

整栋建筑的体形系数 A/V 的计算应基于被动区。被动区之外的建筑体量和表皮不可加入体形系数的计算。

体形系数的分子，即表面积 A，是指被动区的全部表面积（屋面+立面+底面）。

楼层较少的建筑的体形系数通常较大；楼层越多，体形系数通常越小。在室内环境目标与能效目标相同的情况下，体形系数越大意味着建筑与室外的热交换越多，相应的供暖、供冷能耗需求就越大。

2 采用户式能源系统的集合住宅体形系数宜分户型分别计算。单户的体形系数宜尽量小。

**【条文说明】**

对于计划采用户式能源系统的集合住宅而言，不仅应只计算整栋建筑的体形系数，还宜分户型分别计算。

单户体形系数可按本户涉及的外围护表面积  $A'$  除以本户体积  $V'$  计算。单户体形系数宜尽量小，主要房间的布局宜“收拢”；不同户型之间的体形系数差距宜尽量小。

**5.3.4** 户型设计宜在兼顾功能与外观效果的同时缩短各主要房间之间单方冷、热负荷的差距。

**【条文说明】**

主要房间包括客厅、卧室、餐厅与书房（工作室）。缩短各主要房间之间的单方冷、热负荷差距有利于冷、暖末端的设计，尤其有利于辐射末端的设计。在设计中，较大的房间如主卧宜置于角上，较小的房间如次卧、书房等宜置于中间，相同朝向的房间的窗地比宜一致或相近。

**5.3.5** 不同朝向窗墙比的设计策略应通过性能化计算的验证才能确定。

1 南立面的窗墙比推荐在 0.35~0.55 之间。

2 北立面的窗墙比宜在满足当地节能规范与项目采光需求的基础上尽量小，推荐窗墙比在 0.25~0.40 之间。

3 东、西立面的窗墙比宜在满足项目采光需求的基础上尽量小，如有遮阳措施，窗墙比不宜超过 0.30。

**【条文说明】**

建筑窗墙比的设计会直接影响到冬季和夏季的太阳得热和采光、冬季外窗的散热与夏季及过渡季的自然通风，是影响建筑能耗的重要因素。

楼栋各立面的窗墙比应在满足当地规范与室内采光需求的基础上尽量优化，降低室内能耗需求。优化策略的基础是气候条件中的温度与太阳辐射量，同时应考虑外遮阳设置的可能性。

位于微气候 B 区及所在地冬季太阳辐射比较充足的项目可考虑适度增大南立面的窗墙比，使南向外窗在冬季能够获取更多的太阳得热。优化之前，应考察每个外窗在冬季是否受到建筑

自身或周边建筑的遮挡，受到遮挡的外窗不但不能充分获取太阳得热，还会增加室内的热量损失。同时，应为这些外窗设置外遮阳，控制夏季的太阳得热。

微气候 A 区（南平除外）、C 区、D 区（遵义周边）的冬季太阳辐射较少，所以位于这些地带的项目宜控制南向窗墙比，使之不过大，从而减少冬季的传导热损失。

北立面的窗墙比宜尽量缩小，减少冬季的传导热损失。

东、西立面不宜开窗或仅开很小的窗，避免夏季东晒、西晒；如果东、西立面有较好的遮阳措施，亦不反对设置稍大的窗。按照微气候 A 区某些区域（如重庆）的传统人居形态，建筑开窗不讲究朝向，东、西立面开窗有可能如其它微气候区的南向开窗一样大。在这种情况下，东、西窗必须设置外遮阳措施。

窗墙比设计策略应经过性能化计算的验证。

**5.3.6** 阳台宜设置在被动区之外；宜考虑阳台板、设备平台等出挑构件作为固定式水平外遮阳的可能性。

**【条文说明】**

在夏热冬冷气候区，阳台宜设置在被动区之外，阳台是否封闭宜交由业主自理。方案设计时应充分考虑阳台空间作为气候缓冲区以及阳台板作为水平遮阳的可能性。

位于微气候 B 区的项目通常采用南北朝向，则南、北向均推荐设置不包括在被动区内的封闭阳台，有利于形成气候缓冲区。冬季宜关闭南向阳台窗，在晴朗的白天，阳台会形成小温室，加强室内的保温与得热；冬季亦宜关闭北向阳台窗，使之作为被动区外围护散热的缓冲区；过渡季和夏季宜打开封闭阳台，有助于通风散热与室内自然通风。

南向的阳台、外廊可视为水平式固定外遮阳，应尽量遮挡夏季直射阳光。在微气候 B 区，南向阳台、外廊设计宜尤其注意其进深对来自不同高度和方位的直射阳光的遮挡，宜在遮挡夏季直射阳光的同时尽量不阻挡冬季阳光进入室内。在微气候 B 区，如果阳台（朝向在南偏东 30 度到南偏西 30 度范围内）的进深达到 1.2m，一般可认为夏季遮阳的需求已满足，不用再添加活动式外遮阳设施。

**5.3.7** 从方案设计开始，飘窗就应视为特殊的构件，予以重点设计。

- 1 在方案设计阶段，北向卧室与起居室不建议设置飘窗。
- 2 在初步设计阶段，飘窗设计应做性能化计算并优化。
- 3 在施工图设计与专项设计阶段，应针对飘窗做节点设计与深化设计。

**【条文说明】**

本气候区的被动式建筑原则上不推荐设置飘窗，因为飘窗增大了外围护面积及体形系数。而且，飘窗的底板、上板和侧面都可能覆盖有明显厚度的保温材料，对立面效果有所影响；倘若把这些保温减薄，将显著影响建筑的保温性能。

如果建筑设计明确设置飘窗，则飘窗底板、上板和侧面保温的性能可略低于外墙保温；相应地，作为补偿，飘窗的整窗传热系数可稍优于同项目的非飘窗。此外，应做性能化模拟计算验证飘窗对建筑能耗的影响，并且实施专项节点设计。

### 5.3.8 方案设计应考虑利用自然通风，并且在设计说明里阐述自然通风方案。

#### 【条文说明】

在过渡季、夏季晚间气候及大气质量较好的地域，被动式建筑的设计应考虑利用自然通风降低用能需求。微气候 C 区和 D 区夏季温和，应着重考虑自然通风的利用。《近零能耗建筑技术标准》[GB/T51350-2019]主张：“当室外温度 $\leq 28^{\circ}\text{C}$ 且相对湿度小于等于 70%时，应利用自然通风，不计算建筑的供冷需求”。

集合住宅的平层户型里宜设置在相对朝向都开窗的大空间，譬如客厅和餐厅都设置在同一空间内，可方便穿堂通风。客厅有挑空的多层别墅可考虑促进拔风的设计。

当建筑朝向不利或者外窗开口与主导风向夹角过小时，为了引导气流顺利进入建筑内部形成自然通风，可考虑设置导风墙、导风板等构件。

在方案设计阶段，宜采用 CFD 模拟软件分析建筑场地风环境与建筑室内风环境，并根据模拟分析结果进一步优化建筑空间布局以及开启扇的位置、大小和开启方向，使室内在自然通风时换气更充分、风速更合理。

### 5.3.9 如果项目场地条件适宜，建筑南、西、东侧周边 5 米内的场地宜种植枝少叶茂的落叶乔木。

#### 【条文说明】

建筑南、东、西侧宜设置落叶乔木，可在夏季实现遮荫，削弱照射到建筑表面的太阳辐射；在冬季，乔木落叶，不会阻挡建筑得热。

## 5.4 非透明围护结构设计

### 5.4.1 不同微气候区外墙构造的平均传热系数推荐范围见下表。

表 5.4.1-1：各微气候区的外墙平均传热系数

微气候区	推荐参数
A	$\leq 0.45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
B、D	$\leq 0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
C	$\leq 0.40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**【条文说明 1】**

非透明围护结构包含非透明外围护结构与内围护结构两方面。非透明外围护结构包括外墙、屋面、首层底面（地下室不采暖情况下）、架空层底面等，与透明外围护结构共同包裹被动区。内围护结构是被动区内部分割不同能源计量单位的建筑结构，通常是非透明的，包括户间楼板、户间隔墙、公区隔墙、进户门等。

热桥也是非透明外围护结构的一部分。关于被动式建筑的热桥处理，后文另辟一节专述之。

在夏热冬冷气候区，非透明外围护结构承担保温、隔热、蓄热、防潮、气密、隔声的功能。其保温性能对冬季供暖耗热量的影响很大，其热惰性对夏季室内供冷负荷、室内温度波动影响较大。这两点是在夏热冬冷气候区设计被动式建筑时应重点予以关注的。

内围护结构主要承担隔声的功能，此外还约束户间传热以及户间和公区之间的传热，降低户内和公区之间的冷风渗透。在夏热冬冷气候区，内围护结构约束传热的敏感性远不及在寒冷气候区，不属于被动式建筑设计的重点。

本节分为“非透明围护结构保温设计”(5.4.1~5.4.5)、“非透明围护结构隔热设计”(5.4.6~5.4.9)与“内围护性能设计”(5.4.10)三部分。其中，5.4.1~5.4.4 和 5.4.6~5.4.7 分别涉及保温及隔热构造的初步设计，5.4.5 以及 5.4.8~5.4.9 分别涉及保温及隔热构造的施工图设计和专项设计。

**【条文说明 2】**

非透明外围护结构的保温性能设计应以当地的气温条件为基础，同时还可能受到建筑现状、当地容积率政策、装配式建筑政策、绿建激励政策、节能设计标准及超低能耗建筑设计导则的影响和制约。非透明外围护保温的主要类型如下：

表 5.4.1-2：非透明外围护保温主要构造类型

系统位置		构造类型
外墙保温	外墙外保温	薄抹灰外保温系统
		装配式墙板外保温系统
		保温装饰一体化板系统
		保温板/棉/毡干挂系统

	外墙内保温	薄抹灰内保温系统
		保温砂浆内保温
	外墙夹心保温	装配式墙板夹心保温系统
	外墙自保温	砌块类结构自保温
屋面保温		正置式屋面
		倒置式屋面
首层底面保温（有非采暖地下室）		板上铺装构造
		板下铺装构造
底面保温（无地下室）		板上铺装构造
		板下铺装构造
地下室外墙保温（有采暖地下室）		地下室外墙外保温防水系统

**【条文说明 3】**

传热系数是外墙保温性能的评价指标。平均传热系数的计算应包含均匀密布的点热桥（譬如干挂石材固定件、保温板的锚栓等），线热桥与个别出现的点热桥的传热应另行计算。

本节给出的传热系数指标是基于常见体形系数、朝向与窗墙比的推荐值，不是约束值。本章其它节推荐的热工参数亦然。

**【条文说明 4】**

夏热冬冷气候区内部各微气候区的非透明外围护结构平均传热系数取值既可采用本指南的推荐，亦可用简便的“参照建筑法”推断。所谓“参照建筑法”是一种基于经验的简便算法，具体是指设计者通过其它气候分区已有的被动式建筑项目的热工参数简单、快捷地推断当前项目相应热工参数的方法。该方法假定把同一个被动式建筑项目从一个微气候区“移至”另一个微气候区，保持其与人员相关的设定（内部热源、新风量等）不变，却尽量维持其特定部件（外墙、外窗、新风、气密性等）引起的热负荷大致不变，反求与之匹配的外围护结构传热系数、建筑气密性或者新风热回收效率。这是一种比较适合夏热冬冷气候区的被动式建筑方案设计阶段的快捷手段。

“参照建筑法”仅关注冬季传导散热，却不过问冬季辐射得热、夏季辐射得热与夏季自然通风等其它可对最终的采暖空调通风能耗  $Q$  产生重大影响的热平衡分项；此外，为了让方法尽可能简单，“参照建筑法”也不关注供暖季的长度和室外温度分布，仅对标低温极值引起的负荷。所以，“参照建筑法”具有局限性，不能替代能耗模拟分析的作用；但就实际项目经验来



看，该方法相当实用，能够实现方案阶段的快速判断。

从“参照建筑法”得到的外围护结构传热系数不会对夏季能耗产生不可忽略的负面影响，因为采暖能耗对各外围护传热系数的敏感性远大于制冷能耗。根据同济大学张旭教授的研究，在跨度相当大（足以覆盖本指南可推荐的范围）的外墙和外窗传热系数范围内，其它参数设定均不变，制冷能耗随传热系数的变化相当微小。众多项目经验也证实了张旭教授的判断。

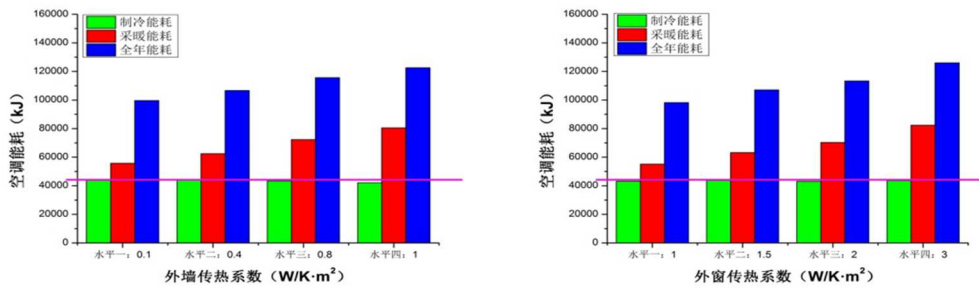


图 5.4.1-1：不同外墙、外窗传热系数条件下制冷能耗、采暖能耗与全年能耗的变化

“参照建筑法”求传热系数的公式为 $(T-\theta_1) \times K_1 = (T-\theta_2) \times K_2$ 。K 为传热系数，T 为室内气温， $\theta$  为冬季室外最低气温。

鉴于我国寒冷气候区已有较多超低能耗、近零能耗建筑的成功案例，在设计夏热冬冷气候区的被动式建筑时，外围护结构的传热系数有时候可以参照寒冷气候区的案例。现举一例说明之：

设定同当前项目（位于南京）在能效目标与建筑形态（体形系数、朝向、窗墙比）方面都很接近的寒冷气候区项目（位于北京）的外墙平均传热系数为  $0.20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。根据气象数据，北京的冬季室外最低气温为  $-14.2^\circ\text{C}$ ；南京的冬季室外最低气温为  $-5.6^\circ\text{C}$ 。冬季室内气温为  $20^\circ\text{C}$ ，则北京的冬季室内外最大温差为  $34.2\text{K}$ ，南京的冬季室内外最大温差为  $25.6\text{K}$ 。则适合该南京项目的外墙平均传热系数为  $0.20 \times 34.2 \div 25.6 = 0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。这个参数可以作为项目策划或建筑方案设计时的抓手，有助于快速判断保温形式、墙厚、得房率等，之后再根据能耗模拟的结果进一步调整、优化。

夏热冬冷气候区内部也可以应用“参照建筑法”。例如，设当前项目位于成都（微气候 C 区），参照项目为南京（微气候 B 区），两个项目在能效目标与建筑形态上都相似。南京项目的外墙平均传热系数为  $0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。根据气象数据，成都的冬季室外最低气温为  $-0.9^\circ\text{C}$ ，则适合成都项目的外墙平均传热系数为  $0.27 \times 25.6 \div (20 + 0.9) = 0.33 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

同理，重庆（微气候 A 区）的冬季室外最低气温为  $3.4^\circ\text{C}$ ，则适合重庆项目的外墙平均传热系数为  $0.27 \times 25.6 \div (20 - 3.4) = 0.41 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

倘若对标建筑所在微气候区的冬季是更冷的，则通过该“参照建筑法”得到的传热系数对采暖空调通风能耗  $Q$  而言比较保守，有一定余量。当设计大体确定后，应利用能耗模拟软件验证设计时所应用的热工配置的能效是否达标，亦可基于差异化的客户价值进一步调整参数配置。

体形系数和窗墙比对建筑保温的性能参数也有影响。正文里的传热系数推荐是基于体形系数 0.40 左右、南向窗墙比 30%~40%、北向窗墙比 20%~30% 的情况。窗墙比增大，非透明外围护结构的保温性能应越好；窗墙比减少，非透明外围护结构的保温性能亦可适当放宽。根据上海建筑科学研究院的研究，在上海地区，在  $Q \leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  的前提下，不同窗墙比对外围护结构传热系数的影响如下表所示：

表 5.4.1-3：不同窗墙比对外围护参数的影响

窗墙比	外墙传热系数 [W/(m <sup>2</sup> K)]	屋面传热系数 [W/(m <sup>2</sup> K)]	外窗传热系数 [W/(m <sup>2</sup> K)]	外窗遮阳系数
≤20%	0.3~0.5	0.2~0.4	1.0~1.6	0.30~0.45
20%~30%	0.3~0.4	0.2~0.3	1.0~1.2	0.30~0.40
30%~40%	0.3	0.2	1.0~1.2	0.30~0.35

其它地区在特定窗墙比下的传热系数可利用“参照建筑法”推出，再通过能耗模拟软件验证、优化。

**【条文说明 5】**

不同保温形式的选择应基于因地制宜的原则。微气候 B 区、C 区和 D 区冬季气温较低，宜采用外保温实现对被动区的高效包裹。微气候 A 区冬季较暖，便于应用夹心保温、自保温等外保温以外的技术体系，亦有利于建筑预制化率的提高。2018 年 10 月，重庆市颁发《关于进一步加强墙体自保温技术体系推广应用的通知》（渝建〔2018〕502 号），大力推广墙体自保温技术体系的应用。内保温尽管能够起到保温效果，但本气候区被动式建筑的外墙保温通常都超过 7 cm，并且热桥难以忽略，内保温无论在性能价值、设计整合度还是地产开发价值方面都有所欠缺，故而不推荐采用。

**5.4.2 不同微气候区屋面构造的平均传热系数推荐范围见下表。**

表 5.4.2-1：各微气候区的屋面平均传热系数

微气候区	推荐参数
A	≤0.35 W/(m <sup>2</sup> K)
B、D	≤0.25 W/(m <sup>2</sup> K)

C	$\leq 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
---	--

**【条文说明】**

屋面造成的传热对于高层建筑而言远不及外墙，却足以造成顶层户与标准层户在能耗需求上的显著差异。为缩小此差异，屋面保温性能应优于外墙。此外，夏热冬冷气候区的夏季太阳高度角较大，在不设计通风屋面等外置隔热措施的情况下，提升屋面保温性能，有利于顶层户的夏季隔热。

屋面保温不存在容积率、得房率方面的问题，推荐优先考虑外保温体系。

**5.4.3** 如果楼栋设置地下室且地下室不采暖，则不同微气候区首层底面构造的平均传热系数推荐如下表所示。

表 5.4.3-1: 各微气候区的首层底面平均传热系数

微气候区	推荐参数
A、C	$\leq 1.2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
B、D	$\leq 0.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**【条文说明】**

在夏热冬冷气候区，被动区底面的保温应分三种主要情况讨论：①设置地下室且地下室在被动区内；②设置地下室且地下室不在被动区内；③无地下室。

情况①，地下室的外墙与底面属于包裹被动区的非透明外围护结构，应具有与地上大面外墙相近的保温性能。

情况②，首层底面是非透明外围护结构，应具备本条正文所推荐的传热系数。这表明，微气候 A、C 区的首层底面保温做法就相当于常见的 2~3 cm 厚 XPS 板或保温隔声板的层间保温。微气候 B、D 区的首层底面保温较微气候 A、C 区厚 1~2 cm，亦可方便地铺装于板上。板上铺装会造成热桥，应有妥善处理。

情况②的首层底面保温要求之所以低于情况①，是因为地下室空间可作为保温的缓冲区。而且，此处的保温性能不宜过高，因为底层户还可以在夏季利用地下室空间散热。同时，此处的保温性能应保证，当底层户在过渡季进行自然通风或者室内湿度较大时，地面也不会结露。

首层底板构造的保温性能是否会导致结露，可以通过简单的归谬法计算判断。以过渡季室外含湿量较大的重庆为例。五月初夜间，重庆室外气温 20℃，室内适宜自然通风。此时，空气含湿量为 12.5 g/kg<sub>a</sub>，那么露点温度正好是 17℃。假定此时首层地面的温度就是 17℃，而首层底板构造的传热系数为 1.20 W/(m<sup>2</sup>K)，则反求得：假如首层地面结露，则此时地下室的气温应

达到-2.7℃之低——在重庆的过渡季节，这是不可能的。既然地下室气温肯定高于-2.7℃，那么首层地面的温度也必然高于露点，所以不会出现结露现象。

情况③，首层底面是非透明外围护结构，应具有与大面外墙相近的保温性能。保温板既可以位于板上，也可以位于板下。前者易于落地，但存在热桥；后者与外墙外保温构成不间断的保温连续体，但要求采用强度较高的保温材料（泡沫玻璃、挤塑板），此外应注意防水设计。

**5.4.4** 架空层底面构造的平均传热系数宜与同微气候区的外墙构造相同，其保温层宜位于架空层底板下方，与外墙外保温连续起来。

**5.4.5** 非透明外围护结构各组成部分所配置的保温材料还有以下几点应注意：

1 地下室外墙的外保温应采用耐腐蚀、吸水率低、抗冲击性能佳的保温材料。保温层内部和外部宜分别设置一道防水层。

**【条文说明】**

地下室外墙的外保温推荐采用密度 $\geq 25 \text{ kg/m}^3$ 的挤塑板。保温层内外的防水层应延伸至室外地面以上至少 30 cm（溅水区）。

2 薄抹灰体系的外墙外保温材料推荐采用导热系数较低的石墨聚苯板，多层、高层项目条件下可搭配岩棉板防火隔离带。

**【条文说明】**

石墨聚苯板（B1级）的导热系数优于聚苯板和岩棉板，在同等性能条件下厚度更薄。同等厚度条件下，石墨聚苯板的价格可能达到聚苯板的 2 倍。设计时应综合考量其采用。

3 微气候 A 区的外墙保温宜考虑外保温或夹心保温与墙体蓄热自保温兼用。

**【条文说明】**

由于微气候 A 区对保温性能的要求不高，采用框架剪力墙结构的项目亦可考虑兼用外保温与自保温的做法：外保温包覆于剪力墙外，自保温墙体为填充墙，优化剪力墙与填充墙的比例，使两者厚度相等并且平均传热系数符合 5.4.1 条的推荐指标。自保温墙体材料推荐采用混凝土砌块。重庆目前已有采用这种做法的项目案例。

4 外墙外保温材料应规整紧凑，避免凹凸变化，装饰性构件宜采用 EPS 预制线条制作。

5 外墙饰面构造应与外墙保温形式及材料相匹配，应具有较好的耐候性、较低的水蒸气扩散阻力及吸水性，宜由保温系统供应商配套供应。

6 屋面宜选用吸水率低、导热系数小、具有适合屋面荷载强度的保温材料。

【条文说明】

屋面大面保温材料通常选用挤塑板。上人屋面应选用泡沫玻璃或泡沫陶瓷作为防火隔离带；岩棉板防火隔离带不适合上人，而且容易吸水。

5.4.6 非透明外围护结构应具有良好的热惰性。重质围护结构的热惰性 D 不应低于 2.5。

【条文说明】

非透明外围护结构的隔热性能一方面降低室内的负荷与能耗，另一方面降低外围护结构内表面的辐射温度，避免夏季室内过热，提升居住舒适度。非透明外围护结构的隔热性能设计应以项目当地的气温与太阳辐射条件为基础，其中太阳辐射条件更为重要。

通常，包含保温层与结构层的外墙及屋面构造已具备一定的隔热性能，然而在夏季阳光较强烈的地域，尤其微气候 A 区和 B 区，应进一步综合运用两类隔热策略：①削弱围护结构内表面的温度波动并延迟围护结构内表面温度峰值出现的时间；②减少围护结构外表面对太阳辐射的吸收，即降低围护结构外表面的综合温度。

第①类策略是指非透明外围护结构的基层实墙或屋盖宜采用热惰性较大的结构，增强结构蓄热性能，削减室内温度的波动幅度，有利于室内热环境的稳定。在微气候 A 区和 B 区，南、北向外墙构造的热惰性不宜低于 2.5，东、西向外窗构造的热惰性建议达到 3.0，屋面构造的热惰性不宜低于 3.0。

第②类策略可采用的形式有：

- 1) 采用太阳辐射吸收系数  $\rho$  较低的外墙及屋面外饰面层，以  $\rho \leq 0.50$  且不会造成室外光污染为佳，宜与高热惰性墙体或屋面构造搭配设计；
- 2) 设置背通风干挂外墙及通风屋面，把太阳辐射阻挡在墙体或屋面的外表面之外，让外挂板吸收的太阳辐射热量被流通的气流及时带走；
- 3) 如果条件合适，可设置墙体绿化、阳台绿化、屋顶绿化，吸收部分太阳辐射。绿化屋面的热阻和惰性指标、垂直绿化墙面的外表面温度可按《民用建筑热工设计规范》[GB50176]的规定计算。

非透明外围护结构隔热性能设计应经过模拟验证。其控制指标是外围护结构内表面温度与室内空气温度的温差  $\Delta t_x$ ，其策略应通过性能化模拟计算的验证才能确定。外墙内表面最高温差控制应符合下表要求：

表 5.4.6-1：外围护结构内表面温度与室温之差  $\Delta t_x$

部位	重质外围护结构 ( $D \geq 2.5$ )	轻质外围护结构 ( $D < 2.5$ )

外墙	≤2	≤3
屋面	≤2.5	≤3.5

$t_{e,max}$ ——累年日平均温度最高日的最高温度；

D——热惰性指标。

**5.4.7** 外墙及屋面的外饰面应采用太阳辐射吸收系数  $\rho$  较低的材料，太阳辐射吸收系数  $\rho$  不宜高于 0.50。

**【条文说明】**

通常情况下，外饰面涂料明度越低，可见光与近红外辐射的反射率越低，涂料的隔热效果越差。白色反射隔热涂料的反射率最大，可达到 90%，相当于深咖啡色涂料的四倍。

抛光的外饰面反射率较高，但也容易造成光污染，设计时应予以注意。

不同外饰面层类型、表面性质及颜色如下表所示：

表 5.4.7-1：不同外墙外饰面层的太阳辐射吸收系数

面层类型	表面性质	表面颜色	太阳辐射吸收系数 $\rho$
抛光率反射体片	-	浅色	0.12
硅酸盐砖墙	不光滑	黄灰色	0.45~0.50
石灰粉刷墙面	光滑	白色	0.48
白水泥粉刷墙面	光滑	白色	0.48
浅色饰面砖	哑光	浅黄、浅白	0.50
硅酸盐砖墙	不光滑	灰白色	0.50
浅色涂料	光亮	浅黄、浅红	0.50
水泥粉刷墙面	光滑、新	浅灰	0.56
砂石粉刷面	-	深色	0.57
水泥拉毛墙	粗糙、旧	米黄色	0.65
混凝土砌块	-	灰色	0.65
水刷石墙面	粗糙、旧	浅色	0.68
红砖墙	旧	红色	0.70~0.78
混凝土墙	平滑	深灰	0.73
红涂料、油漆	光平	大红	0.74

棕色、绿色喷泉漆	光亮	中棕、中绿色	0.79
----------	----	--------	------

表 5.4.7-2: 不同屋面外饰面层的太阳辐射吸收系数

面层类型	表面性质	表面颜色	太阳辐射吸收系数 $\rho$
灰瓦屋面	旧	浅灰	0.52
白石子屋面	粗糙	灰白色	0.62
绿豆砂保护屋面	-	浅黑色	0.65
红褐陶瓦屋面	旧	红褐	0.65~0.74
水泥瓦屋面	-	深灰	0.69
浅色油毡屋面	不光滑、新	浅黑色	0.72
水泥屋面	旧	素灰	0.74
石棉水泥瓦屋面	-	浅灰色	0.75
绿色草地	-	-	0.78~0.80
黑色油毡屋面	不光滑、新	深黑色	0.86

**5.4.8** 在微气候 A 区和 B 区，东、西立面可考虑结合外饰面效果采用外墙干挂背通风构造。外挂板与外保温之间留有不宜低于 50 cm 的通风空腔。上下排的外挂板之间的连接处应有通风设计。外挂板可以是干挂石材、金属板、陶板等；外保温应采用 A 级不燃材料。

**【条文说明】**

干挂背通风构造的拔风效果应经过模拟验证。拔风高度不宜太大，宜每过 1~2 层就设置拔风出口。

**5.4.9** 微气候 A 区和 B 区宜设置通风屋面。

- 1 架空通风层的净高宜在 180~300 mm 间。
- 2 通风屋面不应铺设在距女儿墙内侧 600 mm 的范围内。
- 3 通风屋面宽度大于 10 m 时，应设计通风屋脊。

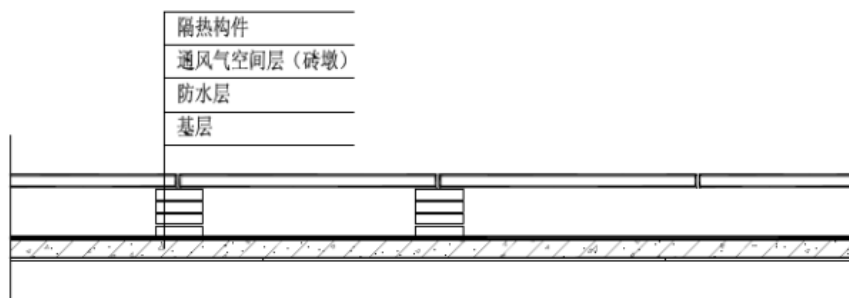


图 5.4.9-1: 通风屋面构造示意

**5.4.10** 在能耗分户可控的前提下，层间楼板的传热系数宜控制在  $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  以内；分户隔墙、公区隔墙的传热系数宜控制在  $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  以内。进户门气密性不宜低于 4 级，传热系数不宜高于  $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，宜采用满足此要求的防火防盗门产品。

**【条文说明】**

在能耗分户可控的前提下，通过控制层间、户间、户与公区间的内围护系统的保温性能，减少本户热量向邻户或公区传导，可减少负荷目的，同时有助于室内温度梯度稳定。保温性能良好的内围护构造亦有隔声降噪之效果。

层间楼板的具体配置可考虑楼板上铺装挤塑板或保温隔声板，亦可结合地暖、毛细管等辐射空调末端综合设计。通常情况下，保温隔声板至少 15 mm 厚，挤塑板至少 2 cm 厚。

分户隔墙、公区隔墙宜采用无机轻集料保温砂浆，分别抹在隔墙两侧。

集合住宅的进户门既是内围护保温系统的组成部分，同时也起到阻断户内与公区空气交换的作用。进户门通常为防火防盗门，这种产品的气密性不会很高，而且在夏热冬冷气候区也没必要很高，通常不低于 4 级即可。

## 5.5 外门窗设计

**5.5.1** 不同微气候区的外窗整窗传热系数推荐如下表所示：

表 5.5.1-1: 各微气候区的外窗整窗传热系数

微气候区	推荐参数
A	$\leq 2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
B、D	$\leq 1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
C	$\leq 2.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**【条文说明】**



本节分为“外窗设计”(5.5.1~5.5.8)与“单元门设计”(5.5.9~5.5.12)两部分。其中, 5.5.1~5.5.4是关于外窗的初步设计, 5.5.5~5.5.8是关于外窗的施工图设计和专项设计。

在夏热冬冷气候区, 外窗(含阳台门)承担采光、透视、保温、得热、隔声与自然通风六项功能, 是被动式建筑中最复杂的系统。

外窗保温性能的设计应以当地的气温条件为基础。在夏热冬冷气候区, 整窗传热系数的快速判断亦可采用“参照建筑法”。

设南京的参照项目的外窗整窗传热系数为  $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。根据气象数据, 南京(微气候 B 区)的冬季室外最低气温为  $-5.6^\circ\text{C}$ , 成都(微气候 C 区)的冬季室外最低气温为  $-0.9^\circ\text{C}$ , 重庆(微气候 A 区)的最冬季室外最低气温为  $3.4^\circ\text{C}$ 。冬季室内气温为  $20^\circ\text{C}$ , 则对应的成都项目外窗整窗传热系数为  $1.6 \times 25.6 \div 20.9 = 2.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , 对应的重庆项目外窗整窗传热系数为  $1.6 \times 25.6 \div 16.6 = 2.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

体形系数与窗墙比的大小也会影响外窗的性能参数。正文里的传热系数推荐是基于体形系数 0.40 左右、南向窗墙比 30%~40%、北向窗墙比 20%~30%的情况。

外窗(含阳台门)型材应采用穿条式或 PU 断桥铝合金型材、PVC 塑料、木及铝木复合等保温性能良好的材料。目前市面上性能较好的常规外窗型材的传热系数通常不会高于  $2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

微气候 B 区和 D 区项目的窗玻构造宜采用三玻两腔的构造, 至少有一面镀 Low-E 膜。微气候 A 区和 C 区的项目宜采用双玻中空的构造, 腔层宜不小于 15mm, 镀 Low-E 膜。窗玻空腔内可填充氩气等惰性气体, 亦可抽成真空, 从而可实现更好的保温性能。

在优化整窗性能的过程中, 型材传热系数(K值)与玻璃传热系数(U值)应协同改善、均匀调整, 以避免项目为实现整窗性能一味提升玻璃或一味提升型材的性能, 从而导致整窗性能不均衡, 甚至造成外窗内表面局部温差超过 3K、冷风回流等问题。

## 5.5.2 不同微气候区的窗玻 g 值推荐如下表所示:

表 5.5.2-1: 各微气候区的窗玻 g 值

微气候区	推荐参数
A	0.35~0.55
B	0.35~0.50
C	0.40~0.55
D	0.40~0.50

【条文说明 1】

外窗得热性能的设计应以当地太阳辐射条件以及场地光环境模拟结果为基础。

窗玻  $g$  值的取值应兼顾夏季遮阳与冬季得热。由于总可以添加外遮阳减少夏季的太阳得热，窗玻  $g$  值主要反映出的是冬季得热的能力，这对于降低冬季能耗尤其重要。

住宅建筑的窗玻  $g$  值不宜低于 0.35，不然玻璃看上去太暗了，视野和观感都不佳。

#### 【条文说明 2】

从外围护系统的角度减少供暖年耗热量的优化思路分两种，即增强保温或增大得热，前者指降低外墙和外窗的传热系数，后者指提升窗玻的  $g$  值。两者亦可结合。提升窗玻的  $g$  值不仅降耗效果显著，而且几乎没有增量成本，应是在微气候 B 区首先予以考虑的优化手段。

倘若提升窗玻  $g$  值仍然不能达到既定的能效目标，宜考虑降低外窗  $K$  值。该手段会带来一定的成本增量，但不会影响得房率；此外，外窗性能的改善对业主而言是个可感知的品质提升（更好的保温性能、更好的隔声性能以及从双玻中空提升为三玻两腔），价值显著。

当上述两种手段的采用均不能使供暖年耗热量达到既定的能效目标时，降低外墙  $K$  值是最后采用的手段。该手段会造成外墙保温的增厚，从而降低得房率，成本有增量，而且业主难以感知，是价值不高的手段。

在微气候 A 区和 C 区，提升  $g$  值不会降低太多冬季能耗需求，设计时应优先考虑外围护结构的保温性能。

#### 【条文说明 3】

窗玻的  $g$  值与窗玻的  $U$  值存在一定的关联性，但是两者的取值不能直接对应。就现有技术而言，即使  $U$  值很低的窗玻产品也能够实现较高的  $g$  值，譬如  $U$  值  $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 、 $g$  值 0.55 的窗玻产品是存在的，但囿于当前常规的技术水准，这样的产品是罕见的高性能产品，而且成本高于常见产品。出于经济性的考虑，设计阶段确定  $U$  值时，应考虑其较易实现的  $g$  值是有上限的；反之，当  $g$  值已确定时，应考虑其较易实现的  $U$  值是有下限的。

表 5.5.2-2：不同窗玻  $U$  值对应的常见窗玻  $g$  值范围

$U$ 值	$g$ 值
$2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.40~0.70
$2.2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.40~0.65
$2.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.35~0.65
$1.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.35~0.60
$1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.30~0.60

1.4 W/(m <sup>2</sup> K)	0.30~0.55
1.2 W/(m <sup>2</sup> K)	0.30~0.45
1.0 W/(m <sup>2</sup> K)	0.25~0.45

上表仅供参考，虽然有助于快速推进热工设计，但不能据此就简单排除采用高性能的优秀产品的可能性。

微气候 B 区有比较丰富的冬季日照，应充分利用，在已设置活动式外遮阳卷帘的前提下，可考虑采用高透玻璃。微气候 C 区冬季日照较少，在已存在外遮阳措施的前提下，宜提升 g 值，宜采用高透玻璃，不宜做双 Low-E。微气候 A 区冬季阳光很稀缺，但对保温要求通常不高，在已存在外遮阳措施的前提下，通过放宽 U 值，有条件实现更高的窗玻 g 值。

在场地光环境模拟结果的基础上，冬季受遮挡较多的楼层可考虑适当提升窗玻的 g 值与可见光透射比。

**5.5.3** 外窗（不含阳台门）气密性不应低于 7 级，抗风压性不应低于 7 级，开窗宜采用内平开或内开内倒方式。阳台门气密性不应低于 6 级，抗风压性不应低于 6 级，推荐采用提升推拉门。

**【条文说明】**

外窗气密性、抗风压性、开启方式的设计应以当地风速条件以及场地风环境模拟结果为基础。气密性设计应同时考虑当地的温度条件。

中挺开扇外窗密闭性较差，不推荐采用。

在场地风环境模拟结果基础上，承受较大立面风压差的外窗可考虑提升气密性等级。

阳台门宜在提升推拉门与外平开门之间选择。提升推拉门的气密性好于外平开门，但成本高昂。从功能上考虑，阳台门的宽度如果超过 2.4 米，宜采用提升推拉门；如果不超过 2.4 米，宜采用外平开门，开启侧应为非使用空间。

**5.5.4** 外窗水密性应不低于 5 级，隔声性应不低于 3 级。

**5.5.5** 本气候区的外窗（含阳台门）宜采用框外皮与结构外皮平齐的安装方式。

- 1 外保温包覆部分窗框，减少安装产生的线热桥。
- 2 外平齐安装节点的设计应注意防水的处理，宜安装防水透汽膜。

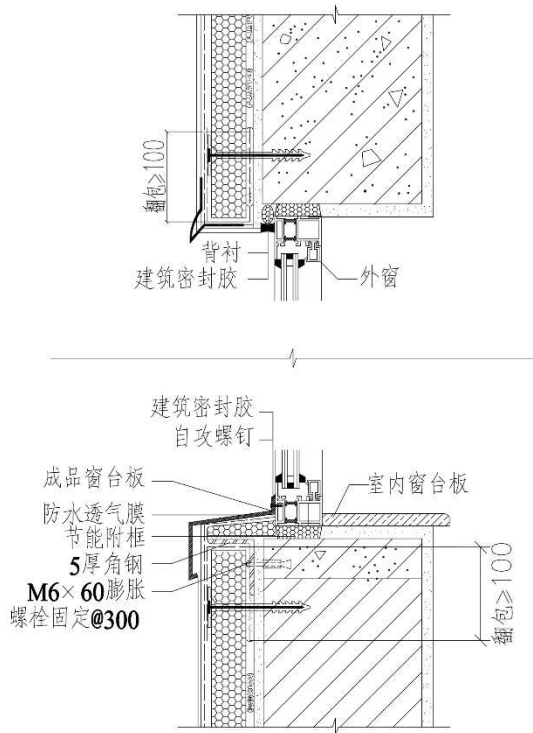


图 5.5.8-1: 外平齐外窗安装节点建议

【条文说明】

源自中欧的经典被动房主张外窗外挂安装，旨在减少安装热桥，使外保温与外窗构成连续的保温层。对于寒冷气候带而言，这样的做法是有意义的。

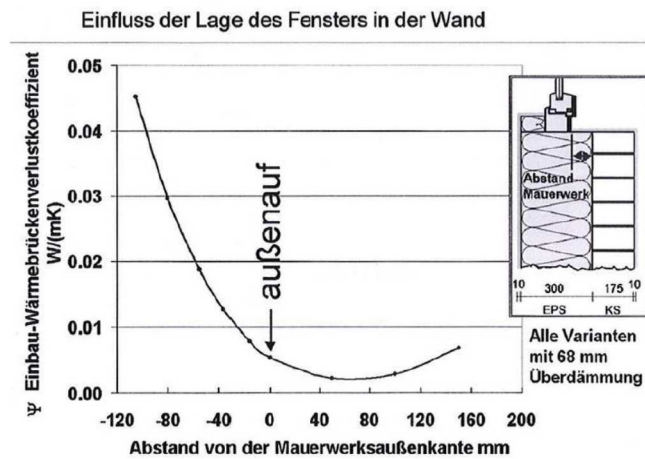


图 5.5.8-2: 外窗安装位置与安装线热桥  $\psi$  的关系 (来源: PHI 讲义)

从上图可知,在寒冷气候条件下,外挂安装可将外窗安装造成的线热桥  $\psi$  降低到 0.01 W(m/K) 以下。这还不是可达到的最小值,只有把外窗安装到外保温的中央时,线热桥才达到最小。由于寒冷气候条件下被动房的外保温厚度通常在 20 cm 以上,把外窗安装在其中需要把外窗用更大的角钢或大木方等构件进一步外推,这会增加成本,而且改善不大。所以,外挂安装是性

价比较高的做法。

但是，在夏热冬冷气候区，外挂安装显得不再必要。由于冬季气温较高，安装线热桥  $\psi$  小于寒冷气候区，影响有限。所以，外齐安装辅以外保温包框(covering)的做法，可以抵消安装线热桥  $\psi$  的增量。

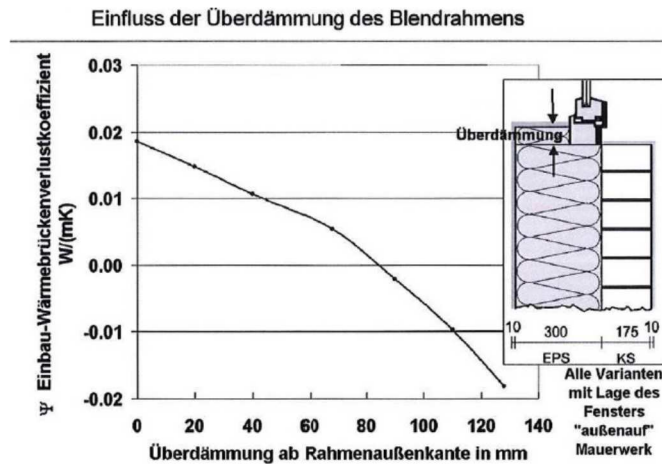


图 5.5.8-3: 外保温包框量与安装线热桥  $\psi$  的关系 (来源: PHI 讲义)

**5.5.6** 外窗应采用耐久性良好的密封材料，宜采用多道密封结构，主密封胶条宜使用复合型 EPDF 胶条。

**5.5.7** 五金配件应具有与外窗同寿命的耐久性。大型窗扇应配置转角传动器、合页中间锁与延长杆。过高的平开窗扇（譬如超过 1 m）应增加中间合页。两个锁点（包括合页）之间的距离不应超过 700 mm，距窗框拐角点的 100 mm 以内应有锁点。

**5.5.8** 外窗台应设置窗台板，窗台板应设置滴水线。窗台板与窗框之间应有结构性链接，并在现场施工时，为保温方进行窗台板的周边密封处理。

**5.5.9** 单元门保温性宜与外窗一致，避免结露现象；气密性不应低于 6 级，水密性不应低于 5 级，抗风压性不应低于 6 级，隔声性不应低于 3 级。

#### 【条文说明】

单元门连接单元公共区域与室外，是建筑不间断的围护保温系统的组成部分。单元门应防盗、防雨、防风，保温性与气密性良好，无结露现象。

单元门因多为外开对开结构，所以气密性、水密性都弱于内开窗结构的性能，性能要求有所降低。

**5.5.10** 本气候区的单元门宜与外窗一样采用外平齐的安装方式。

**5.5.11** 微气候 B 区和 D 区的单元门可考虑设置门斗，保障公共区域的气密性。门斗门

的保温性能与气密性宜与单元门保持一致。

**5.5.12** 单元门宜设置闭门器，保证建筑保持封闭空间，提高建筑的气密性、保温效果与安防效果。

## 5.6 外遮阳设计

**5.6.1** 外遮阳的设计应优先满足主卧的遮阳需求，其次满足客厅、餐厅、次卧、书房的遮阳需求，卫生间、厨房、公共交通区等次要的功能空间不必设置外遮阳。

### 【条文说明】

在夏热冬冷气候区，外遮阳通常是外窗的附属设施，承担遮阳、调光与遮视三项功能，对被动区内的室内环境舒适度与建筑能耗有重要影响。

当下列情况中的一种或多种同时出现时，可认为存在明显的遮阳需求：

- 1) 有直射阳光进入室内且室内体感温度超过  $26^{\circ}\text{C}$ ；
- 2) 有直射阳光进入室内且窗洞接受的法相辐射强度超过  $230\text{W}/\text{m}^2$ ；
- 3) 有直射阳光进入室内且进深超过  $0.5\text{m}$ ；
- 4) 有直射阳光进入室内且持续时间超过 1 小时。

**5.6.2** 外遮阳的设计应与其所相关的外窗设计结合考虑。阳台或周边建筑、植被、地形造成的对外窗及阳台门的遮挡都属于考察外窗综合 SHGC 值的要素。不同微气候区的外窗综合 SHGC 值推荐如下表所示：

表 5.6.2-1：各微气候区的外窗综合 SHGC 值

微气候区	南向		东西向	
	冬季综合 SHGC	夏季综合 SHGC	冬季综合 SHGC	夏季综合 SHGC
A	$\geq 0.35$	$\leq 0.25$	$\geq 0.35$	$\leq 0.20$
B	$\geq 0.35$	$\leq 0.25$	$\geq 0.35$	$\leq 0.20$
C	$\geq 0.40$	$\leq 0.30$	$\geq 0.40$	$\leq 0.20$
D	$\geq 0.40$	$\leq 0.30$	$\geq 0.40$	$\leq 0.20$

### 【条文说明】

此处的综合 SHGC 值是援引《近零能耗建筑技术标准》[GB/T51350-2019]中的定义。倘若采用传统的 SC 值，则正文中的表可变更如下（仍以 0.05 为步长）：

表 5.6.2-1: 各微气候区的外窗综合 SC 值

微气候区	南向		东西向	
	冬季综合 SC	夏季综合 SC	冬季综合 SC	夏季综合 SC
A	$\geq 0.40$	$\leq 0.30$	$\geq 0.40$	$\leq 0.25$
B	$\geq 0.40$	$\leq 0.30$	$\geq 0.40$	$\leq 0.25$
C	$\geq 0.45$	$\leq 0.35$	$\geq 0.45$	$\leq 0.25$
D	$\geq 0.45$	$\leq 0.35$	$\geq 0.45$	$\leq 0.25$

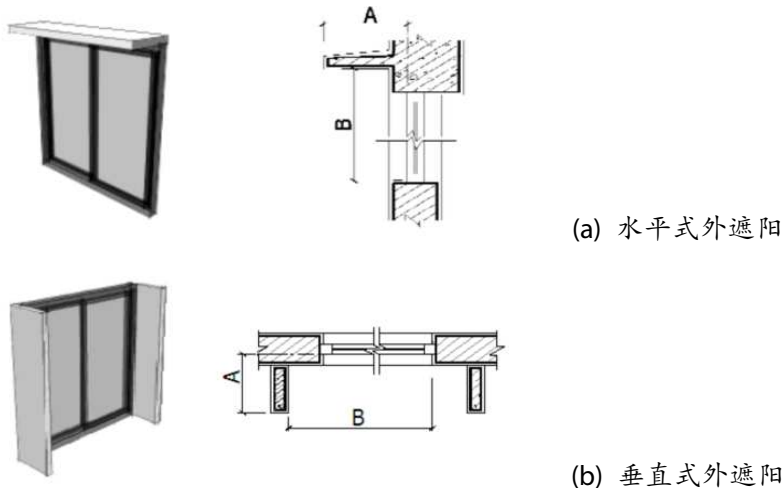
5.6.3 固定式外遮阳推荐形态如下:

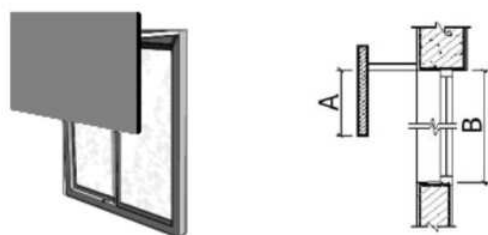
- 1) 南向可考虑设置水平式外遮阳;
- 2) 东偏南、西偏南向可考虑设置水平式加单侧垂直式的综合外遮阳;
- 3) 正东、正西向可考虑设置挡板式外遮阳;
- 4) 东偏北、西偏北向可考虑设置单侧垂直式外遮阳。

【条文说明】

外遮阳的形式可分为固定式和活动式两大类。两者适用性应结合建筑外观、外窗朝向与第 5.6.2 条推荐的综合 SHGC 值判定。

固定式外遮阳是将建筑的天然采光、遮阳、与建筑物融为一体的外遮阳系统，包括水平式外遮阳、垂直式外遮阳、挡板式外遮阳、综合外遮阳等具体形态。阳台、外廊、装饰挑板等皆可视为水平式外遮阳。挡板式外遮阳对视野影响较大，应谨慎采用。





(c) 挡板式外遮阳

图 5.6.3-1: 不同形式的固定式外遮阳

固定式外遮阳的配置设计应综合考虑建筑物所处的纬度、朝向、太阳高度角和方位角以及有遮阳需求的时段的分布。固定式外遮阳的外挑尺寸应设计合理，在夏季遮阳与冬季采光、得热之间形成最优化的平衡。不同的固定式外遮阳形态可根据需要自由组合成综合外遮阳，扩大其使用范围和使用时间，营造丰富的立面效果。

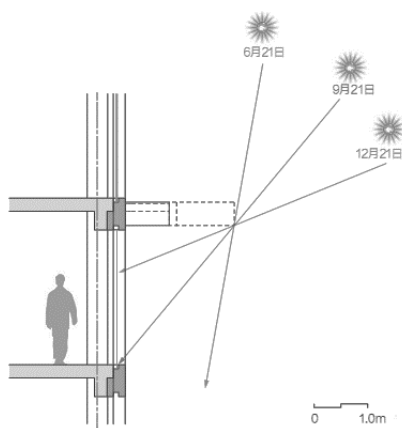


图 5.6.3-2: 固定式水平外遮阳的出挑深度与不同季节太阳高度的关系

活动式遮阳适用于有遮阳需求的所有朝向。用户可根据太阳高度、方位以及室外天气情况自动或手动调节遮阳状态，满足光、热环境需求以及节能需求。活动式外遮阳主要有金属外遮阳卷帘、金属外遮阳百叶、织物外遮阳卷帘、伸缩式遮阳篷、曲臂式遮阳篷等具体形态。中空玻璃内置百叶是一种特殊的活动式外遮阳形态。

**5.6.4** 外遮阳配置设计应优先考虑设置固定式外遮阳的用户价值及其技术可行性，尤其洋房、别墅类的多层住宅项目。

**【条文说明】**

固定式外遮阳与活动式外遮阳不仅具有不同的外观形式，也可能造成不同的综合 SHGC 值，两者的客户价值也不同，而客户价值是设计时应首要考虑的。

固定式外遮阳可在不影响视野的条件下形成持续的遮挡，不需要手动或电动的控制，可在外立面形成丰富的建筑语言表达，但是其遮阳效果通常很难优于活动式外遮阳，而且特定的固



定式外遮阳适合应用的朝向有限。

活动式外遮阳可视为遮阳措施的“兜底手段”，总能实现需要的遮阳效果。其缺点在于遮阳影响视野，并且需要控制手段。

考虑到对建筑设计丰富性的鼓励以及节约成本的需求，活动式外遮阳卷帘不宜总是作为最推荐的解法。所以，在设计阶段，尤其针对洋房类、别墅类等对外观设计要求较高居住建筑项目，应首先考察固定式外遮阳应用的可能性。倘若固定式外遮阳的采用无法保障能效，则应采用活动式外遮阳。

**5.6.5** 活动式外遮阳卷帘的设置应兼顾建筑高度与所在区域的季风风力因素，论证产品的抗风性能。

**【条文说明】**

在不考虑市面上稀见产品的前提下，活动式外遮阳金属卷帘的抗风压性能不宜低于5级，即800 Pa；当外遮阳金属卷帘应用于高度35 m以上高层建筑时，应进行专业的抗风设计验算，单幅卷帘的宽度不应超过2.4 m，高度不应超过3 m。高度35 m以上的建筑不宜使用外遮阳织物卷帘、外遮阳金属百叶与曲臂式遮阳篷。

**5.6.6** 活动式外遮阳卷帘应采用电力驱动，管线穿墙应内高外低；宜采用复合导轨。

**【条文说明】**

手动式外遮阳卷帘的驱动要求在外围护结构开孔，而且孔不能封堵，所以此处产不封闭，影响建筑气密性。所以，活动式外遮阳卷帘应选择电动产品，通向室外的电机线管应做有效的隔热、隔汽和防水封堵。

导轨宜采用约60 mm宽的复合导轨，壁厚应不低于2.0 mm。导轨内部有硅化毛条或橡胶件。

## 5.7 热桥处理

**5.7.1** 在夏热冬冷气候区，“无热桥”不是必须追求的目标。在设计阶段，应从防结露、能效以及成本三方面综合考虑热桥的设置与控制，其中防结露是热桥处理的首要目标。

**【条文说明】**

处理建筑热桥的目标是控制通过热桥的室内外热量交换，一方面起到防结露的作用，另一方面降低建筑的能耗需求。热桥处理的策略应以当地的温度条件为基础。

如何在实现人居价值、能效与合理成本的基础上控制热桥，比追求极致的无热桥更重要。

### 5.7.2 外墙构造热桥处理应着重关注保温搭接方式、锚栓数量、刺穿保温层部位支架断热、穿墙管道保温。

1 外墙保温应避免保温材料间出现通缝。本气候区的外墙保温宜尽量考虑单层且采用锁扣方式连接。

2 确定单位面积保温层锚栓数量时，应做热桥效应的验算。

3 倘若设计要求必须在外墙上固定导轨、龙骨、支架等可能导致热桥的装饰幕墙支撑结构时，应在外墙上预埋断热桥的锚固件或设置小尺寸的点状挑梁，并尽量采用减少接触面积、增加断热间层以及使用非金属材料等措施降低热传导损失。

4 管道穿外墙部位应预留套管并预留足够的间隙以供保温填充。

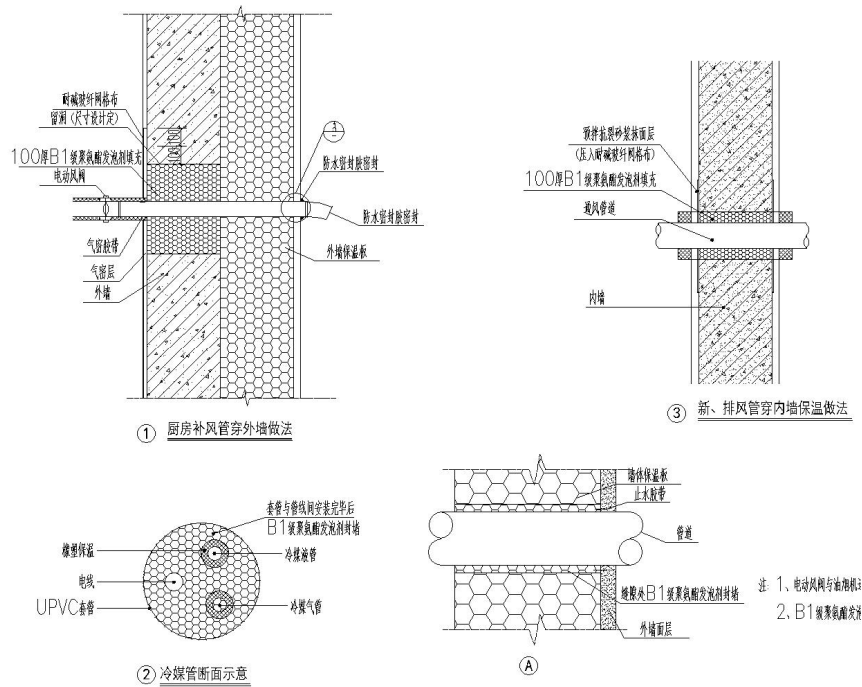


图 5.7.2-1：管道穿外墙部位的热桥处理

### 5.7.3 屋面构造热桥处理应着重关注保温层连续性、防水隔气层设置、女儿墙突出面保温层连续铺设、刺穿保温层部位支架断热、外排水以及管道贯穿屋面部位保温，不应出现结构性热桥。

1 屋面保温层应与外墙的保温层连续，避免出现构造性热桥。

2 屋面保温层靠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；屋面结构层上，保温层下应设置隔汽层；屋面隔汽层设计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。

3 对于女儿墙等凸出屋面的结构，其保温层应与屋面、墙面保温层连续，厚度宜与屋面、墙面的保温层厚度一致，避免出现构造性热桥。女儿墙亦可考虑采用专用断热构件断热。

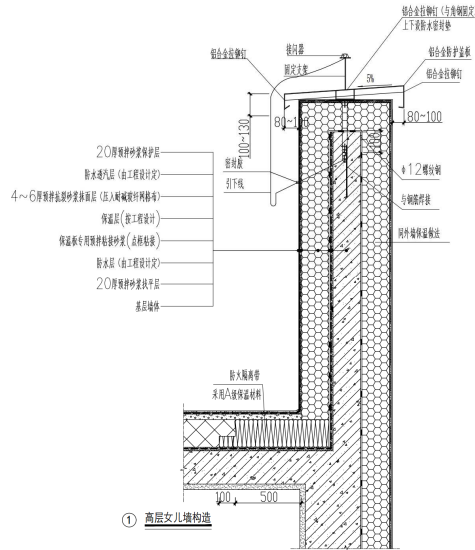


图 5.7.3-1：外保温对女儿墙的包覆（主要适用微气候 B 区、C 区、D 区）

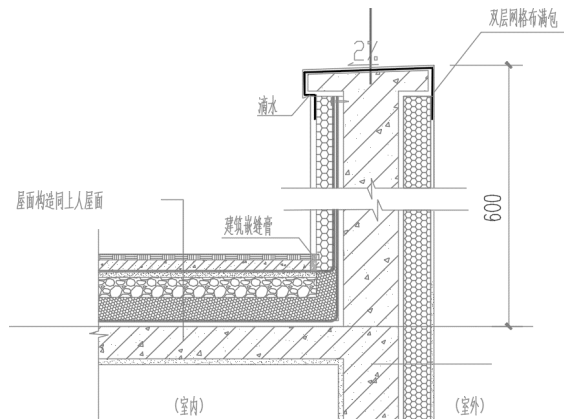


图 5.7.3-2：外保温对女儿墙的包覆（主要适用微气候 A 区）

4 女儿墙、风道出风口等薄弱环节宜设置金属盖板，提高其耐久性。金属盖板与结构连接的部位应采取断热桥措施。

5 设计应尽量采用外排水。内排水是很强的热桥，必须做足够保温，相当于增加成本与热桥风险。

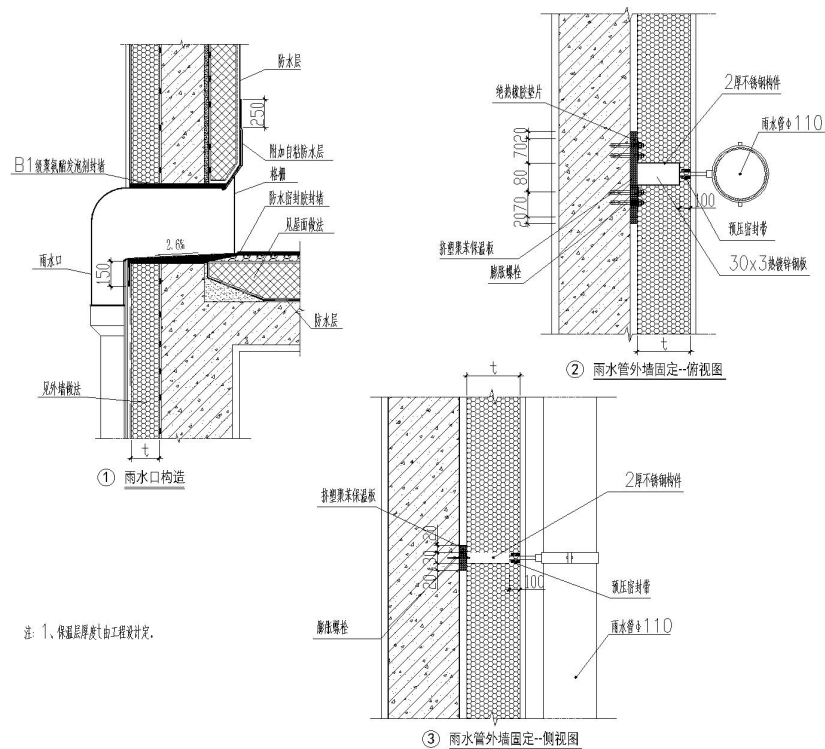


图 5.7.3-3：外排水热桥处理示意图

6 管道贯穿屋面的部位应符合下列要求：预留洞口应大于管道外径，并满足相应的保温厚度要求；伸出屋面外的管道应设置保护套管；套管与管道间应设置保温层，尽量使侵入管道的冷量在进入外围护结构面之前就被抵消。

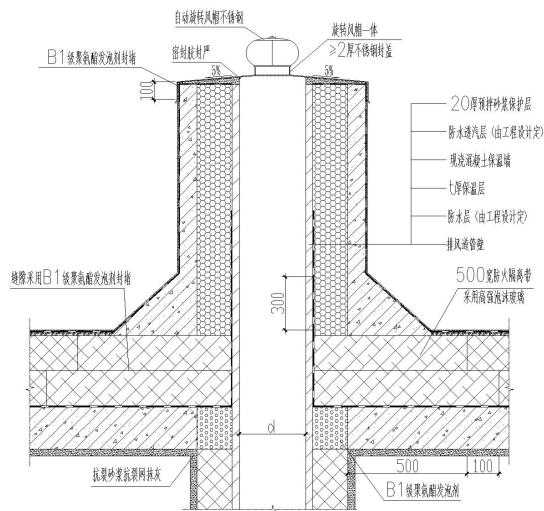


图 5.7.3-4：通风道出屋面隔热桥构造

**5.7.4** 首层地面保温构造热桥处理应区别有无地下室以及地下室是否处于被动区内的情况。

1 如果地下室不在被动区内，地下室顶板的保温宜铺设于首层楼板地面，地下室

外墙应从溅水区上沿（室外地面以上至少 30 cm）向下铺设约 1 米的均质连续的保温材料，避免外墙、地面交接处的构造性热桥。选择保温材料时应注意防水处理。

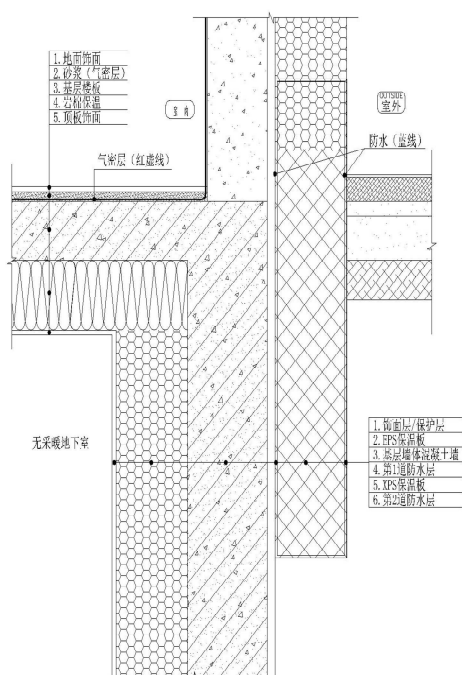


图 5.7.4-1：非采暖地室外墙保温

2 如果楼栋无地下室，首层地面的保温宜位于底板下方且与外墙保温连续，避免出现构造性热桥。选择保温材料时应注意防水处理。

**5.7.5** 外门窗安装热桥处理应着重处理框体外保温、副框热性能、窗框台板气密性、门槛断热桥。

- 1 部分框体宜受外墙外保温包覆。
- 2 如果选择带副框式安装，副框导热系数应不大于 0.2 W/(mK)。
- 3 窗台板与窗框之间应有结构性链接，用密封材料密封严实。
- 4 外门门槛应采用断热桥的构件。

**5.7.6** 玻璃幕墙热桥着重处理盖板与龙骨间断桥以及其气密性。

- 1 龙骨式玻璃幕墙的盖板与龙骨之间应做断桥处理。
- 2 玻璃与盖板、龙骨之间的缝隙应采用耐久性良好的密封材料密封严密。

**5.7.7** 活动式外遮阳卷帘或百叶热桥着重处理罩壳与外墙之间保温材料空间预留、固定位置的断桥、罩壳本身热性能。

1 卷帘罩壳内侧与外墙之间应留有不低于 30 mm 的空间用于填充保温材料，避免构造性热桥。此处的保温应与建筑整体保温连续。

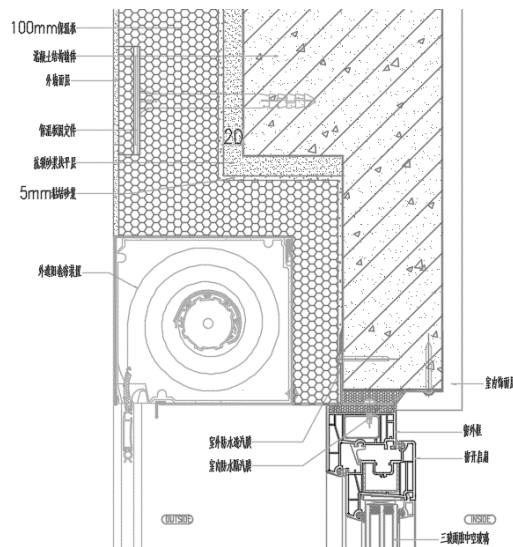


图 5.7.7-1: 外遮阳卷帘上口断热节点

- 2 卷帘罩壳宜通过角钢固定在断热垫块上，断热垫块再固定在实墙上。
- 3 亦可考虑把金属卷帘罩壳换成专门的硬质 EPS 罩壳。

**5.7.8** 悬挑阳台及设备平台跟主体结构连接处，其保温层应与屋面、墙面保温层连续，不得出现结构性热桥。金属构件连接处应使用断热桥设计或保温措施。

- 1 悬挑阳台板宜仅用两三个挑梁或者直接采用专用断热构件与主体结构连接，避免外墙保温层的中断。

- 2 如果本条第 1 款所述方法的条件不具备，宜用 2~3 cm 厚的保温板包裹覆盖悬挑阳台板：

- 3 别墅、多层居住建筑的阳台宜尽量做自承重框架式阳台设计，但应注意阳台框架与建筑主体外墙的连接产生的热桥，计算其数量与热桥效应，尽量采用断桥产品。

- 4 设备平台有三种减少热桥的处理方式：

- 1) 通过断热预埋件挑出角钢，在角钢上固定空调室外机或太阳能集热板；
- 2) 通过专用断热构件连接设备平台与主体结构；
- 3) 用 2~3 cm 左右厚的保温板包裹覆盖，伸出钢结构支架固定空调室外机或太阳能集热板。

**5.7.9** 屋面太阳能热水器、光伏的支架应做好断热处理。如果支架为混凝土墩，应让 2~3 cm 厚的保温材料包裹混凝土墩，同时做热桥计算，优化混凝土墩的高度与截面面积；如果支架为金属支架，应在支架下方做断热处理。

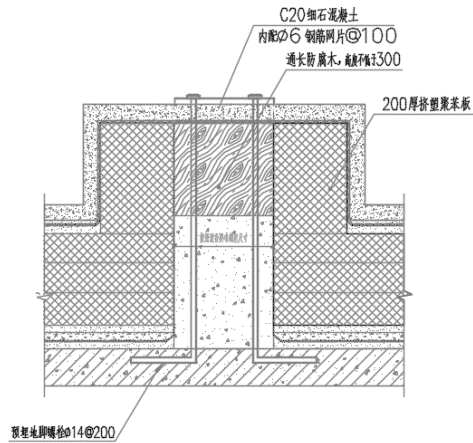


图 5.7.9-1：屋面设备支架断热示例

## 5.8 气密性设计

**5.8.1** 被动式建筑的整体气密性以渗透风室内外 50 Pa 压差下的渗透风换气次数为指标，推荐指标  $n_{50}$  为  $1.0\sim 1.5\text{ h}^{-1}$ 。

### 【条文说明】

建筑气密性对于实现被动式建筑的价值目标非常重要。良好的建筑气密性可减少冬季的冷风渗透，降低夏季非受控通风导致的供冷需求增加，避免湿气侵入造成的建筑发霉、结露和损坏，减少室外噪声和空气污染等不良因素对室内环境的影响，提高居住者的生活品质。

建筑气密性设计以室外温湿度和风速条件为基础。在冬季寒冷的地域，建筑气密性应增强，减少渗透风造成的对流热损失，从而降低供暖、加湿的能耗需求；夏季炎热、高湿的地域同理。在风速、风压较大的地域，建筑气密性应增强。

即使建筑单体的被动区外围护的构造完全一致，如果高楼层承受较大的风压差，分别位于高、低楼层的相同户型可能会呈现出有明显差距的渗透风换气次数。相关楼层可考虑适当强化气密性设计。

**5.8.2** 连续的气密层通常由混凝土墙体、外墙内侧抹灰层、外门窗与防水隔汽膜组成。

- 1 只有不低于 20 mm 厚的内抹灰层才能保障气密性。
- 2 外门窗气密性不低于 7 级。

3 在项目满足能耗目标要求的前提下，如果外门窗自身气密性高且封堵得当，外窗安装进窗洞口时，不一定需要安装防水隔汽膜，从而节省成本。防水隔汽膜可优先应用于承受较大风压的楼层的气密性增强。

4 围护结构洞口、电线盒与管线贯穿处等部位的气密性节点设计应配合产品和安装方式完成。

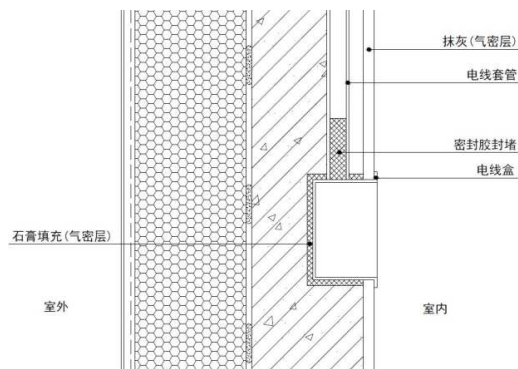


图 5.8.2-1: 穿墙接线盒气密性构造节点做法

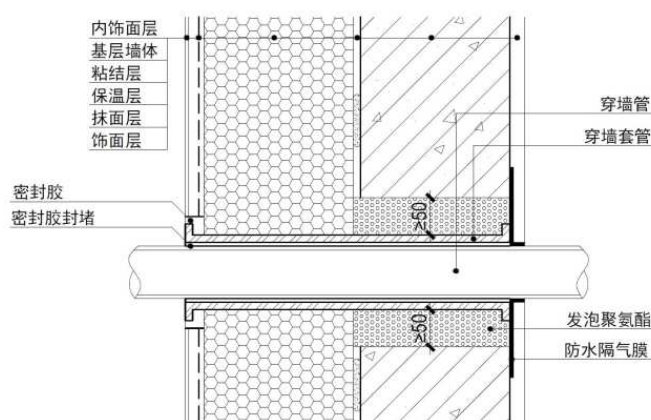


图 5.8.2-2: 穿墙管气密性构造节点做法

## 5.9 暖通系统设计

**5.9.1** 被动式建筑项目的暖通系统设计应首先考虑总体的系统方案，主要包括系统形式、能源端形式、末端形式与新风系统形式。总体方案应根据当地能源情况、能源的高效利用、居住者使用模式等因素，经技术、经济、节能综合分析比较后确定，并考虑设备与建筑的结合。

1 在方案设计阶段，应明确：①采用集中式、半集中式还是户式系统；②能源端、末端、新风系统的类型；③空调末端与新风末端的控制模式，以及气流组织形式；④设备系统对建筑平面、立面与层高的影响。

2 在初步设计阶段，应明确：①机房或设备平台的位置和尺寸；②大致的管线走向；③吊顶、降板、穿梁等建筑预留条件。



3 在施工图设计阶段，应明确：①所以设备的选型；②空调末端、新风末端的具体排布及其与建筑的结合；③管线的具体排布及其与建筑的结合；④降噪做法。

**5.9.2** 空调冷热源宜选用热泵类设备，可采用多联式空调（热泵）机组、风冷热泵型冷热水机组等类型产品；如果场地的地理环境条件适合，宜采用地源热泵、水源热泵系统。针对不同的项目定位，热泵类系统的具体形式宜参考以下建议：

1 如果项目定位为中端并且户内供暖、供冷负荷有限，可考虑选用户式能源环境一体机作为空调设备，功能集成，系统简洁。

**【条文说明】**

能源环境一体机目前在华北地区的超低能耗、近零能耗项目中应用广泛，亦有夏热冬冷气候区的案例。能源环境一体机（新风量 200CHM）的制冷、制热能力通常在 4~8kW 间。选用一体机时应注意，夏热冬冷气候区的湿负荷较大，因此一体机应有除湿后再热的功能，而且为了提升能效，最好是冷凝再热。

2 舒适度要求较高的高端项目宜选用温湿度独立控制系统。室内湿负荷可由经湿处理的新风承担，全部或大部分显热负荷由干工况的室内辐射或对流末端承担。

**5.9.3** 被动式建筑供暖制冷空调系统应优先选择能效较高的设备，设计应符合下列要求：

1 选用地源热泵作为空调冷热源时。宜根据负荷情况与其他空调冷热源组成复合式冷热源系统，埋管侧或地表水换热器应对冬季最大取热量进行设计，夏季不足部分可采用冷却塔+冷水机组或空气源热泵等辅助冷源供冷。

2 选用空气源热泵作为供暖热源时，机组的性能系数(COP)应符合表 5.8.2-1 的规定。

表 5.9.3-1：空气源热泵机组性能系数(COP)

类型	名义工况下的性能系数(COP)
热风型	≥2.00
热水型	≥2.30

3 采用多联机空调（热泵）机组时，在名义制冷工况和规定条件下的制冷综合性能系数 IPLV(C)或机组能源效率等级指标(APF)可按表 5.9.3-2 选用。

表 5.9.3-2：多联式空调（热泵）机组制冷综合性能参数 IPLV(C)与能源效率等级指标 APF

类型	制冷综合性能参数 IPLV(C)	能源效率等级指标 APF
多联式空调（热泵）	6.0	4.5

4 采用燃气锅炉时，在其名义工况和规定条件下，锅炉热效率应符合表 5.8.2-3 的规定。

表 5.9.3-3: 燃气锅炉的热效率

性能参数	锅炉额定蒸发量 D[t/h] / 额定热功率 Q[MW]	
	D≤2.0 / Q≤1.4	D>2.0 / Q>1.4
锅炉的热效率	≥92%	≥94%

5 采用辐射系统时，夏季供水温度应保证供冷表面温度高于室内空气露点温度 1~2 K，并应设置防结露控制策略。地面活动频率高的区域可适当设置电地暖，提高人体舒适性。

6 户式供暖空调系统应满足使用时间分室可控、室内温度分室可调的要求，宜设计不同季节、场景的设备控制逻辑，有条件的社区可设计系统联动逻辑。

#### 5.9.4 被动式建筑新风系统设计应符合下列要求：

1 居住建筑每人所需的最小新风量应按 30 m<sup>3</sup>/h；采用上送风的新风系统单位风量耗功率不应大于 0.45 Wh/m<sup>3</sup>。

##### 【条文说明】

采用下送风的新风系统需要更大的压头，单位风量耗功率会偏高，计算能耗时应注意这一点。

2 新风机组应利用高效热回收装置降低新风负荷。不同微气候区的新风热交换效率推荐如下表所示：

表 5.9.4-1: 各微气候区的新风热回收效率

微气候区	显热回收装置的温度交换效率	全热回收装置的焓交换效率
A	≥45%	≥40%
B、D	≥65%	≥60%
C	≥55%	≥50%

##### 【条文说明】

关于新风热回收,《近零能耗建筑技术标准》[GB/T51350-2019]第6.2.7条规定:“显热型显热交换效率不应低于75%;全热型全热交换效率不应低于70%”。另一方面,大量华北地区已落地的超低能耗、近零能耗建筑案例表明,该规定很适合当地的气候条件。

在新风量不变的前提下,把项目“移至”夏热冬冷气候区,冬季新风负荷会明显减少,夏季新风负荷却不会明显增大;全热回收新风机在夏季可回收部分含湿量,但仍然远远做不到完全除湿。

夏热冬冷气候区的新风热回收效率是否需要坚持套用前述规定,可用“参照建筑法”做个简单判断。根据气象数据,北京的冬季室外最低气温为 $-14.2^{\circ}\text{C}$ ;南京最冷月室外平均干球温度为 $-5.6^{\circ}\text{C}$ 。冬季室内气温为 $20^{\circ}\text{C}$ ,则北京的冬季室内外最大温差为34.2 K,南京的冬季室内外最大温差为25.6 K。新风量不变,北京项目的显热回收效率为75%,当前南京项目的显热回收效率为 $1 - (1 - 75\%) \times 34.2 \div 25.6 = 67\%$ 。相应地,成都冬季室内外最大温差为20.9 K,推荐显热回收效率为59%;重庆冬季室内外最大温差为16.6 K,推荐显热回收效率为48%。

3 户式的温湿分控系统宜采用主动式热回收除湿新风机,其等效热回收效率应符合本条第2款。

#### 【条文说明】

温湿分控系统要求新风系统承担除湿任务,同时不承担温度调节的任务。被动式建筑的能效目标则要求新风系统有热回收的功能。集中式系统可以在同一套系统内实现上述两条要求;在户式系统领域,除湿新风机与热回收新风机在目前的市场上通常是不相干的两个门类。能源环境一体机尽管既可以除湿,又有热回收,但它同时也解决了温度问题,不符合温湿分控系统的原则。

户式主动式热回收除湿新风机可以集成除湿(但不解决温度问题)与热回收两种功能。新风机组内置热泵,夏季实现冷却除湿(并冷凝再热),冬季通过回收排风热量加热新风而实现热回收。其进、排风道完全隔离,不存在异味、细菌等交叉污染问题——常规的热回收新风系统不宜在厨卫回风,容易交叉串味,而主动式热回收除湿新风机却可以。

户式主动式热回收除湿新风机不用混风,可控制平均送风风速在 $0.3\text{ m/s}$ 以内,室内无吹风感;夏季送风温度通常约 $16^{\circ}\text{C}$ ,可实现置换通风;冬季送风温度通常约 $28^{\circ}\text{C}$ ;可内置湿膜加湿模块。所以,主动式热回收除湿新风机能解决室内一部分冷、热负荷。

由于是从排风中提取热量加热新风,相比置于室外的空气源热泵(冬季平均COP约2.5),主动式热回收除湿新风机可实现很高的能效比,通常在5.0以上。

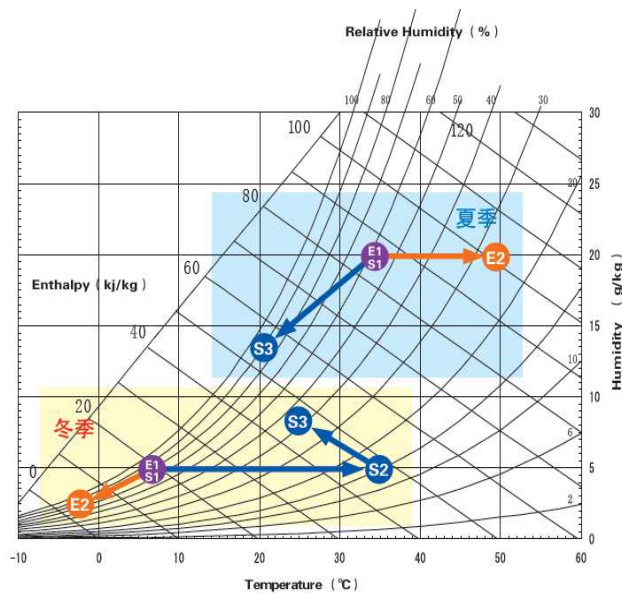


图 5.9.4-1：户式主动式热回收除湿新风机工作原理焓湿图

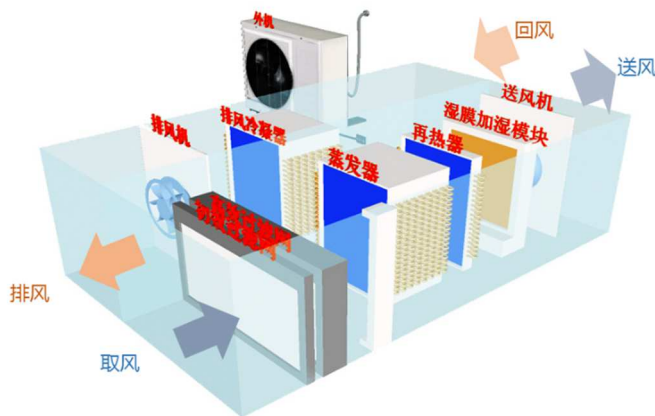


图 5.9.4-2：户式主动式热回收除湿新风机内部构成

户式主动式热回收除湿新风机能否适用于现行被动式超低能耗、近零能耗建筑的技术框架，是不能回避的问题。主动式热回收除湿新风机能以远高于常规供暖能源端的能效比解决一部分室内供暖需求，就在实际的终端能耗上弥补了它因为缺少被动式热回收而导致的供暖终端能耗的增大。夏季工况同理。这就为计算主动式热回收除湿新风机的“等效”热回收率提供了基础：让主动式热回收除湿新风机与空调能源端 A 组成的温湿分控系统的“新风负荷”（已在新风机内部“超额”解决）等效于全热回收新风机与 A 组成的非温湿分控系统的新风负荷（热回收仅消除一部分，其余交给室内空调设备解决），求全热回收新风机的热回收效率。

设室外气温为  $0^{\circ}\text{C}$ ，室内气温为  $20^{\circ}\text{C}$ ，设主动式热回收除湿新风机的送风温度为  $28^{\circ}\text{C}$ ，能效比为 5.0，而作为供暖能源端的空气源热泵的供暖能效比为 2.5。根据计算，主动式热回收除湿新风机的冬季等效显热回收效率为 70%，接近 75%，亦满足本条第 2 款的指标。

设室外气温为 35℃，室外含湿量为 15 g/kg<sub>a</sub>，室内气温为 26℃，室内含湿量为 8 g/kg<sub>a</sub>；设主动式热回收除湿新风机的送风温度为 16℃，能效比为 5.0，而作为供冷能源端的空气源热泵的供暖能效比为 3.0。根据计算，主动式热回收除湿新风机的夏季等效全热回收效率为 55%。

主动式热回收除湿新风机的等效热回收效率是会随着室外气温而变化的。当室内外温差缩小，等效热回收效率还会上升。主动式热回收除湿新风机的等效热回收率是一条曲线。

4 新风系统应包含旁通设计，避免在室内外温差过小时热回收装置的节能负面作用。

5 新风系统应在新风入口处设置低阻高效率的空气净化装置，其空气净化装置对大于等于 0.5 μm 细颗粒物的一次通过计数效率宜高于 80%，且不应低于 60%。

6 应设置有组织的新风系统，新风气流应从起居室、卧室和书房等主要活动区（送风区）流向餐厅、卫生间和厨房等功能区（排风区）。各功能房间内门头宜设置消声通风槽。排风与新风比宜控制在 0.8~0.9。温湿分控系统可考虑采用下送上回的置换通风方式。

#### 【条文说明】

气流组织的效率与设计紧密相关，送风口、回风口、排风口的位置排布应保证不留通风死角；通风路径应合理、清晰，让新风被充分利用后再被回收或排出，避免浪费。

传统的全热回收新风机适合上送上回的气流组织方式。下送上回虽然也能落地，却无法实现置换通风，客户价值不大。上送风口可选择顶送风、侧送风等形式。顶送风口宜设在房间内距离内门较远出；侧送风口宜设在内门或其附近的上方，应有较快的出风风速，从而借助康达效应(Coanda Effect)把风送到房间深处。

能源环境一体机很适合上送上回；因为风量较大，送风风速较高，所以不宜下送，否则容易引起不适的吹风感。

温湿分控系统直流式除湿新风机很适合下送上回，风速舒适(平均送风风速约 0.3 m/s)，也能实现置换通风，客户价值较高。下送风口可选择地送风、踢脚线送风、墙裙送风等若干类型。

7 户式新风机组的位置应远离卧室，应做好消声、隔震处理，新风送风口与回风口处宜设消声装置，风机与风管连接处应采用软连接。

8 户式新风机组的室外新风口和室外排风口应离开一定间距，设计设备平台时应避免排风口的方向朝向新风口，从而避免空气短路。

### 【条文说明】

根据《住宅新风系统技术标准》[JGJ400-2018]第 4.4.1 条,“对分户式新风系统,当新风口和排风口布置在同一高度时,宜在不同方向设置;在相同方向设置时,水平距离不应小于 1.0 m”;“对分户式新风系统,当新风口和排风口不在同一高度时,新风口宜布置在排风口的下方,新风口和排风口垂直方向的距离不宜小于 1.0 m”。

9 与室外连通的风管应有必要的保温与防冻措施,保温厚度不宜低于 25 mm。风管之间应预留必要的间距,使保温层有足够的空间以便于包裹管道。

### 【条文说明】

只要新风机组安装在被动区内,无论采用哪种形式的新风机,新风管道和排风管道都必须做保温。新风管道和排风管道本身则建议采用 PP\PE\PVC 类管道制作,保温材料建议采用橡塑保温。

此外,能源环境一体机的送风温度较低,为防结露,其送风管道也应具备保温性能。室内循环风管既可采用橡塑保温,亦可采用双面铝箔酚醛保温板或单面彩钢酚醛保温板制作。

10 场地条件适宜时,集中式新风系统宜设置地道风系统,对室外新风进行预冷或预热。

11 在微气候 B 区、D 区的大部分地区,宜在新风机组内置加湿功能段,推荐采用湿膜加湿。

### 【条文说明】

夏热冬冷气候区普遍冬季湿度较大。微气候 A 区、C 区以及长沙、遵义几乎没有冬季加湿需求。微气候 B 区、D 区的其余地域在冬季有较小的加湿需求,通常用湿膜加湿即可满足。湿膜加湿仅有水泵能耗,效率很高,而且成本较低,但应注意定期更换。

其它可整合到新风系统内的加湿手段,比如电极加湿、超声波加湿,尽管运行稳定、加湿量大,但能耗甚高,通常不适合本气候区。

**5.9.5** 厨房应设置独立的排油烟补风系统。补风应从室外直接引入,补风管道入口处应设保温密闭型电动风阀。电动风阀应与排油烟机联动,在排油烟系统未开启时应关闭严密。补风管道应保温,防止结露;补风口尽可能设置在灶台附近,缩短补风距离。

## 5.10 可再生能源的利用

**5.10.1** 被动式建筑项目应优先考虑可再生能源的应用。

1 当项目采用集中式或半集中式系统并且地理环境条件适合时，应优先考虑地源热泵或水源热泵作为空调系统能源端。

**【条文说明】**

尽管空气源热泵也能够用作集中式或半集中式系统的能源端，但是其能效比不及相同负荷条件下的地源热泵或水源热泵。

2 当项目采用户式系统时，应优先考虑空气源热泵作为空调系统能源端。

3 当条件合适时，应优先考虑利用太阳能、生物质能等可再生能源转换的热量解决生活热水需求。

4 当条件合适时，应铺设光伏系统，为建筑运行供给电力，亦可并网。

**5.10.2** 位于微气候 B 区的项目应优先考虑太阳能热水系统的应用。位于微气候 A 区的项目不推荐设置太阳能热水系统。

**5.10.3** 建筑设计宜采用建筑光伏构件化系统，譬如光伏遮阳构件化、光伏瓦屋顶、光伏幕墙、光伏采光顶等。

## 5.11 电气节能设计

**5.11.1** 照明光源应优先选用发光二极管(LED)灯。

**5.11.2** 对地下车库、建筑顶层内区等需要日间照明的空间，宜采用自然光导光系统或其它充分利用自然采光的创新设计方法，满足部分或全部的日间照明需求。

**5.11.3** 照明控制应符合下列规定：

- 1 照明控制应结合建筑使用情况及天然采光情况分区、分组控制。
- 2 楼梯间、门厅、车库等公共场所的照明应采用集中开关控制或就地感应控制。
- 3 如果户内设置电动遮阳装置，照度控制宜与其联动。
- 4 如果采用自然光导光装置，宜具备照度调节功能。
- 5 对于客厅、卧室、餐厅等主要居住空间，应设置就地控制装置。

**5.11.4** 多层、高层集合住宅宜选用节能型电梯，譬如变频调速驱动或带能量反馈的电梯，并且宜采用并联或群控等节能控制措施。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 被动式建筑施工组织设计主要包括以下要点：

1 施工前，认真了解项目工程的基本情况：主要说明、工程类型、工程性质、项目定位、使用功能、建设目标。

2 施工方案：进行施工前的准备工作，包括协调所有参与方来了解被动式各个细部节点的施工方法及工艺，了解被动式建筑与同类普通建筑的区别差异重点、并制定相应的专项施工方案计划。

3 施工进度计划：编制控制性网络计划，工期可采用多级网络计划控制，如：一级为总进度，二级为三个月滚动计划，三级为月进度计划，四级为周进度计划。

4 主要技术经济指标：包括施工工期、施工质量、施工成本、施工安全、施工环境和施工效率，以及其它技术经济指标。

5 施工前所有相关材料、部品配件、设备的验收及质量确认。

**6.1.2** 施工前要对总包单位、建设单位、监理单位、施工骨干进行全面的性能原理、施工技术措施、施工操作细节进行培训，重点培训一线操作的管理人员、施工人员，主要通过制作标准的代表性样板示范节点的方式使相关人员尽快掌握被动式施工工艺及检查方法。

**6.1.3** 保证施工质量首先要有正确的节点设计，尽量提供清晰详尽的施工节点大样图，以简洁易懂的施工图来指导施工。

**6.1.4** 施工和质量控制应满足国家现行标准及行业、地方标准和规范的要求，及其它相关标准要求。

**6.1.5** 要采取严格的管理措施，使每一个工序保证达到无热桥、气密性、隔声性施工标准。

#### 【条文说明】

被动式建筑是在全新的建筑节能理念指导下，经过专业的设计，在精细化的施工保障措施下施工才能达到设计标准的新型建筑。在施工过程中，被动式建筑应该比常规建筑更加关注专项设计要求的正确落实。对于许多传统的施工单位来说，施工中要特别注意做到以下几点：全寿命周期的质量保证、使用合格的材料、精细化的施工、严格的施工管理程序。只有一体化的



设计和建设过程的组合，并认真加以贯彻落实，才能够最大限度无缺陷的设计和建设高质量的被动式建筑。

## 6.2 保温施工

**6.2.1** 保温施工的环境指标要求（天气、温度）如下：

1 施工环境温度宜  $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $< 80\%$ ；在相对湿度较高 ( $80\%\sim 85\%$ ) 时，应保持良好通风。

2 六级及以上大风天气禁止施工。

3 多雨地区，应采取有效防护措施，防止突然降雨冲刷尚未固化的施工完成面造成质量隐患。

**6.2.2** 外墙保温施工对外围护结构（包括混凝土墙、结构柱与砌筑墙体等）的要求如下：

1 平整度误差应小于  $5\text{ mm}$ ，垂直度误差应小于  $8\text{ mm}$ 。

2 墙面基层应保持清洁，干燥，彻底清除墙面基层表面浮灰、油污、脱模剂、空鼓及风化物等影响粘结强度的附着物，对混凝土结构表面不平整附着灰浆的部位要进行打磨，表面打磨平整后用高压水枪将表面灰尘清洗干净。

3 外保温施工前，外门窗、气密性施工、预埋件固定、穿墙管道及管线等均施工完毕并验收合格。

4 砌筑墙体的施工要求：墙体砌筑时要求砌筑块体间应灰浆饱满，不能有空隙；小型空心砖的灰缝为  $8\sim 12\text{ mm}$ ，蒸压加气块水平灰缝  $\leq 15\text{ mm}$ ，竖向灰缝  $\leq 15\text{ mm}$ ；与混凝土墙体连接部位，搭接应不小于  $30\text{ cm}$  的抗裂网。

5 外围护结构、分户墙的砌体顶部与混凝土结构的接合缝隙，应粘贴可以抹灰的防水隔汽膜。

**6.2.3** 聚苯板+岩棉防火隔离带外墙外保温系统的施工方法如下：

1 聚苯板在铺粘过程中要根据相关标准确定点粘、点框或条粘施工方法。

2 保温板应平整紧密的铺粘在基墙上，避免出现空腔，空腔会造成对流换热损失和保温脱落隐患。如果仅因为保温板，外部表面、缝隙或局部微小缺陷，可用聚氨酯发泡材料进行填补。如果发现有较大的缝隙、空洞或缺陷为内侧的缝隙或空腔，必须拆除重做，因为使用聚氨酯发泡封堵较大缝隙和空腔不能保证保温系统的长期可靠性。

3 保温板之间的拼接缝隙不能超过 2 mm，大于 2 mm 的缝隙用保温板相同材料或聚氨酯发泡填充。

4 外墙保温为单层保温时，应采用锁扣方式连接；为双层保温时，应采用错缝粘接方式；

5 防火隔离带要注意与聚苯板的紧密搭接，采用错缝粘贴，应避免出现较大缝隙。如缝隙较大应采用同种保温材料填充，严密封堵，避免使用聚氨酯发泡材料封堵较大空隙。遇到与主体结构的断板部位，要保证防火隔离带的连续性，要保证有效锚固，并严格按照规定压入双层耐碱玻纤网。

#### **6.2.4 岩棉板、岩棉（条）带外墙外保温系统的施工方法如下：**

1 施工现场岩棉板、岩棉（条）带的堆放应整齐，不得存放在低洼的地方，并有防雨措施。搬运时应轻放，防止损伤断裂、缺棱掉角，保证外形完整。

2 岩棉板以粘为辅，以锚固为主，岩棉托架必须采用无热桥设计，固定牢固，用做高层建筑外墙保温时，应根据主体结平整度情况宜采用条粘法（满粘），以保证最大的有效粘贴面积，并有效锚固。

3 岩棉条采用满粘法施工，需保证岩棉条之间紧密相接，尽量无缝隙，侧面挤压出来的粘接砂浆必须清理干净，岩棉板、条（带）的侧面不能粘有砂浆；压入第一层耐碱玻纤网后 12~24 小时进行锚栓固定。

4 岩棉系统必须严格执行双层网构造，严禁采用单网构造。外墙保温系统所用岩棉板、岩棉条（带）必须经过界面剂处理后方可使用。界面剂要均匀的涂刷在岩棉板、岩棉条（带）的粘接表面及侧面，界面剂干燥后方可使用，搅拌好的界面剂应在两小时内用完。

**6.2.5 挤塑板多用于屋面和基础回填部位的保温，由于挤塑板粘接性能和尺寸稳定性较差，当用于地下回填部位做保温施工时，应结合专用界面剂，以增加粘贴强度。**

#### **6.2.6 泡沫玻璃砖（板）的施工要求如下：**

1 施工现场泡沫玻璃砖的堆放应整齐，不得存放在低洼的地方，并有防雨措施。搬运时应轻放，防止损伤断裂、缺棱掉角，保证外形完整。

2 玻璃砖结合层及砖缝之间砂浆应饱满密实，粘结牢固，不得有疏松、裂纹和固化不完全现象。保温层铺设应平整，与防水层不得架空，拼缝应严密。砖缝表面平整，砖缝宽度符合设计规定。

3 如泡沫玻璃砖置于防水卷材上，施工前必须注意对防水卷材的保护。

**6.2.7** 根据规范要求，室内分户墙保温应采用岩棉板进行施工，相关施工工艺、措施可参照室内轻质隔墙做法。

**6.2.8** 根据规范要求，与户内相邻的楼梯间、电梯间的墙体保温应采用岩棉板进行施工，相关施工工艺、措施可参照外墙保温-岩棉板施工。

**6.2.9** 屋面施工对基层、防水层、出屋面管道、屋面设备、设施支墩、支架的施工要求如下：

- 1 屋面保温施工应选在晴朗干燥的天气条件下进行。
- 2 施工前应对基层进行清理，确保基层平整、干净、干燥。
- 3 出屋面管道根部与结构层提前做好保温、隔气处理。
- 4 隔气层施工时应注意成品保护，防止出现破损，影响保温效果。
- 5 屋面保温、防水施工应分区域同步进行，防止突发降雨。
- 6 屋面保温、防水施工完成验收合格后，及时完成保护层施工。
- 7 屋面设备、设施支墩、支架严格按照图纸设计要求施工。

**6.2.10** 电梯井道与室内一侧相邻时，应进行井道整体保温或局部一侧保温，根据规范要求应采用岩棉板进行施工，岩棉板的铺粘与锚固要以保证电梯安全运行为基本原则，相关施工工艺、措施可参照外墙保温-岩棉板施工。

**6.2.11** 主体基础部位的保温质量要求如下：

1 主体基础部位的保温施工要保证防水层不能被破坏，出地面部分要注意做好保护以便后续施工与外墙保温形成连续整体。

2 主体基础保温层防水外侧的砌体保护墙施工时要保证砌砖缝隙灰浆饱满均匀，或边施工边勾缝，以防啮齿类动物及植物根系对防水层破坏。

**6.2.12** 不同墙体的锚栓固定要求如下：

1 外墙保温固定锚栓要使用无热桥锚栓，而且要按要求打入结构主体，常规施工要求为保温板铺粘 24 小时以后进行锚栓锚固，混凝土墙体有效锚固深度不低于 35 mm，加气块、多孔砖等砌体结构有效锚固深度不低于 65 mm。

2 保温板和墙体打孔后，应在孔内填充低密度发泡剂，再置入锚栓固定，这样可使锚栓和保温板固定孔之间缝隙结合与保温板形成一个整体，在保证保温性能的同时，也能避免热桥和声桥的出现。

**6.2.13** 大面积施工前应先做局部实体样板，并做拉拔试验，达到质检部门要求后才能大面积施工，避免造成重大损失。

**【条文说明】**

关于保温施工的铺粘工法，要考量当地质检部门的质量验收规范，所以必须按照施工地域的地标规定进行施工，一般情况，点粘和条粘的优点是节约成本，但缺点是出现空腔，会造成对流换热损失和保温脱落隐患，由此引发的降低建筑寿命和保温效果。而点框粘和满粘的优点是保证最大的有效粘贴面积，提高粘接的可靠性和耐久性，避免保温脱落隐患和空腔产生的对流换热损失。

## 6.3 无热桥施工

**6.3.1** 与结构无热桥相关的保温、防水施工要做到与结构主体紧密结合；断板等容易产生隐患部位必须按照设计要求采用与外墙保温相同材料填充密实，防止产生气密性和水密性问题。

**6.3.2** 门窗无热桥宜采用副框或专用金属支架进行外挂式安装，这种安装方式无热桥效果相对较好；副框、专用金属支架必须牢固的固定在混凝土结构墙体上，专用金属支架与墙体之间采用隔热桥垫片分隔；副框安装法保证无热桥的前提下，同时还要保证气密性。

**6.3.3** 穿墙、穿楼板管道、烟道的无热桥施工过程中，应按照隔热桥、气密性、防水的施工顺序进行。

**6.3.4** 各种桥架、外挂部件的支架应在隔热桥措施实施前就准确定位、放线；当外保温施工完毕后，这些无热桥结构都应被保温层包覆，如果因为发现错误返工修整，将会对外保温的整体性造成严重的负面影响。

## 6.4 气密性施工

**6.4.1** 围护结构气密性（二次结构）要求：

- 1 二次结构砌筑按要求达到自然沉降时间后，才能进行与一次结构间的衔接施工。
- 2 围护结构内抹灰须分 2 次完成，要求抹灰层均匀、密实，顶部结构梁和砌筑结构结合部位宜用可抹灰的防水隔汽膜满粘，以保证砌筑结构和混凝土结构之间的气密性，

墙面可使用混合砂浆挂网（或钢丝网）抹平，以保证气密性。

3 砌筑墙体和混凝土墙体铺粘防水气密膜的部位必须保证清洁、平滑、干燥，以保证铺粘效果。

**6.4.2** 窗框与主体结构、墙面结合部位，是保障气密性的关键部位，在粘贴防水隔气膜和防水透汽膜时，要保证粘贴牢固严密，支架部位要同时粘贴，室外侧使用防水透汽膜，室内侧使用防水隔气膜（注：如采用专用金属支架固定窗户，应提前进行倒角倒边处理，以防锐棱破坏气密膜）。门、窗安装完成后，应检查门、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。

**6.4.3** 穿墙、穿楼板管道的气密性要求如下：

1 主体结构各部位的穿墙管道施工应结合气密性、无热桥、防水的施工要求同步开展。

2 当管道穿外围护结构时，预留套管与套管间的缝隙应进行可靠封堵，采用聚氨酯发泡（宜采用定制的成品聚氨酯发泡材料）封闭时应先将两端封堵后进行发泡，并保证发泡密实度。当发泡完全干透后，再做平整处理，并用抗裂网和抗裂砂浆进行严密封堵。

3 当管道穿地下外墙时，还应在外墙内外做防水处理，防水过程应保持干燥，且环境温度 $>5^{\circ}\text{C}$ 。

**6.4.4** 模板拉杆孔、脚手架孔要封堵严密，拉杆孔外墙外侧，用水泥砂浆封堵干燥后进行防水处理，在室内孔中填注发泡剂，并及时用水泥砂浆封闭开孔尾部，保证发泡剂密实不外露。孔径在 20 mm 以上的孔洞要用抗裂网、抗裂砂浆抹平封闭，并铺粘防水隔气膜。

#### 【条文说明】

气密性处理所选用的气密材料，必须以高质量的产品作为永久的气密性材料，才能在被动式建筑上发挥重要的作用。

**6.4.5** 施工过程中应分阶段进行气密性检测以保障户内气密性符合要求，气密性检测可采用鼓风门法和示踪气体法。（注：气密性和防热桥处理在很多的节点是同时施工。）

## 6.5 隔声施工

**6.5.1** 楼板保温隔声施工措施如下：

- 1 楼板、地面施工要求混凝土浇筑地面平整度误差应小于 5 mm，不可出现裂缝。
- 2 楼板保温、隔声施工前应保证楼板平整，无杂物、无突起物，应保证隔声垫之间拼接紧密，胶带粘贴牢固；保温板之间拼接应严密，胶带粘贴牢固，防止保护层的水泥浆进入保温板、隔声垫的缝隙形成声桥、热桥。应保证平整铺设隔声垫，并使隔声垫和地面有效的结合在一起。
- 3 楼地面铺设的隔声垫应无间断上翻至地面装饰面层高度以上。

**【条文说明】**

关于楼层地面的隔声规定：根据《民用建筑隔声设计规范》[GB50118-2010]中 4.2.8 条款规定，高要求住宅卧室、起居室（厅）的分户楼板的撞击声隔声性能应符合下表的规定。

**表 6.5.1：高要求住宅分户楼板撞击声隔声标准**

（按《民用建筑隔声设计规范》[GB50118-2010]第 4.2.8 条）

构件名称	撞击声隔声单值评价量(dB)	
卧室、起居室（厅） 的分户楼板	计权规范化撞击声压级 $L_{n,w}$ （实验室测量）	<65
	计权标准化撞击声压级 $L'_{nT,w}$ （现场测量）	≤65

地面隔声做法可参考以下三种作法：

- 1、楼层结构层—40 mm 厚发泡水泥浆—10 mm 厚隔声垫（上翻至地面装饰面层高度以上）—35 mm 厚细石混凝土垫层—30 mm 厚地面装饰面层；
- 2、楼层结构层—40 mm 厚 XPS 保温板—10 mm 厚隔声垫（上翻至地面装饰面层高度以上）—35 mm 厚细石混凝土垫层—30 mm 厚地面装饰面层；
- 3、楼层结构层—40 mm 厚轻质石墨聚苯板—40 mm 厚细石混凝土垫层—30 mm 厚地面装饰面层。

以上三种地面隔声做法完全可以达到上表 6.5.1 的规定，但若要达到被动房中卧室要求的 30 dB、起居室要求的 35 dB，是不现实的。因为《民用建筑隔声设计规范》[GB50118-2010]中条款规定的空气隔声标准和撞击隔声标准是两个不同的标准要求。所以，被动房里的隔声标准也应有所区别。

- 6.5.2** 为了降低室内排水管道的排水噪音，可在排水管道外侧加装保温隔音棉及保护外壳，接缝处及拼接处需用胶和胶带粘接牢固。
- 6.5.3** 户间相邻的墙壁开关应采用错位的设计原则。
- 6.5.4** 与户内相邻的电梯井道隔声处理可参见电梯井道保温做法，保温、隔声作用同

时具备。

**6.5.5** 与户内相邻的楼梯间隔声处理可参见与户内相邻楼梯间保温做法，保温、隔声作用同时具备。

**6.5.6** 剪力墙、砌筑墙体线管开槽的施工，电线套管要求砌块墙体铺设电线管开槽大小要准确，先用粘接砂浆抹入槽内，然后压入电线套管确保密实，然后用粘接砂浆抹平，混凝土墙体槽内可用石膏粘贴密实。不允许剪力墙横向开槽。

## 6.6 门窗及遮阳施工

**6.6.1** 门窗洞口应符合标准化施工工艺，门窗洞口施工时洞口模板要尽量采用定型模板，保证洞口尺寸及水平、垂直度保持一致，保证门窗生产、安装标准化。

**6.6.2** 如果外窗安装采用外挂式安装方法，应使用专用金属支架固定或符合相应规范的副框安装。当外窗较大时，应在外窗底部增加专用金属支架或专用木支撑块，保证安装牢固。

**6.6.3** 外窗洞口与窗框连接应进行防水密封处理。室内侧粘贴防水隔气膜，避免水蒸气进入保温材料。室外侧采用防水透汽膜处理，以利于窗框侧面水汽排出。

**6.6.4** 当门窗与外遮阳结合时，施工要保证防火隔离带的可靠性和完整闭合，要保证门窗周围与外保温、防火隔离带、遮阳系统各结合部位的气密性、水密性。

**6.6.5** 当建筑物南、西方向设计外遮阳系统，外遮阳系统的百叶（卷帘）收纳罩盒、遮阳、导轨、导索应与外墙保温、防热桥节点统筹设计，以保证围护结构的整体热工性能。

**6.6.6** 外遮阳系统的百叶（卷帘）收纳罩盒的固定形式和与墙体的距离要结合防火隔离带和保温层统筹施工。

**6.6.7** 外遮阳系统的百叶（卷帘）的导轨、导索的固定位置和形式要结合窗型材的特性，安装前遮阳系统和窗系统、外保温施工方进行充分沟通。

**6.6.8** 外墙保温层应最大限度包住窗框。窗上口和侧口的窗框未被保温层覆盖部分（不含纱窗）不宜超过 50 mm，窗下口的包覆应视供应商产品和深化设计图纸而定。如果开启扇外侧安装纱窗，应预留纱窗安装位置，保温板包窗框外边缘部位应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。

**6.6.9** 安装窗台导水板时，向外的坡度不应小于 1%，且窗台导水板突出最终完成墙面

的距离以 $\geq 50$  mm 为宜。

## 6.7 新风系统的安装与调试

**6.7.1** 户式新风机的安装步骤为①设备定位→②支吊架安装→③设备安装→④设备配电配管安装→⑤系统调试。

### 【条文说明】

本节涉及的户式新风机包含户式全热回收新风机、户式能源环境一体机与户式除湿新风机三种类型。其中，户式除湿新风机又可分为双冷源新风机与主动式热回收除湿新风机两种，前者无室外机，后者有室外机。

**6.7.2** 户式全热回收新风机与户式能源环境一体机的施工注意事项如下：

- 1 安装前应严格审查设备的各项参数。
- 2 支吊架定位应与设备符合，考虑弹簧减振器的安装空间，防止影响设备安装及保温。
- 3 设备安装应设置减振装置。固定主机的吊杆、吊架与主机相连部位宜加装橡胶、弹簧减震措施，降低运转噪音。减振装置应与设备重量匹配，防止减振失效、影响减振降噪效果。
- 4 新风机的安装位置应便于维护和清洁。安装时应考虑设备过滤器、可拆部件的拆装空间，采购时应根据设计确定设备的接管方向，防止无法维护、无法接管。吊顶内安装时应考虑检修口的位置及大小。
- 6 设备与管道连接应采用软接，推荐使用三防布软管，长度宜为 150~250 mm。
- 7 冷凝水排水管的设置符合设备技术要求。

### 【条文说明】

本指南未详之处，可参照暖通安装图集 06K301-1《空气-空气能量回收装置选用与安装》的相关条文。

**6.7.3** 户式全热回收新风机与户式能源环境一体机的调试要求如下：

- 1 风系统调试前，应完成室内清洁工作。
- 2 应严格执行新风、排流量的测定与各新风口、排风口风量的平衡测定。户式能源环境一体机还应严格执行回风流量的测定与回风口风量的平衡测定。
- 3 应执行室内空气质量的连续检测。



4 应检查冷凝水排水是否通畅。户式能源环境一体机还应检测新风机除湿自控点是否符合设计要求。

5 应检测新风机热回收换热量是否符合设备技术参数及设计要求。

6 应手动测试各种运行模式是否能够正常运行。

7 应执行设备运行噪音测量，检查异常噪音。

8 应在系统调试合格并且房间封闭后再安装高效过滤器。

#### **6.7.4 户式除湿新风机的施工注意事项如下：**

1 安装前应严格审查设备的各项参数。

2 设备安装应设置减振装置。固定主机的吊杆、吊架与主机相连部位宜加装橡胶、弹簧减震措施，降低运转噪音。减振装置应与设备重量匹配，防止减振失效、影响减振降噪效果。

3 新风机的安装位置应便于维护和清洁。安装时应考虑设备过滤器、可拆部件的拆装空间，采购时应根据设计确定设备的接管方向，防止无法维护、无法接管。吊顶内安装时应考虑检修口的位置及大小。

4 室外新风口和室外排风口的间距不宜低于 1.5 m，安装设备平台时应考虑与主机的相对位置与主机排风口的间距，避免形成空气短路。

5 主动式热回收除湿新风机的室外机安装应符合设备技术要求，保证设备有足够的散热空间和检修空间；

6 设备与管道连接应采用软接，推荐使用三防布软管，长度宜为 150~250 mm。

7 冷凝水排水管的设置符合设备技术要求。

#### **6.7.5 户式除湿新风机的调试要求如下：**

1 上电前，应请设备厂家执行配电检查。

2 应执行房间风量分布调整，使各房间风口风量符合设计要求。

3 应正确设定新风送风温度，保证送风焓值符合设计要求。

4 控制逻辑宜集成空调末端和新风的控制，并且新风除湿机设备应先于空调系统启用，防止结露。

5 如果新风机采用湿膜加湿元件，应测试湿膜进水量和排水量的平衡，严防漏水。

**6.7.6 集中式新风机组的安装步骤为①设备基础定位→②设备基础施工及验收→③设备开箱检查→④功能段组装→⑤设备配管配电→⑥设备单机调试运转。**

#### **6.7.7 集中式新风机组的施工注意事项如下：**

- 1 设备基础定位符合设计要求，应满足设备过滤器维护、设备维修等空间需求；设备基础水平度符合设备技术要求。
- 2 设备应采用减振装置，设备安装时应有限位措施。
- 3 设备功能段组装符合设备组装顺序，组装精度、严密性措施符合技术要求，严密性采用正压或负压测试。
- 4 设备冷凝排水管设置符合技术要求。
- 5 设备与冷冻水管、风管连接应采用软连接，减少振动传递。
- 6 高效过滤器待系统调试完成，各负荷区域封闭后安装。
- 7 根据项目需求，空调机房可考虑采取吸声措施。

#### **6.7.8 集中式新风机组的调试要求如下：**

- 1 风机运行应无异常震动、噪音，连续正常运转 2 小时后合格。
- 2 新风、回风风量能达到设计要求，风量测定应采用《通风与空调工程施工质量验收规范》[GB50243-2016]中的方法。
- 3 严格执行送风、排风的风量测定与各风口的风量平衡，漏风率不得低于国家规范要求。
- 4 如果机组有除湿、加湿功能，应执行除湿、加湿功能的自控调试与空气洁净度检测。
- 5 应检测热回收是否符合设备技术参数。

#### **6.7.9 风管的安装施工要求如下：**

- 1 集中式新风机组机房内的风管安装应采用减振支吊架，其规格应与风管的重量匹配。风管道与吊装支架间应有橡胶垫减震措施。
- 2 主风管的质量要求检测应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》[GB50243-2016]。
- 3 对于采用金属风管的风系统，其通用技术要求应符合《通风与空调工程施工规范》[GB50738-2011]。
- 4 如果户内送风采用塑料扁风管、圆形风管，风管固定间距应满足混凝土浇筑要求，防止浮管和二次破坏。
- 5 对于采用玻镁风管的集中式风系统，风管选型和安装应满足《机制玻镁复合板

与风管》[JGT301-2011]中的要求。

6 风管安装完成后，应首先对各端口进行封堵，以防止施工现场的灰尘、杂物进入风管道内部。

**6.7.10** 风口的安装施工要求如下：

1 室外新、排风口间距应能防止气流短路，主机排风方向不得朝向取风口。

2 室外取风口应安装防虫网，取风口设置考虑周围空气质量情况，防止取风口空气异味污染。

3 室内送风口、回风口带风量调节功能。

4 室内送风口、回风口安装应平直，整齐美观，与室内装饰协调。

5 送风口与送风支管连接应严密，无漏风，连接管材应无二次污染。

6 在工程应用中，气流组织方式会有不同，例如上送上回、下送上回。如果气流组织为下送上回，应检测送风口风速，其平均风速不应大于 0.3 m/s。

7 安装在地下室的集中式新风机组的室外新风口和排风口设置应室外建筑、景观专业融合，宜选用防雨型百叶，百叶的有效面积、安装高度、迎面风速应符合设计规范要求。

**6.7.11** 厨房补风风阀应与抽油烟机联动，启停灵活，并且有防虫措施。新风系统运行时，应能关闭严密，无漏风。

## 6.8 空调系统能源端的安装与调试

**6.8.1** 地源热泵机房的安装步骤为①设备基础深化设计、施工及验收→②管道支吊架深化设计、审核、制作及安装→③设备吊装、运输、就位及安装→④管道及阀门部件安装；强弱电桥架安装、电缆敷设→⑤测量仪表等取源点制作、安装→⑥管道试压、验收→⑦防腐绝热施工→⑧管道冲洗、验收→⑨送电、单机调试→⑩设备管路标牌、标识。

**6.8.2** 地源热泵系统换热地埋管的施工步骤为①材料、机械、场地准备→②钻孔下管→③灌浆回填→④水平管铺设→⑤管沟回填→⑥管道穿墙（板）→⑦回填封堵→⑧分集水器安装。

**6.8.3** 地源热泵系统换热地埋管的施工注意事项如下：

1 管材长度满足设计要求的情况下，还应考虑施工需要的余量。为便于施工、保证埋管有效深度，管材长度应设计多 1~2 m。U 型管直管段与埋地水平管均为整管，禁

止有中间接头。

2 机械设备选型时需要考虑场地条件，如设备所占平面空间大小和高度需求等，设备能在场地内转移和施工。

3 注浆设备工作性能要满足注浆要求。注浆设备与回填孔位的距离不能太远，以免影响注浆速度与效果。

4 地埋管施工过程，钻孔埋管时、水平管铺设时、管道进窗井时均需对管道进行编号，防止孔位缺失、管路错乱等严重质量问题。采取措施检测下管深度及管道是否通畅。

5 地埋管施工全过程注意管道保护，防止 PE 管被破坏。

6 注浆回填采取翻浆回填并控制回填过程，防止注浆断层和不密实；回填料热导率要大于原始的岩土热导率。

7 水平环路管道回填必须密实，防止填土沉降破坏管道。

8 埋管施工应在室外气温 5°C 以上的天气条件下进行。

#### 【条文说明】

地源热泵系统的施工技术要求与质量验收要求可参见《地源热泵系统工程技术规范》[GB50366-2009]、《地源热泵系统地埋管换热器施工技术规范》[CECS334-2013]以及《通风与空调工程施工质量验收规范》[GB50243-2016]。

石英砂岩或花岗岩的热导率在 2.7 W/(mK)左右，而常用的回填材料膨润土、细砂和水泥的混合浆的热导率在 1.4 W/(mK)左右，用这种材料回填到花岗岩的钻孔中，将使具有良好传热性能的岩层难以达到应有的换热效能。

#### 6.8.4 地源热泵系统的调试要求如下：

1 系统调试前应对系统进行试压和冲洗，未冲洗干净不可进入地埋管系统循环。

2 各区域流量比例应与相应钻井埋管数量比例相等，各窗井分集水器流量比例应与支路数量比例相等。

3 调试方案应明确水力平衡的调试方法。

4 对于采用冷却塔的补偿式地源热泵而言，冷却塔的开启控制应根据机组冷凝器出水温度设定。

6.8.5 水源热泵分为地表水源热泵与地下水源热泵，其热泵机房的安装步骤与地源热泵机房相似。其热源井的施工步骤为①钻井施工→②物探测井→③冲孔→④换浆→⑤井

管安装→⑥填砾封闭→⑦洗井→⑧抽水回灌试验→⑨管井验收。

**6.8.6** 水源热泵系统热源井的施工注意事项如下：

- 1 钻井施工时保证井孔圆滑，深度误差小于 1%，充分护壁防止塌孔。
- 2 准确探测井孔情况，确定成井方案。
- 3 控制井管安装偏差，防止回填不均。
- 4 严格控制回填料级配。
- 5 控制回填速度，确保回填均匀，无断层。

**6.8.7** 水源热泵系统的调试要求如下：

- 1 应监测抽水水质。
- 2 抽水水量应符合设计要求，回灌水量应符合设计要求。
- 3 其它技术要求应符合《机井技术规范》[GB/T50625-2010]与《管井技术规范》

[GB50296-2014]。

**6.8.8** 集中式空气源热泵主机的安装步骤为①设备基础施工→②支吊架安装→③设备就位安装→④设备配管配电施工→⑤管路试压冲洗→⑥防腐绝热→⑦系统调试。

**6.8.9** 集中式空气源热泵主机的施工注意事项如下：

- 1 主机减振装置应符合设计和规范要求。
- 2 设备与管道连接时应采用橡胶软接，防止振动传递。
- 3 主机安装空间位置符合设备技术要求，安装水平度符合技术要求。
- 4 空气-水型空气源热泵应控制好机组板换的进水水质，水中不得有杂质，同时安装在管道上的流量开关要稳定可靠，保护设备。

- 5 预留管道冲洗短接。
- 6 其余设备输配系统施工应按规范中空调水系统中的条文执行。

**6.8.10** 集中式空气源热泵系统的调试要求如下：

- 1 各主机最大水流量应符合主机技术要求。
- 2 主机运行应无异常振动和噪音。
- 3 主机化霜功能正常且符合运行要求。
- 4 系统冲洗完成前，主机严禁通水。
- 5 主机各传感器正常，显示正常，各运行模式能正常运行。
- 6 应执行无负荷和带负荷的连续运行测试。

**6.8.11** 户式空气源热泵主机的安装步骤为①设备平台施工→②定位放线→③支架安装→④设备安装→⑤设备配管配电→⑥系统调试。

**6.8.12** 户式空气源热泵主机的施工注意事项如下：

- 1 设备采用减振支架，设备安装空间符合设备技术要求。
- 2 平台布置便于运行观察、操作维护。
- 3 管道保温厚度、排气阀安装符合要求。

**6.8.13** 户式空气源热泵系统的调试内容如下：

- 1 应执行风量测定、风量平衡与水量测定、水量平衡。
- 2 应执行自控系统功能和控制逻辑测试。
- 3 应执行系统温升速率测试、能耗监测、噪音测试。
- 4 应执行防结露功能测试。
- 5 应执行无负荷和带负荷的连续运行测试。

## 6.9 高舒适空调末端的安装与调试

**6.9.1** 天棚辐射的施工步骤为①模板施工→②制作管路标识→③底层钢筋施工→④天棚管施工→⑤上层钢筋施工→⑥混凝土浇筑→⑦成品保护。

**6.9.2** 天棚辐射的施工注意事项如下：

1 管路走向标识清楚，管道铺设必须与标识相符，PERT管应采用塑料扎带与钢筋固定。

2 施工中严禁踩踏管道，管道隐蔽时，需带压进行，压力  $P=0.4\text{ MPa}$ 。

3 管道压力试验符合《通风与空调工程施工质量验收规范》[GB50243-2016]中的条文要求

4 还包括天棚管材料验收、安装管间距、各回路长度偏差标记、分集水器安装、波纹套管检查、试压、排气与泄水、支吊架强度计算审核、支吊架型式审核、保温材料复检监督等质量控制点。

5 其余注意事项可参照暖通图集 12SK407《辐射供冷末端施工安装》中的相关条文。

**6.9.3** 毛细管辐射的施工步骤为①毛细管安装基层平整度验收→②室内毛细管主管安装→③吊顶石膏板安装（如有）→④毛细管网挂网连接→⑤涂刷专用界面剂→⑥毛细管

网片机械固定→⑦第一遍石膏喷涂→⑧玻纤网格布安装→⑨第二遍石膏喷涂→⑩面层涂料。



图 6.9.3: 石膏板基层毛细管辐射湿式安装工序图

#### 6.9.4 毛细管辐射的施工注意事项如下:

- 1 毛细供回水管道整齐，标识清楚，分层铺设，支架间距合理。
- 2 PPR 管道熔接质量符合技术要求，不得有缩颈产生，熔接应在 5°C 以上的气温条件下施行。
- 3 管道保温符合设计要求。
- 4 界面剂施工符合技术要求，毛细管网铺设平整，铺设面积符合设计要求，毛细管采用机械固定于基层面。
- 5 石膏喷涂符合材料技术要求，厚度及防裂措施符合技术要求，应在 5°C 以上的气温条件下施行。
- 6 管道压力试验符合《通风与空调工程施工质量验收规范》[GB50243-2016]要求。
- 7 施工时应加强与装修单位配合，确保毛细管网不被破坏，铺设符合技术要求。
- 8 其余注意事项可参照《毛细管网辐射供暖供冷施工技术规范》[CECS 433:2016]中的相关条文。

## 7 验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 被动式建筑分部工程、分项工程和检验批的划分应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》[GB50300]及相关专业验收规范的规定。

**【条文说明】**

被动式建筑作为建筑工程，首先应按《建筑工程施工质量验收统一标准》[GB50300]划分分部工程、分项工程。《建筑工程施工质量验收统一标准》[GB50300]没有包含的内容可按其规定的原则进行划分；检验批的划分主要是遵守相关专业验收规范的规定，无专业验收规范或专业验收规范没有明确时可按照其规定的原则进行划分。

**7.1.2** 被动式建筑分部工程、分项工程和检验批的质量应符合设计文件的要求，质量验收应符合《建筑节能工程施工质量验收规范》[GB50411]及相关专业验收规范的规定，并按本技术指南对节能分部相关内容进行验收。

**【条文说明】**

与普通建筑相比，被动式建筑的性能大幅度提高，依靠的是对有关材料、构配件、设备、系统等技术参数要求提高，具体体现在设计文件中。因此，被动式建筑质量是否合格关键看是否满足设计要求。

**7.1.3** 工程采用的新技术、新设备、新材料、新工艺，应按照有关规定进行评审、鉴定及备案，在施工前应制订专项施工方案，施工完成后应按专项施工方案进行验收，涉及安全、节能、环境保护等的专项施工方案和验收要求应组织专家论证。

**【条文说明】**

被动式建筑可能会涉及相对较多的新技术、新设备、新材料、新工艺，相应的技术标准体系并不完善。为保证质量和安全，需要通过一定的程序来进行保证。

### 7.2 墙面、屋面及地面保温

**7.2.1** 墙面、屋面及地面保温工程材料、构件进场验收应对其外观、品种、规格及性能等进行检查，并核查质量证明文件。

**7.2.2** 墙面、屋面及地面保温工程采用的材料应对其下列性能进行见证取样送检复验，复验结果应满足设计要求：



- 1 保温材料的导热系数、密度、抗压强度或压缩强度、燃烧性能；
- 2 粘结材料的粘结强度；
- 3 增强网的力学性能、抗腐蚀性能；
- 4 锚栓的抗拉承载力。

**【条文说明】**

保温工程材料涉及节能、安全的重要指标应通过见证取样送检复验进行验证。

**7.2.3** 墙面、屋面及地面保温工程的施工，应在基层质量验收合格后进行，基层立面垂直度偏差不应大于 4 mm，表面平整度偏差不应大于 4 mm。基层为砂浆找平层时，找平层与主体结构间应粘结牢固，无脱层和空鼓现象。

**7.2.4** 外墙保温隐蔽工程应重点检查以下内容，并应有文字和影像资料：

- 1 保温板粘贴方式应与施工方案相符，胶粘率应满足设计和施工方案要求。
- 2 保温板间的缝隙不应大于 2 mm，否则应在缝隙内填充保温材料，缝内严禁采用砂浆填充。当保温板分层铺设时，内外层接缝应相互错开。
- 3 保温系统的构造做法、厚度应符合设计要求。
- 4 锚栓的数量、位置、有效锚固深度和抗拔承载力应符合设计要求。当设计无明确要求时，施工方案应予以明确，并根据工程实际情况进行必要的计算，质量验收应符合施工方案要求。
- 5 网格布的铺设方式、搭接长度等应符合设计和施工方案要求。
- 6 锚栓、穿墙管道、墙上锚固连接件、外门窗洞口四边及凸出墙面的构件等部位应按设计要求做断热桥处理。
- 7 当设计有托架时，托架与主体结构间应做断热桥处理，锚固件锚固深度应符合设计或施工方案要求，托架安装应牢固，托架处缝隙应采用保温材料填充。
- 8 穿越墙面的管线应做好断热桥和气密性处理。

**【条文说明】**

保温板的缝隙过大会严重削弱维护结构的保温性能，施工过程中应尽量挤紧。对局部较大的缝隙，可用相同保温材料条进行填充，也可采用发泡材料填充，但不可用砂浆填充。当采用多层保温板分层铺设时，相邻层保温板错开接缝可减小接缝位置热桥。保温系统的构造做法不应随意更改，应保证其完整性，如需变更，应征得设计单位同意。

用于固定保温材料的锚栓的数量、位置、有效锚固深度和抗拔承载力应根据保温材料的性

能特点确定。当以粘结为主时，锚栓应有基本设计构造要求；当以锚固为主时，应根据项目所处位置的基本风压、楼层高度、锚栓是否位于转角等条件按对应有效锚固深度的锚栓抗拔承载力经计算确定锚栓数量。用于保温系统的锚栓设计应由设计单位完成，当施工图未提出明确要求时，施工方案应经设计单位确认后方可施工。

锚栓、穿墙管道、线管、墙上锚固连接件及凸出墙面的构件等打断了保温系统的连续性，外门窗洞口四边是门窗框与保温系统连接的薄弱环节，为保证外围护系统的整体保温性能，应进行无热桥设计，现场应严格按设计要求施工。对较厚、较重的外墙外保温材料，安装托架可以有效解决承重问题，但必须通过安装绝热垫片等进行断热桥处理。

#### **7.2.5 外墙面层颜色、材料及其性能指标应符合设计要求。**

##### **【条文说明】**

外墙面层属于外墙保温系统的一部分，其颜色深浅、材质及设计要求的其他性能指标影响外墙得热和反射，未经设计同意不可随意更改。

#### **7.2.6 外墙保温工程施工完成可采用红外测试仪对外墙热桥进行测试，并对热桥严重部位进行修补。**

##### **【条文说明】**

红外测试仪通过测试外墙表面温度不同可显现出热桥部位，为保证测试效果，应完全按照测试要求来进行，首先应保证在室内外有较大温差时进行。

#### **7.2.7 屋面保温隐蔽工程应重点检查以下内容，并应有文字和影像资料：**

- 1 保温材料厚度应符合设计要求，接缝处两侧保温板材高差不应大于 2 mm。
- 2 保温板缝宽度不应大于 2 mm，否则应在缝隙内填充保温材料，缝内严禁采用砂浆填充。当保温板分层铺设时，上下层接缝应相互错开。
- 3 隔气层应连续铺设无遗漏，屋面与墙体交界部位应将隔汽层上翻，高出保温层上表面不小于 150 mm。管线穿过隔气层时周围应封严，屋面阴阳角部位隔汽层应予以加强。
- 4 卷材防水铺贴方向、搭接宽度、搭接缝方向等应符合施工方案要求，卷材应粘贴牢固，表面平整无空鼓。采用机械固定法铺贴卷材时，应采用专用固定件可靠锚固，并做好固定件部位防水。涂膜防水层厚度应符合设计要求。
- 5 女儿墙、檐沟保温层应与屋面、墙面保温层连续，根部如采用断热桥方式处理，断热桥材料、厚度、位置应符合设计要求，并与屋面、墙面形成连续保温层。

6 屋顶变形缝、水落口、女儿墙压顶盖板、屋顶设备基础与支架、避雷带及穿越屋面的管线等应做好断热桥和气密性处理。

**【条文说明】**

屋面因有女儿墙、檐沟、变形缝、水落口、设备基础、避雷带等的存在而使屋面保温层容易形成热桥，施工需要特别注意保温的连续性和按设计要求进行断热桥处理。穿过屋面的管线是影响屋顶板气密性的不利因素，施工期间应特别注意。如女儿墙压顶设盖板，盖板的固定不仅要牢固可靠，还需要将与主体结构连接部位做好断热桥处理。

**7.2.8** 地面保温隐蔽工程应重点检查以下内容，并应有文字和影像资料：

1 地面保温包括接触室外空气、不采暖空间或基层下为土壤的保温，其构造做法应符合设计要求。

2 地面保温的基层表面应平整，排水坡度应符合设计要求。基层下为土壤时，土壤应密实，回填土应分层压实，回填土验收合格后方可施工基层。

3 地面保温下应设防水隔离层，隔离层验收合格后方可施工保温层。铺设地面保温材料的隔离层，表面平整度偏差不宜大于 3 mm。

4 保温材料的品种、性能、厚度应符合设计要求。保温材料间缝隙应严密，与墙、柱相接部位应紧密无缝隙，缝隙宽度不应大于 2 mm，否则应在缝隙内填充保温材料，严禁采用砂浆填缝。

5 外墙勒脚下保温层应与外墙保温连续铺设，铺设深度应符合设计要求。保温层应做好防水、防潮处理，并应设保护层。

6 穿越地面的管线应做好断热桥和气密性处理。

**【条文说明】**

地面保温层位于地下，容易因土壤潮湿造成水汽进入保温层，或者因建筑周边地表水沿外墙下渗或地下水位较高而造成保温层进水，所以地下保温层应按设计要求做好防水。

## 7.3 外门窗

**7.3.1** 外门窗应整窗进场，门窗及遮阳产品或构配件进场验收应对其外观、材料、品种、规格及性能等进行检查，并核查质量证明文件。

**【条文说明】**

为保证质量，外门窗需在工厂制作完成，不应现场加工。

**7.3.2** 外门窗的气密性、保温性能、中空玻璃露点、玻璃遮阳系数和可见光透射比应进行见证取样送检复验，遮阳产品的遮阳系数、抗风性能、构件承载力应进行见证取样送检复验，复验结果应满足设计要求。

**【条文说明】**

外门窗的气密性、保温性能、中空玻璃露点、玻璃遮阳系数和可见光透射比都是重要的性能指标，应通过复验保证其符合设计要求。遮阳产品的遮阳系数是重要的节能指标，抗风性能、构件承载力是遮阳产品安全的保证，应通过复验保证其符合设计要求。

**7.3.3** 外门窗及遮阳安装应在主体结构验收合格后进行，门窗洞口应平整顺直，洞口找平层与基层应粘结牢固，无空鼓、无裂缝。

**7.3.4** 外门窗及遮阳安装前，应核查预埋件或后置锚固件与主体结构的连接隐蔽工程验收记录和试验报告。外门窗及遮阳的固定件应可靠锚固在主体结构上，锚固件种类、锚固深度及抗拔、抗剪承载力应符合设计要求。

**【条文说明】**

被动式建筑外门窗相对较重，且较多采用外挂安装方式，通过连接件将门窗固定在外墙上。遮阳也通过连接件固定在外墙上。固定连接件的锚栓既承受门窗及遮阳自重产生的剪力，又承受负风压对门窗、遮阳吸力产生的拉拔力，同时锚栓及连接件还需做断热桥处理加断热桥垫片，因此锚栓非常重要又受力复杂。锚栓及连接件隐蔽前应按设计做好锚固件种类、锚固深度及抗拔、抗剪承载力的验收，确保固定件可靠锚固在主体结构上。

**7.3.5** 安装外门窗及遮阳的固定件应按设计要求做断热桥处理，断热桥构件的材料、厚度及安装方法应符合设计要求。

**7.3.6** 外门窗工程施工中，应对门窗框四周防水隔气膜、防水透汽膜的粘贴进行隐蔽工程验收。防水隔气膜、防水透汽膜与窗框和外墙应分别严密粘贴，门窗固定件处应附加防水透汽膜予以加强。

**【条文说明】**

在外门窗窗框与主体结构连接部位粘贴防水隔汽膜、防水透汽膜是保证该部位气密性的重要措施，必须粘贴严密。由于固定件高出主体结构，造成通长防水透汽膜通过固定件时会产生缝隙，应附加粘贴防水透汽膜对缝隙进行封闭。

**7.3.7** 窗台板安装位置应正确，内侧应伸入窗框下，两侧应伸入窗侧保温面层内，并应做好接缝的防水处理。

**【条文说明】**

窗台板的作用是避免窗台部位下雨时雨水渗漏进入保温层降低保温性能。窗台板安装时应特别注意两侧伸入窗侧保温层内，使雨水由保温层外表面流入窗台板顶面排走。如窗台板未伸入窗侧保温层内，窗台板与窗侧保温层间形成竖缝，雨水会经竖缝渗入保温层。

**7.3.8** 窗框与外墙保温连接处应设窗墙连接线，连接线与窗框应粘贴严密，连接线玻纤网应压入保温面层。

**【条文说明】**

窗墙连接线一边与窗框粘贴，另一边玻纤网压入保温层面层，使窗框与外墙保温连为整体，避免产生接缝。

**7.3.9** 外墙保温窗楣应按设计要求安装滴水线。

**7.3.10** 遮阳装置的金属构架应与主体结构的防雷系统可靠连接，电动遮阳接地措施应满足设计要求，安装完成后应进行接地电阻测试。

**【条文说明】**

遮阳装置的金属构架突出建筑物表面，应保证防雷安全。电动遮阳驱动装置应采取必要的用电安全措施。

**7.3.11** 遮阳装置安装完成后应按说明书做启闭、调节试验，试运行与调试结果应符合设计要求。

## 7.4 通风与空调系统

**7.4.1** 通风与空调工程施工质量应满足《通风与空调工程施工质量验收规范》[GB50243]的有关规定。

**7.4.2** 管线穿墙部位应做好气密和断热桥处理，管道穿墙预留洞尺寸应能保证管道保温层厚度。

**【条文说明】**

通风与空调系统管线穿过外墙将气密层和保温层打断，需按设计要求做气密和断热桥处理。管线穿过外墙时在墙厚范围内应有保温层，因此洞口预留尺寸应考虑保温层厚度，避免留洞尺寸偏小造成墙厚范围内管线外保温层减薄甚至取消。

**7.4.3** 新风进风口与排风口位置及间距应符合设计要求。

**7.4.4** 通风设备新风热回收效率应符合设计要求。

**7.4.5** 新风系统安装完成后应进行风量平衡调试，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，总流量及分支环路流量应满足设计要求。

**【条文说明】**

被动式建筑具有良好的气密性，新风系统的可靠运行是建筑舒适度和节能效果的重要保证。

**7.4.6** 水系统管道、管件等应保温良好，尤其应做好三通、紧固件和阀门等部位保温，避免产生热桥。

**7.4.7** 施工期间应对风道内壁及时清洁，并对敞口部位做好防尘保护。工程验收时，应检查新风机组过滤器，必要时做清洗或更换处理。

**7.4.8** 厨房补风口应设保温密闭型电动风阀，风阀应与抽油烟机联动，风阀关闭状态下应严密不漏风，补风管道保温材料及厚度应符合设计要求。

**【条文说明】**

厨房抽油烟机开启时，厨房补风口应同步打开，避免厨房产生负压使其他房间空气被抽出室外。抽油烟机关闭时，电动风阀应能够可靠密封。

## 7.5 建筑气密性

**7.5.1** 建筑主体完工，门窗验收合格，内墙抹灰完成，设备安装和内装修施工前，宜对建筑气密性进行初步检测。检测结果不满足要求时应对渗漏部位进行封堵。

**【条文说明】**

门窗验收合格，内墙抹灰完成则外围护气密层已经形成。建议此时做气密性初步检测，发现问题及时处理，避免设备安装、内装修施工完成后再做气密性检测较难查找漏气部位和不便维修。

**7.5.2** 工程竣工前应对建筑气密性进行检测，检测结果换气次数应符合设计要求。

**【条文说明】**

良好的气密性是被动式建筑舒适和节能的基本保证，在所有工作完成后做气密性检测可保证最终投入使用的建筑整体气密性。

**7.5.3** 建筑气密性测试应按附录 B 的方法施行。

## 7.6 可再生能源

**7.6.1** 太阳能热水系统、太阳能光伏系统的材料、设备进场验收应对其外观、品种、规格、型号及性能等进行检查，并核查质量证明文件。

**7.6.2** 太阳能热水系统质量验收应符合《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》[GB50364]有关规定。

**7.6.3** 太阳能光伏系统质量验收应符合《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》[JGJ203]有关规定。

**7.6.4** 太阳能热水系统、太阳能光伏系统支架应按设计要求做断热桥处理，断热桥构件的材料、厚度及安装方法应符合设计要求。

### 【条文说明】

太阳能热水系统、太阳能光伏系统附着于建筑外墙或屋面，其支架必须可靠固定在主体结构上，同时支架的固定应避免产生热桥。

## 8 运行管理

### 8.1 用户手册

**8.1.1** 项目可考虑基于自身建筑、暖通、控制系统特色编写用户手册，阐述建筑品质，指导设备使用，倡导行为节能。用户手册宜包含以下内容：①被动式建筑的价值描述，包括健康、舒适、节能、品质等；②被动式建筑的技术方案；③被动式建筑各系统的运维指导。

**8.1.2** 被动式住宅使用模式与常规住宅的差异点，可在用户手册中予以强调。主要的差异点包括、窗户开启习惯、外遮阳使用习惯、部分新风系统类型可承担少量冷负荷从而可在过渡季和凉爽夏夜取代空调等。

### 8.2 外围护系统维保

**8.2.1** 被动式建筑项目的运营方应定期检查外围护系统，除了观察、收集用户反馈意见等办法，最便捷的办法是用热成像仪检查。

**8.2.2** 外保温系统维保常见质量问题解决策略：

1 如果面层严重开裂，应从材料、施工工艺分析开裂引起的原因，针对具体原因提出对应解决策略。

2 如果出现渗漏现象，应根据渗漏位置找到渗漏区域，分析渗漏产生的原因，对保温系统进行修复、防水处理。

3 如果保温系统出现脱落，应从材料、施工工艺、环境因素等分析脱落原因，再针对具体原因提出对应解决策略。大面脱落维修时，应铲除基层墙体胶粘剂及锚固件，再按标准工艺工法铺贴新的保温系统；局部脱落维修时，可局部修补，但应检查既有保温系统是否松动，如果松动，应一并处理。

**8.2.3** 外窗（含阳台门）系统维保常见质量问题解决策略：

1 如果外窗侧边出现渗漏，应仔细查找渗漏源头，修复渗漏处的防水层。修复时应注意排水构造，以排为主，防排结合。如果周边的保温层出现渗水情况，应做相应的局部修补。

2 如果外窗内部出现结露，可能存在的问题有窗玻气密性失效、分子筛失效、玻璃密封胶开裂等，解决策略是更换整玻。



3 如果外窗内侧玻璃在夏季有直射阳光时发烫，可能存在的问题有窗玻气密性失效或者 Low-E 膜层位置不正确，解决策略是更换整玻。

4 如果外窗透光性变差，可能存在的问题是 Low-E 膜层氧化，解决策略是更换整玻。

5 如果外窗或阳台门推拉或开关困难，可能存在的问题有推拉轨道变形、滑轮错位或卡死不转、平开滑撑或合页松动、传动杆扭曲变形、锁点位置错误、拨叉润滑油缺失等，解决策略是更换的相应五金件。

6 如果落地窗或阳台门的下框处出现渗透风现象甚至有吹风感，应检查五金使用状态、窗扇搭接量及窗扇偏移量（是否掉角），然后校核调整，确保锁闭有效，恢复原有的气密性。

#### **8.2.4 活动式外遮阳金属卷帘维保常见质量问题解决策略：**

1 如果卷帘开启时运行不畅，应检查导轨内是否有异物。

2 如果按下电动卷帘的按钮后卷帘不正常运行或无反应，应检查卷帘外侧是否有霜冻，静置数分钟后再次启动；

3 如果卷帘放下后不能完全闭合，有漏光现象，应尝试将卷帘升起一小段后再次向下运行，同时检查窗台上是否有异物。

## **8.3 暖通系统维保**

### **8.3.1 户式暖通系统运行常见问题的诊断与修复：**

1 毛细管网堵塞：应采用脉冲泵冲洗，汽、水混合脉冲冲洗；定期保养换水，系统阀件采用铜件、不锈钢等耐腐蚀材质。

2 冬季防冻：冬季来临，提前预警，逐户通知业主保证设备供电，充分测试系统防冻程序稳定性。

3 毛细管渗漏：用热熔焊接的方式修复毛细管；加强对业主的风险提醒，避免人为破坏。

4 设备噪声过大：地面放置的设备设置减震基座或减震垫；吊装设备设置减震器；新风管道设置消声静压箱和消声弯头；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。

5 其余应关注的问题尚有阀门生锈、水路不通（辐射系统）、风平衡失当、热回收

失效等等。

### 8.3.2 集中式暖通系统及机房运行常见问题的诊断与修复：

1 主机设备的换热效率下降：定期对主机设备的热交换部件进行清洗保养等，保证换热效率的正常。

2 主机开启后的运行工况不一致：校核主机的流量问题，检查系统是否存在水路平衡问题。

3 主机类设备故障：定期保养、每日巡检、计划性维修。

4 管路阀门故障：每年冬夏季期间，定期检查复核阀门动作和密闭情况，定期修理、更换故障阀门。

5 水泵电机类故障：定期巡检水泵电机工况，计划性采购维修。

6 电气类故障：定期检查配电系统变压器、负荷开关等负荷原件的动作和工作温度，以及配电设备的环境温度。

7 管道结露问题：水系统管道、管件等均应做良好保温，尤其应做好三通、紧固件和阀门等部位的保温，避免发生热桥。

8 机房噪音问题：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；有条件时，机房墙面与顶面增设消音孔板，防止噪音传递。

## 8.4 运行数据监测

8.4.1 被动式建筑应设置运行监测系统，对建筑室内外环境关键参数、设备运行状态与建筑运行能耗进行实时监测和记录。在集合住宅内，实施监测的户数不宜少于同类型总户数的 2%，且不少于 5 户。

8.4.2 室内环境监测的内容及做法如下：

1 应对典型户主要功能空间的温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度、PM<sub>2.5</sub> 浓度、甲醛浓度等室内环境参数进行监测。

2 PM<sub>2.5</sub> 浓度传感器应设置在送风口附近；温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度和甲醛浓度传感器宜设置在回风口附近。

3 宜在社区内部设置气象站，同时对气温、湿度、太阳辐照度、风速等室外气象参数进行监测。

### 8.4.3 建筑运行能耗监测应符合下列规定：

1 在户式系统条件下，宜对典型户的供暖、供冷、通风、生活热水、照明及插座的能耗进行分项计量。

2 在集中式系统条件下，宜对楼栋的冷热源、输配系统、新风系统、生活热水制备等关键系统能耗进行分项计量，同时对分户的照明及插座能耗进行计量。

3 如果项目采用可再生能源，宜对其发电量及供冷、供热量进行单独计量。

### 8.4.4 设备运行状态监测的内容及办法：

1 宜提供本地自控和云端群控等系统自控系统，提供触摸屏、移动端操作软件等便捷的人机界面。

2 暖通空调控制系统监测内容包括设备状态、启停、故障报警、数据采集、数据存储、连锁控制、系统保护等。

3 应对空调系统的下列参数进行监测：

- 1) 室内与室外空气的温度；
- 2) 空气冷却器出口的冷水温度；
- 3) 空气加热器出口的热水温度；
- 4) 空气过滤器进出口静压差的越限报警；
- 5) 风机、水泵、转轮热交换器、加湿器等设备的启停状态。

4 应对空调冷热源和空调水系统的下列参数进行监测：

- 1) 冷水机组蒸发器进/出水温、压力；
- 2) 冷水机组冷凝器进/出水温、压力；
- 3) 换热器一二次侧进/出水温度、压力；
- 4) 分、集水器温度、压力（或压差），集水器各回路水支管温度；
- 5) 水泵进出口压力；
- 6) 水过滤器前后压差。

8.4.5 每年应根据建筑的分项运行能耗数据、建筑及设备的使用情况记录与气象数据对建筑的年度运行情况进行分析，及时调整运行策略或使用方式。

## 8.5 智慧能源管理

8.5.1 智慧能源管理系统是指为了对能源绩效进行定量分析，评估被动式建筑是否已

经达成既定能源绩效目标、室内环境目标以及相关措施是否有效的数据收集、分析、处理系统。

**【条文说明】**

能源绩效(energy performance)是与能源效率、能源使用和能源消耗有关的、可测量的结果。其表示方式可以有：能源消耗量(kJ、kWh)、单位能源消耗量(kWh/m<sup>2</sup>)、能源效率变化率或无量纲比率等。

智慧管理系统通过建立并使用能源绩效参数和能源基准，测量并量化被动式建筑运行中的能源绩效变化，从而能够对其能源绩效进行有效管理。其通过能源绩效参数提供的能源绩效信息，有助于设计、管理、研究人员掌握了解建筑的运行状态和能源绩效并采取措施以达到持续改进提升的目的。

**表 8.5.1-1：智慧能源管理系统对不同用户的意义**

使用者	使用智慧能源管理系统的目的和意义
行业监管	确保能源绩效参数满足被动房性能要求和其他标准规范条件。
企业代表	同能源管理团队一起工作，向监管者提交可测量的结果。
运维管理者	在能源消耗、能源效率及财务方面了解能源绩效，防止偏差。
操作运维者	利用系统采取有效的纠正与预防措施，减少浪费，保证效率。
检修工程师	利用数据来策划、实施、评价能源绩效改进措施或开展研究。
外部用户	包括业委会、小业主，通过展示平台了解运维基本情况。

8.5.2 智慧能源管理系统的设计应在设计阶段同步考虑相关设备管线位置与管理用房。管理用房可与物业用房合并。

8.5.3 智慧能源管理系统宜一并施工安装、交付。

8.5.4 智慧能源管理系统宜具备自动远传功能。计量器具应满足现行国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》[GB17167]中的要求。

8.5.5 智慧能源管理系统应具有数据传输、储存和分析功能。系统可存储数据应不少于一年。

8.5.6 智慧能源管理系统的范围包括但不限于能源管理和后勤动力服务，且应 100%覆盖住户，并明确不同住户的位置、套型面积等。对住宅公共部分应有明晰的边界，具备实施独立能源核算的条件。界定范围和边界时，可考虑住宅建筑的空调系统、通风系统、给排水系统、电梯系统、变配电系统、弱电系统、消防系统、围护结构及其它特殊

用能系统等。住宅套内可不设二次计量。

8.5.7 智慧能源管理系统应确定对比的周期与能源绩效目标。对比周期一般为年、季、月。首个周期年可不设能源绩效目标，但需要严格按照设计说明、系统规程做好运维服务和记录工作，并建立相应的能源基准。

**【条文说明】**

确定能源绩效参数时，应充分了解夏热冬冷地区被动房能源消耗的基本特点，例如基本负荷的大小和哪些因素有关，负荷与入住率、气候、季节、天气或其他因素的关联特征等。应根据用户需求和应用的复杂程度来选择合适的绩效参数类型。下表描述了不同能源绩效参数类型及其特点。

表 8.5.7-1：能源绩效参数的类型和应用

类型	用途	示例	不足
直接监测数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 适用于可直接测量得到的能源消耗量和变化量的系统；</li> <li>□ 可用于评估节能量是否符合要求；</li> <li>□ 可用于监管和控制能源存储和消耗；</li> <li>□ 可用于分析能耗趋势。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 照明能耗[kWh]；</li> <li>□ 耗电量峰值[kWh]；</li> <li>□ 月峰值负荷[kW]；</li> <li>□ 项目节能量[kWh]。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 没有考虑相关变量影响；</li> <li>□ 不能直接测量能源效率。</li> </ul>
测量值的比率	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 可用于监测只有一个相关变量的系统能效；</li> <li>□ 适用于对标；</li> <li>□ 可用于分析能效趋势。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 单位建筑面积能耗 [kWh/m<sup>2</sup>]；</li> <li>□ 人均耗能量[kWh/人/d]；</li> <li>□ 锅炉效率[%]。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 没有考虑负荷和非线性能源使用的影响；</li> <li>□ 负荷发生较大变化可能造成结果失真。</li> </ul>
统计模型	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 适用于具有多个相关变量的系统；</li> <li>□ 适用于对标；</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 满足基本负荷的设备的能源绩效；</li> <li>□ 不同入住率以及位于</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 多个相关变量统计模型较难建立或者耗时较长，准确性很难保</li> </ul>

<p>型</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 适用于能源绩效与相关变量的关系能够被量化的复杂系统；</li> <li>□ 适用于具有多个相关变量的组织层面的能源绩效的评估。</li> </ul>	<p>不同气候带的住宅小区的能源绩效；</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 泵/风扇的能耗量与工质流量的关系。</li> </ul>	<p>证；</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 很难确定残差是模型的问题还是对能耗缺乏控制引起的；</li> <li>□ 如果模型未经过统计检验，则结果可能不准确。</li> <li>□ 当数据不呈线性时，要求对系统有深入的理解才能建立正确的关系式；</li> <li>□ 宜坚持采用同样的模型才能确保结果的有效性。</li> </ul>
<p>工程模型</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 可用于作业流程变化引起众多变量发生变化时对能源绩效的评估；</li> <li>□ 可用于具有瞬态过程或动态反馈循环的系统；</li> <li>□ 可用于评估相关变量有惯性的系统能源绩效（如当温度和压力是一对相互关联的相关变量）；</li> <li>□ 可用于设计阶段对能耗绩效的评估。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 模拟计算采用的模型，可以反应多组变量之间的关系；</li> <li>□ 机组的耗电量模型，可建立负荷、室外温度和室内温度的关系；</li> <li>□ 建筑能耗模型，可建立运行时间、空调系统类型和用户需求的</li> </ul> <p>关系。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 宜持续保持及评估模型以确保结果的有效性。</li> </ul>

能源基准的制定应通过理解能源使用的基本特征并考虑使用者的需求，选择适当的能源绩

效参数类型确定。建立能源基准时，应使用在基准期内所收集的数据。在此基础上，使用能源绩效参数的测量值和能源基准对能源绩效的变化进行评估，并评价能源绩效参数和能源基准是否适用。由于社会期望，技术进步，房屋折旧，使用者自身改造更新等不断变化，需要定期对能源基准进行调整。

基准期选择应足够长，以确保运行方式的改变都能够反映在能源基准和能源绩效参数上。基准期的选择应考虑能耗和相关季节性的变化等。通常选择连续的 12 个自然月。

如果对比周期内相关变量没有发生较大变化，则可以将基准期和报告期的能源消耗直接进行比较。为了比较同等条件下两个时期的能源绩效，可根据相关变量的情况对能源绩效参数和能源基准进行归一化：当主要相关变量单一，同时基本负荷较小时，可以使用能耗与相关变量的简单比率进行归一化；当主要相关变量较多或者基本符合较大时，可建立能耗和相关变量关系的模型进行归一化。

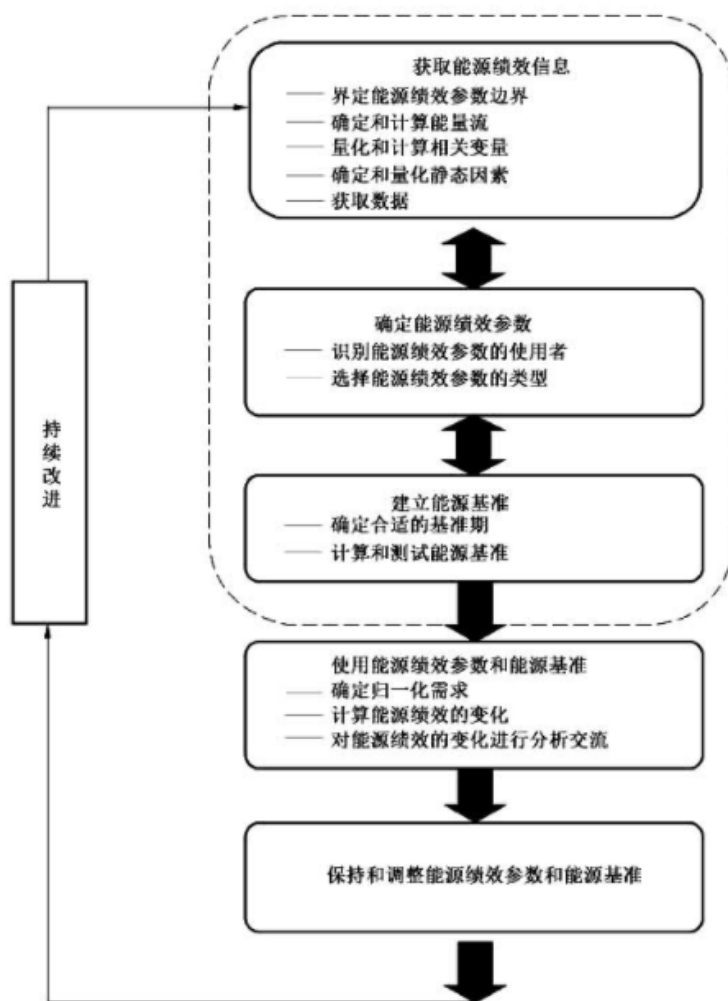


图 8.5.7-1：能源绩效参数和能源基准的确定、使用和更新过程

能源绩效受许多相关变量和静态因素的影响。一旦确定了如天气、重大活动等可能对能源绩效产生较大影响的相关变量，应在智慧能源管理系统中记录并做归一化，以便与相同条件下的能源绩效进行对比。所谓归一化，是指通过解释相关变量的变化，以便在等同条件下比较能源绩效，从而不断修正能源数据的过程。能源绩效参数和相应的能源基准都能够被归一化。

8.5.8 智慧能源管理系统的能源数据和相关变量的数值都应同时并以相同频次连续测量。测量仪表应定期校准。

8.5.9 智慧能源管理系统的数据库收集频率宜高于报告频率，以便理解和评估相关变量对能源绩效的影响。对不同的被动式建筑项目数据采集的时期和频率应满足操作条件并不高于 10 min/次，以保证提供足够多的数据点来进行分析。操作层面可按照每小时、每天或更大时间周期进行数据采集。而能源绩效则可以按照每月周期进行汇总评审。

8.5.10 计算能源绩效参数和相应的能源基准之前，应对测量的数值和相关变量进行评审以确定数据的质量是否符合要求。当计量故障、获取数据失败或操作条件不典型可能造成重大异常时需要数据验证。如果存在一些测量异常的数据值，不应将其放入能源绩效参数模拟或相关的能源基准中。在对能源绩效参数数值进行解释和报告时，应说明测量的准确度和不确定度。

8.5.11 智慧能源管理系统应有专人管理维护，并且定期开展相关的技术培训。

#### 【条文说明】

鼓励有条的企业培养成立运维团队或购买专业的运维服务。应建立、实施、保持并持续改进能源管理体系（如能源管理体系建立的策划，编制能源管理手册、程序文件，作业指导文件和能源管理记录；定期召开能源管理会议，沟通能源绩效）。

应至少每季度检查、调适被公共设施设备，并有检查、调试、运行、标定的完整记录。定期的巡检报告：公共设施设备（管道井、绿化、绿灯、外门窗、外遮阳）等的安全、完好程度、卫生情况等；设备间（配电室、机电系统机房、泵房）的运行参数、状态、卫生等；消防设施（室外消防栓、自动报警系统、灭火器）等的完好程度、标识、状态等；建筑完损登记评定（结构部分的墙体，楼盖，楼地面、幕墙，装修部分的门窗，外装饰、细木装修，内墙抹灰）的安全检测、防锈防腐等。

应至少每年开展节能诊断评估，并根据评估结果制定优化方案并实施。住宅建筑能源诊断的内容主要包括：能耗现状调查、室内热环境和暖通空调系统等现状调查。住宅建筑能源诊断检测方法可以参照现行行业标准《居住建筑节能节能监测标准》[JGJ/T132]的有关规定。居住小



区公共建筑的能源诊断的内容主要包括:冷水机组、热泵机组的实际性能系数、锅炉运行效率、水泵效率、水系统补水率、水系统供回水温差、冷却塔冷却性能、风机单位风量耗功率、风系统平衡度等。公共建筑能源诊断检测方法可参照现行行业标准《公共建筑节能检测标准》[JGJ/T177]的有关规定。

物业管理机构的工作考核体系中可考虑包含能源绩效考核激励机制。

智慧能源管理系统的操作规程应放置、悬挂或张贴在操作现场的明显处。能源管理系统的运行维护技术要求高,维护的工作量大,无论是自行运维还是购买专业服务,都需要建立完善的管理制度与应急预案,并在日常运行中应做好记录,通过专业化的物业管理促使操作人员保证工作的质量。

## 附录 A 能耗指标计算方法

**A.0.1** 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/T346]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。

**A.0.2** 能耗指标应以建筑套内使用面积为基准，并符合下列规定：

- 1 建筑套内使用面积等于建筑套内设置供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、设供暖或空调设施的阳台等使用面积的总和。
- 2 各功能空间的使用面积应等于各功能空间墙体内表面所围合的空间水平投影面积。
- 3 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。
- 4 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 1.2 m 的空间不计算套内使用面积；净高在 1.2~2.1 m 的空间应按 1/2 计算套内使用面积；净高超过 2.1 m 的空间应全部计入套内使用面积。
- 5 套内烟囱、通风道、管井等均不应计入套内使用面积。

**A.0.3** 计算设计建筑能耗指标应符合下列规定：

- 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（包括透光幕墙）太阳得热系数、窗墙面积比、屋面开窗面积应与建筑设计文件一致。
- 2 建筑功能区除设计文件明确为非空调区外，均应按设置供暖和空气调节计算；空气调节和供暖系统运行时间按表A.0.4-1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.0.3-2设置，人均新风量应按表A.0.4-3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。

- 5 供暖空调系统的系统形式和能效应与设计文件一致。
- 6 应计入可再生能源的节能量，可再生能源的类型包括太阳能光热、光电利用、热泵、风力发电及生物质能等，可再生能源系统形式及效率应与设计文件一致。
- 7 住宅建筑的人均新风量为30 m<sup>3</sup>/h/人。

表 A.0.4-1: 典型城市住宅建筑用能模式

	工作日	周末
持续式	采暖季、空调季 0:00~24:00	采暖季、空调季 0:00~24:00
间歇式	客厅: 18:00~24:00; 卧室: 21:00~6:00	客厅: 12:00~23:00; 卧室: 23:00~8:00

表 A.0.4-2: 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 <sup>2</sup> ]	人员在室率	设备功率密度[W/m <sup>2</sup> ]	设备使用率	照明功率密度[W/m <sup>2</sup> ]	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
楼梯间	0	0.0%	0	0.0%	0	0
大堂门厅	0	0.0%	0	0.0%	0	0
储物间	0	0.0%	0	0.0%	0	0
车库	0	0.0%	0	0.0%	2	120

**A.0.4** 供暖、空调、照明一次能源消耗量按下式计算:

$$E_T = \frac{E_h \times f_i + E_c \times f_i + E_l \times f_l - \sum_i E_{r,i} \times f_i + \sum_i E_{rd,i} \times f_{i_i}}{A} \quad (\text{A.0.4})$$

- 式中:
- $E_T$ ——建筑供暖、空调、照明一次能源消耗量, kWh/m<sup>2</sup>;
  - $A$ ——住宅类建筑为套内建筑使用面积, 非住宅类为建筑面积;
  - $E_{r,i}$ ——场地内或附近产生的*i*类型可再生能源的产能量, kWh;
  - $E_{rd,i}$ ——外界输入的*i*类型可再生能源的产能量, kWh;
  - $f_i$ ——*i*类型能源的一次能源系数, 一次能源系数应符合 A.1.6 条的规定;
  - $E_h$ ——供暖系统的能源消耗, kWh;
  - $E_c$ ——供冷系统的能源消耗, kWh;
  - $E_l$ ——照明系统的能源消耗, kWh。

**A.0.5** 可再生能源利用率应按下式计算:

$$REP_p = \frac{(\sum_i E_{r,i} + \sum_i E_{rd,i})f_i}{E_h \times f_i + E_c \times f_i + E_l \times f_l} \quad (\text{A.0.5})$$

式中： $REP_p$ ——基于一次能源总量的可再生能源利用率，%。

**A.0.6** 各种能源的一次能源换算系数应按照表 A.0.6 确定。

表 A.0.6：一次能源换算系数

能源类型	换算单位	一次能源换算系数
标准煤	kWh <sub>一次</sub> /kgce <sub>终端</sub>	8.14
天然气	kWh <sub>一次</sub> /m <sup>3</sup> <sub>终端</sub>	9.85
热力	kWh <sub>一次</sub> /kWh <sub>终端</sub>	1.22
电力	kWh <sub>一次</sub> /kWh <sub>终端</sub>	2.6
生物质能	kWh <sub>一次</sub> /kWh <sub>终端</sub>	0.20
场地内电力 (光伏、风力等可再生能源发电自用)	kWh <sub>一次</sub> /kWh <sub>终端</sub>	2.6
场地外输入电力 (光伏、风力等可再生能源发电自用)	kWh <sub>一次</sub> /kWh <sub>终端</sub>	2.0

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.0.7** 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 建筑外围护结构整体气密性能检测方法

**B.0.1** 本方法适用于鼓风门法进行建筑物外围护结构整体气密性能的检测。

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

**B.0.3** 采用鼓风门法检测时，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。

**B.0.4** 建筑外围护结构整体气密性能的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 50 Pa 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。

**B.0.5** 建筑外围护结构整体气密性能的检测值的处理应符合下列规定：

- 1 换气次数应按下列式计算：

$$N_{50} = L/V \quad (\text{B.0.5-1})$$

式中： $N_{50}^+$ 、 $N_{50}^-$ ——50 Pa、-50 Pa 压差下房间的换气次数， $\text{h}^{-1}$ ；

$L$ ——空气流量的平均值， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$V$ ——被测房间换气体积， $\text{m}^3$ 。

- 2 房间换气次数应按下列式计算：

$$N = (N_{50}^+ + N_{50}^-)/34 \quad (\text{B.0.5-2})$$

式中： $N$ ——房间换气次数， $\text{h}^{-1}$ 。

**B.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 3%，且不应少于 3 户；当以单元为对象进行气密性能检测时，测试单元不少于整栋建筑单元数的 10%，且不应少于 1 个单元。