

91.040.10
P

团体标准

T/ CABEE-JH2019013

净零能耗建筑建造技术导则

Guidelines for Construction Technology of Net Zero Energy Consumption Building

征求意见稿

2019-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

团体标准

净零能耗建筑建造技术导则

Guidelines for Construction Technology of Net Zero Energy Consumption Building

T/ CABEE-XXX-201×

主编单位：中国建筑股份有限公司技术中心

中国建筑第八工程局有限公司

批准部门：中国建筑节能协会

施行日期：201×年×月×日

201× 北京

前 言

根据中国建筑节能协会建标协《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]18号）的要求，导则编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，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，编制了本导则。

本导则的主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.设计；5.施工；6.验收与评价；附录A 能耗指标计算方法；附录B建筑气密性测试方法。

本导则由中国建筑节能协会负责管理，由中国建筑股份有限公司技术中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑股份有限公司技术中心（地址：北京市顺义区林河大街15号中建技术中心，邮编：101300）。

本标准主编单位：中国建筑股份有限公司技术中心

中国建筑第八工程局有限公司

本标准参编单位：中建西南建筑设计研究院有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

华南理工大学

杜邦中国集团有限责任公司

塑料制品工业协会

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 室内环境指标	5
3.3 建筑能耗指标	6
3.4 建筑气密性指标	7
4 设计	8
4.1 一般规定	8
4.2 气候响应设计	9
4.3 围护结构热工设计	10
4.4 供暖通风与空调设计	15
4.5 可再生能源设计	18
4.6 电气节能设计	19
5 施工	21
5.1 一般规定	21
5.2 施工要点	25
6 验收与评价	33
6.1 一般规定	33
6.2 验收	33
6.3 评价	34
附录 A 建筑能耗计算方法	35
附录 B 建筑气密性测试方法	45
本导则用词说明	47
引用标准名录	48

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 General Requirements	4
3.1 General Requirements	4
3.2 Indoor environmental Criteria	5
3.3 Building Energy Criteria	6
3.4 Building Airtightness Criteria	7
4 Design	8
4.1 General Requirements	8
4.2 Climate Adaptation Planning	9
4.3 Building Envelope Thermal Design	10
4.4 HVAC System Energy Conservation Design	15
4.5 Renewable Energy Design	18
4.6 Electrical Equipment Energy Conservation Design	19
5 Construction	21
5.1 General Requirements	21
5.2 Construction Detail	25
6 Quality Acceptance and Evaluation	33
7.1 General Requirements	33
7.2 Quality Acceptance	33
7.3 Evaluation	34
Appendix A Calculating Methods of Building Energy Criteria	35
Appendix B Test Methods of Building Airtightness	45

1 总则

1.0.1 为了深入推进严寒、寒冷和夏热冬冷地区建筑节能工作，引导建筑物不断提升节能水平，发展净零能耗建筑，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于严寒、寒冷和夏热冬冷地区新建、改建和扩建的住宅建筑、办公、酒店类公共建筑开展净零能耗建筑设计、施工和评价，其他类型的建筑可参照执行。

1.0.3 净零能耗建筑的设计、施工和评价，除应符合本导则的规定外，尚应符合国家和地方现行有关标准规定。

2 术语

2.0.1 净零能耗建筑 net zero energy building

适应气候特征和场地条件，在利用被动式建筑设计和技术手段大幅降低建筑供暖、空调、照明需求的基础上，通过主动技术措施提高能源设备与系统效率，充分利用可再生能源，以最少的能源消耗提供舒适室内环境的建筑，其供暖、空调、照明、生活热水、电梯能耗水平应较现行节能设计标准能耗降低 80% 以上。

2.0.2 性能化设计 performance-oriented 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。

【条文说明】性能化设计是一个通用概念，本标准中特指以建筑室内环境参数和能效指标为目标的性能化设计方式。

2.0.3 供暖年耗热量/供冷年耗冷量 annual cooling/heating demand

在设定计算条件下，为满足室内环境参数要求，单位面积年累计消耗的需由室内供暖、供冷设备供给的热量或冷量。

2.0.4 一次能源消耗量 primary energy consumption

建筑年供暖、空调、照明、生活热水和电梯终端能耗，利用一次能源换算系数，统一换算到标准煤的能耗值。

2.0.5 建筑气密性 air tightness of building

建筑在封闭状态下阻止空气渗透的能力。可表征建筑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，是净零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。

2.0.6 气密层 air tightness layers

由气密性材料和部件、抹灰层等形成的防止空气渗透的连续构造层。

2.0.7 气密性材料 air tightness material

对建筑外围护结构室内侧的贯通缝隙进行密封、防止空气渗透的材料。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 净零能耗建筑应以气候特征为引导进行建筑方案设计，基于当地气象条件、生活居住习惯，借鉴本地传统建筑被动式措施进行建筑平面总体布局、朝向、采光通风、室内空间布局的适应性设计。

3.1.2 净零能耗建筑设计应采用性能化设计方法。以室内环境和能耗指标为约束目标，采用性能化设计方法合理确定技术策略，优先采用外遮阳、节能门窗、围护结构保温，并提升建筑整体气密性能等被动式措施，降低建筑供暖空调需求，并结合设备能效提升和可再生能源利用，实现建筑能耗的大幅度降低。

【条文说明】净零能耗建筑设计是以最大幅度地降低建筑能源消耗为目标，在建造成本、时间限制、技术可行性、持有成本、建筑耐久性、设计建造水平等约束下，进行优化决策的设计过程。

净零能耗建筑设计应以目标为导向，以“被动优先，主动优化”为原则，结合当地气候、环境、人文特征，根据具体建筑使用功能要求，采用性能化的设计方法，因地制宜地制订净零能耗建筑技术策略。区别于传统建筑节能的指令性（规定性）设计方法，净零能耗建筑应采用性能化设计方法。面向建筑性能总体指标要求，综合比选不同的建筑方案和关键部品的性能参数指标，通过不同组合方案的优化比选，制订适合具体项目的针对性技术路线，实现全局最优。性能化设计与指令式设计的差异见下表 3.1.2。

表 3.1.2 性能化设计与指令式设计的差异

性能化设计	指令性设计
面向建筑性能，给出满足性能目标的参数和指标要求	直接从规范中选定设计参数
关心设计、建造及运行全过程	主要关心建筑设计
所提供的措施主要是能证明合适的，就允许采用，为设计提供创造空间	原则上采用规范中所规定的方法或措施
强调建筑整体有机集成	重视细节，轻视整体

性能化设计强调协同设计与组织，传统设计组织以建筑师作为总协调人员，作为与开发单位进行项目沟通的渠道，结构、暖通、给排水、电气、景观等专业团队分工合作的形式。而对于协同设计而言，首先确定设计协调人来协调整个设计进程，建筑师及各专业人员、业主、建设方代表等形成一个协同设计工作小组，对整个项目进行全面把控。每个工作小组成员由其工作团队进行支持。在协同设计小组外，应由使用者代表、社区代表、政府代表、分系统分包商、物业运营人员代表、产品供应商、房地产经纪公司、绿色建筑专家、建筑模拟专家、成本管理人员等组成相关方小组，共享项目设计进度信息，提供设计信息输入。

3.1.3 净零能耗建筑应按照精细化施工的理念，采用更加严格的施工质量标准，进行全过程质量控制。应防止装修对建筑围护结构气密层的损坏和对气流组织的影响。

3.1.4 净零能耗建筑应进行全装修，并应采用建筑与装修一体化设计。室内装修应采用无污染环境友好型材料及部品。

【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。建筑全装修交付一方面能够确保建筑结构安全性、降低整体成本、节约项目时间，另一方面也能大大减少污染浪费，更加符合现阶段人民对于健康、环保和经济性的要求，对于积极推进建筑节能具有重要作用。

土建工程与装修工程一体化设计是指土建设计与装修设计同步有序进行，即装修专业与土建的建筑、结构、暖通、电气等专业，共同完成从方案到施工图的工作，在土建设计时考虑装修设计要求，实现预留孔洞和装修面层固定件，避免在装修时对已有的建筑构件打凿、穿孔。在保障结构安全，减少材料消耗，降低装修成本的同时，避免二次装修过程中破坏保温和气密性处理措施，以及对新风气流组织的影响，保障净零能耗建筑相关技术要求。

3.2 室内环境指标

3.2.1 净零能耗建筑主要房间室内热湿环境设计参数应符合表 3.2.1 的规定：

表 3.2.1 室内热湿环境设计参数

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

3.2.2 净零能耗建筑室内新风量指标应满足如下要求：

- 1.住宅建筑的卧室、起居室、餐厅、书房等主要房间室内新风量不应小于 30m³/(h·人)；
- 2.公共建筑的新风量应满足现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50376 的规定。

3.2.3 净零能耗建筑室内自然采光与通风设计指标应符合下列规定：

- 1.住宅建筑卧室、起居室的窗地面积比应达到 1/6 以上，通风开口面积与房间地板面积的比例应达到 8%以上；
- 2.公共建筑主要功能房间的采光系数与自然通风换气次数应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 公共建筑室内自然采光与通风设计指标

类别	设计指标
自然采光	75%的功能空间采光系数满足现行国家标准《建筑采光设计标准》GB50333 要求
自然通风	75%的功能空间在过渡季典型工况下室内自然通风换气次数达到 2 次/h

3.3 建筑能耗指标

3.3.1 住宅建筑能耗采用绝对指标控制，设计建筑供暖年耗热量、供冷年耗冷量，以及供暖空调照明生活热水电梯一次能源消耗量应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 住宅建筑能耗控制指标

气候分区		严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷
能耗指标	供暖年耗热量 (kWh/ m ² a)	≤15	≤13	≤5
	供冷年耗冷量 (kWh/ m ² a)	≤3.1 + 2.0 × WDH ₂₀ ^② + 2.5 × DDH ₂₈ ^③		
	供暖、空调及照明年一次能源消耗量(kWh/m ² a)	≤60		
	可再生能源利用率（%）	≥10%		—
气密性指标	换气次数 N ₅₀	≤0.6		≤1.0

注：①表中 m² 为套内使用面积，套内使用面积应包括卧室、起居室（厅）、餐厅、厨房、卫生间、过厅、过道、储藏室、壁柜等使用面积的总和；

②WDH₂₀（Wet-bulb degree hours 20）为一年中室外湿球温度高于 20℃时刻的湿球温度与 20℃差值的累计值（单位：kKh）；

③DDH₂₈（Dry-bulb degree hours 28）为一年中室外干球温度高于 28℃时刻的干球温度与 28℃差值的累计值（单位：kKh）；

④供暖、空调及照明能耗值可参考附录 A。

3.3.2 公共建筑能耗采用相对指标控制，以满足现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015 要求作为基准建筑，设计建筑的全年累计耗冷热量、供暖空调照明生活热水电梯一次能源消耗量降低幅度应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 公共建筑能耗控制指标

气候分区		严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷
能耗指标	节能率（%）	≥80%		
	可再生能源利用率（%）	≥10%		——
气密性指标	换气次数 N ₅₀	≤1.0		——
注：①节能率和可再生能源贡献率的计算方法见附录 A。 ②不同气候区典型建筑能耗值见附录 B。				

【条文说明】本条适用于公共建筑。其能耗指标同样是参考国家标准《近零能耗建筑技术标准》编制组的研究成果，结合严寒寒冷和夏热冬冷地区的气候条件而确定的。

在寒冷和夏热冬冷地区已有工程实践表明，净零能耗目标在夏热冬冷地区较为困难，随着建筑类型丰富、功能复杂，建筑体量的增加，建筑冷负荷强度变大，单位建筑面积可利用场地内的可再生能源资源非常有限，实现净零能耗建筑的难度加大，其主要原因是夏季室内负荷很大一部分是新风焓值造成的，因此在节能率上比国内其他地区要低一些。

3.3.3 供暖年耗热量、供冷年耗冷量、一次能源消耗量的计算应符合本导则附录 A 中的规定。

3.4 建筑气密性指标

3.4.1 建筑气密性应符合在室内外正负压差 50Pa 的条件下，每小时换气次数不超过 1.0 次的规定：

$$n_{50} \leq 1.0 \text{ h}^{-1} \quad (3.4.1)$$

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} 。

3.4.2 建筑气密性的测试与计算方法应符合本导则附录 B 的规定。

3.4.3 供暖空调能耗计算时采用的常压下渗漏换气次数，可采用如下公式进行换算：

$$n_{\text{常压}} = n_{50} / 17 \quad (3.4.3)$$

式中：

$n_{\text{常压}}$ ——常压状态下建筑或房间的渗漏换气次数， h^{-1} 。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 建筑群的总体规划应有利于营造适宜的微气候。应通过优化建筑空间布局，合理选择和利用景观、生态绿化等措施，夏季增强自然通风、减少热岛效应，冬季增加日照，避免冷风对建筑的影响。建筑的主朝向宜为南北朝向，主入口宜避开北向和西北向。

【条文说明】建筑群的规划设计与建筑节能关系密切。近零能耗居住建筑设计首先要从规划阶段开始，考虑如何利用自然能源，冬季多获得热量和减少热损失，夏季少获得热量并加强通风。具体来说，要在冬季控制建筑遮挡以加强日照得热，并通过建筑群空间布局分析，营造适宜的风环境，降低冬季冷风渗透；夏季增强自然通风，通过景观设计，减少热岛效应，降低夏季新风负荷，提高空调设备效率。建筑主朝向为南北朝向，有利于冬季得热及夏季隔热，有利于自然通风。北向和西北向为北京市冬季主导风向，主入口避开北向和西北向，可有效降低冷风侵入或渗透对建筑室内环境和能耗的影响。

4.1.2 净零能耗建筑设计应基于项目所在地的气候特征和项目所在区域的微气候环境，从自然通风、自然采光、形体遮阳、保温隔热等方面开展气候响应设计，营造优良的建筑本体条件。

【条文说明】净零能耗建筑应遵循“被动优先”的设计原则，通过建筑设计手段降低建筑能耗优先，然后采用主动节能技术进行优化补充。在很多情况下，通过被动式建筑设计降低建筑能耗采用主动节能技术相比，不需要考虑设备效率下降、调试使用不当、设计工况与实际工况偏离等常见问题。主动式技术应用有对建筑空间、立面影响小，应用效果方便直接量化评估、后期更新改造方便等优点。被动式技术与主动式技术不应该考虑其技术、经济、审美的价值，按事先共同制定的评价方法进行同等方式的评价，进而确定净零能耗技术路线的选择。

区域能源规划。

4.1.3 建筑场地规划应有利于营造适宜的微气候，宜采取如下设计措施：

1. 通过场地风环境分析优化建筑空间布局，通过建筑布局、道路走向、局部架空等方法在夏季主导风向上预留风路，营造适宜的室外风环境；

2. 建筑主体朝向为南向或接近南向，为建筑日照、采光与通风创造条件；

3. 控制场地铺装选材的太阳辐射反射系数，优先选用浅色铺装材料，降低场地铺装吸收的太阳辐射热量，改善室外热环境；

4. 场地绿化采用复层绿化，在活动场地、广场设置乔木或构筑物遮荫，降低场地热岛效应。

4.2 气候响应设计

4.2.1 寒冷地区净零能耗建筑应保持较小的体形系数、适宜的窗墙比和较小的屋顶透光面积比例，相关指标应满足现行国家标准《近零能耗建筑节能设计标准》GB/T 51350 的规定。

【条文说明】建筑物体型系数是指建筑物的外表面积和外表面积所包围的体积之比。体形系数越小，单位建筑面积对应的外表面积越小，外围护结构的传热损失越少，从降低能耗角度出发，应该将体形系数控制在一个较小的水平上。

窗墙面积比既是影响建筑能耗的重要因素，也受到建筑日照、采光、自然通风等满足室内环境要求的制约。外窗和屋顶透光部分的传热系数远大于外墙，窗墙面积比越大，外窗在外墙面上的面积比例越高，越不利于建筑节能。不同朝向的开窗面积，对于不同因素的影响不同，因此在净零能耗居住建筑设计时，应考虑外窗朝向的不同对窗墙比的要求。一般来说，净零能耗建筑的各朝向窗墙面积比不宜超过节能设计标准规定的限值要求。

4.2.2 夏热冬冷地区净零能耗建应通过建筑与构造设计，挖掘建筑自然通风潜力，有组织地进行过渡季与夏季的自然通风，宜采取以下设计措施：

1. 结合建筑表面风压分析，充分利用建筑外立面表面风压条件设置可开启窗扇，夏季和过渡季主导风向下可开启外窗内外表面风压差宜大于 0.5Pa；
2. 合理控制主要功能区域的空间进深，不宜大于层高的 5 倍；
3. 当公共建筑体量较大，仅采用外立面开窗难以形成有效通风时，可在建筑中引入中庭或天井，中庭或天井顶部需设置通风天窗、通风塔等通风构造；
4. 当建筑朝向不利、开窗开口与主导风向夹角过小时，宜配合导风墙、导风板等构件设置，引导气流进入建筑内部；
5. 宜采用模拟仿真或实测技术方法开展自然通风创新设计。

4.2.3 应通过建筑设计营造良好的自然采光效果，提升室内光环境质量，降低照明能耗，宜采取如下设计措施：

1. 在兼顾保温隔热基础上保证立面采光窗的设置面积，公共建筑单面采光时窗墙比不宜小于 0.35，住宅建筑应保证主要功能房间窗地面积比达到 1/6；
2. 结合采光模拟计算优化建筑的进深，办公功能空间内部宜采用开敞式布局，减少内部隔断，或采用玻璃隔断；
3. 进深较大时可在外窗上设置反光板加强内区的自然采光，反光板宜设置在窗口内侧，窗口中上部，上部留有 600~900mm 进光口；反光板在窗口内侧出挑宽度宜在 400~900mm；反光板材质宜为反光金属板；
4. 大进深的公共建筑可通过设置采光中庭、天井等措施改善自然采光，中庭、天井的

四周墙面、地面宜采用浅色材料；

5. 大进深空间的顶层和地下空间可通过设置采光天窗、下沉庭院、导光管等措施改善自然采光；

6. 鼓励建筑师进行自然采光创新设计，并通过模拟或实测形成技术方法，用以推广应用。

4.2.4 应通过建筑隔热设计减少夏季室内得热，降低空调负荷，宜采取如下设计措施：

1. 建筑形体设计宜通过体形转折、内凹、挑檐、外廊等形成自遮阳效果，降低夏季太阳辐射对立面和外窗的影响；

2. 外墙外表面宜采用浅色饰面或隔热反射涂料，减少外墙吸收辐射热量；

3. 宜结合建筑立面设计设置垂直绿化，在增加景观资源、改善区域微气候的同时，提高围护结构保温隔热性能；

4. 屋面隔热可采取双层通风屋面、屋顶绿化、坡屋顶、反射隔热涂料等方式；

5. 控制西向和东向的窗墙比，避免大面积开窗。

4.2.5 针对夏热冬冷地区梅雨季的潮湿及返潮现象，对于无地下室的建筑宜对地面进行防潮设计，通过设置防潮层保障室内环境。

4.3 围护结构热工设计

I 外墙及屋面保温

4.3.1 居住建筑非透明围护结构平均传热系数应按表 4.3.1 选取。

表 4.3.1 居住建筑非透明围护结构平均传热系数表

围护结构部位	传热系数 $K[W/m^2 \cdot K]$		
	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区
屋面	≤ 0.20	≤ 0.25	≤ 0.35
外墙	≤ 0.20	≤ 0.30	≤ 0.45
地面及外挑楼板	≤ 0.20	≤ 0.30	—

4.3.2 公共建筑非透明围护结构平均传热系数应按表 4.3.2 选取。

表 4.3.2 公共建筑非透明围护结构平均传热系数表

围护结构部位	传热系数 $K[W/m^2 \cdot K]$
--------	-------------------------

	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区
屋面	≤ 0.25	≤ 0.30	≤ 0.50
外墙	≤ 0.25	≤ 0.30	≤ 0.60
地面及外挑楼板	≤ 0.30	≤ 0.50	—

【条文说明】本条文围护结构热工性能为规定性指标，给出了近零能耗公共建筑非透明围护结构平均传热系数的限值。表 4.3.2 是根据不同气候区，在对相应典型公共建筑进行分析计算，以及对示范工程应用的实际情况下给出来的设计指标。相对居住建筑来说，围护结构对公共建筑节能的贡献率要小得多，所以非透明围护结构传热系数比居住建筑的要求低一些。

4.3.3 外墙采用 B1 级保温材料时，应按照消防规范要求设置防火隔离带，并符合下列要求：

1. 应沿楼层每层设置环绕型的岩棉防火隔离带；
2. 岩棉防火隔离带的宽度不应小于 300mm，过梁下沿与防火隔离带下沿之间的最大距离不得超过 500mm；
3. 采用双层保温时，内外两层岩棉防火隔离带应错缝处理，错缝宽度不得小于 50mm，内外两层岩棉防火隔离带的搭接高度不得小于 200mm。

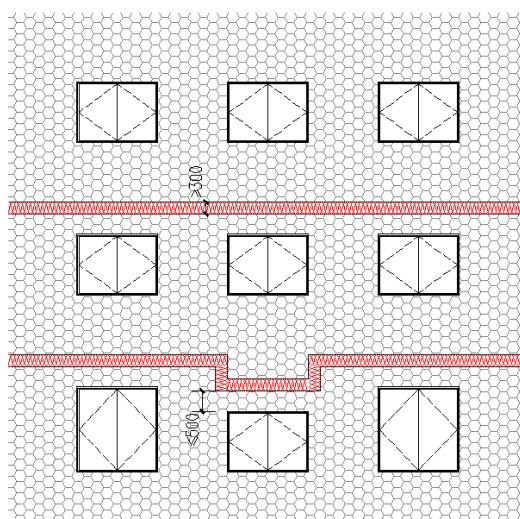


图 4.3.3 防火隔离带做法示意图

4.3.4 屋面保温材料的选择，除满足更高保温性能外，还应具备较低的吸水率。可选保温材料类型包括：挤塑聚苯板、模塑聚苯板、聚氨酯保温板、泡沫玻璃等。

4.3.5 为控制热桥效应，屋面保温设计应考虑如下要点：

1. 屋面保温层应与外墙保温层连续。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；
2. 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》GB 50345 的规定；

3. 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。

4.3.6 悬挑阳台与主体结构的连接应控制热桥效应，可采用如下设计措施：

1. 阳台板靠挑梁支撑时，保温材料应将挑梁和阳台结构体整体包裹，降低热桥影响；
2. 可采用阳台板与主体结构断开的设计；
3. 可采用低热桥线性系数的连接件。

II 节能门窗及外遮阳

4.3.7 净零能耗居住建筑的外窗（透明幕墙）热工性能应按表 4.3.7-1 选取；净零能耗公共建筑用外窗（透明幕墙）热工性能应按表 4.3.7-2 选取。

表 4.3.7-1 居住建筑用外窗（透明幕墙）传热系数（K）和太阳得热系数（SHGC）值

		严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区
传热系数 $K[W/(m^2 \cdot K)]$		≤ 1.0	≤ 1.2	≤ 1.5
可见光透过率		≥ 0.60	≥ 0.60	≥ 0.50
太阳得热系数 SHGC	冬季	≥ 0.60	≥ 0.55	≥ 0.40
	夏季	≤ 0.50	≤ 0.40	≤ 0.30

表 4.3.7-2 公共建筑用外窗（透明幕墙）传热系数（K）和太阳得热系数（SHGC）值

		严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区
传热系数 $K[W/(m^2 \cdot K)]$		≤ 1.2	≤ 1.2	≤ 1.5
可见光透过率		≥ 0.60	≥ 0.60	≥ 0.50
太阳得热系数 SHGC	冬季	≥ 0.60	≥ 0.55	≥ 0.40
	夏季	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.20

【条文说明】建筑外窗是能耗损失的重点部位，严寒和寒冷地区太阳能比较丰富，建筑能耗主要为供暖能耗，所以对建筑获取太阳热能主要靠南向集热窗，在进行居住建筑和公共建筑净零能耗建筑外窗（透明幕墙）热工性能的确定时，而它既是得热部件，又是失热部件，必须通过计算分析来确定窗口的开窗面积，和窗的热工性能，使其在冬季进入室内的热量大于其向外散失的热量。

但在夏热冬冷和温和地区建筑能耗主要是夏季建筑空调造成的，通过窗口进入室内的太阳辐射不利于建筑的节能。因此，针对不同的气候区提出了冬季和夏季太阳得热系数 SHGC。天然采光有利于节能，尤其夏热冬冷地区冬季阴天多，日照率低，所以条文中对可见光透过率也作出了规定。

4.3.8 东向、西向、南向外窗（透光幕墙）以及屋顶透光部分应设置外遮阳措施，优先采用活动外遮阳形式。

4.3.9 采用固定外遮阳时，应通过计算分析对外遮阳构件的尺寸、间距等进行优化设计。南向宜采用水平式外遮阳，东向、西向宜采用挡板式遮阳。

4.3.10 采用活动外遮阳时，可采用金属百叶、卷帘、中置百叶等形式。

4.3.11 采用绿化遮阳时，应利用合适的植物布置在建筑需要遮阳的部位，发挥遮阳的功用。

1. 在进行景观设计时，宜考虑在建筑物的南向与西向种植高大落叶乔木，利用绿化植物对建筑进行遮阳；

2. 宜采取立体绿化方式，形成对外围护结构的遮阳隔热。可考虑在外墙下种植攀缘植物，利用攀缘植物（如爬山虎）进行遮阳。

4.3.12 外窗及外遮阳的构造设计宜满足下列规定：

1. 外窗安装方式宜从控制热桥效应及保障气密性角度，根据墙体保温形式。当墙体采用外保温系统且保温层厚度大于窗框厚度时，宜采用整体外挂式安装，窗框内表面与基层墙体外表面齐平，窗框局部区域位于保温层内；

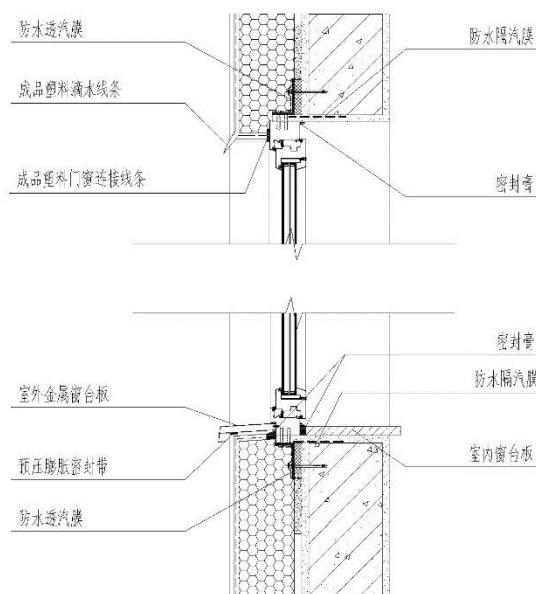


图 4.3.12-1 外窗外挂式安装构造示意

2. 外窗外表面与基层墙体的联结处应采用防水透汽材料粘贴，外窗内表面与基层墙体的联结处应采用防水隔气材料粘贴；

3. 外遮阳设计应与主体建筑结构可靠连接，联结件与基层墙体之间应设置保温隔热垫块；

4. 采用卷帘外遮阳时，应将卷帘盒固定在保温层外侧。带有电机的活动遮阳卷帘盒，电机电线的穿墙孔洞需密封处理。

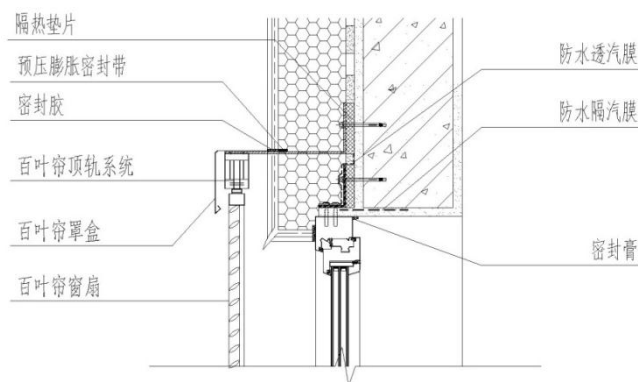


图 4.3.12-2 典型外遮阳百叶安装示意图

4.3.13 住宅建筑户门应具有良好的保温性，其传热系数 K 值宜小于 $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 。

III 气密性设计

4.3.14 应以建筑整体气密性的控制作为设计目标，对气密层、门窗构件、墙面洞口的设置予以重点考虑。

4.3.15 建筑围护结构气密层应连续并包围整个外围护结构，建筑设计施工图中应明确标注气密层的位置。

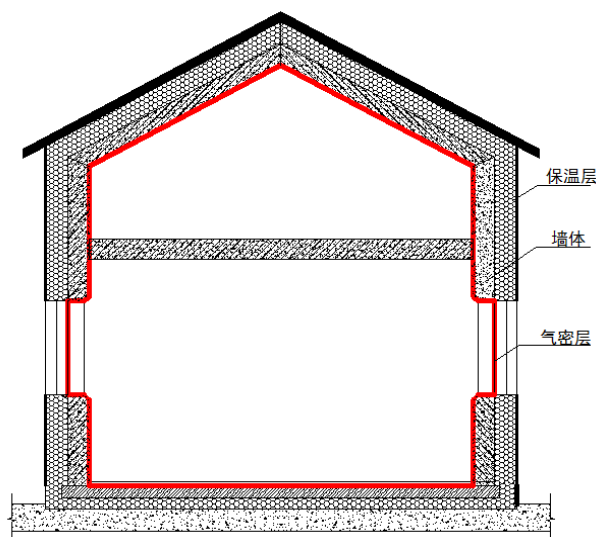


图 4.3.15 气密层标注示意图

4.3.16 构成气密层的材料可选用抹灰层，硬质材料板或专用气密性薄膜。当选用硬质材料板时，板缝拼接处应选用专用气密性薄膜胶带。

4.3.17 作为气密层的砌体墙体内表面抹灰层应与钢筋混凝土屋面板、楼板或地面相交接，形成完整闭合的气密区。

4.3.18 应选用气密性等级高的外门窗，依据国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106，其气密性等级应满足如下要求：

- 1. 外窗气密性能不宜低于 8 级；
- 2. 外门、分隔供暖空间与非供暖空间户门气密性能不宜低于 6 级。

4.3.19 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。孔洞处，外墙内侧应采用防水隔气膜粘贴，外侧应采用防水透气膜粘贴。

4.4 供暖通风与空调设计

4.4.1 净零能耗建筑供暖空调系统冷热源设计应符合下列要求：

- 1. 经供暖空调负荷计算，其供暖空调负荷、除湿负荷可全部由新风处理时，宜采用热回收新风空调一体机作为供暖空调设备，通过对新风的冷热处理，实现对室内的温湿度控制；
- 2. 宜选用热泵类设备作为空调冷热源，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，以充分利用热泵类机组的复合功能性以及调节灵活性；
- 3. 场地条件适宜时，宜采用地源热泵系统作为空调冷热源，提高空调系统能效。

4.4.2 供暖空调冷热源设备应选用高效率的机组，其效率应符合下列要求：

- 1. 多联式空调（热泵）机组全年性能系数(APF)应达到 4.5 以上；
- 2. 电机驱动的蒸汽压缩循环冷水（热泵）机组的制冷性能系数（COP）及综合部分负荷性能系数（IPLV）应达到现行国家标准《冷水机组能效限定值及能效等级》GB 19577 中的一级能效要求；
- 3. 采用名义制冷量大于 7.1kW、电机驱动的单元式空气调节机、风管送风式和屋顶式空调机组时，其在名义制冷工况和规定条件下的能效比（EER）应较现行《公共建筑节能设计标准》GB50189 要求提高 12% 以上；
- 4. 分散式房间空气调节器和户式燃气热水炉，其能效等级应达到现行有关国家标准的一级能效要求；
- 5. 燃气锅炉的热效率不应低于表 4.4.2-1 中的数值。

表 4.4.2-1 锅炉热效率指标要求（%）

锅炉类型	锅炉额定蒸发量 D（t/h）或者额定热功率 Q（MW）
------	-----------------------------

及燃料种类	$D \leq 2.0 / Q \leq 1.4$	$D > 2.0 / Q > 1.4$
燃气	92	94

【条文说明】提高制冷、制热设备的效率是降低建筑供暖、空调能耗的主要途径之一。必须对设备的效率提出设计要求。避免能源的高质低用，是节能的重要措施。

本条文引用国家标准《近零低能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。提高制冷、制热性能系数是降低被动超低能耗建筑供暖、空调能耗的主要途径之一。必须对设备的效率提出设计要求。本标准建议采用电机驱动的蒸气压缩循环冷水（热泵）机组时，其在名义制冷工况和规定条件下的性能系数（COP）应优于一级能效指标中的最高值。IPLV 为冷水（热泵）机组的部分负荷时的性能系数，本标准建议值也优于一级能效指标中的最高值。

近些年我国锅炉设计制造水平有了很大的提高，锅炉房的设备配置也发生了很大的变化，已经为运行单位的管理水平的提高提供了基本条件，只要选择设计效率较高的锅炉，合理组织锅炉的运行，就可以使运行效率满足要求。

在严寒地区，冬季可再生能源利用受限，资源条件许可的情况下，单栋建筑采用燃气锅炉供暖具有一定的技术合理性，采用的燃气锅炉应具有较高的能效，采用冷凝热回收的锅炉系统具有较高的能效，应通过技术经济比较确定锅炉机组的能效。

4.4.3 净零能耗建筑宜设置热回收新风系统，对空调排风中的冷热量进行回收利用，可以有效降低建筑冷热负荷需求。热回收装置的设计应用应符合下列规定：

1. 应选用高交换效率产品，其交换效率应满足下表要求：

表 4.3.3-1 热回收装置交换效率要求

类型	交换效率（%）	
	制冷	制热
焓效率	$> 65\%$	$> 70\%$
温度效率	$> 70\%$	$> 75\%$

2. 可选用全热或显热类产品，优选选用全热交换型产品；
3. 应具备旁通功能，在过渡季或室内外焓差（温差）较小时，新风可经旁通管直接进入室内或空气处理装置；
4. 宜具备自动运行控制功能，可设定旁通控制运行策略及风量调节控制；
5. 排风量/新风量的比值宜在 0.75~1.33 以内。

【条文说明】本条文引用国家标准《近零低能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。热回收效率是评价热回收装置换热性能的主要指标。温度交换效率为对应风量下，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。焓交换效率为对应风量下，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。

4.4.4 居住建筑新风单位风量耗功率应小于 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ ，公共建筑单位风量耗功率应满足现行公共建筑节能设计标准相关要求。

【条文说明】本条文引用国家标准《近零低能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。

由于建筑通风能耗占比较高，单位风量耗功率是评价的主要参数。对居住建筑而言，户式热回收装置单位风量风机耗功率（功率与风量的比值）应小于 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ 。针对小型居住单元带热回收的送排风系统单位风量风机耗功率，国际能源署通风研究中心 2009 年给出的建议值为 $0.69 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ ，且建议该值随着建筑节能规范的提高继续降低；德国被动房研究所给出的建议值则不应高于 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ ；而本标准编制中基于典型户型、风机选型及运行时间计算，该单位风量耗功率指标下的风机能耗已占居住建筑一次能源指标限制总额的 12~15%。因此应加强对被动超低能耗建筑风机单位风量风机耗功率的要求，该值不应低于 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ 。对于公共建筑而言，单位风量耗功率应满足现行公共建筑节能设计标准相关要求。

4.4.5 应采取措施降低过渡季节空调能耗，可采取的措施包括可调新风比、空气侧经济器、冷却塔免费供冷等。

4.4.6 集中空调应采用高效率的空调水泵及风机，经过管路的优化设计，提高输配系统的能效，并符合下列要求：

1. 空调水泵、风机应达到相应能效评价标准的一级能效要求；
2. 空调冷热水系统循环水泵的耗电输冷（热）比应较现行国家标准 GB50736 要求降低 20% 以上；
3. 空调水系统、风系统宜采用变频措施。

4.4.7 应根据空调负荷特征，选取适宜的除湿技术措施，避免出现热湿比变化条件下传统冷却除湿方法带来的新风再热情况。当公共建筑有余热或太阳能作为再生热量供应时，可采用液体除湿、固体吸附式除湿、转轮除湿等除湿方式。

4.4.8 住宅建筑厨房抽油烟机的运行对建筑气密性有较大影响，抽油烟机应选择体积流量小、捕集率高的设备，宜设置独立的排油烟补风系统，并符合下列要求：

1. 补风从室外直接引入，并设保温密闭型电动风阀，且电动风阀与排油烟机联动；
2. 补风口尽可能设置在灶台附近。

【条文说明】居住建筑厨房排风补风系统要求：

近零能耗建筑以节能为目的，同时不应降低人体舒适度要求。厨房在做饭时间会产生大量的油烟和水蒸气，且瞬时通风量大，应设立独立的排油烟补风系统；为降低厨房通风造成的冷热负荷。室外补风管道引入口应设保温密闭型电动风阀，且电动风阀应与排油烟机联动。厨房宜安装闭门器，避免厨房通风影响其他房间的气流组织和送排风平衡。补风示意图如图 4.4.8 所示。

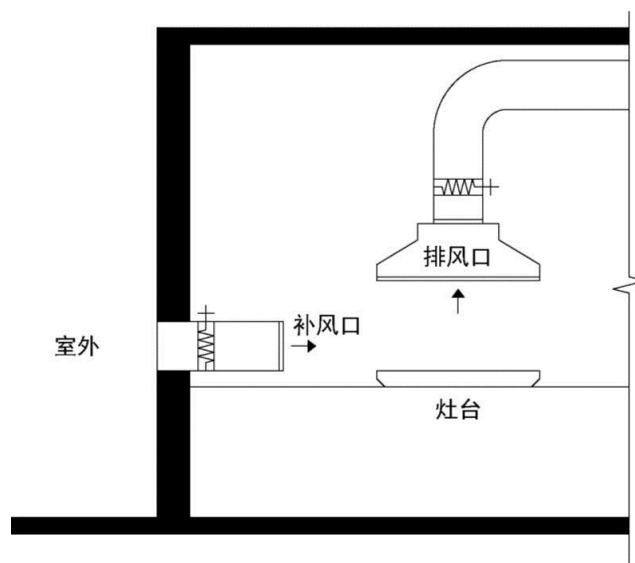


图 4.4.8 厨房补风示意图

设计中应对补风管道尺寸进行校核，避免补风口流速过高造成的噪声问题。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。

4.5 可再生能源设计

4.5.1 住宅建筑以及有热水需求的公共建筑，宜设置太阳能热水系统，并符合下列要求：

1. 住宅建筑太阳能保证率宜按照大于 50% 设计；
2. 太阳能热水系统的辅助热源宜采用空气源热泵；
3. 集热器宜采用建筑一体化布置。

4.5.2 公共建筑宜设置太阳能光伏发电系统，进一步降低建筑对市政能源的需求，并符合下列要求：

1. 应与建筑一体化设计，宜采用建材型光伏构件；
2. 当环境条件允许且经济技术合理时，宜采用光伏系统直接并网供电并采用低压接入方式。

4.5.3 公共建筑应用光伏发电系统时，其装机容量宜满足如下要求：

1. 光伏组件布置于屋面时，单位建筑基底面积的水平布置光伏组件装机容量宜大于 30Wp；
2. 非水平布置或有遮挡的光伏组件阵列应依据其组件采光面的太阳辐照对系统装机容量作相应修正。

4.5.4 光热或光伏系统进行建筑一体化设计时，应有效解决构件在外围护上连接引起的热桥

问题，可采取如下措施：

1. 组件安装支架可不与建筑构件直接连接，如组件支架的屋面自负重安装方式等；
2. 当组件安装支架与建筑结构构件直接连接或为其一部分时，应防止保温层的破坏，或作其他有效的热桥阻断处理。

4.5.5 地源热泵系统的设计应用应符合下列规定：

1. 应根据建筑负荷特点，对现场条件、能源政策、节能性和经济性等进行分析，与常规空调系统冷热源方案系统进行全年能耗和运行费用对比，对采用地源热泵系统进行工程可行性分析；
2. 应根据建筑负荷特点，对建筑全年冷、热负荷特性进行分析，确定合理的地源热泵系统配置方案。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。

4.5.6 地埋管地源热泵系统设计应用应符合下列规定：

1. 对于建筑面积小于等于 5000m² 时，可采用地源热泵作为空调系统的单一冷热源，埋管侧或地表水换热器应夏季最大释热量进行设计。办公建筑建筑面积大于 5000m² 时，应采用复合式地源热泵系统，埋管侧或地表水换热器应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、空气源热泵等辅助冷源供冷；
2. 住宅建筑热泵主机和水泵不宜集中设置，宜选用每户拥有独立主机及水泵的分散式系统，换热侧（埋管或者地表水换热盘管）可集中布置。

4.5.7 可再生能源应用系统宜设置监测系统进行节能效益的计量。

4.6 电气节能设计

4.6.1 室内照明功率密度值应达到现行国家标准《建筑照明设计标准》GB50034 规定目标值的 70% 以下；

4.6.2 设计选用的光源、镇流器的能效不应低于相应能效标准的节能评价要求；除特殊要求外，照明光源应优先选用发光二极管（LED）灯；

4.6.3 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采取其他创新设计方法利用自然采光，以满足部分或全部的日间照明需求；

4.6.4 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，进行分区、分组控制；

2. 走廊、楼梯间、门厅、卫生间、停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. 大空间、多功能、多场景场所的照明，宜采用智能照明控制系统；

4. 当设置电动遮阳装置时，照度控制宜与其联动；

5. 当采用自然光导光装置时，应具备照度调节功能；

6. 对于人员长期停留空间，应设置有就地控制装置，以满足使用者的个性习惯与个体差异性要求。

4.6.5 应选用节能型电梯，如变频调速驱动或带能量反馈的 VVVF 驱动系统类型电梯，并采用并联或群控等节能控制措施。

4.6.6 应设置能耗监测系统，对建筑分类分项能耗进行监测和记录，并应符合下列规定：

1. 公共建筑应按照现行标准要求，设置用能监测系统；能耗分类应覆盖建筑内所用的能源种类；能耗分项应保证供暖空调、照明、生活热水以及电梯分项能耗数据的获取；

2. 住宅建筑应对公共部位的主要用能系统进行分类和分项计量，并宜对典型户的供暖空调、照明、生活热水等能耗进行分项计量，计量户数不宜少于同类型总户数的 2%；

3. 当采用可再生能源时，应对其发电量及供冷热量进行单独计量。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 净零能耗建筑施工和质量控制应针对热桥、气密性等关键环节制定专项施工方案。

【条文说明】本条文引用国家标准《近零能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。净零能耗建筑的设计和施工标准普遍高于普通节能建筑，各个细部节点需要针对性的精细化设计与更专业化的施工水平。

由于近零低能耗各方面水平仍停留在初级阶段，需要对现场工程师、施工人员、监理人员等进行专项施工培训帮助相关人员快速掌握相关关键技术、熟悉相关的施工工艺，以实现净零能耗建筑专业化施工，保障工程质量。这也成为净零能耗建筑项目流程中不可缺失的关键环节。净零能耗建筑的施工不同于传统做法，施工工艺更加复杂，对施工程序和质量的要求也更加严格，需要选择施工经验丰富、技术能力强的专业队伍承担，除应满足现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411 及其他相关标准要求外，应通过细化施工工艺，严格过程控制，保障施工质量，施工前应对重点节点做法作专项培训。

5.1.2 净零能耗建筑施工前，应对现场工程师、施工人员、监理人员进行技术交底。

【条文说明】施工前应进行以下技术准备：

1 施工单位应编制专项施工方案，施工方案应包括外门窗安装、地面保温施工、外墙外保温施工、屋面保温施工、新风系统安装、气密性措施施工等技术内容，并对施工人员进行技术交底。

2 施工人员应进行净零能耗建筑专项施工培训，了解材料和设备性能，掌握施工要领和具体施工工艺，经培训合格后方准上岗。

3 施工前应与设计单位书面确认热桥位置及断热桥措施施工详图和施工工艺，室内气密层位置及处理措施施工详图和施工工艺。应严格按照施工详图和施工工艺进行施工并进行隐蔽工程验收。

专项施工方案包括外围护结构保温施工、外门窗安装、气密性施工、无热桥施工、暖通空调系统安装等技术内容。

热桥控制重点包括外墙和屋面保温做法、外门窗安装方法及其与墙体连接部位的处理方法，以及外挑结构、女儿墙、穿外墙和屋面的管道、外围护结构上固定件的安装等部位的处理措施。

5.1.3 净零能耗建筑围护结构保温工程应实行专业化施工，应选用配套供应的外保温系统材料，其型式检验报告中应包括外保温系统耐候性检验项目。

【条文说明】围护结构保温工程是一个系统工程，除主材保温材料外，锚栓、粘接剂、玻纤网等辅材质量，以及是否与主材匹配，直接影响保温工程质量。特别对外保温系统，应进行外保温系统耐候性检验，并满足要求。

5.1.4 外门窗与基层墙体的联结件应进行阻断热桥的处理；

5.1.5 围护结构保温施工应预埋件安装完成并验收合格后进行。

【条文说明】围护结构保温工程是一个系统工程，除主材保温材料外，锚栓、粘接剂、玻纤网等辅材质量，以及是否与主材匹配，直接影响保温工程质量。特别对外保温系统，应进行外保温系统耐候性检验，并满足要求。

5.1.6 外门窗安装前结构工程应已验收合格，门窗结构洞口平整。外门窗安装应符合下列要求：

1. 外门窗安装前结构工程应已验收合格，门窗结构洞口平整；
2. 外门窗与基层墙体的联结件应进行阻断热桥的处理；
3. 门窗洞口与窗框连接处应进行防水密封处理。
4. 窗底应安装窗台板散水，窗台板两端及底部之间与外保温的缝隙应先用预压膨胀密封带填塞；门洞窗洞上方应安装滴水线条。

【条文说明】本条文引用国家标准《近零能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。

1 门窗洞口允许偏差应符合表 5.1.6 的规定。

表 5.1.6 建筑门窗洞口尺寸允许偏差

项目	允许偏差/mm
洞口宽度、高度尺寸	±10
洞口对角线尺寸	≤10
洞口的表面平整度、垂直度、洞口的平面位置、标高尺寸	≤10

2 外门窗保温要点：

- (1) 保温板应覆盖部分窗框，覆盖宽度不小于 20mm，如果开启扇外侧安装纱窗，留出纱窗的安装位置。
- (2) 应在门窗洞口四角保温板上沿 45°方向加铺 400mm×200mm 增强玻纤网。增强玻纤网应置于大面玻纤网的内侧。
- (3) 保温板与窗框之间的缝隙应用专用收边条密封或填塞膨胀止水带后再用密封材料密封。
- (4) 当设计有窗台板时，外保温与窗台板两端及底部之间的缝隙应先用膨胀止水带填塞，再进行密封处理。
- (5) 窗洞口阳角部位宜采用角网增强，如图 5.1.6-1。

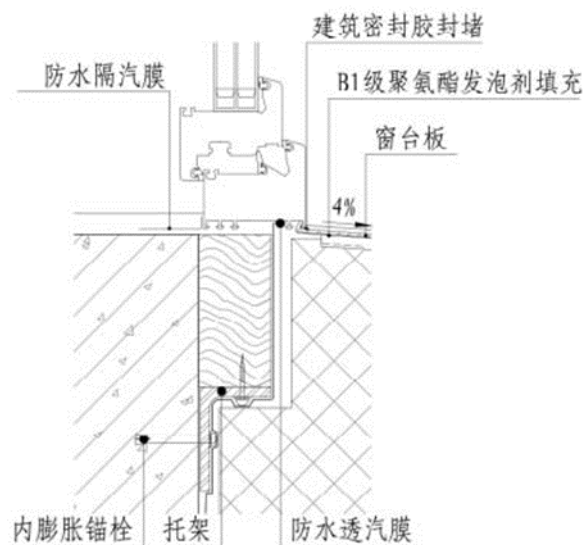


图 5.1.6-1 外窗施工安装图

3 室内侧粘贴防水隔汽膜，避免水蒸气进入保温材料；室外侧采用防水透汽膜处理，以利于保温材料内水汽排出。防水隔汽膜、防水透汽膜在门窗框型材四角应预留出 15-20mm 的富余量，以便更好地与基层墙体粘结，实现气密层连续；防水透汽材料和防水隔气材料施工环境温度宜在 0℃ 以上。

4 外门窗施工流程见图 5.1.6-2。

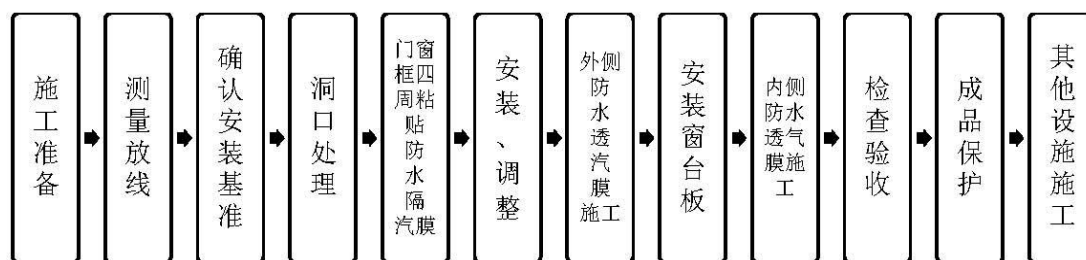


图 5.1.6-2 外门窗施工工艺流程

5.1.7 当设计有外遮阳时，应在外窗安装已完成、外保温尚未施工时确定外遮阳的固定位置，并安装联结件。联结件与基层墙体之间应进行阻断热桥的处理。

5.1.8 围护结构气密性处理应符合下列要求：

1. 建筑的结构缝隙应进行封堵；围护结构不同材料交界处、穿墙和出屋面管线、套管等空气渗漏部位应进行气密性处理；
2. 防水隔汽材料的材质应根据粘贴位置基层的材质和是否需要抹灰覆盖防水隔汽材料进行选择；
3. 气密性施工应在该节点热桥处理之后进行，气密性施工不应产生热桥。

【条文说明】本条文引用国家标准《近零能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。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。

1 当基层为混凝土、砂浆等材料且需抹灰覆盖防水隔汽材料时,宜采用无纺布基底的防水隔汽材料。粘贴防水隔汽材料前应清理基面,粘结基面应平整干燥,不得有灰尘、油污。发泡聚氨酯、普通胶带等材料不得作为防水隔汽材料使用。防水隔汽材料技术要求见表 8.1.4-1,防水透气材料要求见表 8.1.4-2。

表 5.1.8-1 防水隔汽材料技术要求

项目	性能指标	试验方法
拉伸力, N/50mm	纵向: ≥120; 横向: ≥120	GB/T 328.9
断裂伸长率, %	纵向: ≥70; 横向: ≥60	GB/T 328.9
撕裂强度 (钉杆法), N	纵向: ≥60; 横向: ≥60	GB/T 328.18
不透水性	1000mm, 20h 不透水	GB/T 328.10
透水蒸气性, g/(m ² ·24h)	≤10	GB/T 1037
低温弯折性	-40℃无裂纹	GB 18173.1
耐热度	100℃, 2h 无卷曲, 无明显收缩	GB/T 328.11

表 5.1.8-2 防水透汽材料技术要求

项目	性能指标	试验方法
拉伸力, N/50mm	纵向: ≥150; 横向: ≥150	GB/T 328.9
断裂伸长率, %	纵向: ≥60; 横向: ≥60	GB/T 328.9
撕裂强度 (钉杆法), N	纵向: ≥80; 横向: ≥80	GB/T 328.18
不透水性	1000mm, 20h 不透水	GB/T 328.10
透水蒸气性, g/(m ² ·24h)	≥20	GB/T 1037

2 当建筑物为框架结构时,一次结构与二次结构的交界处应粘贴防水隔汽材料,且室内抹灰厚度应不小于 20mm;当建筑物为现浇混凝土结构时,外墙上的模板支护螺栓孔应用水泥砂浆封堵,并在室内粘贴防水隔汽材料进行密封;当建筑物采用预制构件时,预留的吊装孔应用水泥砂浆封堵,并在室内粘贴防水隔汽材料进行密封。预制构件的拼缝处应粘贴防水隔汽材料。

3 混凝土梁、柱、剪力墙与填充墙的交界处应粘贴防水隔气材料,并用工具自起始端滑动压至末端,防水隔气材料应与基层粘贴紧密,不留孔隙。所用工具不得有尖角破坏防水隔气材料。粘贴长度超出交界处的距离应不小于 50mm,交界处两侧的粘贴宽度均应不小于 30mm。防水隔气材料粘贴完成后,应进行室内抹灰,抹灰层应覆盖防水隔汽材料和填充墙,抹灰厚度应不小于 20mm,并应有相关的抗裂措施,满足室内装修相关标准的规定。

4 由于净零能耗建筑对气密性要求极高,且气密层破坏之后修复难度大。本条建议气密性施工工序在所有项目之后,目的是避免由于先施工气密层,后续工序将气密层破坏,导致维修困难。另外,本条工序安排也符合一般施工流程。装配式建筑外墙板存在大量的板缝,板缝既是保温薄弱环节又是气密性薄弱环节。装配式建筑外墙板通常采用夹心保温板或者 ALC 板+外保温形式。如对于夹心保温板,其保温层在内叶板和外叶板之间,内叶板做气密层。在外墙板施工时必须先进行无热桥处理保证保温层的连续性才可进行气密性施工,否则先将内叶板板缝封堵,将增大填充保温层缝隙施工难度,而且极易破坏气密层。

5.2 施工要点

5.2.1 进场验收主控项目应符合下列要求：

1. 保温工程所用材料进场时，应进行施工现场见证取样复验，复验结果应符合设计要求；
2. 外门窗（包括天窗）应整窗进场。外门窗、建筑幕墙（含采光顶）及外遮阳设施进场时，应进行施工现场见证取样复验，复验结果应符合设计要求；外门窗所用防水透汽材料、防水隔气材料进场时，应进行质量检查和验收，其品种、规格、性能应符合设计和相关标准的要求；
3. 供暖与空调系统设备及施工所用材料进场时，应进行质量检查和验收，其类型、材质、性能、规格及外观应符合设计要求；对设备系统工程施工所用的保温绝热材料应进行施工现场取样复验，复验结果应符合设计要求；
4. 照明设备进场时，应进行施工现场见证取样复验，复验结果应符合设计要求；
5. 太阳能热利用或太阳能光伏发电系统设备进场时，应进行施工现场见证取样复验，复验结果应符合设计要求。

【条文说明】

- 1 围护结构保温工程复验要求见表 5.2.1-1。

表 5.2.1-1 外墙保温复验项目

序号	材料名称		复验项目
1	保温板	模塑聚苯板、挤塑聚苯板、硬泡聚氨酯板	厚度、导热系数、表观密度、垂直于板面的抗拉强度（仅限墙体）、燃烧性能、压缩强度（仅限地面、屋面）
		岩棉带	厚度、导热系数、表观密度、垂直于表面的抗拉强度、酸度系数
2	复合保温板等墙体节能定型产品的		传热系数或热阻、单位面积质量、拉伸粘结强度、燃烧性能(不燃材料除外)；
3	保温砌块等墙体节能定型产品		传热系数或热阻、抗压强度、吸水率
4	反射隔热材料		太阳光反射比,半球发射率
5	防火隔离带		燃烧性能、导热系数、吸水率、垂直于表面的抗拉强度（仅限墙体）
6	胶粘剂		常温常态拉伸粘结强度(与水泥砂浆)，常温常态拉伸粘结强度(与保温板)，常温常态拉伸粘结强度(与隔离带)
7	抹面胶浆		常温常态和浸水拉伸粘结强度(与保温板)，常温常态和浸水拉伸粘结强度(与隔离带)，压折比
8	玻纤网		耐碱断裂强力、耐碱断裂强力保留率

- 2 外门窗、建筑幕墙（含采光顶）及外遮阳设施进场复验要求见表5.2.1-2。

表 5.2.1-2 外门窗、建筑幕墙（含采光顶）及外遮阳设施现场见证取样复验项目

序号	材料名称	复验项目
1	外门窗	气密性、传热系数、中空玻璃的密封性能及露点、玻璃的太阳得热系数、可见光透射比；
2	建筑幕墙(含采光顶)	幕墙玻璃的可见光透射比、传热系数、太阳得热系数,中空玻璃的露点；隔热型材的抗拉强度、抗剪强度
3	透明、部分透明遮阳材料	太阳光透射比、太阳光反射比
4	外遮阳设施	遮阳系数、抗风荷载

3 需重点核查新风系统热回收装置、冷（热）源机组、空调（采暖）末端设备、照明灯具等产品第三方节能性能检测报告。

4 照明设备进场复验项目包括：照明光源初始光效、照明灯具镇流器能效值、照明灯具效率、照明设备功率、功率因数和谐波含量值。

5 太阳能热利用或太阳能光伏发电系统设备进场复验项目包括：太阳能集热器的安全性能及热性能；太阳能光伏电池的发电功率及发电效率。

5.2.2 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，并做好隐蔽工程记录 and 影像资料，隐蔽工程检查应包含以下内容：

1. 外墙基层及其表面处理、保温层的敷设方式、厚度和板材缝隙填充情况；锚固件安装与热桥处理；网格布铺设情况；穿墙管线保温密封处理等；
2. 屋面、地面基层及其表面处理、保温层的敷设方式、厚度和板材缝隙填充质量；防水层（隔汽、透汽）设置；雨水口部位、出屋面管道、穿地面管道的处理等；
3. 门窗、遮阳系统安装方式；门窗框与墙体结构缝的保温处理；窗框周边气密性处理，联结件与基层墙体间的断热桥措施等；
4. 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施工做法。

5.2.3 建筑外墙无热桥施工宜符合下列规定：

1. 外墙保温若采用单层保温，宜采用锁扣方式连接；采用双层保温时，应采用错缝粘接方式，避免保温材料间出现通缝；外墙外保温应将整个建筑外立面全部包裹并与屋面及地面保温有效交圈；
2. 墙角处宜采用成型保温构件；
3. 保温层应采用断热桥锚栓固定；
4. 应尽量避免在外墙上固定导轨、龙骨、支架等可能导致热桥的部件，必须固定时，在外墙上预埋断热桥的锚固件及支架周边设置保温材料；
5. 可调节外遮阳装置安装节点时，应在填充保温材料，避免热桥；
6. 管道穿外墙部位应预留套管并预留足够的保温间隙；施工图中应给出节点设计大样

及详细做法说明；

7. 户内开关、插座接线盒等不应置于外墙上，以免影响外墙保温性能。

【条文说明】外墙保温若采用单层保温，宜采用锁扣方式连接；采用双层保温时，应采用错缝粘接方式，避免保温材料间出现通缝；外墙外保温应将整个建筑外立面全部包裹并与屋面及地面保温有效交圈。尽量采用双层保温形式，两层保温板错缝粘贴，及时清除干净板侧挤出的粘结料，板与板间挤紧，不留间隙。板间缝隙较大处应使用同材料保温条将缝塞满，板条不得粘结，板缝更不得用粘结砂浆直接填塞。板间缝隙较小处采用聚氨酯发泡剂填充。板间高差较大的部位应使用打磨板打磨平整。外墙阴阳角部位是热桥的薄弱环节，极易产生结露，保温板时应交叉错缝咬合粘贴，咬合部位不得带有粘结砂浆。应尽量避免在外墙上固定导轨、龙骨、支架等可能导致热桥的部件，必须固定时，应在保温板施工前安装，在外墙上预埋断热桥的锚固件，支架周边塞满保温板，支架与每层保温板外侧接触位置缠绕一周预压膨胀密封带，防止雨水渗入保温板。并尽量采用减少接触面积、增加隔热间层及使用非金属材料等措施降低传热损失。

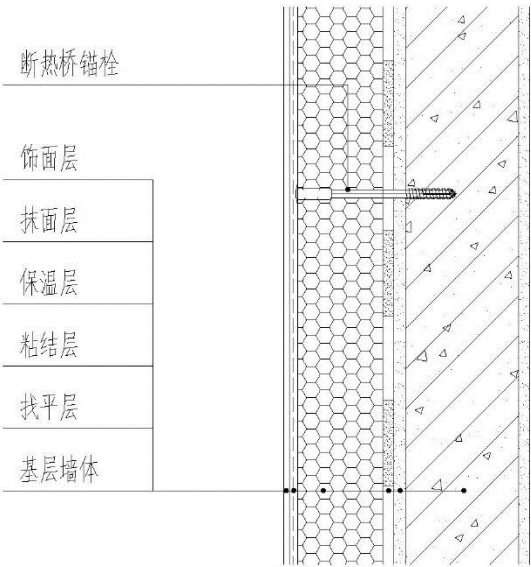


图 5.2.3-1 典型外墙外保温系统示意图

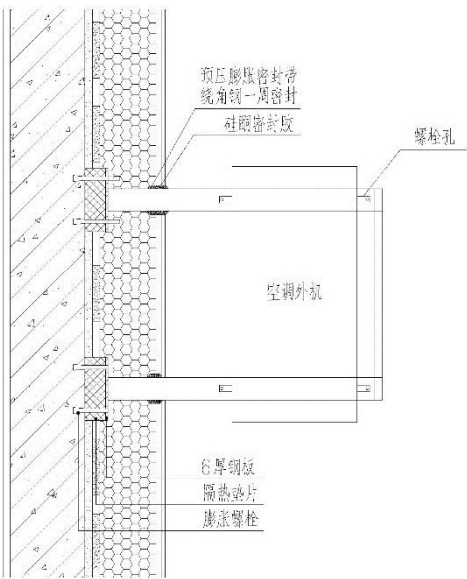


图 5.2.3-2 空调支架安装示意图

可调节外遮阳装置安装时应在其内部或外部留有足够的空间，用来填充保温材料，避免热桥。外遮阳的固定方式应最大可能减少热桥，不管是固定外遮阳板还是外置卷帘遮阳，遮阳板或导轨的固定金属支架，不能太大。金属支架与墙体之间增加隔热垫片。外置卷帘遮阳两侧边导轨系统边轨尺寸尽量不大于 25×100mm，边导轨不要突出外墙面，墙体空隙用保温材料填塞。遮阳帘的罩盒应尽量减小，保证保温覆盖的厚度不减少。罩盒与保温板最外侧接触位置塞入预压膨胀密封带，防止雨水渗入保温板。

5.2.4 屋面无热桥施工应符合下列规定：

1. 屋面施工应采用干法施工，尽量减少湿作业；
2. 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；屋面结构层上，保温层下应设置隔汽层；
3. 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；
4. 管道穿屋面部位应对伸出屋面外的管道应设置套管进行保护，套管与管道间应设置保温层。预留洞口应大于管道外径，并满足保温厚度要求。

【条文说明】屋面保温层应与外墙的保温层连续，不得出现结构性热桥；屋面施工应采用干法施工，尽量减少湿作业。屋面找坡层应尽量采用结构找坡或者保温板找坡，尽量避免湿作业。屋面工程整体采用防水保温一体化“干法”施工，即从屋面基层直接铺贴隔汽层，隔汽层采用自粘型的防水隔汽卷材，其中隔汽指标 $S_d \geq 1500m$ (S_d 为耐水汽渗透性等效空气层厚度)。在隔汽层上粘贴保温层时，隔汽层与保温板之间以及保温板与保温板之间使用专用粘结剂（PU 胶）固定粘贴。保温层施工完不需要做水泥砂浆保护层，之间在保温板粘贴 3mm 厚的自粘型 SBS 改性沥青防水卷材，之后采用热熔法粘贴第二道 4mm 厚的板岩颗粒防水卷材。隔汽层及防水层均应上翻至女儿墙顶部并做好封闭收口，避免雨水或水蒸气的进入而影响保温效果。屋面四周的防火隔离带易采用成品岩棉板或玻化微珠防火保温板，避免湿作业。

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；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》GB 50345 的规定；

对女儿墙、风井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。女儿墙保温做法示意图如下所示；

5.2.5 地下室和地面无热桥施工应符合下列规定：

1. 严寒和寒冷地区地下室外墙外侧保温层应与地上部分保温层连续，并应采用防水性能好的保温材料；地下室外墙外侧保温层应延伸到地下冻土层以下，或完全包裹住地下结构部分；
2. 地下室外墙外侧保温层内部和外部宜分别设置一道防水层，防水层应延伸至室外地面以上适当距离；
3. 严寒和寒冷地区地下室外墙内侧保温应从顶板向下设置，长度与地下室外墙外侧保温向下延伸长度一致，或完全覆盖地下室外墙内侧；
4. 无地下室时，地面保温应与外墙保温应尽量连续、无热桥。

5.2.6 外窗无热桥施工应符合下列规定：

1. 外窗宜采用窗框内表面与结构外表面齐平的外挂安装方式，外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严密；
2. 外窗台应设置窗台板，以免雨水侵蚀造成保温层的破坏；窗台板应设置滴水线；窗台宜采用耐久性好的金属制作，窗台板与窗框之间应有结构性链接，并采用密封材料密封。

5.2.7 外墙气密性施工应符合下列规定：

1. 砌体选用密实度较高的粉煤灰加气混凝土砌块、高密度板或混凝土结构，尽量不要选用空心砖、空心板或轻质疏松的材料。块材砌筑时，要求砂浆饱满，饱满度达到 100%，或者密缝砌筑，缝隙不得有透缝或砂浆不饱满。在圈梁构造柱处，混凝土密实，无孔洞、露筋等现象。对脚手架眼、预留洞口、对拉螺栓孔要进行封堵。在砌体顶部和底部，要用砂浆填塞密实；
2. 加强抹灰工程质量的控制，必要时，选用聚合物砂浆进行抹灰，以增强气密性；
3. 墙体上预留的脚手架眼、孔洞，要用砌体的同种材料进行封堵。

【条文说明】对于加气混凝土砌块外墙，在内抹灰之前，确保灰缝砂浆饱满，所有外墙孔洞塞实，内表面抹灰应从混凝土梁底面抹至混凝土楼地面，保证连续不间断灰浆满铺砌块，尤其是房间内及楼梯间的踢脚位置。与钢筋混凝土梁、柱搭接处的抹灰层应铺设玻纤网格布，抹灰层搭接宽度至少 100mm。嵌入外墙上的开关箱、配电箱或插座（未穿透外墙），安装前，预留口内侧满填水泥砂浆，趁砂浆干燥前将插座盒及穿线管嵌入墙体内，确保安装后存留的狭孔和槽口用灰浆填实。对于蒸压轻质砂加气混凝土板材（ALC 板）拼接外墙，板材内侧满铺玻纤网格布并确保抹灰层厚度不小于 15mm，板材上、下侧楼板交接处应粘贴可抹灰型的防水隔气膜，随后防水隔气膜上抹灰刮腻子，进行保护。

在墙体上预留的脚手架眼、孔洞，要用砌体的同种材料进行封堵，主要要填塞密实，不得透亮、疏松，填塞不密实，抹灰前，此部位用网格布或钢丝网进行加强处理。螺栓眼要用水泥砂浆整个填塞密实，不得只在表面处理。

5.2.8 屋面气密性施工应符合下列规定：

1. 隔汽层应从屋面低的位置向高的位置铺设，上翻墙高度与保温层高度一致，气温较低时辅热粘结。搭接边必须实现 100%满粘，如果卷材与铝箔搭接时，可采用热熔辅热的方式保证搭接边粘结牢固。出屋面结构，根部需做加强处理；
2. 隔汽层必须上翻到女儿墙和出屋面管道、设备基础顶部，以保证整体气密性效果。

5.2.9 管道穿外墙密封施工应符合下列规定：

1. 当单一管道穿外墙时，预留套管与管道间需要留出 50mm 的空隙并用岩棉塞实。确保基层墙体整洁后，在室内一侧管道四周粘贴可抹灰型的防水隔气膜（或防水隔汽卷材），室外一侧管道四周粘贴防水透气膜；

2. 新风方形管道穿外墙时，可以不留设套管，但需要留出孔洞，并保证孔洞与管道之间塞至少 50mm 的岩棉，并在室内外两侧分别粘贴防水隔气膜和防水透气膜；

3. 穿外墙处电缆桥架线盒更换成圆形钢套管，整体管道外包裹岩棉或橡塑保温层，以减少热桥效应。室内侧管壁粘贴防水隔汽膜，外侧粘贴防水透气膜。

【条文说明】穿外墙密集型管道采用管道外浇筑膨胀混凝土，管道在墙体内外两侧分别粘贴防水隔汽膜和防水透气膜的方式进行处理，较好的解决了密集型管道的气密性问题。穿外墙密集型管道在浇注膨胀混凝土之前，要用铁丝或者钢圈将管道外侧橡塑保温层扎紧绑牢，管与管之间的距离不小于 25mm，以利于混凝土的浇筑。隔汽膜和透汽膜包裹住管道长度不小于 50mm，超过保温层厚度不小于 100mm。

穿外墙处电缆桥架线盒更换成圆形钢套管，整体管道外包裹岩棉或橡塑保温层，以减少热桥效应。然后保温层外侧采用膨胀混凝土浇注，干燥后室内侧管壁粘贴防水隔汽膜，外侧粘贴防水透气膜，隔汽膜和透汽膜包裹住套管长度不小于 50mm，超过保温层厚度不小于 100mm。电线电缆与套管之间用粘贴防水隔汽膜和透汽膜的白色密封胶或者黑色结构胶封堵，封堵厚度至少 20-30mm。

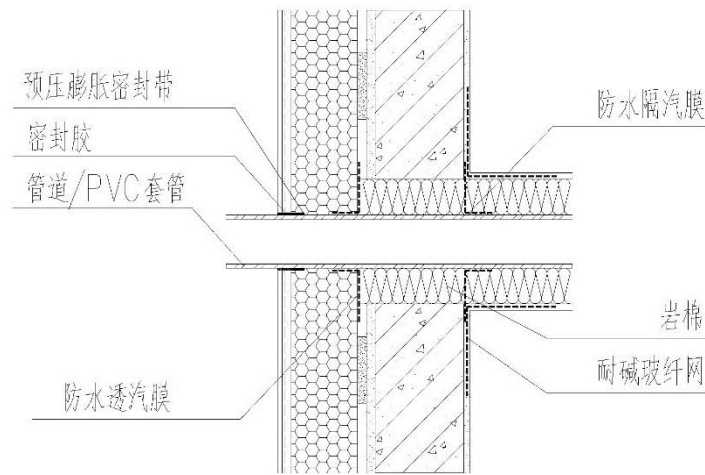


图 4.3.21-1 管道穿外墙示意图

当电线穿外墙时，因电线比较细，宜使用自粘型可抹灰的成品气密性套环保证气密性。如果不用的话，电线穿外墙应该增加套管，套管两侧伸出外墙长度控制在 20~30mm，保证与防水隔气膜、防水透气膜的搭接长度即可，套管与外墙之间室内一侧四周粘贴可抹灰型的防水隔气膜，室外一侧四周粘贴防水透气膜，套管室内一侧与电线之间填充厚度不少于 20mm 后的结构密封胶。

5.2.10 开关、接线盒在外墙上安装时宜符合下列规定：

1. 位于砌体墙体上的开关、插座线盒，应在砌筑墙体时预留孔槽，安装线盒时应先用石膏灰浆封堵孔槽，再将线盒底座嵌入孔位内，使其密封；

2. 对于穿透气密层的电线套管，在墙体内预埋套管时，应在接口处采用专用的密封胶带密封，同时用石膏灰浆将套管与线盒接口处封堵密实；

3. 套管内穿线完毕后，应采用密封胶对开关、插座等的管口进行有效封堵。

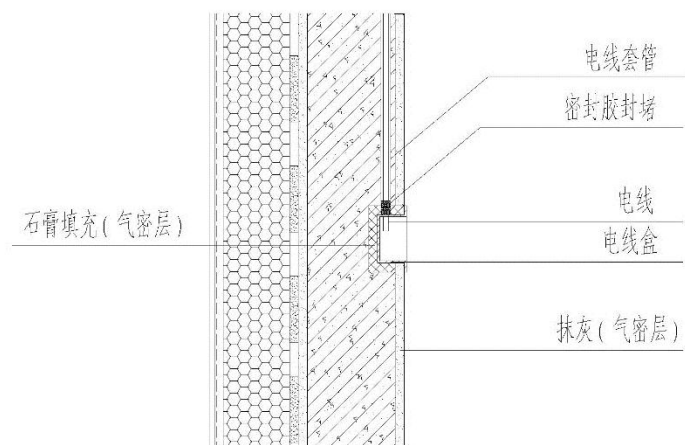


图 4.3.22-1 电线盒气密性处理示意图

5.2.11 建筑主体施工结束，门窗安装完毕，内外抹灰完成后，精装修施工开始前，应按附录 B 进行建筑气密性检测，检测结果应满足本标准气密性指标要求。

5.2.12 机电系统施工应符合下列规定：

1. 机电系统安装应避免产生热桥和破坏围护结构气密层；
2. 对风系统所有敞开部位均应做防尘保护；
3. 机组安装及管道施工过程中应作消声隔振处理。

【条文说明】本条文引用国家标准《近零能耗建筑技术标准》编制组的研究成果。机电系统施工除应符合国家现行施工质量验收规范外，还应重点控制以下环节：

1 穿出气密区域的管道和电线等均应预留并做好断桥和气密性处理,避免因机电系统施工产生新热桥和影响围护结构的气密性。

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。

2 施工期间新风系统所有敞开部位均应做防尘保护，包括风道、新风机组和过滤器。

3 新风机安装应固定平稳,并有防松动措施,吊装时应有减振措施。风管与新风机应采用软管连接。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。

室内排水管道及其透气管均应进行隔音处理，可采用外包保温材料的方式进行隔声。

5.2.13 光导管照明管线施工时，光导管基座宜与结构板同时浇筑，基座施工应避免产生热桥和破坏围护结构气密层。

【条文说明】光导管基座施工:根据节点设计，对结构、消防、暖通等专业进行管线碰撞检查，完成深化设计，根据深化设计图纸在结构板上预留孔洞，光导管基座可以和结构板同时浇筑，也可以后期预制或者砖砌，光导管孔洞直径 $D=d+50\text{mm}$ (d 为套管直径)，基座高度 800mm，砖砌基座需要进行抹灰处理。光导管基座施工完成后，对基座竖向及顶面进行 100 厚保温岩棉施工，再进行自粘型防水透气卷

材施工至洞口，然后在洞口安装防雨套圈。最后安装防水板，防水板采用铆钉使其固定在预留孔上。

导光管安装：导光管安装时其下端对准天花洞口并伸出吊顶高度 10mm。在导光管中心线、标高线上的表面选定三个以上的点作为安装的定位测量点。用计算机辅助设计、对光导管的安装图进行建模，给指定测量点编号，并在图上列出各点的三维坐标值。依编号找出所有选定点位，用记号笔做明显颜色标记和写明编号。在光导管基本就位以后，使用全站仪从高处用极坐标法观测光导管上各定位测量点的三维坐标。实测三维坐标值与图纸标注值的差，就是安装偏差，随即校正纠偏，当各点实测值与图纸标注值吻合时可以肯定光导管已经准确安装。最后用四个 15mm 长的自攻螺钉和固定圈将光导管系统和防雨板固定在一起，并用硅胶密封剂或用铝箔胶带进行密封处理。

导光管安装完毕后进行调光装置及集光器安装，集光器安装在导光管的顶部，安装前先在防雨板与导光管连接片上安装防水垫圈，然后使用全站仪从高处用极坐标法观测集光器上各定位测量点的三维坐标，校正纠偏。调整后采用拉铆钉 4~8 个固定集光器与防水板，安装完毕后在导光管基座阴角处沿光导管外壁一周采用专用防水隔汽膜倒角，再安装密封装饰套圈，使其密封装饰套圈紧贴在楼板面，

漫射器安装：漫射器扣在装饰环上，在漫射器周边与装饰环的接缝处注入密封硅胶密封。然后在装饰环内部距上端 10mm 处紧贴一圈拉绒尼龙状密封条进行密封，最后将装饰环固定于固定环上。整个建筑光导管施工完成。

5.2.14 设备系统施工完成后，应进行联合试运转和调试，且节能性能检测达到设计要求。

【条文说明】供暖通风与空调节能工程、照明节能工程安装调试完成后，应由建设单位委托具有相应资质的检测机构进行系统节能性能检验并出具报告。受季节影响未进行的节能性能检验项目，应在保修期内补做。供暖节能工程、通风与空调节能工程、配电与照明节能工程的设备系统节能性能检测应包括下列内容：

- (1) 室内平均温度；
- (2) 供暖通风与空调系统水力平衡度；
- (3) 照度与照明功率密度。

可再生能源系统性能检测应符合下列规定：

(1) 太阳能热利用系统的热工性能检验应包括太阳能集热系统得热量、太阳能集热系统效率、太阳能热利用系统的总能耗及太阳能热利用系统的太阳能保证率。太阳能热利用系统的集热系统效率应符合设计要求。

(2) 地源热泵系统整体验收前，应进行冬、夏两季运行测试，并对地源热泵系统的实测性能与设计要求进行比对作出评价。

6 验收与评价

6.1 一般规定

6.1.1 验收时，净零能耗建筑外墙、门窗、屋面、地面、暖通空调系统应符合《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411 中的有关规定外，尚应分别符合各分部分项工程施工质量标准的规定，并形成完整质量验收文件。

6.1.2 净零能耗建筑采用的墙板、门窗、采暖保温等材料、设备应具备合格证、检验报告等质量证明文件，应进行进场质量验收，构配件现场抽样复检合格后方可使用。

6.1.3 隐蔽工程在隐蔽前应进行验收，并应形成文字记录和必要的图像资料的完整验收文件。

6.2 验收

6.2.1 隐蔽工程检查要点

1. 外墙：1) 基层表面状况及处理；2) 保温层的敷设方式、厚度和板材缝隙填充质量；3) 锚固件安装；4) 网格布铺设；5) 热桥部位处理等。

2. 屋面：1) 基层表面状况及处理；2) 保温层的敷设方式、厚度和板材缝隙填充质量；3) 屋面热桥部位处理；4) 隔汽层设置；5) 防水层设置；6) 雨水口部位的处理等。

3. 外门窗：1) 外门窗洞的处理；2) 外门窗安装方式；3) 窗框与墙体结构缝的保温填充做法；4) 窗框周边气密性处理等。

6.2.2 热桥部位检查要点

1. 重要节点的无热桥施工方案；
2. 女儿墙、窗框周边封闭阳台出挑构件等重点部位的 实施质量；
3. 穿墙管线保温密封处理效果；
4. 对薄弱部位进行红外热 成像仪检测 ，查找热工缺陷。

6.2.3 建筑气密性检查要点

1. 重要节点的气密性保障施工方案；
2. 门窗产品气密性质量；
3. 门窗、管线贯穿处等关键部位的气密性效果。

6.2.4 暖通空调系统检查要点

1. 风管系统及现场组装的合式空调机严密性；
2. 风系统平衡性及供暖空调水的；
3. 管道及部件的保温。

6.3 评价

6.3.1 在净零能耗建筑评价分为设计评价和后评价，应在设计和竣工验收阶段分别对其是否达到净零能耗建筑要求给予评价。

6.3.2 评价应以单栋建筑为对象；对于设计中以户或以单元为设计单位的居住建筑，可结合建筑的实际情况，以户或单元为对象进行评价。

6.3.3 净零能耗检测部位包括地道风系统、地源热泵系统、干式风机盘管、金属辐射板、旋流式无动力风机、光导管照明、整体卫浴、保温材料、遮阳等产品。对采用获得高性能节能标识且在有效期内的产品，可直接认可，不必重复检测。

6.3.4 设计部分评价应在施工图设计文件审查通过后开始进行，包括以下两方面：

1. 施工图审核。应重点核查围护结构关键节点构造及做法具备保温隔热性能良好、无热桥现象的发生。并严格保证气密层的连续性，冬季工况充分利用太阳辐射得热，夏季工况充分考虑遮阳隔热，降低建筑制冷负荷；同时制定合理的通风方案，采用带热回收的新风系统，尽可能利用可再生能源。

2. 能耗指标计算。包括年供暖需求和年供冷需求及年供暖空调照明一次能源消耗量的计算。能耗指标应采用超低能耗绿色建筑认证专用软件计算。

6.3.7 建筑竣工验收一年后，宜对净零能耗建筑进行后评估。以供暖、空调、照明、生活热水、电梯的年一次能源消耗量为评价指标，后评价应符合下列规定：

1. 净零能耗居住建筑能耗指标检测应以整栋建筑或典型户能耗为评价对象，计量时间以一年为一个周期。并应以栋或典型用户电表、气表等计量仪表的实测数据为依据，经计算分析后采用；

2. 净零能耗公共建筑能耗指标检测应以整栋建筑为评价对象，计量时间以一年为一个周期。可直接采用项计量的能耗数据，并对其计量仪表进行校核后采用。

附录 A 建筑能耗计算方法

A.1 一般规定

A.1.1 净零能耗建筑的供暖年耗热量、供冷年耗冷量、年供暖空调照明一次能源消耗量应采用专用软件计算。

A.1.2 用于净零能耗建筑设计的供暖空调能耗计算软件应满足下列规定：

- 1.理论算法应符合《Energy performance of buildings—Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads— Part 1: Calculation procedures》ISO 52016-1-2017 的规定，可采用月平均或逐时动态计算方法；
- 2.可计算围护结构传热、太阳辐射得热、建筑内部散热、渗漏热损失以及新风供应形成的负荷，可计算热回收和外遮阳装置对建筑供暖空调能耗的影响；
- 3.计算中可考虑建筑热惰性对负荷的影响；
- 4.可以计算 10 个以上的建筑分区。

A.1.3 采用逐时动态计算软件时，还需符合下列要求：

- 1.应具备全年 8760 小时逐时负荷和能耗计算功能，负荷和能耗计算的时间步长不应超过 1 小时；
- 2.软件可以输出全年逐时负荷和能耗数据；
- 3.可设置渗漏换气量或换气次数；
- 4.可分别设置逐时工作日和节假日室内人员数量、照明功率、电气设备功率、室内温度、供暖和空调系统运行时间。

A.1.4 能耗指标计算的方法和基本参数应满足下列规定：

- 1.供暖年耗热量、供冷年耗冷量计算范围应包括围护结构传热、太阳辐射得热、建筑内部散热散湿、建筑渗漏通风和处理新风的显热和潜热负荷；处理新风的冷热负荷应扣除从排风中回收的冷热量；
- 2.生活热水能耗的计算，其热水用量指标应符合现行国家标准《民用建筑节能设计标准》GB50555 的要求；
- 3.电梯能耗的计算，可按照国家标准《电梯技术条件》（GB/T 10058-2009）附录 A 中的算法进行计算；
- 4.一次能源消耗量指标约束范围为供暖空调、照明、生活热水以及电梯能耗，可计入可再生能源供应；各种能源种类与一次能源的转换系数应符合本附录表 A.4.2-1 中的规定；

- 5.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；
- 6.供暖空调系统能耗计算应考虑部分负荷及间歇使用的影响；
- 7.照明能耗的计算可考虑自然采光和自动控制的影响。

A.2 住宅建筑

A.2.1 计算住宅建筑的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、外窗遮阳系数、窗墙面积比应与建筑设计文件一致；
- 2.起居室、卧室、餐厅、书房为空调区域，按设置供暖和空气调节计算。供暖期为 12 月 1 日到次年 2 月 28 日，空调期为 6 月 1 日到 8 月 31 日。供暖空调系统运行时间按表 A.2.1-1 设置；

表 A.2.1-1 供暖空调系统的日运行时间（住宅建筑）

类别		系统工作时间	
住宅建筑	卧室	工作日	22:00~7:00
		周末	0:00~24:00
	起居室、餐厅、书房	工作日	18:00~0:00
		周末	8:00~24:00

- 3.房间人员密度、电器设备功率密度按表 A.2.1-2 设置；照明功率密度按照设计指标选取。

表 A.2.1-2 房间人员、设备、照明内热设置（住宅建筑）

建筑类型	房间类型	最多人数 人	电器设备功率密度 W/m ²	照明功率密度 W/m ²
住宅建筑	起居室	3	5	按设计指标选取
	主卧室	2	6	
	次卧室	1	6	
	餐厅	3	5	
	书房	1	6	
	厨房	0	24	
	卫生间	0	0	

- 4.人均新风量按照实际设计指标选取，应符合本导则 3.2.2 条规定；
- 5.建筑渗漏通风热损失计算时，应按照设计的气密性指标，利用本导则 3.4.3 条公式计算常压下渗漏通风换气次数；
- 6.供暖空调系统的系统形式和能效应与设计文件一致。

A.2.2 住宅建筑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 1.2m 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。

5.套内烟囱、通风道、管井等均不应计入套内使用面积。

A.2.3 住宅全年生活热水能耗的计算应符合下列规定：

1.每户应按 3 人计算，全年平均洗澡天数频率为 80%，共计 292 天；

2.人均热水用量指标取 40L/(人·d)；

3.热水供水温度取 60℃。

A.3 公共建筑

A.3.1 公共建筑应分别计算设计建筑与参照建筑能耗，并按照如下公式比较全年累计耗冷热量、一次能源消耗量的降低幅度：

$$\eta_l = \frac{Q_r - Q}{Q_r} \times 100\% \quad (\text{A.3.1-1})$$

$$\eta_e = \frac{E_r - E}{E_r} \times 100\% \quad (\text{A.3.1-2})$$

式中： η_l ——设计建筑全年累计耗冷热量降低幅度，%；

η_e ——设计建筑全年一次能源消耗量降低幅度，%；

Q ——设计建筑全年累计耗冷热量 (kWh/m²)；

Q_r ——参照建筑全年累计耗冷热量 (kWh/m²)。

E ——设计建筑供暖、空调、照明、生活热水和电梯全年一次能源总消耗量 (kWh/m²)；

E_r ——参照建筑供暖、空调、照明、生活热水和电梯全年一次能源总消耗量 (kWh/m²)。

A.3.2 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）遮阳系数、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.3.2-1 设置。

表 A.3.2-1 供暖空调系统的日运行时间（公共建筑）

类别	系统工作时间
办公建筑	工作日 8: 00~18: 00
	节假日 —
酒店建筑	全年 1: 00~24: 00
学校建筑	工作日 8: 00~18: 00
	节假日 —
商场建筑	全年 9: 00~21: 00
影剧院	全年 9: 00~21: 00
医院建筑	全年 8: 00~18: 00

3.房间人员密度、电器设备功率密度按表 A.3.2-2 设置，照明功率密度值应与建筑设计文件一致。

表 A.3.2-2 不同类型房间人员、设备、照明内热设置（公共建筑）

建筑类型	房间类型	人均占地面积 m ²	设备功率密度 W/m ²	照明功率密度（参照建筑取值） W/m ²
办公建筑	办公室	10	13	9
	密集办公室	4	20	15
	会议室	3.33	5	9
	大堂门厅	20	0	5
	休息室	3.33	0	5
	设备用房	0	0	5
	库房、管道井	0	0	0
	车库	100	15	2
酒店建筑	酒店客房（三星以下）	14.29	13	7
	酒店客房（三星）	20	13	7
	酒店客房（四星）	25	13	7
	酒店客房（五星）	33.33	13	7
	多功能厅	10	5	13.5
	一般商店、超市	10	13	9
	高档商店	20	13	14.5
	中餐厅	4	0	9
	西餐厅	4	0	6.5
	火锅店	4	0	8
	快餐店	4	0	5
	酒吧、茶座	4	0	8
	厨房	10	0	6
	游泳池	10	0	14.5

	车库	100	15	2
	办公室	10	13	8
	密集办公室	4	20	13.5
	会议室	3.33	5	9
	大堂门厅	20	0	9
	休息室	3.33	0	5
	设备用房	0	0	5
	库房、管道井	0	0	0
	健身房	8	0	11
	保龄球房	8	0	14.5
	台球房	4	0	14.5
学校建筑	教室	1.12	5	9
	阅览室	2.5	10	9
	电脑机房	4	40	15
	办公室	10	13	8
	密集办公室	4	20	13.5
	会议室	3.33	5	8
	大堂门厅	20	0	10
	休息室	3.33	0	5
	设备用房	0	0	5
	库房、管道井	0	0	0
	车库	100	15	2
商场建筑	一般商店、超市	2.5	13	10
	高档商店	4	13	16
	中餐厅	2	0	9
	西餐厅	2	0	6.5
	火锅店	2	0	5
	快餐店	2	0	5
	酒吧、茶座	2	0	8
	厨房	10	0	6
	办公室	10	13	8
	密集办公室	4	20	13.5
	会议室	3.33	5	8
	大堂门厅	20	0	10
	休息室	3.33	0	5
	设备用房	0	0	5
	库房、管道井	0	0	0
影剧院	影剧院	1	0	11
	舞台	5	40	11
	舞厅	2.5	30	11
	棋牌室	2.5	0	11
	展览厅	5	20	9
医院建筑	病房	10	0	5

	手术室	10	0	20
	候诊室	2	0	6.5
	门诊办公室	6.67	0	6.5
	婴儿室	3.33	0	6.5
	药品储存库	0	0	5
	档案库房	0	0	5
	美容院	4	5	8

4.人均新风量按照实际设计指标选取，应符合本导则 3.2.2 条规定。

5.建筑渗漏通风热损失计算时，应按照设计的气密性指标，利用本导则 3.4.3 条公式计算常压下渗漏通风换气次数；

6.公共建筑供暖计算日期为 12 月 1 日至次年 3 月 31 日，空调计算日期为 6 月 1 日至 9 月 30 日。

7.供暖空调系统的系统形式和能效与设计文件一致。

A.3.3 计算参照建筑能耗指标应符合下列规定：

1.建筑的形状、大小、内部的空间划分和使用功能、建筑构造与设计建筑一致；

2.建筑空气调节和供暖系统的运行时间、室内温度、房间人均占有的使用面积、人员新风量、电器设备功率密度应与设计建筑一致；照明功率密度值应按照表 A.3.2-2 确定。

3.参照建筑围护结构热工性能和冷热源性能应按国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015 规定值选取，未规定的参数应与设计建筑一致。

4.按照设计建筑实际朝向建立参照建筑模型，并将建筑依次旋转 90°、180°、270°，取四个不同方向的模型负荷计算结果相加取平均值，作为参照建筑负荷。

5.参照建筑窗墙面积比按表 A.3.3-1，对于表中未包含的建筑类型，参照建筑窗墙比与设计建筑一致；

6.参照建筑渗漏通风热损失计算时，应按照建筑气密性指标 $n_{50}=5h^{-1}$ ，利用本导则 3.4.3 条公式计算常压下渗漏通风换气次数；

7.参照建筑的供暖空调系统形式应依据设计建筑的系统形式按照表 A.3.3-2 确定。

A.3.3-1 参照建筑窗墙面积比信息表

建筑类型	窗墙面积比 (%)
办公建筑（面积≤10000 m²）	31
办公建筑（面积＞10000 m²）	40
酒店建筑（房间数≤75 间）	24
酒店建筑（房间数＞75 间）	34
医院建筑	27

餐饮建筑	34
商场建筑	20
学校建筑	25

表 A.3.3-2 参照建筑供暖、空调系统形式

系统分类	设计建筑	参照建筑	参照建筑系统参数
冷源	离心式冷水机组	离心式冷水机组	能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	螺杆式冷水机组	螺杆式冷水机组	能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	离心式+螺杆式冷水机组	离心式+螺杆式冷水机组	台数与实际设计方案相同,能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	水源/地源热泵	螺杆式冷水机组	能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	风冷热泵	风冷热泵	能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	吸收式制冷机组	吸收式制冷机组	能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	单元式空调机组、多联式空调(热泵)机组或风管送风式空调(热泵)机组	单元式空调机组、多联式空调(热泵)机组或风管送风式空调(热泵)机组	台数与实际设计方案相同,其效率应满足国家现行相关标准的单元式空调机组、多联式空调(热泵)机组或风管送风式空调(热泵)机组空调系统的要求
	集中冷源	离心式/螺杆式冷水机组	能效值满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
热源	燃油锅炉	燃油锅炉	锅炉额定热效率满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	燃气锅炉	燃气锅炉	锅炉额定热效率满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	风冷热泵	燃气锅炉	锅炉额定热效率满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
	地源热泵	燃气锅炉	锅炉额定热效率满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值
冷热水输	一级泵系统	一级泵系统(定频)	冷热水输送系统的耗电输(冷)热比应按《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值公式计算确定

系统分类	设计建筑	参照建筑	参照建筑系统参数
配系统	二级泵系统	二级泵系统（定频）	冷热水输送系统的耗电输（冷）热比应按《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值公式计算确定
	区域集中冷热源的直供系统	一次泵系统（定频）	冷热水输送系统的耗电输（冷）热比应按《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值公式计算确定
	楼内是二级泵系统	二级泵系统（定频）	冷热水输送系统的耗电输（冷）热比应按《公共建筑节能设计标准》GB50189 规定的限定值公式计算确定
风处理和输送系统	定风量全空气系统	定风量全空气系统	单位风量耗功率应按《公共建筑节能设计标准》GB50189 的规定确定
	变风量全空气系统	定风量全空气系统	单位风量耗功率应按《公共建筑节能设计标准》GB50189 的规定确定
	风机盘管+新风系统	风机盘管+新风系统	新风量\新风比、风机耗功率按照《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T449-2018 的规定确定
	辐射末端+新风系统	风机盘管+新风系统	新风量\新风比、风机耗功率按照《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T449-2018 的规定确定

A.3.4 公共建筑能耗指标应以建筑面积为基准。

A.3.5 公共建筑生活热水能耗计算应符合下列规定：

- 1.热水使用人数与天数，应与建筑人员密度和使用天数相一致，参照建筑与设计建筑相同；
- 2.人均热水用量指标应依据现行国家标准《民用建筑节水设计标准》GB50555 的中位值选取，参照建筑与设计建筑相同；
- 3.热水供水温度取 60℃，参照建筑与设计建筑相同；
- 4.参照建筑的生活热水供应为燃气供热，燃气装置效率为 90%，设计建筑根据工程设计的生活热水供应方式和效率进行计算。

A.3.6 公共建筑电梯能耗计算应符合下列规定：

- 1.参照建筑电梯驱动系统为交流调压调速驱动系统，设计建筑的电梯驱动系统根据实际设计选取；

2.平均运行距离、最大运行距离、年启动次数等影响电梯能耗的其他参数应保持参照建筑与设计建筑一致。

A.4 一次能源消耗计算规定

A.4.1 供暖空调、照明、生活热水和电梯的一次能源消耗量按下式计算：

$$E = \frac{E_h \times f_i + E_c \times f_i + E_l \times f_i + E_w \times f_i + E_e \times f_i - E_r \times f_i}{A}$$
 (A.4.1-1)

式中：E——建筑供暖空调、照明、生活热水、电梯一次能源消耗量，kWh/m²；

A——住宅类建筑为套内建筑使用面积，公共类建筑为建筑面积。

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）。

E_w——生活热水系统的能源消耗（kWh）。

E_e——电梯系统的能源消耗（kWh）。

E_r——可再生能源发电量（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.4.2 条的规定；

A.4.2 各种能源的一次能源换算系数应按照表 A.4.2-1 确定。

表A.4.2-1 不同能源种类的一次能源系数

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
热力	kWh _{一次} /kWh _{终端}	1.22
电力	kWh _{一次} /kWh _{终端}	2.35
生物质能	kWh _{一次} /kWh _{终端}	0.20
可再生能源发电	kWh _{一次} /kWh _{终端}	2.35

注：电力的一次能源换算系数按照全国“十三五”时期非火力发电企业电力等价折标系数 0.288kgce/kWh 换算确定。

A.4.3 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

B.0.1 净零能耗建筑在验收前应进行气密性测试，气密性测试抽检样本应符合下列规定：

1.住宅建筑可以户或单元为对象进行气密性能检测，取测试结果的体积加权平均值作为整栋建筑的换气次数。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；

2.公共建筑宜采用一次性对整栋建筑进行测试，并将测试结果作为整栋建筑的换气次数。

B.0.2 建筑气密性测试宜采用压差法，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净零能耗建筑整体气密性能。

B.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。

B.0.4 在气密性测试前，建筑围护结构应完成以下工作：

- 1.所有窗户和外门需完成安装并关闭，保持禁止出入状态；
- 2.在测量时要完成建筑的气密层施工；
- 3.穿墙套管、电缆井、安装井等完成密封。

B.0.5 建筑气密性能检测可按下列步骤进行：

- 1 将调速风机密封安装在房间的外门框中；
- 2 利用红外热成像仪拍摄照片，确定建筑物的渗漏源；
- 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，在建筑物内外压差分别稳定在+50Pa 和-50Pa 时，测量记录空气流量，同时记录室外空气温度和室外大气压。

B.0.6 当室内外压差为 50Pa 时，房屋每小时的换气次数应按下列公式计算：

$$n_{50} = L/V \quad (\text{B.0.6-1})$$

$$n_{50} = (n_{+50} + n_{-50})/2 \quad (\text{B.0.6-2})$$

式中， n_{+50} ——室内外压差为正压50Pa 时房屋的小时换气次数， h^{-1} ；

n_{-50} ——室内外压差为负压 50Pa 时房屋的小时换气次数， h^{-1} ；

n_{50} ——室内外压差为 50Pa 时房屋的小时换气次数， h^{-1} ；

L——空气流量的平均值， m^3/h ；
V——检测房屋的换气体积， m^3 。

本导则用词说明

1 为便于执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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用词：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

- 1、《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 2、《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 3、《建筑采光设计标准》GB/T 50033
- 4、《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350
- 5、《被动式太阳能建筑技术规范》JGJ/T267