

天 津 生 态 城 标 准

天津生态城超低能耗居住建筑设计导则

中新天津生态城建设局 发布

前言

中新天津生态城是世界上首个由国家间合作建设的生态城市，绿色及节能建筑是区域建设重点，将绿色建筑的建设放在重要位置，所有建筑要达到绿色建筑标准。集成可再生能源利用、水资源循环节约、垃圾无害化处理和绿色建材、通风采光等方面节能减排技术，形成绿色建筑综合实施方案，有效降低建筑能耗和排放。超低能耗居住建筑作为有效降低城市能耗的方案之一，是生态城建筑设计的重要方向，推广超低能耗建筑对于建筑行业乃至全社会的节能减排具有积极的贡献。因此，需要建立起科学的超低能耗居住建筑设计指引机制和建设效果保障机制，来推广超低能耗居住建筑，降低居住建筑的供暖、供冷能耗及建筑物总能耗，改善居住建筑的室内环境，节约资源和能源。

为了更好地指导生态城超低能耗建筑和绿色建筑的推广，中新天津生态城建设局组织天津生态城公屋建设有限公司、天津生态城绿色建筑研究院有限公司、天津大学建筑设计规划研究总院有限公司等单位开展了《天津生态城超低能耗居住建筑设计导则》（以下简称导则）的编制工作。编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验以及广泛征求意见的基础上，完成本导则的编制工作。

本导则共分 9 章，分别为总则、术语、室内环境参数和能耗指标、建筑方案设计、热工设计、暖通设计、给水排水系统设计、电气系统设计、供热、供冷和一次能源计算。导则结合了近年来国家和各地方出台的有关超低能耗居住建设、绿色建筑的建设标准规范，以及相关建设成果的应用情况，结合天津生态城气候特点和实际情况，明确了超低能耗居住建筑的技术指标及设计要点，为生态城超低能耗居住建筑的建设提供指导。

目 录

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 室内环境参数和能耗指标	4
4 建筑方案设计	5
4.1 一般规定	5
4.2 总平面设计	5
4.3 单体设计	6
5 热工设计.....	7
5.1 一般规定	7
5.2 非透明外围护结构设计	8
5.3 透明外围护结构设计	12
5.4 楼梯间隔墙、分户墙、楼板、户门设计	15
5.5 地下室和地面保温及防水防潮设计	16
5.6 遮阳设计	17
6 暖通设计.....	19
6.1 冷热源系统方案	19
6.2 通风系统设计	19
7 给水排水系统设计	23
8 电气系统设计	27
9 供热、供冷和一次能源计算.....	29
9.1 一般规定	29
9.2 采暖负荷计算	29
9.3 采暖需求计算	32
9.4 制冷负荷计算	34
9.5 制冷需求计算	39
9.6 一次能源需求计算	41
本导则用词说明	43
附录 A 部分外窗热工性能参考表.....	44
附录 B 防水隔汽膜及防水透汽膜性能指标	46
附录 C 预压膨胀密封带性能指标.....	47
附录 D 屋顶扣板和窗台板性能指标	49

1 总则

1.0.1 为推广超低能耗居住建筑，降低居住建筑的供暖、供冷能耗及建筑物总能耗，改善居住建筑的室内环境，节约资源和能源，根据天津生态城气候特点和实际情况，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于中新天津生态城内新建、改建和扩建的超低能耗居住建筑的设计。

1.0.3 本标准规定的室内环境参数及建筑能效指标为约束性指标，围护结构、能源设备和系统等技术性能指标为推荐性指标。

1.0.4 超低能耗居住建筑设计应采用性能化设计，以可靠的技术保证、较低的经济代价，实现居住的指标要求。

1.0.5 超低能耗居住建筑设计，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家及天津市现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 超低能耗居住建筑 ultra low energy building

适应气候特征和场地条件，通过被动式建筑设计最大程度降低建筑供暖、空调、照明需求，通过主动技术措施最大程度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，且其室内环境参数和能效指标符合本导则规定的居住建筑。

2.0.2 性能化设计 performance oriented design

以建筑室内环境参数和能效指标为性能目标，利用建筑模拟工具，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 一次能源 primary energy

在自然界中以原有形式存在的、未经加工转换的能量资源。又称天然能源，如原煤、石油、天然气等。

2.0.4 可再生能源 renewable energy

指从自然界获取的、可以再生的非化石能源，包括风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能和高效空气能等。

2.0.5 建筑气密性 air tightness of building envelope

建筑物在封闭状态下阻止空气渗漏的能力。用于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。

2.0.6 换气次数 air change rate

每小时的通风量与换气体积之比。

2.0.7 溢流区 bypass area

新风经起居室、卧室、儿童房和工作室后，在进入到浴室和卫生间之前流经的区域。

2.0.8 太阳得热系数 (SHGC) solar heat gain coefficient

透过透光围护结构（门窗或透光幕墙）的太阳辐射室内得热量与投射到透光围护结构（门窗或透光幕墙）外表面上的太阳辐射量的比值。太阳辐射室内得热量包括太阳辐射通过辐射透射的得热量和太阳辐射被构件吸收再传入室内的得热量两部分。

2.0.9 热桥 thermal bridge

围护结构中热流强度显著增大的部位。

2.0.10 结构性热桥 structural thermal bridge

由于梁、柱、板等结构构件穿入保温层而造成保温层减薄或不连续所形成的热桥。这种热桥能量损失较大，易造成结露、发霉现象。

2.0.11 系统性热桥 systematic thermal bridge

在外墙保温系统中，由连结保温材料与基层墙体的锚栓或是插入保温层的金属连接件等所形成的热桥。

2.0.12 防水隔汽膜 membrane for separating water and air

应用于基层墙体及外门窗内侧，具有抗氧化、防水、难透汽性能的材料。

2.0.13 防水透汽膜 membrane for separating water and permeating air

应用于基层墙体及外门窗外侧，具有抗氧化、防水、易透汽性能的材料。

2.0.14 可调节外遮阳 adjustable external shading device

安装在外窗外侧，能够调节角度或形状，改变遮光状态的建筑遮阳装置。

2.0.15 供暖年耗热量 annual heating demand

在设定计算条件，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设备供给的热量。

2.0.16 供冷年耗冷量 annual cooling demand

在设定计算条件，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冷设备供给的热量。

2.0.17 一次能源消耗量 primary energy consumption

单位面积年供暖、空调、照明终端能耗和可再生能源系统的产能量，利用一次能源换算系数，统一换算到标准煤当量的能耗值。单位为 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 或 $\text{kgce}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

2.0.18 显热交换效率 sensible heat exchange efficiency

对应风量的新风进口、送风出口温差与新风进口、回风进口温差之比。

2.0.19 全热交换效率 total heat exchange efficiency

对应风量的新风进口、送风出口焓差与新风进口、回风进口焓差之比。

3 室内环境参数和能耗指标

3.1.1 室内环境计算参数，应符合表 3.1.1 的规定：

表 3.1.1 室内环境计算参数

室内环境参数	冬季	夏季
温度 (°C)	≥ 20	≤ 26
相对湿度 (%)	$\geq 30^{\text{①}}$	≤ 60
新风量 ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$)	$\geq 30^{\text{②}}$	
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 35	
围护结构内表面温差 (°C)	≤ 3	

注：

①冬季室内湿度不参与能耗指标的计算；

②人均建筑面积取 $32\text{m}^2/\text{人}$ 。

【条文说明】超低能耗居住建筑是室内舒适度更高的建筑，因此，其室内温度的设定范围为 $20^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，室内相对湿度的设定范围为 $30\%\sim 60\%$ 。另外，为了提高室内的空气品质，并根据现行《健康建筑评价标准》T/ASC 02 的相关规定，要求室内的新风量不小于 $30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{p})$ ，PM2.5 小于等于 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

围护结构内表面温度与室内温度的差值小于等于 3°C ，围护结构内表面温度按照现行《民用建筑热工设计规范》GB 50176 计算。

3.1.2 能效指标应按照国家及天津市现行超低能耗居住建筑能效标准执行。建筑气密性指标应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 建筑气密性指标

气密性指标 换气次数 (N_{50}) ^①	≤ 0.6
---	------------

注：

① N_{50} 即在室内外压差 50Pa 的条件下，房屋的每小时换气次数， h^{-1} 。

【条文说明】建筑能效指标可采用本导则第 9 章提供计算方法进行计算，也可使用能耗模拟软件建立项目模型进行模拟计算。建筑气密性需要在建筑建成后利用鼓风门法等方法进行实际测试。

4 建筑方案设计

4.1 一般规定

4.1.1 建筑方案设计应以性能指标为目标，根据不同选址的特点进行总平面布局、朝向、体形系数、楼距、开窗形式、采光遮阳、气流组织等的设计。

【条文说明】超低能耗居住建筑的性能指标主要为能耗指标，建筑的总平面布局、朝向、体形系数、楼距、开窗形式、采光遮阳等都对通风、日照、采光有明显的影响，因而也影响建筑的供暖和空调能耗以及建筑室内环境的舒适性，应该给予足够的重视。

4.1.2 各专业间应协同设计。

【条文说明】传统建筑在方案设计阶段主要是规划和建筑专业负责。超低能耗居住建筑的设计方法是性能化设计方法，在方案设计阶段，需要机电、装修等专业协助从能耗角度对方案进行反复优化，另外，该阶段也涉及到较多的设备安装、气密处理等问题，所以各专业间应协同设计，保证设计工作进行顺利进行。

4.2 总平面设计

4.2.1 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，增强夏季自然通风、减少热岛效应，增加冬季日照，避免冷风对建筑的影响。建筑总平面应在模拟优软件分析优化的基础上确定。

【条文说明】建筑总平面规划应根据周围环境和场地条件，通过风（热）环境模拟软件和日照分析模拟软件对建筑布局、朝向、形体和间距等进行优化设计。既能增强夏季自然通风、减少热岛效应，又能增加冬季日照，避免冷风对建筑的影响，保证舒适的室外活动空间和室内良好的自然通风条件，减少气流对区域微环境和建筑本身的不利影响，还要符合建筑相关日照标准。具体要求是：

- 1 建筑规划应满足日照标准，且不得降低周边建筑的日照标准。
- 2 在冬季典型风速和风向条件下，建筑物周围人行区风速小于 5m/s，且室外风速放大系数小于 2。除迎风第一排建筑外，建筑迎风面与背风面表面风压差不大于 5Pa；
- 3 在过渡季、夏季典型风速和风向条件下，场地内人活动区不出现涡旋或无风区。50%以上可开启外窗室内外表面的风压差大于 0.5Pa；

4 通过室外热环境的模拟计算，室外夏季热岛强度小于等于 1.5 °C。

4.2.2 建筑主体朝向宜为正南至南偏东（西）30°。

【条文说明】太阳辐射得热对建筑能耗的影响很大，冬季太阳辐射得热可降低采暖负荷。由于太阳高度角和方位角的变化规律，南向的建筑冬季可以增加太阳辐射得热。建筑朝向选择的原则是冬季能获得足够的日照并避开冬季主导风向，夏季能利用自然通风并减少太阳辐射。根据天津地区夏季的最多频率风向是最有利的建筑朝向，考虑建筑物的朝向还受到其他因素制约，不可能全部做到南向，所以本条给出了一定的范围。

4.2.3 建筑布局宜采用错落布局，建筑高度宜北高南低。

【条文说明】建筑错落布局以及天际线北高南低可以为建筑夏季创造良好的自然通风条件，且可以使更多的房间获得日照及采光，同时减弱冬季冷风对区域的室外环境的影响。

4.3 单体设计

4.3.1 超低能耗居住建筑造型应规整紧凑，避免过多凹凸变化和装饰性构件。

【条文说明】设计师应使建筑造型规整紧凑，避免在平面和立面上过多的凹凸变化和装饰性构件。因为超低能耗居住建筑是以建筑能耗控制指标为计算依据的，过多的凹凸变化和装饰性构件会对建筑能耗指标产生较大影响。

4.3.2 建筑各朝向窗墙比宜符合下表的限值要求。

表 4.3.2 居住建筑的窗墙面积比限值

朝向	东	南	西	北
窗墙比限值	≤0.35	0.4≤窗墙比≤0.7	≤0.35	≤0.3

【条文说明】外窗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大，能耗也就越大，越不利于建筑节能。近年来工程设计中的窗墙面积比普遍较大，部分工程的外窗设置已远远超出了对自身功能如采光、通风的要求，不仅造成了冬季供暖能耗的加大，且增加了夏季空调供冷能耗。因而，在进行超低能耗设计时，应进行模拟计算。在采光、通风满足国家及天津市现行相关规范要求，能耗满足本导则规定的指标要求下，设计人员在可能的条件下应严格控制建筑各朝向的窗墙面积比，并应满足现行《天津市居住建筑节能设计标准》的相关规定。

4.3.3 超低能耗居住建筑应充分考虑室内通风管道的安装情况，确定合理的层高，层高不宜小于 3.00 米。

【条文说明】根据现行《住宅设计规范》GB50096，住宅层高宜为 2.80 米，超低能耗居住建筑应充分考虑室内通风管道的安装情况，确定合理的层高，层高不宜小于 3.00 米。

5 热工设计

5.1 一般规定

5.1.1 超低能耗居住建筑保温层应连续完整，严格控制热桥的产生。在建筑整体能耗计算中应对各处节点热桥进行充分考虑及详细计算。

【条文说明】避免热桥应遵循以下原则：

- 1 避让原则：宜采取措施使结构或构件不破坏或穿透外保温系统；
- 2 击穿原则：当管线需要穿过外围护结构时，应保证穿透处的保温连续、密实、无空洞；
- 3 连续原则：在建筑构件连接、交接处，保温层应连续、无间隙；
- 4 规整原则：建筑平面和立面宜规整，避免凹凸变化，减少散热面积。
- 5 隔断原则：与基层墙体固定的连接件的安装部位，应采取阻断热桥措施。

5.1.2 气密层应连续并包围整个外围护结构内侧，宜每个居住单元具有各自的包绕整个采暖体积的、连续完整的气密层。建筑设计施工图中应明确标注气密层位置。

【条文说明】建筑气密性对于实现超低能耗目标非常重要。良好的气密性可以减少冬季冷风渗透，降低夏季非受控通风导致的供冷需求，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。因此，建筑气密层应连续并包围整个外围护结构内侧，建筑设计施工图中应明确标注气密层位置。

设计人员还应选择适宜的气密性材料构成气密层，常见的材料包括一定厚度（如 15mm）的抹灰层、硬质材料板（如密度板、石材）、气密性薄膜等。类似于孔眼薄膜、保温材料、软木纤维板、刨花板、砌块墙体等均不适合做气密层。

5.1.3 应采用简洁的造型和节点设计，减少或避免出现气密性难以处理的节点。应选择适用的气密性材料做节点气密性处理，以保证气密层的完整性。对门洞、

窗洞、电气接线盒、管线贯穿处等易发生气密性问题的部位，应进行节点专项设计并对气密性措施进行详细说明。

【条文说明】对于采用硬质材料板做气密层的建筑，其造型和节点设计宜简洁，以减少或避免出现气密性难以处理的情况。

应选择适用的气密性材料做节点气密性处理，如紧实完整的混凝土、气密性薄膜、专用膨胀密封条、专用气密性处理涂料等材料。类似于包装胶带、聚氨酯发泡、防水硅胶等材料不适合做节点气密性处理材料。

5.1.4 在外围护结构的门窗洞口处，门窗框或附框与外墙表面及穿透构件与保温层之间的接缝，宜采用预压膨胀密封带密封。预压膨胀密封带的性能指标应符合本标准附录表 C 的规定。

5.2 非透明外围护结构设计

5.2.1 非透明围护结构的技术指标取值应以满足本标准的供暖年耗热量和供冷年耗冷量限值为目标，经技术经济分析后确定，并宜符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 非透明外围护结构技术指标

非透明外围护结构	技术指标	单位
屋面、外墙（含地下室）、地面 K 值	≤ 0.25	W/($m^2 \cdot K$)
架空或外挑楼板 K 值	≤ 0.25	W/($m^2 \cdot K$)

注：

①外墙（屋面）的 K 值应是考虑了热桥影响后计算得到的平均传热系数和墙体（屋面）系统性热桥之和。外墙（屋面）平均传热系数应按照现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定用专用软件计算；墙体（屋面）系统性热桥宜取 $0.01 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

【条文说明】由于超低能耗居住建筑是以满足本标准的能耗指标为目标，因此，围护结构的设计指标给出了取值范围，使设计者有一定的灵活选择和取舍。

外墙（屋面）的 K 值应是考虑了热桥影响后计算得到的平均传热系数和墙体（屋面）系统性热桥之和。外墙（屋面）平均传热系数应按照现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定用专用软件计算；屋面的系统性热桥只有在屋面有较多的热桥时（如平屋面设计了框架、廊架及坡屋面），才会考虑。
地面及地下室外墙热阻计算：地面热阻为基础持力层以上各层材料的热阻之和，

地下室外墙热阻为外墙内外各层材料的热阻之和。室内侧的内表面换热阻按 $0.11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，和土壤接触的外表面换热阻不考虑。地面及地下室外墙 K 值等于 $1/R_0$ 。

5.2.2 非透明外围护结构保温性能的确定应通过能耗模拟计算进行优化分析后确定。保温层应连续完整，外保温系统的连接锚栓应采取阻断热桥措施。复合墙体的内侧宜采用厚度为 100mm 以上的重质材料。

【条文说明】目前，常见的外墙保温形式有外保温系统、夹心保温系统及内保温系统。外墙内保温热工效率低，特殊部位较难处理时易形成热桥，且室内装修易破坏保温层；夹心保温生产方式复杂，不能有效解决热桥问题，外保温节能构造合理，保温效果好，超低能耗居住建筑应尽量采用外墙外保温系统。当外墙采用夹心保温系统及内保温系统时，在承重结构或基层墙体的外侧宜增加外保温系统。

外保温系统的连接锚栓应采取阻断热桥措施，也是为了尽可能降低系统性热桥对平均传热系数的影响。

注重保温性能的同时，超低能耗居住建筑外墙的内侧还应采用热惰性大的重质墙体结构，提高围护结构的隔热性能。如非粘土烧结普通砖、混凝土等，围护结构的热惰性越大，围护结构抵抗外界温度波动的能力越强，建筑物内表面温度受外表面温度波动影响越小。

5.2.3 非透明外围护结构的保温层应严格控制热桥的产生，并符合下列规定：

1 结构构件不宜破坏或穿透外保温系统；

2 当结构构件、悬挑金属构件及管线等确需穿透外围护结构时，应采取相应的断桥措施，以保证保温层的连续、密实、无空洞。

【条文说明】热桥分为结构性热桥和系统性热桥，在可能的条件下，应严格控制热桥的产生，屋面、外墙、地下室外墙和地面、外门窗、悬挑构件、外遮阳等都容易产生结构性热桥，应重点处理。对于系统性热桥，如外墙用于固定保温层的锚栓或是插入保温层的金属连接件；平屋面上的框架、廊架及坡屋面等，有大面积锚筋或螺栓与结构主体连接，应在保证外保温系统安全的前提下，尽量减少和主体的拉结。

在实际工程设计中，完全避免热桥是非常困难的，需要采取措施将热桥产生的影响降低到最低，如不可避免，也要在满足使用功能及安全的前提下，使热桥的断

面最小。阻断热桥措施包括采用橡胶、保温块、木片等做垫片。

5.2.4 保温材料的选择，应符合下列规定：

1 屋面保温材料选择时，除满足更高保温性能外，还应具备较低的吸水率和较好的抗压性能。

2 外墙保温系统防火性能及防火隔离带的设置应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和现行行业标准《建筑外墙外保温防火隔离带技术规程》JGJ 289 的要求。

【条文说明】超低能耗居住建筑围护结构的保温层厚度大，以普通模塑聚苯板（EPS）为例，本地区保温层厚度可达 300mm 左右，对于外墙外保温系统，保温层厚度增加，会影响固定的可靠性及耐久性，外饰面的种类也受到限制；在目前的建筑面积核算标准下，保温层厚度增加也会占据更多的有效室内使用面积。因此，保温材料的选择时，应优先选用高性能保温材料，并在同类产品中选用质量和性能指标优秀的产品，减少保温层厚度。

现行《建筑设计防火规范》GB 50016 对不同建筑采用外保温系统的保温材料的燃烧性能等级提出了要求。如果外保温材料的燃烧性能等级为 A 级，可以不再设置防火隔离带；如果外保温材料的燃烧性能等级为 B1 或 B2 级，应当按规定设置防火隔离带，具体设置要求可以按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和行业标准《建筑外墙外保温防火隔离带技术规程》JGJ 289 的规定执行。

5.2.5 屋面设计要点：

（1）屋面与外墙连接处的保温层连续完整，不得出现结构性热桥；

（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；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）对女儿墙等突出屋面的结构体，其保温层应与屋面、墙面保温层连续，不得出现结构性热桥。女儿墙、土建风道出风口等部位，宜设置金属盖板，金属盖板与结构连接部位，应采取避免热桥的措施。金属盖板的材料性能应符合附录 D 的要求。

（4）管道穿屋面部位的预留洞口应大于管道外径，并满足保温厚度要求；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。保温层的厚度应符合现行《公共建筑节能设计标准》GB50189 的相关规定。在预留洞口室内一侧，管道与结构楼板的缝隙处采用防水隔汽膜进行密封处理。

【条文说明】本条是对超低能耗居住建筑屋面的设计要点作出的规定。

(1) 屋面保温层与外墙保温层应实现交圈、连续，不得出现间断情况。

(2) 超低能耗居住建筑的屋面应有良好的保温及防水效果，屋面的防水等级宜为 I 级，屋面的基本构造层次宜为：结构层→找平层（需要时）→隔汽层→找坡层→找平层→保温层→找平层→防水层→隔离层→保护层。为保证屋面的保温和气密性，屋面找坡层中不宜设排气构造，在施工其他防水构造层次时，找坡层的含水率应小于等于 12%。

(3) 对突出屋面的结构体如风道、烟道、管井等，其外侧的保温层应与屋面、墙面保温层连续。对女儿墙、土建风道出风口等薄弱环节，应设置金属盖板，以提高其耐久性。

(4) 对金属管道穿屋面以及室内侧和室外侧的管道，均应采取保温措施，设置厚度在现行《公共建筑节能设计标准》GB50189 附录 D 中有详细说明。本条明确了管道在穿透屋面气密层时采取的密封措施。

5.2.6 外墙设计要点：

(1) 外墙保温采用单层保温时，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；

(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位；必须固定时，应在外墙上预埋断热桥的锚固件，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；

(5) 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；管道、电线等穿透保温层时，必须进行密封处理，可采用预压膨胀密封带将缝隙填实；管道、电线等穿透气密层时，必须进行密封处理，室内一侧采用防水隔汽膜，室外一侧采用防水透汽膜。

(6) 有保温、气密要求墙体两侧的开关、插座不应在同一空间位置，应错位安

装。

【条文说明】本条是对超低能耗居住建筑外墙的设计要点作出的规定。

前三款是对外保温提出的要求，后三款是对在墙上固定导轨、支架、管道穿墙以及开关、插座提出的要求。

另外，对于居住建筑的底部有公共建筑的部分（含商业服务网点），鼓励公共建筑部分的外保温层和上部居住建筑的外保温层连续，使建筑的外立面易于处理，否则，应采取相应措施，使居住建筑的外保温层向下延伸 1000mm，以处理此处的热桥。

5.2.7 悬挑空调板宜采用空调板与主体结构断开的设计或靠挑梁支撑；当空调板靠挑梁支撑时，保温材料宜将挑梁整体包裹；当空调板直接从结构外墙上挑板时，保温材料应将混凝土挑板整体包裹，避免热桥。

【条文说明】悬挑空调板在满足抗震的前提下，宜采用空调板与主体结构断开的设计，在断开处应填塞保温材料以断开热桥。当不能与主体结构断开时，宜采用挑梁支撑以减少热桥。如采用挑板结构，保温材料应将挑梁和阳台结构体整体包裹、交圈。

5.2.8 外墙热桥部位内表面应进行结露验算。

【条文说明】热桥部位的内表面温度可采用二维或三维稳态传热计算软件计算，且应符合现行《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的相关规定。

5.3 透明外围护结构设计

5.3.1 透明外围护结构技术指标取值应以满足本标准的供暖年耗热量和供冷年耗冷量限值为目标，经技术经济分析后确定，并宜应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 透明外围护结构技术指标

透明外围护结构	技术指标	单位
外窗、外门 K 值	≤ 1.00	W/ (m ² · K)
外窗太阳得热系数 (SHGC)	冬季 ≥ 0.45 ， 夏季 ≤ 0.30	---

注：①门窗的 K 值应为主体部分（包括透明玻璃和非透明门芯板）和门窗框等的整体传热系数。常见型材和玻璃配置下平开窗的 K 值可参考附录 A。

【条文说明】本条对超低能耗居住建筑透明外围护结构的技术指标取值作出了规定。

外窗太阳得热系数 (SHGC) 是用 0~1 之间的无量纲数来表示, 外窗太阳得热系数 (SHGC) 值越高, 进入室内的太阳辐射得热越多, 外窗太阳得热系数 (SHGC) 值越低, 进入室内的太阳辐射得热越少。外窗太阳得热系数 (SHGC) 和外窗综合遮阳系数 (SC) 有密切的关系, 即外窗太阳得热系数 (SHGC) = 外窗遮阳系数 (SC) 值 \times 0.87。外窗遮阳系数 (SC) 的计算可按现行《天津市居住建筑节能设计标准》DB 29-1 的有关规定执行。

寒冷地区以冬季获得太阳辐射热为主, 同时兼顾夏季隔热, 南向或北向的外窗太阳得热系数 SHGC 值宜取高值, 东西向外窗太阳得热系数 SHGC 值宜取低值。外窗太阳得热系数 SHGC 值可以采取以下方式实现:

1) 采用透光性能好且遮阳性能也好的 Low-E 中空玻璃。

2) 采用建筑固定外遮阳设施, 经计算使外窗太阳得热系数 SHGC 值满足标准要求。

5.3.2 外门窗配置时应符合下列要求:

(1) 玻璃配置应考虑玻璃层数、Low-E 膜层、真空层、惰性气体、边部密封构造等加强玻璃保温隔热性能的措施。

(2) 中空玻璃应采用暖边间隔条

(3) 型材宜采用未增塑聚氯乙烯塑料、木材等保温性能较好的材料。

(4) 外窗框与窗扇间宜采用 3 道耐久性良好的密封材料密封, 每个开启扇至少设 2 个锁点。

【条文说明】寒冷地区宜采用不少于三层玻璃; 结合外窗 K 值限值进行设计。

1) 采用 Low-E 玻璃时, 应综合考虑膜层对 K 值和 SHGC 值的影响。膜层数越多, K 值越小, 同时 SHGC 值也越小; 当需要 SHGC 值较小时, 膜层宜位于最外片玻璃的内侧; 当需要 K 值较小时, 可选择 Low-E 中空真空玻璃。Low-E 膜应朝向真空层; 与普通中空玻璃相比, Low-E 中空真空玻璃传热系数可降低约 $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; 惰性气体填充时, 宜采用氩气填充, 填充比例应超过 85%。比例越高, 隔热性能越好;

2) 中空玻璃应采用暖边间隔条, 通过改善玻璃边缘的传热状况提高整窗的保温性能。

3) 外窗设计时时可结合厂家产品性能及外窗 K 值限值进行。未增塑聚氯乙烯塑

料各项指标应符合现行《门、窗用未增塑聚氯乙烯(PVC-U)型材》GB/T8814的相关规定。

5.3.3 外门窗应具有良好的气密、水密及抗风压性能。依据现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106，其气密性等级不应低于 8 级、水密性等级不应低于 6 级、抗风压性能等级不应低于 8 级。分户门气密性等级不应低于 4 级。

【条文说明】本条对外窗、门的气密性能、水密性能、抗风压性能作出规定，不仅能减少建筑物内的热量损耗，且有利于保证室内热环境质量及舒适度。

由于本导则外窗的热工性能提高了很多，其气密性能、水密性能、抗风压性能也应相应的提高。现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106 规定的气密性能 8 级指标为单位缝长空气渗透量 $q_1 \leq 0.5 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ ，单位面积缝长空气渗透量 $q_2 \leq 1.5 \text{ m}^3 (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ；水密性 6 级指标为 $\Delta P \leq 700 \text{ Pa}$ ；抗风压性能等级 8 级指标为 $4.5 \leq P_3 < 5.0 \text{ kPa}$ 。气密性能 4 级指标为单位缝长空气渗透量 $2.5 \geq q_1 > 2.0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ ，单位面积缝长空气渗透量 $7.5 \geq q_2 > 6 \text{ m}^3 (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

5.3.4 外门窗设计要点：

- (1) 外窗不应采用推拉窗。
- (2) 当住宅单元入口外门面向冬季主导风向时应设置门斗或双层外门。
- (3) 外门窗宜按照建筑模数进行设计，尽量减少分格。
- (4) 外门窗宜紧贴结构墙外侧安装，外门窗与墙体之间、外围护门窗洞口的缝隙应采用耐久性良好的密封材料密封，并符合下列规定：

1) 外围护结构门窗洞口处外墙与窗框之间，宜用防水隔汽膜和防水透汽膜组成的密封系统密封；

2) 用于室内和室外的密封材料，宜采用不同颜色，室内一侧宜使用防水隔汽膜，室外一侧宜使用防水透汽膜；防水隔汽膜、防水透汽膜的性能指标应符合本标准附录表 B 的规定；

(5) 外门窗安装件与基层墙体连接处应采用橡胶、木片等做垫片，外窗与墙体之间的缝隙应采用耐久性良好的密封材料密封严密；

(6) 外窗台应设置金属窗台板，以免雨水侵蚀造成保温层的破坏，并符合下列

规定：

1) 金属窗台板与窗框之间应有结构性连接，并采用密封材料密封；

2) 金属窗台板应设有滴水线；

3) 金属窗台板下侧与保温层的接缝处，应采用预压膨胀密封带密封。密封带粘胶一侧应粘贴在窗台板上。

4) 金属窗台板的材料性能应符合相应性能指标应符合本标准附录 D 的规定。

(7) 门窗洞口四周构造节点应在施工图中体现，并与遮阳产品相结合。

【条文说明】本条是对超低能耗居住建筑的外门窗设计要点作出的规定。

(1) 推拉窗气密性、抗压性相对平开窗较差，无法满足超低能耗建筑气密性要求。

(2) 住宅单元门开启频繁，会造成室外冷空气大量进入建筑内部。设置门斗可以避免冷风直接进入建筑内部，在节能的同时，也提高门厅的热舒适性。

(3) 减少门窗的分格，也会减少热桥的影响，从而减少通过门窗框型材的热传递损失。

(4) 本条强调了外门窗安装及穿透外墙构件缝隙的密封要求，应采用耐久性良好的密封材料密封；外门窗的室内一侧应使用防水隔汽膜，室外一侧应使用防水透汽膜；外门窗框与外墙表面及穿透构件与保温层之间的接缝宜采用预压膨胀密封带密封等。由防水隔汽膜、防水透汽膜系统密封材料和密封胶组成的外墙与外门窗的密封系统应由供应商配套提供，相应性能指标应符合本标准附录 B 的规定。

(5) 外门窗安装件与基层墙体连接处应采用橡胶、木片等做垫层，外窗与墙体之间的缝隙应采用耐久性良好的密封材料密封严密。这些措施，都是为了减少热桥的传热损失。

(6) 外窗台应设置成品金属窗台板，以避免雨水侵蚀而造成保温层的破坏。金属窗台板的技术指标要求见本标准附录 D。

5.4 楼梯间隔墙、分户墙、楼板、户门设计

5.4.1 楼梯间隔墙、分户墙及楼板保温设计应满足现行《天津市居住建筑节能设计标准》；设置在保温、气密层上的楼板或隔墙 K 值须以满足本标准的供暖年耗热量和供冷年耗冷量限值为目标，经技术经济分析后确定，宜不大于 0.35 W/

($\text{m}^2 \text{K}$)。

5.4.2 保温气密层上的楼板应根据工程设计情况，宜在楼板的上方、下方或楼板上下方相结合的方式铺设保温层，保温层宜连续完整，或采取相应的隔热断桥措施，使热桥最小化。

5.4.3 分隔采暖与非采暖空间的户门的传热系数 K 值不宜大于 $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

【条文说明】分隔采暖与非采暖空间的户门多为室内空间与室外楼梯间的门，虽然室外楼梯间冬季空气温度一般低于室内空间，但远高于室外空气温度。外门占围护结构比例较小，且承担着重要的安全防盗功能，达到与外窗同样的保温性能技术难度高且成本迅速提高，因此其 K 值不宜要求太严格。

5.4.4 楼板结构层表面宜设置隔声减震垫。

【条文说明】常用的隔声减震垫有聚乙烯弹性垫层、单面凹发泡橡胶层、专用隔声玻璃棉板、PVC 塑胶地板和其他新型隔声减震材料。

5.5 地下室和地面保温及防水防潮设计

5.5.1 无地下室的地面保温层与内外墙两侧在地面以下的保温层应连续。保温层的埋置深度在室外地面以下不应小于 1000mm ，在基础位置，保温层宜延续到基础。沿地面保温层的迎水面应设置防水层，外墙外侧保温层的内部和外部宜分别设置一道防水层，内部的防水层应延伸至室外地面以上 500mm 。

【条文说明】地面保温层的设置是为了减少地面热桥的影响，为保证地面的保温和防水效果，地面保温层的迎水面应设置防水层，对于外墙及地面以下部分的保温和防水也做出了要求。

5.5.2 有不采暖的地下室时，地下室顶板应进行相应的保温措施。

【条文说明】不采暖地下室顶板的保温层应从顶板向下延伸，长度不应小于地下室外墙外侧保温向下延伸的长度，宜完全覆盖地下室外墙内侧，以保证地下室顶板处不会出现热桥现象。

5.5.3 地下室外墙外侧保温层应与地上部分保温层连续，并应采用防水性能较好、耐腐蚀、耐冻融的材料作为保温材料。

【条文说明】保温层从地上外墙连续粘贴至地下室外墙，并向下至少延伸到室外地面以下一层的室内建筑楼地面标高，宜完全包裹住地下结构部分。地下室应采用防水性能较好、耐腐蚀、耐冻融的材料作为保温材料，例如，挤塑板、泡沫玻

璃。

5.5.4 地下室外墙外侧保温层的内部和外部宜分别设置一道防水层，内部的防水层应延伸至室外地面以上 500mm。

【条文说明】根据现行《地下工程防水技术规程》GB 50108 的规定，地下室外墙的防水层应延伸至室外地面以上 500mm。保温板铺贴时，板与板之间的缝隙容易渗水，易导致保温层的保温效果降低，地下室外墙外侧保温层的外部宜设置一道防水层。如果有可靠的措施，可以保证板与板之间的防水密闭性，也可以不做外侧的防水层。

5.5.5 地下室内隔墙与钢筋混凝土梁之间宜采用断热桥材料进行连接。

5.5.6 不采暖地下室钢筋混凝土梁或墙与顶板交接处应设置保温，保温沿地下室梁或墙向下延伸不宜小于 1000mm。

5.6 遮阳设计

5.6.1 建筑的东、西、南向外窗均应采取遮阳措施，优先选择可调节外遮阳设施。

【条文说明】遮阳措施可采用可调节外遮阳或固定外遮阳措施，也可采用各种热反射玻璃、镀膜玻璃、阳光控制膜、低发射率膜等进行遮阳。固定外遮阳最基本的形式有四种：水平式、垂直式、综合式和挡板式。选择外遮阳形式，应综合考虑太阳高度角、太阳方向角、地区纬度、建筑物的朝向以、遮阳的时间及通过对建筑物进行日照及能耗分析来综合比较确定。水平式遮阳适用于南向窗户，遮挡入射角较大的阳光；垂直式遮阳有利于遮挡从两侧斜射而入射角较小的阳光，适用于东北、东和西北向的窗户；综合式遮阳适用于东南和西南方向的窗户，适用于遮挡入射角较小、从窗侧面斜射下来的阳光；而挡板式遮阳主要适用于东、西向的窗户，遮挡太阳入射角较低、正射窗口的阳光。

太阳辐射会增加夏季供冷能耗，但也可降低冬季供暖能耗。在寒冷地区，供暖能耗在全年建筑总能耗中占主导地位，因此有条件的建筑应优先选择可调节外遮阳设施，兼顾夏季遮阳和冬季日照需求。南向外窗也可以采取水平固定外遮阳的方式，水平固定外遮阳挑出长度应满足在夏季太阳不直接照射到室内，且在冬季不影响日照的要求；东西向外窗也可以采用垂直固定外遮阳的方式。当建筑有透光幕墙时，在透光幕墙外侧宜采用遮阳百叶、遮阳卷帘、格栅和遮阳板等外遮阳形式；当采用光电幕墙时，幕墙宜与太阳能光伏系统一体化设计。

5.6.2 可调节遮阳设施宜根据太阳高度角和室外天气情况自动调节。

5.6.3 可结合建筑立面设计，采用自然遮阳措施。

【条文说明】低层、多层建筑及高层建筑的底层部分（一般为小于等于 24m）宜结合景观设计，如在建筑物的南向与东、西向种植高大乔木对建筑进行遮阳以及在外墙种植攀缘植物，利用树木形成自然遮阳，降低夏季辐射热负荷，但不能替代可调节外遮阳。

5.6.4 可调节外遮阳与外窗的间距宜不小于 100mm

【条文说明】可调节外遮阳和外窗玻璃的间距宜不小于 100mm，以免外窗玻璃受热辐射影响。

5.6.5 外遮阳设施不得出现结构性热桥，且应符合下列规定：

（1）设置固定外遮阳时，可采用与外墙保温材料一致的材料完全包覆或在悬挑处采取阻断热桥措施；

（2）设置可调节外遮阳时，可调节外遮阳装置与外墙保温系统相连时，应采用构造措施防止形成结构性热桥。

【条文说明】无论采用固定外遮阳还是可调节外遮阳，都要采取一切必要措施避免出现结构性热桥。如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。

6 暖通设计

6.1 冷热源系统方案

6.1.1 辅助供暖、供冷系统宜根据项目条件进行能源系统技术方案比较。如需设置，应优先选用可再生能源作为供暖供冷的主要能源，可再生能源包含太阳能、地源热泵、空气源热泵及生物质燃料等。

【条文说明】原则上不应直接采用电采暖，除特殊原因，如为保证洗浴温度，浴室采用小型电暖气或者浴霸，满足阶段性使用需求，或有峰谷电价的地区，可利用夜间低谷电蓄热供暖。

6.1.2 供暖、空调设备应采用能效等级为一级的产品，并采取变频措施。

【条文说明】对于有生活热水需求的工程，宜采用将热回收新风系统、新风辅助加热和热水制备组合在一起，并用空气源热泵制热的热泵紧凑式机组。采用空气源热泵型空调系统作为辅助供热、供冷设备时，应满足全年室外气候条件下正常运行的要求。空调系统使用环保工质，且应具有除霜冻功能。

6.2 通风系统设计

6.2.1 应设置带有高效新风热回收装置的通风系统，通过回收排风中的能量降低供暖、制冷的需求。

【条文说明】新风系统成为供暖（制冷）热分配系统，通过计算，对经过能量交换的新风加以补热或补冷，使送入的新风满足空气清洁度和送风舒适度双重功能。设计时应选用高热回收效率的装置。对天津地区显热回收具有更好的经济性，但全热回收装置利于降低结霜的风险，应根据具体项目情况及建筑整体性能计算综合考虑。

6.2.2 新风系统设计应符合下列规定：

1. 热回收装置宜采用全热回收装置，全热热交换效率不低于 70%；采用显热回收装置时，显热交换效率不低于 75%。
2. 热回收装置单位风量风机耗功率小于等于 $0.45\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ ；
3. 新风系统的风量宜分室可调；
4. 可根据室内二氧化碳浓度进行调节和控制；

5. 新风系统宜与外窗开启感应装置联动；

6.2.3 新风室外进风口、排风口宜异向设置，避免出现气流短路的现象。

【条文说明】外部吸风口宜高于本层地面 2.2 米，不应布置在局部空气污染严重的区域（厨房排气、卫生间排气），有防止人为破坏、雨雪侵入的措施。排出的湿气在冬季近似处于饱和状态，所以排风口的布置应能防止排气直接吹刷建筑构件，避免出现湿气损害的危险。

6.2.4 与室外连通的风道宜设保温密闭型电动风阀，并与新风机组联动，确保新风机组处于关闭状态时，无室外风侵入。

6.2.5 与室外连通的新风管、排风管、空调管道的保温厚度不宜小于 50mm，室内空调管道、新风管道、冷凝水管道保温厚度不应低于国家相关节能设计规范要求。

6.2.6 新风热回收系统宜在新风入口设低阻高效净化装置(过滤等级不宜低于 F7)。有安装条件时，室内送风口、回风口等其他适合位置均可安装过滤器。

【条文说明】对新风进行预过滤，可有效减小雾霾天气对室内空气品质的影响，同时避免热回收装置积尘、换热效率下降。

6.2.7 人均最小新风量应不低于每人 30m³/h。

【条文说明】新风量对能耗影响较大，具体计算方式可参照《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中第 3.0.6 条规定的数值，最大新风量应结合建筑整体能耗计算进行考虑。

6.2.8 新风热回收系统应采取防冻措施。

【条文说明】为保护新风热回收机组，防冻措施可采用以下方式：

- 1 采用加热装置预热室外空气。通常采用电加热方式；有集中供暖时，宜利用热网回水加热，以降低一次能源消耗量；
- 2 采用地道风(土壤热交换器)预热室外空气，冬季预热出口风温不宜低于 4℃。地道内壁应光滑并尽量减少弯头和分叉管，以减少阻力和利于清洗，地道应有均匀的坡度，使凝结水能顺畅流入疏水井，疏水井应便于清洗。

6.2.9 冬季室内送风口出风温度不应低于 16℃。

6.2.10 室内气流组织设计，应在每个房间及主要活动区设置送风口或回风口，送风房间应与溢流区或回风区域设置过流口（过溢口）相连通。气流方向应从起居室、卧室等主要活动区流向卫生间、厨房等功能区。走廊、开敞式厨房的餐厅等

可作为溢流区。

【条文说明】应从建筑平面方案阶段介入，优化进风和排风管网，确保风道以最短的距离接入通风系统中。送风口宜采用温控型风口。过流口可采用内门与地面之间预留高度大于 20mm 的门缝。

6.2.11 新风系统宜设置旁通风道，当室外气候适宜时，新风可仅经过过滤装置直接送入室内。

【条文说明】室外气候适宜时，新风可不经过热回收装置或新风处理设备，仅经过过滤后送入室内，充分利用自然条件，节省能源消耗。

6.2.12 通风系统的风速设计，应符合下列规定：

1. 室内主风道风速宜为 2~3m/s，支风管风速不宜大于 2 m/s。
2. 送风口、回风口风速宜为 1.5~2 m/s。
3. 进风口、排风口风速宜为 3~4 m/s。

6.2.13 厨房的通风系统设计，应符合下列规定：

1. 厨房宜设置独立的排油烟补风系统。
2. 补风从室外直接引入，补风风道引入口设保温密闭型电动风阀，电动风阀应于排油烟机联动，在排油烟系统未开启时，应关闭严密，不得漏风。
3. 补风风道应保温，防止结露。
4. 补风口宜设置在灶台附近，缩短补风距离。
5. 厨房区域的新风回风口应远离排油烟装置。

6.2.14 卫生间的通风设计，应符合下列规定：

1. 可采用新风热交换系统的回风作为卫生间的排风。
2. 可采用独立的机械排风装置。
3. 设有外窗的卫生间，可进行自然补风。

【条文说明】独立排风的卫生间通风设备应设置启停装置，进入排风竖井前的风道应设置密闭保温密闭型电动风阀。

6.2.15 新风机组、室内空调设备应进行隔震处理。通风系统主风道应设消声装置，风机与风道连接处应采用软连接。进入卧室、起居室等房间的风道宜在送入房间前设置消声装置。

【条文说明】机组与基础间、吊装设备与吊杆间均应安装隔声减震配件。室内管

道固定支架与管道接触处应设置隔声垫。

7 给水排水系统设计

7.0.1 室内给排水管道穿越楼层、隔墙及管道井井壁时套管与管道之间缝隙应采用密实材料填实，并用软密封防水填料灌平。

【条文说明】超低能耗居住建筑具有包绕整个采暖体积的、连续完整的气密层。由不同材料构成的气密层的连接处，必须妥善处理，并做好各种管道间隙的封堵，以保证气密层的完整性。常见的密实材料包括石棉水泥和油麻，软密封防水填料可选沥青油膏之类。

7.0.2 室内给排水管道穿越屋面、外墙、非采暖空间墙体或楼板时应设置套管进行保护，套管与管道间设置保温层，同时保证建筑气密层不被破坏。

【条文说明】超低能耗居住建筑设计的一个重点是围护体系的保温性能，建筑外墙和屋面是围护体系主体，在围护结构的阻热性能明显提高以后，热桥/冷桥就成为影响围护体系保温效果的重要因素。超低能耗居住建筑要求外围护结构的保温层应连续完整，严禁出现结构性热桥，因此管道穿外墙、屋面、非采暖空间墙体或楼板部位应做好保温填堵。

7.0.3 建筑顶部和底部的室内排水管道及其通气管均应做保温处理，保温绝热层的厚度如表 7.0.3-1 和 7.0.3-2 所示。

表 7.0.3-1 金属管道绝热层厚度表

公称直径 (mm)	管道外径 (mm)	绝热层厚度 (mm)			
		离心玻璃棉	闭孔橡塑泡沫	硬质聚氨酯泡沫	岩棉及矿渣棉
15	22	35	30	30	35
20	27	35	35	30	35
25	32	35	35	30	35
32	38	40	40	30	40
40	45	40	40	35	40
50	57	45	40	35	45
65	76	45	40	35	45
80	89	45	40	35	45
100	108	50	45	40	50

公称直径 (mm)	管道外径 (mm)	绝热层厚度 (mm)			
		离心玻璃棉	闭孔橡塑泡沫	硬质聚氨酯泡沫	岩棉及矿渣棉
125	133	50	45	40	50
150	159	50	45	40	50
200	219	50	45	40	50

注：表中数据摘自天津市建筑标准设计图集 12S11。

表 7.0.3-2 塑料管道绝热层厚度表

公称外径 (mm)	管道内径 (mm)	绝热层厚度 (mm)		
		离心玻璃棉	闭孔橡塑泡沫	岩棉及矿渣棉
20	15.4	30	25	30
25	20.0	30	25	30
32	26.2	30	25	30
40	32.6	30	25	30
50	40.8	30	25	30
63	51.4	30	25	35
75	61.4	30	25	35
90	73.6	30	25	35
110	90.0	30	25	35

注：表中数据摘自天津市建筑标准设计图集 12S11。

【条文说明】《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264-2013 中提到：保温是指为减少设备、管道及其附件向周围环境散热或降低表面温度，在其外表面采取的包覆措施。保冷是指为减少周围环境中热量传入低温设备及管道内部，防止低温设备及管道外壁表面凝露，在其外表面采取的包覆措施。

建筑内部排水管道和通气管道可采用的管材包括建筑排水塑料管和柔性接口机制排水铸铁管两大类，具体管材有排水铸铁管、排水硬聚氯乙烯管（PVC-U）、排水共聚聚丙烯管（PP-B）、排水聚乙烯（PE）钢塑复合管、高密度聚乙烯（HDPE）双平壁钢塑复合管等。

金属管材和塑料管材在保温绝热工程中，绝热层的厚度相差较大，在管径、环境温度和介质温度下相同的条件下，金属管的绝热层厚度要比塑料管的绝热厚度大

的多，因此针对不同的管材应分别计算绝热层厚度。绝热层厚度按《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264-2013 全年运行最大允许热损失量计算。

工程中绝热材料包括闭孔橡塑泡沫、硬质聚氨酯泡沫、离心玻璃棉制品、岩棉及矿渣棉管壳等，绝热材料性能如表 7.3 所示。

表 7.0.3 绝热材料性能表

序号	名称	推荐使用温度 (°C)	使用密度 (kg/m ³)	燃烧性能等级	导热系数参考公式
1	闭孔橡塑泡沫	≤60	40~80	B1 B2	$\lambda=0.0338+0.000138T_m$
2	硬质聚氨酯泡沫	≤120	30~60	B1 B2	$\lambda=0.024+0.00014T_m$
3	离心玻璃棉制品	≤300	≥45	A	$\lambda=0.031+0.00017T_m$
4	岩棉及矿渣棉管壳	≤350	≤200	A	$\lambda=0.0314+0.00018T_m$

注：摘自天津市建筑标准设计图集 12S11。

7.0.4 管件、阀门等管道附件应做同管道相同厚度的保温处理。

【条文说明】从热工角度看，热损失大多出现在三通、紧固件和阀门区域，没有做好连续保温的部位或出现热桥的部位占热损失的主要份额。因此，水系统管件均应做良好保温，尤其应做好三通、紧固件和阀门等部位的保温，避免形成热桥。

7.0.5 室内管道固定支架与管道接触处应设置隔音垫。

【条文说明】室内管道固定支架与管道接触处应设置隔音垫，防止噪声产生。

7.0.6 生活热水系统的热源应优先采用余热、废热、太阳能、地热能 and 空气能等。

【条文说明】生活热水系统的热源应根据建筑功能、高度、使用标准和节能环保等因素经技术经济比较后确定，优先考虑利用余热、废热、太阳能和深层地热等，在一定条件下可采用空气源热泵和地源热泵。

7.0.7 集中和集中-分散太阳能热水系统应设循环系统，保证热水供水干管和立管中的热水循环，并采用同程布置的方式。

【条文说明】考虑到节水和使用要求，集中热水供应系统应设热水回水管道，保证热水在管道中的循环。集中和集中-分散太阳能热水系统的热水箱到卫生间管道长达十几米到几十米，如不设循环系统，既不方便使用还会造成水资源的浪费。同程布置能保证良好的循环效果已为三十多年来的工程实践所证明。

7.0.8 高层建筑热水系统的分区，应与给水系统的分区一致，各区水加热器、贮水罐的进水均应由同区的给水系统专管供应，当不能满足时，应采取保证系统冷、

热水压力平衡的措施。

【条文说明】生活热水主要用于盥洗、淋浴，而这二者均是通过冷、热水混合后调到所需使用温度。因此，热水供水系统应与冷水系统竖向分区一致，保证系统内冷、热水的压力平衡，达到节水、节能、用水舒适的目的。原则上，高层建筑设计集中供应热水系统时应分区设水加热器，其进水均应由相应分区的给水系统设专管供应，以保证热水系统压力的相对稳定。如确有困难时，有的单幢高层住宅的集中热水供应系统，只能采用一个或一组水加热器供整幢楼热水时，可相应地采用质量可靠的减压阀等管道附件来解决系统冷热水压力平衡的问题。

8 电气系统设计

8.0.1 对电气接线盒、穿气密层的线管应进行气密处理：

(1) 建筑主线缆采用地下直埋进入建筑时，所有穿过外墙、气密墙的强弱电线电缆管线和预留预埋备用管，应进行防护密闭或密闭处理。

(2) 建筑主线缆采用电缆桥或梯架架敷设方式进入建筑时，电缆桥架不得直接穿过外墙、气密墙，应改为穿管敷设，并符合气密性要求。

(3) 线管外径与墙体接触部位应做防水处理。穿向室外线管应向外有倾斜角度。

(4) 室内至强弱电竖井线管端头部位进行封堵保证气密性。

【条文说明】为保证建筑的气密性，对穿气密层的线管应进行气密处理。后期剔槽处理的墙体进行电气接线盒安装时，应先在孔洞内涂抹石膏或粘接砂浆，再将接线盒推入孔洞，保障接线盒与墙体嵌处的气密性。

8.0.2 宜设置外窗开启感应装置，并与新风机组进行联动控制。

【条文说明】为保证建筑的气密性，当新风系统处于开启状态时，应确保外窗处于关闭状态。

8.0.3 宜将厨房补风管道引入入口处和排风管道上的保温密闭型电动风阀与排油烟机进行联动控制。

【条文说明】为保证建筑的气密性，当排油烟机处于关闭状态时，应确保补风管道和排风管道的密闭。

8.0.4 建筑照明功率密度限值应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 中目标值的规定。

【条文说明】现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 规定了各类房间或场所的照明功率密度值，分为“现行值”和“目标值”，其中“现行值”是新建建筑必须满足的最低要求，超低能耗居住建筑满足“目标值”的要求，进一步降低建筑照明系统的能耗。

8.0.5 采用具有节能拖动及节能控制方式的节能电梯，当为多台电梯时具有联动或群控功能，且电梯应具有休眠功能。

【条文说明】根据相关资料，电梯能耗在居住建筑用电中占有较高的比例，由于居住建筑对电梯的使用强度较低，使用频率较少，节能拖动方式、联动控制和休眠功能可以有效降低电梯的能耗，超低能耗居住建筑应采用节能电梯产品和节能

控制措施。

8.0.6 宜对建筑内典型户供暖、供冷、照明、插座等进行分项计量。计量户数不宜少于同类型总户数的 2%，且不少于 3 户。

【条文说明】除了在设计阶段和施工阶段落实超低能耗居住建筑的技术要点外，更应关注超低能耗居住建筑使用后的评估。超低能耗居住建筑在后评估过程中，实际能耗是以典型用户电表、气表等计量仪表的实测数据为依据，并经计算分析后采用。在设计阶段对建筑内典型户供暖、供冷、照明、插座等进行分项计量，可以更好的推动超低能耗居住建筑后评估研究。

8.0.7 走廊、楼梯间、门厅、大堂等公共区域的照明系统采取分区、定时、感应等节能照明控制措施。

【条文说明】在建筑的实际运行过程中，照明系统采取分区控制、定时控制、自动感应开关、照度调节等措施对降低建筑的照明能耗作用很明显。

9 供热、供冷和一次能源计算

9.1 一般规定

9.1.1 建筑进行采暖负荷、采暖需求、制冷负荷、制冷需求、一次能源需求计算，各项指标应符合本导则 3.1.2 的规定。

9.1.2 天津地区采暖与制冷需求计算起止日，应满足《天津市公共建筑节能设计标准》DB29-153 附录 E 的规定。

【条文说明】计算采暖期天数，制冷天数仅供建筑节能设计计算时使用，与当地法定的采暖天数、制冷天数不一定相等。《天津市公共建筑节能设计标准》DB29-153 附录 E 规定，采暖期为 11 月 15 日至次年 3 月 15 日，空调期为 5 月 15 日至 9 月 15 日。

9.2 采暖负荷计算

9.2.1 计算原理与公式（围护结构、通风负荷、内部得热）

采暖季，建筑热负荷应根据建筑的热损失和得热量确定：

- (1) 围护结构的热损失；
- (2) 通风热损失；
- (3) 通过透明围护结构的太阳辐射得热；
- (4) 建筑内部热源的得热。

建筑的采暖负荷应按下列公式计算：

$$P_H = P_{H,l} - P_{H,g}$$

其中， P_H ——建筑采暖负荷， W

$P_{H,l}$ ——采暖季热损失， W

$P_{H,g}$ ——采暖季得热量， W

其中，

$$P_{H,l} = P_{H,tr} + P_{H,ve}$$

$P_{H,tr}$ ——采暖季通过围护结构传热损失， W

$P_{H,ve}$ ——采暖季通风引起的热损失, W

$$P_{H,g} = P_{H,sol} + P_{int}$$

$P_{H,sol}$ ——采暖季太阳得热量, W

P_{int} ——室内得热量, W

9.2.2 围护结构传热引起的建筑单位面积采暖负荷

围护结构传热引起的建筑采暖负荷, 根据以下公式计算:

$$P_{H,tr} = \sum ((U_i \cdot A_i + \psi_i \cdot L_i) \cdot f_T \cdot \Delta\theta_i) / A_{TFA}$$

其中, $P_{H,tr}$ ——采暖季通过围护结构传热损失, W / m^2

U_i ——第 i 个建筑围护结构的传热系数, $W / (m^2 \cdot K)$

A_i ——第 i 个建筑围护结构的面积, m^2

ψ_i ——线热桥系数, $W / (m \cdot K)$

L_i ——线热桥长度, m

f_T ——温度系数, 通常情况下为 1.0, 如果与非采暖空间接触, 该值取 0.75,

$\Delta\theta_i$ ——采暖季第 i 个建筑围护结构内外温差, $^{\circ}C$ 。

考虑到相邻房间之间的热量流动, 在计算采暖负荷时, 需要设定相邻房间的温差。

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.2.3 通风引起的建筑单位面积采暖负荷

通风引起的建筑采暖负荷, 根据以下公式计算:

$$P_{H,ve} = V_V \cdot n_V \cdot c_{air} \cdot \Delta\theta / A_{TFA}$$

其中, $P_{H,ve}$ ——采暖季通风引起的热损失, W / m^2

V_V ——通风系统的基准体积 (=TFA 面积*房间净高), m^3

n_v ——采暖负荷设计条件下的有效空气交换率，为采暖季空气渗透量平均值的 2.5 倍， $1/n$

c_{air} ——空气比热容， $W/(m^3 \cdot K)$

$\Delta\theta$ ——采暖季建筑室内外温差， $^{\circ}C$

A_{TFA} ——建筑套内面积， m^2 。

9.2.4 透明围护结构通过太阳辐射引起的建筑单位面积采暖负荷

透明围护结构通过太阳辐射引起的建筑采暖负荷，根据以下公式计算：

$$p_{H,sol} = \sum (A_{w,i} \cdot g_i \cdot r_i \cdot G_i) / A_{TFA}$$

其中， $p_{H,sol}$ ——透明围护结构通过太阳辐射引起的建筑采暖负荷， W/m^2

$A_{w,i}$ ——各朝向外窗面积， m^2

g_i ——玻璃得热系数，

r_i ——采暖季，各朝向外窗的折减系数，与窗框所占比例、遮阳、灰尘和辐射入射角等有关

G_i ——采暖季，各个朝向太阳辐射强度， W/m^2

A_{TFA} ——建筑套内面积， m^2 。

9.2.5 建筑内部得热引起的单位面积采暖负荷

建筑内部得热引起的单位面积采暖负荷用 p_{int} 表示。

建筑室内部得热包括以下几部分：

- (1) 人体散热和家电散热，
- (2) 照明散热，
- (3) 生活热水或排水系统散失的热量，
- (4) 其他形式的散热量。

对于居住建筑，人数取值 3.2 人/户，内热源取值 2~2.5W/m²。

9.3 采暖需求计算

9.3.1 采暖需求计算原理

基于热平衡原理, 建筑的采暖需求定义为采暖季围护结构内的所有热损失和得热之差, 计算公式如下:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

其中, $Q_{H,nd}$ ——建筑采暖需求, kWh / a

$Q_{H,ht}$ ——建筑总的热损失, kWh / a

$Q_{H,gn}$ ——建筑总得热, kWh / a

$\eta_{H,gn}$ ——指得热利用系数。

其中建筑的热损失包括围护结构传热引起的热损失及通风换气引起的损失:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$$

其中, $Q_{H,ht}$ ——建筑的热损失, kWh / a

$Q_{H,tr}$ ——通过建筑围护结构的传热损失, kWh / a

$Q_{H,ve}$ ——通风引起的损失, kWh / a

建筑得热包含两类, 通过透明围护结构获得的太阳辐射得热和室内得热(人体、照明、家用电器、炊事等)。

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{H,sol}$$

其中, $Q_{H,gn}$ ——建筑得热, kWh / a

Q_{int} ——建筑室内得热(人体、照明、家用电器、炊事等), kWh / a

$Q_{H,sol}$ ——透过透明围护结构获得的太阳辐射得热, kWh / a

9.3.2 传热引起的建筑单位面积耗热量

通过建筑围护结构传热引起的单位面积的耗热量, 根据以下公式计算:

$$q_{H,tr} = \sum ((A_i \cdot U_i + \psi_i \cdot l_i) \cdot f_T \cdot G_{H,t,i}) / A_{TFA}$$

其中, $q_{H,tr}$ ——通过建筑围护结构传热引起的单位面积的耗热量, $kWh / m^2 \cdot a$

A_i ——第 i 个建筑围护结构面积, m^2

U_i ——第 i 个建筑围护结构的传热系数, $W / (m^2 \cdot K)$

ψ_i ——线热桥系数, $W / (m \cdot K)$

l_i ——线热桥长度, m

f_T ——因温差降低引起的折减系数, 通常情况下为 1.0, 如果与非采暖空间接触, 该值取 0.75

$G_{H,t,i}$ ——第 i 个建筑围护结构的基于室外温度的供暖度时数, kKh / a

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.3.3 通风引起的建筑单位面积耗热量

建筑通风引起的单位面积耗热量, 根据以下公式计算:

$$q_{H,ve} = V_v \cdot n_v \cdot c_{air} \cdot G_{H,t} / A_{TFA}$$

其中, $q_{H,ve}$ ——通风引起的单位面积耗热量, $kWh / m^2 \cdot a$

V_v ——通风系统的基准体积 (=TFA 面积*房间净高), m^3

n_v ——采暖需求设计条件下的有效空气交换率,

c_{air} ——空气比热容, $W / (m^3 \cdot K)$

$G_{H,t}$ ——基于采暖需求设计条件下的供暖度时数, kKh / a

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.3.4 透明围护结构通过太阳辐射获得的热量

透明围护结构通过太阳辐射获得的单位面积得热量, 根据以下公式计算:

$$q_{H,sol} = \sum (r_i \cdot g_i \cdot A_i \cdot G_{H,i}) / A_{TFA}$$

其中, $q_{H,soI}$ ——透明围护结构通过太阳辐射获得的单位面积得热量,

$kWh / m^2 \cdot a$

r_i ——折减系数, 与窗框所占比例、遮阳、灰尘和辐射入射角等有关

g_i ——玻璃得热系数

$A_{w,i}$ ——各朝向外窗面积, m^2

$G_{H,i}$ ——采暖季, 各朝向的太阳辐射量, $kWh / m^2 \cdot a$

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.3.5 内部得热引起的单位面积得热量

建筑内部得热引起的耗热量, 根据以下公式计算:

$$q_{int} = \sum t_{H,i} \cdot q_i \cdot 24 / 1000$$

其中, q_{int} ——建筑内部得热引起的建筑采暖负荷, $kWh / m^2 \cdot a$

$t_{H,i}$ ——采暖天数, d / a

q_i ——单位面积上室内各类内热源的得热量, W / m^2

9.4 制冷负荷计算

9.4.1 计算原理及公式 (围护结构、通风负荷、内部得热)

按照现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736 的规定, 制冷季, 建筑空调区的得热量由下列各项得热量构成:

- (1) 围护结构传热的得热量;
- (2) 通过透明围护结构的太阳辐射得热量;
- (3) 由于引入通风的得热量;
- (4) 建筑室内内部热源 (人体、照明、设备等) 的得热量;
- (5) 通风及室内湿源引起的潜热量。

建筑的冷负荷, 应根据上述各项得热量的种类、性质以及空调区的蓄热特性

分布进行计算，各项得热量应按非稳态方法计算其形成的冷负荷。

建筑的制冷负荷应按下列公式计算：

$$P_{C, \tau} = P_{C, tr, \tau} + P_{C, sol, \tau} + P_{C, ve, \tau} + P_{int, \tau}$$

其中， $P_{C, \tau}$ ——计算时刻 τ ，建筑制冷负荷， W

$P_{C, tr, \tau}$ ——计算时刻 τ ，围护结构传热引起的冷负荷， W

$P_{C, sol, \tau}$ ——计算时刻 τ ，透明围护结构通过太阳辐射引起的冷负荷， W

$P_{C, ve, \tau}$ ——计算时刻 τ ，通风引起的冷负荷， W

$P_{int, \tau}$ ——计算时刻 τ ，建筑内部得热引起的冷负荷， W

9.4.2 围护结构传热引起的建筑单位面积的制冷负荷

通过建筑围护结构的得热量形成的冷负荷，可按下列式计算：

$$P_{C, tr, \tau} = \sum P_{C, j, \tau}$$

其中， $P_{C, j, \tau}$ ——分别为计算时刻 τ ，外墙、外窗和屋顶传热形成的冷负荷， W / m^2

- (1) 对于非透明围护结构，其传热引起的建筑单位面积制冷负荷，可按下列公式计算：

$$P_{C, w, \tau} = \frac{A_w \cdot U_w \cdot (g_{w, \tau - \xi} + \Delta - g_n)}{A_{TFA}}$$

$$P_{C, roof, \tau} = \frac{A_{roof} \cdot U_{roof} \cdot (g_{roof, \tau - \xi} + \Delta - g_n)}{A_{TFA}}$$

$$P_{C, floor, \tau} = \frac{A_{floor} \cdot U_{floor} \cdot (g_{floor, \tau - \xi} + \Delta - g_n)}{A_{TFA}}$$

其中， $P_{C, w, \tau}$ ， $P_{C, roof, \tau}$ ， $P_{C, floor, \tau}$ ——分别为计算时刻 τ ，外墙、屋顶和架空楼板传热形成的冷负荷， W / m^2

A_w ， A_{roof} ， A_{floor} ——分别为外墙、屋顶和架空楼板的面积， m^2

U_w ， U_{roof} ， U_{floor} ——分别为外墙、屋顶和架空楼板的传热系数，

$W / (m^2 \cdot K)$

$g_{w,\tau-\xi}$, $g_{roof,\tau-\xi}$, $g_{floor,\tau-\xi}$ ——作用时刻 $\tau - \xi$, 外墙、屋顶和架空楼板的冷负荷计算温度, $^{\circ}C$ 。取值依据参照《实用供热空调设计手册》表 20.3-1 和表 20.3-2。

Δ ——为负荷温度的地点修正值, 天津地区取值为 0。

g_n ——制冷季, 室内设计温度, $^{\circ}C$

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

(2) 对于透明围护结构, 由其传热引起的建筑单位面积制冷负荷, 可按下列公式计算:

$$p_{C,win,\tau} = \frac{A_{win} \cdot U_{win} \cdot (g_{win,\tau} + \Delta - g_n)}{A_{TFA}}$$

其中, $p_{C,win,\tau}$ ——为计算时刻 τ , 外窗传热形成的冷负荷, W / m^2

A_{win} ——为外窗的面积, m^2

U_{win} ——为外窗的传热系数, $W / (m^2 \cdot K)$

$g_{win,\tau}$ ——计算时刻 τ 的外窗冷负荷温度。天津地区取值依据参照《实用供热空调设计手册》表 20.4-1。

9.4.3 围护结构通过太阳辐射得热引起的建筑单位面积制冷负荷

围护结构通过太阳辐射得热所形成的冷负荷 $p_{C,sol}$ 可按下列式计算：

$$p_{C,sol,\tau} = A_w \cdot g \cdot r \cdot G_{win,\tau} / A_{TFA}$$

其中， $p_{C,sol,\tau}$ ——计算时刻 τ ，透明围护结构通过太阳辐射引起的建筑制冷负荷，

W / m^2

A_w ——外窗面积， m^2

g ——玻璃得热系数，

r ——制冷季，外窗的折减系数，与窗框所占比例、遮阳、灰尘和辐射入射角等有关，

$G_{win,\tau}$ ——制冷季，计算时刻 τ ，各个朝向太阳的辐照强度， W / m^2

A_{TFA} ——建筑套内面积， m^2 。

9.4.4 通风引起的建筑单位面积制冷负荷

通风引起的建筑制冷负荷，根据以下公式计算：

$$p_{C,ve,\tau} = V_V \cdot n_V \cdot c_{air} \cdot \Delta g_{ve,\tau} / A_{TFA}$$

其中， $p_{C,ve,\tau}$ ——制冷季，计算时刻 τ ，通风引起的热损失， W / m^2

V_V ——通风系统的基准体积（=TFA 面积*房间净高）， m^3

n_V ——制冷负荷设计条件下的有效空气交换率， $1 / n$

c_{air} ——空气比热容， $W / (m^3 \cdot K)$

$\Delta g_{ve,\tau}$ ——制冷季，计算时刻 τ ，建筑室内外温差， $^{\circ}C$

A_{TFA} ——建筑套内面积， m^2 。

其中， $\Delta g_{ve,\tau} = g_{ve,\tau} - g_n$

g_{τ} ——制冷季，计算时刻 τ ，空气调节室外计算温度， $^{\circ}C$

9.4.5 建筑内部得热引起的单位面积制冷负荷

建筑内部得热引起的制冷负荷同采暖负荷 p_{int} 。

注：制冷季制冷负荷，应按空调区各项逐时冷负荷的综合最大值确定。

9.4.6 建筑单位面积湿负荷

室内湿负荷通常来自两部分：（1）室内湿源引起的潜热负荷，（2）通风系统引入室内的湿空气引起的潜热负荷，计算公式如下：

$$P_{humidity} = P_{hum,int} + P_{hum,vent}$$

其中， $P_{humidity}$ ——制冷季，建筑室内湿负荷， kg/h

$P_{hum,int}$ ——制冷季，室内湿源引起的潜热负荷， kg/h

$P_{hum,vent}$ ——制冷季，通风系统引入室内的湿空气引起的潜热负荷， kg/h

（1）室内人体、水面等散湿引起的潜热负荷，计算公式如下：

$$P_{hum,int} = m \cdot p_{hum,people} / 1000$$

其中， $p_{hum,people}$ ——制冷季，室内湿源的散湿量。对于居住建筑，取值 $100 g/(人 \cdot h)$

m ——总人数

（2）对于通风系统引入室内的湿空气引起的潜热负荷，计算公式如下：

$$P_{hum,vent} = n_{supply} \cdot V \cdot \rho_n \cdot [d_{outdoor} + \eta_{ERV}(d_{nominal} / 1000 - d_{outdoor}) - d_{nominal} / 1000] \cdot i_n$$

其中， n_{supply} ——为送风系统引起的换气次数， $1/h$

V ——建筑体积， m^3

ρ_n ——夏季室温条件下的空气密度， kg/m^3

η_{ERV} ——热回收系统全热回收效率

$d_{nominal}$ ——室内空气的饱和含湿量， kg/kg

$d_{outdoor}$ ——室外空气的绝对含湿量, kg / kg

i_n ——为室内空气的前热量, Wh / kg

该公式未考虑开窗或外门开启导致的湿空气换热量。

9.5 制冷需求计算

9.5.1 制冷需求计算原理

与采暖需求计算原理相似, 基于热平衡原理, 建筑的制冷需求即为制冷季围护结构内的所有的得热与热损失之差, 计算公式如下:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

其中, $Q_{C,nd}$ ——建筑制冷需求, kWh / a

$Q_{C,gn}$ ——制冷工况下, 建筑总得热量, kWh / a

$Q_{C,ht}$ ——制冷工况下, 建筑总的热损失, kWh / a

$\eta_{C,ls}$ ——定义为热损失的利用系数。

9.5.2 围护结构传热引起的建筑单位面积的得热量

通过建筑围护结构传热引起的单位面积的得热量, 根据以下公式计算:

$$q_{C,tr} = \sum ((A_i \cdot U_i + \psi_i \cdot l_i) \cdot f_T \cdot G_{C,t,i}) / A_{TFA}$$

其中, $q_{C,tr}$ ——通过建筑围护结构传热引起的单位面积的得热量, $kWh / m^2 \cdot a$

A_i ——第 i 个建筑围护结构面积, m^2

U_i ——第 i 个建筑围护结构的传热系数, $W / (m^2 \cdot K)$

ψ_i ——线热桥系数, $W / (m \cdot K)$

l_i ——线热桥长度, m

f_T ——因温差降低引起的折减系数, 通常情况下为 1.0, 如果与非采暖空间接触, 该值取 0.75

$G_{C,t,i}$ ——第*i*个建筑围护结构的基于室外温度的空调度时数, kKh / a

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.5.3 围护结构通过太阳辐射得热引起的建筑单位面积得热量

透明围护结构通过太阳辐射获得的得热量, 根据以下公式计算:

$$q_{C,sol} = \sum (r_i \cdot g_i \cdot A_i \cdot G_{C,i}) / A_{TFA}$$

其中, $q_{C,sol}$ ——透明围护结构通过太阳辐射获得的得热量, $kWh / m^2 \cdot a$

r_i ——折减系数, 与窗框所占比例、遮阳、灰尘和辐射入射角等有关

g_i ——玻璃得热系数

$A_{w,i}$ ——各朝向外窗面积, m^2

$G_{C,i}$ ——制冷季, 各朝向的太阳辐射量, $kWh / m^2 \cdot a$

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.5.4 通风引起的建筑单位面积得热量

建筑通风引起的单位面积的得热量, 根据以下公式计算:

$$q_{C,ve} = V_v \cdot n_v \cdot c_{air} \cdot G_{C,t} / A_{TFA}$$

其中, $q_{C,ve}$ ——通风引起的单位面积耗热量, $kWh / m^2 \cdot a$

V_v ——通风系统的基准体积 (=TFA 面积*房间净高), m^3

n_v ——制冷需求设计条件下的有效空气交换率

c_{air} ——空气比热容, $W / (m^3 \cdot K)$

$G_{C,t}$ ——基于制冷需求设计条件下的空调度时数, kKh / a

A_{TFA} ——建筑套内面积, m^2 。

9.5.5 建筑内部得热引起的单位面积得热量

制冷季，建筑内部得热引起的得热量计算公式同 5.3.5 内容，其中，
 $t_{C,i}$ ——制冷天数， d/a

9.5.6 建筑除湿能耗

建筑室内除湿能耗记为 $Q_{dehumidy}$ ， $q_{humidity}$ 根据以下公式计算：

$$q_{humidity} = P_{humidity} \cdot t_C \cdot 24 / 1000 / TFA$$

其中， $q_{humidity}$ ——单位面积建筑的除湿能耗， $kWh / m^2 \cdot a$

t_C ——制冷天数， d/a

9.6 一次能源需求计算

9.6.1 本导则中计算的建筑一次能源需求包括采暖、制冷（含除湿）和照明。
 将采暖和制冷需求转换为一次能源需求时，应依据采暖和制冷的方式和所用能源的种类，考虑转换能量损失。计算公式：

$$E = E_H + E_{C\&dehum} + E_{EI}$$

其中， E ——建筑总的一次能源需求， $kWh / m^2 \cdot a$

E_H ——建筑采暖一次能源需求， $kWh / m^2 \cdot a$

$E_{C\&dehum}$ ——建筑制冷和除湿一次能源需求， $kWh / m^2 \cdot a$

E_{EI} ——建筑照明一次能源需求， $kWh / m^2 \cdot a$

9.6.2 采暖一次能源需求计算

当采用电驱动采暖（如空气源热泵）时，采暖一次能源需要计算公式如下：

$$E_H = \beta_p \cdot Q_{H,nd} / \eta_H / A_{TFA}$$

其中， β_p ——一次能源系数，查表 5.6.1

η_H ——采暖季，设备终端效率

当热源为锅炉时，采暖一次能源需要计算公式如下：

$$E_H = \beta_p \cdot Q_{H,nd} / (\eta_1 \cdot \eta_2) / A_{TFA}$$

其中， η_1 ——锅炉效率；

η_2 ——管网效率；

锅炉燃料不同，一次能源系数按下表取值。

表 9.6.2 不同能源种类的一次能源系数

能源种类	无烟煤、褐煤	液化石油	燃料油	电	沼气	原木、木碎屑
一次能源系数	2.3	1.1	1.1	2.6	1.1	0.2

9.6.3 制冷（含除湿）一次能源需求计算

制冷（含除湿）一次能源需求计算公式如下：

$$E_{C\&dehum} = \beta_p \cdot (Q_C + Q_{dehumidy}) / \eta_c / A_{TFA}$$

其中， η_c ——制冷季，设备终端效率，生态城被动房示范项目取值为 3。

9.6.4 照明一次能源需求计算

照明的一次能源需求计算公式如下：

$$E_{El} = \beta_p \cdot V_{norm} \cdot h \cdot G / A_{TFA}$$

其中， V_{norm} ——指照明的标准能耗， W

h ——指每年灯具照明的使用时间， $kh / 户$

G ——为住户数或住户人数。

本导则用词说明

1 为便于在执行本导则条文时区别对格，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件可以这样做的：采用“可”。

2 规程中指明应被其他有关标准、规定而执行时，写法为：“应符合……的规定”

附录 A 部分外窗热工性能参考表

玻璃配置	整窗传热系数 $[W/(m^2 \cdot K)]$			
	塑料窗	木窗	木铝复合窗 (木包铝)	铝木复合窗 (铝包木)
5 单银 Low-E+12A+5 单银 Low-E+9A+5	1.18~1.21	1.24~1.27	1.08~1.11	1.18~1.21
5 单银 Low-E+12A+5 单银 Low-E+12A+5	1.13~1.16	1.18~1.21	1.03~1.06	1.13~1.16
5 单银 Low-E+12A+5 单银 Low-E+9A+5Low-E	1.10~1.13	1.15~1.18	1.00~1.03	1.10~1.13
5 单银 Low-E+12A+5 单银 Low-E+12A+5Low-E	1.05~1.08	1.10~1.13	0.95~0.98	1.05~1.08
5 单银 Low-E+12Ar+5 单银 Low-E+9Ar+5	1.06~1.09	1.11~1.14	0.96~0.99	1.06~1.09
5 单银 Low-E+12Ar+5 单银 Low-E+12Ar+5	1.01~1.04	1.06~1.09	0.91~0.94	1.01~1.04
5 单银 Low-E+12Ar+5 单银 Low-E+9Ar+5Low-E	0.99~1.02	1.05~1.08	0.90~0.93	1.00~1.03
5 单银 Low-E+12Ar+5 单银 Low-E+12Ar+5Low-E	0.95~0.98	1.00~1.03	0.85~0.88	0.95~0.98
5 双银 Low-E+12Ar+5 双银 Low-E+9Ar+5Low-E	0.92~0.95	0.98~1.01	0.83~0.86	0.93~0.96
5 双银 Low-E+12Ar+5 双银 Low-E+12Ar+5Low-E	0.88~0.91	0.93~0.96	0.78~0.81	0.88~0.91
5+12A+5 单银 Low-E+V+5	1.0~1.2	1.0~1.2	1.0~1.4	1.1~1.3
5+12A+5 双银 Low-E+V+5	0.9~1.1	0.9~1.1	0.9~1.3	1.0~1.2

注:

1. 各表内符号和数字:

1) A—空气; Ar—氩气; V—真空; Low-E—低辐射膜。

- 2) 字母前数字为中空间层厚度，其他数字为玻璃厚度。
2. 表内整窗的传热系数数据是根据国家及有关门窗检测部门的数据整理归纳的。
3. 外窗的传热系数为玻璃和窗框的整体传热系数，不同材料窗框的传热性能对整窗传热系数的影响与下列因素有关：
 - 1) 塑料窗的传热系数与窗框的空腔数有关（从室内至室外），腔数越多性能越好；
 - 2) 木窗框传热系数与木材本身的性能有关。

附录 B 防水隔汽膜及防水透汽膜性能指标

表 B.0.1 屋面和外墙用防水隔汽膜的性能指标

项目	性能指标	试验方法
拉伸力, N/50mm	纵向: ≥ 120 ; 横向 ≥ 180	GB/T328.9 建筑防水卷材试验方法 第9部分
断裂伸长率, %	纵向: ≥ 70 ; 横向 ≥ 60	GB/T328.9 建筑防水卷材试验方法 第9部分
撕裂强度(钉杆法), N	纵向: ≥ 60 ; 横向 ≥ 60	GB/T328.18 建筑防水卷材试验方法 第18部分
不透水性	1000mm, 20h 不透水	GB/T328.10 建筑防水卷材试验方法 第10部分
透水蒸汽性, g/(m ² ·24h)	≤ 30	GB/T1037 塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法杯式法
低温弯折性	-40℃无裂纹	GB/T18173.1 高分子防水材料 第1部分
耐热度	100℃, 2h 无卷曲, 无明显收缩	GB/T328.11 建筑防水卷材试验方法 第9部分

表 B.0.2 屋面和外墙用防水透汽膜的性能指标

项目	性能指标	试验方法
拉伸力, N/50mm	纵向: ≥ 160 ; 横向 ≥ 220	GB/T328.9 建筑防水卷材试验方法第9部分
断裂伸长率, %	纵向: ≥ 60 ; 横向 ≥ 60	GB/T328.9 建筑防水卷材试验方法第9部分
撕裂强度(钉杆法), N	纵向: ≥ 140 ; 横向 ≥ 150	GB/T328.18 建筑防水卷材试验方法第18部分
不透水性	1000mm, 20h 不透水	GB/T328.10 建筑防水卷材试验方法第10部分
透水蒸汽性, g/(m ² ·24h)	≥ 300	GB/T1037 塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法杯式法

附录 C 预压膨胀密封带性能指标

表 C. 0. 1 预压膨胀密封带的性能指标

(用于门窗框与墙体之间)

项目	性能指标	试验方法
燃烧性能等级	B1 级	GB8624-2012 建筑材料及制品燃烧性能分级
导热系数 (10℃平均温度)	$\lambda \leq 0.048W / (m \cdot K)$	GB/T 10294-2008 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定防护热板法
荷载	BG2 级	DIN 18 542
抗暴风雨强度	最大承受至 300Pa	DIN 18 542
密封透气性	$a < 0.1m^3 / (h \cdot m \cdot (daPa)^n)$	DIN 18 542
抗水蒸汽扩散系数	$\mu \leq 100$	EN ISO 12 572
耐候性	-30℃~+90℃	
与其他材料的相容性	满足	DIN 18 542

注：目前我国尚缺预压膨胀密封带的产品标准，应用于门窗框与墙体之间的预压膨胀密封带的性能指标可参考此表的数据。

表 C. 0. 2 预压膨胀密封带的性能指标

(用于金属窗台板与外墙外保温系统之间接缝，以及穿透构件与保温层之间接缝)

项目	性能指标	试验方法
燃烧性能等级	B1 级	GB8624-2012 建筑材料及制品燃烧性能分级
导热系数 10℃ (平均温度)	$\lambda \leq 0.045W / (m \cdot K)$	GB/T 10294-2008 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定防护热板法
荷载	BG1 级	DIN 18 542
抗暴风雨强度	最大承受至 600Pa	EN 1077

密封透气性	$a < 0.1m^3 / (h \cdot m \cdot (daPa)^n)$	EN 1026
抗水蒸气扩散系数	$\mu < 100$	DIN 52 615
耐候性	-30℃~+90℃	——
与其他材料的相容性	满足	DN 52 615

注：目前我国尚缺预压膨胀密封带的产品标准，应用于金属窗台板与外墙外保温系统之间接缝、以穿透构件与保温层之间接缝的预压膨胀密封带的性能指标可参考此表的数据。

附录 D 屋顶扣板和窗台板性能指标

屋顶扣板和窗台板的性能指标

项目	性能指标	试验方法
厚度, mm	≥1.0	—
基板	无锌花热镀锌(S250GD-CI)	—
镀锌层质量(双面), g/m ²	≥275	GB/T 1839
屈服强度, MPa	≥250	GB/T 228
抗拉强度, MPa	≥290	
延伸率, %	≥25	
涂层体系	耐腐蚀抗老化高性能涂料	—
涂层颜色	与标准色板色差 $\Delta E \leq 1.2$	GB/T 13448
涂层光泽	≤30	GB/T 13448
涂层膜厚, μm	正面≥25, 背面≥15	GB/T 13448
冲击强度, J	≥9	GB/T 13448
中性盐雾腐蚀	切口 480h, 腐蚀宽度≤2mm; 划叉 1000h, 平板 2000h	GB/T 13448
	符合规定 10 级	GB/T 6461
紫外老化	UVA340, 2000h, 色差变化 $\Delta E \leq 2.0$, 保 光率大于 80%	GB/T 13448

注: 1.屋顶金属扣板和窗台金属板均不得出现锈蚀现象。

2.由彩涂钢板制成的屋顶扣板和窗台板, 在 30 年使用期内涂层表面应不起皮、不开裂、不龟裂; 在 20 年试用期内的色差变化应符合垂直面 $\Delta E \leq 5.0$, 其他面 $\Delta E \leq 7.0$ 的规定。

3.由彩涂钢板制成的屋顶扣板和窗台板, 其切口部位不得裸露。

本导则由中新天津生态城建设局组织编制，由天津生态城公屋建设有限公司、天津生态城绿色建筑研究院有限公司负责技术解释。

本导则主要起草单位：

天津生态城公屋建设有限公司

天津生态城绿色建筑研究院有限公司

天津大学建筑设计规划研究总院有限公司

本导则主要起草人：倪海峰、杜涛、郭而郢、祝捷、崔旭辉、惠超微、邹芳睿、闫静静、陈曾、任宪俊、彭鹏、周敏、李倩、梁衡、陈志国、周玉焰、张瑾瑜

本导则主要审核人：李丛笑、刘丛红、任军、于震、汪磊磊、李伟

本导则在执行过程中如有意见和建议，请寄送至天津生态城公屋建设有限公司(地址：天津生态城动漫中路 865 号创意大厦 6 号楼 6 层;邮政编码：300467;电话：022-65376829)，以供今后修订时参考。