

冷凝验算计算书

公共建筑

筑绿未来

设计编号：2025-AA-BB



工程地点：福建-福州

建设单位：xxxx 工程建设有限公司

设计单位：xxxx 建筑设计研究院有限公司

设计人：

校对人：

审定人：

报告日期：2025年11月15日

采用软件：节能设计 BECS2025
软件版本：20250505(PLUS)
正版授权码：T18060052160
研发单位：北京绿建软件股份有限公司



绿建斯维尔

绿色建筑专家

1 建筑概况

工程名称	筑绿未来	
工程地点	福建-福州	
气候子区	夏热冬暖 A 区	
建筑面积	地上 2068 m ²	地下 37 m ²
建筑层数	地上 6	地下 1
建筑高度	27.0m	
结构类型		

2 评价依据

1. 《福建省公共建筑节能设计标准》DBJ/T 13-305-2023
2. 《建筑环境通用规范》GB 55016-2021
3. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
4. 施工图、设计说明、墙身大样图、节能计算书

2.1 评价目标

依据《建筑环境通用规范》GB 55016-2021 4.4.3 条：供暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量，应符合要求；相应冷凝计算界面内侧最小蒸汽渗透阻应大于按式（3.2-1）计算的蒸汽渗透阻。

2.2 评价方法

根据《建筑环境通用规范》GB 55016 第 4.4.3 条，当围护结构内部可能发生冷凝时，冷凝计算界面内侧所需的蒸汽渗透阻应按式（3.2-1）计算：

$$H_{o,i} = \frac{P_i - P_{s,c}}{\frac{10\rho_o\delta_i[\Delta\omega]}{24Z} + \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}}} \quad (3.2-1)$$

则推导：

$$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_o\delta_i} \quad (3.2-2)$$

式中：

- $[\Delta\omega]$ — 采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；
- $H_{o,i}$ — 冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(m²·h·Pa/g)；
- $H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(m²·h·Pa/g)；
- P_i — 室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；
- P_e — 室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表3.1查得的采暖期室外平均温度

和平均相对湿度确定；

$P_{s,c}$ —冷凝计算界面处与界面温度 θ_c 对应的饱和水蒸气分压力 (Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表3.1的规定；

ρ_0 —保温材料的干密度 (kg/m^3)；

δ_i —保温材料厚度 (m)；

冷凝计算界面温度可按下列公式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中： θ_c —冷凝计算界面温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_i —室内计算温度 ($^{\circ}\text{C}$)

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)

R_o —围护结构传热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

R_i —内表面换热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

$R_{o,i}$ —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

3 防潮验算计算过程

3.1 计算条件

R_i 内表面换热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)	0.11	按《民用建筑热工设计规范》GB50176 附录 B.4 的规定采用。
t_i 室内计算温度 ($^{\circ}\text{C}$)	18	按《民用建筑热工设计规范》GB50176 第 3.3.1 条规定采用。
室内相对湿度 (%)	60	按《民用建筑热工设计规范》GB50176 第 3.3.1 条规定采用。
\bar{t}_e 采暖期室外平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)	7.40	按《民用建筑热工设计规范》GB50176 附录表 A.0.1 确定。
室外相对湿度 (%)	65	按《民用建筑热工设计规范》GB50176 附录表 A.0.1 确定。
Z 采暖天数	0	按《民用建筑热工设计规范》GB50176 附录 A 表 A.0.1 确定。

3.2 屋顶构造：屋顶构造四

材料名称 (由上到下)	厚度 δ	导热系数 λ	修正 系数	密度	蒸汽渗透系数	热阻 R
	(mm)	W/(m.K)	α	Kg/m ³	g/(m.h.KPa)	(m ² K)/W
碎石、卵石混凝土($\rho=2300$)	50	1.740	1.00	2300.00	0.0173	0.029
挤塑聚苯板	140	0.030	1.00	28.00	0.0140	4.667
SBS 改性沥青防水卷材	4	0.170	1.00	900.00	0.0014	0.024
水泥砂浆	30	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.032
轻集料混凝土 2%找坡层	60	0.280	1.00	1600.00	0.0040	0.214
钢筋混凝土	120	1.740	1.00	2500.00	0.0158	0.069
混合砂浆	20	0.870	1.00	1700.00	0.0230	0.023

3.2.1 围护结构冷凝受潮计算表

序号	名称	δ 厚度 (mm)	ρ 密度 (kg/m ³)	θ_i 温度 (°C)	Pb 饱和水 蒸汽分 压力 (Pa)	Ps 水蒸汽 分压力 (Pa)	λ 导热 系数 W/(m.k)	α 修正 系数	R 热阻 (m ² .k/ W)	μ 蒸汽 渗透 系数 g/(m.h. kPa)	H 蒸汽透 透阻 (m ² .h.Pa/ g)
1	室外			7.40	1029.4	669.1					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			7.48	1035.3	669.1					
4	碎石、卵石混 凝土 ($\rho=2300$)	50	2300				1.74	1.00	0.03	0.0173	2890.17
5	0~1			7.54	1039.5	709.5					
6	挤塑聚苯板	140	28				0.03	1.00	4.67	0.0140	10000.0 0
7	1~2			17.04	1941.0	849.3					
8	SBS 改性沥 青防水卷材	4	900				0.17	1.00	0.02	0.0014	2857.14
9	2~3			17.09	1947.0	889.2					
10	水泥砂浆	30	1800				0.93	1.00	0.03	0.0210	1428.57
11	3~4			17.15	1955.3	909.2					
12	轻集料混 凝土 2%找坡层	60	1600				0.28	1.00	0.21	0.0040	15000.0 0
13	4~5			17.59	2010.2	1118.8					
14	钢筋混凝土	120	2500				1.74	1.00	0.07	0.0158	7594.94
15	5~6			17.73	2027.9	1224.9					
16	混合砂浆	20	1700				0.87	1.00	0.02	0.0230	869.57
17	内表面			17.78	2033.8	1237.1					
18	室内换热层								0.11		7.9808
19	室内			18.00	2062.0	1237.2					

3.2.2 冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 $R_{o,i}$

围护结构冷凝计算界面的位置，应取保温层与外侧密实材料层的交界处。 $R_{o,i}=5.03$

3.2.3 冷凝计算界面温度 θ_c

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - t_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

将参数代入上式， $\theta_c=7.56$

3.2.4 围护结构冷凝受潮验算

$H_{o,i}$	$H_{o,i}$ — 冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	37750	应 \geq 限值(0)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	2890.17	
P_i	P_i — 室内空气水蒸气分压力 (Pa)	1237.20	根据室内计算温度和相对湿度确定。
P_e	P_e — 室外空气水蒸气分压力 (Pa)	669.11	根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。
$P_{s,c}$	$P_{s,c}$ — 冷凝计算界面处与界面温度 θ_c 对应的饱和水蒸气分压力 (Pa)	1040.76	
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m^3)	28.00	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	0.14	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ — 采暖期间保温材料重量湿度的增量 (%)	0.00	应 \leq 增量限值 (%)=10.00

3.3 外墙（填充墙）构造：外墙构造一

材料名称 (由上到下)	厚度 δ	导热系数 λ	修正 系数	密度	蒸汽渗透系数	热阻 R
	(mm)	W/(m.K)	α	Kg/m ³	g/(m.h.KPa)	(m ² K)/W
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（带表皮）	20	0.030	1.20	35.00	0.0162	0.556
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022
钢筋混凝土 1	200	1.740	1.00	2500.00	0.0158	0.115
石灰砂浆 1	20	0.810	1.00	1600.00	0.0443	0.025

3.3.1 围护结构冷凝受潮计算表

序号	名称	δ 厚度 (mm)	ρ 密度 (kg/m ³)	θ_i 温度 (°C)	Pb 饱和水 蒸汽分 压力 (Pa)	Ps 水蒸汽 分压力 (Pa)	λ 导热 系数 W/(m.k)	α 修正 系数	R 热阻 (m ² .k/ W)	μ 蒸汽 渗透 系数 g/(m.h. kPa)	H 蒸汽渗 透阻 (m ² .h.Pa/ g)
1	室外			7.40	1029.4	669.1					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			7.99	1071.5	669.2					
4	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
5	0~1			8.25	1090.5	702.5					
6	挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (带表皮)	20	35				0.03	1.20	0.56	0.0162	1234.57
7	1~2			14.80	1682.7	745.6					
8	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
9	2~3			15.05	1710.2	778.9					
10	钢筋混凝土 1	200	2500				1.74	1.00	0.11	0.0158	12658.2 3
11	3~4			16.41	1865.9	1221.1					
12	石灰砂浆 1	20	1600				0.81	1.00	0.02	0.0443	451.47
13	内表面			16.70	1900.6	1236.9					
14	室内换热层								0.11		7.9808
15	室内			18.00	2062.0	1237.2					

3.3.2 冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 $R_{o.i}$

围护结构冷凝计算界面的位置，应取保温层与外侧密实材料层的交界处。 $R_{o.i}=0.72$

3.3.3 冷凝计算界面温度 θ_c

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - t_e}{R_o} (R_i + R_{o.i})$$

将参数代入上式， $\theta_c=8.24$

3.3.4 围护结构冷凝受潮验算

$H_{o.i}$	$H_{o.i}$ — 冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻 (m ² ·h ·Pa/g)	15297	应≥限值(0)
$H_{o.e}$	$H_{o.e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 (m ² ·h ·Pa/g)	952.38	

P_i	P_i — 室内空气水蒸气分压力 (Pa)	1237.20	根据室内计算温度和相对湿度确定。
P_e	P_e — 室外空气水蒸气分压力 (Pa)	669.11	根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。
$P_{s.c}$	$P_{s.c}$ — 冷凝计算界面处与界面温度 θ_c 对应的饱和水蒸气分压力 (Pa)	1090.29	
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m ³)	35.00	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	0.02	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ — 采暖期间保温材料重量湿度的增量 (%)	0.00	应 ≤ 增量限值 (%) = 10.00

4 验算结论

类型	构造	增量限值 (%)	实际增量 (%)	内侧蒸汽渗透阻限值	内侧蒸汽渗透阻	结论
屋顶	屋顶构造四	10	0	-	37750	满足
外墙 (填充墙)	外墙构造一	10	0	-	15297	满足