

冷凝验算计算书

1 建筑概况

工程名称	南湖新区八仙台消防救援站建设项目-附属用房
工程地点	湖南-岳阳
气候子区	夏热冬冷 A 区
建筑面积	地上 445.89 m ² 地下 0 m ²
建筑层数	地上 2 地下 0
建筑高度	6.70m
结构类型	框架结构

2 评价依据

1. 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021
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/m³);

δ_i —保温材料厚度(m);

冷凝计算界面温度可按下式计算:

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

式中: θ_c —冷凝计算界面温度(℃)

t_i —室内计算温度(℃)

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度(℃)

R_o —围护结构传热阻(m²·K/W)

R_i —内表面换热阻(m² K/W)

$R_{o,i}$ —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻(m²·K/W)

3 防潮验算计算过程

3.1 计算条件

R_i 内表面换热阻 (m ² *K/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(℃)	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 (℃)	4.80	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(%)	78.00	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	17	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：不上人屋面构造

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	30	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.032
难燃型挤塑聚苯板	80	0.030	1.25	25.00	0.0162	2.133
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022
自粘聚合物改性沥青防水卷材两道	6	0.230	1.20	900.00	0.0014	0.022
聚氨酯防水涂料	1.5	0.150	1.20	580.00	0.0014	0.008
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022
页岩陶粒混凝土	30	0.500	1.20	1100.00	0.0040	0.040
钢筋混凝土	120	1.740	1.00	2500.00	0.0158	0.069

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 蒸汽渗 透阻 (m ² .h.Pa/ g)
1	室外			4.80	860.2	671.0					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			5.06	875.5	671.0					
4	水泥砂浆	30	1800				0.93	1.00	0.03	0.0210	1428.57
5	0~1			5.23	886.2	699.2					
6	难燃型挤塑 聚苯板	80	25				0.03	1.25	2.13	0.0162	4938.27
7	1~2			16.46	1872.0	796.5					
8	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
9	2~3			16.58	1885.4	815.2					
10	自粘聚合物 改性沥青防 水卷材两道	6	900				0.23	1.20	0.02	0.0014	4285.71
11	3~4			16.69	1899.1	899.7					
12	聚氨酯防水 涂料	1.5	580				0.15	1.20	0.01	0.0014	1071.43
13	4~5			16.73	1904.3	920.8					
14	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
15	5~6			16.85	1917.8	939.6					
16	页岩陶粒混 凝土	30	1100				0.50	1.20	0.04	0.0040	7500.00
17	6~7			17.06	1943.2	1087.4					

18	钢筋混凝土	120	2500				1.74	1.00	0.07	0.0158	7594.94
19	内表面			17.42	1989.0	1237.0					
20	室内换热层								0.11		7.9808
21	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。 $R_{o,i}=2.32$

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， $\theta_c=5.23$

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 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$)	27295	应 \geq 限值(547)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$)	1428.57	
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)	670.96	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)	886.68	
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m^3)	25.00	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	0.08	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ — 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 屋顶构造：上人屋面构造

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
C20 细石混凝土($\rho=2300$)	40	1.510	1.00	2300.00	0.0173	0.026

水泥砂浆	10	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.011
难燃型挤塑聚苯板	80	0.030	1.25	25.00	0.0162	2.133
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022
自粘聚合物改性沥青防水卷材两道	6	0.230	1.20	900.00	0.0014	0.022
聚氨酯防水涂料	1.5	0.150	1.20	580.00	0.0014	0.008
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022
页岩陶粒混凝土	30	0.500	1.20	1100.00	0.0040	0.040
钢筋混凝土	120	1.740	1.00	2500.00	0.0158	0.069

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			4.80	860.2	671.0					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			5.06	875.9	671.0					
4	C20 细石混凝土 ($\rho=2300$)	40	2300				1.51	1.00	0.03	0.0173	2312.14
5	0~1			5.20	884.7	714.5					
6	水泥砂浆	10	1800				0.93	1.00	0.01	0.0210	476.19
7	1~2			5.26	888.3	723.5					
8	难燃型挤塑聚苯板	80	25				0.03	1.25	2.13	0.0162	4938.27
9	2~3			16.47	1872.4	816.4					
10	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
11	3~4			16.58	1885.9	834.3					
12	自粘聚合物改性沥青防水卷材两道	6	900				0.23	1.20	0.02	0.0014	4285.71
13	4~5			16.69	1899.5	914.9					
14	聚氨酯防水涂料	1.5	580				0.15	1.20	0.01	0.0014	1071.43
15	5~6			16.74	1904.7	935.1					
16	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
17	6~7			16.85	1918.1	953.0					
18	页岩陶粒混凝土	30	1100				0.50	1.20	0.04	0.0040	7500.00
19	7~8			17.06	1943.5	1094.1					
20	钢筋混凝土	120	2500				1.74	1.00	0.07	0.0158	7594.94

21	内表面			17.42	1989.2	1237.0					
22	室内换热层								0.11		7.9808
23	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。 $R_{o,i}=2.32$

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， $\theta_c=5.26$

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 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$)	27295	应 \geq 限值(614)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$)	2788.33	
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)	670.96	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)	888.27	
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m^3)	25.00	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	0.08	
$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta w]$ — 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

3.4 外墙（填充墙）构造：外墙构造

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
重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	1.00	1400.00	0.0158	0.345

界面砂浆(1)	15	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.016
热固复合聚苯板 G 型 05 级(1)	60	0.050	1.20	150.00	0.0162	1.000
耐碱玻纤网格布, 抗裂砂浆(1)	5	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.005

3.4.1 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			4.80	860.2	671.0					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			5.23	886.3	671.0					
4	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
5	0~1			5.41	897.9	700.5					
6	重砂浆砌筑 烧结页岩多 孔砖/空心砖 墙	200	1400				0.58	1.00	0.34	0.0158	12658.2 3
7	1~2			8.35	1098.4	1092.7					
8	界面砂浆(1)	15	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	714.29
9	2~3			8.49	1108.7	1114.8					
10	热固复合聚 苯板 G 型 05 级(1)	60	150				0.05	1.20	1.00	0.0162	3703.70
11	3~4			17.02	1938.0	1229.6					
12	耐碱玻纤网 格布, 抗裂砂 浆(1)	5	1800				0.93	1.00	0.01	0.0210	238.10
13	内表面			17.06	1943.8	1237.0					
14	室内换热层								0.11		7.9808
15	室内			18.00	2062.0	1237.2					

3.4.2 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。 $R_{o,i}=1.01$

3.4.3 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, $\theta_c=8.49$

3.4.4 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 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$)	3942	应 \geq 限值(58)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$)	14324.90	
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)	670.96	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)	1108.60	
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m^3)	150.00	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	0.06	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ — 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

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	不上人屋面构造	10	0	547	27295	满足
	上人屋面构造	10	0	614	27295	满足
外墙 (填充墙)	外墙构造	10	0	58	3942	满足