

民生计量综合楼项目

冷凝验算计算书

提供者：湖北省建筑工程质量监督检验测试中心有限公司
电话：027-87816521
传真：027-87897435
地址：武汉市武昌区中南路 16-1 号
日期：2025-09

声明：

- 1、本报告咨询单位未盖章无效；
- 2、本报告经涂改和复印均无效；
- 3、本报告仅用于指定项目，非本项目无效。

项目名称：民生计量综合楼项目
委托单位：武汉市计量标准质量研究院
设计单位：武汉市市政路桥有限公司
咨询单位：武汉正华建筑设计有限公司
计算人：姜百祥
校核人：姜百祥
报告日期：2025-11

1 建筑概况

工程名称	民生计量综合楼项目	
工程地点	湖北-武汉	
气候子区	夏热冬冷 A 区	
建筑面积	地上 11282 m ²	地下 0 m ²
建筑层数	地上 5	地下 0
建筑高度	21.5m	
结构类型		

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(℃)

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 (℃)	4.40	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(%)	76.00	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	26	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
c20 细石混凝土($\rho=2300$)	30	1.510	1.00	2300.00	0.0173	0.020
绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板 (xps 板)	70	0.030	1.05	31.50	0.0162	2.222
c5 泡沫混凝土找坡隔热层	30	0.310	1.00	900.00	0.0158	0.097
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			4.40	836.6	635.8					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			4.67	852.5	635.9					
4	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
5	0~1			4.78	859.2	670.6					
6	c20 细石混凝土($\rho=2300$)	30	2300				1.51	1.00	0.02	0.0173	1734.10
7	1~2			4.89	865.3	733.8					
8	绝热用挤塑 聚苯乙烯泡 沫塑料板 (xps 板)	70	32				0.03	1.05	2.22	0.0162	4320.99
9	2~3			16.55	1882.7	891.1					
10	c5 泡沫混凝土找坡隔热层	30	900				0.31	1.00	0.10	0.0158	1898.73
11	3~4			17.06	1943.6	960.3					
12	钢筋混凝土	120	2500				1.74	1.00	0.07	0.0158	7594.94
13	内表面			17.42	1989.2	1236.9					
14	室内换热层								0.11		7.9808
15	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。 $R_{o,i}=2.39$

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， $\theta_c = 4.88$

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 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	13815	应 \geq 限值(849)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	2686.48	
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)	635.82	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)	864.92	
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m^3)	31.50	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	0.07	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ — 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：填充墙构造一

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
专用保温砌筑砂浆砌加气混凝土砌块墙（水平灰缝与竖向灰缝厚度均 ≤ 10 ）b06级	200	0.190	1.00	630.00	0.0158	1.053
泡沫玻璃板i型	30	0.050	1.05	119.00	0.0225	0.571
水泥砂浆	20	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.022

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	Ps 水蒸汽 分压力	λ 导热 系数	α 修正 系数	R 热阻 (m ² .k/	μ 蒸汽 渗透	H 蒸汽渗 透阻
----	----	------------------------	--------------------------------------	--------------------------	------------------	------------------	-----------------------	----------------------	--------------------------------	-------------------	----------------

					压力 (Pa)	(Pa)	W/(m.k)		W)	系数 g/(m.h. kPa)	(m2.h.Pa/ g)
1	室外			4.40	836.6	635.8					
2	室外换热层								0.05		2.6667
3	外表面			4.78	859.0	635.9					
4	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
5	0~1			4.94	868.5	671.9					
6	专用保温砌 筑砂浆砌加 气混凝土砌 块墙（水平 灰缝与竖向 灰缝厚度均 ≤10）b06 级	200	630				0.19	1.00	1.05	0.0158	12658.2 3
7	1~2			12.77	1477.3	1150.5					
8	泡沫玻璃板i 型	30	119				0.05	1.05	0.57	0.0225	1333.33
9	2~3			17.02	1938.7	1200.9					
10	水泥砂浆	20	1800				0.93	1.00	0.02	0.0210	952.38
11	内表面			17.18	1958.9	1236.9					
12	室内换热层								0.11		7.9808
13	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。 $R_{o,i}=1.65$

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， $\theta_c=4.93$

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 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	14944	应≥限值(44)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	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)	635.82	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)	868.00	
ρ_0	ρ_0 —保温材料的干密度(kg/m ³)	630.00	
δ_i	δ_i —保温材料厚度(m)	0.20	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ —采暖期间保温材料重量湿度的增量(%)	0.00	应 \leq 增量限值(%)=4.00

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	屋顶构造一	10	0	849	13815	满足
外墙(填充墙)	填充墙构造一	4	0	44	14944	满足