

冷凝验算计算书

公共建筑

承德市鹰手营子矿区寿王坟历史文化街区基础设施建设
改造提升工程公厕 1

设计编号：W2026004-SJ-CDF



工程地点：河北-承德

建设单位：承德市鹰手营子矿区住房和城乡建设局

设计单位：河北全过程工程技术服务有限公司

设计人：戴兴达

校对 人：宁静

审 定 人：李建波

报告日期：2026年1月29日

1 建筑概况

工程名称	承德市鹰手营子矿区寿王坟历史文化街区基础设施建设改造提升工程公厕 1	
工程地点	河北-承德	
气候子区	寒冷 A 区	
建筑面积	地上 36.84 m ²	地下 0 m ²
建筑层数	地上 1	地下 0
建筑高度	3.5m	
结构类型	砖混结构	

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：

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

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(°C)

t_i —室内计算温度(°C)

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度(°C)

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(°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(°C)	-3.40	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(%)	49.00	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	150	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：屋顶构造一不上人平屋面

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($\rho=2300$)	35	1.510	1.00	2300.00	0.0173	0.023
水泥砂浆	40	0.930	1.00	1800.00	0.0210	0.043
轻骨料混凝土(找坡层)	20	0.300	1.00	1050.00	0.0140	0.067
岩棉板($\rho=60-160$)	80	0.041	1.00	110.00	0.4880	1.951
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	0.0975	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 蒸汽渗 透阻 (m ² .h.Pa/ g)
1	室外			-3.40	459.8	225.3					
2	室外换热层								0.04		2.6667
3	外表面			-3.04	473.6	225.5					
4	c20 细石混凝土($\rho=2300$)	35	2300				1.51	1.00	0.02	0.0173	2023.12
5	0~1			-2.82	482.4	379.1					
6	水泥砂浆	40	1800				0.93	1.00	0.04	0.0210	1904.76
7	1~2			-2.43	499.1	523.7					
8	轻骨料混凝土(找坡层)	20	1050				0.30	1.00	0.07	0.0140	1428.57
9	2~3			-1.81	525.4	632.1					
10	岩棉板 ($\rho=60-160$)	80	110				0.04	1.00	1.95	0.4880	163.93
11	3~4			16.14	1833.9	644.5					
12	钢筋混凝土	120	2500				1.74	1.00	0.07	0.0158	7594.94
13	4~5			16.78	1909.4	1221.0					
14	混合砂浆	20	1700				0.87	1.00	0.02	0.0975	205.13
15	内表面			16.99	1934.5	1236.6					
16	室内换热层								0.11		7.9808
17	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。 $R_{o,i}=2.04$

3.2.3 冷凝计算界面温度 θ_c

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - t_e}{R_0} (R_i + R_{o,i})$$

将参数代入上式， $\theta_c = -1.81$

3.2.4 围护结构冷凝受潮验算

$H_{o,i}$	$H_{o,i}$ 一冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	7964	应 \geq 限值(3992)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ 一冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	5356.45	
P_i	P_i 一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 一室外空气水蒸气分压力 (Pa)	225.30	根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。
$P_{s,c}$	$P_{s,c}$ 一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)	525.56	
ρ_0	ρ_0 一保温材料的干密度 (kg/m^3)	110.00	
δ_i	δ_i 一保温材料厚度 (m)	0.08	
$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta w]$ 一采暖期间保温材料重量湿度的增量 (%)	1.00	应 \leq 增量限值 (%)=5.00

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
防水砂浆	5	0.930	1.00	1800.00	0.0000	0.005
混合砂浆 (1)	9	0.870	1.00	1700.00	0.0000	0.010
挤塑聚苯板($\rho=25-32$)	80	0.030	1.10	28.50	0.0162	2.424
烧结页岩砖(240)	240	0.870	1.00	1800.00	0.0000	0.276
混合砂浆	20	0.870	1.00	1700.00	0.0975	0.023

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			-3.40	459.8	225.3					
2	室外换热层								0.04		2.6667
3	外表面			-3.09	471.4	225.8					
4	防水砂浆	5	1800				0.93	1.00	0.01	0.0000	0.00
5	0~1			-3.05	472.9	225.8					
6	混合砂浆(1)	9	1700				0.87	1.00	0.01	0.0000	0.00
7	1~2			-2.98	476.0	225.8					
8	挤塑聚苯板 (ρ=25-32)	80	29				0.03	1.10	2.42	0.0162	4938.27
9	2~3			14.97	1701.1	1195.4					
10	烧结页岩砖 (240)	240	1800				0.87	1.00	0.28	0.0000	0.00
11	3~4			17.02	1937.9	1195.4					
12	混合砂浆	20	1700				0.87	1.00	0.02	0.0975	205.13
13	内表面			17.19	1959.4	1235.6					
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。 $R_{o,i} =$

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， $\theta_c =$

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 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	-	应 \geq 限值(-)
$H_{o,e}$	$H_{o,e}$ — 冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻 ($m^2 \cdot h \cdot Pa/g$)	-	
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)	225.30	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_e 对应的饱和水蒸气分压力 (Pa)		
ρ_0	ρ_0 — 保温材料的干密度 (kg/m ³)	-	
δ_i	δ_i — 保温材料厚度 (m)	-	
$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10\rho_0\delta_i}$	$[\Delta\omega]$ — 采暖期间保温材料重量湿度的增量 (%)	-	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	屋顶构造一不上人平屋面	5	1	3992	7964	满足
外墙 (填充墙)	填充墙构造一	10	0	-	-	无需计算