

# 隔热检查计算书

## 公共建筑

### 1 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
3. 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019
4. 《民用建筑热工设计规范》GB50176
5. 施工图、设计说明、墙身大样图、节能计算书

### 2 评价目标与方法

#### 2.1 评价目标

1. 依据《建筑环境通用规范》和《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019的要求和规定，屋顶和外墙的隔热性能应满足要求。
2. 通过房间围护结构的内表面温度计算，判断是否不大于《建筑环境通用规范》给出的内表面最高温度。

#### 2.2 评价方法

1. 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，外墙内表面最高温度应符合表3.2.1的要求：

表 3.2.1 外墙内表面最高温度的限值

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构 ( $D \geq 2.5$ )	轻质围护结构 ( $D < 2.5$ )
内表面最高温度 $\theta_{i,max}$	$\leq t_{e,max}$	$\leq t_i + 2$	$\leq t_i + 3$

2. 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，屋面内表面最高温度应符合表3.2.2的要求：

表 3.2.2 屋顶内表面最高温度的限值

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构 ( $D \geq 2.5$ )	轻质围护结构 ( $D < 2.5$ )
内表面最高温度 $\theta_{i,max}$	$\leq t_{e,max}$	$\leq t_i + 2.5$	$\leq t_i + 3.5$

表中： $\theta_{i \cdot \max}$ —围护结构内表面最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016附录C.3的规定计算；

$t_i$ —室内空气温度，（℃）。

$t_{e \cdot \max}$ —累年日平均温度最高日的最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016配套软件气象数据取用。

3. 外围护结构内表面最高温度按照规范《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016附录C.3的规定计算：

- 1) 按式 3.2.3-1 建立常物性、无内热源的一维非稳态导热的内部微分方程，微分方程的求解可采用有限差分法：

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (3.2.3-1)$$

式中： $\frac{\partial t}{\partial \tau}$ —温度对于时间的导数，℃/s。

$\alpha$ —材料的导温系数， $\alpha = \frac{\lambda}{\rho C}$ ，m<sup>2</sup>/s。

- 2) 按式 3.2.3-2 建立第三类边界条件隐式差分格式边界节点方程（边界节点 1，节点 n 可参照）：

$$-\frac{\lambda}{\Delta x}(t_1^k - t_2^k) + \alpha(t_f^k - t_1^k) + \rho_s l^k = C_p \rho \frac{\Delta x}{2} \cdot \frac{t_1^k - t_1^{k-1}}{\Delta \tau} \quad (3.2.3-2)$$

式中： $C_p$ —材料的比热，J/(kg·K)；

$\rho$ —材料的密度，kg/m<sup>3</sup>；

$\alpha$ —材料的导温系数， $\alpha = \frac{\lambda}{\rho C}$ ，m<sup>2</sup>/s；

$\Delta x$ —差分步长，m；

$\lambda$ —材料的导热系数，[W/(m·K)]；

$t_f^k$ —对流换热温度，℃。

- 3) 按式 3.2.3-3 列出各内部节点和边界点的节点方程，并求解节点方程组得到外墙、屋顶内表面温度值。

$$t_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} t_j + c_i, i=1,2,\dots,n \quad (3.2.3-3)$$

式中： $t_i$ —差分节点温度值，℃。

### 3 边界条件参数设置

#### 3.1 基本设置

公式及变量	变量名	数值	说明
(一) 内表面边界条件（第三类边界条件）			
$t_{f,1}$	夏季室内温度，℃		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值。
$h_1$	室内侧对流换热系数，W/(m <sup>2</sup> ·K)	8.7	按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B.4.1，表 B.4.1-1 取值。

## (二) 外表面边界条件 (第三类边界条件)

$h_{n+1}$	室外侧对流换热系数, ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )	19.0	按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B.4.1, 表 B.4.1-2 取值。
$t_{sh}$	室外空气逐时温度, $^{\circ}\text{C}$		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象数据取用。
$I^k$	表面法向太阳总辐射强度, 包括直射和散射, $\text{W}/\text{m}^2$		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象参数取值。
$\rho_s$	外表面太阳辐射吸收系数		根据工程构造取值。

### 3.2 室外空气温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
28.70	28.70	28.60	28.30	28.00	27.70	28.20	29.00	30.20	31.70	33.20	34.60
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
35.50	36.20	36.80	37.30	37.50	37.40	36.70	35.50	34.60	33.40	32.20	31.00

注: 气象数据参考 河南-南阳

### 3.3 室外太阳辐射照度

变量	变量名	公式来源
$I^k$	表面法向太阳总辐射强度, 包括直射和散射, $\text{W}/\text{m}^2$	按《民用建筑热工设计规范 GB 50176-2016》配套软件气象数据取用。

时刻\朝向	东	南	西	北	水平
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	11.23	7.89	7.52	4.67	13.20
6:00	145.27	61.32	64.32	35.02	137.50
7:00	264.28	137.19	122.83	88.47	291.30
8:00	393.61	216.92	169.39	138.25	496.30
9:00	402.99	298.70	207.65	170.64	653.10
10:00	362.37	376.22	246.44	203.01	794.00
11:00	268.48	413.26	268.48	220.81	851.60
12:00	275.54	413.86	394.86	226.09	853.70
13:00	264.79	374.94	488.61	216.57	793.10
14:00	238.17	303.73	527.11	193.74	672.70
15:00	212.39	228.21	561.19	147.28	567.50
16:00	169.49	134.81	510.88	68.01	410.30
17:00	107.05	37.80	380.20	6.02	227.80
18:00	23.82	15.39	51.46	5.07	39.70
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：气象数据参考 河南-南阳

### 3.4 室内空气温度

根据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取 26 摄氏度

## 4 工程材料

材料名称	导热系数 $\lambda$	蓄热系数 S	密度 $\rho$	比热容 $C_p$	蒸汽渗透系数 u	数据来源
	W/(m.K)	W/(m <sup>2</sup> .K)	kg/m <sup>3</sup>	J/(kg.K)	g/(m.h.kPa)	
水泥砂浆	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	民用建筑热工设计规范 GB50176-2016
钢筋混凝土	1.740	17.200	2500.0	920.0	0.0158	民用建筑热工设计规范 GB50176-2016
细石混凝土（双向配筋）	1.740	17.060	2500.0	920.0	0.0158	黑龙江居住建筑节能设计标准 DB23-T120 — 2001
柔性防水层	0.170	3.330	600.0	1470.0	0.0000	湖北低能耗居住建筑节能设计标准 DB42/T559-2022
绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板（xps板）	0.030	0.290	31.5	1380.0	0.0162	湖北低能耗居住建筑节能设计标准 DB42/T559-2022
精确砌块和专用砌筑砂浆薄灰缝砌块墙（灰缝厚 $\leq 3\text{mm}$ ）b05级	0.160	2.610	590.0	1050.0	0.0000	湖北低能耗居住建筑节能设计标准 DB42/T559-2022
轻骨料混凝土(找坡层)	0.300	5.000	1050.0	1091.3	0.0140	工程详细做法图集 05J909
防水层(忽略保温性能)	5.000	0.111	1.0	1005.0	0.0100	

## 5 工程构造

### 5.1 屋顶构造

#### 5.1.1 屋顶构造一

材料名称	厚度	差分步长	导热系数	蓄热系数	修正系数	热阻	热惰性指标
------	----	------	------	------	------	----	-------

由外到内	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	$\alpha$	(m² K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
细石混凝土（双向配筋）	40	10.0	1.740	17.060	1.00	0.023	0.392
绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板（xps板）	80	11.4	0.030	0.290	1.05	2.540	0.773
柔性防水层	5	5.0	0.170	3.330	1.00	0.029	0.098
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
轻骨料混凝土(找坡层)	30	7.5	0.300	5.000	1.00	0.100	0.500
钢筋混凝土	120	12.0	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
各层之和 $\Sigma$	335	—	—	—	—	2.826	3.683
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.34						
重质/轻质	重质围护结构						

#### 5.1.1.1 空调房间：逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.80	26.79	26.77	26.75	26.72	26.69	26.67	26.64	26.61	26.58	26.56	26.55
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.55	26.55	26.57	26.60	26.64	26.67	26.71	26.75	26.77	26.79	26.80	26.80

## 5.2 外墙（填充墙）构造

### 5.2.1 填充墙构造一

材料名称 由外到内	厚度	差分步长	导热系数	蓄热系数	修正系数	热阻	热惰性指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	$\alpha$	(m² K)/W	D=R*S
水泥砂浆	6	6.0	0.930	11.370	1.00	0.006	0.073
防水层(忽略保温性能)	0	0.0	5.000	0.111	1.00	0.000	0.000
水泥砂浆	6	6.0	0.930	11.370	1.00	0.006	0.073
精确砌块和专用砌筑砂浆薄灰缝砌块墙（灰缝厚 $\leq 3\text{mm}$ ）b05级	250	7.6	0.160	2.610	1.00	1.563	4.078
水泥砂浆	10	10.0	0.930	11.370	1.00	0.011	0.122
各层之和 $\Sigma$	272	—	—	—	—	1.586	4.347
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.57						
重质/轻质	重质围护结构						

#### 5.2.1.1 空调房间：东向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.96	26.93	26.90	26.87	26.82	26.77	26.72	26.67	26.63	26.58	26.55	26.54
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.55	26.58	26.62	26.67	26.73	26.78	26.83	26.88	26.92	26.95	26.96	26.97

#### 5.2.1.2 空调房间：西向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
27.16	27.14	27.11	27.06	27.00	26.94	26.87	26.81	26.75	26.69	26.64	26.60
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.58	26.58	26.59	26.62	26.67	26.73	26.82	26.91	27.00	27.08	27.14	27.16

#### 5.2.1.3 空调房间：南向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.96	26.94	26.91	26.87	26.82	26.78	26.73	26.68	26.63	26.58	26.55	26.52
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.51	26.52	26.56	26.61	26.67	26.74	26.82	26.88	26.93	26.96	26.97	26.97

#### 5.2.1.4 空调房间：北向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.77	26.76	26.74	26.72	26.69	26.66	26.62	26.58	26.54	26.50	26.47	26.45
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.44	26.44	26.46	26.49	26.53	26.58	26.63	26.68	26.72	26.74	26.76	26.77

## 6 验算结论

### 6.1 空调房间

类型	构造	时刻	最高温度(°C)	限值(°C)	结论
屋顶	上:屋顶构造一	22:35	26.81	28.50	满足
外墙（填充墙）	东:填充墙构造一	22:35	26.97	28.00	满足
	西:填充墙构造一	23:30	27.17	28.00	满足
	南:填充墙构造一	22:30	26.98	28.00	满足
	北:填充墙构造一	23:25	26.77	28.00	满足