

# 科创研发中心-1、-2#内表面最高温度计算分析报告

项目名称： 科创研发中心-1、-2#

项目地点： 广东江门

设计人： 冼华杰

校对人： 谭金锋

审核人： 安丽

审批人： 宋金祥

设计单位： 广东中人工程设计有限公司

建设单位： 广州软件学院

设计日期： 202501

计算软件	PBECA 建筑节能设计分析软件
研发单位	中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司
软件版本	20240830
计算时间	2024.12.24 1:26

# 科创研发中心-1、-2#

## 内表面最高温度计算分析报告书

### 1 计算依据

- 《建筑环境通用规范》GB 55016-2021
- 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年修订版）
- 《绿色建筑评价技术细则》

### 2 指标要求

内表面最高温度计算标准依据主要为《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年修订版）和《民用建筑热工设计规范》GB 50176-2016、《建筑环境通用规范》GB 55016-2021。

#### 2.1 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年修订版）条文要求

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年修订版）控制项中对围护结构内表面最高温度要求为：

“5.1.7 条 屋顶和外墙隔热性能应满足现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB50176 的要求。”

#### 2.2 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 和《建筑环境通用规范》GB 55016-2021 要求

##### 2.2.1 外墙的要求

外墙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 1 的要求：

表 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 $\theta_{i,max}$	$\leq t_{e,max}$	$\leq t_i + 2$	$\leq t_i + 3$

2.2.2 屋顶的要求

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

表 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≥2.5）	轻质围护结构（D<2.5）
内表面最高温度 θ <sub>i,max</sub>	≤te,max	≤ti+2.5	≤ti+3.5

表中 θ<sub>i,max</sub>——围护结构内表面最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》附录 C3 中的规定计算；

te,max——累年日平均温度最高日的最高温度（℃）；

ti——室内空气温度（℃）。

3 模拟概述

3.1 原理概要

围护结构外墙和屋顶的传热过程，通常视为一维非稳态无内热源的导热问题，计算方法采用数值分析法，计算方程如下。首先建立常物性、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，按下式计算：

（1）数学模型：

$$\rho_j c_j \frac{\partial t_j(x,\tau)}{\partial \tau} = \lambda_j \frac{\partial^2 t_j(x,\tau)}{\partial x^2}, j = 1, 2, 3 \dots, n \tag{1}$$

（2）初始条件：

$$t(x, 0) = f_j(x), j = 1, 2, 3 \dots, n \tag{2}$$

（3）边界条件：

$$x = 0, -\lambda_1 \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} = \alpha_0 [T_0(\tau) - t(0,\tau)] \tag{3}$$

$$x = L, -\lambda_n \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} = \alpha_1 [t(L,\tau) - T_1(\tau)] \tag{4}$$

式中：

ρ<sub>j</sub>, c<sub>j</sub>, λ<sub>j</sub>——分别为第 j 层材料的密度、比热和导热系数；

$\alpha_0$ ——室外空气对流表面换热系数，取  $19.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；

$\alpha_1$ ——室内空气对流表面换热系数，取  $8.7\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；

$T_0(\tau)$ ——室外空气综合温度，单位 $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_1(\tau)$ ——室内空气温度，单位 $^{\circ}\text{C}$ ；按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值；

$t_j(x)$ ——第  $j$  层初始温度，单位 $^{\circ}\text{C}$ ；

$L$ ——构件总厚度， $\text{mm}$ 。

(4) 室外综合温度逐时值：

$$T_0(\tau) = T_e(\tau) + \frac{\rho_s I(\tau)}{\alpha_0} \quad (5)$$

式中：

$T_e(\tau)$ ——室外空气逐时温度，单位 $^{\circ}\text{C}$ ，可按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录光盘中选取。

$\rho_s$ ——外表面太阳辐射吸收系数，可按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 选取。

$I(\tau)$ ——表面法向太阳总辐射强度（包括直射和散射），单位  $\text{W}/\text{m}^2$ 。可按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录光盘中选取；

其次，对传热过程进行数值求解。软件采用有限差分法，通过建立节点的有限差分方程，采用迭代法对热平衡微分方程及导热微分方程进行求解。

## 3.2 参数设置

根据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016、《建筑环境通用规范》GB 55016-2021 的条文及附录要求，进行边界条件及计算参数的设置。

### 3.2.1 边界条件

1) 外表面：第三类边界条件，室外空气逐时温度按照本规范附录 A.0.1 条的规定取值，对流换热系数  $19.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；

2) 内表面：第三类边界条件，室内空气温度按照本规范第 3.3.2 条的规定取值，对流换热系数  $8.7\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；

3) 其它边界：第二类边界条件，热流密度  $0\text{W}/\text{m}^2$ ；

### 3.2.2 温度参数

1) 室内温度： $26^{\circ}\text{C}$ 。按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值。

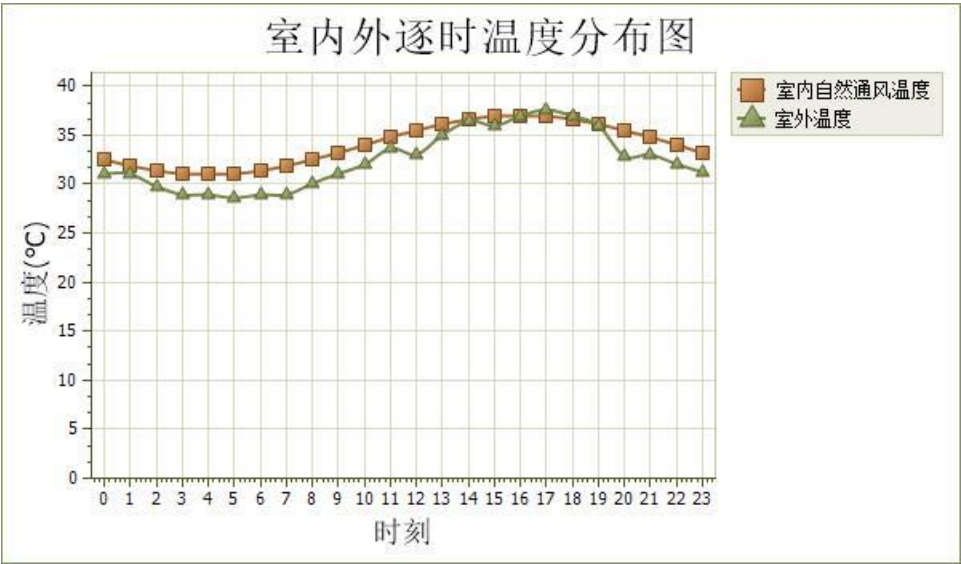
2) 室外空气逐时温度及太阳辐射，按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 A 的备注选取。

4 模拟分析

本项目为计算江门的内表面最高温度。

4.1 室内外逐时温度

图 1 室内外空气逐时温度 24 小时曲线图



4.2 太阳总辐射照度表

表 3 太阳总辐射照度表 (W/m2)

时刻	南	东	西	北	水平
0	--	--	--	--	--
1	--	--	--	--	--
2	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--
6	20.60	41.34	3.91	3.09	7.32
7	118.31	200.54	61.46	48.95	133.40
8	204.56	346.52	128.26	103.01	311.33
9	262.58	449.39	185.39	150.27	503.37

10	290.15	472.38	227.03	185.40	669.23
11	303.06	423.44	256.07	209.82	761.96
12	371.77	337.20	259.28	244.18	790.03
13	350.70	287.08	280.24	233.14	796.27
14	299.99	254.01	357.85	208.78	800.48
15	252.56	192.36	427.78	162.85	788.65
16	256.13	160.21	464.53	134.65	618.98
17	240.27	118.61	423.74	98.35	406.80
18	208.30	62.44	372.61	51.63	208.58
19	115.40	9.49	195.97	7.68	25.50
20	--	--	--	--	--
21	--	--	--	--	--
22	--	--	--	--	--
23	--	--	--	--	--

### 4.3 材料热工参数

表 4 材料热工参数参考依据

材料名称	干密度 (Kg/m <sup>3</sup> )	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	修正系数 α		选用依据
				α	使用部位	
岩棉板	110	0.041	0.47	楼板:1.20	底部接触空气的架空楼板	《民用建筑设计热工规范》
玻化微珠保温砂浆 1	350	0.070	1.20	墙体:1.25	外墙	《江西省居住建筑节能设计标准》 DBJ/T36-024—2014
玻化微珠保温浆料	350	0.070	1.20	墙体:1.25	热桥楼板/热桥梁/热桥过梁	《民用建筑热工设计规范》 (GB50176-2016)

5 计算结果

5.1 屋顶

本项目屋面内表面最高温度的详细计算过程如下所示：

表 5 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料材料构造材料汇总表

挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m ·K) ]	蓄热系数 [W/(m² ·K) ]	热阻值 [(m² ·K)/W ]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
地砖	--	--	--	--	--	--
M20 水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
C15 细石混凝土	50.0	1.740	17.200	0.029	0.49	1.00
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料	80.0	0.030	0.340	2.424	0.91	1.10
M20 水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
泡沫混凝土 4	20.0	0.180	3.100	0.074	0.34	1.50
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 各层之和	310.0			2.64	3.42	
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料热阻 Ro=Ri+ Σ R+Re=2.80[(m² ·K)/W]			Ri=0.11[(m² ·K)/W];Re=0.05[(m² ·K)/W]			
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 传热系数	K=1/Ro=0.36[W/(m² ·K)]					
太阳辐射吸收系数	ρ = 0.70					
轻质或重质	重质					
差分时间步长（分钟）	5					

5.1.1 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料--空调房间

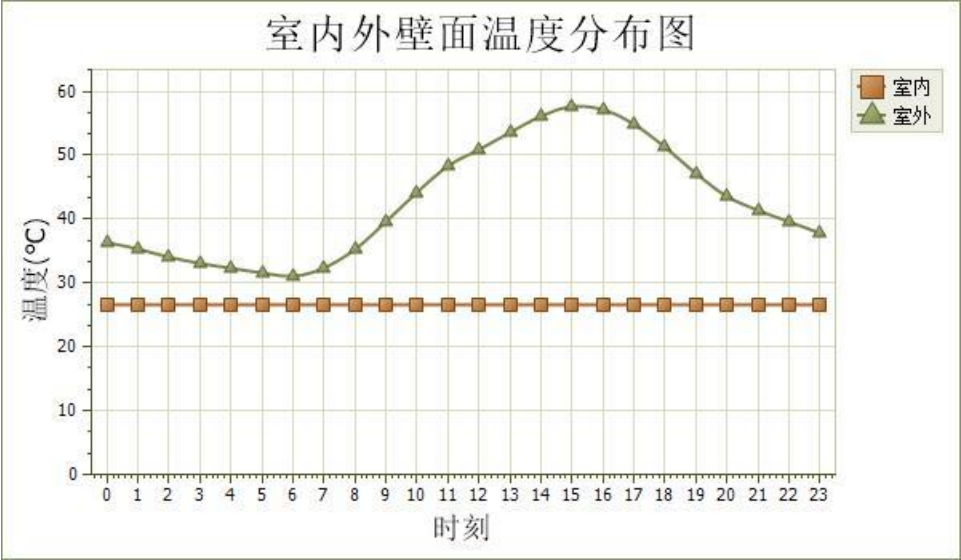


表 6 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料内外壁面温度逐时值一空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	36.42	35.39	34.15	33.01	32.23	31.48	31.15	32.40	35.42	39.51	44.02	48.25
内壁面	26.65	26.66	26.67	26.67	26.67	26.66	26.65	26.65	26.64	26.62	26.61	26.60
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	50.97	53.71	56.17	57.62	57.07	54.82	51.36	47.13	43.50	41.39	39.47	37.75
内壁面	26.59	26.58	26.57	26.57	26.57	26.58	26.58	26.60	26.61	26.63	26.64	26.65

5.1.2 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料--自然通风房间

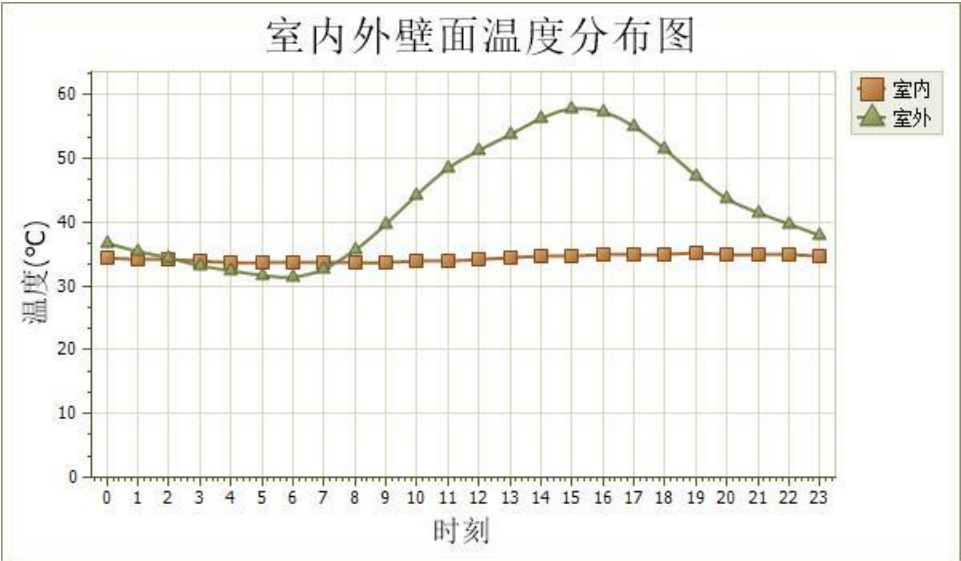




表 7 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	36.55	35.52	34.29	33.15	32.37	31.62	31.29	32.54	35.56	39.65	44.16	48.38
内壁面	34.45	34.27	34.08	33.91	33.77	33.67	33.61	33.61	33.65	33.73	33.86	34.01
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	51.11	53.84	56.30	57.76	57.20	54.95	51.50	47.26	43.63	41.53	39.60	37.89
内壁面	34.19	34.37	34.56	34.72	34.86	34.96	35.02	35.04	35.00	34.92	34.80	34.64

5.1.3 结论

表 8 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料内表面最高温度判定

挤塑聚苯乙烯泡沫塑料房间类型	最高温度	限值	结论
空调房间	26.67	28.50	满足要求
自然通风房间	35.04	37.60	满足要求

5.2 外墙

本项目外墙内表面最高温度的详细计算过程如下所示：

表 9 外墙材料构造材料汇总表

外墙 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m •K) ]	蓄热系数 [W/(m² •K) ]	热阻值 [(m² •K)/W ]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
白石灰	--	--	--	--	--	--
聚合物水泥砂浆	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00
加气混凝土砌块 B07	200.0	0.220	3.600	0.727	3.27	1.25
玻化微珠保温砂浆 1	20.0	0.070	1.200	0.229	0.34	1.25
外墙各层之和	240.0			0.98	3.86	
外墙热阻 Ro=Ri+∑ R+Re=1.13[(m² • K)/W]			Ri=0.11[(m² • K)/W];Re=0.04[(m² • K)/W]			
外墙传热系数	K=1/Ro=0.89[W/(m² • K)]					

太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$
轻质或重质	重质
差分时间步长（分钟）	5

5.2.1 东向外墙

5.2.1.1 东向外墙--空调房间

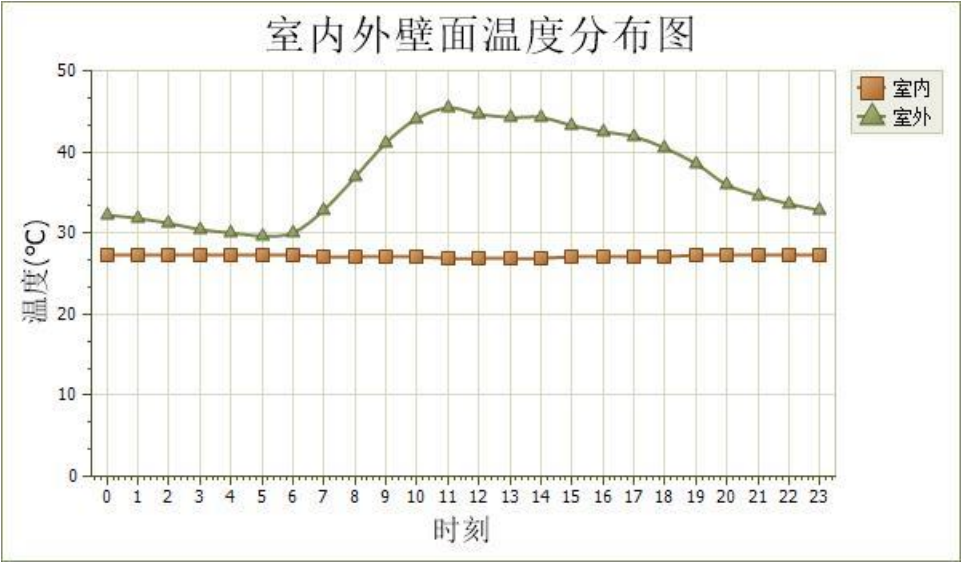


表 10 东向外墙内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	32.18	31.85	31.17	30.41	29.98	29.60	30.12	32.79	36.95	41.11	44.05	45.50
内壁面	27.37	27.36	27.34	27.31	27.28	27.24	27.20	27.15	27.11	27.06	27.02	26.99
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	44.73	44.30	44.30	43.30	42.61	41.96	40.54	38.54	36.03	34.71	33.70	32.79
内壁面	26.97	26.98	27.00	27.04	27.09	27.14	27.19	27.24	27.28	27.32	27.35	27.37

5.2.1.2 东向外墙--自然通风房间



表 11 东向外墙内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	32.49	32.16	31.49	30.73	30.30	29.92	30.43	33.10	37.26	41.41	44.35	45.78
内壁面	33.65	33.13	32.69	32.37	32.19	32.15	32.27	32.53	32.91	33.39	33.93	34.50
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	45.02	44.58	44.58	43.57	42.89	42.24	40.82	38.83	36.32	35.00	34.00	33.09
内壁面	35.06	35.58	36.02	36.36	36.55	36.60	36.49	36.23	35.85	35.37	34.82	34.23

5.2.2 南向外墙

5.2.2.1 南向外墙--空调房间

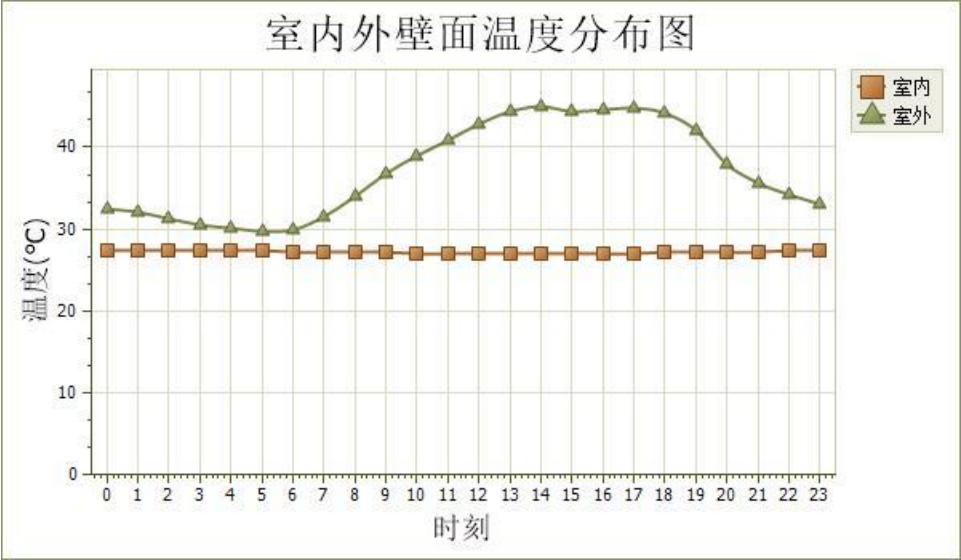


表 12 南向外墙内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	32.40	32.00	31.28	30.50	30.05	29.65	29.86	31.44	34.06	36.72	38.92	40.92
内壁面	27.36	27.37	27.37	27.35	27.32	27.28	27.24	27.20	27.15	27.10	27.05	27.01
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	42.79	44.32	44.98	44.46	44.61	44.83	44.25	42.14	37.94	35.64	34.22	33.11
内壁面	26.99	26.97	26.97	26.98	27.01	27.05	27.10	27.15	27.21	27.26	27.31	27.34

5.2.2.2 南向外墙--自然通风房间



表 13 南向外墙内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	32.71	32.31	31.60	30.82	30.37	29.97	30.18	31.75	34.37	37.02	39.22	41.21
内壁面	33.65	33.14	32.72	32.40	32.23	32.19	32.31	32.57	32.95	33.42	33.96	34.52
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	43.07	44.60	45.26	44.74	44.89	45.11	44.53	42.42	38.23	35.93	34.52	33.42
内壁面	35.07	35.57	35.99	36.30	36.48	36.52	36.40	36.15	35.77	35.31	34.77	34.21

5.2.3 西向外墙

5.2.3.1 西向外墙--空调房间

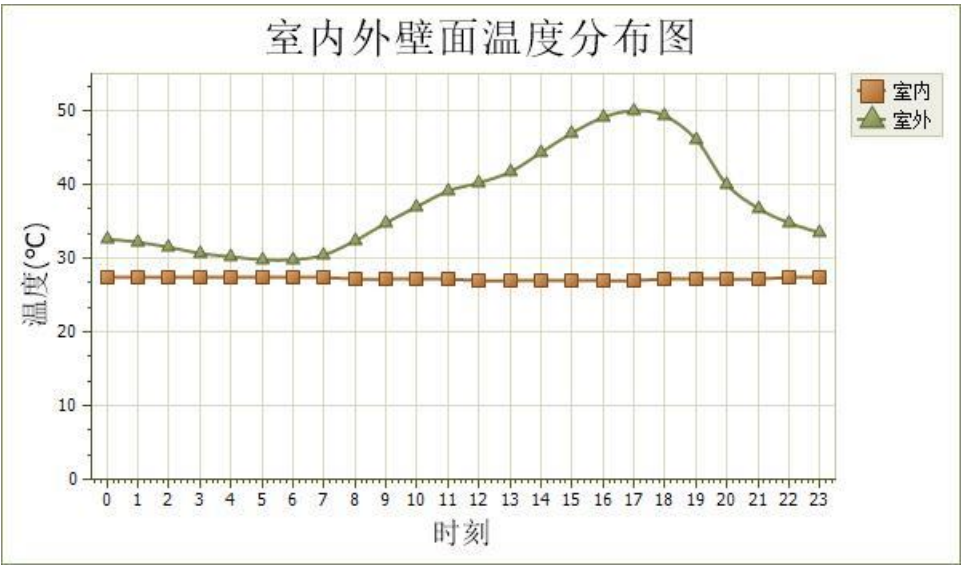


表 14 西向外墙内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	32.70	32.22	31.45	30.64	30.17	29.75	29.70	30.52	32.42	34.68	36.89	39.14
内壁面	27.44	27.46	27.47	27.45	27.43	27.39	27.35	27.30	27.24	27.19	27.14	27.09
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	40.19	41.78	44.46	46.88	49.11	50.00	49.44	46.13	40.04	36.73	34.87	33.54
内壁面	27.05	27.02	27.00	27.00	27.01	27.04	27.08	27.13	27.20	27.27	27.34	27.40

5.2.3.2 西向外墙--自然通风房间

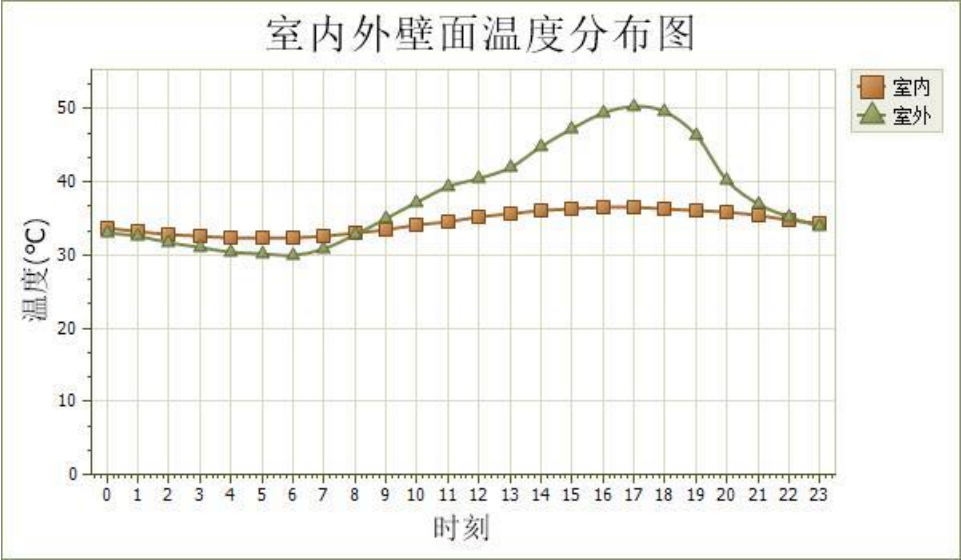


表 15 西向外墙内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	33.01	32.54	31.77	30.96	30.49	30.07	30.01	30.83	32.72	34.98	37.19	39.43
内壁面	33.73	33.23	32.82	32.51	32.33	32.30	32.42	32.67	33.05	33.51	34.04	34.59
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	40.47	42.06	44.74	47.16	49.39	50.28	49.72	46.41	40.33	37.02	35.18	33.84
内壁面	35.13	35.62	36.02	36.32	36.48	36.50	36.38	36.13	35.76	35.32	34.81	34.26

5.2.4 北向外墙

5.2.4.1 北向外墙--空调房间

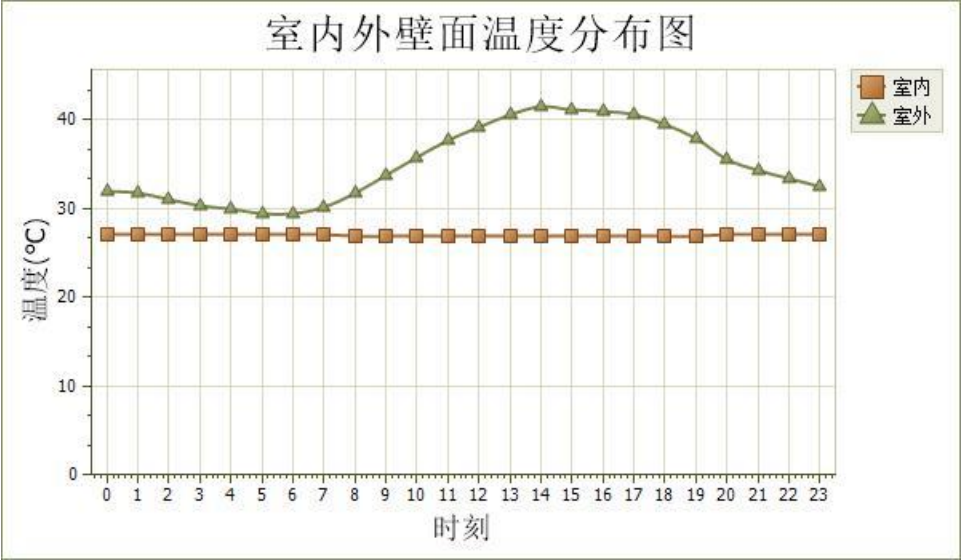


表 16 北向外墙内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	31.97	31.66	31.00	30.26	29.85	29.47	29.44	30.11	31.73	33.71	35.67	37.73
内壁面	27.08	27.09	27.09	27.08	27.06	27.03	27.01	26.97	26.94	26.90	26.87	26.84
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	39.13	40.49	41.47	41.18	40.94	40.61	39.51	37.84	35.53	34.34	33.40	32.53
内壁面	26.81	26.80	26.79	26.80	26.82	26.85	26.89	26.93	26.97	27.01	27.04	27.07

5.2.4.2 北向外墙--自然通风房间

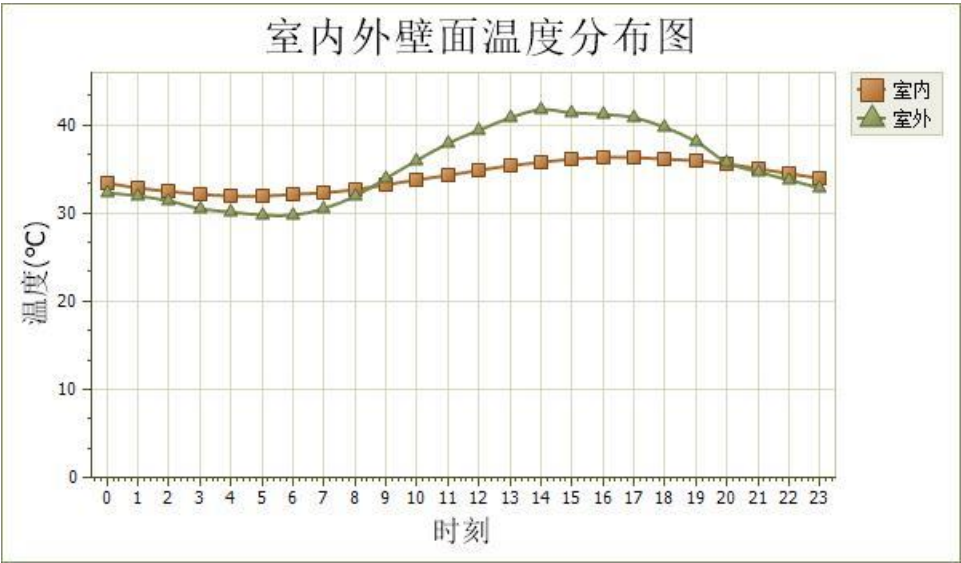


表 17 北向外墙内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	32.28	31.97	31.32	30.58	30.17	29.79	29.76	30.42	32.04	34.01	35.97	38.02
内壁面	33.37	32.86	32.44	32.13	31.96	31.94	32.08	32.35	32.74	33.23	33.78	34.35
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	39.41	40.77	41.75	41.45	41.22	40.88	39.79	38.12	35.82	34.63	33.70	32.84
内壁面	34.90	35.40	35.81	36.12	36.29	36.31	36.19	35.92	35.54	35.06	34.51	33.93

5.2.5 结论

表 18 外墙内外壁面温度判定

外墙房间类型	最高温度	限值	结论
东向空调房间	27.37	28.00	满足要求
东向自然通风房间	36.60	37.60	满足要求
南向空调房间	27.37	28.00	满足要求
南向自然通风房间	36.52	37.60	满足要求
西向空调房间	27.47	28.00	满足要求
西向自然通风房间	36.50	37.60	满足要求
北向空调房间	27.09	28.00	满足要求
北向自然通风房间	36.31	37.60	满足要求

6 结果汇总

6.1 屋面汇总

表 19 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料内表面最高温度计算汇总表

挤塑聚苯乙烯泡沫塑料房间类型	最高温度	限值	结论
----------------	------	----	----



空调房间	26.67	28.50	满足要求
自然通风房间	35.04	37.60	满足要求

## 6.2 外墙汇总

表 20 外墙内表面最高温度计算汇总表

外墙房间类型	最高温度	限值	结论
东向空调房间	27.37	28.00	满足要求
东向自然通风房间	36.60	37.60	满足要求
南向空调房间	27.37	28.00	满足要求
南向自然通风房间	36.52	37.60	满足要求
西向空调房间	27.47	28.00	满足要求
西向自然通风房间	36.50	37.60	满足要求
北向空调房间	27.09	28.00	满足要求
北向自然通风房间	36.31	37.60	满足要求