

# 隔热检查计算书

## 居住建筑

工程名称	广州市启新学校花山校区二期改造工程一2号楼(居建部分)
工程地点	广东-广州
设计编号	S2025036
建设单位	广州市教育基建和装备中心
设计单位	广州珠江外资建筑设计院有限公司
设计人	陈绕超
校对 人	宋款



采用软件	斯维尔节能设计 Becs2023
软件版本	20220401
研发单位	北京绿建软件股份有限公司
正版授权码	SP9442B22

## 目 录

1.建筑概况.....	3
2.评价依据.....	3
3.评价目标与方法.....	3
3.1 评价目标.....	3
3.2 评价方法.....	3
4.边界条件参数设置.....	4
4.1 基本设置.....	4
4.2 室外空气温度.....	5
4.3 室外太阳辐射照度.....	5
4.4 室内空气温度.....	7
5.工程材料.....	7
6.工程构造.....	8
6.1 屋顶构造.....	8
6.1.1 挤塑聚苯板 80+钢筋砼 120(计算 80mm,设计 100mm).....	8
6.2 外墙构造.....	9
6.2.1 加气混凝土墙体.....	9
6.2.2 灰砂砖墙体（南北）.....	12
6.2.3 灰砂砖墙体（东西）.....	14
7.验算结论.....	17
7.1 自然通风房间.....	17

## 1 建筑概况

工程名称	广州市启新学校花山校区二期改造工程—2 号楼(居建部分)	
工程地点	广东-广州	
地理位置	北纬: 23.08°	东经: 113.14°
气候子区	夏热冬暖 B 区	
大气透明度等级	5	
建筑面积	地上 5621m <sup>2</sup>	地下 0m <sup>2</sup>
建筑层数	地上 6	地下 0
建筑高度	21.0m	
结构类型	框架剪力墙结构	

## 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
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

## 3 评价目标与方法

### 3.1 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。

### 3.2 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	轻质围护结构

		(D≥2.5)	(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： $\theta_{i,max}$ —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，（℃）。

$t_{e,max}$ —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，℃。

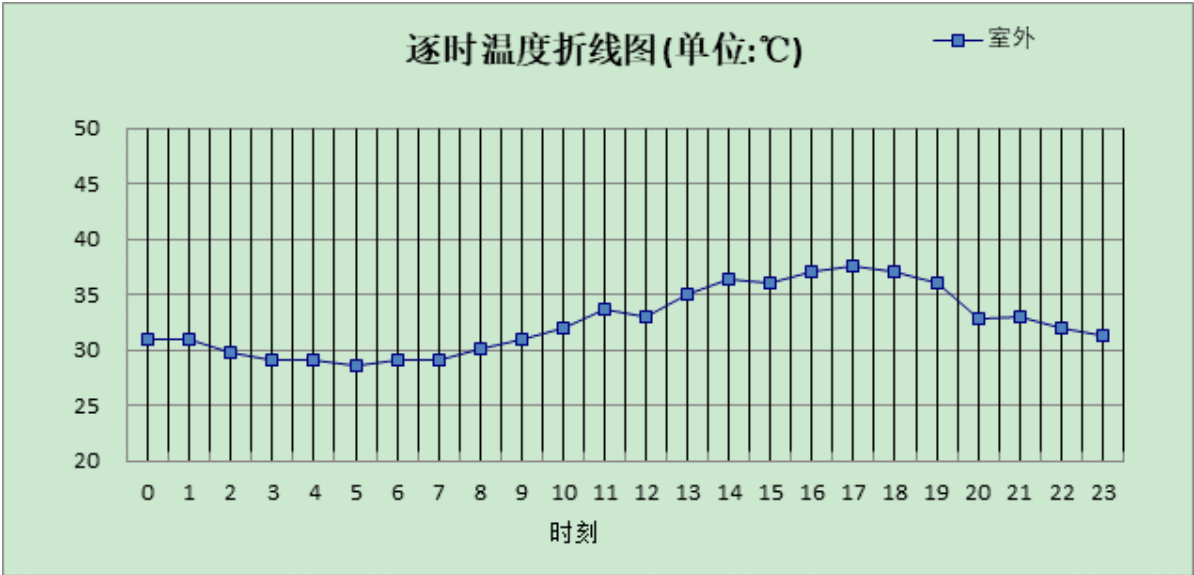
## 4 边界条件参数设置

### 4.1 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, °C		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, (m <sup>2</sup> · 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, °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, W/m <sup>2</sup>		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。

4.2 室外空气温度



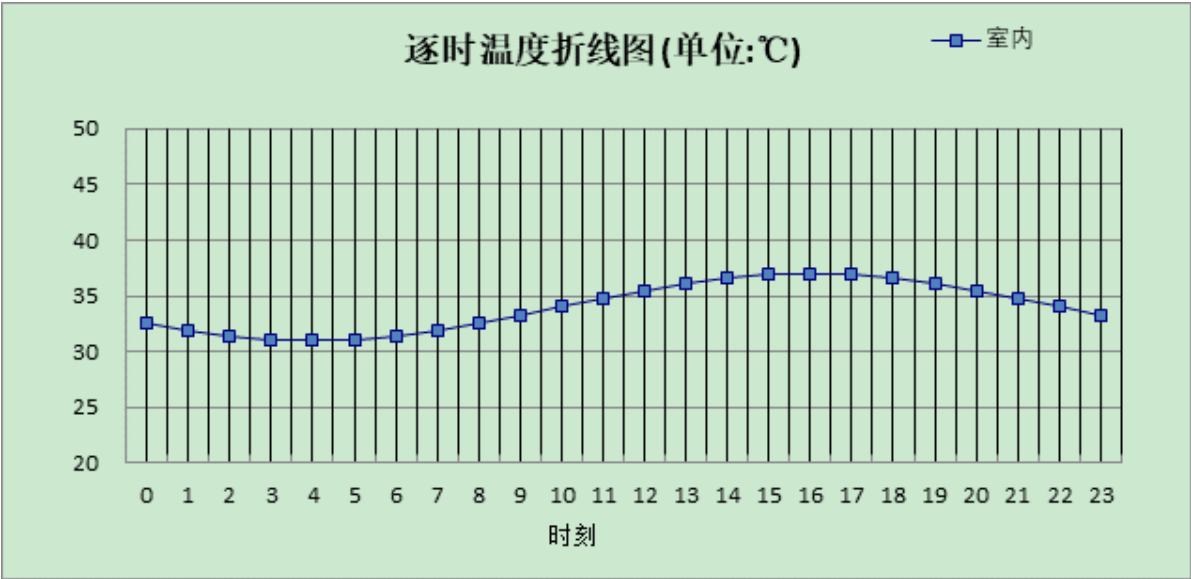
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
31.00	31.00	29.80	29.00	29.00	28.60	29.00	29.00	30.10	31.00	32.00	33.60
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
33.00	35.00	36.40	36.00	37.00	37.60	37.00	36.00	32.80	33.00	32.00	31.20

4.3 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, W/m <sup>2</sup>	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	41.34	20.60	3.91	3.09	7.32
7:00	200.54	118.31	61.46	48.95	133.40
8:00	346.52	204.56	128.26	103.01	311.33
9:00	449.39	262.58	185.39	150.27	503.37
10:00	472.38	290.15	227.03	185.40	669.23
11:00	423.44	303.06	256.07	209.82	761.96
12:00	337.20	371.77	259.28	244.18	790.03
13:00	287.08	350.70	280.24	233.14	796.27
14:00	254.01	299.99	357.85	208.78	800.48
15:00	192.36	252.56	427.78	162.85	788.65
16:00	160.21	256.13	464.53	134.65	618.98
17:00	118.61	240.27	423.74	98.35	406.80
18:00	62.44	208.30	372.61	51.63	208.58
19:00	9.49	115.40	195.97	7.68	25.50
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

4.4 室内空气温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
32.50	31.88	31.41	31.11	31.00	31.11	31.41	31.88	32.50	33.23	34.00	34.78
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	36.13	36.60	36.90	37.00	36.90	36.60	36.13	35.50	34.78	34.00	33.23

5 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 $u$	备注
	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	来源:《民用建筑 热工设计规范 (GB50176-2016)》
抗裂砂浆	0.810	10.070	1600.0	1050.0	0.0443	来源:《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	来源:《民用建筑 热工设计规范 (GB50176-2016)》
细石混凝土	1.740	17.200	2500.0	920.0	0.0158	来源:《民用建筑 热工设计规范 (GB50176-2016)》
挤塑聚苯板	0.030	0.340	30.0	1647.0	0.0162	

2h 隔热保温全效凝胶	0.030	5.560	210.0	1035.0	0.0000	防火等级 A 级
加气混凝土	0.180	3.100	700.0	1050.0	0.0998	来源:《民用建筑热工设计规范(GB50176-2016)》
灰砂砖砌体	1.100	12.720	1900.0	1064.5	0.0000	
混凝土多孔砖(190 六孔砖)	0.750	7.490	1450.0	709.4	0.0000	

## 6 工程构造

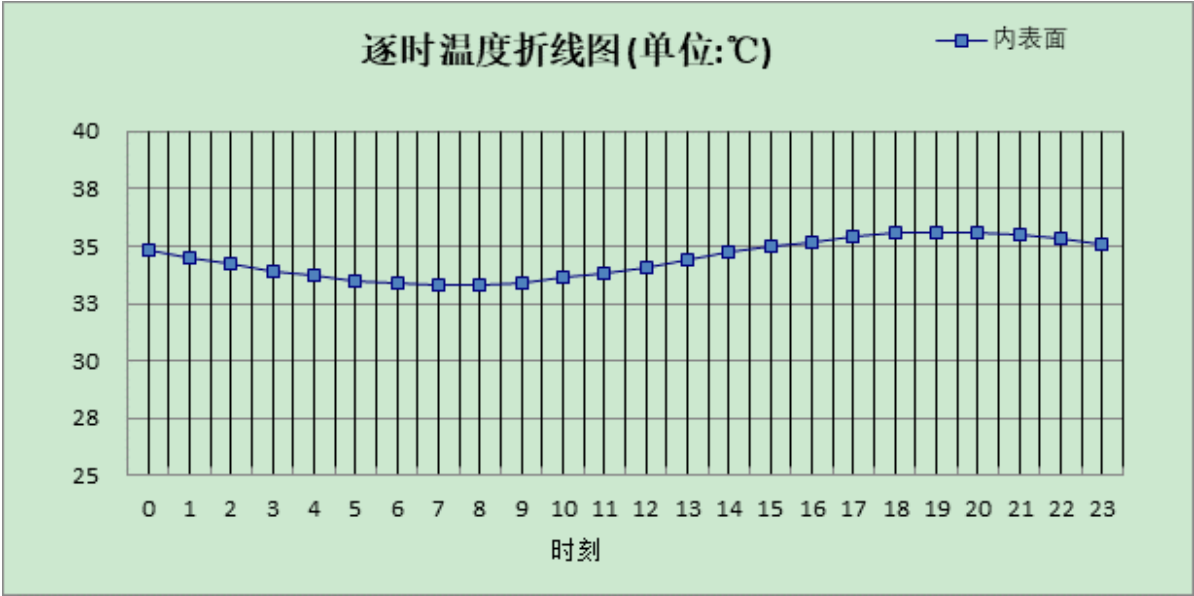
### 6.1 屋顶构造

#### 6.1.1 挤塑聚苯板 80+钢筋砼 120(计算 80mm, 设计 100mm)

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)	$\alpha$	(m²K)/W	D=R*S
水泥砂浆	25	8.3	0.930	11.370	1.00	0.027	0.306
细石混凝土	40	10.0	1.740	17.200	1.00	0.023	0.395
挤塑聚苯板	80	11.4	0.030	0.340	1.20	2.222	0.907
细石混凝土	30	10.0	1.740	17.200	1.00	0.017	0.297
钢筋混凝土	120	12.0	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
各层之和 $\Sigma$	295	—	—	—	—	2.358	3.090
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 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.40						
重质/轻质	重质围护结构						



6.1.1.1 自然通风房间：逐时温度



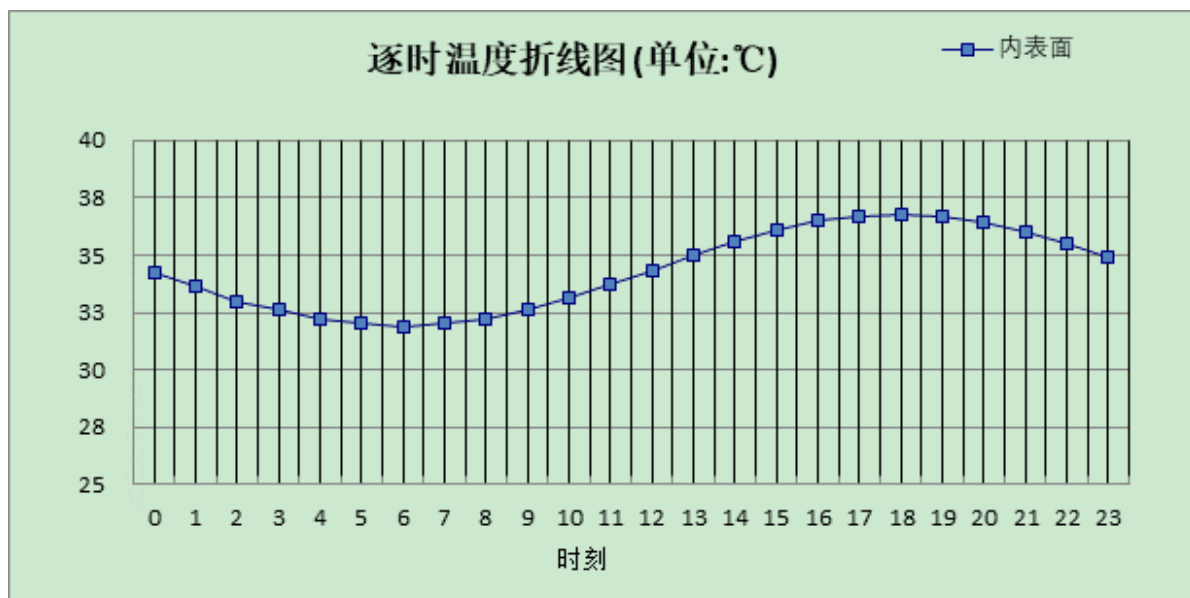
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.79	34.49	34.19	33.91	33.67	33.48	33.36	33.31	33.33	33.43	33.59	33.81
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.07	34.37	34.67	34.96	35.22	35.42	35.56	35.62	35.60	35.49	35.31	35.07

6.2 外墙构造

6.2.1 加气混凝土墙体

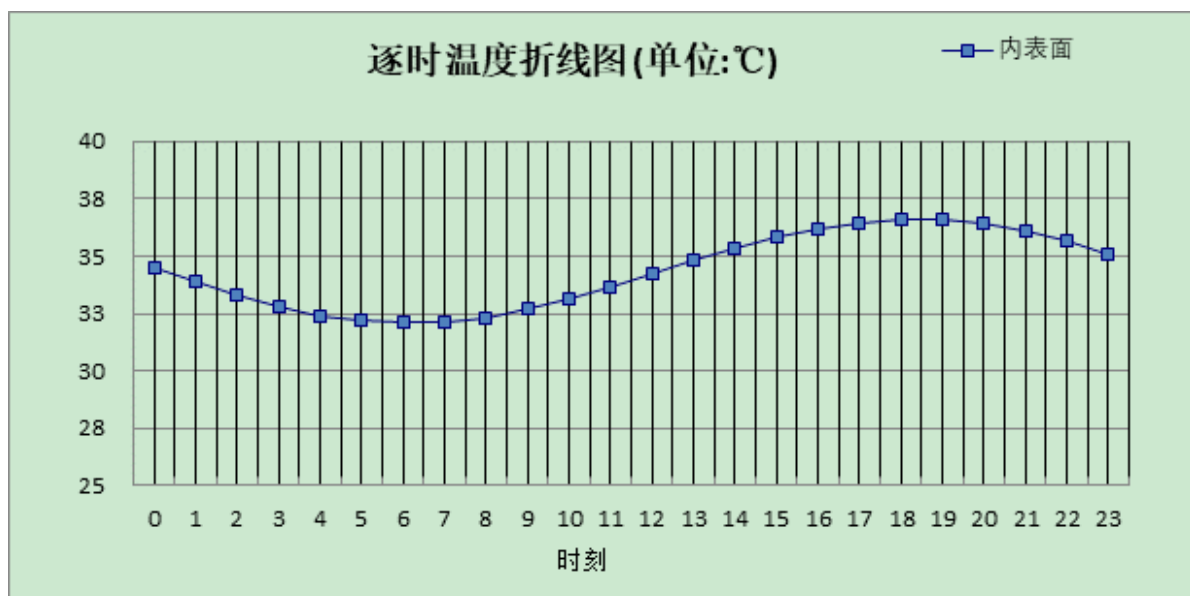
材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	α	(m²K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
加气混凝土	200	7.4	0.180	3.100	1.25	0.889	3.444
水泥砂浆	15	7.5	0.930	11.370	1.00	0.016	0.183
各层之和Σ	235	—	—	—	—	0.927	3.872
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.60						
传热系数 K=1/(0.16+ΣR)	0.92						
重质/轻质	重质围护结构						

### 6.2.1.1 自然通风房间：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
34.23	33.61	33.04	32.56	32.21	31.99	31.93	32.01	32.24	32.60	33.08	33.67
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.31	34.97	35.59	36.10	36.48	36.71	36.76	36.65	36.39	35.98	35.46	34.86

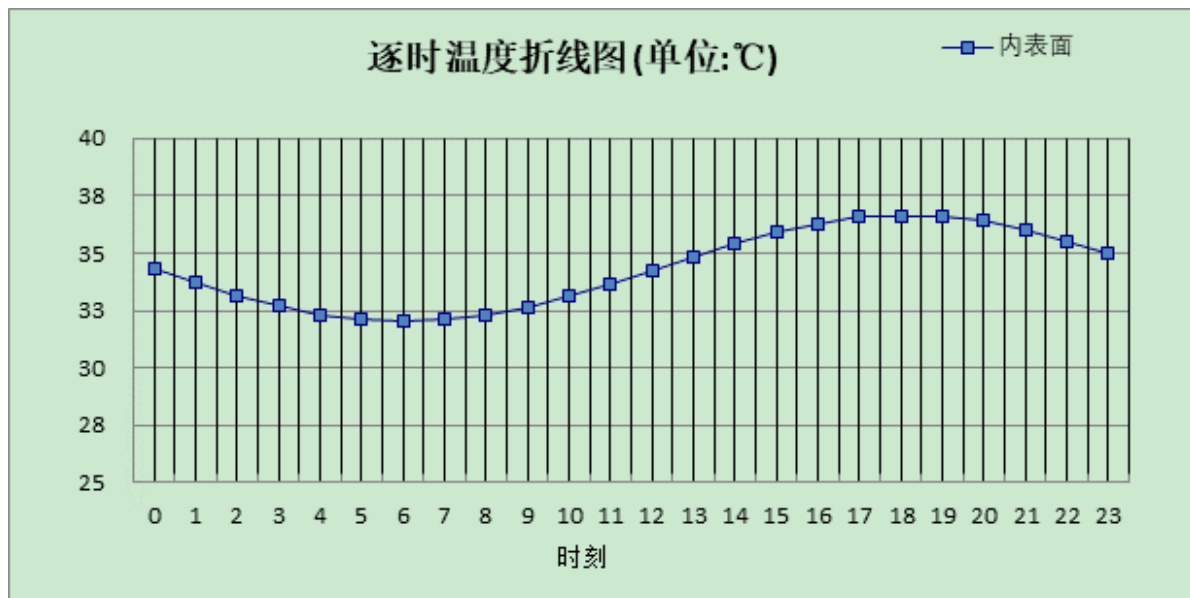
### 6.2.1.2 自然通风房间：西向逐时温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.53	33.89	33.30	32.80	32.41	32.17	32.08	32.14	32.35	32.68	33.12	33.64

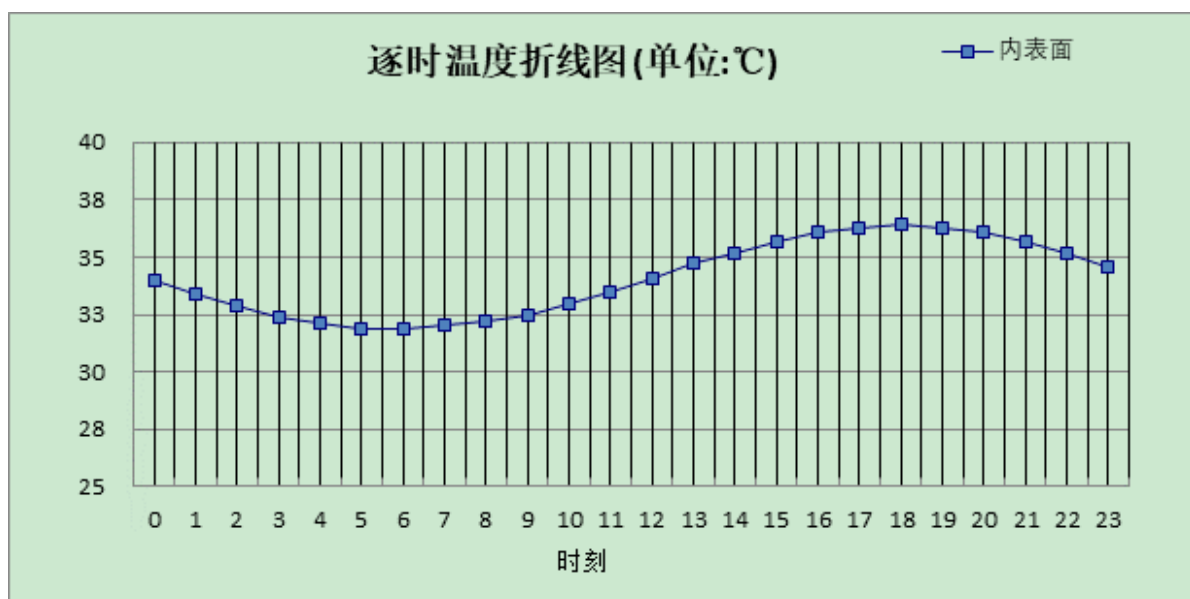
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.21	34.80	35.34	35.82	36.19	36.44	36.57	36.56	36.41	36.12	35.69	35.15

#### 6.2.1.3 自然通风房间：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
34.34	33.72	33.14	32.65	32.29	32.06	31.99	32.07	32.28	32.63	33.09	33.64
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.24	34.84	35.42	35.91	36.30	36.55	36.64	36.58	36.36	36.01	35.53	34.96

#### 6.2.1.4 自然通风房间：北向逐时温度

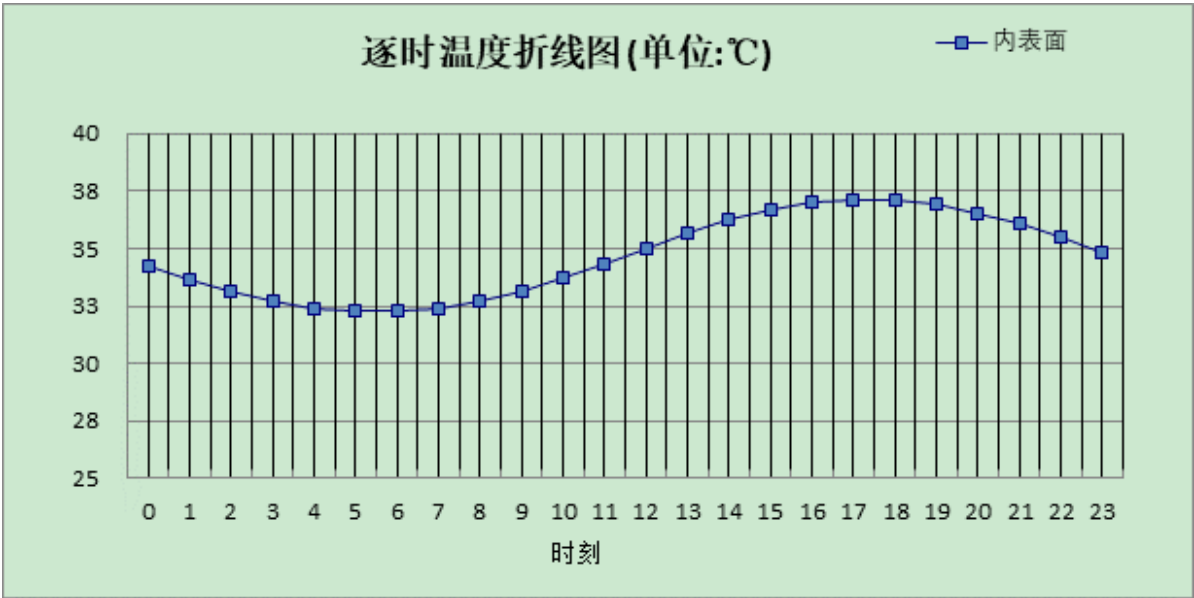


0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.04	33.45	32.90	32.44	32.11	31.91	31.86	31.95	32.19	32.55	33.00	33.54
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.12	34.70	35.25	35.72	36.08	36.31	36.39	36.30	36.07	35.70	35.21	34.65

6.2.2 灰砂砖墙体（南北）

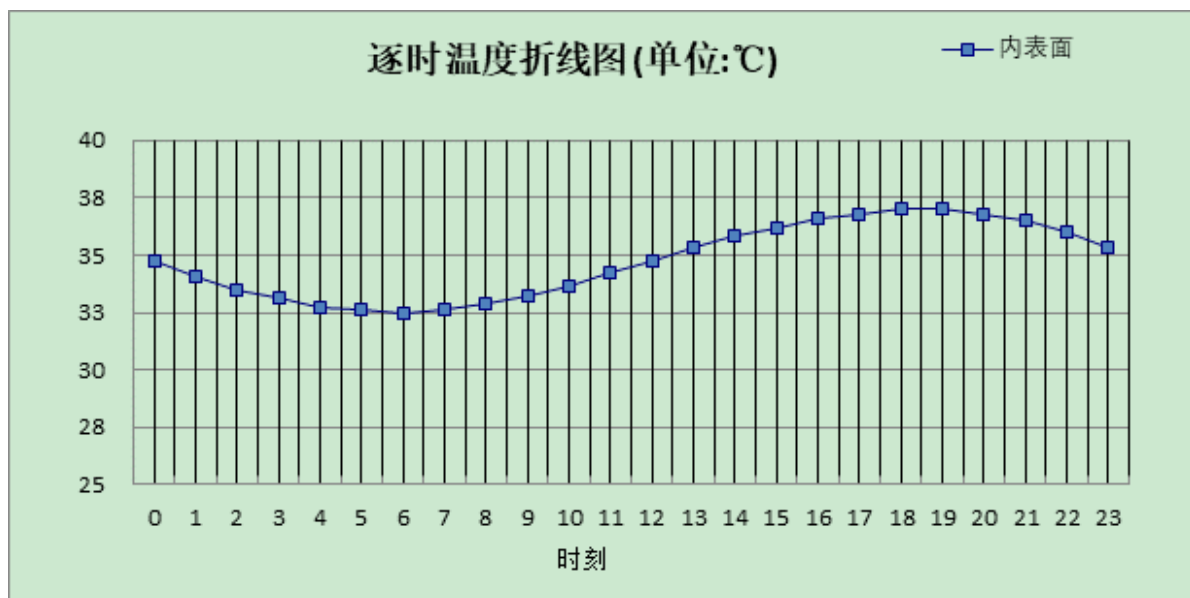
材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	α	(m²K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
灰砂砖砌体	180	10.6	1.100	12.720	1.00	0.164	2.081
2h 隔热保温全效凝胶	5	5.0	0.030	5.560	1.05	0.159	0.927
水泥砂浆	5	5.0	0.930	11.370	1.00	0.005	0.061
各层之和Σ	210	—	—	—	—	0.349	3.314
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.60						
传热系数 K=1/(0.16+ΣR)	1.96						
重质/轻质	重质围护结构						

6.2.2.1 自然通风房间：东向逐时温度



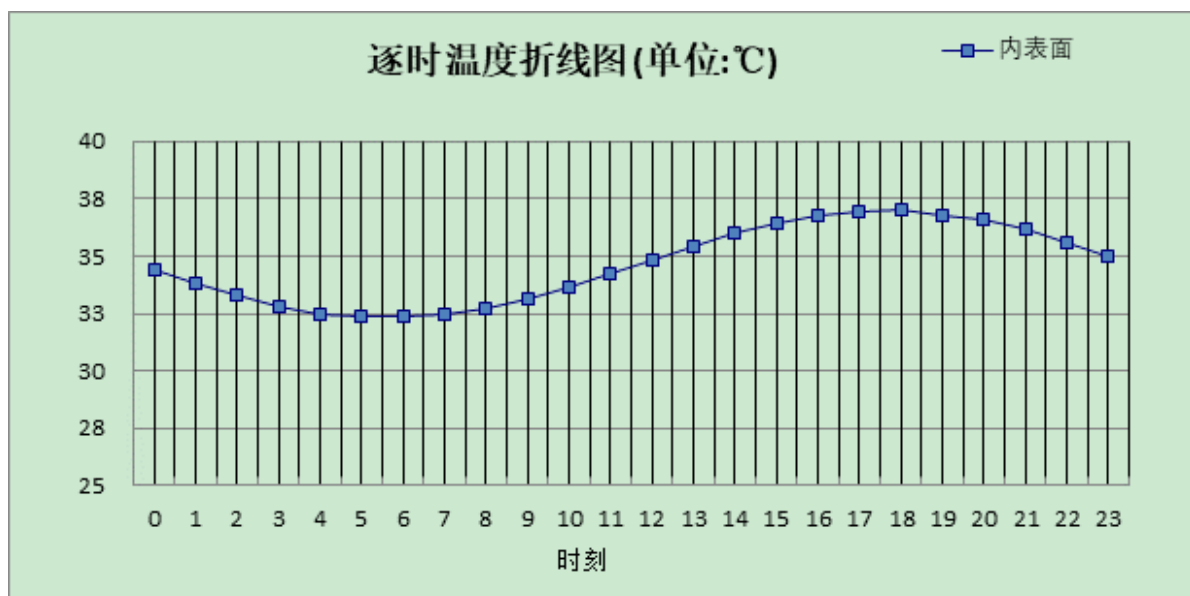
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.22	33.62	33.11	32.71	32.43	32.29	32.28	32.41	32.68	33.10	33.66	34.33
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
35.04	35.71	36.29	36.72	37.01	37.13	37.09	36.89	36.54	36.06	35.48	34.85

### 6.2.2.2 自然通风房间：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
34.68	34.05	33.50	33.06	32.75	32.57	32.53	32.63	32.86	33.20	33.65	34.18
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.74	35.30	35.81	36.24	36.58	36.83	36.96	36.81	36.48	35.97	35.34	

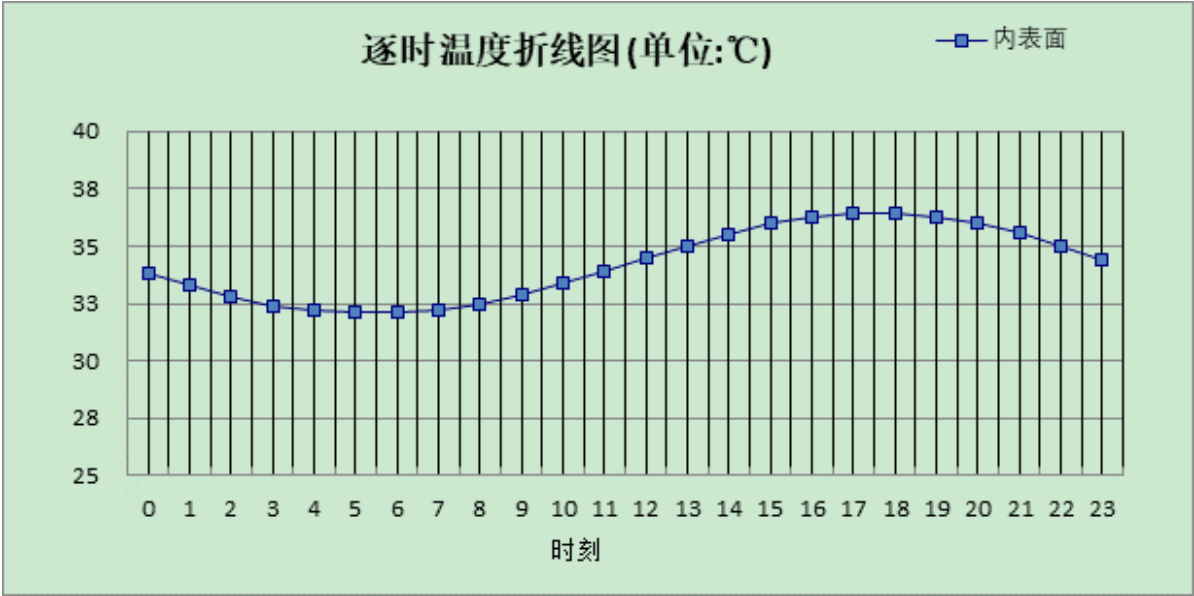
### 6.2.2.3 自然通风房间：南向逐时温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.38	33.78	33.25	32.84	32.55	32.39	32.38	32.49	32.74	33.12	33.61	34.19

12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.80	35.41	35.96	36.42	36.75	36.93	36.96	36.84	36.59	36.18	35.64	35.02

6.2.2.4 自然通风房间：北向逐时温度

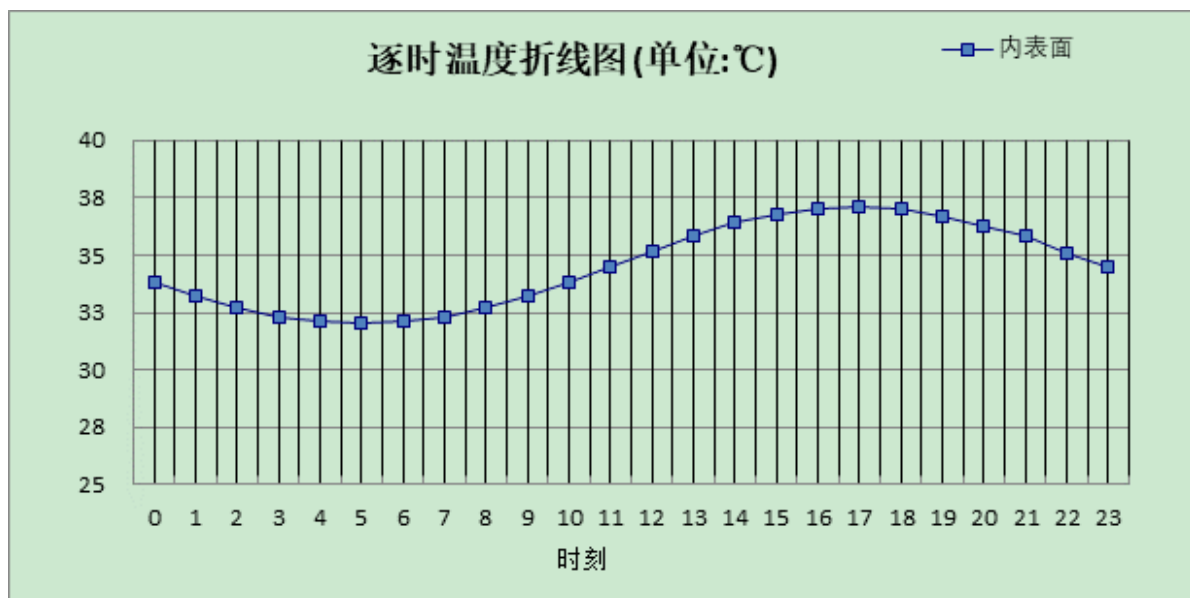


0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.84	33.29	32.82	32.45	32.20	32.08	32.10	32.24	32.51	32.88	33.36	33.90
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.47	35.03	35.54	35.96	36.27	36.42	36.42	36.27	35.98	35.55	35.02	34.43

6.2.3 灰砂砖墙体（东西）

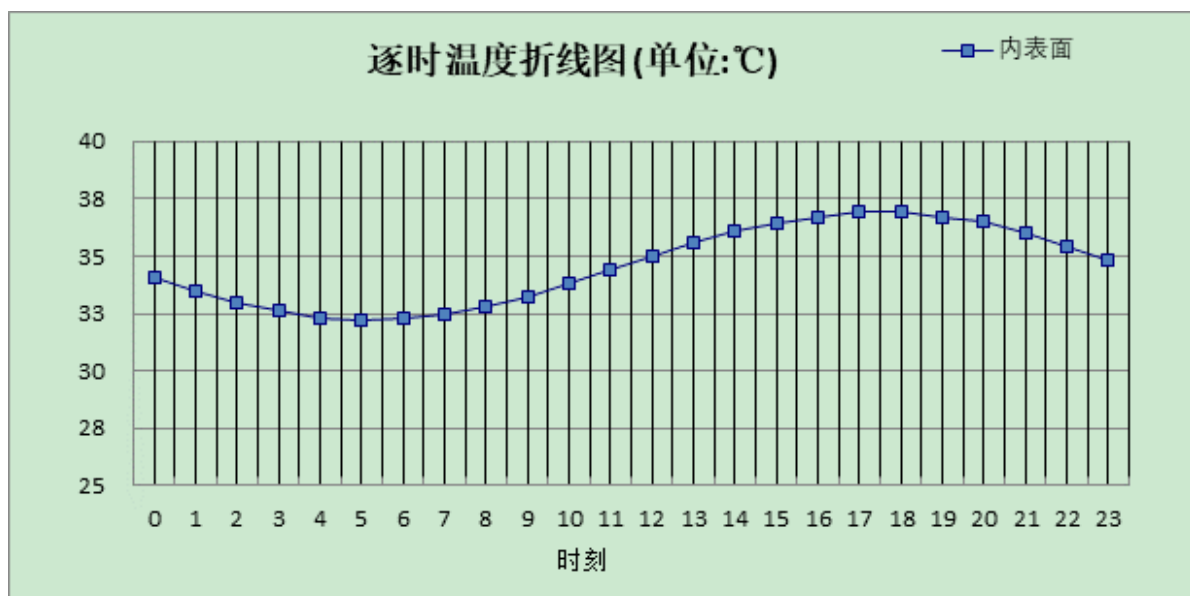
材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	$\alpha$	(m²K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
灰砂砖砌体	180	10.6	1.100	12.720	1.00	0.164	2.081
2h 隔热保温全效凝胶	10	5.0	0.030	5.560	1.05	0.317	1.853
水泥砂浆	5	5.0	0.930	11.370	1.00	0.005	0.061
各层之和 $\Sigma$	215	—	—	—	—	0.508	4.240
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.60						
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	1.50						
重质/轻质	重质围护结构						

### 6.2.3.1 自然通风房间：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
33.80	33.19	32.69	32.31	32.08	32.00	32.07	32.30	32.66	33.15	33.77	34.45
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
35.16	35.82	36.37	36.77	37.02	37.08	36.98	36.71	36.29	35.75	35.12	34.45

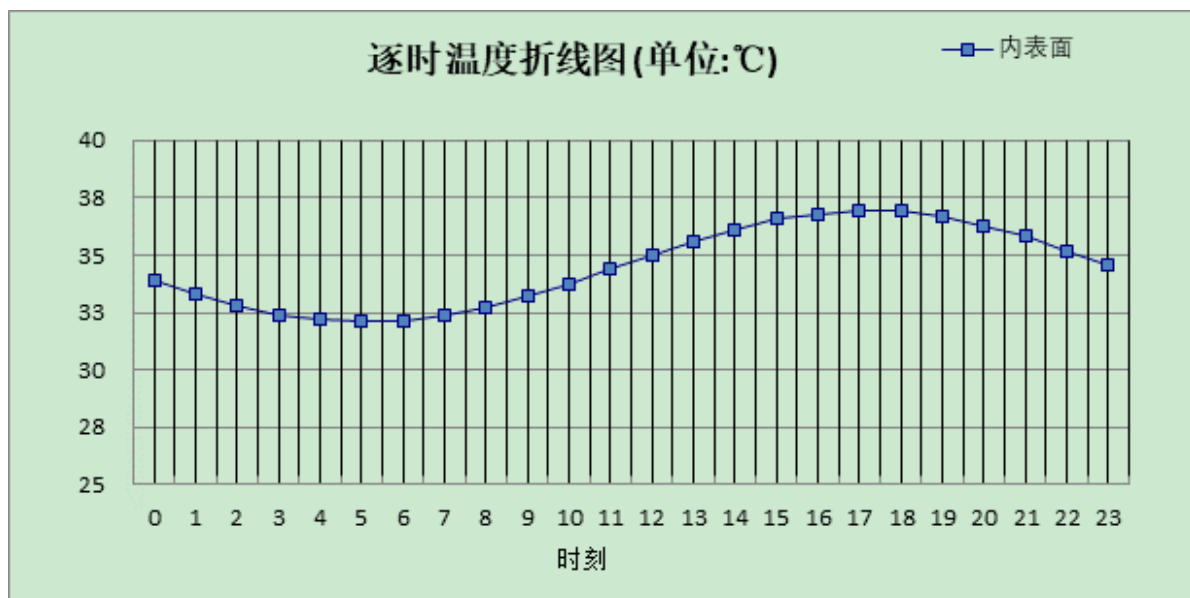
### 6.2.3.2 自然通风房间：西向逐时温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.12	33.50	32.97	32.57	32.31	32.21	32.26	32.47	32.80	33.25	33.79	34.38

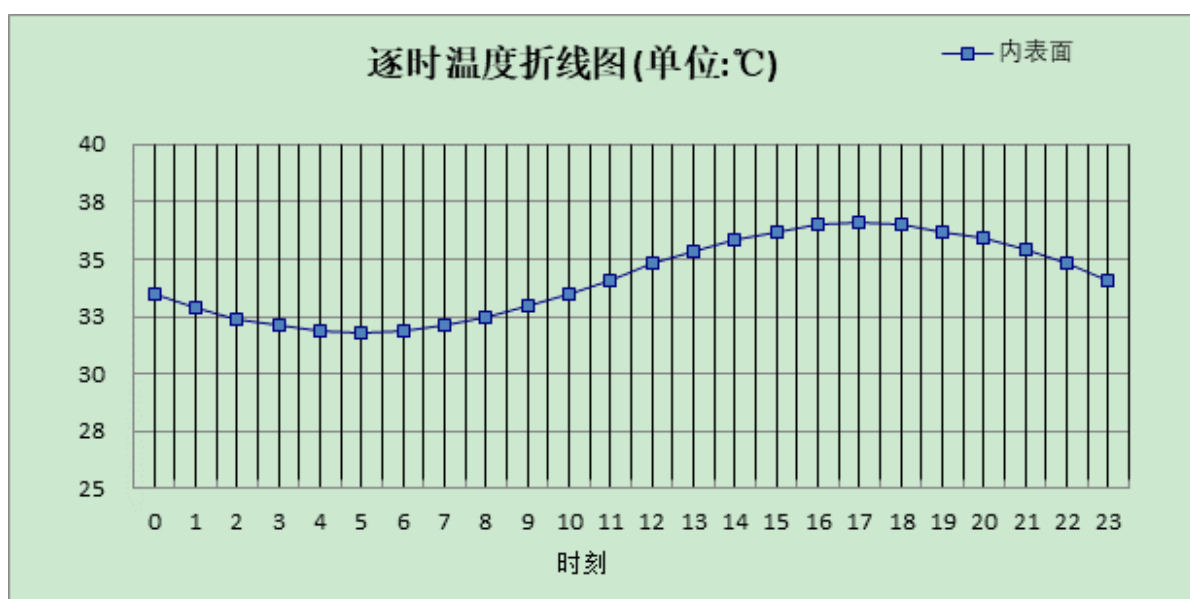
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.99	35.56	36.06	36.45	36.72	36.86	36.87	36.73	36.45	36.02	35.45	34.79

### 6.2.3.3 自然通风房间：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
33.91	33.30	32.79	32.40	32.16	32.07	32.14	32.36	32.71	33.18	33.74	34.37
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
35.01	35.62	36.14	36.56	36.83	36.94	36.88	36.66	36.31	35.82	35.22	34.57

### 6.2.3.4 自然通风房间：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
33.50	32.92	32.44	32.09	31.88	31.82	31.91	32.15	32.51	32.98	33.54	34.14
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.76	35.33	35.84	36.22	36.47	36.56	36.48	36.24	35.86	35.36	34.76	34.12

## 7 验算结论

### 7.1 自然通风房间

类型	构造	时刻	最高温度(°C)	限值(°C)	结论
屋顶	上:挤塑聚苯板 80+钢筋砼 120(计算 80mm,设计 100mm)	19:10	35.62	37.60	满足
外墙	东:加气混凝土墙体	17:55	36.76	37.60	满足
	西:加气混凝土墙体	18:25	36.58	37.60	满足
	南:加气混凝土墙体	18:05	36.64	37.60	满足
	北:加气混凝土墙体	18:00	36.39	37.60	满足
	东:灰砂砖墙体 (南北)	17:10	37.13	37.60	满足
	西:灰砂砖墙体 (南北)	18:25	36.97	37.60	满足
	南:灰砂砖墙体 (南北)	17:45	36.96	37.60	满足
	北:灰砂砖墙体 (南北)	17:25	36.44	37.60	满足
	东:灰砂砖墙体 (东西)	17:00	37.08	37.60	满足
	西:灰砂砖墙体 (东西)	17:25	36.88	37.60	满足
	南:灰砂砖墙体 (东西)	17:05	36.94	37.60	满足
	北:灰砂砖墙体 (东西)	17:05	36.56	37.60	满足