

送审专业：建筑

围护结构隔热性能分析报告

项目名称：福建技师学院石狮（蚶江）校区三期工程
-2#宿舍楼

建设单位：福建石狮产投教育集团有限公司

设计单位：福建省机电沿海建筑设计研究院有限公司

自评星级：一星级

福建省机电沿海建筑设计研究院有限公司编制

2025 年 04 月

一、项目概况

项目总用地面积 36400.74 平方米，总建筑面积 65613.42 平方米，其中地上建筑面积 56004.19 m²，地下建筑面积 9609.23 m²。前期已建三栋楼：教学楼、科学楼、宿舍。新建三栋宿舍楼、两栋教学楼、一栋综合楼及门卫等。

本次方案设计范围仅体现新建内容。主要建设内容包括三栋宿舍楼，两栋教学楼、一栋综合楼、门卫及其配套建设的道路、给排水、供电、照明、通讯、土石方、绿化景观工程等公用工程和设施。



图 1-1 建筑效果图

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. 福建省《绿色建筑评价标准》DBJT13-118-2021
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》和福建省《绿色建筑评价标准》DBJT13-118-2021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： $\theta_{i,max}$ —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。

α —材料的导温系数， $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$ ，m²/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)；

ρ —材料的密度，kg/m³；

α —材料的导温系数， $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$ ，m²/s；

Δx —差分步长，m；

λ —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。

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

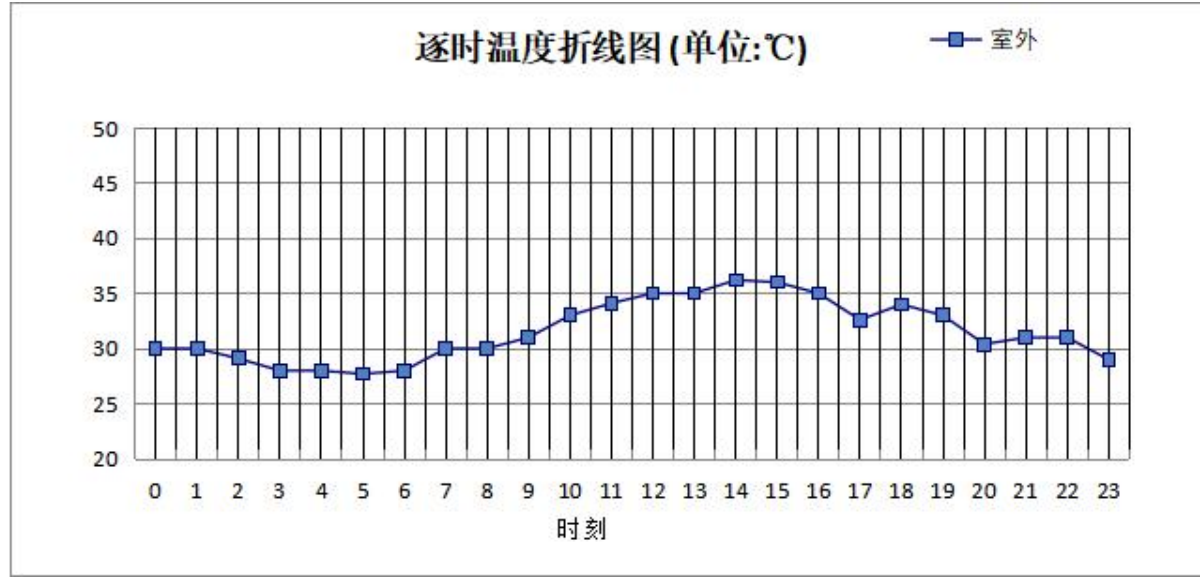
式中： t_i —差分节点温度值，℃。

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 ² ·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 ² ·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，℃		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 ²		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象参数取值。
ρ_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
30.00	30.00	29.10	28.00	28.00	27.70	28.00	30.00	30.00	31.00	33.00	34.10
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
35.00	35.00	36.20	36.00	35.00	32.60	34.00	33.00	30.40	31.00	31.00	29.00

注：气象数据参考 福建-厦门

3.3 室外太阳辐射照度

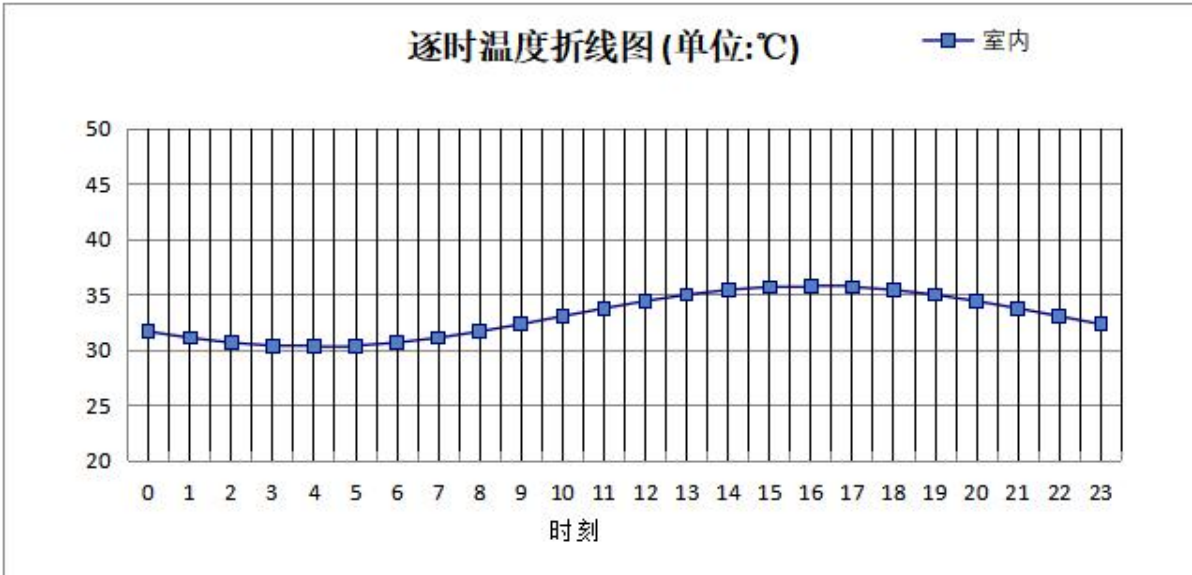
变量	变量名	公式来源
I^k	表面法向太阳总辐射强度，包括直射和散射，W/ m ²	按《民用建筑热工设计规范 GB 50176-2016》配套软件气象数据取用。

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	22.47	12.94	13.35	7.22	23.50
6:00	143.15	66.25	70.56	36.97	142.60
7:00	292.62	143.38	141.59	86.70	325.90
8:00	365.60	191.45	175.86	124.63	473.60
9:00	372.12	244.30	206.56	168.45	606.90
10:00	346.64	303.13	243.15	199.50	752.70
11:00	260.16	329.91	260.16	213.62	811.60

12:00	270.84	337.83	388.82	222.46	847.50
13:00	249.10	293.84	467.17	203.88	761.10
14:00	223.18	235.27	528.80	153.68	662.70
15:00	185.23	153.75	559.62	85.08	531.60
16:00	126.52	76.84	412.03	27.13	309.20
17:00	44.61	24.06	127.85	5.32	85.70
18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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 福建-厦门

3.4 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
31.67	31.10	30.66	30.39	30.30	30.39	30.66	31.10	31.67	32.33	33.05	33.76
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.42	34.99	35.43	35.70	35.80	35.70	35.43	34.99	34.42	33.76	33.05	32.33

4 工程材料

材料名称	导热系数λ	蓄热系数 S	密度ρ	比热容 Cp	蒸汽渗透系数 u	数据来源
	W/(m.K)	W/(m².K)	kg/m³	J/(kg.K)	g/(m.h.kPa)	

夯实粘土($\rho=1800$)	0.930	11.088	1800.0	1010.0	0.0000	
钢筋混凝土	1.740	17.200	2500.0	920.0	0.0158	
细石混凝土（双向配筋）	1.740	17.060	2500.0	920.0	0.0000	
挤塑聚苯乙烯泡沫板	0.030	0.340	50.0	1059.7	0.0000	《福建省民用建筑围护结构节能工程做法及数据》2023-J-06
水泥砂浆	0.930	11.270	1800.0	1043.3	0.0000	
钢筋混凝土（1）	1.740	17.200	2500.0	935.2	0.0000	
柔性耐水腻子，涂料	—	—	—	—	—	
抗裂砂浆	—	—	—	—	—	
界面剂	—	—	—	—	—	
蒸压加气混凝土砌块($\rho=600$)	0.160	2.710	600.0	1052.0	0.0000	《福建省民用建筑围护结构节能工程做法及数据》2023-J-06
无机保温砂浆	0.060	0.950	800.0	258.5	0.0000	《福建省民用建筑围护结构节能工程做法及数据》2023-J-06
合成高分子防水卷材	0.230	9.370	900.0	1620.0	0.0000	
合成高分子防水涂料	0.170	4.710	1050.0	1709.0	0.0000	
ALC 板	0.160	3.200	600.0	1466.8	0.0000	

5 工程构造

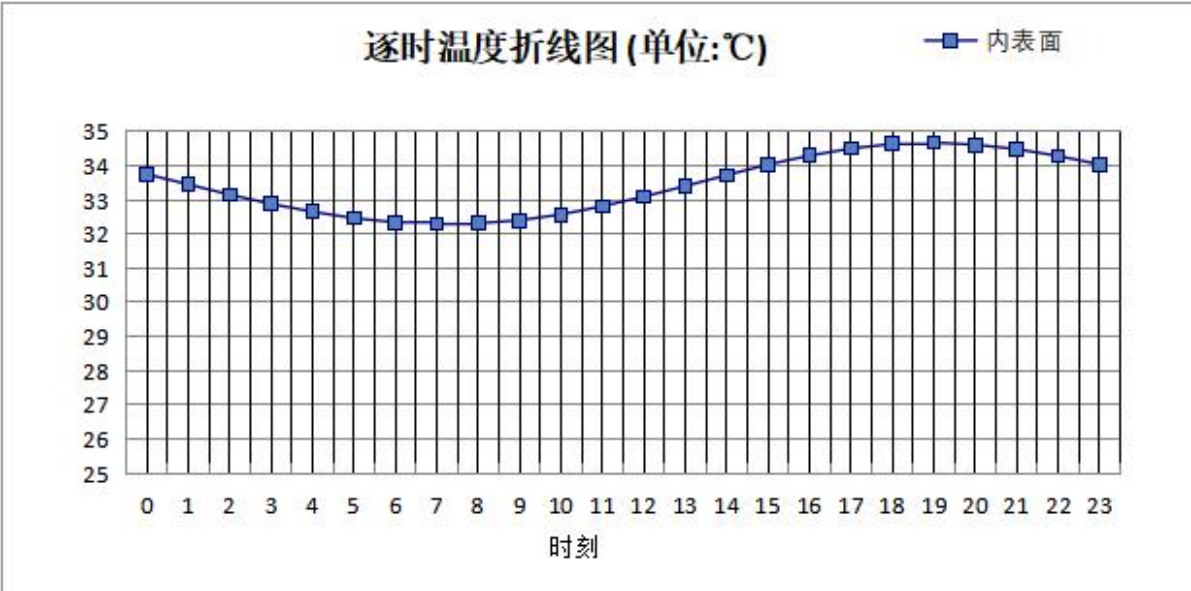
5.1 屋顶构造

5.1.1 屋顶构造一

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)	α	(m² K)/W	D=R*S
细石混凝土（双向配筋）	40	10.0	1.740	17.060	1.00	0.023	0.392
水泥砂浆	10	10.0	0.930	11.270	1.00	0.011	0.121
合成高分子防水卷材	1.5	1.5	0.230	9.370	1.00	0.007	0.061
合成高分子防水涂料	1.5	1.5	0.170	4.710	1.00	0.009	0.042
挤塑聚苯乙烯泡沫板	80	10.0	0.030	0.340	1.20	2.222	0.907
合成高分子防水涂料	1.5	1.5	0.170	4.710	1.00	0.009	0.042
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.270	1.00	0.022	0.242
钢筋混凝土（1）	120	12.0	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
各层之和 Σ	274.5	—	—	—	—	2.371	2.993

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 $K=1/(0.16+\sum R)$	0.40
重质/轻质	重质围护结构

5.1.1.1 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
33.75	33.45	33.15	32.88	32.65	32.46	32.34	32.29	32.31	32.40	32.57	32.81
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
33.09	33.40	33.72	34.03	34.29	34.50	34.63	34.67	34.61	34.48	34.28	34.03

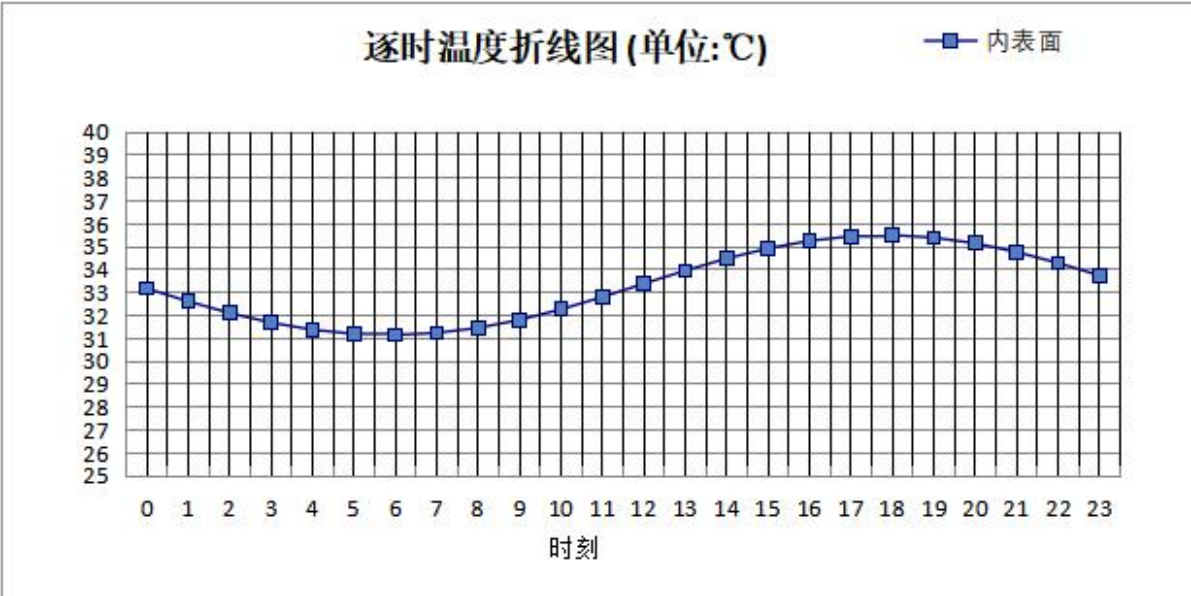
5.2 外墙（填充墙）构造

5.2.1 外墙构造一

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)	α	(m² K)/W	D=R*S
柔性耐水腻子, 涂料	3	3.0	200.000	200.000	1.00	0.000	0.000
无机保温砂浆	20	6.7	0.060	0.950	1.15	0.290	0.317
蒸压加气混凝土砌块($\rho=600$)	200	7.4	0.160	2.710	1.20	1.042	3.388
界面剂	5	5.0	200.000	200.000	1.00	0.000	0.000
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.270	1.00	0.022	0.242
柔性耐水腻子, 涂料	3	3.0	200.000	200.000	1.00	0.000	0.000
各层之和 \sum	251	—	—	—	—	1.353	3.947
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						

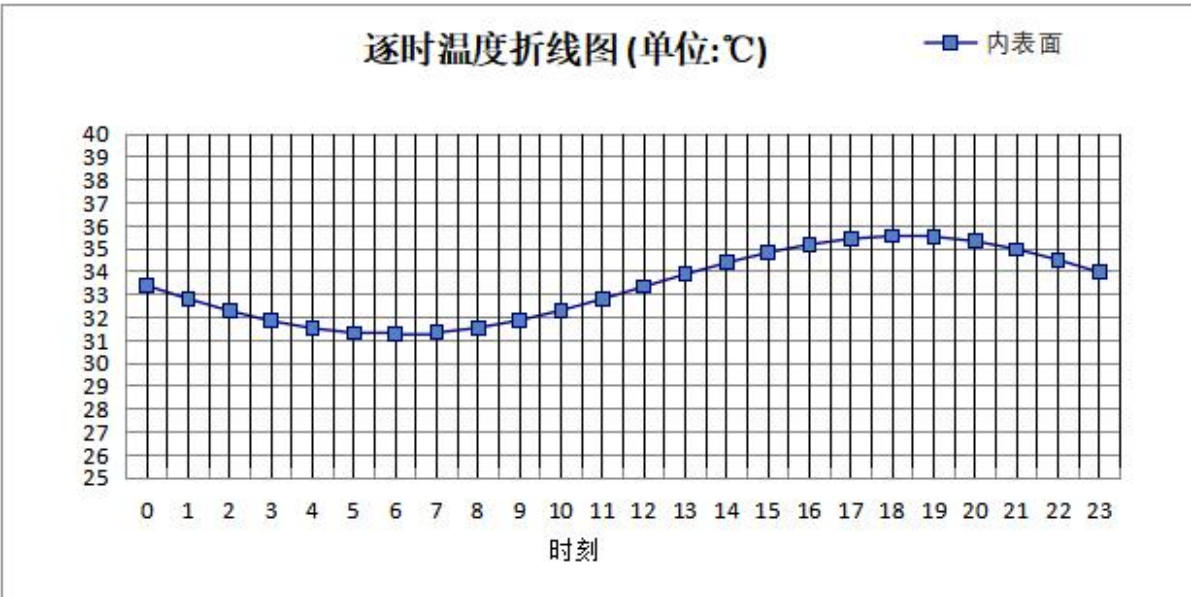
传热系数 $K=1/(0.16+\sum R)$	0.66
重质/轻质	重质围护结构

5.2.1.1 自然通风房间：东向逐时温度



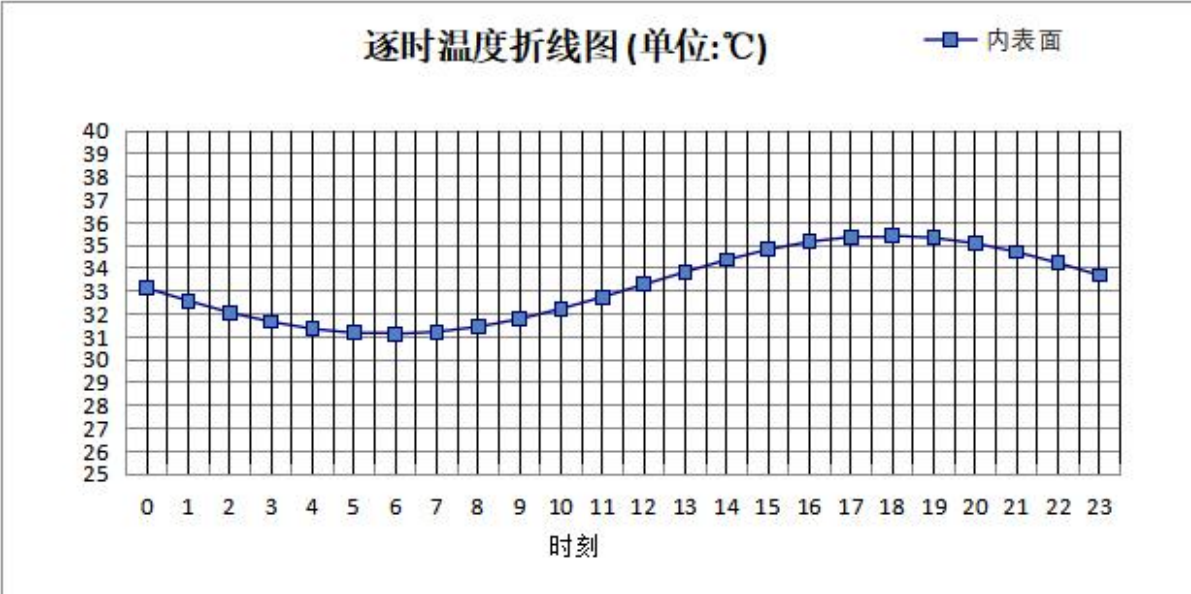
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.17	32.61	32.10	31.68	31.37	31.19	31.14	31.23	31.45	31.80	32.26	32.80
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
33.38	33.95	34.48	34.92	35.25	35.45	35.50	35.39	35.14	34.76	34.28	33.74

5.2.1.2 自然通风房间：西向逐时温度



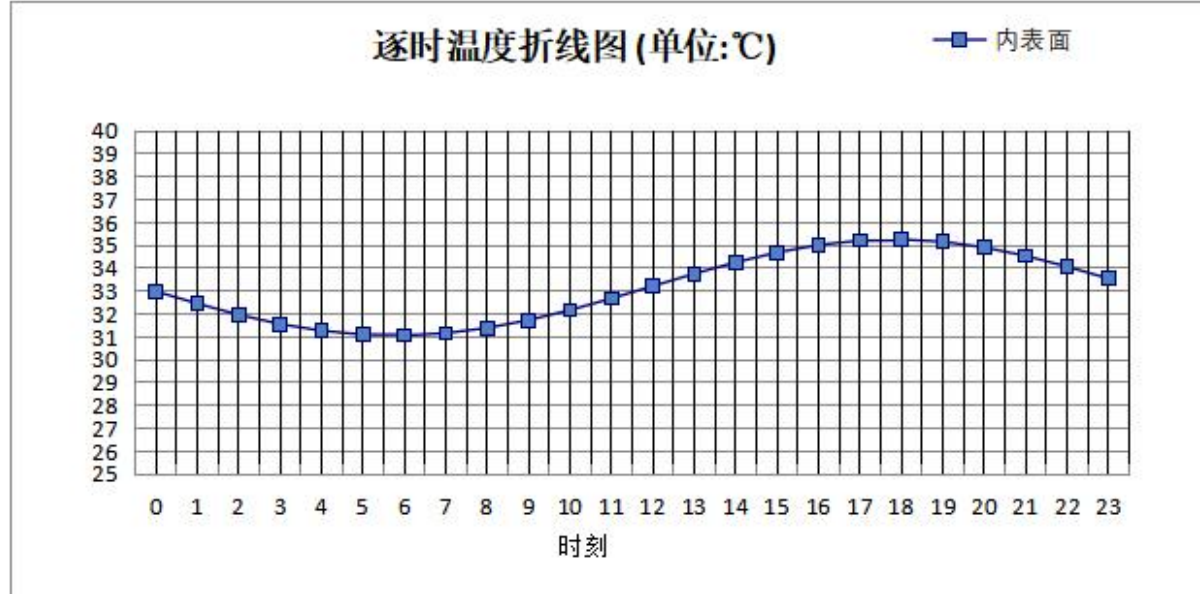
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.38	32.81	32.28	31.84	31.52	31.32	31.25	31.33	31.54	31.87	32.30	32.80
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
33.34	33.88	34.38	34.83	35.18	35.43	35.55	35.52	35.32	34.97	34.51	33.96

5.2.1.3 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
33.12	32.57	32.06	31.65	31.34	31.16	31.12	31.21	31.43	31.77	32.22	32.73
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
33.28	33.83	34.36	34.81	35.15	35.36	35.42	35.32	35.08	34.70	34.22	33.68

5.2.1.4 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
32.98	32.45	31.96	31.55	31.26	31.09	31.05	31.15	31.38	31.72	32.16	32.67
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
33.21	33.75	34.25	34.68	35.01	35.20	35.25	35.15	34.90	34.53	34.06	33.54

6 验算结论

6.1 自然通风房间

类型	构造	时刻	最高温度(℃)	限值(℃)	结论
屋顶	上:屋顶构造一	19:00	34.67	36.20	满足
外墙（填充墙）	东:外墙构造一	17:55	35.50	36.20	满足
	西:外墙构造一	18:15	35.55	36.20	满足
	南:外墙构造一	18:00	35.42	36.20	满足
	北:外墙构造一	17:55	35.25	36.20	满足