

建筑专业设计计算书

工程名称：涞源县冰雪运动教育基地建设项目

工程编号：H2022-170

子项名称：涞源县冰雪运动基础设施建设项目科研楼

子项编号：H2022-170JZS011

计算内容（名称）：建筑隔热计算书

分册编号：01 本册页数：16

应用软件名称：

版本号：

签字栏：

专业负责人：杨宇滨

计 算 人：李月明

校 对 人：杨宇滨

审 核 人：王冲



清华大学建筑设计研究院有限公司

2024年03月12日

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.....	6
5.工程材料	6
6.工程构造	7
6.1 屋顶构造.....	7
6.1.1 屋顶构造一	7
6.2 外墙构造.....	8
6.2.1 外墙构造一	8
6.3 热桥柱构造.....	11
6.3.1 热桥柱构造一	11
6.4 热桥梁构造.....	13
6.4.1 热桥梁构造一	13
7.验算结论	16
7.1 空调房间.....	16

1 建筑概况

工程名称	涞源县冰雪运动教育基地建设项目 涞源县冰雪运动基础设施建设项目科研楼	
工程地点	河北-保定	
地理位置	北纬：38.85°	东经：115.51°
气候子区	寒冷 B 区	
大气透明度等级	4	
建筑面积	地上 14403.5 m ² 地下 0 m ²	
建筑层数	地上 3 地下 0	
建筑高度	13.5m	
结构类型	框架结构	

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. 河北省《绿色建筑评价标准》DB13(J)/T 8352-2020
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》和河北省《绿色建筑评价标准》DB13(J)/T 8352-2020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 ($D \geq 2.5$)	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 (°C), 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, (°C)。

$t_{e,max}$ —累年日平均温度最高日的最高温度 (°C), 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, °C/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, °C。

- 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, °C。

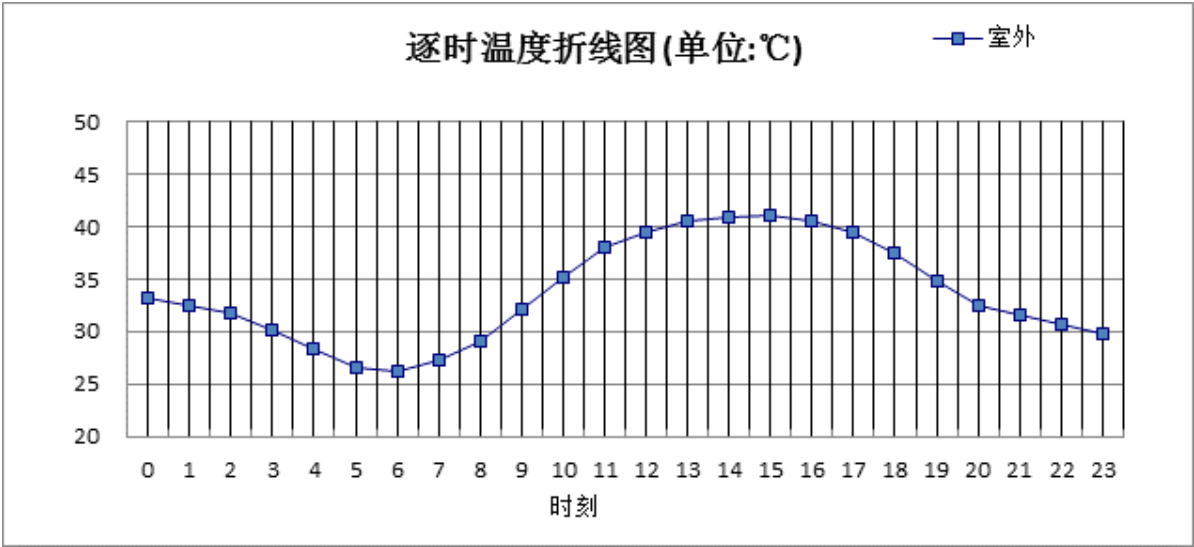
4 边界条件参数设置

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/(m²·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, (m² · 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/m²		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。

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
33.10	32.40	31.80	30.10	28.30	26.60	26.30	27.20	29.00	32.10	35.20	38.00
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
39.50	40.50	40.90	41.00	40.60	39.50	37.40	34.80	32.40	31.50	30.70	29.80

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 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	15.85	10.86	10.92	6.14	18.40
5:00	154.39	63.14	73.00	32.39	138.60
6:00	274.71	118.92	118.65	70.66	258.50
7:00	383.10	165.33	138.26	112.22	381.00
8:00	434.34	229.37	150.13	124.57	518.30
9:00	451.85	343.62	191.00	160.06	720.10
10:00	372.27	429.25	221.67	186.27	855.30
11:00	240.04	471.49	240.04	201.58	921.40
12:00	229.22	442.19	383.36	192.49	879.30
13:00	212.80	377.97	492.00	177.88	784.70
14:00	194.10	292.31	535.79	160.42	645.80
15:00	172.12	205.72	486.17	139.85	480.00
16:00	132.56	127.60	339.24	74.34	301.40
17:00	64.97	48.25	162.62	21.15	128.60
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

4.4 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

5 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	备注
	W/(m.K)	W/(m ² .K)	kg/m ³	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
膨胀玻化微珠保温浆料	0.080	1.500	350.0	1105.0	0.0000	依 据 来 源：GB 50176-2016；注：导 热系数修正系数 (β): 1.25
挤塑聚苯板	0.030	0.360	30.0	1980.1	0.0000	
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
加气混凝土砌块（B07 级）	0.220	3.429	700.0	1050.0	0.0000	
碎石、卵石混凝土 ($\rho=2300$)	1.510	15.360	2300.0	920.0	0.0173	来源：《民用建筑热 工 设 计 规 范 》 GB50176-2016
钢丝网架复合岩棉保温 板 ($\rho=80-200$)	0.045	0.748	140.0	1220.0	0.0000	

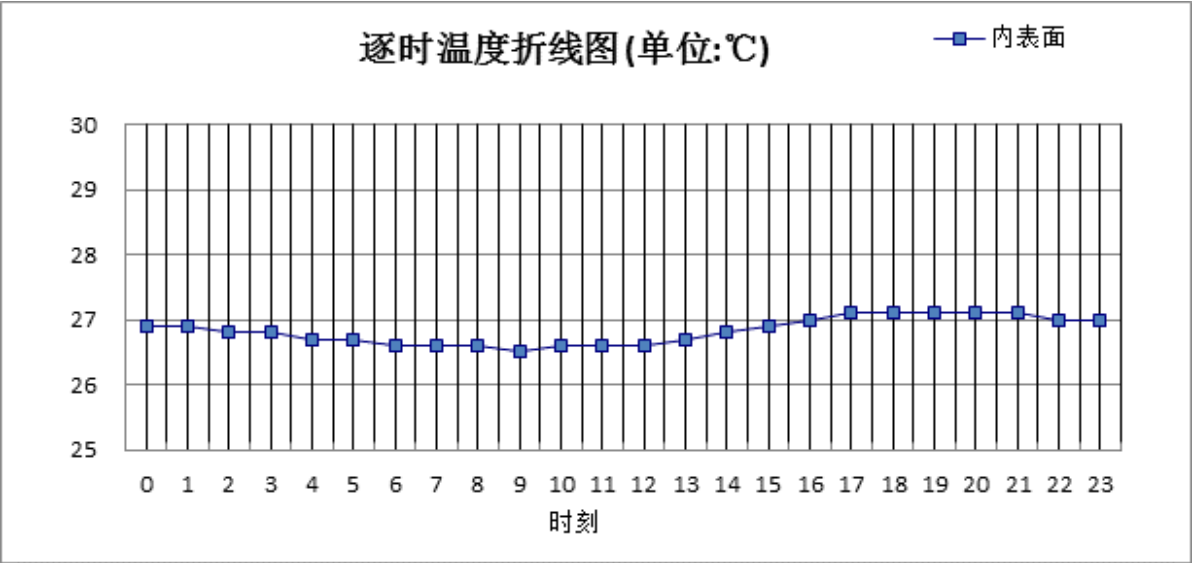
6 工程构造

6.1 屋顶构造

6.1.1 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/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
碎石、卵石混凝土($\rho=2300$)	50	12.5	1.510	15.360	1.00	0.033	0.509
挤塑聚苯板	80	10.0	0.030	0.360	1.10	2.424	0.960
钢筋混凝土	120	12.0	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
各层之和 Σ	250	—	—	—	—	2.526	2.655
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 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.37						
重质/轻质	重质围护结构						

6.1.1.1 空调房间：逐时温度



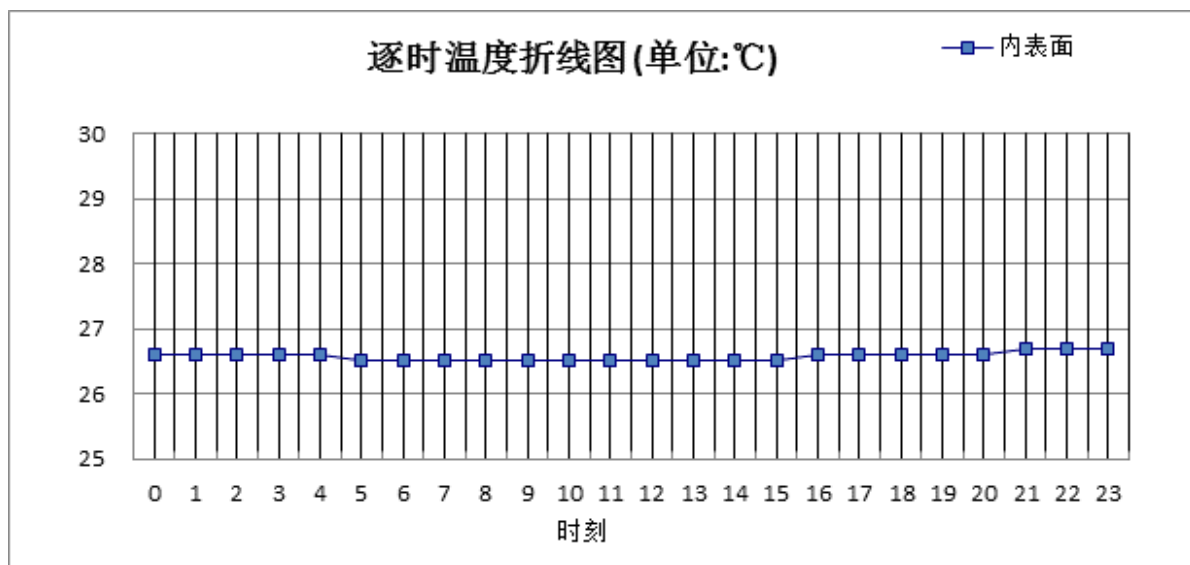
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.92	26.86	26.80	26.75	26.71	26.66	26.62	26.58	26.56	26.54	26.55	26.59
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.65	26.73	26.82	26.91	27.00	27.06	27.10	27.12	27.11	27.08	27.03	26.98

6.2 外墙构造

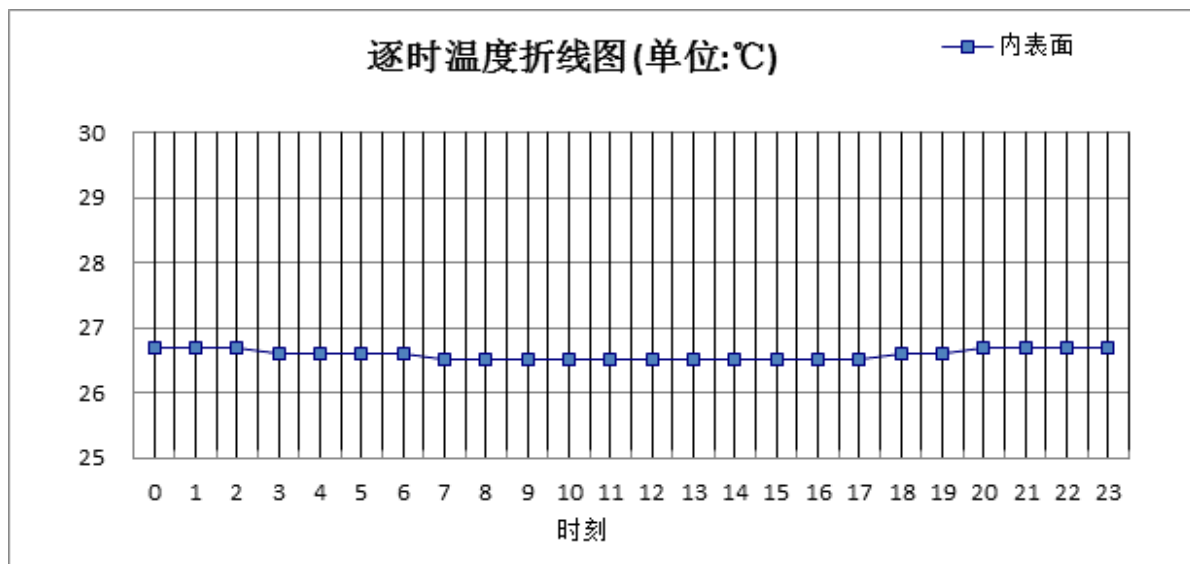
6.2.1 外墙构造一

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
钢丝网架复合岩棉保温板 (ρ=80-200)	80	7.3	0.045	0.748	1.10	1.616	1.330
加气混凝土砌块（B07 级）	200	8.0	0.220	3.429	1.00	0.909	3.117
各层之和Σ	280	—	—	—	—	2.525	4.447
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+ΣR)	0.37						
重质/轻质	重质围护结构						

6.2.1.1 空调房间：东向逐时温度

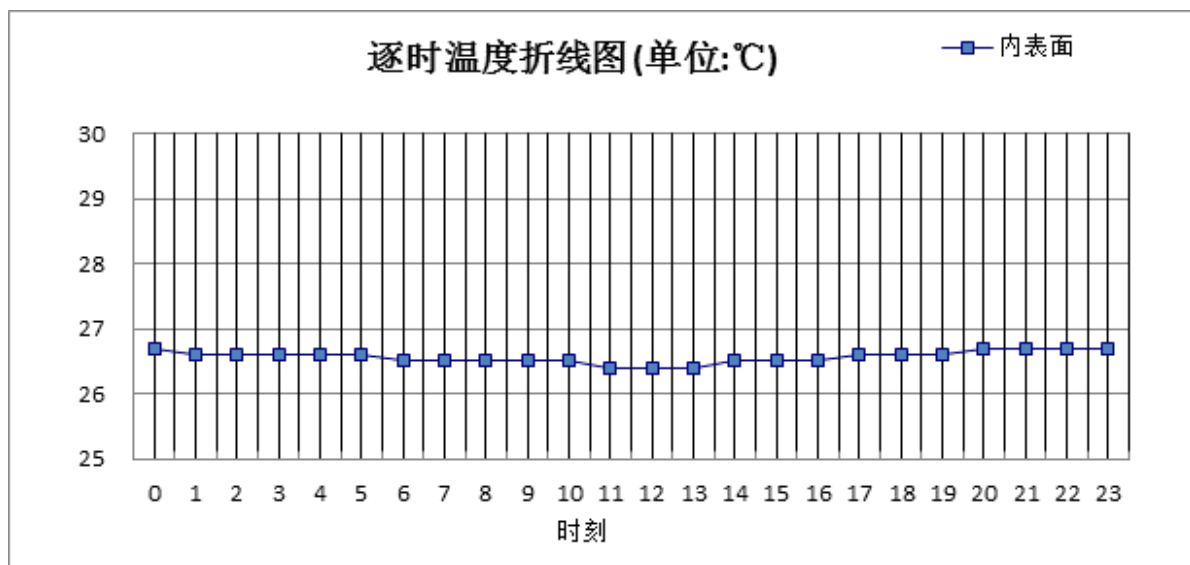


6.2.1.2 空调房间：西向逐时温度

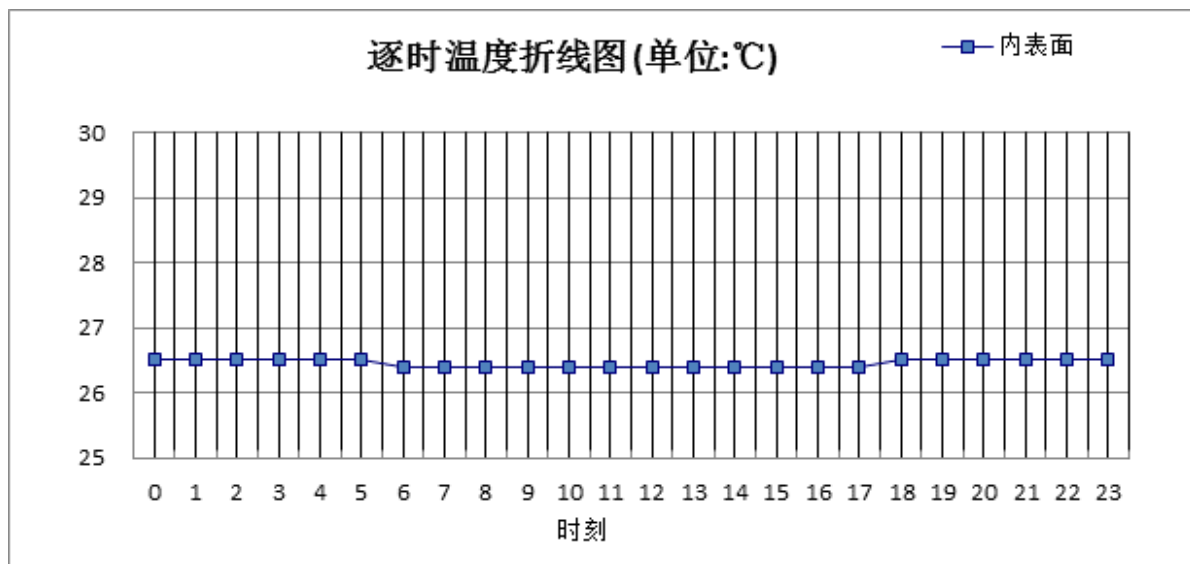


0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.70	26.69	26.66	26.64	26.62	26.59	26.57	26.55	26.52	26.50	26.48	26.46
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.45	26.45	26.46	26.47	26.50	26.54	26.58	26.63	26.67	26.69	26.71	26.71

6.2.1.3 空调房间：南向逐时温度



6.2.1.4 空调房间：北向逐时温度

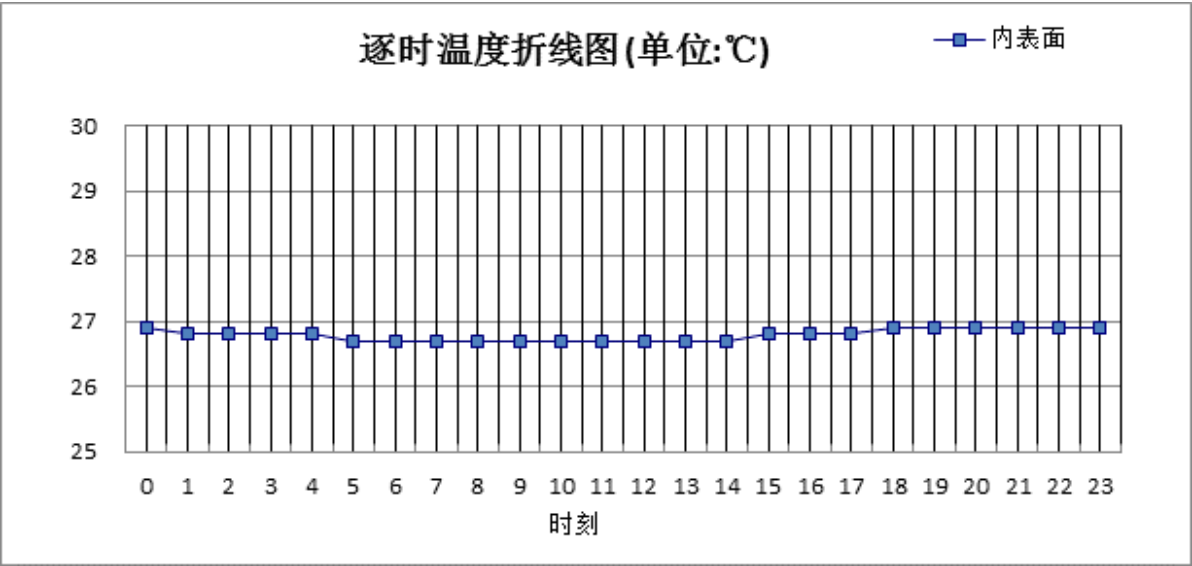


6.3 热桥柱构造

6.3.1 热桥柱构造一

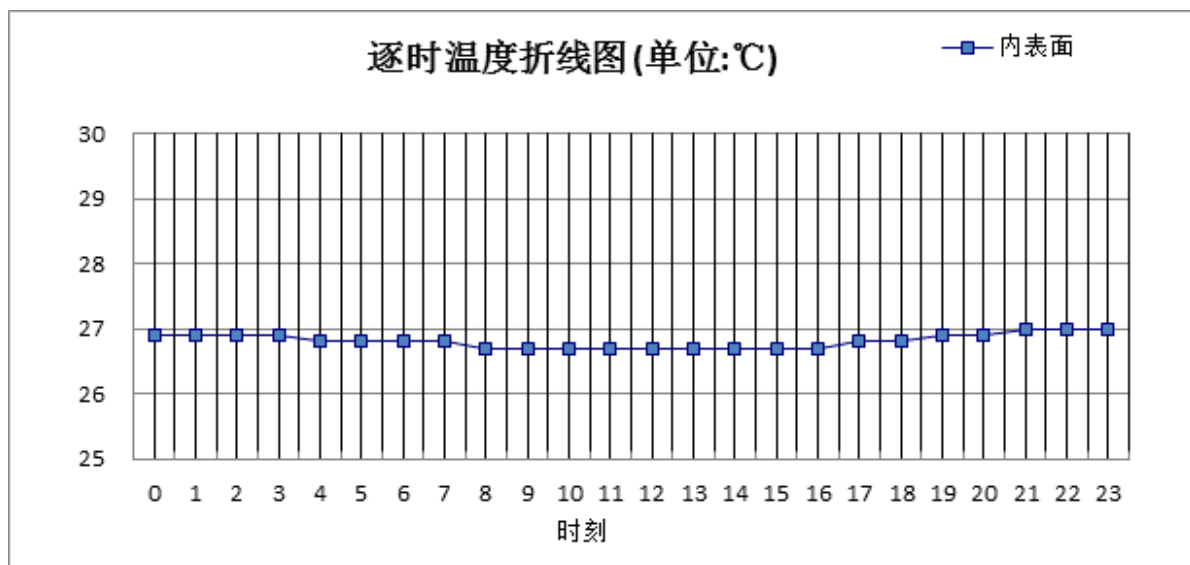
材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	α	(m² K)/W	D=R*S
水泥砂浆	30	10.0	0.930	11.370	1.00	0.032	0.367
钢丝网架复合岩棉保温板 ($\rho=80-200$)	80	7.3	0.045	0.748	1.10	1.616	1.330
钢筋混凝土	200	12.5	1.740	17.200	1.00	0.115	1.977
各层之和 Σ	310	—	—	—	—	1.763	3.674
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.52						
重质/轻质	重质围护结构						

6.3.1.1 空调房间：东向逐时温度

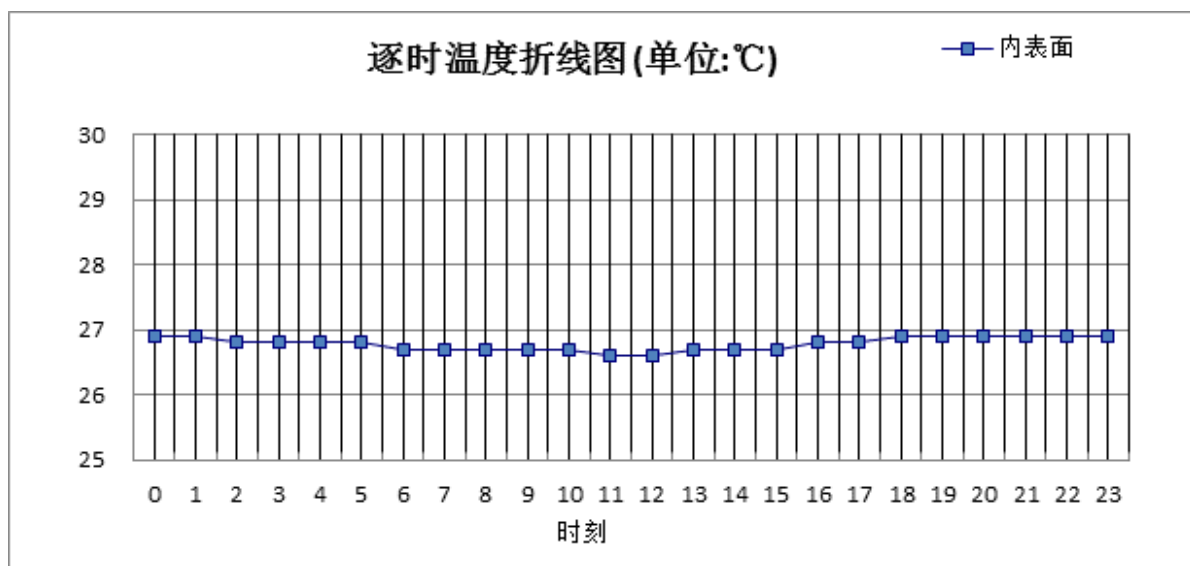


0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.87	26.85	26.82	26.80	26.77	26.75	26.73	26.70	26.68	26.67	26.67	26.67
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.69	26.71	26.74	26.77	26.80	26.83	26.85	26.88	26.89	26.90	26.90	26.89

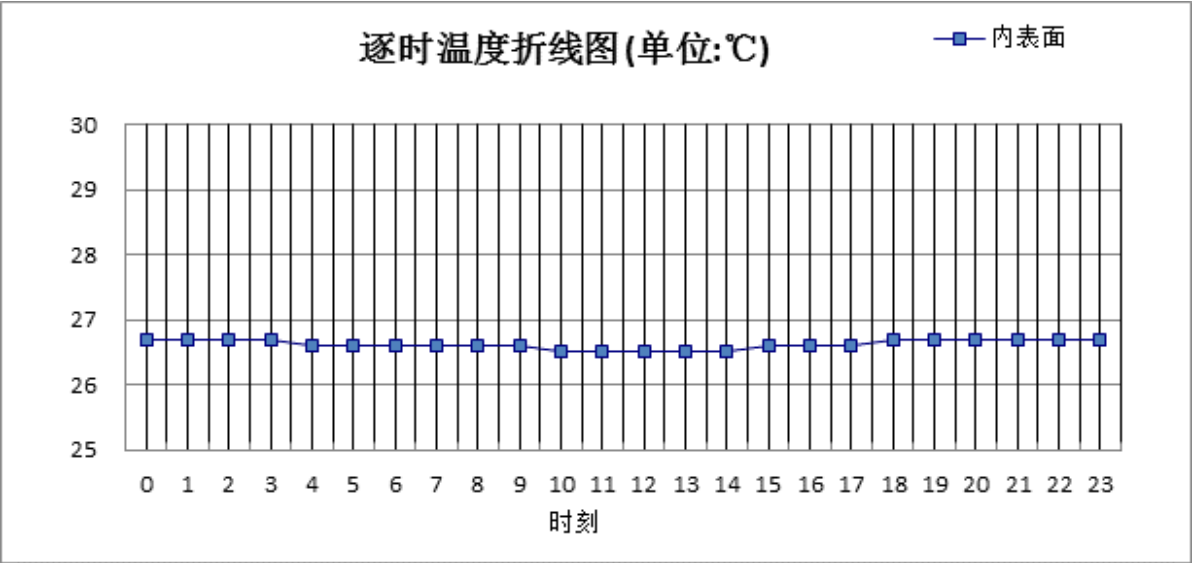
6.3.1.2 空调房间：西向逐时温度



6.3.1.3 空调房间：南向逐时温度



6.3.1.4 空调房间：北向逐时温度



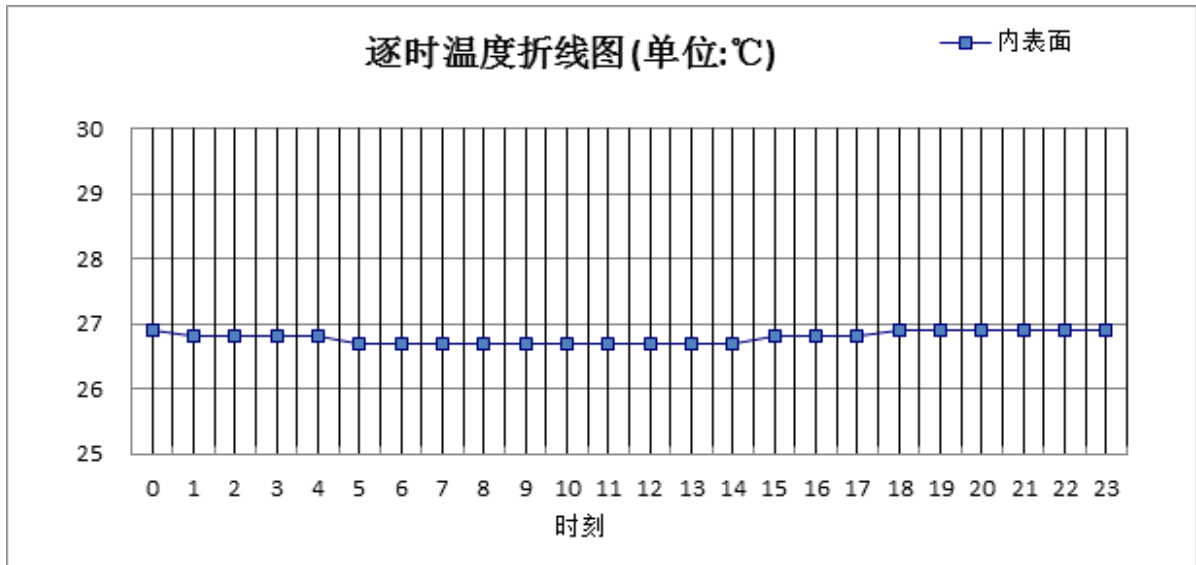
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.70	26.69	26.67	26.66	26.64	26.62	26.61	26.59	26.57	26.55	26.53	26.52
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.52	26.52	26.54	26.56	26.59	26.62	26.65	26.68	26.70	26.71	26.72	26.71

6.4 热桥梁构造

6.4.1 热桥梁构造一

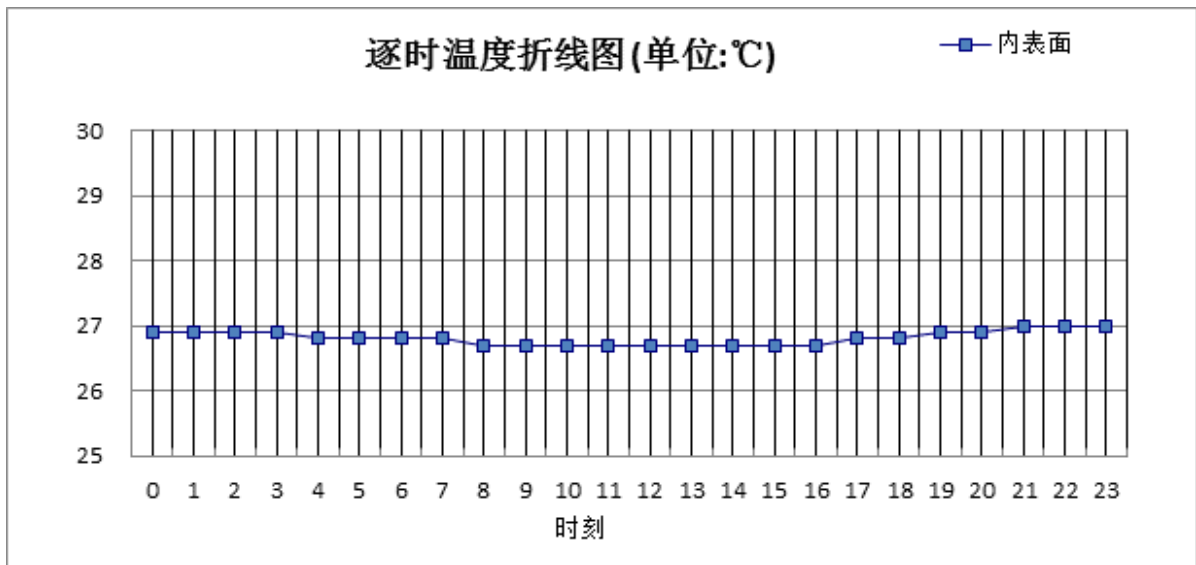
材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	α	(m² K)/W	D=R*S
水泥砂浆	30	10.0	0.930	11.370	1.00	0.032	0.367
钢丝网架复合岩棉保温板 (ρ=80-200)	80	7.3	0.045	0.748	1.10	1.616	1.330
钢筋混凝土	200	12.5	1.740	17.200	1.00	0.115	1.977
各层之和Σ	310	—	—	—	—	1.763	3.674
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						
传热系数 K=1/(0.16+ΣR)	0.52						
重质/轻质	重质围护结构						

6.4.1.1 空调房间：东向逐时温度



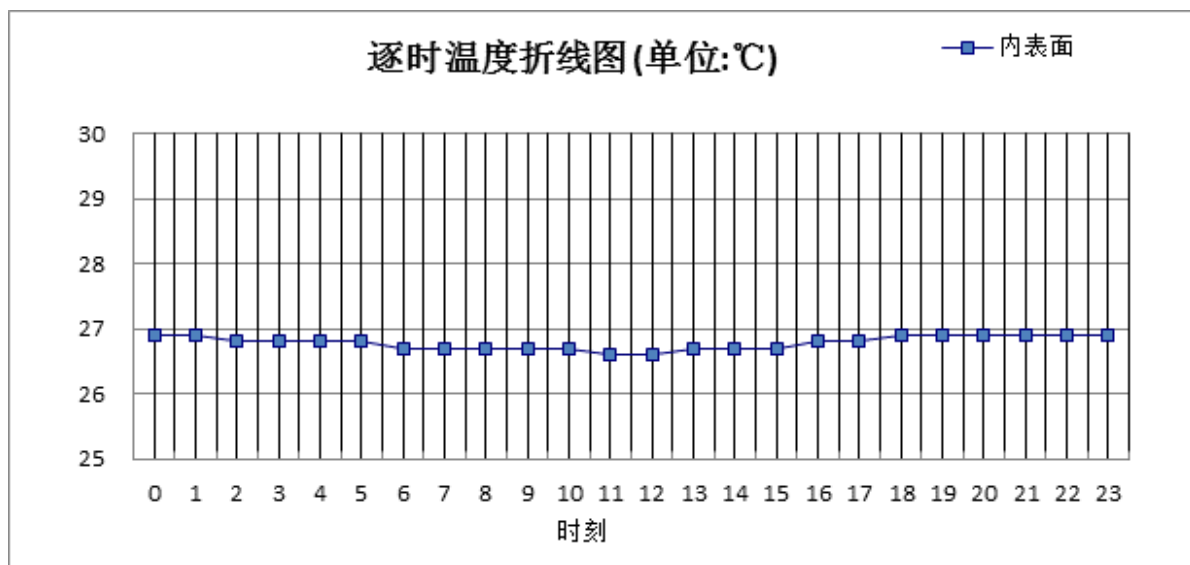
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.87	26.85	26.82	26.80	26.77	26.75	26.73	26.70	26.68	26.67	26.67	26.67
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.69	26.71	26.74	26.77	26.80	26.83	26.85	26.88	26.89	26.90	26.90	26.89

6.4.1.2 空调房间：西向逐时温度

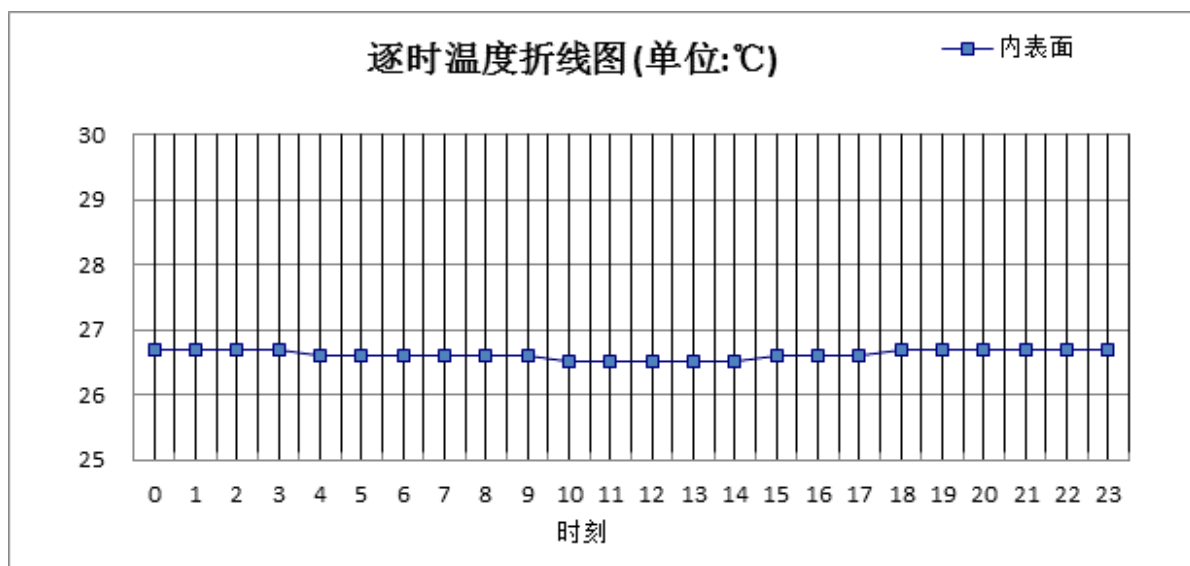


0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.94	26.91	26.89	26.86	26.83	26.81	26.78	26.75	26.73	26.70	26.68	26.67
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.66	26.66	26.67	26.70	26.74	26.79	26.84	26.89	26.93	26.96	26.96	26.96

6.4.1.3 空调房间：南向逐时温度



6.4.1.4 空调房间：北向逐时温度



7 验算结论

7.1 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	19:05	27.12	28.50	满足
外墙	东:外墙构造一	21:55	26.66	28.00	满足
	西:外墙构造一	22:40	26.71	28.00	满足
	南:外墙构造一	22:00	26.68	28.00	满足
	北:外墙构造一	22:50	26.53	28.00	满足
热桥柱	东:热桥柱构造一	21:15	26.90	28.00	满足
	西:热桥柱构造一	21:55	26.96	28.00	满足
	南:热桥柱构造一	21:20	26.92	28.00	满足
	北:热桥柱构造一	22:05	26.72	28.00	满足
热桥梁	东:热桥梁构造一	21:15	26.90	28.00	满足
	西:热桥梁构造一	21:55	26.96	28.00	满足
	南:热桥梁构造一	21:20	26.92	28.00	满足
	北:热桥梁构造一	22:05	26.72	28.00	满足