

隔热检查计算书

公共建筑

工程名称	昆明冶金高等专科学校安宁校区建设工程项目-体育用房及学生生活用房
工程地点	云南-昆明
建设单位	昆明冶金高等专科学校
设计单位	云南省设计院集团
设计人	周敏杰
校对 人	马庶平
审定人	罗文兵
计算日期	2018年3月26日



采用软件	斯维尔节能设计 BECS2016
软件版本	20160808 (Sp2)
研发单位	北京绿建软件有限公司
正版授权码	P2F819092

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.工程材料	4
5.工程构造	5
5.1 屋顶构造.....	5
5.1.1 屋顶构造一.....	5
5.1.2 屋顶构造二.....	5
5.2 外墙构造.....	6
5.2.1 外墙构造一.....	6
6.隔热计算结果	6
7.附录：隔热计算过程	7
7.1 屋顶构造：屋顶构造一朝向：上.....	7
7.2 屋顶构造：屋顶构造二朝向：上.....	10
7.3 外墙构造：外墙构造一朝向：东.....	13
7.4 外墙构造：外墙构造一朝向：西.....	16

1 建筑概况

工程名称	昆明冶金高等专科学校安宁校区建设工程项目-体育用房及学生生活用房				
工程地点	云南-昆明				
气候子区	温和				
建筑面积(Ao)	地上 14317.06 m ² 地下 2309.44 m ²				
建筑层数	地上 3 地下 1				
建筑高度	地上 19.00m 地下 3.9m				
北向角度	129°				
结构类型	框架结构				
室外平均计算温度 \bar{t}_e (°C)	23.3				
太阳总辐射平均强度 (W/m ²)	水平 310.83	南 61.17	北 86.00	东 148.29	西 148.29

2 评价依据

1. 公共建筑节能设计标准 GB50189-2015
2. 《民用建筑热工设计规范》(GB50176)
3. 《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378
4. 《绿色建筑评价技术细则（试行）》
5. 施工图、设计说明、节能计算书

3 评价目标与方法

3.1 评价目标

1. 依据《民用建筑热工设计规范》和《绿色建筑评价标准》的要求和规定，屋顶和东、西向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《民用建筑热工设计规范》给出的内表面最高温度。

3.2 评价方法

在房间自然通风情况下，建筑物的屋顶和东、西向外墙的内表面最高温度，应满足下式要求：

$$\theta_{i \cdot \max} \leq t_{e \cdot \max}$$

式中 $\theta_{i \cdot \max}$ —围护结构内表面最高温度 (°C)，应按《民用建筑热工设计规范》附录二中 (八) 的规定计算；

$t_{e \cdot \max}$ —夏季室外计算温度最高值 (°C)，应按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用。

在自然通风条件下，非通风围护结构内表面最高温度应按附录式计算：

$$\theta_{i\max} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{\nu_0} + \frac{A_{ii}}{\nu_i} \right) \beta$$

式中： $\theta_{i\max}$ —内表面最高温度（℃）；

$\bar{\theta}_i$ —内表面平均温度（℃）；

A_{tsa} —室外综合温度波幅值（℃）；

A_{ii} —室内计算温度波幅值（℃）；

ν_0 —围护结构的衰减倍数；

ν_i —室内空气到内表面的衰减倍数；

β —相位修正系数；

4 工程材料

材料名称	编号	导热系数 λ	蓄热系数 S	密度 ρ	比热容 C_p	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	1	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	蒸汽渗透系数为测定值
石灰水泥砂浆（混合砂浆）	18	0.870	10.750	1700.0	1050.0	0.0975	蒸汽渗透系数为测定值
钢筋混凝土	4	1.740	17.200	2500.0	920.0	0.0158	来源：《民用建筑热工设计规范（GB50176-93）》
挤塑聚苯板（ $\rho=25-32$ ）	22	0.030	0.320	28.5	1647.0	0.0162	
加气混凝土、泡沫混凝土（ $\rho=500$ ）	27	0.190	2.693	500.0	1050.0	0.0000	
夯实粘土（ $\rho=1800$ ）	31	0.930	11.030	1800.0	1010.0	0.0000	蒸汽渗透系数没有给出
SBS 改性沥青防水卷材	35	0.230	9.370	900.0	1620.0	0.0000	
铝	41	—	—	—	—	—	蒸汽渗透系数没有给出
矿棉、岩棉、玻璃棉板（ $\rho=80-200$ ）	42	0.045	0.748	140.0	1220.0	0.0000	
水泥砂浆	47	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	
建筑钢材	48	58.200	126.284	7850.0	480.0	0.0000	蒸汽渗透系数没有给出

(夏季)热流向下(水平、倾斜 $\delta \geq 60$)	49	0.070	0.078	1.2	1005.0	0.0000	选此材料时厚度设定为 60mm
加气混凝土砌块(B05级)	52	0.190	2.693	500.0	1050.0	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 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系数	热阻 R	热惰性指标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
钛锌板	1	—	—	—	0.000	0.000
矿棉、岩棉、玻璃棉板($\rho=80-200$)	120	0.045	0.748	1.20	2.222	1.995
建筑钢材	1	58.200	126.284	1.00	0.000	0.002
(夏季)热流向下(水平、倾斜 $\delta \geq 60$)	100	0.070	0.078	1.00	1.429	0.111
矿棉、岩棉、玻璃棉板($\rho=80-200$)	60	0.045	0.748	1.20	1.111	0.997
铝	1	—	—	—	0.000	0.000
各层之和 Σ	283	—	—	—	4.762	3.106
外表面太阳辐射吸收系数	0.75[默认]					
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.20					

5.1.2 屋顶构造二

材料名称 (由外到内)	厚度 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系数	热阻 R	热惰性指标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
SBS 改性沥青防水卷材	3	0.230	9.370	1.00	0.013	0.122
水泥砂浆	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
挤塑聚苯板($\rho=25-32$)	35	0.030	0.320	1.20	0.972	0.373
水泥砂浆	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
加气混凝土、泡沫混凝土($\rho=500$)	30	0.190	2.693	1.50	0.105	0.425
钢筋混凝土	100	1.740	17.200	1.00	0.057	0.989
各层之和 Σ	228	—	—	—	1.213	2.643
外表面太阳辐射吸收系数	0.75[默认]					
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.73					

5.2 外墙构造

5.2.1 外墙构造一

材料名称 (由外到内)	厚度 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系 数	热阻 R	热惰性指 标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
加气混凝土砌块 (B05 级)	200	0.190	2.693	1.25	0.842	2.835
水泥砂浆	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
各层之和 Σ	240	—	—	—	0.885	3.324
外表面太阳辐射吸收系数	0.75[默认]					
传热系数 $K=1/(0.16+\Sigma R)$	0.96					

6 隔热计算结果

类型	构造	最高温度(°C)	结论
屋顶	上:屋顶构造一	29.3	满足
	上:屋顶构造二	27.9	满足
外墙	东:外墙构造一	29.0	满足
	西:外墙构造一	28.0	满足

7 附录：隔热计算过程

7.1 屋顶构造：屋顶构造一

朝向：上

公式	变量名	数值	说明
(一) 内表面平均温度			
$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_{sa} - \bar{t}_i}{R_o \alpha_i}$	$\bar{\theta}_i$ —内表面平均温度	25.05	按《民用建筑热工设计规范》附录式（附 2.22 计算）
$\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5$	\bar{t}_i —室内计算温度平均值	24.80	
\bar{t}_e	\bar{t}_e —室外计算温度平均值	23.30	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$\bar{t}_{sa} = \bar{t}_e + \frac{\rho \bar{I}}{\alpha_e}$	\bar{t}_{sa} —室外综合温度平均值	35.57	按《民用建筑热工设计规范》附录式（附 2.14 计算）
ρ	ρ —太阳辐射吸收系数	0.75	
\bar{I}	\bar{I} —水平或垂直面上太阳辐射照度平均值（W/m ² ）	310.83	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
α_e	α_e —外表面换热系数	19.0	取 19.0W/（m ² ·K）
R_o	R_o —围护结构传热阻	4.92	
α_i	α_i —内表面换热系数	8.7	取 8.7W/（m ² ·K）
(二) 室外综合温度波幅值			
A_{te}	A_{te} —室外空气温度波幅值（℃）	6.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用

$A_{ts} = \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{\alpha_e}$	A_{ts} —太阳辐射当量温度波幅 (°C)	26.26	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.16 计算)
I_{\max}	I_{\max} —水平或垂直面上太阳辐射照度最大值 (W/m ²)	976.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
A_{te} / A_{ts} 或 A_{ts} / A_{te}	室外空气温度波幅与太阳辐射当量温度波幅的比值	4.38	两者中数值较大者为分子
φ_{te}	φ_{te} —室外空气温度最大值出现时间	15.00	通常取 15 时
φ_I	φ_I —太阳辐射照度最大值出现时间	12.00	通常取 8 时 (东向), 16 时 (西向)
$\varphi_{te} - \varphi_I$	室外空气温度最大值出现时间与太阳辐射照度最大值出现时间之差	3.00	用于查《民用建筑热工设计规范》附表 2.7
β	β —相位差修正系数	0.95	根据 A_{te} 与 A_{ts} 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 φ_{te} 与 φ_I 之间的差值按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用
$A_{tsa} = (A_{te} + A_{ts})\beta$	A_{tsa} —室外综合温度波幅值 (°C)	30.64	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.15 计算)
(三) 室内计算温度波幅值			
$A_{ti} = A_{te} - 1.5$	A_{ti} —室内计算温度波幅值 (°C)	4.50	
(四) 围护结构衰减倍数			
$v_o = 0.9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{S_1 + \alpha_i \frac{S_2 + Y_1}{S_1 + Y_1} \dots}{S_1 + Y_1} \dots \frac{Y_{K-1} \dots \frac{S_n + Y_{n-1} \frac{Y_n + \alpha_e}{S_n + Y_n}}{Y_n}}{Y_K}$	v_o —围护结构的衰减倍数 D—围护结构的热惰性指标 S_1, S_2, \dots, S_n —由内到外各层材料的蓄热系数 W/(m ² ·K) Y_1, Y_2, \dots, Y_n —由内到外各层材料外表面蓄热系数 Y_{K-1}, Y_K —分别为空气间层外表面和空气间层前一层材料外表面蓄热系数	83.14	Y_1, Y_2, \dots, Y_n 按《民用建筑热工设计规范》附录二中 (七) 1. 的规定计算
(五) 室内空气到内表面的衰减倍数			
$v_i = 0.95 \frac{\alpha_i + Y_i}{\alpha_i}$	v_i —室内空气到内表面的衰减倍数;	1.05	

(六) 多层围护结构的总延迟时间			
$\zeta_o = \frac{1}{15} (40.5D - \operatorname{arctg} \frac{\alpha_i}{\alpha_i + Y_i \sqrt{2}} + \operatorname{arctg} \frac{R_K \cdot Y_{Ki}}{R_K \cdot Y_{Ki} + \sqrt{2}} + \operatorname{arctg} \frac{Y_e}{Y_e + \alpha_e \sqrt{2}})$	ζ_o —围护结构延迟时间 (h) Y_e —围护结构外表面 (亦即最后一层外表面) 蓄热系数 R_K —空气间层热阻 【(m ² ·K) /K】 Y_{Ki} —空气间层内表面蓄热系数	6.72	Y_e —按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)2.的规定计算; Y_{Ki} —按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)2.的规定计算
(七) 室内空气到内表面的延迟时间			
$\zeta_i = \frac{1}{15} \operatorname{arctg} \frac{Y_i}{Y_i + \alpha_i \sqrt{2}}$	ζ_i —内表面延迟时间 (h)	0.26	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.20 计算)
(八) $\Delta\varphi$ 及相位修正系数 β			
$\Delta\varphi = (\varphi_{ti} + \xi_i) - (\varphi_{tsa} + \xi_o)$	φ_{ti} —室内空气温度最大值出现时间 φ_{tsa} —室外综合温度最大值出现时间	3.46	φ_{ti} 通常取 16; φ_{tsa} 通常可取: 水平及南向, 13; 东向, 9; 西向, 16
$\frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅	0.37	
$\frac{A_{ti}}{v_i}$	达内表面的室内温度波幅	4.29	
$\frac{A_{tsa}}{v_o} / \frac{A_{ti}}{v_i} \quad \text{或} \quad \frac{A_{ti}}{v_i} / \frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅与到达内表面的室内温度波幅的比值	11.65	$\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 、 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 两者中数值较大者为分子
β	β —相位修正系数	0.95	根据 $\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 与 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 $\Delta\varphi$ 的值, 按《民用热工设计规范》附

			录附表 2.7 采用
(九) 内表面最高温度计算			
$\theta_{i\max} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{v_0} + \frac{A_{ti}}{v_i} \right) \beta$	$\theta_{i\max}$ — 内表面最高温度	29.3	$t_{e \cdot \max} = 29.3$
(十) 结论			
满足			

7.2 屋顶构造：屋顶构造二

朝向：上

公式	变量名	数值	说明
(一) 内表面平均温度			
$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_{sa} - \bar{t}_i}{R_o \alpha_i}$	$\bar{\theta}_i$ — 内表面平均温度	25.70	按《民用建筑热工设计规范》附录式（附 2.22 计算）
$\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5$	\bar{t}_i — 室内计算温度平均值	24.80	
\bar{t}_e	\bar{t}_e — 室外计算温度平均值	23.30	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$\bar{t}_{sa} = \bar{t}_e + \frac{\rho \bar{I}}{\alpha_e}$	\bar{t}_{sa} — 室外综合温度平均值	35.57	按《民用建筑热工设计规范》附录式（附 2.14 计算）
ρ	ρ — 太阳辐射吸收系数	0.75	
\bar{I}	\bar{I} — 水平或垂直面上太阳辐射照度平均值（W/m ² ）	310.83	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
α_e	α_e — 外表面换热系数	19.0	取 19.0W/（m ² ·K）
R_o	R_o — 围护结构传热阻	1.37	

α_i	α_i —内表面换热系数	8.7	取 8.7W/(m ² ·K)
(二) 室外综合温度波幅值			
A_{te}	A_{te} —室外空气温度波幅值 (°C)	6.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$A_{ts} = \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{\alpha_e}$	A_{ts} —太阳辐射当量温度波幅 (°C)	26.26	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.16 计算)
I_{\max}	I_{\max} —水平或垂直面上太阳辐射照度最大值 (W/m ²)	976.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
A_{te} / A_{ts} 或 A_{ts} / A_{te}	室外空气温度波幅与太阳辐射当量温度波幅的比值	4.38	两者中数值较大者为分子
φ_{te}	φ_{te} —室外空气温度最大值出现时间	15.00	通常取 15 时
φ_l	φ_l —太阳辐射照度最大值出现时间	12.00	通常取 8 时 (东向), 16 时 (西向)
$\varphi_{te} - \varphi_l$	室外空气温度最大值出现时间与太阳辐射照度最大值出现时间之差	3.00	用于查《民用建筑热工设计规范》附表 2.7
β	β —相位差修正系数	0.95	根据 A_{te} 与 A_{ts} 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 φ_{te} 与 φ_l 之间的差值按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用
$A_{tsa} = (A_{te} + A_{ts})\beta$	A_{tsa} —室外综合温度波幅值 (°C)	30.64	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.15 计算)
(三) 室内计算温度波幅值			
$A_{ti} = A_{te} - 1.5$	A_{ti} —室内计算温度波幅值 (°C)	4.50	
(四) 围护结构衰减倍数			
$v_o = 0.9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{S_1 + \alpha_i \square S_2 + Y_1}{S_1 + Y_1} \frac{S_2 + Y_2}{S_2 + Y_2} \dots \frac{Y_{K-1}}{Y_K} \dots \frac{S_n + Y_{n-1} \square Y_n + \alpha_e}{S_n + Y_n} \frac{Y_n + \alpha_e}{\alpha_e}$	v_o —围护结构的衰减倍数 D —围护结构的热惰性指标 S_1, S_2, \dots, S_n —由内到外各层材料的蓄热系数 W/(m ² ·K) Y_1, Y_2, \dots, Y_n —由内到外各层材料外表面蓄热系数 Y_{K-1}, Y_K —分别为空气间层外表面和空气间层前一	48.00	Y_1, Y_2, \dots, Y_n 按《民用建筑热工设计规范》附录二中 (七) 1. 的规定计算

	层材料外表面蓄热系数		
(五) 室内空气到内表面的衰减倍数			
$v_i = 0.95 \frac{\alpha_i + Y_i}{\alpha_i}$	v_i —室内空气到内表面的衰减倍数;	2.81	
(六) 多层围护结构的总延迟时间			
$\zeta_o = \frac{1}{15} (40.5D - \arctg \frac{\alpha_i}{\alpha_i + Y_i \sqrt{2}} + \arctg \frac{R_K \cdot Y_{K_i}}{R_K \cdot Y_{K_i} + \sqrt{2}} + \arctg \frac{Y_e}{Y_e + \alpha_e \sqrt{2}})$	ζ_o —围护结构延迟时间 (h) Y_e —围护结构外表面 (亦即最后一层外表面) 蓄热系数 R_K —空气间层热阻 [(m ² ·K)/K] Y_{K_i} —空气间层内表面蓄热系数	6.90	Y_e —按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)2.的规定计算; Y_{K_i} —按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)2.的规定计算
(七) 室内空气到内表面的延迟时间			
$\zeta_i = \frac{1}{15} \arctg \frac{Y_i}{Y_i + \alpha_i \sqrt{2}}$	ζ_i —内表面延迟时间 (h)	2.01	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.20 计算)
(八) $\Delta\varphi$ 及相位修正系数 β			
$\Delta\varphi = (\varphi_{ti} + \xi_i) - (\varphi_{tsa} + \xi_o)$	φ_{ti} —室内空气温度最大值出现时间 φ_{tsa} —室外综合温度最大值出现时间	1.89	φ_{ti} 通常取 16; φ_{tsa} 通常可取: 水平及南向, 13; 东向, 9; 西向, 16
$\frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅	0.64	
$\frac{A_{ti}}{v_i}$	达内表面的室内温度波幅	1.60	
$\frac{A_{tsa}}{v_o} / \frac{A_{ti}}{v_i}$ 或 $\frac{A_{ti}}{v_i} / \frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅与到达内表面的室内温度波幅的比值	2.50	$\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 、 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 两者中数值较大者为分子

β	β —相位修正系数	0.97	根据 $\frac{A_{tsa}}{v_0}$ 与 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 $\Delta\varphi$ 的值, 按按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用
(九) 内表面最高温度计算			
$\theta_{i\max} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{v_0} + \frac{A_{ti}}{v_i} \right) \beta$	$\theta_{i\max}$ —内表面最高温度	27.9	$t_{e \cdot \max} = 29.3$
(十) 结论			
满足			

7.3 外墙构造: 外墙构造一

朝向: 东

公式	变量名	数值	说明
(一) 内表面平均温度			
$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_{sa} - \bar{t}_i}{R_o \alpha_i}$	$\bar{\theta}_i$ —内表面平均温度	25.28	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.22 计算)
$\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5$	\bar{t}_i —室内计算温度平均值	24.80	
\bar{t}_e	\bar{t}_e —室外计算温度平均值	23.30	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$\bar{t}_{sa} = \bar{t}_e + \frac{\rho \bar{I}}{\alpha_e}$	\bar{t}_{sa} —室外综合温度平均值	29.15	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.14 计算)
ρ	ρ —太阳辐射吸收系数	0.75	

\bar{I}	\bar{I} —水平或垂直面上太阳辐射照度平均值 (W/m ²)	148.29	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
α_e	α_e —外表面换热系数	19.0	取 19.0W/ (m ² · K)
R_o	R_o —围护结构传热阻	1.05	
α_i	α_i —内表面换热系数	8.7	取 8.7W/ (m ² · K)
(二) 室外综合温度波幅值			
A_{te}	A_{te} —室外空气温度波幅值 (°C)	6.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$A_{ts} = \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{\alpha_e}$	A_{ts} —太阳辐射当量温度波幅 (°C)	17.59	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.16 计算)
I_{\max}	I_{\max} —水平或垂直面上太阳辐射照度最大值 (W/m ²)	594.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
A_{te} / A_{ts} 或 A_{ts} / A_{te}	室外空气温度波幅与太阳辐射当量温度波幅的比值	2.93	两者中数值较大者为分子
φ_{te}	φ_{te} —室外空气温度最大值出现时间	15.00	通常取 15 时
φ_I	φ_I —太阳辐射照度最大值出现时间	8.00	通常取 8 时 (东向), 16 时 (西向)
$\varphi_{te} - \varphi_I$	室外空气温度最大值出现时间与太阳辐射照度最大值出现时间之差	7.00	用于查《民用建筑热工设计规范》附表 2.7
β	β —相位差修正系数	0.72	根据 A_{te} 与 A_{ts} 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 φ_{te} 与 φ_I 之间的差值按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用
$A_{tsa} = (A_{te} + A_{ts})\beta$	A_{tsa} —室外综合温度波幅值 (°C)	16.89	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.15 计算)
(三) 室内计算温度波幅值			
$A_{ti} = A_{te} - 1.5$	A_{ti} —室内计算温度波幅值 (°C)	4.50	
(四) 围护结构衰减倍数			

$v_o = 0.9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + Y_1} \frac{S_2 + Y_1}{S_2 + Y_2} \dots \frac{Y_{K-1}}{Y_K} \dots \frac{S_n + Y_{n-1}}{S_n + Y_n} \frac{Y_n + \alpha_e}{\alpha_e}$	<p>v_o—围护结构的衰减倍数 D—围护结构的热惰性指标 S_1, S_2, \dots, S_n—由内到外各层材料的蓄热系数 $W/(m^2 \cdot K)$ Y_1, Y_2, \dots, Y_n—由内到外各层材料外表面蓄热系数 Y_{K-1}, Y_K—分别为空气间层外表面和空气间层前一层材料外表面蓄热系数</p>	19.56	Y_1, Y_2, \dots, Y_n 按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)1.的规定计算
(五) 室内空气到内表面的衰减倍数			
$v_i = 0.95 \frac{\alpha_i + Y_i}{\alpha_i}$	v_i —室内空气到内表面的衰减倍数;	1.58	
(六) 多层围护结构的总延迟时间			
$\zeta_o = \frac{1}{15} (40.5D - \arctg \frac{\alpha_i}{\alpha_i + Y_i \sqrt{2}} + \arctg \frac{R_K \cdot Y_{Ki}}{R_K \cdot Y_{Ki} + \sqrt{2}} + \arctg \frac{Y_e}{Y_e + \alpha_e \sqrt{2}})$	<p>ζ_o—围护结构延迟时间 (h) Y_e—围护结构外表面(亦即最后一层外表面)蓄热系数 R_K—空气间层热阻【(m²·K)/K】 Y_{Ki}—空气间层内表面蓄热系数</p>	7.81	Y_e —按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)2.的规定计算; Y_{Ki} —按《民用建筑热工设计规范》附录二中(七)2.的规定计算
(七) 室内空气到内表面的延迟时间			
$\zeta_i = \frac{1}{15} \arctg \frac{Y_i}{Y_i + \alpha_i \sqrt{2}}$	ζ_i —内表面延迟时间 (h)	1.18	按《民用建筑热工设计规范》附录式(附 2.20 计算)
(八) $\Delta\varphi$ 及相位修正系数 β			
$\Delta\varphi = (\varphi_{ti} + \xi_i) - (\varphi_{tsa} + \xi_o)$	<p>φ_{ti}—室内空气温度最大值出现时间 φ_{tsa}—室外综合温度最大值出现时间</p>	0.37	φ_{ti} 通常取 16; φ_{tsa} 通常可取: 水平及南向, 13; 东向, 9; 西向, 16
$\frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅	0.86	

$\frac{A_{ti}}{v_i}$	达内表面的室内温度波幅	2.86	
$\frac{A_{tsa}}{v_o} / \frac{A_{ti}}{v_i}$ 或 $\frac{A_{ti}}{v_i} / \frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅与到达内表面的室内温度波幅的比值	3.31	$\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 、 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 两者中数值较大者为分子
β	β —相位修正系数	1.00	根据 $\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 与 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 $\Delta\varphi$ 的值, 按按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用
(九) 内表面最高温度计算			
$\theta_{i\max} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{v_o} + \frac{A_{ti}}{v_i} \right) \beta$	$\theta_{i\max}$ —内表面最高温度	29.0	$t_{e \cdot \max} = 29.3$
(十) 结论			
满足			

7.4 外墙构造：外墙构造一

朝向：西

公式	变量名	数值	说明
(一) 内表面平均温度			
$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_{sa} - \bar{t}_i}{R_o \alpha_i}$	$\bar{\theta}_i$ —内表面平均温度	25.28	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.22 计算)
$\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5$	\bar{t}_i —室内计算温度平均值	24.80	

\bar{t}_e	\bar{t}_e —室外计算温度平均值	23.30	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$\bar{t}_{sa} = \bar{t}_e + \frac{\rho \bar{I}}{\alpha_e}$	\bar{t}_{sa} —室外综合温度平均值	29.15	按《民用建筑热工设计规范》附录式（附 2.14 计算）
ρ	ρ —太阳辐射吸收系数	0.75	
\bar{I}	\bar{I} —水平或垂直面上太阳辐射照度平均值（W/m ² ）	148.29	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
α_e	α_e —外表面换热系数	19.0	取 19.0W/（m ² ·K）
R_o	R_o —围护结构传热阻	1.05	
α_i	α_i —内表面换热系数	8.7	取 8.7W/（m ² ·K）
（二）室外综合温度波幅值			
A_{te}	A_{te} —室外空气温度波幅值（℃）	6.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.2 采用
$A_{ts} = \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{\alpha_e}$	A_{ts} —太阳辐射当量温度波幅（℃）	17.59	按《民用建筑热工设计规范》附录式（附 2.16 计算）
I_{\max}	I_{\max} —水平或垂直面上太阳辐射照度最大值（W/m ² ）	594.00	按《民用建筑热工设计规范》附录三附表 3.3 采用
A_{te} / A_{ts} 或 A_{ts} / A_{te}	室外空气温度波幅与太阳辐射当量温度波幅的比值	2.93	两者中数值较大者为分子
φ_{te}	φ_{te} —室外空气温度最大值出现时间	15.00	通常取 15 时
φ_I	φ_I —太阳辐射照度最大值出现时间	16.00	通常取 8 时（东向），16 时（西向）
$\varphi_{te} - \varphi_I$	室外空气温度最大值出现时间与太阳辐射照度最大值出现时间之差	1.00	用于查《民用建筑热工设计规范》附表 2.7
β	β —相位差修正系数	0.99	根据 A_{te} 与 A_{ts} 的比值（两者中数值较大者为分子）及 φ_{te} 与 φ_I 之间的差值按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用

$A_{tsa} = (A_{te} + A_{ts})\beta$	A_{tsa} — 室外综合温度波幅值 (°C)	23.36	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.15 计算)
(三) 室内计算温度波幅值			
$A_{ti} = A_{te} - 1.5$	A_{ti} — 室内计算温度波幅值 (°C)	4.50	
(四) 围护结构衰减倍数			
$v_o = 0.9e^{\frac{D}{\sqrt{2}} \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + Y_1} \frac{S_2 + Y_1}{S_2 + Y_2} \dots \frac{Y_{K-1}}{Y_K} \dots \frac{S_n + Y_{n-1}}{S_n + Y_n} \frac{Y_n + \alpha_e}{\alpha_e}}$	v_o — 围护结构的衰减倍数 D — 围护结构的热惰性指标 S_1, S_2, \dots, S_n — 由内到外各层材料的蓄热系数 $W/(m^2 \cdot K)$ Y_1, Y_2, \dots, Y_n — 由内到外各层材料外表面蓄热系数 Y_{K-1}, Y_K — 分别为空气间层外表面和空气间层前一层材料外表面蓄热系数	19.56	Y_1, Y_2, \dots, Y_n 按《民用建筑热工设计规范》附录二中 (七) 1. 的规定计算
(五) 室内空气到内表面的衰减倍数			
$v_i = 0.95 \frac{\alpha_i + Y_i}{\alpha_i}$	v_i — 室内空气到内表面的衰减倍数;	1.58	
(六) 多层围护结构的总延迟时间			
$\zeta_o = \frac{1}{15} (40.5D - \arctg \frac{\alpha_i}{\alpha_i + Y_i \sqrt{2}} + \arctg \frac{R_K \cdot Y_{Ki}}{R_K \cdot Y_{Ki} + \sqrt{2}} + \arctg \frac{Y_e}{Y_e + \alpha_e \sqrt{2}})$	ζ_o — 围护结构延迟时间 (h) Y_e — 围护结构外表面 (亦即最后一层外表面) 蓄热系数 R_K — 空气间层热阻 $[(m^2 \cdot K) / K]$ Y_{Ki} — 空气间层内表面蓄热系数	7.81	Y_e — 按《民用建筑热工设计规范》附录二中 (七) 2. 的规定计算; Y_{Ki} — 按《民用建筑热工设计规范》附录二中 (七) 2. 的规定计算
(七) 室内空气到内表面的延迟时间			
$\zeta_i = \frac{1}{15} \arctg \frac{Y_i}{Y_i + \alpha_i \sqrt{2}}$	ζ_i — 内表面延迟时间 (h)	1.18	按《民用建筑热工设计规范》附录式 (附 2.20 计算)
(八) $\Delta\varphi$ 及相位修正系数 β			

$\Delta\varphi = (\varphi_{ti} + \xi_i) - (\varphi_{tsa} + \xi_o)$	φ_{ti} — 室内空气温度最大值出现时间 φ_{tsa} — 室外综合温度最大值出现时间	6.63	φ_{ti} 通常取 16; φ_{tsa} 通常可取: 水平及南向, 13; 东向, 9; 西向, 16
$\frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅	1.19	
$\frac{A_{ti}}{v_i}$	达内表面的室内温度波幅	2.86	
$\frac{A_{tsa}}{v_o} / \frac{A_{ti}}{v_i}$ 或 $\frac{A_{ti}}{v_i} / \frac{A_{tsa}}{v_o}$	到达内表面的综合外温波幅与到达内表面的室内温度波幅的比值	2.39	$\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 、 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 两者中数值较大者为分子
β	β — 相位修正系数	0.68	根据 $\frac{A_{tsa}}{v_o}$ 与 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 的比值 (两者中数值较大者为分子) 及 $\Delta\varphi$ 的值, 按按《民用热工设计规范》附录附表 2.7 采用
(九) 内表面最高温度计算			
$\theta_{i\max} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{v_o} + \frac{A_{ti}}{v_i} \right) \beta$	$\theta_{i\max}$ — 内表面最高温度	28.0	$t_{e \cdot \max} = 29.3$
(十) 结论			
满足			