

郑州大学综合设计研究院有限公司

计 算 书

项目编号 2025-13012-1

项目名称 郑州商业技师学院外墙改造项目

子项名称 32#教学楼

专 业 建 筑

计 算 人 徐 启 徐启

校 对 人 白赶国 白赶国

专业负责人 白赶国 白赶国

审 核 人 张欣欣 张欣欣

日 期 2025.06

郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼公共建筑节能计算分析报告书

一、标准依据

1. 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021
2. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
3. 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106-2019
4. 《建筑幕墙、门窗通用技术条件》GB/T 31433-2015

二、建筑概况

1 项目基本信息

表 1 项目基本信息表

工程名称	郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼		
工程地点	河南郑州		
地理位置	北纬：34.70	东经：113.70	海拔：111.00
气候分区	寒冷 B 区		
建筑类型	学院		
建筑分类	甲类建筑		
结构形式	框架结构		
建筑朝向	南偏西 3.77 度		
建筑面积（计算）	总面积 7534.54 m ²	地上：7534.54 m ² 地下：0.00 m ²	
建筑体积（计算）	总体积：29715.70 m ³	地上：29715.70 m ³ 地下：0.00 m ³	
外表面积和体形系数	总外表面积：5813.78 m ² (体形系数：0.20)		
建筑层数	地上：5 层	地下：0 层	
建筑高度	20.75m		

2 标准层及窗墙比信息

表 2 建筑标准层信息表

标准层	实际楼层	层高(m)	建筑面积(m ²)
标准层 1	地上 1 层	4.00	1473.50
标准层 2	地上 2 - 5 层	4.00	5894.00
标准层 3	地上 6 层	2.70	91.00

表 3 各朝向窗墙面积比信息表

朝向	外窗面积（包括透明幕墙） (m ²)	朝向面积 (m ²)	朝向窗墙比
东	25.20	483.14	0.05
南	682.74	1687.00	0.40
西	25.20	483.14	0.05
北	678.90	1687.00	0.40
合计	1412.04	4340.28	0.33

三、建筑材料选用依据

1 非透明材料热工参数依据

表 4 非透明材料热工参数依据

材料名称	干密度 (Kg/m ³)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	修正系数 α		选用依据
				α	使用部位	
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	屋顶:1.10	屋面	《民用建筑热工设计规范》
半硬质岩 (矿)棉板	100	0.048	0.77	墙体:1.20	外墙/热桥梁/热桥楼板/热桥过梁	《民用建筑热工设计规范》

半硬质矿(岩)棉板	100	0.048	0.77	墙体:1.20	外墙	《民用建筑设计热工规范》
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	楼板:1.00	周边地面	《民用建筑热工设计规范》

2 透明材料热工参数依据

表 5 透明材料热工参数依据

门窗类型	传热系数 [W/(m ² ·K)]	玻璃太阳 得热系数	应用部位	气密性等 级	选用依据
断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+ 6mm	2.20	0.51	外窗	6	《12 系列建筑标准 设计图集》12YJ4-1

四、围护结构构造做法

屋面类型（由上到下）：

- 第 1 层：细石混凝土（40.0mm）
- 第 2 层：水泥砂浆（20.0mm）
- 第 3 层：挤塑聚苯板（100.0mm）
- 第 4 层：水泥砂浆（20.0mm）
- 第 5 层：轻集料混凝土清捣（30.0mm）
- 第 6 层：钢筋混凝土（120.0mm）

外墙类型（由外至内）1：

- 第 1 层：水泥砂浆（10.0mm）
- 第 2 层：半硬质岩(矿)棉板（60.0mm）
- 第 3 层：蒸压加气混凝土砌块(B06 级)（200.0mm）
- 第 4 层：水泥砂浆保护层（20.0mm）

外墙类型（由外至内）2:

- 第 1 层: 水泥砂浆 (15.0mm)
- 第 2 层: 半硬质矿(岩)棉板 (60.0mm)
- 第 3 层: 钢筋混凝土 (200.0mm)
- 第 4 层: 水泥砂浆保护层 (10.0mm)

周边地面类型:

- 第 1 层: 水泥砂浆 (20.0mm)
- 第 2 层: 挤塑聚苯板 (60.0mm)
- 第 3 层: 夯实黏土 ($\rho=1800$) (200.0mm)

外窗类型:

构造: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I) (6mm+12A+6mm)

热工性能: 传热系数 $2.20W/(m^2 \cdot K)$, 夏季玻璃太阳得热系数 0.51/冬季玻璃太阳得热系数: 0.51, 夏季玻璃遮阳系数 0.59/冬季玻璃遮阳系数: 0.59, 气密性为 6 级, 可见光透射比 0.61

五、规定性指标判定

1 建筑设计指标

1.1 体形系数

表 6 体形系数

建筑体积(m ³)	建筑外表面积(m ²)	体形系数设计值	标准限值
29715.70	5813.78	0.20	0.40
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.3 条严寒和寒冷地区公共建筑应符合建筑面积小于等于 800m ² 时体形系数 ≤ 0.50 、大于 800m ² 时体形系数 ≤ 0.40 的要求。		

结论	满足
----	----

2 围护结构热工性能

2.1 屋面

屋面构造类型: 细石混凝土(40.0mm) + 水泥砂浆(20.0mm) + 挤塑聚苯板(100.0mm) + 水泥砂浆(20.0mm) + 轻集料混凝土清捣(30.0mm) + 钢筋混凝土(120.0mm)

表 7 屋面热工性能判定

屋面 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
细石混凝土	40.0	1.740	17.200	0.023	0.40	1.00
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.0	0.030	0.320	3.030	1.07	1.10
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
轻集料混凝土清捣	30.0	0.890	11.100	0.034	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
屋面各层之和	330.0			3.20	3.51	
屋面热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=3.35(m^2 \cdot K)/W$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
屋面传热系数	$K=1/R_o=0.30[W/(m^2 \cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$					

表 8 屋面平均传热系数计算表

屋面构造类型	传热系数 [W/(m ² ·K)]	热惰性指标	太阳辐射吸收 系数	应用面积(m ²)
钢筋混凝土(120.00) + 挤塑聚苯板(100.00)	0.30	3.51	0.70	1473.50
屋顶全楼加权平均传热系数	0.30[W/(m ² ·K)] (D = 3.51)			
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类公共建筑屋顶传热系数的要求。			

结论	0.30 (限值: 0.40) , 满足
----	----------------------

2.2 外墙

外墙构造类型 1: 水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(60.0mm) + 蒸压加气混凝土砌块(B06 级)(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(20.0mm)

表 9 外墙热工性能判定

外墙 1 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
蒸压加气混凝土砌块(B06 级)	200.0	0.190	2.810	0.842	2.96	1.25
水泥砂浆保护层	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00
外墙各层之和	290.0			1.92	4.29	
外墙热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=2.07[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
外墙传热系数	$K=1/R_o=0.48[W/(m^2 \cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$					

外墙构造类型 2: 水泥砂浆(15.0mm) + 半硬质矿(岩)棉板(60.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(10.0mm)

表 10 外墙热工性能判定

外墙 2 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	15.0	0.930	11.370	0.016	0.18	1.00
半硬质矿(岩)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
外墙各层之和	285.0			1.18	3.24	

外墙热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.33[(m^2 \cdot K)/W]$	$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$
外墙传热系数	$K=1/R_o=0.75[W/(m^2 \cdot K)]$
太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$

热桥梁构造类型: 水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(60.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(20.0mm)

表 11 热桥梁热工性能判定

热桥梁 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m · K)]	蓄热系数 [W/(m ² · K)]	热阻值 [(m ² · K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00
热桥梁各层之和	290.0			1.19	3.30	
热桥梁热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.34[(m^2 \cdot K)/W]$	$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$					
热桥梁传热系数	$K=1/R_o=0.75[W/(m^2 \cdot K)]$					

热桥过梁构造类型: 水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(60.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(10.0mm)

表 12 热桥过梁热工性能判定

热桥过梁 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m · K)]	蓄热系数 [W/(m ² · K)]	热阻值 [(m ² · K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
热桥过梁各层之和	280.0			1.18	3.18	
热桥过梁热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.33[(m^2 \cdot K)/W]$	$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$					

热桥过梁传热系数	$K=1/R_o=0.75[W/(m^2 \cdot K)]$
----------	---------------------------------

热桥楼板构造类型：水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(60.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm)

表 13 热桥楼板热工性能判定

热桥楼板 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m · K)]	蓄热系数 [W/(m ² · K)]	热阻值 [(m ² · K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
热桥楼板各层之和	270.0			1.17	3.06	
热桥楼板热阻 $R_o=R_i+\Sigma R+R_e=1.32[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
热桥楼板传热系数	$K=1/R_o=0.76[W/(m^2 \cdot K)]$					

表 14 外墙平均传热系数判定

构件名称	面积(m ²)	面积所占比率	传热系数 K[W/(m ² · K)]	热惰性指标 D	太阳辐射吸收 系数
外墙 1	2238.25	0.77	0.48	4.29	0.70
外墙 2	36.75	0.01	0.75	3.24	0.70
热桥梁	419.29	0.15	0.75	3.30	0.70
热桥过梁	62.09	0.02	0.75	3.18	0.70
热桥楼板	131.81	0.05	0.76	3.06	0.70
外墙平均传热 系数 K_m	$K_m = (K_1.S_1 + K_2.S_2 + K_3.S_3 + K_4.S_4 + K_5.S_5) / \Sigma S(m^2) = 0.54[W/(m^2 \cdot K)] (D = 4.05)$				
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类公共建筑外墙传热系数的要求。				
结论	0.54 (限值: 0.50), 不满足				

2.3 周边地面

周边地面构造类型：水泥砂浆(20.0mm) + 挤塑聚苯板(60.0mm) + 夯实黏土 ($\rho = 1800$) (200.0mm)

表 15 周边地面热工性能判定

周边地面 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	60.0	0.030	0.320	2.000	0.64	1.00
夯实黏土 ($\rho = 1800$)	200.0	0.930	11.030	0.215	2.37	1.00
周边地面当量传热系数	Kd=0.43[W/(m ² ·K)]					
保温层热阻	R=2.00[(m ² ·K)/W]					
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类周边地面保温材料层热阻的要求。					
结论	2.00 (限值: 0.60) , 满足					

2.4 外窗 (含透明幕墙) 传热系数

外窗构造类型：断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm

表 16 立面外窗传热系数判定

朝向	立面	规格型号	外窗面积(m ²)	传热系数 [W/(m ² ·K)]	立面窗墙比(包括透光幕墙)	加权传热系数 [W/(m ² ·K)]	传热系数限值 [W/(m ² ·K)]
东	立面 1	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	25.20	2.20	0.05	2.20	2.5
南	立面 2	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	682.74	2.20	0.40	2.20	2.0
西	立面 3	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	25.20	2.20	0.05	2.20	2.5
北	立面 4	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	678.90	2.20	0.40	2.20	2.0
标准条目		《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类					

	外窗的传热系数的要求。
结论	不满足(南向外窗立面 2、北向外窗立面 4)

2.5 外窗（含透明幕墙）太阳得热系数

表 17 太阳得热系数 SHGC 判断表（立面）

朝向	立面	玻璃太阳得热系数	窗框系数	外遮阳系数 SD	立面窗墙比(包括透光幕墙)	综合太阳得热系数 SHGC	SHGC 限值
东	立面 1	0.51	0.85	1.00	0.05	0.44	≤--
南	立面 2	0.51	0.85	1.00	0.40	0.44	≤0.40
西	立面 3	0.51	0.85	1.00	0.05	0.44	≤--
北	立面 4	0.51	0.85	1.00	0.40	0.44	≤--
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类外窗太阳得热系数的要求。						
结论	不满足(南向立面 2)						

六、规定性指标结论

1 规定性指标判定情况

表 18 规定性指标判定情况

序号	建筑构件	设计值	标准限值	是否达标
1	体形系数满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.3 条的要求	0.20	≤0.40	满足
2	屋面满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	K = 0.30	K ≤ 0.40	满足
3	外墙不满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	K = 0.54	K ≤ 0.50	不满足
4	周边地面满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	R = 2.00	R ≥ 0.60	满足

5	外窗（含透明幕墙）传热系数不满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	$K = 2.20$	$K \leq 2.0$	不满足
6	外窗（含透明幕墙）太阳得热系数不满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	0.44	≤ 0.40	不满足

2 强制性条文判定情况

表 19 强制性条文判定情况

序号	建筑构件	设计值	标准限值	是否达标
1	体形系数	0.20	≤ 0.40	满足
2	屋面	$K = 0.30$	$K \leq 0.40$	满足
3	外墙	$K = 0.54$	$K \leq 0.55$	满足
4	周边地面	$R = 2.00$	$R \geq 0.60$	满足
5	外窗（含透明幕墙）传热系数(东立面 1)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足
6	外窗（含透明幕墙）传热系数(南立面 2)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足
7	外窗（含透明幕墙）传热系数(西立面 3)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足
8	外窗（含透明幕墙）传热系数(北立面 4)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足

规定性指标判定结论：本项目规定性指标**不满足**《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 的规范要求，但**满足**强制性条文要求，**须进行围护结构热工性能权衡判定。**

郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼内表面最高温度计算分析报告

一、计算依据

1. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
2. 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019
3. 《绿色建筑评价技术细则》

二、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/T50378-2019 和《民用建筑热工设计规范》GB 50176-2016。

1 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 条文要求

《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 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 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 要求

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 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 _{i,max}	≤t _{e,max}	≤t _i +2.5	≤t _i +3.5

表中θ_{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》附录 C3 中的规定计算；

t_{e,max}——累年日平均温度最高日的最高温度 (°C)；

t_i——室内空气温度 (°C)。

三、模拟概述

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：

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

(2) 初始条件：

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

(3) 边界条件：

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

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

式中：

ρ_j, c_j, λ_j——分别为第 j 层材料的密度、比热和导热系数；

α_0 ——室外空气对流表面换热系数，取 $19.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ；

α_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；

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

L ——构件总厚度， 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 附录光盘选取。

ρ_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 W/m^2 。可按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录光盘选取；

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。

2 参数设置

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

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 B.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 $0\text{W}/\text{m}^2$ ；

2.2 温度参数

1) 室内温度：26℃。按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值。

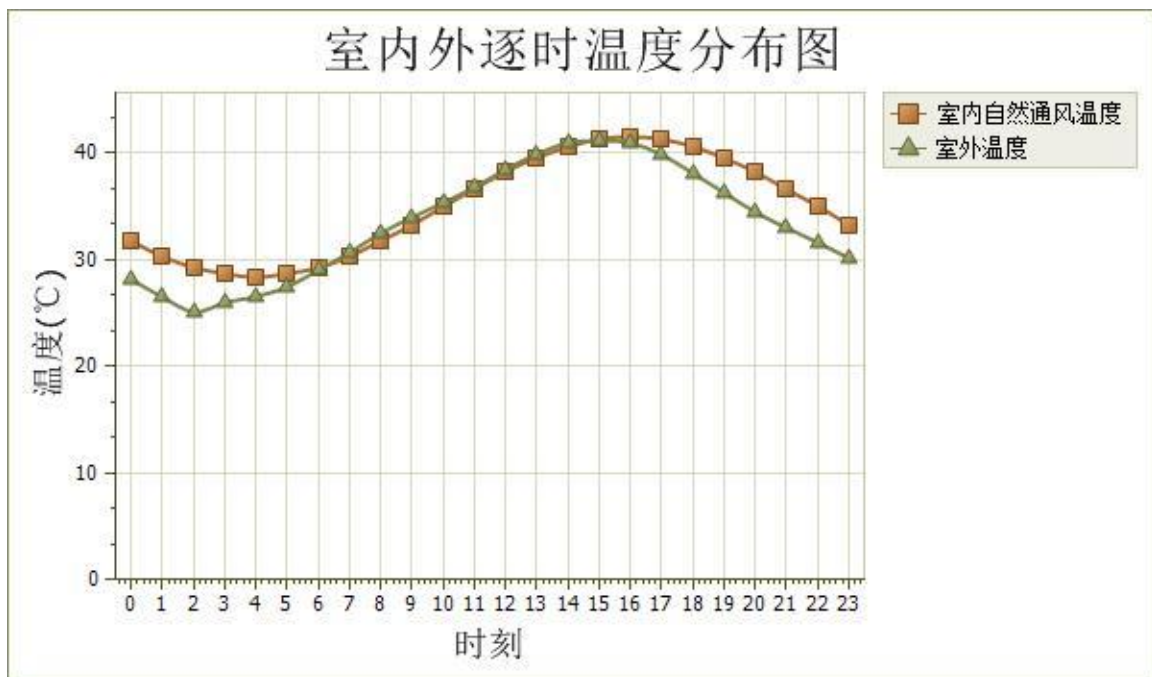
2) 室外空气逐时温度及太阳辐射，按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 A 的备注选取。

四、模拟分析

本项目为计算郑州的内表面最高温度。

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



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	44.63	163.94	63.97	17.89	125.50
6	116.96	314.12	126.37	65.90	281.80
7	186.32	447.41	168.05	122.42	451.50
8	260.68	488.47	194.41	159.57	604.00
9	323.27	441.34	210.36	174.18	711.90
10	361.88	342.42	218.20	181.53	771.90
11	379.72	223.51	223.51	186.23	801.30
12	373.19	224.79	353.25	187.06	796.80
13	331.34	214.70	455.24	177.96	734.10
14	265.22	196.91	509.17	161.98	625.50
15	183.73	167.03	467.40	120.93	462.70
16	108.37	123.71	338.73	59.01	287.70
17	33.92	56.25	160.22	10.56	113.40
18	--	--	--	--	--
19	--	--	--	--	--
20	--	--	--	--	--
21	--	--	--	--	--
22	--	--	--	--	--
23	--	--	--	--	--

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 ³)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	修正系数 α		选用依据
				α	使用部位	
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	1.10	屋面	《民用建筑热工设计规范》

半硬质岩(矿)棉板	100	0.048	0.77	1.20	外墙/热桥梁/热桥楼板/热桥过梁	《民用建筑热工设计规范》
半硬质矿(岩)棉板	100	0.048	0.77	1.20	外墙	《民用建筑设计热工规范》
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	1.00	周边地面	《民用建筑热工设计规范》

五、计算结果

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 屋面主体层 3(1)材料构造材料汇总表

屋面主体层 3(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指标 D=R·S	修正系数 α
细石混凝土	40.0	1.740	17.200	0.023	0.40	1.00
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.0	0.030	0.320	3.030	1.07	1.10
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
轻集料混凝土清捣	30.0	0.890	11.100	0.034	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
屋面主体层 3(1)各层之和	330.0			3.20	3.51	
屋面主体层 3(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=3.35[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
屋面主体层 3(1)传热系数	$K=1/R_o=0.30[W/(m^2\cdot K)]$					

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

1.1 屋面主体层 3(1)--空调房间

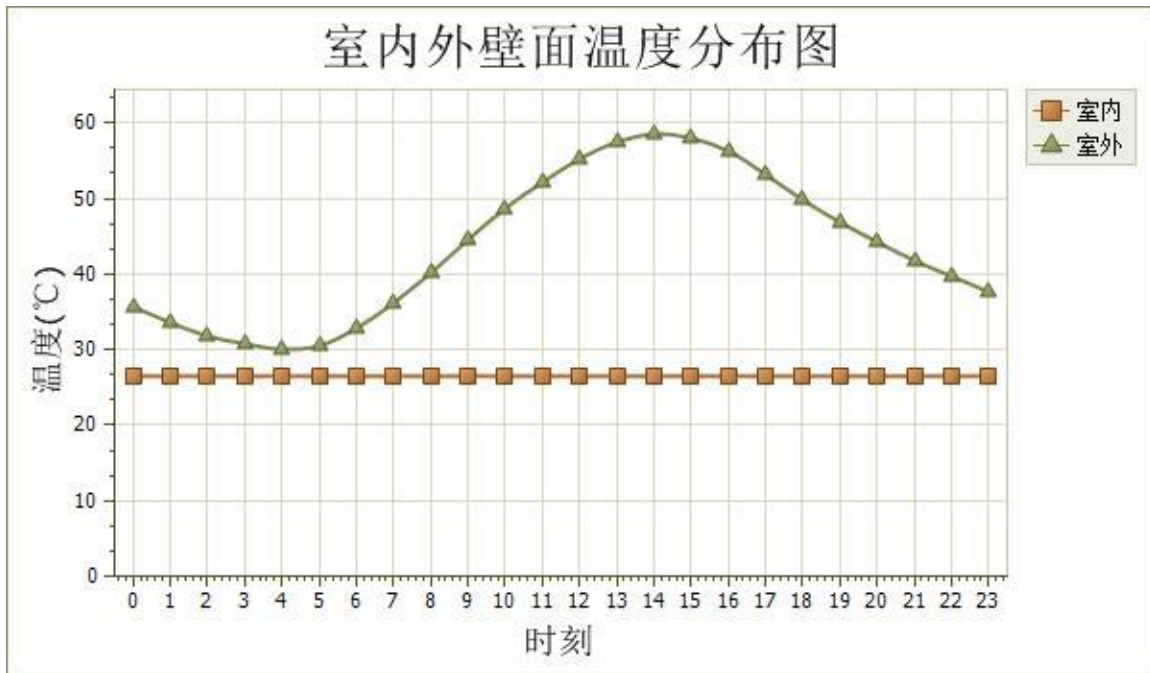


表 6 屋面主体层 3(1)内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	35.63	33.71	31.89	30.70	29.92	30.58	32.74	36.10	40.22	44.50	48.55	52.18
内壁面	26.58	26.58	26.58	26.58	26.57	26.57	26.56	26.55	26.54	26.53	26.52	26.51
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	55.30	57.51	58.54	58.07	56.27	53.31	49.81	46.85	44.20	41.84	39.68	37.67
内壁面	26.50	26.50	26.49	26.50	26.50	26.51	26.52	26.53	26.55	26.56	26.57	26.58

1.2 屋面主体层 3(1)--自然通风房间

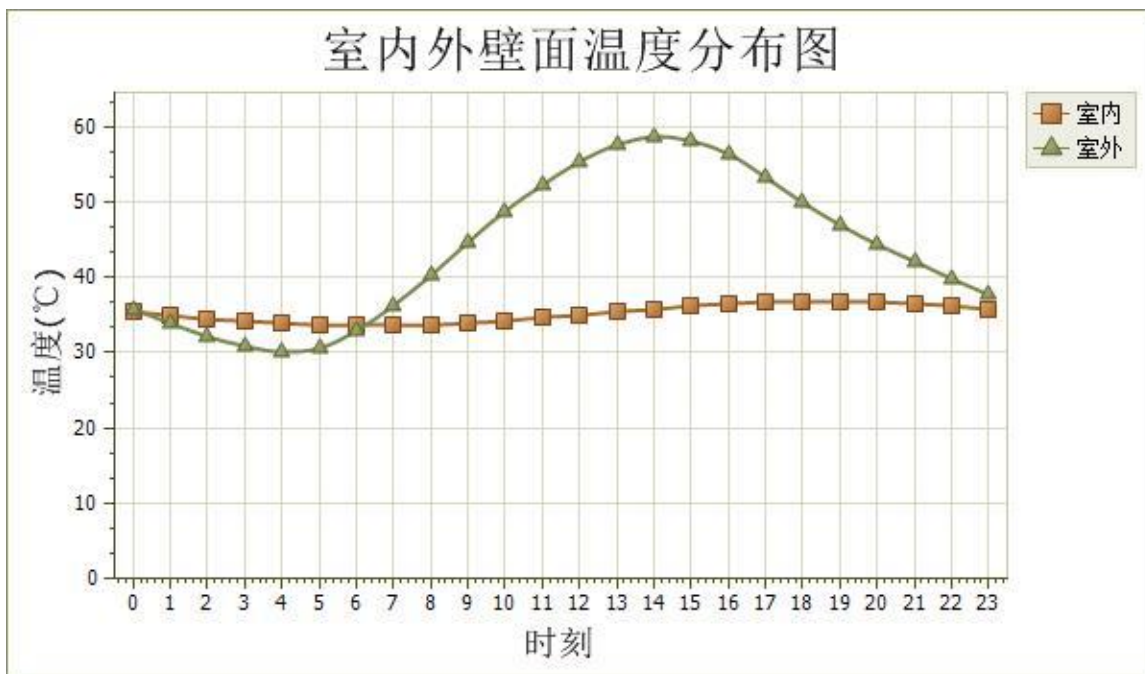


表 7 屋面主体层 3(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	35.75	33.84	32.02	30.83	30.05	30.72	32.87	36.23	40.35	44.63	48.68	52.31
内壁面	35.37	34.95	34.54	34.18	33.88	33.68	33.57	33.58	33.70	33.91	34.22	34.59
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	55.42	57.63	58.66	58.20	56.39	53.43	49.93	46.97	44.33	41.96	39.80	37.80
内壁面	35.00	35.42	35.83	36.20	36.49	36.70	36.80	36.80	36.69	36.47	36.17	35.80

1.3 结论

表 8 屋面主体层 3(1)内表面最高温度判定

屋面主体层 3(1) 房间类型	最高温度	限值	结论
空调房间	26.58	28.50	满足要求
自然通风房间	36.80	41.20	满足要求

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 填充墙 5(1)材料构造材料汇总表

填充墙 5(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
蒸压加气混凝土砌块 (B06 级)	200.0	0.190	2.810	0.842	2.96	1.25
水泥砂浆保护层	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00
填充墙 5(1)各层之和	290.0			1.92	4.29	
填充墙 5(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=2.07[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
填充墙 5(1)传热系数	$K=1/R_o=0.48[W/(m^2\cdot K)]$					
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					

表 10 填充墙 8(1)材料构造材料汇总表

填充墙 8(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	15.0	0.930	11.370	0.016	0.18	1.00
半硬质矿(岩)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.96	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
填充墙 8(1)各层之和	285.0			1.18	3.24	
填充墙 8(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.33[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			

填充墙 8(1)传热系数	$K=1/R_0=0.75[W/(m^2 \cdot K)]$
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

2.1 东向外墙

2.1.1 东向填充墙 5(1)--空调房间

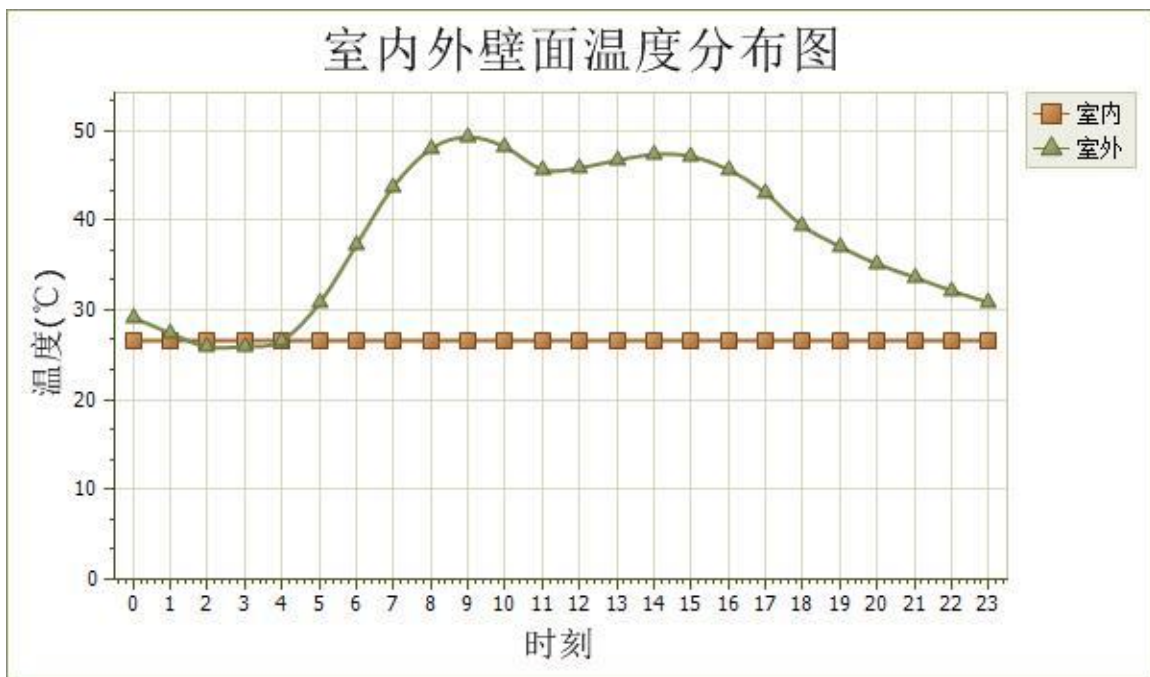


表 11 东向填充墙 5(1)内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.05	27.42	25.94	25.90	26.46	30.89	37.30	43.77	48.08	49.26	48.10	45.68
内壁面	26.63	26.64	26.64	26.63	26.63	26.62	26.60	26.59	26.57	26.55	26.54	26.52
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	45.75	46.77	47.37	47.05	45.68	42.95	39.46	36.99	35.11	33.59	32.20	30.84
内壁面	26.52	26.51	26.52	26.52	26.53	26.55	26.56	26.57	26.59	26.60	26.62	26.63

2.1.2 东向填充墙 5(1)--自然通风房间

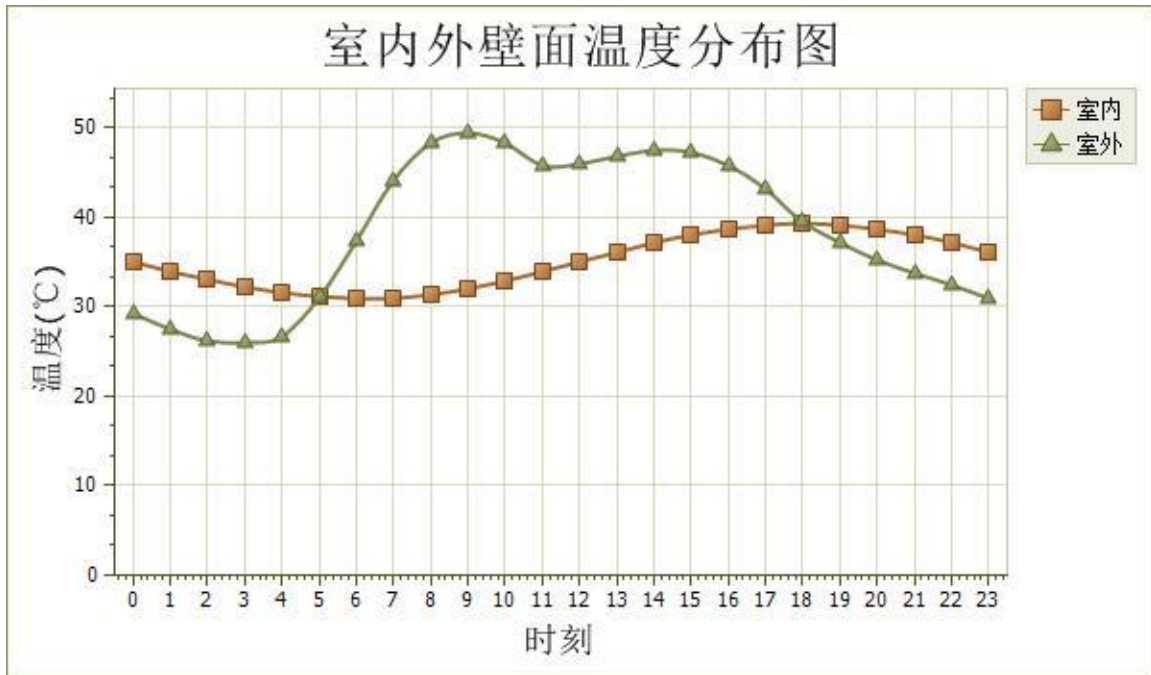


表 12 东向填充墙 5(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.24	27.62	26.14	26.10	26.66	31.09	37.51	43.98	48.28	49.45	48.29	45.87
内壁面	35.13	34.05	33.04	32.18	31.51	31.08	30.93	31.07	31.47	32.13	32.98	33.99
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	45.93	46.95	47.55	47.22	45.85	43.12	39.64	37.16	35.28	33.77	32.39	31.03
内壁面	35.06	36.15	37.16	38.03	38.70	39.13	39.28	39.15	38.74	38.08	37.22	36.22

2.1.3 东向填充墙 8(1)--自然通风房间

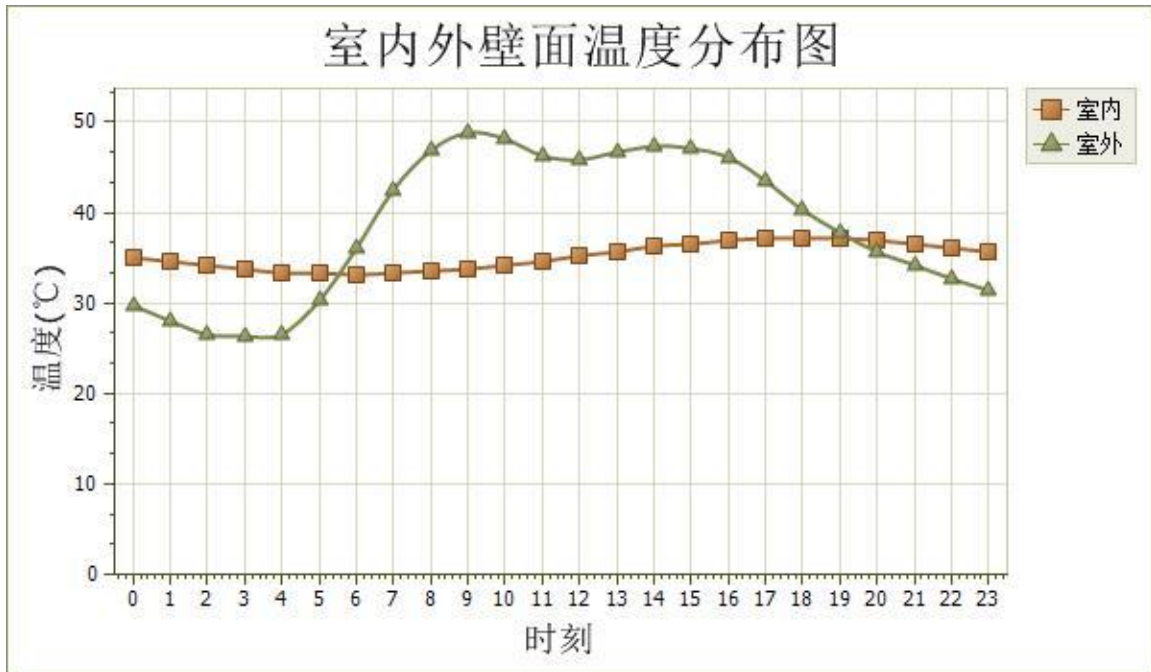


表 13 东向填充墙 8(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.65	28.03	26.54	26.23	26.62	30.27	36.11	42.38	47.01	48.83	48.27	46.24
内壁面	35.11	34.60	34.13	33.73	33.42	33.24	33.18	33.26	33.47	33.79	34.21	34.70
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	45.95	46.71	47.30	47.13	46.00	43.60	40.35	37.76	35.76	34.15	32.72	31.35
内壁面	35.22	35.74	36.22	36.62	36.93	37.11	37.16	37.08	36.87	36.54	36.12	35.64

2.2 西向外墙

2.2.1 西向填充墙 5(1)—空调房间

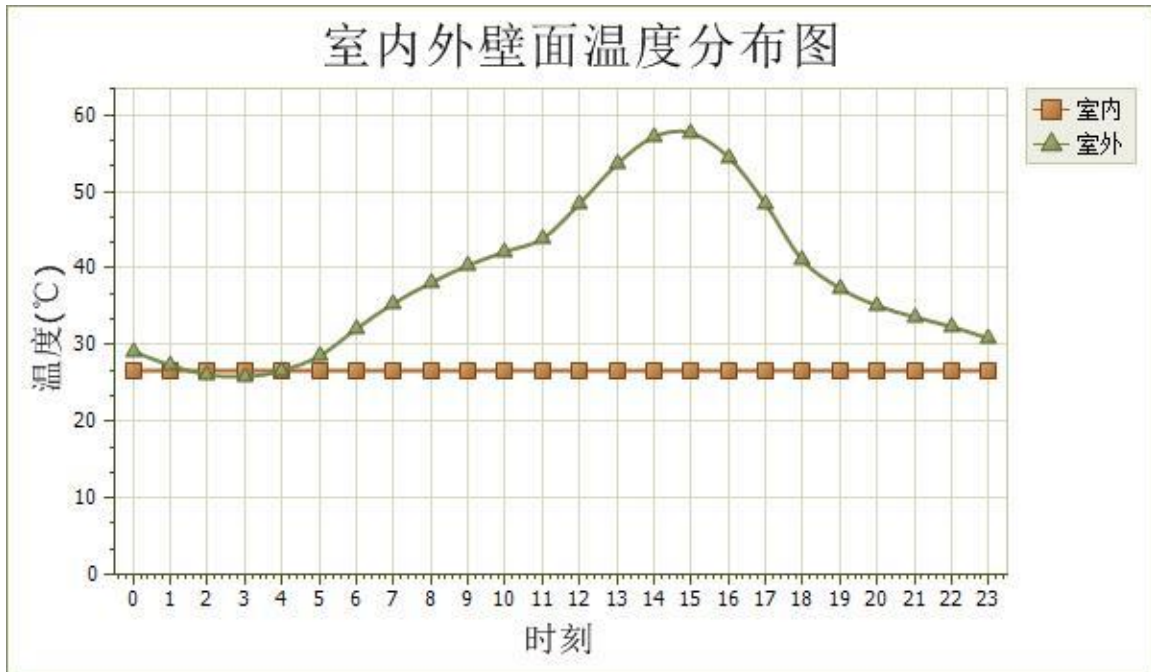


表 14 西向填充墙 5(1)内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.06	27.44	25.95	25.91	26.47	28.63	31.98	35.25	38.05	40.30	42.18	43.81
内壁面	26.64	26.65	26.66	26.66	26.65	26.65	26.63	26.62	26.60	26.58	26.56	26.54
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	48.32	53.52	57.22	57.65	54.40	48.26	41.08	37.28	35.18	33.62	32.23	30.86
内壁面	26.53	26.52	26.51	26.51	26.51	26.52	26.53	26.55	26.57	26.59	26.61	26.63

2.2.2 西向填充墙 5(1)--自然通风房间

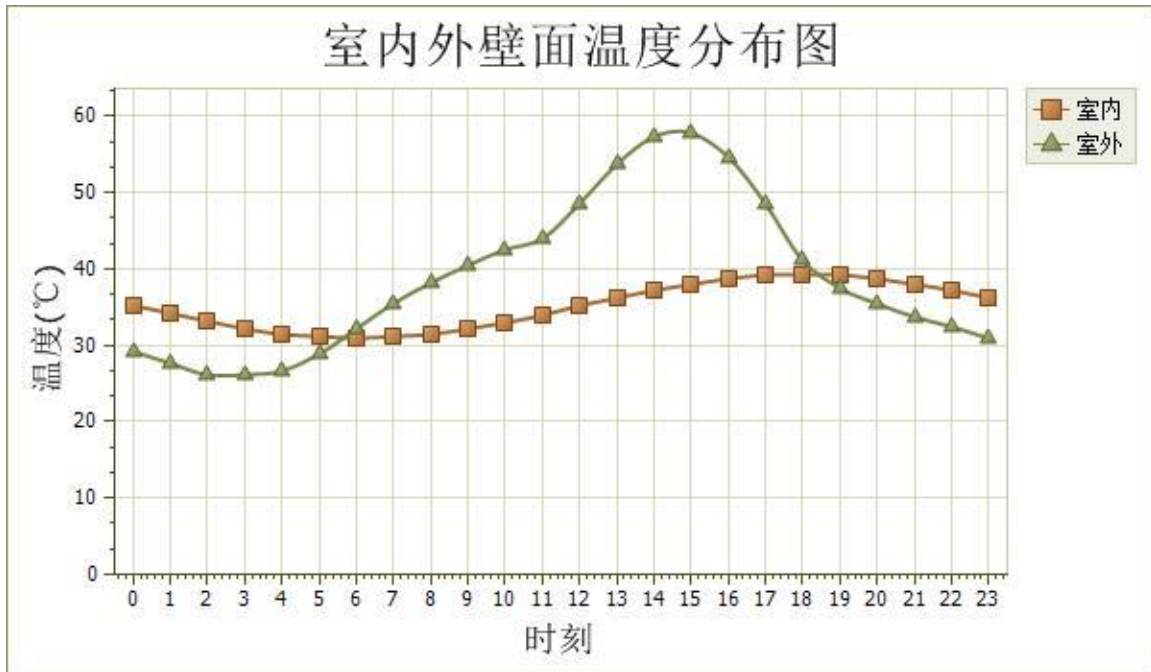


表 15 西向填充墙 5(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.25	27.63	26.15	26.11	26.67	28.83	32.18	35.45	38.25	40.50	42.37	44.00
内壁面	35.14	34.07	33.07	32.20	31.53	31.11	30.96	31.10	31.50	32.15	33.01	34.01
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	48.51	53.70	57.40	57.82	54.57	48.43	41.25	37.45	35.36	33.80	32.41	31.04
内壁面	35.08	36.15	37.15	38.02	38.68	39.10	39.25	39.12	38.72	38.07	37.22	36.22

2.3 结论

表 16 填充墙 5(1)内外壁面温度判定

填充墙 5(1)房间类型	最高温度	限值	结论
东向空调房间	26.64	28.00	满足要求
东向自然通风房间	39.28	41.20	满足要求
西向空调房间	26.66	28.00	满足要求

西向自然通风房间	39.25	41.20	满足要求
----------	-------	-------	------

表 17 填充墙 8(1)内外壁面温度判定

填充墙 8(1)房间类型	最高温度	限值	结论
东向自然通风房间	37.16	41.20	满足要求

六、结果汇总

1 屋面汇总

表 18 屋面主体层 3(1)内表面最高温度计算汇总表

屋面主体层 3(1)房间类型	最高温度	限值	结论
空调房间	26.58	28.50	满足要求
自然通风房间	36.80	41.20	满足要求

2 外墙汇总

表 19 填充墙 5(1)内表面最高温度计算汇总表

填充墙 5(1)房间类型	最高温度	限值	结论
东向空调房间	26.64	28.00	满足要求
东向自然通风房间	39.28	41.20	满足要求
西向空调房间	26.66	28.00	满足要求
西向自然通风房间	39.25	41.20	满足要求

3 外墙汇总

表 20 填充墙 8(1)内表面最高温度计算汇总表

填充墙 8(1)房间 类型	最高温度	限值	结论
东向自然通风房 间	37.16	41.20	满足要求

郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼公共建筑围护结构结露计算分析报告书

一、计算依据

1. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
2. 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019
3. 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106-2019
4. 《建筑幕墙》GB/T 21086-2007

二、规范要求及计算方法

1 规范要求

- 1、《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 的要求和规定：

4.2.1 建筑外围护结构应具有抵御冬季室外气温作用和气温波动的能力，非透光外围护结构内表面温度与室内空气温度的温差应控制在本规范允许的范围。

4.2.11 围护结构中的热桥部位应进行表面结露验算，并采取保温措施，确保热桥内表面温度高于房间空气露点温度。

4.2.12 围护结构热桥部位的表面结露验算应符合本规范第 7.2 节的规定。

- 2、《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 的要求和规定：

5.1.7 在室内设计温度、湿度条件下，建筑非透光围护结构内表面不得结露。

2 计算方法及工具

- 1、建筑的地面、地下室外墙应按热工规范第 5.4 节和第 5.5 节的要求进行保温验算。

2、围护结构平壁部分的内表面温度应按热工规范第 3.4.16 条计算。热桥部分的内表面温度应采用符合本规范附录第 C.2.4 条规定的软件计算，或通过其他符合本规范附录第 C.2.5 条规定的二维或三维稳态传热软件计算得到。

3、PKPM 热桥线传热系数计算模块是对围护结构热桥问题开发了专门的二维温度场计算软件，作为节能设计标准配套的热桥计算的分析工具。本软件用 Visual C++ 6.0 开发而成。可以模拟

多达 20 万个温度节点的二维空间温度分布，可以获取所模拟围护结构的温度分布、边界热流和露点温度等信息，并给出包含热桥部位的线传热系数，能够很好地处理建筑围护结构的热传导问题。

三、结露分析

1 采暖房间热桥楼板结露分析

1.1 规范要求

墙体的内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_w 应符合表 5.1.1 的规定。

表 1 空调房间热桥楼板的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_g (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 3

注： $\Delta t_w = t_i - \theta_i \cdot g$

1.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18℃
- 3、室外计算温度 t_e ：-3.50
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 t_d ：10.14

1.3 采暖房间热桥楼板围护结构做法

材料名称	厚度 (mm)	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m ² ·K)	热阻值 (m ² ·K)/W	热惰性指标 D=R·S	导热系数修正系数
水泥砂浆	10.00	0.93	11.37	0.01	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.00	0.05	0.77	1.04	0.96	1.20
钢筋混凝土	200.00	1.74	17.20	0.11	1.98	1.00
传热系数	0.76					
保温层热阻	1.04					

围护结构传热阻	1.17(传热阻 1.32)
---------	----------------

1.4 采暖房间热桥楼板结露判定

未考虑密度和温差修正的外墙内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i*w} = t_i - (R_i / R_{0w}) * (t_i - t_e)$$

式中： θ_{i*w} ——墙体内表面温度（℃）

t_e ——室外计算温度（℃）

R_i ——内表面换热阻($m^2 \cdot K$)/W

R_{0w} ——墙体传热阻($m^2 \cdot K$)/W

带入上述公式计算，本项目最不利热桥内表面温度为：

$$\theta_{i*w} = 18 - 0.11 / 1.17 * (18 - (-5.25)) = 15.81$$

表 2 空调房间热桥楼板的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_w (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 3
$\Delta t_g = 2.19$	7.86	≤ 3
结论	满足要求	满足要求

2 采暖房间屋面结露分析

2.1 规范要求

屋面的内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_r 应符合表 5.2.1 的规定。

表 3 空调房屋面的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_r (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 4

注： $\Delta t_r = t_i - \theta_{i*r}$

2.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18℃
- 3、室外计算温度 t_e ：-3.50
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 t_d ：10.14

2.3 采暖房间屋面围护结构做法

材料名称	厚度 (mm)	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m ² ·K)	热阻值 (m ² ·K)/W	热惰性指标 D=R·S	导热系数修 正系数
细石混凝土	40.00	1.74	17.20	0.02	0.40	1.00
水泥砂浆	20.00	0.93	11.37	0.02	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.00	0.03	0.32	3.03	1.07	1.10
水泥砂浆	20.00	0.93	11.37	0.02	0.24	1.00
轻集料混凝土 清捣	30.00	0.89	11.10	0.03	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.00	1.74	17.20	0.07	1.19	1.00
传热系数	0.30					
保温层热阻	3.03					
围护结构传热 阻	3.20(传热阻 3.35)					

2.4 采暖房间屋面结露判定

未考虑密度和温差修正的屋面内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i*r} = t_i - (R_i / R_{0r}) * (t_i - t_e)$$

式中： θ_{i*r} ——屋面内表面温度（℃）

t_e ——室外计算温度（℃）

R_i ——内表面换热阻(m²·K)/W

R_{0r} ——屋面传热阻(m²·K)/W

带入上述公式计算，本项目屋面内表面温度为：

$$\theta_{i*w}=18-0.11/3.20*(18--5.25)=17.20$$

表 4 空调房间屋面的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_r (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 4
$\Delta t_r=0.80$	7.86	≤ 4
结论	满足要求	满足要求

3 采暖地面结露分析

3.1 规范要求

建筑中与土体接触的地面内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_g 应符合表 5.4.1 的规定。

表 5 空调房地面的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_g (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 2

注： $\Delta t_g = t_i - \theta_{i*g}$

3.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18℃
- 3、地面层与土体接触面的温度（最冷月平均温度） θ_e ：0.90
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 t_d ：10.14

3.3 采暖地面围护结构做法

材料名称	厚度 (mm)	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m ² ·K)	热阻值 (m ² ·K)/W	热惰性指标 D=R·S	导热系数修正系数
水泥砂浆	20.00	0.93	11.37	0.02	0.24	1.00
挤塑聚苯板	60.00	0.03	0.32	2.00	0.64	1.00

夯实黏土 ($\rho=1800$)	200.00	0.93	11.03	0.22	2.37	1.00
传热系数	0.43					
保温层热阻	2.00					
围护结构传热阻	2.24(传热阻 2.35)					

3.4 采暖地面结露判定

地面内表面温度可按下列公式计算：

$$\theta_{i*g} = (t_i \times R_g + \theta_e \times R_i) / (R_g + R_i)$$

式中： θ_{i*g} ——地面内表面温度（℃）

R_g ——地面热阻($m^2 \cdot K$)/W

θ_e ——地面层与土体接触面的温度（℃），应取热工规范附录 A 表 A.0.1 中的最冷月平均温度。

带入上述公式计算，本项目地面内表面温度为：

$$\theta_{i*w} = (18 \times 2.24 + (0.90) \times 0.11) \div (2.24 + 0.11) = 17.20$$

表 6 空调房地面的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_g (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 2
$\Delta t_g = 0.80$	7.86	≤ 2
结论	满足要求	满足要求

4 空调采暖房间门窗、幕墙结露分析

4.1 规范要求

门窗或幕墙的各个部件（如框、面板中部及面板边缘区域）超过 90% 的面积的内表面温度应满足下列要求：

$$t_i - (t_i - t_e) / (R \cdot a_i) \geq t_d$$

式中： R ——门窗、幕墙框或面板的热阻($m^2 \cdot K$)/W

ai——门窗、幕墙框或面板内表面换热系数(m²·K)/W

ti——室内设计温度(℃)；

te——室外设计温度(℃)；

td——室内露点温度(℃)。

4.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 ti (空调房间)：18℃
- 3、室外计算温度 te：0.90
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 td：10.14

4.3 采暖房间外窗围护结构做法

外窗 1：窗框：断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)，玻璃：6mm+12A+6mm，传热系数 2.20，玻璃太阳得热系数 0.44，窗框系数 0.85，气密性为 6 级，可见光透射比 0.61

其中，窗框整体传热系数为 4.0W/(m·K),则其热阻值为 0.25(m²·K)/W

4.4 外窗、幕墙的结露判定

外窗、幕墙内表面温度应满足下式要求：

$$t_i - (t_i - t_e) / (R \cdot a_i) \geq t_d$$

式中：R——门窗、幕墙框或面板的热阻(m²·K)/W

ti——室内设计温度(℃)；

te——室外设计温度(℃)；

td——室内露点温度(℃)。

带入上述公式计算，本项目外窗、幕墙内表面温度为：

$$\theta_{i \cdot w} = 18 - (18 - (0.90)) \div (0.25 \cdot 8.7) = 10.14$$

表 7 空调采暖房间外窗的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	外窗、幕墙内表面温度	露点温度
--------	------------	------

空调房间	10.14	10.14
结论	满足要求	

郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼冷凝防潮验算分析报告

一、计算依据

1. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
2. 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019
3. 《绿色建筑评价技术细则》

二、规范要求

1、依据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 和《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 的要求和规定，采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

三、模拟概述

1 原理概要

根据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 7.1.4 条，当围护结构内部可能发生冷凝时，冷凝计算界面内侧所需的蒸汽渗透阻应按式（3.2-1）计算：

$$H_{o.i} = \frac{P_i - P_{s.c}}{\frac{10\rho_o \delta_i [\Delta\omega]}{24Z} + \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}}}$$

则推导：

$$[\Delta\omega] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o \delta_i}$$

式中：

$[\Delta\omega]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

$H_{o.i}$ —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

$H_{o.e}$ —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

$P_{s.c}$ —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

ρ_o —保温材料的干密度(kg/m^3)；

Q_i —保温材料厚度(m)。

2 参数设置

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

t_i —室内计算温度(°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

t_e —采暖期室外平均温度(°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_i —采暖期室外平均温度(°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。

3 防潮计算

3.1 计算参数

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i (空调房间)：18.00°C
- 3、采暖期室外平均温度 t_e ：2.50
- 4、冬季室内相对湿度：60.00 %

4 屋面主体层 3(1)防潮计算分析

4.1 规范要求

1、采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量，应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

4.2 屋面主体层 3(1)构造

表 1 屋面主体层 3(1)材料构造材料汇总表

屋面主体层 3(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R·S	修正系数 α
细石混凝土	40.0	1.740	17.200	0.023	0.40	1.00
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00

挤塑聚苯板	100.0	0.030	0.320	3.030	0.97	1.10
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
轻集料混凝土清捣	30.0	0.890	11.100	0.034	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
屋面主体层 3(1)各层之和	330.0			3.20	3.41	
屋面主体层 3(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=3.35[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
屋面主体层 3(1)传热系数	$K=1/R_o=0.30[W/(m^2\cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho=0.70$					
冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 R_{oi}	3.15					

4.3 冷凝计算界面温度

冷凝计算界面温度可按下式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中：

θ_c —冷凝计算界面温度（℃）

t_i —室内计算温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_o —围护结构传热阻（ $m^2\cdot K/W$ ）

R_i —内表面换热阻（ m^2K/W ）

Roi—冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻（m²·K/W）。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目冷凝计算界面温度为：

$$Q_c = 18 - ((18 - (2.50)) / 3.35) * (0.115 + 3.15) = 2.87^\circ\text{C}$$

4.4 围护结构内部冷凝受潮验算

围护结构内部冷凝受潮检验可按式进行验算：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o\delta_i}$$

式中：

[\Delta w]—采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

Hoi—冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(m²h Pa/g)；

Hoe—冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(m²h Pa/g)；

Pi—室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

Pe—室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

Psc—冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z—采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

Qi—保温材料厚度(m)。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目围护结构内部冷凝受潮增量为：

$$[\Delta w] = (24 * 88 * ((1252.30 - 455.31) / 16281.33 - (455.31 - 443.55) / 3452.38)) / (10 * 32.00 * 100.00/1000) = 3.01$$

4.5 结论

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
屋面主体层	[\Delta w]—采暖	挤塑聚苯板	3.01	10.00	满足

3(1)	期间保温材料重量湿度的允许增量值(%)				
------	---------------------	--	--	--	--

5 填充墙 5(1)防潮计算分析

5.1 规范要求

1、采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量，应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

5.2 填充墙 5(1)构造

表 2 填充墙 5(1)材料构造材料汇总表

填充墙 5(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.80	1.20
蒸压加气混凝土砌块 (B06 级)	200.0	0.190	2.810	0.842	2.37	1.25
水泥砂浆保护层	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00
填充墙 5(1)各层之和	290.0			1.92	3.53	
填充墙 5(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=2.07[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
填充墙 5(1)传热系数	$K=1/R_o=0.48[W/(m^2\cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho=0.70$					
冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 R_{oi}	1.91					

5.3 冷凝计算界面温度

冷凝计算界面温度可按下式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中：

θ_c —冷凝计算界面温度（℃）

t_i —室内计算温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_o —围护结构传热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）

R_i —内表面换热阻（ $m^2 K/W$ ）

$R_{o,i}$ —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目冷凝计算界面温度为：

$$\theta_c = 18 - ((18 - (2.50)) / 2.07) * (0.115 + 1.91) = 2.84^\circ C$$

5.4 围护结构内部冷凝受潮验算

围护结构内部冷凝受潮检验可按下式进行验算：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s,c}}{H_{o,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}} \right)}{10 \rho_o \delta_i}$$

式中：

$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

$H_{o,i}$ —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻($m^2 h Pa/g$)；

Hoe—冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(m²h Pa/g);

Pi—室内空气水蒸气分压力(Pa), 根据室内计算温度和相对湿度确定;

Pe—室外空气水蒸气分压力(Pa), 根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定;

Psc—冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa);

Z—采暖期天数, 应符合本规范附录三附表 3.1 的规定;

Qi—保温材料厚度(m)。

将表中各参数值带入上述公式中, 本项目围护结构内部冷凝受潮增量为:

$$[\Delta w] = (24 * 88 * ((1252.30 - 454.51) / 3206.96 - (454.51 - 443.55) / 476.19)) / (10 * 100.00 * 60.00 / 1000) = 7.95$$

5.5 结论

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 5(1)	[Δw]—采暖期间保温材料重量湿度的允许增量值(%);	半硬质岩(矿)棉板	7.95	5.00	不满足

6 填充墙 8(1)防潮计算分析

6.1 规范要求

1、采暖期间, 围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量, 应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度, 判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

6.2 填充墙 8(1)构造

表 3 填充墙 8(1)材料构造材料汇总表

填充墙 8(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	15.0	0.930	11.370	0.016	0.18	1.00

半硬质矿(岩)棉板	60.0	0.048	0.770	1.042	0.80	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
填充墙 8(1)各层之和	285.0			1.18	3.08	
填充墙 8(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.33[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
填充墙 8(1)传热系数	$K=1/R_o=0.75[W/(m^2\cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho=0.70$					
冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 R_{oi}	1.17					

6.3 冷凝计算界面温度

冷凝计算界面温度可按下式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中：

θ_c —冷凝计算界面温度（℃）

t_i —室内计算温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_o —围护结构传热阻（ $m^2\cdot K/W$ ）

R_i —内表面换热阻（ $m^2\cdot K/W$ ）

R_{oi} —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻（ $m^2\cdot K/W$ ）。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目冷凝计算界面温度为：

$$Q_c = 18 - ((18 - (2.50)) / 1.33) * (0.115 + 1.17) = 3.09^\circ\text{C}$$

6.4 围护结构内部冷凝受潮验算

围护结构内部冷凝受潮检验可按下列式进行验算：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o\delta_i}$$

式中：

$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

$H_{o.i}$ —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻($\text{m}^2\text{h Pa/g}$)；

$H_{o.e}$ —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻($\text{m}^2\text{h Pa/g}$)；

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

$P_{s.c}$ —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

Q_i —保温材料厚度(m)。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目围护结构内部冷凝受潮增量为：

$$[\Delta w] = (24 * 88 * ((1252.30 - 462.68) / 16882.91 - (462.68 - 443.55) / 714.29)) / (10 * 100.00 * 60.00/1000) = 0.70$$

6.5 结论

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 8(1)	$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量值(%);	半硬质矿(岩)棉板	0.70	5.00	满足

四、结果汇总

1 屋顶汇总

表 4 冷凝防潮验算汇总表

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
屋面主体层 3(1)	[Δw]-采暖 期间保温材料 重量湿度的允 许增量值(%);	挤塑聚苯板	3.01	10.00	满足

2 外墙汇总

表 5 冷凝防潮验算汇总表

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 5(1)	[Δw]-采暖 期间保温材料 重量湿度的允 许增量值(%);	半硬质岩(矿) 棉板	7.95	5.00	不满足

3 外墙汇总

表 6 冷凝防潮验算汇总表

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 8(1)	[Δw]-采暖 期间保温材料 重量湿度的允 许增量值(%);	半硬质矿(岩) 棉板	0.70	5.00	满足

郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼

一、计算参数信息

1.1 热工参数和计算结果

表 1 参照建筑与设计建筑热工计算结果

围护结构部位	参照建筑K(W/(m ² ·K))					设计建筑K(W/(m ² ·K))		
体形系数	0.20					0.20		
屋面	K=0.40,D=2.50					K=0.30,D=3.51		
外墙	K=0.50,D=2.50					K=0.54,D=4.05		
底部接触空气的架空楼板	--					--		
外窗(包括透明幕墙)	朝向	立面	窗墙面积比	传热系数 K(W/(m ² ·K))	太阳得热系数 SHGC	窗墙面积比	传热系数 K(W/(m ² ·K))	太阳得热系数 SHGC
单一立面外窗(包括透光幕墙)	东	立面1	窗墙面积比≤--	2.50	--	0.05	2.20	0.44
	南	立面2	窗墙面积比≤--	2.00	0.40	0.40	2.20	0.44
	西	立面3	窗墙面积比≤--	2.50	--	0.05	2.20	0.44
	北	立面4	窗墙面积比≤--	2.00	--	0.40	2.20	0.44
屋顶透光部分	--			--	--	--	--	--

注：(*)为全部外墙加权平均传热系数。

1.2 室内计算参数表

表 2 室内计算参数

房间用途	是否空调	累积面积(m ²)	室内设计温度(°C)		人均使用面积(m ² /人)	照明功率(W/m ²)	电器设备功率(W/m ²)	新风量(m ³ /hp)
			夏季	冬季				

教室、阅览室	是	4732.0 0	26.00	20.00	6.00	8.00	5.00	30.00
电子信息机房	是	26.02	26.00	20.00	6.00	8.00	5.00	30.00
教师办公室	是	104.08	26.00	20.00	6.00	8.00	5.00	30.00
其它	否	累积面积: 2596.40(m ²)						
合计空调房间面积(m ²)		4862.10		合计非空调房间面积(m ²)			2596.40	

注：(*) 为自定义房间参数。

二、能耗计算结果

2.1 建筑累计负荷计算结果

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 附录 C 的要求，并参照本标准规定进行计算，本建筑的建筑累计负荷如下：

表 3 累计负荷计算结果

建筑类别\负荷种类	供冷累计负荷 Q _c (kWh)	供暖累计负荷 Q _H (kWh)
设计建筑	144650.95	278413.17
参照建筑	136227.52	287021.73

2.2 建筑全年空调和采暖耗电量计算

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 附录 C 的要求，设计建筑和参照建筑的供暖、空调耗电量的计算应符合下列规定：

1、全年供暖和供冷总耗电量应按下列公式计算：

$$E = E_H + E_C \quad (C.0.7-1)$$

式中：E——建筑物供暖和供冷总耗电量，(kWh/m²)；

E_C——建筑物供冷耗电量，(kWh/m²)；

E_H——建筑物供热耗电量，(kWh/m²)；

2、全年供冷耗电量应按下列公式计算：

$$E = \frac{Q_c}{A \times COP_c} \quad (C.0.7-2)$$

式中： Q_c ——全年累计耗冷量（kWh），通过动态模拟软件计算得到；

A ——建筑总面积（ m^2 ）；

COP_c ——公共建筑供冷系统综合性能系数，取 3.50；寒冷 B 区、夏热冬冷、夏热冬暖地区居住建筑取 3.60。

3、严寒地区和寒冷地区全年供暖耗电量应按下列式计算：

$$E_H = \frac{Q_H}{A \eta_1 q_1 q_2} \quad (C.0.7-3)$$

式中： Q_H ——全年累计耗热量（kWh），通过动态模拟软件计算得到；

η_1 ——热源为燃煤锅炉的供暖系统综合效率，取 0.81；

q_1 ——标准煤热值，8.14kWh/ kgce；

q_2 ——综合发电煤耗（kgce/kWh）取 0.330 kgce/kWh；

4、夏热冬暖 A 区、夏热冬冷、夏热冬暖和温和地区公共建筑全年供暖耗电量应按下列式计算：

$$E_H = \frac{Q_H}{A \eta_2 q_3 q_2 \phi} \quad (C.0.7-4)$$

式中： η_2 ——热源为燃气锅炉的供暖系统综合效率，取 0.85；

q_3 ——标准天然气热值，取 9.87 kWh/ m^3 ；

ϕ ——天然气的折标系数，取 1.21 kgce/ m^3 。

5、夏热冬暖 A 区，夏热冬冷和温和地区居住建筑全年供暖耗电量应按下列式计算：

$$E_c = \frac{Q_H}{A \times COP_H} \quad (C.0.7-5)$$

式中： Q_H ——全年累计耗热量（kWh）

A ——建筑总面积（ m^2 ）；

COP_H ——供暖系统综合性能系数，取 2.60

6、居住建筑应计入全年的供暖能耗；供冷能耗只计入日平均温度高于 26℃时的能耗。严寒、寒冷 A、温和 A 区只计入供暖能耗；寒冷 B、夏热冬冷、夏热冬暖 A 区计入供暖和供冷能耗，夏热冬暖 B 区只计入供冷能耗。

依据以上建筑全年累计负荷计算结果与所给参数，计算得到该建筑物的全年空调和采暖耗电量如下：

表 4 全年供冷和供暖耗电量

建筑类别\耗电量种类	全年供冷耗电量 (kWh)	全年供暖耗电量 (kWh)
设计建筑	41328.84	127957.70
参照建筑	38922.15	131914.16

本建筑的单位面积空调和采暖耗电量结果如下：

表 5 全年供冷和供暖耗电量指标

计算结果	设计建筑单位面积耗电量 (kWh/m ²)	参照建筑单位面积耗电量 (kWh/m ²)
全年耗电量	22.70	22.90

能耗分析图表如下：

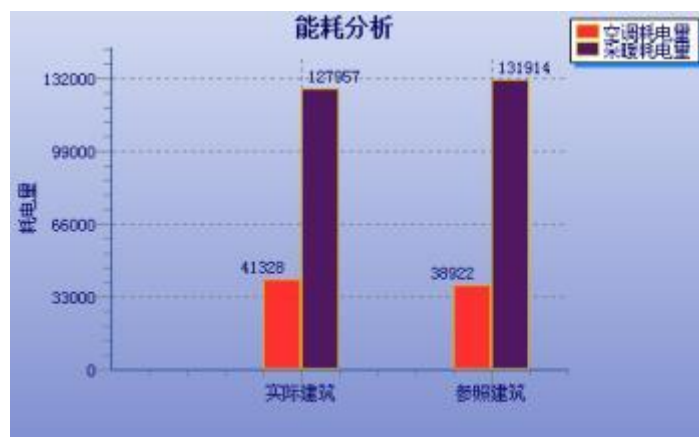


图 1 能耗分析图表

三、结论

该设计建筑的全年能耗小于参照建筑的全年能耗，因此该项目已达到《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021的设计要求。

寒冷 B 区地区甲类公共建筑节能审查表

工程名称： 郑州商业技师学院外墙改造项目——32#教学楼

工程地址： 荥阳市荥泽大道与禹锡路交叉口东南角 工程类别： 公共建筑 工程性质： 新建 改建 扩建

层数：(地上) 5 层 (地下) 0 层 总建筑面积：7534.54 m²

节能计算标准：《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015-2021

条文号	围护结构部位		限值 (标准指标)		设计值							
3.2.1	体形系数		$300 < A \leq 800$	≤ 0.5	0.20							
			$A > 800$	≤ 0.4								
3.2.4	单一立面外窗 (含透光幕墙) 透光材料的可见光透射比		窗墙面积比 < 0.4	≥ 0.6	东n: 0.05 南n: 0.40 西n: 0.05 北n: 0.40		外墙墙体材料及选用的外墙保温体系		保温材料: 半硬质岩(矿)棉板 (60.00mm) 保温形式: 外保温/外保温			
			窗墙面积比 ≥ 0.4	≥ 0.4								
3.2.7	屋顶透光部分面积与屋顶总面积之比 M		20%		--							
3.2.8	单一立面外窗 (含透光幕墙) 可开启扇有效通风换气面积		不宜小于房间外窗所在外墙面积的 10%		0.11		冬季室内计算温度 (°C)		18			
3.3.5	《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106-2019	外门	≥ 4 级		6		冬季室外计算温度 (°C)		-3.50			
		外窗	≥ 10 层	≥ 7 级	--		3.3.4		室内空气露点温度 (°C)			
< 10 层	≥ 6 级		6									
3.3.7	建筑入口大堂采用全玻璃幕墙时, 非中空玻璃的面积占同一立面透光面积 (门窗和玻璃幕墙) 的比例		$\leq 15\%$		--		外墙		16.10			
									地下室		--	
									其他		--	
3.3.1	围护结构部位		限值 (标准指标)		设计值		保温层材料、厚度、燃烧性能等级		保温材料导热系数及修正系数			
屋面			传热系数 K [W/(m ² ·K)]	≤ 0.45	0.30	挤塑聚苯板(100.00mm)B1		0.030	1.10			
外墙 (含非透光幕墙)				≤ 0.50	0.54	半硬质岩(矿)棉板 (60.00mm)A		0.048	1.20			
底面接触室外空气的架空或外挑楼板				≤ 0.50	--	--		--	--			
地下车库与供暖房间之间的楼板				≤ 1.0	--	--		--	--			
非供暖房间与供暖房间之间的隔墙				≤ 1.5	--	--		--	--			
周边地面			保温材料层热阻 R [(m ² ·K) /W]	≥ 0.60	2.00-	挤塑聚苯板(60.00mm)B1		0.030	1.10			
供暖、空调地下室外墙 (与土壤接触的外墙)				≥ 0.60	--	--		--	--			
变形缝 (两侧墙内保温时)				≥ 0.90	--	--		--	--			
单一立面	立面	窗墙面积比 (简称 CW)	传热系数 K [W/(m ² ·K)]	太阳得热系数 SHGC (东、南、西向/北向)	传热系数 K [W/(m ² ·K)]	太阳得热系数 SHGC	窗框材料及窗玻璃品种、规格, 中空玻璃露点					

外窗 (含透光幕墙)	东 n 、 南 n 、 西 n 、 北 n	$CW \leq 0.20$	≤ 3.0	—	立面 3: 2.20; 立面 4: 2.20	—	西: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm/断桥铝窗框 (Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm;
		$0.20 < CW \leq 0.30$	≤ 2.7	$\leq 0.52/-$	立面 5: 2.20	立面 5: 0.52	北: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm
		$0.30 < CW \leq 0.40$	≤ 2.4	$\leq 0.48/-$	立面 6: 2.20	立面 6: 0.52	北: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm
		$0.40 < CW \leq 0.50$	≤ 2.2	$\leq 0.43/-$	立面 1: 2.20	立面 1: 0.49	东: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm; ; ;
		$0.50 < CW \leq 0.60$	≤ 2.0	$\leq 0.40/-$	立面 2: 2.20	立面 2: 0.48	南: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm; ;
		$0.60 < CW \leq 0.70$	≤ 1.9	$\leq 0.35/0.60$	--	--	--
		$0.70 < CW \leq 0.80$	≤ 1.6	$\leq 0.35/0.52$	--	--	--
		$CW > 0.8$	≤ 1.5	$\leq 0.30/0.52$	--	--	--
屋顶透光部分 (透光部分面积比例 $\leq 20\%$)		≤ 2.4	≤ 0.44	--	--	--	

是否符合标准规定性指标要求 是 否 (如果不符合, 须填写以下内容; 如果符合, 以下内容可不填写)

3.4 .1	围护结构部位		限值 (标准指标)		设计值	3.4.2	全年供暖和空调总耗电量	
权 衡 判 断 基 本 要 求	屋面		传热系数 K [W/ ($m^2 \cdot K$)]	≤ 0.40	0.30	权衡计 算结果	参照建筑 (kWh/ m^2)	设计建筑 (kWh/ m^2)
	外墙 (含非透光幕墙)			≤ 0.50	0.55		22.90	22.70
	外窗 (含 透光幕 墙)	$0.40 < CW \leq 0.70$		≤ 2.7	立面 1: 2.20; 立面 2: 2.20; 立面 3: 2.20; 立面 4: 2.20	权衡判断结论	合格	
		$CW > 0.7$		≤ 2.4	--			
计算软件及版本								
设计单位名称 (盖章)			节能设计人		年 月 日		节能校审人	
节能审查 单位审查意见			节能审查		年 月 日			

注: 建筑节能专项设计人、审查人签名栏必须由实际工作人员签名, 不得代签。

郑州大学综合设计研究院有限公司

计 算 书

项目编号 2025-13012-4

项目名称 郑州商业技师学院外墙改造项目

子项名称 35#楼餐厅

专 业 建 筑

计 算 人 徐 启 *徐启*

校 对 人 白赶国 *白赶国*

专业负责人 白赶国 *白赶国*

审 核 人 张欣欣 *张欣欣*

日 期 2025.06

郑州商业技师学院外墙改造项目——35#楼餐厅公共建筑节能计算分析报告书

一、标准依据

1. 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021
2. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
3. 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106-2019
4. 《建筑幕墙、门窗通用技术条件》GB/T 31433-2015

二、建筑概况

1 项目基本信息

表 1 项目基本信息表

工程名称	郑州商业技师学院外墙改造项目——35#楼餐厅		
工程地点	河南郑州		
地理位置	北纬：34.70	东经：113.70	海拔：111.00
气候分区	寒冷 B 区		
建筑类型	饭店(餐厅)		
建筑分类	甲类建筑		
结构形式	框架结构		
建筑朝向	南偏西 3.77 度		
建筑面积（计算）	总面积 6507.45 m ²	地上：6507.45m ² 地下：0.00 m ²	
建筑体积（计算）	总体积：33777.54 m ³	地上：33777.54 m ³ 地下：0.00 m ³	
外表面积和体形系数	总外表面积：7070.34 m ² (体形系数：0.21)		
建筑层数	地上：2 层局部三层	地下：0 层	
建筑高度	12.75 m		

2 标准层及窗墙比信息

表 2 建筑标准层信息表

标准层	实际楼层	层高(m)	建筑面积(m ²)
标准层 1	地上 1 层	4.50	2634.45
标准层 2	地上 2 层	3.90	2897.63
标准层 3	地上 3 层	3.60	2950.50

表 3 各朝向窗墙面积比信息表

朝向	外窗面积（包括透明幕墙） (m ²)	朝向面积 (m ²)	朝向窗墙比
东	168.11	789.86	0.21
南	280.88	911.30	0.31
西	159.51	799.89	0.20
北	296.74	932.90	0.32
合计	905.24	3433.94	0.26

三、建筑材料选用依据

1 非透明材料热工参数依据

表 4 非透明材料热工参数依据

材料名称	干密度 (Kg/m ³)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	修正系数 α		选用依据
				α	使用部位	
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	屋顶:1.10	屋面	《民用建筑热工设计规范》
半硬质矿(岩)棉板	100	0.048	0.77	墙体:1.15	外墙	《民用建筑设计热工规范》
半硬质矿(岩)棉板	100	0.048	0.77	墙体:1.20	外墙	《民用建筑设计热工规范》

半硬质岩(矿)棉板	100	0.048	0.77	墙体:1.20	热桥柱/热桥梁/热桥楼板/热桥过梁	《民用建筑热工设计规范》
半硬质岩(矿)棉板	100	0.048	0.77	楼板:1.20	底部接触空气的架空楼板	《民用建筑热工设计规范》
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	楼板:1.00	周边地面	《民用建筑热工设计规范》

2 透明材料热工参数依据

表 5 透明材料热工参数依据

门窗类型	传热系数 [W/(m ² ·K)]	玻璃太阳得热系数	应用部位	气密性等 级	选用依据
断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	2.20	0.51	外窗	6	《12 系列建筑标准设计图集》12YJ4-1
断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	2.20	0.51	门透光部分	6	《12 系列建筑标准设计图集》12YJ4-1
塑钢普通中空玻璃窗 5+9A+5	2.85	0.73	外窗	6	上海市《住宅建筑围护结构节能应用技术规程》DGTJ08-206-2002

四、围护结构构造做法

屋面类型（由上到下）：

第 1 层：细石混凝土（40.0mm）

第 2 层：水泥砂浆（20.0mm）

第 3 层：挤塑聚苯板（100.0mm）

第 4 层：水泥砂浆（20.0mm）

第 5 层：轻集料混凝土清捣（30.0mm）

第 6 层：钢筋混凝土（120.0mm）

外墙类型（由外至内）1：

第 1 层：水泥砂浆（10.0mm）

第 2 层：半硬质矿(岩)棉板（62.0mm）

第 3 层：加气混凝土砌块 B07（200.0mm）

第 4 层：水泥砂浆（10.0mm）

外墙类型（由外至内）2：

第 1 层：水泥砂浆（15.0mm）

第 2 层：半硬质矿(岩)棉板（62.0mm）

第 3 层：钢筋混凝土（200.0mm）

第 4 层：水泥砂浆保护层（10.0mm）

底部接触空气的架空楼板类型：

第 1 层：水泥砂浆（20.0mm）

第 2 层：钢筋混凝土（120.0mm）

第 3 层：半硬质岩(矿)棉板（80.0mm）

第 4 层：水泥砂浆（10.0mm）

非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙类型：

第 1 层：水泥砂浆（20.0mm）

第 2 层：蒸压加气混凝土砌块(B06 级)（200.0mm）

第 3 层：水泥砂浆（20.0mm）

周边地面类型:

第1层: 水泥砂浆 (20.0mm)

第2层: 挤塑聚苯板 (80.0mm)

第3层: 夯实黏土 ($\rho=1800$) (200.0mm)

外窗类型 1:

构造: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I) (6mm+12A+6mm)

热工性能: 传热系数 $2.20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 夏季玻璃太阳得热系数 0.51/冬季玻璃太阳得热系数: 0.51, 夏季玻璃遮阳系数 0.59/冬季玻璃遮阳系数: 0.59, 气密性为 6 级, 可见光透射比 0.61

外窗类型 2:

构造: 塑钢普通中空玻璃窗 (5+9A+5)

热工性能: 传热系数 $2.85\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 夏季玻璃太阳得热系数 0.73/冬季玻璃太阳得热系数: 0.73, 夏季玻璃遮阳系数 0.84/冬季玻璃遮阳系数: 0.84, 气密性为 6 级, 可见光透射比 0.40

门透光部分类型:

构造: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I) (6mm+12A+6mm)

热工性能: 传热系数 $2.20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 夏季玻璃太阳得热系数 0.51/冬季玻璃太阳得热系数: 0.51, 夏季玻璃遮阳系数 0.59/冬季玻璃遮阳系数: 0.59, 气密性为 6 级, 可见光透射比 0.61

五、规定性指标判定

1 建筑设计指标

1.1 体形系数

表 6 体形系数

建筑体积(m ³)	建筑外表面积(m ²)	体形系数设计值	标准限值
33777.54	7070.34	0.21	0.40
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.3 条严寒和寒冷地区公共建筑应符合建筑面积小于等于 800m ² 时体形系数≤0.50、大于 800m ² 时体形系数≤0.40 的要求。		
结论	满足		

2 围护结构热工性能

2.1 屋面

屋面构造类型: 细石混凝土(40.0mm) + 水泥砂浆(20.0mm) + 挤塑聚苯板(100.0mm) + 水泥砂浆(20.0mm) + 轻集料混凝土清捣(30.0mm) + 钢筋混凝土(120.0mm)

表 7 屋面热工性能判定

屋面 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R·S	修正系数 α
细石混凝土	40.0	1.740	17.200	0.023	0.40	1.00
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.0	0.030	0.320	3.030	1.07	1.10
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
轻集料混凝土清捣	30.0	0.890	11.100	0.034	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
屋面各层之和	330.0			3.20	3.51	
屋面热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=3.35(m^2 \cdot K)/W$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
屋面传热系数	$K=1/R_o=0.30[W/(m^2 \cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$					

表 8 屋面平均传热系数计算表

屋面构造类型	传热系数 [W/(m ² ·K)]	热惰性指标	太阳辐射吸收 系数	应用面积(m ²)
--------	---------------------------------	-------	--------------	-----------------------

钢筋混凝土(120.00) + 挤塑聚苯板(100.00)	0.30	3.51	0.70	3135.37
屋顶全楼加权平均传热系数	0.30[W/(m ² ·K)] (D = 3.51)			
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类公共建筑屋顶传热系数的要求。			
结论	0.30 (限值: 0.40), 满足			

2.2 外墙

外墙构造类型 1: 水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质矿(岩)棉板(62.0mm) + 加气混凝土砌块 B07(200.0mm) + 水泥砂浆(10.0mm)

表 9 外墙热工性能判定

外墙 1 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质矿(岩)棉板	62.0	0.048	0.770	1.123	0.99	1.15
加气混凝土砌块 B07	200.0	0.220	3.490	0.727	3.17	1.25
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
外墙各层之和	282.0			1.87	4.41	
外墙热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=2.02[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
外墙传热系数	$K=1/R_o=0.49[W/(m^2\cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$					

外墙构造类型 2: 水泥砂浆(15.0mm) + 半硬质矿(岩)棉板(62.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(10.0mm)

表 10 外墙热工性能判定

外墙 2 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	15.0	0.930	11.370	0.016	0.18	1.00
半硬质矿(岩)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.99	1.20

钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
外墙各层之和	287.0			1.22	3.28	
外墙热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.37[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
外墙传热系数	$K=1/R_o=0.73[W/(m^2 \cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$					

热桥柱构造类型: 水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(62.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(20.0mm)

表 11 热桥柱热工性能判定

热桥柱 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.99	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00
热桥柱各层之和	292.0			1.22	3.34	
热桥柱热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.37[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
热桥柱传热系数	$K=1/R_o=0.73[W/(m^2 \cdot K)]$					

热桥梁构造类型: 水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(62.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(20.0mm)

表 12 热桥梁热工性能判定

热桥梁 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.99	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	20.0	0.930	11.270	0.022	0.24	1.00

热桥梁各层之和	292.0			1.22	3.34	
热桥梁热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.37[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
热桥梁传热系数	$K=1/R_o=0.73[W/(m^2 \cdot K)]$					

热桥过梁构造类型：水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(62.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm) + 水泥砂浆保护层(10.0mm)

表 13 热桥过梁热工性能判定

热桥过梁 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m · K)]	蓄热系数 [W/(m ² · K)]	热阻值 [(m ² · K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.99	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
热桥过梁各层之和	282.0			1.21	3.22	
热桥过梁热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.36[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
热桥过梁传热系数	$K=1/R_o=0.73[W/(m^2 \cdot K)]$					

热桥楼板构造类型：水泥砂浆(10.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(62.0mm) + 钢筋混凝土(200.0mm)

表 14 热桥楼板热工性能判定

热桥楼板 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m · K)]	蓄热系数 [W/(m ² · K)]	热阻值 [(m ² · K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.99	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
热桥楼板各层之和	272.0			1.20	3.09	
热桥楼板热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.35[(m^2 \cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$			
热桥楼板传热系数	$K=1/R_o=0.74[W/(m^2 \cdot K)]$					

表 15 外墙平均传热系数判定

构件名称	面积(m ²)	面积所占比率	传热系数 K[W/(m ² ·K)]	热惰性指标 D	太阳辐射吸收系数
外墙 1	1886.17	0.78	0.49	4.41	0.70
外墙 2	10.36	0.00	0.73	3.28	0.70
热桥柱	76.11	0.03	0.73	3.34	0.70
热桥梁	299.21	0.12	0.73	3.34	0.70
热桥过梁	37.34	0.02	0.73	3.22	0.70
热桥楼板	94.30	0.04	0.74	3.09	0.70
外墙平均传热系数 Km	$K_m = (K_1.S_1 + K_2.S_2 + K_3.S_3 + K_4.S_4 + K_5.S_5) / \sum S(m^2) = 0.55 [W/(m^2 \cdot K)] (D = 4.17)$				
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类公共建筑外墙传热系数的要求。				
结论	0.55 (限值: 0.50), 不满足				

2.3 底部接触空气的架空楼板

底部接触空气的架空楼板构造参数: 水泥砂浆(20.0mm) + 钢筋混凝土(120.0mm) + 半硬质岩(矿)棉板(80.0mm) + 水泥砂浆(10.0mm)

表 16 底部接触空气的架空楼板热工性能判定

底部接触空气的架空 楼板 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
半硬质岩(矿)棉板	80.0	0.048	0.770	1.736	1.60	1.20
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
底部接触空气的架空 楼板各层之和	230.0			1.84	3.16	

底部接触空气的架空楼板热阻 $R_o=R_i+\Sigma R+R_e=1.99(m^2 \cdot K)/W$	$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W]; R_e=0.04[(m^2 \cdot K)/W]$
底部接触空气的架空楼板传热系数	$K=1/R_o=0.50[W/(m^2 \cdot K)]$
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类公共建筑架空楼板外墙传热系数的要求。
结论	0.50（限值：0.50），满足

2.4 非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙

非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙构造参数：水泥砂浆(20.0mm) + 蒸压加气混凝土砌块(B06级)(200.0mm) + 水泥砂浆(20.0mm)

表 17 非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙热工性能判定

非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R·S	修正系数 α
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
蒸压加气混凝土砌块(B06级)	200.0	0.190	2.810	0.842	2.96	1.25
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙各层之和	240.0			0.89	3.45	
非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙热阻 $R_o=R_i+\Sigma R+R_e=1.11(m^2 \cdot K)/W$				$R_i=0.11[(m^2 \cdot K)/W]; R_e=0.11[(m^2 \cdot K)/W]$		
非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙传热系数	$K=1/R_o=0.90[W/(m^2 \cdot K)]$					
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙传热系数的要求。					
结论	0.90（限值：1.20），满足					

2.5 周边地面

周边地面构造类型：水泥砂浆(20.0mm) + 挤塑聚苯板(80.0mm) + 夯实黏土 ($\rho = 1800$) (200.0mm)

表 18 周边地面热工性能判定

周边地面 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	80.0	0.030	0.320	2.667	0.85	1.00
夯实黏土 ($\rho = 1800$)	200.0	0.930	11.030	0.215	2.37	1.00
周边地面当量传热系数	Kd=0.33[W/(m ² ·K)]					
保温层热阻	R=2.67[(m ² ·K)/W]					
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类周边地面保温材料层热阻的要求。					
结论	2.67 (限值: 0.60) , 满足					

2.6 外窗 (含透明幕墙) 传热系数

外窗构造类型：断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm

表 19 立面外窗传热系数判定

朝向	立面	规格型号	外窗面积(m ²)	传热系数 [W/(m ² ·K)]	立面窗墙比(包括透光幕墙)	加权传热系数 [W/(m ² ·K)]	传热系数限值 [W/(m ² ·K)]
东	立面 1	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	168.11	2.20	0.22	2.20	2.5
南	立面 2	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	280.88	2.20	0.31	2.20	2.0
西	立面 3	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	159.51	2.20	0.20	2.20	2.5
北	立面 4	断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	296.05	2.20	0.33	2.20	2.0
		塑钢普通中空玻璃窗	0.69	2.85			

	5+9A+5						
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类外窗的传热系数的要求。						
结论	不满足(南向外窗立面 2、北向外窗立面 4)						

2.7 外窗（含透明幕墙）太阳得热系数

表 20 太阳得热系数 SHGC 判断表（立面）

朝向	立面	玻璃太阳得热系数	窗框系数	外遮阳系数 SD	立面窗墙比(包括透光幕墙)	综合太阳得热系数 SHGC	SHGC 限值
东	立面 1	0.51	0.85	1.00	0.22	0.44	≤0.48
南	立面 2	0.51	0.85	1.00	0.31	0.44	≤0.40
西	立面 3	0.51	0.85	1.00	0.20	0.44	≤--
北	立面 4	0.51	0.85	1.00	0.33	0.44	≤--
		0.73	0.70	1.00			
标准条目	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条寒冷地区甲类外窗太阳得热系数的要求。						
结论	不满足(南向立面 2)						

六、规定性指标结论

1 规定性指标判定情况

表 21 规定性指标判定情况

序号	建筑构件	设计值	标准限值	是否达标
1	体形系数满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.3 条的要求	0.21	≤0.40	满足
2	屋面满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	K = 0.30	K ≤ 0.40	满足
3	外墙不满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》	K = 0.55	K ≤ 0.50	不满足

	GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求			
4	底部接触空气的架空楼板满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	$K = 0.50$	$K \leq 0.50$	满足
5	非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	$K = 0.90$	$K \leq 1.20$	满足
6	周边地面满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	$R = 2.67$	$R \geq 0.60$	满足
7	外窗（含透明幕墙）传热系数不满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	$K = 2.20$	$K \leq 2.0$	不满足
8	外窗（含透明幕墙）太阳得热系数不满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 第 3.1.10 条的要求	0.44	≤ 0.40	不满足

2 强制性条文判定情况

表 22 强制性条文判定情况

序号	建筑构件	设计值	标准限值	是否达标
1	体形系数	0.21	≤ 0.40	满足
2	屋面	$K = 0.30$	$K \leq 0.40$	满足
3	外墙	$K = 0.55$	$K \leq 0.55$	满足
4	周边地面	$R = 2.67$	$R \geq 0.60$	满足
5	外窗（含透明幕墙）传热系数(东立面 1)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足
6	外窗（含透明幕墙）传热系数(南立面 2)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足
7	外窗（含透明幕墙）传热系数(西立面 3)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足
8	外窗（含透明幕墙）传热系数(北立面 4)	$K = 2.20$	$K \leq 2.70$	满足

规定性指标判定结论：本项目规定性指标**不满足**《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 的规范要求，但**满足**强制性条文要求，**须进行围护结构热工性能权衡判定**。

郑州商业技师学院外墙改造项目——35#楼餐厅内表面最高温度计算分析报告

一、计算依据

1. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
2. 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019
3. 《绿色建筑评价技术细则》

二、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/T50378-2019 和《民用建筑热工设计规范》GB 50176-2016。

1 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 条文要求

《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 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 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 要求

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 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 _{i,max}	≤t _{e,max}	≤t _i +2.5	≤t _i +3.5

表中θ_{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》附录 C3 中的规定计算；

t_{e,max}——累年日平均温度最高日的最高温度 (°C)；

t_i——室内空气温度 (°C)。

三、模拟概述

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：

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

(2) 初始条件：

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

(3) 边界条件：

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

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

式中：

ρ_j, c_j, λ_j——分别为第 j 层材料的密度、比热和导热系数；

α_0 ——室外空气对流表面换热系数，取 $19.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ；

α_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；

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

L ——构件总厚度， 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 附录光盘选取。

ρ_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 W/m^2 。可按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录光盘选取；

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。

2 参数设置

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

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 B.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 $0\text{W}/\text{m}^2$ ；

2.2 温度参数

1) 室内温度：26℃。按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值。

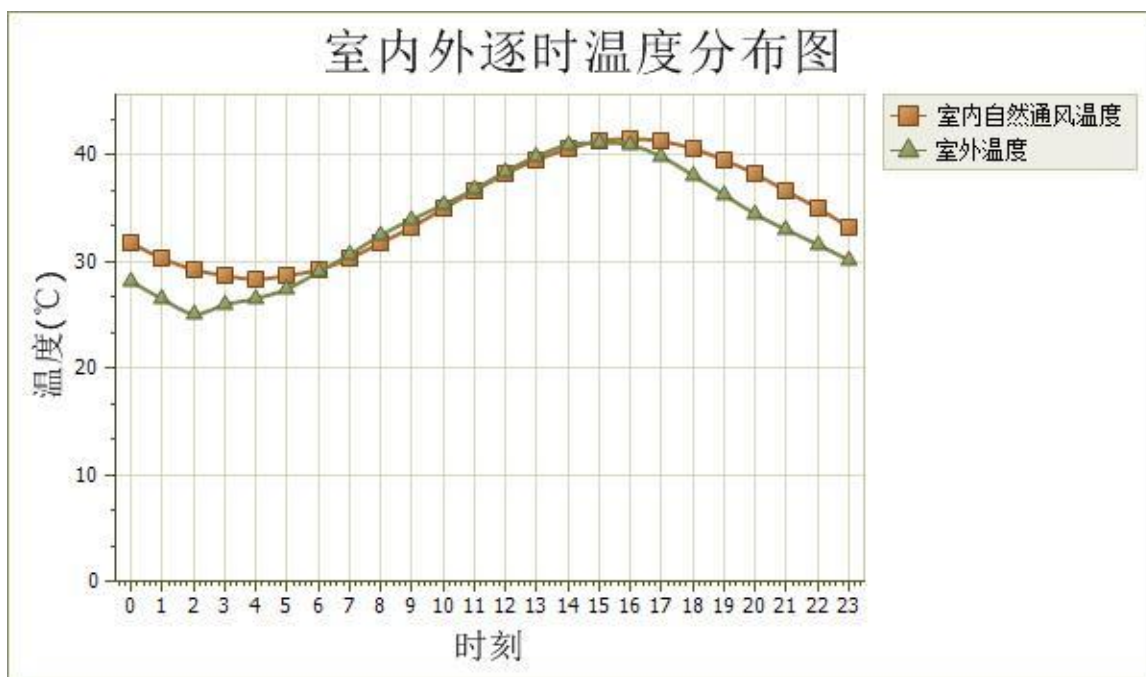
2) 室外空气逐时温度及太阳辐射，按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 A 的备注选取。

四、模拟分析

本项目为计算郑州的内表面最高温度。

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



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	44.63	163.94	63.97	17.89	125.50
6	116.96	314.12	126.37	65.90	281.80
7	186.32	447.41	168.05	122.42	451.50
8	260.68	488.47	194.41	159.57	604.00
9	323.27	441.34	210.36	174.18	711.90
10	361.88	342.42	218.20	181.53	771.90
11	379.72	223.51	223.51	186.23	801.30
12	373.19	224.79	353.25	187.06	796.80
13	331.34	214.70	455.24	177.96	734.10
14	265.22	196.91	509.17	161.98	625.50
15	183.73	167.03	467.40	120.93	462.70
16	108.37	123.71	338.73	59.01	287.70
17	33.92	56.25	160.22	10.56	113.40
18	--	--	--	--	--
19	--	--	--	--	--
20	--	--	--	--	--
21	--	--	--	--	--
22	--	--	--	--	--
23	--	--	--	--	--

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 ³)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	修正系数 α		选用依据
				α	使用部位	
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	1.10	屋面	《民用建筑热工设计规范》

半硬质矿(岩)棉板	100	0.048	0.77	1.15	外墙	《民用建筑设计热工规范》
半硬质矿(岩)棉板	100	0.048	0.77	1.20	外墙	《民用建筑设计热工规范》
半硬质岩(矿)棉板	100	0.048	0.77	1.20	热桥柱/热桥梁/热桥楼板/热桥过梁	《民用建筑热工设计规范》
半硬质岩(矿)棉板	100	0.048	0.77	1.20	底部接触空气的架空楼板	《民用建筑热工设计规范》
挤塑聚苯板	32	0.030	0.32	1.00	周边地面	《民用建筑热工设计规范》

五、计算结果

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 屋面主体层 3(1)材料构造材料汇总表

屋面主体层 3(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指标 D=R.S	修正系数 α
细石混凝土	40.0	1.740	17.200	0.023	0.40	1.00
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.0	0.030	0.320	3.030	1.07	1.10
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
轻集料混凝土清捣	30.0	0.890	11.100	0.034	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
屋面主体层 3(1)各层之	330.0			3.20	3.51	

和					
屋面主体层 3(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=3.35[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$		
屋面主体层 3(1)传热系数	$K=1/R_o=0.30[W/(m^2\cdot K)]$				
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				

1.1 屋面主体层 3(1)--空调房间

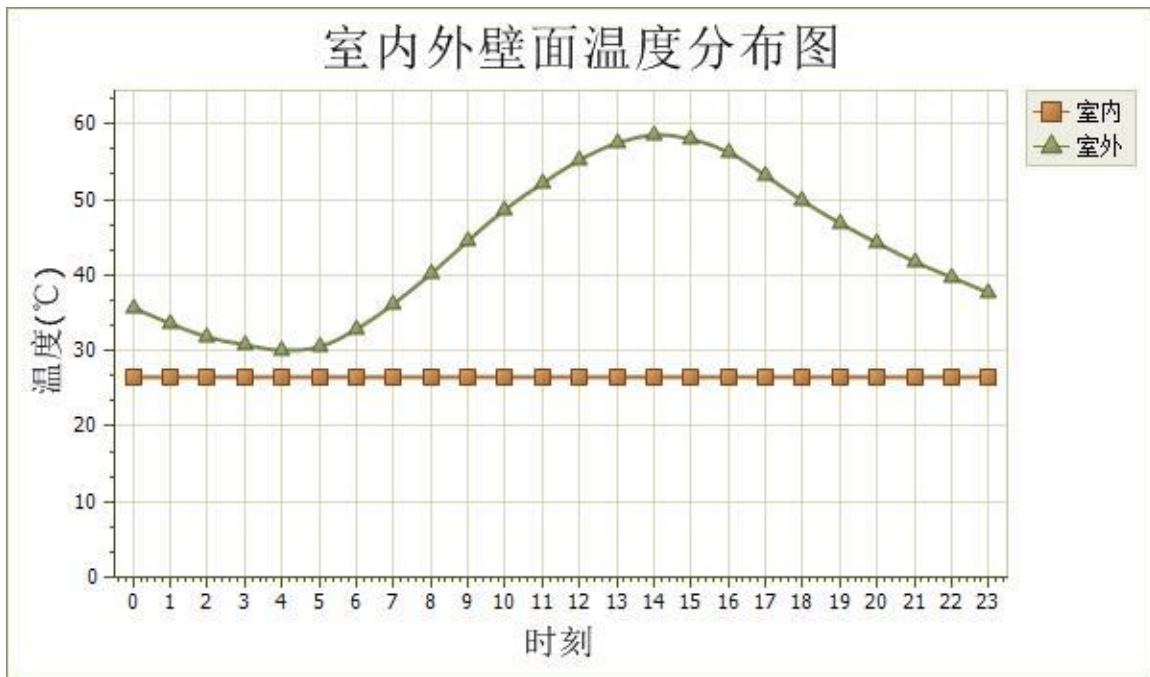


表 6 屋面主体层 3(1)内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	35.63	33.71	31.89	30.70	29.92	30.58	32.74	36.10	40.22	44.50	48.55	52.18
内壁面	26.58	26.58	26.58	26.58	26.57	26.57	26.56	26.55	26.54	26.53	26.52	26.51
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	55.30	57.51	58.54	58.07	56.27	53.31	49.81	46.85	44.20	41.84	39.68	37.67

内壁面	26.50	26.50	26.49	26.50	26.50	26.51	26.52	26.53	26.55	26.56	26.57	26.58
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1.2 屋面主体层 3(1)--自然通风房间

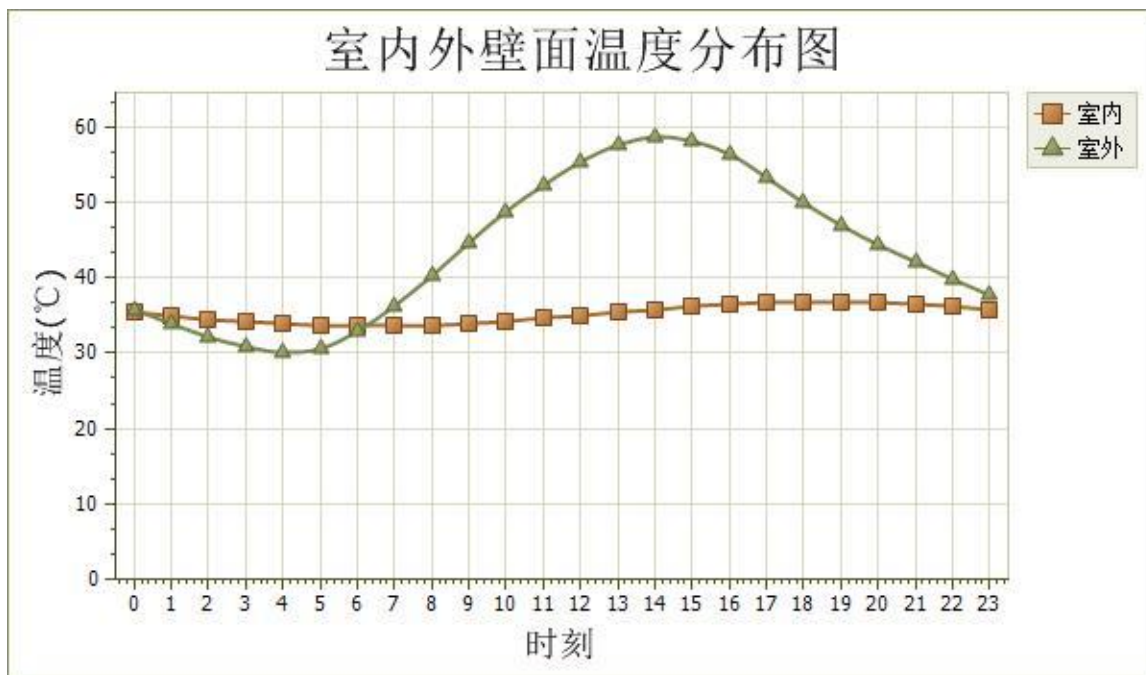


表 7 屋面主体层 3(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	35.75	33.84	32.02	30.83	30.05	30.72	32.87	36.23	40.35	44.63	48.68	52.31
内壁面	35.37	34.95	34.54	34.18	33.88	33.68	33.57	33.58	33.70	33.91	34.22	34.59
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	55.42	57.63	58.66	58.20	56.39	53.43	49.93	46.97	44.33	41.96	39.80	37.80
内壁面	35.00	35.42	35.83	36.20	36.49	36.70	36.80	36.80	36.69	36.47	36.17	35.80

1.3 结论

表 8 屋面主体层 3(1)内表面最高温度判定

屋面主体层 3(1) 房间类型	最高温度	限值	结论
空调房间	26.58	28.50	满足要求

自然通风房间	36.80	41.20	满足要求
--------	-------	-------	------

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 填充墙 10(1)材料构造材料汇总表

填充墙 10(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质矿(岩)棉板	62.0	0.048	0.770	1.123	0.99	1.15
加气混凝土砌块 B07	200.0	0.220	3.490	0.727	3.17	1.25
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
填充墙 10(1)各层之和	282.0			1.87	4.41	
填充墙 10(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=2.02[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
填充墙 10(1)传热系数	$K=1/R_o=0.49[W/(m^2\cdot K)]$					
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					

表 10 填充墙 8 材料构造材料汇总表

填充墙 8 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	15.0	0.930	11.370	0.016	0.18	1.00
半硬质矿(岩)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.99	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00

填充墙 8 各层之和	287.0		1.22	3.28	
填充墙 8 热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=1.37[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$		
填充墙 8 传热系数	$K=1/R_o=0.73[W/(m^2\cdot K)]$				
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				

2.1 东向外墙

2.1.1 东向填充墙 10(1)--空调房间

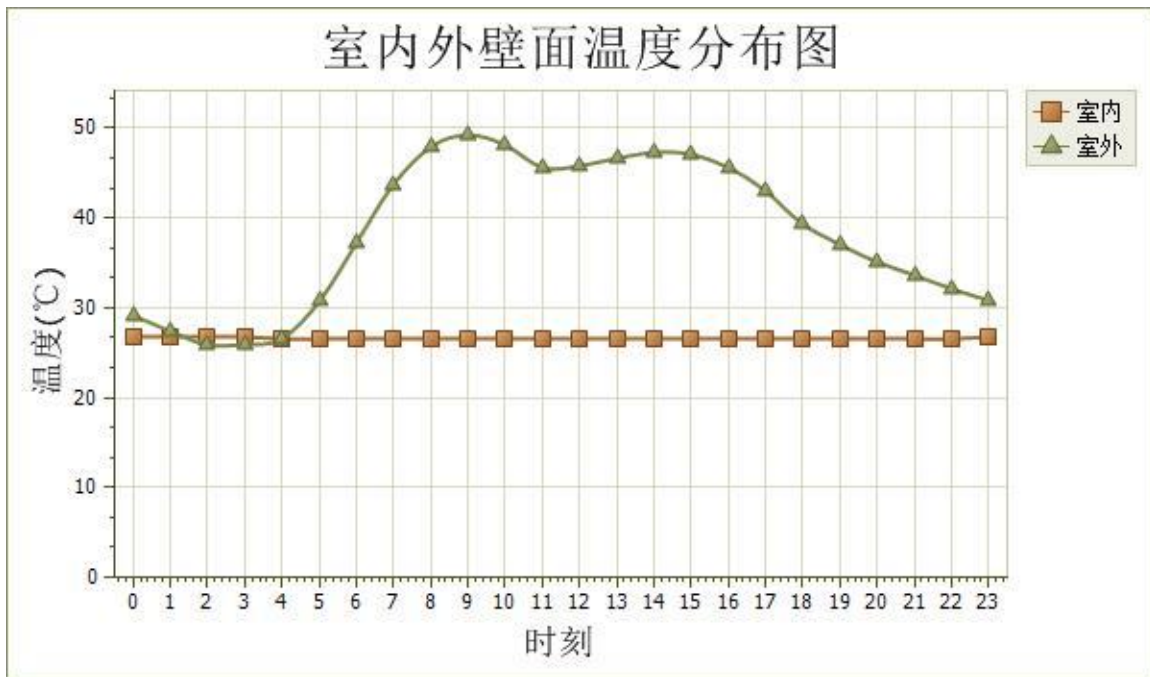


表 11 东向填充墙 10(1)内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.04	27.42	25.93	25.88	26.45	30.86	37.27	43.74	48.05	49.24	48.10	45.68
内壁面	26.66	26.67	26.66	26.66	26.65	26.64	26.62	26.60	26.59	26.57	26.55	26.54
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	45.74	46.76	47.36	47.03	45.67	42.95	39.46	36.98	35.10	33.58	32.19	30.83

内壁面	26.54	26.54	26.54	26.55	26.57	26.58	26.60	26.61	26.63	26.64	26.65	26.66
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

2.1.2 东向填充墙 10(1)--自然通风房间

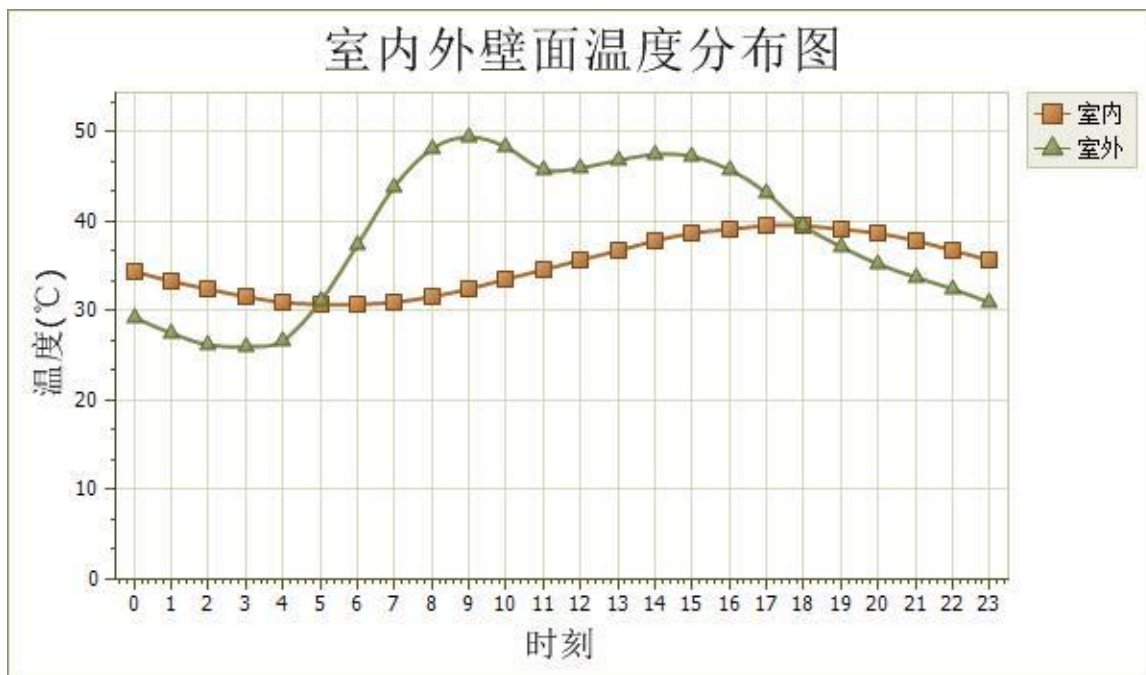


表 12 东向填充墙 10(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.24	27.62	26.14	26.10	26.66	31.08	37.48	43.95	48.26	49.45	48.29	45.88
内壁面	34.49	33.38	32.38	31.57	31.00	30.71	30.72	31.03	31.61	32.43	33.44	34.56
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	45.93	46.95	47.54	47.21	45.85	43.13	39.64	37.16	35.28	33.77	32.39	31.03
内壁面	35.71	36.83	37.83	38.65	39.22	39.51	39.50	39.19	38.61	37.79	36.78	35.66

2.2 西向外墙

2.2.1 西向填充墙 10(1)--空调房间

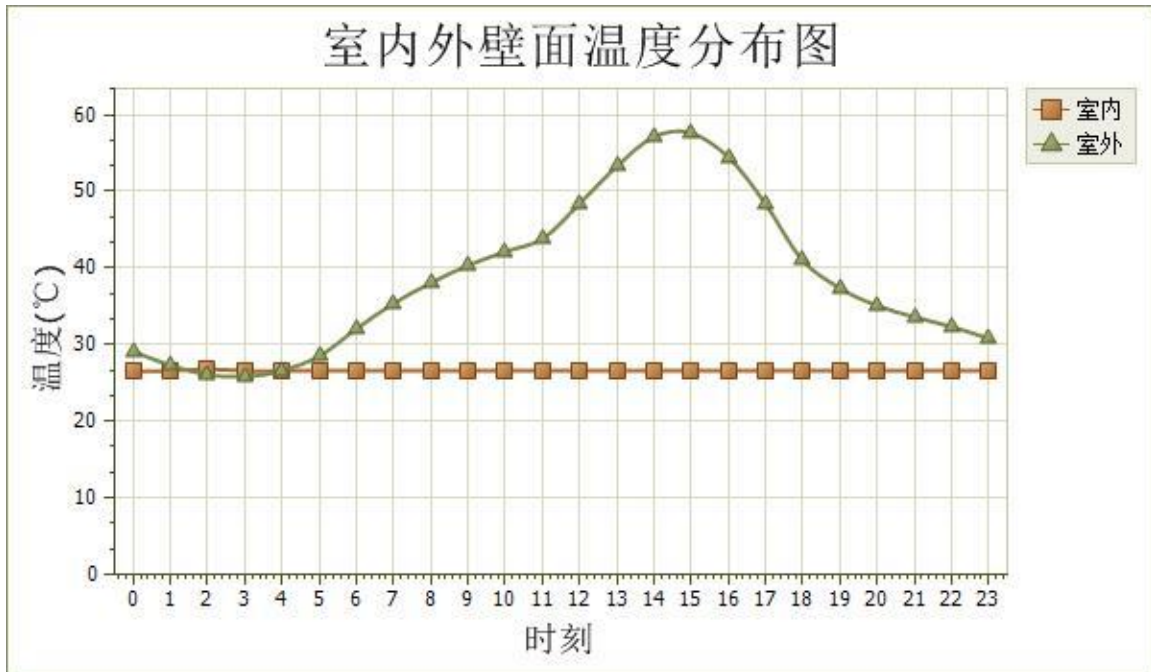


表 13 西向填充墙 10(1)内外壁面温度逐时值—空调房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.05	27.43	25.94	25.89	26.46	28.61	31.96	35.23	38.03	40.29	42.16	43.80
内壁面	26.68	26.69	26.69	26.69	26.68	26.67	26.65	26.63	26.62	26.60	26.58	26.56
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	48.30	53.50	57.20	57.64	54.40	48.27	41.09	37.27	35.17	33.61	32.21	30.84
内壁面	26.55	26.54	26.53	26.53	26.53	26.55	26.56	26.58	26.61	26.63	26.65	26.67

2.2.2 西向填充墙 10(1)--自然通风房间

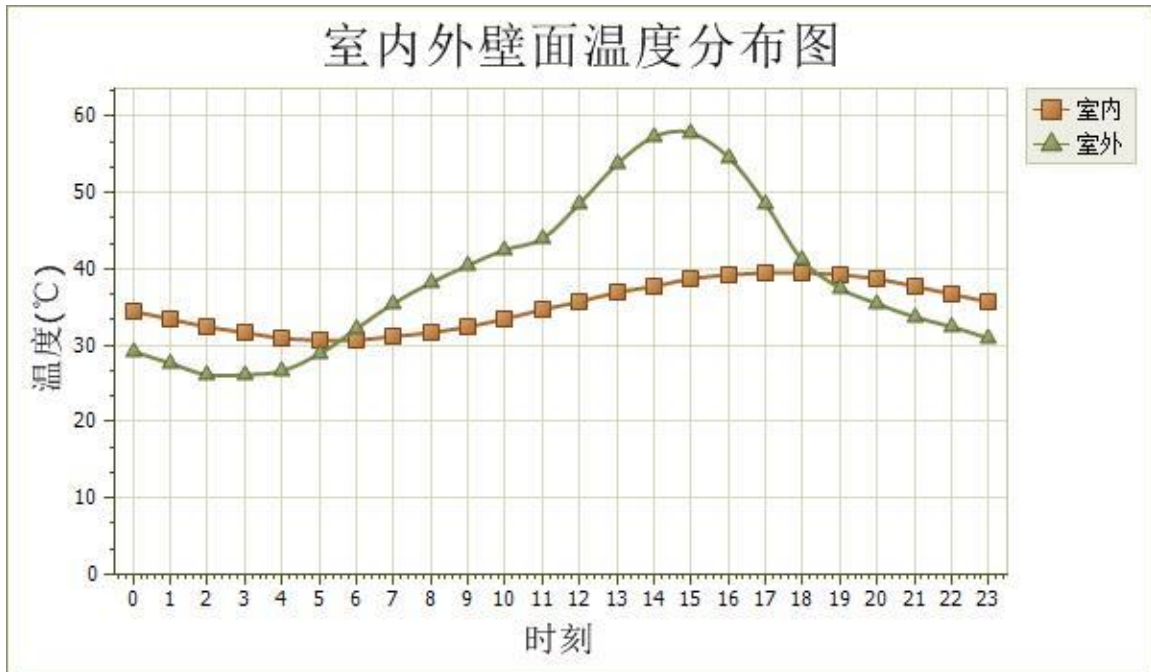


表 14 西向填充墙 10(1)内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.25	27.63	26.15	26.10	26.67	28.82	32.17	35.44	38.24	40.49	42.36	43.99
内壁面	34.51	33.40	32.41	31.60	31.03	30.75	30.76	31.06	31.64	32.46	33.46	34.58
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	48.49	53.68	57.38	57.82	54.58	48.44	41.27	37.46	35.36	33.80	32.40	31.04
内壁面	35.72	36.83	37.82	38.62	39.19	39.48	39.47	39.17	38.59	37.78	36.78	35.67

2.2.3 西向填充墙 8--自然通风房间

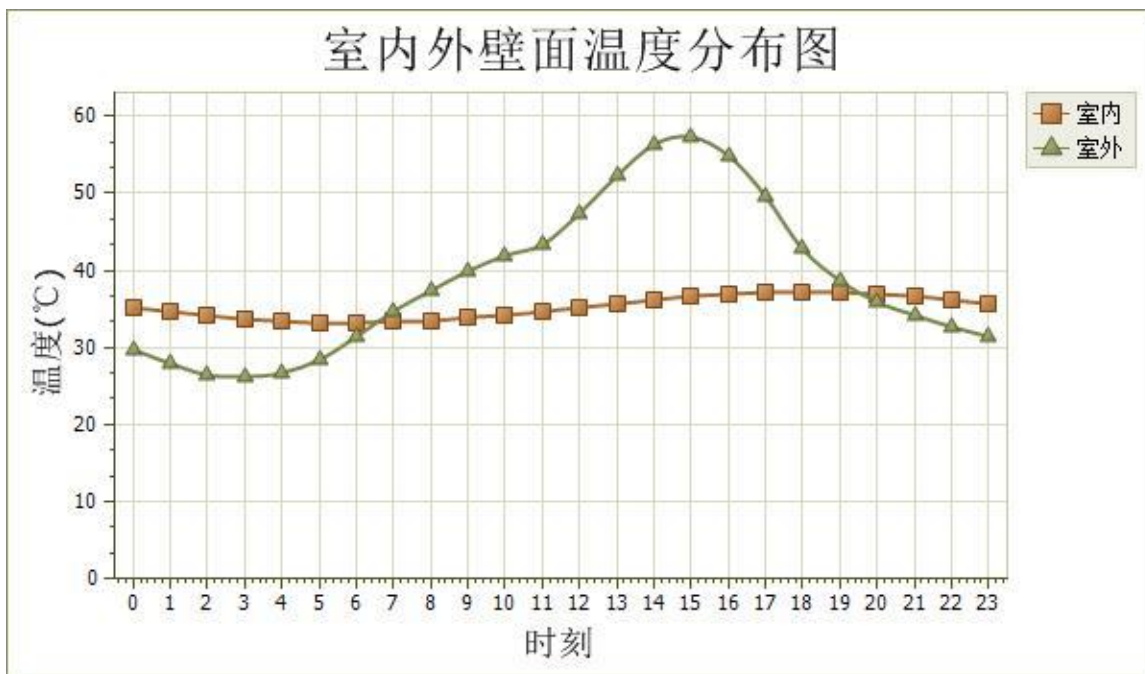


表 15 西向填充墙 8 内外壁面温度逐时值—自然通风房间

时刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
外壁面	29.66	28.03	26.53	26.22	26.61	28.42	31.45	34.64	37.49	39.85	41.82	43.51
内壁面	35.14	34.64	34.17	33.77	33.46	33.28	33.22	33.30	33.51	33.83	34.24	34.72
时刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
外壁面	47.49	52.41	56.28	57.35	54.96	49.59	42.84	38.53	36.00	34.23	32.75	31.37
内壁面	35.23	35.73	36.20	36.60	36.90	37.09	37.15	37.08	36.88	36.56	36.15	35.67

2.3 结论

表 16 填充墙 10(1)内外壁面温度判定

填充墙 10(1)房间类型	最高温度	限值	结论
东向空调房间	26.67	28.00	满足要求
东向自然通风房间	39.51	41.20	满足要求
西向空调房间	26.69	28.00	满足要求

西向自然通风房间	39.48	41.20	满足要求
----------	-------	-------	------

表 17 填充墙 8 内外壁面温度判定

填充墙 8 房间类型	最高温度	限值	结论
西向自然通风房间	37.15	41.20	满足要求

六、结果汇总

1 屋面汇总

表 18 屋面主体层 3(1)内表面最高温度计算汇总表

屋面主体层 3(1) 房间类型	最高温度	限值	结论
空调房间	26.58	28.50	满足要求
自然通风房间	36.80	41.20	满足要求

2 外墙汇总

表 19 填充墙 10(1)内表面最高温度计算汇总表

填充墙 10(1)房间类型	最高温度	限值	结论
东向空调房间	26.67	28.00	满足要求
东向自然通风房间	39.51	41.20	满足要求
西向空调房间	26.69	28.00	满足要求
西向自然通风房间	39.48	41.20	满足要求

3 外墙汇总

表 20 填充墙 8 内表面最高温度计算汇总表

填充墙 8 房间类型	最高温度	限值	结论
西向自然通风房间	37.15	41.20	满足要求

郑州商业技师学院外墙改造项目—— 35#楼餐厅公共建筑围护结构结露计算分析报 告书

一、计算依据

1. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
2. 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019
3. 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106-2019
4. 《建筑幕墙》GB/T 21086-2007

二、规范要求及计算方法

1 规范要求

- 1、《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 的要求和规定：

4.2.1 建筑外围护结构应具有抵御冬季室外气温作用和气温波动的能力，非透光外围护结构内表面温度与室内空气温度的温差应控制在本规范允许的范围内。

4.2.11 围护结构中的热桥部位应进行表面结露验算，并应采取保温措施，确保热桥内表面温度高于房间空气露点温度。

4.2.12 围护结构热桥部位的表面结露验算应符合本规范第 7.2 节的规定。

- 2、《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 的要求和规定：

5.1.7 在室内设计温度、湿度条件下，建筑非透光围护结构内表面不得结露。

2 计算方法及工具

- 1、建筑的地面、地下室外墙应按热工规范第 5.4 节和第 5.5 节的要求进行保温验算。

2、围护结构平壁部分的内表面温度应按热工规范第 3.4.16 条计算。热桥部分的内表面温度应采用符合本规范附录第 C.2.4 条规定的软件计算，或通过其他符合本规范附录第 C.2.5 条规定的二维或三维稳态传热软件计算得到。

3、PKPM 热桥线传热系数计算模块是对围护结构热桥问题开发了专门的二维温度场计算软件，作为节能设计标准配套的热桥计算的分析工具。本软件用 Visual C++ 6.0 开发而成。可以模拟多达 20 万个温度节点的二维空间温度分布，可以获取所模拟围护结构的温度分布、边界热流和露点温度等信息，并给出包含热桥部位的线传热系数，能够很好地处理建筑围护结构的热传导问题。

三、结露分析

1 采暖房间热桥楼板结露分析

1.1 规范要求

墙体的内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_w 应符合表 5.1.1 的规定。

表 1 空调房间热桥楼板的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_g (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 3

注： $\Delta t_w = t_i - \theta_i \cdot g$

1.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18℃
- 3、室外计算温度 t_e ：-3.50
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 t_d ：10.14

1.3 采暖房间热桥楼板围护结构做法

材料名称	厚度 (mm)	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m ² ·K)	热阻值 (m ² ·K)/W	热惰性指标 D=R·S	导热系数修正系数
水泥砂浆	10.00	0.93	11.37	0.01	0.12	1.00
半硬质岩(矿)棉板	62.00	0.05	0.77	1.08	0.99	1.20
钢筋混凝土	200.00	1.74	17.20	0.11	1.98	1.00
传热系数	0.74					

保温层热阻	1.08
围护结构传热阻	1.20(传热阻 1.35)

1.4 采暖房间热桥楼板结露判定

未考虑密度和温差修正的外墙内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i*W} = t_i - (R_i / R_{0W}) * (t_i - t_e)$$

式中： θ_{i*W} ——墙体内表面温度（℃）

t_e ——室外计算温度（℃）

R_i ——内表面换热阻($m^2 \cdot K$)/W

R_{0W} ——墙体传热阻($m^2 \cdot K$)/W

带入上述公式计算，本项目最不利热桥内表面温度为：

$$\theta_{i*W} = 18 - 0.11 / 1.20 * (18 - (-5.25)) = 15.87$$

表 2 空调房间热桥楼板的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_w (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 3
$\Delta t_g = 2.13$	7.86	≤ 3
结论	满足要求	满足要求

2 采暖房间屋面结露分析

2.1 规范要求

屋面的内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_r 应符合表 5.2.1 的规定。

表 3 空调房屋面的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_r (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 4

注： $\Delta t_r = t_i - \theta_{i*r}$

2.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18℃
- 3、室外计算温度 t_e ：-3.50
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 t_d ：10.14

2.3 采暖房间屋面围护结构做法

材料名称	厚度 (mm)	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m ² ·K)	热阻值 (m ² ·K)/W	热惰性指标 D=R·S	导热系数修 正系数
细石混凝土	40.00	1.74	17.20	0.02	0.40	1.00
水泥砂浆	20.00	0.93	11.37	0.02	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.00	0.03	0.32	3.03	1.07	1.10
水泥砂浆	20.00	0.93	11.37	0.02	0.24	1.00
轻集料混凝土 清捣	30.00	0.89	11.10	0.03	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.00	1.74	17.20	0.07	1.19	1.00
传热系数	0.30					
保温层热阻	3.03					
围护结构传热 阻	3.20(传热阻 3.35)					

2.4 采暖房间屋面结露判定

未考虑密度和温差修正的屋面内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i*r} = t_i - (R_i / R_{0r}) * (t_i - t_e)$$

式中： θ_{i*r} ——屋面内表面温度（℃）

t_e ——室外计算温度（℃）

R_i ——内表面换热阻(m²·K)/W

R_{0r} ——屋面传热阻($m^2 \cdot K$)/W

带入上述公式计算，本项目屋面内表面温度为：

$$\theta_{i*W}=18-0.11/3.20*(18--5.25)=17.20$$

表 4 空调房间屋面的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_r (K)	$\leq t_i - t_d$	≤ 4
$\Delta t_r=0.80$	7.86	≤ 4
结论	满足要求	满足要求

3 空调采暖房间门窗、幕墙结露分析

3.1 规范要求

门窗或幕墙的各个部件（如框、面板中部及面板边缘区域）超过 90%的面积的内表面温度应满足下式要求：。

$$t_i - (t_i - t_e) / (R \cdot a_i) \geq t_d$$

式中： R ——门窗、幕墙框或面板的热阻($m^2 \cdot K$)/W

a_i ——门窗、幕墙框或面板内表面换热系数($m^2 \cdot K$)/W

t_i ——室内设计温度（℃）；

t_e ——室外设计温度（℃）；

t_d ——室内露点温度（℃）。

3.2 计算条件

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18℃
- 3、室外计算温度 t_e ：0.90
- 4、冬季室内相对湿度：60%
- 5、露点温度 t_d ：10.14

3.3 采暖房间外窗围护结构做法

外窗 1: 窗框: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I), 玻璃: 6mm+12A+6mm, 传热系数 2.20, 玻璃太阳得热系数 0.44, 窗框系数 0.85, 气密性为 6 级, 可见光透射比 0.61

其中, 窗框整体传热系数为 4.0W/(m·K), 则其热阻值为 0.25(m²·K)/W

3.4 外窗、幕墙的结露判定

外窗、幕墙内表面温度应满足下式要求:

$$t_i - (t_i - t_e) / (R \cdot a_i) \geq t_d$$

式中: R——门窗、幕墙框或面板的热阻(m²·K)/W

t_i——室内设计温度(°C);

t_e——室外设计温度(°C);

t_d——室内露点温度(°C)。

带入上述公式计算, 本项目外窗、幕墙内表面温度为:

$$\theta_i \cdot w = 18 - (18 - (0.90)) / (0.25 \cdot 8.7) = 10.14$$

表 5 空调采暖房间外窗的内表面温度与室内空气温度温差的限值

房间设计要求	外窗、幕墙内表面温度	露点温度
空调房间	10.14	10.14
结论	满足要求	

郑州商业技师学院外墙改造项目—— 35#楼餐厅

冷凝防潮验算分析报告

一、计算依据

1. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
2. 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019
3. 《绿色建筑评价技术细则》

二、规范要求

1、依据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 和《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 的要求和规定，采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

三、模拟概述

1 原理概要

根据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 7.1.4 条，当围护结构内部可能发生冷凝时，冷凝计算界面内侧所需的蒸汽渗透阻应按式（3.2-1）计算：

$$H_{o,i} = \frac{P_i - P_{s,c}}{\frac{10\rho_o\delta_i[\Delta\omega]}{24Z} + \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{o,e}}}$$

则推导：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o\delta_i}$$

式中：

$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

$H_{o.i}$ —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

$H_{o.e}$ —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

$P_{s.c}$ —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

ρ_o —保温材料的干密度(kg/m^3)；

Q_i —保温材料厚度(m)。

2 参数设置

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

t_i —室内计算温度(°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

t_e —采暖期室外平均温度(°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_i —采暖期室外平均温度(°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。

3 防潮计算

3.1 计算参数

- 1、计算地点：郑州
- 2、室内计算温度 t_i （空调房间）：18.00℃
- 3、采暖期室外平均温度 t_e ：2.50
- 4、冬季室内相对湿度：60.00 %

4 屋面主体层 3(1)防潮计算分析

4.1 规范要求

1、采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量，应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

4.2 屋面主体层 3(1)构造

表 1 屋面主体层 3(1)材料构造材料汇总表

屋面主体层 3(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
细石混凝土	40.0	1.740	17.200	0.023	0.40	1.00
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
挤塑聚苯板	100.0	0.030	0.320	3.030	0.97	1.10
水泥砂浆	20.0	0.930	11.370	0.022	0.24	1.00
轻集料混凝土清捣	30.0	0.890	11.100	0.034	0.37	1.00
钢筋混凝土	120.0	1.740	17.200	0.069	1.19	1.00
屋面主体层 3(1)各层之和	330.0			3.20	3.41	
屋面主体层 3(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=3.35[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			

屋面主体层 3(1)传热系数	$K=1/R_o=0.30[W/(m^2 \cdot K)]$
太阳辐射吸收系数	$\rho=0.70$
冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 Roi	3.15

4.3 冷凝计算界面温度

冷凝计算界面温度可按下式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中：

θ_c —冷凝计算界面温度（℃）

t_i —室内计算温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_o —围护结构传热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）

R_i —内表面换热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）

$R_{o,i}$ —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目冷凝计算界面温度为：

$$\theta_c = 18 - ((18 - (2.50)) / 3.35) * (0.115 + 3.15) = 2.87^\circ C$$

4.4 围护结构内部冷凝受潮验算

围护结构内部冷凝受潮检验可按下式进行验算：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o\delta_i}$$

式中：

$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

$H_{o.i}$ —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

$H_{o.e}$ —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

$P_{s.c}$ —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

Q_i —保温材料厚度(m)。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目围护结构内部冷凝受潮增量为：

$$[\Delta w] = (24 * 88 * ((1252.30 - 455.31) / 16281.33 - (455.31 - 443.55) / 3452.38)) / (10 * 32.00 * 100.00/1000) = 3.01$$

4.5 结论

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
屋面主体层 3(1)	$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量值(%)；	挤塑聚苯板	3.01	10.00	满足

5 填充墙 10(1)防潮计算分析

5.1 规范要求

1、采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量，应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

5.2 填充墙 10(1)构造

表 2 填充墙 10(1)材料构造材料汇总表

填充墙 10(1) 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R.S	修正系数 α
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
半硬质矿(岩)棉板	62.0	0.048	0.770	1.123	0.86	1.15
加气混凝土砌块 B07	200.0	0.220	3.490	0.727	2.54	1.25
水泥砂浆	10.0	0.930	11.370	0.011	0.12	1.00
填充墙 10(1)各层之和	282.0			1.87	3.65	
填充墙 10(1)热阻 $R_o=R_i+\sum R+R_e=2.02[(m^2\cdot K)/W]$			$R_i=0.11[(m^2\cdot K)/W];R_e=0.04[(m^2\cdot K)/W]$			
填充墙 10(1)传热系数	$K=1/R_o=0.49[W/(m^2\cdot K)]$					
太阳辐射吸收系数	$\rho=0.70$					
冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 R_{oi}	1.86					

5.3 冷凝计算界面温度

冷凝计算界面温度可按下列式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中：

Q_c —冷凝计算界面温度 (°C)

t_i —室内计算温度 (°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

t_e —采暖期室外平均温度 (°C)：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_o —围护结构传热阻 (m²·K/W)

R_i —内表面换热阻 (m²·K/W)

R_{oi} —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 (m²·K/W)。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目冷凝计算界面温度为：

$$Q_c = 18 - ((18 - (2.50)) / 2.02) * (0.115 + 1.86) = 2.85^\circ\text{C}$$

5.4 围护结构内部冷凝受潮验算

围护结构内部冷凝受潮检验可按下式进行验算：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o\delta_i}$$

式中：

$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

H_{oi} —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(m²h Pa/g)；

H_{oe} —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(m²h Pa/g)；

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

P_{sc} —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

Q_i —保温材料厚度(m)。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目围护结构内部冷凝受潮增量为：

$$[\Delta w] = (24 * 88 * ((1252.30 - 454.75) / 2603.24 - (454.75 - 443.55) / 476.19)) / (10 * 100.00 * 62.00 / 1000) = 9.63$$

5.5 结论

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 10(1)	$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量值(%);	半硬质矿(岩)棉板	9.63	5.00	不满足

6 填充墙 8 防潮计算分析

6.1 规范要求

1、采暖期间，围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的重量湿度允许增量，应符合要求。

2、通过计算采暖期间围护结构中保温材料因内部冷凝受潮而增加的湿度，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 规定的采暖期间保温材料重量湿度的允许增量。

6.2 填充墙 8 构造

表 3 填充墙 8 材料构造材料汇总表

填充墙 8 每层材料名称	厚度 (mm)	导热系数 [W/(m·K)]	蓄热系数 [W/(m ² ·K)]	热阻值 [(m ² ·K)/W]	热惰性指 标 D=R·S	修正系数 α
水泥砂浆	15.0	0.930	11.370	0.016	0.18	1.00
半硬质矿(岩)棉板	62.0	0.048	0.770	1.076	0.83	1.20
钢筋混凝土	200.0	1.740	17.200	0.115	1.98	1.00
水泥砂浆保护层	10.0	0.930	11.270	0.011	0.12	1.00
填充墙 8 各层之和	287.0			1.22	3.11	
填充墙 8 热阻 $R_o = R_i + \sum R + R_e = 1.37 [(m^2 \cdot K) / W]$			$R_i = 0.11 [(m^2 \cdot K) / W]; R_e = 0.04 [(m^2 \cdot K) / W]$			
填充墙 8 传热系数		$K = 1 / R_o = 0.73 [W / (m^2 \cdot K)]$				

太阳辐射吸收系数	$\rho = 0.70$
冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻 Roi	1.20

6.3 冷凝计算界面温度

冷凝计算界面温度可按下式计算：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_o} (R_i + R_{o,i})$$

式中：

θ_c —冷凝计算界面温度（℃）

t_i —室内计算温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3 节的规定采用。

\bar{t}_e —采暖期室外平均温度（℃）：按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B 表 B.0.1 确定。

R_o —围护结构传热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）

R_i —内表面换热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）

$R_{o,i}$ —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目冷凝计算界面温度为：

$$\theta_c = 18 - ((18 - (2.50)) / 1.37) * (0.115 + 1.20) = 3.08^\circ\text{C}$$

6.4 围护结构内部冷凝受潮验算

围护结构内部冷凝受潮检验可按下式进行验算：

$$[\Delta w] = \frac{24Z \left(\frac{P_i - P_{s.c}}{H_{o.i}} - \frac{P_{s.c} - P_e}{H_{o.e}} \right)}{10\rho_o\delta_i}$$

式中：

$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

$H_{o.i}$ —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

$H_{o.e}$ —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻($m^2h Pa/g$)；

P_i —室内空气水蒸气分压力(Pa)，根据室内计算温度和相对湿度确定；

P_e —室外空气水蒸气分压力(Pa)，根据本规范附录三附表 3.1 查得的采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定；

$P_{s.c}$ —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa)；

Z —采暖期天数，应符合本规范附录三附表 3.1 的规定；

Q_i —保温材料厚度(m)。

将表中各参数值带入上述公式中，本项目围护结构内部冷凝受潮增量为：

$$[\Delta w] = (24 * 88 * ((1252.30 - 462.19) / 17007.91 - (462.19 - 443.55) / 714.29)) / (10 * 100.00 * 62.00/1000) = 0.69$$

6.5 结论

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 8	$[\Delta w]$ —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量值(%)；	半硬质矿(岩)棉板	0.69	5.00	满足

四、结果汇总

1 屋顶汇总

表 4 冷凝防潮验算汇总表

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
屋面主体层 3(1)	[Δw]-采暖 期间保温材料 重量湿度的允 许增量值(%);	挤塑聚苯板	3.01	10.00	满足

2 外墙汇总

表 5 冷凝防潮验算汇总表

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 10(1)	[Δw]-采暖 期间保温材料 重量湿度的允 许增量值(%);	半硬质矿(岩) 棉板	9.63	5.00	不满足

3 外墙汇总

表 6 冷凝防潮验算汇总表

围护结构	变量名)	保温材料	计算结果	增量限值	结论
填充墙 8	[Δw]-采暖 期间保温材料 重量湿度的允 许增量值(%);	半硬质矿(岩) 棉板	0.69	5.00	满足

郑州商业技师学院外墙改造项目——35#楼餐厅

一、计算参数信息

1.1 热工参数和计算结果

表 1 参照建筑与设计建筑热工计算结果

围护结构部位	参照建筑K(W/(m ² ·K))					设计建筑K(W/(m ² ·K))		
体形系数	0.21					0.21		
屋面	K=0.40,D=2.50					K=0.30,D=3.51		
外墙	K=0.50,D=2.50					K=0.55,D=4.17		
底部接触空气的架空楼板	0.50					0.50		
外窗(包括透明幕墙)	朝向	立面	窗墙面积比	传热系数 K(W/(m ² ·K))	太阳得热系数 SHGC	窗墙面积比	传热系数 K(W/(m ² ·K))	太阳得热系数 SHGC
单一立面外窗(包括透光幕墙)	东	立面1	窗墙面积比≤--	2.50	0.48	0.22	2.20	0.44
	南	立面2	窗墙面积比≤--	2.00	0.40	0.31	2.20	0.44
	西	立面3	窗墙面积比≤--	2.50	--	0.20	2.20	0.44
	北	立面4	窗墙面积比≤--	2.00	--	0.33	2.20	0.44
屋顶透光部分	--		--	--	--	--	--	--

注：(*) 为全部外墙加权平均传热系数。

1.2 室内计算参数表

表 2 室内计算参数

房间用途	是否空	累积面	室内设计温度(°C)	人均使	照明功	电器设	新风量
------	-----	-----	------------	-----	-----	-----	-----

	调	积(m ²)	夏季	冬季	用面积 (m ² /人)	率 (W/m ²)	备功率 (W/m ²)	(m ³ /hp)
走道、楼梯间	否	343.65	25.00	18.00	8.00	6.00	15.00	30.00
普通办公室	是	2621.2 0	26.00	20.00	10.00	8.00	15.00	30.00
会议室	是	58.62	25.00	22.00	25.00	6.00	15.00	30.00
其它	否	累积面积: 5459.10(m ²)						
合计空调房间面积(m ²)		2679.82	合计非空调房间面积(m ²)				5802.75	

注：(*) 为自定义房间参数。

二、能耗计算结果

2.1 建筑累计负荷计算结果

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 附录 C 的要求，并参照本标准规定进行计算，本建筑的建筑累计负荷如下：

表 3 累计负荷计算结果

建筑类别\负荷种类	供冷累计负荷 Q _c (kWh)	供暖累计负荷 Q _h (kWh)
设计建筑	67138.51	107352.46
参照建筑	65969.56	112077.90

2.2 建筑全年空调和采暖耗电量计算

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 附录 C 的要求，设计建筑和参照建筑的供暖、空调年耗电量的计算应符合下列规定：

- 1、全年供暖和供冷总耗电量应按下列公式计算：

$$E = E_H + E_C \quad (C.0.7-1)$$

式中：E——建筑物供暖和供冷总耗电量，(kWh/m²)；

E_c——建筑物供冷耗电量，(kWh/m²)；

E_h——建筑物供热耗电量，(kWh/m²)；

- 2、全年供冷耗电量应按下列公式计算：

$$E = \frac{Q_c}{A \times COP_c} \quad (C.0.7-2)$$

式中： Q_c ——全年累计耗冷量（kWh），通过动态模拟软件计算得到；

A ——建筑总面积（ m^2 ）；

COP_c ——公共建筑供冷系统综合性能系数，取 3.50；寒冷 B 区、夏热冬冷、夏热冬暖地区居住建筑取 3.60。

3、严寒地区和寒冷地区全年供暖耗电量应按下列式计算：

$$E_H = \frac{Q_H}{A \eta_1 q_1 q_2} \quad (C.0.7-3)$$

式中： Q_H ——全年累计耗热量（kWh），通过动态模拟软件计算得到；

η_1 ——热源为燃煤锅炉的供暖系统综合效率，取 0.81；

q_1 ——标准煤热值，8.14kWh/ kgce；

q_2 ——综合发电煤耗（kgce/kWh）取 0.330 kgce/kWh；

4、夏热冬暖 A 区、夏热冬冷、夏热冬暖和温和地区公共建筑全年供暖耗电量应按下列式计算：

$$E_H = \frac{Q_H}{A \eta_2 q_3 q_2 \phi} \quad (C.0.7-4)$$

式中： η_2 ——热源为燃气锅炉的供暖系统综合效率，取 0.85；

q_3 ——标准天然气热值，取 9.87 kWh/ m^3 ；

ϕ ——天然气的折标系数，取 1.21 kgce/ m^3 。

5、夏热冬暖 A 区，夏热冬冷和温和地区居住建筑全年供暖耗电量应按下列式计算：

$$E_c = \frac{Q_H}{A \times COP_H} \quad (C.0.7-5)$$

式中： Q_H ——全年累计耗热量（kWh）

A ——建筑总面积（ m^2 ）；

COP_H ——供暖系统综合性能系数，取 2.60

6、居住建筑应计入全年的供暖能耗；供冷能耗只计入日平均温度高于 26℃时的能耗。严寒、寒冷 A、温和 A 区只计入供暖能耗；寒冷 B、夏热冬冷、夏热冬暖 A 区计入供暖和供冷能耗，夏热冬暖 B 区只计入供冷能耗。

依据以上建筑全年累计负荷计算结果与所给参数，计算得到该建筑物的全年空调和采暖耗电量如下：

表 4 全年供冷和供暖耗电量

建筑类别\耗电量种类	全年供冷耗电量 (kWh)	全年供暖耗电量 (kWh)
设计建筑	19182.43	49338.81
参照建筑	18848.45	51510.60

本建筑的单位面积空调和采暖耗电量结果如下：

表 5 全年供冷和供暖耗电量指标

计算结果	设计建筑单位面积耗电量 (kWh/m ²)	参照建筑单位面积耗电量 (kWh/m ²)
全年耗电量	8.08	8.29

能耗分析图表如下：

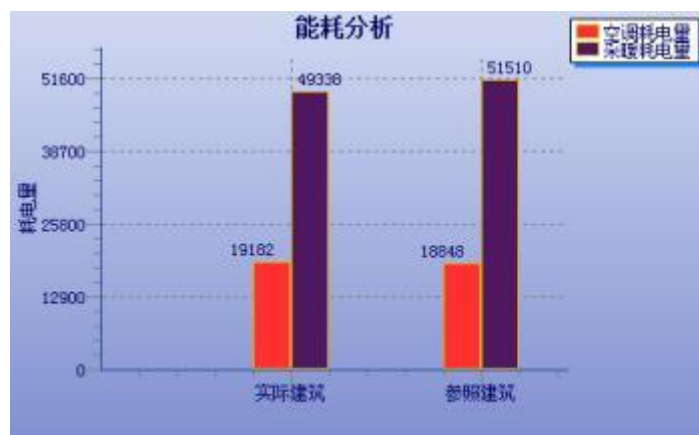


图 1 能耗分析图表

三、结论

该设计建筑的全年能耗小于参照建筑的全年能耗，因此该项目已达到《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 的设计要求。

寒冷 B 区地区甲类公共建筑节能审查表

工程名称： 郑州商业技师学院外墙改造项目——35#楼餐厅

工程地址： 荥阳市荥泽大道与禹锡路交叉口东南角 工程类别： 公共建筑 工程性质： 新建 改建 扩建

层数：（地上）2 层局部三层，（地下）0 层 总建筑面积：6507.45 m²

节能计算标准：《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015-2021

条文号	围护结构部位		限值（标准指标）		设计值					
3.2.1	体形系数		$300 < A \leq 800$	≤ 0.5	0.21					
			$A > 800$	≤ 0.4						
3.2.4	单一立面外窗（含透光幕墙）透光材料的可见光透射比		窗墙面积比 < 0.4	≥ 0.6	东n: 0.21 南n: 0.31 西n: 0.20 北n: 0.32		外墙墙体材料及选用的外墙保温体系		保温材料：半硬质岩(矿)棉板(60.00mm) 保温形式：外保温/外保温	
			窗墙面积比 ≥ 0.4	≥ 0.4						
3.2.7	屋顶透光部分面积与屋顶总面积之比 M		20%		--					
3.2.8	单一立面外窗（含透光幕墙）可开启扇有效通风换气面积		不宜小于房间外窗所在外墙面积的 10%		0.11		冬季室内计算温度（℃）		18	
3.3.5	《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106-2019	外门	≥ 4 级		6		冬季室外计算温度（℃）		-3.50	
		外窗	≥ 10 层	≥ 7 级	--		3.3.4		室内空气露点温度（℃）	
< 10 层	≥ 6 级		6							
3.3.7	建筑入口大堂采用全玻璃幕墙时，非中空玻璃的面积占同一立面透光面积（门窗和玻璃幕墙）的比例		$\leq 15\%$		--		10.14		外墙	16.10
									地下室	--
									其他	--
3.3.1	围护结构部位		限值（标准指标）		设计值		保温层材料、厚度、燃烧性能等级		保温材料导热系数及修正系数	
屋面			传热系数 K [W/ (m ² ·K)]	≤ 0.45	0.30	挤塑聚苯板(100.00mm)B1	0.030	1.10		
外墙（含非透光幕墙）				≤ 0.50	0.55	半硬质岩(矿)棉板(60.00mm)A	0.048	1.20		
底面接触室外空气的架空或外挑楼板				≤ 0.50	0.50	半硬质岩(矿)棉板(80.00mm)A	0.048	1.20		
地下车库与供暖房间之间的楼板				≤ 1.0	--	--	--	--		
非供暖房间与供暖房间之间的隔墙				≤ 1.2	0.9	--	--	--		
周边地面			保温材料	≥ 0.60	2.67	挤塑聚苯板(60.00mm)B1	0.030	1.10		
供暖、空调地下室外墙（与土壤接触的外墙）			层热阻 R	≥ 0.60	--	--	--	--		
变形缝（两侧墙内保温时）			/W]	≥ 0.90	--	--	--	--		
单立面	立面	窗墙面积比（简称 CW）	传热系数 K [W/ (m ² ·K)]	太阳得热系数 SHGC（东、南、西向/北向）	传热系数 K [W/ (m ² ·K)]	太阳得热系数 SHGC	窗框材料及窗玻璃品种、规格，中空玻璃露点			

外窗 (含透光幕墙)	东 南 西 北	$CW \leq 0.20$	≤ 3.0	—	立面 3: 2.20; 立面 4: 2.20	—	西: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm/断桥铝窗框 (Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm;	
		$0.20 < CW \leq 0.30$	≤ 2.7	$\leq 0.52/-$	立面 5: 2.20	立面 5: 0.52	北: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	
		$0.30 < CW \leq 0.40$	≤ 2.4	$\leq 0.48/-$	立面 6: 2.20	立面 6: 0.52	北: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm	
		$0.40 < CW \leq 0.50$	≤ 2.2	$\leq 0.43/-$	立面 1: 2.20	立面 1: 0.49	东: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm; ; ;	
		$0.50 < CW \leq 0.60$	≤ 2.0	$\leq 0.40/-$	立面 2: 2.20	立面 2: 0.48	南: 断桥铝窗框(Low-E 中空 SuperSE-I)6mm+12A+6mm; ;	
		$0.60 < CW \leq 0.70$	≤ 1.9	$\leq 0.35/0.60$	--	--	--	
		$0.70 < CW \leq 0.80$	≤ 1.6	$\leq 0.35/0.52$	--	--	--	
		$CW > 0.8$	≤ 1.5	$\leq 0.30/0.52$	--	--	--	
屋顶透光部分 (透光部分面积比例 $\leq 20\%$)		≤ 2.4	≤ 0.44	--	--	--		
是否符合标准规定性指标要求 是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> (如果不符合, 须填写以下内容; 如果符合, 以下内容可不填写)								
3.4 .1	围护结构部位		限值 (标准指标)		设计值		3.4.2 全年供暖和空调总耗电量	
权 衡 判 断 基 本 要 求	屋面		传热系数 K [W/ ($m^2 \cdot K$)]	≤ 0.40	0.30	权衡计 算结果	参照建筑 (kWh/ m^2)	设计建筑 (kWh/ m^2)
	外墙 (含非透光幕墙)			≤ 0.50	0.55		8.29	8.08
	外窗 (含 透光幕 墙)	$0.40 < CW \leq 0.70$		≤ 2.7	立面 1: 2.20; 立面 2: 2.20; 立面 3: 2.20; 立面 4: 2.20	权衡判断结论	合格	
		$CW > 0.7$		≤ 2.4	--			
计算软件及版本								
设计单位名称 (盖章)			节能设计人		年 月 日			
			节能校审人		年 月 日			
建设单位								
节能审查 单位审查意见			节能审查		年 月 日			

注: 建筑节能专项设计人、审查人签名栏必须由实际工作人员签名, 不得代签。