**隔热检查计算书**

公共建筑

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 | 新建项目 |
| 工程地点 | 山东-济南 |
| 设计编号 |  |
| 建设单位 |  |
| 设计单位 |  |
| 设 计 人 |  |
| 校 对 人 |  |
| 审 核 人 |  |
| 计算日期 | 2023年12月18日 |



|  |  |
| --- | --- |
| 采用软件 | 斯维尔节能设计BECS2023 |
| 软件版本 | 20220923 |
| 研发单位 | 北京绿建软件股份有限公司 |
| 正版授权码 | T13231372820 |

**目 录**

[1 建筑概况 3](#_Toc153807582)

[2 评价依据 3](#_Toc153807583)

[3 评价目标与方法 3](#_Toc153807584)

[3.1 评价目标 3](#_Toc153807585)

[3.2 评价方法 3](#_Toc153807586)

[4 边界条件参数设置 4](#_Toc153807587)

[4.1 基本设置 4](#_Toc153807588)

[4.2 室外空气温度 5](#_Toc153807589)

[4.3 室外太阳辐射照度 5](#_Toc153807590)

[4.4 室内空气温度 7](#_Toc153807591)

[5 工程材料 7](#_Toc153807592)

[6 工程构造 8](#_Toc153807593)

[6.1 屋顶构造 8](#_Toc153807594)

[6.1.1 不上人保温平屋面 8](#_Toc153807595)

[6.2 外墙构造 9](#_Toc153807596)

[6.2.1 400厚蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 9](#_Toc153807597)

[7 验算结论 12](#_Toc153807598)

[7.1 自然通风房间 12](#_Toc153807599)

# 建筑概况

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 | 新建项目 |
| 工程地点 | 山东-济南 |
| 地理位置 | 北纬：37.00° | 东经：116.98° |
| 气候子区 | 寒冷B区 |
| 大气透明度等级 | 5 |
| 建筑面积 | 地上4338㎡ 地下0㎡ |
| 建筑层数 | 地上2 地下1 |
| 建筑高度 | 12.0m |
| 结构类型 |  |

# 评价依据

1. 山东公共建筑节能设计标准DB37/5155-2019

2. 《民用建筑热工设计规范》GB50176

3. 山东省《绿色建筑评价标准》DB37/T 5097-2021

4. 《绿色建筑评价技术细则》

5. 施工图、设计说明、节能计算书

# 评价目标与方法

## 评价目标

1. 依据《民用建筑热工设计规范》和山东省《绿色建筑评价标准》DB37/T 5097-2021的要求和规定，屋顶和外墙的隔热性能应满足要求。
2. 通过房间围护结构的内表面温度计算，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》给出的内表面最高温度。

## 评价方法

1. 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，外墙内表面最高温度应符合表3.2.1的要求：

**表3.2.1 外墙内表面最高温度的限值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **房间类型** | **自然通风房间** | **空调房间** |
| **重质围护结构****（D≥2.5）** | **轻质围护结构****（D＜2.5）** |
| **内表面最高温度** | ≤ te.max | ≤ti+2 | ≤ti+3 |

1. 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，屋面内表面最高温度应符合表3.2.2的要求：

**表3.2.2 屋顶内表面最高温度的限值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **房间类型** | **自然通风房间** | **空调房间** |
| **重质围护结构****（D≥2.5）** | **轻质围护结构****（D＜2.5）** |
| **内表面最高温度** | ≤ te.max | ≤ti+2.5 | ≤ti+3.5 |

表中：—围护结构内表面最高温度（），应按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016附录C.3 的规定计算；

$ t\_{i}$—室内空气温度，（）。

te.max—累年日平均温度最高日的最高温度（）,应按《民用建筑热工设计规范》

GB50176-2016配套软件气象数据取用。

1. 外围护结构内表面最高温度按照规范《民用建筑热工设计规范》(GB50176-2016)附录C.3 的规定计算：
2. 按式3.2.3-1建立常物性、无内热源的一维非稳态导热的内部微分方程，微分方程的求解可采用有限差分法：

 （3.2.3-1）

式中： —温度对于时间的导数，/s。

—材料的导温系数，，m2/s。

1. 按式3.2.3-2建立第三类边界条件隐式差分格式边界节点方程（边界节点1，节点n 可参照）：

（3.2.3-2）

式中：$C\_{p}$—材料的比热， J /(kg·K)；

$ρ$—材料的密度，kg/m³；

—材料的导温系数，，m2/s；

$Δx$—差分步长，m；

—材料的导热系数，［W/(m·K)］；

$t\_{f}^{k}$—对流换热温度，。

1. 按式3.2.3-3列出各内部节点和边界点的节点方程，并求解节点方程组得到外墙、屋顶内表面温度值。

 ,i=1,2,……n （3.2.3-3）

式中：$ t\_{i}$—差分节点温度值，。


# 边界条件参数设置

## 基本设置

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **公式及变量** | **变量名** | **数值** | **说明** |
| **（一）内表面边界条件（第三类边界条件）** |
|  | 夏季室内温度， |  | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016第3.3.2条的规定取值。 |
|  | 室内侧对流换热系数，W/(m2·K) | 8.7 | 按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016附录B.4.1，表B.4.1-1取值。 |
| **（二）外表面边界条件（第三类边界条件）** |
|  | 室外侧对流换热系数，(m2·K) | 19.0 | 按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016附录B.4.1，表B.4.1-2取值。 |
|  | 室外空气逐时温度， |  | 按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016配套软件气象数据取用。 |
|  | 表面法向太阳总辐射强度，包括直射和散射，W/m2 |  | 按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016配套软件气象参数取值。 |
|  | 外表面太阳辐射吸收系数 |  | 根据工程构造取值。 |

## 室外空气温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 33.00 | 33.20 | 33.50 | 32.90 | 32.20 | 31.60 | 31.40 | 31.80 | 32.90 | 35.00 | 37.10 | 39.00 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 39.80 | 40.30 | 40.70 | 41.40 | 41.70 | 41.50 | 40.20 | 37.90 | 36.10 | 34.70 | 33.20 | 31.80 |

## 室外太阳辐射照度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **变量** | **变量名** | **公式来源** |
|  | 表面法向太阳总辐射强度，包括直射和散射，W/ m2 | 按《民用建筑热工设计规范GB50176-2016》配套软件气象数据取用。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时刻\朝向 | 东 | 南 | 西 | 北 | 水平 |
| 0:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4:00 | 32.48 | 18.36 | 20.09 | 9.67 | 33.80 |
| 5:00 | 187.18 | 71.21 | 85.63 | 35.15 | 162.80 |
| 6:00 | 313.68 | 130.14 | 133.74 | 75.78 | 292.00 |
| 7:00 | 431.73 | 176.21 | 154.13 | 118.30 | 427.50 |
| 8:00 | 473.68 | 239.44 | 166.61 | 138.08 | 569.00 |
| 9:00 | 475.60 | 344.53 | 204.48 | 171.14 | 762.20 |
| 10:00 | 395.32 | 432.48 | 239.42 | 200.76 | 907.40 |
| 11:00 | 253.27 | 466.58 | 253.27 | 212.45 | 962.50 |
| 12:00 | 229.71 | 419.97 | 384.83 | 193.09 | 888.70 |
| 13:00 | 202.25 | 342.39 | 474.99 | 169.45 | 761.00 |
| 14:00 | 181.24 | 259.23 | 504.87 | 149.96 | 609.10 |
| 15:00 | 165.62 | 189.32 | 464.45 | 127.11 | 459.70 |
| 16:00 | 126.02 | 116.42 | 329.83 | 65.88 | 288.30 |
| 17:00 | 55.84 | 35.87 | 154.60 | 12.69 | 112.60 |
| 18:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 23:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

## 室内空气温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 35.63 | 34.87 | 34.29 | 33.93 | 33.80 | 33.93 | 34.29 | 34.87 | 35.63 | 36.51 | 37.45 | 38.40 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 39.28 | 40.04 | 40.62 | 40.98 | 41.10 | 40.98 | 40.62 | 40.04 | 39.28 | 38.40 | 37.45 | 36.51 |

# 工程材料

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 导热系数λ | 蓄热系数S | 密度ρ | 比热容Cp | 蒸汽渗透系数u | 备注 |
| W/(m.K) | W/(㎡.K) | kg/m3 | J/(kg.K) | g/(m.h.kPa) |
| 水泥砂浆 | 0.930 | 11.370 | 1800.0 | 1050.0 | 0.0210 | 来源：《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 |
| 石灰砂浆 | 0.810 | 10.070 | 1600.0 | 1050.0 | 0.0443 | 来源：《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 |
| 钢筋混凝土 | 1.740 | 17.200 | 2500.0 | 920.0 | 0.0158 | 来源：《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 |
| 碎石、卵石混凝土(ρ=2300) | 1.510 | 15.360 | 2300.0 | 920.0 | 0.0173 | 来源：《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 |
| 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 | 0.030 | 0.340 | 35.0 | 1380.0 | 0.0000 | 来源：《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016，蒸汽渗透系数没有给出 |
| 轻集料混凝土 | 0.890 | 10.673 | 1600.0 | 1100.0 | 0.0000 |  |
| c20细石混凝土(ρ=2300) | 1.510 | 15.243 | 2300.0 | 920.0 | 0.0000 |  |
| 蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 | 0.160 | 2.642 | 525.0 | 1142.7 | 0.0140 | 05J909 |
| 加气混凝土、泡沫混凝土 | 0.240 | 3.100 | 700.0 | 1050.0 | 0.0998 | 来源：《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 |

# 工程构造

## 屋顶构造

### 不上人保温平屋面

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称由外到内 | 厚度 | 差分步长 | 导热系数 | 蓄热系数 | 修正系数 | 热阻 | 热惰性指标 |
| (mm) | (mm) | W/(m.K) | W/(㎡.K) | α | (㎡K)/W | D=R\*S |
| c20细石混凝土(ρ=2300) | 40 | 10.0 | 1.510 | 15.243 | 1.00 | 0.026 | 0.404 |
| 水泥砂浆 | 30 | 10.0 | 0.930 | 11.370 | 1.00 | 0.032 | 0.367 |
| 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 | 80 | 11.4 | 0.030 | 0.340 | 1.10 | 2.424 | 0.907 |
| 轻集料混凝土 | 30 | 10.0 | 0.890 | 10.673 | 1.00 | 0.034 | 0.360 |
| 钢筋混凝土 | 120 | 12.0 | 1.740 | 17.200 | 1.00 | 0.069 | 1.186 |
| 石灰砂浆 | 20 | 10.0 | 0.810 | 10.070 | 1.00 | 0.025 | 0.249 |
| 各层之和∑ | 320 | － | － | － | － | 2.610 | 3.472 |
| 差分时间步长(分钟) | 5.0 |
| 外表面太阳辐射吸收系数 | 0.75 |
| 传热系数K=1/(0.16+∑R) | 0.36 |
| 重质/轻质 | 重质围护结构 |

#### 自然通风房间：逐时温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 37.98 | 37.59 | 37.23 | 36.91 | 36.66 | 36.50 | 36.42 | 36.44 | 36.56 | 36.77 | 37.05 | 37.38 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 37.76 | 38.15 | 38.52 | 38.85 | 39.12 | 39.30 | 39.38 | 39.36 | 39.23 | 39.01 | 38.71 | 38.36 |

## 外墙构造

### 400厚蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称由外到内 | 厚度 | 差分步长 | 导热系数 | 蓄热系数 | 修正系数 | 热阻 | 热惰性指标 |
| (mm) | (mm) | W/(m.K) | W/(㎡.K) | α | (㎡K)/W | D=R\*S |
| 水泥砂浆 | 20 | 10.0 | 0.930 | 11.370 | 1.00 | 0.022 | 0.245 |
| 蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 | 400 | 8.0 | 0.160 | 2.642 | 1.00 | 2.500 | 6.605 |
| 石灰砂浆 | 20 | 10.0 | 0.810 | 10.070 | 1.00 | 0.025 | 0.249 |
| 各层之和∑ | 440 | － | － | － | － | 2.546 | 7.098 |
| 差分时间步长(分钟) | 5.0 |
| 外表面太阳辐射吸收系数 | 0.75 |
| 传热系数K=1/(0.16+∑R) | 0.37 |
| 重质/轻质 | 重质围护结构 |

#### 自然通风房间：东向逐时温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 37.19 | 36.51 | 35.91 | 35.42 | 35.09 | 34.92 | 34.95 | 35.16 | 35.53 | 36.05 | 36.68 | 37.37 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 38.08 | 38.76 | 39.36 | 39.85 | 40.18 | 40.35 | 40.32 | 40.12 | 39.74 | 39.22 | 38.60 | 37.90 |

#### 自然通风房间：西向逐时温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 37.18 | 36.50 | 35.90 | 35.42 | 35.09 | 34.93 | 34.96 | 35.17 | 35.55 | 36.07 | 36.70 | 37.39 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 38.10 | 38.78 | 39.38 | 39.86 | 40.19 | 40.35 | 40.32 | 40.11 | 39.73 | 39.20 | 38.58 | 37.88 |

#### 自然通风房间：南向逐时温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 37.17 | 36.49 | 35.88 | 35.40 | 35.07 | 34.91 | 34.93 | 35.14 | 35.52 | 36.04 | 36.67 | 37.36 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 38.07 | 38.75 | 39.35 | 39.83 | 40.16 | 40.32 | 40.30 | 40.09 | 39.71 | 39.19 | 38.57 | 37.87 |

#### 自然通风房间：北向逐时温度



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
| 37.05 | 36.37 | 35.76 | 35.28 | 34.95 | 34.79 | 34.81 | 35.02 | 35.40 | 35.93 | 36.56 | 37.25 |
| 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 37.97 | 38.65 | 39.25 | 39.74 | 40.07 | 40.23 | 40.20 | 39.99 | 39.61 | 39.09 | 38.46 | 37.76 |

# 验算结论

## 自然通风房间

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 构造 | 时刻 | 最高温度(℃) | 限值(℃) | 结论 |
| 屋顶 | 上:不上人保温平屋面 | 18:10 | 39.38 | 41.70 | 满足 |
| 外墙 | 东:400厚蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 | 17:20 | 40.36 | 41.70 | 满足 |
| 西:400厚蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 | 17:15 | 40.36 | 41.70 | 满足 |
| 南:400厚蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 | 17:20 | 40.33 | 41.70 | 满足 |
| 北:400厚蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块 | 17:20 | 40.24 | 41.70 | 满足 |