|  |
| --- |
| **冷凝验算计算书****公共建筑** |
| **石家庄市农业科技创新中心-2#A、B** |
| **设计编号：****M4820** |
|  |



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工程地点 | ： | 河北-石家庄 |
| 建设单位 | ： | 石家庄市农林科学研究院 |
| 设计单位 | ： | 北方工程设计研究院有限公司 |
| 设计人 | ： | 苏毅 |
| 校对人 | ： | 陈艾文 |
| 审定人 | ： | 程蔚媛 |
| 报告日期 | : | 2025年2月10日 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 采用软件 | : 节能设计BECS2025 |  |
| 软件版本 | : 20241010 |
| 正版授权码 | : P2FD9108F |
| 研发单位 | : 北京绿建软件股份有限公司 |

# 建筑概况

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 | 石家庄市农业科技创新中心-2#A、B |
| 工程地点 | 河北-石家庄 |
| 气候子区 | 寒冷B区 |
| 建筑面积 | 地上9651㎡ 地下152㎡ |
| 建筑层数 | 地上5 地下1 |
| 建筑高度 | 21.6m |
| 结构类型 | 框架结构 |

# 评价依据

1. 《河北公共建筑节能设计标准》DB13JT8543-2023

2. 《建筑环境通用规范》GB 55016-2021

3. 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016

4. 施工图、设计说明、墙身大样图、节能计算书

## 评价目标

依据《建筑环境通用规范》GB 55016-2021 **4.4.3**条：供暖期间，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；相应冷凝计算界面内侧最小蒸汽渗透阻应大于按式（3.2-1）计算的蒸汽渗透阻。

## 评价方法

根据《建筑环境通用规范》GB 55016第4.4.3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：

 （3.2-1）

则推导：

 （3.2-2）

式中：

 —采暖期间保温材料重量湿度的允许增量限值(%)；

 —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g)；

 —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g)；

 —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；

 —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温度确定；

—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；

—保温材料的干密度(kg/m3)；

—保温材料厚度(m)；

冷凝计算界面温度可按下式计算：



式中：—冷凝计算界面温度（℃）

—室内计算温度（℃）

—采暖期室外平均温度（℃）

—围护结构传热阻（㎡·K/W）

—内表面换热阻（㎡K/W）

 —冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻（㎡·K/W）

# 防潮验算计算过程

## 计算条件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  内表面换热阻（㎡\*K/W） | 0.11 | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176附录B.4的规定采用。 |
| ti 室内计算温度(℃) | 18 | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176第3.3.1条规定采用。 |
| 室内相对湿度(%) | 60 | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176第3.3.1条规定采用。 |
|  采暖期室外平均温度（℃） | 0.90 | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176附录表A.0.1确定。 |
| 室外相对湿度(%) | 53.00 | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176附录表A.0.1确定。 |
| Z 采暖天数 | 97 | 按《民用建筑热工设计规范》GB50176附录A表A.0.1确定。 |

## 屋顶构造：屋顶构造一

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称（由上到下） | 厚度δ | 导热系数λ | 修正系数 | 密度 | 蒸汽渗透系数 | 热阻R |
| (mm) | W/(m.K) | α | Kg/m³ | g/(m.h.KPa) | (㎡K)/W |
| 地砖 | 10 | 1.740 | 1.00 | 2500.00 | 0.0158 | 0.006 |
| 水泥砂浆 | 55 | 0.930 | 1.00 | 1800.00 | 0.0210 | 0.059 |
| 高容重石墨聚苯板 | 90 | 0.032 | 1.00 | 30.00 | 0.0300 | 2.813 |
| 水泥膨胀珍珠岩轻质砂浆（找坡层） | 30 | 0.260 | 1.25 | 800.00 | 0.0420 | 0.092 |
| 钢筋混凝土 | 120 | 1.740 | 1.00 | 2500.00 | 0.0158 | 0.069 |
| 石灰砂浆 | 20 | 0.810 | 1.00 | 1600.00 | 0.0443 | 0.025 |

### 围护结构冷凝受潮计算表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | δ厚度(mm) | ρ密度(kg/m3) | θi温度(℃) | Pb饱和水蒸汽分压力(Pa) | Ps水蒸汽分压力(Pa) | λ导热系数W/(m.k) | α修正系数 | R热阻(m2.k/W) | μ蒸汽渗透系数g/(m.h.kPa) | H蒸汽渗透阻(m2.h.Pa/g) |
| 1 | 室外 |  |  | 0.90 | 651.5 | 345.3 |  |  |  |  |  |
| 2 | 室外换热层 |  |  |  |  |  |  |  | 0.04 |  | 2.6667 |
| 3 | 外表面 |  |  | 1.12 | 662.1 | 345.5 |  |  |  |  |  |
| 4 | 地砖 | 10 | 2500 |  |  |  | 1.74 | 1.00 | 0.01 | 0.0158 | 632.91 |
| 5 | 0~1 |  |  | 1.15 | 663.6 | 383.0 |  |  |  |  |  |
| 6 | 水泥砂浆 | 55 | 1800 |  |  |  | 0.93 | 1.00 | 0.06 | 0.0210 | 2619.05 |
| 7 | 1~2 |  |  | 1.47 | 679.0 | 538.5 |  |  |  |  |  |
| 8 | 高容重石墨聚苯板 | 90 | 30 |  |  |  | 0.03 | 1.00 | 2.81 | 0.0300 | 3000.00 |
| 9 | 2~3 |  |  | 16.43 | 1867.7 | 716.6 |  |  |  |  |  |
| 10 | 水泥膨胀珍珠岩轻质砂浆（找坡层） | 30 | 800 |  |  |  | 0.26 | 1.25 | 0.09 | 0.0420 | 714.29 |
| 11 | 3~4 |  |  | 16.92 | 1926.1 | 759.0 |  |  |  |  |  |
| 12 | 钢筋混凝土 | 120 | 2500 |  |  |  | 1.74 | 1.00 | 0.07 | 0.0158 | 7594.94 |
| 13 | 4~5 |  |  | 17.28 | 1971.7 | 1209.9 |  |  |  |  |  |
| 14 | 石灰砂浆 | 20 | 1600 |  |  |  | 0.81 | 1.00 | 0.02 | 0.0443 | 451.47 |
| 15 | 内表面 |  |  | 17.42 | 1988.3 | 1236.7 |  |  |  |  |  |
| 16 | 室内换热层 |  |  |  |  |  |  |  | 0.11 |  | 7.9808 |
| 17 | 室内 |  |  | 18.00 | 2062.0 | 1237.2 |  |  |  |  |  |

### 冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻

围护结构冷凝计算界面的位置，应取保温层与外侧密实材料层的交界处。**=**3.00

### 冷凝计算界面温度



将参数代入上式，=1.46

### **围护结构冷凝受潮验算**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g) | 11761 | 应≥限值(2558) |
|  |  —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g) | 3251.96 |  |
|  |  —室内空气水蒸气分压力(Pa) | 1237.20 | 根据室内计算温度和相对湿度确定。 |
|  |  —室外空气水蒸气分压力(Pa) | 345.30 | 根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。 |
|  | —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa) | 678.45 |  |
|  | —保温材料的干密度(kg/m3) | 30.00 |  |
|  | —保温材料厚度(m) | 0.09 |  |
|  |  —采暖期间保温材料重量湿度的增量(%) | 0.00 | 应≤增量限值(%)=10.00 |

## 外墙（填充墙）构造：外墙构造一

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称（由上到下） | 厚度δ | 导热系数λ | 修正系数 | 密度 | 蒸汽渗透系数 | 热阻R |
| (mm) | W/(m.K) | α | Kg/m³ | g/(m.h.KPa) | (㎡K)/W |
| 水泥砂浆 | 20 | 0.930 | 1.00 | 1800.00 | 0.0210 | 0.022 |
| 蒸压砂加气混凝土砌块b05 | 100 | 0.140 | 1.10 | 500.00 | 0.1000 | 0.649 |
| 低内应力型石墨挤塑聚苯板 | 50 | 0.024 | 1.00 | 30.00 | 0.0300 | 2.083 |
| 蒸压砂加气混凝土砌块b05 | 150 | 0.140 | 1.10 | 500.00 | 0.1000 | 0.974 |
| 石灰砂浆 | 20 | 0.810 | 1.00 | 1600.00 | 0.0443 | 0.025 |

### 围护结构冷凝受潮计算表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | δ厚度(mm) | ρ密度(kg/m3) | θi温度(℃) | Pb饱和水蒸汽分压力(Pa) | Ps水蒸汽分压力(Pa) | λ导热系数W/(m.k) | α修正系数 | R热阻(m2.k/W) | μ蒸汽渗透系数g/(m.h.kPa) | H蒸汽渗透阻(m2.h.Pa/g) |
| 1 | 室外 |  |  | 0.90 | 651.5 | 345.3 |  |  |  |  |  |
| 2 | 室外换热层 |  |  |  |  |  |  |  | 0.04 |  | 2.6667 |
| 3 | 外表面 |  |  | 1.09 | 660.4 | 345.7 |  |  |  |  |  |
| 4 | 水泥砂浆 | 20 | 1800 |  |  |  | 0.93 | 1.00 | 0.02 | 0.0210 | 952.38 |
| 5 | 0~1 |  |  | 1.18 | 665.0 | 497.9 |  |  |  |  |  |
| 6 | 蒸压砂加气混凝土砌块b05 | 100 | 500 |  |  |  | 0.14 | 1.10 | 0.65 | 0.1000 | 1000.00 |
| 7 | 1~2 |  |  | 4.03 | 814.6 | 657.7 |  |  |  |  |  |
| 8 | 低内应力型石墨挤塑聚苯板 | 50 | 30 |  |  |  | 0.02 | 1.00 | 2.08 | 0.0300 | 1666.67 |
| 9 | 2~3 |  |  | 13.15 | 1514.2 | 924.1 |  |  |  |  |  |
| 10 | 蒸压砂加气混凝土砌块b05 | 150 | 500 |  |  |  | 0.14 | 1.10 | 0.97 | 0.1000 | 1500.00 |
| 11 | 3~4 |  |  | 17.41 | 1987.7 | 1163.8 |  |  |  |  |  |
| 12 | 石灰砂浆 | 20 | 1600 |  |  |  | 0.81 | 1.00 | 0.02 | 0.0443 | 451.47 |
| 13 | 内表面 |  |  | 17.52 | 2001.3 | 1235.9 |  |  |  |  |  |
| 14 | 室内换热层 |  |  |  |  |  |  |  | 0.11 |  | 7.9808 |
| 15 | 室内 |  |  | 18.00 | 2062.0 | 1237.2 |  |  |  |  |  |

### 冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻

围护结构冷凝计算界面的位置，应取保温层与外侧密实材料层的交界处。**=**3.73


### 冷凝计算界面温度

将参数代入上式，=1.17


### **围护结构冷凝受潮验算**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g) | 4618 | 应≥限值(231) |
|  |  —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g) | 952.38 |  |
|  |  —室内空气水蒸气分压力(Pa) | 1237.20 | 根据室内计算温度和相对湿度确定。 |
|  |  —室外空气水蒸气分压力(Pa) | 345.30 | 根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。 |
|  | —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa) | 664.30 |  |
|  | —保温材料的干密度(kg/m3) | 500.00 |  |
|  | —保温材料厚度(m) | 0.10 |  |
|  |  —采暖期间保温材料重量湿度的增量(%) | 0.00 | 应≤增量限值(%)=10.00 |

## 外墙（填充墙）构造：变形缝

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称（由上到下） | 厚度δ | 导热系数λ | 修正系数 | 密度 | 蒸汽渗透系数 | 热阻R |
| (mm) | W/(m.K) | α | Kg/m³ | g/(m.h.KPa) | (㎡K)/W |
| 矿棉、岩棉、玻璃棉板(ρ=80以下) | 100 | 0.050 | 1.10 | 80.00 | 0.0000 | 1.818 |
| 蒸压砂加气混凝土砌块b05 | 200 | 0.140 | 1.25 | 500.00 | 0.1000 | 1.143 |

### 围护结构冷凝受潮计算表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | δ厚度(mm) | ρ密度(kg/m3) | θi温度(℃) | Pb饱和水蒸汽分压力(Pa) | Ps水蒸汽分压力(Pa) | λ导热系数W/(m.k) | α修正系数 | R热阻(m2.k/W) | μ蒸汽渗透系数g/(m.h.kPa) | H蒸汽渗透阻(m2.h.Pa/g) |
| 1 | 室外 |  |  | 0.90 | 651.5 | 345.3 |  |  |  |  |  |
| 2 | 室外换热层 |  |  |  |  |  |  |  | 0.04 |  | 2.6667 |
| 3 | 外表面 |  |  | 1.14 | 663.0 | 346.5 |  |  |  |  |  |
| 4 | 矿棉、岩棉、玻璃棉板(ρ=80以下) | 100 | 80 |  |  |  | 0.05 | 1.10 | 1.82 | 0.0000 | 0.00 |
| 5 | 0~1 |  |  | 11.12 | 1322.9 | 346.5 |  |  |  |  |  |
| 6 | 蒸压砂加气混凝土砌块b05 | 200 | 500 |  |  |  | 0.14 | 1.25 | 1.14 | 0.1000 | 2000.00 |
| 7 | 内表面 |  |  | 17.40 | 1985.9 | 1233.7 |  |  |  |  |  |
| 8 | 室内换热层 |  |  |  |  |  |  |  | 0.11 |  | 7.9808 |
| 9 | 室内 |  |  | 18.00 | 2062.0 | 1237.2 |  |  |  |  |  |

### 冷凝计算界面至围护结构内表面之间的热阻

围护结构冷凝计算界面的位置，应取保温层与外侧密实材料层的交界处。**=**-


### 冷凝计算界面温度

将参数代入上式，=-


### **围护结构冷凝受潮验算**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  —冷凝计算界面内侧实际的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g) | - | 应≥限值(-) |
|  |  —冷凝计算界面至围护结构外表面之间的蒸汽渗透阻(㎡hPa/g) | - |  |
|  |  —室内空气水蒸气分压力(Pa) | 1237.20 | 根据室内计算温度和相对湿度确定。 |
|  |  —室外空气水蒸气分压力(Pa) | 345.30 | 根据采暖期室外平均温度和平均相对湿度确定。 |
|  | —冷凝计算界面处与界面温度 对应的饱和水蒸气分压力(Pa) | - |  |
|  | —保温材料的干密度(kg/m3) | - |  |
|  | —保温材料厚度(m) | - |  |
|  |  —采暖期间保温材料重量湿度的增量(%) | - | 应≤增量限值(%)=5.00 |

# 验算结论

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 构造 | 增量限值(%) | 实际增量(%) | 内侧蒸汽渗透阻限值 | 内侧蒸汽渗透阻 | 结论 |
| 屋顶 | 屋顶构造一 | 10 | 0 | 2558 | 11761 | 满足 |
| 外墙（填充墙） | 外墙构造一 | 10 | 0 | 231 | 4618 | 满足 |
| 变形缝 | 5 | 0 | - | - | 无需计算 |