

# 计算露点温度控制下的地下室外墙保温设计

胡海华<sup>1,2</sup>, 王孟孟<sup>1,2</sup>, 潘镇镇<sup>1</sup>, 赵宝月<sup>1</sup>

(1. 湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007;  
2. 湖南工业大学 协同创新中心, 湖南 株洲 412007)

**摘要:**简单介绍了地下室内热湿环境的特点,进一步明确了土壤水分渗透和室内水蒸气结露是地下室外墙出现返潮现象的两个引发因素。从暖通专业的角度思考,针对室内水蒸气结露问题,依据外墙负荷计算方法及相关传热学知识,推出一种保证地下室外墙不因室内水蒸气结露而发生返潮现象所需最小保温层热阻计算方法。以夏热冬冷的株洲地区地下室外墙保温设计为例,综合该地区的地理气候特点、备选外墙保温材料的热工性能及市场价格情况,得出 EPS 板为最佳保温材料,为地下室外墙保温设计提供理论与技术参考。

**关键词:**地下室;露点温度;外墙保温;设计

**中图分类号:** TU9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1671-5322(2015)01-0067-03

对于与人们日常生活关系密切的地下室,在不同气候区其围护结构受潮程度不一,其中夏热冬冷地区、夏热冬暖地区最为严重<sup>[1]</sup>。这两个气候区空气湿度大,加上地下室通风采光条件的天生不足,热湿环境更加恶劣。所以,此类建筑空间的围护结构极易出现返潮现象。据相关文献介绍<sup>[2]</sup>,地下室围护结构出现返潮的引发因素有二:一是土壤中水分通过围护结构毛细孔、裂缝等渗透进入到内表面;二是因室内空气湿度大、围护结构内表面温度低于室内计算露点温度而出现结露<sup>[3-5]</sup>。解决这个问题,就需要在加强围护结构防渗透措施的同时增加围护结构的热阻,提高这些部位的内表面温度。因此,在刨除地下室墙体结构设计的情况下,从暖通专业的角度思考,如何防止外墙因内表面结露而引发返潮现象发生的相关技术就显得至关重要,本文正是基于这样的现实需要,对地下室外墙保温设计进行理论与技术上的探讨,供工程技术人员参考。

## 1 保证地下室外墙不结露所需最小保温层热阻

地下室外墙直接接触土壤,墙体外表面温度在工程上可视为与土壤计算平均温度相同。因

此,土壤与外墙内表面的能量交换只通过导热方式进行。要保证地下室外墙不因室内水蒸气结露而发生墙体返潮现象,墙体内表面温度在理论上就必须大于等于室内计算露点温度。因此,当二者相等时,可得此时外墙导热量计算式(1)。

$$Q_g = K_g F (T_{soil} - T_{iw}) \quad (1)$$

式中: $Q_g$ 为地下室外墙导热量; $K_g$ 为外墙部分传热系数; $F$ 为外墙负荷计算面积; $T_{soil}$ 为土壤计算平均热力学温度; $T_{iw}$ 为地下室内计算露点热力学温度。

由地下室外墙负荷计算方法及导热原理可知,地下室外墙负荷 $Q_e$ 与地下室外墙导热量 $Q_g$ 大小相等,则可得式(2)、式(3)。

$$Q_e = K_i F (T_{soil} - T_{id}) \quad (2)$$

式中: $Q_e$ 为地下室外墙负荷; $K_i$ 为外墙总传热系数; $T_{id}$ 为室内计算干球的热力学温度;其它同上。

$$Q_g = Q_e \quad (3)$$

将式(1)、式(2)代入式(3)中,并化简可得式(4)。

$$K_g (T_{soil} - T_{iw}) = K_i (T_{soil} - T_{id}) \quad (4)$$

地下室外墙典型结构示意图如图1所示,则上述外墙总传热系数 $K_i$ 及外墙部分传热系数 $K_g$ 可分别按式(5)、式(6)计算。

$$K_g = \frac{1}{\frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d_c}{\lambda_c} + \frac{d_{hp}}{\lambda_{hp}} + \frac{d_o}{\lambda_o}} \quad (5)$$

$$K_i = \frac{1}{R_{ih} + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d_c}{\lambda_c} + \frac{d_{hp}}{\lambda_{hp}} + \frac{d_o}{\lambda_o}} \quad (6)$$

式中: $R_{ih}$ 为地下室外墙内表面与室内空气的对流换热热阻; $d_i$ 、 $d_c$ 、 $d_{hp}$ 、 $d_o$ 分别为地下室外墙内表层、混凝土层、保温层、外表层的厚度,(m); $\lambda_i$ 、 $\lambda_c$ 、 $\lambda_{hp}$ 、 $\lambda_o$ 分别为地下室外墙内表层、混凝土层、保温层、外表层的导热系数;其它同上。

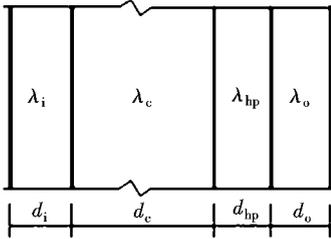


图1 地下室外墙典型结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of a typical structure of basement exterior wall

将式(5)、式(6)代入式(4)中,经推导变换可得保证地下室外墙不因室内水蒸气结露而发生返潮现象所需最小保温层热阻计算式(7)。

$$R_{hpmin} = \frac{d_{hp}}{\lambda_{hp}} = \frac{\left(R_{ih} + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d_c}{\lambda_c} + \frac{d_o}{\lambda_o}\right) \cdot T_{iw} - \left(\frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d_c}{\lambda_c} + \frac{d_o}{\lambda_o}\right) \cdot T_{id} - R_{ih} \cdot T_{soil}}{T_{id} - T_{iw}} \quad (7)$$

式中: $R_{hpmin}$ 为保证地下室外墙不因室内水蒸气结露而发生返潮现象所需最小保温层热阻;其它同上。

## 2 外墙保温材料的选择

目前,相对于国外关于墙体保温材料研发、生产、施工管理等先进技术,国内虽然还有相当的差距,但也取得了不小的进步,主要表现在国产保温材料种类多、性价比愈发提高、生产及施工管理技术亦得到了普遍加强。因此,面对市场种类繁多的外墙保温材料,如何根据具体工程实际需要选择一种合适的保温材料对于提高工程质量和降低投资费用具有非常重要的现实意义。在此,以处于夏热冬冷的株洲地区地下室外墙保温设计为例,对该地区地下室室内露点控制下的外墙保温进

行技术经济分析,说明地下室外墙保温材料的选择方法。

### 2.1 备选典型钢筋混凝土外墙保温材料

常用的外墙保温材料可分为保温砂浆、保温板、保温发泡及矿物棉4类。为了能够找到一款既合乎工程具体实际,又性能好、投资低的保温材料,现结合文献[6-7],选取EPS板、胶粉EPS颗粒浆料及聚氨脂硬泡塑料3种典型钢筋混凝土外墙常用的保温材料作为备选。

### 2.2 外墙保温的计算与经济性分析

#### 2.2.1 原始计算参数及3种备选保温材料厚度的计算

根据文献[7]相关数据,可得3种备选保温材料的导热系数分别为: $\lambda_{EPS板} = 0.030 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、 $\lambda_{胶粉EPS颗粒浆料} = 0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、 $\lambda_{聚氨脂硬泡塑料} = 0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,说明聚氨脂硬泡塑料保温性能最好,EPS板次之,胶粉EPS颗粒浆料最差。

据调查,3种备选保温材料的价格分别为: $\gamma_{EPS板} = 260 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、 $\gamma_{胶粉EPS颗粒浆料} = 1000 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、 $\gamma_{聚氨脂硬泡塑料} = 900 \text{ 元}/\text{m}^3$ ,其中胶粉EPS颗粒浆料和聚氨脂硬泡塑料的价格相差无几,相对来说,EPS板的价格很低,最多只占约1/3的比例,差距明显。因市场的不确定因素较多,无法准确确定3种备选保温材料的市场真实价格,上述价格情况在此仅供参考,主要目的是为从理论上说明外墙保温材料的选择方法,实际工程中应依据确定销售单位的具体价格加以分析选择。

其它原始计算参数按照株洲地区实际情况确定,具体见表1。

表1 部分原始计算参数

Table 1 Part of the original calculation parameters

参数名称	值	参数名称	值
$R_{ih}$	0.115 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$d_c$	0.2 m
$T_{soil}$	(273.15 + 18.6)K	$d_o$	0.02 m
$T_{id}$	(273.15 + 26)K	$\lambda_i$	0.93 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
$T_{iw}$	(273.15 + 20.5)K	$\lambda_c$	1.74 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
$d_i$	0.02 m	$\lambda_o$	0.93 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

将上述相关数据代入式(7)可得: $d_{hpEPS板} : d_{hp胶粉EPS颗粒浆料} : d_{hp聚氨脂硬泡塑料} = 3.540 : 4.720 : 2.714$ 。

#### 2.2.2 经济性分析

由上述2.2.1节中3种备选保温材料厚度的计算结果可以得出:对于这一地区某一地下室,其外墙传热面积是一定的,则结合上述3种备选保

温材料的市场参考价格可得在保证地下室外墙不因室内水蒸气结露而发生返潮现象所需最小保温层的费用比为: $Y_{\text{EPS板}}:Y_{\text{胶粉EPS颗粒浆料}}:Y_{\text{聚氨脂硬泡塑料}}=920\ 4:4\ 720:2\ 442.6$ ,说明胶粉 EPS 颗粒浆料费用最高,聚氨脂硬泡塑料费用次之, EPS 板费用最低。因此选择 EPS 板作为保温材料既能满足地下室外墙热工性能要求,又能达到良好的经济效益。

### 3 结论

在地下室外墙防土壤水分渗透设计已经确定的情况下,可从暖通专业的角度出发,将墙体内表

面温度与室内计算露点温度联系起来,推导出能够有效解决地下室外墙内表面因结露而导致返潮现象发生的墙体最小保温层热阻计算式,即控制墙体内表面温度大于室内计算露点温度。在此基础上,综合备选保温材料所具有的热工性能及市场实际价格,可选出一种既能满足地下室外墙热工性能要求,又能达到良好经济效益的保温材料。

通过对处于夏热冬冷的株洲地区地下室外墙保温设计的计算分析,得出选择 EPS 板作为保温材料既能满足地下室外墙热工性能要求,又能达到良好的经济效益。

### 参考文献:

- [1] 李鹏. 暖通空调设计禁忌手册[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [2] 魏紫燕,夏春艳. 外墙内保温出现返潮现象的原因与防治措施[J]. 建筑节能,2008,3(36):39-42.
- [3] 袁正如. 地下室外墙结构设计中的问题探讨[J]. 地下空间与工程学报,2010,6(3):548-551.
- [4] 安建军. 外墙保温技术及节能材料[J]. 中国西部科技,2008,7(15):19-20.
- [5] 汤磊,郭正兴,董年才,等. 全预制装配整体式剪力墙结构外墙保温技术研究[J]. 施工技术,2011,40(342):13-15.
- [6] 周白霞. 无机保温材料在外墙保温系统中的应用展望[J]. 四川建筑科学研究,2013,39(1):203-205.
- [7] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.

## Insulation Design of the Basement Exterior Wall in the Controlled of the Calculations of the Dew Point Temperature

HU Haihua<sup>1,2</sup>, WANG Mengmeng<sup>1,2</sup>, PAN Zhenzhen<sup>1</sup>, ZHAO Baoyue<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;  
2. Collaborative of Innovation Center, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** This paper introduces the characteristics of the basement infernal heat wet environment and further defines soil moisture penetration and indoor water vapor condensation are the two causes of the damp basement wall. From a professional point of HVAC, according to the exterior wall heat load calculation methods and related knowledge, this paper deduces a calculation method of the minimum insulation thermal of exterior wall of the basement which is required to ensure that the damp phenomenon will not occur because of the indoor water vapor condensation. Taking the basement wall insulation in Zhuzhou where it is hot in summer and cold in winter for example, combining the factors such as the geographical and climatic characters of the region, the thermal performance of alternative materials and wall insulation market price situation, the design draws a conclusion that the EPS insulation board is the best. The conclusion provides theoretical and technical reference for the basement wall insulation design.

**Keywords:** basement; dew point temperature; wall insulation; design

(责任编辑:张英健)

# 计算露点温度控制下的地下室外墙保温设计

作者: [胡海华](#), [王孟孟](#), [潘镇镇](#), [赵宝月](#), [HU Haihua](#), [WANG Mengmeng](#), [PAN Zhenzhen](#),  
[ZHAO Baoyue](#)

作者单位: [胡海华, 王孟孟, HU Haihua, WANG Mengmeng \(湖南工业大学土木工程学院, 湖南株洲 412007; 湖南工业大学协同创新中心, 湖南株洲 412007\)](#), [潘镇镇, 赵宝月, PAN Zhenzhen, ZHAO Baoyue \(湖南工业大学土木工程学院, 湖南株洲, 412007\)](#)

刊名: [盐城工学院学报 \(自然科学版\)](#)

英文刊名: [Journal of Yancheng Institute of Technology \(Natural Science Edition\)](#)

年, 卷(期): 2015(1)

引用本文格式: [胡海华. 王孟孟. 潘镇镇. 赵宝月. HU Haihua. WANG Mengmeng. PAN Zhenzhen. ZHAO Baoyue 计算露点温度控制下的地下室外墙保温设计 \[期刊论文\] - 盐城工学院学报 \(自然科学版\) 2015\(1\)](#)