

TH 3100 红外热成像仪在空心砌块节能施工技术开发中的应用

陈秀峰

(华侨大学土木工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 在 BES-D 围护结构传热系数热箱提供的稳定热源条件下, 采用 TH 3100 红外热成像仪测试了水平砌筑灰缝中空气间层对 PCB-II 型节能砌块墙面温度的影响程度, 红外热成像图和温度分布直方图精确地从定性和定量两个方面指出了少量砌筑灰缝面积产生的“热桥”效应会明显增加墙面高温区域面积, 从而提高墙体的传热系数。在砌块墙体垂直灰缝和水平灰缝中引入适当宽度和型式的空气间层是一种经济有效的减弱灰缝“热桥”效应的节能施工技术。

关键词: 红外热像; 节能砌块; 砌筑灰缝; 空气间层; 热桥

中图分类号: TU 502. + 4

文献标识码: A

引言

红外热像仪是集先进的光电子、红外探测技术和红外成像处理技术于一身的高科技产品, 具有测温速度快、灵敏度高、测温范围广、形象直观和非接触等优点, 在建筑热工检测中主要评定建筑物是否存在缺陷^[1-2], 判定各部位的保温隔热效果^[3], 确定最优的布点方案以及对热流的测试方案进行评估^[4]。

TH 3100 红外热像仪是日本 NEC 公司上世纪末面世的测温仪器, 该仪器由 TH 3102MR 探测仪、TH 3110 控制器和 LCD 监测器组成(如图 1 所示)。该仪器的试验原理是对物体进行光学扫描得到红外能量由红外镜头采集, 用参考温度源比较光源后, 入射到红外探测器中, 探测器的红外波长范围为(8~13) nm, 由斯特林冷却器冷却, 并且装有滤波器, 以减小大气和太阳光的影响, 因此这种探测器适用于对低温物体进行高精度的检测。控制器对探测器测的温度信号进行处理, 并且控制扫描系统, 温度信号转化图像信号, 并在 LCD 监测器上显示。数据文件由 1.44M b 软磁盘考录, 在专用 TH31-708 软件上可以对被测面点温度、线温度、面温度进行查询和统计以获得更多有用信息。

本文结合哈尔滨工业大学建筑节能仪表研究室研制的 BES-D 围护结构传热系数测试系统的热箱在本文所研制的 PCB 节能砌块墙体一侧形成稳定热源, 用

TH 3100 红外热成像仪测试墙体另一侧的温度图像, 以揭示砌筑灰缝留置空气间层的施工技术对提高砌筑灰缝热阻的效果。



图 1 TH3100 红外热成像仪

1 空心砌块墙体砌筑灰缝“热桥”处理技术现状

混凝土空心砌块墙体的传热性能由砌块壁肋混凝土导热系数、孔洞排数及排列方式和砌筑砂浆所决定, 针对前两个因素的技术措施已有很多报道, 本文不再赘述。本文采用 TH 3100 红外热成像仪对砌块墙体温度的检测图像(如图 2 所示)表明, 砌筑灰缝处温度比砌块处高 1℃~2℃, 砌筑灰缝处是砌块墙体的“热桥”。

目前, 针对砌块墙体砌筑灰缝热桥问题的处理技术在我国严寒地区有较多采用。周运灿等^[5]建议采用“交替组砌”的方式来隔断砂浆“热桥”。关洪波^[6]采用

收稿日期: 2011-03-02

基金项目: 福建省重大专项专题资助项目(2008HZ0003-1); 华侨大学科研基金资助项目(10HZR20)

作者简介: 陈秀峰(1970-)女, 福建莆田人, 实验师, 主要从事建筑结构及水环境处理方面的研究。 http://www.cnki.net

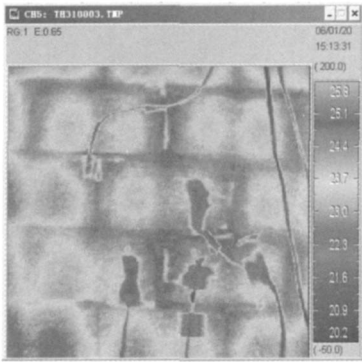


图2 砌块墙体红外热成像图

在复合砌块的上面和一个侧面 EPS板凸出 10mm 使墙面没有漏热点。孙霁萍^[7]将长 190mm, 高 190mm 和厚 30mm 的 EPS 板用企口形式复合在砌块的一侧, 砌筑时 EPS 板朝外, 砌筑时其外表苯板之间的水平缝和竖缝再用聚苯条或保温材料浆填缝。李清春^[8]开发一种 310 保温复合砌块, 其中 85mm 厚的高性能保温材料的长度为 398mm, 以保证保温材料在灰缝处连续, 尽可能地减少灰缝所产生“热桥”的不利因素。

夏赘等^[9]提出以下处理砌筑缝的措施, 以避免“热桥”形成: (1)理论上可用导热系数在 $0.06W/(m \cdot K) \sim 0.11W/(m \cdot K)$ 的保温砂浆砌筑保温砌块。(2)双排砌块墙体, 中间交错夹心。目前市场上的一种行之有效的方法, 块型为 $390mm \times 240mm \times 190mm$ 与 $390mm \times 120mm \times 190mm$ 的砌块, 用 40mm 聚苯板夹于两种块型之间, 上下左右堵住砌筑缝, 隔断热的传导, 砌成 410mm 厚重墙体。(3)相邻砌块孔相连, 孔中插入苯板隔断热桥。苯板与砌块高度一样, 所插入的苯板每层高出砌块 20mm, 插入到上层砌块中, 这样相邻两块砌块的砌筑缝、层与层之间的砌筑缝都被苯板挡住, 避免形成热桥。(4)砌块上下左右都有凹槽与凸起, 凹槽部分和凸起部分都为保温材料, 砌筑时凹槽与凸起互相匹配, 用保温材料将砌筑缝挡住, 起到保温作用, 这种砌块优点在于生产砌块时保温材料与砌块已复合好, 减少现场砌筑工作量, 而且保温效果良好。

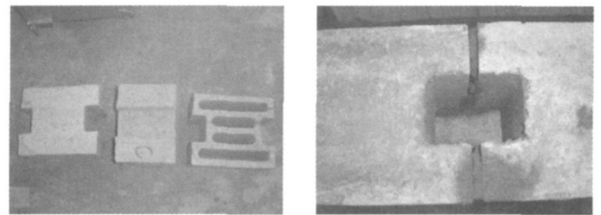
上述适用于严寒地区砌块墙体砌筑灰缝“热桥”改善措施, 均为在砌筑灰缝中采用高效保温材料聚苯板, 将增加砌块生产成本或施工成本, 在南方夏热冬暖地区不适宜推广。

2 技术和原理

2003年6月30日开始全国 160个大中城市禁止使用实心黏土砖。以泉州为代表的闽南地区, 替代实心黏土砖的首选产品之一就是用水泥和石渣粉为原料生产的普通混凝土空心砌块。但是普通混凝土空心砌块墙体不能满足夏热冬暖地区居住建筑节能 50% 设计标准的要求 (传热系数 $k \leq 2.0W/(m^2 \cdot K)$)。PCB 系列节能砌块是由华侨大学土木工程学院、泉州市丰泽区建设工

程质量监督站和新安江新型建筑材料厂通过产学研合作开发的新型墙体材料, 在泉州地区已得到推广应用。

本文提出在砌块竖直和水平砌筑灰缝引入适当厚度的空气间层, 利用空气间层来增加砌筑灰缝处的热阻以减弱其“热桥”效应, 具体做法是: 在砌块顶面中间设置适当宽度的开放孔 (如图 3(a)所示), 砌筑时砂浆仅铺在开放孔两侧, 并用专用工具在竖直灰缝内部勾缝 (确保竖直砂浆灰缝密实), 最终实现在垂直灰缝中形成适当厚度的空气间层 (如图 3(b)所示), 为了增加竖直灰缝中空气的传热阻, 砌筑时竖直灰缝在每一层砌块铺浆面被隔断 (如图 4所示)。同样通过砌筑时的专用工具在水平灰缝处设置空气间层 (如图 5所示)。PCB 节能砌块用于框架结构填充墙, 经试验检验只要保证砂浆强度, 在砌筑灰缝中引入适当宽度的空气间层, 虽减小了砌筑砂浆与砌块间的有效粘结面积, 但不会造成砌筑砂浆灰缝剪切强度的明显降低。



(a) PCB-III 型节能砌块外观 (b) 竖直灰缝空气间层
图3 PCB 节能砌块竖直砌筑灰缝中空气间层的形成



图4 竖直灰缝空气层隔断施工



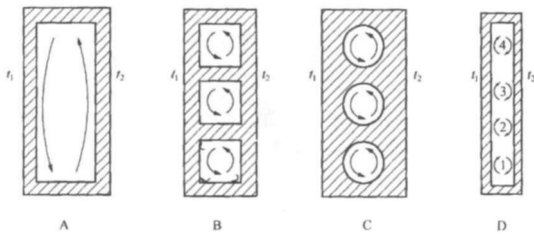
图5 水平砌筑灰缝中空气间层的形

干空气在常温下条件下的导热系数为 $0.024W/(m \cdot K)$, 远远低于建筑上常用保温材料的导热系数, 因此, 在建筑围护结构的保温隔热处理上, 人们习惯用一定厚度的空气层来满足设计要求^[10]。表 1 示出 GB50176-93 《民用建筑热工设计规范》规定的围护结构中一般空气层的热阻值。从表 1 可以看出, 垂直空气间层的厚度,

太大了没有用,太小了效果不很好,宜选用 2cm~4cm 厚的垂直(与热流的传热方向垂直)空气间层,小于 1.0cm 厚的垂直空气间层是不宜采用的,此时的空气间层不仅不能加强保温,反而会加强传热。其原因可通过图 6 中不同空间中空气的对流情况分析^[11]。

表 1 一般垂直空气间层在夏季状况的热阻值, $m^2 \cdot W/K$

热流状况	间层厚度, mm						
	5	10	20	30	40	50	≥60
热流向下(水平、倾斜)	0.09	0.12	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15
热流向下(水平、倾斜)	0.09	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
垂直空气层	0.09	0.12	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15



A: 长路对流; B, C, D: 短路对流

(D 中空腔不大于 3mm, D 中 1, 3 为温差环流, 2, 4 为动力环流)

图 6 空气层中对流情况示意图 ($t_1 \leq t_2$)^[11]

从图 6A 可以看出,热流的方向是从 t_2 流向 t_1 ,在空气间层中的空气是上、下对流的,而且对流的路径很长,属长路对流。即空气在热面 (t_2) 被加热,其体积膨胀变小而上升,上升的空气在热面继续受热,体积继续膨胀、增大,从而与冷面 (t_1) 接触而受到冷却,体积逐渐变小,密度增大而下降。因此,空气处在一个封闭的长长的矩形空间里,一面受热力作用上升,另一面受重力作用而下降,形成空气间层的长柱对流,这种对流在气流与冷壁、热壁的表面接触处附近,各形成一个层流层,从而提高了传热阻。图 6B 中空气层的空气在正方形的四个角会产生与空腔中部的大的对流循环方向相反的 4 个小气流漩涡,增加了对流传热的阻力,图 6C 中就没有这种阻力,所以图 6B 的气流阻力大,对流传热慢,热阻就大,导热系数就小。从图 6D 可以看出,由于空气间层空腔太狭小,当热面的受热空气刚因受热膨胀而上升,就立刻充满了空腔而迅速与冷表面接触,受冷却的空气密度增大而下降。在这小而短的柱形空间里,由于这一对热力偶的作用,短柱内的空气旋转流动加快,加强了对流传热,在短柱附近的空气,由于上述的热力偶作用又产生了与热力偶方向相反的动力偶,使空气方向旋转,所以也加强了相邻的一个短柱的对流传热。在热力偶和动力偶的相互作用下,就在狭小的空气层中形成许多相间的短柱对流,从而加强了传热。

PCB-II 型节能砌块的外型尺寸为 (290 × 240 × 190) mm,四排四孔,顶面开放孔的宽度为 75mm,按表 1 数据应可产生 $0.20 m^2 \cdot W/K$ 左右的热阻,为形成图 6B 的热阻效果而采用图 4 所示的隔断措施。水平砌筑灰缝的高度一般为 8mm~12mm,通过专用工具可控制水平空气间层的宽度,一般不超过 75mm,竖直开放孔隔断

也可避免水平空气间层空气的垂直流动,增加竖直空气间层的对流传热。

3 空气间层隔热效果的检验方法

为了比较水平灰缝留置空气间层对砌块墙体传热性能的影响,本文在 40m² 的恒温恒湿实验室中用 PCB-II 型砌块同时砌筑了两面 1.4m × 1.4m 墙体试样,一面墙体中水平灰缝不留置空气间层,一面墙体中水平灰缝留置空气间层。

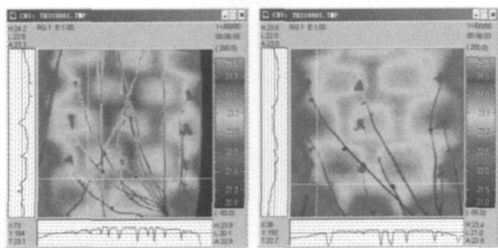
试验热源采用 BES-D 围护结构传热系数测试系统的热箱,热箱的安装如图 7 所示。热箱采用铝合金框架结构,内壁设高效保温层。热箱内设有加热元件及风循环装置,采用智能 AI 调节器控制,使热箱内温度保持在恒温状态。热箱内尺寸为 (1.2 × 1.0) m,可计算在箱体面积内,砌筑灰缝的面积仅占约 8.2%。热箱开机运行 1d 后,在墙体的另一侧用 TH 3100 红外热成像仪采集墙面中间部位温度图象和数据,采集镜头离墙面距离和离地高度在两面墙体测试时保持一致。



图 7 BES-D 热箱安装示意

图 8 示出了两面墙体红外热像图,从图中可以直观地看出,与图 8(b) 中水平灰缝留置空气间层的墙面相比,图 8(a) 中水平灰缝未留置空气间层的墙面,在其砌筑灰缝处红色区域面积更大,红色更鲜艳(说明温度更高)。图 9 和图 10 分别示出了水平灰缝不留置和留置空气间层时墙面温度分布直方图,从温度分布直方图对比可以看出,未留置空气间层时,墙面温度高于 23.6℃ 的面积大大高于留置空气间层时高于 23.6℃ 的面积,按高于 23.6℃ 的面积计算,后者仅是前者面积的 36.8%,两面墙最高温度相差 0.2℃,最低温度相差 0.6℃,整个墙面平均温度相差 0.1℃。

采用 BES-D 围护结构传热系数测试装置实测两面墙体的传热系数分别是 $0.98 W/(m^2 \cdot K)$ (水平灰缝未留置空气间层)和 $0.89 W/(m^2 \cdot K)$ (水平灰缝留置空气间层)。可见,改善灰缝“热桥”对于提高墙体平均传热阻,降低墙体平均传热系数效果明显。因为少量的



(a)水平灰缝不留置空气层 (b)水平灰缝留置空气层

图 8 砌块墙体试样表面红外热像图

“热桥”面积会使得墙面高温区域面积明显增加, 红外热像的测试结果从定性和定量两个方面都给出了明确的答案。

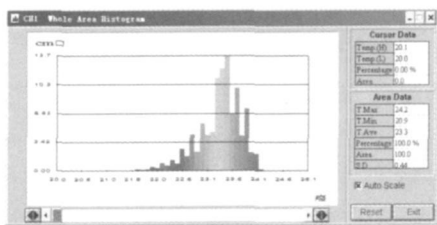


图 9 水平灰缝不留置空气层时墙体温度面积

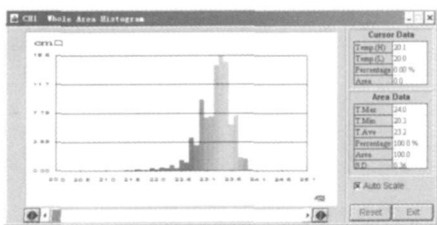


图 10 水平灰缝留置空气层时墙体温度面积

4 结 论

在节能砌块产品开发中, 应注重减弱砌块砌筑灰缝“热桥”效应的技术措施研究, 在砌块竖直灰缝和水平灰

缝中引入适当宽度和型式的气空间层是一种经济有效的减弱灰缝“热桥”效应的节能施工技术措施。

在 BES-D 热箱提供稳定热源条件下, TH3100 红外热成像仪稳定图象和温度分布直方图精确地从定性和定量两个方面检验了水平灰缝空气空间层的存在对减少墙面高温区域面积的效果是明显的。

参 考 文 献:

- [1] 张荣成. 采用红外热像法检测建筑物外墙饰面施工质量 [J]. 工程质量, 2003 (7): 51-52
- [2] 杜红秀, 张 雄. 钢筋混凝土结构火灾损伤的红外热像—电化学综合检测技术与应用 [J]. 土木工程学报, 2004 31(7): 41-46
- [3] 杨 红, 刘加平, 何晓燕, 等. 红外热像仪及其在建筑节能检测中的应用 [J]. 新型建筑材料, 2003 (4): 50-51
- [4] 杨 红, 刘加平, 何晓燕, 等. 墙体传热系数现场检测及热工缺陷红外热像检测技术研究 [J]. 新型建筑材料, 2004 (5): 38-40
- [5] 周运灿, 曹大光. 轻集料混凝土砌块墙体节能达标的途径 [J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2004 (3): 24-26
- [6] 关洪波. 复合承重保温砌块块体构造的研究 [J]. 墙材革新与建筑节能, 2000 (4): 13-14
- [7] 孙胤萍. 一种保温承重型混凝土空心砌块的开发与试点建筑 [J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2006 (3): 22-24
- [8] 李清春. 保温型混凝土砌块的研制及应用 [J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2006 (5): 13-17
- [9] 夏 赞, 宋志晨, 赵 肠. 关于影响砌块节能效果的因素分析 [J]. 低温建筑技术, 2005 (3): 95-96
- [10] 王花枝, 田斌守. 在建筑围护结构上用新材设计空气层应注意的问题 [J]. 墙材革新与建筑节能, 2000 (2): 26-27
- [11] 朱盈豹. 保温材料在建筑墙体节能中的应用 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2003

Application of TH 3100 Infrared Thermal Imaging System on the Development of Energy Conservation Construction Technique of Hollow Block

CHEN Xiu-feng

(School of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract The influence degree of air space settled in the horizontal laying mortar crack on the temperature of wall surface of PCB-III type energy construction block was determined by TH 3100 Infrared Thermal Imaging System, at the condition of stable thermal source provided by the thermal box of BES-D thermal transmission coefficient of enclosing structure. The high temperature region area in wall surface and the thermal transmission coefficient of the wall would be added obviously because of the thermal bridge effect come from a few laying mortar crack area demonstrated accurately from two aspects of qualitative and quantitative in terms of infrared thermal imaging picture and temperature distribution straight-square-figure. It is an economic and effective energy conservation construction technique to weaken the thermal bridge effect of mortar crack by introducing suitable width and pattern of air space in horizontal vertical mortar crack of block wall.

Key words infrared thermal image; energy conservation block; laying mortar crack; air space; thermal bridge