

# 探尋減緩城市熱島之材料及塗料的最佳搭配

\*王睿騰 (Rui-Teng Wang)

國立臺北科技大學土木工程系學生

陳起鳳(Chi-Feng Chen)

國立臺北科技大學土木工程系副教授

許祐維(You-wei Hsu)

國立臺北科技大學土木工程系學生

## 摘要

全球暖化的問題加劇了城市熱島效應 (Urban Heat Island, UHI)，而主要原因包括密建築集度、季節、空氣流動等因素。而減緩UHI方法不乏增加綠化、建構風廊等，而本研究從建物材料的顏色切入，以實驗應證並探討其顏色、熱傳導即反射率的差別。

實驗中材料以建築常見之：磚、混凝土塊及鍍鋅浪板，使用塗料顏色：黑色、紅色與白色，配合塗料性質：平光、有光水泥漆與隔熱漆，交叉分析得出：漆上顏料比無塗料對於表面溫度的高到低：黑色 (+2°C ~ +5°C) > 紅色 (-3°C ~ +1°C) > 米白色 (-4°C ~ -10°C)；材料特性差異的表面溫度高到低：鍍鋅浪板 > 磚 > 混凝土塊；沒有使用隔熱漆的材料表面溫度高於使用隔熱漆的材料表面溫度；有光漆的材料表面溫度高於平光漆的材料表面溫度。綜述之，選擇低反射率的顏料、漫反射特性的塗料、低熱導率的材料且使用隔熱漆輔之，可以保持室內涼爽，減緩城市熱島效應；反之，則是利用材料的特性去保留溫度，達到因地制宜的策略，打造優質的生活品質。

**關鍵詞：**全球暖化、都市熱島效應、塗料

## Exploring the Optimal Combination of Materials and Paints for Mitigating the Urban Heat Island Effect

### Abstract

The problem of global warming has exacerbated the Urban Heat Island (UHI) effect in cities, with major factors including high building density, seasons, and airflow patterns. While methods to mitigate UHI include increasing greenery and constructing wind corridors, this study takes a different approach by examining the color of building materials through experimentation to explore the differences in color, thermal conductivity, and reflectance.

In the experiment, common building materials such as bricks, concrete blocks, and galvanized corrugated sheets were used. Different paint colors, including black, red, and

white, were applied, along with paint properties such as matte, glossy, and thermal insulation paint. The cross-analysis yielded the following results in terms of surface temperature increase compared to materials without any paint: black ( $+2^{\circ}\text{C}$  to  $+5^{\circ}\text{C}$ ) > red ( $-3^{\circ}\text{C}$  to  $+1^{\circ}\text{C}$ ) > off-white ( $-4^{\circ}\text{C}$  to  $-10^{\circ}\text{C}$ ). In terms of surface temperature for materials with different characteristics, it was found to be in the following order: galvanized corrugated sheets > bricks > concrete blocks. Materials without thermal insulation paint had higher surface temperatures compared to materials with thermal insulation paint. Materials with glossy paint had higher surface temperatures compared to those with matte paint.

In summary, choosing low-reflectance pigments, paints with diffuse reflectance properties, materials with low thermal conductivity, and complementing them with thermal insulation paint can help maintain indoor coolness and mitigate the urban heat island effect. Conversely, utilizing the characteristics of materials to retain temperature can serve as a site-specific strategy, aiming to create a high-quality living environment.

**Keywords** : Global warming, Urban heat island effect, Paint

## 一、前言

工業革命是人類歷史上重要的轉捩點，這段時期的技術、經濟和社會結構發生了巨大的改革。然而，這些變革同時也帶來了嚴重的環境問題，例如空氣汙染、水資源短缺、氣候變化以及生態系統破壞，其中，氣候變化更是眾所周知迫在眉睫的問題。

為了因應氣候變化，聯合國在2015年通過了巴黎協定，該協定旨在控制全球平均溫度上升幅度，將其限制在低於 $2^{\circ}\text{C}$ ，並致力於將升溫限制在 $1.5^{\circ}\text{C}$ 以內。各國已訂定減排目標，但全球平均溫度仍未減少。在疫情過後，經濟活動的恢復使二氧化碳排放量重新上升，加上聖嬰現象的變化，最近全球創下有史以來的平均最高溫。

全球暖化加劇城市熱島效應，都市是最直接感受到身在水泥叢林中的炎熱，所以便以建物材料著手，然而，各項材料的應用甚廣，唯獨建材與顏料的文獻屈指可數，所以本研究從塗料顏色切入，以實驗應證，探討其顏色、熱傳導即反射率的差別，從中歸納能有效減緩都市熱島效應，創造舒適的生活品質之條件。

## 二、研究方法

### 2.1 實驗設計

为了更好的交叉比較材料與塗料的關係，先將材料：紅磚、混凝土塊及鍍鋅浪板分為一組，再依塗料性質分成五組：無任何塗料、有光水泥漆、平光水泥漆、隔熱漆加有光水泥漆、隔熱漆加平光水泥漆。

為了有相同的實驗基準，每組材料上都會刷上兩層漆，以減少誤差。先將所有的塗料平光漆、有光漆及隔熱漆，以每上一層風乾一天為基準去上色，並在實驗前進行修飾未著色處。於實驗當天正中午至頂樓曝曬1小時，使用手持式紅外線溫度計量測表面溫度，於不同日做多次取平均值分析。

### 2.2 基材選擇

選用材料為建築常見之：紅磚、混凝土塊及鍍鋅浪板，如下圖1、圖2與圖3。



圖1 紅磚



圖2 鍍鋅浪板



圖3 混凝土塊

### 2.3 顏色選擇

考量到大眾對於建築外衣的審美與色彩使用，以及都市中常見的建築顏色，可以歸納出的顏色有：米白色、金屬、紅色及黑色，從表1的數據中取出極大值、極小值及中間值，可得剩餘的顏色為：紅色、米白色及黑色。

表1 低斜表面之各項參數值高低排序（資料來源：義守大學碩士論文）

| 產品顏色 | 太陽反射率 | 產品顏色 | 發射率  | 產品顏色 | 太陽反射指數 (SRI) |
|------|-------|------|------|------|--------------|
| 米白色  | 0.64  | 米白色  | 0.85 | 米白色  | 77           |
| 金屬   | 0.50  | 黑色   | 0.85 | 金屬   | 49           |
| 紅色   | 0.32  | 紅色   | 0.83 | 紅色   | 31           |
| 黑色   | 0.18  | 金屬   | 0.61 | 黑色   | 13           |

### 2.4 性質選擇

有光水泥漆通常包含光澤劑、螢光粉末及鏡面粉末等添加劑，這些成分可以使其表面顯得光滑且反射光；平光水泥漆則不包含添加劑，或者添加劑

含量很少，因此表面看起來較為平滑且不反射光線。因為其光學性質明顯，則做為本研究主要的性質區分。

隔熱漆具有高反射率與低熱傳導率的特性，其主要目的是降低建築物的熱吸收和熱穿透，欲探討塗料的重疊是否會影響隔熱漆的效率，因此便選擇斷熱模隔熱漆，作為實驗對照組。

## 2.5 時間選擇

選擇7月與8月高溫月份，天氣晴朗無雲天，於附近無遮蔽物之頂樓操作實驗。

## 2.6 實驗過程



圖4 塗料粉刷



圖5 材料曝曬

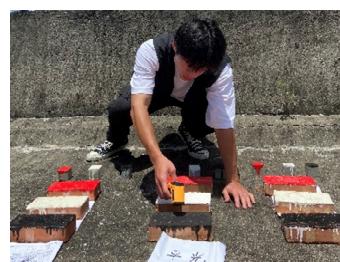


圖6 溫度量測

## 三、研究分析

### 3.1 顏料分析

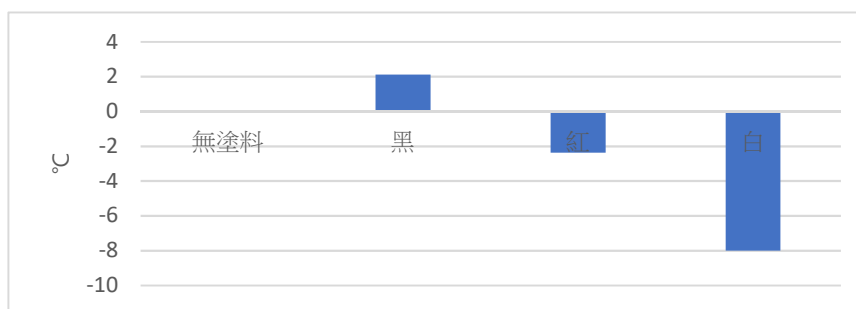


圖7 顏料溫差總平均

透過圖7得知，黑色顏料導致表面溫度上升，紅色顏料不影響溫度，而米白色顏料使表面溫度下降，故可證明顏色與表面溫度之間存在顯著的關聯性。而其主要原因可以歸因於顏色的反射率。

依文獻資料中，顏料反射率的數據分別為：黑色0.18，紅色0.32，米白色0.64，與實驗結果恰好相對應，高的反照率之於更低的溫度；反之，則之於更高的溫度。由此可推論反射率為影響表面溫度的其中一個因素。

### 3.2 材料分析

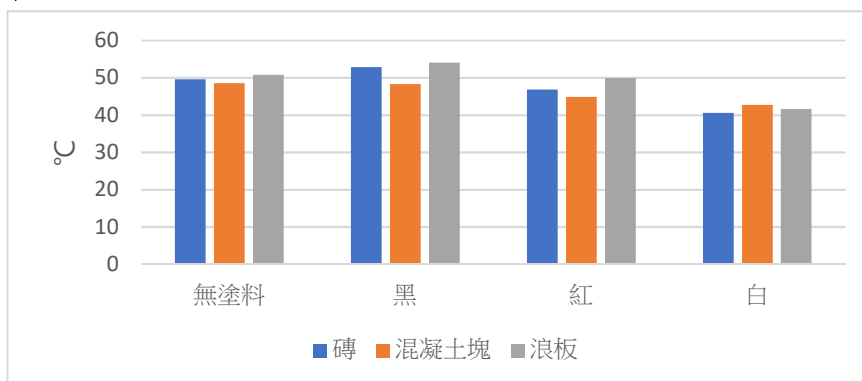


圖8 平均實驗表面溫度

透過圖8得知，材料的性質與表面溫度之間存在緊密的關係。未塗色的情況下，表面溫度排序為鍍鋅浪板>磚>混凝土塊，上了顏料後，排序也幾乎保持不變。

綜上所述，以上數據明確指出，不同材料之間的熱導率、熱容量、顏色和紋理等特性差異，導致了在相同環境下測量磚、混凝土塊和鍍鋅浪板表面溫度時出現不同的結果，這些特性的變化對於表面溫度的差異性起著重要作用。

### 3.3 塗料分析

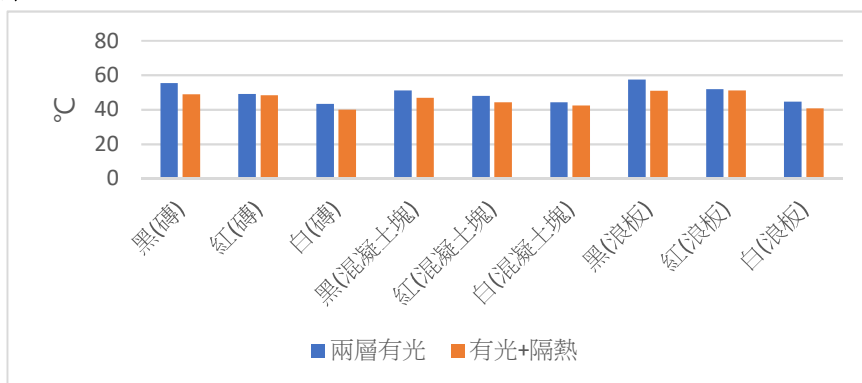


圖9 有無添加隔熱漆之有光油漆平均表面溫度

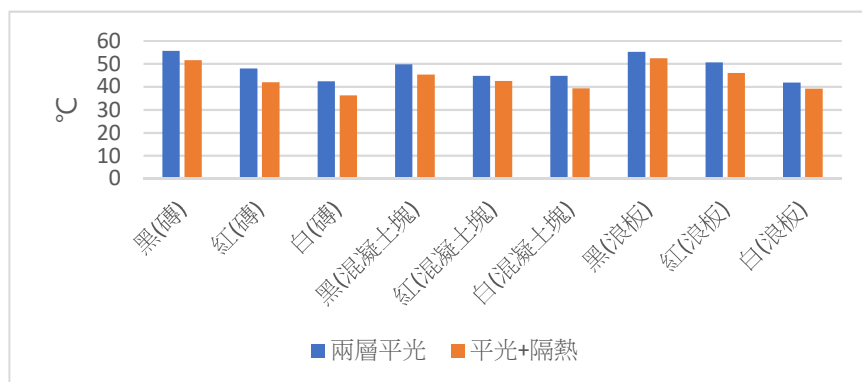


圖10 有無添加隔熱漆之平光油漆平均表面溫度

透過圖9與圖10得知，使用了隔熱漆的表面溫度普遍較未使用隔熱漆的表面溫度低，這表明隔熱漆確實能夠有效地降低表面溫度且與隔熱漆的特性和功能密切相關。

隔熱漆具隔熱性能，即具有減少熱能傳導的能力。當應用於物體表面時，隔熱漆可以減少熱量通過物體傳導的速率，從而使物體的表面溫度保持較低水平，這種效果特別有益於在高溫環境中減少物體受熱的程度。

### 3.4 性質分析

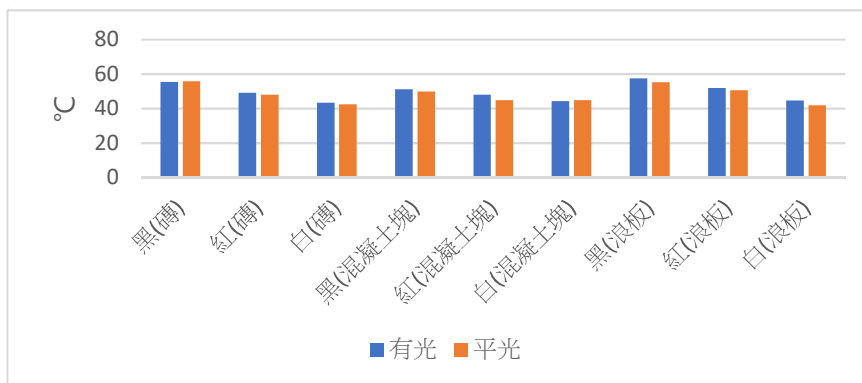


圖11 塗料光澤表面溫度

從圖11可知，使用平光油漆較使用有光油漆更能有效地降低表面溫度，這種差異可能與兩種油漆的光學特性有關，具體而言，平光油漆的漫反射特性較有光油漆的直接反射特性，更有可能在減少能量殘留方面發揮作用。

平光油漆因其較高的漫反射率，能夠將光線均勻地分散到周圍環境中，這意味著它能夠在各個方向上均勻地反射光線，而不是將光線集中到特定的方向。如此，表面的能量不會在特定區域積聚，而是更加均勻地分佈，因此，使用平光油漆能有效地減少能量在表面的殘留，進而降低表面溫度。

## 四、結論

由顏料分析中，與無任何塗料的材料相比，表面溫度高到低：黑色（ $+2^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$ ） $>$ 紅色（ $-3^{\circ}\text{C} \sim +1^{\circ}\text{C}$ ） $>$ 米白色（ $-4^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ ）；材料分析中，因特性差異的關係，表面溫度高到低：鍍鋅浪板 $>$ 磚 $>$ 混凝土塊；塗料分析中，沒有刷上隔熱漆的材料表面溫度明顯高於有刷隔熱漆的材料表面溫度；性質分析中，刷上有光漆的材料表面溫度則高於刷上平光漆的材料表面溫度。

綜上所述，在檢驗各種塗料及材料在高溫曝曬下，有效降低表面溫度的最佳組合包括：選用低反射率的顏料、選擇低導熱率的材料、使用隔熱漆及採用漫反射特性的塗料。同時根據使用需求，從這些要點進行變化，以滿足不同的情況。例如，在寒冷季節，可以適當調整使用顏料和塗料的策略，以促使建築物吸收更多的熱能，提高室內溫度。而在炎熱季節，可以更多地依賴隔熱漆和高反射率塗

料，以保持室內涼爽。

綜合考慮，通過優化這些條件，我們可以為地球減緩城市熱島效應的產生，從而創造更舒適和可持續的室內環境，不僅有助於個人的生活品質，也對環境保護和氣候變化應對產生積極的影響。

## 五、參考文獻

1. 李彥墨，「都市住區建築配置型態對熱島效應影響之模擬分析」，碩士論文，中國文化大學，2009。
2. 高暉舜，「建築外牆隔熱塗料能源效率評估」，碩士論文，朝陽科技大學，2018。
3. P E. Phelan, K Kaloush, M Miner, J Golden, B Phelan, H Silva III, and Rt A. Taylor “Urban Heat Island: Mechanisms, Implications, and Possible Remedies” Annual Review of Environment and Resources Vol. 40, 2015.
4. V Masson, A Lemonsu, J Hidalgo, and J V Annual Review of Environment and Resources “Urban Climates and Climate Change” Annual Review of Environment and Resources Vol. 45, 2020.
5. 鄧偉元，「屋頂隔熱材反照率對表面溫度之影響」，碩士論文，義守大學，2012。
6. 吳芳誼，「鋪面材料表面溫度與反照率熱特性」，碩士論文，朝陽科技大學，2017。