

雪花飄！飄！飄！——塗料附著強度之探討

高小組應用科學科第二名

台北縣板橋國民小學

作 者：柯鈞琳、呂聖清

李思瑩

指導教師：林進財

一、研究動機

「媽！天花板的油漆又掉下來了！」姊姊在房間裏大聲嚷嚷。

在春節前，爸爸特別請工人將室內粉刷過一次，事隔才四個多月，天花板上的油漆已開始剝離，有時就像雪花般地飄落下來，使得原本亮麗的壁面，又變得凹凸不平。

我想了又想，為什麼會掉呢？是油漆本身的問題？還是塗刷的方法錯誤呢？這些引起我對塗料的附著性產生莫大的研究興趣；於是，便約同二位同學協助，並請老師指導，開始著手加以探討。

二、研究目的

(一) 為探討塗料的濃度，塗刷的次數、乾燥時間的長短及速度，對於附著強度的影響。

(二) 為探討塗膜受到外力的衝擊及使其彎曲後，對於附著強度的影響。

(三) 為探討塗料經施塗後，其耐水性、抗溫性、抗候性、抗藥性的強度如何？

三、研究器材

(一) 被施塗材料：

1. 鋁片：規格 32 #

(1) 5 公分 × 5 公分——153 片

使用於試驗七、八、十、十一。

(2) 5 公分×10 公分——36 片

使用於試驗九。

(3) 5 公分×15 公分——36 片

使用於試驗五。

(4) 10 公分×10 公分——48 片

使用於試驗一、二、三、四。

2. 木片：厚 0.5 公分

5 公分×5 公分——36 片

使用於試驗六。

(二) 塗料及稀釋劑：

1. 乳膠漆（水性）——清水稀釋。

2. 噴磁漆（油性）——松香水稀釋。

3. 水泥漆（油性）——甲苯稀釋。

(三) 自製簡易器材：

1. 烘烤箱。

2. 重力衝擊器。

(四) 其他材料：

1. 刷子、剪刀、鐵球、鋸子、美工刀、塑膠管、電鍋、三角架。

2. 書面紙、塑膠墊、白色樹脂、膠帶、天平、燒杯、量筒、冰箱

3. 醋酸、食鹽、小蘇打粉、愛地潔、沙拉脫、洗衣粉、肥皂。

四、研究方法

(一) 試片製作方法：

1. 裁剪：

依組別之不同，計算每一種塗料所需要之面積大小裁剪。

2. 塗漆：

(1) 將塗料與稀釋劑以 100 : 15 的比例混合均勻。

(2) 用毛刷將塗料均勻施塗於經過清潔處理過的試片上。

(3) 經 3 小時乾燥後，依照前法再塗漆一次。

3. 乾燥時間：

將二次塗漆後的試片放置於空氣中，經 4~8 小時自然乾燥。

4. 再裁剪：

依所需之規格大小，裁剪成小方片。

5. 編號：

依下列方法加以編號。

(二) 試片編號方法：

試片製作完成後，按照下列順序，用阿拉伯數字在背面編號碼。

試 驗 別 — **各組變因** — **塗 料 別** — **試 片 別**

1. 試驗別：1~11

2. 各組變因：1~4 或 1~5

3. 塗料別：1—乳膠漆 2—噴磁漆 3—水泥漆

4. 試片別：1~3

(三) 測定附著強度的方法：計算被膠帶剝落面積的大小

1. 剝落方法：

(1) 方眼法：適用於試驗一~四

1. 將 10 公分見方之試片放在自製之刻劃固定板，用美工刀縱橫劃成 100 個小方格，並觀察刻劃交點剝離情形，紀錄在紙上。

2. 在刻劃過的試片上貼上 1 公分寬的膠帶 10 條，並用滾筒滾壓，再撕下黏貼於書面紙上。

(2) 全面法：適用於試驗五~十一

將寬 5 公分的試片，貼上 5 公分寬的膠帶 1 條，並用滾筒滾壓，再撕下黏貼於書面紙上。

2. 剝落面積計算方法：

(1) 方眼法：

1. 利用 1 公分見方的 100 格面積計算透明板計算被剝落的格數，並依其位置以“√”在紙上紀錄。

ㄩ. 不滿 1 格者，仍以 1 格計算。

(2)全面法：

ㄤ. 在測定前已剝落部份，用紅筆以“✓”紀錄。

ㄬ. 分別利用 0.5 公分見方之 100 格、200 格、300 格面積計算透明板，計算被剝落的格數，並依其位置紀錄在紙上。

ㄭ. 超過 $9/10$ 格者，以全格計算，並以“✓”表示。

不足 $9/10$ 格者，以半格計算，並以“、”表示。

五、研究過程與結果

試驗一：塗料濃度大小，對於附著強度的影響。

(一)方法：

1. 按下列塗料與稀釋劑不同的比例，調製成濃度不同的塗料。

第一組：最濃 100 : 0

第二組：次濃 100 : 10

第三組：次稀 100 : 20

第四組：最稀 100 : 30

2. 依方法製作好試片，再分別利用方眼法測定其附著強度，並加以紀錄。

(二)結果：

單片格數：100 格

塗料 剝落格數 濃度	最濃	次濃	次稀	最稀	刻劃交點
乳膠漆	69 (1)	93 (4)	91 (3)	87 (2)	清 晰
噴磁漆	29 (4)	1 (1)	2 (2)	4 (3)	剝 離
水泥漆	0 (1)	27 (4)	0 (1)	0 (1)	清 晰

(三)發現：

1. 水性乳膠漆越濃越好，油性塗料則要稀釋較佳。

2. 油性塗料的附著強度比水性塗料好。

試驗二：塗刷次數之不同，對於附著強度的影響。

(一)方法：

1. 依塗刷方法每3小時在試片表面上塗刷一次。
2. 每組試片製作完成，經48小時後，再分別利用方眼法測定其附著強度，並加以紀錄比較。

(二)結果：

單片格數：100格

塗料 剥落格數 塗刷次數	一 次	二 次	三 次	四 次	刻劃交點
	93 (1)	100 (3)	100 (3)	95 (2)	清 智
噴 磁 漆	21 (2)	7 (1)	27 (4)	22 (3)	剝 離
水 泥 漆	19 (4)	1 (2)	16 (3)	0 (1)	清 智

(三)發現：

1. 水性乳膠漆塗刷次數越多，附著強度越差；反之，則越好。
2. 油性塗料則以二次塗刷最佳。

試驗三：乾燥時間的長短，對於附著強度的影響

(一)方法：

1. 依方法製作好試片，放置於室內空氣中。
2. 經下表所列不同的乾燥時間後，再利用方眼法測定其附著強度，並加以紀錄比較。

(二)結果：

單片格數：100格

塗料 剥落格數 乾燥時間	12 小時	24 小時	48 小時	7 天	刻劃交點
	99 (4)	93 (3)	88 (2)	65 (1)	清 智
噴 磁 漆	46 (4)	36 (3)	23 (2)	8 (1)	剝 離
水 泥 漆	31 (4)	13 (3)	7 (2)	2 (1)	清 智

(三)發現：

1. 乾燥時間越長，附著強度越好，反之，則越差。
2. 油性塗料比水性塗料凝固硬化快。

試驗四：乾燥速度的快慢，對於附著強度的影響

(一)方法：

1. 將試片依方法塗漆二次後，依組別立即放置在自製烘烤箱內（ 65°C ）、常溫下（ 21°C ）、密封盒中、冰箱內冷凍室（ -5°C ）。
2. 經 48 小時後，分別利用方眼法測定附著強度，並加以紀錄。

(二)結果：

單片格數：100 格

剝落格數 塗料	乾燥速度	烘烤箱中 (最快)	常溫下 (次快)	密封盒中 (快慢)	冷凍室內 (最慢)	刻劃交點
乳 膠 漆	98 (1)	100 (2)	※ 100 (2)	※ 100 (2)	清 晰	
噴 磁 漆	△ 10 (1)	× 37 (2)	○ 76 (4)	○ 48 (3)	○ 清 晰 × 剝 離	
水 泥 漆	0 (1)	1 (2)	45 (3)	48 (4)	清 晰	

※：塗料未乾 △：絲裂現象

(三)發現：

1. 乾燥速度快，附著強度會增強，但表面略有絲裂現象。
2. 乾燥速度慢，塗膜未完全凝固，附著強度降低。
3. 噴磁漆在密封盒中和冷凍室內乾燥速度慢，塗膜刻劃交點仍可保持清晰，此乃較特別之現象。

試驗五：不同的彎曲程度，對於附著強度的影響

(一)方法：

1. 試片製作好後，先用 5 公分寬的膠帶黏貼在塗膜上，再用滾筒滾壓。
2. 分別利用口徑不同的塑膠管，將塗面向外彎曲 30 分鐘後，再以全面法測定其附著強度，並加以紀錄比較。

(二)結果：

單片格數：300 格

塗料	圓管外徑 剝落格數	1.3 公分			2.5 公分			3.4 公分			4.8 公分		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳膠漆	187	169.5	178	182	186.5	147.5	64.5	114.5	53.5	8.5	37	33.5	
	178.17 (4)			172.00 (3)			77.50 (2)			26.33 (1)			
噴磁漆	196	228	163	136	130	137	128.5	121	128	134	106.5	82	
	195.67 (4)			134.33 (3)			125.83 (2)			107.50 (1)			
水泥漆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0 (1)			0 (1)			0 (1)			0 (1)			

(三)發現：

1. 乳膠漆和噴磁漆塗膜彎曲後，會破壞其附著性，尤以噴磁漆嚴重。
2. 水泥漆不因彎曲而影響其附著強度。

試驗六：不同的衝擊力量，對於附著強度的影響

(一)方法：

1. 依方法製作好試片，先用 5 公分寬的膠帶黏貼在塗膜上，再用滾筒滾壓後放置在重力衝擊器下，並由不同的高處使 600 克的鐵球落下，撞擊下片。
2. 依前法連續衝擊 3 次，再以全面法測定其附著強度，並加以紀錄比較。

(二)結果：

單片格數：100 格

塗料 剝落 格數	高度			50 公分			40 公分			30 公分			20 公分		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳膠漆	1.5	1.5	4	0	3.5	0.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.33 (4)			1.33 (3)			1 (2)			0 (1)					
噴磁漆	12	9	8	12.5	7.5	9	5.5	4.5	3	5	2	3			
	9.67 (3)			9.67 (3)			4.33 (2)			3.33 (1)					
水泥漆	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0	0			
	0.17 (2)			0.17 (2)			0.17 (2)			0 (1)					

(三) 發現：

1. 衝擊力越大，附著性越小。
2. 噴磁漆怕衝擊，水泥漆耐衝擊。

試驗七：浸泡在不同溫度的水中，對於附著強度的影響

(一) 方法：

1. 依方法製作好試片，再分別浸泡在不同溫度的水中。
2. 經 12 小時後，撈出擦乾，再分別利用全面法測定其附著強度，並加以紀錄比較。
3. 其中一組未浸泡，直接放在室內。

註：熱水中：浸入電鍋中保溫（水溫約 85°C）

註：冷水中：浸入水中，再放入冷藏室（水溫約 5°C）

(二) 結果：

單片格數：100 格

塗料 剝落格數	組別	不浸泡			冷水中			常溫水中			熱水中		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳膠漆	10	22	12	19	35	44	35.5	41	51	27	43.5	40.5	
	14.67 (1)			32.67 (2)			42.50 (4)			37.00 (3)			
噴磁漆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.5	39.5	30	
	0 (1)			0 (1)			0 (1)			29.33 (4)			
水泥漆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0 (1)			0 (1)			0 (1)			0 (1)			

(三)發現：

- 各類塗料浸入熱水中，塗膜均會產生再黏化現象。其中噴磁漆塗面膨脹起泡；水泥漆產生皺紋，如橘皮現象。
- 水性乳膠漆浸入不同溫度的水中，附著性明顯下降，油性塗料則不受影響。

試驗八：不同的溫度變化，對於附著強度的影響

(一)方法：

- 依方法製作好試片，分別放置在冰箱內冷凍室（ -5°C ）、冷藏室（ 5°C ）、常溫下（ 20°C ）、烘烤箱（ 65°C ），經 72 小時後，再利用全面法測定其附著強度，並加以紀錄比較。
- 將其中一組試片，反覆放入冷凍室、烘烤箱內，經 72 小時後，再行測定（每 12 小時交換一次）。

(二)結果：

單片格數：100 格

塗料 剝落 格數	溫度 剝落 格數			強冷			弱冷			常溫			高溫			冷熱反覆		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳膠漆	2.5	1.5	2.5	0.5	2.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	0
	2.17 (5)			1.17 (4)			0 (1)			0 (1)			0.17 (3)					
噴磁漆	* 0	* 0	* 0	* 0	* 0.5	* 0	0	0	0	5	1	1	10.5	27	31.5			
	0 (1)			0.17 (3)			0 (1)			2.33 (4)			23.00 (5)					
水泥漆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0 (1)			0 (1)			0 (1)			0 (1)			0 (1)					

* : 粉化現象

(三)發現：

1. 乳膠漆怕冷，噴磁漆怕熱，水泥漆冷熱均不怕。
2. 噴磁漆在低溫中，塗膜產生粉化現象，且不宜受到冷熱反覆衝擊。

試驗九：在不同環境中，對於附著強度的影響

(一)方法：

1. 依方法製作好試片，彎曲成“ \wedge ”狀，再分別放置在室內和室外不同的環境中。
2. 經 7 天後，再利用全面法測定其附著強度，並加以紀錄。

(二)結果：

單片格數：200 格

塗料 剝落 位置 格數	室 內			陽 台 上			屋 頂 上			密 封 盒 中		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳 膠 漆	2	0	0.5	8	2	2	5.5	11	29	58	48	87
	0.83 (1)			4.0 (2)			15.17 (3)			64.33 (4)		
噴 磁 漆	13.5	10.5	4.5	20	19.5	19.5	31.5	28.5	13	20	24	26
	9.50 (1)			19.67 (2)			24.33 (4)			23.33 (3)		
水 泥 漆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0 (1)			0 (1)			0 (1)			0 (1)		

(三) 發現：

1. 水泥漆不受環境的影響。
2. 乳膠漆在密封盒中，附著強度最差。

試驗十：浸泡在酸鹼溶液中，對於附著強度的影響

(一) 方法：

1. 依方法製作好試片，分別浸在濃度 5 % 的酸鹼溶液中。
2. 經 1~2 小時後，撈出擦乾，再分別利用全面法測定其附著強度，並加以紀錄比較。

註：
 酸性溶液：醋酸 中性溶液：食鹽水、清水
 鹼性溶液：小蘇打水

(二) 結果：

單片格數：100 格

塗料 剝落 格數	醋 酸			食 鹽 水			小蘇打水			清 水		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳膠漆	57.5	24.5	28	21.5	34	30	33.5	8.5	19	9	12.5	6
	36.67 (4)			28.50 (3)			20.33 (2)			9.17 (1)		
噴磁漆	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	14.5	10	17.5	9.5	12.5	9	4.5	1.5	13	0	0	0
水泥漆	14.00 (4)			10.33 (3)			6.33 (2)			0 (1)		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0 (1)			0 (1)			0 (1)			0 (1)		

* : 粉化現象

(三) 發現：

1. 除水泥漆外，浸入酸鹼溶液中，均會破壞其附著性。
2. 酸性溶液比鹼性溶液，中性溶液破壞力強。
3. 噴磁性塗膜表面有粉化現象。

試驗十一：浸泡在不同的清潔劑溶液中，對於附著強度的影響

(一) 方法：

1. 依方法製作好試片，分別浸放在濃度 2 % 的清潔劑溶液中。
2. 經 1~2 小時後，撈出擦乾，再利用全面法分別測定其附著強度，並加以紀錄比較。

註：
 愛地潔：洗地板用 沙拉脫：洗碗盤用
 洗衣粉：洗衣服用 肥皂水：洗澡用

(二) 結果：

單片格數：100 格

塗料 剝落格數	溶 液			愛 地 潔			沙 拉 脫			沙 拉 脫			肥 皂 水		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
乳 膠 漆	×	×	×	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100	√ 100
	100 (1)			100 (1)			100 (1)			100 (1)			100 (1)		
噴 磁 液	*	*	*	36.5	15	4.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5.5 18.67 (4)			6.5 5.33 (3)			4.5 4.50 (2)			2.5 4.00 (1)					
水 泥 漆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0 (1)			1.33 (4)			0 (1)			0 (1)					

* : 有粉化現象

√ : 部份剝離於水中

× : 完全剝離於水中

(三) 發現：

1. 乳膠漆浸入愛地潔溶液中，全部脫落分離。
2. 乳膠漆在其他溶液中，部份被浸蝕，經測定後全部脫落分離
3. 噴磁漆除在愛地潔溶液中破壞性較大外，其餘僅有粉化現象
4. 水泥漆影響甚微。

六、討 論

(一) 方眼法因刻劃成 1 公分見方的小方格，較易被剝離；全面法因未經刻劃，剝離不易。

- (二)附著強度較高者，塗膜被剝落的面積較小；反之，較大。
- (三)塗料太濃，會留下刷痕，且易被剝落；施塗次數則上二次為宜。
- (四)塗膜必須完全乾燥凝固後，附著性才會增強；但噴磁漆乾燥後，質地脆硬，用刀子刻劃，會在其交點產生剝離的現象。
- (五)溫度高，乾燥速度快，塗膜會有絲裂現象，此乃本身脆硬失去伸張性時所引起的不良情形。
- (六)溫度低，乾燥速度慢，空氣中的水分易進入塗膜中，表皮易產生粉化現象。
- (七)塗膜受撞擊或彎曲後，會使其表面龜裂，破壞其附著性。
- (八)水性乳膠漆可用清水稀釋，故怕潮濕及水分。
- (九)塗料經塗刷後，要與空氣中的氧氣結合而硬化乾燥，故不宜密封在盒中，與空氣隔絕；尤其，要保持空氣流通，讓其自然乾燥，以增強其附著性。
- (十)曝露在室外，受陽光、風雨之影響或在冷熱反覆衝擊下，會破壞其附著性。
- (十一)浸在熱水、酸鹼溶液、清潔劑溶液中，易使塗膜失去其附著性；尤其，乳膠漆在清潔劑溶液中，附著力喪失，完全脫落分離。

七、結論

(一)塗料選擇：

1. 以水泥漆最佳，噴磁漆次之，乳膠漆最差。
2. 潮濕多水的地方不可塗乳膠漆。如浴室。
3. 高溫的地方不可使用噴磁漆。如廚房。
4. 室外宜使用水泥漆。

(二)塗刷技術：

1. 乳膠漆不宜太稀，塗刷次數以不超過二次為宜。
2. 噴磁漆、水泥漆不可太濃，並施塗二次最佳。

(三)乾燥方法：

曝露在空氣中，讓其自然乾燥最佳；時間越久越好。

(四)避免脫落法：

1. 避免在濕度高，溫度低時的氣候中施塗。
2. 塗膜要保持乾燥，在低溫中，有結水現象時，應立即擦拭。
3. 避免撞擊、彎曲或冷熱反覆衝擊。
4. 塗膜不可接觸到酸鹼溶液或使用清潔劑擦拭塗面。

八、參考資料

- (一) 實用塗料及塗裝 賴耿陽編譯 復漢出版社印行
- (二) 大英科技百科全書第九冊 光復書局出版
- (三) 中華兒童百科全書第十二冊 台灣省政府教育廳出版

評 語

- (一) 以膠帶剝落塗料進行附著強度之研究，並以小方格作剝落面積計算，是很好的構想。
- (二) 實驗中注意到試片、塗料、及膠帶之一致性，對各項變因之控制也很合理，但是對於空氣濕度沒有特別注意，是個小缺點。
- (三) 實驗過程與數據之取得，十分完整。
- (四) 最後的結論，給使用塗料作了很好的建議，但是實驗係以鋁片為對象，在實際使用於木板、水泥牆等建材時，可能稍有不同，如果能與塗料公司提供之使用建議作比較，會顯得更完整。