

中國科學院土木建築研究所專刊

丙 種 第 1 號

防 水 屑

黃蘭谷 車俊儒



中國科學院土木建築研究所編輯

科學出版社出版

1 9 5 4

中國科學院土木建築研究所專刊

丙 種 第 1 號

防 水 屑

黃 蘭 谷 車 俊 儒

中國科學院土木建築研究所編輯

科學出版社出版

內 容 提 要

防水屑是一種鬆散的防水保暖材料，由石油瀝青與綠油按一定比例配合再與礦物質灰屑（火力發電廠的煙灰、粉碎後的爐渣、黃土等）混合而成。這種材料重量輕、成本低、抗水性高、導熱性小，並且有不凝結性，所以適用於建築物屋面的防水和保暖。和普通油毡防水層比較，由於防水屑的施工和補修簡單，易於保證質量，能適應劇烈的溫度變化，所以有很大的優越性。防水屑的主要原料——煙灰——是火力發電廠的廢棄品，黃土更可以就地採取，因此在節約材料利用廢物上有重要的意義。

防水屑的發明是蘇聯科學技術工作者的功績。我們接受蘇聯科學技術的先進經驗，用國產原料在 1952 年進行了室內試驗工作，獲得成功。1953 年在東北地區六個施工單位實際修建了面積 12000 m² 的防水屑屋面，證明了在建築物屋面使用防水屑的可能性和優越性。防水屑的建築費用與普通油毡防水層的費用大致相同，但抗水性提高很多，有推廣的價值，但是在防水屑製備上仍感不便，尚待今後改進。

本文詳細介紹研究過程、設計和施工的方法，希望能有助於建築物屋面防水問題的解決。

防 水 屑

著 者	黃 蘭 谷 車 俊 儒
編 者	中 國 科 學 院 土 木 建 築 研 究 所
出 版 者	科 學 出 版 社 北京東四區帽兒胡同 2 號
印 刷 者	集 成 印 製 廠 上海河南北路 365 弄 17 號
總 經 售	新 華 書 店

(尊) 54036	1954 年 12 月 第 一 版
自然：079	1954 年 12 月 第一次印刷
(滬) 0001—3750	開本：787×1092 1/25
字數：30,000	印張：2

定價：道林本 5,200 元
報紙本 3,800 元

目 錄

一、緒論	1
二、試料及其一般性能	4
三、試驗步驟和方法	7
四、試驗結果	11
五、討論	13
六、防水層平屋頂的設計	16
七、煙灰防水層的製備	31
八、防水層平屋頂的施工	38
九、試用工料定額和建築費用	42
十、結論	44

防水屑

中國科學院土木建築研究所

一、緒 論

建築物的屋頂依房屋用途和建築形式的不同，普通分斜屋頂和平屋頂兩種。大面積、長跨度的工業建築物，大多採用斜屋頂，但平屋頂的施工和修繕簡單，並可在屋頂上佈置休息園地、運動場所等，予以有效利用，因此許多建築物採用平屋頂更為適宜。由於平屋頂的防水問題未能適當解決，以致在應用上受很大的限制。

以往用瀝青油毡紙作平屋頂的防水層，有很多缺點，如自重大、成本高，最嚴重的是由於普通瀝青油毡的品質不良，不能經受劇烈的溫度變化，因此在東北地區，尤其是東北北部，瀝青油毡平屋頂兩三年就需要補修一次。十餘年來，這個問題一直沒有徹底解決，嚴重地限制了平屋頂的應用，成為建築工程亟待解決的問題之一。

防水屑正是針對這一個問題而出現的新興建築材料，其主要原料為火力發電廠煙囪中的煙灰、粉碎後的爐渣或黃土，都是粒度細小的鬆散顆粒。其餘原料為石油瀝青和綠油，其中綠油是在 $175-350^{\circ}\text{C}$ 溫度下餾出的石油產物裂煉產品的一個餾份，或是火油的一個餾份。將石油瀝青與綠油按一定比例配合

成爲軟瀝青，再與煙灰混合，加熱攪拌均勻，就得到防水層了。

防水層由於其本身的性能，具有下列優點：

1. 抗水性能很高——因爲防水層的每一小顆粒都被一層瀝青薄膜包裹，能抵抗水的浸潤，同時在這些防水的顆粒之間，產生反毛細管壓力，所以在很高的水壓下不致透水，一般能經受 60 cm 高的水柱壓力。

2. 有良好的隔熱性能——由於防水層的顆粒之間保持空隙，導熱性小（導熱係數爲 $0.13 \text{ kcal/m.h.}^{\circ}\text{C}$ ），能經受劇烈的溫度變化，所以是一種良好的保溫材料。

3. 被水浸濕以後，經過乾燥能恢復其抗水性——包裹在灰屑顆粒周圍的軟瀝青，形成一層硬質的吸附薄膜，有很高的抗水性，即令水壓超過反毛細管壓力使空隙充滿水分破壞了防水層的抗水性之後，薄膜的抗水性能仍然保持，所以乾燥之後，仍不失其原有性質。

4. 重量很輕——單位容積重量在 $700\text{--}1000 \text{ kg/m}^3$ 之間，用於建築物屋頂的防水和保暖甚爲適宜。

5. 敷設和補修操作簡單，易於保證質量——一般建築物屋頂的防水和防寒，常需分別處理，如用瀝青油氈紙防水，另用輕混凝土或空心磚防寒，而防水層同時具備了防水和防寒兩種性能。使用一種材料，能解決兩個問題，使設計和施工簡單化，這一優點是值得特別提出的。

防水層的發明是蘇聯技術科學碩士米哈依洛夫（Н. В. Михайлов）、巴寧（А. С. Панин）和科學院院士列賓節爾（П. А. Ребиндер）的功績。他們在瀝青吸附薄膜層的構成上，進行了一

系列的物理化學試驗，最後獲得成功。此外在防水層的製備，防水層的設計和施工方法上也提供了很重要的資料。在防水層實際應用於建築物屋頂之先，蘇聯機械製造工業部建築科學研究所曾作了 10 m^2 的試驗屋頂，經長期的觀察，結果良好。至 1952 年，在蘇聯已經有 10000 m^2 建築面積的屋頂採用了防水層，嗣後經過觀察並未發現這些屋面有損壞現象，證實了這種材料的優越性。

蘇聯建築科學研究所曾進行下列試驗：在防水層上撒一層含有腐植土的砂，在細心的保護下生出野草。觀察到野草的根祇在防水層表面上四向伸展，並不伸入防水層中，不致破壞其抗水性能，因此證實了可以在防水層屋頂上栽植花草，佈置園地。

在防水層的製備方面，蘇聯建築科學研究所及衛生技術安裝企業設計局研究出一種生產率很高的攪拌機，其旋轉筒的有效容量達 0.5 m^3 ，如用三班工作制，每晝夜可生產防水層 30 m^3 。另有一種旋轉筒有效容積為 0.2 m^3 的攪拌機，每晝夜（三班工作制時）可生產防水層 $12—15 \text{ m}^3$ ，適合於工地使用。

在設計和施工方面，對於防水層的結構和敷設防水層的順序，上述建築研究所也提供了許多重要資料。

根據蘇聯實際施工的經驗，防水層不僅可以應用於平屋頂，它還可以應用於坡度在 20% 以下的斜屋頂，效果同樣良好。

如上所述，防水層的研究和應用在蘇聯已經獲得成功。在我國屋頂防水問題亟待解決的情況下，很好地接受蘇聯先進科

學技術，用我們國產的原料試製防水層，就成為科學研究機關一項有重要意義的任務了。

我們從 1952 年開始進行防水層試製的研究，研究工作的前一階段，因為還沒有獲得蘇聯的詳細資料，走過一段彎路，直到 1952 年年底在蘇聯資料的指導下才獲得成功。1953 年我們將試製成功的防水層，在瀋陽、長春和哈爾濱等地六個基本建設工地實際使用，包括新建屋頂和補修屋頂在內，共計鋪設防水層面積為 12000 m²。通過實際設計和施工，證明了防水層使用在屋頂防水工程中的可能性和優越性，掌握了一些設計和施工的規律。同時也發現有缺點，尚待今後繼續改進，對於今後工作的方向，有了比較明確的認識。

我們希望通過對研究過程、設計和施工方法的詳細介紹，能幫助採用防水層的單位解決理論和技術操作上的一些問題；尤其希望這些單位在應用中對防水層的原料、製備、設計和施工不斷改進和提高，以擴大防水層的應用範圍，加速國家社會主義建設的進展。

二、試料及其一般性能

（一）瀝 青

試驗用的瀝青有大連 4 號石油瀝青（大連石油七廠出產）和撫順揀油瀝青（頁岩油系統，撫順石油一廠出產）兩種，其一般性能如下：

1. 大連 4 號石油瀝青的技術條件：

（1）針入度（25°C Ригардсон 法）21—40；

- (2) 延伸度 (25°C) 不小於 30 cm;
- (3) 軟化點 (環球法) 不低於 70°C;
- (4) 瀝青全量 (重量) 不小於 99%;
- (5) 蒸發減量 (163°C, 5 小時) 不大於 1%;
- (6) 閃點 (Бренкен 法) 不小於 230°C;
- (7) 測定蒸發減量後之針入度對原針入度之比不小於 60%;

(8) 含水量祇能有水分痕跡。

2. 撫順揀油瀝青的一般性能:

- (1) 比重 (15°C) 1.10;
- (2) 軟化點 (環球法) 69°C;
- (3) 針入度 (25°C, 100 gr, 5 sec) 6;
- (4) 瀝青全量 (重量) 81.05%;
- (5) 含水量 1.0%。

(二) 油 類

1. 綠油: 在 175—350°C 下餾出的石油產物裂煉產品的一個餾份或火油的一個餾份, 是撫順石油一廠生產 2 號燃料油的中間產物。

其技術條件如下:

- (1) 閃點: (Бренкен 法), 不低於 55°C;
- (2) 分餾成分:
 - (i) 初餾點不低於 150°C;
 - (ii) 蒸餾達 350°C, 餾份不少於 95%;

(3) 碳渣值: (Конрансон 法) 不大於 0.75;

(4) 含苯量: 不大於 5%;

(5) 含水量祇能有水分痕跡。

2. 大連裂化重油。

3. 大連直餾重油。

上列油類都是用來軟化瀝青用的。

(三) 礦物質灰屑

試驗所用礦物質灰屑以煙灰為主, 另外也進行了一部分黃土的試驗。煙灰為阜新和鷄西兩個發電廠所產, 其單位容積重量及篩分試驗結果如表 1。黃土為哈爾濱土木建築研究所基礎工程地基中挖掘出來的黏土質土壤, 其篩分結果見表 5。煙灰產量很大, 僅阜新一個發電廠, 日產量就在 60 噸以上, 黃土更可就地取材, 所以在原料供應方面, 毋需顧慮。

表 1 灰屑試驗結果

試 驗 項 目		灰 屑 種 類	
		煙	灰
單 位 容 積 重 量 (鬆 裝), kg/m ³		阜 新	鷄 西
篩 分 試 驗 、 %	16 號 篩 以 上	0	0
	16—28 號 篩	0.2	0
	28—48 號 篩	2.2	0.4
	48—100 號 篩	8.2	3.4
	100—200 號 篩	25.0	33.4
	200 號 篩 以 下	64.4	62.8

三、試驗步驟和方法

(一) 軟瀝青的配製

軟瀝青係用各種瀝青與油類按不同的重量比例配合，在 100°C 之溫度下配製而成。瀝青與油類必須完全溶合，不含渣滓。不同系統的瀝青與油類不能溶合，如鞍山瀝青屬於煤焦油系統，不能與前述軟化用油類溶合。

用各種軟瀝青與灰屑拌合，試驗其抗水性能，根據試驗結果選擇最適宜的軟瀝青。

(二) 煙灰與軟瀝青配合的試驗

將煙灰與軟瀝青按不同的重量比例配合，求出抗水性能最高時的配合比。將定量煙灰加熱至 $180-200^{\circ}\text{C}$ ，再加入預熱至 100°C 之軟瀝青，攪拌均勻，即成防水屑（製成之防水屑須為色澤均勻的鬆散的灰黑色粉屑，不含軟瀝青顆粒），然後試驗其抗水性能。

(三) 煙灰顆粒組織對防水屑抗水性能的影響的試驗

用不同顆粒組織的煙灰與軟瀝青按上述方法配合，製成防水屑，試驗其抗水性能，求出抗水性最高時的煙灰顆粒組織。

(四) 用黃土為原料的防水屑試驗

用煙灰為原料的防水屑試驗成功後，根據相同的原理，用黃土代替煙灰試製防水屑，其試驗方法與用煙灰者完全相同。

(五) 抗水性試驗

抗水性能為防水層的主要性能，所以凡抗水性能不能達到要求的試料，就不再進行導熱性試驗。抗水性能的試驗方法，文獻中沒有記載，我們根據防水層抗水的原理用圖 1 所示的裝置進行試驗。

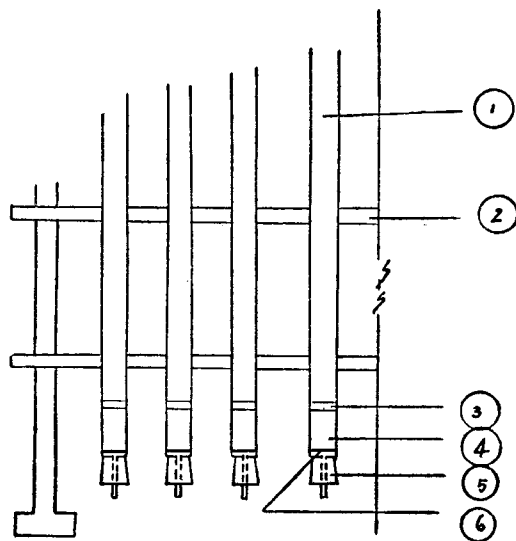


圖 1 抗水試驗裝置

- | | | |
|-------|--------|---------|
| 1 玻璃管 | 2 木支持架 | 3 細砂 |
| 4 試料 | 5 軟木塞 | 6 濾紙或棉花 |

玻璃管的內徑為 2.5 cm，長度為 150 cm，管上劃有刻度，試驗時先洗淨玻璃管，內外擦拭乾淨，管壁不能沾有水分。在管之下端，距管口 7—8 cm 的一段內壁均勻地塗抹凡士林油

一薄層，以防管中水分沿管壁下滲，用中有空孔的軟木塞塞緊管口，然後由管之上口注入防水屑，在防水屑與軟木塞之間隔墊濾紙或棉花一薄層，以免防水屑自軟木塞空孔中漏出，然後用搗棒將防水屑搗實至不再下沉為止。防水屑在管中搗實後的厚度為 5 cm，上部覆以細砂一層厚約 1 cm，以防注水時沖動防水屑。最後自管之上端仔細地緩緩注入清水，令水沿管壁流下，以減少衝力。按管壁上的刻度記載注水高度。經 24 小時後，如管中的水面保持原有水平，表示試料能承受此時之水壓，否則水面下降，水自防水屑中透過，經軟木塞空孔中流出，表示防水屑的抗水性能被破壞。試驗後須檢查管中試料，如果抗水性能未被破壞，則試料應仍保持鬆散的乾燥狀態。如果管中水面已降低，但檢查時試料仍保持乾燥狀態，可能是由於管壁炸裂或管壁塗油不良水分沿管壁透過所造成，須仔細檢查。

(六) 導熱係數的測定

如圖 2 的裝置，將乾燥的防水屑放置於圖中 (1) 的部位，緊貼於主加熱器 (2) 上，將主加熱器的表面完全覆蓋嚴密，並擠壓密實，令其厚度為 2 cm。將防水屑上部表面壓平以後，覆以冷却器 (3)，使防水屑與冷却器和主加熱器之間的接觸面處處密接。冷却器是一個正方形的容器，其中有溫度不變的冷水按一定速度流過，以保持防水屑表面的溫度一定不變。為補償主加熱器輻射方向和向下的熱損失，在其四周和下面裝有副加熱器 (4) 和 (5)。副加熱器 (4) 是中空的正方形，環繞在主加熱器的四周，與主加熱器位於同一平面上；副加熱器 (5) 與主

加熱器之間用絕緣層(6)隔開。其餘各處空隙均用石棉填塞緊密。

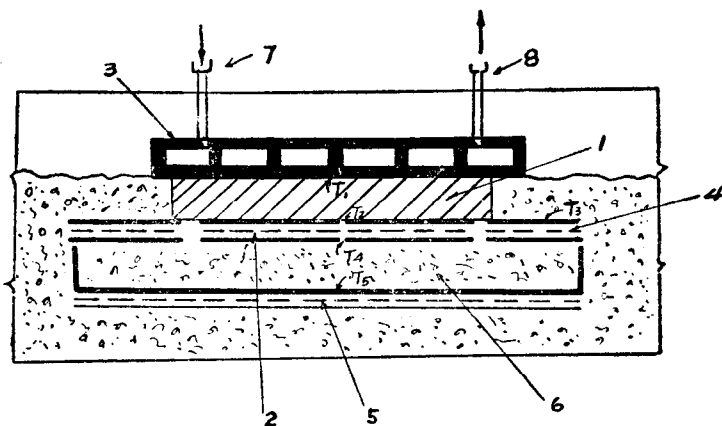


圖 2 導熱係數測定裝置圖

- | | | |
|----------|----------|-------|
| 1 試料 | 2 主加熱器 | 3 冷卻器 |
| 4 側面副加熱器 | 5 底部副加熱器 | 6 石棉 |
| 7 進水口 | 8 出水口 | |

熱電偶(t_1)和(t_2)分別裝置於冷卻器下表面的中心和主加熱器上表面的中心,以測量防水層冷表面和熱表面的溫度。由熱電偶(t_2)和裝置在副加熱器(4)上表面的熱電偶(t_3)來檢查有無側面輻射熱損失,如其間無輻射熱損失,則(t_2)與(t_3)的讀數應相同。另有一對熱電偶(t_4)和(t_5)分別裝置於主加熱器下表面的中心和副加熱器(5)上表面的中心,用以檢查上下有無換熱。在(t_4)和(t_5)的讀數相同時表示其間無換熱。

電流及每個加熱器的加熱程度用變阻器來調節。主加熱器

所發出的熱量按瓦特表所指示的數字來計算。當所有的指示儀表都達到穩定狀態時，表示熱流量不變，即可按下式計算防水層的導熱係數（注意此時 (t_2) 與 (t_3) 的讀數應相同， (t_4) 與 (t_5) 的讀數也應相同）。

$$\lambda = \frac{0.86 W \delta}{F(t_2 - t_1)}$$

式中 W —主加熱器的功率 (w)；

δ —防水層的厚度 (m)；

F —主加熱器的面積 (m^2)；

t_2 —防水層熱表面的溫度 ($^{\circ}C$)；

t_1 —防水層冷表面的溫度 ($^{\circ}C$)；

0.86—由瓦特換算為 kcal/h 的熱當量；

λ —防水層的導熱係數 (kcal/m.h. $^{\circ}C$)。

四、試驗結果

所有表列數據都是三次試驗結果的算術平均值。

軟瀝青種類和煙灰與軟瀝青的配合比對防水層抗水性能的影響，總結於表 2。

表 3 為用阜新煙灰按其不同的粒度組織製成防水層進行抗水性試驗的結果。所用軟瀝青為大連 4 號石油瀝青與綠油按 1:2 (重量) 配合之混合物。

表 4 為用黃土製成防水層的試驗結果。所用軟瀝青為大連 4 號石油瀝青與綠油按 1:2 (重量) 配合之混合物。

表 2 煙灰防水層試驗結果 (I)

編 號	軟 瀝 青 種 類			各種煙灰與軟瀝青在不同重量配合比下的抗水性能 (cm)								
	瀝 青	油 類	瀝青與油類之重量配合比	阜 新 煙 灰					鷄西煙灰			
				90:10	95:5	97:3	98:2	99:1	97:3	98:2	99:1	
1	撫順揀油瀝青	撫順綠油	1:2	20	40	40	40	20	/	/	/	
2	大連 4 號石油瀝青	撫順綠油	1:2	25	50	50	60	30	80	90	70	
3	大連 4 號石油瀝青	大連直溜重油	1:2	/	45	45	60	50	65	70	60	
4	撫順揀油瀝青	大連直溜重油	1:2	/	25	25	40	30	60	80	40	

表 3 煙灰防水層試驗結果 (II)

編 數	煙 灰 顆 粒 組 織, %				各種顆粒組織的煙灰與軟瀝青在不同重量配合比下的抗水性能 (cm)				
	大於 0.3 mm	mm 0.3—0.15	mm 0.15—0.075	小 於 0.075 mm	99:1	98:2	97:3	96:4	95:5
1	4.1	17.0	48.9	30	15	45	45	45	40
2	3.0	12.2	34.8	50	25	55	55	50	50
3	1.8	7.3	20.9	70	25	70	85	65	60

表 4 黃土防水層試驗結果

黃 土 篩 分 結 果, %					黃土與軟瀝青在不同的重量配合比下的抗水性能 (cm)				
大 於 0.175 mm	mm 0.175—0.15	mm 0.15—0.125	mm 0.125—0.075	小 於 0.075 mm	98:2	96:4	94:6	92:8	90:10
22.0	7.2	7.1	43.2	20.5	15	60	70	40	30

表 5 防水屑之單位容積重量及導熱係數

類 別	在壓實情況下單位容積重量, kg/m^3		導熱係數, $\text{kcal/m.h.}^\circ\text{C}$
	最 小	最 大	
煙灰防水屑	758	982	0.11—0.15
黃土防水屑	1220	1350	0.12—0.16

五、討 論

根據蘇聯資料的提示,防水屑之所以能夠防水是由於:軟瀝青加入粉狀灰屑中攪勻後,即在灰屑顆粒的表面發生選擇吸附。在吸附力的作用下,瀝青膠粒由對稱狀態轉變為不對稱狀態,於是瀝青質分子固着於灰屑顆粒的表面,而碳氫鏈則轉向外面,構成不透水的瀝青薄膜,厚度僅千分之幾毫米,如圖 3 所示。

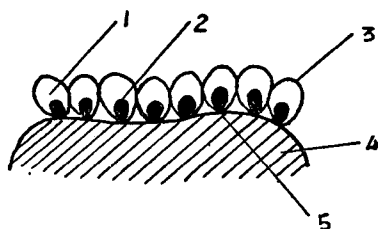


圖 3 吸附作用圖

- 1 瀝青膠粒 2 瀝青分子 3 碳氫鏈
4 煙灰顆粒 (礦物質粉) 5 吸附力

在這些被瀝青包裹的顆粒之間的空隙裏,產生反毛細管壓力,能夠平衡一定高度的靜水壓力。據此,試製防水屑的關鍵就在於促使不透水薄膜的構成和反毛細管壓力的產生。

明瞭上述原理後,根據蘇聯資料的理論,再參照試驗結果,