

大學用書

# 道路材料實驗

陳本端編著

編者

編者

者

龍門聯合書局印行

大學用書

道路材料實驗

陳本端編著

龍門聯合書局印行

## 編者自序

本書的編撰，是根據大專學校土木工程系路工課程中道路材料實驗一門的內容所寫述的。目前各大專學校對於此課的學時，尚無一定的標準，例如有列為1-6-1-8的，有列為1-3-2-6的，皆為一學期。不過筆者認為1-6-1-8是較為充實，因為1-3-2-6是學不完全的。因此，本書內容，乃以1-6-1-8學時為對象。

雖然如此，在1-3-2-6的學時情況下，可就本書內容，擇其重點，予以講授，並作重點的實驗，亦能滿足規定的學習時數，并無矛盾。

本書初版印行，在內容上及排印上，如有錯誤及缺點，希望讀者加以檢討。并請指出見示，以便修正。

本書圖幅，有一部份是徐邕生先生代繪，附此誌謝。

陳本端謹識

1955年8月於上海交通大學

# 目 錄

## 第一編 道路材料概論

第 一 章 緒論.....	1
第 二 章 重要名辭及定義.....	3
第 三 章 瀝青材料.....	10
第 四 章 瀝青材料實驗的意義.....	23
第 五 章 水泥材料.....	49
第 六 章 石質粒料.....	54
第 七 章 鋪路塊料.....	59

## 第二編 各種路面材料標準

第 八 章 水泥混凝土路面材料標準.....	65
第 九 章 片瀝青路面材料標準.....	71
第 十 章 瀝青混凝土路面材料標準.....	74
第 十 一 章 瀝青碎石路面材料標準.....	79
第 十 二 章 瀝青路面處治材料標準.....	85
第 十 三 章 磚塊路面材料標準.....	92
第 十 四 章 石塊路面材料標準.....	97
第 十 五 章 水結碎石路面材料標準.....	100
第 十 六 章 水泥結碎石路面材料標準.....	102
第 十 七 章 礫石路面材料標準.....	104

## 第三編 採取料樣的方法

第 十 八 章 料樣概論.....	107
第 十 九 章 水泥料樣採取方法.....	108
第 二 十 章 瀝青材料料樣採取方法.....	109
第 二 十 一 章 粒料料樣採取方法.....	110

第二十二章 磚塊料樣採取方法	112
----------------	-----

#### 第四編 實驗指導

實驗(一) 水泥比重實驗	114
實驗(二) 水泥細度實驗	116
實驗(三) 水泥正則稠度實驗	118
實驗(四) 水泥強健性實驗	121
實驗(五) 水泥凝結時間實驗	12 <sub>4</sub>
實驗(六) 水泥拉力實驗	12 <sub>6</sub>
實驗(七) 水泥壓力實驗	131
實驗(八) 液體瀝青材料比重實驗	133
實驗(九) 流體及半固體瀝青材料比重實驗	134
實驗(十) 固體瀝青材料比重實驗	137
實驗(十一) 瀝青材料二硫化碳溶量實驗	139
實驗(十二) 瀝青材料四氯化碳溶量實驗	14 <sup>2</sup>
實驗(十三) 瀝青材料石油醚溶量實驗	142
實驗(十四) 瀝青材料針入度實驗	14 <sub>4</sub>
實驗(十五) 瀝青材料軟化點實驗(環球法)	14 <sub>6</sub>
實驗(十六) 瀝青材料軟化點實驗(方形落水法)	149
實驗(十七) 瀝青材料浮標度實驗	152
實驗(十八) 瀝青材料比滯實驗	155
實驗(十九) 瀝青材料滯度實驗	158
實驗(二十) 瀝青材料蒸餾實驗	161
實驗(二十一) 瀝青材料揮發量實驗	166
實驗(二十二) 瀝青材料延度實驗	169
實驗(二十三) 瀝青材料引火點及發火點實驗	171
實驗(二十四) 瀝青材料固定碳量實驗	175
實驗(二十五) 瀝青材料水份實驗	177
實驗(二十六) 瀝青材料抽提實驗	179
實驗(二十七) 細粒料近似比重實驗	181
實驗(二十八) 粗粒料近似比重實驗	183

實驗(二十九)	砂或細粒料沖洗實驗	184
實驗(三十)	砂料有機雜質實驗	185
實驗(三十一)	細粒料強健性實驗	186
實驗(三十二)	粗粒料強健性實驗	189
實驗(三十三)	石料磨耗實驗	192
實驗(三十四)	石料韌性實驗	194
實驗(三十五)	石料硬性實驗	197
實驗(三十六)	石料黏結值實驗	199
實驗(三十七)	磚料磨耗實驗	201

# 第一編 道路材料概論

## 第一章 緒 論

1. 道路材料的定義 道路材料，是指着道路本身所需要的建築材料而言，橋樑涵洞所需要的建築材料，不包括在內。因此，橋涵材料，可以歸入一般性的結構材料或建築材料的種類中，而與道路材料，有所劃分。

道路材料，主要的是以路面為根據，所以凡是修築路面所需的材料，皆歸納在內。例如地瀝青，柏油，水泥，石料，砂料，磚料等等，皆屬於此類。在最近十年來，道路工程，對於土壤問題，非常重視，研究與推行，已是實際建築道路工作上的一個不可缺少的方式，因此，路基的土壤，很多人把它列入道路材料的範圍之內。這種辦法，雖然是正確的，但是把它另行分割，作為土壤專門的種類，更可以增加注意的力量，而且更可以增加研究推行的效率，對於道路工程的改進，是有利的。所以道路材料，暫時不包括土壤，在目前情況下，是適合的。

2. 道路材料的分類 道路材料，普通分為兩大類，一為瀝青材料，一為非瀝青材料，瀝青材料包括各種的地瀝青及柏油，非瀝青材料包括水泥，石料，砂料，及磚料。這種分類的根據，是以路面結構理論，為其張本。路面的主要結構材料，共有兩種，一是粒料，一是黏結料。粒料又分為兩類，一為粗粒料，一為細粒料，前者如礫石碎石屬之，後者如砂子等等屬之。黏結料的作用，是把一切粒料黏結起來，而成為堅固的結構體，如地瀝青，柏油及水泥屬之。所以這種分類的方式，是很能符合實際的。

3. 材料在工程上的重要性 材料的好壞，對於工程建築的重要性，

是很顯然的。但是亦有很多人，仍沒有這種重視的認識，或者有認識而認識得不够。對於材料，不加選擇，而即採用，這是沒有重視的認識。對於材料，雖加選擇，但是選擇出來的材料，其性能不能適合個別工程的需要，這就是認識得不够，這兩種情形，皆是錯誤的。非僅如此，有時選擇材料，不注意工程所在地的實際情況，例如地質，氣候，溫度及乾濕等等，亦會影響到工程本身的健全問題。不注意這種問題，當然更是錯誤。我們必須瞭解，一個對於材料不熟習的工程師，無論他是怎樣的高明，絕對的不是一個好工程師。

**4. 怎樣認識材料** 認識材料，不是一樁簡單的事。要想澈底瞭解，必須深入研究。首先要知道各種材料的製造及來源，其次要知道材料的組合及成份，再其次要知道材料的性能，最後要精通材料的實驗方法。僅僅這樣的瞭解了材料，在工程的實際工作上，仍然感覺不够。在澈底瞭解材料之外，必須還能精通工程的理論與建築，方能貫徹到實際方面去，否則仍然是一知而半解。所以材料問題，必須結合工程的本身，必須結合施工地方的具體情況。這不僅是非常重要的事，而且亦是必須作到的事。

**5. 材料的標準** 材料標準，詳細的解釋，就是能適合個別工程及個別地方情況的材料的標準條件。工程種類不同，性質不同，以及地方情況不同，則雖為同一材料，其標準的需要條件，必然各異。所以由此看來，選用材料，是千變萬化，並不是一種標準，可以符合一切工程及一切地方的。然而這樣豈不是材料的標準，無法能夠規定出來？并非如此，相反地，材料標準，必須釐定。因為若不加以釐定，則採用材料的人，將無所適從。不過釐定的時候，必須以材料性能，工程種類，及地方情況，為其根據，劃分清楚，條件清晰，使採用材料的人，可以能夠找到適合他的情況的標準。

材料標準，不是單獨由理論確定的。是由累積的實際經驗，結合着理論，逐漸而成立的。既然是累積經驗的果實，那麼材料的標準，不能就停止在某一個階段而無改進，必會慢慢的改變，慢慢的進步。所



以各種材料的標準，可能過一個時期，就會有所不同，可能今年的標準，明年就會改變。但是事實上，不會變得太多，亦不會變得太快，因為經驗上的發現與確定，是需要時間的。突然的改易，僅是偶然的事。這裏不過解釋一切事物，皆不會停止而不進的。理論研究與經驗結合着，是任何事物進步的一個推動力。

**6. 材料的實驗** 材料的實驗，我們皆知道是必需儀器的。有了儀器，那麼我們試驗的時候，是不是就可以得到精確的結果？在表面上看，我們必然以為是可以的，但是深入考查，我們必然能體會到是有疑問的。例如有一種材料，實驗它的某種性能，雖然使用同一儀器，你試驗出來的結果，可能與我所試驗出來的，會有些差別。這就是說，人的因素能夠影響實驗的結果。因為儀器雖然相同，方法雖然相同，但是作實驗的人可能在步驟上及謹慎態度上，會有差別。凡是一個實驗，不應當有兩個不同的結果，這是很顯然的，人為因素的影響，不可差別太多，這亦是必須的。所以如果要避免這兩種情況，實驗的方法及其步驟，必須絲毫不苟地，很準確地，及很明晰地規定出來，使作實驗的人們，採用同樣的方法，同樣的步驟，及同樣的態度，去作他的實驗。這樣，那就無論何人，作同一的實驗，就不會得出不同的結果，即或稍有出入，其差別亦不會很多。由此看來，材料實驗，必須定出標準的及統一的方法及步驟，必須定出標準的及統一的儀器，這就是材料實驗的主要重點及其精神的所在。我們學習任何材料及實驗的人們，必須能瞭解這一點，更必須能掌握着這種精神。

## 第二章 重要名辭及定義

1. 關於一般瀝青材料的 (a) 瀝青質——瀝青質是天然的或火化的一種炭氫化合物，此種化合物，常常含有氣體，流體，半固體，或固體的非金屬的殘質，這種化合物，可以溶化於二硫化碳。

(b) 乳化瀝青——乳化瀝青，是一種液體瀝青材料。在這種液體材料中，是極小的瀝青分子，懸掛在水的裏面，換句話講，就是瀝青與水

的混合物。

(c)輕製材料——輕製材料，包括輕製地瀝青或輕製柏油。是有揮發性的油類與瀝青材料混合起來的一種流體或液體的材料。

(d)燻煉劑——過硬的固體或半固體的瀝青材料，不適用的時候，可用較軟的或用流體的瀝青材料，甚至可用同系的液體材料，混合進去，使其硬度變軟，適合應用。這些混合進去的材料，叫作燻煉劑，這種混合的步驟，叫作燻煉。

(e)流體瀝青材料——流體瀝青材料，有一定的界限，這種界限，是在 $25^{\circ}\text{C}.$ ( $77^{\circ}\text{F}.$ )的溫度下，用50g.的重量，及一秒鐘的時間得出來的針入度，必須大於350。

(f)半固體瀝青材料——半固體瀝青材料，有一定的界限，這種界限，是在 $25^{\circ}\text{C}.$ ( $77^{\circ}\text{F}.$ )的溫度下，用100g.的重量，及5秒鐘的時間，得出來的針入度，必須大於10，同時，并須在 $25^{\circ}\text{C}.$ ( $77^{\circ}\text{F}.$ )的溫度下，用50g.的重量，及一秒鐘的時間，得出來的針入度，必須小於350。

(g)固體瀝青材料——固體瀝青材料，有一定的界限，這種界限，是在 $25^{\circ}\text{C}.$ ( $77^{\circ}\text{F}.$ )的溫度下，用100g.的重量，及5秒鐘的時間，得出來的針入度，必須小於10。

2. 關於地瀝青 (a)地瀝青——地瀝青是一種黑色或深褐色的半固體或固體而且富於黏性的材料。此種材料，如以火溫之，可逐漸軟化，以至變成流體的狀態。其主要成份，是瀝青質。這種地瀝青的來源，是由地層中或石料中產生出來的，或是由石油中提煉出來的。

(b)人造地瀝青——地瀝青可以用植物油類，製煉而成，叫作人造地瀝青。例如著者在1940—1941年間，在重慶及昆明創製的“代柏油”，就是此類，這種材料，是用桐油及松脂混合起來，用火燻煉而成，曾在川滇兩省的飛機場跑道及城市內街道，採用修建。

(c)地瀝青膠——地瀝青膠，是經過燻煉或未經燻煉的一種半固體或固體的瀝青材料，可以直接用作鋪路之用。這種地瀝青膠的針入度，是有一定的範圍的，就是在 $25^{\circ}\text{C}.$ ( $77^{\circ}\text{F}.$ )的溫度下，用100g.的

重量，及5秒鐘的時間，得出來的針入度，須在5及250之間。

(d)天然地瀝青——天然地瀝青，是由天然的石層中，直接挖出來的，如果其中雜質太多，則須精煉而後方能得到可用的地瀝青。

(e)石地瀝青——石地瀝青，是一種石料而含有地瀝青，把石打碎用火溫之，可以將地瀝青提煉出來。

(f)氣吹地瀝青——氣吹地瀝青，是一種特製的材料，是半固體或固體的形態。此種材料，是在石油提煉地瀝青的時候，把溫度提高，同時把高熱的空氣吹入，使碳氫結合而成地瀝青。如此，可以把它性質改進而適合於採用。

(g)碳化物——碳化物是石油瀝青質或天然材料的瀝青質中的一部份物質，此種物質，溶解於二硫化碳而不能溶解於四氯化碳。

(h)純瀝青——純瀝青是石油瀝青質或天然材料的瀝青質中的另一部份物質，此種物質，溶解於二硫化碳而不能溶解於石油醚。

(i)固定碳——固定碳是地瀝青在一不通養氣的器皿中，燒後殘餘的焦炭中的有機物體。

3. 關於柏油的 (a)柏油——柏油是一種黑色或深褐色的瀝青凝結液，此種物品，經蒸餾後，可得汽油、安息油、蒸木油以及可以用作築路的柏油，再蒸餾即得蒔油及柏油渣。這種柏油，是蒸煉有機物體如煙煤、原油及木材等等所得的，而築路的柏油，又是由這種柏油所製煉而成的，所以築路柏油，可以算為副產品的副產品。

(b)煤柏油——煤柏油是用煙煤煉製而成的，是使蒸發的碳氫化合物，在蒸煉的時候凝結起來。其主產品是焦炭。

(c)煤氣柏油——煤氣柏油，是用煙煤製煉煤氣的時候的殘餘品，換句話講，就是製煉煤氣的副產品。

(d)炭爐柏油——炭爐柏油，就是煤柏油的一種，是在炭爐中凝結而成的。

(e)油氣柏油——油氣柏油，是分裂原油製煉煤氣時，所凝結的副產品。

(f)水氣柏油——水氣柏油是分裂原油製煉炭化水氣時，所凝結的副產品。

(g)精製柏油——精製柏油，是不含水份，經蒸餾而到適合稠度及適合應用的一種築路柏油，或者是不含水份，經煉煉而到適合稠度及適合應用的一種築路柏油。

(h)柏油渣——柏油在蒸煉時，截止溫度到達某種程度而將蔥油及蒸木油大量蒸出後，所餘的殘渣，叫作柏油渣。這種材料，其色黑或為深褐色，為固體形態。固體的形態，亦稍有軟硬之別，這要看截止溫度的高低而定。普通截止溫度，大約總在 $250^{\circ}\text{C}$ .至 $350^{\circ}\text{C}$ .之間，溫度低的，柏油渣稍軟，高則柏油渣較硬。較硬的柏油渣不能作築路之用；其性稍軟的，用柏油蒸餾液，如蔥油等煉煉之，可作築路之用。

(i)游離碳——在柏油材料中，常含有游離碳質，此種碳質，為有機物體，不能溶解於二硫化碳中。

4. 關於非瀝青材料的 (a)粒料——粒料包括多種，如砂子，礫石，碎石，殼片，煤爐，石屑等等。這些料料，若摻合黏性的材料，可以將它們結成一個整塊的體形，或者可以製成黏漿，以結合他種材料。

(b)黏合料——黏合料有兩種方式，一是單純的黏結料，例如水泥是；另一種是黏結料與細粒料的混合體，例如水泥砂漿是。

(c)石屑——石屑是細小的石粒，其中不含泥土。

(d)石尾——軋石機軋出之碎石，經過篩折之後，其不能透過最大篩孔的石塊，名之為石尾。

(e)雜石——雜石是形狀不規則，大小不一律的石塊。此種石塊，是由大石塊斷裂下來的，或是由於風化而成的，亦可能在炸取石料的時候，炸碎而成的。

(f)岸礫——岸礫是陸上地層中疊積而被挖出的礫石。此種礫石，是含有大小不同的礫粒，砂子，及泥土等等的混合體。

(g)河礫——河礫是江河中被沖積的礫石。此種礫石，大小不

一，不含砂亦不含泥土，是很潔淨的卵石顆粒。凡是出產礫石的江河內，亦必有砂子，與礫石分層存在着而不相混合。這種砂子，叫作河砂。

(h) 脆石——脆石是岸礫中所含有的一種石塊。此種石塊，是由地層壓力壓成的一種砂性石塊，常為扁平或長條的體態，性脆弱易碎。

(i) 煤燼——煤燼是燒燂的或半燒燂的煤塊剩餘體。

(j) 煤屑——煤屑是燒燂的煤塊所殘餘的末屑。

(k) 岩燼——岩燼是半燒燂的砂灰石塊的剩餘體。

(l) 碎石——碎石是用人工打碎或用機器軋碎的石塊。

5. 關於實驗的 (a) 方篩孔——方形的篩孔。

(b) 圓孔篩——實驗室採用的圓孔鋼篩。

(c) 方孔篩——實驗室採用的方孔鋼篩。

6. 關於比重的 (a) 固體或流體材料的絕對比重——絕對比重，是在真空環境中及在規定的溫度下，單位體積的固體或流體材料的重量，與單位體積的不含氣體的蒸餾水的重量，相比的比例值。有時規定的溫度不相同，其比例值，亦可謂之為絕對比重，例如：-

(甲) 材料及水的溫度，規定相同，假使  $x$  代表溫度，則此絕對比重，表示如下：-

絕對比重  $x^{\circ}\text{C}/x^{\circ}\text{C}$ ，應為若干

(乙) 材料及水的溫度，規定不相同，假使  $x$  代表材料的溫度， $y$  代表水的溫度，則此絕對比重，表示如下：-

絕對比重  $x^{\circ}\text{C}/y^{\circ}\text{C}$ ，應為若干

(b) 固體或流體材料的比重——普通我們所講的比重，是在空氣中及在規定的溫度下，單位體積的固體或流體材料的重量，與單位體積的蒸餾水的重量，相比的比例值。有時規定的溫度不相同，其比例值，亦可謂之為比重，例如：-

(甲) 材料及水的溫度，規定相同，假使  $x$  代表溫度，則此比重，表示如下：-

比重  $x^{\circ}\text{C}/x^{\circ}\text{C}$ ., 應為若干

(乙)材料及水的溫度, 規定不相同, 假使  $x$  代表材料的溫度,  $y$  代表水的溫度, 則此比重, 表示如下:-

比重  $x^{\circ}\text{C}/y^{\circ}\text{C}$ ., 應為若干

(c)固體材料的近似比重——近似比重, 是指着有空隙的固體材料而言。固體材料內的空隙, 有兩種情況, 一是空氣可以透入的空隙, 一是空氣不能透入的空隙, 這兩種空隙, 同時存在於固體材料之內。所謂此種固體材料的近似比重, 是在空氣中及在規定的溫度下, 單位體積(此體積包括不能透入的空隙)的固體材料的重量, 與單位體積的蒸餾水的重量, 相比的比例值。有時規定的溫度不相同, 其比例值, 亦可謂之為近似比重, 例如:-

(甲)材料及水的溫度, 規定相同, 假使  $x$  代表溫度, 則此近似比重, 表示如下:-

近似比重  $x^{\circ}\text{C}/x^{\circ}\text{C}$ ., 應為若干

(乙)材料及水的溫度, 規定不相同, 假使  $x$  代表材料的溫度,  $y$  代表水的溫度, 則此近似比重, 表示如下:-

近似比重  $x^{\circ}\text{C}/y^{\circ}\text{C}$ ., 應為若干

(d)固體材料的綜體比重——綜體比重, 與近似比重, 大同小異。換而言之, 就是量度單位體積時, 包括兩種空隙在內, 而近似比重, 則僅包括一種空隙而已。故固體材料的綜體比重, 是在空氣中及在規定的溫度下, 單位體積(包括能透入及不能透入的空隙)的固體材料的重量, 與單位體積的蒸餾水的重量, 相比的比例值。有時規定的溫度不相同, 其比例值, 亦可謂之為綜體比重, 例如:-

(甲)材料及水的溫度, 規定相同, 假使  $x$  代表溫度, 則綜體比重, 表示如下:-

綜體比重  $x^{\circ}\text{C}/x^{\circ}\text{C}$ ., 應為若干

(乙)材料及水的溫度, 規定不相同, 假使  $x$  代表材料的溫度,  $y$  代表水的溫度, 則此綜體比重, 表示如下:-

綜體比重  $\alpha^{\circ}\text{C}/\nu^{\circ}\text{C}$ ., 應為若干

7. 實驗用的方孔篩 實驗用的方孔篩, 其孔眼的大小, 及構造的方式, 有如表 2-1 所列的規定。

表 2-1

篩目	孔眼		篩絲直徑		允許差值, %			
	mm.	英寸	mm.	英寸	平均孔眼	篩絲直徑		最大孔眼
						過小	過大	
100 號篩	0.149	0.0059	0.102	0.0040	6	15	35	40
50 號篩	0.297	0.0117	0.188	0.0074	6	15	35	40
30 號篩	0.59	0.0232	0.33	0.0130	5	15	30	25
16 號篩	1.19	0.0469	0.54	0.0213	3	15	30	10
8 號篩	2.38	0.0937	0.84	0.0331	3	15	30	10
4 號篩	4.76	0.187	1.27	0.050	3	15	30	10
9.5mm. 篩	9.5	0.375	2.33	0.092	3	10	10	10
19.0mm. 篩	19.0	0.75	3.42	0.135	3	10	10	10
25.4mm. 篩	25.4	1.00	4.12	0.162	3	10	10	10
38.10mm. 篩	38.1	1.50	4.50	0.177	3	10	10	10
50.8mm. 篩	50.8	2.00	4.88	0.192	3	10	10	10
76.0mm. 篩	76.0	3.00	6.3	0.25	3	10	10	10

### 第三章 瀝青材料

1. 地瀝青 地瀝青是具有半固體或固體的形態, 是瀝青材料中兩大類的一種。這種地瀝青, 其來源有二, 一是天產的, 一是由石油提煉出來的。前者又有兩類, 一是天然地瀝青, 一是石地瀝青。所以目前的地瀝青, 就是這三種。但是我們常用的, 以石油地瀝青為多, 天然地瀝青次之, 石地瀝青最少。

2. 天然地瀝青 在地球的面層下, 有很多地方, 是含有地瀝青的。這種地瀝青, 存在於地層內的方式不同, 有形成泉的方式, 有形成湖的

方式，有形成滲透的方式，有形成脈的方式。這四種方式，皆易於挖掘。可參閱下列圖 3-1:-

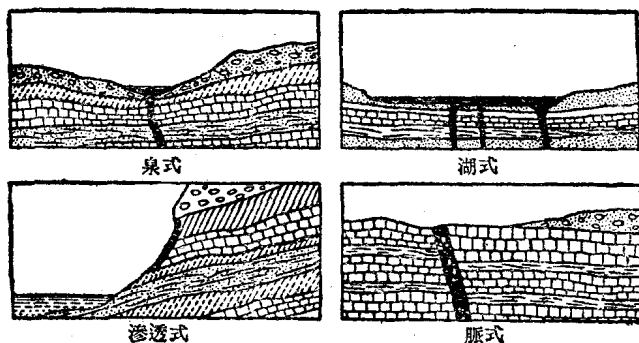


圖 3-1

天然地瀝青，在挖出的時候，其內常含有草樹物質，水份，以及泥砂等等，所以必須將這些物質除去，方能應用。除去這些雜質的方法，就是燒煉燻化，使地瀝青流出，而雜質則沉澱於下。天然地瀝青內瀝青質的成份，較石油地瀝青為低，所以它的黏性，亦就較石油地瀝青稍差。

天然地瀝青，世界各國，皆有出產，例如奧大利、匈牙利、加拿大、法國、古巴、德國、希臘、意大利、日本、祕魯、波蘭、羅馬尼亞、蘇聯、西班牙、瑞士、南斯拉夫、委內瑞拉及美國。其中委內瑞拉的出產，大部是集中在崔乃代島上的地瀝青湖田之中。這地瀝青湖田，佔面積約  $0.4\text{km}^2$ ，地瀝青層約厚  $60\text{m}$ ，湖田中的地瀝青，是與地層下面的地瀝青礦源聯系着。上面的地瀝青挖出之後，礦源又將地瀝青由地層下供給上來，因為該地自大量挖掘迄今，已有數十年，但湖田面層高度，僅減低了  $2\text{m}$  而已，可謂取之不盡。

在這個地瀝青湖田上，工人將它挖出，用小鐵軌及斗車，運到製煉的工廠內，加以製煉。製煉的目的就是把雜質提出，然後再把其中的水份蒸發淨盡，手續並不繁難。這種製煉完成的地瀝青，其性頗硬，直接採用是不適宜於築路的，必須用其他較軟或流體材料，加以燻煉，方能合用。其所含的瀝青質成份，很少超過  $56\%$ ，所以燻煉劑，必須



具有較高的瀝青質成份，以提高之。這種材料，普通皆名之爲崔乃代湖地瀝青。

在委內瑞拉的另一個地方，有另一個地瀝青湖田，名爲柏謨德地瀝青湖田。這個湖田，佔面積  $3.6\text{km}^2$ ，但地瀝青層僅  $3\text{m}$ ，由這個湖田生產的地瀝青，其情形與崔乃代地瀝青相似，不過其瀝青成份較高，約在 95% 上下。這種地瀝青，普通皆名之爲柏謨德湖地瀝青。

以上兩種天然地瀝青，其產地是湖的方式。尚有其他方式，遍於各地，例如古巴及墨西哥的出產，皆是泉及脈的方式，所以挖掘的時候較爲費力，須向地層以下去挖掘。在這兩個地方，地瀝青產量不豐。歐洲及亞洲各地，這種地瀝青，亦均有生產，名稱繁多，茲不詳贅。

在美國庫拉拉多及烏他兩省，有一種天然地瀝青，亦係由脈的方式存在於地面之下。挖掘出來經製煉後的成品，名爲吉樂生奈地瀝青。此種地瀝青與上述的湖地瀝青，略有不同，其瀝青質成份很高，所以常用爲參合其他瀝青質成份低的材料，以適應用。

**3. 石地瀝青** 石地瀝青，是一種砂石或石灰石。石料本身的細胞裏面含有地瀝青，必須把這種石料打碎，或磨成粉屑，再加熱燒之，地瀝青始能煉出。普通這種石料的地瀝青含量，約自 6% 至 14% 不等。世界各國出產石地瀝青的，有意大利、法國、德國、蘇聯、及美國。石地瀝青的性質及瀝青質成份，各地不同，頗多不能適合築路之用，採用時須加以注意。

**4. 石油地瀝青** 石油地瀝青，是由石油提煉而成。石油乃流體的瀝青物質，是礦產物。所謂流體瀝青材料，其針入度，在  $25^\circ\text{C}$ ， $50\text{g}$  的重量及一秒鐘的時間，須大於 350。

石油是積存於地層下有空隙的石灰石或砂石的石層中。這種有空隙的石層，又必須在一種無滲透性的其他石層上，方能存在，不致流走。世界各國，出產石油的，有蘇聯、中國、伊拉克、南洋羣島以及美國各地。

石油可以分爲三大系，一爲石蠟系石油，一爲瀝青系石油，一爲半瀝青系石油。石蠟系石油不能煉出地瀝青，僅出產石蠟及潤滑油，此