

簡易式高級路面工程

蘇聯 A. И. 雷西海娜著
中央交通部公路總局譯

人民交通出版社

簡易式高級路面工程

蘇聯 A. И. 雷西海娜著
中央交通部公路總局譯

人民交通出版社

本書論述簡易式高級公路路面的修建與養護原理，
詳細介紹了每種式樣鋪砌層的施工操作問題與工作
組織問題，並說明了某些建議的理論根據。適用於
公路及城市道路技術人員的參考研究。

簡易式高級路面工程

А. И. ЛЫСИХИНА

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ

ДОРОГИ

ОБЛЕГЧЕННОГО ТИПА

ДОРИЗДАТ

МОСКВА—1950

本書根據蘇聯道路出版社1950年莫斯科版譯出

顧玉琇譯 潘維驥校

人民交通出版社 出版

北京北兵馬司一號

新華書店發行

北京市印刷一廠印刷

編輯：符浩 定稿：郭秉鈺

全書(1056×160)=169000字 定價11000元

1954年10月初版 第一次印刷 1—2800冊

33.5"×46" 1/16★印張5 1/4張

目 錄

緒 言	1
第一章 概 述	
1. 採用結合料修築道路鋪砌層的基本優點	2
2. 蘇聯高級鋪砌層發展的歷史簡述	2
3. 採用有機結合料的簡易式高級道路鋪砌層的分等	5
第二章 高級道路所用的有機結合料	
1. 有機結合料的用途及對其提出的一般要求	9
2. 關於有機結合料物理化學性質的簡單說明及對其提出的技術要求	11
第三章 修築高級鋪砌層所用的礦料	
1. 概述	31
2. 顆粒式樣及強度的作用	36
3. 處治時所用礦料的級配	37
4. 細顆粒之大小及表面性質的作用	42
5. 對礦料的技術要求	45
第四章 用有機結合料處治礦料時的物理化學過程	
1. 結合料與礦料表面的粘結力	47
2. 以有機結合料處治礦料時水的作用	56
3. 改善結合料與礦料表面粘結的方法	61
4. 關於結合料的老化問題	64
第五章 選擇高級鋪砌層型式的基本前提	
1. 總則	65
2. 基層及路面結構的作用	66
3. 氣候條件的作用	68
4. 現有材料和機具對選擇鋪砌層型式的影響	70
5. 工程的期限及造價	71
第六章 依表面處治方法修築高級鋪砌層及道路的減塵工作	
1. 概述	74

2. 碎石路的表面處治	76
3. 鋪砌路的表面處治	82
4. 礫石路的表面處治	83
5. 土路的表面處治	84
6. 曾用有機結合料處治過的道路的表面處治	86
7. 採用冷地瀝青或處治過的石渣及石屑作表面處治	86
8. 減塵	87

第七章 修築用有機結合料貫入法處治的道路鋪砌層

1. 概述	90
2. 用貫入法處治鋪砌層(深貫入)	93
3. 用輕貫入法(半貫入)處治鋪砌層	95
4. 利用舊路面材料用貫入法處治鋪砌層	96

第八章 修築用有機結合料路拌法處治的鋪砌層

1. 總則	97
2. 處治過的混合料的物理力學性質	100
3. 設計混合料的成份	108
4. 用有機結合料以平路機路上拌合方法處治碎石、礫石及土壤鋪砌層	112
5. 使用專門機器用有機結合料路上拌合法處治碎石、礫石及土壤鋪砌層	125
6. 用路上拌合方法處治鋪砌層時組織施工的基本問題	127

第九章 用廠拌方法處治的材料修築鋪砌層

1. 概述	129
2. 用黑色碎石修築鋪砌層	130
3. 用冷地瀝青修築鋪砌層	133
4. 用礫石、砂、土壤、地瀝青及柏油混凝土修築鋪砌層	139

第十章 養護及修理用有機結合料所築道路鋪砌層的主要指示

1. 用結合料表面處治法及貫入法所處治的鋪砌層的養護及修理	150
2. 用液體結合料就地拌合法所處治的鋪砌層的養護及修理	152
3. 用廠拌法所處治的鋪砌層的養護及修理	157

主要譯名俄中文對照表

緒 言

隨着蘇聯公路建設的繼續發展，高級鋪砌層的比重也要一年年地增加。

黨、政府及斯大林同志本人對提高公路建設速度及質量的指示，給了公路工作者在我們祖國廣大土地上，在各種不同氣候條件下採用各種結合料正確修建公路的重大責任。

蘇聯公路工作者在使用各種瀝青及柏油修建及養護鋪砌層中所積累的豐富經驗及蘇聯道路科學的最新成就，使我們有條件可以順利地解決上述任務。

本書介紹了蘇聯公路工作者在建築簡易式高級公路方面的最新成就，是一本介乎現有高級公路教科書及採用有機結合料修建與養護簡易式道路鋪砌層技術規範之間的參考書。

本書中介紹了高級公路修建及養護原理，詳細敘述了每種式樣鋪砌層的施工操作問題及工作組織問題，並說明了某些建議的理論上的根據。

Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等道路上用有機結合料處治的碎石及礫石鋪砌層根據公路技術分等（ГОСТ 3572—47），屬於簡易式高級鋪砌層。用結合料處治的土路根據技術分等屬於Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ等公路的過渡式鋪砌層。除去簡易式高級鋪砌層外，在本書中還適當的研究了這種鋪砌層，因為在Ⅲ、Ⅳ、等道路上這兩種鋪砌層都准許採用，即除了簡易式高級鋪砌層外，還有過渡式鋪砌層。

本書中完全沒有談到整個路面的設計及修建問題，同時也沒有談到使用有機結合料處治鋪砌層時採用的各種築路機械及如何修建儲藏及準備結合料的基地等問題。這些問題，已經有了足夠數量的專門著作，我想讀者已經非常熟悉了。

本書係為工程技術工作者、研究工作者及大學生等廣大讀者所編著。有關本書的一切缺點及意見請通過出版社轉著者。

第一章 概 述

1 採用結合料修築道路鋪砌層的基本優點

爲滿足日益增長的汽車交通的要求，每年在建築及養護公路上花費了大量的資金。因此，擺在公路建築者面前的問題，自然是如何最有效地來使用這些資金。

顯然，由投資觀點來看，最合理的道路是能滿足規定的行車強度的要求而建築及養護費用較少。但是爲了減少道路養護的費用，常常在建築道路時一次花費較多，這也是合宜的。

實際使用碎石及礫石鋪砌層的情況，已經說明了這種道路在汽車車輛作用下破壞及磨損都很快。恢復這種路面的平整及厚度，需要每年花費很多錢。假若在建路時期或在使用初期將路面用有機結合料處治，則以後無論是養路費用或汽車保養費用都可大大減少。用有機結合料（瀝青柏油）處治的高級鋪砌層的道路有平整、無塵及不透水的表面，又能很好的抵抗磨損。用有機結合料處治，可使路面有很大彈性，因此在遇到起伏地段時汽車可減少磨損，造成比較安寧地行車及提高汽車使用期限的條件。

這些優點就可以說明修築各種道路鋪砌層廣泛採用有機結合料的原因。採用有機結合料來改善道路，是道路技術上的一種極重大的成就。

2 蘇聯高級鋪砌層發展的歷史簡述

在革命前的俄羅斯，如果不計大城市中少數用灌注地瀝青鋪築的街道時，就沒有用瀝青或柏油修築的高級道路。

沙皇時代的俄羅斯曾經作過某些採用結合料改善路面的試驗，主要是將碎石路減塵，但是都沒有收到良好的效果。在文獻中有關於這些初期經驗的記載。根據軍事工程師伊萬諾夫的資料，他在1908年爲減塵起見，將200公尺一段的公路用石油地瀝青處治，100公尺用煤樹脂處治，100公尺用30~50%的天然瀝青與70~50%的石油地瀝青混合料來處治。材料未曾分析過。洒佈結合料使用洒佈器。工程的質量依據測量未處治的碎石路與處治過的碎石路的表層磨損來確定。

根據所得資料，作者作出結論，認為較好的結合料為煤樹脂。

採用有機結合料來處治碎石路的第二次試驗是在 1909 年在雅爾塔進行的，在那裏處治了約 1,300 公尺長的路段。處治方法為表面處治。在清理過的路面上使用洒佈器洒佈約 1 公升/平方公尺的煤柏油，然後撒佈一層不厚於 25 公厘的海砂。撒佈後用壓路機輾壓。工作結果失敗，將處治過的表層清除。對失敗的原因，認為是碎石路表面清理不乾淨和柏油的質量不好，落雨後成為乳狀液，因之表面形成黑色黏滯的一層。

1912 年在雅爾塔重新用柏油處治路段長 450 公尺的碎石路。為檢驗自羅斯托夫油紙工廠中得到的柏油的質量，將其樣品送至國外去分析。分析結果由今天的觀點看來非常有趣；其結果為：「含水 1~1.5%，材料可以使用」。此工作的詳細記載見工程師杜浩爾克所寫的登載於 1913 年《水路及公路》雜誌上的一篇論文中。完工後工程質量很好，柏油未成乳狀液現象，在一個月內在經常養護下表面處治層良好。但是這層表面處治存在不久，很快即被馬車的運輸破壞。破壞的情況是表面處治層被馬蹄踐踏破碎。

1914 年在雅爾塔又重新進行處治碎石路的試驗工作。

為進行此項工作，由國外運來當時最新式的專用的熱鍋式工具，容量達一噸，並帶有人工及獸力的柏油洒佈器。

試驗工作進行長度約為 5 公里。此表面處治與過去幾年所進行的不同處為事先將該路段進行大修，結合料採用同一種柏油，洒佈後的鋪撒料採用海砂，並添加花崗岩及石灰岩的石屑。評定完工工程質量的資料沒有保存下來，但在 1925 年還可以在路面邊沿上找到少許表面處治的痕跡。

1912~1913 年莫斯科當地機關進行過一些試驗工作，但任何資料均未保留下。這些就是革命前俄羅斯使用有機結合料建築高級道路鋪砌層的經驗。

在外國武裝干涉及國內戰爭結束後，蘇聯就開始了和平建設時期。在這一段建設時期中，非常重視公路建築。與許多問題同時擺在工程師面前的一個任務，就是熟悉使用有機結合料來處治道路鋪砌層。在我國第一次組織了道路科學研究所。1925 年在雅爾塔~阿魯施特道路上劃出了試驗地段，用由頓巴斯工廠中得到的煤柏油作碎石路的表面處治。所用撒鋪材料為海礫石。試驗結果非常成功。①就在 1925 這一年，在莫斯科省的一條道路上用處治過的碎石修

① B. Д. 齊羅希恩, B. 索非雅諾普洛及 E. E. 梅士科甫斯卡雅, 在克里木修建和養護高級道路。《黑色道路》1929~1933 年的試驗和統計結果。中央道路科學研究所文集, 第 1 卷, 第 2 冊, 1934。

建了道路鋪砌層試驗段。①以柏油處治碎石的工作用手工進行。用過去保養很好及厚度足夠的老碎石路作為基層。第一次鋪撒處治過的碎石為 25~55 公厘，第二次鋪撒尺寸為 15~25 公厘的石渣，約為碎石數量的 15%。採用 5~12 公厘的礫石作為石屑。處治過的碎石及礫石壓實後再撒未處治過的尺寸為 5~8 公厘的細礫石，然後用 15 噸的重型壓路機壓實。柏油係由頓巴斯工廠中取得的柏油脂及煤瀝油份所製成，比例為 1:4、1:3 及 1:2.5。先將碎石加熱後用手工將其與柏油在熱鍋中進行拌合。雖然這種處治碎石的設備不完善，但是建成的試驗地段至 1928 年還處於令人滿意的狀態。1928 年由於交通量大大增加，在這條道路上用瀝青混凝土又修蓋了一層。

1925 年的工作結果使 1926 年在莫斯科省能够擴大試驗工作，並在黑海沿岸索赤區設置了新的試驗地段，作表面處治。

根據這些積累的資料，及試驗工作的經驗，在 1927 年開始大規模地採用有機結合料修建高級鋪砌層。例如：在黑海沿岸碎石路上作表面處治，進行長度達 22.75 公里，在克里木約為 7.5 公里。就在這一年在實踐中採用了貫入法，並且除柏油以外，還採用了石油瀝青。處治碎石使用特別設備。近年來採用瀝青及柏油修築道路鋪砌層的速度增長很快②。自 1928 年開始在道路建築的實踐中採用了地瀝青混凝土。採用地瀝青混凝土修築道路鋪砌層的經驗為一獨立的豐富的研究題材，在本書內容範圍以外。

採用液體瀝青用就地拌合方法處治土路的初步試驗是在 1928~1929 年；處治礫石路在 1930 年。廣泛採用這種方法處治道路鋪砌層係自 1938 年開始。

在莫斯科省採用國外樣品的乳化瀝青的初步試驗是在 1928 年。根據蘇聯工程師的方案所配製的乳化瀝青，自 1929 年起初在列寧格勒，後來在莫斯科開始採用。採用乳化瀝青施工自 1931 年開始，主要用來做表面處治和貫入碎石鋪砌層。與通機施工過程同時，蘇聯道路工作者自 1927 年無論是在採用有機結合料方面或研究有機結合料本身性質方面都開始進行有系統的研究工作。在第一個五年計劃時期，石油製造工廠精通了石油瀝青的配製法。石油瀝青的產量一年比一年增加。假如說在頭幾年內處治道路主要是採用煤柏油，那在現時不論柏油或石油瀝青都廣泛採用。我國築路機械的增產促進了廣泛採

① B. A. 科茲洛甫斯基，莫斯科省的黑色道路，道路科學研究所文集第 1 卷，第 2 冊，1934。

② 參看 B. A. 科茲洛甫斯基，B. Л. 齊維希恩等及 1934 年中央道路科學研究所文集的 A. A. 卡列爾塔所著的「黑色道路」論文。1929~1933 年實驗統計結果。第 2 卷，第 1 冊。

用以有機結合料處治道路的方法。目前在蘇聯出產着自己的多種多樣的機器作為用柏油及瀝青處治礦料之用，這些機器有設置於站上的，也有直接載於路上的。我國工廠中製造的結合料洒佈機、拌合機、鋪築機、壓路機及平地機等，可以保證用有機結合料修築道路鋪砌層時，使施工過程達到最大限度的機械化。工程師及道路工程工作者的隊伍——精通道路技術，熟悉材料準備手續及施工方法的幹部已經逐漸壯大起來了。

3 採用有機結合料的簡易式高級道路鋪砌層的分等

路面上層結構層，其礦料用瀝青及柏油處治過的，稱為用有機結合料處治的高級道路鋪砌層。路面整個上層的用途是直接承受通過或停留於路上的汽車載重將其傳達於下層，並可防止路面受大氣因素的作用，首先是免受水的作用。通常在路面分等時建議使用某一種基本特徵來做標準，例如：材料性質、施工方法或結構。但是依一種特徵常常不可能確切的分等。用結合料處治的道路鋪砌層的現行分等非常不確定，並不能代表出道路鋪砌層的特性及結構。現行分等的主要缺點是關於路面及鋪砌層的概念缺乏明確的劃分。

為能對用有機結合料處治的鋪砌層有正確的概念，如路面的結構層一樣，必須將其依兩種特徵來分等，即：1)鋪砌層是由什麼材料修建的；2)使用結合料用那種方法處治。總起來說，這兩種特徵即可充分說明鋪砌層結構的特性，因為處治層的厚度多半與處治方法有關。根據伊萬諾夫-克里維斯基路面強度理論各種式樣鋪砌層設計特點，是用形變模量說明其強度；形變模量的大小主要是決定於礦料性質及其處治方法，即作為鋪砌層分等基礎的特徵。

用有機結合料處治的簡易式高級鋪砌層依所採用的礦料種類不同可分為：碎石的、礫石的及土壤的；依施工方法有表面處治法、貫入法與半貫入法、路拌法與廠拌法。

採用何種方法來處治鋪砌層，首先要決定於道路的用途及整個路面現有的或假設的結構，現有的施工經費。

表面處治 表面處治的方法，即是在堅實平整的路面上洒佈一次或數次瀝青或柏油，每次洒佈後，再撒礦料並用壓路機初步壓實。通車後由於汽車運輸的繼續壓實及日光作用之下，結合料不可能滲入路面下層，而向上壓擠並逐漸均勻的黏住所撒礦料的顆粒，其結果即形成一層堅固的處治鋪砌層。視表面處治層的厚度如何而進行一次或兩次洒佈結合料，每次洒佈後，再撒以礦料並壓實。根據洒佈次數及所採用石料顆粒的大小，表面處治可分為單層及雙層。

如表面處治僅僅採用爲預防碎石路或高級道路鋪砌層之磨損及破壞，則此層表面處治作爲防護層。在此種情況下修建的表面處治，厚度通常不大於1~2公分，確定路面厚度時不將它計算在內。

表面處治如採用堅硬岩石的碎料（石渣，石屑）及整個路面有足够的厚度時，可以做成最堅實的鋪砌層。

貫入法 貫入法是這樣一種施工方法，即是將結合料分兩次或三次洒佈於已壓實的碎石或礫石中，此碎石或礫石間有很大空隙，洒佈結合料後，接着鋪撒較小顆粒的礦料並適當的壓實。貫入法工程與表面處治所不同的即是採用的石料顆粒較大，所用的結合料數量較多，特別是第一次洒佈時。還有一個原則性的不同，即用表面處治方法修築鋪砌層時，結合料的第一次洒佈在填滿並壓實的面層上進行，至於用貫入法則第一次洒佈是在空隙未填滿的大顆碎石或礫石鋪撒料上進行。事實上其施工操作方式比較類似修築碎石或礫石鋪砌層的施工操作方式，所不同的是將石料壓實過程中所用的水代以洒佈結合料。根據處治層的厚度確定所需碎石及每次洒佈所需結合料的數量。通常貫入法分爲：1)標準貫入或深貫入，當處治層厚度爲6.5~8.0公分時。2)簡易貫入（半貫入），當處治層厚度爲4~6公分時。

路拌法 用路拌法處治的鋪砌層是以礦料與有機結合料直接在路上用機械拌合的混合料來修築的。有時這種方法也叫做就地拌合法。

根據所用的機具，路拌法分爲：

- 1)用簡單築路機械拌合法；
- 2)用特殊機械拌合法。

此種區分在某些情況下是必需的，因爲用特殊機械拌合所鋪的鋪砌層，特別在修築初期時，由於可能採用黏結性較大的結合料，其強度可能大些。

廠拌法 用廠拌法處治鋪砌層是由有機結合料與礦料在專門固定的拌合廠設備中使用機械拌合來修築。依據石料與結合料拌合送達路上及鋪築與壓實時的溫度，可分爲：1)熱鋪，2)冷鋪。

以事先用結合料在拌合機中處治的材料所修建的簡易式高級鋪砌層，屬於熱鋪者有土壤混合料（土壤-地氈青，土壤-柏油）、砂及礫石地氈青及柏油混凝土的鋪砌層；屬於冷鋪者有黑色碎石、冷地氈青混凝土及冷柏油混凝土的鋪砌層。

除去上述主要施工方法外，還採用若干其他種方法。例如：其他種貫入法熟知的有「乾貫法」及「反貫法」。這些貫入法的施工特點敘述於後。用此兩種方

法所築的鋪砌層，在結構方面與用貫入法築成者本質上無甚差別，因此未將其獨立的給以分等。

對於用有機結合料處治的高級鋪砌層的正確分等，可以提供如後（見表 1）。

用有機結合料處治的鋪砌層，其形變模量為未經處治者的1.5~2倍；強度提高是因為採用結合料的關係，並未增加礦料用量，所以路面厚度也未增厚。因此，由技術經濟觀點來看，用有機結合料處治鋪砌層是完全合理的。

上述鋪砌層的使用質量視所用材料的性質，處治層的厚度及基層的強度而有不同。應該牢記道路鋪砌層無論改善的多好，假若基層不可靠，則鋪砌層

表 1

處治方法 礦料及 鋪砌層基本特點	表面處治		貫 入		路 拌		廠 拌	
	單層 表面 處治	雙層 表面 處治	深 貫 入	半 貫 入	用 平 地 機	用特 殊機 械	熱 混 合 料	黑 色 碎 石
碎石								
處治層厚度(公分).....	1.5~ 2.5	2.5~ 4.5	6.5~ 8.0	4.0~ 6.0	4.5~ 6.0	4.5~ 6.0	—	4.0~ 8.0
形變模量(公斤/平方公 分)①.....	—	2000	2000	2000	2000	2000	—	2000
交通量(輛/晝夜).....	600	1000	3000	1500	1200	1500	—	1500
礫石								
處治層厚度(公分).....	1.5~ 2.5	2.5~ 4.0	6.5~ 8.0	4.0~ 6.0	4.5~ 8.0	4.5~ 8.0	4.0~ 6.5	4.0~ 8.0
形變模量(公斤/平方公 分).....	—	1800	1800	1800	1800	1800	2000	2000
交通量(輛/晝夜).....	500	800	1500	1000	1000	1200	1500	1000
砂·土壤								
處治層厚度(公分).....	—	—	—	—	8.0	8.0	4.0~ 8.0	—
形變模量(公斤/平方公 分).....	—	—	—	—	1000	1200	2000	—
交通量(輛/晝夜).....	—	—	—	—	500	600	1000	—

① 各種鋪砌層形變模量數值根據 H.H. 伊萬諾夫教授及 A.M. 克里維斯基工程師的資料列入。

表面不可避免地會形成形變。其他條件相同時，基層越堅實平整，高級鋪砌層這一層可做得越薄。因此，選擇鋪砌層的类型首先要依道路等級所規定的整個路面的結構來決定。

行車容許速度、交通量、交通性質及使用期限決定着道路及鋪砌層的等級，因而是鋪砌層使用質量的主要指標。

關於鋪砌層使用質量的特點，A.K. 比魯里亞^①教授介紹了鋪砌層效能的概念。所謂鋪砌層的全部效能(B_1)，他認為是由道路付諸使用時起至需要大修時止所通過的車輛總重噸數；通過它的能引起形變積聚而減低行車速度低於設計速度的車輛噸數，他稱為效能(B_2)。由道路交付使用至大修時所經年數稱為道路使用期限(T_2)。所以鋪砌層的全部效能根據其使用期限，每晝夜平均交通量(B_0)及鋪砌層每年工作日數 n 而定：

$$B_1 = B_0 n T_2$$

求鋪砌層的效能時不僅應較正確的考慮運輸工具，同時還應考慮氣候因素，H.H. 伊萬諾夫及 M.Я. 傑列金教授在求鋪砌層修理期限時，在公式中已建議了這點，因為實際上往往可觀察到行車部分中間的鋪砌層破壞較重，而中間正是交通量少的地方。交通量較小的道路，用瀝青或柏油處治的鋪砌層在空氣溫度變換的影響下，便會不結實，耐水性較小，因此也不能持久。行車可以壓實鋪砌層，因而可以改善其性能。如其他條件均相同時，鋪砌層的耐久性視處治方法、完工質量、養護工作的組織及適時的完成修理工作而定。

高級鋪砌層的道路如能很好養護時，除道路的必要改建以外，不應有大修。適時地恢復磨損層不但可保護鋪砌層免受破壞，同時還可將其加強。

除上述鋪砌層的處治方法以外。在道路養護過程中，還可以用有機結合料來作為進行減塵的手段。在此種情況下，僅在現有鋪砌層的表面上洒佈液體結合料。

第二章 高級道路所用的有機結合料

處治道路鋪砌層所用有機結合料中最普遍的是石油瀝青和煤柏油。作為地方材料採用的有片岩瀝青、泥炭柏油、天然瀝青及某些瀝青岩石，在個別情況下也採用乳化瀝青。在築路材料教科書內可以找見關於有機結合料及其

^① A.K. 比魯里亞，汽車公路的養護，1945年。

取得之技術操作過程的詳細報道。除此以外，在1950年道路出版社還出版了專業論文：「路用石油瀝青」（B. B. 米哈依洛夫著）及「路用片岩瀝青」（C. И. 葛利凡得；M. A. 塞列依席克）。與此有關，本書中僅介紹了關於有機結合料最必需的知識，以便工程技術人員能選擇處治鋪砌層使用的結合料，同時能瞭解某種處治方法的優點。

1 有機結合料的用途及對其提出的一般要求

處治道路鋪砌層時有機結合料的基本用途是結合礦料的顆粒並填充其間的空隙，因而提高鋪砌層的整體性及強度。

按照用途，為處治道路鋪砌層所應用的有機結合料應滿足下列各項要求：

1. 瀝青及柏油應有黏滯度或稠度，能以薄層包覆於礦料表面，薄層的厚度及性質應保證礦料顆粒很好壓實及造成比較均勻、緊密及堅實的道路鋪砌層，能很好地抵抗汽車運輸、大氣及氣候等因素的影響。

2. 瀝青及柏油應能很好地浸潤礦料表面並能在乾及濕的情況下均能保持礦料表面堅固，即是它應能與礦料很好地黏結以便將顆粒結合為一整體。

3. 瀝青及柏油在時間及大氣因素的影響下不應突然改變其性質。

為滿足上述要求，在各種不同氣候條件下當使用各種不同礦料及各種不同使用要求時，應有各種不同性質的結合料。

整個施工過程視結合料的黏滯度而定。結合料的黏滯度實際上約制了修築高級道路鋪砌層的整個施工的技術操作過程。但是瀝青或柏油的黏滯度是不固定的。這些材料的黏滯度隨溫度的變化而改變。溫度低時瀝青及柏油變為固體，正常溫度時成為塑性狀態，而加熱時轉變成為液體。各種不同的結合料，有如我們以前所看到，有各種不同的塑性狀態的溫度範圍。

各種處治方法採用各種黏滯度的結合料。例如：做表面處治時為很好聯合礦料起見採用足夠黏滯度的瀝青與柏油，通常加熱至 $120\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。用路拌法處治時，使用平地機拌合結合料與礦料時不必將結合料加熱至高溫，因為瀝青或柏油在洒佈後溫度很快消失而接近於空氣溫度。此處所謂需要將結合料加熱只是為用適當的洒佈機洒佈時而言。

高黏滯度的結合料在夏季平均氣溫為 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 時處於塑性狀態，這種狀態下不能來處治石料。用就地拌合法處治礫石及土壤時特別應注意到必須使結合料能包覆每個礦料顆粒，否則，所修建的鋪砌層即不能有很好的耐水性，因而也不會有必要的強度。為能達到很好地包覆礦料顆粒起見，應採用液

體結合料。如用自動洒佈機盛裝結合料及使用泵來洒佈的時候，必須將液體結合料加熱至 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。在炎熱氣候地區，當在開口儲藏所中保存時結合料不必完全加熱，因為太陽的熱度即可將它們加熱到這樣的溫度。

礦料顆粒表面上結合料覆蓋層的厚度視結合料的黏滯度同時亦視其在混合料成份中的數量而定。結合料覆蓋層愈薄（至一定限度）結合礦料顆粒表面愈好。必須考慮到礦料顆粒多半表面不平，因而減少了顆粒表面的結合。為使此種顆粒很好結合起來，即需要稍多量的結合料。不僅礦料顆粒表面不平影響其最大結合性，同時顆粒的式樣也有關係。當兩個顆粒表面相黏結時，黏層的平均厚度決定於顆粒表面的不平整程度；這種不平整愈少，黏層的平均厚度愈小。如將很小的顆粒黏結成一整體時，由於顆粒間空隙多的關係黏層的平均厚度則較厚。

還不要忘記一個重要的情況，即是鋪砌層中有結合料能起作用於鋪砌層的載重分佈較好。假若鋪砌層中的空隙以結合料填充可結合成一整體就能使載重分佈較好。但是這必須要假定礦料顆粒直綫膨脹係數與結合料相同。事實上結合料的直綫膨脹係數較礦料高得多。當氣溫升高時，由於結合料體積增大，礦料間的空隙就增大，即發生顆粒間不結實現象，換言之，即減少了整體中的固相體積，因而也減少了礦料顆粒間直接黏結。當顆粒結合不結實時將不能很好地抵抗傳來的載重。因此在結合成的整體中必須要留有空隙，空隙的大小能使結合料體積膨脹時不致減少顆粒間的結實度。礦料顆粒表面的結合料表層過厚就減少了骨料的密度，因而減低了整體的強度。此外，當壓實時，黏着於顆粒表面過厚的結合料厚度減薄，同時未被分子表面力與表面很好黏着的一部份游離結合料就壓進空隙中去；假若這些空隙不够時，鋪砌層就變成塑性過大，在行車車輪作用下易於變形。結合料的黏滯度愈小，這個現象愈嚴重。

混合料是否適宜處治及製成鋪砌層的強度如何，均視礦料表面黏着結合料的情況是否良好而定。什麼決定礦料表面結合料黏着適宜，詳述於後。這裏必須注意到結合料黏着礦料表面情況愈好，拌合時所需的機械能是愈小。重要的是結合料不僅應很好地包裹於礦料表面而同時此黏膜應牢固附着於表面上。常常可以看到鋪砌層水飽和過剩時改變其密度現出膨脹的現象。膨脹現象首先是由於結合料黏膜與礦料表面無黏着性的原因。此種情況下水容易滲入於結合料與礦料之間，因而將結合料黏膜與礦料分離。這樣，鋪砌層壓實度即行破壞。這種膨脹的原因是在準備混合料時拌合不均勻，特別是礦料中含有黏土顆粒時更易發生這種現象。壓實度破壞及顆粒間過多的水份即使鋪砌層對載

重的抗力驟然降低而引起鋪砌層的形變。

礦料中有水份可能是結合料與礦料表面結合不好的原因。因此在乾燥鼓中加熱使礦料乾透能使結合料與礦料表面的結合有良好的影響。但是不能很好結合的原因常常是由於結合料與礦料間缺乏親和力。如往後將提到，選擇結合料不僅要根據技術操作過程的條件，同時要考慮到發生於礦料及結合料表面的物理化學過程。

上面敘述到，瀝青和柏油的黏滯度隨了溫度的變化是不固定的，此種材料性能由於溫度的變化是可以還原的；例如，各將瀝青和柏油加熱即由塑性狀態轉變為液體，但是當結合料冷卻時又恢復為塑性狀態。但是為了保持結合料的性能應嚴格確定結合料加熱的最大可能溫度。當加熱時間過長或結合料加熱到高溫度時，由於輕油份的揮發，由於加熱時發生的較有力的氧化過程及分子重合而使結合料發生了不能還原的變化。這些變化的結果就大大改變了結合料的黏滯度及其物理化學性質。但是不僅僅在加熱過程中瀝青及柏油改變其性質。由於與礦料的相互作用的結果，結合料中可能增加高分子化合物。例如：倍半氧化物（鋁及鐵）常常含於砂及土壤中，可以引起瀝青性質的很大變化，增加其脆性。由此不應該對礦料使用「無活性材料」的術語是很明顯的了。結合料的變化也發生於大氣因素影響下：如太陽光、空氣及水份。大氣因素影響的結果發生瀝青及柏油的氧化及份子重合現象，因此增加了這些材料的脆性，而且結合料受上述因素影響愈大，這種過程愈嚴重。結合料的最大變化通常發生於鋪砌層的上面一層。鋪砌層愈緊密，瀝青與柏油在大氣影響下所發生變化愈小。因此混合料所選擇的成份有最小數量的空隙並很好地壓實，不僅是提高鋪砌層強度的方法，同時也是防止結合料或鋪砌層本身老化的方法。

各種結合料性質改變的強度不同，性質改變愈小，結合料愈穩定。因此性質的穩定性是結合料的必要要求之一。

2 關於有機結合料物理化學性質的簡單說明 及對其提出的技術要求

固體及半固體石油瀝青 目前在道路工程中所採用的石油瀝青甚至於同一個標號嚴格說來都不完全是同樣產物，因為出瀝青的石油及石油的技術製造過程在蘇聯各工廠中可能非常不同。例如：在石油中含有某種硫氮化合物，像其他的化合物一樣，如氧化物及硫化物，影響到瀝青的物理化學性能。但是在道路瀝青的現行技術規範中由石油的化學性質來區分瀝青的性質及其加工

技術過程還未有很好的說明。這首先是因為研究組成瀝青的碳氫化合物的化學非常困難。雖然不論在蘇聯或國外許多大的科學研究機關都在從事研究石油碳氫化合物的工作，但在目前有許多問題尚未明確。

瀝青不是化學上的化合物，而是一種膠體組織，其成份中含有各種複雜的碳氫化合物及某些氧化、硫化及氮化物。因此在詳細研究時不研究瀝青的化學成份，通常將瀝青分組，確定其組的成份，每組瀝青在一定的溶劑中溶解性相同，或用一定的吸附劑確定其吸附性相同（Флоридин, 矽膠）。

各國目前對瀝青的成份大致分為下列各組：

- 1) 地瀝青酸及其酐；
- 2) 油份；
- 3) 樹脂；
- 4) 地瀝青質；
- 5) 碳瀝青；
- 6) 碳化物。

本書中未研究瀝青分組的方法；這些問題有專門書籍談及。此處僅必要指出有很多分組的方法，但是用一種方法分出的各組無論在質與量上與另一種方法所分出者就不完全相同。

根據石油的性質和它加工的方法可以得到各種成份不同的瀝青，此各種不同的瀝青能滿足對結合料提出的各種不同的要求。

地瀝青酸類及其酐是最大極性的，也是瀝青最表面活性的一部分。瀝青與礦料表面的粘結多半因為瀝青中含有它的原因。

油份 油份是一種溶劑，它本身具有較小的黏性。

樹脂——樹脂決定瀝青的黏性，——它的彈性，因而決定瀝青對延伸和壓縮的抗力。

地瀝青質是硬脆的物質，但有瀝青樹脂時即膨脹及溶解於油份中。

地瀝青質決定瀝青塑性狀態的限界及瀝青由固體變為液體的速度。瀝青中含地瀝青質越多，其軟化溫度愈高，因之，瀝青變為液體愈慢。

碳瀝青及碳化物僅在某些瀝青中含有且數量不多，一般不超過 2.5%。瀝青中含有碳瀝青及碳化物是因為石油產品在加工時受到高熱的原因。碳瀝青的性質接近於瀝青質，但與瀝青質不同者是它在苯油中不溶化。碳化物——是游離碳類的固體物質——在任何溶液中均不溶化。

根據瀝青的成份確定出瀝青的物理力學性質及物理化學性質。瀝青中油