

179

公路工程参考资料

第十輯

人民交通出版社

公路工程参考資料

(第十輯)

人民交通出版社

本輯內容主要包括以下幾部分：(1)有關黑色路面的施工和防止變形的經驗、水泥混凝土路面的表面損壞和修理問題的實驗研究、土壤綜合加固的實驗研究；(2)波蘭公路的技術標準；(3)對現行柔性路面設計方法的修改意見等。此外，還介紹了美國埃密特·勞爾森的有关橋渡冲刷的論文。

本書可供道路工作者、道路科研工作者及有關院校師生參考。

公 路 工 程 參 考 資 料

第 十 輯

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店北京發行所發行 全國新華書店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 廠 印 刷

*

1963年7月北京第一版 1963年7月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：5 $\frac{1}{2}$ 張 插頁2

全書：122,000字 印數：1—1,500冊

統一書號：15041·1474

定價(10)：0.76元

目 录

城市道路瀝青混凝土鋪砌层防止变形的經驗..... Г.К. 舒尼 2	
低温时冷鋪地瀝青混凝土混合料道路鋪砌层的 修建..... А.Н. 鮑立舒兴 12	
地瀝青材料結構形成的过程..... И.М. 鮑尔施奇 24	
已定性质地瀝青胶結料的制备問題..... В.М. 斯米尔諾夫 32	
用厂拌黑色砾石修筑瀝青混凝土基础封閉层 (第三层 瀝青混凝土) С.Т. 索赫藍斯基 43	
水泥混凝土鋪砌层的表面损坏和修理..... Л.И. 果烈茨基 51	
在水泥混凝土鋪砌层中对当地石料的运用..... Б.И. 庫尔斯科夫 56	
外国对公路上薄冰的处理方法 Г.В. 比亚洛勃席斯基、В.В. 亞庫宁 61	
土壤的綜合加固..... К.А. 克尼亞溫克、Ф.И. 哈采特、66 И.С. 巧鮑罗夫 斯卡姬	
砂中云母含量的測定及其容許值 関子超 73	
矿物混合料顆粒級配的快速选择..... В.П. 伏洛基科 83	
桥渡冲刷..... 埃密特·劳尔森 (美) 89	
修訂現行柔性路面設計方法的意見 (对基本公式 中几个問題的商榷) 林綉賢 126	
波兰的公路分級和技术要求 (譯自西德《桥与路》 月刊) 156	

城市道路瀝青混凝土鋪砌层 防止变形的經驗

技术科学副博士 Г.К. 舒尼

对道路車行道现状所进行的观察指出，道路瀝青混凝土鋪砌层，尤其是城市道路的瀝青混凝土鋪砌层，损坏得很快，甚至常常在交付使用后不到一年就需要加以修理。

在乌克兰的許多瀝青混凝土路面鋪砌层也不能例外，其特点是具有相当多的能降低路面耐久性的一些残余变形。

由于在包括基輔在内的各城市中，像瀝青混凝土这样高价的鋪砌层的过早损坏，乌克兰公用事业部曾經提出，必須对瀝青混凝土鋪砌层的使用情况进行研究，找出其损坏原因，并提出提高其品质的各项措施。这一任务，由基輔公路科学研究所经过多年的期間内进行了研究。

从1952年起，在原有的鋪砌层中的18个路段上以及建造的試驗路段上进行了观察和研究。当选择观察的路段时，是考虑了在城市中瀝青混凝土鋪砌层的工作特点的。

可惜的是，到目前为止，在我們的实际工作中的一些道路工作者們，常常把城市中的瀝青混凝土鋪砌层和非城市道路同样对待。这是不正确的，因为在城市中是有很多特点的，瀝青混凝土的工作条件是相当复杂的。它的特点有：

1) 城市的交通运输状况及其特点（常常在相当大的制动力作用下在同一地点停車）；

2)由于在城市条件下，透风性能較小，鋪砌层表面經常大量地受热；

3)在有地下交通綫之处，修理时必須开挖路面鋪砌层；

4)在与地下建筑物的观测孔和检查井毗連处，鋪砌层表面常常形成許多变形；

5)在电車軌道附近由于冲击而造成大量的损坏；

6)当清扫街道車行道时，扫除冰雪，破除冰块及清除街道上的淤泥和灰尘时，受到各种路用机械的影响；

7)路面常常具有相当大的纵坡度；

8)路面边缘受到特别是在雨季期內的高速水流，因而造成在路面两边附近的鋪砌层边缘被冲刷而形成蜂窝、坑槽和冲洗的空洞。

无疑地，上述的城市道路鋪砌层的工作特点，不能不引起大量的会降低路面耐久性的残余变形的出現。

在每处路段上，每年进行了4次观察（冬季、春季、夏季和秋季）。观察的内容在于测定变形的种类、特征、尺寸和数量，以及查明路段的总状况和气候条件。

每年开挖一次路面，并取出砂、土壤和鋪砌层試样。順便目測了路面上层与下层、下层与基础的結合情况，并对各路段的水文情况作出評价。瀝青混凝土块、砂及土壤試样均經過了室內試驗。每一处路段上的瀝青混凝土鋪砌层的表面变形及其发展动态，均繪制在变形的平面分布图上。

在观察过程中，查明了30种以上的能造成瀝青混凝土破坏的变形形式。

对瀝青混凝土來說，最具有代表性的常見的变形为裂縫和凸起，其次为断裂。

由观察分析可以认为，瀝青混凝土鋪砌层形成变形的原因

是大气、运输及土壤-水文等因素的影响。

以温度变动的方式出现的大气因素为：降雨、空气、日光辐射、风、蒸发等。

运输因素作用的表现形式为：磨损、冲击、垂直压力、切线作用、切向力（纵向及横向）、真空吸力以及沥青混凝土颗粒的滑动。

土壤-水文因素为：土基湿度、土壤沿路基深度而变动的温度变迁及土壤的风化作用等。

与此同时，还应当指出，大量破坏的原因，是由于对铺砌层的經營不能令人满意、沥青混凝土施工质量的监督作得不够，以及在沥青混凝土拌制过程中常常没有遵守规范等。

所进行的观察指出，大气因素、材料质量及其物理性质的变化常常是变形的主要原因。同时，所发生的材料性质的变化，常常是具有不可逆和向深度发展的特性。

至于汽车运输的影响，则只有当在其他因素作用下沥青混凝土铺砌层开始破坏时，或者是当汽车运输因素当与其他因素共同作用时，它才具有较大意义。否则，其影响是不很大的。

汽车运输作用不是破坏和磨损的原因，这是很有意味的，相反，它还会成为减少过早出现变形的因素，或者成为由于其他原因发生变形时减少变形程度的因素。这样，在具有大量交通的路段上出现的变形，常常比几乎不通行车辆的路段为少（甚至在冬季期内）。

在使用多年之后，铺砌层表面的显著特点，是出现大量的剥落、裂缝、蜂窝等，这就是说，出现了明显的“老化”征候。

应当预计到，汽车轮胎对沥青混凝土的组成能起着压平的作用，并且在和车行道上几乎没有汽车通行的地点比较起来，

它还减少了风化作用的表面。

由此可見，在不通行車輛的地点，老化作用的进行过程要强烈得多。

对瀝青混凝土鋪砌层現狀的观察結果指出，甚至在較短的时期里，鋪砌层表面也会发生很大的变化。一般地說，新鋪的瀝青混凝土鋪砌层在建成后的第一年內，尚不致出現变形；变形是在第2~3年內出現的，而在以后的年份里，鋪砌层的磨耗才大量地增加（在使用延度較高的瀝青的鋪砌层除外）。

每年中，以在冬-春季（二、三月）內出現的新的变形数量最多。在夏季，有些变形有某些消失，它又恢复到在秋季时的原有状态。

我們常常注意到溫度裂紋的特征及其发展动态。这些裂紋不是同时而是逐渐产生的，起初是从鋪砌层交付使用后2~3年內开始，以后才逐年有所增加。

这一情况說明了，这是因为当与瀝青粘性和塑性的降低有关的瀝青混凝土的老化过程发生的同时，也发生了残余变形的逐渐积累。

在瀝青用量較多的瀝青混凝土鋪砌层上几乎沒有裂縫形式的变形。由此可見，在其組成中瀝青是处于游离状态，并在冷却后凝結时因体积收縮所引起的附加应力較小，这是因为瀝青还没有完全与矿料粘着。

研究工作同时指出，除了鋪砌层表面状况发生变化外，瀝青混凝土的物理-力学性质也有所改变。

鋪砌层經過一段时期后，不論是在20°C时，或者特別是50°C时，瀝青混凝土的极限抗压强度都是在明显地逐渐增加的。由于 R_{50} 极限抗压强度的增大，比值 R_{20}/R_{50} 也有所降低。极限抗压强度的增大，主要是因为氧化聚合作用后瀝青稠

度增加，这就特别影响到 R_{50} 的强度值。

在大多数情况下，瀝青混凝土模制試件的飽水率指标有所增大，非模制試件則有所減低。由此可見，在模制的情況下，是由于結合料的性质和成分起了变化，而在非模制的情況下，則是由于汽車通行时瀝青混凝土的密度有所增加。

虽然，在瀝青組分对矿料表面較深的和較长时期的浸潤后，水稳定性系数这一指标是应当有显著增长的趋势的，但实际上 $R_{20}(\text{飽水})/R_{20}(\text{干})$ 指标几乎没有什么改变。非模制試件的容重有显著的增大。瀝青混凝土的級配成分变化不大，但发现 1~2、0.5~1、0.25~0.5 毫米的成分有所減少，而 0.15~0.25 毫米的成分的含量增加了。瀝青含量的变化不大，約在 0.7~0.8% 的范围内。

根据所进行的研究及对瀝青混凝土鋪砌层破坏原因的調查可以指出，能够耐久使用的瀝青混凝土应当具备着这样的一些性质：

- 1) 作为表現溫度稳定性、水稳定性及气候稳定性的大气稳定性；
- 2) 作为抗剪、抗拉、抗冲击、抗磨以及抗弯和抗压强度的綜合指标的力学强度；
- 3) 变形性能，就是不破坏其整体性及鋪砌层不致破坏时的变形能力；
- 4) 耐久性，就是在长时期內能保持其本身性质而不发生显著变化的能力。

与研究工作的同时，随着对試驗路面的检查，实现了一些改善瀝青混凝土鋪砌层质量的措施。

考虑到瀝青混凝土的主要变形是裂縫和凸起，研究工作就针对这类变形提出一些改善的措施。

我們早已查明了，溫度裂縫的形成條件，可以下列形式來表示：

$$P_n / P_t > P_c$$

式中： P_t ——低溫時所發生的應力；

P_n ——鋪砌層與基層之間的摩擦力；

P_c ——粘聚力。

這一關係式指出，較大的溫度裂縫的形成，是由於低溫時，在瀝青混凝土鋪砌層與基層之間存在着較大摩擦力的情況下，溫度應力值超過了瀝青混凝土的粘聚力。除此之外，還查明了瀝青混凝土的塑性是減少裂縫形成的主要因素。

增加瀝青混凝土的塑性就會降低其溫度差，同時也就減低了溫度應力。瀝青混凝土的塑性應當達到這樣的理想程度，即能夠承受住最大的溫度變化而不致破壞。換句話說，就是應當用提高瀝青混凝土的變形能力，來解決減少發生裂縫的問題。

由於以上原因，除標號為BH-II的瀝青外，還使用了標號為BH-II-V^①的瀝青。經驗指出了，使用改良標號的瀝青比起BH-II瀝青來，瀝青混凝土鋪砌層的狀況要好得多。

為了達到同樣的目的，以後採用過的措施是使用橡皮摻合料。由國外經驗得出結論，使用這種摻合料可以提高瀝青混凝土的彈性、變形能力和抗剪力，這就意味着可以減少其凸起現象的形成。

在國外，比較廣泛使用的摻合料是橡膠和橡皮，而且實際使用已達10年之久。在蘇聯，從事類似的研究工作的有：莫斯科公路學院技術科學副博士H.B.果烈雷舍夫及全蘇道路科學研究院在技術科學副博士A.H.雷茜海娜領導下的全體工作人

① 此處可能是將y誤印為v——譯者注。

員。

按照全苏道路科学研究院的安排，乌克兰的研究工作由基輔公路研究所和乌克兰公路及运输技术研究所（工程师C.B.叶果罗夫）来进行。曾經采用过的掺合料有：

- 1) 用除去內胎上的绳索后的汽車輪胎外壳磨細的橡皮粉；
- 2) 在进行輪胎大修时（把新旧輪胎粘合），用粗刷子把旧輪胎加以刷光时所获得的小于2毫米的橡皮屑。

在采用之前，曾經按規定的方法对瀝青与橡皮掺合料的合成，以及在各种溫度下掺合料对瀝青物理性质的改变，进行了多次試驗。

把上述材料与瀝青混合，并在 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ 时加热3~4小时后，瀝青与橡皮掺合料合成得較好。混合的仔細程度及其持續時間，常常具有重要的意义。增加橡皮粉屑的分散度，两种材料的合成也会随着改善。把橡皮磨細到粉末状态，能够保証得到良好的效果。在瀝青与橡皮废料粉屑的混合过程中，由于在軟化剂即瀝青的作用下产生了橡皮分子的“分离”現象，出現了橡皮分子的膨胀。

用四氯化碳和苯作稀释剂，并在冷的状态下与瀝青混合，能够促成橡皮的大量膨胀，但不能使它溶解。

瀝青与橡皮分子間的較好的合成方法，是把橡皮-瀝青混合料与大量的以瑪蒂脂（按橡皮与瀝青为1：4的比例）形式的橡皮濃縮物加以預先拌和，随后把这种濃縮物掺入到所使用的瀝青的鹼性胶浆中去。

正如我們在觀察中所指出的，借助于特殊的輥筒，即在制造再生橡皮的生产中所使用的“輥式精碎机”輥筒，把瀝青与橡皮混合料用机械方法加以合成，这样可以得到最好的結果。

試驗工作指出了，在掺入橡皮废料后，瀝青軟化点可以提

高 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，針入度有所降低，而 25°C 時的延伸度降低三倍以上，但是，在低溫時比起不摻橡皮的瀝青來，它的延伸度是大大提高了。

當使用汽車輪胎磨細的橡皮粉時，獲得了更好的指標。

專門試驗用的瀝青混凝土試件，在冰凍室中的抗凍性能是良好的。採用摻橡皮瀝青，能改善瀝青混凝土混合料的變形能力及其工作和易性。摻入橡皮廢料後，無論是 20°C 時或者特別是 50°C 時，抗壓強度都有所提高，只是變化的程度一般不很大。

根據試驗研究，曾經鋪筑了225米的試驗路面，其結構為在碎石基礎上的 $4\sim 5$ 厘米單層細粒瀝青混凝土。瀝青混凝土混合料是在Д-152拌和機內拌制的。拌制混合料和礦料的工藝全線都保持一樣。

為了得到由舊輪胎組成的橡皮屑，將輪胎外殼切成 $8\sim 10$ 厘米的小塊，並放在“輥式精碎機”輥筒中進行粉磨。粉磨後在2毫米孔徑的篩上過篩，同時把輪胎內的繩索除去。反復的粉磨工作是用特殊的磨機（“Унимакс”）來完成的。拌制橡皮-瀝青混合物，是用普通的化油鍋來進行的：最初是在鍋內裝滿加熱到 170°C 的瀝青，接着把按一定配量的橡皮屑在仔細拌和的條件下，每次小量的分批摻入到混合物中去。此後，在仔細拌和的情況下，把摻入橡皮屑以後的混合料加熱，並在 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$ 的溫度下保持 $2\sim 3$ 小時，最後，再把橡皮瀝青混合料移入到拌和機的進料槽內。曾經出現過有些橡皮屑有沉淀現象。這一工作常常採用一種裝置在鏟式拌和機上的鍋爐來拌制，這是由於用它能得到較好的效果。

雖然經過較長時期的運輸，瀝青混凝土混合料還沒有出現過分離現象。混合料的顯著特點，是它的工作和易性極其良好

并便于压实（初輾用5吨，以后用10吨压路机）。

为了把掺橡皮瀝青混凝土的生产工艺加以进一步发展，拟制了在瀝青混凝土拌和厂內的拌制橡皮瀝青混合料車間的設計草图。

为了預防溫度裂縫的发生，曾經以試驗的方式采用过寬达2.5厘米并用瀝青或瀝青瑪蒂脂填充的溫度縫，縫与縫之間的距离按下式計算：

$$B = \frac{\sigma_c h}{100K}$$

式中： σ_c ——极限抗拉强度（公斤/平方厘米）；

h ——鋪砌层厚度（厘米）；

K ——鋪砌层与基层完全粘着时的单位应力（公斤/平方厘米）。

縫与縫之間的平均距离，可以采用10~15米。

考虑到形成凸起的主要原因，是瀝青混凝土的挤动作用，这主要是由于其塑性高、热稳定性不良、鋪砌层与基层之間的粘結力不够，以及在交通运输作用下的切向力作用等。为了防止发生这些現象，采取了一些措施。

最初采取的措施之一，是在有較大纵坡的路段及在公共汽車和无軌电車停車站上，使用含有較多的大于15毫米的顆粒成分（达35%），并使用了瀝青含量較少的細粒瀝青混凝土。曾經在这种瀝青混凝土鋪在基輔大街具有纵坡为9%及无軌电車行車很密的路段之一，对上述措施的适用性进行过試驗：經過交付使用4年后，沒有出現过任何凸起、挤动和波浪現象。

为了同一目的，在无軌电車停車站上使用过加鋼筋瀝青混凝土，它由固定在下层的金属箍上的間距为15×15厘米的鋼絲网所組成。鋼絲网的分格按2×4米和2×1米两种尺寸鋪

裝。為制备鋼絲網使用了直徑為5毫米的舊鋼筋。

應當指出，在烏克蘭的許多城市中，常常用黃土來作為礦粉。這種黃土是一種廉價的地方材料，但由於採用它會降低瀝青混凝土的熱穩定性和水穩定性，因而常常是令人耽心的。曾經於1953年鋪筑了三段用不同礦粉（用黃土、石灰石粉及由8%的黃土和9%的石灰石粉組成的混合礦粉）而其組成成分相同的瀝青混凝土試驗路面。通車4年來的觀察指出了，其中以使用混合礦粉的路段的使用情況最好（出現的變形為數最少）。研究所所擔任的工作，現在還沒有結束，目前仍在繼續進行中。在今後的研究工作中，應當當作首要任務的，是如何提高瀝青混凝土的各種強度及其耐久性，以及在考慮到城市道路的工作特點和氣候條件的情況下，來着手制訂城市道路瀝青混凝土鋪砌層的技术規範。

（高第集譯自《莫斯科公路學院學報》第23期）

低温时冷鋪地瀝青混凝土混合料 道路鋪砌层的修建

工程师 A.H. 鮑立舒兴

在我国国民經济各部門已消除了工作季节性。这就可以完全的与均衡地来利用机械化工具、运输工具和劳动力。

增加施工季节的持續時間，能使資源的年需要量均匀，减少杂費，能使熟练工人的名額更为固定。但在修建公路結構物时，修建高級路面的主要工作到目前为止只能在夏季的月份进行。因此，道路工作者就遇到很困难的和不方便的季节性工作。

近年来，地瀝青混凝土鋪砌层在我国得到了最广泛普遍的应用。在大陆性气候急剧的烏拉尔及与它相类似的其它气候区域，鋪砌层多半是用冷鋪地瀝青混凝土混合料来修建的。

按照1955年国家建筑委员会出版的建筑标准与规范，规定冷地瀝青混凝土混合料的鋪筑在气温不低於 $+10^{\circ}\text{C}$ 时进行，而且这一工作应该在建筑区域多雨寒冷季节开始前一个月或一个半月結束；禁止在下雨时，以及在冰冻地基上鋪筑地瀝青混凝土。

在烏拉尔和西伯利亚西部条件下，当严格遵守以上所述规定时，冷地瀝青混凝土混合料的鋪筑只能限制在一年的65天至80天内进行。

在这样的情况下，保証地瀝青混凝土道路鋪砌层与人行道

更迅速使用的最重要条件之一，就是延长施工季节，这一工作可以在低气温（低于 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ）的春季与秋季进行。

为了判明温度低于 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 时，修建冷铺地沥青混凝土道路铺砌层在技术上的可能性，公用事业研究院烏拉尔科学研究所于1955~1956年进行了专门的研究。基本上，他们是按两类矿质材料来进行的：石棉工业废屑（斯維尔德洛夫斯克州的石棉）和轧碎石灰石（契利亚宾斯克州的图尔哥楊斯克产地）。

完成这项研究工作的，除作者外，工程师 M.Г. 馬霍凌 和技术員 K.A. 腊斯科伐洛夫也参加了这一工作。

在烏拉尔城市道路建筑的实践中，冷铺地沥青混凝土混合料的道路铺砌层和人行道在多数情况下是在晚秋甚至是在冬季开始时修建的。铺筑时的空气温度达到 $-9 \sim -12^{\circ}\text{C}$ ，而在个别情况下达到 $-18 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 。

在斯維尔德洛夫斯克、契利亚宾斯克、下塔吉尔和秋明我們取了在低温时建筑的冷铺地沥青混凝土铺砌层的40个以上最有代表性的路段和人行道进行了观察。

由在这些路段进行了四年的观察和自铺砌层取試件（切割体）对地沥青混凝土质量的研究，可以作出下列結論：

1) 在低温时修建的，且处于长期使用的（6~10年或以上）冷铺地沥青混凝土城市道路铺砌层的路段状况与在夏季修建的路段状况是不同的；

2) 在负温度修建的地沥青混凝土铺砌层的使用期限与气温在 10°C 以上修建的处于类似使用条件下的地沥青混凝土铺砌层相比较并没有降低；

3) 在低温修建的铺砌层没有在秋-冬季摊铺的混合料所引起的特征变形；

4) 在絕大多数情况下，尽管铺砌层的使用期限小（有小到

10个月的)和在不利季节成型的,但未重新制模和重新制模試件的物理-力学性质完全滿足技术规范。

冷地瀝青混凝土物理-力学性质的变化决定于它的压实程度。在技术文献中还没有关于冷鋪地瀝青混凝土的性质变化决定于它的压实程度的知識。但是,这样的資料是为研究地瀝青混凝土鋪砌层成型过程及証明低温时修建地瀝青混凝土鋪砌层在技术上的可能性所必須知道的。

为了上述目的,对地瀝青混凝土物理-技术性质指标的变化决定于它的压实程度和在不利条件下(当多次冻结和融化)冷地瀝青混凝土物理-力学性质随时间的变化进行了研究。

这个研究是用有同一种顆粒組成的混合料,当瀝青粘滞度为80和150秒时,制备成各种压实程度(50、100、200、300、400公斤/平方厘米)的两組試件来进行的。然后,試件經受标准試驗。

由这些研究所得之結果可作出下列結論:

1)尽管在水压机上的压实程度小(由計算每平方厘米只有50公斤),但是地瀝青混凝土試件的抗压强度极限仍然超过了冷鋪地瀝青混凝土技术规范所规定的范围;

2)在压实的开始阶段(荷載間隔从50到200公斤/平方厘米),地瀝青混凝土的强度极限增长得較剧烈;

3)在荷載由50~100公斤/平方厘米范围内,地瀝青混凝土的容重剧烈地变化;

4)在这一荷載間隔内地瀝青混凝土的飽水率和膨胀率急剧地降低;

5)当在压力机上用100公斤/平方厘米荷載压实試件时,地瀝青混凝土物理-力学性质指标能滿足現行技术规范的要求。

在斯維尔德洛夫斯克修建的試驗路段曾証明,甚至在冬季