

全国公路沥青路面养护技术培训班讲义

# 道路养护专题

中怡企业发展有限公司

中国公路学会

2004. 8. 3-7 厦门

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

### Abstract 概论

Observing asphalt paving operations and later during site inspections over the last three years in China has revealed that compaction of the mat leaves a lot to be desired in providing a well-built asphalt pavement. Correctly compacted asphalt pavement will have the appropriate density and void ratio to minimize water and air penetration as well as inhibit rutting. Furthermore rolling will leave a smooth finish, which will enhance the ride of vehicles traveling over the pavement. Knowing how to compact asphalt pavement correctly requires knowledgeable operators and supervisors who can correctly identify problems and take corrective action.

过去三年以来，我们在中国观察了铺设沥青路面的操作情况，经压实的路面上留下了许多碾压的痕迹。为确保沥青路面压实的质量，应保持路面有一定的密实度，并保留一定的孔隙比以减少渗水、空气渗透以及车辙的控制。此外碾压后应保持路面平滑，提高车辆行驶的安全系数。正确的沥青路面碾压要求有经验的压路机操作员和检查员一起解决出现的问题，并采用适当的程序。


# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

### Introduction 介绍

The criteria usually used for acceptance sampling are determined according to the following tests:  
 进料抽样试验的标准是按照以下试验来进行的:

Criteria 标准	Test Method 试验方法	Test Protocol 试验规范			Comments 备注
		China 中国 标准	ASTM 美国 标准	AASHTO 美国 标准	
Density 密度	Core 芯样试验	T 0707	D 1188	T 275	
	Nuclear 原子试验		D 2950		
Air Voids 孔隙比	Core 芯样试验	T 0707	D 3203	T 269	
Smoothness 平整度	California Profilograph 轮廓曲线仪				
Appearance 外表	Visual 视觉	Visual 视觉			Segregation 离析
					Waves 波纹
					Hairline cracks 细小裂缝
					Improper matching of joints 接缝处 理不当
					Roller Remarks 碾压痕

If the paving contractor is to achieve the desired density and void ratio and provide a smooth running surface, he must have skilled operators who can recognize the appropriate temperature range for the operation of the roller in the initial or breakdown mode and then get off the mat and wait for the mat to have cooled, then finish the rolling to provide a smooth traveling surface for vehicles.

如果铺路的施工方要达到预期的密度和空隙比，并确保路面的平整度和连续性，他就应该有熟练的操作员，在压路机进行初压阶段或停顿状态时掌握合适的温度，以减少碾压痕，当碾压的部分温度冷却时再进行碾压，使路面平整光滑。

Segregation of the bitumen and aggregate during transport from the asphalt mixing plant also continues to be a significant problem, although steps to overcome this problem have been recently made, through the addition of a re-mixing car in front of the paving machine. However putting this problem aside, the basic job of the roller is to achieve the desired compaction and provide a smooth surface.

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

在沥青混合料从拌合厂运输的过程中经常出现的问题就是沥青与集料的离析。尽管对这个问题现在通过在摊铺机前面增加一辆二次拌合车而有了解决的步骤，但压路机最根本的目的是完成适当的碾压并提供一个平滑的表面。

The amount of voids in an asphalt mixture is probably the single most important factor that affects performance throughout the life of an asphalt

(1,2) pavement. The voids are primarily controlled by asphalt content, compactive effort during construction, and additional compaction under traffic. The density requirements and the methods of measuring density vary considerably from province to province. Most provinces compact samples in the laboratory during mix design and during construction and use that density as the target density. How much density should be specified and obtained during construction to insure good performance. The two primary methods that have been used to measure density include measurement of bulk density of cores taken from the in-place pavement and use of a nuclear gauge to measure the in-place density.

Most engineers agree that measuring density with a nuclear gauge is not as accurate as measuring the density of cores, Many provinces use the nuclear gauge for developing rolling patterns but specify that cores be taken and measured for acceptance or rejection of the in-place mix.

沥青混合料空隙量是影响一条沥青路面（1，2）使用寿命最重要的因素。空隙比与沥青含量、施工时的碾压效果、以及通车的碾压有关。中国各省对密度的要求与测量密度的方法不尽相同，在混合料配比设计时，多数是采用在实验室对样品压实的方法；施工时按照试验的密度值作为参照。采用多大的密度，在施工中是保证质量的前提条件。

目前主要有两种测量密度的方法，包括用核子密度仪测量现场路面所取芯样的毛体积密度。大部分工程师都认为用核子仪测量密度没有直接测量芯样密度精确，许多省份在碾压方式特别是现场混合料配比设计时，都用核子仪进行测量并确认混合料的合适配比。

### Desired Density 密度设计

The voids in an asphalt mixture are directly related to density; thus, density must be closely controlled to insure that the voids stay within an acceptable range. There has been much work that has shown that the initial in-place voids should be no more than approximately 8 percent and the in-place voids should never fall below approximately 3 percent during the life of the pavement. High voids lead to permeability of water and air resulting in water damage, oxidation, raveling, and cracking. Low voids lead to rutting and shoving of the asphalt mixture.

沥青混合料的孔隙与密度直接相关；那么密度就必须保持在一定的允许范围。大量的实践证明了现场的初始孔隙比不能大于 8%，在沥青路面的使用期间，空隙比不能小于约 3%。孔隙比过大，则透水性大，加上空气的作用而引起路面损坏、氧化、松散、产生裂缝。孔隙比过低，会导致沥青混合料形成车辙并结块。

In a study for the State of Arkansas, USA (2), it showed that asphalt mixtures should be designed and constructed so that the in-place air voids stay above 2.5 percent. As long as the voids are above 2.5 percent, he showed the expected rut depth would be no greater than 8mm. This study was based on tests conducted on asphalt samples obtained from in-place pavements. The rut depth reported was actual measurements on these pavements.

在美国阿肯色州（2）的路面研究中发现，沥青混合料的设计和施工应使孔隙比保持在 2.5%以上。超过 2.5%时，预期的车辙深度就不会大于 8mm。此项研究是从现场的沥青路面取芯样后的试验结果，车辙的深度数据也是在相同的路面上测量的。

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

In a study of rutting of asphalt pavements (3), it showed that significant rutting was likely to occur once the in-place voids reached approximately 3 percent. When a suitable aggregate was used and the voids stayed above 3 percent, rutting was normally not a problem. Some of the projects evaluated showed significant rutting while the in-place voids were well above 3 percent. It was speculated that one explanation for this was that the voids decreased to an unacceptable level at which time rutting began. Once rutting began, the integrity of the mix was lost and the voids increased. For these mixes, it was generally found that recompacting the mixtures in the laboratory with standard compactive effort produced low voids which helped to explain why the rutting occurred.

在对沥青路面车辙的研究(3)中发现,当孔隙比低于3%时,车辙就很明显的出现了;当使用合适的混合料,孔隙比保持在3%以上时车辙的效果就很好。一些工程中估计孔隙比在3%以上时容易出现明显车辙,据说理由是孔隙减少到一定程度时车辙就再次出现了,那么混合料的完整性也被破坏因而孔隙又增加了。对于这些说法,后来发现在实验室用标准碾压力对混合料再次碾压时,孔隙减少因而可以解释为什么出现车辙。

In a study of asphalt mixtures in Canada(4), looked at a number of causes of rutting. It was determined from this study that one of the primary causes of rutting was low voids (below 3 percent) in the asphalt mixtures. In another study it showed that asphalt mixtures become permeable to water at approximately 8 percent air voids.

As long as the voids were below 8 percent in the ten projects studied, permeability was not a problem, but the permeability increased quickly as the void level increased above 8 percent.

In a study of segregated mixes (6) showed that the asphalt mixes in that study were impermeable to water as long as the air void content was below approximately 8 percent. The permeability increased rapidly as the void content increased above 8 percent.

Other researchers (7) showed that the retained penetration of asphalt cement is affected by the air voids in the asphalt pavement. The loss in asphalt penetration is greatly increased for air voids significantly

greater than eight percent. Asphalt mixes must be constructed with low air voids (below 8 percent) to prevent rapid oxidation leading to cracking and raveling of the asphalt mixtures.

在加拿大沥青混合料的研究中,专门研究了引起车辙的原因,其中一个主要原因就是沥青混合料孔隙比低于3%时就产生车辙,当孔隙比为8%时沥青混合料渗水性就很高;通过对10项工程的研究发现,孔隙比低于8%时渗水性就达到标准,一旦高于8%,则渗水系数也随之加大。在混合料的研究中(6)也发现,当孔隙比低于8%时,沥青混合料不渗水;孔隙比高于8%时,渗水性就迅速增加。

其他研究也表明(7),沥青混凝土路面的渗透性受到孔隙比的作用和影响,特别是在孔隙比高于8%时,沥青路面的渗水性就迅速增加,因此在铺设沥青路面时,应保持孔隙比低于8%,以防止沥青混合料的加速氧化产生裂缝和结构的松散。

From these previous studies, it is apparent that asphalt mixes must be constructed with an initial air void content below approximately 8 percent and the final air void content after traffic above approximately 3 percent.

The initial air void content is determined by comparing the in-place bulk density to the theoretical maximum density for the mix being evaluated. The final in-place air voids are estimated based on the mix design and field quality control testing. The voids obtained during the mix design and

laboratory compaction of samples during construction is an estimate of the in-place voids after traffic.

The number of blows with the Marshall hammer were initially selected to provide voids in laboratory compacted samples equal to the measured voids after traffic (8). Hence, the voids determined from laboratory compacted samples is an estimate of the final in-place voids.

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

从以上发现我们就可以得出结论，沥青混合料的施工过程中，应保持最初的孔隙比低于约 8%，通车后的孔隙比高于约 3%。而最初的孔隙比是由现场毛体积密度与混合料估算的理论密度最大值对比来确认的。通车后的现场孔隙比是由混合料配比设计得出的孔隙比，以及施工时对样品在实验室的碾压而确定的。通过马歇尔击实锤试验得出的流动值可作为实验室碾压实验初始孔隙比的数值，与通车后孔隙比测量的数值相同 (8)。因此，实验室碾压试验的空隙比就是现场空隙比的估算数值。

### Density Specified as a Percent of Laboratory Density

#### 实验室密度百分比作为密度要求

One method that has been used to specify density is to require that the in-place material be compacted to some percentage of the laboratory density. The standard laboratory density is specified as 50 or 75 blows with the Marshall hammer. In recent years most provinces have required 75 blows for high volume roads. Typically specifications will require at least 95 percent of laboratory density in some cases to as much as at least 98 percent in others. Some specifications do not allow mixes to be compacted to a density greater than 100 percent of laboratory density. When mixes which are designed to have 4 percent voids and are compacted to a density greater than 100 percent, premature rutting is likely to occur.

测量密度的一个方法要求现场材料碾压达到一定的实验室密度百分比，实验室密度标准是马歇尔流动值，即 50 或 75。近年来，中国许多地方对交通量大的公路要求的流动值为 75。实验规范对实验室密度的要求为至少 95%，或要求为 98%。还有一些规范要求实验室混合料压实密度达到 100%。当混合料配比为 4% 的空隙比，经过大于 100% 的压实后，车辙就会过早的出现。

Several items are important for this method of specification to work effectively. First of all samples of the mix produced during construction have to be compacted in the laboratory to establish a reference density and to determine the air voids in the mix at reference density. If the air voids are not satisfactory in the laboratory compacted samples during construction, then the mix must be adjusted so that acceptable air voids are obtained.

Most often the adjustment simply involves a modification in the asphalt content. The density produced during the mix design should not be used as the reference density since the laboratory properties will be somewhat different from test results on plant produced materials. Sometimes aggregates break down during mix production, creating an increase in dust, thus altering the properties of the compacted asphalt mixture.

要符合实验室密度要求，提高工作效率有几个重要之处需注意：首先是施工期间所有混合料的样品在实验室压实时应设计一个与混合料孔隙比匹配的参考密度，若样品经压实后的孔隙比达不到要求，则混合料就要做相应调整以达到合适的孔隙比。

通常来说，对混合料的调整与沥青含量有关。在混合料配比设计时估算的密度不能作为参照密度，因为在工厂生产材料与实验室的材料试验结果有一定区别。在材料拌合阶段有时会出现停顿而引起灰尘，从而沥青混合料压实时会有所改变。

The density produced with a manual hammer has been shown to correlate with density in the field after traffic (8). Hence any other type of compaction (mechanical or otherwise) must be calibrated to produce a density equal to that obtained with the hand hammer or better yet should be calibrated to produce a density equal to that obtained in the field after traffic. The procedures specified in ASTM D 1559 and ASHTO T245 for the Marshall test require that the manual hammer be used or the method used should be calibrated with the manual hammer.

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

Density data from eight projects shows that the in-place density (80th percentile) after traffic is 35 kilograms per cubic metre higher than that obtained in the mix design. There are likely two reasons for this higher density after traffic. First of all the mix likely changed some during production to increase the laboratory density. Secondly it is likely that the laboratory compaction effort was insufficient and thus should be increased to be more representative of traffic. It also noted that the density of the mixes recompacted with the manual hammer compare closely to the in-place density. This data emphasis the need to compact samples in the laboratory during construction to verify voids in the mixture and it verifies the need to use correct laboratory compactive effort.

用马歇尔手工击实锤压实的密度结果与道路通车后的现场密度相类似(8)。因此用其它压实方式(机械或其它)时应校准到与手工锤试验时相同的密度,或者校准到与通车后现场密度相同的密度。马歇尔试验规范在 ASTM D 1559 和 ASHTO T245 中也要求使用手工锤或类似手工锤的方式压实。从 6 项工程的密度结果显示,通车后的现场密度(80 个百分点)为 35Kg/m<sup>3</sup>,略高于混合料设计时的密度值。通车后的密度值稍高有两个原因:其一是拌合过程中混合料有可能改变而增加了实验室的密度值;其二是实验室的压实不充分而改变密度值。工程资料也显示用手工锤再次压实后的混合料密度与现场混合料密度更接近,同时还强调了施工期间在实验室的压实试验是为了验证混合料的孔隙比,而且在试验时要选用合适的压实力度。

Suppose a mix is designed to provide 4 percent voids and is specified to be compacted to at least 95 percent of laboratory density. This specification will result in up to 9 percent voids immediately after compaction and should result in approximately 4 percent voids after several years of traffic. The initial voids (9 percent) may be a little high with this specification, however, the final voids (4 percent) should be acceptable. The high initial voids may result in increased oxidation causing more cracking and raveling if significant traffic to provide further compaction. If this mix is subjected to a high volume of traffic, then a small rut (5 percent of layer thickness, eg. 2.5 mm for 50 mm layer) will result after additional channelized compaction under traffic increases the density from 95 percent to 100 percent of laboratory density.

If a mix is designed to have 4 percent air voids and is compacted to a density greater than 100 percent, immediate failure due to rutting is likely.

If the laboratory compactive effort is satisfactory, then past experience has shown that it is not practical for the contractor to compact the mix to a density greater than 100 percent. Hence, any project which continually approaches or exceeds 100 percent of laboratory density is likely the result of low laboratory density not excessive compaction in the field.

现在假设混合料设计为 4% 的孔隙比,实验室密度要求为至少 95%,则压实后孔隙比结果立刻上升到 9%,通车几年后孔隙比才下降为 4%。按照此要求得出的初始孔隙比(9%)也许有点高,但最后的孔隙比(4%)是符合要求的。如果路面交通量较大,初始孔隙比过高会加速氧化和产生裂缝,以及路面结构松散。如果这种混合料是为交通量大的公路设计的,则会因为车辆的不断碾压,使实验室密度从 95% 增加到 100%,从而在沥青路面产生一道车辙的沟槽(5% 的层厚度,若为 50mm 层面,则为 2.5mm)。

若混合料设计为 4% 的孔隙比,实验室密度要求大于 100%,则不符合车辙设计要求。即使实验时压实符合要求,以往的经验也证明了施工时压实到 100% 以上是不可行的。因此,密度要求大于 100% 的试验结果是,实验室密度值低,而现场不要求过分碾压。

This method of specifying compaction will result in good performance of properly designed mixes if 1) laboratory samples are compacted during construction to establish reference density, 2) correct laboratory techniques are used, and 3) minimum compaction requirement is set to insure that in-place air voids after compaction do not exceed approximately 8 percent.

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

这个方法说明了合适的混合料配比设计与压实效果密切相关，首先在施工时实验室样品的压实应建立一个参照的密度值，第二是选用正确的试验方式，第三是压实的最小值可确认压实后现场的孔隙比不大于越8%。

### Measurement of Density – Core Method 密度测量- 取芯法

The core method of measuring density is the referee procedure for density measurement and is the standard to which other methods (nuclear) are compared. This method does require a significant amount of time since the pavement has to cool before cores can be taken and the cores must be air dried to obtain dry weight. In most cases the density results using the core method are obtained the day following construction.

The method most often used to obtain core samples is to randomly locate samples and to cut the core full depth and saw or otherwise separate the layers being tested from the remaining material. This should be the most accurate method of evaluating the overall density of the pavement and the least disruptive to the paving operation.

用芯样测试密度的方法是密度测量的主要方法，也是与其它方法（核子仪）对比的标准。此方法要求铺设的沥青路面冷却一定时间再取芯样，而且芯样需放置风干以获取干重。多数情况都是在施工第二天后用取芯法测试密度的结果，通常是随机抽取芯样并切割至一定深度，用切下的部分层面进行试验。此方法是计算沥青路面密度最精确的方法，而且对路面操作的破坏影响是最小的。

A problem that sometimes occurs in measuring the bulk density of a core is failure to allow the core time to dry before obtaining the dry weight. The core should be allowed to air dry prior to measuring density. Drying in an oven at an elevated temperature may result in distortion of the core and, hence, result in an error in density measurement. Measuring density of a core that is not completely dry will result in an erroneously high density value.

The variability of density test results was less when measured with cores than when measured with a nuclear device(9). They looked at three nuclear gauges on two construction projects and found that there was a statistically significant difference in the average density when measured with cores and nuclear gauges.

需要注意的一个问题是应确认芯样干燥后再取干重数据，从而测量出毛体积密度。通过在烤箱升温的方式来加速芯样干燥，会导致芯样变形而影响密度测试结果；若测试未完全干燥的芯样，又会错误的得到密度值偏高的数据。

与核子仪试验（9）相对比，取芯法得出的一系列试验结果更接近。在两项工程中的试验结果发现，用取芯法和用核子仪法得出的密度平均值差别很大。

### Measurement of Density – Nuclear Gauges 密度测量- 核子仪

Nuclear gauges have been used for a number of years to measure the bulk density of asphalt mixtures. This technique has several advantages in that the method is rapid and non-destructive. Most density measurements on asphalt mix have been done in the backscatter mode. In this method, the gauge is set on top of the pavement and a reading is taken that represents the average density, that may be representative of the top 150 mm of material, but the layer being evaluated may only be 50 mm thick. Part of the error is removed by calibrating the nuclear gauge to provide the same density as



# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

that provided by cores. Errors still exist due to variations in layer thickness and variations in density in the underlying layers.

核子仪也是用于测试沥青混合料毛体积密度的方法之一，此仪器的优点是测试快速无破坏性。大部分密度测试的方法都是通过反向散射的方式，而核子仪只需放于沥青路面上，就会显示平均密度的读数，测试平均密度的深度应为面层的 150mm，而核子仪测试深度为 50mm。这就要通过校准核子仪来得到与取芯法相同的密度值。由于面层厚度不一样以及下层的密度不一样，结果的误差仍然存在。

In recent years, a nuclear gauge has been developed to measure the density of thin lifts. This new gauge should provide greater accuracy in density measurement when compared to the previous gauge, but sufficient tests to show overall accuracy have not been developed.

The best use of nuclear gauges is in development of rolling patterns and quickly determining approximate density. Because of the possibility of error with nuclear gauges, they should never be used alone for acceptance testing. Some cores should routinely be taken to verify the accuracy of the nuclear and to insure that an acceptable density is obtained.

Many projects have been constructed in which the nuclear gauge was the method used to measure density. Even if the gauge is calibrated daily, problems can develop that result in inaccurate readings. This is not a good practice to follow.

近年来，又有了一种专门测试沥青路面薄层的核子密度仪，与原来的核子仪相比，此仪器的精确度提高了。但大量试验验证了总的精确度还是不够。核子仪可以更好地用于碾压方式的研究，而且可迅速确定密度。因为核子仪有可能存在误差，一般决定性的试验时不单独使用。在必要时还需用取芯法来验证核子仪的数据精确度，并确定合适的密度值。

已经施工的项目中有许多都是用核子仪来测试密度，即使每天对核子仪进行校准，读数的不准确仍然存在，因此不推荐使用核子仪作为重要的试验仪器。

# ASPHALT PAVEMENT COMPACTION

## 沥青路面的压实

Tony Speed<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Yilmaz Fisekci, Ph.D<sup>2</sup>

### References 参考

1. Brown E.R, Density of Asphalt Concret – “How Much is needed?”, Paper presented at the 69<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. January 1990.  
Brown E.R, 沥青混凝土的密度——“需要多大”？  
1990年1月，第69届交通部年会演讲，美国华盛顿
2. Ford, Miller C., “Pavement Densification Related to Asphalt Mix Characteristics,” Paper presented at the 1988 Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 1988, 26 pp.  
Ford, Miller C.——“路面密实度与沥青混合料特性的关系”  
1988年，交通部年会演讲，美国华盛顿
3. Brown, E.R., and Cross, Steve, “A Study of In-Place Rutting of Asphalt Pavements,” Paper presented at the 1989 Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists, Nashville, TN, 1989. Brown, E.R., Cross, Steve——“关于沥青路面车辙的研究”  
1989年，沥青铺设技术协会年会演讲，美国纳什维尔
4. Huber, G.A. and Heiman, G.H., “Effect of Asphalt Concrete Parameters on Rutting Performance: A Field Investigation, Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 56 (1987), pp. 33-61.  
Huber, G.A. , Heiman, G.H. ——“沥青混凝土参数对车辙的影响：沥青铺设技术协会研究报告，1987年
5. Zube, Ernest, “Compaction Studies of Asphalt Concrete Pavement as Related to the Water Permeability Test,” 41st Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington, DC, 1962.  
Zube, Ernest——与渗水试验相关的沥青混凝土路面压实研究  
1962年，第41届公路研究协会年会，美国华盛顿
6. Brown, E.R., Collins, R., and Brownfield, J.R., “Investigation of Segregation of Asphalt Mixtures in State of Georgia,” 68th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, 1989. Brown, E.R., Collins, R., and Brownfield, J.R.——  
佐治亚州沥青混合料离析的研究1989年，第68届交通研究会年会，美国华盛顿
7. Santucci, L.E., Allen, D.D., and Coats, R.L., “The Effects of Moisture and Compaction on the Quality of Asphalt Pavements,” Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 54, 1985, pp. 168-208.  
Santucci, L.E., Allen, D.D., and Coats, R.L.——  
湿度和压实度对于沥青路面质量的影响1985年，沥青铺设技术协会报告
8. White, T.D., “Marshall Procedures for Design and Quality Control of Asphalt Mixtures,” Proceedings of Association Asphalt Paving Technologists, Vol. 54 (1985), pp. 265-283.  
White, T.D.——马歇尔试验与沥青混合料配比设计和质量控制  
1985年，沥青铺设技术协会学报
9. Burati, J.L., Jr. and Elzoghbi, G.B., “Correlation of Nuclear Density Results with Core Densities,” Transportation Research Record 1126, Washington, DC, 1987, pp. 53-67.  
Burati, J.L., Jr. and Elzoghbi, G.B.——核子密度仪测试密度与取芯密度结果的关系1987年，交通研究记录1126，美国华盛顿

# RJSeal™ 沥青路面再生密封剂测试报告

文朝华

摘要：通过对[沥再生]性能试验数据的分析，指出了[沥再生]这一新型产品的优越性。即[沥再生]对旧沥青路面具有明显的再生作用，能较大程度的恢复沥青性能，具有较好的弥合沥青路面细小裂缝和空隙的能力，从而改变旧沥青路面的老化程度和脆性，减缓沥青路面的使用寿命，降低维护成本。值得广大养护部门的大力推广应用。

## 一、概述

[沥再生]是一种由多种成分按一定比例合成的沥青路面再生密封剂。它能迅速渗入沥青路面并与其溶为一体，~~补充~~补充沥青所需油性物质，恢复老化沥青活性，从而增加沥青路面的柔韧性、弹性及粘结力。并且能在沥青路面表面形成一层密封层，抵御水、阳光、化学物品对沥青路面的侵蚀。[沥再生]施工操作简单方便，与过去的沥青路面养护技术相比，它既可用专用的施工设备，也可用人工喷涂。施工时不需对原材料进行炒拌、加热，减少了对周围环境的污染。[沥再生]施工时封闭交通时间较短，一般4—8小时后即可开放交通。经[沥再生]处理后的路面，不但可以有效的延长沥青路面3—5年的使用寿命，大大节约沥青路面维护成本，而且路面颜色统一黝黑。

随着国民经济的发展，高等级公路数量快速增长，我国的高等级公路从80年代中期后逐渐发展，至90年代后进入快速增长时期。近年来公路交通量又急剧增加，超载现象严重，许多沥青路面处于超负荷状态，目前全国大量的高等级公路已进入大、中修养护的高峰期，而传统的养护方法已不适应现代公路养护发展的需要。那么怎样才能使高等级公路长久

保持良好状态而不破坏？怎样能尽量不阻断交通而实现公路养护工程快速施工？怎样能最大限度地节省公路养护资金？这些难题已现实的摆在了我们面前。而[沥再生]的出现，使解决这些问题成了可能。[沥再生]作为一种节省资金，加快养护速度，提高养护质量，减轻养护工作劳动强度的早期预防性养护技术。将为现代沥青路面维护，提供更好的选择。

此外，由于在交通量的作用下石灰石和白云岩中的沥青迅速老化，目前又无理想的处理方法，[沥再生]这一新型的专利产品正好填补了这一空白。该产品是一种革命性的用于沥青路面的高效防护剂，能渗入旧沥青路面面层 1.5~2.0cm，使其渗透部位的原沥青被激活，并形成保护层，从而改变旧沥青路的老化程度和脆性，减缓沥青的老化速度，延长沥青路面的使用寿命。

为了体现该产品的性能，我们在云南的昆玉高速公路 K66+000~K67+000 段、昆明南过境高架公路（国道 320 线 239#桥墩与 292 桥墩之间）、昆曲高速公路（国道 320 线）K38+250~K38+850 段、昆禄公路 K<sub>0</sub>+745~K<sub>0</sub>+962 段做了试验路，其性能指标附后。

## 二、试验采用标准

公路工程沥青及沥青混合料试验规程

中华人民共和国行业标准 JTJ052—2000

## 三、试验路段情况及现场施工与取样

### 1. 昆玉高速公路：

该条公路于 1995 年建成通车，交通量为 15000 辆/昼夜，试验路位于 K66+000~K67+000 段（玉溪→昆明），全长 1000 米，宽度为 11 米，是昆明市西南方向交通的主干道。沥青路面结构为 5cmAC—25 及 4cmAC

—20 沥青碎石层，3cmAK13—B 型沥青砼，试验段于 2003 年 4 月 24 日施用沥再生 RJSeal，施工总面积为 11000m<sup>2</sup>，沥再生用量按 5.66m<sup>2</sup>/L 进行机械施工。2003 年 5 月 29 日对施用沥再生路段进行了抗滑值 BPN 及渗水系数两项指标的测试，测试时洒水后潮湿路面的温度为 30.1℃，天气状况为多云转晴，测试结果如下：

测度内容	施用前		施用后	
	测点数	平均值	测点数	平均值
抗滑值 BPN	6	37	6	32
渗水系数	6	0	6	0

测试按中华人民共和国行业标准 JTJ059—95

《公路路基路面现场测试规程》中的

摆式仪测定路面抗滑值试验方法进行摩擦值测试（T0964—95）

沥青路面渗水试验方法进行渗水系数测试（T0971—95）

施用[沥再生]后抗滑值略有下降，但不影响行车安全，如测试点选在使用的黑矿砂路段，测试值将还会有所增加。测试结果表明：路面抗滑值在施用[沥再生]前后基本没有变化。

关于渗水系数的测试问题，由于本次试验时间为盛夏季节，路面温度较高，路面结构层较为密实，不管施用[沥再生]路段，还是没有施用[沥再生]路段，路面均不渗水。在裂缝处，表面看上去有裂缝，但下面也已愈合，均不渗水。

测试完成后又进行了钻芯取样试验，取样数量如下：

未施用[沥再生]路段取样 29 个，施用[沥再生]路段取样 46 个，从所取的 46 个试样上可以看出，[沥再生]已渗水路面 2cm 左右，已形成了密

封的保护层。

## 2. 昆明南国境高架公路（国道 320 线）

该路 1997 年建成通车，交通最为 12000 辆/昼夜，路面结构为：7cm 沥青碎石，4cm 沥青砼，位于 239#桥墩与 292 桥墩之间，为昆明市东西方向交通的主干道，该路段 2002 年 4 月 17 日施用沥再生，每升摊铺 4.5 平方米，于 2003 年 1 月 9 日对该路段施用沥再生和未施用沥再生的沥青路面进行钻芯取样，切取面层 1.5cm，经抽提试验提取沥青后，分别对其进行了针入度、延度、软化点三项试验。试验数据表明：在该试验段中，使用沥再生后此三项指标均得到不同程度的改善，其中针入度提高了 116%，延度提高了 39%以上，（因为已施样沥青延度大于 150cm）软化点降低了 3.9%。详见附表。

## 3. 昆曲高速公路（国道 320 线）

该路 1996 年建成通车，交通量为 14000 辆/昼夜，试验路位于 K38+250-K38+850 段，全长 600m，宽 26m，为双向四车道，是昆明通往滇东北方向的主干道，该沥青路面结构为 7cmAM-25 沥青碎石，5cmAC-16-I 沥青砼，试验段于 2001 年 7 月 20 日施用沥再生，每升可摊铺 3.8 平方米，2003 年 1 月 10 日对该路段施用沥再生和未施用沥再生的沥青路面进行钻芯取样，切取面层 1.5cm，经抽提试验提取沥青后，分别对其进行了针入度、延度、软化点三项试验。试验数据表明：在该试验段中，使用沥再生后此三项指标均得到不同程度的改善。其中针入度提高了 187.3%，延度提高了 35.5%，软化点降低了 2.9%，见附表。

## 4. 昆禄公路

该条路于 1998 年建成通车，交通量为 8400 辆/昼夜，试验路位于 K<sub>0</sub>+745~K<sub>0</sub>+962 段，全长 217m。宽度 12.5m，是昆明市西北方向交通的主干道。沥青路面结构为 7cmAM-25 沥青碎石，4cmAC-16-I 沥青砼，试验段于 2001 年 5 月 9 日施用沥再生，每升摊铺 5.1 平方米，2003 年 1 月 8 日对该路段施用沥再生和未施用沥再生的沥青路面进行钻芯取样，切取面层 1.5cm，经抽提试验提取沥青后，分别对其进行了针入度、延度、软化点三项试验。试验数据表明：在该试验段中，使用沥再生后此三项指标均得到不同程度的改善，其中针入度提高了 193%。延度提高了 24.9%，软化点降低了 8.5%，详见附表。

## 四、取样记录见下表

## 取 样 资 料

路 线	G108 线 (昆禄公路)	G320 (高架公路)	G320 (昆曲公路)
取样编号	SJ-001-SJ-018	SJ-019-SJ-052	SJ-053-SJ-071
路面层位	面 层	面 层	面 层
材料品种	沥青砼	沥青砼	沥青砼
路面施工日期			
路面通车日期	1998 年	1997 年	1996 年
路面结构状况			
昼夜车流量			
取样日期	2003.1.8	2003.1.9	2003.1.10
取样位置	K <sub>37</sub> +745 ~K <sub>37</sub> +962	239#桥墩-4M ~292#桥墩	K <sub>38</sub> +596 ~K <sub>38</sub> +714
[沥再生]用量	5.1 m <sup>2</sup> /L	4.5 m <sup>2</sup> /L	3.8 m <sup>2</sup> /L
[沥再生]施工日期	2001.5.9	2002.4.17	2001.7.20
取样人	蔡应龙	蔡应龙	蔡应龙
试样保管人	盛 斌	盛 斌	盛 斌
备注:			
各路段取样数量	18 (芯)	34 (芯)	19 (芯)
施用[沥再生](芯)	10	18	10
未施用[沥再生](芯)	8	16	9

## 五.附表

昆玉公路、高架路、昆曲高速公路、昆禄公路、施用沥再生和未施用沥再生之测试结果比较:

(注: 从沥青混合料中分离出沥青后, 还需进行脱苯, 但不能使沥青老化, 否则试验结果会有较大差异)

试验路段名称	试验路段里程	试验项目	未施沥再生		已施沥再生		性能改善 (%)	备注 试验标准
			单值	平均值	单值	平均值		
昆玉公路	K <sub>66+</sub> 000~K <sub>67+</sub> 000	针入度 (mm)(25 °C)	44	45.3	55	54	19.2	T0604-2000
			46		55			
			46		52			
		延度(cm) (25°C)	109	112.3	119.5	130.5	16.2	T0605-1993
			110		131			
			118		141			
		软化点 (°C)	55.0	55.0	55.2	55.3	0.55	T0606-2000
			55.0		55.4			
		高架公路 (国道 329 线)	239号桥 墩~292 号桥墩	针入度 (mm)(25 °C)	62	61.7	135	133.3
57	132							
62	133							
延度(cm) (25°C)	107			107.8	>150	>150	39.0	T0605-1993
	107.5				>150			
	109				>150			
软化点 (°C)	51.0			51.0	49.0	49.0	3.9	T0606-2000
	51.0				49.0			
昆曲高速公路 (国道 320 线)	K <sub>38+</sub> 250~K <sub>38+</sub> 850			针入度 (mm)(25 °C)	45	45.7	131	131.3
		47	130					
		45	133					
		延度 (cm)(25 °C)	89	91	121	123.3	35.5	T0605-1993
			91		123			
			93		126			
		软化点 (°C)	52.0	52.3	50.5	50.8	2.9	T0606-2000



昆祿公路 (国道108线)	K <sub>0</sub> + 745~K <sub>0</sub> + 962	针入度 (mm)(25℃)	46	45.7	133	134	193.0	T06042000
			45		135			
			46		134			
		延度 (25℃)	113	114.7	140	143.3	24.9	T0605-1993
			114		143			
			117		147			
		软化点(℃)	56.5	52.3	52.0	52.0	8.5	T0606-2000
			57.0	56.8	52.0			

## 六、测试结果说明

通过昆玉、高架、昆曲、昆祿、等四条试验路的测试结果可以看出，施用沥再生一个月至一年后，针入度的性能已分别提高了 19.2%、115%、187.3%、193.0%、延度分别提高了 16.2%、39.0%、35.5%、24.9%。由此可见，该产品具有明显恢复沥青的性能，是一种理想的沥青路面维护密封剂。

## 七、测试结果再比较

为了验证沥再生性能的优越性，我们又将昆玉高速公路、昆明南国境高架公路（国道 320 线）、昆曲高速公路（国道 320 线）施用沥再生和未施用沥再生的样品送到了西安公路研究所公路工程试验检测中心进行再次检验，结果如下：

昆玉高速公路：

样品产地	路面芯样回收沥青	检验标准	JTJ052--2000		
			无沥再生	有沥再生	性能改善(%)
	试验项目				
	针入度(0.1mm)(25℃, 100g, 5s)	72	88	22.2	T0604
	延度(5cm/min, 15℃)(cm)	45	>100	50.0	T0605
	软化点(环球法)(℃)	48.0	45.0	6.3	T0605

## 昆玉高速公路：

样品产地	路面芯样回收沥青	检验标准	JTJ052--2000		
			无沥再生	有沥再生	性能改善(%)
	试验项目				
	针入度(0.1mm)(25℃, 100g, 5s)	60	90	122.2	T0604
	延度(5cm/min, 15℃)(cm)	15.3	56.5	269.3	T0605
	软化点(环球法)(℃)	48.0	45.0	6.3	T0605

通过昆玉、昆曲等两条试验路的测试结果可以看出，施用沥再生一年后，针入度的性能已分别提高了 22.2%、50.0%、延度分别提高了 122.2%、269.3%。由此可见，该产品具有明显恢复沥青的性能，是一种理想的沥青路面维护密封剂。

## 八、结论

根据各条公路的现场取样试验证明：

沥再生 (RJSeal™) 能渗入旧沥青路面 1.5~2.0cm 左右，使其渗透部位的原沥青被激活，增加路面的弹性及柔韧性并形成密封保护层，即对旧沥青路面具有明显的再生作用，能较大程度的恢复沥青性能，具有较好的弥合沥青路面细小裂缝和空隙的能力，从而改变旧沥青路面的老化程度和脆性，减缓沥青路的使用寿命，降低维护成本。

# 沥青路面病害

## 之一般类型，产生原因和解决方法

李聚源  
工程师

### 道路缺陷

道路的类型有很多种类，并且每种道路类型会由于使用的年限，产生原因，解决办法和使用方法而遭到不同方式的损坏。进一步阐述这一观点，可以这样说，道路破损或缺陷是基于成因被划分的，例如材料，工艺或结构上的损坏。

某些道路缺陷类型是与破损的严重程度，破损范围或发生率及使用年限的潜在性有关。纵使一个细小的缺陷却是具有高度的重要性，因为它变得恶化时，是要冒着投资在道路上的全部金钱遭受损失的风险。同样明显的是发生在建好仅仅 3 到 5 年或更短时间的道路上的结构缺陷。不十分明显的缺陷类型，例如与中底路面脱落相结合的轻微塑性变形，在问题开始扩大之前通常不会引起足够的重视。等到这个问题被注意了，就需要一大笔资金来修补。在每种缺点类型的讨论中我们根据道路使用年限、破损范围和严重程度提供了一些有意义的措施。

认识道路问题产生的原因是解决问题的第一步。在针对每种缺陷类型的讨论中，都有解决方案的指导。提供这些资料是有双重目的，1) 防止使用不正确的维护技术；2) 防止使用一种方法解决一个问题而不能解决另外一个同时存在的问题。

在认识道路策略选择方面有两个重要原则。

第一：每一个维护策略—例如油封层、骨料密封涂层、裂缝密封剂和薄罩面—对被处理过的缺陷有一个可以接受的标准。稀浆封层对于很小的路面脱落也许“大材小用”，使用沥青喷雾封层可能是更有经济效益的。如果那条同样的道路被允许继续脱落，它也许会达到超过稀浆封层能力范围以外的程度，使用稀浆封层会是“小材大用”，而且并不经济有效。这个策略选择作为鉴别“可接受的界线”而知名。

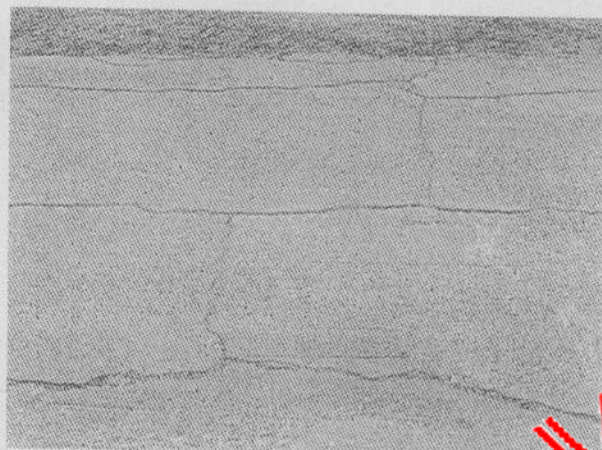
第二：从底部油雾封层到顶部重铺的策略选择之间是有若干等级的。当在适当的时候，针对适当的问题使用了适当的方法策略，他们的成本效益将有同样的关联。

一旦一条道路被允许恶化到层次的高端标准（也就是全面修复），维护策略将不再有效，并且需要一个工程师来设计适当的修复方案。

# 大块裂缝

## 描述

大块裂缝是一些相互连接的裂缝组成的，很像巨大的疲劳裂缝。实际上，它们是由非负载关联的纵向和横向裂纹交叉组成的大约 1 至 3 米的大路块。它们可以出现在停车场、公路、运动场和几乎所有道路上。



## 产生原因

所有的大块裂缝都是沥青混凝土或下面路基的粘土状土壤的单边收缩的结果。天气越冷越会产生严重的裂缝收缩。

## 重要性

如果出现大块裂缝，通常它是会遍及道路范围并以同样形状出现的。此外，因为它并非结构原因产生的，从一个投资保护的观点看，它的重要性不太大。然而，如果不将裂缝密封，则另作别论。

## 解决方法

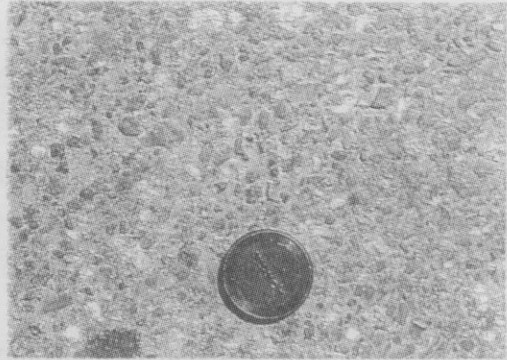
裂缝密封是最普遍的补救维护方法。

如果道路为了其它原因需要一个罩面，那么由于反射的裂缝的关系，大块裂缝将成为主要关心的问题。由于在现存道路上有大块裂缝，进行罩面之前在道路上放置织物并不是不切实际的。

# 路面脱落

## 描述

路面脱落是指骨料从沥青混凝土道路表面脱落，它是机动车车轮“磨损”行为的结果。通常有水的地方就会出现脱落。路面脱落会在路面形成粗糙的纹理或是因为在道路表面的“坑”而造成的粗糙骨料突出表面。



一般而言，路面脱落在道路的车行轨迹上是非常明显的。更严重时广泛分布和跨越道路表面。

## 产生原因

即使交通运输会加速路面脱落，但对于道路系统而言，路面脱落是材料缺陷而不是结构缺陷。究其原因，可归结于下列各项中的一种或几种：

- 1) 混合物中沥青膏粘合剂不足。
- 2) 沥青混凝土铺面有过多的裂缝。造成过多裂缝的原因是粘合剂不够。
- 3) 骨料剥离。有的骨料是“吸水的”而不适合沥青混凝土，在这种情况下，它们更适合水并且排斥沥青粘合剂。这些骨料在热拌沥青混合料中需要使用防止剥离的添加剂。
- 4) 沥青表面有非经常性的高速水流，如洒水车的水流。
- 5) 随时间变硬/易碎的柏油水泥粘合剂。

## 重要性

因为路面脱落是原料/工艺缺陷导致，所以当发生路面脱落的情况时，不会即时对道路结构有直接影响以令致道路上的投资有所损失。然而，早期的路面脱落（使用的第一年）可说是铺路面时有过多裂缝的征兆，这样会使潮气侵入道路结构层并因此导致结构上的疲劳损坏。

太多的道路在使用的后期（使用了 12 到 15 年），由于沥青混凝土的氧化会出现较小的路面脱落。这会使道路更加易碎并减小了对汽车轮胎磨损的抵抗力。

最严重的路面脱落将会导致沥青混凝土内产生表面坑槽，或是在街道、主要汽车道的行车道上造成磨损的车辙。

## 解决方案

要阻止路面脱落是十分容易的。在一条相当新的道路上，一层厚的喷雾封层或者再生的油封层（不要使用过量而导致泛滥）会是一个有效的解决办法——尤其是如果实验室测试证实了路面脱落是由于沥青膏含量低所做成的。

对于较严重的路面脱落问题，也许需要稀浆封层来解决并且修补道路表面所有的损坏。根据道路损坏的严重程度和道路本身的用途，适当地选择橡胶熨平刷摊铺稀浆封层是常用的解决这个问题的方法。

# 横向裂缝

横向裂缝

## 描述

横向裂缝是与纵向裂缝成 90 度的裂缝，或者换句话说，它们是横跨道路走向的裂缝。

## 产生原因

横向裂缝是收缩性裂缝。它们像大块裂缝一样，是沥青混凝土或路基土壤收缩的结果。

## 重要性

象纵向裂缝一样，除非数量很多，横向裂缝是没有明显的预兆。因此，定时保持密封是非常重要的。

因为横向裂缝会横跨道路走向，它们有时会影响交通工具乘坐质量或甚至引发意外。



## 解决方法

横向裂缝像纵向裂缝一样，应使用稀浆裂缝密封剂密封。对于例行性的裂缝覆盖，稀浆密封并不是适当的处理方法。

在大多数严重的情况下，横向裂缝—引发意外或影响乘坐质量—可能需要一个罩面。

# 纵向裂缝

纵向裂缝

## 描述

如果在公路上出现裂缝，纵向裂缝是顺着道路走向、车道走向或停车场的长轴。它们经常直接出现在行车轨迹之内或外侧。



## 产生原因

纵向裂缝是预告疲劳裂缝的出现，特别是有多于两条裂缝出现在行车轨上。它们可能是原料收缩（尤其是沥青混凝土）的结果或因为沥青混凝土铺路机压过的道路之间接缝压实不好。以纵向裂缝形式出现的裂缝，几乎有很多出现在道路的路肩区域，通常这是由于大自然的季节变换或绿化灌溉/土地使用而导致的路基土壤干湿交替变化而形成。



## 重要性

典型的，单独的纵向裂缝即使很宽也不会引起重大告警。然而，当一系列间隔 3 至 5 米宽的纵向裂缝发生在一个相当新的停车场的时候，表明了路基或沥青混凝土的严重收缩。

## 解决方法

将这些裂缝密封以阻止湿气的侵入是非常重要的。在一条倾斜的道路上的一条 6 毫米裂缝，每小时可以将数公升的水“漏”入基材，同时还要冒着道路结构完全会被破坏的危机。

6 毫米或更宽的裂缝可以先吹掉所有碎屑并清洗裂缝，然后用任何符合要求的商用裂缝粘合剂封上裂缝。

宽度小于 6 毫米的裂缝虽然可以被密封，但这不是很有效的方法。如果有大量纵向裂缝出现，但大部分宽度少 6 毫米英寸的时，这些裂缝可以被拓宽到大于 6 毫米才被清洁和密封。对于单独的裂缝我们并不推荐以这种做法作为例行性程序。

# 折皱

## 描述

折皱是出现在沥青铺面的局部波纹，有时被称为“路面推挤”或“搓板现象”。

折皱通常出现在十字路口或车辆在减速、加速，旋转或转动而引起很大水平压力的地方。

## 产生原因

折皱或推挤是不稳定的沥青铺面混合料塑性流动的表现。这是发生在沥青混合物中的骨料颗粒之间缺乏混凝土料连结的地方。



引起折皱的原因有：混合料中有过多的沥青膏（油）；使用圆形骨料；混合料中有过多的细小骨料（沙子）；或在使用情况/气候条件下，使用了错误的沥青膏。

## 重要性

折皱是出现在沥青铺面材料中的与材料有关的道路缺陷。尽管不会直接威胁到道路的使用寿命，折皱是会引起麻烦并且对公众有潜在危险。如果问题是由于油成分太多而导致的，会发生泛油的情况。在一些严重情况下，在十字路口的折皱会令到车辆不能安全地刹车。

## 解决方法

如果道路是由一层薄的密封涂层或是在一个骨料基底上薄的沥青层组成，最好的解决办法是移去那个铺面并且用一个新铺面代替它。

如果道路由以 4 厘米或更厚的沥青混凝土铺面组成的一个弹性的道路，最好的解决办法是整平表面—用加热器整平或是用冷磨法—到一个合适的平坦度，然后用一种更加稳定的混合料重铺路面。除非出现道路交通负载非常重的情况，否则通常是这是一个长期的解决办法。在这种情况下，重建局部损坏的区域大多数是唯一的解决办法。



# 泛油

## 描述

沥青道路上的泛油其实是指在街道或停车场主要行车道的行车轨迹上平滑发亮的表面。如果一条道路发生泛油，它通常是在道路使用的第一年内发生。



## 产生原因

泛油是由于沥青铺得过多和可能是沥青混凝土混合料不稳定而引起的结果。由于车辆轮胎的移动、高温和过多的沥青膏被挤出到表面，使道路表面纹理充满液态沥青膏。

用圆形骨料混合制成的沥青混凝土，当置于车辆负载的情况下，有过度压缩的趋势，从而减小了混合料中的空隙导致沥青膏移到表面。

## 重要性

泛油是一种材料缺陷，与道路的结构没有必然的联系。然而，它有时是很难被修正，因此必须避免发生此问题。

显然，表面结构的破坏降低了抗滑力。抗滑力的降低会导致了交通事故和诉讼。

## 解决方案

正如之前所讲，泛油可说是一个花费高而又非常困难解的问题。有时，铺一个 3 厘米或更厚的新沥青混凝土罩面是有效的。

在非常热的时候，在路面喷洒骨料‘碎片’（干净的，筛过的骨料），通过碾压，将这些碎片嵌入到过量的沥青膏里将会减轻泛油问题。

在泛油问题非常严重的情况下，通常会燃烧道路表面来消除过量的油。在烧过之后，道路会被新的，质量更好的沥青混凝土覆盖。

通常犯的错误是试图用稀浆封层的方法来掩饰泛油问题。这样做会使新的封层与原来的表面不粘结和继续发生泛油的问题。

# 粘结失败

## 描述

沥青道路的粘结失败通常会以以下形式出现：

- 1) 滑动---铺面的两层之间缺少粘结导致在第一层出现裂缝。
- 2) 散裂---两层间缺乏粘结，导致顶层铺面产生‘片状剥落’或‘丢失’。

## 产生原因

粘结失败可以由许多因素引起，但大多数都是源自建筑期间的工艺问题。通常例如尘土，叶，潮湿，或由这几种的结合，在层与层之间造成了一个滑动平面。由于缺乏这种粘结，铺面的顶层需要去抵抗所有水平的停止/启动应力，如果它是薄层的话，会因为它没有能力抵抗这些力量而破裂。

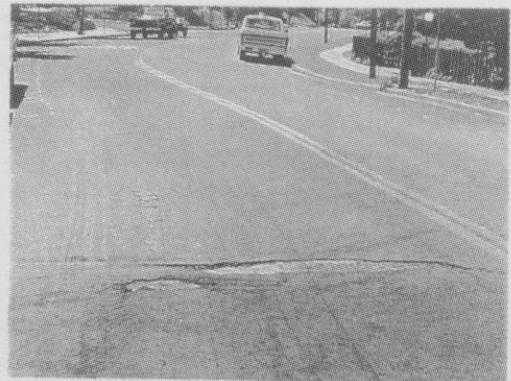
在建筑期间，在铺设顶层之前需要在现有的道路表面铺设一层沥青膏粘结，所以这样能够层与层之间提供了一个粘合效果。

在新沥青混凝土建筑中，有些规范是允许在放置基层后第二天放置顶层而不需用粘结层。正如前面所说，如果没有车辆或其它因素出现而引起不粘结，这通常是一个正确的程序。

滑动类型的粘结失败可以在沥青混凝土和基层之间发生。基层常常需要一个高质量的涂层来帮助防止这个问题。这是因为在斜坡上的过重负载、缺乏主要涂层或一个不能完全吸收主要涂层的基层而引起滑动类型的粘结失败。



滑动：铺面两层之间缺少粘结的情况，这通常发生在道路开始使用时最初的数个月。



散裂：会在道路寿命中任何时间发生。这是因为道路铺面层之间缺乏粘结。

### 重要性

粘结失败是表示工艺出现问题或检查不足，但亦能够涉及到大量的结构问题。最令人担忧的是在发生重大问题之前它们一般是无法被察觉的。

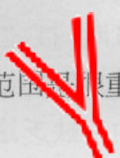
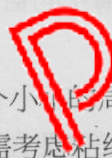
道路铺面层的粘结提供良好的横梁力量和降低道路变形（弯曲度）。而且道路变形的机会被降低能减少主要的结构损坏风险和投资上的损失。

没有被粘结的道路层不能提供与已粘结的道路一样的横梁力量，因此经常会导致过早的疲劳裂缝、充气和车辙的出现。

严重的滑动失败的出现通常在道路建成一年内会变得明显。在那时，立即确定问题的范围是很重要的。

### 解决方案

如何修正粘结问题与它们的严重程度有关。如果它只是一个小小的局部部份，移走并正确地重铺顶部非粘结层是适当的做法。在许多情况下，这是唯一不需考虑粘结失败程度的适当做法。



# 疲劳裂缝

## 描述

疲劳裂缝一般被称为“鳄鱼”裂缝因为它们与鳄鱼皮上的线条很相似。

他们最大的间距几乎是 20 厘米但是又能有 3 厘米一样小。它们总是以一组组互相连接的形式出现。疲劳裂缝是很少在停车位出现的。

## 产生原因

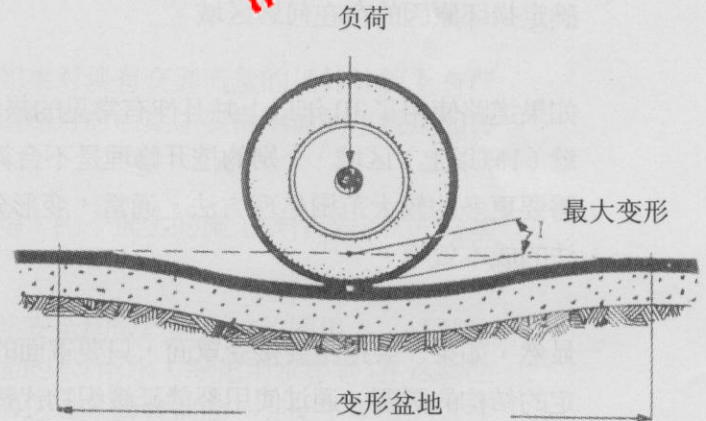
疲劳裂缝是道路表面在负载作用下引起过大弯曲度而直接形成的。像大多数工程材料一样，沥青混凝土表面如果受到重复性的和/或过度弯曲力的影响会出现问题。在道路上，我们把这些叫作变形（见图 2）。



过度变形通常是下列一项或更多项所引致的：

- 1) 结构不足够—沥青混凝土和/或骨料基础层太薄以至不能承受车辆的负荷。
- 2) 压实不足—骨料基础层或路基中的空隙太多，因而如在木板上钻洞一样减少了承载能力。
- 3) 湿气侵入—水分减少了骨料基础层和路基土壤的承载能力。

图 2  
变形盆地



## 重要性

根据于道路强度、范围和使用年限，疲劳裂缝是出现严重问题的指示标。

在建成后少于 8 年的道路上，个别的疲劳裂缝（所牵涉的道路部份不到 8%）多数是因为道路层轻微不足或个别的压实不足所引起的。但在同样的道路上，牵涉 15%至 20%的范围却显示了更严重的问题，可能需要使用主要的复原方法去处理。

在旧的道路上出现相当广泛（15%或以上）的鳄鱼皮状疲劳裂缝，表示这条道路已经到了设计使用寿命的尽头并且需要“更新”了。

## 解决方案

如果一条道路使用了 6 年以上，只存在个别的疲劳裂缝区域，那么挖开并重铺的方法是相当经济的。挖开的边界必须用锯切割，将在车辆交通区域内所有现有材料取下 12 厘米深度，在以卡车运输为主的区域内取下 20 厘米深度，重新压实原有的层，然后将挖开的部分用沥青混凝土塞紧。这些也许看起来太厚了，但是请记住，你正在试图修补一个未确定损坏原因的存在问题区域。

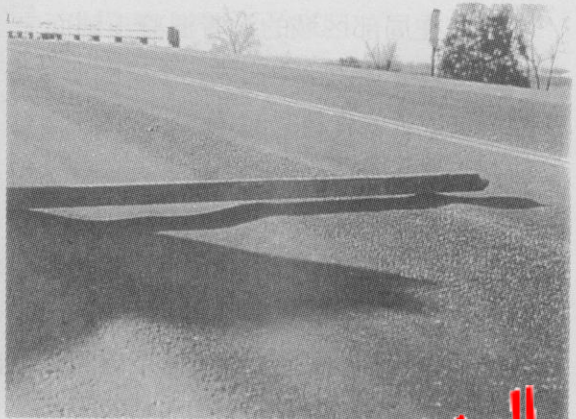
如果道路使用了 10 年以上，且伴有常见的损坏方式，同时现在已经有相当广泛的疲劳裂缝（15%以上）区域，个别的挖开修理是不合算的。道路有可能已经接近了它的预期寿命，需要更多的较大范围处理方法。通常，变形分析将确定罩面的厚度和挖掘或其它处理方法的成本效率。

显然，如果一条道路要接受罩面，只要罩面的厚度至少有 3 厘米并且符合变形分析所确定的结构的需要，通过使用裂缝延缓织物代替挖掘修理，可能有一个成本交替。

# 车辙

## 描述

车辙是道路轮迹处上的凹陷。它通常贯穿整条道路，但有时仅仅发生在轮迹处的外沿或最易受水侵入影响的轮迹处上。



## 产生原因

车辙是由于道路结构部分有过多负载而产生的结构损坏。交通荷载使得道路层因压力过重而变形，导致道路层中的某层重新合并或横向运动。

车辙是由以下原因引起的：道路层的厚度不足以应付现有的负载（不理想的铺设方案设计）；

当站在路边或主要行车道路就会看见明显的车辙

在道路结构层内材料压实不足；在结构骨料层使用了圆形骨料；湿气在道路结构内或道路结构以下的增加。

## 重要性

大量车辙出现代表了道路结构支撑有严重问题。如果对现有交通流量的设计计算上有严重的错误，车辙将常常在第一年内发生。仅仅在道路寿命后期才变得明显的车辙是因为交通负载突然增加或湿气突然侵入。

有时候车辙将在某个局部区域发生，像一个凹陷。由于拙劣的施工操作或松软的路基产生一个局部化随机的损坏（不可预知）。

如果严重的车辙情况一直持续，它会是一个对道路安全构成严重影响的隐患 --- 同时冒着破坏道路结构完整性的风险。当车辙发生，路面的水(雨水，绿化用水等等)在这些凹处聚集，令到车辆轮胎打滑。这些聚集的水也会渗透进入沥青铺面，促使了车辙的继续发生。

## 解决方案

既然车辙是一个结构性的问题，它需要一个结构上的解决方案。有时在有车辙区域用一个薄的罩面进行表面修补将会暂时解决这个问题。通常是需要一个5厘米（或更厚）的罩面。

另一个途径是改变交通负载，例如安排不同的车辆行程。有时这是切实可行并且效果是令人满意的。

如果其它方法都失败的话，最后的解决办法是重建道路。在许多情况下，重复利用是一个可行的途径。

# 坑洞

## 描述

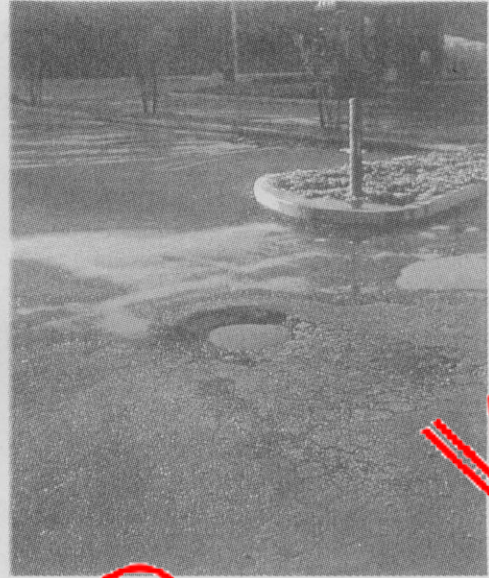
坑洞是在局部区域的沥青混凝土铺面完全损失的道路疲劳裂缝在道路中形成一个坑的严重表现。坑洞延伸穿过或进入骨料底部是很常见的。

## 产生原因

大部分易受坑洞影响的道路，是在一个未处理过的骨料底部上一个相当薄的沥青混凝土表面（6 厘米或更薄）。有严重鳄鱼皮状的疲劳裂缝的道路首先会在脱离破裂的区域“弹起”一块块铺面从而形成一个坑。

## 重要性

坑洞广泛的出现是表示结构上出了严重的问题。如果坑洞情况仍然不加修理，它们会对公众构成危险的。



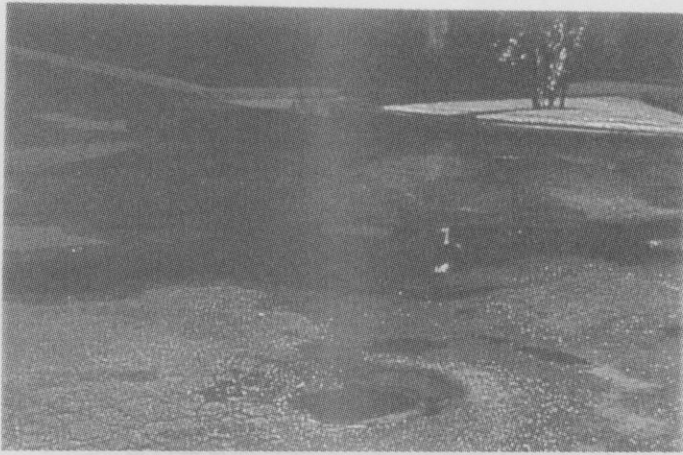
虽然坑洞会发生在新道路上的机会不多，但当道路结构非常不足时仍是发生的。通常，坑洞仅仅会因其它道路缺陷的而产生。

## 解决方案

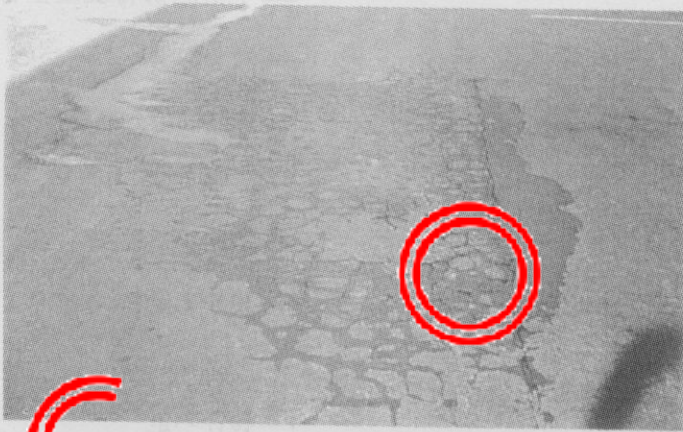
在冬季，坑洞的出现应该暂时用少量混合料来填满以免损坏车辆或引致诉讼事件。

在春天和夏天，坑洞应该被永久修补。坑洞外的边界应该用锯切割，损坏的材料和任何临时修补材料应被去掉 15 厘米。用锯切割过的道路边缘应该敷用粘结层，然后这个洞应该用压实的热拌沥青混凝土来填满。

# 其它道路问题



在很多水的绿化区域的下坡发生损害并不是巧合的。



为了达到正常的道路服务寿命，防止湿气进入到道路结构层是必要的预防措施。



汽油的溢出能引起重大的道路问题。煤沥青是减少这个问题的一个密封解决方法。



# 總結

圖 1 道路損壞之分類

圖 1 道路損壞之分類

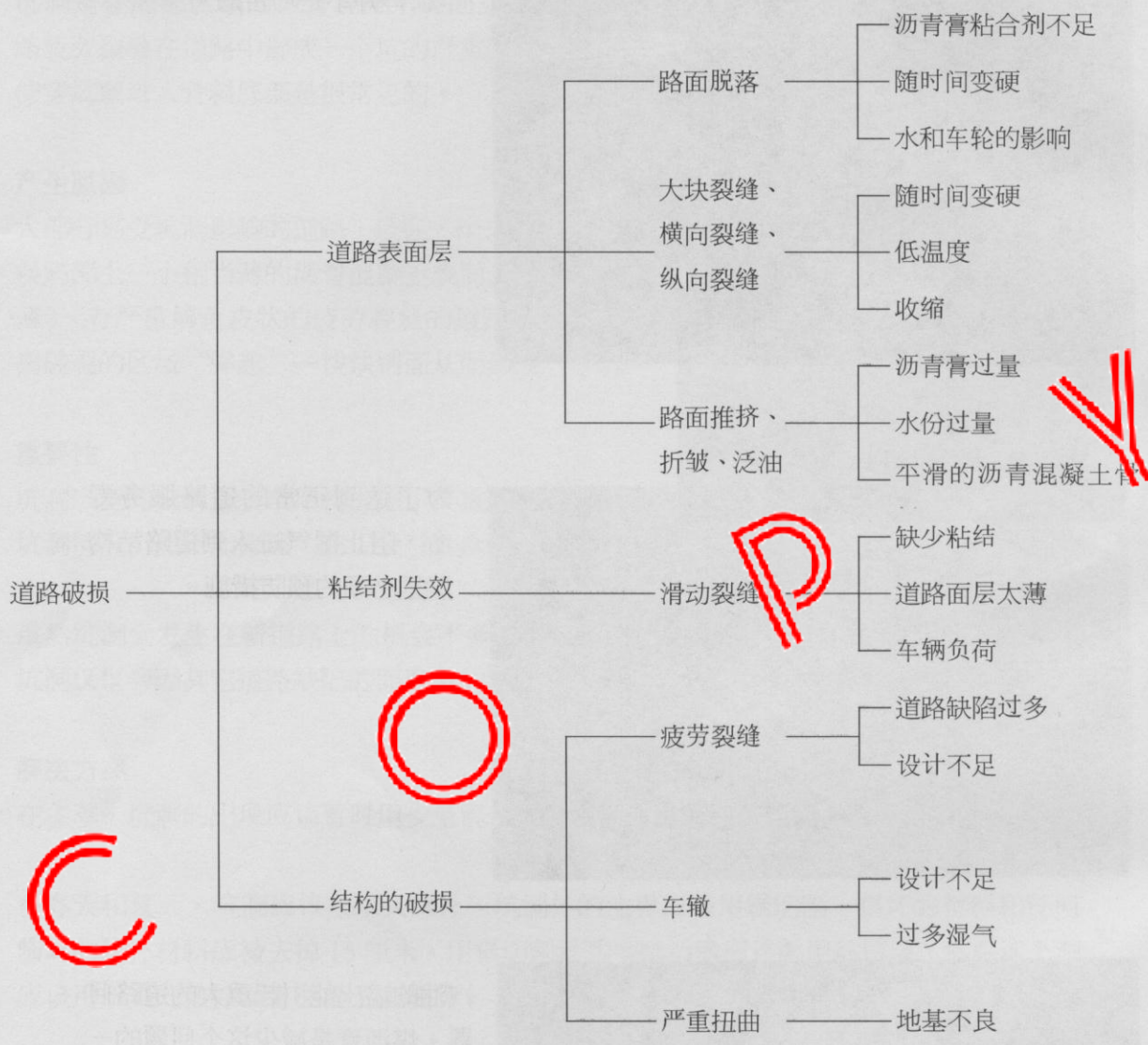


图 1 将道路破損按照道路表面层(材料类型),层与层之间的相互作用(粘結劑失效)和在罩面以下的结构层(结构的)来划分。这个图表增加了一项,就是列出了可能的成因。它只是参考指南,但絕不是将所有可能在道路上发生的事情都列举出来。