

国内外沥青路面再生技术综述

中国建筑技术发展中心

一九八六年十月

前 言

沥青路面废料的再生利用，可达到节约能源和材料，降低工程造价，合理处治三废，减少环境污染的目的。近年来，世界各国普遍推广了这一技术，并取得了迅速发展。我国城建部门和交通部门近年来也进行了大量的试验研究，并列为研究和推广的重点技术。为配合推广工作，我们系统整理了城建部门和公路部门的科研成果及实践经验，收集和分析了美国、日本、英国、西德等国的有关技术资料，编辑成册，以供道路科研、设计、施工与教学等有关人员参考。

本资料国内部分由建设部城建局市政工程处沈波编写，国外部分由中国建筑技术发展中心市政部王佳良，曾贇编写。由于水平与时间有限，编写时错误难免，希广大读者批评指正。

中国建筑技术发展中心市政技术情报部

一九八六年十月

目 录

国内部分

- 一、国内废旧沥青混合料再生利用概况..... (1)
- 二、沥青旧料再生技术..... (3)
- 三、再生沥青混合料的配料..... (12)
- 四、旧路的翻挖及沥青旧料的轧碎..... (15)
- 五、沥青再生混合料制备..... (17)
- 六、试验路的修筑及观测..... (20)
- 七、再生沥青混合料筑路的经济效益分析..... (33)
- 八、渣油路面材料的再生利用..... (34)
- 九、附录..... (42)

国外部分

- 一、国外沥青路面再生利用概况..... (54)
- 二、国外沥青再生路面的路用性能研究..... (56)
- 三、沥青路面的再生利用工艺..... (59)
- 四、国外再生混合料的配合比设计..... (74)
- 五、再生剂..... (81)
- 六、再生剂..... (86)
- 七、铣刨废料的再生利用..... (93)

国内部分

一、国内废旧沥青混合料再生利用概况

目前,我国城市道路总面积达3.58亿平方米,其中大部分为沥青路面。公路通车里程达90多万公里,其中约有18万公里的沥青(渣油)路面。两者加在一起,估计约有2亿吨左右沥青(渣油)混合料铺在各种类型的路上。

现在,一方面我国沥青(渣油)路面,大多建于60年代和70年代。随着交通运输业的发展,车辆密度增大,大型重车增多,不少路面承受的荷载,实际上已超过原设计标准,基本上处于超龄、超负荷状态,路面的病害不断增多和扩大,养护翻修的任务日趋繁重。据有关资料统计,目前全国黑色路面的完好率不足60%,就是说大约有一半的黑色路面不同程度地处于待修状态,假如翻修其中的25%,那么就有大约5000万吨的沥青(渣油)混合料被废弃。另一方面,我国石油部门炼油厂生产的路用石油沥青(渣油),在数量上远远不能满足道路工程建设实际的需要。若能把每年城市埋管挖路和道路翻修以及公路翻修所翻挖出来的废旧沥青混合料进行回收利用,使其与常规的沥青混合料质量相同,用于道路工程,就可以缓和沥青供应的紧张状况,加速我国的道路建设。同时,又可以节约砂石材料、能源,增加产值,还可以避免因旧料废弃引起的环境污染。

我国城市有些部门在五十到七十年代,曾在不同程度上利用过废旧沥青混合料来修路,但均作为废物利用考虑,在再生利用技术上,没有按质量较高的要求来进行研究,所得的成品,一般只用于轻交通道路、人行道或道路的垫层。因此,这种对旧料的利用方法不能缓和目前重车道路对石油沥青的需求紧张状况。为此,建设部于1983年下达了“废旧沥青混合料再生利用”的研究项目,研究期限为1983~1985年。1983年5月,在上海召开了该研究课题的技术论证会,确定了课题组的协作单位和主攻方向。课题由上海市市政工程研究所和南京市市政工程公司为主办单位,武汉市市政工程设计研究院、天津市市政工程研究所、苏州市城乡建设局和哈尔滨建筑工程学院为参加单位。主攻方向是要把废旧沥青混合料经再生后,代替常规石油沥青混合料,铺筑层次是先解决用量最多的面层下层。为确保大生产的产品质量,确定在制备的混合料时必须加入新的沥青材料和矿料,拌和设备方面则应利用现有设备作适当少量改装,以求能及早投产推广。经过三年的努力,在苏州、南京、武汉、天津四个城市共铺筑了三万多平方米的试验路。除了按原来计划要求修筑了面层下层为粗粒式、中粒式再生沥青混合料外,还在南京市修筑了一段以细粒式再生沥青混合料用于面层的试验路,在天津市又修筑了一段煤沥青再生混合料试验路,经路用效果观测证明,它的路用品质不低于常规热拌沥青混合料,有些试验路段的低温抗裂性能比常规国产沥青路面还好一些。

我国交通部门一些公路养护单位,从七十年代初,开始旧渣油路面面层的回收利用工作。它们将需维修的旧渣油路面面层开挖后回收,经破碎加工后,重新回填至坑槽内作为基层。近几年来,由于公路建设的速度加快,而路用石油沥青(渣油)的供应远远满足不了建设

的需要。因此,不少省(区)、市的公路科研、养护、施工部门,先后开展了沥青(渣油)路面再生利用的试验研究工作,并在少数工程生产实践中应用,取得了较为显著的经济效益。

山西、湖北、河北等省的一些公路养护单位,是国内较早回收利用旧油面层的部门,他们在七十年代初期就将开挖的废旧油面层重新用于维修养护时铺作基层。山西省的一些公路单位,从1972年起就开始了旧渣油路面面层的回收再生试验,到1980年初,全省有八个地(市)公路总段开展了沥青(渣油)路面的再生利用试验,共铺筑试验路8668.5米。1981年全省结合油路的大中修工程又铺筑了再生利用试验路64公里。在1982年,再生试验研究课题被列为交通部和山西省的重点科研课题,并在原有试验路的基础上,又铺筑了重点试验路3.99公里。湖北省从1981年以来,在省公路局的统一组织领导下,以省公路局科研所为中心,发动全省各公路养护单位进行了广泛系统的再生利用试验研究,对各种等级的路面(二级路、三级路)、各种油料(沥青、渣油)、各种交通量(小于300、300~500、500~1000、1000~2000、大于2000辆/昼夜)、各种地形条件(山区、平原、湖网地区、潮湿、干燥区)、旧路的各种使用年限(小于3年、3~6年、6~8年、大于8年)、各种结构类型(表处渣油碎石、沥青混凝土)的旧沥青(渣油)面层的再生利用进行了系统的试验研究,共铺筑各种类型的再生试验路8830米(其中再生渣油试验路6400米,再生沥青试验路2430米)。另外,各地、市公路总段结合翻修工程,还各自铺筑再生试验路共42.77公里(其中再生渣油路面23.73公里,再生沥青路面19.04公里)。对各试验路段均进行了详细系统的观测和室内试验,大量试验路的复测分析结果为:旧沥青(渣油)面层的再生路面,其各项路用技术指标均能达到设计要求,再生路面质量可靠。河北省衡水地区交通局,早在1972~1974年就采用废旧渣油面层开挖料修筑了油路基层,到1979年止,已用旧料修筑了18万平方米的油路基层。湖南省岳阳公路总段于1982年试验了,将乳化沥青加入旧渣油表层面料,并分别用拌和法和层铺法修筑了150米的再生试验路,也证明了其技术可行性和经济性。

此外,甘肃、安徽、辽宁、广西、北京、河南、广东、内蒙古等许多省(区)、市的公路养护部门和科研部门,近年来也先后开展了旧沥青(渣油)路面的再生利用试验研究。

二、沥青旧料的再生技术

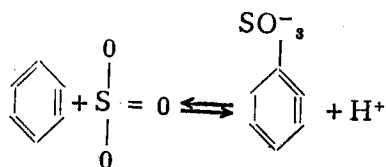
(一) 旧沥青混合料的分析

在对旧沥青混合料进行分析之前，先来分析一下石油沥青的老化机理。

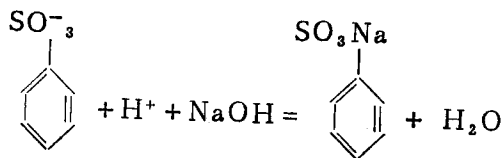
1、石油沥青的五组分分析法

顾名思义，五组分法即将沥青分为五个不同化学组分的方法。这五个组分是地沥青质At、氮基N、第一酸性分A₁、第二酸性分A₂和饱和烃P。利用地沥青质不溶于正戊烷而其他组分都溶于正戊烷的特点，可将地沥青质首先分离出来。其次，不同浓度的硫酸对除去地沥青质后的剩余物分别进行磺化，活性较大的组分能被浓度较低的硫酸磺化，活性较小的组分则要浓硫酸或发烟硫酸才能磺化，这样就可依次求得N、A₁、A₂。因饱和烃最稳定，不与任何浓度的硫酸起作用，故磺化反应最后的剩余物即为饱和烃。

所谓磺化反应，是指硫酸与沥青中带苯环的分子发生取代的反应，即磺酸基取代苯环上的氢原子，生成磺酸的反应。其反应式如下：



一般条件下，上列化学反应是可逆的。为使磺化反应正常进行，通常以固体片状NaOH为催化剂加入反应物中：



这一来，反应就一直往右方向进行。因生成的苯磺酸钠不溶于正戊烷，故可将各组分用过滤的方法分开。

其次，因反应物中有水存在，这时部分NaOH要发生电离，随即与硫酸发生中和反应：
 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 随着水分不断增加，中和反应愈加剧烈。因中和反应是放热反应，为保证沸点仅为36.1℃的正戊烷不挥发掉，必须注意降温，且氢氧化钠片必须慢慢分数次加入。在夏季，尤其是湿热天气下，更应特别注意这点。

2、沥青的老化

作为路面结合料的沥青，在路面结构中，由于受各种自然因素（如紫外线、热、湿等）的影响，其性质将发生变化。这种变化的微观表现是沥青的各组分转化。转化的规律是高活

性的、高能级的组分向低活性，低能级的组分转移。人们把这种转移谓之“移行”。就五组分而言，其移行的方向是： $A_2 \rightarrow A_1 \rightarrow N \rightarrow A_T$ 。饱和烃分子中都是单键，处于能量最低的状态，故最稳定，一般不参与移行。地沥青质 A_1 可以转变为碳，但在非燃烧条件下，这种转移很难实现。因此 A 数量将随组分的移行而不断积累。经研究发现，组分移行时，其转化速度（ V ）是不同的，通常 $V(N \rightarrow A_1) > V(A_1 \rightarrow N) > V(A_2 \rightarrow A_1)$ 。不难看出，这种非匀速的移行，不仅促使 A_1 更加集聚，而且迫使 N 的相对数量和绝对数量都在减少。当达到 N 的数量不足以胶溶全部 A_1 时，沥青的胶体结构即发生变化，宏观地表现为粘度增加、针入度降低、软化点提高。如果原沥青为路用性能较好的溶—凝胶结构，此时则变为路用性能较差的凝胶结构。这就是沥青老化的实质。

3、旧沥青混合料的分析

(1) 沥青含量的测定

武汉市市政工程设计研究院的做法是：将翻挖出的废旧沥青混合料破碎至35毫米以下，综合取样，用四分法分至需要量为止。然后用双筒式抽提仪抽提，将抽提后的沥青—苯混合液，用分馏法回收苯后，再用离心机分离沥青与矿粉。双筒抽提仪及抽提—分馏—沉淀工艺见图1、图2。

将分离后的矿粉归并于矿质混合料中。

经四次八个样品抽提后，测得沥青含量为6.70%，详见表1。

旧路面材料沥青含量测定

表1

抽提次数	抽提后沥青重 (克)		抽提后矿料重 (克)		沥青含量 (占矿料总重) (%)		沥青含量 (占旧路面材料总重) (%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
一	165	135	2555	2165	6.46	6.24	6.07	5.87
二	266	266	4201	4201	6.33	6.33	5.95	5.95
三	158	163	2201	2210	7.18	7.38	6.69	6.87
四	155	140	2220	2210	6.98	6.33	6.53	5.95
平均					6.70	6.67	6.28	6.28

(2) 回收沥青的性能

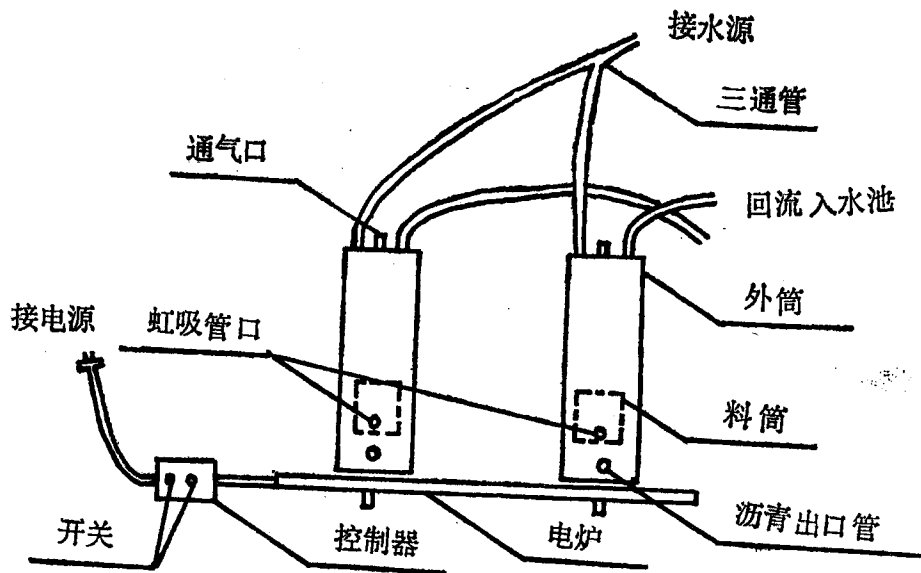
将处治好的旧沥青，在规定标准条件下，进行三大指标的测定（测定时，室温为22℃）其结果见表2。

从表2可见，沥青经过多年的使用后，已趋老化，延度降低。

上海市市政工程研究所在上海市11条路上挖掘了不同类型的旧沥青混合料，经抽提回收后，测定了回收沥青的主要性质。由表3可见，旧沥青基本已硬化，而且大多数沥青已经变质，延质降低，软化点升高。苏州、南京、天津，在试验路用料时，测定的旧沥青大多数也变质（见表4），得到了同样的结论。

(3) 骨料的级配

废旧沥青混合料，经抽提后，逐级颗粒筛分后结果表明，细料的比例增加，原因是路用后，行车碾压后破碎。下面是武汉市市政工程设计研究院的实验结果。



外筒尺寸 $h = 550 \text{ mm}$ $\phi = 200 \text{ mm}$

料筒尺寸 $h = 200 \text{ mm}$ $\phi = 170 \text{ mm}$

电炉丝 $1000 \sim 1200 \text{ W}$

图1 双筒式抽提仪示意图

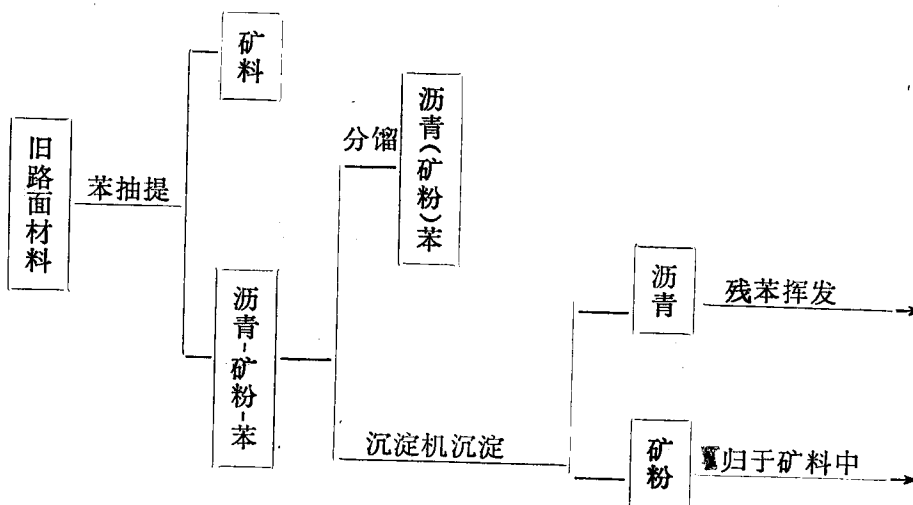


图2 抽提—分馏—沉淀工艺图

回收沥青的主要指标测定

表2

25℃针入度 (1/10毫米)	25℃延度 (厘米)	环球法软化点 (℃)
21.3	4.5	75.1

A型再生剂对旧沥青性质的改善效果 (上海旧沥青)

表3

旧沥青来源	未渗再生剂			渗A再生剂 8 %		
	针入度, 25℃	延度, 25℃, 厘米	软化点, ℃	针入度, 25℃	延度, 25℃, 厘米	软化点, ℃
1、肇加浜路 (12年)	22	16	69	51	49	55.5
2、汉口路 (30年)	16	5.7	70.5	32	11	60.1
4、济南路 (15年)	33	6	66	73	13	54
3、复兴中路 (1年)	26	8	60.3	61	16.5	51.8
5、延安西路 (20年)	15	16	65.1	51	>100	55
6、龙华路 (15年)	30	5	69.3	61	8	58
7、隆昌路 (20年)	14	5.5	77.7	36	17.8	62.3
8、金沙江路	32	>100	59.5	107	>100	44.5
9、乌鲁木齐路	55	>100	50.3	153	>100	40.5
10、光新路	28	>100	59	107	>100	45.8
11、共和路	61	40	52	172	>100	43

注：沥青抽提后用改良阿伯逊法回收。

A型再生剂对旧沥青性质的改善效果

表4

旧沥青来源	再生剂渗量 (占旧沥青)	未渗再生剂			渗A型再生剂		
		针入度, 25℃	延度, 25℃ 厘米	软化点 ℃	针入度, 25℃	延度, 25℃ 厘米	软化点 ℃
武汉市试检路	A ₂ , 8 %	21.3	4.5	75.1	46.7	14.1	65.0
苏联市试检路	A ₁ , 8 %	44	25.5	54.0	82	47	49
天津市试检路	A ₃ , 13 %	58	>100	51.5	138	>100	
南京市样 (1)	A ₁ , 15 %	27	5	72.6	95	8.5	54.3
(2)	A ₁ , 10 %	19	3	93.5	45	3.6	76.1
(3)	A ₁ , 15 %	19	3	93.5	73	3.9	69.4
(4)	A ₁ , 20 %	19	3	93.5	100	3.6	63.0

旧沥青混合料抽提后级配

表5

抽提次数	通过下列筛孔颗粒含量 (%)											
	(毫米)											
	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.074
一	96.4	93.3	91.4	86.5	75.4	59.1	45.1	33.4	28.2	15.8	13.7	5.7
二	96.6	94.2	90.9	87.1	74.5	59.9	46.1	35.5	30.1	18.0	15.4	5.8
三	97.0	91.2	86.2	79.6	65.3	50.1	38.0	29.0	24.8	14.6	12.6	6.1
四	98.7	93.4	86.9	76.4	63.6	50.6	38.2	29.5	25.2	14.6	12.1	6.8
平均	97.2	93.1	88.9	82.4	69.7	54.9	41.9	31.9	27.1	15.8	13.5	6.1

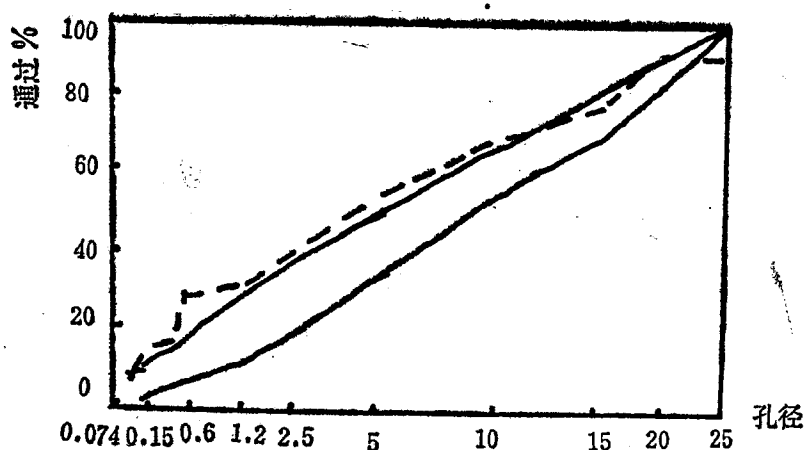


图8 旧路面材料颗粒组成图

(二) 用再生剂来改善沥青的路用性能

1、再生剂的改性机理

沥青的老化,是由于沥青组分的移行,导致了沥青各组分间失去了形成优良路用性能的适宜比例。如果在老化的沥青中,人为地适当加入某些组分就可能使沥青组分已失调的比例重新恢复平衡,再生剂就起到这样的作用。

从沥青老化的过程中可以看出,再生剂至少应具备下面几个条件:

- ①与老化的沥青相溶;
- ②含有老化的沥青所缺少的组分,最好是不含地沥青质A,而有足够的氨基N和限量的饱和烃P;
- ③具有较高的闪点($>200^{\circ}\text{C}$)和较少的挥发物。

再生剂对废旧沥青的改性作用:

①通过室内组分分析试验证明,旧沥青掺入再生剂及新沥青后的沥青组分得到了调整,其沥青质含量和蜡分的含量比目前常用的国产沥青有所改进(见表6)。由于组分的改善,低温延度比目前的国产沥青有所提高(见表7)。

②用一种能较直观地反映路面是否容易开裂的低温流变测定法(表8),来测定沥青性能,结果也证明:再生沥青与目前用于铺路的国产沥青相比,一般来说具有较好的流变特性,说明再生剂具有一定的改性作用。

③沥青低温劲度的大小与路面开裂的难易有一定关系。表9是哈尔滨建筑工程学院采用滑板式流变计测定再生沥青低温(0°C)劲度的结果。实测结果表明,苏州与南京再生沥青的低温劲度与阿尔巴尼亚60号沥青接近,而比胜利100号沥青小,说明了再生沥青低温抗裂性较胜利100号沥青好,这与苏州盘门路、南京和燕路经过两个冬天的裂缝观测结果基本上是一致的。

④把沥青制成的 $24 \times 5 \times 5$ 厘米的试件进行线收缩系数测定(测定结果如表10),结果表明,再生沥青在 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 的线收缩系数比胜利100号沥青小,但到 0°C 以下,就差不多了。

⑤通过掺入再生剂生产的再生沥青混合料铺筑的两条试验路(苏州的盘门路和南京的和

路燕)经过二冬一夏的考验,证明掺入再生剂的再生沥青混合料路用性能与常规国产沥青混合料基本相同,而且比常规国产沥青混合料有较好的低温抗裂性(见表10)。

再生沥青的组分分析

表6

沥青名称		油分 (%)		树脂 (%)		沥青质 (%)		蜡 (%)		备 注
样品编号		I	II	I	II	I	II	I	II	
对比沥青	胜利100号	50.8		37.9		11.3		6.7		① I 号为南京旧沥青, 渗A ₁ 再生剂15%; II 号为苏州旧沥青 渗A ₁ 再生剂 8%。
	阿尔巴尼亚沥青	59.78		19.37		20.85		0.1		
	旧料回收沥青	42.3	44.0	31.6	36.5	26.1	19.5	7.3	—	
	再生沥青 (旧料+再生剂 : 胜利100号)	1:1	46.2	45.7	31.6	36.5	16.2	17.0	6.0	3.1
	1:2	46.2	46.1	37.6	37.3	16.0	16.4	6.3	3.5	
	1:3	46.6	47.5	37.8	73.5	15.5	15.0	6.5	4.3	
	1:4	—	48.2		37.9	—	13.9	—	5.9	

再生沥青延度试验比较

表7

沥青名称		胜利	苏州再生沥青					南京再生沥青			
		100号	旧沥青	1:1	1:2	1:3	1:4	旧沥青	1:1	1:2	1:3
延度, 厘米	25℃, 5厘米/分, 厘米	>100	25.5	97	>100	>100	>100	5	>100	>100	>100
	15℃, 5厘米/分, 厘米	85	12	>100	>100	>100	>100	3	34	58	64
	5℃, 1厘米/分, 厘米	6	0.5	15	16	11	11	1.5	10	10.5	10.5

各种沥青与再生沥青0℃时“蠕变”性能比较

表8

沥青名称		路况评价	“蠕变”量, 毫米			
			2天	10天	28天	与28天胜利半氧化100号“蠕变量”比值
常规路用沥青再生沥青 (旧沥青比新沥青)	胜利半氧化100号	乙	0.10	0.45	0.55	1.0
	阿尔巴尼亚60号	甲	5.50	19.5	26.6	48.4
	茂名60号甲	甲	1.47	5.65	10.80	19.6
	胜利直馏100号	乙	0.41	0.85	0.95	1.73
	胜利半氧化60号	丙	0.15	0.37	0.37	0.67
	宁1:1		1.1	1.8	3.0	5.5
	宁1:1		0.4	1.1	1.7	3.1
	宁1:1		0.6	1.2	1.8	3.3
	苏1:1		0.2	0.7	1.1	2.0
	苏1:2		0.1	0.7	1.3	2.4
	苏1:8		0.2	0.4	0.6	1.1
	苏1:4		0.2	0.2	0.3	0.91

注: ①“蠕变”试验条件: $\phi 5\text{cm} \times h 5\text{cm}$ 试件, 放在 $0 \pm 1^\circ\text{C}$ 冰箱内, 试件顶面加500g荷重, 在一定令期测量试件高度变化。

②路况评价: 甲—好, 乙可以, 丙—不好。

③旧沥青掺入了再生剂, 再生沥青中的新沥青为胜利半氧化100号。

再生沥青与常规路用沥青低温(℃)劲度比较

表9

劲度 (10 ⁶ 牛) 荷载 时间 (秒)	沥青 类型 /米 ²	常规沥青		再生沥青		备 注
		阿油60号	胜利100号	南 京	苏 州	
0.05		207	540.5	141	194	①、南京旧沥青掺A ₁ 再生剂17%，苏州旧沥青掺A ₁ 再生剂8%。②、再生沥青配比为：旧沥青(掺再生剂)：胜利100号=1:2
0.1		104	250	91.2	114.05	
0.25		62.2	146	43.4	58.8	
0.50		44.45	100.65	32.05	43.65	
1		31.1	87	24.95	34.70	
2		21.45	74.3	19.5	24.05	
4		14.2	56.6	14.65	18.70	
8		9.77	40.75	10.98	13.9	
15		6.555	29.55	9.04	11.45	
30		4.305	20.95	6.77	8.155	
60		2.825	14.65	5.05	5.895	
120		1.81	10.1	3.64	4.025	
300		0.97	5.975	2.31	2.475	
600		0.6075	3.995	1.66	1.645	
1800		0.273	2.09	0.948	0.85	
3600		0.163	1.35	0.6715	0.5485	

盘门路及和燕路试验路路况

表10

路名	施工年月	旧料：新料	交通量(辆/日)	新沥青牌号	再生剂类型	1985年初裂缝观察情况(米 ² /百米 ²)
南京和燕路	1983年12月	0:1	5160(混合)	胜利100号	A ₁	2.69
		1:1				0
		1:2				0.76
		1:3				0.20
苏州盘门路	1983年11月	0:1	5164 (后轴6吨)	胜利100号	A ₁	3.80
		1:1				0.28
		1:2				0
		1:3				0
		1:4				0

2、再生剂的研究及其种类

上海市政工程研究所经过一段时间的摸索，研究出五种再生剂，质量指标见表11。

最后通过室内外试验选定了A型和A_w型两种，作为再生沥青混合料生产用的再生剂，A型再生剂是综合考虑了A₁、A₂、A₄、A₅的性能确定的，具体质量标准见表12。

3、再生沥青混合料中新沥青掺量的确定

由表3、表4可见，有相当一部分旧沥青掺入再生剂后，虽然增加延度及降低软化点，但尚达不到常规路用沥青的质量指标要求，所以再掺入一定比例的常规路用沥青来进一步提高质量。此外，由于从各条路上取得的旧矿料级配及旧沥青含量和旧沥青不一样，均匀性较差。所以，在制备再生沥青混合料时，亦需掺入一定数量的路用新厂料和新沥青，以保证再

表11

项 目	质 量 指 标				
	A ₁ 型	A ₂ 型	A ₃ 型	A ₄ 型	A _w
比 重	0.837	0.84	0.87	0.88	0.86
赛氏粘度: 25℃ (秒)	10.8	14	45	60	15
凝 点: (℃)	- 5	- 7	- 10	- 20	- 6
闪 点: (℃)	103	108	180	185	110
水 份: (%)	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹
与碱性石料粘结性	好	好	好	好	好
与酸性石料粘结性	/	/	/	/	好

表12

项 目	再生剂型号	
	A 型	A _w 型
比 重	0.83~0.86	0.83~0.87
赛氏粘度25℃ (秒)	10~35	10~35
凝点(℃) 低于	- 5	- 5
闪点(℃) 大于	100	100
水份(%) 小于	痕迹	痕迹
与碱性石料粘着力	大于三级	大于三级
与酸性石料粘着力	—	大于三级

再生剂的原材料和配合比例 (比重量)

A 型	0 号轻柴油60%	30号机械油40%
A _w 型	0 号轻柴油60%	15号汽油机润滑油40%

注: ①、如石料与沥青粘着性不良, 应添加适用的沥青表面活化剂。

②、根据本地区材料供应情况可选用A型或A_w型。

③、按比例称取两种材料混合搅拌均匀即可。避免与火接近, 以确保安全。

生沥青混合料质量的稳定。新沥青掺量考虑的因素有: ①旧沥青混合料来源数量相对地比常规沥青混合料需要量少得多。②再生沥青混合料中矿料级配及沥青用量须满足规范要求。③生产工艺须简便, 现有设备须能充分利用。据此, 旧沥青混合料和新沥青混合料之比例宜在1:1~1:4之间。从这些出发, 新、旧沥青具体比例的确定步骤分述于后。

第一步将路上翻挖的旧沥青混合料经轧碎后作抽提分析, 测定经回收后旧沥青的三大指标(针入度、延度、软化点); 第二步对旧沥青掺入不同比例的A型(或A_w型)再生剂, 使其

确定再生沥青混合料配合比实例

表13

项目编号	沥 青 名 称 \		针入度, 25℃	延度, 25℃厘米	软化点, ℃
a	抽提回收的旧沥青		43.5	25.5	54.2
b	旧沥青100份+A ₁ 再生剂 8 份		82	46.8	48.8
c	新沥青 (胜利100号)		81	>100	47
d	b : c	1 : 1	82	78	47.9
		1 : 2	81	89	47.6
		1 : 3	81	94	47.4
e	对d项沥青混 合料炒搅抽提后回 收的沥青	1 : 1	71	67	48.8
		1 : 2	69	56	48.2
		1 : 3	56	60	50.1

注: 表中数值为苏州盘门路试配的例子。

接近当地常规路用沥青针入度范围（考虑到再生剂的特性和新沥青的稠度或老化速度，针入度可稍大或稍小）；最后掺入不同比例的常规路用沥青，测定其三大指标，选出其测定值符合常规路用要求的配合比或配合范围，作为再生沥青混合料配料的依据。在配料时，亦可再将炒拌好的再生沥青混合料做抽提分析，并测定回收沥青的性质，以复核再生沥青性能。在表13的实例中，从d项和e项的试验结果比较可看出，所掺入的常规路用沥青材料（胜利100号）老化较快，因此旧沥青多者经炒拌后变质较小，如采用耐老化较好的其它沥青时可能没有这种现象。

三、再生沥青混合料的配料

(一) 再生剂用量的确定

- 1、将破碎后的沥青旧料进行抽提分析，计算出旧沥青含量及旧矿料级配。
- 2、将抽提出来的旧沥青溶液按改良阿伯逊法（见附录1）回收旧沥青。并测定其针入度、延度和软化点。
- 3、在旧沥青中加入不同比例的再生剂，然后进行针入度试验，从中求出旧沥青针入度，接近当地普通沥青混合料所要求的沥青针入度时，再生剂掺配比例或范围。

(二) 再生沥青混合料的配合比设计

- 1、把拌有再生剂的旧沥青一份，掺入符合技术要求的当地采用的用于普通沥青混合料的新沥青1~4份，分别测定各种混合沥青的针入度、延度、软化点。按表14或表15的技术要求，选定适用的新、旧沥青掺配比例或范围。根据选定的、旧沥青掺配比例或范围，确定新矿料与旧矿料的配合比例，旧矿料与新矿料之比为1:2~1:4。

中轻交通量道路石油沥青技术要求（交通量625辆次/日）

表14

项 目	质 量 指 标				
	油—40	油—100	油—100	油—60	油—60
		甲	乙	甲	乙
针入度：25℃，100克，5秒（1/10mm）	121—160	91—120	81—120	51—80	41—80
延度：15℃，不小于（cm）	—	80	—	—	—
25℃，不小于（cm）	100	90	60	70	40
软化点：环球法（℃）	35+	42—50	42+	45—55	45+
溶解度：不小于（%）	99	99	99	99	99
蒸发后针入度比：不低于（%）	60	65	65	70	70
闪点：开口，不低于（℃）	230	230	230	230	230
蒸发损失：160℃，5小时，不大于（%）	1	1	1	1	1
水份：不大于（%）	0.2	0.2	0.2	痕迹	痕迹

注：如用于交通量大于及等于625轴次/日（BEE—100）时必须经过省、市、自治区主管部门批准后方可使用。

- 2、按上面所选定的新、旧料配合比及表16再生沥青混合料级配组成要求，计算旧矿料及新矿料的规格用量，根据计算出的旧矿料及新矿料的配合比，计算出配料试验需要的初定新沥青用量（该值是再生沥青混合料需要的总沥青用量与沥青旧料沥青含量之差）。

重交通量道路石油沥青质量技术要求

表15

项 目	油重—120	油重—90	油重—70	油重—50
针入度: 25℃, 100克, 5秒 (1/10mm)	101—140	81—100	61—80	41—60
延度: 不小于, (cm)				
25℃	100	100	100	100
15℃	100	100	100	80
软化点: 环球法 (℃)	40—50	42—52	44—54	46—55
溶解度: 不小于 (%)	99	99	99	99
加热损失: 160℃, 5小时, 不大于, (%)	1	1	1	1
加热后针入度比: 不小于 (%)	50	70	70	70
加热后延度: 25℃不小于, (cm)	50	50	50	50
闪点: 开口, 不低于 (%)	230	230	230	230
含蜡量: 蒸馏法, 不大于, (%)	8	8	8	8
比重: 25℃/25℃, 不小于	1.00	1.00	1.01	1.01

注: 表的质量技术要求亦适用于中、轻交通道路。

再生沥青混合料级配组成

表16

类 型		通过下列筛孔(毫米)重量 %													%
		35	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.074	
粗粒式	LH-35	95~100	—	75~95	—	55~75	40~60	25~45	15~35		5~18	4~14	3~8	2~5	3.5~5.5
	LH-30		95~100	75~95	—	55~75	40~60	25~45	15~35	—	5~8	4~14	3~8	2~5	
中粒式	LH-25 I II			95~100	—	—	70~80	50~65	35~50	25~40	18~30	13~21	8~15	4~9	4.6~6.5
				95~100	—	—	50~70	30~50	20~35	13~25	9~18	6~13	4~8	3~7	4.0~6.0
	LH-20 I II				95~100	—	70~80	50~65	35~50	25~40	18~30	13~21	8~15	4~6	4.5~6.5
					95~100	—	50~70	30~50	20~35	13~25	9~18	6~13	4~8	3~7	4.0~6.0
粗粒式	LS-35	95~100				40~60	25~45	10~30	5~20		0~10	0~6		0~4	3.0~5.0
	LS-30		95~100			40~60	25~45	10~30	5~20		0~10	0~6		0~4	3.0~5.0
中粒式	LS-25			95~100			35~55	10~30	5~25		0~11	0~7		0~5	3.5~5.5
	LS-20				95~100		35~55	10~30	5~25		0~11	0~7		0~5	3.5~5.5

注: (1)再生沥青面层一般做双层式, 上层采用普通沥青混合料封面, 下层使用再生沥青混合料。(表中级配系作为上层用的)

(2) LH—沥青混凝土

LS—沥青碎石

(8) 表中沥青用量系内加。仅供进行混合料级配设计初选沥青时参考, 实际用量由试检确定。

3、按已确定的再生剂用量, 在轧碎的沥青旧料中拌入再生剂。制成再生沥青旧料。再配入已计算出的新矿料、旧矿料。并以初定的沥青需用量的中值, 换算为占新矿料重量的百分比。然后以每次增减0.5% (占新矿料) 的沥青用量变化, 分为五挡, 制备试件。每挡沥青用量做平行试件九个, 其中三个做饱水率试验, 六个做马歇尔试验。

4、按照附录2、附录3试验方法的规定, 测定再生沥青混凝土的物理力学性能, 并根

据表17的技术指标选用合适的新沥青用量。对于沥青碎石，可按当地的经验来确定新沥青的用量。

再生沥青混凝土技术指标

表17

交通量类型		重交通量	中、轻交通量
试件击实次数		75	50
稳定度(牛顿)不小于		粗粒式 4500 中粒式 5000	粗粒式 4000 中粒式 4500
流值 ($\frac{1}{100}$ cm)		20~40 (45) *	20~45 (50) *
饱水率(%)	I型	1.5~5	1.5~5
	II型	5~9	5~9

*括号内数值是指在保证路面热稳定性好的前提下，流值可放宽的数值。

5、再生沥青混凝土的质量指标符合表17的规定，如不符合要求，应改变再生剂用量或降低沥青旧料用量，并重新进行配合比设计和试验。

(三) 再生沥青混合料配合比设计实例。

见附录4