

# 北京市沥青路面预防性养护技术指南

Guidelines for Asphalt Pavement Preventive Maintenance Technology in Beijing

北京市交通委员会路政局 等主编

2014- xx - xx 发布

2014- xx - xx 实施

---

北京市交通委员会路政局

# 北京市沥青路面预防性养护技术指南

**Guidelines for Asphalt Pavement Preventive Maintenance Technology in Beijing**

主编单位：北京市交通委员会路政局

参编单位：北京市道路工程质量监督站

北京市城市道路养护管理中心

北京市首都公路发展集团有限公司

交通运输部公路科学研究院

北京市政路桥建材集团

上海龙孚材料技术有限公司

北京市市政专业设计院股份公司

实施时间：2014年xx月xx日

# 前 言

随着经济社会的发展，人民群众公共出行的需求发生了深刻变化，对路面技术状况和服务水平也提出了更高要求，我市沥青路面养护管理工作面临前所未有的挑战。转变养护理念和养护投入模式，全面推行预防性养护，是我市沥青路面养护事业的发展趋势。

为了进一步提高我市沥青路面养护与管理水平，保证路网的完好畅通，更好地发挥道路基础设施在我市经济社会发展中的作用，更好地为公众出行服务，制定本指南。

本指南是在总结国内外研究成果和北京市成功应用经验的基础上编写而成的。希望广大道路养护管理和技术人员在使用本指南过程中，将发现的问题和修改意见及时告知编写单位，以便修订时参考。

主编单位：北京市交通委路政局

参编单位：北京市道路工程质量监督站

北京市城市道路养护管理中心

北京市首都公路发展集团有限公司

交通运输部公路科学研究院

北京市政路桥建材集团

上海龙孚材料技术有限公司

北京市市政专业设计院股份公司

主要起草人：刘长革 张新海 王众毅 康云霞 侯小明 薛忠军  
杨帆 杨宁 孔祥杰 李峰 徐剑 柳浩  
杨丽英 秦永春 黄颂昌 马云容 高晓阳 张玉轻

# 目 录

前 言.....	2
目 录.....	3
1 总 则.....	1
2 术语、符号.....	2
2.1 术 语.....	2
2.2 符 号.....	4
3 路面养护期望水平.....	5
3.1 公路路面技术状况评价指标.....	5
3.2 城市道路路面技术状况评价指标.....	6
3.3 养护期望水平.....	6
4 预防性养护决策.....	8
4.1 一般规定.....	8
4.2 适宜预防性养护的路况评价标准.....	8
4.3 预防性养护的时机.....	10
4.4 养护对策的费用效益分析.....	11
4.5 预防性养护工程措施的选取.....	12
5 预防性养护效果后评估.....	14
附 录.....	15
A 周期寿命费用效益分析.....	15
1 周期养护费用.....	15
2 效益分析.....	16
3 效益费用比.....	17
B 灌缝.....	19
1 材料.....	19
2 施工机具.....	19
3 施工工序及注意事项.....	20
4 适用条件.....	20
5 质量检查与验收.....	20
C 贴缝.....	22
1 材料.....	22
2 施工机具.....	23
3 施工工序及注意事项.....	23
4 适用条件.....	24
5 试验方法.....	24
6 质量检查与验收.....	27
D 雾封层.....	28
1 材料.....	28
2 施工机具.....	28
3 施工工序及注意事项.....	28
4 适用条件.....	28
5 质量检查与验收.....	28

E	薄浆封层	30
	1 材料	30
	2 薄浆混合料技术要求	31
	3 薄浆喷洒施工	31
	4 质量检查与验收	32
F	碎石封层	34
	1 材料	34
	2 分类	35
	3 施工机具	36
	4 施工工序及注意事项	36
	5 适用条件	37
	6 质量检查与验收	37
G	微表处和稀浆封层	39
	1 材料	39
	2 混合料设计	41
	3 施工	44
	4 施工质量控制	49
	5 质量检查与验收	51
H	薄层罩面	53
	1 一般规定	53
	2 适用条件	53
	3 质量检查与验收	53
J	超薄罩面	55
	1 一般规定	55
	2 适用条件	55
	3 质量检查与验收	55
J.1	超薄罩面（I型）	57
	1 材料	57
	2 混合料	59
	3 施工	60
J.2	超薄罩面（II型）	62
	1 材料	62
	2 混合料	64
	3 施工	65
J.3	超薄罩面（III型）	68
	1 材料	68
	2 混合料	70
	3 施工	71
	4 质量检查与验收	75
K	就地热再生	76
	1 材料	76
	2 施工机具	76
	3 施工工序及注意事项	76
	4 铺筑试验路段	76

5 再生.....	77
6 适用条件.....	77
7 质量检查与验收.....	77
L 纤维封层.....	79
1 材料.....	79
2 施工.....	79
3 质量检查与验收.....	80
M 原路面病害处理.....	82
1 基本要求.....	82
2 材料.....	82
3 试验方法.....	83
4 路面局部损坏处理工艺.....	86
本指南用词说明.....	89
条文说明.....	90
1 总 则.....	90
2 术语、符号.....	91
3 路面养护期望水平.....	91
4 预防性养护决策.....	92
5 预防性养护效果后评估方法.....	93

# 1 总 则

## 1.0.1 目 的

为规范和指导北京市沥青路面的预防性养护工作，提高沥青路面的养护技术水平，保持和提高路面使用性能，延长路面大修周期，提高路面全寿命周期养护效益，制定本指南。

## 1.0.2 适用范围

本指南适用于北京市各等级道路的沥青路面预防性养护工程，包括：高速公路，一、二、三、四级公路及城市快速路、主干路、次干路、支路等道路。

## 1.0.3 基本要求

- 1) 采用先进的检测手段，定期采集路况数据，掌握路面的技术状况。
- 2) 准确评价路况现状，预测路况变化趋势，提出科学的预防性养护对策。
- 3) 加强前期管理、施工管理和经济核算，确保预防性养护方案的科学制定和有效实施。
- 4) 积极推广应用预防性养护新技术、新材料、新工艺、新设备。
- 5) 制定技术安全措施和文明施工方案，严格执行养护安全作业规程，确保安全、文明施工。

## 1.0.4 相关标准

沥青路面预防性养护除按照本指南的规定执行外，还应符合国家、行业和北京市现行相关技术标准、规范和规程的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 路面预防性养护 pavement preventive maintenance

路面预防性养护是指为了提高路面全寿命周期养护效益，在没有发生损坏或者只有轻微病害与病害迹象的路面上，为了防止路面病害出现或者轻微病害的进一步扩展、延缓路面使用性能的衰减，保持和改善路面使用性能，而采取的基本不扰动路面结构、不改变路面结构强度的路面养护措施。

#### 2.1.2 周期养护效益 maintenance benefit in cycle

按照预防性养护方式保养路面，在路面新建到大修或两次大修之间的时间段内由预防性养护所产生的经济效益和社会效益。

#### 2.1.3 周期养护费用 maintenance cost in cycle

按照预防性养护方式保养路面，在路面新建到大修或两次大修之间的时间段内所发生的各项养护费用。

#### 2.1.4 最佳预防性养护时间 optimal time of PPM

在路面新建到大修或两次大修之间的时间段内，可获得最大效益费用比的预防性养护实施时间点。

#### 2.1.5 雾封层 fog seal

采用专用的雾封材料以雾状喷洒在沥青路面表面，封闭沥青路面部分微裂缝、孔隙，起到防水、防止路面进一步老化，并改善路面外观的一种路面预防性养护技术。

#### 2.1.6 薄浆封层 mastic seal

采用特殊改性乳化沥青与细集料混合后均匀喷洒或涂刮到沥青路面表层，封闭沥青路面微裂缝和孔隙，稳定旧路面表面松散集料，提高旧路面防水性能，减缓路面老化速率的一种路面预防性养护技术。

#### 2.1.7 封缝 crack filling and sealing

采用专用的封缝材料填充或粘贴沥青路面裂缝的一种技术。

#### 2.1.8 碎石封层 chip seal

采用接近单一粒径的集料和符合要求的沥青结合料按照层铺法施工的一种

技术。

#### 2.1.9 稀浆封层 slurry seal

采用专用机械设备将乳化沥青、粗细集料、填料、水和添加剂等按照设计配比拌和成稀浆混合料摊铺到原路面上形成的薄层技术。

#### 2.1.10 微表处 micro-surfacing

采用专用机械设备将聚合物改性乳化沥青、粗细集料、填料、水和添加剂等按照设计配比拌和成稀浆混合料摊铺到原路面上，并很快开放交通的具有高抗滑和耐久性能的薄层技术。

#### 2.1.11 薄层罩面 thin overlay

在原沥青路面上加铺  $30\text{mm}\pm 5\text{mm}$  厚度的沥青面层技术。

#### 2.1.12 超薄罩面 ultra-thin overlay

在原沥青路面上加铺  $20\text{mm}\pm 5\text{mm}$  厚度的沥青面层技术。

#### 2.1.13 复合封层 multi-seal

在碎石封层上再施工一层稀浆封层、微表处、薄层罩面或超薄罩面的双层处治层技术。

#### 2.1.14 纤维封层 fibre seal

采用专用设备洒布沥青胶结料和纤维，主要用于防治反射裂缝的功能层技术。

#### 2.1.15 就地热再生 hot in-place recycling

采用专用的就地热再生设备，对沥青路面进行加热、翻松，就地掺入一定数量的新沥青、新骨料、新沥青混合料或再生剂等，经热态拌和、摊铺、碾压等工序，一次性实现对表面  $20\text{mm}\sim 50\text{mm}$  范围内的旧沥青路面再生的技术。

## 2.2 符号

本指南所用的符号及其意义列于表 2.2。

表 2.2 符号及意义

编号	符号	意义
2.2.1	PPM	路面预防性养护
2.2.2	AADT	年平均日交通量
2.2.3-1	PQI	路面使用性能指数（公路）
2.2.3-2	PQI	路面综合评价指数（城镇道路）
2.2.4	PCI	路面损坏状况指数
2.2.5	RQI	路面行驶质量指数
2.2.6	RDI	车辙深度指数
2.2.7	SRI	抗滑性能指数
2.2.8	PSSI	路面结构强度指数
2.2.9	IRI	国际平整度指数
2.2.10	PBI	预防性养护效益指数
2.2.11	EUAC	当量平均年度费用
2.2.12	BCR	预防性养护效益费用比
2.2.13	EAC	等效年度费用

### 3 路面养护期望水平

#### 3.1 公路路面技术状况评价指标

3.1.1 公路路面技术状况的评价采用路面使用性能指数（PQI）和相应的分项指标路面损坏状况指数(PCI)、路面行驶质量指数(RQI)、路面车辙深度指数(RDI)、路面抗滑性能指数（SRI）和路面结构强度指数（PSSI）表示，PQI 和相应的分项指标的值域为 1~100。

3.1.2 公路路面技术状况分优、良、中、次、差五个等级。路面技术状况等级按表 3.1.2 规定的标准确定。

表 3.1.2 公路路面技术状况评定标准

评定等级	优	良	中	次	差
PQI 及各级分项指标	≥90	≥80, <90	≥70, <80	≥60, <70	<60

3.1.3 公路路面使用性能指数（PQI）按式（3.1.3）计算。

$$PQI = w_{PCI}PCI + w_{RQI}RQI + w_{RDI}RDI + w_{SRI}SRI \quad (3.1.3)$$

式中：

- $w_{PCI}$  — PCI 在 PQI 中的权重，按表 3.1.3 取值；
- $w_{RQI}$  — RQI 在 PQI 中的权重，按表 3.1.3 取值；
- $w_{RDI}$  — RDI 在 PQI 中的权重，按表 3.1.3 取值；
- $w_{SRI}$  — SRI 在 PQI 中的权重，按表 3.1.3 取值。

表 3.1.3 公路路面 PQI 指标权重系数

评价指标	高速公路、一级公路	二、三、四级公路
$w_{PCI}$	0.35	0.60
$w_{RQI}$	0.40	0.40
$w_{RDI}$	0.15	—
$w_{SRI}$	0.10	—

### 3.2 城市道路路面技术状况评价指标

3.2.1 城市道路路面技术状况评价内容包括路面行驶质量、路面损坏状况、路面结构强度、路面抗滑能力和综合评价，相应的评价指标为路面行驶质量指数（RQI）、路面状况指数（PCI）、路表回弹弯沉值、抗滑系数（BPN 或 SFC）和综合评价指数（PQI）。

3.2.2 城市道路路面技术状况分 A、B、C、D 四个等级。城市道路路面技术状况等级按表 3.2.2 规定的标准确定。

表 3.2.2 城市道路路面技术状况评定标准

评价指标	A			B		
	快速路	主干路、次干路	支路	快速路	主干路、次干路	支路
PQI	≥90	≥85	≥80	≥75, <90	≥70, <85	≥65, <80
评价指标	C			D		
	快速路	主干路、次干路	支路	快速路	主干路、次干路	支路
PQI	≥65, <75	≥60, <70	≥60, <65	<65	<60	<60

3.2.3 城市道路路面综合评价指数（PQI）按式（3.2.3）计算。

$$PQI = T \times \omega_1 \times RQI + PCI \times \omega_2 \quad (3.2.3)$$

式中：

$PQI$  — 综合评价指数，数值范围为 0~100；

$T$  — RQI 分值转换系数，T 取值为 20；

$\omega_1$ 、 $\omega_2$  — 分别为 RQI、PCI 的权重；对快速路或主干路， $\omega_1$  取值为 0.6， $\omega_2$  取值为 0.4；对次干路或支路， $\omega_1$  取值为 0.4， $\omega_2$  取值为 0.6。

### 3.3 养护期望水平

3.3.1 路面使用性能指数（PQI），各分项指标路面损坏状况指数（PCI）、路面行驶质量指数（RQI）、路面车辙深度指数（RDI）应满足表 3.3.1 的要求。

表 3.3.1 路面养护期望水平

道路等级	PQI	PCI	RQI	RDI
高速公路	—	≥95	≥95	≥95
一级公路	—	≥93	≥93	≥93
二级公路	—	≥90	≥90	—
三、四级公路	—	≥90	≥85	—
城市快速路	≥95	≥95	≥95	—
主干路	≥93	≥93	≥93	—
次干路、支路	≥90	≥90	≥90	—

## 4 预防性养护决策

### 4.1 一般规定

4.1.1 对于符合预防性养护时机的路段，视养护目标的不同，选择灌缝、贴缝、雾封层、薄浆封层、碎石封层、稀浆封层、微表处、薄层罩面、超薄罩面、就地热再生、纤维封层等技术进行预防性养护。

4.1.2 以 1km 路段为单位，综合考虑交通量、路龄、主要养护目标、原路面技术状况、养护资金等因素，进行预防性养护决策。对于城市道路，也可根据断面、主要路口或病害分布特点进行灵活分段。

4.1.3 预防性养护对路况的基本要求是路面结构强度充足、路面状况良好和路面比较平整。

4.1.4 采取预防性养护措施的路面应符合相应的预防性养护宏观路况标准和微观路况标准。

4.1.5 进行预防性养护前，应对原路面的局部病害进行预处理。

### 4.2 适宜预防性养护的路况评价标准

4.2.1 预防性养护适宜路况的技术判断标准采用 PSSI 和 PCI 两项指标。其中，PSSI 为检验指标，PCI 为判断指标。即在 PSSI 满足要求的前提下，以 PCI 为判断路面是否需要预防性养护的标准。

适宜实施预防性养护的路面宏观技术状况条件是：路面结构强度充足（ $PSSI \geq 85$ ）、路面破损状况指数  $PCI \geq 85$ ，见表 4.2.1。

当原路面封水、抗滑等某一功能不足时，可以选择适宜的技术进行路面预防性养护。

表 4.2.1 适宜预防性养护的综合指标

道路等级	高速公路、 一级公路	二、三、四级公路	城市快速路、 主干路	城市次干路、支路
PSSI	≥90	≥85	≥90	≥85
PCI	≥90	≥85	≥90	≥85

4.2.2 在宏观路况标准满足预防性养护要求的前提下,还需判断单项指标是否符合预防性养护微观路况标准。

- 1) 横向裂缝、纵向裂缝属轻微程度;
- 2) 车辙深度小于 15mm;
- 3) 拥包、沉陷等表面不平整病害属轻微。

4.2.3 当局部路面存在下列一种和多种状况时,应在预防性养护之前对病害进行预处理,以满足预防性养护微观路况标准。

- 1) 路面有中等程度以上的龟裂;
- 2) 路面存在较严重的横向裂缝和纵向裂缝(裂缝宽度超过 3mm)。
- 3) 存在因沥青混凝土不稳定引起的车辙;
- 4) 沥青混凝土路面表面存在严重的拥包、推移等现象;
- 5) 路基条件差;
- 6) 路面的排水条件不良或具有与湿度有关的损坏。

### 4.3 预防性养护的时机

4.3.1 当相关数据充足的情况下，按图 4.3.1 所示流程确定最佳预防性养护时间。

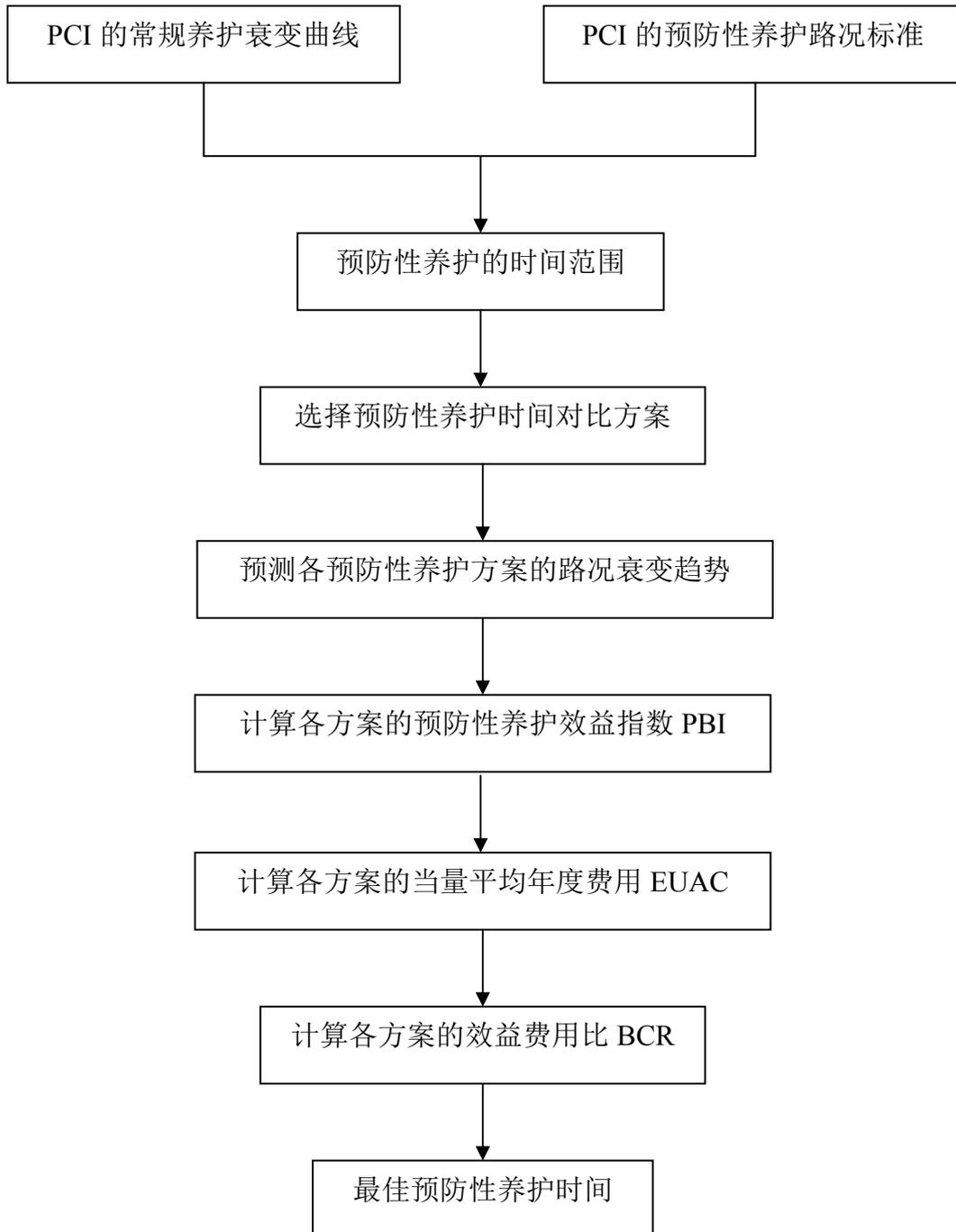


图 4.3.1 最佳预防性养护时间的确定流程

4.3.2 从预防性养护方式的角度，根据技术状况确定预防性养护时间，可参考表 4.3.2。

表 4.3.2 推荐预防性养护措施应用的时间

措施	灌缝/ 贴缝	雾封层/ 薄浆封层	碎石封层	稀浆封层/ 微表处	薄层罩面/ 超薄罩面	就地热再生
时间（年）	即时	2~3	3~5	3~5	3~6	3~6

注：表中时间是指路面新建、上一次大修或预防性养护后的通车时间。

#### 4.4 养护对策的费用效益分析

4.4.1 根据即时的材料、施工等费用确定预防性养护措施的单位费用。

4.4.2 根据实际使用经验确定预防性养护措施的使用寿命，可参考表 4.4.2 确定。

表 4.4.2 预防性养护措施的使用寿命

类型	期望寿命（年）	
雾封层	1~2	
薄浆封层	2~3	
灌缝/贴缝	2~4	
碎石封层	3~4	
复合封层	3~5	
稀浆封层	3~4	
微表处	3~5	
薄层罩面/超薄罩面	4~5	
表层就地热再生	复拌再生	2~3
	加铺再生	4~6

4.4.3 采用等效年度费用法进行费用效益分析

等效年度费用法（Equivalent Annual Cost method，简称 EAC）由于方法简单被广泛采用，计算方程如下：

$$\text{等效年度费用（EAC）} = \text{单位成本} / \text{期望寿命}$$

4.4.4 在费用效益分析的基础上，针对具体的项目还需要进行进一步的分析，综合考虑施工、气候等因素。

4.4.5 确定常规养护的 PCI 衰变方程，由衰变方程及 PCI 的预防性养护标准确

定适合预防性养护的时间范围,并根据相等的时间间隔或路面养护计划选择预防性养护时间对比方案。

4.4.6 确定常规养护和各预防性养护时间对比方案的路况指标衰变方程。对于表面加铺类预防性养护措施,应包括 PCI、RQI 和 SRI 三项路况指标;对于非表面加铺类预防性养护措施,可只选择 PCI 一项路况指标。

4.4.7 对于表面加铺类预防性措施,分别计算预防性养护相对于常规养护所增加的 PCI、RQI 和 SRI 衰变曲线下的面积以及常规养护的 PCI、RQI 和 SRI 衰变曲线下的面积,并计算预防性养护效益指数 PBI;对于非表面加铺类预防性养护措施,计算预防性养护相对于常规养护所增加的 PCI 衰变曲线下的面积,即为预防性养护效益指数 PBI。

4.4.8 计算各时间方案的日常养护费、预防性养护费和中修费在路面寿命周期内的当量平均年度费用 EUAC。

4.4.9 计算各时间方案的预防性养护效益费用比 BCR,最终以 BCR 值最大的时间方案所对应的预防性养护实施时间点作为预防性养护的最佳时间。

#### 4.5 预防性养护工程措施的选取

4.5.1 路面的预防性养护工程技术主要有:灌缝、贴缝、雾封层、薄浆封层、碎石封层、微表处、稀浆封层、薄层罩面、超薄罩面、就地热再生、纤维封层等,鼓励新技术、新材料、新工艺和新设备的推广应用。

4.5.2 采取何种预防性养护措施,应根据路况、交通量、资金和费用效益等因素确定。具体应用可参照表 4.5.2-1 和表 4.5.2-2 推荐的措施应用。

表 4.5.2-1 各等级道路适用的预防性养护措施

道路等级	预防性养护措施							
	封缝	雾封层 /薄浆封层	碎石封层	稀浆封层	微表处	复合封层	超薄罩面 /薄层罩面	就地热再生
高速公路、一级公路	★	△	×	×	★	★	★	△
二、三、四级公路	★	★	★	★	★	★	★	×
城市快速路、主干路	★	★	×	×	△	×	★	×
次干路、支路	★	★	×	×	★	★	★	×

注：★—推荐，△—谨慎使用，×—不推荐。

表 4.5.2-2 预防性养护措施应用推荐表

路面主导损坏类型		严重程度	封缝	雾封层/薄浆封层	碎石封层	稀浆封层	微表处	复合封层	超薄罩面/薄层罩面	复拌再生	加铺再生
裂缝类	龟裂	轻	×	×	★	△	△	★	△	★	★
		中	×	×	△	×	×	△	×	△	△
		重	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	块状裂缝	轻	×	×	★	△	△	★	△	★	★
		重	×	×	×	×	×	×	×	△	△
	纵向裂缝	轻	★	×	★	★	★	★	★	★	★
		重	★	×	×	×	×	×	×	△	△
	横向裂缝	轻	★	×	★	★	★	★	★	★	★
重		★	×	×	×	×	×	×	△	△	
变形类	车辙	轻	/	×	★	★	★	★	★	★	★
		重	/	×	×	×	△	×	×	△	★
松散类	松散	轻	/	△	★	★	★	★	★	★	★
		重	/	×	△	×	×	△	×	★	★
其他类	泛油	/	/	×	★	★	★	★	★	★	★
	磨光	/	/	×	★	★	★	★	★	★	★
	坑槽	轻微	/	×	×	×	×	×	×	×	×
		严重	/	×	×	×	×	×	×	×	×
	沉陷	轻微	/	×	×	×	×	×	×	×	×
		严重	/	×	×	×	×	×	×	×	×
其他	封水	/	/	★	★	★	★	★	★	×	△
	恢复抗滑性能	/	/	×	★	★	★	★	★	△	★
	PCI	>90	/	★	★	★	★	★	★	★	★
		85~90	/	△	★	△	★	★	★	★	△
	<85	/	×	×	×	×	×	×	×	×	

	交通量	轻	/	★	★	★	★	★	★	★	★
		中	/	★	★	★	★	★	★	★	★
		重	/	△	△	△	★	★	★	△	★
		特重	/	△	×	×	△	△	△	×	★

注：★—推荐，△—谨慎使用，×—不推荐。

## 5 预防性养护效果后评估

5.0.1 应建立预防性养护效果后评估机制，跟踪观测预防性养护路段的路用性能，总结路面预防性养护效果。

5.0.2 应全部采集预防性养护路段的路面技术状况数据，检测依据为中华人民共和国行业标准《公路路基路面现场测试规程》（JTG E60）、《城镇道路养护技术规范》（CJJ36）及北京市交通委员会路政局的相关规定。

5.0.3 路面技术状况的评价采用路面使用性能指数 PQI 和相应的分项指标表示。各指标计算方法按照中华人民共和国行业标准《公路技术状况评定标准》（JTG H20）和《城镇道路养护技术规范》（CJJ36）的规定执行。

5.0.4 路面预防性养护效果，以 PCI 作为主要评价指标，以实际路用效果是否达到预防性养护预期目标为主要依据。

5.0.5 应对预防性养护试验路进行评估，预防性养护效果不佳的，应总结教训，分析原因，预防性养护效果良好的，应总结经验，推广应用。

# 附录

## A 周期寿命费用效益分析

### 1 周期养护费用

1.1 需要考虑的费用项目主要包括日常养护费、预防性养护费和中修费三项。实际分析时如果缺乏数据也可以只选择其中一项或几项，但必须包括预防性养护措施费。

1.2 由于各比较方案的养护周期长度不相同，因此采用 EUAC 法来计算各比较方案的费用。

在计算 EUAC 时，对任意一个预防性养护方案  $j$  而言，由于考虑的费用项目均发生在路面新建或新近一次大（中）修到下一次中修的时间段内，因此费用分析期选择  $[0, X_{ej}]$ 。EUAC $_j$  的计算模型见图 5.1.2，根据计算模型其计算过程可分以下两步进行：

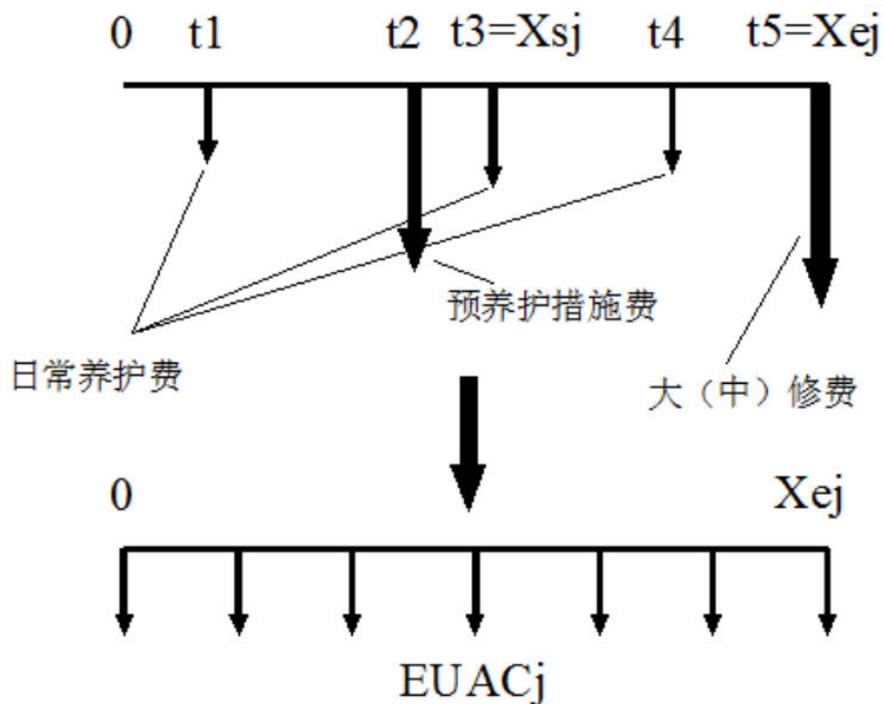


图 1.2 EUAC $_j$  的计算模型示意图

第一步：计算费用分析期内发生的各项养护费用的总现值，时间零点选择路面新建或新近一次大（中）修的时间。其计算公式如下：

$$PW_j = \sum C_i(1+d)^{-t} \quad (1.2-1)$$

$PW_j$ ——第  $j$  个预防性养护时间方案在其费用分析期内发生的各项养护费用的总现值；

$C_i$ ——未来  $t$  时间发生的某项养护费用；

$d$ ——利率（比如利率为 4%，则  $d=0.04$ ），可根据北京市的经济发展水平选择；

$t$ ——未来养护发生的时间（年）。

第二步：将各项养护费用的现值之和，即总现值转化成当量平均年度费用（EUAC），其计算公式如下：

$$EUAC_j = PW_j \left[ \frac{d(1+d)^{nj}}{(1+d)^{nj} - 1} \right] \quad (1.2-2)$$

其中：

$EUAC_j$ ——第  $j$  个预防性养护方案的当量平均年度费用；

$nj$ ——第  $j$  个预防性养护方案费用分析期的长度， $nj = X_{ej}$ 。

## 2 效益分析

### 2.1 常规养护的效益

常规养护是指在路面状况良好时不对路面采用预防性养护而只进行日常养护，直到路面状况下降到不可接受的程度才进行养护的方法。常规养护的效益可用其路面性能曲线下的面积来表示。常规养护的效益面积是指在效益分析期内，由各效益分析指标的衰变曲线及其效益计算基线（下线）所包围的面积。

### 2.2 预防性养护的效益

预防性养护的效益可用由于预防性养护而相对于常规养护增加的路面性能曲线下的面积表示。预防性养护的效益面积是指在效益分析期内，常规养护下分

析指标的衰变曲线、预防性养护下分析指标的衰变曲线、和效益计算基线所包围的面积。

### 2.3 预防性养护效益的标准化

预防性养护产生的效益主要表现为路面采取预防性养护后 PCI、RQI 和 SRI 的综合改善量。因此，周期养护效益以各效益分析指标的标准化预防性效益按其权重系数的加权值表征，即预防性养护效益指数（Preventive Benefit Index，简称 PBI），计算公式如下：

$$PBI_j = \gamma_1 SB_j(PCI) + \gamma_2 SB_j(RQI) + \gamma_3 SB_j(SRI) \quad (2.3-1)$$

式中：

$PBI_j$  ——任意一个方案 j 的预防性养护效益指数；

$SB_j(PCI)$  ——PCI 的标准化效益；

$SB_j(RQI)$  ——RQI 的标准化效益；

$SB_j(SRI)$  ——SRI 的标准化效益；

$\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  和  $\gamma_3$  ——分别为 PCI、RQI 和 SRI 的效益权重系数。

PCI、RQI 和 SRI 的标准化效益  $SB_j(PCI)$ 、 $SB_j(RQI)$  和  $SB_j(SRI)$  分别以预防性养护的效益面积占常规养护的效益面积的百分率来实现标准化。

例如对于某个预防性养护方案 j 而言，PCI 的标准化效益  $SB_j(PCI)$  可由下式进行计算：

$$SB_j(PCI) = \frac{A_j(PCI)}{A_0(PCI)} \quad (2.3-2)$$

式中：

$A_j(PCI)$  ——PCI 的预防性养护效益面积；

$A_0(PCI)$  ——PCI 的常规养护效益面积。

### 3 效益费用比

按照以上方法算得任意一个养护方案的预防性养护效益指数  $PBI_j$  及其当量

年度费用  $EUAC_j$  后,可进一步求出其效益费用比(Benefit Cost Ratio,简称 BCR),如下式所示。由费用—效益法可知,效益费用比最大的养护方案为最佳养护方案。

$$BCR_j = \frac{PBI_j}{EUAC_j} \quad (3)$$

式中:

$BCR_j$ ——第  $j$  个预防性养护方案的效益费用比;

$PBI_j$ ——第  $j$  个预防性养护方案的预防性养护效益指数;

$EUAC_j$ ——第  $j$  个预防性养护方案的当量年度费用。

## B 灌缝

### 1 材料

#### 1.1 分类

密封胶分加热型和常温型两类，加热型密封胶是目前沥青路面最常用的封缝材料。

#### 1.2 类型

加热型密封胶分为高温型、普通型、低温型、寒冷型和严寒型五类，分别适用于最低气温不低于 0℃、-10℃、-20℃、-30℃和-45℃的地区。本市宜采用低温型和寒冷型密封胶。

1.3 加热型密封胶应满足表 1.3 的要求。

表 1.3 加热型密封胶的技术要求

序号	性能指标	低温型	寒冷型	试验方法
1	低温拉伸	通过	通过	JT/T 740
2	锥入度 (0.1mm)	70~110	90~150	JT/T 740
3	软化点 (℃)	≥80	≥80	JT/T 740
4	弹性恢复率 (%)	30~70	30~70	JT/T 740

注：低温拉伸试验中低温型和寒冷型密封胶的试验温度分别为-10℃和-20℃，拉伸量分别为 75%和 100%，拉伸循环次数均为 3 次。

### 2 施工机具

灌缝施工需要以下设备：

表 2 灌缝施工设备

设备	功能
开槽机	清除松散材料，将裂缝修整或扩大成所需的形状
清缝器	去除裂缝内和裂缝周围的残留物
加热器	干燥、加热裂缝，使灌缝材料和裂缝壁更好的粘接
灌缝机	储存、加热、泵送灌缝胶并灌缝

### 3 施工工序及注意事项

#### 3.1 加热型密封胶

- 1) 交通疏导，采取必要的施工安全措施。
- 2) 裂缝扩宽（必要时采用）。使用开槽机将裂缝修整成适宜的形状，深宽比不应超过 2:1，开槽至少 10mm 宽，12mm 深。
- 3) 裂缝清理。清理裂缝中的松散颗粒、灰尘和杂物，以保证灌缝材料与缝壁间的牢固粘结。
- 4) 裂缝加热（必要时采用）。使用加热器对裂缝及其周边路面进行加热。
- 5) 封缝。采用专用的灌缝机将密封胶灌入到裂缝槽体内。
- 6) 养护 10~15min 后开放交通。

### 4 适用条件

灌缝适用于结构强度足够、表面状况尚好的路面，允许的路面损坏和程度包括纵向裂缝和横向裂缝。

### 5 质量检查与验收

#### 5.1 基本要求

- 5.1.1 开槽灌缝用的密封胶的性能应符合有关标准的规定；
- 5.1.2 在灌入密封胶前，应将裂缝区域内的尘土、杂物清除干净。

#### 5.2 实测项目

实测项目见表 5.2。

表 5.2 沥青路面开槽灌缝工程实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	开槽深度 (mm)	符合设计要求	钢直尺：每 5 条缝抽量 1 处（施工时检测）
2	开槽宽度 (mm)	符合设计要求	钢直尺：每 5 条缝抽量 1 处（施工时检测）
3	与路面高差 (mm)	1	钢直尺：每 5 条缝抽量 1 处

### 5.3 外观鉴定

5.3.1 开槽应与裂缝吻合。

5.3.2 密封胶与路面黏结牢固，无脱开现象。

## C 贴缝

### 1 材料

#### 1.1 分类和规格

1.1.1 按施工方式：分为热粘式贴缝带、自粘式贴缝带两类。

1.1.2 按材料构成：分为含胎基布贴缝带、无胎基布贴缝带两类。

1.1.3 按适用地区：分为高温型、普通型、低温型、寒冷型四类，分别适用于最低气温不低于 0℃、-10℃、-20℃和-30℃的地区。本市宜采用低温型和寒冷型贴缝带。

1.1.4 按公称宽度：分为 30mm、40mm、50mm、60mm 等规格，也可根据需求定制。一般采用 40mm 宽度的贴缝带，根据裂缝大小及其年运动量，可选择其它宽度的贴缝带。

#### 1.2 技术要求

##### 1.2.1 外观

a) 外观平整、色泽均匀、洁净、无污染，不应有破损、起毛等缺陷。

b) 成卷贴缝带应卷紧卷齐，不应有缺边、掉角现象。

##### 1.2.2 宽度

宽度应符合表 1.2.2 的规定。

表 1.2.2 宽度 /cm

项目	规格要求				
	3	4	5	6	定制
规格（公称宽度）	3	4	5	6	定制
平均值	≥3.0	≥4.0	≥5.0	≥6.0	≥定制公称宽度
最小单值	≥2.7	≥3.7	≥4.7	≥5.7	≥（定制公称宽度-0.3）

##### 1.2.3 厚度

厚度应符合表 1.2.3 的规定。

表 1.2.3 厚度 /mm

项目	规格要求			
	2	3	4	定制
规格（公称厚度）	2	3	4	定制
平均值	≥2.0	≥3.0	≥4.0, ≤4.5	≥定制公称厚度, ≤4.5
最小单值	≥1.7	≥2.7	≥3.7	≥（定制公称厚度-0.3）

#### 1.2.4 改性沥青的物理性能

用于生产贴缝带的改性沥青的物理性能指标应符合表 1.2.4 的规定。

表 1.2.4 改性沥青的物理性能指标

评价指标	锥入度（/0.1mm）	软化点（℃）
技术要求	≥30	≥80

#### 1.2.5 贴缝带的性能指标

贴缝带的性能指标应符合表 1.2.5 的规定。

表 1.2.5 贴缝带的性能指标

评价指标	高温型	普通型	低温型	严寒型
拉拔强度（MPa）	≥20			
最大拉伸量（mm）	≥5	≥6	≥7	≥8

## 2 施工机具

贴缝施工无需施工设备。

## 3 施工工序及注意事项

### 1) 施工工序

清理路面，贴缝，立即开放交通。

### 2) 注意事项

贴缝施工时的路面温度应不低于 15℃，路面应保持干燥、清洁。根据天气预报，如果 3 天内有降水天气，不宜施工。

## 4 适用条件

贴缝适用于结构强度足够、表面状况尚好的路面，允许的路面损坏和程度包括纵向裂缝和横向裂缝。

## 5 试验方法

### 5.1 宽度

#### 5.1.1 仪器设备

游标卡尺：测量范围0~200mm，测量精度0.01mm。

#### 5.1.2 试验步骤

随机截取1m长的贴缝带，沿贴缝带长度方向随机选择6点，测量贴缝带的宽度，精确至0.1cm。根据表1.2.2判定宽度规格是否符合规格要求。

#### 5.1.3 试验结果

平均值偏差：平均值与公称宽度之差，精确至 0.1cm。

### 5.2 厚度

#### 5.2.1 仪器设备

测厚仪：如图5.2.1所示，符合GB/T 328.4要求。测量范围0~10mm，测量精度0.01mm，上测足直径10mm±0.05mm，施加压力：20 KPa±1KPa。



图 5.2.1 测厚仪

### 5.2.2 试验步骤

a) 保证贴缝带和测厚仪的测量面没有污染，在开始测量前检查测厚仪的零点，确保测厚仪的初始值在零点位置；

b) 用手指按下操作杆，使侧头上抬，将被测物置于工作台、测足之间，轻放操作杆，开始计时，1min 后读取表的读数，即被测物的厚度；

c) 测量时，随机截取1m长的贴缝带，沿贴缝带长度方向随机选择6点，测量贴缝带宽度中部位置的厚度，精确至0.01mm。计算厚度的平均值和标准差，根据表1.2.3判定厚度规格是否符合规格要求。

### 5.3 锥入度

按照 JT/T 740 进行。

### 5.4 软化点

将试样在烘箱或者油浴中均匀加热至可以充分流动，然后用标准筛（1.18mm）过滤试样，将筛下通过物倒入软化点试模。按照 JTG E20 中的 T0606 沥青软化点试验进行，采用甘油浴。

### 5.5 拉拔强度

#### 5.5.1 仪器设备

采用拉拔试验仪测试贴缝带与路面的粘结能力。拉拔试验如图 5.5.1 所示，拉拔头直径为 30mm，拉拔速率为 50mm/min，在室温（25℃±2℃）条件下进行。



图 5.5.1 拉拔试验

#### 5.5.2 试验步骤

采用 90 号基质沥青、AC-13 中值级配、石灰岩集料，按 JTG E20 车辙试验

成型沥青混凝土板，将其切割成 120mm×90mm×40mm 的沥青混凝土块，然后将沥青混凝土块固定在模具内，按照与现场施工工艺相同的方式将贴缝带粘贴到沥青混凝土试块上。

粘贴完成后，采用小型橡胶轮反复碾压贴缝带表面，以模拟车轮荷载碾压的作用。施加的荷载为 0.7MPa，碾压重复次数为 500 次。

碾压成型后，在拉拔头上涂抹环氧树脂，粘贴到贴缝带表面，固化 24h 后，启动拉拔试验仪进行测试，记录拉拔力读数 F。

### 5.5.3 试验结果

贴缝带的粘结强度为： $P=4F/(9\pi)$

式中：P—粘结强度，MPa；F—拉拔力，N。

## 5.6 低温拉伸

### 5.6.1 仪器设备

a) 拉伸试验机：拉伸行程不小于 60mm，拉伸速率 0.05mm/min；

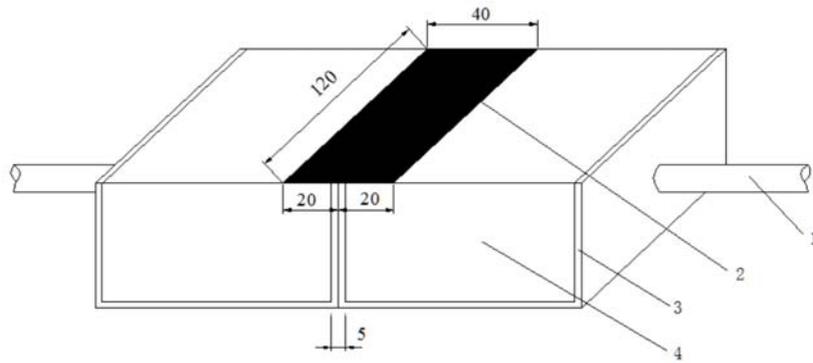
b) 低温装置：恒温控制-40℃±1℃~0℃±1℃。

### 5.6.2 试验步骤

a) 试件制备：采用90号沥青、AC-13中值级配、石灰岩集料，按JTG E20车辙试验成型沥青混凝土板，再将其切割成120mm×90mm×40mm的沥青混凝土块，然后将沥青混凝土块固定在模具内，最后按照与现场施工工艺相同的方式将贴缝带粘贴到沥青混凝土试块上。拉伸试件夹具如图5.6.2所示，图中单位mm。两个沥青混凝土块之间的间距为5mm，即模拟裂缝宽度为5mm。贴缝带长度为120mm，宽度为40mm。宽度也可根据实际应用情况确定，一般在30mm~60mm之间，在试验报告中须注明。

b) 碾压成型：粘贴完成后，在室温环境中采用小型钢轮或橡胶轮反复碾压贴缝带表面，模拟车轮荷载碾压的作用。施加的荷载0.7MPa，重复次数500次。

c) 低温拉伸：将试件置于低温装置中保温不少于3h后，安装在拉伸试验机上。以0.05mm/min速度拉伸试样，试验过程保持规定的试验温度，直至试件破坏或达到试验机的最大拉伸行程。根据试验过程的荷载—位移曲线，以荷载峰值对应试件开始出现破坏时的位移作为最大拉伸量。



1. 传力杆；2. 贴缝带；3. 模具；4. 沥青混凝土块

图 5.6.2 低温拉伸试件夹具示意图

### 5.6.3 试验结果

同一样品平行试验三次，同一样品三次平行试验结果的其中一个测定值与平均值之差不超过平均值的 15%时，取其平均值作为试验结果。

## 6 质量检查与验收

### 6.1 基本要求

- 6.1.1 贴缝带的性能应符合有关标准的规定；
- 6.1.2 在贴缝前，应将裂缝区域内的尘土、杂物清除干净。

### 6.2 实测项目

见表 6.2

表 6.2 沥青路面贴缝工程实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	与路面高差 (mm)	3	钢直尺：每 5 条缝抽量 1 处（施工后一周）

### 6.3 外观鉴定

- 6.3.1 贴缝带应与裂缝吻合，无明显偏离。
- 6.3.2 贴缝带与路面黏结牢固，无脱开现象。

## D 雾封层

### 1 材料

采用专用雾封材料，其技术性能应符合有关行业或企业技术标准。

### 2 施工机具

沥青撒布车、专用喷涂工具等。

### 3 施工工序及注意事项

- 1 宜采用适当方式遮挡路面上的标志、标线，防止受到污染。
- 2 用沥青撒布车或专用喷涂工具按要求的撒布量喷洒或喷涂专用雾封材料。
- 3 待专用雾封材料破乳和水份蒸发完全后，开放交通。
- 4 当抗滑性能不符合要求时，可洒布少量硬质砂或铁屑、橡胶粉等，以提高施工后路面使用初期的抗滑性能。
- 5 雾封层的施工应在温暖或炎热干燥的天气进行，一般要求气温高于 15℃，下雨天严禁施工。

### 4 适用条件

结构强度足够、表面状况尚好的路面，允许的路面损坏类型和程度包括：轻微不规则裂缝、麻面和轻微松散。

### 5 质量检查与验收

#### 5.1 基本要求

- 5.1.1 雾封层材料技术指标和喷洒率应符合设计要求。
- 5.1.2 施工前应对喷洒设备的计量系统进行标定；撒布施工速度应均匀一致；撒布施工中应严格控制雾封层材料的撒布率。

5.1.3 雾封层撒布后，应待干燥后方可开放交通。

## 5.2 实测项目

见表 5.2。

表 5.2 采用雾封层进行路面预防性养护实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	渗水系数 (mL/min)	≤10	渗水试验仪：每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处
2	抗滑系数	符合设计要求	摆式仪：每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处
3	用量 (kg/m <sup>2</sup> )	设计值±5%	T0982：洒布时每施工日检查 1 次
4	宽度 (mm)	±30	钢卷尺：每 1000m 测 1 处

## 5.3 外观鉴定

5.3.1 表面应均匀，无花白，无条痕，无泛油等现象，不污染其他构造物。

5.3.2 纵向搭接处应紧密、平整、顺直。

## E 薄浆封层

### 1 材料

#### 1.1 改性乳化沥青

薄浆封层所需沥青材料为聚合物改性乳化沥青，其性能指标要求应符合表 1.1 的要求。

表 1.1 薄浆封层用改性乳化沥青性能要求

试验项目	技术要求
赛波特黏度 (25℃)	15~100
粒子电荷	阳性*
蒸发残留物 (%)	≥60
蒸发残留物针入度	15~100

\*注：如粒子电荷测试不确定，乳化沥青的 pH 应小于 7.0。

#### 1.2 细集料级配要求

喷洒施工对细集料级配要求如表 1.2 所示。

表 1.2 细集料级配要求

筛网	通过百分率 (%)
2.36mm	100
1.18mm	80~100
0.6mm	75~100
0.3mm	50~85
0.15mm	40~65
0.075mm	25~65

#### 1.3 外加水

采用的外加水不得含有有害的可溶性盐类、能引起不良化学反应的物质和不溶性杂质，PH 值需控制在 6.0~8.0 之间，一般采用可饮用水。

#### 1.4 添加剂

根据工程施工需要，在薄浆封层施工时可掺加添加剂。添加剂的种类包括：缓凝或促凝剂、储存稳定剂、增粘剂、再生剂等。添加剂种类和剂量应通过薄浆混合料设计确定，添加剂的掺加不应应对混合料路用性能产生不利影响。

### 2 薄浆混合料技术要求

#### 2.1 固含量

用锡纸盒或铁盘等合适器具，取薄浆浆料 50g，放入 150℃ 的烘箱中烘至恒重（时间 2h~2.5h），冷却后称残余物重量，并计算固含量。

$$\text{固含量} = (\text{残余物重量} / \text{薄浆浆料重量}) \times 100\%$$

固含量指标要求  $\geq 50\%$ 。

#### 2.2 湿轮磨耗

取适宜质量浆料，涂刷在油毛毡上，厚度控制在 1.3mm，放入 60℃ 的烘箱中养生 24h，然后在 25℃ 的水中浸泡后 3 天后，按照《公路沥青及沥青混合料试验规程》T0752-2011 进行湿轮磨耗试验。湿轮磨耗要求值  $\leq 80.7 \text{ g/m}^2$ 。

#### 2.3 沥青含量

将 150g 薄浆浆料倒入铁盘中放入 150℃ 烘箱中烘至恒重，冷却并称重后，将铁盘放入燃烧炉中，按《公路沥青及沥青混合料试验规程》T0735-2011 进行试验，冷却后称残余物重量，并计算固含量。

$$\text{沥青含量} = ((\text{冷却后质量} - \text{燃烧后质量}) / \text{冷却后质量}) \times 100\%$$

沥青含量要求  $\geq 25\%$ 。

#### 2.4 pH 值测试

pH 值应该为 5.0~8.0。

### 3 薄浆喷洒施工

#### 3.1 喷洒量确定

3.1.1 薄浆封层施工时其喷洒量一般为 0.8~1.0kg/m<sup>2</sup>，可根据原路面表观状况按表

3.1.1 调整喷洒量。

表 3.1.1 喷洒量推荐表

路面表观	表观良好 轻微老化	轻微松散、老化、 微裂缝	轻微松散、剥落、 轻度网裂	中度松散、 网裂
喷洒量 (kg/m <sup>2</sup> )	0.8~1.0	0.8~2.0	1.6~2.0	1.6~6.0
施工遍数	1	1~2	2	2~3

3.1.2 正式施工前应进行工地试验，确定薄浆混合料的喷洒量。在施工路段范围内划出 1m×1m 方格，用带刻度的容器量取一定量的薄浆混合料，将容器中的薄浆混合料倒入方格中，并用涂料刷使其均匀分布。多次调整薄浆混合料用量，以涂刷的薄浆混合料被路面吸收后表面均匀一致时的用量为合理喷洒量。

### 3.2 施工

应根据确定的涂洒量对采用的喷洒车进行喷洒量标定。选取有代表性车道 50~100m，清扫干净后选择 3~5 个测点，用预先准备的 1m<sup>2</sup> 无纺布平铺于路面上，通过喷洒前后质量差值标定喷洒车行走速度及喷嘴压力大小。

喷洒时应及时调整洒布车的喷嘴高度、喷嘴间距和洒布车行驶速度等参数，确保喷洒的薄浆混合料轨迹呈伞状分布并实现三重叠或二重叠，以使薄浆混合料均匀分布于路面表面。

### 3.3 施工注意事项

- 1) 薄浆封层正常施工时必须按照所设计配方要求进行材料的添加，并且要将所有的材料搅拌完全均匀。
- 2) 施工的路面应干燥，天气温暖无雨，大气温度>10℃，地面温度>15℃。
- 3) 在施工前，路表必须清扫干净。

## 4 质量检查与验收

薄浆封层施工后主要检测指标为抗滑系数、渗水系数、构造深度，各项检测指标因满足表 4 要求。

表 4 施工检测控制指标

项目	质量要求、允许偏差	检测频率	检测方法
外观	表面黝黑、均匀	全检	目测
抗滑系数 (BPN)	$\geq 55$	5 点/km	T0904~T0968
渗水系数 (mL/min)	$\leq 50\text{mL/min}$	5 点/ km	T0971
构造深度 (mm)	$\geq 0.55$	5 点/ km	T0961

## F 碎石封层

### 1 材料

1.1 碎石封层用结合料宜采用改性沥青、乳化沥青或改性乳化沥青。(改性) 乳化沥青应满足表 1.1 的要求, 且其化学破乳化度不应低于 40%。

表 1.1 碎石封层用(改性) 乳化沥青技术要求

试验项目		单位	乳化沥青	改性乳化沥青	试验方法
破乳速度		—	快裂	快裂或中裂	T0658
筛上剩余量(1.18mm 筛)		%	≤0.1	≤0.1	T0652
电荷		—	阳离子(+)	阳离子(+)	T0653
恩格拉粘度 E25		—	2~15	1~15	T0622
蒸发残留物含量		%	≥50	≥60	T0651
蒸发残留物	针入度	0.1mm	50~200	40~120	T0604
	延度(15℃)	cm	≥40	—	T0605
	延度(5℃)	cm	—	≥20	T0605
	溶解度(三氯乙烯)	%	≥97.5	≥97.5	T0607
与粗集料的粘附性, 裹附面积		—	≥2/3	≥2/3	T0654
贮存稳定性	1 d	%	≤1	≤1	T0655
	5 d	%	≤5	≤5	

1.2 碎石封层用集料应满足表 1.2 的要求。宜选择粒径在 5mm~10mm 的单一粒径集料。

表 1.2 碎石封层用集料技术要求

项目	单位	标准		试验方法
		一级公路	二级及二级以下公路	
石料压碎值	%	≤26	≤28	T0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	≤30	T0317
磨光值		≥42	≥40	T0321

表观相对密度		≥2.60	≥2.50	T0304
吸水率	%	≤2.0	≤3.0	T0304
坚固性	%	≤12	≤12	T0314
针片状含量		≤15	≤18	T0312
其中粒径大于 9.5mm	%	≤12	≤15	
其中粒径小于 9.5mm		≤18	≤20	
水洗法<0.075mm 颗粒含量	%	≤1	≤1	T0310
软石含量	%	≤3	≤5	

## 2 分类

2.1 按照施工层次的多少，碎石封层可以分为单层碎石封层、双层碎石封层和多层碎石封层以及三明治封层等不同的类型。

2.2 按照施工工艺可分为同步碎石封层和异步碎石封层。

## 3 施工

单层碎石封层的厚度一般在 1cm 左右。采用改性沥青作为碎石封层的结合料，视天气和交通量情况，开放交通时间一般在 0.5h~1h；采用乳化沥青作为碎石封层的结合料，视天气和交通量情况，开放交通时间一般在 2h~3h。

不同结合料的碎石封层材料撒布量参考范围见表 3。

表 3 材料撒布量参考值

结合料类型	材料	撒布量 (kg/m <sup>2</sup> )	备注
改性沥青	沥青	0.8~1.0	施工后开放交通几天后，才加罩面层的，沥青用量用下限。
	石料	8.0~12.0	施工后开放交通几天后，才加罩面层的，石料用量用上限。
(改性) 乳化沥青	(改性) 乳化沥青	1.2~1.6	施工后开放交通几天后，才加罩面层的，沥青用量用下限。
	石料	8.0~12.0	施工后开放交通几天后，才加罩面层的，石料用量用上限。
	碎石撒布覆盖率 (%)	85±10	

## 4 施工机具

- 4.1 沥青撒布车。沥青撒布计量正确、撒布均匀，无泄漏。
- 4.2 集料撒布车。集料撒布计量正确、撒布均匀。
- 4.3 轮胎压路机。所有轮胎的压力应相同，轮胎表面应光滑。
- 4.4 同步碎石封层机。此时不需要沥青撒布车和集料撒布车。
- 4.5 路面清扫车。

## 5 施工工序及注意事项

- 5.1 原路面的准备。原路面应清洁、干燥，路面病害应处理完毕。
- 5.2 在旧沥青路面上铺筑碎石封层时，可将第一层沥青的用量增加 10%~20%，不再喷洒粘层油或者透层油。
- 5.3 通过试铺确定沥青撒布量。通常情况下，厚度 10mm 的单层碎石封层的沥青用量在  $1.0 \text{ L/m}^2 \sim 1.6 \text{ L/m}^2$ 。对于多孔和贫油的路面，应加大沥青的用量；对于低交通量的路面，可以增加沥青用量；在光滑、没有空隙和泛油的路面上应减少沥青用量；大交通量的路面应减少沥青用量。喷洒沥青时，喷洒的起点和终点应采用油毛毡或薄铁皮铺垫，铺垫宽度为 1m~1.5m，以保证搭接良好、接缝（边缘）整齐；分幅喷洒时，纵向搭接宽度宜为 100mm~150mm。
- 5.4 通过试铺确定集料撒布量。集料撒布应尽量紧跟沥青撒布车，撒布的集料应达到全面覆盖、厚度一致、不重叠、不露沥青的要求，局部缺料应及时找补。
- 5.5 及时用轮胎压路机碾压 3~4 遍。碾压速度开始不宜超过 2km/h，以后可以适当加快，每次轮迹重叠约 300mm。
- 5.6 双层碎石封层施工时，按照 2、3、4 规定的方法进行施工。
- 5.7 清扫。每天施工结束前，采用合适的工具扫除路面上多余的集料。
- 5.8 养生成型。在开放交通前，应使碎石封层路面有充足的时间成型。使用乳化沥青作为结合料的，应待破乳后水分蒸发并基本成形后方可开放交通。
- 5.9 开放交通。在通车初期应设专人指挥交通或设置障碍物控制行车，在路面完全成型前应限制行车速度不超过 20km/h，严禁畜力车、铁轮车及履带式拖拉机

行驶。开放交通后应注意初期养护，当发现有泛油时，应在泛油处补撒与最后一层石料规格相同的嵌缝料并扫匀，过多的浮动集料应扫出路外。

5.10 为了保证工程质量，应尽可能地缩短沥青撒布、集料撒布、压实之间的间隔。

## 6 适用条件

结构强度足够、表面状况尚好的路面，允许的路面损坏类型和程度包括：轻微不规则裂缝、轻微龟裂、麻面、轻微松散和磨光。

## 7 质量检查与验收

### 7.1 基本要求

7.1.1 原路面（下承层）纵坡、横坡等几何尺寸要素应满足要求。

7.1.2 施工前应对沥青和石料撒布设备的计量系统进行标定；施工过程中的沥青撒布率、矿料撒布率应按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）和设计要  
求严格控制。

### 7.2 实测项目

见表 7.2。

表 7.2 采用碎石封层进行路面预防性养护实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	沥青用量 (kg/m <sup>2</sup> )		设计值±5%	T0982: 每工作日每层洒布检查 1 次
2	矿料用量 (kg/m <sup>2</sup> )		设计值±10%	T0982: 每工作日每层洒布检查 1 次
3	宽度 (mm)	有侧石	±50	钢卷尺: 每 1000m 测 1 处
		无侧石	不小于设计值	

### 7.3 外观鉴定

7.3.1 表面应平整密实，无松散、油包、油丁、泛油、封面料明显散失等缺陷。

7.3.2 纵横接缝应紧密、平顺，无明显接缝痕迹。

7.3.3 表面应无明显碾压轮迹。

7.3.4 碎石封层与路缘石连接应平顺，不得有漏水现象，不得污染路缘石。

## G 微表处和稀浆封层

### 1 材料

#### 1.1 （改性）乳化沥青

微表处选用的改性乳化沥青应符合表 1.1 中 BCR 型的规定，稀浆封层用乳化沥青应符合表 1.1 中 BC-1 型的规定。

表 1.1 微表处和稀浆封层用乳化沥青技术要求

种类 试验项目		单位	BCR	BC-1	试验方法
筛上剩余量（1.18mm 筛）		%	≤0.1	≤0.1	T0652
电荷			阳离子正电（+）	阳离子正电（+）	T0653
恩格拉粘度 E25			3~30	2~30	T0622
蒸发残留物含量		%	≥60	≥55	T0651
蒸发残留物性质	针入度	0.1mm	40~100	45~150	T0604
	软化点	℃	≥57	—	T0606
	延度（5℃）	cm	≥20	—	T0605
	延度（15℃）	cm	—	≥40	
	溶解度 （三氯乙烯）	%	≥97.5	≥97.5	T0607
贮存 稳定性	1 d	%	≤1	≤1	T0655
	5 d	%	≤5	≤5	

微表处必须选用阳离子型聚合物改性的乳化沥青，改性剂剂量（改性剂有效成分占纯沥青的质量百分比）不宜小于 3%。

#### 1.2 矿料

1.2.1 微表处和稀浆封层用矿料可以采用不同规格的粗细集料、矿粉等掺配而成，也可以用大粒径的块石、卵石等经多级破碎而成。

1.2.2 微表处和稀浆封层用粗集料、细集料应符合表 1.2.2 的要求。

表 1.2.2 微表处和稀浆封层用粗细集料质量要求

材料名称	项目	标准		试验方法	备注
		微表处	稀浆封层		
粗集料	石料压碎值 (%)	≤16	≤28	T0316	
	洛杉矶磨耗损失 (%)	≤28	≤30	T0317	
	石料磨光值 (BPN)	≥42	—	T0321	
	坚固性 (%)	≤12	≤12	T0314	
	针片状含量 (%)	≤15	≤18	T0312	
细集料	坚固性 (%)	≤12	—	T0340	>0.3mm 部分
矿料	砂当量 (%)	≥65	≥50	T0334	合成矿料中<4.75mm 部分

1.2.3 矿料的级配范围应符合表 1.2.3 的规定。

表 1.2.3 微表处和稀浆封层矿料级配

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
ES-1		100	90-100	65-90	40-65	25-42	15-30	10-20
MS-2, ES-2	100	90-100	65-90	45-70	30-50	18-30	10-21	5-15
MS-3, ES-3	100	70-90	45-70	28-50	19-34	12-25	7-18	5-15

注：填料计入矿料级配。

### 1.3 填料

1.3.1 微表处和稀浆封层矿料中可以掺加矿粉、水泥、消石灰等填料。填料应干燥、疏松，无结团，并应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中的相关要求。

1.3.2 矿粉的主要作用是改善矿料级配。水泥、消石灰等具有化学活性的填料的主要作用是调整稀浆混合料的可拌和时间、成浆状态和成型速度等。

1.3.3 填料的掺加量必须通过混合料设计试验确定。

### 1.4 添加剂

1.4.1 添加剂的主要作用是调节稀浆混合料可拌和时间、破乳速度、开放交通时

间等施工性能，并在一定程度上改变混合料的路用性能。

1.4.2 常用的添加剂包括无机盐类添加剂、有机类添加剂等。对于阳离子乳化沥青混合料，无机盐类添加剂一般会延长可拌和时间，延缓成型。

1.4.3 添加剂种类和剂量的确定是混合料设计的一项重要内容，添加剂的掺加不应应对混合料路用性能产生不利影响。

1.4.4 未经试验验证的添加剂不得在施工中采用。

## 1.5 水

1.5.1 微表处和稀浆封层用水不得含有有害的可溶性盐类、能引起不良化学反应的物质和其它污染物，一般采用可饮用水。

## 1.6 纤维

微表处和稀浆封层中添加的玻璃纤维为特殊定制的玻璃纤维，该纤维为无硼无碱类耐酸玻纤材料，经过特殊表面处理，有效增加与沥青的粘结性，具有耐腐蚀性好、对稀浆拌和影响小的技术特点，其各项技术要求见表 1.6。

表 1.6 玻璃纤维的技术要求

评价指标	单位	标准下限	标准上限	检测方法
号数	TEX	2280	2520	ISO 1889
烧失量	%	1	1.2	ISO 1887
含水率	%		0.15	ISO 3344

## 2 混合料设计

### 2.1 一般规定

2.1.1 微表处和稀浆封层混合料的配合比设计，应充分考虑使用要求、原路面状况、交通量、气候条件等因素，选择适当的微表处或稀浆封层类型，确定施工方案（是否分层摊铺、是否车辙填充等）。

2.1.2 纤维微表处和纤维稀浆封层的纤维用量按照设计要求使用。

2.1.3 微表处混合料按矿料粒径的不同，可分为 MS-2 型和 MS-3 型。稀浆封层混合料按矿料粒径的不同，可分为 ES-1 型、ES-2 型和 ES-3 型。

(1) MS-3 型微表处，适用于高速公路、一级公路的單面和车辙填充。ES-3 型

稀浆封层，适用于二级公路的單面，以及新建公路（包括高速公路）的下封层。

(2) MS-2 型微表处，适用于中等交通量高速公路，一、二级公路以及城市次干路、支路的單面。ES-2 型稀浆封层适用于二级及二级以下公路的單面。

(3) ES-1 型稀浆封层，适用于三、四级公路、乡村道路、停车场的單面。

2.1.4 微表处和稀浆封层既可以单层铺筑，也可以双层铺筑。

2.1.5 单层微表处通常的材料用量范围可参照表 2.1.5。

表 2.1.5 单层微表处通常的材料用量范围

项 目	MS-2	MS-3
养生后的厚度 (mm)	4~6	8~10
矿料用量 (kg/m <sup>2</sup> )	6.0~15.0	10.0~22.0
油石比	6.5~9.0	6.0~8.5
水泥、消石灰用量 (占矿料的质量百分比) (%)	0~3	
外加水量 (占干矿料质量百分比) (%)	根据混合料的稠度确定	

2.1.6 单层稀浆封层通常的材料用量范围可参照表 2.1.6。

表 2.1.6 单层稀浆封层通常的材料用量范围

项 目	ES-1	ES-2	ES-3
养生后的厚度 (mm)	2.5~3	4~6	8~10
矿料用量 (kg/m <sup>2</sup> )	3.0~6.0	6.0~15.0	10.0~20.0
油石比	9.0~13.0	7.0~12.0	6.5~9.0
水泥、消石灰用量 (占矿料质量百分比) (%)	0~3		
外加水量 (占干矿料质量百分比) (%)	根据混合料的稠度确定		

2.1.7 稀浆混合料的室内试验技术指标应满足表 2.1.7 的要求。

表 2.1.7 稀浆混合料技术指标

试验项目	标准		
	微表处	稀浆封层	
		快开放交通型	慢开放交通型
可拌和时间 (25°C) (s)	≥120	≥120	≥180
粘聚力试验 (N.m)			
30min (初凝时间)	≥1.2	≥1.2	—
60min (开放时间)	≥2.0 <sup>[注1]</sup>	≥2.0 <sup>[注1]</sup>	—
负荷车轮粘附砂量 (g/m <sup>2</sup> )	≤450	≤450 <sup>[注2]</sup>	
轮辙变形试验的宽度变化率 <sup>[注3]</sup> (%)	≤5	—	
配伍性等级值 <sup>[注4]</sup>	≥11	—	

注 1: 至少为初级成型;

注 2: 用于轻交通量道路的罩面和下封层时, 可不作粘附砂量指标的要求;

注 3: 不用于车辙填充的微表处混合料, 不作轮辙变形试验的要求;

注 4: 配伍性等级指标作为参考指标使用。

表中“—”表示该指标不作要求。

## 2.2 配合比设计方法与步骤

2.2.1 应选择工程拟采用的各材料进行混合料的配合比设计。微表处和稀浆封层混合料的配合比设计按下列步骤进行:

(1) 根据选择的级配类型, 按表 1.2.3 确定矿料的级配范围。计算各种集料的配合比例, 使合成级配在要求的级配范围内。

(2) 根据以往的经验初选 (改性) 乳化沥青、填料、水和添加剂的用量, 进行拌和试验和粘聚力试验。可拌和时间试验温度应考虑最高施工温度, 粘聚力试验的试验温度应考虑施工中可能遇到的最低温度。

(3) 根据上述试验结果和稀浆混合料的外观状态, 选择 3 个左右认为合理的混合料配方, 按表 2.1.7 规定试验稀浆混合料的性能, 如不符合要求, 适当调整各种材料的配合比例再试验, 直至符合要求为止。

(4) 当设计人员经验不足时, 可将初选的 3 个左右的混合料配方分别变化不同

的油石比，按照表 2.1.7 的要求重复试验，并分别将不同沥青用量的 1h 湿轮磨耗值及砂粘附量绘制成图 2.2.1 的关系曲线，以 1h 湿轮磨耗值接近表 2.1.7 中要求的沥青用量作为最小油石比  $P_{bmin}$ ，砂粘附量接近表 2.1.7 中要求的油石比为最大油石比  $P_{bmax}$ ，得出油石比的可选择范围  $P_{bmin} \sim P_{bmax}$ 。

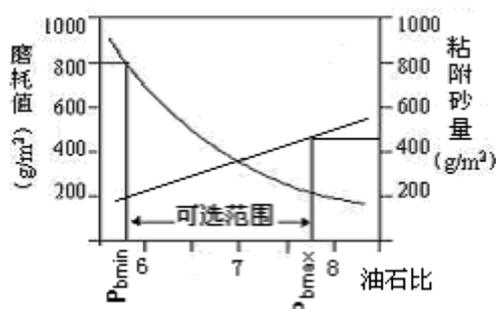


图 2.2.1 确定稀浆混合料沥青用量的曲线

在油石比的可选范围内选择适宜的油石比，使得在该油石比情况下混合料的各项技术指标均可以满足要求。对微表处混合料，以所选择的油石比检验混合料的浸水 6d 湿轮磨耗指标，用于车辙填充的增加检验负荷车轮试验的宽度变化率指标，不符合要求时调整油石比重新试验，直至符合要求为止。

(5) 根据以往经验及配合比设计试验结果，在充分考虑原路面状况、气候及交通因素等的基础上综合确定混合料配方。

2.2.2 通过混合料设计，提出混合料设计报告。报告的内容应包括：

- (1) 乳化沥青技术指标；
- (2) 集料技术指标、矿料配合比和矿料设计级配；
- (3) 稀浆混合料配合比和技术指标。

### 3 施工

#### 3.1 一般规定

3.1.1 微表处和稀浆封层施工前，施工单位必须提供详实的混合料设计报告。微表处工程应由具有丰富设计经验的实验室进行验证性复核，并出具复核报告，符合技术要求后方可施工。

3.1.2 微表处和稀浆封层必须采用专用机械施工。微表处摊铺机，拌和箱必须为大功率双轴强制搅拌式，摊铺槽必须带有两排布料器，摊铺机必须具有精确计量系统并可记录或显示矿料、乳化沥青等的用量，当采用微表处修补车辙时还必须

配有专用的 V 字形车辙摊铺槽。

3.1.3 微表处和稀浆封层施工的气候条件应满足：

- (1) 施工、养生期内的气温应高于 10℃；
- (2) 不得在雨天施工。施工中遇雨或者施工后混合料尚未成型就遇雨时，应在雨后将无法正常成型的材料铲除；

3.1.4 严禁在过湿或积水的路面上进行微表处和稀浆封层施工。

3.1.5 微表处和稀浆封层用于路面养护工程时，施工现场的交通控制应严格按照《公路养护安全作业规程》(JTG H30) 或北京市城市道路养护作业的要求进行，保障养护作业安全。

3.2 对原路面的要求

3.2.1 微表处和稀浆封层施工前，原路面应满足以下要求：

(1) 原路面必须有足够的结构强度。原路面整体结构强度不足的，不应采用微表处或稀浆封层罩面；原路面局部结构强度不足的，必须根据具体情况选择合适的方法进行补强。

(2) 原路面 15mm 以下的车辙可直接进行微表处罩面；深度 15mm~25mm 的车辙应首先进行微表处车辙填充，然后再进行微表处罩面，也可采用双层微表处；深度 25mm~40mm 的车辙应首先采用多层微表处车辙填充；深度 40mm 以上的车辙，不宜采用微表处车辙填充处理。

(3) 原路面宽度大于 5mm 的裂缝应进行灌缝处理。

(4) 原路面局部破损（如坑槽、松散等）应彻底挖补。

(5) 原路面的拥包等隆起型病害应事先进行处理。

3.3 施工准备

3.3.1 微表处和稀浆封层施工前，应对原路面进行检查，确认原路面满足 3.2.1 的要求。

3.3.2 原路面为沥青路面时，一般不需喷洒粘层油。原路面为非沥青路面，宜预先喷洒粘层油。用于半刚性基层沥青路面的下封层时，应首先在半刚性基层上喷洒透层油。

3.3.3 有监理在场的情况下，对材料进行施工前的检查：

- (1) 施工用的乳化沥青、矿料、水、填料等应进行质量检查，符合设计要求后

方可使用。

(2) 粗集料中的超粒径颗粒必须筛除。

(3) 以 1%的含水量间隔，参照 T0331 中细集料紧装密度的测试方法，检测矿料在含水量 0%~7%情况下的单位体积干矿料重量，得出矿料的“含水量—单位体积干矿料重量”的关系曲线，用于摊铺车设定。

(4) 测定矿料含水量。

3.3.4 有监理在场的情况下，对施工机具进行施工前检查和标定：

(1) 各种施工机械和辅助工具均应备齐，并保持良好工作状态。

(2) 摊铺车在以下情况下必须进行标定：

- a.新机器第一次使用时；
- b.机器每年的第一次使用时；
- c.新工程开工前；
- d.原材料改变和配比发生较大变化时。

摊铺车标定的方法按该车的使用说明书进行。

3.3.5 有监理在场的情况下，通过摊铺车的标定，得出摊铺车各料门开度或泵的设定等与各材料出料量的关系曲线，出具标定报告。

3.3.6 矿料掺配不宜采用装载机进行，而应选用具有储料、计量和掺配功能的配料设备完成。

### 3.4 铺筑试验段

3.4.1 微表处和稀浆封层正式施工前，应选择合适路段摊铺试验段。试验段长度不小于 200m。

3.4.2 通过试验段的摊铺，确定施工工艺。

3.4.3 根据试验段的摊铺情况，在设计配合比的基础上做小范围调整，确定施工配合比。施工配合比的油石比不应超出设计油石比  $+0.2\%$  的范围；施工配合比的  $-0.3\%$

矿料级配不应超出表 3.4.3 规定的相应级配类型的各筛孔通过率上下限，且以矿料设计级配为基准，施工配合比的矿料级配中各筛孔通过率不应超过表 3.4.3 规定的允许波动范围。施工配合比的油石比或者矿料级配的调整幅度超出上述规定时，必须重新进行混合料设计。

表 3.4.3 微表处和稀浆封层矿料级配

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
ES-1		100	90-100	65-90	40-65	25-42	15-30	10-20
MS-2, ES-2	100	90-100	65-90	45-70	30-50	18-30	10-21	5-15
MS-3, ES-3	100	70-90	45-70	28-50	19-34	12-25	7-18	5-15
允许波动范围	—	±5%	±5%	±5%	±5%	±4%	±3%	±2%

3.4.4 通过试验段得出的施工配合比和确定的施工工艺经监理或者业主认可后，作为正式施工依据，施工过程中不允许随意更改，必须更改时，应得到监理或者业主认可。

### 3.5 施工

3.5.1 微表处和稀浆封层应按下列程序施工：

- (1) 彻底清除原路面的泥土、杂物等；
- (2) 施划导线，以保证摊铺车顺直行驶。有路缘石、车道线等作为参照物的，可不施划导线。
- (3) 摊铺车摊铺稀浆混合料；
- (4) 手工修复局部施工缺陷；
- (5) 初期养护；
- (6) 开放交通。

3.5.2 根据施工路段的路幅宽度，调整摊铺槽宽度，应尽量减少纵向接缝数量，在可能的情况下，宜使纵向接缝位于车道线附近。

3.5.3 将符合要求的各种材料装入摊铺车内。

3.5.4 将装好料的摊铺车开至施工起点，对准控制线，放下摊铺槽，调整摊铺槽使其周边与原路面贴紧。

3.5.5 按生产配合比和现场矿料含水量情况，依次或同时按配比输出矿料、填料、水、添加剂和乳液，进行拌和。

3.5.6 拌好的混合料流入摊铺槽并分布于摊铺槽适量时，开动摊铺车匀速前进，需要时可打开摊铺车下边的喷水管，喷水湿润路面。

3.5.7 摊铺速度以保持混合料摊铺量与搅拌量基本一致。微表处和快开放交通型

稀浆封层施工时保持摊铺槽中混合料的体积为摊铺槽容积的 1/2 左右；慢开放交通型稀浆封层施工时保持摊铺槽中混合料的体积为摊铺槽容积的 1/2~2/3。

3.5.8 稀浆混合料摊铺后的局部缺陷，应及时使用橡胶耙等工具进行人工找平。找平的重点是：个别超粒径粗集料产生的纵向刮痕，横、纵向接缝等。

3.5.9 当摊铺车内任何一种材料快用完时，应立即关闭所有输送材料的控制开关，让搅拌器中的混合料搅拌完，并送入摊铺槽摊铺完后，摊铺车停止前进，提起摊铺槽，将摊铺车移出摊铺点，清洗摊铺槽。施工中不得随意抛掷废弃物。

3.5.10 采用双层摊铺或者微表处车辙填充后再做微表处罩面时，首先摊铺的一层应至少在行车作用下成型 24 h，确认已经成型后方可在上面再进行第二层摊铺。当采用压路机碾压时，可根据实际情况缩短第一层的成型时间。

3.5.11 微表处车辙填充时，应调整摊铺厚度，使填充层横断面的中部隆起 3~5mm，形成冠状（图 3.5.11），以考虑行车压密作用。



图 3.5.11 微表处车辙摊铺应当高出原路面

3.5.12 当改性乳化沥青蒸发残留物含量和矿料含水量发生变化时，必须调整摊铺车的设定，确认材料配比符合设计配比后方可继续施工。

3.5.13 初期养护：

(1) 稀浆混合料铺筑后，在开放交通前禁止一切车辆和行人通行。

(2) 微表处和稀浆封层混合料摊铺后一般不需要压路机碾压。在用于硬路肩、停车场等缺少或者没有行车碾压的场合时，或者为了满足某些特殊需要，可使用 6~10 t 轮胎压路机对已破乳并初步成型的稀浆混合料进行碾压。

(3) 稀浆封层用于下封层时，宜使用 6~10 t 轮胎压路机对已破乳并初步成型的稀浆混合料进行碾压，使混合料具有更好的封水作用。

(4) 混合料能够满足开放交通的要求后应尽快开放交通。

## 4 施工质量控制

### 4.1 施工前材料与设备检查

4.1.1 施工前必须提供原材料的检测报告、稀浆混合料设计报告和复核报告，并确认符合要求；必须提供摊铺车标定报告。在确认材料、设备等没有发生变化和符合要求后，方可施工。

4.1.2 施工前材料的质量检查应以同一料源、同一批并运至生产现场的相同规格品种的集料、（改性）乳化沥青等为一“批”进行检查。检查频率和要求如表 4.1.2 所示。矿料级配和砂当量指标不能满足设计要求的，必须重新进行混合料设计或者重新选择矿料。

表 4.1.2 微表处和稀浆封层施工前的材料质量检查与要求

材料	检查项目	要求值	检验频率
（改性）乳化沥青	表 1.1 要求的检测项目	符合设计要求	每批来料 1 次
矿料	砂当量		
	级配[注]		
	含水量	实测	每天一次

注：矿料级配符合设计要求，是指实际级配不超出相应级配类型要求的各筛孔通过率的上下限，且以矿料设计级配为基准，实际级配中各筛孔通过率不得超过表 5.4.3 规定的允许波动范围。

4.1.3 施工前应对摊铺机的性能、标定和设定以及辅助施工车辆配套情况、性能等进行检查。

4.1.4 当（改性）乳化沥青蒸发残留物含量和矿料含水量发生变化时，必须调整摊铺机的设定，确认材料配比符合设计配比后方可施工。

### 4.2 施工过程的质量控制

4.2.1 施工中应对稀浆混合料进行抽样检测，抽检项目、频率、允许误差及方法如表 4.2.1 所示。

表 4.2.1 微表处和稀浆封层施工过程检验要求

项目	要求	检验频率	检验方法
稠度	适中	1次/100m	经验法
油石比	施工配合比的油石比 $\pm 0.2\%$	1次/日	三控检验法
矿料级配	满足施工配合比的矿料级配要求[注]	1次/日	摊铺过程中从矿料输送带末端接出集料进行筛分
外观	表面平整、均匀，无离析，无划痕	全线连续	目测
摊铺厚度	-10%	5个断面/km	钢尺测量或其它有效手段，每幅中间及两侧各1点，取平均值作为检测结果
浸水 1h 湿轮磨耗	不大于 540g/m <sup>2</sup> （微表处） 不大于 800g/m <sup>2</sup> （稀浆封层）	1次/7个工作日	附录 A.4

注：矿料级配满足施工配合比的矿料级配要求，是指矿料级配不超出相应级配类型要求的各筛孔通过率的上下限，且以施工配合比的矿料级配为基准，实际级配中各筛孔通过率不超过表 5.4.3 规定的允许波动范围。

#### 4.2.2 稠度检验的经验法：

(1) 在刚刚摊铺出的稀浆混合料上用直径 10mm 左右的细棍划出一道划痕，如果划痕马上就被两边的材料淹没，说明混合料的稠度偏稀，应适当降低用水量；如果划痕两边的材料呈松散状态，说明混合料过稠甚至已经破乳；如果划痕能够保持 3~5s 后才被周围材料覆盖，周围的材料仍然有一定的流淌性，说明混合料的稠度合适；

(2) 迎着太阳照射方向观察刚刚摊铺出的材料层，如果表面有大面积亮光的反光带，说明混合料用水量偏大，稠度偏稀；如果刚刚摊铺出的材料层干涩，没有反光，说明混合料偏稠；如果刚刚摊铺出的材料层对日光呈现漫反射，说明稠度适宜。

#### 4.2.3 采用以下“三控检验法”对微表处和稀浆封层混合料进行油石比检验：

(1) 每天摊铺前检查摊铺车料门开度和各个泵的设定是否与设计配比相符，认真记录每车的集料、填料用量和（改性）乳化沥青用量，计算油石比，每日一次总量检验；

(2) 摊铺过程中取样进行混合料抽提试验，检测油石比大小是否与设计油石比

相符；

(3) 每 50000 m<sup>2</sup> 左右，统计一次施工用集料、填料和（改性）乳化沥青的实际总用量，计算摊铺混合料的平均油石比。

微表处施工时，油石比检验以第（1）项为准，第（2）、（3）项作为校核。

稀浆封层施工时，施工设备有精确计量装置的，油石比检验以第 1 项为准，第（2）、（3）项作为校核；没有精确计量装置的，以第（2）项为准，第（3）项作为校核，此时可适度放宽油石比检验要求至±0.3%。

## 5 质量检查与验收

### 5.1 基本要求

5.1.1 原路面纵坡和横坡等几何尺寸要素应满足要求。

5.1.2 微表处用的改性乳化沥青、稀浆封层用的乳化沥青或改性乳化沥青应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的要求。

5.1.3 微表处及稀浆封层采用的集料应坚硬、粗糙、耐磨、干净，集料和矿物填料的各项性能指标，矿料级配及微表处和稀浆封层混合料技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

5.1.4 稀浆封层及微表处铺筑后，应待乳液破乳、水分蒸发、干燥成型后方可开放交通或者进行下一步工序的施工。

### 5.2 实测项目

见表 5.2。

表 5.2 采用微表处或稀浆封层进行路面预防性养护实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速公路 一级公路	其他公路	
1	厚度均值 (mm)		不小于设计值		
2△	混合料沥青用量 (%)		设计用量±0.5%		抽提: 每个工作日检查 1 次
3△	渗水系数 (mL/min)		10		渗水试验仪: 每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处
4	纵向接缝高差 (mm)		6		3m 直尺、塞尺: 每 100m 测 1 处
5	摩擦系数		符合设计要求	-	摆式仪: 每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处 横向力系数车: 按 JTG F80/1 附录 K, 全程连续
6	宽度 (mm)	有侧石	±50		钢卷尺: 每 100m 测 1 处
		无侧石	不小于设计值		

### 5.3 外观鉴定

5.3.1 表面应表面平整、密实，均匀，无花白料，无轮迹，无划痕，无泛油等现象，有上述缺陷的总面积（单条状划痕按其实际长度乘以 0.1m 宽度折算成面积）不得超过受检面积的 0.2%。

5.3.2 纵横向接缝处应紧密、平整、顺直。

5.3.3 表面应无松散，无脱皮。

## H 薄层罩面

### 1 一般规定

薄层罩面是一种具有较大构造深度、抗滑性能好的磨耗层，适用于路面较平整、车辙深度小于 10mm、无结构性破坏的道路，为提高表面层服务功能的预防性养护措施。薄层罩面厚度在  $30\text{mm}\pm 5\text{mm}$ 。

### 2 适用条件

薄层罩面适用于结构强度足够、表面状况尚好的路面，允许的路面损坏类型和程度包括：轻微不规则裂缝、轻微龟裂、轻微车辙、麻面、轻微松散、泛油和磨光。

一般应用于大交通量的路面、路面出现较大范围与数量的非结构性病害处。

### 3 质量检查与验收

#### 3.1 基本要求

3.1.1 应严格按照设计和《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的规定进行粘层、封层等功能层施工。

3.1.2 沥青混合料的各项指标应符合设计和《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的要求。沥青混合料的生产，每个工作日均应做抽提试验、马歇尔稳定度试验，矿料级配、沥青含量和马歇尔稳定度的合格率应不小于 90%。

3.1.3 拌和后的沥青混合料应均匀一致，无花白，无粗细料分离和结团成块现象。沥青混合料摊铺时应避免离析，确保摊铺和碾压温度，碾压至要求的密实度。摊铺层表面温度低于  $50^{\circ}\text{C}$  后方可开放交通。

3.1.4 路面铣刨或挖除工艺必须合理、可行，确保路面铣刨（挖除）面无松散、夹层。

3.1.5 罩面或翻修后，路面不得出现反坡，不得影响路面横向排水顺畅。对单个车道进行的路面翻修，翻修后的横坡应与整幅路面横坡相协调，且不得出现反坡。

#### 3.2 实测项目

实测项目见表 3.2。

表 3.2 热拌沥青混凝土罩面实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	二、三级公路、次干路	
			单层施工	单层施工	
1	平整度(2)	$\sigma$ (mm)	1.8	2.1	平整度仪：全程每车道施工段连续，按每 100m 施工段计算 $\sigma$ 或 IRI
		IRI (m/km)	3.0	3.5	
		最大间隙 h (mm)	3.0	4.0	3m 直尺：单向每 100m 施工段测 1 处×10 尺
2	厚度 (mm)	均值	不小于设计值		
		合格值	-10%h	-15% h	
3	宽度 (mm)	全断面罩面、翻修，有侧石；局部断面翻修	$\pm 20$	$\pm 30$	钢卷尺：每 100m 测 2 断面
		全断面罩面，无侧石	不小于设计值		
4	渗水系数 (mL/min)		符合设计要求		渗水试验仪：每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处
5	抗滑摩擦系数		符合设计要求	—	摆式仪：每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处 横向力系数车：按 JTG F80-1 附录 K，全程连续

注：平整度在顶层检测，任选 1 个标准评定。优先选用 IRI 进行评定。

### 3.3 外观鉴定

3.3.1 表面应平整密实，不应有泛油、松散、脱皮、坑槽、裂缝、粗细料明显离析等现象。对于高速公路和一级公路，有上述缺陷的总面积（凡属单条裂缝则按其长度乘以 0.2m 宽度，折算成面积）之和不得超过受检面积的 0.03%，其他公路不得超过 0.05%。

下承层的反射裂缝可不计作施工缺陷，但应及时进行灌缝处理。

3.3.2 表面应无明显碾压轮迹。

3.3.3 搭接处应紧密、平顺，烫缝不应枯焦，不应渗水。

3.3.4 面层与路缘石应密贴接顺，不得有积水或漏水现象。

# J 超薄罩面

## 1 一般规定

超薄罩面是一种具有较大构造深度、抗滑性能好的磨耗层，适用于路面较平整、车辙深度小于 10mm、无结构性破坏的路面，为提高表面层服务功能的预防性养护措施。超薄罩面厚度在  $20\text{mm}\pm 5\text{mm}$ 。

## 2 适用条件

超薄罩面适用于结构强度足够、表面状况尚好的路面，允许的路面损坏类型和程度包括：轻微不规则裂缝、轻微龟裂、轻微车辙、麻面、轻微松散、泛油和磨光。

一般应用于大交通量的路面、路面出现较大范围与数量的非结构性病害处。

## 3 质量检查与验收

### 3.1 基本要求

3.1.1 路面铣刨或挖除工艺必须合理、可行，确保路面铣刨（挖除）面无松散、夹层。

3.1.2 罩面或翻修后，路面不得出现反坡，不得影响路面横向排水顺畅。对单个车道进行的路面翻修，翻修后的横坡应与整幅路面横坡相协调，且不得出现反坡。

### 3.2 实测项目

实测项目见表 3.2。

表 3.2 热拌沥青混凝土罩面实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	二、三级公路、城市次干路	
1	平整度	$\sigma$ (mm)	1.8	2.1	平整度仪：全程每车道施工段连续，按每 100m 施工段计算 $\sigma$ 或 IRI
		IRI (m/km)	3.0	3.5	
		最大间隙 h (mm)	3.0	4.0	3m 直尺：单向每 100m 施工段测 1 处×10 尺
2	厚度 (mm)	均值	不小于设计值		
		合格值	-10%h	-15% h	
3	宽度 (mm)	全断面罩面，有侧石	±20	±30	钢卷尺：每 100m 测 2 断面
		全断面罩面，无侧石	不小于设计值		
4	渗水系数 (mL/min)		符合设计要求		渗水试验仪：每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处
5	抗滑摩擦系数		符合设计要求	—	摆式仪：每 2000m <sup>2</sup> 测 1 处 横向力系数车：按 JTG F80/1 附录 K，全程连续

注：表内平整度在顶层检测，任选 1 个标准评定。优先选用 IRI 进行评定。

### 3.3 外观鉴定

3.3.1 表面应平整密实，不应有泛油、松散、脱皮、坑槽、裂缝、粗细料明显离析等现象。对于高速公路、一级公路、城市快速路、主干路，有上述缺陷的总面积（凡属单条裂缝则按其长度乘以 0.2m 宽度，折算成面积）之和不得超过受检面积的 0.03%，其他道路不得超过 0.05%。

下承层的反射裂缝可不计作施工缺陷，但应及时进行灌缝处理。

3.3.2 表面应无明显碾压轮迹。

3.3.3 搭接处应紧密、平顺，烫缝不应枯焦，不应渗水。

3.3.4 面层与路缘石应密贴接顺，不得有积水或漏水现象。

## J.1 超薄罩面（I型）

### 1 材料

#### 1.1 高黏沥青改性剂

高黏沥青改性剂使用时采用直投工艺，直接投入混合料拌缸中，利用集料与沥青的拌和过程产生的剪切力，使改性剂直接分散到混合料中，生产出高性能的改性沥青混合料。高黏沥青改性剂性能参数见表 1.1。

表 1.1 高黏沥青改性剂性能参数表

项目	灰分	硬度	300%定伸应力	伸长率	熔体流动速率	密度	颗粒大小	气味
单位	%	A	MPa	%	g/10min	g/cm <sup>3</sup>	mm	—
技术要求	≤0.5	≥40	≥1.0	≥800	≥5.0	0.95~1.02	Φ3.0×4.0	无刺激性气味
评价标准	GB/T 4498	GB/T 531.1	GB/T 528		GB/T 3682	GB/T 533	—	—

#### 1.2 聚酯纤维

为了提高填补料的路用性能，混合料中一般掺加 2%的聚酯纤维，聚酯纤维应符合表 1.2 的技术要求。

表 1.2 聚酯纤维的技术要求

试验项目	技术要求
抗拉强度 (MPa)	≥550
断裂伸长率 (%)	30±9
颜色	白色
熔点 (°C)	≥230
直径 ( $\mu\text{m}$ )	20±4
比重 (g/cm <sup>3</sup> )	1.36~1.40

#### 1.3 碾压助剂

碾压助剂是一种基于表面活性剂技术的混合料碾压助剂，其主要功能是保证沥青混合料在低温下的压实效果，提高混合料抗水损性能。碾压助剂应符合表 1.3 的技术要求。

表 1.3 碾压助剂的技术要求

检测项目	技术要求
胺值	100~140
固含量 (%)	≥9.0
PH 值	6.5~8.5

#### 1.4 高粘乳化沥青粘层

高粘乳化沥青应符合表 1.4 的技术要求。

表 1.4 高粘乳化沥青的技术要求

试验项目		技术规格	试验方法
破乳速率		快裂	T 0658
电荷		阳离子 (+)	T 0653
筛上剩余量 (1.18mm 筛), %		≤0.1	T 0652
恩格拉粘度 E25		10~15	T 0622
蒸发残留物	残留物含量, %	≥63	T 0651
	针入度 (25℃), 0.1mm	60-120	T 0604
	软化点, °C	≥60	T 0606
	5℃延度, cm	≥20	T 0605
	动力粘度 (60℃), Pa·s	≥1500	T 0620
	弹性恢复 (25℃, 1h), %	≥60	T 0662
	溶解度 (三氯乙烯), %	≥97.5	T 0607
与矿料的粘附性, 裹覆面积		≥2/3	T 0654
常温贮存稳定性	1d, %	≤1	T 0655
	5d, %	≤5	

#### 1.5 基质沥青

混合料的胶结料采用 70#基质沥青辅以直投式沥青改性剂的方式生产。

#### 1.6 粗集料

粗集料应采用石质坚硬、清洁、不含风化颗粒、近似立方体颗粒的碎石，粒径大于 4.75mm。宜采用玄武岩集料和辉绿岩集料。

#### 1.7 细集料

细集料应采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有适当级配的人工轧制

的玄武岩、辉绿岩或石灰岩细集料。

### 1.8 矿粉

矿粉宜采用石灰岩碱性石料经磨细得到的矿粉，矿粉必须干燥、清洁，拌和机回收的粉料不得用于拌制沥青混合料。

### 1.9 级配

混合料通常采用间断密实型混合料级配，级配在 4.75 和 9.5 筛孔间增设了 6.7 控制筛孔，通过增加控制筛孔可以有效的避免混合料在生产过程中的级配失控现象，从而更好的保证混合料的防水性能和高温稳定性。

表 1.9 混合料级配

筛孔	13.2	9.5	6.7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100	100	65	40	36	30	25	20	12	8
下限	100	80	35	20	18	14	10	7	6	4

## 2 混合料

### 2.1 技术要求

超薄混合料技术要求如表 2.1 所示。

表 2.1 混合料的技术要求

试验指标、技术要求、典型值	试验方法	
空隙率 (%)	3.5~5	—
饱和度 (%)	≥70	—
稳定度 (kN)	≥7	T 0709
流值 (0.1mm)	20~50	T 0709
浸水马歇尔残留稳定度 (%)	≥80	T 0709
劈裂试验强度比 (%)	≥75	T 0716
动稳定度 (次/mm)	≥2500	T 0719
构造深度 (mm)	≥0.55	T 0961
摆值 (BPN)	≥55	T 0964
渗水系数 (ml/min)	≤200	T 0971

## 2.2 混合料拌和

拌和时设专人投放沥青改性剂和聚酯纤维，首先加入沥青改性剂和各档骨料进行干拌，随后加入沥青和碾压助剂，最后加入矿粉，碾压助剂在沥青开始喷洒后延时 3 秒开始喷入，单盘料拌和周期不低于 60 秒，其中干拌 15 秒，喷沥青和添加剂控制在 13 秒以内，然后湿拌 6 秒添加矿粉，再继续湿拌 30 秒。拌和、施工环节温度控制见表 2.2。

表 2.2 拌合、施工环节温度控制表

混合料类型 施工温度 (°C)	ECA-10
沥青加热温度	150°C~160°C
矿料加热温度	180°C~190°C
沥青混合料出厂温度	165°C~175°C
摊铺温度	≥140°C
开始碾压温度	≥135°C
开始复压温度	≥125°C
碾压终了温度	≥70°C

## 3 施工

为保证压实度和平整度，应做到初压和复压的压路机紧跟碾压。一般情况下每幅摊铺范围（不超过 6m）内需要配置 1 台初压钢轮压路机、1 台胶轮压路机、1 台终压钢轮压路机，如果采用双机梯队或者一次性摊铺宽度超过 6m 摊铺作业时，推荐采用 2 台初压钢轮、2~3 台复压胶轮，1 台终压钢轮压路机。压路机吨位和碾压遍数要求如表 3.1 所示，压路机碾压速度要求如表 3.2 所示。

表 3.1 压路机碾压组合、遍数表

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮压路机 (13~16t)	1~2 (振动压实)	2 (振动压实)			2~3 (静压)	3 (静压)
胶轮压路机			4~5	5		

表 3.2 压路机碾压速度 (m/min)

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮振动压路机	2.5~3.5	5	-	-	-	-
轮胎压路机	-	-	4~5	7	-	-
钢轮压路机	-	-	-	-	3~5 (静压)	6 (静压)

为避免碾压时混合料推挤产生拥包，碾压时应将驱动轮朝向摊铺机；碾压路线及方向不应突然改变；压路机起动、停止必须减速缓行，不准刹车制动，压路机折回不应处在同一横断面上。

在当天碾压的尚未冷却的沥青混凝土层面上，不得停放压路机或其他车辆，并防止矿料、油料和杂物散落在沥青面层上。

现场要对初压、复压、终压段落设置明显标志，设专人引导，以便于司机辨认。对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗管理和检查，使面层做到既不漏压也不超压。

应向胶轮压路机轮上喷洒或涂刷植物油，数量以不粘轮为度，不得流淌。

压实完毕摊铺机退场后，在高架道路没有超载车的情况下，可开放交通。

采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝，应采用斜接缝。在前部机已摊铺混合料部分留下 10~20cm 宽暂不碾压作为后部机高程基准面，并有 5~10cm 左右的摊铺层重叠，以热接缝形式在最后作跨接缝碾压以消缝迹。如果两台摊铺机相隔距离较短，也可做一次碾压。上下层纵缝应错开 15cm 以上。

横向施工缝全部采用平接缝，用三米直尺沿纵向位置，在摊铺段端部的直尺呈悬臂状，以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置，用锯缝机割齐后铲除；继续摊铺时，应将摊铺层锯切时留下的灰浆冲洗干净，涂上少量粘层沥青，摊铺机熨平板从接缝处起步摊铺；碾压时用钢筒式压路机进行横向压实，从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层。

## J.2 超薄罩面（II 型）

### 1 材料

#### 1.1 粗集料

粗集料必须满足表 1.1 的各项指标。破碎砾石，玄武岩，白云石，砂石和燧石，或其他类似材料均可作为沥青混合料的粗集料，也可两种或更多不同材料混合使用，但是在进行复配时，应在工程师的指导下，按比例调配均匀。

表 1.1 粗集料的技术要求

试验	单位	测试方法	规范要求
洛杉矶磨耗损失	%	T 0317	≤28
细长扁平颗粒含量 3: 1	%	T 0312	≤10
单个破碎面	%	T 0346	≥100
两个或多个破碎面	%	T 0346	≥90
狄法尔磨耗损失	%	ASTM TP 58-00	≤18
坚固性	%	T 0314	≤12

#### 1.2 细集料

细集料必须是机制砂（100%破碎加工而成），应该洁净、干燥、无风化、无杂质，与沥青有良好的粘结能力。技术要求应满足表 1.2 要求。

表 1.2 细集料的技术要求

评价指标	试验方法	技术要求
视密度, g/cm <sup>3</sup>	T 0328	≥2.6
砂当量, %	T 0334	≥60
小于 0.075mm 质量百分率, %	T 0327	≤15（宜不大于 12.5）
细集料棱角性试验, %	T 0344	≥40

#### 1.3 填料

沥青混合料的填料宜采用石灰岩等憎水性石料经磨细得到的矿粉，矿粉要求

干燥、洁净，其质量满足表 1.3 的要求。

表 1.3 填料的技术要求

评价指标	试验方法	技术要求
0.6mm 筛孔通过率	T 0351	100%
0.075mm 筛孔通过率	T 0351	75%~100%

#### 1.4 沥青

沥青必须满足表 1.4 性能要求。

表 1.4 沥青的技术要求

评价指标	单位	试验方法	技术要求
针入度, 25℃	0.1mm	T 0604	≥50
软化点	℃	T 0606	≥65
密度, 15℃	g/cm <sup>3</sup>	T 0603	实测
延度, 5℃	cm	T 0605	≥20
离析, 163℃, 48h 软化点差	℃	T 0661	≤2
旋转粘度, 135℃	Pa.s	T 0625	≤3
测力延度比, 4℃, 5cm/min	%	T 0605	≥30
弹性恢复, 25℃	%	T 0662	≥75
旋转薄膜加热试验残留物 /薄膜烘箱试验		T 0610	
质量损失	%	T 0610	≤1.0
针入度比, 25℃	%	T 0604	≥60
延度, 5℃	cm	T 0605	≥15

#### 1.5 改性乳化沥青

改性乳化沥青必须满足表 1.5 要求。

表 1.5 改性乳化沥青的技术要求

评价指标	单位	试验方法	技术要求
赛波特粘度试验, 25℃	SFs	T 0623	20~100
储藏稳定性试验, 24h	%	T 0656	≤1.0
1 筛上剩余量试验	%	T 0652	≤0.05
蒸馏固含量试验	%	T 0651	≥65.0
蒸馏后石油馏分	%	ASTM D244	≤2.0
破乳速度	35ml, 0.8%, 气溶胶	ASTM D244	40
蒸馏残留物性能试验			
针入度, 25℃	0.1mm	T 0604	60 – 150
溶解度, 三氯乙烯	%	T 0607	≥97.5
弹性恢复, 10℃	%	AASHTO T301	≥60

<sup>1</sup>注：如果现场施工效果良好，可以不进行筛上剩余量试验。

## 2 混合料

### 2.1 级配

级配必须满足表 2.1 指标要求。

表 2.1 级配要求

通过重量百分比			
筛孔尺寸	4.75mm – A 型	9.5mm – B 型	13.2mm – C 型
	设计限值%	设计限值%	设计限值%
19mm	100	100	100
12.5mm	100	100	85-100
9.5mm	100	80-100	60-80
4.75mm	40-55	25-35	25-35
2.36mm	20-30	23-30	23-30
1.18mm	15-25	12-22	12-22
0.6mm	8-16	8-16	8-16
0.3mm	6-12	6-12	6-12
0.15mm	5-10	5-10	5-10

0.075mm	4-7	4-7	4-7
典型厚度, mm	15	18	22

## 2.2 混合料设计技术要求

采用旋转压实方法成型试件, 根据混合料体积性质、沥青膜厚度和性能测试确定最佳沥青用量。混合料性能应满足表 2.2 要求。

表 2.2 混合料设计技术要求

项目	单位	技术要求	备注
击实次数 (双面)	次	50	
试件尺寸	mm	Φ101.6mm*63.5mm	
空隙率	%	不小于 10	体积法
稳定度	kN	不小于 6.0	
矿料间隙率	%	大于 18	体积法
析漏率	%	宜不大于 0.1	
冻融劈裂强度比 TSR	%	大于 80	
浸水马歇尔	%	不小于 85	
动稳定度	次/mm	不小于 1500	

## 3 施工

### 3.1 施工质量控制

#### 3.1.1 路面条件

超薄罩面主要用于预防性养护和有限的矫正性养护, 并不能作为结构补强层。路面病害必须处置, 包括其结构完整性恢复和表面坑槽、裂缝等缺陷的修补。彻底清扫路面, 并不能有积水。

#### 3.1.2 天气条件

II 型超薄罩面施工过程中现场气温不得低于 10℃, 不可在雨中施工。

#### 3.1.3 设备

II 型超薄罩面采用专用设备进行施工。施工设备必须包含受料斗、传送带、

乳化沥青储罐、喷洒和计量系统、宽度可调节的振动、振捣熨平板等部分。设备能够一次性完成改性乳化沥青喷洒、热沥青混合料摊铺及熨平。在热沥青混合料摊铺之前，施工设备履带或其它部位不能接触喷洒在路面上的改性乳化沥青。施工设备摊铺宽度可调，从而达到理想的路面效果。

#### 3.1.4 混合料生产

按照目标配合比进行生产配合比调整，根据工程师提供的技术交底确定集料、沥青的加热温度，拌和时间。

#### 3.1.5 混合料摊铺

(1) 改性乳化沥青在  $60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$  的温度下喷洒，喷洒量必须精确计量，以保证路面摊铺均匀。

(2) C 型混合料，改性乳化沥青的喷洒量约为  $1.00\text{L}/\text{m}^2$ ；B 型混合料，改性乳化沥青的喷洒量约为  $0.85\text{L}/\text{m}^2$ ；A 型混合料，改性乳化沥青的喷洒量约为  $0.70\text{L}/\text{m}^2$ 。针对具体项目，计算喷洒量，并在现场根据具体路面情况进行调整。

(3) 热沥青混合料摊铺温度约为  $150^{\circ}\text{C}\sim 170^{\circ}\text{C}$ ，在改性乳化沥青喷洒后摊铺，热沥青混合料摊铺在所有改性乳化沥青喷洒表面上，并由电加热的振动熨平板进行熨平。

#### 3.1.6 碾压

碾压必须在路面温度降至  $120^{\circ}\text{C}$  之前进行。用 9 吨~12 吨的双钢轮压路机静态碾压两遍。压路机不能静止停留在刚刚摊铺好热沥青混合料表面上。必须在混合料摊铺后立刻进行压实。压路机必须维护良好，具备可靠操作稳定性，装备有皂液水添加系统和刮板，从而防止新摊铺热沥青混合料粘在碾压辊上。碾压通常以静态方式进行。工程师确定碾压操作宽度，新的路面在碾压完成、路面温度冷却到  $50^{\circ}\text{C}$  之前不能开放交通。

#### 3.1.7 质量控制

采用表 3.1.7 数据来进行质量控制和保持稳定性。

表 3.1.7 允许误差范围

通过指定筛孔百分率	4.75mm—A 型	9.5mm—B 型	13.2mm—C 型
筛孔尺寸	允许误差%	允许误差%	允许误差%
19mm	—	—	—
13.2mm	—	—	±5
9.5 mm	—	±5	—
4.75 mm	±5	±4	±4
2.36 mm	±4	±4	±4
1.18 mm	±4	—	—
0.075mm	±1.0	±1.0	±1.0
沥青粘结料含量, %	±0.3	±0.3	±0.3
厚度控制, mm	±2	±3	±3

\*注：该控制指标为最低标准，实际控制指标可根据道路等级、业主要求和施工条件适当提高。同时，需要随时对新铺路面外观进行目测，表面必须平整密实，不得有轮迹、裂缝、推挤、油斑、油包、离析等现象。接缝必须紧密平顺，无跳车。此外，沥青混合料的拌和、摊铺、碾压、开放交通温度均符合本指南要求。

## J.3 超薄罩面（III型）

### 1 材料

#### 1.1 橡胶沥青

采用橡胶沥青环保型橡胶沥青作为 III 型超薄罩面沥青混合料的胶结料，基于加工工艺的不同，橡胶沥青、环保型橡胶沥青的技术指标应符合表 1.1、表 1.2 的要求。

表 1.1 橡胶沥青胶结料的技术要求

项目	单位	技术要求	试验方法
针入度（5s, 100g, 25℃）	0.1mm	40~70	T0604
延度（5℃）	cm	≥10	T0605
软化点	℃	≥58	T0606
布氏旋转黏度（180℃）	Pa·s	2.0~4.0	T0625
弹性恢复（25℃）	%	≥60	T0662

表 1.2 环保型橡胶沥青胶结料的技术要求

项目	单位	技术要求	试验方法
针入度（5s, 100g, 25℃）	0.1mm	30~80	T0604
延度（5℃）	cm	≥10	T0604
软化点	℃	≥60	T0605
闪点	℃	≥230	T06011
布氏旋转粘度（135℃）	Pa·s	2.0~7.0	T0625
布氏旋转粘度（175℃）	Pa·s	≤3.0	T0625
离析，软化点差	℃	≤6	T0661
弹性恢复 25℃	%	≥60	T0662
沥青薄膜烘箱试验 TFOT			
质量变化	%	≤±1.0	T0610
针入度比（25℃）	%	≥60	T0604
残留延度 5℃	cm	≥5	T0605

## 1.2 粗集料

粗集料粘附性均要求不小于 5 级，磨光值不小于 40。粗集料的破碎面同规范中的技术要求。当粗集料的粉尘含量大于 0.5%时，粗集料宜进行水洗。

表 1.3 粗集料质量技术要求

指 标	单位	高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	一、二级公路、次干路	试验方法
石料压碎石值，不大于	%	26	30	T0316
洛杉矶磨耗损失，不大于	%	28	35	T0317
表观相对密度，不小于	—	2.60	2.45	T0304
吸水率，不大于	%	2.0	3.0	T0304
坚固性，不大于	%	12	—	T0314
针片状颗粒含量（混合料），不大于		15	20	
其中粒径大于 9.5mm，不大于	%	12	—	T0312
其中粒径小于 9.5mm，不大于		18	—	
水洗法<0.075 mm 颗粒含量，不大于	%	1	1	T0310
软石含量，不大于	%	3	5	T0320

## 1.3 细集料

细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质并具有适当的颗粒级配，细集料主要包括天然砂、机制砂和石屑等三种，为了提高混合料的高温稳定性，一般不宜掺加天然砂，如为调整级配确需掺加，掺加量不应大于矿料总量的 8%。用于超薄磨耗层的细集料宜分为 0mm-3mm 和 3mm-5mm 两档，采用石灰岩石料加工而成。其技术要求见表 1.4。

表 1.4 细集料技术要求

项目	单位	高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	一、二级公路、次干路	试验方法
表观相对密度，不小于	—	2.50	2.45	T0328
坚固性 (>0.3mm 部分)，不小于	%	12	—	T0340
含泥量（小于 0.75mm 的含量），不大于	%	3	5	T0333
砂当量，不小于	%	60	50	T0334

亚甲蓝值, 不大于	g/kg	25	—	T0346
棱角性 (流动时间), 不小于	s	30	—	T0345

## 1.4 矿粉

矿粉填料应采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩等憎水石料经磨细得到的矿粉, 原石料中的泥土杂质应清除干净。其技术要求见表 1.5。

表 1.5 矿粉技术要求

项目	单位	技术要求	试验方法
表观密度	g/cm <sup>3</sup>	≥2.50	T0352
含水量	%	≤1	T0332
粒度范围<0.6mm	%	100	T0351
<0.15mm	%	90~100	
<0.075mm	%	75~100	
外观	—	无团粒结块	—
亲水系数	—	<1	T0353
塑性指数	—	<4	T0354
加热安定性	—	实测记录	T0355

## 2 混合料

### 2.1 级配范围

超薄罩面用橡胶沥青混合料的级配范围见表 2.1。

表 2.1 矿料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	13.2	9.5	7.2	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
橡胶沥青混合料 (%)	100	90~100	56~68	30~40	23~32	16~24	11~19	8~15	6~12	5~9
环保型橡胶沥青混合料 (%)	100	90~100	60~72	32~42	25~34	18~26	12~20	8~16	6~12	4~9

### 2.2 沥青用量确定

宜采用目标空隙率确定橡胶沥青混合料的油石比, 同时其他指标满足设

计要求。

表 2.2 超薄罩面用橡胶沥青混合料设计指标

马歇尔击实次数	稳定度 (kN)	矿料间隙率 VMA (%)	设计空隙率 VV (%)	饱和度 VFA (%)
75	≥7 (流值为 3mm)	15	3~5	70~85

### 2.3 路用性能技术要求

超薄罩面用橡胶沥青混合料的路用性能包括高温稳定性、水稳定性、低温抗裂性、抗滑性能等，各技术指标均应符合表 2.3 的要求。

表 2.3 超薄罩面用橡胶沥青混合料技术要求

交通等级	轻	中	重	超重
动稳定度 (次/mm)	≥2000	≥2500	≥3000	≥4000
相对变形 (%)	≤15	≤10	≤5	≤3
残留稳定度 (%)	≥85			
冻融劈裂强度比 (%)	≥80			
低温弯曲极限应变 ( $\mu\epsilon$ )	≥2500			
构造深度 (mm)	≥0.65			
肯塔堡飞散损失 (%)	<20			

## 3 施工

### 3.1 混合料的拌和

3.1.1 拌和厂的设置必须符合国家有关环境保护、消防、安全等规定。

3.1.2 拌和厂与工地现场距离应充分考虑交通堵塞的可能，确保混合料的温度下降不超过要求，且不致因颠簸造成混合料离析。

3.1.3 拌和厂应具有完备的排水设施。各种集料必须分隔贮存，细集料场应设防雨顶棚，料场及场内道路应作硬化处理，严禁泥土污染集料。

3.1.4 拌和设备的各种传感器必须定期检定，周期不少于每年一次。冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。间歇式拌和机应符合下列要求：

(1) 总拌和能力满足施工进度要求。拌和机除尘设备完好，能达到环保要求。

(2) 冷料仓的数量满足配合比需要，通常不宜少于 4 个。

(3) 冷料仓之间的隔板高度不宜低于 50cm，避免在施工过程中造成料仓中原材料的掺混。

3.1.5 拌和机的矿粉仓应配备振动装置以防止矿粉起拱。添加消石灰、水泥等外掺剂时，宜增加粉料仓，也可由专用管线和螺旋升送器直接加入拌和锅，若与矿粉混合使用时应注意二者因密度不同发生离析。

3.1.6 拌和机必须有二级除尘装置，经一级除尘部分可直接回收使用，二级除尘部分可进入回收粉仓使用（或废弃）。对因除尘造成的粉料损失应补充等量的新矿粉。

3.1.7 拌和时间根据具体情况经试拌确定，以沥青均匀裹覆集料为度。拌和机每盘的生产周期不宜少于 50s~55s（其中干拌时间不少于 15s~20s）。宜备有保温性能好的成品储料仓，贮存过程中混合料温降不得大于 5℃，且不能有沥青滴漏。

## 3.2 混合料的运输

3.2.1 运料车的运力应稍有富余，施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。一般情况下，宜待等候的运料车多于 5 辆后开始摊铺。

3.2.2 运料车每次使用前后必须清扫干净，在车厢板上涂一薄层防止沥青粘结的隔离剂或防粘剂，但不得有余液积聚在车厢底部。

3.2.3 从拌和机向运料车上装料时，应多次挪动汽车位置，平衡装料，以减少混合料离析。

3.2.4 运料车运输混合料宜用苫布或棉被覆盖保温、防雨、防污染，并直到摊铺前方可将覆盖层打开。

3.2.5 摊铺过程中运料车应在摊铺机前 100mm~300mm 处停住，空挡等候，由摊铺机推动前进开始缓缓卸料，避免撞击摊铺机。

3.2.6 由贮料仓向运料车装混合料时，要尽量缩短贮料仓出料口到车厢板的距离，要分别在车厢的不同位置分次卸料。

## 3.3 混合料的摊铺

3.3.1 在开始摊铺沥青混合料前一小时，加热摊铺机的分料器和熨平板等有关位置。

3.3.2 运料车向摊铺机受料斗中卸料时，要根据受料斗的容量，尽可能快速一次

将受料斗装满，以减少集料离析。但要注意不要一次卸料过多，使料溢出料斗，散落到待铺下承层上。散落在下承层上的少量沥青混合料，应铲起甩出路外。

3.3.3 受料斗中的沥青混合料要及时送到后面分料室中。分料室的螺旋分料器要及时将料分向两侧，直到混合料的高度，达到全长螺旋分料器的 3/4 高度，即混合料的高度要超过螺旋分料器的转轴并将上部螺旋淹埋 1/2，开始摊铺。

3.3.4 在摊铺过程中，受料室中的沥青混合料要连续不间断向后面分料室送料，螺旋分料器也要不间断地将混合料向两侧分布，并始终保持螺旋分料器周围混合料的高度。

3.3.5 受料斗中间混合料不足时，运料车及时向受料斗内倾卸混合料。在中断摊铺时，将两侧翼板内的混合料废弃不用。

3.3.6 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度，减少混合料的离析。摊铺速度宜控制在 1m/min~3m/min。当发现混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时，应分析原因，予以消除。

3.3.7 一般来说，生产控制温度根据厚度、气温、风速及下卧层表面温度确定，橡胶沥青超薄磨耗层混合料的生产控制温度具体可参考下表的要求。为了减少摊铺过程的离析问题，可以采用运料运输车配合摊铺使用。

表 3.3 生产控制温度 (°C)

出料温度	摊铺温度	碾压温度	开放交通温度
185~195	175~185	170~180	<50

### 3.4 混合料的压实

3.4.1 沥青路面施工应配备足够数量的压路机，选择合理的压路机组合方式及初压、复压、终压（包括成型）的碾压步骤，以达到最佳碾压效果。铺筑双车道沥青路面的压路机数量不宜少于 3 台。施工气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加。

3.4.2 压路机轮上的淋水喷头，应疏通、调试好，应能够有效控制喷水量。在碾压过程中，根据情况应随时调整喷水的大小，且勿过渡喷水碾压。在整个碾压过程中，应有专人指挥，负责碾压各个阶段的衔接。

3.4.3 压路机应以慢而均匀的速度碾压，碾压速度应符合下表的规定：压路机的

碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料推移。碾压区的长度应大体稳定，两端的折返位置应随摊铺机前进而推进，横向不得在相同的断面上。

表 3.4 压路机碾压速度 (km/h)

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢筒式压路机	2~3	4	3~5	6	3~6	6
振动压路机	2~3 (静压或振动)	3 (静压)	3~4.5 (静压或振动)	5 (静压)	3~6 (静压)	6 (静压)

3.4.5 橡胶沥青混凝土的碾压温度的高低于橡胶沥青的粘度有关，粘度越大，碾压温度越高。一般橡胶沥青混凝土的初压温度不宜低于 155℃，复压温度不宜低于 135℃，终压的结束温度不宜低于 90℃。

3.4.6 沥青混合料的初压应符合下列要求：

(1) 初压应在紧跟摊铺机后碾压，并保持较短的初压区长度，以尽快使表面压实，减少热量散失。

(2) 当采用钢轮压路机初压时，可直接采用“高频、低振”的模式进行碾压 1~2 遍。

(3) 碾压时应将压路机的驱动轮面向摊铺机，从外侧向中心碾压，在超高路段则由低向高碾压，在坡道上应将驱动轮从低处向高处碾压。

(4) 在整个碾压过程中应控制钢轮上的洒水量，以刚好不粘轮的洒水量为宜。初压后应检查平整度、路拱，有严重缺陷时进行修整乃至返工。

3.4.7 复压应紧跟在初压后进行，并应符合下列要求：

(1) 复压应紧跟在初压后开始，且不得随意停顿。压路机碾压段的总长度应尽量缩短，通常不超过 30m。

(2) 采用不同型号的压路机组合碾压时宜安排每一台压路机作全幅碾压，防止不同部位的压实度不均匀。

(3) 宜优先采用振动压路机复压，如采用石灰岩集料，采用静压方式，以混合料密实为佳。钢轮压路机的静压力应不低于 11t。振动压路机采用高频率低振幅，振动频率宜为 35 Hz ~50Hz，振幅宜为 0.3mm~0.8mm，以防止集料破碎。相邻碾压带重叠宽度为 100mm~200mm。振动压路机折返时应先停止振动。当采

用三轮钢筒式压路机时，总质量不宜小于 12t，相邻碾压带宜重叠后轮的 1/2 宽度，并不应少于 200mm。

(4) 对路面边缘、加宽及港湾式停车带等大型压路机难于碾压的部位，宜采用小型振动压路机或振动夯板作补充碾压。

(5) 终压可选用双轮钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压不宜少于 2 遍，至无明显轮迹为止。在复压结束后，应由施工人员用 3m 直尺检测路面的纵向平整度，结合终压及时修补，以保证良好的平整度水平。

### 3.5 施工接缝的处理

3.5.1 沥青路面的施工必须接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。上、下层的纵缝均应错开 150mm（热接缝）或 300mm~400mm（冷接缝）以上。

3.5.2 相邻两幅及上、下层的横向接缝均应错位 1m 以上。接缝施工应用 3m 直尺检查，确保平整度符合要求。

### 3.6 开放交通及其它

橡胶沥青混合料摊铺结束后，宜在充分降温后，橡胶沥青超薄磨耗层温度降低至 50℃ 以下，方可开放交通。

## 4 质量检查与验收

4.1 为保证橡胶沥青混凝土的质量，强调混合料生产施工的过程化、动态质量控制。施工质量控制包括原材料、混合料性能和混合料生产的控制，按照现行《公路沥青路面施工技术规范》的规定进行抽检，橡胶沥青的质量控制参考《北京市废胎胶粉沥青及混合料设计施工技术指南》执行，需增加粘度指标的检查评定。

4.2 橡胶沥青超薄磨耗层混合料验收标准与普通沥青混合料的基本相同，略有差异，采用压实度和现场空隙率双指标控制，压实度要求  $\geq 98\%$ 、现场空隙率  $\leq 8\%$ 。路面的外观、接缝、厚度、平整度、宽度、纵断面、横坡等验收标准与现行有关沥青路面施工技术规范中的规定一致，参考执行即可。

# K 就地热再生

## 1 材料

沥青、再生剂、石料、回收沥青路面材料（RAP）、新沥青混合料等。材料的检测项目及质量要求见《公路沥青路面再生技术规范》（JTG F41）。

## 2 施工机具

就地热再生机组等。

## 3 施工工序及注意事项

3.1 就地热再生施工前应进行现场周边环境调查，对可能受到影响的植物隔离带、树木、加油站等提前采取隔离措施。

3.2 就地热再生施工前，必须对就地热再生无法修复的路面病害进行预处理：

（1）破损松散类病害：破损松散类病害的深度超过就地热再生施工深度时，应予挖补。

（2）变形类病害：根据再生设备的不同，变形深度为 30mm~50mm 时，再生前应进行铣刨处理。

（3）裂缝类病害：分析裂缝类病害成因，影响热再生工程质量的裂缝应予以处理。

3.3 原路面特殊部位的预处理：

（1）宜用铣刨机沿行车方向将伸缩缝和井盖后端铣刨 2m~5m，前端铣刨 1m~2m，深度 30mm~50mm，再生施工时用新沥青混合料铺筑。

（2）原路面上的突起路标应清除。

（3）采用隔热板保护桥梁伸缩缝。

## 4 铺筑试验路段

就地热再生正式施工前应铺筑试验路，从施工工艺、质量控制、施工管理、施工安全等各个方面进行检验。就地热再生试验路段的长度不宜小于 200m。

## 5 再生

再生的施工步骤包括：清扫路面，画导向线；路面加热；路面铣刨；再生剂喷洒；拌和；摊铺；压实；开放交通。

## 6 适用条件

- 1) 就地热再生只对沥青路面表层 2cm~5cm 进行再生。
- 2) 路面结构强度足够。
- 3) 采用加铺法时，车辙应小于 3cm。采用复拌法时，车辙应小于 5cm。如果事先将车辙进行铣刨，车辙深度可适当放宽。
- 4) 当旧沥青混合料级配满足要求时，可采用复拌法或加铺法，否则只可采用复拌法。
- 5) 龟裂率应小于 40%，如果仅仅是表层龟裂，不受此限制。
- 6) 当局部龟裂累计表层以下时，可事先挖补。
- 7) 旧路面沥青针入度宜大于 20dmm。
- 8) 再生深度范围内沥青混合料的沥青含量宜不低于 3.8%。

## 7 质量检查与验收

### 7.1 基本要求

7.1.1 原路面病害主要集中在表面层，原路面沥青的 25℃ 针入度（0.1mm）不低于 20。

7.1.2 就地热再生用再生剂、沥青、矿料等材料，以及矿料级配、混合料性能等满足设计和《公路沥青路面再生技术规范》（JTG F41）的要求。

7.1.3 施工时控制合理的路面加热温度，确保摊铺温度和碾压温度，碾压至要求的密实度。

7.1.4 再生层横坡应与整幅路面横坡相协调，且不得出现反坡，不得影响路面横向排水顺畅。

### 7.2 实测项目

实测项目见表 7.2。

表 7.2 沥青路面就地热再生实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
		高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	二、三级公路、城市次干路	
1	压实度 (%)	最大理论密度的 94%		按 JTG F80/1 附录 B 检查
2	平整度 IRI (m/km)	3.0	3.5	按 T0933 方法：全线连续检测
3	再生宽度 (mm)	不小于设计宽度		按 T0911 方法：每 200m 测 4 个断面
4	再生厚度均值 (mm)	不小于设计厚度		按 T0912 方法：每 200m 测 1 处
5	加铺厚度均值 (mm)	不小于设计厚度		按 T0912 方法：每 200m 测 1 处

### 7.3 外观鉴定

7.3.1 表面应平整密实，不应有泛油、松散、裂缝、粗细料明显离析等现象。对于高速公路和一级公路，有上述缺陷的总面积（凡属单条裂缝则按其长度乘以 0.2m 宽度，折算成面积）之和不得超过受检面积的 0.03%，其他公路不得超过 0.05%。再生层出现的反射裂缝可不计作施工缺陷，但应及时进行灌缝处理。

7.3.2 表面应无明显碾压轮迹。

7.3.3 搭接处应紧密、平顺。

7.3.4 再生层横坡应与整幅路面横坡相协调，再生层与路缘石应密贴接顺，不得有积水现象。

# L 纤维封层

## 1 材料

### 1.1 改性乳化沥青

纤维封层采用改性乳化沥青，乳液撒布量为  $1.6 \text{ kg/m}^2 \sim 2.2 \text{ kg/m}^2$ 。改性乳化沥青技术要求见表 1.1。

表 1.1 改性乳化沥青的技术要求

项目		技术要求
恩格拉粘度 $E_{25}$		5~30
蒸发残留物含量 /%		$\geq 50$
蒸发残留物性质	针入度 (25℃), /0.1mm	40~120
	延度 (5℃, 5cm/min) /cm	$\geq 20$
常温贮存稳定性 (5d) /%		$\leq 5$

### 1.2 玻璃纤维

选用 E 型无碱玻璃纤维无捻粗纱，浸润剂类型：硅烷，纤维碱含量： $<0.5\%$ 。玻璃纤维也应符合《玻璃纤维无捻粗纱》(GB/T18369) 标准，检测内容与要求见表 1.2。

表 1.2 玻璃纤维质量检验内容与要求

线密度	灼伤损失	含水率	硬挺度	分散性
$2400 \pm 10\% \text{tex}$	$\leq 0.8$	$\leq 0.1$	$\geq 140$	$\geq 95\%$

### 1.3 碎石

在改性乳化沥青纤维同步喷层上撒布粒径为 5mm~10mm 的单粒径碎石，用量为满铺数量的 50%~70%，其质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的要求。

## 2 施工

2.1 洒布时气温不低于  $10^\circ\text{C}$ ，风速适度。下雨或浓雾天气不得施工。

- 2.2 基面清扫干净，覆盖层铺筑前 24h 内,采用纤维增强全智能沥青喷洒车同步喷洒纤维增强下封层，或使用纤维同步切割喷涂技术喷洒纤维增强下封层。
- 2.3 沥青洒布车配备适用于不同稠度沥青喷洒用的喷嘴及手工使用喷枪，在沥青洒布车喷不到的地方采用手工喷洒。
- 2.4 正式施工前，先选择长度不小于 200m 的段落进行试喷洒，以检验纤维增强全智能沥青喷洒车是否运行正常，计量是否准确。
- 2.5 洒布 5mm~10mm 碎石，定期检查碎石撒布量，保证碎石覆盖率 50%~70% 的要求。
- 2.6 碎石洒布车应连续、均匀行驶，尽量避免停机，避免忽快忽慢，以利于保障沥青厚度和石料的均匀性。按《公路路基路面现场测试规程》(JTJ059-95)中有关要求和方法检测洒布用量，保证纤维增强下封层撒布量符合设计要求,每次检测不少于 3 处。
- 2.7 纤维增强下封层洒布后，严禁其它车辆与机械通行，混合料运输车在纤维增强下封层上的行驶速度不得高于 10km/h。
- 2.8 保护喷洒区附近的结构物和树木表面，以免溅上沥青受到污染，当其受到污染时，及时进行清除。

### **3 质量检查与验收**

#### **3.1 基本要求**

- 3.1.1 材料符合设计和施工规范要求，洒布的沥青材料必须在规定的温度范围内储存、运输和洒布，不得受杂质污染。
- 3.1.2 储存、运输的方法、洒布机械等符合规范要求，并保持清洁和良好工作状态。
- 3.1.3 洒布设备的有关仪表在使用前进行校验。
- 3.1.4 洒布前，将上一结构层的表面杂物清扫干净。符合检验评定标准各项指标的要求。
- 3.1.5 在规定气候条件下洒布。

#### **3.2 外观鉴定**

- 3.2.1 洒布均匀，无漏洒或滴漏油集中现象。

3.2.2 洒布沥青不得污染构造物和树木。

3.2.3 洒布表面按规定进行养护和限制交通，无粘起、脱落或被尘土、泥砂污染。

### 3.3 检测项目

纤维封层检测项目见表 3.3。

表 3.3 纤维封层检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	沥青用量 (kg/m <sup>2</sup> )	设计值±10%	按 (T0982) 或规定的其他方法： 每天测 2 处
2	宽度 (m)	不小于设计值	米尺：每 1000m 测 4 处
3	纤维用量 (kg/m <sup>2</sup> )	设计值±10%	按 (T0982) 或规定的其他方法：每天测 2 处

## M 原路面病害处理

### 1 基本要求

预防性养护对路况的基本要求是路面结构强度充分、路面状况良好和路面比较平整。

除路面补强外，养护工程前原路面（或下承层）的结构强度应满足要求，强度不足或局部损坏应按设计要求进行处理。养护施工前原路面（或下承层）表面应平整、洁净、无积水、无浮尘。

①裂缝处治：包括灌缝、贴缝等。灌缝应根据裂缝的几何形状开槽，清理、干燥后选择性能良好的密封胶进行灌缝，或选择性能良好的贴缝带进行贴缝。

②坑槽修补：坑槽修补的形状应为顺路方向的矩形，坑槽四壁不得松动且必须涂刷粘层油，槽深大于 50mm 时必须分层摊铺压实，坑槽修补时宜使用与原路面较为一致的热拌沥青混合料，非正常施工季节宜使用冷补沥青混合料。

③铣刨加铺：沥青面层局部出现拥包、松散、严重泛油等非结构性病害，或裂缝损坏密度较大时宜先铣刨，并采用与原路面结构相同的热拌沥青混合料进行修复。

### 2 材料

沥青路面局部修补可以分为热补法和冷补法两种类型。前者采用的是热拌沥青混合料，后者采用冷补沥青混合料。热拌沥青混合料的技术要求应符合施工技术规范的要求，冷补沥青混合料技术要求应符合表 2 的要求。

表 2 冷补沥青混合料的技术要求

性能指标	技术要求
粘附性等级	5
施工性能 kg/cm <sup>2</sup>	0.5~4
稳定度 KN	≥3
残留稳定度 %	≥85

### 3 试验方法

#### 3.1 粘附性等级

##### 3.1.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 烧杯：1000ml；
- b) 玻璃棒；
- c) 天平，感量不大于 1g；
- d) 秒表；
- e) 白纸若干。

##### 3.1.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在 1000 毫升的干净烧杯中注入 800 毫升左右的蒸馏水，加热至沸腾；
- b) 取 250 克的冷补料放入沸水中，并开始记时。试验时以 1 周/秒的速率用玻璃棒搅拌，持续 3 分钟；
- c) 停止加热并将水面上漂浮的沥青撇去以免二次裹附；
- d) 将水冷却至室温，倒掉水分并将湿混合料放到白纸上；
- e) 评定粘附性等级。

按 JTG E20 目测判断评定粘附性等级。

#### 3.2 施工性能

##### 3.2.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 贯入测试仪由测试盒、贯入仪和适配器组成（见图 3.2.1-1），应满足以下要求：

###### a. 测试盒

测试盒（见图 3.2.1-2）呈正方体，由不锈钢材料制作，内壁边长为 102mm ±0.5mm。顶面不封闭，其中一个侧面中心留有直径为 10mm ±0.1mm 的圆孔。

###### b. 贯入仪

一种简易的便携式贯入测试仪，测试范围为 0kg/cm<sup>2</sup>~4.5kg/cm<sup>2</sup>。

c. 适配器

适配器（见图 3.2.1-3）长 75mm，顶部为直径 9.5mm 的金属器。

b) 冰箱，感量不大于 1℃。



图 3.2.1-1 贯入测试仪

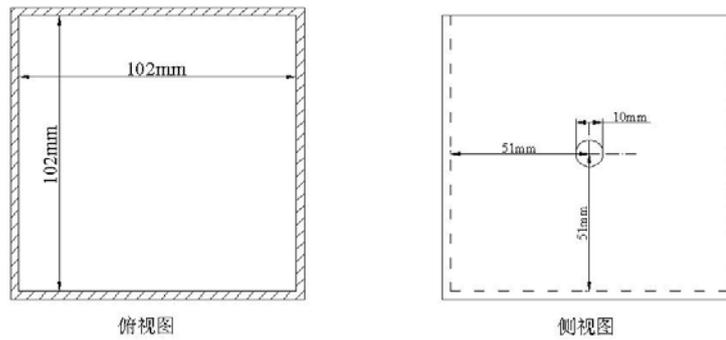


图 3.2.1-2 测试盒示意图

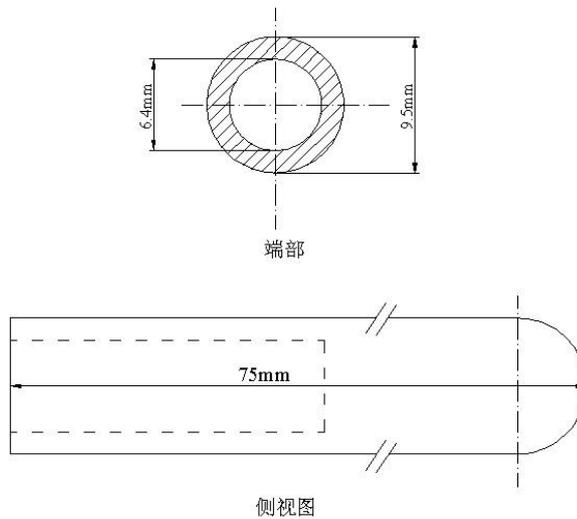


图 3.2.1-3 适配器示意图

### 3.2.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将冷补料放入测试盒中装满，注意松散放入，勿需压实；
- b) 置于 4℃ 的冰箱中保温 3h 以上；
- c) 将贯入头匀速插入测试盒侧壁的小孔中，贯入过程持续时间为 3s~5s，记录贯入仪上的读数；
- d) 取三个试件的平均值记为该冷补料的贯入强度 W。

### 3.2.3 试验结果

同一试样平行试验三次，当三次测定值的差值符合重复性试验精密度要求时，取平均值作为试验结果，准确至 0.25kg/cm<sup>2</sup>。

试验结果应报告三个试件的贯入强度值及平均值。

三次测定值应指明不超过平均值的 15% 为符合重复性试验精度要求。

## 3.3 稳定度、残留稳定度

### 3.3.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 马歇尔标准击实仪；
- b) 马歇尔稳定度仪；
- c) 烘箱：控温 110℃ ± 1℃；
- d) 天平：感量不大于 0.1g；
- e) 游标卡尺：准确至 0.1mm；
- f) 恒温水槽：控温准确至 1℃，深度不小于 150mm。

### 3.3.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 称取 1100g 左右的冷补料在常温下装入马歇尔试模中，双面击实 25 次；
- b) 连同试模一起以侧面竖立方式置 110℃ 烘箱中养生 24h，取出后再双面击实 25 次，制作成马歇尔试件，试件高度应满足 63.5mm ± 1.3mm；
- c) 脱模后在 25℃ 恒温水槽中养生 60min，进行马歇尔试验，测试其稳定度

MS;

d) 另一组试件脱模后在 25℃恒温水槽中养生 48h, 进行马歇尔试验, 测试其稳定度  $MS_1$ , 计算残留稳定度  $MS_0 = MS_1 / MS \times 100\%$ 。

### 3.3.3 试验结果

二组试验各进行平行试验三次, 当三次测定值的差值符合重复性试验精密度要求时, 取平均值作为试验结果, 准确至 0.1kN。

重复性试验的允许差为 1.0kN。

试验结果应报告二组六个试件的稳定度及平均稳定度和残留稳定度。

## 4 路面局部损坏处理工艺

### 4.1 坑槽开挖

在对路面局部破损修补前, 应将破损处开槽成型。首先确定路面破损部分的边界和深度, 按照“圆洞方补”原则, 划出大致与路中心线(即行车方向)平行或垂直的开槽修补轮廓线(矩形), 每边至少应进入完好路面 10cm(即挖去路面松散、破碎的旧料直至坚实部分), 并沿划好的修补轮廓线开挖坑槽, 要求成型的坑槽壁面应尽可能保持与路平面垂直, 坑槽底部平整、坚实, 最后再将挖掉的旧料刨出坑槽。

对路面破损坑槽进行开槽处理时, 应将坑洞内不坚固的、松散的壁面材料移走, 同时还应将坑槽内的松散碎屑、旧料、杂物开挖出去, 露出一个坚实、整齐的坑槽壁面和一个稳定、平整的坑槽底面, 这不仅便于修补料的摊铺及用量的确定, 也有利于提高修补料与坑槽壁面材料间的粘结能力。特别是坑槽壁面与路平面垂直, 不仅有利于修补料与原有路面的充分粘附, 同时还可大大提高修补料的压实效果, 从而获得更好的修补效果。

坑槽的开挖通常可采用人工或小型机械设备来完成。用路面破碎机开挖坑槽, 效率高、使用灵活, 但在开挖坑槽时, 易使周围路面材料遭到振松, 借助切割机可以克服路面破碎机的这一开槽缺点。开槽前先沿划好的修补轮廓线切割出一个整齐的切割缝, 再用破碎机将坑槽内旧料松散、破碎。

### 4.2 清扫坑槽

未清扫的坑槽壁面和底面与冷补沥青混合料的粘结性能会明显降低, 易造成

坑槽壁面接缝破损或冷补沥青混合料整块脱落，从而使修补坑槽出现再破损。

为了使沥青混合料与坑槽壁面和底面具有良好的粘附性，应当清理出坑槽的松散颗粒和其它残余物，并可对坑槽壁面和底面采用凿毛处理，这样有利于提高摩阻力，使铺筑上的沥青混合料同原路面结合的更牢固。

清理坑槽一般采用手动工具清扫。将坑槽内及四周的碎石、废渣清理干净，坑槽内不得存有泥浆、雨雪和冰块等杂物。对于高速公路、市政道路工程的修补，被修补的洞穴、沟槽应有整齐的切边，废渣的清除要见到固体坚固面为止。扫除槽内槽壁碎石、尘土、积水等杂物。

#### 4.3 涂刷粘层油

应在坑槽摊铺沥青混合料之前，先向坑槽壁面和底面均匀地喷洒一层粘层油，以浸润坑槽内表面裸露出的石料，从而提高修补料与原有路面材料间的粘结效果。

乳化沥青、改性乳化沥青或液体沥青都可作为坑槽壁面的粘结层材料。在环境温度 4℃ 以上时宜采用乳化沥青，当温度在 4℃ 以下时宜采用液体沥青。液体沥青喷洒坑槽后可直接进行沥青混合料铺筑，而乳化沥青喷洒后要等到破乳后才能进行混合料的摊铺。

#### 4.4 填料

将沥青混合料倒入坑槽中，直到填料高出路面 1cm~2cm 左右，修补料的投入量可增加 10%~20%，填满后坑槽中央应稍高于路面呈凸状。对于破损深度在 5cm 以上坑槽，可采用 3cm~5cm 为一层，分层填补、逐层压实。

#### 4.5 压实

铺设均匀后，根据修补面积大小和深度，选择适当的压实工具和方法进行压实。如：小型振动夯实机、小型压路机等。

(a) 振动平板夯。振动压实是一种压实效果很好的方法，对于中、小面积的坑槽修补，这种方法方便、实用。

(b) 小型压路机。当大面积坑槽修补时，应使用小型压路机进行碾压。

进行压实时先从坑槽四周，然后逐渐向中间移动压实。每次应重叠压实一定宽度，最后压实效果是中间出现弧形，这样便于行车对所修补混合料进一步压实，同时有助于将坑槽内的沥青混合料向四周挤压，使其与修补路面的坑槽壁面压

紧，还可以保证坑槽边的沥青混合料不会落入坑外。

压实过程中如发现局部位置有料少之处，应立即进行补料。压实完毕之后，必要时还可以用青对坑槽边缘进行封边处理。

#### 4.6 开放交通

修补完的坑槽表面应平整、无轮迹，坑槽四周和边角压实良好、无松散等现象。坑槽修补完毕即可开放交通。

## 本指南用词说明

对执行指南条文严格程度的用词，采用以下写法：

1 表示很严格，非这样做不可的用语

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况均应这样做的用语

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用语

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

# 条文说明

## 1 总 则

### 1.0.1 目 的

随着经济的发展，交通量的逐年增加，路龄的不断增长，北京市道路路网的养护压力越来越大。传统的路面养护方式是在路面出现损坏之后才对路面进行修复性的养护，这种养护方式费用高、施工期长、对交通干扰大，不能有效缓解交通行业普遍面临的养护资金缺口大、用户要求高等难题。

随着预防性养护技术的发展及其养护成效的显现，预防性养护的观念逐步深入人心。近年来，北京市加大了路面预防性养护投入力度，也取得了较为明显的效果，研究总结了不少成功的经验。为进一步指导和规范我市的路面预防性养护工作，及时、有效、经济地维护好公路和城市道路路面，特制订了本指南。这是我市路政部门贯彻群众路线教育实践活动、更好地服务于首都经济社会发展的具体体现。

### 1.0.3 基本要求

路面的预防性养护应周期性地实施，根据定期检测的路况数据及交通量、气候情况进行分析，制定预防性养护计划。

路面预防性养护中采用的新技术、新材料、新工艺是指能够提高路面养护质量，减轻劳动强度、降低成本的各项预防性养护措施。

### 1.0.4 相关规范

使用本指南时应与现行的《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2)、《城镇道路养护技术规范》(CJJ 36)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41)、《微表处和稀浆封层技术指南》、《路面加热型密封胶》(JT/T 740)等规范协调对应。

## 2 术语、符号

目前,交通运输部行业技术标准中,对预防性养护的相关术语尚无明确规定。本指南根据国内外的相关定义,结合北京市的研究和工作实际,对相关术语做出解释。

### 2.1.5 雾封层 fog seal

雾封材料的种类很多,雾封材料包括:专用改性乳化沥青、再生剂或还原剂雾封材料、含砂雾封材料、有机硅雾封材料等等,大面积使用时应选用有成功应用案例的雾封材料。

#### 2.1.15 就地热再生

就地热再生可分为复拌再生、加铺再生两种。

1) 复拌再生 (remixing): 将旧沥青路面加热、翻松,就地掺加一定数量的再生剂、新沥青、新沥青混合料,经热态拌和、摊铺、压实成型。掺加的新沥青混合料比例一般控制在 30%以内。

2) 加铺再生 (repaving): 将旧沥青路面加热、翻松,就地掺加一定数量的新沥青混合料、再生剂,拌和形成再生混合料,利用再生复拌机的第一熨平板摊铺再生混合料,利用再生复拌机的第二熨平板同时将新沥青混合料摊铺于再生混合料之上,两层一起压实成型。

## 3 路面养护期望水平

### 3.1 一般规定

3.1.1 原路面状况的详细检测评价主要包括路面破损、结构承载能力、行驶质量、抗滑性能、交通量状况、路基路面排水状况、公路建设和养护历史等。

## 4 预防性养护决策

### 4.2 适合预防性养护的路况

4.2.1 《公路技术状况评定标准》(JTG H20-2007)采用路面损坏状况指数(PCI)、路面行驶质量指数(RQI)、路面车辙深度指数(RDI)、路面抗滑性能指数(SRI)和路面结构强度指数(PSSI)五项指标进行路面技术状况评价。根据预防性养护的理念,预防性养护一般只对路面结构强度、路面状况和路面平整度有一定的要求,而对路面摩擦系数等没有特别的要求,因此预防性养护的宏观路况指标可选择PSSI和PCI两项。由于PCI反映路面状况的综合性,在确定路面是否需要预防性养护时,可以PCI为判断指标,以PSSI为检验指标。即在PSSI满足要求的前提下,以PCI为标准判断路面是否需要预防性养护。

在进行路况的预防性养护适用性判断时,路段的划分一般应与路况评价时的路段划分方法相同。即根据评价的目的不同,采用任意分段组合的方法进行评价和分析,一般可以按1km或根据不同的面层结构类型进行分段。

4.2.2 一般而言,预防性养护措施与路况之间有很强的相互制约性,一种预防性养护措施往往只能处理特定类型和特定程度的路面损坏,比如沥青还原剂主要是防止沥青老化,它非但不能提高抗滑能力,反而有可能会因此降低抗滑能力。对于损坏比较严重的路面,或由于不恰当原因引起的损坏也不能充分发挥预防性养护措施的应有性能,比如对严重的车辙,一般预防性养护措施都解决不了问题。因此,在宏观路况满足预防性养护要求的前提下,还需要判断路面的损坏类型和程度是否适合预防性养护。

4.2.3 预防性养护的微观路况标准规定了适合预防性养护的路面损坏类型和严重程度。此外,为了便于工程技术人员进一步判别适合与预防性养护的路面,列出了不适于预防性养护的路面状况,也称之为限制条件。如果路面存在一项或多项限制条件,那么路面只能通过结构性的修复或重建来处理,禁止使用预防性养护措施。

4.3 预防性养护的经济性和有效性在很大程度上取决于采取预防性养护措施的时机。经验表明,预防性养护能延缓路面破坏,延迟昂贵的路面大、中修和重建;其最佳实施时机应该在路面尚处于良好状况,或者只有某些病害先兆时进行。

#### 4.4 养护对策的费用效益分析

在费用效益分析中主要考察的是预防性养护措施的经济因素，它是预防性养护对策选择的经济合理性的重要保证。它主要是指预防性养护措施的单位费用的使用寿命。

4.4.4 并非具有最低等效年度费用的措施就是最佳的预防性养护措施。有很多因素会影响最佳预防性养护措施的选择。因此，在费用效益分析的基础上，针对具体的项目还需要进行进一步的分析。

## 5 预防性养护效果后评估方法

预防性养护效果的后评价，对于总结预防性养护经验，提高预防性养护决策的科学性具有十分重要的意义。

后评估的前提是对预防性养护路段路面技术状况进行跟踪观测，这是一项执行难度很大的工作。为了减少基层单位工作量，确保有效执行，提出了主要依靠每年例行的国省干线公路路况检测收集数据。

路面预防性养护又被称为“0-3 工程”，属于功能性养护，最能够体现其养护效果的指标是 PCI，因此提出将 PCI 作为后评估的主要指标。