

DB37

山东省地方标准

DB37/T1724 -2010

多级沥青结合料应用技术规程

**Application Technical Specifications for
Multigrade Asphalt Cement**

2010-12-30 发布

2011-01-01 实施

山东省质量技术监督局发布

山东省地方标准

多级沥青结合料应用技术规程

**Application Technical Specifications for
Multigrade Asphalt Cement**

DB37/T -2010

主编单位：山东省交通运输厅

批准部门：山东省质量技术监督局

实施日期：2010 年 月 日

人 民 交 通 出 版 社

2010 北京

前 言

为进一步规范全省交通基础设施建设和管理行为，全面提升建设管理水平，按照交通工作实现“标准化、规范化、集约化、人本化”管理的目标要求，山东省交通运输厅提出并主持编制了本规程。

本规程适用于各类新建和改建道路所用的多级沥青结合料。本规程规定了多级沥青路面的材料、配合比设计、施工工艺、多级沥青质量管理及检查。

本规程由山东省交通运输厅归口并提出。

主编单位：山东省交通运输厅

编写单位：山东省交通厅公路局

山东省公路建设（集团）有限公司

山东华瑞道路材料技术有限公司

本规程主要起草人：房建果、周海防、刘雪峰、李武、梁奎基、蒋峰。

在使用过程中，各单位和个人对本规程如有任何意见和建议，可与编制单位联系（地址：济南市舜耕路 19 号，山东省交通厅公路局，邮编：250002），以便修订时参考。

目 录

1	总则	1
2	规范性引用文件	2
3	术语、符号、代号	3
3.1	术语	3
3.2	符号及代号	3
4	材料	4
4.1	基质沥青	4
4.2	多级沥青改性剂	4
4.3	多级沥青结合料	4
4.4	集料与填料	5
4.5	纤维稳定剂	5
5	多级沥青混合料配合比设计	6
5.1	设计原则	6
5.2	矿料级配	6
5.3	设计方法	6
5.4	性能检验	6
6	多级沥青混合料施工工艺	7
6.1	施工准备	7
6.2	混合料的拌制	7
6.3	混合料的运输	8
6.4	混合料的摊铺	8
6.5	压实及成型	9
6.6	接缝	10
6.7	开放交通及其他	10
7	施工质量管理与检查	11
	附件：多级沥青结合料应用技术规程条文说明	12
1	总则	13
4	材料	14
5	多级沥青混合料配合比设计	21
6	多级沥青混合料施工工艺	22
7	施工质量管理与检查	24

1 总则

1.0.1 为指导多级沥青结合料的正确使用，保证施工质量，根据山东省的气候条件，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各类新建和改建道路的多级沥青面层和多级沥青柔性基层等路面结构层。

1.0.3 多级沥青路面施工必须符合国家环境和生态保护的规定，应确保安全，有良好的劳动保护。

1.0.4 多级沥青路面在设计和施工时，除应符合本规程外，还应符合国家和行业颁布的有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范

JTJ 052 T 0626-2000 沥青酸值测定方法

DB37/T 672-2007 多级沥青结合料技术条件

DB37/T 1161-2009 大粒径透水性沥青混合料应用技术规程

3 术语、符号、代号

3.1 术语

3.1.1 多级沥青结合料 multigrade asphalt cement

在沥青中掺加改性剂，通过化学反应制成的沥青结合料，能使沥青低温和高温性能得以改善并适用于多种气候区域。

3.1.2 密级配沥青混合料 dense-graded bituminous mixtures, dense-graded asphalt mixtures

按密实级配原理设计组成的各种粒径颗粒的矿料，与沥青结合料拌和而成，设计空隙率较小的密实式沥青混凝土混合料。按关键性筛孔通过率的不同又可分为细型、粗型密级配沥青混合料等。粗集料嵌挤作用较好的也称嵌挤密实型沥青混合料。

3.1.3 沥青玛蹄脂碎石混合料 stone mastic asphalt, stone matrix asphalt

由沥青结合料与少量的纤维稳定剂、细集料以及较多量的填料(矿粉)组成的沥青玛蹄脂，填充于间断级配的粗集料骨架的间隙而形成的一种沥青混合料。

3.1.4 大粒径透水性沥青混合料 large stone porous asphalt mixtures

指沥青混合料公称最大粒径不小于 26.5mm，空隙率在 13%~18%，能够将水分自由排出路面结构的沥青混合料。

3.2 符号及代号

本规程各种符号、代号以及意义详见表 3.2。

表 3.2 符号及代号

符号或代号	意 义
MAC	多级沥青结合料
AC	密级配沥青混合料
SMA	沥青玛蹄脂碎石混合料
LSPM	大粒径透水性沥青混合料

4 材料

4.1 基质沥青

4.1.1 用于生产多级沥青的基质沥青，其质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的技术要求。

4.1.2 用于生产多级沥青的基质沥青的酸值应不大于 $0.4\text{ml} \cdot \text{mol/L/g}$ ，试验方法按《沥青酸值测定方法》（JTJ 052 T 0626-2000）进行。

4.1.3 适用于山东省气候条件的多级沥青所用的基质沥青标号宜为 70 号。

4.2 多级沥青改性剂

4.2.1 多级沥青改性剂是以有机皂化物为主的混合材料，外观为黄褐色粉末状，使用前应无结块现象。

4.2.2 改性剂生产者或供应商应提供产品的质量检验单以及储存、使用方法等有关资料。

4.2.3 应根据不同的基质沥青与使用要求确定适宜的多级沥青改性剂的掺量，一般为基质沥青质量的 2.2%~2.8%。

4.3 多级沥青结合料

4.3.1 多级沥青结合料应符合《多级沥青结合料技术条件》（DB37/T672-2007）的技术要求。

4.3.2 根据气候条件要求，适用于山东省的多级沥青宜为 II 型。

4.3.3 多级沥青样品的制备温度为 $(195 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。对取来的试样不得直接采用电炉或明火加热，而应将装有试样的盛样器带盖放入恒温烘箱中加热。浇模前，以 $1\text{r/s} \sim 2\text{r/s}$ 的速度搅拌 10s，将样品搅拌均匀，注意不要搅拌过快带入气泡，随即浇模。做软化点试验时，必须对试样环和试样底板均预热至 $80^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 。

4.3.4 供应商在提供多级沥青结合料的质量报告时应提供基质沥青的质量检验报告或沥青样品。

4.3.5 工厂制作的成品多级沥青到达施工现场后存贮在多级沥青储存罐中。第一次储存多级沥青时，应对罐内进行检查，不得残存其它沥青或渣滓。多级沥青的储存温度应在 $160^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ ，尽量缩短高温储存时间。

4.3.6 多级沥青储存罐中必须加设搅拌设备，每 3h~4h 搅拌一次，每次搅拌 20min，严禁连续不停地搅拌。

4.4 集料与填料

用于多级沥青混合料的粗集料、细集料、填料的粒径规格和质量要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的规定。

4.5 纤维稳定剂

用于多级沥青混合料的纤维稳定剂的质量要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的规定。

5 多级沥青混合料配合比设计

5.1 设计原则

5.1.1 多级沥青混合料必须在对类似工程配合比设计和使用情况调查研究的基础上,充分借鉴成功的经验,选用符合要求的材料,进行配合比设计。

5.1.2 多级沥青混合料配合比设计,应按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的规定,按目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段进行,确定矿料级配及最佳沥青用量。

5.1.3 多级沥青结合料由于具有较高的高温粘度,特别适用于粗集料骨架嵌挤结构,如 SMA、LSPM,也可用于 AC 等其它面层混合料中。

5.2 矿料级配

多级沥青混合料矿料级配应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的规定,其中 LSPM 应符合《大粒径透水性沥青混合料应用技术规程》(DB37/T 1161-2009)的规定。

5.3 设计方法

5.3.1 采用马歇尔试验配合比设计方法,沥青混合料技术要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的规定,并有良好的施工性能。当采用其他方法设计沥青混合料时,应用马歇尔试验配合比设计方法进行验证,报告不同设计方法各自的试验结果。LSPM 应采用大型马歇尔成型方法或旋转压实仪成型方法,成型参数及技术要求按照《大粒径透水性沥青混合料应用技术规程》(DB37/T 1161-2009)的规定。

5.3.2 多级沥青混合料适宜的拌和温度为 $175^{\circ}\text{C}\sim 190^{\circ}\text{C}$,击实成型温度为 $165^{\circ}\text{C}\sim 175^{\circ}\text{C}$ 。应根据不同的混合料种类采取适宜的击实成型温度,如 AC 和 SMA 的宜为 $170^{\circ}\text{C}\sim 175^{\circ}\text{C}$,LSPM 的宜为 $165^{\circ}\text{C}\sim 170^{\circ}\text{C}$ 。

5.4 性能检验

5.4.1 公称最大粒径等于或小于 19mm 的密级配沥青混合料及 SMA 需在配合比设计的基础上按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的规定进行各种使用性能检验,不符合要求的沥青混合料,必须更换材料或重新进行配合比设计。LSPM 的性能检验应符合《大粒径透水性沥青混合料应用技术规程》(DB37/T 1161-2009)的规定。

5.4.2 做多级沥青混合料车辙试验时,试件成型后连同试模一起在常温条件下的放置时间不得小于 48h,也不得长于一周。

6 多级沥青混合料施工工艺

6.1 施工准备

6.1.1 多级沥青混合料铺筑前，应检查基层或下卧沥青层的施工质量，不符合要求时，不得进行铺筑。

旧沥青路面或下卧层已被污染时，必须经清洗或铣刨处理后方可铺筑多级沥青混合料。

6.1.2 不得在气温低于 10℃ 以及雨天、路面潮湿的情况下进行多级沥青混合料摊铺。多级沥青混合料的施工温度参照表 6.1.2 选择。通常宜较普通 70 号沥青的施工温度提高 20℃。

表 6.1.2 多级沥青混合料的正常施工温度范围

单位为℃

工 序	混合料类型	
	AC、SMA	LSPM
多级沥青加热温度	175~190	
集料加热温度	185~200	180~200
混合料出料温度	175~185	170~185
混合料最高温度(废弃温度)	195	
混合料贮存温度	拌和出料后降低不超过 10	
摊铺温度 $\geq$	170	165
初压开始温度 $\geq$	160	155
碾压终了的表面温度 $\geq$	90	
开放交通时的路表温度 $\leq$	50	

6.2 混合料的拌制

6.2.1 多级沥青混合料必须在沥青拌和厂采用拌和机械拌制，并应符合如下要求：

- 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。
- 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。
- 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。

4 拌和厂的多级沥青储存罐应具备高温储存能力与搅拌功能。

5 沥青管道使用大网眼的过滤器，出现堵塞时应及时清洗。宜使用 9.5mm 孔径过滤器。

6.2.2 沥青混合料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。

6.2.3 高速公路和一级公路施工用的间歇式拌和机必须配备计算机设备，拌和过程中逐盘采集并打印各个传感器测定的材料用量和沥青混合料拌和量、拌和温度等各种参数，每个台班结束时打印出一个台班

的统计量。

6.2.4 多级沥青混合料的生产温度应符合表 6.1.2 的要求。烘干集料的残余含水量不得大于 1%。每天开始几盘集料应提高加热温度，并干拌几锅集料废弃，然后再正式加多级沥青拌和混合料。

6.2.5 拌和机必须有二级除尘装置，一级除尘部分可直接回收使用，二级除尘部分进入回收粉仓后废弃。

6.2.6 多级沥青混合料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。间歇式拌和机每盘的生产周期不宜少于 45s(其中干拌时间不少于 5s~10s)。SMA 混合料的拌和时间应适当延长。生产添加纤维的沥青混合料时，纤维必须在混合料中充分分散，拌和均匀。

6.2.7 应随时检查沥青泵、管道、计量器是否受堵，堵塞时应及时清洗。

6.3 混合料的运输

6.3.1 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。对高速公路、一级公路，宜待等候的运料车多于 5 辆后开始摊铺。

6.3.2 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。运料车每次卸料必须倒净，如有剩余，应及时清除，防止硬结。

6.3.3 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。

6.3.4 运料车运输混合料宜用苫布覆盖保温、防雨、防污染。

6.4 混合料的摊铺

6.4.1 多级沥青混合料应采用沥青摊铺机摊铺，在喷洒有粘层油的路面上铺筑时，宜使用履带式摊铺机。摊铺机的受料斗应涂刷薄层隔离剂或防粘剂。

6.4.2 摊铺机开工前应提前预热熨平板，温度不低于 100℃。铺筑过程中应选择熨平板的振捣或夯锤压实装置具有适宜的振动频率和振幅，以提高路面的初始压实度。

6.4.3 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。LSPM 的摊铺速度一般不得大于 2m/min，其它混合料一般控制在 2m/min~4m/min 的范围内。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。

6.4.4 寒冷季节遇大风降温，不能保证迅速压实时不得铺筑多级沥青混合料。每天施工开始阶段宜采用较高温度的混合料。

6.4.5 多级沥青混合料的松铺系数应根据混合料类型由试铺试压确定。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度及路拱、横坡。LSPM 混合料的松铺系数一般为 1.18~1.20。

6.4.6 在雨季使用多级沥青混合料摊铺路面时，应加强气象联系，已摊铺的沥青层因遇雨未及时压实的

应予以铲除。

6.5 压实及成型

6.5.1 沥青混凝土的压实层最大厚度不宜大于 100mm，LSPM 的压实层厚度不宜大于 180mm。

6.5.2 沥青路面施工应配备足够数量的压路机，根据混合料种类选择合理的压路机组合方式及初压、复压、终压的碾压步骤，以达到最佳碾压效果。施工气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加。

6.5.3 压路机应以慢而均匀的速度碾压。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。

6.5.4 压路机的碾压温度应符合表 6.1.2 的要求，并根据混合料种类、压路机、气温、层厚等情况经试压确定。在不产生严重推移和裂缝的前提下，初压、复压、终压都应在尽可能高的温度下进行。同时不得在低温状况下作反复碾压，使石料棱角磨损、压碎，破坏集料嵌挤。

6.5.5 多级沥青混合料宜采用的压实工艺如下：

1 密级配沥青混合料：初压宜采用钢轮压路机静压 1~2 遍。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。经实践证明采用振动压路机或轮胎压路机直接碾压无严重推移而有良好效果时，可免去初压直接进入复压工序。复压应紧跟在初压后开始，可采用重型的轮胎压路机或振动压路机进行复压，碾压遍数一般为 3~4 遍。终压应紧接在复压后进行，如经复压后已无明显轮迹时可免去终压。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 1~2 遍，至无明显轮迹为止。

2 SMA：初压宜采用钢轮压路机静压 1 遍。经实践证明直接采用振动压路机初碾不造成推拥，也可直接用振动压路机初压。如发现初压有明显推拥，应检查混合料的矿料级配及油石比是否合适。复压应紧跟在初压后进行，宜采用重型的振动压路机，碾压遍数一般为 3~4 遍。终压应紧接在复压后进行，采用钢轮压路机静压 1 遍，如经复压后已无明显轮迹时可免去终压。除沥青用量较低，经试验证明采用轮胎压路机碾压有良好效果外，SMA 不宜采用轮胎压路机碾压，以防将沥青结合料搓揉挤压上浮。振动压路机碾压 SMA 应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则，即紧跟在摊铺机后面，采取高频率、低振幅的方式慢速碾压。

3 LSPM：初压采用双钢轮振动压路机。初压第一遍，前进静压，后退振动；初压第二遍，前进后退均为振压，压实速度宜为 1.5~2km/h，宜采用高频低幅进行压实，相邻碾压带轮迹重合为 20cm 左右。洒水装置进行间断洒水，只要保证不粘轮即可。振动过后，轮胎压路机再碾压 1~2 遍，随后即可以进行赶光。赶光可采用 7~11 吨钢轮压路机，速度宜控制在 3~4km/h。

6.5.6 碾压轮在碾压过程中应保持清洁，有混合料沾轮应立即清除。对钢轮可涂刷隔离剂或防粘剂，但

严禁刷柴油。当采用向碾压轮喷水(可添加少量表面活性剂)的方式时,必须严格控制喷水量且成雾状,不得漫流,以防混合料降温过快。轮胎压路机开始碾压阶段,可适当烘烤、涂刷少量隔离剂或防粘剂,也可少量喷水,并先到高温区碾压使轮胎尽快升温,之后停止洒水。轮胎压路机轮胎外围宜加设围裙保温。

6.5.7 压路机不得在未碾压成型路段上转向、调头、加水或停留。在当天成型的路面上,不得停放各种机械设备或车辆,不得散落矿料、油料等杂物。

6.6 接缝

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。上下层的纵缝应错开150mm(热接缝)或300mm~400mm(冷接缝)以上。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。

6.7 开放交通及其他

6.7.1 多级沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却,混合料表面温度低于50℃后,方可开放交通。在摊铺碾压成型后48h内,宜对重载车进行限制,严禁在刚铺好的路面上紧急转向和刹车。LSPM柔性基层施工完成以后应尽量避免非施工车辆驶入,并在尽可能短的时间内铺筑沥青面层。

6.7.2 多级沥青混合料路面施工结束后,应立即清理施工设备,避免黏附的混合料冷却结硬后难以清理。

7 施工质量管理与检查

7.1.1 施工前必须检查多级沥青的来源和质量，供货单位必须提交最新检测的正式试验报告。

7.1.2 多级沥青必须在施工前以“批”为单位进行检查，不符合本规程技术要求的沥青不得进场。用同一来源、同一次购入的基质沥青连续生产，储入同一沥青罐的多级沥青为一“批”。试样的取样数量与频度按现行试验规程的规定进行。

7.1.3 多级沥青混合料生产过程中，必须按表 7.1.3 规定的检查项目与频度，对多级沥青进行抽样试验，其质量应符合本规程规定的技术要求。每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数必须按相关试验规程的规定执行，并以平均值评价是否合格。

表 7.1.3 施工过程中多级沥青质量检查的项目与频度

材 料	检查项目	检查频度	试验规程规定的平行试验次数或一次试验的试样数
多级沥青	25℃针入度	每日 1 次	3
	软化点	每日 1 次	2

注：表列内容是在材料进场时已按“批”进行了全面检查的基础上，日常施工过程中质量检查的项目与要求。

7.1.4 施工过程中对多级沥青混合料及沥青路面检查的频度和质量要求应按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的规定执行，其中 LSPM 应按照《大粒径透水性沥青混合料应用技术规程》（DB37/T 1161-2009）的规定执行。

附件：

多级沥青结合料应用技术规程

条文说明

1 总则

1.0.1 多级沥青结合料已在山东省大量推广使用,但并没有相应的国家、行业规范,为贯彻沥青路面“精心施工,质量第一”的方针,保证沥青路面的施工质量,有必要制定相应的技术规程。

1.0.2 多级沥青是一种新型的化学改性沥青,施工时具有较高的高温粘度,特别适用于粗集料骨架嵌挤结构,如 SMA、LSPM,可以给集料覆以较厚的沥青膜而不析漏。同时,由于其较之基质沥青高温性能明显提高,低温性能略有改善,抗老化和水损害能力提高,所以适用于各等级道路的沥青面层和柔性基层混合料。

1.0.4 多级沥青混合料作为热拌沥青混合料的一种,对材料的要求、混合料配合比设计、路面结构设计、相关的试验和验收规程等还涉及多项国家和行业规范,本规程未提及的相关要求应符合国家和行业颁布的相关规范规定。

4 材料

4.1 基质沥青

4.1.2 多级沥青是一种化学改性沥青，沥青中的酸性组分会影响化学反应的进行，故应选择酸值较小的沥青。编者收集了山东省近几年使用的基质沥青，检测其酸值并制备多级沥青，测得多级沥青软化点见表 4-1：

表 4-1 基质沥青酸值与多级沥青软化点比较

编 号	酸值, ml · mol/L/g	多级沥青软化点, ℃
国产 1#	0.125	132
国产 2#	0.476	63
国产 3#	1.971	53
进口 1#	0.03	120
进口 2#	0.081	120
进口 3#	0.101	132
进口 4#	0.247	110
进口 5#	0.29	102

由于沥青的酸值主要由原油决定，由中东原油炼制的沥青大部分为中间基沥青，酸值较小，改性效果好，如国产 1#和进口沥青；中海系原油及南美奥力油大多为环烷基沥青，酸值较大，基本不发生改性反应，如国产 3#；某些南美原油炼制的沥青，介于中间基和环烷基之间，虽可发生改性反应，但效果较差，如国产 2#。将不同沥青的酸值与软化点绘成图 4-1：

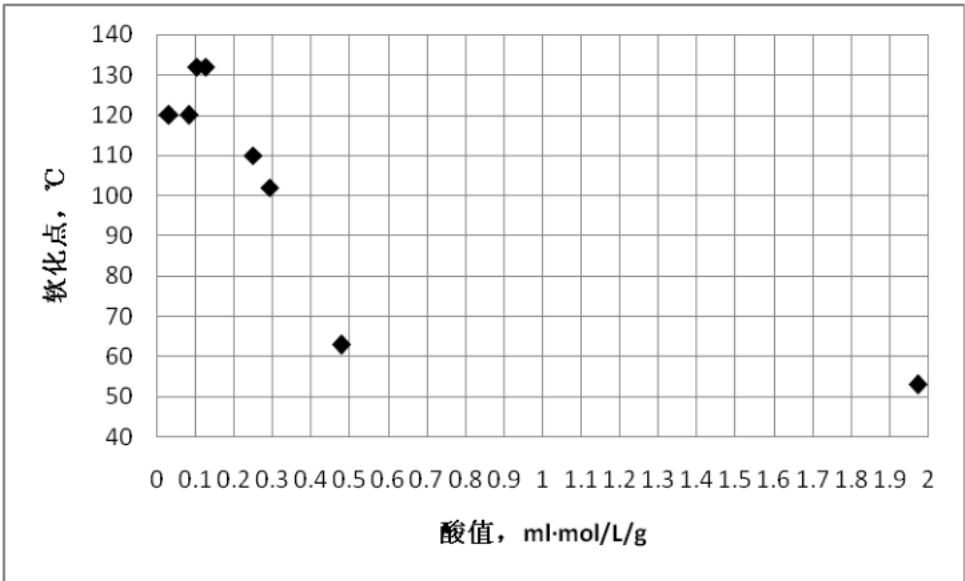


图 4-1 软化点与酸值的相关性

由图 4-1 可以看出,改性效果好的沥青的酸值均在 0.3ml ·mol/L/g 以下,而酸值超过 0.4ml ·mol/L/g 的沥青改性效果较差或不反应，所以规定用于生产多级沥青的基质沥青的酸值应不大于

0.4ml • mol/L/g。

4.1.3 根据山东省的气候条件，用作改性沥青的基质沥青一般使用 70 号，其它标号沥青作为基质沥青时需进行试验论证。

4.2 多级沥青改性剂

4.2.1 多级沥青改性剂外观为黄褐色粉末，含水量 1%~5%，粒径基本在 1.2mm 以下。多级沥青改性剂长时间暴露在空气中会吸潮结块，要求密封储存于仓库内。若因包装袋破损、储存不当等原因造成结块，而结块的改性剂在沥青中通过搅拌难以分散开，会影响生产，所以使用前需进行检查。

4.2.2 多级沥青改性剂目前尚无国家或行业标准，可执行生产企业的产品标准。

4.2.3 改性剂掺量的多少不仅直接关系到改性沥青的成本，而且改性沥青的性能并非是添加的改性剂越多越好。对改性剂掺量递增的多级沥青编号为 MAC1、MAC2…MAC8，其指标检测如下：

表 4-2 不同改性剂掺量的多级沥青性能指标汇总表

试验编号		MAC1	MAC2	MAC3	MAC4	MAC5	MAC6	MAC7	MAC8
改性剂掺量，%		1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7
60℃动力粘度，Pa•s		412	567	1086	1173	3320	8270	—	—
25℃针入度，0.1mm		50	45	45	49	49	45	42	43
4℃针入度，0.1mm		20	19	21	21	18	16	27	20
软化点，℃		63.5	69.0	87.0	95.0	137.5	139.0	135.5	156.0
70℃ 动态 剪切	G [*] ，kPa	0.962	1.273	1.632	2.261	2.855	3.093	2.815	3.767
	δ	86.01	79.16	75.76	71.66	63.18	70.46	68.61	66.53
	G [*] /sin δ，kPa	0.9643	1.296	1.684	2.382	3.199	3.282	3.023	4.107
布氏 粘度， Pa•s	135℃	0.721	1.27	2.275	5.137	8.093	19.775	62.778	80.389
	145℃	0.457	0.873	1.554	3.807	5.637	13.62	47.822	39.75
	155℃	0.142	0.55	0.845	1.763	4.44	7.838	23.677	16.822
	165℃	0.059	0.317	0.483	1.097	2.957	3.907	10.745	7.422
	175℃	0.025	0.159	0.193	0.746	1.977	2.007	6.561	3.661
	185℃	0.02	0.087	0.12	0.399	1.114	1.155	3.111	1.806
	195℃	0.01	0.062	0.072	0.213	0.581	0.353	1.655	0.832

由表 4-2 可见，编号 MAC3 的多级沥青的指标已能满足技术要求，随着掺量的增加，MAC6 的粘度已过大，会造成施工的困难。

多级沥青改性剂适宜的掺量应能使多级沥青的各项指标满足技术要求，而粘度又不过大，确定改性剂掺量时应从沥青指标、施工粘度、经济性等方面综合考虑。根据省内近几年的应用情况，建议多级沥青改性剂适宜的掺量为基质沥青质量的 2.2%~2.8%。

4.3 多级沥青结合料

4.3.1 多级沥青结合料是一种化学改性沥青，美国试验与材料协会《路用化学改性沥青技术标准》(ASTM

D6154-04) 见表 4-3:

表 4-3 ASTM D6154-04 路用化学改性沥青技术标准

试验 ^a	等级			
	CM 5-10	CM 10-20	CM 20-30	CM 30-40
60℃动力粘度 ^{bde} , 1s ⁻¹ , Pa·s, ≥	50	100	200	300
135℃动力粘度 ^{cde} , 10s ⁻¹ , Pa·s	0.2~2.0	0.4~4.0	0.7~6.0	1.0~8.0
4℃针入度, 200g, 60s, 0.1mm	40~100	30~65	20~45	12~35
25℃针入度, 100g, 5s, 0.1mm	140~185	100~140	65~100	35~65
闪点, 克利夫兰开口杯, °C, ≥	246			
软化点, °C, 不小于	50	55	60	65
三氯乙烯中的溶解度, %, ≥	99			
薄膜烘箱试验后残留物				
老化指数, 薄膜烘箱试验后与薄膜烘箱试验前的粘度比, 不大于	2.5			
a. 依据D4957试验方法的7.2制备试样, 要求将试样在烘箱中加热至(195±2)℃, 偶尔搅动试样直至均匀, 浇入合适的容器作试验用。所有试验的浇入温度为(180±5)℃。				
b. 通常使用No. 200改进坎培式粘度管, 300mm汞柱真空度。				
c. 通常使用No. 50改进坎培式粘度管, 100mm汞柱真空度。				
d. 一些试验方法用poise而非Pa·s为单位, 1poise=0.1Pa·s。				
e. 粘度管尺寸和真空度的选择应是多样的, 以达到在接近指定的剪变率条件下测量, 避免用外推法得到数据。				

山东省2007年发布实施了《多级沥青结合料技术条件》(DB37/T 672-2007), 对多级沥青的技术指标进行了规定, 见表4-4:

表4-4 多级沥青结合料技术条件

项 目			技术指标	
			I 型	II 型
针入度(25℃, 100g, 5s), 0.1mm			65~100	35~65
针入度(4℃, 200g, 60s) , 0.1mm			20~45	12~35
软化点, °C ≥			60	70
动力粘度(60℃), Pa • s ≥			300	500
闪点, °C ≥			245	
溶解度, % ≥			99	
老化试验 ^a	沥青薄膜加热试验或沥青旋转薄膜加热试验后	质量变化, 质量百分数/%	-1.0~-1.0	
		针入度比(25℃), % ≥	70	
^a 老化试验以沥青薄膜加热试验为仲裁法。				

在美国《路用化学改性沥青技术标准》中, 没有延度指标。我国规范中, 只有 SBS 和 SBR 改性沥青有 5℃延度指标, 而对 EVA、PE 改性和天然沥青改性则没有。说明 5℃延度并不适合所有的改性沥青。多级沥青在提高沥青高温性能的同时, 对低温性能是略有改善的。但多级沥青在比 5℃更低温度时才开始改善沥青的低温性能, 而 SBS 在一般在 15℃以下就开始改善沥青的低温性能, 所以多级沥青不像 SBS 改性沥青一样具有较高的 5℃延度, 而是和基质沥青一样, 5℃延度基本上一拉就断。但在更低温度下,

多级沥青表现出比基质沥青更好的低温性能，所以依靠 5℃ 延度，无法真实反映多级沥青的低温性能。多级沥青采用 4℃ 针入度指标体现在较低温度下沥青的软硬程度。

在美国《路用化学改性沥青技术标准》中有 135℃ 动力粘度指标，其试验方法按照《用真空毛细管粘度计测试乳化沥青残留物和非牛顿沥青表观粘度方法》(ASTM D4957-95) 进行，通常使用 No. 50 改进坎培式粘度管，100mm 汞柱真空度。135℃ 粘度指标主要为了保证改性沥青在使用时的粘度不要过大，影响泵送和施工。多级沥青的粘度较大，通过布氏旋转粘度计，对 70 号沥青、多级沥青和 SBS 改性沥青在施工温度范围内的粘度比较如下表：

表 4-5 不同沥青在施工温度范围内的粘度比较

温度, °C	粘度, Pa · s		
	70 号沥青	SBS 改性沥青	MAC
135	0.467	2.371	10.1
145	0.308	1.396	5.523
155	0.195	0.880	2.307
165	0.135	0.590	0.98
175	0.096	0.417	0.5
185	0.071	0.304	0.225
195	0.053	0.226	0.117

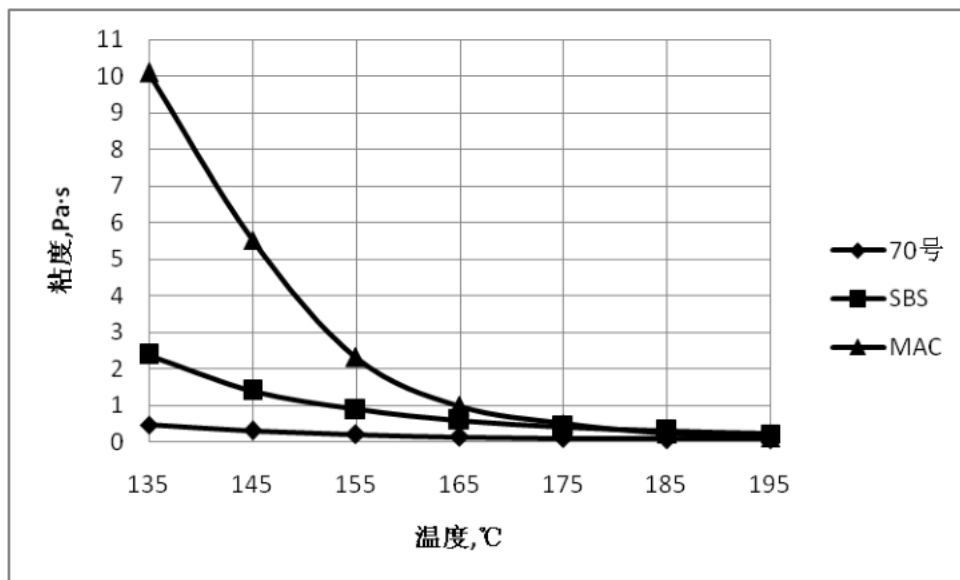


图 4-2 不同沥青的粘度随温度变化的曲线

多级沥青在 175℃ 以下时粘度明显大于 SBS 改性沥青，在 175℃ 以上时和 SBS 改性沥青差不多。多级沥青的使用温度为 175℃~190℃，此时的粘度一般小于 1Pa · s，经使用证明适当提高温度后多级沥青易于泵送和拌和，容易施工，且能保证改性沥青的质量并符合安全条件。考虑到 135℃ 动力粘度试验国内尚未有试验规程，检测和使用单位一般没有相应的试验仪器，所以暂不对该项指标提出要求。

4.3.3 美国《路用化学改性沥青技术标准》中规定依据 D4957 的 7.2 试验方法制备试样,要求将试样在烘箱中加热至 $(195 \pm 2)^\circ\text{C}$,偶尔搅动试样直至均匀,浇入合适的容器备用。所有试验的浇模温度为 $(180 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。而《用真空毛细管粘度计测试乳化沥青残留物和非牛顿沥青表观粘度方法》的注 3 和注 4 中提出试样的准备方法对试验结果很重要,如果在 180°C 时沥青不能充分的流动或流动性过强,可以采用其它的浇模温度。而多级沥青在 180°C 时往往不能充分的流动。

我国交通部《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000), T0602-1993 沥青试样准备方法中规定沥青加热温度宜为软化点温度以上 90°C ,通常为 135°C 左右,但这显然是针对非改性的普通石油沥青。多级沥青的粘度大,软化点较高,要求大于 70°C ,实际能达到 100°C 甚至更高,软化点变动范围大,根据软化点决定浇模温度也不可行。

实际上多级沥青的浇模温度对软化点的影响非常大,不同浇模温度下普通道路石油沥青、SBS 改性沥青、多级沥青的软化点见表 4-6:

表 4-6 不同浇模温度下沥青的软化点比较

单位为 $^\circ\text{C}$

浇模温度	软化点					
	某 70 号沥青	某 90 号沥青	SBS 改性沥青 1	SBS 改性沥青 2	MAC1	MAC2
135	46.8	47	—	—	—	—
165	47.8	46	63.3	81	—	—
175	46.5	46.4	62	80	61.5	72.5
185	47	46.1	62.5	81.3	74	87
195	45.3	45.8	62.5	81.3	85	105
205	46.1	45.7	62	81.1	86.5	109

可以看出普通道路石油沥青和 SBS 改性沥青的浇模温度对软化点几乎没有影响,多级沥青软化点随浇模温度的提高而提高,提高幅度随温度升高而变小,到某一温度后基本不再提高了,该温度即为“真实浇模温度”。

对软化点不同的多级沥青分别在 195°C 和 205°C 浇模,进行软化点试验,结果见表 4-7:

表 4-7 多级沥青在 195°C 和 205°C 浇模的软化点比较

单位为 $^\circ\text{C}$

浇模温度	软化点					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
195	115	112	105	96	93.5	75
205	135	122	109	100	95	77

可见软化点高的多级沥青 195°C 和 205°C 浇模的软化点结果相差大,软化点低的相差小。可以认为,多级沥青的“真实浇模温度”应能使沥青在该温度下达到充分流动的状态,粘度大的多级沥青其浇模温度高,反之则低,所以浇模温度是由样品的粘度决定的。但实际操作中我们不可能预先知道样品粘度的大小,在制备试样时进行观察也带有很大的随意性和个体差别,所以只能规定一个统一的温度,对于“真

实浇模温度”低于此温度的样品，浇模温度略高对试验结果并不影响；对于“真实浇模温度”高于此温度的样品，浇模温度略低，软化点试验结果偏低，但这些样品的软化点一般在 100℃以上，并不影响质量控制。

在不同浇模温度下进行多级沥青的针入度和 60℃动力粘度试验，结果见表 4-8：

表 4-8 不同浇模温度下多级沥青的针入度和 60℃动力粘度比较

浇模温度，℃	针入度，0.1mm	60℃动力粘度，Pa·s
175	49	597
185	52	770
195	49	844
205	48	1081

由表 4-8 可见，浇模温度对针入度结果没有明显影响，对 60℃动力粘度有很大影响。随着浇模温度提高，60℃动力粘度试验结果增大。对各项试验应制定统一的浇模温度，根据试验分析，定为（195±2）℃。

用烘箱加热试样时应注意检查烘箱的设置温度，使试样达到要求的温度。快速检验时，为了节省加热时间，对刚取来温度较高、仍能基本流动或用烘箱已加热至基本流动的试样，可采用电炉快速加热，但必须加放石棉垫，且不得作为质量仲裁结果。用电炉加热时，要不时搅动，使样品受热均匀，各部分均达到规定温度。浇模时应注意检查试样温度，同时浇多个模具时应迅速完成，避免浇模过程中温度降低，若温度已降低，可采用电炉快速重新加热至规定温度再浇模。必须将试样直接浇注入模具中，在浇模时把沥青倒入另一容器往往会造成沥青温度降低，所以禁止使用玻璃棒导流，也不得先将沥青倒入小器皿中，再进行浇模。

对于大桶多级沥青加热取样，应将该桶沥青放入烘箱中整体加热至 180℃～190℃，搅拌均匀，然后再取样试验。一桶沥青供多次试验使用时，应将化开的大桶沥青分装至小缸（桶）中备用，样品冷却后反复加热的次数不得超过 2 次，避免多次反复加热使沥青老化或性能变化。

我国交通部《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTJ 052-2000），T0606-2000 沥青软化点试验（环球法）中规定如估计试样软化点高于 120℃，则试样环和试样底板均应预热。由于多级沥青浇模温度高，软化点也较高，所以统一要求对试样环和试样底板预热至 80℃～100℃，要保证试样环的清洁，不得残留溶剂。

4.3.5 多级沥青的储存温度较高，未泵入多级沥青前，应对罐体进行预热。拌和厂应在沥青入罐后加热到要求的温度，根据生产计划提前购入沥青，避免沥青入罐后温度尚不够的情况下立即使用。沥青罐内的多级沥青不应装得过满，以防止在加热沥青时由于体积膨胀而引起沥青的溢出。若遇下雨或设备故障导致沥青长时间储存，温度可以适当降低，最低不得低于 160℃。如温度过低，多级沥青的粘度过大，传递热量的性能变差，使沥青再加热变得困难，并且会引起沥青罐内导热盘管周围的沥青过度加热，而

整个沥青罐的温度上升缓慢，远离导热管罐内角落的沥青易凝胶形成冷块，这些冷块会堵塞管道。若发生上述情况，可将沥青泵反转以清除结块。若罐内多级沥青已降至常温需要重新加热使用，需较长加热时间，在一开始时导热油炉出油温度可略低一些，为 $170^{\circ}\text{C}\sim 190^{\circ}\text{C}$ ，待沥青软化并可流动后再升至规定温度。

4.3.6 聚合物改性沥青发生明显离析现象时改性剂会上浮析出、凝聚，改性剂在沥青表面成膜并且通过搅拌无法复原，严重的影响了沥青性能和使用安全。多级沥青不存在离析现象，有时表面会有气泡、沫子、凝胶形成的薄层，经加热搅拌后即可消失。沥青罐必须加搅拌器，搅拌的目的一是由于多级沥青粘度大，不易流动，所以导热性差，搅拌能使罐内沥青受热均匀，二是可以使罐内的沥青均匀，消除表面泡沫层。若临时使用不带搅拌器的沥青罐储存多级沥青，应尽快用完，有条件时可以打循环。

如果使用卧式罐储存多级沥青，应在储存罐上部安装搅拌器(卧式储存罐改造方案如图 4-3、图 4-4 所示)。搅拌器电机功率约为 3 千瓦，转速约为 $180\text{r}/\text{min}$ 。沥青液面应高于搅拌器叶片，防止搅拌器空转。

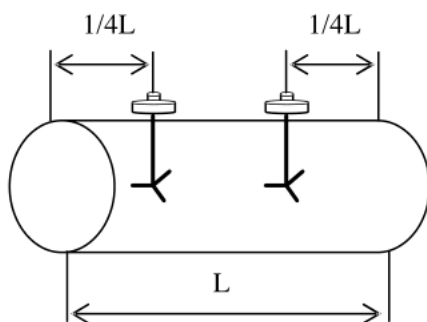


图 4-3 $7\text{m} <$ 卧式储存罐长 $L \leq 12\text{m}$ 改造方案，

顶部安装 2 个搅拌器

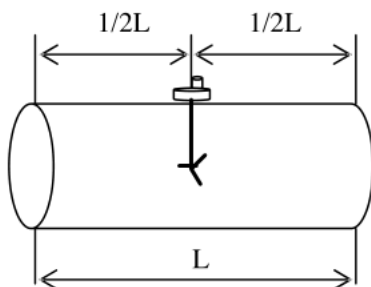


图 4-4 卧式储存罐长 $L \leq 7\text{m}$ 改造方案，

顶部安装 1 个搅拌器

多级沥青是一种凝胶改性沥青，连续不停地搅拌是一种剪切作用，会破坏沥青的凝胶结构，同时连续搅拌会引起罐内沥青热量快速丧失，所以要定时搅拌。

5 多级沥青混合料配合比设计

5.3.2 多级沥青的拌和与击实成型温度根据经验而得，合适的击实温度应能使沥青混合料充分密实，使击实功和现场碾压功相匹配。击实温度过低，得到的设计沥青用量偏高，经现场碾压后的实际空隙率偏低，甚至出现压实度达到或超过 100%的情况。个别施工单位由于压实度易于达到而放松了对碾压工艺的控制，碾压不足，通车后路面继续增密，可能产生泛油、车辙等病害。

密级配沥青混凝土和 SMA 混合料的击实成型温度要求较高，而 LSPM 比较易于击实，温度可稍低。

5.4.2 多级沥青和聚合物改性沥青一样，混合料需48h才能基本达到最终强度，所以按照交通部《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)，T0719-1993沥青混合料车辙试验规定，对车辙试件放置48h后再进行试验。

6 多级沥青混合料施工工艺

6.1 施工准备

6.1.2 多级沥青和 SBS 改性沥青一样，按照粘温曲线并采用相同的等粘温度确定改性沥青的施工温度实际上将会太高，如图 4-2，从粘温曲线得到的拌和温度和碾压温度分别约为 190℃和 183℃，显然是太高了。故根据经验制订了其施工温度范围。

6.2 混合料的拌制

6.2.1 多级沥青的运输和储存温度较高，对沥青运输罐和储存罐有一种清洗作用。沥青罐壁上碳化的沥青或其它物质在高温下被清洗下来，这些物质往往成块状，不能完全溶解在沥青中。当生产沥青混合料时，需要将沥青泵送到混合料搅拌机中。由于沥青泵带有过滤器，这些被清洗下来的物质容易堵塞过滤器网眼，从而严重影响沥青的泵送能力。如果出现此类问题，要及时清理过滤器。较好的办法是使用大网眼的过滤器，并且出现问题应及时清洗。

6.2.4 在潮湿集料未被烘干的情况下，集料中水分会穿过沥青膜逸出，使沥青与集料的粘附性下降，沥青混合料的强度降低。水分需在路面摊铺后缓慢挥发，在刚铺完的路面内部有水的情况下，车轮的泵吸作用会使沥青剥落，产生水损害。剥落的沥青向上聚集在路表，产生泛油、车辙等病害。在拌和厂需严格注意集料的堆放、防雨措施，对刚进场的水洗机制砂需晾晒，还需注意检查集料的烘干温度，干拌时间是否符合要求。

6.5 压实及成型

6.5.4 在《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中提到了一个沥青混合料施工难于碾压的“敏感区”，或称为“不稳定区”，多级沥青密级配沥青混凝土有时也会出现此类碾压问题，温度范围约为 100℃~120℃。沥青结合料在高温碾压时是一种润滑剂，沥青的粘度不足以使变位的集料回到原位便可以得到压实。如果沥青结合料的温度下降到一定温度以下，它的粘性恰好处于压路机的压力能够使集料位置变化而压路机一离开又足以使变位的集料拉回来，它成了集料内部的橡皮筋，便不能得到很好的压实了。在这种情况下，必须改用轮胎压路机碾压，使同一位置的碾压时间延长，并产生搓揉，达到压实的目的。由此可以看出，在温度下降至不稳定区之前完成碾压是十分重要的。但是如果在温度下降至不稳定区以下碾压，这实际上是利用压路机的压力产生的剪切应力使集料强制变位，而达到稳定和密实状态。很显然，它对于集料的破碎也是十分不利的，所以应该尽量避免，尤其是不要采用振动压路机在低温下碾压。对于 SMA 等嵌挤型沥青混凝土一般不会发生这种情况。

6.5.6 多级沥青粘度大，有些施工单位不敢使用胶轮压路机，但如果能对轮胎很好的预热，也不会发生

粘附沥青的现象。对 SMA 混合料，由于沥青含量高，采用轮胎压路机碾压可能会使沥青玛蹄脂胶浆挤出来，所以通常不能使用轮胎压路机。

6.7 开放交通及其他

6.7.1 多级沥青混凝土路面需 48h 才能形成最终强度，所以对于刚铺好的路面，宜对重载车进行限制。

特别是有些 SMA 路面，要避免车辆紧急转向或刹车造成的轮迹和掉粒现象。

7 施工质量管理与检查

7.1.3 对于刚生产出来的多级沥青，软化点是个代表性指标，和 60℃动力粘度、布氏粘度、动态剪切复数模量和相位角有较好的对应关系。针入度和改性的效果对应关系不明显，主要由改性用的基质沥青标号决定。这两个指标是沥青常做指标，所以作为在施工现场对多级沥青的检验项目。通过针入度可以判断所用的基质沥青的针入度是否合适，软化点可以看出改性后的粘度情况。