



T/CECS G XXXX: XXX

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路低标号沥青混合料应用技术规程

Technical specification for application of hard-grade asphalt
mixture on highway
(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

征求意见稿

(空白)

征求意见稿

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

公路低标号沥青混合料应用技术规程

Technical specification for application of hard-grade asphalt
mixture on highway

T/CECS G: XXX

主编单位：交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：202X年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕015 号）的要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路低标号沥青混合料应用技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

本规程在总结吸收公路工程低标号沥青混合料近二十年来工程经验和相关科研成果基础上编制而成。

本规程分为 6 章、2 个附录，主要内容包括：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 原材料、5 混合料设计、6 施工与质量控制、附录 A 矿料级配构成方法、附录 B 沥青混合料最紧密状态油石比确定方法。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由交通运输部公路科学研究院负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或周兴业（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079685；电子邮箱：xy.zhou@rioh.cn），以便修订时研用。

主 编 单 位：交通运输部公路科学研究院

参 编 单 位：中国路桥工程有限责任公司

河北省交通规划设计研究院有限公司

北京市政路桥建材集团有限公司

主 编：周兴业

主要参编人员：王旭东、肖倩、柳浩、金海兵、单伶俐、孟会林、谢国瑞、杨光、马华宝、王筵铸、吴将丰、蒋勇、何勇海、王庆凯、雷伟、张轩、李曼容、王昊卿、梁东东、庞彪、关函非、周马生。

主 审：胡珊

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

征求意见稿

目 录

1 总则.....	- 1 -
2 术语和符号	- 2 -
2.1 术语	- 2 -
2.2 符号	- 2 -
3 基本规定	- 3 -
4 原材料	- 4 -
4.1 一般规定	- 4 -
4.2 沥青	- 4 -
4.3 矿料	- 5 -
4.4 纤维稳定剂	- 7 -
5 混合料设计	- 8 -
5.1 矿料级配	- 8 -
5.2 配合比试验	- 8 -
5.3 配合比设计	- 9 -
5.4 路用性能	- 10 -
6 施工与质量控制	- 12 -
6.1 混合料的拌和	- 12 -
6.2 混合料的运输	- 13 -
6.3 混合料的摊铺和碾压	- 13 -
6.4 施工质量控制	- 13 -
附录 A 矿料级配构成方法	- 15 -
附录 B 沥青混合料最紧密状态油石比确定方法.....	- 17 -

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为指导低标号沥青混合料在公路工程中的应用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路新建、改扩建、养护维修工程中使用的低标号沥青混合料的设计、施工和质量验收。

1.0.3 低标号沥青混合料除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 低标号沥青 hard-grade asphalt

25℃针入度（100g，5s）不大于 50（0.1mm）的道路石油沥青。

2.1.2 低标号沥青混合料 hard-grade asphalt mixture

采用低标号沥青与矿料拌和而成的混合料。

2.1.3 粗集料断级配 coarse aggregate gap gradation

粗、细集料分别由不同曲线组成的级配，且混合料中粗集料含量不小于 60%。

2.1.4 沥青混合料最紧密状态 stone-stone closet condition of asphalt mixture

在一定压实功条件下，沥青混合料中矿料间隙率或粗集料矿料间隙率最小时的体积状态。

2.2 符号

HMAC——低标号沥青混合料；

PAN——聚丙烯腈或丙烯腈含量大于 85%（质量百分比）的丙烯腈共聚物制成的合成纤维；

PVA——聚乙烯醇为原料纺丝制得的合成纤维；

PET——聚对苯二甲酸乙二醇酯为原料纺丝制得的合成纤维。

P——油石比；

3 基本规定

3.0.1 低标号沥青混合料主要用于沥青路面中面层、下面层或基层，提供抗高温车辙能力或结构补强。

3.0.2 低标号沥青混合料宜采用骨架密实型矿料级配。

3.0.3 低标号沥青混合料的公称最大粒径为 19-31.5mm。

3.0.4 低标号沥青混合料 20℃、10Hz 下，圆柱体试件动态压缩模量宜取：15000-17000MPa，泊松比宜取 0.25。

3.0.5 低标号沥青混合料可添加聚合物纤维提高混合料抗疲劳性能和抗高温变形能力。

4 原材料

4.1 一般规定

4.1.1 原材料宜就地取材，检验合格后方可使用，不同品种、规格、料源的原材料不得混杂存放。

4.1.2 集料、填料除满足本规程外，还应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

4.2 沥青

4.2.1 道路用低标号沥青的技术指标应符合表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 道路用低标号沥青技术要求

指标		单位	沥青标号				试验方法
			45 号	35 号	25 号	15 号	
25℃针入度(5s,100g)		0.1mm	40-50	30-40	20-30	10-20	T 0604
软化点(R&B)		℃	≥52	≥54	≥56	≥63	T 0606
60℃动力粘度		Pa s	≥260	≥400	≥600	≥800	T 0620
15℃延度		cm	≥30	≥10	实测记录		T 0605
蜡含量(蒸馏法)		%	≤2.2				T 0615
闪点		℃	≥260				T 0611
溶解度		%	≥99.5				T 0607
密度(15℃)		g/cm ³	实测记录				T 0603
薄膜烘箱 老化(或 旋转薄膜 烘箱老 化)后	质量变化	%	±0.5				T 0610 或 T 0609
	残留针入度比(25℃)	%	≥63	≥65			T 0604
	残留延度(10℃)	cm	≥3	实测记录			T 0605

4.2.2 低标号沥青宜使用直馏法和氧化法生产。

条文说明

我国现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）对沥青分级的针入度范围是 20（0.1mm），这对于针对度小于 50 的低标号沥青来说过于宽泛，不利于实际工程的有效使用。为此，本规程借鉴欧标和法标的做法，按照针入度范围 10（0.1mm）对沥青标号进行划分，将现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中的 50 号和 30 号沥青分别划分为 2 档，并补充了针入度为 10-20（0.1mm）的沥青。

目前低标号沥青主要采用直馏法、氧化法和调和法生产。工程应用表明，采用三种工艺生产的同一标号沥青，尽管针入度、软化点相差不大，但沥青延度、沥青混合料高温性能和模量差异较为显著。通常，直馏法、氧化法生产的低标号沥青延度较小，但混合料的高温性能较好、模量较大；调和法生产的低标号沥青延度较大，但混合料的高温性能略差、模量偏小。由于提高沥青混合料的高温性能和模量水平是使用低标号沥青的主要目的，为此本规程对低标号沥青的生产工艺进行限定，这是保证合理使用低标号沥青的有效措施之一。

再者，放宽延度要求，也是推动低标号沥青正常使用和技术对策。值得注意的是，欧洲标准中，只控制软化点和针入度指标，并没有延度指标。我国现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中，针对我国复杂的气候环境，特别是北方冰冻地区，对于70号、90号沥青提出延度指标，控制沥青混合料的低温性能是合理的。但对于主要为了提高沥青混合料的高温性能的低标号沥青而言，延度指标应该放宽。

4.3 矿料

4.3.1 低标号沥青混合料用粗集料应洁净、干燥、表面粗糙，技术指标应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 粗集料质量技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
石料压碎值	%	≤26	T 0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	T 0317
表观相对密度	-	≥2.5	T 0304
吸水率	%	≤2.0	T 0307
坚固性	%	≤12	T 0314
针片状颗粒含量	%	≤15	T 0312
水洗法<0.075mm 颗粒含量	%	≤1	T 0310
软石含量	%	≤3	T 0320

4.3.2 粗集料与沥青的黏附性应符合表 4.3.2 的规定。当不满足要求时，低标号沥青混合料应采取一定的改善措施保证水稳定性。

表 4.3.2 粗集料与沥青黏附性的技术要求

指标	单位	技术要求				试验方法
年降雨量	mm	>1000	1000-500	500-250	<250	-
粗集料与沥青黏附性	级	≥4	≥4	≥3	≥3	T 0663

4.3.3 粗集料的粒径规格应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 粗集料规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)							
		37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36
C1	20-30	100	90-100	-	0-10	0-5	-	-	-
C2	20-25	-	100	90-100	0-10	0-5	-	-	-
C3	15-20	-	-	100	90-100	0-10	0-5	-	-
C4	10-25	-	100	90-100	-	-	0-10	0-5	-
C5	10-20	-	-	100	90-100	-	0-10	0-5	-
C6	10-15	-	-	-	100	90-100	0-10	0-5	-
C7	5-10	-	-	-	-	100	90-100	0-10	0-5

4.3.4 低标号沥青混合料用细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，应符合表 4.3.4 的规定。天然砂的洁净程度指标宜以小于 0.075mm 含量的百分数表示，石屑和机制砂的洁净程度指标宜以砂当量(适用于 0-4.75mm)或亚甲蓝值(适用于 0-2.36mm 或 0-0.15mm)表示。

表 4.3.4 细集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度	-	≥ 2.5	T 0328
坚固性(>0.3mm 部分)	%	≤ 12	T 0340
含泥量(小于 0.075mm 的含量)	%	≤ 3	T 0333
砂当量	%	≥ 65	T 0334
亚甲蓝值 (MBV _F)	g/kg	≤ 10	T 0349
棱角性(流动时间)	s	≥ 35	T 0345

4.3.5 细集料采用机制砂或石屑时，规格宜符合表 4.3.5 的规定，生产过程中应配备抽吸设备，以有效控制 0.075mm 的通过率。

表 4.3.5 细集料（机制砂或石屑）规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分率(%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
X1	3-5	100	90-100	0-15	0-3	—	—	—	—
X2	0-3		100	80-100	50-80	25-60	8-45	0-25	0-15

4.3.6 低标号沥青混合料用矿粉应采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等石料经磨细得到的矿粉，不应使用回收粉。原石料中的泥土杂质应除净。矿粉应干燥、洁净，能自由地从矿粉仓流出，其质量应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 矿粉质量要求

项 目	单 位	技术要求	试验方法
表观相对密度	-	≥ 2.50	T 0352
含水量	%	≤ 1	T 0103 烘干法

粒度范围 <0.6mm <0.15mm <0.075mm	% % %	100 90-100 75-100	T 0351
外观	-	无团粒结块	目测
亲水系数	-	<1	T 0353
亚甲蓝 MBV _F	g/kg	≤8	T 0349
塑性指数	-	<4	T 0354
加热安定性	-	实测记录	T 0355

4.4 纤维稳定剂

4.4.1 聚合物纤维技术指标应满足表 4.4.1 的要求。

表 4.3.1 聚合物纤维技术要求

参数	单位	技术要求			试验方法
		PAN	PVA	PET	
断裂强度，不小于	MPa	800	1300	500	GB/T 21120
断裂伸长率	%	8-12	6-10	12-18	GB/T 14337
密度	g/cm ³	1.1-1.3	1.1-1.3	1.2-1.4	GB/T 34520.3
吸油率，不小于	%	纤维质量的 5 倍			JTG F40

4.4.2 聚合物纤维的掺量宜为沥青混合料质量的 0.2-0.4%。

5 混合料设计

5.1 矿料级配

5.1.1 低标号沥青混合料矿料级配可根据表 5.1.1 中推荐的级配范围进行选择，也可按附录 A 构造级配曲线。

表 5.1.1 低标号沥青混合料推荐级配范围

类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
HMAC30	100	73-93	45-80	37-73	31-65	24-52	18-24	13-19	10-16	7-13	5-11	4-9	3-7
HMAC25	-	100	59-86	48-79	40-71	61-57	22-28	17-23	12-18	9-15	7-12	5-10	4-8
HMAC20	-	-	100	76-92	59-82	42-66	27-33	20-26	14-21	10-16	8-13	6-10	4-8

5.1.2 在选择不同公称最大粒径混合料的级配时，应考虑不同结构层的铺装厚度，中、下面层沥青混凝土的厚度与公称最大粒径的比不宜小于 3。

5.2 配合比试验

5.2.1 低标号沥青混合料配合比设计时宜采用马歇尔击实或旋转压实方法成型试件，宜采用旋转压实 163 次或大型马歇尔击实 112 次/面。

5.2.2 沥青混合料试件的毛体积密度应采用塑封法或蜡封法测量，混合料最大理论密度应采用真空法测量。

5.2.3 应按附录 B 确定低标号沥青混合料的油石比。

5.2.4 低标号沥青混合料最紧密状态下的体积指标应符合表 5.2.4 中的规定。如不满足，应调整矿料级配重新试验。

表 5.2.4 体积指标要求

指标	单位	技术要求	
		中面层	下面层
空隙率	%	≤4	≤4.5
沥青饱和度	%	65-75	60-70

条文说明

在试验油石比范围内，在标准击实功作用下，通过混合料矿料间隙率、粗集料矿料间隙率及干密度，确定该级配的最紧密状态及相应的油石比。在此油石比条件下，混合料所对应的密实状态（空隙率水平）和饱和度指标应满足设计要求。

与现行规范不同，不再具体规定沥青混凝土体积指标的标准范围，而是按材料将被应用的层位，按设计文件的要求进行材料密实程度（空隙率）和饱和度的适配。任一级配在其最紧密状态时对应的体积指标是它所能达到的客观最佳值，是由矿料特征、沥青品质及压实功客观决定的。应该按材料所需要应用的层位的功能，来要求材料的技术标准。

5.2.5 当沥青混合料最紧密状态时的体积指标满足 5.2.4 要求时，应进行混合料路用性能和力学性能的评价。当均满足设计要求时，此时的油石比宜为混合料的最佳油石比。

5.3 配合比设计

5.3.1 应力吸收层混合料设计应包括理论配合比设计、目标配合比设计、生产配合比设计及试拌试铺四个阶段。

5.3.2 理论配合比设计应按下列步骤进行：

- 1 采用实际工程所使用的原材料，根据本规程推荐或工程经验，按照本规程附录 A 初选不少于三条级配曲线；
- 2 采用均衡设计方法确定最佳沥青用量；
- 3 进行混合料性能验证，确定合理级配；
- 4 确定混合料理论配合比。

5.3.3 目标配合比设计应按下列步骤进行：

- 1 以理论配合比设计确定的矿料级配为基础，针对各档矿料变异范围，确定混合料生产过程中的允许级配变化范围及各原材料料仓的进料比例；
- 2 采用均衡设计方法确定最佳沥青用量；
- 3 进行混合料性能验证，确定合理级配；
- 4 确定混合料目标配合比。

5.3.4 生产配合比及试拌试铺阶段应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。

5.4 路用性能

5.4.1 低标号沥青混合料的高温稳定性检验应采用车辙试验，其技术指标应满足表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 低标号沥青混合料高温性能技术要求

试验温度 (℃)	七月平均最高 气温 (℃)	混合料类型	车辙试件厚度 (cm)	相对变形 (%)	动稳定度 (次/mm)
60	>30	HMAC30	10	≤4	≥5000
		HMAC25	10	≤4	≥5000
		HMAC20	5	≤2	≥5000
	20-30	HMAC30	10	≤5	≥4000
		HMAC25	10	≤5	≥4000
		HMAC20	5	≤3	≥4000
	<20	HMAC30	10	≤6	≥3000
		HMAC25	10	≤6	≥3000
		HMAC20	5	≤4	≥3000

条文说明

相对变形指标为按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)中 T0719 沥青混凝土车辙试验方法，计算混合料 60min 变形与 1min 变形之差，与车辙板总厚度的比值。

5.4.2 低标号沥青混合料应在规定试验条件下进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验检测水稳定性，并符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 沥青混合料水稳定性检验技术要求

混合料类型	降雨量 (mm)	残留稳定度 (%)	试验方法	冻融后劈裂 强度 (MPa)	冻融劈裂 强度比 (%)	试验方 法
HMAC30	>500	≥85	T0709	≥0.45	≥80	T 0729
HMAC25	<500	≥80			≥75	
HMAC20						

条文说明

与现行规范相比，本规范不仅对冻融劈裂强度比和浸水马歇尔残留稳定度进行规定，同时，考虑到上述两个指标均为相对值，表征的是混合料性能的衰减。但研究表明，冻融劈裂强度的绝对值对水稳定性有显著影响，绝对值过小将直接影响路用性能，因此，增加对冻融劈裂绝对值下限的规定。

5.4.3 低标号沥青混合料应在规定试验条件下进行弯曲试验检测低温抗裂性能，并符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 沥青混合料低温弯曲试验破坏应变技术要求

混合料类型	气候区名	试验温度条件 (°C)	极限弯曲应变 (微应变)	试验方法
HMAC30 HMAC25 HMAC20	冬严寒区	-20	≥1800	T 0715
	冬寒区	-20	≥1500	
	冬冷区	-20	≥1300	
	冬温区	-10	≥2000	

条文说明

与现行规范不同，本规范对处于不同气候分区的工程，采用不同的试验温度条件进行评价，主要原因是：通过研究发现，在不同温度条件下，材料的低温抗裂性能优劣表现有所差异，并非线性变化，因此，根据结构层功能和温度条件分别设计试验条件来评价材料更为合理。表中冬严寒区的极端最低气温 < -37.5°C、冬寒区的极端最低气温为 -37.5°C 至 -21.5°C、冬冷区的极端最低气温为 -21.5°C 至 -9°C、冬温区的极端最低气温为 > -9°C。

5.4.4 15 °C 条件下沥青混合料的疲劳性能应符合表 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 沥青混合料疲劳性能技术要求

混合料类型	应变水平 (微应变)	疲劳次数 (次)	试验方法
HMAC30 HMAC25 HMAC20	100	≥300 万	T 0739

6 施工与质量控制

6.1 混合料的拌和

6.1.1 低标号沥青混合料拌和应符合下列规定：

1 拌和宜采用 4000 型及其以上型号的间歇式拌和设备，生产 HMA_{C20} 时热料仓应不少于 5 个，生产 HMA_{C25} 和 HMA_{C30} 时热料仓应不少于 6 个。

2 冷料仓数量应不少于 5 个，每个冷料仓宜配备电子秤，精度不小于 $\pm 0.5\%$ 。

3 冷料仓各档料之间应设置挡板，高度不小于 1m，不得掺混。

6.1.2 聚合物纤维可采用人工投放或机械投放，应符合下列规定：

1 人工投放时，应按设计掺量分成小包装，包装袋应在拌和锅中熔化，在拌和锅投放口投放。

2 机械投放时，宜采用风送方式，投放前应对机械投放的时间和称重系统进行标定，误差应小于设定值 $\pm 1\%$ ，投放设备应与拌和机热料仓控制装置联动。

6.1.3 低标号沥青混合料拌和时间应符合下列规定：

1 沥青混合料生产时，应按目标配合比确定的冷料仓比例，按生产配合比确定的热料仓比例，混合料总拌和时间不宜低于 55s，其中混合料干拌时间不宜低于 10s。

2 添加聚合物纤维时，应与热集料干拌，干拌时间不宜低于 10s；加入沥青和矿粉后，湿拌时间不宜低于 45s。

6.1.4 低标号沥青混合料的出厂温度应符合表 6.1.4 中的要求，超出表中最高温度时，应作为废料处理。

表 6.1.4 低标号沥青混合料出厂温度要求

出场温度（℃）	最高温度（℃）
170-185	195

6.2 混合料的运输

6.2.1 低标号沥青混合料的运输应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

6.3 混合料的摊铺和碾压

6.3.1 摊铺前应先对下承层表面进行处理，下承层应洁净干燥。

6.3.2 低标号沥青混合料摊铺应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定，且最低摊铺温度应按普通沥青混合料要求提高 5～10℃。

6.3.3 低标号沥青混合料碾压工艺及机械设备配置应根据试验段确定，也可采用表 6.3.3 的碾压组合方式。

表 6.3.3 低标号沥青混合料碾压组合方式

碾压程序	压路机类型	碾压遍数（遍）	碾压速度（km/h）
初压	轮胎式压路机	1-2	2-3
复压	双钢轮压路机	3-4	3-5
终压	双钢轮压路机	1-2	3-6

6.4 施工质量控制

6.4.1 施工过程中质量检查的项目、频度除应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定外，还应满足表 6.4.1 的要求。单点检验评价方法应符合相关试验规范的试样平行试验的要求。

表 6.4.1 施工质量控制要求

项 目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
矿料级配	热料仓筛分	每天开盘前、停盘后，对各个热料仓各抽检 1 批次，每批次取 2 个样本的平均值评定	关键筛孔通过率与前三天的平均值相差在±5%以内	T0302

项 目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
	燃烧炉或抽提筛分	每台拌和设备每天不少于 2 批次，每批次 2 个样本，以平均值评定	最大公称粒径和 4.75mm 筛孔不大于 $\pm 2\%$ ，0.075mm 筛孔不大于 $\pm 1\%$ ，其余不大于 $\pm 3\%$	T0735、T0302
沥青用量	燃烧炉或抽提检验	每台拌和设备每天不少于 2 批次，以 2 个试样的平均值评定	$\pm 0.2\%$	T0722、T0735
最大理论相对密度		每天 1 批次，以 2 个试样的平均值评定	± 0.02	T0711
空隙率		每台拌和设备每天不少于 1 批次，以 4-6 个试件的平均值评定	设计空隙率 $\pm 0.5\%$	T0702、T0709
残留稳定度或冻融劈裂强度比		必要时（试件数同马歇尔试验）	符合本规程规定	T0702、T0709
动稳定度		必要时（以 3 个试件的平均值评定）	符合本规程规定	T0719
0℃弯曲试验破坏应变		必要时（以 6-8 个试件的平均值评定）	符合本规程规定	T0715
厚度		每 2000m ² 不少于 4 个点	与设计值相比，单点值不小于 10%，代表值不小于 5%	T0912
压实度		每 2000m ² 不少于 4 个点	实验室标准密度的 98% 最大理论密度的 94%	T0924
宽度		每 1km ² 20 个断面	不小于设计宽度	T0911

注：表中厚度、压实度和宽度为应力吸收层验收要求。

附录 A 矿料级配构成方法

本附录适用于本规程推荐的各种混合料的级配设计。设计者可根据原材料情况，按照本方法构造混合料的矿料级配曲线，并进行相关的试验评价。

A.1 一般规定

A.1.1 本方法为粗集料断级配低标号沥青混合料级配设计方法。

条文说明

A.1.1 “粗集料”是指沥青混合料级配中含有较多的粗集料（对于应力吸收层沥青混合料一般为 $>4.75\text{mm}$ 或 2.36mm ）含量；“断级配”是指沥青混合料级配曲线中的粗集料和细集料两部分的级配曲线，将分别采用两条曲线分别构成，并不是指某一档集料含量为零。

A.2 级配曲线设计

A.2.1 级配曲线设计内容包括：确定关键筛孔、确定关键筛孔对应通过率以及确定关键筛孔间级配曲线的函数形式，并计算获得各筛孔的通过率。

A.2.2 关键筛孔包括：公称最大粒径筛孔、粗细集料分界筛孔以及 0.075mm 筛孔。

条文说明

A.2.2 对于AC10混合料，一般 4.75mm 作为混合料粗、细集料的分界点；对于AC8混合料，一般 2.36mm 作为混合料粗、细集料的分界点。

A.2.3 根据所设计沥青混合料的使用功能需求、原材料特点等，依据经验选择对应于各关键筛孔的通过率。

条文说明

A.2.3 对应于公称最大粒径、粗细集料分界点和0.075mm筛孔的通过率根据沥青混合料的层位、功能需求进行确定，具有一定经验性。

A.2.4 关键筛孔间级配曲线的函数形式可选择幂函数模型、指数函数模型或对数函数模型。

1 幂函数模型如式 (A.2.4-1)。

$$y = a \cdot x^b \quad (\text{A.2.4-1})$$

式中： y ——各粒径的通过率 (%)； x ——各粒径的孔径 (mm)； a ， b 为根据待定参数。

2 指数函数模型如式 A.2.4-2。

$$y = a \cdot e^{bx} \quad (\text{A.2.4-2})$$

式中： y ——各粒径的通过率 (%)； x ——各粒径的孔径 (mm)； a ， b 为待定参数。

3 对数函数模型如式 A.2.4-3。

$$y = a \cdot \ln(x) + b \quad (\text{A.2.4-3})$$

式中： y ——各粒径的通过率 (%)； x ——各粒径的孔径 (mm)； a ， b 为待定参数。

A.2.5 根据关键筛孔通过率和关键筛孔间级配曲线形式，确定级配曲线的特征参数，并计算各中间筛孔的通过率，形成完整的级配曲线。

附录 B 沥青混合料最紧密状态油石比确定方法

B.0.1 本方法适用于沥青混合料最佳油石比的确定，同时，也适用于沥青混合料级配的优选。

B.0.2 采用本规范推荐的沥青混合料级配范围或附录 A 的方法，初定沥青混合料的矿料级配曲线。

B.0.3 按照本规范的要求成型不同油石比条件下沥青混合料的试件，并应满足下列规定：

- 1 按照各档集料逐级配制沥青混合料，进行马歇尔击实或旋转压实成型。
- 2 应选择 4-5 个间隔 0.4%-0.5% 的不同油石比。
- 3 每个油石比下成型不少于 2 组平行试件，每组试件不少于 4 个。

B.0.4 应按照本规范的要求，测定沥青混合料在不同油石比下的毛体积相对密度和最大理论密度。

B.0.5 根据沥青混合料的毛体积相对密度，按照式（B.0.5）计算沥青混合料的干密度。

$$\gamma_{g,m} = \gamma_f \times \frac{100}{100 + P_{ai}} \quad (\text{B.0.5})$$

式中： $\gamma_{g,m}$ ——混合料的干密度； γ_f ——混合料的毛体积相对密度； P_{ai} ——油石比（%）。

B.0.6 按照式（B.0.6）和式（B.0.7）分别计算沥青混合料的矿料间隙率 VMA、粗集料矿料间隙率 VCA_{mix}。

$$\text{VMA} = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{sb}} \times \frac{P_s}{100}\right) \times 100 \quad (\text{B.0.6})$$

$$\text{VCA}_{\text{mix}} = 100 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{ca}} \times P_{ca} \quad (\text{B.0.7})$$

式中： γ_f ——混合料的毛体积相对密度，无量纲； γ_{sb} ——矿料的合成毛体积相对密度，无量纲； γ_{ca} ——矿料中所有粗集料的合成毛体积相对密度，无量纲； P_s ——各种矿料占沥青混合料总质量的百分率之和（%）； P_{ca} ——矿料中所有粗集料质量占沥青混合料总质量的百分率（%），按式（B.0.8）计算得到：

$$P_{ca} = P_s \times PA_{4.75} / 100 \quad (\text{B.0.8})$$

式中：PA4.75——矿料级配中 4.75mm 筛余量，即 100 减去 4.75mm 通过率；

B.0.7 分别绘制沥青混合料矿料间隙率 VMA、粗集料矿料间隙率 VCA_{mix} 和干密度与油石比的关系曲线，并采用式 B.0.9 的二次曲线模型对 VMA、VCA_{mix} 和干密度与油石比的相关关系进行拟合，拟合结果的相关系数应达到 0.95 以上，拟合方程的系数应保留 4 位有效位数。

$$VMA, VCA_{mix}, \gamma_{g,m} = a \times P_{ai}^2 + b \times P_{ai} + c \quad (\text{B.0.9})$$

式中：VMA——矿料间隙率；VCA_{mix}——粗集料骨架间隙率； $\gamma_{g,m}$ ——混合料干密度； P_{ai} ——油石比（%）。a，b，c 为待定参数。

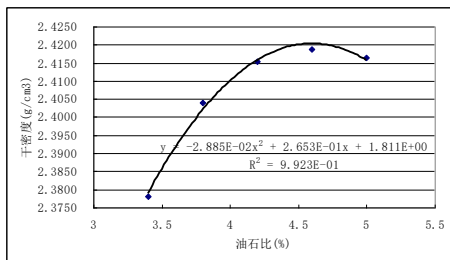
条文说明

采用二次曲线模型拟合矿料间隙率、粗集料矿料间隙率和干密度曲线，是为了利用二次曲线的特性，计算曲线最大值或最小值时相应的油石比。附图 B.0.7-1、附图 B.0.7-2 和附图 B.0.7-3 为某试验得到的混合料矿料间隙率、粗集料矿料间隙率和干密度的曲线。

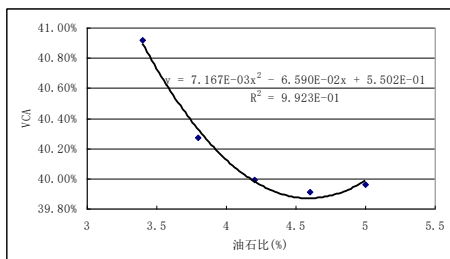
1 大量的试验表明，采用二次曲线模型拟合混合料毛体积密度与油石比的关系曲线是合理的。对于饱和度和空隙率指标亦可采用指数函数模型、幂函数模型或对数函数模型拟合。

2 保证足够的有效位数是为了保证试验参数计算的可靠性。

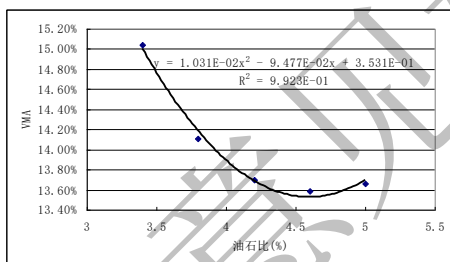
3 当拟合曲线的相关系数不满足要求时，说明试验误差较大，需要重新试验。



附图 B-1: 干密度 $\gamma_{g,m}$ 与油石比的变化曲线



附图 B-2: 粗集料矿料间隙率 VCA_{mix} 与油石比的变化曲线



附图 B-3: 矿料间隙率 VMA 与油石比的变化曲线

B.0.8 按照式 B.0.10 分别计算混合料矿料间隙率 VMA 最小值、粗集料矿料间隙率 VCA_{mix} 最小值以及沥青混合料干密度 $\gamma_{g,m}$ 最大值对应的油石比 P_1, P_2 和 P_3 。这一油石比条件下沥青混合料处于最紧密嵌挤状态。

$$P_1, P_2, P_3 = -\frac{b}{2a} \quad (\text{式 B.0.10})$$

式中: P_1, P_2, P_3 ——混合料矿料间隙率最小值、粗集料矿料间隙率最小值或沥青混合料干密度最大值对应的油石比; a, b ——由式 B.0.7 计算获得的拟合曲线的系数。

条文说明

理论分析和试验验证均表明, 对于同一种沥青混合料, 这三个油石比——矿料间隙率最小时的油石比、粗集料矿料间隙率最小时的油石比, 以及混合料干密度最大时的油石比相等, 作为衡量混合料最紧密状态时的油石比。

在试验过程中，同时计算这三个油石比，是为了修正试验误差，提高试验结果的可靠性。

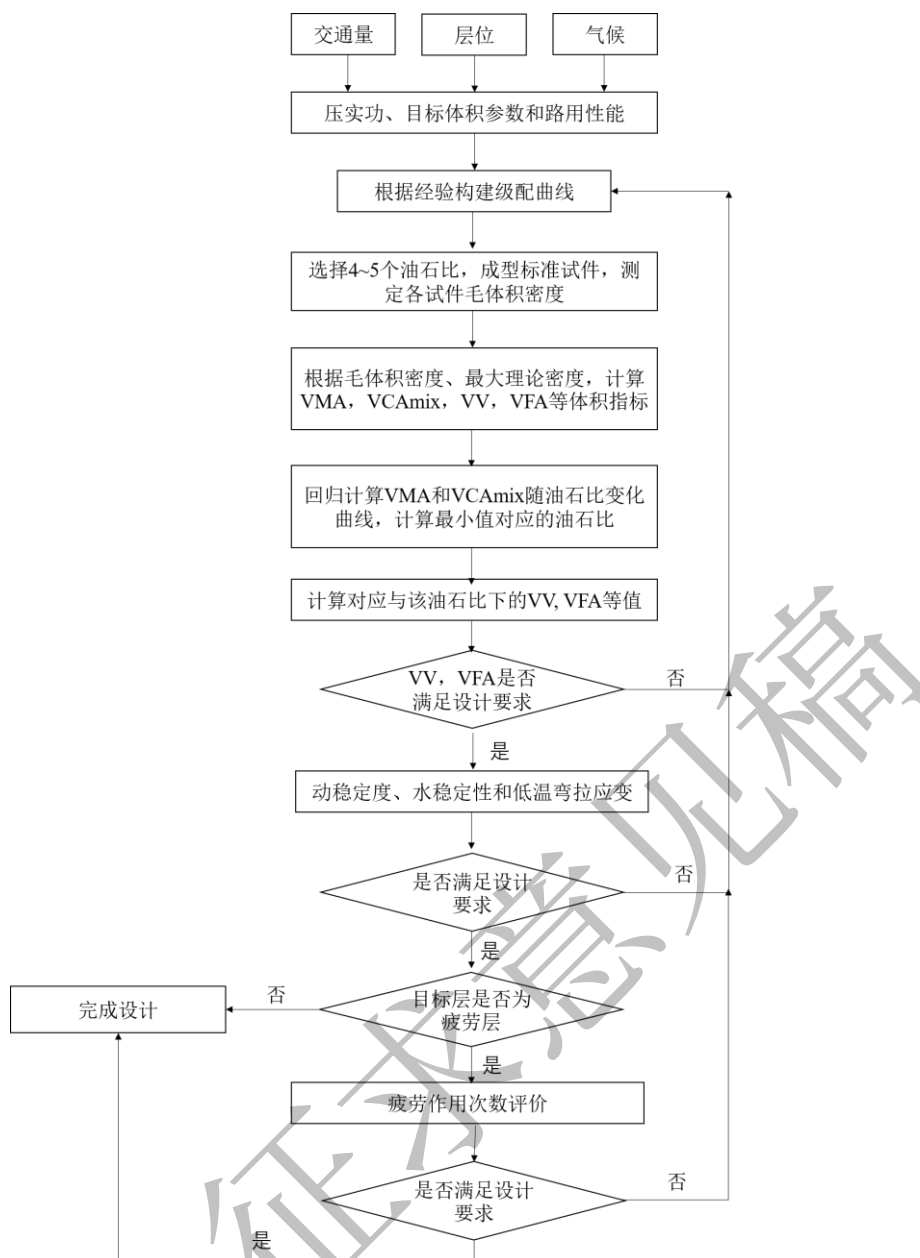
B.0.9 计算 P_1, P_2, P_3 这三个油石比的平均值，作为这种级配沥青混合料最紧密嵌挤状态下的油石比。

B.0.10 计算各油石比下沥青混合料的空隙率、沥青饱和度，绘制沥青混合料空隙率 VV 、沥青饱和度 VFA 随油石比变化的曲线，同样采用二次曲线进行拟合，并计算最紧密嵌挤状态对应油石比下的空隙率 VV 和饱和度 VFA 值。

B.0.11 根据沥青混合料所在层位以及功能需求，对比空隙率 VV 和饱和度 VFA 值是否满足设计要求。当满足本规范要求时，可进行下阶段混合料性能试验。当不满足本规范的要求时，应重新优化级配，重复以上步骤，直至混合料最紧密状态下的空隙率 VV 和饱和度 VFA 满足本规范的要求。

B.0.12 应根据 B.0.11 确定的优化级配以及相应最紧密状态下的油石比和毛体积相对密度，进行沥青混合料的路用性能试验、评价。

B.0.13 当混合料路用性能满足工程需要或设计要求时，则可确认该级配为混合料的设计目标级配。当不满足要求时，应重新优化级配，重复以上试验步骤，直至混合料性能满足设计要求。



附图 B-4 最紧密状态下，混合料设计目标级配确定流程图