



T/CECS G XXXX: 2017

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

骨架密实型应力吸收层技术规程

Technical Standards for Application of Stress-Absorbing Layer

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

骨架密实型应力吸收层技术规程

Technical Standards for Application of Stress-Absorbing Layer

T/CECS G: D31-01-2017

主编单位：交通运输部公路科学研究所

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

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于开展 2018 年第二批工程建设协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（建标协字[2019]17 号文）的要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路工程骨架密实型应力吸收层应用技术规程》（以下简称“本标准”）的制订工作。

编写组在总结应力吸收层沥青混合料十余年来工程经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升应力吸收层的筑路技术为核心，完成了本标准的编写工作。

本标准分为 6 章、2 个附录，主要内容包括总则、术语和符号、基本规定、原材料、混合料设计、施工与质量控制和附录。

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

本标准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，请函告本标准日常管理组，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），或肖倩（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：q.xiao@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院

主 编：肖倩

主要参编人员：王旭东、周兴业、张蕾、单伶燕、关伟、张晨晨、谢国瑞、蒋勇、王筵铸、杨光、刘桂霞、闫涛、王庆凯、孟会林、王笑森、马华宝、焦彦利、何保炳、程昊、程明、吕欢、张维满、乔居正、范俊武

主 审：黄志福

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 集料及填料	- 4 -
4.3 沥青	- 4 -
4.4 添加剂	- 4 -
5 混合料设计	- 6 -
5.1 推荐级配	- 6 -
5.2 沥青混合料设计	- 6 -
5.3 性能要求	- 8 -
6 施工与质量控制	- 10 -
6.1 生产	- 10 -
6.2 运输	- 11 -
6.3 摊铺和碾压	- 12 -
6.4 开放交通	- 13 -
6.5 施工过程质量控制	- 13 -
附录 A 级配的构成方法	- 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 为指导骨架密实型应力吸收层在路面工程中的应用，制定本规程。

1.0.2 骨架密实型应力吸收层适用于各等级公路新建、改建工程，可设置于复合式路面沥青与水泥混凝土板层间、水泥混凝土桥面板与沥青面层间、半刚性基层与沥青面层间以及旧路面与加铺沥青层之间，起到延缓下层反射裂缝作用，桥面铺装工程可参照使用。

1.0.3 质量保障体系应贯穿于施工全过程，并明确全员质量责任，加强各工序质量控制与管理，保证工程质量。

1.0.4 骨架密实型应力吸收层设计与施工应遵守国家有关建设工程安全生产的法律、法规，健全安全生产管理体系，保障工程施工安全。

1.0.5 骨架密实型应力吸收层设计与施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 骨架密实型应力吸收层 skeleton-density stress-absorbing layer

采用骨架密实型原理设计的沥青混合料铺筑的应力吸收层。采用的沥青混合料公称最大粒径小于 10mm，粗集料含量为 55%-65%，0℃时小梁弯曲极限应变大于 5000 $\mu\epsilon$ 。

2.1.2 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大于 55%。

2.1.3 均衡设计方法 coordinated design based on material performance

根据沥青混合料所处结构层的功能要求，突出材料的关键性能指标，平衡、优化其他性能指标的沥青混合料材料设计方法。

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 VMA 或粗集料矿料间隙率 VCA_{mix} 最小时所对应的体积状态。

2.2 符号

本规程符号详见表 2.2。

表 2.2 符号及意义

编号	符号	意义
2.2.1	VMA	矿料间隙率
2.2.2	VCA _{mix}	粗集料矿料间隙率
2.2.3	OAC	最佳油石比
2.2.4	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。
2.2.5	PVA	聚乙烯醇为原料纺丝制得的合成纤维。
2.2.6	PET	聚对苯二甲酸乙二醇酯为原料纺丝制得的合成纤维。

3 基本规定

3.1 骨架密实型应力吸收层可设置于复合式路面沥青与水泥混凝土板层间、水泥混凝土桥面板与沥青面层间、半刚性基层与沥青面层间以及旧路面与加铺沥青层之间，起到防止和延缓反射裂缝的作用。

3.2 骨架密实型应力吸收层设置于水泥混凝土板、水泥混凝土桥面板、半刚性基层或旧路面之上时，应先对下承层表面进行处治，其后洒布热沥青、热改性沥青或改性乳化沥青粘层，作为层间结合措施。

3.3 骨架密实型应力吸收层厚度宜为 2~3cm。

3.4 骨架密实型应力吸收层沥青混合料设计应遵循均衡设计的原则。

3.5 骨架密实型应力吸收层材料组成设计的流程应包括混合料理论配合比确定、目标配合比、生产配合比及试验路验证四个环节。

3.6 骨架密实型应力吸收层沥青混合料组成设计宜采用体积设计方法，综合评价混合料的技术性能，并确定相关的设计和施工参数。

3.7 骨架密实型应力吸收层沥青混合料应具有良好的变形适应性、密实防水性能、适当的高温抗变形能力及施工和易性。

3.8 骨架密实型应力吸收层宜选择粗集料断级配、密实型沥青混合料。

4 原材料

4.1 一般规定

4.1.1 原材料必须进行质量检验，合格后方可使用。

4.1.2 原材料的选择必须经过原材料调查筛选，确定的原材料应优先就地取材。

4.1.3 集料粒径规格以方孔筛为准。

4.1.4 不同品种、规格的原材料不得混杂堆放。

4.2 集料及填料

4.2.1 集料、填料等其他原材料的技术指标应符合 JTG F40 的相关规定。

4.2.2 骨架密实型应力吸收层沥青混合料用粗集料公称最大粒径宜不大于 10mm。

4.3 沥青

4.3.1 骨架密实型应力吸收层沥青混合料宜采用聚合物改性沥青，其技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）相关规定。

4.3.2 如采用橡胶沥青作为胶结料，其技术指标应符合《路用废胎胶粉橡胶沥青》（JT/T 798-2019）相关规定。

4.4 添加剂

4.4.1 用于骨架密实型应力吸收层使用的聚合物纤维的规格应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 聚合物纤维规格要求

参数	单位	技术要求	允许误差	试验方法
形状	-	单丝，切口均匀	-	
颜色	-	单一，无色差	-	
长度均值	mm	6-9	±10%	
直径均值	μm	10-40	±10%	GB/T 10685

4.4.2 用于骨架密实型应力吸收层使用的聚合物纤维的技术指标应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 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	1500	1500	500	GB/T 21120
断裂伸长率 不小于	%	10	6	20	GB/T 14337
密度	g/cm ³	1.1-1.3	1.1-1.3	1.2-1.4	
吸油率 不小于	%	5			

4.4.3 骨架密实型应力吸收层沥青混合料中聚合物纤维的掺量一般为沥青混合料质量的 0.2%~0.4%，具体根据工程所需的技术要求进行调整。

条文说明

骨架密实型应力吸收层沥青混合料可采用添加聚合物纤维等方式，进一步提高沥青混合料抗疲劳性能和抗高温变形能力。

5 混合料设计

5.1 推荐级配

5.1.1 骨架密实型应力吸收层沥青混合料设计时，可采用表 5.1.1 中推荐的级配范围，也可按附录 A 的级配构成原理设计适宜的粗集料断级配型沥青混合料。

表 5.1.1 骨架密实型应力吸收层沥青混合料推荐级配

类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)									
	13.2	9.5	7.2	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC10	-	100	60-78	35-45	26-35	19-27	15-21	11-17	8-13	6-10
AC8	-	100	90-100	60-70	35-45	25-30	20-25	15-20	10-15	8-12

5.2 沥青混合料设计

5.2.1 骨架密实型应力吸收层沥青混合料设计宜采用均衡设计方法。

5.2.2 骨架密实型应力吸收层沥青混合料最佳油石比应根据混合料的矿料最紧密状态、高温动稳定度、0℃ 小梁弯曲应变和析漏率四项指标综合确定，混合料设计流程图见图 5.2.2。

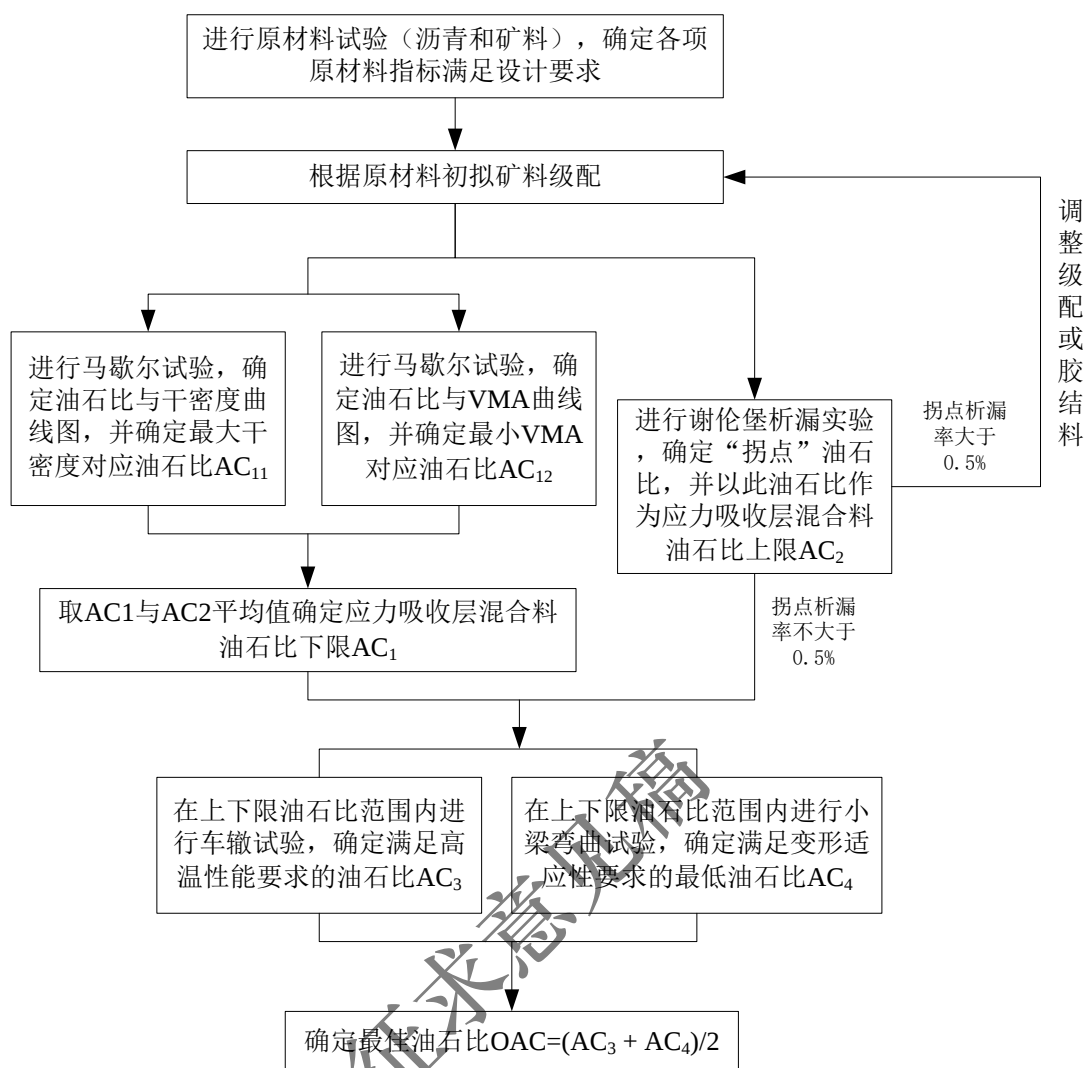


图 5.2.2 骨架密实型应力吸收层沥青混合料设计流程图

5.2.3 骨架密实型应力吸收层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按真空法测量。

5.2.4 应根据附录 B 的方法，确定骨架密实型应力吸收层沥青混合料最紧密状态对应的油石比，作为控制下限 AC_1 。

5.2.5 应按现行《公路工程沥青及沥青混凝土试验规程》（JTG E20）T0732 的方法进行混合料的析漏试验，并应符合下列规定：

- 1 试验选用不少于 8 个油石比，油石比间隔 0.4%。
- 2 每个油石比进行不少于 3 次的平行试验。

5.2.6 绘制油石比与混合料析漏率的关系曲线。当析漏率曲线拐点对应的析漏率不大于 0.5%时，此时对应的油石比即为油石比确定的上限 AC_2 。当拐点对应的析漏率大于 0.5%时，则需要重新调整级配或更换黏度更大的沥青。

条文说明

大量的试验表明，随着沥青混合料油石比的增加，析漏率逐渐增加，当油石比达到一定水平后，随着油石比的进一步增加，混合料的析漏率会急剧增大。即混合料析漏率曲线出现了拐点。这个拐点可作为评价沥青混合料析漏率水平的标准。

当析漏率大于 0.5%时，表明混合料拌和后，在运输、摊铺的过程中，沥青会出现较为明显的流淌现象，混合料的施工合宜性差。为了降低析漏率，一般采用调整级配或使用黏度较高沥青的措施。

5.2.7 在确定的油石比上、下限的范围内，宜选取 4~5 个油石比，按照《公路工程沥青及沥青混凝土试验规程》（JTG E20）T0719 的方法，进行车辙试验，并绘制混合料油石比与车辙指标的关系曲线。

5.2.8 根据骨架密实型应力吸收层混合料高温稳定性要求，确定满足要求的最大油石比 AC_3 。

5.2.9 在确定的油石比上、下限的范围内，宜选取 4~5 个油石比，按照《公路工程沥青及沥青混凝土试验规程》（JTG E20）T0715 的方法，进行 0℃条件下的小梁弯曲试验，并绘制混合料油石比与极限弯曲应变的关系曲线。

5.2.10 根据骨架密实型应力吸收层混合料变形能力要求，确定骨架密实型应力吸收层混合料满足变形适应性要求的最低油石比 AC_4 。

5.2.11 宜采用两者的平均值，即 $OAC=(AC_3 + AC_4)/2$ ，作为骨架密实型应力吸收层混合料的最佳油石比。

5.3 性能要求

5.3.1 骨架密实型应力吸收层沥青混合料最佳油石比下体积指标应符合下列

规定。如不满足，应调整矿料级配重新试验。

- 1 空隙率 2%~3%;
- 2 沥青饱和度 75%~85%。

5.3.2 骨架密实型应力吸收层沥青混合料的高温稳定性，应满足表 5.3.2 的要求。

表 5.3.2 沥青混合料高温稳定性技术要求

试验温度 (℃)	试件厚度 (cm)	相对变形 (%)	动稳定度 (次/mm)
60	5	≤5	≥2000

5.3.3 骨架密实型应力吸收层沥青混合料的残留稳定性和冻融后劈裂强度，应满足表 5.3.3 的要求。

表 5.3.3 沥青混合料残留稳定性和冻融后劈裂强度技术要求

降雨量 (mm)	残留稳定度 (%)	试验方法	冻融后劈裂 强度 (MPa)	TSR (%)	试验方法
>500	≥85	T0709	≥0.35	≥80	T0729
<500	≥80			≥75	

5.3.4 骨架密实型应力吸收层沥青混合料抗变形能力，应满足表 5.3.4 的要求。

表 5.3.4 沥青混合料抗变形能力技术要求

试验温度条件 (℃)	极限弯曲应变 (微应变)	试验方法
0	≥5000	T0715

5.3.5 15℃ 条件下骨架密实型应力吸收层沥青混合料的疲劳性能，应满足表 5.3.5 的要求。

表 5.3.5 沥青混合料疲劳性能技术要求

应变水平 (微应变)	疲劳次数	试验方法
150	≥1000 万次	T0739

6 施工与质量控制

6.1 生产

6.1.1 拌和厂的设置应符合下列规定：

1 拌和厂场地应进行硬化处理，深度不小于 50cm 厚，且上层应有不少于 20cm 强度为 15MPa 以上的水泥稳定类结构层。

2 拌和厂应具备足够数目的料仓，料仓之间的挡墙应有足够的高度和厚度，各料仓之间原材料不应掺混。

3 工程所需的原材料须分档隔仓堆放，并标有明显的标志说明，严禁混杂。

4 细集料应放置于专门搭建的防雨棚内。

5 拌和厂内应专门留有堆放废料的场地。

6 拌和厂内宜安装筛分设备，按备料规格重新筛分废料或不符合规格的石料。

7 拌和厂内应有完善的排水设施，保证雨季施工期间，厂内没有明显积水。

6.1.2 骨架密实型应力吸收层沥青混合料拌和设备的设置应符合下列规定：

1 骨架密实型应力吸收层沥青混合料宜采用 3000 型及其以上型号的间歇式拌和设备拌和，应具备不少于 4 个热料仓，也可采用连续式拌和设备，无论是连续式拌和设备还是间歇式拌和设备，应配备不少于 5 个冷料仓。

2 每个冷料仓应配备精度不小于 $\pm 0.5\%$ 的电子秤。

3 料仓之间各档料不应掺混，宜设置高度不小于 1m 的挡板。

4 在正式生产前，应对拌和设备上的计量装置进行调试、计量和标定。

5 人工投放聚合物纤维时，应按设计掺量提前分成小包装直接投入拌和锅，小包装应采用可在拌和机中熔化的包装袋，投放应在热料仓集料释放后，打开拌和锅投放口迅速投入。

6 机械投放聚合物纤维时，宜采用间歇式称量、吹送方式，投放前应对机械投放的时间和称重系统进行标定，投料装备投料误差应小于设定值 $\pm 1\%$ ，纤维投放设备应与拌和机热料仓控制装置联动，纤维全部添加入拌缸时间应小于集料放料与干拌时间的总和。纤维投料机的投放能力应与拌和机产能匹配，每盘

称量纤维的重量应处于纤维投料机称重上限的 70~80%。

7 聚合物纤维投入拌缸后，应与热集料干拌 15~20s；然后投入沥青和矿粉，全部混合料湿拌时间不宜低于 45s。

6.1.3 改性沥青生产与存储应符合下列规定：

1 生产改性沥青混凝土时，拌合厂中应配备足够数量的改性沥青存储罐，改性沥青存储罐上应有 2 个竖向搅拌桨。

2 存储橡胶沥青时，存储罐内应安装卧式搅拌桨。

3 沥青存储罐应安装温度监测装置，且应准确显示罐内沥青温度。

4 SBS 改性沥青宜采用成品改性沥青。

5 橡胶沥青宜采用现场加工方式或成品。

6.1.4 骨架密实型应力吸收层沥青混合料的拌和应符合下列规定：

1 沥青混合料生产时，应按目标配合比确定的冷料仓比例和生产配合比确定的热料仓比例生产混合料，改性沥青混合料总拌和时间不宜低于 50s，橡胶沥青混合料总拌和时间不宜低于 60s，混合料干拌时间不宜低于 10s。

2 混合料的出料温度应满足表 6.1.4 中的温度要求，超出表中上限温度时，应作为废料处理。

表 6.1.4 沥青混凝土出料温度要求

结合料类型	改性	橡胶沥青
适宜温度（℃）	165~170	180~185
上限温度（℃）	190	210

6.2 运输

6.2.1 运输混合料的车辆在装料前应进行车厢清理和车辆保养。

6.2.2 混合料装料时应有专人指挥，按移动式分区装料方法装料，装料过程中不应有离析。

6.2.3 运料车应覆盖后出厂，应采用棉被覆盖或双层覆盖。

6.2.4 运输车辆进入摊铺现场时，应有专门人员指挥，缓慢、有序地驶入施工路段。宜在进入施工路段之前，安排专人清洗运输车辆的轮胎，防止杂物污染施工路段。

6.3 摊铺和碾压

6.3.1 下承层表面应洒布粘层沥青，洒布量宜符合下列规定：

- 1 采用乳化沥青或改性乳化沥青时，洒布量为 $0.5\sim 0.8\text{kg/m}^2$ 。
- 2 采用普通沥青时，洒布量为 $0.8\sim 1.2\text{ kg/m}^2$ 。
- 3 采用改性沥青时，应根据沥青黏度确定洒布量，SBS 改性沥青宜为 $1.5\sim 1.8\text{ kg/m}^2$ ，橡胶沥青宜为 $1.8\sim 2.2\text{ kg/m}^2$ 。

6.3.2 沥青混合料摊铺应符合下列规定：

- 1 路幅宽度为 $11\sim 16\text{m}$ 时，宜采用两台同型号、同使用年限的摊铺机并行摊铺。
- 2 具备大功率摊铺机时，经试验路验证，也可采用 1 台摊铺机整幅摊铺。
- 3 遇到加宽路段时，宜临时增加一台摊铺机同时摊铺，与正常路段同时碾压成型。
- 4 并行摊铺时，前后两台摊铺机的距离不应超过 10m ；同时，应重叠 $20\sim 40\text{cm}$ 的宽度。
- 5 摊铺机宜缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，摊铺速度宜控制在 $1.5\sim 3\text{m/min}$ 。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。
- 6 在摊铺过程中，摊铺机应开启熨平板上的夯锤。
- 7 混合料摊铺过程中应有专人检查摊铺效果，对发现的质量问题及时处理。

6.3.3 沥青混合料碾压应符合下列规定：

- 1 根据路幅宽度，配备足够吨位、数量的压路机，宜为车道数量的 2 倍。
- 2 在施工过程中应有专人指挥压路机的碾压。
- 3 骨架密实型应力吸收层推荐采用表 6.3.3-1 的碾压组合方式。

表 6.3.3-1 骨架密实型应力吸收层碾压组合方式

碾压程序	压路机类型	碾压遍数	碾压速度
初压	≥25t 钢轮压路机	静压 1~2 遍	2~3km/h
复压	双钢轮压路机	4~5 遍	3~5km/h
终压	双钢轮压路机	2 遍	3~6km/h

4 压路机前进并沿原轮迹后退至出发点为碾压 1 遍。压路机再次前进时，应与上次碾压的轮迹带有不少于 2/3 的重合。

5 沥青混凝土的初压温度和终压温度宜满足表 6.3.3-2 的规定。

表 6.3.3-2 沥青混凝土碾压温度要求

混合料类型	改性沥青混合料	橡胶沥青混凝土
初压最低温度 (°C)	155	160
终压温度 (°C)	80	100

6.4 开放交通

6.4.1 在当天碾压的尚未冷却的骨架密实型应力吸收层沥青混合料层面上，不得停放任何机械设备或车辆，不得散落矿料、油料等杂物。

6.4.2 骨架密实型应力吸收层沥青混合料摊铺结束后，应在路面温度低于 50°C 后方可开放交通，但只允许施工车辆通行。

6.5 施工过程质量控制

6.5.1 施工过程中质量检查的项目、频率应按表 6.5.1 进行。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 6.5.1 施工过程质量控制要求

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
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、油石比、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象	目测
拌和	沥青、集料的加热温度	逐盘检测评定	符合本规范规定	传感器自动检测、显示并打印

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
温度	混合料出厂温度	逐车检测评定	规定出料温度的-5℃~+15℃之间	逐车按 T0981 人工检测
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
	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、4.75mm 筛孔不大于±2%, 0.075mm 筛孔不大于±1%, 其余不大于±3%	T0735、T0302
	总量检验	逐盘检查, 每天汇总 1 次取平均值评定		总量检验
油石比 (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	±0.2%	T0735
	计算机采集	逐盘在线检测	±0.3%	计算机采集数据计算
	总量检验	逐盘检查, 每天汇总 1 次取平均值评定	±0.1%	总量检验
真空法最大理论密度试验		每天 1 批次, 以 2 个试样的平均值评定	±0.02g/cm ³	T0711
马歇尔试验 (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	空隙率±1%	T0702、T0709
浸水马歇尔或冻融劈裂试验		每天 1 批次, 以 4~6 个试件的平均值评定	符合本规范规定	T0702、T0709
车辙试验		每天 1 批次, 以 3 个试件的平均值评定	符合本规范规定	T0719
厚度 (mm)		每车道每 200m 一点	不超过 2mm	随时插入量测

附录 A 级配的构成方法

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应力吸收层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，进行击实或旋转压实成型。
- 2 应选择 6 个间隔 0.3%~0.4% 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}。

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

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

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:

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

$PA_{4.75}$ ——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。

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

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} ——混合料油石比 (%).

a, b, c 为待定参数。

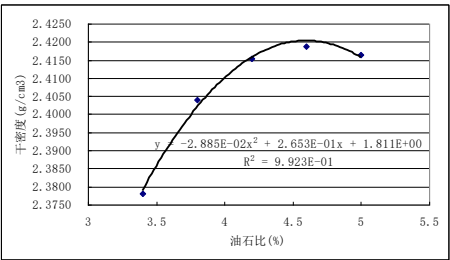
条文说明

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。

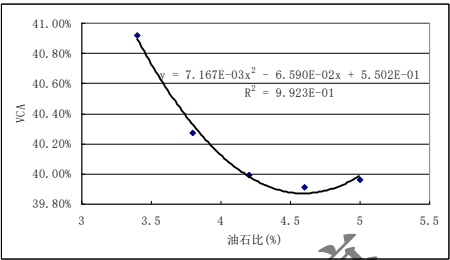
1 大量的试验表明, 采用二次曲线模型拟合混合料毛体积密度与油石比的关系曲线是合理的。对于饱和度和空隙率指标亦可采用指数函数模型、幂函数模型或对数函数模型拟合。

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。

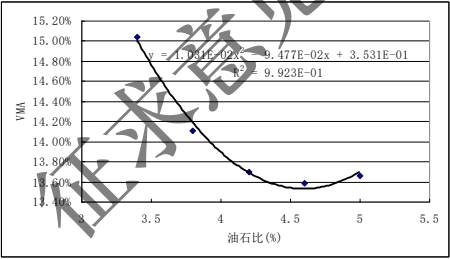
3 当拟合曲线的相关系数不满足要求时，说明试验误差较大，需要重新试验。



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。

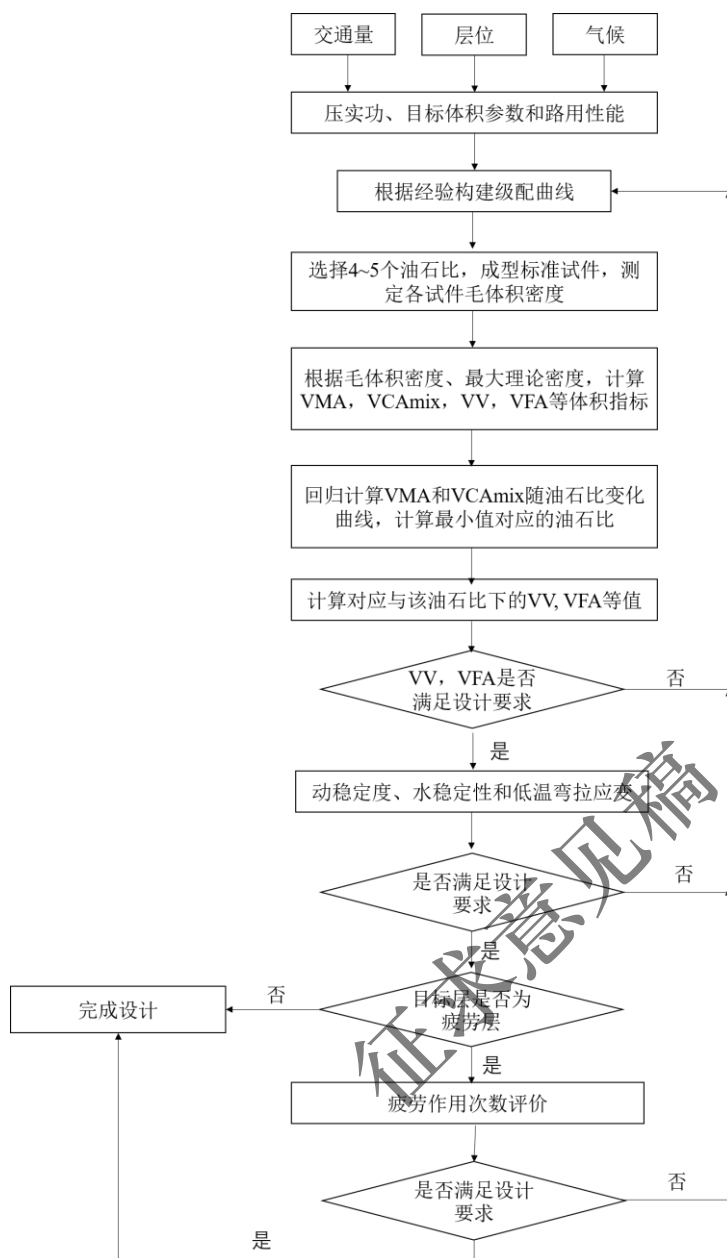
B.0.9 计算 P_1, P_2, P_3 这三个油石比的平均值，作为这种级配沥青混合料最紧密嵌挤状态下的油石比。

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