



CECS G XXX:202X

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

高速公路高掺量胶粉沥青长寿命路面设计与 施工技术指南

Technical guide for design and construction of high content
rubber powder asphalt long-life pavement of Expressway

(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

前 言

根据中国工程建设标准化协会公路分会发中建标[2020]150 号《关于开展 2020 年第二批中国工程建设标准化协会标准(CECS G)制修订编制项目的通知》要求,由河北交通投资集团公司承担《高速公路高掺量胶粉沥青长寿命路面设计与施工技术指南》(以下简称“本指南”)的制订工作。

编写组在总结近年来有关高速公路高掺量胶粉沥青长寿命路面设计与施工技术相关科研成果和工程应用的基础上,尤其是总结京德高速(一期)、荣乌高速新线的相关科研及示范应用成果,以规范高速公路高掺量胶粉沥青长寿命路面设计与施工技术使用为核心,完成了本指南的编写工作。

本指南分为 7 章和 6 篇附录,主要内容包括:1 总则、2 术语和符号、3 结构组合设计、4 材料、5 材料组成设计、6 沥青路面施工、7 施工质量管理与检查验收、附录 A 高掺量胶粉沥青加工工艺及质量控制、附录 B 不可恢复蠕变柔量测试方法附录、附录 C 胶粉沥青 PG 等级分析表、D 粘轮率测试方法、附录 E 高掺量量胶粉沥青混合料矿料级配设计方法、附录 F 高掺量胶粉沥青混合料最佳沥青用量确定方法。

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

本指南由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理,由河北交通投资集团公司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 张少波(地址:河北省霸州市迎宾东道河北雄安京德高速公路有限公司;邮编:065700;电话:0316-7396088,电子邮箱:879818969@qq.com),以便修订时研用。

主编单位: 河北交通投资集团公司

河北雄安京德高速公路有限公司

参编单位: 中路高科(北京)公路技术有限公司

河北省交通规划设计院

河北省交通建设监理咨询有限公司

河北建设集团股份有限公司

石家庄市公路桥梁建设集团有限公司

益路恒丰衡水沥青科技有限公司

主 编：王国清

主要参编人员：

主 审：王林

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 结构组合设计	4
3.1 一般规定	4
3.2 路基段结构	5
3.3 桥面铺装结构	9
3.4 改扩建工程	11
4 材料	13
4.1 一般规定	13
4.2 高掺量胶粉沥青	13
4.3 集料	15
4.4 填料	18
4.5 不粘轮乳化沥青	18
4.6 纤维	19
4.7 双组份反应型树脂	19
5 材料组成设计	21
5.1 一般规定	21
5.2 推荐级配	21
5.3 技术要求	22
5.4 设计流程	23
6 沥青路面施工	26
6.1 一般规定	26
6.2 施工准备	26
6.3 铺筑试验段	26
6.4 沥青层施工	28
6.5 桥面沥青层铺装施工	31
6.6 防水粘结层施工	31
6.7 透层、粘层施工	33
7 施工质量管理与检查验收	34
7.1 一般规定	34

7.2 施工质量管理与检查	34
7.3 交工阶段质量检查与验收	37
附录 A 高掺量胶粉沥青加工工艺及质量控制	39
附录 B 不可恢复蠕变柔量测试方法.....	41
附录 C 胶粉沥青 PG 等级分析表.....	42
附录 D 粘轮率测试方法	44
附录 E 高掺量量胶粉沥青混合料矿料级配设计方法	46
附录 F 高掺量胶粉沥青混合料最佳沥青用量确定方法.....	51
本指南用词用语说明	54

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为适应公路建设可持续发展的需要，指导高速公路高掺量胶粉沥青长寿命沥青路面设计与施工，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于新建高速公路的设计与施工，改扩建工程参考使用。

1.0.3 在高速公路高掺量胶粉沥青长寿命沥青路面设计与施工过程中，应遵从设计与施工一体化和路基、路面协调设计的原则，实现结构设计的功能化、材料设计的均衡化、施工工艺的均一化和质量控制的过程化。

1.0.4 在具体工程使用时，应遵循因地制宜、经济适用的原则，根据具体情况，选择技术可靠、经济合理、工程可行的设计方案。

1.0.5 除应符合本指南的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 活化胶粉 active waste rubber powder

硫化胶粉经表面活化处理而得到的具有反应活性的弹性体粉末。

2.1.2 高掺量胶粉沥青 high content crumb rubber asphalt

胶粉、沥青、改性剂和其他助剂按一定比例（其中胶粉的内掺比例不低于30%）拌和而得到的满足相关技术指标要求的胶粉沥青。

2.1.3 长寿命沥青路面 long life asphalt pavement

在不少于40年的服役基准期内，路面不产生结构性破坏，且其间沥青表面层功能性修复时间不少于15年。

2.1.4 防水粘结层 waterproof adhesive layer

在沥青面层之间、沥青面层与基层之间，兼具防水和粘结作用的功能层。

2.1.5 胶粉沥青纤维防水粘结层 waterproof adhesive layer with fiber crumb rubber modified asphalt

采用专用施工设备，将胶粉沥青、纤维和胶粉沥青依次同步喷洒（撒布）到施工面后，再立即撒布碎石形成的防水粘结层。

2.1.6 双组份反应型树脂防水粘结层 waterproof adhesive layer with two-component reactive polyurethane

采用专用施工设备，将双组份反应型树脂、胶粉沥青、纤维和胶粉沥青依次

同步喷洒（撒布）到施工面后，再立即撒布碎石，经复合反应形成的防水粘结层。

2.1.7 不粘轮乳化沥青 trackless tack coat of emulsified bitumen

高性能改性沥青与水在乳化剂、改性剂、稳定剂等的作用下，经乳化加工制得具有较强抗施工损伤性能的乳化沥青。

2.2 符号

ARHM - 热拌橡胶沥青混合料（asphalt rubber hot mixture）

ATB - 密级配沥青稳定碎石混合料（asphalt-treated base）

3 结构组合设计

3.1 一般规定

3.1.1 高掺量胶粉沥青长寿命路面结构设计使用年限应不低于 40 年，在使用年限内不进行表面层以下层次的修复，仅对表面层进行周期性修复，修复周期 15 年。

条文说明：

高速公路高掺量胶粉沥青混合料优异的路用性能，从材料性能的提升革新道路结构的使用，高掺量胶粉沥青长寿命路面设计寿命提出的思路是基于材料性能的优化以及结构材料一体化设计的手段得以实现，本指南从材料角度考虑，提出基于高性能高掺量胶粉沥青的长寿命路面设计思路及推荐结构，并参考国内外现有的长寿命路面设计体系，提出了高掺量胶粉沥青长寿命路面设计寿命。

3.1.2 针对高掺量胶粉沥青长寿命路面的技术目标，应结合当地的工程经验和使用环境，从本指南推荐的典型结构中选取技术可靠、经济合理的路面结构型式，并根据现行《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）规定的计算流程对结构的各项设计参数进行力学验算。

条文说明：

本指南以典型结构设计为核心，推荐了 3 种适用于路基段的典型路面结构型式和 1 种适用于桥面铺装的典型结构型式，具有一定的工程可靠性和适用性。

根据已有的基于高掺量胶粉沥青混合料的各项分析数据，ARHM 13 在 20℃、10Hz 的条件下的动态模量参考值为 6000~10000MPa，ARHM 20 在 20℃、10Hz 的条件下的动态模量参考值为 9000~14000 MPa，ARHM 25 在 20℃、10Hz 的条件下的动态模量参考值为 7000~11000 MPa。

3.1.3 推荐结构中各结构层厚度在实际工程中可适当调整。

3.1.4 结构中采用的材料应满足第 4 章材料部分的相关要求。

3.1.5 高掺量胶粉沥青长寿命沥青路面结构设计关键指标宜满足下表：

表 3.1.5 结构设计关键指标

基层类型 指标		半刚性基层	柔性基层	倒装式基层
永久变形量 (mm)		≤15 (15 年设计年限内)	≤10 (15 年设计年限内)	≤15 (15 年设计年限内)
疲劳开裂寿命		满足设计寿命内的荷载作用次数要求		
低温开裂指数 CI		≤1	—	≤1
沥青层底拉应变 (με)		—	≤100	—
路基顶面竖向压应变 (με)		—	≤100	—
耐久性抗滑性能评价指标	横向力系数	≥55	≥55	≥55
	构造深度 (mm)	≥0.8	≥0.8	≥0.8

3.1.6 路面结构应采取的防水、排水措施，阻止降水渗入路面结构层。

3.2 路基段结构

3.2.1 本节按照基层不同推荐三种路基段结构，实际工程使用可参照表 3.2.1 选取。

表 3.2.1 推荐结构适用范围

推荐结构	适应荷载等级	适应气候区域
半刚性基层推荐结构	极重、特重、重、中等、轻	普遍
柔性基层推荐结构	极重、特重、重、中等、轻	普遍
倒装式基层推荐结构	特重、重、中等、轻	普遍

3.2.2 半刚性基层高掺量胶粉沥青路面结构应选择图 3.2.2 所示的推荐结构。

- 1 沥青面层厚度 20~29cm，分三层铺筑。
- 2 基层和底基层总厚度 54~60cm，均采用半刚性材料。

条文说明：

考虑经济效益，结合我国高速公路修建实践经验，高速公路路面应以半刚性基层路面为主，同时根据科研成果和实际养护数据可知，较厚的面层能有效防止上部温度疲劳裂缝和基层的反射裂缝。

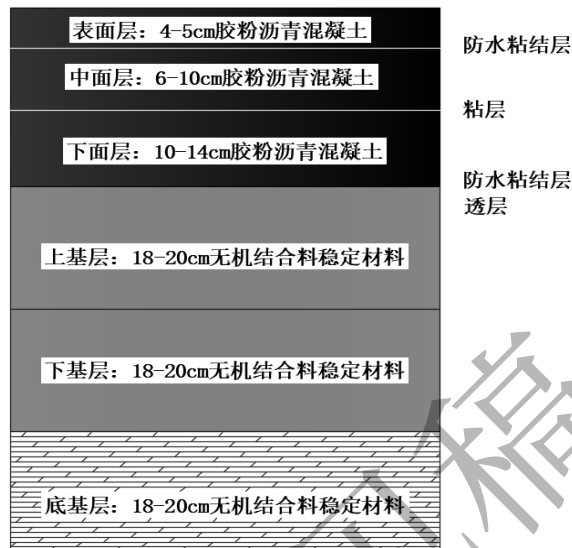


图 3.2.2 半刚性基层沥青路面推荐结构

3.2.3 半刚性基层沥青路面推荐结构的各层结构、材料宜符合下列规定：

1 沥青面层的表面层宜采用公称最大粒径为 13.2mm 或 16mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 4~5cm；中面层宜采用公称最大粒径为 19mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 6~10cm；下面层宜采用公称最大粒径为 26.5mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 10~14cm。

2 半刚性基层和底基层的总厚度宜为 54~60cm。应采用水泥、水泥粉煤灰或石灰粉煤灰稳定级配碎石或破碎砾石材料。底基层 7d 无侧限抗压强度代表值宜不小于 4MPa，下基层宜不小于 4MPa，上基层宜不小于 5MPa。

3 半刚性材料结构层之间宜撒布水泥浆。

3.2.4 柔性基层高掺量胶粉沥青路面结构应选择图 3.2.4 所示的推荐结构。

1 沥青面层厚度 22~27cm，分三层铺筑。

2 基层厚度 10~12cm。

3 底基层总厚度 18~22cm，均采用粒料性材料，为单层铺筑。

4 基层和底基层之间宜设置厚度为 4~5cm 的高掺量胶粉沥青混凝土抗疲劳

层。

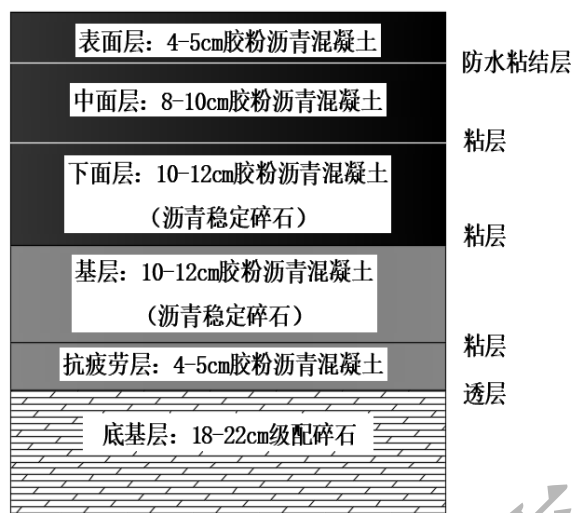


图 3.2.4 柔性基层沥青路面推荐结构

条文说明：

本指南参照欧美国家典型的长寿命路面结构给出推荐柔性基层沥青路面结构。

3.2.5 柔性基层沥青路面推荐结构的各层结构、材料宜符合下列规定：

1 沥青面层表面层宜采用公称最大粒径为 13.2mm 或 16mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 4~5cm；中面层宜采用公称最大粒径为 19mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 8~10cm；下面层宜采用公称最大粒径为 19mm 或 26.5mm 的粗集料密实型沥青混凝土或沥青稳定碎石，厚度为 10~12cm。

2 基层宜采用的最大公称粒径为 26.5mm 或 31.5mm 的沥青混凝土或沥青稳定碎石，厚度为 10~12cm。

3 抗疲劳层宜采用最大公称粒径为 9.5mm 的密实型沥青混凝土，厚度为 4~5cm。

4 级配碎石底基层总厚度宜为 18~22cm，其公称最大粒径宜为 19mm 或 26.5mm；

3.2.6 倒装式基层高掺量胶粉沥青路面结构应选择图 3.2.6 所示的推荐结构。

1 沥青面层厚度 22~29cm，分三层铺筑。

2 基层和底基层总厚度 52~60cm。

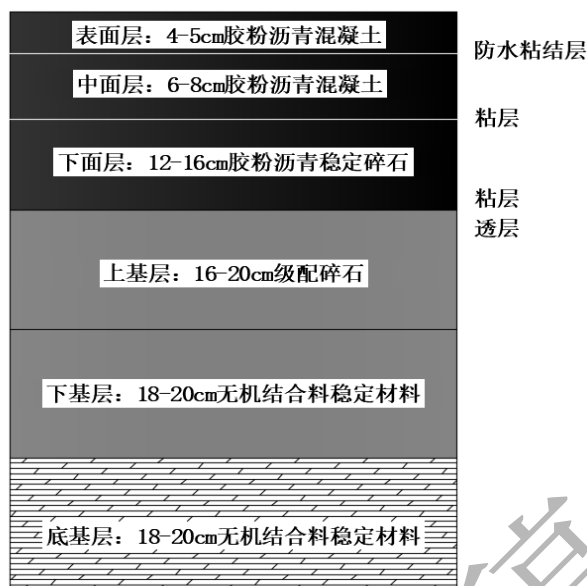


图 3.2.6 倒装式基层沥青路面推荐结构

3.2.7 倒装式基层沥青路面推荐结构的各层结构、材料应符合下列规定：

1 沥青面层的表面层宜采用公称最大粒径为 13.2mm 或 16mm 粗集料的密实型沥青混凝土，厚度为 4~5cm；中面层宜采用公称最大粒径为 19mm 粗集料的密实型沥青混凝土，厚度为 6~8cm；下面层宜采用公称最大粒径为 26.5mm 粗集料的沥青稳定碎石，厚度为 12~16cm。

2 上基层的级配碎石总厚度宜为 16~20cm，其公称最大粒径宜为 19mm 或 26.5mm。

3 下基层、底基层应采用水泥、水泥粉煤灰或石灰粉煤灰稳定级配碎石或破碎砾石材料。

4 半刚性材料结构层之间宜撒布水泥浆。

3.2.8 高掺量胶粉沥青长寿命路面层间处理措施宜根据下列要求进行：

1 上、中面层之间宜设置胶粉沥青纤维防水粘结层；

2 中、下面层之间宜设置不粘轮改性乳化沥青粘层；

3 半刚性基层和下面层之间宜设置胶粉沥青纤维防水粘结层和乳化沥青透层。

4 柔性基层与下面层之间宜设置不粘轮改性乳化沥青粘层；抗疲劳层和底基

层之间宜设置乳化沥青透层。

5 倒装式基层和下面层之间宜设置不粘轮改性乳化沥青粘层。

3.2.9 胶粉沥青纤维防水粘结层材料应符合下列规定：

- 1 沥青洒布量宜为 $1.6\sim 2.4\text{kg/m}^2$ ，碎石撒布量宜满足 50%~75%的覆盖率。
- 2 选择石质坚硬、清洁、不含风化颗粒的碎石，上下沥青层之间撒布碎石规格粒径可为 $9.5\sim 13.2\text{mm}$ ，沥青面层与基层之间撒布碎石规格粒径可为 $13.2\sim 19\text{mm}$ 。
- 3 纤维宜采用玻璃纤维，切割长度宜为 $4\sim 6\text{cm}$ ，撒布量宜为 $100\text{g}\sim 120\text{g/m}^2$ 。

条文说明：

用于基层顶面时，沥青洒布量和碎石撒布量建议取上限，用于沥青层间时，沥青洒布量和碎石撒布量建议取上限。

3.2.10 不粘轮乳化沥青粘层洒布量宜为 $0.3\sim 0.6\text{L/m}^2$ ，乳化沥青的残留物含量以 50%为基准。

3.2.11 乳化沥青透层的洒布量宜为 $0.7\sim 1.2\text{L/m}^2$ ，乳化沥青的残留物含量以 50%为基准。

3.2.12 路基应稳定、密实和均匀，具有足够的承载能力，路基顶面的回弹模量应符合表 3.2.12 的规定，不符合时，应采取适当的措施，进行必要的路基处理。

表 3.2.12 路基顶面回弹模量

交通荷载等级	极重	特重	重	中等、轻
回弹模量，不小于 (MPa)	140	120	100	80

3.3 桥面铺装结构

3.3.1 桥面铺装结构可选择图 3.3.1 所示的推荐结构。沥青面层厚度宜为 $9\sim 13\text{cm}$ ，分两层铺筑。

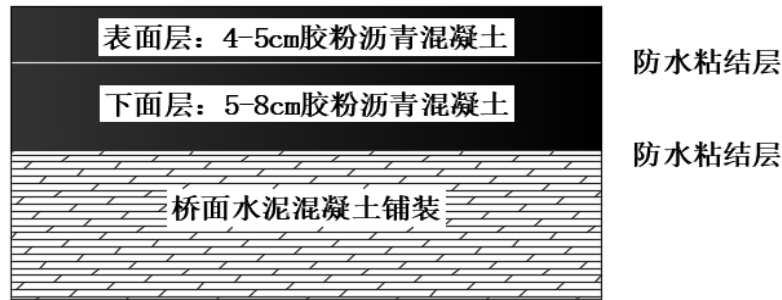


图 3.3.1 桥面铺装推荐结构

3.3.2 桥面铺装结构的各层结构宜符合下列规定：

1 沥青面层表面层宜采用公称最大粒径为 13.2mm 或 16mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 4~5cm；下面层可采用公称最大粒径为 13.2mm、16mm 或 19mm 的粗集料密实型沥青混凝土，厚度为 5~8cm；

3.3.3 桥面铺装结构层间处理措施宜根据下列要求进行：

- 1 沥青层间宜设置防水粘结层，防水粘结层宜选择胶粉沥青纤维防水粘结层；
- 2 桥面板和沥青层之间应设置防水粘结层，防水粘结层宜选择双组份树脂黏结防水粘结层。

条文说明：

桥面常见的沥青路面剥落的主要原因则是路面渗水至桥梁水泥混凝土铺装和沥青面层和桥面的黏结不牢固，雄安新区对外骨干路网京德高速、荣乌高速新线采用的桥面双组份反应型树脂防水粘结层是提高桥面沥青面层铺装使用寿命的重要措施。

3.3.4 双组份反应型树脂防水粘结层材料应符合下列规定：

- 1 双组份反应型树脂洒布量宜为 $0.8 \sim 1.2 \text{kg/m}^2$ ；
- 2 纤维抗裂型橡胶改性沥青宜采用中面层用橡胶改性沥青，洒布量宜为 $1.8 \sim 2.2 \text{kg/m}^2$ ；
- 3 撒布碎石粒径规格宜为 13.2mm~19mm，在拌合楼进行除尘并采用 0.3%~0.5% 沥青预拌处理，覆盖率在 50%~65% 左右为宜。
- 4 纤维宜采用玻璃纤维，长度宜为 4~6cm，撒布量宜为 $100 \sim 120 \text{g/m}^2$ 。

3.4 改扩建工程

3.4.1 改扩建工程应结合既有工程的特点和需求，选择技术可靠、工程可行、经济合理的改扩建方案。

3.4.2 改建设计方案应包括旧路评价、旧路处治，结构补强和沥青混凝土加铺等部分。其中，结构补强可分为整体结构补强和局部结构补强，结构补强亦可与旧路处治措施相结合；沥青混凝土加铺宜以功能性恢复为重点。

3.4.3 沥青路面改建工程应符合如下规定：

- 1 旧沥青路面的评价应包括承载能力评价、路面破损状态及成因分析等内容。
- 2 应根据弯沉水平确定结构的补强范围，并结合路面裂缝、车辙状态以及路面线形设计方案，综合确定旧路面补强和处治对策。
- 3 改建工程路面补强方案可参照表 3.4.3 执行。

表 3.4.3 改建工程路面推荐补强方案

编号	旧路面弯沉代表值 (0.01mm)	旧路处置措施	面层补强措施	基层补强措施
1	0~25	根据旧路情况，对旧路面裂缝、车辙进行处理	加铺 1~2 层沥青混凝土面层	-
2	25~60	根据旧路情况，对旧路面裂缝、车辙进行处理	加铺 2~3 层沥青混凝土面层	加铺 1~2 层柔性基层或者半刚性基层
3	60~100	根据旧路情况，对旧路面裂缝、车辙进行处理	加铺 3 层沥青混凝土面层	加铺 2~3 层柔性基层或者半刚性基层
4	>100	根据旧路情况，对旧路面裂缝、车辙进行处理	参照本规范第 3 章中的推荐结构，通过技术经济分析，选择合理的大修结构形式	

4 除标高等限制因素外，旧路大修工程无论是结构补强还是功能恢复宜采用直接加铺的方式。需铣刨原路面时，宜控制在 1~2 层沥青面层的范围内。

3.4.4 改扩建工程中的扩建部分应与新建工程相同。

3.4.5 扩建工程应符合如下规定：

1 扩建工程应以长寿命沥青路面建设为目标，扩建部分的路面结构应满足长寿命沥青路面的技术要求，宜选择第 3 章推荐的结构形式，材料技术要求应满足第 4 章中的要求。

2 扩建工程中的原路结构，应进行补强维修，达到长寿命路面的技术要求。补强方案宜参照 3.4.3 中有关条款的要求。

3 扩建工程应注意新老路面相接问题和工程材料选择的一致性。

4 应加强扩建部分路面结构的路基处理，同时，宜选择半刚性基层结构，减轻对新路路基稳定性的依赖，保证新老路面相接的稳定性。

5 新路路基应采用阶梯方式逐级填筑、压实，路面结构底面以下 60~80cm 的范围内，宜采用石灰或水泥处治。

6 新路与原路面经过维修后，宜统一进行功能性罩面，罩面厚度为 4~5cm，按一层摊铺。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 各类工程材料运至现场后应取样留存，并进行质量检验，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测，运到现场的每批沥青材料都应有产品质量检测报告和产品数量及生产批号等。

4.1.2 进场的原材料按规定进场、存储，做好防混料、防污染、防潮、防火等工作。

条文说明：

针对高掺量胶粉沥青的现场检测，要求配备布氏粘度计和具备测力功能的延度仪。

原材料应通过施工单位、监理单位、第三方检测单位的质量检验。路面施工单位要充分重视原材料的储备工作，开工前碎石进场数量一般不少于合同段设计总量的 60%，以满足沥青路面大规模连续施工的需要。

4.1.3 半刚性基层和级配碎石基层原材料应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

4.2 高掺量胶粉沥青

4.2.1 高掺量胶粉沥青生产所用基质沥青应根据实施项目所在地区特点，按现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）要求选用。

4.2.2 高掺量胶粉沥青宜采用活化胶粉，活化胶粉应满足表 4.2.2-1 和表 4.2.2-2 的技术要求。活化胶粉所用废胎胶粉应选用常温法粉碎废胎胶粉，粒径宜为 30~40 目，其物理、化学指标应满足现行《路用废胎橡胶粉》（JT/T 797）的要求。

表 4.2.2-1 活化胶粉的物理性能指标

性能	相对密度	含水率	铁含量	纤维含量
指标要求	1.10~1.30	<1	<0.03	<1
试验方法	JT/T 797 路用废胎橡胶粉			

表 4.2.2-2 活化胶粉的化学性能指标

性能	丙酮抽出物	炭黑含量	橡胶烃含量	溶解度
指标要求	≤21	≥28	≥48	≥17
试验方法	GB/T 3516	GB/T 4498.1	GB/T 4498.1	JT/T 797

条文说明：

胶粉活化能增强胶粉与沥青的浸润性能和反应活性,提高胶粉与沥青的界面相互作用,有效提高橡胶沥青的热储存稳定性,缩短胶粉和沥青的溶胀发育过程,提高胶粉掺量且保证胶粉沥青质量。

4.2.3 高掺量胶粉沥青技术要求应满足表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 高掺量胶粉沥青技术要求

试验项目	技术要求			试验方法
	I型	II型	III型	
180℃旋转黏度 (Pa · s)	1.5~3.5			T0625
针入度 (25℃100g, 5s, 0.1mm)	40~60			T0604
延度 (5cm/min, 5℃, cm)	>15	>15	>10	T0605
软化点 (环球法, °C)	>75	>75	>60	T0606
离析 (软化点差, °C)	≤5			T0661
弹性恢复 (25℃, %)	>85	>85	>65	T0662
闪点 (°C)	≥230			T0611
测力延度最大力 (5℃, N)	>60	>60	>40	NB/SH/T 0814
PG 等级	88~28	88~22	76~22	T0627、T0628
不可恢复蠕变柔量 Jnr3.2 (kPa ⁻¹)	<2.0	<1.0	<2.0	附录 B

注：

1 I型胶粉沥青的胶粉掺量为 30%~40%，II型胶粉沥青的胶粉掺量为 40%~50%，III型胶粉沥青的胶粉掺量为 50%以上。

2 PG 等级实验方法按照 JTG E20 中 T0627、T0628，胶粉沥青 PG 等级选取按照附录 C。

3 Jnr3.2 为 3.2kPa 下的不可恢复蠕变柔量。

条文说明：

PG 等级表征不同掺量胶粉沥青具有不同高低温、老化等路用性能；不可恢复蠕变柔量 $J_{nr3.2}$ 表征胶粉沥青高温抗变形能力。离析表征胶粉沥青的存储稳定性。

4.3 集料

4.3.1 集料选择应进行料源调查，确保集料的质量可靠。

4.3.2 经选择确定的材料在施工过程中应保持稳定，未经批准不得变更。集料堆放场地应硬化，集料应分层堆放，减少离析现象。

4.3.3 表面层所用石料宜选择满足本指南要求的玄武岩、辉绿岩等优质硬质石料，其它层次应采用满足本指南要求的优质硬质石料。

4.3.4 粗集料应采用洁净、干燥、表面粗糙、形状接近立方体，且无风化、无杂质，并有足够的强度、耐磨耗性的岩石。粗集料在条件允许情况下，宜采用单档集料级配，粒径规格应符合表 4.3.4-1 的规定。沥青面层用粗集料技术要求应符合表 4.3.4-2 的规定。

表 4.3.4-1 沥青面层用粗集料规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S8	10~25	100	90~100	—	0~15	—	0~5		
S8-1	20~25	100	90~100	0~15	0~5				
S9	10~20		100	90~100	—	0~15	0~5		
S9-1	15~20		100	90~100	0~15	—	0~5		
S10	10~15								
S12	5~10				100	90~100	0~15	0~5	
S14	3~5					100	90~100	0~15	0~3

注：S8-1、S9-1、S10、S12、S14 或 S8、S9、S12、S14 配置 25 型混合料级配；S9-1、S10、S12、S14 或 S9、S12、S14 配置 20 型混合料级配；S10、S12、S14 配置 13 型混合料级配。

表 4.3.4-2 沥青面层用粗集料技术要求

试验项目		单位	技术要求		试验方法
			表面层	其它层次	
压碎值		%	≤20	≤25	T0316
高温压碎值*		%	≤23	≤28	T0316
微型狄法尔磨耗值		%	≤16	≤25	T0363
洛杉矶磨耗值		%	≤20	≤25	T0317
表观相对密度		—	≥2.70	≥2.60	T0304
与沥青的黏附性		级	≥5	≥4	T0616
吸水率		%	0.3～2.0		T0304
坚固性试验质量损失	饱和硫酸镁溶液	%	≤18		T0314
	饱和硫酸钠溶液	%	≤5		
冻融质量损失	纯水	%	≤1		T0364
	氯化钠水溶液	%	≤5	-	
针片状颗粒含量	混合料	%	≤12	≤15	T0312
	粒径大于 9.5mm 部分	%	≤10	≤12	
	粒径小于 9.5mm 部分	%	≤15	≤18	
棱角性（流动时间）		s	≥105	≥95	T0362
水洗法小于 0.075mm 颗粒含量		%	≤0.5	≤0.5	T0310
软弱颗粒含量		%	≤1	≤2	T0320
高温稳定性试验磨耗值变化（700℃）		%	≤5		T0365
热老化试验	母岩抗热老化性	-	无灰色/白色星型斑点或放射型发丝状细裂缝		T0366
	质量损失	%	≤1		
	磨耗值变化	%	≤6		

注：*将装有试样的压碎值试验仪和压柱一起放入 190℃±2℃的烘箱内保温 2 小时后，取出试样立即按照《公路工程集料试验规程》(JTGE42)中 T 0316 的标准进行试验，测试压碎值，所有试验操作应在 5 分钟内完成。

条文说明：

不同批次进场集料石料材质发生变化时，应进行高温压碎值检测。高掺量胶粉沥青混合料出料温度在 180~190℃之间，石料一般加热至 190℃左右，此温度条件下集料压碎值不应有明显增加。

提高粗集料压碎值，高温压碎值能增强路面抵抗行车荷载的能力，提高表

面层强度，延长道路使用寿命。在施工过程中应提高检测频率，严格控制材料指标。

集料与沥青的黏附性越高，沥青混合料的水稳定性越好；提高集料与沥青的黏附性等级，能改善沥青混合料的水稳定性。

4.3.5 沥青混合料用细集料应为机制砂。机制砂应采用专用的制砂机生产，并选用优质、洁净、无污染的石灰岩碎石加工而成，粒径 10~20mm，加工时应采取必要的防尘措施。

机制砂质量应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)及表 4.3.5-1 和表 4.3.5-2 的有关规定；有条件可使用两档。

表 4.3.5-1 机制砂规格

规格 名称	公称粒径 (mm)	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
S16	0~2.36	--	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~12
S16I	0~1.18	--	--	100	85~100	30~60	10~45	5~25	3~15
S16II	1.18~2.36	--	100	85~100	0~15	0~10			

条文说明：

高掺量胶粉沥青混合料 ARHM 采用的是间断级配，为了更好的达到间断级配的效果，即 4.75 以上集料形成骨架，2.36 以下集料与沥青形成胶砂填充空隙，在密实的基础上保证足够的构造深度，同时控制沥青用量，机制砂的档位控制就是关键要素。满足条件的情况下，机制砂分两档可以有效控制级配，减少变异。

提高 2.36 筛孔通过率，减少矿粉用量进而降低沥青用量，同时确保压实度。在市场供应不能满足的情况下，S16 档机制砂要严格控制 2.36 筛孔通过率超过 80%，并且越高越好。

表 4.3.5-2 机制砂技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
表观相对密度		—	≥2.65	T0328
坚固性试验质量损失	饱和硫酸镁溶液	%	≤18	T0340
	饱和硫酸钠溶液	%	≤8	

微型狄法尔磨耗值	%	≤18	T0363
含泥量	%	≤1	T0333
砂当量	%	≥70	T0334
亚甲蓝值	g/kg	≤1.4	T0349
棱角性（流动时间）	s	≥30	T0345

4.4 填料

4.4.1 沥青混合料的矿粉应采用憎水性石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料，采用球磨机加工经磨细得到的矿粉。矿粉应干燥、洁净、无风化、无杂质，能自由地从矿粉仓流出，其质量应符合下表的技术要求。矿粉规格、技术要求应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 沥青面层用矿粉技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
表观相对密度		—	≥2.60	T0352
含水率		%	≤0.8	T0359
外观		—	无团粒结块	感官检查
通过百分率	0.6mm	%	100	T0351
	0.15mm	%	90~100	
	0.075mm	%	80~95	
亲水系数		—	<1	T0353
亚甲蓝值，0~0.15mm		g/kg	≤4	T0349
干压空隙率		%	30~50	T0357
加热安定性		—	颜色无明显变化	T0355
碳酸钙含量		%	≥70	T0361

4.4.2 粉煤灰作为填料使用时，用量不得超过填料的 50%，粉煤灰的烧失量不得超过 12%，与矿粉混合后塑性指数应小于 4%，其余质量要求与矿粉相同。沥青面层不宜采用粉煤灰做填料。

4.5 不粘轮乳化沥青

4.5.1 不粘轮乳化沥青技术要求应符合表 4.5.1 规定。

表 4.5.1 不粘轮乳化沥青技术指标要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
破乳速度		—	快裂	T0658
赛波特黏度（25℃）		—	3~50	T0622
筛上剩余量（1.18mm 筛）		%	≤0.1	T0652
不粘轮乳化沥青 蒸发残留物	残留物含量	%	≥50	T0651
	针入度（25℃）	0.1mm	15~50	T0604
	软化点	℃	70~100	T0606
	120℃黏度	Pa·s	≤10	T0621
	60℃旋转黏度	Pa·s	≥5000	T0625
	溶解度（三氯乙烯）	%	≥97.5	T0607
黏轮率	60℃	%	≤10	见附录 D
贮存稳定性	1 天	%	≤1	T0655
	5 天		≤5	T0655

4.6 纤维

4.6.1 纤维可采用玻璃纤维、玄武岩纤维。玻璃纤维应满足现行《玻璃纤维无捻粗砂》（GB/T 18369）的有关要求，应具有良好的切割性和抗静电性；玄武岩纤维应满足现行《玄武岩纤维分类分级及代号》（GB/T 38111）的有关要求。

4.6.2 纤维应存放在室内或有棚盖的地方，松散纤维在运输及使用过程中应避免受潮，不结团。

4.7 双组份反应型树脂

4.7.1 双组份反应型树脂应具有足够的粘结强度，能使混凝土基层与沥青混合料下面层粘结形成整体。

4.7.2 双组份反应型树脂应具有足够的防水性能。

4.7.3 双组份反应型树脂组份技术要求应满足表 4.7.3-1 要求。双组份反应型树脂性能指标要求应满足表 4.7.3-2。

表 4.7.3-1 双组份反应型树脂单组份技术要求

项目	单位	技术要求		试验方法
		A 组份	B 组份	
有效含量	%	≥95	≥75	GB/T 2793

项目	单位	技术要求		试验方法
		A 组份	B 组份	
25℃粘度	mPa · s	1000~12000	500~6000	T0625

表 4.7.3-2 双组份反应型树脂性能指标要求

项目	单位	技术要求	试验方法
凝胶时间	s	20~60	GB/T 7193.6
拉伸强度（25℃）	MPa	≥20	GB/T 528
与混凝土的黏结强度（25℃）	MPa	≥1.0	JC/T 975

5 材料组成设计

5.1 一般规定

5.1.1 半刚性基层和级配碎石基层材料组成设计应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

5.1.2 面层沥青混合料材料组成设计应采用体积设计方法，综合评价材料的技术性能，并确定相关的设计和施工参数。

5.2 推荐级配

5.2.1 高掺量胶粉沥青混合料宜采用表 5.2.1 的推荐级配，或者按照附录 E 的方法进行级配曲线的设计。

表 5.2.1 高掺量胶粉沥青混合料的推荐级配

级配类型		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
ATB -25	上限	100	100	80	68	62	52	40	32	25	18	14	10	6
	下限	100	90	60	48	42	32	20	15	10	8	5	3	2
ARHM -25	上限	100	100	82	73	65	53	35	27	20	16	12	9	7
	下限	—	90	70	62	54	42	25	17	12	9	6	4	3
ARHM -20	上限	—	100	100	88	76	59	35	27	21	17	13	10	8
	下限	—	—	90	77	64	47	25	18	14	10	7	5	4
ARHM -16	上限	—	—	100	100	85	64	35	28	22	18	14	11	9
	下限	—	—	100	95	77	54	25	19	15	11	9	7	5
ARHM -13	上限	—	—	—	100	100	71	35	28	23	19	15	12	10
	下限	—	—	—	100	95	62	25	20	15	12	10	8	6
ARHM -10	上限	—	—	—	—	100	100	35	28	23	19	15	12	10
	下限	—	—	—	—	100	95	25	20	15	12	10	8	6

条文说明：

本指南推荐的高掺量胶粉沥青混合料级配是以粗集料断级配为基础，经近年来大量试验和工程应用验证总结出来的，对大多数地材生产的石料较为适用。表中的级配曲线范围，是用于设计阶段选择满足工程需要的合理级配曲线而推荐的范围，其级配中值并不一定是实际生产所需的理想级配。实际设计中

应根据原材料特性和结合材料及混合料体积性能指标,选择一条性能较为均衡的级配曲线作为理想设计级配曲线。

由于各地原材料母岩特性和加工材料的复杂性,本规范推荐的级配范围不满足设计需求的合理级配曲线时,可采用附录 E 中提供的级配构成方法设计级配。

5.2.2 ARHM-10、ARHM-13、ARHM-16 宜采用I型胶粉沥青, ARHM-20 可采用I型、II型胶粉沥青, ARHM-25、ATB-25 可采用I型、II型、III型胶粉沥青。可采用附录 F 的方法,确定沥青混合料的最佳沥青用量。

5.3 技术要求

5.3.1 高掺量胶粉沥青混合料配合比设计宜采用马歇尔试验方法,其技术要求应符合表 5.3.1 的规定。当采用其他设计方法时,应按本指南规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验。

表 5.3.1 高掺量胶粉沥青混合料设计指标技术要求

指标	单位	技术要求					
		ARHM-10	ARHM-13	ARHM-16	ARHM-20	ARHM-25	ATB-25
试件尺寸	mm	Φ101.6×63.5					
击实次数	次	双面各 75					
空隙率	%	3~5					
稳定度	kN	≥7					
沥青饱和度	%	70~85	70~85	70~85	70~85	65~80	60~75
矿料间隙率	%	≥15	≥14	≥13.5	≥13	≥12	≥12

条文说明:

马歇尔试验方法以其便捷性和普适性在橡胶沥青混合料设计中得到了广泛的应用。近年来,随着 SGC、GTM、PCG 等旋转压实试验方法的推广应用,配合比设计中也得到了一定的应用,为了更有效指导现场施工,有必要提出现场采用马歇尔设备的控制要求。

5.3.2 高掺量胶粉沥青混合料性能检验的技术要求应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 高掺量胶粉沥青混合料性能指标技术要求

试验项目	单位	性能指标					
		ARHM-10	ARHM-13	ARHM-16	ARHM-20	ARHM-25	ATB25
动稳定度	次/mm	≥3000 (60℃)	≥3000 (70℃)	≥3000 (70℃)	≥5000 (60℃)	≥3000 (60℃)	≥3000 (60℃)
相对变形值	%	≤3 (60℃)	≤3 (70℃)	≤3 (70℃)	≤2 (60℃)	≤3 (60℃)	≤3 (60℃)
残留稳定度	%	≥85	≥90	≥90	≥85	≥85	≥85
低温弯曲破坏应变	με	≥3000 (-10℃)	≥2800 (-10℃)	≥2800 (-10℃)	≥2800 (-10℃)	≥2500 (-10℃)	≥2500 (-10℃)
		—	≥1800 (-20℃)	≥1800 (-20℃)	≥1300 (-20℃)	—	—
冻融后劈裂强度	MPa	≥0.35	≥0.6	≥0.6	≥0.45	≥0.45	≥0.45
冻融劈裂强度比	%	≥80	≥85	≥85	≥80	≥80	≥80
疲劳寿命 (15℃, 10Hz, 400με)	次	—	≥15 万	≥15 万	≥40 万	≥40 万	≥40 万
疲劳寿命 (15℃, 10Hz, 600με)	次	≥40 万	—	—	—	—	—
单轴贯入强度 (60℃)	MPa	—	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8
渗水系数	mL/min	—	≤80	≤80	≤120	≤200	≤200

条文说明：

对表面层材料，采用 70℃作为车辙试验温度，一方面是因为表面层组成材料（无论是石料还是橡胶沥青）较其它层位要求较高；另一方面，现有试验设备精度条件下，试验结果动稳定度往往在 6000 次/mm 以上，失去了试验的意义。因此，通过提高试验温度发挥试验设备精度（减少试验误差）评价材料的高温稳定性较为合理。对于长寿命路面所用的沥青混合料应在设计过程中加入寿命的评价，因此，本指南编写过程充分试验并计算，提出采用沥青混合料的四点弯曲疲劳试验来评价其寿命。考虑到室内试验的可操作性，通过文献调研和换算，采用 400με 和 600με 下的试验加载次数来评价。

5.4 设计流程

5.4.1 高掺量胶粉沥青混合料材料组成设计的流程应包括目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个环节。

5.4.2 高掺量胶粉沥青混合料目标配合比设计宜在具有专业试验能力的实验室进行，并应符合下列规定：

- 1 选择代表性试样进行原材料特性试验，符合设计要求方可进行矿料级配的设计。
- 2 根据推荐级配要求或者附录 E 方法和材料筛分情况综合确定目标级配曲线。
- 3 采用不少于 4 个不同油石比、每个油石比成型不少于 6 个试件进行空隙率、矿料间隙率和沥青饱和度等体积指标验证，确定沥青混合料的最佳油石比。
- 4 根据混合料最佳油石比进行高温稳定性、水稳定性等路用性能指标验证。

5.4.3 高掺量胶粉沥青混合料生产配合比设计宜在具有专业试验能力的实验室进行，并应符合下列规定：

- 1 每种类型混合料按目标配合比确定的冷料仓比例上料，对各热料仓分别取样，不同类型混合料同一热料仓集料不能替代。
- 2 按设定的冷料仓比例连续上料，使各热料仓存储量与施工生产相吻合，计算各个热料仓存储量比例，作为生产配合比设计中各档料掺配比例的参考依据。
- 3 以目标配合比设计级配曲线为参考曲线，结合各热料仓存储量比例，进行各档热料仓集料筛分确定生产配合比级配曲线和掺配组成。
- 4 采用不少于 4 个不同油石比、每个油石比成型不少于 6 个试件进行空隙率、矿料间隙率和沥青饱和度等体积指标验证，确定沥青混合料的最佳油石比。
- 5 生产配合比确定的最佳沥青用量与目标配合比设计的结果的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。

5.4.4 高掺量胶粉沥青混合料生产配合比验证应在工地现场完成，并应符合下列规定：

- 1 生产配合比验证阶段应按生产配合比结果进行试拌，并取样进行马歇尔试验。
- 2 燃烧或抽提筛分得到的平均矿料级配，其公称最大粒径 4.75mm 和 0.075mm 等关键筛孔通过率应接近优选的目标级配，否则查明原因，重新试验抽检。
- 3 在各项体积指标满足设计要求外，宜再次进行高温稳定性、水稳定性等路

用性能指标检验。

征求意见稿

6 沥青路面施工

6.1 一般规定

6.1.1 半刚性基层和级配碎石基层施工应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

6.1.2 高掺量胶粉沥青混合料路面的施工，除应符合本章的规定外，尚应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

6.1.3 高掺量胶粉沥青混合料路面施工过程中，应采取有效措施控制施工过程的各种粉尘、废气、废弃物及噪声、振动等对环境造成的污染和危害。

6.1.4 应合理安排各项工序衔接，尽量避免交叉施工。

6.1.5 高掺量胶粉沥青混合料施工的大气温度应不低于 15℃。防水粘结层、透层、粘层不得在气温低于 10℃、大风、大雨或即将降雨天气时施工。

6.2 施工准备

6.2.1 铺筑沥青面层前，应检查下承层的质量，不符合要求的不得铺筑沥青面层。

6.3 铺筑试验段

6.3.1 试验段应设置在主线路段上，表面层长度宜不少于 500m，其他层长度宜不少于 300m。

6.3.2 试验段的铺筑应包括试拌和试铺两个阶段，试拌工作未达到预定要求前，不得进行试铺。

6.3.3 试拌阶段应包括下列内容：

1 确定拌和设备的工作参数，包括各冷料仓的供料流量、热料仓筛孔尺寸配置、热料仓的供料比例、生产过程的拌和时间（干拌和湿拌），集料、沥青的

加热温度和成品混合料的出料温度等，并确定拌和设备的生产能力。

2 采集拌和设备生产数据，分析集料、矿粉、沥青的称量控制值的误差和变异性。

3 采用燃烧或抽提筛分分析和马歇尔试验验证实际拌和的混合料与实验室拌和混合料的矿料级配与油石比的一致性，并进一步调整生产配合比。

6.3.4 试铺阶段应包括下列内容：

- 1 提交完整的含目标配合比、生产配合比的开工报告。
- 2 检验各类施工机械的类型、数量、组合方式的匹配性，且调试完毕。
- 3 检验摊铺工艺参数的合理性，确定松铺系数。
- 4 检验碾压工艺参数的合理性，比较不同的碾压模式和碾压方案，确定正式施工用的碾压工艺。
- 5 验证生产配合比的设计并确定最终生产用的施工配合比。
- 6 验证所拟定的施工方案、施工组织、质量管理体系，并确定正式施工时的施工方案、施工组织和质量管理体系。

6.3.5 试验段铺筑完成后及时检验，应包括下列内容：

- 1 对完工后的试验段的工程质量全面检测，检测的频度应比生产路段路面施工时增加一倍。
- 2 每个碾压工艺的压实度检测样本不少于 4 个，检验空隙率及厚度是否满足设计要求。
- 3 现场取样进行高温稳定性、低温性能、水稳定性等性能试验，各项指标应满足设计要求。
- 4 检验松铺系数，确定大面积施工的松铺系数。
- 5 检验拌和后场和施工前场各个环节的协调与配合。
- 6 检验施工工艺参数和碾压方案，确定正式施工的相关施工要求。

6.3.6 试验段总结报告应包括下列内容：

- 1 试验段检测报告（包括室内试验和现场检测）。
- 2 试验段总结效果评价。

3 施工关键参数的推荐值，包括施工配合比、施工温度、松铺系数、碾压等。

4 根据已有工作面和实际需求，提出每一作业段的长度及相应拌和后场和施工前场的匹配措施。

6.4 沥青层施工

6.4.1 高掺量胶粉沥青混合料拌和应采用间歇式拌和设备，应符合下列规定：

- 1 总拌和生产能力满足施工进度要求。
- 2 生产过程中拌和设备除粉尘、除废气设备达到环保要求。
- 3 冷料仓、热料仓的数量均不应少于 6 个，粉料仓不应少于 2 个。
- 4 冷料仓之间的隔板高度应不低于 100cm，避免生产过程中原材料混仓。
- 5 混合料生产前应对沥青拌和设备调试和校正。

6.4.2 高掺量胶粉沥青生产和存储应符合下列规定：

1 沥青储存罐宜配备卧式搅拌设备，储存能力不低于 300t，且应准确显示罐内沥青温度。

- 2 沥青泵功率和输送管道应满足实际生产的需要。
- 3 高掺量胶粉沥青应及时使用，避免长期储存，存储时间不宜超过 48h。

6.4.3 高掺量胶粉沥青混合料的拌和应符合下列规定：

1 高掺量胶粉沥青混合料拌和时间应经试拌确定，拌和时间应以获得裹覆良好、拌和均匀的沥青混合料为准，从结合料给料结束至拌缸门打开为止的净拌和时间不宜低于 35s。

条文说明：

常规而言，不同拌和设备湿拌拌和时间与拌和设备设定有关，如部分国产拌和设备，沥青、矿粉下料时就开始计时，而沥青的称量时间较长，导致按常规设定湿拌时间（如 45s）生产的混合料裹覆不均匀，影响热拌沥青混合料的均匀性，为此设定净拌和时间很有必要。

- 2 高掺量胶粉沥青混合料生产温度应符合表 6.4.3 规定。

表 6.4.3 高掺量胶粉沥青混合料的生产温度 (°C)

类型	集料加热温度	沥青温度	出料温度	弃料温度
控制要求	190~200	175~190	180~190	210

3 高掺量胶粉沥青混合料的组成分析应采用燃烧法或抽提法。采用燃烧法时应通过标准试样的标定, 确认合理的燃烧温度和修正系数。

6.4.4 高掺量胶粉沥青混合料的运输应符合下列规定:

1 宜采用较大吨位的运料车运输, 不得急刹车、急弯掉头使层间粘结材料造成损伤。运料车的运力应与拌和能力和摊铺能力协调。

2 运料车每次使用前应清扫干净, 在车厢底板和侧板喷洒一层隔离剂或防粘剂, 不得使用柴油或其他溶解沥青的溶剂。

3 拌和设备向运料车卸料时, 按“前、后、中、前中、后中”的顺序多次挪动汽车位置, 平衡装料, 减少混合料离析。

4 混合料的运料车应具备有效的全方位保温措施。采用常规运输车时, 车厢和车底应设置保温层。

条文说明:

运料车配备不透水篷布覆盖, 做到保温、防雨、防污染, 宜采用多层式保温篷布, 篷布应遮盖严密。

5 运料车应在摊铺机前 10~30cm 处停住, 应由现场专人指挥运料车就位, 使其配合摊铺机卸料。

6 运料车卸载作业应与摊铺机的操作协调一致, 运料车在被推动前进过程中缓缓卸料, 减少离析, 保证摊铺机连续均匀地供料。

6.4.5 高掺量胶粉沥青混合料的摊铺应符合下列规定:

1 混合料摊铺宜采用大功率、抗离析摊铺机单机全幅摊铺或多台摊铺机梯队同步摊铺。梯队摊铺时, 相邻摊铺机前后间距 5m~10m。

2 高掺量胶粉沥青混合料的摊铺机宜配备具有温度可调节的加热熨平板装置, 摊铺时熨平板加热后温度应不低于 130°C。

3 摊铺机前方应有不少于 5 辆等候的运料车方可开始摊铺。

4 摊铺过程中应保证混合料的高度达到全长螺旋分料器的 $3/4$ 高度，防止摊铺机料斗内的混合料形成凹坑，不得放空料斗或使刮板输送机接近走空。

5 应保持恒定的摊铺速度，并应连续稳定摊铺作业，摊铺速度宜为 $1\text{m}/\text{min}\sim 3\text{m}/\text{min}$ 。

6 摊铺机梯队摊铺时应有 10cm 左右宽度的搭接，表面层摊铺搭接处应避开车道轮迹带，上、下层的搭接位置应错开 20cm 以上。

7 摊铺机应采用自动找平方式，下面层或柔性基层宜采用钢丝绳引导的高程控制方式，中、表面层宜采用非接触式平衡梁控制方式。

6.4.6 高掺量胶粉沥青混合料的碾压应符合下列规定：

1 应采用紧跟碾压的方式，压路机在每遍碾压时应一直压至摊铺机熨平板的正后方。

2 混合料各阶段压实应遵循紧跟、慢压、均匀少水的原则，碾压速度应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中表 5.7.4 的规定

3 初压应保持较短的初压区长度，减少摊铺后路面热量损失。初压宜采用振动压路机进行压实，碾压遍数宜控制在 1 遍~2 遍。

4 复压紧跟初压进行，且不得随意停顿。复压应选择振动压路机和胶轮压路机组合碾压，碾压遍数宜控制在 4 遍~6 遍。复压过程中，碾压层厚较大时可选用低频率高振幅，碾压层厚较薄时应采用高频率低振幅。

5 钢轮压路机轮迹的重叠宽度应不小于 20cm ，胶轮压路机轮迹的重叠宽度应控制在 $1/3\sim 1/2$ 的碾压轮宽度。

6 终压采用钢轮压路机静压 1 遍~2 遍，至无明显轮迹为止。

7 当无法保证现场碾压温度或现场空隙率与压实度不满足规定时，应停止摊铺作业进行返工。

条文说明：

随着工厂化胶粉沥青加工工艺的成熟，目前国内主流生产的胶粉沥青的均匀性和稳定性得到了有效保证，最佳沥青用量得到了大幅降低，而胶轮的有效揉搓作用，使胶粉沥青混合料的密度性得到了有效保证，从而使胶轮压路机可以参与高掺量胶粉沥青混合料的压实。

6.4.7 接缝处理应符合下列规定：

- 1 纵向接缝应采用热接缝，并由一台压路机首先从接缝处进行跨缝碾压。
- 2 横向接缝的处理应符合下列要求：
 - 1) 接缝施工应用 6m 直尺确定横向接缝位置。
 - 2) 在混合料尚未冷却前，应刨齐边缘，留下毛茬，并涂刷胶粉沥青或粘层油。
 - 3) 按松铺厚度用热料与接缝处冷料结合，人工修正后，钢轮压路机碾压，用 6m 直尺检查新铺路面与原路面是否顺直。

6.4.8 高掺量胶粉沥青路面碾压结束后，应在 24h 后或路表温度低于 50℃ 后方可开放交通。

6.5 桥面沥青层铺装施工

6.5.1 桥面高掺量胶粉沥青层铺装施工应确保水泥混凝土完全干燥，不得在潮湿、低温条件下摊铺沥青混合料。桥面防水以及铺装施工中，应对防撞栏等结构物采取遮挡、覆盖等措施加以保护，以免溅上沥青受到污染。

6.5.2 桥面高掺量胶粉沥青层铺装施工中应紧跟碾压。

6.5.3 桥面铺装施工前的桥梁伸缩缝应用沥青混合料垫平并碾压密实，使摊铺机在该处平稳通过，确保平整度。

6.5.4 桥面高掺量胶粉沥青层铺装施工应符合下列规定：

- 1 用于桥面铺装的高掺量胶粉沥青混合料生产温度应取上限，以减少下层温度传导下降梯度过快的影响。
- 2 桥面铺装摊铺过程中应控制摊铺速度，摊铺速度宜为 2m/min~3m/min。
- 3 桥面铺装碾压过程中除符合路基段路面施工设备要求外，应增设 2 台 12t 以上振荡压路机参与碾压。

6.6 防水粘结层施工

6.6.1 胶粉沥青纤维防水粘结层的施工要求应符合下列规定：

- 1 胶粉沥青纤维防水粘结层的施工应采用专用洒布车，洒布车应能准确控制胶粉沥青、纤维和碎石等各种材料的洒布量，保证洒布均匀，并能根据路面宽度调节洒布的宽度。
- 2 胶粉沥青纤维防水黏结层施工采用“沥青-纤维-沥青-碎石”专用洒布车一次施工成型。
- 3 施工前对循环泵和每个喷嘴进行检查，要求循环泵能高速运转，每个喷嘴没有任何堵塞现象，以保证施工过程正常进行。
- 4 胶粉沥青的洒布温度不低于 190℃。
- 5 沥青洒布过程中，洒布车应保持匀速行驶。施工过程中应注意横向接头和纵向接头的处理，搭接宽度应为 10~20cm。对洒布不到位的地方，应进行人工补洒。
- 6 防水粘结层施工后，应及时进行沥青混合料摊铺。否则，应封闭交通。

6.6.2 双组份反应型树脂防水粘结层施工设备应符合下列要求：

- 1 应具备满足树脂 A、B 组份和胶粉沥青存储且能独立控温的存储罐。
- 2 A、B 组份反应混合系统宜严格控制材料计量比，保证反应型树脂的混合效果、反应程度和成型效果。喷洒系统应计量准确。
- 3 洒布系统宜缩短黏结料喷洒与集料撒布之间的时间间隔。
- 4 双组份反应型树脂防水粘结层洒布顺序应符合图 6.6.2 所示要求。

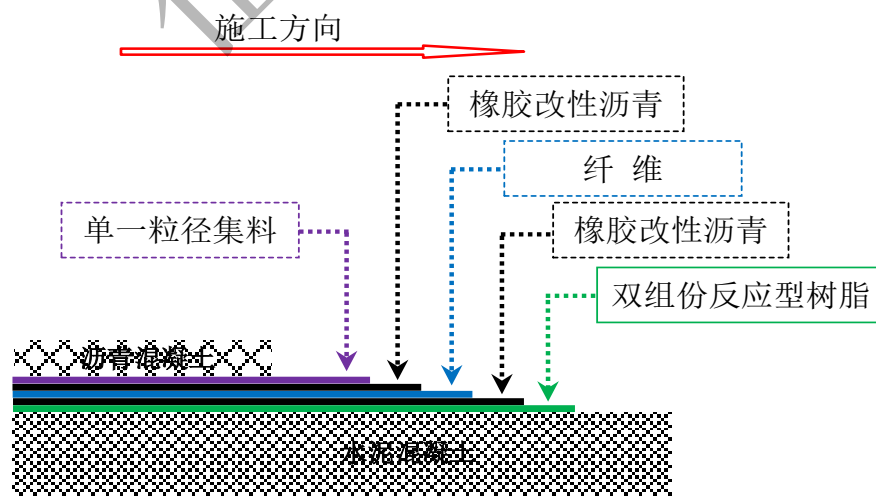


图 6.6.2 施工工艺示意图

条文说明：

双组分反应型树脂喷洒系统可采用喷洒自混和混合搅拌后喷洒，京德高速公路防水粘结层施工采用喷洒自混形式。

6.6.3 其他防水粘结层施工参照现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

6.7 透层、粘层施工

6.7.1 严禁在过湿或积水的路面上进行透层、粘层施工。

6.7.2 透层、粘层沥青宜采用沥青洒布车喷洒，并选择适宜的喷嘴，洒布速度和喷洒量保持稳定。喷洒不足的要补洒，喷洒过量处应予刮除。

6.7.3 喷洒后 72h，透层沥青渗透入基层的深度应不小于 5mm，并能与基层联结成为一体。

6.7.4 透层、粘层施工完毕后应及时进行沥青面层摊铺，在面层摊铺前应进行封闭养护，非施工车辆和无关人员不得进入已施工区域，并应合理安排沥青面层混凝土铺筑。

7 施工质量管理与检查验收

7.1 一般规定

7.1.1 半刚性基层和级配碎石基层施工质量管理与检查应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

7.1.2 高掺量橡胶沥青路面施工应根据全面质量管理的要求，建立健全有效的质量保证体系，对施工各个工序的质量进行检查评定，达到规定的质量标准，确保施工质量的稳定性。

7.2 施工质量管理与检查

7.2.1 施工前材料的质量管理与检查应满足下列要求：

1 沥青、集料、外加剂等材料，应对其采购、加工、运输、装卸、储存及现场管理的各个环节进行有效地管理与控制，建立原材料留样、送检及质量仲裁机制，原材料在采购前，应进行全套指标试验，检验结果符合本指南相关要求后，方可进货。

2 胶粉沥青材料检查的内容、频率应符合表 7.2.1 的要求，不符合要求的材料不得进场。

表 7.2.1 进场前高掺量胶粉沥青质量检查的项目、频度和试验方法

试验项目	检查频度	试验方法
针入度（25℃,100g,5s,0.1mm）	1 次/车	T 0604
软化点（环球法,℃）		T 0606
延度（5cm/min,5℃,cm）		T 0605
180℃运动粘度（Pa·s）		T 0625
离析，软化点差（℃）	1 次/2000t	T 0661
25℃弹性恢复（%）		T 0662
闪点（℃）		T 0611
5℃测力延度最大力/N		NB/SH/T 0814
PG 等级		T0627、T0628
Jnr3.2/kPa ⁻¹		附录 B

注：1.列表内容中“每车”指每一辆沥青运输车中沥青。

3 其他材料的检查项目和频度应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 要求。

7.2.2 沥青混合料生产过程中, 应按表 7.2.2 规定的检查项目与频度对各种原材料进行抽样试验, 其质量应符合本指南规定的技术要求。每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数除了按相关试验规程的规定执行外, 尚应以平均值评价是否合格。未列入表中的材料的检查项目和频度应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 要求。

表 7.2.2 施工过程中材料质量检查的项目和频度

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
高掺量胶粉沥青	针入度	随时	3
	软化点	随时	2
	延度	随时	3
	180℃运动粘度	随时	2
	离析, 软化点差 (°C)	必要时	2
	25℃弹性恢复 (%)	必要时	3
不粘轮乳 化沥青	蒸发残留物含量	随时	2
	蒸发残留物针入度	随时	3
	蒸发残留物延度	随时	3
	蒸发残留物软化点	随时	2
	贮存稳定性	必要时	2
反应型树脂单组份	有效含量	必要时	2
	粘度	必要时	2
双组份反应型树脂	凝胶时间	必要时	2
	拉伸强度	必要时	2
	与混凝土的黏结强度	随时	2

注: “随时”是指需要经常检查的项目, 其检查频度可根据质量波动情况由业主或监理单位确定; “必要时”是指施工各方任一部门对齐质量发生怀疑, 提出需要检查时, 或根据需要商定的检查频度。

7.2.3 沥青拌和厂应按下列步骤对沥青混合料生产过程进行质量控制，并按表 7.2.3 规定的项目和频度检查沥青混合料产品的质量，如实计算产品的合格率。单点检验评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验的要求。未列入表中的混合料的检查项目和频度应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）要求。

表 7.2.3 施工过程中沥青混合料的检查频度和质量要求

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(筛孔)与标准级配比较的差	0.075mm	逐盘在线检测	±2%	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±3%	
	≥4.75mm		±4%	
	0.075mm	逐盘检查，每天汇总 1 次取平均值评定	±1%	JTG F40 附录 G 总量检验
	≤2.36mm		±2%	
	≥4.75mm		±2%	
	0.075mm	每台拌和机每天 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定	±2%	抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36mm		±3%	
	≥4.75mm		±4%	
沥青用量(油石比)		逐盘在线监测	±0.2%	计算机采集数据计算
		逐盘检查，每天汇总 1 次取平均值评定	±0.1%	JTG F40 附录 F 总量检验
		每日每机上、下午各 1 次，以 2 个试样的平均值评定	±0.2%	抽提 T 0722、T 0735
马歇尔试验：空隙率、稳定度、残留稳定度		每日每机上、下午各 1 次	符合设计、指南要求	T 0702、T 0709
冻融劈裂、车辙试验 60℃、相对变形值		每 10000t 测 1 次	符合设计、指南要求	T 0719、T 0729
车辙试验 70℃、动态模量（20℃，10Hz）、低温弯曲破坏应变、疲劳寿命（15℃，10Hz，400με）、单轴贯入强度（60℃）		每 20000t 测 1 次	符合设计、指南要求	T 0719、T 0739、T 0715、T 0738、JTG D50 附录 F

7.2.4 透层、粘层、防水粘结层、桥面防水粘结层喷洒质量检查项目及检验标准应符合表 7.2.4。

表 7.2.4 透层、粘层、防水粘结层、桥面防水粘结层检验标准

项目		检查频度	规定值或允许偏差	试验方法
乳化沥青透层	透层沥青用量 (L/m^2)	每次三处	± 0.1	JTG F40 附录 F 总量检验
	渗透深度 (mm)	每 5000 平方米为一组, 每组 3 个芯样	≥ 5	T0984
粘层	粘层油用量 (L/m^2)	每次三处	± 0.1	JTG F40 附录 F 总量检验
防水粘结层	胶粉沥青用量 (kg/m^2)	1 次/工作日	$\pm 5\%$	JTG F40 附录 F 总量检验
	纤维用量 (g/m^2)	1 次/工作日	± 5	JTG F40 附录 F 总量检验
桥面防水粘结层	双组份反应型树脂用量 (kg/m^2)	每次三处	± 0.1	JTG F40 附录 F 总量检验
	胶粉沥青用量 (kg/m^2)	1 次/工作日	$\pm 5\%$	JTG F40 附录 F 总量检验
	纤维用量 (g/m^2)	1 次/工作日	± 5	JTG F40 附录 F 总量检验

7.2.5 沥青路面铺筑过程中应对铺筑质量进行评定, 质量检查的内容、频度、允许差应符合表 7.2.5 的规定。未列入表中的检查项目和频度应符合国家及行业相关规范规定。

表 7.2.5 高掺量胶粉沥青长寿路面施工过程中工程质量的控制标准

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
施工温度	摊铺温度	逐车检测评定	符合本指南要求	T 0981
	碾压温度	随时	符合本指南要求	插入式温度计实测
压实度		每 2000 m^2 检查 1 组逐个试件评定并计算平均值	表面层、抗疲劳层实验室标准密度的 98% 最大理论密度的 94%, 中下面层实验室标准密度的 97% 最大理论密度的 93%	T 0924、T 0922 JTG F40 附录 E
平整度(标准差)		表面层连续测定	1.0 mm	T 0932
		中面层连续测定	1.2 mm	
		下面层连续测定	1.5 mm	
渗水系数 ml/min 不大于		每 1km 不少于 5 点, 每点 3 处取平均值, 计算合格率不得小于 90%	表面层 80ml/min	T 0971
			中面层 120ml/min	
			下面层 200ml/min	

7.3 交工阶段质量检查与验收

7.3.1 交工验收阶段的工程质量检查与验收应符合现行《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）的相关规定。

征求意见稿

附录 A 高掺量胶粉沥青加工工艺及质量控制

A.1 活化胶粉加工工艺及质量控制

A.1.1 活化胶粉加工设备应具备准确计量、拌和时间及温度的功能。

A.1.2 活化胶粉加工工艺

1 胶粉准备

禁止使用不合格的路用橡胶粉进行活化处理，其中胶粉含水率应小于 1%，铁含量小于 0.03%。同时，避免因陈放而出现结团，若有则应先分散再活化。

2 活化工艺准备

胶粉活化应使用专用设备，并根据橡胶沥青生产罐每罐所需胶粉量，将胶粉、分散剂、活化剂等按设计比例要求，依次通过上料系统或专用通道加入胶粉专用活化设备。

3 分散剂和活化剂

分散剂主要用于提高胶粉在活化时的分散性和在沥青中溶解度。主要技术要求为：①固体分散剂的 200 目筛余物不大于 5%；②液态分散剂的闪点不低于 200℃。

活化剂主要用于改善胶粉在活化过程中的活化效果或活化效率。主要技术要求为：有效物含量不小于 10%。

4 活化胶粉生产

按调试好的胶粉活化工艺流程及参数，启动专用设备进行活化处理，以胶粉活化温度为主要控制参数，并结合胶粉沥青产品性能及其配方的要求，将胶粉活化至 180~210℃之间，活化时间一般为 30~60min，制备得到活化胶粉。

A.1.3 活化胶粉质量应符合表 4.2.2-1、表 4.2.2-2 要求。

A.2 高掺量胶粉沥青加工工艺及质量控制

A.2.1 高掺量胶粉沥青的加工设备应具备搅拌、计量和温控等功能。

A.2.2 高掺量胶粉沥青的加工工艺

1 基质沥青（或混沥青）加热至不低于 160℃，加入改性剂和活化橡胶粉等原材料，在生产罐内进行胶粉沥青的反应改性过程；

- 2 胶粉沥青反应改性后温度不低于 180°C ，加入稳定剂后搅拌 2~10min 经高频一剪均化系统处理后，转入胶粉沥青周转罐；
- 3 周转罐内胶粉沥青经高频二剪均化系统处理后，制得成品胶粉沥青。
- 4 胶粉沥青质量监控。

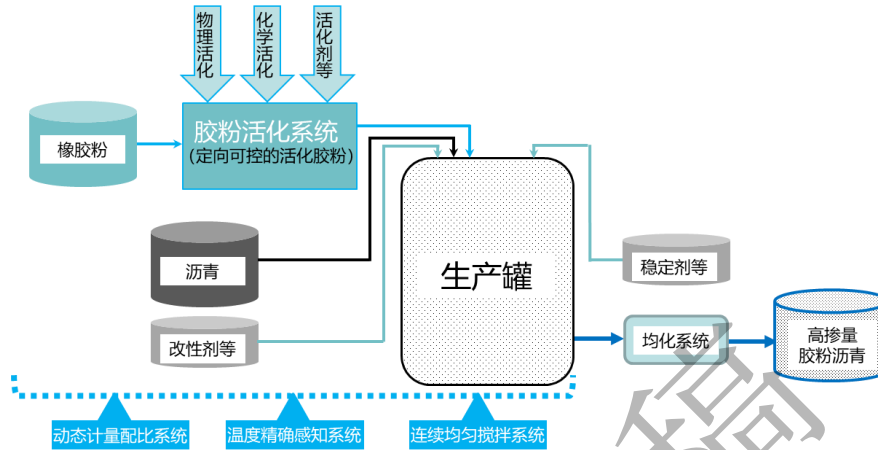


图 A.2.2-1 高掺量胶粉沥青的生产工艺流程图

A.2.3 高掺量胶粉沥青质量应符合表 4.2.3-1 要求。

条文说明：

在雄安新区对外骨干路网高速中应用的高掺量胶粉沥青做到了订单化管理，工厂生产与施工现场需求匹配，能做到随用随供，沥青存放时间一般不超过 48 小时。施工结束后对沥青罐清洗，罐底未见有胶粉沉淀，说明高掺量胶粉沥青胶粉与沥青融合均匀，不易离析。胶粉活化是提高胶粉掺量且保证橡胶沥青质量的重要步骤。

附录 B 不可恢复蠕变柔量测试方法

B.1 实验准备

- 1 按照 JTG E20 中 T 0610 的方法制备胶粉沥青老化试样。
- 2 加热胶粉沥青至足够流动状态，加热温度不超过 163℃。
- 3 将试验板固定于试验机上，对试验板表面进行清洁，安装沥青试件。
- 4 将试验板间隙调整为 1mm。

B.2 实验过程

- 1 将试件温度升至根据沥青 PG 高温等级确定的试验温度，恒温应不少于 10min。
- 2 在应力控制方式进行重复蠕变加载试验。
- 3 试验采用重复加载的方式，在应力水平 3.2kPa 条件下，记录数据。记录的数据用于计算不可恢复蠕变柔量。
- 4 每个循环的加载过程为，在恒定应力下加载 1s，随后在零应力下恢复 9s。
- 5 每个循环的数据记录过程为，在恒定应力加载阶段，应力和应变应每 0.1s 记录一次，在零应力恢复阶段，应力和应变应至少每 0.45s 记录一次。

B.3 数据处理

不可恢复蠕变柔量按式计算：

$$J_{nr3.2} = (\epsilon_r - \epsilon_0) / 3.2$$

式中： ϵ_0 —每个循环蠕变部分开始时的初始应变值， ϵ_r —每个周期恢复部分结束时的应变值。

附录 C 胶粉沥青 PG 等级分析表

表 C.1 路用性能分级表

沥青使用性能等级	PG64						PG70						PG76						PG82						PG88					
	-1 0	-1 6	-2 2	-2 8	-3 4	-4 0	-1 0	-1 6	-2 2	-2 8	-3 4	-4 0	-1 0	-1 6	-2 2	-2 8	-3 4	-4 0	-1 0	-1 6	-2 2	-2 8	-3 4	-4 0	-1 0	-1 6	-2 2	-2 8	-3 4	-4 0
平均 7 天最高路面设计温度, °C	<64						<70						<76						<82						<88					
最低路面设计温度, °C	>-1 0	>-1 6	>-2 2	>-2 8	>-3 4	>-4 0	>-1 0	>-1 6	>-2 2	>-2 8	>-3 4	>-4 0	>-1 0	>-1 6	>-2 2	>-2 8	>-3 4	>-4 0	>-1 0	>-1 6	>-2 2	>-2 8	>-3 4	>-4 0	>-1 0	>-1 6	>-2 2	>-2 8	>-3 4	>-4 0
原样沥青																														
闪点 (COC, ASTM D92), min°C	230																													
粘度 ASTM 4402 max, 3Pa·s 实验温度, °C	135																													
动态剪切, (TP5), G*/sin δ , min, 1kpa, 实验温	64						70						76						82						88					

度 @10rad/s ℃																														
RTFOT 残留沥青																														
质量损失, max %	1.0																													
动态剪切, (TP5), G*/sin δ,min,2. 2kpa,实验 温度 @10rad/s ℃	64						70						76						82						88					
PAV 残留沥青																														
PAV 老化温 度,℃	100						110						110						110						110					
动态剪切, (TP5), G*/sin δ,min,2. 2kpa,实验 温度 @10rad/s ℃	31	28	25	22	19	16	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	22	40	37	34	31	28	25	43	40	37	34	31	28

附录 D 粘轮率测试方法

D.1 适用范围

本方法适用于乳化沥青的粘轮率测试。

D.2 测试方法

D.2.1 试验设备及样品应满足如下要求：

- 1 粘轮测试仪：由钢滚筒、橡胶圈和铝座组成，滚筒质量 5386g，橡胶圈宽度 0.8cm，橡胶圈外径 10.5cm，铝座斜率：1:6；
- 2 烘箱：能够在指定温度恒温 8 h 的保温烘箱；
- 3 车辙板：长 300 mm、宽 150 mm、厚度 50mm 的 ARHM-20 沥青混合料车辙板。

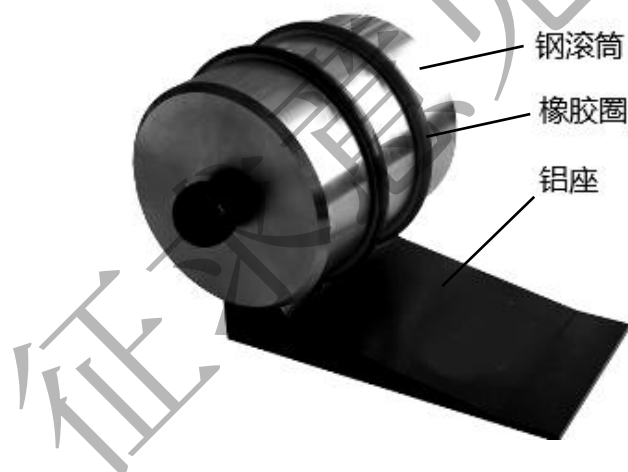


图 D.2.1 粘轮测试仪示意图

D.2.2 试验步骤应符合如下规定：

- 1 将车辙板清洗干净，乳化沥青均匀涂布于沥青混凝土板上，涂布量为 $0.4 \pm 0.1 \text{ L/m}^2$ ；
- 2 将制作好的乳化沥青样品板放在 60°C 的烘箱中静置 6 小时进行养生，直至改性乳化沥青完全破乳；
- 3 试件养生结束后，将试件置于试验温度烘箱内保温 5 小时，烘箱温度控制在试验温度 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 以内。
- 4 将粘轮测试仪上的两个橡胶圈擦拭干净，确保橡胶圈洁净；

5 将附着改性乳化沥青的沥青混凝土板放在斜坡上，双手持粘轮测定仪（室温）从坡道上匀速碾过改性乳化沥青膜，测量粘轮测试仪橡胶圈改性乳化沥青残留长度及粘轮测试仪橡胶圈滚过不粘轮界面长度，计算粘轮率。

6 粘轮率按式计算：

$$\delta=c/L\times 100\%$$

式中： δ —粘轮率， c —乳化沥青残留长度，cm， L —粘轮测试仪橡胶圈滚过不粘轮界面长度，cm。

征求意见稿

附录 E 高掺量胶粉沥青混合料矿料级配设计方法

E.1 一般规定

E.1.1 本设计方法适用于不同层位所需混合料类型矿料级配的构建。

E.1.2 本设计方法采用体积设计法，通过逐级填充理论和干涉理论的综合运用，实现高掺量胶粉沥青混合料矿料级配的设计。

E.2 粗集料骨架结构构成

E.2.1 根据混合料的使用需求，应确定四个控制要素构建骨架密实级配，控制要素分别为：

- 1 粗、细集料划分的关键筛孔分界点。
- 2 初选高掺量胶粉沥青用量。
- 3 设计的目标空隙率。
- 4 确定的矿粉用量。

E.2.2 按表 E.2.2 确定粗、细集料划分的关键筛孔分界点。

表 E.2.2 不同公称最大粒径混合料的关键筛孔分界点

公称最大粒径 (mm)	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5
关键筛孔分界点 (mm)	9.5	4.75	4.75	4.75	4.75	2.36

条文说明：

粗、细集料划分的关键筛孔分界点借鉴贝雷法的思路，利用平面圆模型中 0.20、0.24 和 0.29 三个，取其平均值来确定沥青混合料粗、细集料分界。举例来说，20 型和 30 型混合料粗、细集料分界点计算如下：

$$PCS_{30} \text{ 型} = (0.20 \times 31.5 + 0.24 \times 31.5 + 0.29 \times 31.5) / 3 = 7.665;$$

$$PCS_{13} \text{ 型} = (0.20 \times 19 + 0.24 \times 19 + 0.29 \times 19) / 3 = 4.623。$$

根据相近原则，参照实际应用中筛孔尺寸的大小，确定 30 型混合料粗、细集料分界点为 9.5mm 筛孔，确定 20 型混合料粗、细集料分界点为 4.75mm 筛孔。

需要说明的是，采用上述方法计算 13 型混合料粗、细集料分界点为 3.212，

根据相近原则，所确定的 13 型混合料粗、细集料分界点应为 2.36mm 筛孔，当实际生产中很难控制。另外，SMA-13 往往采用 4.75mm 筛孔作为粗、细集料的分界点，故 13 型混合料粗、细集料分界点也采用 4.75mm 筛孔。

E.2.3 根据表 E.2.3 按混合料的公称最大粒径取相应的最小结合料用量作为初选的结合料用量。

表 E.2.3 沥青用量与不同公称最大粒径的关系

公称最大粒径 (mm)	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5
最小沥青用量 (%)	3.8	4.3	4.6	4.8	5.2	5.7
最小油石比 (%)	4.0	4.5	4.8	5.0	5.5	6.0

条文说明：

工程实践表明，对于高掺量胶粉沥青而言，混合料的最佳沥青用量与矿料的合成毛体积相对密度关系不大，和混合料的公称最大粒径关系明显，因此，为了更具有指导意义，制定上表以供矿料级配设计中的选取。

E.2.4 目标空隙率应在 3%~4%之间选择，一般可选设计空隙率 3.5%。

条文说明：

高掺量胶粉沥青不同于常规现场湿法的橡胶沥青，其均匀性和储存稳定性得到了大幅提高，在选择目标空隙率时，应根据集料的致密程度选择，吸水率较小时可取上述区间的下限区域，吸水率较大时可选择上述区间的上限区域。

E.2.5 根据表 E.2.5 按混合料的公称最大粒径取相应的最小矿粉用量作为确定的矿粉用量。

表 E.2.5 矿粉用量与不同公称最大粒径的关系

公称最大粒径 (mm)	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5
最小矿粉用量 (%)	4	4	5	6	7	8

条文说明：

大量工程实践表明，表 5.2.1 中细集料的级配区间融合了 AC 类和 SMA 类细集料级配特征，通过适当增加细集料用量和矿粉用量很大程度上解决了施工和易性和离析问题。因此，在高掺量胶粉沥青矿料级配构建过程中，参照上述 0.075mm 通过率级配中值特征，提出最小矿粉用量要求。

E.3 粗集料级配设计

E.3.1 按照现行《公路工程集料试验规程》（JTG E42）中 T 0309 试验方法进行各档规格粗集料骨架间隙率的测试，并按以下要求进行。

1 按照逐级填充从大到小进行不同掺配比例的各档规格粗集料骨架间隙率的测试。

2 逐级试验的规格料掺配比例宜按 10:0、9:1、8:2……0:10 的组合方式进行。

3 以粗集料骨架间隙率最小时的掺配比例作为逐级试验的规格料合理掺配比例。

E.3.2 以最后一级确定的最小粗集料骨架间隙率作为粗集料所形成的主骨架空隙率 VCA。

条文说明：

采用逐级填充理论进行粗集料不同规格粗集料骨架间隙率的测试很大程度上结合原材料的料形特征、强度特点，更具有针对性和指导意义。

E.4 细集料级配设计

E.4.1 根据细集料的使用需求，应确定三个控制点控制细集料级配，控制点分别为：

1 细集料应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中的

相关要求，且 2.36mm 筛孔通过率越高越好。

2 0.6mm 筛孔通过率宜控制在 40%~60%之间。

3 0.075mm 筛孔通过率宜控制在 10%左右。

条文说明：

由于细集料基本上不会和其他集料发生干涉作用，其级配好坏直接影响混合料性能，且骨架密实结构所需细集料用量较少，因此，合理控制其级配组成有利于混合料性能的稳定。

E.5 矿料合成级配

E.5.1 粗、细集料掺配比例应按下列式计算：

$$\begin{cases} q_c + q_f + q_p = 100 \\ \frac{q_f}{\rho_f} + \frac{q_p}{\rho_p} + \frac{q_a}{\rho_a} = \frac{q_c}{100\rho} (VCA - V_a) \end{cases} \quad (\text{E.5.1-1})$$

式中： q_c 、 q_f ——分别为粗集料、细集料的质量百分数；

q_a ——沥青的质量百分数，从表 E.2.3 中选取；

q_p ——矿粉的质量百分数，从表 E.2.5 中选取；

ρ_f 、 ρ_p ——分别为细集料、矿粉的表观密度；

ρ_a ——沥青的密度；

VCA——粗集料所形成的主骨架空隙率；

ρ ——粗集料干捣实密度；

V_a ——沥青混合料设计空隙率。

E.5.2 根据各档料的掺量比例和级配曲线，确定高掺量胶粉沥青混合料的矿料级配。

条文说明：

根据固定的参数和测定的参数，方程组 (E.5.1-1) 只有两个未知变量，方程组只有唯一解。

上述设计流程一方面考虑了矿料的资源特性和加工特性，同时，依据经验初定的沥青用量很大程度上保证了级配设计的可靠性和便捷性，同时，矿

料级配设计兼顾了胶结料对其体积参数的影响，因此对实际工程应用具有一定的指导意义。

征求意见稿

附录 F 高掺量胶粉沥青混合料最佳沥青用量确定方法

F.1 目的和适用范围

高掺量胶粉沥青混合料最佳沥青用量确定方法是平衡各项体积和力学指标要求的沥青用量，用于衡量高掺量胶粉沥青与所选级配的相互匹配能力，用于配合比设计和施工生产中的控制方法。

F.2 马歇尔试验

F.2.1 马歇尔试验技术标准按本指南表 5.3.1 的规定执行。

F.2.2 根据当地的实践经验或类似工程的结合料用量选择适宜的预估用量，以预估的结合料用量为中值，按 0.4%或 0.5%的间隔，取 5 个不同的结合料用量制作 5 组马歇尔试件，每组有效试件数量不宜少于 6 个。

F.2.3 制作马歇尔试件的工艺参数可按表 F.2.3 确定。

表 F.2.3 高掺量胶粉沥青混合料的生产温度 (°C)

类型	矿料加热温度	沥青加热温度	拌锅加热温度	试模加热温度	拌和温度	击实温度
控制要求	180~190	175~185	180~190	150~160	175~185	170~180

注：制作马歇尔试件时拌和时间 3min。

F.2.4 应按符合现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)的规定测定不同油石比混合料的最大理论相对密度和马歇尔试件的毛体积相对密度。

F.2.5 应按照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)测定并计算各组马歇尔试件的空隙率、矿料间隙率、有效沥青饱和度、粗集料骨架间隙率。

F.3 确定最佳沥青用量

F.3.1 按图 F.3.1 的方法，以油石比或沥青用量为横坐标，以马歇尔试验的各项技术指标为纵坐标，将试验结果点入图中，连成圆滑的曲线，确定均符合本指南规定的沥青混合料技术标准的沥青用量范围 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 。选择的沥青用量应涵盖设计空隙率的全部范围，并尽可能涵盖沥青饱和度的要求范围。如果没有涵盖设计空隙率的全部范围，试验应扩大沥青用量范围重新进行。

F.3.2 根据图 F.3.1 绘制的关系曲线，对矿料间隙率和粗集料骨架间隙率采用二次曲线模型拟合，得到二次曲线模型的最小值对应的沥青用量计作 a_1 和 a_2 。按式 F.3.2.1 取平均值作为 OAC1。

F.3.3 以设计空隙率作为目标空隙率，在图 F.3.1 的空隙率图表上找到相应的沥青用量作为 OAC2。

F.3.4 取 OAC1 和 OAC2 的中值作为计算的最佳沥青用量 OAC。

F.3.5 以空隙率和沥青饱和度指标均符合本指南表 5.3.1 中的技术标准的沥青用量范围 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 作为生产中沥青用量控制范围。

F.3.6 检查与最佳沥青用量相应的各项指标是否均符合本指南表 5.3.1 中的规定。

条文说明：

大量配合比设计和工程实践表明，高掺量胶粉沥青混合料确定沥青用量过程中，毛体积相对密度、稳定度经常不出现峰值现象（最大值出现在曲线的两端），因此，再按常规设计方法取值降低了确定最佳沥青用量的效率；同时，按已有指南直接以目标空隙率确定最佳油石比有一定的局限性（未考虑矿料的影响）。基于此，对规范确定的最佳沥青用量流程做了以下改进和完善。

1 矿料间隙率和粗集料骨架间隙率为下凹型曲线，符合二次曲线的特征，且相关性能达到 0.95 以上，此时其最小值反映了混合料最紧密状态时的沥青用量。以设计空隙率所在的沥青用量作为功能考虑（高、低温要求）的重要依据，两者联合确定保证混合料性能的均衡性和施工的可控性。

2 空隙率和沥青饱和度指标应为单调递减曲线，以两者的技术标准要求确定的沥青控制范围，为高掺量胶粉沥青混合料的生产提供参考和依据。

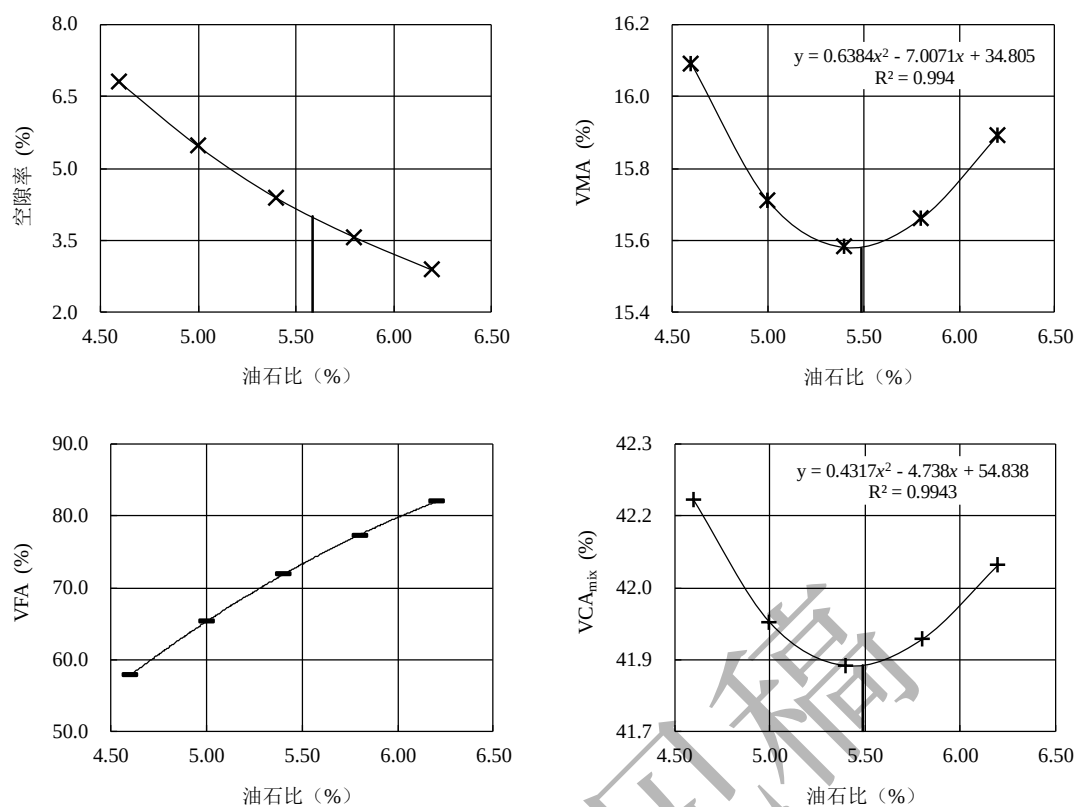


图 F.3.1 马歇尔试验结果示例

注: 图中 $a_1=5.4880\%$, $a_2=5.4876\%$, $OAC_1=5.4878\%$ (由 2 个平均值确定), $OAC_2=5.5854\%$, $OAC=5.54\%$; $OAC_{min}=5.29\%$, $OAC_{max}=6.12\%$ 。

本指南用词用语说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，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词，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用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业有关标准的规定”；
- 2) 在标准条文及其他规定中，引用的标准为国家和行业标准时，表述为“应符合《xxxxxx》(xxx)的有关规定”；
- 3) 引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规程第 x 章的有关规定”、“应符合本规程第 x.x 节的有关规定”、“应符合本规程第 x.x.x 条的有关规定”或“应按本规程第 x.x.x 条的有关规定执行”。