

公路沥青路面设计与施工技术规范

Technical Specifications for Design and Construction of Highway Asphalt Pavement

2025 - 02 - 28 发布

2025 - 04 - 01 实施

目 次

前 言	3
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	3
5 基本规定	3
5.1 原则要求	3
5.2 路面设计要求	3
5.3 路基设计要求	4
6 路面结构组合设计	4
6.1 一般规定	4
6.2 半刚性基层沥青路面结构	4
6.3 柔性基层沥青路面结构	5
7 基层和底基层设计	6
7.1 水泥稳定碎石基层、底基层	6
7.2 级配碎石基层、底基层	7
7.3 沥青稳定碎石基层	7
7.4 沥青路面冷再生材料基层	7
8 沥青面层设计	7
8.1 设计要求	7
8.2 设计指标	7
9 透层、黏层和下封层设计	8
9.1 透层	8
9.2 黏层	8
9.3 下封层	8
9.4 防水黏结层	9
10 特殊路段沥青路面铺装设计	9
10.1 旧水泥混凝土路面加铺沥青路面	9
10.2 桥面沥青层铺装	9
10.3 隧道沥青路面铺装	9
10.4 长大纵坡路段沥青路面铺装	10
11 级配碎石层施工	10
11.1 一般规定	10
11.2 材料要求	10

11.3	混合料组成设计	11
11.4	施工技术要求	12
11.5	施工质量管理及检查验收	13
12	水泥稳定碎石层施工	13
12.1	一般规定	13
12.2	材料要求	14
12.3	混合料组成设计	14
12.4	施工技术要求	15
12.5	施工质量管理及检查验收	18
13	透层施工	20
13.1	一般规定	20
13.2	材料要求	20
13.3	施工技术要求	22
13.4	施工质量管理及检查验收	22
14	黏层施工	23
14.1	一般规定	23
14.2	材料要求	23
14.3	施工技术要求	24
14.4	施工质量管理及检查验收	24
15	下封层施工	25
15.1	一般规定	25
15.2	热沥青碎石下封层材料要求	25
15.3	热沥青碎石下封层施工技术要求	27
15.4	施工质量管理及检查验收	28
16	热拌沥青混合料层施工	29
16.1	一般规定	29
16.2	材料要求	30
16.3	混合料组成设计	36
16.4	施工技术要求	41
16.5	施工质量管理及过程控制	45
17	特殊路段沥青路面施工	48
17.1	旧水泥混凝土路面加铺沥青路面	48
17.2	水泥混凝土桥沥青层铺装	48
17.3	隧道沥青路面铺装	49
17.4	长大纵坡路段沥青路面铺筑	49
	附录 A 条文说明	50

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由海南省交通运输厅提出并归口。

本文件主要起草单位：海南省路桥投资建设集团有限公司、招商局重庆交通科研设计院有限公司。

本文件参加起草单位：海南省交通规划勘察设计研究院、海南省交通工程质量监督管理局、海南路桥工程有限公司、海南公路建设项目管理有限公司。

本文件主要起草人：陈志翔、吴岳伟、李菁若、张东长、郭春武、王家伟、阳振中、吕奋、陈子杰、王火明、曾毅、吉红燕、陈小莉、邓韦桐、刘瑞全、李利、易鑫、梁华平、韩旺、谭巍、王小军、贺平、徐周聪、周德邱、吴树优、陈飞、马晓谦、黄国雄、辛顺超、王全磊、黄智、杨志华、单楠。

公路沥青路面设计与施工技术规范

1 范围

本文件确立了公路沥青路面设计与施工的总体原则，规定了公路沥青路面的结构组合、基层和底基层、沥青面层、透层、黏层、下封层、特殊路段沥青路面铺装等设计要求，以及级配碎石层、水泥稳定碎石层、透层、黏层、下封层、热拌沥青混合料层、特殊路段沥青路面铺装等施工要求。

本文件适用于海南省各等级公路沥青路面新建、改扩建及养护工程的设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件，不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 35162 道路基层用缓凝硅酸盐水泥
- JT/T 533 沥青路面用纤维
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG/T D33 公路排水设计规范
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- JTG 5110 公路养护技术标准
- JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范
- JTG 5421 公路沥青路面养护设计规范
- JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范

3 术语和定义

JTG D50、JTG F40以及JTG/T F20界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沥青路面 asphalt pavement
铺筑沥青面层的路面。

3.2

沥青面层 asphalt course
铺筑于基层之上的沥青结构层，可按不同的空间或功能进行层位细分，可分为表面层、中面层和下面层。

3.3

表面层 surface course
位于沥青面层的表面，承担抗滑、抗磨损功能的结构层。

3.4

基层 base course
直接位于沥青路面面层下的主要承重层。

3.5

底基层 subbase
在沥青路面基层下铺筑的次要承重层。

3.6

透层 prime coat
用于非沥青类材料层上，能透入表面一定深度，增强非沥青类材料层与沥青混合料层整体性的功能层。

3.7

黏层 tack coat
路面结构中起黏结作用的功能层。

3.8

封层 seal coat
路面结构中用以阻止水下渗的功能层。

3.9

下封层 under-sealed layer
采用专用封层洒（撒）布设备将符合技术要求的胶结料与碎石同步或异步铺洒在基层上，通过轮胎压路机压实而形成的单层沥青碎石层。

3.10

防水黏结层 waterproof and bonding layer

为防止雨水下渗造成路面破坏，以及提高特殊路段的沥青路面铺装层与下承层之间的黏结强度而设的材料层。

4 符号和缩略语

4.1 符号

JTG F40界定的以及下列符号适用于本文件。

CBR: 加州承载比

FWD: 落锤式弯沉仪

SFC: 横向力系数

TD: 构造深度

4.2 缩略语

JTG F40界定的以及下列缩略语适用于本文件。

AC-C: 密级配粗型沥青混凝土混合料 Coarse Dense-graded Asphalt Mixtures

AC-F: 密级配细型沥青混凝土混合料 Fine Dense-graded Asphalt Mixtures

ARHM: 橡胶沥青混合料 Asphalt Rubber Hot Mixtures

LSPM: 大粒径透水性沥青混合料 Large Stone Porous Asphalt Mixtures

PAC: 排水沥青混凝土混合料 Porous Asphalt Concrete

Sup: Superpave沥青混合料的简写，即采用Superpave设计方法设计的沥青混合料

5 基本规定

5.1 原则要求

5.1.1 沥青路面设计应遵循因地制宜、合理选材、节约资源、绿色环保的原则，并符合以下规定：

- a) 加强现场调查、资料收集和参数分析；
- b) 关注技术发展趋势，选择安全可靠、经济合理、工艺成熟的路面结构方案；
- c) 结合当地条件和工程经验，积极稳妥地选用新技术、新结构、新材料和新工艺；
- d) 应符合国家环境保护的有关规定，推进材料再生利用、重视废弃料处理。

5.1.2 沥青路面施工应遵循安全优质、以人为本、生态环保、资源节约的原则，并符合以下规定：

- a) 应符合国家环境和生态保护的有关规定，注重节约用地，降低能耗和材料消耗，保护环境；
- b) 应编制沥青路面施工组织设计方案；
- c) 应落实路基“全断面交验”，推行路面“零污染”施工理念，防止路面层间污染；
- d) 应具备良好的劳动保护措施，确保施工人员的安全和职业卫生健康；
- e) 实验室应通过认证，具有相应资质，试验人员应持证上岗，仪器设备必须检校合格。

5.1.3 海南省公路沥青路面设计与施工除应符合本规范的规定外，尚应符合现行国家和行业有关标准、规范的规定。

5.2 路面设计要求

5.2.1 路面结构所承受的交通荷载应按表 1 的规定进行分级。

表1 设计交通荷载等级

设计交通荷载等级	极重	特重	重	中等	轻
设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量 ($\times 10^6$, 辆)	≥ 50.0	50.0~19.0	19.0~8.0	8.0~4.0	< 4.0
注1: 大型客车和货车为JTG D50附录A中表A.1.2所列的2类~11类车。 注2: 极重交通荷载等级是考虑到集装箱运输公路及运煤、矿石、建筑材料公路等货运通道在轴载、交通组成等方面的特殊性而增添的交通荷载等级。					

5.2.2 新建沥青路面结构设计使用年限不应低于表2的规定,应根据公路等级、经济、交通荷载等级等因素综合确定。改建路面结构设计可根据工程实际情况选取适宜的设计使用年限。

表2 路面结构设计使用年限

公路等级	设计使用年限 (年)	公路等级	设计使用年限 (年)
高速公路、一级公路	15	三级公路	10
二级公路	12	四级公路	8

5.2.3 沥青路面结构设计时应融合全寿命周期成本理念与长寿命理念。

5.2.4 路面综合排水设计应遵循“防排结合,综合施策”的原则,确保防得住,排得出。

5.3 路基设计要求

5.3.1 路基必须密实、均匀、稳定。填方路基的填料选择、路床的压实度以及填方路堤的基底处理,挖方路基及填挖交界处理均应符合现行 JTG D30 的规定。

5.3.2 必须采取防止地面水和地下水浸入路面、路基的措施,并做好路基排水,保持路基处于干燥或中湿状态。

5.3.3 路基顶面回弹模量应符合表3的规定。

表3 路基顶面回弹模量要求

交通荷载等级	极重	特重	重	中等、轻
回弹模量 (MPa)	≥ 90	≥ 90	≥ 60	≥ 40
注: 表中路基顶面回弹模量是指平衡湿度状态下并考虑干湿与冻融循环作用后的顶面回弹模量,当用于施工过程检验与控制时应根据湿度调整系数和干湿与冻融循环折减系数进行调整计算。				

5.3.4 对重及以上交通荷载等级公路,路基上路床范围内严禁直接采用素土填筑。

5.3.5 路基顶面弯沉应采用落锤式弯沉仪 (FWD) 检测,当采用贝克曼梁检测时应与 FWD 检测对比验证。

6 路面结构组合设计

6.1 一般规定

6.1.1 路面结构可由沥青面层、基层、底基层和必要的功能层组合而成。沥青面层采用不同材料分层铺筑时,可分为表面层、中面层和下面层。

6.1.2 应根据交通荷载等级和路基状况等因素,结合路面材料特性和结构特性,选择路面结构类型。

6.2 半刚性基层沥青路面结构

- 6.2.1 无机结合料稳定类基层沥青路面适用于各种交通荷载等级。
- 6.2.2 无机结合料稳定类基层沥青路面结构组合应符合表4的要求。

表4 无机结合料稳定类基层沥青路面结构组合要求

结构层位		材料类型	建议厚度 (mm)
面层	表面层	沥青玛蹄脂碎石混合料、密级配沥青混凝土混合料	30~50
	中面层	密级配沥青混凝土混合料	60~100
	下面层	密级配沥青混凝土混合料	60~120
基层	上基层	水泥稳定碎石材料	160~240
	下基层	水泥稳定碎石材料	160~240
	底基层	级配碎石或低剂量水泥稳定碎石材料	150~200
路基	路基	路基顶面回弹模量应符合本规范表3的规定	
<p>注1: 对重及以上交通荷载等级的路段, 沥青面层可设置为表面层、中面层和下面层3层; 对低公路等级或中等交通荷载等级的路段, 沥青面层可设置为表面层和下面层2层。</p> <p>注2: 沥青面层厚度组合可根据交通荷载等级选用4cm+6cm+8cm、4cm+6cm+6cm、4cm+8cm、4cm+6cm等组合。</p> <p>注3: 基层一般设置为上基层、下基层和底基层3层; 对低公路等级或中等交通荷载等级的路段, 基层可设置为上基层和底基层2层。</p> <p>注4: 不同路段以及同一路段不同交通方向的路面结构组合可进行差异化设计。</p>			

- 6.2.3 无机结合料稳定类基层沥青路面应采取措施控制水损害。
- 6.2.4 无机结合料稳定类基层沥青路面可采用下列一种或多种措施减少基层收缩开裂和路面反射裂缝:
- 选用抗裂性好的无机结合料稳定类基层;
 - 增加沥青混合料层厚度, 或在无机结合料稳定类基层上设置沥青碎石层或级配碎石层;
 - 在无机结合料稳定类基层上设置改性沥青应力吸收层。

6.3 柔性基层沥青路面结构

- 6.3.1 沥青结合料类基层沥青路面适用于各种交通荷载等级; 粒料类基层沥青路面适用于特重及以下交通荷载等级。
- 6.3.2 柔性基层沥青路面结构组合应符合表5的要求。

表5 柔性基层沥青路面结构组合要求

结构层位		材料类型	建议厚度 (mm)
面层	表面层	沥青玛蹄脂碎石混合物、密级配沥青混凝土混合物	30~50
	中面层	密级配沥青混凝土混合物	60~100
	下面层	密级配沥青混凝土混合物	60~120
基层	上基层	沥青稳定碎石或沥青路面冷再生材料 (乳化沥青或泡沫沥青)	80~120
	下基层	水泥稳定碎石材料或级配碎石	160~240
	底基层	水泥稳定碎石材料	160~240
路基		路基顶面回弹模量应符合本规范表 3 的规定	
<p>注1: 对重及以上交通荷载等级的路段, 沥青面层可设置为表面层、中面层和下面层3层; 对低公路等级或中等交通荷载等级的路段, 沥青面层可设置为表面层和下面层2层。</p> <p>注2: 沥青面层厚度组合可根据交通荷载等级选用4cm+6cm+8cm、4cm+6cm+6cm、4cm+8cm、4cm+6cm等组合。</p> <p>注3: 基层一般设置为上基层、下基层和底基层3层; 对低公路等级或中等交通荷载等级的路段, 基层可设置为上基层和底基层2层。</p> <p>注4: 不同路段以及同一路段不同交通方向的路面结构组合可进行差异化设计。</p>			

6.3.3 采用级配碎石作为基层时, 高速公路沥青面层底部宜设置一层抗疲劳层。

7 基层和底基层设计

7.1 水泥稳定碎石基层、底基层

7.1.1 水泥稳定碎石基层、底基层应具有足够的强度和稳定性、较小的收缩 (温缩及干缩) 变形和较强的抗冲刷能力。

7.1.2 水泥稳定碎石基层、底基层混合物最大粒径宜为 31.5mm, 且应采用 4 档及以上不同规格的集料掺配拌和而成。

7.1.3 水泥稳定碎石材料可用于各等级公路的基层、底基层。

7.1.4 水泥稳定碎石混合物宜选择骨架密实型结构。水泥稳定碎石基层、底基层混合物配合比设计应按照现行 JTG/T F20 执行。

7.1.5 水泥稳定碎石混合物的压实度及 7d 龄期无侧限抗压强度代表值应符合表 6 规定范围的要求, 且不宜超过高限。

表6 水泥稳定碎石材料的压实度及 7d 无侧限抗压强度

层位	极重、特重交通		重、中等交通		轻交通	
	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
基层	≥98	4.0~5.0	≥98	3.5~4.5	≥97	≥3.0
底基层	≥97	>3.0	≥97	>2.5	≥96	>2.0

7.1.6 水泥稳定碎石材料可采用强度等级为 42.5 且满足本规范要求的普通硅酸盐水泥等。水泥最大剂量不可超过 5%, 当达不到强度要求时应调整级配或更换原材料。

7.1.7 水泥稳定碎石层的最小压实厚度不应小于 160mm, 最大厚度不宜超过 200mm, 当超过 200mm 时, 需要配备相应的大功率摊铺设备和足够的碾压设备和碾压功率, 并经试验确定最大压实厚度,

同时需要通过灌砂、钻芯等手段加强质量抽检，确保摊铺混合料的压实度、均匀性满足技术要求。

7.2 级配碎石基层、底基层

7.2.1 级配碎石基层混合料最大粒径宜为 26.5mm 或 31.5mm，底基层混合料的最大粒径宜为 31.5mm 或 37.5mm，且均应采用 4 档及以上不同规格的集料掺配拌和而成。

7.2.2 级配碎石基层混合料应采用骨架密实型结构，级配碎石底基层混合料可根据工程实际情况采用骨架密实型或悬浮密实型级配。级配碎石基层、底基层混合料配合比设计应按照现行 JTG/T F20 执行。

7.2.3 级配碎石应采用重型击实标准设计，基层压实度不应小于 99%，底基层压实度不应小于 98%。级配碎石基层、底基层 CBR 值应符合表 7 的要求。

表7 级配碎石 CBR 值

层位	公路等级	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
基层	高速公路及一级公路	≥200	≥180	≥160
	二级及二级以下公路	≥160	≥140	≥120
底基层	高速公路及一级公路	≥120	≥100	≥80
	二级及二级以下公路	≥100	≥80	≥60

7.3 沥青稳定碎石基层

7.3.1 沥青稳定碎石材料可采用密级配沥青稳定碎石（ATB）和半开级配大粒径透水性沥青混合料（LSPM），基层用沥青稳定碎石材料最大公称粒径宜为 26.5mm 或 31.5mm。

7.3.2 沥青稳定碎石基层可用于各等级公路的基层。

7.3.3 密级配沥青稳定碎石可采用基质沥青，大粒径透水性沥青混合料宜采用粘度较高沥青，沥青稳定碎石基层宜采用大型马歇尔或旋转压实试验方法进行设计，其压实度不应小于 98%。

7.4 沥青路面冷再生材料基层

7.4.1 基层用沥青路面冷再生材料最大公称粒径宜为 19mm 或 26.5mm。

7.4.2 沥青路面冷再生材料基层可用于各等级公路的上基层。

7.4.3 沥青路面冷再生材料（乳化沥青或泡沫沥青）上基层设计应符合现行 JTG/T 5521 有关规定。

8 沥青面层设计

8.1 设计要求

8.1.1 沥青面层应具有平整、抗车辙、抗疲劳开裂和抗水损坏等性能，表面层混合料应具有抗滑和耐磨性能，密级配沥青混合料表面层应具有低透水性能。

8.1.2 高速公路和一级公路及抗滑性能要求较高的路面表面层，其粗集料宜采用玄武岩、辉绿岩等基性或中性硬质岩石，且须满足与沥青黏附性的要求；当表面层采用石灰岩、花岗岩时，须通过科研论证。

8.1.3 重及以上交通荷载等级的公路沥青路面中、表面层宜采用改性沥青混合料。

8.1.4 沥青混合料配合比设计应按照现行 JTG F40 执行。沥青混合料宜选择骨架密实型结构。

8.2 设计指标

8.2.1 表面层抗滑性能以横向力系数 SFC_{60} 和路面宏观构造深度 TD (mm) 为主要指标。高速公路、一级公路以及山岭重丘区二级和三级公路的表面层在交工验收时,其抗滑技术指标应符合表 8 的要求。

表8 抗滑技术指标

试验项目	技术要求	试验方法
横向力系数 SFC_{60}	≥ 54	T 0965
构造深度 TD (mm)	≥ 0.55 (AC, Sup) ≥ 0.7 且 ≤ 1.2 (SMA)	T 0963

8.2.2 各沥青结构层中至少有 1~2 层应为密水性能良好的沥青混合料,其密水性应符合表 9 的要求。高速公路及一级公路中、上面层渗水系数不合格的单点最大值不应超过 $120\text{ml}/\text{min}$,如有,应在该点附近加密检测,并应采取必要的措施进行处理或铣刨重铺。

表9 沥青混合料结构层渗水系数指标

混合料类型	结构层位	渗水系数 (ml/min)		合格率 (%)
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
沥青玛蹄脂碎石混合料	上面层	≤ 75	≤ 110	90
密级配沥青混凝土混合料	上面层	≤ 85	≤ 110	90
	中面层	≤ 110	≤ 110	90
	下面层	≤ 180	≤ 180	85
密级配沥青稳定碎石	下面层或上基层	≤ 230		85

注: 渗水系数的测定应采用现行 JTG E60 附录 A 的方法随机选择。

9 透层、黏层和下封层设计

9.1 透层

9.1.1 在级配碎石基层或无机结合料稳定类基层上应设置一层透层。

9.1.2 级配碎石等无结合料类基层的透层宜采用乳化沥青,无机结合料稳定类基层的透层宜采用乳化沥青或高渗透乳化沥青。

9.1.3 透层材料应选用慢裂或中裂型乳化沥青。

9.2 黏层

9.2.1 各沥青层之间应设置一层黏层,重及以上交通荷载等级路面的黏层宜采用改性乳化沥青,中等和轻交通荷载等级路面的黏层可选用乳化沥青。

9.2.2 黏层材料应选用快裂或中裂型改性乳化沥青、乳化沥青,其改性剂宜选用 SBR 胶乳。

9.2.3 采用 SBR 改性乳化沥青作为黏层材料时,宜先将 70 号基质沥青改性成 SBS 改性沥青,再对 SBS 改性沥青进行乳化制备而成。

9.3 下封层

9.3.1 在级配碎石基层或无机结合料稳定类基层与沥青结合料类结构层之间,应设置一层下封层。

9.3.2 二级及二级以上下封层宜采用热沥青碎石封层,具有应力吸收作用的下封层宜采用橡胶沥青、

SBS 改性沥青或复合改性沥青应力吸收层。

9.3.3 三级及三级以下公路可采用改性乳化沥青或乳化沥青碎石封层。

9.3.4 热沥青碎石下封层宜采用沥青预裹覆碎石。

9.4 防水黏结层

9.4.1 桥面水泥混凝土调平层、隧道水泥混凝土刚性基层与沥青面层之间，旧水泥混凝土路面与加铺的沥青面层之间，以及二级及二级以上公路的长大纵坡处，应设置一层防水黏结层。

9.4.2 刚性基层、桥面水泥混凝土调平层及隧道水泥混凝土基层应采用精铣刨、抛丸或铣琢等方式清除表面浮浆，旧水泥混凝土路面应采用精铣刨或铣琢等方式进行界面处理，处理后的表面构造深度宜为 0.4mm~0.8mm，且确保表面符合平整、粗糙、整洁、干燥要求后再铺设防水黏结层及沥青面层。

9.4.3 防水黏结层可采用改性沥青碎石封层、橡胶沥青碎石封层、环氧沥青防水黏结层，也可采用经过实践验证的性能优良的其他新型防水黏结层。

10 特殊路段沥青路面铺装设计

10.1 旧水泥混凝土路面加铺沥青路面

10.1.1 旧水泥混凝土路面加铺沥青路面时，旧水泥混凝土路面的损坏状况和接缝传荷能力评定等级应为优或良；当评定等级为中时，宜根据原路基整体状况综合考虑。

10.1.2 旧水泥混凝土路面碎石化以后加铺沥青路面应参照 JTG D40 执行。旧板底板的处治要求应参照 JTG D40 执行。

10.1.3 旧水泥混凝土路面加铺沥青路面时必须设置防水黏结层，防水黏结层与旧水泥混凝土路面、沥青面层的黏结强度应符合表 10 的要求。

表10 黏结强度要求

试验项目	技术要求 (MPa)	试验方法
黏结强度 (25°C)	≥0.5	T 0985

10.1.4 沥青加铺层可设单层或双层沥青面层，至少有一层采用密级配沥青混合料。可根据需要设置调平层，在路面边缘宜设置内部排水系统。

10.1.5 沥青加铺层厚度应兼顾沥青混合料的公称最大粒径和减缓反射裂缝的要求确定。高速公路和一级公路的最小厚度宜为 100mm，其他等级公路的最小厚度宜为 80mm。

10.2 桥面沥青层铺装

10.2.1 桥面铺装设计可包括桥面板处理、防排水、铺装结构层、路缘带和伸缩缝接触部位的填封设计等，桥面铺装结构宜与公路主线路面结构相协调，钢桥面、大桥和特大桥的水泥混凝土桥面的沥青混合料铺装宜进行专项设计。

10.2.2 水泥混凝土桥面必须设置防水黏结层，防水黏结层与桥面板的黏结强度应符合表 10 的要求。

10.2.3 水泥混凝土桥面采用常规沥青混合料铺装层时，沥青混合料铺装层厚度应与主线相协调；采用浇筑式沥青混合料、环氧沥青混合料等其他特殊沥青混合料时，其厚度可参考工程经验适当减薄。

10.3 隧道沥青路面铺装

10.3.1 长、中、短隧道宜采用沥青路面铺装，特长隧道可采用沥青路面铺装，基层宜采用水泥混凝土刚性基层。

10.3.2 隧道内混凝土刚性基层的厚度应通过结构计算确定，并符合相关规范要求。

10.3.3 隧道沥青路面铺装结构由黏结层和沥青混合料铺装层组成，沥青混合料铺装层应与主线相协调。

10.3.4 隧道复合式路面应设置防水黏结层，防水黏结材料必须符合环保要求。防水黏结层与隧道水泥混凝土刚性基层的黏结强度应符合表 10 的要求。

10.3.5 在条件允许时，长大隧道路面铺装层可采用温拌沥青混合料。

10.4 长大纵坡路段沥青路面铺装

10.4.1 公路连续纵坡平均纵坡对应的路线长度大于表 11 中设计坡长时为长大纵坡。

表11 公路长大纵坡界定标准

平均坡度 (%)	2.0	2.5	3.0	3.5	≥4.0
设计坡长 (km)	7.5	3.5	2.0	1.5	≥1.0

10.4.2 二级及二级以上公路的长大纵坡路段，沥青面层的中、表面层均应采用改性沥青混合料。

10.4.3 长大纵坡范围内的路基段无机结合料稳定类基层上应设置热沥青碎石封层。

10.4.4 长大纵坡范围内的桥面和隧道当采用沥青混合料铺装时，防水黏结层与桥面和隧道水泥混凝土板的黏结强度、剪切强度应符合表 12 的要求。

表12 长大纵坡段桥面和隧道路面防水黏结层黏结强度、剪切强度

试验项目	技术要求 (MPa)	试验方法
黏结强度 (25°C)	≥0.5	T 0985
剪切强度 (25°C)	≥0.6	45°斜剪试验方法

11 级配碎石层施工

11.1 一般规定

11.1.1 级配碎石混合料应采用集中厂拌法拌和，并使用摊铺机摊铺。

11.1.2 级配碎石基层和底基层在施工完成后，应及时铺筑上覆层，避免雨水浸泡。如受雨水浸泡，应待干燥并重新检测合格后，方可施工上覆层。

11.1.3 级配碎石基层和底基层施工完成后应限制车辆通行。

11.2 材料要求

11.2.1 级配碎石粗集料应符合表 13 的要求。

表13 级配碎石粗集料技术要求

试验项目	单位	层位	高速公路及一级公路		二级及二级以下公路	试验方法
			极重、特重交通	重、中等、轻交通		
压碎值	%	基层	≤26	≤26	≤30	T 0316
		底基层	≤26	≤26	≤30	
针片状颗粒含量	%	基层	≤18	≤18	≤20	T 0312
		底基层	≤20	≤20	≤20	
软石含量	%	基层	≤3	≤5	—	T 0320
		底基层	—	—	—	
水洗法<0.075mm颗粒含量	%	基层	≤1	≤2	—	T 0310
		底基层	—	—	—	

11.2.2 级配碎石细集料应符合表 14 的要求。

表14 级配碎石细集料技术要求

试验项目	单位	高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	试验方法
水洗法<0.075mm颗粒含量	%	≤15	≤20	T 0310
液限	%	≤28	≤28	T 0118-2007
砂当量	%	≥50	≥50	T 0334
塑性指数	—	<6	<6	T 0118-2007

11.2.3 级配碎石用水应洁净，不含有害物质，且应符合现行 JTG/T F20 的相关规定。

11.3 混合料组成设计

11.3.1 级配范围

级配碎石的级配范围应符合表 15 的要求。

表15 级配碎石的推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过率(%)	基层 (或底基层)	100	90~100	72~90	58~80	50~68	41~57	26~38	17~28	8~14	0~5
	底基层	100	90~100	79~95	60~85	53~80	48~74	40~65	25~50	18~40	9~25

11.3.2 配合比设计

- a) 级配碎石混合料的配合比设计应宜符合现行 JTG/T F20 的规定；
- b) 级配碎石配合比设计宜在规定的级配范围内，通过级配设计选取粗、中、细 3 个初试级配，分别进行试验，并选取 CBR 值大的级配为设计级配。级配碎石设计可参考以下程序：
 - 1) 对备选集料分别进行筛分，确定各规格集料的组成比例。组成混合料的 3 个初试级配应符合表 15 的规定；
 - 2) 对 3 个初试级配，分别选取 5 个含水量进行重型击实试验，绘制含水量-干密度关系曲线，确定级配碎石的最佳含水量及最大干密度；

- 3) 在最佳含水量下成型试件,进行浸水4d的CBR强度试验,试验方法参照现行JTG 3430。在符合级配碎石基层或底基层 CBR 值要求的前提下,选取 CBR 值最大的级配为设计级配。

11.4 施工技术要求

11.4.1 施工准备

- a) 应在下承层施工质量检测合格后,开始摊铺上面结构层;
- b) 施工前应清除作业面表面的浮土、积水等;
- c) 开始摊铺前应进行测量放样,设置导向控制线支架,支架间距直线段间隔为10m,平曲线段间隔为5m,计算松铺厚度,确定导向控制线高度,挂设导向控制线,导向控制线的钢丝拉力不应小于800N。

11.4.2 试验段铺筑

- a) 在正式施工前,应铺筑长度不少于200m的试验路段。试验路铺筑过程中,应对试验路进行跟踪观测,并做好施工工艺总结;
- b) 通过试验段的铺筑,应对以下内容进行确定和总结:
 - 1) 用于施工的集料配合比例、混合料拌和最佳含水量范围;
 - 2) 混合料的松铺厚度和松铺系数;
 - 3) 确定标准施工方法,包括:拌和、运输、摊铺和碾压机械的最佳机械设备组合;摊铺机的行走速度、振幅、振频;压实机械的碾压组合方式、压实的顺序、速度和遍数;密实度的检查方法,初定每一作业段的最小检查数量;
 - 4) 每一作业段的合适长度;
 - 5) 一次铺筑的合适厚度;
 - 6) 试验段施工质量评价;
 - 7) 施工中存在的问题分析及改进措施。

11.4.3 混合料的拌和

- a) 开始拌和前,拌和场的备料数量应能满足铺筑要求;
- b) 每天开始拌和前,应检查场内各处集料的含水量,计算当天的配合比,外加水与天然含水量的总和应比最佳含水量略高,但不宜超过最佳含水量的1%;加水量应按气温、风力及日照变化等及时调整;
- c) 每天开始拌和时,应取样检查配合比是否符合设计要求;正式生产后,每2h~4h观察一次拌和情况,必要时应抽检含水量;
- d) 拌和机出料应配置带活门漏斗的料仓,由漏斗出料直接装车运输,装车时车辆应前后移动,分3次装料,不得采取自由落地出料、装载机二次装料的方式。

11.4.4 混合料的运输

- a) 运输车辆在每天开工前,应检验其完好情况并清洗车厢。运输车辆数量应满足拌和出料与铺筑需要,并略有富余;
- b) 应尽快将拌成的混合料运至铺筑现场。车上的混合料应覆盖一层或多层苫布、篷布等。

11.4.5 混合料的摊铺

- a) 摊铺前应下承层适当洒水湿润;
- b) 每天摊铺前应检查摊铺机各部分运转情况;

- c) 级配碎石混合料摊铺可采用大功率单机全幅摊铺,也可采用 2 台摊铺机梯队并机摊铺作业。当采用并机梯次摊铺时,应保证速度一致、摊铺厚度一致、松铺系数一致、路拱坡度一致、摊铺平整度一致及振动频率一致等,两机摊铺接缝应平整;
- d) 应严格控制摊铺厚度和高程,保证路拱横坡度符合设计要求。单机摊铺时应采用两侧布设导线的方法控制高程;梯队并机作业时,两台摊铺机前后间距宜控制在 10m 以内,前台摊铺机采用路侧导线和设置在路中的导梁控制路面高程,后台摊铺机路侧采用导线、路中采用滑靴控制高程和厚度。前后两台摊铺机应重叠 200mm 以上;
- e) 摊铺机宜连续摊铺。摊铺机前等待卸料的运输车辆应不少于 5 辆。摊铺机的摊铺速度应不超过 3m/min,拌和能力应与摊铺能力互相协调;当拌和机生产能力较小时,应采用低速摊铺,不得停机待料;
- f) 在摊铺机后面应设专人消除集料离析现象,应及时铲除粗集料“窝”状离析,并用新拌混合料填补。

11.4.6 混合料的碾压

- a) 双向四车道单幅宽度碾压,应至少配置 20t 以上的单钢轮压路机 2 台,大于 12t 双钢轮压路机 1 台,30t 以上的轮胎压路机 1 台。当车道增加时应按比例相应增加。一次碾压长度宜为 50m~80m。碾压段落应界限分明,并应设置明显的分界标志;
- b) 碾压应遵循试验路段确定的程序与工艺。压实应采用稳压→轻振动碾压→重振动碾压→轮胎稳压程序,压至无轮迹为止。碾压完成后应用灌砂法检测压实度;
- c) 钢轮压路机碾压时应重叠 1/3 轮宽,轮胎压路机碾压时应重叠 1/2 轮宽;
- d) 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;出现拥包时,应进行铲平处理;
- e) 压路机碾压行驶速度,第 1~2 遍宜为 1.5km/h~1.7km/h,以后各遍宜为 2.0km/h~2.5km/h;
- f) 压路机临时停车应停放在已碾压好的路段上;
- g) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

11.5 施工质量管理及检查验收

11.5.1 原材料试验项目应按照现行 JTG/T F20 表 8.2.3 的有关规定进行。

11.5.2 施工过程中,摊铺层外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合现行 JTG/T F20 表 8.4.2 的有关规定;摊铺层质量控制的项目、频度和质量标准应符合现行 JTG/T F20 表 8.4.5 的有关规定。

11.5.3 级配碎石的生产控制级配允许波动范围应符合现行 JTG/T F20 中 4.8.6 的有关规定。

11.5.4 施工完成后,工程的检查项目、频度和质量标准应符合现行 JTG/T F20 表 8.5.6 的有关规定。

12 水泥稳定碎石层施工

12.1 一般规定

12.1.1 水泥稳定碎石混合料应采用集中厂拌法拌和,并使用摊铺机摊铺。碾压成型后的单层厚度不宜小于 160mm。

12.1.2 大型施工机械(水稳拌合机、摊铺机、压路机)实行准入制度,大型机械进场前,承包人需报监理单位审核、建设单位审批后方可组织入场。如有必要,承包人应会同监理单位、建设单位有关人员大型机械进行现场考察。

12.2 材料要求

12.2.1 集料

- a) 粗集料应符合表 16 的要求；
- b) 细集料应符合表 17 的要求。

表 16 粗集料技术要求

试验项目	单位	高速公路及一级公路			二级及二级以下公路	试验方法
		层位	极重、特重交通	重、中等交通		
压碎值	%	基层	≤26	≤26	≤30	T 0316
		底基层	≤30	≤30	≤30	
针片状颗粒含量	%	基层	≤18	≤20	≤20	T 0312
		底基层	—	—	—	
软石含量	%	基层	≤3	≤5	—	T 0320
		底基层	—	—	—	
水洗法<0.075mm颗粒含量	%	基层	≤1.2	≤2	—	T 0310
		底基层	—	—	—	

表 17 细集料技术要求

试验项目	单位	高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	试验方法
水洗法<0.075mm颗粒含量	%	≤15	≤20	T 0310
液限	%	≤28	≤28	T 0118-2007
砂当量	%	≥50	≥50	T 0334
塑性指数	—	≤5	≤7	T 0118-2007

12.2.2 水泥

所用水泥初凝时间不应小于3h，终凝时间不应小于6h且不大于10h；水泥的质量标准应符合现行GB 175或GB/T 35162的有关规定。不得使用快硬水泥、早强水泥及受潮变质的水泥。宜选用散装水泥；气温高于30℃时，水泥入罐温度不宜高于50℃；高于50℃时应采取降温措施。气温低于15℃时，水泥入罐温度不宜低于10℃。

12.2.3 水

宜采用符合现行JTG/T F20规定的拌和、养生用水。

12.3 混合料组成设计

12.3.1 级配范围

- a) 综合考虑抗裂特性及强度要求，水泥稳定碎石混合料的集料级配设计宜符合表 18 的级配范围要求；
- b)

表18 骨架密实水泥稳定碎石混合料的推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过率 (%)	100	90~100	75~86	43~55	26~38	16~26	8~16	2~5

c) 混合料合成级配中小于 0.075mm 颗粒含量应不大于 5.0%。

12.3.2 最大干密度和最佳含水量

d) 确定水泥稳定碎石混合料最大干密度指标时宜采用重型击实试验方法，当通过对比验证与标定时也可采用振动压实试验方法；

e) 将重型击实试验方法确定的最大干密度乘以 1.01~1.03 的系数作为现场压实度控制的标准最大干密度，具体系数依据试验段压实效果最终确定；

f) 重型击实试验方法和振动压实试验方法应符合 JTG 3441 中的 T 0804-1994 和 T 0842-2009 的规定。

12.3.3 无侧限抗压强度

无侧限抗压强度试验应按照现行 JTG 3441 中的 T 0843-2009 成型试件、T 0805-1994 进行试验。

12.3.4 水泥剂量-EDTA 消耗量标准曲线

应按照现行 JTG 3441 中 T 0809-2009 的规定测定并绘制水泥剂量-EDTA 消耗量标准曲线。

12.3.5 混合料施工允许延迟时间应通过以下方法确定：

a) 按设计的水泥剂量和集料级配，首先对混合集料预加水浸润 5min，之后加入水泥并开始计时，再分别延迟不同的时间进行击实试验，得到各延迟时间的最大干密度和最佳含水量；

b) 以各延迟时间得到的最大干密度和最佳含水量，按相应的延迟时间成型试件；

c) 按现行 JTG 3441 中的 T 0845-2009 法对成型试件进行养生，然后测定各延迟时间的无侧限抗压强度；

d) 分别绘制干密度及无侧限抗压强度与延迟时间的关系图，并从关系图中找出允许的延迟时间，不低于设计值；

e) 水泥稳定碎石混合料的施工允许延迟时间不宜小于 2h。

12.4 施工技术要求

12.4.1 施工准备

a) 料源的选择应综合考虑沿线现有碎石矿场的山体岩石成因、产状、矿物的构成特点、材质、产量（生产规模）和加工设备的配套性等确定，选择具有较大生产能力的料场，经检验合格后作为水稳集料料源。施工单位的集料宜储备不少于集料总用量的 20%，每结构层料源应保持稳定，取自不同料厂的集料不得混合使用；

b) 拌和场地宜选择地势较高、地质情况较好、环境干燥的地方。集料存放场地应完善防排水设施；

c) 施工前应检查、清理及修整，确保下承层表面平整、密实，无松散、软弱和积水等；

d) 开始摊铺前应进行测量放样。恢复中线时，每 10m 设一个中桩，并在两侧边缘外设指示桩，桩上应明显标记处该层边缘设计高度，用白灰画出该层的边缘线。

12.4.2 试验段铺筑

a) 在正式施工前，应铺筑长度不少于 200m 的试验路段。试验路铺筑过程中，应对试验路进行跟踪观测，并做好施工工艺总结；

- b) 应根据水泥稳定碎石混合料设计配合比进行试拌，待拌和站各项控制参数稳定后，宜在静止的传输带上截取其中一段的全部混合集料作为试样，进行筛分试验，集料级配应符合表 18 以及表 19 的要求；检验混合料时，应在现场取料进行级配和强度检验；

表 19 水泥稳定碎石级配允许波动范围

筛孔尺寸 (mm)	通过率的允许波动范围 (%)	
	高速公路及一级公路	二级及二级以下公路
≥4.75	±6	±8
0.6~2.36	±5	±6
0.075	±2	±2

- c) 通过试验段的铺筑，应对以下内容进行确定和总结：
- 1) 用于施工的集料配合比例、水泥剂量、混合料拌和最佳含水量范围；
 - 2) 混合料的松铺系数；
 - 3) 确定标准施工方法，包括：拌和、运输、摊铺和碾压机械的最佳机械设备组合；摊铺机的行走速度、振幅、振频；压实机械的碾压组合方式、压实的顺序、速度和遍数；密实度的检查方法，初定每一作业段的最小检查数量；
 - 4) 每一作业段的合适长度；
 - 5) 一次铺筑的合适厚度；
 - 6) 试验段施工质量评价；
 - 7) 施工中存在的问题分析及改进措施。

12.4.3 混合料的拌和

- a) 应根据工程规模、项目特点、施工进度要求配置拌和机的类型和数量。连续式拌和机应采用两个长度均大于 2.8m 的拌缸串联拌和，且其中一个拌缸宜采用振动拌缸；也可采用一个拌缸长度不小于 3.7m 的振动拌缸进行拌和；
- b) 采用拌缸串联拌和时，拌和宜采用二次加水的方式，一级拌缸加水量宜在 30% 左右；
- c) 开始拌和前，拌和场的备料数量至少应能满足 5d~7d 的摊铺用料；
- d) 每次开始拌和前，应检查场内各处集料的含水量，计算当天的施工配合比，外加水与天然含水量的总和应比最佳含水量略高，但不宜超过最佳含水量的 1.5%；
- e) 每次开始拌和之后，出料时应取样检查配合比。进行正式生产之后，每天应定时检查拌和情况，抽检其配合比、含水量，并根据气温、风力、日照变化、运输距离等及时调整；
- f) 拌和机出料应配备带活门漏斗的料仓，由漏斗出料直接装车运输，装车时车辆应前后移动，分 3 次装料，避免混合料离析。

12.4.4 混合料的运输

- a) 运输车辆在每天开工前，应检验其完好情况并清洗车厢。运输车辆数量应满足拌和、出料与摊铺需要，并略有富余；
- b) 混合料运输车装好料时，应尽快运至铺筑现场。车上的混合料应覆盖一层或多层苫布、篷布等，直到摊铺机前准备卸料时方可打开。应尽快将混合料运至铺筑现场，混合料从装车到运输至现场，时间不宜超过 1h，超过 2h 时应作为废料处置。

12.4.5 混合料的摊铺

- a) 摊铺前应将下承层适当洒水湿润。对于底基层、下基层表面，可采用机械设备自动喷洒水泥浆，水灰比 2:1，洒（撒）布量 $1.5\text{kg}/\text{m}^2\sim 2.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，洒（撒）布长度宜不大于摊铺机前 50m；
- b) 每天摊铺前应检查摊铺机各部分运转情况。根据摊铺速度、摊铺厚度，摊铺机振捣梁可调节频率约 25Hz~30Hz，熨平板振动器可调节频率约 50Hz，摊铺机振捣转速 $0\text{r}/\text{min}\sim 1400\text{r}/\text{min}$ ；
- c) 宜采用 2 台摊铺机梯队并机摊铺，也可采用大功率单机全幅摊铺。单机摊铺时应采用两侧布设导线的方法控制高程；梯队并机作业时，两台摊铺机前后间距宜控制在 10m 以内，前台摊铺机采用路侧导线和设置在路中的导梁控制路面高程，后台摊铺机路侧采用导线、路中采用滑靴控制高程和厚度。前后两台摊铺机应重叠 200mm 以上；
- d) 摊铺机宜连续摊铺。摊铺机前等待卸料的运输车辆应不少于 5 辆。摊铺机的摊铺速度应不超过 $3\text{m}/\text{min}$ ，拌和能力应与摊铺能力互相协调；当拌和机生产能力较小时，应采用低速摊铺，不得停机待料。摊铺过程中不得随意变换速度或中途停顿；
- e) 摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度及路拱、横坡，并使用混合料总量与摊铺面积校验平均厚度，不符合要求时应及时进行调整；
- f) 在摊铺机后应设专人消除离析现象，应及时铲除局部粗集料集中部位，并用新拌混合料填补，若离析情况严重，应停机检查；
- g) 两层水泥稳定碎石上下基层施工时，可采用两层连续摊铺、分层碾压一次成型工艺。采用两层连续摊铺时，下层质量出现问题时，上层应同时处理；
- h) 当摊铺、碾压机械具备条件时，可采用大厚度摊铺方式。

12.4.6 混合料的碾压

- a) 对于双向四车道高速公路水泥稳定级配碎石（底）基层施工，每个工作面应至少配备 26t 单钢轮压路机 2 台、大于 12t 双钢轮压路机 1 台、30t 轮胎压路机 1 台，必要时配 1 台小型压路机进行边部碾压。四车道以上高速公路应按车道比例增加相应的压路机数量；
- b) 混合料的碾压作业必须在水泥终凝前完成，一次碾压长度宜为 30m~50m。碾压段落应层次分明，并应设置明显的分界标志；
- c) 碾压应遵循试验路段确定的程序与工艺。宜按照稳压（静压）→轻振动碾压→强振动碾压→轮胎稳压程序进行压实，直至表面无显著轮迹；
- d) 钢轮压路机碾压时应重叠 $1/3$ 轮宽，轮胎压路机碾压时应重叠 $1/2$ 轮宽；
- e) 压路机的碾压路线及碾压方向不应突然改变以免混合料产生推移；压路机起动、停止应缓慢进行；出现拥包时，应进行铲平处理；
- f) 压路机应从低处向高处碾压，相邻碾压带应重叠 20cm~30cm，压完全幅为 1 遍。当边缘有挡板、路缘石、路肩等支挡时，应紧靠支挡碾压；
- g) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

12.4.7 施工质量控制要求

- a) 水泥剂量：施工中水泥剂量应按现行 JTG 3441 中 T 0809-2009 的规定检验，宜控制在设计值 $\pm 0.5\%$ ；
- b) 含水率：天气炎热或运距较远时，施工中含水率宜适当增加，可在最佳含水率的基础上增加 0.5%~1.5%；
- c) 集料级配：应取加水泥以前的混合集料检验其级配，0.075mm 筛孔的通过率不应大于 5%。加水泥以后的混合料，应采用水洗法快速检验，级配的波动范围应符合表 19 的要求。

12.4.8 养生

- a) 水泥稳定碎石层宜采用洒布透层乳化沥青进行养生，也可采用土工布覆盖洒水养生或“一布一膜”的养生技术，养生不得少于 7d，养生期间严禁车辆通行；
- b) 采用洒布透层乳化沥青进行养生时，应在碾压完成后立即洒布透层乳化沥青，且控制在终凝时间内喷洒透层油的渗透效果最佳；
- c) 采用土工布覆盖养生时，宜采用透水式土工布全断面覆盖，也可铺设防水土工布；铺设过程中应注意缝之间的搭接，不应留有空隙；铺设土工布后，应注意洒水，每天洒水次数应视天气而定，高温期施工，上、下午宜各洒水一次；在养生过程中应采取有效措施防止土工布破损；
- d) 采用“一布一膜”养生时，土工布覆盖后用洒水车洒水，在土工布保证湿润的前提下，加盖塑料薄膜，养生期应保持基层处于湿润状态。

12.5 施工质量管理及检查验收

12.5.1 基本要求

- a) 质量管理应包括所用材料的标准试验、铺筑试验段、施工过程中的质量管理和检查验收；
- b) 应建立健全工地试验、质量检查及工序间的交接验收等各项制度。试验、检验应做到原始记录齐全，数据真实可靠；
- c) 工地试验室应配置室内材料试验及现场检测的仪器设备；
- d) 各个工序完成后，均应进行检查验收。经检验合格后，方可进行下一个工序。凡检验不合格的路段，必须进行返工或补救。

12.5.2 材料的标准试验

- a) 在施工前和施工过程中，原材料或混合料发生变化时，必须对拟采用的材料重新进行相应试验；
- b) 用于基层、底基层的原材料应进行标准试验，试验项目见表 20；

表20 水泥稳定碎石基层、底基层原材料实测项目

试验项目	材料名称	频度
含水率	碎石、石屑等集料	每天使用前测 2 个样品
颗粒分析	碎石、石屑等集料	每种材料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品
液限、塑限	碎石中 0.5mm 以下的细土	每种材料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品
相对毛体积密度、吸水率	碎石、石屑等	每种材料使用前测 2 个样品，砂砾使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品，碎石种类变化重做 2 个样品
压碎值	碎石、石屑等	每种材料使用前测 2 个样品，砂砾使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品，碎石种类变化重做 2 个样品
终凝时间	水泥	做材料组成设计时测 1 个样品料源或强度等级变化时重测

- c) 水泥稳定碎石混合料按设计掺配后，根据目标配合设计时的方式进行振动压实或重型击实试验及无侧限抗压强度试验。试验项目及目的符合表 21 规定。

表21 水泥稳定碎石混合料的试验项目及目的

试验项目	试验目的
振动压实或重型击实试验	求最佳含水量和最大干密度，以规定工地碾压时的合适含水量和应该达到的最小干密度，确定制备强度试验和耐久性试验的试件所应该用的含水量和干密度；确定制备承载比试件的材料含水量
抗压强度	进行材料组成设计，选定最适宜于用水泥稳定的碎石集料；规定施工过程中所用的结合料剂量；为工地提供评定质量的标准
延迟时间	对已定水泥剂量的混合料，确定延迟时间对混合料密度和抗压强度的影响，并据此确定施工允许的延迟时间

12.5.3 质量检查与验收

- a) 施工过程中外形尺寸检查应执行表 22 所列的各项要求；

表22 水泥稳定碎石基层、底基层外形尺寸检查

结构层	项目		频度	规定值或允许偏差	
				高速公路及一级公路	二级及二级以下公路
底基层	纵断高程 (mm)		高速公路和一级公路每 20m 测 1 个断面，每个断面 3~5 个点；二级及二级以下公路每 20m 测 1 个点	+5, -15	+5, -20
	厚度 (mm)	均值	每 1500~2000m ² 测 6 个点	≥-10	≥-12
		单个值		≥-25	≥-30
	宽度 (mm)		每 40 延米 1 处	>0	>0
	横坡 (%)		每 100m 测 3 个断面	±0.3	±0.5
平整度 (mm)		3m 直尺：每 200m 测 2 处，每处连续 10 尺	≤12	≤15	
基层	纵断高程 (mm)		高速公路和一级公路每 20m 测 1 个断面，每个断面 3~5 个点；二级及二级以下公路每 20m 测 1 个点	+5, -10	+5, -15
	厚度 (mm)	均值	每 1500~2000m ² 测 6 个点	≥-8	≥-10
		单个值		≥-10	≥-20
	宽度 (mm)		每 40 延米 1 处	>0	>0
	横坡 (%)		每 100m 测 3 个断面	±0.3	±0.5
平整度 (mm)		3m 直尺：每 200m 测 2 处，每处连续 10 尺	≤8	≤12	
		连续式平整度仪的标准差	≤3.0	—	

b) 施工过程中质量控制的项目和质量标准应执行表 23 所列的各项要求；

表23 水泥稳定碎石基层、底基层质量控制的项目和质量标准

项目	频度	质量标准	
级配	2000m ² /次	在设计规定范围内	
集料压碎值	据观察，异常时随时试验	不超过设计值	
水泥剂量	2000m ² /次，至少 6 个样品，用滴定法或用直读式测钙仪试验，并与每日施工产量计算所得出的实际水泥用量校核	不小于设计值-0.5%	
含水率	2000m ² /次	在设计规定范围内	
拌和均匀性	随时观察	无灰条、灰团，色泽均匀，无离析现象	
压实度(%)	每一作业段或不超过 2000m ² 检查 6 次以上	代表值	基层 98 (97)，底基层 97 (96)
		极值	基层 94，底基层 92
抗压强度	每一作业段或 2000m ² 不少于 9 个试件	符合设计要求	

- c) 对于水泥稳定碎石基层、底基层，应取钻孔试件检验其整体性。水泥稳定碎石基层、底基层龄期 7d 时应能取出整高度成型钻孔试件，当采用骨架密实型结构时，可延长至 10d；
- d) 当钻取的芯样不成型时，应查找原因，进行返工处理；
- e) 水泥稳定碎石基层工程质量的检验应符合表 24 的规定。

表24 水泥稳定碎石基层、底基层质量合格标准值

检查项目	检查数量	标准值	极限低值
压实度 (%)	6~10处	基层: 98 (97) 底基层: 97 (96)	基层: 94 底基层: 92
层间连接性	按钻芯频率	合格率≥80%	——

注：以每天完成段落为评定单元时，检查数量可取低值；以1km为评定单元时，检查数量应取高值。括号中为轻及以下交通荷载等级压实度标准。

13 透层施工

13.1 一般规定

13.1.1 沥青路面的无机结合料稳定集料基层和无结合料基层均应洒布透层油。气温低于 10℃、大风天气或即将降雨时不得洒布透层油。

13.1.2 无机结合料稳定集料基层宜选用乳化沥青或高渗透乳化沥青作为透层油，渗透深度宜大于 3mm；无结合料基层宜采用乳化沥青作为透层油，渗透深度宜大于 5mm。

13.2 材料要求

13.2.1 透层宜选用乳化沥青或高渗透乳化沥青。

13.2.2 用于透层的乳化沥青应符合表 25 的技术要求，高渗透乳化沥青应符合表 26 的技术要求。

13.2.3 生产透层乳化沥青的乳化设备，当转换生产品种时须清洗干净。

表25 作为透层油的乳化沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法	
破乳速度	——	慢裂	T 0658	
粒子电荷	——	+	T 0653	
筛上残留物（1.18mm 筛）	%	≤0.1	T 0652	
黏度	道路标准黏度计 C _{25.3}	s	8~20	T 0621
蒸发残留物	残留分含量	%	≥50	T 0651
	溶解度	%	≥97.5	T 0607
	针入度（25℃）	0.1mm	50~300	T 0604
	延度（15℃）	cm	≥40	T 0605
与粗集料的黏附性，裹附面积	——	≥2/3	T 0654	
常温贮存稳定性	1d	%	≤1	T 0655
	5d	%	≤5	T 0655
<p>注1：黏度选用沥青标准黏度测定。</p> <p>注2：表中的破乳速度与集料的黏附性、所使用的石料品种有关，质量检验时应采用工程上实际的石料进行试验，仅进行乳化沥青产品质量评定时可不对这些指标提出要求。</p> <p>注3：贮存稳定性根据施工实际情况选用试验时间，通常采用5d，乳液生产后能在当天使用时也可用1d的稳定性。</p> <p>注4：当乳化沥青是将高浓度产品运到现场经稀释后使用时，表中的蒸发残留物等各项指标指稀释前乳化沥青的要求。</p>				

表26 作为透层油的高渗透乳化沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法	
破乳速度	——	慢裂	T 0658	
粒子电荷	——	+	T 0653	
筛上残留物（1.18mm 筛）	%	≤0.1	T 0652	
黏度	道路标准黏度计 C _{25.3}	s	8~20	T 0621
蒸发残留物	残留分含量	%	≥50	T 0651
	溶解度	%	≥98.5	T 0607
	针入度（25℃）	0.1mm	80~300	T 0604
	延度（15℃）	cm	≥40	T 0605
与粗集料的黏附性，裹附面积，不小于	——	≥2/3	T 0654	
常温贮存稳定性	1d	%	≤1	T 0655
	5d	%	≤5	T 0655
<p>注1：黏度选用沥青标准黏度测定。</p> <p>注2：表中的破乳速度与集料的黏附性、所使用的石料品种有关，质量检验时应采用工程上实际的石料进行试验，仅进行乳化沥青产品质量评定时可不对这些指标提出要求。</p> <p>注3：贮存稳定性根据施工实际情况选用试验时间，通常采用5d，乳液生产后能在当天使用时也可用1d的稳定性。</p>				

13.3 施工技术要求

13.3.1 材料准备和施工设备

- a) 透层材料进场前应进行取样检测，检验合格方可进场；
- b) 透层油的洒布设备应采用智能型洒布车，对半刚性基层表面进行处理所需机械设备应包括洒水车、清扫车、空压机等。

13.3.2 透层施工

- a) 透层油洒布车应具有独立油泵、喷洒嘴、速率计、压力表、计量器、油罐内材料温度计、气泡水准仪和软管，并配有沥青循环搅拌装置；
- b) 透层乳化沥青采用沥青洒布车施工，洒布时车速及喷洒量应保持稳定，乳化沥青应透入基层足够深度，并不得形成表面径流；
- c) 当采用透层油进行水泥稳定碎石基层养生时，应在基层碾压完成后立即喷洒透层油，其洒布量通过试验确定，一般为 1.2L/m²~2.0L/m²；当透层油在水泥稳定碎石基层养生成型 7 天以上洒布时，其洒布量通过试验确定，一般为 0.3L/m²~ 0.6L/m²；
- d) 应确保基层表面干净。洒布透层油前，应用空压机将基层表面浮尘吹净（基层污染严重时，应先用高压水枪冲洗清洁，等干燥后再将表面浮尘吹净），使基层表面骨料外露，同时基层表面应无明显积水；
- e) 正式洒布透层油前，必须进行现场试洒、标定，确定洒布车的档位和车速等相关技术参数；
- f) 施工时洒布车应匀速行驶，当洒布量不符合要求时，应及时调整；
- g) 洒布透层油时，应在构造物上作适当的覆盖或在喷洒管的一侧作适当的遮挡；
- h) 当气温高且湿度小时，应先在基层上均匀洒布适量水，使基层表面湿润即可；
- i) 洒布中洒布车不得随意变速、转向或急刹车，对漏洒部位应人工补油；
- j) 洒布透层油后，严禁除沥青混合料运输车外的其它车辆、行人通行。

13.4 施工质量管理及检查验收

13.4.1 透层油洒布前应将基层表面的一切杂物、浮浆、松散颗粒完全清除。透层材料的各项指标应符合设计要求和本规范的规定。

13.4.2 透层油应洒布均匀，无露白，并不得污染其他构造物。

13.4.3 乳化沥青、高渗透乳化沥青的抽样检查应符合表 27 的规定。

表27 施工过程中材料质量检查的项目与频度

材料	检查项目	检查频度		平行试验的次数或一次试验的试样数
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
乳化 沥青	蒸发残留物含量	每2天~3天一次	每周一次	2
	蒸发残留物针入度	每2天~3天一次	每周一次	2
注：本表所列内容为日常施工过程中质量检查的项目与要求。				

13.4.4 透层油的洒布质量检验应符合表 28 的规定。

表28 透层油施工质量检验标准

检查项目	检查频度	质量标准	极限值	检查方法
渗透深度	6处~10处/作业段或1km	不小于5mm	2mm	挖验
洒布量	6处~10处/作业段或1km	设计值	0.90设计值 1.05设计值	洒布车计量
均匀性	20%作业面	90%	80%	比色法
外观	全面	无漏洒、污染、不均、表面破损	-	观察

注：均匀性以比色均匀面积占总检查面积的百分比计。

14 黏层施工

14.1 一般规定

气温低于 10℃、大风天气或即将降雨时不得洒布黏层油。

14.2 材料要求

14.2.1 黏层所用改性乳化沥青技术要求应符合表 29 的规定，普通乳化沥青技术要求应符合表 30 的规定。

表29 黏层用 PCR 改性乳化沥青技术要求

项 目	单 位	技 术 要 求	试 验 方 法	
破乳速度	—	快裂	T 0658	
粒子电荷	—	+	T 0653	
1.18mm 筛剩余量	%	≤0.1	T 0652	
沥青标准黏度 C _{25.3}	s	8~25	T 0621	
蒸发残留物	含量	%	≥50	T 0651
	针入度 (25℃)	0.1mm	40~120	T 0604
	软化点	℃	≥50	T 0606
	延度 (5℃)	cm	≥20	T 0605
	溶解度 (三氯乙烯)	%	≥97.5	T 0607
与矿料的黏附性, 裹覆面积	—	≥2/3	T 0654	
贮存稳定性	1d	%	≤1	T 0655
	5d	%	≤5	

注1：破乳速度与集料的黏附性、所使用的石料品种有关。工程上施工质量检验时应采用实际的石料进行试验，仅进行产品质量评定时可不对这些指标提出要求。

注2：贮存稳定性根据施工实际情况选用试验时间，通常采用5d，当乳液生产后能在第2天使用完时也可选用1d。个别情况下改性乳化沥青5d的贮存稳定性难以符合要求，当经搅拌后能够达到均匀一致并不影响正常使用，此时要求改性乳化沥青运至工地后存放在附有搅拌装置的贮存罐内，并持续进行搅拌，否则不准使用。

表30 黏层用 PC-3 乳化沥青技术要求

项 目	单 位	技 术 要 求	试 验 方 法	
破乳速度	——	快裂或中裂	T 0658	
粒子电荷	——	+	T 0653	
1.18mm 筛剩余量	%	≤0.1	T 0652	
沥青标准黏度 C _{25.3}	s	8~20	T 0621	
蒸发残留物	含量	%	≥50	T 0651
	针入度 (25℃)	0.1mm	45~150	T 0604
	延度 (15℃)	cm	≥40	T 0605
	溶解度 (三氯乙烯)	%	≥97.5	T 0607
与矿料的黏附性, 裹覆面积	——	≥2/3	T 0654	
贮存稳定性	1d	%	≤1	T 0655
	5d	%	≤5	
<p>注1: 破乳速度与集料的黏附性、所使用的石料品种有关。工程上施工质量检验时应采用实际的石料进行试验, 仅进行产品质量评定时可不对这些指标提出要求。</p> <p>注2: 贮存稳定性根据施工实际情况选用试验时间, 通常采用5d, 当乳液生产后能在第2天使用完时也可选用1d。</p>				

14.2.2 黏层油所使用的基质沥青的标号宜与主层沥青混合料相同; 当采用改性沥青作为黏层油时, 宜与沥青面层所用改性沥青一致。

14.3 施工技术要求

14.3.1 黏层油应用智能型洒布车均匀洒布, 局部可用人工涂刷。

14.3.2 洒布黏层油前, 应提前 2d~3d 清除待铺表面浮土等污染, 必要时可采用高压水冲洗或钢刷刷洗。

14.3.3 黏层油用量宜符合表 31 的规定。施工时应根据现场温度适当调整黏层油的稠度与用量, 施工后应形成均匀的油面。

表31 黏层油规格和用量

下卧层类型	规格	乳化沥青中纯沥青用量 (L/m ²)
沥青混合料	PCR	0.15~0.3
水泥混凝土		0.15~0.25
沥青混合料	PC-3	0.15~0.3
水泥混凝土		0.15~0.25

14.3.4 当沥青混合料摊铺过程中黏层可能被运输车车轮破坏时, 应在黏层表面轮迹部位及时补撒乳化沥青。

14.3.5 洒布黏层油时, 应在洒布车的一侧作适当的遮挡。

14.3.6 洒布黏层油后, 严禁除沥青混合料运输车外的其它车辆、行人通行。

14.3.7 黏层油宜在当天洒布, 应待其破乳、水分蒸发后方可摊铺沥青面层。

14.4 施工质量管理及检查验收

- 14.4.1 黏层油的各项指标应符合设计要求和本规范的规定。
- 14.4.2 黏层油应洒布均匀，无漏洒，并不得污染其他构造物。
- 14.4.3 当采用改性乳化沥青作为黏层油时，改性乳化沥青的抽样检查应符合表 32 的规定；当采用普通乳化沥青作为黏层油时，普通乳化沥青的抽样检查应符合表 33 的规定。

表32 施工过程中改性乳化沥青质量检查的项目与频度

材料	检查项目	检查频度		平行试验的次数或一次试验的试样数
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
改性乳化沥青	蒸发残留物含量	每 2 天~3 天一次	每周一次	2
	蒸发残留物针入度	每 2 天~3 天一次	每周一次	3
	蒸发残留物软化点	每 2 天~3 天一次	每周一次	2
	蒸发残留物延度	必要时	必要时	3
注1：本表所列内容为日常施工过程中质量检查的项目与要求。				
注2：“必要时”指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据商定需要检查时。				

表33 施工过程中普通乳化沥青质量检查的项目与频度

材料	检查项目	检查频度		平行试验的次数或一次试验的试样数
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
乳化沥青	蒸发残留物含量	每 2 天~3 天一次	每周一次	2
	蒸发残留物针入度	每 2 天~3 天一次	每周一次	2
注：本表所列内容为日常施工过程中质量检查的项目与要求。				

15 下封层施工

15.1 一般规定

- 15.1.1 当气温低于 10℃或即将降雨时不得进行下封层施工。
- 15.1.2 下封层宜在沥青铺装施工前 1d~2d 内进行施工，施工结束后，立即进行封闭管理，杜绝后期污染。

15.2 热沥青碎石下封层材料要求

- 15.2.1 热沥青可采用普通道路石油沥青、改性沥青或橡胶沥青。
- a) 普通道路石油沥青宜采用 70 号 A 级道路石油沥青，其技术指标应符合表 34 的规定；

表34 A级道路石油沥青技术要求

指 标	单 位	70号	试 验 方 法
针入度 (25°C, 5s, 100g)	0.1mm	60~80	T 0604
针入度指数 PI	——	-1.5~+1.0	T 0604
软化点 $T_{R\&B}$	°C	≥46	T 0606
60°C动力黏度	Pa·s	≥190	T 0620
延度 (10°C, 5cm/min)	cm	≥15	T 0605
延度 (15°C, 5cm/min)	cm	≥100	T 0605
蜡含量 (蒸馏法)	%	≤2.2	T 0615
闪点	°C	≥260	T 0611
溶解度	%	≥99.5	T 0607
密度 (15°C)	g/cm ³	实测记录	T 0603
TFOT 后			
质量变化	%	±0.8	T 0610 或 T 0609
残留针入度比 (25°C)	%	≥61	T 0604
残留延度 (10°C, 5cm/min)	cm	≥6	T 0605

b) 改性沥青宜采用 SBS 改性沥青或橡胶沥青作为结合料, 改性沥青的技术要求应符合表 35 的规定, 橡胶沥青的技术要求应符合表 36 的规定。

表35 SBS 改性沥青技术指标要求

指 标	单 位	技 术 要 求	试 验 方 法
针入度 (25°C, 5s, 100g)	0.1mm	40~60	T 0604
针入度指数 PI	——	≥0	T 0604
延度 (5°C, 5cm/min)	cm	≥20	T 0605
软化点 $T_{R\&B}$	°C	≥75	T 0606
运动黏度 (135°C)	Pa·s	1~3	T 0625, T 0619
闪点	°C	≥230	T 0611
弹性恢复 (25°C)	%	≥85	T 0662
贮存稳定性离析, 48h 软化点差	°C	≤2.5	T 0661
RTFOT 后残留物			
质量变化	%	±0.8	T 0610 或 T 0609
针入度比 (25°C)	%	≥65	T 0604
延度 (5°C)	cm	≥15	T 0605

表36 橡胶沥青技术指标要求

检测项目	单位	技术指标	试验方法
旋转黏度 (180°C)	Pa.s	1.5~4.0	T0625
软化点 (环球法)	°C	≥60	T 0606
针入度 (25°C, 100g, 5s)	0.1mm	30~60	T 0604
延度 (5°C, 5cm/min)	cm	≥6	T 0605
弹性恢复 (25°C)	%	>60	T 0662
贮存稳定性离析, 48h 软化点差	°C	≤2.5	T 0661
注: 贮存稳定性指标适用于工厂化生产的橡胶沥青, 对于现场生产现场使用的橡胶沥青, 当储存时间不超过24h时, 可不提该指标要求。			

15.2.2 碎石封层所用集料技术要求与沥青混合料使用的石料基本相同, 应洁净、干燥、无风化、无杂质, 并应具有足够的强度和良好的颗粒形状。

- a) 碎石封层宜采用粒径 4.75mm~9.5mm 单档集料, 集料的物理力学性质应符合表 37 的规定;
- b) 当石料粉尘含量不满足要求时, 应除尘处理。

表37 集料的物理力学性质

指标	单位	技术要求	试验方法
压碎值	%	≤26	T 0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤26	T 0317
表观相对密度	—	≥2.60	T 0304
坚固性	%	≤12	T 0314
针片状颗粒含量	粒径小于 9.5mm	≤10	T 0312
水洗法<0.075mm 颗粒含量	%	≤0.3	T 0310
软石含量	%	≤3	T 0320
吸水率	%	≤2.5	T 0304
粗集料与沥青的黏附性	—	≥4 级	T 0616, T 0663
注: 沥青路面碎石封层通常还需起到与沥青层黏结的作用, 因此集料洁净程度应比沥青混合料的集料要求更高。			

15.3 热沥青碎石下封层施工技术要求

15.3.1 严禁在下雨、大雾、下卧层潮湿的情况下进行封层施工。

15.3.2 碎石封层施工准备工作应符合以下规定:

- a) 碎石封层施工前 24h, 限制车辆通行;
- b) 碎石封层施工前应对原路面进行清扫;
- c) 碎石封层宜采用轻型轮胎压路机进行碾压;
- d) 碎石封层施工完成后, 应采取保护措施并限制车速。

15.3.3 沥青与碎石洒（撒）布量

- a) 热沥青的洒布量宜符合表 38 的规定，碎石撒布量宜控制在 $5\text{kg}/\text{m}^2\sim 10\text{kg}/\text{m}^2$ ，具体撒布量要经过试撒试铺后最终确定，以不粘轮，不产生松动层为宜；
- b) 沥青洒布应均匀，洒布量最大偏差不应超过设计值 $\pm 0.20\text{kg}/\text{m}^2$ ；
- c) 碎石宜采用油石比 $0.3\%\sim 0.35\%$ 的沥青预裹覆。

表38 不同热沥青的洒布量建议

沥青种类	碎石规格（mm）	沥青洒布量（ kg/m^2 ）
道路石油沥青	4.75~9.5	1.0~1.4
SBS 改性沥青	4.75~9.5	1.2~1.6
橡胶沥青	4.75~9.5	1.8~2.2

15.3.4 热沥青碎石封层的撒布过程宜采用同步碎石撒布车同步撒布，也可采用热沥青和碎石分别撒布的异步撒布。

15.3.5 碎石封层施工工艺

- a) 施工准备应符合以下规定：
 - 1) 封层施工前，应检查已洒布透层油的基面，补洒透层破损局部；清除杂物和污染物，当用水冲洗时，必须等水分完全蒸发后才能进行封层施工；
 - 2) 封层碎石进场前应对其规格、含泥量等技术指标进行检验，合格方可进场，并应采用油布覆盖等措施保持碎石的洁净与干燥；
 - 3) 同步碎石封层施工前，应对封层车进行全面检查、调试和标定；
 - 4) 洒布设备在施工前应清除储油罐中的残油；
 - 5) 封层施工前，应清除施工机械车轮上的附着物。
- b) 改性沥青洒布应调整喷油管高度使喷出的沥青扇面完全重叠并洒布均匀。应在喷油管外侧设置遮护铁皮防止污染；
- c) 碎石撒布应符合以下规定：
 - 1) 碎石撒布应均匀，碎石覆盖率撒布量宜控制在 $5\text{kg}/\text{m}^2\sim 10\text{kg}/\text{m}^2$ 。当有漏撒或堆积时，应辅以人工处理；
 - 2) 碎石超粒径颗粒含量不应超过 10%；
 - 3) 应通过试撒，确定封层车料斗倾角和车速；
 - 4) 撒布碎石时，1 台封层车应配备 1~2 名辅工，以随时清扫散落在热沥青膜外的碎石；
 - 5) 封层施工中，在撒布车辆的启动阶段和纵、横向搭接位置，不得出现碎石重叠撒布和漏撒。当重叠和漏撒时，应在轮胎压路机碾压前辅以人工处理。
- d) 碾压应符合以下规定：
 - 1) 碎石撒布后应及时用轮胎压路机碾压成型，轮胎压路机宜来回碾压 2 遍，碾压速度宜为 $5\text{km}/\text{h}$ ；
 - 2) 碾压成型后应尽快铺筑沥青面层，间隔时间不宜超过 24h，期间应临时封闭交通，严禁除沥青混合料运料车外的所有车辆通行。

15.4 施工质量管理及检查验收

15.4.1 热沥青碎石下封层施工过程中必须随时对摊铺质量进行评定，质量检查的内容、频度、允许偏差应符合表 39 和表 40 的规定。

表39 施工过程中材料质量检查内容与要求

材料	检查项目	检查频度	检验标准要求
集料	外观	随时	目测
	针片状含量	必要时	T 0302
沥青结合料	针入度	必要时	T 0604
	软化点	必要时	T 0606
	延度	必要时	T 0605

表40 同步碎石下封层施工过程中工程质量的控制标准

控制内容	项目	检查频度	质量要求
质量控制	外观	随时	目测：集料，沥青洒布均匀
	集料撒布量	每日 1 次/10000m ²	实际用量与设计用量比较：±20%
	沥青洒布量	每日 1 次/10000m ²	实际用量与设计用量比较：±20%
	沥青洒布温度	每车 1 次	感温枪或温度计测量：不超过材料可以承受的最高温度
	地面温度	随时	温度计测量：不低于 10℃
外形控制	宽度	5 处/km	用尺量：±50mm
黏结效果	黏结强度	每日 1 次/10000m ²	按照附录测量：±10%

16 热拌沥青混合料层施工

16.1 一般规定

16.1.1 热拌沥青面层不得在气温低于 10℃的条件下施工；不得在雨天的情况下施工；不得在路面潮湿的情况下施工；不得在下卧层的表面温度低于 15℃的情况下施工；不得在遇大风降温、不能保证迅速压实的情况下施工；不得在路面层间污染没做彻底处理的情况下施工；不得在夜间进行上面层的铺筑施工。

16.1.2 沥青面层各层沥青混合料应符合所在层位的功能性要求，便于施工，不易离析；各层应连续施工并黏结成为一个整体。

16.1.3 沥青面层所用集料的公称最大粒径应与压实层厚度相匹配。对热拌骨架密实型级配沥青混合料，压实层厚度不宜小于集料公称最大粒径的 3 倍，对 SMA 等嵌挤型混合料不宜小于集料公称最大粒径的 2.5 倍。

16.1.4 本规范仅对 AC、SMA 和 Superpave 等几种常用的沥青面层混合料及基层沥青稳定碎石 ATB、LSPM 提出混合料组成设计要求，OGFC、ARHM、PAC 等其他沥青混合料组成设计要求可参考现行 JTG F40 和其他相关规范的规定。

16.1.5 大型施工机械（沥青拌合楼、摊铺机、压路机）施行准入制度，大型机械进场前，承包人需报监理单位审核、建设单位审批后方可组织入场。如有必要，承包人应会同监理单位、建设单位有关人员大型机械进行现场考察。

16.2 材料要求

16.2.1 沥青

- a) 普通沥青应采用 70 号或 50 号 A 级道路石油沥青，其技术指标应符合表 41 的规定；
- b) 根据工程地域气候的需要，可对沥青的性能分级提出要求，70 号 A 级道路石油沥青的性能技术指标应符合表 42 的规定；

表41 道路石油沥青技术要求

指标	单位	70号	50号	试验方法
针入度（25℃，5s，100g）	0.1mm	60~80	40~60	T 0604
针入度指数 PI	—	-1.5~+1.0	—	T 0604
软化点 $T_{R\&B}$	℃	≥46	≥49	T 0606
60℃动力黏度	Pa.s	≥190	≥220	T 0620
延度（10℃，5cm/min）	cm	≥15		T 0605
延度（15℃，5cm/min）	cm	≥100	≥80	T 0605
蜡含量（蒸馏法）	%	≤2.2	≤2.2	T 0615
闪点	℃	≥260	≥260	T 0611
溶解度	%	≥99.5	≥99.5	T 0607
密度（15℃）	g/cm ³	实测记录	实测记录	T 0603
TFOT后				
质量变化	%	±0.8	±0.6	T 0610或T 0609
残留针入度比（25℃）	%	≥61	≥63	T 0604
残留延度（10℃，5cm/min）	cm	≥6		T 0605
残留延度（15℃，5cm/min）	cm		≥10	T 0605
注：在延度试验中，70号A级道路石油沥青优先采用10℃延度与10℃残留延度，50号A级道路石油沥青则优先采用15℃延度与15℃残留延度。				

表42 沥青性能分级技术指标要求

技术要求	70号	SBS 改性沥青	试验方法
等级	PG 64-22	PG 76-22	—
原样沥青			—
旋转黏度，最大 3.0Pas	—	135℃	T 0625
动态剪切， $G^*/\sin\delta$ ，最小 1.0kPa	64℃@10rad/s	76℃@10rad/s	T 0628
RTFOT 试验后沥青			T 0610
动态剪切， $G^*/\sin\delta$ ，最小 2.2kPa	64℃@10rad/s	76℃@10rad/s	T 0628
压力老化后沥青（老化温度 100℃）			T 0630
动态剪切， $G^*/\sin\delta$ ，最大 5000kPa	25℃@10rad/s	31℃@10rad/s	T 0628
蠕变劲度，S 最大 300MPa，m 值最小 0.3	-12℃@60s	-12℃@60s	T 0627

- c) 改性沥青宜采用 70 号 A 级道路石油沥青作为基质沥青，SBS 作为改性剂，用于制备 SBS 改性沥青的 70 号 A 级道路石油沥青可不对其性能分级提出要求。SBS 改性沥青的技术指标应符合表 42 和表 43 的规定。

表43 SBS 改性沥青技术指标要求

指标	单位	技术要求	试验方法
针入度 (25°C, 5s, 100g)	0.1mm	40~60	T 0604
针入度指数 PI	—	≥0	T 0604
软化点 $T_{R\&B}$	°C	≥75	T 0606
延度 (5°C, 5cm/min)	cm	≥20	T 0605
运动黏度 (135°C)	Pa·s	1~3	T 0625, T 0619
闪点	°C	≥230	T 0611
溶解度	%	≥99	T 0607
弹性恢复 (25°C)	%	≥85	T 0662
贮存稳定性离析, 48h 软化点差	°C	≤2.5	T 0661
RTFOT 后残留物			
质量变化	%	±0.8	T 0610 或 T 0609
针入度比 (25°C)	%	≥65	T 0604
延度 (5°C)	cm	≥15	T 0605

16.2.2 集料

- a) 集料规格应符合以下规定：

- 1) 用于轧制集料的片石应不带风化层、不带泥土、杂物，集料成品堆放场地必须硬化；
- 2) 沥青混合料生产中采用的集料规格应符合表 44。各档集料规格的级配范围应符合表 45 和表 46 的规定。

表44 沥青混合料采用的集料规格

沥青混合料类型	公称最大粒径 (mm)	集料规格				
		S16	S14	S12	S10-2	S9-1
AC-13、SMA-13 等	13.2	S16	S14	S12	S10-2	
AC-16、SMA-16 等	16	S16	S14	S12	S10-1	
AC-20、Sup-20 等	19	S16	S14	S12	S10-2	S9-1
					S9	
AC-25、ATB-25 等	26.5	S16	S14	S12	S10-2	S8
					S9	S8-1

表45 沥青面层细集料规格

规格	公称粒径	水洗法通过各筛孔的质量百分率 (%)						
	(mm)	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
16	0~2.36	100	80~100	55~80	25~60	8~45	0~25	0~12

表46 沥青面层粗集料规格

规格	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		31.5	26.5	19.0	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S8	13.2~26.5	100	90~100			0~15	0~5			
S8-1	19~26.5	100	90~100	0~15		0~5				
S9	9.5~19		100	90~100			0~15	0~5		
S9-1	13.2~19		100	90~100		0~15	0~5			
S10-1	9.5~16			100	90~100		0~15	0~5		
S10-2	9.5~13.2				100	90~100	0~15	0~5		
S12	4.75~9.5					100	90~100	0~15	0~5	
S14	2.36~4.75						100	90~100	0~15	0~3

b) 粗集料应符合以下规定：

- 1) 粗集料应采用石质坚硬、耐磨、清洁、不含风化颗粒、近立方体颗粒的碎石，粗集料性质应符合表 47 的规定；
- 2) 当采用酸性石料作为粗集料时，且沥青与石料的黏附性或沥青混合料的水稳定性不符合要求时，应采取技术措施予以改善直至符合要求。当使用抗剥落剂时，应具有长期的抗水损坏效果。

表47 粗集料质量技术要求

指标	单位	高速公路及一级公路		二级及二级以下公路	试验方法
		表面层	其他层次		
压碎值	%	≤22	≤26	≤26	T 0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤24	≤28	≤28	T 0317
粗集料磨光值PSV	%	≥42	—	—	T 0321
表观相对密度	—	≥2.60	≥2.50	≥2.45	T 0304
吸水率	%	≤2	≤3	≤3	T 0304
坚固性	%	≤12	≤12	—	T 0314
针片状颗粒含量（混合料）	%	≤12	≤15	≤18	T 0312
其中粒径大于9.5mm	%	≤10	≤12	≤15	
其中粒径小于9.5mm	%	≤15	≤18	≤20	
水洗法<0.075mm颗粒含量	%	≤1	≤1	≤1	T 0310
软石含量	%	≤1	≤2	≤4	T 0320
粗集料与沥青的黏附性	—	≥5级	≥4级	≥4级	T 0616, T 0663

注1：进行压碎值试验时，可提前经过200℃以上的高温烘2~4h，并对其烘后质量进行测定。
注2：对S14规格的粗集料，针片状颗粒含量可不予要求，<0.075mm含量可放宽到3%。

c) 细集料应符合以下规定：

- 1) 细集料宜采用石灰岩、玄武岩等碱性或基性硬质碎石轧制的机制砂，表面层和高等级公路的中面层不得使用花岗岩细集料。细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒组成，其级配范围应符合表46的规定，技术指标应符合表48的规定；
- 2) 宜采用立式冲击破碎机等专用设备生产机制砂，生产设备必须配置有效的除尘装置；机制砂0.075mm筛孔通过率应小于12%；粗、细集料堆放应搭棚遮盖、防雨。

表48 细集料质量技术要求

指标	单位	技术要求		试验方法
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
表观相对密度	—	≥2.60	≥2.50	T 0328
坚固性（>0.3mm部分）	%	≤12	—	T 0340
砂当量	%	≥65	≥60	T 0334
亚甲蓝值	g/kg	≤2.5	—	T 0349
棱角性	流动时间	s	≥30	T 0345
	间隙率	%	≥42	T 0344

16.2.3 矿粉

- a) 沥青面层用填料应采用石灰岩石料磨细得到的矿粉，禁止使用花岗岩矿粉；不得采用沥青混合料拌和机回收的粉料；矿粉必须采取有效的防潮防污措施，保持干燥、清洁；
- b) 矿粉在使用前应见证取样，委托有资质单位开展CaO和MgO总含量检测，且CaO和MgO总含量应不小于38%。矿粉质量技术要求见表49。

表49 矿粉质量技术要求

指标	单位	技术要求		试验方法
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
表观相对密度	t/m ³	≥2.60	≥2.50	T 0352
含水量	%	≤1	≤1	T 0103烘干法
外观	—	无团粒结块	—	—
亲水系数	—	<0.8	<1	T 0353
塑性指数	—	≤7.5	≤7.5	T 0354
加热安定性	—	实测记录	—	T 0355
粒度范围<0.6mm	%	100	100	T 0351
<0.15mm	%	90~100	90~100	
<0.075mm	%	80~100	70~100	

16.2.4 外加剂

a) 纤维稳定剂应符合以下规定：

- 1) 在 SMA 沥青混合料中掺加的纤维稳定剂宜选用木质素纤维，木质素纤维质量应符合表 50 或表 51 的规定；

表50 絮状木质素纤维质量技术要求

项目	单位	指标	试验方法
纤维长度	mm	≤6	JT/T 533
冲气筛分析	%	70±10	
普通筛分析	%	85±10	
		65±10	
		30±10	
灰分含量	%	18±5	
pH值	—	7.5±1.0	
木质纤维含量	%	≥85	
吸油率	倍	5~9	
含水量	%	≤5	
热失重（耐热性）	%	≤6，且无燃烧	

注：冲气筛分析和普通筛分析可任意选用其中1个指标。

表51 粒状木质素纤维质量技术要求

项目	单位	指标		试验方法	
		直径规格4.0mm	直径规格6.5mm		
颗粒直径	mm	4.0±1	6.5±1	JT/T 533	
颗粒长度	mm	≤16	≤16		
原纤维颗粒 筛分	4mm通过率	%	—		≤8
	2.8mm通过率	%	≤7		—
磨损后纤维 颗粒筛分	4mm通过率增加值	%	—		≤12
	2.8mm通过率增加值	%	≤11		—
造粒剂	含量	%	3~20		
	旋转黏度（135℃）	Pa·s	≥200		
灰分含量	%	12~22			
热失重（耐热性）	%	≤6，且无燃烧			
含水量	%	≤5			
松方密度	kg/m ³	350~550			
热萃取后的 木质纤维	吸油率	倍	4~8		
	木质纤维含量	%	≥85		
	最大长度	mm	≤6		
	平均长度	mm	实测		

- 2) 木质素纤维应在 250℃的干拌温度下不变质、不发脆，使用纤维必须符合环保要求，不危害身体健康，在拌和过程中应能充分分散均匀；
 - 3) 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、结团；
 - 4) 纤维稳定剂的掺加比例应以沥青混合料总量的质量百分率计算，通常情况下絮状木质素纤维用量不宜低于 0.3%，颗粒状木质素纤维用量不宜低于 0.35%。选用颗粒状木质素纤维时应配置粉碎设备；
 - 5) 纤维稳定剂掺加量的误差不宜超过±5%；
 - 6) 采用聚合物纤维等其他类型纤维时应符合相关细则的规定。
- b) 抗剥落剂应符合以下规定：
- 1) 当粗集料与沥青的黏附性达不到要求时，应掺加抗剥落剂，必要时可同时掺加 2 种及以上抗剥落剂，其一宜选择水泥或石灰，作为填料使用，其二宜选用非胺类液体抗剥落剂，掺入沥青中；
 - 2) 当掺加石灰、水泥作为抗剥落剂时，石灰质量应符合钙质Ⅲ级技术要求，水泥宜采用普通硅酸盐水泥，石灰和水泥还应符合表 49 中对矿粉粒度范围的技术要求，其掺量宜控制在 1%~2%之间，拌和设备应配置 2 套矿粉计量及添加系统；
 - 3) 当掺加非胺类液体抗剥落剂时，其质量应符合相关产品标准，其掺量应通过配合比设计及各项性能验证后确定；
 - 4) 掺加抗剥落剂后的沥青混合料应经老化处理，其抗水损害性能应符合本规范相关的沥青混合料水稳定性性能验证技术要求，老化处理方法参照现行 JTG E20 中 T 0734-2011，其中短期老化温度提高到 163℃，短期老化时间延长至 5h。

16.3 混合料组成设计

16.3.1 SMA 型沥青混合料

- a) SMA 应采用改性沥青作为结合料；
b) SMA 的集料级配范围应符合表 52 的规定，SMA 的配合比设计应符合表 53 的规定。

表52 SMA 沥青混合料集料级配范围

级配类型	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）										
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-13		100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15	8~12
SMA-16	100	90~100	65~85	45~65	20~32	15~24	14~22	12~18	10~15	9~14	8~12

表53 改性沥青 SMA 马歇尔试验配合比设计技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法	
马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$	T 0702	
马歇尔试件击实次数（双面）	次	75	T 0702	
空隙率VV	%	3.5~4.5	T 0705	
矿料间隙率 VMA	%	$\geq 16(VV > 4\%)$; $\geq 16.5(VV < 4\%)$	T 0705	
粗集料骨架间隙率 VCA_{mix}	——	$\leq VCA_{DRC}$	T 0705	
沥青饱和度	%	75~85	T 0705	
稳定度	kN	≥ 6.0	T 0709	
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失	%	≤ 0.1	T 0732	
肯塔堡飞散试验的混合料损失（20℃）	%	≤ 15	T 0733	
车辙试验动稳定度	高速公路及一级公路	次/mm	≥ 6000	T 0719
	二级及二级以下公路	次/mm	≥ 5000	T 0719
水稳定性：浸水马歇尔试验残留稳定度	%	≥ 85	T 0709	
冻融劈裂试验残留强度比	%	≥ 80	T 0729	
渗水系数	高速公路及一级公路	ml/min	≤ 75	T 0730
	二级及二级以下公路	ml/min	≤ 110	T 0730
构造深度	mm	0.7~1.2	T 0731	

注1：试验粗集料骨架间隙率VCA的关键性筛孔指的是4.75mm。

注2：对高温稳定性要求较高的重交通路段或炎热地区，设计空隙率允许放宽到4.5%，VMA允许放宽到16.5%（SMA16），VFA允许放宽到70%。

注3：稳定度难以达到要求时，允许放宽到5.5kN，但动稳定度检验必须合格。

注4：谢伦堡沥青析漏试验在施工最高温度下进行。

注5：两个水稳定性试验中，冻融劈裂残留强度比为必检项目。

注6：条件具备时可进行汉堡车辙试验。

注7：当采用所有规格的粗、细集料吸水率均 $>1\%$ 时，混合料油石比宜不小于6.2%；当采用部分规格的粗、细集料吸水率 $>1\%$ 时，混合料油石比宜不小于6.1%。混合料油石比宜随着粗、细集料密度增加而较小。

16.3.2 AC型沥青混合料

- a) AC型沥青混合料粉胶比宜按0.8~1.2控制，最大不超过1.5，集料级配范围应符合表54的规定；

表54 AC型沥青混合料集料级配范围

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
细粒式	AC-13				100	90~100	66~82	33~50	24~38	17~28	12~20	8~15	5~11	4~7
中粒式	AC-16			100	90~100	76~92	60~80	31~48	19~39	14~29	9~22	7~18	5~12	4~7
中粒式	AC-20		100	90~100	79~94	66~85	52~69	30~44	21~34	14~24	9~18	6~12	5~10	3~7
粗粒式	AC-25	100	90~100	75~88	65~80	57~73	46~61	28~40	20~30	13~22	8~15	6~12	4~9	3~6

注：为保证混合料级配设计的可靠性与准确性，应从集料生产现场的皮带下料口取料进行目标配合比设计，优选矿料级配，确定最佳沥青用量，使沥青混合料技术性能符合设计技术标准的要求。

- b) AC型沥青混合料马歇尔试验配合比设计应符合表55的规定，性能验证应符合表56或表57的规定。

表55 AC型沥青混合料马歇尔试验配合比设计技术标准

试验指标		单位	技术要求		
			AC-13C	AC-20C	AC-25C
击实次数（双面）	高速公路及一级公路	次	75		
	二级及二级以下公路	次	75		
试件尺寸		mm	Φ 101.6mm×63.5mm		
空隙率VV		%	4~6	3.5~5.5	3~5
稳定度MS，不小于		kN	8		
流值FL		mm	1.5~4		
矿料间隙率VMA	设计空隙率（%）	——	——		
	3	%	——	≥12	≥11
	4	%	≥14	≥13	≥12
	5	%	≥15	≥14	≥13
	6	%	≥16	≥15	——
沥青饱和度VFA		%	65~75	65~75	60~70

注1：对改性沥青混合料，马歇尔试验的流值可适当放宽。

注2：AC-16C用在表面层时，配合比设计技术标准可参照AC-13C执行；用在中面层时，可参照AC-20C执行。

表56 AC型普通沥青混合料性能验证技术要求

试验项目		单位	技术要求			试验方法
			AC-13C	AC-20C	AC-25C	
车辙试验动稳定度 ¹	高速公路及一级公路	次/mm	≥1800			T 0719
	二级及二级以下公路	次/mm	≥1500			T 0719
水稳定性 ²	浸水马歇尔试验残留稳定度	%	≥80			T 0709
	冻融劈裂试验残留强度比	%	≥75			T 0729
	浸水马歇尔试验残留稳定度 ³	%	≥85			T 0709
	冻融劈裂试验残留强度比 ³	%	≥80			T 0729
渗水系数	高速公路及一级公路	ml/min	≤85	≤110	≤180	T 0730
	二级及二级以下公路	ml/min	≤110	≤110	≤180	T 0730
<p>注1：公称最大粒径为26.5mm的沥青混合料的车辙试验，试件厚度宜增加为80mm。</p> <p>注2：两个水稳定性试验中，冻融劈裂残留强度比为必检项目。</p> <p>注3：为滨海公路或者离海岸线20公里内的公路的水稳定性试验技术要求。</p> <p>注4：AC-16C用在表面层时，混合料的技术要求可参照AC-13C执行；用在中面层时，可参照AC-20C执行。</p>						

表57 AC型改性沥青混合料性能验证技术要求

试验项目		单位	技术要求			试验方法
			AC-13C	AC-20C	AC-25C	
车辙试验动稳定度 ¹	高速公路及一级公路	次/mm	≥4000			T 0719
	二级及二级以下公路	次/mm	≥3000			T 0719
水稳定性 ²	浸水马歇尔试验残留稳定度	%	≥85			T 0709
	冻融劈裂试验残留强度比	%	≥80			T 0729
渗水系数	高速公路及一级公路	ml/min	≤85	≤110	≤180	T 0730
	二级及二级以下公路	ml/min	≤110	≤110	≤180	T 0730
<p>注1：公称最大粒径为26.5mm的沥青混合料的车辙试验，试件厚度宜增加为80mm。</p> <p>注2：两个水稳定性试验中，冻融劈裂残留强度比为必检项目。</p> <p>注3：AC-16C用在表面层时，混合料的技术要求可参照AC-13C执行；用在中面层时，可参照AC-20C执行。</p>						

16.3.3 ATB型沥青混合料

- a) ATB型沥青混合料集料级配范围应符合表58的规定；
- b) ATB型沥青混合料马歇尔试验配合比设计应符合表59的规定，性能验证应符合表60的规定。

表58 ATB 型沥青混合料集料级配范围

级配类型		通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)													
		37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
粗粒式	ATB-25		100	90~100	60~80	48~68	42~62	32~52	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6
特粗式	ATB-30	100	90~100	70~90	53~72	44~66	39~60	31~51	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6

表59 ATB 型沥青混合料马歇尔试验配合比设计技术标准

试验指标		单位	技术要求	
			ATB-25	ATB-30
击实次数 (双面)		次	75	112
试件尺寸		mm	$\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$	$\phi 152.4\text{mm} \times 95.3\text{mm}$
空隙率VV		%	3~5	3~5
稳定度MS, 不小于		kN	7.5	15
流值FL		mm	1.5~4	实测
矿料间隙率VMA	设计空隙率 (%)	——	——	——
	3	%	≥ 11	≥ 10.5
	4	%	≥ 12	≥ 11.5
	5	%	≥ 13	≥ 12.5
	6	%	≥ 14	≥ 13.5
沥青饱和度VFA		%	60~70	60~70

表60 ATB 型沥青混合料性能验证技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
车辙试验动稳定度 ¹		次/mm	≥ 1500	T 0719
水稳定性 ²	浸水马歇尔试验残留稳定度	%	≥ 80	T 0709
	冻融劈裂试验残留强度比	%	≥ 75	T 0729
	浸水马歇尔试验残留稳定度 ³	%	≥ 85	T 0709
	冻融劈裂试验残留强度比 ³	%	≥ 80	T 0729
渗水系数		ml/min	≤ 230	T 0730
<p>注1: 公称最大粒径为26.5mm的沥青混合料的车辙试验, 试件厚度宜增加为80mm; 公称最大粒径为31.5mm的沥青混合料的车辙试验, 试件厚度应增加为80mm。</p> <p>注2: 两个水稳定性试验中, 冻融劈裂残留强度比为必检项目。</p> <p>注3: 为滨海公路或者离海岸线20公里内的公路的水稳定性试验技术要求。</p>				

16.3.4 Superpave 型沥青混合料

- a) Superpave 型沥青混合料应参照 AASHTO R35 和 AASHTO M323 进行设计;
- b) Superpave 型沥青混合料的集料级配控制点应符合表 61 的规定, 混合料体积性质指标应符合表 62 的规定;

- c) 海南省高速公路和一级公路沥青面层宜采用粗型级配的 Superpave 型沥青混合料，其粗、细型级配关键筛孔通过率应符合表 63 的规定；
- d) Superpave 沥青混合料必须符合本规范 AC 型沥青混合料的性能验证技术要求，还应符合 AASHTO 试验规范 T283 试验方法中冻融劈裂强度比不小于 0.80 的要求。

表61 Superpave 型沥青混合料集料级配控制点

筛孔尺寸 (mm)	不同公称最大粒径沥青混合料的级配范围控制点通过率 (%)					
	Sup25		Sup20		Sup13	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
31.5	100	—	—	—	—	—
26.5	90	100	100	—	—	—
19	—	90	90	100	100	—
13.2	—	—	—	90	90	100
9.5	—	—	—	—	—	90
4.75	—	—	—	—	—	—
2.36	19	45	23	49	28	58
1.18	—	—	—	—	—	—
0.075	1	7	2	8	2	10

表62 Superpave 型沥青混合料体积性质指标

沥青混合料类型	压实度 (%)			VMA _{min} (%)	VFA (%)	粉胶比 DP
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}			
Sup13	≤89	96	≤98	14	65~75	0.8~1.6
Sup20	≤89	96	≤98	13	65~75	0.8~1.6
Sup25	≤89	96	≤98	12	65~75	0.8~1.6

注：对于高速公路和一级公路，沥青混合料旋转压实次数N的初始压实次数为8次，设计压实次数为100次，最大压实次数为160次。

表63 Superpave 型沥青混合料关键筛孔及通过率

混合料名称	公称粒径 (mm)	关键筛孔 (mm)	关键筛孔通过率 (%)
Sup13	13.2	2.36	39
Sup20	19	4.75	47
Sup25	26.5	4.75	40

注：Superpave型沥青混合料应根据关键筛孔通过率分为粗型和细型，当混合料级配关键筛孔的通过率小于表63的要求时，混合料为粗型级配，反之为细型级配。

16.3.5 LSPM 型沥青混合料

- a) LSPM 应采用粘度较高的沥青作为胶结料，可采用 SBS 改性沥青、其他改性沥青与基质沥青，当采用基质沥青时宜添加纤维稳定剂；
- b) LSPM 公称最大粒径不小于 26.5mm，其级配满足表 64 的规定；

表64 LSPM 推荐级配范围

级配类型	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	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
LSPM-25		100	70~98	50~85	32~62	20~45	6~29	6~18	3~15	2~10	1~7	1~6	1~4
LSPM-30	100	90~100	70~95	40~76	28~58	19~39	6~29	6~18	3~15	2~10	1~7	1~6	1~4

- c) LSPM 型沥青混合料的技术要求应符合表 65 的规定；

表65 LSPM 型沥青混合料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
公称最大粒径	mm	≥26.5mm	——
马歇尔试件尺寸	mm	φ 152.4mm×95.3mm	T 0702
击实次数 (双面)	次	112	T 0702
空隙率VV	%	13~18	T 0708
沥青膜厚度	μm	≥12	——
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失	%	≤0.2	T 0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失或浸水飞散试验	%	≤20	T 0733
参考沥青用量	%	3~3.5	——

- d) LSPM 采用的填料为干燥消石灰粉或生石灰粉或水泥，其用量一般为 1%；
- e) LSPM 应进行高温稳定性检验，车辙试件采用 8cm 厚度，要求动稳定度不小于 2600 次/mm；
- f) 试件毛体积相对密度的测定宜采用体积法，为通过量测试件的直径与高度计算试件的体积，理论最大相对密度应采用集料有效密度进行计算；
- g) 沥青膜厚度采用算法，计算方法参考 JTG F40。

16.4 施工技术要求

16.4.1 前期准备工作

- a) 沥青面层正式施工前应进行目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证；
- b) 普通沥青混合料各阶段施工控制温度参照现行 JTG F40 中表 5.2.2-2 执行；聚合物改性沥青混合料各阶段施工控制温度参照现行 JTG F40 中表 5.2.2-3 执行。推荐施工温度如下：70 号 A 级沥青混合料拌合温度 155℃~165℃，初压温度 140℃~145℃；SBS 改性沥青混合料拌合温度 170℃~180℃，初压温度 160℃~165℃；
- c) 应按工程量和生产能力确定机械数量与组合方式，配置齐全的施工机械和配件，做好开工前的保养、调试；
- d) 在沥青混合料拌和楼、沥青改性设备等沥青路面关键施工机械和设备上，应配置具有自动化检测、记录、分析和智能报警等功能的远程监控系统；
- e) 沥青拌合楼筛网宜与碎石加工厂的筛网相匹配。

16.4.2 原材料检验

施工前应根据本规范的要求对原材料进行质量检验，合格方可进场。

16.4.3 下承层的检查、清扫与验收

- a) 应按本规范和相关规范要求对下承层的外观质量与内在质量进行全面检查，当存在质量缺陷（例如严重离析、开裂和油污染等）时，应按规定进行修复；
- b) 应对下承层表面的垃圾、落叶、牛粪、散落碎石等杂物清扫、污染清洗和松散碎石清理干净，必要时应用水冲洗；对于局部被水泥等杂物污染冲洗不掉的，应辅以人工清除；
- c) 应待下承层水迹晾干后洒布黏层油，黏层油洒布后应封闭交通，当黏层油为乳化沥青时，应待其破乳凝结后方可铺筑上层沥青混合料；
- d) 当下承层为水稳基层时，应进行步检，记录水稳基层裂缝位置、形状、长度和宽度，并在路侧标记水稳基层裂缝位置；水稳基层顶面洒布透层乳化沥青并破乳后，在裂缝位置粘贴抗裂贴，对于水稳基层裂缝宽度大于 5mm 的，应在洒布透层乳化沥青并破乳后先采用基质沥青热灌缝，或乳化沥青、乳化沥青砂冷灌缝，再在裂缝位置粘贴抗裂贴，抗裂贴质量应符合相关产品标准。

16.4.4 试验路铺筑

- a) 各层路面正式铺筑前均应做试验路，应采用 2 种配比方案或 2 种碾压组合方案进行试验段铺筑，每种方案试验路铺筑长度宜不少于 300m。试验段宜选在直线段上铺筑，且纵坡宜小于 3%；
- b) 试验路铺筑过程中，应对试验路进行跟踪观测，获取生产参数；
- c) 试验路铺筑完成后应对试验路进行质量检测，检测频率应是正常路段的 2 倍，宜采用无核密度仪、激光纹理仪等先进手段对试验路段的均匀性进行评价；
- d) 热拌热铺沥青混合料路面试验段铺筑分试拌及试铺两个阶段，根据生产参数和质量检测结果应对以下内容进行确定和总结：
 - 1) 拌合楼的工作参数，考察拌合楼工作性能及数据采集装置的可信度；
 - 2) 封层或粘层的喷洒方式和效果；
 - 3) 检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配；
 - 4) 摊铺机熨平板振频、行走速度；
 - 5) 压实机械的碾压组合方式，压实的顺序、速度和遍数；松铺系数等；
 - 6) 建立用钻孔法与无核密度仪无破损检测路面密度的对比关系；确定压实度的标准检测方法。无核密度仪等无破损检测在碾压成型后热态测定，取 13 个测点的平均值为 1 组数据，一个试验段的不得少于 3 组。钻孔法在第 2 天或第 3 天以后测定，钻孔数不少于 12 个；
 - 7) 检测试验段的渗水系数；
 - 8) 验证沥青混合料生产配合比设计，提出生产用的标准配合比和最佳沥青用量；
 - 9) 试验段施工质量评价；
 - 10) 施工中存在的问题分析及改进措施。

16.4.5 混合料的拌和

- a) 沥青混合料生产应采用与工程需求相匹配的间歇式拌和楼拌和沥青混合料，拌和楼生产过程应由计算机自动控制，并应配置混合料拌合误差实时检测分析系统、监控摄像头、实时打印设备。拌和过程中可实现逐盘采集材料用量、拌和温度等信息，随时在线检查各种材料的用量和运行情况是否符合规定，如不满足表 69 的规定，应按废料处理；
- b) 沥青混合料应拌和均匀，当出现异常现象时，应分析原因并及时予以纠正；一经确认为质量问题，应作废料处理；

- c) 拌和时间应根据具体情况由试拌确定，保证沥青均匀裹覆、无花白料。普通沥青混合料每盘的拌和周期宜不少于 45s，其中干拌时间宜不少于 10s；改性沥青混合料拌和时间宜适当延长，改性沥青 SMA 混合料拌和周期一般为 60s~70s，其中干拌时间宜不少于 15s；
- d) 投放纤维时，应配备自动计量的专用投放设备，确保计量准确，并定期标定设备；
- e) 拌和楼的计量和控制系统应定期校核。

16.4.6 混合料的运输



图1 汽车装料示意图

- a) 运料车的总运输能力应大于拌和机的生产能力和摊铺机的摊铺能力。运料车装料前应将车厢清理干净，并涂刷隔离剂；
- b) 拌和机向运料车放料时，汽车应前后移动，分 3 堆装料，启运前应检测记录每车混合料的温度；
- c) 运料车应用完整无损的双层篷布严密覆盖，卸料过程中仍继续覆盖直到卸料结束。在气温较低时，运料车车厢侧面应加装保温层，确保混合料温度稳定；
- d) 连续摊铺过程中，运料车应在摊铺机前 100mm~300mm 处停住，不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档，由摊铺机推动前进；
- e) 运输到摊铺现场的混合料，如温度不符合要求或遭雨淋，应作废弃处理。

16.4.7 混合料的摊铺

- a) 每台摊铺机应有至少 3 辆运料车等候卸料，方可开始摊铺；
- b) 沥青混合料摊铺可采用 1 台摊铺机全幅摊铺作业，也可采用 2 台摊铺机梯队并机摊铺作业。当采用并机梯次摊铺时，摊铺机应为同一机型，新旧程度和性能相近，以保证铺筑均匀、一致性；
- c) 摊铺机应根据摊铺宽度配置合理长度的螺旋布料器和熨平板，布料器外侧螺旋距挡板的距离不宜超过 500mm；
- d) 摊铺机应调整到最佳工作状态，调试好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速匹配；
- e) 摊铺时沥青混合料料位应在每天起步前将料位调整好，再实施摊铺，避免摊铺层出现离析现象；应随时目测粗细料的均匀性，检测松铺厚度是否符合规定。摊铺前应将熨平板预热至规定温度（不低于 100℃）；摊铺时应采用熨平板振动，且采用中强夯等级，在摊铺沥青过程中，根据摊铺速度和摊铺厚度，摊铺机振捣梁最高可调节频率约 25Hz~30Hz，摊铺机频率约 40Hz，如沥青摊铺机福格勒 2100-3L：振捣转速为 450r/min~1800r/min。铺面的初始压实度不小于 85%。摊铺机熨平板应拼接紧密，不得存有缝隙；

- f) 沥青混合料的摊铺速度宜控制在 1m/min~3m/min（桥面沥青混合料的摊铺速度不宜超过 2m/min）可根据拌和机产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度等予以调整，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺；
- g) 混合料未压实前，施工人员不得进入踩踏。不宜人工整修，特殊情况下可用人工找补或更换混合料，缺陷严重时应铲除，并调整摊铺机或改进摊铺工艺；
- h) 当采用 2 台摊铺机梯队并机摊铺作业时，后摊铺机应跨缝 50mm~100mm 摊铺，2 台摊铺机距离不应超过 10m；
- i) 应重视摊铺机接料斗的操作程序、减少粗细料离析；下一辆运料车应在摊铺机接料斗内的链板送料器尚未露出时开始卸料，做到连续供料，避免粗料集中；
- j) 摊铺应在当日高温时段进行，路表温度低于 15℃时不宜摊铺。摊铺遇雨时，应立即停止施工，并清除未压实成型的混合料。遭受雨淋的混合料应废弃，不得卸入摊铺机摊铺。摊铺遇大风时，应根据风力等级判断是否适合施工。

16.4.8 混合料的碾压

- a) 对于双向四车道公路，AC 型沥青混合料宜配备 3 台 12t 以上的双钢轮振动压路机或振荡压路机、3 台 30t 以上轮胎压路机；SMA 型沥青混合料宜配备 4 台 12t 以上的双钢轮振动压路机及 1 台 11t 以上双钢轮振动压路机进行碾压工作。对于双向四车道以上高速公路，宜按车道的比例增加压路机的数量；
- b) 对于双向两车道公路，单车道摊铺时，AC 型沥青混合料宜配备 2 台 12t 以上的双钢轮振动压路机或振荡压路机、2 台 30t 以上轮胎压路机。双车道全幅摊铺时，AC 型沥青混合料宜配备 3 台 12t 以上的双钢轮振动压路机或振荡压路机、3 台 30t 以上轮胎压路机；
- c) 应选择合理的压路机组合方式及碾压工艺。碾压遵循“紧跟、慢压、高频、低幅、少洒、高温”原则。初压应在较高温度下进行。沥青混合料的碾压方式宜符合表 66 和表 67 的规定；

表66 AC 和 Superpave 混合料面层碾压模式

碾压阶段	压路机类型	数量（台）	碾压模式
初压	双钢轮振动压路机（12t以上）	2	整幅范围内，前后振压2遍
复压	轮胎压路机（30t以上）	3	整幅范围内套轮循环碾压，各2遍
终压	双钢轮振动压路机（12t以上）	1	静压1~2遍

表67 SMA 沥青混合料面层碾压模式

碾压阶段	压路机类型	数量（台）	碾压模式
初压	双钢轮振动压路机（12t以上）	2	整幅范围内，前后振压2遍
复压	双钢轮振动压路机（12t以上）	2	整幅范围内套轮循环碾压，前后振压各2遍
终压	双钢轮振动压路机（11t以上）	1	静压1~2遍

- d) 压路机应以缓慢而均匀的速度碾压，碾压速度根据初压、复压、终压及压路机的类型通过试铺确定；
- e) 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；压路机启动、停止必须减速缓行，不得刹车制动；
- f) 碾压过程中采用植物油水混合物对胶轮等进行润滑，严禁采用柴油润滑剂；
- g) 压路机或其它车辆不得停放在尚未冷却的沥青路面上，并应防止矿料、油料和杂物散落；

- h) 初压、复压、终压段落应设置明显标志，并应设专岗管理和检查松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度，做到不漏压不超压；
- i) 压实完成 12h 或路面温度低于 50℃后，方可允许施工车辆通行；
- j) SMA 路面摊铺后应及时碾压，由专人负责指挥协调各台压路机的碾压路线和碾压遍数，使摊铺面在较短时间内达到规定压实度；
- k) 当采用 SMA 混合料进行桥面铺装时，宜采用振荡压路机进行压实。

16.5 施工质量管理及过程控制

16.5.1 沥青混合料生产过程中，必须按表 68 规定的检查项目和频度，对各种原材料进行抽样试验，其质量应符合本规范规定的技术要求。

表68 沥青混合料生产过程中材料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
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
粗集料	外观（石料品种、含泥量等）	随时	随时	—
	针片状颗粒含量	随时	随时	2~3
	颗粒组成（筛分）	随时	必要时	2
	压碎值	必要时	必要时	2
	磨光值	必要时	必要时	4
	洛杉矶磨耗值	必要时	必要时	2
	含水量	必要时	必要时	2
细集料	颗粒组成（筛分）	随时	必要时	2
	砂当量	必要时	必要时	2
	含水量	必要时	必要时	2
	松方单位重	必要时	必要时	2
矿粉	外观	随时	随时	—
	<0.075mm含量	必要时	必要时	2
	含水量	必要时	必要时	2
抗剥落剂	密度	每次进料检测1次	每次进料检测1次	2
	pH值	每次进料检测1次	每次进料检测1次	2
	凝固点	每次进料检测1次	每次进料检测1次	2
	沥青与集料黏附性	每拌合楼每天1次	每拌合楼每天1次	5
	浸水残留稳定度	每拌合楼每天1次	每拌合楼每天1次	4~6
石油沥青	针入度	每2天~3天1次	每周1次	3
	软化点	每2天~3天1次	每周1次	2
	延度	每2天~3天1次	每周1次	3
	针入度指数	必要时	必要时	3
	后残留针入度比	必要时	必要时	3
	后残留延度	必要时	必要时	3
改性沥青	针入度	每天1次	每天1次	3
	软化点	每天1次	每天1次	2
	离析试验（对成品改性沥青）	每周1次	每周1次	2
	低温延度	必要时	必要时	3
	弹性恢复	必要时	必要时	3
	显微镜观察（对现场改性沥青）	随时	随时	—
乳化沥青	蒸发残留物含量	每2天~3天1次	每周1次	2
	蒸发残留物针入度	每2天~3天1次	每周1次	2
改性乳化沥青	蒸发残留物含量	每2天~3天1次	每周1次	2
	蒸发残留物针入度	每2天~3天1次	每周1次	3
	蒸发残留物软化点	每2天~3天1次	每周1次	2
	蒸发残留物的延度	必要时	必要时	3

16.5.2 沥青混合料生产过程中必须按表 69 规定的项目和频度检查沥青混合料的质量。

表69 沥青混合料生产阶段的质量检查标准

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	
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路		
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	
拌和温度	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
	混合料出厂温度	逐车检测评定	符合本规范规定		传感器自动检测、显示并打印, 出厂时逐车按T 0981人工检测
		逐盘测量记录, 每天取平均值评定	符合本规范规定		传感器自动检测、显示并打印
矿料级配(筛孔)(%)	0.075mm	逐盘在线检测	±2 (2)	——	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±5 (4)	——	
	≥4.75mm		±6 (5)	——	
	0.075mm	逐盘检查, 每天汇总1次取平均值评定	±1	——	总量检验
	≤2.36mm		±2	——	
	≥4.75mm		±2	——	总量检验
	0.075mm	每台拌和机每天1次~2次, 以2个试样的平均值评定	±2 (2)	±2	T 0725抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36mm		±4 (3)	±6	
≥4.75mm	±5 (4)		±7		
沥青用量(油石比)(%)	逐盘在线监测	±0.3	——	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	——	总量检验	
	每台拌和机每天1次~2次, 以2个试样的平均值评定	±0.3	±0.4	抽提T 0722、T 0721	
马歇尔试验: 空隙率、稳定度、流值	每台拌和机每天1次~2次, 以4个~6个试件的平均值评定	符合本规范规定		T 0702、T 0709	
冻融劈裂试验	材料变化时及必要时	符合本规范规定		T0702、T 0729	
车辙试验	每5日	符合本规范规定		T 0719	

注: 括号内的数值为对SMA玛蹄脂沥青混合料的要求。

16.5.3 沥青混合料铺筑过程中必须按表 70 规定的项目和频度检查沥青混合料铺筑的施工质量。

表70 沥青混合料施工过程中的质量控制标准

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
			高速公路及一级公 路	二级及二级以下公 路	
外观		随时	表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油疔、油包等缺陷，且无明显离析		目测
接缝		随时	紧密平整、顺直、无跳车，		目测
		逐条缝检测评定	3mm	5mm	T 0931
施工 温度	摊铺温度	逐车检测评定	符合本规范规定		T 0981
	碾压温度	随时	符合本规范规定		插入式温度计实测
厚度 (mm)	每一层次	随时，厚度50mm以下 厚度50mm以上	设计值的5% 设计值的8%	设计值的8% 设计值的10%	施工时插入法量测松铺厚度及压实厚度
	每一层次	1个台班区段的平均值 厚度50mm以下 厚度50mm以上	-3 -5	——	总量检验
	总厚度	1点/2000m ² 单点评定	设计值的-5%	设计值的-8%	T 0912
	表面层	1点/2000m ² 单点评定	设计值的-10%	设计值的-10%	
压实度 (%)		每2000m ² 检查1组逐个试件评定并计算平均值	≥98 (马歇尔标准密度) 94~97 (最大理论密度)		T 0924、T 0922
平整度 (最大间 隙)(mm)	表面层	随时，接缝处单杆评定	3	5	T 0931
	中下面层	随时，接缝处单杆评定	5	7	T 0931
平整度 (标准 差)(mm)	表面层	连续测定	1.2	2.5	T 0932
	中面层	连续测定	1.5	2.8	
	下面层	连续测定	1.8	3.0	
	基层	连续测定	2.4	3.5	
宽度 (mm)	有侧石	检测每个断面	±20	±20	T 0911
宽度 (mm)	无侧石	检测每个断面	不小于设计宽度	不小于设计宽度	
纵断面高程 (mm)		检测每个断面	±10	±15	T 0911
横坡度 (%)		检测每个断面	±0.3	±0.5	T 0911
沥青混合料结构层的 渗水系数		每1不少于5点，每点3处 取平均值	符合本规范表9的要求或设计要求		T 0971

注：表内压实度，所有等级公路均应选用2个标准评定，以合格率低的作为评定结果。

17 特殊路段沥青路面施工

17.1 旧水泥混凝土路面加铺沥青路面

17.1.1 旧水泥混凝土路面应平整粗糙，干燥整洁，不得有浮浆、尘土、水迹、杂物或油污等。

17.1.2 旧水泥混凝土路面防水黏结层施工过程中应注意以下关键点：

- a) 应根据试验确定防水黏结剂的施工用量，黏结强度应符合本规范的相应规定；
- b) 施工中应保证旧水泥混凝土面板干燥，确保防水黏结剂直接浸润旧水泥混凝土面板表面，并应形成可靠的黏结结构；
- c) 防水黏结剂宜采用专用设备洒布；当采用滚筒涂刷时，应通过试验确定现场涂刷遍数，保证防水黏结层厚度均匀，黏结可靠；
- d) 防水黏结层施工完毕后，应防止污染，严禁车辆通行；当有泥土污染时应冲洗干净，待旧水泥混凝土路面完全干燥后方可进行后续施工；
- e) 当防水黏结层损坏严重时，应返工；严禁机油、柴油等油类污染。

17.2 水泥混凝土桥沥青层铺装

17.2.1 混凝土桥面板应平整粗糙，干燥整洁，不得有浮浆、尘土、水迹、杂物或油污等，且应在沥青路面铺筑前，对桥面纵坡、横坡、平整度及桥面排水能力进行检查，确保能满足排水要求，如不能满足，必须完善后方可进行沥青路面铺筑。

17.2.2 桥面板精铣刨施工过程中应注意以下关键点：

- a) 按照设备型号确定适宜的工作宽度，铣刨机行走速度按试验段确定的方案执行；
- b) 一般铣刨深度 4mm~6mm，铣刨后桥面不得出现明显的纵向沟槽，否则应进行二次精铣刨或采用小型设备进行精细处理；
- c) 作业面重叠宽度 10cm~20cm，搭接部分应保持平整；
- d) 由于桥面不平整造成露白部分宜采用窄幅铣刨机补铣刨，或用抛丸机进行处治；
- e) 铣刨渣清扫，自卸车随铣刨机行驶，同步进行接料清理；等铣刨面干燥后，用小型清扫机和人工进行清扫，用空压机强风吹净，保证界面清洁、干净；
- f) 桥面应平整，突出物应凿除，不使铣刨机发生空刀；
- g) 油污、锈迹、养护剂、尘土应清理干净，防止施工过程中二次污染。

17.2.3 桥面防水黏结层施工过程中应注意以下关键点：

- a) 应根据试验确定防水黏结剂的施工用量，黏结强度应符合本规范的相应规定；
- b) 应提前做好桥梁护栏的防护工作，当护栏受到污染时应及时清除；
- c) 施工中应保证桥面板干燥，确保防水黏结剂直接浸润桥面板表面，并应形成可靠的黏结结构；
- d) 防水黏结剂宜采用专用设备洒布；当采用滚筒涂刷时，应通过试验确定现场涂刷遍数，保证防水黏结层厚度均匀，黏结可靠；
- e) 防水黏结层施工完毕后，应防止污染，严禁车辆通行；当有泥土污染时应冲洗干净，待桥面完全干燥后方可进行后续施工；
- f) 当防水黏结层损坏严重时，应返工；严禁机油、柴油等油类污染。

17.2.4 桥面铺装沥青混合料施工除应符合路基段路面摊铺和碾压要求外，还应注意以下事项：

- a) 施工前宜评估沥青混合料施工荷载对桥梁结构的影响，避免对桥梁结构造成损伤；

- b) 运料车不得超载运输,施工过程中除正在卸料的运料车外,其余运料车不宜上桥等待卸料;等待卸料的运料车不得与摊铺机同处一个桥跨;
- c) 采用双机梯队摊铺时,2台摊铺机之间的距离可增加到20m~30m,避免对桥梁结构产生损害;
- d) 桥面沥青混合料铺装压实宜采用振荡压路机,当采用振荡压路机时应确保桥梁结构安全。施工中压路机应采用高频、低幅方式碾压;边角位置应使用小型压路机或平板振动夯压实;
- e) 当采用沥青马蹄脂碎石混合料(SMA)铺装层时,达到规定的压实度后应立即停止碾压。

17.3 隧道沥青路面铺装

17.3.1 隧道内水泥混凝土面板应平整粗糙,干燥整洁,不得有浮浆、尘土、水迹、杂物或油污等。

17.3.2 防水黏结层施工过程中应注意以下关键点:

- a) 应根据试验确定黏结剂的施工用量,黏结强度应符合本规范的相应规定;
- b) 施工中应保证混凝土面板干燥,确保黏结剂直接浸润混凝土面板表面,并应形成可靠的黏结结构;
- c) 黏结剂宜采用专用设备洒布;当采用滚筒涂刷时,应通过试验确定现场涂刷遍数,保证防水黏结层厚度均匀,黏结可靠;
- d) 防水黏结层施工完毕后,应防止污染,严禁车辆通行;当有泥土污染时应冲洗干净,待混凝土面板完全干燥后方可进行后续施工;
- e) 当防水黏结层损坏严重时,应返工;严禁机油、柴油等油类污染。

17.3.3 长大隧道沥青混合料铺装宜采用温拌技术或采用通风方式降低施工温度,减少沥青烟污染,改善施工条件。

17.4 长大纵坡路段沥青路面铺筑

17.4.1 长大纵坡路段,摊铺应从坡底向坡顶方向进行。

17.4.2 振动压路机沿下坡方向碾压时,严禁振动碾压。

17.4.3 长大纵坡路段的初压不宜采用振动碾压或轮胎碾压,宜选择吨位较小的双钢轮压路机静压1遍,前进时应前后轮同时驱动。

17.4.4 长大纵坡路段的复压当采用振动碾压时,应由坡底向坡顶碾压,激振力先轻后重,不宜强振。

条文说明

5 基本规定

5.2 路面设计要求

5.2.2 表 2 所列数值为对新建公路沥青路面结构设计使用年限的最低要求。扩建项目，通常要求加铺后路面与拼宽部分新建路面具有相同的设计使用年限。对运营期进行结构补强的改建项目，其路面结构设计使用年限的确定较为复杂。可考虑补强后路面达到既有路面的设计使用年限，此时改建路面结构的设计使用年限为既有路面剩余设计使用年限；也可考虑通过改建延长既有路面结构设计使用年限，此时改建路面结构的设计使用年限为既有路面剩余使用年限加上延长的年限。

5.2.4 为贯彻“防排结合，综合施策”以及“防得住，排得出”的理念，本规范在路基排水、中央分隔带排水、路面防排水、桥面防排水、隧道防排水等方面给出以下建议。

a) 路基排水

- 1) 低填、浅挖路基路肩外侧宜设置边沟，边沟可采用矩形边沟或碟形边沟；
- 2) 路堑边坡平台截水沟应根据降雨量、汇水面积、地质条件等因素设置，宜采用矩形断面；
- 3) 路堤边坡防护应根据降雨量、汇水面积和坡面冲刷等因素，合理设置坡面泄水槽、平台截水沟、坡脚排水沟等综合排水设施；
- 4) 对地下水位较高或有泉眼出露的挖方路基或低路堤，应在路床顶部设置盲沟或渗沟降低地下水位，必要时宜进行专项设计；
- 5) 长挖方路段路基边沟应根据汇水流速、流量、中央分隔带横向排水管出水深度需要等因素通过计算分段加深。

b) 中央分隔带排水

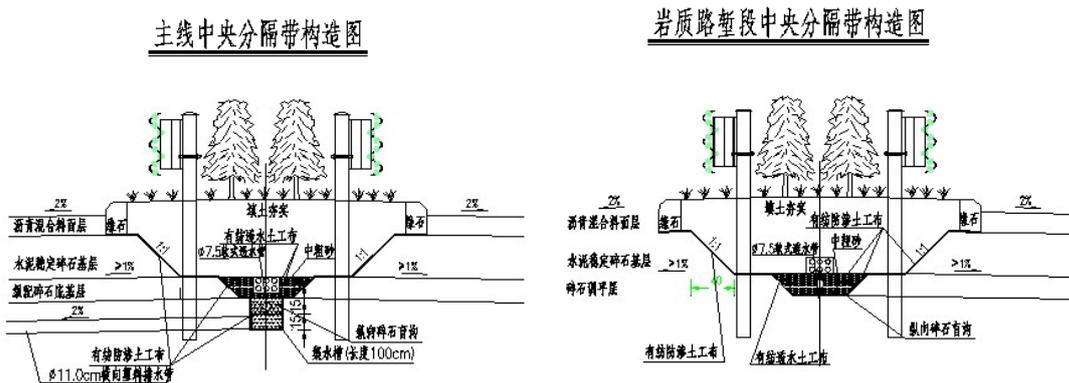


图2 中央分隔带排水系统

- 1) 一般路段中央分隔带内部应设置由防水层、纵向排水盲沟、集水槽和横向排水管组成了排水系统，见图 2；

中央分隔带内路面结构层及纵向排水盲沟应设置防水层（见图 2），防水层由 30mm 厚砂浆+沥青涂层+防水土工布组成。纵向排水盲沟顶面与回填土之间应设置透水土工布，其内应设置纵向透水管。

横向排水管间距宜按 100m~200m 控制，应在凹形竖曲线底部以及分隔带开口、桥台、隧道洞口、明涵附近适当位置设置横向排水管。横向排水管宜设置在填方路段，在挖方路段设置时其下缘与边沟底部距离不应小于 150mm。

2) 超高路段的中央分隔带除应符合一般路段中央分隔带排水要求外，还应设置纵向集水沟、集水井及相应的横向排水管；填方路段还应设置边坡急流槽，将流向中央分隔带的路表汇水通过横向排水管、急流槽排入边沟或排水沟。

应根据路表汇水量合理设置集水井和相应的横向排水管，其间距宜按 20m~50m 控制。除有排水需要设置横向排水管外，分隔带内纵向排水盲沟应接入集水井，利用集水井的横向排水管排水；

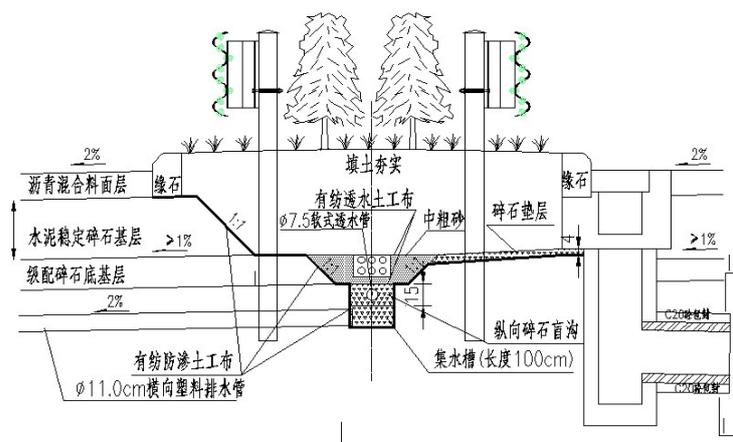


图3 超高段中央分隔带排水系统

3) 中央分隔带采用硬化封闭时，分隔带铺面应设置向两侧外倾的横坡，坡度宜与路面横坡一致，铺面材料可采用沥青混合料或水泥混合料等。分隔带底部应设置盲沟，在适当位置应设置横向排水管排水，超高路段参照本规范中央分隔带排水 2) 的规定执行。

c) 路面防排水

1) 路面防排水包括路表防排水、路面内部排水和路肩排水，路面防排水系统应与其他相关排水系统合理衔接；

2) 路表防排水

挖方路段的路表水可从硬化的土路肩直接排入边沟排水系统，见图4。

填方路段的路表水可采取分散排水方式排入路基排水沟，当路表汇水量较大时，土路肩应做加固处理（见图5），并按照路基排水第3)条加强边坡防护和排水设计。对于凹形竖曲线底部等路表汇水集中流出路段，应在边坡上部坡面适当位置设置集水沟，并设置急流槽将路表汇水排入排水沟。

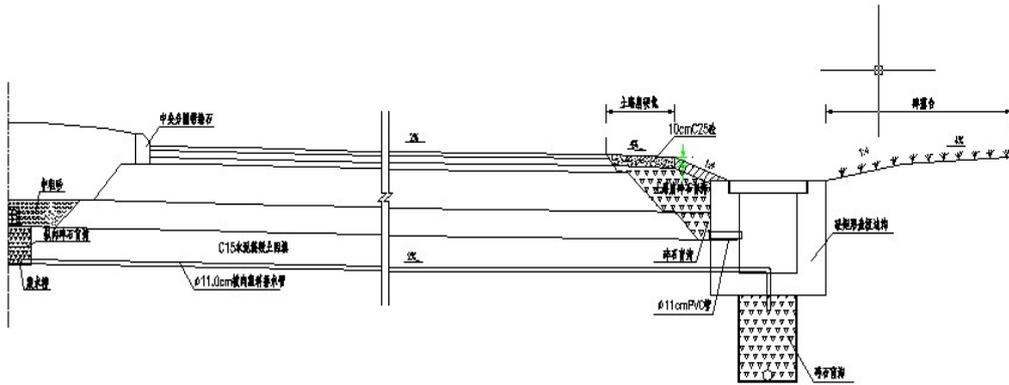


图4 挖方路段路表排水图

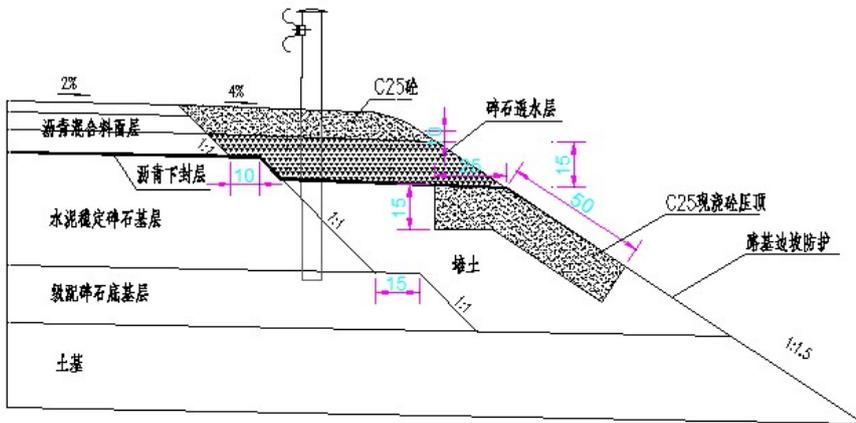


图5 填方路段路表排水图

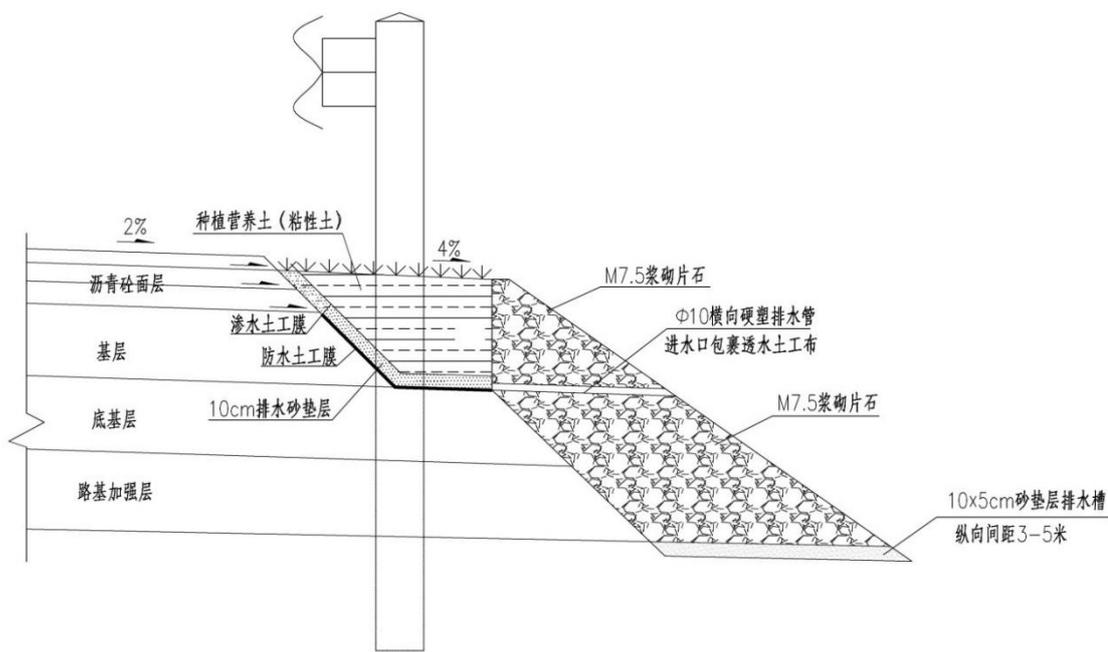
③路面结构防排水、路肩排水

水泥混凝土路肩（10cm）将沥青中上面层（10cm）层间水堵塞无法排除。建议混凝土路肩路段，每10米横向切槽，填透水混凝土，排除路肩水，特别是竖向凹曲线部位，加密。

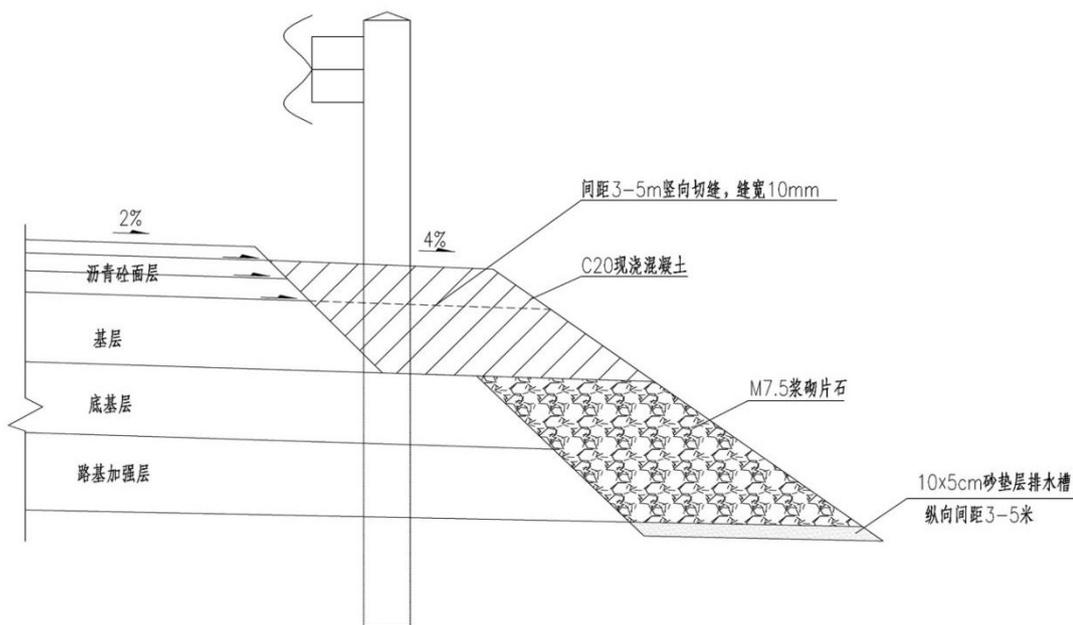
路面结构防排水应结合沥青面层防水和路肩排水系统综合考虑，沥青路面上层采用开级配沥青混合料或其他特殊情况时，应进行沥青内部结构层排水专题设计。

挖方路段的路肩排水系统参照图4。

填方路段的路肩排水系统参照图6。



(a) 有绿化



(b) 无绿化

图6 填方路段路肩排水图

④当选用开级配沥青混合料做表面层时，应设置配套的路肩边缘排水系统，将路面渗水排出，且表面层下部至少应设置一层密级配沥青层或防水层。

⑤设置排水基层时，应参照现行JTG/T D33进行设计。

d) 桥面防排水

1) 桥面应设置防水黏结层；

- 2) 桥面混凝土现浇层应符合规定的平整度、横坡度要求；
建议边部不设纵向排水盲沟，沥青面层摊铺完后，边缘部位纵向切缝，采用明排方式排水。排水效果好，且易清理。
- 3) 桥面排水应在桥面横坡较低侧设置边缘盲沟排水系统，盲沟内集水应通过桥面泄水管排出；
- 4) 桥面边缘排水碎石盲沟宽度宜为 100mm，深度同沥青下面层一致，盲沟内应填筑 15mm~25mm 的单粒径洁净碎石，并用小型机械夯实，桥面沥青路面表面层施工时应对应盲沟进行覆盖。桥面边缘排水可参照图 7 设计；

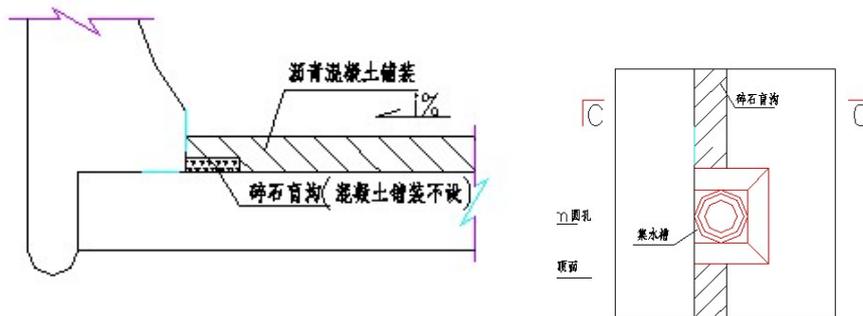


图7 桥面边缘碎石盲沟排水图

- 5) 桥面碎石盲沟与桥面泄水口相接，泄水口应略低于桥面调平层 10mm~20mm，开口泄水管顶面应低于路面 10mm；在紧邻桥梁伸缩缝的桥面纵向较高一侧应设置泄水孔，见图 8。

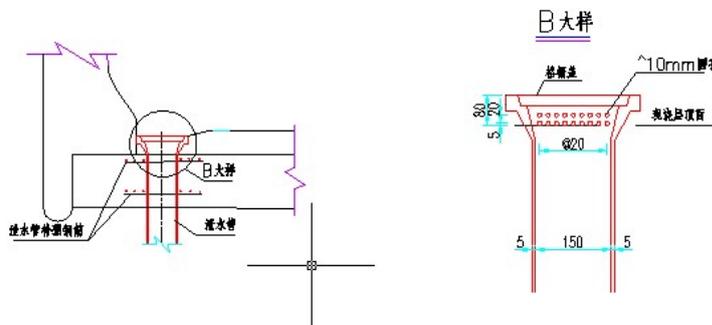


图8 桥面泄水孔图

e) 隧道防排水

- 1) 隧道混凝土板应设不小于 1.5%的横坡；
- 2) 路面结构下宜设纵向中心水沟，地下水量不大的中、短隧道可不设中心水沟，见图 9；
- 3) 对于下坡进洞和上坡出洞的隧道洞口宜在洞口内外适当长度范围采取增大横坡、设置透水路面、提高路面抗滑性能等措施；
- 4) 隧道路面结构下无纵向中心水沟时宜在现浇混凝土面板下设置横向碎石盲沟，并在混凝土面板下横向较低一侧设置纵向碎石盲沟，将地下渗水沿隧道纵向排出洞外，见图 10。

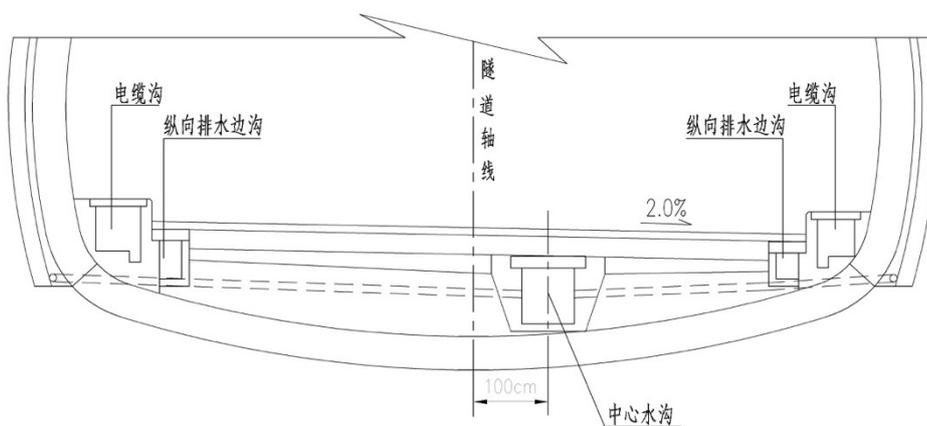


图9 隧道中心水沟图

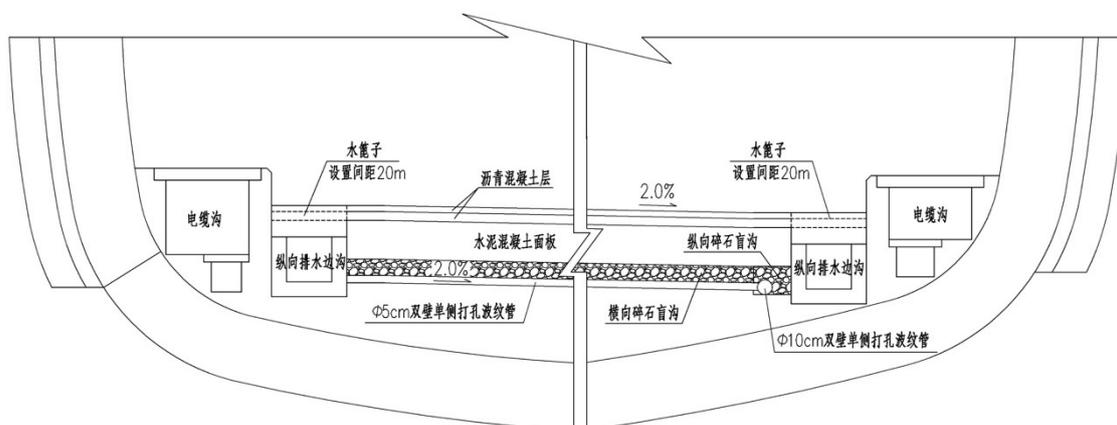


图10 隧道路面碎石盲沟图

5.3 路基设计要求

5.3.2 路基干湿类型根据地下水或地表水长期积水影响的临界水位深度,按路基工作区的湿度来源分为三类:受地下水控制的潮湿类、受气候因素控制的干燥类和受地下水和气候两方面因素影响的中湿类。

5.3.3 路基顶面回弹模量是指平衡湿度状态下并考虑干湿与冻融循环作用后的路基顶面回弹模量,当用于施工过程检验与控制时应根据湿度调整系数和干湿与冻融循环折减系数进行调整计算。路基顶面回弹模量的确定应符合现行 JTG D30 的有关规定。本规范适当提高了路基顶面回弹模量的要求值,增强路基模量对提高路面耐久性意义较大,也符合交通运输部平安百年品质工程的倡导。当达不到要求时,应采取掺加水泥、未筛分碎石、隧道洞渣或设置粒料类或无机结合料稳定类路基改善层等措施提高路基顶面回弹模量。

6 路面结构组合设计

6.2 半刚性基层沥青路面结构

6.2.1 无机结合料稳定类基层沥青路面承载能力高,适应于各种交通荷载等级,主要病害是无机结合料稳定层疲劳开裂和面层反射裂缝。反射裂缝处雨水渗入后容易出现唧泥、基层脱空等损坏。采用粒料底基层或设置粒料类路基改善层等,可减轻反射裂缝出的唧泥、脱空。

6.2.2 鉴于海南高温多雨气候特点,考虑长寿命周期路面设计理念,除高速公路外,一级公路作为干线公路,中、表面层均应考虑改性。二级及以下公路视交通量、车辆载重、长大纵坡等具体情况考虑中面层改性。改性对沥青混合料提高高温稳定性有重要作用,并且占路面总投资较小,属小投入、高效益的设计,可大幅提高耐久性。

6.2.3 在海南省临海、多雨的环境下,无机结合料稳定类基层沥青路面出现反射裂缝后易发展为唧泥、脱空等,从而加速路面状况恶化。有必要采取措施减少水损害,如:在无机结合料稳定类基层下方设置粒料排水层或设置粒料类路基改善层;设置抗裂性能好的密水式功能层(面层与基层间设置应力吸收层);提高基层抗裂能力,选用开裂性能好的基层混合料等。

6.2.4 反射裂缝是无机结合料稳定类基层沥青路面常见的病害,选用抗裂性能好的无机结合料稳定材料、增加沥青混合料层厚度、设置具有吸收应力或加筋作用的功能层可以起到减少或延缓反射裂缝的作用。其中,当采取增加沥青混合料层厚度措施时,可将沥青混合料层厚度增加至 15cm~25cm,且具体工程应综合考虑抗裂性能、高温性能、路面标高与造价选取合适的厚度。

6.3 柔性基层沥青路面结构组合

6.3.1 粒料类基层沥青路面无反射裂缝问题,但沥青面层承受更大的弯拉作用,沥青面层疲劳是主要损坏指标。此外,此类结构沥青面层、粒料层和路基都可能产生永久变形,需关注路面车辙问题。

沥青结合料类基层沥青路面适用各种交通荷载等级,底基层采用无机结合料稳定类材料时,性能类似于无机结合料稳定类基层沥青路面,由于沥青混合料层较厚,路面承载能力强,且具有更好的延缓反射裂缝能力。底基层采用粒料类材料时,性能类似于粒料类基层沥青路面。

6.3.2 采用级配碎石作为基层的沥青路面结构,级配碎石在含水量较大时模量减小,如果沥青混合料结构层厚度偏薄,在重载车辆作用下级配碎石容易产生较大变形,引起路面病害。因此,级配碎石柔性基层沥青路面结构设计需注意两个关键环节,一是要有足够的沥青面层厚度,以减少级配碎石顶面压应变,二是采取措施有效保证沥青面层的密水性,避免级配碎石层含水量过大。

级配碎石柔性基层沥青路面结构是可以适用于中等交通荷载等级的路面结构,但理论上中等交通荷载等级下级配碎石柔性基层沥青路面结构的沥青层可适当减薄,但在其合理厚度方面我国实际工程参考经验和理论研究成果还不够丰富,因此本规范建议中等交通荷载等级下选择级配碎石柔性基层沥青路面结构时应更加慎重。

6.3.3 级配碎石本身变形能力比较好,设置在沥青稳定碎石基层与水泥稳定碎石底基层之间,不仅可以抑制反射裂缝,而且对下层的强度和稳定性以及对路基的不均匀沉降适应性都比较有利。然而级配碎石不具有抗拉能力,级配碎石顶面的沥青层拉应力又最大,处于疲劳最不利的层位,所以宜在沥青稳定碎石柔性基层底部设置一层抗疲劳层。该抗疲劳层厚度一般为 4~5cm,材料一般为 AC-10 或 AC-13 沥青混合料等,如京哈高速辽宁段改扩建工程富沥青 AC-10 抗疲劳层。

7 基层和底基层设计

7.1 水泥稳定碎石基层、底基层

7.1.2 对于最大粒径为 31.5mm 的混合料，仅采用 3 档集料掺配容易出现局部离析，影响混合料的均匀性。为了提高半刚性基层、底基层质量，本规范明确规定半刚性基层或底基层混合料应采用 4 档及以上不同规格的集料进行掺配，可按 19mm~26.5mm、9.5mm~19mm、4.75mm~9.5mm、0mm~4.75mm 4 档规格或 19mm~26.5mm、9.5mm~19mm、4.75mm~9.5mm、2.36mm~4.75mm、0mm~2.36mm 5 档规格备料。

7.1.5 要对水泥稳定碎石类材料的强度概念有一个正确的认识，水泥稳定碎石类材料的设计绝不仅仅是强度的设计。应严格控制水泥稳定碎石类材料基层及底基层的强度，不仅要控制底限，同样要控制上限，防止走入水泥稳定碎石类材料强度越高越好的误区，减少半刚性基层沥青路面反射裂缝的发生。要严格控制强度的代表值，不仅控制强度的平均水平，更是控制施工的均匀性。表 6 中强度设计值的选取要根据预测交通荷载等级进行调整，交通荷载等级高时取高值，交通荷载等级低时取低值。

7.1.6 当水泥稳定碎石类材料的抗压强度达不到设计要求时，首先应通过级配调整提高抗压强度，且水泥总用量（包括施工现场增加的水泥用量）不能超过最大剂量的要求，否则应更换材料，重新进行设计。对于水泥稳定类材料来说，并不是水泥用量越高，强度越强，材料的性能就越好，过多地增加水泥用量，会使水泥稳定碎石类材料收缩开裂，进而导致路面反射裂缝增多，故需要严格控制水泥用量。水泥总用量不超过 5% 时，能同时达到较好的抗裂性能与足够的强度。

7.1.7 近年来随着大吨位压路机设备的发展，有些地方的工程出现碾压厚度大于 200mm 的情况，如碾压厚度为 240mm 或 280mm，甚至有些工程的碾压厚度大于 300mm。碾压厚度的增加，可以减少结构层的数量，改善层间结合，提高路面结构的整体性。但是要实现大厚度摊铺碾压，需要具备相应的大功率摊铺设备、足够的碾压设备和碾压功率以及相应的拌和能力。同时需要通过灌砂、钻芯等手段加强质量抽检，确保摊铺混合料的压实度、均匀性满足技术要求。

8 沥青面层

8.1 设计要求

8.1.2 海南岛内，花岗岩全岛均有分布，且产量大；玄武岩分布在海口周边以及东线和西线局部地区，产量中等；三亚周边略产些辉绿岩；而石灰岩只在西线局部地区生产，且产量少，不足供应周边水泥厂。通常根据 SiO_2 含量把岩石分成四大类：超基性岩（ $\text{SiO}_2 < 45\%$ ）、基性岩（ SiO_2 的含量为 $45\% \sim 52\%$ ）、中性岩（ SiO_2 的含量为 $52\% \sim 65\%$ ）和酸性岩（ $\text{SiO}_2 > 65\%$ ）。一般情况下，玄武岩、花岗岩、辉绿岩以及石灰岩中 SiO_2 含量分别为 $45\% \sim 52\%$ 、 $> 70\%$ 、 $45\% \sim 55\%$ 以及远远 $< 52\%$ ，根据石料化学成分中 SiO_2 的含量可知，玄武岩分为基性岩石，花岗岩为酸性岩石，辉绿岩为基性岩石或中性岩石，石灰岩为碱性岩石。可知，花岗岩与沥青的黏附性最弱，因此在海南多雨、临海气候条件下，对于滨海公路或者离海岸线 20 公里内的公路沥青表面层粗集料不建议选用花岗岩。另外，玄武岩、辉绿岩、花岗岩均属于岩浆岩，其中玄武岩为喷出岩，基质一般为细粒或隐晶质；辉绿岩为浅成岩，显晶质，细-中粒；花岗岩为深成岩，晶体一般较粗大，为粗粒至巨粒结构和块状结构。一般而言，细结构的岩石颗粒间接触面较大，黏结力较强，强度高，抵抗磨耗的作用力也强，因此从三者的颗粒大小方面，可知玄武岩晶粒抗磨耗能力强于辉绿岩，辉绿岩强于花岗岩。结合岩石产量、与沥青的黏附性以及抗磨耗能力，对于表面层粗集料建议采用玄武岩、辉绿岩等材料，且须满足与沥青黏附性的要求。当表面层粗集料采用石灰岩、花岗岩时，须通过科研论证。

8.2 设计指标

8.2.1 对于 SMA 的构造深度 TD，本规范规定为 0.7mm~1.2mm。构造深度下限偏高，施工难以完全达到；构造深度上限偏高，表面车轮行驶会产生较大的动水压力，从而引起表面动水冲刷破坏。

8.2.2 渗水系数是反映密水型沥青混合料密实程度的重要指标，检测方便，可在一定程度上直观地反映沥青路面的施工质量。海南属于多雨地区，水损坏在沥青路面病害中占有较大比重，因此本规范结合海南实际，提出了表 9 所示的渗水系数要求。

表9一方面在沥青混合料渗水系数上提出了更高的指标要求，同时考虑到沥青路面施工中不可避免存在的离析问题，提出了合格率、单点极限值的要求，主要是为了使该指标能更真实地反映沥青路面施工的实际情况。

需要注意的是，关于渗水系数测点的确定在JTG E60-2008已有规定，但在不少工程中仍存在选点随意、主观的现象，不能客观真实地反映路面实际状况。本规范明确要求采用“公路路基路面现场测试随机选点方法”进行渗水系数测点确定，以确保测定结果能客观真实地反映沥青路面实际的密水性能。

9 透层、黏层和下封层设计

9.2 黏层

9.2.1 极重、特重和重交通荷载等级路面对层间黏结强度提出了更高的要求，因此规定宜采用改性乳化沥青。

9.3 下封层

9.3.2 对二级及二级以上下封层宜采用撒布热沥青碎石封层的方式，加强层间结合，其中热沥青可采用普通道路石油沥青、改性沥青或橡胶沥青。另外，应力吸收层的结合料需具有较好的延展能力和黏结强度，工程上多采用橡胶沥青。近年来橡胶沥青生产设备日益普及，为橡胶沥青应力吸收层的应用提供了便利，因此，建议具有应力吸收作用的下封层宜采用橡胶沥青应力吸收层。热沥青碎石封层的撒布过程宜采用同步碎石撒布车同步撒布，也可采用热沥青和碎石分别撒布的异步撒布。

9.3.4 热沥青碎石下封层的碎石宜采用油石比 0.3%~0.35%的热沥青进行预拌来除尘。

9.4 防水黏结层

9.4.2 精铣刨、抛丸或铣琢等方式可以清除刚性基层、桥面水泥混凝土调平层、隧道水泥混凝土基层或旧水泥混凝土路面的表面浮浆和软弱层，增强防水层的防水效果，提高层间黏结强度。处理后的构造深度可使沥青混合料铺装层与基底层间形成更高的抗剪强度和黏结强度。

9.4.3 以往失败的设计采用过“水性渗透型无机防水剂”、“高聚物改性沥青防水层”等，给项目带来较大隐患。目前大范围应用的 SBS 改性沥青碎石封层、环氧沥青防水黏结层等表现出良好的性能。桥面铺装上的封层或黏结层应采用 SBS 改性沥青碎石封层或橡胶沥青碎石封层。

10 特殊路段沥青路面铺装设计

10.4 长大纵坡路段沥青路面铺装

长大纵坡路段上、下坡的沥青路面损坏机理与现象差异较大，借鉴基于沥青路面车辙损坏的长大上坡界定方法研究成果，根据车辙、推拥损坏情况，提出了基于重载最低车速低于40km/h作为长大上坡的界定标准。本规范制定过程中对该研究成果进行了简化，提出了长大上坡判定方法：

山区高速公路长大上坡按图11判定，当设计坡长与平均坡度关系位于图11长大上坡区域时，沥青面层结构应按长大上坡进行设计。

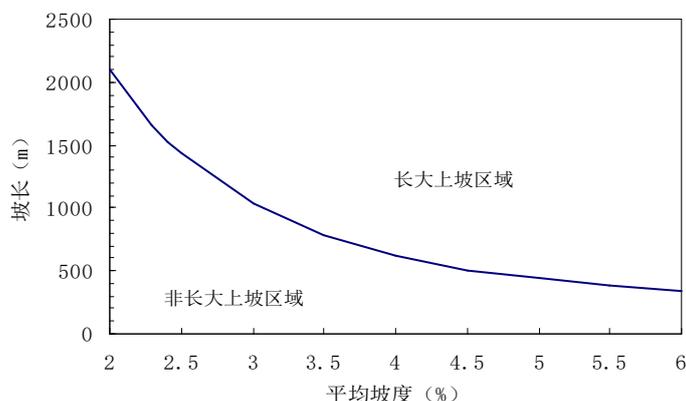


图11 山区高速公路长大上坡判定图

高速公路长大下坡路段沥青路面的破坏现象主要是推拥及伴随病害，坡长、坡度的复合作用是导致山区高速公路沥青路面病害的主要因素。本规范制定过程中参考了为编制《公路路线设计细则》配套的“公路路线运行速度设计方法”和“山区高速公路平均纵坡研究”的项目成果，提出了长大下坡判定方法：山区高速公路连续下坡平均纵坡对应的路线长度大于表71中设计坡长时为长大下坡。

表71 山区高速公路长大下坡界定标准

平均坡度 (%)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
设计坡长 (km)	15	7.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0

考虑到段落划分过细不利于施工组织管理，本规范在图11和表71的基础上，对其进行了简化，提出了山区高速公路长大纵坡判定标准。

11 级配碎石层施工

11.3 混合料组成设计

11.3.1 级配范围

关于级配碎石的级配范围，由于37.5mm最大粒径的级配碎石混合料比31.5mm最大粒径的混合料容易离析，因此实际工程中级配碎石基层通常都采用31.5mm作为最大粒径，而26.5mm最大粒径的集料则多用在柔性基层路面结构中。有研究表明，粒径较大的级配抗变形性能比粒径较小的级配好，因此综合考虑离析和抗变形性能的影响因素，本规范主要针对31.5mm最大粒径的级配碎石进行试验研究。

本规范针对级配碎石层提出了一个新的级配范围，并通过室内试验和工程应用对该级配范围的实用性进行深入研究。该级配范围上、下限的提出，应该充分借鉴前人的研究成果，并充分考虑以下因素：

- a) 级配范围的选择应该趋向于 S 型，这样有利于 S 型级配的设计，增加中间集料含量，适当减少公称粒径以上和 4.75mm 以下集料的含量，以增加级配的嵌挤作用，提高抗变形能力，并减少施工中级配的离析现象；
- b) 有文献研究表明，0.075mm 以下填料过多不利于级配碎石的抗变形能力，因此从提高级配碎石抗变形能力的方面考虑，其上限应该尽量偏小，当然，也不能为了提高变形能力而将 0.075mm 通过率限制得太小，否则实际工程中将难以达到；
- c) 细集料含量过多不利于级配碎石基层的抗变形能力，因此级配范围上限应有效控制 4.75mm 关键筛孔的通过率，使其由最大理论密度线下方通过，从而保证级配碎石的级配属于粗级配；
- d) 级配范围上下限之间应该保持合理的范围，范围过窄时在设计 and 施工控制中难以达到，范围过宽则减弱了级配范围对于设计和施工的指导作用；
- e) 细集料含量过少，则设计级配的空隙率偏大，也不利于级配碎石形成稳定的结构，因此经验范围的下限不宜距离最大理论密度线过远，尤其是 4.75mm 筛孔的通过率也不宜过低。JTJ 034-2000 基层、JTG D50-2006 基层连续和 JTG D50-2006 基层骨架三个级配范围下限的小于 4.75mm 筛孔的通过率都非常接近，这说明了不同的研究人员对该下限通过率在经验上的认同。因此经验级配在 4.75mm 以下筛孔的下限通过率应该充分参考该通过率。

综合上述因素，本规范提出了一个经验级配范围见表72所示。

表72 级配碎石的推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过率 (%)	100	90~100	72~90	58~80	50~68	41~57	26~38	17~28	8~14	0~5

通过室内试验和工程应用的验证，本规范提出的经验级配范围合理，除了能符合级配碎石基层、底基层CBR的设计要求外，还具有较强的抗永久变形性能和抵抗轮载直接作用的能力。

11 水泥稳定碎石层

11.2 材料要求

11.2.1 集料

细集料的洁净程度仅靠小于0.075mm颗粒含量一个指标进行控制的话，效果不是很理想，而小于0.075mm颗粒中泥土颗粒的含量对水泥稳定碎石类材料的温缩和干缩裂缝有很大的影响。因此本规范增加砂当量指标作为补充指标对小于0.075mm颗粒中的泥土含量进行控制。

11.2.2 水泥

水泥的质量标准应符合现行GB 175或GB/T 35162的有关规定。其中，水泥的安定性对于水泥稳定碎石混合料质量起到非常关键的作用，因此安定性的检验在水泥质量标准检测时需要引起足够的重视，水泥样品考察时应优先选用旋窑生产的水泥，如选立窑生产的水泥则必须经过一定时间陈化安定性检验合格后方可运至施工现场。

13 透层施工

13.1 一般规定

13.1.1 透层油主要起到稳定下部基层表面，更好地黏结上部沥青层的作用。JTG F40-2004 中要求的渗透深度是 5mm（无机结合料稳定集料基层）~10mm（无结合料基层）。通过国内多项实体工程的调研发现，无机结合料稳定集料基层要达到 5mm 的渗透深度，对透层油材料和工艺的要求都非常高，不少工程很难达到。因此本规范适当放宽了对透层渗透深度的要求。根据工程经验，在达到本规范渗透深度的条件下，透层亦可起到较好的稳定和黏结作用。

13.2 材料要求

13.2.1 透层乳化沥青可采用 PA-2 型阴离子或 PC-2 型喷洒型阳离子乳化沥青。对于水泥稳定碎石混合料来讲，优先选用阴离子型乳化沥青。

15 下封层施工

15.1 一般规定

15.2.2 沥青路面碎石封层通常还需起到与沥青面层黏结的作用，因此集料洁净程度应比沥青混合料的集料要求更高。

16 热拌沥青混合料层施工

16.2 材料要求

16.2.1 沥青

海南气候分区为1-4-1区，属于高温、多雨潮湿地区，即夏季温度高，持续时间长，太阳辐射量大，雨量充沛等特点。极端高温不仅强度大，分布广，而且持续时间长，常年降雨量超过1600mm。根据海南气候、交通情况分析，提出了海南高速公路沥青路面沥青材料PG性能选择的基本原则。

本规范表42中所提出的沥青性能分级的技术指标要求引自AASHTO M320 Table1，常称为SHRP分级。

16.2.2 集料

a) 集料规格应符合以下规定：

合理的集料规格对于配合比设计和施工质量控制都非常重要，考虑到2.36mm和4.75mm是对沥青混合料体积性能影响较大的关键筛孔，因此本规范在推荐的集料规格中将传统的0mm~4.75mm（即0mm~5mm）规格集料细分为0mm~2.36mm和2.36mm~4.75mm两个规格，这样更有利于级配优化设计和施工质量控制。

传统的沥青路面施工，即便生产公称粒径为26.5mm的沥青混合料，仍习惯采用4档集料，虽然也能符合基本的设计和施工需求，但由于各档集料粒径范围过宽，会增加级配设计和施工控制的难度，因此，建议海南省公路在生产公称粒径为19mm和26.5mm的沥青混合料时，都采用本规范推荐的5档集料，以利于配合比优化设计和施工质量控制。

本规范提出的集料规格名称及公称粒径范围来源于JTG F40-2004，但又略有不同。主要的区别在于增加了16mm筛孔，公称粒径范围严格按照筛孔尺寸确定（JTG F40-2004是按3mm~5mm、10mm~25mm等相近尺寸确定），并在JTG F40-2004的S8、S9、S10规格基础上调整后增加了S8-1、S9-1、S10-1、S10-2几档集料。

沥青混合料采用本规范中表 47 的集料规格时，应明确要求沥青混合料间歇式拌和楼必须拥有 5 个以上冷料仓和 5 个以上热料仓。对于 4 个冷料仓和 4 个热料仓的间歇式拌和楼采用 5 种规格的集料反而不利于质量控制。

c) 细集料应符合以下规定：

细集料中粘土颗粒含量将影响到混合料的水稳定性，粘性土的存在易使沥青从集料表面剥落。针对细集料的洁净指标，给出了砂当量（适用于0mm~4.75mm）与亚甲蓝试验（适用于0mm~2.36mm或0mm~0.15mm）两种方法，Superpave规定采用砂当量对含泥量进行限制，分别针对不同规格的细集料，并且为了更严格控制细集料中粘土的含量将砂当量指标提高。NCHRP项目4-19认为亚甲蓝试验方法可能更好地反映出碱性颗粒在细集料中的用量，并纳入到AASHTO规范。关于细集料的棱角性，美国Superpave采用间隙率法，欧洲一些国家采用流动时间法，目前在国内两种方法都有采用，因此本规范给出了两种方法的指标要求，试验时优先采用流动时间法。

16.2.3 矿粉

考虑到海南多假矿粉的情况，矿粉在使用前应见证取样，委托有资质单位开展CaO和MgO总含量检测，且CaO和MgO总含量应不小于38%。

采用X射线衍射分析方法对13种石灰岩磨细粉末、1种花岗岩磨细粉末以及两种玄武岩磨细粉末进行了化学组成（氧化物形式）检测，结果如表73所示。

表73 石灰岩磨细粉末的化学组成（氧化物形式，%）

岩石品种	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	烧失量
石灰岩 1	37.26	13.38	1.72	4.69	4.84	0.75	0.54	0.63	29.34
石灰岩 2	50.19	2.25	3.3	0.61	0.52	0.073	0.07	0.025	42.58
石灰岩 3	45.69	4.31	6.26	0.94	0.42	0.0078	0.3	0.035	41.58
石灰岩 4	46.26	8.85	1.1	2.85	1.33	0.03	0.95	0.15	36.74
石灰岩 5	47.03	5.03	4.06	1.39	0.64	0.021	0.46	0.065	40.61
石灰岩 6	38.98	13.92	2.41	3.24	1.5	0.061	0.6	0.18	32.54
石灰岩 7	30.36	0.45	22.23	0.2	0.11	0.02	0.013	0.01	46.04
石灰岩 8	48.95	4.14	3.51	0.78	0.45	0.016	0.14	0.036	41.57
石灰岩 9	41.23	5.12	8.45	1.4	0.71	0.074	0.52	0.085	41.3
石灰岩 10	52.27	3.24	1.06	0.8	0.41	0.052	0.23	0.034	41.74
石灰岩 11	51.77	1.47	2.84	0.33	0.26	0.047	0.12	0.023	42.91
石灰岩 12	45.17	10.3	1.85	1.98	1.56	0.21	0.38	0.19	36.65
石灰岩 13	47.96	7.34	1.18	1.91	1.06	0.057	0.48	0.12	38.48
花岗岩	3.62	73.39	1.44	10.61	4.17	1.77	2.61	0.81	1.79
玄武岩 1	9.11	51.05	4.08	13.24	13.99	1.13	0.97	4.04	1.13
玄武岩 2	8.21	48.79	7.31	14.44	3.69	1.02	1.65	2.08	1.53

在矿物组成方面，石灰岩主要由方解石组成，有些石灰岩还伴有白云石、菱镁矿以及其它碳酸盐矿物；白云石含量达25%~50%时，称为白云质灰岩。其中方解石为结晶的碳酸钙（ CaCO_3 ）；白云石为结晶的碳酸钙镁复盐（ $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ），可以看成在 CaCO_3 的晶格中， Ca^{2+} 被 Mg^{2+} 等量置换。因此，对16种粉末中CaO、 SiO_2 和MgO的总含量，CaO和 SiO_2 的总含量以及CaO和MgO的总含量进行了加和，如表74所示。

表74 16种粉末中CaO、 SiO_2 和MgO的相互加和

岩石品种	CaO、 SiO_2 和MgO总含量（%）	CaO和 SiO_2 总含量（%）	CaO和MgO总含量（%）
石灰岩 1	52.36	50.64	38.98
石灰岩 2	55.74	52.44	53.49
石灰岩 3	56.26	50	51.95
石灰岩 4	56.21	55.11	47.36
石灰岩 5	56.12	52.06	51.09
石灰岩 6	55.31	52.9	41.39
石灰岩 7	53.04	30.81	52.59
石灰岩 8	56.6	53.09	52.46
石灰岩 9	54.8	46.35	49.68
石灰岩 10	56.57	55.51	53.33
石灰岩 11	56.08	53.24	54.61
石灰岩 12	57.32	55.47	47.02
石灰岩 13	56.48	55.3	49.14
花岗岩	78.45	77.01	5.06
玄武岩 1	64.24	60.16	13.19
玄武岩 2	64.31	57	15.52

根据表74可知，宜由CaO和MgO总含量来区分花岗岩矿粉、玄武岩矿粉与石灰岩矿粉。石灰岩矿粉中CaO和MgO总含量处于38.98%~54.61%之间，因此建议矿粉在使用前应见证取样，委托有资质单位开展CaO和MgO总含量检测，且CaO和MgO总含量应不小于38%。

16.2.4 外加剂

a) 纤维稳定剂应符合以下规定：

用于SMA的纤维稳定剂主要是木质素纤维和聚合物化学纤维，以改善沥青混合料性能，吸附沥青，减少析漏。由于聚合物化学纤维价格比木质素纤维贵很多倍，使用时要考虑性价比，慎重选择。

b) 抗剥落剂应符合以下规定：

水损坏是海南公路沥青路面早期病害的主要损坏类型之一。在沥青混合料中掺入消石灰或生石灰、水泥或抗剥落剂，或采用饱和和石灰水处理集料，可改善集料与沥青的黏附性，提高沥青混合料的抗水损坏能力。美国公路交通系统对于抗剥落剂的使用经历了一段曲折过程，但是，最终又回到了原点，即认

为消石灰是改善沥青混合料水稳定性最好的外加剂。因此，结合国内外的应用经验，本规范主导使用消石灰或生石灰作为抗剥落剂。当消石灰采购困难时，可以选择水泥作为抗剥落剂。

16.3 混合料组成设计

16.3.1 改性沥青 SMA

本规范提出了在条件具备时可以开展汉堡车辙试验。汉堡车辙试验是沥青混合料试件用来表征车辙与水敏感性的试验方法，主要仪器是汉堡车辙仪。该试验描述了浸水条件下，沥青混合料试件在来回滚动钢轮作用下的碾压过程，主要提供试件在移动、集中荷载下的永久变形的信息。由于集料结构的软弱，胶结料劲度不高，或水损害的原因，沥青混合料容易发生早期损害，该试验主要用来评价混合料早期损害的敏感性。试验可获得车辙深度与试件破坏时的试验轮碾压次数。由于试件是在一定温度的水环境中进行加载试验的，所以该试验也可以对混合料的水稳定性进行评价。

16.3.2 AC 型沥青混合料



图12 沥青混合料试件表面的盐蚀现象（白色斑点）

可溶盐能够对沥青混合料试件产生盐蚀现象，如图12的马歇尔试件表面的白色膨胀斑点。在白色斑点处，沥青油膜由内向外产生膨胀，丧失黏结力，在多雨的气候环境下，势必产生路面的水损害。

海南省地处热带和亚热带气候区，受海洋性气候影响，海南沥青路面在临海、多雨的特殊使用环境下，会受到可溶盐对沥青路面的化学腐蚀作用。因此，本规范针对海南滨海公路或者离海岸线20公里内的公路的AC型沥青混合料的水稳定性试验提出了更高的技术要求。

16.3.3 ATB-25 型沥青混合料

同16.3.2的条文说明。

16.3.4 Superpave 沥青混合料

海南省高速公路对沥青混合料抗车辙性能要求高，且细型级配在国内成功应用的经验较少，因此海南省高速公路的Superpave沥青混合料均应采用粗型级配。

16.5 施工质量管理及过程控制

16.5.2 沥青混合料生产过程中必须按表 69 规定的项目和频度检查沥青混合料的质量。

从保证沥青路面水稳定性的角度出发，对于高速公路和一级公路，建议密级配沥青混合料的生产过程中控制0.075mm筛孔偏差不得超过 $\pm 2\%$ ，2.36mm以下筛孔偏差不得超过 $\pm 4\%$ ，4.75mm以上筛孔偏差不得超过 $\pm 5\%$ 。对水稳定性要求特别高的项目，建议在AC-13C沥青混合料的生产过程中控制0.075mm筛孔偏差不得超过 $\pm 2\%$ ，2.36mm以下筛孔偏差不得超过 $\pm 3\%$ ，4.75mm以上筛孔偏差不得超过 $\pm 4\%$ 。
