

DB51

四川省地方标准

DB51/T 2602—2019

高速公路沥青路面设计与施工技术指南

Specifications for Design and Construction of
Asphalt Pavement of Expressway

2019 - 08 - 22 发布

2019 - 09 - 01 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

前 言 1

1 范围 2

2 规范性引用文件 2

3 术语和符号 2

4 总则 4

5 设计标准 4

5.1 目标可靠度及设计使用年限 4

5.2 标准轴载及交通荷载 4

5.3 沥青路面使用性能气候分区 4

5.4 结构设计指标 4

5.5 沥青路面技术指标 5

6 路面结构设计 5

6.1 一般规定 5

6.2 结构组合要求 6

6.3 路基 6

6.4 基层和底基层 7

6.5 面层 7

6.6 功能层 8

6.7 典型结构 8

7 桥隧段及特殊路段铺装设计 9

7.1 一般规定 9

7.2 桥面铺装 10

7.3 隧道铺装 10

7.4 桥隧间短路基段铺装设计 11

7.5 长大纵坡段沥青路面设计 11

7.6 互通匝道及连接线沥青路面设计 11

7.7 服务区沥青路面设计 12

8 改扩建路面设计 12

8.1 一般规定 12

8.2 既有路面调查及评价 12

8.3 拓宽路面设计 12

8.4 既有路面设计 12

8.5 路面搭接设计 13

8.6 再生设计 13

8.7 交通组织设计 13

9 排水设计 13

9.1 一般规定 13

9.2 填方路基 13

9.3 挖方路基 14

9.4 桥面边部排水 14

9.5 隧道边部排水 14

9.6 中央分隔带排水 14

10 主要材料与施工 14

10.1 一般规定 14

10.2 级配碎石 14

10.3 水泥稳定碎石 15

10.4 刚性基层 17

10.5 沥青混合料 17

10.6 功能层材料及施工 19

10.7 质量管理与检查验收 20

附录 A. 21

A.1 温度分区 21

A.2 降雨分区 22

A.3 四川省沥青混合料气候分区 23

附录 B. 24

B.1 沥青等级选择 24

B.2 沥青指标 24

附录 C. 27

C.1 路基土标准回弹模量参考值 27

C.2 路基湿度调整系数 27

C.3 干湿循环或冻融循环条件下路基土模量折减系数 29

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由四川省交通运输厅提出并归口。

本标准由四川省市场监督管理局批准发布。

本标准起草单位：四川省公路规划勘察设计研究院有限公司。

本标准主要起草人：张蓉、张晓华、毛成、张毅、易守春、蒋双全、张光勇、孟良、谌文、罗方军、周水文、蒋庆华、苏洲、罗丝雨

高速公路沥青路面设计与施工技术指南

1 范围

本标准规定了高速公路沥青路面设计与施工技术的总则、设计标准、路面结构设计、桥隧段及特殊路段铺装设计、改扩建设计、排水设计、主要材料与施工等要求。

本标准适用于四川省内高速公路新建和改扩建工程的沥青路面设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

JTG B01 公路工程技术标准
 JTG D20 公路路线设计规范
 JTG D30 公路路基设计规范
 JTG/T D33 公路排水设计规范
 JTG D50 公路沥青路面设计规范
 JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
 JTG D70 公路隧道设计规范
 JTG/T D70 公路隧道设计细则
 JTG/T 3364-02 公路钢桥面铺装设计与施工技术规范
 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 F41 公路沥青路面再生技术规范
 JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
 JTG E42 公路工程集料试验规程
 JTG E60 公路路基路面现场测试规程
 JTG/T D31-06 季节性冻土地区公路设计与施工技术规范
 JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准（第一册 土建工程）
 公路工程基本建设项目设计文件编制办法 交公路发[2007]358号
 四川省地方标准《高速公路沥青路面养护设计指南》

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1

可靠度 reliability

路面结构在规定时间内和规定的条件下，满足预定功能的概率。要求设计结构达到的可靠度称为目标可靠度。

3.1.2

低温开裂指数 low temperature crack index

表征沥青面层低温收缩开裂程度的指标。

3.1.3

桥隧间短路基段 short section connecting bridge and tunnel

桥梁与桥梁、桥梁与隧道或隧道与隧道结构物间小于 100 米的路基段。

3.1.4

路基改善层 subgrade reinforced layer

为提高路基顶面回弹模量或改善路基湿度状态而设置的粒料层或无机结合料稳定层。

3.1.5

排水层 drainage layer

排除路面结构内部水的功能层。

3.1.6

防冻层 frost protection layer

季节性冻土区的路面结构中按防冻要求所设置的功能层。

3.1.7

桥面铺装水泥混凝土整平层 bridge deck pavement leveling layer

混凝土主梁与沥青混凝土面层之间的水泥混凝土调平结构层。

3.1.8

温拌沥青混合料 warm-mix asphalt

通过掺入添加剂及采取一定的技术措施,使沥青混合料的拌和、碾压温度比同类热拌沥青混合料降低 30℃ 及以上,且路用性能不低于同类热拌沥青混合料。

3.1.9

精铣刨 fine milling

采用相邻两个铣刨刀具的垂直投影之间的刀尖间距不应大于 8mm,每个铣刨圆截面有 180 度对称分布的两个刀头的铣刨鼓对路面进行的铣刨作业。

3.1.10

高黏度改性沥青 high viscosity modified asphalt

掺加高黏添加剂制成的改性沥青结合料,从而提高沥青的绝对黏度,提高沥青混合料高温稳定性、水稳定性和抗飞散、耐疲劳等多种路用性能。

3.2 符号

CI——低温开裂指数

SBS——苯乙烯—丁二烯—苯乙烯嵌段共聚物

SBR——苯乙烯—丁二烯共聚物

PG——沥青路用性能分级

AC——密级配沥青混合料

AC-C——密级配粗型沥青混合料

SMA——沥青玛蹄脂碎石混合料

OGFC——开级配排水沥青混合料

ARSMA——橡胶沥青玛蹄脂碎石混合料

ATB——密级配沥青稳定碎石

Sup——高性能沥青混合料

4 总则

- 4.1 为适应四川省高速公路建设发展的需要，提高沥青路面的设计水平和施工质量，延长路面使用寿命和耐久性，促进沥青路面设计和施工的制度化、科学化和规范化，编制本指南。
- 4.2 设计原则包括：
- 1 应在调查掌握沿线路基土质和干湿类型的基础上，进行路基路面综合设计。
 - 2 根据路面使用性能要求和所需承担的交通荷载，遵循因地制宜、合理选材的原则，选择安全可靠、耐久和全寿命周期内经济合理的路面结构和材料设计指标。
 - 3 改扩建时应遵循利用与改造相结合的原则，合理、充分利用既有路面结构和材料。
 - 4 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。
- 4.3 施工原则包括：
- 1 应严格遵守国家和行业的安全生产法律、法规，改善施工条件，落实安全生产措施，确保施工人员的安全。
 - 2 应执行施工标准化的有关规定，制定切实可行的施工组织方案，并保证合理的施工工期，统筹合理安排各项作业顺序，采取有效措施避免路面层间污染。
 - 3 无机结合料稳定材料施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，在有冰冻的地区应在第一次重冰冻到来的 15~30d 之前完成施工。沥青面层不得在气温低于 10℃，以及雨天、路面潮湿的情况下施工，沥青表面层不宜在夜间施工。
- 4.4 设计和施工时应符合国家环境和生态保护、职业健康等的有关规定。
- 4.5 沥青路面设计和施工除应符合本指南的规定外，尚应符合国家、行业现行有关标准、规范的规定。

5 设计标准

5.1 目标可靠度及设计使用年限

- 5.1.1 高速公路沥青路面结构的目标可靠度不应低于 95%，目标可靠指标 β 不应低于 1.65。
- 5.1.2 新建高速公路及改扩建拓宽新建部分的沥青路面结构设计使用年限不应低于 15 年，既有路面结构利用部分宜根据工程实际情况确定适宜的设计使用年限，不宜低于 10 年。

5.2 标准轴载及交通荷载

标准轴载的参数、交通荷载参数分析及设计交通荷载分级标准应符合《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 的有关规定。

5.3 沥青路面使用性能气候分区

- 5.3.1 根据四川省不同地区气候特点，细分了四川省沥青路面使用性能气候分区（见本指南附录 A）。
- 5.3.2 路面设计时，应考虑项目沿线的气温、降雨量、地质，以及路线线形等特点，合理选择技术指标。

5.4 结构设计指标

- 5.4.1 路面结构应根据结构组合进行验算，设计指标应符合表 5.4.1 的相关规定。

表 5.4.1 不同结构组合路面的设计指标

序号	基层类型	底基层类型	设计指标 ^a
1	无机结合料稳定类	粒料类	无机结合料稳定层层底拉应力、沥青混合料层永久变形量
		无机结合料类	
2	沥青混合料类	粒料类	沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变
		无机结合料稳定类	沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、无机结合料稳定层层底拉应力
3	粒料类 ^b	粒料类	沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变
		无机结合料稳定类	沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、无

6.5.3 不同粒径沥青混合料的层厚应符合表 6.5.3 的规定，最大施工厚度应与摊铺、碾压设备匹配，确保压实度。

表 6.5.3 不同粒径沥青混合料层厚

沥青混合料类型	以下集料公称最大粒径沥青混合料的层厚 (mm)，不小于					
	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5
连续密实级配	15	25	35	40	50	75
间断密实级配	—	30	40	50	60	—
间断空隙级配	—	20	25	30	—	—

6.5.4 表面层和中面层应采用改性沥青，OGFC 应采用高黏度改性沥青。

6.5.5 为延长施工时间，或在环境敏感地区施工，或工程对节能减排有特殊要求时，可采用温拌技术，温拌沥青混合料的路用性能不应低于同种类型普通热拌沥青混合料，施工温度比同种普通热拌沥青混合料低 30℃ 及以上。

条文说明

温拌技术主要包括：机械发泡类、表面活性剂类、有机降黏剂类和矿物发泡类等四类。各类温拌技术原理不同，宜采用具有工程成功应用经验的温拌技术。无论采用哪种温拌技术，温拌沥青混合料的路用性能均不应低于同种热拌沥青混合料的性能。

6.6 功能层

6.6.1 季节性冻土地区路面结构厚度应满足防冻需求，否则应增设防冻层，防冻层宜采用级配碎石。

6.6.2 无机结合料基层或级配碎石基层顶面应设置渗透性好的透层，透层油宜采用乳化沥青。

6.6.3 各沥青层间应设置改性乳化沥青黏层油。

6.6.4 无机结合料基层顶面应设置下封层，中及以上交通荷载等级宜采用 SBS 改性沥青或橡胶改性沥青同步碎石封层；轻交通荷载等级可采用普通热沥青同步碎石封层、改性乳化沥青稀浆封层等。

6.6.5 刚性基层、桥梁水泥混凝土整平层，以及隧道水泥混凝土基层顶面宜采用喷砂打毛，也可采用精铣刨等措施，清除表面浮浆，在干净、干燥、粗糙基面上再铺设防水黏结层，可采用改性沥青同步碎石封层，也可采用专用防水黏结层。

6.7 典型结构

6.7.1 半刚性结构

1 沥青混凝土面层总厚度不应小于 150mm，水泥稳定碎石基层及底基层总厚度不应小于 500mm。

2 表面层宜采用细粒式沥青混合料，中面层采用中粒式沥青混合料，下面层采用中粒式或粗粒式沥青混合料。

3 典型结构见表 6.7.1。

表 6.7.1 半刚性路面典型结构

项目	典型结构 I-1 ^a	典型结构 I-2 ^b	典型结构 I-3
交通荷载等级	特重及极重	重	中、轻
面层	不小于 180mm 沥青混合料	160~180mm 沥青混合料	150~180mm 沥青混合料
基层	不小于 400mm 水泥稳定碎石	200~400mm 水泥稳定碎石	不小于 250mm 水泥稳定碎石
底基层	200~400mm 水泥稳定碎石	200~400mm 水泥稳定碎石	不小于 250mm 水泥稳定碎石
路基改善层	150~200mm 级配碎石或水泥稳定碎石	150~200mm 级配碎石或水泥稳定碎石	150mm 级配碎石或水泥稳定碎石
路基回弹模量容许值[E ₀] (MPa)	不小于 60 (70)	不小于 50	不小于 40

注：^a极重交通荷载等级路基回弹模量不应小于 70MPa。

^b基层与底基层总厚度应大于 I-3 的结构厚度。

条文说明

四川省高速公路以半刚性基层沥青路面为主。早期部分高速公路采用石灰粉煤灰稳定碎石，受早期强度低、材料供应影响，以及环保问题等因素限制，近几年已较少采用。水泥稳定碎石具有早期强度高、板体性好、水稳性好、取材方便等优点，是四川省路面基层用主要材料。

半刚性基层路面典型结构及柔性基层沥青路面典型结构中用于路基改善层的水泥稳定碎石宜采用低剂量水泥。

6.7.2 柔性结构

- 1 采用级配碎石作为基层的沥青面层厚度不宜低于 240mm，级配碎石基层厚度不宜低于 120mm。
- 2 沥青结合料基层宜采用密级配沥青稳定碎石。
- 3 典型结构见表 6.7.2。

表 6.7.2 柔性基层沥青路面典型结构

项目	典型结构 II-1	典型结构 II-2	典型结构 II-3 ^a
交通荷载等级	特重及极重	重	中、轻
面层 ^b	160~180mm 沥青混合料	100~120mm 沥青混合料	100~120mm 沥青混合料
基层	140~180mm 沥青稳定碎石	160~180mm 沥青稳定碎石	140~160mm 沥青稳定碎石
底基层	500~600mm 水泥稳定碎石	400~500mm 水泥稳定碎石	300~400mm 级配碎石
路基改善层	-	-	150~200mm 级配碎石或水泥稳定碎石
路基回弹模量容许值[E ₀] (MPa)	不小于 120	不小于 100	不小于 80

注：^a路基改善层如采用水泥稳定碎石，则宜采用低剂量水泥稳定碎石。

^b面层厚度大于 120mm 时应分三层，小于 120mm 时应分两层。

条文说明

柔性基层路面结构应重视路基设计，具有足够的承载能力，级配碎石所用集料宜采用石灰岩轧制，且成型后单层厚度宜为 120~150mm，如厚度大于 200mm，宜分层施工。

6.7.3 刚性基层复合式沥青路面，沥青面层厚度不宜小于 100mm。水泥混凝土类基层结构组合、接缝设计（除连续配筋混凝土外）及配筋设计应满足《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）的有关规定。

6.7.4 为减少跳车，应在桥头搭板后缘设置刚性基层，沥青面层与路基段一致。

条文说明

填方路基与桥梁、涵洞、通道相邻处，常有跳车现象，根据实际工程情况，刚性基层混凝土标号不应低于 C30，刚性基层长度不宜小于 4m。

6.7.5 应根据交通量预测、沿线气候，结合线形等对路面结构组合进行优化，对选择的路面结构进行验算，材料设计参数和路面结构验算方法应符合《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）的有关规定。

6.7.6 路基和路表验收弯沉应符合《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）的有关要求。

条文说明

计算路基顶面验收弯沉值时仅考虑平衡湿度状态下路基顶面回弹模量，不考虑干湿与冻融循环作用后的模量折减系数。当弯沉检测时路基湿度与平衡湿度存在差异时，应进行湿度修正。

7 桥隧段及特殊路段铺装设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 特殊路段铺装应进行结构与材料一体化设计，满足特殊路况下对沥青铺装的需求。
- 7.1.2 应采取措施加强层间结合，避免层间滑移。

7.2 桥面铺装

7.2.1 水泥混凝土桥面铺装应符合以下要求：

- 1 混凝土整平层应符合规定的平整度、横坡度等要求，表面严禁抹平、收光。
- 2 混凝土整平层宜采用喷砂打毛去除浮浆，也可采用精铣刨清除浮浆，形成粗糙的宏观构造新鲜面，做到集料外露，构造深度不宜小于 0.5mm。
- 3 防水黏结层宜采用同步碎石封层，也可采用涂膜类专用防水材料等，应通过拉拔试验和剪切试验优选防水黏结层。
- 4 桥面沥青铺装结构，由防水黏结层和沥青混合料铺装层组成；沥青混合料铺装层宜与两端路线的表面层、中面层一致，至少下面层应为密实型沥青混合料；沥青铺装层总厚度不宜小于 80mm。

条文说明

常规铣刨工艺使水泥混凝土桥面铺装层表面出现凹凸不平，使防水黏结层喷洒不均匀，影响界面黏结。可采用精铣刨，但应注意彻底清除铣刨面的灰尘，确保清洁度。

7.2.2 正交异性钢桥面板的桥面铺装应符合以下要求及《公路钢桥面铺装设计与施工技术规范》（JTG/T 3364-02）有关规定：

- 1 应综合考虑桥梁结构特点、环境气候、交通荷载、施工条件、恒载限制等因素，参考类似条件的桥面铺装工程经验，进行钢桥面板结构和桥面铺装结构的一体化设计。
- 2 正交异性钢桥面板的刚度应进行验算并符合其有关规定，且纵向腹板位置应避开轮迹带。
- 3 桥面铺装层总厚度应满足桥梁设计的恒载要求。
- 4 桥面铺装结构设计应包括铺装结构层设计和界面功能层设计，界面功能层应与铺装结构层相匹配。
- 5 钢桥面铺装结构层宜采用浇注式沥青混合料、环氧沥青混合料或高性能改性沥青混合料。
- 6 应加强界面功能层设计，在选择界面功能层时，应注意界面功能层与铺装结构层的匹配性。
- 7 钢桥面铺装应设置专用防水黏结层。
- 8 应对结构组合及材料进行专项设计。

条文说明

正交异性钢桥面板的桥面铺装可参考表 7.2.2，选择钢桥面铺装结构时，应结合钢箱梁结构特点、材料特性、工程经验、施工条件、管理水平等从技术、经济及可实施性等方面进行综合比选。

表 7.2.2 铺装结构层参考方案

铺装材料	方案 1		方案 2		方案 3		方案 4		方案 5	
	磨耗层	保护层	磨耗层	保护层	磨耗层	保护层	磨耗层	保护层	磨耗层	保护层
改性沥青 SMA、改性沥青 AC	√	-	-	-	√	-	-	-	√	√
浇注式沥青混合料	-	√	-	-	-	-	-	√	-	-
环氧沥青混合料	-	-	√	√	-	√	√	-	-	-

7.2.3 针对新型桥梁结构，当沥青铺装的恒载有限制时，应进行桥面铺装的专项设计。

7.3 隧道铺装

7.3.1 隧道内沥青铺装除应有足够的强度、耐久性，符合路面的抗滑、耐磨及平整度等技术要求外，尚应具有较好的耐火性能，满足低噪声和防眩光等方面的要求。

7.3.2 隧道宜采用沥青混合料与水泥混凝土面板组成的复合式路面结构。水泥混凝土路面结构及材料设计应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）、《公路隧道设计规范》（JTG D70）等的有关规定。

- 1 采用设置接缝的刚性基层时，应采取措施延缓接缝处裂缝反射到沥青面层。

基层	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0
底基层	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0

4 水泥强度等级为 32.5 或 42.5，宜采用普通硅酸盐水泥或满足《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）经试验验证符合要求的其它水泥，但不得采用早强或变质水泥，初凝时间应大于 3 小时，终凝时间应大于 6 小时且小于 10 小时。可在水泥稳定材料中参加缓凝剂，但应对混合料进行试验验证，缓凝剂指标要求应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的规定。

5 水泥剂量不宜高于 4.5%，且不宜低于 3%，应采取控制原材料技术指标和优化级配设计等措施，不应单纯通过增加水泥剂量来提高混合料强度。

6 水泥稳定碎石应按目标配合比、生产配合比的设计步骤进行混合料设计，优化级配，确定施工参数（如水泥剂量、含水量和最大干密度等）。

条文说明

根据四川省筑路材料特点、施工管理水平等条件对水泥稳定碎石级配范围进行了优化。多年实践经验表明，经优化后的无机结合料混合料易于压实、综合性能优，公称最大粒径根据材料加工及供应可放宽到 31.5mm。

水泥稳定碎石的 7 天无侧限抗压强度代表值应与设计交通荷载等级匹配，鉴于《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）要求强度试验时，应按现场压实度标准采用静压法成型试件。强度代表值不宜偏高，且在混合料配合比设计时，首先应调整、改善集料的级配和混合料的结构形态，使其达到设计强度要求，不宜盲目增加水泥剂量。根据四川省多年实践经验，水泥剂量不宜高于 4.5%。在确保长期性能的前提下，采取多种措施减少温缩和干缩裂缝。

多年实践经验表明，半刚性基层沥青路面典型病害之一就是半刚性基层开裂引起反射裂缝，因此水泥稳定碎石设计强度不宜过高，否则易引起开裂，外界水渗入，出现唧浆病害，路面性能明显降低。

10.3.3 工艺流程

准备下承层→施工放样→拌和→摊铺→碾压→养生。

10.3.4 施工要点

- 1 原材料应满足设计要求，严禁采用早强水泥或变质的水泥。
- 2 应严格控制各原材料含水量及拌和外加水量，采取措施降低含水量变异。
- 3 应采用集中厂拌，拌和设备产能应与摊铺能力、工作面等匹配，产量宜大于 500t/h，并根据目标配合比确定的各档材料比例，对拌和设备进行调试和标定，确定合理的生产参数。
- 4 水泥稳定碎石不能在初凝时间内运到工地，或预计混合料碾压完成最终的延迟时间超过水泥初凝时间，必须予以废弃。
- 5 应采用摊铺机摊铺。设计层厚度和施工分层厚度，应与设备要求匹配，以全深度压实均匀及压实度质量符合设计要求，石料无明显碾压破碎为准。基层压实度不应小于 98%，底基层压实度不应小于 97%。
- 6 宜采用双钢轮压路机静压 1 遍，接着采用重型振动压路机强振将下部碾压密实，然后弱振将上部碾压密实，再用 25t 以上的重型胶轮压路机碾压，错轮不超过 1/3 的轮迹带宽度，最后采用双钢轮压路机碾压消除轮迹。具体碾压设备和工艺应根据试验段确定。
- 7 在每天施工结束时或设备故障超过规定延迟时间处应做施工缝，施工缝接缝应保证端面垂直，严禁斜接缝。
- 8 应及时采取措施对施工完毕的水泥稳定碎石层养生，养生期间严禁通车。
- 9 水泥稳定碎石施工中应加强全过程施工质量控制，施工后的强度满足要求，干缩或温缩裂缝少。
- 10 当需要钻芯检查整体性时，龄期宜为 28 天，基层芯样的完整性不宜低于 90%，底基层芯样的完整性不宜低于 80%。

条文说明

压实是影响水泥稳定碎石抗裂、水稳性和耐久性的至关重要因素。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。水泥稳定碎石设计层厚和施工分层厚度，应与设备要求匹配。要实现大厚度摊铺碾压，需要具备相应的大功率摊铺设备和足够的碾压设备以及碾压功率。同时应通过灌砂、钻芯等手段加强质量抽检，确保摊铺混合料的压实度、均匀性满足要求。

混合料在选定的级配、水泥剂量和最佳含水量的条件下拌和好，分别按立刻压实、闷料 1h 再压实、闷料 2h 再压实、闷料 3h 再压实等条件，成型标准试件，经标准养生后测试 7d 无侧限抗压强度，

得到不同延迟时间条件下强度代表值的变化规律，从而得到满足设计强度要求的容许延迟时间。

10.4 刚性基层

- 10.4.1 刚性基层的原材料、配合比设计及质量控制等应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30)、《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)的有关要求。
- 10.4.2 刚性基层为连续配筋混凝土时，应重视锚固端的设计和施工。
- 10.4.3 含有接缝的刚性基层应重视接缝处防反射裂缝措施的材料设计和施工要求。
- 10.4.4 桥梁、隧道等刚性基层在施工沥青面层前应采用喷砂打毛、精铣刨等工艺对刚性基层进行处理，经处理后的刚性基层表面构造深度不宜低于 0.5mm。

10.5 沥青混合料

- 10.5.1 沥青、集料、矿粉、稳定剂、抗剥落剂等原材料，以及混合料应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)等有关要求。
- 10.5.2 沥青类型、等级及指标尚应符合以下要求：
 - 1 项目沿线气候、交通量、线形、使用部位等选择，各指标之间应协调。
 - 2 沥青技术指标应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)，尚应符合美国沥青路用性能 PG 分级要求，四川省沥青选择及指标要求可参考附录 B，再根据工程情况和当地工程经验等综合确定。
 - 3 用于 OGFC 的高黏度改性沥青技术指标应不低于《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)及本指南附录 B.2.3 的要求。

条文说明

沥青是沥青混合料的关键组成部分，具有温度敏感性特质，温度、荷载作用时间直接影响其性能。为更客观评价沥青的流变性能，本指南引入了美国 SHRP 研究成果，在常规物理指标的基础上增加了沥青路用性能 PG 分级。四川省既有地形平坦的四川盆地，又有相对复杂的盆周山地，更有极其复杂的西部高原，极其复杂的地形地貌造就了具有极其复杂的气候、高速公路复杂线形组合及结构物分布等，沥青指标的选择应根据项目所在地区的气候特点、交通量及车辆类型组成、轴组组成和轴重、设计单元的线形、结构物类型、材料性能及工程特点等综合确定。

- 10.5.3 集料尚应满足以下要求：
 - 1 集料的压碎值、磨耗值，对表面层还应包括磨光值，经过 200℃恒温 6h 高温处理后应满足要求。
 - 2 沥青玛蹄脂碎石 SMA 和开级配沥青混合料 OGFC 粗集料指标宜满足表 10.5.3 的要求。

表 10.5.3 SMA 和 OGFC 粗集料针片状颗粒含量

指标		要求	试验方法
针片状颗粒含量（%）	粗集料	不大于 10	T0312
	粒径大于 9.5mm 部分	不大于 8	
	粒径小于 9.5mm 部分	不大于 12	

- 3 表面层集料与沥青的黏附性不应低于 5 级，其他面层不应低于 4 级，否则应采用抗剥落材料改善。
- 4 用于温拌沥青混合料的集料含水量不宜大于 3%。
- 5 季冻区粗集料选用的石料的单轴抗压强度不应低于 80MPa，坚固性不应大于 10%。
- 6 表面层用细集料应分 0~3mm 及 3~5mm 两档，应采用冲击式破碎机等专用设备生产的机制砂，生产机制砂过程中应配置有效的除尘装置，使 0.075 通过率小于 10%，细集料亚甲蓝值不大于 10g/kg。
- 10.5.4 沥青混合料用稳定剂及抗剥落剂等尚应满足以下要求：
 - 1 作为沥青混合料稳定剂使用的纤维，宜采用原木浆生产的絮状木质素纤维，如采用其他纤维应进行沥青混合料析漏及拌和分散均匀性及性能验证。
 - 2 抗剥落剂可采用消石灰、水泥，也可采用耐热的、具有良好长期性能的其他类型抗剥落剂。
 - 3 温拌剂应不影响沥青及沥青混合料的使用性能，宜使生产温度比热拌混合料降低 30℃及以上，温拌沥青混合料性能应不低于热拌沥青混合料。

- 10.5.5 沥青混合料尚宜符合以下要求：
 - 1 沥青混合料工程级配范围可参照表 10.5.5-1：

表 10.5.5-1 常用沥青混合料级配范围

5 公称最大粒径不大于 19mm 的沥青混合料，宜在温度为-10℃、加载速率为 50mm/min 条件下进行小梁弯曲试验，沥青混合料破坏应变应满足表 10.5.5-5 的要求。

表 10.5.5-5 沥青混合料低温弯曲试验破坏应变（ $\mu\epsilon$ ）技术要求

气候条件与技术指标	相应于下列气候分区所要求的破坏应变（ $\mu \epsilon$ ）					试验方法
年极端最低气温（℃）及气候分区	-21.5~-37.5		-9.0~-21.5	>-9.0		
	2. 冬寒区		3. 冬冷区	4. 冬温区		
	2-2	3-2	2-3	1-4	2-4	
普通沥青混合料，不小于	2300		2000			T0715
改性沥青混合料，不小于	2800		2500			

6 其他沥青混合料技术指标应不低于《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路钢桥面铺装设计与施工技术指南》、《季节性冻土地区公路设计与施工技术规范》等的有关要求。

10.5.6 施工关键点包括：

- 1 沥青、集料资源特性及加工特性、矿粉等材料应满足设计及规范要求。
- 2 热拌和楼应选择合适的筛网组合，标定各计量系统，充分考虑冷料供料系统和热料生产系统之间的均衡稳定，进行生产配合比的调试。
- 3 应控制好“六个度”，即原材料加热温度、摊铺机速度、摊铺厚度、碾压压实度、平整度和构造深度。
- 4 压实是沥青路面施工的最后道工序，也是沥青路面施工的关键环节，应配置足够数量及满足吨位要求的压路机，贯彻“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。沥青混合料压实采用基于沥青混合料最大理论密度和马歇尔标准密度双控体系，AC 类压实度不应低于 97%，现场空隙率不应大于 7%；SMA 压实度不应低于 98%，现场空隙率不应大于 6%。
- 5 桥面沥青铺装层应采用振荡压路机碾压。
- 6 应采取措施控制沥青混合料级配离析、温度及施工离析。
- 7 表面层横向接缝应采用垂直的平接缝，宜趁尚未冷透时用风镐或人工垂直刨除端部层厚不足部分，且不得伤及下承层，表面层以下层位可采用自然碾压的斜接缝。搭接长度与层厚有关，宜为 0.4~0.8m。

10.6 功能层材料及施工

10.6.1 透层、黏层、稀浆封层应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）有关规定，稀浆封层尚应符合以下要求：

- 1 应优选稀浆封层用改性乳化沥青，与集料配伍性好。
 - 2 集料严禁采用碎石加工时的下脚料，砂当量不应小于 65%，筛除集料中超粒径颗粒。
 - 3 施工前对稀浆封层车进行标定，保证施工时与配合比一致。
- 10.6.2 同步碎石下封层应符合以下要求：
- 1 施工前，应彻底清除原路面的浮浆、灰尘、杂物等，并保持干燥。
 - 2 沥青技术指标与项目沥青混合料使用的指标相同。
 - 3 应采用预裹覆的单一粒径碎石，碎石粒径应与加铺沥青混合料的公称最大粒径匹配，碎石撒布量以覆盖率 60~80% 为准，SBS 改性沥青同步碎石封层集料规格选择及沥青用量可参考表 10.6.2，沥青及集料用量具体应根据试验段试洒试铺确定。

表 10.6.2 SBS 改性沥青同步碎石封层的集料规格及沥青用量

集料规格		封层上加铺层沥青混合料公称粒径（mm）			
		9.5	13.2 或 16	19.0	26.5
4.75~9.5mm	沥青用量(kg/m ²)	1.5±0.2	1.6±0.2	1.7±0.2	1.7±0.2
	集料用量(kg/m ²)	8±2	8±2	8±2	8±2
9.5~13.2mm	沥青用量(kg/m ²)	1.7±0.2	—	1.9±0.2	2.0±0.2
	集料用量(kg/m ²)	10±2	—	10±2	10±2

注：同步碎石封层采用橡胶沥青为结合料，则橡胶沥青用量应比 SBS 改性沥青增加 0.2kg/m²；如采用普通热沥青作

为结合料，则普通沥青用量应比 SBS 改性沥青减少 $0.2\text{kg}/\text{m}^2$ 。

4 沥青及碎石的洒布应均匀，沥青撒布量最大偏差不得超过设计值 $\pm 0.2\text{kg}/\text{m}^2$ ，如发现空白、缺边等洒（撒）布数量不足的情况应及时补洒（撒），局部胶结料或碎石积聚应予以刮除。

5 碎石撒布后应及时用轻型轮胎压路机碾压成型。

6 碾压成型后应及时铺筑沥青面层，期间严禁除沥青混合料运料车以外的车辆通行。

条文说明

为了使上层混合料与封层混合料形成交叉嵌挤，加铺沥青混合料公称最大粒径为 19mm 及以上的混合料，宜采用 $4.75\text{mm}\sim 9.5\text{mm}$ 规格集料做封层，如采用较粗的集料粒径易使上层沥青混合料的粗集料和封层粗集料形成搭接，出现封层孔洞，影响层间效果。

10.6.3 桥梁、隧道沥青铺装防水黏结层应符合以下要求：

- 1 施工中应保证混凝土面板干燥、洁净。
- 2 施工完毕后应严禁车辆通行，防止污染。

10.7 质量管理与检查验收

路面结构各层质量管理与检查验收应满足本指南及《公路工程质量检验评定标准（第一册 土建工程）》（JTG F80/1）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）、《公路沥青路面再生技术规范》（JTG F41）等的有关要求。

附录 A
(规范性附录)
四川省沥青路面使用性能气候分区

根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的方法,利用四川省 22 个具有一定区域代表性的基站及 155 个气象站点的资料对四川省沥青路面使用性能气候分区进行细化供参考,将有助于合理设计及选材。

A.1 温度分区

通过对四川省气候资料的整理分析,四川省具体划分为 1—4、2—2、2—3、2—4、3—2 五个气候分区,四川省沥青性能气候分区指标见表 A.1-1,代表性地区的气候分区见表 A.1-2。

表 A.1-1 四川省沥青性能气候分区指标

气候型	型 名	八月平均最高气温 (°C)	年极端最低气温 (°C)
1—4	夏炎热冬温	>30	>-9.0
2—2	夏热冬寒	20~30	-37.0~-21.5
2—3	夏热冬冷	20~30	-21.5~-9.0
2—4	夏热冬温	20~30	>-9.0
3—2	夏凉冬寒	<20	-37.0~-21.5

A.1-2 四川省代表性地区的气候分区

气候型	地区分布
1—4	广元 (广元、剑阁、旺苍、苍溪); 绵阳 (绵阳、梓潼、盐亭、三台); 德阳 (中江); 雅安 (汉源); 乐山 (乐山、犍为、井研、沐川); 眉山 (仁寿); 宜宾 (宜宾、南溪、屏山、高县、珙县、筠连、兴文、长宁、江安); 泸州 (泸州、纳溪、合江、叙永、古蔺); 内江 (内江、资中、威远、隆昌); 资阳 (资阳、简阳、乐至、安岳); 遂宁 (遂宁、射洪); 南充 (南充、阆中、南部、仪陇、蓬安、营山、西充); 达州 (达州、万源、宣汉、开江、渠县、大竹); 广安 (广安、岳池、邻水、武胜); 巴中 (巴中、南江、通江、平昌); 凉山州 (宁南); 攀枝花 (攀枝花、米易、盐边)
2—2	甘孜州 (甘孜、稻城 (达登纳垭口以北至理塘))
2—3	甘孜州 (康定、德格、巴塘、理塘、雅江、道孚、新龙、九龙、白玉、炉霍、乡城); 阿坝州 (马尔康、黑水、理县、茂县、九寨沟、松潘、汶川、壤塘); 凉山州 (美姑、昭觉、布拖);

A. 1-2 (续)

气候型	地区分布
2—4	成都（成都、崇州、温江、都江堰、彭州、蒲江、邛崃、双流、郫都、大邑、新津）； 广元（青川）； 绵阳（平武、北川、安县、江油）； 德阳（德阳、绵竹、什邡、广汉）； 雅安（雅安、名山、荥经、宝兴、天全、庐山、石棉）； 乐山（马边、峨边、夹江、峨眉）； 眉山（洪雅、丹棱、青神、眉山、彭山）； 甘孜州（泸定、得荣、丹巴）； 阿坝州（小金、金川）； 凉山州（西昌、德昌、盐源、木里、冕宁、越西、甘洛、喜德、普格、金阳、雷波、会理、会东）
3—2	甘孜州（石渠、色达、稻城（达登纳哑口以南至州界））； 阿坝州（阿坝、若尔盖、红原）

A. 2 降雨分区

通过对四川省降水量资料的整理分析，四川省具体划分为降雨量大于 1000mm、500~1000mm、250~500mm 三个区，及>1200mm 的一个附区，见表 A.2。

表 A. 2 四川省代表性地区降雨分区

降雨分区编号	年平均降雨量	地区分布
1	1000~1200mm	成都市（崇州、邛崃、大邑）； 乐山（马边、犍为）； 雅安（荥经）； 广元（剑阁、旺苍、苍溪）； 绵阳（江油）； 德阳（绵竹）； 眉山（眉山、青神）； 宜宾（宜宾、南溪、江安、长宁、高县、筠连、珙县、兴文）； 泸州（泸州、合江、纳溪、叙永）； 自贡（自贡、富顺）； 内江（内江、资中、隆昌）； 资阳（安岳）； 南充（营山、蓬安、仪陇、阆中）； 巴中（巴中、南江、通江、平昌）； 达州（达州、宣汉、开江、渠县、大竹、万源）； 广安（广安、岳池、邻水、武胜）； 凉山州（西昌、冕宁、越西、昭觉、德昌、喜德、普格、布拖、会理、会东）；攀枝花（米易、盐边）

表 A.2 (续)

降雨分区编号	年平均降雨量	地区分布
2	500~1000mm	成都（成都、温江、彭州、郫都、新津、双流、金堂）； 乐山（峨边、井研）； 雅安（汉源、石棉、宝兴）； 广元（广元、青川）； 绵阳（绵阳、梓潼、平武、三台、盐亭）； 德阳（德阳、中江、广汉、什邡）； 眉山（彭山、仁寿）； 宜宾（屏山）； 泸州（古蔺）； 自贡（荣县）； 内江（威远）； 资阳（资阳、简阳、乐至）； 遂宁（遂宁、蓬溪、射洪）； 南充（南充、南部、西充）； 甘孜州（康定、石渠、甘孜、白玉、色达、炉霍、道孚、新龙、理塘、丹巴、稻城、雅江、泸定、九龙、德格）； 凉山州（木里、甘洛、雷波、盐源、金阳、美姑、宁南）； 阿坝州（马尔康、若尔盖、九寨沟、金川、阿坝、小金、红原、茂县、汶川、黑水、壤塘、理县、松潘）； 攀枝花（炳草岗）
3	250~500mm	甘孜州（巴塘、得荣、乡城）
1a	>1200mm	成都（蒲江、都江堰）； 乐山（乐山、峨眉、夹江、沐川）； 雅安（雅安、名山、天全、芦山）； 绵阳（安县、北川）； 眉山（丹陵、洪雅）

A.3 四川省沥青混合料气候分区

根据气温分区及降雨量分区，四川省沥青混合料气候分区指标见表 A.3。

表 A.3 四川省沥青混合料气候分区指标

气候型	型 名	八月最高温度平均值（℃）	年极端最低气温（℃）	年平均降雨量（mm）
1-4-1	夏炎热冬温潮湿	>30	>-9.0	>1000
1-4-1a	夏炎热冬温过湿	>30	>-9.0	>1200
1-4-2	夏炎热冬温湿润	>30	>-9.0	500~1000
2-2-2	夏热冬寒湿润	20~30	-37.0~-21.5	500~1000
2-3-1	夏热冬冷潮湿	20~30	-21.5~-9.0	>1000
2-3-2	夏热冬冷湿润	20~30	-21.5~-9.0	500~1000
2-3-3	夏热冬冷半干	20~30	-21.5~-9.0	500~250
2-4-1	夏热冬温潮湿	20~30	>-9.0	>1000
2-4-1a	夏热冬温过湿	20~30	>-9.0	>1200
2-4-2	夏热冬温湿润	20~30	>-9.0	500~1000
2-4-3	夏热冬温半干	20~30	>-9.0	500~250
3-2-2	夏凉冬寒湿润	<20	-37.0~-21.5	500~1000
3-3-2	夏凉冬冷湿润	<20	-21.5~-9.0	500~1000

附录 B
(规范性附录)
沥青选择及技术要求

B.1 沥青等级选择

改性沥青和普通沥青指标选择宜结合气候条件、交通条件、使用层位及受力特点、施工工法等，结合当地使用经验，经技术论证后确定。对高温持续时间长、重载交通、长大纵坡上坡路段，宜采用黏度较大的沥青，提高高温稳定性；对冬季寒冷地区或交通量小的高速公路，宜选用低温性能好的沥青，当高温要求与低温要求发生矛盾时宜优先考虑满足高温性能的要求。各区域沥青选择可参考表 B.1-1，各沥青指标见表 B.2.1~B.2.2。

表 B.1-1 沥青等级或标号选择

气候区分	气候区分	区域	适用改性沥青 PG 分级类别	A 级道路石油 普通沥青标号
1-4 或 2-4	四川盆地及 盆周山地	成都、绵阳、德阳、乐山、眉山、自贡、宜宾、内江、泸州、雅安、资阳、遂宁、南充、达州、广安、巴中	PG76-22	70 号或 50 号
	攀西地区	凉山、攀枝花		
	西部高原区	甘孜自治州：泸定、得荣、丹巴； 阿坝自治州：小金、金川		
2-3	西部高原区	甘孜自治州：康定、德格、巴塘、理塘、雅江、道孚、新龙、九龙、白玉、乡城； 阿坝自治州：马尔康、黑水、理县、茂县、南坪、松潘、汶川	PG70-28	70 号或 90 号
	攀西地区	凉山自治州：美姑、昭觉、布拖		
2-2 或 3-2	西部高原区	甘孜自治州：石渠、色达、稻城（达登纳哑口以南至州界）、炉霍； 阿坝自治州：阿坝、若尔盖、红原、壤塘	PG70-28 或 PG64-34	90 号或 110 号

注：沥青高温等级的标号选择：气候分区为 1-4 区及长大纵坡较多的路段，宜选择针入度较低的沥青标号；低温等级当海拔多处于 3000m 及以上时，宜选择针入度较大的沥青标号，及 PG 性能分级低温较低的沥青。

B.2 沥青指标

B.2.1 SBS 改性沥青

表 B.2.1 SBS 改性沥青技术要求

项 目		技术指标		测试方法
针入度 25℃ (0.1mm)	最小	50	65	T0604
延度 5℃ (cm)	最小	20	40	T0605
软化点 (℃)	最小	75	60	T0606
运动黏度 135℃ (Pa·s)	最大	3	3	T0625
闪点 (℃)	最小	230	230	T0611
溶解度 (%)	最小	99	99	T0607

表 B.2.1 (续)

项 目			技术指标		测试方法
离析, 软化点(℃)差		最大	2.5	2.5	T0661
弹性恢复 25℃ (%)		最小	90	80	T0662
旋转薄膜烘箱加热后残留物	质量损失 (%)	最大	±1.0	±1.0	T0610
	针入度比 25℃ (%)	最小	65	60	T0604
	延度 5℃ (cm)	最小	15	25	T0605
Superpave 沥青结合料性能试验					
原样沥青 动态剪切 $G^*/\sin \delta$ 不小于 1.00 kPa, @10rad/s, 试验温度 ℃			76	70	T0628
旋转薄膜烘箱加热后 动态剪切 $G^*/\sin \delta$ 不小于 2.20 kPa, @10rad/s, 试验温度 ℃			76	70	T0628
压力老化后	动态剪切 $G^*\sin \delta$ 不大于 5000 kPa, @10rad/s, 试验温度 ℃		31	25	T0628
	蠕变劲度 S 不大于 300MPa, m 值不小于 0.3	试验温度℃	-12	-18	T0627
路用性能分级			PG76-22	PG70-28	AASHTO M320

B.2.2 A 级道路石油普通沥青

表 B.2.2 A 级道路石油沥青 70 号、90 号技术要求

项 目			技术指标		测试方法
			70 号 A 级	90 号 A 级	
针入度 25℃ (0.1mm)			60~80	80~100	T0604
针入度指数 PI			-1.5~+1.0	-1.5~+1.0	T0604
延度 15℃ (cm)	最小		100	100	T0605
延度 10℃ (cm)	最小		15	20	T0605
软化点 (℃)	最小		46	45	T0606
60℃动力黏度 (Pa·s)	最小		180	160	T0620
含蜡量 (蒸馏法) (%)	最大		2.2	2.2	T0615
闪点 (℃)	最小		260	245	T0611
溶解度 (%)	最小		99	99	T0607
薄膜烘箱加热后残留物	质量损失 (%)	最大	±0.8	±0.8	T0610
	针入度比 25℃ (%)	最小	61	57	T0604
	延度 10℃ (cm)	最小	6	8	T0605

表 B. 2. 2 (续)

项 目			技术指标		测试方法
			70 号 A 级	90 号 A 级	
Superpave 沥青结合料性能试验					
原样沥青 动态剪切 $G^*/\sin \delta$ 不小于 1.00 kPa, @10rad/s, 试验温度 $^{\circ}\text{C}$			64	58	T0628
旋转薄膜烘箱加热后 动态剪切 $G^*/\sin \delta$ 不小于 2.20 kPa, @10rad/s, 试验温度 $^{\circ}\text{C}$			64	58	T0628
压力老化后	动态剪切 $G^*\sin \delta$ 不大于 5000 kPa, @10rad/s, 试验温度 $^{\circ}\text{C}$		25	22	T0628
	蠕变劲度 S 不大于 300MPa, m 值不小于 0.3	试验温度 $^{\circ}\text{C}$	-12	-12	T0627
路用性能分级			PG64—22	PG58—22	AASHTO M320

B. 2. 3 高黏度改性沥青

表 B. 2. 3 高黏度改性沥青技术要求

项 目		技术指标		测试方法
针入度 25 $^{\circ}\text{C}$ (0.1mm)	最小	40		T0604
延度 5 $^{\circ}\text{C}$ (cm)	最小	30		T0605
软化点 ($^{\circ}\text{C}$)	最小	90		T0606
60 $^{\circ}\text{C}$ 动力黏度 ^a ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	最小	50000		T0620
25 $^{\circ}\text{C}$ 黏韧性 ($\text{N} \cdot \text{m}$)	最小	25		T0624
25 $^{\circ}\text{C}$ 韧性 ($\text{N} \cdot \text{m}$)	最小	20		T0624
运动黏度 170 $^{\circ}\text{C}$ ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	最大	3.0		T0625
闪点 ($^{\circ}\text{C}$)	最小	260		T0611
溶解度 (%)	最小	99		T0607
离析 ^b , 软化点 ($^{\circ}\text{C}$) 差	最大	2.2		T0661
弹性恢复 25 $^{\circ}\text{C}$ (%)	最小	95		T0662
旋转薄膜烘箱加热后残留物	质量损失 (%)	最大	± 1.0	T0610
	针入度比 25 $^{\circ}\text{C}$ (%)	最小	65	T0604
	延度 5 $^{\circ}\text{C}$ (cm)	最小	20	T0605

注 1: 对重及以上交通荷载等级, 用于排水沥青混合料的高黏改性沥青 60 $^{\circ}\text{C}$ 动力黏度不宜小于 200000 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

注 2: 贮存稳定性离析适用于混溶式高粘度改性沥青。

附录 C
(规范性附录)
路基标准回弹模量参考值及调整系数

C.1 路基土标准回弹模量参考值

路基标准状态下路基顶面回弹 M_R 宜按《公路路基设计规范》(JTG D30)的附录 A “路基土动态回弹模量标准试验方法”通过试验获得,如试验条件受限制时,可根据土组类型及粒料类型分别按表 C.1-1、表 C.1-2 取回弹模量参考值。

表 C.1-1 标准状态下路基土回弹模量参考值

土组	取值范围 (MPa)
砾 (G)	110~135
含细粒土砾 (GF)	100~130
粉土质砾 (GM)	100~125
黏土质砾 (GC)	95~120
砂 (S)	95~125
含细粒土砂 (SF)	80~115
粉土质砂 (SM)	65~95
黏土质砂 (SC)	60~90
低液限粉土 (ML)	50~90
低液限黏土 (CL)	50~85

注:对砾和砂, D_{60} (通过率为 60% 时的颗粒粒径) 大时,模量取高值,反之模量取低值。对其他含细粒的土组,小于 0.075mm 颗粒含量大和塑性指数高时,模量取低值,反之模量取高值。

表 C.2-2 标准状态下粒料回弹模量参考值

粒料类型	取值范围 (MPa)
级配碎石	180~400
未筛分碎石	180~220
级配砾石	150~300
天然砂砾	100~140

C.2 路基湿度调整系数

C.2.1 路基平衡湿度状况分类

可依据路基的湿度来源分为潮湿、中湿、干燥三类。当地下水或地表长期积水的水位高,路基工作区均处于地下水毛细润湿影响范围内,路基平衡湿度由地下水或地表长期积水的水位升降所控制,路基湿度状态可定为潮湿类路基;地下水位很低,路基工作区处于地下水毛细润湿面之上,路基平衡湿度由气候因素控制,路基湿度状况可定为干燥类路基;中湿类路基的湿度兼受地下水和气候因素影响,路基工作区被地下水毛细润湿面分为上、下两部分,下部受地下水毛细润湿的影响,上部则受气候因素影响。

C.2.2 潮湿类路基的平衡湿度

可根据路基土组类别及地下水位高度,按表 C.2.2-1 确定距地下水位不同高度处的饱和度,潮湿类路基的回弹模量湿度调整系数可按表 C.2.2-2 查取。

表 C.2.2-1 各路基土组距地下水位不同高度处的饱和度 (%)

土组	计算点距地下水或地表长期积水水位的距离 (m)						
	0.3	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
粉土质砾 (GM)	69~84	55~69	50~65	49~62	45~59	43~57	—
黏土质砾 (GC)	79~96	64~83	60~79	56~75	54~73	52~71	—
砂 (S)	95~80	70~50	—	—	—	—	—
粉土质砂 (SM)	79~93	64~77	60~72	56~68	54~66	52~64	—

黏土质砂 (SC)	90~99	77~87	72~83	68~80	66~78	64~76	-
低液限粉土 (ML)	94~100	80~90	76~86	83~73	71~81	69~80	-
低液限黏土 (CL)	93~100	80~93	76~90	73~88	70~80	68~85	66~83

表 C.2.2-2 潮湿类路基的回弹模量湿度调整系数

路基部位	土质类型			
	砂	细粒土质砂	粉质土	黏质土
路基工作区顶面	0.8~0.9	0.5~0.6	0.5~0.7	0.6~1.0
路基工作区底面	0.5~0.6	0.4~0.5	0.4~.6	0.5~0.9

注：砂的回弹模量湿度调整系数， D_{60} 大时取高值，反之取低值；细粒土质砂的的细粒含量大、塑性指数高时取低值，反之取高值；粉质土和黏质土时，路基高度低时取低值，反之取高值。

C.2.3 干燥类路基的平衡湿度

可根据路基所在自然区划的湿度指标 TMI 和土组类别确定，不同自然区划的 TMI 值可参考表 C.2.3-1 查取，根据表 C.2.3-2 插值查取相应的路基饱和度，从而由表 C.2.3-3 查取干燥类路基的回弹模量湿度调整系数。

表 C.2.3-1 不同自然区划的 TMI 值范围

区划	亚区	主要包括的区域	TMI
V	V1	广元：旺苍、青川； 绵阳：平武、北川； 巴中：南江、通江； 达州：万源； 阿坝自治州：汶川、茂县、理县	-25.1~6.9
	V2	德阳：南充、遂宁、广安、资阳、内江、自贡； 成都：成都、崇州、金堂、彭州、简阳、新津； 眉山：彭山、仁寿、青神； 乐山：井研； 泸州：泸县、纳溪、合江； 绵阳：安州、江油、三台、梓潼、盐亭； 广元：剑阁、苍溪； 巴中：巴中、平昌； 达州：大竹、开江、宣汉、渠县； 宜宾：长宁	0.9~30.1
V	V2a	成都：大邑、邛崃、蒲江、都江堰； 雅安：雅安、荣经、名山、石棉、汉源、天全、芦山、宝兴； 眉山：丹棱、洪雅； 乐山：乐山、峨眉、夹江、乐山、峨边、沐川、犍为； 宜宾：屏山	39.6~43.7
	V3	泸州：叙永、古蔺； 宜宾：珙县、兴文、筠连、高县、南溪	12.0~88.3
	V4	凉山自治州：甘洛、越西、马边、雷波、美姑、喜德、昭觉、布拖、金阳、普格、宁南、会理、会东； 攀枝花：米易、盐边	-2.6~50.9
VII	VII3	阿坝自治州：松潘、九寨沟、金川、小金、黑水、马尔康、红原、阿坝、若尔盖、壤塘； 甘孜自治州：色达、石渠	-22.5~82.8
	VII5	甘孜自治州：康定、泸定、丹巴、九龙、雅江、道孚、炉霍、甘孜、新龙、德格、白玉、理塘、巴塘、乡城、稻城、得荣	-20.3~91.4

表 C. 2. 3-2 各路基土组在不同 TMI 值的饱和度 (%)

土组	TMI					
	-50	-30	-10	10	30	50
砂 (S)	20~50	25~55	27~60	30~65	32~67	35~70
粉土质砂 (SM)	45~48	62~68	73~80	80~86	84~89	87~90
黏土质砂 (SC)						
低液限粉土 (ML)	41~46	59~64	75~77	84~86	91~92	92~93
低液限黏土 (CL)	39~41	57~64	75~76	86	91	92~94

表 C. 2. 3-3 干燥类路基的回弹模量湿度调整系数

土组	TMI					
	-50	-30	-10	10	30	50
砂 (S)	2.31~1.84	1.14~1.80	1.02~1.77	0.93~1.73	0.86~1.69	0.8~1.64
粉土质砂 (SM)	1.59~1.65	1.10~1.26	0.83~0.97	0.73~0.83	0.70~0.76	0.70~0.76
黏土质砂 (SC)						
低液限粉土 (ML)	1.35~1.55	1.01~1.23	0.76~0.96	0.58~0.77	0.51~0.65	0.42~0.62
低液限黏土 (CL)	1.22~1.71	0.73~1.52	0.57~1.24	0.51~1.02	0.49~0.88	0.48~0.81

C. 2. 4 路基总的回弹模量湿度调整系数

中湿类路基的平衡湿度由路基工作区上部和下部的平衡湿度,再以厚度加权平均计算路基的平衡湿度。中湿类路基的回弹模量湿度调整系数可按路基工作区内两类湿度来源的上部和下部分别确定其湿度调整系数,并以路基工作区上、下部的厚度加权计算路基总的回弹模量湿度调整系数。

C. 3 干湿循环或冻融循环条件下路基土模量折减系数

干湿循环或冻融循环条件下路基土模量折减系数 K_n 的确定宜符合以下要求:

- 1 干湿循环或冻融循环条件下路基回弹模量折减系数取值范围为 0.7~0.95。
- 2 干湿循环条件是指非冰冻区,折减系数与路基湿度状态、土质类型和可能的失水率等密切相关,潮湿、中湿状态的细粒土,可能的失水率较大时,折减系数取小值;干燥状态的细粒土,可能的失水率较小时,折减系数取较大值;粗粒土(如砂砾)折减系数取大值。
- 3 冻融循环条件是指季节性冻土区,折减系数与冻结温度、路基湿度状态、土质类型等密切相关,轻冻区干燥状态细粒土路基,折减系数取较大值;重冻区潮湿、中湿状态细粒土路基,折减系数取小值;粗粒土折减系数取大值。