

## 公路沥青路面设计规范

JTG D50-2017

自 2017 年 9 月 1 日起施行

较原规范（JTG D50-2006）主要变化有：

1. 规范了轴载谱及交通参数的调查分析方法。
2. 引入了温度调整系数和等效温度。
3. 改变了路面材料的设计参数，调整了相应测试和取值方法。
4. 增加了沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变和路面低温开裂指数设计指标，改进了沥青混合料层和无机结合料稳定层疲劳开裂预估模型，取消了路表弯沉设计指标。
5. 梳理了章节安排，突出了结构组合设计要求，规范了术语和符号。

来源：<http://www.zzguifan.com/webarbs/book/91459/2901300.shtml>

## 1 总则

**1.0.1** 为适应公路行业发展和公路建设的需要，提高沥青路面的设计质量和使用性能，保证工程安全可靠、经济合理，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于各等级公路新建和改建工程的沥青路面设计。

**1.0.3** 应根据公路等级、路面使用性能要求和所需承担的交通荷载，结合当地气候、水文、地质、材料、建设和养护条件、工程实践经验以及环境保护要求等，进行结构组合、材料设计和厚度设计，通过技术经济分析选定设计方案。

**1.0.4** 路基应满足最低回弹模量要求，并应具有合适的干湿类型。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。

**1.0.5** 应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。

**1.0.6** 沙漠、膨胀土和盐渍土等特殊地区的路面设计，除应符合本规范的相关规定外，尚应考虑地区的特殊性，结合当地经验和成果，采取相应的技术措施。

**1.0.7** 沥青路面设计除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 沥青路面 asphalt pavement

铺筑沥青面层的路面。

#### 2.1.2 可靠度 reliability

路面结构在规定的时间内和规定的条件下完成预定功能的概率。要求设计结构达到的可靠度称作目标可靠度。

#### 2.1.3 可靠指标 reliability index

度量路面结构可靠度的数值指标。本规范规定的作为路面结构设计依据的可靠指标称为目标可靠指标。

#### 2.1.4 路面设计使用年限 design working/service life of pavement

在正常设计、施工、使用和养护条件下，路面不需结构性维修的预定使用年限。

#### 2.1.5 设计轴载 design axle load

路面结构设计采用的计算轴载。

#### 2.1.6 当量轴次 equivalent single axle loads

按当量损坏原则，将不同轴载的作用次数换算为设计轴载的当量作用次数。

#### 2.1.7 当量设计轴载累计作用次数 cumulative equivalent single axle loads

在设计使用年限内，设计车道上当量轴次的总和。

#### 2.1.8 封层 seal coat

路面结构中用以阻止水下渗的功能层。

#### 2.1.9 黏层 tack coat

路面结构中起黏结作用的功能层。

#### 2.1.10 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。

#### 2.1.11 排水层 drainage layer

排除路面结构内部水的功能层。

#### 2.1.12 防冻层 frost protection layer

路面结构中按防冻要求所设置的功能层。

#### 2.1.13 路基平衡湿度 subgrade equilibrium moisture

路基湿度达到与周围环境相平衡的稳定状态时的湿度。

#### 2.1.14 低温开裂指数 low temperature cracking index

表征沥青面层低温收缩开裂程度的指标。

### 2.2 符号

$CI$ ——低温开裂指数;

$E$ ——模量;

$G^*$ ——沥青动态剪切复数模量;

$h$ ——厚度;

$l$ ——弯沉值;

$N$ ——轴载作用次数;

$P$ ——轴载;

$R$ ——强度;

$R_a$ ——沥青混合料层永久变形量;

$S_1$ ——沥青劲度模量;

$s$ ——标准差;

$T$ ——温度;

$\varepsilon$ ——应变;

$\sigma$ ——应力;

$\beta$ ——目标可靠指标。

### 3 设计标准

**3.0.1** 路面结构的目标可靠度和目标可靠指标不应低于表 3.0.1 的规定。

**表 3.0.1 目标可靠度和目标可靠指标**

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
目标可靠度 (%)	95	90	85	80	70
目标可靠指标 $\beta$	1.65	1.28	1.04	0.84	0.52

**3.0.2** 新建沥青路面结构设计使用年限不应低于表 3.0.2 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 3.0.2 路面结构设计使用年限 (年)**

公 路 等 级	设计使用年限	公 路 等 级	设计使用年限
高速公路、一级公路	15	三级公路	10
二级公路	12	四级公路	8

**3.0.3** 路面设计应采用轴重为 100kN 的单轴—双轮组轴载作为设计轴载，计算参数按表 3.0.3 确定。应根据路面结构设计使用年限，按本规范附录 A 确定当量设计轴载累计作用次数。

**表 3.0.3 设计轴载的参数**

设计轴载 (kN)	轮胎接地压强 (MPa)	单轮接地当量圆直径 (mm)	两轮中心距 (mm)
100	0.70	213.0	319.5

**3.0.4** 路面结构所承受的交通荷载应按表 3.0.4 进行分级。

**表 3.0.4 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 ( $\times 10^4$ , 辆)	$\geq 50.0$	50.0 ~ 19.0	19.0 ~ 8.0	8.0 ~ 4.0	< 4.0

注：大型客车和货车为本规范附录 A 中表 A.1.2 所列的 2 类 ~ 11 类车。

**3.0.5** 沥青路面设计应控制沥青混合料层疲劳开裂损坏、无机结合料稳定层疲劳开裂损坏、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变，以及季节性冻土地区的路面低温开裂。

**3.0.6** 路面使用性能设计指标应满足下列要求：

1 按本规范附录 B.1 和附录 B.2 计算的沥青混合料层和无机结合料稳定层的疲劳开裂寿命，均不应小于按本规范附录 A 确定的设计使用年限内当量设计轴载累计作用次数。

2 按本规范附录 B.3 计算的沥青混合料层永久变形量不应大于表 3.0.6-1 所列容许永久变形量。

**表 3.0.6-1 沥青混合料层容许永久变形量 (mm)**

基层类型	沥青混合料层容许永久变形量	
	高速、一级公路	二级、三级公路
无机结合料稳定类基层、水泥混凝土基层和底基层为无机结合料稳定类的沥青混合料基层	15	20
其他基层	10	15

3 路基顶面竖向压应变不应大于按本规范附录 B.4 计算的容许值。

4 按本规范附录 B.5 计算的季节性冻土地区沥青面层低温开裂指数不宜大于表 3.0.6-2 所列数值。

**表 3.0.6-2 低温开裂指数要求**

公路等级	高速、一级公路	二级公路	三级、四级公路
低温开裂指数 $CI$ ，不大于	3	5	7

注：低温开裂指数  $CI$ ——竣工验收时 100m 调查单元内横向裂缝条数，贯穿全幅的裂缝按 1 条计，未贯穿且长度超过一个车道宽度的裂缝按 0.5 条计，不超过一个车道宽度的裂缝不计入。

**3.0.7** 高速公路、一级公路以及山岭重丘区二级和三级公路的路面在交工验收时，其抗滑技术指标应满足表 3.0.7 的技术要求。

**表 3.0.7 抗滑技术要求**

年平均降雨量 (mm)	交工检测指标值	
	横向力系数 $SFC_{60}$ <sup>a</sup>	构造深度 $TD$ <sup>b</sup> (mm)
> 1 000	≥ 54	≥ 0.55
500 ~ 1 000	≥ 50	≥ 0.50
250 ~ 500	≥ 45	≥ 0.45

注：<sup>a</sup>横向力系数  $SFC_{60}$ ——用横向力系数测试车，在 60km/h ± 1km/h 车速下测定。

<sup>b</sup>构造深度  $TD$ ——用铺砂法测定。

## 4 结构组合设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 路面结构组合设计应针对各种路面结构组合的力学特性、功能特性及其长期性能衰变规律和损坏特点，遵循路基路面综合设计的理念，保证路面结构的安全、耐久和全寿命周期经济合理。

**4.1.2** 路面结构可由面层、基层、底基层和必要的功能层组合而成。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。

**4.1.3** 在设计使用年限内，路面应不发生由于疲劳导致的结构破坏，面层可进行表面功能修复。

**4.1.4** 沥青结合料类材料层间应设置黏层；在沥青结合料类材料层与其他材料层间应设置封层，宜设置透层。

**4.1.5** 应采取路面结构的防水、排水措施，阻止降水渗入路面结构层。

### 4.2 路面结构组合

**4.2.1** 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。

**4.2.2** 路面结构类型可按基层材料性质分为无机结合料稳定类基层沥青路面、粒料类基层沥青路面、沥青结合料类基层沥青路面和水泥混凝土基层沥青路面四类。

**4.2.3** 路面结构的选用应符合下列规定：

- 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。
- 2 粒料类基层沥青路面适用于重及以下交通荷载等级。
- 3 沥青结合料类基层沥青路面适用于各种交通荷载等级。
- 4 水泥混凝土基层沥青路面适用于重及以上交通荷载等级。

**4.2.4** 路基湿度状态为中湿或潮湿时，宜采用粒料类底基层或设置粒料类路基改善层。

**4.2.5** 多雨地区，无机结合料稳定类基层和水泥混凝土基层沥青路面应采取措施控制唧泥、脱空等水损坏。

**4.2.6** 当采用无机结合料稳定类基层时，可采取下列一种或多种措施减少基层收缩开裂和路面反射裂缝：

- 1 选用抗裂性好的无机结合料稳定类基层。
- 2 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。
- 3 在无机结合料稳定类基层上设置改性沥青应力吸收层或敷设土工合成材料。

**4.2.7** 选定结构组合后，可根据交通荷载等级参考本规范附录 C 初选各结构层厚度。

#### **4.3 路基**

**4.3.1** 路基应稳定、密实和均匀，具有足够的承载能力。

**4.3.2** 多雨地区土质路堑和强风化岩石路段，应加强填挖交界处及路堑段的排水设计，改善路基水文状况。

**4.3.3** 岩石或填石路基顶面应设置整平层，厚度宜为 200 ~ 300mm。

**4.3.4** 新建公路路床应处于干燥或中湿状态，并应采取措施防止地表水或地下水的侵入。

#### **4.4 基层和底基层**

**4.4.1** 基层和底基层应具有足够的承载能力、抗疲劳开裂性能、足够的耐久性和水稳定性。沥青结合料类和粒料类基层尚应具有足够的抗永久变形能力。

4.4.2 基层和底基层的材料类型可参照表 4.4.2 选用。

表 4.4.2 基层和底基层材料的适用交通荷载等级和层位

类 型	材 料 类 型	适用交通荷载等级和层位
无机结合料稳定类	水泥稳定级配碎石或砾石、 水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石、 石灰粉煤灰稳定级配碎石或砾石	各交通荷载等级的基层和底基层
	水泥稳定未筛分碎石或砾石、 石灰粉煤灰稳定未筛分碎石或砾石、 石灰稳定未筛分碎石或砾石	轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
	水泥稳定土、石灰稳定土、 石灰粉煤灰稳定土	轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
粒料类	级配碎石	重及重以下交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
	级配砾石、 未筛分碎石、天然砂砾、 填隙碎石	中等和轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
沥青结合料类	密级配沥青碎石、 半开级配沥青碎石、 开级配沥青碎石	极重、特重和重交通 荷载等级的基层
	沥青贯入碎石	重及重以下交通荷载等级的基层
水泥混凝土	水泥混凝土或贫混凝土	极重、特重交通荷载等级的基层

4.4.3 再生沥青混合料和再生无机结合料稳定材料可用于各交通荷载等级的基层和底基层，厂拌热再生沥青混合料宜用于极重、特重和重交通荷载等级的基层。

4.4.4 无机结合料稳定层与沥青结合料类材料层间可设置级配碎石、半开级配或开级配沥青碎石层。



4.4.5 不同材料基层和底基层厚度应符合表 4.4.5 的规定。

表 4.4.5 基层和底基层厚度

材 料 种 类	集料公称最大粒径 (mm)	厚度 (mm), 不小于
密级配沥青碎石 半开级配沥青碎石 开级配沥青碎石	19.0	50
	26.5	80
	31.5	100
	37.5	120
沥青贯入碎石	—	40
贫混凝土	31.5	120

续表 4.4.5

材 料 种 类	集料公称最大粒径 (mm)	厚度 (mm), 不小于
无机结合料稳定类	19.0、26.5、31.5、37.5	150
	53.0	180
级配碎石 级配砾石 未筛分碎石、天然砂砾	26.5、31.5、37.5	100
	53.0	120
填隙碎石	37.5	75
	53.0	100
	63.0	120

4.4.6 沥青路面的水泥混凝土基层应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40) 的有关规定。

4.5 面层

4.5.1 面层应具有平整、抗车辙、抗疲劳开裂、抗低温开裂和抗水损坏等性能, 表面层混合料尚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。

4.5.2 面层材料类型宜按表 4.5.2 选用。

表 4.5.2 面层材料的交通荷载等级和层位

材 料 类 型	适用交通荷载等级和层位
连续级配沥青混合料	各交通荷载等级的表面层、中面层和下面层
沥青玛蹄脂碎石混合料	极重、特重和重交通荷载等级的表面层、 对抗滑有特殊要求的表面层
厂拌热再生沥青混合料	各交通荷载等级的表面层、中面层和下面层
上拌下贯沥青碎石	中等、轻交通荷载等级的面层
沥青表面处治	中等、轻交通荷载等级的表面层

4.5.3 对抗滑、排水或降噪有特殊要求的表面层可采用开级配沥青混合料，表面层下应设置防水层，防水层可采用改性乳化沥青或改性沥青等。

4.5.4 不同粒径沥青混合料的层厚应符合表 4.5.4 的规定。连续级配沥青混合料和沥青玛蹄脂碎石混合料的结构层厚度不宜小于集料公称最大粒径的 2.5 倍。开级配沥青混合料的结构层厚度不宜小于集料公称最大粒径的 2.0 倍。

表 4.5.4 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	16.0	19.0	26.5
连续级配沥青混合料	15	25	35	40	50	75
沥青玛蹄脂碎石	—	30	40	50	60	—
开级配沥青混合料	—	20	25	30	—	—

4.5.5 沥青贯入碎石层的厚度宜为 40～80mm，乳化沥青贯入式路面的厚度不宜超过 50mm。上拌下贯式路面的拌和层厚度不宜小于 25mm。

4.5.6 沥青表面处治可分为单层、双层和三层。单层表面处治厚度宜为 10～15mm，双层表面处治厚度宜为 15～25mm，三层表面处治厚度宜为 25～30mm。

4.6 功能层

4.6.1 季节性冻土地区路面厚度不满足防冻要求时，应增设防冻层。防冻层宜采用粗砂、砂砾和碎石等粒料类材料。

**4.6.2** 地下水位高、排水不良的路段，有裂隙水、泉眼等水文条件不良岩石挖方路段，基层和底基层为非粒料类材料时，可在基层或底基层与路床间设置粒料层。粒料层应与路基边缘或与边沟下渗沟相连接，厚度不宜小于 150mm。

**4.6.3** 无机结合料稳定类或冷再生类材料结构层与沥青结合料类结构层之间宜设置封层，封层可采用单层沥青表面处治或稀浆封层等。当设置改性沥青应力吸收层时，可不再设封层。

**4.6.4** 极重、特重和重交通荷载等级路面的黏层宜采用改性乳化沥青、道路石油沥青或改性沥青；中等和轻交通荷载等级路面的黏层可选用乳化沥青；水泥混凝土板与沥青面层间的黏层宜采用改性沥青。

**4.6.5** 单层表面处治封层的结合料可采用改性沥青、道路石油沥青或乳化沥青。改性沥青应力吸收层宜采用橡胶沥青。

**4.6.6** 粒料类基层和无机结合料稳定类基层顶面宜设置透层，透层沥青应具有良好的渗透性，可采用稀释沥青和乳化沥青等。

#### **4.7 路肩**

**4.7.1** 路肩结构组合和材料选用应与行车道路面相协调，不应影响路面结构中水的排出。

**4.7.2** 极重、特重和重交通荷载等级公路及冻土地区，硬路肩基层、底基层材料和厚度应与行车道路面相同。

**4.7.3** 三级和四级公路硬路肩可采用沥青结合料类材料或粒料。

#### **4.8 路面排水**

**4.8.1** 路面结构内部排水应与公路其他相关排水系统相衔接，并应符合现行《公路排水设计规范》（JTG/T D33）的有关规定。

**4.8.2** 采用开级配沥青混合料表面层，或设置粒料、开级配或半开级配混合料等排水层、防冻层时，可采用横贯整幅路基的形式，或设置边缘排水系统。

## 5 材料性质要求和设计参数

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 路面材料应根据公路等级、交通荷载等级、气候条件、各结构层功能要求和当地材料特性等，在技术经济论证基础上进行设计并确定材料设计参数。

**5.1.2** 各结构层的原材料性质要求和混合料组成与性质要求，应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 和《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 的有关规定，并结合工程特点和当地经验确定。

**5.1.3** 路面结构层材料设计参数的确定可分为下列三个水平：

- 1 水平一，通过室内试验实测确定。
- 2 水平二，利用已有经验关系式确定。
- 3 水平三，参照典型数值确定。

**5.1.4** 高速公路和一级公路的施工图设计阶段宜采用水平一，其他设计阶段可采用水平二或水平三；二级及二级以下公路可采用水平二或水平三。

### 5.2 路基

**5.2.1** 路基顶面回弹模量的确定应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 的有关规定。

**5.2.2** 路基顶面回弹模量应符合表 5.2.2 的规定。不满足要求时，应采取改变填料、设置粒料类或无机结合料稳定类路基改善层，或采用石灰或水泥处理等措施提高路基顶面回弹模量。

表 5.2.2 路基顶面回弹模量 (MPa)

交通荷载等级	极重	特重	重	中等、轻
回弹模量，不小于	70	60	50	40

### 5.3 粒料类材料

5.3.1 基层、底基层级配碎石的 CBR 值应符合表 5.3.1 的有关规定。

表 5.3.1 级配碎石 CBR 值

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
基层	高速公路、一级公路	$\geq 200$	$\geq 180$	$\geq 160$
	二级及二级以下公路	$\geq 160$	$\geq 140$	$\geq 120$
底基层	高速公路、一级公路	$\geq 120$	$\geq 100$	$\geq 80$
	二级及二级以下公路	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 60$

5.3.2 级配砾石或天然砂砾用于基层时，CBR 值不应小于 80。级配砾石或天然砂砾用于底基层时，对极重、特重和重交通荷载等级，CBR 值不应小于 80；对中等交通荷载等级，CBR 值不应小于 60；对轻交通荷载等级，CBR 值不应小于 40。

5.3.3 高速公路和一级公路基层粒料公称最大粒径不宜大于 26.5mm；底基层采用级配碎石或级配砂砾时，公称最大粒径不宜大于 31.5mm；底基层采用天然砂砾时，公称最大粒径不宜大于 53.0mm。二级及二级以下公路的基层、底基层粒料公称最大粒径不宜大于 53.0mm。

5.3.4 填隙碎石公称最大粒径宜为层厚的 1/2 ~ 2/3。填隙碎石用于基层时，骨料公称最大粒径不应超过 53.0mm；用于底基层时，骨料公称最大粒径不应超过 63.0mm。

5.3.5 防冻层所用砂砾、碎石材料的最大粒径不应超过 53.0mm。

5.3.6 级配碎石和级配砂砾中通过 0.075mm 筛孔的颗粒含量不宜大于 5%，不满足要求时，可用天然砂替代部分细集料。

5.3.7 粒料层的回弹模量在结构验算时应采用粒料回弹模量乘以湿度调整系数后得到，湿度调整系数可在 1.6 ~ 2.0 范围内选取。粒料回弹模量应取用最佳含水率和与压实度要求相应的干密度条件下的试验值。压实度要求应符合现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 的有关规定。

**5.3.8** 最佳含水率和与压实度要求相应的干密度条件下的粒料回弹模量应按本规范第 5.1.4 条规定，依据相应的水平确定：

1 水平一，按本规范附录 D 采用重复加载三轴压缩试验测定，取回弹模量试验结果的均值。

2 水平三，按粒料类型和层位参照表 5.3.8 确定粒料回弹模量取值。

**表 5.3.8 粒料回弹模量取值范围 (MPa)**

材料类型和层位	最佳含水率和与压实度要求相应的干密度条件下	经湿度调整后
级配碎石基层	200 ~ 400	300 ~ 700
级配碎石底基层	180 ~ 250	190 ~ 440
级配砾石基层	150 ~ 300	250 ~ 600
级配砾石底基层	150 ~ 220	160 ~ 380
未筛分碎石层	180 ~ 220	200 ~ 400
天然砂砾层	105 ~ 135	130 ~ 240

注：材料性能好，级配好或压实度大时取高值，反之取低值。

**5.4 无机结合料稳定类材料**

**5.4.1** 无机结合料稳定类材料用于高速公路、一级公路基层时，公称最大粒径不宜大于 31.5mm；用于高速公路和一级公路底基层或二级及二级以下公路基层时，公称最大粒径不宜大于 37.5mm；用于二级及二级以下公路底基层时，公称最大粒径不宜大于 53.0mm。

**5.4.2** 水泥稳定类材料水泥剂量宜为 3.0% ~ 6.0%。

**5.4.3** 贫混凝土集料公称最大粒径不宜大于 31.5mm，水泥用量不得少于 170kg/m<sup>3</sup>，28d 弯拉强度标准值宜控制在 2.0 ~ 2.5MPa 范围内。



5.4.4 无机结合料稳定类材料 7d 无侧限抗压强度代表值应符合表 5.4.4 的要求。

表 5.4.4 无机结合料稳定类材料 7d 无侧限抗压强度标准（代表值）（MPa）

材料	结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
水泥稳定类	基层	高速公路、一级公路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0
	底基层	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
		高速公路、一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
		二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0
水泥粉煤灰稳定类	基层	高速公路、一级公路	4.0~5.0	3.5~4.5	3.0~4.0
		二级及二级以下公路	3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
	底基层	高速公路、一级公路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
		二级及二级以下公路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0

续表 5.4.4

材料	结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
石灰粉煤灰稳定类	基层	高速公路、一级公路	≥1.1	≥1.0	≥0.9
		二级及二级以下公路	≥0.9	≥0.8	≥0.7
	底基层	高速公路、一级公路	≥0.8	≥0.7	≥0.6
		二级及二级以下公路	≥0.7	≥0.6	≥0.5
石灰稳定类	基层	二级及二级以下公路	—	—	≥0.8 <sup>a</sup>
	底基层	高速公路、一级公路	—	—	≥0.8
		二级及二级以下公路	—	—	0.5~0.7 <sup>b</sup>

注：<sup>a</sup>在低塑性土（塑性指数小于 7）地区，石灰稳定砂砾和碎石的 7d 龄期无侧限抗压强度应大于 0.5MPa（100g 平衡锥测液限）。

<sup>b</sup>低限用于塑性指数小于 7 的黏土，高限用于塑性指数大于或等于 7 的黏土。

5.4.5 无机结合料稳定类材料弯拉强度和弹性模量应按本规范第 5.1.4 条规定，依据相应的水平确定：

1 水平一，按本规范附录 E，采用中间段法单轴压缩试验测定。弯拉强度和弹性模量的测定应符合现行《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51）中 T 0851 的有关规定。测试时水泥稳定类、水泥粉煤灰稳定类材料试件的龄期应为 90d，石灰稳定类、石灰粉煤灰稳定类材料试件的龄期应为 180d。弯拉强度和弹性模量应取用测试数据的平均值。

2 水平三，参照表 5.4.5 确定弯拉强度和弹性模量。

表 5.4.5 无机结合料稳定类材料的弯拉强度和弹性模量取值范围 (MPa)

材 料	弯 拉 强 度	弹 性 模 量
水泥稳定粒料、水泥粉煤灰稳定粒料、石灰粉煤灰稳定粒料	1.5 ~ 2.0	18 000 ~ 28 000
	0.9 ~ 1.5	14 000 ~ 20 000
水泥稳定土、水泥粉煤灰稳定土、石灰粉煤灰稳定土	0.6 ~ 1.0	5 000 ~ 7 000
石灰土	0.3 ~ 0.7	3 000 ~ 5 000

注：结合料用量高、材料性能好、级配好或压实度大时取高值，反之取低值。

5.4.6 结构验算时，无机结合料稳定类材料弹性模量应乘以结构层模量调整系数 0.5。

5.4.7 冻土地区高速公路和一级公路的石灰粉煤灰稳定类基层，应按现行《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51) 中 T 0858 的有关规定进行材料抗冻性能检验，其残留抗压强度比应符合表 5.4.7 的要求。

表 5.4.7 石灰粉煤灰稳定类材料抗冻性能技术要求

气 候 区	重 冻 区	中 冻 区
残留抗压强度比 (%)	≥70	≥65

5.5 沥青结合料类材料

5.5.1 沥青结合料应采用道路石油沥青或其加工产品，沥青类型应根据公路等级、气候条件、交通荷载等级、结构层位和施工条件等确定。

5.5.2 极重、特重和重交通荷载等级公路、气候条件严酷地区公路，以及连续长陡纵坡路段，中面层和表面层宜采取优化混合料级配、选用改性沥青或添加外掺剂等措施。

5.5.3 开级配沥青混合料表面层宜采用高黏沥青或橡胶沥青，并采用适量消石灰或水泥替代矿粉。

5.5.4 表面层沥青混合料公称最大粒径不宜大于 16.0mm，中面层和下面层沥青混合料公称最大粒径不宜小于 16.0mm，基层沥青碎石公称最大粒径不宜小于 26.5mm。



**5.5.5** 季节性冻土地区高速公路和一级公路表面层沥青低温性能宜满足下列指标要求:

1 分析连续 10 年年最低气温平均值, 作为路面低温设计温度。路面低温设计温度提高 10℃ 的试验条件下, 沥青弯曲梁流变试验蠕变劲度  $S_t$  不宜大于 300MPa, 且蠕变曲线斜率  $m$  不宜大于 0.30。

2 当蠕变劲度  $S_1$  在 300~600MPa 范围内, 且蠕变曲线斜率  $m$  大于 0.30 时, 增加沥青直接拉伸试验, 其断裂应变不宜小于 1%。

3 以上都不满足时,采用弯曲梁流变试验和直接拉伸试验确定沥青临界开裂温度,临界开裂温度不宜高于路面低温设计温度。

**5.5.6** 二级及二级以上公路公称最大粒径不大于 19.0mm 的沥青混合料, 宜在温度为  $-10^{\circ}\text{C}$ 、加载速率为  $50\text{mm/min}$  条件下进行小梁弯曲试验。沥青混合料的破坏应变应符合表 5.5.6 的规定。

表 5.5.6 沥青混合料低温弯曲试验破坏应变技术要求

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 (μ $\epsilon$ )								试验 方法	
年极端最低气温 (℃) 及气候分区		< -37.0		-37.0 ~ -21.5			-21.5 ~ -9.0		> -9.0		
		1. 冬严寒区		2. 冬寒区			3. 冬冷区		4. 冬温区		
		1-1	2-1	1-2	2-2	3-2	1-3	2-3	1-4		2-4
普通沥青混合料, 不小于		2 600		2 300			2 000				T 0715
改性沥青混合料, 不小于		3 000		2 800			2 500				

注:气候分区的确定应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。

**5.5.7** 高速公路和一级公路沥青混合料应在规定的试验条件下进行车辙试验，并应符合表 5.5.7 的要求。二级公路可参照执行。

表 5.5.7 沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求 (次/mm)

气候条件与技术指标		相应于以下气候分区所要求的动稳定度技术要求								试验 方法
七月平均最高气温（℃） 及气候分区		>30				20-30			<20	
		1. 夏炎热区				2. 夏热区			3. 夏凉区	
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	
普通沥青混合料，不小于		800		1 000		600	800		600	T 0719
改性沥青混合料，不小于		2 800		3 200		2 000	2 400		1 800	
SMA 混合料， 不小于	普通沥青	1 500								
	改性沥青	3 000								
OGFC 混合料，不小于		1 500（中等、轻交通荷载等级）、3 000（重及以上交通荷载等级）								

- 注：1. 气候分区的确定应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。  
 2. 当其他月份的平均最高气温高于七月时，可使用该月平均最高气温。  
 3. 在特殊情况下，对钢桥面铺装、重载车特别多或纵坡较大的长距离上坡路段、厂矿专用道路，可酌情提高动稳定度要求。  
 4. 对炎热地区或特重及以上交通荷载等级公路，可根据气候条件和交通状况适当提高试验温度或增加试验荷载。

**5.5.8** 宜采用本规范附录 F 规定的单轴贯入试验方法测定沥青混合料贯入强度。无机结合料稳定类基层沥青路面、底基层采用无机结合料稳定类材料的沥青结合料类基层沥青路面和水泥混凝土基层沥青路面的沥青混合料贯入强度，宜满足式 (5.5.8-1) 的要求。

$$R_{ts} \geq \left( \frac{0.31 \lg N_{es} - 0.68}{\lg [R_a] - 13.1 \lg T_d - \lg \psi_s + 2.50} \right)^{1.86} \quad (5.5.8-1)$$

式中：[ $R_a$ ]——沥青混合料层容许永久变形量 (mm)，根据公路等级，参照表 3.0.6-1 确定；

$N_{es}$ ——设计使用年限内或通车至首次针对车辙维修的期限内，月平均气温大于 0℃ 的月份，设计车道当量设计轴载累计作用次数，按本规范附录 A 计算；

$T_d$ ——设计气温 (℃)，为所在地区月平均气温大于 0℃ 的各月份气温平均值；

$\psi_s$ ——路面结构系数，根据式 (5.5.8-2) 计算：

$$\psi_s = (0.52 h_a^{-0.003} - 317.59 h_b^{-1.32}) E_b^{0.1} \quad (5.5.8-2)$$

$h_a$ ——沥青混合料层的厚度 (mm)；

$h_b$ ——无机结合料稳定层或水泥混凝土层的厚度 (mm)；

$E_b$ ——无机结合料稳定层或水泥混凝土层的模量 (MPa)；

$R_{ts}$ ——各沥青混合料层的综合贯入强度，根据式 (5.5.8-3) 确定：

$$R_{ts} = \sum_{i=1}^n w_{ti} R_{ti} \quad (5.5.8-3)$$

$R_{ti}$ ——第  $i$  层沥青混合料的贯入强度 (MPa)，根据本规范附录 F 所列方法试验确定，普通沥青混合料一般为 0.4 ~ 0.7 MPa，改性沥青混合料一般为 0.7 ~ 1.2 MPa；

$n$ ——沥青混合料层的层数；

$w_{is}$ ——第  $i$  层沥青混合料的权重, 为第  $i$  层厚度中点剪应力与各层厚度中点剪应力之和的比值 ( $w_{is} = \frac{\tau_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i}$ )。沥青混合料层为 1 层时,  $w_1$  取 1.0; 沥青混合料层 2 层时, 自上而下,  $w_1$  可取 0.48,  $w_2$  可取 0.52; 沥青混合料层为 3 层时, 自上而下,  $w_1$ 、 $w_2$  和  $w_3$  可分别取 0.35、0.42 和 0.23。

**5.5.9** 粒料类基层沥青路面和底基层采用粒料的沥青结合料类基层沥青路面, 沥青混合料贯入强度宜满足式 (5.5.9-1) 的要求。

$$R_{\tau g} \geq \left( \frac{0.35 \lg N_{\sigma} - 1.16}{\lg [R_a] - 1.62 \lg T_d - \lg \psi_g + 2.76} \right)^{1.38} \quad (5.5.9-1)$$

式中:  $\psi_g$ ——路面结构系数, 根据式 (5.5.9-2) 计算:

$$\psi_g = 20.16 h_a^{-0.642} + 820916 h_b^{-2.84} \quad (5.5.9-2)$$

$R_{\tau g}$ ——路面各层沥青混合料的综合贯入强度, 根据式 (5.5.9-3) 确定:

$$R_{\tau g} = \sum_{i=1}^n w_{ig} R_{\tau i} \quad (5.5.9-3)$$

$w_{ig}$ ——第  $i$  层沥青混合料的权重, 为第  $i$  层厚度中点的剪应力与各层厚度中点剪应力之和的比值 ( $w_{ig} = \frac{\tau_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i}$ )。沥青混合料层为 1 层时,  $w_1$  取 1.0; 沥青混合料层 2 层时, 自上而下,  $w_1$  可取 0.44,  $w_2$  可取 0.56; 沥青混合料层为 3 层时, 自上而下,  $w_1$ 、 $w_2$  和  $w_3$  可分别取 0.27、0.36 和 0.37; 其他符号意义同式 (5.5.8-1) ~ 式 (5.5.8-3)。

**5.5.10** 沥青混合料应测试浸水马歇尔试验残留稳定度和冻融劈裂试验残留强度比检验水稳定性。两项指标应符合表 5.5.10 的规定。水稳定性不满足要求时, 可采取掺入消石灰、水泥或抗剥落剂, 或更换集料等措施。

表 5.5.10 沥青混合料水稳定性技术要求

沥青混合料类型		相应于以下年降雨量（mm）的技术要求（%）		试验方法
		≥500	<500	
浸水马歇尔试验残留稳定度（%）				
普通沥青混合料，不小于		80	75	T 0709
改性沥青混合料，不小于		85	80	
SMA 混合料，不小于	普通沥青	75		
	改性沥青	80		
冻融劈裂试验的残留强度比（%）				
普通沥青混合料，不小于		75	70	T 0729
改性沥青混合料，不小于		80	75	
SMA 混合料，不小于	普通沥青	75		
	改性沥青	80		

5.5.11 沥青混合料动态压缩模量应按本规范第 5.1.4 条规定，依据相应的水平确定：

1 水平一，沥青混合料动态压缩模量的测定应符合现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T 0738 的有关规定，取平均值，试验温度选用 20℃，面层沥青混合料加载频率采用 10Hz，基层沥青混合料加载频率采用 5Hz。

2 水平二，采用式（5.5.11）计算确定沥青混合料动态压缩模量，适用于采用道路石油沥青和常规级配的沥青混合料。

$$\lg E_a = 4.59 - 0.02f + 2.58G^* - 0.14P_a - 0.041V - 0.03VCA_{DRC} - 2.65 \times 1.1^{\lg G^*} \cdot f^{-0.06} - 0.05 \times 1.52^{\lg VCA_{DRC}} \cdot f^{-0.21} + 0.0031f \cdot P_a + 0.0024V \quad (5.5.11)$$

式中： $E_a$ ——沥青混合料动态压缩模量（MPa）；

$f$ ——试验频率（Hz）；

$G^*$ ——60℃、10rad/s 下沥青动态剪切复数模量（kPa）；

$P_a$ ——沥青混合料的油石比（%）；

$V$ ——压实沥青混合料的空隙率（%）；

$VCA_{DRC}$ ——捣实状态下粗集料的松装间隙率（%）。

3 水平三，参照表 5.5.11 确定沥青混合料动态压缩模量。

表 5.5.11 常用沥青混合料 20℃条件下动态压缩模量取值范围（MPa）

沥青混合料类型	沥青种类			
	70 号道路石油沥青	90 号道路石油沥青	110 号道路石油沥青	SBS 改性沥青
SMA10、SMA13、SMA16	—	—	—	7 500 ~ 12 000
AC10、AC13	8 000 ~ 12 000	7 500 ~ 11 500	7 000 ~ 10 500	8 500 ~ 12 500
AC16、AC20、AC25	9 000 ~ 13 500	8 500 ~ 13 000	7 500 ~ 12 000	9 000 ~ 13 500
ATB25	7 000 ~ 11 000	—	—	—

注：1. ATB25 为 5Hz 条件下动态压缩模量，其他沥青混合料为 10Hz 条件下动态压缩模量。  
2. 沥青黏度大、级配好或空隙率小时取高值，反之取低值。

5.6 泊松比

5.6.1 各类材料的泊松比应按表 5.6.1 确定。

表 5.6.1 泊松比取值

材料类别	路基	粒料	无机结合料	密级配沥青混合料	开级配沥青混合料、 半开级配沥青混合料
泊松比	0.40	0.35	0.25	0.25	0.40

## 6 路面结构验算

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 路面结构力学指标计算应采用双圆均布垂直荷载作用下的弹性层状连续体系理论。

**6.1.2** 路面结构组合应先初拟方案，并按本规范附录 B 进行路面结构验算，再结合工程经验和经济分析选定路面结构方案。对于二级及二级以下公路，当交通荷载等级为中等、轻水平时，可依据所在地区经验结构合理选择路面设计方案。

### 6.2 设计指标

**6.2.1** 路面结构验算应根据路面结构组合，参照表 6.2.1 选择设计指标。

表 6.2.1 不同结构组合路面的设计指标

基层类型	底基层类型	设计指标 <sup>a</sup>
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
	无机结合料稳定类	
沥青结合料类	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	沥青混合料层永久变形量、无机结合料稳定层层底拉应力
粒料类 <sup>b</sup>	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
水泥混凝土 <sup>c</sup>	—	沥青混合料层永久变形量

注：<sup>a</sup>季节性冻土地区应增加沥青面层低温开裂验算和防冻厚度验算。

<sup>b</sup>在沥青混合料层与无机结合料稳定层间设置粒料层时，应验算沥青混合料层疲劳开裂寿命。

<sup>c</sup>水泥混凝土基层应按现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40) 设计。

**6.2.2** 路面结构验算时，各设计指标应选用表 6.2.2 规定的竖向位置处的力学响应，并按图 6.2.2 所示计算点位置，选取 A、B、C 和 D 四点位置计算的最大力学响应量。

表 6.2.2 各设计指标对应的力学响应及其竖向位置

设计指标	力学响应	竖向位置
沥青混合料层层底拉应变	沿行车方向的水平拉应变	沥青混合料层层底
无机结合料稳定层层底拉应力	沿行车方向的水平拉应力	无机结合料稳定层层底
沥青混合料层永久变形量	竖向压应力	沥青混合料层各分层顶面
路基顶面竖向压应变	竖向压应变	路基顶面

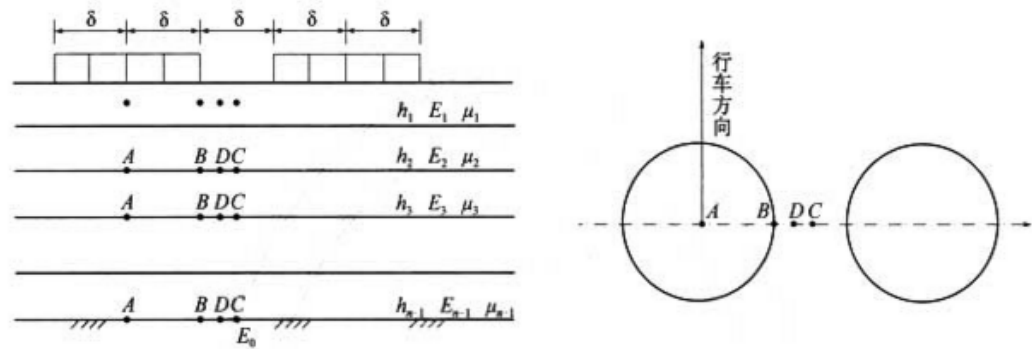


图 6.2.2 力学响应计算点位置图示

6.3 交通、材料和环境参数

6.3.1 各设计指标对应的当量设计轴载累计作用次数，应根据交通参数调查分析结果和设计使用年限，按本规范附录 A 的规定计算确定。

6.3.2 路面结构验算时结构层模量取值应符合下列规定：

- 1 沥青面层采用 20℃、10Hz 条件下的动态压缩模量，沥青类基层采用 20℃、5Hz 条件下的动态压缩模量。
- 2 无机结合料稳定层采用经调整系数修正后的弹性模量。
- 3 粒料层采用经湿度调整的回弹模量，路基采用平衡湿度状态下并考虑干湿与冻融循环作用后的顶面当量回弹模量。

6.3.3 沥青混合料层疲劳开裂寿命、无机结合料稳定层疲劳开裂寿命和路基顶面竖向压应变验算时，应根据所在地区的气温条件、路面结构类型和结构层厚度，按本规范附录 G 确定温度调整系数。沥青混合料层永久变形量验算时，应根据所在地区的气温条件，按本规范附录 G 选用相应的等效温度。

### 6.4 路面结构验算流程

6.4.1 路面结构验算应按图 6.4.1 所示的流程进行，包括下列主要内容：

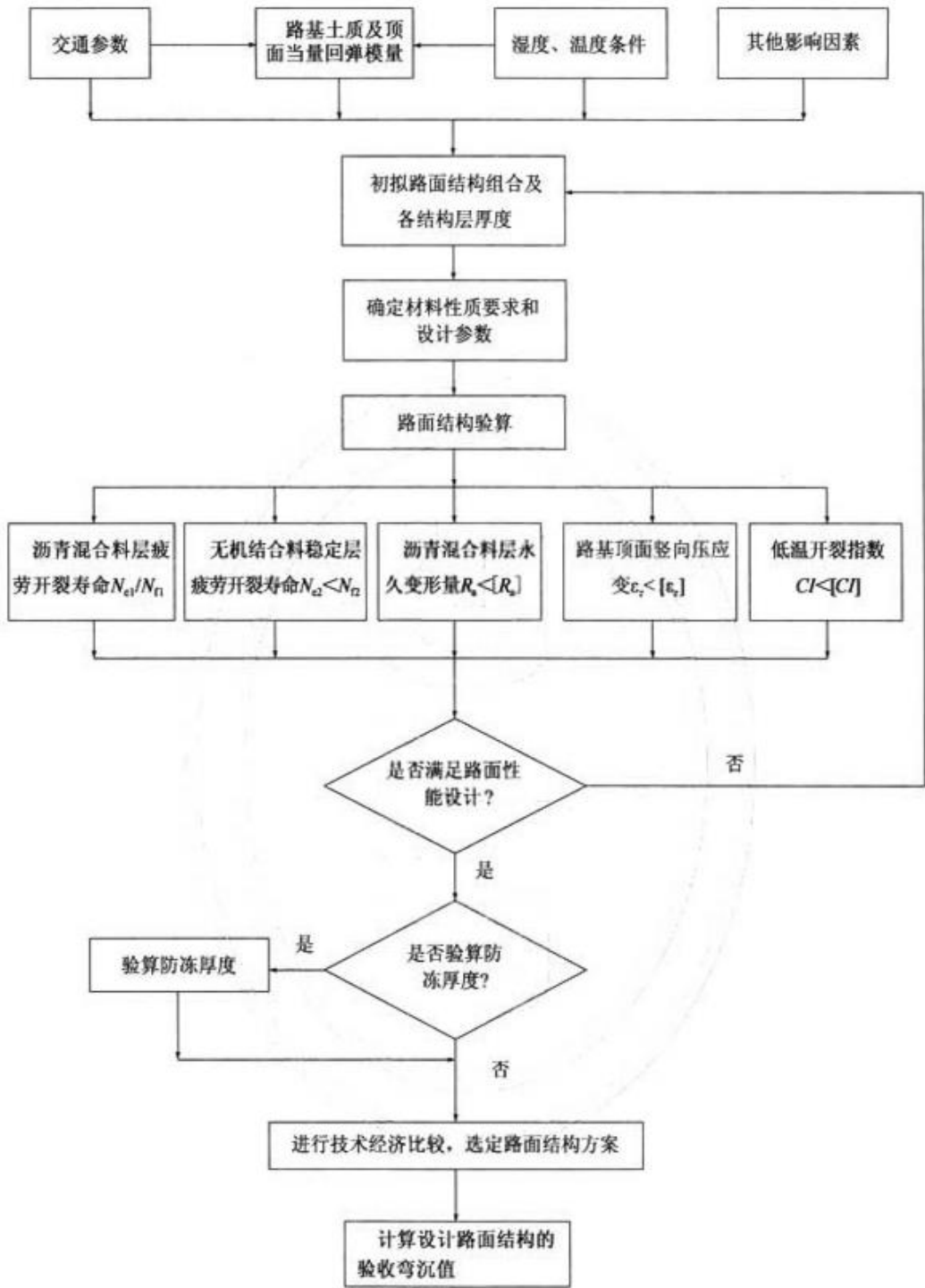


图 6.4.1 路面结构验算流程图



1 按本规范附录 A 调查分析交通参数；根据本规范第 3.0.4 条的规定，确定交通荷载等级。

2 根据路基土类、地下水位高度确定路基干湿类型和湿度状况，按本规范第 5.2.2 条要求，并结合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)的有关规定确定路基顶面回弹模量及必要的路基改善措施。

3 根据设计要求，收集所在地区的常用路面结构组合和材料性质要求，分析影响路面结构设计的其他因素，初拟路面结构组合与厚度方案，选取设计指标。

4 按本规范第 5 章及第 6.3.2 条规定，确定各结构层模量等设计参数，并按本规范第 5 章规定检验粒料的 CBR 值，无机结合料稳定类材料的无侧限抗压强度，沥青低温性能要求，沥青混合料的低温破坏应变、动稳定度、贯入强度和水稳定性等。

5 按本规范附录 G 的规定，收集工程所在地区气温资料，确定各设计指标对应的温度调整系数或等效温度。

6 采用多层弹性体系理论程序计算各设计指标的力学响应量。

7 按本规范附录 B 的规定进行路面结构验算，验算结果应符合本规范第 3.0.6 条的规定，不符合时，调整路面结构方案重新验算，直至符合为止。

8 对通过结构验算的路面结构进行技术经济分析，选定路面结构方案。

9 按本规范附录 B.7 计算设计路面结构的验收弯沉值。

**6.4.2** 设计路面结构的路基顶面验收弯沉值和路表验收弯沉值的确定，应符合本规范附录 B.7 的有关规定。

## 7 改建设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于沥青路面结构补强设计。

7.1.2 改建设计应充分调查和分段评估既有路面状况，分析路面损坏原因，提出针对性改建对策，经技术经济分析后，结合工程经验确定适应预期交通荷载等级和使用性能要求的改建设计方案。

7.1.3 确定改建设计方案时，应充分利用既有路面结构性能，减少废弃材料，并积极、稳妥地再生利用既有路面材料。

7.1.4 应考虑施工期交通组织设计和临时安全设施设计。

7.1.5 改建设计应采用动态设计理念，工程实施阶段应逐段调查分析现场路况，动态调整改建方案。

### 7.2 既有路面调查与分析

7.2.1 既有路面调查与分析应包括下列主要内容：

- 1 收集既有路面及其排水设施的设计、施工及历史养护维修情况等技术资料。
- 2 调查分析交通量、轴载组成和增长率等交通荷载参数。
- 3 调查路面破损状况，包括路面病害类型、严重程度、范围和数量等。
- 4 采用落锤式动态弯沉仪或其他弯沉仪检测评价既有路面结构承载能力。
- 5 采用钻芯、探坑取样、路面雷达、切割等方式，调查分析既有路面厚度、层间结合及病害程度情况，并取样进行室内试验，测定试件模量、强度等，分析路面材料组成与退化情况。
- 6 对因路基问题导致路面损坏的路段，取样调查路基土质类型、含水率和 CBR 值等，分析路基稳定性和承载力等。
- 7 调查沿线气候条件、地下水位及路基路面排水状况。
- 8 调查沿线跨线桥、隧道净空要求及其他影响路面改建设计的因素。

**7.2.2** 既有路面损坏状况的评定应符合现行《公路技术状况评定标准》(JTG H20)和《公路养护技术规范》(JTG H10)的有关规定,可结合路面损坏特点采用路面横向裂缝间距、纵向裂缝率、网裂面积率和修补面积率等指标进行补充评价。

**7.2.3** 应根据既有路面调查结果综合分析病害原因,判断路面病害的层位、破坏程度、发展趋势及既有路面的可利用程度。

### **7.3 改建方案**

**7.3.1** 应根据不同路段路面状况和损坏程度,对既有路面采取相应的处理方案。

**7.3.2** 既有路面处理可采用局部病害处治、整体性处理的方式或局部病害处治与整体性处理相结合的方式,并应符合下列规定:

1 既有路面破损不严重且结构性能较好的路段可参照现行《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2)对局部病害处治后加铺。

2 既有路面破损严重或结构性能不足的路段,宜采用整体性处理方式。处理深度和范围应根据路面破损程度、层位和处理工艺确定。

**7.3.3** 改建方案应充分利用既有路面结构和材料,可视具体情况选择经局部病害处治后直接加铺一层或多层改建方案、将既有路面铣刨至某一结构层或将既有路面就地再生后再加铺一层或多层改建方案。

**7.3.4** 既有路面存在较多裂缝时,应采取减缓反射裂缝的措施。

**7.3.5** 既有路面出现因内部排水不良引起的水损坏时,应改善或重置路面防排水系统。加铺层与既有路面间应采取设置黏层或封层等层间结合措施。

**7.3.6** 加铺层材料组成和技术要求应符合本规范第5章的规定。再生材料技术要求应符合现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41)的有关规定。

### **7.4 改建路面结构验算**

**7.4.1** 设计使用年限内预期的交通荷载参数应按本规范附录A进行调查和分析,并按本规范第3.0.4条确定交通荷载等级。

**7.4.2** 加铺层以及经处治后的既有路面结构在设计使用年限内的使用性能,应符合本规范第 3.0.6 条和第 3.0.7 条的规定。

**7.4.3** 既有路面破损不严重且结构性能较好,采用直接加铺方案或铣刨至某一结构层再加铺方案时,应同时对既有路面结构层和加铺层进行结构验算。加铺层的设计参数应按新建路面结构确定。既有路面结构层的设计参数应按下列要求确定:

1 将既有路面简化为由沥青结合料类材料层、无机结合料稳定层或粒料层和路基组成的三层体系,利用弯沉盆反演或芯样实测的方法确定各层结构模量。

2 既有路面无机结合料稳定层弯拉强度,宜根据现场取芯实测的无侧限抗压强度按式(7.4.3)计算,无条件时,可根据既有路面整体强度、基层和面层损坏状况,结合当地经验确定。

$$R_s = 0.21R_c \quad (7.4.3)$$

式中:  $R_s$ ——无机结合料稳定类材料试件的弯拉强度(MPa);

$R_c$ ——无机结合料稳定类材料试件的无侧限抗压强度(MPa)。

**7.4.4** 既有路面破损严重或结构性能不足时,无论采用直接加铺方案还是采用铣刨至某一结构层再加铺方案,均应对加铺层进行结构验算。加铺面层的设计参数应按新建路面结构确定。既有路面或铣刨后留用的路面结构层不再进行结构验算,其顶面当量回弹模量应按式(7.4.4)计算。

$$E_d = \frac{176pr}{l_0} \quad (7.4.4)$$

式中:  $E_d$ ——既有路面结构顶面当量回弹模量(MPa);

$p$ ——落锤式弯沉仪承载板施加荷载(MPa);

$r$ ——落锤式弯沉仪承载板半径(mm);

$l_0$ ——落锤式弯沉仪承载板中心点弯沉值(0.01mm)。

**7.4.5** 再生材料设计参数可按实测或工程经验确定。

**7.4.6** 改建路面结构验算应按图 7.4.6 所示的流程进行,包括下列主要内容:

1 按本规范附录 A 调查分析交通参数;按本规范第 3.0.4 条规定,确定交通荷载等级。

2 根据本规范第 7.2 节的规定,对既有路面技术状况进行调查和分析。

3 根据路况调查结果,对既有路面进行分段。按本规范第 7.3 节的规定,结合当地工程经验,分段初拟改建方案。

4 按本规范第 7.4.3 ~7.4.5 条规定，确定需验算的结构层和设计指标，确定既有路面和加铺层的材料模量等设计参数，并按本规范第 5 章规定检验加铺层粒料的 *CBR* 值，无机结合料稳定类材料的无侧限抗压强度，沥青低温性能要求，沥青混合料的低温破坏应变、动稳定度、贯入强度和水稳定性等。

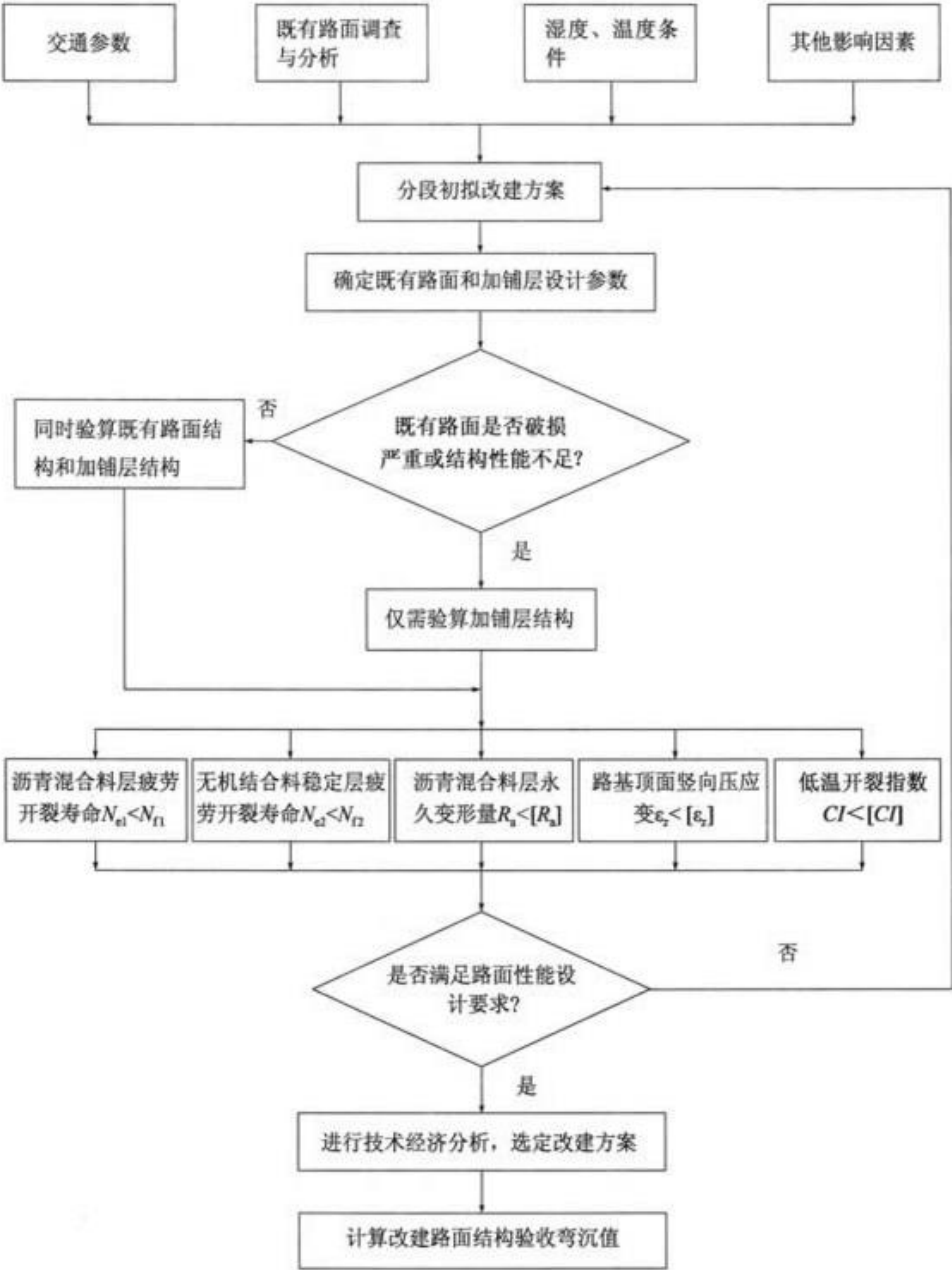


图 7.4.6 改建路面结构验算流程图

5 收集工程所在地区气温资料,按本规范附录 G 确定各设计指标相应的温度调整系数或等效温度。

6 采用多层弹性体系理论程序计算各设计指标的力学响应量。

7 按本规范附录 B 进行路面结构验算,验算结果应符合本规范第 3.0.6 条的规定,不符合时,调整路面改建方案重新验算,直至符合为止。

8 对通过结构验算的路面结构进行技术经济分析,选定路面改建方案。

9 按本规范附录 B.7 计算改建路面结构的路表验收弯沉值。

## 8 桥面铺装设计

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 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,设计时应综合考虑桥梁类型、公路等级、交通荷载等级和气候条件等因素。

**8.1.2** 桥面铺装层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。

**8.1.3** 桥面防水体系应具有足够的耐久性。

### 8.2 水泥混凝土桥面铺装

**8.2.1** 水泥混凝土桥面板宜进行铣刨或抛丸打毛处理,处理后桥面板的构造深度宜为 0.4 ~ 0.8mm。

**8.2.2** 设置水泥混凝土调平层的桥面,调平层厚度不宜小于 80mm,且应按要求设置钢筋网。调平层混凝土强度等级应与梁体一致,并与桥面板结合紧密。

**8.2.3** 水泥混凝土桥面防水层材料应具有足够的黏结强度、防水能力、抗施工损伤能力和耐久性,可采用热沥青、涂膜等。

**8.2.4** 热沥青防水层宜采用橡胶沥青或 SBS 改性沥青,沥青膜厚度宜为 1.5 ~ 2.0mm,应撒布覆盖率为 60% ~ 70% 的单粒径碎石。

**8.2.5** 高速公路、一级公路水泥混凝土桥面沥青混合料铺装层厚度不宜小于 70mm,宜采用两层或两层以上的结构,沥青混合料铺装上层厚度不宜小于 30mm。二级及二级以下公路水泥混凝土桥面沥青混合料铺装层厚度不宜小于 50mm。

**8.2.6** 特大桥桥面铺装宜设置砂粒式沥青混合料层。砂粒式沥青混合料层应具有足够的高温稳定性、密水性和抗施工损伤性能，可选用改性沥青胶砂、浇筑式沥青混凝土等。

**8.2.7** 桥面沥青混合料铺装层应具有较小的空隙率，并具有良好的高温稳定性和抗滑性能，宜选用连续级配沥青混合料或沥青玛蹄脂碎石等。

**8.2.8** 路缘带、护栏和伸缩缝与沥青混合料铺装层的接触部位宜采用热沥青、贴缝条或封缝料进行封缝防水处理。

**8.2.9** 桥面铺装边缘带可在沥青混合料铺装下层设置纵向盲沟，宽度宜为 100 ~ 200mm，可采用开级配沥青混合料或单粒径碎石填充。盲沟应与桥梁泄水孔相连。

### **8.3 钢桥面铺装**

**8.3.1** 钢桥面应进行抛丸处理，除锈等级应不低于 Sa2.5 级，并应及时涂刷防锈层或黏结层。

**8.3.2** 钢桥面防水材料应与铺装层材料类型相匹配。

**8.3.3** 钢桥面铺装宜采用浇筑式沥青混凝土、环氧沥青混凝土、连续级配沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石或多种混合料组合。



附录 A 交通荷载参数分析

A.1 车型分类


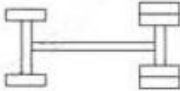

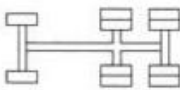
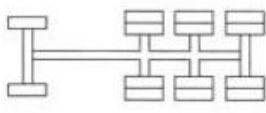
A.1.1 车辆轴型应根据表 A.1.1 规定按轮组和轴组类型分为 7 类。

表 A.1.1 轴 型 分 类

轴 型 编 号	轴 型 说 明	轴 型 编 号	轴 型 说 明
1	单轴（每侧单轮胎）	5	双联轴（每侧双轮胎）
2	单轴（每侧双轮胎）	6	三联轴（每侧单轮胎）
3	双联轴（每侧单轮胎）	7	三联轴（每侧双轮胎）
4	双联轴（每侧各一单轮胎、双轮胎）		

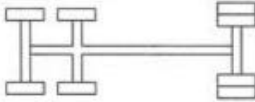
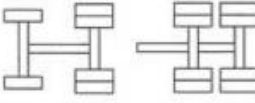
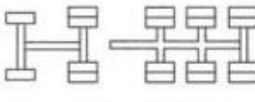
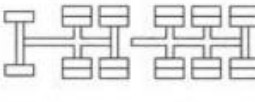
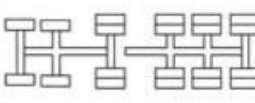
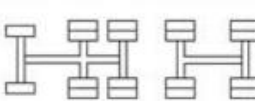
A.1.2 车辆类型应按表 A.1.2 所列轴型组合分为 11 类。

表 A.1.2 车辆类型分类

车型编号	说 明	主要车型及图示		其他车型
1 类	2 轴 4 轮车辆	11 型车		
2 类	2 轴 6 轮及以上客车	12 型客车		15 型客车
3 类	2 轴 6 轮整体式货车	12 型货车		
4 类	3 轴整体式货车 （非双前轴）	15 型		
5 类	4 轴及以上整体式货车 （非双前轴）	17 型		

续表 A.1.2



车型编号	说 明	主要车型及图示		其他车型
6 类	双前轴整体式货车	112 型 115 型		117 型
7 类	4 轴及以下半挂车 (非双前轴)	125 型		122 型
8 类	5 轴半挂车 (非双前轴)	127 型 155 型		
9 类	6 轴及以上半挂车 (非双前轴)	157 型		
10 类	双前轴半挂式货车	1127 型		1122 型 1125 型 1155 型 1157 型
11 类	全挂货车	1522 型 1222 型		

**A.2 交通数据调查**

**A.2.1** 交通数据调查应包括交通量及增长率、方向系数、车道系数、车辆类型组成、轴组组成和轴重等。

**A.2.2** 公路初期交通量和其他参数可参照可行性研究报告等有关交通量预测资料，结合当地交通观测站的观测和统计资料，或通过实地设立站点进行观测和统计。

**A.2.3** 交通量的年平均增长率可依据公路等级和功能以及地区经济和交通发展情况等，通过调查分析确定。

**A.2.4** 方向系数宜根据不同方向上实测交通量数据确定，无实测数据时可在 0.5 ~ 0.6 范围内选取。

**A.2.5** 车道系数可按下列三个水平确定，改建设计应采用水平一，新建路面设计可采用水平二或水平三：

- 1 水平一，根据现场交通量观测资料统计设计方向不同车道上车辆的数量，确定车道系数。
- 2 水平二，采用当地的经验值。
- 3 水平三，采用表 A.2.5 推荐值。

**表 A.2.5 车道系数**

单向车道数	1	2	3	≥4
高速公路	—	0.70 ~ 0.85	0.45 ~ 0.60	0.40 ~ 0.50
其他等级公路	1.00	0.50 ~ 0.75	0.50 ~ 0.75	—

注：交通受非机动车和行人影响严重时取低限，反之取高值。

**A.2.6** 车辆类型分布系数可按下列三个水平确定，改建设计应采用水平一，新建路面设计可采用水平二或水平三：

- 1 水平一，根据交通观测资料分析 2 类 ~ 11 类车型所占的百分比，得到车辆类型分布系数。
- 2 水平二，根据交通历史数据或经验数据按表 A.2.6-1 确定公路 TTC 分类，采用该 TTC 分类车辆类型分布系数当地经验值。
- 3 水平三，根据交通历史数据或经验数据按表 A.2.6-1 确定公路 TTC 分类，采用表 A.2.6-2 规定车辆类型分布系数。

**表 A.2.6-1 公路 TTC 分类标准 (%)**

TTC 分类	整体式货车比例	半挂式货车比例
TTC1	< 40	> 50
TTC2	< 40	< 50
TTC3	40 ~ 70	> 20
TTC4	40 ~ 70	< 20
TTC5	> 70	—

注：表中整体式货车为表 A.1.2 中 3 类 ~ 6 类车，半挂式货车为表 A.1.2 中 7 类 ~ 10 类车。

表 A.2.6-2 不同 TTC 分类车辆类型分布系数 (%)

车辆类型	2 类	3 类	4 类	5 类	6 类	7 类	8 类	9 类	10 类	11 类
TTC1	6.4	15.3	1.4	0.0	11.9	3.1	16.3	20.4	25.2	0.0
TTC2	22.0	23.3	2.7	0.0	8.3	7.5	17.1	8.5	10.6	0.0
TTC3	17.8	33.1	3.4	0.0	12.5	4.4	9.1	10.6	8.5	0.7
TTC4	28.9	43.9	5.5	0.0	9.4	2.0	4.6	3.4	2.3	0.1
TTC5	9.9	42.3	14.8	0.0	22.7	2.0	2.3	3.2	2.5	0.2

A.3 车辆当量设计轴载换算

A.3.1 各类车辆当量设计轴载换算系数可按下列三个水平确定，高速公路和一级公路的改建设计应采用水平一，其他情况可采用水平二或水平三：

1 水平一，采用称重设备连续采集设计车道上车辆类型、轴型组成和轴重数据，按下列步骤分析各类车辆当量换算系数：

1) 分别统计 2 类~11 类车辆单轴单胎、单轴双胎、双联轴和三联轴的数量，除以各类车辆总量，按式 (A.3.1-1) 计算各类车辆中不同轴型平均轴数。

$$NAPT_{mi} = \frac{NA_{mi}}{NT_m} \quad (\text{A.3.1-1})$$

式中： $NAPT_{mi}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型的平均轴数；

$NA_{mi}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型总数；

$NT_m$ —— $m$  类车辆总数；

$i$ ——分别为单轴单胎、单轴双胎、双联轴和三联轴；

$m$ ——表 A.1.2 所列 2 类~11 类车。

2) 按式 (A.3.1-2) 计算 2 类~11 类车辆不同轴型在不同轴重区间所占的百分比，得到不同轴型的轴重分布系数，即轴载谱。确定轴载谱时，单轴单胎、单轴双胎、双联轴和三联轴应分别间隔 2.5kN、4.5kN、9.0kN 和 13.5kN 划分轴重区间。

$$ALDF_{mij} = \frac{ND_{mij}}{NA_{mi}} \quad (\text{A.3.1-2})$$

式中： $ALDF_{mij}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型在  $j$  级轴重区间的轴重分布系数；

$ND_{mij}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型在  $j$  级轴重区间的数量；

$NA_{mi}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型的数量；

其他符号意义同式 (A.3.1-1)。

3) 按式 (A.3.1-3) 计算 2 类 ~ 11 类车辆各种轴型在不同轴重区间的当量设计轴载换算系数, 计算时取各轴重区间中点值作为该轴重区间代表轴重。按式 (A.3.1-4) 计算各类车辆当量设计轴载换算系数:

$$EALF_{mij} = c_1 c_2 \left( \frac{P_{mij}}{P_s} \right)^b \quad (\text{A.3.1-3})$$

式中:  $P_s$ ——设计轴载 (kN);  
 $P_{mij}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型在  $j$  级轴重区间的单轴轴载 (kN), 对双联轴和三联轴, 为平均分配到每根单轴的轴载;  
 $b$ ——换算指数。分析沥青混合料层疲劳和沥青混合料层永久变形时,  $b=4$ ; 分析路基永久变形时,  $b=5$ ; 分析无机结合料稳定层疲劳时,  $b=13$ ;  
 $c_1$ ——轴组系数, 前后轴间距大于 3m 时, 分别按单个轴计算; 轴间距小于 3m 时, 按表 A.3.1-1 取值;  
 $c_2$ ——轮组系数, 双轮组为 1.0, 单轮时取 4.5。

表 A.3.1-1 轴组系数取值

设计指标	轮—轴型	$c_1$ 取值
沥青混合料层层底拉应变、 沥青混合料层永久变形量	双联轴	2.1
	三联轴	3.2
路基顶面竖向压应变	双联轴	4.2
	三联轴	8.7
无机结合料稳定层层底拉应力	双联轴	2.6
	三联轴	3.8

$$EALF_m = \sum_i (NAPT_{mi} \sum_j (EALF_{mij} \times ALDF_{mij})) \quad (\text{A.3.1-4})$$

式中:  $EALF_m$ —— $m$  类车辆的当量设计轴载换算系数;  
 $NAPT_{mi}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型的平均轴数;  
 $ALDF_{mij}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型在  $j$  级轴重区间的轴重分布系数;  
 $EALF_{mij}$ —— $m$  类车辆中  $i$  种轴型在  $j$  级轴重区间当量设计轴载换算系数, 根据式 (A.3.1-3) 计算确定。

2 水平二和水平三, 按式 (A.3.1-5) 确定各类车辆的当量设计轴载换算系数。式 (A.3.1-5) 中非满载车和满载车的比例和当量设计轴载换算系数, 水平二时取当地经验值, 水平三时取表 A.3.1-2 和表 A.3.1-3 所列全国经验值。

$$EALF_m = EALF_{ml} \times PER_{ml} + EALF_{mh} \times PER_{mh} \quad (A.3.1-5)$$

式中： $EALF_{ml}$ —— $m$ 类车辆中非满载车的当量设计轴载换算系数；

$EALF_{mh}$ —— $m$ 类车辆中满载车的当量设计轴载换算系数；

$PER_{ml}$ —— $m$ 类车辆中非满载车所占的百分比；

$PER_{mh}$ —— $m$ 类车辆中满载车所占的百分比。

表 A.3.1-2 2类~11类车辆非满载车与满载车比例

车 型	非满载比例	满 载 比 例
2 类	0.80 ~ 0.90	0.10 ~ 0.20
3 类	0.85 ~ 0.95	0.05 ~ 0.15
4 类	0.60 ~ 0.70	0.30 ~ 0.40
5 类	0.70 ~ 0.80	0.20 ~ 0.30
6 类	0.50 ~ 0.60	0.40 ~ 0.50
7 类	0.65 ~ 0.75	0.25 ~ 0.35

续表 A.3.1-2

车 型	非满载比例	满 载 比 例
8 类	0.40 ~ 0.50	0.50 ~ 0.60
9 类	0.55 ~ 0.65	0.35 ~ 0.45
10 类	0.50 ~ 0.60	0.40 ~ 0.50
11 类	0.60 ~ 0.70	0.30 ~ 0.40

表 A.3.1-3 2类~11类车辆当量设计轴载换算系数

车型	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		路基顶面竖向压应变	
	非满载车	满载车	非满载车	满载车	非满载车	满载车
2 类	0.8	2.8	0.5	35.5	0.6	2.9
3 类	0.4	4.1	1.3	314.2	0.4	5.6
4 类	0.7	4.2	0.3	137.6	0.9	8.8
5 类	0.6	6.3	0.6	72.9	0.7	12.4
6 类	1.3	7.9	10.2	1505.7	1.6	17.1
7 类	1.4	6.0	7.8	553.0	1.9	11.7
8 类	1.4	6.7	16.4	713.5	1.8	12.5
9 类	1.5	5.1	0.7	204.3	2.8	12.5
10 类	2.4	7.0	37.8	426.8	3.7	13.3
11 类	1.5	12.1	2.5	985.4	1.6	20.8

#### A.4 当量设计轴载累计作用次数

A.4.1 根据本规范第 A.3 节确定的车辆当量设计轴载换算系数,按式 (A.4.1) 确定初始年设计车道日平均当量轴次  $N_1$ 。

$$N_1 = AADTT \times DDF \times LDF \times \sum_{m=2}^{11} (VCDF_m \times EALF_m) \quad (\text{A.4.1})$$

式中:  $AADTT$ ——2 轴 6 轮及以上车辆的双向年平均日交通量 (辆/d);

$DDF$ ——方向系数;

$LDF$ ——车道系数;

$m$ ——车辆类型编号;

$VCDF_m$ —— $m$  类车辆类型分布系数;

$EALF_m$ —— $m$  类车辆的当量设计轴载换算系数。

A.4.2 应根据初始年设计车道日平均当量轴次  $N_1$ 、设计使用年限等,按式 (A.4.2) 计算设计车道上的当量设计轴载累计作用次数  $N_e$ 。

$$N_e = \frac{[(1 + \gamma)^t - 1] \times 365}{\gamma} N_1 \quad (\text{A.4.2})$$

式中:  $N_e$ ——设计使用年限内设计车道上的当量设计轴载累计作用次数 (次);

$t$ ——设计使用年限 (年);

$\gamma$ ——设计使用年限内交通量的年平均增长率;

$N_1$ ——初始年设计车道日平均当量轴次 (次/d)。

附录 B 路面结构验算方法

附录 C 沥青路面结构方案

附录 D 粒料类材料回弹模量试验方法

附录 E 无机结合料稳定类材料单轴压缩模量试验方法

附录 F 沥青混合料单轴贯入强度试验方法 (按 ctrl, 并单击鼠标)

附录 G 温度调整系数和等效温度

条文说明