

# 前 言

根据原建设部《关于印发〈2007年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2007〕125号）的要求，规范编制组经深入调查研究，认真总结国内外科科研成果和大量实践经验，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规范。

本规范的主要技术内容是：总则；术语、符号和代号；基本规定；路基、垫层与基层；沥青路面；水泥混凝土路面；砌块路面；其他路面；路面排水。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见和建议，请寄送上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市中山北二路901号，邮政编码：200092）。

本规范主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

本规范参编单位：同济大学

北京市市政工程设计研究总院

天津市市政工程设计研究院

本规范主要起草人员：徐健 温学钧 郑晓光 许志鸿  
李立寒 聂大华 王晓华 朱兆芳  
何昌轩 乔英娟 杨群 张慧敏  
臧金萍 谷李忠 王维刚

本规范主要审查人员：杨孟余 陈炳生 郭忠印 张汎  
丁建平 马国纲 黎军 刘清泉

# 目 次

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| 1   | 总则          | 1  |
| 2   | 术语、符号和代号    | 2  |
| 2.1 | 术语          | 2  |
| 2.2 | 符号          | 4  |
| 2.3 | 代号          | 7  |
| 3   | 基本规定        | 8  |
| 3.1 | 一般规定        | 8  |
| 3.2 | 设计要素        | 9  |
| 4   | 路基、垫层与基层    | 16 |
| 4.1 | 路基          | 16 |
| 4.2 | 垫层          | 16 |
| 4.3 | 基层          | 16 |
| 5   | 沥青路面        | 22 |
| 5.1 | 一般规定        | 22 |
| 5.2 | 面层类型与材料     | 22 |
| 5.3 | 路面结构组合设计    | 27 |
| 5.4 | 路面结构设计指标与要求 | 30 |
| 5.5 | 路面结构层的计算    | 34 |
| 5.6 | 加铺层结构设计     | 38 |
| 6   | 水泥混凝土路面     | 43 |
| 6.1 | 一般规定        | 43 |
| 6.2 | 设计指标与要求     | 43 |
| 6.3 | 结构组合设计      | 45 |
| 6.4 | 面层材料        | 47 |
| 6.5 | 路面结构计算      | 49 |

|      |                             |     |
|------|-----------------------------|-----|
| 6.6  | 面层配筋设计                      | 57  |
| 6.7  | 接缝设计                        | 63  |
| 6.8  | 加铺层结构设计                     | 67  |
| 7    | 砌块路面                        | 72  |
| 7.1  | 一般规定                        | 72  |
| 7.2  | 砌块材料技术要求                    | 72  |
| 7.3  | 结构层与结构组合                    | 75  |
| 7.4  | 结构层计算                       | 76  |
| 8    | 其他路面                        | 78  |
| 8.1  | 透水人行道                       | 78  |
| 8.2  | 桥面铺装                        | 78  |
| 8.3  | 隧道路面铺装                      | 79  |
| 9    | 路面排水                        | 80  |
| 9.1  | 一般规定                        | 80  |
| 9.2  | 路面排水设计                      | 80  |
| 9.3  | 路面内部排水                      | 82  |
| 9.4  | 分隔带排水                       | 84  |
| 9.5  | 交叉口范围路面排水                   | 84  |
| 9.6  | 桥面排水                        | 85  |
| 附录 A | 沥青路面使用性能气候分区                | 86  |
| 附录 B | 沥青混合料级配组成、沥青表面处治材料<br>规格和用量 | 89  |
| 附录 C | 沥青路面设计参数参考值                 | 93  |
| 附录 D | 沥青混合料单轴贯入抗剪强度试验方法           | 96  |
| 附录 E | 沥青混合料单轴压缩动态回弹模量试验方法         | 98  |
| 附录 F | 水泥混凝土路面设计参数参考值              | 101 |
|      | 本规范用词说明                     | 102 |

# Contents

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | General Provisions .....                         | 1  |
| 2   | Terms, Symbols and Code Name .....               | 2  |
| 2.1 | Terms .....                                      | 2  |
| 2.2 | Symbols .....                                    | 4  |
| 2.3 | Code Name .....                                  | 7  |
| 3   | Basic Requirements .....                         | 8  |
| 3.1 | General Requirements .....                       | 8  |
| 3.2 | Control Elements .....                           | 9  |
| 4   | Subgrade, Bed Course and Base Course .....       | 16 |
| 4.1 | Subgrade .....                                   | 16 |
| 4.2 | Bed Course .....                                 | 16 |
| 4.3 | Base Course .....                                | 16 |
| 5   | Asphalt Pavement .....                           | 22 |
| 5.1 | General Requirements .....                       | 22 |
| 5.2 | Pavement Category and Material .....             | 22 |
| 5.3 | Pavement Structure Combination Design .....      | 27 |
| 5.4 | Pavement Structure Design Index and Demand ..... | 30 |
| 5.5 | Pavement Structure Calculation .....             | 34 |
| 5.6 | Design of Overlay Structure .....                | 38 |
| 6   | Cement Concrete Pavement .....                   | 43 |
| 6.1 | General Requirements .....                       | 43 |
| 6.2 | Design Control Element and Demand .....          | 43 |
| 6.3 | Pavement Structure Combination Design .....      | 45 |
| 6.4 | Pavement Material .....                          | 47 |
| 6.5 | Pavement Structure Calculation .....             | 49 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 6.6        | Pavement Reinforcement Design .....   | 57 |
| 6.7        | Joint Design .....  | 63 |
| 6.8        | Design of Overlay Structure .....   | 67 |
| 7          | Block Stone Pavement .....  | 72 |
| 7.1        | General Requirements .....  | 72 |
| 7.2        | Block Material Performance Demand .....   | 72 |
| 7.3        | Structure Combination .....   | 75 |
| 7.4        | Structure Calculation .....   | 76 |
| 8          | Other Pavements .....   | 78 |
| 8.1        | Permeable Footway .....   | 78 |
| 8.2        | Bridge Pavement .....   | 78 |
| 8.3        | Tunnel Pavement .....   | 79 |
| 9          | Pavement Drainage .....   | 80 |
| 9.1        | General Requirements .....  | 80 |
| 9.2        | Pavement Drainage Design .....  | 80 |
| 9.3        | Pavement Subsurface Drainage .....  | 82 |
| 9.4        | Median Divider Drainage .....   | 84 |
| 9.5        | Intersection Drainage .....   | 84 |
| 9.6        | Bridge Pavement Drainage .....  | 85 |
| Appendix A | Asphalt Pavement Performance  |    |
|            | Climate Zone .....  | 86 |
| Appendix B | Asphalt Mixture Grade Composition,<br>Bituminous Surface Treatment Material<br>Specification and Dosage ..... | 89 |
| Appendix C | Reference Value of Asphalt Pavement<br>Design Parameters .....  | 93 |
| Appendix D | Method of Uniaxial Penetration<br>Experiment .....  | 96 |
| Appendix E | Method of Uniaxial Compression Dynamic<br>Modulus Experiment .....  | 98 |

Appendix F Reference Value of Cement Concrete Pavement  
Design Parameters ..... 101  
Explanation of Wording in This Code ..... 102

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

# 1 总 则

**1.0.1** 为适应我国城镇道路建设发展的需要，提高路面设计质量和技术水平，保证路面工程安全、可靠、耐久，做到技术先进，经济合理，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建和改建的城镇道路的路面设计。

**1.0.3** 路面设计应符合国家环境和生态保护的规定，鼓励设计节能降耗型路面，积极应用路面材料再生技术。

**1.0.4** 路面设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号和代号

### 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 水泥混凝土路面 cement concrete pavement**  
铺筑水泥混凝土面层的路面。
- 2.1.3 砌块路面 block stone pavement**  
用一定形状的石料或人工预制砌块铺筑面层的路面。
- 2.1.4 当量轴次 equivalent single axle loads**  
按变形、应力或疲劳断裂损坏等效原则，将不同车型、不同轴载作用次数换算成与标准轴载相当的轴载作用次数。
- 2.1.5 累计当量轴次 cumulative equivalent axle loads**  
在设计基准期内，设计车道上或临界荷位处的当量轴次总和。
- 2.1.6 设计基准期 design reference period**  
在进行路面结构可靠度设计时，考虑持久设计状况下各项基本变量与时间关系所取用的基准时间参数。
- 2.1.7 可靠度 reliability**  
结构在规定的时间内，规定的条件下，完成预定功能的概率。
- 2.1.8 目标可靠度 objective reliability**  
综合考虑工程安全性和工程经济性等方面的因素而确定的最佳可靠度。
- 2.1.9 半刚性基层 semi-rigid base**  
用无机结合料稳定粒料或土类材料铺筑的基层。
- 2.1.10 刚性基层 rigid base**



用普通混凝土、碾压混凝土、贫混凝土、钢筋混凝土与连续配筋混凝土等材料铺筑的基层。

#### 2.1.11 柔性基层 flexible base

用热拌或冷拌沥青混合料、沥青贯入式碎石与粒料类等材料铺筑的基层。

#### 2.1.12 透层 prime coat

在非沥青材料基层上喷洒乳化沥青、液体沥青而形成透入基层表面一定深度的薄层。

#### 2.1.13 粘层 tack coat

在沥青层与沥青层、沥青层与水泥混凝土路面之间洒布的沥青材料薄层。

#### 2.1.14 封层 seal coat

在沥青面层或基层上铺筑的有一定厚度的沥青混合料薄层。

#### 2.1.15 设计弯沉值 design deflection

根据设计基准期内一个车道上预计通过的累计当量轴次、道路等级、面层和基层类型而确定的路表弯沉值。

#### 2.1.16 容许拉应变 allowable tensile strain

根据累计标准轴载作用次数，利用修正后沥青混合料疲劳方程计算确定的沥青层层底临界位置的拉应变。

#### 2.1.17 容许拉应力 allowable tensile stress

半刚性材料的抗拉强度与抗拉强度结构系数之比。

#### 2.1.18 容许剪应力 allowable shear stress

沥青混合料的抗剪强度与抗剪强度结构系数之比。

#### 2.1.19 抗拉强度结构系数 tensile strength structural coefficient

考虑半刚性材料疲劳破坏特性的安全系数。

#### 2.1.20 抗剪强度结构系数 shear strength structural coefficient

考虑沥青混合料剪切疲劳破坏特性的安全系数。

#### 2.1.21 最不利季节 worst season

路基路面结构处于最不利工作状态的季节。

## 2.1.22 可靠度系数 reliability coefficient

为保证所设计的结构具有规定的可靠度，而在极限状态设计表达式中采用的单一综合系数。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 作用和作用效应：

- $l_s$ ——轮隙中心处路表计算的弯沉值；
- $N_a$ ——以设计弯沉值、沥青层剪应力和沥青层层底拉应变为指标时的当量轴次；
- $N_c$ ——水泥混凝土路面标准轴载的作用次数；
- $N_e$ ——设计基准期内沥青路面一个车道上的累计当量轴次；
- $N'_e$ ——设计基准期内水泥混凝土面层临界荷位所承受的累计当量轴次；
- $N_i$ ——各类轴型  $i$  级轴载的作用次数；
- $n_i$ ——被换算车型的各级轴载作用次数；
- $N_p$ ——设计基准期内公交车车站或交叉口进口道同一位置停车的累计当量轴次；
- $N_s$ ——以半刚性基层层底拉应力为设计指标时的当量轴次；
- $N_1$ ——沥青路面营运第一年单向日平均当量轴次；
- $N'_1$ ——水泥混凝土路面设计车道使用初期的标准轴载日作用次数；
- $P$ ——标准轴载；
- $p$ ——标准轴载的轮胎接地压强；
- $P_i$ ——被换算车型的各级轴载；
- $P'_i$ ——单轴-单轮、单轴-双轮组或三轴-双轮组轴型  $i$  级轴载的总重；
- $\epsilon_t$ ——柔性基层沥青层层底计算的最大拉应变；
- $\sigma_m$ ——半刚性材料基层层底计算的最大拉应力；
- $\sigma_{pr}$ ——行车荷载疲劳应力；

$\sigma_{ps}$ ——标准轴载在四边自由板的临界荷位处产生的荷载应力；

$\sigma_s$ ——钢筋应力；

$\sigma_{tm}$ ——最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力；

$\sigma_{tm1}$ ——分离式双层混凝土板上层的最大温度翘曲应力；

$\sigma_{tm2}$ ——结合式双层混凝土板下层的最大温度翘曲应力；

$\sigma_{tr}$ ——温度梯度疲劳应力；

$\tau_m$ ——沥青面层计算的最大剪应力。

### 2.2.2 设计参数和计算系数：

$B_x$ ——综合温度翘曲应力和内应力作用的温度应力系数；

$F$ ——弯沉综合修正系数；

$f_h$ ——水平力系数；

$k_c$ ——考虑偏载和动载等因素对路面疲劳损坏影响的综合系数；

$k_t$ ——考虑设计基准期内荷载应力累计疲劳作用的疲劳应力系数；

$K_f$ ——抗剪强度结构系数；

$k_r$ ——考虑接缝传荷能力的应力折减系数；

$k_s$ ——粘结刚度系数；

$K_{sr}$ ——无机结合料稳定集料类的抗拉强度结构系数；

$K_{st}$ ——无机结合料稳定细粒土类的抗拉强度结构系数；

$k_t$ ——考虑温度应力累计疲劳作用的疲劳应力系数；

$M$ ——面层与基层之间的磨阻系数；

$n$ ——轴型和轴载级位数；

$t$ ——设计基准期；

$T_g$ ——水泥混凝土面层的最大温度梯度标准值；

$\alpha_c$ ——混凝土的线膨胀系数；

$\alpha_s$ ——钢筋线膨胀系数；

$\gamma$ ——设计基准期内交通量的平均年增长率；

$\gamma_a$ ——沥青路面可靠度系数；

$\gamma_c$  —— 水泥混凝土路面可靠度系数；  
 $\delta_i$  —— 轴-轮型系数；  
 $\eta$  —— 设计车道分布系数；  
 $\eta_s$  —— 临界荷位处的车辆轮迹横向分布系数；  
 $\lambda_c$  —— 混凝土温缩应力系数；  
 $\rho$  —— 配筋率；  
 $\rho_f$  —— 钢纤维的体积率；  
 $\varphi$  —— 钢筋刚度贡献率。

### 2.2.3 几何参数：

$d_s$  —— 钢筋直径；  
 $L_d$  —— 横向裂缝平均间距；  
 $r$  —— 单层混凝土板的相对刚度半径；  
 $r_g$  —— 双层混凝土板的相对刚度半径；  
 $\delta$  —— 当量圆半径。

### 2.2.4 材料性能和路面抗力：

$E_o$  —— 路基抗压回弹模量值；  
 $E_c$  —— 水泥混凝土的弯拉弹性模量；  
 $E'_c$  —— 旧混凝土的弯拉弹性模量标准值；  
 $E_1$  —— 各层材料抗压回弹模量值；  
 $E_2$  —— 基层顶面当量回弹模量；  
 $E'_2$  —— 基层顶面的当量回弹模量标准值；  
 $f'_r$  —— 旧混凝土弯拉强度标准值；  
 $f_{sp}$  —— 旧混凝土劈裂强度标准值；  
 $\bar{f}_{sp}$  —— 旧混凝土劈裂强度测定值的均值；  
 $l_a$  —— 路表面弯沉检测标准值；  
 $l_d$  —— 路表设计弯沉值；  
 $l_0$  —— 路段内实测路表弯沉代表值；  
 $\bar{l}_0$  —— 路段内实测路表弯沉平均值；  
 $l'_0$  —— 旧路面的计算弯沉代表值；  
 $S_m$  —— 沥青表面层材料的 60℃ 抗压回弹模量；

- $[\epsilon_R]$  —— 沥青层材料的容许拉应变；  
 $[\sigma_R]$  —— 半刚性材料的容许抗拉强度；  
 $\sigma_s$  —— 半刚性材料劈裂强度；  
 $w_l$  —— 受荷板接缝边缘处的弯沉值；  
 $\bar{w}$  —— 平均弯沉值。

## 2.3 代 号

### 2.3.1 材料类型：

- AC——密级配沥青混合料；  
AM——半开级配沥青碎石；  
ATB——密级配沥青稳定碎石；  
ATPB——开级配沥青稳定碎石；  
OGFC——开级配沥青磨耗层；  
SMA——沥青玛蹄脂碎石混合料。

### 2.3.2 路表特性：

- $SFC_{60}$ ——横向力系数；  
TD——构造深度。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 道路路面的面层、基层与垫层等各结构层应符合下列规定：

1 面层应具有足够的结构强度、稳定性和平整、抗滑、耐磨与低噪声等表面特性。

2 基层应具有足够的强度和扩散应力的能力。

3 垫层应具有一定的强度和良好的水稳定性。

**3.1.2** 道路路面设计应符合下列规定：

1 根据道路的地理地质条件、路基土特性、路基水文及气候环境状况，考虑强度、刚度、稳定性和耐久性因素，进行路基层面整体结构综合设计。

2 因地制宜、合理选材、降低能耗，充分利用再生材料。

3 应便于施工，利于养护并减少对周边环境及生态的影响。

4 交叉口进口道和公交车停靠站路段应进行特殊设计。

5 应具有行车安全、舒适和与环境、生态及社会协调的综合效益。

**3.1.3** 道路路面可分为沥青路面、水泥混凝土路面和砌块路面三大类，各面层类型及适用范围宜符合下列规定：

1 沥青路面面层类型包括沥青混合料、沥青贯入式和沥青表面处治。沥青混合料适用于各交通等级道路；沥青贯入式与沥青表面处治路面适用于中、轻交通道路。

2 水泥混凝土路面面层类型包括普通混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土与钢纤维混凝土，适用于各交通等级道路。

3 砌块路面适用于支路、广场、停车场、人行道与步行街。

## 3.2 设计要素

3.2.1 路面设计基准期应符合表 3.2.1 规定。

表 3.2.1 路面设计基准期

| 道路等级 | 路面类型 |         |             |
|------|------|---------|-------------|
|      | 沥青路面 | 水泥混凝土路面 | 砌块路面        |
| 快速路  | 15 年 | 30 年    | —           |
| 主干路  | 15 年 | 30 年    | —           |
| 次干路  | 15 年 | 20 年    | 10 年 (20 年) |
| 支路   | 10 年 | 20 年    |             |

注：砌块路面采用混凝土预制块时，设计基准期为 10 年；采用石材时，设计基准期为 20 年。

3.2.2 标准轴载应符合下列规定：

1 路面设计应以双轮组单轴载 100kN 为标准轴载，以 BZZ-100 表示。标准轴载的计算参数应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 标准轴载计算参数

|                     |         |
|---------------------|---------|
| 标准轴载                | BZZ-100 |
| 标准轴载 $P$ (kN)       | 100     |
| 轮胎接地压强 $p$ (MPa)    | 0.70    |
| 单轮传压面当量圆直径 $d$ (cm) | 21.30   |
| 两轮中心距 (cm)          | $1.5d$  |

2 设计交通量的计算应将不同轴载的各种车辆换算成 BZZ-100 标准轴载的当量轴次。大型公交车比例较高的道路或公交专用道的设计，可根据实际情况，经论证选用适当的轴载和计算参数。

3.2.3 沥青路面轴载换算和设计交通量应符合下列规定：

1 沥青路面以设计弯沉值、沥青层剪应力和沥青层层底拉应变为设计指标时，各种轴载换算成标准轴载  $P$  的当量轴次  $N_a$ 。

应按下式计算：

$$N_a = \sum_{i=1}^K C_1 \cdot C_2 n_i \left( \frac{P_i}{P} \right)^{4.35} \quad (3.2.3-1)$$

式中： $N_a$ ——以设计弯沉值、沥青层剪应力和沥青层层底拉应力为设计指标时的当量轴次（次/d）；

$n_i$ ——被换算车型的各级轴载作用次数（次/d）；

$P$ ——标准轴载（kN）；

$P_i$ ——被换算车型的各级轴载（kN）；

$C_1$ ——被换算车型的轴数系数；

$C_2$ ——被换算车型的轮组系数，单轮组为 6.4，双轮组为 1.0，四轮组为 0.38；

$K$ ——被换算车型的轴载级别。

当轴间距大于或等于 3m 时，应按一个单独的轴载计算；当轴间距小于 3m 时，双轴或多轴的轴数系数应按下式计算：

$$C_1 = 1 + 1.2(m - 1) \quad (3.2.3-2)$$

式中： $m$ ——轴数。

2 当沥青路面以半刚性基层层底拉应力为设计指标时，各种轴载换算成标准轴载  $P$  的当量轴次  $N_s$  应按下式计算：

$$N_s = \sum_{i=1}^K C'_1 C'_2 n_i \left( \frac{P_i}{P} \right)^8 \quad (3.2.3-3)$$

式中： $N_s$ ——以半刚性基层层底拉应力为设计指标时的当量轴次（次/d）；

$C'_1$ ——被换算车型的轴数系数；

$C'_2$ ——被换算车型的轮组系数，单轮组为 18.5，双轮组为 1.0，四轮组为 0.09。

以拉应力为设计指标时，双轴或多轴的轴数系数应按下式计算：

$$C'_1 = 1 + 2(m - 1) \quad (3.2.3-4)$$

3 应根据预测交通量，考虑各种车型的交通组成（或比例），将不同车型的轴载换算成标准轴载的当量轴次，求得营运



第一年单向日平均当量轴次。

4 设计基准期内交通量的年平均增长率应在项目可行性研究报告等资料基础上，经研究分析确定。

5 沥青路面设计车道分布系数宜依据道路交通组成、交通管理情况，通过实地调查确定，也可按表 3.2.3 选定。当上下行交通量或重车比例有明显差异时，可区别对待，可按上下行交通特点分别进行厚度设计。

表 3.2.3 设计车道分布系数

| 车道特征  | 车道分布系数    |
|-------|-----------|
| 单向单车道 | 1.00      |
| 单向两车道 | 0.65~0.95 |
| 单向三车道 | 0.50~0.80 |
| 单向四车道 | 0.40~0.70 |

6 沥青路面设计基准期内一个车道上的累计当量轴次应按下式计算：

$$N_c = \frac{[(1+\gamma)^t - 1] \times 365}{\gamma} \cdot N_1 \cdot \eta \quad (3.2.3-5)$$

式中： $N_c$ ——设计基准期内一个车道上的累计当量轴次（次/车道）；

$t$ ——设计基准期（年）；

$N_1$ ——路面营运第一年单向日平均当量轴次（次/d）；

$\gamma$ ——设计基准期内交通量的年平均年增长率（%）；

$\eta$ ——设计车道分布系数。

3.2.4 水泥混凝土路面轴载换算和设计交通量应符合下列规定：

1 不同轴-轮型和轴载的作用次数换算为标准轴载的当量轴次应按下列公式计算：

$$N_c = \sum_{i=1}^n \delta_i N_i \left( \frac{P'_i}{100} \right)^{16} \quad (3.2.4-1)$$

$$\delta_i = 2.22 \times 10^3 P_i^{0.43} \quad (3.2.4-2)$$

或 
$$\delta_i = 1.07 \times 10^{-5} P_i^{-0.22} \quad (3.2.4-3)$$

或 
$$\delta_i = 2.24 \times 10^{-8} P_i^{-0.22} \quad (3.2.4-4)$$

式中:  $N_c$ ——标准轴载的当量轴次;

$P'_i$ ——单轴-单轮、单轴-双轮组或三轴-双轮组轴型  $i$  级轴载的总重 (kN);

$n$ ——轴型和轴载级位数;

$N_i$ ——各类轴型  $i$  级轴载的作用次数;

$\delta_i$ ——轴-轮型系数, 单轴-双轮组时,  $\delta_i = 1$ ; 单轴-单轮时, 按式 (3.2.4-2) 计算; 双轴-双轮组时, 按式 (3.2.4-3) 计算; 三轴-双轮组时, 按式 (3.2.4-4) 计算。

2 设计基准期内水泥混凝土面层临界荷位所承受的累计当量轴次应按下式计算:

$$N'_e = \frac{N'_1 \times [(1 + \gamma)^t - 1] \times 365}{\gamma} \eta_s \quad (3.2.4-5)$$

式中:  $N'_e$ ——水泥混凝土路面设计基准期内临界荷位所承受的累计当量轴次 (次);

$N'_1$ ——水泥混凝土路面设计车道使用初期的当量轴载日作用次数 (次/d);

$\eta_s$ ——水泥混凝土路面临界荷位处的车辆轮迹横向分布系数, 可按表 3.2.4 选用。

表 3.2.4 车辆轮迹横向分布系数 ( $\eta_s$ )

| 道路等级     |           | 纵缝边缘处     |
|----------|-----------|-----------|
| 快速路、主干路  |           | 0.17~0.22 |
| 次干路及以下道路 | 行车道宽 > 7m | 0.34~0.39 |
|          | 行车道宽 ≤ 7m | 0.54~0.62 |

注: 行车道较宽或者交通量较大时, 取高值; 反之, 取低值。

3.2.5 交通等级可根据累计轴次按表 3.2.5 的规定划分为 4 个等级。

表 3.2.5 交通等级

| 交通等级 | 沥青路面                 | 水泥混凝土路面            |
|------|----------------------|--------------------|
|      | 累计当量轴次 $N_e$ (万次/车道) | 累计当量轴次 $N'_e$ (万次) |
| 轻    | <400                 | <3                 |
| 中    | 400~1200             | 3~100              |
| 重    | 1200~2500            | 100~2000           |
| 特重   | >2500                | >2000              |

注：非机动车道、人行道及步行街路面结构应按轻型交通确定。

3.2.6 路面设计环境要素应符合下列规定：

1 沥青路面面层的使用性能气候分区应按本规范附录 A 确定。

2 水泥混凝土面层的最大温度梯度标准值 ( $T_g$ )，根据道路所在地的道路自然区划，可按表 3.2.6-1 选用。

表 3.2.6-1 最大温度梯度标准值 ( $T_g$ )

| 道路自然区划                                 | II、V  | III   | IV、VI | VII   |
|--|-------|-------|-------|-------|
| 最大温度梯度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) | 83~88 | 90~95 | 86~92 | 93~98 |

注：海拔高时，取高值；湿度大时，取低值。

3 在冰冻地区，沥青路面总厚度不应小于表 3.2.6-2 规定的最小防冻厚度；水泥混凝土路面总厚度不应小于表 3.2.6-3 规定的最小防冻厚度。

表 3.2.6-2 沥青路面最小防冻厚度 (cm)

| 路基类型 | 道路冻深    | 黏性土、细亚砂土路床 |       |       | 粉性土路床 |       |       |
|------|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |         | 砂石类        | 稳定土类  | 工业废料类 | 砂石类   | 稳定土类  | 工业废料类 |
| 中湿   | 50~100  | 40~45      | 35~40 | 30~35 | 45~50 | 40~45 | 30~40 |
|      | 100~150 | 45~50      | 40~45 | 35~40 | 50~60 | 45~50 | 40~45 |
|      | 150~200 | 50~60      | 45~55 | 40~50 | 60~70 | 50~60 | 45~50 |
|      | >200    | 60~70      | 55~65 | 50~55 | 70~75 | 60~70 | 50~65 |

续表 3.2.6-2

| 路基类型 | 道路冻深    | 黏性土、细亚砂土路床 |       |       | 粉性土路床  |       |       |
|------|---------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|
|      |         | 砂石类        | 稳定土类  | 工业废料类 | 砂石类    | 稳定土类  | 工业废料类 |
| 潮湿   | 60~100  | 45~55      | 40~50 | 35~45 | 50~60  | 45~55 | 40~50 |
|      | 100~150 | 55~60      | 50~55 | 45~50 | 60~70  | 55~65 | 50~60 |
|      | 150~200 | 60~70      | 55~65 | 50~55 | 70~80  | 65~70 | 60~65 |
|      | >200    | 70~80      | 65~75 | 55~70 | 80~100 | 70~90 | 65~80 |

注：1 对潮湿系数小于 0.5 的地区，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等干旱地区防冻厚度应比表中值减少 15%~20%；

2 对Ⅱ区砂性土路基防冻厚度应相应减少 5%~10%。

表 3.2.6-3 水泥混凝土路面最小防冻厚度

| 路基类型 | 路基土质         | 当地最大冰冻深度 (m) |           |           |           |
|------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|      |              | 0.50~1.00    | 1.01~1.50 | 1.51~2.00 | >2.00     |
| 中湿   | 低、中、高液限黏土    | 0.30~0.50    | 0.40~0.60 | 0.50~0.70 | 0.60~0.95 |
|      | 粉土，粉质低、中液限黏土 | 0.40~0.60    | 0.50~0.70 | 0.60~0.85 | 0.70~1.10 |
| 潮湿   | 低、中、高液限黏土    | 0.40~0.60    | 0.50~0.70 | 0.60~0.90 | 0.75~1.20 |
|      | 粉土，粉质低、中液限黏土 | 0.45~0.70    | 0.55~0.80 | 0.70~1.00 | 0.80~1.30 |

注：1 冻深小或填方路段，或者基层、垫层为隔湿性能良好的材料，可采用低值；冻深大或挖方及地下水水位高的路段，或者基层、垫层为隔湿性能较差的材料，应采用高值；

2 冻深小于 0.50m 的地区，可不考虑结构层防冻厚度。

3.2.7 路面可靠度设计标准应符合表 3.2.7 的规定。

表 3.2.7 路面可靠度设计标准

| 道路等级   | 快速路 | 主干路 | 次干路、支路 |
|--------|-----|-----|--------|
| 目标可靠度  | 95% | 90% | 85%    |
| 变异水平等级 | 低   | 低~中 | 中~高    |

### 3.2.8 路面抗滑性能应符合下列规定：

1 快速路、主干路沥青路面在质量验收时抗滑性能指标应符合表 3.2.8-1 的规定，次干路、支路、非机动车道、人行道及步行街可按表 3.2.8-1 执行。

表 3.2.8-1 沥青路面抗滑性能指标

| 年平均降雨量 (mm) | 质量验收值            |                |
|-------------|------------------|----------------|
|             | 横向力系数 $SFC_{60}$ | 构造深度 $TD$ (mm) |
| >1000       | $\geq 54$        | $\geq 0.55$    |
| 500~1000    | $\geq 50$        | $\geq 0.50$    |
| 250~500     | $\geq 45$        | $\geq 0.45$    |

注：1 应采用测定速度为 60km/h $\pm$ 1km/h 时的横向力系数 ( $SFC_{60}$ ) 作为控制指标；

2 路面宏观构造深度可用铺砂法或激光构造深度仪测定。

2 水泥混凝土路面抗滑性能在质量验收时，应符合表 3.2.8-2 的规定。

表 3.2.8-2 水泥混凝土面层的表面构造深度要求 (mm)

| 道路等级 | 快速路、主干路   | 次干路、支路    |
|------|-----------|-----------|
| 一般路段 | 0.70~1.10 | 0.50~0.90 |
| 特殊路段 | 0.80~1.20 | 0.60~1.00 |

注：1 对快速路和主干路特殊路段系指立交、平交或变速车道等处，对于次干路、支路特殊路段系指急弯、陡坡、交叉口或集镇附近；

2 年降雨量 600mm 以下的地区，表列数值可适当降低；

3 非机动车道、人行道及步行街可按本表执行。

## 4 路基、垫层与基层

### 4.1 路 基

**4.1.1** 路基应稳定、密实、均质，具有足够的强度、稳定性、抗变形能力和耐久性。

**4.1.2** 路基设计应符合下列规定：

1 在不利季节，路基顶面设计回弹模量值，对快速路和主干路不应小于 30MPa；对次干路和支路不应小于 20MPa。当不能满足上述要求时，应采取措施提高路基的回弹模量。

2 路床应处于干燥或中湿状态。

**4.1.3** 岩石或填石路基顶面应铺设整平层，整平层可采用未筛分碎石和石屑或低剂量水泥稳定粒料，其厚度应根据路基顶面的不平整情况确定，宜为 100mm~200mm。

### 4.2 垫 层

**4.2.1** 在下述情况下，应在基层下设置垫层：

1 季节性冰冻地区的中湿或潮湿路段。

2 地下水位高、排水不良，路基处于潮湿或过湿状态。

3 水文地质条件不良的土质路堑，路床土处于潮湿或过湿状态。

**4.2.2** 垫层宜采用砂、砂砾等颗粒材料，小于 0.075mm 的颗粒含量不宜大于 5%。

**4.2.3** 排水垫层应与边缘排水系统相连接，厚度宜大于 150mm，宽度不宜小于基层底面的宽度。

### 4.3 基 层

**4.3.1** 基层可采用刚性、半刚性或柔性材料。

**4.3.2** 基层类型宜根据交通等级按表 4.3.2-1 选用，各类基层

最小厚度应符合表 4.3.2-2 的规定。

表 4.3.2-1 适宜各交通等级的基层类型

| 交通等级 | 基 层 类 型                                       |
|------|---|
| 特重   | 贫混凝土、碾压混凝土、水泥稳定粒料、石灰粉煤灰稳定粒料、水泥粉煤灰稳定粒料         |
| 重    | 水泥稳定粒料、沥青稳定碎石基层、石灰粉煤灰稳定粒料、水泥粉煤灰稳定粒料           |
| 中或轻  | 沥青稳定碎石基层、水泥稳定类、石灰稳定类、水泥粉煤灰稳定类、石灰粉煤灰稳定类或级配粒料基层 |

表 4.3.2-2 各类基层最小厚度

| 基层类型  |                   | 最小厚度<br>(mm) |     |
|-------|-------------------|--------------|-----|
| 刚性基层  | 贫混凝土或碾压混凝土基层      | 150          |     |
|       | 多孔混凝土排水基层         | 150          |     |
| 半刚性基层 | 水泥稳定类基层           | 150          |     |
|       | 石灰稳定类基层           | 150          |     |
|       | 水泥粉煤灰稳定类基层        | 150          |     |
|       | 石灰粉煤灰稳定类基层        | 150          |     |
| 柔性基层  | 沥青稳定碎石基层 (ATB)    | ATB-25       | 80  |
|       |                   | ATB-30       | 90  |
|       |                   | ATB-40       | 120 |
|       | 半开级配沥青碎石基层 (AM)   | AM-25        | 80  |
|       |                   | AM-40        | 120 |
|       | 沥青稳定碎石排水基层 (ATPB) | ATPB-25      | 80  |
|       |                   | ATPB-30      | 90  |
|       |                   | ATPB-40      | 120 |
|       |                   | 级配碎石         | 80  |
|       |                   | 级配砾石         | 80  |

### 4.3.3 半刚性基层应符合下列规定：

1 半刚性基层应具有足够的强度和稳定性、较小的温缩和干缩变形及较强的抗冲刷能力，在冰冻地区应具有一定的抗冻性。

2 在冰冻、多雨潮湿地区，石灰粉煤灰稳定类材料宜用于特重、重交通的下基层。石灰稳定类材料宜用于各类交通等级的下基层以及中、轻交通的基层。

3 用作上基层的半刚性材料宜选用骨架密实型级配，应具有一定的强度、抗疲劳开裂性能与抗冲刷能力。

4 各类半刚性材料的压实度和7d龄期无侧限抗压强度代表值应符合表4.3.3-1~表4.3.3-4的规定。

表 4.3.3-1 水泥稳定类材料的压实度与 7d 龄期抗压强度

| 层位  | 稳定类型 | 特重交通    |            | 重、中交通   |            | 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) |
| 上基层 | 集料   | ≥98     | 3.5~4.5    | ≥98     | 3~4        | ≥97     | 2.5~3.5    |
|     | 细粒土  | —       | —          | —       | —          | ≥96     |            |
| 下基层 | 集料   | ≥97     | ≥2.5       | ≥97     | ≥2.0       | ≥96     | ≥1.5       |
|     | 细粒土  | ≥96     |            | ≥96     |            | ≥95     |            |

表 4.3.3-2 水泥粉煤灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期抗压强度

| 层位  | 类别 | 特重、重、中交通 |            | 轻交通     |            |
|-----|----|----------|------------|---------|------------|
|     |    | 压实度 (%)  | 抗压强度 (MPa) | 压实度 (%) | 抗压强度 (MPa) |
| 上基层 | 集料 | ≥98      | 1.5~3.5    | ≥97     | 1.2~1.5    |
| 下基层 | 集料 | ≥97      | ≥1.0       | ≥96     | ≥0.6       |

表 4.3.3-3 石灰粉煤灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期抗压强度

| 层位  | 稳定类型 | 特重、重、中交通 |            | 轻交通     |            |
|-----|------|----------|------------|---------|------------|
|     |      | 压实度 (%)  | 抗压强度 (MPa) | 压实度 (%) | 抗压强度 (MPa) |
| 上基层 | 集料   | ≥98      | ≥0.8       | ≥97     | ≥0.6       |
|     | 细粒土  | —        | —          | ≥96     |            |
| 下基层 | 集料   | ≥97      | ≥0.6       | ≥96     | ≥0.5       |
|     | 细粒土  | ≥96      |            | ≥95     |            |



表 4.3.3-4 石灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期抗压强度

| 层位  | 类别  | 重、中交通   |            | 轻交通     |            |
|-----|-----|---------|------------|---------|------------|
|     |     | 压实度 (%) | 抗压强度 (MPa) | 压实度 (%) | 抗压强度 (MPa) |
| 上基层 | 集料  | —       | —          | ≥97     | ≥0.8       |
|     | 细粒土 | —       |            | ≥95     |            |
| 下基层 | 集料  | ≥97     | ≥0.8       | ≥96     | ≥0.7       |
|     | 细料土 | ≥95     |            | ≥95     |            |

注：1 对于轻交通道路，在低塑性土（塑性指数小于 10）地区，石灰稳定砂砾土和碎石土的 7d 龄期抗压强度应大于 0.5MPa；

2 轻交通支路，压路机具有困难时，石灰稳定细料土压实度可降低 1%。

#### 4.3.4 刚性基层应符合下列规定：

- 1 刚性基层适用于重交通、特重交通及港区等的道路工程。
- 2 贫混凝土基层材料的强度要求应符合表 4.3.4-1 的规定。

表 4.3.4-1 贫混凝土基层材料的强度要求 (MPa)

| 试验项目        | 特重、重交通    | 中交通      |
|-------------|-----------|----------|
| 7d 龄期抗压强度   | 9.0~15.0  | 7.0~12.0 |
| 28d 龄期抗压强度  | 12.0~20.0 | 9.0~16.0 |
| 28d 龄期抗弯拉强度 | 2.5~3.5   | 2.0~3.0  |

- 3 多孔混凝土基层材料的强度要求应符合表 4.3.4-2 的规定。

表 4.3.4-2 多孔混凝土基层材料的强度要求 (MPa)

| 试验项目        | 特重      | 重       |
|-------------|---------|---------|
| 7d 龄期抗压强度   | 5.0~8.0 | 3.0~5.0 |
| 28d 龄期抗弯拉强度 | 1.5~2.5 | 1.0~2.0 |

4 刚性基层应设置横缝和纵缝，并应灌入填缝料，其上应设置粘结层。

#### 4.3.5 柔性基层应符合下列规定：

- 1 热拌沥青碎石宜用于重交通及以下道路的基层；级配碎

石可用于中、轻交通道路的下基层及轻交通道路的基层；级配砾石可用于轻交通道路的下基层。

2 密级配沥青稳定碎石（ATB）、半开级配沥青碎石（AM）和开级配沥青稳定碎石（ATPB），混合料配合比设计技术要求应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 沥青稳定碎石马歇尔试验配合比设计技术要求

| 试验项目                           | 单位           | 密级配沥青<br>稳定碎石<br>(ATB) |                 | 半开级配<br>沥青碎石<br>(AM) | 开级配沥青<br>稳定碎石<br>(ATPB) |
|--------------------------------|--------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
|                                |              |                        |                 |                      |                         |
| 公称最大粒径                         | mm           | 26.5                   | ≥31.5           | ≥26.5                | ≥26.5                   |
| 马歇尔试件尺寸                        | mm           | φ101.6<br>×63.5        | φ152.4<br>×95.3 | φ152.4<br>×95.3      | φ152.4<br>×95.3         |
| 击实次数（双面）                       | 次            | 75                     | 112             | 112                  | 75                      |
| 空隙率 <sup>①</sup>               | %            | 3~6                    |                 | 12~18                | ≥18                     |
| 稳定度                            | kN           | ≥7.5                   | ≥15             | —                    | —                       |
| 流值                             | mm           | 1.5~4                  | 实测              | —                    | —                       |
| 沥青饱和度                          | %            | 55~70                  |                 | —                    | —                       |
| 沥青膜厚度                          | μm           | —                      |                 | >12                  | —                       |
| 谢伦堡沥青析漏<br>试验的结合料损失            | %            | —                      |                 | ≤0.2                 | —                       |
| 肯塔堡飞散试验的<br>混合料损失或<br>浸水飞散试验   | %            | —                      |                 | ≤20                  | —                       |
| 密级配基层 ATB 的<br>矿料间隙率不小于<br>(%) | 设计空隙率<br>(%) | ATB-40                 |                 | ATB-30               | ATB-25                  |
|                                | 4            | 11                     |                 | 11.5                 | 12                      |
|                                | 5            | 12                     |                 | 12.5                 | 13                      |
|                                | 6            | 13                     |                 | 13.5                 | 14                      |

注：① 在干旱地区，可将密级配沥青稳定碎石基层的空隙率适当放宽到 8%。

#### 4.3.6 旧路面再生混合料应符合下列规定：

1 应在对旧路面材料充分调查分析的基础上，根据工程要求、道路等级、气候条件、交通情况，充分借鉴成功经验，进行再生混合料设计。

2 热再生沥青混合料的技术要求应符合热拌沥青混合料技术要求的规定。

3 用作道路基层时，使用乳化沥青、泡沫沥青的冷再生沥青混合料技术要求应符合表 4.3.6-1 的规定；使用无机结合料稳定旧路面沥青混合料技术要求应符合表 4.3.6-2 的规定。

**表 4.3.6-1 乳化沥青、泡沫沥青冷再生沥青混合料的技术要求**

| 试验项目        |                | 乳化沥青 | 泡沫沥青 |
|-------------|----------------|------|------|
|             | 空隙率 (%)        | 9~14 | —    |
| 15℃劈裂试验     | 劈裂强度 (MPa)     | ≥0.4 | ≥0.4 |
|             | 干湿劈裂强度比 (%)    | ≥75  | ≥75  |
| 40℃马歇尔试验    | 马歇尔稳定度 (kN)    | ≥5.0 | ≥5.0 |
|             | 浸水马歇尔残留稳定度 (%) | ≥75  | ≥75  |
| 冻融劈裂强度比 (%) |                | ≥70  | ≥70  |

注：宜使用劈裂试验作为设计要求。

**表 4.3.6-2 无机结合料稳定旧沥青混合料技术要求**

| 试验项目            |     | 水泥      |         | 石灰   |         |
|-----------------|-----|---------|---------|------|---------|
|                 |     | 特重、重    | 中、轻     | 重    | 中、轻     |
| 7d 龄期抗压强度 (MPa) | 上基层 | 3.0~5.0 | 2.5~3.0 | —    | ≥0.8    |
|                 | 下基层 | 1.5~2.5 | 1.5~2.0 | ≥0.8 | 0.5~0.7 |

## 5 沥青路面

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 沥青路面设计应包括交通量预测与分析，材料选择，混合料配合比设计，设计参数的测试和确定，路面结构组合设计与厚度计算，路面排水系统设计。

**5.1.2** 沥青路面在设计基准期内应具有足够的抗车辙、抗裂、抗疲劳的品质和良好的平整、抗滑、耐磨与低噪声性能等使用功能要求。

### 5.2 面层类型与材料

**5.2.1** 应根据使用要求、气候特点、交通荷载与结构层功能要求等因素，结合沥青层厚度和当地经验，合理地选择各结构层的沥青混合料类型，宜符合下列规定：

- 1 表面层宜选用 SMA、AC-C 和 OGFC 沥青混合料。
- 2 在各个沥青层中至少有一层应为密级配沥青混合料。

**5.2.2** 热拌沥青混合料应符合下列规定：

**1** 主要类型应符合表 5.2.2-1 的规定。根据集料在关键性筛孔上的通过百分率，将密级配 AC 混合料可分为粗型和细型两类。关键性筛孔尺寸以及在该筛孔上通过百分率应符合表 5.2.2-2 的规定。

表 5.2.2-1 热拌沥青混合料类型

| 沥青混合料类型       |       | 混合料代号 | 最大粒径<br>(mm) | 公称最大粒径<br>(mm) |
|---------------|-------|-------|--------------|----------------|
| 密级配沥青混凝土 (AC) | AC-5  | 砂粒式   | 9.5          | 4.75           |
|               | AC-10 | 细粒式   | 13.2         | 9.5            |
|               | AC-13 |       | 16           | 13.2           |
|               | AC-16 | 中粒式   | 19           | 16             |
|               | AC-20 |       | 26.5         | 19             |
|               | AC-25 | 粗粒式   | 31.5         | 26.5           |

续表 5.2.2-1

| 沥青混合料类型             |         | 混合料代号 | 最大粒径<br>(mm) | 公称最大粒径<br>(mm) |
|---------------------|---------|-------|--------------|----------------|
| 沥青玛蹄脂碎石混合料<br>(SMA) | SMA-10  | 细粒式   | 13.2         | 9.5            |
|                     | SMA-13  |       | 16           | 13.2           |
|                     | SMA-16  | 中粒式   | 19           | 16             |
|                     | SMA-20  |       | 26.5         | 19             |
| 开级配沥青磨层<br>(OGFC)   | OGFC-10 | 细粒式   | 13.2         | 9.5            |
|                     | OGFC-13 |       | 16           | 13.2           |
| 半开级配沥青碎石 (AM)       | AM-13   | 细粒式   | 16           | 13.2           |
|                     | AM-16   | 中粒式   | 19           | 16             |
|                     | AM-20   |       | 26.5         | 19             |

表 5.2.2-2 粗型和细型密级配沥青混凝土的关键性筛孔通过率

| 混合料<br>类型 | 用以分类的<br>关键性筛孔<br>(mm) | 粗型密级配  |                  | 细型密级配  |                  |
|-----------|------------------------|--------|------------------|--------|------------------|
|           |                        | 名称     | 关键性筛孔<br>通过率 (%) | 名称     | 关键性筛孔<br>通过率 (%) |
| AC-10     | 2.36                   | AC-10C | <45              | AC-10F | >45              |
| AC-13     | 2.36                   | AC-13C | <40              | AC-13F | >40              |
| AC-16     | 2.36                   | AC-16C | <38              | AC-16F | >38              |
| AC-20     | 4.75                   | AC-20C | <45              | AC-20F | >45              |
| AC-25     | 4.75                   | AC-25C | <40              | AC-25F | >40              |

2 宜根据本规范附录 B 表 B.1 级配范围或实践经验采用马歇尔试验法进行配合比设计，应选用实体工程的原材料。

3 性能技术要求应符合下列规定：

- 1) 高温稳定性应采用车辙试验的动稳定度来评价。按交通等级、结构层位和温度分区的不同，应分别符合表 5.2.2-3 的要求。对交叉口进口道和公交车停靠站路段及长大陡纵坡路段的沥青混合料，应提高一个交通等级进行设计。

表 5.2.2-3 热拌沥青混合料动稳定度技术要求 (次/mm)

| 交通等级 | 结构层位 | 温度分区                |       |                 |       |
|------|------|---------------------|-------|-----------------|-------|
|      |      | 1-1、1-2、<br>1-3、1-4 | 2-1   | 2-2、2-3、<br>2-4 | 3-2   |
| 轻、中  | 上    | ≥1500               | ≥800  | ≥1000           | ≥800  |
|      | 中、下  | ≥1000               | ≥800  | ≥800            | ≥800  |
| 重    | 上、中  | ≥3000               | ≥2000 | ≥2500           | ≥1500 |
|      | 下    | ≥1200               | ≥800  | ≥800            | ≥800  |
| 特重   | 上、中  | ≥5000               | ≥3000 | ≥4000           | ≥2000 |
|      | 下    | ≥1500               | ≥1000 | ≥1500           | ≥800  |

2) 水稳定性技术要求应符合表 5.2.2-4 的规定。

表 5.2.2-4 热拌沥青混合料水稳定性技术要求

|                |      |      |
|----------------|------|------|
| 年降水量 (mm)      | ≥500 | <500 |
| 冻融劈裂强度比 (%)    | ≥75  | ≥70  |
| 浸水马歇尔残留稳定度 (%) | ≥80  | ≥75  |

注：对多雨潮湿地区的重交通、特重交通等道路，其冻融劈裂强度比的指标值可增加至 80%。

3) 应根据气候条件检验密级配沥青混合料的低温抗裂性能，热拌沥青混合料低温性能技术要求宜符合表 5.2.2-5 的规定。

表 5.2.2-5 热拌沥青混合料低温性能技术要求

| 气候条件及技术指标                             | 年极端最低气温 (°C) |             |            |       |
|---------------------------------------|--------------|-------------|------------|-------|
|                                       | <-37.0       | -21.5~-37.0 | -9.0~-21.5 | >-9.0 |
| 普通沥青混合料<br>极限破坏应变 (10 <sup>-6</sup> ) | ≥2600        | ≥2300       | ≥2000      |       |
| 改性沥青混合料<br>极限破坏应变 (10 <sup>-6</sup> ) | ≥3000        | ≥2800       | ≥2500      |       |

5.2.3 沥青表面处治设计应符合下列规定：

1 沥青表面处治分为单层、双层、三层，单层厚度宜为

10mm~15mm、双层厚度宜为 15mm~25mm、三层厚度宜为 25mm~30mm。

2 沥青表面处治采用道路石油沥青或乳化沥青作为结合料，集料的规格与用量应符合本规范附录 B 表 B.2 的规定。

#### 5.2.4 稀浆罩面设计应符合下列规定：

1 稀浆罩面分为微表处和稀浆封层，所用集料的级配组成应符合本规范附录 B 表 B.3 的规定。

2 微表处混合料类型、稀浆封层混合料类型、单层厚度要求及其适用性应符合表 5.2.4-1 的规定。

表 5.2.4-1 微表处与稀浆封层类型及其适用性

| 封层类型 | 材料规格   | 单层厚度 (mm) | 适用性                  |
|------|--------|-----------|----------------------|
| 微表处  | MS-2 型 | 4~7       | 中交通等级快速路和主干路的罩面      |
|      | MS-3 型 | 8~10      | 重交通快速路、主干路的罩面        |
| 稀浆封层 | ES-1 型 | 2.5~3     | 支路、停车场的罩面            |
|      | ES-2 型 | 4~7       | 轻交通次干路的罩面，以及新建道路的下封层 |
|      | ES-3 型 | 8~10      | 中交通次干路的罩面，以及新建道路的下封层 |

3 微表处混合料与稀浆封层混合料的技术要求应符合表 5.2.4-2 的规定。

表 5.2.4-2 微表处混合料和稀浆封层混合料技术要求

| 试验项目          | 微表处   | 稀浆封层   |        |
|---------------|-------|--------|--------|
|               |       | 快开放交通型 | 慢开放交通型 |
| 可拌合时间 (s) 25℃ | ≥120  | ≥120   | ≥180   |
| 黏聚力试验 (N·m)   | 30min | ≥1.2   | —      |
|               | 60min | ≥2.0   | —      |

续表 5.2.4-2

| 试验项目                          |       | 微表处  | 稀浆封层              |            |
|-------------------------------|-------|------|-------------------|------------|
|                               |       |      | 快开放<br>交通型        | 慢开放<br>交通型 |
| 负荷车轮粘附砂量 (g/m <sup>2</sup> )  |       | ≤450 | ≤450 <sup>①</sup> |            |
| 湿轮磨损损失<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 浸水 1h | ≤540 | ≤800              |            |
|                               | 浸水 6d | ≤800 | —                 |            |
| 轮辙变形试验的宽度变化率 (%) <sup>②</sup> |       | ≤5   | —                 |            |

注：① 用于轻交通量道路的罩面和下封层时，可不要求粘附砂量指标。

② 微表处混合料用于修复车辙时，应进行轮辙试验。

**5.2.5 沥青面层用材料包括沥青材料、集料、填料、纤维和各类外加剂，应符合下列规定：**

**1** 沥青材料品种与标号的选择应根据道路等级、气候条件、交通量及其组成、面层结构与层次、施工工艺等因素，结合当地使用经验确定，并应符合表 5.2.5-1 的规定。

表 5.2.5-1 沥青材料的适用范围

| 沥青材料类型 | 适用范围   |
|--------|--|
| 道路石油沥青 | 中交通的表面层、重交通的中下面层以及特重交通的下面层                   |
| 改性沥青   | 特重交通、重交通、交叉口进口道、公交车专用道与停靠站、长大纵坡、气候严酷地区的沥青路面  |
| 乳化沥青   | 透层、粘层、稀浆封层、冷拌沥青混合料与表面处治                      |
| 改性乳化沥青 | 交通量较大或重要道路的粘层、稀浆封层、桥面铺装的粘层、表面处治、冷拌沥青混合料、微表处等 |
| 液体石油沥青 | 透层、表面处治或冷拌沥青混合料                              |
| 泡沫沥青   | 厂拌冷再生混合料、就地冷再生混合料                            |

**2** 粗集料可选用碎石或轧制的碎砾石，支路可选用经筛选的砾石，并应符合下列规定：



- 1) 粗集料规格应符合本规范附录 B 表 B. 4 的规定。
- 2) 沥青表面层所用粗集料的磨光值技术要求应符合表 5.2.5-2 的规定。

表 5.2.5-2 粗集料磨光值 (PSV) 的技术要求

| 年降雨量 (mm) | 快速路与主干路 | 次干路 | 支路  |
|-----------|---------|-----|-----|
| >1000     | ≥42     | ≥40 | ≥38 |
| 500~1000  | ≥40     | ≥38 | ≥36 |
| 250~500   | ≥38     | ≥36 | —   |
| <250      | ≥36     | —   | —   |

- 3) 对年平均降雨量在 1000mm 以上地区的快速路和主干路，表面层所用粗集料与沥青的粘附性应达到 5 级；其他情况粘附性不宜低于 4 级。
- 3 细集料可选用机制砂、天然砂、石屑，并应符合下列规定：
- 1) 细集料应洁净、无杂质、干燥、无风化，并应具有一定棱角性，应符合本规范附录 B 表 B. 5 的规定。
  - 2) 天然砂宜选用中砂、粗砂，天然河砂不宜超过细集料总质量的 20%。
  - 3) 在 SMA 混合料和 OGFC 混合料中不宜使用天然砂。
  - 4) 矿粉应采用石灰石等碱性石料磨细的石粉。
  - 5) 纤维稳定剂应根据混合料类型与使用要求合理选用。

### 5.3 路面结构组合设计

#### 5.3.1 沥青面层结构应符合下列规定：

- 1 双层式沥青面层结构分为表面层、下面层。
- 2 三层式沥青面层结构分为表面层、中面层、下面层。
- 3 单层式面层应加铺封层，或者铺筑微表处作为抗滑磨耗层。

#### 5.3.2 面层各层的混合料类型应与交通荷载等级以及使用要求

相适应，并应符合下列规定：

1 表面层应选用优质混合料铺设，并根据道路交通等级选择。

- 1) 轻交通道路，宜选用密级配细型 AC-F 混合料。
- 2) 中交通道路，宜选用密级配粗型 AC-C 混合料。
- 3) 特重交通和重交通道路，应选用 SMA 混合料或密级配粗型 AC-C 混合料，结合料应使用改性沥青。
- 4) 支路可选用沥青表面处治、沥青封层或沥青贯入式。
- 5) 交通量小的支路可选用冷拌沥青混合料。

2 中面层和下面层应采用密级配 AC 混合料。在特重交通和重交通道路上，宜使用 SMA 混合料或改性沥青密级配 AC 混合料。

3 在年平均降雨量大于 800mm 的地区，快速路宜选用开级配沥青混合料 OGFC 作为沥青表面磨耗层或者排水路面的表面层。

**5.3.3** 各类沥青面层的厚度应与混合料最大公称粒径相匹配，沥青混合料一层的最小压实厚度应符合下列规定：

1 AC 混合料路面厚度不宜小于混合料公称最大粒径的 3 倍。

2 SMA 混合料和 OGFC 混合料路面厚度不宜小于混合料公称最大粒径的 2.5 倍。

3 沥青混合料的最小压实厚度与适宜厚度应符合表 5.3.3-1 的规定，沥青贯入式、沥青表面处治的压实厚度与适宜厚度应符合表 5.3.3-2 的规定。

**表 5.3.3-1 沥青混合料的最小压实厚度及适宜厚度**

| 沥青混合料类型          | 最大粒径<br>(mm) |      | 公称最大粒径<br>(mm) | 符号 | 最小压实厚度<br>(mm) | 适宜厚度<br>(mm) |
|------------------|--------------|------|----------------|----|----------------|--------------|
|                  | 砂粒式          | 细粒式  |                |    |                |              |
| 密级配沥青混合料<br>(AC) | 9.5          | 4.75 | AC-5           | 15 | 15~30          |              |
|                  | 13.2         | 9.5  | AC-10          | 20 | 25~40          |              |
|                  | 16           | 13.2 | AC-13          | 35 | 40~60          |              |

续表 5.3.3-1

| 沥青混合料类型              | 最大粒径<br>(mm) | 公称最大粒径<br>(mm) | 符号   | 最小压实厚度<br>(mm) | 适宜厚度<br>(mm) |        |
|----------------------|--------------|----------------|------|----------------|--------------|--------|
| 密级配沥青混合料<br>(AC)     | 中粒式          | 19             | 16   | AC-16          | 40           | 50~80  |
|                      |              | 26.5           | 19   | AC-20          | 50           | 60~100 |
|                      | 粗粒式          | 31.5           | 26.5 | AC-25          | 70           | 80~120 |
| 沥青玛蹄脂碎石<br>混合料 (SMA) | 细粒式          | 13.2           | 9.5  | SMA-10         | 25           | 25~50  |
|                      |              | 16             | 13.2 | SMA-13         | 30           | 35~60  |
|                      | 中粒式          | 19             | 16   | SMA-16         | 40           | 40~70  |
|                      |              | 26.5           | 19   | SMA-20         | 50           | 50~80  |
| 开级配沥青磨耗层<br>(OGFC)   | 细粒式          | 13.2           | 9.5  | OGFC-10        | 20           | 20~30  |
|                      |              | 16             | 13.2 | OGFC-13        | 30           | 30~40  |
| 半开级配沥青碎石<br>(AM)     | 细粒式          | 16             | 13.2 | AM-13          | 35           | 40~60  |
|                      | 中粒式          | 19             | 16   | AM-16          | 40           | 50~70  |
|                      |              | 26.5           | 19   | AM-20          | 50           | 60~80  |

表 5.3.3-2 沥青贯入式、沥青表面处治压实最小厚度与适宜厚度

| 结构层类型  | 最小压实厚度 (mm) | 适宜厚度 (mm) |
|--------|-------------|-----------|
| 沥青贯入式  | 40          | 40~80     |
| 沥青表面处治 | 10          | 10~30     |

**5.3.4** 特重交通道路应适当加厚面层或采取措施提高沥青混合料的抗剪强度。

**5.3.5** 应减少半刚性基层沥青路面收缩开裂和反射裂缝，可选择采取下列措施：

- 1 适当增加沥青层的厚度。
- 2 在半刚性材料层上设置沥青稳定碎石或级配碎石等柔性基层。
- 3 在半刚性基层上设置应力吸收层或铺设经实践证明有效

的土工合成材料等。

**5.3.6** 沥青路面各结构层之间应保持紧密结合，并应符合下列规定：

- 1 各个沥青层之间应设粘层。
- 2 各类基层上宜设透层。
- 3 快速路、主干路的半刚性基层上应设下封层。

**5.3.7** 非机动车道、人行道与步行街采用沥青路面铺装时，沥青混合料面层厚度不应小于 30mm，沥青石屑、沥青砂面层厚度不应小于 20mm。

## 5.4 路面结构设计指标与要求

**5.4.1** 沥青路面结构设计应满足结构整体刚度、沥青层或半刚性基层抗疲劳开裂和沥青层抗变形的要求。应根据道路等级与类型选择路表弯沉值、柔性基层沥青层层底拉应变、半刚性材料基层层底拉应力和沥青层剪应力作为沥青路面结构设计指标，并应符合下列规定：

- 1 快速路、主干路和次干路应采用路表弯沉值、半刚性材料基层层底拉应力、沥青层剪应力或柔性基层沥青层层底拉应变作为设计指标。

- 2 支路可仅采用路表弯沉值为设计指标。

- 3 可靠度系数可根据当地相关研究成果选择；当无资料时可按表 5.4.1 取用。

表 5.4.1 可靠度系数

| 变异水平等级 | 目标可靠度 (%) |           |           |
|--------|-----------|-----------|-----------|
|        | 95        | 90        | 85        |
| 低      | 1.05~1.10 | 1.03~1.06 | 1.00~1.03 |
| 中      | —         | 1.06~1.10 | 1.03~1.06 |
| 高      | —         | —         | 1.06~1.10 |

**5.4.2** 沥青路面结构设计的各项设计指标应符合下列规定：

1 轮隙中心处路表计算的弯沉值应小于或等于路表的设计弯沉值，应满足下式要求：

$$\gamma_a l_s \leq l_d \quad (5.4.2-1)$$

式中： $\gamma_a$ ——沥青路面可靠度系数，可按本规范第 5.4.1 条规定的方法确定；

$l_s$ ——轮隙中心处路表计算的弯沉值 (0.01mm)，可按本规范第 5.5.2 条的规定进行计算；

$l_d$ ——路表的设计弯沉值 (0.01mm)，可按本规范第 5.4.3 条规定的方法确定。

2 柔性基层沥青层层底计算的最大拉应变应小于或等于材料的容许拉应变，应满足下式要求：

$$\gamma_a \epsilon_t \leq [\epsilon_R] \quad (5.4.2-2)$$

式中： $\epsilon_t$ ——柔性基层沥青层层底计算的最大拉应变，可按本规范第 5.5.3 条的规定进行计算；

$[\epsilon_R]$ ——沥青层材料的容许拉应变，可按本规范第 5.4.4 条规定的方法确定。

3 半刚性材料基层层底计算的最大拉应力应小于或等于材料的容许抗拉强度，应满足下式要求：

$$\gamma_a \sigma_m \leq [\sigma_R] \quad (5.4.2-3)$$

式中： $\sigma_m$ ——半刚性材料基层层底计算的最大拉应力 (MPa)，可按本规范第 5.5.4 条规定的方法计算；

$[\sigma_R]$ ——半刚性材料的容许抗拉强度 (MPa)，可按本规范第 5.4.5 条规定的方法确定。

4 沥青面层计算的最大剪应力应小于或等于材料的容许抗剪强度，应满足下式要求：

$$\gamma_a \tau_m \leq [\tau_R] \quad (5.4.2-4)$$

式中： $\tau_m$ ——沥青面层计算的最大剪应力 (MPa)，可按本规范第 5.5.5 条的规定进行计算；

$[\tau_R]$ ——沥青面层的容许抗剪强度 (MPa)，可按本规范第 5.4.6 条规定的方法确定。

**5.4.3** 沥青路面路表设计弯沉值应根据道路等级、设计基准期内累计当量轴次、面层和基层类型按下式计算确定：

$$l_d = 600N_e^{-0.2}A_cA_sA_b \quad (5.4.3)$$

式中： $A_c$ ——道路等级系数，快速路、主干路为 1.0，次干路为 1.1，支路为 1.2；

$A_s$ ——面层类型系数，沥青混合料为 1.0，热拌、温拌或冷拌沥青碎石、沥青贯入式和沥青表面处治为 1.1；

$A_b$ ——基层类型系数，无机结合料类（半刚性）基层为 1.0，沥青类基层和粒料基层为 1.6。

**5.4.4** 沥青路面材料的容许拉应变  $[\epsilon_R]$  应按下列公式计算确定：

$$[\epsilon_R] = 0.15E_m^{-1/3}10^{M/4}Ne_e^{-1/4} \quad (5.4.4-1)$$

$$M = 4.84 \left( \frac{V_b}{V_b + V_a} - 0.69 \right) \quad (5.4.4-2)$$

式中： $M$ ——沥青混合料空隙率与有效沥青含量的函数；

$E_m$ ——沥青混合料 20℃ 动态回弹模量 (MPa)；

$V_b$ ——有效沥青含量，以体积比计，(%)；

$V_a$ ——空隙率 (%)。

**5.4.5** 半刚性材料的容许抗拉强度应按下列公式计算：

$$[\sigma_R] = \frac{\sigma_s}{K_s} \quad (5.4.5-1)$$

式中： $\sigma_s$ ——对水泥稳定类材料，为 90d 龄期的劈裂强度；对二灰稳定类和石灰稳定类材料，为 180d 龄期的劈裂强度；对水泥粉煤灰稳定材料，为龄期 120d 龄期的劈裂强度 (MPa)；

$K_s$ ——抗拉强度结构系数，应依据结构层的混合料类型按下列要求进行计算：

1) 无机结合料稳定集料类的抗拉强度结构系数应按下列公式计算：

$$K_{sr} = 0.35N_e^{0.11}/A_c \quad (5.4.5-2)$$

2) 无机结合料稳定细粒土类的抗拉强度结构系数应按下式计算:

$$K_{st} = 0.45N_e^{0.11}/A_c \quad (5.4.5-3)$$

5.4.6 沥青混面层材料的容许抗剪强度应按下式计算:

$$[\tau_R] = \frac{\tau_s}{K_r} \quad (5.4.6)$$

式中:  $\tau_s$ ——沥青面层材料的 60℃ 抗剪强度 (MPa), 可按附录 C 表 C.1 或附录 D 试验确定;

$K_r$ ——抗剪强度结构系数, 对一般行驶路段  $K_r = 1.2/A_c$ ; 对交叉口和公交车车站缓慢制动路段  $K_r = 0.39N_p^{0.15}/A_c$ ;

$N_p$ ——公交车车站或交叉口设计基准期内同一位置停车的累计当量轴次。

5.4.7 路面质量验收时, 应对沥青路面弯沉进行检测和验收, 并应符合下列规定:

1 应在不利季节采用 BZZ-100 标准轴载实测轮隙中心处路表弯沉值, 实测弯沉代表值应按下式计算:

$$l_0 = (\bar{l}_0 + Z_a S) K_1 K_3 \quad (5.4.7-1)$$

式中:  $l_0$ ——路段内实测路表弯沉代表值 (0.01mm);

$\bar{l}_0$ ——路段内实测路表弯沉平均值 (0.01mm);

$S$ ——路段内实测路表弯沉标准差 (0.01mm);

$Z_a$ ——与保证率有关的系数, 快速路、主干路  $Z_a = 1.645$ , 其他等级道路沥青路面  $Z_a = 1.5$ ;

$K_1$ ——季节影响系数, 可根据当地经验确定;

$K_3$ ——温度修正系数, 可根据当地经验确定。

2 应按最后确定的路面结构厚度与材料模量, 计算道路表面弯沉检测标准值  $l_a$ , 实测弯沉代表值应满足下式要求:

$$l_0 \leq l_a \quad (5.4.7-2)$$

式中:  $l_a$ ——路表面弯沉检测标准值 (0.01mm), 按最后确定的路面结构厚度与材料模量计算的路表面弯沉值。

3 检测代表弯沉值应用标准轴载 BZZ-100 的汽车实测路表弯沉值, 若为非标准轴载应进行换算。对半刚性基层结构宜采用 5.4m 的弯沉仪; 对柔性结构可采用 3.6m 的弯沉仪测定。检测时, 当沥青厚度小于或等于 50mm 时, 可不进行温度修正; 其他情况下均应进行温度修正。若在非不利季节测定, 应考虑季节修正。

4 测定弯沉时应以 1km~3km 为一评定路段。检测频率视道路等级每车道每 10m~50m 测一点, 快速路、主干路每公里检测不少于 80 个点, 次干路及次干路以下等级道路每公里检测不少于 40 个点。

## 5.5 路面结构层的计算

5.5.1 新建沥青路面结构设计应采用双圆垂直均布荷载作用下的弹性层状连续体系理论进行计算。路面荷载与计算点如图 5.5.1 所示。

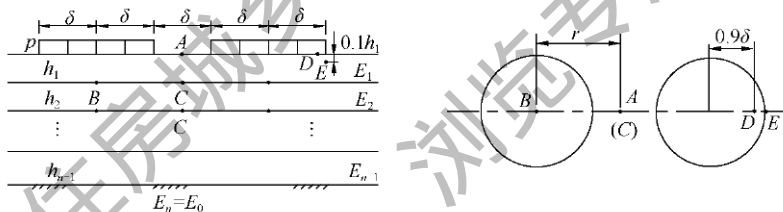


图 5.5.1 路面荷载与计算点

5.5.2 路表弯沉值计算点位置应为双轮轮隙中心点 A, 计算弯沉值应按下列公式计算:

$$l_s = 1000 \frac{2p\delta}{E_1} \alpha_w \cdot F \quad (5.5.2-1)$$

$$\alpha_w = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right) \quad (5.5.2-2)$$

$$F = 1.63 \left(\frac{l_s}{2000\delta}\right)^{0.38} \left(\frac{E_0}{p}\right)^{0.36} \quad (5.5.2-3)$$

式中:  $p$ ——标准轴载下的轮胎接地压强 (MPa);



$\delta$ ——当量圆半径 (cm);

$\alpha_w$ ——理论弯沉系数;

$E_0$ ——路基抗压回弹模量值 (MPa);

$E_1、E_2\cdots\cdots E_{n-1}$ ——各层材料抗压回弹模量值 (MPa);

$h_1、h_2\cdots\cdots h_{n-1}$ ——各结构层设计厚度 (cm);

$F$ ——弯沉综合修正系数。

**5.5.3** 柔性基层沥青层层底拉应变的计算点位置应为沥青层底面单圆中心点  $B$  或双圆轮隙中心点  $C$ , 并应取较大值作为层底拉应变。柔性基层沥青层层底的最大拉应变应按下列公式计算:

$$\epsilon_t = \frac{p}{E_m} \bar{\epsilon}_t \quad (5.5.3-1)$$

$$\bar{\epsilon}_t = \left( \frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_{m2}}{E_{m1}}, \frac{E_{m3}}{E_{m2}}, \dots, \frac{E_{m0}}{E_{m_{n-1}}} \right) \quad (5.5.3-2)$$

式中:  $\bar{\epsilon}_t$ ——理论最大拉应变系数;

$E_{m1}、E_{m2}\cdots\cdots E_{m_{n-1}}$ ——各层材料动态抗压回弹模量值 (MPa);

$E_{m0}$ ——路基动态抗压回弹模量值 (MPa)。

**5.5.4** 半刚性材料基层层底拉应力的计算点应为半刚性基层层底单圆荷载中心处  $B$  或双圆轮隙中心  $C$ , 并取较大值作为层底拉应力。层底最大拉应力应按下列公式计算:

$$\sigma_m = p \bar{\sigma}_m \quad (5.5.4-1)$$

$$\bar{\sigma}_m = f \left( \frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}} \right) \quad (5.5.4-2)$$

式中:  $\bar{\sigma}_m$ ——理论最大拉应力系数;

$E_1、E_2\cdots\cdots E_{n-1}$ ——各层材料抗压回弹模量值 (MPa)。

**5.5.5** 沥青面层剪应力最大值计算点位置应取荷载外侧边缘路表距单圆荷载中心点  $0.9\delta$  的点  $D$  或离路表  $0.1h_1$  距单圆荷载中心点  $\delta$  的点  $E$ , 并取较大值作为面层剪应力, 应按下列公式计算:

$$\tau_m = p \bar{\tau}_m \quad (5.5.5-1)$$

$$\bar{\tau}_m = f \left( f_h, \frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_2}{S_m}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}} \right) \quad (5.5.5-2)$$

式中： $\bar{\tau}_m$ ——理论最大剪应力系数；  
 $S_m$ ——沥青表面层材料 60℃ 抗压回弹模量值 (MPa)；  
 $E_2、E_3\cdots\cdots E_{n-1}$ ——各层材料抗压回弹模量值 (MPa)；  
 $f_h$ ——水平力系数，对于一般行驶路段为 0.5；  
对于公交车车站、交叉口等缓慢制动路段为 0.2。

**5.5.6** 路面设计抗压回弹模量、劈裂强度和抗剪强度等设计参数应根据道路等级和设计阶段的要求确定，并应符合下列规定：

- 1 可行性研究阶段可按本规范附录 C 确定设计参数。
- 2 快速路、主干路初步设计或次干路（含）以下道路施工图设计时，可借鉴本地区已有的试验资料或工程经验确定。
- 3 快速路、主干路施工图设计时，设计参数应通过试验确定。当采用新材料时，必须实测设计参数。

**5.5.7** 材料设计参数的确定应符合下列规定：

1 计算路表弯沉时，设计参数应采用抗压回弹模量，沥青层模量取 20℃ 时的抗压回弹模量。计算路表弯沉值时，抗压回弹模量设计值  $E$  应按下式计算：

$$E = \bar{E} - Z_\alpha S \quad (5.5.7-1)$$

式中： $\bar{E}$ ——各试件模量的平均值 (MPa)；

$S$ ——各试件模量的标准差；

$Z_\alpha$ ——保证率系数，取 2.0。

2 计算柔性基层沥青层层底拉应变时，沥青层模量采用 20℃ 回弹模量，可按本规范附录 C 表 C.3 或附录 E 试验确定；半刚性基层的模量设计值，可按本规范附录 C 表 C.3 取值，松散粒料与土基模量可采用下式计算确定：

$$E_{m0} = 17.63(CBR)^{0.64} \quad (5.5.7-2)$$

式中： $E_{m0}$ ——松散粒料与土基回弹模量 (MPa)；

$CBR$ ——加州承载比 (%)。

3 计算半刚性基层层底拉应力时，设计参数应采用抗压回

弹模量，沥青层模量取 15℃时的抗压回弹模量。

半刚性材料应在规定的龄期下测试抗压回弹模量，水泥稳定类材料的龄期为 90d、二灰稳定类和石灰稳定类材料的龄期为 180d、水泥粉煤灰稳定材料的龄期为 120d。

计算层底拉应力时应考虑模量的最不利组合。在计算层底拉应力时，计算层以下各层的模量应采用式 (5.5.7-1) 计算其模量设计值；计算层及以上各层模量应采用式 (5.5.7-3) 计算其模量设计值。

$$E = \bar{E} + Z_{\alpha} S \quad (5.5.7-3)$$

4 计算沥青层剪应力时，设计参数采用抗压回弹模量，沥青上面层取 60℃的抗压回弹模量，可按本规范附录 C 表 C.1 取用，模量设计值采用式 (5.5.7-1) 计算，中下沥青面层取 20℃的抗压回弹模量，模量设计值采用式 (5.5.7-3) 计算。

5 路基回弹模量应在不利季节用标准承载板实测确定；当受条件限制时，可在土质与水文条件相近的临近路段测定，亦可现场取土样在室内测定。

**5.5.8 沥青路面结构设计宜按下列主要步骤进行：**

1 根据道路等级、使用要求、交通条件、投资水平、材料供应、施工技术确定路面等级、面层类型，初拟路面结构整体结构类型；

2 根据土质、水文状况、工程地质条件、施工条件等，将路基分段，确定土基回弹模量；

3 收集调查交通量，计算设计基准期内一个方向上设计车道的累计当量轴次；

4 进行路面结构组合设计，确定各层材料设计参数；

5 根据道路等级和基层类型确定设计指标（设计弯沉、容许抗拉强度、容许抗剪强度、容许拉应变），根据面层类型、道路等级和变异水平等级确定可靠度系数；

6 进行路面结构厚度设计，路面结构设计应满足各设计指标要求；

- 7 对于季节性冰冻地区应验算防冻厚度；
- 8 按全寿命周期费用分析的理念进行技术经济对比，确定路面结构方案。

## 5.6 加铺层结构设计

### 5.6.1 沥青路面加铺层设计应符合下列规定：

1 应调查旧路面现状，分析路面损坏原因，对路面破损程度进行分段评价。旧路面的主要调查分析宜包括下列主要内容：

- 1) 调查破损情况包括裂缝率、车辙深度、修补面积等。
- 2) 评价旧路面结构承载能力。
- 3) 进行分层钻孔取样和试验，采集沥青混合料和基层、路基的样品，分析破坏原因，判断其破坏层位和利用的可能性。
- 4) 钻孔取样调查路床范围内路基土的分层含水量与土质类型及承载力等，分析路基的稳定性、强度以及路基路面范围内排水状况等。

2 设计应根据下列情况将全线划分为若干段。分段时，应符合下列规定：

- 1) 将旧路面的破损形态、弯沉值、破损原因相近的划分为一个路段。
- 2) 在同一路段内，若局部路段弯沉值很大，可先修补处理再进行补强，此时，该段计算代表弯沉时可不考虑个别弯沉值大的点。
- 3) 宜按 1km 为单位对路况进行评价。在水文、土质条件复杂或需要特殊处理的路段，其分段最小长度可视实际情况确定。

3 各路段的计算弯沉代表值  $l'_0$  应按下式计算：

$$l'_0 = (\bar{l}_0 + Z_\alpha S) K_1 K_2 K_3 \quad (5.6.1-1)$$

式中： $l'_0$ ——旧路面的计算弯沉代表值 (0.01mm)；

$\bar{l}_0$ ——旧路面的计算弯沉平均值 (0.01mm)；

$K_2$ ——湿度影响系数，根据当地经验确定。

4 旧沥青路面处理应符合下列规定：

- 1) 沥青路面整体强度基本符合要求，车辙深度小于10mm，轻度裂缝而平整度及抗滑性能差时，可直接加铺罩面，恢复表面使用功能。
- 2) 对中度、重度裂缝段宜视具体情况铣刨路面，否则，应进行灌缝、修补坑槽等处理，必要时采取防裂措施后再加铺沥青层。对沥青层网裂、龟裂或沥青老化的路段应进行铣刨并清除干净，并设粘层沥青后，再加铺沥青层。
- 3) 对整体强度不足或破损严重的路段，视路面破损程度确定挖除深度、范围以及加铺层的结构和厚度。

5 可用沥青混合料罩面、表面处治或其他预防性养护措施改善提高沥青表面层的服务功能。一般单层沥青混合料罩面厚度可为30mm~50mm；超薄磨耗层厚度宜为20mm~25mm。也可选用稀浆封层、微表处或养护剂等处治措施。

6 旧路面当量回弹模量的计算应符合下列规定：

- 1) 各路段的当量回弹模量应根据各路段的计算弯沉值，按下式计算：

$$E_t = 1000 \frac{2D_0}{l_0} m_1 m_2 \quad (5.6.1-2)$$

式中： $E_t$ ——旧路面的当量回弹模量（MPa）；

$m_1$ ——用标准轴载的汽车在旧路面上测得的弯沉值与用承载板在相同压强条件下所测得的回弹变形值之比，即轮板对比值，应根据各地的对比试验结果论证确定，在没有对比试验资料的情况下，可取  $m_1 = 1.1$  进行计算；

$m_2$ ——旧路面当量回弹模量扩大系数。计算与旧路面接触的补强层层底拉应力时， $m_2$  按下式计算；计算其他补强层层底拉应力、拉应变及弯沉值时， $m_2$

=1.0。

$$m_2 = e^{0.037 \frac{h'}{\delta}} \left( \frac{E_{n-1}}{\rho} \right)^{0.25} \quad (5.6.1-3)$$

式中： $E_{n-1}$ ——与旧路面接触层材料的抗压模量 (MPa)；

$h'$ ——各补强层换算为与旧路面接触层  $E_{n-1}$  相当的等效总厚度 (cm)。

2) 等效总厚度按下式计算：

$$h' = \sum_{i=1}^{n-1} h_i (E_i/E_{n-1})^{0.25} \quad (5.6.1-4)$$

式中： $E_i$ ——第  $i$  层补强层材料的抗压回弹模量 (MPa)；

$h_i$ ——第  $i$  层补强层的厚度 (cm)；

$n-1$ ——补强层层数。

7 加铺层结构设计应符合下列规定：

- 1) 当强度不足时应进行补强设计，设计方法与新建路面相同。
- 2) 加铺层的结构设计，应根据旧路面综合评价，道路等级、交通量，考虑与周围环境相协调，结合纵、横断面调坡设计等因素，选用直接加铺或开挖旧路至某一结构层位，采取加铺一层或多层沥青补强层，或加铺半刚性基层、贫混凝土基层等结构层设计方案。

8 加铺层设计宜符合下列步骤：

- 1) 计算旧路面的当量回弹模量。
- 2) 拟定几种可行的结构组合及设计层，并确定各补强层的材料参数。
- 3) 根据加铺层的类型确定设计指标，当以路表回弹弯沉为设计指标时，弯沉综合修正系数宜按下式计算：

$$F = 1.45 \left( \frac{l_s}{2000\delta} \right)^{0.61} \left( \frac{E_t}{\rho} \right)^{0.61} \quad (5.6.1-5)$$

- 4) 采用弹性层状体系理论设计程序计算设计层的厚度或进行结构验算。对季节性冰冻地区的中、潮湿路段还应验算防冻厚度。

5) 根据各方案的计算结果, 进行技术经济比较, 确定补强设计方案。

#### 5.6.2 水泥混凝土路面加铺沥青路面应符合下列规定:

##### 1 旧水泥混凝土路面调查内容如下:

- 1) 调查破碎板块、开裂板块、板边角的破损状况, 计算每公里断板率。调查纵、横向接缝拉开宽度、错台位置与高度, 计算错台段的平均错台高度; 调查板底脱空位置等。
- 2) 用落锤式弯沉仪或贝克曼弯沉仪进行测定旧水泥混凝土路面承载能力、接缝传荷能力与板底脱空状况。
- 3) 选择典型路面状况, 分层钻芯取样, 测定旧混凝土强度、模量等, 分析破坏原因。

##### 2 旧路面接缝传荷能力的评价应符合下列规定:

- 1) 横向接缝两侧板边的弯沉差宜按下式计算:

$$\Delta_w = w_l - w_u \quad (5.6.2-1)$$

式中:  $\Delta_w$  —— 弯沉差 (0.01mm);

$w_u$  —— 未受荷板接缝边缘处的弯沉值 (mm);

$w_l$  —— 受荷板接缝边缘处的弯沉值 (mm)。

- 2) 测定横向接缝两侧板边的弯沉时, 宜用平均弯沉值评价混凝土板的承载能力, 并区分不同情形对旧板进行处治。平均弯沉值应按下式计算:

$$\bar{w} = \frac{w_u + w_l}{2} \quad (5.6.2-2)$$

式中:  $\bar{w}$  —— 平均弯沉值 (0.01mm)。

3 根据破损调查和承载能力测试资料, 旧水泥混凝土路面加铺层设计宜符合表 5.6.2 的规定。若路面结构承载能力不满足现有交通要求, 应采取补强层措施。

4 沥青加铺层可设单层、双层或三层沥青面层, 应根据具体情况增加调平层或补强层等。在稳定的旧水泥混凝土板上加铺沥青层时, 对快速路、主干路厚度不宜小于 100mm, 其他道路

不宜小于 70mm。

表 5.6.2 不同路面破损条件下旧水泥混凝土路面处理方法

| 旧路面状况           | 评价等级      | 平均弯沉值<br>(0.01mm) | 修补方法  |
|-----------------|-----------|-------------------|---|
| 路面破损<br>状况      | 优和良       | 20~45             | 局部处理：更换破碎板、修补开裂板块、脱空板灌浆，使处治后的路段代表弯沉值低于 20 (0.01mm)，然后加铺沥青层。 |
|                 | 中及中<br>以下 | >45               | 采取打裂或各种碎石化技术将混凝土板打碎，压实，然后加铺                                 |
| 接（裂）缝<br>传荷能力不足 | —         | $\Delta_w \geq 6$ | 压浆填封，或增加传力杆，或采取打裂工艺消除垂直、水平方向变形，然后加铺沥青层                      |
| 板底脱空            | —         | —                 | 灌浆或打裂工艺、压实，消除垂直、水平方向变形，使路面稳定，然后加铺沥青层                        |

5 在旧水泥混凝土路面上加铺沥青层时宜采用热沥青、改性乳化沥青或改性沥青做粘层。宜设置 20mm~25mm 厚的聚合物改性沥青应力吸收层、橡胶沥青应力吸收层，或铺设长纤维无纺聚酯类土工织物等。

6 路面状况评价等级为中等及以下的旧水泥混凝土沥青加铺设计应符合下列规定：

- 1) 当旧路面板接缝或裂缝处平均弯沉大于 45 (0.01mm)，小于或等于 70 (0.01mm) 时，宜采取打裂措施，消除旧混凝土板脱空，与基层紧密结合稳定后，再加铺结构层。
- 2) 当旧路面板接缝或裂缝处平均弯沉大于 70 (0.01mm) 或旧混凝土板破碎严重时，可采用碎石化技术将旧路面板破碎成小块或碎石，作为下基层或垫层用。



## 6 水泥混凝土路面

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 水泥混凝土路面设计方案，应根据交通等级，结合当地气候、水文、土质、材料、施工技术、环境保护等，通过技术经济分析确定。水泥混凝土路面设计应包括结构组合与厚度、材料组成、接缝构造和钢筋配置等。

**6.1.2** 水泥混凝土路面结构应按规定的安全等级和目标可靠度，承受预期的交通荷载作用，并与所处的自然环境相适应，满足预定的使用性能要求。

### 6.2 设计指标与要求

**6.2.1** 材料性能和面层厚度的变异水平可分为低、中和高三级。各变异水平等级主要设计参数的变异系数变化范围应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 变异系数 ( $c_v$ ) 的变化范围

| 变异水平等级           | 低 级             | 中 级                    | 高 级                    |
|------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| 水泥混凝土弯拉强度、弯拉弹性模量 | $c_v \leq 0.10$ | $0.10 < c_v \leq 0.15$ | $0.15 < c_v \leq 0.20$ |
| 基层顶面当量回弹模量       | $c_v \leq 0.25$ | $0.25 < c_v \leq 0.35$ | $0.35 < c_v \leq 0.55$ |
| 水泥混凝土面层厚度        | $c_v \leq 0.04$ | $0.04 < c_v \leq 0.06$ | $0.06 < c_v \leq 0.08$ |

**6.2.2** 水泥混凝土路面结构设计应以行车荷载和温度梯度综合作用产生的疲劳断裂作为设计的极限状态，应满足下式要求：

$$\gamma_c(\sigma_{pr} + \sigma_{tr}) \leq f_r \quad (6.2.2)$$

式中： $\gamma_c$ ——水泥混凝土路面可靠度系数，根据所选目标可靠度及变异水平等级按表 6.2.2 确定；

- $\sigma_{pr}$  —— 行车荷载疲劳应力 (MPa);  
 $\sigma_{tr}$  —— 温度梯度疲劳应力 (MPa);  
 $f_r$  —— 28d 龄期水泥混凝土弯拉强度标准值 (MPa)。

表 6.2.2 可靠度系数

| 变异水平等级 | 目标可靠度 (%) |           |           |
|--------|-----------|-----------|-----------|
|        | 95        | 90        | 85        |
| 低      | 1.20~1.33 | 1.09~1.16 | 1.04~1.08 |
| 中      | 1.33~1.50 | 1.16~1.23 | 1.08~1.13 |
| 高      | —         | 1.23~1.33 | 1.13~1.18 |

注：变异系数在本规范表 6.2.1 所示的变化范围的下限时，可靠度系数取低值，上限时，取高值。

**6.2.3** 不同轴-轮型和轴载的作用次数，应按本规范第 3.2.4 条换算为当量轴次。

**6.2.4** 水泥混凝土路面所承受的轴载作用，应按设计基准期内设计车道所承受的标准轴载累计作用次数分为 4 级，分级范围应符合本规范表 3.2.5 的规定。

**6.2.5** 水泥混凝土的强度应以 28d 龄期的弯拉强度控制。水泥混凝土弯拉强度标准值不得低于表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 水泥混凝土弯拉强度标准值

| 交通等级                 | 特重、重 | 中   | 轻   |
|----------------------|------|-----|-----|
| 水泥混凝土的弯拉强度标准值 (MPa)  | 5.0  | 4.5 | 4.5 |
| 钢纤维混凝土的弯拉强度标准值 (MPa) | 6.0  | 5.5 | 5.0 |

**6.2.6** 在季节性冰冻地区的中湿、潮湿路段的路面结构总厚度不应小于本规范表 3.2.6-3 规定的最小防冻厚度，当不满足时，其差值应设垫层补足。过湿路段在对路基处理后也应按潮湿路段的要求设置垫层。

**6.2.7** 设计基准期内水泥混凝土面层的最大温度梯度标准值  $T_g$  宜采用各地实测值。当无实测资料时，可根据按本规范表

3.2.6-1 选用。

### 6.3 结构组合设计

**6.3.1** 路基、垫层和基层的设计应符合本规范第4章的规定。

**6.3.2** 面层宜采用设置接缝的普通混凝土。当面层板的平面尺寸较大或形状不规则，路面结构下埋有地下设施，高填方、软土地基、填挖交界段的路基等有可能产生不均匀沉降时，应采用设置接缝的钢筋混凝土面层。面层类型应按表6.3.2选择。

表 6.3.2 面层类型选择

| 面层类型      | 适用条件                    |
|-----------|-------------------------|
| 连续配筋混凝土面层 | 特重交通的快速路、主干路            |
| 碾压混凝土面层   | 次干路以下道路、停车场、广场          |
| 钢纤维混凝土面层  | 标高受限制路段、收费站、混凝土加铺层和桥面铺装 |
| 普通水泥混凝土路面 | 各级道路、停车场、广场             |

**6.3.3** 普通混凝土、钢筋混凝土、碾压混凝土或钢纤维混凝土面层板宜采用矩形。其纵向和横向接缝应垂直相交，纵缝两侧的横缝不得相互错位。

**6.3.4** 纵向接缝的间距应按路面宽度在3.0m~4.5m范围内确定，不宜设置在轮迹带上。碾压混凝土、钢纤维混凝土面层在全幅摊铺时，可不设纵向缩缝。

**6.3.5** 横向接缝的间距宜符合表6.3.5规定。

表 6.3.5 横向接缝间距表

| 面层类型      | 横向接缝间距 (m)                                     |
|-----------|--|
| 钢筋混凝土面层   | 6~15   |
| 碾压混凝土面层   | 6~10   |
| 钢纤维混凝土面层  |  |
| 普通水泥混凝土路面 | 宜为4~6，面层板的长宽比不宜超过1.30，平面尺寸不宜大于25m <sup>2</sup> |

**6.3.6** 普通混凝土、钢筋混凝土、碾压混凝土与连续配筋混凝土面层所需的厚度，可按表 6.3.6 所列范围并满足计算要求。

**表 6.3.6 水泥混凝土面层厚度的参考范围**

|           |      |      |      |    |      |      |      |    |
|-----------|------|------|------|----|------|------|------|----|
| 交通等级      | 特 重  |      |      |    | 重    |      |      |    |
| 道路等级      | 快速   | 主干   |      | 次干 | 快速   | 主干   |      | 次干 |
| 变异水平等级    | 低    | 中    | 低    | 中  | 低    | 中    | 低    | 中  |
| 面层厚度 (mm) | ≥260 | ≥250 | ≥240 |    | ≥240 | ≥230 | ≥220 |    |
| 交通等级      | 中    |      |      |    |      | 轻    |      |    |
| 道路等级      | 次干   |      |      | 支路 | 支路   | 支路   |      |    |
| 变异水平等级    | 高    | 中    | 高    | 中  | 高    | 中    |      |    |
| 面层厚度 (mm) | ≥210 | ≥200 |      |    | ≥200 | ≥180 | ≥180 |    |

**6.3.7** 钢纤维混凝土面层的厚度应按钢纤维掺量确定，当钢纤维体积率为 0.6%~1.0% 时，其厚度宜为普通混凝土面层厚度的 0.65 倍~0.75 倍。特重或重交通时，其最小厚度宜为 180mm；中或轻交通时，其最小厚度宜为 160mm。

**6.3.8** 水泥混凝土面层的计算应力应满足本规范式 (6.2.2) 的要求。荷载疲劳应力应按本规范第 6.5.1 条计算，温度疲劳应力应按本规范第 6.5.2 条计算。面层设计厚度应依计算厚度按 10mm 向上取整。

当采用碾压混凝土或贫混凝土做基层时，宜将基层与混凝土面层视作分离式双层板进行应力分析。上、下层板在临界荷位处的荷载疲劳应力和温度疲劳应力应按本规范第 6.5.3 条与第 6.5.4 条计算。上、下层板的计算应力应分别满足本规范式 (6.2.2) 的要求。

**6.3.9** 路面表面构造应采用刻槽、压槽、拉槽或拉毛等方法制作。构造深度在使用初期应满足本规范表 3.2.8-2 的要求。

**6.3.10** 非机动车道、人行道、步行街采用水泥混凝土铺装时，面层厚度不应小于 120mm，水泥混凝土 28d 龄期的弯拉强度不应低于 3.5MPa。

**6.3.11** 停车场水泥混凝土面层 28d 龄期的弯拉强度不应低于 5.0MPa，人行广场面层 28d 龄期的弯拉强度不应低于 3.5MPa，并且在有纵横向交通的广场上，宜采用正方形混凝土板块，接缝宜布置成两个方向均能传递荷载的形式。接缝设传力杆时，一个方向的接缝宜采用普通传力杆，另一个方向的接缝宜采用滑动传力杆。

## 6.4 面层材料

**6.4.1** 面层材料组成应符合下列规定：

1 水泥混凝土所用集料公称最大粒径不应大于 31.5mm。砂的细度模数不宜小于 2.5。

2 对重交通及以上交通等级道路、城市快速路、主干路应采用强度等级 42.5 级以上的道路硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；中、轻交通等级的道路可采用矿渣水泥，其强度等级不宜低于 32.5 级。最小单位水泥用量应满足表 6.4.1-1 的规定。对冰冻地区，混凝土中必须掺加引气剂，抗冻等级应达到 F200。

表 6.4.1-1 路面混凝土最小单位水泥用量

| 道路等级                                  |          | 快速、主干路 | 次干路 | 支路  |
|---------------------------------------|----------|--------|-----|-----|
| 非冰冻地区最小单位水泥用量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 42.5 级水泥 | 300    | 300 | 290 |
|                                       | 32.5 级水泥 | 310    | 310 | 305 |
| 冰冻地区最小单位水泥用量<br>(kg/m <sup>3</sup> )  | 42.5 级水泥 | 320    | 320 | 315 |
|                                       | 32.5 级水泥 | 330    | 330 | 325 |

3 厚度大于 280mm 的普通混凝土面层，当分上下两层连续铺筑时，上层宜为总厚度的 1/3，可采用高强、耐磨的混凝土材料，集料公称最大粒径宜为 19mm。

4 钢纤维混凝土集料公称最大粒径宜为钢纤维长度的 1/2~2/3，对于铣削型钢纤维不宜大于 26.5mm，对于剪切型或熔抽型钢纤维不宜大于 19mm。钢纤维的抗拉强度标准值不宜小于 600 级（600MPa~1000MPa），以体积率计的钢纤维掺量宜为

0.6%~1.0%。最小单位水泥用量应满足表 6.4.1-2 的规定。

表 6.4.1-2 路面钢纤维混凝土最小单位水泥用量

|                                       |          |     |
|---------------------------------------|----------|-----|
| 非冰冻地区最小单位水泥用量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 42.5 级水泥 | 360 |
|                                       | 32.5 级水泥 | 370 |
| 冰冻地区最小单位水泥用量<br>(kg/m <sup>3</sup> )  | 42.5 级水泥 | 380 |
|                                       | 32.5 级水泥 | 390 |

5 碾压混凝土面层混凝土的集料公称最大粒径不宜大于 19.0mm，非冰冻地区水泥用量不得少于 280kg/m<sup>3</sup>，冰冻地区水泥用量不得少于 310kg/m<sup>3</sup>。

#### 6.4.2 材料性质参数确定应符合下列规定：

1 路床土和路面各结构层混合料的各项性质参数，应按国家相关现行标准确定，其标准值应按概率分布的 0.85 分位值确定。

2 当受条件限制而无试验数据时，混凝土弯拉弹性模量以及路床土和垫层、基层混合料的回弹模量标准值，可按本规范附录 F 结合工程经验分析确定。

3 混凝土配合比设计时的混凝土试配 28d 龄期弯拉强度的均值应按下式确定：

$$f_m = \frac{f_r}{1 - 1.04c_v} + t_c s \quad (6.4.2)$$

式中： $f_m$ ——混凝土试配 28d 龄期弯拉强度的均值 (MPa)；

$c_v$ ——混凝土 28d 龄期弯拉强度的变异系数；

$s$ ——混凝土 28d 龄期弯拉强度试验样本的标准差；

$t_c$ ——保证率系数，按表 6.4.2 确定。

表 6.4.2 保证率系数

| 道路等级 | 判别概率 $p$ | 样本数 $n$ (组) |      |      |      |      |
|------|----------|-------------|------|------|------|------|
|      |          | 3           | 6    | 9    | 15   | 20   |
| 快速路  | 0.05     | 1.36        | 0.79 | 0.61 | 0.45 | 0.39 |
| 主干路  | 0.10     | 0.95        | 0.59 | 0.46 | 0.35 | 0.30 |
| 次干路  | 0.15     | 0.72        | 0.46 | 0.37 | 0.28 | 0.24 |
| 支路   | 0.20     | 0.56        | 0.37 | 0.29 | 0.22 | 0.19 |

## 6.5 路面结构计算

6.5.1 单层混凝土板荷载应力分析应按下列步骤进行：

1 选取混凝土板的纵向边缘中部作为产生最大荷载和温度梯度综合疲劳损坏的临界荷位。

2 标准轴载在临界荷位处产生的荷载疲劳应力应按下式确定：

$$\sigma_{pr} = k_r k_f k_c \sigma_{ps} \quad (6.5.1-1)$$

式中： $\sigma_{pr}$ ——标准轴载在临界荷位处产生的荷载疲劳应力 (MPa)；

$\sigma_{ps}$ ——标准轴载在四边自由板的临界荷位处产生的荷载应力 (MPa)；

$k_r$ ——考虑接缝传荷能力的应力折减系数，纵缝为设拉杆的平缝时， $k_r=0.87\sim 0.92$ （刚性和半刚性基层取低值，柔性基层取高值）；纵缝为不设拉杆的平缝或自由边时， $k_r=1.0$ ；纵缝为设拉杆的企口缝时， $k_r=0.76\sim 0.84$ ；

$k_f$ ——考虑设计基准期内荷载应力累计疲劳作用的疲劳应力系数，按式 (6.5.1-4) 计算；

$k_c$ ——考虑偏载和动载等因素对路面疲劳损坏影响的综合系数，按表 6.5.1 确定。

表 6.5.1 综合系数 $k_c$

| 道路等级  | 快速路  | 主干路  | 次干路  | 支路   |
|-------|------|------|------|------|
| $k_c$ | 1.30 | 1.25 | 1.20 | 1.10 |

3 标准轴载在四边自由板临界荷位处产生的荷载应力应按下列公式确定：

$$\sigma_{ps} = 0.077 \times r^{0.60} \times h^{-2} \quad (6.5.1-2)$$

$$r = 0.537h \left( \frac{E_c}{E_t} \right)^{1/3} \quad (6.5.1-3)$$

式中： $r$ ——单层混凝土板的相对刚度半径（m）；

$h$ ——混凝土板的厚度（m）；

$E_c$ ——水泥混凝土的弯拉弹性模量（MPa）；

$E_t$ ——基层顶面的当量回弹模量（MPa）。

4 设计基准期内的荷载疲劳应力系数应按下列公式计算确定：

$$k_f = N'_e{}^\nu \quad (6.5.1-4)$$

$$\nu = 0.053 - 0.017\rho_f \frac{l_f}{d_f} \quad (6.5.1-5)$$

式中： $\nu$ ——与混合料性质有关的指数，普通混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土， $\nu=0.057$ ；碾压混凝土和贫混凝土， $\nu=0.065$ ；钢纤维混凝土， $\nu$ 按式（6.5.1-5）计算确定；

$\rho_f$ ——钢纤维的体积率（%）；

$l_f$ ——钢纤维的长度（mm）；

$d_f$ ——钢纤维的直径（mm）。

5 新建道路的基层顶面当量回弹模量可按下列公式计算确定：

$$E_t = ah_x^b E_0 \left( \frac{E_x}{E_0} \right)^{1/3} \quad (6.5.1-6)$$

$$E_x = \frac{h_1^2 E_1 + h_2^2 E_2}{h_1^2 + h_2^2} \quad (6.5.1-7)$$

$$h_x = \left( \frac{12D_x}{E_x} \right)^{1/3} \quad (6.5.1-8)$$

$$D_x = \frac{E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3}{12} + \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} \left( \frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right)^{-1} \quad (6.5.1-9)$$

$$a = 6.22 \left[ 1 - 1.51 \left( \frac{E_x}{E_0} \right)^{-0.45} \right] \quad (6.5.1-10)$$

$$b = 1 - 1.44 \left( \frac{E_x}{E_0} \right)^{-0.55} \quad (6.5.1-11)$$



式中： $E_t$ ——基层顶面的当量回弹模量（MPa）；

$E_0$ ——路床顶面的回弹模量（MPa）；

$E_x$ ——基层或垫层的当量回弹模量（MPa）；

$E_1$ 、 $E_2$ ——基层或垫层的回弹模量（MPa）；

$h_x$ ——基层或垫层的当量厚度（m）；

$D_x$ ——基层或垫层的当量弯曲刚度（MN·m）；

$h_1$ 、 $h_2$ ——基层或垫层的厚度（m）；

$a$ 、 $b$ ——与  $E_x/E_0$  有关的回归系数。

6 在旧柔性路面上铺筑水泥混凝土面层时，旧柔性路面顶面的当量回弹模量可按下式计算确定：

$$E_t = 13739\omega_0^{-1.04} \quad (6.5.1-12)$$

式中： $\omega_0$ ——以后轴载 100kN 的车辆进行弯沉测定，经统计整理后得到的旧路面计算回弹弯沉值（0.01mm）。

6.5.2 单层混凝土板温度应力分析应按下列步骤进行：

1 在临界荷位处的温度疲劳应力应按下式确定：

$$\sigma_{tr} = k_t \sigma_{tm} \quad (6.5.2-1)$$

式中： $\sigma_{tr}$ ——临界荷位处的温度疲劳应力（MPa）；

$\sigma_{tm}$ ——最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力（MPa）；

$k_t$ ——考虑温度应力累计疲劳作用的疲劳应力系数。

2 最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力按式（6.5.2-2）计算。

$$\sigma_{tm} = \frac{\alpha_c E_c h T_g}{2} B_x \quad (6.5.2-2)$$

$$B_x = 1.77e^{-4.48h} C_x - 0.131(1 - C_x) \quad (6.5.2-3)$$

$$C_x = 1 - \frac{\sinh t \cosh t + \cosh t \sinh t}{\cosh t \sinh t + \sinh t \cosh t} \quad (6.5.2-4)$$

$$t = l/3r \quad (6.5.2-5)$$

式中： $\alpha_c$ ——混凝土的线膨胀系数（1/℃），可取为  $1 \times 10^{-5}/\text{℃}$ ；

$T_g$ ——最大温度梯度，查本规范表 3.2.6-1 取用；

$h$ ——面层板的厚度（m）；

$B_x$ ——综合温度翘曲应力和内应力作用的温度应力系数，按式 (6.5.2-3) 计算确定；

$C_x$ ——混凝土面层板的温度翘曲应力系数，按式 (6.5.2-4) 计算确定；

$t$ ——与面层板尺寸有关的参数；

$r$ ——面层板的相对刚度半径 (m)；

$l$ ——板长，即横缝间距 (m)。

3 温度疲劳应力系数可按式计算：

$$k_t = \frac{f_r}{\sigma_{tm}} \left[ a \left( \frac{\sigma_{tm}}{f_r} \right)^c - b \right] \quad (6.5.2-6)$$

式中： $a$ 、 $b$ 、 $c$ ——回归系数，按所在地区的道路自然区划查表 6.5.2 确定。

表 6.5.2 回归系数  $a$ 、 $b$  和  $c$

| 系 数 | 道路自然区划 |       |       |       |       |       |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | II     | III   | IV    | V     | VI    | VII   |
| $a$ | 0.828  | 0.855 | 0.841 | 0.871 | 0.837 | 0.834 |
| $b$ | 0.041  | 0.041 | 0.058 | 0.071 | 0.038 | 0.052 |
| $c$ | 1.323  | 1.355 | 1.323 | 1.287 | 1.382 | 1.270 |

6.5.3 双层混凝土板荷载应力分析应按下列步骤进行：

1 双层混凝土板的临界荷位为板的纵向边缘中部。标准轴载在临界荷位处产生的上层和下层混凝土板的荷载疲劳应力  $\sigma_{pr1}$  和  $\sigma_{pr2}$ ，分别按式 (6.5.1-1) 计算确定；但结合式双层板仅需计算下层板的荷载疲劳应力  $\sigma_{pr2}$ 。其中，应力折减系数、荷载疲劳应力系数和综合系数的确定方法，与单层混凝土板完全相同。

2 标准轴载在临界荷位处产生的分离式双层板上层和下层的荷载应力或者结合式双层板下层的荷载应力，应按下列公式计算：

$$\sigma_{pr1} = 0.077 r_g^{0.60} \frac{E_{cl} h_{01}}{12 D_g} \quad (6.5.3-1)$$

$$\sigma_{pr2} = 0.077r_g^{0.60} \frac{E_{c2}(0.5h_{02} + h_x k_u)}{6D_g} \quad (6.5.3-2)$$

式中： $\sigma_{pr1}$ 、 $\sigma_{pr2}$ ——双层混凝土板上层和下层的荷载应力 (MPa)；

$E_{c1}$ 、 $E_{c2}$ ——双层混凝土板上层和下层的弯拉弹性模量 (MPa)；

$h_{01}$ 、 $h_{02}$ ——双层混凝土板上层和下层的厚度 (m)；

$h_x$ ——下层板中面至结合式双层板中性面的距离 (m)；

$k_u$ ——层间结合系数，分离式时， $k_u=0$ ；结合式时， $k_u=1$ ；

$D_g$ ——双层混凝土板的截面总刚度 (MN·m)；

$r_g$ ——双层混凝土板的相对刚度半径 (m)。

3 下层板中面至结合式双层板中性面的距离可按下列下式计算：

$$h_x = \frac{E_{c1}h_{01}(h_{01} + h_{02})}{2(E_{c1}h_{01} + E_{c2}h_{02})} \quad (6.5.3-3)$$

4 双层混凝土板的截面总刚度为上层板和下层板对各自中面的弯曲刚度以及由截面轴向力所构成的弯曲刚度三者之和，应按下列下式计算：

$$D_g = \frac{E_{c1}h_{01}^3}{12} + \frac{E_{c2}h_{02}^3}{12} + \frac{E_{c1}h_{01}E_{c2}h_{02}(h_{01} + h_{02})^2}{4(E_{c1}h_{01} + E_{c2}h_{02})}k_u \quad (6.5.3-4)$$

5 双层混凝土板的相对刚度半径应按下列下式计算：

$$r_g = 1.23 \left( \frac{D_g}{E_t} \right)^{1/3} \quad (6.5.3-5)$$

**6.5.4 双层混凝土板温度应力分析应按下列步骤进行：**

1 双层混凝土板上层和下层的温度疲劳应力  $\sigma_{tr1}$  和  $\sigma_{tr2}$  分别按本规范式 (6.5.2-1) 计算确定，但分离式双层板仅需计算上层板的温度疲劳应力  $\sigma_{tr1}$ ，结合式双层板仅需计算下层板的温度疲劳应力  $\sigma_{tr2}$ 。其中，温度疲劳应力系数的确定方法与单层混凝土板相同。

2 分离式双层混凝土板上层的最大温度翘曲应力应按下列公式计算：

$$\sigma_{\text{tml}} = \frac{\alpha_c E_{c1} h_{01} T_g}{2} B_x \quad (6.5.4-1)$$

$$B_x = 1.77e^{-4.48t_{01}} C_x - 0.131(1 - C_x) \quad (6.5.4-2)$$

$$C_x = 1 - \left( \frac{1}{1 + \xi} \right) \frac{\sinh t \cosh t + \cosh t \sinh t}{\cosh t \sinh t + \sinh t \cosh t} \quad (6.5.4-3)$$

$$t = l/3r_g \quad (6.5.4-4)$$

$$\xi = - \frac{(k_n r_g^4 - D_{01}) r_g^3}{(k_n r_\beta^4 - D_{01}) r_g^3} \quad (6.5.4-5)$$

$$r_\beta = \left[ \frac{D_{01} D_{02}}{(D_{01} + D_{02}) k_n} \right]^{1/4} \quad (6.5.4-6)$$

$$k_n = \frac{1}{2} \left( \frac{h_{01}}{E_{c1}} + \frac{h_{02}}{E_{c2}} \right)^{-1} \quad (6.5.4-7)$$

$$D_{01} = \frac{E_{c1} h_{01}^3}{12(1 - \nu_{c1}^2)} \quad (6.5.4-8)$$

$$D_{02} = \frac{E_{c2} h_{02}^3}{12(1 - \nu_{c2}^2)} \quad (6.5.4-9)$$

式中： $\sigma_{\text{tml}}$ ——分离式双层混凝土板上层的最大温度翘曲应力 (MPa)；

$B_x$ ——上层混凝土板的温度应力系数，按式 (6.5.4-2) 计算确定；

$C_x$ ——混凝土板的温度翘曲应力系数，按式 (6.5.4-3) 计算确定；

$t$ ——与面层板尺寸有关的参数，按式 (6.5.4-4) 计算确定；

$\xi$ ——与双层板结构有关的参数，按式 (6.5.4-5) 计算确定；

$r_\beta$ ——层间接触状况参数，按式 (6.5.4-6) 计算确定；

$k_n$ ——面层与基层之间竖向接触刚度，上下层之间不设沥青混凝土夹层或隔离层时按式 (6.5.4-7) 计算

确定, 设沥青混凝土夹层或隔离层时,  $k_n$  取 3000MPa/m;

$D_{01}$ ——上层板的截面弯曲刚度 (MN·m), 按式 (6.5.4-8) 计算确定;

$D_{02}$ ——下层板的截面弯曲刚度 (MN·m), 按式 (6.5.4-9) 计算确定;

$\nu_{c1}$ ——上层板的泊松比;

$\nu_{c2}$ ——下层板的泊松比。

**3** 结合式双层混凝土板下层的最大温度翘曲应力应按下列公式计算确定:

$$\sigma_{tm2} = \frac{\alpha_c E_{c2} (h_{01} + h_{02}) T_g \xi_2 B_x}{2} \quad (6.5.4-10)$$

$$\xi_2 = 1.77 - 0.271 \ln \left( \frac{h_{01} E_{c1}}{h_{02} E_{c2}} + 18 \frac{E_{c1}}{E_{c2}} - 2 \frac{h_{01}}{h_{02}} \right) \quad (6.5.4-11)$$

$$B_x = 1.77 e^{-4.48(h_{01} + h_{02})} C_x - 0.131(1 - C_x) \quad (6.5.4-12)$$

式中:  $\sigma_{tm2}$ ——结合式双层混凝土板下层的最大温度翘曲应力 (MPa);

$\xi_2$ ——结合式双层混凝土板的最大温度应力修正系数, 按式 (6.5.4-11) 计算确定;

$B_x$ ——混凝土板的温度应力系数, 按式 (6.5.4-12) 计算确定;

$C_x$ ——混凝土板的温度翘曲应力系数, 按式 (6.5.4-3) 计算确定;

**6.5.5** 混凝土板厚度计算宜符合下列规定:

**1** 应依据所设计的道路技术等级, 确定路面结构的设计安全等级以及相应的设计基准期、目标可靠度和变异水平等级。

**2** 调查采集交通资料, 应包括初始年日交通量、日货车交通量、方向和车道分配系数、各类货车的轴载谱、设计基准期内

交通量年平均增长率等。

**3** 应将各级轴载作用次数换算为标准轴载的作用次数，并计算设计车道的初始年日标准轴载作用次数；应依据道路等级和车道宽度，选定车辆轮迹横向分布系数；应根据设计基准期内设计车道上的标准轴载累计作用次数，确定设计车道的交通等级。

**4** 应依据施工技术、管理和质量控制的预期水平，选定路面材料性能和结构尺寸的变异水平等级，并依据所要求的目标可靠度，确定可靠度系数。

**5** 应根据道路等级和交通等级，并按设计道路所在地的路基本质、温度和湿度状况、路面材料供应条件和材料性质以及当地已有路面使用经验，进行结构层组合设计，初选各结构层的材料类型和厚度。

**6** 应根据交通等级，选取水泥混凝土的最低抗弯拉强度标准值，确定混合料试配弯拉强度的均值，进行混凝土混合料组成设计；并应通过试验或经验数值确定相应的混凝土弹性模量。

**7** 应对所选基层和垫层材料类型，进行混合料配合比设计，通过试验或经验数值确定各类混合料的回弹模量标准值。

**8** 对新建道路，应依据土组类型和道路所在地的自然区划按经验值确定路床顶面的回弹模量标准值。将路床顶面以上和基层顶面以下的各结构层转化成单层后，计算确定基层顶面的当量回弹模量值。对改建道路，应通过弯沉测定确定旧路面的计算回弹弯沉值后，计算确定旧路面顶面的当量回弹模量值。

**9** 应按道路等级选定综合系数，按纵缝类型和基层情况选取应力折减系数，应按设计基准期内标准轴载累计所用次数计算荷载疲劳应力系数，计算标准轴载产生的荷载应力。

**10** 应按道路所在地的自然区划确定最大温度梯度，确定温度应力系数，计算最大温度应力，计算温度疲劳应力系数，确定温度疲劳应力值。

**11** 当荷载疲劳应力同温度疲劳应力之和与可靠度系数乘积小于且接近混凝土弯拉强度标准值，则初选厚度可作为混凝土面

层的计算厚度。否则，应改选面层厚度，重新计算，直到满足要求为止。面层设计厚度应为计算厚度按 10mm 向上取整。

## 6.6 面层配筋设计

### 6.6.1 特殊部位配筋布置应符合下列规定：

1 混凝土面层自由边缘下基础薄弱或接缝为未设传力杆的平缝时，可在面层边缘的下部配置钢筋。宜选用 2 根直径为 12mm~16mm 的螺纹钢，置于面层底面之上  $1/4$  厚度处，并不应大于 50mm，间距宜为 100mm，钢筋两端向上弯起。

2 承受特重交通的胀缝、施工缝和自由边的面层角隅及锐角面层角隅，宜配置角隅钢筋。宜选用 2 根直径为 12mm~16mm 的螺纹钢，置于面层上部，距顶面不应小于 50mm，距边缘宜为 100mm。

3 当混凝土面层下有箱形构造物横向穿越，其顶面至面层底面的距离  $H$  小于 400mm 或嵌入基层时，在构造物顶宽及两侧各  $(H+1)$  m 且不小于 4m 的范围内，混凝土面层内应布设双层钢筋网，上下层钢筋网各距面层顶面和底面  $1/4\sim 1/3$  厚度处。当构造物顶面至面层底面的距离在 400mm~1200mm 时，则在上述长度范围内的混凝土面层中应布设单层钢筋网。钢筋网设在距顶面  $1/4\sim 1/3$  厚度处。钢筋直径宜为 12mm，纵向钢筋间距宜为 100mm，横向钢筋间距宜为 200mm。配筋混凝土面层与相邻混凝土面层之间应设置传力杆缩缝。

4 当混凝土面层下有圆形管状构造物横向穿越，其顶面至面层底面的距离小于 1200mm 时，在构造物两侧各  $(H+1)$  m 且不小于 4m 的范围内，混凝土面层内应设单层钢筋网，钢筋网设在距面层顶面  $1/4\sim 1/3$  厚度处。钢筋尺寸和间距及传力杆接缝设置与本规范第 6.6.1 条第 3 款相同。

5 雨水口和检查井周围应设置工作缝与混凝土板完全分开，并应在 1.0m 范围内，距混凝土板顶面和底面 50mm 处布设双层防裂钢筋网，钢筋直径 12mm，间距 100mm。

6.6.2 钢筋混凝土面层配筋应符合下列规定：

1 钢筋混凝土面层的配筋量应按下式确定：

$$A_s = \frac{16L_s h \mu}{f_{sy}} \quad (6.6.2)$$

式中： $A_s$ ——每延米混凝土面层宽（或长）所需的钢筋面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$L_s$ ——纵向钢筋时，为横缝间距（m）；横向钢筋时，为无拉杆的纵缝或自由边之间的距离（m）；

$h$ ——面层厚度（mm）；

$\mu$ ——面层与基层之间的磨阻系数，基层为水泥、石灰或沥青稳定粒料时，可取 1.8；基层为无结合料的粒料时，可取 1.5；

$f_{sy}$ ——钢筋的屈服强度（MPa），宜按表 6.6.2-1 选用。

表 6.6.2-1 钢筋强度和弹性模量参考值

| 钢筋种类   | 钢筋直径 $d$ (mm) | 屈服强度 $f_{sy}$ (MPa) | 弹性模量 $E_s$ (MPa)  |
|--------|---------------|---------------------|-------------------|
| HPB235 | 8~20          | 235                 | $2.1 \times 10^5$ |
| HRB335 | 6~50          | 335                 | $2.0 \times 10^5$ |
| HRB400 | 6~50          | 400                 | $2.0 \times 10^5$ |
| KL400  | 8~40          | 400                 | $2.0 \times 10^5$ |

2 纵向和横向钢筋宜采用相同或相近的直径，其直径差不应大于 4mm。钢筋的最小直径和最大间距，应符合表 6.6.2-2 的规定。钢筋的最小间距应为集料最大粒径的 2 倍。

表 6.6.2-2 钢筋最小直径和最大间距 (mm)

| 钢筋类型 | 最小直径 | 纵向最大间距 | 横向最大间距 |
|------|------|--------|--------|
| 光面钢筋 | 8    | 150    | 300    |
| 螺纹钢筋 | 12   | 350    | 750    |

3 钢筋布置应符合下列规定：

1) 纵向钢筋应设在面层顶面下  $1/3 \sim 1/2$  厚度范围内，横



向钢筋应位于纵向钢筋之下；

2) 纵向钢筋的搭接长度不宜小于 35 倍钢筋直径，搭接位置应错开，各搭接端连线与纵向钢筋的夹角应小于  $60^\circ$ ；

3) 边缘钢筋至纵缝或自由边的距离宜为  $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 。

### 6.6.3 连续配筋混凝土面层配筋应遵循以下原则：

1 连续配筋混凝土面层的纵向和横向钢筋应采用螺纹钢，其直径宜为  $12\text{mm}\sim 20\text{mm}$ 。

2 钢筋布置应符合下列规定：

1) 纵向钢筋应在面层表面下  $1/3\sim 1/2$  厚度范围内，纵向钢筋应位于纵向钢筋之下；

2) 纵向钢筋的间距不应大于  $250\text{mm}$ ，不应小于  $100\text{mm}$  或集料最大粒径的 2.5 倍；

3) 横向钢筋的间距不应大于  $800\text{mm}$ ；

4) 纵向钢筋的焊接长度宜不小于 10 倍（单面焊）或 5 倍（双面焊）钢筋直径，焊接位置应错开，各焊接端连线与纵向钢筋的夹角应小于  $60^\circ$ ；

5) 边缘钢筋至纵缝或自由边的距离宜为  $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 。

3 连续配筋混凝土面层的纵向配筋率应按允许的裂缝间距（ $1.0\text{m}\sim 2.5\text{m}$ ）、缝隙宽度（小于  $1\text{mm}$ ）和钢筋屈服强度确定，宜为  $0.6\%\sim 0.8\%$ 。最小纵向配筋率，冰冻地区为宜  $0.7\%$ ，一般地区宜为  $0.6\%$ 。横向钢筋的用量，应按本规范第 6.6.2 条第 1 款计算确定。

4 连续配筋混凝土面层的纵向配筋设计应符合下列规定：

1) 混凝土面层横向裂缝的平均间距宜为  $1.0\text{m}\sim 2.5\text{m}$ ；

2) 裂缝缝隙的最大宽度宜为  $1.0\text{mm}$ ；

3) 钢筋拉应力不应超过钢筋屈服强度。

5 横向裂缝平均间距应按下列公式计算确定：

$$L_d = \frac{2b}{\sqrt{\frac{4k_s}{d_s E_s} (1 + \varphi)}} \quad (6.6.3-1)$$

$$\varphi = \rho \frac{E_s}{E_c} \quad (6.6.3-2)$$

$$\lambda_c = \frac{f_t}{E_c (\alpha_c \Delta T + \epsilon_{sh})} \quad (6.6.3-3)$$

- 式中： $L_d$ ——横向裂缝平均间距 (m)；  
 $\varphi$ ——钢筋刚度贡献率 (%)；  
 $\rho$ ——配筋率 (%)；  
 $E_s$ ——钢筋弹性模量 (MPa)，可按本规范表 6.6.2-1 取用；  
 $d_s$ ——钢筋直径 (mm)；  
 $k_s$ ——粘结刚度系数 (MPa/mm)，可按表 6.6.3-1 取用；  
 $b$ ——随系数  $\varphi$  和  $\lambda_c$  而变的系数，可按表 6.6.3-2 取用；  
 $\lambda_c$ ——混凝土温缩应力系数，由式 (6.6.3-3) 计算确定；  
 $f_t$ ——混凝土抗拉强度标准值 (MPa)，可按表 6.6.3-1 取用；  
 $\alpha_c$ ——混凝土线膨胀系数，通常取为  $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ；  
 $\Delta T$ ——设计温差，为混凝土的平均养护温度与设计最低温度之差，可近似取为所在地区的日平均最高气温与最低气温之差；  
 $\epsilon_{sh}$ ——连续配筋混凝土干缩应变，可按表 6.6.3-1 取用。

表 6.6.3-1 连续配筋混凝土纵向配筋计算参数经验参考值

| 混凝土强度等级                     | C30     | C35    | C40    |
|-----------------------------|---------|--------|--------|
| 混凝土抗拉强度标准值 $f_t$ (MPa)      | 3.0     | 3.2    | 3.5    |
| 粘结刚度系数 $k_s$ (MPa/mm)       | 30      | 32     | 34     |
| 连续配筋混凝土干缩应变 $\epsilon_{sh}$ | 0.00045 | 0.0003 | 0.0002 |

表 6.6.3-2 系数  $b$  的取值

| $\varphi$ 值 | $\lambda_c$ 值 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | 0.03          | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |
| 0.02        | 2.0           | 3.0  | 5.6  | 8.5  | 12.0 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 0.03        | —             | 2.2  | 3.9  | 6.0  | 8.0  | 11.0 | 12.5 | —    | —    | —    |
| 0.04        | —             | 2.0  | 3.2  | 4.7  | 6.2  | 8.2  | 10.6 | 13.0 | —    | —    |
| 0.05        | —             | 2.0  | 2.6  | 3.8  | 5.1  | 6.6  | 8.5  | 10.7 | 13.0 | —    |
| 0.06        | —             | 1.7  | 2.3  | 3.3  | 4.3  | 5.7  | 7.2  | 9.1  | 11.2 | 13.0 |
| 0.07        | —             | —    | 2.0  | 2.9  | 3.8  | 4.9  | 6.2  | 7.7  | 9.4  | 11.5 |

6 裂缝缝隙宽度可按下式计算确定：

$$b_j = (\alpha_c \Delta T + \varepsilon_{sh}) \lambda_b L_d \quad (6.6.3-4)$$

式中： $b_j$ ——裂缝缝隙宽度 (mm)；

$\lambda_b$ ——裂缝宽度系数，由钢筋刚度贡献率  $\varphi$  值和  $b$  值按表 6.6.3-3 取用。

表 6.6.3-3 裂缝宽度系数  $\lambda_b$  的取值

| $\varphi$ 值 | $b$ 值 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| 0.02        | 0.98  | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.86 | 0.85 | 0.84 | 0.83 |
| 0.03        | 0.97  | 0.94 | 0.92 | 0.89 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.76 |
| 0.04        | 0.95  | 0.93 | 0.89 | 0.87 | 0.84 | 0.81 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 0.05        | 0.94  | 0.91 | 0.87 | 0.84 | 0.81 | 0.77 | 0.75 | 0.72 | 0.70 | 0.68 | 0.65 |
| 0.06        | 0.93  | 0.89 | 0.86 | 0.82 | 0.78 | 0.75 | 0.72 | 0.69 | 0.66 | 0.64 | 0.61 |
| 0.07        | 0.92  | 0.87 | 0.84 | 0.79 | 0.75 | 0.71 | 0.68 | 0.66 | 0.63 | 0.60 | 0.58 |

7 钢筋应力可按下式计算：

$$\sigma_s = E_s (\alpha_c \Delta T \lambda_{st} + \alpha_s \Delta T) \quad (6.6.3-5)$$

式中： $\sigma_s$ ——钢筋应力 (MPa)；

$\lambda_{st}$ ——钢筋温度应力系数，由钢筋刚度贡献率  $\varphi$  值和  $b$  值按表 6.6.3-4 取用；

$\alpha_s$  —— 钢筋线膨胀系数，宜取为  $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。

表 6.6.3-4 钢筋温度应力系数  $\lambda_{st}$  的取值

| $\varphi$ 值 | b 值  |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|             | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 7.00 | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 11.00 | 12.00 |
| 0.02        | 1.20 | 2.00 | 3.00 | 3.80 | 4.70 | 5.40 | 6.20 | 6.90 | 7.50  | 8.20  | 9.00  |
| 0.03        | 1.20 | 1.95 | 2.80 | 3.50 | 4.30 | 5.10 | 5.70 | 6.40 | 7.00  | 7.50  | 8.00  |
| 0.04        | 1.20 | 1.90 | 2.60 | 3.30 | 4.00 | 4.70 | 5.30 | 5.90 | 6.40  | 6.80  | 7.20  |
| 0.05        | 1.20 | 1.85 | 2.50 | 3.10 | 3.70 | 4.40 | 5.00 | 5.50 | 5.90  | 6.40  | 6.80  |
| 0.06        | 1.20 | 1.80 | 2.40 | 3.00 | 3.50 | 4.10 | 4.70 | 5.20 | 5.60  | 6.00  | 6.20  |
| 0.07        | 1.20 | 1.70 | 2.30 | 2.90 | 3.40 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 5.40  | 5.70  | 5.90  |

8 纵向配筋率的计算宜按下列步骤进行：

- 1) 初拟配筋率  $\rho$ ，按式 (6.6.3-2) 计算钢筋刚度贡献率  $\varphi$ 。
- 2) 按式 (6.6.3-3) 计算混凝土温缩应力系数  $\lambda_c$ 。
- 3) 根据  $\varphi$  和  $\lambda_c$  查表 6.6.3-2 得系数  $b$ ，按式 (6.6.3-1) 计算裂缝间距  $L_d$ 。当  $L_d > 2.5\text{m}$  或  $L_d < 1.0\text{m}$  时，应增大或减小配筋率，重复上述计算至符合要求。
- 4) 由钢筋刚度贡献率  $\varphi$  值和  $b$  值，查表 6.6.3-3 得到裂缝宽度系数  $\lambda_b$ ，按式 (6.6.3-4) 计算裂缝缝隙宽度  $b_f$ 。当  $b_f \leq 1\text{mm}$  时，满足要求；否则应增大配筋率，重复上述计算至符合要求。
- 5) 由钢筋刚度贡献率  $\varphi$  值和  $b$  值，查表 6.6.3-4 得到钢筋温度应力系数  $\lambda_{st}$ ，按式 (6.6.3-5) 计算钢筋应力  $\sigma_s$ 。当  $\sigma_s \leq f_{sy}$  时，满足要求；如不满足要求应增大配筋率，重复上述计算至符合要求。
- 6) 综合上述 5 项计算结果，确定配筋率，并进一步确定钢筋根数。在满足纵向钢筋间距要求的条件下，宜选用直径较小的钢筋。

## 6.7 接缝设计

6.7.1 纵向接缝设计应符合下列规定：

1 纵向接缝的布设应符合下列规定：

- 1) 当一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设置纵向施工缝。纵向施工缝宜采用平缝形式，上部应锯切槽口，深度宜为 30mm~40mm，宽度宜为 3mm~8mm，槽内应灌塞填缝料（图 6.7.1-1）；
- 2) 当一次铺筑宽度大于 4.5m 时，应设置纵向缩缝。纵向缩缝宜采用假缝形式，锯切的槽口深度应大于施工缝的槽口深度。当采用粒料基层时，槽口深度应为板厚的 1/3；当采用半刚性基层时，槽口深度应为板厚的 2/5（图 6.7.1-2）。

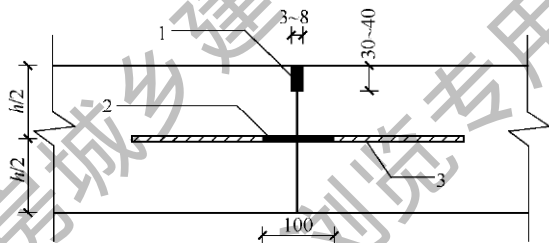


图 6.7.1-1 纵向施工缝构造（尺寸单位：mm）

1—填缝料；2—防锈涂料；3—拉杆

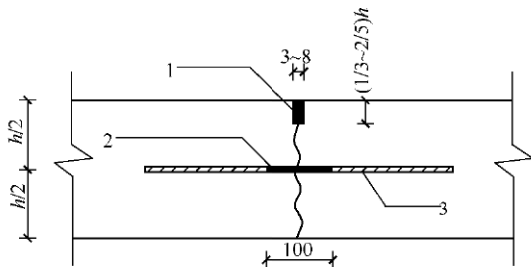


图 6.7.1-2 纵向缩缝构造（尺寸单位：mm）

1—填缝料；2—防锈涂料；3—拉杆

2 纵缝应与路线中线平行。在路面等宽的路段内或路面变宽路段的等宽部分，纵缝的间距和形式应保持一致。路面变宽段的加宽部分与等宽部分之间，应以纵向施工缝隔开。加宽板在变宽段起终点处的宽度不应小于 1m。

3 拉杆应采用螺纹钢筋，宜设在板厚中央，应对拉杆中部 100mm 范围内进行防锈处理。拉杆的直径、长度和间距，可按表 6.7.1 选用。当施工布设时，拉杆间距应按横向接缝的实际位置予以调整，最外侧的拉杆距横向接缝的距离不得小于 100mm。

表 6.7.1 拉杆直径、长度和间距

| 面层厚度<br>(mm) | 拉 杆     | 到自由边或未设拉杆纵缝的距离 (m) |      |      |      |      |      |
|--------------|---------|--------------------|------|------|------|------|------|
|              |         | 3.00               | 3.50 | 3.75 | 4.50 | 6.00 | 7.50 |
| 180~250      | 直径 (mm) | 14                 | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   |
|              | 长度 (mm) | 700                | 700  | 700  | 700  | 700  | 700  |
|              | 间距 (mm) | 900                | 800  | 700  | 600  | 500  | 400  |
| 260~300      | 直径 (mm) | 16                 | 16   | 16   | 16   | 16   | 16   |
|              | 长度 (mm) | 800                | 800  | 800  | 800  | 800  | 800  |
|              | 间距 (mm) | 900                | 800  | 700  | 600  | 500  | 400  |

4 连续配筋混凝土面层的纵缝拉杆可由板内横向钢筋延伸穿过接缝代替。

#### 6.7.2 横向接缝布置应符合下列规定：

1 每日施工结束或因临时原因中断施工时，必须设置横向施工缝，其位置应选在缩缝或胀缝处。设在缩缝处的施工缝，应采用传力杆的平缝形式；设在胀缝处的施工缝，其构造与胀缝相同。当有困难需设在缩缝之间，施工缝应采用设拉杆的企口缝形式。

2 横向缩缝可等间距或变间距布置，应采用假缝形式。快速路和主干路、特重和重交通道路、收费广场以及邻近胀缝或自由端部的 3 条缩缝，应采用设传力杆假缝形式。其他情况可采用不设传力杆假缝形式。

3 横向缩缝顶部应锯切槽口，深度宜为面层厚度的  $1/5 \sim 1/4$ ，宽度宜为  $3\text{mm} \sim 8\text{mm}$ ，槽内应填塞填缝料。快速路的横向缩缝槽口宜增设深  $20\text{mm}$ 、宽  $6\text{mm} \sim 10\text{mm}$  的浅槽口，缝内设置可滑动的传力杆。

4 在邻近桥梁或其他固定构造物处或与其他道路相交处、板厚改变处、小半径平曲线处应设置横向胀缝。设置的胀缝条数，应视膨胀量大小而定。低温浇筑混凝土面层或选用膨胀性高的集料时，应酌情确定是否设置胀缝。胀缝宽  $20\text{mm}$ ，缝内应设置填缝板和可滑动的传力杆。

5 传力杆应采用光面钢筋。其尺寸和间距可按表 6.7.2 选用。最外侧传力杆距纵向接缝或自由边的距离宜为  $150\text{mm} \sim 250\text{mm}$ 。

表 6.7.2 传力杆尺寸和间距 (mm)

| 面层厚度    | 传力杆直径 | 传力杆最小长度 | 传力杆最大间距 |
|---------|-------|---------|---------|
| 180~220 | 28    | 400     | 300     |
| 230~240 | 30    | 400     | 300     |
| 250~260 | 32    | 450     | 300     |
| 270~280 | 35    | 450     | 300     |
| 290~300 | 38    | 500     | 300     |

### 6.7.3 交叉口接缝布设应符合下列规定：

1 当两条道路正交时，各条道路应保持本身纵缝的连贯。相交路段内各条道路的横缝位置应按相对道路的纵缝间距作相应变动，两条道路的纵横缝应垂直相交。当两条道路斜交时，主要道路的直道部分应保持纵缝的连贯，相交路段内的横缝位置应按次要道路的纵缝间距作相应变动，保证与次要道路的纵缝相连接。相交道路弯道加宽部分的接缝布置，应不出现或少出现错缝和锐角板。当出现错缝和锐角板时，应按本规范第 6.6.1 条第 2 款加设防裂钢筋或角隅钢筋。

2 混凝土板分块不宜过小，最小边长不应小于  $1.5\text{m}$ ，与主

要行车方向垂直的边长不应大于 4.0m。

3 在次要道路弯道加宽段起终点断面处的横向接缝，应采用胀缝形式。膨胀量大时，应在直线段连续布置 2 条～3 条胀缝。

#### 6.7.4 端部处理应符合下列规定：

1 当混凝土路面与固定构造物相衔接的胀缝无法设置传力杆时，可在毗邻构造物的板端部内配置双层钢筋网；或在长度约为 6 倍～10 倍板厚的范围内逐渐将板厚增加 20%。

2 当混凝土路面与桥梁相接，桥头设有搭板时，应在搭板与混凝土面层板之间设置长 6m～10m 的钢筋混凝土面层过渡板。后者与搭板间的横缝采用设拉杆平缝形式，与混凝土面层间的横缝采用设传力杆胀缝形式。膨胀量大时，应连续设置 2 条～3 条设传力杆胀缝。当桥梁为斜交时，钢筋混凝土板的锐角部分应采用钢筋网补强。

桥头未设搭板时，宜在混凝土面层与桥台之间设置长 10m～15m 的钢筋混凝土面层板；或设置由混凝土预制块面层或沥青面层铺筑的过渡段，其长度不小于 8m。

3 水泥混凝土路面与沥青混凝土路面相接时，其间应设置不少于 3m 长的过渡段。过渡段的路面采用两种路面呈阶梯状叠合布置，其下面铺设的变厚度混凝土过渡板的厚度不得小于 200mm。过渡板与混凝土面层相接处的接缝内设置直径 25mm、长 700mm、间距 400mm 的拉杆。混凝土面层毗邻该接缝的 1 条～2 条横向接缝应设置胀缝。

4 连续配筋混凝土面层与其他类型路面或构造物相连接的端部，应设置锚固结构。端部锚固结构可采用钢筋混凝土地梁或宽翼缘工字钢梁接缝等形式：

- 1) 钢筋混凝土地梁宜采用 3 个～5 个，梁宽宜为 400mm～600mm，梁高宜为 1200mm～1500mm，间距宜为 5m～6m；地梁与连续配筋混凝土面层宜连成整体；



- 2) 宽翼缘工字钢梁的底部应锚入钢筋混凝土枕梁内, 枕梁长宜为 3m、厚宜为 200mm; 钢梁腹板与连续配筋混凝土面层端部间应填入胀缝材料。

**6.7.5** 接缝填料应选用与混凝土接缝槽壁粘结力强、回弹性好、适应混凝土板收缩、不溶于水、不渗水、高温时不流淌、低温时不脆裂、耐老化的材料; 胀缝接缝板应选用能适应混凝土板膨胀收缩、施工时不变形、水稳定性好、复原率高和耐久性好的材料, 并应经防腐处理。

## 6.8 加铺层结构设计

**6.8.1** 加铺层结构设计应符合下列规定:

- 1 在进行旧混凝土路面加铺层设计之前, 应调查下列内容:
  - 1) 道路修建和养护技术资料: 路面结构和材料组成、接缝构造及养护历史等;
  - 2) 路面损坏状况: 损坏类型、轻重程度、范围及修补措施等;
  - 3) 路面结构强度: 路表弯沉、接缝传荷能力、板底脱空状况、面层厚度和混凝土强度等;
  - 4) 已承受的交通荷载及预计的交通需求: 交通量、轴载组成及增长率等;
  - 5) 环境条件: 沿线气候条件、地下水位以及路基和路面的排水状况等。

2 加铺层应根据使用要求及旧混凝土路面的状况, 选用分离式或结合式水泥混凝土加铺结构, 或沥青混凝土加铺结构, 经技术经济比较后选定。

3 地表或地下排水不良路段, 应采取措施改善或增设地表或地下排水设施; 旧混凝土路面结构排水不良路段, 应增设路面边缘排水系统。

- 4 加铺层设计应包括施工期间维持通车的设计方案。
- 5 旧混凝土面层损坏状况等级为差时, 宜将混凝土板破碎

成小于 400mm 的小块，用作新建路面的下基层或垫层，并按新建混凝土路面或沥青路面类型进行设计。

### 6.8.2 路面损坏状况调查评定应符合下列规定：

1 旧混凝土路面的损坏状况应采用断板率和平均错台量两项指标评定。

2 路面损坏状况分为 4 个等级，各个等级的断板率和平均错台量的标准应按表 6.8.2 分级。

表 6.8.2 路面损坏状况分级标准

| 等级         | 优良 | 中    | 次     | 差   |
|------------|----|------|-------|-----|
| 断板率 (%)    | ≤5 | 6~10 | 11~20 | >20 |
| 平均错台量 (mm) | ≤5 | 6~10 | 11~15 | >15 |

### 6.8.3 接缝传荷能力与板底脱空状况调查评定应符合下列规定：

1 旧混凝土面层板的接缝传荷能力和板底脱空状况应采用弯沉测试法调查评定。弯沉测试宜采用落锤式弯沉仪，也可采用梁式弯沉仪，其支点不得落在弯沉盆内。

2 测定接缝传荷能力的试验荷载应接近于标准轴载的一侧轮载 (50kN)。荷载应施加在邻近接缝的路面表面。接缝的传荷系数应按下式计算：

$$k_j = \frac{w_u}{w_l} \times 100(\%) \quad (6.8.3)$$

式中： $k_j$ ——接缝传荷系数；

$w_u$ ——未受荷板接缝边缘处的弯沉值；

$w_l$ ——受荷板接缝边缘处的弯沉值。

3 旧混凝土面层的接缝传荷能力应按表 6.8.3 分为 4 个等级。

表 6.8.3 接缝传荷能力分级标准

| 等级               | 优良  | 中     | 次     | 差   |
|------------------|-----|-------|-------|-----|
| 接缝传荷系数 $k_j$ (%) | >80 | 56~80 | 31~55 | <31 |

4 板底脱空可根据面层板角隅处的多级荷载弯沉测试结果，并综合考虑唧泥和错台发展程度以及接缝传荷能力进行判别。

#### 6.8.4 旧混凝土路面结构参数调查应符合下列规定：

1 旧混凝土面层厚度的标准值可根据钻孔芯样的量测高度按下式计算确定：

$$h_e = \bar{h}_e - 1.04s_h \quad (6.8.4-1)$$

式中： $h_e$ ——旧混凝土面层量测厚度的标准值（mm）；

$\bar{h}_e$ ——旧混凝土面层量测厚度的平均值（mm）；

$s_h$ ——旧混凝土面层厚度量测值标准差（mm）。

2 旧混凝土面层弯拉强度的标准值可采用钻孔芯样的劈裂试验测定结果按下列公式计算确定：

$$f'_r = 0.621f_{sp} + 2.64 \quad (6.8.4-2)$$

$$f_{sp} = \bar{f}_{sp} - 1.04s_{sp} \quad (6.8.4-3)$$

式中： $f'_r$ ——旧混凝土弯拉强度标准值（MPa）；

$f_{sp}$ ——旧混凝土劈裂强度标准值（MPa）；

$\bar{f}_{sp}$ ——旧混凝土劈裂强度测定值的均值（MPa）；

$s_{sp}$ ——旧混凝土劈裂强度测定值的标准差（MPa）。

3 旧混凝土的弯拉弹性模量标准值可按下列公式计算：

$$E'_c = \frac{10^4}{0.0915 + \frac{0.9634}{f'_r}} \quad (6.8.4-4)$$

式中： $E'_c$ ——旧混凝土的弯拉弹性模量标准值（MPa）。

4 旧混凝土路面基层顶面的当量回弹模量标准值，宜采用标准荷载 100kN 和承载板半径 150mm 的落锤式弯沉仪量测板中荷载作用下的弯沉曲线，按下列公式确定：

$$E'_t = 100e^{(3.60+24.03w_0^{-0.057}-15.63SI^{0.222})} \quad (6.8.4-5)$$

$$SI = \frac{w_0 + w_{300} + w_{600} + w_{900}}{w_0} \quad (6.8.4-6)$$

式中： $E'_t$ ——基层顶面的当量回弹模量标准值（MPa）；

$SI$ ——路面结构的荷载扩散系数；

$\omega_0$  —— 荷载中心处弯沉值 ( $\mu\text{m}$ );  
 $\omega_{300}$ 、 $\omega_{600}$ 、 $\omega_{900}$  —— 距离荷载中心 300mm、600mm 和 900mm 处的弯沉值 ( $\mu\text{m}$ )。

当采用落锤式弯沉仪的条件受到限制时,可选择在清除断裂混凝土板后的基层顶面进行梁式弯沉测量后按下式反算,或根据基层钻芯的材料组成及性能情况依经验确定。

$$E_t = 13739\omega_0^{-1.04} \quad (6.8.4-7)$$

式中: $\omega_0$  —— 以后轴载 100kN 的车辆进行弯沉测定,经统计整理后得到的旧混凝土路面基层顶面的计算回弹弯沉值 (0.01mm)。

### 6.8.5 分离式混凝土加铺层结构设计应符合下列规定:

1 当旧混凝土路面的损坏状况和接缝传荷能力评定等级为中或次,或者新旧混凝土板的平面尺寸不同、接缝形式或位置不对应或路拱横坡不一致时,应采用分离式混凝土加铺层。加铺层铺筑前应更换破碎板,修补裂缝,磨平错台,压浆填封板底脱空,清除夹缝中失效的填缝料和杂物,并重新封缝。

2 在旧混凝土面层与加铺层之间应设置隔离层。隔离层材料可选用沥青混合料、沥青砂或油毡等,不宜选用砂砾或碎石等松散粒料。沥青混合料隔离层的厚度不宜小于 25mm。

3 分离式混凝土加铺层的接缝形式和位置,应按新建混凝土面层的要求布置。

4 加铺层可采用普通混凝土、钢纤维混凝土、钢筋混凝土和连续配筋混凝土。普通混凝土、钢筋混凝土和连续配筋混凝土加铺层的厚度不宜小于 180mm;钢纤维混凝土加铺层的厚度不宜小于 140mm。

5 加铺层和旧混凝土面层应力分析,应按分离式双层板进行,计算方法应符合本规范第 6.5.3、6.5.4 条的规定。旧混凝土板的厚度、混凝土的弯拉强度和弹性模量标准值以及基层顶面当量回弹模量标准值,应采用旧混凝土路面的实测值,并按本规范第 6.8.4 条的规定确定。加铺层混凝土的弯拉强度标准值应

符合本规范表 6.2.5 的规定。加铺层的设计厚度，应按加铺层和旧混凝土板的应力分别满足本规范式 (6.2.2) 的要求确定。

#### **6.8.6 结合式混凝土加铺层结构设计应符合下列规定：**

**1** 当旧混凝土路面的损坏状况和接缝传荷能力评定等级为优良，面层板的平面尺寸及接缝布置合理，路拱横坡符合要求时，可采用结合式混凝土加铺层。加铺层铺筑前应更换破碎板，修补裂缝，磨平错台，压浆填封板底托空，清除接缝中失效的填缝料和杂物，并重新封缝。

**2** 应采用铣刨、喷射高压水或钢珠、酸蚀等方法，打毛清理旧混凝土面层表面，应在清理后的表面涂敷胶粘剂。

**3** 加铺层的接缝形式和位置应与旧混凝土面层的接缝完全对齐，加铺层内可不设拉杆或传力杆。加铺层的最小厚度宜为 25mm。

**4** 加铺层和旧混凝土板的应力分析，应按结合式双层板进行，计算方法应符合本规范第 6.5.3、6.5.4 条的规定。旧混凝土板的厚度、混凝土的弯拉强度和弹性模量标准值以及基层顶面当量回弹模量标准值，应采用旧混凝土路面的实测值，按本规范第 6.8.4 条规定的方法确定。加铺层的设计厚度，应按旧混凝土板的应力满足式 (6.2.2) 的要求确定。

## 7 砌块路面

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 砌块路面设计应包括交通量预测与分析，材料选择，设计参数的测试和确定，路面结构组合设计与厚度计算，路面排水系统设计。

**7.1.2** 砌块路面表面应平整、防滑、稳固、无翘动，缝线直顺、灌缝饱满，无反坡积水现象。

**7.1.3** 砌块路面应按车行道和人行道的不同使用要求进行设计，并应符合下列规定：

1 人行道荷载应按人群荷载 5kPa 或 1.5kN 的竖向集中力作用在一块砌块上，分别计算，取其不利者。

2 车行道荷载应以标准轴载 BZZ-100 控制。

3 机动车停车场可分别按停车泊位区和行车道进行设计，泊位区宜采用绿植与透水设计。

4 自行车停车场应按人群荷载进行设计，宜采用绿植与透水设计。

### 7.2 砌块材料技术要求

**7.2.1** 砌块路面根据材料类型可分为混凝土预制砌块路面和天然石材路面，混凝土预制砌块可分为普通型与连锁型。砌块材料的尺寸与外观应符合下列规定：

1 天然石材的尺寸允许偏差应符合表 7.2.1-1 的规定。

2 天然石材的外观质量应符合表 7.2.1-2 的规定。

3 混凝土预制砌块尺寸与外观质量允许偏差应符合表 7.2.1-3 的规定。

表 7.2.1-1 天然石材尺寸允许偏差

| 项 目   | 允许偏差 (mm) |           |
|-------|-----------|-----------|
|       | 粗面材       | 细面材       |
| 长、宽   | 0<br>-2   | 0<br>-1.5 |
| 厚 (高) | +1<br>-3  | ±1        |
| 对角线   | ±2        | ±2        |
| 平面度   | ±1        | ±0.7      |

表 7.2.1-2 天然石材外观质量

| 项目 | 单位 | 允许值 | 备 注   |
|----|----|-----|---|
| 缺棱 | 个  | 1   | 面积不超过 5mm×10mm, 每块板材                          |
| 缺角 | 个  |     | 面积不超过 2mm×2mm, 每块板材                           |
| 色斑 | 个  |     | 面积不超过 15mm×15mm, 每块板材                         |
| 裂纹 | 个  | 1   | 长度不超过两端顺延至板边总长度的 1/10<br>(长度小于 20mm 不计), 每块板材 |
| 坑窝 | —  | 不明显 | 粗面板材的正面出现坑窝                                   |

表 7.2.1-3 混凝土预制砌块尺寸与外观质量允许偏差

| 项目             |             | 单位 | 允许偏差 |
|----------------|-------------|----|------|
| 长度、宽度          |             | mm | ±2   |
| 厚度             |             |    | ±3   |
| 厚度差            |             |    | ≤3   |
| 平整度            |             |    | ≤2   |
| 垂直度            |             |    | ≤2   |
| 正面粘皮及缺损的最大投影尺寸 |             |    | ≤5   |
| 缺棱掉角的最大投影尺寸    |             |    | ≤10  |
| 裂纹             | 非贯穿裂纹最大投影尺寸 | —  | ≤10  |
|                | 贯穿裂纹        |    | 不允许  |
| 分层             |             | —  | 不允许  |
| 色差、杂色          |             | —  | 不明显  |

7.2.2 砌块材料的力学性能应符合下列规定：

1 石材砌块的饱和极限抗压强度不应小于 120MPa，饱和抗折强度不应小于 9MPa。

2 普通型混凝土砌块的强度应符合表 7.2.2-1 的规定。当砌块边长与厚度比小于 5 时应以抗压强度控制，边长与厚度比不小于 5 时应以抗折强度控制。

表 7.2.2-1 普通型混凝土砌块的强度

| 道路类型      | 抗压强度 (MPa) |       | 抗折强度 (MPa) |       |
|-----------|------------|-------|------------|-------|
|           | 平均最小值      | 单块最小值 | 平均最小值      | 单块最小值 |
| 支路、广场、停车场 | 40         | 35    | 4.5        | 3.7   |
| 人行道、步行街   | 30         | 25    | 4.0        | 3.2   |

3 连锁型混凝土砌块的强度应符合表 7.2.2-2 的规定。

表 7.2.2-2 连锁型混凝土砌块的强度

| 道路类型      | 抗压强度 (MPa) |       |
|-----------|------------|-------|
|           | 平均最小值      | 单块最小值 |
| 支路、广场、停车场 | 50         | 42    |
| 人行道、步行街   | 40         | 35    |

7.2.3 砌块材料的物理性能应符合下列规定：

1 石材砌块材料的物理性能应符合表 7.2.3-1 的规定。

表 7.2.3-1 石材砌块材料的物理性能要求

| 项 目        | 单位                | 物理性能要求                 |
|------------|-------------------|------------------------|
| 体积密度       | g/cm <sup>3</sup> | ≥2.5                   |
| 吸水率        | %                 | <1                     |
| 抗冻性        | —                 | 冻融循环 50 次，无明显损伤（裂纹、脱皮） |
| 磨损率（狄法尔法）  | %                 | <4                     |
| 坚固性（硫酸钠侵蚀） | %                 | 质量损失≤15                |
| 硬度（莫氏）     | —                 | ≥7.0                   |
| 孔隙率        | %                 | <3                     |



2 混凝土砌块材料物理性能应符合表 7.2.3-2 的规定。

表 7.2.3-2 混凝土砌块材料物理性能

| 项目   | 单位 | 物理性能要求   |
|------|----|--|
| 吸水率  | %  | $\leq 8$   |
| 磨坑长度 | mm | $\leq 35$  |
| 抗冻性  | —  | 经 25 次冻融试验的外观质量应符合本规范表 7.2.1-3 的规定；经 5 次冻融试验的质量损失率不应大于 3%；强度损失不得大于 20% |

### 7.3 结构层与结构组合

7.3.1 砌块路面结构应包括面层、基层和垫层。

7.3.2 基层和垫层材料、厚度和设计应满足本规范第 4 章的相关规定。

7.3.3 砌块路面面层包括砌块、填缝材料和整平层材料。

7.3.4 采用砌块铺装车行道、广场、停车场时宜采用连锁型混凝土砌块，连锁型混凝土砌块可包括四面嵌锁和两面嵌锁的长条形状，最小宽度不应小于 80mm，最大宽度不应大于 120mm，长宽比宜为 1.5~2.3。连锁型混凝土砌块最小厚度宜符合表 7.3.4 的规定。

表 7.3.4 连锁型混凝土砌块最小厚度

| 道路类型      | 最小厚度 (mm) |
|-----------|-----------|
| 大型停车场     | 100       |
| 支路、广场、停车场 | 80        |
| 人行道、步行街   | 60        |

7.3.5 人行道和步行街宜采用普通型混凝土砌块，普通型混凝土砌块的最小厚度宜符合表 7.3.5 的规定。

表 7.3.5 普通型混凝土砌块最小厚度 (mm)

| 道路类型      | 常用尺寸    |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
|           | 250×250 | 300×300 | 100×200 | 200×300 |
| 支路、广场、停车场 | 100     | 120     | 80      | 100     |
| 人行道、步行街   | 50      | 60      | 50      | 60      |

7.3.6 石材砌块的适用性及其最小厚度应符合表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 石材砌块适用性及最小厚度 (mm)

| 道路类型      | 常用尺寸    |         |                    |                    |                    |                     |
|-----------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|           | 100×100 | 300×300 | 400×400<br>300×500 | 500×500<br>400×600 | 600×600<br>400×800 | 500×1000<br>600×800 |
| 支路、广场、停车场 | 80      | 100     | 100                | 140                | 140                | 140                 |
| 人行道、步行街   | 50      | 60      | 60                 | 80                 | —                  | —                   |

7.3.7 砌块面层与基层之间应设置整平层，整平层可采用粗砂，厚度宜为 30mm~50mm。

7.3.8 砌块路面面层接缝应符合下列规定：

1 普通型混凝土砌块接缝缝宽不应大于 5mm，应采用水泥砂灌实。

2 连锁型混凝土砌块接缝缝宽不应大于 5mm，应用粗砂灌实。

3 石材砌块路面接缝缝宽不应大于 5mm，应采用水泥砂灌实。有特殊防水要求时，缝下部应用水泥砂灌实，上部应用防水材料灌缝。当缝宽小于 2mm 时，可不进行灌缝。

4 砌块路面面层勾缝时，应设置胀缝，胀缝间距宜为 20m~50m，接缝填料可采用沥青、橡胶类材料。

## 7.4 结构层计算

7.4.1 砌块路面的结构计算可采用等效厚度法，应根据基层材料的不同按沥青路面或水泥路面设计方法进行修正后计算。

**7.4.2** 对半刚性基层和柔性基层的砌块路面，应采用沥青路面设计方法，以设计弯沉值为路面整体强度的设计指标，并应核算基层底的弯拉应力。对反复荷载应考虑疲劳应力，对静止荷载应考虑容许应力。在确定沥青混凝土层厚度后，应按下式计算确定：

$$h_s = h_1 \cdot a \quad (7.4.2)$$

式中： $h_s$ ——砌块路面块体厚度（mm）；

$h_1$ ——沥青混凝土层厚度（mm）；

$a$ ——换算系数，可取 0.7~0.9，道路等级较高、交通量较大、砌块面积尺寸较大时取高值，砌块抗压强度较高、砌块面积尺寸较小时取低值。

**7.4.3** 对水泥混凝土基层的砌块路面，应按水泥混凝土路面设计方法，在确定水泥混凝土板厚度后，应按下式计算：

$$h_s = h_h \cdot b \quad (7.4.3)$$

式中： $h_s$ ——砌块路面块体厚度（mm）；

$h_h$ ——水泥混凝土板厚度（mm）；

$b$ ——换算系数，可取 0.50~0.65，采用的砌块面积尺寸较小时取低值，采用的砌块面积尺寸较大时取高值。

## 8 其他路面

### 8.1 透水人行道

**8.1.1** 透水人行道下的土基应具有一定的渗透性能，土的渗透系数不应小于  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mm/s}$ ，且渗透面距离地下水位应大于 1.0m；在渗透系数小于  $1.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}$  或膨胀土等不良土基、水源保护区，不宜修建透水人行道。

**8.1.2** 面层结构有效孔隙率不应小于 15%，渗透系数不应小于 0.1mm/s。

**8.1.3** 整平层可采用干砂或透水干硬性水泥稳定中、粗砂，厚度宜为 30mm~50mm。

**8.1.4** 基层应选用具有足够的强度、透水性能良好、水稳定性好的材料，宜采用级配碎石、透水水泥混凝土、透水水泥稳定碎石等材料，基层厚度宜为 150mm~300mm。

### 8.2 桥面铺装

**8.2.1** 桥面铺装的结构形式宜与所在位置的道路路面相协调，特大桥、大桥的桥面铺装宜采用沥青混凝土桥面铺装，桥面铺装应有完善的桥面防水、排水系统。

**8.2.2** 桥面铺装应符合下列规定：

1 桥面沥青混凝土铺装结构，应由防水粘结层和沥青面层组成。

2 城市快速路、主干路上桥梁的沥青混合料桥面铺装厚度宜为 80mm~100mm，次干路、支路上桥梁的沥青混合料桥面铺装厚度宜为 50mm~90mm，且沥青表面层厚度不应小于 30mm。当桥面铺装为单层时，厚度不宜小于 50mm。

3 桥面水泥混凝土铺装（不含整平层和垫层）的厚度不宜

小于 80mm，混凝土强度等级不应低于 C40，铺装面层内应配置钢筋网，钢筋直径不应小于 8mm，间距不宜大于 100mm。

**4** 当水泥混凝土桥面采用沥青面层时，桥面板应符合下列规定：

- 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。对城市快速路、城市主干路的桥面宜进行精铣刨或者喷砂打毛处理，特大桥、重要大桥桥面宜进行精细刨处理。
- 2) 当混凝土桥面板需设置调平层时，混凝土调平层厚度不宜小于 80mm，且应按要求设置钢筋网；纤维混凝土调平层厚度不宜小于 60mm；调平层混凝土强度等级应与梁体一致，应与桥面板结合紧密。当调平层厚度较薄时，可用沥青混合料或通过加厚下面层进行调平。

**5** 对于特大桥、大桥、正交异性板钢桥面沥青混凝土铺装结构应根据桥梁的纵面线形、桥梁结构受力状态、桥面系的实际情况、当地气象与环境条件、铺装材料的性能综合研究选用。

### 8.3 隧道路面铺装

**8.3.1** 隧道路面铺装可采用水泥混凝土路面或沥青路面。

**8.3.2** 当隧道采用水泥混凝土路面时，厚度不宜低于 200mm，结构变形缝处路面应设置横向缩缝或胀缝，在隧道口处应设置胀缝。

**8.3.3** 当隧道路面采用沥青路面时，沥青面层应具有与水泥混凝土面板粘结牢固、防水渗入、抗滑耐磨、抗剥离的良好性能；沥青混凝土路面厚度宜为 80mm~100mm，宜采用阻燃温拌型沥青混合料。沥青混凝土面层下应设置粘结层。

## 9 路面排水

### 9.1 一般规定

9.1.1 路面排水应接入城镇排水系统。在城镇排水系统未建立时，应按临时排水设计。

9.1.2 应根据道路所在区域和道路等级，结合路基、桥涵结构物进行排水设计，合理选择排水方案，布置排水设施，形成完整、畅通的排水体系。

9.1.3 路面雨水管渠暴雨强度设计重现期应符合表 9.1.3 的规定。

表 9.1.3 城市道路排水设计重现期

| 城市级别          | 道路等级 |       |       |          |                        |
|---------------|------|-------|-------|----------|------------------------|
|               | 快速路  | 主干路   | 次干路   | 支路       | 广场、<br>停车场<br>立体<br>交叉 |
| 大城市设计重现期（年）   | 1~3  | 0.5~2 | 0.5~1 | 1~3      | 3~5                    |
| 中、小城市设计重现期（年） | 2~5  | 0.5~2 | 0.5~1 | 0.33~0.5 | 1~3                    |

### 9.2 路面排水设计

9.2.1 路面排水设计应符合下列规定：

1 路面排水设计包括路表、分隔带及路面结构内部排水。路面排水设施有：雨水口、排水管渠、检查井、边沟、蓄水池、涵洞、出水口等。

2 路面应设置双向或单向横坡，坡度宜为 1.0%~2.0%。

9.2.2 路面排水采用管道或边沟形式。路面排水应综合两侧建

筑物散水或街坊排水，并应处理好与城市防洪的关系。

### 9.2.3 道路排水管道的设置应符合下列规定：

- 1 排水干管不应埋设在快速路范围内。
- 2 对地基松软和不均匀沉降地段，管道基础应采取加固措施。

- 3 隧道口应有防止路面雨水流入隧道的工程措施。隧道内宜设置渗漏水的排出设施。

### 9.2.4 雨水口的设置应符合下列规定：

- 1 道路汇水点、人行横道上游、沿街单位出入口上游、街坊或庭院的出入口等处均应设置雨水口。道路低洼和易积水地段应根据需要适当增加雨水口。人行道与车行道之间设有连续绿化带时，人行道内侧宜增设雨水口。

- 2 雨水口形式分为平算式、立算式等，平算式雨水口分为有缘石平算式和地面平算式。缘石平算式雨水口用于有缘石的道路。地面平算式可用于无缘石的路面、广场、地面低洼聚水处等。立算式雨水口可用于有缘石的道路。

- 3 平算式雨水口的算面应低于附近路面 10mm~20mm；立算式雨水口进水孔底面应低于附近路面 10mm。

- 4 雨水口的间距宜为 25m~50m。

- 5 雨水口的泄水能力应经计算确定。

### 9.2.5 锯齿形偏沟设计应符合下列规定：

- 1 当道路边缘线纵坡度小于 0.3% 时，可在道路两侧车行道边缘 0.3m 宽度范围内设锯齿形偏沟。锯齿形偏沟的缘石外露高度，在雨水口处宜为 180mm~200mm，在分水点处宜为 100mm~120mm，雨水口处与分水点处的缘石高差宜控制在 60mm~100mm 范围内。

- 2 缘石顶面纵坡宜与道路中心线纵坡平行。锯齿形偏沟的沟底纵坡可通过边沟范围内的道路横坡变化调整。条件困难时，可调整缘石顶面纵坡度。

- 3 锯齿形偏沟的分水点和雨水口应按下式计算：

$$S = (h_c - h_w) / (j_c - j) \quad (9.2.5-1)$$

$$S_c - S = (h_c - h_w) / (j + j'_c) \quad (9.2.5-2)$$

式中： $S_c$ ——相邻雨水口的间距 (mm)；  
 $S$ 、 $S_c - S$ ——分水点至雨水口的距离 (mm)；  
 $j$ ——道路中心线纵坡度；  
 $j_c$ —— $S$  段偏沟底的纵坡度；  
 $j'_c$ —— $S_c - S$  偏沟底的纵坡度；  
 $h_c$ ——雨水口处缘石外露高度 (mm)；  
 $h_w$ ——分水点处缘石外露高度 (mm)。

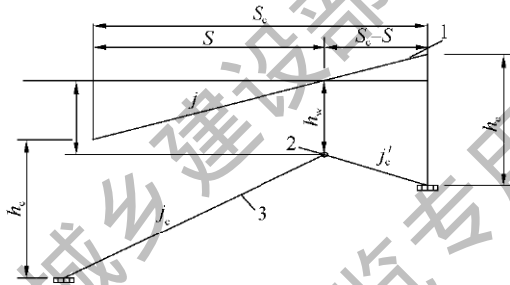


图 9.2.5 锯齿形偏沟计算

1—缘石顶线；2—分水点；3—路面边缘线

### 9.3 路面内部排水

**9.3.1** 对年降水量为 600mm 以上，路基土渗透系数小于  $10^{-4}$  mm/s 的地区的快速路、主干路，宜设置路面内部排水系统。

**9.3.2** 当车行道路面结构设置排水基层或垫层时，应在排水基层或垫层外侧边缘人行道下设置纵向集水沟、带孔集水管以及横向出水管等，并沿纵向间隔一定距离将水引入市政排水总管、渠。

**9.3.3** 路面内部排水系统由透水性填料集水沟、纵向排水管、横向出水管和过滤织物组成。各个组成部分应符合下列规定：



1 纵向排水管管径应按设计流量由水力计算确定，宜在 70mm~150mm 范围内选用。排水管的埋设深度，应保证不被车辆或施工机械压裂，并应超过当地的冰冻深度。在非冰冻地区，新建路面时，排水管管底宜与基层底面齐平；改建路面时，管中心应低于基层顶面。排水管的纵向坡度宜与路线纵坡相同，并不得小于 0.25%。

2 横向出水管径间距和安设位置应由水力计算并考虑邻近地面高程和道路纵横断面情况确定。出水管的横向坡度不宜小于 5%。

3 集水沟底面的最小宽度，对新建路面，不应小于 300mm；对改建路面，应保证排水管两侧各有至少 50mm 宽的透水填料。

**9.3.4** 集水沟的宽度宜为 300mm。集水沟的深度应能保证集水管管顶低于排水层底面，并应有足够厚度的回填料使集水管不被施工机械压裂。沟内回填料宜采用与排水基层或垫层相同的透水性材料，或不含细料的碎石或砾石粒料。回填料与沟壁间应铺设无纺反滤织物。

**9.3.5** 集水沟的纵坡宜与路线纵坡相同，并不得小于 0.25%。

**9.3.6** 排水基层应符合下列规定：

1 所用集料应选用洁净、坚硬而耐久的碎石，快速路、主干路压碎值不应大于 26%，其他等级道路压碎值不应大于 30%。最大粒径可为 19mm 或 26.5mm，并不得超过层厚的 1/3。4.75mm 粒径以下细料的含量不应大于 10%。集料级配应满足渗透系数不得小于 300m/d 的透水性要求。

2 骨架空隙型水泥处治碎石的 7d 浸水抗压强度不得低于 3MPa~4MPa；开级配沥青碎石的沥青用量宜为集料质量的 2.5%~4.5%。

3 排水基层的厚度应按所需排放的水量和基层材料的渗透系数通过水力计算确定，宜为 100mm~150mm，其最小厚度对于沥青稳定碎石不得小于 60mm，对于水泥稳定碎石不得小于

100mm。其宽度应超出面层宽度 300mm~900mm。

**9.3.7** 纵向集水沟可设在面层边缘外侧，集水沟中的填料应与排水基层相同。集水沟的下部应设置带槽口或圆孔的纵向排水管，并应间隔适当距离设置不带槽孔的横向出水管。

**9.3.8** 排水基层的下卧层应选用不透水的密级配混合料。

**9.3.9** 排水垫层可直接设置在路基顶面，并应配置纵向集水沟、排水管和出水管。排水垫层应选用砂或砂砾石等集料组成开级配混合料，其级配应符合下列规定：

1 当垫层用集料在通过率为 15% 时，粒径不应小于路基土在通过率为 15% 时的粒径的 5 倍；

2 当垫层用集料在通过率为 15% 时，粒径不应大于路基土在通过率为 85% 时的粒径的 5 倍；

3 当垫层用集料在通过率为 50% 时，粒径不应大于路基土在通过率为 50% 时的粒径的 25 倍；

4 垫层集料的不均匀系数不应大于 20。

## 9.4 分隔带排水

**9.4.1** 当分隔带内设置纵向排水渗沟时，应间隔 40m~80m 设置横向排水管，渗沟周围应包裹土工布等反滤织物。渗沟上的回填料与路面结构的交界处应铺设防水土工布。

**9.4.2** 当分隔带封闭后，可不设内部排水系统。

## 9.5 交叉口范围路面排水

**9.5.1** 平面交叉口应按竖向设计布设雨水口，并应采取措施防止路段的雨水流入交叉口。

**9.5.2** 立体交叉范围的路面排水应符合下列规定：

1 当纵坡大于 2% 时，应在最低点集中收水，雨水口数量应按立体交叉范围内的设计流量计算确定。

2 下穿式立体交叉引路两端纵坡的起点处，应设倒坡，并在道路两侧采取截水措施。

## 9.6 桥面排水

9.6.1 桥面水应通过横坡和纵坡排入泄水口，并应汇集到竖向排水管排出。

9.6.2 桥面宜在铺装边缘设置渗沟，渗沟与泄水口相接。

住房城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 附录 A 沥青路面使用性能气候分区

**A.0.1** 按照设计高温分区指标，一级区划分为 3 个区，应符合表 A.0.1 的划分。

表 A.0.1 按照设计高温分区

| 高温气候区          | 1    | 2     | 3   |
|----------------|------|-------|-----|
| 气候区名称          | 夏炎热区 | 夏热区   | 夏凉区 |
| 最热月平均最高气温 (°C) | >30  | 20~30 | <20 |

**A.0.2** 按照设计低温分区指标，二级区划分为 4 个区，应符合表 A.0.2 的划分。

表 A.0.2 按照设计低温分区

| 低温气候区       | 1      | 2           | 3          | 4     |
|-------------|--------|-------------|------------|-------|
| 气候区名称       | 冬严寒区   | 冬寒区         | 冬冷区        | 冬温区   |
| 极端最低气温 (°C) | <-37.0 | -37.0~-21.5 | -21.5~-9.0 | >-9.0 |

**A.0.3** 按照设计雨量分区指标，三级区划分为 4 个区，应符合表 A.0.3 的划分。

表 A.0.3 按照设计雨量分区

| 雨量气候区     | 1     | 2        | 3       | 4    |
|-----------|-------|----------|---------|------|
| 气候区名称     | 潮湿区   | 湿润区      | 半干区     | 干旱区  |
| 年降雨量 (mm) | >1000 | 1000~500 | 500~250 | <250 |

**A.0.4** 沥青路面温度分区由高温和低温组合而成，应符合表 A.0.4 的划分。第一个数字代表高温分区，第二个数字代表低温分区，数字越小表示气候因素越严重。

表 A.0.4 沥青路面温度分区

| 气候区名 |        | 最热月平均最高气温<br>(°C) | 年极端最低气温 (°C) | 备注 |
|------|--------|-------------------|--------------|----|
| 1-1  | 夏炎热冬严寒 | >30               | <-37.0       |    |
| 1-2  | 夏炎热冬寒  |                   | -37.0~-21.5  |    |
| 1-3  | 夏炎热冬冷  |                   | -21.5~-9.0   |    |
| 1-4  | 夏炎热冬温  |                   | >-9.0        |    |
| 2-1  | 夏热冬严寒  | 20~30             | <-37.0       |    |
| 2-2  | 夏热冬寒   |                   | -37.0~-21.5  |    |
| 2-3  | 夏热冬冷   |                   | -21.5~-9.0   |    |
| 2-4  | 夏热冬温   |                   | >-9.0        |    |
| 3-1  | 夏凉冬严寒  | <20               | <-37.0       |    |
| 3-2  | 夏凉冬寒   |                   | -37.0~-21.5  |    |
| 3-3  | 夏凉冬冷   |                   | -21.5~-9.0   |    |
| 3-4  | 夏凉冬温   |                   | >-9.0        |    |

A.0.5 由温度和雨量组成的气候分区应符合表 A.0.5 的划分。

表 A.0.5 沥青及沥青混合料气候分区指标

| 气候区名  |          | 温度 (°C)       |             | 雨量 (mm)  |
|-------|----------|---------------|-------------|----------|
|       |          | 最热月平均<br>最高气温 | 年极端最低<br>气温 | 年降雨量     |
| 1-1-4 | 夏炎热冬严寒干旱 | >30           | <-37.0      | <250     |
| 1-2-2 | 夏炎热冬寒湿润  | >30           | -37.0~-21.5 | 500~1000 |
| 1-2-3 | 夏炎热冬寒半干  | >30           | -37.0~-21.5 | 250~500  |
| 1-2-4 | 夏炎热冬寒干旱  | >30           | -37.0~-21.5 | <250     |
| 1-3-1 | 夏炎热冬冷潮湿  | >30           | -21.5~-9.0  | >1000    |
| 1-3-2 | 夏炎热冬冷湿润  | >30           | -21.5~-9.0  | 500~1000 |
| 1-3-3 | 夏炎热冬冷半干  | >30           | -21.5~-9.0  | 250~500  |
| 1-3-4 | 夏炎热冬冷干旱  | >30           | -21.5~-9.0  | <250     |
| 1-4-1 | 夏炎热冬温潮湿  | >30           | >-9.0       | >1000    |
| 1-4-2 | 夏炎热冬温湿润  | >30           | >-9.0       | 500~1000 |

续表 A.0.5

| 气候区名  |         | 温度 (°C)   |             | 雨量 (mm)  |
|-------|---------|-----------|-------------|----------|
|       |         | 最热月平均最高气温 | 年极端最低气温     | 年降雨量     |
| 2-1-2 | 夏热冬严寒湿润 | 20~30     | <-37.0      | 500~1000 |
| 2-1-3 | 夏热冬严寒半干 | 20~30     | <-37.0      | 250~500  |
| 2-1-4 | 夏热冬严寒干旱 | 20~30     | <-37.0      | <250     |
| 2-2-1 | 夏热冬寒潮湿  | 20~30     | -37.0~-21.5 | >1000    |
| 2-2-2 | 夏热冬寒湿润  | 20~30     | -37.0~-21.5 | 500~1000 |
| 2-2-3 | 夏热冬寒半干  | 20~30     | -37.0~-21.5 | 250~500  |
| 2-2-4 | 夏热冬寒干旱  | 20~30     | -37.0~-21.5 | <250     |
| 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  | 250~500  |
| 2-3-4 | 夏热冬冷干旱  | 20~30     | -21.5~-9.0  | <250     |
| 2-4-1 | 夏热冬温潮湿  | 20~30     | >-9.0       | >1000    |
| 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       | 250~500  |
| 3-2-1 | 夏凉冬寒潮湿  | <20       | -37.0~-21.5 | >1000    |
| 3-2-2 | 夏凉冬寒湿润  | <20       | -37.0~-21.5 | 500~1000 |

## 附录 B 沥青混合料级配组成、沥青表面处治材料规格和用量

**表 B.1 各种沥青混合料的矿料级配范围**

| 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 |
| 密级配  | AC-25   | 100                    | 90~100 | 75~90  | 65~83  | 57~76  | 45~65  | 24~52  | 16~42 | 12~33 | 8~24  | 5~17  | 4~13 | 3~7   |
|      | AC-20   |                        | 100    | 90~100 | 78~92  | 62~80  | 50~72  | 26~56  | 16~44 | 12~33 | 8~24  | 5~17  | 4~13 | 3~7   |
| 沥青混  | AC-16   |                        |        | 100    | 90~100 | 76~92  | 60~80  | 34~62  | 20~48 | 13~36 | 9~26  | 7~18  | 5~14 | 4~8   |
|      | AC-13   |                        |        |        | 100    | 90~100 | 68~85  | 38~68  | 24~50 | 15~38 | 10~28 | 7~20  | 5~15 | 4~8   |
| 凝土   | AC-10   |                        |        |        |        | 100    | 90~100 | 45~75  | 30~58 | 20~44 | 13~32 | 9~23  | 6~16 | 4~8   |
|      | AC-5    |                        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | 55~75 | 35~55 | 20~40 | 12~28 | 7~18 | 5~10  |
| 沥青玛  | SMA-20  |                        | 100    | 90~100 | 72~92  | 62~82  | 40~55  | 18~30  | 13~22 | 12~20 | 10~16 | 9~14  | 8~13 | 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  |
| 瑞脂   | SMA-13  |                        |        |        | 100    | 90~100 | 50~75  | 20~34  | 15~26 | 14~24 | 12~20 | 10~16 | 9~15 | 8~12  |
|      | SMA-10  |                        |        |        |        | 100    | 90~100 | 28~60  | 20~32 | 14~26 | 12~22 | 10~18 | 9~16 | 8~13  |
| 开级配  | OGFC-16 |                        |        | 100    | 90~100 | 70~90  | 45~70  | 12~30  | 10~22 | 6~18  | 4~15  | 3~12  | 3~8  | 2~6   |
|      | OGFC-13 |                        |        |        | 100    | 90~100 | 60~80  | 12~30  | 10~22 | 6~18  | 4~15  | 3~12  | 3~8  | 2~6   |
| 磨耗层  | OGFC-10 |                        |        |        |        | 100    | 90~100 | 50~70  | 10~22 | 6~18  | 4~15  | 3~12  | 3~8  | 2~6   |

表 B.2 沥青表面处治材料规格和用量

| 沥青种类 | 类型 | 厚度 (mm)  | 集料 (m <sup>3</sup> /1000m <sup>2</sup> ) |           |                        | 沥青或乳液用量 (kg/m <sup>2</sup> ) |         |         |         |
|------|----|----------|--|-----------|------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|
|      |    |          | 第一层                                      | 第二层       | 第三层                    | 第一次                          | 第二次     | 第三次     | 合计用量    |
|      |    |          | 规格 用量                                    | 规格 用量     | 规格 用量                  |                              |         |         |         |
| 石油沥青 | 单层 | 10       | S12 7~9                                  | —         | —                      | 1.0~1.2                      | —       | —       | 1.0~1.2 |
|      |    | 15       | S10 12~14                                | —         | —                      | 1.4~1.6                      | —       | —       | 1.4~1.6 |
|      | 双层 | 15       | S10 12~14                                | S12 7~8   | —                      | 1.4~1.6                      | 1.0~1.2 | —       | 2.4~2.8 |
|      |    | 20       | S9 16~18                                 | S12 7~8   | —                      | 1.6~1.8                      | 1.0~1.2 | —       | 2.6~3.0 |
|      |    | 25       | S8 18~20                                 | S12 7~8   | —                      | 1.8~2.0                      | 1.0~1.2 | —       | 2.8~3.2 |
|      | 三层 | 25       | S8 18~20                                 | S12 12~14 | S12 7~8                | 1.6~1.8                      | 1.2~1.4 | 1.0~1.2 | 3.8~4.4 |
| 30   |    | S6 20~22 | S12 12~14                                | S12 7~8   | 1.8~2.0                | 1.2~1.4                      | 1.0~1.2 | 4.0~4.6 |         |
| 乳化沥青 | 单层 | 5        | S14 7~9                                  | —         | —                      | 0.9~1.0                      | —       | —       | 0.9~1.0 |
|      | 双层 | 10       | S12 9~11                                 | S14 4~6   | —                      | 1.8~2.0                      | 1.0~1.2 | —       | 2.8~3.2 |
|      | 三层 | 30       | S6 20~22                                 | S10 9~11  | S12 4~6<br>S14 3.5~5.5 | 2.0~2.2                      | 1.8~2.0 | 1.0~1.2 | 4.8~5.4 |

注：1 表中的乳液用量按乳化沥青的蒸发残留物含量 60% 计算，如沥青含量不同应予折算；

2 在严寒地区及干旱风沙大的地区，沥青用量可超出高限 5%~10%。

表 B.3 微表处混合料与稀浆封层混合料的矿料级配范围

| 筛孔尺寸 (mm) | 不同类型通过各筛孔的百分率 (%) |        |        |        |        |
|-----------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
|           | 微表处               |        |        | 稀浆封层   |        |
|           | MS-2 型            | MS-3 型 | ES-1 型 | ES-2 型 | ES-3 型 |
| 9.5       | 100               | 100    | —      | 100    | 100    |
| 4.75      | 95~100            | 70~90  | 100    | 95~100 | 70~90  |
| 2.36      | 65~90             | 45~70  | 90~100 | 65~90  | 45~70  |
| 1.18      | 45~70             | 28~50  | 60~90  | 45~70  | 28~50  |
| 0.6       | 30~50             | 19~34  | 40~65  | 30~50  | 19~34  |
| 0.3       | 18~30             | 12~25  | 25~42  | 18~30  | 12~25  |
| 0.15      | 10~21             | 7~18   | 15~30  | 10~21  | 7~18   |
| 0.075     | 5~15              | 5~15   | 10~20  | 5~15   | 5~15   |



表 B.4 沥青混合料用粗集料规格

| 规格名称 | 公称粒径 (mm) | 通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |      |     |  |
|------|-----------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-----|--|
|      |           | 106                    | 75     | 63     | 53     | 37.5   | 31.5   | 26.5   | 19.0   | 13.2   | 9.5    | 4.75   | 2.36 | 0.6 |  |
| S1   | 40~75     | 100                    | 90~100 | —      | —      | 0~15   | —      | 0~5    |        |        |        |        |      |     |  |
| S2   | 40~60     |                        | 100    | 90~100 | —      | 0~15   | —      | 0~5    |        |        |        |        |      |     |  |
| S3   | 30~60     |                        | 100    | 90~100 | —      | —      | 0~15   | —      | 0~5    |        |        |        |      |     |  |
| S4   | 25~50     |                        |        | 100    | 90~100 | —      | —      | 0~15   | —      | 0~5    |        |        |      |     |  |
| S5   | 20~40     |                        |        |        | 100    | 90~100 | —      | —      | 0~15   | —      | 0~5    |        |      |     |  |
| S6   | 15~30     |                        |        |        |        | 100    | 90~100 | —      | —      | 0~15   | —      | 0~5    |      |     |  |
| S7   | 10~30     |                        |        |        |        | 100    | 90~100 | —      | —      | —      | 0~15   | 0~5    |      |     |  |
| S8   | 10~25     |                        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | —      | 0~15   | —      | 0~5    |      |     |  |
| S9   | 10~20     |                        |        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | —      | 0~15   | 0~5    |      |     |  |
| S10  | 10~15     |                        |        |        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | 0~15   | 0~5    |      |     |  |
| S11  | 5~15      |                        |        |        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | 40~70  | 0~15   | 0~5  |     |  |
| S12  | 5~10      |                        |        |        |        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | 0~15   | 0~5  |     |  |
| S13  | 3~10      |                        |        |        |        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | 40~70  | 0~20 | 0~5 |  |
| S14  | 3~5       |                        |        |        |        |        |        |        |        |        | 100    | 90~100 | 0~15 | 0~3 |  |

表 B.5 沥青混合料用细集料规格

| 规格  | 公称粒径<br>(mm) | 水洗法通过各筛孔的质量百分率 (%) |        |        |       |       |      |      |       |
|-----|--------------|--------------------|--------|--------|-------|-------|------|------|-------|
|     |              | 9.5                | 4.75   | 2.36   | 1.18  | 0.6   | 0.3  | 0.15 | 0.075 |
| S15 | 0~5          | 100                | 90~100 | 60~90  | 40~75 | 20~55 | 7~40 | 2~20 | 0~10  |
| S16 | 0~3          | —                  | 100    | 80~100 | 50~80 | 25~60 | 8~45 | 0~25 | 0~15  |

## 附录 C 沥青路面设计参数参考值

**表 C.1 沥青混合料设计参数**

| 材料名称            |      | 抗压模量 (MPa)    |               |             | 15℃劈裂       | 60℃剪切                    | 备注                |
|-----------------|------|---------------|---------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------------|
|                 |      | 20℃           | 15℃           | 60℃         | 强度<br>(MPa) | 强度<br>(MPa)              |                   |
| 细粒式沥青<br>混凝土    | 密级配  | 1200~<br>1600 | 1800~<br>2200 | 240~<br>320 | 1.2~<br>1.6 | 0.4~<br>0.8 <sup>①</sup> | AC-10,<br>AC-13   |
|                 | 开级配  | 700~<br>1000  | 1000~<br>1400 | 140~<br>200 | 0.6~1.0     | 0.3~0.5                  | OGFC              |
| 沥青玛蹄脂碎石         |      | 1200~<br>1600 | 1600~<br>2000 | 240~<br>320 | 1.4~1.9     | 0.8~1.1                  | SMA               |
| 中粒式沥青混凝土        |      | 1000~<br>1400 | 1600~<br>2000 | —           | 0.8~1.2     | —                        | AC-16,<br>AC-20   |
| 密级配粗粒式<br>沥青混凝土 |      | 800~<br>1200  | 1000~<br>1400 | —           | 0.6~1.0     | —                        | AC-25             |
| 沥青碎石<br>基层      | 密级配  | 1000~<br>1400 | 1200~<br>1600 | —           | 0.6~1.0     | —                        | ATB-25,<br>ATB-35 |
|                 | 半开级配 | 600~800       | —             | —           | —           | —                        | AM-25,<br>AM-40   |
| 沥青贯入式           |      | 400~800       | —             | —           | —           | —                        | —                 |

注：①对于密级配细粒式沥青混凝土，采用普通沥青时其60℃抗剪强度在0.4MPa~0.6MPa之间；采用改性沥青时其60℃抗剪强度在0.6MPa~0.8MPa之间。

**表 C.2 基层和垫层材料设计参数**

| 材料名称 | 配合比或规格<br>要求 | 抗压回弹模量 $E$<br>(MPa)<br>(弯沉计算用) | 抗压模量<br>$E$ (MPa)<br>(拉应力、剪应力<br>计算用) | 劈裂强度<br>(MPa) |
|------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| 水泥砂砾 | 4%~6%        | 1100~1500                      | 3000~4200                             | 0.4~0.6       |
| 水泥碎石 | 4%~6%        | 1300~1700                      | 3000~4200                             | 0.4~0.6       |
| 二灰砂砾 | 7:13:80      | 1100~1500                      | 3000~4200                             | 0.6~0.8       |

续表 C. 2

| 材料名称      | 配合比或规格要求        | 抗压回弹模量 E (MPa)<br>(弯沉计算用) | 抗压模量 E(MPa)<br>(拉应力、剪应力计算用) | 劈裂强度 (MPa) |
|-----------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|------------|
| 二灰碎石      | 8 : 17 : 75     | 1300~1700                 | 3000~4200                   | 0.5~0.8    |
| 石灰水泥粉煤灰砂砾 | 6 : 3 : 16 : 75 | 1200~1600                 | 2700~3700                   | 0.4~0.55   |
| 水泥粉煤灰碎石   | 4 : 16 : 80     | 1300~1700                 | 2400~3000                   | 0.4~0.55   |
| 石灰土碎石     | 粒料>60%          | 700~1100                  | 1600~2400                   | 0.3~0.4    |
| 碎石灰土      | 粒料>40%<br>~50%  | 600~900                   | 1200~1800                   | 0.25~0.35  |
| 水泥石灰砂砾土   | 4 : 3 : 25 : 68 | 800~1200                  | 1500~2200                   | 0.3~0.4    |
| 二灰土       | 10 : 30 : 60    | 600~900                   | 2000~2800                   | 0.2~0.3    |
| 石灰土       | 8%~12%          | 400~700                   | 1200~1800                   | 0.2~0.25   |
| 石灰土处理路基   | 4%~7%           | 200~350                   | —                           | —          |
| 级配碎石      | 基层连续级配型         | 300~350                   | —                           | —          |
|           | 基层骨架密实型         | 300~500                   | —                           | —          |
|           | 下基层、垫层          | 200~250                   | —                           | —          |
| 填隙碎石      | 下基层             | 200~280                   | —                           | —          |
| 未筛分碎石     | 下基层             | 180~220                   | —                           | —          |
| 级配砂砾、天然砂砾 | 基层              | 150~200                   | —                           | —          |
| 中粗砂       | 垫层              | 80~100                    | —                           | —          |

表 C. 3 柔性基层沥青路面材料设计参数

| 材料名称        | 20℃动态回弹模量 (MPa)<br>(柔性基层沥青层层底<br>拉应变计算用) | 备注           |
|-------------|--|--------------|
| 密级配细粒式沥青混凝土 | 4500~6000                                | AC-10, AC-13 |
| 中粒式沥青混凝土    | 4000~5500                                | AC-16, AC-20 |
| 密级配粗粒式沥青混凝土 | 3500~5000                                | AC-25        |
| 沥青玛蹄脂碎石     | 4000~6000                                | SMA          |

续表 C. 3

| 材料名称           | 20℃动态回弹模量 (MPa)<br>(柔性基层沥青层层底<br>拉应变计算用) | 备注     |
|----------------|--|--------|
| 密级配沥青碎石基层      | 3200~4500                                | ATB-25 |
| 贫混凝土           | 10000~17000                              | —      |
| 水泥稳定碎石         | 5000~10000                               | —      |
| 水泥稳定土          | 1000~3000                                | —      |
| 石灰、水泥与粉煤灰综合稳定类 | 3500~14000                               | —      |
| 石灰稳定土          | 600~2000                                 | —      |

表 C. 4 碎砾石土设计参数

| 碎石含量 (%) | 路基干湿类型 | 回弹模量 (MPa) | 密度 (t/m <sup>3</sup> ) | 含水量 (%) |
|----------|--------|------------|------------------------|---------|
| >70      | 干燥     | 90~100     | 2.05~2.25              | 7       |
|          | 中湿     | 70~80      | 2.00~2.20              | 8       |
|          | 潮湿     | 55~65      | 1.95~2.15              | 11      |
| 50~70    | 干燥     | 75~85      | 2.00~2.20              | 7       |
|          | 中湿     | 55~65      | 1.95~2.15              | 8       |
|          | 潮湿     | 45~55      | 1.90~2.10              | 11      |
| 30~50    | 干燥     | 47~57      | 1.90~2.10              | <10     |
|          | 中湿     | 30~40      | 1.85~1.95              | 10~15   |
|          | 潮湿     | 20~30      | 1.75~1.85              | >15     |
| <30      | 干燥     | 30~40      | 1.80~1.90              | <10     |
|          | 中湿     | 15~25      | 1.70~1.80              | 10~15   |
|          | 潮湿     | 15         | 1.60~1.70              | >15     |

## 附录 D 沥青混合料单轴贯入抗剪强度试验方法

**D.0.1** 本试验方法适用于利用单轴贯入试验仪在规定的温度和加载条件下测定沥青混合料的抗剪强度。非经注明，单轴贯入抗剪强度的试验温度为  $60^{\circ}\text{C}$ 。试验采用直径  $100\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 、高  $100\text{mm}\pm 2\text{mm}$  的沥青混合料圆柱体试件，集料的公称最大粒径不大于  $16\text{mm}$ 。

**D.0.2** 仪器设备应符合下列规定：

1 万能材料试验机，其他可施加荷载并测试变形的路面材料试验设备也可使用，应满足下列条件：

- 1) 最大荷载应满足不超过其量程的  $80\%$ ，且不小于量程的  $20\%$  要求，宜采用  $5\text{kN}$ 。
- 2) 具有环境保温箱，温控准确度  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 能符合加载速率  $1\text{mm}/\text{min}$  的要求。试验机宜有伺服系统，在加载过程中，速度基本保持不变。
- 4) 试验进行过程中可记录加载力和位移。

2 贯入杆，端面直径  $28.5\text{mm}$ 、长  $50\text{mm}$  的金属柱。

3 烘箱。

**D.0.3** 试验方法应符合下列规定：

1 用旋转压实或静压法成型混合料试件，试件尺寸应符合直径  $100\text{mm}\pm 2\text{mm}$ ，高  $100\text{mm}\pm 2\text{mm}$  的要求，并在报告中注明试件成型方法，试件的密度应符合马歇尔标准密度的  $100\%\pm 1\%$ 。

2 试件成型后，不等完全冷却后即可脱模，用卡尺量取试件的高度，若最高部位与最低部位的高度差超过  $2\text{mm}$  时，试件应作废。用于单轴贯入抗剪切强度试验的试件不少于 3 个。

3 按相关试验方法测定试件的密度、空隙率等各项相关物

理指标。

4 将试件在 60℃ 的烘箱中保温 6h。

5 使试验机环境保温箱温度达到试验温度。

**D.0.4** 将试件从烘箱中取出，立即置于压力机试验台座上，以 1mm/min 的加载速率均匀加载直至破坏，读取荷载峰值，准确至 0.1kN。

**D.0.5** 沥青混凝土的单轴贯入剪切试验强度应按下式计算：

$$\tau_s = 0.327 \times 0.8 \times \frac{P}{A} \quad (\text{D.0.5})$$

式中： $\tau_s$ ——试件单轴贯入剪切试验强度 (MPa)；

$P$ ——试件破坏时的最大荷载 (N)；

$A$ ——贯入杆的截面积 (mm<sup>2</sup>)。

**D.0.6** 当一组测定值中某个测定值和平均值之差大于标准差的  $k$  倍时，该测定值应予舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试验试件数目分别为 3、4、5、6 时， $k$  值可分别为 1.15、1.46、1.67、1.82。

## 附录 E 沥青混合料单轴压缩动态回弹模量试验方法

**E.0.1** 本方法适用于测定沥青混合料在线弹性范围内的单轴压缩动态回弹模量。在无侧限条件下，按一定的温度和加载频率对测试试件施加偏移正弦波（波形与正弦波相同，仅数值全在压力轴一侧）或半正矢波轴向压应力，量测试件可恢复的轴向应变。测试要求为：试验温度为 20℃，加载频率为 10Hz，试验采用直径为 100mm±2mm，高为 200mm±2.5mm 的沥青混合料圆柱体试件，集料的公称最大粒径不大于 37.5mm。

**E.0.2** 试验装置与材料应符合下列规定：

1 材料试验机：能施加偏移正弦波或半正矢波形式荷载的加载设备，施加荷载的频率在 0.1Hz~25Hz 范围，且施加的最大应力水平能达到 2800kPa。加载分辨率应达到 5N。

2 环境箱，控温准确度为 ±0.5℃。

3 数据测量及采集系统：采用微机控制，能测量并记录试件在每个加载循环中所承受的轴向荷载和产生的轴向变形。荷载传感器所需最小量程为 0~25kN，分辨率不大于 5N，误差不大于 1%；位移传感器可采用 LVDT 或其他合适的设备，具有良好的动态响应特性，其量程应大于 1mm，分辨率不大于 0.2μm，误差不大于 2.5μm。

**E.0.3** 试验准备工作应符合下列规定：

1 采用旋转压实法成型沥青混合料试件，试件尺寸应符合直径 100mm±2mm，高 150mm±2mm 的要求，试件的密度应符合马歇尔标准密度的 100%±1%。

2 试件最高部位与最低部位的高度差不应超过 2mm，一组



试件不应少于 4 个。

3 按相关试验方法测定试件的密度、空隙率等各项相关物理指标。

**E.0.4** 试验步骤应符合下列规定：

1 将位移传感器安置于试件侧面中部，使其与试件端面垂直，沿圆周等间距安放 3 个（即每 2 个相距  $120^\circ$ ）。调节位移传感器，使其测量范围可以测量试件中部的压缩变形。

2 将试件放置在试验加载架的加载板中心位置，为减少试件表面与上下加载板间的摩阻力，减小端部效应，可在试件与上下加载板间各放一块聚四氟乙烯薄膜或涂抹硫黄砂浆，应使试件中心与加载架的中心对齐。

3 将试件放入试验机的环境箱中，在环境箱温度达到设定的试验温度后，继续恒温 5h。

4 当试件内外的温度达到测试温度以后，就可以开始进行加载试验。将试件与上加载板轻微接触，调节位移传感器，当试件内外的温度达到测试温度以后，就可以开始进行加载试验。将试件与上加载板轻微接触，调节位移传感器并清零，施加一个大小为试验荷载（试验荷载的大小是通过调节使试件的轴向响应应变能控制在  $50 \times 10^{-6} \sim 150 \times 10^{-6}$  微应变之间得到，在 350kPa~700kPa 范围内选择）5%的接触荷载对试件进行预压，持续 10s，使试件与上下加载板接触良好。

5 对试件施加偏移正弦波或半正矢波轴向压应力试验荷载，在设定温度下以 10Hz 的频率重复加载 200 次。试验采集最后 5 个波形的荷载及变形曲线，记录并计算试验施加荷载、试件轴向可恢复变形、动态回弹模量。

**E.0.5** 试验结果计算应符合下列规定：

1 量测最后 5 次加载循环中荷载的平均幅值  $P_i$  和可恢复轴向变形平均幅值  $\Delta_i$  及同一加载循环下变形峰值与荷载峰值的平均滞后时间沥青混合料的动态回弹模量及相位角。

1) 应力幅值计算：

$$\sigma_0 = \frac{P_i}{A} \quad (\text{E. 0. 5-1})$$

式中： $\sigma_0$ ——轴向应力幅值 (MPa)；

$P_i$ ——最后 5 次加载循环中轴向试验荷载平均幅值 (N)；

$A$ ——试件径向横截面面积 (可取试件上下端面面积均值) ( $\text{mm}^2$ )。

2) 应变幅值计算：

$$\epsilon_0 = \frac{\Delta_i}{l_0} \quad (\text{E. 0. 5-2})$$

式中： $\epsilon_0$ ——可恢复轴向应变幅值 ( $\text{mm}/\text{mm}$ )；

$\Delta_i$ ——最后 5 次加载循环中可恢复轴向变形平均幅值 (mm)；

$l_0$ ——试件上位传感器的量测间距 (mm)。

3) 动态回弹模量计算：

$$|E^*| = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} \quad (\text{E. 0. 5-3})$$

式中： $|E^*|$ ——沥青混合料动态回弹模量 (MPa)。

2 同一种沥青混合料，在相同试验条件下应至少进行四次平行试验。平行试验结果应按试验数据的离散程度进行剔差处理，剔差标准为：当一组试件的测定值中某个测定值与平均值之差大于标准差的  $k$  倍时，该次试验数据应予以舍弃。有效试件数目为 3、4、5、6、7、8、9、10 个时， $k$  值可分别为 1.15、1.46、1.67、1.82、1.94、2.03、2.11、2.18。

## 附录 F 水泥混凝土路面设计参数参考值

表 F.1 中湿路基顶面回弹模量经验参考值范围 (MPa)

| 土 组 | 道路自然区划 |       |       |       |       |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|
|     | II     | III   | IV    | V     | VI    |
| 土质砂 | 26~42  | 40~50 | 39~50 | 35~60 | 50~60 |
| 黏质土 | 25~45  | 30~40 | 25~45 | 30~45 | 30~45 |
| 粉质土 | 22~46  | 32~54 | 30~50 | 27~43 | 30~45 |

表 F.2 垫层和基层材料回弹模量经验参考值范围

| 材料类型      | 回弹模量 (MPa) | 材料类型                          | 回弹模量 (MPa) |
|-----------|------------|-------------------------------|------------|
| 中、粗砂      | 80~100     | 石灰粉煤灰稳定粒料                     | 1300~1700  |
| 天然砂砾      | 150~200    | 水泥稳定粒料                        | 1300~1700  |
| 未筛分碎石     | 180~220    | 沥青碎石 (粗粒式, 20℃)               | 600~800    |
| 级配碎石 (垫层) | 200~250    | 沥青混凝土 (粗粒式, 20℃)              | 800~1200   |
| 级配碎石 (基层) | 250~350    | 沥青混凝土 (中粒式, 20℃)              | 1000~1400  |
| 石灰土       | 200~700    | 多孔隙水泥碎石 (水泥剂量 9.5%~11%)       | 1300~1700  |
| 石灰粉煤灰土    | 600~900    | 多孔隙沥青碎石 (20℃, 沥青含量 2.5%~3.5%) | 600~800    |

表 F.3 水泥混凝土弯拉弹性模量经验参考值

|              |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|
| 弯拉强度 (MPa)   | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  |
| 抗压强度 (MPa)   | 5.0  | 7.7  | 11.0 | 14.9 | 19.3 |
| 弯拉弹性模量 (GPa) | 10   | 15   | 18   | 21   | 23   |
| 弯拉强度 (MPa)   | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 5.0  | 5.5  |
| 抗压强度 (MPa)   | 24.2 | 29.7 | 35.8 | 41.8 | 48.4 |
| 弯拉弹性模量 (GPa) | 25   | 27   | 29   | 31   | 33   |

## 本规范用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。