

上海市工程建设规范

路面设计规范

Code for pavement design of road

DG/TJ08—2131—2013

J12442—2013

2013 上海

上海市工程建设规范

路面设计规范

Code for pavement design of road

DG/TJ08—2131—2013

主编单位:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

批准部门:上海市城乡建设和交通委员会

施行日期:2013 年 11 月 1 日

2013 上海

上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2013]808号

上海市城乡建设和交通委员会 关于批准《路面设计规范》为上海市 工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司主编的《路面设计规范》，经市建设交通委科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ08—2131—2013，自 2013 年 11 月 1 日起实施。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一三年八月十五日

前 言

本规范根据上海市城乡建设和交通委员会关于印发《2011 年上海市工程建设规范和标准设计编制计划(第一批)》的通知(沪建交〔2011〕462 号)文件要求,由上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司编制而成。

规范编制组在深入调查研究,认真总结国内外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。

本规范共十章、四个附录,主要技术内容是:1. 总则;2. 术语与符号;3. 基本规定;4. 路基;5. 垫层与基层;6. 沥青路面;7. 水泥混凝土路面;8. 其他路面;9. 旧路加铺;10. 道路排水。

本规范在执行过程中,请各单位注意总结经验、积累资料,并及时将意见或建议寄至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),以供修订时参考。

主 编 单 位:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

主要起草人:温学钧 徐 健 郑晓光 乔英娟 白彦峰

麻旭荣 陈宏坡

主要审查人:许志鸿 崔健球 张易谦 汪维恒 赵召胜

孔庆伟 严 军

上海市建筑建材业市场管理总站

二〇一三年八月

目 次

1	总 则	(1)
2	术语与符号	(2)
2.1	术 语	(2)
2.2	符 号	(4)
3	基本规定	(7)
3.1	一般规定	(7)
3.2	轴载换算与设计交通量	(11)
4	路 基	(16)
4.1	一般规定	(16)
4.2	一般路基	(16)
4.3	特殊路基	(20)
5	垫层与基层	(24)
5.1	垫 层	(24)
5.2	基 层	(24)
6	沥青路面	(31)
6.1	一般规定	(31)
6.2	面层类型与材料	(31)
6.3	路面结构组合设计	(41)
6.4	路面结构设计指标与要求	(44)

7	水泥混凝土路面	(53)
7.1	一般规定	(53)
7.2	路面结构设计指标与要求	(53)
7.3	路面材料	(54)
7.4	结构组合设计	(56)
7.5	结构厚度计算	(58)
7.6	接缝设计	(68)
7.7	面层配筋设计	(75)
8	其他路面	(82)
8.1	砌块路面	(82)
8.2	桥面铺装	(89)
8.3	隧道路面铺装	(91)
9	旧路加铺	(92)
9.1	旧路状况评价	(92)
9.2	改建沥青路面设计	(96)
9.3	水泥混凝土路面加铺沥青路面	(98)
9.4	改建水泥混凝土路面设计	(99)
10	道路排水	(102)
10.1	一般规定	(102)
10.2	路基排水	(103)
10.3	路面排水设计	(103)
10.4	路面内部排水	(105)

10.5	分隔带排水	(107)
10.6	隧道、地道与城市立交排水	(107)
10.7	桥面排水	(108)
10.8	广场、停车场排水	(109)
附录 A	沥青混合料级配组成、沥青表面处治材料规格和 用量	(110)
附录 B	沥青路面设计参数参考值	(117)
附录 C	沥青混合料单轴贯入抗剪强度试验方法	(122)
附录 D	水泥混凝土路面设计参数参考值	(124)
本规范用词说明	(126)
引用标准名录	(127)
条文说明	(129)

Contents

1	General principle	(1)
2	Terminology and symbol	(2)
2.1	Terminology	(2)
2.2	Symbol	(4)
3	Basic requirement	(7)
3.1	General requirement	(7)
3.2	Axle load conversion and design traffic volume	(11)
4	Subgrade	(16)
4.1	General requirement	(16)
4.2	General subgrade	(16)
4.3	Special subgrade	(20)
5	Bed course and base course	(24)
5.1	Bed course	(24)
5.2	Base course	(24)
6	Asphalt pavement	(31)
6.1	General requirement	(31)
6.2	Pavement category and materials	(31)
6.3	Pavement structure combination design	(41)
6.4	Pavement structure design index and demand	(44)

7	Cement concrete pavement	(53)
7.1	General requirement	(53)
7.2	Pavement structure design index and demand	(53)
7.3	Pavement materials	(54)
7.4	Structure combination design	(56)
7.5	Structure calculation	(58)
7.6	Joint design	(68)
7.7	Pavement reinforcement design	(75)
8	Other pavements	(82)
8.1	Block stone pavement	(82)
8.2	Bridge pavement	(89)
8.3	Tunnel pavement	(91)
9	Pavement overlay	(92)
9.1	Evaluation of old pavement	(92)
9.2	Design of old asphalt pavement	(96)
9.3	Asphalt overlay on old cement concrete pavement ...	(98)
9.4	Design of old cement concrete pavement	(99)
10	Road drainage	(102)
10.1	General requirement	(102)
10.2	Subgrade drainage	(103)
10.3	Pavement drainage	(103)
10.4	Pavement subsurface drainage	(105)

10.5	Median divider drainage	(107)
10.6	Tunnel, subway and interchanange drainage ...	(107)
10.7	Bridge pavement drainage	(108)
10.8	Square and parking lot drainage	(109)
Appendix A	Asphalt mixture grade composition, bituminous surface treatment material specification and dosage	(110)
Appendix B	Reference value of asphalt pavement design parameters	(117)
Appendix C	Method of uniaxial peneration experiment	(122)
Appendix D	Reference value of cement concrete pavement design parameters	(124)
Terminology introduction		(126)
List of quoting codes		(127)
Standard clause explanation		(129)

1 总 则

1.0.1 为适应本市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 本规范适用于本市新建和改建道路的路面设计。

1.0.3 路面设计应在满足功能要求的前提下,符合环境与生态保护要求,鼓励设计低碳生态型路面,积极应用材料再生技术,体现本市道路特色,实现道路的可持续发展。

1.0.4 路面设计除应符合本规范外,尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术 语

2.1.1 排水性沥青混合料 drainage asphalt mixture

采用质量稳定的高粘度改性沥青与矿料等拌和而成的,设计空隙率不小于 18%的沥青混合料。

2.1.2 排水性沥青路面 drainage asphalt pavement

采用排水性沥青混合料作为表面层,其下设置防水层,渗入到排水性沥青面层内的水在防水层上横向流入边缘排水设施,而不再向下渗透到下承层的路面。

2.1.3 透水路面 permeable pavement

由透水材料铺筑,路表水可进入路面,最终渗入至路基内部的路面总称。

2.1.4 温拌沥青混合料 warm mix asphalt

在基本不改变沥青混合料的配合比以及施工工艺的前提下,采用技术手段,使得沥青混合料的拌和温度相比同类热拌沥青混合料降低 30℃以上,且能达到热拌沥青混合料路用性能要求的沥青混合料的统称。

2.1.5 橡胶沥青混合料 asphalt rubber mixture

采用湿法或干法工艺生产的添加废轮胎橡胶粉的沥青混合料。

2.1.6 高模量沥青混合料 high modulus asphalt mixture

通过采用外掺剂或低标号沥青等技术手段,使得动态回弹模量(15℃、10Hz)达到 14000MPa 以上的沥青混合料。

2.1.7 沥青路面再生 asphalt pavement recycling

采用专用机械设备对旧沥青材料进行处理,并掺加一定比例的新集料、新沥青、再生剂(必要时)、温拌剂(必要时)等形成路面结构层的技术。按照再生沥青混合料施工温度的不同,沥青路面再生可分为热再生、温再生与冷再生;按照施工场合和工艺的不同,沥青路面再生可分为厂拌再生和就地再生。

2.1.8 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。

2.1.9 可靠度 reliability

路面结构在规定的时间内,规定的条件下,完成预定功能的概率。

2.1.10 目标可靠度 objective reliability

综合考虑工程安全度和工程经济性等方面的因素而确定的最佳可靠度。

2.1.11 可靠度系数 reliability coefficient

为保证所设计的路面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。

2.1.12 容许拉应变 allowable tensile strain at the bottom of asphalt layer

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。

2.1.13 容许拉应力 allowable tensile stress at the bottom of semirigid base layer

半刚性材料的抗拉强度与抗拉强度结构系数之比。

2.1.14 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。

2.1.15 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。

2.1.16 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。

2.1.17 路基 subgrade

按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物，是路面的基础，承受由路面传来的行车荷载。

2.1.18 路床 roadbed

指路面底面以下 0.80m 范围内的路基部分。在结构上分为上路床(0m~0.30m)及下路床(0.30m~0.80m)两层。

2.1.19 加州承载比 california bearing ratio

表征路基土、粒料与稳定土的强度指标。即标准试件在贯入量为 2.5mm 时所施加的试验荷载与标准碎石材料在相同贯入量时所施加的荷载之比值，以百分率表示。

2.1.20 压实度 degree of compaction

筑路材料压实后的干密度与标准最大干密度之比，以百分率表示。

2.1.21 特殊路基 special subgrade

位于特殊地段、不良地质地段，或受水、气候等自然因素影响强烈的路基。

2.2 符 号

2.2.1 作用及作用效应

N —— 标准轴载作用次数；

P —— 标准轴载；

ε —— 应变；

σ —— 应力；

τ —— 剪应力。

2.2.2 设计参数和计算系数

F —— 弯沉综合修正系数；

f_h —— 水平力系数；

t —— 设计基准期；

γ —— 设计基准期内交通量的平均年增长率；

γ_a —— 沥青路面可靠度系数；

γ_r —— 水泥混凝土路面可靠度系数；

η —— 设计车道分布系数；

η_s —— 临界荷位处的车辆轮迹横向分布系数。

2.2.3 材料性能

E —— 弹性模量；

f —— 强度；

l —— 弯沉值；

r —— 相对刚度半径；

ν —— 泊松比。

2.2.4 材料类型

AC —— 密级配沥青混合料；

AM —— 半开级配沥青碎石；

AR —— 橡胶沥青；

AR-AC —— 密级配橡胶沥青混合料；

AR-SMA —— 橡胶沥青玛蹄脂碎石混合料；

AR-OGFC —— 开级配橡胶沥青混合料；

- ATB* —— 密级配沥青稳定碎石；
- ATPB* —— 开级配沥青稳定碎石；
- DA* —— 排水性沥青混合料；
- DAP* —— 排水性沥青路面；
- EA* —— 环氧沥青混凝土；
- GA* —— 浇筑式沥青混凝土；
- HMAC* —— 高模量沥青混合料；
- OGFC* —— 开级配沥青磨耗层；
- SMA* —— 沥青玛蹄脂碎石混合料；
- WMA* —— 温拌沥青混合料。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 沥青路面的交通轴载作用可根据设计基准期内设计车道的累计当量轴次按照表 3.1.1—1 的规定分级。水泥混凝土路面所承受的轴载作用,根据设计基准期内设计车道临界荷位处所承受的累计当量轴次按照表 3.1.1—2 的规定分级。

表 3.1.1—1 沥青路面交通等级

名 称	特重	重	中	轻
标准轴载累计作用次数 N_e (万次)	>2500	1200~2500	300~1200	<300
大客车、中型以上货车日交通量 (辆/d·车道)	>3000	1500~3000	600~1500	<600

表 3.1.1—2 水泥混凝土路面交通等级

交 通 等 级	极重	特重	重	中	轻
设计车道临界荷位处标准轴载 累计作用次数 N_e (万次)	>10000	2000~10000	100~2000	3~100	<3

3.1.2 路面设计基准期应符合表 3.1.2 规定。

表 3.1.2 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
高速公路、一级公路	15 年	30 年	—
二级公路	15 年	30 年	—
三、四级公路	10 年	15 年	—
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	15 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。

3.1.3 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 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 标准轴载计算参数

标 准 轴 载	BZZ-100
标准轴载 $P(\text{kN})$	100
轮胎接地压强 $p(\text{MPa})$	0.70
单轮传压面当量圆直径 $d(\text{cm})$	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。

3.1.4 路面可靠度设计标准应符合表 3.1.4 的规定。

表 3.1.4 路面可靠度设计标准

道路等级	高速公路、快速路	一级公路、主干路	二级及以下公路、次干路、支路
目标可靠度	95%	90%	85%
变异水平等级	低	低~中	中~高

3.1.5 沥青路面可靠度系数可按表 3.1.5 确定。

表 3.1.5 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

3.1.6 水泥混凝土路面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 3.1.6—1 的规定。可靠度系数依据所选目标可靠度及变异水平等级按表 3.1.6—2 确定。

表 3.1.6—1 变异系数 c_v 的变化范围

变 异 水 平 等 级	低	中	高
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	$c_v \leq 0.04$	$0.04 < c_v \leq 0.06$	$0.06 < c_v \leq 0.08$

表 3.1.6—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：变异系数在表 3.1.6—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。

3.1.7 路面抗滑性能应符合下列规定：

1 高速公路、一级公路、快速路、主干路的沥青路面在质量验收时抗滑性能指标应符合表 3.1.7—1 的规定。

表 3.1.7—1 沥青路面抗滑性能指标

道 路 等 级	质 量 验 收 值	
	横向力系数 SFC_{60}	构造深度 $TD(mm)$
高速公路、一级公路、快速路、主干路	≥ 54	≥ 0.55

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；

3. 二级及以下公路、次干路、支路、非机动车道、人行道及步行街可按表 3.1.7—1 执行。

2 水泥混凝土路面抗滑性能在质量验收时，应符合表 3.1.7—2 的规定。

表 3.1.7—2 水泥混凝土面层的表面构造深度(mm)

道路等级	高速公路、一级公路、快速路、主干路	二、三、四级公路、次干路、支路
一般路段	0.70~1.10	0.50~1.00
特殊路段	0.80~1.20	0.60~1.10

注：1. 对快速路、主干路、高速公路与一级公路特殊路段系指立交、平交或变速车道等处，对于其他道路特殊路段系指急弯、陡坡、交叉口或集镇附近；

2. 非机动车道、人行道及步行街可按表 3.1.7—2 执行。

3.1.8 水泥混凝土面层的最大温度梯度标准值(T_g)应符合表 3.1.8 规定。

表 3.1.8 水泥混凝土面层最大温度梯度标准值

面层板厚度 (cm)	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
最大温度梯度 标准值 ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)	101~ 108	95~ 102	90~ 97	86~ 92	81~ 86	77~ 82	72~ 77	68~ 73	65~ 69	61~ 65	58~ 62	54~ 58	51~ 54

注：湿度大时，取低值。

3.2 轴载换算与设计交通量

3.2.1 沥青路面轴载换算应符合下列规定：

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 应按式(3.2.1—1)计算：

$$N_a = \sum_{i=1}^K C_1 \cdot C_2 n_i \left(\frac{P_i}{P} \right)^{C_3} \quad (3.2.1-1)$$

$$C_1 = 1 + 1.2(m-1) \quad (3.2.1-2)$$

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变为设计指标时的当量轴次(次/d)；

K ——轴载级别；

n_i ——被换算车型的各级轴载作用次数(次/d)；

C_1 ——轴数系数，轴间距大于或等于 3m 时，应按单轴计算；轴间距小于 3m 时，应按式(3.2.1-2)计算；

C_2 ——轮组系数，双轮组为 1.0，单轮组为 6.4，四轮组为 0.38；

P ——标准轴载(kN)；

P_i ——各级轴载(kN)；

C_3 ——荷载系数，单轴荷载小于或等于 130kN 时，应取 4.35；单轴荷载大于 130kN 时，可取 5；

m ——轴数。

2 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 应按式(3.2.1-3)计算；

$$N_s = \sum_{i=1}^K C'_1 C'_2 n_i \left(\frac{P_i}{P} \right)^{C'_3} \quad (3.2.1-3)$$

$$C'_1 = 1 + 2(m-1) \quad (3.2.1-4)$$

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 ——轴数系数，轴间距大于或等于 3m 时，应按单轴计算；轴间距小于 3m 时，应按式(3.2.1-4)计算；

C'_2 ——轮组系数，双轮组为 1.0，单轮组为 18.5，四轮组为 0.09；

C'_3 ——荷载系数，单轴荷载小于或等于 130kN 时，应取 8；单轴荷载大于 130kN 时，可取 9。

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,求得营运第一年年向日平均当量轴次。

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 3.2.1 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 3.2.1 设计车道分布系数(η)

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:

$$N_e = \frac{[(1+\gamma)^t - 1] \times 365}{\gamma} \cdot N_1 \cdot \eta \quad (3.2.1-5)$$

式中 N_e ——设计基准期内一个车道上的累计当量轴次(次/车道);

γ ——设计基准期内交通量的年平均增长率(%);

t ——设计基准期(年);

N_1 ——路面营运第一年年向日平均当量轴次(次/d);

η ——设计车道分布系数。

3.2.2 水泥混凝土路面轴载换算及设计交通量应符合以下规定：

1 按疲劳断裂设计准则进行结构分析时，以 100kN 单轴一双轮组荷载作为设计轴载，各级轴载作用次数 N_i 可按式换算为标准轴载的当量轴次 N_e ：

$$N_e = \sum_{i=1}^n N_i \left(\frac{P'_i}{P_s} \right)^{16} \quad (3.2.2-1)$$

式中 N_e ——标准轴载的当量轴次；

n ——各种轴型的轴载级位数；

N_i —— i 级轴载的作用次数；

P'_i ——第 i 级轴载重，联轴按每一根轴载单独计；

P_s ——设计轴载重。

2 对极重交通荷载等级的水泥混凝土路面，宜选用货车中占主要份额特重车型的轴载作为设计轴载。

3 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式计算：

$$N'_e = \frac{N'_1 \times [(1+\gamma)^t - 1]}{\gamma} \times 365 \eta_s \quad (3.2.2-2)$$

式中 N'_e ——设计基准期内临界荷位所承受的累计当量轴次（次）；

N'_1 ——设计车道使用初期的当量轴载日作用次数（次/d）；

η_s ——临界荷位处的车辆轮迹横向分布系数，可按表 3.2.2 选用。

表 3.2.2 车辆轮迹横向分布系数(η_s)

道 路 等 级		纵缝边缘处
高速公路、一级公路、快速路、主干路		0.17~0.22
二级及二级以下公路、 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。

4 路 基

4.1 一般规定

4.1.1 路基设计应使路基具有足够的强度、稳定性、良好的抗变形能力和耐久性。

4.1.2 路基设计应满足路基稳定要求和工后沉降控制要求。

4.1.3 路基断面形式应与沿线自然环境和城市环境相协调，避免深挖、高填，节约用地，减少对环境的影响；同时应因地制宜，合理利用建筑渣土等各类废旧材料修筑路基。

4.1.4 路基设计应包括排水系统、防排水设施和防护设施的设计。

4.1.5 高速公路、一级公路、快速路、主干路、承受重交通及以上荷载的二级公路与次干路路基回弹模量不应小于 40MPa；二级公路、次干路、承受重交通及以上荷载的二级以下公路与支路路基回弹模量不应小于 30MPa；三级公路、四级公路、支路等道路路基回弹模量不应小于 20MPa。

4.1.6 路基与相邻结构搭接的部位经回填、压实后，其强度和抗变形能力应与相邻结构协调。

4.2 一般路基

4.2.1 路床填料应均匀、密实，并应符合表 4.2.1 规定。

表 4.2.1 路床土最小强度和压实度要求

项目分类		路面底面以下深度 (m)	填料最小强度(CBR)(%)			压实度(%)		
			高速公路、一级公路、快速路、主干路、承受重交通及以上荷载的二级公路与次干路	二级公路、次干路、承受重交通及以上荷载的二级以下公路与支路	三级公路、四级公路、支路	高速公路、一级公路、快速路、主干路、承受重交通及以上荷载的二级公路与次干路	二级公路、次干路、承受重交通及以上荷载的二级以下公路与支路	三级公路、四级公路、支路
填方路基	上路床	0~0.3	8	6	5	≥96	≥95	≥94
	下路床	0.3~0.8	5	4	3	≥96	≥95	≥94
零填及挖方路基	上路床	0~0.3	8	6	5	≥96	≥95	≥94
	下路床	0.3~0.8	5	4	3	≥96	≥95	—

注：表列压实度系按《公路土工试验规程》JTJ E40—2007 重型击实试验法求得的最大干密度的压实度。

4.2.2 路床填料最大粒径应小于 100mm，路床顶面横坡应与路拱横坡一致。

4.2.3 路床加固应根据土质、降水量、地下水状况、加固材料特点等，经综合比选可采用就地碾压、土质改良、加强排水、换填料、设置土工合成材料等加固措施。

4.2.4 二级及以上公路、次干路及以上城市道路的填方路段，当采用粉质粘土、粘土等细粒土填筑时应掺加 3%~5% 的石灰集中场拌处置后方可使用；经固结的建筑渣土可用于各级道路路基。

4.2.5 应根据路基干湿类型、地下水位进行路基填料的选择。

处于潮湿和过湿状态的路基应采用换填粒料或固化处理等方法进行处理。

4.2.6 桥涵台背路堤和挡土墙墙背宜采用渗水性良好的填料。采用细粒土填筑时，应采用石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料进行处治，并采用小型振动压路机压实。

4.2.7 路基压实度应符合下列规定：

1 应优先选用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料，淤泥、有机土及易溶盐超过允许含量的土不得用作路基填料。细粒土用作路堤填料时，其最小强度应符合表 4.2.7 的规定。填方路基压实采用重型击实标准控制，压实度应符合表 4.2.7 的规定。受条件限制达不到要求时，应采取加固与处治措施。

表 4.2.7 路堤填料最小强度和压实度要求

项目分类	路面底面以下深度(m)	填料最小强度(CBR)(%)			压实度(%)		
		高速公路、一级公路、快速路、主干路、承受重交通及以上荷载的二级公路与次干路	二级公路、次干路、承受重交通及以上荷载的二级以下公路与支路	三级公路、四级公路、支路	高速公路、一级公路、快速路、主干路、承受重交通及以上荷载的二级公路与次干路	二级公路、次干路、承受重交通及以上荷载的二级以下公路与支路	三级公路、四级公路、支路
上路堤	0.8~1.5	4	3	3	≥94	≥94	≥93
下路堤	>1.5	3	2	2	≥93	≥92	≥90

2 路基应分层铺筑压实，压实厚度不应大于 20cm；应根据层位及道路等级确定分层铺筑厚度及压实度，上下层压实应连续。

3 填方路基基底应清表并碾压密实，基底的压实度应不小

于重型击实标准的 90%。高速公路、一级公路、快速路及主干路路床填筑厚度小于 80cm、其他道路小于 30cm 时，应将路床适当超挖，再分层回填压实，同时应在超挖后的基底设置压实区过渡层，过渡层厚度宜为 20cm，过渡层的压实度可降低 2%。

4 路堤与桥台、横向构筑物（箱涵、地道）连接处应设置过渡段，路基压实度不应小于 96%，并与填料强度、地基处理、台背排水系统等综合设计。过渡段长度宜按 2 倍~3 倍路基填土高度确定。

4.2.8 基底地表处理应符合下列规定：

1 路基施工前，应将现状地面的积水疏干。应清除路基范围内地表的耕植土、腐殖土、树根、垃圾等。

2 地面坡度缓于 1:5 时，可在清表后直接填筑路基。陡于 1:5 时，填筑路基前应在地面开挖台阶，台阶宽度不应小于 2m。

3 当地表为水稻田、河塘、软土或高液限土时，应采取排水、清淤、换填或外掺固化剂等处理措施。

4 二级及以上公路、次干路及以上城市道路清表后，应在路基底面设置 30cm 砂砾、矿渣或宕渣；当地下水位高而影响到上路床底面时，二级及以上公路应设置盲沟或加厚砂砾垫层，次干路及以上城市道路应加厚砂砾垫层。

4.2.9 当道路下埋设管线时，管线沟槽回填宜采用下述方法进行：

1 采用粗砂回填至管顶标高。

2 管顶标高以上 50cm 回填粗粒料，最大粒径不大于 10cm，含泥量不大于 10%，并具有良好的级配。

3 车行道范围的各类管线管顶以上覆土厚度（路床顶以下）不宜小于 70cm，否则应采取如下措施：覆土厚度在 30cm~70cm

时,采用 C20 水泥混凝土外包,外包厚度应大于 20cm;覆土厚度小于 30cm 时,应要求管线改排降低高度。采用细粒料回填时,应掺加 3%~5% 的水泥均匀拌和处置。采用小型机具压实,每层压实厚度应不大于 15cm,各层压实度不得小于路基压实度要求。

4 车行道范围两个沟槽间净距小于 1m 时,应同沟槽施工,统一回填。

4.3 特殊路基

4.3.1 填浜(塘)路段路基处理应符合下列规定:

1 位于浜塘范围的土基强度和抗变形能力应与周边土基协调一致。

2 明浜路段应抽水清淤,清淤至原状土;清淤后,宜从下至上依次铺设土工格栅、30cm~50cm 砾石砂、土工布,用石灰粉煤灰、砂砾、矿渣或宕渣回填至原地面或路基处理层底标高;填浜基坑内应设集水井,及时收集并排除坑内积水,不得带水回填;填浜处坡脚伸入河浜中应设浆砌片石护坡。

3 埋深不大于 2.5m 的暗浜应采用开挖换填处理,处理方法同明浜;埋深大于 2.5m 的暗浜,应根据暗浜性质与道路等级,采用复合地基等方法处理加固。

4.3.2 路堤与构筑物衔接段路基处理应符合下列规定:

1 跨河桥梁的台后最大填土高度宜小于 2.5m,跨线桥及立交匝道桥梁等台后最大填土高度应小于 1.5m。

2 桥台后应设置搭板。高速公路、一级公路和城市快速路、主干路桥头搭板长度不应小于 8m,其余道路桥头搭板长度宜为 6m~8m。

4.3.3 路基拓宽处理应符合下列规定:

1 当软土层厚度不大于 3.0m 时,宜综合考虑道路性质与地质条件,优先选用表层处理或开挖换填处理;软土层厚度大于 3.0m 时,应综合考虑道路性质与地质条件,采用复合地基、轻质路堤等方法处理。

2 高速公路拓宽扩建工程原路基中心的附加沉降按 30mm 控制。

3 应控制新老路基之间的差异沉降,原有路基与拓宽路基的路拱横坡度的工后沉降增大值不应大于 0.5%。

4 高速公路、快速路拓宽新路基的工后沉降宜控制在 50mm 以内;其他道路拓宽新路基的工后沉降宜控制在 80mm 以内。

5 应加强新老路基结合部的处治,可采用在既有路基边坡上开挖台阶、在结合部设置加筋材料,可采用冲击碾压、长短桩复合地基等增强处治措施。

4.3.4 软土路段地基处理应符合下列规定:

1 软土路段地基处理应因地制宜、就地取材、节约资源,提倡积极应用新技术、新工艺。

2 应从技术经济合理、质量工期可控等方面进行方案比选,以确定最佳处理方案。初步设计应包含有关软土地基处理的方案比选、方案设计图及处理规模等内容。施工图还应包括软基处理平面布置、动态监测设计等内容。

3 高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干路应采用动态设计方法和动态施工控制技术。动态监测工作应包含的主要内容为:

1)路堤填筑前,应及时埋设观测标志、安装观测仪器,路堤填筑阶段应定期观测沉降和侧向位移;

2)对观测数据进行整理和分析,提出填筑控制建议,提出

是否需要调整预压期和超载厚度等设计意见，确定预留沉降建议值；

- 3) 根据沉降观测结果，提供路基沉降土方量，检验路基填筑标高。

4 应根据软土厚度与性质、路堤高度、路基稳定与工后沉降控制标准、施工工期等因素，合理选用换填法、排水固结法、复合地基、低能量强夯等软土地基加固方法，或采用轻质路堤法。应优先选用综合效益最佳的处理方案。

5 桥头、通道、涵管等相邻路段应选用刚性桩复合地基、水泥搅拌桩复合地基结合轻质填料的方案，台后 20m~30m 长度范围内的桩应穿透软土层。

6 推算的工后沉降量小于设计容许值，同时连续 2 个月的实测月沉降量小于 5mm，方可卸载开挖路槽并开始路面铺筑。

7 基层施工后顶面连续 2 个月的实测月沉降量小于 3mm，方可摊铺沥青面层。

4.3.5 粉煤灰路堤设计应符合下列规定：

1 桥后引道 30m~50m 范围及填土高度大于 2m 的路堤，宜采用粉煤灰路堤。

2 粉煤灰烧失量宜小于 20%，烧失量超过标准的粉煤灰应作对比试验，分析论证后采用。

3 粉煤灰应采用 4%~6% 石灰处理，提高粉煤灰的强度；路堤的边坡和路肩应采取土质护坡保护措施，包边厚度不宜小于 1m。

4 路堤上路床范围应采用土质填料填筑，或采用石灰土、二灰土等路面材料作封顶层。

5 路堤底部应离开地下水位或地表长期积水位 50cm 以上，否则应设置隔离层。隔离层厚度不宜小于 30cm，隔离层横坡不宜小于 3%。

5 垫层与基层

5.1 垫层

5.1.1 地下水位高、排水不良或路基潮湿时，应设置排水垫层。

5.1.2 垫层材料可选用粗砂、砂砾、碎石、煤渣、矿渣、建筑废弃物等粒料材料。排水垫层应采用透水性好的粒料类材料，通过 0.075mm 筛孔颗粒含量不宜大于 5%；采用煤渣时，小于 2mm 的颗粒含量不宜大于 20%。

5.1.3 垫层应与路基同宽，垫层厚度应根据道路等级、路基状况而定，一般路段宜为 150mm～200mm，潮湿、过湿路段宜为 300mm～400mm。

5.2 基层

5.2.1 基层可采用刚性、半刚性或柔性材料。

5.2.2 基层类型应根据交通等级按表 5.2.2—1 选用，各类基层最小厚度应符合表 5.2.2—2 的规定。

表 5.2.2—1 基层类型

交通等级	上 基 层 类 型	下 基 层 类 型
极重 或特重	贫混凝土、碾压混凝土、水泥稳定碎石、沥青稳定碎石	水泥稳定碎石、沥青稳定碎石、水泥粉煤灰稳定碎石
重	水泥稳定碎石、沥青稳定碎石、石灰粉煤灰稳定碎石、水泥粉煤灰稳定碎石	水泥稳定碎石、沥青稳定碎石、石灰粉煤灰稳定碎石、水泥粉煤灰稳定碎石
中或轻	沥青稳定碎石、水泥稳定碎石或土、水泥粉煤灰稳定碎石或土、石灰粉煤灰稳定碎石或土、级配碎石	水泥粉煤灰稳定碎石或土、石灰粉煤灰稳定碎石或土、级配碎石

表 5.2.2—2 各类基层最小厚度

基 层 类 型			最小厚度(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
	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

5.2.3 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。

2 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。

3 各类半刚性材料的压实度和 7d 龄期无侧限抗压强度应符合表 5.2.3—1、表 5.2.3—2 和表 5.2.3—3 的规定。

**表 5.2.3—1 水泥稳定类材料的压实度与 7d 龄期
无侧限抗压强度**

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
	细料土	≥96		≥96		≥95	

**表 5.2.3—2 水泥粉煤灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期
无侧限抗压强度**

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 5.2.3—3 石灰粉煤灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期
无侧限抗压强度**

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	

5.2.4 刚性基层应符合下列规定：

- 1 刚性基层适用于重交通、特重交通及港区等道路工程。
- 2 贫混凝土基层材料的强度要求应符合表 5.2.4—1 的规定。

表 5.2.4—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 5.2.4—2 的规定。

表 5.2.4—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

5.2.5 柔性基层应符合下列规定：

1 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 5.2.5—1 和表 5.2.5—2 的规定。

表 5.2.5—1 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	密级配沥青稳定碎石(ATB)		半开级配沥青碎石(AM)	开级配沥青稳定碎石(ATPB)
公称最大粒径	mm	26.5	≥31.5	≥26.5	≥26.5
马歇尔试件尺寸	mm	φ101.6×63.5	φ152.4×95.3	φ152.4×95.3	φ152.4×95.3
击实次数(双面)	次	75	112	112	75
空隙率	%	3~6		12~18	≥18
稳定度	kN	≥7.5	≥15	—	—
流值	mm	1.5~4	—	—	—
沥青饱和度	%	55~70		—	—
沥青膜厚度	μm	—		>12	—
谢伦堡沥青析漏试验的结料损失	%	—		≤0.2	—
肯塔堡飞散试验的混合料损失或浸水飞散试验	%	—		≤20	—

表 5.2.5—2 密级配基层 ATB 的矿料间隙率技术要求

设计空隙率(%)	ATB-40	ATB-30	ATB-25
4	≥ 11	≥ 11.5	≥ 12
5	≥ 12	≥ 12.5	≥ 13
6	≥ 13	≥ 13.5	≥ 14

2 级配碎石分为骨架密实型与连续型,其集料的级配组成应符合表 5.2.5—3 的规定。级配碎石用作上基层时,其压实度应大于 98%,CBR 值不应小于 100%;用作下基层时,其压实度应大于 96%,CBR 值不应小于 80%,压实度应按重型压实标准控制。

表 5.2.5-3 级配碎石的级配组成

层位	通过下列筛孔质量百分比(%)													液限 (%)	塑指 (%)	备注	
	37.5 (mm)	31.5 (mm)	26.5 (mm)	19 (mm)	16 (mm)	13.2 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.36 (mm)	1.18 (mm)	0.6 (mm)	0.3 (mm)	0.15 (mm)				0.075 (mm)
上基层	100	90~100	75~95	60~85	53~80	48~74	40~65	25~50	18~40	13~32	9~25	6~20	3~13	0~7	<25	<4	连续型
	—	100	90~100	75~95	66~88	59~82	46~71	30~55	18~40	13~32	9~25	6~20	3~13	0~7			连续型
	—	100	85~95	66~80	44~56	37~48	31~41	28~38	18~28	12~20	8~14	5~11	3~9	0~6			骨架密实型
下基层	95~100	85~95	75~90	60~82	53~78	48~74	40~65	25~50	18~40	13~32	9~25	6~20	3~13	0~7	<25	<4	连续型
	100	85~100	65~85	—	42~67	—	20~40	10~27	—	8~20	5~18	—	—	0~10			骨架型
	—	100	80~100	—	56~87	—	30~60	18~46	—	10~33	5~20	—	—	0~10			连续型

6 沥青路面

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.1.2 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。路面结构与材料设计应针对道路性质、交通轴载组成及交通量、材料供应、施工期气候等进行多方案比选。

6.2 面层类型与材料

6.2.1 根据沥青混合料的施工温度,沥青混合料路面分为热拌沥青混合料路面、温拌沥青混合料路面和冷拌沥青混合料路面:

1 热拌沥青混合料适用于各交通等级道路的沥青路面。按集料公称最大粒径、矿料级配划分,热拌沥青混合料的主要类型分类及适宜厚度、适宜层位见表 6.2.1-1。各种热拌沥青混合料所用集料的级配组成应符合本规范附录 A 表 A.0.1 的规定。

表 6.2.1—1 热拌沥青混合料的适宜厚度及适宜层位

沥青混合料类型		集料最大粒径 (mm)	公称最大粒径 (mm)	符 号	适宜厚度 (mm)	适宜层位
密级配沥青 混合料(AC)	砂粒式	9.5	4.75	AC-5	15~30	表面层
	细粒式	13.2	9.5	AC-10	25~40	表面层
		16	13.2	AC-13	40~60	表面层
	中粒式	19	16	AC-16	50~80	中面层
		26.5	19	AC-20	60~100	中面层
	粗粒式	31.5	26.5	AC-25	80~120	下面层
沥青玛蹄脂 碎石混合料 (SMA)	细粒式	13.2	9.5	SMA-10	25~50	表面层
		16	13.2	SMA-13	35~60	表面层
开级配沥青 磨耗层 (OGFC)	细粒式	13.2	9.5	OGFC-10	25~40	表面层
		16	13.2	OGFC-13	30~50	表面层

2 温拌沥青混合料适用于各交通等级道路的沥青路面,其分类见表 6.2.1—2。温拌沥青混合料设计应根据混合料组成特点和温拌工艺选择适宜的成型方法和温度,并与施工碾压工艺相匹配。温拌沥青混合料的矿料级配宜根据道路等级、使用场合以及交通条件等来选取。在不同的场合所适用的温拌沥青混合料类型见表 6.2.1—3。

表 6.2.1—2 温拌沥青混合料分类

混合料 类型	密级配			半开级配	开级配	公称 最大 粒径 (mm)	最大 粒径 (mm)
	连续级配		间断级配	沥青碎石	排水式 沥青磨 耗层		
	沥青 混凝土	沥青稳定 碎石	沥青玛蹄 脂碎石				
粗粒式	WAC-25	WATB-25	—	—	—	26.5	31.5
中粒式	WAC-20	—	—	WAM-20	—	19.0	26.5
	WAC-16	—	WSMA-16	WAM-16	WOGFC-16	16.0	19.0
细粒式	WAC-13	—	WSMA-13	WAM-13	WOGFC-13	13.2	16.0
	WAC-10	—	WSMA-10	—	WOGFC-10	9.5	13.2
设计空隙 率(%)	3~5	3~6	3~4	6~12	≥18	—	—

表 6.2.1—3 温拌沥青混合料级配类型适用场合

道路等级	高速公路、一级公路 城市快速路、主干路		二级及二级以下公路、城市次干路及支路	排水路面或抗滑磨耗层
结构层位	三层式沥青路面	两层式沥青路面	两层式沥青路面	
上面层	WAC-13 WSMA-10 WSMA-13	WAC-13 WSMA-10 WSMA-13	WAC-13 WAC-16	WOGFC-10 WOGFC-13
中面层	WAC-16 WAC-20	—	—	—
下面层	WAC-25 WATB-25	WAC-20 WAC-25 WATB-25	WAC-20 WAC-25 WATB-25	—

3 冷拌沥青混合料可用于城市支路或四级公路的沥青面

层、各级道路沥青路面的基层、联接层或整平层。冷拌沥青混合料可采用乳化沥青、改性乳化沥青、泡沫沥青或液体沥青拌制。冷拌沥青混合料宜采用密级配沥青混合料，当采用半开级配的冷拌沥青混合料碎石混合料路面时应设置下封层。

6.2.2 热拌沥青混合料与温拌沥青混合料可采用马歇尔试验法或 Superpave 试验法进行材料配合比设计，应选用实体工程的原材料，技术要求应符合表 6.2.2—1～表 6.2.2—6 的规定。橡胶沥青混合料所用集料的级配组成应符合附录 A 表 A.0.2 的规定。

表 6.2.2—1 密级配沥青混合料配合比设计技术要求

试 验 指 标		单位	城市快速路、主干路、 高速公路、一级公路		其他等级 道路	行人道路
			中、轻交通	重交通及以上		
击实次数(双面)		次	75		50	50
试件尺寸		mm	φ101.6×63.5			
空隙率 VV	深 90mm 以内 (含 90mm)	%	3~5	4~6	3~6	2~4
	深约 90mm 以下	%	3~6		3~6	—
稳定度		kN	≥8		≥5	≥3
流值 FL		mm	2~4	1.5~4	2~4.5	2~5

注：本表适用于公称最大粒径不大于 26.5mm 的密级配沥青混合料。

表 6.2.2—2 密级配沥青混合料矿料间隙率与沥青饱和度技术要求

矿料 间隙率 VMA (%) 不小于	设计 空隙率 (%)	相应于以下公称最大粒径的最小 VMA 及 VFA					
		26.5(mm)	19(mm)	16(mm)	13.2(mm)	9.5(mm)	4.75(mm)
	2	10	11	11.5	12	13	15
	3	11	12	12.5	13	14	16
	4	12	13	13.5	14	15	17
	5	13	14	14.5	15	16	18
	6	14	15	15.5	16	17	19
沥青饱和度 VFA (%)		55~70	65~75			70~85	

表 6.2.2—3 SMA 混合料配合比设计技术要求

试 验 项 目	单位	技 术 要 求	试验方法
马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 101.6 \times 63.5$	T0702
马歇尔试件击实次数	次	两面击实 50 次	T0702
空隙率 VV	%	3~4	T0705
矿料间隙率 VMA	%	≥ 17.0	T0705
粗集料骨架间隙率 VCA_{mix}	—	$\leq VCA_{DRC}$	T0705
沥青饱和度 VFA	%	75~85	T0705
稳定度	kN	≥ 6.0	T0709
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失	%	≤ 0.1	T0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失或浸水飞散试验	%	≤ 15	T0733

注：重载道路时，击实次数宜为两面各 75 次。

表 6.2.2—4 橡胶沥青混合料配合比设计技术要求

技 术 指 标	单位	密级配混合料 AR-AC	橡胶沥青玛蹄脂 AR-SMA	开级配混合料 AR-OGFC
马歇尔试件击实次数	次	两面各 75	两面各 50 ^①	两面各 50
马歇尔试件尺寸	mm	φ101.6×63.5	φ101.6×63.5	φ101.6×63.5
空隙率	%	3~5	3~5	15~22
稳定度	kN	≥7	≥6	≥4.5
沥青饱和度	%	70~85	75~85	—
矿料间隙率	%	≥13	≥17	—
析漏损失	%	—	≤0.1	≤0.3
肯特堡飞散损失	%	—	≤15	≤15

注：①重载道路时，击实次数宜为两面各 75 次。

表 6.2.2—5 排水性沥青混合料配合比设计技术要求

技 术 指 标		单 位	技 术 要 求	试验方法
设计 指标	马歇尔试件击实次数	次	两面各 50	T0702
	马歇尔试件尺寸	mm	φ101.6×63.5	T0702
	空隙率	%	18~23	计算
	马歇尔稳定度	kN	≥5.0	T0709
验证 指标	沥青膜厚度	μm	≥13	计算
	谢伦堡沥青析漏量	%	≤0.3	T0732
	肯塔堡飞散损失	%	≤20	T0733
	动稳定度(60℃)	次/mm	≥4000	T0719

续表 6.2.2—5

技 术 指 标		单 位	技 术 要 求	试验方法
验证 指标	残留稳定度	%	≥ 85	T0709
	冻融劈裂强度比	%	≥ 85	T0729
	渗水系数	ml/15s	≥ 900	T0730

表 6.2.2—6 高模量沥青混合料配合比技术要求

技 术 指 标		单 位	技 术 要 求	试验方法
设计 指标	马歇尔试件击实次数	次	两面各 75	T0702
	马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 101.6 \times 63.5$	T0702
	空隙率	%	3~5	计算
	马歇尔稳定度	kN	≥ 8.0	T0709
验证 指标	动稳定度(60℃)	次/mm	≥ 6000	T0719
	破坏应变	$\mu\epsilon$	≥ 2000	T0715
	残留稳定度	%	≥ 85	T0709
	冻融劈裂强度比	%	≥ 80	T0729
	动态模量(15℃、10Hz)	MPa	≥ 14000	T0738
	静态模量(15℃)	MPa	≥ 2500	T0713

6.2.3 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。

3 沥青表面处治所用集料的级配组成应符合本规范附录 A 表 A.0.3 的规定。

6.2.4 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 A 表 A.0.4 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 6.2.4—1 的规定。

表 6.2.4—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	中交通等级高速公路、一级公路、快速路和主干路的罩面
	MS-3 型	8~10	高速公路、一级公路、快速路和主干路的罩面
稀浆封层	ES-1 型	2.5~3	三级、四级公路、支路、停车场的罩面
	ES-2 型	4~7	三级、四级公路、支路的罩面，以及新建道路的下封层
	ES-3 型	8~10	二级公路、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 6.2.4—2 的规定。

表 6.2.4—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
可拌和时间(s) 25℃		≥120	≥120	≥180
粘聚力试验(N·m)	30min	≥1.2	≥1.2	—
	60min	≥2.0	≥2.0	—
负荷车轮粘附砂量(g/m ²)		≤450	≤450 ^①	
湿轮磨损损失(g/m ²)	浸水 1h	≤540	≤800	
	浸水 6d	≤800	—	
轮辙变形试验的宽度变化率(%) ^②		≤5	—	

注：①用于轻交通量道路的單面和下封层时，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。

6.2.5 道路路面用材料应符合下列规定：

1 高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干路应采用 70 号 A 级沥青，质量损失要求不大于 0.6%，残留针入度比应大于 65%；其他等级道路可采用 B 级沥青，残留针入度比应大于 60%。

2 特重交通及高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干路的上面层、中面层应选用改性沥青，上面层可采用 SBS 改性沥青(I-D)、高粘度改性沥青、橡胶沥青或岩沥青，中面层可选用 SBS 改性沥青(I-D)、橡胶沥青、高模量沥青或岩沥青。二级公路、城市次干路的上面层应选用 SBS 改性沥青(I-C 或 I-D)或橡胶沥青。SBS 改性沥青的软化点应高于 65℃。

3 高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干路的表面层用粗集料的针片状颗粒含量要求为：粒径不小于 9.5mm 的粗集料，针片状颗粒含量不大于 10%；粒径小于 9.5mm 的粗集料，针片状颗粒含量不大于 15%。高速公路、一级公路、城市快速路、城

市主干路的表面层用碎石压碎值要求为不大于 24%，中、下面层用碎石压碎值要求为不大于 26%。

4 拌合楼回收的粉尘不得用于拌制高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干路和特重交通道路的沥青混合料；其他等级道路的表面层不得采用回收粉料，中、下面层替代矿粉量不得超过总量的 20%。

5 沥青混合料的动稳定度设计值应符合表 6.2.5 的规定。沥青混合料的冻融劈裂强度比应大于 80%。

表 6.2.5 沥青混合料动稳定度技术要求

道 路 等 级	沥 青 面 层	动稳定度(次/mm)
特重交通	上面层	≥ 4500
	中面层	≥ 4500
	下面层	≥ 1200
高速公路、城市快速路	上面层	≥ 4500
	中面层	≥ 3500
	下面层	≥ 1200
一级公路、城市主干路	上面层	≥ 3500
	中面层	≥ 3500
	下面层	≥ 1200
二级公路、城市次干路	上面层	≥ 3000
	下面层	≥ 1200
三级公路、四级公路、城市支路	上面层	≥ 2000
	下面层	≥ 1200

6.2.6 沥青路面再生应符合下列规定：

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 厂拌热再生混合料可用于道路的沥青面层与柔性基层，就地热再生混合料可用于沥青路面表面层的预防性养护，厂拌冷再生与就地冷再生混合料可用于道路的下面层、基层与垫层。

3 温再生为热再生技术与温拌技术的结合，可降低再生混合料施工温度，提高旧料应用比例。

6.3 路面结构组合设计

6.3.1 路面结构类型规定如下：

1 沥青路面结构的类型按基层材料不同可分为半刚性基层沥青路面、粒料基层沥青路面、沥青类基层沥青路面与刚性基层沥青路面四大类，其典型路面结构组合见表 6.3.1—1～表 6.3.1—4。

表 6.3.1—1 半刚性基层沥青路面

面层	表面层	密级配沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石、开级配沥青磨耗层	
	中、下面层	密级配沥青混合料、沥青稳定碎石	
基层	上基层	水泥或石灰粉煤灰稳定碎石	
	下基层	水泥、石灰粉煤灰或石灰稳定碎(砾)石或土	级配碎(砾)石
垫层		砂、砾、碎石、工业废渣等粒料材料	

表 6.3.1—2 粒料基层沥青路面

面层	表面层	密级配沥青混合料	
	中、下面层	密级配沥青混合料	
基层	上基层	级配碎石	
	下基层	级配碎(砾)石	水泥、石灰粉煤灰或石灰稳定类
垫层		砂、砾、碎石、工业废渣等粒料材料	

表 6.3.1—3 沥青类基层沥青路面

面层	表面层	密级配沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石、开级配沥青磨耗层	
	中、下面层	密级配沥青混合料	
基层	上基层	密级配沥青混合料、沥青稳定碎石	开级配沥青碎石排水层
	下基层	级配碎石	水泥或石灰粉煤灰稳定碎石
垫层		砂、砾、碎石、工业废渣等粒料材料	

表 6.3.1—4 刚性基层沥青路面

面层	表面层	密级配沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石、开级配沥青磨耗层	
	中、下面层	密级配沥青混合料、沥青稳定碎石	
基层	上基层	贫混凝土、碾压混凝土、普通水泥混凝土	
	下基层	水泥、石灰粉煤灰或石灰稳定碎(砾)石或土	级配碎(砾)石
垫层		砂、砾、碎石、工业废渣等粒料材料	

6.3.2 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 特重交通及高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干路,面层应采用三层,且上、中面层应选用改性沥青混合料;二级公路、城市次干路面层可采用两层或三层,上面层应选用改性沥青混合料;三级、四级公路及城市支路面层可采用两层,上面层宜选用改性沥青混合料。改性沥青混合料可选用 SBS 改性沥青混合料、橡胶沥青混合料、高模量沥青混合料、岩沥青改性沥青混合料。

2 城市快速路上面层宜选用开级配沥青混合料。对于周围居民区较多的道路宜选用低噪声沥青路面,可采用橡胶沥青路面或排水性沥青路面降低交通噪声。人行道、非机动车道、景观硬地、停车场、广场可采用透水路面结构,透水路面面层可采用透水砖、透水混凝土或排水性沥青混合料,基层可采用级配碎石、多孔水泥稳定碎石或透水水泥混凝土。典型结构见表 6.3.2—1 与 6.3.2—2。

表 6.3.2—1 透水砖铺装典型结构

结构组合	典型结构 1	典型结构 2	典型结构 3
面层	6cm 透水砖	6cm 透水砖	6cm 透水砖
找平层	3cm 中粗砂 (一层针刺无纺布)	3cm 中粗砂 (一层针刺无纺布)	3cm 中粗砂 (一层针刺无纺布)
基层	25cm 级配碎石	15cm~18cm 多孔水泥 稳定碎石	10cm~15cm 透水水泥 混凝土
垫层		10cm 级配碎石	10cm 级配碎石

表 6.3.2—2 透水水泥混凝土铺装和透水沥青铺装典型结构

结构组合	透水水泥混凝土铺装		透水沥青铺装	
	典型结构 1	典型结构 2	典型结构 1	典型结构 2
面层	8cm C30 透水水泥 混凝土	8cm C30 透水水泥 混凝土	4cmOGFC-10 (高粘度改性沥青)	4cmOGFC-10 (高粘度改性沥青)
基层	25cm 级配碎石	15cm~18cm 多孔水泥稳定碎石	15cm~18cm 多孔水泥稳定碎石	12cm~15cm C20 透水水泥混凝土
垫层		10cm 级配碎石	10cm 级配碎石	10cm 级配碎石

6.3.3 沥青面层层间必须设置粘层,半刚性基层与粒料基层顶面应设置透层,特重交通、高速公路、一级公路、城市快速路及城市主干路必须设置下封层,下封层可采用稀浆封层、碎石封层或纤维封层等。

6.4 路面结构设计指标与要求

6.4.1 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 二级及以上公路、快速路、主干路和次干路采用路表弯沉值、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 三、四级公路和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 3.1.5 取用。

6.4.2 结构极限状态应符合下列规定：

1 路表计算弯沉 l_s 应小于或等于路表设计弯沉值 l_d ，以保证路面结构整体刚度，应符合下式要求：

$$\gamma_a l_s \leq l_d \quad (6.4.2-1)$$

式中 γ_a ——沥青路面可靠度系数，可按表 3.1.5 确定。

l_s ——轮隙中心处路表计算的弯沉值(0.01mm)，可按式(6.4.3-1)计算确定；

l_d ——路表的设计弯沉值(0.01mm)，可按式(6.4.5-1)计算确定。

2 半刚性基层层底拉应力 σ_m 应小于或等于材料的容许抗拉强度 $[\sigma_R]$ ，以防止半刚性基层出现疲劳开裂，应符合下式要求：

$$\gamma_a \sigma_m \leq [\sigma_R] \quad (6.4.2-2)$$

式中 σ_m ——半刚性材料基层层底计算的最大拉应力(MPa)，可按式(6.4.3-6)计算确定；

$[\sigma_R]$ ——半刚性材料的容许抗拉强度(MPa)，可按式(6.4.5-4)计算确定。

3 沥青层最大剪应力 τ_m 应小于或等于该层材料的容许抗剪强度 $[\tau_R]$ ，以防止路面出现车辙、波浪、推挤等损坏，应符合下式要求：

$$\gamma_a \tau_m \leq [\tau_R] \quad (6.4.2-3)$$

式中 τ_m ——沥青面层计算的最大剪应力(MPa)，可按式(6.4.3-8)计算确定；

$[\tau_R]$ ——沥青面层材料的容许抗剪强度(MPa)，可按式(6.4.5-7)计算确定。

4 沥青层层底计算的最大拉应变 ϵ_t 应小于或等于材料的容许拉应变 $[\epsilon_R]$ ，以防止沥青层疲劳开裂，应符合下式要求：

$$\gamma_a \epsilon_t \leq [\epsilon_R] \quad (6.4.2-4)$$

式中 ϵ_t ——柔性基层沥青层层底计算的最大拉应变,可按式(6.4.3-4)计算确定;

$[\epsilon_R]$ ——沥青层材料的容许拉应变,可按式(6.4.5-2)计算确定。

6.4.3 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 6.4.3 所示。设计指标应符合下列规定:

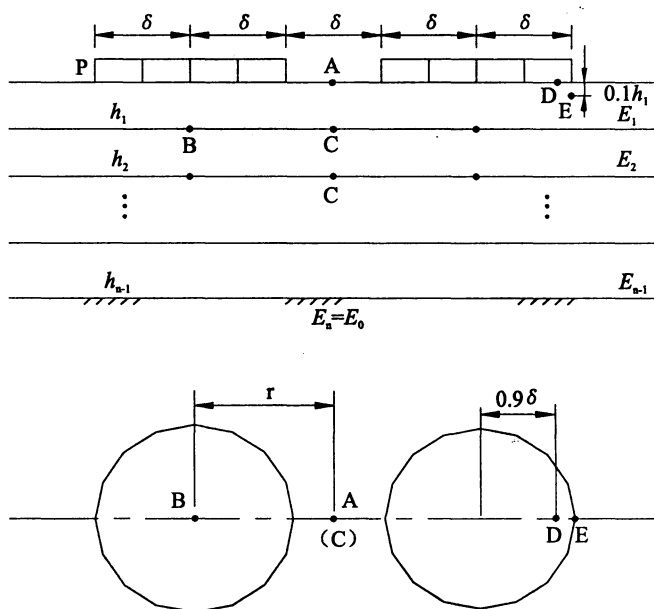


图 6.4.3 路面荷载与计算点图示

1 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:

$$l_s = 1000 \frac{2p\delta}{E_1} \alpha_w \cdot F \quad (6.4.3-1)$$

$$\alpha_w = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right) \quad (6.4.3-2)$$

$$F = 1.63 \left(\frac{l_s}{2000\delta}\right)^{0.38} \left(\frac{E_0}{p}\right)^{0.36} \quad (6.4.3-3)$$

式中 p —— 标准轴载下的轮胎接地压强(MPa);

δ —— 当量圆半径(cm);

α_w —— 理论弯沉系数;

E_0 —— 路基抗压回弹模量值(MPa);

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

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

F —— 弯沉综合修正系数。

2 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或双圆轮隙中心点,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:

$$\epsilon_t = \frac{p}{E_m} \bar{\epsilon}_t \quad (6.4.3-4)$$

$$\bar{\epsilon}_t = \left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_{m2}}{E_{m1}}, \frac{E_{m3}}{E_{m2}}, \dots, \frac{E_{m0}}{E_{mn-1}}\right) \quad (6.4.3-5)$$

式中 $\bar{\epsilon}_t$ —— 理论最大拉应变系数;

$E_{m1}, E_{m2}, \dots, E_{mn-1}$ —— 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)。

3 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或双圆轮隙中心,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:

$$\sigma_m = p \bar{\sigma}_m \quad (6.4.3-6)$$

$$\bar{\sigma}_m = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right) \quad (6.4.3-7)$$

式中 $\bar{\sigma}_m$ —— 理论最大拉应力系数；

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

4 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 0.9δ 点 D 或离路表 $0.1h_1$ 距单圆荷载中心点 δ 点 E, 并取较大值作为面层剪应力, 应按下列公式计算:

$$\tau_m = p\bar{\tau}_m \quad (6.4.3-8)$$

$$\bar{\tau}_m = f\left(f_h, \frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}, \frac{E_2}{S_m}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right) \quad (6.4.3-9)$$

式中 $\bar{\tau}_m$ —— 理论最大剪应力系数；

S_m —— 沥青表面层材料 60°C 抗压回弹模量值(MPa)；

E_2, E_3, \dots, 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。

6.4.4 材料设计参数应符合下列规定:

1 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 B 表 B.0.1~表 B.0.4 确定设计参数。

2) 高速公路、一级公路、快速路、主干路初步设计或二级公路及以下、次干路及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) 高速公路、一级公路、快速路与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。

2 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。材料设计参数可按本规范附录 B 表 B. 0. 1 和表 B. 0. 2 确定。计算路表弯沉值、沥青层底拉应变时，抗压回弹模量设计值 E 应按下式计算：

$$E = \bar{E} - Z_a S \quad (6. 4. 4-1)$$

式中 \bar{E} —— 各试件模量的平均值(MPa)；

Z_a —— 保证率系数，取 2. 0；

S —— 各试件模量的标准差。

- 2) 计算柔性基层沥青层层底拉应变时，沥青层模量采用 20℃动态回弹模量，可按本规范附录 B 表 B. 0. 3 确定；半刚性基层的模量设计值，可按本规范附录 B 表 B. 0. 3 取值，松散粒料与土基回弹模量可按下式计算确定：

$$E_{m0} = 17. 63(CBR)^{0. 64} \quad (6. 4. 4-2)$$

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。材料设计参数可按本规范附录 B 表 B. 0. 1 和表 B. 0. 2 确定。

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按式(6.4.4-1)计算其模量设计值；计算层及以上各层模量应按式(6.4.4-3)计算其模量设计值。

$$E = \bar{E} + Z_a S \quad (6.4.4-3)$$

- 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 B 表 B.0.1 取用，中下沥青面层取 20℃ 的抗压回弹模量。半刚性材料设计参数可按本规范附录 B 表 B.0.2 确定。
- 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邻近路段测定，亦可现场取土样在室内测定。

6.4.5 设计标准应符合下列规定：

1 沥青路面路表设计弯沉值 l_d 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：

$$l_d = 600 N_e^{-0.2} A_c A_s A_b \quad (6.4.5-1)$$

式中 A_c ——道路等级系数，高速公路、一级公路、快速路、主干路为 1.0，二级公路、次干路为 1.1，三级与四级公路、支路为 1.2；

A_s ——面层类型系数，沥青混合料为 1.0，热拌和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，半刚性基层、柔性结构层小于 180mm 时，为 1.0，沥青类基层、粒料基层与柔性结构层大于 300mm 时，为 1.6，柔性结构层厚度在 180mm～300mm 时，为线性内插值。

2 沥青路面材料的容许拉应变 $[\epsilon_R]$ 应按下式计算确定：

$$[\epsilon_R] = 0.15 E_m^{-1/3} 10^{M/4} N_e^{-1/4} \quad (6.4.5-2)$$

$$M = 4.84 \left(\frac{V_b}{V_b + V_a} - 0.69 \right) \quad (6.4.5-3)$$

式中 E_m —— 沥青混合料 20℃ 动态回弹模量(MPa)；

M —— 沥青混合料空隙率与有效沥青含量的函数；

V_b —— 有效沥青含量，以体积比计，(%)；

V_a —— 空隙率(%)。

3 半刚性材料的容许抗拉强度 $[\sigma_R]$ 应按下式计算确定：

$$[\sigma_R] = \frac{\sigma_s}{K_s} \quad (6.4.5-4)$$

$$K_s = 0.35 N_e^{0.11} / A_c \quad (6.4.5-5)$$

$$K_s = 0.45 N_e^{0.11} / A_c \quad (6.4.5-6)$$

式中 σ_s —— 对于水泥稳定类材料，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；对于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，无机结合料稳定集料类的抗拉强度结构系数应按式(6.4.5-5)计算；无机结合料稳定细粒土类的抗拉强度结构系数应按(6.4.5-6)式计算。

4 沥青面层材料的容许抗剪强度 $[\tau_R]$ 应按下式计算：

$$[\tau_R] = \frac{\tau_s}{K_r} \quad (6.4.5-7)$$

$$K_r = 1.2 / A_c \quad (6.4.5-8)$$

$$K_r = 0.39 N_p^{0.15} / A_c \quad (6.4.5-9)$$

式中 τ_s —— 沥青面层材料的 60℃ 抗剪强度(MPa)，可按附录 B

表 B. 0. 1 或附录 C 试验确定；

K_r ——抗剪强度结构系数，一般行驶路段应按式(6. 4. 5—8)计算，交叉口和公交车停车站缓慢制动路段应按式(6. 4. 5—9)计算；

N_p ——交叉口或公交车停车站设计基准期内同一位置停车的累计当量轴次。

6. 4. 6 沥青路面结构设计应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、材料供应与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、工程地质条件与施工条件等，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 进行技术经济对比，确定最终路面结构方案。

7 水泥混凝土路面

7.1 一般规定

7.1.1 水泥混凝土路面设计方案,应根据交通等级,结合气候、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。

7.1.2 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。

7.2 路面结构设计指标与要求

7.2.1 水泥混凝土路面结构设计应以面层板在设计基准期内,在行车荷载和温度梯度综合作用下,不产生疲劳断裂作为设计标准;并以最重轴载和最大温度梯度综合作用下,不产生极限断裂作为验算标准。应分别符合下式规定:

$$\gamma_r(\sigma_{pr} + \sigma_{tr}) \leq f_r \quad (7.2.1-1)$$

$$\gamma_r(\sigma_{p,max} + \sigma_{t,max}) \leq f_r \quad (7.2.1-2)$$

式中 γ_r ——可靠度系数,依据所选目标可靠度、变异水平等级及变异系数通过计算确定;

σ_{pr} ——面层板在临界荷位处产生的行车荷载疲劳应力(MPa);

σ_{tr} ——面层板在临界荷位处产生的温度梯度疲劳应力(MPa);

$\sigma_{p, \max}$ ——最重的轴载在临界荷位处产生的最大荷载应力 (MPa);

$\sigma_{t, \max}$ ——最大温度梯度在临界荷位处产生的最大温度翘曲应力 (MPa);

f_r ——水泥混凝土弯拉强度标准值 (MPa)。

7.2.2 水泥混凝土的强度以 28d 龄期的弯拉强度控制。各交通等级要求的混凝土弯拉强度标准值不得低于表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 水泥混凝土弯拉强度标准值

交 通 等 级	极重、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

7.3 路面材料

7.3.1 水泥混凝土所用集料的碎石公称最大粒径不应大于 31.5mm, 砾石公称最大粒径不应大于 19.0mm。砂的细度模数不宜小于 2.5。

7.3.2 对重交通及以上交通等级道路应采用强度等级 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 42.5 级。最小单位水泥用量应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 路面混凝土最小单位水泥用量

道 路 等 级		高速公路、一级公路、 快速路、主干路	二级公路、 次干路	三级与四级 公路、支路
最小单位 水泥用量 (kg/m ³)	42.5 级道路 硅酸盐水泥	300	300	290
	42.5 级 矿渣水泥	310	310	305

7.3.3 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。

7.3.4 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,对于铣削型钢纤维集料公称最大粒径不宜大于 26.5mm,对于剪切型或熔抽型钢纤维集料公称最大粒径不宜大于 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%。采用 42.5 级道路硅酸盐水泥时,最小单位水泥用量应不小于 360kg/m³。

7.3.5 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,水泥用量不得少于 280kg/m³。

7.3.6 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,应按相应试验规程的标准试验方法试验确定。

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

均值应按下式计算确定：

$$f_m = \frac{f_r}{1 - 1.04c_v} + t_c s \quad (7.3.6)$$

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，按表 3.1.6—1 确定；
 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 7.3.6 确定。

表 7.3.6 保证率系数

道 路 等 级	判别概率 p	样本数 n (组)			
		6	9	15	20
高速公路、快速路	0.05	0.79	0.61	0.45	0.39
一级公路、主干路	0.10	0.59	0.46	0.35	0.30
二级公路、次干路	0.15	0.46	0.37	0.28	0.24
三、四级公路、支路	0.20	0.37	0.29	0.22	0.19

7.4 结构组合设计

7.4.1 水泥混凝土面层应具有足够的强度、耐久性，表面抗滑、耐磨与平整。

7.4.2 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 7.4.2 选择。

表 7.4.2 面层类型选择

面 层 类 型	适 用 条 件
连续配筋混凝土面层、 预应力混凝土面层	极重、特重交通的快速路、主干路、高速公路、一级公路
碾压混凝土面层	二级公路以下道路、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

7.4.3 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。当出现错缝时，与接缝相对的板边必须加设防裂钢筋。

7.4.4 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 7.4.4 所列范围选用并满足计算要求。

表 7.4.4 水泥混凝土面层厚度的参考范围

交通等级	极重、特重				重			
道路等级	高速公路 快速路	一级公路 主干路		二级公路 次干路	高速公路 快速路	一级公路 主干路		二级公路 次干路
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	中等					轻		
道路等级	二级公路、次干路		三级、四级 公路、支路		三级、四级 公路、支路		三级、四级公路、支路	
变异水平等级	高	中	高		中	高	中	
面层厚度(mm)	≥210	≥200			≥200	≥180	≥180	

7.4.5 钢纤维混凝土面层的厚度按钢纤维掺量确定，钢纤维体积率为 0.6%~1.0% 时，其厚度为普通混凝土面层厚度的 0.65~0.75 倍。特重或重交通时，其最小厚度为 180mm；中等或轻交通时，其最小厚度为 160mm。

7.4.6 各种混凝土面层的计算厚度应符合式(7.2.1-1)与式(7.2.1-2)的要求。荷载疲劳应力和温度疲劳应力按 7.5 节计算。面层设计厚度依计算厚度按 10mm 向上取整。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按 7.5 节计算。上、下层板的计算厚度应分别符合式(7.2.1-1)与式(7.2.1-2)的要求。

7.5 结构厚度计算

7.5.1 单层混凝土板荷载应力分析应符合下列规定：

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 设计轴载在临界荷位处产生的荷载疲劳应力按下式计算确定：

$$\sigma_{pr} = k_r k_i k_c \sigma_{ps} \quad (7.5.1-1)$$

式中 σ_{pr} ——设计轴载在临界荷位处产生的荷载疲劳应力 (MPa)；

σ_{ps} ——设计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 取 0.87~0.92 (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 取 1.0;纵缝为设拉杆的企口缝时, k_r 取 0.76~0.84;

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,按式 7.5.1-5 确定;

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 7.5.1-1 确定。

表 7.5.1-1 综合系数 k_c

道路等级	高速公路、快速路	一级公路、主干路	二级公路、次干路	三、四级公路、支路
k_c	1.15	1.10	1.05	1.00

3 设计轴载在四边自由板临界荷位处产生的荷载应力 σ_{ps} 按下式计算确定:

$$\sigma_{ps} = 1.47 \times 10^{-3} r^{0.70} h_c^{-2} P_s^{0.94} \quad (7.5.1-2)$$

$$r = 1.21 (D_c / E_t)^{1/3} \quad (7.5.1-3)$$

$$D_c = \frac{E_c h_c^3}{12(1-\nu_c^2)} \quad (7.5.1-4)$$

式中 σ_{ps} ——设计轴载在四边自由板临界荷位处产生的荷载应力(MPa);

P_s ——设计轴载的单轴重(kN);

r ——混凝土板的相对刚度半径(m);

h_c ——混凝土板的厚度(m);

E_c ——弯拉弹性模量(MPa);

ν_c ——泊松比;

D_c ——混凝土面板的截面弯曲刚度(MN·m);

E_t ——板底地基当量回弹模量(MPa),新建道路按本规范第 7.5.1 条第 5 款确定,旧沥青路面上加铺混凝土

面层按本规范第 7.5.1 条第 6 款确定。

- 4 设计基准期内的荷载疲劳应力系数按下式计算确定：

$$k_f = N_e^v \quad (7.5.1-5)$$

$$v = 0.053 - 0.017\rho_f \frac{l_f}{d_f} \quad (7.5.1-6)$$

式中 N_e ——设计基准期内标准轴载累计作用次数，按公式 (3.2.2-2) 确定；

v ——与混合料性质有关的指数，对于混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土， $v=0.057$ ；对于碾压混凝土和贫混凝土， $v=0.065$ ；对于钢纤维混凝土， v 按式 (7.5.1-6) 计算确定。

ρ_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 新建道路的板底地基当量回弹模量 E_t 按下式计算确定：

$$E_t = \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^\alpha E_0 \quad (7.5.1-7)$$

$$\alpha = 0.86 + 0.26 \ln h_x \quad (7.5.1-8)$$

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i^2 E_i)}{\sum_{i=1}^n h_i^2} \quad (7.5.1-9)$$

$$h_x = \sum_{i=1}^n h_i \quad (7.5.1-10)$$

式中 E_0 ——路床顶综合回弹模量(MPa)；

α ——与粒料层总厚度 h_x 有关的回归系数；

E_x ——粒料层的当量回弹模量(MPa)；

h_x ——粒料层的总厚度(m)；

E_i ——第 i 结构层的回弹模量(MPa)；

h_i ——第 i 结构层厚度(m)。

6 在旧沥青混凝土路面上铺筑水泥混凝土面层时,旧沥青路面顶面的综合当量回弹模量 E_t 可根据落锤式弯沉仪(荷载 50kN、承载板半径 150mm)的中心点弯沉的测定结果应按式(7.5.1-11)计算确定,或根据贝克曼梁(后轴重 100kN 的车辆)的弯沉测定结果,按式(7.5.1-12)计算确定:

$$E_t = 18621/\omega_0 \quad (7.5.1-11)$$

$$E_t = 13739\omega_0^{-1.04} \quad (7.5.1-12)$$

$$\omega_0 = \bar{\omega} + 1.04s_w \quad (7.5.1-13)$$

式中 ω_0 ——路段代表弯沉值(0.01mm);

$\bar{\omega}$ ——路段弯沉平均值(0.01mm);

s_w ——路段弯沉的标准差(0.01mm)。

7 最重轴载在面层板临界荷位处产生的最大荷载应力 $\sigma_{p, \max}$,按下式计算确定:

$$\sigma_{p, \max} = k_r k_c \sigma_{pm} \quad (7.5.1-14)$$

式中 $\sigma_{p, \max}$ ——最重轴载 P_m 在临界荷位处产生的最大荷载应力(MPa);

σ_{pm} ——最重轴载 P_m 在四边自由板临界荷位处产生的最大荷载应力(MPa),按式(7.5.1-2)计算,式中的标准轴载改为最重轴载。

7.5.2 单层混凝土板温度应力分析应符合下列规定:

1 在临界荷位处的温度疲劳应力按式(7.5.2-1)确定。

$$\sigma_{tr} = k_t \sigma_{t, \max} \quad (7.5.2-1)$$

式中 σ_{tr} ——面层板临界荷位处的温度疲劳应力(MPa);

$\sigma_{t, \max}$ ——最大温度梯度时面层板的温度翘曲应力(MPa),按本规范第 7.5.2 条第 2 款确定;

k_t ——考虑温度应力累计疲劳作用的温度疲劳应力系数,

按本规范第 7.5.2 条第 3 款确定。

2 最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力按式(7.5.2-2)计算。

$$\sigma_{t,\max} = \frac{\alpha_c E_c h_c T_g}{2} B_x \quad (7.5.2-2)$$

$$B_x = 1.77e^{-4.48h} C_x - 0.131(1 - C_x) \quad (7.5.2-3)$$

$$C_x = 1 - \frac{\sinh t \cosh t + \cosh t \sinh t}{\cosh t \sinh t + \sinh t \cosh t} \quad (7.5.2-4)$$

$$t = L/3r \quad (7.5.2-5)$$

式中 α_c ——混凝土的线膨胀系数($1/^\circ\text{C}$)，可取为 $1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ ；
 T_g ——道路所在地 50 年一遇的最大温度梯度，按本规范第 3.1.8 条确定；

h_c ——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；

C_x ——混凝土面层板的温度翘曲应力系数；

r ——面层板的相对刚度半径(m)；

L ——板长，即横缝间距(m)。

3 温度疲劳应力系数应按下式计算：

$$k_t = \frac{f_r}{\sigma_{t,\max}} \left[0.841 \times \left(\frac{\sigma_{t,\max}}{f_r} \right)^{1.323} - 0.058 \right] \quad (7.5.2-6)$$

7.5.3 双层混凝土板荷载应力分析应符合下列规定：

1 面层板或上面层板的荷载疲劳应力 σ_{pr} 应按式(7.5.1-1)计算。其中，荷载疲劳应力系数 k_f 、应力折减系数 k_r 和综合系数 k_c 的确定方法，与单层板的相同；设计轴载 P_s 在上层板临界荷位处产生的荷载应力 σ_{ps} 应按式(7.5.3-1)确定：

$$\sigma_{ps} = \frac{1.45 \times 10^{-3}}{1 + D_b/D_c} r_g^{0.65} h_c^{-2} P_s^{0.94} \quad (7.5.3-1)$$

$$D_b = \frac{E_b h_b^3}{12(1-\nu_b^2)} \quad (7.5.3-2)$$

$$r_g = 1.21[(D_c + D_b)/E_t]^{1/3} \quad (7.5.3-3)$$

式中 D_b ——下层板的截面弯曲刚度(MN·m);
 D_c ——上层板的截面弯曲刚度(MN·m);
 r_g ——双层混凝土板的总相对刚度半径(m);
 E_b ——下层板的弯拉弹性模量(MPa);
 h_b ——下层板的厚度(m);
 h_c ——上层板的厚度(m);
 ν_b ——下层板的泊松比。

2 贫混凝土或碾压混凝土基层板或者下面层板的荷载疲劳应力,应按式(7.5.3-4)计算。其中,疲劳应力系数 k_f 和综合系数 k_c 的确定方法与单层板的确定方法相同;设计轴载 P_s 在下层板临界荷位处产生的荷载应力 σ_{bps} 应按式(7.5.3-5)计算:

$$\sigma_{bpr} = k_f k_c \sigma_{bps} \quad (7.5.3-4)$$

$$\sigma_{bps} = \frac{1.41 \times 10^{-3}}{1 + D_c/D_b} r_g^{0.68} h_b^{-2} P_b^{0.94} \quad (7.5.3-5)$$

式中 σ_{bpr} ——下层板的荷载疲劳应力(MPa);
 σ_{bps} ——设计轴载 P_s 在下层板临界荷位处产生的荷载应力(MPa)。

3 最重轴载在上层板临界荷位处产生的最大荷载应力应按公式(7.5.1-14)计算。其中应力折减系数 k_r 和综合系数 k_c 应按本规范 7.5.1 条第 2 款确定;最重轴载在四边自由板临界荷位处产生的最大荷载应力应按式(7.5.3-1)计算,式中的设计轴载改为最重轴载。

7.5.4 双层混凝土板温度应力分析应符合下列规定:

1 上层的温度疲劳应力 σ_{tr} 、最大温度翘曲应力 $\sigma_{t,max}$ 、综合温

度翘曲应力和内应力作用的温度应力系数 B_x 的计算与单层板的相同,应分别按式(7.5.2-1)、式(7.5.2-2)、式(7.5.2-3)计算,式(7.5.2-3)中的温度翘曲应力系数 C_x 计算应按 7.5.4 条第 2 款确定。下层板的温度疲劳应力不需要计算分析。

2 上层板的温度翘曲应力按式(7.5.4-1)计算。

$$C_x = 1 - \left(\frac{1}{1 + \xi} \right) \frac{\sinh t \cosh t + \cosh t \sinh t}{\cosh t \sinh t + \sinh t \cosh t} \quad (7.5.4-1)$$

$$t = L/3r_g \quad (7.5.4-2)$$

$$\xi = \frac{(k_n r_g^4 - D_c) r_\beta^3}{(k_n r_\beta^4 - D_c) r_g^3} \quad (7.5.4-3)$$

$$r_\beta = \left[\frac{D_c D_b}{(D_c + D_b) k_n} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (7.5.4-4)$$

$$k_n = \frac{1}{2} \left(\frac{h_c}{E_c} + \frac{h_b}{E_b} \right)^{-1} \quad (7.5.4-5)$$

式中 ξ —— 与双层板结构有关的参数;

r_β —— 层间接触状况参数;

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(7.5.4-5)计算确定,设沥青混凝土夹层或隔离层时, k_n 取 3000MPa/m。

7.5.5 复合板应力分析应符合下列规定:

1 面层复合板的荷载疲劳应力和最大荷载应力计算,与单层板或上层板完全相同,只需用面层复合板的截面弯曲刚度 \bar{D}_c 和等效厚度 \bar{h}_c 替代单层板或上层板的弯曲刚度 D_c 和厚度 h_c 即可,板相对刚度半径 r 或 r_g 应依据面层复合板弯曲刚度重 \bar{D}_c 新计算。面层复合板弯曲刚度 \bar{D}_c 应按式(7.5.5-1)计算,等效厚度 \bar{h}_c 应按式(7.5.5-2)计算:

$$D_c = \frac{E_{c1}h_{c1}^3 + E_{c2}h_{c2}^3}{12(1-\nu_{c2}^2)} + \frac{(h_{c1}+h_{c2})^2}{4(1-\nu_{c2}^2)} \left(\frac{1}{E_{c1}h_{c1}} + \frac{1}{E_{c2}h_{c2}} \right)^{-1} \quad (7.5.5-1)$$

$$\bar{h}_c = 2.42 \sqrt{\frac{D_c}{E_{c2}d_x}} \quad (7.5.5-2)$$

$$d_x = \frac{1}{2} \left[h_{c2} + \frac{E_{c1}h_{c1}(h_{c1}+h_{c2})}{E_{c1}h_{c1} + E_{c2}h_{c2}} \right] \quad (7.5.5-3)$$

式中 E_{c1} —— 面层复合板上层的弯拉弹性模量(MPa);

h_{c1} —— 面层复合板上层的厚度(m);

E_{c2} —— 面层复合板下层的弯拉弹性模量(MPa);

ν_{c2} —— 面层复合板下层的泊松比;

h_{c2} —— 面层复合板下层的厚度(m);

d_x —— 面层复合板中性轴至下层底部的距离(m)。

2 面层复合板的疲劳温度应力计算和疲劳温度应力系数与单层板相同。最大温度应力 $\sigma_{t,\max}$ 应按下式计算确定:

$$\sigma_{t,\max} = \frac{\alpha_c E_{c2} (h_{c1} + h_{c2}) T_g \xi_2 B_x}{2} \quad (7.5.5-4)$$

$$\xi_2 = 1.77 - 0.27 \ln \left(\frac{h_{01} E_{c1}}{h_{02} E_{c2}} + 18 \frac{E_{c1}}{E_{c2}} - 2 \frac{h_{c1}}{h_{c2}} \right) \quad (7.5.5-5)$$

式中 B_x —— 面层复合板的温度应力系数,按式(7.5.2-3)计算,其中,面层板厚度 h_c 取面层复合板的总厚度 $(h_{c1} + h_{c2})$,式(7.5.2-3)中温度翘曲应力系数 C_x ,单层板时按式(7.5.2-4)计算,双层板时按本规范第 7.5.4 条确定;

ξ_2 —— 面层复合板的最大温度应力修正系数。

3 基层复合板的弯曲刚度应按下式计算。以此弯曲刚度替

代本规范第 7.5.3 条和第 7.5.4 条中的弯曲刚度,计算双层板的荷载应力和温度应力。

$$D_{b0} = D_{b1} + D_{b2} \quad (7.5.5-6)$$

$$\sigma_{bpr} = \frac{\bar{\sigma}_{bpr}}{1 + D_{b2}/D_{b1}} \quad (7.5.5-7)$$

式中 D_{b0} ——基层复合板的弯曲刚度(MN·m);

D_{b1} ——上基层的弯曲刚度(MN·m),按式(7.5.3-2)计算确定;

D_{b2} ——下基层的弯曲刚度(MN·m),按式(7.5.3-2)计算确定;

$\bar{\sigma}_{bpr}$ ——基层复合板的名义荷载应力(MPa),按式(7.5.3-5)计算确定;其中,以基层厚度 h_{b1} 替代式中基层厚度 h_b ,以复合板弯曲刚度 D_{b0} 替代式中基层板弯曲刚度 D_b 。

4 基层为贫混凝土或碾压混凝土时,复合板中基层的荷载疲劳应力 σ_{bpr} 应按式(7.5.5-7)计算确定,其他类型基层不需进行荷载疲劳应力计算。

7.5.6 水泥混凝土板厚度计算应符合下列规定:

1 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,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 计算设计车道的初始年日货车交通量以及各车型或者轴型的各级轴载作用次数;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;依据

道路等级和车道宽度，选定车辆轮迹横向分布系数；计算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 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 根据道路等级和交通等级，并按设计道路所在地的路基土质、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 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；通过试验或参照经验数值确定相应的混凝土弹性模量。

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

8 对于新建道路，依据土组类型和道路所在地的自然区划参照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。

9 计算标准轴载产生的荷载应力，按照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，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，确定荷载疲劳应力值。

10 按道路最大温度梯度，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的

乘积小于且接近于混凝土弯拉强度标准值，即满足本规范第 7.2.1 条的要求时，则初选厚度可作为混凝土板的计算厚度。否则设计厚度依计算厚度按 10mm 向上取整。

12 验算最重轴重和最大温度梯度综合作用下的极限断裂标准。

7.6 接缝设计

7.6.1 纵向接缝设置应符合下列规定：

1 当一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设置纵向施工缝（图 7.6.1—1）。纵向施工缝采用平缝形式，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。

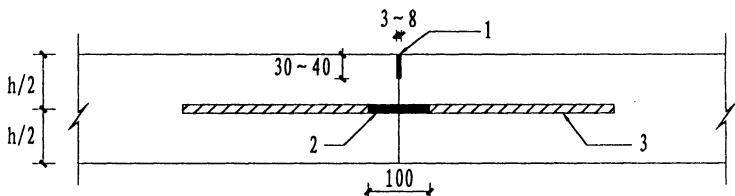


图 7.6.1—1 纵向施工缝构造（尺寸单位：mm）

1—填缝料；2—涂防锈涂料；3—拉杆

2 当一次铺筑宽度大于 4.5m 时，应设置纵向缩缝（图 7.6.1—2）。纵向缩缝采用假缝形式，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。碾压混凝土与钢纤维混凝土面层一次摊铺宽度大于等于 7.5m 时，应设置纵向缩缝；摊铺宽度小于 7.5m 时，可不设纵向缩缝。

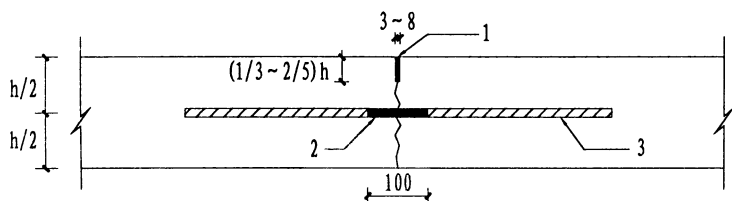


图 7.6.1—2 纵向缩缝构造(尺寸单位:mm)

1—填缝料;2—涂防锈涂料;3—拉杆

3 纵缝应与路线中线平行。

4 拉杆应采用螺纹钢筋,设在板厚中央,并应对拉杆中部100mm 范围内进行防锈处理。拉杆的直径、长度和间距,宜符合表 7.6.1 规定。

表 7.6.1 拉杆直径、长度和间距

面层厚度 (mm)	拉 杆	纵缝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
200~250	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

5 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。

7.6.2 横向接缝设置应符合下列规定：

1 每日施工结束或因临时原因中断施工时,应设置横向施

工缝,其位置宜设在缩缝或胀缝处。设在缩缝处的施工缝,应采用传力杆的平缝形式(图 7.6.2—1);设在胀缝处的施工缝,其构造与胀缝相同。

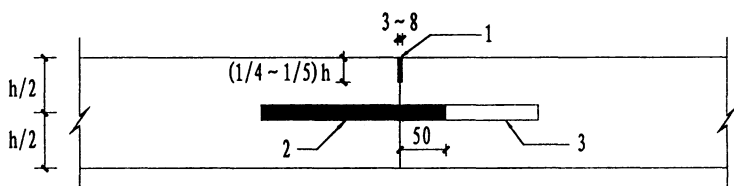


图 7.6.2—1 设传力杆平缝型横向施工缝构造(尺寸单位:mm)

1—填缝料;2—涂防锈涂料;3—拉杆

2 横向接缝的间距按面层类型和厚度选定应符合下列规定:

- 1)普通混凝土面层平面尺寸为 3.5m~5m,面层板的长宽比不超过 1.30,平面尺寸不超过 20m²;
- 2)碾压混凝土或钢纤维混凝土面层平面尺寸为 6m~10m;
- 3)钢筋混凝土面层平面尺寸为 6m~15m。

3 横向缩缝采用假缝形式。快速路和主干路、极重、特重、重交道路、停车场以及邻近胀缝或自由端部的缩缝,应采用设传力杆假缝形式(图 7.6.2—2)。其他情况可采用不设传力杆假缝形式(图 7.6.2—3)。

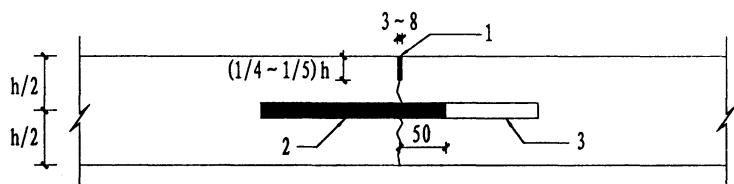


图 7.6.2—2 设传力杆假缝型横向缩缝构造(尺寸单位:mm)

1—填缝料;2—涂防锈涂料;3—拉杆

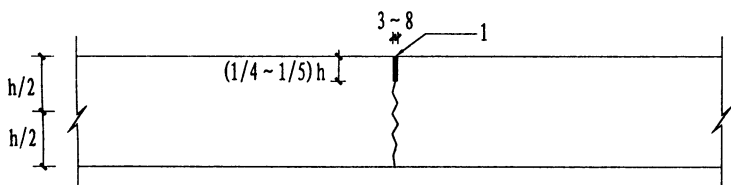


图 7.6.2—3 不设传力杆假缝型横向缩缝构造(尺寸单位:mm)

1—填缝料

4 横向缩缝顶部应锯切槽口,深度为面层厚度的 $1/5 \sim 1/4$, 宽度为 3mm~8mm,槽内填塞填缝料。快速路的横向缩缝槽口宜增设深 20mm、宽 6mm~10mm 的浅槽口(图 7.6.2—4)。

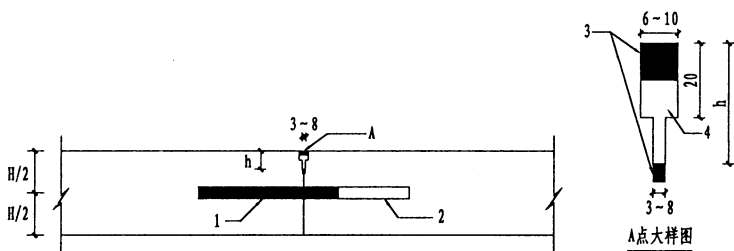


图 7.6.2—4 浅槽口构造(尺寸单位:mm)

1—涂防锈涂料;2—拉杆;3—填缝料;4—垫条

5 在邻近桥梁或其他固定构筑物处或其他道路相交处、板厚改变处、小半径平曲线处应设置横向胀缝(图 7.6.2—5)。

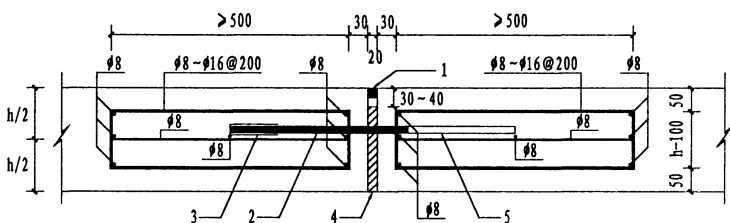


图 7.6.2—5 胀缝构造(尺寸单位:mm)

- 1—填缝料;2—300mm 范围涂沥青并裹敷乙烯膜;
3—长 100mm 小套子留 30mm 空隙填以纱头等;4—填缝板;
5—传力杆

6 传力杆应采用光面钢筋。其尺寸和间距可按表 7.6.2 选用。最外侧传力杆距纵向接缝或自由边的距离为 150mm ~250mm。

表 7.6.2 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
220	28	400	300
240	30	400	300
260	32	450	300
280	32~34	450	300
≥ 300	34~36	500	300

7.6.3 交叉口接缝设置应符合下列规定：

1 两条道路正交时,各条道路均应保持本身纵缝的连贯,而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,宜保证两条道路的纵横缝垂直相交,互不错位。两条道路斜交时,主要道路的直道部分保持纵缝的连贯,而相交路段内

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,应按照加设防裂钢筋或角隅钢筋。

2 混凝土板最小边长应不小于 1.5m,与主要行车方向垂直的边长应不大于 4m。

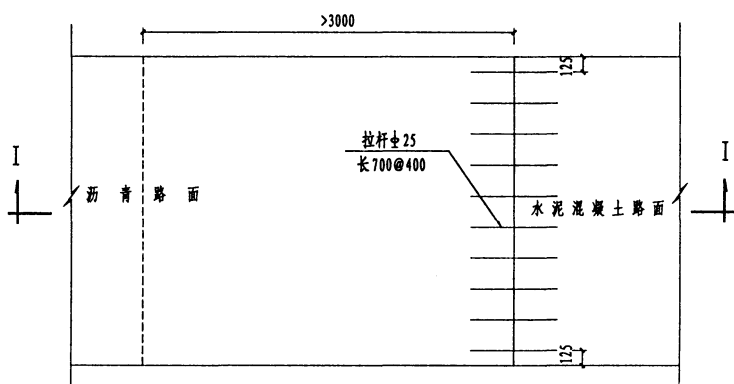
3 在次要道路弯道加宽段起终点断面处的横向接缝,应采用胀缝形式。膨胀量大时,应在直线段连续布置 2 条~3 条胀缝。

7.6.4 端部处理应符合下列规定:

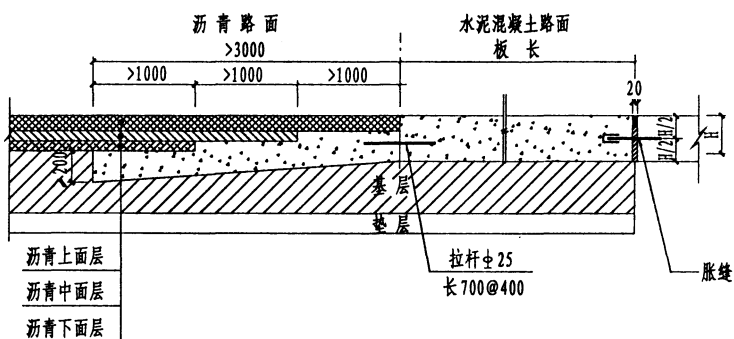
1 混凝土路面与固定构筑物相衔接的胀缝无法设置传力杆时,宜在毗邻构筑物的板端部内配置双层钢筋网;或在长度约为 6 倍~10 倍板厚的范围内逐渐将板厚增加 20%。

2 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,其间应设置不小于 3m 长的过渡段(图 7.6.4)。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,也可根据需要增设钢筋。混凝土面层毗邻该接缝的 1 条~2 条横向接缝应设置胀缝。



(a)平面(尺寸单位:mm)



(b)I-I剖面(尺寸单位:mm)

图 7.6.4 水泥混凝土路面与沥青混凝土路面相接段的构造布置

4 连续配筋混凝土面层与其他类型路面或构筑物相连接的端部,应设置锚固结构。

7.6.5 接缝填封材料应符合下列规定:

1 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。

2 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，且应经防腐处理。

7.7 面层配筋设计

7.7.1 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（图 7.7.1—1）。宜选用 2 根直径为 12mm~16mm 的螺纹钢筋，置于面层底面之上 $1/4$ 厚度处并不小于 50mm，间距为 100mm，钢筋两端向上弯起。可根据需要，增设钢筋笼。

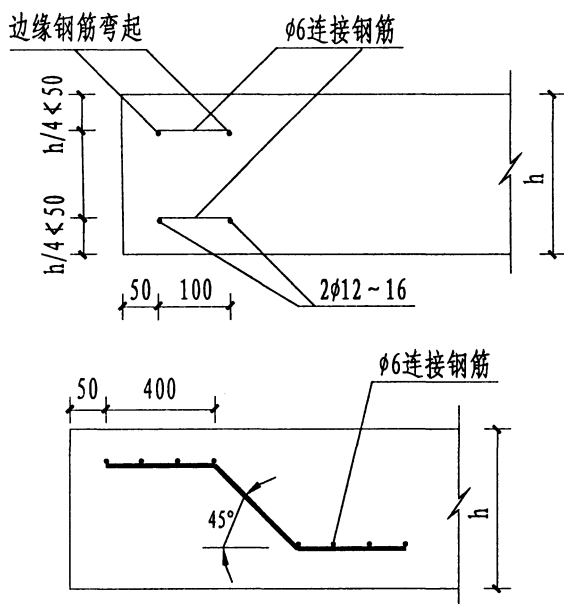


图 7.7.1—1 边缘钢筋布置(尺寸单位:mm)

2 承受极重、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(图 7.7.1—2)。宜选用 2 根直径为 12mm~16mm 的螺纹钢筋，置于面层上部，距顶面不小于 50mm，距边缘为 100mm。

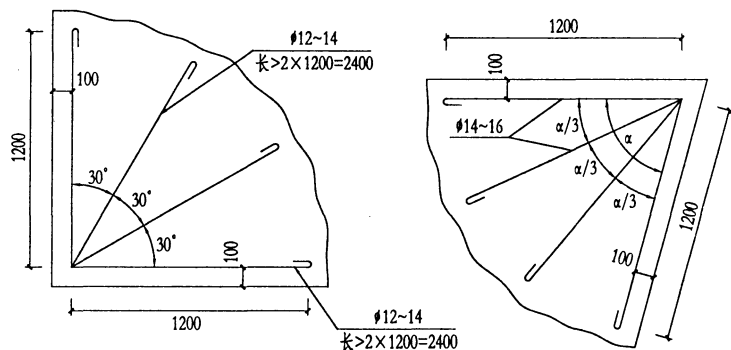
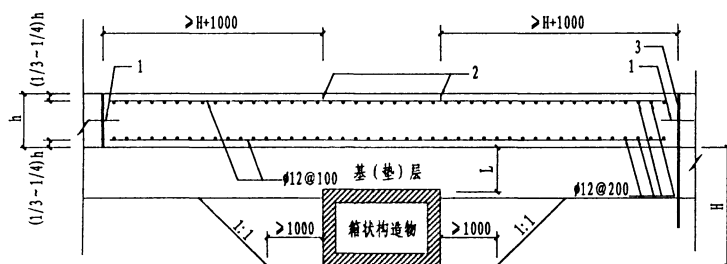
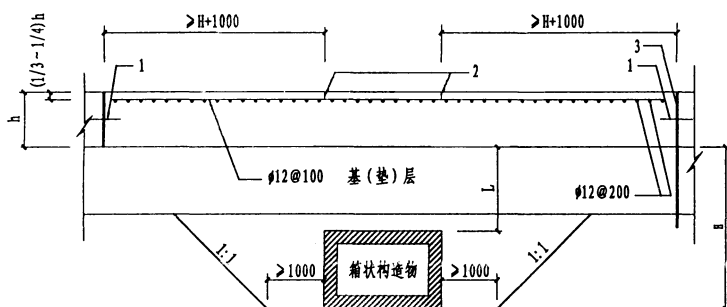


图 7.7.1—2 角隅钢筋布置(尺寸单位:mm)

3 混凝土面层下有箱形构筑物横向穿越，其顶面至面层底面的距离 L 小于 400mm 或嵌入基层时，在构筑物顶宽及两侧各 $(H+1000)$ mm 且不小于 4000mm 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，如图 7.7.1—3(a)所示。构筑物顶面至面层底面的距离 L 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，如图 7.7.1—3(b)所示。钢筋直径为 12mm，纵向钢筋间距 100mm，横向钢筋间距 200mm。配筋混凝土面层与相邻混凝土面层之间设置传力杆缩缝。



(a)箱形构筑物顶面至面层底面的距离小于 400mm
或嵌入基层时面层配筋



(b)箱形构筑物顶面至面层底面的距离在
400mm~1200mm 时面层配筋

图 7.7.1-3 箱形构筑物横穿道路处的面层配筋
(尺寸单位:mm)

1—传力杆;2—切缝深 40mm;3—缩缝

4 混凝土面层下有圆形管状构筑物横向穿越,其顶面至面层底面的距离 L 小于 1200mm 时,在构筑物两侧各 $(H+1000)$ mm 且不小于 4000mm 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。圆形管状构筑物横穿道路处的面层配筋如图 7.7.1-4 所示。

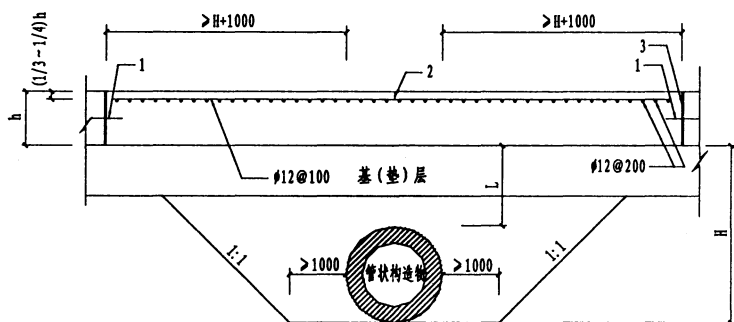


图 7.7.1—4 圆形管状构筑物横穿道路处的面层配筋(尺寸单位:mm)

1—传力杆;2—切缝深 40mm;3—缩缝

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,1000mm 范围内在混凝土板顶面和底面 50mm 处布设双层防裂钢筋网。雨水口周围的面层配筋如图 7.7.1—5 所示;圆形检查井周围的面层配筋如图 7.7.1—6 所示。

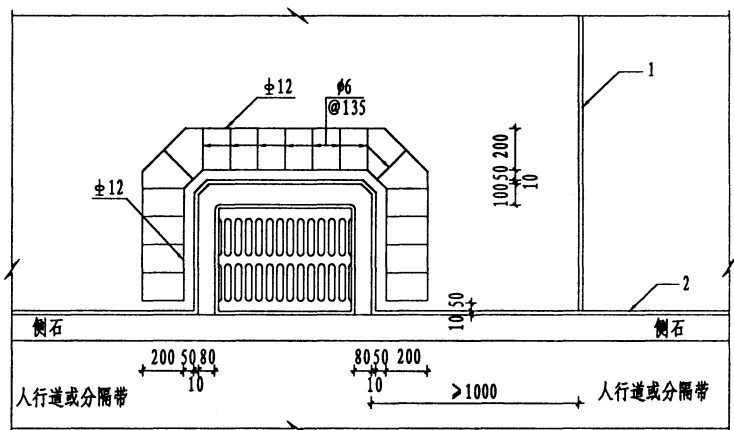


图 7.7.1—5 雨水口周围的面层配筋(尺寸单位:mm)

1—横缝;2—纵缝

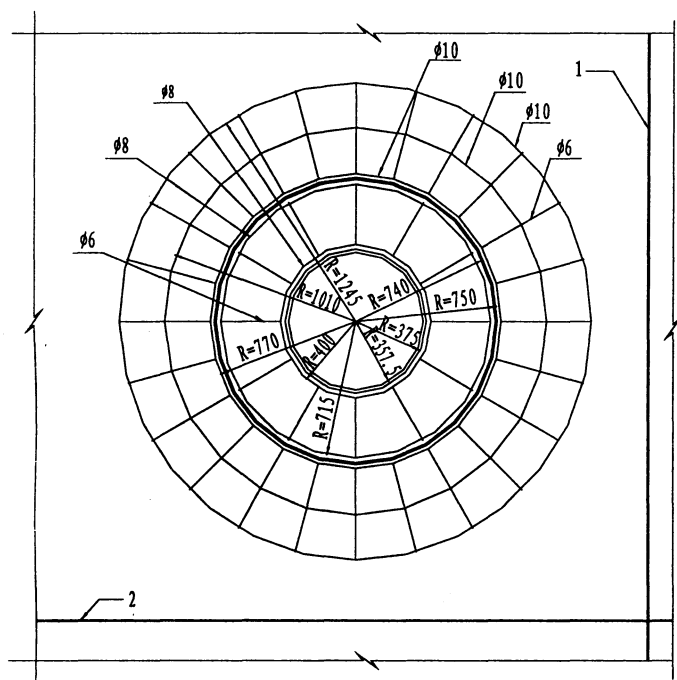


图 7.7.1—6 圆形检查井周围的面层配筋(尺寸单位:mm)

1—横缝;2—纵缝

7.7.2 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式(7.7.2)确定。

$$A_s = \frac{16L_s h \mu}{f_{sy}} \quad (7.7.2)$$

式中 A_s ——每延米混凝土面层宽(或长)所需的钢筋面积(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);

μ —— 面层与基层之间的摩阻系数,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),按表 7.7.2—1 选用。

表 7.7.2—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)
HRB400	6~50	400	2.0×10^5
KL400	8~40	400	2.0×10^5

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 7.7.2—2 的规定。钢筋的最小间距为集料最大粒径的 2 倍。

表 7.7.2—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要求:

- 1)纵向钢筋设在面层顶面下 $1/3 \sim 1/2$ 厚度范围内,横向钢筋位于纵向钢筋之下;
- 2)纵向钢筋的搭接长度一般不小于 35 倍钢筋直径,搭接位置应错开,各搭接端接线与纵向钢筋的夹角应小于 60° ;
- 3)边缘钢筋至纵缝或自由边的距离一般为 100mm ~150mm。

7.7.3 连续配筋混凝土面层配筋应符合下列规定:

- 1 连续配筋混凝土面层的纵向配筋量应按下述要求确定:

- 1) 纵向钢筋埋置深度处的裂缝缝隙平均宽度不大于 0.5mm;
- 2) 横向裂缝的平均间距不大于 1.8m;
- 3) 钢筋所承受的拉应力不超过其屈服强度;
- 4) 满足上述要求所需的纵向配筋率, 中等交通荷载等级宜为 0.6%~0.7%, 重交通荷载等级宜为 0.7%~0.8%, 特重交通荷载等级宜为 0.8%~0.9%, 极重交通荷载等级宜为 0.9%~1.0%;
- 5) 连续配筋混凝土用于复合式面层的下面层时, 其纵向配筋率可降低 0.1%。

2 横向钢筋用量应按本规范第 7.7.2 条确定, 并应满足施工时固定和保持纵向钢筋位置的要求。

3 连续配筋混凝土面层的纵向和横向钢筋均应采用螺纹钢, 其直径宜为 12mm~20mm。

4 钢筋布置应符合下列要求:

- 1) 纵向钢筋距面层顶面不应小于 90mm, 最大深度不应大于 1/2 面层厚度;
- 2) 纵向钢筋的间距不大于 250mm, 不小于 100mm 或集料最大粒径的 2.5 倍;
- 3) 横向钢筋应位于纵向钢筋之下, 横向钢筋间距宜为 300mm~600mm, 宜斜向设置, 与纵向钢筋的夹角可取 60°;
- 4) 纵向钢筋的焊接长度不宜小于 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°;
- 5) 边缘钢筋至纵缝或自由边的距离宜为 100mm~150mm。

8 其他路面

8.1 砌块路面

8.1.1 砌块路面应稳固、无翘动、缝线直顺、灌缝饱满，表面应平整、防滑、无反坡积水现象。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路面设计。

4 自行车停车场按人群荷载进行设计，宜采用绿植与透水路面设计。

8.1.2 砌块路面材料技术要求应符合下列规定：

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联锁型混凝土砌块。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 8.1.2—1 的规定。

表 8.1.2—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 —2	0 —1.5
厚(高)	+1 —3	±1
对角线	±2	±2
平面度	±1	±0.7

2)天然石材的外观质量应符合表 8.1.2—2 的规定。

表 8.1.2—2 天然石材尺寸外观质量

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		长度不超过两端顺延至板边总长度的 1/10 (长度小于 20mm 不计)每块板
坑窝	—	不明显	粗面板材的正面出现坑窝

3)混凝土预制砌块尺寸与外观质量允许偏差应符合表 8.1.2—3 的规定。

表 8.1.2—3 混凝土预制砌块尺寸与外观质量允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
长度、宽度		±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

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应不小于 120MPa, 饱和抗折强度应不小于 9MPa。否则应根据使用材料力学性质进行结构验算；
- 2) 普通型混凝土砌块的强度应符合表 8.1.2—4 的规定。
当砌块边长与厚度比小于 5 时以抗压强度控制, 边长与厚度比大于等于 5 时以抗折强度控制。

表 8.1.2—4 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) 联锁型混凝土砌块的强度应符合表 8.1.2—5 的规定。

表 8.1.2—5 联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

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 8.1.2—6 的规定。

表 8.1.2—6 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 ³	≥2.5
吸水率	%	<1
抗冻性	—	冻融循环 50 次, 无明显损伤(裂纹、脱皮)
磨耗率(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 8.1.2—7 的规定。

表 8.1.2—7 混凝土砌块材料物理性能要求

项 目	单 位	物 理 性 能 要 求
吸水率	%	≤ 8
磨坑长度	mm	≤ 35
抗冻性	—	经 25 次冻融试验的外观质量符合表 8.1.2—3 的规定;强度损失不得大于 20%

8.1.3 砌块路面结构组合应符合下列规定：

1 砌块路面结构应包括面层、基层和垫层。

2 砌块路面面层包括砌块、填缝材料和整平层材料。

3 采用砌块铺装车行道、广场、停车场时宜采用联锁型混凝土砌块,联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。联锁型混凝土砌块最小厚度应符合表 8.1.3—1 的规定。

表 8.1.3—1 联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

4 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应符合表 8.1.3—2 的规定。

表 8.1.3—2 普通型混凝土砌块最小厚度

道 路 类 型	砌块常用尺寸(宽×长)(mm)			
	300×300	250×250	200×300	100×200
支路、广场、停车场	120	100	100	80
人行道、步行街	60	50	60	50

5 石材砌块的适用性及其最小厚度宜符合表 8.1.3—3 的规定。

表 8.1.3—3 石材砌块适用性及最小厚度

道 路 类 型	砌块常用尺寸(宽×长)(mm)					
	100×100	300×300	400×400 300×500	500×500 400×600	600×600 400×800	500×1000 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	—	—

6 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 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应不大于 5mm，采用水泥砂灌实；
- 2) 联锁型混凝土砌块接缝缝宽应不大于 5mm，用粗砂灌实；
- 3) 石材砌块路面接缝缝宽应不大于 5mm，应采用水泥砂灌实。有特殊防水要求时，缝下部采用水泥砂灌实，上部采用防水材料灌缝。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,接缝填料同水泥混凝土路面。

8.1.4 砌块路面结构厚度计算宜符合下列规定:

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

2 对于半刚性基层和柔性基层的砌块路面,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,并核算基层的弯拉应力。对于反复荷载应考虑疲劳应力,对于静止荷载应考虑容许应力。在确定沥青混凝土层厚度后,考虑换算系数按下式进行计算:

$$h_s = h_1 \times a \quad (8.1.4-1)$$

式中 h_s ——砌块路面块体厚度(mm);

h_1 ——沥青混凝土面层厚度(mm);

a ——换算系数,可取 0.7~0.9,道路等级较高、交通量大、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。

3 对于刚性(水泥混凝土)基层的砌块路面,运用水泥混凝土路面设计方法,在确定水泥混凝土板厚度后,考虑换算系数按下式进行计算:

$$h_s = h_h \times b \quad (8.1.4-2)$$

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,采用砌块面积尺寸较小时取低值,采用砌块面积尺寸较大时取高值。

8.2 桥面铺装

8.2.1 水泥混凝土桥面铺装应符合下列规定：

1 水泥混凝土桥面采用沥青面层时，桥面板（梁）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。对高速公路、一级公路、城市快速路、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铣刨处理；
- 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；钢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，并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。

2 桥面沥青铺装结构，可由防水层、粘结层、下面层和表面层组成。防水层和下面层共同组成防水体系，应重视下面层的密水性和热稳性。特大桥、重要大桥，宜在混凝土桥面板顶面设下封层。

3 防水层材料主要包括：涂膜、卷材与纤维增强桥面等专用防水材料；沥青砂、沥青玛蹄脂、沥青碎石封层、稀浆封层与纤维增强粘结防水层等改性沥青类防水材料；环氧树脂下封层等反应性树脂类防水材料。当下面层采用浇注式沥青混凝土时可视为防水层。

4 高速公路、一级公路、城市快速路、主干路的桥面沥青铺装厚度宜为 80mm~100mm，其他等级道路桥面铺装厚度宜为 70mm~90mm。若桥面铺装为单层时，厚度不小于 50mm。铺装

材料可按照表 8.2.1 选用。

表 8.2.1 水泥混凝土桥面沥青铺装材料

结 构 层 次	高速公路、一级公路、 城市快速路、主干路	其 他 等 级 道 路
铺装上层 (表面层)	SMA-10、SMA-13 AC-10、AC-13 OGFC-10、OGFC-13	SMA-10、SMA-13 AC-10、AC-13
铺装下层 (承重层)	AC-16、AC-20 SMA-13、SMA-16	AC-13、AC-16 AC-20

5 对特大桥、重要大桥等的桥面铺装应进行专门设计。

6 中小桥桥面沥青铺装厚度宜与道路路面的铺装层厚度相适应或相同。

8.2.2 钢桥面铺装应符合下列规定：

1 钢桥面铺装结构由防腐层、防水层、粘结层与沥青面层等组成。

2 钢桥面铺装的防水层必须紧跟防腐层后涂刷，防水层宜采用高粘度改性沥青、环氧沥青、专用防水涂料等。

3 钢桥面铺装使用的改性沥青，宜单独提出相应的技术要求。沥青面层可采用聚合物或天然沥青改性沥青混凝土、环氧沥青混凝土、浇注式沥青混凝土、SMA 等作合理的组合。

4 钢桥面铺装结构可按照表 8.2.2 选用，双层环氧沥青混凝土铺装结构厚度宜为 50mm~60mm，其他铺装结构厚度宜为 70mm~100mm。

表 8.2.2 钢桥面铺装推荐结构

结构层次	推 荐 结 构	
铺装上层 (表面层)	改性沥青 SMA	环氧沥青混凝土 EA
铺装下层 (承重层)	改性沥青 SMA、浇注式沥青 混凝土 GA、环氧沥青混凝土 EA	浇注式沥青混凝土 GA、 环氧沥青混凝土 EA

8.3 隧道路面铺装

8.3.1 隧道路面采用水泥混凝土路面厚度不宜低于 200mm,并对应结构变形缝处路面也应设置横向缩缝或胀缝。

8.3.2 隧道路面采用复合式路面时,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;长大隧道内宜采用阻燃性良好、降噪的温拌沥青路面。沥青路面厚度宜为 80mm~100mm,双层式沥青混凝土面层。沥青面层下应设置粘结层。

9 旧路加铺

9.1 旧路状况评价

9.1.1 旧沥青路面评价应符合下列规定：

1 原有路面的主要调查分析内容包括：

- 1)重点调查损坏情况,包括裂缝率、车辙深度、松散、坑洞与修补面积等;
- 2)测定原道路弯沉值并评价旧路结构承载能力。原路面结构强度采用路面结构强度指数系数 PSSI 按表 9.1.1 评价。

表 9.1.1 路面结构强度评价表

评价等级	优	良	中	次	差
评价标准	$PSSI \geq 90$	$90 > PSSI \geq 80$	$80 > PSSI \geq 70$	$70 > PSSI \geq 60$	$PSSI < 60$

- 3)根据破损情况调查和承载能力测试与评价,选择路面外观选择好、中、差路面典型使用状况,分层钻孔取样和试验,采集沥青混合料和基层、土基的样品,分析破坏原因,判断其破坏层位和是否可以利用;
- 4)钻孔取样调查路床范围内路基土的分层含水量、压实度、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;
- 5)了解道路地下管线埋设情况。

2 设计应根据下列情况将全线划分为若干段。分段时,应考虑下列因素：

- 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，该段计算代表弯沉值时可不考虑个别弯沉值大的点；
- 3) 宜按 500m 为单位对路况进行评价，当路段评价指标基本接近时可将路段延长。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 各路段的计算弯沉值 l_0 应按式(9.1.1-1)计算：

$$l_0 = (\bar{l}_0 + Z_a S) K_1 K_2 K_3 \quad (9.1.1-1)$$

式中 l_0 —— 路段的计算弯沉值(0.01mm)；

\bar{l}_0 —— 路段内原路面上实测弯沉的平均值(0.01mm)；

S —— 路段内原路面上实测弯沉的标准差(0.01mm)；

Z_a —— 与保证率有关的系数，高速公路、一级公路、快速路和主干路 Z_a 取 1.645，二级公路、次干路 Z_a 取 1.5，三级公路、四级公路和支路 Z_a 取 1.3；

K_1 —— 季节影响系数；

K_2 —— 湿度影响系数；

K_3 —— 温度修正系数。

4 旧路面当量回弹模量的计算

- 1) 各路段的当量回弹模量应根据各路段的计算弯沉值，按式(9.1.1-2)(轮隙弯沉法)计算：

$$E_t = 1000 \frac{2p\delta}{l_0} m_1 m_2 \quad (9.1.1-2)$$

式中 E_t —— 旧路面的当量回弹模量(MPa)；

p —— 标准车型的轮胎接地压强(MPa)；

δ —— 当量圆半径(cm);

l_0 —— 原路面的计算弯沉值(0.01mm);

m_1 —— 用标准轴载的汽车在原路面上测得的弯沉值与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; m_1 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, m_1 可取 1.1(轮隙弯沉法);

m_2 —— 原路面当量回弹模量扩大系数。

2) 计算与旧路面接触的补强层层底拉应力时, m_2 按式(9.1.1-3)计算;计算其他补强层层底拉应力及弯沉值时, m_2 取 1.0。

$$m_2 = e^{0.037 \frac{h'}{\delta} \left(\frac{E_{n-1}}{E_p} \right)^{0.25}} \quad (9.1.1-3)$$

式中 E_{n-1} —— 与旧路面接触层材料的抗压模量(MPa);

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

3 等效总厚度 h' 按式(9.1.1-4)计算:

$$h' = \sum_{i=1}^{n-1} h_i (E_i / E_{n-1})^{0.25} \quad (9.1.1-4)$$

式中 E_i —— 第 i 层补强层材料的抗压回弹模量(MPa);

h_i —— 第 i 层补强的厚度(cm);

$n-1$ —— 补强层层数。

9.1.2 旧水泥混凝土路面评价应符合下列规定:

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;调查脱空位置等;

- 2) 用落锤式弯沉仪或贝克曼弯沉仪进行现场测定, 根据路况, 每块板或每(2~4)块板选一测点, 在横向接缝板边距半角 30cm~50cm 处测定弯沉;
- 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 旧混凝土路面的损坏状况采用断板率和平均错台量两项指标评定。水泥混凝土路面损坏状况分为 4 个等级, 各个等级的断板率和平均错台量的分级标准见表 9.1.2-1。

表 9.1.2-1 路面损坏状况分级标准

等 级	优良	中	次	差
断板率(%)	≤5	5~10	10~20	>20
平均错台量(mm)	≤3	3~7	7~12	>12

3 旧路面接缝传荷能力的评价如下:

- 1) 弯沉差宜按式(9.1.2-1)计算:

$$\Delta_D = D_l - D_u \quad (9.1.2-1)$$

式中 D_u ——未受荷板接缝边缘处的弯沉值(mm);

D_l ——受荷板接缝边缘处的弯沉值(mm)。

- 2) 用贝克曼弯沉仪和落锤弯沉仪(FWD)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, 并区分不同情况对旧板进行处治。应按下式计算:

$$\bar{D} = \frac{D_u + D_l}{2} \quad (9.1.2-2)$$

- 3) 接缝的传荷系数应按下式计算:

$$k_j = \frac{D_u}{D_l} \times 100(\%) \quad (9.1.2-3)$$

式中 k_j ——接缝传荷系数。

4)旧混凝土面层的接缝传荷能力应按表 9.1.2—2 分为 4 个等级。

表 9.1.2—2 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	60~80	40~60	< 40

4 旧混凝土路面结构参数确定,包括面板厚度、弯拉强度、弯拉弹性模量、基层顶面当量回弹模量标准值。

9.2 改建沥青路面设计

9.2.1 旧沥青路面处理应符合以下规定:

1 沥青路面整体强度基本符合要求,路面结构强度为“优”或“良”时,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 路面结构强度评价为“中”时,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,路面结构强度为“次”或“差”时,根据路面破损程度确定挖除深度、范围以及加铺补强层的结构和厚度。

4 改建沥青路面设计方案应考虑旧路废弃材料的再生利用,结合已有成果和经验,积极推广再生利用技术。

9.2.2 加铺面层应符合以下规定:

1 可用沥青混凝土罩面、表面处治或其他预防性养护措施

改善和提高沥青表面层的服务功能。一般单层沥青混凝土罩面厚度可为 30mm~50mm;超薄层罩面厚度宜为 20mm~25mm。预防性养护可选用稀浆封层、微表处或沥青再生处治等。

2 超薄磨耗层结合料宜用改性沥青或掺入其它添加剂,提高超薄磨耗层的水稳性。

9.2.3 加铺补强层结构设计应符合以下规定:

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 加铺补强层的结构设计,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。

9.2.4 加铺补强层设计步骤应符合以下规定:

1 计算原有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,当以路表回弹弯沉值为设计指标时弯沉值综合修正系数按式(9.2.4)计算:

$$F=1.45\left(\frac{l_s}{2000\delta}\right)^{0.61}\left(\frac{E_t}{p}\right)^{0.61} \quad (9.2.4)$$

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。

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。

9.3 水泥混凝土路面加铺沥青路面

9.3.1 根据破损调查和承载能力测试资料,加铺前,旧水泥混凝土路面处治后技术指标应符合表 9.3.1 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,提高承载能力。

表 9.3.1 不同路面破损条件下旧水泥混凝土路面处理方法

原路面状况	评价等级	代表弯沉值 (0.01mm)	修 补 方 法
路面破损状况	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
	中及中以下	>45	采取碎石化技术将混凝土板打碎,压实,然后加铺补强层;或翻挖重建
路面行驶质量	中及中以下	<20	采取防止反射裂缝措施,加铺沥青面层
路面抗滑能力	中及中以下	<20	采取防止反射裂缝措施,加铺沥青面层
接(裂)缝传荷能力	中及中以下	≥6	压浆填封,或增加传力杆,或采取破碎工艺消除垂直、水平方向变形,然后加铺沥青层
板底脱空	—	—	灌浆或碎石化工艺、压实,消除垂直、水平方向变形,使路面稳定,然后加铺沥青层

9.3.2 沥青加铺层宜设两层沥青面层,视具体情况增加调平层或补强层等。在稳定的原水泥混凝土板上加铺沥青层时,对高速公路、一级公路、城市快速路与主干路,加铺层厚度不宜小于 100mm,其他道路,加铺层厚度不宜小于 70mm。

9.3.3 防止反射裂缝措施应符合下列规定:

- 1 增加沥青加铺层的厚度。
- 2 提高加铺层沥青混合料抗变形能力。

3 设置裂缝缓解层，在沥青加铺层和旧水泥混凝土面层之间设置级配碎石或者开级配沥青稳定碎石层。

4 碎石化，针对旧水泥混凝土面层破坏较严重，断板率较高，采取其他修复措施不经济时，可以对面板进行碎石化，测定破碎板顶面当量回弹模量，按照 9.2.4 条设计补强层与沥青层。

5 采用防裂夹层应符合以下规定：

1) 铺设应力吸收层，可采用橡胶沥青应力吸收层或改性沥青碎石封层等；

2) 铺设玻纤网，玻纤网的孔眼尺寸宜为其上沥青面层材料最大粒径的 0.5 倍～1.0 倍，极限抗拉强度应大于 50kN/m；

3) 铺设土工织物，土工织物技术要求应符合表 9.3.3 的规定，耐温性宜在 170℃ 以上。

表 9.3.3 土工织物技术要求

技 术 指 标	单 位	技 术 标 准	试验温度(℃)
抗拉强度	kN/m	≥ 8	20±2
单位面积质量	g/m ²	≤ 200	20±2

9.4 改建水泥混凝土路面设计

9.4.1 分离式混凝土加铺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，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，按分离式双层板进行，计算方法同本规范第 7.5 节规定的方法。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，宜采用旧混凝土路面的实测值。加铺层混凝土的弯拉强度标准值应符合表 7.2.2 的规定。加铺层的厚度设计应符合本规范第 7.2.1 条的规定。

9.4.2 结合式混凝土加铺结构设计宜符合下列规定：

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，压浆填封板底脱空，清除接缝中失效的填缝料和杂物，并重新封缝。

2 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，并在清理后的表面涂敷粘结剂，使加铺层与旧混凝土面层结合成整体。

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。加铺层厚度不宜小

于 80mm。

4 加铺层和旧混凝土板的应力分析,按结合式双层板进行,计算方法同本规范第 7.5 节规定的方法。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,采用旧混凝土路面的实测值。加铺层的厚度设计应符合本规范第 7.2.1 条的规定。

10 道路排水

10.1 一般规定

10.1.1 道路排水包括路基排水、路面排水、路面内部排水与分隔带排水等。

10.1.2 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。

10.1.3 道路排水设计重现期宜符合表 10.1.3 的规定。

表 10.1.3 道路排水设计重现期

道 路 等 级	设计重现期(年)
高速公路、一级公路	5
二级及以下公路	3
快速路	3~5
主干路	1~3
次干路	1~2
支路	1
广场、停车场	1~3
立体交叉	3~5
地道敞开段	5
隧道敞开段	30

10.1.4 城镇道路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。

10.2 路基排水

10.2.1 路基排水设计应防、排、疏结合，并与路面排水、路基防护、地基处理以及特殊路基地区(段)的其它处治措施等相互协调，形成完善的排水系统。

10.2.2 施工期间，应设置临时边沟、集水井等排水措施，确保原地面和开挖面基底干燥。

10.2.3 宽度大于 2m 的中央分隔带应设纵向渗水沟和横向排水管，将雨水引至窨井。渗水沟深度不小于 30cm，填料宜采用粗砂，并用土工布包封，渗水沟内设纵向软式透水管，连接横向排水管。横向排水管正常路段间距视雨水窨井设置情况，宜为 30m~40m，凹曲线底部宜适当加密。

10.3 路面排水设计

10.3.1 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 1.5%~2.0%。

10.3.2 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。

10.3.3 道路排水管道的设置应符合下列规定：

1 排水干管不得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。

10.3.4 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 雨水口型式分为平篦式、立篦式等，平篦式雨水口分为有缘石平篦式和地面平篦式。缘石平篦式雨水口用于有缘石的道路。地面平篦式可用于无缘石的路面、广场、地面低洼聚水处等。立篦式雨水口可用于有缘石的道路。

3 平篦式雨水口的篦面应低于附近路面 10mm；立篦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~40m。

5 雨水口的泄水能力应经计算确定。

10.3.5 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。锯齿型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。

10.4 路面内部排水

10.4.1 路基土渗透系数小于 10^{-4} mm/s 的地区的高速公路、一级公路、快速路、主干路，宜设置路面内部排水系统。

10.4.2 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。

10.4.3 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 纵向排水管的管径应按设计流量由水力计算确定，宜在 100mm~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；新建路面时，排水管的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。

10.4.4 带孔集水管的孔径宜采用 100mm~150mm。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。

10.4.5 集水沟和集水管的纵坡宜与路线纵坡相同，并不得小于 0.25%。

10.4.6 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%，其它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；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。

10.4.7 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。

10.4.8 排水基层的下卧层应选用不透水的密级配混合料。

10.4.9 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。

10.5 分隔带排水

10.5.1 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。

10.5.2 当分隔带封闭后,可不设内部排水系统。

10.6 隧道、地道与城市立交排水

10.6.1 隧道、地道、城市立交宜采取高水高排、低水低排互不连通的系统,下穿部分与地面道路相接处应设置阻止地表水流入低处的措施。低水低排系统排水口必须畅通、可靠。

10.6.2 隧道、地道、城市立交下穿部分如设有水灭火消防系统,其废水排放系统应同时考虑消防废水、结构渗漏水或地面冲洗水、结构渗漏水的排出。

10.6.3 隧道、地道、城市立交下穿部分位于地下水位以下时,应采取排水或控制地下水的措施。隧道、地道、城市立交下穿部分如设有地下建筑,其污废水应与雨水、结构渗漏水、消防废水分流排放,其废水可与道路冲洗水合流排放。

10.6.4 隧道、地道、城市立交低水低排系统无法以重力流排出时,应设置泵站,使用水泵排水。泵站位置应设在隧道洞口附近、隧道最低点、地道最低点和立交最低点附近。

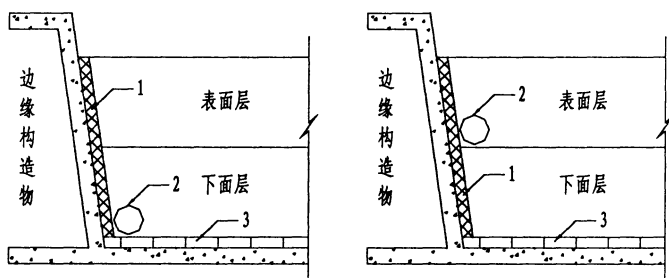
10.6.5 隧道、地道、城市立交专用泵站必须设置备用泵,水泵宜选同型号水泵,水泵应平稳、高效运行。

10.6.6 隧道、地道、城市立交专用泵站供电负荷应为二级负荷。隧道、地道、城市立交特别重要时,可采用一级负荷。

10.7 桥面排水

10.7.1 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。

10.7.2 桥面宜在铺装边缘设置边缘排水系统(图 10.7.2)，排水管应与泄水口相接。



(a)下面层为普通沥青混凝土 (b)下面层为浇筑式沥青混凝土

图 10.7.2 桥面边缘排水系统设置

1—填缝料；2—排水管；3—防水层

10.7.3 桥梁竖曲线的最低点，应布置桥面雨水口，沿纵桥向设水平连接管并入相邻桥墩落水管。

10.7.4 桥面雨水口一般布置在桥面伸缩缝的纵坡上游；桥梁总体布置时要尽可能避免在竖曲线最低点或附近位置设置桥梁伸缩缝，否则应在伸缩缝两侧同时布置桥面集水井。

10.7.5 桥梁排水宜采用外置式落水管，若采用梁体内置式落水管时，应考虑到一旦堵塞后改为外置式需要预留外置接口；钢结构梁不得采用内置式桥面落水管，桥面落水管如需穿越钢梁翼板内部，应采用不锈钢材质。

10.8 广场、停车场排水

10.8.1 广场、停车场的排水方式应根据铺装种类、场地面积和地形等因素确定。广场、停车场单向尺寸大于或等于 150m，或地面纵坡度大于或等于 2%且单向尺寸大于或等于 100m 时，宜采用划区分散排水方式。广场、停车场周围的地形较高时，应设截流设施。

10.8.2 广场、停车场宜采用雨水管道排水，并避免将汇水线布置在车辆停靠或人流集散的地点。雨水口应设在场内分隔带、交通岛与通道出入口汇水处。

10.8.3 停车场的修车、洗车污水应处理达到排放标准后排入城市污水管道，不得流入树池与绿地。

附录 A 沥青混合料级配组成、沥青表面处治材料规格和用量

表 A.0.1 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
密级配沥青混凝土	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
	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
	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	
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	
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	

续表 A.0.1

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	
开级配磨耗层	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	
	OGFC-10	—	—	—	—	100	90~100	50~70	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6	

表 A.0.2 橡胶沥青混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)											
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
密级配沥青混凝土	AR-AC20	100	90~100	75~88	62~76	45~59	24~35	17~27	14~21	9~17	6~13	4~10	3~8
	AR-AC16	—	100	95~100	75~85	54~62	24~35	18~28	14~22	10~18	7~14	6~11	3~8
	AR-AC13	—	—	100	95~100	60~71	24~35	19~28	14~23	12~19	9~15	7~12	3~8
	AR-AC10	—	—	—	100	95~100	24~35	19~28	14~23	12~19	9~15	7~12	3~8
沥青玛蹄脂碎石	AR-SMA16	—	100	90~100	65~85	45~65	20~32	15~24	14~22	12~18	10~15	9~14	8~12
	AR-SMA13	—	—	100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15	8~12
	AR-SMA10	—	—	—	100	90~100	28~60	20~32	14~26	12~22	10~18	9~16	8~13
	AR-OGFC16	—	100	95~100	71~80	43~55	15~25	6~18	3~14	1~10	1~7	0~5	0~4
开级配磨耗层	AR-OGFC13	—	—	100	95~100	52~64	15~25	10~19	6~15	4~11	2~9	2~7	1~5
	AR-OGFC10	—	—	—	100	95~100	30~50	15~32	6~18	4~14	3~10	2~6	0~3

表 A.0.3 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 ³ /1000m ²)			沥青或乳液用量(kg/m ²)			
			第一层 规格 用量	第二层 规格 用量	第三层 规格 用量	第一次	第二次	第三次	合计用量
石油沥青	单层	10	SI2 7~9	—	—	1.0~1.2	—	—	1.0~1.2
		15	SI0 12~14			1.4~1.6			1.4~1.6
	双层	15	SI0 12~14	SI2 7~8 SI2 7~8 SI2 7~8	—	1.4~1.6	1.0~1.2	—	2.4~2.8
		20	S9 16~18			1.6~1.8	1.0~1.2		2.6~3.0
		25	S8 18~20			1.8~2.0	1.0~1.2		2.8~3.2
	三层	25	S8 18~20	SI2 12~14 SI2 12~14	SI2 7~8 SI2 7~8	1.6~1.8	1.2~1.4	1.0~1.2	3.8~4.4
		30	S6 20~22			1.8~2.0	1.2~1.4	1.0~1.2	4.0~4.6
乳化沥青	单层	5	SI4 7~9	—	—	0.9~1.0	—	—	0.9~1.0
	双层	10	SI2 9~11	SI4 4~6	—	1.8~2.0	1.0~1.2	—	2.8~3.2
	三层	30	S6 20~22	SI0 9~11	SI2 4~6 SI4 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. 在高寒地区及干旱风沙大的地区,沥青用量可超出高限 5%~10%。

表 A.0.4 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 A.0.5 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	—

续表 A.0.5

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
Sl2	5~10	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90~100	0~15	0~5	—
Sl3	3~10	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90~100	40~70	0~20	0~5
Sl4	3~5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90~100	0~15	0~3

表 A.0.6 沥青混合料用细集料规格

规格	公称粒径 (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 B 沥青路面设计参数参考值

表 B.0.1 沥青混合料设计参数

材 料 名 称		抗压模量(MPa)			15℃劈裂强度 (MPa)	60℃剪切强度 (MPa)	备 注
		20℃	15℃	60℃			
细粒式沥青 混凝土	密级配	1200~1600	1800~2200	240~320	1.2~1.6	0.4~0.8 ^①	AC-10 AC-13
	开级配	700~1000	1000~1400	140~200	0.6~1.0	0.3~0.5	OGFC
沥青玛蹄脂碎石		700~900	1000~1200	240~320	1.4~1.9	0.8~1.1	SMA
中粒式沥青 混凝土	基质沥青	800~1400	1000~1500	—	0.8~1.2	—	AC-16 AC-20
	改性沥青			—	1.2~1.4	—	AC-16 AC-20
密级配粗粒式沥青混凝土		800~1200	1000~1400	—	0.6~1.0	—	AC-25
橡胶沥青混合料		1000~1500	1600~2000	—	0.7~1.0	—	ARAC-13 ARAC-16
高模量沥青混合料		1800~2300	2500~3000	—	1.0~1.4	1.0~1.4	HMAC-20

续表 B.0.1

材 料 名 称		抗压模量(MPa)			15℃劈裂强度 (MPa)	60℃剪切强度 (MPa)	备 注
		20℃	15℃	60℃			
沥青稳定碎石	密级配	1000~1400	1200~1600	—	0.6~1.0	—	ATB-25
	开级配	500~700	800~1000	—	—	—	ATPB-25
沥青贯入式		400~800	—	—	—	—	—
就地热再生沥青混合料		1800~2500	2600~3200	—	—	—	旧料 75%以上
乳化沥青、 泡沫沥青冷 再生混合料	细粒式	1000~1400	1400~1800	—	0.5~0.7	—	—
	中粒式	1000~1400	1400~1800	—	0.4~0.6	—	—
	粗粒式	800~1200	1000~1400	—	0.4~0.5	—	—

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 B.0.2 基层和垫层材料设计参数

材 料 名 称	配合比或规格要求	抗压回弹模量 E (MPa) (弯沉计算用)	抗压模量 E (MPa)(拉应力、剪应力计算用)	劈裂强度 (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
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	粒料大于 60%	700~1100	1600~2400	0.3~0.4
碎石灰土	粒料大于 40%~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 B. 0. 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) (柔性基层沥青层层底拉 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
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 B. 0. 4 碎砾石土设计参数

碎石含量(%)	路基干湿类型	回弹模量值(MPa)	密度(t/m ³)	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

续表 B.0.4

碎石含量(%)	路基干湿类型	回弹模量值(MPa)	密度(t/m ³)	含水量(%)
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 C 沥青混合料单轴贯入抗剪强度 试验方法

C.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°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 16mm 。

C.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 5kN ;
- 2)具有环境保温箱,温控准确度 0.5°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 28.5mm 、长 50mm 的金属柱。

3 烘箱。

C.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 2mm 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。

C.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。

C.0.5 沥青混凝土的单轴贯入剪切试验强度应按下式计算:

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

式中 τ_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(mm²)。

C.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 D 水泥混凝土路面设计参数参考值

表 D.0.1 中湿路基路床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
粘质土	25~45	30~40	25~45	30~45	30~45
粉质土	22~46	32~54	30~50	27~43	30~45

表 D.0.2 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
级配碎砾石(垫层)	200~250	沥青混凝土(粗粒式,20℃)	800~1200
级配碎砾石(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 D.0.3 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时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《城市道路工程设计规范》CJJ 37
- 2 《城镇道路路面设计规范》CJJ 169
- 3 《透水沥青路面技术规程》CJJ/T 190
- 4 《公路沥青路面设计规范》JTG D50
- 5 《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40
- 6 《城市道路设计规程》DGJ08—2106
- 7 《橡胶沥青路面技术规范》DG/TJ08—2109
- 8 《道路排水性沥青路面技术规范》DG/TJ08—2074

上海市工程建设规范

路面设计规范

DG/TJ08-2131-2013

条文说明

2013 上海

目 次

1 总 则	(131)
2 术语与符号	(132)
2.1 术 语	(132)
3 基本规定	(134)
3.1 一般规定	(134)
4 路 基	(136)
4.1 一般规定	(136)
4.2 一般路基	(136)
4.3 特殊路基	(137)
5 垫层与基层	(140)
5.1 垫 层	(140)
5.2 基 层	(140)
6 沥青路面	(141)
6.1 一般规定	(141)
6.2 面层类型与材料	(141)
6.3 路面结构组合设计	(146)
6.4 路面结构设计指标与要求	(147)
7 水泥混凝土路面	(150)
7.2 路面结构设计指标与要求	(150)

7.4	结构组合设计	(151)
7.5	结构厚度计算	(151)
7.6	接缝设计	(152)
7.7	面层配筋设计	(155)
8	其他路面	(158)
8.1	砌块路面	(158)
8.2	桥面铺装	(161)
9	旧路加铺	(162)
9.1	旧路状况评价	(162)
9.2	改建沥青路面设计	(163)
9.4	改建水泥混凝土路面设计	(164)
10	道路排水	(166)
10.1	一般规定	(166)
10.3	路面排水设计	(167)

Contents

1	General principle	(131)
2	Terminology and symbol	(132)
2.1	Terminology	(132)
3	Basic requirement	(134)
3.1	General requirement	(134)
4	Subgrade	(136)
4.1	General requirement	(136)
4.2	General subgrade	(136)
4.3	Special subgrade	(137)
5	Bed course and base course	(140)
5.1	Bed course	(140)
5.2	Base course	(140)
6	Asphalt pavement	(141)
6.1	General requirement	(141)
6.2	Pavement category and materials	(141)
6.3	Pavement structure combination design	(146)
6.4	Pavement structure design index and demand ...	(147)
7	Cement concrete pavement	(150)
7.2	Pavement structure design index and demand ...	(150)

7.4	Structure combination design	(151)
7.5	Structure calculation	(151)
7.6	Joint design	(152)
7.7	Pavement reinforcement design	(155)
8	Other pavements	(158)
8.1	Block stone pavement	(158)
8.2	Bridge pavement	(161)
9	Pavement overlay	(162)
9.1	Evaluation of old pavement	(162)
9.2	Design of old asphalt pavement	(163)
9.4	Design of old cement concrete pavement	(164)
10	Road drainage	(166)
10.1	General requirement	(166)
10.3	Pavement drainage design	(167)

1 总 则

1.0.1 近年来,道路规划、建设新理念得到了发展,道路新技术、新材料不断出现,为建设“资源节约、环境友好”的道路设施提供了新途径和大量工程实践。总结工程实践经验,吸收新技术、新成果,以提高路面工程质量,适应上海道路路面建设不断发展的需要,这成为制定本规范时所追求的目标。

1.0.2 总结上海道路建设正反两方面经验,针对路面结构在使用全过程具有动态演化与多因素相互影响的特点,加强结构层材料设计与结构组合设计。

1.0.3 鼓励使用新型节能、降耗、环保型路面技术,如温拌沥青混合料、冷拌泡沫沥青混合料、冷拌乳化沥青混合料技术,排水沥青路面、透水路面、橡胶沥青路面、高模量沥青混合料及旧路面材料再生利用技术。

2 术语与符号

2.1 术 语

2.1.2 欧洲国家从 20 世纪 60 年代以来,研究开发了一种空隙率达到 18%~25%而厚度一般为 40mm~50mm 的磨耗层。由于空隙率大,雨水可渗入路面之中,由路面中的连通空隙向路面边缘排走,这样雨天道路表面不存在很厚的水膜,避免水飘的产生,有效保证行车的安全。因为这种多空隙的路面能很快的排水,所以称之为排水性沥青路面(Drainage Asphalt)。与美国的开级配抗滑磨耗层(OGFC)不同,OGFC 空隙率一般在 15%左右,铺筑厚度仅为 19mm~25mm,不具备充分的排水功能,主要提供抗滑表层,属于超薄沥青磨耗层。排水性沥青路面设计、施工及验收可参照上海市《道路排水性沥青路面技术规范》DG/TJ08—2074 执行。

2.1.4 温拌沥青混合料技术的工作温度可比常规热拌沥青混合料低 30℃以上,由于其施工温度的降低具有节能、环保、减轻沥青老化、延长施工季节等优点,成为近年来道路领域研究和应用热点。自 2005 年以来,上海已先后在沪渝高速、逸仙高架、中山西路改建工程、长江隧道等十余条公路、城市道路和隧道工程中铺筑温拌沥青混合料。有关温拌沥青混合料适用材料、组成设计的要求可参照上海市《温拌沥青混合料路面技术规程》DG/TJ08—2083 执行。

2.1.5 湿法工艺是指将废轮胎橡胶粉加入传统的沥青中,拌和成具有改性沥青特性的橡胶沥青,可用作密级配、间断级配或开

级配沥青混合料的粘结料。干法工艺是指将相对颗粒较粗废轮胎橡胶粉加入集料中，然后喷入热沥青拌制成橡胶沥青混凝土。近十年来，橡胶沥青在我国逐步得到广泛应用，尤其作为旧水泥混凝土路面改造沥青加铺层最为普遍。有关橡胶沥青路面的设计、施工和验收可参照上海市《橡胶沥青路面技术规范》DG/TJ08—2109 执行。

2.1.12 在沥青路面设计中，引入了沥青层底拉应变的指标控制沥青层疲劳开裂，提出了沥青层底容许拉应变。

2.1.13 根据一次荷载作用下的破坏强度与不同轴次作用下的疲劳破坏强度之比，并考虑道路等级、设计基准期内累计当量轴次、室内与现场差异等因素而确定。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 一般在进行路面材料与混合料的设计、路面结构设计等工作时,均会考虑到道路等级性质。因为累计当量标准轴次不能代表对路面表面性能的要求。路面设计应该在考虑路面交通等级、累计当量标准轴次同时,也考虑道路等级性质,有必要增加以货车及大客车为主的划分交通强度等级的划分。将道路交通等级划分为四级,分为轻、中、重、特重交通等级。

水泥混凝土路面,除了按实际基准期内 100kN 设计轴载的累积作用次数分为特重、重、中等和轻 4 个等级外,增加了极重级,以考虑公路承受特重轴载车辆或特重车辆作用(设计轴载超过 100kN)时的特殊情况。

3.1.4 路面结构的目标可靠度是在满足各等级道路路面不同安全度要求(限制路面的破坏概率)的前提下,主要考虑路面初建费用、结合开裂养护费用与用户费用对目标可靠度的影响确定。本规范目标可靠度是结合国内外的分析数据、水泥混凝土和沥青路面的隐含可靠度后制定的。

3.1.5 目前国外及我国公路水泥路面设计都采用了可靠度设计,本规范吸收了交通部“沥青路面结构的可靠性研究”课题的科研成果在沥青路面设计中引入了可靠度设计的理念。沥青路面结构的可靠度设计是以现行的双圆均布荷载作用下的多层弹性层状体系理论的力学计算和各个设计参数的变异性为基础,利用概率统计的有关理论和沥青路面的实际情况建立的一种概率型

设计方法。

《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 对结构可靠度的定义为在规定的条件和规定的时间内完成预定功能的概率。沥青路面结构可靠度的定义为对于正常设计、正常施工和正常使用的路面结构，在路面达到规定的设计累计标准轴载作用次数的时间内，表面最大弯沉、半刚性基层层底最大拉应力、面层最大剪应力和面层底面最大拉应变分别不超过其容许值的概率。

可靠度系数定义为抗力均值与应力均值的比值，是目标可靠度及设计参数变异水平等级和相应的变异系数的函数。在可靠度设计中，各项参数通常都选用均值作为标准值。考虑到目前路面结构设计参数取值是考虑了一定保证率的数值，已有一定的工程实践基础，在可靠度系数的推演中考虑了这些因素的影响。

3.1.6 混凝土路面结构可靠度定义为，在规定的设计基准期内，在规定的交通和环境条件下，行车荷载疲劳应力和温度梯度疲劳应力的总和不超过混凝土弯拉强度的概率，或者最重轴载应力和最大温度翘曲应力的总和不超过混凝土弯拉强度的概率。

可靠度系数是目标可靠度及设计参数变异水平等级和相应的变异参数的函数。表 3.1.6—2 所示的可靠度系数是按各变异水平等级的变异系数范围(表 3.1.6—1)，应用可靠度计算式推算得到的。设计时，可依据各设计参数变异系数值在各变异水平等级变化范围内的情况选择可靠度系数。

4 路 基

4.1 一般规定

4.1.1 路基由路基本体和路基设施组成。路基本体是指路基断面中的填挖部分；路基设施是指为确保路基本体的稳定性而采用的必要的附属工程设施，主要包括排水设施和防护支挡加固设施。路基是路面的基础，必须确保路基长期稳定，防止产生病害。因此，必须重视路基设计，将路基工程视为与桥隧工程同等重要的结构工程。

4.1.2 上海地区软土分布广泛，工后沉降不容忽视，因此需要采用双控指标确保路基工程质量。

4.1.5 根据理论计算及现场实测，重交通荷载的影响范围更大，因此需要适当提高承受重交通荷载道路的土基回弹模量。不满足本条要求时，应采取措施提高强度，以满足本条规定的土基回弹模量。

4.2 一般路基

4.2.1 路基压实标准一直是业界关注的问题，为了消减路基差异变形，减少桥头跳车程度，普遍主张提高路基压实度标准，因此本条借鉴了《公路路基设计规范》JGJ D30—2004 的相关规定。

4.2.5 从已建道路路基土的含水量调查来看，经过干湿循环后，路基土的含水量会比竣工时高，压实度会比竣工时低。因此必须考虑干湿类型、地下水位埋深等自然因素对路基土长期性能的影响。

4.2.8 上海地区地下水位埋深较小，因此应在路基底面采取一定的措施。

4.3 特殊路基

4.3.1 浜(塘)路段如处理不当将引起严重的路基病害，因此填浜(塘)路段路基处理必须谨慎，根据工程需要、浜(塘)特性等选取合理的处理措施。

4.3.3 路基拓宽处理应严格控制工后沉降与新老交界处的差异沉降，避免产生路面纵向裂缝。

4.3.4 软土路段地基处理应符合下列规定：

4 以某软土路基项目为例，堆载预压每平方米处理单价最低，但施工工期最长，比真空联合堆载预压和复合地基处理长近 8 个月；复合地基处理每平方米处理单价最高。显然，采用刚性桩复合地基处理是不经济的。虽然，堆载预压每平方米处理单价比真空联合堆载预压要低些，但从填筑路堤施工工期上看，堆载预压比真空联合堆载预压方法长近 8 个月，若考虑 8 个月的公路运营利润收入和延长施工的管理等费用，采用真空联合堆载预压带来的经济效益将远远超过堆载预压。

从经济效益的角度来看，在满足沉降和稳定要求、工期允许的情况下应优选排水固结法中的真空联合堆载预压法，其次为水泥土搅拌桩等半刚性桩复合地基法，再次为 CFG 桩等刚性桩复合地基法。

复合地基法施工周期短，预计之后沉降量甚微，至正常大修期间，能保证道路的畅通；真空联合堆载预压处理施工周期较长（5~7）月，预计之后的沉降量甚微，基本不存在道路开放之后的安全问题，能保证道路的畅通；等载和超载预压法处理施工周期

比真空联合堆载还长(5~8)个月,预计还会有一定的沉降量,会面临开放交通后的大修以及一些安全问题和发生一些维修费用;江北大道未处理路段,虽然施工期间没有加固费用投入,但在后期养护中投入多达 1020 元/m² 的维修费用,预计还会有一定沉降发生,对道路的正常运行还会带来了一些安全问题,当有车经过此地时会因跳车掉下来物件影响后车正常行驶,严重时还会发生交通事故,在此未计间接费用。将以上几种处理方法的社会经济综合效益比较如表 1 所示。

表 1 不同的处理方法综合效益比较

软基处理方法	总费用(元/m ²)	行车舒适性	综合效益
高压旋喷桩	822	好	一般
PC 桩	815	好	一般
LC 桩	750	好	较好
水泥土搅拌桩	360	好	好
CFG 桩	684	好	好
真空联合堆载	358.6	好	好
等载预压	269.9	一般	一般
超载预压	206.8	一般	一般
未处理路段	1224	差	差

经过以上对软基处理效果、造价的综合分析,对比未处理路段的情况,明显看出软基处理前期投入成本较大、而不进行处理的后期养护成本更大,而且存在许多安全隐患,且此路段长时期处于行车不舒适状态。可以说处理比不处理要好。

在软基处理八种方法中,水泥土搅拌桩、CFG 桩等复合地基

法和真空联合堆载预压两类方法综合效益较好。桩法复合地基造价较高,但施工周期短、适用于工期较紧的工程,真空联合堆载预压方法相对造价较低、但施工周期稍长,可适用于工期较宽的工程。

因此本规范优先推荐排水固结法,其次才是复合地基法。

6 根据地质资料、工程情况及沉降观测资料可以推算工后沉降,也可以估算任意时刻的沉降速率。将沉降速率作为沉降稳定控制标准,是目前国内软土地区高速公路的普遍做法,实践证明是有效的。因此,本规范采取了该标准。

5 垫层与基层

5.1 垫 层

5.1.1 针对本地区的多雨、潮湿、非冰冻地区特点,设置垫层是为了防止与缓解水分自下而上对路面结构的影响。垫层的主要作用为改善路面结构的湿度和温度状况,减少路基不均匀变形对路面的影响。

5.2 基 层

5.2.3 半刚性材料基层按其组成结构状态分为骨架密实结构、骨架空隙结构、悬浮密实结构和均匀密实结构四种类型。城市快速路、主干路的基层宜选用骨架密实型混合料。均匀密实型混合料适用于城市快速路、主干路的下基层,次干路及以下的上基层。骨架空隙型混合料具有较高的空隙率,适用于需考虑路面内部排水要求的基层。

骨架密实型和骨架空隙型的混合料配合比试验宜采用振动成型方法,悬浮密实和均匀密实型混合料宜采用静压法。水泥稳定类的水泥剂量一般为 3%~5.5%,最大剂量不应超过 6%。

5.2.4 多孔混凝土适用于湿润和多雨地区,路基为低透水性细粒土的道路路面排水基层。其级配范围见表 2。多孔混凝土设计空隙率为 15%~22%,渗透系数应大于 0.5cm/s。

表 2 多孔水泥稳定排水基层级配范围

筛孔尺寸	31.5	26.5	13.2	4.75	2.36	0.075
通过率(%)	100	95~100	25~60	0~10	0~5	0~2

6 沥青路面

6.1 一般规定

6.1.1 沥青路面设计工作应包括以下具体内容：

1 调查与收集交通量及其组成资料，积极开展轴载谱分布的调查、测试，分析预测设计交通量。

2 收集当地气候、水文资料，了解沿线地质、路基填挖及干湿状况，通过试验确定路基回弹模量。

3 认真做好各种路用材料的调查，并取样试验，根据试验结果选定路面各结构层所需的材料。

4 施工图设计阶段应进行混合料的目标配合比设计，并测试、确定材料的设计参数。当条件不允许时，可以委托科研单位进行该项工作。

5 拟定路面结构组合，采用专用程序计算厚度。

6 认真做好路面排水、路面结构内部排水和中央分隔带排水系统设计，使路面排水通畅，路面结构内部无积水滞留。

6.2 面层类型与材料

6.2.1 本次规范按照沥青混合料的施工温度范围，将面层材料分为了热拌沥青混合料、温拌沥青混合料和冷拌沥青混合料。

1 热拌沥青混合料是我国最为常用的沥青混合料，多年以来积累了丰富的设计和施工经验。按照空隙率大小将沥青混合料分为密级配、半开级配、开级配三大类。按照混合料结构组成又将沥青混合料划分为悬浮-密实结构、骨架-空隙结构、密实-骨

架结构。按照混合料中集料的公称最大粒径，沥青混合料可分为砂粒式、细粒式、中粒式、粗粒式、特粗式沥青混合料。表 6.2.1-1 给出了几种常用热拌沥青混合料的常用厚度及适宜层位。AC 型沥青混合料以及骨架密实型混合料 SMA 均属于密级配混合料，设计空隙率在 3%~5%，适合于面层的各结构层位。半开级配沥青碎石(AM)设计空隙率在 8%~15%，由于它的空隙率大，渗水严重，应设密级配上封层。开级配磨耗层(OGFC)是开级配沥青混合料，在欧美多称开级配抗滑磨耗层，混合料的设计空隙率在 18%~24%。

2 我国《国民经济和社会发展规划“十二五”规划纲要》提出，坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点，树立绿色、低碳的发展理念。利用新技术发展以“低污染、低能耗、低排放”为特征的低碳生态城市建设，因此赋予道路工程建设低碳生态的理念，倡导以降低能耗和减少排放为首要目标的低碳生态型道路基础设施的建设模式。

温拌沥青混合料技术是近年来出现的一项新技术，其工作温度可比常规热拌沥青混合料低 30℃ 以上，但性能能达到热拌沥青混合料的技术要求。温拌沥青技术的应用符合我国可持续发展战略和建设节约型社会的国家目标，因此近年来得到了较为广泛的应用。在上海，温拌沥青混合料已经越来越多的应用到路面、桥面铺装与隧道路面铺装中。

温拌技术是工艺革新技术，非新材料技术。判断是否是温拌技术，主要有以下两个界定标准：

- 1) 温拌沥青混合料应用于路面面层各层，满足现行沥青路面施工技术规范面层技术要求，尤其是材料使用性能的技术要求；

- 2)采用热拌全套设备和工艺流程施工,所有工艺操作温度比热拌显著下降($30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$)。下降 30°C 以上,既是节能环保要求,也是减轻材料老化的要求。

温拌沥青混合料的级配要求与热拌沥青混合料基本相同。与热拌沥青混合料的分类方法相同,表 6.2.1—2 给出了温拌密级配沥青混合料 WAC、温拌沥青稳定碎石 WATB、温拌沥青玛蹄脂碎石 WSMA、温拌沥青碎石 WAM、温拌开级配磨耗层 WOG-FC 等的适用场合及适用层位。

3 冷拌沥青混合料可以在常温或者加热温度很低的条件下拌和,可使用乳化沥青、泡沫沥青或稀释沥青。

6.2.2 橡胶沥青路面可消耗大量废轮胎橡胶粉,实现废轮胎资源化利用,是一种环保生态型沥青路面。目前橡胶沥青路面在上海地区得到了越来越广泛的应用。

依据废轮胎橡胶粉的加入方法,橡胶沥青的生产可分为湿法工艺和干法工艺两大类。湿法工艺是指将废轮胎橡胶粉加入传统的沥青中,拌和成具有改性沥青特性的橡胶沥青(简称 AR),可用作为密级配、间断级配或开级配沥青混凝土的粘结料。干法工艺是指将相对颗粒较粗废轮胎橡胶粉加入集料中,然后喷入热沥青拌制成橡胶沥青混凝土。湿法工艺生产的橡胶沥青可对基质沥青起到改性作用,可较为明显的提高沥青路用性能;干法拌制的沥青混凝土铺筑的沥青路面性能不稳定,容易产生松散、剥落等病好,目前应用相对较少。因此,本规范只建议了以湿法工艺生产的橡胶沥青混合料马歇尔试验技术指标(见表 6.2.2—4),橡胶沥青混合料的配合比设计与热拌沥青混合料相同,具体可参考上海市《橡胶沥青路面技术规范》DG/TJ08—2109。

橡胶沥青混合料的生产通常采用热拌法,且拌和温度较普通

的热拌沥青混合料要高 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，目前温拌橡胶沥青混合料的研究正在开展之中，但还没有较为成熟的研究成果。

排水性沥青混合料为采用质量稳定的高粘度改性沥青与矿料等拌和而成的，设计空隙率不小于 18% 的沥青混合料。采用排水性沥青混合料作为表面层，其下设置防水层，渗入到排水性沥青面层内的水在防水层上横向流入边缘排水设施，而不再向下渗透到下承层的路面，称之为排水性沥青路面。排水性沥青混合料面层为一种空隙率范围 18%~25%，厚度一般为 4cm~5cm 的磨耗层。这种多空隙的路面能很快的排水，具有抗滑性能好、水雾少、不积水、行车安全、高温稳定性好、噪声低、防眩光等优点，符合生态路面的环保要求，因此近年来也逐渐也得到了大家的关注。排水沥青混合料的材料设计及路面结构组合设计可参照上海市《道路排水性沥青路面技术规范》DG/TJ08—2074 的规定要求。

6.2.4 稀浆罩面分为微表处和稀浆封层，可用于新建道路的磨耗层或保护层，也可作下封层，这在我国已有了成功的经验，尤其是对于缺乏优质石料作抗滑层的地区，可以节省造价。稀浆罩面的混合料中乳化沥青及改性乳化沥青的用量应通过配合比设计确定。混合料的质量应符合有关规范的技术要求。

稀浆罩面应选择坚硬、粗糙、耐磨、洁净的集料，不得含有泥土、杂物。粗集料应满足热拌沥青混合料所使用的粗集料质量技术要求，表观相对密度、压碎值、洛杉矶磨耗值等指标可使用较粗的集料或原石料进行试验。当采用与结合料黏附性达不到 4 级以上的酸性石料时必须掺加消石灰或抗剥离剂。细集料宜采用洁净的优质碱性石料生产的机制砂、石屑，小于 4.75mm 部分细集料的砂当量应符合有关规范的要求，且不得使用天然砂。如发

现集料中有超规格的大粒径颗粒时，必须在运往摊铺机前将集料过筛，混合料各筛孔的通过率必须在设计标准级配的允许波动范围内波动，所得级配曲线应尽量避免出现锯齿形。有实际工程证明，使用的级配能够满足稀浆罩面使用要求，并具有足够的耐久性时，经过专家论证，得到主管部门认可，也可使用。

MS-3 型微表处采用彩色结合料时，可用于城市广场、停车场、人行道、商业街、文化街。

6.2.5 沥青标号和沥青技术指标的选择与工程所在地的气候、道路交通量、结构类型与层位密切相关。

1 上海地区气候分区为夏炎热区，夏季持续高温较长，对于重载车较多的道路，纵坡大、长坡路段可选用稠度高、60℃粘度大的沥青、改性沥青等。

2 交通量大、重载车较多的路段可选择较硬的沥青，中面层采用添加天然岩沥青(BMA 布顿岩沥青)、湖沥青(特立尼达湖沥青)等硬质沥青。BMA 布顿岩沥青改性剂是采用优质的岩沥青矿加工而成，掺量为沥青重量的 20%~30%，其产品质量要求见表 3。

表 3 BMA 产品质量要求

项 目	BMA
颜色	棕黑色
沥青含量(%)	大于 18
砂、泥土等杂质含量(%)	小于 2
加热损失(%)	小于 2
含水量(%)	小于 1

续表 3

项 目	BMA
灰分(%)	实测
三氯乙烯溶解度(%)	大于 18
密度(g/cm ³)	1.70~1.90
闪点(℃)	大于 230
沥青四组分	实测
不同批次样品灰分含量差(%)	小于 2

3 研究和实际工程认为,对于特重交通道路,粗集料针片状颗粒含量应更加严格控制,宜不大于 5%。

4 上海地区夏季高温持续时间长,最热月平均最高气温超过 30℃,为了保证沥青路面的抗车辙性能,沥青混合料的动稳定度应严格控制,其技术指标要较我国道路行业标准要求高。

6.3 路面结构组合设计

6.3.1 将沥青路面结构按基层类型进行分类,有助于路面结构组合和路面材料的方便选取。路面结构组合设计时要同时考虑 6.2 节中面层材料类型的适宜层位及层厚。

6.3.2 随着城镇化进程的加快,城镇道路的发展也日新月异。大多城市道路采用密实、不透水材料,使得城市安全与生态环境面临一些突出的问题,如上海地区多雨,滞留路表的积水大大影响行程安全性;同时不透水路路面缺乏对城市地表温度、湿度的调节能力;其次路面阻止了地下水补给路径,热岛效应突出;密实路面行车噪音较大,影响道路周边居民生活环境。

因此,在重载车辆不多的城市快速路上,居民区较多的道路以及非机动车道上应尽可能采用生态环保路面,降低交通噪音,改善雨天路面的行驶质量,保障车辆与行人安全;人行道、广场及停车场可采用透水路面补给地下水等,改善周边生态环境,促进资源循环利用。

6.4 路面结构设计指标与要求

6.4.2 本规范参照城镇道路路面设计规范,结构设计指标为路表弯沉值、半刚性材料基层层底拉应力、沥青层最大剪应力和沥青层层底拉应变指标。

6.4.3 设计指标应符合下列规定:

2 计算沥青层层底拉应变时,需采用各层材料的动态回弹模量值,目前我国测定动态回弹模量的单位较少,实测材料动态回弹模量将较为繁琐,半刚性基层的模量设计值,按照附录 B.0.2 中材料参数取值,粒料与土基模量可采用公式 6.4.4-2 计算确定。对于沥青层模量,沥青混凝土动态回弹模量可按 3 个水平确定:

第 1 水平:按照标准的试验方法,在一定荷载频率和温度下,实际测定沥青混合料的动态回弹模量。试验方法可参考规范《城镇道路路面设计规范》(CJJ169-2012)附录 E。

第 2 水平:无需进行动态回弹模量室内试验,而是使用动态回弹模量预估方程获得。目前由于预估方程种类较多,样本数据存在差异性和局限性,因此暂时没有推荐使用。

第 3 水平:不需要试验和预估方程确定沥青混合料的动态回弹模量,而是采用推荐的材料参数值,见附录 B.0.3。

建议在路面设计过程中,采用标准试验方法实测沥青混合料

的动态回弹模量。

4 为防止路面面层出现车辙、波浪、推移和自上而下开裂等破坏,应控制沥青层的最大剪应力小于面层材料的容许剪应力。

沥青层剪应力计算时,设计参数按照 6.4.4 条中第 2 条中规定执行,沥青上面层取 60℃的抗压回弹模量,中下面层取 20℃抗压回弹模量,其他结构层模量见附表 B.0.2 所示。

已有的研究表明,路面结构形式、厚度对沥青层最大剪应力的数值影响相对较小,水平力系数 f_h 对最大剪应力的影响最大;当有水平力存在时,其最大剪应力基本位于路表轮迹外边缘处。本规范参照《城镇道路路面设计规范》(CJJ169—2012)在提出沥青层最大剪应力计算点水平位置选取了路表距单圆荷载中心 0.98 靠近荷载外边缘处与距路表 $0.1h_1$ (h_1 为表面层厚度)荷载外侧边缘处两点。通过计算并选取两个点处的较大剪应力值,得到沥青层的理论计算最大剪应力。

关于水平力的大小,在正常行驶和思想有准备的制动、启动时,水平力系数一般小于 0.17,故设计公交车车站、交叉口等路段时 f_h 以 0.2 计算。但在紧急制动时水平力系数可高达 0.5 左右,最大值接近于路面的摩擦系数,鉴于高温时路面摩擦系数较标准状态略低,故设计时 f_h 以 0.5 计算。而紧急制动有可能发生在车行道的任何一个部位,所以一般路段按水平力系数为 0.5 取值。

6.4.5 设计标准

2 为保证柔性基层沥青路面在设计基准期内不发生沥青层疲劳开裂,以沥青层层底拉应变为设计指标,借鉴了美国 AASHTO2002 沥青路面设计方法和 AI 沥青协会的疲劳开裂预测模型,建立了沥青层容许拉应变与设计基准期内累计当量轴次的关系,

并根据国内外的研究成果,对公式中各回归系数进行了分析修正,得到沥青层容许拉应变预估公式。

4 路面的剪切破坏往往是在多次承受车辆启动、制动的状况下产生的,所以要计入轴载重复作用的影响。 K_r 即为考虑轴载重复作用影响的抗剪强度结构系数,它与行车荷载状况有关。经调查整理,在停车站、交叉口车辆都是有准备的缓慢制动停车, K_r 与该处停车站或交叉口在设计基准期内停车的当量轴载累计数及道路等级有关;而对于一般路段的偶然紧急制动时,虽然水平系数较大,但却不会出现在同一个点,故 K_r 计算时不考虑累计轴载的作用。

7 水泥混凝土路面

7.2 路面结构设计指标与要求

7.2.1 本规范选定的水泥混凝土结构厚度设计方法,仅考虑满足路面的结构性能要求,并以设计基准期内行车荷载和温度梯度综合作用产生的面板疲劳断裂作为设计标准。

按荷载疲劳应力和温度梯度疲劳应力的面层板厚度,可以在设计基准期内经受住行车荷载(以设计轴载为表征)和温度梯度的综合疲劳作用。但当轴载谱中存在一些特重的轴载时,在最重轴载和最大温度梯度的综合作用下,有可能出现超出混凝土弯拉强度的极限断裂破坏。因此增加了极限断裂破坏的验算,作为一项验核标准,控制少数超重载对面板的断裂破坏作用。

路面结构可靠度定义为在规定的时段内,在规定的条件下,路面结构性使用性能满足预订水平要求的概率。因而,混凝土路面结构可靠度也可定义为,在规定的设计基准期内,在规定的交通和环境条件下,行车荷载疲劳应力和温度梯度疲劳应力的总和不超过混凝土弯拉强度的概率,或者,最重轴载应力和最大温度翘曲应力的总和不超过混凝土弯拉强度的概率。据此,列出了式(7.2.1-1)和式(7.2.1-2)所示的极限状态设计表达式。

7.2.2 在可靠度设计方法中,各项设计参数通常都应选用均值作为标准值。

7.4 结构组合设计

7.4.1 混凝土面层是路面结构的主要承重层，同时也是与车辆直接接触的表面层，因而，一方面要求面层具有足够的承载能力和耐久性，另一方面要求面层具有良好的行驶质量。

7.4.2 由于表面平整度难以满足要求以及接缝处难以设置传力杆，碾压混凝土不宜用作高速或一级公路或者承受特重或重交通的二级公路的面层。

7.4.4 在所建议的各级面层厚度参考范围内，设计轴载作用次数多、变异系数大、最大温度梯度大或者基、垫层厚度或模量值低时，取高值。快速路的施工水平只能达到中等变异水平等级时，可参照低变异水平等级的厚度范围的高限或者高于此高限选用。

7.4.5 钢纤维混凝土和普通水泥混凝土依据相同的设计标准和验核标准。

7.4.6 贫混凝土或碾压混凝土基层与底基层的刚度比较大，有可能产生较大的层底拉应力。因而，需要通过厚度调整来控制其疲劳裂缝。贫混凝土或碾压混凝土的弯拉强度也是控制疲劳开裂的重要调节因素，这类基层不宜采用过大的强度值，以免使基层与底基层的模量比仍处于高位，层底拉应力和相应的疲劳开裂得不到缓解。

7.5 结构厚度计算

7.5.1 单层混凝土板荷载应力分析

5 式(7.5.1-7)和式(7.5.1-8)是根据单圆荷载直径0.3m，层间连续，粒料层总厚度0.1m~0.5m，粒料层回弹模量与路床回弹模量之比小于10的条件，按照荷载中心点挠度等效原

则回归得到的。其中，路床、粒料层的泊松比均取 0.35。

7.5.6 水泥混凝土板厚度计算流程如图 1 所示。

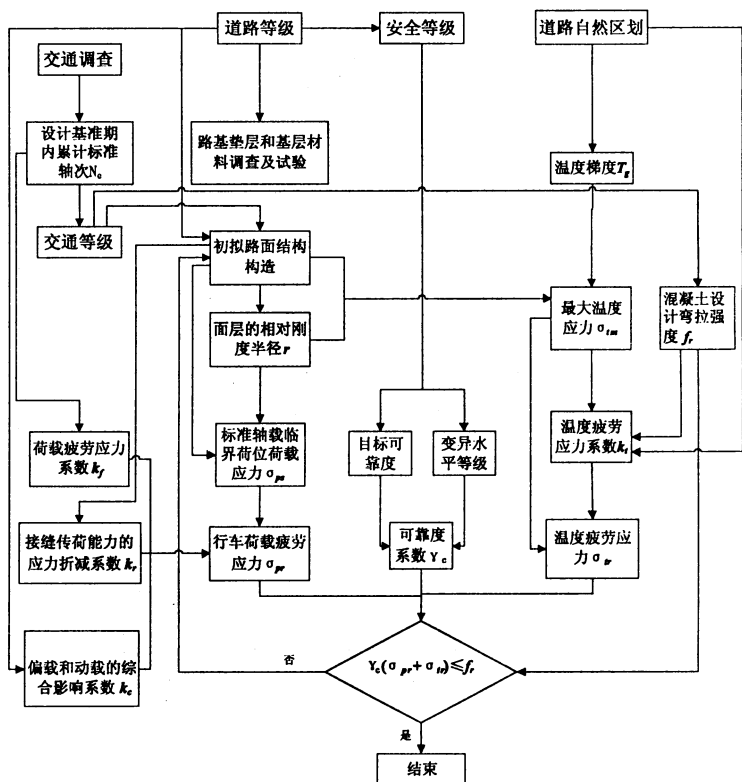


图 1 水泥混凝土板厚度计算流程图

7.6 接缝设计

7.6.1 纵向接缝

1 纵向接缝，无论是施工缝或缩缝，均应在缝内设置拉杆，以保证接缝缝隙不张开。纵向缩缝的槽口深度应大于纵向施工

缝,以保证混凝土在干缩或温缩时能在槽口下位置处开裂。否则,会由于缩缝处截面的强度大于缩缝区外无拉杆的混凝土强度,导致缩缝区外的混凝土板出现纵向断裂。

2 在路面宽度变化的路段内,不可使纵缝的横向位置随路面宽度一起变化。其等宽部分必须保持与路面等宽路段相同的纵缝设置位置和形式,而把加宽部分作为向外接出的路面进行纵缝布置。此外,变宽段起点处的加宽板的宽度应由零增加到 1m 以上,以避免出现锐角板。

4 表 7.6.1 中的拉杆间距并不是所采用的缩缝间距的公倍数。为避免出现拉杆与缩缝的重合,在施工布设时,应依据具体情况调整缩缝附近的拉杆间距。

7.6.2 横向接缝

1 设在缩缝之间的横向施工缝采用设拉杆企口缝形式,可提高接缝的传荷能力,使之接近于无缝的整体板。

3 我国绝大部分混凝土路面的横向缩缝均未设传力杆。不设的主要原因是施工不便。但接缝是混凝土路面的最薄弱处,唧泥和错台病害,除了基层不耐冲刷外,接缝传荷能力差也是一个重要原因。同时,在出现唧泥后,无传力杆的接缝由于板边挠度大而容易迅速产生板块断裂。此外,接缝无传力杆的旧混凝土面层在考虑设置沥青加铺层时,往往会因接缝传荷能力差易产生反射裂缝而不得不加大加铺层的厚度。为了改善混凝土路面的行驶质量,保证混凝土路面的使用寿命,便于在使用后期铺设加铺层,本条规定了在承受特重和重交通的普通混凝土面层的横向缩缝内应设置传力杆。

4 一次锯切的槽口断面呈窄长形,设在槽口内的填缝料在混凝土板膨胀时易被挤出路面;而在混凝土板收缩时易因拉力

较大而与槽壁脱开。为此,对快速路的缩缝,建议采用两次锯切槽口,以保证接缝填封效果和行驶质量。

5 膨胀量大小取决于温度差(施工时温度与使用期最高温度之差)、集料的膨胀性(线膨胀系数)、面层出现膨胀位移的活动区长度。胀缝的缝隙宽度为 20mm,可供膨胀位移的有效间隙不到 10mm。因而,须依据对膨胀量的实际估计来决定需要设置几条胀缝。传力杆一半以上长度的表面涂敷沥青膜,外面再套 0.4mm 厚的聚乙烯膜。杆的一端加一金属套,内留 30mm 空隙,填以泡沫塑料或纱头;带套的杆端在相邻板交错布置。传力杆应在基层预定位置上设置钢筋支架予以固定。

7.6.3 交叉口接缝

1 布设交叉口的接缝时,不能将交叉口孤立出来进行。应分清相交道路的主次,保持主要道路的接缝位置和形式全线贯通。而后,考虑次要道路的接缝布设如何与主要道路相协调,并适当调整交叉口范围内主要道路的横缝位置。

2 交叉口范围内转向车辆比较多,如果边长过小,将会造成应力集中,板体容易损坏。

3 将胀缝设置在次要道路上。

7.6.4 端部处理

2 本条对搭板的设计未作具体规定,设计时,须与桥涵设计人员联系配合。在混凝土面层与桥台之间铺筑混凝土预制块面层或沥青面层过渡段,是一项过渡措施,待路基沉降稳定后,再铺筑水泥混凝土面层。

3 在混凝土面层与沥青面层相接处,由于沥青面层难以抵御混凝土面层的膨胀推力,易于出现沥青面层的推移拥起,形成接头处的不平整,引起跳车。本条依据国内外的经验,并参照英

国标准图制订。

4 设置端部锚固结构是为了约束连续配筋混凝土面层的膨胀位移。端部锚固结构设计,须首先估算板端在温差作用下可能发生的位移量,根据位移控制要求(全部或部分)计算所需的约束力,由此可验算锚固结构的强度、地基稳定性和纵向位移量是否满足控制要求。

7.7 面层配筋设计

7.7.1 特殊部位配筋布置

3~4 混凝土面层的布筋范围主要取决于桥涵台背后回填路基的范围,故每侧考虑取填筑高度加 1m 且不小于 4m 的宽度(图 7.7.1-3 与图 7.7.1-4)。对于构造物顶部及两侧的回填材料,鉴于压实困难以及为减少不均匀沉降,采用砂砾或稳定土等材料,易取得较好的效果。此外,各地有采用填料内分层加土工格栅或旋喷桩等措施的经验,设计时可经过论证参考选用。

7.7.2 钢筋混凝土面层配筋

1 钢筋混凝土面层的配筋量,主要依据平衡混凝土面层收缩受阻时产生的拉力的需要。当混凝土面层自两端向中央收缩时,层底的摩阻力为混凝土的重力乘以它与基层的摩阻系数,这一摩阻力即为作用于混凝土面层中央的拉力,并假定应力沿面层断面均匀分布,由钢筋承受。据此推导出式(7.7.2),混凝土的重度取为 24kN/m^3 ,钢筋的容许应力取 0.75 倍屈服强度。

钢筋混凝土面层的配筋率与面层平面尺寸和气候因素有关,一般为 0.1%~0.2%,最低为 0.05%,最高可达 0.25%。

7.7.3 连续配筋混凝土面层配筋

1 连续配筋混凝土面层的纵向钢筋配筋率设计,主要考虑

对横向裂缝缝隙宽度、横向裂缝间距、裂缝传荷能力、钢筋所承受的拉应力以及混凝土出现由纵向裂缝产生的断裂块进行控制，其中，最主要的是对裂缝缝隙宽度的控制。

在温度和湿度变化时，面层混凝土会产生伸缩应变，当收缩应变受阻时（面层底面的摩阻、混凝土与钢筋的黏结、温度和湿度梯度产生的翘曲变形等），面层便会产生不同间距的横向裂缝。配筋的作用是控制这些裂缝产生的间距和缝隙宽度。配筋量越少，横向裂缝的间距越大，裂缝缝隙便越宽，裂缝的传荷能力（依靠集料间的嵌锁作用）越低，缝隙两侧受到的剪切应力越大，裂缝传荷能力的降低也越快。而增加配筋量，可以减小裂缝间距及缝隙的宽度，提高裂缝的传荷能力及其寿命。

在配筋量少、裂缝缝隙较宽和传荷能力较低时，当重轮载作用于由两条相邻横向裂缝和路面纵向边缘所围区域的角隅处时，在裂缝边缘距路面纵向边缘 1.0m~1.5m 处的面层表面会产生较大的横向拉应力并与夜间降温时出现的温度翘曲应力相叠加而生成更大的综合应力。在荷载应力和温度应力的反复作用下，该处混凝土会出现垂直于横向裂缝的疲劳开裂，并向对向的横向裂缝延展而形成纵向裂缝，进一步发展为该区域内混凝土面层的纵向断裂块。这种混凝土断裂破坏，是连续配筋混凝土面层最主要的损坏类型。出现混凝土块断裂破坏，会使路面的平整度下降。因此，增加配筋量，减小裂缝间距和缝隙宽度，提高裂缝传荷能力，就可以减少混凝土的断裂破坏，提高面层的平整度。

横向裂缝的出现与混凝土面层的收缩变形和收缩受阻有关。影响这两方面的因素很多，包括水泥混凝土的性质（强度、模量、水化热、干燥收缩、集料类型、热膨胀系数等）、基层类型和材料性质（模量、与面层底面的黏结或摩阻、耐冲刷性等）、面层厚度和宽

度、施工和环境条件(水灰比、养生质量、施工时气温和蒸发量等)等。众多的影响因素交互作用,使收缩变形和收缩受阻带有很大的随机性,裂缝间距和缝隙宽度也就存在很大的变异性,因而条文规定的要求和提出的指标,都是指的平均情况和平均值。设计足够的配筋量使各项指标的平均值满足了要求,但并不能保证个别或少数裂缝的缝隙宽度和传荷能力,因而可能会出现少量的混凝土断裂破坏。

条文依据国内外经验,按不同交通荷载等级提出的纵向钢筋配筋率范围,可供初步设计时或者设计配筋率初选时参考。冰冻地区,为了减少含有除雪剂的融水渗入和对钢筋的锈蚀作用,其配筋率可适当增加,以减小裂缝的缝隙宽度。

沥青混凝土上面层可以降低连续配筋混凝土下面层顶面的荷载应力和温度翘曲应力,因而减少下面层混凝土的断裂破坏作用。因此,复合式面层的连续配筋混凝土下面层,其配筋率可比单层式连续配筋混凝土面层适当降低 0.1%。

2 连续配筋混凝土面层配置横向钢筋,主要用于固定纵向钢筋的位置。为了避免面层横向收缩受阻时出现的纵向裂缝,也可按钢筋混凝土面层的配筋原则和要求,采用式(7.7.2)计算确定。此外,也可按纵向钢筋用量的 $1/8 \sim 1/5$ 取用。

4 纵向钢筋的埋置深度宜尽量靠近面层顶面,使缝隙宽度较小。但位置过高会造成施工困难。为此,建议离面层顶面的距离不小于 90mm,但不大于 $1/2$ 面层厚度。

8 其他路面

8.1 砌块路面

8.1.1 现在城市道路设计越来越重视环保、生态设计,透水人行道结构正是在这样的大背景下逐渐发展。全国各地进行了很多尝试,北京 2007 年 8 月出台了《北京市透水人行道设计施工技术指南》,沈阳市 2005 年 9 月发布了《沈阳市透水路面应用技术规范》等。2005 年 2 月国家发展和改革委员会发布了建材行业标准《透水砖》JC/T 945,规范了路面透水砖的标准。本条主要从整个透水人行道结构组合以及各层的材料上提出了相关要求。

透水人行道的设计应保证各结构层透水性能的连续,避免某些层次成为透水能力的瓶颈。根据渗透理论,天然沉积而成的土壤其土层渗透系数随水流方向的不同而有所改变。

渗入道路内的雨水主要有三个去向:入渗、横流和蒸发。影响降水的人渗量最主要是土基的渗透系数。美国透水路面使用经验表明,地基的透水系数量级不低于 10^{-3}mm/s ,存储在基层内的水能在 72h 内完全入渗时,透水道路的耐久性和稳定性表现良好。英国有资料推荐:地基的透水系数大于 0.5in/h (即 $3.5 \times 10^{-3}\text{cm/s}$)且基层内的水能在 72h 内渗完。

软土(淤泥与淤泥质土)、未经处理的人工杂填土、湿陷性土、膨胀土等特殊土质上不适合铺设透水面。

设置垫层的主要目的是防止土基中细粒土的反渗,试验中采用中砂或粗砂垫层厚度 40mm~50mm 就能达到找平、反渗的效果。

基层主要功能是透水、储水。因此采用级配碎石做基层时应

注意其级配。

8.1.3 砌块路面结构可参照以下典型结构

人行道砌块路面结构见表 4,表中各基层厚度为最小厚度。

表 4 人行道砌块路面典型结构(mm)

项 目	普通型混凝土砌块				联锁型混凝土砌块		石 材 砌 块		
砌块厚度	50		60		60		50	60	80
整平层厚度	20		20		30		30	30	30
混凝土基层	100	—	100	—	100	—	100	100	100
半刚性基层	—	150	—	150	—	150	—	—	—
粒料类底基层	150	不设	150	不设	150	不设	150	150	150
总厚度	320	220	330	240	340	230	330	340	360

车行道普通型混凝土砌块路面结构见表 5,表中各基层厚度为最小厚度。

表 5 车行道普通型混凝土砌块路面典型结构(mm)

项 目	类 型					
	支路、广场、停车场					
砌块厚度	80		100		120	
整平层厚度	30		30		30	
混凝土基层	150	—	150	—	150	—
半刚性基层	—	200	—	200	—	200
粒料类底基层	150	150	150	150	150	150
总厚度	410	460	430	480	450	500

注:土基回弹模量 E_0 不小于 30MPa。

车行道联锁型混凝土砌块路面结构见表 6，表中各基层厚度为最小厚度。

表 6 车行道联锁型混凝土砌块路面典型结构(mm)

项 目	类 型			
	大型停车场		支路、广场、小型停车场	
砌块厚度	100		80	
整平层厚度	30		30	
混凝土基层	150	—	150	—
半刚性基层	150	300	—	200
粒料类底基层	150	150	150	150
总厚度	580	580	410	460

注：土基回弹模量 E_0 不小于 30MPa。

车行道石材砌块路面结构宜符合表 7 的规定，表中各基层厚度为最小厚度。

表 7 车行道石材砌块路面典型结构(mm)

项 目	类 型		
	支路、广场、停车场		
砌块厚度	80	100	140
整平层厚度(不小于)	30	30	30
混凝土基层(不小于)	150	150	200
半刚性基层	150	150	150
粒料类底基层	150	150	150
总厚度	560	580	650

注：土基回弹模量 E_0 不小于 30MPa。

8.2 桥面铺装

8.2.1 水泥混凝土桥面铺装

6 因中小桥桥面的长度较短,为避免摊铺机在小范围内多次调整摊铺厚度,为便于施工,故桥面沥青层的厚度宜与路面对应层的厚度一致。

9 旧路加铺

9.1 旧路状况评价

9.1.1 根据对原路面调查检测资料,按《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 与《公路技术状况评定标准》JTG H20 的规定,对路面破损状况、行驶质量、强度及抗滑性能进行质量评价,并根据使用要求参考养护对策进行罩面或加铺层设计。

旧路补强设计不同于新建路面设计,其设计目的是为满足一定时间内的交通需要,因此旧路补强设计应根据道路等级、交通量、改扩建规划和已有经验确定适当的设计基准期。

对旧路面有较多裂缝时,为减缓反射裂缝,可以在调平层上或补强层之间铺设土工合成材料,起到加筋、减裂、隔离软弱夹层等作用。土工合成材料之上,应有等于或大于 70mm 沥青层,常用土工合成材料有玻璃纤维格栅、耐高温的聚酯土工织物。玻璃纤维格栅网孔尺寸宜为其上铺筑的沥青层材料最大粒径的 0.5 倍~1.0 倍。玻璃纤维格栅有自粘式和定钉式,聚酯无纺土工织物有针刺、烧毛土工布和普通土工布。设计人员应考虑施工质量可靠、施工工艺简便、有较好实绩的产品,以保证工程质量。

9.1.2 旧水泥混凝土路面加铺沥青层厚度设计,应考虑沥青加铺层破坏,包括加铺层反射裂缝、层间剪切破坏。

加铺层反射裂缝主要由交通荷载和温度荷载引起。为防止温度荷载引起沥青加铺层反射裂缝,目前主要限制接(裂)缝处板边位移。鉴于沥青混合料温度疲劳开裂研究尚不成熟,并且在工程实践中不易检测板边水平位移,因此暂不考虑温度荷载对加铺

层反射裂缝的影响。实际上,在对旧板进行破碎情形下,较小尺寸的板所产生的水平位移一般不足以引起沥青加铺层开裂。

根据交通荷载下旧水泥混凝土板上沥青加铺层的疲劳损伤断裂力学分析,在旧水泥混凝土板接(裂)缝处平均弯沉、弯沉差满足相关规定条件下,预测沥青加铺层疲劳开裂寿命。通过大量计算,获得了不同基础支承条件、接(裂)缝传荷能力、不同沥青加铺层厚度等条件下引起沥青加铺层疲劳损伤断裂的标准轴载累计当量次数。由于理论分析方法以及相关结果还有待实践进一步验证,因此对理论分析结果考虑足够的安全系数,结合工程实际,特别是旧水泥混凝土路面板上沥青加铺层厚度的变异性,本规范中只提出的沥青加铺层厚度仅是最低要求。沥青加铺层间剪切破坏的验算,由于缺乏足够的层间剪切疲劳实验数据,目前主要从材料设计角度提高沥青混合料抗剪强度和高温稳定性。

9.2 改建沥青路面设计

9.2.2 薄层罩面是提高旧沥青面层服务功能的措施。用于旧沥青路面时,旧路面应较平整、车辙深度小于 10mm,且路面无结构性破坏(如纵、横向裂缝、网裂)时才宜使用。对于快速路、主干道,路面抗滑标准在良以下(不包括良);次干路及次干路以下道路,路面抗滑标准在中以下(不包括中)时,应采取加铺罩面层等措施来提高路表面的抗滑能力。选用薄层罩面时,应保证其厚度不得小于最小施工层厚度。施工时应严格控制摊铺碾压温度,保证罩面层压实度及与下层的层间结合。

超薄磨耗层是一种具有构造深度较大,抗滑性能较好的薄层结构,超薄磨耗层一般厚度为 20mm~25mm,混合料可选用断级配,如 SMA-10,UTAC-10 等密级配。为了防止超薄沥青混凝土

的剥落,应加强结构防水,超薄沥青混凝土下面层应铺设有效的粘结层——改性沥青防水粘结层。

9.4 改建水泥混凝土路面设计

9.4.1 分离式混凝土加铺结构设计

所谓分离式混凝土加铺结构即为在清除旧路面表面的松散碎屑和由接缝内挤出的填缝料后,铺设一层由沥青混合料组成的隔离层,再铺筑水泥混凝土加铺层。

分离式加铺层与旧混凝土面层之间设置了隔离层,可隔断加铺层与旧面层的粘结,使加铺层成为独立的结构受力层。隔离层既可以防止或延缓反射裂缝,需要时也可以起到调平层的作用。因此,分离式加铺层适用于损坏状况及接缝传荷能力评定为中级和次级的旧混凝土路面。同时,加铺层的接缝形式和位置也不必考虑与旧混凝土面层接缝相对应。相反,加铺层的接缝位置如能与旧面层接缝相互错开 1m 以上,使作用在加铺层板边的荷载能下传到旧面层板的中部,反而可改善加铺层的受荷条件。

加铺层与旧混凝土面层之间必须保证完全隔离,因此,沥青混合料隔离层必须具有足够的厚度;同时,也不能采用松散粒料做隔离层。

5 分离式加铺层与旧混凝土面层之间设有隔离层,上下层板围绕各自的中和面弯曲,分别承担一部分弯矩。因此,加铺层和旧混凝土面层的应力和混凝土弯拉强度在设计中均起控制作用。在设计时,须协调上下层的厚度(影响应力值)和弯拉强度的比例关系,以获得优化的设计。

9.4.2 结合式混凝土加铺结构设计

所谓结合式混凝土加铺结构即采用冷磨,喷射高压气、高压

水、钢珠或者酸蚀等方法刨松和清理旧面层表面，并在清理后的表面涂水泥浆、乳胶或者环氧等粘结剂后，铺筑混凝土加铺层。

1 设置结合式加铺层的主要目的是改善旧混凝土面层的表面功能，或者提高其承载能力或延长其使用寿命。结合式加铺层的厚度较薄，旧面层的接缝和发展性裂缝都会反射到加铺层上。所以，只有当旧混凝土路面结构性能良好，其损坏状况和接缝传荷能力均评定为优良时，才能采用结合式加铺层。

2 结合式加铺层的厚度小，加铺层与旧混凝土面层的结合便成为这种加铺形式成功的关键。因此，一方面需采取措施彻底清理旧混凝土面层表面的污垢和水泥砂浆体，并使表面粗糙，另一方面需在清理后的表面涂以乳胶和环氧树脂等高强的粘结剂，使加铺层与旧混凝土面层粘结为一个整体。

3 由于加铺层薄，层内不设拉杆和传力杆，加铺层的接缝形式和位置必须与旧混凝土面层完全对应，以防加铺层产生反射裂缝或与旧混凝土面层之间出现层间分离。

4 结合式加铺层与旧混凝土板粘结在一起，围绕一个共享的中和面弯曲。加铺层处于受压状态，旧混凝土板处于受拉状态。因此，旧混凝土板的应力和混凝土弯拉强度在设计中起控制作用。

10 道路排水

10.1 一般规定

10.1.3 表 10.1.3 道路排水重现期参考以下资料确定：

1 《室外排水设计规范》GB 50014 重现期一般采用 0.5 年～3 年，重要干道、重要地区或短期积水即能引起较严重后果的地区，一般采用 3 年～5 年，并应与道路设计协调。特别重要地区和次要地区可酌情增减。

2 《室外排水设计规范》GB 50014 规定立交设计重现期不小于 3 年，重要区域标准可适当提高，同一立交工程不同部位可采用不同的重现期。

3 设计降雨重现期系根据地形特点和地区建设性质(居住区、中心区、工厂区、干道、广场等)两项主要因素确定，可按表 8 选用。

表 8 设计降雨量的重现期

地 形 分 级		重现期(P)的选用范围(a)	说 明
I	平缓地形	0.5、1、2	选用的原则主要是地区建设性质的重要性，其分级见注 2
II	豁谷线地形	1、2、3	
III	重要地区、封闭洼地	2、3、5 个别 10、20	

注：1. 平缓地形一般指其地面坡度小于 0.003；

2. 地区重要性分级大致如下：

(1)特殊重要地区；

(2)重要地区，指干道、广场、中心区、仓库区、使馆区等；

(3)一般居住区及一般道路；

3. 道路立交一半可按封闭洼地考虑、但当雨水能自流排放，不需监理泵站时，可选用略低的 P 值。
4. 当地气象特点也可用作选 P 的参考因素， q_{20} 较大的地区可选用较大的 P 值。
5. 本表用于平原城市的一般情况，至于特殊情况及山区城市，须另作考虑。

10.3 路面排水设计

10.3.3 管材、接口、基础及附属构造物可按《给水排水设计手册（第二版）》第5册（中国建筑工业出版社）选用。

设计时应考虑就地取材，根据水质、断面尺寸、土壤性质、地下水位、地下水侵蚀性、内外所受压力以及现场条件、施工方法等因素进行选择。

10.3.4 雨水口的间距取决于径流量和雨水篦泄水能力，可根据实际计算确定。

10.3.5 锯齿形偏沟的分水点和雨水口按下式计算确定，计算图示如图2所示。

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

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

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)。

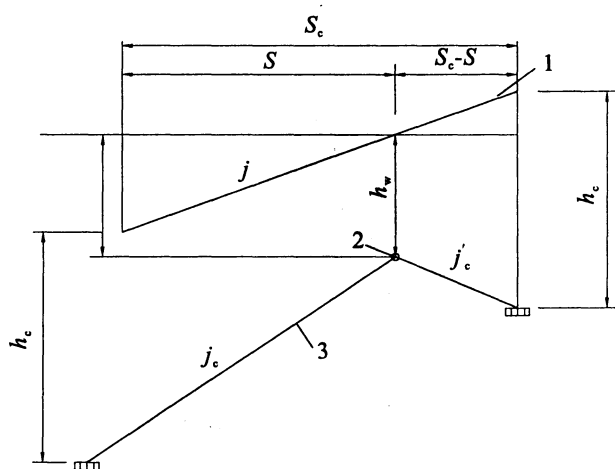


图 2 锯齿形偏沟计算图式

1—缘石顶线；2—分水点；3—路面边缘线