

前 言

根据住房城乡建设部《关于印发〈2014 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2013〕169 号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订了本规范。

本规范共有 7 章和 1 个附录,主要技术内容是:总则,术语和符号,基本规定,路面结构设计,材料,施工要求,质量验收等。

本规范修订的主要技术内容是:

1. 将预应力混凝土路面交通等级由四级改为五级,增加了极重级交通荷载,调整了三、四级公路的设计基准期;

2. 提高了预应力混凝土路面设计安全等级要求,并相应地调整了路面结构的目标可靠指标和目标可靠度;

3. 增加了预应力混凝土路面结构极限状态表达式作为路面结构设计验算公式;

4. 明确了预应力混凝土路面质量验收指标;

5. 在附录预应力混凝土路面面板应力分析中,增补了极限状态下荷载应力计算公式,修订了最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力计算公式。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由东南大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送东南大学(地址:江苏省南京市四牌楼 2 号,邮政编码:210096)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:东南大学

中鼎国际工程有限责任公司

参编单位:江苏省交通规划设计院股份有限公司

南京东大现代预应力工程有限责任公司

江苏新筑预应力工程有限公司

西安公路研究院

主要起草人:黄卫 钱振东 吕志涛 冯健 郭宏定

何家发 张健康 张晋 朱卫国 陆志东

牛赫东 张强 栾文彬 伍石生 陈磊磊

主要审查人:张汎 郝培文 查旭东 李国芬 钱永久

陈团结 冯大斌 曹亚东 湛润水 彭爱红

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本规定	(5)
4	路面结构设计	(9)
4.1	几何尺寸	(9)
4.2	配筋	(9)
4.3	滑动层	(11)
4.4	伸缩缝	(11)
4.5	枕梁	(13)
4.6	锚固区	(13)
4.7	后浇带	(14)
5	材 料	(16)
5.1	混凝土材料	(16)
5.2	普通钢材和无粘结预应力钢绞线	(16)
5.3	锚具系统	(17)
5.4	接缝材料	(17)
5.5	外加剂	(17)
6	施工要求	(19)
6.1	施工机具	(19)
6.2	施工准备	(20)
6.3	施工工序	(20)
6.4	枕梁和伸缩缝施工	(21)

6.5	滑动层铺设	(21)
6.6	立模板、布置钢筋	(22)
6.7	预应力混凝土路面的浇筑	(23)
6.8	无粘结预应力钢绞线张拉	(23)
6.9	养护	(24)
6.10	后浇带混凝土施工	(24)
6.11	伸缩缝整修及填缝	(25)
6.12	特殊气候条件下的施工	(25)
7	质量验收	(26)
7.1	一般规定	(26)
7.2	滑动层	(26)
7.3	混凝土面层	(30)
附录 A	预应力混凝土路面面板应力分析及计算流程	(37)
	本规范用词说明	(43)
	引用标准名录	(44)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic requirements	(5)
4	Pavement structure design	(9)
4.1	Geometric dimension	(9)
4.2	Reinforcement	(9)
4.3	Sliding layer	(11)
4.4	Expansion joint	(11)
4.5	Sleeper beam	(13)
4.6	Anchorage zone	(13)
4.7	Post-cast strip	(14)
5	Materials	(16)
5.1	Concrete	(16)
5.2	Common steels and unbonded prestressing steel strand	(16)
5.3	Anchorage system	(17)
5.4	Joint material	(17)
5.5	Admixture	(17)
6	Construction requirements	(19)
6.1	Construction equipment	(19)
6.2	Construction preparation	(20)
6.3	Construction procedure	(20)
6.4	Construction of sleeper beam and expansion joint	(21)

6.5	Construction of sliding layer	(21)
6.6	Arrangement of template and reinforcement	(22)
6.7	Paving of prestressed concrete pavement	(23)
6.8	Unbonded prestressing steel strand tension	(23)
6.9	Curing	(24)
6.10	Construction of post-cast strip	(24)
6.11	Repairing and caulking expansion joint	(25)
6.12	Construction under special climatic conditions	(25)
7	Acceptance	(26)
7.1	General requirements	(26)
7.2	Sliding layer	(26)
7.3	Prestressed concrete surfacing	(30)
Appendix A Stress analysis and procedure of		
	prestressed concrete pavement	(37)
Explanation of words in this code		(43)
List of quoted standards		(44)

1 总 则

1.0.1 为适应道路运输发展的需要,规范预应力混凝土路面工程结构设计、施工及质量验收,做到技术先进、经济合理、安全适用,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于无粘结预应力混凝土路面的设计、施工及验收。

1.0.3 预应力混凝土路面工程的设计、施工及验收,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 预应力混凝土路面 prestressed concrete pavement

预先在路面工作截面上施加压力,以提高受力性能的水泥混凝土路面。

2.1.2 临界荷位 critical load position

预应力混凝土路面在荷载和温度综合作用下产生最大疲劳损坏的位置。

2.1.3 滑动层 sliding layer

在基层顶面设置的低摩阻系数的结构层。

2.1.4 无粘结预应力钢绞线 unbonded prestressing steel strand

采用专用防腐润滑油脂塑料涂包的预应力钢绞线,其与被施加预应力的混凝土之间可保持相对滑动。

2.1.5 板底摩阻应力 slab bottom friction stress

由预应力混凝土路面面板与基层之间的相对滑动或滑动趋势而引起的路面面板中的应力。

2.1.6 后浇带 post-cast strip

设置在锚头位置的结构,起封锚和安装固定伸缩缝的作用。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

D_x ——基层和底基层或垫层的当量弯曲刚度;

E_0 ——路床顶面的当量回弹模量;

E_1 ——基层回弹模量;

E_2 ——底基层或垫层回弹模量；

E_c ——混凝土弯拉弹性模量；

E_s ——非预应力钢筋弹性模量；

E_t ——基层顶面当量回弹模量；

E_x ——基层和底基层或垫层的当量回弹模量；

f_r ——混凝土弯拉强度标准值；

f_{yk} ——普通钢筋的强度标准值；

ρ ——混凝土密度。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

N_e ——设计基准期内设计车道所承受的设计轴载累计次数；

N_i ——各类轴型 i 级轴载的作用次数；

N_s ——设计轴载的作用次数；

P_i ——各类轴型第 i 级轴载重，联轴按每一根轴载单独计；

P_s ——设计轴载重；

σ_{con} ——无粘结预应力钢绞线张拉控制应力；

σ_F ——板底摩阻应力；

σ_L ——荷载应力；

σ_{Ln} ——第 n 项预应力损失值；

σ_{Lr} ——荷载疲劳应力；

$\sigma_{L,max}$ ——最重轴载在面层板临界荷位处产生的最大荷载应力；

σ_p ——有效预应力引起的混凝土中的平均压应力；

σ_{pe} ——无粘结预应力钢绞线的有效预应力；

$\sigma_{\Delta T,max}$ ——最大温度梯度时面层板产生的最大温度应力；

$\sigma_{\Delta Tr}$ ——温度疲劳应力。

2.2.3 几何参数

d_n ——无粘结预应力钢绞线公称直径；

h ——混凝土板的厚度；

h_1 ——基层的厚度；

h_2 ——底基层或垫层的厚度；

h_x —— 基层和底基层或垫层的当量厚度；

L —— 面层板的横缝间距，即板长；

L_s —— 滑动区计算长度；

r —— 预应力混凝土板的相对刚度半径；

δ —— 路面面板端部的位移值；

χ —— 计算荷位距板端的距离。

2.2.4 计算系数及其他

B_L —— 综合温度翘曲应力和内应力的温度应力系数；

C_L —— 面层板的温度翘曲应力系数；

c_v —— 变异系数；

g_r —— 基准期内货车交通量的年平均增长率；

t —— 设计基准期；

ΔT —— 混凝土路面面板板顶和板底温度差；

T_g —— 混凝土面板的最大温度梯度计算值；

T_n —— 路面面板温差最大值；

α_c —— 混凝土温度膨胀系数；

β —— 配筋率；

γ —— 可靠度系数；

η —— 车轮轮迹横向分布系数；

κ —— 考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦系数；

k_f —— 考虑设计基准期内荷载应力累积疲劳作用的疲劳应力系数；

k_t —— 考虑温度应力累计疲劳作用的温度疲劳应力系数；

μ —— 无粘结预应力钢绞线与孔道壁之间的摩擦系数；

μ_r —— 板底摩擦系数；

ν —— 与混合料性质有关的指数；

ν_c —— 混凝土的泊松比；

ω_0 —— 原路面计算回弹弯沉值。

3 基本规定

3.0.1 预应力混凝土路面结构设计应以 100kN 单轴-双轮组荷载作为设计轴载,设计轴载作用次数可按式计算:

$$N_s = \sum_{i=1}^n N_i \left(\frac{P_i}{P_s} \right)^{16} \quad (3.0.1)$$

式中: N_s ——设计轴载的作用次数(次/d);

n ——各级轴型的轴载级位数;

N_i ——各类轴型 i 级轴载的作用次数(次/d);

P_i ——各类轴型第 i 级轴载重(kN),联轴按每一根轴载单独计;

P_s ——设计轴载重(kN)。

3.0.2 预应力混凝土路面设计车道在设计基准期内,设计轴载累计作用次数应按现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 进行调查和分析,交通荷载分级宜按表 3.0.2 确定。

表 3.0.2 交通荷载分级

交通荷载等级	设计基准期内设计车道承受设计轴载(100kN) 累计作用次数 $N_e(10^4)$
极重	$1 \times 10^6 < N_e$
特重	$2000 < N_e \leq 1 \times 10^6$
重	$100 < N_e \leq 2000$
中等	$3 \leq N_e \leq 100$

3.0.3 预应力混凝土路面的设计基准期和累计作用次数,应符合下列规定:

1 路面设计基准期和设计使用年限,可按表 3.0.3-1 采用。

表 3.0.3-1 路面设计基准期和设计使用年限

道路等级	高速公路、一级	二级	三级	四级
	快速路、主干路	次干路、支路	—	—
设计基准期(a)	30	20	15	10
设计使用年限 X(a)	30	20	15	10

2 设计基准期内预应力混凝土路面设计车道临界荷位处所承受的设计轴载累计作用次数,可按式(3.0.3)计算确定:

$$N_e = \frac{N_s [(1 + g_r)^t - 1]}{g_r} \eta \quad (3.0.3)$$

式中: N_e ——设计基准期内设计车道所承受的设计轴载累计次数(轴次/车道);

g_r ——基准期内货车交通量的年平均增长率(以百分数计);

t ——设计基准期(a);

η ——临界荷位处的车轮轮迹横向分布系数,其范围按表 3.0.3-2 选用。

表 3.0.3-2 车轮轮迹横向分布系数 η 的范围

道路等级		纵缝边缘处
高速公路、一级公路、快速路、主干路、收费站		$0.17 \leq \eta \leq 0.22$
二级及二级以下公路 次干路及以下道路	行车道宽 $> 7\text{m}$	$0.34 \leq \eta \leq 0.39$
	行车道宽 $\leq 7\text{m}$	$0.54 \leq \eta \leq 0.62$

3.0.4 预应力混凝土路面工程的可靠度设计标准、变异系数及可靠度系数应符合下列规定:

1 预应力混凝土路面的设计安全等级、目标可靠度和可靠度指标,应符合表 3.0.4-1 的规定。路面的材料性能和结构尺寸参数的变异水平等级,宜按表 3.0.4-1 选用。当二级及以下安全等级的道路路面结构破坏可能产生很严重后果时,可提高一级安全等级。

表 3.0.4-1 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、次干路及以下道路	三级主路	四级主路
安全等级	一级		二级	三级	
目标可靠度(%)	95	90	85	80	70
目标可靠指标	1.64	1.28	1.04	0.84	0.52
变异水平等级	低	低、中	中	中、高	高

2 道路变异水平等级和相应的变异系数,应按道路等级、施工技术、施工质量控制和管理水平,通过调研确定,材料性能和结构尺寸参数的变异系数可按表 3.0.4-2 确定。

表 3.0.4-2 变异系数 c_v 的范围

变异水平等级	低	中	高
水泥混凝土弯拉强度	$0.05 \leq c_v \leq 0.10$	$0.10 < c_v \leq 0.15$	$0.15 < c_v \leq 0.20$
基层顶面当量回弹模量	$0.15 \leq c_v \leq 0.25$	$0.25 < c_v \leq 0.35$	$0.35 < c_v \leq 0.55$
水泥混凝土面层厚度	$0.02 \leq c_v \leq 0.04$	$0.04 < c_v \leq 0.06$	$0.06 < c_v \leq 0.08$

3 可靠度系数 γ 应依据所选目标可靠度及变异水平等级按表 3.0.4-3 选用。

表 3.0.4-3 可靠度系数 γ 的范围

变异水平等级	目标可靠度(%)			
	95	90	85	80~70
低	$1.20 \leq \gamma \leq 1.33$	$1.09 \leq \gamma \leq 1.16$	$1.04 \leq \gamma \leq 1.08$	—
中	$1.33 \leq \gamma \leq 1.50$	$1.16 \leq \gamma \leq 1.23$	$1.08 \leq \gamma \leq 1.13$	$1.04 \leq \gamma \leq 1.07$
高	—	$1.23 \leq \gamma \leq 1.33$	$1.13 \leq \gamma \leq 1.18$	$1.07 \leq \gamma \leq 1.11$

注:变异系数接近表 3.0.4-2 所示变化范围的下限时,可靠度系数取低值;接近上限时,取高值。

3.0.5 预应力混凝土路面混凝土强度应按 28d 龄期的混凝土弯拉强度控制,且不得小于表 3.0.5 的规定。

表 3.0.5 混凝土弯拉强度标准值

交通等级	极重	特重	重	中等
弯拉强度标准值 f_r (MPa)	5.0	5.0	5.0	4.5

3.0.6 预应力混凝土路面面板的最大温度梯度计算值,可根据道路所在地的自然区划按表 3.0.6 确定。

表 3.0.6 预应力混凝土路面面板的最大温度梯度计算值

自然区划	不同板厚的最大温度梯度 T_g ($^{\circ}\text{C}/\text{mm}$)					
	140mm	160mm	180mm	200mm	220mm	240mm
Ⅱ、Ⅴ	$0.102 < T_g \leq 0.108$	$0.097 < T_g \leq 0.103$	$0.092 < T_g \leq 0.098$	$0.087 < T_g \leq 0.092$	$0.083 < T_g \leq 0.088$	$0.078 < T_g \leq 0.083$
Ⅲ	$0.111 < T_g \leq 0.117$	$0.105 < T_g \leq 0.111$	$0.100 < T_g \leq 0.105$	$0.095 < T_g \leq 0.100$	$0.090 < T_g \leq 0.095$	$0.085 < T_g \leq 0.089$
Ⅳ、Ⅵ	$0.106 < T_g \leq 0.113$	$0.101 < T_g \leq 0.108$	$0.095 < T_g \leq 0.102$	$0.090 < T_g \leq 0.097$	$0.086 < T_g \leq 0.092$	$0.081 < T_g \leq 0.086$
Ⅶ	$0.114 < T_g \leq 0.121$	$0.109 < T_g \leq 0.115$	$0.103 < T_g \leq 0.109$	$0.098 < T_g \leq 0.103$	$0.093 < T_g \leq 0.098$	$0.087 < T_g \leq 0.092$

3.0.7 预应力混凝土路面的路基、垫层、基层、路面横向坡度、路肩、排水及材料应符合国家现行相关标准的规定。

4 路面结构设计

4.1 几何尺寸

4.1.1 预应力混凝土路面面板长度宜为 90m~210m;面板宽度不宜超过两个标准车道宽度;面板厚度宜为 140mm~240mm。

4.1.2 预应力混凝土路面面板最小厚度应满足板内无粘结预应力钢绞线布设及构造的要求。

4.1.3 预应力混凝土路面结构设计验算应符合下列公式规定:

$$\gamma_r(\sigma_{Lr} + \sigma_{\Delta Tr}) \leq f_r + \sigma_p - \sigma_F \quad (4.1.3-1)$$

$$\gamma_r(\sigma_{L, \max} + \sigma_{\Delta T, \max}) \leq f_r \quad (4.1.3-2)$$

式中: γ_r ——可靠度系数,可按本规范第 3.0.4 条取值;

σ_{Lr} ——荷载疲劳应力(MPa),应根据本规范附录 A 进行计算;

$\sigma_{\Delta Tr}$ ——温度疲劳应力(MPa),应根据本规范附录 A 进行计算;

f_r ——混凝土弯拉强度标准值(MPa);

σ_p ——有效预应力引起的混凝土中的平均压应力(MPa);

σ_F ——板底摩阻应力(MPa),应根据本规范附录 A 进行计算。

$\sigma_{L, \max}$ ——最重轴载在面层板临界荷位处产生的最大荷载应力(MPa),应根据本规范附录 A 进行计算;

$\sigma_{\Delta T, \max}$ ——最大温度梯度时面层板产生的最大温度应力(MPa),应根据本规范附录 A 进行计算。

4.2 配筋

4.2.1 无粘结预应力钢绞线的有效预应力应按下式计算:

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sum_{n=1}^5 \sigma_{Ln} \quad (4.2.1)$$

式中： σ_{pe} ——无粘结预应力钢绞线的有效预应力(MPa)；

σ_{con} ——无粘结预应力钢绞线张拉控制应力(MPa)；

σ_{Ln} ——第 n 项预应力损失值(MPa)。

4.2.2 预应力损失值取值应包括下列项目：

σ_{L1} ：张拉端锚具变形和无粘结预应力钢绞线内缩； σ_{L2} ：无粘结预应力钢绞线的摩擦； σ_{L3} ：无粘结预应力钢绞线的应力松弛； σ_{L4} ：混凝土的收缩和徐变； σ_{L5} ：采用分批张拉时，张拉后批无粘结预应力钢绞线所产生的混凝土弹性压缩损失。

4.2.3 无粘结预应力钢绞线的预应力损失值估算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。无粘结预应力钢绞线的摩擦系数取值应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定，并按表 4.2.3 取值。

表 4.2.3 无粘结预应力钢绞线的摩擦系数

无粘结预应力钢绞线公称直径 d_b (mm)	k	μ
9.5、12.7、15.2、17.8	0.004	0.09

注：表中系数也可根据实测数据确定。其中， k 为考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦系数； μ 为无粘结预应力钢绞线与孔道壁之间的摩擦系数。

4.2.4 在一般气候环境下的预应力混凝土路面，预应力总损失也可按无粘结预应力钢绞线张拉控制应力的 20% 确定，且预应力总损失值不应小于 80MPa。

4.2.5 混凝土路面中有效预应力引起的平均压应力在扣除板底摩阻力后不应小于 0.7MPa，且平均压应力不应大于 4.0MPa。

4.2.6 无粘结预应力钢绞线应配置在路面面板板厚 1/2 下 10mm～30mm 范围内；无粘结预应力钢绞线的配筋率及构造要求应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

4.2.7 横向钢筋的间距及构造应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 或《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。横向钢筋最小配筋率不应小于无粘结预应力钢绞线配筋率的 1/8，横向钢筋的配筋率可按下式计算：

$$\beta = \frac{E_c f_r}{2E_c f_{yk} - E_s f_r} (1.3 - 0.2\mu_r) \times 100 \quad (4.2.7)$$

式中: β ——配筋率(%);

f_{yk} ——普通钢筋的强度标准值(MPa);

E_s ——非预应力钢筋弹性模量(MPa);

μ_r ——板底摩擦系数,宜现场实测。

4.3 滑 动 层

4.3.1 预应力混凝土路面面板与基层之间应设置滑动层。

4.3.2 预应力混凝土路面铺设滑动层的基层顶面应平整。

4.3.3 预应力混凝土路面的滑动层材料应选用防水材料、细粒状材料或沥青类材料。防水材料可选用土工合成防水织物,细粒状材料可选用粒径相近的细砂或石屑。当采用细粒状材料滑动层时,细粒状材料的厚度不宜大于 20mm,其下应铺设防水材料。沥青类材料可选择乳化沥青碎石封层或热沥青碎石封层。

4.4 伸 缩 缝

4.4.1 预应力混凝土路面面板伸缩缝的宽度应大于路面面板端部的位移值。路面面板端部的位移值应按下列公式计算:

$$\delta = \alpha_c T_n L_s - \frac{\rho \mu_r L_s}{2E_c} \quad (4.4.1-1)$$

$$L_s = \frac{\alpha_c E_c T_n}{\rho \mu_r} \quad (4.4.1-2)$$

式中: δ ——路面面板端部的位移值(mm);

ρ ——混凝土密度(g/mm³);

α_c ——混凝土温度膨胀系数;

T_n ——路面面板温差最大值(℃),取路面面板年最高温度与路面合拢时温度的差值;

L_s ——滑动区计算长度(m),滑动区计算长度不应大于路面面板长度的 1/2。

4.4.2 预应力混凝土路面伸缩缝应符合下列规定：

1 伸缩缝的间距宜为 90m~210m。伸缩缝宜采用钢梁型(图 4.4.2-1)或毛勒型(图 4.4.2-2)，当采用毛勒型伸缩缝时，应设置在端头。当采用其他类型伸缩缝时，其材质应符合国家现行有关标准的规定。伸缩缝应涂专用防腐油脂或环氧树脂。

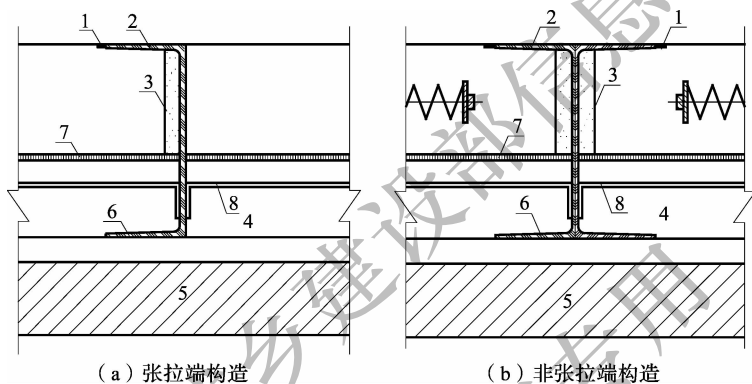


图 4.4.2-1 钢梁型伸缩缝纵截面结构

1—嵌缝胶;2—滑动涂层;3—填缝材料;4—枕梁;5—基层;
6—型钢;7—滑动层;8—连接钢筋

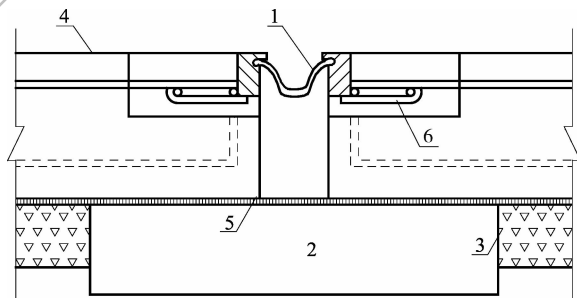


图 4.4.2-2 毛勒型伸缩缝纵截面结构

1—密封橡胶带;2—枕梁;3—基层;4—后浇带;5—滑动层;6—伸缩装置锚筋

2 伸缩缝预留的膨胀宽度不宜小于 20mm,收缩宽度宜为 50mm~80mm;预应力混凝土路面封锚浇筑后,在伸缩缝预留槽口内应填充聚氨酯等嵌缝材料。当环境温差小,且经试验验证不需设伸缩缝时,也可不设伸缩缝。

3 钢梁型伸缩缝的悬臂内侧宜有滑动涂层。

4.5 枕 梁

4.5.1 预应力混凝土路面枕梁(图 4.5.1)应采用现浇钢筋混凝土。枕梁内配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中构造配筋的有关规定。

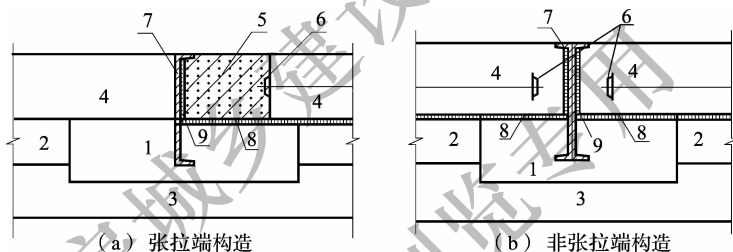


图 4.5.1 枕梁纵截面结构

1—枕梁;2—基层;3—底基层;4—路面面板;5—后浇带;6—锚具;7—伸缩缝;
8—滑动层;9—填缝材料

4.5.2 预应力混凝土路面枕梁的长度应与路面面板宽度相同,宽度宜为 2m~4m,厚度宜为 200mm~250mm,且枕梁顶面应与基层顶面平齐,枕梁施工完毕后,枕梁顶面宜涂刷沥青。

4.6 锚 固 区

4.6.1 预应力混凝土路面面板端部的局部受压承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.6.2 预应力混凝土路面面板板端构造应符合下列规定:

1 路面面板板端加厚区的长度应根据预应力大小、混凝土强度、张拉方式、面板厚度等因素综合确定,且不应小于路面面板的宽度;

2 路面面板板端应适当增大面板厚度,板端加厚区变截面处宜采用线性渐变过渡。板端加厚厚度不应小于板厚的 1.2 倍,且不应小于 200mm;当板厚大于 200mm 时,板端可不加厚。变截面区的长度不宜小于加厚区长度的 1/5(图 4.6.2)。

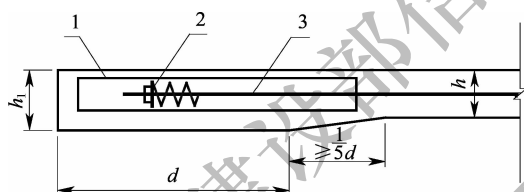


图 4.6.2 路面面板板端结构示意图

1—双层钢筋网;2—锚具;3—预应力钢筋;

h —板厚; h_1 —板厚加厚厚度; d —板加厚区长度

3 在板端内部应配置双层加强钢筋网,纵向加强钢筋的配筋率不宜小于 2%。当板端不加厚时,纵向加强钢筋的配筋率应适当提高。张拉端的加强钢筋网应延伸至后浇带。双层钢筋网的设置及混凝土保护层厚度应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.6.3 无粘结预应力钢绞线的锚具系统及防腐体系应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

4.7 后 浇 带

4.7.1 预应力混凝土路面后浇带预留尺寸应满足张拉机具施工的要求。

4.7.2 后浇带宽度应与路面面板宽度相同;后浇带的混凝土强度不应小于路面面板的混凝土强度。

4.7.3 后浇带用混凝土宜掺入膨胀剂。

4.7.4 后浇带混凝土底部滑动层的滑动能力不应小于预应力混凝土路面的滑动能力。

4.7.5 后浇带的加强筋和路面面板的加强筋应一致。

5 材 料

5.1 混凝土材料

5.1.1 水泥应采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。水泥的质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 和《道路硅酸盐水泥》GB 13693 的有关规定。

5.1.2 预应力混凝土路面使用的粗集料、细集料应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

5.1.3 清洗集料、拌和混凝土及养护所用的水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

5.1.4 混凝土配合比设计及混凝土配合比检验应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 的有关规定；混凝土性能要求应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

5.2 普通钢材和无粘结预应力钢绞线

5.2.1 预应力混凝土路面用普通钢筋宜采用 HRB400 级、HRB500 级、HRBF400 级、HRBF500 级热轧带肋钢筋，可采用 HPB300 级钢筋，或采用 CRB550 级、CRB650 级、CRB800 级、CRB970 级、CRB1170 级冷轧带肋钢筋。普通钢材可根据使用部位、功能和施工实际情况确定。

5.2.2 预应力混凝土路面用无粘结预应力钢绞线应符合下列规定：

1 钢绞线性能应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定；

2 预应力钢绞线外包材料应采用高密度聚乙烯,严禁使用聚氯乙烯。无粘结预应力钢绞线性能还应符合现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161 的有关规定。

5.3 锚具系统

5.3.1 预应力混凝土路面用锚具应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370、《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

5.3.2 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。

5.4 接缝材料

5.4.1 预应力混凝土路面板接缝材料宜采用塑胶、橡胶泡沫板或沥青纤维板。

5.4.2 预应力混凝土路面应优选耐老化性能好的树脂类、橡胶类或改性沥青类填缝材料,并宜在填缝材料中加入耐老化剂。填缝材料的施工包括常温施工式和加热施工式,其技术指标应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。

5.4.3 填缝时应使用背衬垫条。背衬垫条材料应具有良好的弹性、柔韧性、不吸水、耐酸碱腐蚀和高温不软化等性能。背衬垫条材料可采用聚氨酯、橡胶、微孔泡沫塑料等,其形状应为圆柱形,直径应比接缝宽度大 2mm~5mm。

5.5 外加剂

5.5.1 外加剂品种和掺量应根据设计要求,结合施工条件通过试验及技术经济比较确定。

5.5.2 外加剂的品种、掺量及使用性能应符合现行国家标准《混

凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

5.5.3 膨胀剂掺量和使用性能应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB 23439 的有关规定。

6 施 工 要 求

6.1 施 工 机 具

6.1.1 预应力混凝土路面施工机具应满足施工进度和质量的要求。

6.1.2 混凝土拌和物宜采用商品混凝土,采用集中拌和,并应符合下列规定:

1 混凝土拌和机具生产率不应低于 $20\text{m}^3/\text{h}$;

2 混凝土拌和机具应采用强制式水泥混凝土搅拌机或搅拌站。

6.1.3 混凝土拌和物运输机具及运输要求应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.1.4 混凝土的摊铺成型可采用滑模式摊铺机、轨道式摊铺机或传统的小型机具配合人工进行,摊铺成型机具宜按表 6.1.4 选用。滑模摊铺混凝土路面的施工应设置基准线,并应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。

表 6.1.4 混凝土摊铺成型机具

滑模式摊铺机	轨道式摊铺机	人 工 方 式
供料机	供料机	供料机
摊铺机	匀料机	匀料机
纹理制作机	摊铺机	插入式振捣器
养护剂喷洒机	缝槽成型机	振动梁
切缝机	缝槽修整机	滚筒

续表 6.1.4

滑模式摊铺机	轨道式摊铺机	人工方式
—	表面修整机	磨光机
—	纹理制作机	压纹辊
—	养护剂喷洒机	养护剂喷洒机
—	防护帐篷	—

6.2 施 工 准 备

6.2.1 预应力混凝土路面面板施工前应进行技术交底。设计文件、资料应齐全。

6.2.2 预应力混凝土路面面板施工前,其路基、垫层、基层及下封层的工程质量应符合现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTGF10、《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 或《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

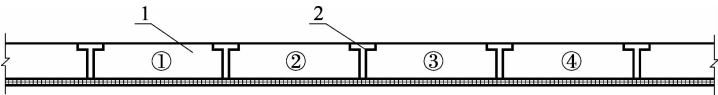
6.2.3 材料进场时应进行进场验收;预应力混凝土路面面板施工前,应检查材料储量、性能,材料质量应符合设计要求。

6.2.4 无粘结预应力钢绞线不应有死弯;当有死弯时必须切断。无粘结预应力钢绞线的每根钢丝严禁有接头。

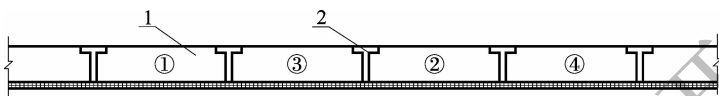
6.3 施 工 工 序

6.3.1 预应力混凝土路面施工应编制施工组织设计和施工方案。

6.3.2 预应力混凝土路面面板的施工,可采用顺序施工法或交替施工法(图 6.3.2)。



(a) 顺序施工



(b) 交替施工

图 6.3.2 预应力混凝土面板施工顺序

1—混凝土面板；2—伸缩缝

6.3.3 预应力混凝土路面面板的施工应按下列工序进行：

①施工准备；②枕梁、伸缩缝施工；③滑动层施工；④立模板、布置钢筋；⑤预应力混凝土路面板浇筑；⑥无粘结预应力钢绞线张拉；⑦养护；⑧后浇带施工；⑨施工放样；⑩下一块路面板施工。

6.4 枕梁和伸缩缝施工

6.4.1 枕梁和伸缩缝施工前应检查基层和下封层，质量应符合设计要求。

6.4.2 枕梁基坑放样开挖应根据设计要求确定。

6.4.3 枕梁浇筑前，枕梁内钢筋和伸缩缝装置应固定牢固。

6.4.4 枕梁及伸缩缝施工应按下列工序进行：

①施工放样；②枕梁基坑开挖；③伸缩缝钢梁定位；④浇筑枕梁混凝土；⑤枕梁养护。

6.5 滑动层铺设

6.5.1 在混凝土浇筑前应在基层顶面设置滑动层。滑动层的设置应符合本规范第 4.3.2 条、第 4.3.3 条的要求。当采用沥青表面处治或乳化沥青稀浆封层作下封层时，下封层可直接作为滑动层。乳化沥青稀浆封层的厚度不宜小于 5mm。可在下封层上铺设土工织物作为滑动层。

6.5.2 当滑动层采用沥青表面处治时，其性能及施工要求应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTGF40 的有关规定；当滑动层采用乳化沥青稀浆封层时，其性能及施工要求应符合

现行行业标准《路面稀浆罩面技术规程》CJJ/T 66 的有关规定。

6.5.3 当采用土工合成防水织物作滑动层时,其设置应符合下列规定:

1 滑动层铺设前,应清扫预应力混凝土板块范围内的杂物,进行基层质量的全面检查,对破损处应进行修补;

2 滑动层铺设时,宜先铺设细粒状材料,再覆以土工织物。细粒状材料铺设厚度应符合本规范第 4.3.3 条的规定,且应均匀;土工合成防水材料的宽度宜大于路面宽度,土工合成防水材料间的搭接宜采用缝制或粘贴,搭接的长度不应小于 300mm;

3 土工合成防水材料性能应符合现行行业标准《公路工程土工合成材料 防水材料》JT/T 664 和《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 的有关规定;细粒状材料性能也应符合国家现行有关标准的规定;

4 土工合成材料铺设完后,应采取保护措施,应防止穿钉鞋作业或尖锐物的打击。

6.6 立模板、布置钢筋

6.6.1 准备工作应符合下列规定:

1 逐根检查无粘结预应力钢绞线的规格尺寸和数量,检查端部组装配件;检查外包层的完整性,如发现大面积破损漏油,则不宜使用,局部小型破损应进行修补后,方可使用;

2 模板应采用刚度足够的钢模板,不应使用木模板和塑料模板。模板的架设与拆除应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收细则》CJJ 1 的有关规定。

6.6.2 无粘结预应力钢绞线下料宜在路面板块施工范围内,下料前宜先铺设板端下层钢筋网;下料时应机械切割,严禁使用电焊或气割下料。

6.6.3 无粘结预应力钢绞线及横向钢筋布置定位应符合下列

规定：

1 应按设计位置标定横向钢筋和无粘结预应力钢绞线，无粘结预应力钢绞线应布置在横向钢筋上；

2 应按标定位置逐根绑扎无粘结预应力钢绞线和横向钢筋；应采用架立钢筋将无粘结预应力钢绞线架至设计位置，严禁使用水泥混凝土块架立无粘结预应力钢绞线；

3 应逐根检查钢筋绑扎和定位情况，允许偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

6.6.4 无粘结预应力钢绞线配套锚具的安装应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

6.7 预应力混凝土路面的浇筑

6.7.1 预应力混凝土路面浇筑应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.7.2 浇筑混凝土时，除应符合本规范第 6.7.1 条的规定外，还应符合下列规定：

1 无粘结预应力钢绞线铺放、安装完毕后，应进行隐蔽工程验收，确认合格后方可浇筑混凝土；

2 混凝土浇筑时，严禁踏压撞碰无粘结预应力钢绞线、支撑架以及端部预埋部件；

3 混凝土必须振捣密实。

6.8 无粘结预应力钢绞线张拉

6.8.1 预应力混凝土路面应采用后张法施工。张拉用锚具、穴模应与无粘结预应力钢绞线配套。

6.8.2 无粘结预应力钢绞线的张拉除应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定外，还应符合

下列规定：

1 无粘结预应力钢绞线张拉应采用二次张拉工艺。第一次张拉宜在面板浇筑完成 12h 后，且混凝土强度不小于设计抗压强度的 30%，张拉时无粘结预应力钢绞线应由面板中间向两侧交替张拉，第一次张拉应力宜为 $0.3\sigma_{\text{con}}$ ；第二次张拉在面板浇筑完成 6d~7d 后，且混凝土强度不低于设计抗压强度的 75%，第二次张拉时，普通松弛力筋直接张拉至 $1.03\sigma_{\text{con}}$ 后锚固，低松弛力筋直接张拉至 σ_{con} 后持荷 2min 锚固。

2 无粘结预应力钢绞线的锚固，应在张拉控制应力处于稳定状态下进行。锚固后应切除过长的无粘结预应力钢绞线。无粘结预应力钢绞线切除应采用机械方法，严禁采用电弧切断。无粘结预应力钢绞线切断后露出锚具夹片外的长度不得小于 30mm。无粘结预应力钢绞线锚固后应及时进行防护处理。

3 无粘结预应力钢绞线张拉及放张时应填写施工记录。

6.9 养 护

6.9.1 预应力混凝土路面铺筑完成后应立即养护，养护可采用喷洒养护剂同时保湿覆盖的方式。在雨天或养护用水充足的情况下，也可采用覆盖保湿膜、土工布、湿麻袋等水湿养护方式。

6.9.2 养护时间应根据混凝土弯拉强度增长情况确定，且不宜小于设计弯拉强度的 80%。养护天数宜为 14d~21d，高温天气不宜小于 14d，低温天气不宜小于 21d。

6.9.3 混凝土板养护初期，严禁行人、车辆通行；当面板达到弯拉强度后，方可开放交通。

6.10 后浇带混凝土施工

6.10.1 后浇带施工应在第二次预应力施加完 48h 后进行。

6.10.2 后浇带施工前应检查滑动层，滑动层的质量应满足施工要求。同时应将已浇筑的混凝土路面面板端部凿毛，并应清理后

浇带范围内的杂物。

6.10.3 应理顺预留的连接钢筋,再绑扎或焊制后浇带内钢筋网,并应填塞伸缩缝内的填缝材料。

6.10.4 后浇带施工宜采用小型机械和人工浇筑,浇筑用混凝土强度等级不应小于路面面板混凝土强度等级。后浇带表面应按普通混凝土路面饰面要求饰面拉毛。

6.11 伸缩缝整修及填缝

6.11.1 在后浇带或预应力混凝土路面面板非张拉端混凝土浇筑3d后,应采用锯缝机按设计要求在伸缩缝钢梁两侧整修伸缩缝并填塞填缝料。切缝部位应进行必要的补强,补强应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.11.2 填缝料的性能要求应符合本规范第5.4.2条的规定,伸缩缝的填缝应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.12 特殊气候条件下的施工

6.12.1 预应力混凝土路面铺筑期间,应收集月、旬、日天气预报资料,遇有影响混凝土路面施工质量的天气时,应暂停施工或采取必要的防范措施,制订特殊气候的施工方案。

6.12.2 预应力混凝土路面在特殊气候条件下的施工应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 及其他相关标准的有关规定。

7 质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 预应力混凝土路面施工质量的控制、管理与检查应贯穿整个施工过程,建立健全有效的施工质量保证体系,对每个施工环节严格控制把关,确保施工质量的稳定性。

7.1.2 预应力混凝土面层施工过程中应采取有效措施,严防出现质量缺陷。铺筑过程中发现质量缺陷时,应加大检测频率,必要时应停工整顿,查找原因,提出处置对策,恢复到正常铺筑工况和良好质量状态后再继续施工。

7.1.3 施工关键工序宜拍摄照片或进行录像,作为现场记录保存。

7.1.4 所有与工程建设有关的原始数据、试验检测及计算数据、汇总表格,必须如实记录保存。对已经采取措施进行返工和补救的项目,可在原记录和数据上注明,但不得销毁。

7.1.5 施工结束后,应清理现场,处理废弃物,恢复耕地或绿化,做到工完场清。

7.2 滑动层

7.2.1 滑动层铺设应平整均匀,滑动层材料应符合设计要求。

7.2.2 沥青表面处治滑动层在铺筑过程中应随时对铺筑质量进行评定,质量检查的内容、频度、允许偏差应符合表 7.2.2-1 的规定。在铺筑完工后应将施工全线以 1km 作为一个评价路段按表 7.2.2-2 的规定进行全线质量检查和验收。施工单位应在规定时间内提交全线检测结果。

表 7.2.2-1 沥青表面处治滑动层施工过程中工程质量的控制指标

项次	项 目	检查频度及 单点检验评价方法	质量要求或 允许偏差	检验方法
1	外观	随时	集料嵌挤密实, 沥青撒布均匀, 无花白料,接头 无油包	目测
2	集料及沥青用量	每日 1 次逐日评定	$\pm 10\%$	每日施工长度的 实际用量和计划 用量比较,JTG E60 T0982
3	沥青洒布温度	每车 1 次评定	符合 JTG F40 的规定	温度计测量
4	厚度(路中及路两侧 各 1 点)	不少于每 2000m ² 一点,逐点评定	-5mm	JTG E60 T0912
5	平整度(最大间隙)	随时,以连续 10 尺 的平均值评定	10mm	JTG E60 T0931
6	宽度	检测每个断面逐个 评定	$\pm 30\text{mm}$	JTG E60 T0911
7	横坡度	检测每个断面逐个 评定	$\pm 0.5\%$	JTG E60 T0911

表 7.2.2-2 沥青表面处治滑动层交工检查与验收质量标准

项次	项 目	检查频度 (每一侧车道)	质量要求或 允许偏差	检验方法
1	外观	全线	集料嵌挤密实, 沥青撒布均匀, 无花白料,接头 无油包	目测

续表 7.2.2-2

项次	项 目		检查频度 (每一侧车道)	质量要求或 允许偏差	检验方法
2	厚度	代表值	每 200m 每车道 1 点	-5mm	JTG E60 T0921
		极值	每 200m 每车道 1 点	-10mm	
3	路表平整度	标准差	全线每车道连续	4.5mm	JTG E60 T0932
		IRI	全线每车道连续	7.5mm/km	JTG E60 T0933
		最大间隙	10 处/km,各连续 10 尺	10mm	JTG E60 T0931
4	宽度	有测石	20 个断面/km	±3cm	JTG E60 T0911
		无测石	20 个断面/km	不小于设计 宽度	
5	纵断高程		20 个断面/km	±20mm	JTG E60 T0911
6	横坡度		20 个断面/km	±0.5%	JTG E60 T0911
7	沥青用量		1 点/km	±0.5%	JTG E20 T0722
8	矿料用量		1 点/km	±5%	JTG E20 T0722

7.2.3 乳化沥青稀浆滑动层在铺筑施工过程中应对稀浆混合料进行抽样检测,检验要求应符合表 7.2.3-1 的规定;在铺筑完工后应将施工全线以 1km 作为一个评价路段按表 7.2.3-2 的规定进行全线质量检查和验收。施工单位应在规定时间内提交全线检测结果。

表 7.2.3-1 乳化沥青稀浆滑动层施工过程检验要求

项次	项 目	检验频度	质量要求或 允许偏差	检验方法
1	稠度	1 次/100m	适中	经验法
2	油石比	1 次/日	施工配合比的 油石比±0.2%	三控检验法

续表 7.2.3-1

项次	项 目	检验频度	质量要求或允许偏差	检验方法
3	矿料级配	1 次/日	满足施工配合比的矿料级配要求	摊铺过程中从矿料输送带末端接出集料进行筛分
4	外观	全线连续	表面平整、均匀,无离析,无划痕	目测
5	摊铺厚度	5 个断面/km	-10%	钢尺测量或其他有效手段,每个断面中间及两侧各 1 点,取平均值作为检测结果
6	浸水 1h 湿轮磨耗	1 次/7 个工作日	$\leq 800\text{g/m}^2$	—

表 7.2.3-2 乳化沥青稀浆滑动层施工验收要求

项次	项 目		检 验 频 度	质量要求或允许偏差
1	表 观 质 量	外观	全线连续	表面平整、密实、均匀,无松散,无花白料,无轮迹,无划痕
2		横向接缝	每条	对接平顺 不平整 $<3\text{mm}$
3		纵向接缝	全线连续	宽度 $<80\text{mm}$ 不平整 $<6\text{mm}$
4		边线	全线连续	任一 30m 长度范围内的水平波动不得超过 $\pm 50\text{mm}$

续表 7.2.3-2

项次	项 目	检 验 频 度	质量要求或允许偏差
5	渗水系数	3 个点/km	$\leq 10\text{mL/min}$
6	厚度	2 个断面/km	-10%

7.2.4 土工合成防水材料滑动层应检查铺设厚度和布设宽度,搭接情况应符合本规范第 6.5.3 条的规定。

7.3 混凝土面层

7.3.1 预应力混凝土的原材料、配合比设计及混凝土性能等应符合设计要求。

7.3.2 预应力混凝土路面铺筑施工管理包括几何尺寸的控制和检查以及质量控制和检查。

7.3.3 预应力混凝土面层铺筑几何尺寸质量标准及检查项目、频率和方法应符合表 7.3.3-1 和表 7.3.3-2 的规定。

表 7.3.3-1 公路工程预应力混凝土面层铺筑几何尺寸质量及
检验项目、频率和方法

项次	项 目		规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
			高速公路、一级公路	其他公路	高速公路、一级公路	其他公路	
1	相邻板高差(mm)		≤ 2	≤ 3	每 200m 纵 横缝 2 条, 每条 3 处	每 200m 纵 横缝 2 条, 每条 2 处	尺测
2	平整度	平均值	≤ 3	≤ 5	每 200m 纵 向工作缝, 每条 3 处, 每处间隔	每 200m 纵 向工作缝, 每条 2 处, 每处间隔	尺测
		极值	≤ 5	≤ 7	2m 测 3 尺, 共 9 尺	2m 测 3 尺, 共 6 尺	

续表 7.3.3-1

项次	项 目		规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
			高速公路、一级公路	其他公路	高速公路、一级公路	其他公路	
3	接缝顺直度(mm)		≤ 10		每 200m 测 6 条	每 200m 测 4 条	20m 拉 线测
4	中线平面偏位(mm)		≤ 20		每 200m 测 6 条	每 200m 测 4 条	经纬 仪测
5	路面宽度(mm)		$\leq \pm 20$		每 200m 测 6 处	每 200m 测 4 处	尺测
6	纵断高程 (mm)	平均值	± 5	± 10	每 200m 测 6 点	每 200m 测 4 点	水准 仪测
		极值	± 10	± 15			
7	横坡度(%)		± 0.15	± 0.25	每 200m 测 6 个断面	每 200m 测 4 个断面	
8	路缘石顺直度和高度 (mm)		≤ 20	≤ 20	每 200m 测 4 处	每 200m 测 2 处	20m 拉 线测
9	灌缝饱满度(mm)		≤ 2	≤ 3	每 200m 接缝测 6 处	每 200m 接缝测 4 处	测针加 尺测
10	最浅切缝 深度(mm)	缝中有拉 杆、传力杆	≥ 80	≥ 80	每 200m 测 6 处	每 200m 测 4 处	尺测
		缝中无拉 杆、传力杆	≥ 60	≥ 60			

表 7.3.3-2 城镇道路工程预应力混凝土面层铺筑几何尺寸质量及
检验项目、频率和方法

项次	项 目	规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
		城市快速 路、主干路	次干路、 支路	范围	点数	
1	纵断面高程(mm)	± 15		20m	1	水准 仪测

续表 7.3.3-2

项次	项 目		规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
			城市快速路、主干路	次干路、支路	范围	点数	
2	中线偏位(mm)		≤ 20		100m	1	经纬仪测
3	连续摊铺纵缝高差(mm)	标准差 σ (mm)	≤ 1.2	≤ 2	100m	1	测平仪测
		最大间隙(mm)	≤ 3	≤ 5	20m	1	3m 直尺和塞尺连续量 2 尺,取较大值
4	路面宽度(mm)		0~ -20		40m	1	尺测
5	横坡度(%)		± 0.30 且不反坡		20m	1	水准仪测
6	井框与路面高差(mm)		≤ 3		每座	1	十字法。用钢尺和塞尺量,取最大值
7	相邻板高差(mm)		≤ 3		20m	1	用钢尺和塞尺量

续表 7.3.3-2

项次	项 目	规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
		城市快速路、主干路	次干路、支路	范围	点数	
8	纵缝直顺度(mm)	≤ 10		100m	1	用 20m 线和钢尺量
9	横缝直顺度(mm)	≤ 10		40m		
10	蜂窝麻面面积 ^a (%)	≤ 2		20m	1	观察和尺测

注:a 每 20m 查一块板的侧面。

7.3.4 公路工程预应力混凝土路面铺筑质量及检验项目、频率和方法应符合表 7.3.4 的规定;城镇道路工程预应力混凝土路面铺筑质量及检验项目、频率和方法应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

表 7.3.4 预应力混凝土路面铺筑质量及检验项目、频率和方法

项次	项 目		规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
			高速公路、一级公路	其他公路	高速公路、一级公路	其他公路	
1	弯拉强度 ^a (MPa)	标准小梁弯拉强度	在合格标准之内		每班留 2 组~4 组试件,日进度 <500m 留 2 组; ≥500m 留 3 组; ≥1000m 留 4 组	每班留 1 组~3 组试件,日进度 <500m 留 1 组; ≥500m 留 2 组; ≥1000m 留 3 组	JTG E30 T0552、T0558

续表 7.3.4

项次	项 目		规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
			高速公路、一级公路	其他公路	高速公路、一级公路	其他公路	
1	弯拉强度 ^a (MPa)	路面钻芯劈裂强度换算弯拉强度	在合格标准之内		每车道每3km 钻取1个芯样,单独施工硬路肩为1个车道	每车道每2km 钻取1个芯样,单独施工硬路肩为1个车道	JTG E30 T0552、T0561
2	板厚度(mm)		平均值 ≥ -5 ; 极值 ≥ -15 , c_v 值符合设计规定		路面摊铺宽度内每100m 左右各2处,连续摊铺每100m 单边1处	路面摊铺宽度内每100m 左右各1处,连续摊铺每100m 单边1处	板边与岩芯尺测,岩芯最终判定
3	平整度	σ^b (mm)	≤ 1.32	≤ 2.00	所有车道连续检测		车载平整度检测仪
		IRI ^b (m/km)	≤ 2.20	≤ 3.30			
		最大间隙 Δh (mm) (合格率应 $\geq 90\%$)	≤ 3	≤ 5	每半幅车道100m 测2处,每处10尺	每半幅车道200m 测2处,每处10尺	3m 直尺
4	抗滑构造深度 TD (mm)	一般路段	0.7~1.1	0.5~0.9	每车道及硬路肩每200m 测2处	每车道每200m 测1处	铺砂法
		特殊路段 ^c	0.8~1.2	0.6~1.0			

续表 7.3.4

项次	项 目		规定值或允许偏差		检查频率		检验方法
			高速公路、一级公路	其他公路	高速公路、一级公路	其他公路	
5	摩擦系数 SFC	一般路段	≥ 50	—	行车道、超车道全长连续检测,每车道每 20m 连续检测 1 个测点	一般路段免检,仅检查特殊路段,每车道每 20m 连续检测 1 个测点,不足 20m 测 1 个测点	JTG E60 T0965
		特殊路段 ^c	≥ 55	≥ 50			
6	取芯法测定抗冻等级 ^d	严寒地区 ^f	≥ 250	≥ 200	每车道每 3km 钻取 1 个芯样	每车道每 5km 钻取 1 个芯样	JTG E30 T0552
		寒冷地区 ^f	≥ 200	≥ 150			

注:a 标准小梁弯拉强度用于评定施工配合比;路面钻芯劈裂强度用于评价实际面层密实度及弯拉强度。

b 动态平整度 σ 与 IRI 可选测一项。

c 高速公路、一级公路特殊路段指立交匝道、平交口、弯道、变速车道、组合坡度不小于 3%、桥面、隧道路面及收费站广场等处;其他公路系指设超高路段、加宽弯道路段、组合坡度大于或等于 4% 坡道路段、交叉口路段、桥面及其上下坡段、隧道路面及集镇附近路段等处。

d 钻芯法测定抗冻性仅在在有抗冰冻要求的地区必检。

f 严寒地区指当地最冷月平均气温低于 -8°C 的地区;寒冷地区指当地最冷月平均气温低于 $-8^{\circ}\text{C} \sim -3^{\circ}\text{C}$ 的地区。

7.3.5 预应力混凝土路面施工过程中的钢筋工程和模板工程的质量检查和验收应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

7.3.6 无粘结预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器等材料的验收应符合现行行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规

程》JGJ 85 的有关规定。

7.3.7 当无粘结预应力钢绞线采用应力控制方法张拉时,应采用伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计规定;当设计未规定时,其偏差应控制在 $\pm 6\%$ 以内,否则应暂停张拉,待查明原因并采取措施予以调整后,方可继续张拉。对环形筋、U形等曲率半径较小的预应力束,其实际伸长值与理论伸长值的偏差宜通过试验确定。同时张拉多根无粘结预应力钢绞线时,应预先调整其单根无粘结预应力钢绞线的初应力,使相互之间的应力一致,再整体张拉,其偏差的绝对值不得超过按一个构件全部无粘结预应力钢绞线预应力总值的 5% 。

7.3.8 预应力混凝土冬期施工除应符合本规范的规定外,尚应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 的有关规定。其他特殊气候条件下,预应力混凝土路面的施工应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG F30 和《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

附录 A 预应力混凝土路面面板应力分析及 计算流程

A.1 荷载应力分析

A.1.1 预应力混凝土路面面板的临界荷位应为面板纵向边缘中部。

A.1.2 设计轴载在临界荷位处产生的荷载疲劳应力可按下式计算：

$$\sigma_{Lr} = k_f k_c \sigma_L \tag{A.1.2}$$

式中： σ_{Lr} ——荷载疲劳应力(MPa)；

k_f ——考虑设计基准期内荷载应力累积疲劳作用的疲劳应力系数,按本规范附录 A 第 A.1.4 条计算确定；

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,按道路等级查表 A.1.2 确定；

σ_L ——荷载应力(MPa)。

表 A.1.2 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	1.30	1.25	1.20	1.10

A.1.3 设计轴载在临界荷位处产生的荷载应力可按下列公式计算：

$$\sigma_L = 1.02 \times 10^{-3} \times r^{0.60} h^{-2} P_s^{0.94} \tag{A.1.3-1}$$

$$r = 0.537h \left(\frac{E_c}{E_t} \right)^{1/3} \tag{A.1.3-2}$$

式中： r ——预应力混凝土板的相对刚度半径(m)；

h ——混凝土板的厚度(m)；

P_s ——设计轴载的单轴重(kN);

E_c ——混凝土弯拉弹性模量(MPa);

E_t ——基层顶面当量回弹模量(MPa),按本规范附录 A 第 A.1.5 条计算。

A.1.4 设计基准期内的荷载疲劳应力系数可按下式计算:

$$k_f = (N_e)^\nu \quad (\text{A.1.4})$$

式中: N_e ——设计基准期内设计车道所承受的设计轴载累计次数;

ν ——与混合料性质有关的指数,在预应力混凝土路面中, $\nu = 0.057$ 。

A.1.5 新建道路的基层顶面当量回弹模量可按下列公式计算:

$$E_t = ah_x^b E_0 \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^{1/3} \quad (\text{A.1.5-1})$$

$$E_x = \frac{h_1^2 E_1 + h_2^2 E_2}{h_1^2 + h_2^2} \quad (\text{A.1.5-2})$$

$$h_x = \left(\frac{12D_x}{E_x} \right)^{1/3} \quad (\text{A.1.5-3})$$

$$D_x = \frac{h_1^3 E_1 + h_2^3 E_2}{12} + \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} \left(\frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right)^{-1} \quad (\text{A.1.5-4})$$

$$a = 6.22 \times \left[1 - 1.51 \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^{-0.45} \right] \quad (\text{A.1.5-5})$$

$$b = 1 - 1.44 \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^{-0.55} \quad (\text{A.1.5-6})$$

式中: E_0 ——路床顶面的当量回弹模量(MPa);

E_x ——基层和底基层或垫层的当量回弹模量(MPa),按式(A.1.5-2)计算;

E_1 、 E_2 ——基层和底基层或垫层回弹模量(MPa);

h_x ——基层和底基层或垫层的当量厚度(m),按式(A.1.5-3)计算;

D_x ——基层和底基层或垫层的当量弯曲刚度($\text{MN} \cdot \text{m}$),
按式(A. 1. 5-4)计算;

h_1, h_2 ——基层和底基层或垫层的厚度(m);

a, b ——与 E_x/E_0 有关的回归系数, 分别按式(A. 1. 5-5)和式(A. 1. 5-6)计算。

底基层和垫层同时存在时, 可先按式(A. 1. 5-2)~式(A. 1. 5-4)将底基层和垫层换算成具有当量回弹模量和当量厚度的单层, 然后再与基层一起按上述各式计算基层顶面当量回弹模量。无底基层和垫层时, 相应层的厚度和回弹模量分别以零值代入式(A. 1. 5-1)~式(A. 1. 5-6)进行计算。

A. 1. 6 在旧柔性路面上铺筑预应力混凝土面层时, 原柔性路面顶面的当量回弹模量可按式计算:

$$E_1 = 13739\omega_0^{-1.04} \quad (\text{A. 1. 6})$$

式中: ω_0 ——以后轴重 100kN 的车辆进行弯沉测定, 经统计整理后得到的原路面计算回弹弯沉值(0.01mm)。

A. 1. 7 最重轴载在面层板临界荷位处产生的最大荷载应力可按式计算:

$$\sigma_{L, \max} = k_s \sigma_{L, m} \quad (\text{A. 1. 7})$$

式中: $\sigma_{L, \max}$ ——最重轴载在面层板临界荷位处产生的最大荷载应力(MPa);

$\sigma_{L, m}$ ——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(A. 1. 3-1)计算, 式中的设计轴载 P_s 改为最重轴载 P_m (以单轴计, kN)。

A. 2 温度应力分析

A. 2. 1 在临界荷位处产生的温度疲劳应力可按式计算:

$$\sigma_{\Delta T, r} = k_t \sigma_{\Delta T, \max} \quad (\text{A. 2. 1})$$

式中: $\sigma_{\Delta T, r}$ ——路面面板温度疲劳应力(MPa);

k_t ——考虑温度应力累计疲劳作用的温度疲劳应力系数;

$\sigma_{\Delta T, \max}$ ——最大温度梯度时面层板产生的最大温度应力 (MPa)。

A. 2. 2 温度疲劳应力系数可按下式计算：

$$k_t = \frac{f_r}{\sigma_{\Delta T, \max}} \left[a_t \left(\frac{\sigma_{\Delta T, \max}}{f_r} \right)^{b_t} - c_t \right] \quad (\text{A. 2. 2})$$

式中： a_t 、 b_t 、 c_t ——回归系数，按所在地区的公路自然区划查表 A. 2. 2 确定。

表 A. 2. 2 回归系数 a_t 、 b_t 、 c_t

系数	公路自然区划					
	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
a_t	0. 828	0. 855	0. 841	0. 871	0. 837	0. 834
b_t	1. 323	1. 355	1. 323	1. 287	1. 382	1. 270
c_t	0. 041	0. 041	0. 058	0. 071	0. 038	0. 052

A. 2. 3 最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力可按下式计算：

$$\sigma_{\Delta T, \max} = \frac{E_c \alpha_c h T_g}{2} B_L \quad (\text{A. 2. 3})$$

式中： E_c ——混凝土弯拉弹性模量 (MPa)；
 α_c ——混凝土温度膨胀系数 (m/℃)；
 T_g ——混凝土面板的最大温度梯度计算值，按本规范表 3. 0. 6 取用；

B_L ——综合温度翘曲应力和内应力的温度应力系数，按本规范 A. 2. 4 条确定。

A. 2. 4 综合温度翘曲应力和内应力的温度应力系数可按下列公式计算：

$$B_L = 1. 77e^{-4. 48h} C_L - 0. 131(1 - C_L) \quad (\text{A. 2. 4-1})$$

$$C_L = 1 - \frac{\sinh t \cosh t + \cosh t \sinh t}{\cosh t \sinh t + \sinh t \cosh t} \quad (\text{A. 2. 4-2})$$

$$t = \frac{L}{3r} \quad (\text{A. 2. 4-3})$$

式中: C_L ——面层板的温度翘曲应力系数,按式(A. 2. 4-2)计算;

L ——面层板的横缝间距,即板长(m);

r ——预应力混凝土板的相对刚度半径(m)。

A. 3 板底摩阻应力分析

A. 3. 1 最大温度梯度时混凝土板的板底摩阻应力可按式计算:

$$\sigma_F = \mu_r \rho \chi \quad (\text{A. 3. 1})$$

式中: σ_F ——板底摩阻应力(MPa);

μ_r ——板底摩擦系数,宜现场实测;

ρ ——混凝土密度(g/mm^3);

χ ——计算荷位距板端的距离(m),宜取路面面板长度的1/2。

A. 4 预应力混凝土路面面板厚度及配筋计算

A. 4. 1 收集交通资料,应包括:初始年日平均交通量和交通组成(各类车辆的比例)、方向分配系数(来向和去向的比例)、车道分配系数(每个方向有两个以上车道时每个车道的比例)以及交通量的年平均增长率。

A. 4. 2 利用收集的交通资料,应按本规范式(3. 0. 1)计算设计车道的初始年日设计轴载作用次数 N_s ,按本规范表 3. 0. 2 确定公路的交通荷载分级,按本规范表 3. 0. 3-1 确定其设计使用年限。根据公路的交通组织和车道宽度,由本规范表 3. 0. 3-2 选定轮迹横向分布系数 η 。然后,按本规范式(3. 0. 3)计算设计车道使用年限内的设计轴载累计作用次数 N_e 。

A. 4. 3 初拟路面结构,应包括:路基类型和土质、垫层和厚度、基层类型和厚度,并按本规范第 4. 1. 1 条、第 4. 1. 2 条的规定初拟面板厚度和平面尺寸。

A. 4. 4 应按本规范表 3. 0. 5 所列混凝土弯拉强度标准值的最低

要求,设计混凝土混合料组成,同时根据现场试验确定混凝土弹性模量 E_c 。

A.4.5 确定基层顶面当量回弹模量 E_t 。对于新路,按初拟路面结构,应按本规范式(A.1.5-1)计算基层顶面当量回弹模量。当在旧柔性路面上铺筑预应力混凝土面层时,按本规范式(A.1.6)计算原柔性路面顶面当量回弹模量。

A.4.6 计算荷载应力 σ_{Lr} 及 $\sigma_{L,max}$ 。按本规范式(A.1.3-1)分别计算设计轴载及最重轴载产生的荷载应力 σ_L 及 $\sigma_{L,m}$ 。按照交通等级,选定综合系数 k_c 。由第2步得到的 N_c ,按本规范式(A.1.4)计算疲劳荷载应力系数 k_f 。按本规范式(A.1.2)将各项相乘后即得到荷载疲劳应力 σ_{Lr} 。按本规范式(A.1.7)将各项相乘后即得到最大荷载应力 $\sigma_{L,max}$ 。

A.4.7 计算温度应力 $\sigma_{\Delta Tr}$ 及 $\sigma_{\Delta T,max}$ 。按本规范式(A.2.4-1)计算综合温度翘曲应力和内应力的温度应力系数 B_T ,按本规范公路所在自然区划表3.0.6选取最大温度梯度 T_g ,按本规范式(A.2.3)计算最大温度梯度时的温度应力 $\sigma_{\Delta T,max}$,按本规范式(A.2.2)计算温度疲劳应力系数 k_t ,最后由本规范式(A.2.1)计算确定温度疲劳应力 $\sigma_{\Delta Tr}$ 。

A.4.8 计算预应力混凝土路面板底摩阻应力 σ_F 。宜通过现场试验确定 μ_t ,按本规范式(A.3.1)计算板底摩阻应力 σ_F 。

A.4.9 按本规范式(4.1.3-1)计算确定所需的平均压应力值 σ_p 。当求得平均压应力值 σ_p 大于4.0MPa,应增大路面板厚,重复第A.4.5条以后的计算,直至满足所求平均压应力值 σ_p 小于或等于4.0MPa。按本规范式(4.1.3-2)校核路面结构极限状态,并应满足要求;当不满足要求时,应重新进行路面结构设计。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
《通用硅酸盐水泥》GB 175
《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
《道路硅酸盐水泥》GB 13693
《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
《混凝土膨胀剂》GB 23439
《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
《路面稀浆罩面技术规程》CJJ/T 66
《城镇道路路面设计规范》CJJ 169
《混凝土用水标准》JGJ 63
《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85
《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92
《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104
《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40
《公路路基施工技术规范》JTG F10
《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40
《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20
《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30
《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161
《公路工程土工合成材料 防水材料》JT/T 664