

公路水泥混凝土路面施工技术规范

(JTGF30-2003)

1 总则

1.0.1 为适应公路建设和交通运输发展的需要,提高我国公路水泥混凝土路面(简称混凝土路面)工程的施工技术水平,保证其施工质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于采用滑模摊铺机、轨道摊铺机、三辊轴机组、小型机具施工的各级新建或改建公路混凝土路面工程,也适用于采用沥青摊铺机摊铺的碾压混凝土路面工程。

1.0.3 混凝土路面的施工应根据合同及设计文件、施工现场所处的气候、水文、地形等环境条件,选择满足质量指标要求、性能稳定的原材料,确定配合比、设备种类和施工工艺,进行详细的施工组织设计,建立完备的施工质量保障体系。

1.0.4 混凝土路面施工应积极采用新材料、新装备、新工艺和新技术,不断提高混凝土路面工程质量和施工技术水平。

1.0.5 混凝土路面施工除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 路面水泥混凝土

满足路面摊铺工作性、弯拉强度、表面功能、耐久性及经济性等要求的水泥混凝土材料。

2.0.2 滑模铺筑

采用滑模摊铺机铺筑混凝土路面的施工工艺。其特征是不架设边缘固定模板,能够一次完成布料摊铺、振捣密实、挤压成形、抹面修饰等混凝土路面摊铺功能。

2.0.3 轨道铺筑

采用轨道摊铺机铺筑混凝土路面的施工工艺。

2.0.4 三辊轴机组铺筑

采用振捣机、三辊轴整平等机组铺筑混凝土路面的施工工艺。

2.0.5 小型机具铺筑

采用固定模板,人工布料,手持振捣棒、振动板或振捣梁振实,棍杠、修整尺、抹刀整平的混凝土路面施工工艺。

2.0.6 碾压混凝土路面铺筑

采用特干硬性水泥混凝土拌合物,使用沥青摊铺机摊铺、压路机械碾压密实成形的混凝土路面施工工艺。

2.0.7 真空脱水工艺

混凝土路面摊铺后,随即使用真空泵及真空垫等专用吸水装置,将新铺筑路面混凝土中多余水分吸除的一种面层施工工艺。

2.0.8 工作性

混凝土拌合物在浇筑、振捣、成形、抹平等过程中的可操作性。它是拌合物流动性、可塑性、稳定性和易密性的综合体现。

2.0.9 振动粘度系数

在特定振动能量作用下,混凝土拌合物内部阻碍水泥、粗细集料、气泡等质点相对运动的摩阻能力。它反映了振捣时混凝土拌合物中气体上升排除、集料下沉稳固的难易程度,用于测定混凝土拌合物的振捣易密性。

2.0.10 碾压混凝土压实度

干硬性混凝土拌合物现场压实后的湿密度与配合比设计时标准压实(空隙率为4%)下湿密度之比

2.0.11 改进 VC 值

用于测定碾压混凝土拌合物稠度的一种改进的维勃工作度。

2.0.12 振捣棒的有效作用半径

插入式振捣棒在混凝土拌合物中能振实该拌合物的作用距离。

2.0.13 构造深度

使用拉毛、塑性刻槽或硬性刻槽等工艺制作的沟槽或纹理的平均深度。

2.0.14 基准水泥混凝土

不掺掺合料或外加剂的水泥混凝土。在对比掺合料的使用效果时，为不掺掺合料但掺有外加剂的混凝土；在比较外加剂的使用效果时，为无掺合料和外加剂、用基准水泥配制的混凝土。

2.0.15 粉煤灰超量取代法

通过超量取代水泥使粉煤灰混凝土与基准混凝土在相同龄期时获得同等强度的掺配方法。

2.0.16 粉煤灰超量取代系数

粉煤灰掺入量与其所取代水泥量的比值。

2.0.17 填缝料形状系数

填缝料灌缝时的深度与宽度之比

2.0.18 前置钢筋支架法

混凝土路面铺筑过程中，布料前在基层上预先安置胀缝或缩缝传力杆钢筋支架的一种施工方法。

2.0.19 传力杆插入装置

滑模摊铺机配备的一种可自动插入缩缝传力杆的装置。

2.0.20 碱集料反应

指混凝土中的碱和环境中可能渗入的碱与集料中的碱活性矿物成分在混凝土固化后缓慢发生导致混凝土破坏的化学反应。

2.0.21 亚甲蓝 MB 值

用于判定机制砂中粒径小于 75 μm 的颗粒主要是泥土还是石粉的指标。

2.0.22 砂浆磨光值

经磨光后砂浆表面的摩擦系数。

2.0.23 填充体积率

混凝土中粗集料的体积占有率。用 1m³混凝土中粗集料用量除以其视密度计算。

2.0.24 轻物质

表观密度小于 2000kg/m³ 的物质。

3 原材料技术要求

3.1 水泥

3.1.1 特重、重交通路面宜采用旋窑道路硅酸盐水泥，也可采用旋窑硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；中、轻交通的路面可采用矿渣硅酸盐水泥；低温天气施工或有快通要求的路段可采用 R 型水泥，此外宜采用普通型水泥。各交通等级路面水泥抗折强度、抗压强度应符合表 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 各交通等级路面水泥各龄期的抗折强度、抗压强度

交通等级	特重交通		重交通		中、轻交通	
龄期(d)	3	28	3	28	3	28
抗压强度(MPa), \geq	25.5	57.5	22.0	52.5	16.0	42.5
抗折强度(MPa), \geq	4.5	7.5	4.0	7.0	3.5	6.5

3.1.2 水泥进场时每批量应附有化学成分、物理、力学指标合格的检验证明。各交通等级路面所使用水泥的化学成分、物理性能等路用品质要求应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 各交通等级路面所使用水泥的化学成分和物理指标

水泥性能	特重、重交通路面	中、轻交通路面
铝酸三钙	不宜>7.0%	不宜>9.0%
铁铝酸四钙	不宜<15.0%	不宜<12.0%
游离氧化钙	不得>1.0%	不得>1.5%
氧化镁	不得>5.0%	不得>6.0%
三氧化硫	不得>3.5%	不得>4.0%
碱含量	$\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}\leq 0.6\%$	怀疑有碱活性集料时， $\leq 0.6\%$ ；无碱活性集料时， $\leq 1.0\%$
混合材种类	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土，有抗盐冻要求时不得掺石灰、石粉	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土，有抗盐冻要求时不得掺石灰、石粉
出磨时安定性	雷氏夹或蒸煮法检验必须合格	蒸煮法检验必须合格
标准稠度需水量	不宜>28%	不宜>30%
烧失量	不得>3.0%	不得>5.0%
比表面积	宜在 $300\sim 450\text{m}^2/\text{kg}$	宜在 $300\sim 450\text{m}^2/\text{kg}$
细度(80 μm)	筛余量不得>10%	筛余量不得>10%
初凝时间	不早于 1.5h	不早于 1.5h
终凝时间	不迟于 10h	不迟于 10h
28d 干缩率	不得>0.09%	不得>0.10%
耐磨性	不得>3.6 kg/m^2	不得>3.6 kg/m^2

注：28d 干缩率和耐磨性试验方法采用《道路硅酸盐水泥》(GB13693)标准。

3.1.3 选用水泥时，除满足表 3.1.1、3.1.2 的各项规定外，还应通过混凝土配合比试验，根据其配制弯拉强度、耐久性和工作性优选适宜的水泥品种、强度等级。

3.1.4 采用机械化铺筑时，宜选用散装水泥。散装水泥的夏季出厂温度：南方不宜高于 65℃，北方不宜高于 55℃；混凝土搅拌时的水泥温度：南方不宜高于 60℃，北方不宜高于 50℃，且不宜低于 10℃。

3.1.5 当贫混凝土和碾压混凝土用做基层时，可使用各种硅酸盐类水泥。不掺用粉煤灰时，宜使用强度等级 32.5 级以下的水泥。掺用粉煤灰时，只能使用道路水泥、硅酸盐水泥、普通水泥。水泥的抗压强度、抗折强度、安定性和凝结时间必须检验合格。

3.2 粉煤灰及其他掺合料

混凝土路面在掺用粉煤灰时，应掺用质量指标符合表 3.2.1 规定的电收尘 I、II 级干排或磨细粉煤灰，不得使用 III 级粉煤灰。贫混凝土、碾压混凝土基层或复合式路面下面层应掺用符合表 3.2.1 规定的 III 级或 III 级以上粉煤灰，不得使用等外粉煤灰。

表 3.2.1 粉煤灰分级和质量指标

等级	细度 ① (45 μm 气流筛，筛余量)(%)	烧失量 (%)	需水量比 (%)	含水量 (%)	Cl ⁻ (%)	SO ₃ (%)	混合砂浆活性指数②	
							7d	28d
I	≤ 12	≤ 5	≤ 95	≤ 1.0	< 0.02	≤ 3	≥ 75	$\geq 85(75)$

II	≤20	≤8	≤105	≤1.0	<0.02	≤3	≥70	≥80(62)
III	≤45	≤15	≤115	≤1.5	—	≤3	—	—

注：①45μm 气流筛的筛余量换算为 80μm 水泥筛的筛余量时换算系数约为 2.4；

②混合砂浆的活性指数为掺粉煤灰的砂浆与水泥砂浆的抗压强度比的百分数，适用于所配制混凝土强度等级≥C40 的混凝土；当配制的混凝土强度等级<C40 时，混合砂浆的活性指数要求应满足 28d 括号中的数值。

3.2.2 粉煤灰宜采用散装灰，进货应有等级检验报告。应确切了解所用水泥中已经加入的掺合料种类和数量。

3.2.3 路面和桥面混凝土中可使用硅灰或磨细矿渣，使用前应经过试配检验，确保路面和桥面混凝土弯拉强度、工作性、抗磨性、抗冻性等技术指标合格。

3.3 粗集料

3.3.1 粗集料应使用质地坚硬、耐久、洁净的碎石、碎卵石和卵石，并应符合表 3.3.1 的规定。高速公路、一级公路、二级公路及有抗冻(盐)要求的三、四级公路混凝土路面使用的粗集料级别应不低于 II 级，无抗(盐)冻要求的三、四级公路混凝土路面、碾压混凝土及贫混凝土基层可使用 III 级粗集料。有抗(盐)冻要求时，I 级集料吸水率不应大于 1.0%；II 级集料吸水率不应大于 2.0%。

表 3.3.1 碎石、碎卵石和卵石技术指标

项目	技术要求		
	I 级	II 级	III 级
碎石压碎指标(%)	<10	<15	<20①
卵石压碎指标(%)	<12	<14	<16
坚固性(按质量损失计%)	<5	<8	<12
针片状颗粒含量(按质量计%)	<5	<15	<20②
含泥量(按质量计%)	<0.5	<1.0	<1.5
泥块含量(按质量计%)	<0	<0.2	<0.5
有机物含量(比色法)	合格	合格	合格
流化物及流酸盐(按 SO ₃ 质量计)	<0.5	<1.0	<1.0
岩石抗压强度	火成岩不应小于 100MPa；变质岩不应小于 80MPa；水成岩不应小于 60MPa		
表观密度	>2500kg/m ³		
松散堆积密度	>1350 kg/m ³		
空隙率	<47%		
碱集料反应	经碱集料反应试验后，试件无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定试验龄期的膨胀率应小于 0.10%。		

注：①III级碎石的压碎指标，用做路面时，应小于 20%；用做下面层或基层时，可小于 25%；

②III级粗集料的针片状颗粒含量，用做路面时，应小于 20%；用做下面层或基层时，可小于 25%。

3.3.2 用做路面和桥面的混凝土的粗集料不得使用不分级的统料，应按最大公称粒径的

不同采用 2~4 个粒级的集料进行掺配，并应符合表 3.3.2 合成级配的要求。卵石最大公称粒径不宜大于 19.0mm；碎卵石最大公称粒径不宜大于 26.5mm；碎石最大公称粒径不应大于 31.5mm。贫混凝土基层粗集料最大公称粒径不应大于 31.5mm；钢纤维混凝土与碾压混凝土粗集料最大公称粒径不宜大于 19.0mm。碎卵石或碎石中粒径小于 75 μ m 的石粉含量不宜大于 1%。

表 3.3.2 粗集料级配范围

		方筛孔尺寸(mm)							
		2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
		累计筛余(以质量计)(%)							
合成级配	4.75~16	95~100	85 ~ 100	40 ~ 60	0~10				
	4.75~19	95~100	85 ~ 90	60 ~ 75	30 ~ 45	0~5	0		
	4.75 ~ 26.5	95~100	90 ~ 100	70 ~ 90	50 ~ 70	25 ~ 40	0~5	0	
	4.75 ~ 31.5	95~100	90 ~ 100	75 ~ 90	60 ~ 75	40 ~ 60	20 ~ 35	0~5	0
粒级	4.75~9.5	95~100	80 ~ 100	0~15	0				
	9.5~16		95 ~ 100	80 ~ 100	0~15	0			
	9.5~19		95 ~ 100	85 ~ 100	40 ~ 60	0~15	0		
	16~26.5			95 ~ 100	55 ~ 70	25 ~ 40	0~10	0	
	16~31.5			95 ~ 100	85 ~ 100	55 ~ 70	25 ~ 40	0~10	0

3.4 细集料

3.4.1 细集料应采用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂、机制砂或混合砂，并应符合表 3.4.1 的规定。高速公路、一级公路、二级公路及有抗(盐)冻要求的三、四级公路混凝土路面使用的砂应不低于Ⅱ级，无抗(盐)冻要求的三、四级公路混凝土路面、碾压混凝土及贫混凝土基层可采用Ⅲ级砂。特重、重交通混凝土路面宜使用河砂，砂的硅质含量不应低于 25%。

表 3.4.1 细集料技术指标

项目	技术要求		
	I 级	Ⅱ级	Ⅲ级
机制砂单粒级最大压碎指标(%)	<20	<25	<30
氯化物(氯离子质量计%)	<0.01	<0.02	<0.06
坚固性(按质量损失计%)	<6	<8	<10
云母(按质量计%)	<1.0	<2.0	<2.0
天然砂、机制砂含泥量(按质量计%)	<1.0	<2.0	<3.0①
天然砂、机制砂泥块含量(按质量计%)	<0	<1.0	<2.0
机制砂 PH 值<1.4 或合格石粉含量②(按质量计%)	<3.0	<5.0	<7.0

机制砂 PH 值 ≥ 1.4 或不合格石粉含量(按质量计%)	<1.0	<3.0	<5.0
有机物含量(比色法)	合格		
流化物级流酸盐(按 SO ₃ 质量计%)	<0.5		
轻物质(按质量计%)	<1.0		
机制砂母岩抗压强度	火成岩不应小于 100MPa; 变质岩不应小于 80MPa; 水成岩不应小于 60MPa。		
表观密度	$>2500\text{kg/m}^3$		
松散堆积密度	$>1350\text{ kg/m}^3$		
空隙率	$<47\%$		
碱集料反应	经碱集料反应试验后, 由砂配制的试件无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象, 在规定试验龄期的膨胀率应小于 0.10%		

注: ①天然Ⅲ级砂用做路面时, 含泥量应小于 3%; 用做贫混凝土基层时, 可小于 5%。

②亚甲蓝试验 MB 试验方法见附录 B。

3.4.2 细集料的级配要求应符合表 3.4.2 的规定, 路面和桥面用天然砂宜为中砂, 也可使用细度模数在 2.0~3.5 之间的砂。同一配合比用砂的细度模数变化范围不应超过 0.3, 否则, 应分别堆放, 并调整配合比中的砂率后使用。

表 3.4.2 细集料级配范围

砂分级	方筛孔尺寸(mm)					
	0.15	0.30	0.60	1.18	2.36	4.75
	累计筛余(以质量计)(%)					
粗砂	90~100	80~95	71~85	35~65	5~35	0~10
中砂	90~100	70~92	41~70	10~50	0~25	0~10
细砂	90~100	55~85	16~40	0~25	0~15	0~10

3.4.3 路面和桥面混凝土所使用的机制砂除应符合表 3.4.1 和表 3.4.2 规定外, 还应检验砂浆磨光值, 其值宜大于 35, 不宜使用抗磨性较差的泥岩、页岩、板岩等水成岩类母岩品种生产机制砂。配制机制砂混凝土应同时掺引气高效减水剂。

3.4.4 在河砂资源紧缺的沿海地区, 二级及二级以下公路混凝土路面和基层可使用淡化海砂, 缩缝设传力杆混凝土路面不宜使用淡化海砂; 钢筋混凝土及钢纤维混凝土路面和桥面不得使用淡化海砂。淡化海砂除应符合表 3.4.1 和表 3.4.2 要求外, 尚应符合下述规定:

淡化海砂带入每立方米混凝土中的含盐量不应大于 1.0kg。

淡化海砂中碎贝壳等甲壳类动物残留物含量不应大于 1.0%。

与河砂对比试验, 淡化海砂应对砂浆磨光值、混凝土凝结时间、耐磨性、弯拉强度等无不利影响。

3.5 水

3.5.1 饮用水可直接作为混凝土搅拌和养护用水。对水质有疑问时, 应检验下列指标, 合格者方可使用。

流酸盐含量(按 SO₄²⁻计)小于 0.0027mg/mm³。

含盐量不得超过 0.005 mg/mm³。

PH 值不得小于 4。

不得含有油污、泥和其他有害杂质。

3.6 外加剂

3.6.1 外加剂的产品质量应符合表 3.6.1 的各项技术指标。供应商应提供有相应资质外加剂检测机构的品质检测报告，检测报告应说明外加剂的主要化学成分，认定对人员无毒副作用。

表 3.6.1 混凝土外加剂产品的技术性能指标

试验项目		普通 减水剂	高效 减水剂	早强 减水剂	缓凝 高效 减水剂	缓凝 减水剂	引气 减水剂	早强 剂	缓凝 剂	引气 剂
减水率(%), \leq		8	15	8	15	8	12	—	—	6
泌水率比 (%), \leq		95	90	95	100	100	70	100	100	70
含气量(%)		≤ 3.0	≤ 4.0	≤ 3.0	< 4.5	< 5.5	> 3.0			> 3.0
凝 结 时 间 (min)	初凝	-90 ~ +120	-90 ~ +120	-90 ~ +90	$> +90$	$> +90$	-90 ~ +120	-90 ~ +90	$> +90$	-90 ~ +120
	终凝									
抗 压 强 度 比 (%), \leq	1d	—	140	140	—	—	—	135	—	—
	3d	115	130	130	125	100	115	130	100	95
	7d	115	125	115	125	110	110	110	100	95
	28d	110	120	105	120	110	100	100	100	90
收 缩 率 比 (%)28d, \geq		120	120	120	120	120	120	120	120	120
抗冻标号		50	50	50	50	50	200	50	50	200
对钢筋锈蚀 作用		应说明对钢筋无锈蚀危害								

注：①除含气量外，表中数据为掺外加剂混凝土与基准混凝土差值或比值；

②凝结时间指标“—”表示提前，“+”表示延缓。

3.6.2 引气剂应选用表面张力降低值大、水泥稀浆中起泡容量多而细密、泡沫稳定时间长、不溶残渣少的产品。有抗冰(盐)冻要求地区，各交通等级路面、桥面、路缘石、路肩及贫混凝土基层必须使用引气剂；无抗冰(盐)冻要求地区，二级及二级以上公路路面混凝土中应使用引气剂。

3.6.3 各交通等级路面、桥面混凝土宜选用减水率大、坍落度损失小、可调控凝结时间的复合型减水剂。高温施工宜使用引气缓凝(保塑)(高效)减水剂；低温施工宜使用引气早强(高效)减水剂。选定减水剂品种前，必须与所用的水泥进行适应性检验。

3.6.4 处在海水、海风、氯离子、硫酸根离子环境的或冬季洒除冰盐的路面或桥面钢筋混凝土、钢纤维混凝土中宜掺阻锈剂。

3.7 钢筋

3.7.1 各交通等级混凝土路面、桥面和搭板所用钢筋网、传力杆、拉杆等钢筋应符合国家有关标准的技术要求。

3.7.2 各交通等级混凝土路面、桥面和搭板所用钢筋应顺直，不得有裂纹、断伤、刻痕、表面油污和锈蚀。传力杆钢筋加工应锯断，不得挤压切断；断口应垂直、光圆，用砂轮打磨掉毛刺，并加工成 2~3mm 圆倒角。

3.8 钢纤维

3.8.1 用于公路混凝土路面和桥面的钢纤维除应满足《混凝土用钢纤维》(YB/T151)的规定外,还应符合下列技术要求:

单丝钢纤维抗拉强度不宜小于 600 MPa。

钢纤维长度应与混凝土粗集料最大公称粒径相匹配,最短长度宜大于粗集料最大公称粒径的 1/3;最大长度宜大于粗集料最大公称粒径的 2 倍;钢纤维长度与标称值的偏差不应超过±10%。

3.8.2 路面和桥面混凝土中,宜使用防锈蚀处理的钢纤维;宜使用有锚固端的钢纤维。不得使用表面磨损前后裸露尖端导致行车不安全的钢纤维;不宜使用搅拌易成团的钢纤维。

3.9 接缝材料

3.9.1 应选用能适应混凝土面板膨胀和收缩、施工时不变形、弹性复原率高、耐久性好的胀缝板。高速公路、一级公路宜采用塑胶、橡胶泡沫板或沥青纤维板;其他公路可采用各种胀缝板。其技术要求应符合表 3.9.1 的规定。

表 3.9.1 胀缝板的技术要求

试验项目	胀缝板种类		
	木材类	塑胶、橡胶泡沫类	纤维类
压缩应力(MPa)	5.0~20.0	0.2~0.6	2.0~10.0
弹性复原率(%)	≥55	≥90	≥65
挤出量(mm)	<5.5	<5.0	<3.0
弯曲荷载(N)	100~400	0~50	5~40

注:各类胀缝板吸水后的压缩应力不应小于不吸水的 90%,木板应去除结疤,沥青浸泡后木板厚度应为(20~25)±1mm。

3.9.2 填缝材料应具有与混凝土板壁粘结牢固、回弹性好、不溶于水、不渗水,高温时不挤出、不流淌、抗嵌入能力强、耐老化龟裂,负温拉伸量大,低温时不脆裂、耐久性好等性能。填缝料有常温施工式和加热施工式两种,其技术指标应分别符合表 3.9.2-1、表 3.9.2-2 的规定。常温施工式填缝料主要有聚(氨)酯、硅树脂类,氯丁橡胶、沥青橡胶类等。加热施工式填缝料主要有沥青马蹄脂类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类等。高速公路、一级公路应优先使用数脂类、橡胶类或改性沥青类填缝材料,并宜在填缝料中加入耐老化剂。

表 3.9.2-1 常温施工式填缝料技术要求

试验项目	低弹性型	高弹性型
失粘(固化)时间(h)	6~24	3~16
弹性复原率(%)	≥75	≥90
流动度(mm)	0	0
(-10℃)拉伸量(mm)	≥15	≥25
与混凝土粘结强度(MPa)	≥0.2	≥0.4
粘结延伸率(%)	≥200	≥400

注:低弹性型适宜在气候严寒、寒冷地区使用;高弹性型适宜在炎热、温暖地区使用。

表 3.9.2-2 加热施工式填缝料技术要求

试验项目	低弹性型	高弹性型
针入度(0.01mm)	<50	<90
弹性复原率(%)	≥30	≥60
流动度(mm)	<5	<2

(-10℃)拉伸量(mm)	≥10	≥15
---------------	-----	-----

3.9.3 填缝时应使用背衬垫条控制填缝形状系数。背衬垫条应具有良好的弹性、柔韧性、不吸水、耐酸碱腐蚀和高温不软化等性能。背衬垫条材料有聚氨酯、橡胶或微孔泡沫塑料等，其形状应为圆柱形，直径应比接缝宽度大 2~5mm。

3.10 其他材料

3.10.1 当使用油毡、玻纤网和土工织物做防裂层及修补基层裂缝时，油毡的物理力学性能应符合《石油沥青玻璃纤维胎油毡》(GB/T14686)或《石油沥青玻璃布胎油毡》(JC/T84)的规定；玻纤网和土工织物的技术性能应满足《公路土工合成材料应用技术规范》(JTJ/T019)的规定。

3.10.2 传力杆套(管)帽、沥青及塑料薄膜应符合下列要求：

用于滑模摊铺传力杆自动插入装置(DBI)缩缝传力杆塑料套管，其管壁厚度不应小于 0.5mm，套管与传力杆应密切贴合，套管长度应比传力杆一半长度长 30mm。

用于胀缝传力杆端部的套帽宜采用镀锌管或塑料管，厚度不应小于 2.0mm；要求端部密封不透水，内径宜较传力杆直径大 1.0~1.5mm，塑料套帽长度宜为 100mm 左右，镀锌套帽长度宜为 50mm 左右，顶部空隙长度均不应小于 25mm。

用于滑动封层的石油沥青、改性沥青和乳化沥青，应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)和《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ036)的规定。

用于滑动封层的软聚氯乙烯吹塑或压延塑料薄膜厚度不应小于 0.12mm，拉伸强度不应小于 12.0MPa，直角撕裂强度不应小于 400N/mm。用于混凝土路面养生塑料薄膜可为聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等品种，厚度不宜小于 0.05mm。

用于混凝土路面养护的养生剂性能应符合表 3.10.3 的规定。

表 3.10.3 混凝土路面施工用养生剂的技术指标

检验项目		一级品	合格品
有效保水率①，不小于(%)		90	75
抗压强度比②，不小于(%)	7d	95	90
	28d	95	90
磨损量③，不大于(kg/m ²)		3.0	3.5
含固量，不小于(%)		20	
干燥时间，不短于(h)		4	
成膜后浸水溶解性④		应注明不溶或可溶	
成膜耐热性		合格	

注：①有效保水率试验条件：温度 38℃±2℃；相对湿度 32%±3%；风速 0.5±0.2m/s；失水时间 72h；

②抗压强度比也可弯拉强度比，指标要求相同，可根据工程需要和用户要求选测；

③在对有耐磨性要求的表面上使用养生剂时为必检项目；

④露天养生的永久性表面，必须为不溶；在要求继续浇筑的混凝土结构上使用，应使用可溶，该指标由供需双方协商。

4 混凝土配合比

4.1 普通混凝土配合比设计

4.1.1 普通混凝土配合比设计适用于滑模摊铺机、轨道摊铺机、三辊轴机组及小型机具四种施工方式。

4.1.2 普通混凝土路面的配合比设计在兼顾经济性的同时应满足下列三项技术要求：

弯拉强度

各交通等级路面板的 28d 设计弯拉强度标准值 f_r 应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)的规定。
应按式(4.1.2)计算配制 28d 弯拉强度的均值。

$$f_c = \frac{f_r}{1 - 1.04c_v + ts} \quad (4.1.2)$$

式中：

f_c —配制 28d 弯拉强度的均值(MPa)；
 f_r —设计弯拉强度标准值(MPa)；
 s —弯拉强度试验样本的标准差(MPa)；
 t —保证率系数，应按表 4.1.2-1 确定；
表 4.1.2-1 保证率系数 t

公路技术等级	判别概率 p	样本数 n (组)				
		3	6	9	15	20
高速公路	0.05	1.36	0.79	0.61	0.45	0.39
一级公路	0.10	0.95	0.59	0.46	0.35	0.30
二级公路	0.15	0.72	0.46	0.37	0.28	0.24
三、四级公路	0.20	0.56	0.37	0.29	0.22	0.19

c_v —弯拉强度变异系数，应按统计数据在表 4.1.2-2 的规定范围内取值；在无统计数据时，弯拉强度变异系数应按设计取值；如果施工配制弯拉强度超出设计给定的弯拉强度变异系数上限，则必须改进机械装备和提高施工控制水平。

表 4.1.2-2 各级公路混凝土路面弯拉强度变异系数

公路技术等级	高速公路	一级公路		二级公路	三、四级公路	
混凝土弯拉强度变异水平等级	低	低	中	中	中	高
弯拉强度变异系数 c_v 允许变化范围	0.05~0.10	0.05~0.10	0.10~0.15	0.10~0.15	0.10~0.15	0.15~0.20

工作性

滑模摊铺机前拌合物最佳工作性及允许范围应符合表 4.1.2-3 的规定。

表 4.1.2-3 混凝土路面滑模摊铺最佳工作性及允许范围

指标界限	坍落度 SL (mm)		振动粘度系数 η (N s/m ²)
	卵石混凝土	碎石混凝土	
最佳工作性	20~40	25~50	200~500
允许波动范围	5~55	10~65	100~600

注：(1)滑模摊铺机适宜的摊铺速度应控制在 0.5~2.0m/min 之间；
(2)本表适用于设超铺角的滑模摊铺机；对不设超铺角的滑模摊铺机，最佳振动粘度系数为 250~600 N s/m²；最佳坍落度卵石为 10~40mm；碎石为 10~30mm；
(3)滑模摊铺时的最大单位用水量卵石混凝土不宜大于 155kg/m³；碎石混凝土不宜大于 160 kg/m³。
轨道摊铺机、三辊轴机组、小型机具摊铺的路面混凝土坍落度及最大单位用水量，应满

足表 4.1.2-4 的规定。

表 4.1.2-4 不同路面施工方式混凝土坍落度及最大单位用水量

摊铺方式	轨道摊铺机摊铺		三辊轴机组摊铺		小型机具摊铺	
出机坍落度(mm)	40~60		30~50		10~40	
摊铺坍落度(mm)	20~40		10~30		0~20	
最大单位用水量(kg/m ³)	碎石 156	卵石 153	碎石 153	卵石 148	碎石 150	卵石 145

注：(1)表中的最大单位用水量系采用中砂、粗细集料为风干状态的取值，采用细砂时，应使用减水率较大的(高效)减水剂；

(2)使用碎卵石时，最大单位用水量可取碎石与卵石中值。

耐久性

根据当地路面抗冻性、有抗冻性或有抗盐冻性要求及混凝土最大公称粒径，路面混凝土含气量宜符合表 4.1.2-5 的规定。

表 4.1.2-5 路面混凝土含气量及允许偏差(%)

最大公称粒径(mm)	无抗冻性要求	有抗冻性要求	有抗盐冻要求
19.0	4.0±1.0	5.0±0.5	6.0±0.5
26.5	3.5±1.0	4.5±0.5	5.5±0.5
31.5	3.5±1.0	4.0±0.5	5.0±0.5

各交通等级路面混凝土满足耐久性要求的最大水灰(胶)比和最小单位水泥用量应符合表 4.1.2-6 的规定。最大单位水泥用量不宜大于 400kg/m³；掺粉煤灰时，最大单位胶材总量不宜大于 420 kg/m³。

表 4.1.2-6 混凝土满足耐久性要求的最大水灰(胶)比和最小单位水泥用量

公路技术等级		高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
最大水灰(胶)比		0.44	0.46	0.48
抗冰冻要求最大水灰(胶)比		0.42	0.44	0.46
抗盐冻要求最大水灰(胶)比		0.40	0.42	0.44
最小单位水泥用量(kg/m ³)	42.5 级	300	300	290
	32.5 级	310	310	305
抗冰(盐)冻时最小单位水泥用量(kg/m ³)	42.5 级	320	320	315
	32.5 级	330	330	325
掺粉煤灰时最小单位水泥用量(kg/m ³)	42.5 级	260	260	255
	32.5 级	280	270	265
抗冰(盐)冻掺粉煤灰最小单位水泥用量(42.5 级水泥)(kg/m ³)		280	270	265

注：①掺粉煤灰，并有抗冰(盐)冻要求时，不得使用 32.5 级水泥；

②水灰(胶)比计算以砂石料的自然风干状态计(砂含水量≤1.0%；石子含水量≤0.5%)；

③处在除冰盐、海风、酸雨或流酸盐等腐蚀性环境中、或在大纵坡等加减速车道上的混凝土，最大水灰(胶)比可比表中数值降低 0.01~0.02。

严寒地区路面混凝土抗冻标号不宜小于 F250，寒冷地区不宜小于 F200。

在除冰盐、海风、酸雨或流酸盐等腐蚀性环境影响范围内的混凝土路面和桥面，在使用硅酸盐水泥时，应掺加粉煤灰、磨细矿渣或硅灰掺合料，不宜单独使用硅酸盐水泥，可使用矿渣水泥或普通水泥。

4.1.3 外加剂的使用应符合下列要求

高温施工时，混凝土拌合物的初凝时间不得小于 3h，否则应采取缓凝或保塑措施；低温

施工时，终凝时间不得大于 10h，否则应采取必要的促凝或早强措施。
外加剂的掺量应由混凝土试配试验确定。引气剂的适宜掺量可由搅拌机口的拌合物含气量进行控制。实际路面和桥面引气混凝土的抗冰冻、抗盐冻耐久性，宜采用本规范附录 F.1、F.2 规定的钻芯法测定，测定位置：路面为表面和表面下 50mm；桥面为表面和表面下 30mm；测得的上下两个表面的最大平均气泡间距系数不宜超过表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 混凝土路面和桥面最大平均气泡间距系数(μm)

公路技术等级 环境		高速公路、一级公路	其他公路
严寒地区	冰冻	275	300
	盐冻	225	250
寒冷地区	冰冻	325	350
	盐冻	275	300

引气剂与减水剂或高效减水剂等其他外加剂复配在同一水溶液中时，应保证其共溶性，防止外加剂溶液发生絮凝现象。如产生絮凝现象，应分别稀释、分别加入。

配合比参数的计算应符合下列要求

水灰(胶)比的计算和确定

根据粗集料的类型，水灰比可分别按下列统计公式计算：

碎石和碎卵石混凝土：

$$\frac{W}{C} = \frac{1.5684}{f_c + 1.0097 - 0.3595f_s} \quad (4.1.4-1)$$

卵石混凝土：

$$\frac{W}{C} = \frac{1.2618}{f_c + 1.5492 - 0.4709f_s} \quad (4.1.4-2)$$

式中：

$\frac{W}{C}$ —水灰比；

f_c —配制 28d 弯拉强度的均值(MPa)；

f_s —水泥实测 28d 抗折强度(MPa)。

掺用粉煤灰时应计入超量取代法中代替水泥的那一部分粉煤灰用量(代替砂的超量部分不计入)，用水胶比 $\frac{W}{C+F}$ 代替水灰比 $\frac{W}{C}$ 。

应在满足弯拉强度计算值和耐久性(表 4.1.2-6)两者要求的水灰(胶)比中取小值。

砂率应根据砂的细度模数和粗集料种类，查表 4.1.4 取值。在软做抗滑槽时，砂率在表 4.1.4 基础上可增大 1%~2%。

表 4.1.4 砂的细度模数与最优砂率关系

砂细度模数		2.2~2.5	2.5~2.8	2.8~3.1	3.1~3.4	3.4~3.7
砂率 Sp(%)	碎石	30~34	32~36	34~38	36~40	38~42
	卵石	28~32	30~34	32~36	34~38	36~40

注：碎卵石可在碎石和卵石混凝土之间内插取值。

根据粗集料种类和表 4.1.2-3、4.1.2-4 中适宜的坍落度，分别按下列经验式计算单位用水量(砂石料以自然风干状态计)：

$$\text{碎石： } W_0 = 104.97 + 0.309SL + 11.27 \frac{C}{W} + 0.61SP \quad (4.1.4-3)$$

$$\text{卵石: } W_o = 86.89 + 0.370SL + 11.24 \frac{C}{W} + 1.00SP \quad (4.1.4-4)$$

式中:

W_o —不掺外加剂与掺合料混凝土的单位用水量(kg/m^3);

SL —坍落度(mm);

SP —砂率(%);

$\frac{C}{W}$

$\frac{C}{W}$ —灰水比, 水灰比之倒数。

掺外加剂的混凝土单位用水量应按式(4.1.4-5)计算:

$$W_{ow} = W_o \left(1 - \frac{\beta}{100} \right) \quad (4.1.4-5)$$

式中:

W_{ow} —掺外加剂混凝土的单位用水量(kg/m^3);

β —所用外加剂剂量的实测减水率(%)。

单位用水量应取计算值和表 4.1.2-3 或 4.1.2-4 的规定值两者中的小值。若实际单位用水量仅掺引气剂不满足所取数值, 则应掺用引气(高效)减水剂, 三、四级公路也可采用真空脱水工艺。

单位水泥用量应由公式(4.1.4-6)计算, 并取计算值与表 4.1.2-6 规定值两者中的大值。

$$C_o = \left(\frac{C}{W} \right) W_o \quad (4.1.4-6)$$

式中:

C_o —单位水泥用量(kg/m^3)。

砂石料用量可按密度法或体积法计算。按密度法计算时, 混凝土单位质量可取 2400~2450 kg/m^3 ; 按体积法计算时, 应计入设计含气量。采用超量取代法掺用粉煤灰时, 超量部分应代替砂, 并折减用砂量。经计算得到的配合比, 应验算单位粗集料填充体积率, 且不宜小于 70%。

重要路面、桥面工程应采用正交试验法进行配合比优选。

4.1.5 采用真空脱水工艺时, 可采用比经验式(4.1.4-3、4.1.4-4)计算值略大的单位用水量, 但在真空脱水后, 扣除每立方米混凝土实际吸除的水量, 剩余单位用水量和剩余水灰(胶)比分别不宜超过表 4.1.2-4 最大单位用水量和表 4.1.2-6 最大水灰(胶)比的规定。真空脱水混凝土抗压强度试件成型方法可参考附录 E.1。

4.1.6 路面混凝土掺用粉煤灰时, 其配合比计算应按超量取代法进行。粉煤灰掺量应根据水泥中原有的掺合料数量和混凝土弯拉强度、耐磨性等要求由试验确定。I、II 级粉煤灰的超量系数可按表 4.1.6 初选。代替水泥的粉煤灰掺量: I 型硅酸盐水泥宜 $\leq 30\%$; II 型硅酸盐水泥宜 $\leq 25\%$; 道路水泥宜 $\leq 20\%$; 普通水泥宜 $\leq 15\%$; 矿渣水泥不得掺粉煤灰。

表 4.1.6 各级粉煤灰的超量取代系数

粉煤灰等级	I	II	III
超量取代系数 k	1.1~1.4	1.3~1.7	1.5~2.0

4.2 钢纤维混凝土配合比设计

4.2.1 本配合比设计适用于采用滑模摊铺机、轨道摊铺机、三辊轴机组及小型机具铺筑的钢纤维混凝土路面。

4.2.2 钢纤维混凝土的配合比设计在兼顾经济性的同时应满足下列三项技术要求:

弯拉强度

钢纤维混凝土路面设计弯拉强度标准值 f_{rf} 应符合设计规范的规定。

钢纤维混凝土配制 28d 弯拉强度的均值应按式(4.1.2)计算，以 f_{cf} 和 f_{rf} 代替 f_c 和 f_r 。

工作性

钢纤维混凝土的坍落度可比表 4.1.2-3 或 4.1.2-4 的规定值小 20mm。

钢纤维混凝土掺高效减水剂时的单位水泥用量可按表 4.2.2-1 初选，再由拌合物实测坍落度确定。

表 4.2.2-1 钢纤维混凝土单位水泥用量(Wof)选用表

拌合物条件	粗集料种类	粗集料最大公称粒径 D _m (mm)	单位用水量(kg/m³)
长径比 L _f /d _f =50 ρ _f =0.6% 坍落度 20mm 中砂，细度模数 2.5 水灰比 0.42~0.50	碎石	9.5、16.0	215
		19.0、26.5	200
	卵石	9.5、16.0	208
		19.0、26.9	190

注：①钢纤维长径比每增减 10，单位用水量相应增减 10 kg/m³；

②钢纤维体积率每增减 0.5%，单位用水量相应增减 8 kg/m³；

③坍落度为 10~50mm 变化范围内，相对于坍落度 20mm 每增减 10mm，单位用水量相应增减 7kg/m³；

④细度模数在 2.0~3.5 范围内，砂的细度模数每增减 0.1，单位用水量相应增减 1kg/m³。

耐久性

钢纤维混凝土满足耐久性要求最大水灰(胶)比和最小单位水泥用量应符合表 4.2.2-2 的规定。

钢纤维混凝土严禁采用海水、海砂，不得掺加氯盐及氯盐类早强剂、防冻剂等外加剂。处在海风、酸雨、流酸盐及除冰盐等环境中的钢纤维混凝土路面宜掺用表 3.2.1 中 I、II 级粉煤灰，桥面宜掺用硅灰与 S95 和 S105 级磨细矿渣。

表 4.2.2-2 钢纤维混凝土满足耐久性要求最大水灰(胶)比和最小单位水泥用量

公路技术等级		高速、一级公路	二级公路	三、四级公路
最大水灰(胶)比		0.47	0.49	0.50
抗冰冻要求最大水灰(胶)比		0.45	0.46	0.48
抗盐冻要求最大水灰(胶)比		0.42	0.43	0.46
最小单位水泥用量(kg/m³)	42.5 级	360	360	350
	32.5 级	370	370	365
抗冰(盐)冻时最小单位水泥用量(kg/m³)	42.5 级	380	380	375
	32.5 级	390	390	385
掺粉煤灰时最小单位水泥用量(kg/m³)	42.5 级	320	320	315
	32.5 级	340	340	335
抗冰(盐)冻掺粉煤灰最小单位水泥用量(42.5 级水泥)(kg/m³)		330	330	325

钢纤维混凝土配合比设计应按以下步骤进行：

计算和确定水灰比

以钢纤维混凝土配制 28d 弯拉强度 f_{cf} 替换 f_c ，按式(4.1.4-1)或(4.1.4-2)计算出基体混凝土

土的水灰比。

取钢纤维混凝土基体的水灰比计算值与表 4.2.2-2 规定值两者中的小值。

钢纤维掺量体积率宜在 0.60%~1.0% 范围内初选，当板厚折减系数小时，体积率宜取上限；当长径比大时，宜取较小值；有锚固端者宜取较小值。

查表 4.2.2-1，初选单位用水量 W_{of} 。

掺用粉煤灰时应符合 4.1.6 条的规定。

钢纤维混凝土的单位水泥用量应按式(4.2.3-1)计算。

$$C_{of} = \left(\frac{C}{W} \right) W_{of} \quad (4.1.4-6)$$

式中：

C_{of} —钢纤维混凝土的单位水泥用量(kg/m^3)；

W_{of} —钢纤维混凝土的单位用水量(kg/m^3)。

取计算值与表 4.2.2-2 规定值两者中的大值。但不宜大于 $500 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

砂率可按式(4.2.3-2)计算，也可按表 4.2.3-1 初选。钢纤维混凝土砂率宜在 38%~50% 之间。

$$S_{pf} = S_p + 10p_f \quad (4.2.3-2)$$

式中： S_{pf} —钢纤维混凝土砂率(%)； p_f —钢纤维掺量体积率(%)。

表 4.2.3-1 钢纤维混凝土砂率选用值(%)

拌合物条件	最大公称粒径 19mm 碎石	最大公称粒径 19mm 卵石
$L_f/d_f=50$ ； $p_f = 1.0\%$ ； $W/C=0.5$ ； 砂细度模数 $M_x=3.0$	45	40
L_f/d_f 增减 10	± 5	± 3
p_f 增减 0.10%	± 2	± 2
W/C 增减 0.1	± 2	± 2
砂细度模数 M_x 增减 0.1	± 1	± 1

砂石料用量可采用密度法或体积法计算。按密度法计算时，钢纤维混凝土单位质量可取 $2450 \sim 2580 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；按体积法计算时，应计入设计含气量。

重要路面、桥面工程应采用正交试验法进行钢纤维混凝土配合比优选。

4.3 碾压混凝土配合比设计

4.3.1 碾压混凝土的配合比设计在兼顾经济性的同时应满足下列三项技术要求：

弯拉强度

碾压混凝土设计弯拉强度 f_r 应符合表 4.1.2-1 的规定。

碾压混凝土配制 28d 弯拉强度均值 f_{cc} 可按式(4.3.1-1)计算。

$$f_{cc} = \frac{f_r + f_{cy}}{1 - 1.04c_v + t_s} \quad (4.3.1-1)$$

式中：

f_{cc} —碾压混凝土配制 28d 弯拉强度均值(MPa)；

f_{cy} —碾压混凝土压实安全弯拉强度，可按式(4.3.1-2)计算。

$$f_{cy} = \frac{\alpha}{2} (y_{c1} + y_{c2}) \quad (4.3.1-2)$$

式中：

y_{c1} —弯拉强度试件标准压实度(95%)；

yc2—路面芯样压实度下限值(由芯样压实度统计得出);
α —相应于压实度变化 1%的弯拉强度波动值(通过试验得出)。

工作性

碾压混凝土出搅拌机口的改进 VC 值宜为 5~10s; 碾压时的改进 VC 值宜控制在(30±5)s。试验中的试样表面出浆评分应为 4~5 分。

耐久性

处于严寒和寒冷地区的碾压混凝土面层或基层, 应掺引气剂, 其含气量宜符合表 4.1.2-5 的规定。

面层碾压混凝土满足耐久性要求的最大水灰(胶)比和最小单位水泥用量应符合表 4.3.1-1 的规定。

表 4.3.1-1 面层碾压混凝土耐久性要求的最大水灰(胶)比和最小单位水泥用量

公路技术等级		二级公路	三、四级公路
最大水灰(胶)比		0.40	0.42
抗冰冻要求最大水灰(胶)比		0.38	0.40
抗盐冻要求最大水灰(胶)比		0.36	0.38
最小单位水泥用量(kg/m³)	42.5 级	290	280
	32.5 级	305	300
抗冰(盐)冻要求最小单位水泥用量(kg/m³)	42.5 级	315	310
	32.5 级	325	320
掺粉煤灰时最小单位水泥用量(kg/m³)	42.5 级	255	250
	32.5 级	265	260
抗冰(盐)冻掺粉煤灰最小单位水泥用量(42.5 级水泥)(kg/m³)		260	265

4.3.2 面层碾压混凝土粗、细集料合成级配应符合表 4.3.2 的要求, 基层应符合《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034)水泥稳定粒料的级配规定。

表 4.3.2 面层碾压混凝土粗、细集料合成级配范围

筛孔尺寸(mm)	19.0	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
通过率(%)	90 ~ 100	50~70	35~47	25~38	18~30	10~23	5~15	3~10

4.3.3 碾压混凝土中所掺粉煤灰的技术要求应符合 3.2.1 条的规定。代替水泥的粉煤灰掺量应符合 4.1.6 条的规定。粉煤灰超量取代系数 k: I 级灰可取 1.4~1.8; II 级灰可取 1.6~2.0; 碾压混凝土基层和复合式路面下面层用 III 级灰宜取 1.8~2.2。

4.3.4 碾压混凝土中外加剂的使用要求除满足 4.1.3 条的规定外, 应预先通过碾压混凝土性能试验优选品种和掺量, 确认满足各项性能要求后方可使用。

4.3.5 重要工程碾压混凝土的配合比确定应使用正交试验法, 一般工程可采用简捷法。
正交试验法

不掺粉煤灰的碾压混凝土正交试验可选用水量、水泥用量、粗集料填充体积率 3 个因素; 掺粉煤灰的碾压混凝土可选用水量、基准胶材总量、粉煤灰掺量、粗集料填充体积率 4 个因素。每个因素选定三个水平, 选用 L9(34)正交表安排试验方案。

对正交试验结果进行直观及回归分析, 回归分析的考察指标: VC 值及抗离析性、弯拉强度或抗压强度、抗冻性或耐磨性。根据直观分析结果并依据所建立的单位用水量及弯

拉强度推进试验公式，综合考虑拌合物工作性，确定满足 28d 弯拉强度或抗压强度、抗冻性或耐磨性等设计要求的正交初步配合比。

简捷法

不掺粉煤灰的碾压混凝土配合比计算宜按下述步骤进行：

①按式(4.3.5-1)计算单位用水量

$$W_{oc}=137.7-20.55\lg VC \quad (4.3.5-1)$$

式中：

W_{oc} —碾压混凝土的单位用水量(kg/m^3)；

VC —碾压混凝土拌合物改进 VC 值(s)。

②按式(4.3.5-2)计算水灰比，并取计算值与表 4.3.1-1 中规定值两者中的小值。

$$\frac{C}{W} = \frac{f_{cc}}{0.2156f_s} - 0.798 \quad (4.3.5-2)$$

③按式(4.3.5-3)计算单位水泥用量，并取计算值与表 4.3.1-1 规定值两者中的大值。

$$C_{oc} = W_{oc} \times \frac{C}{W} \quad (4.3.5-3)$$

式中：

C_{oc} —碾压混凝土单位水泥用量(kg/m^3)。

④按表 4.3.5 选定配合比中粗集料填充体积率。

表 4.3.5 粗集料填充体积率表

砂细度模数 M_x	2.40	2.60	2.80	3.00
粗集料填充体积率 $V_g(\%)$	75	73	71	69

⑤按式(4.3.5-4)计算粗集料用量。

$$G_{oc} = \gamma_{cc} \frac{V_g}{100} \quad (4.3.5-4)$$

式中：

G_{oc} —碾压混凝土粗集料单位体积用量(kg/m^3)；

γ_{cc} —碾压混凝土单位质量(kg/m^3)；

V_g —粗集料填充体积率(%)。

⑥根据 G_{oc} 、 C_{oc} 、 W_{oc} 及相应原材料密度，按体积法计算用砂量 S_{oc} ，计算时应计入设计含气量。

⑦按式(4.3.5-5)计算单位外加剂用量。

$$Y_{oc} = y \times C_{oc} \quad (4.3.5-5)$$

式中：

Y_{oc} —碾压混凝土中单位外加剂用量(kg/m^3)；

y —外加剂掺量。

掺粉煤灰的碾压混凝土配合比计算宜按下述步骤进行：

①按表 4.3.5 选定粗集料填充体积率 V_g ，由式(4.3.5-4)计算单位体积粗集料用量 G_{oc} 。

②按 4.3.3 条初选粉煤灰超量取代系 k ，并按经验或正交试验分析结果选定代替水泥的粉煤灰掺量 F_c 。

③按式(4.3.5-6)计算单位用水量。

$$W_{ofc} = 135.5 - 21.1\lg VC + 0.32F_c \quad (4.3.5-6)$$

式中：

W_{ofc} —掺粉煤灰的碾压混凝土单位用水量(kg/m^3)；

Fc—代替水泥的粉煤灰掺量(%)。

④按式(4.3.5-7)计算基准胶材总量。

$$J=200(f_{cc}-7.22+0.025F_c+0.023V_g) \quad (4.3.5-7)$$

式中：

J—碾压混凝土中单位体积基准胶材总量(kg/m³)。

⑤按式(4.3.5-8)计算单位水泥用量，并应取计算值与表 4.3.1-1 规定值两者中大值。

$$C_{ofc}=J \left(1 - \frac{F_c}{100} \right) \quad (4.3.5-8)$$

⑥按式(4.3.5-9)计算单位粉煤灰总用量。

$$F_{cc}=C_{ofc} \times F_c \times k \quad (4.3.5-9)$$

式中：

C_{ofc}—掺粉煤灰的碾压混凝土单位水泥用量(kg/m³)；

F_{cc}—单位粉煤灰总用量(kg/m³)；

k—粉煤灰超量取代系数。

⑦按式(4.3.5-10)计算总水胶比，应取计算值与表 4.3.1-1 规定值两者中小值。

$$J_z = \frac{W_{ofc}}{C_{ofc} + F_{cc}} \quad (4.3.5-10)$$

式中：J_z—碾压混凝土中总水胶比。

⑧根据 G_{oc}、C_{ofc}、F_{cc}、W_{ofc} 及相应原材料密度，按体积法计算单位用砂量 S_{oc}，计算时应计入设计含气量。

⑨按式(4.3.5-11)计算单位外加剂用量

$$Y_{ofc}=y_f(C_{ofc}+F_{cc}) \quad (4.3.5-11)$$

式中：

Y_{ofc}—掺粉煤灰的碾压混凝土单位外加剂用量(kg/m³)；

y_f—掺粉煤灰的碾压混凝土外加剂掺量。

4.4 贫混凝土配合比设计

4.4.1 基层贫混凝土配合比设计应符合下列三项技术要求：

强度

基层贫混凝土设计强度应符合表 4.4.1-1 的规定。

表 4.4.1-1 贫混凝土基层的设计强度标准值(MPa)

交通等级	特重	重	中等
7d 施工质检抗压强度 f _{cu7}	10.0	7.0	5.0
28d 设计抗压强度标准值 f _{cu,k}	15.0	10.0	7.0
28d 设计弯拉强度标准值 f _{c,k}	3.0	2.0	1.5

工作性

贫混凝土的坍落度应满足表 4.1.2-3 或表 4.1.2-4 的要求。基层贫混凝土中应掺粉煤灰，粉煤灰的品质、掺量和超量取代系数应符合 4.3.3 条的规定。

耐久性

满足耐久性要求的贫混凝土最大宜符合表 4.4.1-2 的规定。

在基层受冻地区，贫混凝土中应掺引气剂，并控制贫混凝土含气量为 4%±1%。当水灰(胶)比不能满足抗冻耐久性要求时，宜使用引气减水剂。当高温摊铺坍落度损失较大时，可使用引气缓凝减水剂。

4.4.2 贫混凝土配合比可按下述步骤进行计算：

配制 28d 抗压强度 f_{cu,o} 可按式(4.4.2-1)计算。

$$f_{cu,o} = f_{cu,k} + t \cdot s_l \quad (4.4.2-1)$$

式中:

$f_{cu,o}$ —贫混凝土配制 28d 抗压强度(MPa);

$f_{cu,k}$ —混凝土 28d 设计抗压强度标准值(MPa), 按表 4.4.1-1 取值;

t —抗压强度保证率系数, 高速公路应取 1.645; 一级公路应取 1.28; 二级公路应取 1.04;

s_l —抗压强度标准差, 宜按不小于 6 组统计资料取值; 无统计资料或试件组数小于 6 组时, 可取 1.5 (MPa)。

水灰比应按式(4.4.2-2)计算, 并取计算值与表 4.4.1-2 规定值两者中的小值。

$$\frac{W}{C} = \frac{A \cdot f_{ce}}{f_{cu,o} + A \cdot B \cdot f_{ce}} \quad (4.4.2-2)$$

式中:

f_{ce} —水泥实测 28d 抗压强度(MPa); 无实测值时, 也可按式(4.4.2-3)计算;

A、B—回归系数, 碎石及碎卵石 $A=0.46$ 、 $B=0.07$; 卵石 $A=0.48$ 、 $B=0.33$ 。

$$f_{ce} = \gamma \times f_{cek} \quad (4.4.2-3)$$

式中:

f_{cek} —水泥抗压强度等级(MPa);

γ —水泥抗压强度富余系数, 应按统计资料取值; 无统计资料时可在 1.08~1.13 范围内取值。

贫混凝土单位水泥用量可按式(4.4.2-4)计算。

$$C_p = 0.5 \zeta C_o \quad (4.4.2-4)$$

式中:

C_p —贫混凝土单位水泥用量(kg/m^3);

ζ —工作性及平整度放大系数, 可取 1.1~1.3;

C_o —路面混凝土单位水泥用量(kg/m^3)。

掺用粉煤灰时, 单位胶材总量可按式(4.4.2-5)计算。

$$J_z = 0.5 C_o (1 + F_p k) \quad (4.4.2-5)$$

式中:

J_z —单位胶材总量(kg/m^3);

F_p —代替水泥的粉煤灰掺量, 可取 0.15~0.30;

k —粉煤灰超量取代系数, 可按 4.3.3 条取值。

不掺粉煤灰贫混凝土的单位水泥用量宜控制在 $160 \sim 230 \text{kg}/\text{m}^3$ 之间; 在基层受冻地区最小单位水泥用量不宜低于 $180 \text{kg}/\text{m}^3$ 。掺粉煤灰时, 单位水泥用量宜在 $130 \sim 175 \text{kg}/\text{m}^3$ 之间; 单位胶材总量宜在 $220 \sim 270 \text{kg}/\text{m}^3$ 之间; 基层受冻地区最小单位水泥用量不宜低于 $150 \text{kg}/\text{m}^3$ 。

根据水灰(胶)比和单位水泥(胶材)用量, 计算单位用水量。砂率可按表 4.4.2 初选。

表 4.4.2 基层贫混凝土的砂率

砂细度模数		2.2~2.5	2.5~2.8	2.8~3.1	3.1~3.4	3.4~3.7
砂率 Sp(%)	碎石混凝土	24~28	26~30	28~32	30~34	32~36
	卵石混凝土	22~26	24~28	26~30	28~32	30~34

注: 碎卵石可在碎石和卵石之间内插取值。

砂、石料用量可用密度法或体积法计算。在采用体积法计算时, 应计入含气量。

4.5 配合比确定与调整

4.5.1 由上述各经验公式推算得出的普通混凝土、钢纤维混凝土、碾压混凝土和贫混凝土配合比，应在试验室内按下述步骤和《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)规定方法进行试配检验和调整：

首先检验各种混凝土拌合物是否满足不同摊铺方式的最佳工作性要求。检验项目包括含气量、坍落度及其损失、振动粘度系数、改进 VC 值、外加剂品种及其最佳掺量。在工作性和含气量不满足相应摊铺方式要求时，可在保持水灰(胶)比不变的前提下调整单位用水量、外加剂掺量或砂率，不得减小满足计算弯拉强度及耐久性要求的单位水泥用量、钢纤维体积率。

对于采用密度法计算的配合比，应实测拌合物视密度，并按视密度调整配合比，调整时水灰比不得增大，单位水泥用量、钢纤维掺量不得减小，调整后的拌合物视密度允许偏差为±2.0%。实测拌合物含气量 a(%)及其偏差应满足表 4.1.2-5 的规定，不满足要求时，应调整引气剂掺量直至达到规定含气量。

以初选水灰(胶)比为中心，按 0.02 增减幅度选定 2~4 个水灰(胶)比，制作试件，检验各种混凝土 7d 和 28d 配制弯拉强度、抗压强度、耐久性等指标(有抗冻性要求的地区，抗冻性为必测项目，耐磨性及干缩为选测项目)。也可保持计算水灰(胶)比不变，以初选单位水泥用量为中心，按 15~20kg/m³ 增减幅度选定 2~4 个单位水泥用量；钢纤维混凝土还应以选定的钢纤维掺量为中心，按 0.1%增减幅度选定 2~4 个钢纤维掺量，制作试件并做上述各项试验。

施工单位通过上述各项指标检验提出的配合比，在经监理或建设方中心实验室验证合格后，方可确定为实验室基准配合比。

4.5.2 实验室的基准配合比应通过搅拌楼实际拌和检验和不少于 200m 试验路段的验证，并根据料场砂石料含水量、拌合物实测视密度、含气量、坍落度及其损失，调整单位用水量、砂率或外加剂掺量。调整时，水灰(胶)比、单位水泥用量、钢纤维体积率不得减小。考虑施工中原材料含泥量、泥块含量、含水量变化和施工变异性等因素，单位水泥用量应适当增加 5~10kg。满足试拌试铺的工作性、28d(至少 7d)配制弯拉强度、抗压强度和耐久性等要求的配合比，经监理或建设方批准后方可确定为施工配合比。

4.5.3 施工期间配合比的微调与控制应符合下列要求：

根据施工季节、气温和运距等的变化，可微调缓凝(高效)减水剂、引气剂或保塑剂的掺量，保持摊铺现场的坍落度始终适宜于铺筑，且波动最小。

降雨后，应根据每天不同时间的气温及砂石料实际含水量变化，微调加水量，同时微调砂石料称量，其他配合比参数不得变更，维持施工配合比基本不变。雨天或砂石料变化时应加强控制，保持现场拌合物工作性始终适宜摊铺和稳定。

5 施工准备

5.1 施工机械选择

5.1.1 根据公路等级的不同，混凝土路面的施工应符合表 5.1.1 规定的机械装备要求。

表 5.1.1 与公路等级相适应的机械装备

摊铺机械装备	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
滑模摊铺机	√	√	√		○
轨道摊铺机	▲	√	√	√	○
三辊轴机组	○	▲	√	√	√
小型机具	×	○	▲	√	√
碾压混凝土机械		○	√	√	▲
计算机自动控	√	√	√	▲	○

制强制搅拌楼 (站)					
强 制 搅 拌 楼 (站)	×	○	▲	√	√

注：(1)符号含义：√应使用；▲有条件使用；○不宜使用；×不得使用；

(2)各等级公路均不得使用体积计量、小型自落滚筒式搅拌机，严禁使用人工控制加水量；

(3)碾压混凝土亦可用于高速公路、一级公路复合式路面的下面层和贫混凝土基层。

5.2 施工组织

5.2.1 开工前，建设单位应组织设计、施工、监理单位进行技术交底。

5.2.2 施工单位应根据设计图纸、合同文件、摊铺方式、机械设备、施工条件等确定混凝土路面施工工艺流程、施工方案，进行详细的施工组织设计。

5.2.3 开工前，施工单位应对施工、试验、机械、管理等岗位的技术人员和各工种技术工人进行培训。未经培训的人员不得单独上岗操作。

5.2.4 施工单位应根据设计文件，测量校核平面和高程控制桩，复测和恢复路面中心、边缘全部基本标桩，测量精确度应满足相应规范的规定。

5.2.5 施工工地应建立具备相应资质的现场试验室，能够对原材料、配合比和路面质量进行检测和控制，提供符合交工检验、竣工验收和计量支付要求的自检结果。

5.2.6 各种桥涵、通道等构筑物应提前建成，确有困难不能通行时，应有施工便道。施工时应确保运送混凝土的道路基本平整、畅通，不得延误运输时间或碾坏基层或桥面。施工中的交通运输应配备专人进行管制，保证施工有序、安全进行。

5.2.7 摊铺现场和搅拌场之间应建立快速有效的通讯联络，及时进行生产调度和指挥。

5.3 搅拌场设置

5.3.1 搅拌场宜设置在摊铺路段的中间位置。搅拌场内部布置应满足原材料储运、混凝土运输、供水、供电、钢筋加工等使用要求，并尽量紧凑，减少占地。

5.3.2 搅拌场应保障搅拌、清洗、养生用水的供应，并保证水质。供水量不足时，搅拌场应设置与日搅拌量相适应的蓄水池。

5.3.3 搅拌场应保证充足的电力供应。电力总容量应满足全部施工用电设备、夜间施工照明及生活用电的需要。

5.3.4 应确保摊铺机械、运输车辆及发电机等动力设备的燃料供应。离加油站较远的工地宜设置油料储备库。

5.3.5 水泥、粉煤灰储存和供应要求

每台搅拌楼应至少配备 2 个水泥罐仓，如掺粉煤灰还应至少配备 1 个粉煤灰罐仓。当水泥的日用量很大，需要两家以上的水泥厂供应水泥时，不同厂家的水泥，应清仓再灌，并分罐存放。严禁粉煤灰与水泥混罐。

应确保施工期间的水泥和粉煤灰供应。供应不足或运距较远时，应储备和使用吨包装水泥或袋装粉煤灰，并准备水泥仓库、拆包及输送入罐设备。水泥仓库应覆盖或设置顶篷防雨，并应设置在地势较高处，严禁水泥、粉煤灰受潮或浸水。

5.3.6 砂石料储备

施工前，宜储备正常施工 10~15 天的砂石料。

砂石料场应建在排水通畅的位置，其底部应作硬化处理。不同规格的砂石料之间应有隔离设施，并设标识牌，严禁混杂。

在低温天、雨天、大风天及日照强烈的条件下，应在砂石料堆上部架设顶篷或覆盖，覆盖砂石料数量不宜少于正常施工一周的用量。

5.3.7 原材料与混凝土运输车辆不应相互干扰。搅拌楼下宜采用厚度不薄于 200mm 的混凝土铺装层，并应设置污水排放管沟、积水坑或清洗搅拌楼的废水处理回收设备。

5.4 摊铺前材料与设备检查

5.4.1 在施工准备阶段，应依据混凝土路面设计要求、工程规模，对当地及周边的水泥、钢材、粉煤灰、外加剂、砂石料、水资源、电力、运输等状况进行实地调研，确认符合铺筑混凝土路面的原材料质量、品种、规格、原材料的供应量、供应强度和供给方式、运距等。通过调研优选，初步选择原材料供应商。

5.4.2 开工前，工地实验室应对计划使用的原材料进行质量检验和混凝土配合比优选，监理应对原材料抽检和配合比试验验证，报请业主正式审批。

5.4.3 应根据路面施工进度安排，保证及时地供给符合第 3 章原材料技术指标规定的各种原材料，不合格原材料不得进场。所有原材料进出场应进行称量、登记、保管或签发。

5.4.4 应将相同料源、规格、品种的原材料作为一批，分批量检验和储存。原材料的检验项目和批量应符合表 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 混凝土原材料的检测项目和频率

材料	检查项目	检查频度	
		高速公路、一级公路	其他公路
水泥	抗折强度、抗压强度，安定性	机铺 1500t 一批	机铺 1500t、小型机具 500t 一批
	凝结时间，标稠需水量，细度	机铺 2000t 一批	机铺 3000t、小型机具 500t 一批
	f-CaO、MgO、SO ₃ 含量，铝酸三钙、铁铝酸四钙，干缩率、耐磨性、碱度，混合材料种类及数量		
	温度、水化热	冬、夏季施工随时检测	冬、夏季施工随时检测
粉煤灰	活性指数、细度、烧失量	机铺 1500t 一批	机铺 1500t、小型机具 500t 一批
	需水量比、SO ₃ 含量	每标段不少于 3 次，进场前必测	每标段不少于 3 次，进场前必测
粗集料	针片状、超径颗粒含量，级配，表观密度，堆积密度，空隙率	机铺 2500m ³ 一批	机铺 5000m ³ 、小型机具 1500m ³ 一批
	含泥量、泥块含量	机铺 1000m ³ 一批	机铺 2000m ³ 、小型机具 1000m ³ 一批
	坚固性、岩石抗压强度、压碎指标	每种粗集料每标段不少于 2 次	每种粗集料每标段不少于 2 次
	碱集料反应	怀疑有碱活性集料进场前测	怀疑有碱活性集料进场前测
	含水量	降雨或湿度变化随时测	降雨或湿度变化随时测
砂	细度模数，表观密度，堆积密度，空隙率，级配	机铺 2000m ³ 一批	机铺 4000m ³ 、小型机具 1500m ³ 一批
	含泥量、泥块、石粉含量	机铺 1000m ³ 一批	机铺 2000m ³ 、小型机具

			500m ³ 一批
	坚固性	每种砂每标段不少于 2 次	每种砂每标段不少于 2 次
	云母含量, 轻物质与有机物含量	目测有云母或杂质时测	目测有云母或杂质时测
	含盐量(硫酸盐、氯盐)	必要时测, 淡化海砂每标段 3 次	必要时测, 淡化海砂每标段 2 次
	含水量	降雨或湿度变化随时测	降雨或湿度变化随时测
外加剂	减水剂减水率, 液体外加剂含固量和相对密度, 粉状外加剂的不溶物含量	机铺 5t 一批	机铺 5t、小型机具 3t 一批
	引气剂引气量、气泡细密程度和稳定性	机铺 2t 一批	机铺 3t、小型机具 1t 一批
钢纤维	抗拉强度、弯折性能、长度、长径比、形状	开工前或有变化时, 每标段 3 次	开工前或有变化时, 每标段 3 次
	杂质、质量及其偏差	机铺 50t 一批	机铺 50t、小型机具 30t 一批
养生剂	有效保水率、抗压强度比、耐磨性、耐热性、膜水溶性	开工前或有变化时, 每标段 3 次	开工前或有变化时, 每标段 3 次
	含固量、成膜时间	试验路段测, 施工每 5t 测 1 次	试验路段测, 施工每 5t 测 1 次
水	pH 值、含盐量、硫酸根及杂质含量	开工前和水源有变化时	开工前和水源有变化时

注: (1)开工前, 所有原材料项目均应检验; 当原材料规格、品种、生产厂、来源变化时, 必检;

(2)机铺是指滑模、轨道、三辊轴机组和碾压混凝土摊铺, 数量不足一批时, 按一批检验。

5.4.5 施工前必须对机械设备、测量仪器、基准线或模板、机具工具及各种试验仪器等进行全面地检查、调试、校核、标定、维修和保养。主要施工机械的易损零部件应有适量储备。

5.5 路基、基层和封层的检测与修整

5.5.1 路基应稳定、密实、均质, 对路面结构提供均匀的支承。对桥头、软基、高填方、填挖方交界等处的路基段, 应进行连续沉降观测, 并采取切实有效的措施保证路基的稳定性。

5.5.2 垫层、基层除应符合《公路水泥混凝土设计规范》(JTGD40)和《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034)的规定外, 尚应符合下列技术要求:

(上)基层纵、横坡一般可与面层一致, 但横坡可略大 0.15%~0.20%, 并不得小于路面横坡。

硬路肩厚度薄于面板时, 应设排水基层或排水盲沟。缘石和软路肩底部应有渗透排水措施。

面层铺筑前, 宜至少提供足够机械连续施工 10d 以上的合格基层。

5.5.3 面板铺筑前, 应对基层进行全面的破损检查, 当基层产生纵、横向断裂、隆起或碾坏时, 应采取下述有效措施彻底修复:

所有挤碎、隆起、空鼓的基层应清除, 并使用相同的基层料重铺, 同时设胀缝板横向隔开, 胀缝板应与路面胀缝或缩缝上下对齐。

当基层产生非扩展性温缩、干缩裂缝时，应灌沥青密封防水，还应在裂缝上粘贴油毡、土工布或土工织物，其覆盖宽度不应小于 1000mm；距裂缝最窄处不得小于 300mm。当基层产生纵向扩展裂缝时，应分析原因，采取有效的路基稳固措施根治裂缝，且宜在纵向裂缝所在的整个面板内，距板底 1/3 高度增设补强钢筋网，补强钢筋网到裂缝端部不宜短于 5m。

基层被碾坏成坑或破损面积较小的部位，应挖除并采用贫混凝土局部修复。对表面严重磨损裸露粗集料的部位，宜采用沥青封层处理

5.5.4 在高速公路和一级公路的半刚性上基层表面，宜喷洒热沥青和石屑(2~3m³/100m²) 做滑动封层，或做乳化沥青稀浆封层。沥青封层或乳化沥青稀浆封层的厚度不宜小于 5mm。

5.5.5 在各交通等级有可能被水淹没浸泡路面的路段，可采用较厚的坚韧塑料薄膜或密闭土工膜覆盖基层防水。

5.5.6 当封层出现局部损坏时，摊铺前应采用相同的封层材料进行修补，经质量检验合格，并由监理签认后，方可铺筑水泥混凝土面层。

5.6 贫混凝土基层铺筑与质量检验

5.6.1 贫混凝土上基层宜采用与面板相同机械铺筑；可采用普通混凝土面层四种施工方式中的任一种。

5.6.2 贫混凝土基层的铺筑除应满足第 7 章的技术要求外，尚应符合下列规定：

贫混凝土基层应锯切与面板接缝位置和尺寸相对齐的纵、横向接缝，切缝深度不宜小于 1/4 板厚，最浅不宜小于 50mm，并使用沥青灌缝。基层设封层时，混凝土面板的横向缩缝在行车前进方向可前错 300~500mm。

贫混凝土基层纵、横向缩缝中可不设拉杆和传力杆，胀缝中应设传力杆和胀缝板，胀缝位置应与面层胀缝对齐，板顶宜与贫混凝土基层表面齐平，传力杆、胀缝板设置精度应符合表 9.1.5 的规定。

若一块贫混凝土板上纵、横向断板缝仅为一条，可不挖除重铺，宜按 5.5.3 条第 2 款规定处理；但当一块板上的断板缝多于 2 条或分叉，则应挖除重铺。

5.6.3 贫混凝土基层的施工质量要求应符合表 5.6.3 的规定。

表 5.6.3 贫混凝土基层质量要求

项次	检查项目				规定值或允许值	检查方法和频率
1	7d 抗压强度(MPa)				$f_{cue}-K_1S_n \geq 0.9f_{cuk}$ $f_{min} \geq K_2 f_{cue}$ f_{cue} — 统计平均抗压强度 (MPa); f_{cuk} — 设计抗压强度 (MPa); f_{min} — 统计最小抗压强度 (MPa); S_n — 抗压强度标准差 (MPa); 小于 0.06 f_{cuk} 取 0.06 f_{cuk}	标准立方体 7d 抗压强度用于施工期间的质量控制。28d 弯拉强度试件或 28d~56d 钻芯抗压强度用于质量验收，以钻芯抗压强度作为最终判定质量的标准。当要求返工时每车道每公里不少于 3 个芯样
	N	10-14	15-24	≥ 25		
	K1	1.70	1.65	1.60		
	K2	0.90	0.85			
2	每块板平均板厚(mm)				代表值：-5；极值：-10	尺测：每 100m 左右各 1 处，

			参考芯样
3	平整度最大间隙(mm)	高速公路和一级公路 $\leq 4\text{mm}$, 合格率应 $\geq 85\%$; 二级公路 $\leq 6\text{mm}$, 合格率应 $\geq 85\%$	3m 直尺: 每车道 200m ² 处 10 尺
4	纵断高程(mm)	代表值: ± 5 ; 极值: ± 10	水准仪: 每 200m ⁴ 点
5	相邻板高差(mm)	≤ 4	3m 直尺: 每条横向胀缝、工作缝 3 点, 每 200m 纵横缝 2 条, 每条 3 点
6	连接摊铺纵缝高差	代表值: $\leq 5\text{mm}$; 极值: $\leq 7\text{mm}$	3m 直尺: 200m ² 处, 每处 3 尺
7	接缝顺直度(mm)	≤ 10	每 500m, 20m 拉线测 2 处
8	中线平面偏位(mm)	≤ 20	经纬仪: 每 200m ⁴ 点
9	路面宽度(mm)	± 20	尺测: 每 200m ⁴ 点
10	横坡度(%)	代表值: $\leq +0.20$; 极值: $\leq +0.25$	水准仪: 每 200m ⁴ 个断面
11	断板率(‰)	≤ 2	数断板量, 计算占总板块‰
12	坑穴、拱包、接缝缺边掉角	$\leq 20\text{mm/m}^2$	尺测: 每 200m 随机测 4m ²
13	切缝深度(mm)	≥ 50 或 $\geq 1/4h$	尺测: 每 200m 接缝 4 处
14	胀缝板连浆(mm)	≤ 30	尺测: 每条胀缝板安装时测
15	胀缝传力杆偏斜(mm)	≤ 13	钢筋保护层仪: 每 5 条胀缝抽测 1 条

6 混凝土拌合物搅拌与运输

6.1 搅拌设备

6.1.1 搅拌场的拌和能力配置应符合下列规定:

采用滑模、轨道、碾压、三辊轴机组摊铺时, 搅拌场配置的混凝土总拌和生产能力可按式(6.1.1)计算, 并按总拌和能力确定所要求的搅拌楼数量和型号。

$$M=60\mu \cdot b \cdot h \cdot V_t \quad (6.1.1)$$

式中:

M—搅拌楼总拌和能力(m^3/h);

b—摊铺宽度(m);

V_t —摊铺速度(m/min)($\geq 1 \text{ m}/\text{min}$);

h—面板厚度(m);

μ —搅拌楼可靠性系数, 1.2~1.5, 根据下述具体情况确定: 搅拌楼可靠性高, μ 可取较小值; 反之, μ 取较大值; 拌和钢纤维混凝土时, μ 应取较大值; 坍落度要求较低者, μ 应取较大值。

不同摊铺方式所要求的搅拌楼最小生产容量应满足表 6.1.1 的规定。一般可配备 2~3 台搅拌楼, 最多不宜超过 4 台。搅拌楼的规格和品牌尽可能统一。

表 6.1.1 混凝土路面不同摊铺方式的搅拌楼最小配置容量(m^3/h)

摊铺方式	滑模摊铺	轨道摊铺	碾压混凝土	三辊轴摊铺	小型机具
摊铺宽度					
单车道	≥ 100	≥ 75	≥ 75	≥ 50	≥ 25

3.75~4.5m					
双车道 7.5~9m	≥200	≥150	≥150	≥100	≥50
整幅宽 ≥12.5m	≥300	≥200	≥200	—	—

6.1.2 搅拌楼的配备应符合表 5.1.1 的规定。应优先选配间歇式搅拌楼，也可使用连续式搅拌楼。

6.2 拌和技术要求

6.2.1 每台搅拌楼在投入生产前，必须进行标定和试拌。在标定有效期满或搅拌楼搬迁安装后，均应重新标定。施工中应每 15d 校验一次搅拌楼计量精确度。搅拌楼配料计量偏差不得超过表 6.2.1 的规定。不满足时，应分析原因，排除故障，确保拌和计量精确度。采用计算机自动控制系统的搅拌楼时，应使用自动配料生产，并按需要打印每天(周、旬、月)对应路面摊铺桩号的混凝土配料统计数据及偏差。

表 6.2.1 搅拌楼的混凝土拌和计量允许偏差(%)

材料名称	水泥	掺合料	钢纤维	砂	粗集料	水	外加剂
高速公路、一级公路每盘	±1	±1	±2	±2	±2	±1	±1
高速公路、一级公路累计每车	±1	±1	±1	±2	±2	±1	±1
其他公路	±2	±2	±2	±3	±3	±2	±2

6.2.2 应根据拌合物的粘聚性、均质性及强度稳定性试拌确定最佳拌和时间。一般情况下，单立轴式搅拌机总拌和时间宜为 80~120s，全部原材料到齐后的最短纯拌和时间不宜短于 40s；行星立轴和双卧轴式搅拌机总拌和时间为 60~90s，最短纯拌和时间不宜短于 35s；连续双卧轴搅拌楼的最短拌和时间不宜短于 40s。最长总拌和时间不应超过高限值的 2 倍。

6.2.3 混凝土拌和过程中，不得使用沥水、夹冰雪、表面沾染尘土和局部暴晒过热的砂石料。

6.2.4 外加剂应以稀释溶液加入，其稀释用水和原液中的水量，应从拌和加水量中扣除。使用间歇搅拌楼时，外加剂溶液浓度应根据外加剂掺量、每盘外加剂溶液筒的容量和水泥用量计算得出。连续式搅拌楼应按流量比例控制加入外加剂。加入搅拌锅的外加剂溶液应充分溶解，并搅拌均匀。有沉淀的外加剂溶液，应每天清除一次稀释池中的沉淀物。

6.2.5 拌和引气混凝土时，搅拌楼一次拌和量不应大于其额定搅拌量的 90%。纯拌和时间应控制在含气量最大或较大时。

6.2.6 粉煤灰或其他掺合料应采用与水泥相同的输送、计量方式加入。粉煤灰混凝土的纯拌和时间应比不掺的延长 10~15s。当同时掺用引气剂时，宜通过试验适当增大引气剂掺量，以达到规定含气量。

6.2.7 拌合物质量检验与控制应符合下列要求：

搅拌过程中，拌合物质量检验与控制应符合表 6.2.7 的规定。低温或高温天气施工时，拌合物出料温度宜控制在 10℃~35℃。并应测定原材料温度、拌合物的温度、坍落度损失率和凝结时间等。

表 6.2.7 混凝土拌合物的质量检验项目和频率

检查项目	检查频度	
	高速公路、一级公路	其他公路
水灰比及稳定性	每 5000m ³ 抽检 1 次，有变化随	每 5000m ³ 抽检 1 次，有变化

	时测	随时测
坍落度及其均匀性	每工班测 3 次, 有变化随时测	每工班测 3 次, 有变化随时测
坍落度损失率	开工、气温较高和有变化随时测	开工、气温较高和有变化随时测
振动粘度系数	试拌、原材料和配合比有变化时测	试拌、原材料和配合比有变化时测
钢纤维体积率	每工班测 2 次, 有变化随时测	每工班测 1 次, 有变化随时测
含气量	每工班测 2 次, 有抗冻要求不少于 3 次	每工班测 1 次, 有抗冻要求不少于 3 次
泌水率	必要时测	必要时测
视密度	每工班测 1 次	每工班测 1 次
温度、凝结时间、水化发热量	冬、夏季施工, 气温最高、最低时, 每工班至少测 1~2 次	冬、夏季施工, 气温最高、最低时, 每工班至少测 1 次
离析	随时观察	随时观察
VC 值及稳定性、压实度、松铺系数	碾压混凝土做复合式路面底层时, 检查频率与其他公路相同	每工班测 3~5 次, 有变化随时测

注: (1)混凝土拌合物振动粘度系数试验方法见《公路水泥混凝土路面滑模施工技术规范》(JTJ/T037.1)附录 A;

(2)钢纤维混凝土拌合物钢纤维体积率试验方法见附录 D.2。

拌合物应均匀一致, 有生料、干料、离析或外加剂、粉煤灰成团现象的非均质拌合物严禁用于路面摊铺。一台搅拌楼的每盘之间, 各搅拌楼之间, 拌合物的坍落度最大允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 拌和坍落度应为最适宜摊铺的坍落度值与当时气温下运输坍落度损失值两者之和。

6.2.8 钢纤维混凝土的拌和, 除应满足上述规定外, 尚应符合下列规定:

当钢纤维体积率较高, 拌合物较干时, 搅拌楼一次拌和量不宜大于其额定拌和量的 80%。拌合物中不得有钢纤维结团现象。

钢纤维混凝土搅拌的投料次序和方法应以搅拌过程中钢纤维不产生结团和保证一定的生产率为原则, 并通过试拌或根据经验确定。宜采用将钢纤维、水泥、粗细集料先干拌后加水湿拌的方法; 也可采用钢纤维分散机在拌和过程中分散加入钢纤维。

钢纤维混凝土的拌和时间应通过现场搅拌试验确定, 并应比普通混凝土规定的纯拌和时间延长 20~30s, 采用

钢纤维混凝土严禁用人工拌和。当桥梁伸缩缝等零星工程使用少量的钢纤维混凝土时, 可采用容量较小的搅拌机拌和, 每种原材料应准确称量后加入, 不得使用体积计量。采用小容量搅拌机拌和时, 钢纤维混凝土总拌和时间应较搅拌楼拌和时间延长 1~2min, 采用先干拌后加水的搅拌方式时, 干拌时间不宜少于 1.5min。

应保证钢纤维在混凝土中的分散性及均匀性, 水洗法检测的钢纤维含量偏差不应大于设计掺量的 $\pm 15\%$, 检测方法见附录 D.2。

6.2.9 碾压混凝土拌和除应满足上述有关规定外, 尚应符合下列规定:

砂石料堆应全部覆盖防雨, 堆底严禁浸水。必要时, 还应对砂石料仓、粉煤灰料斗、外加剂溶液池等作防雨覆盖。在装载机料斗和料仓内的砂石料不应有明显的湿度差别, 严禁雨天拌和碾压混凝土。

拌和时, 应精确检测砂石料的含水率, 根据砂石料含水率变化, 快速反馈并严格控制加

水量和砂石料用量。除搅拌楼应配备砂(石)含水率自动反馈控制系统外，每台班至少应检测 3 次砂石料含水率。

碾压混凝土的最短纯拌和时间应比普通混凝土延长 15～20s。

6.3 运输车辆

6.3.1 机械摊铺系统配套的运输车数量，可按式(6.3.1)计算

$$N=2n\left(1+\frac{S\gamma_cm}{V_qg_q}\right)$$
 (6.3.1)

式中：

N—汽车辆数(辆)；

n—相同产量搅拌楼台数；

S—单程运输距离(km)；

γ_c —混凝土密度(t/m^3)；

m—一台搅拌楼每小时生产能力(m^3/h)；

V_q —车辆的平均运输速度(km/h)；

g_q —汽车载重能力(t/辆)。

6.3.2 可选配车况优良、载重量 5～20t 的自卸车，自卸车后挡板应关闭紧密，运输时不漏浆撒料，车箱板应平整光滑。远距离运输或摊铺钢筋混凝土路面及桥面时，宜选配混凝土罐车。

6.4 运输技术要求

6.4.1 应根据施工进度、运量、运距及路况，选配车型和车辆总数。总运力应比总拌和能力略有富余。确保新拌和混凝土在规定时间内运到摊铺现场。

6.4.2 运输到现场的拌合物必须具有适宜摊铺的工作性。不同摊铺工艺的混凝土拌合物从搅拌机出料到运输、铺筑完毕的允许最长时间应符合表 6.4.2 的规定。不满足时应通过试验、加大缓凝剂或保塑剂的剂量。

表 6.4.2 混凝土拌合物出料到运输、铺筑完毕允许最长时间

施工气温*(℃)	到运输完毕允许最长时间(h)		到铺筑完毕允许最长时间(h)	
	滑模、轨道	三轴、小机具	滑模、轨道	三轴、小机具
5～9	2.0	1.5	2.5	2.0
10～19	1.5	1.0	2.0	1.5
20～29	1.0	0.75	1.5	1.25
30～35	0.75	0.50	1.25	1.0

注：*指施工时间的日间平均气温，使用缓凝剂延长凝结时间后，本表数值可增加 0.25～0.5h。

6.4.3 混凝土拌合物的运输除应满足上述规定外，尚应符合下列技术要求：

运送混凝土的车辆装料前，应清净厢罐，洒水润壁，排干积水。装料时，自卸车应挪动车位，防止离析。搅拌楼卸料落差不应大于 2m。

混凝土运输过程中应防止漏浆、漏料和污染路面，途中不得随意耽搁。自卸车运输应减小颠簸，防止拌合物离析。车辆起步和停车应平稳。

超过表 6.4.2 规定摊铺允许最长时间的混凝土不得用于路面摊铺。混凝土一旦在车内停留超过初凝时间，应采取紧急措施处置，严禁混凝土硬化在车厢(罐)内。

烈日、大风、雨天和低温天远距离运输时，自卸车应遮盖混凝土，罐车宜加保温隔热套。使用自卸车运输混凝土最远运输半径不宜超过 20km。

运输车辆在模板或导线区调头或错车时，严禁碰撞模板或基准线，一旦碰撞，应告知测

工重新测量纠偏。

车辆倒车及卸料时，应有专人指挥。卸料应到位，严禁碰撞摊铺机和前场施工设备及测量仪器。卸料完毕，车辆应迅速离开。

碾压混凝土卸料时，车辆应在前一车辆离开后立即倒向摊铺机，并在机前 10~30cm 处停住，不得撞击沥青摊铺机。然后换成空挡，并迅速升起料斗卸料，靠摊铺机推动前进。

7 混凝土面层铺筑

7.1 滑模机械铺筑

7.1.1 机械配备

高速公路、一级公路施工，宜选配能一次摊铺 2~3 个车道宽度(7.5~12.5)的滑模摊铺机；二级及二级以下公路路面的最小摊铺宽度不得小于单车道设计宽度。硬路肩的摊铺宜选配中、小型多功能滑模摊铺机，并宜连体一次摊铺路缘石。滑模摊铺机可按表 7.1.1-1 的基本技术参数选择。

表 7.1.1-1 滑模摊铺机的基本技术参数表

项目	发动机功率(kw)	摊铺宽度(m)	摊铺厚度(mm)	摊铺速度(m/min)	空驶速度(m/min)	行走速度(m/min)	履带数(个)	整机自重(t)
三车道滑模摊铺机	200~300	12.5~16.0	0~500	0~3	0~5	0~15	4	57~135
双车道滑模摊铺机	150~200	3.6~9.7	0~500	0~3	0~5	0~18	2~4	22~50
多功能单车道滑模摊铺机	70~150	2.5~6.0	0~400 护栏高度 800~1900	0~3	0~9	0~15	2, 3, 4	12~27
路缘石滑模摊铺机	≤80	<2.5	<450	0~5	0~9	0~10	2, 3	≤10

滑模摊铺路面时，可配备 1 台挖掘机或装载机辅助布料。采用前置钢筋支架法设置缩缝传力杆的路面、钢筋混凝土路面、桥面和桥头搭板时，应选择下列适宜的布料机械：

- 侧向上料的布料机。
- 侧向上料的供料机。
- 带侧向上料机构的滑模摊铺机。
- 挖掘机加料斗侧向供料。
- 吊车加短便桥钢凳，车辆直接卸料。
- 吊车加料斗起吊布料。

可采用拉毛养生机或人工软拉槽制作抗滑沟槽。工程规模大、日摊铺进度快时，宜采用拉毛养生机。高速公路、一级公路宜采用刻槽机进行硬刻槽，其刻槽作业宽度不宜小于 500mm，所配备的硬刻槽机数量及刻槽能力应与滑模摊铺进度相匹配。

滑模摊铺混凝土路面的切缝，可使用软锯缝机、支架式硬锯缝机和普通锯缝机。配备的锯缝机数量及切缝能力应与滑模摊铺进度相适应。滑模摊铺系统机械配套宜符合表

7.1.1-2 的要求。

7.1.1-2 滑模摊铺机施工主要机械和机具配套表

工作内容	主要施工机械设备	
	名称	机型及规格
钢筋加工	钢筋锯断机、折弯机、电焊机	根据需要定规格和数量
测量 基准线	水准仪、经纬仪、全站仪	根据需要定规格和数量
	基准线、线桩及紧线器	300 个桩、5 个紧线器、3000m 基准线
搅拌	强制式搅拌楼	$\geq 50(\text{m}^3/\text{h})$ ，数量由计算确定
	装载机	$2\sim 3\text{m}^3$
	发电机	$\geq 120\text{kw}$
	供水泵和蓄水池	$\geq 250\text{m}^3$
运输	运输车	$4\sim 6\text{m}^3$ 数量由匹配计算确定
	自卸车	$4\sim 24\text{m}^3$ 数量由匹配计算确定
摊铺	布料机，挖掘机，吊车等布料设备	根据需要定规格和数量
	滑模摊铺机 1 台	技术参数见表 7.1.1-1
	手持振捣棒、整平梁、模板	根据人工施工接头需要定
抗滑	拉毛养生机*1 台	与滑模摊铺机同宽
	人工拉毛齿耙、工作桥	根据需要定规格和数量
	硬刻槽机* 刻槽宽度 $\geq 500\text{mm}$ ，功率 $\geq 7.5\text{kw}$	数量与摊铺进度匹配
切缝	软锯缝机	根据需要定规格和数量
	常规锯缝机或支架锯缝机	根据需要定规格和数量
	移动发电机	$12\sim 60\text{kw}$ ，数量由施工需要定
磨平	水磨石磨机	需要处理欠平整部位时
灌缝	灌缝机或插胶条工具	根据需要定规格和数量
养生	压力式喷洒机或喷雾器	根据需要定规格和数量
	工地运输车	$4\sim 6\text{t}$ ，按需要定数量
	洒水车	$4.5\sim 8$ ，按需要定数量

注：*可按装备、投资、施工方式等不同要求选配。

7.1.2 基准线设置

滑模摊铺混凝土路面的施工应设置基准线。基准线设置形式有单向坡双线式、单向坡单线式和双向坡双线式三种。

基准线宽度除应保证摊铺宽度外，尚应满足两侧 650~1000mm 横向支距的要求。

基准线桩纵向间距：直线段不应大于 10m，竖、平曲线路段视曲线半径大小应加密布置，最小 2.5m。

线桩固定时，基层顶面到夹线臂的高度宜为 450~750mm。基准线桩夹线臂夹口到桩的水平距离宜为 300mm。基准线桩应钉牢固。

单根基准线的最大长度不宜大于 450m。

基准线拉力不应小于 1000N。

基准线的设置精确度应符合表 7.1.2 规定。

表 7.1.2 基准线设置精确度要求

项目	中 线 平 面 偏 位 (mm)	路 面 宽 度 偏 差 (mm)	面板厚度(mm)		纵 断 高 程 偏 差 (mm)	横 坡 偏 差(%)	连 续 纵 缝 高 差 (mm)
			代表值	极值			
规定值	≤10	≤±15	≥-3	≥-8	±5	±0.10	±1.5

注：在基准线上单车道一个横断面测 3 点、双车道测 5 点测定板厚，其平均值为该断面平均板厚。断面平均板厚不应薄于其代表值；极小值不应薄于极值。每 200m 测 10 个断面，其值为该路段平均板厚，路段平均板厚不应小于设计板厚。不满足上述要求，不得摊铺面板。

基准线设置后，严禁扰动、碰撞和振动。一旦碰撞变位，应立即重新测量纠正。多风季节施工，应缩小基准线桩间距。

7.1.3 摊铺准备

所有施工设备和机具均应处于良好状态，并全部就位。

基层、封层表面及履带行走部位应清扫干净。摊铺面板位置应洒水湿润，但不得积水。横向连接摊铺时，前次摊铺路面纵缝的溜肩胀宽部位应切割顺直。侧边拉杆应校正扳直，缺少的拉杆应钻孔锚固植入。纵向施工缝的上半部缝壁应满涂沥青。

7.1.4 布料

滑模摊铺机前的正常料位高度应在螺旋布料器叶片最高点以下，亦不得缺料。卸料、布料应与摊铺速度相协调。

当坍落度在 10~50mm 时，布料松铺系数宜控制在 1.08~1.15 之间。布料机与滑模摊铺机之间施工距离宜控制在 5~10m。

摊铺钢筋混凝土路面、桥面或搭板时，严禁任何机械开上钢筋网。

7.1.5 滑模摊铺机的施工参数设定及校准

振捣棒下缘位置应在挤压板最低点以上，振捣棒的横向间距不宜大于 450mm，均匀排列；两侧最边缘振捣棒与摊铺边沿距离不宜大于 250mm。

挤压底板前倾角宜设置为 3° 左右。提浆夯板位置宜在挤压底板前缘以下 5~10mm 之间。

两边缘超铺高程根据拌合物稠度宜在 3~8mm 间调整。搓平梁前沿宜调整到与挤压板后沿高程相同，搓平梁的后沿比挤压底板后沿低 1~2mm，并与路面高程相同。

滑模摊铺机首次摊铺路面，应挂线对其铺筑位置、几何参数和机架水平度进行调整和校准，正确无误后，方可开始摊铺。

在开始摊铺的 5m 内，应在铺筑行进中对摊铺出的路面标高、边缘厚度、中线、横坡度等参数进行复核测量。所摊铺的路面精确度应控制在表 7.1.2 的规定值范围内。

7.1.6 铺筑作业技术要领

操作滑模摊铺机应缓慢、匀速、连续不间断地作业。严禁料多追赶，然后随意停机等待，间歇摊铺。摊铺速度应根据拌合物稠度、供料多少和设备性能控制在 0.5~3.0m/min 之间，一般宜控制在 1m/min 左右。拌合物稠度发生变化时，应先调振捣频率，后改变摊铺速度。

应随时调整松方高度板控制进料位置，开始时宜略设高些，以保证进料。正常摊铺时应保持振捣仓内料位高于振捣棒 100mm 左右，料位高低上下波动宜控制在 ±30mm 之内。正常摊铺时，振捣频率可在 6000r/min~11000 r/min 之间调整，宜采用 9000 r/min 左右。应防止混凝土过振、欠振或漏振。应根据混凝土的稠度大小，随时调整摊铺的振捣频率或速度。摊铺机起步时，应先开启振捣棒振捣 2~3min，再缓慢平稳推进。摊铺机脱离混凝土后，应立即关闭振捣棒组。

滑模摊铺机满负荷时可铺筑的路面最大纵坡为：上坡 5%；下坡 6%。上坡时，挤压底板前仰角宜适当调小，并适当调轻抹平板压力；下坡时，前仰角宜适当调大，并适当调大抹平板压力。板底不小于 3/4 长度接触路表面时抹平板压力适宜。

滑模摊铺机施工的最小弯道半径不应小于 50m；最大超高横坡不宜大于 7%。

单车道摊铺时，应视路面设计要求配置一侧或双侧打纵缝拉杆的机械装置。2 个以上车道摊铺时，除侧向打拉杆的装置外，还应在假纵缝位置配置拉杆自动插入装置。

软拉抗滑构造时表面砂浆层厚度宜控制在 4mm 左右，硬刻槽路面的砂浆表层厚度宜控制在 2~3mm。

养护 5~7d 后，方允许摊铺相邻车道。

7.1.7 问题处置

摊铺中应经常检查振捣棒的工作情况和位置。路面出现麻面或拉裂现象时，必须停机检查或更换振捣棒。摊铺后，路面上出现发亮的砂浆条带时，必须调高振捣棒位置，使其底缘在挤压底板的后缘高度以上。

摊铺宽度大于 7.5m 时，若左右两侧拌合物稠度不一致，摊铺速度应按偏干一侧设置，并应将偏稀一侧的振捣棒频率迅速调小。

应通过调整拌合物稠度、停机待料时间、挤压底板前仰角、起步及摊铺速度等措施控制和消除横向拉裂现象。

摊铺中的滑模摊铺机停机待料最长时间超过当时气温下混凝土初凝时间的 4/5 时，应将滑模摊铺机迅速开出摊铺工作面，并做施工缝。

7.1.8 滑模摊铺过程中应采用自动抹平板装置进行抹面。对少量局部麻面和明显缺料部位，应在挤压板后或搓平梁前补充适量拌合物，由搓平梁或抹平板机械修整。滑模摊铺的混凝土面板在下列情况下，可用人工进行局部修整：

用人工操作抹面抄平器，精整摊铺后表面的小缺陷，但不得在整个表面加薄层修补路面标高。

对纵缝边缘出现的倒边、塌边、漏肩现象，应顶侧模或在上部支方铝管进行边缘补料修整。

对起步和纵向施工接头处，应采用水准仪抄平并采用大于 3m 的靠尺边测边修整。

7.1.9 滑模摊铺结束后，必须及时清洗滑模摊铺机，进行当日保养等。并宜在第二天硬切横向施工缝，也可当天软作施工横缝。应丢弃端部的混凝土和摊铺机振动仓内遗留下的纯砂浆，两侧模板应向内收进 20~40mm，收口长度宜比滑模摊铺机侧模板略长。施工缝部位应设置传力杆，并应满足路面平整度、高程、横坡和板长要求。

7.2 模板及其架设与拆除

7.2.1 模板技术要求

公路混凝土路面板、桥面板和加铺层的施工模板应采用刚度足够的槽钢、轨模或钢制边侧模板，不应使用木模板、塑料模板等其他易变形的模板。模板的精确度应符合表 7.2.1 的规定。钢模板的高度应为面板设计厚度，模板长度宜为 3~5m。需设置拉杆时，模板应设拉杆插入孔。每米模板应设置 1 处支撑固定装置，见图 7.2.1-1a)、b)。模板垂直度用垫木楔方法调整。

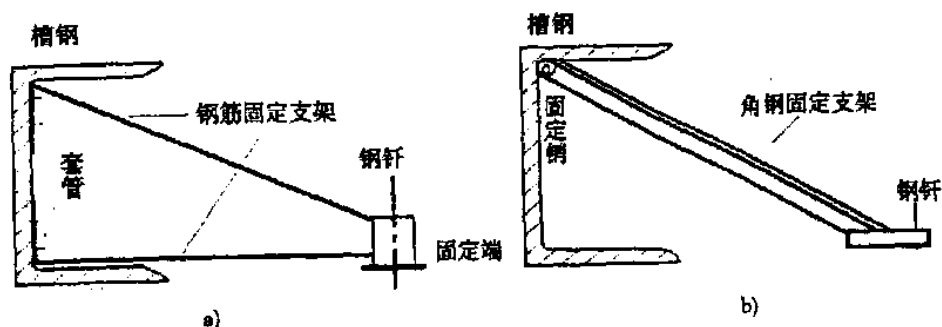


图 7.2.1-1 (槽)钢模板焊接钢筋或角钢固定示意图

a)焊接钢筋固定支架；b)焊接角钢固定支架

表 7.2.1 模板(加工矫正)允许偏差

施工方式	高度偏差 (mm)	局部变形 (mm)	垂直边夹角($^{\circ}$)	顶面平整度(mm)	侧面平整度(mm)	纵向变形 (mm)
三辊轴机组	± 1	± 2	90 ± 2	± 1	± 2	± 2
轨道摊铺机	± 1	± 2	90 ± 1	± 1	± 2	± 1
小型机具	± 2	± 3	90 ± 3	± 2	± 3	± 3

横向施工缝端模板应按设计规定的传力杆直径和间距设置传力杆插入孔和定位套管。两边缘传力杆到自由边距离不宜小于 150mm。每米设置 1 个垂直固定孔套。工作缝端模侧立面见图 7.2.1-2。

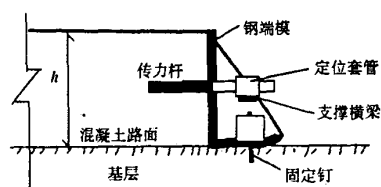


图 7.2.1-2 工作缝端模侧立面

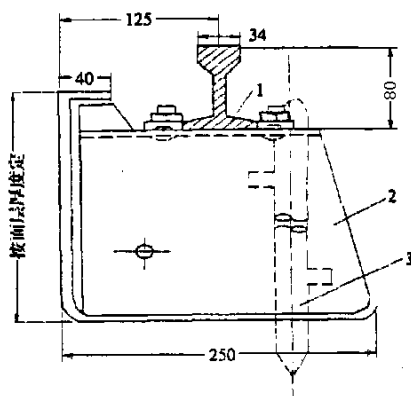
模板或轨模数量应根据施工进度和施工气温确定，并应满足拆模周期内周转需要。一般情况下，模板或轨模总量不宜少于 3d~5d 摊铺的需要。

7.2.2 模板安装

支模前在基层上应进行模板安装及摊铺位置的测量放样，每 20m 应设中心桩；每 100m 宜布设临时水准点；核对路面标高、面板分块、胀缝和构造物位置。测量放样的质量要求和允许偏差应符合相应规范的规定。

纵横曲线路段应采用短模板，每块模板中点应安装在曲线切点上。

轨道摊铺应采用长度为 3m 的专用钢制轨模，轨模底面宽度宜为高度的 80% 轨道用螺栓、垫片固定在模板支座上，模板应使用钢杆与基层固定。轨道顶面应高于模板 20~40mm，轨道中心至模板内侧边缘距离宜为 125mm，见图 7.2.2。



见图 7.2.2 轨道模板(尺寸单位: mm)

1-轨道; 2-模板; 3-钢钎

模板应安装稳固、顺直、平整, 无扭曲, 相邻模板连接应紧密平顺, 不得有底部漏浆、前后错茬、高低错台等现象。模板应能承受摊铺、振实、整平设备的负载行进、冲击和振动时不发生位移。严禁在基层上挖槽, 嵌入安装模板。

模板安装检验合格后, 与混凝土拌合物接触的表面应涂脱模剂或隔离剂; 接头应粘贴胶带或塑料薄膜等密封。

7.2.3 模板安装完毕, 应经过测量人员使用与设计板厚相同的测板作全断面检验, 其安装精确度应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 模板安装精确度要求

施工方式	三辊轴机组	轨道摊铺机	小型机具
检测项目			
平面偏位(mm), \leq	10	5	15
摊铺宽度偏差(mm), \leq	10	5	15
面板厚度(mm), 代表值	-3	-3	-4
\geq 极值	-8	-8	-9
纵断高程偏差(mm)	± 5	± 5	± 10
横坡偏差(%)	± 0.10	± 0.10	± 0.20
相邻板高差(mm), \leq	1	1	2
顶面接茬 3m 尺平整度(mm), \leq	1.5	1	2
模板接缝宽度(mm), \leq	3	2	3
侧向垂直度(mm), \leq	3	2	4
纵向顺直度(mm), \leq	3	2	4

7.2.4 模板拆除及矫正

当混凝土抗压强度不小于 8.0MPa 方可拆模。当缺乏强度实测数据时, 边侧模板的允许最早拆模时间宜符合表 7.2.4 的规定。达不到要求, 不能拆除端模时, 可空出一块面板, 重新起头摊铺, 空出的面板待两端均可拆模后再补做。

表 7.2.4 混凝土路面板的允许最早拆模时间(h)

昼夜平均气温($^{\circ}\text{C}$)	-5	0	5	10	15	20	25	≥ 30
硅酸盐水泥、R 型水泥	240	120	60	36	34	28	24	18
道路、普通硅酸盐水泥	360	168	72	48	36	30	24	18
矿渣硅酸盐水泥	—	—	120	60	50	45	36	24

注: 允许最早拆侧模时间从混凝土面板精整成形后开始计算。

拆模不得损坏板边、板角和传力杆、拉杆周围的混凝土, 也不得造成传力杆和拉杆松动

或变形。模板拆卸宜使用专用拔楔工具，严禁使用大锤强击拆卸模板。
拆下的模板应将粘附的砂浆清除干净，并矫正变形或局部损坏，矫正精度应符合表 7.2.1 的要求。

7.3 三辊轴机组铺筑

7.3.1 设备选择与配套

三辊轴整平机的主要技术参数应符合表 7.3.1 的规定。板厚 200mm 以上宜采用直径 168 的辊轴；桥面铺装或厚度较小的路面可采用直径为 219mm 的辊轴。轴长宜比路面宽度长出 600~1200mm。振动轴的转速不宜大于 380r/min。

表 7.3.1 三辊轴整平机的主要技术参数

型号	轴直径 (mm)	轴 速 (r/min)	轴 长 (m)	轴质量 (kg/m)	行 走 机 构 质 量 (kg)	行 走 速 度 (m/min)	整平轴 距 (mm)	振动功 率(kw)	驱动功 率(kw)
5001	168	300	1.8~9	65 ± 0.5	340	13.5	504	7.5	6
6001	219	300	5.1 ~ 12	77 ± 0.7	568	13.5	657	17	9

三辊轴机组铺筑混凝土面板时，必须同时配备一台安装插入式振捣棒组的排式振捣机，振捣棒的直径宜为 50~100mm，间距不应大于其有效工作半径的 1.5 倍，并不大于 500mm。插入式振捣棒组的振动频率可在 50~200Hz 之间选择，当面板厚度较大和坍落度较低时，宜使用 100Hz 以上的高频振捣棒。该机宜同时配备螺旋布料器和松方控制刮板，并具备自动行走功能。

当桥面铺装厚度小于 150mm 时，可采用振捣梁。振捣频率宜为 50~100Hz，振捣加速度宜为 4~5g(g 为重力加速度)。

当一次摊铺双车道路面时应配备纵缝拉杆插入机，并配有插入深度控制和拉杆间距调整装置。

其他施工辅助配套设备可参照表 7.1.1-2 选配。

7.3.2 工艺流程：布料→密集排振→拉杆安装→人工补料→三辊轴整平→(真空脱水)→(精平饰面)→拉毛→切缝→养生→(硬刻槽)→填缝。

7.3.3 铺筑作业技术要求：

应有专人指挥车辆均匀卸料。布料应与摊铺速度相适应，不适应时应配备适当的布料机械。坍落度为 10~40mm 的拌合物，松铺系数为 1.12~1.25。坍落度大时取低值，坍落度小时取高值。超高路段，横坡高侧取高值，横坡底侧取低值。

混凝土拌合物布料长度大于 10m 时，可开始振捣作业。密排振捣棒组间歇插入振实时，每次移动距离不宜超过振捣棒有效作用半径的 1.5 倍，并不得大于 500mm，振捣时间宜为 15~30s。排式振捣机连续拖行振实时，作业速度宜控制在 4m/min 以内。具体作业速度视振实效果，可由式(7.3.3)计算。

$$\frac{R}{V}=1.5 t \tag{7.3.3}$$

式中：

V—排式振捣机作业速度(m/s)；

t—振捣密实所需的时间(s)，一般为 15~30s；

R—振捣棒的有效作用半径(m)。

排式振捣机应匀速缓慢、连续不断地振捣行进。其作业速度以拌合物表面不露粗集料，液化表面不再冒气泡并泛出水泥浆为准。

面板振实后，应随即安装纵缝拉杆。单车道摊铺的混凝土路面，在侧模预留孔中应按设计要求插入拉杆；一次摊铺双车道路面时，除应在侧模孔中插入拉杆外，还应在中间纵缝部位，使用拉杆插入机在 1/2 板厚处插入拉杆，插入机每次移动的距离应与拉杆间距相同。

三辊轴整平机作业

三辊轴整平机按作业单元分段整平，作业单元长度宜为 20~30m，振捣机振实与三辊轴整平两道工序之间的时间间隔不宜超过 15min。

三辊轴滚压振实料位高差宜高于模板顶面 5~20mm，过高时应铲除，过低时应及时补料。

三辊轴整平机在一个作业单元长度内，应采用前进振动、后退静滚方式作业，宜分别 2~3 遍。最佳滚压遍数应经过试铺确定。

在三辊轴整平机作业时，应有专人处理轴前料位的高低情况，过高时，应辅以人工铲除，轴下有间隙时，应使用混凝土找补。

滚压完成后，将振动辊轴抬离模板，用整平轴前后静滚整平，直到平整度符合要求，表面砂浆厚度均匀为止。

表面砂浆厚度宜控制在(4±1)mm，三辊轴整平机前方表面过厚、过稀的砂浆必须刮除丢弃。

应采用 3~5m 刮尺，在纵、横两个方向进行精平饰面，每个方向不少于两遍。也可采用旋转抹面机密实精平饰面两遍。刮尺、刮板、抹面机、抹刀饰面的最迟时间不得迟于表 6.4.2 规定的铺筑完毕允许最长时间。

7.4 轨道摊铺机铺筑

7.4.1 机械选型与配套

轨道摊铺机的选型应根据路面车道数或设计宽度按表 7.4.1 的技术参数选择。最小摊铺宽度不得小于单车道 3.75m。

表 7.4.1 轨道摊铺机的基本技术参数表

项目	发动机功率(kw)	最大摊铺宽度(m)	摊铺厚度(mm)	摊铺速度(m/min)	整机质量(t)
三车道轨道摊铺机	33~45	11.75~18.3	250~600	1~3	13~38
双车道轨道摊铺机	15~33	7.5~9.0	250~600	1~3	7~13
单车道轨道摊铺机	8~22	3.5~4.5	250~450	1~4	≤7

轨道摊铺机按布料方式不同，可选用刮板式、箱式和螺旋式。

其他设备可参照表 7.1.1-2 配套。

7.4.2 铺筑作业

布料

使用轨道摊铺机前部配备的螺旋布料器或可上下左右移动的刮板布料，料堆不得过高过大，亦不得缺料。可使用挖掘机、装载机或人工辅助布料。螺旋布料器前的拌合物应保持在面板以上 100mm 左右，布料器后宜配备松铺高度控制刮板。也可使用有布料箱的轨道摊铺机精确布料，箱式轨道摊铺机的料斗出料口关闭时，装进拌合物并运到布料位置后，轻轻打开料斗出料口，待拌合物堆成“堤状”，左右移动料斗布料。

轨道摊铺时的适宜坍落度按振捣密实情况宜控制在 20~40mm 之间。不同坍落度时的松铺系数 K 可参考表 7.4.2 确定，并按此计算出松铺高度。

表 7.4.2 松铺系数 K 与坍落度 SL 的关系

坍落度 SL (mm)	5	10	20	30	40	50	60
-------------	---	----	----	----	----	----	----

松铺系数 K	1.30	1.25	1.22	1.19	1.17	1.15	1.12
--------	------	------	------	------	------	------	------

当施工钢筋混凝土路面时，宜选用(两台)箱型轨道摊铺机分两层两次布料，可在第一层布料完成后，将钢筋网片安装好，再进行表面第二次布料，然后一次振实；也可两次布料两次振实，中间安装钢筋网。采用双层两遍摊铺钢筋混凝土路面时下部混凝土的布料与摊铺长度应根据钢筋网片长度和第一层混凝土凝结情况而定，且不宜超过 20m。

振实作业

轨道摊铺机应配备振捣棒组，振捣方式有斜插连续拖行及间歇垂直插入两种，当面板厚度超过 150mm 坍落度小于 30mm 时，必须插入振捣；连续拖行振捣时，宜将作业速度控制在 0.5~1.0m/min 之间，并随着坍落度的大小而增减。间歇振捣时，当一处混凝土振捣密实后，将振捣棒组缓慢拔出，再移动到下一处振实，移动距离不宜大于 500mm。轨道摊铺机应配备振动板或振动梁对混凝土表面进行振捣和修整，振动梁的振捣频率宜控制在 50~100Hz，偏心轴转速调节到 2500~3500r/min。经振捣棒组振实的混凝土，宜使用振动板振动提浆，并密实饰面，提浆厚度宜控制在(4±1)mm。

整平饰面

往复式整平滚筒前的混凝土堆积物应涌向横坡高的一侧，保证路面横坡高端有足够的料找平。

及时清理因整平推挤到路面边缘的余料，以保证整平精度和整平机械在轨道上的作业行驶。

轨道摊铺机上宜配备纵向或斜向抹平板。纵向抹平板随轨道摊铺机作业行进可左右贴表面滑动并完成表面修整；斜向修整抹平板作业时，抹平板沿斜向左右滑动，同时随机身行进，完成表面修整。

精平饰面操作要求与 7.3.3 条第 5 款相同。

7.5 小型机具铺筑

7.5.1 小型机具性能应稳定可靠，操作简易，维修方便，机具配套应与工程规模、施工进度相适应。选配的成套机械、机具应符合表 7.5.1 的要求。

表 7.5.1 小型机具施工配套机械、机具配置

工作内容	主要施工机械机具	
	机械机具名称、规格	数量、生产能力
钢筋加工	钢筋锯断机、折弯机、电焊机	根据需要定规格和数量
测量	水准仪、经纬仪	根据需要定规格和数量
架设模板	与路面厚度等高 3m 长槽钢模板、固定钢钎	数量不少于 3d 摊铺用量
搅拌	强制式搅拌楼，单车道≥25(m³/h)，双车道≥50(m³/h)	总搅拌生产能力及搅拌楼数量，根据施工规模和进度由计算确定
	装载机	2~3m³
	发电机	≥120kW
	供水泵和蓄水池	单车道≥100m³，双车道≥200m³
运输	5~10t 自卸车	数量由匹配计算确定
振实	手持振捣棒，功率≥1.1kW	每 2m 宽路面不少于 1 根
	平板振动器，功率≥2.2kW	每车道路面不少于 1 个
	振捣整平梁，刚度足够，2 个振动器功率≥1.1kW	每车道路面不少于 1 个振动器 每车道路面不少于 1 根振动梁
	现场发电机功率≥30kW	不少于 2 台
提浆整平	提浆滚杠直径 15~20mm，表面光滑	长度适应铺筑宽度，一次摊铺单车道

	无缝钢管，壁厚 $\geq 3\text{mm}$	路面 1 根，双车道路面 2 根
	叶片式或圆盘式抹面机	每车道路面不少于 1 台
	3m 刮尺	每车道路面不少于 1 根
	手工抹刀	每米宽路面不少于 1 把
真空脱水	真空脱水机有效抽速 $\geq 15\text{L/s}$	每车道路面不少于 1 台
	真空吸垫尺寸不小于 1 块板	每台吸水机应配 3 块吸垫
抗滑构造	工作桥	不少于 3 个
	人工拉毛齿耙、压槽器	根据需要定数量
切缝	软锯缝机	根据需要定数量
	手推锯缝机	根据进度定数量
磨平	水磨石磨机	需要处理欠平整部位时
灌缝	灌缝机具	根据需要定规格和数量
养生	洒水车 4.5~8.0t	按需要定数量
	压力式喷洒机或喷雾器	根据需要定规格和数量
	工地运输车 4~6t	按需要定数量

7.5.2 摊铺、振实与整平

摊铺

混凝土拌合物摊铺前，应对模板的位置及支撑稳固情况，传力杆、拉杆的安设等进行全面检查。修复破损基层，并洒水润湿。用厚度标尺板全面检测板厚与设计值相符，方可开始摊铺。

专人指挥自卸车，尽量准确卸料。

人工布料应用铁锹反扣，严禁抛掷和耨耙。人工摊铺混凝土拌合物的坍落度应控制在 5~20mm 之间，拌合物松铺系数宜控制在 $K=1.10\sim 1.25$ 之间，料偏干，取较高值；反之，取较低值。

因故造成 1h 以上停工或达到 2/3 初凝时间，致使拌合物无法振实时，应在已铺筑好的面板端头设置施工缝，废弃不能被振实的拌合物。

插入式振捣棒振实

在待振横断面上，每车道路面应使用 2 根振捣棒，组成横向振捣棒组，沿横断面连续振捣密实，并应注意路面板底、内部和边角处不得欠振或漏振。

振捣棒在每一处的持续时间，应以拌合物全面振动液化，表面不再冒气泡和泛水泥浆为限，不宜过振，也不宜少于 30s。振捣棒的移动间距不宜大于 500mm；至模板边缘的距离不宜大于 200mm。应避免碰撞模板、钢筋、传力杆和拉杆。

振捣棒插入深度宜离基层 30~50mm，振捣棒应轻插慢提，不得猛插快拔，严禁在拌合物中推行和拖拉振捣棒振捣。

振捣时，应辅以人工补料，应随时检查振实效果、模板、拉杆、传力杆和钢筋网的移位、变形、松动、漏浆等情况，并及时纠正。

振动板振实

在振捣棒已完成振实的部位，可开始振动板纵横交错两遍全面提浆振实，每车道路面应配备 1 块振动板。

振动板移位时，应重叠 100~200mm，振动板在一个位置的持续振捣时间不应少于 15s。振动板须由两人提拉振捣和移位，不得自由放置或长时间持续振动。移位控制以振动板底部和边缘泛浆厚度 $3\pm 1\text{mm}$ 为限。

缺料的部位，应辅以人工补料找平。

振动梁振实

每车道路面宜使用 1 根振动梁。振动梁应具有足够的刚度和质量，底部应焊接或安装深度 4mm 左右的粗集料压实齿，保证(4±1)mm 的表面砂浆厚度。

振动梁应垂直路面中线沿纵向拖行，往返 2~3 遍，使表面泛浆均匀平整。在振动梁拖振整平过程中，缺料处应使用混凝土拌合物填补，不得用纯砂浆填补；料多的部位应铲除。

整平饰面

每车道路面应配备 1 根滚杠(双车道两根)。振动梁振实后，应拖动滚杠往返 2~3 遍提浆整平。第一遍应短距离缓慢推滚或拖滚，以后应较长距离匀速拖滚，并将水泥浆始终赶在滚杠前方。多余水泥浆应铲除。

拖滚后的表面宜采用 3m 刮尺，纵横各 1 遍整平饰面，或采用叶片式或圆盘式抹面机往返 2~3 遍压实整平饰面。抹面机配备每车道路面不宜少于 1 台。

在抹面机完成作业后，应进行清边整缝，清除粘浆，修补缺边、掉角。应使用抹刀将抹面机留下的痕迹抹平，当烈日暴晒或风大时，应加快表面的修整速度，或在防雨篷遮荫下进行。精平饰面后的面板表面应无抹面印痕，致密均匀，无露骨，平整度应达到规定要求。

7.5.3 真空脱水工艺要求

小型机具施工三、四级公路混凝土路面，应优先采用在拌合物中掺外加剂，无掺外加剂条件时，应使用真空脱水工艺，该工艺适用于面板厚度不大于 240mm 混凝土面板施工。使用真空脱水工艺时，混凝土拌合物的最大单位用水量可比不采用外加剂时增大 3~12kg/m³；拌合物适宜坍落度：高温天 30~50mm；低温天 20~30mm。

真空脱水机具

真空度稳定、有自动脱水计量装置，有效抽速不小于 15L/s 的脱水机。

真空度均匀，密封性能好，脱水效率高、操作简便、铺放容易、清洗方便的真空吸垫。

每台真空脱水机应配备不少于 3 块吸垫。

真空脱水作业

脱水前，应检查真空泵空载真空度不小于 0.08MPa，并检查吸管、吸垫连接后的密封性，同时应检查随机工具和修补材料是否齐备。

吸垫铺放应采取卷放，避免皱折；边缘应重叠已脱水的面板 50~100mm。

开机脱水，真空度应逐渐升高，最大真空度不宜超过 0.085MPa。脱水量应经过脱水试验确定，但剩余单位用水量和水灰比不得大于表 4.1.2-4 和表 4.1.2-6 最大值的规定。混凝土拌合物真空脱水量(率)测定方法可参考附录 E.2。

最短脱水时间不宜短于表 7.5.3 的规定。当脱水达到规定时间和脱水量要求后(双控)，应先将吸垫四周微微掀起 10~20mm，继续抽吸 15s，以便吸尽作业表面和吸管中的余水。

表 7.5.3 最短脱水时间(min)

面板厚度 h(mm)	昼夜平均气温 T(℃)					
	3~5	6~10	11~15	16~19	20~25	>25
18	26	24	22	20	18	17
22	30	28	26	24	22	21
25	35	32	30	27	25	24

真空脱水后，应采用振动梁、滚杠或叶片、圆盘式抹面机重新压实精平 1~2 遍。

真空脱水整平后的路面，应采用硬刻槽方式制作抗滑构造。

真空脱水混凝土路面切缝时间可比规定时间适当提前。

7.6 碾压混凝土面层施工

7.6.1 碾压铺筑工艺流程为：碾压混凝土拌和→运输→卸入沥青摊铺机→沥青摊铺机摊铺→打入拉杆→钢轮压路机初压→振动压路机复压→轮胎压路机终压→抗滑构造处理

→养生→切缝→填缝。

7.6.2 机械选型与配套

宜选用预压密实度高的沥青摊铺机，根据路面摊铺宽度可选用 1~2 台。

自重 10~12t 振动压路机 1~2 台；15~25t 轮胎压路机 1 台；1~2t 小型振动压路机 1 台。

其他施工设备可参照表 7.11-2 选配。

7.6.3 基准线设置要求应符合 7.1.2 条的规定。

7.6.4 碾压混凝土路面铺筑松铺系数应根据混凝土配合比、施工机械由试铺确定。采用高密实度摊铺机时，松铺系数宜控制在 1.05~1.15 之间。

7.6.5 摊铺作业

摊铺前应洒水湿润基层。

摊铺作业应均匀、连续，摊铺过程中不得随意变换速度或停顿。

摊铺速度可按式(7.6.5)计算确定，并宜控制在 0.6~1.0m/min 范围内。

$$V = \frac{MK}{60bh} \quad (7.6.5)$$

式中：

V—摊铺速度(m/min)；

M—搅拌机产量(m³/h)；

b—摊铺宽度(m)；

h—成形后的路面厚度(m)；

K—效率系数，一般为 0.85~0.95，搅拌机为 1 台选低值，多台可取高值。

螺旋分料器转速应与摊铺速度相适应，保证两边缘料位充足。

拉杆设置应与摊铺同时进行，并根据设计间距设醒目的定位标记，保证准确打入拉杆。铺筑弯道路段时，应及时调整左右两侧分料器的转速，保证两侧供料均衡；弯道超高路面摊铺应确保超高部位的供料充足。

摊铺过后，应立即对所摊铺混凝土表面进行检查，局部缺料部位，应及时补料。局部粗料集中的部位，应采用湿筛砂浆进行弥补。

7.6.6 碾压段长度以 30~40m 为宜。直线段碾压时，压路机应从外侧向路中心碾压；平曲线有超高路段，由底侧向高侧、自内向外碾压，压完全宽为 1 遍；碾压作业应均匀、速度稳定；并按初压、复压和终压三个阶段进行。

初压应采用钢轮压路机或振动压路机静压，静压重叠量宜为 1/3~1/4 钢轮宽度，初压遍数宜为 2 遍。

复压应采用振动压路机振动碾压，重叠量宜为 1/3~1/2 振动碾宽度。振动压路机起步、倒车和转向均应缓慢柔顺，严禁振动压路机中途急停、急拐、紧急起步及快速倒车。复压遍数按检测达到规定压实度进行控制，一般宜为 2~6 遍。

终压应采用轮胎压路机静压。终压遍数应以弥合表面微裂纹和消除轮迹为停压标准，一般宜为 2~8 遍。

初压、复压和终压作业应密切衔接配合、一气呵成；中间不应停顿、等候和拖延，也不得相互干扰。宜尽量缩短全部碾压作业完成时间。如有局部晒干和风干迹象，应及时喷雾。压实后表面应及时覆盖，并洒水养生。

7.6.7 横向施工缝设置形式宜为“台阶式”。其施工工序如下：

在施工终点处设纵向斜坡，作为压路机碾压过渡段；碾压结束后，将平整度合格部位以外斜坡刨除。

第二天摊铺开始，后退 150~200mm 切割施工缝，切割深度宜为 80~100mm，将切缝

外侧混凝土刨除，形成台阶。

涂刷水泥浆后，纵向连接摊铺新路面。硬化后切施工缝。

7.6.8 在邻近构造物、小半径平曲线两端和凹形竖曲线纵坡变换处应至少各设 2 条胀缝。其余路段可不设置胀缝。胀缝形式可为混凝土枕垫式(见图 7.6.8-1)或钢板枕垫式(见图 7.6.8-2)两种。

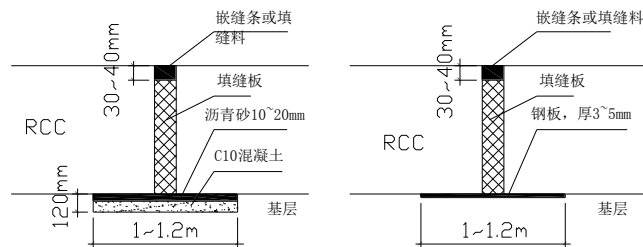


图 7.6.8-1 混凝土枕垫式胀缝 图 7.6.8-2 钢板枕垫式胀缝

7.6.9 碾压混凝土路面纵向缩缝中应设拉杆，面板尺寸可与普通混凝土路面相同，也可略大，但最大不宜超过 $6\text{m} \times 8\text{m}$ 。纵、横向缩缝应采用硬切缝，硬切缝及填缝要求与普通混凝土路面相同。面层抗滑构造可采用硬刻槽或缓凝裸露集料法制作，三、四级公路和基层可不作抗滑处理。

7.6.10 碾压混凝土路面铺筑质量除应符合表 6.2.7、表 11.3.1 和表 11.3.3 的规定外，尚应符合下列要求：

应严格控制 VC 值、松铺系数、离析和碾压遍数，保证碾压作业完成后的整个混凝土路面板厚度一致、均匀密实，密实度必须达到配合比设计的规定值。板厚和匀质性可用钻芯检验。

碾压成形后的面板应达到公路等级所规定的平整度。

碾压终了后的面板表面不应有可见微裂纹或轮迹。

8 钢筋及钢纤维混凝土路面和桥面铺筑

8.1 钢筋混凝土路面铺筑

8.1.1 铺筑前，应按设计图纸准确放样钢筋网设置位置、路面板块、地梁和接缝位置等。

8.1.2 钢筋网加工与安装应符合下列要求：

钢筋网加工

钢筋网所采用的钢筋直径、间距，钢筋网的设置位置、尺寸、层数等应符合设计图纸的要求。

钢筋网焊接和绑扎应符合国家相关标准的规定。

可采用工厂焊接好的冷轧带肋钢筋网，其质量应符合国家相关标准的规定。钢筋直径和间距应按设计的非冷轧钢筋等强互换为冷轧带肋钢筋。

钢筋网安装

钢筋网应采用预先架设安装方式。单层钢筋网的安装，在确保精度的条件下，可采用两次摊铺，中间摆设钢筋网的安装方式。

单层钢筋网的安装高度应在面板下 $(1/3 \sim 1/2)h$ 处，外侧钢筋中心至接缝或自由边的距离不宜小于 100mm，并应配置 4~6 个/ m^2 焊接支架或三角形架立钢筋支座，保证在拌合物堆压下钢筋网基本不下陷、不移位。

钢筋网的主受力钢筋应设置在弯拉应力最大的位置。单层钢筋网纵筋应安装在底部，双层钢筋网纵筋应分别安装在上层顶部、下层底部。双层钢筋网上、下层之间不应少于 4~6 个/ m^2 焊接支架或环形绑扎箍筋。双层钢筋网底部可采用焊接架立钢筋或用 30mm 厚的混凝土垫块支撑，数量不少于 4~6 个/ m^2 。

双层钢筋网底部到基层表面应有不小于 30mm 的保护层，顶部离面板表面应有不小于 50mm 的耐磨保护层。

横向连接摊铺的钢筋混凝土路面之间的拉杆数量应比普通混凝土路面加密 1 倍。双车道整体摊铺的路面板钢筋网应整体连续，可不设纵缝。

8.1.3 边缘补强和角隅钢筋的安装

边缘补强钢筋

在平面交叉口和未设置钢筋网的基础薄弱路段，混凝土面板纵向边缘应安装边缘补强钢筋；横缝为未设传力杆的平缝时应安装横向边缘补强钢筋。

预先按设计图纸加工焊接好边缘补强钢筋支架，在距纵缝和自由边 100~150mm 处的基层上钻孔，钉入支架锚固钢筋，然后将边缘补强钢筋支架与锚固钢筋焊接，两端弯起处应各有 2 根锚固钢筋交错与支架相焊接，其他部位每延米不少于 1 根焊接锚固钢筋。边缘补强钢筋的安装位置在距底面 1/4 厚度处，且不小于 30mm，间距为 100mm。

角隅补强钢筋

发针状角隅钢筋应由 2 根直径为 12~16mm 的螺纹钢按 $\alpha/3$ 的夹角焊接制成(α 为补强锐角角度)，其底部应焊接 5 根支撑腿，安装位置距板顶不小于 50mm，距板边 100mm。角隅钢筋在混凝土路面上应补强锐角，但在桥面及搭板上应补强钝角。双层钢筋混凝土路面、桥面及搭板需进行角隅补强时，可等强互换成与钢筋网等直径的钢筋数量，按需补强。

8.1.4 钢筋网及钢筋骨架的质量检验

路面钢筋网及钢筋骨架的焊接和绑扎的精确度应符合表 8.1.4-1 规定。

表 8.1.4-1 路面钢筋网焊接及绑扎的允许偏差

项目		焊接钢筋网及骨架允许偏差 (mm)	绑扎钢筋网及骨架允许偏差 (mm)
钢筋网的长度与宽度		± 10	± 10
钢筋网眼尺寸		± 10	± 20
钢筋骨架宽度及高度		± 5	± 5
钢筋骨架的长度		± 10	± 10
箍筋间距		± 10	± 20
受力钢筋		± 10	± 10
		± 5	± 5

搭接焊和帮条焊时钢筋的搭接长度：双面焊不小于 5d(钢筋直径)；单面焊不小于 10d，钢筋绑扎搭接长度不应小于 35d。同一垂直断面上不得有 2 个焊接或绑扎接头，相邻钢筋的焊接或绑扎接头应分别错开 500mm 和 900mm 以上。连续钢筋网每隔 30m 宜采用绑扎方式安装。

摊铺前应检验绑扎或焊接安装好的钢筋网和钢筋骨架，不得有贴地、变形、移位、松脱和开焊现象。路面钢筋网及钢筋骨架安装位置的允许偏差应符合表 8.1.4-2 的规定。

表 8.1.4-2 路面钢筋网及钢筋骨架安装位置的允许偏差

项目		允许偏差(mm)
受力钢筋排距		± 5
钢筋弯起点位置		20
箍筋、横向钢筋间距	绑扎钢筋网及钢筋骨架	± 20
	焊接钢筋网及钢筋骨架	± 10
钢筋预埋位置	中心线位置	± 5
	水平高差	± 3

钢筋保护层	距表面	±3
	距底面	±5

开铺前必须按上述要求对所有在路面中预埋及后安装的钢筋结构作质量检验，验收合格后，方可开始铺筑。

8.1.5 钢筋混凝土路面铺筑

布料

机械化铺筑必须配备相应的布料设备，可在 7.1.1 条第 2 款 6 种布料机械中选用适宜的一种。安装完毕的钢筋网，不得被混凝土或机械压垮、压坏或发生变形。摊铺好的拌合物上严禁任何机械碾压。

采用滑模摊铺机、箱式轨道摊铺机和三辊轴机组摊铺时，钢筋混凝土路面可采用两次布料以便在其中摆放间断钢筋网。连续配筋混凝土路面应采用钢筋网预设安装，整体一次布料。

混凝土应卸在料斗或料箱内，再由机械从侧边运送到摊铺位置。钢筋网上的拌合物堆不宜过分集中，应尽快布匀。

坍落度相同时的布料松铺高度，宜比相应机械施工方式普通混凝土路面大 10mm 左右。钢筋混凝土路面摊铺作业除应符合第 7 章中相应铺筑方式有关规定外，尚应符合下列规定：

拌合物的坍落度可比相应铺筑方式普通混凝土路面(表 4.1.2-3、4.1.2-4)规定大 10~20mm。振捣棒组横向间距宜比普通混凝土路面适当加密。采用插入振捣时，振捣棒组不应碰撞和扰动钢筋。插入振捣时不得拖行振捣棒组，应依次逐条分别振捣。振捣棒组应轻插慢提，不得猛插急提。

滑模或轨道摊铺机摊铺钢筋混凝土路面时应适当增大振捣频率或减速摊铺。拌合物坍落度相同时，钢筋混凝土路面的振捣密实持续时间应比普通混凝土路面的规定时间延长 5~10s。

在一块钢筋网连续面板内，应防止摊铺中断，每块板内不应留施工缝，必须摊铺到达横缝位置或钢筋网片的端部，方可停止。应加强对机械装备的维修保养，将故障率降到最低。

摊铺被迫中断时，必须设置横向施工缝，纵向钢筋应保持连续，穿过接缝，并应用 1 倍数量的长度不小于 2m 的纵向钢筋作加密处理，横向施工缝距最近横缝的距离不应小于 5m。

设接缝的钢筋混凝土路面在摊铺面板时，每张钢筋网片边缘 100mm 须作标记，以便准确对位切纵、横缩缝。纵、横向接缝部位的传力杆、拉杆、钢筋网表面应涂防锈涂层或包裹防锈塑料套管。

8.1.6 连续配筋混凝土路面的端部锚固结构施工

施工前应按设计图纸对锚固结构位置、尺寸进行测量放样。

端部锚固结构应按设计尺寸和配筋要求施工，确保锚固效果。

地梁施工应按设计位置和尺寸开挖地槽，并应尽量避免扰动和超挖两侧基层、垫层及路基，尺寸较规矩、超挖较少时，可不设侧模；否则应设侧模。拆模后应回填超挖部位并夯实路基和垫层，基层应采用贫混凝土修复。岩石路基上可直接将钢筋锚固在岩基中。地梁钢筋应与路面钢筋相焊接，地梁混凝土采用振捣棒分层振实，应与面板浇筑成整体。地梁与路面混凝土合龙温度宜控制在 20~25℃，或在当地年平均气温时合龙。

宽翼缘工字钢梁施工应按设计枕垫板尺寸在基层上挖槽，再安装钢筋骨架，并浇筑钢筋混凝土枕垫板。枕垫板表面应预留与工字钢梁的焊接锚固钢筋，并铺设滑动隔离层安装并焊接宽翼缘工字钢后，再摊铺面板。应确保搁置在枕垫板上的连续配筋混凝土路面板

端部可自由滑动，面板端部与工字钢槽内连接部位应以胀缝填缝料填塞。

8.2 钢筋混凝土桥面铺装

8.2.1 桥面和搭板钢筋网的加工、焊接和安装的质量要求，除应符合本规范 8.1.4 条的各项要求外，尚应符合下列规定：

所有桥梁、通道钢筋混凝土桥面铺装层均应在梁板混凝土顶面安装锚固架立钢筋，再将钢筋网与锚固架立钢筋相焊接，锚固架立钢筋应有 $4\sim 8$ 根/ m^2 。在梁端或支座部位剪应力较大处取大值；反之，可取小值。桥面铺装层钢筋网应使用焊接网或预制冷轧带肋钢筋网，不宜使用绑扎钢筋网。

钢筋混凝土桥面极限最薄厚度不得小于 90mm。桥面铺装层钢筋网不得贴梁板顶面，也不得使用非锚固钢筋网支架和砂浆垫块。

采用双层钢筋网一次铺装时，除底层钢筋网应与梁板锚固焊接外，上下层钢筋网亦应焊接。分双层两次铺装的钢筋混凝土桥面，防水找平层中应设置一层钢筋网，横向钢筋位于纵向钢筋之下，横向钢筋直径、数量和间距不宜小于纵向，并应与梁板锚固筋相焊接，上层钢筋网可不与下层钢筋网焊接，但应与锚固在找平层混凝土中的架立钢筋相焊接。上层钢筋网设置应满足抗裂要求，钢筋直径宜细不宜粗；间距宜密不宜疏。

桥面板应在梁端或负弯矩欲切缝部位，按设计要求使用接缝钢筋补强。桥面接缝补强钢筋的直径不宜小于 12mm；长度不宜短于 1.2m 或按负弯矩影响范围确定。

桥面钢筋网应在整个桥面铺装层内连续，不得因铺装宽度不足或停工而切断纵、横向钢筋。

路面与桥涵相接的两条胀缝，一条应位于搭板与过渡板之间；另一条应设在过渡板与普通混凝土路面之间。钢筋混凝土搭板及过渡板端部钢筋应与胀缝钢筋支架相焊接，焊接点不应少于 4 个/m。也可在双层钢筋混凝土搭板一侧取消胀缝支架，直接利用双层钢筋网，并增加箍筋，箍筋数量不得少于胀缝钢筋支架。

8.2.2 桥面及搭板的机械铺装

铺装前应做如下施工准备：

桥面铺装层厚度和配筋应根据设计或经验确定。桥头双层钢筋混凝土搭板在高速公路、一级公路上与路面相接时，应设置不短于 10m 的单层钢筋混凝土过渡板。

桥头沉降应基本稳定，桥头搭板可采用双层钢筋网搭板或设枕梁及加强肋的单层钢筋网搭板。。前者厚度宜为 300~450mm，后者宜与路面厚度相同，但枕梁与加强肋均应按设计计算配置受力钢筋，其厚度不宜薄于上基层。

桥面铺装层和搭板混凝土强度等级不应低于主梁翼缘板。在桥面与路面机械连续摊铺条件下，路面混凝土强度等级不低于桥面铺装层要求时，桥面混凝土配合比可与路面混凝土相同，反之，应按桥面铺装层抗压强度要求设计桥面混凝土配合比。用于桥面铺装的混凝土中不宜掺粉煤灰，但应掺高效减水剂；有抗冰(盐)冻要求时应掺引气(缓凝)高效减水剂；腐蚀环境下宜掺硅灰或磨细矿渣。

待铺装的裸梁表面应清洗干净，并具有足够的粗糙度，防水找平层的表面应进行凿毛或表面缓凝粗糙处理。

用滑模或轨道摊铺机连续铺装桥面前，应验算桥板、翼缘承载能力和桥梁挠度是否满足摊铺机上桥铺装作业的要求。大吨位摊铺机上桥摊铺的挠度及下桥反弹量不宜大于 3mm。

桥梁护栏宜在滑模或轨道摊铺机铺装桥面后施工。履带行走或轨道架设在分幅桥梁中空部位、通讯井口或裸梁板上时，应采用可靠的加固保护措施。可将滑模摊铺机的履带延伸至另一幅桥面上行走。

滑模摊铺机履带上下桥的台阶部位应提前 2~3d 铺设混凝土坡道，长度不宜短于钢筋混

凝土搭板。

桥上的基准线桩可与桥梁上的锚固钢筋暂时焊接固定，间距不大于 10m。滑模连续铺装路面、搭板和桥面时，基准线应连接顺直，精确度应满足表 7.1.2 的规定。

轨道摊铺机、三辊轴机组或小型机具铺装桥面时，轨模或模板应采用特制的低矮(轨)模板。不能整幅铺装桥面时，接续摊铺一侧的模板宜使用中空型，以利钢筋穿过，不得用模板将钢筋网压贴到梁板上。搭板的模板可采用路面模板，高程不足时，可提前铺设混凝土底座。路面、搭板和桥面连续铺装时，(轨)模板应连续顺直，其安装精确度应符合表 7.2.3 的规定。

连续机械铺装

钢筋混凝土桥面及搭板机械铺装的布料要求，应符合 8.1.5 条第 1 款的各项规定。

滑模和轨道摊铺机应缓慢、匀速、连续不间断地摊铺路面、胀缝、搭板、桥面。设钢筋网的涵洞顶面层的摊铺应与相应钢筋混凝土路面相同。滑模摊铺机上、下桥面，应及时调整侧模高度，使边缘尽量少振动漏料。三辊轴机组铺装桥面时，应与钢筋混凝土路面摊铺要求相同。

钢筋混凝土桥面铺装层的铺装厚度应采取双控措施：厚度代表值应满足设计要求；极限最小厚度不应小于设计厚度 20mm。不能同时满足两者要求时，应在保证翼缘板厚度的前提下，凿除突起部分。

整体摊铺钢筋混凝土搭板(加枕梁或肋梁)的总厚度不得大于 400mm。超厚部分应人工浇筑并振实底部。

应精确放样桥台接缝和伸缩缝位置。铺装前宜在伸缩缝、桥台接缝底部设隔离层，应在桥台接缝处安装稳固的胀缝板。待桥面铺装后，剔除伸缩缝位置未硬化混凝土，然后按规定安装伸缩缝。浇筑伸缩缝的混凝土中应加入不少于体积掺量 0.8% 的钢纤维。伸缩缝部位钢纤维混凝土强度等级不宜低于 C40，应采用机械强制拌和，并掺加高效减水剂。

8.2.3 接缝施工

斜交桥涵异形混凝土板应全部在桥头搭板内调整。正交和斜交搭板最短边长不宜小于 10m。搭板应切缝防开裂，纵、横向切缝距离不宜大于 6m。横缝位置应按搭板长短边均分，纵缝宜按路面板宽划分。

支座与桥面负弯矩部位必须切缝，桥面横向缩缝应以支座或桥台为界，在每跨内均分缩缝间距，最大长度不宜大于 6m，最短长度不宜小于 4.5m；桥面除停车带外，纵缝宜按路面板宽划分。桥面和搭板钢筋防锈及填缝要求与 8.1.5 条第 3 款相同。

8.3 钢纤维混凝土路面和桥面铺装

8.3.1 钢纤维混凝土路面和桥面的厚度、平面尺寸和钢纤维掺量等应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)和设计图纸的规定。

8.3.2 钢纤维混凝土路面的布料与摊铺除应满足滑模、轨道和三辊轴机组摊铺普通混凝土路面的规定外，尚应符合下列规定：

所采用的各种机械布料与摊铺方式，应保证面板内钢纤维分布的均匀性及结构连续性，在一块面板内的浇筑和摊铺不得中断。

布料松铺高度应通过试铺确定。拌合物坍落度相同时，宜比相同机械施工方式的普通混凝土路面松铺高度高 10mm 左右。

钢纤维混凝土拌合物应与所选定的摊铺方式相适应，其工作性应符合 4.2.2 条第 2 款的要求。

钢纤维混凝土路面的振捣与整平

所采用的振捣机械和振捣方式除应保证钢纤维混凝土密实性外，尚应保证钢纤维在混凝土中分布的均匀性。

除应满足各交通等级路面平整度要求外，整平后的面板表面不得裸露上翘的钢纤维，表面下 10~30mm 深度内的钢纤维应基本处于平面分布状态。

采用滑模摊铺机、轨道摊铺机铺筑钢纤维混凝土路面时，振捣棒组的振捣频率不宜低于 10000r/min，振捣棒组底缘应严格控制在面板表面位置，不得将振捣棒组插入路面钢纤维混凝土内部振捣。

采用三辊轴机组摊铺钢纤维混凝土路面时，不得将振捣棒组插入路面钢纤维混凝土内部振捣，也不得使用人工插捣。可采用大功率平板式振捣器振捣密实，再采用振动梁压实整平。振动梁底面应设凸棱以利表层钢纤维和粗集料压入。然后用三辊轴整平机将表面滚压平整。再用 3m 以上刮尺、刮板或抹刀纵横向精平表面。

钢纤维混凝土路面施工的特殊工艺要求

钢纤维混凝土拌合物从出料到运输、铺筑完毕的允许最长时间不宜超过表 8.3.4 的规定。在浇筑和摊铺过程中严禁因拌合物干涩而加水，但可喷雾防止表面水分蒸发。

表 8.3.4 钢纤维混凝土拌合物从出料到运输、铺筑完毕允许最长时间

施工气温*(℃)	到运输完毕允许最长时间(h)		到铺筑完毕允许最长时间(h)	
	滑模、轨道	三辊轴机组	滑模、轨道	三辊轴机组
5~9	1.25	1.0	1.5	1.25
10~19	0.75	0.5	1.0	0.75
20~29	0.5	0.35	0.75	0.5
30~35	0.35	0.25	0.50	0.35

注：*指施工时间的日间平均气温，使用缓凝剂延长凝结时间后，本表数值可增加 0.20~0.35h。

必须使用硬刻槽方式制作抗滑沟槽，不得使用粗麻袋、刷子和扫帚制作抗滑构造。

钢纤维混凝土路面的板长宜为 6~10m，钢纤维掺量较大，可用大值；掺量小，取小值。面板长宽比应符合设计要求。

8.3.5 设钢筋网的钢纤维混凝土桥面铺装时，其钢筋网焊接、锚固与安装应符合 8.1、8.2 节有关规定；布料与摊铺应分别符合 8.2.2 条和 8.3.2 条的规定；振捣、整平、接缝与抗滑构造施工应符合本节规定。

9 面层接缝、抗滑与养生

9.1 接缝施工

9.1.1 纵缝施工

当一次铺筑宽度小于路面和硬路肩总宽度时，应设纵向施工缝，位置应避开轮迹，并重合或靠近车道线，构造可采用平缝加拉杆型。当所摊铺的面板厚度大于等于 260mm 时，也可采用插拉杆的企口型纵向施工缝。采用滑模施工时，纵向施工缝的拉杆可用摊铺机的侧向拉杆装置插入。采用固定模板施工方式时，应在振实过程中，从侧模预留孔中手工插入拉杆。

当一次摊铺宽度大于 4.5m 时，应采用假缝拉杆型纵缝，即锯切纵向缩缝，纵缝位置应按车道宽度设置，并在摊铺过程中用专用的拉杆插入装置插入拉杆。

钢筋混凝土路面、桥面和搭板的纵缝拉杆可由横向钢筋延伸穿过接缝代替。钢纤维混凝土路面切开的假纵缝可不设拉杆，纵向施工缝应设拉杆。

插入的侧向拉杆应牢固，不得松动、碰撞或拔出。若发现拉杆松脱或漏插，应在横向相邻路面摊铺前，钻孔重新植入。当发现拉杆可能被拔出时，宜进行拉杆拔出力(握裹力)检验，混凝土与拉杆握裹力试验方法可参照附录 C。

9.1.2 每天摊铺结束或摊铺中断时间超过 30min 时，应设置横向施工缝，其位置宜与胀

缝或缩缝重合，确有困难不能重合时，施工缝应采用设螺纹传力杆的企口缝形式。横向施工缝应与路中心线垂直。横向施工缝在缩缝处采用平缝加传力杆型，见图 9.1.2。在胀缝处其构造与胀缝相同，见图 9.1.4。

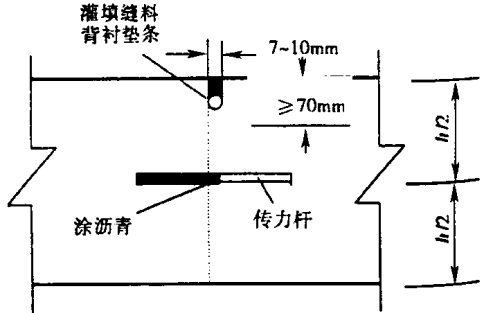


图 9.1.2 横向施工缝构造示意图

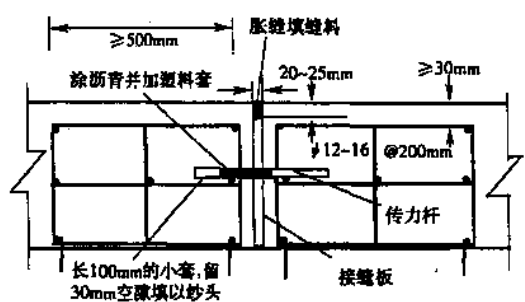


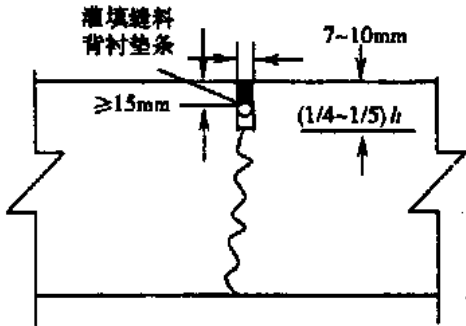
图 9.1.4 胀缝构造示意图

9.1.3 横向缩缝施工

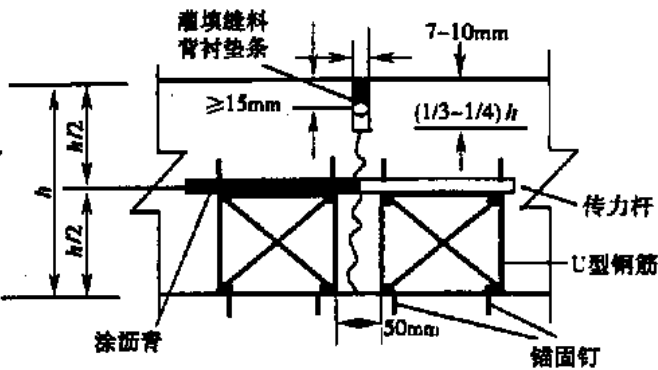
普通混凝土路面横向缩缝宜等间距布置。不宜采用斜缝。不得不调整板长时，最大板长不宜大于 6.0m；最小板长不宜小于板宽。

在中、轻交通的混凝土路面上，横向缩缝可采用不设传力杆假缝型，如图 9.1.3a。

在特重和重交通公路、收费广场、邻近胀缝或路面自由端的 3 条缩缝应采用假缝加传力杆型。缩缝传力杆的施工方法可采用前置钢筋支架法或传力杆插入装置(DBI)法，支架法的构造见图 9.1.3b)。钢筋支架应具有足够的刚度，传力杆应准确定位，摊铺之前应在基层表面放样，并用钢钎锚固，宜使用手持振捣棒振实传力杆高度以下的混凝土，然后机械摊铺。传力杆无防粘涂层一侧应焊接，有涂料一侧应绑扎。用 DBI 法置入传力杆时，应在路侧缩缝切割位置作标记，保证切缝位于传力杆中部。



a)假缝型



b)假缝加传力杆型

图 9.1.3 横向缩缝构造

9.1.4 胀缝设置与施工

普通混凝土路面、钢筋混凝土路面和钢纤维混凝土路面的胀缝间距视集料的温度膨胀性大小、当地年温差和施工季节综合确定：高温施工，可不设胀缝；常温施工，集料温缩系数和年温差较小时，可不设胀缝；集料温缩系数或年温差较大，路面两端构造物间距大于等于 500m 时，宜设一道中间胀缝；低温施工，路面两端构造物间距大于等于 350m 时，宜设一道胀缝。邻近构造物、平曲线或与其他道路相交处的胀缝应按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)的规定设置。

普通混凝土路面的胀缝应设置胀缝补强钢筋支架、胀缝板和传力杆，胀缝构造如图 9.1.4。钢筋混凝土和钢纤维混凝土路面可不设钢筋支架。胀缝宽 20~25mm，使用沥青或塑料薄膜滑动封闭层时，胀缝板及填缝宽度宜加宽到 25~30mm。传力杆一半以上长度的表面应涂防粘涂层，端部应戴活动套帽，套帽材料与尺寸应符合 3.10.2 条第 2 款的要求。

胀缝板应与路中心线垂直，缝壁垂直；缝隙宽度一致；缝中完全不连浆。

胀缝应采用前置钢筋支架法施工，也可采用预留一块面板，高温时再铺封。前置法施工，应预先加工、安装和固定胀缝钢筋支架，并在使用手持振捣棒振实胀缝板两侧的混凝土后在摊铺。宜在混凝土未硬化时，剔除胀缝板上部的混凝土，嵌入(20~25)mm×20mm的木条，整平表面。胀缝应连续贯通整个路面板宽度。

9.1.5 拉杆、胀缝板、传力杆及其套帽、滑移端设置精确度应符合的要求。

表 9.1.5 拉杆、胀缝板、传力杆及其套帽、滑移端设置精确度

项目	允许偏差(mm)	测量位置
传力杆端上下左右偏斜偏差	10	在传力杆两端测量
传力杆在板中心上下左右偏差	20	以面板为基准测量
传力杆	30	以缝中心线为准
拉杆深度偏差及上下左右偏斜偏差	10	以板厚和杆端为基准测量
拉杆端及在板中上下左右偏差	20	杆两端和板面测量
拉杆沿路面纵向前后偏位	30	纵向测量
胀缝传力杆套帽长度不小于100mm	10	以封堵帽端起测
缩缝传力杆滑移端长度大于1/2 杆长	20	以传力杆长度中间起测
胀缝板倾斜偏差	20	以板底为准
胀缝板的弯曲和位移偏差	10	以缝中心线为准

注：胀缝板不允许混凝土连浆，必须完全隔断。

9.1.6 贫混凝土基层、各种混凝土面层、加铺层、桥面和搭板的纵、横向缩缝均应采用切缝法施工。切缝作业应符合下列规定：

横向缩缝

横向缩缝的切缝方式有全部硬切缝、软硬结合切缝和全部软切缝三种，切缝方式的选用，应由施工期间该地区路面摊铺完毕到切缝时的昼夜温差确定，宜参照表 9.1.6 选用。

表 9.1.6 根据施工气温所推荐的切缝方式

昼夜温差 *(°C)	切缝方式	缩缝切深
<10	最长时间不得超过 24h	硬切缝 1/4~1/5 板厚
10~15	软硬结合切缝，每隔 1~2 条提前软切缝，其余用硬切缝补切	软切深度不应小于 60mm；不足者应硬切补深到 1/3 板厚，已断开的缝不补切
>15	宜全部软切缝，抗压强度约为 1~1.5MPa，人可行走。软切缝不宜超过 6h	软切缝深大于等于 60mm，未断开的接缝，应硬切补深到不小于 1/4 板厚

注：*注意降雨后刮风引起路面温度骤降，面板温差在表中规定范围内，应按表中方法，提早切缝。

对分幅摊铺的路面应在先摊铺的混凝土板横缩缝已断开的部位作标记。在后摊铺的路面上应对齐已断开的横缩缝提前软切缝。

有传力杆缩缝的切缝深度应为 1/3~1/4 板厚，最浅不得小于 70mm；无传力杆缩缝的切

缝深度应为 $1/4 \sim 1/5$ 板厚，最浅不得小于 60mm。

高速公路和一级公路及路基高度大于等于 10m 的高边坡、软基及填挖交界路段、桥头搭板、桥面板的纵向施工缝，应在上半部涂满沥青，然后硬切缝，并填缝。二级及其以下公路一般路段的纵向施工缝在上半部涂满沥青后，可不切缝。

对已插入拉杆的纵向假缩缝，切缝深度不应小于 $1/3 \sim 1/4$ 板厚，最浅切缝深度不应小于 70mm，纵、横缩缝宜同时切缝。

缩缝切缝宽度宜控制在 4~6mm，切缝时锯片晃度不应大于 2mm。可先用薄锯片锯切到要求深度，再使用 6~8mm 厚锯片或叠合锯片扩宽填缝槽，填缝槽深度宜为 25~30mm，宽度宜为 7~10mm。见图 9.1.6。

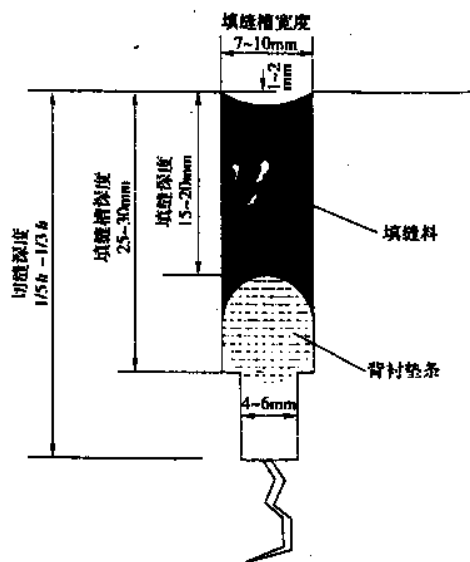


图 9.1.6 缩缝切缝、填缝(槽)、垫条细部尺寸

在变宽度路面上，宜先切缝划分板宽。匝道上的纵缝宜避开轮迹位置。横缝应垂直于每块面板的中心线。变宽度路面缩缝，允许切割成小转角的折线，相邻板的横向缩缝切口必须对齐，允许偏差不得大于 5mm。

9.1.7 灌缝

混凝土板养生期满后，应及时灌缝。

灌缝技术要求

应先采用切缝机清除接缝中夹杂的砂石、凝结的泥浆等，再使用压力大于等于 0.5MPa 的压力水和压缩空气彻底清除接缝中的尘土及其他污染物，确保缝壁及内部清洁、干燥。缝壁检验以擦不出灰尘为灌缝标准。

使用常温聚氨酯和硅树脂等填缝料时，应按规定比例将两组分材料按 1h 灌缝量搅拌均匀后使用。

使用加热填缝料时应将填缝料加热至规定温度。加热过程中应将填缝料融化，搅拌均匀，并保温使用。

灌缝的形状系数宜控制在 2 左右，灌缝深度宜为 15~20mm，最浅不得小于 15mm 见图 9.1.6。先挤压嵌入直径 9~12mm 多孔泡沫塑料背衬条，再灌缝。灌缝顶面热天应与板面齐平；冷天应填为凹液面，中心低于板面 1~2mm。填缝必须饱满、均匀、厚度一致并连续贯通，填缝料不得缺失、开裂和渗水。

常温施工式填缝料的养生期，低温天宜为 24h，高温天宜为 12h。加热施工式填缝料的养生期，低温天宜为 2h，高温天宜为 6h。在灌缝料养生期间应封闭交通。

路面胀缝和桥台隔离缝等应在填缝前，凿去接缝板顶部嵌入的木条，涂粘结剂后，嵌入胀缝专用多孔橡胶条或灌进适宜的填缝料，当胀缝的宽度不一致或有啃边、掉角等现象

时，必须灌缝。

9.2 抗滑构造施工

9.2.1 抗滑构造技术要求

各交通等级混凝土面层竣工时的表面抗滑技术要求应符合表 11.3.3 的规定。

构造深度应均匀，不损坏构造边棱，耐磨抗冻，不影响路面和桥面的平整度。

9.2.2 抗滑构造施工

摊铺完毕或精整平表面后，宜使用钢支架拖挂 1~3 层叠合麻布、帆布或棉布，洒水湿润后作拉毛处理。布片接触路面的长度以 0.7~1.5m 为宜，细度模数偏大的粗砂，拖行长度取小值；砂较细，取大值。人工修整表面时，宜使用木抹。用钢抹修整过的光面，必须再拉毛处理，以恢复细观抗滑构造。

当日施工进度超过 500m 时，抗滑沟槽制作宜选用拉毛机械施工，没有拉毛机时，可采用人工拉槽方式。在混凝土表面泌水完毕 20~30min 内应及时进行拉槽。拉槽深度应为 2~4mm，槽宽 3~5mm，槽间距 15~25mm。可施工等间距或非等间距抗滑槽，为减小噪音，宜使用后者。衔接间距应保持一致。

特重和重交通混凝土路面宜采用硬刻槽，凡使用圆盘、叶片式抹面机精平后的混凝土路面、钢纤维混凝土路面必须采用硬刻槽方式制作抗滑沟槽。可采用等间距刻槽，其几何尺寸与上款相同；为降低噪音宜采用非等间距刻槽，尺寸宜为：槽深 3~5mm，槽宽 3mm，槽间距在 12~24mm 之间随机调整。路面结冰地区，硬刻槽的形状宜使用上宽 6mm 下窄 3mm 的梯形槽；硬刻槽机重量宜重不宜轻，一次刻槽最小宽度不应小于 500mm，硬刻槽时不应掉边角，亦不得中途抬起或改变方向，并保证硬刻槽到面板边缘。抗压强度达到 40% 后可开始硬刻槽，并宜在两周内完成。硬刻槽后应随即将路面冲洗干净，并恢复路面的养生。

一般路段可采用横向槽或纵向槽，在弯道或要求减噪的路段宜使用纵向槽。

年降雨量小于 250mm 地区的各级公路混凝土路面，可不拉毛和刻槽；年降雨量为 250~500mm 的地区，当组合坡度小于 3% 时，可不拉毛与刻槽；组合坡度大于等于 3% 时，宜执行表 9.2.1 一般路段的抗滑构造规定。高寒和寒冷地区混凝土路面的停车带边板和收费站广场，可不制作抗滑沟槽。

9.2.3 新建路面或旧路面抗滑构造不满足要求时，可采用硬刻槽或喷砂打毛等方法加以恢复。

9.3 混凝土路面养生

9.3.1 混凝土路面铺筑完成或软作抗滑构造完毕后应立即开始养生。机械摊铺的各种混凝土路面、桥面及搭板宜采用喷洒养生剂同时保湿覆盖的方式养生。在雨天或养生用水充足的情况下，也可采用覆盖保湿膜、土工毡、土工布、麻袋、草袋、草帘等洒水湿养生方式，不宜使用围水养生方式。

9.3.2 混凝土路面采用喷洒养生剂养生时，喷洒应均匀、成膜厚度应足以形成完全密闭水分的薄膜，喷洒后的表面不得有颜色差异。喷洒时间宜在表面混凝土泌水完毕后进行。喷洒高度宜控制在 0.5~1m。使用一级品养生剂时，最小喷洒剂量不得少于 0.30kg/m^2 ；合格品的最小喷洒剂量不得少于 0.35kg/m^2 。不得使用易被雨水冲刷掉的对混凝土强度、表面耐磨性有影响的养生剂。当喷洒一种养生剂达不到 90% 以上有效保水率要求时，可采用两种养生剂各喷洒一层或喷一层养生剂再加覆盖的方法。

9.3.3 覆盖塑料薄膜养生的初始时间，以不压坏细观抗滑构造为准。薄膜厚度(韧度)应合适，宽度应大于覆盖面 600mm。两条薄膜对接时，搭接宽度不应小于 400mm，养生期间应始终保持薄膜完整盖满。

9.3.4 覆盖养生

宜使用保湿膜、土工毡、土工布、麻袋、草袋、草帘等覆盖物保湿养生并及时洒水，保持混凝土表面始终处于潮湿状态，并由此确定每天的洒水遍数。
昼夜温差大于 10℃ 以上的地区或日平均温度小于等于 5℃ 施工的混凝土路面应采取保温保湿养生措施。

9.3.5 养生时间应根据混凝土弯拉强度增长情况而定，不宜小于设计弯拉强度的 80%，应特别注重前 7d 的保湿(温)养生。一般养生天数宜为 14~21d，高温天不宜少于 14d，低温天不宜少于 21d。掺粉煤灰的混凝土路面，最短养生时间不宜少于 28d，低温天应适当延长。

9.3.6 混凝土板养生初期，严禁人、畜、车辆通行，在达到设计强度 40% 后，行人方可通行。在路面养生期间，平交道口应搭建临时便桥。面板达到设计弯拉强度后，方可开放交通。

10 特殊气候条件下的施工

10.1 一般规定

10.1.1 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。

10.1.2 混凝土路面施工如遇下述条件之一者，必须停工：

1. 现场降雨；
2. 风力大于 6 级，风速在 10.8m/s 以上的强风天气；
3. 现场气温高于 40℃ 或拌合物摊铺温度高于 35℃；
4. 摊铺现场连续 5 昼夜平均气温低于 5℃，夜间最低气温低于 -3℃。

10.2 雨季施工

10.2.1 防雨准备

1. 地势低洼的搅拌场、水泥仓、备件库及砂石料堆场，应按汇水面积修建排水沟或预备抽排水设施。搅拌楼的水泥和粉煤灰罐仓顶部通气口、料斗及不得遇水部位应有防潮、防水覆盖措施，砂石料堆应防雨覆盖。
2. 雨天施工时，在新铺路面上，应备足防雨篷、帆布和塑料布或薄膜。
3. 防雨篷支架宜采用可推行的焊接钢结构，并具有人工饰面拉槽的足够高度。

10.2.2 防雨水冲刷

摊铺中遭遇阵雨时，应立即停止铺筑混凝土路面，并紧急使用防雨篷、塑料布或塑料薄膜等覆盖尚未硬化的混凝土路面。

被阵雨轻微冲刷过的路面，视平整度和抗滑构造破坏情况，采用硬刻槽或先磨平再刻槽的方式处理。对被暴雨冲刷后，路面平整度严重劣化或损坏的部位，应尽早铲除重铺。降雨后开工前，应及时排除车辆内、搅拌场及砂石料堆场内的积水或淤泥。运输便道应排除积水，并进行必要的修整。摊铺前应扫除基层上的积水。

10.3 风天施工

10.3.1 风天应采用风速计在现场定量测风速或观测自然现象，确定风级，并按表 10.3.1 的规定采取防止塑性收缩开裂的措施。

表 10.3.1 刮风天混凝土路面防止塑性收缩开裂措施

风力	相应自然现象	风 速 (m/s)	防止路面塑性收缩开裂措施
1 级 软风	烟能表示风向，水面有鱼鳞波	≤1.5	正常施工，喷洒一遍养生剂，原液剂量 0.30kg/m ²
2 级 轻风	人面有感，树叶沙沙响，风标转动，水波显著	1.6~3.3	应加厚喷洒一遍养生剂，剂量 0.45kg/m ²

3 级 微风	树叶和细枝摇晃，旗帜飘动，水面波峰破碎，产生飞沫	3.4~5.6	路面摊铺完成后，立即喷洒第一遍养生剂，拉毛后，再喷洒第二遍养生剂。两遍剂量共 $0.60\text{kg}/\text{m}^2$
4 级 和风	吹起尘土和纸片，小树枝摇动，水波出白浪	5.7~7.9	除拉毛前后喷两遍养生剂外(两遍剂量共 $0.60\text{kg}/\text{m}^2$)，还需覆盖塑料薄膜
5 级 轻 劲 风	有叶小树开始摇动，大浪明显，波峰起白沫	8.0~10.7	使用抹面机械抹面，加厚喷一遍剂量 $0.45\text{kg}/\text{m}^2$ 的养生剂并覆盖塑料薄膜或麻袋草袋，使用钢刷做细观抗滑构造。无机械抹面措施时，应停止施工
6 级 强风	大树枝摇动，电线呼呼响，出现长浪，波峰吹成条纹	10.8 ~ 13.8	必须停止施工

10.4 高温季节施工

10.4.1 施工现场的气温高于 30°C ，拌合物摊铺温度在 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，同时，空气相对湿度小于 80% 时，混凝土路面和桥面的施工应按高温季节施工的规定进行。

10.4.2 高温天铺筑混凝土路面和桥面应采取下列措施：

当现场气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 时，应避开中午高温时段施工，可选择在早晨、傍晚或夜间施工，夜间施工应有良好的操作照明，并确保施工安全。

砂石料堆应设遮阳篷；抽用地下冷水或采用冰屑水拌和；拌合物中宜加允许最大掺量的粉煤灰或磨细矿渣，但不宜掺硅灰。拌合物中应掺足够剂量的缓凝剂、高温缓凝剂、保塑剂或缓凝(高效)减水剂等。

自卸车上的混凝土拌合物应加遮盖。

应加快施工各环节的衔接，尽量压缩搅拌、运输、摊铺、饰面等各工艺环节所耗费的时间。

可使用防雨篷作防晒遮荫篷。在每日气温最高和日照最强烈时段遮荫。

高温天气施工时，混凝土拌合物的出料温度不宜超过 35°C ，并应随时监测气温、水泥、拌和水、拌合物及路面混凝土温度。必要时加测混凝土水化热。

在采用覆盖保湿养生时，应加强洒水，并保持足够的湿度。

切缝应视混凝土强度的增长情况或按 250 温度小时计，宜比常温施工适当提早切缝，以防止断板。特别是在夜间降温幅度较大或降雨时，应提早切缝。

10.5 低温季节施工

10.5.1 当摊铺现场连续 5 昼夜平均气温高于 5°C ，夜间最低气温在 $-3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间，混凝土路面和桥面的施工应按下述低温季节施工规定的措施进行：

拌合物中应优选和掺加早强剂或促凝剂。

应选用水化总热量大的 R 型水泥或单位水泥用量较多的 32.5 级水泥，不宜掺粉煤灰。

搅拌机出料温度不得低于 10°C ，摊铺混凝土温度不得低于 5°C 。在养生期间，应始终保持混凝土板最低温度不低于 5°C 。否则，应采用热水或加热砂石料拌和混凝土，热水温度不得高于 80°C ；砂石料温度不宜高于 50°C 。

应加强保温保湿覆盖养生，可选用塑料薄膜保湿隔离覆盖或喷洒养生剂，再采用草帘、泡沫塑料垫等保温覆盖初凝后的混凝土路面。遇雨雪必须再加盖油布、塑料薄膜等。

应随时监测气温、水泥、拌和水、拌合物及路面混凝土的温度，每工班至少测定 3 次。

10.5.2 混凝土路面或桥面弯拉强度未达到 1.0MPa 或抗压强度未达到 5.0MPa 时，应严防

路面受冻。

10.5.3 低温天施工，路面或桥面覆盖保温保湿养生天数不得少于 28d，拆模时间应符合表 7.2.4 的规定。

11 施工质量检查与验收

11.1 一般规定

11.1.1 施工质量的控制、管理与检查应贯穿整个施工过程，应对每个施工环节严格控制把关，对出现的问题，立即进行纠正直至停工整顿。

11.1.2 施工过程中的质量管理要求

各级公路各种混凝土路面铺筑方式的施工均应建立健全质量监测、管理和保证体系。应按铺筑进度做出质检仪器和人员数量动态计划。施工中应按计划落实质检仪器和人员，对施工各阶段的各项质量指标应做到及时检查、控制和评定，以达到所规定的质量标准，确保施工质量及其稳定性。

施工全过程的质量动态检测、控制和管理内容应包括施工准备、铺筑试验路段和施工过程中的各项技术指标的检验，出现施工技术问题的报告、论证和解决等。

11.2 铺筑试验路段

11.2.1 二级及其以上公路混凝土路面工程，使用滑模、轨道、碾压、三辊轴机组机械施工时，在正式摊铺混凝土路面前，必须铺筑试验路段。试验路段长度不应短于 200m，高速公路、一级公路宜在主线路面以外进行试铺。路面厚度、摊铺宽度、接缝设置、钢筋设置等均应与实际工程相同。

11.2.2 试验路段分为试拌及试铺两个阶段，通过试验路段应达到下述目的：

通过试拌检验搅拌楼性能及确定合理搅拌工艺，检验适宜摊铺的搅拌楼拌和参数：上料速度，拌和容量，搅拌均匀所需时间，新拌混凝土坍落度、振动粘度系数、含气量、泌水性、VC 值和生产使用的混凝土配合比等。

通过试铺检验主要机械的性能和生产能力，检验辅助施工机械组配合理性，检验路面摊铺工艺和质量：模板架设固定方式或基准线设置方式，摊铺机械(具)的适宜工作参数，包括：松铺高度、摊铺速度、振捣时间与频率、滚压遍数、碾压遍数、压实度、中间和侧向拉杆置入情况等。检验整套施工工艺流程。

使工程技术及工作人员熟悉并掌握各自的操作要领。

按施工工艺要求检验施工组织形式和人员编制。

建立混凝土原材料、拌合物、路面铺筑全套技术性能检验手段，熟悉检验方法。

检验通讯联络和生产调度指挥系统。

11.2.3 试铺中，施工人员应认真做好记录，监理工程师或质监部门应监督检查试验段的施工质量，及时与施工单位商定并解决问题。试验段铺筑后，施工单位应提出试验路段总结报告，上报监理和业主批复，取得正式开工认可。

11.3 施工质量管理与检查

11.3.1 施工中的质量管理

混凝土路面铺筑必须得到正式开工令后方可开工。

施工单位应随时对施工质量进行自检。自检项目和频率：原材料应按表 5.4.4 规定进行；拌合物应按表 6.2.7 规定进行；混凝土路面应按表 11.3.1 规定进行。当施工、监理、监督人员发现异常情况，应加大检测频率，找出原因，及时处理。高速公路、一级公路应利用计算机实行动态质量管理，并宜按照附录 A.2 的规定进行。

表 11.3.1 混凝土路面的检验项目、方法和频率

项次	检查项目	检验方法和频率	
		高速公路、一级公路	其他公路

1	弯拉强度	每班留 2~4 组试件, 日进度 <500m 取 2 组; ≥500m 取 3 组; ≥1000m 取 4 组, 测 fcs、fmin、cv	每班留 2~3 组试件, 日进度 <500m 取 1 组; ≥500m 取 2 组; ≥1000m 取 3 组, 测 fcs、fmin、cv
	钻芯劈裂强度	每车道每 3km 钻取 1 个芯样, 硬路肩为 1 个车道, 测平均 fcs、fmin、cv、板厚 h	每车道每 3km 钻取 1 个芯样, 硬路肩为 1 个车道, 测平均 fcs、fmin、cv、板厚 h
2	板厚度	路面摊铺宽度内每 100m 左右各 2 处, 连接摊铺每 100m 单边 1 处, 参考芯样	路面摊铺宽度内每 100m 左右各 1 处, 连接摊铺每 100m 单边 1 处, 参考芯样
3	3m 直尺平整度	每半幅车道 100m ² 处 10 尺	每半幅车道 200m ² 处 10 尺
	动态平整度	所有车道连续检测	所有车道连续检测
4	抗滑构造深度	铺砂法: 每幅 200m ² 处	铺砂法: 每幅 200m ¹ 处
5	相邻板高差	尺测: 每 200m 纵横缝 2 条, 每条 3 处	尺测: 每 200m 纵横缝 2 条, 每条 2 处
6	连接摊铺纵缝高差	尺测: 每 200m 纵向工作缝, 每条 3 处, 每处间隔 2m ³ 尺, 共 9 尺	尺测: 每 200m 纵向工作缝, 每条 2 处, 每处间隔 2m ³ 尺, 共 9 尺
7	接缝顺直度	20m 拉线测: 每 200m ⁶ 条	20m 拉线测: 每 200m ⁴ 条
8	中心平面偏位	经纬仪: 每 200m ⁶ 点	经纬仪: 每 200m ⁴ 点
9	路面宽度	尺测: 每 200m ⁶ 处	尺测: 每 200m ⁴ 处
10	纵断高程	水准仪: 每 200m ⁶ 点	水准仪: 每 200m ⁴ 点
11	横坡度	水准仪: 每 200m ⁶ 个断面	水准仪: 每 200m ⁴ 个断面
12	断板率	数断板面板块占总块数比例	数断板面板块占总块数比例
13	脱皮裂纹露石缺边掉角	量实际面积, 并计算与总面积比	量实际面积, 并计算与总面积比
14	路缘石顺直度和高度	20m 拉线测: 每 200m ⁴ 处	20m 拉线测: 每 200m ² 处
15	灌缝饱满度	尺测: 每 200m 接缝测 6 处	尺测: 每 200m 接缝测 4 处
16	切缝深度	尺测: 每 200m ⁶ 处	尺测: 每 200m ⁴ 处
17	胀缝表面缺陷	每条观察填缝及啃边断角	每条观察填缝及啃边断角
18	胀缝板连浆	每条胀缝板安装时测量	每条胀缝板安装时测量
	胀缝板倾斜	尺测: 每块胀缝板每条两侧	尺测: 每块胀缝板每条两侧
	胀缝板弯曲和位移	尺测: 每块胀缝板每条 3 处	尺测: 每块胀缝板每条 3 处
19	传力杆偏斜	钢筋保护层仪: 每车道 4 根	钢筋保护层仪: 每车道 3 根

注: (1)路面钻芯劈裂强度应换算为实际面板弯拉强度进行质量评定;

(2)钢纤维混凝土弯拉强度试验见附录 D。

每台搅拌楼所生产的拌合物, 除应满足所用施工机械的可摊铺性外, 还应着重控制拌合物的均质性和各质量参数的稳定性。现场混凝土路面铺筑的关键设备如摊铺机、压路机、布料机、三辊轴整平机、刻槽机、切缝机等的操作应规范稳定。

11.3.2 混凝土路面除应按表 11.3.1 规定的检查项目和频率检测外, 其中平整度、弯拉强度和板厚三大关键质量指标的自检要求尚应符合下列规定:

用 3m 直尺检测平整度作为施工过程中质量控制检测项目; 用平整度仪检测动态平整度作为二级及二级以上公路交工验收时工程质量的评定依据。平整度合格标准应符合表

11.3.3 的规定。

应从搅拌楼生产的拌合物中随机取样，并按《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)规定的标准方法检测混凝土路面弯拉强度，检测频率宜符合表 11.3.1 的规定。弯拉强度应采用三参数评价：平均弯拉强度合格值、最小值和统计变异系数。各级公路弯拉强度合格标准规定应按附录 A.1 进行，统计变异系数应符合设计规定。检测小梁弯拉强度后的断块宜测抗压强度，作为混凝土强度等级的参考。

应在面层摊铺前通过基准线或模板严格控制板厚，检验标准为：行车道横坡低侧面板厚度和厚度平均值两项指标均应满足设计厚度允许偏差。同时，板厚统计变异系数应符合设计规定。

11.3.3 在混凝土路面铺筑过程中，路面各技术指标的质量检验评定标准应符合表 11.3.3 的规定。

表 11.3.3 各级公路混凝土路面铺筑质量要求

项次	检查项目		允许值	
			高速公路、一级公路	其他公路
1	弯拉强度①(MPa)		100%符合附录 A.1 的规定	
2	板厚度(mm)		代表值 ≥ -5 ；极值 ≥ -10 ，CV 值符合设计规定	
3	平整度	σ (mm)	≤ 1.2	≤ 2.0
		IRI(m/km)	≤ 2.0	≤ 3.2
		3m 直尺最大间隙 Δh (mm)	≤ 3 (合格率应 $\geq 90\%$)	≤ 5 (合格率应 $\geq 90\%$)
4	抗滑构造深度(mm)	一般路段	0.70~1.10	0.50~0.90
		特殊路段②	0.80~1.20	0.60~1.00
5	相邻板高差(mm)		≤ 2	≤ 3
6	连接摊铺纵缝高差(mm)		平均值 ≤ 3 ；极值 ≤ 5	平均值 ≤ 5 ；极值 ≤ 7
7	接缝顺直度(mm)		≤ 10	
8	中线平面偏位(mm)		≤ 20	
9	路面宽度(mm)		$\leq \pm 20$	
10	纵断高程(mm)		± 10	± 15
11	横坡度(%)		± 0.15	± 0.25
12	断板率(‰)		≤ 2	≤ 4
13	脱皮印痕裂纹露石缺边掉角(‰)		≤ 2	≤ 3
14	路缘石顺直度和高度(mm)		≤ 20	≤ 20
15	灌缝饱满度(mm)		≤ 2	≤ 3
16	切缝深度(mm)		≥ 50	≥ 50
17	胀缝表面缺陷		不应有	不宜有
18	胀缝板连浆(mm)		≤ 20	≤ 30
	胀缝板倾斜(mm)		≤ 20	≤ 25
	胀缝板弯曲和位移(mm)		≤ 10	≤ 15
19	传力杆偏斜(mm)		≤ 10	≤ 13

注：①路面钻芯劈裂强度应换算为实际面板弯拉强度进行质量评定；

②特殊路段指高速公路、一级公路的立交、平交、变速车道等处；其他公路系指急弯、陡坡、交叉口或集镇附近。

11.3.4 施工单位的质检结果应按表 11.3.3 的规定,以 1km 为单位进行整理。对于滑模、轨道、碾压和三辊轴机组机械铺筑混凝土路面的关键工序宜拍摄照片或进行录像,作为现场记录保存。

11.4 交工质量检查验收

11.4.1 混凝土路面完工后,施工单位应提交全线检测结果、施工总结报告及全部原始记录等齐全资料,申请交工验收。

11.4.2 质量问题处理

路面混凝土弯拉强度应采用小梁标准试件和路面钻芯取样圆柱体劈裂强度折算的弯拉强度综合评定。当弯拉强度不足时,每公里每车道应取 3 个以上芯样。二级及二级以下路面混凝土弯拉强度可按公式(11.4.2-1)或(11.4.2-2)计算,满足则可通过;不满足时,应通过试验得到各自工程的统计公式,试验组数不宜小于 10 组。

石灰岩、花岗岩碎石混凝土:

$$f_c = 1.868 f_{sp}^{0.871} \quad (11.4.2-1)$$

式中:

f_c —混凝土标准小梁弯拉强度(MPa);

f_{sp} —混凝土直径 150mm 圆柱体的劈裂强度(MPa)。

玄武岩碎石混凝土:

$$f_c = 3.035 f_{sp}^{0.423} \quad (11.4.2-1)$$

高速公路、一级公路应通过试验得到各自工程的统计公式,试验组数不宜小于 15 组。

平整度不合格的部位应进行处理,并硬刻槽恢复抗滑构造。

板厚不足时,应判明区段,返工重铺。

11.5 工程施工总结

11.5.1 施工单位应根据国家竣工文件编制规定,提出施工总结报告、质量测试报告或采用新材料新技术研究报告,连同竣工图表,形成完整的施工资料档案。

11.5.2 施工总结报告应包括工程概况、设计图纸及变更、基层、原材料、施工组织、机械及人员配备、施工工艺、进度、工程质量评价、工程预决算等。

11.5.3 施工质量管理与测试报告应包括施工组织设计、质量保证体系、试验段铺筑报告、施工质量达到或超过现行规范规定情况、原材料和混凝土检测结果、施工中路面质量自检结果、交工复测结果、工程质量评价、原始记录相册和录像资料等。

11.5.4 首次采用滑模、轨道、碾压、三辊轴机组施工或首次铺筑钢筋混凝土路面、钢纤维混凝土路面等路面结构时,应同时提交试验总结报告。

12 安全生产及施工环保

12.1 一般规定

12.1.1 应根据机械化施工特点,做好安全生产工作。施工前,施工单位应对员工进行安全生产教育,树立安全第一的思想,落实安全生产责任制度。

12.1.2 路面施工期间应加强施工环保的教育,增强环保意识,并加强施工现场地环境卫生管理、监督和检查。

12.2 安全生产

12.2.1 施工安全

施工过程中,应制订搅拌楼、发电(机)站、运输车、滑模摊铺机、轨道摊铺机、沥青摊铺机、三辊轴机组等大型机械设备及其辅助机械(具)的安全操作规程,并在施工中严格执行。

在搅拌楼的拌和锅内清理粘结混凝土时,无电视监控的搅拌楼必须有两人以上方可进

行，一人清理，一人值守操作台。有电视监控的搅拌楼，必须打开电视监控系统，关闭主机电源，并在主开关上挂警示红牌。搅拌楼机械上料时，在铲斗及拉铲活动范围内，人员不得逗留和通过，

运输车辆应鸣笛倒退，并有人指挥和查看车后。

施工中，布料机、滑模摊铺机、轨道摊铺机、沥青摊铺机、三辊轴机组、拉毛养生机等机械设备严禁非操作人员登机。夜间施工，在布料机、摊铺机、拉毛养生机上均应有照明设备和明显的警示标志。

施工中严禁所有机械设备的机手擅离操作台，严禁用手或工具触碰正在运转的机件。

12.2.2 交通安全

施工现场必须做好交通安全工作。交通繁忙的路口应设立标志，并有专人指挥。夜间施工，路口、模板及基准线桩附近应设置警示灯或反光标志，专人管理灯光照明。

摊铺机械停放在通车道路上，周围必须设置明显的安全标志，正对行车方向应提前 200m 引导车辆转向，夜间应以红灯示警。

12.2.3 施工机电设备应有专人负责保养、维修和看管，施工现场的机电、电线、电缆应尽量放置在不通车、人、畜通行部位，确保用电安全。

12.2.4 现场操作人员必须按规定佩戴防护用具。使用有毒、易燃的燃料、填缝料、外加剂、水泥或粉煤灰时，其防毒、防火、防尘等应按有关规定严格执行。

12.2.5 所有施工机械、电力、燃料、动力等操作部位，严禁吸烟和有任何明火。摊铺机、搅拌楼、储油站、发电站、配电站等重要施工设备上应配备消防设施，确保防火安全。

12.2.6 停工或夜间必须有专人值班保卫，严防原材料、机械、机具及零件等失窃。

12.3 施工环境保护

12.3.1 在搅拌场、生活区、路面施工段应经常清理环境卫生，排除积水，并及时整治运输道路和停车场地，做到文明施工。

12.3.2 污染物处理排放应符合下列规定：

搅拌楼、运输车辆和摊铺机的清洗污水不得随处排放；每台搅拌楼宜设置清洗污水的沉淀池或净化设备，车辆应在有污水沉淀或净化设备的清洗场进行清洗。

废弃的水泥混凝土、基层残渣和所有机械设备的修理残渣和油污等废弃物应分类集中堆放或掩埋。

12.3.3 搅拌场原材料和施工现场临时堆放的材料均应分类、有序堆放。施工现场的钢筋、工具、机械设备等应摆放整齐。

附录 A 施工质量管理方法

A.1 混凝土弯拉强度评定方法

A.1.1 混凝土弯拉强度试验方法应使用标准小梁法或钻芯劈裂法，试件使用标准方法制作，标准养生时间 28d，路面钻芯劈裂时间宜控制在 28~56d 以内，不掺粉煤灰宜用前者，掺粉煤灰宜用后者。不同等级公路路面混凝土弯拉强度应按表 11.3.1 所列检查频率取样，每组 3 个试件的平均值作为一个统计数据。

A.1.2 混凝土弯拉强度的合格标准

试件组数大于 10 组时，平均弯拉强度合格判断式为：

$$f_{cs} = f_r + K\sigma \quad (A.1.2-1)$$

式中：

f_{cs} —合格判定平均弯拉强度(MPa)；

f_r —设计弯拉强度标准值(MPa)；

K —合格判定系数，按试件组数查附表 A.1.2；

σ —弯拉强度统计均方差，可按式(A.1.2-2)计算：

$$\sigma = c_v f_c$$
(A.1.2-2)

c_v —实测弯拉强度统计变异系数；
 f_c —实测弯拉强度统计平均值(MPa)。

附表 A.1.2 合格判定系数

试件组数 n	11~14	15~19	≥20
K	0.75	0.70	0.65

当试件组数为 11~19 组时，允许有 1 组最小弯拉强度小于 0.85fr，但不得小于 0.75fr。
 当试件组数大于 20 组时，高速公路和一级公路最小弯拉强度 f_{min} 不得小于 0.85fr，其他公路允许有一组最小弯拉强度 f_{min} 小于 0.85fr，但不得小于 0.75fr。
 实测弯拉强度统计变异系数 c_v 值应符合设计要求。

A.1.3 当标准小梁合格判定平均弯拉强度 f_{cs} 、最小弯拉强度 f_{min} 和统计变异系数 c_v 中有一个数据不符合上述要求时，应在不合格路段每车道每公里钻取 3 个以上 $\phi 150mm$ 的岩芯，实测劈裂强度，通过各自工程的经验统计公式换算弯拉强度，其合格判定平均弯拉强度和 f_{cs} 和最小值 f_{min} 必须合格，否则，应返工重铺。对二级及二级以下公路也可按式(11.4.2-1)或式(11.4.2-2)进行换算。

A.2 施工质量动态管理方法

A.2.1 施工方应以试验检测质量指标变异系数(或标准差)作为施工水平的主要评价指标，应总结施工经验，按本规范的要求建立各项施工质量指标变异系数的允许界限值，作为企业管理的目标。施工方的施工目标，不应低于本规范第 4 章表 4.1.2-3 和第 11 章表 11.3.3 规定的要求。

A.2.2 高速公路、一级公路施工宜利用计算机建立工程质量数据库，随时将检测结果输入数据库，同时分阶段(一定日期或桩号)计算出平均值 \bar{E} 、极差 R、标准差 S 及变异系数 c_v ，汇总整理。记录的内容应包括取样地点、试验员、试验项目、试验方法、试验结果及合格与否的评定等。

A.2.3 施工质量宜采取平均值和极差管理图($\bar{E}-R$ 图，如图 A.2.3-1)的方法，将试验结果逐次绘制管理图，同时随着施工的进展，绘制施工质量直方图或正态分布曲线(图 A.2.3-2)。管理图可供有关人员随时检查。当发现标准差和变异系数有增大时，应分析原因，研究对策。

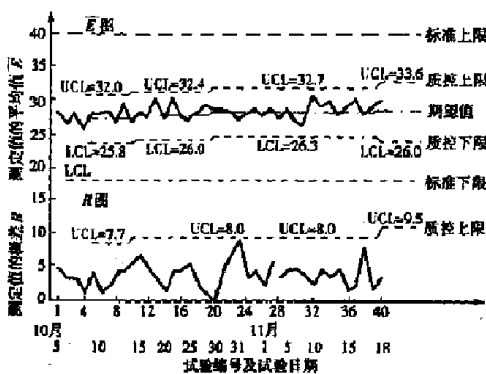
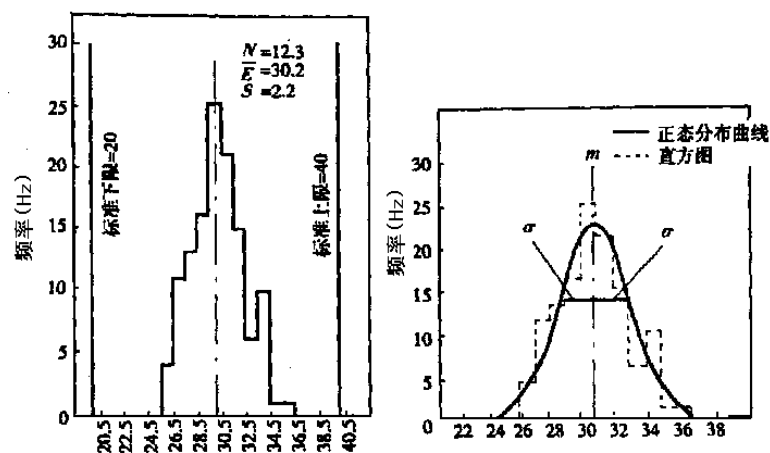


图 A.2.3-1 工程质量指标管理图示例(抗压强度，MPa)

(图中每一个点为每次测定的三个试件的平均值 \bar{E} 或极差 R)



抗压强度(MPa) 抗压强度(MPa)
图 A.2.3-2 工程质量检测结果的直方图及正态分布曲线示例

A.2.4 在 $\bar{E}-R$ 管理图中应以平均值 \bar{E} 作为中心线 CL，并标出控制上限 UCL 和控制下限 LCL，表示允许的施工正常波动范围。当有超出质控上、下限范围时，应视为施工异常或试验数据异常。中心线、质控上限、质控下限按下述公式计算。

\bar{E} 图中： $CL = \bar{E}$
(A.2.4-1)

$UCL = \bar{E} + A_2R$ (A.2.4-2)

$LCL = \bar{E} - A_2R$ (A.2.4-3)

R 图中： $CL = R$
(A.2.4-4)

$UCL = D_4R$ (A.2.4-5)

$LCL = D_3R$ (A.2.4-6)

式中：

CL— $\bar{E}-R$ 管理图中的中心线；

UCL— $\bar{E}-R$ 管理图中的质控上限；

LCL— $\bar{E}-R$ 管理图中的质控下限；

\bar{E} —一个阶段各组检测结果平均值 \bar{E} 的平均值；

R—一个阶段各组检测结果的极差 R 的平均值；

A₂、D₃、D₄—由检测结果的试验组数决定的管理图用的系数，见表 A.2.4。

表 A.2.4 管理图用系数表

一次检测结果的试验次数 n	d ₂	d ₃	A ₂	D ₄	D ₃
2	1.128	0.853	1.880	3.267	—
3	1.693	0.888	1.023	2.575	—
4	2.059	0.880	0.729	2.282	—
5	2.326	0.864	0.577	2.115	—
6	2.534	0.848	0.483	2.004	—
7	2.704	0.833	0.419	1.924	0.076
8	2.847	0.820	0.373	1.864	0.136
9	2.970	0.808	0.337	1.816	0.184
10	3.078	0.797	0.308	1.777	0.223

∞	—	—	$3/(d_2 n_1/2)$	$1+3 d_3/ d_2$	$1-3 d_3/ d_2$
----------	---	---	-----------------	----------------	----------------

A.2.5 在 $\bar{E}-R$ 管理图和直方图中可标出规定的质量标准或允许差范围。当超出此范围时，即施工不合格时，应予以处理。

A.2.6 在 $\bar{E}-R$ 管理图和直方图中可标出企业管理目标的允许范围。当超出此范围时，即施工水平下降，应研究对策。

A.2.7 施工结束后，施工方宜汇总全部数据，计算出平均值、标准差及变异系数，绘制整个工程的施工质量直方图或正态分布曲线，作为下一个企业的企业管理目标。

附录 B 亚甲蓝 MB 值测定方法

B.1 试验目的

B.1.1 MB 值试验目的在于检测含泥量和石粉含量，并区分机制砂中的土和石粉。

B.2 含泥量测定

B.2.1 仪器设备

鼓风烘箱：温度控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

天平：称量 1000g，感量 0.1g。

方孔筛：孔径 $75\mu\text{m}$ 、1.18mm 和 9.5mm 筛各一只。

容器：要求淘洗试样时，保持试样不溅出(深度大于 250mm)。

其它：搪瓷盘、毛刷等。

B.2.2 试验步骤

取样方法：在料堆均匀取样，先铲除表层，从不同部位抽取等量 8 份为一组试样，总和不少于 6kg。

试样制备：将试样缩分至 1100g，放在烘箱中于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘干至恒量(恒量指试样在烘干 1~3h 情况下，其前后质量之差不大于该项试验所要求的称量精度)，待冷却至室温后，筛除大于 9.5mm 的颗粒(并算出筛余百分数)，分为大致相等的两份备用。

淘洗：称取试样 500g，精确至 0.1g。将试样倒入淘洗容器中，注入清水，使水面高于试样面约 150mm，充分搅拌均匀后，浸泡 2h，然后用手在水中淘洗试样，使尘屑、淤泥和粘土与砂粒分离，把浑水缓缓倒入 1.18mm(上)及 $75\mu\text{m}$ (下)的套筛上，滤去大于 $75\mu\text{m}$ 的颗粒。试验前筛子的两面应先用水湿润，在整个过程中应小心防止砂粒流失。

重复淘洗：再向容器中注入清水，重复上述操作，直至容器中的水目测清澈为止。用水淋洗剩余在筛上的细颗粒，并将 $75\mu\text{m}$ 筛放在水中(使水面略高于筛中砂粒的上表面)来回摇动，以充分洗掉小于 $75\mu\text{m}$ 的颗粒。

烘干并称量：将两只筛的筛余颗粒和清洗容器中已经洗净的试样一并倒入搪瓷盘，放入烘箱中于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干至恒量，待冷却至室温后，称出其质量，精确到 0.1g。

B.2.3 结果计算与评定

计算：含泥量按下式计算(精确到 0.1g)：

$$Q = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100 \quad (\text{B.2.3})$$

式中：

Q_n —含泥量(%)；

G_0 —试验前烘干试样的质量(g)；

G_1 —试验后烘干试样的质量(g)。

取值：含泥量取两个试样的试验结果算术平均值作为测定值。

B.3 石粉含量测定

B.3.1 仪器设备

鼓风烘箱：温度控制在 $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

天平：称量 1000g，感量 0.1g 及称量 100g，感量 0.01g 各一台。

方孔筛：孔径 75 μm 、1.18mm 和 2.36mm 筛各一只。

滴定管：容量 100ml 或 50ml，精度 1ml 一支；或 5ml、2ml 移液管各一支。

三或四片式叶轮搅拌器：转速可调(最高达 $(600 \pm 60)\text{r/min}$)，直径 $(75 \pm 10)\text{mm}$ ；定时装置：精度 1s。

其它：快速定量滤纸；玻璃容量瓶：1L；温度计：精度 1°C 。

B.3.2 试剂和材料

亚甲蓝：纯度 $\geq 95\%$ 。

制备亚甲蓝溶液： $(10\text{g/L}$ 亚甲蓝溶液)：将亚甲蓝粉末在 $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒量(若烘干温度超过 105°C ，亚甲蓝粉末会变质)，称取烘干亚甲蓝粉末 10g，精确至 0.01g，倒入盛有约 600ml 蒸馏水(水温加热至 $35 \sim 40^{\circ}\text{C}$)的烧杯中，用玻璃棒持续搅拌 40min，直至亚甲蓝粉末完全溶解，冷却至 20°C 。将溶液倒入 1L 容量瓶中，用蒸馏水淋洗烧杯等，使所有亚甲蓝溶液全部移入容量瓶，容量瓶和溶液的温度应保持在 $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ ，加蒸馏水至容量瓶 1L 刻度。振荡容量瓶以保证亚甲蓝粉末完全溶解。将容量瓶中溶液移入深色储藏瓶中，标明制备日期、失效日期(亚甲蓝溶液保持期应不超过 28d)，并置于阴暗处保存。

B.3.3 试验步骤

亚甲蓝 MB 值的测定

按 B.2.2 条规定取样，将试样缩分至 400g，放在烘箱中于 $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒量，待冷却至室温后，筛除大于 2.36mm 的颗粒备用。

称取试样 200g，精确至 0.1g，将试样倒入盛有 $(500 \pm 5)\text{ml}$ 蒸馏水的烧杯中，用叶轮搅拌机以 $(600 \pm 60)\text{r/min}$ 转速搅拌 5min，使溶液成悬浮液，然后持续以 $(400 \pm 40)\text{r/min}$ 转速搅拌，直至试验结束。

悬浮液中加入 5ml 亚甲蓝染料溶液，以 $(400 \pm 40)\text{r/min}$ 转速搅拌至少 1min 后，用玻璃棒沾取一滴悬浮液(所取悬浮液滴应使沉淀物直径在 $8 \sim 12\text{mm}$ 内)，滴于滤纸(置于空烧杯或其它合适的支撑物上，以使滤纸表面不与任何固体或液体接触)上。若沉淀物周围未出现色晕，再加入 5ml 染料，继续搅拌 1min，再用玻璃棒沾取一滴悬浮液，滴于滤纸上，若沉淀物周围仍未出现色晕，则重复上述步骤，直到沉淀物周围出现约 1mm 的稳定浅蓝色色晕。此时，继续搅拌，不加染料溶液，每 1min 进行一次沾染试验。若色晕在 4min 内消失，再加入 5ml 染料溶液；若色晕在 5min 内消失，再加入 2ml 染料溶液。两种情况下，均应继续进行搅拌和沾染试验，直至色晕可持续 5min。

记录色晕持续 5min 时所加入的染料溶液总体积，精确至 1ml。

亚甲蓝的快速试验

按本条上款第 1 项制样。

按本条上款第 1 项搅拌。

一次性向烧杯中加入 30ml 亚甲蓝染料溶液，在 $(400 \pm 40)\text{r/min}$ 转速持续搅拌 8min，然后用玻璃棒沾取一滴悬浮液，滴于滤纸上，观察沉淀物周围是否出现明显色晕。

测定人工砂中含泥量或石粉含量的试验步骤按照 B.2.2 条所述进行。

B.3.4 结果计算与评定

亚甲蓝 MB 值结果计算

亚甲蓝值按公式(B.3.4)计算，精确至 0.1。

$$\text{MB} = 10V/G$$

(B.3.4)

式中：

MB—亚甲蓝值(g/kg)，表示每千克 0~2.36mm 粒级试样所消耗的亚甲蓝克数；

V—试样质量(g)；

G—所加入的亚甲蓝染料溶液的总量(ml)。

系数 10 用于将每千克试样消耗的亚甲蓝溶液体积换算成亚甲蓝质量。

亚甲蓝快速试验结果评定

若沉淀物周围出现明显色晕，则判定亚甲蓝快速试验为合格，若沉淀物周围未出现明显色晕，则判定亚甲蓝快速试验为不合格。

人工砂中含泥量或石粉含量计算和评定：按 B.2.3 所述进行。

附录 C 混凝土与钢筋握裹力试验方法

C.0.1 目的及适用范围

检验拉杆钢筋与混凝土的握裹力；相对比较不同混凝土与相同钢筋间握裹力的大小。

C.0.2 试验设备

试模尺寸：150mm×150mm×150mm，如图 C.0.2-1 所示，水平钢筋轴线距离模底 75mm。埋入的一端嵌入模壁，予以固定、防止钢筋下沉，另一端由模壁伸出。

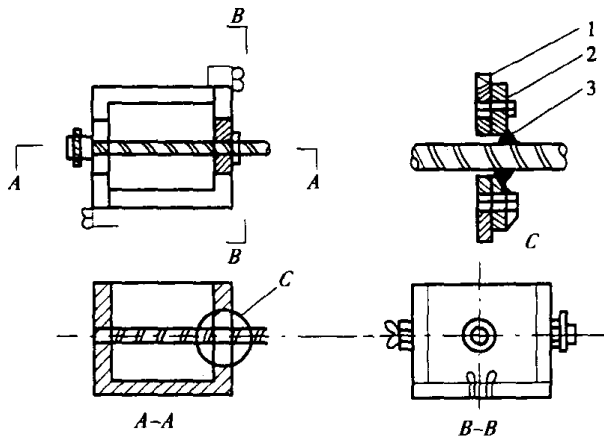


图 C.0.2-1 握裹力试验用试模

1-模壁； 2-固定圈； 3-橡皮圈

试件夹头：两块厚度为 30mm 的长方形钢板(250mm×150mm、45 号钢)，用 4 根直径为 18mm 的钢杆连接。下端钢板中央开有直径为 40mm 的圆孔，供试件中钢筋穿入。上端钢板附有直径为 25mm 的拉杆，拉杆下端套入钢板并成球面相连接，上端供万能试验机夹持。另附 150mm×150mm×10mm 的钢垫板一块、中心开有直径为 40mm 的圆孔，垫于试件下端与夹头的下端钢板之间，如图 C.0.2-2 所示。

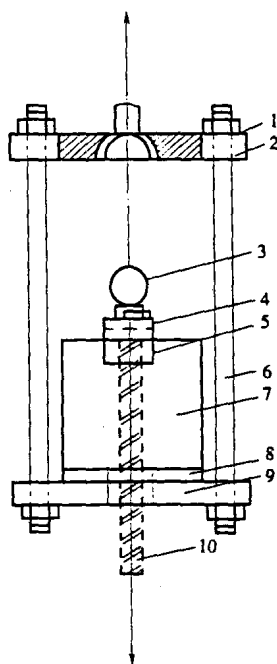


图 C.0.2-2 握裹力试验装置示意

1-带球座拉杆； 2-上端钢板； 3-千分表； 4-量表固定架；
5-止动螺钉； 6-钢杆； 7-试件； 8-垫板； 9-下端钢板； 10-埋入试件中的钢筋
千分表：精度 0.001mm。

量表固定架：金属制成，横跨试件表面，并可用止动螺钉固定在试件上。上部中央有孔，可夹持千分表，使之直立，量杆朝下。

万能试验机：示值的相对误差不应大于 $\pm 1\%$ ；试件的预期破坏荷载值应在全量程的 20%~80%内。

钢筋：检测拉杆拔除握裹力时，直接使用路面拉杆钢筋，直径与路面拉杆相同，长度 500mm；比较混凝土握裹力时，应采用质量符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB13013)的钢筋，钢筋尺寸为 $\Phi 20\text{mm} \times 500\text{mm}$ 的带肋钢筋或光圆钢筋。

C.0.3 试验步骤

成型前将尺寸、形状和螺纹均相同的试验所用钢筋用钢钉刷刷净，并用丙酮擦拭，不得有锈屑和油污存在，钢筋的自由端顶面应光滑平整，并与试模预留的凹洞吻合。

混凝土的拌和应按规定的标准方法进行。每一试验龄期制作 6 个试件。

安装钢筋时，钢筋自由端应嵌入模壁，穿钢筋的模壁孔应用橡皮圈和固定圈填塞固定钢筋，并不得漏浆、漏水(当需模拟扰动和松动拉杆的拔出力时，可在混凝土初凝时间前后晃动钢筋)。

混凝土成型和养护除应按规定的标准方法执行外，还应符合下列规定：

混凝土集料最大粒径不应超过 31.5mm；

对于干稠混凝土，应采用振动台振实，试样仍应分两层装入；

试验成型后直至试验龄期，不得碰动钢筋，拆模时间宜延长至两昼夜。拆模时，应先取下橡皮圈和固定圈，再将套在钢筋上的试模壁小心取下。

试件从养护地点取出后，应及时进行试验，避免试件湿度和温度发生显著变化。

试验时，先将试件擦拭干净，检查外观，试件不得有明显缺损或钢筋松动、歪斜。

将试件套上中心有洞孔的垫板，然后装入已安装在万能试验机上的试验夹头中，使万能试验机的下夹头将试件的钢筋夹牢。

在试件上安装量表固定架，并装上千分表，使千分表杆尖端垂直朝下，与略伸出混凝土

试件表面的钢筋顶面相接触。

加荷前应检查千分表量杆与钢筋顶面接触是否良好,千分表是否灵活,并进行适当调整。记下千分表的初始读数后,即开动万能试验机,以不超过 400N/s 的加荷速度拉拔钢筋。每加一定荷重(1000~5000N)记录相应千分表读数。

发生下列任一情况时,应停止加荷:

钢筋达到屈服点;

混凝土发生破裂;

钢筋已从混凝土拔出。

C.0.4 试验结果计算

将各级荷重下千分表读数减去初始读数,即得该级荷重下滑动变形。

当采用带肋钢筋时,以 6 个试件滑动变形的算术平均值绘出荷重—滑动变形关系曲线,以荷重为纵坐标,滑动变形为横坐标。取滑动变形 0.01mm、0.05mm 及 0.10mm,在曲线上查出相应的荷重,此三级荷重的平均值,除以钢筋埋入混凝土中的表面积,而得握裹强度:

$$\tau = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3A} \quad (\text{C.0.4-1})$$

$$A = \pi DL \quad (\text{C.0.4-2})$$

式中:

τ —钢筋握裹力强度(MPa);

P_1 —滑动变形为 0.01mm 时的荷重(N);

P_2 —滑动变形为 0.05mm 时的荷重(N);

P_3 —滑动变形为 0.10mm 时的荷重(N);

A —埋入混凝土中的钢筋表面积(mm²);

D —钢筋的公称直径(mm);

L —钢筋埋入的长度(mm)。

当采用光圆钢筋时,可取 6 个试件拔出试验时的最大荷重的平均值进行计算。

附录 D 钢纤维混凝土试验方法

D.1 钢纤维混凝土弯曲韧性和弯曲初裂强度试验

D.1.1 适用范围

本方法适用于测定钢纤维混凝土试件弯曲时的韧度指数和弯曲初裂强度。

D.1.2 试件尺寸

当纤维长度不大于 40mm 时,采用截面为 100mm×100mm 的梁式试件;当纤维长度大于 40mm 时,采用截面 150mm×150mm 试件。试件跨度为截面边长的 3 倍,试件长度应比试件跨度大 100mm。每组四个试件,其制作及养护应符合钢纤维混凝土标准试验有关的规定。

D.1.3 试验设备

本试验的设备应符合下列规定:

试验机:宜采用由变形控制的刚性试验机。试验机的卸载刚度应大于试件荷载—挠度曲线下降段的最大斜率(绝对值),其示值相对误差应不大于±1%,试件的预期破坏荷载应处在全量程的 20%~80%。也可采用 1000kN 普通液压试验机附加刚性组件(千斤顶、弹簧或玻璃钢圆筒等),其装置示于图 D.1.3-1。刚性组件应符合下列规定:

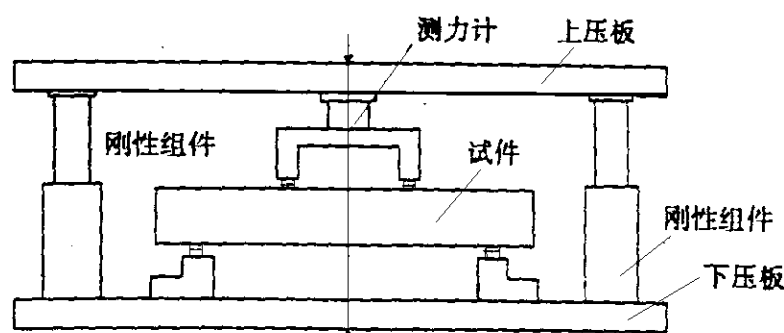


图 D.1.3-1 刚性组件装置

刚性组件与试件共同的荷载—变形曲线的斜率大于零，或试验机卸载刚度和刚性组件刚度之和，应大于试件荷载—挠度曲线下降段的最大斜率(绝对值)。

刚性组件在弹性范围内的可压缩值，应大于试件的变形量。

加载装置：按三分点加荷，试验机应带有两个能同时作用在小梁跨度三分点处相等荷载的装置。与试件接触的两个支座和两个加压头应具有直径为 20~40mm 的弧形端面，并应比试件宽度长 10mm，其中一个支座和两个加压头宜做成能滚动并前后可倾斜。试验机上、下压板与刚性组件及测力计之间均应加钢垫板，其不平度为 100mm 应不大于 0.02mm。

挠度测量装置：示于图 D.1.3-2，应将安装位移传感器的铝板(或钢板)用螺钉固定在支座垂线与试件中和轴的交点上，采用精度为 0.01mm 的位移传感器(或机械式位移计)，抵承在粘结于加荷点下侧的角型支承上。

可将荷载与挠度输出信号经放大器与 X—Y 记录仪相连，直接绘出荷载—挠度曲线

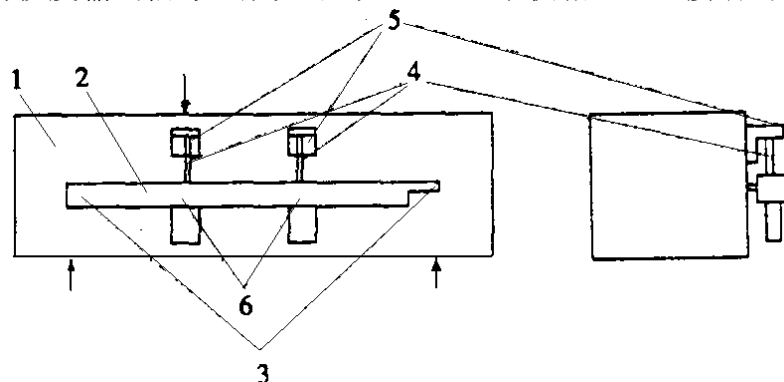


图 D.1.3-2 挠度测量装置示意图

D.1.4 试验步骤

从养护地点取出试件，检查外观和测量尺寸。

安放试件，并安装测量传感器。

对试件连续均匀加荷。初裂前的加荷速度取 0.05~0.08MPa/s；初裂后取每分钟 $v/3000$ ，使挠度增长速度相等。

若试件在受拉面跨度(l)三分点以外断裂，则该试件试验结果无效。

采用千斤顶做刚性组件时，应使活塞顶升至稍高出传感器顶面，然后开动试验机，使千斤顶刚度达到稳定状态，随时对试件连续均匀加荷。初裂前的加荷速度与本条第 3 款相同，初裂后减小加荷速度，使试件处于“准等应变”状态，其条件是：

$$V\Delta_{\max}/V_m \leq 5 \quad (D.1.4-1)$$

式中：

$V\Delta_{\max}$ —挠度增量最大时的相应速度($\mu\text{m/s}$)；

V_m —挠度由零到 3 倍最大荷载挠度时段内相应速度平均值($\mu\text{m/s}$)。

在加荷过程中记录挠度变化速度。

绘出荷载—挠度曲线

D.1.5 计算结果

钢纤维混凝土试件的弯曲初度指数、承载能力变化系数、弯曲初裂强度的计算步骤如下：

将直尺与荷载—挠度曲线的线性部分重叠放置确定初裂点 A，见图 D.1.5。A 点的纵坐标为弯曲初裂荷载 F_{cra} ，横坐标为弯曲初裂挠度 $W_{F_{cra}}$ ，面积 OAB 为弯曲初裂初度。

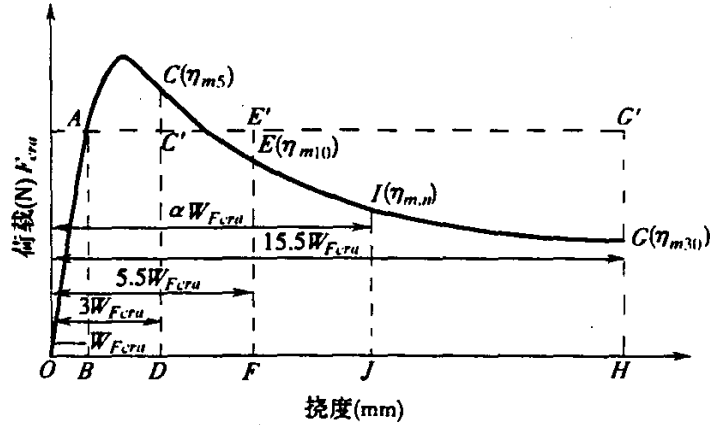


图 D.1.5 荷载—挠度曲线及弯曲初度指数

以 O 为原点，按 3.0、5.5 和 15.5 或试验要求的初裂挠度的倍数，在横轴上确定 D、F 和 H 点或其他给定点(J)。用求积仪测得 OAB、OACD、OAEF 和 OAGH 或其他给定变形的面积，即为弯曲初裂初度和各给定挠度的初度实测值。按下列公式求得每个试件的弯曲初度指数，精确至 0.01。

$$\left. \begin{aligned} \eta_{m5} &= \text{OACD 面积} / \text{OAB 面积} \\ \eta_{m10} &= \text{OAEF 面积} / \text{OAB 面积} \\ \eta_{m30} &= \text{OAGH 面积} / \text{OAB 面积} \end{aligned} \right\} \quad (\text{D.1.5-1})$$

以上四个试件计算值的算术平均值作为该组试件的初度指数。

每组试件的承载能力变化系数 $\zeta_{m, n, m}$ 按式(D.1.5-2)计算：

$$\zeta_{m, n, m} = (\eta_{m, n, m} - \alpha) / (\alpha - 1) \quad (\text{D.1.5-2})$$

式中：

α —倍数， α 等于给定挠度除以弯曲初裂挠度，本标准给定 α 为 3.0、5.5、15.5，或按试验要求给定；

$\zeta_{m, n, m}$ —与给定挠度 $\alpha W_{F_{cra}}$ 对应的一组试件的平均弯曲初度指数。

将所得结果与理想弹塑性材料的承载能力变化系数 $\zeta_{m, n, m} = 1$ 比较，评定其弯曲韧性。

弯曲初裂强度按式(D.1.5-3)计算，精确至 0.1MPa。

$$f_{fc, cra} = F_{car} \times \frac{l}{bh^2} \quad (\text{D.1.5-3})$$

式中：

$f_{fc, cra}$ —钢纤维混凝土弯曲初裂强度(MPa)；

F_{car} —钢纤维混凝土弯曲初裂荷载(N)；

l —支座间距(mm)；

b —试件截面宽度(mm)；

h —试件截面高度(mm)。

以四个试件计算值的算术平均值作为该组试件的弯曲初裂强度。

D.2 拌合物钢纤维体积率试验

D.2.1 适用范围

本方法适用于测定钢纤维混凝土拌合物中钢纤维所占的体积百分率，即钢纤维体积率。

D.2.2 试验设备

测定钢纤维体积率所用设备应符合下列规定：

容量筒：钢制，容积 5L；直径和筒高均为 (186 ± 2) mm，壁厚 3mm。

托盘天平：称量 2kg，感量 2g。

台秤：称量 100kg，感量 50g。

振动台：频率 (50 ± 3) Hz，空载振幅 0.5 ± 0.1 mm。

震槌：质量 1kg 的木槌。

D.2.3 检测步骤

钢纤维体积率应测定两次，测定步骤如下：

按下述规定装料并振实：

拌合物坍落度小于 50mm 时，用振动台振实。

拌合物坍落度大于等于 50mm 时，分两层装料，每层沿侧壁四周均匀敲振 30 次；敲毕，底部垫直径 16mm 钢棒，左右交错颠击地面 15 次。

倒出拌合物，边水洗边用磁铁搜集钢纤维。

将搜集的钢纤维在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下烘干至恒重，冷却至室温后称其质量，精确至 2g。

D.2.4 结果计算

钢纤维体积率按式(D.2.4)计算：

$$V_{sf} = \frac{m_{sf}}{\rho_{sf} V} \times 100\% \quad (\text{D.2.4})$$

式中：

V_{sf} —钢纤维体积率(%)；

m_{sf} —容量筒中钢纤维质量(g)；

V —容量筒容积(L)；

ρ_{sf} —钢纤维质量密度(kg/m^3)。

D.2.5 试验结果处理

两次测定值的平均值即为钢纤维体积率。若测定值不符合下列条件，则试验结果无效。

$$|V_{sf1} - V_{sf2}| \leq 0.05 V_{sf,m} \quad (\text{D.2.5})$$

式中：

$V_{sf,m}$ —两次测定钢纤维体积率的平均值(%)；

V_{sf1} ， V_{sf2} —两次测得的钢纤维体积率(%)。

钢纤维的称量每一工作班至少检验二次；同时，应采用水洗法在浇筑地点取样检验钢纤维体积率，每一工作班至少二次；水洗法检验钢纤维体积率的误差不应超过配合比要求的钢纤维体积率的 $\pm 15\%$ 。

附录 E 真空脱水混凝土试验方法

E.1 真空脱水混凝土强度试验成型方法

E.1.1 目的及适用范围

制作室内真空脱水混凝土性能试验的试件。

E.1.2 仪器设备

试模：抗压强度试模采用 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 立方体标准试模，并配以真空吸盘固定架(如图 E.1.2-1 所示)。

真空吸盘：真空吸盘采用硬吸垫，大小应与试模尺寸相配。真空吸盘由尼龙布，两层塑料网格，薄镀锌铁板分别作为过滤层、骨架层和密封层，并在密封层上装吸水嘴(如图 E.1.2-2)。吸盘四周设橡胶密封圈。

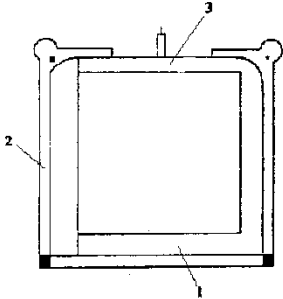


图 E.1.2-1

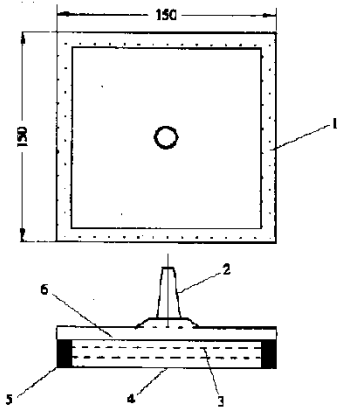


图 E.1.2-2

1-试模；2-吸盘固定架；3-吸盘

1-橡胶密封圈；2-吸水嘴；3-骨架

4-过滤层；5-密封圈；6-密封层

真空集水瓶：试模尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 时，宜采用 500ml 容量的真空瓶。

真空橡胶管：宜采用适宜直径的耐压橡胶管。亦可采用工业氧气管或乙炔管代替。

真空脱水机组：宜采用抽气速率为 28L/s 的符合国家标准的产品。

E.1.3 试验步骤

混凝土拌和、成型应符合本规范有关规定。

试件成型后，立即在表面覆盖真空吸盘。固定吸盘后，用少量水泥浆封闭吸盘四周。用耐压橡胶管连接吸盘吸水嘴和真空集水瓶及真空脱水机组(如图 E.1.3 所示)，开机脱水处理。试件断面尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 时，脱水时间宜为 $10 \sim 15\text{min}$ 。断面尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 时，脱水时间宜为 $15 \sim 20\text{min}$ 。真空度控制为 0.08MPa 。脱水结束时，先掀开吸盘的一角，将管路中水分全部抽至集水瓶中，然后切断集水瓶与脱水泵之间的连接管路再关机，防止脱水泵中冷却水回冲到集水瓶中。

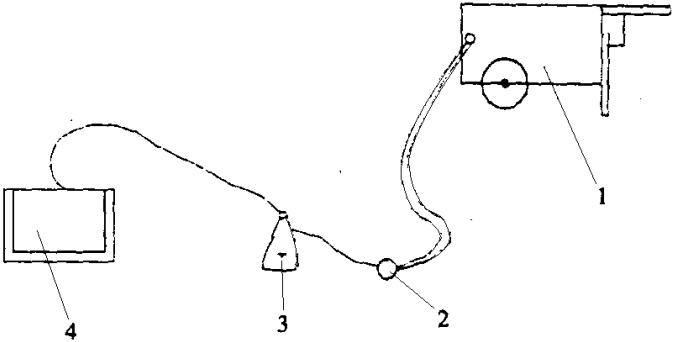


图 E.1.3 混凝土真空脱水系统连接图

1-真空脱水机组；2-连通器；3-集水瓶；4-试件

对混凝土进行脱水时，宜采取先低真空度，而后逐渐升高的操作方法。

对于抗磨、抗渗试件，以试模的上口尺寸($\phi 175\text{mm}$)制一付模托，将试模的上口翻转朝下成型试件。真空脱水在试件的下口($\phi 185\text{mm}$)面进行，测定抗渗标号时保持抗渗水压作用于真空处理面。抗磨性试验时，应保持磨损面为真空处理面。处理时间约为 $20 \sim 25\text{min}$ 。试件脱水处理后，用湿布覆盖，并在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的室内净置 24h ，拆模编号。根据需要也可立即拆模进行试验。

试件养护应符合本规范标准养护规定。

E.2 混凝土拌合物真空脱水率测定

E.2.1 目的及适用范围

测定混凝土拌合物真空脱水率，计算剩余水灰比，为设计真空脱水混凝土配合比提供试验数据。不适用于水灰比小于 0.35 的混凝土拌合物。

E.2.2 仪器

应符合本规范 E.1.2 条的规定。试模尺寸为 150mm×150mm×150mm。

E.2.3 试验步骤

按本规范 E.1.3 条的规定制作试件。

试件成型后即进行脱水处理。脱水处理的方法应符合本规范 E.1.3 条的规定。

将脱出的水分集于真空瓶中，然后倒入量筒中计量得 ΔW ，计量准确至 1.0ml。

E.2.4 试验结果处理：

1.脱水率按式(E.2.4)计算：

$$Q = \frac{\Delta W \cdot \rho_w}{3.375W} \times 100\% \quad (E.2.4)$$

式中：

Q—脱水率(%)；

W—每立方米混凝土的拌和水量(kg)；

ΔW —试件脱出水量(g)；

ρ_w —水的密度(g/ml)，取 1.00。

2.取三个试件测值的平均值为该组试件脱水率的试验结果。当单个试件的测值与中间值之差超过中间值的±15%时，取中间值作为试验结果。当有两个试件的测值与中间值之差均超过中间值的±15%时，该组试件作废。

附录 F 混凝土抗冻性现场测试方法

F.1 取芯法测定混凝土抗冻性

F.1.1 目的及适用范围

从混凝土结构或构件上钻取芯样，制备抗冻试样，用于测定和评价实际混凝土结构物的抗冻性。

F.1.2 仪器设备

取芯机：宜采用轻便型混凝土取芯机；

取芯钻头：宜选用人造金刚石薄壁钻头；

切割机：可选用岩石切割机，切割方式有手动和自动两种形式。

F.1.3 试件准备

制备混凝土抗冻性芯样试件，其直径不宜小于 100mm，长度应为：

标准芯样试件长度与直径比，不宜小于 4；

非标准芯样试件长度与直径比，不宜小于 1。

在制取抗冻性芯样试件时，还应在同一芯样上制备 3 个直径 70mm，高度 70mm 的抗压强度试件。

测量芯样试件的几何尺寸：

直径：用游标卡尺测量试件中部，在相互垂直的两个位置上测量两次，计算其算术平均值，精确至 0.5mm。沿试件高度任一直径与试块直径相差不宜大于 2.0mm。

高度：用钢板尺测量，精确至 1.0mm，高度为路面板厚度。

垂直度：用游标量角器测量两个端面与轴线的夹角，精确至 0.10°，试件端面与轴线的

不垂直度超过 2°。

平整度：用钢板尺或角尺紧靠在试件端面上，用塞尺测量钢板尺或角尺与试件端面的间隙。

F.1.4 试验步骤

测量标准芯样试件长度、质量、动弹性模量及进行外观描述，必要时测定声速。

测量非标准芯样试件质量及进行外观描述，必要时测定声速。

按《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)中“混凝土抗冻性试验(快冻法)” T0525 进行抗冻性试验。

标准芯样试件的抗冻性评定按相对动弹性模量和质量损失率进行；非标准芯样试件的抗冻性以质量损失率进行评定。

在试验完毕的试件上，钻取 3 个直径 70mm 高径比为 1 的抗压强度试件，与 F.1.3 条第 2 款制备的抗压强度试件同时进行抗压强度试验，计算抗压强度损失率。

F.2 取芯法测定混凝土气泡参数

F.2.1 目的及适用范围

从混凝土结构或构件上钻取芯样，制备试样，测定混凝土芯样的气泡参数：空气含量、气泡比表面积和间距系数等。用于评定混凝土结构的抗冰冻、抗盐冻性能和鉴定引气剂性能等，也适用于实际结构物的抗冻性调查。

F.2.2 仪器设备

钻芯取样设备：与 F.1.2 规定相同。

测孔显微镜：放大 80~128 倍，具有目镜测微尺和物镜测微尺。目镜测微尺最小读数为 10μm，载物台能横向、纵向移动；配有显微镜照明灯、聚光型灯。

其它：切片机、磨片机、抛光机。

F.2.3 试件制备

芯样试件应在制取抗冻性试验的同一芯样切片上制取。

F.2.4 试验步骤

每组试样至少 3 个，最小观测总面积和最小总导线长度应符合表 F.2.4 的规定。

表 F.2.4 最小观测总面积和最小总导线长度

粗集料最大粒径(mm)	最小观测总面积(mm ²)	最小总导线长度(mm)
40	17000	2600
31.5	11000	2500
19.0	7000	2300
9.5	6000	1000

注：如混凝土内集料或大孔隙分布很不均匀，应适当增大观测面积。当在 1 个芯样中取 2 个试样时，截取 2 个试样的间距应大于集料最大粒径的 1/2。

将硬化混凝土片锯下后，刷洗干净，分别采用 400 号或 800 号金钢砂仔细研磨。每次磨完后刷洗干净，再进行下次研磨。最后在固定呢毡的抛光机转盘上，涂刷三氧化二铬进行抛光，再刷洗干净，在(105±5)℃的烘箱中烘干，然后置于测孔显微镜下试测，当强光以低入射角照射在观测面上，观测到在表面除了气孔截面和集料空隙外，基本是平的，且气泡边缘清晰并能测出尺寸为 10μm 的气泡截面，即认为该观测面已处理完毕。

观测应与浇筑面垂直。观测前用物镜测微尺校准目镜测微尺刻度，在观测面两端，附贴导线间距标志，使选定的导线长度均匀分布在观测面范围内。调整目镜位置，使十字丝的横丝与导线重合，然后用目镜测微尺截取每个气泡的弦长刻度值，亦可增测气泡截面直径，当测完第一条导线后，按测线间距，相继观测第 2、3、4……条导线，直至测完规定的总导线长度。

F.2.5 试验结果计算：

根据直线导线法观测的数据，按下列公式计算各参数：

气泡平均弦长：

$$ml = \Sigma l / N \quad (F.2.5-1)$$

气泡比表面积：

$$\alpha = 4 / ml \quad (F.2.5-2)$$

气泡平均半径：

$$mr = 3ml / 4 \quad (F.2.5-3)$$

硬化混凝土中的空气含量：

$$a = \Sigma l / T \quad (F.2.5-4)$$

1000mm³ 混凝土中的气泡个数：

$$n_v = (3/4 \pi) a / mr^3 \quad (F.2.5-5)$$

10mm 导线切割的气泡个数：

$$nl = 10N / \quad (F.2.5-6)$$

气泡间距系数：

当混凝土中浆气比 P/a 大于 4.33 时，按下式计算：

$$L = 3a [1.49(P/a + 1)^{1/3} - 1] / nl \quad (F.2.5-7)$$

当混凝土中浆气比 P/a 小于 4.33 时，按下式计算：

$$L = P / (4nl) \quad (F.2.5-7)$$

式中：

ml —气泡平均弦长(mm)；

Σl —全导线切割的气泡弦长总和(mm)；

N —全导线切割的气泡总个数；

α —气泡比表面积(mm²/mm³)；

mr —气泡平均半径(mm)；

n_v —1000mm³ 混凝土中的气泡个数；

a —硬化混凝土中的空气含量(体积比%)

T —导线总长(mm)；

P —混凝土中水泥净浆含量(体积比，不包括空气含量)；

nl —平均每 10mm 导线切割的气泡个数；

L —气泡间距系数(mm)。

计算结果取三位有效数字。

附录 G 本规范用词说明

G.0.1 对规范条文执行严格程度的用词，采用以下写法：

表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。

G.0.2 条文中应按指定的其它有关标准、规范的规定执行，其写法为“应按……执行”或“应符合……要求(或规定)”。

如非必须按指定的其它有关标准、规范的规定执行，其写法为“可参照……”。