

广东省公路水泥混凝土路面 施工技术指南

(试 用)

**Technology Guide for Construction of Cement Concrete
Pavements in Guangdong Province**

广东省交通运输厅

2010年·广州

前 言

为适应广东省公路建设发展的需要，提高路面施工质量，广东省交通运输厅于 2005 年立项开展了“广东省提高路面质量对策研究”（项目编号：2005-01）课题研究。根据其子课题“广东省水泥路面施工技术指南研究”的主要研究成果，有关单位编制了《广东省公路水泥混凝土路面施工技术指南》，供广大使用者参考。

本指南是以中华人民共和国行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30-2003）为基础，通过消化吸收国内外相关工程的施工技术要点，总结以往施工经验，充分考虑广东省交通、地质和气候特征，及工程项目建设、施工特点，并结合广东省有关水泥路面课题研究的成果而编制完成。本指南的实施对保证广东省水泥路面施工质量，确保水泥路面使用品质，具有一定的指导意义。

本指南共十四章，主要内容包括：水泥路面原材料技术要求、混凝土配合比设计、路面混凝土施工准备、混凝土拌合物搅拌与运输要求、混凝土面层铺筑技术、配筋及纤维混凝土路面铺筑技术、隧道路面及桥面铺筑技术、水泥混凝土路面隔离层铺筑技术、面层接缝及抗滑构造物施工与路面养生技术、特殊气候条件下的施工技术、施工质量检查与验收、安全生产及施工环保要求等。

各单位在使用过程中，若发现问题或提出意见、建议，请及时与主编单位（广东冠粤路桥有限公司）联系（地址：广东省广州市天河区天润路 445 号 8 楼，邮编：510635，电话：020-39219035，E-mail：GDLLS@126.com），或登陆广东省交通科技交流互动平台（<http://121.33.200.123:8081/bbs/index.jsp>）在相关讨论专区提交意见，以便修订时参考。

主编单位：广东省交通咨询服务中心
广东冠粤路桥有限公司
长沙理工大学

目 录

1	总则 *	1
2	术语 *	2
3	原材料技术要求	5
3.1	水泥 *	5
3.2	粉煤灰及其他掺合料	6
3.3	集料 *	7
3.4	水泥混凝土路面再生集料 *	10
3.5	水	11
3.6	外加剂	12
3.7	钢筋 *	13
3.8	纤维 *	13
3.9	接缝材料 *	15
3.10	其他材料	18
4	混凝土配合比设计 *	21
4.1	原则	21
4.2	普通混凝土配合比设计	23
4.3	纤维混凝土配合比设计 *	25
4.4	刚性基层配合比设计 *	29
4.5	配合比确定与调整	33
5	施工准备 *	35
5.1	施工机械选择	35
5.2	施工组织	36
5.3	搅拌场设置	37
5.4	摊铺前材料与设备检查	38
5.5	路基、粒料类底基层的检测与修整 *	40
5.6	基层和隔离层的检测与修整	42

5.7 贫混凝土基层铺筑与质量检验	44
5.8 碾压混凝土基层铺筑与质量检查 *	45
6 混凝土拌合物搅拌与运输	52
6.1 搅拌设备	52
6.2 拌和技术要求	52
6.3 运输车辆	55
6.4 运输技术要求	56
7 混凝土面层铺筑	58
7.1 滑模机械铺筑	58
7.2 模版及其架设与拆除	63
7.3 三辊轴机组铺筑	66
7.4 小型机具铺筑	68
7.5 长陡坡、弯道段水泥混凝土路面铺筑 *	72
8 配筋及纤维混凝土路面铺筑 *	74
8.1 配筋混凝土路面铺筑	74
8.2 纤维混凝土路面铺筑 *	78
9 隧道路面、桥面铺筑 *	81
9.1 隧道路面铺筑	81
9.2 钢筋混凝土桥面铺筑	83
9.3 纤维混凝土桥面铺筑 *	87
10 水泥混凝土路面隔离层铺筑 *	88
10.1 沥青碎石类隔离层	88
10.2 沥青混凝土隔离层	89
11 面层接缝、抗滑构造施工与养生	94
11.1 接缝施工	94
11.2 抗滑构造施工	99
11.3 混凝土路面养生 *	100
11.4 混凝土桥面养生 *	102
12 特殊气候条件下的施工	104

12.1 一般规定	104
12.2 雨季施工	104
12.3 风天施工	105
12.4 高温季节施工	105
12.5 低温季节施工	106
13 施工质量检查与验收	108
13.1 一般规定	108
13.2 铺筑试验路段	108
13.3 施工质量管理与检查	109
13.4 交工质量检查验收	112
13.5 工程施工总结	113
14 安全生产及施工环保	114
14.1 一般规定	114
14.2 安全生产	114
14.3 施工环境保护	115
附录 1 隔离层功能测试方法 *	117
1.1 水泥稳定粒料基层涂沥青的抗冲刷试验:	117
1.2 现场摆式摩擦系数值试验	117
1.3 现场层间剪切试验	117
1.4 拉拔力试验	118
附录 2 传力杆拉杆定位测试方法 *	120
2.1 目的: 本方法用于检测混凝土中钢筋的位置、保护层厚度和钢筋的直径。	120
2.2 适用范围: 本方法适应路面、桥梁工程一定保护层厚度的钢筋定位检测, 通过测定混凝土中钢筋不同位置保护层厚度, 从而推算钢筋在混凝土中的位 置。	120
2.3 仪器设备	120
2.4 试验步骤	120
附录 3 交通噪音环境标准与水泥混凝土路面噪音、光反射的测试方法 *	122

3.1 交通噪音环境标准	122
3.2 水泥混凝土路面噪声测试	122
3.3 水泥混凝土路面光反射测试	122
附录 4 碾压式贫混凝土工作性测定方法 *	125
4.1 碾压式贫混凝土RA值测试方法	125
4.2 改进VC值的试验方法	127
附录 5 试验室管理与标准化建设 *	129
5.1 试验室管理制度	129
5.2 试验室标准化建设	130
附录 6 本规范用词说明 *	134
6.1 对规范条文执行严格程度的用词，采用以下写法：	134
6.2 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）”	134

1 总则

1.0.1 为提高广东省水泥混凝土路面施工技术水平，保证其路面施工质量，编写本指南。

1.0.2 本《施工技术指南》资料依据中华人民共和国行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)和广东省工程项目建设、施工特点、气候特征，在路面病害调查、分析的基础上，结合广东省交通厅相关研究课题和施工经验总结制定。在规范的基础上进行了修改、补充和完善，新增内容前带*号。

1.0.3 本指南适用于采用滑模摊铺机、三辊轴机组、小型机具施工的各级新建或改建公路水泥混凝土路面工程，也适用于采用摊铺机摊铺的贫混凝土基层和碾压混凝土基层工程。

1.0.4 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证体系，确保施工工艺、质量的匀质性。

1.0.5 路面面层施工，必须在基层完工，并验收合格的路段上进行，没有通过验收的路段，不允许进行路面面层施工。

1.0.6 路面面层施工，应加强安全生产管理，健全安全生产制度，落实安全生产措施，防止安全生产事故发生。

2 术语

2.0.1 路面水泥混凝土 Paving Cement Concrete

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 普通水泥混凝土路面 plain concrete pavement

除接缝区和局部范围外均不配筋的水泥混凝土路面。

2.0.3 钢筋混凝土路面 Reinforced Concrete Pavement

为防止混凝土板产生的裂缝或缝隙张开而在板内配置纵向和横向钢筋的混凝土路面。

2.0.4 连续配筋混凝土路面 Continuously Reinforced Concrete Pavement

除了在与其它路面交接处或临近结构物设置胀缝以及视施工需要设置施工缝外，不设置横缝的一种配筋混凝土路面。

2.0.5 纤维混凝土路面 Fiber Concrete Pavement

在混凝土内掺入钢纤维或合成纤维，形成一种均匀而多向配筋的混凝土路面。

2.0.6 水泥混凝土路面再生集料 Recycled Road Concrete Aggregate

将破碎和清除的水泥混凝土路面板，集中运往中心料厂（碎石场）经破碎和筛分后形成的用于新水泥混凝土或新路面结构中的稳定或非稳定基层、垫层混合料集料。

2.0.8 刚性基层 Rigid Base

主要指贫混凝土、碾压贫混凝土、旧混凝土路面板形成的基层。其特点是强度高、弹性模量高（刚性大），抗水冲刷能力强。

2.0.9 碾压混凝土基层 Roller Compacted Concrete Base

采用水泥混凝土拌和站拌和的强度低于 C15 的特干硬性混凝土,使用沥青混合料摊铺机或达到 85%以上预压密实度的其它混合料摊铺机摊铺、压路机械碾压密实形成的混凝土基层。

2.0.10 贫混凝土基层 Lean Concrete Base

采用水泥混凝土拌和站拌和的强度低于 C15 的塑性混凝土,使用滑模摊铺机、三辊轴机组、小型机具施工形成的贫混凝土基层。

2.0.11 混凝土节水保湿养护膜 Water-Saving Damp-Preservation Curing Membrane for Cement Concrete

混凝土节水保湿养护膜是采用可控高分子吸收材料与薄膜形成的膜状复合材料,主要用于水泥混凝土施工覆盖养护。

2.0.12 基层碾压混凝土压实度 ComPacting Ratio of Roller Compacted Concrete Base

基层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下(空隙率为 4%)湿密度之比。

2.0.13 隔离层 Bond-breaking Layer

设置于半刚性基层或刚性基层与水泥混凝土面层之间的一层中间层,其主要功能是降低面层与基层的结合程度,防止混凝土面层与基层变形(混凝土硬化变形、温度变形和荷载变形)所引起的反射裂纹,缓冲面层的应力作用,同时也兼具一定的减弱混凝土面层下表面在施工过程中产生的薄弱过渡层的形成与抗水冲刷功能等。

2.0.14 RA值 RA Value

是将 2.5kg 的碾压式混凝土放入圆筒模具中，再把 23.3kg 的重锤提进圆筒，振动台开动 20s，测定其压实度，来量度易压实性。

2.0.15 改进VC值 Modified VC Value

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。

2.0.16 亚甲蓝MB值 MB Value

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。

2.0.17 层间剪切试验 Interfacial Shear Stress Tests

层间剪切试验是在不同隔离层表面上通过现场成型 C35 的 150×150×550mm 小梁，抗压强度达到 30—35MPa 后在试件端部施加水平推力，测定破坏时的最大水平推力以获取层间剪切力的试验。通过现场层间剪切试验获得的粘结应力、摩擦力，模拟混凝土面板在变形过程中受到约束时可能产生的粘结应力、摩擦力。

2.0.18 拉拔力试验 Pull-out Tests

在基层上完成隔离层后在其上浇筑直径 11 cm 的圆柱体试件或铺筑面层后钻取 11 cm 的圆柱体试件，一定强度后施加垂直于试件端面的拉拔力，测定破坏时的最大拉拔力的试验。通过拉拔力试验，可分析隔离层与基层的法向粘结力大小。

2.0.19 填充体积率 Filling Volume Ratio

混凝土中粗集料的体积占有率。用 1 立方米混凝土中粗集料用量除以粗集料紧装堆积密度计算。

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 水泥混凝土面层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), ≥	25.5	57.5	22.0	52.5	16.0	42.5
抗折强度(MPa), ≥	4.5	8.0 *	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。各交通等级路面用水泥的路用品质要求应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 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	Na ₂ O+0.658K ₂ O不得>0.6%	怀疑有碱活性集料时, ≤0.6%; 无碱活性集料时, ≤1.0%
混合材种类	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土
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 300~450 m ² /kg	宜在 300~450 m ² /kg
细度(80μm)	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>3.6kg/m ²	不得>3.6kg/m ²

注： * 28d 干缩率和耐磨性试验方法采用《道路硅酸盐水泥》(GB 13693) 规定。

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 采用滑模摊铺机等机械化铺筑水泥混凝土时，宜选用散装水泥。散装水泥的夏季出厂温度不宜高于 65℃；混凝土搅拌时的水泥温度不宜高于 60℃，且不宜低于 10℃，与水泥厂签订水泥供需合同时应予明确。

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

3.2.1 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。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

粉煤灰等级	细度①（45μm 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	≥85(75)
II	≤20	≤8	≤105	≤1.0	<0.02	≤3	≥70	≥80(62)
III	≤45	≤15	≤115	≤1.5	—	≤3	—	—

注：①45 μ m 气流筛的筛余量换算为 80 μ m 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大于等于 C40 的混凝土；当配制的混凝土强度等级小于 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、抗磨性等技术指标合格。

3.3 集料

3.3.1 粗集料

1 路面面层粗集料 *

1) 面层粗集料应使用质地坚硬、耐久、洁净的碎石，并应符合表 3.3.1 的规定。高速公路、一级公路混凝土路面使用的粗集料（针片状颗粒含量小于 13%）技术指标应采用 I 级要求，二级公路混凝土路面使用的粗集料级别应不低于 II 级，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。具体技术指标见表 3.3.1 所示。

表 3.3.1-1 水泥混凝土面层粗集料技术指标

项 目	技术要求		
	I	II	III
碎石压碎指标(%)	<10	<15	<20①
坚固性(按质最损失计%)	<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
硫化物及硫酸盐(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	>1350kg/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%。

2) 粗集料级配，用做路面和桥面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 3.3.1

—2 合成级配的要求。高速公路、一级公路混凝土路面使用的粗集料碎石最大公称粒径不宜大于 26.5mm；二、三、四级公路混凝土路面使用的粗集料碎石最大公称粒径不宜大于 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。碎石中粒径小于 75 μ m 的石粉含量不宜大于 1%。

表 3.3.1—2 粗集料级配范围

级配		方孔筛尺寸 (mm)							
		2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
类型		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	85-95	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
级粒	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

2 刚性基层粗集料 *

用做刚性基层的贫混凝土、碾压混凝土粗集料，可使用Ⅲ级粗集料，具体技术指标见表 3.3.1。不得使用不分级的统料，应按最大公称粒径的不同采用不少于 2 个粒级的集料进行掺配，并应符合表 3.3.2 合成连续级配的要求。刚性基层贫混凝土粗集料的碎石最大粒径不应大于 31.5mm，公称粒径不应大于 26.5mm。碎石中粒径小于 0.075 mm 的石粉含量不宜大于 1%。

3.3.2 细集料

1 路面面层细集料 *

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。高速公路、一级公路、二级公路混凝土路面使用的砂应不低于Ⅱ级。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级砂。特重、重交通混凝土路面宜使用河砂，砂的硅质含量应不低于 25%。细集料的技术指标见表 3.3.2—1 所示。

表 3.3.2-1 水泥路面细集料技术指标

项 目	技术要求		
	I	II	III
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	<3.0 ^①
天然砂、机制砂泥块含量(按质量计%)	<0	<1.0	<2.0
机制砂MB值<1.4或合格石粉含量 ^② (按质量计%)	<3.0	<5.0	<7.0
机制砂 MB 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	合格	合格
硫化物及硫酸盐(按含SO ₃ 质量计%)	<0.5	<0.5	<0.5
轻物质(按质量计%)	<1.0	<1.0	<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	>2500kg/m ³		
松散堆积密度	>1350kg/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。

2) 细集料级配*, 细集料的级配要求应符合表 3.3.2-2 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, 高速公路、一级公路混凝土路面使用细集料的细度模数宜在 2.7~3.1 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 3.3.2-2 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) 路面和桥面混凝土所使用的机制砂除应符合表 3.3.2-1 和表 3.3.2-2 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。

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 3.3.2-1 和表 3.3.2-2 要求外, 尚应符合下述规定:

- (1) 淡化海砂带入每 m^3 混凝土中的含盐量不应大于 1.0kg;
- (2) 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%;
- (3) 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、弯拉强度无不利影响。

2 刚性基层细集料 *

刚性基层细集料的技术指标应符合表 3.3.2-1 III 级砂的规定, 级配要求应符合表 3.3.2-2 的规定, 刚性基层细集料宜采用中砂, 如果砂较粗, 可使用干净的机制砂与粗砂掺和使用。

3.4 水泥混凝土路面再生集料 *

3.4.1 水泥混凝土路面再生粗集料

1 按再生粗集料的质量技术指标, 再生粗集料可分为三个等级, 见表 3.4.1-1。

表 3.4.1-1 再生粗集料的分级

项 目	I 级	II 级	III 级
表观密度 (kg/m^3)	≥ 2500	≥ 2350	≥ 2200
压碎值 (%)	≤ 25	≤ 30	≤ 35
吸水率 (%)	≤ 4	≤ 7	≤ 10

2 再生粗集料的应用范围，I级再生粗集料可用于碾压混凝土及贫混凝土基层，II级再生粗集料可用于水泥稳定粒料基层和底基层、垫层，III级再生粗集料可用于附属工程，在有充分试验依据的情况下，也可用于底基层、垫层。

3 再生粗集料的颗粒级配、合成级配及其他技术要求应符合相应结构层的相关规定。

4 再生粗集料应进行表 3.4.1-2 所列项目的检验，检验方法按《公路工程集料试验规程》(JTG E42-2005) 执行。

表 3.4.1-2 再生粗集料的检验项目

序号	项 目	序号	项 目
1	筛分试验①	8	坚固性
2	表观密度①	9	压碎值①
3	含水率和吸水率①	10	磨耗值
4	空隙率	11	冲击值
5	含泥量和泥块含量①	12	碱活性检验（需要时）
6	针片状颗粒含量①	13	杂质含量②
7	有机物含量		

注：①同一品种、同一规格 500 吨为一批，每批必检项目，当对再生粗集料质量有疑问时，必检项目；

②再生集料中的金属、塑料、沥青、木头、玻璃等杂质含量不得超过 0.5%（按质量计）。

5 再生粗集料应分别运输和堆放，不得和天然粗集料相混合；不同等级、不同粒级的再生粗集料应插牌标识。

3.4.2 水泥混凝土路面再生细集料

1 符合设计、施工规定的再生细集料，可用于基层、底基层，配合比设计应进行充分的试验验证，且取代率不宜超过 30%。

2 用于垫层取代率可不受限制。

3.5 水

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。

- 1) 硫酸盐含量（按 SO_4^{2-} 计）小于 $0.0027\text{mg}/\text{mm}^3$ 。
- 2) 含盐量不得超过 $0.005\text{mg}/\text{mm}^3$ 。
- 3) PH 值不得小于 4。
- 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，检验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~	-90~	-90~	$> +90$	$> +90$	-90~	-90~	$> +90$	-90~
	终凝	+120	+120	+90	—	—	+120	+90	—	+120
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。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 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，必须是圆截面，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。

3.7.3 路面用拉杆、传力杆宜采用工厂化加工，并采用电镀、喷漆或环氧涂层等防锈工艺。

3.8 纤维

3.8.1 钢纤维

1 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：

1) 单丝钢纤维抗拉强度不宜小于600MPa；

2) 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，最大长度不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%；

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。* 实践证明也可采用（有机纤维）塑钢纤维,其效果亦较好。

3 层布式钢纤维要求 *

1) 对层布式钢纤维混凝土复合路面所用的钢纤维，其长度可为 30mm~120mm。

2) 对于层布式钢纤维混凝土复合路面所用的钢纤维，其直径或等效直径宜为 0.3mm~1.2mm。

注 1 等效直径系指非圆截面按截面积等效原则换算的圆形截面直径。当钢纤维形状为压痕形等不规则截面时，可采用重量等效换算成圆柱体尺寸，从而推算出等效直径。

3) 对于层布式钢纤维混凝土复合路面所用的钢纤维，其长径比宜为 60~100。

3.8.2 合成纤维 *

1 可选用聚丙烯腈(腈纶)纤维、聚丙烯(丙纶)纤维、聚乙烯醇(维纶)纤维、聚酰胺(尼龙)纤维或其他经过试验和技术论证符合性能要求的纤维。

2 宜用直径为 10 μ m~100 μ m，长度为 19mm~30mm 的细纤维。

3 纤维的形状可为单丝、束状单丝与膜裂网状纤维。

4 纤维混凝土采用的合成纤维应为不含再生链烯烃的纯聚合物；纤维及其表面处理层对人体的健康和环境无不利影响；纤维在混凝土拌合物中和硬化的混凝土中首先必须耐碱和足够的化学稳定性，保持纤维抗拉强度保持率不小于 99%。

5 纤维应在混凝土拌合物中易于分散，并且与硬化混凝土间具有良好的粘结性能。

6 用于防止混凝土或砂浆早期收缩裂缝的合成纤维，其单丝合成纤维抗拉强度不宜小于 500MPa，用于结构增强、增韧的合成纤维宜选用弹性模量和强度较高的纤维。

7 宜根据纤维混凝土应用的环境和工作条件，结合纤维的几何参数、物理力学特征，综合考虑确定采用的合成纤维的品种和型号。合成纤维的各种参数宜

通过试验确定，当无试验资料时可参考表 3.8.2 确定。

8 在桥面铺装砼配合比设计时，宜选用搅拌不易成团、能充分均匀分布于砼中的合成纤维，禁用经振捣后易上浮砼表面而成卷状的劣质纤维。

表 3.8.2 单丝合成纤维的几何特征和主要物理力学指标参考值

纤维品种 主要参数和性能	聚丙烯腈纤维	聚丙烯纤维	聚酰胺纤维	聚乙烯醇纤维	聚乙烯纤维
直径 (μm)	13	18~65	23	2~15	38~50
长度 (mm)	6~24	4.8~19	19	6~30	6~13
截面形状	哑铃形	圆形	圆形	三角形	
密度 (g/cm ³)	1.18	0.91	1.16	1.3	0.97
抗拉强度 (MPa)	500~1000	500~700	600~970	800~1900	2600~3000
弹性模量 (Gpa)	14~19	3.5~10	4~6	14~47	100~120
极限伸长率 (%)	6~11	7~15	15~20	6~12	3.5~8
安全性	无毒材料	无毒材料	无毒材料	无毒材料	无毒材料
熔点 (°C)	240	176	220	250	
吸水性	<2%	<0.1%	<4%	<0.4%	

3.9 接缝材料

3.9.1 胀缝板

胀缝板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 缩缝填缝料

缩缝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玛蹄脂类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类等。高速公路、一级公路应使用树脂类、橡胶类常温施工式高弹性 I 型或加热施工式高弹性型填缝料；二级公路应使用常温施工式高弹性 II 型填缝料；优先使用树脂类、橡胶类常温施工式高弹性 I 型或加热施工式高弹性型填缝料；三、四级公路应使用改性沥青类的填缝材料；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	高 弹 性 I 型*	高 弹 性 II 型*
失粘(固化)时间 (h)	* 3~6	3~16
弹性复原率(%)	≥90	≥90
流动度 (mm)	0	0
(-10℃) 拉伸量(mm)	* ≥50	≥25
与混凝土粘结强度(MPa)	* ≥0.5	≥0.4
粘结延伸率 (%)	* ≥800	≥400
耐老化性 (ATLAS 人工气候加速老化试验, 残留粘结延伸率 (%), 残留粘结强度 (%))	≥80	≥75
抗剪切疲劳性 (300 次的剪切疲劳循环后)	不破坏	不破坏

表 3.9.2-2 加热施工式填缝料技术要求

试 验 项 目	高 弹 性 型
针入度(0.01mm)	<90
弹性或复原率(%)	≥60
流动度 (mm)	<2
(-10℃) 拉伸量 (mm)	≥15

3.9.3 胀缝填缝料 *

同一条公路胀缝施工宽度一致，且边部整齐、无啃边、掉角等现象时，宜选用多孔橡胶条填缝，胀缝施工宽度不一致，且边部不整齐时应选用本指南要求的胀缝填缝料填缝。

常温施工式聚氨酯型胀缝填缝材料技术指标及检测方法如表 3.9.3-1。

表 3.9.3-1 常温施工式聚氨酯型胀缝填缝材料技术指标及检测方法

试验项目	技术要求	试验方法
失粘（固化）时间（h）	3~6	JT/T589-2004
弹性复原率（%）	≥90	JT/T589-2004
流动度（mm）	0	JT/T589-2004
（-10℃）拉伸量（mm）	≥40	JT/T589-2004
与混凝土粘结强度（MPa）	≥0.6	JC408—1991
粘结延伸率（%）	≥600	GB/T13477.10-2002
定伸粘结性	100%无破坏	GB/T13477.10-2002 或 JC/T976—2005

常温施工道路硅酮密封胶其性能见表 3.9.3-2。

表 3.9.3-2 常温施工式道路硅酮密封胶性能指标

项 目		单 位	技术指标	
			25LM	20LM
流 动 性	下垂度（N型）/mm	垂直	≤3	
		水平	无变形	
	流平性（S型）	/	光滑平整	
表干时间		H	≤8	
挤出性		ml/min	80	
弹性恢复率		%	定伸 100%	定伸 60%
			70	
拉伸模量 （定伸 100%）		23℃	≤0.4	
		-20℃	≤0.6	
定伸粘结性		/	定伸 100%	定伸 60%
			不破坏	
浸水后定伸粘结性		/	定伸 100%	定伸 60%
			不破坏	
冷拉—热压后粘结性		/	拉伸压缩率 ±25%	拉伸压缩率 ±20%
			不破坏	
热处理后定伸粘结性		/	定伸 100%	定伸 60%
			不破坏	
热处理后硬度变化		邵氏	≤10	
加热质量损失率		%	≤8%	
抗燃性（260℃×120s）		/	不着燃、流动、开裂、变硬	
与水泥混凝土粘结强度		%	≥0.6	

扯断破坏率	%	≥400
针入度	0.1mm	20-40

注：针入度衡量材料抗嵌入能力。检测方法见 JC/T976—2005 和 JC408—1991

3.9.4 背衬垫条 *

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、耐酸碱腐蚀和在热灌缝时高温不软化等性能。背衬垫条材料有聚氨脂、橡胶或微孔泡沫塑料等，其形状应为圆柱型，直径应比接缝宽度大 3~5mm。

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 / T 14686)或《石油沥青玻璃布胎油毡》(JC / T 84)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 / T 019)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：

1 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。

2 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。

3 用于隔离层的石油沥青、改性沥青和乳化沥青或业主认可的其它隔离层材料，应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)和《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ 036)的规定或其它相关规定。

4 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。

3.10.3 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表面结构上使用（隔离层除外），应使用可溶，该指标由供需双方协商。

3.10.4 混凝土节水保湿养护膜 *

用于高速公路工程的混凝土节水保湿养护膜由面膜和芯膜复合而成，面膜为反射阳光的瓷白色，芯膜附着功能性高分子吸水材料，每平方米吸收自来水达 0.5-1 kg（与节水保湿养护膜类型有关），吸水速度 5min 不小于总吸收量的 60%，2 个小时不小于 100%。吸水饱和后可保证混凝土一个养护期的养护用水。养护膜性能应符合表 3.10.4 规定。

表 3.10.3 混凝土节水保湿养护膜技术指标

检验项目	要求
3d 有效保水率 ^① /%	≥90
一次性保水时间/d	≥7

保温性能（用膜内温度与外界环境温度差评价）		$\geq 4^{\circ}\text{C}$
用养护膜养护的混凝土抗压强度比②/%，不小于（%）	3d	≥ 95
	7d	≥ 95
用养护膜养护的混凝土抗弯拉强度比②/%，不小于（%）	3d	≥ 95
	7d	≥ 95
混凝土磨耗量/(kg/m ²)		≤ 2.5
单位面积吸收自来水量/(kg/m ²)		≥ 0.5

注：①有效保水率试验条件：温度 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度 $32\% \pm 3\%$ ；风速 $0.5 \pm 0.2\text{m/s}$ ；失水时间 72h；

②抗压强度比、抗弯拉强度比，指标要求相同，可根据工程需要和用户要求选测。

4 混凝土配合比设计

4.1 原则

4.1.1 本原则适用于采用滑模摊铺机、三辊轴机组及小型机具铺筑的普通混凝土路面用混凝土的配合比设计。

4.1.2 路面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：

1 弯拉强度

(1) 混凝土路面板 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。

(2) 混凝土配制 28d 弯拉强度的均值应按式 (4.1.2) 计算：

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

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 —— 保证系数，应按表 4.1.2-1 确定，高速公路应选用 $P=0.05$ 的判别概率；

c_v —— 弯拉强度变异系数，应按统计数据在表 4.1.2-2 的规范范围内取值；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 4.1.2-1 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

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

2 工作性

(1) 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)
最佳工作性	25~50	200~500
允许波动范围	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 250~600N·s/m²；最佳坍落度为 10~30mm；

(3) 滑模摊铺时的最大单位用水量不宜大于 160kg/m³。

(2) 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。

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	三辊轴机组摊铺	小型机具摊铺
出机坍落度 (mm)	30~50	10~40
摊铺坍落度 (mm)	10~30	0~20
最大单位用水量 (kg/m ³)	153	150

注：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；

3 耐久性

1) 各交通等级路面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 4.1.2-5 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 420kg/m³。

表 4.1.2-5 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
最小单位水泥用量（kg/m ³ ）	42.5 级	300	300	290
	32.5 级	310	310	305
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

注：①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%）。

②处在海风、酸雨或硫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。

2) 在海风、酸雨硫酸盐等腐蚀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、磨细矿渣或硅灰掺和料，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：

1 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。

2 外加剂的掺量应由混凝土试配试验确定。

3 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。

4.2 普通混凝土配合比设计

4.2.1 设计步骤

1 计算砼配制弯拉强度 f_{cf}

2 水灰（胶）比的计算和确定

(1) 水灰比按下列统计公式计算：

$$\frac{W}{C} = \frac{1.5684}{f_{cf} + 1.0097 - 0.3595f_s} \quad (4.2.1-1)$$

式中：

$\frac{W}{C}$ ——水灰比；

f_s ——水泥实测 28d 抗折强度 (MPa)。

(2) 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 $\frac{W}{C}$ 。

(3) 应在满足弯拉强度计算值和耐久性 (表 4.1.2-5) 两者要求的水灰 (胶) 比中取小值。

3 根据规范公式计算单位用水量 W_{of} 。

(1) 根据表 4.1.2-3、4.1.2-4 中选择适宜的坍落度，按下列公式计算单位用水量 (砂石料以自然风干状态计)：

$$W_o = 104.97 + 0.309S_L + 11.27\frac{C}{W} + 0.61S_p \quad (4.2.1-2)$$

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)；

S_L ——坍落度 (mm)

S_p ——砂率 (%)。

(2) 掺外加剂混凝土单位用水量按 (4.2.1-3) 计算：

$$W_{ow} = W_o \left(1 - \frac{\beta}{100}\right) \quad (4.2.1-3)$$

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 (%)。

4 混凝土的单位水泥用量应按式 (4.2.1-4) 计算

$$C_{of} = \left(\frac{C}{W}\right) W_{of} \quad (4.2.1-4)$$

式中：

C_{of} ——混凝土的单位水泥用量 (kg/m^3)；

W_{of} ——混凝土的单位水用量 (kg/m^3)。

5 砂率应根据砂的细度模数按 4.2.1 表初选。在软做抗滑槽时，砂率在表 4.2.1 基础上可增大 1%~2%。

表 4.2.1 砂的细度模数与最优砂率关系

砂的细度模数	2.2~2.5	2.5~2.8	2.8~3.1	3.1~3.4	3.4~3.7
砂率 S_p (%)	30~34	32~36	34~38	36~40	38~42

6 砂石料用量可用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 $2400\sim 2450 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；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%。

4.2.2 重要路面、桥面工程应采用正交试验法进行配合比优选。

4.2.3 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 4.2.3 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 4.2.3 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

4.3 纤维混凝土配合比设计 *

纤维混凝土配合比设计适用于采用滑模摊铺机、三辊轴机组及小型机具铺筑的纤维混凝土路面，包括网纤维混凝土配合比设计和合成纤维混凝土配合比设

计。

4.3.1 钢纤维混凝土的配合比设计

1 钢纤维混凝土的配合比设计要求

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：

1) 弯拉强度

(1) 钢纤维混凝土路面板 28d 设计弯拉强度标准值 f_{rf} 应符合设计规范的规定。

(2) 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 。

2) 工作性

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

(2) 钢纤维混凝土掺高效减水剂时的单位用水量可按表 4.3.1-1 初选，再由拌合物实测坍落度确定。

表 4.3.1-1 钢纤维混凝土单位用水量选用表

拌合物条件	粗集料最大公称粒径 D_m (mm)	单位用水量(kg/m^3)
长径比 $L_f/d_f=50$, $\rho_f=0.6\%$, 坍落度 20mm, 中砂, 细度模数 2.5, 水灰比 0.42~0.50	9.5、16.0	215
	19.0、26.5	200

注：1 钢纤维长径比每增减 10，单位用水量相应增减 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ；

2 钢纤维体积率每增减 0.5%，单位用水量相应增减 $8\text{kg}/\text{m}^3$ ；

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 $7\text{kg}/\text{m}^3$ ；

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 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3) 耐久性

(1) 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 4.3.1-2 的规定。

(2) 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、等外加剂。

(3) 处在海风、酸雨、硫酸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 4.3.1-2 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
最小单位水泥用量 (kg)	42.5 级	360	360	350
	32.5 级	370	370	365
掺粉煤灰时最小单位水泥用 量(kg)	42.5 级	320	320	315
	32.5 级	340	340	335
抗冰冻掺粉煤灰最小单位水泥用量 (42.5 级水泥)(kg)		330	330	325

2 钢纤维混凝土配合比设计应按以下步骤进行：

1) 计算和确定水灰比

(1) 以钢纤维混凝土配制 28d 弯拉强度 f_{cf} 替换 f_c ，按式 (4.2.1-1) 或 (4.2.1-2) 计算出基体混凝土的水灰比。

(2) 取钢纤维混凝土基体的水灰比计算值与表 4.3.1-2 规定值两者中小值。

2) 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，宜取下限；有锚固端者宜取较小值。

3) 查表 4.3.1-1，初选单位用水量 W_{of} ；掺用粉煤灰时应符合 4.2.3 条的要求。

4) 钢纤维混凝土的单位水泥用量应按式 (4.3.1-1) 计算

$$C_{of} = \left(\frac{C}{W} \right) W_{of} \quad (4.3.1-1)$$

式中：

C_{of} —— 钢纤维混凝土的单位水泥用量 (kg/ m³)；

W_{of} —— 钢纤维混凝土的单位用水量 (kg/ m³)。

取计算值与表 4.3.1-2 规定值两者中的大值。但不宜大于 500kg/ m³。

5) 砂率可按式 (4.3.1-2) 计算，也可按表 4.3.1-3 初选。钢纤维混凝土砂率宜在 38%~50% 之间。

$$S_{pf} = S_p + 10 \rho_f \quad (4.3.1-2)$$

式中：

S_{pf} —— 钢纤维混凝土砂率 (%)；

ρ_f —— 钢纤维掺量体积率 (%)。

表 4.3.1-3 钢纤维混凝土砂率选用值(%)

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

6) 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 2450~2580 kg; 按体积法计算时, 应计入设计含气量。

7) 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。

4.3.2 合成纤维混凝土的配合比设计 *

1 合成纤维混凝土的配合比设计要求: 除应遵循混凝土设计原则外, 尚应符合以下要求:

1) 当合成纤维体积率不大于 0.15% 时, 合成纤维混凝土的强度等级、各项强度标准值及设计值、弹性模量、泊松比和线膨胀系数可不考虑纤维的影响; 当合成纤维体积率大于 0.15% 时, 有关参数的选取应考虑纤维的影响, 并通过试验确定。

2) 合成纤维用于限制混凝土或砂浆早期收缩裂缝时, 纤维混凝土可采用与原结构所用混凝土或砂浆相同的强度等级, 对骨料粒径可不作限制。

3) 合成纤维用于结构增强、增韧时, 纤维混凝土的强度等级不应低于 CF20, 粗骨料粒径不宜大于 20mm。合成纤维用于水泥路面时, 设计抗弯拉强度宜为 5.5MPa。

4) 聚丙烯纤维、改型聚丙烯纤维的掺量宜控制在 0.9~1.0Kg/m³。

2 合成纤维混凝土的配合比设计步骤: 合成纤维用于限制混凝土或砂浆早期收缩裂缝时, 合成纤维混凝土配合比设计在已优选出的普通混凝土配合比中按设

计要求直接加入纤维用量；合成纤维用于结构增强、增韧时，有关参数的选取应考虑纤维的影响，适当提高外加剂用量，并通过试验确定。

4.4 刚性基层配合比设计 *

4.4.1 碾压混凝土基层配合比设计

1 设计要求

1) 碾压混凝土基层配合比设计应符合强度、工作性等技术要求。

(1) 强度：碾压混凝土基层设计强度应符合表 4.4.1-1 的规定。

表 4.4.1-1 碾压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 $f_{cu,k}$	3.0	2.0	1.5

(2) 工作性：

碾压混凝土属于特干硬性混凝土，工作性指标的选择、检验与控制对于其压实度、弯拉强度及平整度至关重要，具体指标为：

①可压性：用改进 VC 值评价，要求出搅拌机口改进 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”宜为 4~5 分，并不应低于 4 分。

②易压实性：要求 20sRA 法压实度大于 95%。

2) 碾压混凝土基层由矿质混合料组成为连续级配，其合成级配曲线如表 4.4.1-2。

表 4.4.1-2 碾压基层贫混凝土粗细集料合成级配范围

筛孔尺寸(mm)	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.15
通过百分率(%)	90~100	72~89	47~67	29~49	17~35	8~22	7

2 设计方法：碾压混凝土基层配合比设计参见《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30-2003)，也可按本指南简易法设计。

3 简易法设计步骤

1) 初步配合比设计

(1) 进行原材料试验。

(2) 进行矿质集料组成设计，确定各种集料的质量比例。掺配石屑时，依计算的砂子用量按天然砂：石屑 不小于 4：1（粗砂）或 5：1（中砂）比例掺配。依上述计算的砂石材料计算砂率，碾压混凝土基层砂率宜符合表 4.4.1-3 的规定。

表 4.4.1-3 碾压混凝土基层砂率

	2.2~2.5	2.5~2.8	2.8~3.1	3.1~3.4	3.4~3.7
砂率 S_p (%)	30~34	32~36	34~38	36~40	38~42

(3) 依设计强度查本指南水泥用量范围(见表 4.4.1-4)或工程经验确定的范围，初选水泥用量，通过击实成型找出高、中、低三种用量的最大干密度 ρ_{dmax} ，最佳含水量 W 。

表 4.4.1-4 碾压混凝土基层的设计抗压强度标准值及水泥用量参考值

交通等级	特重	重	中等
28d设计抗压强度标准值 $f_{cu,k}$ (MPa)	15.0	10.0	7.0
水泥用量参考值(kg)	190	150	130

(4) 依现场要求的压实度 K 计算各种集料配料（一个试件）

$$K = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} = \frac{m_d}{V \rho_{dmax}} \quad (4.4.1-1)$$

$$\text{则 } m_d = kV \cdot \rho_{dmax} \quad (4.4.1-2)$$

(5) 根据水泥用量和外加剂掺量计算外加剂用量。

(6) 测定碾压混凝土改进 VC 值，要求拌和料改进 VC 值为 5~10s，试样表面出浆评分为 4~5 分。不合要求时微调加水量、水泥用量。

(7) 按 95% 压实度要求，在上述含水量下通过静压或击实成型试件，测定 7 天、28 天抗压强度和 28 天弯拉强度，确定初步配合比。

2) 初步配合比验证：

实验室的基准配合比应通过搅拌楼试拌和检验和不少于 200m 实验路段的验

证，并根据料场砂石料含水量、拌和物实测视密度、改进 VC 值，调整单位用水量、砂率。调整时，水灰（胶）比、单位水泥用量不得减少。考虑到施工中原材料含泥量、含水量、泥块含量变化和施工变异性等因素，单位水泥用量应比实验室的基准配合比适当增加 5~10 kg。满足试拌试铺的工作性、28 天（至少 7 天）配制弯拉强度、抗压强度等要求的配合比。

4.4.2 贫混凝土基层配合比设计

1 贫混凝土基层配合比设计应符合下列三项技术要求：

1) 强度

贫混凝土基层设计强度应符合表 4.4.2-1 的规定。

表 4.4.2-1 贫混凝土基层的设计强度标准值

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

2) 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。贫混凝土基层中应掺粉煤灰，粉煤灰的品质、掺量和超量取代系数应符合 4.2.3 条的规定。

3) 耐久性

(1) 满足耐久性要求的贫混凝土最大水灰（胶）比宜符合表 4.4.2-2 的规定。

表 4.4.2-2 满足耐久性要求的贫混凝土最大水灰（胶）比

交通等级	特重	重	中等
最大水灰（胶）比	0.65	0.68	0.70
有抗冻要求的最大水灰（胶）比	0.60	0.63	0.65

(2) 当高温摊铺坍落度损失较大时，可使用引气缓凝减水剂。

2 贫混凝土基层配合比可按下述步骤进行计算：

1) 配制 28d 抗压强度 $f_{cu,o}$ 可按式 (4.4.2-1) 计算。

$$f_{cu,o} = f_{cu,k} + t_f S_f \quad (4.4.2-1)$$

式中 $f_{cu,0}$ —— 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 4.5.1-1 取值。

t_l —— 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)。

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

$$\frac{W}{C} = \frac{A \cdot f_{ce}}{f_{cu,0} + A \cdot B \cdot f_{ce}} \quad (4.4.2-2)$$

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

A 、 B —— 回归系数， $A = 0.46$ 、 $B = 0.07$ 。

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

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。

3) 贫混凝土基层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 —— 贫混凝土基层的单位水泥用量 (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)。

4) 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 4.2.3 条取值。

5) 不掺粉煤灰贫混凝土基层的单位水泥用量宜控制在 160~230 kg/m³之间；掺粉煤灰时，单位水泥用量宜在 130~175 kg/m³之间；单位胶材总量宜在 220~270 kg/m³之间。

6) 根据水灰（胶）比和单位水泥（胶材）用量，计算单位用水量。

7) 砂率可按表 4.4.2-3 初选。

表 4.4.2-3 贫混凝土基层的砂率

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 S_p (%)	24~28	26~30	28~32	30~34	32~36

8) 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：

1 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、纤维体积率。

2 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、钢纤维掺量不得减少，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 4.5.1 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。

表 4.5.1 路面混凝土含气量及允许偏差 (%)

最大公称粒径 (mm)	含气量要求
19.0	4.0±1.0

26.5	3.5±1.0
31.5	3.5±1.0

3 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检验。

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

4.5.2 试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,并应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。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

1 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或其它工作性指标始终适宜于铺筑或压实,且波动最小。

2 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。

3 在每次施工前一天,应得到石料筛分结果,使级配始终保持与施工配合比设计级配一致。

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	√	√	√	▲	○
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。

5.1.2 主要施工机械的选择 *

1 高速公路和一级公路混凝土路面的施工应采用滑模摊铺机和计算机自动控制的强制搅拌楼（站）。水泥混凝土拌和楼应优先选配计算机配料的强制双卧轴或行星立轴为主要机型的间歇式搅拌楼，每台拌和机的设计产量要求不少于 120m³/h，设计总拌和能力不小于 240m³/h。

2 水泥混凝土摊铺机：滑模摊铺机摊铺路面时，应配备布料机械摊铺。经试验段铺筑路验证摊铺的面层符合规范要求后方可正式投入生产。

3 硬刻槽机：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。采用等间距刻槽，拉槽深度应为 2~4mm，槽宽 3~5 mm，槽间距 15~25mm。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。

路面弯道位置，宜采用叠加角度 45° 方向刻槽。

4 切缝机：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，应有备用发电机。

5 运料车：可选配车况优良、10m³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。

6 总运力应比总拌和能力略有富余，确保新拌混凝土在规定时间内运到摊铺现场。其数量应保证施工中摊铺机前方有运料车等候卸料，开始摊铺时在施工现场等候卸料的运料车不宜少于 2 辆。

5.2 施工组织

5.2.1 开工前，应组织有关单位及人员进行技术交底。

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、通道等构造物应提前建成，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

1 每台搅拌楼应至少配备 3-4 个水泥罐仓，每个水泥罐仓储量不小于 100 吨。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。

2 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、拆包及输送入灌设备。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

1 施工前，宜储备正常施工 10—15d 干净的砂石料。高等级公路砂石材料宜使用水洗的材料，严格控制材料的含泥量、含粉尘量，当砂石料含泥量接近临界值时，应采用专用机械冲洗，控制含泥量。

2 砂石料场应建在排水通畅的位置，其底部应作硬化处理，宜浇筑水泥混凝土进行场地硬化。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，限制堆料高度。

3 在高温天、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，报请管理处正式审批。

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。

5.4.4 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。

表 5.4.4 混凝土原材料的检测项目和频率

材料	检查项目	检查频率	
		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	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
	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，表现密度，堆积密度，空隙率	机铺 2500m ³ 一批	机铺 5000m ³ ，小型机具 1500 m ³ 一批
	含泥量、泥块含量	机铺 1000m ³ 一批	机铺 2000m ³ ，小型机具 1000 m 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 1500 m ³ 一批
	含泥量、泥块、石粉含量	机铺 1000 m ³ 一批	机铺 2000m ³ ，小型机具 500 m ³ 一批
	坚固性	每种砂每标段不少于 3 次	每种砂每标段不少于 3 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 3 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度	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、直径比、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) 机铺是指滑膜、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。

5.5 路基、粒料类底基层的检测与修整 *

5.5.1 路基要求 *

路基应符合以下要求：

1 交验的路基应稳定、密实、均质，对路面结构提供均匀的支承。并无过干、过湿现象，表面平整、无积水、无松散现象，经水准测量，标高符合验收标准路基宽度、弯沉应符合设计要求。

2 对桥头、软基、高填方、填挖方交界处的路基段，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。

3 路面施工承包人在铺筑垫层或底基层前应对路基进行日常维护，使路基在路面施工过程中保持良好状态，无表面积水，无边坡明显冲刷或滑塌。

4 应按四等水准精度敷设路面施工控制用的水准基点系统。水准点应按照 200-300m 间隔布设，并与路基、桥涵施工中正确使用的水准点完整、正确地衔接。桥面标高也应进行三方联验。

5 一般路基施工完毕三个月后，然后对路基进行交验，如果由于特殊原因在三个月内进行垫层施工的，则必须在施工前对路基的压实度和弯沉重新检测，检测合格而且对比路基施工纪录没有出现较大变化的，可以进行施工。

6 路基交验后，采用反挖形式完成粒料类底基层下部埋设的各种排水涵管等隐蔽构筑物的施工，确保路面水和路基水能够畅通排泄。

5.5.2 粒料类底基层要求 *

- 1 设计厚度可采用 20-60cm。
- 2 建议的级配应符合表 5.5.2-1 的要求。

表 5.5.2-1 建议的碎石层级配区间

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19.0	16.0	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过率 (%)	83~100	—	54~84	—	29~59	17~45	11~35	6~21	0~10

3 粒料类底基层施工应采用自卸车运输材料,平地机、压路机作业方式施工,并在路基交验后下雨前完成。如交验后出现下雨浸泡路基,必须让路基充分晾晒后,重新检测弯沉等指标并确保合格后再进行施工防止粒料类底基层受雨水浸泡和污染。粒料类底基层施工完毕要尽快完成基层施工,充分发挥粒料类底基层排水、基层防水的作用。

5.5.3 粒料类底基层质量标准和检验方法 *

1 外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 5.5.3-1 的要求。质量控制的项目、频度和质量标准应符合表 5.5.3-2 的要求。

表 5.5.3-1 外形尺寸检查项目、频度和质量标准

工程类别	项 目		频 度	质量标准
级配 碎石 或砾 石粒 料类 底基 层	纵断高程 (mm)		每20延米1个断面, 每个断面单幅3个点	+5, -15
	厚度 (mm)	均 值	每150 m 6个点	-10
		单 个 值		-25
	宽 度 (mm)		每40延米1处	+0以上
	横坡度 (%)		每100延米3处	±0.3
	平整度 (mm)		每200延米2处, 每处连续10尺 (3m直尺)	12

表 5.5.3-2 质量控制的项目、频度和质量标准

工程类别	项目	频 度	质量标准
级配碎石或砾石料类基层	含水量	据观察, 异常时随时试验	在本指南范围内
	级配	据观察, 异常时随时试验	在本指南范围内
	拌和均匀性	随时观察	无粗细集料离析现象
	压实度	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	96%(高速公路和一级公路)或 92%(二级及二级以下公路)以上, 填隙碎石以固体体积率表示, 不小于 83%
	塑性指数	每 1000m ² 检查 1 次, 异常时随时试验	小于 6
	承载比	每 3000m ² 检查 1 次, 异常时随时试验	不小于规范要求
	弯沉值检验	每一评定段(不超过 1km)每车道 40—50 个测点	95%(二级及二级以下公路)或 97.7%(高速公路和一级公路)概率的上波动界限不大于计算得的容许值

2 应按表 5.5.3-3 对工程质量进行检查验收。

表 5.5.3-3 质量合格标准值

工程类别	项目	频 度	高速公路和一级公路质量标准
级配碎石或砾石料类基层	压实度	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	96%(高速公路和一级公路)或 92%(二级及二级以下公路)以上
	颗粒组成	2—3	规定级配范围
	弯沉值(级配碎石垫层厂拌方法施工时检测)	每车道 40—50 个测点	95%(二级及二级以下公路)或 97.7%(高速公路和一级公路)概率的上波动界限不大于计算得的容许值

3 外观要求: 表面平整、密实、无细颗粒集中、无杂物和松散现象, 用重型压路机碾压, 无明显轮迹(轮迹小于 3mm)。

5.6 基层和隔离层的检测与修整

5.6.1 基层除应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)和《公路路面基

层施工技术规范》(JTJ 034)的规定外,尚应符合下列技术要求:

1(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。

2 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。

3 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。

5.6.2 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进行彻底修复:

1 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。

2 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。

3 当基层产生纵向扩展裂缝时,应分析原因,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。

4 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,宜采用沥青隔离层处理。

5.6.3 在高速公路和一级公路的半刚性基层表面,应喷洒热沥青和石屑(2— $3\text{m}^3/100\text{m}^2$)做隔离层,或做乳化沥青稀浆隔离层或设计规定的其他隔离层。沥青隔离层或乳化沥青稀浆隔离层的厚度不宜小于 10mm;刚性基层表面用沥青混凝土隔离层的厚度宜选用 2-4cm。

5.6.4 在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底基层防水。

5.6.5 当隔离层出现局部损坏时,摊铺前应采用相同的隔离层材料进行修补,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。

5.7 贫混凝土基层铺筑与质量检验

5.7.1 贫混凝土基层宜采用与面层混凝土相同的机械铺筑；可采用普通混凝土面层三种施工方式中的任一种。

5.7.2 贫混凝土基层的铺筑除应满足面层铺筑技术要求完，尚应符合下列要求：

1 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 70mm，并使用沥青灌缝。基层设隔离层时，依据隔离层类型与厚度，混凝土面板的横向缩缝在行车前进方向可前错 100~300mm。

2 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“拉杆、胀缝板、传力杆及其套帽、滑移端设置精确度”的要求。

3 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 5.6.2 第 2 款处理；但当一块板上的断板缝多于 2 条或分叉，则应挖除重铺。

5.7.3 贫混凝土基层的施工质量要求应符合表 5.7.3 的规定。

表 5.7.3 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)和 28d 试件或 28d~56d 钻芯抗压强度(MPa)				$f_{cue}-K_1S_n \geq 0.9f_{cuk}$ $f_{min} \geq K_2f_{cue}$ 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 $0.06f_{cuk}$ ，取 $0.06f_{cuk}$	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		
	K_1	1.70	1.65	1.6		
	K_2	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≤4mm 合格率应≥85%, 二级公路≤6mm 合格率应≥85%	3m 直尺: 每车道 200m ² 处连续 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≤5mm; 极值≤7mm	3m 直尺测: 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)	±20mm	尺测: 每 200m 4 点
10	横坡度(%)	代表值≤+0.20; 极值≤+0.25	水准仪: 每 200m 4 个断面
11	断板率(‰)	≤2	断板数量, 计算占总板块‰
12	坑穴、拱包、接缝缺边掉角	≤20 mm/m ²	尺测: 每 200m 随机测 4 m ²
13	切缝深度(mm)	≥50 或 ≥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

1 贫混凝土基层其强度应符合设计要求。

2 为达到设计强度及减少表面裂缝, 贫混凝土基层采用 32.5 普通硅酸盐水泥, 优先使用符合要求的再生集料, 碎石可采用含泥量不大于 1% 的基层碎石, 中(粗)砂和粉煤灰要满足要求。

3 贫混凝土采用间歇式拌和楼进行集中搅拌, 混凝土用车辆运输到现场, 出料坍落度控制 40~70cm, 摊铺坍落度控制 20~50mm, 用水泥摊铺机按水泥路面施工方法进行施工, 摊铺后混凝土喷洒养护剂, 待混凝土达到 40% 强度后切纵、横缝, 每隔 4~6 米切一道横缝, 当整幅摊铺时, 必须切两道纵缝, 基层设隔离层时, 横缝与水泥面板的横缝前错 100mm~300mm, 用以定向车流, 改善面板受力特性, 贫混凝土纵、横缝不设传力杆、拉杆, 胀缝处设置采用前置法设胀缝板和传力杆。

5.8 碾压混凝土基层铺筑与质量检查 *

5.8.1 碾压贫混凝土基层铺筑一般要求

1 优先选用符合要求的再生集料集料, 应按设计控制水泥用量和矿料级配。

2 混合料的工作性要求既保证可压性又易于达到要求的压实度。摊铺时应注意消除离析现象。

3 合理配置碾压机械设备, 从拌和到碾压终了的时间应按使用的水泥终凝时间控制, 碾压完后不得出现轮迹。

4 及时养生、切缝和灌缝。

5 碾压混凝土基层铺筑宜采用沥青摊铺机械铺筑，也可采用基层摊铺机械铺筑。碾压混凝土松铺系数应根据混凝土配合比、施工机械由试铺确定。宜采用初始密实度高的摊铺机，松铺系数宜在 1.25~1.35 范围内。

5.8.2 碾压混凝土基层施工

1 碾压混凝土基层施工工艺流程

碾压铺筑工艺流程为：碾压混凝土拌和 → 运输 → 卸入基层摊铺机 → 基层摊铺机摊铺 → 钢轮压路机初压 → 振动压路机复压 → 轮胎压路机终压 → 养生 → 切缝 → 填缝。

2 机械选型与配套

1) 宜选用预压密实度高的基层摊铺机，根据路面基层摊铺宽度可选用 1~2 台。

2) 自重 10~12t 振动压路机 1~2 台；15~18t 轮胎压路机 1 台；1~2t 小型振动压路机 1 台。

3) 其他施工设备包括自卸汽车、洒水车、切缝机等。

3 碾压混凝土的拌和、运输

1) 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，每台班至少应监测 3 次砂石料含水率。砂石料堆应全部覆盖防雨，堆底严防浸水。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。

2) 拌和楼应采用间歇式搅拌楼。应根据拌合物的粘聚性、均质性及强度稳定性试拌，其最短纯拌和时间应比普通砼延长 15~20s。一般情况下单立轴式搅拌机总拌和时间宜为 95~140s，全部原材料到齐后的最短纯拌和时间不宜短于 60s。

3) 碾压式混凝土的拌和技术要求必须满足《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 第 6.2 节的各项要求。其中拌合楼的混凝土拌和和计量允许偏差应符合以下规定：水泥：±1%，粗、细集料：±3%，水：±1%。拌和过

程中,拌合物质量检验与控制应符合表 5.8.2-1 的规定。低温或高温天气时施工,拌和物出料温度宜控制在 10~35℃。并应测定原材料温度、拌和物温度、改进 VC 值。

表 5.8.2-1 碾压混凝土拌合物的质量检验项目和频率

检查项目	碾压式贫混凝土基层检查频度
拌合物均匀性	随时观察
水灰比及含水量	每班抽检一次,有变化随时测
视密度	每班测一次
离析	随时观察
改进 VC 值	每班测 4 次,有变化时随时测
混合料计量偏差	每班测一次

4) 碾压混凝土的运输应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)第 6.3、6.4 节的各项有关规定,其中混合料拌合物出料到运输、铺筑完成允许的最长时间应符合表 5.8.2-2 的要求,不能满足要求时,应采取变更拌合场位置或经试验采取加大缓凝剂剂量等措施。应尽可能做到运输距离短,运料时间少。当运输时间在 15min 以上时,运输过程中要采取遮盖措施,防止和减少水分的散失;减少混合料在装卸过程中产生的离析,在运料车选型上应注意底盘高度与拌合机卸料口匹配。运料车驾驶员应在施工前进行培训。

表 5.8.2-2 允许最长作业时间的要求

施工气温(℃)	允许最长作业时间(分钟)
5~10	120
10~20	100
20~30	70
30~35	50

4 碾压混凝土基层摊铺

- 1) 基准线设置要求应符合本指南第 7.1.2 条(基准线设置)的规定。
- 2) 铺装前必须在边部安装牢固的钢侧模,清扫底基层,并同时晒水湿润。
- 3) 施工过程中应连续供料、均匀摊铺,摊铺速度应按公式(5.8.2)计算,并宜控制在 0.6~1.0m/min 范围内。若摊铺停顿时间超过规定,则应按施工接缝处理。

$$V = MK / 60bh \quad (5.8.2)$$

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。

4) 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。

5) 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；弯道超高路面基层摊铺应确保超高部位的供料充足。

6) 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，应采用湿细料进行弥补。

5 碾压混凝土基层碾压

1) 碾压作业段长度 碾压式贫混凝土碾压作业段长度以 30~50m 较为合适。

2) 碾压厚度 最大厚度为 25cm，过厚时可分层压实，每压实层厚度不少于 10cm。

3) 碾压作业方式 碾压作业应遵照“先轻后重、先低后高、先慢后快、先边后中”的原则。具体碾压作业方式参见表 5.8.2-3。

表 5.8.2-3 碾压机械施工组合及碾压遍数

碾压工序	机械	性能参数	遍数
初压	静力压路机 (13t)	静 (无振)，速度 2-3km/h	2~3
复压	振动压路机 (16-20t) 频率：40-50HZ,振幅： 0.4-0.8mm	低频、弱振，速度 2-3km/h	2~3
		高频、强振，速度 2-3km/h	2~3
终压	轮胎压路机 (16-20t)	速度 3-4km/h	2~3
	静力压路机 (6-13t)	速度 3-4km/h	1

摊铺作业完成后立即进行碾压。碾压作业均匀、速度稳定，并按初压、复压和终压三个阶段进行。初压采用钢轮压路机或振动压路机静压，静压重叠为 1/3 钢轮宽度，初压遍数为 2 遍；复压采用振动压路机振动碾压，重叠量为 1/2 振动碾宽度，经实验确定，按现场施工压路机吨位，小振 2 遍，大振 2 遍能取得较好的压实效果。终压采用轮胎压路机静压，一般压 3 遍就能弥合表面微裂纹和消除轮迹，局部含水量较少的区域压 4 遍。初压、复压和终压作业密切衔接配合、

一气呵成；中间没有停顿、等候和拖延，也没有相互干扰，全部碾压作业完成时间较短。局部出现了晒干和风干迹象，及时喷雾。

边部碾压：由于模板附近不易压实，一般采用手扶振动压实机压实，个别地方可适当洒水以保证提浆。压路机应严格操作程序，禁止压路机在碾压过程中急转、急停、调头等违规操作。

6 接缝及养生

1) 纵、横向缩缝间距和位置应符合设计要求，新建或改建工程半幅施工时，横向缩缝间距宜 8~10m，切缝深度不宜小于 1/4 板厚，最浅不宜小于 50mm，切缝宽度宜为 5mm，并应使用符合设计文件要求的材料和方法灌缝。

2) 工作缝应设置成垂直接缝，即再次摊铺前用刀切割，切割平面应垂直于路面。横向施工缝设置形式宜为“台阶式”。其施工工序如下：

(1) 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。

(2) 第二天摊铺开始，后退 150~200mm 切割施工缝，切割深度宜为肋~100mm，将切缝外侧混凝土刨除，形成台阶。

(3) 涂刷水泥浆后，纵向连接摊铺新路面基层。硬化后切施工缝。

3) 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或钢板枕垫式分别参见《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 图 7.6.8-1 及图 7.6.8-2。

4) 抗压强度达到 10MPa 时锯缝。水泥混凝土锯缝不应啃边。一般碾压式混凝土铺筑 24~48h 左右锯缝或混凝土

5) 在压实后表面应及时洒水覆盖养生。

5.8.3 质量检查

质量检查 见表 5.8.3 规定。

表 5.8.3 碾压式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	权值
----	------	---------	---------	----

1	7d 抗压强度(MPa)和 28d 试件抗压强度(MPa)			$f_{cuc} - K_1 S_n \geq 0.9 f_{cuk}$ $f_{min} \geq K_2 f_{cuc}$ f_{cuc} —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 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。	3	
	n	10-14	15-24				≥ 25
	K_1	1.70	1.65				1.6
	K_2	0.90	0.85				
2	压实度 (%)		代表值	98	每 200m 每车道 2 处, 用于施工控制	3	
			极值	94			
3	板厚度(mm)		挖除段	代表值: -5; 极值: -10	尺测: 每 200m 左右各一处, 参考芯样	3	
			冲压段	最小厚度不小于 150			
4	平整度最大间隙(mm)			纵向不大于 8 mm	3m 直尺: 纵向每车道 200m ² 处连续 10 尺	2	
				横向不大于 8 mm			3m 直尺: 横向每车道 200m ² 处连续 10 尺
5	纵断高程(mm)			代表值: ± 5 ; 极值: ± 10	水准仪: 每 200m ⁴ 点	1	
6	相邻板高差(mm)			≤ 4	3m 直尺测: 每条横向胀缝、工作缝 3 点, 每 200 m 纵横缝 2 条, 每条 3 点	1	
7	连接摊铺纵缝高差			代表值 ≤ 5 mm; 极值 ≤ 7 mm	3m 直尺测: 200m ² 处, 每处 3 尺	1	
8	接缝顺直度(mm)			≤ 10	每 500m, 20m 拉线测 2 处	1	
9	中线平面偏位(mm)			≤ 20	经纬仪: 每 200m ⁴ 点	1	
10	路面宽度(mm)			± 20 mm	尺测: 每 200m ⁴ 点	1	
11	横坡度(%)			代表值 $\leq +0.20$; 极值 $\leq +0.25$	水准仪: 每 200m ⁴ 个断面	1	
12	断板率(‰)			≤ 4	断板数量, 计算占总板快‰	1	
13	坑穴、拱包、接缝缺边掉角			≤ 20 mm/m ²	尺测: 每 200m 随机测 4 m ²	1	
14	切缝深度(mm)			≥ 50 或 $\geq 1/4h$	尺测: 每 200m 接缝 4 处	1	
15	灌缝饱满度(mm)			≤ 2	尺测: 每 200m 接缝 4 处	1	

5.8.4 外观鉴定

1 混凝土板表面的离析缺陷的面积不得超过受检面积的 0.5%。不符合要求时每超过 0.1% 减 2 分。

2 边线应顺直整齐, 不符合要求时, 每处减 2 分。

3 其它外观扣分要求见现行公路工程质量检验评定标准。

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：

1 采用滑模、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。

$$M = 60\mu bhV_t \quad (6.1.1)$$

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。

2 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 要求。一般可配备 2~3 台搅拌楼。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 摊铺宽度	滑模摊铺	基层碾压混凝土摊铺	三辊轴摊铺	小型机具
单车道 3.75~4.5m	≥ 100	≥ 75	≥ 50	≥ 25
双车道 7.5~9m	≥ 200	≥ 150	≥ 100	≥ 50
整幅宽 $\geq 12.5\text{m}$	≥ 300	≥ 200	-	-

6.1.2 应优选配间歇式搅拌楼，以保证供料计量稳定，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	掺合物	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
其它公路	±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曝晒过热的砂石料。

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。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

1 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。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	检查频率	
	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，有变化随时测	每 5000m ³ 抽检 1 次，有变化随时测
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—2 次
离析	随时观察	随时观察
碾压混凝土基层 VC 值及稳定性、压实度、松铺系数	每工班测 3—5 次，有变化随时测	
碾压混凝土基层水泥剂量	每 2000m ² 1 次，不少于 6 个样品，用滴定法或直读式测钙仪试验，并与实际水泥用量校核，不小于设计值—1.0%	

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±10mm。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：

1 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搅拌量的 80%。拌合物中不得有钢纤维结团现象。

2 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。

3 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,采用先干拌后加水的搅拌方式时,干拌时间不宜少于 1min。

4 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。

5 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 ±15%,检测方法见规范附录 4。

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。

$$N = 2n \left(1 + \frac{S\gamma_c m}{V_q g_q} \right) \quad (6.3.1)$$

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，车箱板平整光滑。远距离运输或摊铺钢筋混凝土桥面时，宜采用混凝土罐车运输。

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术、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 ^① (°C)	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	三轴、小机具	滑模	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：①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：

1 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。

2 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。车辆起步和停车应平稳。

3 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。

4 烈日、大风、雨天远距离运输时，自卸车应遮盖混凝土，罐车宜加隔热套。

5 使用自卸车运输混凝土最远运输半径不宜超过 20Km。

6 运输车辆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。

7 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。

7 混凝土面层铺筑

7.1 滑模机械铺筑

7.1.1 机械配备

1 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—12.5m)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)	摊铺宽度(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	0~500	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

2 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，应选配下列适宜的布料机械：

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

3 抗滑沟槽可采用拉毛养生机或人工软拉槽制作。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。

4 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。

5 滑模摊铺系统机械配套宜符合表 7.1.1-2 的要求。

表 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 ^①	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	≥50(m ³ /h)，数量由计算确定
	装载机	2~3m ³
	发电机	≥120kW
	供水泵和蓄水池	≥250m ³
运输	运输车 ^①	4~6m ³ 数量由匹配计算确定
	自卸车	4~12m ³ 数量由匹配计算确定
摊铺	布料机 ^① ，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 6.1.1-1
	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 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 ^① 刻槽宽度≥500mm，功率 ≥7.4kw	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	12~60kw，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—6t 按需要定数量
	洒水车	4.5~8t 按需要定数量

注：①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

1 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。

2 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。

3 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。曲线段加密到 5m，平面缓和曲线或纵断面小半径竖曲线段 5m~1m。

4 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。

5 单根基准线的最大长度不宜大于 450m，* 适宜的长度为 200-300m。

6 基准线拉力不应小于 1000N。

7 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 偏 位 (mm)	路面宽度 偏差(mm)	面板宽度 (mm)		纵断高程 偏差 (mm)	横坡偏差 (%)	连接纵缝高差 (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，其均值为该路段平均板厚，路段平均板厚小应小于设计板厚。不满足上述要求，不得摊铺面板。

8 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

1 所有施工设备和机具均应处于良好状态，并全部就位。

2 基层及履带行走部位应清扫干净，* 隔离层表面履带行走部位应铺设橡胶皮带或木板。摊铺面板位置应洒水湿润，但不得积水。

3 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。传力杆及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

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

2 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。

3 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

1 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。

2 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。

3 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。

4 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。

5 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。

6 及时检测摊铺机的 DBI 设置参数的可靠性，确保路面传力杆的插入精度；准确标记传力杆的中心位置，保证横向缩缝的切缝位置可靠。

7.1.6 铺筑作业技术要领

1 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 0.8~1.2m/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。

2 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。

3 正常摊铺时，振捣频率可在 6000r/min~11000r/min 之间调整，宜采用 9000r/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，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。

4 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。

5 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%。

6 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。

7 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。

8 养护 5~7d 后，方允许摊铺相邻车道。

9 摊铺第二幅时，如果需要将履带从第一幅水泥路面上通过，应采用保护措施（垫橡胶皮带等）避免履带对新铺路面产生影响。

7.1.7 问题处置

1 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。

2 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。

3 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。

4 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：

1 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。

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

3 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。

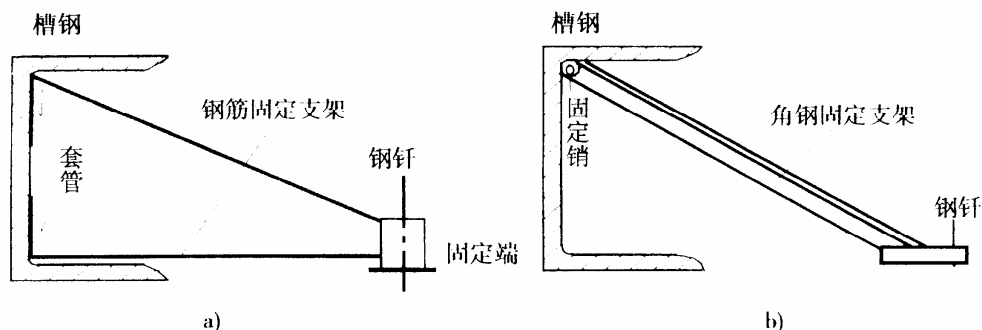
7.1.9 滑模摊铺结束后，必须及时清洗滑模摊铺机，进行当日保养等。并宜在第二天硬切横向施工缝，也可当天软作施工横缝。应丢弃端部的混凝土和摊铺机振动仓内遗留下的纯砂浆。施工缝部位应设置传力杆，并应满足路面平整度、高程、横坡和板长要求。

7.2 模板及其架设与拆除

7.2.1 模板技术要求

1 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 7.2.1-1。模板垂直度用垫木楔方法调整。



a) 焊接钢筋固定支架；b) 焊接角钢固定支架

图 7.2.1-1 (槽) 钢模板焊接钢筋或角钢固定示意图

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 (°)	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
小型机具	±2	±3	90±3	±2	±3	±3

2 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 7.2.2-1。

3 模板数量应根据施工进度和施工气温确定，并应满足拆膜周期内周转需要。一般情况下，模板总量不宜少于 3d-5d 摊铺的需要。

7.2.2 模板安装

1 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。

2 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。

3 模板应在安装稳固、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。

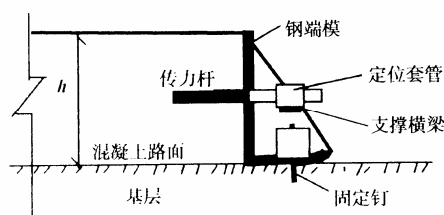


图 7.2.1-2 工作缝端模侧立面

4 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 模板安装精确度要求

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的检验，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

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

7.2.4 模板拆除及矫正

1 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 (°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。

2 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。

3 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

1 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 168mm 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

2 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作用半径的 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。

3 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)。

4 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。

5 其他施工辅助配套设备可参照表 6.1.1-2 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 铺筑作业要求:

1 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 的拌和物,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,横坡低侧取低值。

2 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,振到时间宜为 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。

$$V=1.5R/t \quad (7.3.3)$$

式中:

V ——排式振捣机作业速度 (m/s);

t ——振捣密实所必需的时间 (s),一般为 15~30;

R ——振捣棒的有效作用半径 (m)。

排式振捣机应匀速缓慢、连续不间断地振捣行进。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。

3 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。

4 三辊轴整平机作业

(1) 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。

(2) 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，过低应及时补料。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

5 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 混凝土拌合物出料到运输、铺筑完毕允许最长时间。

7.4 小型机具铺筑

7.4.1 小型机具配置要求

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、机具应付给表 7.4.1 的要求。

7.4.2 摊铺、振实与整平

1 摊铺

(1) 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。

表 7.4.1 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	强制式搅拌机，单车道 $\geq 25(\text{m}^3/\text{h})$ ， 双车道 $\geq 50(\text{m}^3/\text{h})$	总搅拌产生能力及搅拌机数量 根据施工规模和进度由计算确定
	装载机	$2\sim 3\text{m}^3$
	发电机	$\geq 120\text{kw}$
	供水泵和蓄水池	单车道 $\geq 100\text{m}^3$ 双车道 $\geq 200\text{m}^3$
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 $\geq 1.1\text{kw}$	每 2m 宽路面不少于 1 根
	平板振动器，功率 $\geq 2.2\text{kw}$	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 $\geq 1.1\text{kw}$	每车道路面不少于 1 个振动器 每车道路面不少于 1 根振捣梁
	现场发电机功率 $\geq 30\text{kw}$	不少于 2 台
提浆整平	提浆滚杠直径 15~20mm 表面光滑无缝钢管， 壁厚 $\geq 3\text{mm}$	长度适应铺筑宽度，一次摊铺单车道路面 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 2 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

(2) 专人指挥自卸车，尽量准确卸料。

(3) 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。

(4) 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。

2 插入式振捣棒振实

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

3 振动板振实

(1) 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。

(2) 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 ± 1 mm 为限。

(3) 缺料的部位，应辅以人工补料找平。

4 振动梁振实

(1) 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。

(2) 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。

5 整平饰面

(1) 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。

(2)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。

(3)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,当烈日曝晒或风大时,应加快表面的修整速度,或在防雨篷遮阴下进行。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。

7.4.3 真空脱水工艺要求

1 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。

2 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。

3 真空脱水机具

(1)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。

(2)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。

4 真空脱水作业

(1)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。

(2)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。

(3)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 最大值的規定。混凝土拌合物真空脱水量(率)测定方法可参考规范(附录 E.20)

(4)最短脱水时间不宜短于表 7.4.3 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 7.4.3 最短脱水时间(inin)

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

5 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。

6 真空脱水整平后的路面,应采用硬刻槽方式制作抗滑构造。

7 真空脱水混凝土路面切缝时间可比规定时间适当提前。

7.5 长陡坡、弯道段水泥混凝土路面铺筑 *

7.5.1 长陡坡、弯道段水泥混凝土路面施工技术要求

1 长陡坡、弯道段具有较大的纵、横或者斜向的坡度,对混凝土的均匀性施工增加了难度,对混凝土及其施工提出了更高的要求。

2 在长陡坡、弯道段如果混凝土坍落度控制不当,混凝土在自身重力的作用下会向坡底流动,轻则影响路面的正常施工,严重的会在局部造成混凝土面层下部厚而上部薄,导致路面板厚度不均匀。弯道路段施工时应加密摊铺机行走导线控制点。长陡坡施工时,摊铺路线宜选择从高处向低处摊铺,以提高路面平整度。

3 在铺筑钢筋混凝土路面时,施工速度变慢,振捣时间更长,为了保证钢筋网下部混凝土的密实性,还要求混凝土具有更高的坍落度,混凝土的流动性变化更大。

4 确定在长大陡坡路段摊铺时的适宜的坍落度、坍落度经时损失值、粘聚性、凝结时间等性能的控制指标,按较高粘聚性进行配合比设计非常重要。

5 采用滑模施工长陡坡路段时摊铺机械选择、摊铺工艺、摊铺速度、供料技术、布料技术和普通路段有一定的差异,必须进行适当调整。

6 在长陡坡、弯道段应特别注意路表面功能的改善,以确保行车安全与舒适。

7.5.2 采用滑模施工时施工工艺控制措施

1 挤压底板前倾角的设置：滑模摊铺机在上坡施工时宜将挤压底板前仰角调为 3° 左右。提浆夯板位置宜在挤压底板前缘以下 $5\sim 10\text{mm}$ 之间。抹平板的调节方法：坡度越大，弯道越小，抹平板的压力应越小；相反，坡度较缓，弯道较大，压力可以适当调高。下坡摊铺施工的参数调节与上坡时的相反，前仰角宜适当调大，并适当调大抹平板压力，以板底不小于 $3/4$ 长度接触路表面时抹平板压力为宜。

2 防止溜肩的机械改造措施：为了防止溜肩，在超高路段摊铺时，需将加长侧模卸除，或选用有设置超铺角功能的摊铺机进行施工。超铺角的大小，应根据拌合物的稠度控制在 $3\sim 8\text{mm}$ 之间。混凝土拌合物的稠度高，选用高值；稠度低，采用低值。

3 布料工艺：选用滑模摊铺机时，应尽量选用带有布料犁的摊铺机。或在摊铺机前配置一台挖掘布料机辅助布料。摊铺路段若布置有钢筋网时，任何机械不得将钢筋网压坏。弯道施工时，混凝土应尽可能多布置在超高外侧。

4 振捣频率及摊铺速度的控制：长陡坡路段、弯道路段的摊铺应缓慢、匀速。施工时应根据混凝土的稠度大小，随时调整振捣频率，振捣频率一般控制在 $6000\sim 8000\text{r}/\text{min}$ 。路面的摊铺速度应根据拌合物的稠度、供料的多少控制在 $0.8\sim 1.0\text{m}/\text{s}$ 为宜。

5 在长陡坡、弯道段应采取措施提高摩擦系数，加深刻槽深度及调整刻槽方式。在弯道位置采用纵向刻槽，用以防止高速行车的横向滑移；长陡坡连续配筋路段采用 45° 斜向刻槽，一方面加强行车控制，另一方面可以迅速排除路面雨水。

8 配筋及纤维混凝土路面铺筑

8.1 配筋混凝土路面铺筑

配筋混凝土路面铺筑包括钢筋混凝土路面铺筑与连续配筋混凝土路面铺筑。

8.1.1 配筋混凝土路面铺筑一般要求

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。

2 钢筋网加工与安装应符合下列要求：

1) 钢筋网加工

①钢筋网所采用的钢筋直径、间距；钢筋网的设置位置、尺寸、层数应符合设计图纸的要求。

②钢筋网焊接和绑扎应符合国家相关标准的规定。

③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。

2) 钢筋网安装

①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。

②单层钢筋网的安装高度应在顶面板下 $(1/3\sim 1/2)h$ 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 $4\sim 6$ 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。单层钢筋网不得使用砂浆或混凝土垫块架立。

③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 $4\sim 6$ 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 $4\sim 6$ 个/ m^2 。

④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。

⑤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。

3 边缘补强钢筋和角隅补强钢筋

1) 边缘补强钢筋

①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。

②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。

2) 角隅补强钢筋

①发针状角隅钢筋应由两根直径为 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。

②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。

4 钢筋网及钢筋骨架的质量检验

1) 路面钢筋网及钢筋骨架的焊接和绑扎的精确度应符合表 8.1.1-1 规定。

表 8.1.1-1 路面钢筋网焊接及绑扎的允许偏差(mm)

项 目		焊接钢筋网及骨架允许偏差	绑扎钢筋网及骨架允许偏差
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	间 距	±10	±10
	排 距	±5	±5

2) 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，各焊接端连线与纵向钢筋的夹角小于 60 度。在距横向施工缝最小 120cm 的范围内，不得有钢筋的搭接。要提前进行钢筋网的绑扎，钢筋网按 100m 分段绑扎，施工前再焊接或绑扎成连续网片。连续钢筋网每隔 30m 宜采用绑扎方式安装。

3) 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 8.1.1-2 的规定。

表 8.1.1-2 路面钢筋网及钢筋骨架安装位置的允许偏差(mm)

项 目		允 许 偏 差
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

4) 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。

8.1.2 钢筋混凝土路面铺筑

1 布料

①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。

②采用滑模摊铺机组摊铺时，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。

③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。

④ 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。

2 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：

① 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。

② 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。

③ 滑模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。

④ 在一块钢筋网连续面板内，应防止摊铺中断，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。

⑤ 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；且接缝处应用长度不小于 2m 的纵向钢筋加密一倍，横向施工缝距最近横缝的距离不应小于 5m。

3 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。

8.1.3 连续配筋混凝土路面铺筑 *

连续配筋混凝土路面施工除按照钢筋混凝土路面施工的有关施工技术要点进行外，尚应注意以下施工技术要点。

1 连续配筋混凝土路面的端部锚固结构施工：

- 1) 施工前应按设计图纸对锚固结构位置、尺寸进行测量放样。
- 2) 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。

(1) 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，并应与面板浇筑成整体。地梁与路面混凝土合拢温度宜控制在 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，或在当地年平均气温时合拢。

(2) 宽翼缘工字钢梁施工应按设计枕垫板尺寸在基层上挖槽，安装钢筋骨架，浇铸钢筋混凝土枕垫板。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。

2 钢筋网支架必须采用活动支架，支架不得锚入基层之中，支架点焊在横筋上。

3 钢筋网最短长度应确保有足够的时间在摊铺前对钢筋进行检查和调整。

4 与普通混凝土路面配合比相比，应降低 $19.0\sim 26.5\text{mm}$ 碎石的用量，增加 $9.5\sim 19.0\text{mm}$ 碎石用量。采取降温措施使水泥拌合料的温度应控制在 30°C 以下。

5 摊铺速度宜控制在 $0.8\sim 1.0\text{m}/\text{min}$ ，连续、均匀摊铺；施工时气温宜控制在 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间，或在当地年平均气温时施工，混凝土拌和温度最高不宜超过 30°C 。

6 连续配筋混凝土路面端部构造与路面混凝土的合拢温度宜控制在 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间，或在当地年平均气温时合拢。

8.2 纤维混凝土路面铺筑 *

8.2.1 钢纤维路面铺筑

1 钢纤维混凝土路面和厚度、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。

2 钢纤维混凝土路面的布料与摊铺除应满足滑模机组摊铺普通混凝土路面

的规定外，尚应符合下列规定：

(1) 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。

(2) 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。

(3) 钢纤维混凝土拌合物应与所选定的摊铺方式相适应，其工作性应符合表 4.1.2-3 规定。

3 钢纤维混凝土路面的振捣与整平

(1) 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。

(2) 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。

(3) 采用滑模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 10000rpm，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。

(4) 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。

(5) 采用小型机具施工时，不得使用人工插捣。可采用大功率平板式振捣器振捣密实，用表面带凸棱的金属圆滚将竖起的钢纤维和位于表面的石子和钢纤维压下，然后用金属圆滚将表面滚压平整。待钢纤维混凝土表面无泌水时用金属抹刀抹平，经修整的表面不得裸露钢纤维，也不应留有浮浆。在强度达到 28d 龄期强度的 40% 时做刻槽处理。刻槽的深度和宽度应符合本规定的规定。进行刻槽的路面应在路面完工时将钢纤维压下，刻槽时不应将钢纤维切断或带出。

4 钢纤维混凝土路面施工的特殊工艺要求

(1) 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 8.2.1 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 8.2.1 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*(°C)	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	三辊轴机组	滑模	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。

(2) 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。

(3) 钢纤维混凝土路面的板长，即缩缝切缝间距宜在 5~8m 之间，两车道施工时宜切纵缝。钢纤维掺量较大时，可用大值；掺量小时，取小值。最大面板尺寸不宜超过 6m×8m。

(4) 设计抗弯拉强度 6MPa 时，钢纤维掺加量宜不少于 45kg/m³。*

(5) 对于铣削型钢纤维，使用强制式拌和楼只需在湿拌前增加 10~30s 干拌时间*，具体干拌和时间依据拌和均匀性要求确定。

8.2.2 合成纤维混凝土路面铺筑* 合成纤维混凝土路面铺筑参照本指南第 7 章执行。

9 隧道路面、桥面铺筑 *

9.1 隧道路面铺筑

隧道路面摊铺除参照第 7 章外，尚应采取相应的措施，保证施工顺利进行。

9.1.1 隧道路面铺筑准备

1 确保通风安全：当隧道长度超过 500m，须在洞口安装通风设备，以排除各种施工机械排放的废气，确保施工人员安全。当摊铺的长度小于 500m，且隧道通风良好时，不需另行设置通风装置，但在摊铺时，所有施工人员均戴上口罩，防止吸入过多的废气和粉尘。

2 采用滑模施工：导线应提前设置好，在摊铺当天进行复测，精度要求达到保证摊铺后面板的标高、横坡等技术指标符合设计要求。隧道采用滑模施工，不宜采用配筋混凝土和连续配筋混凝土结构，应采用钢纤维混凝土和合成纤维混凝土，采用钢纤维混凝土和合成纤维混凝土路面时其板块平面划分参照素混凝土路面平面划分。

3 隧道混凝土路面浇筑前基层应特别注意清洁、整平。

4 混凝土配合比控制：

1) 启动搅拌程序前，必需检测砂、碎石材料的含水量，拌和时要求新拌混凝土的工作性好，施工开始后随时抽检坍落度、温度及容重，并按规定预留强度试件。

2) 水泥混凝土的纯搅拌时间保证不小于 45s，混凝土总拌和时间不少于 70s，外加剂池要有均化设施，在整个生产过程中不断拌和均化，施工时应随时检测溶液的浓度，确保外加剂用量均匀，混凝土配比稳定。

5 混凝土运输：

1) 根据施工进度，搅拌楼生产能力，车辆运量及运距来确定运输车辆，运输能力要与混凝土生产能力及施工进度相适应。在后场上料后运到前场，立刻检测坍落度，看是否宜于摊铺，并反馈到后场及时调节外加剂用量，使混凝土坍落度满足摊铺要求。

2) 为防止运料车在运输过程中漏浆, 将车厢加装橡胶皮密封。运输距离较远的要覆盖彩条布, 避免混凝土水分过量蒸发, 配合比失控, 影响正常施工。

6 混凝土卸料、布料:

1) 提前制定好施工工作面运输车辆行走路线, 摆放充足明显的安全标志, 并派专人指引车辆按顺序进入隧道, 运输车辆需在进料洞口调头或在紧急停靠车道调头后, 由工人指挥倒行至摊铺机前卸料。

2) 卸下的混凝土料使用挖掘机辅助摊铺机完成机前布料。应注意协调挖掘机和运料车的操作空间, 两者不宜同时工作。

3) 必须防止混凝土粘住水沟盖板, 布料前用塑料薄膜或涂沥青将预制水沟盖板与新铺混凝土隔离。

9.1.2 混凝土的摊铺

1 高速公路、一级公路隧道路面宜采用滑模摊铺机全幅摊铺。

2 摊铺开始时将传感器挂到导线上, 并检查传感器的灵敏度, 在开始摊铺的第一个 10 米桩对所摊出的路面标高、横坡度进行检测, 确保起步标高的准确。

3 摊铺速度可根据混凝土的坍落度和机械性能控制在 0.8~1.0m/min 之间。应缓慢、匀速。摊铺机的振捣频率控制在 9000r/min 左右, 当混凝土的坍落度发生变化时, 先调振动频率, 后改变摊铺速度。

4 摊铺机振捣棒底部应严格控制在铺装层标高顶面, 防止混凝土漏振、欠振或过振, 并开启超级抹平器对成型的混凝土进行抹面, 消除混凝土表面气孔和石子移动的缺陷。对表面上有少量局部麻面或缺料部位, 应在抹平器前补充适量砂浆, 再用抹平器进行抹平、修整。摊铺机后两侧各布置 5 人, 负责补浆、抹平、收面等工作。

5 为了保证微观抗滑构造, 拖麻刮片要足够长, 双层麻袋接触混凝土面长度不小于 50cm, 单层不小于 100cm, 用机械拖动或每边布设 4 个工人进行拖动。

6 隧道路面摊铺应严格组织施工, 尽可能不设或少设施工缝。施工工序应紧凑, 铺筑前, 应对机器进行保养, 提高机器运行可靠性, 减少停机故障, 确保一次铺筑完成。

9.1.3 混凝土养生

混凝土初凝时应立即进行养生，应采用人工喷洒养护剂和加盖薄膜方式养生。养生剂喷洒用量宜不少于 $0.3\text{kg}/\text{m}^2$ ，隧道洞口应加大用量，喷洒后应及时覆盖薄膜养生。养生时间为 14 天以上。

9.1.4 切缝及填缝

1 当摊铺完的混凝土达到 200 度时积后即可进行切缝，切缝时，应切至设计深度。一般需配备两台发电机和四台切割机，同时配备一台备用发电机。切缝后立即用高压水将缝内泥浆冲净。

2 混凝土板养生期满后，应及时进行填缝，填缝前用高压水或压缩空气彻底清除缝内的砂石等杂物。以缝壁干燥、清洁，擦不出灰尘为可灌标准。

9.1.5 刻槽

1 路面的宏观抗滑构造宜使用硬刻槽方式，应首先使用等间距纵向硬刻槽技术。根据路面平整度的情况选择刀片组的宽度。刻槽的纹距不宜小于 20mm，槽深 3~4mm。刻槽时先打墨线，防止走偏。刻槽在混凝土养生 14 天后进行。

2 可采用等间距刻槽，为减少噪声影响应采用非等间距刻槽。

9.2 钢筋混凝土桥面铺筑

9.2.1 钢筋网加工、安装、布料和摊铺规定

钢筋网加工、安装、布料和摊铺应符合除应符合钢筋混凝土路面的各项要求外，尚应符合下列规定：

1 桥梁钢筋混凝土桥面铺装层应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 。当梁板混凝土顶面没有预留锚固架立钢筋时，必须钻孔、清孔、灌入植筋胶、安装锚固钢筋。植筋胶的主要技术性能应符合表 9.2.1 的规

定。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适用焊接网或预制冷轧带肋钢筋网，不宜使用绑扎钢筋网。

表 9.2.1 植筋胶技术性能

性 能	技术要求
粘度 (25℃, MPa.S)	200~400
压缩强度(MPa)	≥ 60
剪切强度(MPa)	≥ 15
粘结强度(MPa)	≥ 4
拉拔力(KN)	≥ 20

2 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。

3 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。

4 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。其补强钢筋直径不宜小于 12mm；长度不宜短于 1.2m 或按负弯矩影响范围确定。

5 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。

6 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。

7 为保证桥面铺装层与结构层的粘结，应于铺装层施工前通过喷钢丸或其它方法增大结构层表面粗糙度与增加与结构层连接的措施，同时摊铺混凝土前应洒水湿润，但不得有积水现象。

9.2.2 桥面及搭板的机械铺装

1 铺装前应做如下施工准备:

(1) 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。

(2) 桥头沉降应基本稳定,桥头搭板可采用厚度为 300~450mm 的双层钢筋网搭板或与路面厚度相同的枕梁及加强肋的单层钢筋网搭板。但枕梁和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。

(3) 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。桥面铺装混凝土不宜掺粉煤灰,但应掺高效减水剂;腐蚀环境下宜掺硅灰或磨细矿渣。

(4) 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。

(5) 用滑模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。

(6) 桥梁护栏应在滑模摊铺机铺装桥面后施工。履带行走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。

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

(8) 桥上的基准线桩可与桥梁上的锚固钢筋暂时焊接固定,基准线应连接顺直,间距不大于 10m。

(9) 采用三辊轴机组或小型机具铺装桥面时,模板应采用特制的低矮模板。不能整幅铺装桥面时,接续摊铺一侧的模板宜采用中空型,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,模板应连续顺直,应符合模板安装精度要求。

2 连续机械铺装

(1) 钢筋混凝土桥面及搭板机械铺装的布料要求，应符合 2.6.7 中钢筋混凝土路面铺筑的各项规定。

(2) 滑模摊铺机应缓慢、匀速、连续不间断地摊铺路面、胀缝、搭板、桥面。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。对于结合式桥梁，滑模摊铺机可按跨越桥梁护栏的方式进行布设，即摊铺机的一侧履带置于路肩部位，另一侧置于另半幅桥面上。若桥梁为分离式，摊铺机只能布设于单幅桥面上。其一侧履带只能置于紧靠超车道护栏的 100cm 的桥面上，另一侧置于硬路肩上。布料、摊铺、振捣、整平、接缝与抗滑构造施工应符合钢筋混凝土路面的规定。

(3) 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。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。

(4) 钢筋网钢纤维（双钢）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厚度；极限最薄厚度不应薄于设计厚度 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。

(5) 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。超厚部分应人工浇注并振实底部。

(6) 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。浇注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。

9.2.3 接缝施工

1 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。

2 支座和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 4.4m；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 8.1.3 第 3 款相同。

9.3 纤维混凝土桥面铺筑 *

钢筋网、合成纤维和钢纤维混凝土桥面铺装所用到的材料须符合第 3 章中的各项规定，应按桥面铺装层抗压强度要求设计桥面混凝土配合比。进行纤维混凝土桥面铺装时，其钢筋网焊接、锚固、安装与施工除应符合钢筋混凝土桥面铺筑要求外，尚应符合以下规定：

1) 铺装前对裸梁进行检查和修复。在裸梁翼缘板厚度有保证的前提下，局部超高的部位应凿除，必须保证铺装层极限最薄厚度不小于 8cm。摊铺前的十个小时用洒水车对主梁梁板洒水湿润。

2) 待铺装的裸梁或防水找平层表面应清洗干净，并具有足够的粗糙度，露骨率应 $\geq 70\%$ ，同时摊铺混凝土前应洒水湿润，不得有积水现象。桥板、翼缘承载力和桥梁挠度满足摊铺机上桥铺装作业的要求。防水找平层的表面应进行凿毛或表面缓凝粗糙处理。

3) 所有桥梁、通道钢筋混凝土铺装层均应在梁板混凝土顶面安装锚固架立筋，再将钢筋网与架立钢筋相焊接，锚固架立筋应有 4-8 根/m²。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。

4) 桥面钢筋网应在整个桥面铺装层连续，不得因停工切断纵、横向钢筋。

10 水泥混凝土路面隔离层铺筑技术 *

应在面层与刚性和半刚性基层间设置隔离层，常见的隔离层有沥青碎石类隔离层，沥青混凝土隔离层二类。

10.1 沥青碎石类隔离层

10.1.1 透层油的选择及施工工艺要求

1 推荐使用喷洒型破乳速度较慢的三种慢裂乳化沥青：阳离子乳化沥青 PC-2；阴离子乳化沥青 PA-2；非离子乳化沥青 PN-2。在已完成养生的干燥基层上，可使用中凝液体或稀释沥青 AL(M)-1 或 AL(M)-2，也可使用煤沥青 T-1、T-2。

2 喷洒慢裂型乳化沥青透层油技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 和《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ036) 的规定。在高温条件下宜采用粘度较大的乳化沥青，低温条件下宜采用粘度较小的乳化沥青。阴离子乳化沥青适用于碱性石料，阳离子与非离子乳化沥青可适用于各种集料品种或混杂粒料如水泥稳定砂砾等。

3 半刚性基层上透层油的平均渗透深度宜不小于 5mm；透层油的喷洒用量宜为 0.7~1.5L/m²；用于半刚性基层的透层油宜紧接在基层碾压成型后表面稍变干燥（发灰白色），但尚未硬化的时候喷洒。不可在表面水量较多、湿度较大的条件下喷洒。气温低于 10℃、大风天气或即将降雨时，不得喷洒透层油。雨天禁止喷洒施工作业。

4 透层油应采用沥青洒布车一次喷洒均匀；在喷洒宽度内均匀分布，不得出现花白条。有花白条带处应用人工补喷。施工时必须稳定车速，保证均匀喷洒；喷嘴应根据透层油的种类和粘度选择开口大小，确保能喷成雾状，喷嘴与油管成 15~25° 夹角，喷嘴高度应保证同一地点接受 2~3 个喷嘴喷洒的沥青。并保证乳化沥青破乳，同时封闭交通，进行养生，

5 养生条件：一是破乳期间不得淋雨、洒水、覆盖和污染；二是必须封闭交通 7d。开放交通后，施工车辆通行时，若发现有剥落的，应用人工补喷。

10.1.2 隔离层沥青的技术指标及施工工艺要求

1 隔离层沥青种类的选择及其技术要求:

(1) 用于隔离层的石油沥青、改性沥青和乳化沥青,应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)和《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ036)的规定。沥青品种原则上可使用沥青路面所规定的各种下隔离层油或粘层油。施工方式应为机械(热)喷洒。

(2) 隔离层油不宜使用乳化沥青,应喷洒热沥青隔离层。

(3) 基质石油沥青的加热温度严禁超过 140°C ,液体石油沥青的贮存温度不得高于 50°C 。液体石油沥青的喷洒剂量宜为 $1.0\sim 1.2\text{kg}/\text{m}^2$;喷洒温度宜为 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。

2 隔离层施工技术要求

(1) 热石油沥青的喷洒剂量宜为 $1.0\sim 1.2\text{kg}/\text{m}^2$;喷洒温度宜为 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。石屑洒布数量宜为 $2\sim 3\text{m}^3/100\text{m}^2$ 。透层油与隔离层油二层两遍之和总沥青喷洒总厚度应达到 $6\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 。隔离层油喷洒量宜按 $1.0\pm 0.2\text{L}/\text{m}^2$ 进行控制,正常情况下应比透层油喷洒量略大一些。气温低于 10°C 或大风天气、即将降雨时,不得喷洒透层油。雨天禁止喷洒施工作业。在洒隔离层油时,透层油表面不得有污染,必须清洗干净,并保持透层油表面处于干燥状态,方可喷洒隔离层油。隔离层油洒布均匀性与养生要求与上述透层油相同。有花白遗漏应人工补喷。

(2) 洒布工艺要求为,清扫基层、洒布沥青,喷洒时前后、左右的搭接宽度宜为 $10\sim 15\text{cm}$,推荐采用沥青、碎石的不同步洒布车进行施工,达到全面覆盖、厚度一致、集料不重叠、也不暴露沥青的要求。石屑洒布后,立即用 $6\sim 8\text{t}$ 的胶轮压路机从路边向中央碾压 $3\sim 4$ 遍,每次轮迹重叠约 300mm ,碾压速度不宜超过 $2\text{km}/\text{h}$ 。

10.2 沥青混凝土隔离层

10.2.1 必要性 设置沥青混凝土隔离层能清除路面板下基层的不均匀支撑,防止水泥板与基层的反复摩擦产生的刚性基层和半刚性基层的磨损,起缓冲与“软着陆”作用;防止积水对基层及路基造成的冲刷;减轻基层反射裂缝对上部路面的

影响；保护基层。

10.2.2 沥青混凝土隔离层的一般要求

- 1 应选用密集配热拌沥青混合料，铺筑厚度 20~40mm。
- 2 沥青混合料必须在沥青拌和场采用间歇式拌和机或连续式拌和机拌制。
- 3 确保沥青混合料在运输过程中温度下降不超过要求。
- 4 沥青混凝土隔离层铺筑机械必须采用沥青摊铺机全幅摊铺，在规定的时间和温度下压实成型。

10.2.3 材料质量要求

1 沥青混凝土隔离层所使用的粗、细集料和填料质量要求必须符合设计要求和《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 的规定。

2 道路石油沥青的质量、各个沥青的的适用范围应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 表 4.2.1-2 和表 4.2.1-1 规定的技术要求和范围。宜选用 70 号 C 级以上沥青或 90 号 B 级以上沥青。

10.2.4 沥青混凝土隔离层铺筑

1 在沥青拌和场按设计确定的标准配合比, 生产沥青混合料, 施工过程中不得随意变更标准配合比, 应加强跟踪检测, 严格控制进场材料的质量。

2 摊铺机应采用钢丝绳引导的高程控制方式, 摊铺热拌沥青混合料。通常采用两台摊铺机前后错开 10~20m, 呈梯队方式同步摊铺, 两幅之间应有 30~60 m 左右宽度的搭接, 并躲开车道轮迹带。

3 摊铺机开工前 0.5~1 小时预热熨平板不低于 100℃。铺筑过程中应选择熨平板的振捣或夯实装置具有适宜的振捣频率和振幅, 以提高路面的初始压实度。

4 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺, 不得随意变换速度或中途停顿, 以提高平整度, 减少混合料的离析。摊铺速度宜控制在 2~6m/min 的范围内。当发现混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时, 应分析原因, 予以消除。

5 沥青路面施工的最低气温不低于 10℃，热拌沥青混合料的施工温度应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 表 5.2.2-2 规定。严禁在雨天、路面潮湿的情况下施工。

6 沥青混合料的松铺系数应根据混合料的类型由试铺、试压确定。

7 摊铺机的螺旋布料器相应于摊铺速度调整到保持一个稳定的速度均衡地转动，两侧应保持不少于送料器 2/3 高度的混合料，以减少在摊铺过程中混合料的离析。

8 用机械摊铺的混合料，不宜用人工反复修整，特别严重的缺陷应整层铲除。

10.2.5 沥青混凝土隔离层的压实及成型

1 压实成型的沥青混凝土路面应符合压实度及平整度的要求，沥青路面施工应配备足够数量的压路机，选择合理的压路机组合方式，遵循初压、复压、终压（包括成型）的压实步骤，以达到最佳碾压效果。

2 压路机应以慢而均匀的速度碾压，压路机的碾压速度应符合表 10.2.5 的规定。压路机的碾压路线及碾压方向不应突然改变而致混合料推移。碾压区的长度应大体稳定，两端的折返位置应随摊铺机前进而前进，横向碾压位置不得在相同的断面上。

表 10.2.5 压路机碾压速度(km/h)

压路机类型	初 压		复 压		终 压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢筒式压路机	2~3	4	3~5	6	3~6	6
轮胎压路机	2~3	4	3~5	6	4~6	8
振动压路机	2~3 (静压或振动)	3 (静压或振动)	3~4.5 (振动)	5 (振动)	3~6 (静压)	6 (静压)

3 压路机的碾压温度应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 表 5.2.2-2 的要求，并根据混合料种类、压路机、气温、厚度等情况经试压确定。在不产生严重推移和裂缝的前提下，初压、复压、终压都应在尽可能高的温度下进行。同时不得在低温状态下反复碾压，使石料棱角磨损、压随，破坏集料嵌挤。

4 沥青混合料的初压应紧跟摊铺机后碾压，并保持较短的初压区长度，以尽快使表面压实，减少热量散失。对摊铺机初始压实度较大，经实践证明采用振动压路机或轮胎压路机直接碾压无严重推移而有良好效果时，可免去初压，直接进入复压工序。

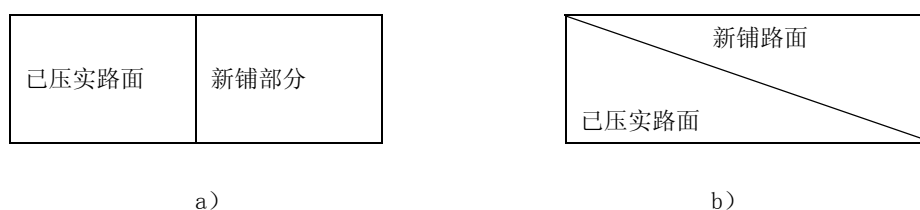
5 复压应紧跟在初压后开始，且不得随意停顿。压路机碾压的总长度应尽量缩短，通常不超过 60~80m。采用不同型号的压路机组合碾压时应安排每一台压路机作全副碾压，防止不同部位的压实度不均匀。复压宜优先采用重型的轮胎压路机进行揉搓碾压，且总质量不宜小于 25t。厚度小于 30mm 的沥青层不宜采用振动压路机碾压，路面边缘、加宽及港湾式停车带等大型压路机难于碾压部位，宜采用小型振动压路机或振动夯板作补充碾压。

6 终压应紧跟在复压后进行，如复压后已无明显轮迹时可免去终压。终压可选用双轮钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压不宜少于 2 遍，至无明显轮迹为止。

10.2.6 接缝施工

1 沥青路面施工必须接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。接缝施工应用 3m 直尺检查，确保平整度符合要求。

2 高速公路和一级公路的沥青层横向接缝应采用垂直的平接缝，其他等级的公路可采用斜接缝（如图 10.2.6）。



a) 平接缝; b) 斜接缝

图 10.2.6 横向接缝型式

3 平接缝宜趁尚未冷透时凿岩机或人工垂直刨除端部厚度不足部分，使工作缝成直角连接。当采用切割机作平缝时，宜在铺设当天混合料冷却但尚未结硬时进行。刨除或切割不得损伤下层路面。切割时留下的泥水必须冲洗干净，待干燥

后涂刷粘层油。铺筑新混合料接头应使接茬软化，压路机先进行横向碾压，再纵向碾压成为一体，充分压实，连接平顺。

4 斜接缝的搭接长度与厚度有关，宜为 0.4~0.8m。搭接处应洒少量沥青，混合料中的粗集料颗粒应予剔除，并补上细料，搭接平整，充分压实。

5 纵向接缝部位的施工。摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝，将已铺部分留下 100~200mm 宽暂不碾压，作为后续部分的基准面，然后作跨缝碾压以消除缝迹。当半幅施工或因特殊原因产生冷接缝时，可在混合料尚未完全冷却前用镐刨除边缘留下毛茬的方式，不宜在冷却后采用切割机作纵向切缝。加铺另半幅前应涂洒少量沥青，重叠在已铺层上 50~100mm，再铲走铺在前半幅上面的混合料，碾压时由边向中碾压留下 100~150mm，再跨缝挤紧压实。或者先在已压实路面上行走碾压新铺层 150mm 左右，然后压实新铺部分。

6 热拌沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于 50℃后，方可开放交通。

11 面层接缝、抗滑构造施工及混凝土路面养生

11.1 接缝施工

11.1.1 纵缝施工

1 纵向接缝分纵向缩缝和纵向施工缝，纵向缩缝采用设拉杆的假缝形式，纵向施工缝采用设拉杆的平缝形式。纵向缩缝锯切形成，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。

2 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。拉杆采用 $\Phi 16$ 螺纹钢，长度 $\leq 0.8\text{m}$ ，间距为 60cm 。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。

3 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。

11.1.2 横向施工缝设置

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 11.1.2-1。在胀缝处其构造与胀缝相同，见图 11.1.2-2。

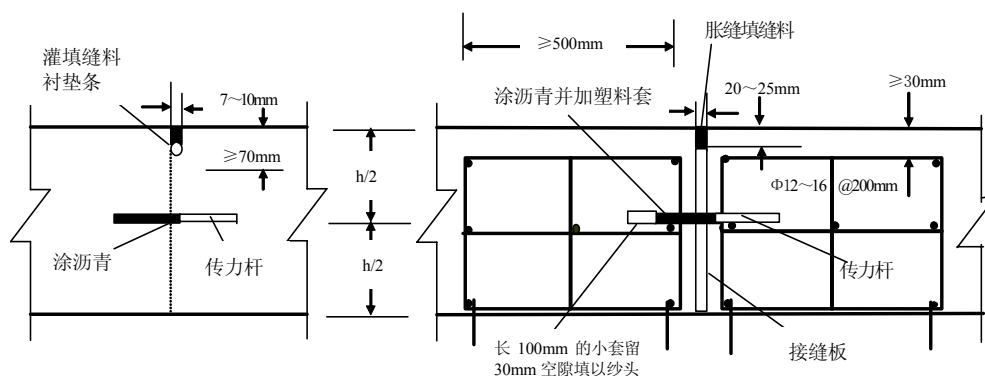


图 11.1.2-1 缩缝处横向施工缝构造图

图 11.1.2-2 胀缝处横向施工缝构造图

11.1.3 横向缩缝施工

1 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。

2 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 11.1.3a。

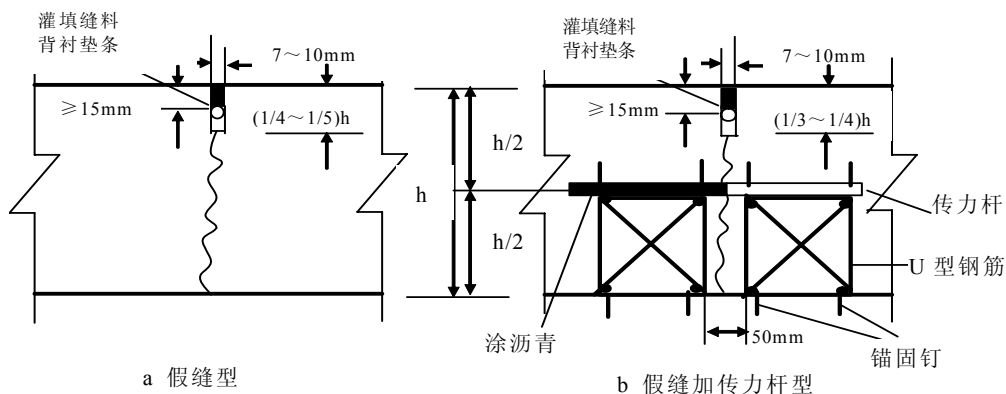


图 11.1.3 横向缩缝构造图

3 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，如图 11.1.3b。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。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（水稳基层）或白铁皮锚固（贫混凝土基层），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。

11.1.4 胀缝设置与施工

1 混凝土路面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—2002)的规定设置。

2 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 11.1.2-2。钢筋混凝土和钢纤维混凝土路面可不设钢筋支架。胀缝宽 20~25cm,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。

3 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,并用钢钎锚固(水稳基层)或白铁皮锚固(贫混凝土基层)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再摊铺。胀缝板应连续贯通整个路面板的厚度和宽度。

11.1.5 拉杆、胀缝板、传力杆及其套帽、滑移端设置精确度要求

拉杆、胀缝板、传力杆及其套帽、滑移端设置精确度应符合表 11.1.5 的要求。

表 11.1.5 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	以板面为基准测量
传力杆沿路面纵向前后偏位	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。

11.1.6 切缝作业规定

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：

1 横向缩缝

(1) 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 11.1.6 选用。

表 11.1.6 根据施工气温推荐的切缝方式

昼夜温差(°C)	切缝方式	缩缝切深
<10	最长时不得超过 24h	硬切缝 1/3~1/4 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或面板温差在表中规定范围内，应按表中方法，提早切缝。

(2) 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。

(3) 有传力杆缩缝的切缝深度应为 1/3~2/5 板厚，无传力杆缩缝的切缝深度应为 1/4~1/3 板厚。

2 纵向施工缝 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。

3 对已插入拉杆的纵向假缩缝，切缝深度不应小于 1/3~2/5 板厚，纵、横缩缝宜同时切缝。

4 缩缝切缝宽度宜控制在 4~6mm，切缝时锯片晃动不应大于 2mm。可先用薄锯片切到要求深度，再使用 6~8mm 厚锯片或叠合锯片扩展填缝槽，填缝槽深度宜为 25~30mm，宽度宜为 7~10mm。见图 11.1.6。

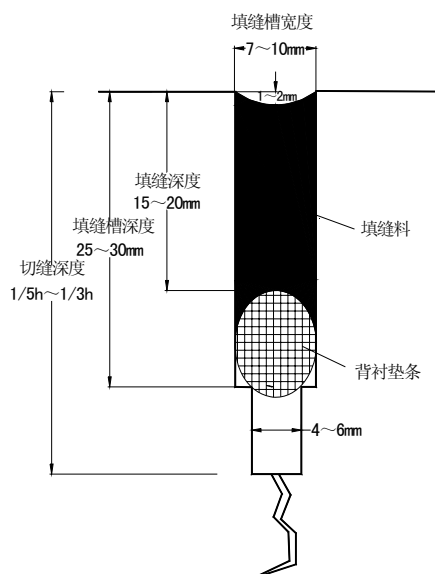


图 11.1.6 缩缝切缝、填缝（槽）、垫条细部尺寸

5 在变宽路面上，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。

6 路面切缝时间采用度时积来控制，一般切缝时间的度时积必须严格按照 180-200 度时来控制，天气温度或湿度突变时，应适当提早切缝。当水泥混凝土终凝时，首先分划板块，采用切缝机切割，宜每隔 2-3 块板先切一道横缝，然后逐条补切，深度 $1/3 \sim 1/4$ 板厚；纵缝采用前后两台机配合，前面的机子切到 $2/3$ 的设计深度，后面的机子加深到设计要求，深度 $2/5$ 板厚，然后冲水清缝。胀缝切缝宽度 2cm，深度达胀缝板顶面。面层切缝后应及时冲洗缝壁和切缝所产生的水泥浆。

7 桥面切缝要特别注意天气温度或湿度速率的变化，及早切缝。预留安装伸缩缝位置应先切两刀，形成 2~3cm 的真缝，凿除混凝土。

11.1.7 灌缝

1 混凝土板养生期满后，应及时灌缝。

2 灌缝技术要求

(1)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。

(2)使用常温聚氨酯道路嵌缝胶等填缝料，应按规定比例将两组分材料按 1h 灌缝量搅拌均匀后使用。

(3)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。

(4)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。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。

(5)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。

3 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。

11.2 抗滑构造施工

11.2.1 抗滑构造技术要求

1 混凝土面层竣工时的表面抗滑技术要求应符合表 13.3.3 的规定。

2 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。

11.2.2 抗滑构造施工

1 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。

2 当日施工进度超过 500m，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 3~5 mm，槽间距 15~25mm。可施工等间距或非等间距抗滑槽，考虑减小噪音，宜采用后者。衔接间距应保持一致。

3 特重和重交通混凝土路面应采用硬刻槽。硬刻槽机有普通手推式、支架式及自行式三种，可采用等间距刻槽，其几何尺寸与上款相同；为降低噪声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。

4 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。长陡坡连续配筋路段宜采用 45 度斜向刻槽，方向垂直于合成坡度的下坡方向。

11.2.3 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。

11.3 混凝土路面养生

11.3.1 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。

11.3.2 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 $0.30\text{kg}/\text{m}^2$ ；合格品的最小喷洒剂量不得少于 $0.35\text{kg}/\text{m}^2$ 。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。

11.3.3 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(初度)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。

11.3.4 覆盖养生

1 宜采用保湿膜、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。覆盖养生如局部遇风吹开覆盖材料时应先补水再覆盖严密。

2 昼夜温差大于 10°C 以上的地区或日平均温度小于等于 5°C 施工的混凝土路面应采取保温保湿养生措施。

3 使用养护膜养护施工工序与控制要点

1) 混凝土节水保湿养护膜施工工序

特早期养护→初期养护→伸缩缝切割与冲洗→洒水→铺膜→粘胶与压料→巡查至养生期。

2) 混凝土节水保湿养护膜主要施工工序控制要点

当混凝土达到初凝且切完伸缩缝后，用高压水枪把伸缩缝和面板上的锯屑等残留物清洗干净。将养护膜在路面排开。两相邻的膜搭接宽度不少于 5 cm，且压实。先洒水，直至路面游离水厚度为 3~4 mm，将排列好的养护膜在路面向前滚动，使膜充分吸水，至厚度为 0.5~1 cm。膜的边缘有搭口胶，可实现膜与膜搭接的预粘；可再压少量砂；特别是在中央分隔带和路肩处摊铺的膜，一定要压实，方式示意如图 11.3.4。

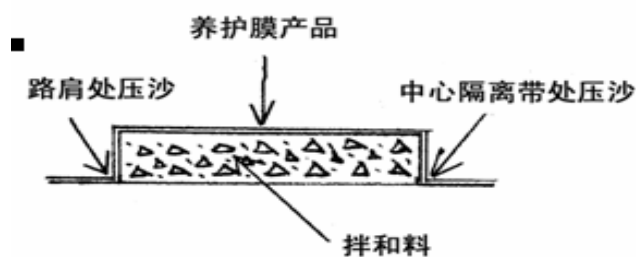


图 11.3.4 中央分隔带和路肩处覆盖要求

养护膜要覆盖住混凝土板块的两边侧壁边缘，并预留 10 cm 压上砂石（如图 11.3.4）。养护期满，揭开的养护膜可保留，用于混凝土摊铺后切伸缩缝之前的初期养护覆盖。

11.3.5 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 90%，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，低温天气不宜少于 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。

11.3.6 混凝土板养生初期，严禁人、畜、车辆通行。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。

11.4 混凝土桥面养生 *

桥面养生除应严格遵循混凝土路面养生规定外，尚应符合以下要求：

11.4.1 在混凝土初凝后应立即开始养生，由机械或工人喷洒养护剂和加盖薄膜。

11.4.2 桥面铺装养生剂喷洒用量宜不少 $0.35\text{kg}/\text{m}^2$ ，高温天气或大风天气施工时应喷洒两遍养护剂后应及时覆盖薄膜养生，塑料薄膜的覆盖宽度要求延伸至搭接

钢筋被包裹处，每隔一定时间要补水养生，养生期为 21 天以上。

11.4.3 加盖塑料薄膜或使用节水保湿养生膜养生时，应保证在膜中浸透水，养生期间，薄膜不得破裂、缺损或被大风吹起，要保持湿度。

12 特殊气候条件下的施工

12.1 一般规定

12.1.1 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。

12.1.2 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 9.8m/s 以上的强风天气；
- 3 现场气温高于 40°C 或拌合物摊铺温度高于 35°C ；
- 4 摊铺现场气温低于 5°C 。

12.2 雨季施工

12.2.1 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 雨季施工时，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。

12.2.2 防雨水冲刷

1 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。

2 被阵雨轻微冲刷过的路面，视平整度和抗滑构造破损情况，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。

3 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。

12.3 风天施工

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 12.3 的规定采取防止塑性收缩开裂的措施。

表 12.3 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，喷撒一遍养生剂，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 0.60kg/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 0.60kg/m ²) 还需覆盖塑料薄膜
5 级 清劲风	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 0.45kg/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，使用硬刻槽机刻出抗滑沟槽，无机机械抹面措施时，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

12.4 高温季节施工

12.4.1 施工现场的气温高于 30℃，拌合物摊铺温度在 30~35℃，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。

12.4.2 高温天铺筑混凝土路面和桥面应采取下列措施

1 当现场气温大于等于 30℃时，应避免中午高温时段施工，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。

2 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。

3 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。

4 自卸车上的混凝土拌合物应加遮盖。

5 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。

6 高温天气施工时，混凝土拌合物的出料温度不宜超过 35℃，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。

7 在采用覆盖保湿养生时，应加强洒水，并保持足够的湿度。

8 切缝应视混凝土强度的增长情况或按 180 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。

12.5 低温季节施工

12.5.1 当摊铺现场连续 5 昼夜平均气温高于 5℃，夜间最低气温在-3℃~5℃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：

1 拌合物中应优选和掺加早强剂或促凝剂。

2 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。

3 搅拌机出料温度不得低于 10℃，摊铺混凝土温度不得低于 5℃。在养生期间，应始终保持混凝土板最低温度不低于 5℃。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℃；砂石料温度不宜高于 50℃。

4 应加强保温保湿覆盖养生，可先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。

5 应随时检测气温、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。

12.5.2 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。

12.5.3 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。

13 施工质量检查与验收

13.1 一般规定

13.1.1 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。

13.1.2 施工过程中的质量管理要求

1 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检测、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。

2 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。

13.2 铺筑试验路段

13.2.1 二级及其以上公路混凝土路面工程，使用滑模、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（单幅）长度不应短于200m。高速、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。

13.2.2 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：

1 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。

2 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、中间和侧向拉杆置入情况等。检验整套施工工艺流程。

3 使工程技术及工作人员熟悉并掌握各自的操作要领。

4 按施工工艺要求检验施工组织形式和人员编制。

5 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。

6 检验通讯联络和生产调度指挥系统。

13.2.3 试铺中，施工人员应认真做好纪录，标段管理组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。

13.3 施工质量管理与检查

13.3.1 施工中的质量管理

1 混凝土路面铺筑必须得到正式开工令后方可开工。

2 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 13.3.1 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。

3 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匀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、布料机、三辊轴整平机、刻槽机、切缝机等的操作应规范稳定。

表 13.3.1 混凝土路面的检验项目、方法和频率

项次	检查项目	检查方法和频率	
		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 1-3 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、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、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 100m 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 横向力系数: 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 6 尺
7	接缝顺直度	20m 拉线测: 每 200m 6 条	20m 拉线测: 每 200m 4 条
8	中线平面偏位	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 ⁶ 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 条	20m 拉线测: 每 200m ² 条
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 20m ⁶ 处	尺测: 每 20m 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) 相邻板高差可采用三米直尺垂直于接缝放置, 让三米直尺置于相对较高的板块上, 用塞尺或钢直尺直接量测三米直尺与较低板块的

高度（即相邻板高差）。

13.3.2 混凝土路面除应按表 13.3.1 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：

1 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 13.3.3 的规定。

2 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》(JTJ 053)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 13.3.1 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符合规范要求。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。

3 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。

13.3.3 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 13.3.3 的规定。

表 13.3.3 各级公路混凝土路面铺筑质量要求

项次	检查项目		检查方法和频率	
			高速公路、一级公路	其他公路
1	弯拉强度 ^① (MPa)		100%符合规范的规定	
2	板厚度 (mm)		代表值 \geq -5；极值 \geq -10，Cv 值符合设计规定	
3	平整度	σ (mm)	\leq 1.2	\leq 2.0
		IRI(mm)	\leq 2.0	\leq 3.2
		3m 直尺最大间隙 Δh (mm)	\leq 3(合格率应 \geq 90%)	\leq 5(合格率应 \geq 90%)
4	抗滑构造深度(mm)	一般路段 TD	0.70~1.10	0.50~0.90
		SFC	\geq 50	
	横向力系数	特殊路段 TD	0.80~1.20	0.60~1.00
		SFC	\geq 54	
5	相邻板高差(mm)		\leq 2	\leq 3
6	连接摊铺纵缝高差(mm)		平均值 \leq 3；极值 \leq 5	平均值 \leq 5；极值 \leq 7
7	接缝顺直度(mm)		\leq 10	

8	中线平面偏位(mm)	≤20	
9	路面宽度(mm)	≤±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、一级公路的立交、平交、变速车道、组合坡度≥3%、桥面及收费广场等处；其他公路系指急弯、陡坡、交叉口或集镇附近；立交、平变、变速车道等处。

③带传力杆与拉杆时，不小于板厚的1/3~2/5。

13.3.4 施工单位的质检结果应按表 13.3.3 的规定，以 1km 为单位进行整理。关键工序的施工宜拍摄照片或进行录像，作为现场记录保存。

13.4 交工质量检查验收

13.4.1 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。

13.4.2 质量问题处理

1 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 13.4.2-1 或 13.4.2-2 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 15 组。

石灰岩、花岗岩碎石混凝土：

$$f_c = 1.868 f_{sp}^{0.871} \quad (13.4.2-1)$$

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：

$$f_c = 3.035 f_{sp}^{0.423} \quad (13.4.2-2)$$

高速公路、一级公路应通过具有甲级资质实验室试验获得的与工程原材料、配合比一致时的混凝土强度统计公式综合评定，试验组数不宜小于 15 组。

2 平整度不合格的部位应进行处理，并硬刻槽恢复抗滑构造。

3 板厚不足时，应判明是单一板块还是区段不合格，对一块板的平均板厚小于设计厚度的 15% 板块需要返工重铺。

13.5 工程施工总结

13.5.1 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。

13.5.2 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。

13.5.3 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、原始记录相册和录相资料等。

14 安全生产及施工环保

14.1 一般规定

14.1.1 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和培训，树立安全第一、预防为主的思想，认真落实安全生产责任制度。积极开展危险源的辨识工作，制定预防、演练和纠正措施。

14.1.2 路面施工期间应加强施工环保的教育，增强环保意识，并加强施工场地环境卫生管理、监督和检查，致力于环境保护，预防污染。

14.2 安全生产

14.2.1 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、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，持证上岗，并在施工中严格执行。

1 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。

2 运输车辆应鸣笛倒退，并有专人指挥和查看车后。

3 施工中，布料机、滑模摊铺机、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示警标志。

4 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。

14.2.2 交通安全

1 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。

2 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。

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

14.2.4 现场操作人员必须按规定配戴防护用具。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。

14.2.5 所有施工机械、电力、燃料、动力等的操作部位，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和施工人员驻地均应配备消防设施，确保防火安全。

14.2.6 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。

14.3 施工环境保护

14.3.1 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。

14.3.2 污染物处理排放应符合下列规定：

1 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。

2 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。

14.3.3 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 1 隔离层功能测试方法

1.1 水泥稳定粒料基层涂沥青的抗冲刷试验:

本试验针对水泥稳定碎石基层, 试件采用现场基层配合比成型, 水泥含量 5%, 按照现场施工工艺, 先将试件抗冲刷表面涂高渗透型乳化沥青 (PC-2 阳离子乳化沥青), 浓度 43.1%。然后涂 AH-90 热沥青, 喷洒量宜按 $1.0 \pm 0.2 \text{L/m}^2$ 进行控制, 填料采用 $0.6 \sim 4.75 \text{mm}$ 的集料。试件周围用塑料薄膜封住, 设计固定支架和水池, 置于振动台上固定, 将试件放在支架内, 冲刷面浸泡于水中, 水位比试件顶面高约 1cm。为了缩短隔离层材料的冲刷破坏时间, 先将成型好的隔离层试件在 60°C 水浴中浸泡 24h, 再将试件从水浴中取出, 用拧干的湿毛巾擦干试件后称重 M_0 。开启振动台, 每振动冲刷 5min 后, 将试件取出, 用拧干的湿毛巾擦干后称重 M_i , 并计算每累加 5min 后的累计冲刷损失率 ω_i (计算公式见附录 1 公式 1.1), 以 5min 为一个冲刷单元计算累计冲刷损失量 ΔM_i , 总冲刷时间不少于 30min。试验完成后绘制累计冲刷损失量 (率) 与时间关系曲线, 比较不同隔离层抗水冲刷性能, 用于方案选择时参考。通过振动试件, 实现水对试件的冲刷, 进行横向对比试件的抗冲刷性试验, 其它基层抗冲刷性试验可参考上述试验方法。

$$\omega_i = (M_0 - M_i) / M_0 \times 100 \quad (\text{附录 1 公式 1.1})$$

式中:

ω_i ——累计冲刷损失率(%);

M_0 ——冲刷试验前试件湿重 (g);

M_i ——冲刷试验后试件湿重 (g)。

1.2 现场摆式摩擦系数值试验

摆式摩擦系数反映了摩阻力大小, 其值越大摩阻力越大。可进行乳化沥青稀浆隔离层、蜡制养护剂隔离层等摩擦系数的测定, 详细方法参见规范。

1.3 现场层间剪切试验

现场层间剪切试验是在不同隔离层表面上通过现场成型 C35 的 $150 \times 150 \times 550 \text{mm}$ 小梁，抗压强度达到 $30 - 35 \text{MPa}$ 后在试件端部施加水平推力，测定破坏时的最大水平推力，以此模拟混凝土面板在变形过程中受到约束时可能产生的粘结应力、摩擦力，测试的基层表面其构造深度(铺砂法)不大于 0.3mm ，局部不大于 0.6mm 。现场层间剪切试验利用载重汽车提供反力，将千斤顶中心和测力环中心、试件中心布置在同一水平面上，并对中。加载时，将千斤顶缓慢顶推，直至小梁试件完全与基层脱离粘结，记录这一过程测力环的最大值，此值即为最大水平推力，最大切向粘结应力由水平推力与剪切面积 ($150 \times 550 \text{mm}^2$) 之比确定。

为便于运用和进行路面分析，在界面上只提供一个参数作为它的力学特征，定义综合摩擦系数 f_h (计算公式见附录 1 公式 1.3) 为小梁最大顶推力 P 与小梁自重 M 的比值，来综合反应界面的粘结力和最大静摩擦力这两个力学指标。层间剪切试验见图 1。

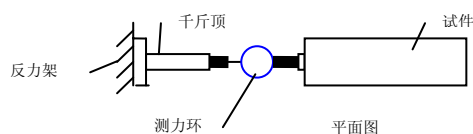


图 1 层间剪切试验

$$f_h = P/M \quad (\text{附录 1 公式 1.3})$$

式中：

f_h ——综合摩擦系数；

P ——最大顶推力 (N)；

M ——试验小梁自重 (N)。

1.4 拉拔力试验

拉拔力试验主要用于比较不同隔离层铺筑的面层与基层的法向粘结应力大小，分析面层与基层的法向粘聚力差别，法向粘结应力 (计算公式见附录 1 公式 1.4) σ 为拉拔力试验时测得的最大拉拔力 P 与圆柱体试件横截面面积 S 的比值。试验方法参照桥梁桥面防水涂料拉拔力试验，铺筑面层后，抗压强度达到 $30 -$

35MPa 时进行拉拔力试验。拉拔力试验见图 2。

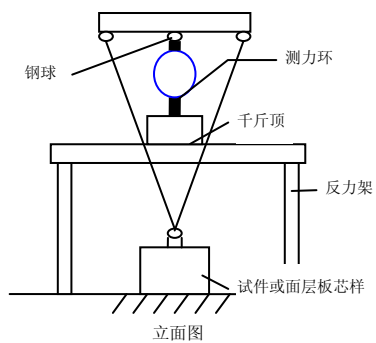


图 2 拉拔试验

Fig.3 Pull-out Test

$$\sigma = P/S$$

(附录 1 公式 1.4)

式中:

σ ——法向粘结应力 (MPa);

P ——最大拉拔力 (N);

S ——试件横截面面积 (mm^2)。

* 附录 2 传力杆拉杆定位测试方法

2.1 目的：本方法用于检测混凝土中钢筋的位置、保护层厚度和钢筋的直径。

2.2 适用范围：本方法适应路面、桥梁工程一定保护层厚度的钢筋定位检测，通过测定混凝土中钢筋不同位置保护层厚度，从而推算钢筋在混凝土中的位置。

2.3 仪器设备

钢筋定位检测仪，主要类型：Profometer5。由多功能探头、显示器、连接电缆和工具箱组成。

2.4 试验步骤

1)、试验前准备：包括部件连接与打开显示器，启动仪器（若无显示，则需要更换电池）。

2)、设置

测保护层厚度时，要先设置钢筋直径和保护层下限值。

3)、检测步骤

I 输入钢筋的直径（如果直径未知，输入 16 mm）；

II 输入编号；

III 输入是否需要声音辅助定位；

IV 如果钢筋间距太小，要进行修正，在“Neighb. Bar Corr”输入钢筋间距；

V 按“MENU”键，选择“MEASURE W. Statistic”；

VI 按“START/RESET”键；

VII 复位操作：

将探头对空，按下“START/RESET”键，当信号条显示达到最小值时或检测范围显示到大范围，并且当前的保护层厚度示值为零时，复位过程完成。每次使用前应重复这个过程。

VIII 钢筋定位和检测保护层厚度:

① 沿平行钢筋轴向方向移动探头，如果信号条向右边增长，且保护层数字变小，则说明探头正邻近钢筋，如果信号条向左边减小，且保护层数字变大，则说明探头正远离钢筋；当信号由小变大再变小，即产生一个突变时，仪器会发出短促的声音，并且最小的数字即混凝土保护层会自动存在“Memo”中，若信号条变化慢，则说明探头沿着钢筋轴向方向移动，应改变方向，沿垂直钢筋轴向方向移动探头。

② 当声音辅助定位“Variotone”被打开后（“MENU” - “Basic Setups” - “Audible locating aid”），当头接近钢筋时，声音的频率会发生变化。

③ 在环境非常嘈杂的情况下，应该戴上耳机。不怎样设置，信号值的强弱都是探头与被测金属之间距离的尺度。

④ 钢筋方向可以根据探头沿着其轴向方向移动时被确定。尽量保持其信号值和当前保护层厚度不变。

IX 存储检测值:

① 按 STORE 键可存储 memo 中的值;

② 用 ↓ 键可删除该数值，或当同一个编号下有几个值时，删除最后一个值;

③ 按 END 键显示所存储的记忆值的统计评价（平值、方差等）;

④ 如果设置了最小保护层厚度，则小于最小保护厚度的百分比会显示出来。

* 附录 3 交通噪音环境标准与水泥混凝土路面噪音、光反射的测试方法

3.1 交通噪音环境标准

根据《城市区域噪声标准》(GB3096—93)的要求,现将城市 5 类环境噪声标准值列于附表 3.1。

附表 3.1 城市环境噪声标准值 (等效声级 L_{Aeq})

类别	0	1	2	3	4
昼间 (dB)	50	55	60	65	70
夜间 (dB)	40	45	50	55	55

表中, 0 类标准适用于疗养区、高级别墅区、高级宾馆区等特别需要安静的区域, 位于城郊和乡村的这类区域分别按 0 类标准 5dB 执行; 1 类标准适用于以居住、文教机关为主的区域, 乡村居住环境可参照执行该类标准; 2 类标准适用于居住、商业、工业混杂区; 3 类标准适用于工业区; 4 类标准适用城市中的道路交通干线道路两侧区域。夜间突发的噪声, 其最大值不超过标准值 15dB。

3.2 水泥混凝土路面噪声测试

为了比较不同的路面类型、不同纵横断面、不同车型, 以及不同的刻纹间距 (水泥混凝土路面) 对车辆行驶噪音的影响, 宜进行高速公路的路面的噪音测量。测量所用的仪器 AR814 型数显式噪声计。测量时将声级计置于护栏桩的顶部, 当车辆通过时, 记录最大的噪声值。

3.3 水泥混凝土路面光反射测试

水泥混凝土路面, 对光线的反射能力较强。人眼对不同波长的光波有不同的感觉, 灵敏度差异也较大。人们比较几种波长不同而辐射量相同的光波时, 就感觉黄绿光 (555nm) 最亮, 波长较长和波长较短的紫光都感到暗得多。由于人眼

对光的这一特性，我们不能直接用光源的辐射功率或辐射通量来衡量光能的大小，必须用以人眼对光的感覺量为基准的单位——光通量来衡量。

为了便于比较，国际上都将 555nm 黄绿光的感覺量定为 1，则其余波长的感覺量都小于 1。即以人眼的光感覺量为标准来评价的辐射通量值。常用 F 来表示，其单位为光瓦。1 光瓦等于辐射通量为 1W，波长 555nm 的黄绿光所产生的光感覺量。

实用中光瓦这一单位太大，通常用另一较小的单位——流明（符号为 Lm）。1 光瓦=683Lm。以上谈到的光通量是说明某一光源向四周发射出的光能总量。不同光源发出的光通量在空间的分布是不同的。

对于被照面而言，常用落在其单位面积上的光通量多少的数值来衡量它被照射的程度，这就是常用的照度（E），它表示被照面上的光通量密度，设被照面无限小面积 dS 上所接受的光通量为 dF，则该点处的照度 E 为：

$$E = \frac{dF}{dS} \quad (\text{附录 3 公式 3.1})$$

照度的常用单位为勒克斯（Lx），它等于 1 流明的光通量均匀分布在 1 平米的被照面上。为了对照度有一个直观的概念，特将一般场所的照度值列于附表 3.2 中。

附表 3.2 一般场所的照度值

场所	照度值 (Lx)
会议厅、接待室	0—750
文职部	700—1500
打字室	1000—2000
包装部、入口处	150—300
生产线	300—750
质检部	750—1500
电子装配线	1500—3000
公共场所，衣帽室	100—200
接待室，结帐处	200—1000
展示柜，包装台	750—1500
临街展示台	1500—3000
室内走廊	150—200
门诊部，仓库	100—200
检查室	300—750
急诊室	750—1500
听力室，室内体育馆	100—300

教师	200—750
图书馆	500—1500
40 瓦白炽灯下 1 米处	30
40 瓦白炽灯（加搪瓷罩）下 1 米处	70-80
阴天中午室外照度	8000-20000
晴天中午室外照度	80000-120000

测试所用的照度仪为 AR823 型分离式照度仪，实际检测时，测试人员座在车辆的副驾驶室，将感光探头置于驾驶员眼睛右侧 5-10cm 位置，并将感光面对准前方路面反射部位，车辆平稳行驶后，及时记录路面的照度值。

检测结果表明：

（1）在相同的条件下，水泥混凝土路面的照度均比沥青路面的照度高 1.6～3 倍。

（2）路面反射照度主要与天气有关，早晨与中午的测试结果相差较大，阴天与晴天的测试结果相差较大。

（3）与路段所处的外部环境关系密切，一般填方、桥梁等向阳路段照度较大；而挖方、上跨天桥等背阴路段的照度较小。

（4）照明条件稍差的隧道基本无度数。

（5）夜间行车时，仪器测不到照度值。但视觉仍能感觉水泥混凝土路面的光反射比沥青路面的要强一些，因此，水泥混凝土路面更利于夜间行车安全。

附录4 碾压式贫混凝土工作性测定方法

4.1 碾压式贫混凝土 RA 值测试方法

4.1.1 引用标准

JG 3043—1997 《维勃稠度仪》

JG 3021—1994 《水泥混凝土坍落度仪》

T 0521—2005 《水泥混凝土拌和物的拌和与现场取样方法》

4.1.2 仪器设备

(1) RA 法测定装置：该仪器由以下各部分组成（见图 4.1-1、图 4.1-2）

① 振动台：工作频率 $50\text{Hz} \pm 3\text{Hz}$ ，空载（含筒）振幅 $0.5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

② 容量筒：金属制成，内圆直径 140 mm，内高 200 mm。

③ 压重铁块：金属制成，圆直径 136 mm，圆柱高：260 mm，重 13.3kg。

④ 捣棒：直径 16 mm，长 600 mm，一端为弹头形；橡皮锤、镩刀等符合 T 0522 中第 2 条的要求。

⑤ 秒表：分度值为 0.5s。

⑥ 电子秤：量程大于 3kg，精度不低于 0.1g。

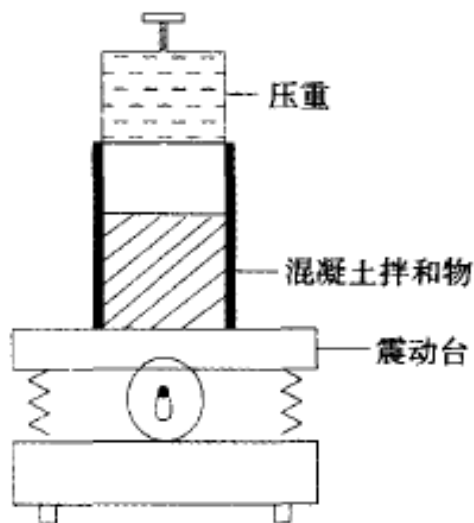


图 4.1-1 RA 法测定装置

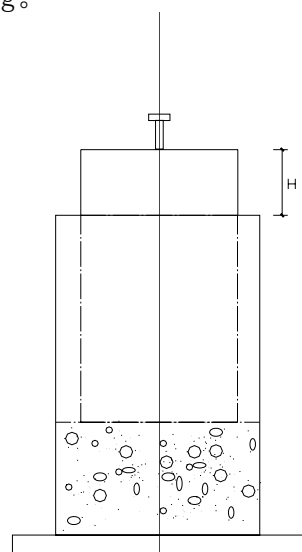


图 4.1-2 RA 法高度 H 测量方法

4.1.3 试验步骤

- ① 试验前用湿布擦拭容量筒内壁及振动台上、下面。
- ② 取质量均匀、有代表性的水泥混凝土试样约 2.5kg。
- ③ 用铁勺等工具将试样轻轻装入容量筒内，装料时应避免自由下倒，以防试样离析，最后用金属镩刀将表面抹平。
- ④ 将压重铁块放入筒内，并在铁块上等分 4 小格，作好标记，记下重锤初始高度 H_0 。具体RA法高度H测量方法见上图 2。
- ⑤ 开动振动台，同时按下秒表，振动台开动 20s后，记下重锤在 4 个方向下沉的程度，取平均值为 H_1 。
- ⑥ 提起圆铁锤观看表面出浆情况，并作评分，评分标准参考附表 1。

试样表面评分标准值 附表 1

评分	5	4	3	2	1
表面评分	平整出浆很好	平整出浆较好	平整基本出浆	有缺陷出浆不足	不平整无浆

- ⑦ 按第⑤步方法，振动 40 s、60s、80s、120s、180s记下重锤在 4 个方向下沉的程度，取平均值分别为 H_2 、 H_3 、 H_4 、 H_5 、 H_6 。

4.1.4 试验结果

每个试样重复两次试验，以两次测值的平均值为试验结果，精确至 0.1 mm。如果两次测值与平均值的误差均超过 20%，试验结果无效。

4.1.5 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- ① 要求检测的项目名称、执行标准；
- ② 原材料的品种、规格和产地以及混凝土配合比；
- ③ 试验日期及时间；
- ④ 仪器设备的名称、型号及编号；

- ⑤ 环境温度和湿度；
- ⑥ 搅拌方式；
- ⑦ 碾压混凝土拌和物的 RA 值；
- ⑧ 试样表面评分值；
- ⑨ 要说明的其它内容。

4.2 改进 VC 值的试验方法

本试验适用于试验室及现场测定路面基层碾压混凝土混合料的稠度—改进 VC 值，为混凝土配合比设计及现场质量控制提供依据。

4.2.1 仪器设备

- 1) 振动台：工作频率 $50 \pm 3\text{Hz}$ ，空载(含筒)振幅 $0.5 \pm 0.1\text{mm}$ 。
- 2) 容量筒：金属制成，内径 240mm，内高 200mm，壁厚约 3mm，底厚约 7mm，容器应不漏水并有足够刚度，上有把手，底部外伸部分可用螺母固定在振动台上。
- 3) 透明圆盘：用透明有机玻璃制成。上装滑杆。压板直径 230mm，厚 $10 \pm 2\text{mm}$ ，荷重和滑杆的质量为 $2.75 \pm 0.05\text{kg}$ ，滑杆可通过套筒垂直滑动，滑杆及套筒的轴线应与容器的轴线重合。
- 4) 配重砝码：4 块，共 17700g。
- 5) 捣棒：直径 16mm，长 600mm，一端为弹头形。
- 6) 其它：秒表、橡皮锤、镏刀等。

4.2.2 试验步骤

- 1) 试验前用湿布擦拭容量筒内壁及透明圆盘的上、下面。
- 2) 取质量均匀、有代表性的混凝土试样约 25kg。
- 3) 用铁勺等工具将试样分两层轻轻装入容量筒内，底层应超过半筒，上层应高出筒口。装料时切莫自由下倒，以防试样离析；每装一层用捣棒从容量筒周边

向中心螺旋形均匀插捣 25 次。插捣时，底层应穿透但不触及筒底，上层应插入底层表面以下 1cm—2cm，每层插捣后。用橡皮锤均匀敲击容量筒周围 10 次，以消除插捣产生的孔洞；上层插捣完毕后，用金属馒刀除去高出筒口的试样，并将表面整平。

4) 将装有试样的容量筒固定于振动台上，并把透明圆盘连同荷重及配重砝码加到拌和物表面。

5) 开动振动后，同时按下秒表，并注意观察透明圆盘下试样表面出浆情况，依据出浆情况将表面评分分为 5 级，见附表 4。记下从振动开始到圆盘下的试样全面积出浆所经过的时间。此时间即为混凝土的稠度指标—改进 VC 值(s)。时间记录精确至 1s。

结果处理：每个试样重复两次试验，以两次测值的平均值为 1 次试验结果。如果两次测值与平均值的误差超过 20%，试验结果无效。

附表 4 试样表面评分标准值

评分	5	4	3	2	1
表面评分	平整出浆很好	平整出浆较好	平整基本出浆	有缺陷出浆不足	不平整无浆

4.2.3 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- ① 要求检测的项目名称、执行标准；
- ② 原材料的品种、规格和产地以及混凝土配合比；
- ③ 试验日期及时间；
- ④ 仪器设备的名称、型号及编号；
- ⑤ 环境温度和湿度；
- ⑥ 搅拌方式；
- ⑦ 碾压混凝土拌和物的改进 VC 值；
- ⑧ 试样表面评分值；
- ⑨ 要说明的其它内容。

附录 5 试验室管理与标准化建设

5.1 试验室管理制度

5.1.1 试验检测工作的目的和意义

1. 用定量的方法,对各种原材料、成品或半成品,科学地鉴定其质量是否符合国家质量标准和设计文件的要求,做出接收或拒收的决定,保证工程所用材料都是合格产品,是控制施工质量的主要手段。

2. 对施工全过程,进行质量控制和检测试验,保证施工过程中的每个部位、每道工序的工程质量,均满足有关标准和设计文件的要求,是提高工程质量、创优质工程的重要保证。

3. 通过各种试验试配,经济合理地选用原材料,为企业取得良好的经济效益打下坚实的基础。

4. 对于新材料、新工艺、新技术,通过试验检测和研究,鉴定其是否符合国家标准和设计要求,为完善设计理论和施工工艺积累实践资料,为推广和发展新材料、新工艺、新技术做贡献。

5. 试验检测是评价工程质量缺陷、鉴定和预防工程质量事故的手段。通过试验检测,为质量缺陷或质量事故判定提供实测数据,以便准确判定其性质、范围和程度,合理评价事故损失,明确责任,从中总结经验教训。

6. 分项工程、分部工程、单位工程完成后,均要对其进行适当的抽检,以便进行质量等级的评定。

7. 为竣工验收提供完整的试验检测证据,保证向业主交付合格工程。

8. 试验检测工作集试验检测基本理论、测试操作技能和公路工程相关学科的基础知识于一体,是工程涉及参数、施工质量控制、工程验收评定、养护管理决策的主要依据。

5.1.2 试验检测的依据

- 1 《公路水泥混凝土路面设计规范》 JTG D40—2002。
- 2 《公路水泥混凝土路面施工技术规范》 JTG J30—2003。
- 3 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》 JTG E30—2005
- 4 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1—2004
- 5 《公路工程施工监理规范》 JTJ077—95

5.1.3 实施细则

1 承包人应根据自己单位实际情况和有关国家或部颁现行最新技术标准、操作规程和有关行业工作规范,对每项检测试验制定详细的实施细则。如技术标准、规定要求、检测方法、操作规程等;明确:

- (1) 抽样方法及样本大小;
- (2) 试验检测项目、被测参数大小及允许变化范围;
- (3) 试验、检测仪器设备的名称、型号、测量精确度、分辨率;
- (4) 试验、检测人员组成和检测系统框图;
- (5) 试验、检测仪器设备均应经相应的的计量部门或检测机构检定合格;
- (6) 对试验、检测仪器和样品或试件的基本要求;
- (7) 在试验、检测过程中发生异常现象的处理办法;
- (8) 试验、检测结果计算整理分析方法。

2 对人体、环境有害的物质,化学药品,易燃、易爆物品应有严格的分类、储存、使用和有效处理的方法。

5.2 试验室标准化建设

5.2.1 试验人员的配置及资质管理

1 必须建立工地试验室,配备按照规范要求进行现场材料质量检测、各种标准试验和现场质量检测的仪器设备。具有专业资质水平的试验人员。试验设备均应经计量单位标定,质量可靠,精度高。

2 工地试验室，负责材料检验和工程质量的控制检测试验。试验室由质量监督站进行技术资质认证并确定试验范围。试验室达到监理工程师满意，按监理工程师的要求进行工作。

3 经建设方和监理工程师同意，可采用委托或有偿使用的方式，使用第三方有资质的试验室开展试验、检测工作。

5.2.2 试验室相关的试验仪器配置见附表 5.2.2。

附表 5.2.2 底基层、基层和水泥混凝土面层试验检测需要的主要仪器

编号	仪器名称	数量	试验用途	备注
1	烘箱	1	多个试验	能控温在 105℃+5℃
2	天平或台秤	1	粗集料筛分等	感量不大于试样质量的 0.1%
3	天平	1	细集料筛分等	感量不大于最大称量的 0.05%
4	天平		击实试验等	感量 0.01g
5	试验筛	一套	碎石、石屑、砂筛分	方孔筛
6	摇筛机	一台	筛分	
7	吊篮	一个	粗集料密度	
8	溢流水槽		粗集料密度	
9	温度计		粗集料密度	
10	盛水容器		粗集料密度	
11	石料压碎值试验仪	两套	压碎值	
12	金属棒		压碎值	
13	压力机		压碎值	500KN
14	金属筒	两个	压碎值	
15	击实筒	六个	击实试验	中型
16	击锤和导管	一套	击实试验	
17	脱模器		击实试验	
18	量筒	多个	击实试验	50mL, 100mL, 500mL
19	铝盒	若干	击实试验	
20	试模	十三个	抗压强度试验	150mm×150mm
21	反力框架	一套	抗压强度试验	400KN 以上
22	液压千斤顶	一套	抗压强度试验	200~1000KN
23	保温、保湿设备	一套	抗压强度试验	
24	水槽		抗压强度试验	
25	滴定装置	一套	水泥剂量试验	50MI
26	容量瓶	两套	水泥剂量试验	
27	灌砂法设备	一套	测压实度	

编号	仪器名称	数量	试验用途	备注
28	核子密度仪	一台	测压实度	尽量不用
29	水准仪	一台	测高程	
30	3m直尺	多把	测平整度	
31	负压筛析仪	一台	水泥细度	
32	水泥净浆搅拌机	一台	标准稠度用水量、凝结时间、安定性	
33	雷氏夹	一套		
34	沸煮箱	一台		
35	净浆标准稠度与凝结时间测定仪	一台		
36	胶砂搅拌机	一台	强度	
37	胶砂振动台	一台	强度	
38	抗折试验试验机	一台	强度	
39	抗压夹具	一套	强度	
40	比重瓶	1个	比重	
41	抗压试模	多个	强度	150 mm×150 mm×150 mm
42	抗折试模	多个	强度	150 mm×150 mm×550 mm
43	混凝土拌和机	一台	强度	
44	标准振动台	一台	强度	
45	万能材料试验机	一台	强度	
46	游标卡尺	一把	针片状含量	
47	取芯机	一台	强度	
48	发电机	一台	强度	
49	坍落筒	一台	坍落度	
50	贯入阻力仪	一台	凝结时间试验	
51	改良气压法含气量测定仪	一台	含气量试验	
52	铺砂仪	一套	抗滑性能试验	
53	连续式平整仪	一台	平整度试验	两者选择之一
54	颠簸仪	一台	平整度试验	
55	经纬仪	一台	测量	
56	30m皮尺、钢尺	多把	测量	
57	弯沉仪	一套	测弯沉试验	
58	弯沉车	一台	测弯沉试验	
59	计算机	一台		处理数据
60	复印机	一台		复印资料

注：其他配套仪器设备根据相应规范配置。

5.2.3 试验、检测工作的各项管理制度

1 按照 QC/QA/QV 管理体系要求，应对影响试验、检验结果的各种因素（包括人的因素和物的因素）进行控制，制订下列试验、检测工作制度：

- （1）试验室负责人岗位责任制；
- （2）计量标准、标准物质、试验、检测仪器的管理制度；
- （3）试验、检验仪器设备的操作规程；
- （4）检测样品的管理制度；
- （5）技术资料文件的管理制度；
- （6）试验室管理制度。

2 试验、检测数据应及时反馈、分析，控制公路工程质量。

5.2.4 试验仪器的管理办法及计量器具的校准

1 试验、检测仪器设备可采用购买或租赁的方式配置，满足工程试验、检测要求。

2 试验、检测仪器的标定和校准应按照相关规定执行。

* 附录 6 本规范用词说明

6.1 对规范条文执行严格程度的用词，采用以下写法：

1 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”。

2 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”。

3 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”。

6.2 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……”。

广东省水泥混凝土路面施工技术指南

条文说明

编写说明

为适应广东省水泥混凝土路面发展要求，在建设过程中更好的结合规范指导水泥混凝土路面的施工，提高广东省水泥混凝土路面的施工品质，保证水泥混凝土路面的质量，结合广东省实际情况而编写本指南。

指南共有 14 章，其中第 3、4、5、6、7 章分别提出了水泥路面施工的原材料、配合比设计、施工准备、搅拌和运输、三种混凝土面层铺筑工艺等普通要求及适应广东省实际的要求；第 8、9 章为配筋及纤维路面、隧道及桥面等特殊结构的铺筑；第 10 章为水泥混凝土路面隔离层设置技术；第 11 章为面层接缝、抗滑与养生；第 12 章为特殊气候条件下的施工；第 13 章为施工质量检查与验收；第 14 章为安全生产及施工环保。

本指南结合现行《公路水泥混凝土路面施工技术规范》、《公路工程质量检验评定标准》等行业规范和标准对材料、施工技术要求等加以提炼和细化，并结合广东省实际气候等情况和近年来的施工经验而进一步明确要求，细化指导，目的是为无论采用哪种施工工艺铺筑何种结构的水泥路面，都将使建设、质检、监理及施工单位均可在具体施工环节上有章可循、有据可依。只有结合当地实际将每个施工质量细节的控制与管理落实到实处，才能从整体上稳步提高和改善水泥路面施工质量。

由于本指南是依据现行规范及标准和目前具备的施工技术水平进行编写的，不足之处，在所难免，恳请各位专家和广大工程技术人员提出宝贵修改意见。

1 总 则

1.0.1 与 1.0.2 在总则中明确了本指南编写的依据和目的。编写本指南的依据是《公路水泥混凝土路面施工技术规范》、《公路工程质量检验评定标准》等行业规范和标准，目的是通过将现行规范和标准与广东省的实际情况相结合使指标、技术等当地化具体化，更好的指导广东省水泥混凝土路面的施工，从而提高广东省公路水泥混凝土路面工程的施工技术水平，保证水泥路面工程的施工质量及运营的安全性。运营安全性主要体现在对路面平整度及抗滑等指标的严格要求上。

1.0.3 本指南明确其适用范围为采用滑模摊铺机、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，及采用摊铺机摊铺的贫混凝土基层工程。也即明确了本指南在广东省内的通用性、广泛性，并明确提出了适用于碾压贫混凝土基层的施工。

1.0.4 本指南遵循规范贯彻质量第一的原则，着重强调原材料、配合比的质量指标及其稳定性，强调使用满足不同等级公路路面的设备种类和施工工艺。从保障水泥路面设计基准期来看，从材料和设备两方面贯彻质量第一的原则而后才是就近取材和经济合理性是合理和必要的。将大宗原材料质量保障和路面施工工艺水平的逐步提高放在首要地位，应该明确的是原材料和混凝土质量包含着工程的长远经济性；装备水平的提高不仅可以提升水泥路面施工技术水平，而且能够大幅度提高水泥路面的施工质量及其稳定性、使用年限和耐久性。良好的施工质量是要有详细的施工组织设计和完备的施工质量保证体系来保证的。

1.0.5 混凝土路面面层的质量受基层的质量影响非常大，基层的质量将很大程度上决定面层的质量，决定面层的使用质量和寿命，因此必须在经过质检、管理处等验收合格的基层路段上进行面层铺筑，不得在没有验收及验收不合格的基层上进行面层的铺筑。

1.0.6 面层施工机械多影响大，需要加强管理的地点较多，因此应加强安全生产管理，通过建立健全的生产管理制度，保证管理制度的实施，才能保证生产安全，防止生产事故的发生。

3 原材料技术要求

3.1.1 与 3.1.2 各级路面水泥抗折强度、抗压强度应符合表 3.1.1 的规定，各交通等级路面用水泥的路用品质要求应符合表 3.1.2 的规定，本指南所进行的调整（内容*）基于以下原因：1）混凝土路面的第一力学指标是混凝土弯拉强度，而水泥实测抗折强度越高，对保证混凝土路面抗折强度越有利；2）广东公路建设中特重、重交通公路混凝土路面用水泥铁铝酸四钙含量很难达到现行规范不低于 15%（道路水泥则不得小于 16%）的要求，铁铝酸四钙是影响水泥混凝土路面较高抗折强度最重要的因素之一，而目前广东高速公路、一级公路所用的大水泥厂水泥抗折强度基本都大于 8.0MPa，因此可将铁铝酸四钙含量适当降低、水泥抗折强度适当提高，已适应广东省水泥路面施工现状；3）硅酸盐水泥规范（GB175）的要求。

3.3.1 粗集料

1 路面面层粗集料*

本指南从以下几方面进行了修改：

1) 粗集料的种类

本指南所采用粗集料均为碎石。混凝土粗集料种类从岩石成因上可分为火成岩、变质岩和沉积岩。从岩石化学成分上分为碱性石灰岩、玄武岩、大理石等；酸性花岗岩、石英岩等；中性闪长岩等。集料的颗粒形状、级配、矿物成分、表面特征对所配制的混凝土抗折强度、用水量、工作性、界面粘结有较大的影响。

2) 粗集料的技术要求

粗集料应质地坚硬、耐久、洁净。根据混凝土强度等级对集料的分级选择作了要求。由于特重、重交通高速公路、一级公路、二级公路及有抗冻要求的三、四级公路混凝土路面施工弯拉强度 5.0~5.75MPa 时，对应的强度等级 C30~C45，因此规定使用的碎石级别不应低于 II 级，无抗冻要求的三、四级公路混凝土路面及贫混凝土基层可使用 III 级粗集料（对应的强度等级为 C15~C35）。将 III 级集料的压碎指标及针片状颗粒含量分为用于面板或贫混凝土基层来要求。

粗集料的吸水率和含水率取决于集料的孔隙结构、数量和大小，直接影响混凝土和易性、抗冻性、隔热性、化学稳定性等。

吸水率指集料饱和面干含水量与烘干重量的比值。含水率指天然状态集料从大气中吸附的水量与烘干重量的比值。吸水率和含水率分别用于混凝土配合比计算和实际用水量的施工调整。

重要的是孔隙率大、吸水率大的集料，不仅其表观密度小、干缩系数大几倍，而且其力学强度差，特别是抗冻性很差，吸水率是集料质量的一个间接衡量指标。高速公路水泥混凝土路面所用的粗集料即使没有抗（盐）冻性要求，其吸水率和含水率也不宜大于 5%。特别指出的是，高速公路水泥混凝土路面混合料在搅拌时，不得使用刚刚降雨淋过滴水的砂石料，一是砂石料计量中，含水率中无法包含流淌的水分，混凝土配合比中加水量失控；二是在正常规定的搅拌时间内，砂石料表面水膜中搅拌混合不进水泥，使用超高频振捣棒的滑模摊铺机在振捣施工时，水泥浆的流淌损失相当多，严重降低所施工混凝土路面的弯拉强度。因此要求料场的砂石料堆应搭建至少满足 10d 用量的遮雨雪和太阳辐射的大篷，防止使用滴水砂石料搅拌混凝土。

一般要求岩石的抗压强度值与混凝土强度等级之比不宜小于 1.2~1.5。高速公路路面混凝土满足设计弯拉强度 5.0MPa，加上施工保证率为 5.75MPa 时，对应混凝土的抗压强度约为 C40 左右。所以应粗集料的抗压强度火成岩不宜低于 100MPa，变质岩不宜低于 80MPa，沉积岩不宜低于 60MPa。碎石压碎指标和对应混凝土强度等级见表 3-1。

表 3-1 碎石压碎指标和对应混凝土强度等级

岩石种类	混凝土强度等级	压碎指标 (%)
沉积岩	C60~C40	10~12
变质岩或深成火成岩	C60~C40	12~19
喷出火成岩	C60~C40	≤13

高速公路水泥混凝土路面粗集料的抗压强度应 \geq 60MPa，沉积岩应控制压碎指标在 12%以内，无论哪种岩石集料的压碎指标作路面时，均不得大于 15%；做基层或下面层不得大于 20%。实践证明，当集料强度过低，风化程度过大，粗集料本身有微细裂缝时，再多水泥和再低水灰比对保障弯拉强度 5.0MPa 以上均无效，弯曲断裂破坏将首先从粗集料开始。鉴于我国高速公路水泥混凝土路面破坏

较多，其中粗集料强度指标过低时原因之一，因此有必要提高高等级公路水泥混凝土路面粗集料的强度和降低其压碎指标。实际上降低压碎指标的要求就是在碎石开采时，剔除和不使用表层风化程度较大的山皮岩石。

粗集料的针片状含量是颗粒形状问题，现行规范限制在 15%以内，其实这个限制对高速公路水泥混凝土路面过于宽松，对于改善混凝土工作性、增加密实度、提高弯拉强度和平整度均不利。实际工程中在大多数情况下，不超过 10%。高速公路应将针片状颗粒含量限制在 10%以内。

软弱颗粒主要有泥块、土、石粉、严重风化石、夹杂的砂岩和泥岩等。它们使用在路面混凝土中不仅严重影响弯拉强度，而且会在短期内使路面形成小坑洞，造成路面冲击和压坏的临空点，平整度和抗磨性急剧劣化。必须从采石开始严格控制，剔除表面风化岩石和泥块，不使其进入碎石机。

含泥量包括石粉含量，对弯拉强度、塑性收缩开裂和干缩有重大影响。必须严格限制在 1%以内。根据施工经验，要控制住这项指标，一是必须明确规定雨天不得破碎生产碎石，凡是雨天生产的碎石含泥量几乎没有不超标准的；二是当生产的碎石含泥量接近限值时，必须加装水洗设备；三是严防砂石料在搅拌站产生二次污染，料堆底部必须用有胶结材料的基层料或 10~15cm 的混凝土来铺筑。

3) 粗集料级配与最大公称粒径要求

新的公称粒径的要求其原因为：

(1) 路面混凝土所要求的基本性能

在相同配合比条件下，普通道路混凝土弯拉强度最高的最大公称粒径在 19~31.5mm，减小公称粒径有利于提高弯拉强度。注意抗压强度随最大公称粒径增加而增大。

最大公称粒径增加，混凝土路面板的耐疲劳循环次数变小。

最大公称粒径增加，混凝土弹性模量增高，使路面刚度更高。

最大公称粒径增加，混凝土路面的温度收缩系数增大。面板的温度翘曲量和接缝位移量增大。

最大公称粒径增加，含气量减小，不利于引气，混凝土路面的耐候性和抗冻性变差。

最大公称粒径增加的优点是总表面积小，则达到同样工作性的混凝土单位用

水量较小，水泥用量较小，结果是混凝土的干缩减小。

(2) 施工性能

最大公称粒径增加，混凝土粗集料卸料、摊铺中离析增大，不利于制作匀质混凝土路面。

最大公称粒径增加，坍落度变大，振动粘度系数减小，粘聚性变差，振动中容易流浆、分层离析，滑模摊铺更容易塌边或倒边。

最大公称粒径大，泌水量增大，对路面抗磨性不利。

最大公称粒径增大，大粒径的骨料振捣下沉缓慢，形成骨架结构要求振动时间长，又由于混凝土的化学收缩、自收缩和干缩，影响混凝土路面提高平整度。

(3) 对比分析

无论从结构重要性、匀质性和强度等来看，混凝土路面最大公称粒径的规定不应大于基层。

据国外经验：减小最大公称粒径，有提高弯拉强度、增大疲劳极限、改善匀质性、提高耐久性和提高平整度等多方面的考虑。

规范要求的最大公称粒径的要求不仅适合于高速公路，而且适应于所有公路水泥混凝土路面。

粗集料级配

粗集料级配优劣首先影响新拌混凝土的工作性、粘聚性、匀质性和可振动密实度。良好级配所提供的较大嵌锁力直接关系到弯拉强度大小和单位水泥用量多寡，粗集料级配好坏还影响水灰比和单位用水量的大小，同时决定着塑性收缩和硬化混凝土的干缩变形性能和抗冻耐久性。所以，级配优良是优质水泥混凝土路面的先决条件之一。

纵观国内外的水泥混凝土路面，与沥青路面和泥结碎石路面相比，其级配要求则宽松得多。有一种解释是水泥水化以后是水泥石，它与石头一样具备较强承载力和抗压强度。这一点不可否认，但在高速公路水泥混凝土路面上，其级配不能过于宽松。一般条件下施工所得到的水泥石，总是低于粗集料岩石的强度和抗磨性，对高速公路水泥混凝土路面而言，一是增强嵌锁力对提高弯拉强度十分重要；二是水泥石是路面干缩变形的根源；三是水泥石及其与集料界面控制着混凝土渗透性和抗冻性。所以，从严控制路面混凝土粗集料级配，使路面混凝土形成

具有嵌锁力的骨架密实结构，对改善其路用品质和抗磨耐久性具有现实意义。

级配良好对于提供足够的嵌锁力，保障弯拉强度及减小水泥混凝土路面收缩变形，改善接缝的使用状况是很关键的。

实际使用当中，粗集料生产中分级为 4.75~9.5mm, 9.5~19mm、19~31.5mm 或 9.5~31.5mm 的，最大公称粒径 31.5mm 的粗集料当使用 4.75~9.5mm, 9.5~31.5mm 的两级配配制的级配曲线不佳时，应采用三级配来控制优良的级配曲线。对最大公称粒径 19mm 的大小两级配粗集料，关键是两者的质量比例应为 (30—40)：(70—60)；最大公称粒径 31.5mm 的大、中、小三级配的比例应为 50：30：20。具体比值应根据振实最大容重来试验确定，满足最大容重和最小空隙率，肯定落在表 3.3.2 的级配范围以内。当需要提高弯拉强度时，应选用 4.75—9.5mm 颗粒的高限。试验表明，小粒径颗粒越多，弯拉强度越高。

3.3.2 细集料

由于水泥混凝土路面在车轮作用下有表面抗滑耐磨的要求，并非任何土工工程可使用的砂均可用于混凝土路面。又由于水泥混凝土路面对粗集料的要求比沥青路面相对较低，一般国内外所做的水泥混凝土路面不对粗集料的磨光值提出要求，对普通混凝土路面、钢筋混凝土路面与钢纤维混凝土路面表面的基本要求是不裸露粗集料的，要求表面砂浆层的充分包裹，施工中除非有低噪声技术要求而裸露粗集料，一般水泥混凝土路面上若建成初期就裸露粗集料被视为一种病害。所以，水泥混凝土路面上的抗滑耐磨即安全性耐久性等要求主要依赖细集料。细集料本身的硅质含量即硬，细粉含量、颗粒度及细度模数及其稳定性的要求比其他土工工程结构要高得多，严格的多。

细集料的种类和技术要求

1. 路面用砂的种类

细集料可采用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂、人工砂和混合砂。天然砂包括河砂、湖砂、山砂、淡化海砂；人工砂包括机制砂、混合砂。新规范比以往的规范在天然砂中扩展了淡化海砂和人工砂，人工砂中扩展了机制砂、混合砂。其中，河砂经长期水流冲洗，粒形较圆、较洁净，质量最好，高速公路水泥混凝土

路面工程应优先采用河砂。海砂的氯离子含量、含盐量和贝壳含量等较高，经冲洗处理，满足氯盐、硫酸盐和有机质含量规定，可用于素混凝土路面。山砂的含泥量和软弱颗粒较多，但只要不超标，仍可使用。机制破碎砂的粒形很差，石粉含量高，新拌混凝土工作性差，相同工作性的水灰比大，弯拉强度及耐磨性等指标不易满足，当控制住石粉和土含量、采用减水率较高的外加剂时，也可生产合格的水泥混凝土路面。

砂按所配制混凝土强度等级的三级分类及表 3.3.2-1 的技术指标均引自国标《建筑用砂》(GB/T14684)的规定。国标对砂按所配制的混凝土强度等级进行分类，目的很明确，C60 以上的高强混凝土用 I 级高强砂；C30—C60 的中强混凝土用 II 级中强砂；C30 以下的普通混凝土用 III 级低强砂。

2. 细集料的质量等级

细集料的技术要求应符合表 3.4.1 的规定。砂按表 3.3.2-1 的技术要求分为 I 级、II 级、III 级。混凝土强度等级大于 C60 宜用 I 级；强度等级 C30—C60 及有抗冻、抗渗或其他要求宜用 II 级；强度等级小于 C30 宜用 III 级。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类别不应低于 II 级，无抗(盐)冻要求的三、四级公路混凝土路面及贫混凝土基层可使用 III 级砂。关于砂等级与公路等级对应的解释见粗集料。

3. 含泥量和泥块含量的要求

细集料的质量要求中，含泥量和泥块含量过多带来的问题最常见，也最为突出，应严加控制，不应超过 2%。因砂种类较多，来源不同，有时控制砂中的含泥(块)量相当困难，大量砂的全部清洗又做不到，在这种特殊情况下，应采取的措施一是在混凝土配合比中，控制砂石料中的总含泥质量不超标；二是在砂石料的总泥量超标，又无法清洗的情况下，则必须加大 5~10kg/m³ 水泥用来保证达到规定的施工弯拉强度。这些措施均为不得已而为之，从严要求还是应该控制住砂石料各自的含泥量均满足要求。

4. 细集料的硬度及磨光值

特重、重交通高速公路、一级公路混凝土路面宜使用河砂。其硅质砂和石英砂的含量不应低于 25%。这主要是从路面抗滑和耐磨性出发对砂提出的硬度及其磨光值的规定，实际水泥混凝土路面上横向力系数是通过水泥浆磨损后凸起的

砂颗粒来提供的。砂的硅质含量，即硬度和磨光值与粗细，即细度模数对行车安全性和耐磨有相当大的影响。因此，在路面中应有明确的规定。

5. 氯离子含量

表 3.3.2—1 中规定的氯离子含量：I 级砂不大于 0.01%；II 级砂不大于 0.02%；III 级砂不大于 0.06%。与《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》(SHC F90—01—2003)规定的混凝土拌合物中的氯离子限量表 3-2 对比可知。这里给出一个路面水泥混凝土典型配合比：混凝土假定密度 $2450\text{kg}/\text{m}^3$ ；单位水泥用量 $350\text{kg}/\text{m}^3$ ；水灰比 0.42；单位用水量 $147\text{kg}/\text{m}^3$ ；细度模数 2.65 的 III 级中砂，砂率 32% 时，计算得到的用砂量为 $625\text{kg}/\text{m}^3$ ；乘以氯离子含量最大的 II 级砂 0.02%，III 级砂 0.06%，砂最多只能带进混凝土中的氯离子总量 II 级为 $0.125\text{kg}/\text{m}^3$ ；III 级为 $0.375\text{kg}/\text{m}^3$ ，按氯离子在腐蚀与潮湿两种环境中的钢筋混凝土总限量分别占水泥用量 ($350\text{kg}/\text{m}^3$) 的 0.06%、0.3% 考虑，分别为 $0.21\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $1.05/\text{m}^3$ ；II 级砂用于腐蚀环境，III 级砂用于潮湿环境是满足钢筋混凝土路面和桥面要求的，但 III 级砂用于腐蚀环境是不满足要求的。

表 3-2 混凝土拌合物中氯化物(以 Cl-质量计%)总含量的最高限量

结构种类及环境条件	预应力混凝土及腐蚀环境中的钢筋混凝土	潮湿但不含氯离子环境中的钢筋混凝土	干燥环境或有防潮措施钢筋混凝土	素混凝土
Cl-占水泥用量 (%)	0.06	0.30	1.00	1.80
外加剂、掺合料或共同带入 Cl-占水泥用量 (%)	0.02	0.10	0.33	-

这表明一般情况下，本规范的规定基本正确，但在海水、海风、盐碱地区、洒除冰盐等腐蚀环境下，需要按表 3-2 的规定，认真检测并计算砂、外加剂、掺合料、水泥与拌和水中的总氯离子含量是否超标，超标时，应掺阻锈剂，阻止钢筋混凝土路面和桥面中的钢筋锈蚀。

考虑到一方面除砂以外的水泥、拌和水、外加剂、掺合料均不可避免地会在混凝土中带进氯离子。另一方面，腐蚀环境中如海风与除冰盐中会逐渐渗透带入氯离子，一般腐蚀环境下的路面与桥面钢筋混凝土上均宜掺入阻锈剂。

6. 云母含量

砂中的云母含量是细集料中的一个特殊问题，主要由于岩石风化后，残留下的石英与云母矿物是很难再风化分解的。结晶良好的石英是立方晶体，构成天然砂的主要成分；而在砂中混杂的云母的形态是层片状颗粒，层片极薄，层间联接极差，因此是砂中对混凝土物理力学性能、抗滑安全性及耐磨等耐久性的有害组分，本规范表 3.3.2-1 中对砂中的云母含量按 I、II、III 级分别控制不超出 1.0%、2.0%、2.0%。这些云母含量的定量限制是适宜的。由于云母密度较小，比容很大，砂中若有 2% 的云母质量含量，看上去砂是亮闪闪的，已含有很多云母了。好在绝大多数水泥混凝土路面工程用砂一般均不大于 1%，更多的云母含量水泥混凝土路面实际工程从未遇到过。这些限量是直接引用国标《建筑用砂》(GB/T14684) 的规定，通过了混凝土路用品质的考验。

表 3.3.2-1 中的其他技术指标，如压碎指标、坚固性、有机物含量、硫化物及硫酸盐的说明与粗集料的要求相同，详见上节粗集料。

细集料的细度模数和级配要求：

1. 细度模数和级配

砂按细度模数分为 1 区粗砂、2 区中砂、3 区细砂。各区级配要求见表 3.3.2-2，路面和桥面普通混凝土、钢筋混凝土及钢纤维混凝土用天然砂的级配曲线宜为 2 区，可使用 1 区偏细粗砂和 3 区偏粗细砂，细度模数应在 2.0~3.5，且不应小于 2.0。路面混凝土同一配合比用砂的细度模数变化范围不应超过 0.3，否则应调整配合比中的砂率；细度模数差别超过 0.3 不同来源或产地砂应分别堆放，并按不同砂率的配合比分别拌和使用。

2. 砂粗细、细度模数和比表面积的关系

用吸附法证实，对混凝土工作性影响很大的砂比表面积与其细度模数之间有良好的反比线形关系，砂越粗，其细度模数越大，比表面积越小。目前采用的砂的细度模数可以较好地代表砂的粗细程度和比表面积。砂的粗细和细度模数分区，见表 3-3。

表 3—3 砂的粗细和细度模数分级

类别	粗砂	中砂	细砂	特细砂
分区	1 区	2 区	3 区	-
细度模数	3.7~3.1	3.0~2.3	2.2~1.6	1.5~0.7

为了保证水泥混凝土路面弯拉强度和表面砂浆抗磨性,高速公路宜采用细度模数 2.0~3.5 的中砂、中粗砂和偏细粗砂。

淡化海砂的技术要求:

在我国大量的沿海地区,河砂资源紧缺或运距较远,价格为海砂的 2~4 倍。施工规范首次允许普通水泥混凝土路面使用海砂,并有厦门公路局大量的实际水泥混凝土路面工程作为试验基础。为了防止钢筋混凝土路面或钢纤维混凝土路面产生严重锈蚀或其他化学侵蚀破坏,施工规范不是笼统称海砂,而明确讲淡化海砂,其定义为:使用淡水冲洗或被雨水冲淋过的海砂,海水浸湿时间有限的河口附近河海混合砂。并规定:“全部缩缝均设传力杆的水泥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。”淡化海砂的技术要求除应符合施工规范表 3.3.2-1 和表 3.3.2-2 要求外,还应符合指南中的补充规定。

3.4 水泥混凝土路面再生集料 *

水泥混凝土路面再生集料的质量决定于旧水泥混凝土板自身质量和加工工艺,旧板再生集料加工工艺对再生集料质量影响大,主要因素有加工工艺流程、加工设备及调试,如加工流程中是否有水洗工序、筛分工序、二级破碎工序、三级破碎工序等,加工工艺的选择与再生集料利用途径有关,对再生集料的要求越高,则加工工艺越复杂。通常再生集料与新生集料质量主要不同的方面有含水率、吸水率、含泥量、压碎值和针片状含量,因此工程中利用时一般依据利用途径,确定相应要求测定相关技术指标,达不到要求时可改变加工工艺、掺配新生集料或改变利用途径。

再生集料的生产控制包括旧路面板清除控制、含泥量控制、剔除钢筋控制与再生集料粒径和级配控制。

1 路面清除控制:水泥混凝土路面的清除一般采用柴油打桩机、振动梁共振破碎机和剪切破碎机。路面破碎机在路面上往返行驶若干次,将路面破碎成边长为 0.6m 碎块便可送往破碎机进行破碎加工。路面破碎机在路面上行驶的往返次

数给定后,无法破碎的零星大块需采用反铲挖掘机破碎。如果旧路面上铺有沥青罩面,应在水泥路面破碎前清除沥青罩面,分别回收再生。沥青罩面的存在明显降低破碎施工的效率,常用装载机和履带式挖掘机装载碎块,便于运输。根据类型不同,打桩可冲击 50~90 次 min,产生的冲击能在 24.4~40. kN·m 之间。打桩机在拖车驱动下的行驶速度为 1.~4.8km h。

2 含泥量控制:在路面清除时,夹杂在混凝土碎块中的粉土和基层料约占运输材料的 10%,其他废料源于在破碎加工中产出的粉末,即粒径小于 $75\mu\text{m}$ (200 号筛孔径)的粉料。在路面破碎后,为了减少了底层和粉土的泥入量,增加装载效率,通常使用带有耙齿的反铲挖掘机或履带铲车将混凝土碎块推成料堆,常用履带设备进行堆料,轮胎式装载机用来装载以避免破碎混凝土中的钢筋刺破机械设备的轮胎。破碎开始前,先将基层材料和粉土筛去,为了进一步减少在凿除,装卸、运输过程中含部分的泥土,因此,在鄂式破碎机和圆锥机之间安装筛孔为 10mm 的振动筛,将绝大数的杂质筛除,以保证进入圆锥机旧砧板块的洁净。此外,也可增加集料的水洗装置,来减少含泥量。

3 剔除钢筋控制:可通过桩锤的改进和堆料设备的选择,避免在道路现场剪断加强钢筋。同时,破碎过程中由安装在传送带上部的电磁铁剔除钢筋。

4 颗粒级配控制:根据最大粒径的要求,再生过程中粗集料的回收率约占总值的 60%~80%。最大粒径越大,回收率越高。粒径与级配控制主要通过破碎与筛分设备的选择进行控制,一般采用鄂式破碎机进行初级破碎,破碎的混凝土碎块的最大粒径为 76~152mm,通过传送带集中堆放。然后采用圆锥破碎机进行二级或三级破碎,将大于 76mm 的混凝土块循环破碎,小于 76mm 的碎块传送到辊式破碎机,破碎出需要粒径的集料。粗(粒径大于 4.75mm)细(粒径小于 4.75mm)集料在此通过 4.75mm(4 号筛孔径)的方孔筛进行分级。粒径小于 $75\mu\text{m}$ (200 号筛孔径)的粉料通过砂筛加以控制。在上述的工艺流程中,在鄂式破碎机和圆锥机之间增装储料仓:一是利于当流程后段发生机械故障时,前段仍可继续生产,有提高产量作用;二是利于供应给碎石机的石料均衡稳定,从而保证成品料颗粒形状、颗粒级配稳定。

3.6 外加剂

在现代水泥混凝土路面材料科学中,外加剂成为制作优质混凝土路面的必需组分,在公路水泥混凝土路面工程中主要使用如下各类外加剂:减水剂、缓凝剂、促凝剂、防冻剂、早强剂和引气剂。

路面工程在使用外加剂时应注意以下问题:

1) 外加剂与所用的水泥适应性问题

施工规范规定:选定减水剂品种前,必须与所用的水泥进行适应性检验,检验方法应符合《公路水泥混凝土外加剂和掺合料应用技术指南》(SHC F90-01-2003)附录D的规定。化学成分上不适应,不得使用,必须更换减水剂品种。

外加剂与水泥的适应性问题,是外加剂学术界正在研究中的重大问题。适应性问题可分为化学不适应和剂量不适应两类问题。如木钙、糖钙对各种变种石膏不适应,属于化学上的不适应,必须更换与水泥在化学上适应的外加剂方可解决。铝酸三钙含量及水泥中的混合材料,如粉煤灰、火山灰、煤矸石、窑灰的不适应问题,属于它们的过量吸附造成的剂量不适应问题,这个问题中有化学吸附和物理吸附共同作用,不能简单归结为物理不适应。对此,加大外加剂的剂量是可能解决其剂量不适应问题的方法。

无论是化学或剂量的适应性,只有通过试验才能得到鉴别。所以,所有公路工程使用的减水剂都必须先通过混凝土试配试验,证明其对某项工程所用的水泥是适应的。遇到剂量不适应问题,生产厂家提供的最优外加剂掺量已经发生了变化,对当地使用的水泥来讲,已经不适应了。首先,应根据外加剂厂家提供的剂量实验,证明化学上适应与否,如果基本适应,而效果不如或减水率远小于厂家提供的数据,就必须变换几个剂量,找到与本地水泥适应的最优掺量,再按照找到的最优掺量使用外加剂,见图3-1。所谓外加剂的最优掺量是指外加剂掺量与混凝土减水率之间曲线关系中的上升线到水平线之间的拐点所对应的掺量,也就是说,小于最优掺量,当外加剂用量增加时,新拌混凝土减水率是增大的;大于最优掺量,增大外加剂掺量,减水率不再增大或增加不明显,掺再多也是无用的或无意义的。

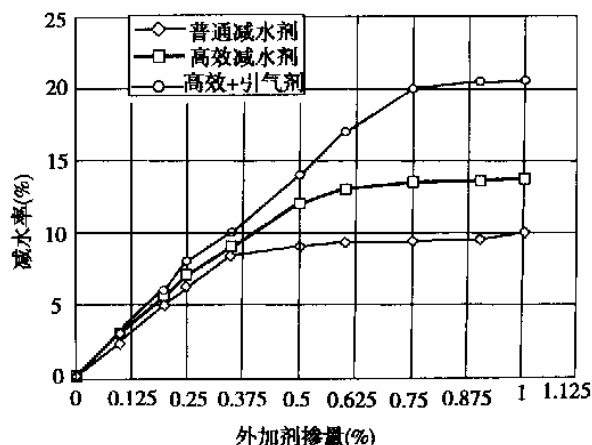


图 3-1 外加剂掺量与混凝土减水率关系曲线

2) 同时使用几种外加剂时可共溶性问题

滑模摊铺水泥混凝土路面在夏季热天施工中，要求同时掺高效减水剂、缓凝剂和引气剂或是同时使用缓凝减水剂和引气剂，在大型混凝土搅拌楼上，一般只有一个计量筒。要求将各种外加剂同时溶解于一个稀释池中，用自动计量筒分盘计量并喷入搅拌锅。这时可能会遇到几种外加剂不能混溶的问题，如糖钙与松香皂混合，钙化糖蜜的过量钙离子，会将松香皂化的钠离子离解或置换出来，使松香皂还原为松香或松香钙，造成大量絮状漂浮物或沉淀，这一方面使引气剂几乎完全失效，另一方面，这些絮状物或沉淀物会堵塞滤网，使外加剂溶液无法泵送拌和使用。

这种情况，国外亦遇到不少，目前的解决办法一是改用可共溶的外加剂品种；二是在搅拌楼上配备两套外加剂的计量筒和泵送设备。

3) 外加剂的沉淀问题

大型混凝土路面施工适合使用化学反应合成后，喷雾干燥前的高浓度液体外加剂原液，不适合使用喷雾干燥后的粉末外加剂，然后在工厂或现场加水配制成一定浓度的液体。由于喷雾干燥，部分外加剂已经焦化或碳化，不可能在常温下再溶解了。使用粉末外加剂时，应 20t 一批，在水中稀释，检测其不溶物和沉淀含量。外加剂稀释溶解池中形成的大量沉淀物，几天不清除，就会在池中累计很厚一层沉淀物，这个沉淀层搅拌起来，池中的外加剂浓度就大大超出施工规定的剂量浓度，更为有害的是直接抽取外加剂沉淀物拌和混凝土，在这两种情况下，

如果使用了木钙或糖钙粉末，由于它们的强缓凝作用，加上超量使用，实际施工时，会造成混凝土路面几天都不凝固，看着断板也无法锯缝。试验证明：超缓凝的混凝土即使很长时间以后会凝固，强度也很低，远远达不到设计要求，不得不铲除重铺。这种情况不只一个工地遇到，必须引起足够重视。如果外加剂沉淀过多，势必造成正常施工时的外加剂用量过小，达不到预期的减水效果，对混凝土强度不利；而抽取底部溶液时，浓度又特高，会造成工程质量事故。所以，必须规定施工 1~3d 对外加剂池进行彻底清底，丢弃池中的沉淀物。

4) 外加剂的原液浓度和剂量控制问题

使用液体外加剂，每 20t 为一批，应在筒中外加剂稀释以前，用比重计或烘干法测量其浓度或含固量是否达到或变化，过稀达不到样品浓度和含固量的外加剂坚决退货。比样品浓度大的外加剂，使用稀释时，应该在稀释池中多加水，稀释到规定浓度。因为外加剂的使用量是根据搅拌楼容量，按配合比中水泥剂量的百分比或千分比，再按外加剂计量筒体积计算的稀释浓度，如果原液浓度有较大变化而没有及时调整，势必造成外加剂掺量的很大变化，按规定外加剂用量波动不得超过 2%。浓度过小，则减水率不够，影响弯拉强度；浓度过大，则会带来严重的质量事故。

同时复合使用几种比重不同的液体外加剂时，必须在使用过程中不停地搅拌，防止形成分层现象，分层的外加剂在外加剂水泵抽吸的过程中，有可能只抽了某层某种外加剂，造成对工程的危害。各种外加剂的稀释用水和原液中的水量，在混凝土搅拌中，应从加水量中扣除。

3.6.4 阻锈剂应用场合及技术

尽管我国公路行业钢筋混凝土结构和路面中使用阻锈剂的数量相对较少，为了在大规模建设期间，防止隐患，减少将来大量的锈蚀修复，按照我国冶金、铁路等行业的规定，在规范中首次提出“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、桥面钢筋、钢纤维混凝土中宜掺阻锈剂”的规定。

基于腐蚀原因的复杂性，要根本解决钢筋锈蚀问题，有效地防止处在海水、海风环境、被氯离子硫酸根离子污染的河流、冬季洒除冰盐的路面、桥面钢筋混

凝土和钢纤维混凝土中钢筋锈蚀，应按照护筋混凝土的基本要求来制作。护筋混凝土的基本特性有以下 3 点：

①护筋混凝土首先是密实防水混凝土，抗渗标号宜大于 S12，其水泥用量较大，砂率较高

②护筋混凝土中应掺用适宜的阻锈剂及高效减水剂；

③护筋混凝土中不宜使用纯硅酸盐水泥，应掺入适量的高活性混合料，如硅灰、粉煤灰、磨细矿渣等，消除化学侵蚀根源大片状 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 结晶体，提高水化生成物的密实度，阻止氯离子渗透。

3.7 钢筋

3.7.3 传力杆的直径建议按照表 3.7.3 选用 *

表 3.7.3 传力杆尺寸的规范规定与建议值 (mm)

面层厚度	规范规定直径	建议直径	传力杆最小长度	备注
220	28	20	400	1. 传力杆横向最大间距均为 300mm。 2. 面板厚度 320、350mm 是根据我国板厚实际另加的。
240	30	22	400	
260	32	25	450	
280	35	28	450	
300	38	28	500	
320	40	30(32)	500	
350	42	30(32)	500	

水泥混凝土路面在横向缩缝设置传力杆、纵缝中设置拉杆，可以减少错台、唧泥病害，提高行车舒适性。关于传力杆的设计，一直没有很明确的理论计算，大多根据经验确定。国外也有按照弯曲强度理论进行传力杆的设计计算方法，但不能很好地模拟传力杆在混凝土路面板中的实际受力形态。混凝土板中传力杆和拉杆的实际应力状态极其复杂，同时受到各个方向的正应力和剪应力的复合作用，要描述钢筋在复杂应力下的真实状态绝非易事。根据传力杆被两侧的混凝土路面板完全包裹，产生圆柱形梁的弯曲变形是不大可能的，按弯曲强度理论进行传力杆尺寸设计，并不符合实际传力杆实际受力情况。实际上，传力杆在两端被混凝土完全包裹条件下，只有接缝处能够产生剪切变形和剪切应力，也就是说：研究者认为传力杆的设计应该按受力实际情况，将前人按弯曲强度理论的设计修

改为按纯剪切强度理论进行设计。

按铁木辛柯著作的假设,路面传力杆可以假设为一根埋设于均匀弹性介质中的悬臂梁。并认为在一定长度以外,它的变形和应力都趋向于零。弹性介质对梁体的支承反力与介质被压缩程度成正比,并且符合温克勒地基假定。

混凝土内传力杆的相对刚度可按下式确定:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Kd}{4EI}} \quad (3.7.3-1)$$

式中:

K——混凝土作为弹性介质的地基反应模量 (MPa/cm);

d——传力杆的直径 (cm);

E——传力杆的弹性模量 (MPa);

I——传力杆的惯性矩 (cm⁴);

b——传力杆相对刚度 (1/cm)。

根据上述假设,当相邻板上传递过来的荷载为 P 时,其引起的挠度的方程可表示为:

$$y = \frac{e^{-\beta x}}{2 \times 10^2 \beta^2 EI} [P \cos \beta x - \beta M_0 (\cos \beta x - \sin \beta x)] \quad (3.7.3-2)$$

式中:

e——自然对数的底;

x——传力杆计算截面离开混凝土板端面的距离 (cm);

M₀——混凝土板端处传力杆承受的弯矩 (kN·cm);

P——由相邻板传递来的荷载 (kN)。

由此,可求得弯矩方程和剪力方程为:

弯矩方程:

$$M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{e^{-\beta x}}{\beta} [P \sin \beta x - \beta M_0 (\sin \beta x + \cos \beta x)] \quad (3.7.3-3)$$

剪力方程:

$$Q = \frac{dM}{dx} = -e^{-\beta x} [(2\beta M_0 - P) \sin \beta x + P \cos \beta x] \quad (3.7.3-4)$$

由于传力杆在混凝土板端主要承受剪切应力的作用,且属于疲劳荷载作用,因此传力杆应按剪切疲劳进行设计。即在板端 (x=0) 处,应满足

$$\frac{Q}{S} = \frac{4Q}{d^2\pi} \leq [\tau] \quad (3.7.3-5)$$

即

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\tau]}} \quad (3.7.3-6)$$

式中：

d——传力杆直径；

Q——传力杆在板端处所承受的剪力；

[τ]——极限剪切疲劳强度。

计算时，按 10 吨的单轴双轮组标准轴载计，考虑最不利的情况，假设单侧轮重完全作用于某传力杆上，则 $Q=50\text{kN}$ 。

为了求得传力杆的直径，还应确定剪切疲劳强度 [τ]。根据强度理论，当钢筋受纯剪作用时，剪应力 $\tau \geq 0.6\sigma$ (σ 为拉应力) 后，钢筋即进入塑性状态，故传力杆钢筋的设计允许剪应力为

$$\tau \leq [\tau] = 0.6[\sigma] \quad (3.7.3-7)$$

因此，可以通过 (3.7.3-7) 式建立极限抗拉疲劳强度和极限剪切疲劳强度的关系。

通常，接缝所用传力杆为 Q235 光圆钢筋，可以查得在 90% 的保证率下，其疲劳轴次与极限拉应力的关系式为：

$$\lg N = 39.1860 - 13.8996 \lg \sigma \quad (3.7.3-8)$$

式中：

N——疲劳轴次；

σ ——极限抗拉疲劳强度。

传力杆在设计时应满足特重交通的要求，因此，按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2002) 特重交通计，取 $N=2 \times 10^7$ ，代入式 (3.7.3-8)，可以求得极限疲劳拉应力 $\sigma = 196\text{MPa}$ 。

将极限疲劳拉应力带入式 (3.7.3-7)，求得极限剪切疲劳强度为

$$[\tau] = 117\text{MPa}。$$

最后可按式 (3.7.3-6) 求得 $d \geq 24\text{mm}$ 。

计算表明，按剪切疲劳计算，接缝传力杆的直径大于 24mm 即可满足特重交通 2000 万次的要求。若考虑高速公路冲击、超载、脱空等不利因素的影响，加

上 $\rho = 1.25$ 的安全储备, 则传力杆的直径按 30mm 设计就能满足高速公路最苛刻的使用要求。其他交通条件下的传力杆直径也计算如下, 参见表 3-4。

表 3-4 按抗剪疲劳方法计算的不同交通等级的传力杆直径

交通等级	特重	重	中等	轻
传力杆直径	$\geq 30\text{mm}$	27-30mm	23-27mm	$\leq 23\text{mm}$

注: 交通等级按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2002) 表 3.0.5 确定。

按照计算结果, 建议将《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D20-2002) 表 5.2.5 修改为本指南表 3.7.3。

从施工和使用角度来看, 只要传力杆的动载疲劳、冲击应力计算能够通过, 就不宜使用过大的直径。传力杆预制钢筋支架方法, 过粗的传力杆会造成其下部混凝土振捣不密实或欠密实; 使用滑模摊铺机传力杆自动插入装置 (DBI 方法) 施工时, 过粗的传力杆会造成过多的插入干扰体积, 形成对传力杆上部混凝土的过多扰动, 使表面平整度变差。同时, 过粗的传力杆使滑模摊铺振动压入功率增大, 挤压力分担过多, 不利于摊铺高平整度的混凝土路面。

3.8 纤维

3.8.1 钢纤维

1 钢纤维长度和直径的尺寸偏差不应超过 $\pm 10\%$ 。每个验收批随机取样 10 根, 用精度不低于 0.02 mm 的卡尺测量其长度和直径, 长度和直径的合格率不应低于 90%。对于矩形截面的钢纤维, 测量其截面两边的尺寸换算出等效直径。

2 异型钢纤维形状合格率不应低于 85%。每个验收批随机取样 100 根, 逐根检查其形状, 如有断钩, 单边成形和不符合出厂形状规定的, 视为不合格, 形状不合格的纤维数不应超过受检试样总数的 15%。

3 塑钢纤维

为了保证公路水泥路面和桥面的长期运营安全性, 避免出现扎破轮胎的现象。我们通过一系列的试验对塑钢纤维性能进行了研究。试验研究结果表明, 塑钢纤维混凝土具有良好的力学性能、抗腐蚀性、耐疲劳性能, 完全可以代替钢纤

维用于水泥混凝土路面中，并能很好地解决钢纤维存在的不足，同时，塑钢纤维还具有显著的经济效益。

(1) 抗弯冲击性能

塑钢纤维对混凝土的抗弯冲击性能有显著的改善作用，对混凝土的冲击延性改善效果显著优于钢纤维。

(2) 弯拉强度

试验结果表明：钢纤维掺量为 45 kg/m³ 时，混凝土的 7d 弯拉强度为 5.6MPa，28d 弯拉强度不小于 6.0MPa；而塑钢纤维掺量为 4 kg/m³ 时，混凝土的 28 天抗拉强度可达 6.6MPa。

(3) 抗弯韧性

塑钢纤维的增韧效果显著优于钢纤维，其相对剩余强度为 35.51%~65.82%。

(4) 抗弯疲劳性能

试验结果表明：当应力水平小于 0.8 时，塑钢纤维对混凝土抗疲劳寿命的改善非常显著，优于钢纤维混凝土；但当应力水平大于 0.8 时，疲劳裂缝过早产生，并且不断扩展。塑钢纤维对高应力水平下混凝土疲劳寿命的改善程度比低应力水平时明显降低，此时钢纤维混凝土疲劳寿命稍微好于塑钢纤维混凝土。塑钢纤维掺量增加，混凝土疲劳寿命增加。

(5) 抗氯盐腐蚀耐久性

抗氯盐腐蚀的试验结果表明塑钢纤维混凝土经预裂腐蚀后再次加载，纤维的抗拉性能衰减不明显，纤维与混凝土的界面粘结性能良好，不会出现钢纤维混凝土经预裂腐蚀后脆性断裂现象。

试验研究表明，塑钢纤维增强混凝土具备良好的力学性能，而且在抗弯冲击性能、抗弯韧性、抗疲劳性能和抗腐蚀耐久性等方面的增强效果优于钢纤维，加上经济优势，建议优先使用。

4 层布式钢纤维

层布式钢纤维要求中等效直径系指非圆截面按截面积等效原则换算的圆形截面直径。当钢纤维形状为压痕形等不规则截面时，可采用重量等效换算成圆柱体尺寸，从而推算出等效直径。

3.8.2 合成纤维

试验研究结果表明,优质合成纤维混凝土同样具有良好的力学性能,可用于抗弯拉强度大于 5.5MPa 的路面工程中,并能很好地解决钢纤维存在的不足,同时抗腐蚀性、耐疲劳性能好,并具有显著的经济效益。

合成纤维有关指标的确定参考了:JT-T 525-2004 《公路水泥混凝土纤维材料、聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》,2008 年 3 月颁布。

3.9 接缝材料 *

水泥混凝土路面设置接缝的目的是防止水泥混凝土板不规则断裂,但是接缝的设置成为混凝土板的最薄弱、最容易破损的部位,若处理不好,就会出现如下问题:

1 容易成为地表水渗入的直接通道,使地基承载力降低;加剧冬季的不均匀冻胀;造成基层冲刷、唧泥、甚至脱空,反而加速了混凝土板的断板破坏,缩短使用年限。

2 当气温较高时,混凝土板受热膨胀,若填缝料本身压缩性能和热稳定性差,就容易流淌并从缝中溢出,在车轮的碾压下,粘在缝隙的两侧,既影响路面平整度,又有碍表面外观。

3 杂质嵌入,抗嵌入能力差的填缝料,杂质极易嵌入缝内,使板体失去膨胀释放空间,容易发生屈曲拱胀或压碎破坏。

因此,灌缝料的耐久性及其施工质量将直接影响水泥混凝土路面的正常使用状况和使用寿命。

实际上,水泥混凝土路面建成后,如果降雨天接缝不漏水,行车时面板不冒水、不冒浆,水泥混凝土路面肯定不会出快速的破损和面积破坏,一旦面板在行车时出现唧泥,那么就预示着水泥混凝土路面板底已出现冲刷破坏,若不及时填缝密封,很快就会导致板底脱空,快速的破损和面积破坏就为期不远了,按照面板脱空的疲劳计算,一般不会超过一年。因此,应重视填缝料的性能和施工质量。

由实际调研的结果来看，目前我国水泥混凝土路面接缝填缝材料及其使用情况总体状况较差，对保证水泥混凝土路面的结构完好性及使用寿命影响较大，我国水泥混凝土路面使用年限较短，这与填缝材料、填缝技术及养护中填缝料更换不及时有直接关系。

实际工程对填缝及填缝材料重视不够，大量使用的填缝材料技术档次偏低，填缝料技术指标与路面的苛刻要求脱节，没有根据路面的使用要求进行的填缝设计。

填缝材料的技术指标要求中缺乏热压冷拉疲劳、长期使用的耐老化性能、高低温稳定性、阻燃性、抗嵌入性、耐油性等路面长期使用的特殊要求。

填缝材料的选用应考虑性能价格比优良，而不是仅考虑价格低廉，好的填缝材料使用年限长，虽然价格贵一些，也值得选用。

3.9.2 缩缝填缝料 *

缩缝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、抗嵌人能力强、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，其技术指标的提高是基于广东近几年工程实际的要求的提高，且目前接缝材料厂家一般都能达到甚至超过本指南要求。同时建议高速公路、一级公路应优选使用树脂类、橡胶类或改性沥青类中高弹性 I 型的填缝材料，并宜在填缝料中加入耐老化剂。

3.9.3 胀缝填缝料 *

目前，我国水泥混凝土路面胀缝填缝主要有两种方式：一为采用水泥路面缩缝材料填缝，另一为采用专用的水泥路面胀缝材料。现行规范对胀缝材料也未提出特别要求，因为编制规范时，我国专用胀缝材料生产技术尚不成熟，部分采用的专用胀缝材料也是依赖进口，其成本过高，因此规范未特别提出要求。鉴于我国水泥路面专用胀缝材料技术的发展和接缝破坏常常发生在胀缝位置的情况。胀缝位置易于破坏其主要原因为胀缝宽于缩缝 2—3 倍，变形大，车辆荷载挤压影

响大，因此填缝材料应有较高的粘结力和弹性恢复率。如果采用缩缝填缝材料，在车辆荷载影响下和路面胀缩变形下，填缝材料易与缝边脱离，产生渗水，且由于胀缝较宽，通车过程中，路面散落的集料容易嵌入胀缝中。因此近年高等级水泥路面工程中倾向于使用专用的胀缝填缝材料，如湖南、广东等地的有关工程。

水泥路面专用胀缝材料主要有两种类型：多孔橡胶嵌缝条和灌入式填缝胶。

多孔橡胶嵌缝条在前几年工程中有所应用，但近年因存在以下问题而应用较少：1) 要求胀缝宽度一致（因它是一种定型产品），不得有啃边、掉角等现象（见傅智编“水泥路面施工技术指南”P237），但目前工程中大多数胀缝宽度不一致（因胀缝施工时使用的胀缝板不一致）；2) 国产两孔橡胶条与进口五孔橡胶条效果均不理想（见傅智编“水泥路面施工技术指南”P65），主要问题为易脆化、不密封、嵌入砂石材料后会被切成条片导致渗水；3) 使用性能：由于掺和了废胶，胀缝条的耐用性较差，使用一段时间后胀缝条会失去弹性、最后会收缩变形，出现拉裂（如湖南耒宜高速公路胀缝采用嵌缝条，两年后大量出现上述问题，后来全部更换为灌入式填缝胶）。其通病是使胀缝条下沉，不仅影响路面美观度，同时其砂石也会填入缝中造成胀缝失效、路面损坏。

水泥路面专用胀缝材料中灌入式填缝胶目前广东高速公路、一级公路使用的主要有两种，一种为常温施工式聚氨酯型，另一种为硅酮密封胶。硅酮密封胶的粘接力强，拉伸强度大，同时又具有耐候性、抗振性，和防潮、抗臭气和适应冷热变化大的特点。水泥混凝土为碱性材料，用于水泥混凝土路面填缝料的道路密封胶一般为单组分中性密封胶。

3.10 其他材料

3.10.1 防裂层及基层裂缝修补材料：主要品种有油毡、玻纤网及土工织物。

1 油毡

主要品种有：石油沥青纸胎油毡、玻纤胎和玻纤布胎油毡，纸胎油毡的抗拉强度、耐热性等指标不及玻纤胎和玻纤布胎，不推荐使用。推荐使用玻纤胎和玻纤布胎油毡。用作刚性、半刚性基层表明防裂层及裂缝处置宜使用 25 号优等和

一等品玻璃纤维胎油毡、合格和一等品玻璃布胎油毡，其物理力学性能应符合《石油沥青玻璃纤维胎油毡》(GB / T 14686)或《石油沥青玻璃布胎油毡》(JC / T 84)的规定。

2 玻纤网及土工织物

玻纤网及土工织物可用于贫混凝土刚性基层、半刚性基层表面防裂层及裂缝处置，也可用于加铺层底部旧混凝土路面或沥青路面顶面的防裂层。用于防裂层及裂缝防治的玻纤网和土工织物技术性能宜符合表 3-18 的要求。表 3-5 根据引自现行《公路土工合成材料应用技术规范》(JTJ/T019)第七章路面裂缝防治。

表 3-5 玻纤网和土工织物的技术性能

玻纤网		土工织物	
抗拉强度 (kN/m)	≥50	抗拉强度 (kN/m)	≥8
最大负荷延伸率 (%)	≤3	单位面积质量 (g/m ²)	≤200
网孔尺寸 (mm×mm)	12×12~20×20	最小梯形撕裂强度 (kN)	≥0.30
网孔形状	矩形	最低 CBR 顶破强度 (kN)	≥2.5

注：1 玻纤网和土工织物所有指标的测试温度：20±2℃；

2 用于热拌沥青路面底部防裂层时的耐热工作温度应不得低于 170℃。

3.10.3 养生剂

高速公路大型滑模机械施工的水泥混凝土路面，与施工速度慢的人工施工相比，对养生材料提出了特殊要求。在大型机械化摊铺条件下，要求使用养生剂养生，来满足大规模工业化生产的需求。

1 养生剂的化学品种

国内养生剂的化学品种主要有水玻璃基、石蜡基和聚合物单体树脂基三大类。经试验和工程使用证明，乳化石蜡养生剂保水率最高为 70%~85%，但不耐磨；聚合物单体树脂基保水率居中，缺点是易被雨水冲掉；水玻璃基养生剂仅 60%左右，但具有表面快速硬化，耐磨性较强的特点。

2 养生剂的技术要求

国家经贸委《水泥混凝土养护剂》(JC 901—2002)标准和《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30—2003)均规定养生剂应符合下列要求：

用于混凝土路面养护的养生剂性能应符合规范表 3. 10. 3 的规定。各项技

术指标的检验方法应符合《水泥混凝土养护剂》(JC901—2002)的要求。用于混凝土路面养生剂必须检验磨损量和成膜后浸水溶解性。

有效保水率是养生剂的最重要的技术要求和最重要技术特征,是其之所以称做养生剂的根据。抗压强度比是经养生剂保水后,混凝土强度发展的结果,是一项相对比较的参照指标。由于90%以上有效保水率是混凝土结构工程养护的客观要求,也就是说,在规定养生剂喷洒剂量和有微风蒸发率较大条件下,喷洒养生剂的(软)混凝土表面失水率应不大于10%,只有达到这样的保水效果,才是混凝土工程结构施工养护可以接受的。产品的质量必须满足所使用场合工程的客观需求。

3 公路混凝土路面使用养生剂的特殊要求

在公路混凝土路面上使用的养生剂除了满足其公共要求外,尚应满足路面露天施工和使用的下述3项特殊要求:

(1) 耐磨性

混凝土路面是车轮磨损的结构,必须满足其耐磨性要求。经养生剂养护的路面与标准养护和覆盖保湿养护相比,磨损量要求基本相当,这一点可以做到。例如,水玻璃养生剂是增强表面耐磨性的。施工实践表明:只要养生剂的保水率达到90%以上,耐磨性无问题;当使用75%以上保水率的养生剂时,耐磨性不佳,但加大喷洒剂量也无问题。

(2) 抗雨水冲刷性

养生剂的抗雨水冲刷性即标准中的成膜后浸水溶解性,这项性能对于露天施工的混凝土路面相当重要,雨水可以将成膜的养生剂冲刷干净,使路面完全没有养生。我们在路面施工中,已经遇到过聚合物类的养生剂被降雨冲刷干净的情况,数公里以上的路面不可能再重新喷洒养生剂,这会对表面弯拉强度和耐磨性造成较大的不利影响。但在某些连续浇筑的大体积混凝土结构上,需要将养生剂冲洗干净以利后续浇注施工,允许浸水溶解性差的养生剂品种存在,但路面上不允许使用。

(3) 成膜耐热性

成膜耐热性指养生剂薄膜在太阳曝晒下,表面温度60℃时,薄膜不融化流淌。我们在施工中遇到过使用油蜡生产的养生剂,薄膜在太阳曝晒下,表面温度

45℃以上时，就融化流淌，表面成黑色，如同洒上废旧机油一样，人踩上去有脚印，表面不仅没有养生，而且很脏。这样的养生剂不得在路面上使用。

(4) 养生剂的储存稳定性

养生剂的储存稳定性不好，会结皮沉淀而堵喷头，造成无法喷洒。抗雨水冲刷性即成膜后浸水溶解性和成膜耐热性是我国特有的两项指标。

4 养生剂的质量检验

表 3. 10. 3 注 1 为有效保水率试验条件：温度 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度 $32\% \pm 3\%$ ；风速 $0.5 \pm 0.2 \text{ m/s}$ 失水时间 72h。这些试验条件其实是在模拟现场大多数场合的施工微风较大蒸发条件。标准检测试验必须在有循环风作用的控温控湿箱中进行，才是准确和可信的。要强调的是水泥路面施工对养生剂的检验必须实现标准化，检验方法不标准，结果不仅毫无可比性，而且绝不可信。

我国的大多数试验室不具备上述试验条件，仅作相对比较试验，其结果是假的，不能反映养生剂产品的等级和保水率。随着国家经贸委《水泥混凝土养护剂》标准的颁布，试验装备会逐步配备起来。

除了标准方法以外，还有一些简便方法，可用于初步判断养生剂的质量优劣。

①养生剂薄膜孔隙定性观察：使用玻璃板，在其上喷洒标准剂量 0.25 kg/m^2 养生剂，制成风干的薄膜，观察成膜后的养生剂是否有漏水气的孔隙或乳化不好的颗粒。如果薄膜不连续，有孔隙，形成不了封闭膜层或颗粒粗大，肯定为劣质产品。养生剂成膜后，构成不了连续封闭不透水的保水薄膜，绝不可能有好效果。

②养生剂外观没有结皮、沉淀颗粒、手感很细腻，证明乳化良好，否则是乳化不好的产品。养生剂的生产应使用胶体磨进行，不得仅搅拌，拌和是不可能达到胶体尺寸的细度和粒度的。

5 养生剂的使用要求

施工规范规定：有条件的高速公路一级公路混凝土路面，宜选用一级品，最小喷洒剂量不得少于 0.30 kg/m^2 ；各级公路混凝土路面可使用合格品，最少喷洒剂量不得少于 0.35 kg/m^2 ；不得使用易被雨水冲刷掉的对混凝土强度、表面硬度有影响的养生剂。

目前国内外采取的方法是喷洒养生剂养生，只要路面未开放交通，可持续长

时间养生,其基本原理是保水,混凝土中搅拌用水如果不损失,足以满足养生混凝土路面的需要。这就要求养生剂喷洒在刚施工的水泥混凝土路面上的保水率或保水有效率应达到 90% 以上。

高速公路水泥混凝土路面使用养生剂,有其使用的难点,主要是试验时,试件均为光滑表面,而路面上有粗细两级抗滑构造,是完全粗糙的表面,养生剂喷洒时是液体,只能充满低洼部分,而无法覆盖住高翘的砂粒,加上我国所有的养生剂产品的保水率均达不到保水率 90% 以上的要求。所以,目前采用同时喷洒两种养生剂或只喷洒一种养生剂,再加盖塑料薄膜来保证养生效果。在喷洒两种养生剂时,先喷水玻璃基的可增强表明硬度的养生剂,再喷洒只起养生作用的石蜡基养生剂。覆盖塑料薄膜时,要加强保护,不使风或人损坏塑料薄膜。

养生剂的喷洒用量,在试验中,采用标准用量 $250\text{mL}/\text{m}^2$, 施工中,路面粗糙度远大于试件,应加大用量,采用 $300\text{ mL}/\text{m}^2$ 。喷洒方式有拉毛养生机和人工加水压机喷洒两种方式。压力视喷头高低,在 $1\sim 3\text{MPa}$ 之间。

3.10.4 混凝土节水保湿养护膜 *

混凝土节水保湿养护膜,为覆盖养生材料,是一种以新型可控高分子吸收材料为主,根据混凝土水化环境和机理研制出的节水型混凝土养护材料,可以满足混凝土硬化要求持续供水的要求,同时该养护材料吸水后热容与水相当,能保存混凝土水化所产生的热量,温度随外界变化小。养生期内,整个膜内组成一个温度、湿度相对独立的体系,如同一个大的调节装置,保持混凝土内部温度和湿度相对恒定,有效地提高混凝土早强,减少微裂缝的产生。由于该材料难于向空气挥发,却可以通过毛细管现象持续不断地向物体表面传递水份的特性,其所含水分全部为混凝土使用,耗水量极小。曾在湖南衡枣高速、广西水南高速、京珠高速公路等五十多条高速公路上大规模应用,并在河南尉许高速、广东清连高速、上瑞高速湖南邵怀段、四川西攀高速等高速公路上全线使用。在工程应用当中,形成了专业产品、专用设备、专门工艺的混凝土规范养生体系,有效抑制了微裂缝的产生,杜绝了施工期间路面出现断板的现象。养护期中只在铺设混凝土节水保湿养护膜前浇一次水,使之吸饱,膜内高分子材料呈果冻状;28 天养护期间不需要再次浇水。养生过程中,水分不间断的释放出来,形成较为恒定的温、湿

环境，只要覆盖好，可保持 20-30 天的高湿度养护。

指南中相关指标及施工要求参考了建筑工业行业产品标准：JG/T188-2006《混凝土节水保湿养护膜》。

4 路面混凝土配合比设计

4.4 刚性基层配合比设计 *

4.4.1 碾压基层贫混凝土配合比设计

碾压混凝土属于特干硬性混凝土，工作性指标的选择、检验与控制对于其压实度、弯拉强度及平整度至关重要，用改进 VC 值和 RA 法评价，改进 VC 值与 RA 法见本指南附录。

碾压基层混凝土由矿质混合料组成为连续级配，又经振动压路机及轮胎压路机等的碾压，使混凝土中各种集料排列为骨架密实结构，粗骨料之间的嵌锁作用对混凝土的性能作用很大。因此为了方便控制混凝土质量，可以在目标配合比材料组成的基础上回归一条级配曲线指导施工，如表 4.4.1-2。

5 施工准备

5.7 贫混凝土基层铺筑与质量检验

5.7.2 基层设隔离层时，依据隔离层类型与厚度，混凝土面板的横向缩缝在行车前进方向与基层接缝可前错 100~300mm，本要求比规范规定要小，实际工程中即使设置 2cm 厚的隔离层也不能完全消除基层裂纹反射。

5.8 碾压混凝土基层铺筑与质量检查 *

5.8.1 碾压贫混凝土基层铺筑要求

如果在旧混凝土板上铺筑碾压贫混凝土基层，应先在正式施工前采用同等级贫混凝土修补坑洞；如果在水泥稳定底基层上铺筑碾压贫混凝土基层应先清扫水泥稳定底基层上的浮料，无需清除粘附在底基层上保湿膜，保湿膜可作为底基层与基层之间的隔离层，并同时洒水湿润，将保湿膜修正平整。

碾压式贫混凝土基层铺筑采用与沥青混合料相同的机械铺筑。碾压砼属于干硬性砼，采用水泥砼滑模摊铺机施工难于达到预压密实度要求：88%以上。预压密实度不足，压路机施行

5.8.2 碾压混凝土基层施工

碾压混凝土基层施工与碾压混凝土面层施工工艺流程与施工控制基本相同，但因其水泥用量较碾压混凝土面层少，因此应注意其施工的特殊性，如配合比设计、工作性指标、以及碾压混凝土拌和、运输、摊铺、碾压。

碾压时，沉降量大，使已得到的平整度受到破坏。

纵、横向缩缝间距和位置应符合设计要求，新建或改建工程半幅施工时，横向缩缝间距宜 8~10m，对于水泥混凝土路面基层横向缩缝间距应考虑面板的缩缝间距，面板缩缝间距为 5m 时，基层横向缩缝间距应为 10m，切缝深度不宜小

于 1/4 板厚，最浅不宜小于 50mm，实际工程中应防止切缝过浅而出现基层断板。

7 混凝土面层铺筑

7.5 长陡坡、弯道段水泥混凝土路面铺筑 *

7.5.1 长陡坡、弯道段水泥混凝土路面施工的特殊性

为了获得必要的施工和易性，新拌混凝土拌合物必须具有一定的流动性。按以往施工经验，滑模摊铺机前拌合物最佳工作性宜保持在 20~50mm 之间。但在施工时，混凝土在振捣以后流动性会迅速提高，在陡坡路段，如果混凝土坍落度控制不当，混凝土在自身重力的作用下会向坡底流动，轻则影响路面的正常施工，严重的会在局部造成混凝土面层下部厚而上部薄，导致路面板厚度不均匀。特别是在铺筑钢筋混凝土路面时，施工速度变慢，振捣时间更长，为了保证钢筋网下部混凝土的密实性，还要求混凝土具有更高的坍落度，混凝土的流动性变化更大。因此在长陡坡段铺筑水泥混凝土路面对混凝土拌合物摊铺性能控制非常重要。

就混凝土拌合物配置而言，最重要的是确定在长大陡坡路段摊铺时的适宜的坍落度、坍落度经时损失值、粘聚性、凝结时间等性能的控制指标，按较高粘聚性进行配合比设计。就施工工艺而言，长陡坡路段摊铺机械选择、摊铺工艺、摊铺速度、供料技术、布料技术和普通路段有一定的差异，必须进行适当调整。

7.5.2 施工工艺控制措施

1 挤压底板前倾角的设置

滑模摊铺机满负荷运行时可铺筑的最大纵坡为：上坡 5%，下坡 6%。梅河高速和粤赣高速的纵坡均不大于 5%，因此，完全可以使用滑模摊铺机施工。但必须对滑模摊铺机原设定的工作参数进行必要的调整，以便摊铺机长大陡坡段摊铺时处于良好的工作状态。

挤压底板前倾角大小和提浆夯板深度与滑模摊铺机的推进阻力与挤压力大小关系很大，也是横向拉裂与否的关键要素。必须设定在最佳位置，方可正常摊铺。通常，滑模摊铺机在上坡施工，尤其是坡度较大时，为了防止摊铺机过载，

宜将挤压底板前仰角适当调小，挤压底板前倾角宜设置为 3° 左右。但某些进口滑模摊铺机挤压底板前端是圆弧状的喇叭口，如德国威特根的滑模摊铺机，能保证充足进料，形成足够的挤压力，如选用该种机型，无需设置前仰角。提浆夯板位置宜在挤压底板前缘以下 $5\sim 10\text{mm}$ 之间。此外，还应适当调轻抹平板压力，以避免抹平板过大的压力将铺好的路面损坏。一般的调节原则是，坡度越大，弯道越小，抹平板的压力应越小；相反，坡度较缓，弯道较大，压力可以适当调高。

下坡摊铺施工时，摊铺机的参数调节正好与上坡时的相反，前仰角宜适当调大，并适当调大抹平板压力，以板底不小于 $3/4$ 长度接触路表面时抹平板压力为宜。

2 防止溜肩的机械改造措施

混凝土路面在滑模摊铺时，由于两侧边缘没有模板支撑。若混凝土的工作性控制不好，面板摊铺以后常常会出现溜肩问题，因此必须设置相应的超铺角，以补偿脱模后素混凝土路面边缘的溜边现象。但有些摊铺机是不设超铺角的，如德国威特根的滑模摊铺机就不设超铺角，边缘脱模后的溜肩问题则通过加长两侧滑动模板来消除，一般两侧的滑动模板要延长 $2\sim 3$ 倍。这在平直路段没有问题，但在弯道路段，特别是超高弯道路段，过长的侧模不利于摊铺机转向。且容易出现外侧边缘脱空，内侧边缘挤坏混凝土的问题。因此，在超高路段摊铺时，需将加长侧模卸除，或选用有设置超铺角功能的摊铺机进行施工。超铺角的大小，应根据拌合物的稠度控制在 $3\sim 8\text{mm}$ 之间。混凝土拌合物的稠度高，选用高值；稠度低，采用低值。

3 布料工艺

上坡施工时，混凝土运输车辆摊铺机前的布料要均匀，不要过于集中，否则摊铺机较难推动，过大的阻力且使摊铺机不能均匀行进，速度忽大忽小，影响铺筑的平整度。

为了达到均匀布料的目的，在选用滑模摊铺机时，应尽量选用带有布料犁的摊铺机。或在摊铺机前配置一台挖掘布料机辅助布料。摊铺路段若布置有钢筋网时，布料机应用混凝土将钢筋网片上的行走位置提前铺筑好，以免将钢筋网压坏。

弯道施工时，混凝土应尽可能多布置在超高外侧，以便在振捣作用下能在重力的作用下向低侧流动。如果混凝土料在超高低侧布置较多，在振捣作用下，整

个摊铺断面的混凝土就不能较好地均匀分布，容易往低侧堆积，在低侧产生自重溜肩现象，稍微控制不好，就会出现板厚不均的问题。

4 振捣频率及摊铺速度的控制

为了防止漏振、欠振和过振，施工时应根据混凝土的稠度大小，随时调整振捣频率，振捣频率一般控制在 6000~8000r/min。可单独调整每根振捣棒振捣频率的滑模摊铺机，当在两侧卸下稠度不同的两车料时，应将料干一侧振捣棒的振捣频率迅速调大；料稀一侧振捣频率迅速调小。以保证两侧具有均匀一致的密实度与提浆厚度。弯道路段施工时，宜对超高外侧的振捣棒频率稍微调低一些，以免超高外侧的混凝土过稀，流到内侧路面。

长陡坡路段、弯道路段的摊铺应缓慢、匀速。尽量避免多次停机待料，由于停机后会出现静压横槽，影响路面行车舒适性，为了提高平整度，保证摊铺质量，路面的摊铺速度不能过快，一般应根据拌合物的稠度、供料的多少控制在 0.8~1.0m/s 为宜。

8 配筋及纤维混凝土路面铺筑

2 钢筋网

高速公路在基层耐冲刷性不够、强度不足、软土路基、高填方、填挖方交界或重交通超轴载车辆较多的路面上建议采用配筋混凝土路面或连续钢筋混凝土路面结构。其配筋率应通过计算，最小钢筋直径和最大间距由经验确定，符合新设计规范规定，见表 8—4。采用了钢筋混凝土路面后，注意接缝间距不再设 5m，可加长到 25m 左右，一般最小配筋率 0.6%。连续摊铺两个车道路面的中间纵缝也将取消。

表 8—4 钢筋最小直径和最大间距

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

3 边缘补强钢筋

在我国水泥混凝土路面设计规范中，在自由边缘下基础薄弱或接缝为未设传力杆的平缝时，要求在面板边设置边缘补强钢筋。边缘补强钢筋的形状与梁中的弯矩钢筋一样，是两根直径 12~16mm 间距 100mm 的弯起钢筋焊接骨架。设置位置距离板顶和板底 1/4 厚度并不小于 50mm，距离板边不小于 50mm。

在高速公路水泥混凝土路面上的边缘补强钢筋，并非要求全部路段均设，特别是滑模摊铺水泥混凝土路面，弯拉强度提高约 10%，没有必要全路段设置。

必须设置边缘补强钢筋的位置应在：

- ①高填方路段及高填方的桥头；
- ②软路基路段若没有配钢筋网，应设置边缘钢筋；
- ③立交合并车道的变形面板边缘；
- ④除高速公路外的其他等级公路的平交道口，与沥青路面、砂石路面相接部位，车辆上下面板的边缘。

9 隧道路面、桥面铺筑 *

9.1 隧道路面铺筑

隧道路面结构形式通常采用水泥混凝土路面，这主要是从施工和运营期间结构物的安全性和耐久性考虑的。

首先，隧道结构由于通风不良，特别是中、长隧道，通风性能很差，若采用沥青路面结构，施工期间散发的大量热气和有害气体不能及时排除，有损于施工人员的身体健康。而水泥路面施工时不排除任何热量或有害气体。

其次，水泥混凝土路面的耐水性能要优于沥青路面。因此，设计上通常要选用水泥混凝土路面。

再次，在施工或运营期间，一旦隧道内发生火灾，由于沥青是易燃材质，就会加剧火情，增大人员的逃生难度，同时也不利于险情救助。所以，铺筑隧道路面时，除非长度小于 100m 的短隧道，几乎全部采用水泥混凝土路面。

由于隧道内施工面小，滑模摊铺时无法实现侧向供料。所以，隧道路面不宜使用连续钢筋混凝土路面和间断钢筋混凝土路面，而应优选纤维混凝土路面、高弯拉强度混凝土路面和普通水泥混凝土路面。

为提高路面质量，隧道水泥路面必须使用滑模摊铺。从技术角度来看，隧道水泥路面的滑模铺筑技术已经很成熟，完全能铺筑出优异的道面结构。

与普通路面摊铺不同的是，要实现隧道路面滑模整幅摊铺，摊铺机履带只能行走在经过加固的两侧水沟盖板上。而摊铺出来的路面高度正好与水沟盖板等高，所以称隧道路面的摊铺为“零位摊铺”。一般摊铺机的成型底模不能下调，必须进行改装，才能实现摊铺与履带标高相同的路面。改装工作并不复杂，只需改变用于固定和悬挂摊铺底板装置的吊板钢板长度，使挤压底板最低缘高程降到路面高程位置即可。

隧道路面摊铺除参照第 7 章外，尚应采取以下措施

1) 确保通风安全

确保通风安全主要是从保证施工及施工人员安全方面考虑提出具体的要求。

2) 导线放样

由于隧道作业空间狭小，滑模摊铺基准线只能紧靠隧道壁架设，为了提高精度，直线段每 10m、曲线段每 5m 设置一个导线桩。导线每侧施加足够的拉力，保证拉线的挠度小于 1.5mm。并应提前设置好，在摊铺当天进行复测，精度要求达到保证摊铺后面板的标高、横坡等技术指标符合设计要求。

3) 混凝土配合比控制

混凝土拌合物工作性受现场砂石料等原材料的影响很大，尤其是砂石料的含水量的影响，混凝土拌合物温度对混凝土的强度等性能影响较大，必须严格控制。实际施工表明，拌和楼的误差较小，在 1%之内，拌和精度较高。且采用电脑自动配料，水泥混凝土的纯搅拌时间能保证不小于 45s。拌合时，充分考虑施工季节、气温和运距等因素的影响，微调复合型减水剂的掺量，保持摊铺现场的坍落度始终适宜于铺筑，且波动最小。后场混凝土的坍落度宜稳定于 6~8cm，运到前场时均保持在 4~6cm 的范围内，混凝土的工作性优异。

9.3 纤维混凝土桥面铺筑

钢筋网、合成纤维和钢纤维混凝土桥面铺装所用到的材料须符合第 3 章中的各项规定。进行纤维混凝土桥面铺装时，其钢筋网焊接、锚固与安装除应符合钢筋混凝土桥面铺筑要求外，尚应符合以下规定：

(1) 裸梁的检查与修复

特别是主梁翼缘板，由于厚度较薄，在各种施工车辆的频繁冲击下，极易损坏，若发现缺损应及时进行修复。具体修复方法是在损坏部位一侧凿掉松动的混凝土，露出钢筋，焊上接头钢筋，按原设计重新浇注混凝土。当预制梁的长度存在 $\geq 10\text{cm}$ 的缺口时，必须进行改善，修复方法同翼缘板的修复。

(2) 局部超高处理

在裸梁翼缘板厚度有保证的前提下，局部超高的部位应凿除。若超高部位面积较大，且凿除困难时，应及时进行调坡，保证铺装层具有足够的厚度。必须保证极限最薄厚度不小于 8cm。

(3) 界面清洁

将包括摊铺机履带行走部位的浮浆、渣土凿除，用水冲洗干净。

(4) 加密测量放线

布置线桩。按平面直线段 10m，曲线段 5m，平面缓和曲线或纵断面小半径竖曲线段根据具体情况按 1~5m 距离布设导线。施工导线应提前设置好，宜在当天摊铺前，对导线进行复测，导线精度要达到保证铺装层的标高、横坡、板厚、板宽、半径等技术指标符合规范要求。

(5) 钢筋网安装

纵向钢筋位于水泥混凝土板厚的 1/2 处，横向钢筋位于纵向钢筋之上。纵向钢筋搭接长度不小于 42cm，各搭接端连线与纵向钢筋的夹角小于 60°。钢筋网采用支架钢筋支撑，支架钢筋采用 $\Phi 12\text{mm}$ 的 R235 架立锚固筋，间距为 60cm，采用三角形布设，与钢筋网焊接，在同一垂直断面上不得有 2 个焊接头，相邻焊接头错开 50cm 以上。根据两侧测量放样出来的标高导线，人工拉线检测钢筋网的高度，使其在 1/2 板厚，并焊接固定好。

(6) 滑模摊铺机桥面铺筑方式

对于结合式桥梁，摊铺机可按跨越桥梁护栏的方式进行布设，即摊铺机的一侧履带置于路肩部位，另一侧置于另半幅桥面上。若桥梁为分离式，摊铺机只能布设于单幅桥面上。其一侧履带只能置于紧靠超车道护栏的 100cm 的桥面上，另一侧置于硬路肩上。此时工作界面非常狭窄，控制精度要求很高。

(7) 表面洒水湿润

由于桥梁的翼缘板厚度较薄，为了防止在高温天施工时，下部主梁结构从拌合物中吸水，导致混凝土出现裂缝。因此，在摊铺前的十几个小时用洒水车对主梁洒水湿润，吸水饱和，使其在摊铺时不再从混凝土中吸收水分。

10 水泥混凝土路面隔离层设置技术

为避免或延缓基层表面的冲刷，减小面板与基层之间的摩阻力，并使面层底面比较平缓，消除拉应力奇异区，降低施工和使用过程中的断板率，提高路面使用性能，宜在面层与基层间加入滑动隔离层。

10.1 沥青碎石类隔离层

10.1.1 透层油的选择及施工工艺要求

1) 为防止半刚性基层表面的冲刷破坏，高等级公路水泥路面上基层表面必须做沥青滑动隔离层，为了使隔离层与上基层表面粘接得更好，建议在高雨量地区，宜先洒透层油，再洒布隔离层油。

2) 不要求表面养生，表面干燥的基层可用液体沥青、稀释沥青和煤沥青。若基层表面同时要求透层油养生，以保持基层的潮湿状态，提高表面强度、硬度与抗冲刷性，此时，憎水性的液体沥青、煤油或轻质柴油稀释沥青和煤沥青就不适用。上基层表面处在潮湿状态下或要求继续保湿养生，可采用乳化沥青，但施工时必须注意不得被雨水冲刷，导致乳化沥青随水流失。因此，施工中推荐使用喷洒型破乳速度较慢的三种慢裂乳化沥青：阳离子乳化沥青 PC-2；阴离子乳化沥青 PA-2；非离子乳化沥青 PN-2。这是由其喷洒工艺决定的，主要原因是希望乳化沥青保持足够长时间的亲水性，慢裂有利于渗透入更深的位置。在已完成养生的干燥基层上，可使用中凝液体或稀释沥青 AL(M)-1 或 AL(M)-2，也可使用煤沥青 T-1、T-2。

3) 透层油应采用沥青洒布车一次喷洒均匀：在喷洒宽度内均匀分布，不得出现花白条。因此施工时必须稳定车速，保证均匀喷洒；喷嘴应根据透层油的种类和粘度选择开口大小，确保能喷成雾状，喷嘴与油管成 $15\sim 25^\circ$ 夹角，喷嘴高度应保证同一地点接受 2~3 个喷嘴喷洒的沥青。有花白条带处应用人工补喷。并保证乳化沥青破乳，同时不被车轮带走，因此需要进行养生，

4) 养生条件为：一是破乳期间不得淋雨、洒水、覆盖和污染；二是必须封

闭交通 10d。开放交通后，施工车辆通行时，若发现有剥落的，应用人工补喷，并在行车部位洒石屑隔离，防止破坏。

10.1.2 隔离层油的技术指标及施工工艺要求

1) 隔离层沥青种类的选择及其技术要求

(1) 虽然现行规范规定可以使用乳化沥青做隔离层，由于我们在施工中发现乳化沥青未破乳时，常被雨水冲刷流失。破乳后，乳化剂依然保留在沥青当中，在面板底部的动水压力作用下，依然能够被反乳化为墨汁一样的黑水流失掉，天长日久，我们担心隔离层使用乳化沥青就丧失其主要功能，即防止上基层被动水压力冲刷脱空之作用。

(2) 在梅河高速公路对隔离层深入研究中发现，乳化沥青在动水压力下能够被反乳化随水流失，并且在降雨径流条件下被冲刷流失。这就意味着难以保证水泥混凝土路面 30 年的设计基准期或 15 年左右长期实际使用寿命。因此，需要修改现行施工规范对隔离层油的要求，即隔离层油不应该使用喷洒乳化沥青，必须明确应喷洒热沥青隔离层。隔离层中使用的 90 号~130 号热石油沥青，其技术指标宜符合表 11.1.2 的规定。

2) 隔离层油喷洒施工技术要求

实践证明热沥青、液体沥青的隔离层使用效果优于乳化沥青，原因是热沥青与液体沥青喷洒膜层略厚一些，粘附性和封水性也比乳化沥青好些。在南方降雨量及降雨强度较大的地区应优选热沥青隔离层。

11 面层接缝、抗滑与养生

1 拉杆

1) 拉杆设置的尺寸要求

拉杆采用螺纹钢，设在面板中间，尺寸及间距见表 8—3。并按到自由边或未设拉杆纵缝的距离确定拉杆的设置间距。原则上是此距离越大者，拉杆距离越小，越密。与原设计规范 JTJ012—94 相比，拉杆的直径和长度不变，但间距根据所承担拉力的增大而加密设置。这是因为我们发现当面板尺寸增大，在路面长期横坡自重作用下，拉杆有拔出或拉断的现象。这项修订与欧美国家的规范基本相同。

表 8-3 拉杆尺寸及间距

板厚 h (mm)	到自由边或未设拉杆纵缝的距离 (m)					
	3.00	3.50	3.75	4.50	6.00	7.50
200~250	14×700×900	14×700×800	14×700×700	14×700×600	14×700×500	14×700×400
260~320	16×800×900	16×800×800	16×800×700	16×800×600	16×800×500	16×800×400

注：拉杆尺寸及间距数字为直径×长度×间距。

2) 拉杆设置中存在的问题

(1) 拉杆松脱

拉杆的最主要问题之一是在高速公路水泥混凝土路面施工中，由于施工方式不正确或施工干扰，混凝土拉杆的粘结不牢，有大量连续松动现象。我国有的小型机具施工的各级公路水泥混凝土路面，使用几年后，纵缝拉开间距达 30-100mm，这表明以前插入的大量拉杆完全被拔出失效，不得不锯槽，后补拉杆，并填补细石混凝土。有的高速公路的组织者以为可以省略拉杆钢筋，殊不知，混凝土路面是有横向坡度的，整体拉不住，就会自动爬移。特别在高填方路段，由于路基滑移，拉杆设置更有必要。

解决拉杆粘结不牢，防止松动，若采用滑模摊铺施工，应在摊铺机挤压底板侧向或后部中间打人，严禁摊铺后人工插入。若摊铺后人工插入，一是拉杆粘结不牢；二是影响边沿平整度，造成塌边。采用固定模板施工，应在振捣同时植入，严禁混凝土路面初凝或振捣后插入。拉杆只要植入一侧松动，就形同虚设。

(2) 拉杆插入深度不足

在一次滑模摊铺双车道以上或整幅高速公路水泥混凝土路面时，中央假纵缝中的拉杆插入深度不足，就是没有插到面板中央，仅在路表面下几厘米的位置上。这样一方面阻止了切开纵缝的断透；另一方面，在路基发生横向不均匀沉降时，路面横向产生了较大的弯矩，往往会在拉杆端头，行车道轮迹位置引发纵向断板裂缝。这种纵向裂缝在行车道重荷载作用下，由于存在横缩缝中粗集料嵌锁力和 / 或传力杆开裂应变的跨缝传递，发展得很快，可在几个月内延伸到数公里长，造成严重的路面质量问题。因此，拉杆设置深度必须严格控制插到面板中央，误差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ 。而我国以往使用单面板小型机具摊铺混凝土路面，则纵缝均为已经分离的真纵缝，则没有上述问题。

(3) 滑模摊铺中的 L 型拉杆设置

在滑模摊铺水泥混凝土路面施工中，有的进口滑模摊铺机配备 L 型拉杆，而且可插长度小于表 3-12 的要求，此时，要求等强互换，缩小拉杆间距，保证拉力足够。在连接摊铺下一幅路面时，要先将拉杆扳直。

11.4 混凝土桥面养生

由于桥面的上、下面都临空，因此桥面混凝土干燥得比路面上快得多，故桥面铺装的养生对于控制开裂而言更为重要。实际施工中，具体措施如下。

11.4.1 在混凝土初凝后应立即开始养生，一般大约在 3 小时左右。由机械或工人喷洒养护剂和加盖薄膜。施工时，至少配备四人同时喷洒养护剂，不允许先喷洒单边，然后再到另外一边喷洒，左右两边必须同时喷洒养护剂，中间喷洒不到的部位，工人应踩到便桥上喷洒。

11.4.2 桥面铺装养生剂喷洒用量宜不少 0.35kg/m^2 ，喷于酒后应及时覆盖薄膜养生。由于桥梁处于悬空状态，梁底通风良好，每隔一定时间要洒水养生，养生期为 14 天以上。

附录条文说明

附录 1 滑动隔离层功能测试方法 *

隔离层功能测试方法依据隔离层类型与工程设计要求选择，具体沥青隔离层其要求依据工程实际情况确定，隔离层功能测试结果可用于材料选择与施工控制。

附录 2 传力杆拉杆定位测试方法 *

传力杆拉杆定位直接影响其质量，影响路面性能，施工中应采取有效方法控制其安装精度。有疑问时可通过本方法测定混凝土中钢筋不同位置保护层厚度，从而推算钢筋在混凝土中的位置，检查安装精度。

附录 3 水泥混凝土路面噪音、光反射的测试方法 *

3.1 水泥混凝土路面噪声测试

梅河高速公路路面不同车型在不同的路面结构中产生的噪音统计结果见附表 3—1。

附表 3—1 梅河高速公路路面噪声测试值

桩号	路幅	路面结构类型	车型及相应的平均噪声值 (dB)							
			小汽车		大巴		大卡车		中巴、小卡	
			近	远	近	远	近	远	近	远
k150+700	左	沥青填方	82.7	73.9			84.9	77.1	84.7	70.5
k133+800	左	沥青填方上坡	78.9			72.9	85.5	71.4	82.9	66.3
k123+200	左	沥青填方下坡	74.9	62.6	78.3	76.3	78.9	72.9		70.1
k116+990	左	沥青填方直线	74.1	67.2		73.3	84.3	73.7		71.9
k115+800	左	水泥填方直线	78.6	70.1	91.3	74.4	86.5	78.3	82.7	
k100+100	左	水泥弯桥上坡	81.0	64.9	84.2	71.6	88.1	68.4	87.1	
k96+600	右	水泥桥上 不等距刻纹	82.3	64	86.7	68.7	88.2	76.6	83.3	61.5
k96+200	右	水泥弯道挖方上坡	75.3	69.3	82.5	75.7	88.1	73.5	80.2	72.6

		不等间距刻纹								
k**+750	左	东山岗隧道	88.9		90.9		91.4		90	
k56+900	右	水泥直线段	78.8	72.4	83.5		83.8	74.5	82.2	
k74+500	右	黄牛坳隧道	86.3		90.6		93.2		87.7	
k96+200	右	水泥半填半挖 不等间距	75.6	63.9	82.5	70.5	84.5	71.2	80.2	66
k155+200	右	沥青 挖方弯道外侧	76.8	64.8	80.7		85.1	73.4	84.8	69.8
k155+300	右	沥青直线段 独石大桥	79.8	63.0	84.3	69.6	86.8	68.7	84.7	66.5
k158+450	右	沥青填方上坡	76.2	63.1	79.8	70.1		70.9	79.6	64.9

注：（1）“近”指声级计所在路面半幅，“远”指另半幅。

（2）k96+200 右幅不等间距的某一组刻纹实测值为 29, 12, 28, 20, 23, 33, 22, 32, 17, 25, 35, 26, 33, 22, 28, 27, 34 (mm)。

测试结果表明：

（1）不同的车型在路面上产生的噪音差异较大，大卡车产生的噪音最大（86.4dB），其次为大巴车（84.6dB），再次为中巴、小卡（83.8dB），噪音最小为小汽车（79.3dB）。

（2）噪音随传播距离的增加而减小。不同车型的衰减值分别为：大卡车 13.3dB（86.4~73.1dB），其次为大巴车 12.3dB（84.6~72.3dB），再次为中巴、小卡 15.8dB（83.8~68dB），产生噪音最小为小汽车 12.7dB（79.3~66.6dB）。

（3）就沥青路面和水泥路面（不含隧道路面）而言，产生的噪音分贝值相差不大，不同车型在沥青路面和水泥路面产生的噪音分别为：小车 77.6dB, 78.6dB；大巴 80.8dB, 85.1dB；大卡车 84.3dB, 86.5dB；中巴、小卡 83.0dB, 82.6dB；除了大巴在不同路面结构产生的噪音差别较大为，其余车型在不同路面结构上产生的噪音值相差不到 2dB。中巴和小卡车在水泥混凝土路面上产生的噪音甚至比在沥青路面上的要小一些。

（4）车辆在不等间距刻纹路面上行驶时，噪声值约减小 1~3dB，不同车型在等间距刻纹和不等间距刻纹水泥路面上的噪声值分别为：小车 79.5dB, 77.7dB；大巴 86.3dB, 83.9dB；大卡车 86.1dB, 86.9dB；中巴、小卡 84.0dB, 81.2dB。

（5）车辆在隧道里行驶时产生的噪音比在隧道外产生的噪音约高 5~10dB，不同车型在隧道里、外产生的噪声值分别为：小车 87.6dB, 78.6dB；大巴 90.8dB,

85.1dB；大卡车 92.3dB，86.5dB；中巴、小卡 88.9dB，82.6dB。

附录 4 碾压混凝土工作性测定方法

本试验参照路面碾压混凝土工作性改进 VC 值的试验方法测定。采用改进 VC 值试验方法测定基层碾压混凝土混合料的稠度时，建议同时用 RA 法测定易压实性，以控制现场混凝土压实度。