

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T 3577—2019

水泥稳定碎石基层施工技术规范

Technical Specification for Construction of Cement Stabilized Base

2019 - 05 - 29 发布

2019 - 06 - 29 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 材料..... 3

 4.1 一般规定..... 3

 4.2 水泥及添加剂..... 3

 4.3 水..... 3

 4.4 集料..... 4

5 混合料组成设计..... 5

 5.1 一般规定..... 5

 5.2 强度要求..... 6

 5.3 混合料推荐级配范围及技术要求..... 7

 5.4 目标配合比设计技术要求..... 8

 5.5 生产配合比设计技术要求..... 8

6 混合料的生产、摊铺和碾压..... 8

 6.1 一般规定..... 9

 6.2 施工准备..... 9

 6.3 混合料的生产 and 运输..... 9

 6.4 混合料的摊铺..... 10

 6.5 混合料的碾压..... 11

 6.6 试验段的铺筑..... 12

7 养生、交通管制、层间处理及其他..... 12

 7.1 一般规定..... 12

 7.2 养生方式..... 12

 7.3 交通管制..... 13

 7.4 水泥稳定碎石材料层之间的处理..... 14

 7.5 水泥稳定碎石材料基层与沥青面层之间的处理..... 14

 7.6 水泥稳定碎石基层收缩裂缝的处理..... 14

8 施工质量标准与控制..... 15

 8.1 一般规定..... 15

 8.2 材料的标准试验..... 15

 8.3 试验段铺筑..... 16

 8.4 质量管理..... 17

8.5 检查验收..... 17

附 录 A （规范性附录） 条文说明.....19

附 录 B （规范性附录） 水泥稳定碎石混合料水泥剂量测定方法（EDTA 滴定法）23

附 录 C （规范性附录） 水泥稳定碎石混合料级配检验方法（水洗法）26

附 录 D （规范性附录） 水泥稳定碎石混合料配合比设计方法..... 29

附 录 E （规范性附录） 水泥稳定碎石混合料质量控制关键环节..... 31

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省交通运输厅提出并监督实施。

本标准由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

本标准由山东省交通科学研究院负责起草，齐鲁交通发展集团有限公司、山东高速股份有限公司、山东鲁中公路建设有限公司、山东高速潍日公路有限公司、菏泽市公路管理局、山东泰山路桥工程公司、日照交通发展集团有限公司、滨州市公路管理局参加起草。

本标准主要起草人：马士杰、左志武、胡家波、刘甲荣、高雪池、申全军、陈成勇、韦金城、季正军、郭建民、杨永富、高立勇、董昭、余四新、孙兆云、崔世萍、赵宁、王光勇、江照伟、赵冉、邹宗民、王建强、李刚、董思学、陈公增、安平、吴立强、冯启军。

水泥稳定碎石基层施工技术规范

1 范围

本规范规定了水泥稳定碎石基层、底基层施工技术的术语和代号、材料、混合料设计、生产与施工、施工质量管理与检查验收。

本规范适用于山东省内各等级公路与城市道路新建及改扩建工程的水泥稳定碎石基层、底基层设计与施工，养护大中修工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG D50 公路沥青路面设计规范
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
GB 5749 生活饮用水卫生标准
GB/T 5750 生活饮用水标准检验方法
JGJ 63 混凝土用水标准
JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG E60 公路路基路面现场测试规程
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册（土建工程）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半刚性基层 Semi-Rigid Base

采用无机结合料稳定集料或土类材料铺筑的基层。

3.2

水泥稳定材料 Cement Stabilized Material

以水泥为结合料，通过加水与被稳定材料共同拌合形成的混合料，包括水泥稳定级配碎石、水泥稳定级配砾石、水泥稳定石屑、水泥稳定土、水泥稳定砂等。

3.3

最大粒径 Maximum Grain Size

混合料中筛孔通过率为100 %的最小标准筛孔尺寸，单位mm。

3.4

公称最大粒径 Nominal Maximum Aggregate Size

混合料中筛孔通过率为90 %~100 %的最小标准筛孔尺寸，单位mm。

3.5

最佳含水率和最大干密度 The Optimum Water Content and The Maximum Dry Density

无机结合料稳定材料进行击实或振实试验时，在含水率-干密度坐标系上绘出各个对应点，连成圆滑的曲线，曲线的峰值点对应的含水率和干密度即为最佳含水率和最大干密度。表明在最佳含水率及最佳压实效果的状态下稳定材料所能达到的最大干密度，单位 g/cm^3 。

3.6

凝结时间 Setting Time

水泥凝结时间有初凝与终凝之分，初凝时间是指从加水开始到开始失去可塑性所需时间，而终凝时间是指从加水到完全失去塑性的时间，单位h。

3.7

松铺系数 Coefficient of Loose Paving Material

材料的松铺厚度与达到规定压实度的压实厚度之比。

3.8

容许延迟时间 Permitted Delay Time

在满足强度标准的前提下，水泥稳定材料开始拌合至碾压成型结束所容许的最大时间间隔，单位h。

3.9

碾压遍数 Compaction Time

压路机沿相同或相近轮迹往、返碾压各1次，称为碾压1遍，并以此方式计算碾压数量。

3.10

压实度 Degree Of Compaction

筑路材料压实后的干密度与标准最大干密度之比，单位%。

3.11

乳化沥青 Emulsified Asphalt

石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等的作用下经乳化加工制得的均匀沥青产品，也称沥青乳液。

3.12

透层 Prime Coat

为使沥青面层与非沥青材料基层结合良好，在基层上喷洒液体石油沥青、乳化沥青、煤沥青而形成的透入基层表面一定深度的薄层。

3.13

封层 Seal Coat

为封闭表面空隙、防止水分侵入而在沥青面层或基层上铺筑的有一定厚度的沥青混合料薄层。铺筑在沥青面层表面的称为上封层，铺筑在沥青面层下面、基层表面的称为下封层。

4 材料

4.1 一般规定

- 4.1.1 在原材料试验评定中，应随机选取具有足够数量的样本进行材料试验。
- 4.1.2 水稳铣刨料宜用于低于原路面结构层位或原路等级的公路建设，其技术指标应满足本规范的相关要求。

4.2 水泥及添加剂

- 4.2.1 强度等级为 42.5 且满足本规范要求的硅酸盐等水泥均可使用。
- 4.2.2 所用水泥初凝时间应大于 4 h，终凝时间应大于 6 h 且小于 10 h。
- 4.2.3 快硬、早强以及受潮变质的水泥不得使用。
- 4.2.4 水泥技术要求应符合表 1 的规定。

表 1 水泥技术要求

项目	细度		凝结时间		安定性	抗折强度		抗压强度	
						42.5			
			初凝	终凝		3d	28d	3d	28d
单位	%	m ² /kg	h	h	----	MPa	MPa	MPa	MPa
质量要求	≤10	≥300	≥4	≥6	合格	≥3.5	6.5	≥17	≥42.5
试验方法	T 0502	T 0504	T 0505			T 0506			

4.2.5 水泥进场入罐前，需对安定性进行检验，安定性合格后才能使用；夏季高温作业时，水泥温度不应高于 50 ℃，否则，应采取降温措施。

4.3 水

- 4.3.1 符合现行 GB 5749 的饮用水可直接用作基层、底基层材料拌合与养生用水。
- 4.3.2 如采用其他用水时应进行水质检验，技术要求应符合表 2、3 的规定。

表 2 非饮用水技术要求

项次	项目	技术要求	试验方法
1	pH 值	≥4.5	GB/T 6920
2	CL-含量 (mg/L)	≤3 500	GB/T 11896
3	S02-4 含量 (mg/L)	≤2 700	GB/T 11899

表 2 非饮用水技术要求（续）

项次	项目	技术要求	试验方法
4	碱含量（mg/L）	≤1 500	GB/T 176
5	可溶物含量（mg/L）	≤10 000	GB 5750
6	不溶物含量（mg/L）	≤5 000	GB/T 11901
7	其他杂质	不应有漂浮的油脂和泡沫及明显的颜色和异味	

4.4 集料

- 4.4.1 水泥稳定碎石混合料中的集料是经过人工轧制的各种尺寸的碎石，高等级公路水泥稳定碎石混合料应控制集料颗粒最大粒径不超过 31.5 mm。集料以 4.75 mm 为分界点，大于 4.75 mm 为粗集料。
- 4.4.2 水泥稳定碎石混合料中的碎石，应洁净、干燥，并具有足够的强度和耐磨耗性，其颗粒形状应具有棱角，接近立方体。
- 4.4.3 水泥稳定碎石混合料应采用不少于 4 个等级公称粒径备料。推荐分级至少为：0 mm～5 mm，5 mm～10 mm、10 mm～20 mm、20 mm～30 mm 四种规格，条件具备的可将 0 mm～5 mm 进一步分为 0 mm～3 mm 和 3 mm～5 mm 两档规格。
- 4.4.4 细集料包括机制砂、天然砂、石屑。采用反击式或锤式破碎机生产的硬质岩集料经过筛选的小于 3mm 的部分具有较好的棱角性，可以作为机制砂使用。所有人工生产的细集料生产过程中须采用除尘装置以控制粉尘含量，保证其满足规范要求。
- 4.4.5 严把材料准入关，坚决杜绝不合格材料入场，原材料进场需严格按照规定频率进行质量检验。
- 4.4.6 水泥稳定碎石混合料用集料的技术指标必须满足表 3 要求。

表 3 集料技术要求

指标	单位	技术要求		试验方法
		粗集料	细集料	
压碎值 ¹ ，不大于	%	26	—	T 0316
表观相对密度，不小于	—	2.50	2.50	T 0304、T 0328
吸水率，不大于	%	3	—	T 0304、T 0328
坚固性，不大于	%	12	12	T 0314、T 0340
水洗法<0.075 mm 颗粒含量，不大于	%	3	15	T 0310、T 0333
		粗集料	细集料	
砂当量 ² ，不小于	%	—	50	T 0334
片状颗粒含量，不大于 4.75 mm～9.5 mm 大于 9.5 mm	%	25 15	—	T 0312
软石含量，不大于	%	5	—	T 0320

注 1：压碎值指标此处提出的适用于中交通及以上等级公路，用于轻交通时可适当放宽至 30。

注 2：砂当量指标是对小于 0.075 mm 颗粒含量的一个补充，主要为了控制细集料中泥土含量。

4.4.7 基层、底基层的集料规格要求宜符合表 4 的规定。

表 4 集料规格要求

规格名称	工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
		31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075	
G1	20-30	100	70-100	0-15	0-5					19-26.5
G2	10-25	100	90-100		0-15	0-5				9.5-26.5
G3	10-20		100	90-100	0-15	0-5				9.5-19
G4	5-10			100	90-100	0-15	0-5			4.75-9.5
G5	3-5				100	90-100	0-15	-		2.36-4.75
G6	0-5				100	90-100	60-90	20-55	0-15	0-4.75
G7	0-3					100	90-100	25-60	0-15	0-2.36

4.4.8 当单一规格集料的粒径组成不满足表 5 要求而配合后的混合料级配满足要求时，在加大混合料级配检测频率和混合料性能（无侧限抗压强度）试验满足要求的基础上，也允许使用。但为了保证集料级配的稳定性，确保混合料合成级配的波动在允许偏差范围之内，不同规格集料关键筛孔通过率以标准级配偏差范围进行控制，关键筛孔允许偏差范围按表 5 规定。

表 5 单一规格集料级配允许偏差范围

规格 (mm)	筛孔							
	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
20~30		±15 %	±8 %					
10-25		±15 %		±8 %	±7 %			
10~20			±10 %	±8 %				
5~10				±8 %	±7 %			
3~5						±7 %		
0~5					±7 %			不超过 15 %
0~3						±7 %		不超过 15 %

5 混合料组成设计

5.1 一般规定

5.1.1 水泥稳定碎石混合料用于基层、底基层时宜采用同一级配范围。

5.1.2 水泥稳定碎石混合料组成设计应包括原材料检验、目标配合比设计、生产配合比设计和施工参数确定四部分。

水泥稳定碎石混合料组成设计流程见图1。

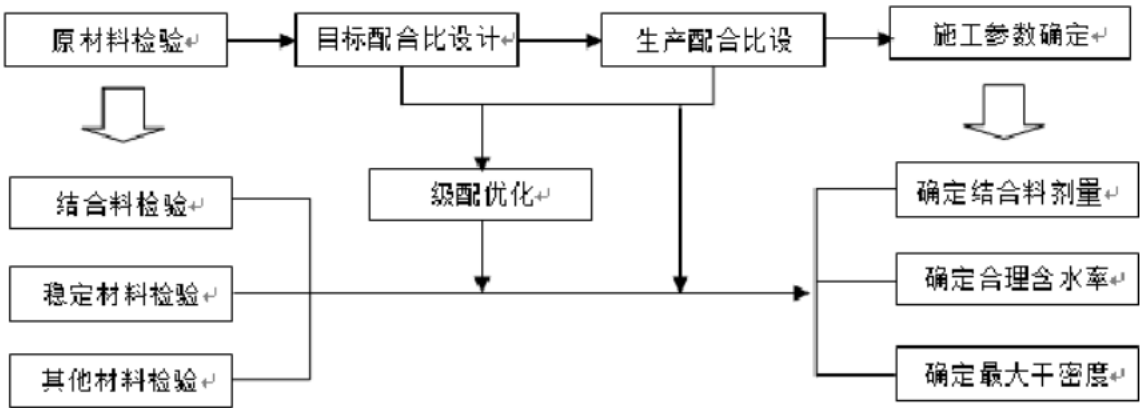


图 1 水泥稳定碎石混合料设计流程

5.1.3 目标配合比设计应包括下列技术内容：

- a) 根据交通量等级选择强度设计值；
- b) 选择级配曲线；
- c) 确定水泥种类及掺配比例；
- d) 验证混合料相关的设计及施工技术指标。

5.1.4 生产配合比设计应包括下列技术内容：

- a) 确定拌合站流量曲线；
- b) 确定集料仓供料比例；
- c) 确定水泥剂量的标定曲线；
- d) 确定施工中水泥的剂量；
- e) 确定混合料的最佳含水率、最大干密度；
- f) 确定水泥稳定材料的容许延迟时间。

5.1.5 施工参数确定应包括下列技术内容：

- a) 确定施工合理含水率及最大干密度的波动范围；
- b) 确定水泥剂量的容许计量范围；
- c) 验证混合料强度指标。

5.1.6 确定水泥稳定碎石混合料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，当通过对比验证与标定时也可采用振动压实法。

5.1.7 将重型击实法确定的最大干密度乘以 1.01~1.03 的系数作为现场压实度控制的标准最大干密度，具体系数依据试验段压实效果最终确定。

5.1.8 在施工过程中，材料品质或规格发生变化、水泥品种发生变化时，应重新进行材料组成设计。

5.2 强度要求

5.2.1 水泥稳定碎石基层、底基层应具有适当的强度和稳定性、较小的收缩（温缩及干缩）变形和较强的抗冲刷能力。

5.2.2 水泥稳定碎石混合料的压实度、7 d 龄期无侧限抗压强度代表值应符合表 6 规定范围的要求，且不宜超过高限。

表 6 水泥稳定碎石材料的压实度及 7d 无侧限抗压强度

层位	极重、特重交通		重、中交通		轻交通	
	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
基层	≥98	4.0~5.0	≥98	3.5~4.5	≥97	≥3.0
底基层	≥97	>3.0	≥97	>2.5	≥96	>2.0

- 5.2.3 水泥稳定碎石混合料水泥剂量一般为 3 %~5 %，当达不到强度要求时应优先调整级配，基层最大水泥剂量不宜超过 5 %，底基层水泥剂量不宜超过 4 %。
- 5.2.4 强度试验时，应按照现场压实度标准采用静压法成型试件，最佳含水率及最大干密度取重型击实方法得到的结果。
- 5.2.5 强度试验试件的径高比应为 1:1。水泥稳定碎石混合料的试件直径应为 150 mm。
- 5.2.6 强度试验时，平行试验的最少试件数量应符合表 7 的规定。试件结果的变异系数大于表中规定值时，应重做试验或增加试件数量。

表 7 平行试验的最少试件数量

变异系数 (%)	≤10	10~15	15~20
试件数量 (个)	6	9	13

- 5.2.7 根据试验结果，应按式 (1) 计算强度代表值 R_d^0 。

$$R_d^0 = \bar{R} \cdot (1 - Z_a C_v) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Z_a —标准正态分布表中随保证率或置信度 a 而变的系数，高速公路和一级公路应取保证率 95 %，即=1.645；二级及二级以下公路应取保证率 90 %，即=1.282；

$\bar{R}$ ——一组试验的强度平均值；

C_v ——一组试验的强度变异系数。

- 5.2.8 强度数据处理时，宜按 3 倍标准差的标准剔除异常数值，且同一组试验样本异常值剔除应不多于 2 个。

- 5.2.9 强度代表值 R_d^0 应不小于强度设计值 R_d ，见式 (2)。当 $R_d^0 < R_d$ 时，应重新进行配合比试验。

$$R_d^0 \geq R_d \dots\dots\dots (2)$$

5.3 混合料推荐级配范围及技术要求

- 5.3.1 水泥稳定碎石混合料的最大粒径为 31.5 mm，公称最大粒径为 26.5 mm，宜采用骨架密实型级配。
- 5.3.2 依据强度满足要求，抗裂能力最佳的原则，尽量减少 0.075 mm 通过率，综合考虑抗裂特性及强度要求，水泥稳定碎石混合料的集料级配设计应符合表 8 的级配范围。

表 8 骨架密实水泥稳定碎石混合料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
上限	100	100	86	55	36	26	16	5
下限	100	90	76	43	26	16	8	2
中值	100	95	81	49	31	21	12	3.5

5.4 目标配合比设计技术要求

- 5.4.1 应根据当地材料特点，交通量等级，选择合适的混合料配合比设计强度。
- 5.4.2 选定目标级配曲线后，应对各档材料进行多次筛分，确定其平均筛分曲线及相应的变异系数，并按 2 倍标准差计算出各档材料筛分级配的波动范围。
- 5.4.3 在目标配合比设计中，应选择不少于 3 个水泥剂量，分别确定混合料的最佳含水率和最大干密度。
- 5.4.4 应根据试验确定的最佳含水率、最大干密度及压实度要求成型标准试件，验证不同水泥剂量条件下混合料的技术性能，确定满足设计要求的最佳水泥剂量。
- 5.4.5 应按下列步骤合成目标级配曲线并进行性能验证：
 - a) 根据各档材料的平均筛分曲线进行目标级配的合成，确定其使用比例，得到混合料的合成级配；
 - b) 根据合成级配进行混合料重型击实试验和 7 d 龄期无侧限抗压强度试验，验证混合料性能。
- 5.4.6 根据已确定的各档材料使用比例和各档材料级配的波动范围，计算实际生产中混合料的级配波动范围；并针对这个波动范围的上、下限验证性能。

5.5 生产配合比设计技术要求

- 5.5.1 根据目标配合比确定的各档材料比例，应对拌合设备进行调试和标定，确定合理的生产参数。
- 5.5.2 拌合设备的调试和标定除包括料斗称量精度、水泥计量和拌合设备加水量等法定计量标定外，还应进行转速流量曲线的标定，并符合下列规定：
 - a) 绘制各集料仓转速流量曲线，不少于三个流量参数；
 - b) 按各档材料的比例关系，设定相应的称量装置，调整拌合设备各个料仓的进料速度；
 - c) 按设定好的施工参数进行试生产，调试生产级配，不满足要求时，应进一步调整施工参数。
- 5.5.3 应在生产级配调试的基础上进行试验段的铺筑对生产级配进行验证，并取样、试验。试验应符合下列规定：
 - a) 通过混合料中实际含水率的测定，确定施工过程中水流量计的设定范围；
 - b) 通过混合料中实际结合料剂量的测定，确定施工过程中结合料掺加的相关技术参数；
 - c) 通过击实试验，确定结合料剂量变化、含水率变化对混合料最大干密度的影响；
 - d) 通过抗压强度试验，确定材料的实际强度水平和拌合工艺的变异水平。
- 5.5.4 混合料生产参数的确定应包括水泥剂量、含水率和最大干密度等指标，并应符合下列规定：
 - a) 对水泥稳定碎石混合料，实际生产采用的水泥剂量宜比室内试验确定的剂量增加 0.2 %～0.5 %；
 - b) 结合施工过程的运距及气候条件，对水泥稳定碎石混合料含水率进行合理调整；
 - c) 最大干密度应以最终合成级配击实试验结果为标准。

6 混合料的生产、摊铺和碾压

6.1 一般规定

- 6.1.1 水泥稳定碎石混合料应采用集中厂拌法拌合，并使用摊铺机摊铺。
- 6.1.2 水泥稳定碎石层的压实厚度不宜超过 200 mm。
- 6.1.3 混合料的拌合设备与混合料摊铺、压实设备应相互匹配。
- 6.1.4 拌合站的选址应选择相对较高的位置，且场地平整并具有足够的承载能力，同时做好场站内的防、排水。
- 6.1.5 基层、底基层施工前应编制详细的施工组织计划。

6.2 施工准备

- 6.2.1 原材料应分档隔仓存放并做好标识，储料仓的规划及建设要满足标准化建设及环保的相关要求。
- 6.2.2 混合料拌合生产设备应满足下列要求：
 - a) 对高速公路和一级公路，必须配置产量不小于 600 t/h 的拌和机，采用双层连铺工艺时应配置 2 台同型号的拌和机；
 - b) 拌合设备的集料仓数目应比规定的备料档数增加 1 个；
 - c) 各个料仓之间的档隔板高度应不小于 1 m，同时各料仓口必须安装钢筋焊接网；
 - d) 为使混合料拌和均匀，拌缸总长度不小于 5 m，宜采用两级拌合的生产工艺，也可采用间歇式拌合生产工艺，拌合时间应不少于 15 s；
 - e) 水泥罐应密闭、干燥，同时内部应装有破拱装置，总储量不小于 100 t，水泥过渡仓大小满足连续拌合的需求；
 - f) 各料斗、料仓应配置高精度电子动态计量器；
 - g) 水的计量应采用电子计量的方式，对高速公路和一级公路，水的流量数值应在中央控制室的控制面板上显示；
 - h) 拌和机储料仓具有防离析装置，卸料口离地高度控制在 4 m 以内，减少生产及放料过程中混合料的离析。
- 6.2.3 应选用功率不低于 120 kW 并具备夯锤振捣的摊铺机，高速公路、一级公路主线摊铺时不得采用伸缩式摊铺机，摊铺机性能良好，具有一定的防离析功能。
- 6.2.4 压路机的吨位和数量，要根据摊铺宽度、厚度，同时要与拌和机和摊铺机的生产能力相匹配，以保证施工的连续性。
- 6.2.5 为保证施工的连续性，避免出现停机等料或者拌合站窝工现象，必须配备足够数量的运输车辆。

6.3 混合料的生产运输

- 6.3.1 开工前，拌合场的备料应能满足 3~5 天的摊铺用料。每天应根据场内集料的实际含水率，计算当天的生产配合比。
- 6.3.2 在拌合过程中，应实时监测各个集料仓的生产计量。对于高速公路和一级公路，应每 10 min 打印各集料仓的使用量，宜采用动态监控系统。
- 6.3.3 水泥稳定碎石混合料生产过程中，应视天气及运距情况，动态调整混合料的含水率，每隔 1 h 测定一次含水率，每隔 2 h 测定一次水泥剂量，并做好记录。
- 6.3.4 混合料运输车车厢应保持干净，不得存在杂物。
- 6.3.5 装料过程中，运输车辆要前后移动，分多次装料，或者按照图 2 所示分“前、后、中”三次装料，减少混合料的离析。



图2 运输车装料示意图

6.3.6 混合料运输车装好料后，应用篷布将厢体覆盖严密，直到摊铺机前准备卸料时方可打开。

6.4 混合料的摊铺

6.4.1 底基层、基层分层施工时，应采用两层连续摊铺、分层碾压一次成型工艺。

6.4.2 摊铺前的准备工作：

- a) 摊铺前，首先完成测量放线工作，然后对下承层适当洒水润湿；
- b) 摊铺前应安排专人对下承层薄弱部位进行清理，对于路床起皮或者松散部位处理后方可进行摊铺；
- c) 摊铺前检查机器各部运转情况，而且每天坚持重复此类工作；
- d) 调整好传感器臂与导向控制线的关系，严格控制结构层厚度和高程，其路拱横坡应与面层一致；
- e) 支撑侧模可采用槽钢或方木，厚度宜与结构层厚度一致，长度不宜大于3 m，定位钢钎长度合适，宜采用圆钢，侧模数量要考虑能够满足1天施工的长度；
- f) 整幅摊铺时，高程控制采用两侧挂线，中间采用铝合金导梁控制高程，挂线桩间距直线段不大于10 m，曲线段不大于5 m，钢丝采用直径2.5 mm~3.0 mm，拉力应大于100 kgf；
- g) 两层连续摊铺时可考虑一次挂线两层施工。

6.4.3 采用两台摊铺机并机摊铺时，前后两台摊铺机呈梯队作业，前后间距不大于10 m，中间搭接处重叠5 cm~10 cm，做好中间搭接位置处的防离析。

6.4.4 对无法使用机械摊铺的超宽路段、结构物端部位置，应采用人工同步摊铺、修整，并同时碾压成型。

6.4.5 摊铺机前挡板下缘应增设橡胶挡板，橡胶挡板底部距下承层距离不大于100 mm，同时前挡板距离侧挡板间距不大于300 mm。

6.4.6 摊铺机的螺旋布料器应有不少于三分之二埋入混合料中。

6.4.7 在摊铺机后面应设专人消除细集料离析现象，特别应该铲除局部粗集料“窝”，并用新拌混合料填补。

6.4.8 两层连续摊铺施工工艺宜按照图3的流程进行施工控制。

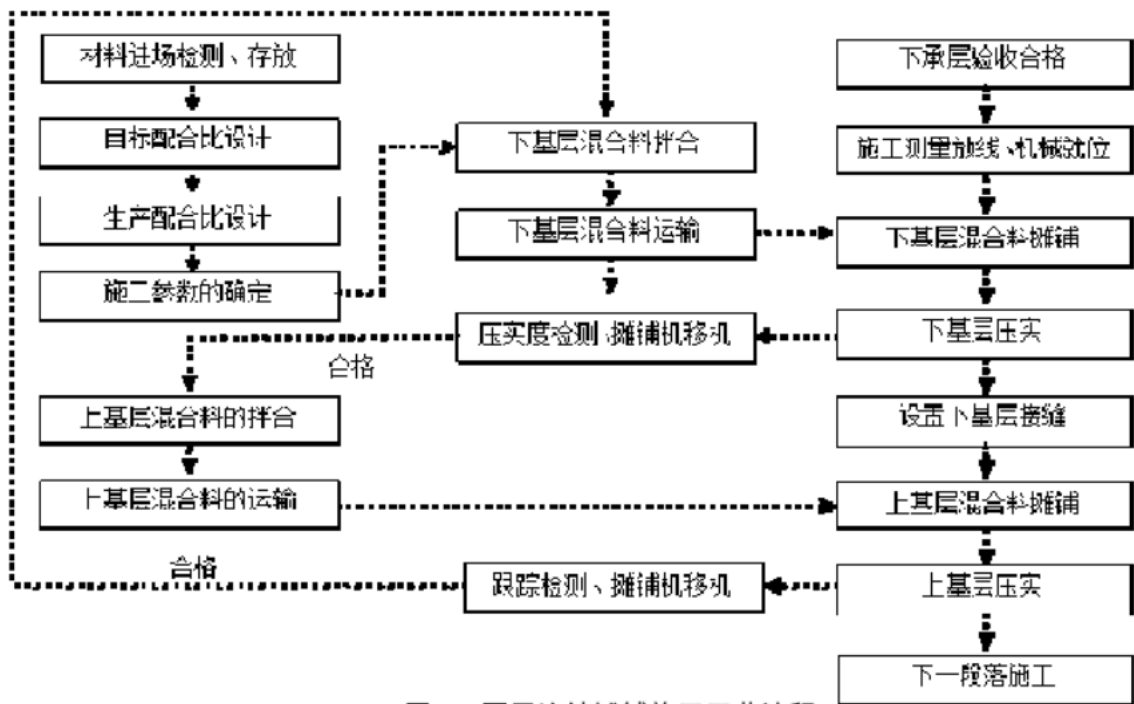


图3 两层连续摊铺施工工艺流程

6.5 混合料的碾压

- 6.5.1 每个摊铺作业面，应配有振动压路机，三轮或双钢轮压路机和轮胎压路机三组合进行碾压，一次碾压长度以 80 m 为宜。
- 6.5.2 应在混合料含水率处于或略大于最佳含水率时进行碾压，直到达到要求的压实度。
- 6.5.3 碾压程序和碾压遍数应通过试验路段确定。碾压应遵循试验路段确定的程序与工艺。
- 6.5.4 压实时，遵循初压→复压→终压的程序，压至无轮迹为止。
- 6.5.5 碾压设备组合及程序如下：
- a) 初压：采用单钢轮振动压路机前静后振 1 遍，也可以采用双钢轮压路机静压 1 遍或者胶轮压路机静压 2 遍；
 - b) 复压：采用钢轮振动压路机弱振 1 遍，强振不少于 3 遍；
 - c) 终压：三轮压路或者双钢轮机静压不少于 1 遍，直至无明显轮迹。
- 6.5.6 压路机碾压时重叠 20 cm~30 cm。压路机倒车换挡要轻且平顺，不得对碾压结构层造成扰动。
- 6.5.7 压路机碾压时的行驶速度，第 1~2 遍为 1.5 km/h~1.7 km/h，以后各遍应为 2.0 km/h~2.5 km/h。
- 6.5.8 压路机停车要错开，且间隔不少于 3 m，应停在已碾压好的路段上，以免破坏已碾压完成的结构层。严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车，以保证已完成碾压结构层表面不受破坏。
- 6.5.9 碾压过程中，摊铺结构层表面应始终保持湿润，如水分蒸发过快，可采用喷雾方式适量补水，严禁高压补水。如有“弹簧”现象，要及时翻开重新拌合（加适量水泥）处理至符合要求。
- 6.5.10 碾压宜在水泥初凝前及试验确定的延迟时间内完成，并达到要求的压实度，同时没有明显的轮迹。
- 6.5.11 初压区、复压区、终压区接头处理：采用阶梯式接头处理，阶梯接头拥包处，用人工耙松整平后，再压实。
- 6.5.12 在摊铺碾压时控制好施工时间，尽量缩短水泥稳定碎石混合料的延迟时间。

6.5.13 碾压完成后,尽快进行压实度检测,并及时把检测结果反馈给现场施工人员,以便指导后续施工。

6.6 试验段的铺筑

6.6.1 试验路段的施工应投入与正式生产一样的机具设备,一样的人员组织,在统一领导下进行。通过试验路段的铺筑,确定用于施工的集料配合比例、松铺系数以及标准施工方法。

6.6.2 试验段主要目的是确定以下控制参数:

- a) 混合料配比的控制;
- b) 混合料摊铺方法和适用机具;
- c) 含水率的控制方法;
- d) 压实机械的选择和组合,压实的顺序、速度和遍数;
- e) 拌和、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合;
- f) 密实度的检查方法,初定每一作业段的最小检查数量;
- g) 平整度的检测控制;
- h) 挂线施工控制;
- i) 确定每一作业段的合适长度、铺筑的合适厚度。

6.6.3 试验路段应选择检验合格的下承层上,其长度宜为100 m~200 m左右,采用两层连续摊铺施工工艺时,应摊铺两段验证接头处理方式的合理性。

6.6.4 试验路段的施工级配应按室内试验得到的最佳结果,且得到项目建设单位及监理工程师同意后方可实施,试验不合格时,应及时处理,并分析总结失败原因,提出合理、可行的解决办法重新试验。

6.6.5 拌合场给混合料加水时应扣除集料中的天然含水率,现场检测混合料含水率时,应考虑水泥的水化作用。

6.6.6 混合料松铺系数可采用下述方法试验确定,第一是在松铺层上选择6~10个点量取松铺厚度,经碾压后再量取压实厚度,求其压实系数的平均值,第二是利用高程测量数据进行碾压前后对比计算。

7 养生、交通管制、层间处理及其他

7.1 一般规定

7.1.1 混合料碾压完成后并经压实度检测合格后,应及时进行养生。

7.1.2 混合料的养生期应不少于7 d,养生期宜延长至上层结构开始施工的前2 d,当最高气温低于10℃时,应适当延长养生时间。

7.1.3 底基层养生可采用土工布覆盖养生,宜结合工程实际情况选择合适的养生方式。

7.1.4 基层应采用直接洒布透层乳化沥青的养生方式。

7.1.5 养生期间,应封闭交通,除洒水车 and 小型通勤车外严禁其他车辆通行。

7.1.6 水泥稳定碎石材料层过冬时应采取必要的保护措施。

7.2 养生方式

7.2.1 土工布覆盖养生应符合下列规定:

- a) 宜采用透水式土工布全断面覆盖,也可铺设防水土工布;
- b) 铺设过程中应注意缝之间的搭接,不应留有间隙;
- c) 铺设土工布后,应注意洒水,每天洒水次数应视天气而定。高温期施工,上、下午宜各洒水一次;

- d) 养生至上层结构层施工前 1 d~2 d, 方可将土工布掀开;
 - e) 在养生过程中应采取有效措施防止土工布破损。
- 7.2.2 对水泥稳定碎石基层应采用洒布透层乳化沥青进行养生, 并应符合下列规定:
- a) 应在碾压完成后立即洒布透层乳化沥青进行养生;
 - b) 控制在终凝时间内喷洒透层油的渗透效果最佳;
 - c) 透层乳化沥青采用沥青洒布车施工, 洒布时车速及喷洒量应保持稳定, 建议透层洒布量为 $1.2 \text{ L/m}^2 \sim 2.0 \text{ L/m}^2$, 具体洒布量根据试洒确定;
 - d) 洒布透层前, 路面应清扫干净, 遮挡防护路缘石及人工构造物避免污染;
 - e) 乳化沥青应透入基层足够深度, 并不得形成表面径流;
 - f) 气温低于 10°C 时, 不得洒布透层沥青, 当遇大风或降雨时, 不得洒布透层沥青;
 - g) 应按设计沥青用量一次洒布均匀, 当有遗漏时, 应进行人工补洒;
 - h) 对于侧面的养生, 在拆除侧模后, 用塑料薄膜进行覆盖养生, 塑料薄膜覆盖严密保证不透气, 保持内部水分不损失或者喷洒透层油进行养生。
- 7.2.3 透层乳化沥青宜采用 PA-2 型阴离子或 PC-2 喷洒型阳离子乳化沥青, 优先选用阴离子型乳化沥青。乳化沥青质量应满足表 9 的质量要求。

表 9 透层用乳化沥青质量要求

试验项目		单位	PA-2	PC-2	试验方法
破乳速度		—	慢裂	慢裂	T 0658
粒子电荷		—	阴离子 (—)	阳离子 (+)	T 0653
筛上剩余量 (1.18 mm), 不大于		%	0.1	0.1	T 0652
黏度	恩格拉黏度 E25	—	1~6	1~6	T 0622
黏度	沥青标准黏度 C25.3	s	8~20	8~20	T 0621
蒸馏残留物性能 试验	残留物含量	%	40~50	40~50	T 0651
	针入度 (100 g, 25°C , 5 s)	0.1 mm	50~300	50~300	T 0604
	延度 (15°C), 不小于	cm	40	40	T 0605
	溶解度 (三氯乙烯), 不小于	%	97.5	97.5	T 0607
与粗集料的黏附性, 裹敷面积, 不小于		—	2/3	2/3	T 0654
贮存稳定性	1 d, 不大于	%	1	1	T 0655
	5 d, 不大于	%	5	5	T 0655

7.3 交通管制

- 7.3.1 正式施工前宜建好施工便道。对于高速公路和一级公路, 无施工便道, 不应施工。
- 7.3.2 水泥稳定碎石材料养生期间, 小型通勤车的行驶速度应小于 40 km/h 。
- 7.3.3 在无法安排施工便道而需要车辆通行时, 应符合下列规定:
- a) 合理安排施工顺序, 适当延长养生期;
 - b) 应在硬路肩或临时停车带的位置划出专门车道, 专人指挥车辆通行, 养生期内严禁重载车辆在行车道位置通行;
 - c) 限定载重车辆的轴载应不大于 13 t 。

7.4 水泥稳定碎石材料层之间的处理

- 7.4.1 在上层结构施工前，应将下层覆盖养生用材料彻底清理干净。
- 7.4.2 应采用人工、小型清扫车以及洒水冲刷的方式将下承层表面的浮浆清理干净。下承层局部存在松散现象时，也应彻底清理干净。
- 7.4.3 下承层清理后应封闭交通，在上层施工前 1 h~2 h，宜洒水使下承层进行保持湿润状态。

7.5 水泥稳定碎石材料基层与沥青面层之间的处理

- 7.5.1 在沥青面层施工前 1 d~2 d 内，应清理基层顶面。
- 7.5.2 应采用人工清扫、小型清扫车、空压机以及洒水冲刷等方式将基层表面清理干净。并应符合下列规定：
 - a) 基层表面达到无浮尘、无松动状态；
 - b) 清理出小坑槽时，不得用原有基层材料找补；
 - c) 清理出较大范围松散时，应重新评定基层质量，必要时宜返工处理。
- 7.5.3 基层表面清理干净后，方可进行下封层的施工，下封层的施工宜安排在沥青面层施工前一天进行。
- 7.5.4 对高速公路和一级公路的下封层应采用撒布热沥青碎石封层的方式，加强层间结合，并应符合下列规定：
 - a) 根据工程实际，热沥青可采用普通道路石油沥青、SBS 改性沥青或橡胶沥青；
 - b) 热沥青的洒布量及碎石规格宜符合表 11 的规定，碎石撒布量宜控制在 $5\text{ kg/m}^2\sim10\text{ kg/m}^2$ ，具体撒布量要经过试撒试铺后最终确定，以不粘轮，不产生松动层为宜；
 - c) 沥青碎石封层的碎石要求过拌合站掺加 0.3 %~0.5 %的道路石油沥青进行预拌进行除尘；
 - d) 热沥青碎石封层的撒布过程可采用同步碎石撒布车同步撒布，也可以采用热沥青和碎石分别撒布的异步撒布；
 - e) 热沥青碎石封层撒布完后，宜采用 20 t 以下轻型轮胎压路机稳压 2 遍；
 - f) 经胶轮碾压后，对于多余或重叠的碎石要人工进行清扫；
 - g) 当气温低于 10 ℃或即将降雨时，应停止沥青碎石封层施工。

表 10 不同粒径碎石不同热沥青的洒布量

沥青种类	不同粒径碎石洒布量 (kg/m^2)	
	4.75 mm~9.5 mm 碎石	9.5 mm~13.2 mm 碎石
道路石油沥青	1.0~1.4	-
SBS 改性沥青	1.2~1.6	1.4~1.8
橡胶沥青	1.8~2.2	2.0~2.4

7.6 水泥稳定碎石基层收缩裂缝的处理

- 基层在养生过程中出现的横向收缩裂缝，应对裂缝进行处理后方可进行沥青面层施工，可采取以下措施：
- a) 在裂缝位置灌缝；
 - b) 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅；
 - c) 洒布热改性沥青。

8 施工质量标准与控制

8.1 一般规定

- 8.1.1 水泥稳定碎石基层、底基层的施工质量标准与控制应按本章要求执行。
- 8.1.2 水泥稳定碎石基层、底基层施工质量标准与控制应包括原材料检验、施工参数确定、施工过程中的质量检查验收等方面，并应符合下列规定：
- a) 按照本技术规范的相关要求备料，严把进料质量关；
 - b) 按施工需求合理布置建设场地，选择适宜的拌合、摊铺和碾压设备；
 - c) 将试验段确定的施工参数作为施工过程中质量控制的标准；
 - d) 健全工地实验室能力，试验、检测数据真实、完整、可靠；
 - e) 各个工序完结后，应检查验收，合格后方可进行下一工序的施工。
- 8.1.3 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时应停工整顿，查找原因。
- 8.1.4 施工关键工序宜拍摄照片或录像，作为现场记录保存。
- 8.1.5 施工结束后，应清理现场，处理废弃物，恢复耕地或绿化，做到工完场清。
- 8.1.6 高速公路和一级公路，应在拌合厂内或距离不超过 1 km 的范围内设有功能完备的实验室。
- 8.1.7 在施工过程中，应配备有相关试验资质的试验操作人员。每个工地实验室的试验操作人员不少于 8 人，同时应明确每个质量控制环节上的责任人。

8.2 材料的标准试验

- 8.2.1 在施工前以及在施工过程中，原材料或混合料发生变化时，应检验拟采用的材料。
- 8.2.2 用作水泥稳定碎石基层、底基层的原材料，应按表 11 所列试验项目和要求进行检测评定。

表 11 基层和底基层用原材料试验项目和要求

试验项目	目的	频度	试验方法
含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	T 0801/T 0803
颗粒分析	确定级配是否符合要求，确定材料配合比	每种集料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2 000 m ³ 测 2 个样品	T 0115
液限、塑限	求测塑性指数，审定是否符合规定	每种集料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2 000 m ³ 测 2 个样品	T 0118/T 0119
砂当量	控制细集料中泥土含量	每种集料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2 000 m ³ 测 2 个样品	T 0334
表观相对密度	评定集料质量	每种集料使用前测 2 个样品	T 0304/T 0308
压碎值	评定石料的抗压碎能力是否符合要求	每种集料使用前测 2 样品，使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0316
针片状含量	评定集料质量		T 0312
含泥量	评定集料质量		T 0310
软石含量	评定集料质量		T 0320
水泥标号和初终凝时间	评定集料质量	组成设计时测一个样品，过程中按批抽样检测	T 0505/T 0506

8.2.3 对水泥稳定碎石基层、底基层混合料应按照表 12 所列试验项目进行检测。

表 12 水泥稳定碎石混合料的检查频度和质量要求

项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、色泽、有无花白料、团块等现象	目测
矿料级配 (水洗法)	大于 4.75 mm	每台拌和机每天 1 次~2 次, 以 2 个试样的平均值评定	±5 %	现场筛分
	4.75 mm 筛孔		±4 %	现场筛分
	2.36 mm 筛孔		±3 %	现场筛分
	0.075 mm 筛孔		±2 %	现场筛分
含水率		据观察, 异常时随时检测, 以 3 个试样的平均值评定	-	T 0803
水泥剂量		每台拌和机每 2 h 进行 1 次, 以每天测试的平均值评定	符合设计要求	T 0809
无侧限抗压强度		每一工作台班或每 2 000 m ² 成型 1 次	符合设计要求	T 0805

8.3 试验段铺筑

8.3.1 基层和底基层正式施工前, 均应铺筑试验段。

8.3.2 试验段应设置在生产路段上, 长度宜为 100 m~200 m。

8.3.3 试验段开工前, 应符合下列规定:

- a) 提交完整的目标配合比报告;
- b) 生产配合比报告应包含生产配合比的调试结果, 待试验段验证后确定最终的生产配合比报告;
- c) 正常施工时所配备的施工机械完全进场, 且调试完毕;
- d) 全部施工人员到位;
- e) 编制详细的试验段施工方案, 并进行技术交底, 施工方案应包括原材检测情况、确定的生产配合比、施工组织机构组成、拟采用的施工工艺、施工保障措施及现场交通组织措施。

8.3.4 在试验段施工期间, 应及时检测下列技术项目:

- a) 混合料拌合时的水泥剂量, 应每隔 2 h 测定一次;
- b) 混合料拌合时的含水率, 应每隔 1 h 测定一次;
- c) 混合料拌合时的级配, 开机后正式生产前应进行快速筛分, 关键筛孔通过率偏差大时才允许正式生产, 过程中要进行不少于 2 次的水洗筛分;
- d) 不同松铺系数条件下的实际压实厚度, 宜设定 2~3 个松铺系数;
- e) 不同碾压工艺下的混合料的压实度, 宜设定 2~3 种压实工艺组合, 每种压实工艺的压实度检测样本不少于 2 个;
- f) 混合料击实试验, 测定干密度和含水率, 应不少于 2 个样本;
- g) 7 d 龄期无侧限抗压强度试件成型, 样本数量应符合要求。

8.3.5 养生 7 d 后, 水泥稳定碎石混合料的试验段应及时检测下列技术项目:

- a) 标准养生试件的 7 d 无侧限抗压强度;
 - b) 水泥稳定碎石材料钻芯取样, 评价芯样外观应完整密实, 取芯样本数量应根据实际摊铺长度确定;
 - c) 对于采用两层连续摊铺工艺的, 要对两层层间联接效果进行评定。
- 8.3.6 试验段铺筑阶段应对关键工序、工艺进行评价。
- 8.3.7 试验段施工后, 应及时总结, 并编写总结报告。

8.4 质量管理

8.4.1 在施工过程中质量管理包括外形尺寸的控制和检查以及质量控制和检查。外表尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 13 的要求。质量控制的项目、频度和质量标准应符合表 14 的要求。

表 13 外形尺寸检查项目、频度和质量标准

检查项目		规定值或允许偏差				检查方法和频率
		基层		底基层		
		高速公路 一级公路	其他 公路	高速公路 一级公路	其他 公路	
平整度（mm）		≤8	≤12	≤12	≤15	3 m 直尺：每 200 m 测 2 处×5 尺
纵断高程（mm）		5，-10	5，-15	5，-15	5，-20	水准仪：每 200 m 测 4 点
宽度（mm）		满足设计要求		满足设计要求		尺量：每 200 m 测 4 点
厚度（mm）	均值	-8	-10	-10	-12	每 200 m 测 2 点（钻芯法）； 无损法检测
	合格值	-10	-20	-25	-30	
横坡（%）		±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪：每 200 m 测 2 个断面

表 14 质量控制的项目、频度和质量标准

项目	频度	质量标准
含水率	根据观察, 每 1 h 测定一次	最佳含水率的+0.0 %~+2.0 %
级配	每 2 000 m ² 一次	在规定范围内
拌合均匀性	随时观察	无粗细集料离析现象
压实度	每一作业面或不大于 2 000 m ² 检查 6 次以上	满足设计要求
集料压碎值	异常时随时做	不超过本规范规定值
砂当量	每 2 000 m ² 测 1 次, 异常时随时做	大于规定值

8.4.2 对于双层连续铺筑的水泥稳定碎石基层, 应进行钻取芯样检验其层间结合效果及完整性。

8.5 检查验收

- 8.5.1 检查验收的目的判定完成的路面结构是否满足设计文件和 JTG F80/1 的要求。
- 8.5.2 检查内容包括工程竣工后的外形和质量。判定路面结构层质量是否合格时，以 1 km 长的路宽段为评定单位，采用大流水作业法施工时，也可以每天完成的段落为评定单位。检查施工原始记录，对上述检查内容进行初步评定。进行抽样检查。抽样必须是随机的，不能带有任何倾向性。
- 8.5.3 压实度、厚度、水泥剂量检测样品、强度试件样品等的现场取样位置的确定应按随机方式进行取样。
- 8.5.4 采用两层连续摊铺施工工艺，取芯检验时，除对芯样完整性进行描述外，还要对层间的联接效果进行描述。
- 8.5.5 竣工工程外形的检查项目、频度和质量标准应符合表 15。

表 15 工程外形的检查项目、频度和质量标准

检查项目		规定值或允许偏差				检查方法和频率
		基层		底基层		
		高速公路 一级公路	其他 公路	高速公路 一级公路	其他 公路	
压实度 (%)		≥98	≥97	≥97	≥95	用密度法每 1 000 m ² 取样 3 次
平整度 (mm)		≤8	≤12	≤12	≤15	3 m 直尺：每 200 m 测 2 处×5 尺
纵断高程 (mm)		5, -10	5, -15	5, -15	5, -20	水准仪：每 200 m 测 4 点
宽度 (mm)		满足设计要求		满足设计要求		尺量：每 200 m 测 4 点
厚度 (mm)	均值	-8	-10	-10	-12	每 200 m 测 2 点 (钻芯法)； 无损法检测
	合格值	-10	-20	-25	-30	
横坡 (%)		±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪：每 200 m 测 2 个断面
强度 (MPa)		满足设计要求		满足设计要求		JTG F80/1 附录 G 检查
保证基层的均匀性、强度、压实度、含水率						

8.5.6 应按表 16 对工程质量进行检查验收。

表 16 质量合格标准值

检查项目		标准值及极限低值				检查数量
		基层		底基层		
		高速公路 一级公路	其他 公路	高速公路 一级公路	其他 公路	
压实度 (%)	代表值	≥98	≥97	≥97	≥95	6~10 处
	极值	≥94	≥93	≥93	≥91	
颗粒组成		规定级配范围				2~3 处
水泥剂量		设计值, 设计值-1.0 %				3~6 处

附 录 A
(规范性附录)
条文说明

A.1 范围

本规范是在国内外对水泥稳定碎石混合料大量研究成果的基础上,结合山东省交通科学研究院多年的相关研究而编写。本规范编写目的在于更好的规范和指导山东省水泥稳定碎石混合料的应用,提高水泥稳定碎石混合料的生产与施工技术水平。做到经济适用、技术先进、保护环境。

A.2 规范性引用文件

本规范阐明了在施工应用中与其他校准、规范的关系与衔接原则。

A.3 术语和定义

本规范的术语是从本规范的角度赋予其涵义的,但涵义不一定是术语的定义。

A.4 材料

A.4.2 水泥及添加剂

A.4.2.4 细度为选择性指标,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以比表面积表示,矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥以筛余表示,80 μm 方孔筛余不大于10 %。

A.4.2.5 水泥的安定性对于水泥稳定碎石混合料质量起到非常关键的作用,因此安定性的检验在水泥原材检测时需要引起足够的重视,水泥样品考察时应优先选用旋窑生产的水泥,如选用立窑生产的水泥则必须经过一定时间陈化安定性检验合格后方可运至施工现场。

A.4.4 集料

A.4.4.5 实践证明,粗集料颗粒含量对降低水泥稳定碎石混合料的收缩特性有利,因此在混合料设计中应控制细集料含量。

A.4.4.6 根据山东省内地材的实际情况,应用于水泥稳定碎石混合料的集料类型主要为石灰岩、花岗岩与大理岩,通过大量试验研究最终确定对于中交通以上等级公路粗集料压碎值取值采用不大于26 %进行控制。

砂当量指标的提出主要是对于小于0.075 mm颗粒含量的一个补充,如果仅靠小于0.075 mm颗粒含量一个指标对细集料的洁净程度进行控制,效果不是很理想,之所以提出砂当量指标,是为了控制小于0.075 mm颗粒中的泥土含量,小于0.075 mm颗粒中泥土颗粒的含量对于水泥稳定碎石类材料的温缩和干缩裂缝有很大的影响,因此增加砂当量指标作为补充指标对小于0.075 mm颗粒中的泥土含量进行控制。

A.5 混合料组成设计

A.5.1 一般规定

A.5.1.1 工程实践证明，用同一剂量的结合料，相比级配稳定性差的集料，级配稳定性好的集料，其强度和耐久性要高许多。要综合考虑添加的结合料剂量和改善集料级配两方面因素，改善集料级配并控制结合料用量以减少水泥稳定碎石基层裂缝。

A.5.1.8 振动击实法相比重型击实法能够得到更大的干密度及较小的含水率，而且振动击实仪能够更好的模拟现场振动压路机，但是目前振动击实仪没有统一的设备型号和要求，且无法进行振幅、激振力、频率等的标定，也缺乏相关的比对数据，因此为了统一试验方法，本规范中关于水泥稳定碎石混合料最大干密度及最佳含水率的确定仍采用重型击实法。为了保证现场的压实效果，将重型击实法得到的最大干密度乘以1.01~1.03的系数作为现场压实度控制的标准最大干密度，具体采用系数应以试验段取芯情况及压实度检测结果综合确定。

A.5.2 强度要求

A.5.2.2 要对半刚性材料的强度概念有一个正确的认识，半刚性材料的设计绝不仅仅是强度的设计。原交通运输部“关于防治高速公路沥青路面早期损坏的指导意见”中指出“要严格控制半刚性基层及底基层的强度，不仅要控制低限，同样要控制高限，防止走入半刚性基层强度越高越好的误区，减少半刚性基层沥青路面反射裂缝的发生”。要严格控制强度的代表值，不仅控制强度的平均水平，更是控制施工的均匀性。

表6中压实度给出的压实度标准没有变动，但是现场压实度计算时标准密度的选择要按照5.1.7所规定的重型击实法得到的最大干密度乘以系数。

强度设计值得选取要根据预测交通荷载等级进行调整，交通荷载等级高时取高值，交通荷载等级低时取低值。

A.5.2.4 关于无侧限抗压试件成型时最大干密度的选择问题有必要进行一下说明，在5.1.7中提到现场压实度控制时为了保证现场的压实效果是以重型击实法得到的最大干密度乘以1.01~1.03系数后作为标准最大干密度用于压实度控制，但室内无侧限抗压强度试件成型时应直接以重型击实法得到的最大干密度及最佳含水率按照压实度标准采用静压法成型试件。

A.5.2.6 表7中最少试件数量是采用容许误差10 %和90 %概率计算得出的。

A.5.3 混合料推荐级配范围及技术要求

A.5.3.2 对于采用花岗岩、大理岩等石料时，合成级配4.75 mm和9.5 mm两个关键筛孔的通过率允许突破表8所推荐的级配范围，但应控制在±3 %之内。

A.5.5 混合料生产配比设计技术要求

A.5.5.4 随着水稳拌合站计量精度的提高，而且拌锅实行了串联，混合料的拌合均匀性得到了很大程度的提高，因此，在强度满足设计要求的前提下，生产时水泥剂量无需再按照以前的经验增加0.5个百分点，在计量准确而且强度满足设计要求的前提下，增加0~0.5个百分点都是允许的。

在强度满足设计要求的前提下，如有新的拌和工艺能够提高混合料的拌和均匀性，可以在专业技术人员指导下进行试验段的铺筑，待各项检测指标满足要求后方可进行后续施工。

生产过程中含水率的控制是最为关键也是最难以控制的一个环节，要考虑运输过程中水泥水解消耗水分，运输过程中水分蒸发的损失，同时最为关键的是要结合现场的天气情况，在有风的情况下，摊铺后混合料的表面水分损失非常的快，但生产混合料的含水率又不能提高过大，避免水分过大，造成水泥胶结材料在运输过程中离析，同时含水率过大也会对混合料的整体性能产生影响。

A.6 混合料的生产、摊铺和碾压

A.6.1 一般规定

A.6.1.3 为保证层间的联结效果，当存在两层以上水泥稳定底基层或基层时，宜采用“分层摊铺、分层碾压一次成型”的两层连铺施工工艺。

A.6.1.5 施工前编制的施工组织计划包括制定施工方案、现场的施工工艺流程、进度计划、机械劳力配置及材料供应等具体安排，建立完善的质量保证体系。

A.6.4 混合料摊铺

A.6.4.8 在设计文件及摊铺碾压设备功率能够满足要求的情况下，可采用大厚度、全宽度等新型摊铺工艺，并在专业技术人员指导下进行试验段的铺筑，待各项检测指标满足要求后方可进行后续施工。

A.6.5 混合料的碾压

A.6.5.5 基层两层连续摊铺考虑到层间的联接及上基层碾压成型后要喷洒乳化沥青进行透层养生，因此，两层连铺施工工艺胶轮不宜过多碾压且胶轮压路机不宜用于终压收面，避免基层表面过于密实不利于透层乳化沥青的渗透，可以参考的碾压工艺如下：

- a) 初压：胶轮压路机进行碾压，2遍；
- b) 复压：采用钢轮振动压路弱振1遍，强振不少于3遍；
- c) 终压：三轮压路机或双钢轮压路机静压不少于1遍，直至无明显轮迹。

A.6.6 试验段的铺筑

A.6.6.5 由于水泥水化作用，混合料的含水率检测结果比实际加水量偏低。为加快检测速度，宜用微波炉烘干或者快速加热测试，其烘干的时间可以对比试验确定。

压实度的核定是与混合料最大干密度相联系的，而现场压实度的检测是在碾压完成后才进行的，此时混合料的含水率已经发生了变化，这就需要在室内通过击实实验得到不同含水率情况下最大干密度的击实曲线，以确定现场压实度检测时测得的含水率下对应的最大干密度。

A.8 施工质量标准与控制

A.8.2 材料的标准试验

A.8.2.3 表12中矿料级配的允许偏差以批准的标准矿料级配为基准。

施工过程中，混合料无侧限强度试验时应按照多点取样的原则进行，但每个试件所用材料不能混合，且在成型试件时不能进行二次拌和，试件应标记号取样日期及代表的桩号区间。

A.8.3 试验段铺筑

A.8.3.5 采用双层连铺工艺时，养生期达到7d无法完整取出芯样的，可适当将养生期延长至10~14d，仍无法取出完整芯样的，应采取相应的处理措施。

A.8.3.6 试验段铺筑阶段应对以下关键工序、工艺进行评价：

- a) 拌合设备各档材料的进料比例、速度及精度；
- b) 结合料的进料比例和精度；
- c) 含水率的控制精度；
- d) 松铺系数的合理值；

- e) 拌合、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合;
- f) 压实机械的选择和组合、压实的顺序、速度和遍数。

A. 8. 3. 7 试验段总结报告应包括以下内容:

- a) 试验段检测报告;
- b) 试验段总体效果评价;
- c) 施工关键参数的推荐值, 包括配合比、含水率、松铺系数、碾压工艺等;
- d) 针对两层连续摊铺工艺, 确定每一作业段的合适长度。

A. 8. 5 检查验收

A. 8. 5. 5 对于表15中基层厚度的检测, 对于高速公路宜采用无损检测方法, 全程连续检测。

A. 8. 5. 6 对工程质量进行检查验收时, 以每天完成段落为评定单位的, 检查数量可取低值, 以1 km为评定单位的, 检查数量可取高值。

附 录 B (规范性附录)

水泥稳定碎石混合料水泥剂量测定方法 (EDTA 滴定法)

B.1 适用范围

B.1.1 本方法适用于在工地快速测定水泥稳定碎石混合料中水泥的剂量。

B.1.2 本方法适用于在水泥凝结之前的水泥剂量测定。

B.2 仪器设备及试剂

B.2.1 本方法所需要的仪器设备及试剂的配制参照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E 51-2009) T0809水泥或石灰稳定材料中水泥或石灰剂量测定方法 (EDTA滴定法)。

B.3 准备标准曲线

B.3.1 取样: 取工地用碎石, 风干后用烘干法将其烘干后备用。

B.3.2 准备5中试验, 每种两个样品, 每个样品按照级配单份配置1 000 g准备试验。5种混合料的水泥剂量应为: 水泥剂量为0, 最佳水泥剂量、最佳水泥剂量 $\pm 1\%$ 和 $\pm 2\%$, 每种剂量取两个试验, 共10个试样, 将10个样品分别过9.5 mm筛, 将9.5 mm以下部分作为滴定样品, 并分别放在10个大口聚乙烯桶内, 混合料的含水率应按照工地与其达到的最佳含水率, 所加水应与拌合所用的水相同。

B.3.3 取一个盛有试验的盛样器, 在盛样器内加入两倍试样质量 (湿料质量) 体积的10 %氯化铵溶液, 搅拌3 min (每分钟110次~120次); 如用1 000 mL具塞三角瓶, 则手握三角瓶 (瓶口向上) 用力振荡3 min (每分钟120次 ± 5 次), 以代替搅拌棒搅拌。放置沉淀10 min¹, 然后将上部清液转移到300 mL烧杯内, 搅匀, 加盖表面皿待测。

注 1: 如 10 min 后得到的是悬浊液, 则应增加放置沉淀时间, 直到出现无明显悬浊液颗粒的悬浮液为止, 并记录所需的时间。以后所有该种水泥稳定碎石混合料的试验, 应均以同一时间为准。

B.3.4 用移液管吸取上层 (液面上1 mL~2 mL) 悬浮液10.0 mL放入200 mL的三角瓶内, 用量管量取1.8 %氢氧化钠 (内含三乙醇胺) 溶液50 mL倒入三角瓶中, 此时溶液pH值为12.5~13.0 (可用pH12~pH14精密试纸检验), 然后加入钙红指示剂 (质量约为0.2 g), 摇匀, 溶液呈玫瑰红色。记录滴定管中EDTA二钠标准溶液的体积V₁, 然后用EDTA二钠标准溶液滴定, 边滴边摇匀, 并仔细观察溶液的颜色; 在溶液颜色变为紫色时, 放慢滴定速度, 并摇匀; 直到纯蓝色为终点, 记录滴定管中EDTA二钠标准溶液体积V₂ (以mL计, 读至0.1 mL)。计算V₁-V₂, 即为EDTA二钠标准溶液的消耗量。

B.3.5 对其他几个盛样器中的试样, 用同样的方法进行试验, 并记录各自的EDTA二钠标准溶液的消耗量。

B.3.6 以同一水泥剂量稳定碎石材料EDTA二钠标准溶液消耗量 (mL) 的平均值为纵坐标, 以水泥剂量为横坐标制图。两者的关系应是一根顺滑的曲线, 如图B.1所示。如果水泥改变, 必须重做标准曲线。

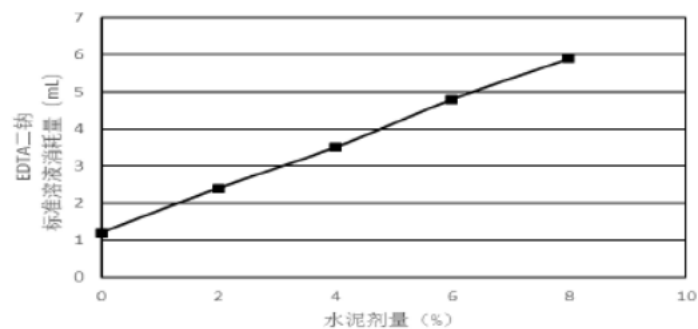


图 B.1 EDTA 标准曲线

B.4 试验步骤

- B.4.1 选取有代表性的水泥稳定碎石混合料约3 000 g，然后将取回的混合料过9.5 mm筛，将筛下部分掺配均匀备用。
- B.4.2 取9.5 mm筛下部分约300 g，放入10 %氯化氨溶液600 mL，然后如前述步骤进行试验。
- B.4.3 利用所绘制的标准曲线，根据EDTA二钠标准溶液消耗量，确定混合料中的水泥剂量。

B.5 结果整理

本试验应进行两次平行测定，去算术平均值，精确至0.1 mL。允许重复性误差不得大于均值的5 %，否则，重新进行试验。

B.6 记录

本试验的记录表格如表B. 1。

表 B.1 水泥剂量测定记录表

工程名称
结构层名称
稳定剂类型
试样编号

试验方法
试验者
校核者
试验日期

标准曲线制定

平行试样	1			2			平均 EDTA 二钠标准溶液消耗量 (mL)
剂量	V1 (mL)	V2 (mL)	EDTA 二钠标准溶液消耗量 (mL)	V1 (mL)	V2 (mL)	EDTA 二钠标准溶液消耗量 (mL)	

表 B.1 水泥剂量测定记录表 (续)

标准曲线公式					
试样编号	V1 (mL)	V2 (mL)	EDTA 二钠标准溶液消耗量 (mL)	平均 EDTA 二钠标准溶液消耗量 (mL)	水泥剂量 (%)
1					
2					

附录 C

(规范性附录)

水泥稳定碎石混合料级配检验方法(水洗法)

C.1 目的与使用范围

C.1.1 水洗筛分水泥稳定碎石混合料目的是按比例还原筛底细集料,更加准确的检测拌合的水泥稳定碎石混合料的级配是否满足设计要求,并将实际级配与设计级配进行比对,分析混合料级配产生偏差的原因。

C.1.2 水洗筛分法适用于在拌合场站皮带取样、料车取样以及摊铺现场取样进行级配组成的检验。

C.1.3 水洗筛分法检测过程要结合含水率的测试及混合料水泥剂量的测试结果进行反算。

C.2 仪器设备

C.2.1 电子天平:量程15 kg,感量0.1 g,量程4 000 g,感量0.01 g。

C.2.2 方孔筛:孔径37.5 mm、31.5 mm、26.5 mm、19 mm、9.5 mm、4.75 mm、2.36 mm、0.6 mm以及0.075 mm的标准筛各一个。

C.2.3 EDTA滴定仪器设备及试剂:EDTA滴定仪器设备及试剂参照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51-2009) T0809水泥或石灰稳定材料中水泥或石灰剂量测定方法(EDTA滴定法)。

C.2.4 烘干设备:

- a) 烘箱:量程不小于110℃,控温精度 $\pm 2^\circ\text{C}$;
- b) 煤气罐、炒锅。

C.2.5 方盘:边长约250 mm,深50~70 mm。

C.2.6 胶皮手套。

C.2.7 试样容器:塑料水桶或铁皮水桶,容量大于5 L。

C.3 试验步骤

C.3.1 混合料的取样

用于检验水泥稳定碎石级配的混合料取样可在拌合场皮带上截取一段混合料,也可以在拌合站料车上取样,同时也可以是在现场摊铺机后取样,需要注意的是在现场摊铺机后面取样时要按照摊铺宽度在横断面上按照左中右三个位置取样,要全厚度挖去混合料并立即将混合料密封后送至实验室。

C.3.2 试样准备

取回实验室的样品,要进行四分后,对于四分后的样品,其中一份用于水洗筛分,另一份中取样按照附录B中的方法进行EDTA滴定,确定混合料的水泥剂量,同时在这一份中取样进行含水率的测定。

C.3.3 混合料的水洗

C.3.3.1 水洗前要准备好需要的筛网,0.075 mm、0.15 mm、0.3 mm各一个,将容器清洗干净。

C.3.3.2 将四分好的混合料样品，全部放入容器中，然后将入足够的洁净水，注意加水不要过多，避免在搅拌过程中水泥浆损失，同时不得使用任何洗涤剂、分散剂或表面活性剂。

C.3.3.3 用搅拌棒充分搅拌混合料，打不能使矿料和水溅出容器，将粗集料表面清洗干净，使细集料和水泥悬浮于水中。

C.3.3.4 搅拌均匀后，将容器中含有水泥浆及细集料的混合液缓慢倒入0.3 mm、0.15 mm、0.075 mm组成的套筛中进行过滤，注意倾倒时不要溅出、也不能从两筛之间的缝隙中流出。

C.3.3.5 重复上面两步骤，直到混合料加水搅拌后水质清澈不浑浊，证明混合料中的水泥浆全部洗干净。

C.3.3.6 在水龙头上套上胶皮管，打开水龙头，用胶皮管流出的水缓慢的冲洗套筛最上层的0.3 mm筛子，水流从0.075 mm筛下流失不保留，直至流出的水色清澈为止。水流过程中，可以适当用手扰动试样，加速粉尘过筛，待0.3 mm筛冲干净后去除，接着再将0.15 mm筛上冲洗干净，但不得直接冲洗0.075 mm筛，可能会使筛网下凹堵塞筛孔。

C.3.3.7 分别将各筛反过来，将各筛筛余用小水流仔细冲洗入装有混料的方盘中，待筛余沉淀后，稍微倾斜方盘，仔细倒出清水，然后将方盘和混合料一同放入烘箱中烘干至恒重。

C.3.3.8 烘干集料冷却后，称取质量，使用标准筛将集料逐级筛分，计算各个筛上的筛余。

C.3.4 混合料水泥剂量的确定

按照附录B的方法进行EDTA滴定，根据EDTA标准液消耗量，根据EDTA标准曲线，确定该混合料样品水泥剂量。

C.3.5 混合料含水率的确定

混合料含水率的测定可以参考T0801-1994含水率试验方法（烘干法），参考T0803-1994含水率试验方法（酒精法），但对于施工过程中需要快速测定混合料含水率时，酒精燃烧法相对要快一些，但试验过程中一定要注意安全，对于混合料级配检验不需要短时间内知道含水率大小，可以采用烘干法进行。

C.3.6 混合料级配通过率的计算

C.3.6.1 根据第五步中得到的混合料的含水率 w ，可以算出用于水洗的混合料的干质量 m_2 ，这个干质量包含水泥在内的总的干质量，而在烘箱内烘干后的干质量是不含筛底的纯集料质量 m_3 ，两者的差值是含有水泥的筛底质量。

C.3.6.2 根据第四步中得到的水泥剂量，可以算出干的混合料中水泥的质量 m_4 ，可以推出混合料中除了水泥之后的集料的质量，同时也可以推算出筛底的质量 m_5 。

C.3.6.3 根据前面各级筛孔的分计筛余，便可计算出混合料各级筛孔的通过率。

C.3.6.4 整个水洗筛分最关键的就是得到不含水泥混合料的干质量（ $m_2 + m_4$ ），然后根据各级筛网的分计筛余便可以计算出各级筛网的通过率，最终绘制出混合料的级配曲线。

C.4 计算

用式C.1计算水泥稳定碎石混合料中水泥的质量，不含水泥的混合料干质量 m_3 。

$$m_2 = m_1 / (1 + w / 100) \quad \text{C.1}$$

$$m_4 = m_2 \times c / (100 + c) \quad \text{C.2}$$

$$m_{2s} = m_2 + m_3 - m_4 \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- m_1 ——用于水洗的混合料的总质量（g）；
- m_2 ——含有水泥的混合料总的干质量（g）；
- m_3 ——水洗后在烘箱烘干的混合料集料质量（g）；
- m_4 ——混合料中水泥的质量（g）；
- m_{2s} ——混合料矿料级配中小于0.075 mm筛孔以下部分（g）；
- w ——水泥稳定碎石混合料的含水率（%）；
- c ——水泥稳定碎石混合料的水泥剂量（%）。

附 录 D
(规范性附录)
水泥稳定碎石混合料配合比设计方法

- D.1 水泥稳定碎石混合料的级配宜采用骨架密实型,级配范围宜按照本规范中表8推荐的级配范围进行控制。
- D.2 水泥稳定碎石混合料配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比的验证三个阶段,生产配合比的设计主要确定水泥稳定碎石混合料的配合比、矿料级配及最佳含水率、最大干密度等施工参数。本规范采用重型击实法确定最佳含水率及最大干密度,如采用其他如振动成型法时,需在配合比设计报告中说明。
- D.3 混合料级配合成宜以级配的公称最大粒径及其通过率、19 mm及其通过率、9.5 mm及其通过率、4.75 mm及其通过率和0.075 mm及其通过率5个控制点。矿料合成级配计算表示例如表D.1。

表 D.1 矿料合成级配计算表示例

筛孔 (mm)	20 mm~30 mm (%)	10 mm~20 mm (%)	5 mm~10 mm (%)	0~5 mm (%)	合成级配	工程设计级配范围		
						下限	上限	中值
31.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	100
26.5	84.1	100.0	100.0	100.0	96.5	90	100	95
19	31.6	92.2	100.0	100.0	82.1	76	86	81
9.5	4.7	24.3	99.5	100.0	51.7	43	55	49
4.75	2.1	5.4	23.7	96.4	32.7	26	36	31
2.36	1.5	3.2	2.9	73.2	22.4	16	26	21
0.6	1.1	2.1	1.8	37.7	11.8	8	16	12
0.075	0.2	0.4	0.8	12.5	3.8	2	5	3.5
配合比 (%)	22	36	14	28	100	-	-	-

- D.4 生产配合比设计阶段首先确定拌合站的流量标定曲线,根据现场原材的筛分结果对目标配合比确定的矿料级配曲线进行拟合,确定拌合站各冷料仓的供料比例。
- D.5 根据各冷料仓上料比例配置混合料,参照本规范附录A规定的方法确定水泥剂量的标定曲线。
- D.6 生产配合比设计时按照确定的冷料供料比例进行上料,从皮带上截取混合料,四分均匀后一份用于水洗筛分,一份用于快速筛分,快速筛分只需确定19 mm、9.5 mm、4.75 mm三个关键筛孔的通过率,将快速筛分通过率与水洗筛分通过进行对比,得出19 mm、9.5 mm、4.75 mm三个关键筛孔快速筛分与水洗筛分通过率的修正值,并作为后期生产前快速筛分关键筛孔通过率的修正值。

D.7 生产配合比设计阶段在确定级配稳定后，加水、水泥进行混合料的试拌和，试拌和时需设定不少于3个水泥剂量进行，并从皮带取样进行EDTA滴定确定实际掺加的水泥剂量，并将EDTA滴定得到的实际水泥剂量与拌合站设定建立关系，用于后期生产水泥剂量的控制。

D.8 生产配合比的验证是通过铺筑试验段来确定施工中水泥的剂量、合理的含水率以及最大干密度以及现场摊铺速度、摊铺厚度、碾压速度、碾压遍数等施工工艺参数，同时室内要对生产的混合料的强度指标进行验证。

附录 E (规范性附录)

水泥稳定碎石混合料质量控制关键环节

E.1 一般规定

- E.1.1 高速公路及一级公路的水泥稳定碎石混合料的质量控制关键环节宜按本附录执行。
- E.1.2 质量控制的每个环节均应包括工作内容、责任人、检测频率、记录表格等内容。
- E.1.3 应根据相应试验检测工作配备足够的技术人员。
- E.1.4 试验记录表格应规范、实用，建设单位或总监办应对试验记录表格格式及编号规则进行统一。

E.2 施工前

- E.2.1 施工前应对原材料、混合料、拌合设备进行检测、试验，确定施工技术参数。
- E.2.2 可根据当地材料特点增加检测项目。

E.3 施工期间

- E.3.1 施工期间实验人员在后场拌合站应在正式开工前应对混合料的级配按照本规范附录C第6条进行快速检验，级配偏差在容许范围内才允许正式开机生产，否则进行微调后再次进行检验，满足容许偏差后再进行正式生产。
- E.3.2 施工期间实验人员应每2h进行一次水泥剂量的滴定，每1 h测定一次混合料含水率，每天按照本规范附录C进行一次混合料的水泥筛分，对混合料的级配进行检验。同时，需对同批次生产的混合料按照延迟时间模拟混合料在运输过程中水泥水解消耗的水分，为更好的控制混合料的拌合用水量提供参考依据。
- E.3.3 施工期间实验室每天进行室内击实试验，每次3个样本，并与目标配合比确定的最大干密度进行比较，以大者乘以1.01~1.03的系数后作为现场压实度的标准密度，具体系数选择以试验段压实情况具体确定。
- E.3.4 拌合设备应控制各个料仓进料的稳定，按设计确定的比例进料，不得随意调整，并应随时检查。出现问题时，应立即停止生产。
- E.3.5 前场施工过程中，应注意摊铺过程中的离析现象，出现局部离析时，应立即采取相应的措施进行处理，应注意摊铺后的初始压实度以及摊铺碾压过程中接缝等细部处理。
- E.3.6 在终压阶段，对存有轮迹或不平整的路段，应及时补压。
- E.3.7 压实度指标检测合格且外观满足要求后，应及时进行养生。采用覆盖养生时，在覆盖前宜洒水，采用直接撒布透层养生的，要注意表面不要过干，同时要对洒布量进行检测，同时注意洒布的均匀性。
- E.3.8 施工期间应合理安排施工人员作息时间和施工机械的加油、加水，保证施工的连续性。

E.4 7 d养生结束后

- E.4.1 养生7 d结束后，应开展相应的试验检测。

- E. 4. 2 对于钻取的芯样测量厚度，同时对芯样进行描述，撒布透层养生的要对透层油的渗透深度进行检测，采用双层连续摊铺的要对上下两层的层间联接进行描述。
- E. 4. 3 7 d养生期结束后，如不能立即进行上层施工，采用覆盖养生的应继续进行养生，直至上层施工前。
- E. 4. 4 试验检测钻取的芯样坑洞要安排专人负责采用新拌合的混合料进行回填，并注意回填要密实。
-