

TMAC

团体标准

T/TMAC xxx-2022

公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层 技术要求

Technical requirements for low carbon high performance cement stabilized
granular base course of Highway Engineering
(草案)

xxx-xxx-xx 发布

xxx-xx-xx 实施

中国技术市场协会

发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本标准著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本标准。第三方机构依据本标准开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B

邮政编码：100036

电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn

电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言	2
引 言	2
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	2
5 混合料组成设计	5
6 混合料的生产、摊铺和碾压	8
7 养生、交通管制、层间处理及其他	11
8 施工质量标准与控制	14
附录 A 水泥和水泥稳定碎石单位产品二氧化碳排放量计算方法	19
附录 B 水泥稳定级配碎石等质量控制关键环节	21

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作规则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本标准中的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由北京智华通科技有限公司提出。

本标准由中国技术市场协会归口。

本标准主编单位：北京智华通科技有限公司、石家庄市市政建设总公司、河北工业大学；

参加单位：天津市交通科学研究院、天津路驰工程咨询有限公司、石家庄市排水总公司。

本标准主编人员：石红星、米分平、周健、李辉、孟喜存、刘海权、徐名凤

参编人员：魏薇、马宝员、宋丽丽、胡奎东、郑连生、李鑫、张茜、王巍、靳占飞、冯彦爽、刘倩、刘素华。

引 言

本标准旨在通过向工业固废（高炉粒化矿渣）中添加少量高活性激发剂对其活性进行激发，从而获得“节能、降耗、减碳、利废”的新一代低碳胶结材料，在显著提高公路基层抗裂、抗折性能的同时，引领带动传统水泥制造的产业升级，更好服务于我国“碳达峰、碳中和”战略的顺利实施。

《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》分为八部分：：范围，规范性引用文件，术语与定义，材料，混合料组成设计，混合料的生产、摊铺和碾压，养护、交通管制、层间处理及其他，施工质量标准与控制等。

公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求

1 范围

本规范规定了低碳高性能水泥稳定粒料基层的术语与定义，材料、混合料组成设计，混合料的生产、摊铺和碾压，养生、交通管制、层间处理及其他，施工质量标准与控制。

本规范适用于各等级公路新建及改扩建工程的低碳高性能水泥稳定粒料基层、底基层设计与施工，养护大中修工程可参照执行。市政、机场、港口码头等道路宜可参照执行。

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。

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
HJ 2519	环境标志产品技术要求 水泥
JC/T 2281	道路用建筑垃圾再生骨料无机混合料
JGJ 63	混凝土用水标准
JTG E20	公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG 3450	公路路基路面现场测试规程
JTG 50	公路沥青路面设计规范
JTG E3	公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG E42	公路工程集料试验规程
JTG E51	公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG E60	公路路基路面现场测试规程
JTG F40	公路沥青路面施工技术规范
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准 第一册（土建工程）
JTG/T F20	公路路面基层施工技术细则
JT/T 994	公路工程路面基层稳定用水泥

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 单位可比二氧化碳排（CO₂）放量 comparable specific CO₂ emission

统计期内，根据水泥生产线海拔高度和水泥强度等级对水泥熟料或水泥产品单位CO₂排放量进行修正后获得的可比值。

3.2 低碳水泥 low-carbon cement

生产单位可比二氧化碳排（CO₂）放量极低的水泥统称为低碳水泥。

3.3 低碳高性能水泥稳定粒料 low carbon and high performance cement stabilized aggregate

以低碳水泥为结合料，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、水泥稳定砂等。

4 材料

4.1 水泥

4.2.1 应采用强度等级为 42.5 和 52.5 的水泥作为胶结料，水泥抗压强度和抗折强度应按照 T 0506 中的规定测定，抗压强度和抗折强度应符合表 1 的规定。

表 1 水泥的强度要求

单位为 MPa

项目	42.5				52.5			
	抗折强度		抗压强度		抗折强度		抗压强度	
	3d	28d	3d	28d	3d	28d	3d	28d
单位	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
质量要求	≥4.0	≥8.0	≥17	≥42.5	≥4.5	≥9.0	≥22	≥52.5

4.2.2 水泥单位可比二氧化碳排（CO₂）放量应按本规范附录 A 进行计算，水泥单位可比二氧化碳排（CO₂）放量应不大于 150kg CO₂e/t。

4.2.3 水泥的初凝和终凝时间测定应按照 GB/T 1346 中规定的凝结时间测定方法进行测定，初凝时间应大于 3h，终凝时间应大于 6h 且小于 10h。

4.2.4 水泥的细度应按照 GB/T 1345 试验测定，细度应大于等于 300m²/kg。

4.2.5 水泥安定性按照 GB/T 1346 规定的安定性测试方法（标准法）以及 JT/T 944 规定的浸水法检测应同时合格。

4.2.6 水泥的线膨胀率应按照 JC/T 313 中的规定试验测定，各龄期线膨胀率应符合下列要求：

- a) 水泥净浆试件 7d 线膨胀率应不小于 0.1%；
- b) 水泥净浆试件 28d 线膨胀率应不大于 0.5%。

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按照 JGJ 63 中的规定进行检测，技术要求应符合表 2 的规定。

表 2 非饮用水技术要求

项次	项目	技术要求
1	pH 值	≥ 4.5
2	CL ⁻ 含量 (mg/L)	≤ 3500
3	SO ₄ ²⁻ 含量 (mg/L)	≤ 2700
4	碱含量 (mg/L)	≤ 1500
5	可溶物含量 (mg/L)	≤ 10000
6	不溶物含量 (mg/L)	≤ 5000
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 水泥稳定粒料用集料应满足 JTG/T F20 的规定，集料以 4.75mm 为分界点，大于 4.75mm 为粗集料，小于 4.75mm 为细集料。

4.4.2 用作水泥稳定粒料材料的粗集料宜采用各种硬质岩石或砾石加工成的碎石，或直接采用天然砾石。粗集料应符合表 3 中的规定。

表 3 粗集料技术要求

指标	层位	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	试验方法
		极重、特重交通	重、中、轻交通		
压碎值 (%)	基层	≤ 22	≤ 26	≤ 30	T 0316
	底基层	≤ 26	≤ 26	≤ 35	
针片状颗粒含量 (%)	基层	≤ 18	≤ 18	≤ 20	T 0312
	底基层	≤ 20	≤ 20	≤ 20	
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	基层	≤ 1.2	≤ 2	—	T 0310
	底基层	—	—	—	
软石含量 (%)	基层	≤ 3	≤ 5	—	T 0320
	底基层	—	—	—	

4.4.3 细集料可采用机制砂、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。

4.4.4 高速公路和一级公路水泥稳定粒料基层用细集料技术要求应符合表 4 的规定。

表 4 细集料技术要求

指标	塑性指数	有机质含量	硫酸盐含量	坚固性	砂当量
规定值	≤ 17	< 2	≤ 0.25	≤ 12	≥ 50
试验方法	T 0118	T 0313/T 0336	T 0341	T 0340	T 0334

4.4.5 水泥稳定粒料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：0~5mm、5~10mm、10~20mm、20~30mm 四种规格，条件具备的可将 0~5mm 进一步分为 0~3mm 和 3~5mm 两档规格。

4.4.6 基层、底基层的集料规格要求宜符合表 5 的规定。

表 5 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 6 规定。

表 6 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 %		-	≤15 %
0~3	-	-	-	-	-	±7 %	-	≤15 %

4.4.9 若采用再生骨料作为水泥稳定粒料材料粗骨料,再生骨料性能应符合 JC/T 2281 中的规定。再生骨料可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细则的相关要求。

5 混合料组成设计

5.1 一般规定

5.1.1 混合料组成设计应按设计要求，选择技术经济合理的混合料配合比。

5.1.2 水泥稳定粒料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。

5.1.3 原材料检验包括水泥、被稳定材料以及其他相关材料的试验。所有检测指标均应满足相关设计标准或技术文件要求。

5.1.4 目标配合比设计应包括下列技术内容：

- a) 选择级配曲线；
- b) 确定水泥种类及掺配比例；
- c) 验证混合料相关的设计及施工技术指标。

5.1.5 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。

5.1.6 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。

5.1.7 确定水泥稳定粒料混合料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实法。

5.1.8 用于基层的水泥稳定粒料，强度满足要求时，尚宜检验其抗冲刷和抗裂性能。

5.1.9 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 水泥稳定粒料应满足本细则规定的强度要求，同时还应满足 JTG/T F20 中的规定。

5.2.2 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。

5.2.3 应采用 7d 龄期无侧限抗压强度作为水泥稳定粒料施工质量控制的主要指标，按照 JTG E51 中的规定测定。

5.2.4 水泥稳定粒料宜验证所用材料的 7d 龄期无侧限抗压强度与 90d 或 180d 龄期弯拉强度的关系。

5.2.5 水泥稳定粒料的 7d 和 90d 龄期无侧限抗压强度标准 R_d 应符合表 7 的规定。

表 7 水泥稳定粒料材料的 7d 和 90d 无侧限抗压强度标准 R_d

单位为 MPa

结构层	公路等级	极重、特重交通		重交通		中、轻交通	
		7d	90d	7d	90d	7d	90d
基层	高速公路和一级公路	2.8~4.0	14~20	2.0~3.4	10~17	1.4~2.8	7~14
	二级及二级以下公路	2.0~3.4	10~17	1.4~2.8	7~14	0.8~2.0	4~10
底基层	高速公路和一级公路	1.4~2.8	7~14	1.2~2.4	6~12	0.8~2.0	4~10
	二级及二级以下公路	1.2~2.4	6~12	0.8~2.0	4~10	0.2~1.4	4~7

5.2.6 强度试验时，平行试验的最少试件数量应符合表 8 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 8 平行试验的最少试件数量

材料类型	变异系数要求		
	≤10%	10%~15%	15%~20%
细粒材料 ^a	6	9	—
中粒材料 ^b	6	9	13
粗粒材料 ^c	—	9	13

注：^a 公称最大粒径小于 16mm 的材料。

^b 公称最大粒径不小于 16mm 的材料，且小于 26.5mm 的材料。

^c 公称最大粒径不小于 26.5mm 的材料。

5.2.7 水泥稳定粒料强度要求较高时，宜采取控制原材料技术指标和优化级配设计等措施，不宜单纯通过增加水泥剂量来提高材料强度。

5.2.8 水泥稳定粒料的集料级配设计应满足 JTG/T F20—2016 中 4.5 规定的要求。

5.2.9 根据试验结果，应按式 (1) 计算强度代表值 R_d^0 。

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

式中：

Z_α ——标准正态分布表中随保证率或置信度 α 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 $Z_\alpha=1.282$ ；

$\bar{R}$ ——一组试验的强度平均值；

C_v ——一组试验的强度变异系数。

5.2.10 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。

5.2.11 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。

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

5.3 目标配合比设计技术要求

- 5.3.1 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。
- 5.3.2 在目标配合比设计中，应选择不少于 5 个水泥剂量，分别确定混合料的最佳含水率和最大干密度。
- 5.3.3 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。
- 5.3.4 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。
- 5.3.5 应按下列步骤合成目标级配曲线并进行性能验证：
- 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；
 - 根据合成级配进行混合料重型击实试验和 7d 龄期无侧限抗压强度试验，验证混合料性能。
- 5.3.6 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。

5.4 生产配合比设计技术要求

- 5.4.1 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。
- 5.4.2 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：
- 绘制各集料仓转速流量曲线，不少于三个流量参数；
 - 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；
 - 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。
- 5.4.3 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：
- 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；
 - 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；
 - 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；
 - 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。
- 5.4.4 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：
- 对水泥稳定粒料混合料，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%；
 - 结合施工过程的运距及气候条件，对水泥稳定粒料混合料含水率进行合理调整；
 - 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 根据道路等级的不同选择施工工艺，拌和工艺推荐采用搅拌厂集中拌制，摊铺工艺推荐采用摊铺机摊铺。

6.1.2 水泥稳定粒料层宽 11~12m 时，每一流水作业段长度以 500m 为宜；层宽大于 12m 时，作业段宜相应缩短。宜综合考虑下列因素，合理确定每日施工作业段长度：

- a) 施工机械和运输车辆的生产效率和数量；
- b) 施工人员数量及操作熟练程度；
- c) 施工季节和气候条件；
- d) 水泥的初凝时间和延迟时间；
- e) 减少施工接缝的数量。

6.1.3 水泥稳定粒料，宜在 2h 之内完成碾压成型，应取混合料的初凝时间与允许延迟时间较短的实际作为施工控制时间。

6.1.4 水泥稳定粒料基层施工应选择适宜的气候环境，针对当地气候变化制定相应的处置元，并应符合下列规定：

- a) 宜在气温较高的季节组织施工。日最低温度应在 5℃ 以上，再有冰冻的地区，应在第一次重冰冻到来的 15~30d 之前完成施工。
- b) 宜避免在雨季施工，且不应在雨天施工。

6.1.5 应将室内中心击实试验法确定的干密度作为压实度评价的标准密度。基层和底基层压实标准应符合表 9 的规定。

表 9 基层和底基层压实度标准

公路等级		基层	底基层
高速公路 和一级公路	稳定中、粗粒料	≥98	≥97
	稳定细粒料		≥95
二级及二级 以下公路	稳定中、粗粒料	≥97	≥95
	稳定细粒料	≥95	≥93

6.1.6 高速公路和一级公路在极重、特重交通荷载等级下，基层和底基层的压实标准可提高 1~2 个百分点。

6.2 混合料的生产运输

6.2.1 混合料的拌和能力与混合料摊铺能力应相匹配。

6.2.2 工程所需的原材料严禁混杂，应独立存放，并有明显的标志。

6.2.3 细集料、水泥等原材料应用覆盖。对高速公路和一级公路上述材料严禁露天堆放，应放置于专门搭建的防雨棚内或库房内。

6.2.4 对高速公路和一级公路,应采用专用稳定材料拌和设备拌制混合料。稳定细料材料集中拌和时,土块应粉碎,最大尺寸应不大于 15mm。

6.2.5 水泥稳定中、粗粒料的拌和生产设备应满足下列要求:

- a) 对高速公路和一级公路,混合料拌和设备的产量宜大于 500t/h。
- b) 拌和设备的料仓数目应与规定的设备档数相匹配,宜较规定的备料档数增加 1 个。
- c) 各个料仓之间的挡板高度应不小于 1m。
- d) 高速公路的基层施工时,每个料斗与料仓下面应安装称量进度达到 $\pm 0.5\%$ 的电子秤。

6.2.6 装水泥的料仓应密闭、干燥,同时内部应装有破拱装置。对高速公路,水泥料仓应配备计重装置,不宜通过电机转速计量水泥的添加量。

6.2.7 气温高于 30℃时,水泥进入拌缸温度宜不高于 50℃;高于 50℃时应采取降温措施。气温低于 15℃时,水泥进入拌缸温度应不低于 10℃。

6.2.8 加水量的计量应采用流量计的方式。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。

6.2.9 在正式拌制混合料之前,应先调试所用的设备,使混合料的级配组成和含水率都达到配合比设计的规定要求。原材料的颗粒组成发生变化时,应重新调试设备。

6.2.10 在稳定中、粗粒料生产过程中,应按配合比设计确定的材料规格及熟料拌和。

6.2.11 高速公路基层的混合料拌和时,宜采用两次拌和的生产工艺,也可采用间歇式拌和生产工艺,拌和时间应不小于 15s。

6.2.12 在拌和过程中,应实时检测各个料仓的生产计量,对高速公路和一级公路,应每 10min 打印各档料仓的使用量。某档材料的实际掺加量与设计要求值相差超过 10%时,应立即停机检测原因,正常后方可继续生产。

6.2.13 天气炎热或远距离运输时,水泥稳定粒料拌和时宜适当增加含水率。对稳定中、粗粒料,混合料的含水率可高于最佳含水率 0.5~1.0 个百分点;对稳定细粒材料,含水率可高于最佳含水率 1~2 个百分点。

6.2.14 对高速公路和一级公路,应从拌和厂取料,每隔 2h 测定一次含水率,每隔 4h 测定一次水泥的剂量,并做好记录。

6.2.15 混合料运输车装料前应清理干净车厢,不得存有杂物。

6.2.16 混合物运输车装好料后,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。

6.2.17 对高速公路和一级公路,水泥稳定材料从装车到运输至现场,时间宜不超过 1h,超过 2h 应作为废料处置。

6.3 混合料的摊铺与碾压

6.3.1 混合料摊铺应保证足够厚度,碾压成型后每层的摊铺厚度不宜小于 160mm,最大厚度不宜大于 200mm。

-
- 6.3.2 应在下承层施工质量检测合格后,开始摊铺上层结构层。采用两层连续摊铺时,下层质量出现问题时,上层应同时处理。
- 6.3.3 下承层是稳定细料粒材料时,宜先将下承层顶面拉毛或采用凸块式压路机碾压,再摊铺上层混合料;下承层是稳定中、粗粒材料时,应先将下承层清理干净,并洒铺水泥净浆,再摊铺上层混合料。
- 6.3.4 应采用沥青混凝土摊铺机或稳定材料摊铺机摊铺混合料。
- 6.3.5 采用两台摊铺机并排摊铺时,两台摊铺机的型号及磨损程度宜相同。在施工期间,两台摊铺机的前后间距宜不大于 10m,且两个施工段面纵向应有 300~400mm 的重叠。
- 6.3.6 二级以下公路没有摊铺机时,可采用摊铺箱摊铺混合料。
- 6.3.7 水泥稳定材料结构层施工时,应在混合料处于或略大于最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时,碾压时的含水率可比最佳含水率增加 0.5~1.5 个百分点。
- 6.3.8 应根据施工情况配备足够的碾压设备,并应符合下列规定:
- a) 双向四车道高速公路或一级公路的半幅摊铺时,应配备不少于 4 台重型压路机。
 - b) 双向六车道的半幅摊铺时,应配备不少于 5 台重型压路机。
- 6.3.9 应安排专人负责指挥碾压,严禁漏压和产生轮迹。
- 6.3.10 采用钢轮压路机初压时,宜采用双钢轮压路机稳压 2~3 遍,再用激振力大于 35t 的重型振动压路机、18~21t 三轮压路机或 25t 以上的轮胎压路机继续碾压密实,最后采用双钢轮压路机碾压,消除轮迹。
- 6.3.11 采用胶轮压路机初压时,应采用 25t 以上的重胶轮压路机稳压 1~2 遍,错轮不超过 1/3 的轮迹带宽度,再采用重型振动压路机碾压密实,最后采用双钢轮压路机碾压,消除轮迹。
- 6.3.12 对稳定细粒材料,在采用上述碾压工艺时,最后的碾压收面可采用凸块式压路机碾压。
- 6.3.13 在碾压过程中出现软弹现象时,应及时将该路段混合料挖出,重新换填新料碾压。
- 6.3.14 碾压过程中,压路机严禁随意停放,应停放在已碾压完成的路段。
- 6.3.15 混合料摊铺时,应保持连续。因故中断时间大于 2h 时,应设置横向接缝,并符合下列规定:
- a) 人工将末端含水率合适的混合料整齐,紧靠混合料末端放两根方木,方木高度应与混合料的压实厚度相同,整平紧靠方木的混合料。
 - b) 方木的另一侧用砾石或碎石回填越 3m 长,其高度应高出方木 2~3cm,并碾压密实。
 - c) 在重新开始摊铺混合料之前,应将砾石或碎石和方木除去,并将下承层顶面清扫干净。
 - d) 摊铺机应返回到已压实层的末端,重新开始摊铺混合料。
 - e) 摊铺中断大于 2h 且未按上述方法处理横向接缝时,应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除,并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末端挖成与路中心线垂直并垂直向下的断面,再摊铺新的混合料。
- 6.3.16 摊铺时宜避免纵向接缝,分两幅摊铺时,纵向接缝处应加强碾压。存在纵向接缝时,纵缝应垂直相接,严禁斜接,并应符合以下规定:

a) 在前一幅摊铺时，宜在靠中央的一侧用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度应与稳定材料层的压实厚度相同。

b) 应在摊铺另一幅之前拆除支撑。

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 7d，养生期宜延长至上层结构开始施工的前 2d。

7.1.3 养生可采取洒水养生、薄膜覆盖养生、土工布覆盖养生、铺设湿砂养生、草帘覆盖养生、洒铺乳化沥青养生等方式，宜结合工程实际情况选择适宜的方式。

7.1.4 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。

7.1.5 水泥稳定粒料材料层过冬时应采取必要的保护措施。

7.1.6 根据结构层位的不同和施工工序要求，应择机进行层间处理。

7.2 养生方式

7.2.1 洒水养生宜作为水泥稳定粒料的基本养生方式，并应符合下列规定：

- a) 每天洒水次数应视气候而定。高温期施工，宜上、下午各洒水 2 次。
- b) 养生期间，稳定材料层表面应始终保持湿润。

7.2.2 薄膜覆盖养生应符合下列规定：

- a) 混合料摊铺碾压成型后，可覆盖薄膜，薄膜厚度宜不小于 1mm。
- b) 薄膜之间应搭接完整，避免漏缝，薄膜覆盖后应用砂土等材料呈网格状堆填，局部薄膜破损时，应及时更换。
- c) 养生至上层结构层施工前 1~2d，方可将薄膜掀开。
- d) 对蒸发量较大的地区或养生时间大于 15d 的工程，在养生过程中应适当补水。

7.2.3 土工布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，每天洒水次数应视气候而定。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 1~2d，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。

7.3.4 铺设湿砂养护应符合下列规定：

- a) 砂层厚宜为 70~100mm
- b) 砂铺匀后，宜立即洒水，并在整个养生期间保持砂的潮湿状态，不得用湿黏性土覆盖。
- c) 养生结束后，应将覆盖物清理干净。

7.3.5 草帘覆盖养生应符合下列规定：

- a) 全断面铺设草帘；
- b) 草帘铺设后应注意洒水，每天洒水的次数应视气候而定。高温期施工，上、下午宜各洒水一次，每次洒水应将草帘浸湿。
- c) 必要时可采用土工布与草帘双层覆盖养生。

7.3.6 对沥青面层厚度大于 20cm 的结构或二级及二级以下公路的水泥稳定粒料基层，可采用洒铺乳化沥青方式养生，并应符合下列规定：

- a) 表面干燥时，宜先喷洒少量水，再喷洒沥青乳液。
- b) 表面用稀释沥青时，宜待表面略干时再喷洒沥青。
- c) 在用乳液养生前，应将基层清扫干净。
- d) 沥青乳液的沥青用量宜采用 $0.8 \sim 1.0 \text{ kg/m}^2$ ，分两次喷洒。
- e) 第一次喷洒时，宜采用沥青含量约 35% 的慢裂沥青乳液，第二次宜喷洒浓度较大的沥青乳液。
- f) 不能避免施工车辆通行时，应在乳液破乳后撒布粒径 $4.75 \sim 9.5 \text{ mm}$ 的小碎石，做成下封层。

7.3 交通管制

7.3.1 正式施工前宜建好施工便道或封闭交通。对于高速公路和一级公路，无施工便道，不应施工。

7.3.2 养生期间，小型车量和洒水车的行驶速度应小于 40km/h。

7.3.3 养生 7d 后，施工需要通行重型货车时，应有专人指挥，按规定的车道行驶，且车速应不大于 30km/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) 宜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 13t。

7.4 水泥稳定粒料材料层之间的处理

7.4.1 在上层结构施工前，应将下层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 1h~2h，宜洒水、撒布水泥或洒铺水泥净浆。

7.4.4 可采用上下结构层连续摊铺施工的方式，每层施工应配备独立的摊铺和碾压设备，不得采用一套设备在上下结构层来回施工。

7.4.5 稳定细粒材料结构层施工时，应根据土质情况，最后一道碾压工艺可采用凸块式压路机碾压。

7.5 水泥稳定粒料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 1d~2d 内，应清理基层顶面。

7.5.2 应彻底清除基层顶面养生期间的覆盖物。

7.5.3 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。

7.5.4 在基层表面干燥的状态下，可洒铺透层油。透层油宜采用稀释沥青、煤沥青或乳化沥青，沥青洒铺量宜为 $0.3 \sim 0.6 \text{ kg/m}^2$ 。

7.5.5 透层油施工后严禁一切车辆通行，直至上层施工。

7.6.6 下封层或黏层应在透层油挥发、破乳完成后施工，并封闭交通。

7.5.4 对极重、特重交通荷载等级或较薄的沥青面层，基层顶面应采用热洒沥青的方式加强层间结合。并应符合下列规定：

- a) 根据工程情况，热洒沥青可采用普通沥青、改性沥青或橡胶沥青。对高速公路和一级公路的极重、特重交通荷载等级，或沥青面层厚度小于 150mm 时，宜选择 SBS 改性沥青或橡胶沥青。
- b) 普通沥青的洒铺量宜为 $1.8 \sim 2.2 \text{ kg/m}^2$ ，SBS 改性沥青宜为 $2.0 \sim 2.4 \text{ kg/m}^2$ ，橡胶沥青宜为 $2.4 \sim 2.6 \text{ kg/m}^2$ 。
- c) 沥青洒铺时应均匀，避免漏洒，纵向接缝应重叠 2/3 单一喷口的洒铺范围，横向接缝应齐整，不应重叠。
- d) 撒布的碎石宜选择洁净、干燥、单一粒径的石灰岩石料，超粒径含量应不大于 10%，粒径范围宜为 13.2~19mm。
- e) 碎石撒布前应通过拌和设备加热、除尘、筛分，碎石撒布到路面前的温度应不低于 80°C 。
- f) 碎石撒布量宜为满铺面积的 60%~70%，不得重叠。
- g) 高速公路和一级公路，不宜采用同步碎石施工设备，应采用分列式的施工设备。
- h) 沥青洒铺车的容量宜不小于 10t，1 台沥青洒铺车应配备 2 台碎石洒铺车。

7.6 基层收缩裂缝的处理

7.6.1 基层在养生过程中出现的横向收缩裂缝，经过弯沉检测，结构层的承载能力满足设计要求时，可继续铺筑上面的沥青面层，也可采取以下措施：

- a) 在裂缝位置灌缝；
- b) 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅；
- c) 洒铺热改性沥青。

8 施工质量标准与控制

8.1 一般规定

8.1.1 水泥稳定粒料基层、底基层的施工质量标准与控制应按本章要求执行。高速公路水泥稳定级配碎石的施工质量控制尚应符合本细则附录 B 的相关规定。

8.1.2 水泥稳定粒料基层、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) 健全工地试验室能力，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 1km 的范围内设有功能完备的试验室。

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。每个工地试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 用作水泥稳定粒料基层、底基层的碎石、砾石等粗集料，应按表 10 所列试验项目和要求进行检测评定。

表 10 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
级配	确定级配是否符合要求，确定材料配合比	每档碎石使用前测 2 个样品，使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0303
液限、塑限 ^a	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 2000 m ³ 测 2 个样品	T 0118/T 0119
毛体积相对密度、吸水率	评定石粒料质量，计算固体体积率	使用前测 2 样品，砾石使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品，碎石种类变化重做 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

注：a 级配砾石或级配碎石中 0.6mm 以下的稀土进行此项试验。

8.2.3 用作基层和底基层的细集料，应按表 11 所列试验项目和要求检测评定。

表 11 基层和底基层用细集料试验项目和要求

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
级配	确定级配是否符合要求, 确定材料配合比	每档碎石使用前测 2 个样品, 使用过程中每 2 000m ³ 测 2 个样品	T 0327
毛体积相对密度、吸水率	评定石粒料质量, 计算固体体积率	每种集料使用前测 2 样品, 使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品	T 0328/T 0352
有机质和硫酸盐含量	确定是否适宜于水泥稳定	有怀疑时做此试验	T 0336/T 0341

8.2.4 用作基层和底基层的水泥, 应按表 12 所列试验项目和要求检测评定

表 12 基层和底基层用水泥试验项目和要求

项目	目的	频度	试验方法
水泥强度等级和初、终凝时间	确定水泥的质量是否适宜应用	做材料组成设计时测 1 个样品, 料源或强度等级变化时重测	T 0505/T 0506

8.2.5 初步确定使用的基层和底基层混合料, 包括非整体性材料, 应按表 13 所列试验项目和要求检测评定

表 13 基层和底基层混合料试验项目和要求

项次	试验项目	目的	频度	试验方法
1	重型击实试验	最佳含水率和最大干密度	材料发生变化时	T 0804
2	承压比 (CBR)	确定非整体性材料是否适宜做基层或底基层	材料发生变化时	T 0134
3	抗压强度	整体性材料配合比试验及施工期间质量评定	每层配合比试验	T 0805
4	延迟时间	确定延迟时间对混合料密度和抗压强度的影响, 确定施工允许的延迟时间	水泥品种变化时	T 0805
5	绘制 EDTA 标准曲线	对施工过程中水泥剂量有效控制	水泥品种变化时	T 0809

8.3 质量管理

8.3.1 施工过程中的质量控制应包括外形尺寸检查及内在质量检验两部分。

8.3.2 外形尺寸检查项目, 频度和质量标准应符合表 14 的规定。

表 14 外表尺寸检查项目、频度和质量标准

工程类别	项目		频度	质量标准	
				高速公路和一级公路	二级及二级以下公路
基层	纵断高层 (mm)		二级及二级以下公路每 20m 1 点; 高速公路和一级公路每 20m 1 个断面, 每个断面 3~5 点	+5~-10	+5~-15
	厚度 (mm)	均值	每 1500~2000m ² 测 6 点	≥-8	≥-10
		单个值		≥-10	≥-20
	宽度 (mm)		每 40m 测 1 处	≥设计值	≥设计值
	横坡度 (%)		每 100m 测 3 处	±0.3	±0.5
	平整度 (mm)		每 200m 2 处, 每处连续 10 尺 (3m 直尺)	≤8	≤12

		连续式平整度仪的标准差(mm)	≤3.0	-
底基层	纵断高程 (mm)	二级及二级以下公路每 20m 1 点;高速公路和一级公路每 20m 1 个断面,每个断面 3~5 点	+5~-15	+5~-20
	厚度 (mm)	每 1500~2000m ² 测 6 点	≥-10	≥-12
			≥-25	≥-30
	宽度 (mm)	每 40m 测 1 处	≥设计值	≥设计值
	横坡度 (%)	每 100m 测 3 处	±0.3	±0.5
	平整度 (mm)	每 200m 2 处,每处连续 10 尺(3m 直尺)	≤12	≤15

8.3.3 施工过程中的内在质量控制应分为原材料质量控制、拌和质量控制、摊铺及碾压质量控制等四部分。对集中厂拌、摊铺机摊铺的施工工艺,应按后场与前场划分。

8.3.4 后场质量控制的项目,内容应符合表 15 的规定,实际检测频率应不低于表中的要求,检测结果应满足本细则或具体工程的技术要求。

表 15 施工过程中后场质量控制的关键内容

项次	项目	内容	频度
1	原材料抽检	结合料质量	每批次
		粗、细集料品质	异常时,随时试验
		级配、规格	异常时,随时试验
2	混合料抽检	混合料级配	每 2000m ² 测 1 次
		结合料剂量	每 2000m ² 测 1 次
		混合料最大干密度	每个工日
		含水率	每 2000m ² 测 1 次

8.3.5 前场质量控制的项目及内容应符合表 16 的规定,实际检测频率应不低于表中的要求,检测结果应满足本细则或具体工程的技术要求。

表 16 施工过程中前场质量控制的关键内容

项次	项目	内容	频度
1	摊铺目测	是否离析	随时
		粗估含水率状态	随时
2	碾压目测	压实机械是否满足	随时
		碾压组合、次数是否合理	随时
3	压实度检测	含水率	每一作业段检查 6 次以上
		压实度	每一作业段检查 6 次以上
4	强度检测	在前场取样成型试件	每一作业段不少于 9 个
5	钻芯检测	-	每一作业段不少于 9 个
6	弯沉检测	-	每一评定段(不超过 1km)每车道 40~50 个测点
7	承载比	-	每 2000m ² 测 1 次,异常时,随时增加实验

8.3.6 应在现场碾压结束后及时检测压实度。压实度检测中,测定的含水率与规定含水率的绝对误差应不大于 2%;不满足要求时,应分析原因并采取必要的措施。

8.3.7 施工过程的压实度检测,应以每天现场取样的击实结果确定的最大干密度为标准。每天取样的击实试验应符合下列规定:

a) 击实试验应不少于 3 次平行试验, 且相互之间的最大干密度差值应不大于 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$; 否则, 应重新试验, 并取平均值作为当天压实度的检测标准。

b) 该数值与设计阶段确定的最大干密度差值大于 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 时, 应分析原因, 及时处理。

8.3.8 压实度检测应采用整层灌砂试验方法, 灌砂深度应与现场摊铺厚度一致。

8.3.9 水泥稳定材料应钻取芯样检验其整体性, 并应符合下列规定:

a) 芯样直径宜为 100mm, 中、粗粒材料的芯样直径应为 150mm。

b) 采用随机取样方式, 不得在现场人为挑选位置; 否则, 评价结果无效。

c) 芯样顶面、四周应均匀、致密。

d) 芯样的高度应不小于实际摊铺厚度的 90%。

e) 取不出完整芯样时, 应找出实际路段相应的范围, 返工处理。

8.3.10 水泥稳定材料应在下列规定的龄期内取芯

a) 用于基层的水泥稳定中、粗粒材料, 龄期 7d。

b) 用于底基层的水泥稳定材料, 龄期 10~14d。

8.3.11 设计强度大于 3MPa 的水泥稳定材料的完整芯样应切割成标准试件, 检测强度, 并应符合下列规定:

a) 标准试件的径高比应为 1:1。

b) 记录实际养生龄期。

c) 根据实际施工情况确定试件强度的评价标准。

d) 同一批次强度试验的变异系数应不大于 15%。

e) 5 样本量宜不少于 9 个。

8.3.12 对高速公路和一级公路的基层、底基层, 应在养生 7~10d 内检测弯沉; 不满足要求时, 应返工处理。

8.3.13 对高速公路和一级公路, 7~10d 龄期的水泥稳定碎石基层的代表弯沉值宜为: 对极重, 特重交通荷载等级, 应不大于 0.15mm ; 对重交通荷载等级, 应不大于 0.20mm ; 对中等交通荷载等级, 应不大于 0.25mm 。

8.3.14 施工过程的混合料质量检测, 应在施工现场的摊铺机位置取样, 且应分别来自不同的料车。

8.4 质量检查

8.4.1 检查内容应包括工程完工后的外形和质量两方面, 外形检查的要求应符合表 15 的规定。

8.4.2 宜以 1km 长的路段为单位评定路面结构层质量; 采用大流水作业法施工时, 以每天完成的段落为评定单位。

8.4.3 应检查施工原始记录, 对检查内容初步评定。

8.4.4 应随机抽样检查, 不得带有任何主观性。压实度、厚度、水泥或石灰剂量检测样品和取芯等的现场随机取样位置的确定应按相关标准的要求执行。

8.4.5 厚度检查时，厚度平均值的下置信限 $\bar{X}_L$ 应不小于设计厚度减去均值允许误差。厚度平均值的下置信限应按式(3)计算。

$$\bar{X}_L = \bar{X} - t_\alpha \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\bar{X}$ —厚度平均值；

s —厚度标准差；

n —样本数量；

t_α — t 分布表中随自由度和保证率(或置信度 α)而变的系数，对高速公路和一级公路应取保证率 99%，对二级及二级以下公路可取保证率 95%。

8.4.6 各项技术指标质量应符合表 17 的规定。

表 17 施工过程中前场质量控制的关键内容

检查项目	检查数量 ^a	标准值	极限低值
压实度	6~10 处	基层 98% (97%)	94% (93%)
		底基层 96% (95%)	92% (91%)
颗粒组成	2~3 处	规定级配范围	
水泥或石灰剂量 (%)	3~6 处	设计值	设计值-1.0%

注：^a以每天完成段落为评定单位时，检查数量可取低值；以 1 km 为评定单位时，检查数量应取高值。

附录 A

(规范性附录)

水泥和水泥稳定碎石单位产品二氧化碳排放量计算方法

A.1 计算范围

A.1.1 水泥单位产品二氧化碳排放量计算范围

以水泥产品生产企业为边界，计算边界内所有生产设施的二氧化碳排放。具体计算范围如下：

- a) 原料开采：从原料开采，到原料进入生产厂区前的生产过程，包括破碎和运输；
- b) 生料制备：从原料进入生产厂区，到生料进入窑炉前的生产过程，包括破碎、粉磨和运输；
- c) 熟料烧成：从生料进入窑炉到，到熟料进入熟料库的生产过程；
- d) 水泥制备：从熟料出库，到水泥产品出厂的生产过程，包括粉磨、运输和包装；
- e) 辅助生产与管理：生产控制、质量管理和行政办公等；
- f) 协同处置废弃物：从废弃物进入生产厂区，到废弃物进入窑炉焚烧处理的生产过程。

A.1.2 水泥稳定碎石单位产品二氧化碳排放量计算范围

水泥稳定碎石产品二氧化碳排放量计算范围包括原料生产。

A.2 计算方法

A.2.1 水泥单位产品二氧化碳排放量计算方法

水泥单位产品二氧化碳排放量计算按《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》进行。如缺少水泥产品生产企业统计数据，可按式(A.1)计算。

$$C_{sn} = \sum F_i \times \delta_i + F_d \times E \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- C_{sn} —— 水泥单位产品二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳每吨 (kg CO₂/t)；
- F_i —— 水泥产品中第 i 种组分的二氧化碳排放因子，单位为千克二氧化碳每吨 (kg CO₂/t)，具体数据见表 A.1；
- F_d —— 电力二氧化碳排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时 (kg CO₂/kWh)；如缺少实际统计值，可取值为 0.86kg CO₂/kWh。
- δ_i —— 水泥产品中第 i 种混合材含量，以质量百分数表示，%；
- E —— 水泥制备工段水泥单位产品电力消耗量，单位为千瓦时每吨 (kWh/t)；如缺少实际统计值，可取值为 34kWh/t。

A.2.2 水泥稳定碎石单位产品二氧化碳排放量计算方法

水泥稳定碎石单位产品二氧化碳排放量按式(A.2)计算。

$$C_{sw} = \sum F_j \times \delta_j \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- C_{sw} —— 水泥稳定碎石单位产品二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳每吨（kg CO₂/t）；
- F_j —— 第 j 种原料的二氧化碳排放因子，单位为千克二氧化碳每吨（kg CO₂/t），具体数据见表 A. 1；
- δ_i —— 水泥稳定碎石产品中第 j 种原料含量，以质量百分数表示，%。

表 A. 1 原材料碳排放因子

原材料	碳排放因子 (kg CO ₂ e/t)
硅酸盐水泥熟料	872
硫铝酸盐水泥熟料	592
粒化高炉矿渣粉	62.35
天然石膏	32.8
粉煤灰	34.5
砂	2.51
碎石	2.18
水	0.148

附录 B

（规范性附录）

水泥稳定级配碎石等质量控制关键环节

B.1 一般规定

- B.1.1 高速公路水泥稳定级配碎石或砾石和碾压贫混凝土质量控制关键环节宜按本附录执行。
- B.1.2 对水泥稳定级配碎石或砾石和碾压贫混凝土等施工过程中的外形尺寸质量控制,应符合本细则相关条文的规定。
- B.1.3 质量控制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。
- B.1.4 应根据相应试验检测工作配备足够的技术人员。
- B.1.5 试验记录表格应规范、实用,可按本附录中的表格编号编排。
- B.1.6 宜开展深度试验,评定混合料的长龄期性能,满足设计要求。

B.2 施工前

- B.2.1 应按图 B.2.1 所规定的相关内容及要求对原材料、混合料、拌和设备进行检测、试验,确定施工技术参数。
- B.2.2 可根据当地材料特点增加检测项目。

B.3 施工期间

- B.3.1 施工期间应按图 B.3.1 所规定的相关内容进行质量控制和检验。
- B.3.2 拌和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,应停止生产。
- B.3.3 前场施工过程中除应按本细则的要求操作外,尚应注重摊铺碾压中的接缝等细部处理,出现局部离析时,应及时处理。
- B.3.4 在终压阶段,对存有轮迹和不平整的路段,应及时补压。
- B.3.5 压实度指标检测合格且外观满足要求后,应及时养生。采用覆盖养生方式时,在覆盖前宜洒水。
- B.3.6 施工期间应合理安排工人员作息时间和施‘机械的加油,加水,保证施工的连续。

B.4 7 d 养生结束后

- B.4.1 养生 7d 结束后应按图 B.4.1 所规定内容,开展室内、外试金检测。
- B.4.2 对产生的裂缝可作描述性记录,不作评定,裂缝较密时,应说明原因。

工作内容		责任人	检测频率	记录表格	备注
施工前 试验室 原材料 粗集料 细集料 级配确实（击实、7d强度，不少于3个集配） 剂量确实（击实、7d强度，不少于3个剂量） 延迟试验（7d强度，不少于3个时间） 各档料比例（确定理论级配曲线） 级配控制范围（2倍标准差确定上下限） EDTA标准曲线确定（不少于5个剂量） 料仓调试 水泥标定 加水量标定 施工含水率（考虑施工气候条件） 最大干密度 施工水泥剂量（最佳剂量增加0.5~1.0个百分点） 拌和楼调试 施工参数确定	水泥品质	()	进料检	(T1-01)	
	水质	()	使用前	(T1-02)	
	粗集料	压碎值	使用前测2个样品	(T1-03)	
		针片状颗粒含量		(T1-04)	
		粉尘含量		(T1-05)	
		软石含量		(T1-06)	
		密度、吸水率		(T1-07)	
		含水率		(T1-08)	
		筛分	每天使用前测2个样品	(T1-09)	
	细集料	密度	使用前测2个样品	(T1-10)	
		有机质含量		(T1-11)	
		硫酸盐含量		(T1-12)	
		塑性指数		(T1-13)	
		筛分	每档料使用前测4个样品	(T1-14)	
	混合料	级配确实（击实、7d强度，不少于3个集配）	换料时	(T1-15)	
		剂量确实（击实、7d强度，不少于3个剂量）		(T1-16)	
		延迟试验（7d强度，不少于3个时间）		(T1-17)	
		各档料比例（确定理论级配曲线）		(T1-18)	
		级配控制范围（2倍标准差确定上下限）		(T1-19)	
		EDTA标准曲线确定（不少于5个剂量）		(T1-20)	
		料仓调试		(T1-21)	
		水泥标定		(T1-22)	
		加水量标定		(T1-23)	
		施工含水率（考虑施工气候条件）		(T1-24)	
	拌和楼调试	最大干密度	换料时	(T1-25)	
		施工水泥剂量（最佳剂量增加0.5~1.0个百分点）			
	施工参数确定		使用前		

图 B.2.1 施工前关键的质量控制环节及相关要求

工作内容		责任人	检测频率	记录表格	备注		
施工期	后场	拌合厂	矿料比例	()			
			水泥剂量		(T2-01)		
			加水量				
		试验室	筛分	()	次/2h	(T2-02)	
			滴定	()	次/2h	(T2-03)	
			击实	()	1次/d, 每次3个样本	(T2-04)	
	前场	强度成型	()	1次/d, 不少于9~13个样本	(T2-05)		
		施工	洒水	()			
			接缝	()			
			摊铺	()			
			碾压	()			
			细部处理	()			
		混合料	压实度	()	次/50m	(T2-06)	
			外观、平整度	()	时常		
			取样	()	1次/d, 从2~3辆车上去料	(T2-07)	
		养生		()			

图 B.3.1 施工期间质量控制环节及相关要求

		工作内容	责任人	检测频率	记录表格	备注
7d后	室外检测	弯沉	()	点/20m	(T3-01)	
		回弹模量	()	次/50m	(T3-02)	
		取芯 (芯样描述、厚度)	()	不少于9个/同一作业段	(T3-03)	
		裂缝	()			
		外观、平整度	()			
	室内检测	表样强度	()		(T3-04)	
		芯样强度	()		(T3-05)	

图 B.4.1 养生7d结束后的质量控制环节及相关要求

B. 5 深度试验

B. 5.1 宜按图 B. 5. 1 所规定内容进行深度试验。

B. 5.2 试验龄期可根据技术要求补充 180d 或 360d 的试验龄期。

B. 5.3 试验中应有足够的样本量, 保证试验结果的可靠性。

		工作内容	责任人	样本数量	记录表格	备注
深度试验		90d抗压强度	()	不少于9~13个	(T4-01)	
		90d动态抗压模量	()	不少于9~13个	(T4-02)	
		90d静态抗压模量	()	不少于9~13个	(T4-03)	
		90d侧面抗压模量	()	不少于9~13个	(T4-04)	
		90d弯拉强度	()	不少于9~13个	(T4-05)	
		90d弯拉模量	()	不少于9~13个	(T4-06)	
		疲劳特性 应力模式	()	每个应力不少于6~9个	(T4-07)	
		疲劳特性 应变模式	()	每个应变不少于6~9个	(T4-08)	
		干缩试验	()	不少于9~13个	(T4-09)	
		温缩试验	()	不少于9~13个	(T4-10)	
		冻融试验	()	不少于9~13个	(T4-11)	

图 B.5.1 深度试验的内容及相关要求

T/TMAC xxx.x-xxx