CQJTG

重庆市交通行业推荐性标准 CQJTG/T E07-2023

**重庆市振动搅拌水泥稳定碎**

**石基层应用技术规范**

Chongqing technical specification for application of vibratory mixing cement stabilized gravel base

2023-07-20发布 2023-09-01实施

重庆市交通局发布

重庆市振动搅拌水泥稳定碎石基层

应用技术规范

**Chongqing technical specification for application of vibratory mixing cement stabilized gravel base**

**CQJTG/T E07-2023**

主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

中铁长江交通设计集团有限公司

苏州交通工程集团有限公司

许昌德通振动搅拌技术有限公司

重庆高速公路集团有限公司

重庆交通建设(集团)有限责任公司

重庆市交通运输综合行政执法总队工程质量监督支队

重庆市交通规划和技术发展中心

重庆城投基础设施建设有限公司

批准部门：重庆市交通局

实施日期：2023年09月01日

前 言

振动搅拌水泥稳定碎石基层应用技术已在全国多个省份推广应用，路用效果显著，具有良好的工程应用价值及社会经济效益。重庆地区路域环境复杂，公路基础设施建设、运营均具有挑战性，有必要提升公路设计与施工技术水平，改善公路服务质量。因此，为规范和指导振动搅拌水泥稳定碎石基层应用标准化、精细化，并针对重庆市的地材与施工水平特点，提高振动搅拌水泥稳定碎石基层设计与施工质量，有效提升工程耐久性，受重庆市交通局委托，由招商局重庆交通科研设计院有限公司牵头承担《重庆市振动搅拌水泥稳定碎石基层应用技术规范》（以下简称“本规范”）的制定工作。

本规范以规范和指导重庆市振动搅拌水泥稳定碎石基层应用为主要目的，基于公路路面水泥稳定碎石基层施工技术细则的基本框架，调研国内其他省份振动搅拌水泥稳定碎石基层技术标准，结合振动搅拌耐久性水泥稳定碎石基层技术研究成果，充分考虑重庆地区特有的筑路材料及施工水平特点后编制而成。

本规范包括8章：1范围；2规范性引用文件；3 术语和定义；4材料；5 混合料配合比设计；6 设备；7 施工；8 施工质量检验与验收。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：徐周聪（地址：重庆市南岸区学府大道33号，邮编：400067；电话：18008376550；电子邮箱：xuzhoucong@cmhk.com），以便修订时参考。

主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

参编单位：中铁长江交通设计集团有限公司

苏州交通工程集团有限公司

许昌德通振动搅拌技术有限公司

重庆高速公路集团有限公司

重庆交通建设(集团)有限责任公司

重庆市交通运输综合行政执法总队工程质量监督支队

重庆市交通规划和技术发展中心

重庆城投基础设施建设有限公司

主要起草人员：王火明，徐周聪，张东长，周浩南，陈飞，王全磊，伍杰，刘小辉，朱慧勇，熊潮波，陈学刚，卢征，吴建国，张良奇，邸小勇，胡旭辉，刘国强，王建忠，姚运仕，何静，冯畅，何光献，熊卫士，张广山，王祺，李阳，张庆明，杨海，李铁军，李宏伟，曹百杨

主审人员：凌天清、刘大超、王志美、王祺、黄志强

目录

[1 范围 1](#_Toc26371)

[2规范性引用文件 1](#_Toc14613)

[3术语和定义 2](#_Toc21838)

[4材料 3](#_Toc1031)

[5混合料配合比设计 7](#_Toc32162)

[6设备 15](#_Toc4015)

[7施工 18](#_Toc27743)

[8施工质量检验与验收 26](#_Toc12150)

**重庆市振动搅拌水泥稳定碎石基层应用技术规范**

# 1 范围

本文件规定了重庆市振动搅拌水泥稳定碎石基层应用技术的材料、混合料配合比设计、设备、施工、施工质量检验与验收的要求。

本文件适用于重庆市各等级公路新建、改扩建工程水泥稳定碎石基层和底基层。

# 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。凡是注日期的应用文件，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 5749-2006 生活饮用水卫生标准

GB 175 通用硅酸盐水泥

JGJ 63-2006 混凝土用水标准

JTG D40-2011 公路水泥混凝土路面设计规范

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG E51-2009 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG/T F20-2015 公路路面基层施工技术细则

JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准

# 3术语和定义

## 3.1振动搅拌 Vibratory Mixing

搅拌机在搅拌的过程中搅拌轴、搅拌臂、搅拌叶片等同时释放激振力。

## 3.2振动搅拌机 Vibratory Mixer

采用振动搅拌技术的搅拌机。

# 

# 4材料

## 4.1 一般规定

### 4.1.1 原材料选择应本着就地取材的原则，在充分开展实地调研的基础上，选择技术指标满足要求、运距短的原材料。

### 4.1.2 材料运至现场后，应按相关规范要求取样进行材料技术性能试验检测，检测合格后方可使用。

### 4.1.3 材料应按料源、规格、品种进行分类储存，并按照表8.2.5-1的规定进行质量检测，检测不合格材料应及时清理出场，检测合格材料和未检测材料应分开存放，且宜设置隔离和遮盖措施。

### 4.1.4集料堆放场地应作硬化处理，且应有良好的排水设施。

## 4.2 水泥

### 4.2.1 水泥宜选用强度等级为32.5级或42.5级的硅酸盐水泥，不得使用快硬、早强的水泥。

### 4.2.2 不同品种的水泥不能混用。如需更换水泥，应提前进行相关的试验检测，满足技术要求方可使用。不同厂家、不同品种水泥，应清仓再灌，并分罐存放。

### 4.2.3 水泥质量指标应符合表4.2.3的规定。

表4.2.3 水泥质量要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 细度（%） | 凝结时间 | | 安定性 |
| 初凝（h） | 终凝（h） |
| 水泥 | ≤10 | ＞3 | 6～10 | 合格 |

### 4.2.4 粉煤灰的技术要求应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）的规定。使用粉煤灰时应进行混合料强度试验，达到本文件相关要求的强度指标时，方可使用。

## 4.3 集料

### 4.3.1 集料宜采用反击式破碎机或重型锤式破碎机轧制生产。集料的分档要求应符合表4.3.1的规定。

表4.3.1 集料的分档要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 层位 | 高速公路和一级公路 | | 二级及二级以下公路 |
| 极重、特重交通 | 重、中、轻交通 |
| 基层 | ≥5 | ≥4 | ≥3或4a |
| 底基层 | ≥4 | ≥3或4a | ≥3 |

注：a对一般工程可选择不少于3档备料，对极重、特重交通荷载等级且强度要求较高时，为保证级配的稳定，宜选择不少于4档备料。

### 4.3.2 粗集料应表面清洁、干糙、无风化、无杂质、富有棱角、质地坚硬，其质量技术要求应满足表4.3.2的规定。

表4.3.2 粗集料质量技术要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | | | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 天  然  特  性 | 压碎值 | 高速公路、一级公路 | % | ≤24 | JTG E42中T 0316 |
| 二级及二级以下公路 | ≤26 |
| 表观密度 | | t/m3 | ≥2.6 | JTG E42中T 0304 |
| 吸水率 | | % | ≤3.0 | JTG E42中T 0304 |
| 坚固性 | | % | ≤15 | JTG E42中T 0314 |
| 加  工  特  性 | 级配 | | - | 满足级配要求 | JTG E42中T 0302 |
| 针片状颗粒含量 | | % | ≤18 | JTG E42中T 0312 |
| 小于 0.075mm粉尘含量 | | % | ≤2 | JTG E42中T 0310 |
| 软石含量 | | % | ≤3 | JTG E42中T 0320 |

### 4.3.3 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质、有适当的颗粒级配，其质量技术要求应满足表4.3.3的规定。

表4.3.3 细集料质量技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 颗粒分析 | - | 满足级配要求 | JTG E42中  T 0302/0303/0327 |
| 表观密度 | t/m3 | ≥2.6 | JTG E42中T 0330 |
| 塑性指数 | % | ≤17 | JTG E42中T 0118 |
| 有机质含量 | % | ﹤2 | JTG E42中T 0313/0336 |
| 硫酸盐含量 | % | ≤0.25 | JTG E42中T 0341 |

### 4.3.4 对0～3mm和0～5mm的细集料应严格控制大于2.36mm和4.75mm的颗粒含量。高速公路和一级公路，细集料中小于0.075mm的颗粒含量应不大于15%；二级及二级以下公路，细集料中小于0.075mm的颗粒含量应不大于20%。

### 4.3.5 天然材料用于高速公路和一级公路的基层时，应进行筛分，满足本文件对粗集料的规格要求。天然材料的规格不满足设计级配要求时，可掺配一定比例碎石。

## 4.4 水

### 4.4.1 符合现行《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）的饮用水可直接作为基层、底基层材料拌和与养生用水。

### 4.4.2 拌和使用非饮用水应进行水质检验，技术要求应符合表4.4.2的规定。

表4.4.2 非饮用水技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
| 1 | pH值 | ≥4.5 | JGJ 63-2006 |
| 2 | Cl-含量（mg/L） | ≤3500 |
| 3 | SO42-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 |

# 

# 5混合料配合比设计

## 5.1 一般规定

### 5.1.1 混合料组成设计应满足设计要求，选择技术经济合理的混合料类型和配合比。

### 5.1.2 应根据公路等级、交通荷载等级、结构形式、材料类型等因素确定材料技术要求。

### 5.1.3 水泥稳定碎石混合料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标（经验）配合比选取、混合料的生产配合比优化和施工参数确定四部分。

### 5.1.4 原材料检验应包括结合料、被稳定材料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的要求。

### 5.1.5 目标（经验）配合比选取应包括下列技术内容：

a）选择级配范围；

b）确定结合料类型及掺配比例；

c）验证混合料相关的设计及施工技术指标。

### 5.1.6 生产配合比优化应包括下列技术内容：

a）确定料仓供料比例；

b）确定水泥稳定材料的容许延迟时间；

c）确定结合料剂量的标定曲线；

d）确定混合料的最大干密度、最佳含水率。

### 5.1.7 施工参数确定应包括下列技术内容：

a）确定施工中结合料的剂量；

b）确定施工合理含水率及最大干密度；

c）验证混合料强度技术指标。

### 5.1.8 水泥稳定碎石试件为直径150mm×高度150mm的圆柱体，成型方法应满足JTG E51-2009要求。

### 5.1.9 应根据当地材料的特点和混合料性能要求，通过配合比设计选择最优的生产级配。

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

## 5.2 混合料技术要求

### 5.2.1 取满足表4.3.2及表4.3.3要求的碎石，按颗粒组成进行计算，确定各种碎石的组成比例和合成级配。

### 5.2.2 骨架密实型水泥稳定类材料最大公称粒径不超过31.5mm，混合料集料级配范围应符合表5.2.2的规定。

表5.2.2 骨架密实型水泥稳定材料级配范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层位 | 通过方筛孔（mm）的质量百分率（%） | | | | | | |
| 31.5 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.075 |
| 基层及底基层 | 100 | 68～86 | 38～58 | 22～38 | 16～28 | 8～15 | 0～5 |

### 5.2.3 悬浮密实型水泥稳定类材料基层最大公称粒径不超过31.5mm，底基层最大公称粒径不超过37.5mm。混合料集料级配范围应符合表5.2.3的规定。

表5.2.3 悬浮密实型水泥稳定材料级配范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层位 | 通过方筛孔（mm）的质量百分率（%） | | | | | | | |
| 37.5 | 31.5 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.075 |
| 基层 | -- | 100 | 92～98 | 64～78 | 27～49 | 15～32 | 6～20 | 0～5 |
| 底基层 | 100 | 94～100 | 75～90 | 50～70 | 29～50 | 15～35 | 6～20 | 0～5 |

### 5.2.4 水泥稳定碎石压实度、7d无侧限抗压强度、水泥剂量应符合表5.2.4的规定。

表5.2.4 压实度、强度及水泥剂量要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层位 | 荷载等级 | 7d无侧限抗压强度（MPa） | | 推荐水泥剂量（%） | 压实度（%） |
| 高速公路、一级公路 | 二级及二级以下公路 |
| 基层 | 极重、特重交通 | 5.0～7.0 | 4.0～6.0 | 4.0～5.0 | ≥98 |
| 重交通 | 4.0～6.0 | 3.0～5.0 | 3.5～4.5 |
| 中、轻交通 | 3.0～5.0 | 2.0～4.0 | 3.0～4.0 |
| 底基层 | 极重、特重交通 | 3.0～5.0 | 2.5～4.5 | 3.5～4..5 | ≥97 |
| 重交通 | 2.5～4.5 | 2.0～4.0 | 3.0～4.0 |
| 中、轻交通 | 2.0～4.0 | 1.0～3.0 | 2.5～4.0 |

### 5.2.5 在满足无侧限抗压强度的同时尽量考虑提高水泥稳定碎石的间接抗拉强度和抗弯拉强度，从而提高基层的抗裂性。

### 5.2.6水泥稳定类材料强度要求较高时，宜采取控制原材料技术指标、优化级配设计和掺加优质粉煤灰等措施，不宜单纯通过增加水泥剂量来提高材料强度。

## 5.3 设计步骤

### 5.3.1 根据集料的筛分结果和表5.2.2及表5.2.3矿料级配的要求，确定各规格集料之间比例。

### 5.3.2 分别按下列5种水泥剂量配制同一种矿料级配、不同水泥剂量的混合料：底基层用2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%；基层用2.5%、3.0%、3.5%、4.0%、4.5%。

### 5.3.3 配制混合料时宜采用振动搅拌试验机进行，禁止采用人工拌和的方式。

### 5.3.4 根据《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51-2009）中标准振动击实试验规程，得出不同水泥剂量混合料试件的最大干密度和最佳含水量，按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51-2009）中的要求成型圆柱体试件，每组试件数量应符合表5.3.4的规定。

表5.3.4 最少的试件数量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Cv | 小于10% | 10～15% | 15～20% |
| 试件数量（个） | 6 | 9 | 13 |

### 5.3.5 试件置入温度20℃±2℃、相对湿度95%以上的标养室内养生6d，取出后浸入20℃±2℃恒温水槽中养生1d，并使水面高出试件顶面约2.5cm。

### 5.3.6 将浸水24h的试件取出，用软布吸去试件表面的水分，量高称重后，立即进行无侧限抗压强度试验和间接抗拉强度试验。

### 5.3.7 根据试验结果，应按式（5.3.7）计算强度代表值。

（5.3.7）

式中：

——该组试件强度的平均值，MPa；

*Cv*——该组试件强度的变异系数，%；

*Zα*——保证率系数，高速、一级公路保证率取95%，Zα=1.645；其他公路保证率取90%，*Zα*=1.282。

5.3.8 强度代表值应不小于强度标准值*Rd*，否则应重新进行配合比试验。

### 5.3.8 通过5.3.1～5.3.7确定混合料矿料级配、水泥剂量、粉煤灰剂量、最大干密度、最佳含水率，并通过试验确定施工延迟时间。

### 5.3.9 配合比设计报告应包括：原材料检测结果、设计级配范围及级配曲线、最佳含水率和最佳干密度、水泥剂量、粉煤灰剂量、7d无侧限抗压强度或7d间接抗拉强度、强度变异系数、最大干密度确定方法和试件成型方法等内容。

### 5.3.10 在目标配合比选取中，应选择不少于5个水泥剂量，分别确定各剂量条件下混合料的最佳含水率和最大干密度。

### 5.3.11 应根据实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剂量。

### 5.3.12 应根据当地材料特点和技术要求，优化设计混合料级配，确定目标级配曲线和合理的变化范围。

### 5.3.13 在目标级配曲线优化选择过程中，应选择不少于3条级配曲线，试验级配曲线可按推荐的级配范围和以往的工程经验初选。

### 5.3.14 选定目标级配曲线后，应对各档进行筛分，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。

### 5.3.15 应按下列步骤合成目标级配曲线并进行性能验证：

a）按确定的目标级配，根据各档材料的平均筛分曲线，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垂直振动击实试验和7d龄期无侧限抗压强度试验，验证混合料性能。

### 5.3.16 应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；并应针对波动范围的上、下限验证混合料性能。

## 5.4 生产配合比

### 5.4.1 根据目标配合比确定的各档材料比例，应对拌和设备进行调试和标定，确定合理的生产参数，确保生产出的混合料满足目标级配的要求。

### 5.4.2 拌和设备的调试和标定应包括料斗称量精度的标定、结合料剂量的标定和拌和设备加水量的控制等内容，并应符合下列规定：

a）绘制不少于5个点的水泥剂量标定曲线；

b）按各档材料的比例关系，设定相应的称量装置，调整拌和设备各个料仓的进料速度；

c）按设定好的振动搅拌参数和生产配合比进行第一阶段试生产，验证生产级配。不满足要求时，应进一步调整振动搅拌参数和生产配合比。

### 5.4.3 对水泥或水泥粉煤灰稳定材料，应分别进行不少于3个时间段成型时间条件下的混合料7d无侧限抗压强度试验，绘制相应的延迟时间曲线，并根据这条曲线确定满足设计强度要求的容许延迟时间。

### 5.4.4 应在第一阶段试生产试验的基础上进行第二阶段试验。分别按不同结合料剂量和含水率进行混合料试拌，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和的相关技术参数；

c）通过垂直振动试验，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）通过无侧限抗压强度试验，确定材料的实际强度水平和拌和工艺的变异水平。

### 5.4.5 生产配合比验证应铺筑不小于300m试验段。根据摊铺、碾压以及7d的现场芯样情况，确定施工配合比及其他施工参数。

### 5.4.6 视拌和设备水泥剂量控制精度，结合施工中原材料变化和施工变异性等因素，工地实际采用水泥剂量可增加0～0.5%。

### 5.4.7 每天开盘前，应检测原材料级配及天然含水率，验证混合料施工配合比准确性及稳定性。

# 6设备

## 6.1 一般规定

### 6.1.1 施工机械、设备应根据工程量、路面宽度、路面厚度、工期等要求合理配置。

### 6.1.2 振动搅拌机生产能力一般不小于600t/h，并与实际摊铺能力相匹配。

### 6.1.3 摊铺机选用功率不小于120kW的稳定材料摊铺机。

### 6.1.4 当二级及二级以下等级公路路面基层施工时,可适当进行设备调整。

### 6.1.5运输车辆、装载机、洒水车、小型压实机具、小型铣刨机等，数量应与振动搅拌机、摊铺机、压路机相匹配。

6.1.6施工模板、钢丝、钢钎、导梁等施工辅助设备配置应与振动搅拌机、摊铺机、压路机相匹配。

## 6.2 振动搅拌机

### 6.2.1 采用双卧轴连续式振动搅拌机，并通过搅拌装置对混合料施加振动作用。

### 6.2.2 振动搅拌机生产时搅拌装置振动圆频率不小于157rad/s，最大振动强度不小于1.5g。

### 6.2.3 振动搅拌机振动驱动总功率不小于10kW。

### 6.2.4 振动搅拌机应至少配置四个进料斗，配料斗入口须安装钢筋网盖。

### 6.2.5 配料系统计量装置应装配高精度电子动态计量器。电子动态计量器应经过计量检验部门检定合格后方可使用。

### 6.2.6 振动搅拌机用水采用喷洒装置喷入拌缸，用水量应控制在计算用水量的±1%。

## 6.3 摊铺机

### 6.3.1 摊铺宽度10m以下采用1 台摊铺机，10m 以上时可采用 2 台摊铺机摊铺，2 台摊铺机的型号及磨损程度宜大体相同。

### 6.3.2 摊铺机应具有良好的抗离析能力，为防止混合料离析，应对摊铺机采取下列措施：

a）螺旋分料器应安装在低位，螺旋底部距下承层距离不大于100mm；

b）螺旋分料器与前挡板刮板和熨平板之间间隙应不大于23cm；

c）摊铺机的摊铺室前宜增设橡胶挡板，橡胶挡板底部距下承层距离宜不大于100mm，避免混合料离析；

d）前挡板刮板两端安装塑料或橡胶挡板等，以防止两端混合料自由滚落，橡胶挡板底部距下承层距离宜不大于100mm。

## 6.4压路机

### 6.4.1 压路机的吨位和台数应与拌和设备及摊铺机生产能力相匹配，11t以上双钢轮压路机不少于2台，26t以上胶轮压路机不少于1台，20t以上单钢轮振动压路机1～3台，具体数量应视车道数而定。

### 6.4.2 采用大于11t的双钢轮振动压路机；双钢轮振动压路机应采用全液压系统控制，速度0km/h～12km/h无级变速，激振力、振频和振幅可调控，喷水量大小可调且雾化喷水。

### 6.4.3 胶轮压路机速度应工作重量可调，速度实现0km/h～12km/h无级变速，全液压操控。分层施工时胶轮压路机接地比压不宜小于420kPa；全厚式施工时胶轮压路机接地比压不宜小于500kPa。

# 

# 7施工

## 7.1 一般规定

### 7.1.1 施工前应编制施工组织设计文件。

### 7.1.2 施工温度应不低于5℃。在雨季施工时，应特别注意气候变化，避免水泥和混合料遭受雨淋；夏季高温作业时，水泥储存温度不应高50℃。降雨时应停止施工，已经摊铺的水泥稳定碎石应尽快碾压密实并采取养护措施。

### 7.1.3 摊铺前应进行测量放样。按摊铺机宽度与传感器间距，一般在直线上间隔为10m，在平曲线（匝道）上间隔为5m，做出标记，并打设好厚度控制线支架。应根据松铺系数算出松铺厚度，决定控制线高度，挂好控制线。用于摊铺机摊铺厚度控制线钢丝的拉力不应小于800N。

### 7.1.4施工时，应合理安排施工顺序和计划，同一路段左右幅施工时间宜错开。养生完成的路段应对施工车辆的通行进行控制。振动搅拌水泥稳定碎石基层应加强施工工序质量控制与管理，保证工程质量。

### 7.1.5水泥稳定碎石基层施工应有良好的劳动保护措施，并确保施工安全。

### 7.1.6施工过程中应随时对施工质量进行检查，并应按规定的频率对检查项目进行抽检。

7.1.7应建立健全安全生产管理制度及应急预案，严格执行安全操作规程，保障施工人员的施工安全。

## 7.2 施工准备

### 7.2.1搅拌站应设置在地势相对较高的位置，并做好排水措施。

### 7.2.2 搅拌站场地应平整并具有足够的承载能力。高速公路和一级公路的搅拌站，场地应采用混凝土硬化，混凝土强度等级不低于C15，厚度应不小于200mm。

### 7.2.3 搅拌站拌和生产设备应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）规定。

### 7.2.4 施工前应对施工设备全面检查，对设备配置进行复核，确保施工设备满足施工要求，并应调试到最佳工作状况。

### 7.2.5基层施工前，下承层应满足相应的质量指标，不得有松散和软弱点。对于产生松散、离析的路段，应进行返工处理。对于养护不及时产生的裂缝应做相应封闭处理。施工前保证下承层表面湿润。

### 7.2.6施工前应先进行混合料配合比设计，设计步骤应包括目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段。

### 7.2.7根据搅拌站生产能力确定水泥罐仓的容量（至少2个罐，一般不宜小于50t），罐仓内应配有水泥破拱器，以免水泥起拱停流。

### 7.2.8 开工前，应检验运输车辆完好情况，装料前应将车厢清洗干净。

## 7.3 混合料振动搅拌

### 7.3.1混合料搅拌前，应检查场内各种集料的含水量，计算当天的施工配合比，以确定加水量。

### 7.3.2混合料搅拌时，拌和时间应不少于8s。

### 7.3.3配料斗、罐仓应装配称量精度达到±1.0%的电子动态计量器，加水量使用流量计控制。为保证水泥计量的准确，宜使用减量流量称技术。开始搅拌之后，应按规定取混合料试样检查级配、含水量和水泥剂量，若发现由于计量问题不能满足级配要求，宜使用减量流量称技术及特殊粉料喂料装置实现。

### 7.3.4高温作业时，宜按温度变化及时调整用水量。

### 7.3.5出料装车时车辆应前后移动，分前、后、中三次装料，避免混合料离析。

### 7.3.6拌和现场应至少有1名试验人员监测拌和时的水泥剂量、含水量和各档集料的比例，发现异常应及时调整。

### 7.3.7拌和料应按摊铺面积和《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）规定的检测频率进行抽检。

## 7.4 混合料运输

### 7.4.1 轮胎上带有泥土等污染物的运料车不得驶上施工完成的基层，避免污染物在结构层之间形成夹层，影响层间粘结。

### 7.4.2混合料运输时应具有保湿、遮盖措施。不能在水泥初凝前运到工地摊铺压实时，须予以废弃。

## 7.5 混合料摊铺

### 7.5.1摊铺准备工作应严格控制基层厚度和高程，保证路拱横坡度满足设计要求。

### 7.5.2 应采用摊铺功率不低于120kW的沥青混凝土摊铺机或稳定材料摊铺机摊铺混合料。

### 7.5.3应在下承层施工质量检测合格后，开始摊铺上面结构层。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。

### 7.5.4应保证足够的摊铺厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于160mm，松铺系数宜在1.25～1.40以内。

### 7.5.5下承层是水泥稳定材料时，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。

### 7.5.6摊铺应符合以下要求：

a）采用梯队流水作业模式，相邻两台摊铺机的型号宜相同，磨损程度宜相近。施工期间，两台摊铺机的间距宜不大于10m，且两个施工断面纵向应有300～400mm的重叠；

b）摊铺速度宜控制在1.5m/min～2.0m/min，且应匀速、不停歇地摊铺；

c）螺旋分料器应匀速、不间歇地旋转送料，且全部埋入混合料中；

d）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；

e）摊铺机应开启振动器和夯锤。振动器振动频率应不低于30Hz，夯锤冲击频率应不低于20Hz。

### 7.5.7对高速公路和一级公路，在摊铺过程中宜设立纵向模板。

### 7.5.8对无法使用机械摊铺的路段，可采用人工同步摊铺、修整，并同时碾压成型。

### 7.5.9 正常路段的基层每天应连续施工，尽量减少施工接缝，桥头施工应一次成型。

## 7.6 碾压

### 7.6.1应安排专人负责指挥碾压，不得漏压，且应消除轮迹。

### 7.6.2直线段，压路机应从外侧向路中心碾压；平曲线超高路段，由低侧向高侧碾压。

### 7.6.3宜按表7.6.3方案碾压，并通过试验路段最终确定碾压程序与工艺。

表7.6.3推荐碾压方案

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 阶段 | 压路机类型及组合 | 工艺要求 | 碾压速度（km/h） | 遍数 |
| 初压 | 26t以上胶轮压路机+双钢轮压路机 | 紧跟摊铺机，胶轮压路机在前，双钢轮压路机在后 | 1.5～1.7 | 不少于2遍 |
| 复压 | 单钢轮重型振动压路机 | 先弱振1遍，再强振不低于4遍，最后弱振1遍 | 1.8～2.2 | 不少于6遍 |
| 终压 | 双钢轮压路机 | 以弥合表面微裂纹、松散以及消除轮迹为停压标准 | 1.5～1.7 |  |

### 7.6.4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。

### 7.6.5碾压作业应在水泥初凝前完成，并达到规定压实度，基层表面无明显轮迹和微裂纹。

### 7.6.6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。

## 7.7 接缝处理

### 7.7.1 混合料摊铺时，应保持连续。对水泥稳定材料，因故中断时间大于2h时，应设置横向接缝，并应符合下列规定：

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个方木，方木的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约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。

### 7.7.2 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，并应符合下列规定：

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。

### 7.7.3 横缝应与路中心线垂直设置。

## 7.8 养生、交通管制和层间处理

### 7.8.1 每一作业段碾压完成且检测合格后，（底）基层表面应及时覆盖保湿养生。

### 7.8.2 水泥稳定石灰岩碎石保湿养生应不少于7d，水泥稳定花岗岩碎石保湿养生应不少于10d。工程进度许可的情况下，宜养生14d后铺筑上结构层。若上结构层不能及时铺筑，则保持（底）基层表面湿润至上结构层施工。

### 7.8.3 养生期间，应封闭交通。养生结束后应实行交通管制，并尽量使车辆轮迹横向均匀分布地行驶。

### 7.8.4根据结构层位的不同和施工工序的要求，应参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）的规定择机进行层间处理。

### 7.8.5养生可采用洒水养生、土工布覆盖养生、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。

### 7.8.6洒水养生宜作为水泥稳定材料的基本养生方式，并应符合下列规定：

a）养生用洒水车应采用喷雾式喷头，严禁采用高压式喷管，以免破坏（底）基层结构；

b）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；

c）养生期间，稳定材料层表面应始终保持湿润。

### 7.8.7土工布养生应符合下列规定：

a）宜采用不小于250g/m2的透水土工布全断面覆盖，也可采用塑料薄膜覆盖；

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1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与缺失。

## 7.9 施工控制

### 7.9.1 含水率控制

a）搅拌站控制含水率应采用电子秤计量。施工时应根据天气和季节的变化，含水率误差宜控制在0±1％以内，炎热、干燥、大风天气宜取高限；

b）设专人监测含水率,试验室宜每两小时做一次含水率检测。应经常检查加水计量装置是否完好和准确；

c）搅拌机开机前，应对细集料的含水率进行检测，确定拌和的加水量。试验室宜做一个细集料不同的含水率（如1%-30%）下的混合料加水量的对比表,以方便快速准确地计算出加水量。

### 7.9.2 平整度控制

为了保证良好的平整度，可采取如下措施。

1. 注意双机联铺接缝位置、横向施工缝位置、桥头搭板等薄弱位置的平整度；
2. 对于平整度超标的地方宜采用精铣刨机处理；
3. 在每一层施工前，各施工单位宜用平整度检测车对上一结构层的平整度进行排查，不合格的点或段落应进行处理；
4. 施工中宜减少施工缝，尽可能将施工缝放在桥头接茬处；
5. 在初压后宜用三米直尺进行平整度检测，凹的地方要及时补料，凸的地方要及时铲去；终压前、后宜分别用三米直尺进行平整度检测，不合格的点或段落应及时处理。

### 7.9.3 离析控制

摊铺混合料时,应设专人在摊铺机后消除离析现象，特别是局部形成的粗集料窝或粗集料带应铲除，用新混合料及时填补。

可采用如下措施防止离析：

a）控制搅拌机出料口与自卸车车斗之间的高差不超过50cm；

b）自卸车采用前、后、中三次上料；

c）自卸车向摊铺机供料时要快速卸料，以防止大料滚落；

d）减少摊铺机收斗次数，尽量不收斗；

f）适当降低摊铺机熨平板高度。

### 7.9.4 压实度控制

为了得到良好的压实度，可采用如下措施：

1. 每次拌和前，对集料等原材料进行含水率检测，然后再根据确定的最佳含水率确定用水量；
2. 运输混合料时宜匀速、平稳，防止混合料受到颠簸，影响碾压效果；
3. 碾压过程中，基层表面应始终保持潮湿，若表面水分蒸发过快，应及时补洒少量的水；
4. 严禁压路机在完成或正在碾压的路段上调头和急刹车；
5. 设专人监管碾压过程，若发现碾压速度过快、碾压遍数与要求不符、碾压路线随意性过大等情况应立即进行整改。

# 8施工质量检验与验收

## 8.1 一般规定

### 8.1.1 水泥剂量应采用滴定法检测，拌和出料后立即取样并在30min内送达工地试验室进行滴定试验。同时，应记录每天实际水泥用量、集料用量和实际工程量，计算日均水泥剂量。

### 8.1.2 基层、底基层施工质量标准和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）按规定频次对进场原材料进行检测，控制原材料质量，不合格材料清理出场；

b）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；

c）合理配备工地试验室的检测能力，检测数据真实、完整、可靠；

d）各个工序完结后，应对施工质量进行检查验收，合格后，方可进行下一道工序。

### 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 在施工过程中，应配备有相关的持证试验操作人员。工地试验室的试验操作人员人数应满足施工进度要求，同时应明确每个质量控制环节上的责任人。

## 8.2 施工过程质量检查

### 8.2.1 施工过程中的内在质量控制应分为原材料质量控制、搅拌质量控制、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。

### 8.2.2 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。

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

### 8.2.4 对高速公路和一级公路的基层、底基层，应在养生7～10d内进行弯沉检测，弯沉值不满足设计要求时，应返工处理。

### 8.2.5施工单位应按表8.2.5-1和表8.2.5-2要求对原材料、混合料、施工质量及外形尺寸进行自检，监理工程师按所列频率的20%进行抽检。

表8.2.5-1 质量检验项目和频率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 检查项目 | 质量标准 | 频率 |
| 水泥 | 强度 | 符合国家相关标准 | 材料组成设计时测2个样品；  厂家或强度等级变化时重测。 |
| 凝结时间 | 符合表4.2.3要求 |
| 安定性 | 符合国家相关标准 |
| 粉煤灰 | 细度 | 符合JTG/T F20-2015规定 | 材料组成设计时测2个样品；  厂家变化时重新检测。  发现含水率异常时，随时检测含水率。 |
| 烧失量 | 符合JTG/T F20-2015规定 |
| 含水率 | 符合JTG/T F20-2015规定 |
| 集料 | 含水率 | 确定天然含水率和拌和加水量 | 每天拌和前测2个样品；每2000m3测2个样品；  发现异常时，随时检测。 |
| 级配 | 符合表5.2.2和表5.2.3要求 |
| 密度 | 符合表4.3.2和表4.3.3要求 | 材料组成设计时测2个样品；  碎石种类变化时测2个样品；  发现异常时，随时检测。 |
| 针片状颗粒含量 | 符合表4.3.2要求 |
| 压碎值 | 符合表4.3.2要求 |
| 混合料 | 级配 | 符合表5.2.2和表5.2.3要求 | 每2000m2检测1次；异常时，随时检测。 |
| 水泥剂量 | 设计水泥剂量+0～0.5% | 每2h检测1次，至少6个样品。 |
| 含水率 | 碾压时不超过最佳含水率±1% | 每2000m2检测1次；发现异常时随时检测。 |
| 均匀性 | 无粗细集料离析现象 | 目测。 |
| 施工质量 | 压实度 | 符合表5.2.4要求 | 每作业段或每2000m2测6次以上。 |
| 无侧限抗压强度 | 符合表5.2.4要求 | 每1d测一次，不少于9～13个样本。 |

表8.2.5-2 外形检查项目、频率和质量标准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | | 质量标准 | | 频率 |
| 底基层 | 基层 |
| 1 | 纵断高程（mm） | | +5,-15 | +5,-10 | 每200m测4个断面 |
| 2 | 宽度（mm） | | 符合设计要求 | 符合设计要求 | 每200m测4个断面 |
| 3 | 横坡（%） | | ±0.3 | ±0.3 | 每200m测4个断面 |
| 4 | 平整度  （mm） | 最大间隙 | 12 | 8 | 每200m测2处,每处连续10尺 |
| 标准差 | — | 3.0 | 连续式平整度仪 |
| 5 | 厚度  （㎜） | 代表值 | -10 | -8 | 每200m每车道测1点 |
| 合格值 | -25 | -15 |

## 8.3 特别要求

### 8.3.1 养生7d后，水泥稳定碎石的试验段应及时检测下列技术项目：

a）标准养生试件的7d无侧限抗压强度；

b）钻取直径为150mm芯样，评价芯样外观，取芯样本量应不少于6个，对芯样钻孔处应用同原材料、原配比进行回填并压实；

c）对完整芯样从底部进行截取，切割成标准试件，测定强度；

d）按车道，每10m一点测定弯沉值。

### 8.3.2 水泥稳定碎石在施工中应钻取芯样检验其完整性，完整芯样应切割成标准试件后检测强度，并应符合下列规定：

a）取样时应采用随机取样方式，不得在现场人为挑选位置；

b）芯样顶面、四周应均匀、致密；

c）芯样的高度应不小于实际摊铺厚度的95%；

d）取不出完整芯样时，应找出实际路段相应的范围，返工处理；

e）标准试件的直径为150mm，从芯样底部开始截取，径高比为1:1；

f）记录实际养生龄期；

g）根据实际施工情况确定试件强度的评价标准；

h）同一批次强度试验的变异系数应不大于12%；

i）样本量不少于9个。

## 8.4 质量验收

### 8.4.1 基本要求

a）集料应符合本标准和设计要求；

b）水泥剂量、粉煤灰剂量和矿料级配应符合设计要求；

c）混合料应在最佳含水率状态下碾压至规定的压实度；

d）检测合格后，应立即覆盖保湿养生，养生应符合本标准要求；

e）养生至第7d，采用直径150mm钻头取芯检查，芯样应完整无断根现象；

f）每组评定试件的强度变异系数不大于12%。

### 8.4.2 实测项目

水泥稳定碎石基层、底基层实测项目见表8.4.2。

表8.4.2 基层和底基层实测项目

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | | 规定值或允许偏差 | | 检查方法和频率 |
| 底基层 | 基层 |
| 1 | 压实度（%） | 代表值 | 97 | 98 | 按JTG F80/1-2017附录B检查；  每200m每车道2处 |
| 极值 | 93 | 94 |
| 2 | 平整度（mm） | | ≤12 | ≤8 | 3m直尺，每200m测2处,每处连续10尺 |
| 3 | 纵断高程（mm） | | +5，-15 | +5，-10 | 水准仪，每200m测4个断面 |
| 4 | 宽度（mm） | | 符合设计要求 | | 尺量，每200m测4处 |
| 5 | 厚度（mm） | 代表值 | -10 | -8 | 按JTG F80/1-2017附录H检查；  每 200m 每车道测1 点 |
| 合格值 | -25 | -15 |
| 6 | 横坡（%） | | ±0.3 | ±0.3 | 水准仪，每200m测4个断面 |
| 7 | 强度（MPa） | | 强度符合设计要求，变异系数不大于12% | | 按JTG F80/1-2017附录G检查 |

### 8.4.3 外观鉴定

外观鉴定应符合以下规定：

a）表面平整密实、无坑洼、无明显离析；

b）施工接茬平整、稳定。

### 8.4.4 质量检验评定

水泥稳定碎石（底）基层应按《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）进行质量检验评定。