

ICS 93.080  
CCS P 66

DB 62

甘 肃 省 地 方 标 准

DB62/T 5072—2024

公路固废基胶凝材料稳定碎石混合料  
设计与施工规范

Design and construction specification for solid waste cementitious materials  
stabilized aggregate mixture of highway

2024-12-31 发布

2025-03-31 实施

甘肃省市场监督管理局 发布

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 前言 .....                               | II |
| 1 范围 .....                             | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                        | 1  |
| 3 术语和定义 .....                          | 1  |
| 4 固废基胶凝材料 .....                        | 2  |
| 5 路面结构设计参数 .....                       | 3  |
| 6 混合料组成设计 .....                        | 4  |
| 7 混合料拌和、运输、摊铺及碾压 .....                 | 6  |
| 8 养生、交通管制与层间处理 .....                   | 7  |
| 9 质量控制与验收 .....                        | 7  |
| 附录 A (规范性) 固废基胶凝材料稳定碎石混合料干缩率测试方法 ..... | 9  |
| 附录 B (规范性) 混合料中固废基胶凝材料剂量检测方法 .....     | 11 |

## 前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由甘肃省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由甘肃省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司、甘肃省嘉峪关公路事业发展中心、甘肃省交通投资管理有限公司、甘肃万泰建设工程有限公司、甘肃新发展投资集团有限公司、新疆大学、金川集团金昌水泥有限责任公司。

本文件主要起草人：魏定邦、武旭、赵静卓、令彦荣、殷华甲、李晓民、陈永志、薛瑛、李远广、甘宪福。

本文件由甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司负责解释。

# 公路固废基胶凝材料稳定碎石混合料 设计与施工规范

## 1 范围

本文件规定了固废基胶凝材料的组成和技术要求，明确了路面结构设计参数、混合料组成设计和施工工艺，确定了质量控制与验收等要求。

本文件适用于各等级新建、改扩建及养护公路的沥青路面基层与底基层工程。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB/T 12573 水泥取样方法
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉
- GB/T 21371 用于水泥中的工业副产石膏
- GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料
- GB/T 29163 煤矸石利用技术导则
- GB/T 29417 水泥砂浆和混凝土干燥收缩开裂性能试验方法
- GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范
- JC/T 313 膨胀水泥膨胀率实验方法
- JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- 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 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

**固废基胶凝材料** Solid waste cementitious materials

由粒化高炉矿渣、钢渣、粉煤灰、工业副产石膏等固体废弃物与水泥或水泥熟料、外加剂按一定比例配制并加工磨细后的水硬性胶凝材料。

## 3.2

**固废基胶凝材料稳定碎石混合料** Solid waste cementitious materials stabilized aggregates mixture

由固废基胶凝材料、水、粗集料和细集料共同拌合形成的混合料。

## 3.3

**容许延迟时间** Permitted delay time

在满足强度要求的前提下，固废基胶凝材料稳定碎石混合料拌合后至碾压成型之前所容许的最大时间间隔。

## 4 固废基胶凝材料

## 4.1 材料

固废基胶凝材料的原材料应符合表1的规定。

**表1 固废基胶凝材料原材料要求**

| 原材料             | 技术要求       |
|-----------------|------------|
| 水泥 <sup>a</sup> | GB 175     |
| 硅酸盐水泥熟料         | GB/T 21372 |
| 粒化高炉矿渣          | GB/T 18046 |
| 钢渣              | GB/T 20491 |
| 粉煤灰、炉渣          | GB/T 1596  |
| 煤矸石             | GB/T 29163 |
| 工业副产石膏          | GB/T 21371 |
| 铜选尾渣            | GB/T 18046 |

注：<sup>a</sup> 水泥宜采用PO型的42.5水泥或52.5水泥。

## 4.2 技术要求

## 4.2.1 化学指标

固废基胶凝材料中的化学指标应符合表2的规定。

**表2 固废基胶凝材料化学指标**

| 项目        | 指标                 | 试验方法     |
|-----------|--------------------|----------|
| 三氧化硫      | ≤12%               | GB/T 176 |
| 氯离子（质量分数） | ≤0.1% <sup>b</sup> |          |

注：<sup>b</sup>当不与钢筋同时使用时，可不做限制。

#### 4.2.2 物理指标

固废基胶凝材料中的物理指标应符合表3的规定。

表3 固废基胶凝材料物理指标

| 项目             | 指标      | 试验方法       |
|----------------|---------|------------|
| 细度(45μm方孔筛筛余量) | ≤30%    | GB/T 1345  |
| 初凝时间           | ≥300min | GB/T 1346  |
| 终凝时间           | ≤900min |            |
| 安定性(煮沸法和浸水法)   | 合格      | GB/T 1346  |
| 7d线性膨胀率        | ≥0.13%  | JC/T 313   |
| 28d线性膨胀率       | ≤0.50%  |            |
| 28d干缩率         | ≤0.08%  | GB/T 29417 |

#### 4.2.3 强度指标

固废基胶凝材料的强度指标应符合表4的规定。

表4 固废基胶凝材料强度指标

| 强度等级 | 抗压强度(MPa) |       |       | 抗折强度(MPa) |      |      | 试验方法       |
|------|-----------|-------|-------|-----------|------|------|------------|
|      | 3d        | 7d    | 28d   | 3d        | 7d   | 28d  |            |
| 22.5 | /         | ≥10.0 | ≥22.5 | /         | ≥2.0 | ≥5.0 | GB/T 17671 |
| 32.5 | /         | ≥15.0 | ≥32.5 | /         | ≥3.0 | ≥5.5 |            |
| 42.5 | ≥15.0     | ≥20.0 | ≥42.5 | ≥3.5      | ≥4.2 | ≥6.5 |            |

#### 4.2.4 环境安全指标

固废基胶凝材料的放射性要求应符合GB 6566规定，可浸出重金属含量限值要求应符合GB/T 30760的规定。

### 5 路面结构设计参数

#### 5.1 一般规定

公路基层用固废基胶凝材料稳定碎石混合料，应根据室内试验结果或经验数值进行路面结构设计与结构验算。

#### 5.2 设计参数

##### 5.2.1 路面结构层材料设计参数的确定可分为下列两个水平：

- 水平一，通过室内试验实测确定；
- 水平二，参照经验数值确定。

##### 5.2.2 高速公路、一级公路的施工图设计阶段宜采用水平一，其他设计阶段可采用水平二；二级及以

下公路可采用水平二。

### 5.3 结构验算参数

5.3.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料弯拉强度和弹性模量应按本文件第 5.2.1 条规定，依据相应的水平确定：

——水平一，按 JTGD50 中附录 E，采用中间段法单轴压缩试验测定。弯拉强度和弹性模量的测

定应符合 JTGD44 中 T0851 的有关规定，测试试件的龄期应为 90 d；

——水平二，参照表 5 确定弯拉强度和弹性模量。

表5 固废基胶凝材料稳定碎石混合料的弯拉强度和弹性模量取值范围

| 弯拉强度 (MPa) | 弹性模量 (MPa)  |
|------------|-------------|
| 1.2~2.0    | 14000~28000 |

5.3.2 结构验算时，材料弹性模量应乘以结构层模量调整系数 0.5。

## 6 混合料组成设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 固废基胶凝材料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。

6.1.2 确定固废基胶凝材料稳定碎石混合料最大干密度指标时应采用振动击实方法或重型击实方法。

6.1.3 在施工过程中，材料质量或规格发生变化时，应重新进行材料组成设计。

6.1.4 目标配合比设计阶段应验证固废基胶凝材料稳定碎石混合料的 28 d 干缩率。

### 6.2 原材料

6.2.1 固废基胶凝材料技术指标应符合本文件第 4 章规定。

6.2.2 粗集料和细集料的外观、规格和技术指标要求等应符合 JTGF20 中的规定。

6.2.3 符合 GB 5749 的饮用水可直接作为基层、底基层材料拌和与养生用水。拌和和养生使用的非饮用水应进行水质检验，应符合 JTGF20 中的规定。

### 6.3 目标配合比设计

#### 6.3.1 强度与收缩要求

6.3.1.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料应采用 14 d 龄期无侧限抗压强度作为施工质量控制的主要指标。

6.3.1.2 固废基胶凝材料稳定碎石混合料 14 d 龄期无侧限抗压强度标准  $R_d$  应符合表 6 的规定。

表6 固废基胶凝材料稳定碎石混合料 14d 龄期无侧限抗压强度标准  $R_d$

| 结构层 | 公路等级      | 极重、特重交通 (MPa) | 重交通 (MPa) | 中、轻交通 (MPa) |
|-----|-----------|---------------|-----------|-------------|
| 基层  | 高速公路和一级公路 | 4.0~5.0       | 3.5~4.5   | 3.0~4.0     |
|     | 二级及二级以下公路 | 3.5~4.5       | 3.0~4.0   | 2.5~3.5     |

表6 固废基胶凝材料稳定碎石混合料14d龄期无侧限抗压强度标准R<sub>d</sub>（续）

| 结构层 | 公路等级      | 极重、特重交通（MPa） | 重交通（MPa） | 中、轻交通（MPa） |
|-----|-----------|--------------|----------|------------|
| 底基层 | 高速公路和一级公路 | 2.5~2.5      | 2.0~3.0  | 1.5~2.5    |
|     | 二级及二级以下公路 | 2.0~3.0      | 1.5~2.5  | 1.0~2.0    |

6.3.1.3 强度试验时，应按现场压实度标准采用静压法成型试件，试件径高比应为1:1。

6.3.1.4 固废基胶凝材料稳定中、粗粒材料的试件直径应为150mm。无侧限抗压强度平行试验的最少试件数量应符合表7的规定。

表7 无侧限抗压强度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% |
| 中粒材料（公称最大粒径16mm~26.5mm） | 6个     | 9个      | 13个     |
| 粗粒材料（公称最大粒径≥26.5mm）     | —      | 9个      | 13个     |

6.3.1.5 试验结果的变异系数大于表7规定值时，应重做试验或增加试件数量。强度试验与计算应符合JTGT F20的相关规定。

6.3.1.6 固废基胶凝材料稳定碎石混合料28d干缩率应不大于0.035%，若不满足，通过调整级配或灰剂量等重新进行目标配合比设计。干缩率试验与计算按照附录A执行。

### 6.3.2 固废基胶凝材料剂量与推荐级配

6.3.2.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料的固废基胶凝材料剂量应以固废基胶凝材料占全部被干燥稳定碎石质量的百分率表示。

6.3.2.2 固废基胶凝材料稳定碎石混合料的级配及技术要求应符合JTGT F20中的规定。

### 6.3.3 目标配合比设计技术要求

6.3.3.1 目标配合比应根据当地材料的特点，通过原材料性能的试验评定，确定混合料配合比设计的技术要求。

6.3.3.2 目标配合比设计应选择不少于5个固废基胶凝材料剂量，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。

6.3.3.3 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，验证不同固废基胶凝材料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。

6.3.3.4 固废基胶凝材料稳定碎石混合料配合比试验中固废基胶凝材料剂量宜参照表8中的推荐值。

表8 试验推荐固废基胶凝材料剂量表

| 被稳定材料 | 结构层 | 推荐试验固废基胶凝材料剂量（%） |
|-------|-----|------------------|
| 级配碎石  | 基层  | 3、4、5、6、7        |
|       | 底基层 | 2、3、4、5、6        |

### 6.4 生产配合比设计

6.4.1 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。

6.4.2 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：

- 绘制不少于5个点的固废基胶凝材料剂量标定曲线，具体按照附录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；
- 按设定好的施工参数进行第一阶段试生产，验证生产级配。不满足要求时，应调整施工参数。

6.4.3 固废基胶凝材料稳定碎石混合料应进行不同成型时间条件下的强度试验，根据设计要求确定容许延迟时间，并应符合下列规定：

- 混合料不同成型时间应分别按照立刻压实、闷料1h再压实、闷料2h再压实、闷料3h再压实、闷料4h再压实或闷料、闷料5h再压实等条件成型标准试件；
- 经过标准养生后测量混合料14天无侧限抗压强度，得到不同延迟时间条件下的混合料强度代表值变化曲线，根据曲线得到混合料满足设计强度要求的容许延迟时间。

6.4.4 混合料生产参数的确定应包括固废基胶凝材料剂量、含水率和最大干密度等指标，并符合下列规定：

- 对固废基胶凝材料稳定碎石混合料，工地实际采用的固废基胶凝材料剂量应比室内试验确定的剂量多0%~0.5%；
- 以配合比设计的结果为依据，当施工过程天气较为炎热或运距较远时，含水率可增加0.5%~1.0%；
- 最大干密度应以最终合成级配击实试验的结果确定。

## 7 混合料拌和、运输、摊铺及碾压

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 对固废基胶凝材料稳定碎石混合料，应取混合料的初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间。
- 7.1.2 固废基胶凝材料稳定碎石混合料施工期的日最低气温应不低于5°C，不应在雨天施工。
- 7.1.3 室内重型击实试验或振动击实试验法确定的干密度，应作为压实度评价的标准密度。
- 7.1.4 基层和底基层压实标准应符合表9的规定。

表9 基层与底基层压实度标准

| 公路等级 | 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（%） | 不同荷载等级交通（%） |
| 基层   | ≥99        | ≥98        | ≥97         |
| 底基层  | ≥98        | ≥97        | ≥95         |

### 7.2 拌合与运输

- 7.2.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料的集中厂拌与运输应符合JTG/T F20中的规定。
- 7.2.2 固废基胶凝材料稳定材料从加水拌合到运输至现场，时间不应超过3h。
- 7.2.3 对固废基胶凝材料稳定碎石混合料，在装料过程中应采取JTG/T F20规定的措施减小混合料离析。

### 7.3 摊铺与碾压

7.3.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料摊铺与碾压工艺应符合 JTG/T F20 中的规定。

7.3.2 摆铺可采用双层连续摊铺工艺和大厚度摊铺工艺。采用双层连续摊铺工艺时，各层压实度符合表 9 的规定，两层之间洒布固废基胶凝材料浆，上层摊铺与碾压时间宜控制在已摊铺下层混合料初凝时间范围内。

## 8 养生、交通管制与层间处理

### 8.1 养生

8.1.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料的养生期宜不少于 14 d，养生期间，宜延长至上层结构开始施工的前 2 d。

8.1.2 采用洒水养生时，固废基胶凝材料稳定碎石混合料层表面应始终保持湿润，表层有松散情况时可用两轮压路机补充压实。

8.1.3 采用土工布养生时，应符合 JTG/T F20 的规定。对封水养生用土工布，宜采用“一布一膜”或“两布一膜”。土工布采用统一制作的小沙袋或混凝土预制块覆压；高温季节封水养生时应适当补水。

8.1.4 其他养生方式和工艺要求应符合 JTG/T F20 的规定。

### 8.2 交通管制

8.2.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料施工期间交通管制应符合 JTG/T F20 的规定。

8.2.2 养生 14 d 后，施工需通行车辆时，应有专人指挥，并按规定的车道行驶，车速应不大于 30 km/h。且限定载重车辆轴载不大于 13 t。

### 8.3 层间处理

固废基胶凝材料稳定碎石混合料层之间的处理应符合 JTG/T F20 的规定。

## 9 质量控制与验收

### 9.1 一般规定

9.1.1 固废基胶凝材料稳定基层施工前应对原材料及混合料进行质量检验。

9.1.2 固废基胶凝材料稳定基层施工前应铺筑试验段确定施工工艺参数。

### 9.2 材料检验

9.2.1 在施工前以及施工过程中，应检验拟采用材料。

9.2.2 用作基层与底基层的粗集料、细集料等材料，应符合 JTG/T F20 的规定。

9.2.3 用作基层与底基层的固废基胶凝材料，检验应符合下列规定：

——产品出厂前应按不同类别编号和取样。散装和袋装固废基胶凝材料应分别进行编号和取样，每一编号为一取样单位，袋装不超过 200 t 为一批，散装不超过 500 t 为一批；

——取样应按照 GB/T 12573 规定随机取样，要有代表性，可连续取样，亦可从 20 个以上不同部位取等量样品。每一编号固废基胶凝材料应在 5 min 内取至少 12 kg；

——固废基胶凝材料经确认各项指标符合要求时方可出厂。出厂检验项目按本文件第 4 章规定执行；

——运输至施工现场的固废基胶凝材料，应按表 10 中所列试验项目和要求检测评定。

表10 固废基胶凝材料试验项目与要求

| 项次 | 试验项目      | 检验频率  | 材料组成设计时检验要求                     | 试验方法       |
|----|-----------|---|---------------------------------|------------|
| 1  | 抗压强度和抗折强度 | 每 500 t 固废基胶凝材料<br>为一批进行检验，不足<br>500 t 也为一批 | 应进行 2 个平行样检验，料源或强度<br>等级发生变化时重测 | GB/T 17671 |
| 2  | 初凝时间和终凝时间 |   | 应进行 2 个平行样检验                    | GB/T 1346  |
| 3  | 安定性       |   | 应进行 2 个平行样检验                    | GB/T 1346  |
| 4  | 细度        |   | 应进行 2 个平行样检验                    | GB/T 1345  |

### 9.3 铺筑试验段

9.3.1 基层和底基层正式施工前应铺筑试验段，试验段长度为 200 m~300 m。

9.3.2 试验段铺筑要求应符合 JTG/T F20 的规定。

9.3.3 养生 7 d~14 d 后，试验段钻芯取样，评定芯样外观及强度。

### 9.4 施工过程检测

施工过程检测应符合 JTG/T F20 的规定。

### 9.5 质量检查

9.5.1 检查内容包括工程完工后的外形和质量。外形检查的要求应符合 JTG/T F20 的规定。

9.5.2 评定路面结构层质量时以 1 km 长路段为单位，采用流水作业法施工时，以每天完成的段落为评定单位。

9.5.3 各项技术指标质量应符合表 11 的规定。

表11 质量合格标准值

| 检查项目     | 检查数量          | 标准值           | 极限低值      |
|----------|---------------|---------------|-----------|
| 弯沉       | 每 20 m 测 1 点  | 符合设计要求        | 满足设计要求    |
| 压实度      | 每 200 m 测 2 点 | 基层：符合表 9 的规定  | 标准值-4%    |
|          |               | 底基层：符合表 9 的规定 |           |
| 厚度 (mm)  | 每 200 m 测 2 点 | 符合设计要求        | JTG/T F20 |
| 强度 (MPa) | 满足设计要求        | 符合设计要求        | JTG/T F20 |
| 外观、平整度   |               | JTG/T F20     |           |

9.5.4 强度检查时，现场取芯龄期宜为 14 d，强度验证指标宜采用 14 d 无侧限抗压强度。

### 9.6 质量验收

质量验收应符合 JTGF80/1 的规定。

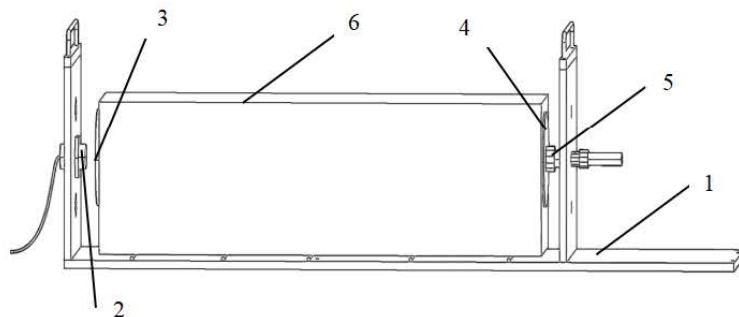
**附录 A**  
**(规范性)**  
**固废基胶凝材料稳定碎石混合料干缩率测试方法**

#### A. 1 范围

本方法规定了固废基胶凝材料稳定碎石混合料干缩率的试验方法。

#### A. 2 仪器设备

A. 2. 1 收缩仪：一端设计为装高精度位移传感器，一端设计为装磁性固定装置，中间能放置不同尺寸的试件。如图A.1。

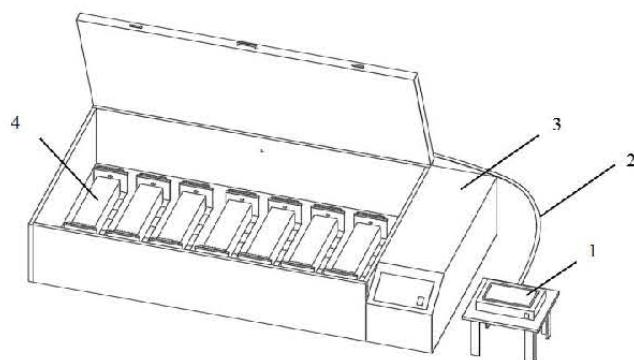


1—收缩仪；2—电涡流传感器；3—被测金属板（铝或钢）；4—圆形铁片；5—磁性固定端；6—被测试件

图A. 1 收缩仪

A. 2. 2 数据采集装置：包括电涡流位移传感器、被测金属板（铝或钢）、数据采集系统。被测金属板厚度不小于1.5 mm，直径与试件高度保持一致。位移传感器精度不大于0.1 μm。

A. 2. 3 环境箱：可调温度范围为-40℃~100℃，可调湿度范围为20%~99%，箱内配有温度、湿度自动记录仪，记录温度、湿度变化。箱体大小最少可放置6个试件。



1—数据采集系统；2—电涡流位移传感器；3—环境箱；4—被测试件

图A. 2 收缩测试成套装置

A. 2. 4 玻璃棒：若干，长度应大于试件宽度10 mm。

A. 2.5 圆形铁片：若干，厚度不小于1.5 mm，直径与试件高度保持一致。

A. 2.6 游标卡尺：分度0.01 mm。

A. 2.7 502胶或环氧树脂。

### A. 3 试件制备和养生

A. 3.1 根据混合料粒径的大小，选择不同尺寸的试件：小梁，50 mm×50 mm×200 mm，适用于细粒材料；中梁，100 mm×100 mm×400 mm，适用于中粒材料；大梁，150 mm×150 mm×550 mm，适用于粗粒材料。由于大梁试件的成型难度较大，当试验室不具备成型条件时，中梁试件的公称最大粒径可放宽到26.5 mm。

A. 3.2 为保证试验结果的可靠性和准确性，每组试件的数量要求为：同一配比的混合料3个试件为一组用于测定材料的收缩变形。

A. 3.3 按照JTG 3441中T0844方法制备试件。

A. 3.4 按照JTG 3441中T0845标准养生方法进行养生，养生龄期为14 d。养生龄期的最后一天，试件饱水24 h。

### A. 4 试验步骤

A. 4.1 成型后的试件在标准温度与湿度下养生后，将饱水后的试件表面水擦干。并用游标卡尺测量试件的初始长度，长度测量应选取3个不同位置各测量1次，取3次测量的平均值。

A. 4.2 取出试件，将试件长轴一端磨平并在端面上使用502胶或环氧树脂黏结圆形铁片，另一端磨平并在端面上使用502胶或环氧树脂黏结被测金属板。静置使被测金属板和铁片与试件两端粘贴牢固，静置过程采用塑料薄膜包裹试件以免试件失水。

A. 4.3 待凝结牢固后将试件放置于收缩测试仪上，粘贴有铁片一端与收缩仪固定端连接，粘贴有被测金属板一端对中收缩仪上的位移传感器探头，通过调节位移传感器探头在收缩仪上的位置，使位移传感器与被测金属板保持合理距离。在收缩仪上安放涂有润滑剂的玻璃棒，以使试件在收缩时减少与收缩仪的摩擦。

A. 4.4 收缩仪连同试件一起放入干缩箱中，干缩箱测试温度为25°C、湿度为40%。

A. 4.5 从移入干缩室的时间起计算，在试验开始后的第2 h→6 h→12 h→24 h→48 h→72 h→96 h→120 h→144 h→168 h分别采集其干缩位移变形，随后每间隔2天采集一次数据，最短测试龄期为28天。

### A. 5 结果计算

A. 5.1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料干缩率，按式（A.1）计算：

$$R_s = \frac{\delta_{28}}{L_0} \times 100 \quad \text{(A.1)}$$

式中：

$R_s$  ——龄期为28 d的固废基胶凝材料稳定碎石混合料干缩率，单位为百分率（%）；

$L_0$  ——试件初始测量读数，单位为毫米（mm）；

$\delta_{28}$  ——28 d 龄期的干缩位移变形，单位为毫米（mm）。

注：结果计算精确至0.01%。

A. 5.2 以三个试件干缩率的平均值作为试件的干缩结果，结果精确至0.01%。尚有一个试件的干缩率超过平均值的15%时，取中间值作为试件的干缩结果；当有两个试件的干缩率超过平均值15%时，应重新做试验。

**附录 B**  
**(规范性)**  
**混合料中固废基胶凝材料剂量检测方法**

#### B. 1 范围

本办法适用于施工现场快速测定固废基胶凝材料稳定碎石混合料中的固废基胶凝材料含量，并可用于查验现场摊铺和拌和的均匀性。

#### B. 2 原理

先用10%的NH<sub>4</sub>Cl弱酸溶出固废基胶凝材料稳定碎石混合料中的Ca<sup>2+</sup>，然后用EDTA二钠标准溶液滴定Ca<sup>2+</sup>含量，EDTA二钠标准溶液的消耗量与相应的固废基胶凝材料剂量（固废基胶凝材料剂量与Ca<sup>2+</sup>的含量成正比）存在近似线性关系。

#### B. 3 仪器与材料技术要求

试验所需仪器见表B.1。

表B.1 试验所需仪器列表

| 序号 | 仪器名称                               | 序号 | 仪器名称   |
|----|------------------------------------|----|--|
| 1  | 滴定管（酸式）：50 mL，1支                   | 11 | 棕色广口瓶：60 mL，1只（装钙红指示剂）                                       |
| 2  | 滴定台：1个                             | 12 | 电子天平：量程不小于1500 g，感量0.01 g                                    |
| 3  | 滴定管夹：1个                            | 13 | 秒表：1只  |
| 4  | 大肚移液管：10 mL、50 mL，10支              | 14 | 表面皿：9 cm，10个   |
| 5  | 锥形瓶（即三角瓶）：200 mL，20个               | 15 | 研钵：12 cm～13 cm，1个  |
| 6  | 烧杯：2000 mL（或1000 mL），1只；300 mL，10只 | 16 | 洗耳球：1个   |
| 7  | 容量瓶：1000 mL，1个                     | 17 | 精密试纸：pH 12～14  |
| 8  | 搪瓷杯：容量大于1200 mL，10只                | 18 | 聚乙烯桶：20 L（装蒸馏水和氯化铵及EDTA二钠标准溶液），3个；5 L（装氢氧化钠），1个；5 L（大口桶），10个 |
| 9  | 不锈钢棒（或粗玻璃棒）：10根                    | 19 | 毛刷、去污粉、吸水管、塑料勺、铅笔、厘米纸  |
| 10 | 量筒：100 mL和5 mL各1只；50 mL，2只         | 20 | 洗瓶（塑料）：500 mL，1只   |

#### B. 4 试剂

B. 4. 1 0.05 mol/m<sup>3</sup>乙二胺四乙酸二钠（EDTA二钠）标准溶液（简称EDTA二钠标准溶液）：准确称取EDTA二钠（分析纯）18.615 g，用40°C～50°C的二氧化碳蒸馏水溶解，待全部溶解并冷却至室温后，定容至1000 mL。

B. 4. 2 10%氯化铵（NH<sub>4</sub>Cl）溶液：将500 g氯化铵（分析纯或化学纯）放在10 L的聚乙烯桶内，加蒸馏水4500 mL，充分振荡，使氯化铵完全溶解。也可以分批在1000 mL的烧杯内配制，然后倒入塑料桶内摇匀。

**B. 4. 3 1.8%氢氧化钠（内含三乙醇胺）溶液：**用电子天平称18 g氢氧化钠（NaOH）（分析纯），放入洁净干燥的1000 mL烧杯中，加1000 mL蒸馏水使其全部溶解，待溶液冷却至室温后，加入2 mL三乙醇胺（分析纯），均匀搅拌后储于塑料桶中。

**B. 4. 4 钙红指示剂：**将0.2 g钙试剂羧酸钠（分子式 $C_{21}H_{13}N_2NaO_7S$ ，分子量460.39）与20 g预先在105°C烘箱中烘1 h的硫酸钾混合。一起放入研钵中，研成极细粉末，储于棕色广口瓶中，以防吸潮。

## B. 5 准备标准曲线

**B. 5. 1 固废基胶凝材料稳定碎石混合料组成，按公式B.1、B.2和B.3计算：**

$$M_{dm} = \frac{M_m}{1+\omega_o} \quad \text{(B. 1)}$$

$$M_{da} = \frac{M_{dm}}{1+d_{sc}} \quad \text{(B. 2)}$$

$$M_{sc} = M_{dm} - M_{da} \quad \text{(B. 3)}$$

式中：

$M_{dm}$ ——干混合料质量，单位为克（g）；

$M_m$ ——混合料质量，单位为克（g）；

$\omega_o$ ——最佳含水率，单位为百分率（%）；

$M_{da}$ ——被稳定碎石干质量，单位为克（g）；

$d_{sc}$ ——固废基胶凝材料灰剂量，单位为百分率（%）；

$M_{sc}$ ——固废基胶凝材料质量，单位为克（g）。

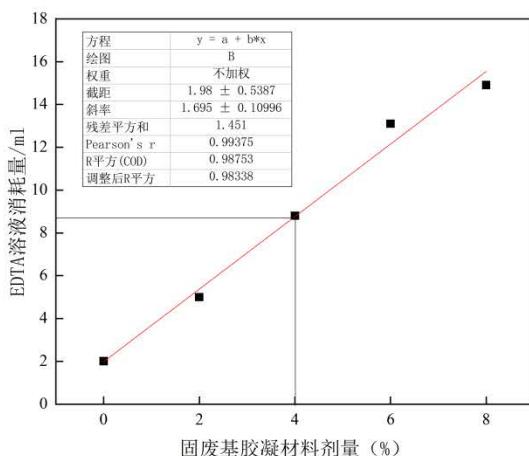
**B. 5. 2 准备5种试样，每种两个样品，每个样品取1000 g左右准备试验。为了减少中、粗粒材料的离散，宜按设计级配单份掺配的方式备料。5种混合料的固废基胶凝材料剂量应为：固废基胶凝材料剂量为0%，最佳固废基胶凝材料剂量左右、最佳固废基胶凝材料剂量±2%和+4%，每种剂量取两个（为湿质量）试样，共10个试样，并分别放在10个大口聚乙烯桶内。在此，准备标准曲线的固废基胶凝材料剂量可为 0、2%、4%、6%、8%。**

**B. 5. 3 取一个盛有试样的盛样器，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（如湿料质量为300 g，则氯化铵溶液为600 mL；如湿料质量为1000 g，则氯化铵溶液为2000 mL）。料为300 g，则搅拌3 min（每分钟搅110次~120次）；料为1000 g，则搅拌5 min。如用1000 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 min，然后将上部清液转移到300 mL烧杯内，搅匀，加盖表面皿待测。如沉淀10 min后得到的是混浊悬浮液，则应增加放置沉淀时间，直到出现无明显悬浮颗粒的悬浮液为止，并记录所需的时间。以后所有该种固废基胶凝材料稳定材料的试验，均应以同一时间为准则。**

**B. 5. 4 用移液管吸取上层（液面上1 cm~2 cm）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pH 12~14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 $V_1$ ，然后用EDTA二钠标准溶液滴定，边滴定边摇匀，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  $V_2$ （以mL计，读至0.1 mL）。计算 $V_1-V_2$ ，即为EDTA二钠标准溶液的消耗量。**

**B. 5. 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EDTA二钠标准溶液消耗量。**

**B. 5. 6 以同一固废基胶凝材料剂量稳定碎石混合料EDTA二钠标准溶液消耗量（mL）的平均值为纵坐标，以固废基胶凝材料剂量（%）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。如固废基胶凝材料改变，必须重做标准曲线。**



图B.1 EDTA 标准曲线

## B. 6 试验步骤

B. 6. 1 选取有代表性的固废基胶凝材料稳定碎石混合料，对稳定中、粗粒材料取试样约3000 g，对稳定细粒材料取试样约1000 g。

B. 6. 2 对固废基胶凝材料稳定细粒材料，称300 g放在搪瓷杯中，用搅拌棒将结块搅散，加10%氯化铵溶液600 mL；对固废基胶凝材料稳定中、粗粒材料，可直接称取1000 g左右，放入10%氯化铵溶液2000 mL，然后如前述步骤进行试验。

B. 6. 3 利用所绘制的标准曲线，根据EDTA二钠标准溶液消耗量，确定混合料中的固废基胶凝材料剂量。

## B. 7 结果整理

本试验应进行两次平行测定，取算术平均值，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。