

# CBCA

# 团体标准

T/CBCA001-2021

---

## 大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用 技术规程

Technical specification for Material Application of Bulk Solid Waste  
in Road Engineering

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

---

中国散装水泥推广发展协会发布

中国散装水泥推广发展协会

# 大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用 技术规程

Technical specification for Material Application of Bulk Solid Waste  
in Road Engineering

（征求意见稿）

批准单位：中国散装水泥推广发展协会

施行日期：202×年×月×日

2021北京

# 前 言

本规程的主要技术内容是：1.总则；2.术语；3原材料；4配合比设计；5混合料生产、摊铺及碾压；6质量验收。

本规程由中国散装水泥推广发展协会提出并归口，由中国散装水泥推广发展协会负责技术内容的解释。

本标准主编单位：

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

# 目次

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 1 总则.....                     | 错误!未定义书签。 |
| 2 术语.....                     | 错误!未定义书签。 |
| 3原材料.....                     | 错误!未定义书签。 |
| 3.1 一般规定.....                 | 错误!未定义书签。 |
| 3.2 水泥及添加剂.....               | 错误!未定义书签。 |
| 3.3 水.....                    | 错误!未定义书签。 |
| 3.4大宗固体废弃物材料.....             | 错误!未定义书签。 |
| 4 配合比设计.....                  | 错误!未定义书签。 |
| 4.1一般规定.....                  | 错误!未定义书签。 |
| 4.2强度要求.....                  | 错误!未定义书签。 |
| 4.3 强度试验及计算.....              | 错误!未定义书签。 |
| 4.4无机结合料的计算和比例.....           | 错误!未定义书签。 |
| 4.5 无机结合料稳定材料目标配合比设计技术要求..... | 错误!未定义书签。 |
| 4.6 抗冻性能.....                 | 错误!未定义书签。 |
| 4.7 最小厚度与适宜厚度.....            | 错误!未定义书签。 |
| 5混合料生产、摊铺及碾压.....             | 错误!未定义书签。 |
| 5.1 一般规定.....                 | 错误!未定义书签。 |
| 5.2碾压法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护.....   | 错误!未定义书签。 |
| 5.3摊铺法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护.....   | 错误!未定义书签。 |
| 6质量验收.....                    | 错误!未定义书签。 |
| 6.1 一般规定.....                 | 错误!未定义书签。 |
| 6.2 固体废弃物混合料路面基层质量检验.....     | 错误!未定义书签。 |
| 附录 A.....                     | 22        |
| 本规程用词说明.....                  | 错误!未定义书签。 |
| 引用标准目录.....                   | 错误!未定义书签。 |
| 条文说明.....                     | 错误!未定义书签。 |
| 编制说明.....                     | 错误!未定义书签。 |

# Contents

|  |    |
|--|----|
| 1 GENERAL.....   | 6  |
| 2 TERMS .....  | 7  |
| 3 RAW MATERIAL .....   | 8  |
| 3.1 General Requirements .....   | 8  |
| 3.2 Cement and additives.....  | 8  |
| 3.3 water .....  | 8  |
| 3.4 Bulk solid waste materials .....   | 9  |
| 4 MIX DESIGN .....   | 11 |
| 4.1 General Requirements .....   | 11 |
| 4.2 Strength requirements.....   | 11 |
| 4.3 Strength test and calculation.....   | 12 |
| 4.4 Calculation and proportion of inorganic binder .....                                       | 13 |
| 4.5 Technical requirements for target mix design of inorganic binder stabilized materials..... | 13 |
| 4.6 Frost resistance .....   | 14 |
| 4.7 Minimum thickness and suitable thickness.....  | 14 |
| 5 MIXTURE PRODUCTION, PAVING AND ROLLING .....   | 16 |
| 5.1 General Requirements .....   | 16 |
| 5.2 Mixing, construction and maintenance of solid waste mixture by rolling .....               | 16 |
| 5.3 Mixing, construction and maintenance of solid waste mixture by paving method .....         | 17 |
| 6 QUALITY ACCEPTANCE.....  | 20 |
| 6.1 General Requirements .....   | 20 |
| 6.2 Quality inspection of solid waste mixture pavement base .....                              | 20 |
| APPENDIX .....   | 22 |
| EXPLANATION OF WORDING IN THIS SPECIFICATION .....   | 23 |
| LIST OF QUOTED STANDARDS .....   | 24 |
| EXPLANATION OF PROVISIONS .....  | 25 |
| COMPILATION OF INSTRUCTIONS .....  | 26 |

# 1 总则

**1.0.1**为指导大宗固体废弃物在道路工程中的规范应用，做到技术先进，安全可靠，确保质量，经济合理，保护环境，制定本规程。

**1.0.2**本规程规定的大宗固体废弃物应满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB18599-2020所规定的第I类一般工业固体废物的相关环保要求。

**1.0.3**本规程适用于各等级新建和改建的公路及城镇道路的大宗固体废弃物材料应用。

**1.0.4**大宗固体废弃物材料在道路工程中的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.1.1 大宗固体废弃物Bulk solid waste

企业在工业生产过程中产生且不属于危险废物的工业无机固体废物，包含工业尾矿渣、建筑拆除的无机废弃物等。

### 2.1.2 第I类一般工业固体废物Class I non-hazardous industrial solid waste

按照HJ 557规定方法获得的浸出液中任何一种特征污染物浓度均未超过GB 8978最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），且pH值在6~9范围之内的一般工业固体废物。

### 2.1.3 固体废弃物再生路基Solid waste recycled sub-grade

掺用大宗固体废弃物量大于70%的路基层复合材料，按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物，是路面的基础，承受由路面传来的行车荷载。

### 2.1.4 固体废弃物再生路面Solid waste recycled pavement

掺用大宗固体废弃物量大于70%的路面层复合材料，按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物，铺设道路最上层，直接承受行车荷载。

### 2.1.5 固体废弃物骨料Solid waste aggregate

由各种固废或建筑垃圾等加工而成的粒料。

### 2.1.6 固体废弃物级配骨料Solid waste graded aggregate

掺用了固体废弃物骨料的级配骨料。

### 2.1.7 固体废弃物灰粉料Solid waste ash powder

固体废弃物材料中被复合选粉机选出的粒径为 0~0.075的物料。

### 2.1.8 固体废弃物混合料Solid waste mixture

由固体废弃物级配骨料、再生灰粉料或矿渣、粉煤灰等工业固废配制的混合料。

### 2.1.9 凝固剂Stabilizer

用于加强混合料化学和物理反应，使混合料生成稳定的综合体结构，提高结构表层水稳定性和强度的添加剂。

### 2.1.10 混凝土石含量Content of concrete and rock

固体废弃物级配骨料中粒径4.75mm以上部分混凝土块及石块类材料占所试试样质量的百分比。

## 3 原材料

### 3.1 一般规定

3.1.1 采用大宗固体废弃物再生级配骨料按技术要求分为I类、II类。

3.1.2 I类再生级配骨料可用于城镇道路、次干路、支路及以下道路的路面、基层、底基层，也适用于高速公路、等级公路及以下道路的基层；II类再生级配骨料可用于等级公路、城镇道路的基层、底基层。

3.1.3 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。

### 3.2 水泥及添加剂

3.2.1 强度等级为32.5或42.5，且满足本细则要求的普通硅酸盐水泥等均可使用。

3.2.2 所用水泥初凝时间应大于3h，终凝时间应大于6h且小于14h。

3.2.3 在水泥稳定材料中掺加缓凝剂或早强剂时，应对混合料进行试验验证。缓凝剂和早强剂的技术要求应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20与《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30的规定。

3.2.4 凝固剂应符合表 3.2.4 的要求。

表3.2.4 凝固剂指标要求

| 序号 | 项目                      | 指标                        |         |
|----|-------------------------|---------------------------|---------|
|    |                         | 液体                        | 粉体      |
| 1  | 外观                      | 均匀无沉淀                     | 均匀、遇水溶解 |
| 2  | 含固量偏差/%                 | ±2.0                      | —       |
| 3  | 含水率/%                   | —                         | ±2.0    |
| 4  | 密度/(g/cm <sup>3</sup> ) | ±0.03                     | ±0.03   |
| 5  | pH 值偏差                  | ±1.0                      | —       |
| 6  | 细度                      | —                         | —       |
| 7  | 稳定性                     | 5°C放置 28 天不产生析出晶体和分层      | —       |
| 8  | 可溶性重金属离子含量              | 重金属含量最大限制符合GB/T 25499 的规定 |         |

凝固剂指标要求的试验方法宜按《土壤固化外加剂》CJT 486-2015规定的方法进行试验

### 3.3 水

3.3.1 符合现行《生活饮用水卫生标准》GB 5749的饮用水可直接作为混凝土搅拌与养生用水。

3.3.2 非饮用水应进行水质检验，并应符合表3.2.2的规定，还应与蒸馏水进行水泥凝结时间与水泥胶砂强度的对比试验；对比试验的水泥初凝与终凝时间差均不应大于30min，水泥胶砂3d和28d强度不应低于蒸馏水配制的水泥胶砂3d和28d强度的90%。



表3.3.2 非饮用水质量标准

| 项次 | 项目                                      | 素混凝土                    | 试验方法   |
|----|---|-------------------------|--------|
| 1  | pH值                                     | ≥4.5                    | JGJ 63 |
| 2  | Cl <sup>-</sup> 含量 (mg/L)               | ≤3500                   |        |
| 3  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 含量 (mg/L) | ≤2700                   |        |
| 4  | 碱含量 (mg/L)                              | ≤500                    |        |
| 5  | 可溶物含量 (mg/L)                            | ≤10000                  |        |
| 6  | 不可溶物含量 (mg/L)                           | ≤5000                   |        |
| 7  | 其他杂质                                    | 不应有漂浮的油脂和泡沫；不应有明显的颜色和异味 |        |

3.3.3 养生用水可不检验不溶物含量和其他杂质，其他指标应符合表3.3.2的规定。

### 3.4 大宗固体废弃物材料

3.4.1 采用大宗固体废弃物的再生级配骨料材料分级标准应符合3.4.1的要求。

表3.4.1 采用大宗固体废弃物的再生级配骨料材料分级标准

| 项目            | I    | II   | 试验方法          |
|---------------|------|------|---------------|
| 混凝土石含量 (%)    | ≥90  | -    | JTG E42 T0346 |
| 压碎指标 (%)      | ≤30  | ≤45  | JTG E42 T0316 |
| 杂物含量 (%)      | ≤0.5 | ≤1.0 | JTG E42 T0313 |
| 泥块含量(按质量计)(%) | ≤0.5 | ≤0.7 | JTG E42 T0310 |
| 针片状颗粒含量 (%)   | ≤20  |      | JTG E42 T0311 |

3.4.2 采用大宗固体废弃物的再生灰粉料的技术指标应符合表3.4.2的要求。

表3.4.2 大宗固体废弃物的再生灰粉料的技术指标

| 项目                     | 技术要求  | 检验方法      |
|------------------------|-------|-----------|
| 需水量比/% (质量分数)          | ≤115  | GB/T 1596 |
| 烧失量/% (质量分数)           | ≤15.0 | GB/T 176  |
| 细度 (45μm 筛余) /% (质量分数) | ≤25.0 | GB/T 1345 |
| 含水量/% (质量分数)           | ≤1.0  | GB/T 1596 |
| 三氧化硫/% (质量分数)          | ≤3.0  | GB/T 176  |
| 游离氧化钙/% (质量分数)         | ≤4.0  |           |
| 氯离子/% (质量分数)           | ≤0.02 |           |
| 沸煮法安定性/mm              | ≤5.0  | GB/T 1596 |
| 强度活性指数/%               | 7d    |           |
|                        | 28d   | ≥70.0     |
| 放射性a                   | 合格    | GB 6566   |

a 放射性试验样品为硅酸盐水泥和再生粉按质量比 70: 30 混合制成。

3.4.3再生级配骨料的颗粒级配应符合表3.4.3的规定。I类再生级配骨料最大粒径不宜大于37.5mm，II类再生级配骨料最大粒径不宜大于31.5mm。

表3.4.3 再生级配骨料颗粒组成

| 项目   |        | 通过质量百分率(%) |        |
|------|--------|------------|--------|
|      |        | 底基层        | 基层     |
| 筛孔尺寸 | 37.5mm | 100        | —      |
|      | 31.5mm | —          | 100    |
|      | 26.5mm | —          | 90~100 |
|      | 19.0mm | —          | 72~89  |
|      | 9.5mm  | —          | 47~67  |
|      | 4.75mm | 50~100     | 29~49  |
|      | 2.36mm | —          | 17~35  |
|      | 1.18mm | —          | —      |
|      | 600μm  | 17~100     | 8~22   |
|      | 75μm   | 0~30       | 0~7    |

## 4 配合比设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1**大宗固体废弃物材料混合料组成的配合比设计应满足路面、路基相应的弯拉强度、工作性、耐久性要求兼顾经济性。

**4.1.2**应选用符合本细则规定的质量标准要求、性能稳定的原材料。不同的原材料组合应分别进行配合比设计。

**4.1.3**大宗固体废弃物无机结合料稳定材料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四部分。

**4.1.4**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。

**4.1.5**目标配合比设计应包括下列技术内容：

- 1 选择级配范围；
- 2 确定结合料类型及掺配比例；
- 3 验证混合料相关的设计及施工技术指标。

**4.1.6**生产配合比设计应包括下列技术内容：

- 1 确定料仓供料比例；
- 2 确定稳定材料的容许延迟时间；
- 3 确定结合料剂量的标定曲线；
- 4 确定混合料的最佳含水率、最大干密度。

**4.1.7**施工参数确定应包括下列技术内容：

- 1 确定施工中结合料的剂量；
- 2 确定施工合理含水率及最大干密度；
- 3 验证混合料强度技术指标。

**4.1.8**确定大宗固体废弃物无机结合料稳定材料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实方法。

**4.1.9**级配应根据当地材料的特点和混合料设计要求，通过配合比设计选择最优的工程级配。

**4.1.10**用于基层的无机结合料稳定材料，强度满足要求时，尚宜检验其抗冲刷和抗裂性能。

**4.1.11**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。

### 4.2 强度要求

**4.2.1**大宗固体废弃物无机结合料稳定材料应满足本规程规定的强度要求。

4.2.2应采用7d龄期无侧限抗压强度作为无机结合料稳定材料施工质量控制的主要指标。

4.2.3高速公路和一级公路应验证所用材料的7d龄期无侧限抗压强度与90d或180d龄期弯拉强度的关系。

4.2.4大宗固体废弃物无机结合料稳定材料基层和底基层的7d龄期无侧限抗压强度标准 $R_d$ 应符合表4.2.4的规定。

表4.2.4 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料的7d龄期无侧限抗压强度标准 $R_d$ (MPa)

| 结构层 | 公路等级      | 极重      | 重交通     | 中、轻交通   |
|-----|-----------|---------|---------|---------|
| 基层  | 高速公路和一级公路 | 5.0~7.0 | 4.0~6.0 | 3.0~5.0 |
|     | 二级及二级以下公路 | 4.0~6.0 | 3.0~5.0 | 2.0~4.0 |
| 底基层 | 高速公路和一级公路 | 3.0~5.0 | 2.5~4.5 | 2.0~4.0 |
|     | 二级及二级以下公路 | 2.5~4.5 | 2.0~4.0 | 1.0~3.0 |

注：1.公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时，推荐取上限强度标准。

2.表中强度标准指的是7d龄期无侧限抗压强度的代表值，本节以下各表同。

4.2.5大宗固体废弃物无机结合料稳定材料的面层设计强度应采用28 d龄期的弯拉强度。各交通荷载等级要求的弯拉强度标准值不得低于表4.2.5的规定。

表4.2.5 面层拉弯强度标准值

| 交通荷载等级             | 极重、特重、重    | 中等  | 轻   |
|--------------------|------------|-----|-----|
| 水泥混凝土的弯拉强度标准值(MPa) | $\geq 5.0$ | 4.5 | 4.0 |

### 4.3 强度试验及计算

4.3.1强度试验时，应按现场压实度标准采用静压法成型试件。

4.3.2根据表4.2.4、表4.2.5的强度标准，选定合适的水泥剂量与凝固剂的剂量，此剂量试件室内试验结果的平均抗压强度 $R$ 应符合公式4.2.7的要求：

$$R \geq \frac{R_d}{1 - Z_a C_v} \quad (4.2.7)$$

式中：

$R_d$ ——设计抗压强度；

$C_v$ ——试件强度的变异系数；

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

4.3.3强度试验时，平行试验最少试件数量应符合表4.3.3的规定。试验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4.3.3 平行试验最少试件数量

|                |     |     |
|----------------|-----|-----|
| 变异系数 $C_v$ (%) | ≤15 | ≤20 |
| 试件数量 (个)       | 9   | 13  |

4.3.4根据抗压强度试验结果，选定水泥掺量和凝固剂掺量，水泥最小掺量应不小于 3%；当采用32.5强度等级的水泥时，水泥最小掺量应不小于 4%。内插法计算最大干密度和最佳含水率。

#### 4.4 无机结合料的计算和比例

4.4.1大宗固体废弃物无机结合料稳定材的水泥剂量应以水泥质量占全部干燥被稳定材料质量的百分率表示。

4.4.2混合料的组成设计步骤应符合下列规定：

- (1) 试配时水泥掺量宜按表4.4.2选取。

表4.4.2 水泥稳定再生骨料混合料试配水泥掺量

| 骨料类别 | 结构部位 | 水泥掺量 (%) |   |   |   |
|------|------|----------|---|---|---|
|      |      | 3        | 4 | 5 | 6 |
| I类   | 基层   | 3        | 4 | 5 | 6 |
|      | 底基层  | 3        | 4 | 5 | 6 |
| II类  | 基层   | 4        | 5 | 6 | 7 |
|      | 底基层  | 3        | 4 | 5 | 6 |

- (2) 凝固剂的掺量应按0.15%~0.25%选取；
- (3) 应采用重型击实试验方法确定不同水泥掺量、混合料的最佳含水率和最大干密度；
- (4) 按规定的压实度计算不同水泥掺量试件的干密度；
- (5) 制备再生骨料混合料试件，试件尺寸Φ150mm×150mm，试件数量不少于 9 个；
- (6) 试件养护和抗压强度测定应符合《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51有关要求。

#### 4.5 无机结合料稳定材料目标配合比设计技术要求

4.5.1应根据当地大宗固体废弃物材料的特点，通过原材料性能的试验评定，选择适宜的结合料类型确定混合料配合比设计的技术标准。

4.5.2在目标配合比设计中，应选择不少于5个结合料剂量，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。

4.5.3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，验证不同结合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。

4.5.4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。

**4.5.5**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：

- 1 绘制不少于5个点的结合料剂量标定曲线；
- 2 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；
- 3 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，应进一步调整施工参数。

**4.5.6**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：

- 1 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；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 通过抗压强度试验，确定材料的实际强度水平和拌和工艺的变异水平。

**4.5.7**混合料生产参数的确定应包括结合料剂量、含水率和最大干密度等指标，并应符合下列规定：

- 1 对水泥稳定材料，工地实际采用的水泥剂量宜比室内试验确定的剂量多0.5~1.0个百分点。采用集中厂拌法施工时宜增加0.5个百分点；采用路拌法施工时宜增加1个百分点；
- 2 以配合比设计的结果为依据，综合考虑施工过程的气候条件，对水泥稳定材料，含水率可增加0.5~1.5个百分点；对其他稳定材料，可增加1~2个百分点；
- 3 最大干密度应以最终合成级配击实试验的结果为标准。

## 4.6 抗冻性能

**4.6.1**寒冷地区应用大宗固体废弃物路用材料，应进行抗冻融检验，以28d龄期的试件经5次冻融循环后残留抗压强度比进行评价，大宗固体废弃物无机结合料应满足本规程的抗冻性要求。

**4.6.2**大宗固体废弃物无机结合料抗冻性能指标应符合表4.6.2的要求。

表4.6.2 大宗固体废弃物无机结合料抗冻性能指标

| 气候分区       | 中冻区 | 重冻区 |
|------------|-----|-----|
| 残留抗压强度比（%） | ≥80 | ≥90 |
| 质量损失率（%）   | ≤5  | ≤3  |

## 4.7 最小厚度与适宜厚度

**4.7.1**大宗固体废弃物路用材料面层、基层与底基层的厚度应根据交通量的大小、材料的性能，充分发挥压实机的功能，以及考虑有利于施工等因素选择结构层的厚度。

4.7.2 各结构层压实最小厚度与适宜厚度应符合表4.7.2的要求

表4.7.2 大宗固体废弃物路用材料压实最小厚度与适宜厚度

| 结构层    | 适宜厚度 (mm) | 压实最小厚度 (mm) |
|--------|-----------|-------------|
| 基层与底基层 | 250~300   | 150         |
| 面层     | 250~350   | 180         |

## 5 混合料生产、摊铺及碾压

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 固体废弃物混合料结构层宜在冬期开始前15d完成施工，再生骨料混合料结构层不应暴露过冬。

**5.1.2** 高填土路基与软土路基，应在沉降值符合设计规定且沉降稳定后，方可施工道路基层。

**5.1.3** 在雨期施工固体废弃物混合料，不应使混合料受雨淋湿。降雨时应停止施工。

**5.1.4** 再生骨料混合料（除凝固剂外）应采用集中厂拌生产。

**5.1.5** 固体废弃物混合料结构层施工时，可采用碾压法和摊铺法两种方法进行。

### 5.2 碾压法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护

**5.2.1** 碾压法混合料的搅拌应符合下列规定：

（1）用装载机把工业固废原材料送入搅拌机系统储存料仓中，原材料自动计量按流量比例经自动控制输送至搅拌机，水泥螺旋自动调速按比例添加水泥，固化剂的添加量按系统设定值，经调速注水泵自动加入搅拌。搅拌时间不低于10秒。成品料的干湿度自动根据每天不同时刻的温度自动调整；

（2）再生级配骨料、再生灰粉料存放应有防雨措施；

（3）混合料配合比应符合要求，计量准确，含水率应符合施工要求，并搅拌均匀；

（4）搅拌厂应向现场提供产品合格证及水泥用量、凝固剂掺量、固废掺合料掺量、粒料等级、粒料级配、混合料配合比、R7强度标准值；

（5）混合料运输应采取措施防止水分损失。

**5.2.2** 碾压法混合料的摊铺应符合下列规定：

（1）混合料堆置时间不宜过长，从搅拌机出料到摊铺、碾压完毕不能超过3 小时。当拌和厂离摊铺现场距离较远，混合料可适当增加搅拌时水的用量（一般控制5%以内），在运输中应加覆盖以防止水分蒸发，成品料运至路面施工现场后，摊铺机按提前设置的标高和标点尽快摊铺到位，摊铺机不能摊铺的边角等处需人工同时摊铺到位并找平至规定标高，进行摊铺；

（2）施工前应通过试验确定压实系数。压实系数宜为 1.15~1.35；

（3）混合料每层最大压实厚度不宜大于200mm，且不宜小于100mm；

（4）混合料自搅拌至摊铺完成，不应超过3h。应按当班施工长度计算用量；

（5）摊铺中发生粗、细骨料离析时，应及时翻拌均匀；

（6）分层摊铺时，应在下层养护 7d 后，方可摊铺上层材料。



### 5.2.3 混合料的碾压应符合下列规定：

- (1) 应在混合料含水率处于允许范围（ $0w-1.0\% \sim 0w+0.5\%$ ）内进行碾压；
- (2) 宜采用3~22t钢轮压路机进行初步稳定碾压，混合料初步稳定后用26t或以上规格的胶轮压路机碾压，最后再用3~22t钢轮压路机压至表面平整、出浆、无明显轮迹，且达到要求的压实度；
- (3) 宜在水泥初凝前碾压完成；
- (4) 当使用振动压路机时，应符合环境保护和周围建筑物及地下管线、构筑物的安全要求；
- (5) 碾压过程中，混合料的表面应始终保持潮湿，如表面水蒸发较快应及时喷撒少量的水，以能压实封面、出浆为准。路面直线段，由两侧路肩向路中心碾压；平曲线段，有内侧路肩向外侧路肩碾压。碾压时，后轮应重叠1/2的轮宽，并必须超过两段的接缝处。后轮压实路面全宽时，即为一遍，进行碾压直到要求的密实度为准，路面两侧应多压2遍，严禁压路机在作业段上掉头或急刹车以保证结构层表面不受破坏。压路机不能碾压到的边角等处需用小型压路机，由工人碾压到位，一般比路面多压2~3遍，直到压实并达到规定标高为准。压实后表面应平整无轮迹或隆起，且断面正确，路拱符合要求；
- (6) 铺筑路基压实厚度超过20厘米时，应按每层20厘米分层铺筑，分层最小压实厚度为10厘米。当铺筑层不止一层时，先铺筑一层，在铺筑下一层之前洒水湿润，使后铺的一层与下层相互结合良好。路基碾压完成后按20米设一排桩，测量标高和铺装厚度，均达标后，请指定实验室做弯沉实验，达到设计要求为准。

### 5.2.4 混合料基层的接茬、养护应符合下列规定：

路面压实成型后用地膜覆盖7天，7天后切割伸缩缝，气温较高时，为减轻切缝难度，在强度达到15Mpa左右时，可适时用切缝机切割伸缩缝。为保证路面质量， $0^{\circ}\text{C}$ 以下不准施工。路面伸缩缝按10米设置一道，缝宽10~15mm，切割后用弹性油膏填平缝隙，或选用沥青预制伸缩板，其埋入路面深度不小于路面厚度的2/3(从底面算起)。前后施工缝衔接时，应将已硬化的路面用切割机将连接面切割整齐，后续施工及碾压时不能破坏已硬化路面，施工缝按伸缩缝处理。路两侧边坡应用人工手动小钢轮压路机与路面同时压实到位，按找图纸要求的标高和尺寸施工到位并路基边坡合理衔接。

### 5.2.5 路面养护7~10天后方可投入使用。

### 5.2.6 其他要求应符合国家现行标准 CJJ1《城镇道路工程施工与质量验收规范》的规定。

## 5.3 摊铺法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护

**5.3.1** 摊铺法工艺宜用于高速、一级、二级公路普通面层、桥面、隧道面层、路缘石、路肩石及护栏等的滑模摊铺施工。

**5.3.2** 摊铺段夹层或封层质量应检验合格，对于破损或缺失部位，应及时修复。表面应清扫干

净并洒水润湿，并采取防止施工设备和车辆碾坏封层的措施。

### 5.3.3 摊铺法混合料的摊铺应符合下列规定：

- (1) 根据设计图纸放出中心线及边线，对测量放样进行复核。
- (2) 对模板的间隔、高度、润滑、支撑稳定情况与基层的平整、润湿情况等进行全面检查，当铺路材料运送车辆到达摊铺地点后，宜直接倒入安装好侧模的路槽内，并找补均匀，防止发生离析现象；
- (3) 应迅即用平板振捣器与插入式振捣器均匀地振捣。
- (4) 宜采用机械抹光，减少不均匀收缩。
- (5) 表面修整完毕后，应进行养生，养生期间应防止铺路材料的水分蒸发与风干，以免产生收缩裂缝；应采取措施减少温度变化，以免路面产生过大的温度应力。路面养生选用湿养生，养生时间不少于10天；
- (6) 拆模根据气温与铺路材料强度增长情况确定，拆模时不得损坏路面的边、角，尽量保持模板完好；拆模后不能立即开放交通时，路面的强度应达到设计强度的80%以上，其车辆荷载不得大于设计荷载。

### 5.3.4 滑模摊铺机的施工参数设定及校准应符合下列规定：

- (1) 振捣棒应均匀排列，间距宜为300~450mm；混凝土摊铺厚度较大时，应采用较小间距。两侧最边缘振捣棒与摊铺边缘距离不宜大于200mm。振捣棒下缘位置应位于挤压底板最低点以上。
- (2) 挤压底板前倾角宜设置为30°。提浆夯板位置宜在挤压底板前缘以下5~10mm。
- (3) 边缘超铺高度应根据拌合物稠度确定，宜为3~8mm；板厚较厚、坍落度较小时，边缘超铺高度宜采用较小值。
- (4) 搓平梁前沿宜调整到与挤压底板后沿高程相同的位置；搓平梁的后沿应比挤压底板后沿低1~2mm，并与路面高程相同。
- (5) 符合铺筑精度要求的摊铺机设置应加以固定和保护。当基底高程等摊铺条件发生变化，铺筑精度超出范围时，一可由操作手在行进中通过缓慢微调加以调整。

### 5.3.5 滑模摊铺混凝土机前布料，应采用机械完成，布料高度应均匀一致，不得采用翻斗车直接卸料的方式。布料尚应符合下列规定：

- (1) 卸料、布料速度应与摊铺速度协调一致，不得局部或全断面缺料。发生缺料时应立即停止摊铺。
- (2) 采用布料机布料时，布料机与滑模摊铺机之间施工距离宜为5~10m；现场蒸发率较大时，宜采用较小值。
- (3) 当坍落度在10~30mm时，布料松铺系数宜在1.08~1.15之间。
- (4) 应保证滑模摊铺机前的料位高度位于螺旋布料器叶片最高点以下，最高料位高度不得高于松方控制板上缘。使用布料犁布料时，应按松方高度严格控制料位高度。

(5) 当面层传力杆、胀缝与隔离缝钢筋采用前置支架法施工时，不得在支架顶面直接卸料。传力杆以下的混凝土宜在摊铺前采用手持振捣棒振实。

**5.3.6**滑模摊铺机起步时，应先开启振捣棒，在2~3min内调整振捣到适宜振捣频率，使进入挤压底板前缘拌合物振捣密实，无大气泡冒出破灭，方可开动滑模机平稳推进摊铺。当天摊铺施工结束，摊铺机脱离拌合物后，应立即关闭振捣棒组。

**5.3.7**摊铺过程中应随时调整松方高度板位置控制摊铺机进料，保证进料充足。起步时宜适当调高，正常摊铺时宜保持振捣仓内料位高于振捣棒顶面100mm左右，料位高低波动宜控制在±30mm之内。

**5.3.8**滑模摊铺应缓慢、匀速、连续不间断地作业。滑模摊铺速度应根据板厚、固体废弃物混合料工作性、布料能力、振捣排气效果等确定，可在0.75~2.5 m/min之间选择，宜采用1m/min。

## 6 质量验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 固废再生路面基层质量验收应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20，《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/TF30及《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

**6.1.2** 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收。

### 6.2 固体废弃物混合料路面面层、基层质量检验

#### 主控项目

**6.2.1** 原材料质量检验应符合 6.1 要求：

检查数量：固体废弃物级配骨料颗粒级配按本规程第3.4.3条的要求组批抽查；凝固剂和水按不同材料进场批次，每批抽查 1 次。

检验方法：查验质量证明文件、复验报告。

**6.2.2** 基层、底基层的压实度应符合表6.2.2要求：

表6.2.2 水泥稳定固体废弃物骨料混合料的压实度

| 结构部位 | 快速路 | 主干路 | 其他等级道路 |
|------|-----|-----|--------|
| 基层，% | —   | ≥98 | ≥97    |
| 底基层， | ≥97 | ≥97 | ≥96    |

检查数量：每 1000m<sup>2</sup>，每压实层抽查 1 点。检验方法：灌砂法或灌水法。

**6.2.3** 基层、底基层 7d 无侧限抗压强度应符合设计要求。检查数量：每 2000m<sup>2</sup>抽检 1 组（13 块）。

检验方法：现场取样试验。

#### 一般项目

**6.2.4** 表面应平整、接缝平顺，无明显粗、细骨料集中现象，无推移、裂缝、贴皮、松散、浮料。

检查数量：全面检查。 检验方法：观察检查。

**6.2.5** 基层及底基层的偏差应符合表6.2.5 的规定。

表6.2.5 水泥稳定固体废弃物骨料混合料基层及底基层允许偏差

| 项目          |     | 允许偏差          | 检验频率               |           | 检验方法 |                               |
|-------------|-----|---------------|--------------------|-----------|------|-------------------------------|
| 中线偏位, mm    |     | ≤20           | 范围                 | 点数        |      |                               |
| 纵断高程,<br>mm | 基层  | ±15           | 100m               |           | 1    | 用经纬仪测量                        |
|             | 底基层 | ±20           | 20m                |           | 1    | 用水准仪测量                        |
| 平整度,<br>mm  | 基层  | ≤10           | 20m                | 路宽<9 m    | 1    | 用 3m 直尺和塞尺<br>连续量两尺, 取较<br>大值 |
|             | 底基层 | ≤15           |                    | 路宽 9m~15m | 2    |                               |
|             |     |               |                    | 路宽>15m    | 3    |                               |
| 宽度, mm      |     | 不小于设计规定       | 40m                |           | 1    | 用钢尺量                          |
| 横坡          |     | ±0.3%且<br>不反坡 | 20m                | 路宽<9 m    | 2    | 用水准仪测量                        |
|             |     |               |                    | 路宽 9m~15m | 4    |                               |
|             |     |               |                    | 路宽>15m    | 6    |                               |
| 厚度, mm      |     | ±10           | 1000m <sup>2</sup> |           | 1    | 用钢尺量                          |

# 附录 A 固体废弃物级配骨料混凝土石含量及杂物含量

## 试验方法

(规范性附录)

A.0.1试样的最小取样数量应符合表A.0.1的规定。混凝土石含量与杂物含量可采用同一组试样进行试验。

表 A.0.1 试验取样数量

|             |     |      |      |      |      |
|-------------|-----|------|------|------|------|
| 骨料最大粒径 (mm) | 9.5 | 19.0 | 26.5 | 31.5 | 37.5 |
| 最少取样数量 (kg) | 20  | 40   | 40   | 60   | 60   |

A.0.2按照现行国家标准 《建设用卵石、碎石》GB/T1468 中的试样处理规定执行。

A.0.3按照《公路工程集料试验规程》JTG E42规定的方法取样，将试样过4.75mm方孔筛，取筛上部分进行试验，将试样缩分至不小于表A.0.3规定的数量，称重后用人工分选的方法选出混凝土、石以及金属、塑料、沥青、木头、玻璃、草根、树叶、树枝、纸张、石灰、石膏、毛皮、煤块、炉渣等杂物，然后称量混凝土、石总质量以及各种杂物总质量，并计算其所占4.75mm以上部分试样总质量的百分比。

表 A.0.3 混凝土石及杂物含量所需试样数量

|             |     |      |      |      |      |
|-------------|-----|------|------|------|------|
| 骨料最大粒径 (mm) | 9.5 | 19.0 | 26.5 | 31.5 | 37.5 |
| 最少取样数量 (kg) | 4.0 | 8.0  | 8.0  | 15.0 | 15.0 |

试验结果取两次平行试验的平均值，精确至0.1%。

## 本规范用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时却别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示严格,非这样做不可的:

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:

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:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按照其他有关标准执行的写法为“应符合.....的规定”或“应按.....执行”。

## 引用标准名录

1. 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》 GB18599-2020
2. 《生活饮用水卫生标准》 GB 5749
3. 《公路路面基层施工技术规范》 JTJ034
4. 《公路路基设计规范》 JTGD30
5. 《公路水泥混凝土路面设计规范》 JTGD40
6. 《公路路基施工技术规范》 JTGF10
7. 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20
8. 《公路水泥混凝土路面施工技术细则》 JTG/T F30
9. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
10. 《公路土工试验规程》 JTG 3430
11. 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
12. 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》 JTG E51
13. 《公路路基路面现场测试规程》 JTG E60
14. 《固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法》 HJ557
15. 《污水综合排放标准》 GB 8978
16. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T1596
17. 《水泥细度检验方法》 GB/T1345
18. 《建筑材料放射性核素限量》 GB6566
19. 《水泥化学分析方法》 GB/T 176
20. 《建设用卵石、碎石》 GB/T1468
21. 《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》 GB/T 25499
22. 《土壤固化外加剂》 CJT 486-2015



# 团体标准

大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用技术规程

**T/CBCA 001—2021**

条文说明

## 编制说明

《大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用技术规程》T/CBCA 001-2021，经中国散装水泥推广发展协会XXX号公告批准、发布。

本规程由建筑材料工业技术情报研究所、北京交通大学和青岛恩典之路有限公司牵头，向中国散装水泥推广发展协会标准化与质量检测工作部提出了制定“大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用技术规程”的申请。

编制组对大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用和技术发展情况进行了深入调研，并进行了必要的试验验证，在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《大宗固体废弃物在道路工程中的材料应用》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与本规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

# 目次

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1 总则.....                     | 28 |
| 2 术语.....                     | 29 |
| 3原材料.....                     | 30 |
| 3.1 一般规定.....                 | 30 |
| 3.2 水泥及添加剂.....               | 30 |
| 3.3 水.....                    | 30 |
| 3.4大宗固体废弃物材料.....             | 30 |
| 4 配合比设计.....                  | 30 |
| 4.1一般规定.....                  | 30 |
| 4.2强度要求.....                  | 31 |
| 4.3 强度试验及计算.....              | 31 |
| 4.4无机结合料的计算和比例.....           | 31 |
| 4.5 无机结合料稳定材料目标配合比设计技术要求..... | 31 |
| 4.6 抗冻性能.....                 | 31 |
| 4.7 最小厚度与适宜厚度.....            | 31 |
| 5混合料生产、摊铺及碾压.....             | 33 |
| 5.1 一般规定.....                 | 33 |
| 5.2碾压法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护.....   | 33 |
| 5.3摊铺法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护.....   | 33 |
| 6质量验收.....                    | 34 |
| 6.1 一般规定.....                 | 34 |
| 6.2 固体废弃物混合料路面面层、基层质量检验.....  | 34 |

# 1 总则

**1.0.1**近年来大宗固体废弃物在道路工程中的路基工程、路面工程均有大量的应用实例，并积累了一定的工程经验，本规程在工程实践的基础上进行总结归纳，对大宗固体废弃物在道路工程的正确应用予以规范与指导。

**1.0.2**本条规定规范了大宗固体废弃物的选择，依据《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB18599-2020，对第I类一般工业固体废物的相关环保要求严格选择大宗固体废弃物，确保大宗固体废弃物在道路工程中的应用不会造成人身伤害及环境污染。

**1.0.3**大量数据及实践经验表明，大宗固体废弃物参加凝固剂技术用于以下范围可取得良好效果。1城市人行道、工厂道路、小区广场等路面、基层与底基层；2老旧小区的道路改造及硬化；3货场、停车场等的面层、基层与底基层；4林场、矿山及油气田道路的面层、基层与底基层；5农村机耕道、人行道等的面层、基层与底基层；6二级公路以下（含二级公路）的基层与底基层；7高速公路、一级公路的底基层。

## 2 术语

**2.1.1** 可用做道路工程的大宗固体废弃物包括矿渣、尾矿粉、建筑垃圾、沙土、粉煤灰、钢渣、陶粒、淤泥、玻璃粉末等无机物。工业废渣是我国排放量最大的固体废弃物，应用在道路工程是大宗固体废弃物综合利用的有效途径之一。

**2.1.2** 大宗固体废弃物应用在道路工程中，其原材料应足环保要求，依据《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB18599-2020对大宗固体废弃物进行检测，满足第 I 类一般工业固体废物标准的大宗固体废弃物可用于道路工程。

## 3 原材料

### 3.1 一般规定

3.1.1 根据大宗固体废弃物的级配情况，将大宗固体废弃物原材料进行分类以满足不同的应用场景。

### 3.2 水泥及添加剂

3.2.1 符合国家相关标准的水泥产品均可用于大宗固体废弃物混合料。

3.2.4 凝固剂对于大宗固体废弃物混合料的抗压强度、拉弯强度、拉弯强度有重要影响，必须严格控制凝固剂相关指标，优先选择经试验验证与大量工程实践证明的凝固剂产品。

### 3.3 水

3.3.1~3.3.3 水的各项技术性能及要求都应符合行国家现行有关标准的规定。

### 3.4 大宗固体废弃物材料

3.4.1 再生级配骨料材料分级标准参照表3.4.1执行，并参考行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20—2015的技术内容。

3.4.2 大宗固体废弃物的再生灰粉料的技术指标。

3.4.3 再生级配骨料的颗粒级配技术指标。

## 4 配合比设计

### 4.1 一般规定

4.1.3 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料设计流程见图4.1.3所示。

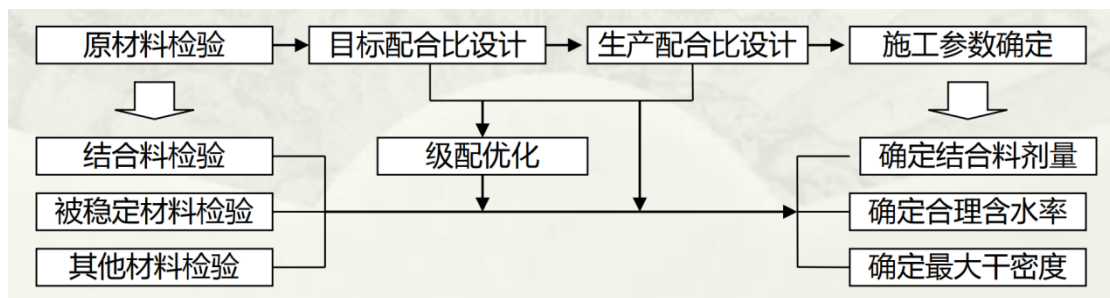


图4.1.3 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料组成设计流程

## 4.2 强度要求

**4.2.1~4.2.4** 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料基层和底基层强度的技术要求严格按《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20规定。

**4.2.5** 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料面层的技术要求严格按《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 规定。

## 4.3 强度试验及计算

**4.3.1~4.3.4** 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料面层、基层和底基层强度的技术要求严格按《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20规定，7d无侧限抗压强度严格按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51进行实验，强度应具有95%的保证率。

## 4.4 无机结合料的计算和比例

**4.4.1~4.4.2** 大宗固体废弃物无机结合料稳定材料主要胶凝成分为水泥与凝固剂，凝固剂可采用离子交换类凝固剂，这类固化剂能将材料水分中的电荷与颗粒电荷充分交换，发生化学离子交换反应，减少材料毛细管、孔隙以及表面张力所引起的吸水作用，使经过处理的材料由“亲水性”变成“憎水性”，经机械反复的整平、振动、夯实等作用，使材料高度密实，形成一种新的结构。本节指定了凝固剂及水泥用量的最佳比例，及混合料的组成设计步骤。

## 4.5 无机结合料稳定材料目标配合比设计技术要求

**4.5.2** 在目标配合比设计过程中，选取多种不同结合料剂量的稳定材料进行试验，有助于掌握结合料剂量对混合料性能的影响。对于不同工程，由于被稳定材料存在差异，进行这方面试验是有必要的。同时，通过试验也有助于选择实际工程中结合料剂量的合理范围，为下一步生产配合比提供参考依据。

## 4.6 抗冻性能

**4.7.1~4.7.2** 抗冻性能试验参考《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51进行实验，适用于寒冷地区的大宗固体废弃物路用材料的应用性检验。

## 4.7 最小厚度与适宜厚度

**4.7.1~4.7.2** 大宗固体废弃物路用材料面层、基层、底基层的厚度应根据交通量大小、材料性

能，充分发挥压实机具的功能，以及考虑有利于施工等因素选择结构层的厚度。



## 5 混合料生产、摊铺及碾压

### 5.1 一般规定

**5.1.1~5.1.5** 对大宗固体废弃物混合料结构层生产、施工时，基本方法和基本规定。

### 5.2 碾压法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护

**5.2.1~5.2.6** 应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30-2014规定。

### 5.3 摊铺法固体废弃物混合料搅拌、施工及养护

**5.3.1~5.3.8** 应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30-2014规定。

## 6 质量验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1~6.1.2** 本条文强调了一般规定包括基层、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。应严格符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/TF30-2014及《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

### 6.2 固体废弃物混合料路面面层、基层质量检验

**6.2.1~6.2.5** 本条文强调了施工的质量检查，应严格按照现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/TF30-2014规定的要求进行。