

T/CECS XXX**—**202X

中国工程建设标准化协会标准

**固废基混凝土路面面层**

**应用技术规程**

**Application Technical Specification for Pavement Surface Layer of Solid Waste-based Concrete**

[草稿]

中国**XXX**出版社

中国工程建设标准化协会标准

固废基混凝土路面面层应用技术规程

Application Technical Specification for Pavement Surface Layer of Solid Waste-based Concrete

T/CECS ×××- 202×

主编单位：山东交通学院

批准单位：中国工程建设标准化协会

实施日期：202×年×月×日

中国XXX出版社

**前 言**

本标准按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求编写。为响应国家节能减排、资源化利用的号召，紧密结合加快建设交通强国重点工作，聚焦行业发展急需，突出重点，强化落实标准体系建设，促进大宗固废物在公路路面面层中的推广应用，本规程编制组经过深入调查研究和广泛征求意见，认真总结近年来固废基混凝土及其路面面层施工的实践经验，参考有关国内外研究成果和相关标准，编制本规程。

本规程的主要技术内容分为：1总则；2术语和符号；3基本规定；4固废基材料加工、运输和储存；5原材料；6配合比设计；7混凝土性能；8结构设计与组合；9施工；10质量检验与验收。

本标准由中国工程建设标准化协会绿色建造专业委员会负责管理并归口。由山东交通学院负责具体技术内容的解释。各位单位在实施过程中如有意见和建议，请寄送山东交通学院（地址：山东省济南市长清区大学科技园海棠路5001号，邮编252357，电话：0531-80687910，邮箱：772002882@qq.com）。

主编单位：山东交通学院

参编单位：深圳市路桥建设集团有限公司

新疆交通建设集团股份有限公司

海南蓝岛环保产业股份有限公司

新疆交建规划勘察设计有限公司

铁正检测科技有限公司

中交一公局集团有限公司

深圳市粤通建设工程有限公司

泰安市晓然园林市政工程有限公司

山东路安畅交通设施工程有限公司

深圳市建研创新科技有限公司

山东君合产业集团有限公司

主要起草人员：赵连地、李晋、陈伟、陈建宝、庞聪、闫孝伟、马莲霞、骆万春、姜智勇、丁吉祥、陈一川、李荐、褚凤明、赵建强、华子鑫、庄传仪

目 录

[1 总 则 3](#_Toc24286)

[2 术语和符号 4](#_Toc30787)

[2.1 术语 4](#_Toc29114)

[2.2 符号 4](#_Toc29114)

[3 基本规定 5](#_Toc21084)

[4 再生材料加工、运输和储存 6](#_Toc4262)

[4.1 一般规定 6](#_Toc29114)

[4.2 加工 6](#_Toc29114)

[4.3 运输和储存 7](#_Toc29114)

[5 原材料 8](#_Toc13720)

[5.1 胶凝材料 8](#_Toc17376)

[5.2 固废基细骨料 9](#_Toc11434)

[5.3 固废基粗骨料 11](#_Toc18959)

[5.4 固废基掺合料 13](#_Toc23534)

[5.5 外加剂 13](#_Toc19417)

[5.6 水 14](#_Toc9117)

[5.7 纤维 14](#_Toc15974)

[6 配合比设计 15](#_Toc13120)

[6.1 一般规定 15](#_Toc17094)

[6.2 配合比设计 15](#_Toc20708)

[7 固废基混凝土性能 17](#_Toc7080)

[7.1 一般规定 17](#_Toc6773)

[7.2 力学性能 18](#_Toc1394)

[7.3 长期性能和耐久性能 18](#_Toc16446)

[8 结构设计与组合 19](#_Toc18109)

[8.2 结构设计 19](#_Toc20492)

[8.3 结构组合 20](#_Toc22892)

[8.4 配筋及接缝设计 21](#_Toc6738)

[9 施工 22](#_Toc6594)

[9.1 一般规定 22](#_Toc2426)

[9.2 绿色生产与管理 22](#_Toc4839)

[9.3 材料与设备检查 22](#_Toc17618)

[9.4 试验路段铺筑 23](#_Toc23203)

[9.5 搅拌 23](#_Toc28478)

[9.6 运输 24](#_Toc25358)

[9.7 浇筑 24](#_Toc4135)

[9.8 养护与切缝 24](#_Toc9966)

[9.9 施工质量管理与检查 25](#_Toc27419)

[10 质量检验与验收 26](#_Toc17219)

[10.1 原材料 26](#_Toc14611)

[10.2 混凝土拌合物 26](#_Toc16571)

[10.3 硬化混凝土 27](#_Toc686)

[10.4 验收 2](#_Toc13702)7

[本标准用词说明 2](#_Toc20899)8

[引用标准名录 2](#_Toc2346)9

[条文说明](#_Toc2346)…………………………………………………………………………………… 31

# **1 总 则**

**1.0.1** 为规范固废基混凝土原材料、配合比设计、施工、质量检验与验收等环节，便于路面面层应用，制定本规程。

**1.0.2**  本规程适用于新建、改建、扩建、大中修各等级公路、城镇道路以及广场、园路、停车场水泥混凝土路面的面层设计、施工和质量验收。

**1.0.3**  固废基混凝土路面面层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 术语和符号**

**2.1 术语**

**2.1.1** 固废基骨料 solid waste-based aggregate

各种尾矿、冶炼渣、建筑垃圾、煤矸石等，其中的一种或几种固体废弃物经过分拣、机械破碎、筛分等工艺，分离除去金属、轻物质等杂物后加工而成的粒料，筛分成为固废基粗骨料、固废基细骨料。

**2.1.2** 固废基掺合料 solid waste-based admixture

以粒化高炉矿渣、钢渣、工业副产石膏、粉煤灰、尾矿等经加工磨细而成的粉料，其中的一种或多种粉料可直接掺入混凝土，以改善混凝土的某种性能。

**2.1.3**  固废基胶凝材料 solid waste-based cementitious material

以粒化高炉矿渣、钢渣、工业副产石膏、粉煤灰、尾矿等固体废弃物为原料，经加工磨细后按一定比例配制成的水硬性胶凝材料。

**2.1.4** 固废基混凝土 high-performance concrete based on solid waste

采用一种或两种以上大宗固废物加工而成的骨料、掺合料或固废基胶凝材料，采用较低水胶比并优化配合比，通过预拌和绿色生产方式以及严格的施工措施，制成具有优异的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能的混凝土。

**2.1.5**  通用胶砂强度 the strength of general mortar

采用固废基胶凝材料替代水泥，按照现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671的有关规定进行试验，得到的各龄期的胶砂强度。

**2.1.6** 专用胶砂强度 the strength of special mortar

采用固废基胶凝材料掺入适量聚羧酸系减水剂，在水胶比为0.32、胶砂流动度160mm～200mm条件下制备的胶砂试件的各龄期强度。

**2.2 符号**

MB——机制砂石粉含量

DF——抗冻耐久性指数

DRCM——氯离子扩散系数

**3 基本规定**

**3.0.1** 固废基骨料、掺合料在路面面层中应用，应符合国家有关安全和环保的规定。

**3.0.2** 固废基骨料、掺合料应遵循分类收集、分类运输、分类处理的原则，并优先就地利用。

**3.0.3** 被污染、腐蚀、含有毒化学物质、放射性材料的固废废弃物不应用于制备固废基骨料、掺合料、胶凝材料。固废基骨料、掺合料及其制品的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

**3.0.4** 以建设工程设计、施工对混凝土性能特定要求为总体目标，在配制固废基混凝土时，宜采用总量不低于75%资源化利用率的固废基骨料、固废基掺合料、固废基胶凝材料。

**3.0.5** 在满足设计要求的条件下，固废基混凝土的长期性能和耐久性能检验评定宜采用56d或84d龄期。

# **4 固废基材料加工、运输和储存**

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 固废协同利用应遵循统筹规划、政府推动、市场引导、优化配置、物尽其用的原则，进行无害化处置、资源化利用。

**4.1.2** 固废基骨料、掺合料宜工厂化生产。

**4.1.3** 再生工厂厂址选择、建设标准、收集运输与转运调配等应符合现行行业标准《建筑垃圾处理技术标准》CJJ/T 134的相关规定。

**4.2 加工**

**4.2.1** 固废基骨料、掺合料处置工艺设计应根据应用场景、设计规模、废弃物来源与组分，经方案比较，择优确定。

**4.2.2** 道路用固废基骨料，应根据使用要求分类分档生产，工厂处置工艺应包含预处理、分选分离、破碎筛分、骨料整形、泥水分离、回收杂物处理、再生骨料储存等。

**4.2.3** 固废基掺合料及固废基胶凝材料处置工艺应包含预处理、分选分离、破碎筛分、立磨、球磨、储存等。

**4.2.4** 各级破碎应设置除铁分离、轻物质分选等工艺。

**4.2.5** 固废基骨料用于面层时宜设置骨料整形工艺或强化工艺。

**4.2.6** 固废基骨料生产应配备相应的除尘设备。

**4.2.7** 破碎系统及筛分系统应进行降噪处理，作业场所噪声控制指标应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087的规定。

**4.2.8** 固废基骨料处置应设置预处理作业区，并配备大块固体废弃物破碎处理设备与人工分拣设施，经预处理后的固体废弃物粒径宜小于1m；预处理区应设置相应的消毒与降尘措施。

**4.2.9** 固废基骨料宜采取覆盖、遮挡和防护措施，分类堆放，并应符合下列规定：

1 各档粒径的储料仓之间应设置3m以上的隔离墙，应设置标识牌；

2 应在堆料场周边设置边沟，在排水口的上游设置沉淀池。

**4.2.10** 废水、余水等应进行回收、沉淀再利用。

**4.3 运输和储存**

**4.3.1** 固废基骨料、掺合料、胶凝材料运输时，应采取措施防止混入杂物和粉尘飞扬。

**4.3.2** 固废基骨料、掺合料、胶凝材料堆放时，应符合下列规定：

1按照类别、规格分开堆放存储；

2固废基骨料和天然骨料不应混合；

3存放应有防雨措施。

4堆放应防止混入泥土和其他可能改变其品质的杂质；

5 固废基骨料堆放高度一般不宜超过5m，对单粒径或最大粒径不超过20mm的连续级配，其堆放高度不宜超过10m。

# **5 原材料**

**5.1 胶凝材料**

**5.1.1**  根据配制弯拉强度、耐久性和工作性要求，考虑就地取材，固废基混凝土用水泥宜采用道路硅酸盐水泥，也可强度等级为52.5或42.5的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥等，其性能指标尚应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175相关规定。

**5.1.2**  当采用固废基胶凝材料时，应符合表5.1.2现行团体标准《固废基胶凝材料应用技术规程》T/CECS 689中Ⅱ级或Ⅲ级固废基胶凝材料的有关规定。

**表5.1.2 固废基胶凝材料强度要求**

| 强度 | 等级 | 抗压强度 | 抗折强度 |
| --- | --- | --- | --- |
| 3d | 28d | 56d | 3d | 28d | 56d |
| 通用胶砂强度（MPa） | Ⅱ | ≥5.0 | ≥25.0 | ≥32.5 | ≥2.5 | ≥4.5 | ≥5.5 |
| Ⅲ | ≥8.0 | ≥30.0 | ≥42.5 | ≥3.0 | ≥6.0 | ≥7.0 |
| 专用胶砂强度（MPa） | Ⅱ | ≥15.0 | ≥45.0 | ≥55.0 | ≥4.0 | ≥7.0 | ≥8.0 |
| Ⅲ | ≥20.0 | ≥50.0 | ≥60.0 | ≥5.0 | ≥8.5 | ≥9.5 |

**5.1.3** 固废基混凝土配制时，宜采用相对较低的水胶比和较低用水量。

**5.2 固废基细骨料**

**5.2.1** 固废基细骨料应符合表5.2.1的规定。极重、特重、重荷载等级公路以及有抗（盐）冻要求使用的细骨料级别应不低于II级，无抗（盐）冻要求时，中、轻荷载等级公路的路面可使用III级的细骨料。

**表5.2.1 固废基细骨料技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
| I级 | II级 | III级 |
| 1 | 单粒级最大压碎指标（%），≤ | 20.0 | 25.0 | 30.0 | JTG E42 T0350 |
| 2 | 坚固性（按质量损失计）（%），≤ | 6.0 | 8.0 | 10.0 | JTG E42 T0340 |
| 3 | 含泥量（按质量计）（%），≤ | 1.0 | 2.0 | 3.0 | JTG E42 T0333 |
| 4 | 泥块含量（按质量计）（%），≤ | 0 | 0.5 | 1.0 | JTG E42 T0335 |
| 5 | 石粉含量（按质量计）（%），< | MB值<1.4或合格 | 3.0 | 5.0 | 7.0 | JTG E42 T0308 |
| MB值≥1.4或不合格 | 1.0 | 3.0 | 5.0 |
| 6 | 饱和面干吸水率（%），≤ | 2.0 | JTG E42 T0330 |
| 7 | 轻物质含量（按质量计）（%），≤ | 1.0 | JTG E42 T0338 |
| 8 | 表观密度（kg/m3）,≥ | 2500 | JTG E42 T0328 |
| 9 | 松散堆积密度（kg/m3）,≥ | 1350 | JTG E42 T0331 |
| 10 | 空隙率（%），≤ | 47 | JTG E42 T0331 |
| 11 | 浸出液成分 | 应符合《地表水环境质量标准》GB 3838 中 IV 类限值的规定 | 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB/T5085.3 |
| 12 | 放射性指标 | 内照射指数≤1.0 | 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 |
| 外照射指数≤1.0 |

注：为确保生态安全与人类健康，根据固废物种类、性质进行浸出液成分、放射性指标的检测。

**5.2.2** 细骨料分计筛余百分率应符合表5.2.2的规定。细骨料颗粒级配允许一个粒级（不含4.75mm和筛底）的分计筛余可略有超出，但不应大于5%。细骨料的细度模数宜控制在2.3~3.3范围内，同一配合比用砂的细度模数变化范围不应超过0.3，否则，应分别堆放，并调整配合比中的砂率后使用。

**表5.2.2 固废基细骨料级配范围**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分级 | 细度模数 | 方孔筛尺寸（mm）（试验方法JTG E42 T0327） |
| 9.50 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.60 | 0.30 | 0.15 | 0.075 |
| 通过各筛孔的质量百分比（%） |
| 机制砂 | I级砂 | 2.3～3.1 | 100 | 90～100 | 80～95 | 50～85 | 30～60 | 10～20 | 0～10 | 0～5 |
| II、III级砂 | 2.8～3.9 | 100 | 90～100 | 50～95 | 30～65 | 15～29 | 5～20 | 0～10 | 0～5 |

**5.2.3** 固废基细骨料中如含有云母、轻物质、有机物、氯化物、硫化物及硫酸盐，其限量应符合表5.2.3的规定。

**表5.2.3 细骨料中的有害物质限量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 | 试验方法标准 |
| 1 | 云母含量(按质量计)/% | ≤2.0 | GB/T 14684 |
| 2 | 轻物质含量(按质量计)/% | ≤1.0 |
| 3 | 有机物含量 | 合格 |
| 4 | 硫化物及硫酸盐含量（折算成SO3按质量计）/% | ≤0.5 |
| 5 | 氯化物（以氯离子质量计）/% | ≤0.02 |
| a 当细骨料中含有颗粒状的硫酸盐或硫化杂质时，应进行专门检验，确认能满足混凝土耐久性要求后，方能采用；当细骨料中含有黄铁矿时，硫化物及硫酸盐含量（按SO3质量计）不得超过0.25%。 |

**5.2.4** 固废基细骨料应按照现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的有关规定进行碱活性检验，当骨料具有潜在碱活性时，应按《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733的有关规定采取技术措施进行预防。当判断细骨料存在碱活性时，不得用于配制处于盐渍土、海水和受除冰盐作用等含碱环境中的混凝土。

5.3 固废基粗骨料

**5.3.1**  固废基粗骨料应使用质地坚硬、耐久、洁净的粗骨料，并应符合表5.3.2的规定。极重、特重、重交通荷载等级公路以及有抗（盐）冻要求使用的粗骨料级别应不低于II级，中、轻交通荷载等级公路的路面可使用III级的粗骨料。有抗（盐）冻要求时，I级骨料吸水率不应大于1.0%；II级骨料吸水率不应大于2.0%；III级骨料吸水率不应大于3.0%。

**表5.3.2 粗骨料技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
| I级 | II级 | III级 |
| 1 | 压碎值（%），≤ | 18.0 | 25.0 | 30.0 | JTG E42 T0316 |
| 2 | 坚固性（按质量损失计）（%），≤ | 5.0 | 8.0 | 12.0 | JTG E42 T0314 |
| 3 | 针片状颗粒含量（按质量损失计）（%），≤ | 8.0 | 15.0 | 20.0 | JTG E42 T0311 |
| 4 | 含泥量（按质量计）（%），≤ | 0.5 | 1.0 | 2.0 | JTG E42 T0310 |
| 5 | 泥块含量（按质量计）（%），≤ | 0.2 | 0.5 | 0.7 | JTG E42 T0310 |
| 6 | 表观密度（kg/m3），≥ | 2500 | JTG E42 T0308 |
| 7 | 松散堆积密度（kg/m3），≥ | 1350 | JTG E42 T0309 |
| 8 | 空隙率（%），≤ | 47 | JTG E42 T0309 |
| 9 | 浸出液成分 | 应符合《地表水环境质量标准》GB 3838 中 IV 类限值的规定 | 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB/T5085.3 |
| 10 | 放射性指标 | 内照射指数≤1.0 | 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 |
| 外照射指数≤1.0 |

注：为确保生态安全与人类健康，根据固废物种类、性质进行浸出液成分、放射性指标的检测。

**5.3.2** 固废基粗骨料级配应符合表5.3.1的规定。供方应按单粒级销售，需方应按单粒级分仓储存。

**表5.3.1 固废基粗骨料单粒级级配范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 公称粒级/mm | 累计筛余/% |
| 方孔筛/mm |
| 2.36 | 4.75 | 9.50 | 16.0 | 19.0 | 26.5 | 31.5 |
| 4.75～9.5 | 95～100 | 80～100 | 0～15 | 0 | — | — | — |
| 9.5～16.0 | — | 95～100 | 80～100 | 0～15 | — | — | — |
| 9.5～19.0 | — | 95～100 | 85～100 | — | 0～15 | 0 | — |
| 16～26.5 | — | — | 95～100 | 55～70 | 25～40 | 0～10 | — |
| 16～31.5 | — | 95～100 | — | 85～100 | — | — | 0～10 |

**5.3.3** 固废基粗骨料中有害物质限量应符合表5.3.3的规定。

**表5.3.3 固废基粗骨料中有害物质限量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 | 试验方法标准 |
| 1 | 有机物 | 合格 | GB/T 14685 |
| 2 | 硫化物及硫酸盐含量（按SO3质量计，%） | ≤1.0 |
| 3 | 氯化物（以氯离子质量计，%） | ≤0.02 |

**5.3.4** 固废基粗骨料应按现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685的有关规定进行碱活性检验。当骨料具有潜在碱活性时，应按《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733的有关规定采取技术措施进行预防。当判断粗骨料存在碱活性时，不宜用作混凝土骨料，且不得用于配制处于盐渍土、海水和受除冰盐作用等含碱环境的混凝土。

5.4 固废基掺合料

5.4.1 粉煤灰应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30中II级及以上标准的相关规定。

## 5.4.2 矿渣粉应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30中S95级以上标准的相关规定。

**5.4.3** 钢渣微粉应符合现行行业标准《用于水泥中的钢渣》 YB/T 022的相关规定。

**5.4.4**  尾矿微粉应符合现行地方标准《用于水泥和混凝土中的铅锌铁尾矿微粉》DB35/T 1467的相关规定。

**5.4.5** 工业副产石膏应符合现行国家标准《用于水泥中的工业副产石膏》GB/T21371的有关规定。

5.5 外加剂

**5.5.1** 外加剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定，防冻剂应符合现行行业标准《混凝土防冻剂》JC 475的有关规定，养护剂应符合现行行业标准《公路工程混凝土养护剂》JT/T 522的有关规定。

**5.5.2** 外加剂应与水泥、固废基掺合料以及固废基胶凝材料进行适应性检验。

**5.5.3** 外加剂中的氯离子含量和碱含量应满足混凝土设计要求。

5.6 水

**5.6.1** 固废基混凝土用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定。

**5.6.2** 按比例掺用设备洗涮水、废浆水和废弃新拌混凝土处理过程中产生的废水形成的混合用水，应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定，并应进行混凝土性能的试验验证。

5.7 纤维

**5.7.1** 混凝土用钢纤维、合成纤维等应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221的规定。

**5.7.2** 混凝土用钢纤维抗拉强度等级应为600级及以上。

# **6 配合比设计**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 路面面层混凝土配合比设计应采用弯拉强度为指标进行设计，宜采用正交试验法或经验公式法。

**6.1.2** 固废基混凝土配合比设计应满足混凝土和易性、强度和耐久性要求，兼顾经济性。

**6.1.3** 严寒地区混凝土抗冻耐久性指数应不小于DF80，寒冷地区不宜小于DF70，在单面抗盐冻试验中，5块试件经受30次冻融后，平均剥离量应小于1.0kg/m2，氯离子扩散系数DRCM（28d龄期）不大于7×10-12m2/s。

**6.1.4** 胶凝材料和外加剂发生变化时，应重新进行配合比设计。

**6.1.5** 进行配合比设计时，粗细骨料应处于饱和面干状态。

**6.1.6** 混凝土总碱量控制不大于3.0%。

**6.2 配合比设计**

**6.2.1** 配制固废基混凝土时，水胶比、胶凝材料用量宜符合表6.2.1的规定。

**表6.2.1 固废基混凝土的最大水胶（灰）比和最小胶凝材料用量**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公路等级 | 二级及以上等级公路 | 三、四级公路 |
| 最大水胶比 | 0.42 | 0.44 |
| 最小胶凝材料用量（kg/m3） | 390 | 375 |

注1：其他道路参照使用；

注2：混凝土抗冻等级要求大于或等于F200时，水胶比不宜大于0.40。

**6.2.2** 固废基混凝土配合比计算与试配应符合下列规定：

**1** 水胶比、胶凝材料用量、外加剂掺量和砂率应根据混凝土设计强度等级、施工方法要求、耐久性指标要求以及本规程第6.2.1条的规定等因素进行初步确定，并计算出单位体积混凝土用水量和外加剂用量；

**2** 固废基粗、细骨料用量应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定，采用质量法或体积法进行计算；

**3** 固废基混凝土配合比的试配、调整和确定，应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定。

**6.2.3** 混凝土路面28d弯拉强度取值应按照现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG/T D40中的相关规定。

**6.2.4** 当有抗冻等耐久性要求时，混凝土宜掺用引气剂，但含气量实测值不宜大于6%。

**6.2.5** 各等级混凝土路面磨损量应满足表6.2.5要求。

**表 6.2.5 磨损量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 公路等级 | 二级及以上 | 三、四级 | 试验方法 |
| 磨损量（kg/m2） | 3.5 | 4.0 | JTG E30 T0567 |

# **7 固废基混凝土技术要求**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 固废基混凝土拌合物应具有良好的和易性，不得离析或泌水，且坍落度、扩展度、坍落度经时损失和凝结时间应满足施工要求。

**7.1.2** 固废混凝土拌合物坍落度、扩展度等级划分及允许偏差应符合表7.1.2-1、表7.1.2-2和表7.1.2-3的规定。在满足施工工艺要求的前提下，宜尽可能采用较小的坍落度。

**表7.1.2-1 固废基混凝土拌合物的坍落度等级划分**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 坍落度（mm） | 等级 | 坍落度（mm） |
| S1 | 10～40 | S4 | 160～210 |
| S2 | 50～90 | S5 | ≥220 |
| S3 | 100～150 |  |  |

**表7.1.2-2 固废基混凝土拌合物的扩展度等级划分**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 扩展度（mm） | 等级 | 扩展度（mm） |
| F1 | ≤340 | F4 | 490～550 |
| F2 | 350～410 | F5 | 560～620 |
| F3 | 420～480 | F6 | ≥630 |

**表7.1.2-3 固废基混凝土拌合物的稠度实测值与设计值的允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 设计值（mm） | 允许偏差（mm） |
| 坍落度 | ≤40 | ±10 |
| 50～90 | ±20 |
| ≥100 | ±30 |
| 扩展度 | ≥350 | ±30 |

**7.1.3** 固废基混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表7.1.3的规定。

**表7.1.3 固废基混凝土中水溶性氯离子最大含量**

|  |  |
| --- | --- |
| 环境条件 | 水溶性氯离子最大含量（占胶凝材料用量的质量百分比，%） |
| 钢筋混凝土 | 预应力混凝土 | 素混凝土 |
| 干燥环境 | 0.3 | 0.06 | 1.0 |
| 潮湿但不含氯离子环境 | 0.2 |
| 潮湿且含有氯离子的环境、盐渍土环境 | 0.1 |
| 除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境 | 0.06 |

**7.1.4** 固废基混凝土拌合物性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080的规定。

**7.2 力学性能**

**7.2.1** 固废基混凝土的设计强度应采用28d龄期的弯拉强度。各交通荷载等级要求的水泥混凝土弯拉强度标准值应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG/T D40中的相关规定。

**7.2.2** 固废基混凝土力学性能试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定。

**7.3 长期性能和耐久性能**

**7.3.1** 固废基混凝土长期性能和耐久性能应满足设计要求。试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定。

**7.3.2** 固废基混凝土应符合现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733的规定。

**7.3.3** 固废基混凝土的耐久性等级划分，应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的规定。

# **8 结构设计与组合**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 固废基混凝土路面设计方案，应根据公路或道路的使用任务、性质和要求，结合当地气侯、水文、土质、材料、施工技术、实践经验以及环境保护要求等，通过技术经济分析确定。

**8.1.2** 固废基混凝土路面设计应包括面层类型选择与结构层组合设计、路面厚度等，其余设计应按照《公路水泥混凝土路面设计规范》JTJ D40设计相关规定执行。

**8.2 结构设计**

**8.2.1** 根据公路、市政道路等级和交通荷载情况，验算面层采用素混凝土还是钢筋混凝土。高等级或重交通公路应采用钢筋混凝土路面或连续配筋路面。

**8.2.2** 固废基混凝土的强度以28d龄期的弯拉强度控制。当混凝土浇筑后90d内不开放交通时，可采用90d龄期的弯拉强度。各交通等级要求的混凝土弯拉强度标准值不得低于表8.2.2的规定。

**表8.2.2 混凝土弯拉强度标准值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 交通等级 | 极重、特重 | 重 | 中等 | 轻 |
| 水泥混凝土的弯拉强度标准值（MPa） | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 4.0 |
| 钢纤维混凝土的弯拉强度标准值（MPa） | 6.0 | 6.0 | 5.5 | 5.0 |

**8.2.3** 固废基混凝土路面面层与基层的刚度比宜为（20～35）：1，以避免引起上层底面产生过大的拉应力以及使混凝土面层产生过大的温度和湿度翘曲应力。

**8.2.4** 固废基混凝土面层与基层之间应采用隔离措施，宜采用热沥青同步碎石、塑料薄膜、土工布、稀浆封层等，厚度至少在4cm以上。隔离层主要是降低面层与基层的结合度、减少层间的摩阻力，减少水泥混凝土面板的早期破坏。

**8.3 结构组合**

**8.3.1** 依据公路等级、交通荷载、路基条件、当地温度和湿度状况以及使用性能要求，选择及组合与之相适应的水泥混凝土路面结构。

**8.3.2** 路基应稳定、密实、均质，对路面结构提供均匀的支承。对于季节性冰冻地区的中湿类、潮湿类和过湿类路基，当冰冻线深度达到路基的易冻胀土层时，在易冻胀土层上应设置防冻垫层或用不易冻胀土置换冰冻线深度范围内的易冻胀土；而在正常路床顶面的综合回弹模量值，轻交通荷载等级时不得低于40MPa，中等或重交通荷载等级时不得低于60MPa，特重或极重交通荷载等级时不得低于80MPa。

**8.3.3** 固废基混凝土路面基层和底基层应具有足够的抗冲刷能力和适当的刚度。基层和底基层的材料可依据交通荷载等级、结构层组合要求和材料供应条件，参照表8.3.3-1和表8.3.3-2执行。

**表8.3.3-1 各交通荷载等级的基层材料类型**

|  |  |
| --- | --- |
| 交通荷载等级 | 基层材料类型 |
| 极重、特重 | 贫混凝土、碾压混凝土 |
| 沥青混凝土 |
| 重 | 密级配沥青稳定碎石 |
| 水泥稳定碎石 |
| 中等、轻 | 级配碎石 |
| 水泥稳定碎石，石灰粉煤灰稳定碎石 |

**表8.3.3-2 各交通荷载等级的底基层材料类型**

|  |  |
| --- | --- |
| 交通荷载等级 | 底基层材料类型 |
| 极重、特重、重 | 级配碎石、水泥稳定碎石、石灰粉煤灰稳定碎石 |
| 中等、轻 | 未筛分碎石、级配砾石，或不设 |

**8.3.4** 固废基混凝土路面面层厚度建议值见表8.3.4。

**表8.3.4 固废基混凝土路面面层厚度的参考范围**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 交通荷载等级 | 极重 | 特重 | 重 |
| 公路等级 | — | 高速 | 一级 | 二级 | 高速 | 一级 | 二级 |
| 变异水平等级 | 低 | 低 | 中 | 低 | 中 | 低 | 中 | 低 | 中 |
| 面层厚度mm | ≥320 | 320-280 | 300-260 | 280-240 | 270-230 | 260-220 |

**8.4 配筋及接缝设计**

**8.4.1** 混凝土路面的配筋设计包括连续配筋设计与一般钢筋混凝土路面的配筋设计，当混凝土路面板较长或者交通量较大时，路基有不均匀沉降或者板的形状不规则时，可沿板的纵向布设钢筋，在角隅布置钢筋网，以阻止可能出现的裂缝。

**8.4.2** 板块划分、胀缝或缩缝设计应按照《公路水泥混凝土路面设计规范》JTJ D40设计相关规定执行。

**8.4.3** 水泥混凝土路面加宽设计时，宜按照传力杆设置方式做好新旧路面面层的衔接。

**8.4.4** 纵向接缝的布设应根据路面宽度和施工铺筑宽度确定。当铺筑宽度小于路面宽度时，一般应设置纵向施工缝，纵向施工缝采用平缝；一次铺筑宽度大于4.5m时，应设置纵向缩缝，纵向缩缝采用假缝形式。

**8.4.5** 每日施工结束或因临时原因中断施工时，必须设置横向施工缝，其位置应尽可能选在缩缝或胀缝处。横向缩缝可等间距或变间距布置，采用假缝形式。锯切槽口深度为面层厚度的1/5~1/4，宽度为3~8mm，槽内填塞填缝料。

**8.4.6** 钢筋配筋设计与安装等应按《公路水泥混凝土路面设计规范》JTJ D40的相关规定执行。

# **9 施 工**

**9.1 一般规定**

**9.1.1** 应根据混凝土路面设计与施工质量控制水平的要求、工程规模、进度要求等，选择适宜的机械设备及其数量。

**9.1.2** 基层、封层和夹层验收合格，校核控制桩平面位置及高程，恢复路线中桩及边桩，桩间距宜控制直线段10m，缓和曲线与圆曲线段5m。

**9.1.3** 应确保运输混凝土的道路基本平整、畅通，制定施工现场交通组织计划，不得延误运输时间和污染基层。

**9.1.4** 固废基混凝土的生产应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和《预拌混凝土》GB/T 14902的规定。

**9.1.5** 固废基混凝土的施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和《公路水泥混凝土路面[施工技术](http://www.so.com/s?q=%E6%96%BD%E5%B7%A5%E6%8A%80%E6%9C%AF&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)[细则](http://www.so.com/s?q=%E7%BB%86%E5%88%99&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)》JTG/T F30的规定，其他行业还应符合相应的行业标准规定。

**9.1.6** 在混凝土拌合物的运输和浇筑过程中严禁加水。

**9.2 绿色生产与管理**

**9.2.1** 搅拌站（楼）应符合现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171的规定。

**9.2.2** 生产厂址选择、厂区要求、设备设施、控制要求、监测控制应符合现行行业标准《预拌混凝土绿色生产及管理技术规程》JGJ/T 328的规定。

**9.3 材料与设备检查**

**9.3.1** 开工前，工地实验室应对进场的原材料进行质量检验，对混凝土生产配合比进行复核。

**9.3.2** 应将相同料源、相同规格、相同品种的原材料作为一个批次，按《公路水泥混凝土路面[施工技术](http://www.so.com/s?q=%E6%96%BD%E5%B7%A5%E6%8A%80%E6%9C%AF&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)[细则](http://www.so.com/s?q=%E7%BB%86%E5%88%99&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)》JTG/T F30的规定执行。

**9.3.3** 施工前应对机械设备、测量仪器、基准线、模板、机具工具及各种试验仪器等进行全面检查、调试、校核和标定。

**9.4 试验路段铺筑**

**9.4.1** 在施工前应铺筑试验段，宜在主线以外铺筑不少于30m的试验路段，在获得外加剂掺量、拌和时间、混凝土拌合物坍落度及其损失、施工配合比、混合料初凝终凝时间等技术参数的基础上，在主线进行试验段铺筑，宜不少于50m。

**9.4.2** 施工单位应提供试验段的施工方案，并报监理确认。

**9.4.3** 试验路总结等按现行行业标准《公路水泥混凝土路面[施工技术](http://www.so.com/s?q=%E6%96%BD%E5%B7%A5%E6%8A%80%E6%9C%AF&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)[细则](http://www.so.com/s?q=%E7%BB%86%E5%88%99&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)》JTG/T F30的规定执行。

**9.5 搅拌**

**9.5.1** 原材料计量应采用电子计量设备，设备的精度应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171的有关规定。每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。混凝土原材料的计量允许偏差应符合表9.5.1的规定，并应每班检查1次。

**表9.5.1 混凝土原材料的计量允许偏差（%）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 原材料品种 | 胶凝材料 | 骨料 | 水 | 外加剂 |
| 每盘计量允许偏差 | ±2 | ±3 | ±1 | ±1 |
| 累计计量允许偏差 | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 |

注：累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。

**9.5.2** 应采用强制式搅拌机搅拌，并应搅拌均匀。混凝土搅拌的最短时间应通过生产性试验确定，不应少于60s。

**9.5.3** 混凝土匀质性的试验方法应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB/T 9142的有关规定。

**9.5.4** 减水剂宜采用聚羧酸系减水剂，混凝土用水量中应扣除减水剂溶液中的水量。

**9.6 运输**

**9.6.1** 运输应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和《预拌混凝土》GB/T 14902的规定。

**9.6.2** 当采用预拌混凝土时，预拌混凝土企业应制定运输管理制度，合理指挥调度车辆，并宜采用定位系统监控车辆运行。

**9.6.3** 搅拌运输车出入厂区时宜使用循环水进行冲洗以保持卫生清洁，冲洗运输车产生的废水可进入废水回收利用设施。

**9.7 浇筑**

**9.7.1** 固废基混凝土施工方法宜采用轨模式摊铺机施工、滑模式摊铺机施工，以上条件不具备时可选择小型机具法施工。

**9.7.2** 浇筑混凝土前，应根据工程特点、环境条件、施工工艺与施工条件制定浇筑方案，包括浇筑起点、浇筑方向和浇筑厚度等，在混凝土浇筑过程中不得无故更改浇筑方案。

**9.7.3** 当在相对湿度较小、风速较大的环境下浇筑混凝土时，应采取适当挡风措施，防止混凝土表面失水过快，并应避免浇筑较大暴露面积的构件。

**9.7.4** 夏季施工时，混凝土拌合物浇筑时的入模温度不宜超过30℃或满足设计要求。现场温度高于30℃时，应采取遮挡措施避免阳光照射金属模板。

**9.7.5** 冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的有关规定。

**9.7.6** 在浇筑混凝土过程中，应有效控制混凝土的均匀性、密实性和整体性，且分层浇筑的间隙时间不得超过90min，并不得随意留置施工缝。

**9.7.7** 应避免欠振和过振，每点的振捣时间以表面泛浆和不冒大气泡为准，一般不宜超过30s。

**9.7.8** 从搅拌机卸出混凝土到混凝土浇筑完毕的延续时间不应大于混凝土的初凝时间。

**9.8 养护与切缝**

**9.8.1** 浇筑后应及时进行保湿养护。固废基混凝土的养护时间不宜少于14d，且不应少于7d。

**9.8.2** 养护用水温度与混凝土表面温度之间的温差不宜大于20℃。

**9.8.3** 浇筑成型后，应及时对混凝土暴露面进行覆盖。混凝土终凝前，应用抹子搓压表面至少两遍，平整后再次覆盖。

**9.8.4** 固废基混凝土路面成型后，应根据现场的温度确定切缝时间。

**9.9 施工质量管理与检查**

**9.9.1** 施工质量的控制、管理和检查应贯穿整个施工过程，应对每个施工环节严格质量控制。

**9.9.2**建立健全质量保证体系，按铺筑进度与工艺要求配备质检仪器和人员，对施工各阶段的各项质量指标应做到及时检查、控制和评定。关键环节的施工过程应保留影像资料。

**9.9.3** 混凝土路面耐久性的检验项目、方法和频率，除满足现行行业标准《公路水泥混凝土路面[施工技术](http://www.so.com/s?q=%E6%96%BD%E5%B7%A5%E6%8A%80%E6%9C%AF&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)[细则](http://www.so.com/s?q=%E7%BB%86%E5%88%99&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)》JTG/T F30的规定外，还应满足表9.9.3的规定。

**表9.9.3 耐久性要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | 检验方法和频率 |
| 检查频率 | 技术要求 | 检查方法 |
| 1 | 抗盐冻 | 每车道每5m留置一组试块，硬路肩为1个车道，不足5km按5km计 | 平均剥离量应小于1.0kg/m2 | GB/T50082 |
| 2 | 试块抗冻等级 | 每车道每5m留置一组试块，硬路肩为1个车道 | 严寒地区不小于DF80，寒冷地区不小于DF70 | GB/T50082 |
| 3 | 钻芯抗冻等级 | 每车道每5m留置一组试块，硬路肩为1个车道 | 严寒地区不小于F300，寒冷地区不小于F250 | JTG E30 T0565 |
| 4 | 氯离子扩散系数 | 每车道每5m留置一组试块，硬路肩为1个车道，不足5km按5km计 | 不大于7×10-12m2/s | GB/T50082 |
| 5 | 铣刨深度 | 每幅，每200m连续检测5点，点间距3m | ≥5mm，≤8mm | 尺量 |
| 6 | 纹理间距 | 每幅，每200m连续检测5点，点间距3m | ≥3mm，≤8mm | 尺量 |
| 7 | 灌缝混合材料抗压强度 | 每1km留置一组试块 | 不低于路面设计强度值 | JTG E30 T0570 |
| 8 | 灌缝剥落状况 | 随时 | 饱满 | 目测 |

# **10 质量检验与验收**

**10.1 原材料**

**10.1.1** 固废基混凝土原材料进场时应进行检验，检验方法、检验批量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**10.1.2** 混凝土原材料进场时应对材料的品种、外观、规格、等级、生产日期等进行检查，并按检验批随机抽取样品进行检验。每个检验批检验不得少于1次。

**10.1.3** 固废基混凝土原材料检验结果应符合本技术标准第5章及相关标准的规定。

**10.2 混凝土拌合物**

**10.2.1** 固废基混凝土拌合物检验应为抽样检验。在生产和施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对混凝土拌合物进行抽样检验。

**10.2.2** 固废基混凝土拌合物检验项目及其频率应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**10.2.3** 混凝土拌合物的检验频率应符合下列规定：

**1**  混凝土坍落度/扩展度和含气量的检验取样频率应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的规定执行；

**2**  同一工程、同一配合比、采用同一批次的固废基胶凝材料和外加剂的混凝土的凝结时间应至少检验1次；

**3**  同一工程、同一配合比的混凝土的氯离子含量应至少检验1次。

**10.2.4** 浇筑地点抽样应在混凝土送到交货地点后20min内完成，所有检查试件的制作应在30min内完成；每个试样应随机从一辆混凝土车中抽取，而且应在混凝土卸料过程中卸料量达1/4至3/4之间时取样；每个试样量应满足混凝土质量检验项目所需成型试件量的1.5倍，且不宜少于0.04 m3。

**10.2.5**  混凝土拌合物性能应符合本标准 7.1 节及相关标准的规定。

**10.3 硬化混凝土**

**10.3.1** 对近期无承载要求的固废基混凝土路面结构的强度可按56d或90d龄期验收。但对处于有化学腐蚀性环境的结构，各项指标均应根据构件接触环境作用的时间确定验收龄期。

**10.3.2** 固废基混凝土强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定，其他力学性能检验应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

**10.3.3**  固废基混凝土宜采用56d或90d龄期检验评定长期性能和耐久性能，评定标准应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的有关规定。

**10.4 验收**

**10.4.1** 公路工程固废基混凝土路面面层施工质量及验收应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1以及《公路水泥混凝土路面[施工技术](http://www.so.com/s?q=%E6%96%BD%E5%B7%A5%E6%8A%80%E6%9C%AF&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)[细则](http://www.so.com/s?q=%E7%BB%86%E5%88%99&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)》JTG/T F30的有关规定。

**10.4.2** 公路工程固废基混凝土路面面层质量检验与验收应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》JTJ D40及施工图设计的有关规定。

**10.4.3** 城镇道路固废基混凝土路面面层质量检验与验收应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ1及施工图设计的有关规定。

**本标准用词说明**

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，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”或“可”，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，采用就“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……有关要求（或规定）”或“应按……的有关规定执行”。

**引用标准名录**

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。

《混凝土外加剂》 GB 8076

《混凝土搅拌机》 GB/T 9142

《混凝土搅拌站（楼）》 GB/T 10171

《地表水环境质量标准》 GB 3838

《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》 GB 5085.3

《建设用砂》 GB/T 14684

《建筑用卵石、碎石》 GB/T 14685

《预拌混凝土》 GB/T 14902

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082

《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107

《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119

《混凝土质量控制标准》 GB 50164

《预防混凝土碱骨料反应技术规范》 GB/T 50733

《公路工程集料试验规程》 JTG E42

《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》 JTG F80/ 1

《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1

《公路水泥混凝土路面施工技术细则》 JTG/T F30

《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG/T D40

《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T10

《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

《混凝土用水标准》 JGJ 63

《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193

《纤维混凝土应用技术规程》 JGJ/T 221

《人工砂混凝土应用技术规程》 JGJ/T 241

《水泥原料中氯离子化学分析方法》 JC/T 420

《混凝土防冻剂》 JC 475

《用于水泥中的钢渣》 YB/T 022

《公路工程混凝土养护剂》 JT/T 522

《用于水泥和混凝土中的铅锌铁尾矿微粉》 DB35/T 1467

《固废基胶凝材料应用技术规程》 T/CECS 689

中国工程建设标准化协会标准

**固废基混凝土路面面层**

**应用技术规程**

**条文说明**

**1.总则**

**1.0.1~1.0.2** 大量试验和工程应用证明，采用固废基骨料、固废基胶凝材料以及外加剂配制的固废基混凝土具有良好的施工性、体积稳定性和耐久性，完全适用于水泥混凝土路面面层。

**1.0.3** 在国家政策大力倡导工业固废综合利用的背景下，国内目前尚无固废基混凝土路面面层应用技术的相关标准，鉴于固废基混凝土应用技术与普通水泥混凝土存在一定差异，为了科学、合理地在路面工程建设中推广使用固废基混凝土，达到提高产品性能、保证质量的目的，特制定本技术规程。

**2 术语和符号**

**2.1.1** 实践已经证明各种尾矿、冶炼渣、建筑垃圾、煤矸石等，其中的一种或几种固体废弃物经过分拣、机械破碎、筛分等工艺，制备成固废基粗骨料、固废基细骨料，可全部替代天然骨料，如建筑垃圾再生骨料、冶炼钢渣再生骨料等，与水泥、掺合料或固废基胶凝材料制备成混凝土。

**2.1.2**  固废基掺合料的制备方法包括按比例称取各原料，然后进行混合粉磨。这种掺合料具有高活性、高流动性，能够改善混凝土的工作性能，同时提高混凝土的强度及耐久性。它不仅实现了工业固废的建材资源化，还具有良好的环境效益和经济效益。

## **2.1.3**  固废基胶凝材料是采用以钢渣、矿渣、冶金脱硫灰等固体废弃物为原料，经加工磨细后按一定比例配置成的水硬性胶凝材料，也成为绿色水泥，可替代传统的“三高”水泥。

**2.1.4** 本规程所指固废基混凝土包括两种类型，一种是全部再生骨料掺配水泥、固废基掺合料制备而成；另一种是指全固废混凝土，即固废基胶凝材料配以矿山尾矿和废石为骨料，能够制备出100%利用工业固体废弃物的混凝土材料，该产品具有良好的工作性能和耐久性能，能够广泛应用于建筑工程领域。

**3 一般规定**

**3.0.1~3.0.3**  本规程积极响应并落实国家“双碳”战略、生态文明建设和绿色施工等相关规定，应积极利用技术可靠、经济合理的资源化利用方案，包括固废基骨料、固废基掺合料以及固废基胶凝材料，加强其在混凝土路面面层中的应用推广。

**3.0.4** 实践证实，水泥混凝土路面面层中粗细骨料全部采用再生骨料，骨料占混凝土总质量约75%；或水泥、粗细骨料全部采用固废基胶凝材料、再生粗细骨料，均可制备出相应的混凝土，且各项指标均满足现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG/T D40中的相关规定。因此，为保证路面面层质量，同时提高资源化利用率，本规程规定宜采用总量不低于75%资源化利用率的固废基骨料、固废基掺合料、固废基胶凝材料。

**3.0.5**  对于长期性能和耐久性能检测龄期的规定是因为固废基胶凝材料属于无熟料胶凝材料，水化速度较慢，有利于降低混凝士结构早期水化温峰，提高混凝土结构早期抗裂性，是混凝土技术的发展方向。采用 56d 或 84d 龄期是与现行的《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 对耐久性测试龄期的规定相一致。

# **4 固废基材料加工、运输和储存**

**4.1.2**  建筑垃圾使用途径多，资源化利用原则应是最优化，包括价值与用量最大化且能快速消纳。再生骨料用于道路工程，是较好实现“最优化”理念的资源化再利用途径。城镇道路基层用的骨料技术指标要求高，移动再生设备生产条件有限，生产的再生骨料一般难以满足道路基层使用。因此，宜在工厂内生产。

**4.2.4**  为提高再生产品质量，同时为防止建筑垃圾中的废金属对后续工艺设备安全造成不利影响，各级破碎工艺必须设置除铁分离工艺。

**4.2.5**  工程设计高标准要求时，再生粗骨料采用颗粒整形强化法或化学强化法进行强化。其中，颗粒整形强化法是指通过一定的机械设备使再生骨料高速自击与摩擦来除掉骨料表面附着的砂浆、水泥石或软弱颗粒部分，并除掉骨料颗粒较为突出的棱角，使其成为较为坚硬、较为圆滑的再生骨料，从而实现对再生骨料的强化；经颗粒整形强化后，去除了骨料表面黏附的水泥砂浆，提高了再生骨料强度，减小再生骨料吸水率，可有效减少混凝土的干缩开裂。化学强化法是指采用DSP体系或其他化学方法将再生骨料裹覆，填充空隙或裂缝，从而提高再生骨料强度，有效改善再生骨料基层的整体性能。

**5 原材料**

**5.2.1~5.2.4** 细骨料是由建筑垃圾、尾矿、冶炼渣等经加工而成的机制砂，其性能和试验方法应满足现行国家标准《建设用砂》GB/T14684的相关规定。

**5.2.2** 细集料系度模数偏小时，容易造成混凝土的水泥用量儒高、抗磨性下降、体积稳定性不良；细度模数偏大时，容易离析，混凝土粘聚性变差。因此限定天然砂下限2.3。

**5.3.1~5.3.3** 粗骨料是由建筑垃圾、尾矿、冶炼渣、煤矸石等加工而成的粒料，其性能和试验方法应满足现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的相关规定。

# **6 配合比设计**

**6.1.4** 胶凝材料和外加剂是水泥混凝土中构成水泥砂浆的重要成分,直接影响其性能,因此,胶材料和外加剂变化时，配合比应进行重新设计。

**6.1.6** 试验表明，水泥混凝土总碱量控制不大于3.0kg/m时，一般碱集料反应很难发生。

**6.2.4** 研究表明，提高全固废混凝土的含气量能提高混凝土的抗冻性及其它耐久性能。对于有抗冻设计要求时，混凝土中可掺加引气剂，但含量不宜过大，含气量超过6%混凝土的强度会显著降低。

# **7 混凝土性能**

**7.1.1** 全固废混凝土拌合物粘聚性比传统的水泥混凝土粘聚性有所降低，应控制好拌合物的性能。

**7.1.2** 本条规定与《混凝土质量控制标准》GB 50164 一致，将坍落度划分为5个等级，扩展度划分为6个等级。

**7.1.3** 本条规定的全固废混凝土中水溶性氯离子含量与现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 一致。

# **8 结构设计与组合**

**8.2.2** 基于固废基混凝土掺加固废基胶凝材料或固废基掺合料等，其强度增长缓慢，因此，本规程提出，原则上固废基混凝土的强度以28d龄期的弯拉强度控制，当混凝土浇筑后84d内不开放交通时，可采用84d龄期的弯拉强度。

**8.3.4** 在交通荷载等级为极重、特重、重型时，根据已有实践经验给出固废基混凝土路面面层厚度建议值，其他等级可按照《公路水泥混凝土路面设计规范》JTJ D40设计相关规定执行。

# **9 施 工**

**9.8.1** 及时保湿养护是减少混凝土早期开裂和提高硬化混凝土渗透性及其他耐久性能的重要措施，原则上浇筑后即需要养护。全固废混凝土早期水化速度较慢，必须要有充分的养护才能形成致密的混凝土表面，养护时间不宜少于 14d 且不应少于 7d。

**9.8.2** 控制混凝土表面与外部环境温差以防止由于温度应力产生混凝土开裂。混凝土结构降温速率和内外温差的控制是防止结构开裂的重要技术措施，在拆模时间的把握上必须注意这一点，尤其是在天气变动比较大的时候更应该采取相应措施加以应对。

**9.8.3** 在平面结构混凝土终凝前对浇筑面进行多次抹面处理有利于抑制表面裂缝，提高表面质量。

**9.9.3** 基于固废基混凝土采用的是再生骨料、固废基胶凝材料等，原材料具有孔隙大、吸水率大、强度增长缓慢、质量波动大等特点，因此，除在配合比设计中进行耐久性检测外，还需要再施工中检测固废基混凝土的耐久性，并给出相应的检验项目、方法和频率。

**10 质量检验与验收**

**10.2.1** 坍落度与和易性检验在搅拌地点和筑地点都要进行，搅拌地点检验为控制性自检，浇筑地点检验为验收检验。凝结时间检验可在搅拌地点进行。

**10.2.4** 本条规定了在混凝土浇筑地点抽样的时机和数量，混凝土抽样应具有代表性。