**团 体 标 准**

**市政道路再生骨料路基填筑施工工艺规范**

**编 制 说 明**

**《市政道路再生骨料路基填筑施工工艺规范》小组**

**二〇二五年九月**

目 录

[一、工作简况 1](#_Toc19956)

[二、标准编制原则和主要内容 3](#_Toc16067)

[三、主要试验和情况分析 31](#_Toc12675)

[四、标准中涉及专利的情况 31](#_Toc20840)

[五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况 31](#_Toc29243)

[六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系 31](#_Toc4979)

[七、重大意见分歧的处理依据和结果 31](#_Toc21799)

[八、标准性质的建议说明 31](#_Toc20135)

[九、贯彻标准的要求和措施建议 31](#_Toc23106)

[十、废止现行相关标准的建议 31](#_Toc29517)

[十一、其他应予说明的事项 31](#_Toc18435)

**《市政道路再生骨料路基填筑施工工艺规范》团体标准**

**编制说明**

**一、工作简况**

**（一）任务来源**

随着我国城市化进程加速，市政道路建设规模持续扩大，对天然砂石骨料的需求激增，导致资源消耗巨大、环境压力突出。同时，城市更新和建筑拆除产生了海量建筑固体废弃物，传统填埋处置方式占用大量土地、污染环境且资源利用率低。将建筑废弃物加工成再生骨料应用于市政道路路基填筑，是推动建筑垃圾资源化利用、缓解砂石资源短缺的有效途径。然而，当前再生骨料在路基填筑中的应用尚处于探索推广阶段，缺乏统一、系统、权威的技术规范指导实践。由于缺乏针对再生骨料特性的专门施工工艺标准，导致实际工程中应用混乱、施工工艺随意、质量参差不齐、工程安全性和耐久性存在隐患，严重制约了再生骨料在市政道路领域的规模化、规范化应用。

制定本团体标准旨在填补技术空白，规范和统一市政道路再生骨料路基填筑的施工技术要求。其核心意义在于：一是提供科学依据，明确再生骨料制备、处理、检测及路基填筑各环节的关键工艺参数和质量要求，保障路基工程的压实度、稳定性等关键指标达标，从根本上解决因“无章可循”导致的质量和安全隐患。二是推动建筑垃圾高效循环利用，通过标准化应用降低对天然资源的依赖，减少固体废弃物排放，实现显著的生态环保效益。三是促进降本增效，规范的工艺流程有助于提升施工效率、降低工程成本，为再生骨料在市政工程中的广泛应用扫清障碍。

**（二）编制过程**

为使本标准在市政道路再生骨料路基填筑施工工艺市场管理工作中起到规范信息化管理作用，标准起草工作组力求科学性、可操作性，以科学、谨慎的态度，在对我国现有市政道路再生骨料路基填筑施工工艺市场相关管理服务体系文件、模式基础上，经过综合分析、充分验证资料、反复讨论研究和修改，最终确定了本标准的主要内容。

标准起草工作组在标准起草期间主要开展工作情况如下：

**1、项目立项及理论研究阶段**

标准起草组成立伊始就对国内外市政道路再生骨料路基填筑施工工艺相关情况进行了深入的调查研究，同时广泛搜集相关标准和国外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，确定了市政道路再生骨料路基填筑施工工艺市场标准化管理中现存问题，结合现有产品实际应用经验，为标准起草奠定了基础。

标准起草组进一步研究了市政道路再生骨料路基填筑施工工艺需要具备的特殊条件，明确了技术要求和指标，为标准的具体起草指明了方向。

**2、标准起草阶段**

在理论研究基础上，起草组在标准编制过程中充分借鉴已有的理论研究和实践成果，基于我国市场行情，经过数次修订，形成了《市政道路再生骨料路基填筑施工工艺规范》标准草案。

**3、标准征求意见阶段**

形成标准草案之后，起草组召开了多次专家研讨会，从标准框架、标准起草等角度广泛征求多方意见，从理论完善和实践应用多方面提升标准的适用性和实用性。经过理论研究和方法验证，起草组形成了《市政道路再生骨料路基填筑施工工艺规范》（征求意见稿）。

**（三）主要起草单位及起草人所做的工作**

**1、主要起草单位**

协会、企业等多家单位的专家成立了规范起草小组，开展标准的编制工作。

经工作组的不懈努力，在2025年9月，完成了标准征求意见稿的编写工作。

**2、起草人所做工作**

广泛收集相关资料。在广泛调研、查阅和研究国际标准、国家标准、行业标准的基础之上，形成本标准草案稿。

**二、标准编制原则和主要内容**

**（一）标准编制原则**

本标准依据相关行业标准，标准编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，本标准严格按照《标准化工作指南》和GB/T 1.1《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》的要求进行编制。标准文本的编排采用中国标准编写模板TCS 2009版进行排版，确保标准文本的规范性。

**（二）标准主要技术内容**

本标准报批稿包括11个部分，主要内容如下：

1　范围

本文件规定了市政道路再生骨料路基填筑施工工艺的术语和定义、基本规定、材料要求、路基设计、施工工艺、质量控制与验收、环境保护、安全文明施工、维护管理。

本文件适用于市政道路再生骨料路基填筑施工。

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 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB/T 14848 地下水质量标准

CJ/T 486 土壤固化外加剂

CJJ 194 城市道路路基设计规范

JC/T 479 建筑生石灰

JGJ/T 240 再生骨料应用技术规程

JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

路基填筑 subgrade filling

在道路工程中，按设计要求分层铺筑填料，通过压实设备使填筑体达到规定密实度、承载力和稳定性要求的结构层施工过程。

3.2

再生骨料路基 recycled aggregate subgrade

以道路拆除废弃物加工形成的再生骨料为主体材料，经掺配设计、摊铺压实形成的路基结构层。

4　基本规定

4.1　材料准入原则

4.1.1　再生骨料来源应限于建筑拆除混凝土、沥青路面铣刨料及市政构筑物废料，不应混入生活垃圾或危险废弃物。

4.1.2　放射性核素限量应符合GB 6566的A类材料标准。

4.2　设计使用年限

4.2.1　采用再生骨料填筑的主干道路基设计使用年限不应低于15年，次干道及支路不应低于10年。

4.2.2　设计文件应明确再生骨料路基的容许工后沉降值，一般路段不宜超过30 mm。

4.2.3　路床顶面应设置厚度不小于20 cm的天然砂砾或水泥稳定层作为隔离封顶层。

4.3　结构组合要求

4.3.1　路床区30 cm范围内再生骨料压碎值应不大于25%，路堤区可放宽至30%。

4.3.2　地下水位以下部位应采用水泥改良骨料，水泥掺量不宜低于5%。

4.3.3　桥头过渡段长度应延伸至台背外10 m，该区域骨料最大粒径应控制在40 mm以下。

4.4　环保管控要求

4.4.1　施工现场PM10小时平均浓度应控制在150 μg/m³以下，超过限值应立即启动抑尘措施。

4.4.2　骨料破碎筛分场地边界噪声昼间不应超过70 dB(A)，夜间施工应取得环保部门许可。

4.4.3　冲洗废水处理后的pH值范围宜为6.5~8.5，悬浮物浓度不应高于50 mg/L。

4.5　施工准备原则

4.5.1　开工前应编制再生骨料专项施工方案，重点明确含水率控制工艺及特殊工况应急预案。

4.5.2　试验段长度不宜短于200 m，应通过试验确定松铺系数、压实遍数等关键参数。

4.5.3　施工区域应设置材料标识牌，注明骨料来源、级配范围及使用部位。

4.6　过程监测要求

4.6.1　每填筑2层应检测平面位置及高程，中线偏位偏差不应超过50 mm。

4.6.2　软基路段应布置沉降观测点，施工期沉降速率超过5 mm/天时应暂停填筑。

4.6.3　雨季施工应每日记录骨料含水率变化，降雨后应重新检测压实度。

4.7　验收管理要求

4.7.1　分项工程验收应包含骨料来源追溯文件、压实度检测图谱及环保专项记录。

4.7.2　弯沉检测应在路基完工30天后进行，单点实测值不应超过设计允许值。

4.7.3　出现局部弹簧土或沉陷面积超过1 m2的区域应返工处理。

4.8　档案管理要求

4.8.1　施工日志应逐日记录再生骨料用量、含水率调整数据及异常工况处置措施。

4.8.2　关键工序影像资料保存期限不应少于道路设计使用年限。

4.8.3　区块链技术记录的碾压轨迹及压实度数据应纳入竣工档案。

4.9　维护保养要求

4.9.1　交工后一年内应每月监测路基沉降量，累计沉降超限时应启动加固程序。

4.9.2　冻融季节前应检查排水系统通畅性，防止积水渗透引发冻胀病害。

4.9.3　表面松散区域可采用乳化沥青透层进行封闭处治。

5　材料要求

5.1　再生骨料

5.1.1　来源与分类

5.1.1.1　再生骨料来源应明确且稳定可控，主要应为建筑垃圾经破碎、筛分、除杂等工艺加工而成的骨料，或道路沥青面层及无机结合料稳定类基层铣刨料经加工处理而成的骨料。

5.1.1.2　再生骨料按其来源可分为：

—— 建筑垃圾再生骨料；

—— 道路拆除料再生骨料。

5.1.1.3　再生骨料按其粒径分布可分为：

—— 再生粗骨料：公称粒径大于4.75 mm的颗粒；

—— 再生细骨料：公称粒径小于4.75 mm的颗粒；

—— 再生混合骨料：粗细颗粒未分离或按特定比例混合的骨料。

5.1.2　技术要求

5.1.2.1　再生骨料用于路基填筑时，其级配宜符合设计要求。当采用再生混合骨料时，其级配应满足路基压实和稳定性的要求，最大粒径不宜超过层压实厚度的2/3，且应避免级配断档或单一粒径集中。用于路床顶面以下路基填筑时，其最大粒径应严格控制。

5.1.2.2　再生粗骨料及再生混合骨料的压碎值应满足路基相应层位强度和稳定性的要求。用于路基主要承重层时，其压碎值应不大于规定限值。

5.1.2.3　再生骨料吸水率通常较高，其值应进行测定并作为施工含水率控制的重要依据。用于路基填筑时，其吸水率宜满足相应标准的要求。

5.1.2.4　再生粗骨料中针片状颗粒含量应予以控制，含量过高可能影响压实效果和路基稳定性。其含量宜不大于规定限值。

5.1.2.5　再生骨料中的含泥量及泥块含量应严格控制。过高的含泥量会降低骨料间的嵌挤力，影响压实度和水稳定性。其含量应不大于规定限值。

5.1.2.6　再生骨料中有机物含量应通过试验测定，含量过高可能产生腐蚀或导致路基后期沉降。其含量应符合JTG 3441有关规定，宜不大于规定限值。

5.1.2.7　再生骨料中密度小于规定值的轻质物质含量应严格控制。其含量应不大于规定限值。

5.1.2.8　对于可能经受冻融循环或干湿循环的区域，再生骨料的坚固性损失率宜满足相应要求。

5.1.2.9　再生骨料中水溶性硫酸盐及硫化物的含量应进行检测，其含量不应超过规定限值，以防止对路基和地下水造成侵蚀和污染。

5.1.2.10　含有黏土矿物的再生骨料应进行膨胀性试验，其自由膨胀率应满足路基稳定性要求，宜不大于规定限值。

5.1.2.11　再生骨料中重金属及其他有毒有害物质的含量应符合JGJ/T 240的规定，并提供有资质的第三方检测报告。

5.1.3　分级与应用

5.1.3.1　可根据再生骨料的关键技术指标对其进行分级。

5.1.3.2　质量等级较高的再生骨料可用于市政道路主路、快速路的路基填筑；质量等级中等的再生骨料可用于次干路、支路路基填筑；质量等级较低的再生骨料应严格控制其使用范围和层位，必要时应经改良处理或仅用于路基非关键部位、人行道路基等。具体分级及应用范围应在设计中明确。

5.1.3.3　道路铣刨料再生骨料用于路基填筑时，应关注其沥青残留物的影响。高含量RAP再生骨料的使用应通过试验验证其热稳定性和长期性能。

5.2　其他材料

5.2.1　改良材料

5.2.1.1　当采用水泥、石灰、粉煤灰或土壤固化剂等材料对再生骨料进行改良或稳定时，其质量应符合GB 175、JC/T 479、GB/T 1596、CJ/T 486的规定。

5.2.1.2　水泥宜采用强度等级不低于32.5级的普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥。水泥的初凝时间应能满足施工工艺要求。

5.2.1.3　生石灰或消石灰的有效钙镁含量、未消化残渣含量等指标应满足相关标准要求。

5.2.1.4　粉煤灰应符合相关规范中对用于路基工程的等级要求。

5.2.1.5　土壤固化剂应有产品合格证、说明书及相应的检测报告，其性能应满足工程要求。

5.2.2　拌合用水

5.2.2.1　再生骨料拌合、改良及养生用水可采用饮用水或不含油污、酸碱度适宜、对再生骨料及胶凝材料无害的非饮用水。

5.2.2.2　当使用非饮用水时，应进行水质检验，硫酸盐含量、氯化物含量等指标宜满足相关标准对混凝土用水的限值要求或通过试验验证其对再生骨料路基性能无显著不利影响。

5.3　材料进场检验

5.3.1　检验

5.3.1.1　再生骨料进场时应按批次进行抽样检验。同一来源、同一生产工艺、连续进场的材料，宜每一定数量或每作业日作为一个检验批。检验项目应包括但不限于：

—— 外观；

—— 级配；

—— 含泥量；

—— 泥块含量；

—— 压碎值；

—— 吸水率等关键指标。

5.3.1.2　重金属及有害物质含量可依据来源稳定性定期检测，但首次使用或来源变更时应检测。

5.3.1.3　胶凝材料、改良材料进场时应核查质量证明文件，并按相关标准规定进行抽样复验。

5.3.1.4　检验结果不合格的材料不应用于工程。

5.3.2　储存

5.3.2.1　再生骨料应堆放在经硬化处理、排水良好的场地，不同来源、不同种类、不同规格的再生骨料应分开堆放，并设置清晰标识。

5.3.2.2　堆料高度应合理，避免离析。应采取有效的防尘、防雨措施，尤其在雨季和干燥大风季节。对于吸水率高的骨料，应特别关注降雨后含水率的变化。

5.3.2.3　水泥、石灰、粉煤灰等胶凝材料应在干燥、通风、防潮的库房内储存，并注意防雨、防潮、防结块。袋装材料堆放高度不宜过高。土壤固化剂应按照产品说明书要求储存。

5.3.2.4　各类材料储存场地应做好环境保护措施，防止扬尘和污水污染周边环境。

6　路基设计

6.1　一般规定

6.1.1　再生骨料路基设计应遵循技术可行、经济合理、环境友好、安全耐久的原则，并符合CJJ 194的相关规定。

6.1.2　设计前应对再生骨料来源稳定性、加工工艺及关键性能指标进行专项评估。

6.1.3　路基结构形式应根据道路等级、交通荷载特征及工程地质条件综合确定。

6.1.4　设计文件应明确界定再生骨料技术指标要求、填筑层位及特殊工况应对措施。

6.2　材料选择与掺配设计

6.2.1　道路铣刨料再生骨料应专项评估沥青残留物对路基长期性能的影响。

6.2.2　掺配比例应通过重型击实试验与加州承载比试验确定。

6.2.3　主路路基再生骨料体积掺量不宜超过70%，次干路及以下道路可适当提高。

6.2.4　混合料级配应连续分布于设计包络线范围内。

6.2.5　混合料最大公称粒径不应大于压实层厚度的三分之二。

6.2.6　掺配后混合料的加州承载比应满足路基分层强度需求。

6.2.7　路床顶面以下0.8 m深度范围内加州承载比值不宜小于8%。

6.3　结构设计参数

6.3.1　最大干密度和最优含水率应通过重型击实试验确定。

6.3.2　压实度应按路基深度分层控制：

—— 路床顶面以下0.3 m范围不应低于95%；

—— 路床顶面0.3 m~0.8 m范围不应低于94%；

—— 路床顶面0.8 m以深区域不应低于93%。

6.3.3　路床顶面设计回弹模量应满足道路等级对应标准。

6.3.4　竣工验收弯沉值实测值不应大于设计容许值。

6.4　特殊工况设计

6.4.1　软土地基处理应满足：

—— 宜采用再生骨料置换法，置换深度经沉降计算确定；

—— 置换层底部应铺设土工合成材料加筋层；

—— 置换区周边应设置纵向排水盲沟。

6.4.2　浸水路段设计应满足：

—— 选用吸水率不大于8%的再生骨料；

—— 路基两侧设置透水性隔离层；

—— 可掺加3%~5%水泥或石灰进行固化改良。

6.4.3　含黏土砖瓦骨料控制应满足：

—— 自由膨胀率大于等于40%时应限制使用；

—— 使用时应掺加2%~4%生石灰改性；

—— 单层填筑厚度不宜超过0.25 m。

6.5　排水与防护设计

6.5.1　路基内部应设置纵横向排水系统。

6.5.2　纵向盲沟间距宜控制在10 m~15 m。

6.5.3　边坡坡率不应陡于1:1.5。

6.5.4　坡面应采用拱形骨架护坡或植草防护。

6.5.5　路肩透水层宽度不应小于0.5 m。

6.6　试验验证要求

6.6.1　设计阶段应完成下列试验：

—— 再生骨料及混合料物理力学性能试验；

—— 不同掺配比例下加州承载比对比试验；

—— 改良材料固化效果验证试验。

6.6.2　城市快速路、主干路或特殊地质路段应开展实体试验段填筑。

6.6.3　试验段应验证松铺系数、压实机械组合、碾压遍数及含水率控制区间。

6.7　设计文件编制

6.7.1　设计说明书应专章论述再生骨料路基技术可行性及处置方案。

6.7.2　施工图应清晰标注：

—— 再生骨料填筑范围与高程控制点；

—— 分层压实厚度与压实标准；

—— 排水系统构造节点；

—— 软弱地基处理详图。

6.7.3　设计文件应附材料质量控制清单及检测频率要求。

6.8　骨料性能分级控制

6.8.1　应依据道路等级对再生骨料进行分级管控：

—— 快速路及主干路：Ⅰ类骨料；

—— 次干路：Ⅱ类骨料；

—— 支路：Ⅲ类骨料。

6.8.2　Ⅰ类骨料压碎值不宜大于26%，Ⅲ类骨料压碎值上限可放宽至35%。

6.8.3　含沥青铣刨料的再生骨料软化点不宜低于60 ℃，热稳定性试验质量损失率应≤1.2%。

6.9　结构层组合设计

6.9.1　路床顶面以下0.5 m应设置过渡层，再生骨料掺量宜逐级递减20%。

6.9.2　地下水位埋深小于1 m路段，路基底部应增设厚度0.3 m碎石隔离层。

6.9.3　重载交通道路宜采用复合式路基结构：

—— 上部0.8 m：再生骨料掺量40%~60%；

—— 中部1.2 m：再生骨料掺量60%~80%；

—— 下部区域：全再生骨料填筑。

6.10　耐久性保障措施

6.10.1　设计使用年限内累积沉降量应满足：

—— 快速路：≤30 mm；

—— 主干路：≤50 mm；

—— 次干路及以下：≤80 mm。

6.10.2　冻融循环地区应进行150次冻融试验，质量损失率不应超过3%。

6.10.3　干湿交替区域宜掺加0.5%~1%固化剂，收缩系数不宜大于3×10⁻⁴。

6.11　动态设计管理

6.11.1　施工期出现下列情形时应启动设计变更：

—— 骨料实际性能偏离设计值15%以上；

—— 地基承载力不足设计值80%；

—— 遇未勘测到的软弱夹层。

6.11.2　变更方案应重新验算沉降量及边坡稳定性，变更幅度超过10%需专家论证。

6.12　生态协同设计

6.12.1　边坡防护宜选用生态型再生混凝土骨架，孔隙率不应小于25%。

6.12.2　排水沟可采用再生骨料透水砌块，渗透系数不宜低于1×10⁻² cm/s。

6.12.3　路肩绿化带填土宜掺配30%再生细骨料，pH值应调节至6.5~7.5。

6.13　特殊地质补充

6.13.1　采空区路段

6.13.1.1　再生骨料注浆料粗骨料粒径不宜大于5 mm，28天抗压强度不应低于15 MPa。

6.13.1.2　注浆孔应梅花形布置，孔间距不宜大于2 m。

6.13.2　膨胀土区域

6.13.2.1　再生骨料置换层厚度不应小于1.2 m。

6.13.2.2　混合料中应掺加4%~6%生石灰，自由膨胀率控制≤25%。

6.14　数字化设计应用

6.14.1　快速路项目应建立路基BIM模型，集成参数包括：

—— 分层压实度；

—— 骨料来源追溯码；

—— 实时监测数据接口。

6.14.2　宜采用有限元软件模拟不同掺量下路基长期变形规律。

6.14.3　设计成果应输出机器可读数据格式，满足智慧管养平台对接要求。

7　施工工艺

7.1　施工准备

7.1.1　施工前应编制专项施工方案并通过专家论证，方案应包含再生骨料填筑范围、分层厚度控制要求、压实工艺参数及应急预案。

7.1.2　路基基底处理应清除腐殖土、树根、建筑垃圾等杂物，基底压实度不应低于90%，局部软弱区应换填处理。

7.1.3　现场应设置封闭式再生骨料堆场，不同来源、粒径的骨料分类堆放并设置防雨棚，堆场地面应硬化防污染。

7.2　材料储运

7.2.1　运输应采用全封闭自卸汽车，车厢缝隙应密封处理，运输路线应避开人口密集区并控制车速防遗撒。

7.2.2　堆料高度不应超过3 m，堆存超过7天时应覆盖防尘网，雨季应增加防水布遮盖防止含水率突变。

7.2.3　每批次500 m3再生骨料进场时，应抽样检测级配曲线、含泥量、轻物质含量及金属异物含量。

7.3　摊铺控制

7.3.1　摊铺前应测定骨料天然含水率，通过预洒水或翻晒将含水率调整至最优值±2%范围内。

7.3.2　松铺厚度应根据试验段数据确定，常规路段宜为30 cm±5 cm，桥头过渡段不应超过25 cm。

7.3.3　摊铺宜采用带自动找平装置的平地机，作业幅宽不小于6 m，纵向接缝应错开1 m以上。

7.3.4　摊铺过程中应设置专人剔除超限粒径骨料及金属、塑料等异物。

7.4　含水率调控

7.4.1　含水率不足时，应采用高压雾化洒水车分两次补水，首次补水后静置1 h再补二次水。

7.4.2　含水率超标时，应采用多铧犁翻松晾晒或掺入5%~10%干燥骨料，调整后应重新检测。

7.4.3　补水后应静置渗透24 h，待水分均匀分布且表面无积水时方可进行压实作业。

7.5　压实技术

7.5.1　初压选用18 t~22 t双钢轮压路机静压1遍，行进速度严格控制在1.5 km/h~2.0 km/h。

7.5.2　复压应采用25 t以上单钢轮压路机强振碾压，频率30 Hz以上，碾压3~5遍至无轮迹。

7.5.3　终压选用30 t胶轮压路机碾压1~2遍，消除表面微裂纹并提高表层密实度。

7.5.4　碾压路线应从路基边缘向中心推进，曲线段应由内侧向外侧碾压，轮迹重叠1/3轮宽。

7.6　接缝处理

7.6.1　同日施工的相邻段搭接长度不应小于2 m，搭接区域应增加1遍强振碾压消除接痕。

7.6.2　非连续施工接缝应开挖台阶，台阶宽度不小于1.2 m，高度为压实层厚的1/2。

7.6.3　接缝处新铺骨料应超填20 cm宽，待压实后修整至设计断面，接合面应洒水湿润。

7.7　特殊工况

7.7.1　雨季施工应满足：

—— 作业段长度压缩至40 m以内，配置移动式防雨棚并实时监测降雨预警信息；

—— 降雨后应检测含水率，超标时应翻晒或掺加石灰固化处理；

—— 坡面应设临时排水沟，防止雨水冲刷未压实边坡。

7.7.2　低温施工应满足：

—— 环境温度低于5 ℃时应停止作业，已摊铺料应覆盖保温棉被防冻结；

—— 必要时可掺加2%抗冻剂，但应验证材料相容性。

7.7.3　大风天气施工应增加洒水频次，风速超6级时停止作业并覆盖防尘网。

7.8　质量检测

7.8.1　压实度检测每1000 m2不少于6点，采用灌砂法测定，路床区域合格率100%。

7.8.2　加州承载比检测每作业段不少于2组，试样应取自压实层中部位置。

7.8.3　平整度检测采用3 m直尺每100 m测10处，最大间隙路床区不大于10 mm。

7.8.4　弯沉检测应在路基顶面完成30天后进行，测点间距不大于50 m。

7.9　环保管控

7.9.1　施工现场应安装PM10、PM2.5在线监测仪，颗粒物浓度超标时启动雾炮降尘。

7.9.2　运输道路每日洒水不少于6次，重点区域设置自动喷淋系统。

7.9.3　车辆冲洗废水应经三级沉淀池处理，水质达标后方可排入市政管网。

7.9.4　噪声敏感区域施工时段限制在6：00~22：00，设备加装消声装置。

7.10　安全措施

7.10.1　压路机作业半径15 m内设置警戒区，人员穿戴反光背心及定位装置。

7.10.2　边坡施工时应搭设安全爬梯，陡坡段设置防坠安全网。

7.10.3　夜间施工照明强度不低于100 lx，照明覆盖所有作业面。

7.10.4　每班次开展安全交底，特种设备操作人员应持证上岗。

7.11　过程记录

7.11.1　每日填写施工日志，记录材料用量、含水率、碾压遍数及异常工况。

7.11.2　建立影像追溯系统，对摊铺、压实、检测等关键工序全程录像。

7.11.3　隐蔽工程验收应留存地质雷达扫描图像及压实度检测原始数据。

7.12　骨料预处理工艺

7.12.1　含杂质超标的再生骨料应进行二次筛分，金属残留量大于0.5%时应配置磁选设备。

7.12.2　旧沥青含量超过3%的铣刨料宜采用热风预处理装置，加热温度不宜超过80 ℃。

7.12.3　粒径变异系数大于30%的骨料应重新破碎，破碎后针片状颗粒含量不应大于15%。

7.12.4　预处理后骨料堆存时间超过48 h应重新检测含水率及级配曲线。

7.13　智能压实控制

7.13.1　大型项目应配备连续压实监测系统，实时显示压实度分布云图及压实功指数。

7.13.2　压路机应安装GNSS定位装置，碾压轨迹重叠率不应低于30%，漏压区域自动报警。

7.13.3　路基核心区应预埋无线传感器，深层压实度监测点水平间距不应大于20 m。

7.13.4　压实数据应实时上传管理平台，压实度偏差超设计值3%时应自动标记复压区。

7.14　界面处理技术

7.14.1　新旧路基接合部应开挖台阶，台阶宽度不应小于1.5 m，高度为压实层厚的2/3。

7.14.2　台阶立面应涂刷水泥浆粘结层，水泥浆水灰比宜为0.4~0.5，涂布量不少于1.5 kg/㎡。

7.14.3　纵向接缝处应超宽摊铺50 cm，压实后采用切割机修整形成垂直界面。

7.15　季节性施工保障

7.15.1　高温施工

7.15.1.1　气温超过35 ℃时应调整作业时段，宜在5：00~10：00及16：00~20：00施工。

7.15.1.2　摊铺后应立即覆盖遮阳网，暴晒时间不应超过30 min。

7.15.1.3　补水频次应增加至每小时1次，蒸发损失补偿水量宜为理论值120%。

7.15.2　冻融期施工

7.15.2.1　日平均气温持续低于0 ℃时，应掺加抗冻型固化剂，掺量经试验确定。

7.15.2.2　碾压完成面应及时覆盖保温膜，膜厚不应小于0.5 mm，搭接宽度不少于20 cm。

7.16　生态防护同步施工

7.16.1　边坡防护应与路基填筑同步推进，高差超过3 m时应分级实施防护工程。

7.16.2　拱形骨架基础应嵌入路基0.3 m，混凝土强度等级不应低于C20。

7.16.3　植草防护应在路基压实后7天内完成喷播，草籽覆盖率不应低于95%。

7.17　数字化过程管控

7.17.1　应建立施工全过程区块链平台，关键数据上链存证包括：

—— 材料进场检验记录；

—— 压实度实时监测值；

—— 隐蔽工程影像资料。

7.17.2　质量验收文件应附加数字水印，数据篡改识别精度应达99.9%以上。

7.17.3　竣工模型应集成施工期传感器数据，支持后期养护数据比对分析。

8　质量控制与验收

8.1　材料进场控制

8.1.1　再生骨料进场时应核查质量证明文件，每批次抽检粒径级配、含泥量及杂物含量，检测频率不少于每500 t一组。

8.1.2　改性材料应有出厂合格证，进场后应复验有效成分含量及活性指标，储存期超过三个月应重新检验。

8.1.3　土工合成材料应检测断裂强度、渗透系数及耐酸碱性能，同一规格每10000 m2取一组试样。

8.2　基层处理验收

8.2.1　路基基底压实度检测每1000 m2不少于6点，采用灌砂法测定时压实度不应低于设计值3个百分点。

8.2.2　基底高程偏差应控制在±20 mm范围内，横坡坡度允许偏差为设计值的±0.3%。

8.2.3　软弱地基换填区域应经轻型动力触探试验验证，击数N10值应符合设计要求。

8.3　拌和物质量控制

8.3.1　现场拌和物应每作业班次检测两次含水率，允许偏差为最优含水率±1.5%。

8.3.2　再生骨料与改性材料的拌和时间不应少于3 min，均匀性检测采用EDTA滴定法判定离散系数。

8.3.3　混合料离析控制应满足粗骨料集中区域面积不超过检测单元10%。

8.4　摊铺过程监控

8.4.1　松铺厚度采用插钎法每20 m断面检测3点，允许偏差为设计厚度±10%。

8.4.2　摊铺平整度采用3 m直尺检测，最大间隙不应超过15 mm且每100 m超限点不超过2处。

8.4.3　摊铺宽度不应小于设计值，路肩超宽填筑量应控制在5 cm以内。

8.5　压实质量检测

8.5.1　压实度检测采用灌砂法时取样深度应为层厚2/3处，每层每1000 m2检测不少于5点。

8.5.2　快速检测可使用核子密度仪辅助控制，但每作业段灌砂法标定点不应少于3个。

8.5.3　终压后轮迹深度不应超过5 mm，雨后表面不应出现明显弹簧现象。

8.6　强度指标验证

8.6.1　加州承载比检测试样应在压实层中部钻取，每2000 m2不少于1组。

8.6.2　路床顶面回弹模量检测宜采用承载板法，测点间距不大于50 m。

8.6.3　弯沉检测应在施工完成30天后进行，代表值不应大于设计允许值。

8.7　几何尺寸控制

8.7.1　路基顶面高程允许偏差为+5 mm~-15 mm，测量精度应达三等水准标准。

8.7.2　路基中线偏位不应超过30 mm，横坡坡度偏差绝对值不大于0.3%。

8.7.3　边坡坡率采用坡度尺检测，每50 m检测3处且偏差不超过设计值5%。

8.8　特殊工况监控

8.8.1　软基处理段应布设沉降观测点，施工期每3天观测一次，沉降速率超过5 mm/天应预警。

8.8.2　浸水路段应检测渗水系数，每500 m取1组试样且值不大于10⁻⁴cm/s。

8.8.3　冻胀敏感区域应预留冻胀观测桩，越冬期每月测量冻胀量变化。

8.9　环境保护验收

8.9.1　施工期扬尘监测数据应存档备查，PM10日均浓度不应超150 μg/m³。

8.9.2　排放废水pH值应符合6~9范围，悬浮物浓度不大于50 mg/L。

8.9.3　噪声敏感区域昼间施工噪声限值为70 dB(A)，夜间施工应符合地方规定。

8.10　工程实体验收

8.10.1　分部工程验收应核查：

—— 压实度合格率不低于95%且无连续3点超限；

—— 弯沉检测值合格率100%；

—— 几何尺寸合格率不低于90%。

8.10.2　出现下列情况时应返工处理：

—— 层间结合不良导致的脱空面积超过0.5 m2；

—— 再生骨料含杂率超设计值50%的区段；

—— 加州承载比连续2组低于设计值80%。

8.11　档案管理

8.11.1　竣工资料应包含再生骨料来源证明、每层压实度曲线、改良材料掺配记录。

8.11.2　影像资料应覆盖摊铺、压实、检测全过程，关键节点视频保存期不少于10年。

8.11.3　区块链存证系统记录的含水率、碾压遍数等施工参数应作为验收依据。

9　环境保护

9.1　大气污染控制

9.1.1　骨料破碎筛分作业区应封闭运行，破碎机出料口应安装袋式除尘装置，除尘效率不应低于99%。

9.1.2　堆料场高度超过3 m时应设置防风抑尘网，网眼密度不应小于800目，覆盖面积宜达到堆存量的80%以上。

9.1.3　运输道路每日洒水降尘不应少于6次，扬尘严重时段可增加至每小时1次。

9.1.4　PM10实时监测点应沿施工边界每200 m设置1处，小时均值超过150 μg/m³时应启动雾炮联动作业。

9.2　噪声污染防治

9.2.1　破碎机、振动筛等大型设备应安装弹性减震基座，噪声源强控制在85 dB(A)以下。

9.2.2　距居民区300 m范围内施工时，压路机应配备变频消声器，昼间噪声限值70 dB(A)。

9.2.3　夜间施工应提前72 h公示作业计划，敏感区域施工时段不应超过22:00。

9.2.4　声屏障设置高度应高于噪声源1.5 m以上，降噪效果不应低于10 dB(A)。

9.3　水环境保护

9.3.1　骨料冲洗废水应经三级沉淀池处理，悬浮物浓度降至50 mg/L以下方可排入市政管网。

9.3.2　沉淀池防渗层应采用2 mm厚HDPE膜，渗透系数不大于1×10⁻¹¹ cm/s。

9.3.3　雨季施工应在作业区外围设置截水沟，沟底纵坡不应小于0.3%。

9.3.4　地下水监测井应布设于堆料场下游，每月检测重金属及pH值指标。

9.4　固体废弃物管理

9.4.1　分拣出的金属、木材等杂质应分类存放，回收利用率不应低于90%。

9.4.2　废弃土工材料应交由特许经营企业处理，不应露天焚烧或填埋。

9.4.3　实验室废液应专用容器收集，每季度移交危险废物处置单位。

9.4.4　施工生活垃圾应设置密闭收集装置，日产日清并记录转运台账。

9.5　生态保护措施

9.5.1　临时占地应避让古树名木及珍稀植物，保护范围边界设置警示围栏。

9.5.2　表土剥离厚度不应小于30 cm，集中堆放区应覆盖防尘网。

9.5.3　施工便道宜利用既有道路，新建便道宽度不应超过6 m。

9.5.4　完工后三个月内应实施生态修复，植被恢复率不应低于原状80%。

9.6　环保监测与验收

9.6.1　环境监测计划应包含：

—— 扬尘：每日至少3次PM10检测；

—— 噪声：每作业班次2次边界测量；

—— 水质：每周1次沉淀池出水采样。

9.6.2　环保专项验收应核查：

—— 连续30天扬尘达标记录；

—— 危险废物转移联单；

—— 生态修复影像证明。

9.6.3　环保档案保存期限不应少于工程竣工后10年。

10　安全文明施工

10.1　安全管理体系

10.1.1　项目部应建立安全生产责任制，明确再生骨料施工各环节安全责任人。

10.1.2　每日开工前应进行安全风险辨识，重点监控边坡坍塌、机械伤害等四类重大风险。

10.1.3　特种作业人员应持住建部门核发的有效证件上岗，证件信息应公示于作业区。

10.2　施工机械安全

10.2.1　破碎设备喂料口应设置红外感应急停装置，感应距离不应大于50 cm。

10.2.2　压路机倒车时应开启声光报警系统，倒车速度不应超过4公里/小时。

10.2.3　装载机铲斗下方人员不应停留，装卸作业时回转半径内应设警戒区。

10.2.4　运输车辆进场前应安装轮挡装置，停靠坡度大于5%时应加设防溜车枕木。

10.3　边坡作业安全

10.3.1　填筑高度超过3 m时应分级放坡，每级坡高不大于2 m，平台宽度不小于1.5 m。

10.3.2　临边作业应设置双道防护栏，立柱间距不应大于2 m，横杆高度不低于1.2 m。

10.3.3　雨季施工边坡应覆盖防渗土工膜，膜体搭接宽度不应小于30 cm。

10.3.4　每周应进行边坡位移监测，累计位移量超过50 mm应暂停施工。

10.4　骨料运输管理

10.4.1　运输车辆应全密闭覆盖，厢体缝隙处应加装橡胶密封条。

10.4.2　场内行驶速度不应超过15公里/小时，转弯路段限速5公里/小时。

10.4.3　夜间运输车辆应配置侧向反光标识，倒车影像清晰度不低于720P。

10.4.4　每日收工后应对运输路线进行碎石清理，洒落物滞留时间不超过2 h。

10.5　劳动防护要求

10.5.1.1　破碎作业区人员应佩戴防冲击面罩及降噪耳罩，噪声暴露时间单次不超过4 h。

10.5.1.2　摊铺作业人员应穿戴反光背心，背心反光带宽不应小于5 cm。

10.5.1.3　粉尘浓度超标区域应配备KN95级防护口罩，滤芯更换周期不超过7天。

10.6　交通组织措施

10.6.1　施工路段前500 m应设置预告标志，夜间配置太阳能爆闪灯。

10.6.2　导行路宽度不应低于原道路宽度的70%，转弯半径不小于15 m。

10.6.3　高峰期应配备交通协管员，每200 m施工段不少于1人。

10.6.4　临时占路作业时间超过4 h应办理道路占用许可手续。

10.7　文明施工现场

10.7.1　再生骨料应按来源类别分区堆放，堆区间距不小于3 m并设置标识牌。

10.7.2　施工围挡应连续封闭，高度不低于2.5 m，公益广告展示面积占比30%以上。

10.7.3　冲洗平台长度不应小于10 m，污水收集率应达到95%以上。

10.7.4　生活区与作业区应隔离设置，直线距离不宜小于50 m。

10.8　应急管理要求

10.8.1　应编制机械伤害、边坡失稳专项应急预案，每季度演练不少于1次。

10.8.2　现场应配备应急物资：

—— 止血担架2套；

—— 灭火器每50 m21具；

—— 防塌方支撑架10组。

10.8.3　应急通道宽度不应小于4 m，转弯处设置可拆卸式护栏。

11　维护管理

11.1　工后监测要求

11.1.1　通车后第一年应每月监测路基沉降量，后续每年不应少于2次，监测点间距不大于50 m。

11.1.2　弯沉检测宜在春融期进行，单点值超过设计容许值120%时应启动专项评估。

11.1.3　边坡稳定性监测应持续至交工后三年，位移速率大于2 mm/月应采取加固措施。

11.1.4　地下水位变化记录应保留至工程竣工验收后十年。

11.2　日常巡查规范

11.2.1　养护单位应每周巡查路基状况，重点检查路肩裂缝、边坡渗水及排水系统畅通性。

11.2.2　裂缝宽度超过5 mm时应进行标记追踪，连续三个月发展速度大于1 mm/月应采取封闭措施。

11.2.3　雨季前应全面疏通排水沟，沟底淤积厚度不应超过设计高度的30%。

11.2.4　融雪剂撒布区域应加强骨料表层检查，出现松散剥落面积达1 m2应及时修补。

11.3　病害分类处置

11.3.1　局部沉降处置应采用注浆加固工艺，注浆压力宜控制在0.5 MPa~1.0 MPa。

11.3.2　纵向裂缝修补应沿裂缝走向开槽，槽深不小于30 cm，回填材料宜选用水泥改良骨料。

11.3.3　边坡滑塌治理应遵循分级卸载原则，每级卸载高度不大于1 m，并同步实施锚固支护。

11.3.4　表面松散病害可采取乳化沥青渗透固化处理，乳化沥青洒布量宜为1.0 kg/m2~1.5 kg/m2。

11.4　环保维护措施

11.4.1　每年应对路基下游地下水进行重金属检测，铅、铬离子浓度不应超过GB/T 14848的Ⅲ类限值。

11.4.2　边坡植被覆盖率低于60%时应补植耐旱草种，每平方米补种量不少于30 g。

11.4.3　骨料裸露区域应喷洒抑尘剂，喷洒频率宜为每季度1次，扬尘控制有效期不应少于60天。

11.5　档案动态管理

11.5.1　应建立全生命周期电子档案，包含施工期压实数据、监测记录及历次维修影像。

11.5.2　区块链存证系统应每季度更新维护数据，数据篡改识别精度应达到99.99%以上。

11.5.3　重要病害处置方案应保存专家论证意见，文件保存期限不应少于设计使用年限。

11.6　特殊环境维护

11.6.1　冻融地区春融期应每日巡查翻浆迹象，翻浆面积达0.5㎡应换填处理。

11.6.2　盐渍土区域应每半年检测路基氯离子含量，浓度超过0.3%时应实施冲淋脱盐。

11.6.3　高温多雨地区宜在路肩铺设透水土工布，蒸发量低于设计值80%时启动喷淋养护。

11.7　应急维护机制

11.7.1　突发沉陷深度超过10 cm时，应在2 h内设置警示围挡并进行交通导改。

11.7.2　暴雨后出现边坡渗流浑浊现象，应立即开挖导流明渠并降低坡体含水率至25%以下。

11.7.3　维护作业现场应配置应急通信设备，信号覆盖率应达100%。

**三、主要试验和情况分析**

结合国内外的行业测试标准和企业内部工厂管控的项目进行要求规定和试验验证。

**四、标准中涉及专利的情况**

无

**五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况**

市政道路再生骨料路基填筑施工工艺企业规范运营，在国际市场上有机会与其他各国（相关）企业竞争。

**六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

**七、重大意见分歧的处理依据和结果**

标准制定过程中，未出现重大意见分歧。

**八、标准性质的建议说明**

本标准为团体标准，供社会各界自愿使用。

**九、贯彻标准的要求和措施建议**

无。

**十、废止现行相关标准的建议**

本标准为首次发布。

**十一、其他应予说明的事项**

无。