

建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第2部分：路基工程

Technical Specification for Recycling Building Solid Waste as Road Material in
Highway Engineering Part 2: Subgrade Engineering

地方标准信息服务平台

2022 - 03 - 29 发布

2022 - 04 - 29 实施

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。

本文件为 DB34/T 4098《建筑固废再生作道路材料应用技术规程》的第 2 部分。DB34/T 4098 分为以下 4 个部分：

- 第 1 部分：固废处理；
- 第 2 部分：路基工程；
- 第 3 部分：路面基层；
- 第 4 部分：路面面层。

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。

本文件由安徽省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、安徽省公路桥梁工程有限公司、安徽华通环保再生资源利用有限公司、安徽省产品质量监督检验研究院。

本文件主要起草人：毛洪强、余跃、张玉斌、司倩、沈守涛、陈修和、王春红、牛京涛、任园、鲍世辉、方肖立、陈为成、周有本、彭介陶、郑国强。

地方标准信息服务平台

建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第2部分：路基工程

1 范围

本文件规定了建筑固废再生作道路材料在路基工程中应用的一般规定，材料要求，材料组成设计，施工工艺及施工质量验收等。

本文件适用于各等级公路及城市道路的地基处理、路基填筑、水泥混凝土小型构造物等路基工程。

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/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- CJJ 1 城镇道路工程施工与质量验收规范
- CJJ 194 城市道路路基设计规范
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG E41 公路工程岩石试验规程
- JTG E42 公路工程集料试验规程
- 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

再生料水泥粉煤灰桩 **Cement fly-ash recycled material pile**

采用一定比例的水泥、粉煤灰、固废再生料等拌和后，现场灌注而成的桩体。

4 一般规定

- 4.1 固废再生料规格应满足本标准第1部分9.2条的相关规定。
- 4.2 固废再生料运输时，应采取覆盖措施。
- 4.3 固废再生料应按类别、规格分开堆放。
- 4.4 固废再生料使用前应进行质量检测，不同批次材料应分别取样，检测合格后方可使用。
- 4.5 正式施工前应铺筑试验段，确定合理的工艺流程，总结施工工艺主要参数。
- 4.6 固废再生料用于地基处理时，宜用于抛石挤淤、再生料粒料桩及再生料水泥粉煤灰桩等。

4.7 抛石挤淤适用于淤泥厚度小于 3 m 的软弱地基处理；再生料粒料桩宜用于十字板抗剪强度不小于 15 kPa 的软弱地基处理；再生料水泥粉煤灰桩宜用于处理十字板抗剪强度不小于 20 kPa 的软弱地基。

4.8 固废再生料应用于路基工程应符合现行 JTG D30、JTG/T 3610、CJJ 194 的相关要求。

5 地基处理

5.1 材料要求

5.1.1 抛石挤淤用固废再生料宜采用粗破后的旧水泥混凝土块，技术要求应符合表 1 的规定。

表1 抛石挤淤固废再生料技术要求

项目	技术要求	试验方法
粒径要求 (mm)	300-500	挑拣测量
饱和抗压强度 (MPa)	≥30	JTG E41 T 0221

5.1.2 再生料粒料桩、再生料水泥粉煤灰桩用固废再生料技术要求应符合表 2 的规定。

表2 桩体固废再生料技术要求

项目	技术要求	试验方法
轻质杂物含量 (%)	≤1	《建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第1部分：固废处理》附录A
砖含量 (%)	≤40	《建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第1部分：固废处理》附录A
压碎值 (%)	≤40	JTG E42 T 0316
不均匀系数	≥5	JTG 3430

5.1.3 再生料水泥粉煤灰桩材料要求还应满足以下规定：

- a) 应根据施工方法，选择合理的骨料级配和最大粒径。
- b) 宜选用普通硅酸盐水泥，强度等级不小于 42.5 MPa。
- c) 宜选用 III 级以上粉煤灰。

5.2 材料组成设计

5.2.1 抛石挤淤固废再生料粒径宜大于 300 mm，粒径小于 300 mm 时，其含量不得超过 20%。

5.2.2 抛石挤淤固废再生料的强度不得低于本文件表 1 规定。

5.2.3 再生料粒料桩成桩材料以粒径 20-40 mm 的固废再生料为主，固废再生料最大粒径不宜大于 40 mm。

5.2.4 再生料水泥粉煤灰桩固废再生料最大粒径不宜大于 40 mm。

5.2.5 再生料水泥粉煤灰桩配合比应根据施工要求的坍落度和桩体的设计强度确定。桩体的设计强度应取 28 d 无侧限抗压强度。

5.3 施工工艺

5.3.1 抛石挤淤

5.3.1.1 当下卧地层平坦时，应沿道路中线向前呈三角形抛填，再渐次向两旁展开，将淤泥挤向两侧。

5.3.1.2 当下卧地层具有明显横向坡度时，应从下卧层高的一侧向低的一侧扩展，并在低侧边部多抛投不少于 2 m 宽，形成平台顶面。

5.3.1.3 在抛石高出水面或淤泥面后，应在抛填顶面设置 50 cm 厚过渡层，过渡层宜采用粒径为 150-300 mm 的固废再生料铺筑，并采用重型机具碾压密实。

5.3.2 桩类地基

5.3.2.1 再生料粒料桩

5.3.2.1.1 施工前应进行成桩工艺和成桩挤密试验。当成桩质量不满足设计要求时，应在调整设计与施工有关参数后，重新进行试验或改变设计。

5.3.2.1.2 再生料粒料桩宜从中间向外围或间隔跳打。当邻近既有建筑物施工时，应背离建筑物方向进行。

5.3.2.2 再生料水泥粉煤灰桩

5.3.2.2.1 施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验。当成桩质量不满足设计要求时，应在调整设计与施工有关参数后，重新进行试验或优化设计。

5.3.2.2.2 混合料应严格按照成桩试验确定的配合比拌制，搅拌均匀，搅拌时间不得少于 1 min。

5.3.2.2.3 再生料水泥粉煤灰桩宜按隔桩跳打的顺序施工。施打新桩与已打桩间隔的时间不应少于 7 d。

5.4 施工质量验收

5.4.1 抛石挤淤质量验收标准应满足 JTG F80/1 及 CJJ 1 的要求。

5.4.2 再生料粒料桩施工质量验收标准应符合表 3 的规定，其他验收要求应满足 JTG F80/1 及 CJJ 1 的规定。

表3 粒料桩施工质量验收标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	±150	抽查2%且不少于5点
2	桩径 (mm)	不小于设计值	抽查2%且不少于5点
3	桩长 (m)	不小于设计值	查施工记录并结合重型动力触探
4	粒料灌入率 (%)	1.5	查施工记录
5	地基承载力 (MPa)	不小于设计值	抽查0.1%且不少于3点
6	竖直度 ^①	≤1.5%H ^②	抽查2%，且不少于2点
注：①竖直度仅为城市道路检查项目。 ② H 为桩长或孔深。			

5.4.3 再生料水泥粉煤灰桩施工质量验收标准应符合表 4 规定，其他验收要求应满足 JTG F80/1 或 CJJ 1 的规定。

表4 再生料水泥粉煤灰桩施工质量验收标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	±100	抽查2%且不少于5点
2	桩径 (mm)	不小于设计值	抽查2%且不少于5点
3	桩长 (m)	不小于设计值	查施工记录并结合取芯检查
4	桩体强度 (MPa)	不小于设计值	总桩数的5%

表4 (续)

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
5	复合地基承载力 (MPa)	满足设计要求	抽查0.1%且不少于3点
6	竖直度 ^①	$\leq 1.5\%H^{\text{②}}$	抽查2%，且不少于2点
注：①竖直度仅为城市道路检查项目。 ② H 为桩长或孔深。			

6 路基填筑

6.1 材料要求

6.1.1 固废再生料技术要求应满足表5的技术要求。

表5 路基填筑固废再生料技术要求

检查项目	技术要求	试验方法
界限含水率 ^①	液限 $\leq 50\%$ ， 塑性指数 ≤ 26	JTG 3430 T 0118
不均匀系数	≥ 5	JTG E42 T 0302
有机质含量 (%) ^②	≤ 3.0	JTG 3430 T 0151
易溶盐含量 (%) ^②	≤ 0.5	JTG 3430 T 0153
杂物含量 (%) ^③	≤ 1.0	《建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第1部分：固废处理》附录A
注：①界限含水率指粒径小于0.5 mm细粒料的液限、塑限、塑性指数； ②采用固废再生料粒径小于4.75 mm的细粒料进行有机质含量和易溶盐含量试验； ③杂物含量检测应取代表性填料不少于10 kg。		

6.1.2 固废再生料强度及粒径要求应满足表6规定

表6 固废再生料最小强度和最大粒径要求

固废再生料应用部位	固废再生料最小强度 (CBR) (%) ^①		再生料最大粒径 (mm)
	高速、一级公路及城市快速路、主干路	其他等级公路与城市道路	
路床	10	8	100
路堤	6	5	150
注：①用于人行道和非机动车道时，CBR 取值可适当降低 1-2 个百分点。			

6.2 材料组成设计

6.2.1 固废再生料最小强度 (CBR) 不满足时不得直接用于路基填筑，确需使用时须对其进行固化处理并经试验检验合格后方可使用，固化材料宜采用水泥或石灰。

6.2.2 固废再生料用于路基换填处理时，粒径 4.75 mm 以上颗粒含量不小于 40%，应级配良好、质地坚硬。

6.3 施工工艺

6.3.1 固废再生料填筑路基施工工艺流程如图 1 所示。

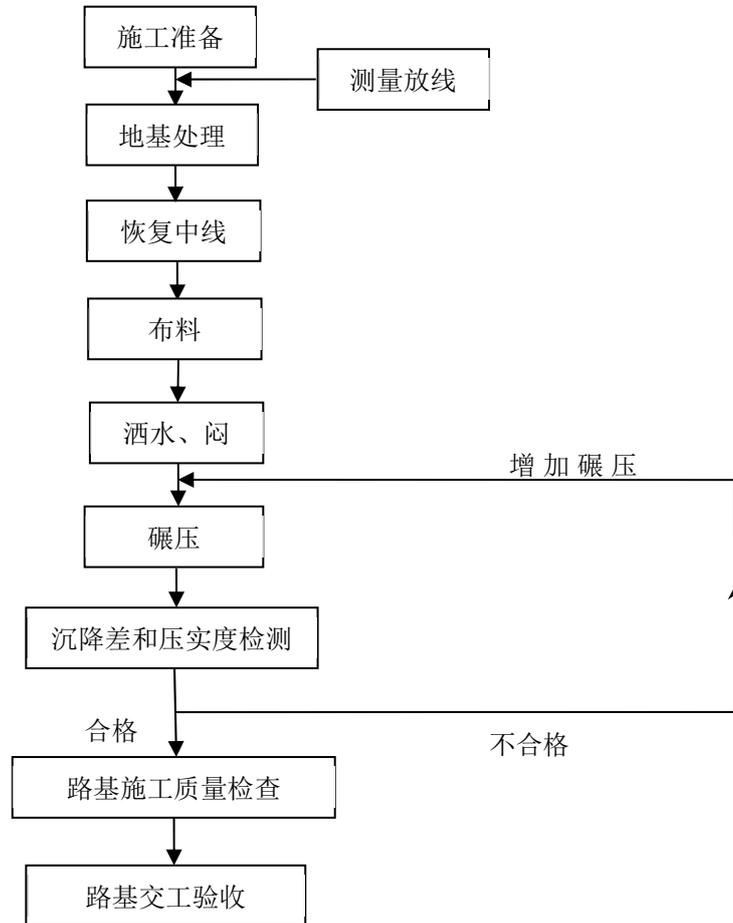


图1 建筑固废填筑路基施工工艺流程图

6.3.2 施工准备

6.3.2.1 施工前，应对原地面植被、树根、草皮、表土、腐殖土等进行清理。地面的低洼和坑洞，必须经仔细填补及压实。

6.3.2.2 清表后，应进行地基表层处理，地基表层处理应符合 JTG/T 3610 及 CJJ 194 中相关规定。

6.3.2.3 应通过室内重型击实试验确定固废再生料最大干密度以及最佳含水率。

6.3.3 布料及整平

6.3.3.1 每层填筑前应先划定网格，按照松铺厚度及路基宽度计算每个方格所需的固废再生料数量和卸车数量。

6.3.3.2 布料时采取全宽水平分层，先低后高，先两侧后中央。

6.3.3.3 粗平时，应采用洒水车进行洒水闷料 6~12 h，闷料时含水率宜较最佳含水率低 2%~3%。

6.3.3.4 整平时，路基横向应做成设计要求的横坡。人工配合找平，避免固废再生料整平后存在明显的高差。

6.3.3.5 整平过程中，应配备专门人员进行局部杂物挑选去除工作。如发现超粒径固废再生料，应清理出路基施工作业区域。

6.3.4 碾压

- 6.3.4.1 路基碾压机械的配置应根据道路等级、路幅宽度、进度要求等因素综合确定。
- 6.3.4.2 碾压时，宜保证固废再生料含水率处于最佳含水率-1.0%~+3.0%范围。
- 6.3.4.3 碾压按照“先边缘后中间，先慢后快”的原则进行。压实时横向重叠 0.4~0.5 m，纵向重叠 2.0~5.0 m。
- 6.3.4.4 初压工序应紧跟整平机械；复压应先弱振再强振；终压结束后，路基表面应无明显轮迹，且沉降差应满足要求。
- 6.3.4.5 压路机类型组合及碾压速度要求可参照表 7，碾压遍数由试验路试铺碾压确定。

表7 压路机类型组合及碾压速度要求

阶段	压路机类型及组合	碾压速度
初压	钢轮压路机	4~6 km/h
复压	振动压路机	2~4 km/h
终压	钢轮压路机	3~5 km/h

- 6.3.4.6 固废再生料施工压实质量应采用压实度及沉降差控制，控制标准应符合表 8 的规定。

表8 路基压实质量控制要求

固废再生料 应用部位	压实度 (%) ^①		沉降差 (mm)	
	高速、一级公路及城市快速路、主干路	其他公路与城市道路	高速、一级公路及城市快速路、主干路	其他公路与城市道路
路床	≥96	≥95	≤2	≤3
路堤	≥94	≥94	≤3	≤5

注：①用于人行道和非机动车道时，压实度取值可适当降低 1-2 个百分点。

6.4 施工质量验收

- 6.4.1 公路工程路基填筑质量验收标准应满足表 9 的规定。

表9 路基填筑施工验收标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速、一级公路	其他等级公路	
1	压实质量	压实工艺	层厚、沉降差等符合试验段确定的施工工艺		查施工记录
		压实度	符合设计要求		灌砂法或灌水法：每200 m每压实层测 2处
2	弯沉 (0.01mm)		不大于设计值		落锤式弯沉仪：每200 m测 8处； 自动弯沉仪或贝克曼梁：每200 m测 16处
3	纵断高程(mm)		+10, -20	+10, -30	水准仪：每200 m测 2个断面
4	中心偏位(mm)		≤50	≤100	全站仪：每200 m测 2点，弯道加 HY、YH两点
5	宽度(mm)		符合设计要求		米尺：每200 m测 4处
6	平整度(mm)		≤20	≤30	3 m直尺：每200 m测 2处×5尺
7	横坡(%)		±0.3	±0.5	水准仪：每200 m测 4个断面

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速、一级公路	其他等级公路	
8	边坡	坡度 平顺度	符合设计要求		每200 m抽查 4处

6.4.2 城市道路路基填筑工程质量验收项目及相关要求应满足 CJJ 1 的规定。

7 再生料水泥混凝土小型构造物

7.1 材料要求

7.1.1 用于排水沟、挡土墙、护坡等小型构造物用再生粗集料、再生细集料应满足表 10、表 11 的规定。

表10 再生料水泥混凝土小型构造物用再生粗集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
压碎值 (%) ≤	35	JTG E42 T0316
坚固性 (按质量损失计, %) ≤	10	JTG E42 T0314
针片状颗粒含量 (按质量计, %) ≤	20	JTG E42 T0312
水洗法 < 0.075mm 颗粒含量 (%) ≤	2.0	JTG E42 T0310
泥块含量 (按质量计, %) ≤	0.7	JTG E42 T0310
吸水率 (按质量计, %) ≤	5.0	JTG E42 T0307
硫化物及硫酸盐含量 (按 SO ₃ 质量计, %) ≤	2.0	GB/T 14685
氯化物含量 (以氯离子质量计, %) ≤	0.06	GB/T 14684
洛杉矶磨耗损失 (%) ≤	40	JTG E42 T0317
杂物含量 (按质量计, %) ≤	1.0	《建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第1部分: 固废处理》附录A
表观密度 (kg/m ³) ≥	2350	JTG E42 T0304/0308
空隙率 (%) ≤	50	JTG E42 T0309
软石含量 (%) ≤	—	JTG E42 T0320
砖含量 (%)	0	《建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第1部分: 固废处理》附录A

表11 再生料水泥混凝土小型构造物用再生细集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
单级最大压碎值 (%) ≤	20	JTG E42 T0350
坚固性 (按质量损失, %) ≤	8.0	JTG E42 T0340
微粉含量 (按质量计, %) ≤	亚甲基蓝值 < 1.4 或合格	JTG E42 T0333
	亚甲基蓝值 ≥ 1.4 或合格	
泥块含量 (按质量计) ≤	1.0	JTG E42 T0335

项目	技术要求	试验方法
硫化物及硫酸盐含量（按SO ₃ 质量计，%）≤	2.0	GB/T 14685
氯化物含量（以氯离子质量计，%）≤	0.06	GB/T 14684
杂物含量（按质量计，%）≤	1.0	《建筑固废再生作道路材料应用技术规程 第1部分：固废处理》附录A
表观密度（kg/m ³ ）≥	2450	JTG E42 T0328
堆积密度（kg/m ³ ）≥	1350	JTG E42 T0331
空隙率（%）<	46	JTG E42 T0331

- 7.1.2 再生细集料宜采用再生粗集料破碎、整形制得，不宜采用建筑固废破碎筛分后的石屑。
- 7.1.3 再生粗集料公称最大粒径为 26.5 mm，且应采用单粒径集料，不得使用不分级的统料。
- 7.1.4 经碱集料反应试验后，由再生细集料制备的试件应无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率应小于 0.1%。
- 7.1.5 水泥宜采用旋窑生产的道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥。高温期施工宜采用普通型水泥，低温期施工宜采用早强型水泥。

7.2 材料组成设计

- 7.2.1 再生料水泥混凝土宜用于强度应不大于 C30 的排水沟、挡土墙、护坡等小型构造物。
- 7.2.2 砂率应根据砂的细度模数按表 12 取值。在满足和易性要求的前提下，再生细集料宜取低值，天然砂宜取高值。

表12 水泥混凝土的砂率

砂细度模数	2.2~2.5	2.5~2.8	2.8~3.1	3.1~3.4	3.4~3.7
砂率（%）	30~34	32~36	34~38	36~40	38~42

- 7.2.3 混凝土用水量的确定应考虑再生料的吸水率，分别计算净用水量和附加用水量。
- 7.2.4 水泥混凝土可全部采用再生料或掺配天然集料。

7.3 施工工艺

- 7.3.1 再生料水泥混凝土小型构造物预制件宜采用集中预制。
- 7.3.2 再生料水泥混凝土拌和前宜采用喷洒设备对集料洒水闷料 6~12 h。拌和宜采用强制式搅拌机，有条件时可采用振动搅拌，随着再生料掺量的增加宜增加搅拌时间 10~20 s。
- 7.3.3 再生料水泥混凝土宜采用有保温保湿的养护室养护。无养护室时，应采用覆盖喷水养护。

7.4 施工质量验收

排水沟、挡土墙、护坡等小型构造物的质量验收标准应按照 JTG F80/1 及 CJJ 1 的规定执行。