

内蒙古自治区建筑业协会团体标准

T/ICIA-XXX—20XX

## 道路基层利用建筑垃圾技术规范

2025—XX—XX 发布

2025—XX—XX 实施

内蒙古自治区建筑业协会

发布

内蒙古自治区建筑业协会团体标准

## 道路基层利用建筑垃圾技术规范

T/ICIA-XXX—20XX

主编单位：内蒙古科技大学

鑫港建设集团有限公司

包头军辉工程项目管理有限公司

批准部门：内蒙古自治区建筑业协会

施行日期：20XX 年 XX 月 XX 日

XXXX 出版社

预留公告页

# 前 言

根据内蒙古自治区建筑业协会《关于“内蒙古自治区建筑业协会第六批团体标准”立项的通知》，规程编制组经广泛调查，认真总结实践经验，参考有关国家标准和地方标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 生产加工；4 技术要求与应用范围；5 路面基层。

本标准由内蒙古自治区建筑业协会负责管理，由内蒙古科技大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送内蒙古科技大学（地址：内蒙古自治区包头市昆都仑区阿尔丁大街7号，邮政编码：014017）。

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 .....	1
2	术语和符号 .....	2
3	生产加工 .....	4
3.1	一般规定 .....	4
3.2	场地建设 .....	4
3.3	加工工艺 .....	6
3.4	加工设备 .....	7
3.5	污染防治 .....	10
3.6	安全生产管理 .....	11
4	技术要求与应用范围 .....	12
4.1	一般规定 .....	12
4.2	I类建筑垃圾再生材料 .....	12
4.3	II类建筑垃圾再生材料 .....	16
4.4	III类建筑垃圾再生材料 .....	17
4.5	应用范围 .....	18
5	路面基层 .....	20
5.1	一般规定 .....	20
5.2	设计要求 .....	21
5.3	水泥稳定类 .....	22
5.4	水泥粉煤灰稳定类 .....	23
5.5	石灰粉煤灰稳定类 .....	24
5.6	施工 .....	26
5.7	质量检查与验收 .....	28
附录 A	再生混凝土颗粒含量及轻质杂物含量试验方法 ..	32
附录 B	再生材料最大干密度及压实度确定方法 .....	35
	本规范用词用语说明 .....	36
	引用标准名录 .....	37

# 1 总则

- 1.0.1 为规范内蒙古自治区建筑垃圾在公路工程中的应用，提升其整体利用水平，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于各等级公路新建及改扩建工程。
- 1.0.3 建筑垃圾利用应遵循因地制宜、统筹规划、科学利用、生态环保的原则。
- 1.0.4 建筑垃圾再生材料在生产加工、储存、运输及使用过程中应遵守国家相关环境保护法律法规。
- 1.0.5 建筑垃圾利用除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.0.1 废混凝土 waste concrete

指由建（构）筑物拆除、路面翻修、混凝土生产、工程施工或其他状况下产生的废混凝土块。

### 2.0.2 普通混凝土 normal concrete

指以水泥，天然粗、细骨料，水以及必要时掺入的矿物掺加剂或化学外加剂组成，经过胶凝材料凝结硬化后，形成具有一定强度和耐久性的人造石。

### 2.0.3 再生骨料 recycled aggregate

废混凝土块经破碎、加工后，所得粒径在 40mm 以下的骨料称为再生骨料。

### 2.0.4 再生粗骨料 recycled coarse aggregate

由建（构）筑废弃混凝土经机械破碎、筛分制成的，其粒径大于 4.75mm 的颗粒。

### 2.0.5 再生细骨料 recycled fine aggregate

由建（构）筑废弃混凝土经机械破碎、筛分制成的，其粒径不大于 4.75mm 的颗粒。

### 2.0.6 再生粗骨料取代率 replacement percentage of recycled coarse aggregate by mass

再生粗骨料占粗骨料总质量（再生粗骨料和天然粗骨料质量之和）的百分率。

### 2.0.7 净用水量 net water content

不包括再生骨料 1h 吸水量在内的混凝土拌和用水量。

### 2.0.8 总用水量 total water content

包括再生骨料 1h 吸水量在内的混凝土拌和用水量。

### 2.0.9 净水灰（胶）比 net water-cement (binder) ratio

净用水量与水泥（胶凝材料）用量之比。

### 2.0.10 总水灰（胶）比 whole water-cement (binder) ratio



总用水量与水泥（胶凝材料）用量之比。

**2.0.11 再生混凝土道路 recycled concrete pavement**

用再生混凝土浇筑的道路。

**2.0.12 级配骨料 graded aggregate**

再生骨料和天然骨料的统称。

**2.0.13 再生骨料无机混合料 recycled aggregate inorganic mixture**

在配制过程中掺用了再生骨料的无机混合料。

**2.0.14 底基层 subbase**

在沥青路面基层下铺筑的次要承重层或在水泥混凝土路面基层下铺筑的辅助层。

**2.0.15 基层 base**

直接位于沥青路面面层下的主要承重层，或直接位于水泥混凝土面板下的结构层。

**2.0.16 再生骨料稳定材料 Recycled aggregate stabilized material**

以石灰和水泥为结合比，以再生粗、细骨料等再生骨料为主要稳定材料，通过加水拌合形成的混合料。

**2.0.17 松铺系数 coefficient of loose paving material**

材料的松铺厚度与达到规定压实度的压实厚度之比。

**2.0.18 容许延迟时间 permitted delay time**

在满足强度标准的前提下，水泥稳定材料拌和后至碾压成型之前所容许的最大时间间隔。

**2.0.19 碾压遍数 compaction time**

压路机沿相同或相近轮迹往、返碾压 1 遍，并以此方式计算碾压数量。

## 3 生产加工

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 建筑垃圾再生材料生产加工应建立全过程管理制度，推进综合利用。

**3.1.2** 建筑垃圾应以杂物含量少、均匀性好、无污染为优选原则，在生产加工前应排除含有害物质、污染严重或腐蚀严重的建筑垃圾。源自医院、化工厂等的建筑垃圾，应符合国家和行业有关危险废物的相关规定。

**3.1.3** 建筑垃圾再生材料生产加工场（厂）设置应结合当地建筑垃圾处置要求统筹考虑。加工场（厂）平面布置应与周围环境相协调，不得影响当地居民的生产生活。

**3.1.4** 建筑垃圾再生材料生产加工过程中应加强生态环境保护，减少扬尘、噪声，防止土壤、水体和空气污染。

**3.1.5** 建筑垃圾再生材料加工方式可分为固定式和移动式。用于水泥混凝土构件和高速公路、一级公路基层时，宜采用固定式加工方式；现场加工时，宜采用移动式加工方式。

**3.1.6** 建筑垃圾及其再生材料的运输宜采用封闭运输设备。

### 3.2 场地建设

**3.2.1** 移动式加工场应符合下列规定：

- 1 移动式加工场地设置应符合地方建设管理规定。
- 2 建筑垃圾与再生材料应分开堆放，完善排水设施。
- 3 场地周围应设置围挡。

**3.2.2** 固定式加工厂应符合下列规定：

- 1 厂址选择宜结合公路建设区域规划、场地布局要求统筹考虑。

2 加工厂区应包括建筑垃圾堆放区、加工区、再生材料堆放区、再生产品生产区、办公生活区以及厂区道路等。

3.2.3 加工场（厂）出入口道路应与场（厂）外道路连接平顺，并设置相应洗车、称重及排水设施。

3.2.4 加工场（厂）堆放区场地应平整，并根据地面自然坡度合理设置纵坡。

3.2.5 建筑垃圾堆放区应符合下列规定：

1 建筑垃圾堆放区的储存能力应满足建筑垃圾生产加工及储存的要求。

2 建筑垃圾可采取露天或设棚两种堆放方式，露天堆放时应及时覆盖，防止扬尘和雨淋。

3 建筑垃圾堆放高度不宜超过 5m。当超过 3m 时，应进行堆体和边坡稳定性验算，保证堆体、地基和边坡的稳定安全。当堆放场地附近有挖方工程或临空面时，还应进行临空面稳定性验算。

4 建筑垃圾堆放区地面应高于周围地坪，堆放区四周应设置排水系统，满足场地雨水导排要求。

5 建筑垃圾应根据类别不同分类存放。

3.2.6 加工区面积应满足建筑垃圾加工能力及再生材料分类堆放要求。

3.2.7 建筑垃圾再生材料堆放区应符合下列规定：

1 建筑垃圾再生材料应按规格分隔堆放，固定式加工厂堆放区域应修建专门的料棚和料仓，露天堆放时应予覆盖。

2 建筑垃圾再生材料应按梯形堆放，堆放层数不宜超过两层，每层堆放高度不宜超过 3m。

3 建筑垃圾再生材料堆放区应整洁、干净；并应根据地形设置排水沟，满足场地雨水导排要求。

### **3.3 加工工艺**

3.3.1 建筑垃圾再生材料加工工艺应根据建筑垃圾特性及再生材料用途综合确定。加工工艺可包括分选、给料、破碎、筛分、降尘等工序，各工序配置宜根据再生材料用途确定。

**3.3.2** 对进入加工场地的建筑垃圾，宜进行分类、人工分拣和粗破等加工前预处理。

**3.3.3** 分选工艺应符合下列规定：

1 分选应包括除土、分选废金属、分选轻质杂物、粉体回收等环节。

2 分选应根据建筑垃圾组成，采用筛选、磁选、风选、光电分选等干法工艺及水选等湿法工艺，宜优先采用干法工艺。

3 砖、混凝土的分离根据建筑垃圾再生材料的技术要求可采用重力、筛分等工艺。

4 分选出的杂物应集中收集、分类存放、及时处置。

**3.3.4** 破碎工艺应根据建筑垃圾类型及再生材料用途确定。

**3.3.5** 筛分工艺应根据建筑垃圾再生材料级配要求确定。

### **3.4 加工设备**

**3.4.1** 建筑垃圾加工设备选型应结合加工工艺确定。

**3.4.2** 物料输送设备的选型应根据工艺布置、物料性质、输送能力、输送距离、输送高度等因素确定。宜增加人工分拣专用输送带，分拣时应满足安全生产要求。

**3.4.3** 给料系统应符合下列规定：

1 给料系统可包括受料斗、给料机、辅助设施等。

2 受料斗的进口宽度与容积应满足给料设备的卸料要求，充分考虑粒径、杂物等因素，防止堵料。

3 给料设备应具备预筛分功能。

**3.4.4** 破碎系统应符合下列规定：

1 应根据建筑垃圾原料特性与使用要求，合理制定破碎与筛分工艺组合，满足产能与效率、安全、易维护检修等要求。

2 一级破碎设备可采用颚式破碎机或反击式破碎机，二级破碎设备可采用反击式破碎机或锤式破碎机。

3.4.5 分选系统应根据建筑垃圾及再生材料技术要求合理选择，轻质杂物分选率不应低于 95%。

3.4.6 固定式和移动式破碎设备、磁选设备、筛分设备、风选设备、水选设备、砖混凝土分离设备应与处理能力相匹配，加工设备最低参数宜满足表 3.4.6 要求。

表 3.4.6 加工设备最低参数要求

加工设备	参数要求						
	最大 进料 粒度 (mm)	处理 能力 (t/h)	适应 带宽 (mm)	磁场 强度 (mT)	筛网 面积 (m <sup>2</sup> )	振动 频率 (Hz)	功率 (kW)
固定式 颚式 破碎机	750	>200	—	—	—	—	—
移动式 颚式 破碎机	500	>100	—	—	—	—	—
固定式 反击式 破碎机	500	>200	—	—	—	—	—
移动式 反击式 破碎机	500	>100	—	—	—	—	—
固定式 磁选 设备	—	—	>1000	>70	—	—	—
移动式 磁选 设备	—	—	>800	>70	—	—	—

续表 3.4.6

加工设备	最大 进料 粒度 (mm)	处理 能力 (t/h)	适应 带宽 (mm)	磁场 强度 (mT)	筛网 面积 (m <sup>2</sup> )	振动 频率 (Hz)	功率 (kW)
固定式 筛分 设备	—	>200	—	—	>10	>16	
移动式 筛分 设备	—	>100	—	—	>10	>13	
固定式 风选 设备	—	>50	—	—	—	—	>10
移动式 风选 设备	—	>50	—	—	—	—	>10
固定式 水洗 设备	—	>50	—	—	—	—	>10
移动式 水洗 设备	—	>50	—	—	—	—	>10
固定式 砖混 分离设备	—	>50	—	—	—	—	—
移动式 砖混 分离设备	—	>30	—	—	—	—	—

注：1. 表中未列的其他设备参数，可根据建筑垃圾再生利用情况，选择与处理能力相匹配且性能高的参数。

2. 筛分设备宜采用振动筛。

**3.4.7** 降尘设备应根据环保要求进行配置。建筑垃圾加工时，降尘设备应先于生产加工系统启动，生产加工系统停机时降尘设备应至少延时 10min 停机。

### **3.5 污染防治**

**3.5.1** 建筑垃圾在收集、运输、加工和再生利用过程应采用相应措施，防治粉尘、废气、固体废弃物、噪声及废水对环境的污染，排放物应达到国家相关排放标准。

### **3.6 安全生产管理**

**3.6.1** 应贯彻执行国家安全生产法律、法规及安全标准，建立健全安全生产规章制度，做好企业安全生产管理和人员安全防护等工作。

## 4 技术要求与应用范围

### 4.1 一般规定

4.1.1 公路工程利用建筑垃圾再生材料应符合本章相应技术要求。

4.1.2 建筑垃圾再生材料可用于各等级公路新建及改扩建工程的非承重结构水泥混凝土构件、基层、底基层、路基填筑、地基处理、台背回填。

4.1.3 建筑垃圾再生材料分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类三个技术类别。

### 4.2 Ⅰ类建筑垃圾再生材料

4.2.1 Ⅰ类建筑垃圾再生材料颗粒组成应符合表 4.2.1-1 和表

4.2.1-2 的规定。

表 4.2.1-1 Ⅰ类建筑垃圾再生粗集料颗粒组成

粒径 (mm)	通过以下筛孔(mm)百分率(%)							
	37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	9.5	4.75	2.36
20~30	100	90~100	—	—	0~15	—	0~5	—
10~20	—	—	100	85~100	—	0~15	0~5	—
5~10	—	—	—	—	100	85~100	0~20	0~5

表 4.2.1-2 Ⅰ类建筑垃圾再生细集料颗粒组成

粒径 (mm)	通过以下筛孔(mm)百分率(%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.015	0.075
通过百分率(%)	100	90~100	65~95	35~65	15~30	5~20	0~20	0~10

4.2.2 Ⅰ类建筑垃圾再生集料按性能要求可分为 A 级、B 级。A 级可用于 C40 以下强度等级混凝土的配制；B 级可用于 C25 及以下强度等级混凝土的配制。



4.2.3 I 类建筑垃圾再生材料技术要求应符合表 4.2.3-1 和表 4.2.3-2 的规定。

表 4.2.3-1 I 类建筑垃圾再生粗集料颗粒组成

项目		A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m³)		≥2350	≥2250	GB/T 14685
空隙率 (%)		<50	<53	
压碎指标 (%)		<20	<30	
轻质杂物含量 (%)		≤0.1		附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)		≥60	≥40	
微粉含量 <sup>a</sup> (%)		<2.0	<3.0	GB/T 14685
泥块含量 (%)		<0.7	<1.0	
吸水率 (%)		<5.0	<8.0	GB/T17431
针片状颗粒含量 (%)		<10.0		GB/T 14685
坚固性（饱和硫酸钠溶液 中质量损失） (%)		<10.0	<15.0	
有害 物质 含量	有机物	合格		
	硫化物及硫酸盐 （折算成 SO <sub>3</sub> ，按质量计） （%）	<2.0		
	氯化物（以氯离子质量计） （%）	<0.06		GB/T 14684

表 4.2.3-2 I 类建筑垃圾再生细集料技术要求

项目		A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m³)		≥2450	≥2350	
堆积密度 (kg/m³)		≥1350	≥1300	
空隙率 (%)		<46	<48	
微粉含量 (%)	亚甲蓝 (MB) 值<1.40 或合格	<5.0	<7.0	
	亚甲蓝 (MB) 值≥1.40 或不合格	<1.0	<3.0	
泥块含量 (%)		<1.0	<2.0	
单级最大压碎指标 (%)		<20	<25	
碱集料反应性能		经碱集料反应试验后，由再生细集料制备的试件无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率小于 0.10%。		GB/T 14684
有害物质含量	云母含量 (%)	<2.0		
	轻质杂物含量 (%)	<1.0		
	有机物含量（比色法）	合格		
	硫化物及硫酸盐（折算成 SO <sub>3</sub> ，按质量计） (%)	<2.0		
	氯化物（以氯离子质量计） (%)	<0.06		

### 4.3 II类建筑垃圾再生材料

4.3.1 II类建筑垃圾再生材料颗粒组成应符合表 4.3.1-1 和表 4.3.1-2 的规定。

表 4.3.1-1 II类建筑垃圾再生粗集料颗粒组成

粒径 (mm)	通过以下筛孔 (mm) 百分率 (%)					公称粒径 (mm)
	37.5	31.5	19.0	9.5	4.75	
20~30	100	90~100	0~10	—	—	19~31.5
10~20	—	100	90~100	0~10	0~5	9.5~19
5~10	—	—	100	90~100	0~10	4.75~9.5

**表 4.3.1-2 II类建筑垃圾再生细集料颗粒组成**

粒径 (mm)	通过以下筛孔 (mm) 百分率 (%)				
	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过百分率 (%)	100	90~100	—	—	0~20

**4.3.2 II类建筑垃圾再生材料技术要求应符合表 4.3.2-1 和表 4.3.2-2 的规定。**

**表 4.3.2-1 II类建筑垃圾再生粗集料技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
压碎值 (%)	≤30	≤35	≤40	T0316
针片状颗粒含量 (%)	≤18	≤20	≤20	T0312
0.075mm 以下 粉尘含量 (%)	≤1.2	≤2.0	≤5.0	T0310
轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5	≤1.0	附录 A
再生混凝土 颗粒含量 (%)	≥40	≥35	≥30	

**表 4.3.2-2 II类建筑垃圾再生细集料技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
0.075mm 以下材料的塑性指数	$\leq 17$			T0118
砂当量 (%)	$\geq 40$			T0334
有机质含量 (%)	$< 2.0$			T0336
硫酸盐含量 (%)	$\leq 0.25$		-	T0341
泥块含量 (%)	$\leq 2.0$	$\leq 3.0$	-	T0335

#### 4.4 III类建筑垃圾再生材料

**4.4.1** 建筑垃圾再生材料用于路堤填筑时,填料粒径应小于 150mm,路床及台背填料粒径应小于 100mm。

**4.4.2** 建筑垃圾再生材料用于垫层或换填处理时,最大粒径不宜大于 100mm,含泥量不应大于 5%。

**4.4.3** 建筑垃圾再生材料用于挤淤地基处理时,宜采用较大粒径,其中 300mm 粒径以上的块料含量不宜小于 80%,最大粒径应根据淤泥层厚度并结合工程经验确定。

**4.4.4** III类建筑垃圾再生材料技术要求应符合表 4.4.4 的规定。

**表 4.4.4 III类建筑垃圾再生细集料技术要求**

项目	技术要求	试验方法
轻质杂物含量 (%)	$\leq 1.0$	附录 A
不均匀系数	$\geq 5$	T0115
易溶盐含量 (%)	$\leq 0.5$	T0153

#### 4.5 应用范围

4.5.1 各类再生材料应用范围应符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 各类再生材料应用范围

应用范围		I 类		II 类			III 类
		A 类	B 类	A 类	B 类	C 类	
水 泥 混 凝 土	公路非承重结构水泥混凝土构件和相应等级水泥混凝土	√	√				
路 面 基 层	高速、一级公路基层			√			
	高速、一级公路底基层、二级及二级以下公路基层			√	√		
	二级及二级以下公路底基层			√	√	√	
路 基	台背回填、桩类地基			√	√	√	
	各等级公路路基填筑、地基换填、垫层处理			√	√	√	√

4.5.2 台背回填、桩类地基用建筑垃圾再生材料的压碎值、轻质杂物含量及再生混凝土颗粒含量宜符合表 4.3.2-1 中 C 级的规定。

条文说明：

考虑应用工程的耐久性，本规范不推荐建筑垃圾再生材料应用于承重结构混凝土，若用于承重结构混凝土，需经试验论证后方可使用。

应用过程中，I 类建筑垃圾再生材料仅用于公路非承重结构水泥混凝土构件和配制相应等级混凝土。

台背回填、桩类地基用建筑垃圾再生材料的针片状颗粒含量、0.075mm 以下粉尘含量可不作要求。

## 5 路面基层

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层的设计和施工应符合现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)及《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)的相关规定。

**5.1.2** 水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料可用于稳定建筑垃圾再生集料。用于路面基层的建筑垃圾再生材料应符合Ⅱ类再生材料的技术要求。

**5.1.3** 水泥、石灰、粉煤灰、水等其他原材料质量应符合现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)的相关要求。

**5.1.4** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料基层掺配率应符合表 5.1.4 的规定。当采用超过该表的掺配率时,应通过试验加以验证。

**表 5.1.4 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层掺配率**

结构层	公路等级	水泥稳定类 (%)	水泥粉煤灰稳定类 (%)	石灰粉煤灰稳定类 (%)
基层	高速公路、一级公路	≤50	≤50	≤50
	二级及以下公路	≤70	≤70	≤60
底基层	高速公路、一级公路	≤80	≤80	≤70
	二级及以下公路	≤90	≤90	≤80

**5.1.5** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料基层掺配时,各档料可按比例掺配。

**5.1.6** 建筑垃圾再生集料掺配时,宜在工程粒径 5~10mm、10~20mm 两档集料中优先掺配建筑垃圾再生集料。

5.1.7 确定无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的最大干密度和最佳含水率时，宜采用振动成型法，也可采用重型击实法。

5.2 设计要求

5.2.1 水泥稳定、水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料设计参数龄期宜为 90d，石灰稳定、石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料设计参数龄期宜为 180d。

5.2.2 高速公路、一级公路初步设计阶段以及二级及二级以下公路无机结合料稳定建筑垃圾再生集料结构层的弯拉强度和弹性模量宜参照当地已有经验确定，也可参照表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料弯拉强度和弹性模量（MPa）

材料	弯拉强度	弹性模量	试验方法
水泥稳定建筑垃圾再生集料	1.5~2.0	18000~28000	JTG E51 T0851
水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料			
石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料	0.9~1.5	14000~20000	JTG E51 T0851

5.2.3 高速公路、一级公路施工图设计阶段，路面结构层无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的弯拉强度和弹性模量宜采用中间段法单轴压缩试验测定。

5.3 水泥稳定类

5.3.1 水泥稳定建筑垃圾再生集料的级配应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 水泥稳定建筑垃圾再生集料的级配

公路等级	通过以下筛孔（mm）百分率（%）						
	31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
高速公路、一级公路	100	56~70	35~46	28~36	15~25	8~16	3~6
二级公路及二级以下公路	100	65~80	45~60	30~50	19~36	8~19	2~7

5.3.2 水泥稳定建筑垃圾再生集料应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 水泥稳定建筑垃圾再生集料的压实度和强度

结构层	公路等级	压实度	7d 饱水无侧限抗压强度 Rd	
			重型击实法	振动成型法
基层	高速公路、一级公路	≥98	4.0~6.0	6.0~8.0
	二级公路及二级以下公路	≥97	3.0~5.0	4.0~6.0
底基层	高速公路、一级公路	≥97	2.5~4.5	5.0~7.0
	二级公路及二级以下公路	≥95	2.0~4.0	3.0~5.0

5.3.3 应选择两个以上的掺配率，按现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）进行配合比设计。根据试验结果，宜选择满足技术要求的较大掺配率为最终掺配率。

5.3.4 水泥稳定建筑垃圾再生集料水泥剂量宜为 3%~6%。

#### 5.4 水泥粉煤灰稳定类

5.4.1 水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料的级配应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 水泥稳定建筑垃圾再生集料的压实度和强度

公路等级	通过以下筛孔（mm）百分率（%）							
	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
高速公路、一级公路	-	100	78~88	61~76	49~64	30~40	19~28	8~14
二级公路及二级以下公路	100	90~100	70~86	54~72	42~62	25~45	16~31	7~15

5.4.2 水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料技术要求应符合表 5.4.2 的规定。



表 5.4.2 水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料的压实度和强度

结构层	压实度	7d 饱水无侧限抗压强度 Rd	
		重型击实法	振动成型法
基层	≥98	3.5~4.5	4.0~6.0
	≥97	3.0~4.0	3.5~5.0
底基层	≥97	2.0~3.0	3.0~4.0
	≥95	1.5~2.5	2.0~3.0

5.4.3 水泥与粉煤灰的比例宜采用 1:3~1:5,水泥粉煤灰与建筑垃圾再生料的质量比例宜采用 15:85~20:80。

5.5 石灰粉煤灰稳定类

5.5.1 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料的级配应符合表 5.5.1 的规定。

表 5.5.1 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料级配

公路等级	通过以下筛孔 (mm) 百分率 (%)								
	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
高速公路、一级公路	-	100	82~89	65~78	53~67	35~45	22~31	8~15	2~5
二级公路及二级以下公路	100	90~100	73~87	58~75	47~66	30~50	19~36	8~19	2~7

5.5.2 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料技术要求应符合表 5.5.2 的规定。

表 5.5.2 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料压实度和强度

结构层	公路等级	压实度	7d 饱水无侧限抗压强度 Rd	
			重型击实法	振动成型法

基层	高速公路、一级公路	$\geq 98$	$\geq 1.0$	$\geq 1.1$
	二级公路及二级以下公路	$\geq 97$	$\geq 0.8$	$\geq 0.9$
底基层	高速公路、一级公路	$\geq 97$	$\geq 0.7$	$\geq 0.8$
	二级公路及二级以下公路	$\geq 95$	$\geq 0.6$	$\geq 0.7$

5.5.3 石灰与粉煤灰的质量比例宜为 1:2~1:4，石灰粉煤灰与建筑垃圾再生集料的质量比例宜为 15:85~20:80。

## 5.6 施工

5.6.1 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层正式施工前应铺筑试验段，具体要求应满足现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的相关规定。

5.6.2 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的拌和应符合下列规定：

1 拌和前宜采用喷洒设备对建筑垃圾再生集料洒水闷料 6~12h。

2 水泥稳定和水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料含水率可比最佳含水率增加 0.5%~1.5%，石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料含水率可比最佳含水率增加 1%~2%。

3 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的生产应采用集中厂拌，宜采用振动搅拌或两次拌和工艺，拌和时间应不少于 15s。

4 拌和后应按规规定取混合料试样抽查级配和水泥、石灰剂量，随时检查配合比、含水率的变化。

3 推荐采用振动拌和、双机联拌，以达到充分搅拌的目的，也可采用间歇式拌和。

5.6.3 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的运输应符合下列规定：

1 拌和机出料应配备带活门漏斗的料仓，由漏斗出料直接装车运输，装车时车辆前后移动，分多次装料，避免混合料离析。

2 运输车辆宜采用 25t 以上的大型自卸车集中运输,运输车辆装料前应清洗干净车厢,装料后应覆盖,以减少水分损失。(在无机结合料稳定建筑垃圾再生集料运输过程中,运输车辆出场时均采用帆布严密覆盖,防止水分蒸发)。

**5.6.4 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的摊铺应符合下列规定:**

1 摊铺前应将下承层清理干净并适当洒水湿润。

2 摊铺前应检查摊铺机各部分运转情况,调整好传感器臂与导向控制线的关系,严格控制基层厚度和高程,保证路拱横坡度满足设计要求。

3 摊铺机前混合料运输车宜不少于五台,摊铺机开始连续摊铺,摊铺机螺旋布料器应有三分之二埋入混合料中,摊铺速度宜为 1.5~2.5m/min。

**5.6.5 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的碾压应符合下列规定:**

1 摊铺完成后应使用压路机在全幅范围内进行碾压,碾压段落层次分明,设置明显的分界标志。

2 压路机碾压时应重叠 1/2 轮宽,压路机初压速度为 1.5~1.7km/h,复压和终压速度为 1.8~2.2km/h,碾压成型后的表面应平整、无轮迹。

3 水泥、水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料路面基层,应取初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间,宜在 2h 内碾压成型;石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料基层最迟应不超过 24h 内完成碾压,宜在 4h 内碾压成型。

**5.6.6 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的养生应符合下列规定:**

1 碾压完成后并经压实度检测合格后的无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层宜采用透水土工布覆盖、洒水保湿等方式进行养生;宜采用喷雾式喷头洒水,严禁采用高压直冲式喷管。

2 水泥稳定建筑垃圾再生集料路面基层养生期宜不少于 7d,水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料路面基层养生期宜不少于 10d,石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料路面基层养生期宜不少于 14d,养生完成后钻取完整芯样方可进行下一道工序。

3 养生期间应封闭交通，严禁洒水车以外的其他车辆通行。

5.6.7 雨季施工时，不得使混合料淋雨。降雨时应停止施工，对已摊铺的无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层应尽快碾压成型并及时覆盖。

5.7 质量检查与验收

5.7.1 施工质量检查应包括建筑垃圾再生集料、天然集料、无机结合料稳定建筑垃圾再生集料以及无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层。

5.7.2 建筑垃圾再生集料的检测项目及频率应满足表 5.7.2 的要求。天然集料、水泥、粉煤灰及石灰应按现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的规定执行。

表 5.7.2 建筑垃圾再生集料质量检测项目及频率

项目	频率		质量要求	
	高速公路、一级公路	二级公路及二级以下公路	高速公路、一级公路	二级公路及二级以下公路
含水率（%）	每天拌和前测 2 个样品，发现异常随时检测		满足本规范要求	
级配				
轻质杂物含量（%）				
压碎值（%）				
砂当量（%）				
0.075mm 以下材料的塑性指数				
有机质含量（%）				

混凝土颗粒含量 (%)	每 2000m <sup>2</sup> 测 2 个样品; 拌和前取样抽查	每 3000m <sup>2</sup> 测 2 个样品; 拌和前取样抽查	
-------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--

5.7.3 水泥稳定、水泥粉煤灰稳定及石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料检测项目及频率应满足表 5.7.3 的要求。

表 5.7.3 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料质量检测项目及频率

项目	频率	质量要求		试验方法
水泥或石灰剂量	每 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次; 至少 6 个样品	设计值-1%		T0809
含水率	每作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次; 异常时, 随时检测	控制在最佳含水率 -1%~2% 范围内		T0801、T0803
混合料级配	每作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次; 异常时, 随时检测	0.075mm	±2%	T0302
		≤2.36mm	±5%	
		≥4.75mm	±6%	
掺配率	每日 1 次, 逐日评测	±3%		总量检测
拌合均匀性	随时检查	色泽均匀, 无离析现象		目测

注: 掺配率的检测采用总量检测, 通过抽查拌和楼电子秤重记录或打印记录, 计算出掺配率, 并评定是否符合要求。

5.7.4 在不同公路等级、不同层位铺筑无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层, 施工质量实测项目及频率参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321—2021)

应按现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的规定执行。

**表 5.7.4 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层施工质量实测项目及频率**

项目	频率				质量要求				试验方法
	高速公路、一级公路		二级公路及二级以下公路		高速公路、一级公路		二级公路及二级以下公路		-
	基层	底基层	基层	底基层	基层	底基层	基层	底基层	
压实度	每作业段或 2000m <sup>2</sup> 测 6 次以上				≥ 98%	≥ 97%	≥ 95%	≥ 94%	JTG 3450 T0921
强度	每作业或每 2000m <sup>2</sup> 测一组 9 个~13 个试件				满足设计要求				JTG E51 T0805

**5.7.5** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层施工完成后应按照现行《公路工程质量检验评定标准 第一册土建工程》（JTG F80/1）的相关规定进行质量检验评定。

## 附录 A 再生混凝土颗粒含量 及轻质杂物含量试验方法

### A.1 仪器和材料

**A.1.1** 试验宜采用下列仪器和材料：

- 1 鼓风干燥箱：能使温度控制在（105±5）℃；

- 2 电子天平：称量 20kg，感量 0.1g；
- 3 方孔筛：孔径为 4.75mm 的筛一只；
- 4 铁铲、搪瓷盘、毛刷等。

A. 2 取样

A. 2. 1 试样的最小取样数量应符合表 A. 2. 1 的规定。混凝土颗粒含量与轻质杂物含量可采用同一组试样进行试验。

表 A. 2. 1 试验最小取样数量

再生材料 最大粒径/mm	9. 5	16	19	26. 5	31. 5	≥37. 5
最少试样量 /kg	20. 0	20. 0	40. 0	40. 0	60. 0	60. 0

A. 3 试样处理

A. 3. 1 应按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中规定的试验处理方法进行。

A. 4 试验步骤

A. 4. 1 应按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中规定的方法取样，将试样通过 4. 75mm 方孔筛，取筛上部分进行试验将试样缩分至略大于表 A. 4. 1 规定的 2 倍数量。

表 A. 4. 1 试验所需试样数量

再生材料 最大粒径/mm	9. 5	16	19	26. 5	31. 5	≥37. 5
最少试样量 /kg	4. 0	4. 0	8. 0	8. 0	15. 0	15. 0

A. 4. 2 将缩分后的试样置于  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  的干燥箱中烘干至恒量，冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。

A. 4. 3 混凝土颗粒含量与轻质杂物含量试验应按下列步骤进行：

1 称量试样的质量  $m_1$ ，准确至 0.1g；

2 人工分选出试样中的混凝土块、石块，并称量其质量  $m_2$ ，准确至 0.1g。

3 人工分选出试样中的塑料、木块、布片、纸屑、泡沫颗粒等轻质杂物，并称量各种杂物的总质量  $m_3$ ，准确至 0.1g。

## A. 5 结果处理

A. 5. 1 应分别按公式 (A. 5. 1-1) 和公式 (A. 5. 1-2) 计算再生材料中混凝土颗粒与轻质杂物占试样总质量的百分比，精确至 0.01%：

$$Q_a = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (\text{A. 5. 1-1})$$

$$Q_b = \frac{m_3}{m_1} \times 100 \quad (\text{A. 5. 1-2})$$

式中：  $Q_a$  —— 混凝土颗粒含量 (%)

$Q_b$  —— 轻质杂物含量 (%)

A. 5. 2 应进行 2 次平行试验，试验结果取两次试验的算术平均值，精确至 0.01%。

## 附录 B 再生材料最大干密度

### 及压实度确定方法

#### B. 1 最大干密度确定方法

B. 1. 1 再生材料最大干密度每  $50000\text{m}^3$  应取样测定一次。



- B.1.2** 应配制 5~40mm 颗粒占 0~40mm 颗粒的粗粒含量为 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 的再生材料试样，分别按照现行《公路土工试验规程》(JTG E40) 中的试验方法进行室内大筒重型击实试验，确定不同粗粒含量（以击实后试样粗粒含量为准）再生材料的最大干密度和最佳含水率，绘制不同粗粒含量的最大干密度曲线。
- B.1.3** 当试样中大于规定最大粒径的超尺寸颗粒含量为 5%~30% 时，应对试验所得最大干密度和最佳含水率进行校正；超尺寸颗粒含量小于 5% 时，可不进行校正。
- B.1.4** 应根据校正的最大干密度、最佳含水率和 5~40mm 颗粒和占 0~40mm 颗粒的粗粒含量来绘制修正曲线。

## **B.2 压实度确定方法**

- B.2.1** 现场采用灌砂法（按照现行《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60) 中的试验方法进行）检测路基压实度时，应根据试坑内再生材料中 5~40mm 颗粒占 0~40mm 颗粒的粗粒含量，在重型击实修正曲线中查找对应的最大干密度来计算现场再生材料的压实度。

# **附录 C 一些条文说明**

## **3 生产加工**

- 3.1.5** 水泥混凝土构件和高速公路、一级公路基层对材料质量要求较高，推荐采用固定式加工厂加工。
- 3.2.4** 设置场地合理纵坡主要考虑排水、堆放材料的稳定性
- 3.2.5** 不同类别的建筑垃圾，其处理工艺不同，入场（厂）时分类存放，可减少分选工作量，提高处理能力，也有利于提高建筑垃圾再生材料的质量。
- 3.3.2** 大块建筑垃圾通过粗破达到后续工序的尺寸范围，同时通过拣选将较大尺寸的金属、杂物等在破碎前分拣出来；考虑到喷淋降尘，预处理作业区内需具备排水功能。

**3.4.3** 当建筑垃圾中细料较多时，设置预筛分工艺将细料筛出，减少后续破碎筛分负荷。

**3.4.6** 参照《公路工程利用建筑垃圾技术规范》（JTG/T 2321-2021），广泛调研及实体工程验证，加工设备最低参数宜满足表 3.4.6 要求。

振动筛效率高，质量轻，系列完整多样，层次多，可以满足再生骨料筛分量大、规格多的要求。

## 4 技术要求与应用范围

**4.1.2** 结合全国建筑垃圾再生材料规模化工程利用经验，同时考虑内蒙地区建筑垃圾来源的复杂性、拆除建筑固废质量的不一性、加工条件以及建筑垃圾对工程力学性能和耐久性可能存在潜在影响，本规范规定建筑垃圾再生材料主要应用于公路非承重结构水泥混凝土构件、基层、底基层、路基填筑、地基处理、台背回填。

**4.1.3** 本规范基于工程应用实践情况，为了方便工程应用，根据用途来加工和选择建筑垃圾再生材料。因此，根据非承重结构水泥混凝土构件、基层、路基应用将建筑垃圾再生材料划分为 I、II、III 三个技术类别，并按应用类别分别提出技术指标及要求。

**4.2.1** I 类建筑垃圾粗骨料数据参考《混凝土和砂浆用再生细骨料》（GB/T 25176-2010）第 5.3 条级配要求、细骨料数据参考《混凝土用再生粗骨料》（GB/T 25177-2010）第 5.2 条级配要求，对内蒙地区再生集料进行广泛调研与室内试验，确定了 I 类建筑垃圾再生材料颗粒组成。

**4.2.2** 经室内试验测试，虽然建筑垃圾再生集料混凝土的强度等级可达 C40 及以上，但考虑目前再生材料的来源、生产加工条件、工程全寿命周期强度和耐久性，本规范建议 I 类建筑垃圾再生集料适用于 C40 以下强度等级的混凝土工程。

**4.4.3** 根据依托工程研究成果，填筑路基的建筑垃圾再生材料粒径一般较大，4.75 以上颗粒含量较多，基本上都可以满足《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）承载比要求，因此本规范仅对再生材料粒径提出要求。

**4.4.4** III 类建筑垃圾再生细集料技术要求参考易溶盐含量：《公路土工试验规程》（JTG E40-2007）T0153；不均匀系数参考：《公路路基设计规范》（JTG

D30-2015)第3.3.2条。考虑建筑垃圾中的轻质杂物与易溶盐影响路基填筑质量,提出轻质杂物含量与易溶盐含量技术要求。

**4.5.2** 考虑应用工程的耐久性,本规范不推荐建筑垃圾再生材料应用于承重结构混凝土,若用于承重结构混凝土,需经试验论证后方可使用。

应用过程中,I类建筑垃圾再生材料仅用于公路非承重结构水泥混凝土构件和配制相应等级混凝土。

台背回填、桩类地基用建筑垃圾再生材料的针片状颗粒含量、0.075mm以下粉尘含量可不作要求。

## 5 路面基层

**5.1.4** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料路面基层掺配率参考交通部《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTGT 2321—2021)表6.1.4的规定。

**5.1.7** 振动成型法确定的无机结合料稳定建筑垃圾再生集料最大干密度为相同掺配率下重型击实法的1.03~1.05倍,能够更好地模拟现场施工碾压工艺,因此首先推荐采用振动成型法确定无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的最大干密度和最佳含水量。

**5.2.3** 根据《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2017)第5.4.5条的规定,高速公路和一级公路施工图设计阶段,采用中间段法单轴压缩试验测定。

**5.3.1** 水泥稳定建筑垃圾再生集料的级配参考《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015),基层、底基层采用相同级配。

**5.3.2** 水泥稳定建筑垃圾再生集料的压实度和强度参考《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015)表4.2.4的技术要求,压实度:《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015)表4.5.1;7d无侧限抗压强度:同规范表4.5.2,结合内蒙古地区验证试验数据调整。结合工程实践经验确定。

**5.3.4** 水泥稳定建筑垃圾再生集料水泥剂量参考《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015)表4.6.5的推荐值,并结合工程实践经验确定。

**5.4.1** 水泥稳定建筑垃圾再生集料的压实度和强度参考交通部《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTGT 2321—2021)表6.4.1的规定。

**5.4.2** 水泥粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料的压实度和强度参考《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）表 4.2.7 的技术要求，结合工程实践经验确定。

**5.4.3** 参考《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）表 4.4.6 的推荐比例，结合工程实践经验确定。

**5.5.1** 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料级配参考交通部《公路工程利用建筑垃圾技术规范》（JTGT 2321—2021）表 6.5.1 的规定。

**5.5.2** 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料压实度和强度参考交通部行标表 6.5.2 及《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）表 4.2.6 的技术要求确定。

**5.5.3** 参考《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）表 4.4.4 的推荐比例，结合工程实践经验确定。

**5.6.3** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料的摊铺采用抗离析宽幅摊铺机全幅一次成型，为保障摊铺机连续摊铺，在正式摊铺之前以及在摊铺过程中，施工现场摊铺机前方至少需要五台运输车辆等待接驳摊铺机进行卸料。

**5.6.5** 为防止无机结合料稳定建筑垃圾再生集料水分蒸发，摊铺后立即用较大激振力的压路机进行碾压成型。初压时，用双钢轮压路机静压 2~3 遍；复压时，用激振力大于 35t 的重型振动压路机碾压密实；终压时，再用双钢轮压路机稳压消除轮迹。压路机在碾压过程中匀速行驶，制动、启动时要缓慢渐进。

## 本规范用词用语说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
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用词，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用词，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用词，采用“可”。
- 2 引用标准的用语采用下列写法：
- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。
  - 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《×××××××》(×××)的有关规定”。
  - 3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”、“应符合本规范第×.×节的有关规定”、“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。

## 引用标准名录

- 1 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20
- 2 《公路水泥混凝土路面设计规范》 JTG D40
- 3 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
4. 《公路路基设计规范》 (JTG D30-2015)
5. 《公路工程利用建筑垃圾技术规范》 (JTG/T 2321-2021)
6. 《混凝土和砂浆用再生细骨料》 (GB/T 25176-2010)
7. 《混凝土用再生粗骨料》 (GB/T 25177-2010)