

Q/XXXX

Xxx

# 团体标准

T/TJXXXXXX-202X

## 建筑垃圾道路应用技术导则

### Technical Guidelines for Resource Utilization of Construction Waste in Urban Road

(初稿)

2023-xx-xx发布

20xx-xx-xx实施

天津市勘察设计协会 发布

# 目 次

目 次	1
1 总则	2
2 术语	3
3 生产加工	4
3.1 一般规定	4
3.2 原材料	4
3.3 加工场地	4
3.4 加工设备	5
3.5 加工工艺	6
3.6 环境保护	6
4 技术要求	8
4.1 一般规定	8
4.2 建筑垃圾再生粗集料技术要求	8
4.3 建筑垃圾再生细集料技术要求	11
4.4 建筑垃圾再生集料检验	13
4.5 建筑垃圾再生集料标志、运输和储存	13
5 再生集料路面基层	14
5.1 一般规定	14
5.2 水泥稳定建筑垃圾再生集料路面基层	14
5.3 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料路面基层	20
5.4 级配建筑垃圾再生集料路面底基层	25
6 建筑垃圾再生集料路基	39
6.1 一般规定	39
6.2 建筑垃圾再生集料路基	39
6.3 建筑垃圾再生集料台背回填	44
7 地基处理	46
7.1 一般规定	46
7.2 建筑垃圾再生材料粒料桩	46
7.3 建筑垃圾再生集料浅层处理	48
8 其他工程	51
8.1 一般规定	51
8.2 建筑垃圾再生集料预制混凝土构件	51
8.3 建筑垃圾再生集料现浇混凝土构件	57
本导则用词说明	64
引用标准名录	65

## 1 总则

**1.0.1** 为贯彻执行国家节约资源、保护环境的相关政策，规范建筑垃圾在城市道路工程中的应用，提升其整体利用水平，特制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于各等级城市道路新建及改扩建工程，公路工程及其他工程可参照使用。

**1.0.3** 建筑垃圾利用应遵循保护环境、安全适用、技术先进、经济合理的原则。

**1.0.4** 建筑垃圾再生材料在生产加工、储存、运输及使用过程中必须执行国家环境保护和资源节约的法律法规。

**1.0.5** 建筑垃圾利用除应符合本规范规定外，尚应符合现行国家、行业相关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 建筑垃圾 **construction waste**

各类建筑物、构筑物、管网及其他工程拆除的砖瓦、混凝土、碎石块、沥青块等固体废弃物。

### 2.0.2 建筑垃圾再生材料 **construction waste recycled materials**

建筑垃圾经采用专用设备分拣、破碎、筛分，并去除金属、玻璃及轻质杂物后形成的再生材料。

### 2.0.3 轻质杂物 **lightweight impurities**

建筑垃圾中密度较小的杂物，包括木块、塑料、布片、纸屑、泡沫颗粒等。

### 2.0.4 杂物 **impurities**

建筑垃圾再生材料中除混凝土、砖块、砂浆、石块、陶瓷之外的其他物质。

### 2.0.5 再生混凝土颗粒含量 **recycled concrete particle content**

建筑垃圾再生集料中再生混凝土颗粒质量占总质量的百分比。

### 2.0.6 建筑垃圾再生粗集料 **recycled coarse aggregate**

建筑垃圾再生材料中粒径大于或等于 4.75mm 的集料。

### 2.0.7 建筑垃圾再生细集料 **recycled fine aggregate**

建筑垃圾再生材料中粒径小于 4.75mm 的集料。

### 2.0.8 最大干密度 **maximum dry density**

在一定压实功条件下，成型的无机结合料稳定再生材料扣除水分后相同体积下的密度称为干密度，干密度的最大值称为最大干密度。

### 2.0.9 最佳含水量 **optimum water content**

无机结合料稳定再生材料中水的质量与干混合料质量（包括再生粗、细集料和水泥）的比值称为含水量，以百分率表示。对应最大干密度时的含水量称为最佳含水量。

### 2.0.10 无侧限抗压强度 **unconfined compressive strength**

无侧限抗压强度是试件在无侧向压力条件下抵抗轴向压力的极限强度。

### 2.0.11 水泥稳定建筑垃圾再生材料 **cement stabilized recycled aggregate**

由具有规定级配组成的再生集料、常规集料与水泥和水拌和而成的混合料。

### 2.0.12 水泥剂量 **cement content**

水泥稳定建筑垃圾再生材料混合料（简称水泥稳定再生材料）中水泥的质量与干集料（包括全部的再生集料、常规集料）质量的比值，以百分率表示。

### 2.0.13 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生材料 **lime-fly ash stabilized recycled aggregate**

由具有规定级配组成的再生集料、常规集料与石灰、粉煤灰和水拌和而成的混合料。

### 2.0.14 石灰粉煤灰剂量 **lime-fly ash content**

石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生材料混合料（简称石灰粉煤灰稳定再生材料混合料）中石灰、粉煤灰的质量与干集料（包括全部的再生集料、常规集料）质量的比值，以百分率表示。

### 2.0.15 级配建筑垃圾再生集料 **construction waste recycled graded crushed stone**

建筑垃圾再生粗、细集料各占一定比例的混合料，其颗粒组成符合密实级配要求。

## 3 生产加工

### 3.1 一般规定

- 3.1.1** 严禁将生活垃圾作为建筑垃圾料源使用,严禁随意将不符合加工或路用要求的杂物送入加工环节。
- 3.1.2** 料源的选取以混凝土含量高、运输成本低、洁净程度高、均匀性好、易加工为原则,尽量选取产量较大、料源成分均匀的建筑垃圾。
- 3.1.3** 被严重污染或腐蚀的建筑垃圾不得用于加工再生材料。
- 3.1.4** 场地建设应符合资源节约、集约的原则,结合拟建场地的地形条件,合理布局,应与周围环境相协调,不得影响当地居民生产、生活,应满足建筑垃圾堆放、加工及生产人员办公、生活的需要。
- 3.1.5** 加工工艺应根据进厂物料特性、资源化利用工艺等综合确定,可分为固定式和移动式两种。现场有建筑废弃物时,应就地资源化利用,宜采用移动式加工方式。

#### 条文说明

施工现场有建筑废弃物时,基于就近取材、经济合理的原则,应就地资源化利用,推荐采用移动式加工方式。

### 3.2 原材料

- 3.2.1** 建筑垃圾在送入加工设备之前需对掺杂的竹木材、塑料、纺织物、金属制品等进行剔除。

#### 条文说明

建筑垃圾加工前应采用人工或机械设备,剔除其中的钢筋、塑料、木材、布片、纸屑、泡沫轻质物等杂质。剔除后通过筛孔为 200mm 的筛分设备,将大粒径建筑垃圾分离并进行破碎加工。

- 3.2.2** 有生活垃圾混入的料源需要特别控制,将生活垃圾以及被生活垃圾污染的材料进行剔除。
- 3.2.3** 用于路面基层的再生集料,在使用移动加工方式或未使用砖与混凝土分离设备的固定加工方式条件下,原材料中混凝土比例应占建筑垃圾总质量的 70%以上。
- 3.2.4** 在建筑垃圾给料设备入料口前端应配置 1 名~2 名工作人员,负责对原材料杂物进行再次分拣。

### 3.3 加工场地

- 3.3.1** 移动式加工场场地建设应符合下列规定:

- 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。
- 4 厂区应包括建筑垃圾堆放区、加工区、再生材料堆放区、办公生活区以及厂区道路;厂区人流、物流通道应分开设置,做到出入口互不影响;办公生活区应位于材料堆放和生产加工区的上风向,并与其适当隔离。
- 5 厂区道路:要与场内各功能区相连,还需考虑出入厂区道路状况;出入口道路路面标高宜高于厂外道路路面标高,并应连接平顺。条件不能满足时,应设置截水构筑物与排水、引水等设施。

- 3.3.2** 原材料堆放区应符合下列规定:

- 1 原材料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。
- 2 原材料堆放区的储存能力应满足建筑垃圾大批量集中进场的要求,并应满足生产对储存量及大型车辆装卸、运输的要求;堆放高度高于周围地坪不宜超过 3m,如堆放区储存量过大时,则需采用分级放坡堆放,避免发生滑塌事故。
- 3 原材料堆放区地坪标高应高于周围地坪标高不小于 15cm,堆放区四周应设置排水沟,并应满足场地雨水导排要求。
- 4 建筑垃圾应根据类别不同分类堆放。

#### 条文说明

不同类别的建筑垃圾,其处理工艺不同,入场时分类存放,可以减少分选工作量,提高处理能力,也有利于提高建筑垃圾再生材料的质量。

- 3.3.3** 再生材料堆放区应符合下列规定:

1 成品堆放区面积宜与原材料堆放区面积相当，成品建筑垃圾再生材料应按照梯形堆放，每层的堆放高度不宜超过 5m。

2 用于路面基层的再生集料堆放区可按照粒径或者再生集料的类型进行细分。

#### 条文说明

用于路面基层的再生集料堆放区可按照粒径或者再生集料的类型进行细分，按照粒径可分为：0mm~5mm 堆放区、5mm~10mm 堆放区、10mm~20mm 堆放区、20mm~30mm 堆放区等；按照再生集料类型可分为：砖块集料堆放区、砖与混凝土混合集料堆放区、混凝土集料堆放区。

3 用于路基填筑的再生材料堆放区粒径为 0mm~150mm，混合堆放。

4 再生材料堆放区域应修建专门的料仓并按规格分隔堆放，同时应设置料棚防止降雨、大风环境产生二次污染。

5 保持再生材料堆放场地整洁、干净，场前配备1~2名工作人员对运输和材料堆放过程中散落的石料进行及时清理。

### 3.4 加工设备

3.4.1 建筑垃圾路用加工设备应结合加工工艺确定，包括给料设备、破碎设备、磁选设备、筛分设备、风选设备、抑尘设备等。

3.4.2 给料设备应符合下列规定：

1 受料斗的进口宽度与容积应满足给料设备的卸料要求，整体设计应适应建筑垃圾下料要求，充分考虑粒径、杂物等因素，防止堵料。

2 宜使用装载机或格栅式振动给料机，给料能力可在一定范围内进行调整，宜具备筛分功能。

3 给料设备应具备预筛分功能。

#### 条文说明

当建筑垃圾中细料较多时，采用预筛分工艺将细料筛出，减少后续破碎筛分负荷。

3.4.3 破碎设备应符合下列规定：

1 根据建筑垃圾原料特性与资源化利用产品对再生材料的性能要求，合理制定破碎与筛分工艺组合，满足处理产能与效率、骨料粒度与粒形、平稳可靠、节能环保、安全、易维护检修等要求。

2 一级破碎可采用颚式破碎或反击式破碎，二级破碎可采用反击式破碎或锤式破碎。

#### 条文说明

采用一次破碎称为一级破碎；采用两次破碎称为二级破碎。一级破碎根据原料粒径尺寸特点，采用颚式破碎机；当物料粒径较小，且满足进料尺寸要求时，采用反击式破碎机。若对建筑垃圾再生材料的颗粒级配、粒形有较高要求，需选择二级或二级以上破碎。二级破碎中，一破一般采用颚式破碎机，二破一般采用反击式破碎机或锤式破碎机，一破设备和二破设备产能需匹配。

为保证建筑垃圾再生材料粒径符合使用要求，破碎要与筛分配合使用，通过筛分截留不满足要求的超规格料，返回破碎机再次破碎，从而形成闭路流程，满足建筑垃圾再生材料的出料粒径要求。

3.4.4 颚式破碎机应满足以下参数：

1 进料口尺寸 1000mm×1500mm 以上；

2 最大进料粒度 800mm 以上；

3 处理能力 300t/h 以上。

3.4.5 反击式破碎机应满足以下参数：

1 进料口尺寸 400mm×1080mm 以上；

2 处理能力 300t/h 以上。

3.4.6 磁选设备宜使用悬挂式电磁除铁器，参数应满足：

1 适应带宽 1400mm 以上；

2 额定吊高 400mm 以上；

3 磁场强度 70mT 以上；

4 适应带速 4.5m/s 以下。

3.4.7 筛分设备宜使用圆振动筛，参数应满足：

1 筛网面积 6.75m<sup>2</sup> 以上；

2 振动频率 740r/min~970r/min；

3 处理能力 300t/h 以上。

**3.4.8** 风选设备应满足以下参数：

- 1 功率 10kW 以上；
- 2 与筛分设备配套，且维修、拆卸方便；
- 3 处理能力 300t/h 以上。

**3.4.9** 抑尘设备宜使用喷雾降尘及泡沫除尘技术，设备应满足：

- 1 设备周围 3m 范围内尘土浓度不超过 1000mg/m<sup>3</sup>；
- 2 对环境及再生材料不产生二次污染。

### 3.5 加工工艺

**3.5.1** 加工工艺应包括给料、除土、破碎、筛分、分选、除尘、降噪、废水处理等工序。

**3.5.2** 建筑垃圾预处理应符合下列规定：

- 1 建筑垃圾预处理应设置预处理区，并应配备大块垃圾破碎处理设施与人工分拣设施。
- 2 建筑垃圾预处理应具备消毒、降尘、分类、粗破、拣选、排水功能。
- 3 建筑垃圾应根据来源不同分类存放，并应根据物料特性配备运输设备。

#### 条文说明

大块建筑垃圾通过粗破达到后续工序要求的尺寸范围，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。

**3.5.3** 建筑垃圾分离分选应符合下列规定：

- 1 分选分离工艺流程宜包括除土、分选废金属、分选轻物质、砖混分离、粉体回收等环节。
- 2 分选分离工艺宜采用干法工艺。
- 3 分选工艺应根据建筑垃圾组分的不同特性，采用筛选、磁选、风选、浮选、光电分选等方法。
- 4 轻质杂物分选率不应低于 95%。

#### 条文说明

分选分离工艺流程分为干法、湿法和干湿结合法。干法工艺是指建筑垃圾处置过程中不采用水选等水处理工艺（不包括为降尘采用的喷淋预处理）；湿法工艺是指处置过程中采用水选等水处理工艺；干湿结合法是指建筑垃圾处置过程中，部分物料采用含水的处理工艺，另一部分未采用含水的处理工艺。干法工艺流程对环境影响较小，湿法工艺流程需要水源及水处理等辅助生产设施，工艺较为复杂，推荐优先采用干法工艺。

本条参考《建筑垃圾处理技术标准》（CJJ/T134-2019）第 8.2.9 条第 6 款和《固定式建筑垃圾处置技术规程》（JC/T2546-2019）第 5.3.5 条第 7 款的规定，轻质杂物分选率不低于 95%。轻质杂物分选率是指建筑垃圾经过破碎分选工艺，被分选出来的轻质杂物质量占建筑垃圾中轻质杂物总质量的百分比。

**3.5.4** 建筑垃圾破碎筛分应符合下列规定：

- 1 以砖为主的建筑垃圾应根据再生产品的技术要求，宜选用一级或二级破碎；以混凝土为主的建筑垃圾应根据再生产品技术要求，宜选用二级或三级破碎。
- 2 破碎设备的类型应根据再生材料的质量要求而确定；
- 3 筛分工艺应根据再生材料的质量要求，采用一级、二级或多级筛分。

### 3.6 环境保护

**3.6.1** 加工、运输、倾倒、压实等过程应通过洒水降尘、封闭设备、局部抽吸等措施控制粉尘污染。

**3.6.2** 建筑垃圾收集、运输、加工过程应选取低噪声运输车辆；噪声大的加工处理车间宜采用隔声罩、隔声间或者在车间建筑内墙附加吸声材料等方式降低噪音。

**3.6.3** 加工厂生产、生活污水应分类处理，污水排放应符合国家标准有关规定。

**3.6.4** 环境保护设计应根据环境影响评价报告采取有效措施，防治扬尘、废气、废水、固体废弃物及噪声对环境的污染，所排放的污染物应达到国家规定的排放标准。

#### 条文说明

建筑垃圾再生材料生产加工和应用过程中对环境的影响主要是大气污染、固体废弃物、噪声和废水排放污染等方面。环境保护设计应满足《公路环境保护设计规范》（JTG B04-2010）的规定。大气污染主要是由于粉尘排放及燃油设备产生的废气对大气的污染，防治应符合《中华人民共和国大气污染防治法》的规定；扬尘控制要符合现行《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T 393）的规定；生产加工和应用过程中产生的固体废弃物（包括杂物）处理要符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的

规定；噪声污染主要是生产加工过程中机械设备运行产生的噪声，防治要符合现行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348）的有关规定；废水污染主要是生产加工和应用过程中水处理工艺、雨水渗流等产生的废水，处置要符合现行《污水综合排放标准》（GB 8978）的有关规定；另外，当地及特殊区域有特殊要求时，还要符合当地相关法规的规定。

**3.6.5** 建筑垃圾收集、运输、处理系统的环境保护与安全卫生除应满足以上规定外，尚应满足现行国家有关法律、行政法规和标准规范的规定。

### **3.7 安全生产管理**

**3.7.1** 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

### 4.1 一般规定

4.1.1 建筑垃圾再生粗集料可用于各级道路新建和改扩建工程。

4.1.2 建筑垃圾再生粗、细集料在进行试验评定中，应随机选取具有足够数量的样本进行材料试验。

#### 条文说明

足够数量指满足现行试验规程或相关设计文件中所规定的试验样本数量。

4.1.3 建筑垃圾再生粗、细集料不得含有有毒、有害和放射性物质，在工程应用前应进行重金属含量检测及污染环境评价，并满足国家相关规定。

4.1.4 集料粒径规格以方孔筛为准，不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放。

4.1.5 再生材料可用于道路路面基层、路基填筑、地基处理、台背回填和混凝土构件，其技术指标应满足本标准的相关要求。

#### 条文说明

结合全国建筑垃圾再生材料规模化工程利用经验，同时考虑建筑垃圾来源的复杂性、拆除建筑固废质量的不一致性、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。

### 4.2 建筑垃圾再生粗集料技术要求

4.2.1 路面基层、底基层用建筑垃圾再生粗集料应符合下列规定：

1 建筑垃圾再生粗集料规格要求应符合表 4.2.1-1 的规定。

表 4.2.1-1 基层、底基层用建筑垃圾再生粗集料规格要求

公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
20~30	100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	-	19~31.5
10~20	-	-	100	90~100	-	0~10	0~5	-	9.5~19
5~10	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

#### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 中粗集料规格要求，建筑垃圾再生集料用于道路基层、底基层主要替换部分石料，其工程粒径规格不建议过多，参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 相关规定，推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成，可以参考执行。

2 建筑垃圾再生粗集料质量技术指标应符合表 4.2.1-2 的规定，并应符合下列规定：

1) 用于高速公路、一级公路（城市快速路、主干路）基层时，质量技术指标应符合表 4.2.1-2 中 A 级的规定。

2) 用于高速公路、一级公路（城市快速路、主干路）底基层、二级及二级以下公路（城市次干路、支路）基层时，质量技术指标应符合表 4.2.1-2 中 A 级或 B 级的规定。

3) 用于二级及二级以下公路（城市次干路、支路）底基层时，质量技术指标应符合表 4.2.1-2 中 A 级、B 级或 C 级的规定。

表 4.2.1-2 基层、底基层用建筑垃圾再生粗集料质量技术要求

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
压碎值 (%)	≤30	≤35	≤40	T 0316
针片状颗粒含量 (%)	≤18	≤20	≤20	T 0312
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤1.2	≤2.0	≤5.0	T 0310

轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321) 附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)	≥40	≥35	≥30	

#### 条文说明

建筑垃圾再生粗集料的针片状颗粒含量、小于0.075mm含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)关于粗集料的相关要求；建筑垃圾再生粗集料的压碎值、轻质杂物含量、再生混凝土颗粒含量以及建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

3 应选择适当的碎石加工工艺，用于破碎的原石粒径应为破碎后碎石公称最大粒径的3倍以上。高速公路（城市快速路）基层用碎石，应采用反击破碎的加工工艺。

4 碎石加工中，根据筛网放置的倾斜角度和工程经验，应选择合理的筛孔尺寸。粒径尺寸与筛孔尺寸对应关系应符合表4.2.1-3的规定。根据破碎方式和石质的不同，可适当调整筛孔尺寸，调整范围宜为1~2mm。

**表 4.2.1-3 粒径尺寸与筛孔尺寸对应表**

粒径尺寸 (mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5
筛孔尺寸 (mm)	5.5	11	15	18	22	31	36	43

5 用作级配碎石或砾石的粗集料应采用具有一定级配的硬质石料，且不应含有黏土块、有机物等。

6 级配碎石或砾石用作基层时，高速公路和一级公路（城市快速路、主干路）公称最大粒径应不大于26.5mm，二级及二级以下公路（城市次干路、支路）公称最大粒径应不大于31.5mm；用作底基层时，公称最大粒径应不大于37.5mm。

#### 4.2.2 路基用建筑垃圾再生粗集料应符合下列规定：

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。

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500mm，并不宜超过压实厚度的三分之二，含泥量不应大于5%，压碎值不大于40%。

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 填筑路基用建筑垃圾再生粗集料规格要求还应符合表4.2.2-1规定。

**表 4.2.2-1 路基用建筑垃圾再生粗集料质量规格要求**

应用部位	4.75mm 以上颗粒含量 (%)	0.075mm 以下颗粒含量 (%)	试验方法
路床	50~70	0~10	T 0115
路堤	40~60	0~10	

5 填筑路基用建筑垃圾再生粗集料质量技术要求应符合表4.2.2-2规定。

**表 4.2.2-2 路基用建筑垃圾再生粗集料质量技术要求**

项目	规定值或允许值	试验方法
轻质杂物含量 (%)	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321) 附录 A
不均匀系数	≥5.0	T 0115
易溶盐含量/%	≤0.5	T 0153

#### 条文说明

由于建筑垃圾中的轻质杂物与易溶盐影响路基填筑质量，本规范提出轻质杂物含量与易溶盐含量的技术要求。

#### 4.2.3 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料应符合下列规定：

1 建筑垃圾再生集料可用于各等级道路新建及改扩建工程的非承重结构水泥混凝土构件。

2 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料规格要求应符合表4.2.3-1的规定。

**表 4.2.3-1 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料规格要求**

公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	37.5	31.5	26.5	19	16	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	0~15	0~5

**条文说明**

根据现行《混凝土用再生粗骨料》(GB/T 25177) 的相关要求, 经广泛调研与室内试验, 确定了道路用预制混凝土构件建筑垃圾再生材料颗粒组成。

3 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料质量技术指标应符合表 4.2.3-2 的规定, 并应符合下列规定:

- 1) 用于道路预制混凝土构件类的建筑垃圾再生集料按性能要求可分为 A 级、B 级;
- 2) A 级可用于 C40 以下强度等级混凝土的配制;
- 3) B 级可用于 C25 及 C25 以下强度等级混凝土的配制。

**表 4.2.3-2 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料质量技术要求**

项目		A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥2350	≥2250	GB/T 14685
空隙率 (%)		<50	<53	
压碎指标 (%)		<20	<30	
轻质杂物含量 (%)		≤0.1		JTG/T2321 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/T 17431.2
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	
碱集料反应		膨胀率小于 0.10%		
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

注: <sup>a</sup>微粉含量按现行《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685) 中规定的含泥量试验方法执行。

**条文说明**

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 C40 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, 本规范建议道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生集料适用于 C40 以下强度等级的混凝土工程。

本规范道路用预制混凝土构件建筑垃圾再生粗集料 A 级与 B 级技术要求分别参照现行《混凝土用再生粗骨料》(GB/T 25177) 条文规定中的 I 类与 II 类标准, 考虑混凝土的力学性能和耐久性, 规定了道路用预制混凝土构件再生粗集料的再生混凝土颗粒含量。

### 4.3 建筑垃圾再生细集料技术要求

4.3.1 路面基层、底基层用建筑垃圾再生细集料应符合下列规定：

- 1 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配。
- 2 建筑垃圾再生细集料规格要求应符合表 4.3.1-1 的规定。

**表 4.3.1-1 基层、底基层用建筑垃圾再生细集料规格要求**

工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
0~3	-	100	90~100	-	-	-	-	0~15
0~5	100	90~100	-	-	-	-	-	0~20

#### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 中细集料规格要求，建筑垃圾再生集料用于公路基层主要替换部分石料，其工程粒径规格不建议过多，参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 相关规定，推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成，可以参考执行。

3 对 0~3mm 和 0~5mm 的细集料应分别严格控制大于 2.36mm 和 4.75mm 的颗粒含量。对 3~5mm 的细集料应严格控制小于 2.36mm 的颗粒含量。

4 高速公路和一级公路(城市快速路、主干路)，细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 15%；二级及二级以下公路(城市次干路、支路)，细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 20%。

#### 条文说明

控制细集料 0.075mm 的通过率主要是为了控制生产混合料中 0.075mm 以下的颗粒含量。

5 级配碎石或砾石中的细集料可使用细筛余料，或专门轧制的细碎石集料。

6 建筑垃圾再生细集料质量技术指标应符合表 4.3.1-2 的规定，并应符合下列规定：

1) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)基层时，质量技术指标应符合表 4.2.1-2 中 A 级的规定。

2) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)底基层、二级及二级以下公路(城市次干路、支路)基层时，质量技术指标应符合表 4.3.1-2 中 A 级或 B 级的规定。

3) 用于二级及二级以下公路(城市次干路、支路)底基层时，质量技术指标应符合表 4.3.1-2 中 A 级、B 级或 C 级的规定。

**表 4.3.1-2 基层、底基层用建筑垃圾再生细集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17			T 0118
砂当量 (%)	≥40			T 0334
有机质含量 (%)	<2.0			T 0336
硫酸盐含量 (%)	≤0.25		-	T 0341
泥块含量 (%)	≤2.0	≤3.0	-	T 0335

#### 条文说明

建筑垃圾再生细集料的塑性指数、有机质含量、硫酸盐含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 关于细集料的相关要求；建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

4.3.2 路基用建筑垃圾再生细集料应符合下列规定：

- 1 填筑路基用建筑垃圾再生细集料规格要求还应符合表 4.3.2-1 规定。

**表 4.3.2-1 路基用建筑垃圾再生细集料质量规格要求**

应用部位	0.075mm 以下颗粒含量 (%)	试验方法
路床	0~10	T 0115

路堤	0~10	
----	------	--

2 填筑路基用建筑垃圾再生细集料质量技术要求应符合表 4.3.2-2 规定。

**表 4.3.2-2 路基用建筑垃圾再生细集料质量技术要求**

项目	规定值或允许值	试验方法
轻质杂物含量 (%)	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321) 附录 A
不均匀系数	≥5.0	T 0115
易溶盐含量/%	≤0.5	T 0153

**条文说明**

由于建筑垃圾中的轻质杂物与易溶盐影响路基填筑质量，本规范提出轻质杂物含量与易溶盐含量的技术要求。

4.3.3 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生细集料应符合下列规定：

1 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料规格要求应符合表 4.3.3-1 的规定。

**表 4.3.3-1 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生细集料规格要求**

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	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

**条文说明**

根据现行《混凝土和砂浆用再生细骨料》(GB/T 25176) 的相关要求，经广泛调研与室内试验，确定了道路用预制混凝土构件建筑垃圾再生材料颗粒组成。

2 用于道路预制混凝土构件类的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 C25 以下强度等级混凝土的配制。

3 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生细集料质量技术指标应符合表 4.3.3-2 的规定，并应符合下列规定：

- 1) 用于道路预制混凝土构件类的建筑垃圾再生集料按性能要求可分为 A 级、B 级。
- 2) A 级可用于 C40 以下强度等级混凝土的配制。
- 3) B 级可用于 C25 及 C25 以下强度等级混凝土的配制。

**表 4.3.3-2 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生细集料质量技术要求**

项目		A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥2450	≥2350	GB/T 14684
堆积密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥1350	≥1300	
空隙率 (%)		<46	<48	
轻质杂物含量 (%)		≤0.1	≤0.1	目测挑拣称重
微粉含量 <sup>a</sup> (%)	亚甲蓝 (MB) 值<1.40 或合格	<5.0	<7.0	GB/T 14684
	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	
坚固性 (饱和硫酸钠溶液中质量损失) (%)		<8.0	<10.0	
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%		

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

注：<sup>a</sup>微粉含量按现行《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685)中规定的含泥量试验方法执行。

#### 条文说明

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C40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，本规范建议道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生集料适用于C40以下强度等级的混凝土工程。

本规范道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生细集料A级与B级技术要求分别参照现行《混凝土和砂浆用再生细骨料》(GB/T 25176)条文规定中的I类与II类标准，其中亚甲蓝(MB)用于确定再生细集料中粒径小于75μm的颗粒中高岭土含量的指标。

### 4.4 建筑垃圾再生集料检验

#### 4.4.1 建筑垃圾再生集料检验应满足下列要求：

- 1 生产商应按照建筑垃圾再生粗集料技术要求对每批产品进行出厂检验。
- 2 在有以下情况时，需进行型式检验：
  - 1) 新产品投产或产品定型检定时；
  - 2) 生产工艺发生变化时；
  - 3) 加工料源或种类发生较大变化时；
  - 4) 正常生产时每年至少一次；
  - 5) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
  - 6) 停产六个月以上恢复生产时；
  - 7) 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

4.4.2 按类别、规格及日产量确定批次：日产量超过2000t，每1000t为一批，不足1000t亦为一批；日产量在2000t及2000t以下，每600t为一批，不足600t亦为一批；对于建筑垃圾来源相同，日产量不足600t的可以连续生产不超过3天且不大于600t为一检验批。

#### 4.4.3 建筑垃圾再生集料判定合格应符合下列规定：

- 1 检验(含复检)后，各项指标都符合本标准的相应类别规定时，可判为合格品。
- 2 若有一项性能指标不符合本标准要求时。则应从同一批产品中加倍取样，对不符合要求的项目进行复检，复检结果符合本标准者，判定为合格品。复检结果仍不符合本标准者，则判定为不合格品。

### 4.5 建筑垃圾再生集料标志、运输和储存

#### 4.5.1 建筑垃圾再生集料出厂标志应符合下列规定：

- 1 建筑垃圾再生粗集料的名称、类别、规格和生产厂信息(厂名、地址、电话等)；
- 2 批量编号及供货数量；
- 3 检验结果、日期、执行标准；
- 4 检验部门及检验人员签章；
- 5 注意事项等。

4.5.2 建筑垃圾再生集料运输时应认真清扫车、船等运输设备，并采取措施防止混入杂物，防止粉尘飞扬。

4.5.3 建筑垃圾再生粗集料堆放高度宜在5.0m以下，应按类别、规格分别存放，防止人为混料和产品污染。

## 5 再生集料路面基层（薛丹璇）+ATB

### 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)、《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)、《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321)及《城镇道路路面设计规范》(CJJ 169)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，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。

**5.1.3** 无机结合料稳定建筑垃圾再生集料基层掺配率应符合表 5.1.3 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 5.1.3 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	石灰粉煤灰稳定类
基层	高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	≤50	≤50
	二级及二级以下公路 (次干路、支路)	≤70	≤60
底基层	高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	≤80	≤70
	二级及二级以下公路 (次干路、支路)	≤90	≤80

**5.1.4** 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。

**5.1.5** 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。

#### 条文说明

建筑垃圾再生集料相较于天然集料强度偏低，在掺配时，最大档材料(20~30mm)通常用天然集料，以形成较高强度的骨架；故掺配时，优先选取工程粒径 5~10mm，10~20mm 两档建筑垃圾再生集料进行掺配，保证基层强度和耐久性。

**5.1.6** 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。

#### 条文说明

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率。

## 5.2 水泥稳定建筑垃圾再生集料路面基层

**5.2.1** 水泥稳定再生集料路面基层材料应符合下列规定：

1 路面基层、底基层用再生粗集料规格要求应符合表 5.2.1-1 规定。

**表 5.2.1-1 基层、底基层用再生粗集料规格要求**

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
20~30	100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	-	19~31.5
10~20	-	-	100	90~100	-	0~10	0~5	-	9.5~19
5~10	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

#### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)中粗集料规格要求,建筑垃圾再生集料用于道路基层、底基层主要替换部分石料,其工程粒径规格不建议过多,参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)相关规定,推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成,可以参考执行。

2 路面基层、底基层用再生粗集料质量技术指标应符合表 5.2.1-2,并应符合下列规定:

1) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)基层时,质量技术指标应符合表 5.2.1-2 中 A 级的规定。

2) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)底基层、二级及二级以下公路(城市次干路、支路)基层时,质量技术指标应符合表 5.2.1-2 中 A 级或 B 级的规定。

3) 用于二级及二级以下公路(城市次干路、支路)底基层时,质量技术指标应符合表 5.2.1-2 中 A 级、B 级或 C 级的规定。

**表 5.2.1-2 基层、底基层用再生粗集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
压碎值 (%)	≤30	≤35	≤40	T 0316
针片状颗粒含量 (%)	≤18	≤20	≤20	T 0312
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤1.2	≤2.0	≤5.0	T 0310
轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321-2021)附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)	≥40	≥35	≥30	

**条文说明**

建筑垃圾再生粗集料的针片状颗粒含量、小于 0.075mm 含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)关于粗集料的相关要求;建筑垃圾再生粗集料的压碎值、轻质杂物含量、再生混凝土颗粒含量以及建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

3 路面基层、底基层用再生细集料规格应符合表 5.2.1-3 的规定。

**表 5.2.1-3 基层、底基层用再生细集料规格要求**

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)				
	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
0~5	100	90~100	-	-	0~20

**条文说明**

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)中细集料规格要求,建筑垃圾再生集料用于公路基层主要替换部分石料,其工程粒径规格不建议过多,参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)相关规定,推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成,可以参考执行。

4 路面基层、底基层用再生细集料质量技术指标应符合表 5.2.1-4 的规定。

1) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)基层时,质量技术指标应符合表 5.2.1-4 中 A 级的规定。

2) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)底基层、二级及二级以下公路(城市次干路、支路)基层时,质量技术指标应符合表 5.2.1-4 中 A 级或 B 级的规定。

3) 用于二级及二级以下公路(城市次干路、支路)底基层时,质量技术指标应符合表 5.2.1-4 中 A 级、B 级或 C 级的规定。

**表 5.2.1-4 基层、底基层用再生细集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17			T 0118
砂当量 (%)	≥40			T 0334
有机质含量 (%)	<2.0			T 0336

硫酸盐含量 (%)	≤0.25		-	T 0341
泥块含量 (%)	≤2.0	≤3.0	-	T 0335

#### 条文说明

建筑垃圾再生细集料的塑性指数、有机质含量、硫酸盐含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 关于细集料的相关要求; 建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

5 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥均可用于拌制水泥稳定再生材料, 宜采用标号 32.5 或 42.5 的水泥。快硬、早强和受潮变质水泥不得使用, 水泥指标应符合表 5.2.1-5 的规定, 其中初凝时间不得小于 3h、终凝时间宜在 6h 以上。

**表 5.2.1-5 水泥稳定再生材料基层和底基层用水泥质量要求**

技术指标		技术要求	
		32.5	42.5
细度 (%)		≤10	
凝结时间 (min)	初凝	>180	
	终凝	>360, <600	
安定性 (饼) 法		无裂纹无弯曲	
3d胶砂强度 (MPa)	抗折	≥2.5	≥3.5
	抗压	≥10.0	≥17.0
28d胶砂强度 (MPa)	抗折	≥5.5	≥6.5
	抗压	≥32.5	≥42.5

6 凡是饮用水 (含牲畜饮用水) 均可用于水泥稳定再生材料基层和底基层施工。

#### 5.2.2 水泥稳定再生集料路面基层设计应符合下列规定:

1 水泥稳定再生材料配合比设计内容为: 根据规定的建筑垃圾再生材料和混合料指标要求, 通过试验选取合适的再生粗、细集料、常规集料和水泥, 确定合理的集料配合比例、水泥剂量、混合料的最佳含水量和最大干密度。

2 水泥稳定再生材料的最大干密度和最佳含水率宜采用振动压实试验方法确定, 也可采用重型击实方法确定。

3 水泥稳定再生材料的水泥剂量一般为 3.0%~5.0%, 当强度达不到设计要求时应调整级配或更换料源, 水泥的最大剂量不应超过 5.5%。

#### 条文说明

参考《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 表 4.6.5 的推荐值, 结合工程实践经验确定。

4 水泥稳定再生材料必须达到对应层位的强度要求, 具有足够的强度和稳定性、较小的收缩 (温缩及干缩) 变形和较强的抗冲刷能力, 且应具有良好的施工和易性。

5 水泥稳定再生材料适用于各级公路的基层、底基层。

6 水泥稳定再生材料的级配设计应符合表 5.2.2-1 中的级配范围, 并控制 9.5mm、4.75mm、2.36mm 筛孔的通过率接近级配范围中值。

**表 5.2.2-1 水泥稳定再生材料级配范围要求**

公路等级	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)						
	31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	100	56~70	35~46	28~36	15~25	8~16	3~6
二级公路及二级以下公路 (次干路、支路)	100	65~80	45~60	30~50	19~36	8~19	2~7

#### 条文说明

参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321)表 6.3.1, 基层、底基层采用同级配。

7 用于基层、底基层的水泥稳定再生材料压实度和强度应符合表 5.2.2-2 的规定。

**表 5.2.2-2 水泥稳定再生材料压实度和强度技术要求**

结构层	道路等级	压实度 (%)	7d无侧限抗压强度/MPa	
			重型击实法	振动成型法
基层	高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	≥98	4.0~6.0	6.0~8.0
	二级及二级以下公路 (城市次干路、支路)	≥97	3.0~5.0	4.0~6.0
底基层	高速公路和一级公路 (城市快速路、主干路)	≥97	2.5~4.5	5.0~7.0
	二级及二级以下公路	≥95	2.0~4.0	3.0~5.0

### 条文说明

参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321)表 6.3.2 的技术要求, 城市道路参照执行。

8 水泥稳定再生材料配合比设计按无侧限抗压强度试验方法确定满足设计要求的配合比。

#### 5.2.3 水泥稳定再生集料路面基层施工应符合下列规定:

1 水泥稳定再生材料基层施工期的日最低气温应在 5°C 以上。

2 降雨时应停止施工, 已经摊铺的水泥稳定再生材料基层混合料应尽快碾压密实并采取覆盖措施。

3 应严格控制路面各结构层厚度和高程, 其路拱横坡应符合设计要求。采用流水作业法施工。

4 为保证水泥稳定再生材料基层边缘压实度, 应采用立模法或培土法施工, 且应有一定超宽。

5 应采用较大吨位的单钢轮振动压路机和轮胎压路机组合的方式进行碾压。单层压实厚度宜为 150mm~200mm。

6 水泥稳定再生材料基层施工结束后, 应尽快进行覆盖、洒水、养生。

7 施工准备应符合下列规定:

1) 底基层施工前, 应进行路基外形质量和弯沉检查。检查内容包括: 高程、中线偏位、宽度、横坡度和平整度。

2) 每一层基层施工前, 应检查下承层施工质量(包括高程、中线偏位、宽度、横坡度、平整度、反射裂缝、弯沉等), 外观检查中, 有松散、严重离析等路段, 应进行返工处理。对于裂缝应作相应封闭处理, 裂缝严重路段应作返工处理。

3) 清除下承层表面的浮土、积水等, 将作业面表面洒水湿润。

4) 开始摊铺的前一天要进行测量放样, 按摊铺机宽度与传感器间距, 一般在直线上间隔为 10m, 在平曲线(匝道)上为 5m 做出标记, 并打设好厚度控制线支架, 根据松铺系数算出松铺厚度, 决定控制线高度, 挂好控制线。用于摊铺机摊铺厚度控制线钢丝的拉力应不小于 800N。

5) 施工前应对施工机具进行全面检查、维修、调试, 以保证设备处于良好的状态。

8 混合料的拌和应符合下列规定:

1) 水泥稳定再生材料混合料必须采用中心拌和厂(站)集中拌制。开始拌和前, 拌和站的备料应至少能满足 3d~5d 的摊铺用料。总拌和能力满足施工进度要求, 单机生产能力一般不宜小于 400t/h。

2) 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。混合料拌和要均匀, 水泥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%, 使混合料运到现场碾压时的含水量不小于最佳含水量。

3) 拌和现场应随时监测拌和时的水泥剂量、含水量和再生集料的配比, 发现异常及时调整或停止生产, 水泥剂量和含水量应按要求的频率检查并做好记录。

4) 拌和机出料不允许采取自由跌落式的落地成堆、装载机装料运输的办法。必须配备带活门漏斗的料仓, 成品混合料先装入料仓内, 由漏斗出料装车运输, 装车时车辆应前后移动, 分三次装料, 避免混合料离析。

5) 施工过程中应加强对拌和设备计量装置、检测仪器等设备的检查、维护, 以保证拌和设备 and 检测仪器在正常状态下运行。

### 条文说明

由于建筑垃圾再生集料的吸水量较常规集料大，为保证水泥稳定建筑垃圾再生集料基层施工质量，宜洒水闷料6~12h，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%。

**9 混合料的运输应符合下列规定：**

1) 在水泥稳定再生材料运达工地之前，应对工地具体摊铺位置、运输路线、运距和运输时间、施工条件、摊铺能力以及所需混合料的数量等作详细核对，确定满足施工进度要求的运料车吨位和数量。运料车的运力应足够，施工过程中摊铺机前方应有不少于5辆运料车等候待卸。

2) 从拌和机成品料斗向运料车上装料时，应按“前、后、中”的顺序多次挪动运料车位置，平衡装料，减少混合料离析。混合料在运输过程中必须采取苫盖措施保持含水量稳定。

3) 运输车向摊铺机接料斗卸料时，车箱中线与料斗中线应对准，使车箱两侧与料斗边缘距离一致；运料车先停于摊铺机前10cm~30cm处挂空挡，由摊铺机前行推动车轮时开始卸料，避免撞击摊铺机。整个卸料过程，应有专人负责指挥。

4) 应尽快将拌成的混合料运送到铺筑现场。如运输车辆中途出现故障，必须立即以最短时间排除；当车内水泥稳定再生材料不能在水泥初凝时间内运到工地摊铺压实时，必须予以废弃。

**10 混合料的摊铺应符合下列规定：**

1) 根据路面基层的宽度、厚度，选用合适的摊铺机械数量。有条件的施工单位宜采用大宽度单机摊铺方式；当采用多机联铺时，应采取以下措施减少在摊铺过程中混合料的离析：

①摊铺水泥稳定再生材料混合料前，摊铺机螺旋布料器料槽前挡板下应加设挡料橡胶板，减少摊铺过程中混合料的上下离析。

②应缩短前后摊铺机之间的距离（以4m~6m为宜），减少含水量离析；应减小与相邻摊铺机摊铺混合料的搭接宽度，减少纵向离析。

③摊铺水泥稳定再生材料混合料时，螺旋布料器应将混合料布满料槽，减小摊铺混合料的横向离析。

2) 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度，减少混合料的离析。摊铺速度宜控制在1m/min~1.5m/min的范围内。在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象，特别是局部粗集料“窝”、粗集料“带”和含水量超限点应及时铲除，补以新拌的均匀混合料。

3) 摊铺机外侧采用钢丝绳引导的高程控制方式，摊铺机内侧分别采用架设钢梁或雪橇式控制基层摊铺厚度。钢丝绳必须张拉平顺，铺料时，严禁人为对基准钢丝绳干扰，造成摊铺出的水泥稳定再生材料忽高忽低。

4) 水泥稳定再生材料基层的松铺系数和初始压实度由试验段确定，摊铺过程中应随时检查松铺厚度和初始压实度。当此两项参数达不到试验段确定值时，应及时调整摊铺机控制参数，保证松铺厚度和初始压实度均匀、稳定。

5) 摊铺时应合理的选择摊铺机的振幅和振动频率，切实保证混合料的压实度和平整度。

**11 混合料的碾压应符合下列规定：**

1) 压实成型的水泥稳定再生材料基层压实度应符合表5.2.2-2的要求。

2) 碾压程序和碾压遍数应根据混合料级配类型、压路机、气温、层厚等情况经试压确定。在不产生严重推移和反弹的前提下，初压、复压、终压都应在较高的含水量下和水泥初凝时间内进行。同时不得在水泥终凝时间后作反复碾压，使石料棱角磨损、压碎，破坏集料嵌挤。水泥稳定再生材料碾压宜按照表5.2.3-1进行，每遍重叠1/2轮宽。碾压作业结束前，如有局部晒干和风干迹象，影响压实时应及时采用喷雾形式补水。

**表 5.2.3-1 碾压方案**

碾压阶段	压路机型号	数量	碾压速度 m/min	碾压方式	碾压遍数
初压	26t以上胶轮压路机	不少于2台	25-27	前静后振	1-2
复压	20t以上钢轮压路机	不少于3台	30-37	先弱振1遍、强振4遍、后弱振1遍	不少于6
终压	26t以上胶轮压路机 或钢轮压路机	不少于1台	25-27	静压	1-2

3) 为保证水泥稳定再生材料基层边缘压实度，要求在基层边缘进行方木或型钢模板支撑，且应有一定超宽（碾压到边缘30cm范围，以10cm/次向外推进）。

4) 碾压过程中应快速检测压实度，压实不足应尽快补压，自检时压实度应按提高一个百分点控制。

5) 采用三米直尺跟踪检测平整度，发现异常马上处理，严禁采用薄层补贴的办法进行找平。

**12 接缝应符合下列规定：**

1) 水泥稳定再生材料基层的施工必须接缝紧密、连接平顺,不得产生明显的接缝离析。上下基层的纵缝应错开 50cm 以上。相邻两幅及上下基层的横向接缝应错开 1m 以上。接缝施工应用 3m 直尺检查,确保平整度符合要求。

2) 水泥稳定再生材料基层施工应避免设置纵向接缝。当对于路面加宽段及港湾式停车带等不能同步摊铺而必须设置纵向接缝时,纵向接缝部位的施工应符合下列要求:

①在允许延迟时间内可以完成后续摊铺时,将前面已铺部分留下 20cm~30cm 宽暂不碾压,作为后续部分的基准面,后续摊铺机摊铺后做跨缝碾压以消除轮迹。

②当不能在允许延迟时间内完成后续摊铺而产生纵向接缝时,宜采用加设挡板方式,挡板的高度与基层压实厚度相同;但不宜在养护后采用切割机作纵向切缝。养生结束后,在加铺后续部分之前,拆除挡板;并应在接茬立面上涂刷少量水泥净浆,重叠在已铺层上 5cm~10cm,再铲走铺在已铺层上面的混合料,碾压时由边向中碾压留下 20cm~30cm,再跨缝挤紧碾压密实。或者先在已压实路面上行走碾压新铺层 30cm 左右,然后压实新铺部分。

3) 当一个工作日结束、两个相连作业段连接或摊铺途中其他情况造成的停机均会形成横向接缝。水泥稳定再生材料基层的横向接缝宜采用垂直的平接缝,不宜采用自然碾压接缝或阶梯型接缝。横向接缝部位的施工应符合下列要求:

①因故中断超过 2h,在当天可继续施工时,将前面已铺部分用人工垂直刨除端部厚度不足的部分,使工作缝成直角连接。铺筑新混合料后,铲除在已铺层上的混合料,压路机先进行横向碾压,再纵向碾压成为一体,充分压实,连接平顺。

②当第二天可继续施工,或因天气及其他原因不能确定后续施工时间时,均应在第二天将前面已铺部分用人工垂直刨除端部厚度不足的部分,使工作缝成直角连接。铺筑新混合料前,应在接茬立面上涂刷少量水泥净浆,铺筑新混合料后,铲除在已铺层上的混合料,压路机先进行横向碾压,再纵向碾压成为一体,充分压实,连接平顺。

**13 养生及交通管制应符合下列规定:**

1) 每一段碾压完成以后应立即进行质量检查,并开始养生。

2) 养生宜采用透水土工布覆盖→洒水→薄膜覆盖的养生方法。用洒水车洒水养生时,洒水车的喷头应采用喷雾式,不得用高压式喷管,以免破坏基层结构,整个养生期间应始终保持基层表面湿润。

3) 水泥稳定再生材料基层(底基层)养生期不应少于 7d。

4) 在养生期间应采取硬隔离措施封闭交通,严格禁止施工车辆通行。

5) 养护完成的基层(底基层)上禁止一切超载车辆通行,同时应采取措施避免车辆集中快速行使,保护基层(底基层)骨料不受破坏。

**5.2.4 水泥稳定再生集料路面基层施工质量管理与验收应符合下列规定:**

**1** 施工质量管理与验收应包括原材料及再生集料检验、混合料检验、施工过程中的质量检查验收等方面。

**2** 工地试验室应能进行所用基层材料的各项试验,还应具备进行现场压实度、平整度和完整性等检查的能力。

**3** 所有与工程建设有关的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格,必须如实记录和保存。对已经采取措施进行返工和补救的项目,可在原记录和数据上注明,但不得销毁。

**4** 施工单位在施工过程中应随时对施工质量进行自检。

**5** 水泥稳定再生材料混合料生产过程中,原材料在按批检验合格的基础上应按表 5.2.4-1 规定的检查项目与频度进行抽样试验,其质量应符合本规范规定的技术要求。未列入表中的材料的检查项目和频度,按材料质量要求确定。

**表 5.2.4-1 施工过程中原材料质量检查的项目与频度**

材料	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法
再生粗集料	含水率	每天拌和前测2个样品,发现异常时,随时检测。	5%-8%	T0801/T0803
	级配		符合表5.2.1-1的要求	T0303
	杂物含量	使用前测2个样品,使用过程中每2000m <sup>2</sup> 测2个样品,批次发生变化时测2个样品,发生	符合表5.2.1-2的要求	目测挑拣称重
	压碎值			T0316

	针片状颗粒含量	异常时，随时检测。		T0312
	0.075mm以下粉尘含量			T0310
	软石含量			T0320
再生 细 集 料	含水率	每天拌和前测2个样品，发现异常时，随时检测。	5%-8%	T0801/T0803
	级配		符合表5.2.1-3的要求	T0327
	0.075mm以下材料的塑性指数	使用前测2个样品，使用过程中每2000m <sup>2</sup> 测2个样品，批次发生变化时测2个样品，发生异常时，随时检测。	符合表5.2.1-4的要求	T0118
	有机质含量			T0336
	硫酸盐含量/%			T0341
水 泥	强度等级	材料组成设计时测2个样品，批次发生变化时测2个样品。	符合表5.2.1-5的要求	GB/T17671
	初、终凝时间			GB/T1346
	安定性			GB/T1346

6 水泥稳定再生材料混合料应按表 5.2.4-2 规定的检查项目与频度进行抽样试验，其质量应符合本规范规定的技术要求。

**表 5.2.4-2 施工过程中混合料质量检查的项目与频度**

序号	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法
1	级配	每2000m <sup>2</sup> 检测1次，异常时随时检测	符合表5.2.2-1的要求	T0302
2	含水率		>最佳含水率0.5%-1%	T0801
3	水泥剂量	每2000m <sup>2</sup> 检测1次，至少6个样品	>设计水泥剂量0%-0.5%	T0809
4	最大干密度	每个工日	---	T0804/ T0842
5	拌合均匀性	随时检测	色泽均匀，无离析现象	目测

7 水泥稳定再生材料基层铺筑过程中应随时对铺筑质量进行检查，质量检查的内容、频度见表 5.2.4-3。

**表 5.2.4-3 施工质量检查的项目与频度**

材料	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法
施工质量	压实度	每2000m <sup>2</sup> 检测6次以上	符合表5.2.2-2的要求	T0921
	7d无侧限抗压强度	每2000m <sup>2</sup> 检测1组，9-13个试件	符合表5.2.2-2的要求	T0805

8 水泥稳定再生材料基层和底基层交工验收阶段质量检查与验收应按照《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》（JTG F80/1）中的要求进行质量检验评定。

### 5.3 石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料路面基层

5.3.1 石灰粉煤灰稳定再生集料路面基层材料应符合下列规定：

1 路面基层、底基层用再生粗集料规格要求应符合表 5.3.1-1 规定。

**表 5.3.1-1 基层、底基层用再生粗集料规格要求**

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
20~30	100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	-	19~31.5

10~20	-	-	100	90~100	-	0~10	0~5	-	9.5~19
5~10	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

#### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)中粗集料规格要求,建筑垃圾再生集料用于道路基层、底基层主要替换部分石料,其工程粒径规格不建议过多,参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)相关规定,推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成,可以参考执行。

2 路面基层、底基层用再生粗集料质量技术指标应符合表 5.3.1-2,并应符合下列规定:

1) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)基层时,质量技术指标应符合表 5.3.1-2 中 A 级的规定。

2) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)底基层、二级及二级以下公路(城市次干路、支路)基层时,质量技术指标应符合表 5.3.1-2 中 A 级或 B 级的规定。

3) 用于二级及二级以下公路(城市次干路、支路)底基层时,质量技术指标应符合表 5.3.1-2 中 A 级、B 级或 C 级的规定。

**表 5.3.1-2 基层、底基层用再生粗集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
压碎值 (%)	≤30	≤35	≤40	T 0316
针片状颗粒含量 (%)	≤18	≤20	≤20	T 0312
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤1.2	≤2.0	≤5.0	T 0310
轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321-2021)附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)	≥40	≥35	≥30	

#### 条文说明

建筑垃圾再生粗集料的针片状颗粒含量、小于 0.075mm 含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)关于粗集料的相关要求;建筑垃圾再生粗集料的压碎值、轻质杂物含量、再生混凝土颗粒含量以及建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

3 路面基层、底基层用再生细集料规格应符合表 5.3.1-3 的规定。

**表 5.3.1-3 路面基层、底基层用再生细集料规格要求**

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)				
	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
0~5	100	90~100	-	-	0~20

#### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)中细集料规格要求,建筑垃圾再生集料用于公路基层主要替换部分石料,其工程粒径规格不建议过多,参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)相关规定,推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成,可以参考执行。

4 路面基层、底基层用再生细集料质量技术指标应符合表 5.3.1-4 的规定。

1) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)基层时,质量技术指标应符合表 5.3.1-4 中 A 级的规定。

2) 用于高速公路、一级公路(城市快速路、主干路)底基层、二级及二级以下公路(城市次干路、支路)基层时,质量技术指标应符合表 5.3.1-4 中 A 级或 B 级的规定。

3) 用于二级及二级以下公路(城市次干路、支路)底基层时,质量技术指标应符合表 5.3.1-4 中 A 级、B 级或 C 级的规定。

**表 5.3.1-4 基层、底基层用再生细集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法

0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17			T 0118
砂当量 (%)	≥40			T 0334
有机质含量 (%)	<2.0			T 0336
硫酸盐含量 (%)	≤0.25		-	T 0341
泥块含量 (%)	≤2.0	≤3.0	-	T 0335

**条文说明**

建筑垃圾再生细集料的塑性指数、有机质含量、硫酸盐含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 关于细集料的相关要求; 建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

5 凡是饮用水(含牲畜饮用水)均可用于水泥稳定再生材料基层和底基层施工。

**5.3.2 石灰粉煤灰稳定再生集料路面基层设计应符合下列规定:**

- 1 石灰粉煤灰稳定再生材料的最大干密度和最佳含水率宜采用振动压实试验方法确定。
- 2 石灰粉煤灰稳定再生材料中石灰与粉煤灰的比例为 1:2~1:4, 石灰粉煤灰与再生材料的比例为 20:80~15:85。

**条文说明**

现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 表 4.2.7 的技术要求, 结合工程实践经验确定。

3 石灰粉煤灰稳定再生材料的级配设计应符合表 5.3.2-1 中的级配范围, 并控制 9.5mm、4.75mm、2.36mm 筛孔的通过率接近级配范围中值。

**表 5.3.2-1 石灰粉煤灰稳定再生材料级配范围要求**

公路等级	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
	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 (城市快速路、主干路)	-	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 (次干路、支路)	100	90~100	73~87	58~75	47~66	30~50	19~36	8~19	2~7

**条文说明**

参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321) 表 6.5.1, 基层、底基层采用相同级配。

7 用于基层、底基层的石灰粉煤灰稳定再生材料强度应符合表 5.3.2-2 和 5.3.2-3 的规定。

**表 5.3.2-2 公路石灰粉煤灰稳定再生材料强度技术要求**

结构层	公路等级	压实度 (%)	7d无侧限抗压强度/MPa	
			重型击实法	振动成型法
基层	高速公路和一级公路 (城市快速路、主干路)	≥98	≥1.0	≥1.1
	二级及二级以下公路 (次干路、支路)	≥97	≥0.8	≥0.9
底基层	高速公路和一级公路 (城市快速路、主干路)	≥97	≥0.7	≥0.8
	二级及二级以下公路 (次干路、支路)	≥95	≥0.6	≥0.7

**条文说明**

参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321) 表 6.5.2, 城市道路参照执行。

**5.3.3 石灰粉煤灰稳定再生集料路面基层施工应符合下列规定:**

1 施工前, 应对下承层表面的浮土人工铲除, 并洒水润湿, 用钢轮压路机进行碾压。并对下承层进行检查验收, 所检指标应符合《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》(JTG F80/1) 的要求。

2 正式开工之前, 应铺筑不小于 200m 的试验段, 确定施工工艺和质量控制要求。

3 混合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。混合料拌和要均匀,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%,使混合料运到现场碾压时的含水量不小于最佳含水量。

2) 拌和设备应根据备料档数配备冷料仓,建筑垃圾宜单独配备不少于 2 个冷料仓。

3) 料仓应安装电子秤,其精度应达到±0.5%。石灰粉煤灰稳定再生材料拌和设备的产量宜大于 500t/h。

#### 条文说明

由于建筑垃圾再生集料的吸水量较常规集料大,为保证石灰粉煤灰稳定建筑垃圾再生集料基层施工质量,宜洒水闷料 6~12h,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%。

#### 4 混合料的运输应符合下列规定:

1) 每天开工前,检验运输车辆完好情况,装料前应将车厢清洗干净。

2) 装车时,运输车辆应前后移动,按“品”字形分多次装料。

3) 石灰粉煤灰稳定再生材料运输应采用帆布覆盖。

#### 5 混合料的摊铺应符合下列规定:

1) 摊铺速度宜控制在 1.0m/min~1.5m/min,防止运输车辆碰撞摊铺机。

2) 螺旋分料器应匀速不间断地旋转送料,且全部埋入混合料中。

3) 螺旋分料器转速应与摊铺速度相适应,两侧边缘料位应充足。

4) 摊铺机必须开启振动器和夯锤,确保初始压实度不小于 85%。

#### 6 混合料的碾压应符合下列规定:

1) 压实成型的石灰粉煤灰稳定再生材料基层压实度应符合表 5.3.2-2 的要求。

2) 石灰粉煤灰稳定再生材料宜按照表 5.3.3-2 的方案碾压,每遍重叠 1/2 轮宽。碾压作业结束前,

如有局部晒干和风干迹象,影响压实时应及时采用喷雾形式补水。

表 5.3.3-2 碾压方案

碾压阶段	压路机型号	数量	碾压速度 m/min	碾压方式	碾压遍数
初压	26t以上胶轮压路机	不少于2台	25-27	前静后振	1-2
复压	20t以上钢轮压路机	不少于3台	30-37	先弱振1遍、强振4遍、后弱振1遍	不少于6
终压	26t以上胶轮压路机或钢轮压路机	不少于1台	25-27	静压	1-2

#### 7 混合料的养生与交通管制应符合下列规定:

1) 碾压完毕且平整度、压实度、厚度等检查合格后,底基层和基层表面应即刻覆盖透水无纺土工布并洒水养生。土工布之间搭接不小于 50cm,两侧下搭不小于 50cm。

2) 养生期宜不少于 7 天,养生期宜延长至上层结构开始施工的前 2d。

3) 土工布覆盖养生期间,除洒水车外严禁其他车辆通行,洒水车速度不应超过 20km/h。

#### 5.3.4 石灰粉煤灰稳定再生集料路面基层施工质量管理与验收应符合下列规定:

1 施工质量管理与验收应包括原材料及再生材料检验、混合料检验、施工过程中的质量检查验收等方面。

2 工地试验室应能进行所用基层材料的各项试验,还应具备进行现场压实度、平整度和完整性等检查的能力。

3 所有与工程建设有关的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格,必须如实记录和保存。对已经采取措施进行返工和补救的项目,可在原记录和数据上注明,但不得销毁。

#### 4 施工过程中质量管理与检查应符合下列规定:

1) 施工单位在施工过程中应随时对施工质量进行自检。

2) 石灰粉煤灰稳定再生材料混合料生产过程中,原材料在按批检验合格的基础上应按表 5.3.4-1 规定的检查项目与频度进行抽样试验,其质量应符合本规范规定的技术要求。未列入表中的材料的检查项目和频度,按材料质量要求确定。

表 5.3.4-1 施工过程中材料质量检查的项目与频度

材料	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法

再生粗集料	含水率	每天拌和前测2个样品, 发现异常时, 随时检测。	5%-8%	T0801/T0803
	级配		符合表5.3.1-1的要求	T0303
	杂物含量	使用前测2个样品, 使用过程中每2000m <sup>2</sup> 测2个样品, 批次发生变化时测2个样品, 发生异常时, 随时检测。	符合表5.3.1-2的要求	目测挑拣称重
	压碎值			T0316
	针片状颗粒含量			T0312
	0.075mm以下粉尘含量			T0310
	软石含量			T0320
再生细集料	含水率	每天拌和前测2个样品, 发现异常时, 随时检测。	5%-8%	T0801/T0803
	级配		符合表5.3.1-3的要求	T0327
	0.075mm以下材料的塑性指数	使用前测2个样品, 使用过程中每2000m <sup>2</sup> 测2个样品, 批次发生变化时测2个样品, 发生异常时, 随时检测。	符合表5.3.1-4的要求	T0118
	有机质含量			T0336
	硫酸盐含量/%			T0341

3) 石灰粉煤灰稳定再生材料混合料应按表 5.3.4-2 规定的检查项目与频度进行抽样试验, 其质量应符合本规范规定的技术要求。

**表 5.3.4-2 施工过程中混合料质量检查的项目与频度**

材料	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法
石灰粉煤灰稳定再生材料混合料	级配	每2000m <sup>2</sup> 检测1次, 异常时随时检测	符合表5.3.2-1的要求	T0302
	含水率		>最佳含水率0.5%-1%	T0801
	石灰剂量	每2000m <sup>2</sup> 检测1次, 至少6个样品	>设计石灰剂量0%-0.5%	T0809
	拌合均匀性	随时检测	色泽均匀, 无离析现象	目测

4) 石灰粉煤灰稳定再生材料基层铺筑过程中应随时对铺筑质量进行检查, 质量检查的内容、频度见表 5.3.4-3。

**表 5.3.4-3 施工质量检查的项目与频度**

材料	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法
施工质量	压实度	每2000m <sup>2</sup> 检测6次以上	符合表5.3.2-2的要求	T0921
	7d无侧限抗压强度	每2000m <sup>2</sup> 检测1组, 9-13个试件	符合表5.3.2-2的要求	T0805

5 石灰粉煤灰稳定再生材料基层和底基层交工验收阶段质量检查与验收应按照《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》(JTG F80/1) 中的要求进行质量检验评定。

## 5.4 级配建筑垃圾再生集料路面底基层

5.4.1 级配再生集料路面底基层材料应符合下列规定：

1 建筑垃圾再生级配碎石所用集料为建筑垃圾破碎加工后的再生材料，选择必须经过认真的料源调查，宜选用坚硬的、表面粗糙且有较好棱角性的材料，在质量符合使用要求的前提下，确定料源应尽可能就地取材。

2 建筑垃圾再生级配碎石使用的各种材料运至现场后必须按批取样进行质量检验，经检验合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替进场检验。4.75mm 以上规格集料每检验批不大于 1000m<sup>3</sup>，4.75mm 及以下规格集料每检验批不大于 300m<sup>3</sup>。

3 路面底基层用再生粗集料规格要求应符合表 5.4.1-1 规定。

表 5.4.1-1 底基层用再生粗集料规格要求

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
20~30	100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	-	19~31.5
10~20	-	-	100	90~100	-	0~10	0~5	-	9.5~19
5~10	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 中粗集料规格要求，建筑垃圾再生集料用于道路基层、底基层主要替换部分石料，其工程粒径规格不建议过多，参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 相关规定，推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成，可以参考执行。

4 路面底基层用再生粗集料质量技术指标应符合表 5.4.1-2 的规定。

表 5.4.1-2 底基层用再生粗集料质量技术要求

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
压碎值 (%)	≤30	≤35	≤40	T 0316
针片状颗粒含量 (%)	≤18	≤20	≤20	T 0312
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤1.2	≤2.0	≤5.0	T 0310
轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321-2021) 附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)	≥40	≥35	≥30	

### 条文说明

建筑垃圾再生粗集料的针片状颗粒含量、小于 0.075mm 含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 关于粗集料的相关要求；建筑垃圾再生粗集料的压碎值、轻质杂物含量、再生混凝土颗粒含量以及建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

5 建筑垃圾再生材料用作底基层时，公称最大粒径应不大于 37.5mm。

6 路面底基层用再生细集料规格应符合表 5.4.1-3 的规定。

表 5.4.1-3 底基层用再生细集料规格要求

粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)				
	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
0~5	100	90~100	-	-	0~20

### 条文说明

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)中细集料规格要求,建筑垃圾再生集料用于公路基层主要替换部分石料,其工程粒径规格不建议过多,参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)相关规定,推荐建筑垃圾再生集料颗粒组成,可以参考执行。

7 路面底基层用再生细集料质量技术指标应符合表 5.4.1-4 的规定。

**表 5.4.1-4 底基层用再生细集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	C 级	试验方法
0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17			T 0118
砂当量 (%)	≥40			T 0334
有机质含量 (%)	<2.0			T 0336
硫酸盐含量 (%)	≤0.25		-	T 0341
泥块含量 (%)	≤2.0	≤3.0	-	T 0335

**条文说明**

建筑垃圾再生细集料的塑性指数、有机质含量、硫酸盐含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)关于细集料的相关要求;建筑垃圾再生细集料的砂当量、泥块含量经室内试验测试确定。

8 再生粗、细集料应有适当的级配,且不应含有粘土块、有机物。

9 凡是饮用水(含牲畜饮用水)均可用于建筑垃圾再生级配碎石施工,遇到可疑水源,应委托有关部门化验鉴定。

**5.4.2 级配再生集料路面基层设计应符合下列规定:**

1 建筑垃圾再生级配碎石必须在对同类公路配合比设计和使用情况调查研究的基础上,充分借鉴成功的经验,选用符合要求的材料,进行配合比设计。

2 建筑垃圾再生级配碎石配合比设计内容包括:根据规定的材料和混合料指标要求,选取合适的集料和水、确定合理的集料配合比例、混合料的最佳含水量和最大干密度。

3 建筑垃圾再生级配碎石应具有足够的强度稳定性,保证具有良好的施工性能。

4 在建筑垃圾再生级配碎石柔性基层施工前,应取现场有代表性的原材料进行试验。

5 建筑垃圾再生级配碎石的集料级配设计应符合表 5.4.2-1 中的级配范围,并控制 9.5mm、4.75mm、2.36mm 筛孔的通过率接近级配范围中值。

**表 5.4.2-1 级配碎石混合料集料级配范围要求**

筛孔尺寸 (mm)		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	上限	100	100	85	72	64	54	38	27	18	14	11	9	5
	下限	100	95	71	60	54	44	28	17	12	8	5	3	0

**条文说明**

参考现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20),经室内试验测试确定。

6 建筑垃圾再生级配碎石配合比设计按振动压实成型试件的 CBR 强度确定满足设计要求的配合比,应符合表 5.4.2-2 的规定。

**表 5.4.2-2 建筑垃圾再生级配碎石混合料的 CBR 强度标准**

道路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
高速公路、一级公路、快速路、主干路	≥120	≥100	≥80
二级及二级以下公路、次干路、支路	≥100	≥80	≥60

**条文说明**

参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)表 4.8.1。

7 混合料的设计步骤包括以下内容:

- 1) 按照设计级配的材料组成分别将不同规格的粗细集料配制同一种混合料样品。
- 2) 按振动压实试验方法确定各混合料的最佳含水量和最大干密度。
- 3) 按最佳含水量和计算得的干密度，采用振动压实成型试验方法制备试件。进行 CBR 试验。剪切试验在必要时进行。作为平行试验的最少试件数量应满足表 5.4.2-3 的规定。

**表 5.4.2-3 最少试件数量 (个)**

偏差系数	<20%
试件数量	13

注：若偏差系数超过 20%，需要重新制备试件。

4) 根据设计要求的强度标准，选定振动压实试验方法确定的最佳含水量和计算所得的最大干密度共同作为配合比设计结果，形成配合比设计报告。

8 设计强度如达不到设计要求,应采取调整级配或更换料源等措施。

9 进行生产配合比调试时，应根据施工时的气候条件，通过试拌确定混合料拌制用水量。

**5.4.3 级配再生集料路面基层施工应符合下列规定：**

1 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层宜在春末和气温较高季节组织施工。施工期的日最低气温应在 5℃以上。

2 降雨时应停止施工，已经摊铺的建筑垃圾再生级配碎石应尽快碾压密实并采取覆盖措施。

3 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层施工时：

1) 应严格控制建筑垃圾再生级配碎石结构层厚度和高程，其路拱横坡应符合设计要求。采用流水作业法施工。

2) 为保证建筑垃圾再生级配碎石柔性基层边缘压实度，应采用立模法施工，且应有一定超宽。

3) 应采用较大吨位的单钢轮振动压路机和轮胎压路机组合的方式进行碾压。单层压实厚度宜为 15cm~20cm，应在混合料含水量大于最佳含水量的 2%~3% 时进行碾压，直到满足规定的压实度要求。

4) 碾压完成后即可铺筑上一层。

4 施工准备应符合下列规定：

1) 施工时应配备足够的拌和、运输、摊铺、压实等施工设备及配件，开工前做好保养、试机工作，尽量避免在施工期间发生有碍施工进度和质量故障。建筑垃圾再生级配碎石柔性基层施工的主要机械设备配备要求如下：

①根据摊铺进度，必须配置产量应不小于 600t/h 的拌和机，须配备振动搅拌设备，应保证其实际出料（生产量的 80%）能力超过实际摊铺能力的 10%~15%。拌和机性能保持良好。电子动态计量器应经计量部门进行计量标定后方可使用。不小于五个冷料仓，同时原材料料仓顶部应安装剔除超粒径石料或其他杂物的钢筋筛子。拌和设备应配备带活门漏斗的成品料仓。

②摊铺机根据路面底基层、基层的宽度、厚度，选用合适的摊铺机械。施工时应采用两台同型号的摊铺机梯队作业。

③压路机的吨位和台数必须与拌和设备及摊铺机生产能力相匹配，压路机配备不少于：2 台 22 以上单钢轮振动压路机，一台 26t 以上单钢轮振动压路机，配置 1 台 30t 以上胶轮压路机，配备 1 台 12t 以上的双钢轮振动压路机。

④自卸汽车、装载机、洒水车数量应与拌和设备、摊铺设备、压路机相匹配。

⑤各种施工机械宜有备用设备及配件，其数量至少应满足每个工点、每日连续正常生产及工期要求，以保证施工始终处于一个正常连续的作业状态，确保铺筑质量。

⑥施工前应对施工机具进行全面检查、维修、调试，以保证设备处于良好的状态。

2) 检测仪器配备要求如下：

①工地试验室应按表 5.4.3-1 配备检测仪器。

②开工前应对检测仪器等设备进行标定。

**表 5.4.3-1 工地试验室主要检测仪器配备标准**

检测室	仪器设备名称	数量	仪器规格		
			测量范围	分度值	准确度

集料室	电子天平	1台	0-5Kg	0.1g	0.1g
	标准筛	1套	/	/	/
	烘箱	2台	0-300°C	1°C	1°C
	游标卡尺	1台	0-150mm	/	/
	台称	1台	50Kg	/	/
无机结合料室	压力机(或路面材料强度试验仪)	1台	最大荷载不大于200kN		
	液压脱模器	1台	/		
	CBR 测定仪	3台	/		
	振动压实成型机	1台	/	/	
	电子秤	1台	0-15Kg	0.1g	0.1g
	电子天平	1台	0-4Kg	0.01g	0.01g
现场检测室	灌砂仪	2套	灌砂筒直径≥15cm		
	电子秤	2	0-30Kg	/	5g

3) 原材料储备: 拌和场必须备足各类原材料, 并确保能满足连续施工要求。

4) 拌和场地要求如下:

①拌和场地的设置应符合国家有关环境保护、消防、安全等规定;

②拌和场地与工地现场距离符合就近原则;

③拌和场地应具有完善的排水设施, 粗细集料必须分隔堆放, 细集料应采取雨棚遮盖措施, 料场及场内道路应作硬化处理, 严禁泥土污染。

5) 下承层处理要求如下:

①每一层基层施工前, 应检查下承层施工质量(高程、中线偏位、宽度、横坡度、平整度、反射裂缝、压实度、月沉降速率等)。下承层应满足相应的质量指标, 表面平整、坚实, 具有合适的路拱, 没有任何松散和软弱地点。松散、离析严重的路段, 必须进行返工处理。对于一般裂缝应作相应封闭处理, 裂缝严重路段必须作返工处理。

②准备下承层。下承层必须满足相应的质量指标, 表面应平整、坚实, 具有合适的路拱, 没有任何松散和软弱地点。施工前应保证下承层表面湿润。

③摊铺前进行测量放样, 为保证建筑垃圾再生级配碎石柔性基层边缘压实度, 各填筑层边缘各增加 5cm 宽度, 据此调整摊铺机宽度与传感器间距, 做出标记, 并打设好厚度控制线支架(一般在直线上间隔为 10m, 在平曲线(匝道)上为 5m), 根据松铺系数算出松铺厚度, 挂好高度控制线。用于摊铺机摊铺厚度控制线钢丝的拉力应不小于 800N。

**5 混合料的拌和应符合下列规定:**

1) 建筑垃圾再生级配碎石必须采用中心拌和厂(站)集中拌和。

2) 拌和前, 应对拌和设备反复检试调整, 使混合料符合级配要求; 同时每天开始拌和前应作筛分试验, 如有问题及时调整, 全天拌和料应按摊铺面积和规范要求的检测频率进行抽检。当集料的颗粒组成发生变化时, 应重新调试设备。

3) 混合料拌和要均匀, 含水量要略大于最佳含水量 3%左右, 使混合料运到现场碾压时的含水量不小于最佳含水量。

4) 拌和现场应随时监测拌和时含水量和各种集料的配比, 发现异常要及时调整或停止生产含水量应按要求的频率检查并做好记录。

5) 施工过程中应加强对拌和设备计量装置、检测仪器等设备的检查、维护, 以便能及时发现问题出现的。对料仓过滤筛网应经常进行检查, 发现堵塞和破损现象应及时清理和更换, 以便更好地控制配合比。

**6 混合料的运输应符合下列规定:**

1) 在建筑垃圾再生级配碎石运达工地之前,应对工地具体摊铺位置、运输路线、运距和运输时间、施工条件、摊铺能力以及所需混合料的数量等作详细核对。

2) 建筑垃圾再生级配碎石宜采用较大吨位的运料车运输,车料合重不宜超过 45 吨。运料车的运力应稍有富余,施工过程中摊铺机前方应有若干运料车等候。

3) 运料车每次使用前后必须清扫干净。从拌和机向运料车上装料时,车辆应前后移动,分三次装料,以减少混合料离析。运料车运输混合料应用苫布覆盖。

4) 运料车进入摊铺现场时应保持轮胎洁净。建筑垃圾再生级配碎石在摊铺地点凭运料单接收。

5) 摊铺过程中运料车应在摊铺机前 10cm~30cm 处停住,空挡等候,由摊铺机推动前进开始缓缓卸料,避免撞击摊铺机。

#### 7 摊铺应符合下列规定:

1) 摊铺时,摊铺机前后相隔 5~10m 呈梯队式同步摊铺,两幅之间应有 5~10cm 左右的搭接宽度,并避开车道轮迹带。

2) 摊铺机行进速度要均匀,中途不得变速,其速度要与拌和机能力相适应,最大限度地保持匀速前进,摊铺不停顿、不间断,摊铺速度宜控制在 1~3m/min。在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象,特别是局部粗集料“窝”和含水量超限点应及时铲除,并用新拌混合料填补。

3) 摊铺机外侧采用钢丝绳引导的高程控制方式,摊铺机内侧分别采用架设钢梁或雪橇式控制基层摊铺厚度。钢丝绳必须张拉平顺,铺料时,严禁人为对基准钢丝绳干扰,造成摊铺出的建筑垃圾再生级配碎石忽高忽低。

4) 摊铺机的螺旋布料器应相应于摊铺速度调整到保持一个稳定的速度均衡地转动,摊铺机两侧料槽内应保持有不少于螺旋布料器 2/3 高度的混合料,以减少在摊铺过程中混合料的离析。摊铺机料槽前挡板下可加装挡料胶皮以避免上下离析。

5) 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层的松铺系数和初始压实度由试验段确定,摊铺过程中应随时检查松铺厚度和初始压实度。当此两项参数达不到试验段确定值时,应及时调整摊铺机控制参数,保证松铺厚度和初始压实度均匀、稳定。

6) 摊铺时应合理的选择摊铺机的振幅和振动频率,切实保证混合料的密实度和平整度。

#### 8 碾压应符合下列规定:

1) 施工时,每台摊铺机后面应紧跟振动压路机、轮胎压路机和双钢轮压路机进行碾压,一次碾压长度宜为 50m~80m。碾压段落应层次分明,设置明显的分界标志,有专人指挥。

2) 碾压程序和碾压遍数应通过试验路段确定。碾压必须遵循试验路段确定的程序与工艺,驱动轮朝向摊铺机方向,由路边向路中、先轻后重、低速行驶碾压的原则,避免出现推移、起皮和漏压的现象。压实时,遵循初压→轻振动碾压→重振动碾压→终压的程序,压至无轮迹为止。注意初压要充分,振压不起浪、不推移。碾压设备组合及程序如下:

①初压:采用钢轮振动压路机与轮胎压路机一前一后组合,同进同退,各静压 1 遍;

②轻振动碾压:采用钢轮振动压路机与轮胎压路机一前一后组合,同进同退,各碾压 1 遍;

③重振动碾压:重型振动压路机碾压不少于 6 遍;

④终压:双钢轮压路机静压不少于 1 遍,直至无明显轮迹。压路机碾压时应重叠 1/2 轮宽。

⑤碾压完成后用灌砂法检测压实度。

3) 压路机倒车应自然停车,无特殊情况,不许刹车;换挡要轻且平顺,不要拉动基层。在第一遍初步稳压时,倒车后应原路返回,换挡位置应在已压好的段落上,在未碾压的一端换挡倒车位置应错开成齿状,出现个别拥包时,应进行铲平处理。

4) 压路机碾压时的速度,第 1~2 遍为 1.5~1.7km/h,以后各遍应为 1.8~2.2km/h。压路机须增设限速装置。

5) 压路机停车要错开,相隔间距不小于 3m,应停在已碾压好的路段上。

6) 严禁压路机在刚完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

#### 9 养护及交通管制应符合下列规定:

1) 每一段碾压完成以后应立即进行质量检查。

2) 对于建筑垃圾再生级配碎石上下基层, 一般不需要养生。在铺筑上一层前, 建筑垃圾再生级配碎石基层上禁止一切超载车辆通行, 同时应采取避免车辆集中快速行使, 以保护建筑垃圾再生级配碎石柔性基层骨料不受破坏。

**5.4.4 级配再生集料路面基层质量管理与检查验收应符合下列规定:**

1 采用振动压实法施工的建筑垃圾再生级配碎石柔性基层应按本章质量管理与检查验收内容和要求执行。

2 质量管理包括所用材料与设备的检查、铺筑试验段、施工过程的质量管理和检查验收(工序间)。

3 应建立、健全工地试验, 质量检查及工序间的交接验收等项制度。试验、检验应做到原始记录齐全, 数据真实可靠。

4 工地试验室应能进行所用基层材料的各项试验, 还应具备进行现场压实度、平整度和完整性等检查的能力。

5 各个工序结束后, 均应进行检查验收。经检验合格后, 方可进行下一个工序。凡经检验不合格的段落, 必须进行处理, 使其达到要求。

6 施工前的材料与设备检查应符合下列规定:

1) 施工前必须检查各种材料的来源和质量。集料等重要材料, 供货单位应提交最新检测的质量证明材料。对首次使用的集料, 应检查生产单位的生产条件、加工机械、覆盖层的清理情况。所有材料都应按规定取样检测, 经质量认可后方可订货。

2) 各种材料都必须在施工前以“批”为单位进行检查, 不符合本规范技术要求材料不得进场。材料试验的取样数量和频度按规定进行。

3) 工程开始前, 必须对材料的存放场地、防雨和排水措施进行确认, 不符合本规范要求时材料不得进场。进场的各种材料的来源、品种、质量应与招标及提供的样品一致, 不符合要求的材料严禁使用。

4) 施工前应对建筑垃圾再生级配碎石拌和设备、摊铺机、压路机等各种施工机械和设备进行调试, 对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行认真检查, 并得到监理的认可。

5) 正式开工前, 各种原材料的试验结果, 及据此进行的配合比设计结果, 应在规定的期限内向业主及监理提出正式报告, 待取得正式认可后, 方可使用。

7 施工过程中的质量管理与检查应符合下列规定:

1) 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层施工必须在得到开工令后方可开工。

2) 施工单位在施工过程中应随时对施工质量进行自检。监理应按规定要求独立地进行试验, 并对承包商的试验结果进行认定, 如实评定质量, 计算合格率。当发现有质量低劣等异常情况时, 应立即追加检查。施工过程中无论是否已经返工补救, 所有数据均必须如实记录, 不得丢弃。

3) 建筑垃圾再生级配碎石生产过程中, 原材料在按批检验合格的基础上应按表 5.4.4-1 规定的检查项目与频度进行抽样试验, 其质量应符合本规范规定的技术要求。未列入表中的材料的检查项目和频度按材料质量要求确定。

**表 5.4.4-1 施工过程中原材料质量检查的项目与频度**

材料	检查项目	检查频度	质量要求	试验方法
再生粗集料	含水率	每天拌和前测2个样品, 发现异常时, 随时检测。	5%-8%	T0801/T0803
	级配		符合表5.4.1-1的要求	T0303
	杂物含量	使用前测2个样品, 使用过程中每2000m <sup>2</sup> 测2个样品, 批次发生变化时测2个样品, 发生异常时, 随时检测。	符合表5.4.1-2的要求	目测挑拣称重
	压碎值			T0316
	针片状颗粒含量			T0312
	0.075mm以下粉尘含量			T0310
软石含量			T0320	

再生细集料	含水率	每天拌和前测2个样品, 发现异常时, 随时检测。	5%-8%	T0801/T0803
	级配		符合表5.4.1-3的要求	T0327
	0.075mm以下材料的塑性指数	使用前测2个样品, 使用过程中每2000m <sup>2</sup> 测2个样品, 批次发生变化时测2个样品, 发生异常时, 随时检测。	符合表5.4.1-4的要求	T0118
	有机质含量			T0336
硫酸盐含量/%	T0341			

4) 建筑垃圾再生级配碎石拌和厂(站)必须按下列步骤对建筑垃圾再生级配碎石生产过程进行质量控制, 并按表 5.4.4-2 规定的项目和频度检查建筑垃圾再生级配碎石的质量, 如实计算合格率。单点检验评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验要求如下:

①从料堆和皮带运输机随时目测各种材料的质量和均匀性, 检查泥块及超粒径碎石, 检查料仓有无窜仓。目测混合料拌和是否均匀、含水量是否合理, 检查集料和混合料的离析情况。

②检查控制室拌和机各项参数的设定值、控制屏的显示值, 核对计算机采集和打印记录的数据与显示值是否一致。

③检查混合料拌和前后的矿料级配, 应至少检查 2.36mm、4.75mm、9.5mm、19mm 和公称最大粒径等 5 个筛孔的通过率。

④取样成型进行振动压实试验, 测定混合料最大干密度, 确定压实度标准。

5) 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层铺筑过程中必须随时对铺筑质量进行检查, 质量检查的内容、频度、允许差应符合表 5.4.4-3 的规定。

6) 施工厚度的检测按以下方法执行, 并相互校核, 当差值较大时通常以总量检验为准。要求如下:

①利用摊铺过程在线控制, 即不断地用插尺或其他工具插入摊铺层测量松铺厚度。

②利用拌和厂(站)建筑垃圾再生级配碎石总生产量与实际铺筑的面积计算平均厚度进行总量检验。

③压实度用灌砂法检测时, 通过量取在基层上挖坑的深度进行检验。

**表 5.4.4-2 建筑垃圾再生级配碎石混合料检查频度和质量要求**

项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、色泽、有无花白料、团块等现象	目测
矿料级配	大于4.75mm	每台拌和机每天1~2次, 以2个试样的平均值评定	±3%	现场筛分
	4.75mm筛孔		±3%	现场筛分
	2.36mm筛孔		±3%	现场筛分
	0.075mm筛孔		±2%	现场筛分
含水量		据观察, 异常时随时检测, 以3个试样的平均值评定	+0.0%~+2.0%	T0803

注: ①矿料级配的允许偏差以批准的配合比矿料级配为基准。

②施工中混合料强度试验必须按照多点取样的原则进行(每个试件所用材料不能混合), 并且成型试件时不做二次拌和, 试件上应标记取样日期、代表桩号区间。

**表 5.4.4-3 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层施工过程中外形尺寸检查频度和质量要求**

项目	检查频度	质量要求或允许偏差		试验方法
		基层	底基层	
外观	随时	表面平整密实、不得有明显轮迹、裂缝、推挤等缺陷, 且无明显离析		目测
接缝	逐条缝检测评定	5mm		T0931

压实度(%)	每工作班或每200m每车道2处	98	98	T0921
厚度(mm)	每工作班或每200m每车道1处	+5, -8	+5, -10	T0912
平整度(mm)	随时	8	12	T0931
宽度(mm)	每200米4处	符合设计要求		T0911
纵断高程(mm)	每200米4个断面	+5, -10	+5, -15	T0911
横坡(%)	每200米4个断面	±0.3		T0911

7) 建筑垃圾再生级配碎石柔性基层压实度采取重点对碾压工艺进行过程控制,并用灌砂法抽检压实度。要求如下:

①碾压工艺的控制包括压路机的配置(台数、吨位及机型)、排列和碾压方式、压路机与摊铺机的距离、碾压时混合料含水量、碾压速度、碾压段长度、调头方式等。

②碾压过程中宜采用挖坑灌砂法进行压实密度的过程控制,测点随机选择,与标准值比较。

8) 施工过程中应随时对基层进行外观检查,基层表面平整密实,无坑洼、无明显离析现象。确属施工质量差的,应予铣刨或局部挖补,返工重铺。

9) 施工过程中应随时用3m直尺检测接缝及与构造物的连接处平整度,正常路段的平整度可采用连续平整度仪测定。

10) 基层施工的关键工序或重要部位应拍摄照片或进行录像,作为实态记录及保存资料的一部分。

## 5.5 密级配沥青稳定建筑垃圾再生集料路面基层

5.5.1 级配再生集料路面底基层材料应符合下列规定:

1 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层可采用基质沥青或改性沥青。采用基质沥青时,A-70和A-90号石油沥青技术指标见表5.5.1-1。使用SBS改性沥青时,技术指标见表5.5.1-2。使用橡胶改性沥青和橡胶SBS复合改性时技术指标见表5.5.1-3。

表 5.5.1-1 道路石油沥青技术要求

试验指标	指标要求		试验方法	
	A-90	A-70		
针入度25°C、5s、100g/0.1mm	80~100	60~80	T 0604	
针入度指数PI	-1.5~+1.0			
软化点(R&B)/°C	≥44	≥45	T 0606	
60°C动力粘度/Pa·s	≥140	≥160	T 0620	
10°C延度/cm	≥30	≥25	T 0605	
15°C延度/cm	≥100			
蜡含量(蒸馏法)/%	≤2.2		T 0615	
闪点/°C	≥245	≥260	T 0611	
溶解度/%	≥99.5		T 0607	
密度(15°C)/(g/cm <sup>3</sup> )	实测记录		T 0603	
TFOT(或RTFOT)后	质量变化/%	≤±0.8		T 0610 或 T 0609
	残留针入度比/%	≥57	≥61	T 0604
	残留延度(10°C)/cm	≥8	≥6	T 0605

	残留延度(15°C)/cm	≥20	≥15
--	---------------	-----	-----

**表 5.5.1-2 SBS 改性沥青技术要求**

试验指标		技术要求	试验方法
针入度25°C, 100g, 5s/0.1mm		60~80	T 0604
针入度指数PI		≥-0.4	
延度5°C, (5cm/min)/cm		≥30	T 0605
软化点TR&B/°C		≥55	T 0606
运动粘度135°C/Pa·s		≤3	T 0619
闪点/°C		≥230	T 0611
溶解度/%		≥99	T 0607
弹性恢复25°C/%		≥65	T 0662
离析, 48h软化点差/°C		≤2.5	T 0661
旋转薄膜加热试验 (163°C, 75min)	质量损失/%	±1.0	T 0610
	针入度比/%	≥60	T 0604
	残留延度(5°C)/cm	≥20	T 0605
动态剪切70°Cg*/sinδ	原样沥青/kPa	≥1.0	T 0628
	RTFOT试验后/kPa	≥2.2	
PAV老化后	动态剪切25°Cg*/sinδ	≤5000	T 0630
	蠕变劲度(-18°C)/MPa	≤300	
	m值	≥0.3	

**表 5.5.1-3 橡胶改性沥青和橡胶 SBS 复合改性沥青技术要求**

试验指标	技术要求		试验方法
	橡胶改性沥青	橡胶SBS复合改性沥青	
针入度25°C, 100g, 5s/0.1mm	60~80	60~80	T 0604
延度5°C, (5cm/min)/cm	15	20	T 0605
软化点TR&B/°C	≥55	≥65	T 0606
布氏旋转粘度180°C/Pa·s	1~4	1~4	T 0625
闪点/°C	≥240	≥240	T 0611
溶解度/%	≥99	≥99	T 0607
弹性恢复25°C/%	≥55	≥85	T 0662
离析, 48h软化点差/°C	≤8	≤5.5	T 0661
旋转薄膜加热实验 (163°C, 75min)	质量损失/%	≤±0.8	T 0610
	针入度比/%	≥60	T 0604
	残留延度(5°C)/cm	≥10	T 0605

2 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层用粗集料指粒径不小于 4.75mm 的集料,粗集料应洁净、干燥、表面粗糙,符合表 5.5.1-4 的规定。

**表 5.5.1-4 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层用粗集料技术要求**

试验指标	技术要求	试验方法
石料压碎值/%	≤22	T 0316
洛杉矶磨耗损失/%	≤25	T 0317
表观相对密度	≥2.50	T 0304
吸水率/%	≤2.0	T 0304
坚固性	≤8	T 0314
针片状颗粒含量(混合料)/%	≤18	T 0312
其中粒径大于9.5mm/%	≤15	
其中粒径小于9.5mm/%	≤20	
水洗法<0.075mm颗粒含量/%	≤1	T 0310
软石含量/%	≤2	T 0320
与沥青的粘附性/级	≥4	T 0616

注1: 对于石灰岩粗集料, 压碎值最大值可放宽到26%。  
 注2: 粗集料与沥青的粘附性应符合本表的要求, 当使用不符合要求的粗集料时, 宜掺加消石灰、水泥或用饱和石灰水处理后使用, 或者在沥青中掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落剂, 必要时也可采用上述措施或者采用改性沥青, 使沥青混合料的水稳定性检验达到要求。掺加外加剂的剂量由沥青混合料的水稳定性检验确定。

**5.1.2 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料配合比设计**

1 密级配沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料具有较高的承载能力, 开级配沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料具有良好的排水功能。

2 沥青稳定建筑垃圾再生集料宜采用骨架-密实型级配, 宜采用体积法设计混合料的配合比。

3 根据结构层的厚度和功能要求, 参照表 5.1.2-1 选择与之相匹配的最大公称粒径的级配及其级配类型, 最大公称粒径宜小于 37.5 mm。

**表 5.1.2-1 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层的矿料级配表**

筛孔尺寸/mm	各筛孔通过百分率/%		
	密级配沥青稳定建筑垃圾再生集料基层		
	ATB-25	ATB-30	ATB-40
53	100	100	100
37.5	100	100	90~100
31.5	100	80~100	80~95
26.5	90~100	65~88	65~88
19.0	65~85	48~72	50~75
16.0	55~70	40~65	40~65
13.2	45~60	35~58	35~58
9.5	38~50	30~50	30~50
4.75	25~38	25~38	25~38
2.36	20~32	20~32	15~32
1.18	15~27	15~27	10~25

0.6	10~22	10~22	8~18
0.3	6~16	6~16	5~14
0.15	4~11	4~11	3~10
0.075	2~7	2~7	2~6

4 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料成型方法宜采用振动成型或者大型马歇尔击实成型，成型参数见表 5.1.2-2，振动成型试验方法见附录 A。

**表 5.1.2-2 成型工艺参数**

成型方法	材料	频率/Hz	离心力/kN	振动时间/s	振幅/mm
振动成型	ATB	30	6.2	150	0.89
	ATPB	30	6.2	120	0.89
大马歇尔击实	ATB	双面各击实112次			

5 密级配沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的技术指标见表 5.1.2-3。

**表 5.1.2-3 密级配沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料配合比设计技术要求**

试验指标	密级配沥青稳定建筑垃圾再生集料			试验方法
试件尺寸/mm	φ152.4×95.3			T 0702或附录A
空隙率VV/%	3~6			T 0705
稳定度/kN	≥18			T 0709
流值/mm	2~5.5			T 0709
沥青饱和度VFA/%	55~70			T 0705
矿料间隙率VMA/%	ATB-40	ATB-30	ATB-25	T 0705
	≥10.5	≥11	≥11.5	

**5.1.3 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层施工应符合下列规定：**

**1 一般规定**

1) 在摊铺沥青稳定建筑垃圾再生集料基层时，下承层、透层、封层和粘层等相关层位应验收合格后方可施工。

2) 沥青稳定建筑垃圾再生集料拌合站场应按标准化建设，具有良好的排水系统，不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放，细集料的存储应具有防雨设施。

3) 应采取一定的技术措施，保证拌合、摊铺、碾压等关键设备连续运行的可靠性，各种设备应由有资质的技术人员进行操作。

4) 沥青稳定建筑垃圾再生集料使用的各种材料运至现场后应取样进行质量检验，经评定合格方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

5) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料应满足所在层位的功能性要求，便于施工，不容易离析。当发现混合料结构组合及级配类型的设计不合理时，应进行修改、调整，以确保沥青路面的使用性能。

6) 沥青稳定建筑垃圾再生集料施工应符合国家环境保护的有关规定，保护相关人员的安全和健康。

7) 沥青稳定建筑垃圾再生集料柔性基层施工合理安排施工组织设计，并保证合理的施工日期。沥青稳定建筑垃圾再生集料不得在气温低于 10°C(高速公路和一级公路)或 5°C(其他等级公路)，以及雨天或路面潮湿的情况下施工。

8) 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层宜连续施工，避免与可能污染沥青层的其它工序交叉干扰，以杜绝施工和运输污染。

**2 进场前准备应符合下列规定：**

1) 在摊铺前，对下承层采用清扫、水冲等方式进行清洁。

2) 清洁后保持路面表面干燥，使用智能沥青撒布车浇洒透层油。

3) 路面柔性基层两侧模板采用长 4m、宽 5cm、高与柔性基层设计厚度相同的 L 型型钢，型钢外侧采用钢钎固定，保证模板顺直、坚固、稳定，不发生变形。

4) 根据实际情况确定沥青稳定建筑垃圾再生集料基层适宜的松铺系数，一般为 1.2~1.3。

**3 拌和过程应符合下列规定：**

1) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的拌制应符合 JTGF40-2004 中 5.4 的相关规定。

2) 沥青混合料各阶段的温度要求如表 5.1.3-1 所示。

**表 5.1.3-1 沥青混合料的施工温度(°C)**

项目		普通沥青	SBS 改性沥青	橡胶改性沥青
沥青加热温度		155~165	160~165	170~190
矿料加热温度		165~185	180~200	180~210
混合料出料温度		145~165	175~185	180~190
混合料运输到现场温度		≥145	≥175	≥180
摊铺温度(不低于)	正常施工	≥135	≥160	≥165
摊铺温度(不低于)	低温施工	≥150	≥170	≥175
开始碾压内部温度	正常施工	≥130	≥150	≥155
	低温施工	≥150	≥160	≥165
碾压终了表面温度	钢轮压路机	≥90	≥90	≥90
	胶轮压路机	≥90	≥90	≥90
开放交通时路表温度	—	≤50		

3) 若沥青混合料水稳定性不能满足要求，应将消石灰掺入矿粉中，形成复合矿粉；也可单独加入消石灰，此时，消石灰或矿粉应在粗细集料经适当干拌后投入，保证消石灰和矿粉能充分均匀地分散在混合料中，并与沥青混合料充分拌和。

4) 要注意目测检查混合料的均匀性，及时分析异常现象产生的原因，如混合料有无花白、冒白烟和离析等现象，并及时进行调整。

5) 雨天注意毡盖保护矿料，防止混合料含水率的增加，在拌和过程中，根据矿料的含水率控制烘干时间。根据当天气温条件和矿料的含水状况调整混合料拌和温度，力争保证混合料进行摊铺时温度均匀。

6) 每工作台班，至少从拌和站各取两组混合料试样做马歇尔试验和沥青混合料抽提筛分试验，检验油石比、矿料级配和沥青混合料物理力学性质。

7) 每天结束后，用拌和楼打印的各料数量，以总量控制，以各仓用量及各仓级配计算平均施工级配、油石比与施工厚度和抽提结果进行校核。

8) 每周分析一次检测结果，计算油石比、各级矿料通过率和沥青混合料物理力学指标检测结果的标准差和变异系数，检验生产是否正常。

**4 运输过程应符合下列规定：**

1) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的运输应符合 JTGF40-2004 中 5.5 的相关规定。

2) 运料车的数量应与拌和能力和摊铺速度相匹配，并有所富余，开始摊铺时，在施工现场等候卸料的运料车不能少于 7 辆，保证摊铺机连续作业。

3) 运料车到达铺筑现场由现场质检员进行混合料的温度及外观的检查，填写检查记录，温度过低的混合料应弃用。采用数字显示插入式热电偶温度计检测运到现场的材料温度，插入深度要大于 150mm。

4) 为减少收斗离析，不宜空仓收斗，应避免每车料收斗的做法，仅当料斗内侧边部粘附较多沥青混合料时方可收斗，且要保证在料车刚刚离去，料斗内尚存有较多混合料时进行，收斗后应立即连接满载的运料车向摊铺机喂料。派专人监督收斗情况。

**5 摊铺过程应符合下列规定：**

1) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的摊铺应符合 JTGF40-2004 中 5.6 的相关规定

2) 铺筑基层前,要检查下封层的完整性及其与下承层表面的粘结性。对局部下承层外露和下封层两侧宽度不足部分应按下封层施工要求进行修铺,对起鼓的下封层,应用硬物刺破后与基层表面相粘结,以不能整层被撕开为合格。下封层表面浮动矿料应扫到路面以外,表面杂物亦要清扫干净,灰尘应提前冲洗,风吹干净。

3) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的摊铺应根据路幅宽度采用一台或两台摊铺机前后布置梯队形作业进行摊铺,摊铺机的摊铺速度根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度,按 1m/min~4m/min 予以调整选择,保证摊铺温度,做到均匀、不间断地摊铺。摊铺机的受料斗应涂刷薄层隔离剂或防粘剂。

4) 摊铺过程应缓慢、均匀、连续、稳定。不得任意快速摊铺几分钟,然后再停下来等下一车料。午饭分批轮换交替进行,杜绝停铺用餐。争取做到每天收工停机 1 次。

5) 在铺筑过程中,摊铺机螺旋送料器应不停顿地转动,两侧保持有不少于送料器高度 2/3 的混合料,并保证在全宽断面上不离析。当厚度较大时,应在摊铺机螺旋布料器挡板下面设置一块橡胶挡板,柔和地阻挡粗料向下、向外滑落,减少厚度离析。

6) 混合料压实前,施工人员不得进入踩踏。如局部离析,则要及时用人工找补或更换混合料,缺陷较严重时应予以铲除;摊铺遇雨时,应立即停止施工,并清除未压成型的混合料,对于遭受雨淋的混合料则应废弃,不得卸入摊铺机摊铺。

#### 6 碾压过程控制

1) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的碾压应符合 JTGF40-2004 中 5.7 的相关规定

2) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料宜采用大吨位压路机碾压,宜采用胶轮压路机初压,钢轮振动压路机复压,双钢轮压路机终压,以达到最佳压实效果,最佳的压实机具组合与压实遍数需通过试验路确定,以保证压实度。

3) 振动压路机振压时宜采用 33Hz~50Hz 的频率,振幅宜设置为 0.4mm~0.8mm 之间。

4) 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层,碾压温度初始不低于 130℃,终压温度大于 80℃,碾压过程中应采用适当的保温措施。

5) 压路机应以慢而均匀的速度由低向高碾压,超高段由曲线内侧向外侧进行碾压。碾压方向与路线方向平行,并沿同一轮迹返回,每次错轴重叠 1/3~1/2 轮宽。压路机不能中途停留、转向或制动。紧跟摊铺机尽量缩短碾压长度,两端的折返位置随摊铺机前进而推进,横向不在相同的断面上(呈阶梯形)。碾压时,压路机不得停留在当天摊铺的路面上或高于 70℃ 的已经压过的路面上。

#### 7 离析应符合下列规定:

1) 沥青稳定建筑垃圾再生集料混合料的摊铺宜采用具有抗离析装置的摊铺机。

2) 当摊铺机前一运料车热料摊铺完毕后,在进行料斗控制的同时,后一运料车往摊铺机料斗口位置倒车,料斗收斗完成后立即放下,且注意观察粗颗粒热料的铺开位置,使其不要被刮料板带入摊铺机的料斗下料口路面上,关闭刮料板,等下一车热料倒入料斗内后再打开刮料板。

3) 摊铺机螺旋布料器前挡板下加钢板,避免挡板离地面过高造成混合料离析。

4) 对螺旋前面挡料板的离地间隙进行调节,减少粗颗粒热料向基层表面滚落,保证摊铺层厚度方向上粒料均匀,以避免垂直方向上的离析;对螺旋送料器螺旋离地高度进行调节,增快送料速度,降低粗集料螺旋搅料边缘离析现象。

5) 采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝,应保持热接缝。在前部已摊铺混合料部分留下 10cm~20cm 左右的摊铺层重叠,以热接缝形式在最后作跨接缝碾压以消缝迹。两台摊铺机相隔距离较短时,可做 1 次碾压。

6) 横向施工缝,全部采用平接缝。用三米直尺沿纵向位置,在摊铺段端部的直尺呈悬臂状,以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置,用锯缝机割齐后铲除。继续摊铺时,将接缝锯切后留下的灰浆擦洗干净,涂上少量粘层沥青,摊铺机熨平板从接缝处起步摊铺;碾压时用钢轮压路机进行横向压实,从先铺路面上跨缝逐步移向新铺面层。

### 5.1.4 施工质量管理与检查验收

#### 1 沥青稳定建筑垃圾再生集料基层施工质量管理与检查验收

沥青稳定建筑垃圾再生集料基层施工质量管理与检查验收按照 JTGF40-2004 中第 11 章的规定执行。

#### 2 级配建筑垃圾再生集料基层施工质量管理与检查验收

级配建筑垃圾再生集料基层施工质量管理与检查验收按照 JTG/TF20-2015 中第 8 章的规定执行。

## 6 建筑垃圾再生集料路基

### 6.1 一般规定

6.1.1 建筑垃圾再生集料路基设计与施工应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)、《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610)及《城市道路路基设计规范》(CJJ 194)的相关要求。

6.1.2 用于道路路基的建筑垃圾再生集料应符合本规范第4章中的相关规定。

6.1.3 建筑垃圾再生集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。

6.1.4 建筑垃圾再生集料应铺筑试验段,总结施工工艺及压实工艺主要参数,应采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数控制后续施工。

#### 条文说明

试验路段通常选择在地质条件、断面形式等工程特点具有代表性的地段。试验段施工需确定压实工艺主要参数:机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率等。

6.1.5 建筑垃圾再生集料路基顶面回弹模量设计值应符合表6.1.5的规定。不满足要求时,应采取改变填料、设置粒料类或无机结合料稳定类路基改善层,或采用石灰或水泥处理等措施提高路基顶面回弹模量。

表 6.1.5 建筑垃圾再生集料路基顶面回弹模量

路面类型	交通荷载等级	极重	特重	重	中等	轻
沥青混凝土路面	回弹模量,不小于(MPa)	70	60	50	40	
水泥混凝土路面		80		60		40

### 6.2 建筑垃圾再生集料路基

#### 6.2.1 建筑垃圾再生集料路床

1 路床用建筑垃圾再生集料级配要求及质量技术要求应分别符合6.2.1-1和6.2.1-2的规定:

表 6.2.1-1 路床用建筑垃圾再生集料级配要求

应用部位	4.75mm 以上颗粒含量 (%)	0.075mm 以下颗粒含量(%)	试验方法
路床	50~70	0~10	T 0115

表 6.2.1-2 路床用建筑垃圾再生集料质量技术要求

项目	规定值或允许值	试验方法
轻质杂物含量 (%)	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321-2021)附录 A
不均匀系数	≥5.0	T 0115
易溶盐含量/%	≤0.5	T 0153

#### 条文说明

由于建筑垃圾中的轻质杂物与易溶盐影响路基填筑质量,本规范提出轻质杂物含量与易溶盐含量的技术要求。

2 建筑垃圾再生集料路床填料应均匀,其最小承载比应符合表6.2.1-3的规定:

表 6.2.1-3 建筑垃圾再生集料路床最小强度

路基部位	路面底面以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR%)		
		高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	二级公路 (城市次干路)	三、四级公路 (城市支路)

	上路床	0~0.3	8	6	5
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	5	4	3
	特重、极重交通	0.3~1.2	5	4	-

注：1.该表 CBR 试验条件应符合《公路土工试验规程》（JTG E40）的规定。

2.年平均降雨量小于 400mm 地区，路基排水良好的非浸水路基，通过试验论证可采用平衡湿度状态的含水率作为 CBR 试验条件，并结合当地气候条件和汽车荷载等级，确定路基填料 CBR 控制标准。

3 零填、挖方路段的路床范围为过湿土时可采用建筑垃圾再生集料换填处理，高速公路、一级公路（城市快速路、主干路）换填厚度宜为 0.8~1.2m；二级公路以下（城市次干路、支路）的道路换填厚度宜为 0.5~0.8m。

4 建筑垃圾再生集料路床应分层填筑，碾压密实，并应符合下列要求：

- 1) 填料的粒径应小于 100mm。
- 2) 压实度应符合表 6.2.1-4 的规定。
- 3) 路床顶面横坡应与路拱横坡一致。

**表 6.2.1-4 再生集料路床压实度要求**

路基部位		路床底面以下深度 (m)	路床压实度 (%)	
			高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	二级及二级以下公路 (城市次干路、支路)
上路床		0~0.3	≥96	≥95
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	≥96	≥95
	特重、极重交通	0.3~1.2	≥96	≥95

注：表列压实度系按现行公路土工试验规程》（JTG E40）重型击实试验所得最大干密度所得的压实度。

5 建筑垃圾再生集料路床填筑时，每层最大压实厚度宜不大于 250mm，顶面最后一层压实厚度应不小于 100mm。

**条文说明**

《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321) 表 5.2.2 中规定路床碾压厚度≤250mm。为保证建筑垃圾再生集料路床的压实质量，本标准采用同等碾压厚度。

**6.2.2 建筑垃圾再生集料路堤**

1 路堤用建筑垃圾再生集料级配要求及质量技术要求应分别符合 6.2.2-1 和 6.2.2-2 的规定：

**表 6.2.2-1 路堤用建筑垃圾再生集料质量规格要求**

应用部位	4.75mm 以上颗粒含量 (%)	0.075mm 以下颗粒含量 (%)	试验方法
路堤	40~60	0~10	T 0115

**表 6.2.2-2 路堤用建筑垃圾再生集料质量技术要求**

项目	规定值或允许值	试验方法
轻质杂物含量 (%)	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321-2021) 附录 A
不均匀系数	≥5.0	T 0115
易溶盐含量/%	≤0.5	T 0153

2 建筑垃圾再生集料路堤最小承载比应符合表 6.2.2-3 的规定：

**表 6.2.2-3 建筑垃圾再生集料路堤最小强度**

路基部位	填料最小强度 (CBR%)

		路面底面以下深度 (m)	高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	二级公路 (城市次干路)	三、四级公路 (城市支路)
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	4	3	3
	特重、极重交通	1.2~1.9	4	3	-
下路堤	轻、中等及重交通	1.5 以下	3	2	2
	特重、极重交通	1.9 以下			

- 注：1.当路基填料 CBR 值达不到表列要求时，可掺石灰或其他稳定材料处理。  
2.当三、四级公路铺筑沥青混凝土和水泥混凝土路面时，应采用二级公路的规定。  
3 建筑垃圾再生集料路堤应分层填筑，均匀压实，压实度应符合表 6.2.2-4 的规定。

**表 6.2.2-4 建筑垃圾再生集料路堤压实度要求**

路基部位		路床底面以下深度 (m)	路床压实度 (%)	
			高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	二级及二级以下公路 (城市次干路、支路)
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	≥94	≥94
	特重、极重交通	1.2~1.9	≥94	≥94
下路堤	轻、中等及重交通	1.5 以下	≥93	≥92
	特重、极重交通	1.9 以下		

注：1.表列压实度系按现行《公路土工试验规程》(JTGE40)重型击实试验所得最大干密度所得的压实度。

2.路堤采用粉煤灰、工业废渣等特殊填料，或处于特殊干旱或特殊潮湿地区时，在保证路基强度和回弹模量要求的前提下，通过试验论证，压实度标准可以降低 1~2 个百分点。

4 建筑垃圾再生集料路堤，应满足以下规定：

- 1) 建筑垃圾再生集料的单轴饱和抗压强度指标应在 5~30MPa。
- 2) 路基的浸水部位，应采用稳定性好、不易膨胀崩解的建筑垃圾再生集料填筑。
- 3) 建筑垃圾再生集料的压实质量标准宜用压实度作为控制指标，并符合表 6.2.2-5 的要求。施工压实质量可采用压实度与压实沉降差或施工参数联合控制，应通过试验路段确定沉降差控制标准。

**表 6.2.2-5 建筑垃圾再生集料路堤压实质量控制标准**

路基部位	路基顶面以下深度 (m)	摊铺厚度 (mm)	最大粒径 (mm)	压实干密度 (kg/m <sup>3</sup> )
上路堤	0.8~1.5	≤300	150	由试验确定
	(1.2~1.9)			
下路堤	>1.5 (>1.9)		150	由试验确定

#### 条文说明

根据广泛调研及实体工程研究成果，参照现行《公路路基施工技术规范》(JTGT3610)，施工过程中每一压实层，需采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数控制，压实质量采用压实度和沉降差进行控制，应通过试验路段确定沉降差。控制标准当路堤用建筑垃圾再生材料粗颗粒较多，路基施工质量标准参照填石路基进行控制。

《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTGT2321)表 5.2.2 中规定路堤碾压厚度≤300mm。为保证建筑垃圾再生集料路堤的压实质量，本标准采用同等碾压厚度。

4) 建筑垃圾再生集料路堤顶部最后一层集料厚度不得大于 0.4m，最大粒径不得大于 150mm，其中小于 5mm 的细料含量不应小于 30%，且铺筑层表面应无明显孔隙、空洞，可视需要设置土工布作为隔离层。

5) 建筑垃圾再生材料填筑路堤时,宜设置路基下封层,下封层的材料可采用黏土、无机结合料稳定土或土工布封层,黏土、无机结合料稳定土下封层厚度宜为 300-500mm,封层上第一层建筑垃圾再生材料应采用全宽摊铺;当采用植草防护或骨架植物综合防护时,边坡表面宜覆盖 300mm 厚度的种植土。

#### 条文说明

根据广泛调研及实体工程研究成果,建筑垃圾再生材料为水稳定性较好的粗粒料,可以用于高速公路、一级公路等各级公路路基填料,其技术要求按现行《公路路基设计规范》(JTGD30)执行。建筑垃圾再生材料填筑路堤时,为防止对地下土壤与水产生影响,通过设置路基下封层,起到隔离作用;封层上第一层建筑垃圾再生材料采用全宽摊铺以利于横向排水。

6) 路基边坡高度大于 20m 时,边坡形式应采用台阶式,坡率需根据水文地质条件、地形、填料性质进行稳定性分析计算确定,并进行工点设计。

7) 软弱地基上的建筑垃圾再生集料路堤,应与软弱地基处理设计综合考虑。

#### 6.2.3 建筑垃圾再生集料路基施工应符合下列规定:

1 建筑垃圾再生集料填筑路基施工准备应按现行《公路路基施工技术规范》(JTGT/3610)的要求执行。

2 施工前准备应符合下列规定:

1) 施工前应检查材料的来源和质量。进场的各种材料的品种和质量应符合要求,不符合要求的材料不得进场。供货单位应提供由符合资质规定的检测单位出具的合格试验检测报告。

2) 路基施工应采用机械化施工,施工前应检查各施工设备运转正常。

3) 路基施工过程中应加强质量控制,施工前应检查施工质量检测设备准备足够,并经过检定校准,能正常使用。

3 建筑垃圾再生材料运输应符合下列规定:

1) 运输车辆数量、运输能力应能满足再生材料填筑需要,保证施工连续不中断。

2) 再生材料装运前,应采用拌合设备进行拌和,拌合均匀后装车。

3) 建筑垃圾再生材料运输车辆应加盖篷布以保持水分并防止抛撒、扬尘。

4 布料及整平应符合下列规定:

1) 建筑垃圾再生材料卸料后采用推土机初平,并对超大粒径进行处理。初平后,采用平地机按确定的松铺厚度进行精平,然后采用钢轮压路机进行稳压。

2) 整平后应测定松铺厚度,不满足要求时应采用平地机继续整平,直至满足要求。

3) 整平后对局部大颗粒集中部位应由人工采用细料填充找平。

5 洒水预湿应符合下列规定:

1) 洒水前应测定再生材料的天然含水率,根据试验确定的最佳含水率并扣除再生材料吸水率后计算所需补水量。

2) 洒水应均匀,防止出现路基表面局部水分过多现象。应及时检测再生材料的含水率,以保证其处于最佳含水率-1.0%~+3.0%范围内。

3) 施工时如路基裸露时间长,气温过高,应适当补水。

#### 条文说明

根据广泛调研及实体工程研究成果,建筑垃圾再生材料吸水率较大,其最佳含水率较高,施工时洒水分两次进行,第一次洒水为所需用水量的 60%~70% (一般略大于理论数值,根据现场气温调节),待路基表面风干不粘轮时碾压 2~3 遍;第二次洒水量约为所需用水量的 30%~40%,待路基表面风干不粘轮时继续碾压。

6 建筑垃圾再生材料应分层填筑、碾压,碾压应符合下列规定:

1) 压实机械宜选用自重不小于 20t 振动压路机,适宜频率为 25~35Hz,振幅不少于 2mm,碾压速度为 30~70m/min。

2) 碾压按先轻后重、先慢后快、先静后动和轮迹重叠的原则。压实路线纵向互相平行,直线地段由两边向路基中心碾压,曲线路段由曲线内侧向外侧碾压。横向接头应重叠,前后相邻两区段间应纵向重叠。

7 建筑垃圾再生材料路基施工过程中压实度质量控制应符合表 6.2.3 的要求。建筑垃圾再生集料最大干密度及压实度确定方法应符合《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTGT/2321)附录 B 的规定。

表 6.2.3 建筑垃圾再生集料路基压实控制标准

项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
	高速公路、一级公路（城市快速路、主干路）	二级及二级以下公路（城市次干路、支路）	
外观	表面平整密实，不得有明显轮迹、杂物，及离析		目测：随时
碾压厚度 (cm)	≤25 路床 ≤30 路堤		水准仪：每 200m 测 4 个断面
压实质量	压实度(%) ≥96 路床 ≥94 上路堤 ≥93 下路堤	压实度(%) ≥95 路床 ≥94 上路堤 ≥92 下路堤	灌砂法：每 1000m <sup>2</sup> 而至少测 2 点，不足 1000m <sup>2</sup> 检测 2 点，必要时可根据需要增加检测点
	沉降差≤试验路段确定的沉降差		精密水准仪：每 50m 检测 1 个断面，每个断面检测 5 点

条文说明

根据广泛调研及实体工程研究成果，参照现行《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610)，施工过程中每一压实层，需采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数控制，压实质量采用压实度和沉降差进行控制。当路堤用建筑垃圾再生材料粗颗粒较多，路基施工质量参照填石路基进行控制。

6.2.4 建筑垃圾再生集料路基应按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1)中的要求进行质量检验评定。

1 建筑垃圾再生集料路基应符合下列基本要求：

- 1) 在路基用地和取土坑范围内，应清除地表植被、杂物、积水、淤泥和表土，处理坑塘，并按施工技术规范 and 设计要求对基底进行压实。表土应充分利用。
- 2) 建筑垃圾再生集料填方路基应分层填筑压实，每层表面平整，路拱合适，排水良好，不得有明显碾压轮迹，不得亏坡。
- 3) 应设置施工临时排水系统，避免冲刷边坡，路床顶面不得积水。

2 建筑垃圾再生材料路基施工质量验收标准应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 建筑垃圾再生集料路基质量检验项目及验收标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
		高速公路、一级公路（城市快速路、主干路）	二级及二级以下公路（城市次干路、支路）	
1△	压实质量	按照表 6.2.3 规定		
2△	弯沉 (mm)	≤设计验收弯沉值		参考《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》附录 J 检查
3	纵断高程(mm)	+10,-15	+10,-20	水准仪：每 200m 实测 2 个断面
4	中线偏位(mm)	≤50	≤100	全站仪：每 200m 测 2 点，弯道加 HY、YH 两点
5	宽度	满足设计要求		米尺：每 200m 测 4 处
6	平整度(mm)	≤15	≤20	3m 直尺：每 200m 测 2 处×5 尺
7	横坡 (%)	±0.3	±0.5	水准仪：每 200m 实测 2 个断面
8	边坡	满足设计要求		尺量：每 200m 测 4 点

注：表中的“△”代表关键项目，其他为一般项目。

3 建筑垃圾再生集料路基外观质量应符合下列规定：路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过 50m 的弯折。

### 6.3 建筑垃圾再生集料台背回填

6.3.1 台背回填用建筑垃圾再生集料应满足下列规定：

1 台背回填用建筑垃圾再生粗集料应符合表 6.3.1-1 和 6.3.1-2 规定：

**表 6.3.1-1 台背回填用建筑垃圾再生粗集料规格要求**

公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
20~30	100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	-	19~31.5
10~20	-	-	100	90~100	-	0~10	0~5	-	9.5~19
5~10	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

**表 6.3.1-2 台背回填用建筑垃圾再生粗集料质量技术要求**

项目	质量要求	试验方法
压碎值 (%)	≤40	T 0316
针片状颗粒含量 (%)	≤20	T 0312
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤5.0	T 0310
轻质杂物含量 (%)	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321-2021) 附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)	≥30	

2 台背回填用建筑垃圾再生细集料应符合表 6.3.1-3 和 6.3.1-4 规定：

**表 6.3.1-3 台背回填用建筑垃圾再生细集料规格要求**

工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
0~3	-	100	90~100	-	-	-	-	0~15
0~5	100	90~100	-	-	-	-	-	0~20

**表 6.3.1-4 台背回填用建筑垃圾再生细集料质量技术要求**

项目	质量要求	试验方法
0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17	T 0118
砂当量 (%)	≥40	T 0334
有机质含量 (%)	<2.0	T 0336

6.3.2 台背回填用建筑垃圾再生集料最小承载比应符合表 6.3.2 的规定：

**表 6.3.2 台背回填用建筑垃圾再生集料最小承载比(CBR)(%)**

填料应用部位 (路面底面以下深度)	高速公路、一级公路 (城市快速路、主干路)	二级公路 (城市次干路)	三、四级公路 (城市支路)
≤2m	8	6	5
>2m	5	4	3

注:该表 CBR 试验条件应符合现行《公路土工试验规程》(JTG 3430)的规定。

#### 条文说明

根据相关工程实践,并参照现行《公路路基设计规范》(JTG D30)填料最小承载比(CBR)规定,上路床(路基地面以下0~0.3m)的规定为:高速公路和一级公路8%,二级公路6%,三、四级公路5%。下路床轻、中等及重交通(路基地面以下0.3~0.8m)的规定为:一级公路5%,二级公路4%,三、四级公路3%。下路床特重、极重交通(路基地面以下0.3~1.2m)的规定为:一级公路5%,二级公路4%。建筑垃圾再生材料用于台背回填时,小于或等于2m范围内按上路床对应公路等级进行要求,大于2m范围内按下路床对应公路等级进行要求。

**6.3.3** 台背连接过渡段应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)的相关规定:二级及二级上公路路堤与桥台、横向构造物(涵洞、通道)连接处应设置过渡段,过渡段路基压实度不应小于96%,并应做好填料、地基处理、台背防排水系统等综合设计。过渡段长度宜按式(6.3.3)确定。

$$L = (2 \sim 3) H + (3 \sim 5) \quad (6.3.3)$$

式中:L——过渡段长度(m);

H——路基填土高度(m)。

**6.3.4** 建筑垃圾再生集料台背回填施工应符合现行《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610)的要求:

1 二级及二级以上公路应按设计做好过渡段,过渡段路堤压实度应不小于96%;二级以下公路的路基与回填的联结部,应预留台阶。

2 台背和锥坡的回填宜同步进行。

3 台背与墙背1.0m范围内回填宜采用小型夯实机具压实。

4 分层压实厚度宜不大于150mm,建筑垃圾再生填料粒径应小于100mm,涵洞两侧回填建筑垃圾再生填料粒径宜小于50mm,压实度应不低于96%。

5 部位狭窄时,可采用低强度等级混凝土、浆砌片石等材料回填。

6 涵洞两侧应对称分层回填压实。

7 回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑。

8 台背与墙背回填,应在结构物强度达到设计强度的75%以上时进行。

#### 条文说明

桥台、涵洞及挡土墙等结构物背部的回填作业面小,压实困难;该处路基是结构物完成后再填筑,加之是路基与结构物的刚柔结合部,易产生跳车等病害。因此,对此处路基的填料与施工工艺提出相关特殊要求。

**6.3.5** 建筑垃圾再生集料台背回填按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1)和本标准6.2.4及6.3进行质量检验评定。

## 7 地基处理

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 地基处理除应满足工程设计要求外，尚应做到因地制宜、就地取材、保护环境和节约资源等。
- 7.1.2 地基处理所采用的材料，应根据场地类别符合有关标准对耐久性设计与使用的要求。
- 7.1.3 地基处理施工中应有专人负责质量控制和监测，并做好施工记录。
- 7.1.4 处理与未处理以及不同地基处理方案衔接处应缓和过渡，减小差异沉降。相邻路段差异沉降引起的纵坡变化应控制在 0.4%以内。

### 7.2 建筑垃圾再生材料粒料桩

7.2.1 再生集料粒料桩材料应符合下列规定：

- 1 再生集料宜具有一定级配，粒径应为 20mm~50mm，含泥量不大于 5%，压碎值不大于 40%。
- 2 粒料桩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 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 建筑垃圾再生材料粒料桩技术要求

项目	要求	试验方法
压碎值 (%)	≤40	T0316
针片状颗粒含量 (%)	≤20	T0312
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤5.0	T0310
轻质杂物含量 (%)	≤1.0	《公路工程利用建筑垃圾技术规范》 JTG/T 2321-2021 附录 A
再生混凝土颗粒含量 (%)	≥30	

#### 条文说明

针片状颗粒含量、小于 0.075mm 含量参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 的相关要求；压碎值、轻质杂物含量、再生混凝土颗粒含量经室内试验测试确定。

7.2.2 再生集料粒料桩设计应符合下列规定：

- 1 粒料桩可采用振冲置换法或振动沉管法成桩。振冲置换法适用于处理十字板抗剪强度不小于 15kPa 的软土地基；振动沉管法适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。
- 2 建筑垃圾桩材料不应使用单一尺寸的粒料，且桩料的含泥量不得超过 5%。
- 3 粒料桩的长度、直径、间距应根据稳定、沉降计算确定，桩长不宜大于 20m。当相对硬层埋深不大时，桩长应达到相对硬层。振动沉管法成桩的桩径宜为 0.5m，桩间距不宜大于 1.8m；振冲置换法成桩的桩径宜为 0.8~1.2m，桩间距不宜大于 3.0m。相邻桩的间距不应大于 4 倍的桩径。
- 4 再生材料沉管桩位于桥涵过渡段、挡墙或涵洞基础段时，宜在桩体材料中添加石屑及水泥，水泥剂量宜为 4%~6%。
- 5 再生材料沉管桩的处理宽度，应宽出路堤坡脚外不小于 2.0m。
- 6 再生材料沉管桩桩顶宜铺设再生材料垫层，垫层厚度 40~60cm，最大粒径不大于 100mm，压实度不小于 93%。

#### 条文说明

根据相关工程实践及现有研究成果，采用沉管桩处理地基时用标准料斗或运料车将拌和好的填料分层填入桩孔夯实。采用振动沉管成桩法施工时，需根据沉管和挤密情况，控制填料量、提升高度、速度、挤压次数和时间等参数。采用锤击沉管法挤密时，需根据锤击能量控制分段的

材料填量和成桩长度。再生材料沉管桩桩孔内材料填量按充盈系数确定，一般取 1.2~1.4，具体数值通过现场试验确定。

根据相关规范及实践表明，当沉管桩的处理宽度宽出路堤坡脚外 2.0m 及以上时，能达到较好的处理效果。

再生材料沉管桩施工开挖基坑时，在桩顶高程以上预留一定厚度土层，桩体施工完毕后，顶部预留松散桩体要挖除，之上需设置一层与粒料桩相连的排水垫层。

### 7.2.3 再生集料粒料桩施工应符合下列规定：

1 建筑垃圾再生材料沉管桩施工前应进行成桩工艺和成桩挤密试验，根据试验确定锤的质量、锤长、落距、分层填料量、分层夯填度、夯击次数、总填料量等技术参数。

2 粒料桩可采用振冲置换法或振动沉管法成桩，并应符合下列规定：

1) 振冲置换法施工可采用振冲器、吊机或施工专用平车和水泵。

2) 振冲器的功率应与设计的桩间距相适应，桩间距 1.3~2.0m 时可采用 30kW 的振冲器，桩间距 1.4~2.5m 时可采用 50kW 的振冲器，桩间距 1.5~3.0m 时可采用 75kW 的振冲器。

3) 起吊机械可采用履带或轮胎吊机、自行井架式专用平车或抗扭胶管式专用汽车等，吊机的起吊能力宜为 10~20t。

4) 采用自行井架式专用平车时桩深度不宜超过 15m，采用抗扭胶管式专用汽车时桩深度不宜超过 12m。

5) 水泵出口水压宜为 400~600kPa，流量宜为 20~30m<sup>3</sup>/h，每台振冲器宜配一台水泵。

6) 振动沉管法施工宜采用振动打桩机和钢套管。

7) 应选用能顺利出料和有效挤压桩孔内粒料的桩尖形式，软黏土地基宜选用平底型桩尖。

3 振冲置换施工应符合下列规定：

1) 振冲器宜以 1~2m/min 的速度下沉成孔，水压宜为 200~600kPa，水的流量宜为 200~400L/min。水的压力和流量应根据地基土强度的大小、成桩施工的不同阶段进行调节，强度较低的土层宜采用较低水压；在成孔过程中宜采用较大的水压和水量，当接近加固深度时应降低水压，避免扰动破坏桩底以下的土层；在振密过程中宜采用较小的水压和水量。

2) 成孔过程中振冲器的电流最大值不得超过额定电流值。当出现电流超过额定电流现象时，必须减慢振冲器的下沉速度，必要时应停止下沉向上提升，用高压水冲松土层，然后继续下沉。应记录随深度变化的成孔电流和时间，及时分析土质情况。

3) 当振冲器达到设计的加固深度后，宜停留 1min，然后将振冲器上提至孔口，提升速度宜为 5~6m/min。重复振冲下沉、提升两三次扩大孔径并使孔内泥浆变稀后，方可开始填料制桩。

4) 往孔内倒入一次料后，应将振冲器沉入孔内对填料进行振密，通过密实电流控制桩体密实度。在振密过程中，如密实电流尚未到达规定值，应提升振冲器加料，然后再沉入振冲器振密，直到该深度处的密实电流达到规定值为止。每次填料振密时都应记录填料的数量、留振时间和最终电流值，并均应达到设计规定。

### 条文说明

水、电、料三者的控制是保证振冲置换施工质量的关键。振冲置换施工中，要利用水在地基中成孔、带走泥浆，以便于填料沉落孔底，并防止坍孔，因此，需要对水的压力和流量进行控制。施工电流过低会造成振冲输出功率太小，导致桩体不密实，因此，要控制施工电流。

4 振动沉管法成桩可采用一次拔管成桩法、逐步拔管成桩法和重复压管成桩法三种工艺，并应符合下列规定：

1) 打桩机机架应稳固可靠，套管上下移动的导轨应垂直，宜采用经纬仪校准其垂直度。

2) 宜采用在套管上画出明显标尺的方法控制成桩深度。

3) 施工长桩时，加料斗提升过程中宜由两人从两侧牵引料斗的缆绳，保证安全。

4) 需要留振时，留振时间宜为 10~20s。

5) 拔管速度宜控制在 1.5~3.0m/min。

### 7.2.4 再生集料粒料桩质量验收应符合下列规定：

1 在成桩 30d 后，采用重型 (N<sub>63.5</sub>) 动力触探检测桩身密实度和桩长，抽检频率应为总桩数的 1%~2%。要求贯入量 100mm 时，锤击数不应小于 5 击。

2 在成桩 30d 后进行载荷试验，检验单桩承载力和复合地基承载力，抽检频率应为总桩数的 0.2%~0.5%，且不应少于 3 处。测定的承载力应达到设计要求。

3 其余项目应按表 7.2.4-1 的要求检验。

**表 7.2.4-1 粒料桩质量标准**

项次	项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桩距	±150mm	抽检 2%
2	桩径	不小于设计值	抽检 2%
3	桩长	不小于设计值	查施工记录并结合重型动力触探检查
4	垂直度	1.5%	查施工记录
5	粒料灌入度	不小于设计值	查施工记录

**条文说明**

对挤密砂桩在不同检测时间的密实度（标贯击数）所做的研究对比表明,检验日期距成桩日期间隔的时间对标贯击数的影响是很明显的。成桩距检测相隔时间较长（30~48d），标贯击数较高；成桩距检测相隔时间较短（14~30d），则标贯击数较低。因此,规定检验时间为成桩 30d 以后。

**7.3 建筑垃圾再生集料浅层处理**

**7.3.1** 浅层处理建筑垃圾再生集料的材料要求应符合下列规定：

- 1 再生集料的单轴饱和抗压强度应在 5~30MPa。
- 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 500mm，并不宜超过压实厚度的三分之二，含泥量不应大于 5%，压碎值不大于 40%。
- 3 浅层处理采用的再生材料，其技术要求应符合表 7.3.1-2 的规定。

**表 7.3.1-1 浅层处理再生材料技术要求**

项目	规定值或允许值	试验方法
轻质杂物含量（%）	≤1.0	参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》（JTG/T 2321-2021）附录 A
不均匀系数	≥5.0	T 0115
易溶盐含量/%	≤0.5	T 0153

**7.3.2** 再生集料浅层处理设计应满足下列要求：

- 1 再生集料浅层处理应依据现行《公路 T 程地质勘察规范》（JTG C20）及《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》（JTG/T D31-02）进行勘察，根据地基岩土性质、物理力学参数和水文条件，结合地形、路基高度等进行设计。
- 2 再生集料浅层处理宜用于厚度小于 3.0m 的软土。
- 3 再生集料换填处理厚度宜为 0.5m~3.0m，宽度应处理至路堤坡脚外不小于 1.0m。

**条文说明**

根据相关工程实践，垫层厚度≤1.0m 时，可在垫层厚度的二分之一处铺设一层土工格栅；垫层厚度>1.0m 时，可每 0.5m 铺设一层土工格栅。

- 4 垫层的承载力宜通过现场载荷试验确定，并应进行下卧层承载力的验算。
- 5 垫层顶面的压实要求应符合表 7.3.2-1 的规定。

**表 7.3.2-1 再生集料浅层处理垫层顶面压实标准**

路基部位		路面底面以下深度	孔隙率（%）
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	≤20
	特重、极重交通	1.2~1.9	

下路堤	轻、中等及重交通	1.5 以下	≤22
	特重、极重交通	1.9 以下	
上、下路床		--	≤19

6 路基基底的压实度应符合表 7.3.2-2 的规定。

**表 7.3.2-2 路基基底的压实度**

公路等级	二级及二级以上公路（快速路、主干路、次干路）	三、四级公路（支路）
压实度（%）	≥90	≥85

7 软土地基上路堤底部宜设置建筑垃圾再生集料排水垫层，厚度宜为 0.5m，铺设宽度应为路堤底宽且两侧各外加 0.5~1.0m。当垫层兼有排淤作用时，其厚度尚应适当加大。

**7.3.3 再生集料浅层处理施工应满足下列要求：**

1 垫层宜采用机械碾压施工，碾压工艺和分层摊铺厚度应根据现场试验确定，压实遍数不宜少于 4 遍。

2 垫层的最佳含水率应根据具体的施工方法确定。当采用碾压法时，最佳含水率宜为 8%~12%；当采用平板式振动器时，最佳含水率宜为 15%~20%；当采用插入式振动器时，宜处于饱和状态。

3 铺设垫层前，应先对现场的古井、古墓、洞穴、暗浜、旧基础进行清理、填实，经检验符合要求，方可铺填垫层施工。

4 严禁扰动垫层下卧软土层，防止下卧层受践踏、冰冻、浸泡或暴晒过久。

5 垫层应水平铺筑，当地面有起伏坡度时应开挖台阶，台阶宽度宜为 0.5~1.0m。

**7.3.4 再生集料浅层处理质量验收应满足下列要求：**

1 垫层的宽度及厚度应符合设计要求，同时，换填料还应高出地下水位不小于 0.5m，并宽出路基两侧不小于 0.5m。

2 建筑垃圾再生材料原材料的质量检验，应按表 7.3.4-1 的要求。

**表 7.3.4-1 再生集料浅层处理质量检测要求**

序号	检测项目	规定值	允许偏差	检测频率
1	粒径	不大于设计要求		5000m <sup>3</sup> /次，且每层、每批材料至少 1 次
2	CBR	不小于设计要求		
3	石料强度	不小于设计要求		
4	不均匀系数	15~20		
5	最佳含水量	试验确定		每层至少 1 次，每批材料至少 1 次
6	最大干密度	试验确定		每层至少 1 次，每批材料至少 1 次

3 垫层的压实度应分层检验，并满足表 7.3.4-2 的要求。

**表 7.3.4-2 再生集料浅层处理压实度标准**

路基部位	路面底面以下深度	压实度（%）			检查方法或频率	
		高速、一级公路（快速路、主干路）	二级公路（次干路）	三、四级公路（支路）		
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	≥94	≥94	≥93	密度法：每 200m 每压实层至少检验 2 处。
	特重、极重交通	1.2~1.9	≥94	≥94	—	
	轻、中等及重交通	1.5 以下	≥93	≥92	≥90	

下路堤	特重、极重交通	1.9 以下				
	上路床	0~0.3	≥96	≥95	≥94	
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	≥96	≥95	≥94	
	特重、极重交通	0.3~1.2	≥96	≥95	—	

## 8 其他工程

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 利用建筑垃圾再生集料制备的水泥混凝土构件可用于公路排水、防护工程及路缘石等附属设施。

**8.1.2** 可使用建筑垃圾再生集料配制强度等级 C40 以下的水泥混凝土。

**8.1.3** 再生集料的选择应满足所制备的混凝土、砂浆或砖的性能要求。

**8.1.4** 利用建筑垃圾再生集料制备水泥混凝土构件时所用的水泥、砂、水应符合下列规定：

1 宜采用现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175)中规定的水泥。

2 宜采用质地坚硬、干净的粗砂或中砂，含泥量应小于 5%。

3 搅拌用水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》(JGJ 63)的规定。宜使用饮用水及不含油类等杂质的清洁中性水，PH 值宜为 6~8。

**8.1.5** 再生集料掺配率应根据水泥混凝土强度等级，通过试验确定。当缺乏试验条件时，再生集料掺配率可参照表 8.1.5 的规定。

**表 8.1.5 不同强度等级再生集料水泥混凝土掺配率**

强度等级	C20	C25	C30	C35
掺配率 (%)	≤45	≤40	≤35	≤30

### 8.2 建筑垃圾再生集料预制混凝土构件

**8.2.1** 预制混凝土构件用再生集料水泥混凝土的技术要求应符合下列规定：

1 道路用预制混凝土构件再生粗集料应符合下列规定：

1) 建筑垃圾再生集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。

2) 用于道路预制混凝土构件类的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 C25 以下强度等级混凝土的配制。

3) 道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料质量技术指标应符合表 8.2.1-1 的规定。

**表 8.2.1-1 道路预制混凝土构件用再生粗集料质量技术要求**

项目	A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )	≥2350	≥2250	GB/T 14685
空隙率 (%)	<50	<53	
压碎指标 (%)	<20	<30	
轻质杂物含量 (%)	≤0.1		参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T2321 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/T 17431.2
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	
碱集料反应	膨胀率小于 0.10%		
有机物	合格		

有害物质含量	硫化物及硫酸盐（折算成 SO <sub>3</sub> ，按质量计）（%）	<2.0	GB/T 14684
	氯化物（以氯离子质量计）（%）	<0.06	

注：<sup>a</sup>微粉含量按现行《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中规定的含泥量试验方法执行。

#### 条文说明

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 C40 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，本规范建议道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生集料适用于 C40 以下强度等级的混凝土工程。

本规范道路用预制混凝土构件建筑垃圾再生粗集料 A 级与 B 级技术要求分别参照现行《混凝土用再生粗骨料》（GB/T 25177）条文规定中的 I 类与 II 类标准，考虑混凝土的力学性能和耐久性，规定了道路用预制混凝土构件再生粗集料的再生混凝土颗粒含量。

#### 2 道路用预制混凝土构件再生细集料应符合下列规定：

1) 用于道路预制混凝土构件类的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 C25 以下强度等级混凝土的配制。

2) 道路用预制混凝土构件再生粗集料质量技术指标应符合表 8.2.1-2 的规定。

**表 8.2.1-2 道路用预制混凝土构件再生细集料质量技术要求**

项目		A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥2450	≥2350	GB/T 14684
堆积密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥1350	≥1300	
空隙率 (%)		<46	<48	
轻质杂物含量 (%)		≤0.1	≤0.1	目测挑拣称重
微粉含量 <sup>a</sup> (%)	亚甲蓝 (MB) 值 <1.40 或合格	<5.0	<7.0	GB/T 14684
	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	
坚固性 (饱和硫酸钠溶液中质量损失) (%)		<8.0	<10.0	
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%		
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		

注：<sup>a</sup>微粉含量按现行《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中规定的含泥量试验方法执行。

#### 条文说明

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 C40 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，本规范建议道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生集料适用于 C40 以下强度等级的混凝土工程。

本规范道路预制混凝土构件用建筑垃圾再生细集料 A 级与 B 级技术要求分别参照现行《混凝土和砂浆用再生细骨料》(GB/T 25176) 条文规定中的 I 类与 II 类标准, 其中亚甲蓝 (MB) 用于确定再生细集料中粒径小于 75 $\mu\text{m}$  的颗粒中高岭土含量的指标。

3 用于公路排水、防护结构及路缘石的再生集料水泥混凝土强度等级应符合表 8.2.1-3 的规定

**表 8.2.1-3 排水、防护结构及路缘石的用再生集料水泥混凝土强度等级**

构造物类型	最低强度等级		用途
	非冰冻区及轻冻区	中冻区及重冻区	
排水、防护结构	C20	C25	边沟及盖板、排水沟、护坡
路缘石	C30	C30	公路路缘石

注: 轻冻区——冻结指数小于 800 的地区;  
中冻区——冻结指数 800—2000 的地区;  
重冻区——冻结指数大于 2000 的地区。

**条文说明**

现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 中规定了排水、防护结构水泥混凝土的最低强度, 其中, 非冰冻区及轻冻区的水泥混凝土最低要求为 C20; 中冻及重冻区的水泥混凝土最低要求为 C25。根据广泛调研及实体工程验证, 本规范规定了用于排水、路缘石、防护工程的再生集料水泥混凝土最低强度等级。

4 接触除冰盐的再生集料水泥混凝土, 宜按除冰盐等其他氯化物环境进行耐久性设计。水泥混凝土的抗氯离子侵入性指标应满足表 8.2.1-4 的要求。

**表 8.2.1-4 水泥混凝土抗氯离子渗透性能技术要求**

指标	公路等级	
	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
28d 龄期抗氯离子扩散系数 $D_{RCM}(10^{-12}\text{m}^2/\text{s})$	$\leq 8$	$\leq 12$

注: 水泥混凝土氯离子扩散系数 $D_{RCM}$ 的测定方法参照现行《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082) 执行。

**条文说明**

寒冷地区冬季道路使用除冰盐进行清除冰雪, 在《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019) 中, 采用氯离子在水泥混凝土中的扩散系数来评定水泥混凝土的抗盐蚀性。因此, 根据广泛调研及实体工程验证, 本规范规定了不同公路等级的建筑垃圾再生集料水泥混凝土 28d 龄期氯离子的扩散系数值。

5 对于在重冻地区承受盐冻的水泥混凝土, 应按现行《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》(GB/T 50082) 进行盐冻试验。经过规定盐冻循环试验后, 试件的平均剥落量应小于 1.0 $\text{kg}/\text{m}^2$ 。

**8.2.2 预制混凝土构件用再生集料水泥混凝土配合比设计应符合下列规定:**

1 再生集料水泥混凝土配合比设计的步骤应根据现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55) 进行。

2 再生集料水泥混凝土应通过试配和调整确定基准配合比。

**条文说明**

再生集料水泥混凝土配合比设计中计算的“初步配合比”只是理论上的配合比, 还需要根据实际使用的各种材料进行试配调整, 确定“工作性”满足要求的“基准配合比”。再生集料水泥混凝土基准配合比参照《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55—2011) 进行试配、调整及确定。

3 再生集料水泥混凝土抗压强度标准差应根据同品种、同强度等级的再生集料水泥混凝土统计资料计算确定, 也可参考表 8.2.2 取值。

**表 8.2.2 抗压强度标准差**

强度等级	C20	C25、C30	C35
抗压强度标准差 $\sigma$ (MPa)	4.0	5.0	6.0

### 条文说明

现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55)给出了不同强度等级抗压强度标准差。再生集料水泥混凝土中配合比设计时,结合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55),经广泛调研及实体工程验证,本规范提出了再生集料水泥混凝土抗压强度标准差的参考值。

4 再生集料水泥混凝土配合比的试配强度、水胶比、净用水量可分别按式(8.2.2-1—8.2.2-5)计算:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (8.2.2-1)$$

$$f_{cu,0} \geq \alpha_a(\beta)f_b \left[ \frac{B}{W_a} - \alpha_b(\beta) \right] \quad (8.2.2-2)$$

$$\alpha_a(\beta) = 0.46 + 0.36\beta \quad (8.2.2-3)$$

$$\alpha_b(\beta) = 0.37 + 1.79\beta + 0.92\beta^2 \quad (8.2.2-4)$$

$$W_a = W - W_{1h} \quad (8.2.2-5)$$

式中:  $f_{cu,0}$ ——再生集料水泥混凝土的试配抗压强度 (MPa);

$f_{cu,k}$ ——再生集料水泥混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa);

$\sigma$ ——再生集料水泥混凝土抗压强度标准差 (MPa);

$f_b$ ——胶凝材料(水泥与矿物掺合料按使用比例混合)28d龄期的抗压强度实测值 (MPa);

$\frac{B}{W_a}$ ——再生集料水泥混凝土胶水比;

B——胶凝材料的用量 (kg);

$\alpha_a(\beta)$ 、 $\alpha_b(\beta)$ ——回归系数;

$\beta$ ——掺配率 (%);

$W_a$ ——再生集料水泥混凝土的净用水量 (kg);

$W_{1h}$ ——再生集料 1h 吸水量 (kg);

W——再生集料水泥混凝土单位用水量 (kg)。

### 条文说明

建筑垃圾再生集料的吸水率、表观密度、压碎指标与天然碎石有较大的差别。不同掺配率再生集料配制的水泥混凝土立方体抗压强度必然不同。在再生集料水泥混凝土配合比设计过程中沿用传统的鲍罗米公式,往往会产生较大的误差。再生集料全部或者部分取代碎石会影响水泥混凝土的性能,随着再生集料掺配率的不同,其强度也不同。本规范通过试验分析不同再生集料掺配率下水泥混凝土的强度值,最终回归拟合出新的与再生集料掺配率有关的再生集料水泥混凝土鲍罗米公式。

5 配合比设计参数选择应符合下列规定:

1) 再生集料水泥混凝土单位用水量应按照净用水量和附加用水量确定。

2) 胶凝材料用量、砂率的确定应符合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55)的规定。在满足和易性要求的前提下,再生集料水泥混凝土宜采用较低的砂率。

3) 再生集料水泥混凝土宜采用绝对体积法进行配合比设计。

### 条文说明

1 再生集料水泥混凝土单位用水量包括净用水量和附加用水量两部分。其中净水用量,根据粗集料类型、最大粒径及再生集料水泥混凝土和易性要求确定,并符合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55)的规定。

附加用水量根据再生集料的 1h 吸水量确定。再生集料采用预湿饱和处理时,不考虑附加用水量。

3 在配合比设计计算过程中,由于再生集料中组成材料的不确定性,难以根据以往工程假设“每立方米水泥混凝土拌合物的假定质量”,从而导致“质量法”计算集料用量偏差较大;采用“绝对体积法”计算集料用量时,可以准确测定再生集料的表观密度,所以本规范规定采用绝对体积法计算集料用量。

6 用于冰冻地区的再生集料水泥混凝土构件,宜采用引气水泥混凝土。

#### 条文说明

对于 C60 以下的水泥混凝土,适量的引气是目前提高水泥混凝土抗冻性能较为经济有效的措施。其中引气水泥混凝土拌合物的引气含量应根据不同的抗冻等级,参照现行《季节性冻土地区公路设计与施工技术规范》(JTG/T D31—06)取值。

#### 8.2.3 预制混凝土构件施工应符合下列规定:

1 再生集料水泥混凝土施工应满足现行《混凝土结构工程施工规范》(GB50666)及《混凝土质量控制标准》(GB 50164)的要求。

2 再生集料水泥混凝土预制构件应采用集中厂拌预制。

3 首次使用的再生集料水泥混凝土配合比应进行开盘鉴定,工作性符合要求后方可投入生产。

4 再生集料水泥混凝土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集料掺量的增加宜增加搅拌时间 10~20s。

5 当再生集料水泥混凝土构件用于中冻区及重冻区时,宜采用干法振动成型以提高其抗冻性。

6 再生集料水泥混凝土振捣宜采用固定的高频振动台,振动台台面应设置固定模具装置。

7 再生集料水泥混凝土构件的养护拆模时间应不小于 24h。

8 再生集料水泥混凝土构件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,且不得在通风处养护。

#### 条文说明

再生集料水泥混凝土成型后,相比普通水泥混凝土要更加注意表面失水问题,否则可能由于内外湿差等引起应力收缩,致使表面水泥混凝土产生裂缝。

#### 8.2.4 预制混凝土构件的质量检查与验收应符合下列规定:

1 再生集料水泥混凝土性能及检验评定应符合国家和行业现行有关标准的规定。

#### 条文说明

再生集料水泥混凝土拌合物性能试验方法按现行《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080)执行;力学性能试验方法及试件尺寸换算系数按现行《混凝土物理力学性能试验方法标准》(GB/T 50081)执行;长期性能和耐久性能试验方法按现行《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082)执行;质量控制应符合现行《混凝土质量控制标准》(GB 50164)的规定;强度检验评定应符合现行《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107)的规定;耐久性的检验评定应符合现行《混凝土耐久性检验评定标准》(JGJ/T 193)的规定。

2 建筑垃圾再生集料、天然集料相关检测项目、频率和质量控制指标应符合表 8.2.4-1 的规定。

表 8.2.4-1 集料质量检测项目及频率

名称	项目	频率	质量要求
建筑垃圾再生集料	颗粒级配	每批次检测 1 次	满足本规范表 8.2.1 要求
	吸水率 (%)	每批次检测 2 次	满足本规范表 8.2.1 要求
	压碎值 (%)	每批次检测 3 次	
	轻质杂物含量	每批次检测 2 次	
天然集料	颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状含量、压碎值	每 400m <sup>2</sup> 或者 600t 为 1 个检验批, 检验 1 次	满足现行《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666)
	含水率	每工作班不应少于 1 次, 当雨雪天气等外界影响导致水泥混凝土集料含水率发生变化时, 应及时检验	

3 再生集料水泥混凝土拌合物相关检测项目、频率和质量控制指标与标准应符合表 8.2.4-2 的规定。

**表 8.2.4-2 拌合物质量检测项目及频率**

项目	频率	质量要求
拌合物工作性	每 100m <sup>3</sup> 应少于 1 次, 且每一工作班不应少于 2 次	满足现行《混凝土质量控制标准》(GB50164) 要求
凝结时间	同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥和外加剂时, 至少检验 1 次	
氯离子含量	同一工程、同一配合比的水泥混凝土至少检验 1 次	
掺配率	抽查拌合楼电子称重记录, 每天检测 2 次	满足设计要求

4 再生集料水泥混凝土预制构件每批产品出厂均应对其尺寸允许偏差、外观质量、强度等级和吸水率等进行出厂检验, 具体应符合下列规定:

1) 再生集料水泥混凝土预制构件同一规格宜按每 3000 块一批, 不足 3000 块时也可为一批; 当产品质量比较稳定时, 可按每 6000 块一批进行质量检验。

2) 再生集料水泥混凝土构件吸水率应不大于 6%, 按照随机抽样法从成品堆中每批次抽取 3 块试样进行检测。

3) 再生集料水泥混凝土构件长度、宽度和高度的允许偏差值均为 -2~+2mm, 其余外观质量的测量方法按照表 8.2.4-3 的规定进行检测。尺寸允许偏差和外观质量检测应按随机抽样法每批次产品中抽取 13 块试样。

**表 8.2.4-3 预制构件外观质量测量方法**

项目	测量方法
缺棱掉角	测量顶面和正侧面缺棱掉角处损坏、掉角的长度和宽度(或高度)投影尺寸, 精确至 1mm
面层非贯穿裂纹(表面裂纹)	测量裂纹所在面上的投影长度; 若裂纹由一个面延伸至相邻面时, 测量其延伸长度之和, 精确至 1mm
粘皮(脱皮)	测量顶面和正侧面上粘皮(脱皮)及表面缺损或伤痕处互相垂直的两个最大尺寸, 精确至 1mm; 计算其面积, 精确至 1mm <sup>2</sup>
气孔	测量气孔处过中心互相垂直的两个尺寸, 取平均值, 精确至 1mm
贯穿裂纹	在自然光照或不低于 40W 日光灯下, 距预制构件 1.5m 处, 对端面、背面(或底面)目测检验贯穿裂纹
分层	在自然光照或不低于 40W 日光灯下, 距预制构件 1.5m 处, 对端面、背面(或底面)目测检验分层

注: 检测的量具采用分度值为 1mm 的钢板尺。

4) 再生集料水泥混凝土构件外观质量应符合表 8.2.4-4 的规定。

**表 8.2.4-4 预制构件外观质量标准**

项目	外观质量
缺棱掉角	顶面或正侧面破坏的最大投影尺寸不大于 10mm
面层非贯穿裂纹(表面裂纹)	裂纹所在面上的最大投影尺寸不大于 15mm
粘皮(脱皮)	顶面和正侧面上粘皮(脱皮)及表面缺损的最大面积不大于 30mm <sup>2</sup>
气孔	最大气孔直径不超过 3mm
贯穿裂纹	无贯穿裂缝
分层	无明显分层

5) 再生集料水泥混凝土构件质量检验项目及频率应符合表 8.2.4-5 的规定。

**表 8.2.4-5 预制构件质量检验项目及频率**

名称	项目	允许偏差	检查方法及频率
护坡	抗压强度	不小于设计强度	每1个工作台班2组试件
	断面尺寸	不小于设计值	丈量：每20m量2个断面
排水工程	抗压强度	不小于设计强度	每1个工作台班2组试件
	断面尺寸	不小于设计值	丈量：每20m量2个断面
	铺砌厚度	不小于设计值	每处开挖检查不少于1个断面
路缘石	抗压强度	不小于设计强度	每1个工作台班2组试件
	断面尺寸	不小于设计值	丈量：每20m量2个断面

### 条文说明

2 现行《混凝土路缘石》(JC/T 899)中规定了路缘石的吸水率不应大于6%，再生集料水泥混凝土由于加入了建筑垃圾再生集料，吸水率增加，因此，要规定吸水率的最大值，其检测方法可以按现行《混凝土路缘石》(JC/T 899)执行。

5 再生集料水泥混凝土预制构件为非标准件，难以直接进行强度检测试验，因此，对相同批次的再生集料水泥混凝土预留试件进行强度检测。预留件的取样根据本规范所要求的检查方法和频率，在水泥混凝土浇筑地点随机取样，其强度按标准方法制作边长为150mm的立方体试件，用标准试验方法在28d龄期测得的水泥混凝土抗压强度还需满足现行《混凝土强度检验评定标准》(GB 50107)及《混凝土质量控制标准》(GB50164)的要求。

5 再生集料水泥混凝土构件工程应用后质量检验验收应按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTG F80/1-2017)执行。

## 8.3 建筑垃圾再生集料现浇混凝土构件

8.3.1 现浇混凝土构件用再生集料水泥混凝土的技术要求应符合下列规定：

1 道路用现浇混凝土构件再生粗集料应符合下列规定：

- 1) 建筑垃圾再生集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。
- 2) 用于道路现浇混凝土构件类的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C25以下强度等级混凝土的配制。
- 3) 道路现浇混凝土构件用建筑垃圾再生粗集料质量技术指标应符合表8.3.1-1的规定。

表 8.3.1-1 道路现浇混凝土构件用再生粗集料质量技术要求

项目	A级	B级	试验方法
表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )	≥2350	≥2250	GB/T 14685
空隙率 (%)	<50	<53	
压碎指标 (%)	<20	<30	
轻质杂物含量 (%)	≤0.1		参考《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T2321 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/T 17431.2
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	

碱集料反应		膨胀率小于 0.10%	GB/T 14684
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	

注：<sup>a</sup>微粉含量按现行《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中规定的含泥量试验方法执行。

#### 条文说明

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 C40 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，本规范建议道路现浇混凝土构件用建筑垃圾再生集料适用于 C40 以下强度等级的混凝土工程。

本规范道路用现浇混凝土构件建筑垃圾再生粗集料 A 级与 B 级技术要求分别参照现行《混凝土用再生粗骨料》（GB/T 25177）条文规定中的 I 类与 II 类标准，考虑混凝土的力学性能和耐久性，规定了道路用现浇混凝土构件再生粗集料的再生混凝土颗粒含量。

#### 2 道路用现浇混凝土构件再生细集料应符合下列规定：

1) 用于道路现浇混凝土构件类的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 C25 以下强度等级混凝土的配制。

2) 道路用现浇混凝土构件再生粗集料质量技术指标应符合表 8.3.1-2 的规定。

**表 8.3.1-2 道路用现浇混凝土构件再生细集料质量技术要求**

项目		A 级	B 级	试验方法
表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥2450	≥2350	GB/T 14684
堆积密度 (kg/m <sup>3</sup> )		≥1350	≥1300	
空隙率 (%)		<46	<48	
轻质杂物含量 (%)		≤0.1	≤0.1	目测挑拣称重
微粉含量 <sup>a</sup> (%)	亚甲蓝 (MB) 值<1.40 或合格	<5.0	<7.0	GB/T 14684
	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	
坚固性 (饱和硫酸钠溶液中质量损失) (%)		<8.0	<10.0	
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%		
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		

注：<sup>a</sup>微粉含量按现行《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中规定的含泥量试验方法执行。

#### 条文说明

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 C40 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，本规范建议道路现浇混凝土构件用建筑垃圾再生集料适用于 C40 以下强度等级的混凝土工程。

本规范道路现浇混凝土构件用建筑垃圾再生细集料 A 级与 B 级技术要求分别参照现行《混凝土和砂浆用再生细骨料》(GB/T 25176) 条文规定中的 I 类与 II 类标准，其中亚甲蓝 (MB) 用于确定再生细集料中粒径小于 75 $\mu\text{m}$  的颗粒中高岭土含量的指标。

3 用于公路排水、防护结构及路缘石的再生集料水泥混凝土强度等级应符合表 8.3.1-3 的规定

**表 8.3.1-3 排水、防护结构及路缘石的用再生集料水泥混凝土强度等级**

构造物类型	最低强度等级		用途
	非冰冻区及轻冻区	中冻区及重冻区	
排水、防护结构	C20	C25	边沟及盖板、排水沟、护坡
路缘石	C30	C30	公路路缘石

注：轻冻区——冻结指数小于 800 的地区；  
中冻区——冻结指数 800—2000 的地区；  
重冻区——冻结指数大于 2000 的地区。

**条文说明**

现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 中规定了排水、防护结构水泥混凝土的最低强度，其中，非冰冻区及轻冻区的水泥混凝土最低要求为 C20；中冻及重冻区的水泥混凝土最低要求为 C25。根据广泛调研及实体工程验证，本规范规定了用于排水、路缘石、防护工程的再生集料水泥混凝土最低强度等级。

4 接触除冰盐的再生集料水泥混凝土，宜按除冰盐等其他氯化物环境进行耐久性设计。水泥混凝土的抗氯离子侵入性指标应满足表 8.3.1-4 的要求。

**表 8.3.1-4 水泥混凝土抗氯离子渗透性能技术要求**

指标	公路等级	
	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
28d 龄期抗氯离子扩散系数 $D_{RCM}(10^{-12}\text{m}^2/\text{s})$	$\leq 8$	$\leq 12$

注：水泥混凝土氯离子扩散系数 $D_{RCM}$ 的测定方法参照现行《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082) 执行。

**条文说明**

寒冷地区冬季道路使用除冰盐进行清除冰雪，在《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019) 中，采用氯离子在水泥混凝土中的扩散系数来评定水泥混凝土的抗盐蚀性。因此，根据广泛调研及实体工程验证，本规范规定了不同公路等级的建筑垃圾再生集料水泥混凝土 28d 龄期氯离子的扩散系数值。

5 对于在重冻地区承受盐冻的水泥混凝土，应按现行《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》(GB/T 50082) 进行盐冻试验。经过规定盐冻循环试验后，试件的平均剥落量应小于 1.0 $\text{kg}/\text{m}^2$ 。

**8.3.2 现浇混凝土构件用再生集料水泥混凝土配合比设计应符合下列规定：**

1 再生集料水泥混凝土配合比设计的步骤应根据现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55) 进行。

2 再生集料水泥混凝土应通过试配和调整确定基准配合比。

**条文说明**

再生集料水泥混凝土配合比设计中计算的“初步配合比”只是理论上的配合比，还需要根据实际使用的各种材料进行试配调整，确定“工作性”满足要求的“基准配合比”。再生集料水泥混凝土基准配合比参照《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55-2011) 进行试配、调整及确定。

3 再生集料水泥混凝土抗压强度标准差应根据同品种、同强度等级的再生集料水泥混凝土统计资料计算确定，也可参考表 8.3.2 取值。

表 8.3.2 抗压强度标准差

强度等级	C20	C25、C30	C35
抗压强度标准差 $\sigma$ (MPa)	4.0	5.0	6.0

#### 条文说明

现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55) 给出了不同强度等级抗压强度标准差。再生集料水泥混凝土中配合比设计时，结合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55)，经广泛调研及实体工程验证，本规范提出了再生集料水泥混凝土抗压强度标准差的参考值。

4 再生集料水泥混凝土配合比的试配强度、水胶比、净用水量可分别按式 (8.3.2-1—8.3.2-5) 计算：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (8.3.2-1)$$

$$f_{cu,0} \geq \alpha_a(\beta)f_b \left[ \frac{B}{W_a} - \alpha_b(\beta) \right] \quad (8.3.2-2)$$

$$\alpha_a(\beta) = 0.46 + 0.36\beta \quad (8.3.2-3)$$

$$\alpha_b(\beta) = 0.37 + 1.79\beta + 0.92\beta^2 \quad (8.3.2-4)$$

$$W_a = W - W_{1h} \quad (8.3.2-5)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——再生集料水泥混凝土的试配抗压强度 (MPa)；

$f_{cu,k}$ ——再生集料水泥混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)；

$\sigma$ ——再生集料水泥混凝土抗压强度标准差 (MPa)；

$f_b$ ——胶凝材料 (水泥与矿物掺合料按使用比例混合) 28d 龄期的抗压强度实测值 (MPa)；

$\frac{B}{W_a}$ ——再生集料水泥混凝土胶水比；

B——胶凝材料的用量 (kg)；

$\alpha_a(\beta)$ 、 $\alpha_b(\beta)$ ——回归系数；

$\beta$ ——掺配率 (%)；

$W_a$ ——再生集料水泥混凝土的净用水量 (kg)；

$W_{1h}$ ——再生集料 1h 吸水量 (kg)；

W——再生集料水泥混凝土单位用水量 (kg)。

#### 条文说明

建筑垃圾再生集料的吸水率、表观密度、压碎指标与天然碎石有较大的差别。不同掺配率再生集料配制的水泥混凝土立方体抗压强度必然不同。在再生集料水泥混凝土配合比设计过程中沿用传统的鲍罗米公式，往往会产生较大的误差。再生集料全部或者部分取代碎石会影响水泥混凝土的性能，随着再生集料掺配率的不同，其强度也不同。本规范通过试验分析不同再生集料掺配率下水泥混凝土的强度值，最终回归拟合出新的与再生集料掺配率有关的再生集料水泥混凝土鲍罗米公式。

5 配合比设计参数选择应符合下列规定：

1) 再生集料水泥混凝土单位用水量应按照净用水量和附加用水量确定。

2) 胶凝材料用量、砂率的确定应符合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55) 的规定。在满足和易性要求的前提下，再生集料水泥混凝土宜采用较低的砂率。

3) 再生集料水泥混凝土宜采用绝对体积法进行配合比设计。

#### 条文说明

1 再生集料水泥混凝土单位用水量包括净用水量和附加用水量两部分。其中净用水量，根据粗集料类型、最大粒径及再生集料水泥混凝土和易性要求确定，并符合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55) 的规定。

附加用水量根据再生集料的 1h 吸水量确定。再生集料采用预湿饱和处理时，不考虑附加用水量。

3 在配合比设计计算过程中，由于再生集料中组成材料的不确定性，难以根据以往工程假设“每立方米水泥混凝土拌合物的假定质量”，从而导致“质量法”计算集料用量偏差较大；采用“绝对体积法”计算集料用量时，可以准确测定再生集料的表观密度，以本规范规定采用绝对体积法计算集料用量。

6 用于冰冻地区的再生集料水泥混凝土构件，宜采用引气水泥混凝土。

#### 条文说明

对于 C60 以下的水泥混凝土，适量的引气是目前提高水泥混凝土抗冻性能较为经济有效的措施。其中引气水泥混凝土拌合物的引气含量应根据不同的抗冻等级，参照现行《季节性冻土地区公路设计与施工技术规范》(JTG/T D31-06) 取值。

#### 8.3.3 现浇混凝土构件浇筑与施工应符合下列规定：

1 再生集料水泥混凝土浇筑前应检查送料单，核对混凝土配合比，确认混凝土强度等级，检查混凝土运输时间，测定混凝土坍落度，在确认无误后再进行混凝土浇筑。

2 再生集料水泥混凝土入泵时坍落度不宜低于 160mm。

3 再生集料水泥混凝土入模时温度不应低于 5℃，不应高于 35℃。

4 再生集料水泥混凝土进场时，应对混凝土工作性能、力学性能和耐久性能进行试验，检验项目、检验批划分及试件留置方法和数量应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204) 的有关规定执行。

5 采用再生集料水泥混凝土时，供方应提供混凝土配合比通知单、混凝土抗压强度报告、混凝土质量合格证、混凝土运输单、使用说明书和再生骨料检验报告。当需要其他资料时，供需双方应在合同中明确约定。

6 再生集料水泥混凝土拌合物工作性能应检验其坍落度或维勃稠度，检验方法应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080) 的有关规定，对于坍落度大于 220mm 的混凝土，应测定其坍落扩展度，扩展度的允许偏差为±30mm。

7 再生集料水泥混凝土应进行抗压强度试验，检验方法应符合《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。对有抗冻、抗渗等耐久性要求的混凝土，还应进行耐久性性能试验，检验方法应符合《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。

8 再生混凝土可采用滑膜摊铺机现场摊铺，侧铺模具可安装在滑膜摊铺机的左右任何一侧，应按照设计要求现场摊铺各种形状的混凝土构件。

9 再生混凝土摊铺成型后应及时进行保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。选择养护方式应考虑现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素。

10 再生集料水泥混凝土的养护除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666) 的规定。

#### 条文说明

经大量试验数据积累分析，再生集料水泥混凝土经泵送挤压后混凝土坍落度损失在 20mm~30mm 左右，因此为确保施工性能，再生集料水泥混凝土入泵坍落度不宜小于 160mm。

经大量数据收集分析，再生集料水泥混凝土泵送至施工部位后，混凝土表面失水较快，基本在 30min 左右出现收面困难，因此应及时收面覆膜。

#### 8.3.4 现浇混凝土构件质量检查与验收应符合下列规定：

1 建筑垃圾再生集料、天然集料相关检测项目、频率和质量控制指标应符合表 8.2.4-1 的规定。

表 8.3.4-1 集料质量检测项目及频率

名称	项目	频率	质量要求
建筑垃圾再生集料	颗粒级配	每批次检测 1 次	满足本规范表 8.3.1 要求
	吸水率 (%)	每批次检测 2 次	满足本规范表 8.3.1 要求
	压碎值 (%)	每批次检测 3 次	
	轻质杂物含量	每批次检测 2 次	

天然集料	颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状含量、压碎值	每 400m <sup>2</sup> 或者 600t 为 1 个检验批，检验 1 次	满足现行《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666)
	含水率	每工作班不应少于 1 次，当雨雪天气等外界影响导致水泥混凝土集料含水率发生变化时，应及时检验	

2 再生集料水泥混凝土拌合物相关检测项目、频率和质量控制指标与标准应符合表 8.3.4-2 的规定。

**表 8.3.4-2 拌合物质量检测项目及频率**

项目	频率	质量要求
拌合物工作性	每 100m <sup>3</sup> 应少于 1 次，且每一工作班不应少于 2 次	满足现行《混凝土质量控制标准》(GB50164) 要求
凝结时间	同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥和外加剂时，至少检验 1 次	
氯离子含量	同一工程、同一配合比的水泥混凝土至少检验 1 次	
掺配率	抽查拌合楼电子称重记录，每天检测 2 次	满足设计要求

3 再生集料水泥混凝土结构质量的检查，应符合下列规定：

- 1) 检查的频率、时间、方法和参加检查的人员，应当根据质量控制的需要确定；
- 2) 施工单位应对完成施工的部位或成果的质量进行自检，自检应全数检查；
- 3) 再生集料水泥混凝土结构质量检查应作出记录；

4) 再生集料水泥混凝土结构质量检查中，对于已经隐蔽、不可直接观察和量测的内容，可检查隐蔽工程验收记录。

**表 8.3.4-3 现浇构件外观质量测量方法**

项目	测量方法
缺棱掉角	测量顶面和正侧面缺棱掉角处损坏、掉角的长度和宽度(或高度)投影尺寸，精确至 1mm
面层非贯穿裂纹(表面裂纹)	测量裂纹所在面上的投影长度;若裂纹由一个面延伸至相邻面时，测量其延伸长度之和，精确至 1mm
粘皮(脱皮)	测量顶面和正侧面上粘皮(脱皮)及表面缺损或伤痕处互相垂直的两个最大尺寸，精确至 1mm; 计算其面积，精确至 1mm <sup>2</sup>
气孔	测量气孔处过中心互相垂直的两个尺寸，取平均值，精确至 1mm
贯穿裂纹	在自然光照或不低于 40W 日光灯下，距现浇构件 1.5m 处，对端面、背面(或底面)目测检验贯穿裂纹
分层	在自然光照或不低于 40W 日光灯下，距现浇构件 1.5m 处，对端面、背面(或底面)目测检验分层

注:检测的量具采用分度值为 1mm 的钢板尺。

4) 再生集料水泥混凝土构件外观质量应符合表 8.3.4-4 的规定。

**表 8.3.4-4 现浇构件外观质量标准**

项目	外观质量
缺棱掉角	顶面或正侧面破坏的最大投影尺寸不大于 10mm
面层非贯穿裂纹(表面裂纹)	裂纹所在面上的最大投影尺寸不大于 15mm
粘皮(脱皮)	顶面和正侧面上粘皮(脱皮)及表面缺损的最大面积不大于 30mm <sup>2</sup>
气孔	最大气孔直径不超过 3mm
贯穿裂纹	无贯穿裂缝
分层	无明显分层

5) 再生集料水泥混凝土构件质量检验项目及频率应符合表 8.3.4-5 的规定。

**表 8.3.4-5 现浇构件质量检验项目及频率**

名称	项目	允许偏差	检查方法及频率
护坡	抗压强度	不小于设计强度	每 1 工作台班 2 组试件
	断面尺寸	不小于设计值	尺量：每 20m 量 2 个断面
排水工程	抗压强度	不小于设计强度	每 1 工作台班 2 组试件
	断面尺寸	不小于设计值	尺量：每 20m 量 2 个断面
	铺砌厚度	不小于设计值	每处开挖检查不少于 1 个断面
路缘石	抗压强度	不小于设计强度	每 1 工作台班 2 组试件
	断面尺寸	不小于设计值	尺量：每 20m 量 2 个断面

4 再生混凝土质量控制应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定。

5 再生混凝土施工验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204) 的规定。

## 本导则用词说明

- 1 为便于在执行本导则条文时区别对待，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：  
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 《建筑废弃物再生工厂设计标准》GB 51322
- 2 《固定式建筑垃圾处置技术规程》JC/T2546
- 3 《道路用建筑垃圾再生骨料无机混合料》JC/T 2281
- 4 《建筑垃圾处理技术标准》CJJ/T 134
- 5 《建设用砂》GB/T 14684
- 6 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685
- 7 《轻集料及试验方法 第2部分 轻集料试验方法》GB/T 17431.2
- 8 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176
- 9 《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177
- 10 《公路路基设计规范》JTG D30
- 11 《公路沥青路面设计规范》JTG D50
- 12 《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)
- 13 《公路工程集料试验规程》JTG E42
- 14 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51
- 15 《公路路基路面现场测试规程》JTG E60
- 16 《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20
- 17 《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40
- 18 《公路工程质量检验评定标准(第一册-土建工程)》JTG F80
- 19 《公路土工试验规程》JTG 3430
- 20 《公路路基施工技术规范》JTG/T 3610
- 21 《公路工程利用建筑垃圾技术规范》(JTG/T 2321)
- 22 《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 现行 2021
- 23 《公路工程技术标准》(JTG B01)
- 24 《城市道路工程设计规范》(CJJ 37)
- 25 《天津地区山皮土填筑路基施工及验收规范》(DB12/T 895)
- 26 《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79)
- 27 《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T D31-02)
- 28 《通用硅酸盐水泥》GB 175 现行 2007
- 29 《混凝土用水标准》JGJ 63 现行 2006
  
- 30 《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310 现行 2019
- 31 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》GB/T 50082 现行 2019
- 32 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 现行 2011
- 33 《季节性冻土地区公路设计与施工技术规范》JTG/T D31—06 现行 2017
- 34 《混凝土结构工程施工规范》GB50666 现行 2011
- 35 《混凝土质量控制标准》GB 50164 现行 2011
- 36 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 现行 2016
- 37 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 现行 2019
- 38 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 现行 2010
- 39 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 现行 2009
- 40 《混凝土路缘石》JC/T 899 现行 2016
- 41 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 现行 2015
- 42 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 现行 2016
- 43 《再生骨料混凝土结构应用技术规程》DB37/T 5208 现行 2021
- 44 《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》(JTG F80/1)
- 45 《城镇道路工程施工与质量验收规范》(CJJ1)