

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 48 - 2026

道路工程应用建筑废弃物再生产品
技术标准

2026-07-09 发布

2026-10-01 实施

深圳市住房和建设局 发布

深圳市工程建设地方标准

道路工程应用建筑废弃物再生产品技术标准

SJG 48 - 2026

2026 深 圳

前 言

根据《深圳市住房和建设局关于发布 2024 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目(第一批)的通知》的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,通过大量室内外科实验研究,参考有关国内外先进标准,结合深圳市的实际,并在广泛征求意见的基础上,修订了本标准。

本标准主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.再生材料加工、运输和存储;5.再生集料水泥混凝土;6.再生集料水泥砂浆;7.再生集料水泥注浆材料;8.再生集料路面基层与垫层;9.路基填筑。

本标准修订的主要技术内容:

- 1 总则:调整了本标准的适用范围;
- 2 术语和符号:修改了“建筑废弃物”的定义;将“骨料”统一修改为“集料”。
- 3 基本规定:增加了应用于道路工程的建筑废弃物再生产品的应用范围。
- 4 再生加工、运输和存储:补充强调了建筑废弃物再生加工工序;取消了建筑废弃物预筛分工序;补充了建筑废弃物预处理规定。
- 5 再生集料水泥混凝土:修改了再生烧结砖的应用范围;补充了对再生粗集料和再生细集料的体积取代率要求;补充了再生集料水泥混凝土强度标准差最小值和推荐值要求;调整了“拌合、浇筑和养护”以及“施工质量验收”要求。
- 6 再生集料水泥砂浆:补充了 I 类、II 类、III 类再生细集料的应用范围及体积取代率要求;修改了再生集料水泥砂浆保水率的要求。
- 7 再生集料水泥注浆材料:增加了再生细集料体积取代率要求;调整了施工和质量验收要求。
- 8 再生集料路面基层与垫层:新增再生材料用于级配碎石垫层的相关规定;删除关于煤矸石作为再生材料的相关规定;删除再生材料用于级配砂砾、级配砾石、级配碎砾石等相关规定,仅保留级配碎石垫层和水泥稳定级配碎石类基层、底基层材料;优化对再生材料质量的指标要求;新增材料设计参数;优化混合料级配要求指标;增加对城市道路和公路的区分表述;优化再生材料最大掺配率指标;增加规定要求必须采用集中厂拌的生产方式。
- 9 路基填筑:增加了路基试验段的相关规定;增加对城市道路和公路的区分表述;补充了路堤压实质量标准的相关规定,增加了台背回填、地基换填的相关内容。

本标准由深圳市住房和建设局批准发布,由深圳市住房和建设局业务归口并组织由深圳市市政设计研究院有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本标准实施过程中如有意见或建议,请寄送深圳市市政设计研究院有限公司(地址:深圳市福田区笋岗西路 3007 号市政设计大厦,邮编:518029),以供今后修订时参考。

本标准主编单位:深圳市市政设计研究院有限公司
深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司
哈尔滨工业大学

本标准参编单位:深圳市特区建工集团有限公司
深圳市政集团有限公司
深圳市交通公用设施建设中心
深圳市交通工程质量监督站
中国市政工程西北设计研究院有限公司
深圳市华威环保建材有限公司
深圳市建筑废弃物资源化协会

本标准主要起草人员：徐 波 葛 勇 赵 刚 黎伟光 马坤荣
冯 芳 于 芳 邓 军 蔡小平 范璐璐
徐 涛 程生平 刘敬华 辛继宝 杨文萃
许 勳 李 深 杨 淼 徐亘恒 郭智刚
王梅玲 张孟瑜 鲍 涵 李洁文 周世浩
刘官伟 张 莉 王 媛 蒋峻涛 郭 翔
刘铁军 辛晓婷 曹苏陇 庞 聪 赵夕朝
邓亚军 胡代中 周晓敏 黄莹鑫 徐亚非
张炜生

本标准主要审查人员：寇世聪 刘小生 朱秀兰 陈泽广 万 众
侯茜茜 黄 枫

本标准发布时同步报送广东省住房和城乡建设厅和深圳市市场监督管理局，并按地方标准管理有关规定实施备案管理。本标准可从深圳市住房和建设局门户网站获取电子版。

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
4	再生材料加工、运输和存储	5
4.1	再生材料加工	5
4.2	运输和存储	6
5	再生集料水泥混凝土	7
5.1	一般规定	7
5.2	原材料要求	7
5.3	技术要求	10
5.4	配合比设计	10
5.5	拌合、浇筑和养护	13
5.6	施工质量验收	13
6	再生集料水泥砂浆	14
6.1	一般规定	14
6.2	原材料要求	14
6.3	技术要求	14
6.4	配合比设计	15
6.5	拌合、砌筑、抹面和养护	15
6.6	施工质量验收	15
7	再生集料水泥注浆材料	16
7.1	一般规定	16
7.2	原材料要求	16
7.3	技术要求	16
7.4	施工质量验收	17
8	再生集料路面基层与垫层	18
8.1	一般规定	18
8.2	原材料要求	18
8.3	设计要求	20
8.4	配合比设计	20
8.5	施工	21
8.6	质量检查与验收	22
9	路基填筑	24
9.1	一般规定	24
9.2	原材料要求	24
9.3	施工	26
9.4	施工质量验收	28

本标准用词说明	29
引用标准名录	30
附：条文说明	32

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家节约资源、保护环境的基本国策，促进深圳市建筑废弃物再生材料在道路工程的应用，规范再生材料使用的技术要求、工艺及检测方法，做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑废弃物再生材料在深圳市道路工程的应用。

1.0.3 建筑废弃物再生材料在道路工程的应用，除应符合本标准外，尚应符合现行国家、行业和地方相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 建筑废弃物再生产品

对新建、改建、扩建、装饰装修和拆除各类建筑物、构筑物等过程中产生的建筑废弃物，进行分类、除杂、破碎、筛分、加工处理后，制备形成的可重新利用的建材产品。

2.1.2 再生材料

由建筑废弃物加工而成的，用于道路工程配制混凝土、砂浆、注浆材料、基层材料的粗、细集料和微粉。

2.1.3 再生粗集料

由建筑废弃物中的混凝土、石、烧结砖等加工而成，粒径大于 4.75mm 的颗粒。

2.1.4 再生细集料

由建筑废弃物中的混凝土、砂浆、石、烧结砖等加工而成，粒径大于 0.075mm 且小于等于 4.75mm 的颗粒。

2.1.5 再生微粉

由建筑废弃物中的混凝土、砂浆、石、烧结砖等加工而成，粒径小于等于 0.075mm 的颗粒。

2.1.6 体积取代率

再生材料在混凝土、砂浆、注浆材料、基层材料中按体积取代天然粗、细集料、粒料和微粉的比例。

2.1.7 再生集料水泥混凝土

再生集料部分或全部代替天然集料配制而成的水泥混凝土。

2.1.8 再生集料水泥砂浆

再生细集料部分或全部取代天然细集料配制而成的水泥砂浆。

2.1.9 再生集料水泥注浆材料

再生细集料部分或全部取代天然细集料配制而成的灌注水泥砂浆。

2.1.10 净用水量

再生混凝土配合比设计中，不考虑再生集料吸水量在内的混凝土用水量。

2.1.11 净水胶比

再生混凝土配合比设计中，混凝土净用水量与胶凝材料用量的比值。

2.1.12 附加用水量

再生集料吸水至饱和面干状态所需的水量。

2.2 符号

E_c ——弹性模量 ($\times 10^4 \text{MPa}$)；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组试件的立方体强度 (MPa)；

$f_{cu,k}$ ——再生集料混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)；

$f_{cu,0}$ ——再生集料混凝土试配强度 (MPa)；

f_{rk} ——再生集料混凝土的抗折强度标准值 (MPa)；

m_{fcu} —— n 组试件的立方体强度的平均值 (MPa)；

m_g ——基准混凝土粗集料用量 (kg/m^3)；

m_{g0} ——粗集料用量 (kg/m^3) ;
 m_{rg0} ——再生粗集料用量 (kg/m^3) ;
 m_{rs0} ——再生细集料用量 (kg/m^3) ;
 m_s ——基准混凝土细集料用量 (kg/m^3) ;
 m_{s0} ——细集料用量 (kg/m^3) ;
 m_{wf} ——再生集料附加用水量 (kg/m^3) ;
 m_{wn} ——净用水量 (kg/m^3) ;
 m_{wt} ——混凝土的总用水量 (kg/m^3) ;
 δ_g ——再生粗集料体积取代率 (%) ;
 δ_s ——再生细集料体积取代率 (%) ;
 ρ_g ——粗集料的表观密度 (kg/m^3) ;
 ρ_{rg} ——再生粗集料的表观密度 (kg/m^3) ;
 ρ_{rs} ——再生细集料的表观密度 (kg/m^3) ;
 ρ_s ——细集料的表观密度 (kg/m^3) ;
 σ ——再生集料混凝土强度标准差 (MPa) ;
 ω_{rg} ——再生粗集料吸水率 (%) ;
 ω_{rs} ——再生细集料吸水率 (%) 。

3 基本规定

3.0.1 含工程渣土、工程泥浆、石膏制品的建筑废弃物不得用于制备再生材料，被污染或腐蚀的建筑废弃物不得用于制备再生材料。

3.0.2 再生材料的选择应满足所制备的水泥混凝土、水泥砂浆、注浆材料、基层与垫层材料及路基填筑的性能要求。

3.0.3 建筑废弃物进场时宜做好相关信息的采集与记录工作，宜包括拆除结构的用途、服役时间和原始混凝土强度等级等。

3.0.4 应用于道路工程的建筑废弃物再生产品，应包括再生集料混凝土、再生集料水泥砂浆、再生集料水泥注浆材料、水泥稳定级配碎石基层用再生集料、级配碎石垫层用再生集料、路基回填再生材料等，建筑废弃物再生产品在道路工程中应用范围应符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 建筑废弃物再生产品在道路工程中应用范围

建筑废弃物再生产品类别		用途	应用范围
再生集料水泥混凝土		浇筑道路路面工程中的水泥混凝土结构层	三级公路、四级公路、城市次干路、支路和小区道路的水泥混凝土路面面层 机动车车道基层 非机动车道、人行道、步行街、人行广场等面层、基层
		桥涵非主体结构	垫层、锥坡、防撞栏、挂板
		隧洞	初支及排水沟、电缆沟
		路用预制品	人行道、停车场、广场铺砌式路面砖 护坡植草砖 市政管网砌筑砖 路缘石
		浇筑构筑物	重力式挡土墙 边沟、截排水沟，电缆沟，检查井
再生集料水泥砂浆	再生集料砌筑砂浆	砌筑道路工程附属设施	市政排水沟、检查井、电缆沟，挡土墙、护坡及其他交通设施
	再生集料抹灰砂浆	道路工程附属设施砌筑抹灰	
再生集料水泥注浆材料		水泥混凝土路面结构层的加固、路基加固、原位再生及修补等。	水泥混凝土路面面层、路面基层、垫层及路基
基层材料(水泥稳定级配碎石基层用再生集料)		铺筑路面基层、底基层	基层、底基层
垫层材料(级配碎石垫层用再生集料)		铺筑垫层	垫层
路基回填再生材料		填筑路基、管槽、台背及地基换填	机动车道、人行道、自行车道范围内的路基回填、管槽回填、台背回填及地基换填

4 再生材料加工、运输和存储

4.1 再生材料加工

- 4.1.1** 建筑废弃物再生加工应包括预处理、一级除杂、一级破碎、二级除杂、二级破碎、筛分工序。
- 4.1.2** 使用建筑废弃物加工再生材料时，预处理应符合下列规定：
- 1 应设置预处理区，并应配备大块废弃物处理设施与人工分拣设施；
 - 2 应具备降尘、分类、粗破、拣选、排水功能；
 - 3 建筑废弃物预处理区降尘宜采用水喷淋法或区域降尘法等；
 - 4 建筑废弃物预处理区同时应配备照明、监控系统；
 - 5 建筑废弃物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；
 - 6 大块废弃物破碎应选用机械破碎及物理破碎。
- 4.1.3** 一级除杂应符合下列规定：
- 1 应除去建筑废弃物中的织物、木块和管材等大块杂质；
 - 2 可通过人工或机械挑拣完成。
- 4.1.4** 一级破碎应符合下列规定：
- 1 经一级除杂的大块建筑废弃物宜由皮带输送机均匀地送进破碎机进行一级破碎；
 - 2 一级破碎宜采用颚式破碎机或反击式破碎机。
- 4.1.5** 二级除杂应符合下列规定：
- 1 经二级除杂的再生材料有机质含量不应大于1%；
 - 2 可通过磁选、风选、智能分选以及人工分拣除杂等方式除去建筑废弃物中的铁质、有机质及土等杂质；
 - 3 除土方法宜采用筛分法。
- 4.1.6** 二级破碎应符合下列规定：
- 1 经二级除杂的大块建筑废弃物宜由皮带输送机均匀地送进破碎机进行二级破碎；
 - 2 二级破碎机宜采用反击-锤式复合破碎机、圆锥破碎机等。
- 4.1.7** 筛分工序应符合下列规定：
- 1 经二级破碎后的再生材料应由皮带输送机送进振动筛进行筛分，筛分出不同规格的再生集料；
 - 2 应根据现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176和《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的要求，对再生加工后的再生细集料与再生粗集料进行检验；满足指标要求的再生集料应送往成品料场；不满足指标要求的再生集料应返送到处理环节。
- 4.1.8** 再生集料加工环节应配备相应的除尘设备。应对破碎系统及筛分系统所有的扬尘点采取除尘措施，扬尘控制应符合现行行业标准《防治城市扬尘污染技术规范》HJ/T 393的规定；粉尘排放应符合现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB 16297的有关规定。
- 4.1.9** 破碎系统及筛分系统应进行降噪处理，噪声排放应符合现行国家标准《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348的有关规定。
- 4.1.10** 原材料再生加工过程产生的排放物应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978的有关规定。

4.2 运输和存储

4.2.1 再生材料运输时，应符合下列规定：

- 1 粗集料、细集料的运输应采用箱式运输；
- 2 粉料的运输应采用罐装运输；
- 3 应采取防止杂物混入和粉尘飞扬的措施。

4.2.2 再生材料存储，应符合下列规定：

- 1 应按照类别、规格分开堆放存储；
- 2 再生材料和非再生材料不得混合；
- 3 堆放时应防止混入泥土和其他改变其品质的杂质；
- 4 再生材料应按梯形堆放，堆放层数不宜超过两层，每层高度不宜超过 3m。

5 再生集料水泥混凝土

5.1 一般规定

5.1.1 再生集料配制的水泥混凝土可用于道路路面工程中的水泥混凝土结构层、桥涵非主体结构、隧洞、路用预制品、浇筑构筑物等部位。

5.1.2 由建筑废弃物中回收的水泥混凝土、石料加工获得的再生粗集料和再生细集料宜用于强度等级为C40及以下的再生集料水泥混凝土，且粗集料中烧结砖颗粒的体积含量不应超过10%。

5.1.3 由烧结砖加工获得的再生烧结砖粗集料可用于强度等级为C25及以下的水泥混凝土，且不得超出表3.0.4所规定的范围。

5.1.4 当再生粗集料中混入的烧结砖颗粒含量大于3%时，不宜用于水泥混凝土路面。

5.2 原材料要求

5.2.1 再生粗集料按性能要求可分为I类、II类和III类，I类集料可用于配制C40及以下强度等级的水泥混凝土；II类集料宜用于C30及以下强度等级的水泥混凝土；III类集料可配制C25及以下强度等级的水泥混凝土，且不宜用于配制有耐腐蚀要求的水泥混凝土。各项性能指标应符合下列规定：

1 再生粗集料的颗粒级配应符合表5.2.1-1的规定。

表5.2.1-1 再生粗集料的颗粒级配

公称粒径/mm		累计筛余 (%)							
		方孔筛筛孔边长 (mm)							
		2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
连续 粒级	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0	—	—
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0	—
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5	0
单粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—
	10~20	—	95~100	85~100	—	0~15	0	—	—
	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	—	0~10	0

2 再生粗集料的最大粒径不应大于31.5mm。用于实心路面砖的再生粗集料的最大粒径不应超过砖厚度的1/3，用于空心或多孔的路面砖和植草砖的再生粗集料的最大粒径不宜大于10mm。

3 再生粗集料性能应符合表5.2.1-2的规定。

表5.2.1-2 再生粗集料性能

项目	技术要求		
	I类	II类	III类
微粉含量 (按质量计) (%)	<1.0	<2.0	<3.0
泥块含量 (按质量计) (%)	<0.5	<0.7	<1.0
针片状颗粒含量 (按质量计) (%)	<10		
有机物含量	合格		
硫化物及硫酸盐含量 (折算成SO ₃ , 按质量计) (%)	<2.0		

续表 5.2.1-2

项目	技术要求		
	I类	II类	III类
氯化物（按氯离子质量计）（%）	<0.06		
坚固性指标（按质量损失计）（%）	<5.0	<10.0	<15.0
压碎指标（%）	<12	<20	<30
表观密度（kg/m ³ ）	>2450	>2350	>2250
空隙率（%）	<47	<50	<53
吸水率（按质量计）（%）	<3.0	<5.0	<8.0
杂物（按质量计）（%）	<1.0		

注：1 烧结砖再生的粗集料的吸水率宜小于20%；

2 再生粗集料的坚固性采用硫酸钠溶液法进行试验。

4 经碱集料反应试验后，由再生粗集料制备的试件应无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率应小于0.10%。

5.2.2 再生细集料按性能要求可分为I类、II类和III类，I类再生细集料可用于配制C40及以下强度等级的水泥混凝土；II类再生细集料宜用于配制C25及以下强度等级的水泥混凝土；III类再生细集料不宜用于配制结构水泥混凝土。各项性能应符合下列规定：

1 再生细集料的颗粒级配应符合表5.2.2-1的规定；

表5.2.2-1 再生细集料的颗粒级配

方孔筛筛孔边长（mm）	累计筛余（%）		
	1级配区	2级配区	3级配区
9.50	0	0	0
4.75	10~0	10~0	10~0
2.36	35~5	25~0	15~0
1.18	65~35	50~10	25~0
0.60	85~71	70~41	40~16
0.30	95~80	92~70	85~55
0.15	100~85	100~80	100~75

注：再生细集料的实际颗粒级配与表中所列数字相比，除0.475mm和0.60mm筛档外，可以略有超出，但是超出总量应小于5%。

2 再生细集料性能应符合表5.2.2-2的规定；

表5.2.2-2 再生细集料性能

项目	技术要求			
	I类	II类	III类	
微粉含量（按质量计）（%）	MB值<1.40或合格	<5.0	<7.0	<10.0
	MB值≥1.40或不合格	<1.0	<3.0	<5.0
泥块含量（按质量计）（%）	<1.0	<2.0	<3.0	
云母含量（按质量计）（%）	<2.0			
轻物质含量（按质量计）（%）	<1.0			
有机物含量（比色法）	合格			
硫化物及硫酸盐含量（按SO ₃ 质量计）（%）	<2.0			

续表 5.2.2-2

项目	技术要求		
	I类	II类	III类
氯化物含量（按氯离子质量计）（%）	<0.06		
饱和硫酸钠溶液中质量损失（%）	<8.0	<10.0	<12.0
单级最大压碎指标值（%）	<20	<25	<30
表观密度（kg/m ³ ）	>2450	>2350	>2250
堆积密度（kg/m ³ ）	>1350	>1300	>1200
空隙率（%）	<46	<48	<52

注：再生细集料的坚固性应采用硫酸钠溶液法进行试验。再生细集料经5次循环后测试其质量损失。

3 再生胶砂需水量比应符合表5.2.2-3的规定；

表5.2.2-3 再生胶砂需水量比

项目	I类			II类			III类		
	细	中	粗	细	中	粗	细	中	粗
需水量比	<1.35	<1.30	<1.20	<1.55	<1.45	<1.35	<1.80	<1.70	<1.50

4 再生胶砂强度比应符合表5.2.2-4的规定；

表5.2.2-4 再生胶砂强度比

项目	I类			II类			III类		
	细	中	粗	细	中	粗	细	中	粗
强度比	>0.80	>0.90	>1.00	>0.70	>0.85	>0.95	>0.60	>0.75	>0.90

5 经碱集料反应试验后，由再生细集料制备的试件应无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率应小于0.10%。

5.2.3 再生粗集料性能检测方法按现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177有关规定执行，再生细集料性能检测方法按现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176有关规定执行。

5.2.4 再生集料水泥混凝土所用水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的有关规定。当采用其他品种的水泥时，其性能指标必须符合现行相应标准的要求。

5.2.5 再生集料水泥混凝土所用天然粗集料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685的要求。对于石灰岩碎石，当用于硫酸盐环境时，石灰石粉含量应小于0.5%。重要工程应进行石灰岩低温抗硫酸盐腐蚀试验，验证其可行性。

5.2.6 再生集料水泥混凝土所用天然砂、机制砂、混合砂应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的要求。对于石灰岩机制砂，当用于有盐环境时，石灰石粉含量应小于1%。重要工程应进行石灰岩低温抗硫酸盐腐蚀试验，验证其可行性。

5.2.7 再生集料水泥混凝土拌合用水和养护用水应符合下列要求：

1 再生集料水泥混凝土拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的要求；

2 不得使用海水拌合钢筋再生集料水泥混凝土，不宜用海水拌合有饰面要求的素再生集料水泥混凝土；

3 高温季节拌和用水的温度应低于30℃。养护用水与再生集料水泥混凝土温差应小于15℃。

5.2.8 再生集料水泥混凝土中宜掺加粉煤灰、矿渣粉、硅粉等矿物掺合料，其质量应符合现行国家、行业相关标准的规定。

5.2.9 再生集料水泥混凝土所用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB/T 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119等的要求。

5.2.10 再生集料水泥混凝土所用的颜料应符合现行行业标准《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T 539的规定。

5.3 技术要求

5.3.1 再生集料水泥混凝土的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应满足设计和施工要求。

5.3.2 再生集料水泥混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。

5.3.3 再生集料水泥混凝土立方体抗压强度的尺寸效应换算系数应按普通水泥混凝土取值。

5.3.4 再生集料水泥混凝土的抗折强度标准值 f_{rk} 应按式(5.3.4)计算。

$$f_{rk} = 0.75\sqrt{f_{cu,k}} \quad (5.3.4)$$

式中：

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

5.3.5 再生集料水泥混凝土的弹性模量 E_c 应按照现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081规定的试验方法通过试验确定；无统计资料时，再生集料水泥混凝土弹性模量可按表5.3.5取值。

表5.3.5 再生集料水泥混凝土弹性模量（ $\times 10^4$ MPa）

强度等级	C30	C35	C40
弹性模量	2.42	2.53	2.63

5.3.6 再生集料水泥混凝土的收缩值可在普通水泥混凝土的基础上加以修正，修正系数可取1.0~1.5，再生粗集料取代率为30%时可取1.0，再生粗集料取代率为100%时可取1.5，中间可采用线性内插取值。

5.3.7 再生集料水泥混凝土的徐变系数应按照现行国家标准《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082规定的试验方法通过试验确定；无统计资料时，宜按普通水泥混凝土的规定取值。

5.3.8 再生集料水泥混凝土的泊松比可取为0.2。

5.3.9 再生集料水泥混凝土的耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定。

5.3.10 再生集料水泥混凝土中氯离子、三氧化硫的含量应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定。

5.4 配合比设计

5.4.1 再生集料水泥混凝土配合比设计应满足工作性、强度、耐久性和经济性的要求。

5.4.2 再生粗集料体积取代率应符合下列规定：

1 应根据已有技术资料 and 再生集料水泥混凝土的性能要求确定。当缺乏技术资料时，其总体积取代率不宜大于50%，但I类再生粗集料体积取代率可不受限制；

2 再生粗集料体积取代率应符合表5.4.2的规定。

表5.4.2 再生粗集料体积取代率 (%)

强度等级	不使用再生细集料			使用再生细集料		
	I类再生粗集料	II类再生粗集料	III类再生粗集料	I类再生粗集料	II类再生粗集料	III类再生粗集料
C40、C35	≤100	0	0	≤50	0	0
C30、C25	≤100	≤40	0	≤60	≤30	0
<C25	≤100	≤50	≤50	≤70	≤40	0

注：1 再生细集料取代率不应超过50%，且除I类再生粗集料外，其余再生粗细集料总的取代率不超过50%。

2 本表不含再生烧结砖粗集料取代率。

3 再生烧结砖粗集料用于C25水泥混凝土的体积取代率不宜大于10%。

5.4.3 再生细集料的体积取代率应符合表5.4.3的规定。

表5.4.3 再生细集料的体积取代率 (%)

强度等级	不使用再生粗集料			使用再生粗集料		
	I类再生细集料	II类再生细集料	III类再生细集料	I类再生细集料	II类再生细集料	III类再生细集料
C40	≤30	0	0	≤30	0	0
C35、C30	≤40	0	0	≤40	0	0
C25	≤50	≤40	0	≤40	≤30	0
<C25	≤50	≤50	≤50	≤50	≤40	0

注：除I类再生粗集料外，其余再生粗细集料总的取代率不超过50%。

5.4.4 再生集料水泥混凝土配合比设计标准差应符合下列规定：

1 再生集料水泥混凝土强度标准差宜根据近1个月~3个月同品种、同强度等级再生集料水泥混凝土的强度统计资料按下式计算，试件组数不应少于30。当强度标准差计算值小于表5.4.4-1的再生集料水泥混凝土强度标准差最小值要求时，应按表中数值取值：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n \cdot m_{cu}^2}{n-1}} \quad (5.4.4)$$

式中：

- σ ——水泥混凝土强度标准差 (MPa)；
- $f_{cu,i}$ ——第*i*组试件的立方体强度 (MPa)；
- m_{cu} ——*n*组试件的立方体强度的平均值 (MPa)；
- n*——再生集料水泥混凝土试件的组数。

表5.4.4-1 再生集料水泥混凝土强度标准差最小值要求 (MPa)

强度等级	C20	C25、C30	C35、C40
仅掺再生粗集料	3.0	4.0	4.0
掺加再生粗集料和再生细集料	4.0	5.0	6.0
仅掺再生细集料	4.0	5.0	6.0

2 对于不参加再生细集料的水泥混凝土，仅掺I类再生粗集料或II类、III类再生粗集料体积取代率小于30%且施工单位无统计资料可供计算再生集料水泥混凝土强度标准差时，再生集料水泥混凝土强度标准差推荐值可按表5.4.4-2选取；

表5.4.4-2 再生集料水泥混凝土强度标准差推荐值 (MPa)

强度等级	C20	C25、C30	C35、C40
仅掺I类再生粗集料	4.0	5.0	6.0

续表 5.4.4-2

强度等级	C20	C25、C30	C35、C40
Ⅱ类、Ⅲ类再生粗集料体积取代率小于30%	4.0	5.0	6.0

注：当再生粗集料的来源很复杂或来源不清楚，或者再生粗集料体积取代率较大时，应适当增大强度标准差。

5.4.5 再生集料水泥混凝土的配合比设计宜采用绝对体积法，在不使用引气型外加剂时，含气量可取1%。计算应按下列步骤进行：

1 再生集料水泥混凝土的试配强度应按式(5.4.5-1)确定：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.4.5-1)$$

式中：

$f_{cu,0}$ ——再生集料水泥混凝土试配强度（MPa）；

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

σ ——再生集料水泥混凝土强度标准差（MPa）。

2 净水胶比计算应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。水泥强度等级应按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关要求选用。有抗渗性要求的再生集料水泥混凝土的净水胶比不宜大于现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55所规定的最大水胶比，取计算值和规定值的小值；

3 单位立方米水泥混凝土的净用水量可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定选取，并由用水量及水胶比计算出每立方米水泥混凝土的水泥用量和矿物掺合料用量；

4 砂率可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定取值，砂率取值可增大1%~3%；

5 外加剂品种和掺量应通过试验确定；

6 基准水泥混凝土的粗、细集料用量应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定计算。再生集料水泥混凝土中再生粗集料用量、再生细集料用量、粗集料用量、细集料用量，应按下列公式计算：

$$m_{rg0} = \delta_g m_g \frac{\rho_{rg}}{\rho_g} \quad (5.4.5-2)$$

$$m_{rs0} = \delta_s m_s \frac{\rho_{rs}}{\rho_s} \quad (5.4.5-3)$$

$$m_{g0} = (1 - \delta_g) m_g \quad (5.4.5-4)$$

$$m_{s0} = (1 - \delta_s) m_s \quad (5.4.5-5)$$

式中：

m_g ——基准水泥混凝土粗集料用量（kg）；

m_s ——基准水泥混凝土细集料用量（kg）；

m_{rg0} ——再生粗集料用量（kg）；

m_{rs0} ——再生细集料用量（kg）；

m_{g0} ——粗集料用量（kg）；

m_{s0} ——细集料用量（kg）；

ρ_{rg} ——再生粗集料表观密度（kg/m³）；

ρ_g ——粗集料表观密度（kg/m³）；

ρ_{rs} ——再生细集料表观密度 (kg/m³) ;

ρ_s ——细集料表观密度 (kg/m³) ;

δ_g ——再生粗集料体积取代率 (%) ;

δ_s ——再生细集料体积取代率 (%) ;

7 再生集料的附加用水量, 应按下式计算:

$$m_{wf} = m_{rg0}\omega_{rg} + m_{rs}\omega_{rs} \quad (5.4.5-6)$$

式中:

m_{wf} ——再生集料附加用水量 (kg) ;

ω_{rg} ——再生粗集料吸水率 (%) ;

ω_{rs} ——再生细集料吸水率 (%) 。

8 再生集料水泥混凝土的总用水量, 应按下式计算:

$$m_{wt} = m_{wn} + m_{wf} \quad (5.4.5-7)$$

式中:

m_{wt} ——水泥混凝土的总用水量 (kg) ;

m_{wn} ——净用水量 (kg) ;

m_{wf} ——再生集料附加用水量 (kg) 。

9 再生集料水泥混凝土配合比的试配与调整应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。

5.4.6 路面用再生集料水泥混凝土抗压强度应根据本标准第5.3.4条确定, 配合比设计应符合本标准第5.4.1条~第5.4.5条的规定。

5.5 拌合、浇筑和养护

5.5.1 城市道路工程中再生集料水泥混凝土结构、预制块、路缘石、护坡、挡土墙等的施工准备、水泥混凝土的搅拌与运输、铺筑、养护与填缝应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

5.5.2 公路面层再生集料水泥混凝土拌合、浇筑、摊铺和养护应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30的规定。

5.5.3 公路桥涵用再生集料水泥混凝土拌合、浇筑、成型和养护应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650的规定。

5.6 施工质量验收

5.6.1 城市道路工程用再生集料水泥混凝土浇筑面层、铺砌式面层、水泥混凝土预制块、路缘石、护坡、挡土墙等的施工验收应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1和现行深圳市地方标准《城市道路工程质量检验评定标准》SJG 189的规定。

5.6.2 公路再生集料水泥混凝土面层的施工验收应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30规定。

5.6.3 公路桥涵再生集料水泥混凝土结构的质量验收应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1的规定。

6 再生集料水泥砂浆

6.1 一般规定

6.1.1 再生集料水泥砂浆包括再生集料砌筑砂浆和再生集料抹灰砂浆，可分别用于砌筑工程和抹灰工程。

6.1.2 采用再生集料水泥砂浆时，砌筑工程和抹灰工程宜选用预拌砌筑砂浆和预拌抹灰砂浆。

6.2 原材料要求

6.2.1 再生集料水泥砂浆所用再生细集料应符合本标准5.2.2、5.2.3规定，并应符合下列规定：

1 其中I类再生细集料可用于配制各种强度等级的再生集料水泥砂浆；

2 II类再生细集料可用于配制强度等级不高于M15的再生集料水泥砂浆；

3 III类再生细集料宜用于配制强度等级不高于M10的再生集料水泥砂浆；

4 砌筑砂浆有耐久性要求时，I类再生细集料不受限制，II类再生细集料体积取代率不宜超过50%，III类再生细集料不宜使用；

5 抹灰砂浆中再生细集料体积取代率不宜超过30%。

6.2.2 再生集料水泥砂浆宜采用通用硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。当采用其他品种的水泥时，性能指标必须符合现行相应标准的要求。

6.2.3 再生集料水泥砂浆中使用的粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等掺合料应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。当使用其他种类矿物掺合料时，应符合现行国家和行业相关标准。

6.2.4 再生集料水泥砂浆可掺用天然细集料、机制砂和混合砂，质量应分别符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

6.2.5 再生集料水泥砂浆采用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB/T 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

6.2.6 再生集料水泥砂浆采用的保水增稠材料、可再分散性乳胶粉等添加剂应符合现行行业标准《砌筑砂浆增塑剂》JG/T 164和现行国家标准《可再分散性乳胶粉》GB/T 29594的规定。

6.2.7 再生集料水泥砂浆的拌合和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

6.3 技术要求

6.3.1 预拌再生集料水泥砂浆性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181的有关规定。

6.3.2 再生集料水泥砂浆的强度等级可为M5、M7.5、M10、M15、M20、M25、M30。用于有耐腐蚀要求的部位时，强度等级不应小于M15，且胶凝材料用量不应少于520kg/m³。

6.3.3 再生集料水泥砂浆的技术要求应符合表6.3.3规定。

表6.3.3 再生集料水泥砂浆的技术要求

砂浆种类	强度等级	表观密度 (kg/m ³)	保水率 (%)	拉伸粘结强度 (MPa)
水泥抹灰砂浆	M15、M20、M25、M30	≥1900	≥92	≥0.20
水泥粉煤灰抹灰砂浆	M5、M10、M15	≥1900	≥92	≥0.15
水泥砌筑砂浆	M7.5、M10、M15、M20、M25、M30	≥1900	≥88	—

6.3.4 再生集料水泥砂浆性能试验方法应按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的规定执行。抹灰砂浆粘结强度试验应按行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220-2010附录A进行。

6.4 配合比设计

6.4.1 再生集料水泥砂浆配合比设计应满足砂浆工作性、强度和耐久性的要求。

6.4.2 用于再生集料水泥砂浆的水泥强度等级应根据设计要求进行选择。配制相同再生集料水泥砂浆时，宜采用同一水泥厂生产的同一品种、同一强度等级的水泥。

6.4.3 再生集料水泥砂浆配合比设计应符合下列要求：

1 再生集料水泥砌筑砂浆按现行行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98的规定计算基准砂浆配合比；

2 再生集料水泥抹灰砂浆、水泥粉煤灰抹灰砂浆按行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220-2010的规定计算基准砂浆配合比；

3 外加剂、添加剂和掺合料的品种和掺量应通过试拌试验确定；

4 再生集料水泥砂浆的用水量分为净用水量和附加用水量。

6.5 拌合、砌筑、抹面和养护

6.5.1 再生集料水泥砂浆，其拌合应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181的规定。

6.5.2 再生集料水泥砂浆砌筑、抹面应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223的相关规定。

6.5.3 再生集料砂浆砌筑、抹面后宜采用覆盖保水养护方式，养护至砂浆强度达到设计强度的80%以上。

6.6 施工质量验收

6.6.1 再生集料水泥砌筑砂浆的施工质量验收应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223的有关规定。

6.6.2 再生集料水泥抹灰砂浆的施工质量验收应符合行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220-2010的有关规定。

7 再生集料水泥注浆材料

7.1 一般规定

7.1.1 再生集料水泥注浆材料可用于水泥混凝土路面面层、路面基层及垫层加固、路基加固、原位再生及修补等。

7.1.2 再生细集料在注浆材料中的体积取代率宜小于30%。

7.2 原材料要求

7.2.1 再生集料水泥注浆材料用水泥宜采用通用硅酸盐水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定；当采用其他品种水泥时，性能应符合国家现行有关标准的规定。

7.2.2 再生集料水泥注浆材料用天然砂、机制砂、混合砂性能指标应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

7.2.3 再生集料水泥注浆材料用再生细集料性能指标应符合本标准第5.2.2条、第5.2.3条的规定。

7.2.4 再生集料水泥注浆材料用外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB/T 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

7.2.5 再生集料水泥注浆材料拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

7.3 技术要求

7.3.1 再生集料水泥注浆材料主要性能应符合表7.3.1的规定。

表7.3.1 再生集料水泥注浆材料主要性能指标

项目		标准要求
截锥流动度 (mm)	初始值	≥340
	30min	≥310
竖向膨胀率 (%)	3h	0.1~3.5
	24h与3h之差	0.02~0.50
抗压强度 (MPa)	28d	≥20
抗折强度 (MPa)	28d	≥3.0
氯离子含量 (%)		<0.1
泌水率 (%)		0

注：1 表中抗折强度外的各项目试验方法应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448的规定；

2 抗折强度试验方法应符合现行行业标准《修补砂浆》JC/T 2381的规定。

7.3.2 当施工环境温度高于30°C时，可通过增大初始流动度的方式，保证30min流动度满足施工要求。

7.4 施工质量验收

7.4.1 再生集料水泥注浆材料施工应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448的规定。

7.4.2 再生集料水泥注浆材料施工质量验收应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448的规定。

8 再生集料路面基层与垫层

8.1 一般规定

8.1.1 建筑废弃物再生集料可取代天然集料用于铺筑水泥稳定级配碎石道路基层、底基层和级配碎石垫层。

8.1.2 混合料组成设计应根据设计要求，选择技术经济合理的混合料类型和配合比。

8.1.3 应根据道路等级、交通荷载等级等因素合理确定材料技术要求。其中极重或特重交通荷载条件下的高速公路或一级公路不宜使用再生集料。人行道、公园绿道、广场等市政设施若采用水泥稳定级配碎石基层、底基层或级配碎石基层，其应用再生集料时，可根据不同设计要求按本标准技术指标执行。

8.2 原材料要求

8.2.1 城市道路、公路工程中，用于水泥稳定碎石基层、底基层和级配碎石垫层的再生粗集料颗粒组成应符合表 8.2.1-1 的规定，再生细集料颗粒组成应符合表 8.2.1-2 的规定。

表 8.2.1-1 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 8.2.1-2 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
0~5	100	90~100	/	/	0~20

8.2.2 城市道路、公路工程中用于水泥稳定碎石基层、底基层和级配碎石垫层的再生粗、细集料分别可分为 4 类。再生粗集料技术指标应符合表 8.2.2-1 的规定，再生细集料技术指标应符合表 8.2.2-2 的规定。各类再生集料应用范围应按表 8.2.2-3 确定。

表 8.2.2-1 再生粗集料技术指标 (%)

项目	技术要求			
	A 类	B 类	C 类	D 类
压碎值	≤26	≤30	≤35	≤40
针片状含量	≤18	≤18	≤20	≤20
0.075 以下粉尘含量	≤1.2	≤1.2	≤2.0	≤5.0
杂物含量	≤0.5	≤0.5	≤1.0	≤1.0
轻质杂质含量	≤0.3	≤0.3	≤0.5	≤0.5

续表 8.2.2-1

项目	技术要求			
	A类	B类	C类	D类
混凝土颗粒含量	≥90	≥90	≥40	≥35

注：杂物含量、轻质杂质含量、混凝土颗粒含量实验方法应符合现行国家标准《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》GB/T 45931 相关条款实施，其余指标试验方法应符合现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG 3432 相关规定。

表 8.2.2-2 再生细集料技术指标 (%)

项目	技术要求			
	A类	B类	C类	D类
0.075mm 以下塑性指数	≤17			
砂当量	≥40			
有机质含量	<2.0			
硫酸盐含量	≤0.25		-	-
含泥量	≤2	≤3	≤3	-

注：塑性指数实验方法应符合现行行业标准《公路土工试验规程》JTG 3430 相关条款实施，其余指标试验方法应符合现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG 3432 相关规定。

表 8.2.2-3 各类再生集料应用范围

道路等级		部位	再生粗、细集料的应用情况			
			A类	B类	C类	D类
城市道路	快速路/主干路	基层	√	√	×	×
		底基层	√	√	√	×
		垫层	√	√	√	√
	次干路及以下等级	基层	√	√	√	√
		底基层	√	√	√	√
		垫层	√	√	√	√
公路	高速公路/一级公路	基层	√	×	×	×
		底基层	√	√	×	×
		垫层	√	√	√	×
	二级及二级以下等级	基层	√	√	×	×
		底基层	√	√	√	√
		垫层	√	√	√	√

8.2.3 级配碎石细集料除应符合表 8.2.2-2 的规定外，其塑性指数不应大于 12。不满足要求时，可加石灰、无塑性的砂或石屑掺配处理。

8.2.4 用于各等级城市道路、公路的级配碎石垫层的再生集料中烧结黏土砖含量应低于 30%。

8.2.5 用于城市道路的水、外加剂、水泥、天然集料等材料应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的相关规定，用于公路的水、外加剂、水泥、天然集料等材料应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的相关规定。

8.3 设计要求

8.3.1 掺有再生集料的水泥稳定类材料的设计参数龄期宜为 90 天。

8.3.2 城市道路中掺加再生集料的基层、垫层材料，其设计参数与设计方法应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定。

8.3.3 公路中掺加再生材料的基层、垫层材料，其设计参数与设计方法应符合现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的相关规定。

8.4 配合比设计

8.4.1 城市道路中掺配有再生集料的混合料级配应符合表 8.4.1 的规定。

表 8.4.1 城市道路中掺配有再生集料的混合料级配(%)

筛孔尺寸(mm)	通过质量百分率				
	水泥稳定碎石基层		水泥稳定碎石底基层		级配碎石垫层
	次干路及以下道路	城市快速路、主干路	次干路及以下道路	城市快速路、主干路	各等级城市道路
37.5	100	—	100	—	100
31.5	90-100	100	—	90-100	83~100
26.5	—	90-100	—	—	—
19	67-90	72-89	—	67-90	54~84
9.5	45-68	47-67	—	—	29~59
4.75	29-50	29-49	50-100	50-100	17~45
2.36	18-38	17-35	—	—	11~35
0.60	8-22	8-22	17-100	17-100	6~21
0.075	0-7	0-7	0-50	0-30	0~10

8.4.2 公路中掺配有再生集料的混合料级配应符合表 8.4.2 的规定。

表 8.4.2 公路中掺配有再生集料的混合料级配(%)

筛孔尺寸(mm)	通过质量百分率		
	水泥稳定级配碎石基层、底基层		级配碎石垫层
	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	各等级公路
37.5	—	100	—
31.5	100	90~100	100
26.5	91~95	81~94	90-100
19	76~85	67~83	70-86
16	—	—	62-79
9.5	51~65	45~64	42-62

续表 8.4.2

筛孔尺寸(mm)	通过质量百分率		
	水泥稳定级配碎石基层、底基层		级配碎石垫层
	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	各等级公路
4.75	35~45	30~50	25-45
2.36	22~31	19~36	16-31

1.18	—	—	11-22
0.60	8~15	8~19	7-15
0.075	2~5	2~7	2-5

8.4.3 再生集料替代天然石材用于道路基层、底基层和垫层时，再生集料的最大掺配率应符合表 8.4.3 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 8.4.3 再生集料的最大掺配率 (%)

结构层	道路等级	最大掺配率
基层	1.城市快速路、主干路 2.高速公路、一级公路	30
	1.城市次干路 2.二级及二级以下公路	60
	城市支路	80
底基层	1.城市快速路、主干路 2.高速公路、一级公路	50
	1.城市次干路 2.二级及二级以下公路	90
	城市支路	100
垫层	各等级城市道路、公路	100

8.4.4 城市道路中掺配再生集料的水泥稳定级配碎石材料 7d 无侧限抗压强度应符合表 8.4.4 的规定。

表 8.4.4 城市道路中掺配再生集料的水泥稳定级配碎石材料 7d 无侧限抗压强度 (MPa)

结构层	交通荷载等级		
	特重	重、中	轻
基层	3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
底基层	≥2.5	≥2.0	≥1.5

8.4.5 公路中掺配再生集料的水泥稳定级配碎石材料 7d 无侧限抗压强度应符合表 8.4.5 的规定。

表 8.4.5 公路中掺配再生集料的水泥稳定级配碎石材料 7d 无侧限抗压强度 (MPa)

结构层	道路等级	交通荷载等级		
		极重、特重	重	中、轻
基层	高速公路、一级公路	-	4.0~6.0	3.0~5.0
	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
底基层	高速公路、一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0

续表 8.4.5

结构层	道路等级	交通荷载等级		
		极重、特重	重	中、轻
底基层	二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

8.5 施 工

8.5.1 掺配有再生集料的水泥稳定级配碎石材料的生产应采用集中厂拌。

8.5.2 掺配有再生集料的混合料拌和应符合下列规定：

- 1 拌和前宜采用喷洒设备对再生集料洒水闷料 6h~12h；
- 2 混合料含水率可比最佳含水率增加 0.5%~1.5%，具体应根据试验确定；
- 3 宜采用振动搅拌或两次拌和工艺，拌和时间不应少于 15s。

8.5.3 城市道路基层、底基层及垫层的压实度应符合表 8.5.3 的规定。

表 8.5.3 城市道路基层、底基层及垫层的压实度 (%)

工程类别		标准值
基层	城市快速路、主干路	≥98
	其他等级道路	≥98
底基层	城市快速路、主干路	≥97
	其他等级道路	≥97
垫层	城市快速路、主干路	≥96
	次干路及以下	≥95

8.5.4 公路基层、底基层及垫层的压实度应符合表 8.5.4 的规定。

表 8.5.4 公路基层、底基层、垫层的压实度 (%)

工程类别		标准值
基层	高速公路、一级公路	≥98
	二级及二级以下公路	≥97
底基层	高速公路、一级公路	≥97
	二级及二级以下公路	≥95
垫层	各道路等级	≥95

8.5.5 城市道路的基层、垫层材料生产、施工、摊铺、碾压、养护应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的相关规定。

8.5.6 公路的基层、垫层材料生产、施工、摊铺、碾压、养护应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的相关规定。

8.6 质量检查与验收

8.6.1 再生集料的检测项目及频率应满足表 8.6.1 的规定。天然集料、水泥等应按现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20、《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的相关规定执行。

表 8.6.1 再生集料质量检测项目及频率

项 目	频 率		质量要求	
	公路：高速公路、一级公路 城市道路：城市快速路、主干路	二级公路及二级以下公路 城市道路：其他等级道路	公路：高速公路、一级公路 城市道路：城市快速路、主干路	二级公路及二级以下公路 城市道路：其他等级道路
含水率（%）	每天拌和前测 2 个样品，发现异常随时检测		满足本标准第 8.2 节要求	
级配	每天拌和前测 2 个样品，发现异常随时检测			
杂物含量（%）	材料组成设计时测 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			
轻质杂物含量（%）				
针片状含量（%）				
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 ² 测 2 个样品；拌和前 取样抽查	每 3000m ² 测 2 个样品；拌和前 取样抽查		

8.6.2 城市道路中掺加再生材料的基层、垫层材料，施工验收应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、现行深圳市地方标准《城市道路工程质量检验评定标准》SJG 189 的相关规定。

8.6.3 公路中掺加再生材料的基层、垫层材料，其施工验收应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 的相关规定。

9 路基填筑

9.1 一般规定

- 9.1.1 再生材料可替代天然路用土或粒料用于路基填筑、管槽回填、台背回填及地基换填。
- 9.1.2 当再生材料中微粉含量超过 30%时，应采用水泥或其他稳定材料进行处置。
- 9.1.3 道路绿化种植植物采用控根技术措施范围内，不得采用再生材料填筑。
- 9.1.4 加工破碎后的再生材料，应分类堆放，做好保护措施。

9.2 原材料要求

- 9.2.1 路基填筑用再生材料中轻质杂物含量不应大于 1%；易溶盐含量不应大于 5%。
- 9.2.2 再生材料填筑路基时，宜具有良好的级配，填料的最小承载比和最大粒径应符合下列规定：

- 1 城市道路路基填料最小承载比和最大粒径应符合表 9.2.2-1 的规定；

表 9.2.2-1 城市道路路基填料最小承载比和最大粒径

填料应用部位 (路床顶面以下深度) (m)		填料最小承载比 (CBR) (%)			填料最大粒径 (mm)
		快速路、主干路	次干路	支路	
上路床	0~0.3	8	6	5	40
下路床	0.3~0.8	5	4	3	100
上路堤	0.8~1.5	4	3	3	150
下路堤	1.5 以下	3	2	2	150

- 2 公路路基填料最小承载比和最大粒径应符合表 9.2.2-2 的规定；

表 9.2.2-2 公路路基填料最小承载比和最大粒径

填料应用部位 (路床顶面以下深度) (m)			填料最小承载比 (CBR) (%)			填料最大粒径 (mm)
			高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	
上路床		0~0.3	8	6	5	40
下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8	5	4	3	100
	特重、极重交通	0.3~1.2				
上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.5	4	3	3	150
	特重、极重交通	1.2~1.9				

续表 9.2.2-2

填料应用部位 (路床顶面以下深度) (m)			填料最小承载比 (CBR) (%)			填料最大粒径 (mm)
			高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	
下路堤	轻、中及重交通	>1.5	3	2	2	150
	特重、极重交通	>1.9				

注：1 承载比按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG 3430 试验方法规定 96h 确定的 CBR。

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 管槽回填再生材料最大粒径和最小承载比应符合表 9.2.2-1 和表 9.2.2-2 的规定；

4 再生材料用于台背回填时，填料粒径应小于 100mm，压碎值不应大于 40%，再生混凝土颗粒含量应大于 30%，最小承载比应符合表 9.2.2-3 的规定，台背连接过渡段应符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的相关规定，台背连接过渡段填料应符合路床填料的要求；

表 9.2.2-3 台背回填填料最小承载比 (CBR) (%)

填料应用部位 (路床顶面以下深度)	快速路、主干路、 高速公路、一级公路、	次干路、二级公路	支路、三级公路、四级公路
≤2m	8	6	5
>2m	5	4	3

注：1 承载比按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG 3430 试验方法规定 96h 确定的 CBR。

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。

5 当软土地基厚度小于 3.0m 时，可采用再生材料做地基换填处理。再生材料的最大粒径不宜大于 100mm，含泥量不应大于 5%；

6 当填料最小承载比达不到表 9.2.2-1、9.2.2-2 或 9.2.2-3 的规定值时，可掺石灰、水泥、粉煤灰等稳定材料处理。

9.2.3 不同来源、品种、粒径大小的再生材料应分批检测，再生材料质量检测项目及同一批次的检测频率应符合表 9.2.3 的规定。

表 9.2.3 再生材料质量检测项目及同一批次的检测频率

项目	同一批次检测频率				质量要求
	路基填筑	管槽回填	台背回填	地基换填	
微粉含量	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	符合本标准第 9.1.2 条要求
轻质杂物	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	符合本标准第 9.2.1 条要求
易溶盐含量	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	
最大粒径	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	符合本标准第 9.2.2 条要求
最小承载比	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	≥1 处/3000m ³	
压碎值	-	-	≥1 处/3000m ³	-	
再生混凝土颗粒含量	-	-	≥1 处/3000m ³	-	
含泥量	-	-	-	≥1 处/3000m ³	

9.3 施 工

9.3.1 当采用再生材料填筑路基时，正式施工前应通过铺筑试验路段合理确定分层填筑的厚度、压实工艺及压实控制标准。试验段施工应符合下列规定：

- 1 应选取地质条件、断面形式等工程特点具有代表性的不小于 100m 路段进行填筑；
- 2 应进行配合比试验，以确定最大干密度、最佳含水量等质量控制指标；
- 3 试验段铺筑时应进行检测，应采用孔隙率与施工参数双控制，确定施工工艺参数；
- 4 试验段完成后应进行试验段总结，确定压实沉降差、机械组合、碾压遍数、含水率等质量控制指标，优化施工工艺。

9.3.2 当采用再生材料填筑路基时，填方路基地基表层处理应符合下列规定：

- 1 当地基顶面存在滞水时，应根据积水深度及水下淤泥层的范围和厚度，采取排水疏干、挖除淤泥、抛石挤淤或砂砾石换填等处理措施；
- 2 当地面横坡缓于1:5时，在清除地表草皮、腐殖土后，可直接在天然地面上填筑路基；
- 3 当地面横坡为1:5~1:2.5时，原地面应开挖台阶，台阶宽度不宜小于2m，并应设置2%的反向坡；当基岩面上的覆盖层较薄时，宜先清除覆盖层，再开挖台阶；当覆盖层较厚且稳定时，可予以保留；
- 4 当地下水影响路堤稳定时，应采取拦截、引排地下水或在路堤底部设置渗水性较好的隔断层等措施；
- 5 地基表层应碾压密实。在一般地质地段，快速路、主干路、高速公路、一级公路和二级公路基底压实度不应小于90%；次干路、支路、三级公路和四级公路不应小于85%。当路基填土高度小于路面和路床总厚度时，应将地基表面进行超挖并分层回填压实。

9.3.3 再生材料运输应当采用密闭化车辆运输，保持运输工具整洁，合理安排运输路线，满足城市相关管理要求。

9.3.4 当采用再生材料填筑路基时，路堤边坡两侧应设置不小于 2m 厚的保护层，保护层宜采用符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 要求的路用土等作为填料填筑。

9.3.5 当采用再生材料填筑路基时，对于填方路基基底的地质条件良好，边坡高度不大于 20m 的填方路基，边坡坡率不宜大于表 9.3.5 的规定值。对边坡高度超过 20m 或地面坡率陡于 1:2.5 的斜坡上的填方路基，以及不良地质、特殊地段的填方路基，应按相关规范要求进行稳定分析、变形计算和工点设计。

表9.3.5 填方路基边坡坡率

路基相对高度(m)	边坡坡率
下部高度(H≤12)	1:1.75
上部高度(H≤8)	1:1.5

9.3.6 当采用再生材料填筑路基时，路基在平衡湿度状态下，路床顶面设计回弹模量应符合下列要求：

- 1 公路路床顶面回弹模量不应低于现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 和《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定；
- 2 城市道路路床顶面设计回弹模量值对于快速路和主干路不应小于 40MPa，对于次干路和支路不应小于 30MPa。

9.3.7 当采用再生材料填筑路基时，路基应分层铺筑，路床应碾压密实，路堤应均匀压实。路床和上路堤每层的压实厚度不宜大于 300mm，下路堤每层的压实厚度不宜大于 400mm，路基每层压实厚度不应小于 100mm。

9.3.8 当采用粒径大于 40mm、含量小于总质量 30%的再生材料填筑路基时，城市道路路基压实度应符合表 9.3.8-1，公路路基压实度应符合表 9.3.8-2 的规定。

表 9.3.8-1 城市道路路基压实度 (%)

填筑部位 (路床顶面以下深度) (m)		快速路	主干路	次干路	支路
路床	0~0.8	≥96	≥96	≥95	≥95
上路堤	0.8~1.5	≥94	≥94	≥94	≥94
下路堤	>1.5	≥93	≥93	≥93	≥93

注：表中数值均为重型击实标准。

表 9.3.8-2 公路路基压实度 (%)

填筑部位 (路床顶面以下深度) (m)			高速公路、 一级公路	二级公路	三、四级公路
上路床		0~0.3	≥96	≥95	≥94
下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8	≥96	≥95	≥94
	特重、极重交通	0.3~1.2			—
上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.5	≥94	≥94	≥93
	特重、极重交通	1.2~1.9			—
下路堤	轻、中及重交通	>1.5	≥93	≥92	≥90
	特重、极重交通	>1.9			—

注：1 表列压实度系按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG 3430 重型击实试验所得最大干密度求得的压实度。

2 当三、四级公路铺筑沥青混凝土或水泥混凝土路面时，其压实度应采用二级公路压实度标准。

9.3.9 当采用粒径大于 40mm、含量超过总质量 70%的再生材料填筑路堤时，宜采用孔隙率与施工参数同时作为压实质量控制指标，并应符合下列规定：

- 1 路堤顶部最后一层小于 5mm 的细料含量不应小于 30%；
- 2 压实质量控制标准应符合表 9.3.9 的要求；

表 9.3.9 路基回填再生材料压实质量控制标准

路基顶面以下深度 (m)		最大粒径	压实干密度 (kg/m ³)	孔隙率 (%)
上路堤	0.8~1.5 (1.2~1.9)	小于层厚	由试验确定	<10
下路堤	>1.5 (>1.9)	小于层厚	由试验确定	<12

注：“路基顶面以下深度”栏，括号中数值分别为公路特重、极重交通的路床、上路堤、下路堤的深度范围。

3 施工过程中每一压实层，应采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数控制，压实质量可采用沉降差指标进行检测。

9.3.10 当采用粒径大于 40mm、含量占总质量的 30%至 70%的再生材料填筑路堤时，施工过程中每一压实层，应采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数，压实质量可采用沉降差指标进行检测。路堤成形后，压实度应符合本标准表 9.3.8-1 或表 9.3.8-2 的规定。

9.3.11 再生材料填筑路基压实后的外观质量要求，表面平整密实，无明显轮迹、沉降等缺陷，无明显离析现象；边坡紧贴密实，无明显孔洞，坡面平顺。

9.3.12 市政管线沟槽回填及压实应符合下列规定：

1 沟槽底至管顶以上0.5m范围内采用细颗粒级配再生材料填筑时，填料最大粒径应小于30mm，并应满足不同类型管道的填筑要求；

2 管槽回填再生材料压实度应符合本标准第9.3.8条~第9.3.10条的有关规定。

9.3.13 再生材料台背回填应分层填筑、夯实，施工应符合下列规定：

1 城市道路应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、现行深圳市地方标准《城市道路工程质量检验评定标准》SJG 189的有关规定；

2 公路应符合现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTG/T 3610的相关规定。

9.3.14 再生材料用于地基换填应符合下列规定：

1 换填处理厚度宜为0.5m~3.0m，宽度应处理至路堤坡脚外小于1.0m；

2 换填处理压实应采用20t以上压路机碾压至稳定无轮迹。

9.4 施工质量验收

9.4.1 再生材料用于城市道路路基填筑的施工质量验收应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、现行深圳市地方标准《城市道路工程质量检验评定标准》SJG 189的有关规定。

9.4.2 再生材料用于公路路基填筑的施工质量验收应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1的有关规定。

9.4.3 再生材料用于管槽回填的施工质量验收应符合现行相应管线标准的有关规定。

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，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 条文中指明应按其他有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 2 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 3 《污水综合排放标准》 GB 8978
- 4 《工业企业厂界环境噪声排放标准》 GB 12348
- 5 《大气污染物综合排放标准》 GB 16297
- 6 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 7 《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
- 8 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
- 9 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 10 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 11 《混凝土外加剂》 GB/T 8076
- 12 《建设用砂》 GB/T 14684
- 13 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 14 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 15 《混凝土和砂浆用再生细骨料》 GB/T 25176
- 16 《混凝土用再生粗骨料》 GB/T 25177
- 17 《预拌砂浆》 GB/T 25181
- 18 《可再分散性乳胶粉》 GB/T 29594
- 19 《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》 GB/T 45931
- 20 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 21 《城镇道路路面设计规范》 CJJ 169
- 22 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 23 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 24 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
- 25 《砌筑砂浆配合比设计规程》 JGJ/T 98
- 26 《抹灰砂浆技术规程》 JGJ/T 220-2010
- 27 《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223
- 28 《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》 JC/T 539
- 29 《修补砂浆》 JC/T 2381
- 30 《砌筑砂浆增塑剂》 JG/T 164
- 31 《公路土工试验规程》 JTG 3430
- 32 《公路工程集料试验规程》 JTG 3432
- 33 《公路路基设计规范》 JTG D30
- 34 《公路水泥混凝土路面设计规范》 JTG D40
- 35 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
- 36 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》 JTG F80/1
- 37 《公路路基施工技术规范》 JTG/T 3610

- 38 《公路桥涵施工技术规范》 JTG/T 3650
- 39 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20
- 40 《公路水泥混凝土路面施工技术细则》 JTG/T F30
- 41 《防治城市扬尘污染技术规范》 HJ/T 393
- 42 《城市道路工程质量检验评定标准》 SJG 189

深圳市工程建设地方标准

道路工程应用建筑废弃物再生产品技术标准

SJG 48 - 2026

条文说明

编制说明

本标准是在深圳市工程建设标准《道路工程建筑废弃物再生产品应用技术规程》SJG 48-2018基础上修订完成的。根据《深圳市住房和建设局关于发布 2024 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目（第一批）的通知》的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，通过大量室内外科研实验研究，参考有关国内外先进标准，结合深圳市的实际，并在广泛征求意见的基础上，修订了本标准。

本标准修订的主要技术内容：

- 1 总则：调整了本标准的适用范围；
- 2 术语和符号：修改了“建筑废弃物”的定义；将“骨料”统一修改为“集料”。
- 3 基本规定：增加了应用于道路工程的建筑废弃物再生产品的应用范围。
- 4 再生加工、运输和存储：补充强调了建筑废弃物再生加工工序；取消了建筑废弃物预筛分工序；补充了建筑废弃物预处理规定。
- 5 再生集料水泥混凝土：修改了再生烧结砖的应用范围；补充了对再生粗集料和再生细集料的体积取代率要求；补充了再生集料水泥混凝土强度标准差最小值和推荐值要求；调整了“拌合、浇筑和养护”以及“施工质量验收”要求。
- 6 再生集料水泥砂浆：补充了 I 类、II 类、III 类再生细集料的应用范围及体积取代率要求；修改了再生集料水泥砂浆保水率的要求。
- 7 再生集料水泥注浆材料：增加了再生细集料体积取代率要求；调整了施工和质量验收要求。
- 8 再生集料路面基层与垫层：新增再生材料用于级配碎石垫层的相关规定；删除关于煤矸石作为再生材料的相关规定；删除再生材料用于级配砂砾、级配砾石、级配碎砾石等相关规定，仅保留级配碎石垫层和水泥稳定级配碎石类基层、底基层材料；优化对再生材料质量的指标要求；新增材料设计参数；优化混合料级配要求指标；增加对城市道路和公路的区分表述；优化再生材料最大掺配率指标；增加规定要求必须采用集中厂拌的生产方式。
- 9 路基填筑：增加了路基试验段的相关规定；增加对城市道路和公路的区分表述；补充了路堤压实质量标准的相关规定，增加了台背回填、地基换填的相关内容。

为便于设计、施工、管理和维护单位的相关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	35
2	术语和符号	36
2.1	术语	36
3	基本规定	37
4	再生材料加工、运输和储存	38
4.1	再生材料加工	38
4.2	运输和存储	38
5	再生集料水泥混凝土	39
5.1	一般规定	39
5.2	原材料要求	39
5.3	技术要求	40
5.4	拌合、浇筑和养护	40
6	再生集料水泥砂浆	42
6.1	一般规定	42
6.2	原材料要求	42
6.3	技术要求	42
6.4	配合比设计	42
7	再生集料水泥注浆材料	43
7.1	一般规定	43
7.2	原材料要求	43
7.3	技术要求	43
8	再生集料路面基层与垫层	44
8.1	一般规定	44
8.2	原材料要求	44
8.3	设计要求	44
8.4	配合比设计	44
8.5	施工	44
9	路基填筑	46
9.1	一般规定	46
9.2	原材料要求	46
9.3	施工	46

1 总 则

1.0.2 标准中的道路工程包括城市道路工程和公路工程。渗水沟、软基换填、水泥搅拌桩、碎石桩等可按本标准规定使用。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本标准中所利用的废弃物主要包含废弃混凝土、砂浆、烧结砖、石材等；不包含石膏板、石膏砌块等石膏制品。

3 基本规定

3.0.1 本标准不适用于含有工程渣土、工程泥浆、石膏制品的建筑废弃物。

基于现有的研究和工程实践经验，并考虑对废弃混凝土回收利用的经济性和再生集料性能要求，本标准不适用于来自下列废弃混凝土的建筑废弃物：

- 1 特殊使用场合的混凝土（如核电站、医院放射间等）；
- 2 废弃混凝土受硫酸盐腐蚀严重（如沿海港口工程、化工厂等）；
- 3 废弃混凝土已受重金属污染（如化工厂等）；
- 4 废弃混凝土存在碱集料反应；
- 5 废弃混凝土中含有大量不易分离的木屑、污泥、沥青等杂质；
- 6 废弃混凝土受氯盐腐蚀严重（如沿海工程、盐湖工程等）；
- 7 废弃混凝土已受有机物污染（如化工厂、生活垃圾场等）。

4 再生材料加工、运输和存储

4.1 再生材料加工

4.1.8~4.1.10 建筑废弃物原材料的再生加工、运输和存储过程中对环境的影响主要是大气污染、噪声和废水排放污染等方面。

4.2 运输和存储

4.2.2 为防止堆放高度过高造成再生集料离析，本条第4款中规定了再生集料的堆放层数和每层的最大堆放高度。

5 再生集料水泥混凝土

5.1 一般规定

5.1.1 对再生混凝土在道路工程中的适用范围作了界定。

5.1.2 建筑废弃物的种类繁多、品质不一，为保证再生集料混凝土的质量，并非所有建筑废弃物都适合用于混凝土中，本条对建筑废弃物中回收的、可用于混凝土的再生材料范围作了规定。有试验研究表明，相较于水泥混凝土和石料，烧结砖的吸水率较大，对集料的性能影响较大，因此对由水泥混凝土、石料加工获得的再生粗集料中的烧结砖颗粒的体积含量作了规定。

5.2 原材料要求

5.2.1 再生集料的品质将直接影响再生混凝土的性能，为此本条规定了再生粗集料的质量指标限值及分级标准。引用了现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的有关规定。含有再生烧结砖粗集料在混凝土中应用时，各项性能指标也需满足本条的规定。第5款中有机物含量的试验方法参照现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685执行。第8款中压碎指标的试验方法参照现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685执行。I类再生粗集料品质已经基本达到常用天然粗集料的品质，其应用不受强度等级限制；为充分保证结构安全，规定II类再生粗集料宜用于配制C40及以下强度等级的混凝土；III类再生粗集料由于品质相对较差，可能对再生混凝土性能带来不利影响，规定用于配制C25及以下强度等级的混凝土。

5.2.2 规定了再生细集料的质量指标限值及分级标准。引用了现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的有关规定。I类再生细集料主要技术性能已经基本达到常用天然砂的品质，但是由于再生细集料中往往含有水泥石颗粒或粉末，而且目前采用再生细集料配制混凝土的应用实践相对较少，因此对再生细集料在混凝土中的应用比再生粗集料限制严格一些。III类再生细集料由于品质较差，不宜用于混凝土。

再生胶砂指按照现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176规定的方法，用再生细集料、水泥和水制备的砂浆。

表5.2.2-3和表5.2.2-4中的“粗”、“中”、“细”为通过筛分试验获得的再生细集料的粗细程度，即“粗砂”、“中砂”和“细砂”。

5.2.3 根据国内外经验，再生集料的试验方法与普通集料或轻集料基本上是统一的。为了排除测试方法带来的结果差异，便于使用和比较，引用了现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177和《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的有关规定。

5.2.5~5.2.6 石灰石粉中的碳酸钙在低温下可能引起碳硫硅钙石腐蚀，水泥石中的C-S-H凝胶受腐蚀变成白色、无胶结能力的烂泥状物质。因此，对石灰岩碎石或石灰石机制砂中的石灰石粉含量进行了规定。

5.2.7 养护用水如与再生集料混凝土温差过大，易使集料表面产生裂缝，进而影响混凝土性能。因此本条对两者温差进行了规定。

5.2.7~5.2.10 规定了再生集料混凝土除集料外的其他原材料的性能指标要求。为控制再生混凝土的质量，其所用原材料必须符合国家现行有关标准。

5.3 技术要求

5.3.2 再生集料混凝土力学性能试验方法按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定执行。

5.3.3 采用边长200mm和100mm的立方体试件测得的强度转换为边长150mm的立方体标准试件时，需分别乘以1.05和0.95。

5.3.4 再生集料混凝土的抗折强度（弯拉强度）与抗压强度之间的关系式主要参考了上海市《再生混凝土应用技术规程》DG/T J08-2018-2007。

5.3.5 再生集料混凝土的弹性模量主要参考了上海市《再生混凝土应用技术规程》DG/T J08-2018-2007。

5.3.6 再生混凝土收缩值是借鉴国外已有的再生混凝土规程而确定的，见表1。

表1 再生混凝土的收缩值修正系数

国家或组织	再生粗集料取代率	
	100%	30%
比利时	1.50	1.00
RILEM	1.50	1.00
荷兰	1.35~1.55	1.00

5.4 配合比设计

5.4.1 规定了再生混凝土配合比设计的主要目的与任务，与普通混凝土基本上是一致的。

5.4.2 对再生集料混凝土配合比设计中的设计参数做了规定。参考专题研究以及现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321。

5.4.4 本条文规定了计算试配强度时强度标准差的确定方法。对单一来源的旧混凝土破碎得到再生集料，以不同体积取代率配制的再生混凝土的强度标准差与普通混凝土基本上是一致的。由不同来源的旧混凝土破碎获得的再生集料配制而成的再生混凝土，其强度标准差大于普通混凝土。因此，本条文建议在再生集料的来源复杂或不清楚以及体积取代率较大时，需适当增大标准差。

5.4.5 配合比设计是实现再生集料混凝土技术性能的基础，也是最主要的环节之一，为此本条规定了再生集料混凝土配合比设计的主要步骤。再生集料混凝土宜采用绝对体积法进行配合比计算，而不宜采用质量法，这主要是由于不同等级、不同体积取代率的再生粗集料配制的再生集料混凝土的干表观密度可在较大范围内变动。

2 为保证再生集料混凝土和易性，再生集料往往需要预吸水，从而产生附加用水量，这部分用水量不需该计入水胶比中，在配合比设计过程中仅计算净水胶比即可。

3 净用水量是指不考虑再生集料吸水率在內的混凝土用水量，相应的水胶比为净水胶比。附加用水量则是指再生集料吸水至饱和面干状态所需的水量。再生粗集料采用预湿处理时，可不考虑附加用水量，再生集料混凝土的用水量直接按净用水量确定。大量试验研究表明，为达到与普通混凝土相同的工作性能及强度，在保持水胶比不变的条件下再生集料混凝土须增大水泥浆体用量。为此，在确定净用水量时加以考虑。

4 再生集料表面较粗糙，为改善再生集料混凝土的工作性能，需适当增大砂率。

7-8 再生集料混凝土的用水量可分为净用水量和附加用水量，配合比计算和试配过程中，

需要对附加用水量和总用水量进行控制。再生粗集料采用预湿处理时，可不考虑附加用水量，再生集料混凝土的用水量需按净用水量确定。净用水量可根据现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定取值。可在得到的参考用水量的基础上增加 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 或上调 5%。附加用水量需根据再生粗集料吸水率加以确定。

5.4.6 道路用再生混凝土配合比设计可按本条执行。在确定再生混凝土的试配强度时，可由再生混凝土的抗折强度与抗压强度之间的关系，即本标准公式5.3.4计算得到抗压强度设计值。路面工程用再生混凝土配合比还需考虑满足耐磨性能的要求。

6 再生集料水泥砂浆

6.1 一般规定

6.1.1 根据城市道路工程中，砂浆使用情况特点，本章的规定仅针对再生集料砌筑砂浆和再生集料抹灰砂。

6.1.2 预拌砂浆在原材料计量、配合比控制等方面均优于现场拌合，因此在砌筑工程和抹灰工程推荐选用预拌砌筑砂浆和预拌抹灰砂浆。

6.2 原材料要求

6.2.1 为保证再生集料水泥砂浆的性能，本条规定了不同等级再生集料可应用的范围。

6.2.2~6.2.7 规定了建筑废弃物水泥砂浆所用原材料的技术要求。

6.3 技术要求

6.3.2 规定了用于有耐腐蚀要求部位时水泥砂浆的最小强度等级和最小胶凝材料用量。当强度等级低、特别是胶凝材料用量少时，水泥砂浆内部存在大量孔隙和毛细孔隙，抗腐蚀性能较差。

6.3.3 对再生集料水泥抹灰砂浆和水泥粉煤灰抹灰砂浆的性能要求主要参照现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220的相关规定。对再生集料水泥砌筑砂浆的性能要求主要参照现行行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98的相关规定。

6.4 配合比设计

6.4.2 当水泥批次不同时，水泥的各项性能指标会产生变化，因此配制水泥砂浆时，宜采用同一水泥厂生产的同一品种、同一强度等级水泥。

6.4.3 规定水泥砂浆配合比设计的原则。

再生细集料的加入会降低水泥砂浆的耐腐蚀性，为此本条第3款中规定了用于有耐腐蚀要求的部位时，再生细集料体积取代率不宜大于50%。对于没有耐腐蚀要求的工程（部位），再生细集料的体积取代率可不做限制。

7 再生集料水泥注浆材料

7.1 一般规定

7.1.1 很多材料均可用作注浆材料，如混凝土、水泥砂浆、聚合物砂浆以及聚合物水泥砂浆等，本章中仅涉及水泥砂浆，故可使用的再生集料仅涉及细集料。本章注浆材料主要用于靠自重自流充满缝隙、空腔、空洞。当注浆料流动度要求难以满足时，可采用颗粒粒径小于2.36mm的再生细集料。

本标准中的修补工程指一般性的常规修补，对于有早强要求的快速修补工程，修补用注浆材料要符合相关快速修补材料的要求。

7.1.2 根据编写组专题试验研究的结果，当体积取代率超过30%后，注浆材料的流动度下降明显，故确定再生细集料在注浆材料中的体积取代率宜小于30%。

7.2 原材料要求

7.2.1~7.2.5 规定了注浆材料所用原材料需满足的技术要求。

7.3 技术要求

7.3.1 对注浆材料的技术要求主要参照现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448提出，针对本章中涉及的注浆材料特点，选择引用标准中的II类注浆材料的要求。同时，结合编写组专题研究结果及本章涉及注浆材料特点，有针对性地对注浆材料抗压强度和抗折强度提出了要求。

7.3.2 当施工环境温度大于30℃时，注浆材料的流动度损失会增大，为保证施工要求，可适当增大初始流动度。

8 再生集料路面基层与垫层

8.1 一般规定

8.1.1 根据深圳市道路基层建设实际情况，删除级配砂砾、级配砾石、级配碎石、水泥稳定砂砾等的相关条款，仅保留级配碎石垫层和水泥稳定级配碎石类基层、底基层材料相关条款。

8.2 原材料要求

8.2.1 再生集料的颗粒组成主要参照现行国家标准《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》GB/T 45931、现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关条款制定。

8.2.2 再生集料的相关技术指标参照现行国家标准《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》GB/T 45931、现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关条款制定。

8.2.4 用于级配碎石垫层的再生集料，其性能要求与水泥稳定级配碎石材料中再生集料品质规格一致即可，但考虑深圳市地下水充沛，垫层主要用于防止地下水侵蚀，由于烧结黏土砖长期泡水会造成强度的显著下降，因此对于垫层中烧结黏土砖含量进行限定，烧结黏土砖含量降低至 30%。

8.3 设计要求

8.3.2 相关设计指标参考现行国家标准《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》GB/T 45931、现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关条款制定。

8.4 配合比设计

8.4.1 城市道路中水泥稳定级配碎石材料的级配组成参考现行行业标准《城镇道路工程施工质量验收规范》CJJ 1 的相关条款制定。

8.4.2 公路工程中水泥稳定级配碎石材料的级配组成指标参考现行国家标准《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》GB/T 45931 相关条款制定，级配碎石垫层的级配组成指标参考《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中级配碎石推荐级配 G-A-2 的条款制定。

8.4.3 相关设计指标主要参考现行国家标准《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》GB/T 45931、现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关条款制定，考虑城市道路中支路交通量、行车荷载均更小，经试验分析验证当掺配率提升至 100%也能符合实际使用要求，故本规定对城市支路中再生集料的掺配比例进一步放宽。

8.5 施工

8.5.1 综合考虑到深圳工程建设实际情况、质量要求及环保要求，规定必须采用采用集中厂拌的生产方式，不得使用现场拌和方式。

8.5.2 由于再生集料的吸水量较常规集料大，为保证水泥稳定和水泥粉煤灰稳定建筑废弃物再生集料基层施工质量，宜洒水闷料 6h~12h，掺配再生集料的水泥稳定级配碎石含水率可比最佳含水率增加 0.5%~1.5%。且推荐采用振动拌和、双机联拌，以达到充分搅拌的目的，也可采用间歇式拌和。

8.5.3 城市道路基层、底基层、垫层压实度要求参照现行深圳市地方标准《城市道路工程质量

检验评定标准》SJG 189 的相关规定。

9 路基填筑

9.1 一般规定

9.1.3 控根技术措施范围参照深圳市城市管理和综合执法局发布的《行道树树池优化及整治工作指引》（2022年修订版）执行。

9.2 原材料要求

9.2.1 路基填筑用再生材料中轻质杂物含量及易溶盐含量参照现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关规定。

9.2.2 城市道路路基填料最小承载比参照现行行业标准《城市道路路基设计规范》CJJ 194 的相关规定；公路路基填料最小承载比参照现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTG 3610 的相关规定。

4 再生材料用于台背回填时，填料粒径、压碎值、再生混凝土颗粒含量及最小承载要求比参照现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关规定。

5 再生材料用于地基换填时，再生材料的粒径、含泥量要求参照现行行业标准《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的相关规定。

9.3 施 工

9.3.8 城市道路路基压实度要求参照现行深圳市地方标准《城市道路工程质量检验评定标准》SJG 189 的相关规定；公路路基压实度要求参照现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTG 3610 的相关规定。

9.3.8~9.3.10 建筑物拆除产生的建筑废弃物由不同强度混凝土、砂浆、石、烧结砖、瓷片等组成，经除杂、破碎、筛分工艺处理后，分类利用，一般强度较高、质量较好的筛分料用于结构层集料，而强度差、混合度高的再生材料可用于路基填筑，其压实效果介于石夹土和软石料之间，再生材料填筑路堤的质量与施工机具的性能密切相关，本标准推荐采用大功率推土机和重型压实机具相匹配的施工方法，总结实验的工程经验和相关科研成果，提出了再生材料摊铺厚度、最大粒径和孔隙率的压实质量标准。

当粗集料含量较多时，路堤压实质量标准采用填石路堤的标准。参照现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTG 3610 的相关规定，实际工程施工时，采用试验路确定压实沉降差控制标准，并同时检测孔隙率指标对其进行验证。