

ICS 93.080

CCS P66

团 体 标 准

T/GDHS 004—2022

水泥稳定道路混凝土再生集料 基层施工技术规范

Technical specification for construction of cement stabilized road concrete recycled
aggregate base

2022 - 10 - 10 发布

2022 - 10 - 10 实施

广东省公路学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 再生集料生产加工	2
4.1 一般规定	2
4.2 处理工艺	2
4.3 生产系统	2
4.4 产品规格	3
4.5 产品贮存	3
4.6 防尘系统	3
4.7 噪声控制	3
5 原材料	3
5.1 一般规定	3
5.2 再生粗集料	3
5.3 再生集料使用比例	4
5.4 再生细集料	4
5.5 新集料	4
5.6 水泥	4
5.7 水	4
5.8 外加剂	4
6 混合料组成设计	5
6.1 一般规定	5
6.2 级配	5
6.3 强度	5
7 混合料生产、摊铺及碾压	6
7.1 一般规定	6
7.2 试验段施工	6
7.3 混合料集中厂拌与运输	7
7.4 摊铺机摊铺与碾压	7
7.5 人工摊铺与碾压	8
8 养生及保护	8
8.1 一般规定	8
8.2 交通管制	8
8.3 基层保护	9
9 施工过程质量控制与验收	9
9.1 一般规定	9

9.2 材料检验.....	9
9.3 施工过程检测.....	10
9.4 质量验收.....	11
附录 A（规范性）再生粗集料中杂物含量试验方法.....	12
附录 B（规范性）目标配合比设计方法.....	13
附录 C（规范性）生产配合比设计方法.....	15
附录 D（规范性）延迟时间试验方法.....	16

前 言

本文件按照GDHS-BZBX-01-2021《广东省公路学会标准编写规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由佛山市交通科技有限公司提出。

本文件由广东省公路学会归口。

本文件起草单位：佛山市交通科技有限公司、湖南云中再生科技股份有限公司、佛山市公路桥梁工程监测站有限公司、中铁十二局集团第七工程有限公司、广东中寓再生建筑科技有限公司、广州市交通设计研究院有限公司

主编：曾国东

参加编写人员：吴超凡、郭立成、方杨、万暑、黄红明、赵元金、罗检萍、陈天富、韩庆奎、陈湘华、李浩、李超、李泉、徐艺珅、袁妙。

主审：王端宜

参加审查人员：周爱国、李连生、胡志涛、刘先淼、吴传海、李善强、孙杨勇、王强、王佳胜、庄明融。

本文件为首次发布。

水泥稳定道路混凝土再生集料基层施工 技术规范

1 范围

本文件规定了水泥稳定道路混凝土再生集料基层的再生集料加工、施工和验收的要求。本文件适用于各等级公路基层和底基层的施工和验收，城镇道路可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥
GB/T 14685 建设用卵石、碎石
GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
JGJ 63 混凝土用水标准
JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

道路混凝土 road concrete

道路工程结构水泥混凝土的总称，包括路面面层混凝土、基层混凝土、桥涵结构混凝土等。

3.2

再生集料 recycled aggregate

由废旧道路混凝土经破碎和筛分等工艺加工形成的粒料。

3.3

再生粗集料 recycled coarse aggregate

粒径大于或等于4.75mm的再生集料。

3.4

再生细集料 recycled fine aggregate

粒径小于4.75mm的再生集料。

3.5

杂物 impurities

再生集料中除混凝土、石、砂浆之外的其他物质。

3.6

混合集料 recycled aggregate mixture

由再生集料与新集料按一定比例组成，具有一定级配的混合集料。

3.7

再生集料取代率 replacement ratio of recycled aggregate

再生集料用量占混合集料总质量的百分比。

3.8

水泥稳定再生集料混合料 cement-stabilized recycled aggregate mixture

由水泥、混合集料、水、外加剂等材料按一定掺配比例拌和而成的混合料。

4 再生集料生产加工

4.1 一般规定

4.1.1 废旧道路混凝土再生处理前应进行预处理，包括分类、大块杂物去除及大块混凝土简单破碎。

4.1.2 生产线宜采用下沉式、封闭式。

4.2 处理工艺

4.2.1 再生处理方式可选用固定式或移动式。

条文说明

再生处理方式根据进场物料特性、资源化利用工艺、处置利用规模等综合确定。

4.2.2 处理工艺应包括给料、除土、破碎、筛分、分选、输送、贮存、除尘、降噪、废水处理等工序，各工序配置宜根据原料特性与产品要求确定。

4.3 生产系统

4.3.1 生产系统包含给料系统、破碎系统、筛分系统、分选系统和输送系统。

4.3.2 给料系统应符合下列规定：

a) 工艺流程中设置预处理环节的，废旧道路混凝土原料应供料至预处理设备；

b) 工艺流程中未设置预处理环节的，废旧道路混凝土原料应给至一级破碎设备，供料应结合除土工艺进行，供料机应保证机械刚度和间隙可调；

c) 供料口规格尺寸和供料速度应保证后续生产连续稳定，并与设计能力相匹配。

4.3.3 破碎系统应符合下列规定：

a) 应设置二级或以上破碎工艺，一级破碎设备可采用鄂式破碎机，二级破碎设备可采用反击式破碎机或锤式破碎机；

b) 在每级破碎过程中，应通过闭路流程使大粒径的物料返回破碎机再次破碎；

c) 破碎设备应采取防尘和降噪措施。

条文说明

已有研究表明，当混凝土设置二级及以上破碎工艺时，再生集料的吸水率、针片状与压碎值指标均比仅采用一级破碎工艺好。

4.3.4 筛分系统应符合下列规定：

a) 筛分应采用振动筛；

b) 筛网孔径应与产品规格设计相适应；

c) 筛分设备应采取防尘和降噪措施。

4.3.5 分选系统应符合下列规定：

a) 分选应根据处理对象特点和产品性能要求合理选择；

b) 对于含有钢筋、铁屑的原料，应设置磁选分离装置；

c) 对于含有木材、塑料等轻物质的原料，应采用风选或水选将轻物质分离；

d) 分选出的杂物应集中收集、分类堆放；

e) 如采用易产生灰尘的分选方法，应设置除尘设施。

4.3.6 输送系统应符合下列规定：

a) 应采用皮带输送设备；

b) 传输皮带送料过程中应注意防漏料及防尘；

c) 皮带输送机的最大倾角应根据输送物料的性质、作业环境条件、胶带类型、带速及控制方式等确定，上输送机非大倾角皮带输送机的最大倾角不宜大于 17° ，下输送机非大倾角皮带输送机的最大倾角不宜大于 12° 。

4.4 产品规格

4.4.1 高速公路与一级公路用再生集料，粒径分档应不少于4档，宜按0~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~19mm、19~31.5mm分档。

4.4.2 二级公路及二级以下公路用再生集料，粒径分档应不少于3档，宜按0~4.75mm、4.75~16mm、16~37.5(31.5)mm分档。

条文说明

如果再生集料粒径较大，单个粗颗粒就有可能是由强度较弱的混合料凝结而成，从而使再生粗集料强度偏弱。

4.5 产品贮存

4.5.1 再生集料堆场布置应与筛分系统相协调，堆场大小应与贮存量相匹配。

4.5.2 再生集料应按不同类别、规格分类存放。

4.6 防尘系统

4.6.1 防尘系统宜采用湿法工艺。

4.6.2 易产生扬尘的重点工序应采用高效抑尘收尘设施，物料落地处应采取有效抑尘措施。

4.6.3 防尘系统的风量、吸尘罩及空气管路系统设计应遵循低阻、大流量的原则。

4.6.4 车间内应设计集中除尘设施，可采用布袋式除尘加静电除尘组合方式，除尘能力应与粉尘产生量相适应。

4.7 噪声控制

4.7.1 噪声控制宜选用噪声值低的处理设备，并设置隔声设施。

4.7.2 噪声控制应符合《工业企业噪声控制设计规范》(GB/T 50087)的有关规定。

5 原材料

5.1 一般规定

5.1.1 含有毒化学物质、放射性物质的废旧道路混凝土不得直接用于制备再生集料。

5.1.2 原材料在使用前应抽样检测，合格后方可使用。

5.2 再生粗集料

5.2.1 再生粗集料技术要求应符合表1的规定。

表1 再生粗集料技术要求

序号	检测项目	规定值或允许值			试验方法
		I类	II类	III类	
1	压碎值(%)	≤ 28	≤ 32	≤ 40	T 0316
2	吸水率(%)	≤ 7	≤ 10	—	T 0307
3	0.075mm以下粉尘含量(%)	≤ 1.5	≤ 2	≤ 5	T 0310
4	软弱颗粒含量(%)	≤ 3	≤ 5	—	T 0320
5	针片状颗粒含量(%)	≤ 18	≤ 20	≤ 22	T 0312
6	杂物含量(%)	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 1.0	附录A

条文说明

再生粗集料由于表面裹附了水泥浆、碎石屑等细小颗粒，造成压碎值偏大。为控制再生粗集料质量，增加了集料的

针片状指标要求。

5.3 再生集料使用比例

再生粗集料取代率根据再生粗集料类别和混合料技术要求综合确定，宜符合表2的规定。

表2 公路基层与底基层用再生集料取代率

材料要求	道路等级及层位							
	高速公路、一级公路			二级及二级以下公路				
	基层	底基层		基层		底基层		
再生粗集料类别	I类	I类	II类	I类	II类	I类	II类	III类
再生粗集料取代率上限(%)	100	100	60	100	80	100	100	80

条文说明

大量研究与工程实践表明，随再生集料掺量的增加，水泥稳定再生集料混合料力学性能和耐久性都有一定的下降。因此，针对不同等级公路，需要对再生集料掺量上限进行约束，以保证水泥稳定再生集料基层的路用性能。

5.4 再生细集料

再生细集料技术要求应符合表3的规定。

表3 再生细集料技术要求

序号	检测项目	规定值或允许值	试验方法
1	砂当量(%)	≥45	T 0334
2	0.075mm以下颗粒塑性指数	≤17	T 0354
3	有机质含量(%)	<2.0	T 0336
4	硫酸盐含量(%)	<0.25	T 0341
5	0.075mm以下颗粒含量(%)	≤20	T 0310

5.5 新集料

新集料应符合《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)的规定。

5.6 水泥

水泥强度等级宜为42.5。初凝时间应大于3h，终凝时间应大于6h且小于10h。其它指标应符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175)的相关规定。

5.7 水

材料拌和及养生用水应符合《混凝土用水标准》(JGJ 63)的相关规定。

5.8 外加剂

水泥稳定再生集料混合料中宜根据需要添加适量的外加剂(缓凝剂、保水剂、增强剂、碱激发剂等)，以提高混合料性能，外加剂的技术要求应符合相关规范与标准的规定。

条文说明

废旧水泥混凝土中有未完全水化的水泥，破碎后有潜在的再次水化能力。在混合料中掺加适量的碱激发剂，可充分利用再生集料残余强度与活性，在提高再生集料质量的同时提高混合料的整体强度。另外，水泥稳定再生集料混合料存在水分蒸发过快、难以成型、强度偏低等问题，在水泥稳定再生集料混合料中添加适量的缓凝剂、保水剂、增强剂是必要的。缓凝剂、保水剂、增强剂、碱激发剂用量可通过试验确定，可以是单组分添加，也可以复配后一起添加。

6 混合料组成设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 再生集料混合料组成设计包括目标配合比设计和生产配合比设计。
 6.1.2 目标配合比设计应按附录 B 要求设计、生产配合比设计应按附录 C 要求设计。
 6.1.3 再生集料粒径分档应符合第 4.4 条的规定。
 6.1.4 再生集料掺配比例根据级配与水泥稳定再生集料混合料的综合性能确定。

6.2 级配

- 6.2.1 水泥稳定再生集料混合料用于高速公路和一级公路时，宜使用表 4 中 C-B-1、C-B-2、C-B-3 级配，C-B-1 级配适用于基层和底基层，C-B-2 级配适用于基层，C-B-3 级配适用于极重、特重交通荷载等级的基层。用于二级及二级以下公路时，宜使用表 4 中 C-C-1、C-C-2、C-C-3 级配，C-C-1 级配适用于基层和底基层，C-C-2 和 C-C-3 级配适用于基层。

表4 公路水泥稳定再生集料混合料的推荐级配范围 (%)

筛孔尺寸 (mm)	高速公路、一级公路			二级及二级以下公路		
	C-B-1	C-B-2	C-B-3	C-C-1	C-C-2	C-C-3
37.5	—	—	—	100	—	—
31.5	—	—	100	90~100	100	—
26.5	100	—	—	80~95	90~100	100
19	80~90	100	68~86	65~80	70~87	90~100
16	65~80	80~90	—	60~75	65~82	79~92
13.2	60~75	70~85	—	50~70	55~73	67~83
9.5	50~65	55~75	38~58	45~60	45~65	52~71
4.75	35~50	35~50	22~32	32~50	30~50	30~50
2.36	20~35	20~35	16~28	19~35	19~36	19~36
1.18	13~25	13~25	—	12~25	12~26	12~26
0.6	6~16	6~16	8~15	6~16	8~16	8~16
0.3	4~12	4~12	—	4~12	4~12	4~12
0.15	2~10	2~10	—	2~10	2~10	2~10
0.075	0~7	0~7	0~5	0~7	0~7	0~7

6.3 强度

- 6.3.1 水泥稳定再生集料混合料应采用 7d 龄期无侧限抗压强度作为设计与生产质量控制的主要指标。
 6.3.2 水泥稳定再生集料混合料的 7d 龄期无侧限抗压强度代表值 R_d 应符合表 5 的规定。

表5 公路水泥稳定再生集料混合料 7d 龄期无侧限抗压强度代表值 R_d (MPa)

结构层	公路等级	R_d 技术要求		
		极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路、一级公路	5.0~7.0	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
	二级及二级以下公路	3.0~4.5	2.5~4.0	2.0~3.0

条文说明

二级及二级以下公路底基层强度要求相较《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 相关规定予以了适当提高,减少了基层与底基层的模量差,同时减少了施工车辆通行对底基层造成的质量隐患。

6.3.3 强度试验时,应按现场压实度标准采用静压法成型试件。

6.3.4 表 4 中 C-B-3 级配水泥稳定再生集料混合料的最大干密度与最佳含水量试验宜采用振动压实法或重型击实法,其它级配采用重型击实法。

条文说明

表 4 中 C-B-3 级配水泥稳定再生集料混合料中再生粗集料较多,采用重型击实法时再生粗集料易被击碎,导致混合料干密度增大,而振动压实法可减少再生集料的二次破碎。因此,针对 C-B-3 级配水泥稳定再生集料混合料推荐采用振动压实方法。

6.3.5 水泥稳定再生集料混合料强度满足要求时,尚宜检验其抗冲刷性能、抗裂性能和模量,试验方法按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51) 执行。

6.3.6 水泥稳定再生集料混合料应进行延迟时间试验,试验方法按附录 D 执行。

7 混合料生产、摊铺及碾压**7.1 一般规定**

7.1.1 按施工需求布置建设场地,选择适宜的施工工艺措施及机械设备。

7.1.2 将试验段确定的施工参数作为施工过程中质量控制标准。

7.1.3 水泥稳定再生集料混合料作基层或底基层时,下承层应满足设计要求。

7.2 试验段施工

7.2.1 底基层和基层正式施工前,均应铺筑试验段,长度不少于 200m。

7.2.2 试验段开工前,应符合下列规定:

- 生产设备已全部调试完毕,并完成计量标定,具备生产条件;
- 所需原材料已全部进场,并提交完整的目标配合比报告和生产配合比报告;
- 正常施工时所配备的施工机械完全到位,且安装、调试完毕;
- 施工组织设计经监理工程师审定签认;
- 全部施工人员到位。

7.2.3 在试验段施工期间,应检测下列技术项目:

- 混合料拌合时的结合料剂量、含水率、级配,应不少于 4 个样本;
- 不同松铺系数条件下的实际压实厚度,应设定 2~3 个松铺系数;
- 不同碾压工艺条件下的混合料压实度,应设定 2-3 种压实工艺,每种压实工艺的压实度检测样本应不少于 4 个;
- 成型 7d 龄期无侧限抗压强度试件,样本量应符合要求。

7.2.4 养生 7 天后,试验段应检测下列技术项目:

- 标准养生试件的 7d 龄期无侧限抗压强度;
- 试验段钻芯取样,评价芯样外观,取芯样本数量应不少于 9 个;

- c) 对完整芯样应切割成标准试件，测定强度；
 - d) 按车道，每 10m 一点检测弯沉指标，并计算代表弯沉值。
- 7.2.5 试验段铺筑阶段应对下列关键工序、工艺进行评价：
- a) 拌合设备各档材料的进料比例、速度及精度，结合料进料比例和精度，含水量的控制精度；
 - b) 松铺系数合理值，拌和、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合；
 - c) 压实机械的选择和组合，压实的顺序，速度和遍数，若采用振动碾压还应记录振动频率。
- 7.2.6 试验段施工后，应及时总结并编写试验段总结报告，应包括下列内容：
- a) 试验段检测报告；
 - b) 试验段总体效果评价；
 - c) 施工关键参数的推荐值，包括配合比、含水率、松铺系数、碾压工艺、压路机吨位及碾压组合与工艺、辅助人工数量等；
 - d) 确定每一作业段的合适长度。
- 7.2.7 试验段不满足技术要求时，应重新铺设试验段。试验段各项指标合格后，方可正式施工。

7.3 混合料集中厂拌与运输

- 7.3.1 高速公路和一级公路的拌和场地应采用混凝土硬化，混凝土强度等级应不低于 C20，厚度不应小于 200mm。
- 7.3.2 在正式拌制混合料之前，应先调试所用设备，使混合料的级配组成和含水率都达到配合比设计要求。原材料的颗粒组成发生变化时，应重新调试设备。
- 7.3.3 混合料宜采用振动拌和，不具备振动拌和条件时，应采用双拌缸的拌和工艺，保证混合料拌和时间超过 15s。

条文说明

混凝土再生集料吸水率大、表面粗糙且多棱角，如采用常规拌和设备进行搅拌，不利于混合料搅拌均匀。研究表明，振动搅拌可以增加混合料的搅拌效率，且在振动的作用下，再生集料表面孔隙更容易被水泥浆体所填充，提高再生集料质量，从而提高混合料整体强度。另外，增加混合料的拌和时间也可提高其拌和均匀性，因此对于水泥稳定再生集料混合料，在不具备振动拌和条件下，则应延长混合料搅拌时间。

- 7.3.4 天气炎热或运距较远时，混合料拌和时宜适当增加含水率，可高于最佳含水量 0.5%~1%。
- 7.3.5 应根据工程量的大小和运距的长短，配备足够数量的运输车。混合料运输车装料前应清理干净车厢，不应存有杂物。
- 7.3.6 混合料运输车装好料后，应用篷布将厢体完整覆盖，直到摊铺机前准备卸料时方可掀开。
- 7.3.7 混合料从装车、运输至现场，时间不宜超过 1h，不应超过 1.5h。在装料过程中应采取缓降、来回分层装料等措施减少混合料的离析。

7.4 摊铺机摊铺与碾压

- 7.4.1 底基层、基层混合料应采用摊铺机进行摊铺。
- 7.4.2 综合考虑施工机械和运输车辆的生产效率和数量、施工人员数量及操作熟练程度、施工季节和气候条件、水泥的初凝时间和延迟时间、减少施工接缝的数量，合理确定每日施工作业段长度。
- 7.4.3 混合料宜在加水泥拌和后 2h 之内完成碾压成型，应取混合料的初凝时间与容许延迟时间中较短者作为施工控制时间。
- 7.4.4 底基层、基层施工应选择适宜的气候环境，宜选择气温较高的季节施工，气温低于 5℃时不宜施工，应针对当地气候变化制定相应的处理预案。
- 7.4.5 水泥稳定再生集料压实标准应符合表 6 的规定。

表6 水泥稳定再生集料混合料压实标准

公路等级	压实标准 (%)	
	基层	底基层
高速公路和一级公路	≥98	≥97
二级及二级以下公路	≥97	≥95

7.4.6 混合料摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于 160mm，最大厚度宜不大于 200mm。具有足够的摊铺能力和压实功率时，可适当增加碾压厚度，具体的摊铺厚度应根据试验结果确定。

7.4.7 应在下承层施工质量检测合格后，方可摊铺上面结构层。采用两层连续摊铺时，应有合适的质量控制手段保证下层摊铺碾压质量，如下层质量出现问题，上、下两层应同时处理。

7.4.8 在上层结构施工前，应将下层养生用材料彻底清理干净。采用人工、小型清扫车以及洒水冲刷的方式将下层表面的浮浆、尘土清理干净。下承层局部存在松散现象时，应彻底清理干净。

7.4.9 摊铺上层前，下承层清理后应封闭交通，在上层施工前 1~2h 内，喷洒水泥净浆。

7.4.10 在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象，及时铲除局部粗集料堆积或离析的部位，并用新拌混合料填补。

7.4.11 应在混合料处于或略大于最佳含水量的状态下碾压。气候炎热干燥时，混合料含水量可比最佳含水量增加 0.5%~1.0%。

7.4.12 再生集料混合料施工宜先用双钢轮压路机碾压 1 遍，然后用自重 22t 以上单钢轮振动压路机碾压 3~5 遍，再采用 30t 以上胶轮压路机碾压 3~5 遍，错轮不超过 1/3 的轮迹带宽度，最后采用钢轮压路机碾压，消除轮迹。

条文说明

混凝土再生集料比天然集料强度低，在振动碾压完成后，混凝土再生集料较容易因压碎而形成断裂面，由于新的断裂面没有裹覆水泥浆，较容易形成路面基层结构的薄弱区。因此，在振动碾压完成后应多用重型轮胎压路机进行揉搓提浆，使再生集料断裂面重新覆盖水泥浆，减少基层结构薄弱区的形成。

7.4.13 应安排专人负责指挥碾压，严禁漏压和产生轮迹。碾压成型后的表面应平整密实、无轮迹。

7.4.14 在碾压过程中出现软弹现象时，应及时将该路段混合料挖出，重新换填新料碾压。

7.4.15 碾压过程中，压路机严禁随意停放，应停放在已碾压完成的路段。

7.4.16 应保持混合料的连续摊铺，因故中断时间大于 2h 时，应设置横向接缝，并应按规定制作施工缝。

7.4.17 摊铺时宜避免纵向接缝，多幅摊铺时，前后摊铺机的间距应控制在 10m 之内，纵向接缝处应加强碾压。存在纵向施工缝时，施工缝应垂直相接，严禁斜接。

7.5 人工摊铺与碾压

7.5.1 对于边角、井盖、停车港湾等摊铺机不能摊铺部位的施工，可采用装载机或其他机械结合人工进行摊铺施工，但须与主线同步碾压成型。

7.5.2 混合料卸完后，应及时用装载机或其它机械设备配合人工初步整形。

7.5.3 人工整形时，应用锹、耙先将混合料摊平，用路拱板整形。在整形过程中，严禁任何车辆通行，并应保持无明显的粗细集料离析现象。

7.5.4 应根据路宽、压路机的轮宽和轮距的不同，制订碾压方案，使各部分碾压次数尽量相同，路面的两侧宜多压 2~3 遍。

7.5.5 压路机碾压不到的部位，应采用平板振动夯或冲击夯进行夯实。

7.5.6 施工缝的处理，应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的要求。

8 养生及保护

8.1 一般规定

8.1.1 碾压完成并经现场检测合格后，应及时养生。养生期不应少于 7 天，宜延长至上层结构开始施工的前 2 天。

8.1.2 应覆盖养生，宜采用节水保湿养生膜覆盖、也可结合工程实际情况选择塑料薄膜洒水覆盖、土工布覆盖洒水等方式。

8.1.3 养生期间应封闭交通，除洒水车外严禁其他车辆通行。

8.1.4 应根据结构层位的不同和施工工序的要求，进行层间处理。

8.2 交通管制

8.2.1 正式施工前宜建好施工便道。对高速及一级公路，无施工便道时，应分幅交叉施工，以避免大

型施工车辆对强度尚未形成的结构层的碾压，干扰其养生以及造成早期损伤。

8.2.2 养生期间，洒水车的行使速度应小于 40km/h。养生 7 天后，施工需要通行重型车辆时，应有专人指挥，按规定的车道行使，且车速应小于 30km/h。

8.3 基层保护

8.3.1 基层施工后应尽快进行面层施工，施工前 1~2 天内，应清理基层顶面。

8.3.2 如果短期内不能进行面层施工，宜对养生完毕的基层进行保护，宜撒布透层油。

9 施工过程质量控制与验收

9.1 一般规定

9.1.1 基层、底基层施工质量标准与控制应包括原材料检验、施工参数确定、施工过程中的质量检查验收等方面，并应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的相关规定。

9.1.2 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时应停工整顿，查找原因。

9.2 材料检验

9.2.1 在施工前以及施工过程中，原材料或混合料发生变化时，应进行材料检验。

9.2.2 用作基层和底基层的粗集料，应按表 7 所列试验项目和要求检测评定。

表7 基层和底基层用粗集料试验项目和要求

序号	试验项目	目的	频度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测2个样品	T 0801/T 0803
2	级配	确定级配是否符合要求， 确定材料配合比	每档集料使用前测2个样品， 使用过程中每2000m ³ 测2个样品	T 0303
3	压碎值	评定集料的抗压碎 能力是否符合要求	使用前测2个样品，使用过程中 每2000m ³ 测2个样品，集料 种类变化重做2个样品	T 0316
4	粉尘含量	评定集料质量		T 0310
5	针片状颗粒含量	评定集料质量		T 0312
6	软石含量	评定集料质量		T 0320

9.2.3 用作基层和底基层的细集料，应按表 8 所列试验项目和要求检测评定。

表8 基层和底基层用细集料试验项目和要求

序号	试验项目	目的	频度	试验方法
1	含水率	确定原始含水率	每天使用前测2个样品	T 0801/T 0803
2	级配	确定级配是否符合要求，确定材料配 合比	每档材料使用前测2个样品，使 用过程中每2000m ³ 测2个样品	T 0327
3	液限、塑限	求塑性指数，审定是否符合规定	每种细集料使用前测2个样品， 使用过程中每2000m ³ 测2个样品	T 0118/T 0119
4	有机质和 硫酸盐含量	确定是否适宜于用水泥稳定	有怀疑时做此试验	T 0151/T 0341

9.2.4 用作基层和底基层的水泥，应按表 9 所列试验项目和要求检测评定。

表9 基层和底基层用水泥试验项目和要求

序号	试验项目	目的	频度	试验方法
1	水泥强度等级和 初、终凝时间	确定水泥的质量是否适宜使用	做材料组成设计时测1个样 品，料源或强度等级变化时 重测	T 0505/T 0506

9.3 施工过程检测

9.3.1 施工过程中的质量控制包括外形尺寸检查和内在质量检验两部分。

9.3.2 外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 10 的规定。

表10 外形尺寸检查项目、频度和质量标准

工程类别	项目		频度	质量标准	
				高速公路和一级公路	二级及二级以下公路
基层	纵断高程 (mm)		二级及二级以下公路每20m 1点；高速公路和一级公路每20m 1个断面，每个断面3~5点	+5 ~ -10	+5 ~ -15
	厚度 (mm)	均值	每1500~2000m ² 6点	≥ -8	≥ -10
		单个值		≥ -10	≥ -20
	宽度 (mm)		每40m 1处	> 0	> 0
	横坡度 (%)		每100m 3处	±0.3	±0.5
	平整度 (mm)		每200m 2处，每处连续10尺 (3m直尺)	≤ 8	≤ 12
连续式平整度仪的标准差			≤ 3.0	-	
底基层	纵断高程 (mm)		二级及二级以下公路每20m 1点；高速公路和一级公路每20m 1个断面，每个断面3~5点	+5 ~ -15	+5 ~ -20
	厚度 (mm)	均值	每1500~2000m ² 6点	≥ -10	≥ -12
		单个值		≥ -25	≥ -30
	宽度 (mm)		每40m 1处	> 0	> 0
	横坡度 (%)		每100m 3处	±0.3	±0.5
	平整度 (mm)		每200m 2处，每处连续10尺 (3m直尺)	≤ 12	≤ 15

9.3.3 施工过程中的内在质量控制分为原材料质量控制、拌和质量控制、摊铺及碾压质量控制四部分。水泥稳定道路混凝土再生集料混合料宜采用集中厂拌法生产，质量控制按前场和后场划分。

9.3.4 后场质量控制的项目、内容应符合表 11 的规定，实际检测频率应不低于表中的要求，检测结果应满足《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 或具体工程的技术要求。

表11 施工过程中后场质量控制的关键内容

序号	项目	内容	频度
1	原材料抽检	结合料质量	每批次
		粗、细集料品质	异常时，随时试验
		级配、规格	异常时，随时试验
2	混合料抽检	混合料级配	每2000m ² 1次
		结合料剂量	每2000m ² 1次
		混合料最大干密度	必要时
		含水率	每2000m ² 1次

9.3.5 前场质量控制的项目、内容应符合表 12 的规定，实际检测频率应不低于表中的要求，检测结果应满足《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）或具体工程的设计要求。

表12 施工过程中前场质量控制的关键内容

序号	项目	内容	频度
1	摊铺目测	是否离析	随时
		粗估含水率状态	随时
2	碾压目测	压实机械是否满足	随时
		碾压组合、次数是否合理	随时
3	压实度检测	含水率	每一作业段检查6次以上
		压实度	每一作业段检查6次以上
4	强度检测	在前场取样成型试件	每一作业段不少于9个
5	钻芯检测	—	每一作业段不少于9个
6	弯沉检测	—	每一评定段（不超过1km） 每车道40~50个点

9.3.6 施工过程中的压实度、取芯等检测时间、检测方法应满足《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的技术要求。

9.4 质量验收

9.4.1 基本要求

集料性能、级配符合要求；水泥剂量、质量符合设计和规范要求；混合料拌和均匀，无粗细颗粒明显离析现象。养生符合规范要求，标高、平整度符合要求。板结性好，钻芯取样检查，芯样完整，级配均匀且无较大的孔洞，且各水稳层的芯样应连接成一个整体。

9.4.2 实测项目

检查内容应包括工程完工后的外形和内在质量两个方面，外形检查的要求应符合表 10 的要求。内在质量技术指标应符合表 13 的要求。

表13 水泥稳定道路混凝土再生集料底基层、基层内在质量技术指标

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率（半幅）
1	压实度（%）	代表值	符合表 6 的要求	200m 每车道测 2 点
		极值	标准值-4	
2	强度（MPa）		符合设计要求	《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1-2017 附录 G
3	弯沉值		符合设计要求	《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1-2017 附录 I

9.4.3 外观鉴定

外观鉴定应符合下列要求：

- a) 表面平整密实、无坑洼、无明显离析、边线整齐、无松散、软弹现象；
- b) 施工接头平顺。

附录 A
(规范性)
再生粗集料中杂物含量试验方法

A.1 取样数量

试样的最小取样数量应符合表A.1的规定。

表A.1 杂物含量试验所需试样数量

集料公称最大粒径 (mm)	9.5	19	26.5	31.5	37.5
最少试样数量 (kg)	4.0	8.0	8.0	15.0	15.0

A.2 仪器和材料

检测用以下仪器和材料:

- a) 鼓风干燥箱: 能使温度控制在 $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- b) 电子天平: 称量 20kg, 感量 0.1g;
- c) 方孔筛: 孔径为 4.75mm;
- d) 铁铲、搪瓷盘、毛刷等。

A.3 试验步骤与结果处理

A.3.1 试验步骤与结果处理按如下操作:

- a) 按照《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685)中规定的方法取有代表性的试样;
- b) 将试样烘干后过 4.75mm 方孔筛, 取筛上部分进行试验。将试样缩分至不少于表 A.1 规定的数量;
- c) 称取试样总质量 m_1 , 精确至 0.1g;
- d) 人工分选出试样中除混凝土、石、砂浆材料之外的杂物颗粒, 称取其总质量 m_2 , 精确至 0.1g;
- e) 按公式 (A.1) 计算再生粗集料中杂物含量, 精确至 0.1%。

$$Q_a = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

Q_a —— 再生粗集料中杂物含量, %。

A.3.2 试验结果取两次平行试验的平均值, 精确至0.1%。

附录 B
(规范性)
目标配合比设计方法

B.1 原材料准备

原材料取样量应满足试验要求，试件尺寸及每组试验的数目应符合《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51) T0841的规定。

B.2 原材料试验及选定**B.2.1 水泥**

水泥检验项目包括细度、安定性、初凝时间、终凝时间、抗压强度和抗折强度。试验方法参照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG 3420)。

B.2.2 集料**B.2.2.1 粗集料**

粗集料检验项目包括级配、含水率、密度、吸水率、压碎值、小于0.075mm以下颗粒和针片状颗粒含量；必要时，还应包括软弱颗粒、有机质、易溶盐、杂物颗粒含量。

B.2.2.2 细集料

细集料检验项目包括级配、含水率、密度、吸水率、砂当量和塑性指数。

B.2.2.3 确定各档材料使用比例

根据天然集料和再生集料的筛分试验结果，确定其平均筛分曲线及相应的变异系数，并按2倍标准差计算各档天然集料和再生集料筛分级配的波动范围。根据集料筛分级配波动范围确定实际生产中混合料级配的上限、下限及中值级配，中值级配为目标级配。

B.3 确定水泥剂量的掺配范围

根据设计文件规定的7d无侧限抗压强度要求及经验，选择不少于5个水泥剂量，确定水泥剂量的掺配范围。目标配合比设计中，5个水泥剂量宜采用3%、4%、5%、6%、7%。

B.4 确定最佳含水率和最大干密度

进行混合料标准重型击实或振动压实试验，确定各水泥剂量条件下混合料的最佳含水率和最大干密度。

B.5 测定 7d无侧限抗压强度**B.5.1 试件制作**

按照各水泥剂量条件下混合料的最佳含水率和最大干密度拌和混合料，并成型试件。

B.5.2 强度测定

试件经6d标准养生1d浸水，进行7d无侧限抗压强度试验，并计算7d无侧限抗压强度代表值 R_d 。

B.6 确定最小水泥剂量

水泥剂量应符合表B.1规定的水泥最小剂量要求。材料组成设计所得水泥剂量少于表B.1中的最小剂量时，应按表B.1采用最小剂量。

表B.1 水泥的最小剂量 (%)

使用部位	水泥最小剂量
底基层	3
基层	4

附录 C (规范性) 生产配合比设计方法

C.1 拌和设备的调试和标定

C.1.1 料斗称量精度的标定

按各档材料的比例关系，调整拌和设备各个料仓的进料速度、出料阀门开度，确定出料速度。

C.1.2 水泥剂量的标定

根据工程使用的级配、水泥品种，按标准水泥剂量，以及标准水泥剂量 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 共5个点绘制EDTA曲线。

C.1.3 第一阶段试生产试验

按设定好的参数进行试生产，对试生产的混合料取样，进行筛分试验、水泥剂量滴定试验和含水率试验，验证生产级配、水泥剂量和含水率是否满足要求。不满足要求时，应进一步调整参数，合格为止。

C.2 延迟时间试验

对水泥稳定材料，进行不同成型时间条件下的混合料强度试验，绘制相应的延迟时间曲线，并根据设计要求确定容许延迟时间。

C.3 第二阶段试生产试验

C.3.1 含水率试验

通过混合料中实际含水率的测定，确定施工过程中水流量计的设定范围。

C.3.2 水泥剂量测定

通过混合料中实际水泥剂量的测定，确定施工过程中水泥掺加的相关技术参数。

C.3.3 击实试验

通过重型击实或振动压实试验，确定水泥剂量变化、含水率变化对混合料最大干密度的影响。

C.3.4 7d无侧限抗压强度试验

通过7d无侧限抗压强度试验，确定材料的实际强度水平和拌和工艺的变异水平。

C.4 生产配合比的确定

C.4.1 水泥剂量的确定

生产采用的实际水泥剂量宜比室内试验确定的剂量多0.5%。

C.4.2 含水率的确定

以配合比设计结果为依据，综合考虑施工过程的气温条件，含水率宜高于最佳含水率0.5%~1.5%。

C.4.3 最大干密度的确定

最大干密度应以最终生产混合料的重型击实或振动压实试验结果为标准。

附录 D
(规范性)
延迟时间试验方法

D.1 原材料准备

延迟时间试验应按5组无侧限抗压强度试验备料，试件尺寸及每组试件的数量应符合《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51)的规定。

D.2 混合料拌和

D.2.1 根据气候条件确定施工过程中允许的温度和湿度范围。

D.2.2 采用设计级配、设计水泥剂量及最佳含水率拌和混合料。

D.3 混合料存放

将拌和好的混合料分成5组，用适当措施保湿覆盖并置于施工允许的温度和湿度范围内存放1h、2h、3h、4h、5h。宜采用满足参数要求的恒温恒湿养护箱对施工过程中温度和湿度环境进行模拟。

D.4 试件成型

混合料到达延迟时间后，进行制件、养生并进行无侧限抗压强度试验，每组试件的成型时间不应超过30min。

D.5 结果处理

D.5.1 绘制混合料延迟时间与无侧限抗压强度代表值的关系曲线，得到混合料满足设计要求的容许延迟时间，作为理论容许延迟时间。以理论容许延迟时间为基础，同时考虑工程经济性与现场施工条件，综合确定施工容许延迟时间。

D.5.2 根据施工场所需要的延迟时间和设计强度确定是否需要调整水泥剂量，必要时可掺加一定量的缓凝剂。

D.5.3 容许延迟时间应以7d无侧限抗压强度试验结果作为评判标准，其他检验项目应按设计要求执行。